

工学博士学位论文

大空间公共建筑生态化设计研究

史立刚

哈尔滨工业大学

2007年2月

国内图书分类号：TU201.1

国际图书分类号：72.011

工学博士学位论文

大空间公共建筑生态化设计研究

博士 研究生：史立刚
导 师：刘德明 教授
申 请 学 位：工学博士
学 科、专 业：建筑设计及其理论
所 在 单 位：建筑学院
答 辩 日 期：2007年2月
授 予 学 位 单 位：哈尔滨工业大学

Classified Index: TU201.1

U. D. C. : 72.011

Dissertation for the Doctoral Degree in Engineering

RESEARCH ON DESIGN OF ECOLOGICAL
LONG-SPAN PUBLIC BUILDING

Candidate:	Shi Ligang
Supervisor:	Prof. Liu Deming
Academic Degree Applied for:	Doctor of Engineering
Speciality:	Architectural Design and Theory
Affiliation:	School of Architecture
Date of Defence:	February, 2007
Degree-Conferring-Institution:	Harbin Institute of Technology

摘要

大空间公共建筑作为以大量性建筑为“底”的“图”，从古至今备受关注，占据了与其数量不成比例的资源配额。因此大空间公共建筑的生态化设计是其健康发展的必由之路。但由于功能、技术含量较高，构思涉及“自变量”的更多，使得大空间公共建筑的生态化设计一直是建筑师不愿碰触的雷区和死角而显得扑朔迷离。本文旨在对这一前沿课题有所突破，对生态建筑理论的类型深化与大空间公共建筑的生态化进行有益探索。

首先基于对生态研究和大空间公共建筑研究的背景分析，本文认为二者的整合研究对于各自的深化发展都极具建设性，并明确了其与节能建筑、功能可持续使用、气候设计的关系。其次从大空间公共建筑的本体特点入手探讨了它的生态使命，提出大空间公共建筑生态化设计的概念、特性及展望。然后通过对大空间公共建筑生态化设计的外部条件和内在原则的探讨搭建了其理论框架。其外部条件包括国家政策的宏观导向、业主决策的理性态度、建筑教育的观念更新及公众参与的积极策应，重点讨论了引入科学的建筑策划和全寿命周期评价思想及建立开放互动的三元一体化合作机制问题。其内在设计原则包括高效化原则、健康化原则、木桶效应原则和此时此地原则。接着从选址的生态位策划、形式追随生态和内容结合生态三方面建构了大空间公共建筑的生态化设计策略，从而为其实现画出了合理的战术路线图。最后通过对其美学特征和评价的探讨揭示出生态化设计的大空间公共建筑美学的深层内通和规律。

本文归纳和评述了大量相关文献，掌握了该领域国内外研究现状和发展方向，从理论和实践两方面互证的角度对其研究，建构了大空间公共建筑生态化设计的系统理论，对于大空间公共建筑的深入发展具有重大的指导意义。

本论文的创造性工作主要体现在以下几方面：

系统地阐释了当代大空间公共建筑设计理念基础应由单纯注重结构理性向生态理性拓展和提升的本体规律。

明确地提出了大空间公共建筑生态化设计概念并建立开放互动的三元一体化合作机制，并搭建了从设计的外部条件到本体原则的理论框架。

自上而下地建构出大空间公共建筑的生态化设计策略，并提出其模式图解，深入地论证了设计追随生态的合理性。

建构了大空间建筑生态化设计的美学框架，揭示出其美学表象及其深层逻辑，从而实现了大空间建筑美学的拓展和超越。

关键词 大空间公共建筑；生态理性；结构理性；优化；设计追随生态

中国知网
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球
CNKI

Abstract

As the figures on the background of great many buildings, long-span public buildings are paid more attention in all time and take up resource quota which is out of their proportion. So the ecological design of the long-span public buildings is the necessary way of their healthy development. But function, high technology, the more influence factors make the ecological design of the long-span public buildings becomes the subject that many architects don't want to research. The aim of this thesis is to work on this foreland subject deeply and to explore the theory of the long-span public buildings ecological design and classification of ecological architecture.

At first, based on the analysis of the background of ecology research and the research of long-span public buildings, the author consider that the integrated research of these two aspects are constructive to their each development, definitudes the relations between it and the energy-saving building, sustainable function usage, climatic design. Secondly, start with its noumenal characteristics, the ecological errand of long-span public buildings are discussed. This thesis brings forward the concept ,characteristics and vista of ecological long-span public buildings. Afterward the thesis establishes theoretical frame of ecological long-span public buildings by probing into their exterior conditions and inherent design principles. Exterior conditions consist of macroscopical direction of state policy, rational attitude of the owner decision-making, updating intention of architectural education, active support of public participant, emphasis on importing scientific building plot, life-span evaluation and founding mutually acting opening tri-cell incorporative cooperation mechanism. Inherent design principles consists of high-efficiency principle, healthy principle, cask domino effect principle, temporality and here principle. In succession, the thesis set up systemic strategies of ecological long-span public buildings from three aspects: picking site and planning based on niche scheme, form follows ecology, and content integrates ecology, drawing a sound realizing route. At last, the thesis open out deep-seated aesthetics connotation and law of ecological long-span public buildings by discuss their aesthetics characteristics and evaluation.

This thesis induced and commented much related literature, held the

domestic and overseas research actuality and developing direction, studied from theory and practice mutual testify perspective, founded systemic theory of ecological long-span public buildings, It has a grand direction sense to the thorough development of long-span public buildings.

The creative work of this thesis embodied several hereinafter aspects mostly:

Set forth the ontic law of contemporary long-span public buildings design idea basis should open and upgrade from structural ration simplex to ecological ration systemically.

Put forward the concept of ecological long-span public buildings and founded mutually acting opening tri-cell incorporative cooperation mechanism definitely, established the theoretical frame from inborn exterior conditions to noumenon design principle.

Set up design strategies of ecological long-span public buildings, reasoned rationality of design follows ecology from the top down deeply.

Set up aesthetics frame of ecological long-span public buildings, post their aesthetics presentation and deep logic, and realized the open-up and transeension of long-span public buildings aesthetics.

Keywords long-span public building, ecological ration, structural ration, optimize, design follows ecology

摘要	I
Abstract	III
第1章 绪论	1
1.1 课题背景——生态化	1
1.1.1 对新奇无休止的迷恋	1
1.1.2 建筑的返本归原	1
1.1.3 生态意识的觉醒	3
1.1.4 建筑与生态有约	4
1.2 国内外研究的发展动态	5
1.2.1 大空间公共建筑理论的发展	5
1.2.2 生态建筑理论的深化	12
1.2.3 国内外大空间公共建筑的生态化设计进展	14
1.3 课题研究内容	20
1.3.1 相关概念辨析	20
1.3.2 研究本体内容界定	21
1.4 课题研究目的和意义、方法及论文结构	22
1.4.1 课题研究目的和意义	22
1.4.2 课题研究方法	22
1.4.3 论文结构体系与框架	23
第2章 大空间公共建筑的生态使命	26
2.1 大空间公共建筑的空间特征解析	26
2.1.1 空间尺度的特征	26
2.1.2 空间使用的特征	28
2.1.3 空间塑造的特征	29
2.2 大空间公共建筑生态化设计的提出及探索	29
2.2.1 大空间公共建筑生态化设计的提出	30
2.2.2 生态化大空间公共建筑的特性	33
2.2.3 生态化大空间公共建筑的优势及展望	35

“制冷百家” 微信公众号

汇聚制冷界、暖通界百余名专家学者倾力打造的平台，物性查询、论文分享，定时推送最新技术

2.3 本章小结	38
第3章 大空间公共建筑生态化设计的外部条件	39
3.1 国家政策的宏观导向	39
3.1.1 国家政策对解决经济外部性的意义	39
3.1.2 国外生态政策的借鉴和中国生态政策的启动建设	40
3.2 业主决策的理性态度	45
3.2.1 短期与长期利益的统筹平衡	45
3.2.2 前期专业策划机制的完善	49
3.3 建筑教育的观念更新	53
3.3.1 开华建筑理念	53
3.3.2 拓展技术结构	60
3.3.3 改良设计模式	66
3.4 公众参与的积极策应	72
3.4.1 绿色消费观的启蒙倡导	72
3.4.2 完备公众参与机制的建设	74
3.5 本章小结	75
第4章 大空间公共建筑生态化设计原则框架	76
4.1 生态学的基本原理	76
4.1.1 有机整体法则	76
4.1.2 物物相关法则	78
4.1.3 协调稳定法则	79
4.1.4 物质循环再生和能量流动法则	81
4.1.5 环境承载力有限法则	82
4.2 生态理念内涵	83
4.2.1 生态世界观	83
4.2.2 机巧主义	85
4.2.3 共生观念	86
4.2.4 动态思维	87
4.3 大空间公共建筑生态化设计原则	89
4.3.1 高效化原则	89
4.3.2 健康化原则	91
4.3.3 木桶效应原则	94
4.3.4 此时此地原则	96

“制冷百家” 微信公众号

汇聚制冷界、暖通界百余名专家学者倾力打造的平台，物性查询、论文分享，定时推送最新技术

4.3.5 有机化原则	98
4.4 本章小结	99
第5章 大空间公共建筑生态化设计策略	100
5.1 建筑选址的“生态位”策划	100
5.1.1 从功能可持续出发策划“生态位”	100
5.1.2 从城市总体功能布局出发选址	106
5.2 形式追随生态	110
5.2.1 从“自然之理”到“自然之利”	112
5.2.2 集约的有机建筑体型	120
5.2.3 理性高效的结构优化	126
5.2.4 缓冲气候的开放生态界面	135
5.2.5 建筑构造多功能复合	145
5.2.6 “意译式”的地域主义	152
5.3 内容结合生态	159
5.3.1 环境品质健康	159
5.3.2 环境负荷减约	170
5.3.3 空间功能高效	179
5.4 本章小结	192
第6章 大空间公共建筑生态化设计的美学宗旨	194
6.1 大空间公共建筑的美学内涵与外延	194
6.1.1 传统大空间公共建筑的美学内涵	194
6.1.2 生态化大空间公共建筑的美学拓展与超越	196
6.1.3 建筑进步的评价标准	200
6.2 生态化大空间公共建筑的美学表象	204
6.2.1 优美和谐的景观环境	204
6.2.2 有机轻灵的建构优化	206
6.2.3 自律宜人的空间品质	207
6.2.4 精致高效的建筑构件	209
6.3 生态化大空间公共建筑的美学深层逻辑	212
6.3.1 生态理性的有机彰显	213
6.3.2 生态美学的本体内涵	215
6.4 本章小结	217

结 论	218
参考文献	220
攻读博士学位期间发表的学术论文	231
哈尔滨工业大学博士学位论文原创性声明	232
哈尔滨工业大学博士学位论文使用授权书	232
哈尔滨工业大学博士学位涉密论文管理	232
致 谢	233
个人简历	234

中国知网
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球
CNKI

Abstract(Chinese).....	I
Abstract(English).....	III
Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Background of this Subject——Ecologization.....	1
1.1.1 Endless Infatuation on Novelty.....	1
1.1.2 Architectural Regress Origin.....	1
1.1.3 Rouse of Ecological Consciousness.....	3
1.1.4 Architecture Arranging Ecology.....	4
1.2 Development Dynamic of Domestic and Overseas Research.....	5
1.2.1 The Development of Long-span Public Buildings.....	5
1.2.2 The Deepeness of the Theory of Arcology.....	12
1.2.3 The Evolvement of the Domestic and Overseas Ecological Long-span Public Buildings.....	14
1.3 The Research Contents.....	20
1.3.1 Related Conception Differentiation and Analyse.....	20
1.3.2 The Research Nounmenon Contents Qualification.....	21
1.4 The Research Purpose,Sense,Methods and Thesis Frame.....	22
1.4.1 The Research Purpose and Sense.....	22
1.4.2 The Research Methods.....	22
1.4.3 The Thesis Structure System and Frame.....	23
Chapter 2 Ecological Assignment of Long-span Public Buildings.....	26
2.1 Parsing the Space Characteristics of Long-span Public Buildings.....	26
2.1.1 The Characteristics of Space Scale.....	26
2.1.2 The Characteristics of Space Utilization.....	28
2.1.3 The Characteristics of Space Figure.....	29
2.2 The Gestation and the Exploration of Ecological Long-span Public Buildings.....	29
2.2.1 The Conception of Ecological Long-span Public Buildings.....	30

2.2.2 The Characteristics of Ecological Long-span Public Buildings	33
2.2.3 The Advantage and Prospect of Ecological Long-span Public Buildings	35
2.3 Brief Summary	38
Chapter 3 The Exterior Conditions of Ecological Long-span Public Buildings Design	39
3.1 Macroscopical Direction of State Policy	39
3.1.1 The Sense of State Policy to Resolve Economy Exteriority	39
3.1.2 The Reference of Overseas Ecological Policies and the Startup of China Ecological Policies	40
3.2 Rational Attitude of the Owner Decision-making	45
3.2.1 The Whole Balance of Shortdated and Long-term Benefit	45
3.2.2 The Consummate of Prophase Professional Plot Mechanism	49
3.3 Updating Idea of Architectural Education	53
3.3.1 Sublimation of Design Idea	53
3.3.2 Open up Technic Structure	60
3.3.3 Improve Design Mode	66
3.4 Active Support of Public Participant	72
3.4.1 Enlighten and Sparkplug Green Consumption Idea	72
3.4.2 Maturity Construction of Public Participant Mechanism	74
3.5 Brief Summary	75
Chapter 4 Principles Frame of Ecological Long-span Public Buildings Design	76
4.1 Ecological Rationale	76
4.1.1 Organic and Whole Principle	76
4.1.2 Everything Correlation Principle	78
4.1.3 Harmony and Stabilization Principle	79
4.1.4 Substance Cycle Regeneration and Energy Fluxion Metabolization Principle	81
4.1.5 Environment Carrying Capacity Finity Principle	82
4.2 Ecological Idea Connotation	83
4.2.1 Ecological World View	83
4.2.2 Dexteritism	85

4.2.3 Symbiosis	86
4.2.4 Dynamic Thinking	87
4.3 Ecological Long-span Public Buildings Design Principles	89
4.3.1 High-Efficiency Principle	89
4.3.2 Healthy Principle	91
4.3.3 Cask Domino Effect Principle	94
4.3.4 Temporality and Here Principle	96
4.3.5 Organizing Principle	98
4.4 Brief Summary	99
Chapter 5 Strategies of Ecological Long-span Public Buildings Design	100
5.1 Picking Site Based On Niche Scheme	100
5.1.1 Plotting Niche Set Out From Function Sustainable	100
5.1.2 Picking Site Set Out From Holistic Functional Layout of City	106
5.2 Form Follows Ecology	110
5.2.1 From "the Nature of Nature" To "the Nature of Site"	112
5.2.2 Intensively Organic Bodily Form of Building	120
5.2.3 Rational and High-Efficiency Structure Optimization	126
5.2.4 Opening Ecological Interface of Buffering Climate	135
5.2.5 Constitution Multipurpose Integrative Composition	145
5.2.6 Interpretive Regionalism	152
5.3 Content Integrates Ecology	159
5.3.1 Healthy of Environment Quality	159
5.3.2 Reduction of Environment Load	170
5.3.3 High-Efficiency of Space Function	179
5.4 Brief Summary	192
Chapter 6 Aesthetics Purport of Ecological Long-span Public Buildings	194
6.1 Aesthetics Connotation and Extension of Long-span Public Buildings	194
6.1.1 Aesthetics Connotation of Tadtional Long-span Public Buildings	194
6.1.2 Aesthetics Open up and Transcension of Ecological Long-span Public Buildings	196
6.1.3 Evaluation Standard of Building Progressing	200
6.2 Aesthetics Representation of Ecological Long-span Public Buildings	204

6.2.1 Elegant Harmonious Landscape and Environment	204
6.2.2 Organic Lightsome Tectonic Optimization	206
6.2.3 Self-discipline Pleasant Space Quality	207
6.2.4 Exquisite High-Efficiency Building Component	209
6.3 Deep Aesthetics Logic of Ecological Long-span Public Buildings.....	212
6.3.1 Organic Emergence of Ecological Ration.....	213
6.3.2 Noumenon Connotation of Ecological Aesthetics.....	214
6.4 Brief Summary	216
Conclusions	218
References	220
Papers published in the period of Ph.D. education	231
Statement of copyright	232
Letter of authorization	232
Acknowledgement	233
Resume	234

第1章 绪论

1.1 课题背景——生态化

1.1.1 对新奇无休止的迷恋

建筑本身始终在表切，建筑之所以存在的基础正是永恒的价值和内涵及这些价值与内涵在不同历史时期所经受的变化之间的不稳定平衡。

建筑历史中逐渐积淀成的片面的传统建筑观——偏执于静态的终极形式结果，而忽视建筑日常运行过程的合理性，导致了认识论上的重艺术轻技术的先天不足。为了标榜个性，塑造典型，建筑师从一个本来为人类环境的富有责任感的塑造者降格为“风格家”或计算机前的造型师，同时建筑也异化为时装，建筑的意义被消解为扁平的图像消费和可视化存在了。建筑正不断淡化针对现实和过程的关注，设计变成了空洞的与实际条件无关的想象。过度的形式、风格及其意义、象征造成了建筑生命的不可承受之重。在视觉中心论的影响下，拧着身子、扭着脖子的玻璃盒子、金属壳子模式的“洋”“贵”“飞”的建筑方案相继出场，与建筑技术和艺术平衡发展的正道渐行渐远——时下建筑界缺乏最根本的理性原则和自在的内省精神，表现为缺乏因果关系的逻辑性和建筑的失语，因此面临着本体内容空心化和现象虚妄浮躁化的“建筑分裂症”危机。

由于温饱问题在工业化阶段中得到了解决，在进入后工业化时代的西方社会中，风格在高端建筑产品中的重要性已接近使用功能。但即使这样，建筑作为人类文明史中不可或缺的建构性力量，赚头也仅仅是小插曲，何况这与正处在工业化过程中的我国大不一样。因此艺术地化解理性和感性、艺术与技术、形式与内容等诸多矛盾，这是建筑进化的硬道理。

俄罗斯著名作家索尔仁尼琴认为对新奇无休止的迷恋是20世纪的劫难，我们21世纪应该是整顿而非延续这一劫难的时代了。

1.1.2 建筑的返本归原

根据协同学中的支配原理，在系统达到临界点时，慢变量和快变量的地

位、作用大不相同，慢变量决定和控制着快变量，快变量受慢变量的支配和役使，从而导致新的结构和新的模式的产生。慢变量决定整个系统的秩序和有序度的变化，决定系统的最终结构。建筑界在经历了后现代主义与解构主义等你方唱罢我登场的风格游戏之后，在系统奇怪吸引子的作用下，在矛盾运动中又逐渐回归了建筑本体基本目标和基本原理。所谓本体，即是形成现象的根本实体。建筑产生的基本目的源于对不利环境的防护——包括气候（灾害）、异族和野兽等。由此基本目的衍生出了几种不同表述的本体观：

1、B.弗莱切尔的“本能学说”，建筑最基本的含义是“提供一个舒适的内部环境”，这里温度、湿度、照明和其它条件可根据需要得以控制。^[11]

2、A.肖阿西1899年的《建筑史》中，认为建筑的本质是结构，所有风格的演进仅仅是技术发展的合乎逻辑的结果。^[12]密斯从1922年就坚信，建筑的本质就是结构。“我们不承认形式问题，只承认建造问题”。^[13]

3、20世纪中期后S.吉迪翁认为建筑创作的根本是空间的创造，是建立社会秩序的工具，现实具体的建筑物变成实现不可捉摸目标的中介。^[14]

4、K.弗兰姆普顿则认为“建筑的根本在于建构，在于建筑师运用材料将之构筑成整体建筑物的创作过程和方法”^[15]。其实“空间”与“建构”是建筑本质发展过程中相互映衬的两个侧面，二者互相促进，空间的发展推动建构的进步，而建构的水平直接影响空间的质量。

5、N.佩夫斯纳认为：“建筑，并不是材料和功能的产物，而是变革时代的变革精神的产物。”^[16]虽然佩正确指出现代建筑的时代根源，但却割裂了建筑与材料及功能的关系是不妥的。

6、B.希利尔等把建筑的深层结构归纳为四方面（1973）：1、建筑是人类活动的容器。2、建筑是特定气候的调节器。3、建筑是文化的象征。4、建筑是资源的消费者。^[16]

综上所述，无论结构论、空间论抑或建构论，都是从艺术表现角度对建筑的一种片面的解读而让人怀疑其初衷。如同盲人摸象一样，建筑的本质之于他们只是为了“内在图式”的自圆其说，当然它们都曾经或目前对建筑的发展有着积极的意义。但从更全面角度看，深层结构论涵盖了建筑的本质——建筑的目标应该是提供全面发展的健康环境以满足人类气候消费与情境消费的需求，而不仅仅满足感官需要。建筑的意义关键在于关注人的生活境界和生存态度，而非在于形式语言层面上的哲学思辨。

当前我国大量性民用建筑已取得了50%的节能效果，而大空间公共建筑的节能设计则处于刚刚起步阶段，在世界范围的该领域的节能探索中相对落

“制冷百家” 微信公众号

汇聚制冷界、暖通界百余名专家学者倾力打造的平台，物性查询、论文分享，定时推送最新技术

后。这在近期内国内外重大建筑项目评标花落他人的结果中可见一斑，表明我国建筑界对大空间公共建筑的生态化创作严重忽视，建筑师创作观念上的转变应马上提上议事日程。

1.1.3 生态意识的觉醒

生态是指人与自然的关系。生态的本质是物质系统的首尾相接、无废无污染高效和谐、开放式闭合性良性循环（见图1-1）。

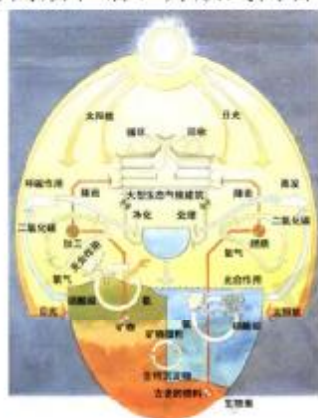


图1-1 生态系统循环示意图^[7]

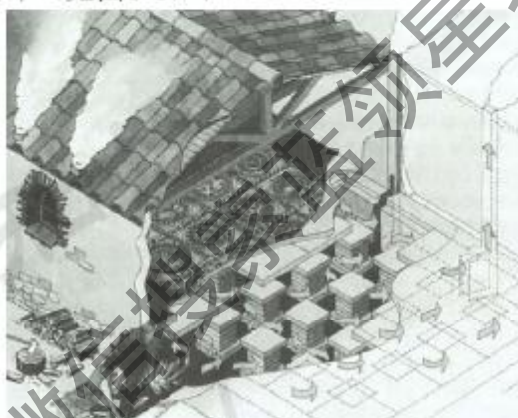


图1-2 罗马火炕供暖系统采暖^[8]

Fig.1-1 Ecosystem circulation sketch map

Fig.1-2 Rome hypocaust system heating

在能源危机以前，任何有关古希腊建筑的讨论都绝不会涉及“能源”一词。但当古希腊人发现曾经美丽丰饶的土地因伐木取暖而变得满目荒凉时，便开始意识到能源问题的存在。同样古罗马拥有许多集中供热系统的豪华浴场和别墅，然而持续的能耗需求，却成了罗马周围森林消失的元凶（见图1-2）。据估算，每个管道式火炕系统每天大约需要消耗7.2立方米的木材。^[9]公元前3世纪时罗马北部还是一片茂密的森林，但到公元前1世纪，罗马城不得不从3000多公里以外的高加索地区进口木材。

1922年Willis Carrier博士利用冷冻机在洛杉矶Graumann's Metropolitan剧场首次安装了空调，具有划时代意义。由于二战后的技术革新，使空调迅速普及。全球经济空前繁荣，社会上甚至打出了“消费就是美德”的口号。直到1973年，能源消耗的增长还是沿指数曲线关系增长。而能源危机的爆发，能耗的曲线开始走向S形。事实上我们对能源消费的态度决定了未来的能耗是沿着另一条危险的指数曲线B，还是沿着一条比较合理的曲线C发展（图1-3）。人类应更理智地协调发展与环境的辩证关系。

空前的人类生活美化与非美化二律背反的特征昭示着生态危机已兵临城下。一批富有社会责任感的科学家、哲学家、社会学家、政治家纷纷呼吁人类停止对地球资源粗放的掠夺性开发,通过科研实践倡导对现有生产生活方式的改良和创新,在全球范围内掀起了一场声势浩大的生态环保运动。人们意识到人类只是自然界的一部分,其行为应该遵循自然界的运行演进规律,并被控制在大自然所允许的生态阈限之内,与自然界中其它物种的进化保持良好的协同关系。这种认识标志着人与自然的关系开始自自为向自觉转变。

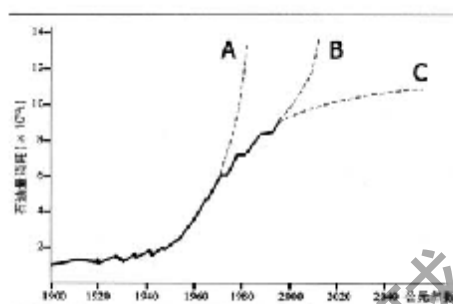


图1-3 世界能源消耗曲线图

Fig 1-3 World energy consumption curve

作为一种建设性的策略,可持续发展对此可谓一服良药。在可持续发展观的倡导下,建筑发展模式正从重视人对自然改造的“以人为本”向重视自然与人工环境达到生态平衡的“以环境为中心”逐步转变,人类与自然环境和諧相处,已成为走向现代生态文明的重要表现。

1.1.4 建筑与生态有约

2002年柏林世界建筑师大会以“资源与建筑”为主题,反映了新千年建筑师对资源的深刻认识和关注,并明确赋予了其社会和职业责任。“建筑师应像政治家一样,有责任推动社会的整合,唤起民众的生态意识。”^[10]

随着2005年《京都议定书》生效,中国已经相继签署了《联合国气候变化框架公约》等多款国际环境公约,标志着生态环境的关注和保护以经正式提上了中国政府的议事日程。中国作为缔约国,减排温室气体任务将日益加大。而科学发展观的树立,全面、协调、可持续的初衷更使得生态意识深入到社会各个领域。作为消耗能源占社会总能耗近40%、贡献近1/3社会总排放量的温室气体的建筑业首当其冲,其对社会的可持续发展至关重要。

在当前混沌无序的后现代浪潮中,“为赋新词强说愁”的建筑创作不免留下了“新瓶装旧酒”的遗憾。明星建筑师个人英雄式的哲学与美学思维缺乏与社会环境议程的密切关联,而那种有悖于时代道德的奢靡理念更不值一提。传统实用理性的泛滥导致了“什么都不信者什么都敢做”的结果,“现代化”成了最美丽的借口,在这些建筑师眼中,似乎迫在眉睫的能源环境问

题与之无关，建筑师职业道德对其是不折不扣的谎言。生态时代建筑师再采取得过且过的“鸵鸟态度”对残酷的现实而言没有任何积极意义。

表1-1 与建筑设计相关的关注点^[11]

Table 1-1 Attention of related with Architecture design

1 Vitruvius	2 Wotton	3 Gropius	4 Norberg-Schulz	5 Steele	6 Maslow
美观 (venustas) 有用 (utilitas) 坚固 (firmitas)	方便 (commodity) 愉悦 (delight) 坚固 (firmness)	功能 (function) 表现 (expression) 技术 (technics)	建筑任务 (building task) 形式 (form) 技术 (technics)	任务工具性 遮蔽 安全 社会交往 象征性类别 快乐 成长	生存 安全 归属感 尊敬 学习 美的享受

建筑学是时代的完全形态化。在经历了实用建筑、艺术建筑、机器建筑、空间建筑的价值观念变迁后（表1-1），建筑的发展面临着潜在的危机而需要新的引擎——新的建筑并不只是新的风格或新的形式，而且更是指新的内容和创造新的生活方式。在新的历史条件下，为建筑学人奉为圭臬的“实用、坚固、美观”设计原则附加“生态”这一前提已成为客观需要。而生态建筑作为可持续发展理念在建筑系统中的代言人，能超越所有的建筑形式、风格和流派，担负起建筑的文化救赎和发展的重任。

克里斯·艾贝尔的四种文化划分法将生态文化列为“朝向全球综合的更为积极的进化”，它以区域和国际文化作为补充，走向文化多样。^[12]此文化的建成表现是，建成形式是当地文化和材料相结合，吸收了适应当地建筑的引进技术。生态与建筑的互动整合，使双方都摆脱了各自尴尬的处境：对建筑而言，生态是其发展的重要生长点；对生态而言，建筑使其从虚无的概念走向具体的实在。二者的联姻开拓了更为广阔的天空。

1.2 国内外研究的发展动态

1.2.1 大空间公共建筑理论的发展

1.2.1.1 大空间公共建筑的概念 “大空间”是一个动态的、开放的、相对的概念。它并不能用精确的数字来衡量，而是建立在经济、技术和社会文化背景之上约定俗成的概念。同时由于新结构体系、新材料和新技术的应用，以

及各种新情况的不断出现，大空间、大跨度的绝对尺寸不断更新，并无放之四海而皆准的通用标准。

“大空间”的范围一般以结构跨度值作为衡量的标准。在《中国大百科全书·建筑园林城市规划》中，大跨度结构是指横向跨越30米以上空间的各类结构形式的建筑，多用于民用建筑中的影剧院、体育馆、展览馆、大会堂、航空港候机大厅及其它大型公共建筑，工业建筑中的大跨度厂房、飞机装配车间和大型仓库等。^[13]难怪《工业建筑精品集》认为，大跨度的购物中心、候机厅、体育场馆等都包含在广义的工业建筑类型内，同时认为其机械美学建筑语言对现代公共建筑有广泛的可译性。^[14]而《中国土木工程百科全书》把大空间建筑定义为：“大跨度公共建筑是指屋盖结构跨度在80米以上的建筑，在这个概念涵盖的范围内，有一些建筑如体育、观演、会展、交通建筑等，由于功能要求，要求内部空间必须是完整的无柱大空间，这些建筑称之为大空间建筑。”^[15]本文认为此定义反映了当前经济技术背景下大空间公共建筑的基本内涵。同时本文把研究对象锁定为公共建筑，也就排除了厂房、仓库等工业性建筑。

在“大空间”与“大跨度”之间，本文之所以采用“大空间”，主要想强调建筑的空间属性。而“大跨度”一词强调的是建筑的结构特征。不可否认，在大空间建筑的发展史上结构工程师扮演了极重要的角色。但建筑设计本身是一个多元因素的综合平衡、统筹协调过程，而非单一要素的片面夸张，建筑技术与艺术的统一方为建筑设计的真谛，因此过于强调大空间建筑的跨度大，是一种本末倒置，必定会影响到大空间建筑创作的健康发展。

1.2.1.2 大空间公共建筑的发展机遇与挑战 拉普波特 (A.Rappoport) 在《住屋形式与文化》中认为可以将建筑分为两类：归属于壮丽设计传统的和归属于民俗传统的建筑，依此分类的话，大空间公共建筑自然属于壮丽设计传统的建筑。罗西 (A.Rossi) 在《城市建筑学》一书中认为城市中两个重要的、持久不变的部分是“住宅”和“纪念物”，“纪念物”作为具有象征功能的场所的性质与城市中另一要素“住宅”区别开来。照此理论，大空间公共建筑又可归入“纪念物”一类。正如克里斯托弗·雷恩爵士所言，“建筑有其政治作用，公共建筑是国家的饰物。建筑形成一个国家，吸引人民，发展商业。”^[16]

大空间公共建筑作为以城市为“底”的“图”，从古至今备受关注，不仅市民对其寄予很高的期望，建筑师也把它成功作为其设计功力的体现

和树碑立传的快捷方式，业主也希望该建筑在城市母体中产生轰动的广告效应，城市管理部门则希望大跨度公共建筑的建成能带动并统帅整个城市区域环境的开发，并通过其别开生面的形象活跃城市景观的整体氛围，成为城市开发、街区改造的画龙点睛之笔。这样大空间公共建筑就先声夺人地占据了与其数量不成比例的资源配额，从上市地审批到建设投资再到建成运营的各阶段都占尽先机。人类沉醉于大空间公共建筑带来的激情震撼之中。

奈尔维曾经预想过未来的建筑将会向两个方向发展：一方面是大型公共建筑将采用有效方法进行垂直交通联系而在高度上予以发展，大型公共集会要发展巨大的无柱空间；另一方面是居住单元将不断趋向于进入整个城市结构，城市的美观将依靠街道和景致的和谐。20世纪末伍时堂也预言了未来世纪的建筑：“家庭办公越来越普遍……体育馆大会堂之类还会有，不过它们唯一的动因，是提供一个干什么都行随时可变的多功能大空间……说的绝对些，所有我们今天辛辛苦苦设计的建筑作品，将只有住宅和那个多用途大空间两种。”^[46]虽然这些预言过于大胆，但也有一定的内在科学依据，并直接引导了设计观念和价值取向。而且进入21世纪以来，大空间公共建筑确实获得了前所未有的发展机遇，特别是国内的建筑行情被普遍看好。

中国加入WTO产生的“鲶鱼效应”加速了经济结构的整合与转型，社会经济水平在综合平衡中稳步提高。经济基础与上层建筑之间的决定关系在大空间公共建筑上表露无遗。客观需要是刺激建筑发展最根本的动力，根据美国社会学家马斯洛的需求等级理论，在生理和安全需求相对满足以后，社交需求、心理需求和自我实现需求自然浮出水面。

1、随着市民休闲时间的增加，积极运作的体育建筑正在成为直接带动人们生活方式转变的引擎。“每天锻炼一小时、健康工作五十年、幸福生活一辈子”的口号已深入人心。“野蛮其体魄，文明其精神”的警句昭示人们发展文明的两手抓要诀。在自由支配的时间内，人们所从事的各种活动中，体育和休闲活动无疑将会占有重要地位。人们对健康的强烈欲求使得“体育人口”空前增长，产生的不仅是经济效益，而是巨大社会效益。据调查，医疗事业经费的十分之一用于体育消费，可以得到同样的社会健康效果。“重在参与”的格言使体育成为最广泛的维系人际关系的纽带，从而使体育设施具有最普遍的社会效益。“全民健身计划”和“奥运争光计划”实施以后，全国范围内掀起了体育设施的建设热潮。而北京申办2008年奥运会成功，更为体育设施发展注入了一支强心剂，可以预见在相当一段时间里，体育建筑

的发展将处于黄金时期。

2、国民经济和对外贸易的突飞猛进是中国展览业全面发展的根本动力。中国正在成为全世界的巨大投资市场和消费市场，另外人们生活水平的提高为洽谈会、展览会、博览会竞相举行营造了良好的环境。近年来，中国展览业总规模连续保持近20%的增长速度，全国上规模的展览场馆有150多座，每年举办的各类展览会有3000多个，广交会、哈洽会、乌洽会、上交会等大型综合性展览会，都已成为国际知名的贸易展览会。无论是从展览基础设施，还是从展览活动的数量和规模看，中国展览业都已经具备了相当强的实力，中国正在步入展览业大国的行列。会展是一个城市吸引客商、展示自己的平台，会展经济是地方经济“助推器”，广交会、哈洽会等正在成为打造城市知名度的品牌。时代对展览建筑的规模和档次提出了新的要求，原有的一些展览建筑因设计思想陈旧僵化不适应发展而缺乏活力。2010年上海世界博览会的成功申办更强烈地拉动了展览建筑的发展。因此，展览建筑、会展中心的建设依然将有很大的缺口。

3、生活质量的提高使旅游观光、探亲访友、公务出差等成为生活的必要组成部分，其对交通设施的规模与质量需求也与日俱增。航空方面，机场客货吞吐量连年保持增长，航空业已逐渐理性地追求规模效益而平民化。据国际机场业的统计经验，机场吞吐量的增长率通常为国民经济增长率的2倍，随着我国国民经济的持续快速发展，可以预计我国机场业潜力十分巨大。“八五”及“九五”期间中国新建机场近40个，扩建35个，在上述机场可行性研究阶段，相当数量的机场是以2005年作为建设目标年进行客货运量预测，因此新一轮机场建设高潮将会在2005年前后发生，而航站楼是其重中之重。铁路方面，2004年2月，国务院通过了《中长期铁路网规划》，到2020年，全国铁路营业里程要达到10万km以上，建设客运专线1.2万km以上，自此全国掀起了大规模铁路建设的新高潮，而火车站的改扩建是必不可少的核心工程。因此近期的交通建筑也将迎来发展的良机。

另一方面，技术的日新月异极大地推动着技术敏感度颇高的大空间公共建筑的进步。膜结构、高新金属、玻璃材料的应用，施工工艺的改进都使大空间公共建筑的质量有极大改观。技术已经具备了为大空间建筑的发展保驾护航的足够实力。

在能源危机、环境污染的大气候下，大空间公共建筑面临生态设计转型的挑战。公共建筑本来就体量大、类型多，而且能耗高、节能潜力大，多年来一直是生态建筑设计的软肋，即使《公共建筑节能设计标准》已颁布实

施，但建筑师在具体类型设计时仍然不能真正做到有章可循，因针对性不强而执行起来效果难以尽如人意。尤其是大空间公共建筑由于功能、技术含量较高，构思涉及“自变量”的更多，使得大空间公共建筑的生态设计一直是建筑师不愿碰触的雷区和死角而显得扑朔迷离。

生态建筑应被更深地理解为能流调节器，这就意味着节能、减废、健康、适用等基本目标的实现应对建筑的质量起决定性作用。中国传统实用理性过于注重现实的可行性，轻视逻辑的可能性，而抽象思维所获得逻辑真理和认识愉快远比物质效用和实际利益更为重要。基于此，本研究亦着眼于当前可操作的技术手段，而着眼于可预见的一段时间内可能的方法策略，这样才具有理论前瞻性和实践指导意义。

1.2.1.3 理论综述 在国际上，大空间建筑的系统理论尚未成型，大多将设计理论寓于工程实践中，仅有为数不多的相关功能和结构类型的建筑理论著作。日经建筑的《穹顶建筑的全部》（1997）系统总结了日本各类市民穹顶建筑，并且对其构造、防灾、空调、光环境、音箱、膜等技术支持系统进行了深入阐述，搭建了穹顶建筑的设计理论框架。《冬季多雪地域的体育设施》（1998）将长野冬奥会各比赛场馆的建设经验进行系统地挖掘，从而升华成多雪地域的体育设施设计切实可行的理论指针，对于解决体育设施的地域性、可持续性、宜人性、经济性问题大有裨益。Kazuo Ishii的《开合屋盖结构设计》（2000）通过对世界上现有开合屋盖建筑典型的比较研究，从建筑、结构、驱动机制角度深入剖析了开合屋盖的设计机制，进而提出了开合屋盖结构设计的指导方针，为大空间开合屋盖的应用研究提供了有益的探索。斋藤公男的《空间结构的发展与展望》（2003）以建筑与结构相结合的独特视角将大空间赖以存在的空间结构分门别类地梳理，深入探讨了大空间建筑的结构优化组合问题，对建筑师的结构构思极具启示。Annette Bögle等的《轻·远》（2003）系统总结了著名结构大师约格·施茨希和鲁道夫·贝格曼的轻结构优化思想和设计探索，令人耳目一新。Marcus Binney的《航空港建筑》（1999）和Hugh Collis《现代交通建筑规划与设计》（2005）则廓清了以航空港为代表的现代交通建筑人性化、精致化、可持续化的发展态势，并佐以大量值得借鉴的工程典例。

在期刊文章中，以“大空间”为题的理论成果寥若晨星。吴海遥的《人类扩大室内空间的成果——大空间结构》（1985）从历史的维度分门别类地梳理了大空间结构发展脉络，并总结了大空间结构的发展规律和经验教训以

资启示。梅季魁的《大空间公共建筑的未来》（1989）领风气之先，预见未来大空间公共建筑的某些特征；在《大空间公共建筑发展趋势与设计对策》（1996）中，高屋建瓴地提出宏观的大空间公共建筑发展策略，初步搭建了设计的理论框架。刘先觉的《当代国外大跨度建筑的新动向》（1997）则从横向角度介绍了国外大空间建筑的最新进展。李晋、刘德明的《大空间建筑的形式创作规律初探》（2000）、《地域气候与大空间张拉膜结构建筑的形式创作》（2001）、《大空间张拉膜结构建筑的形态构造技巧》（2004）等从技术本体规律入手，进行较为严谨扎实的研究，并且得出了较有参考价值的结论。这些最新成果使本研究能够在既有类型的理论平台上得以综合提炼并升华为大空间公共建筑的共性理论，当然这些文章中不可避免的存留着时代所特有的偏于定性研究的烙印，又是本文所要努力超越的。

在正式出版的大空间建筑理论著作中，以“大空间”为题的研究更是少之又少，大多为相关功能类型建筑的理论成果。梅季魁的《现代体育馆建筑设计》（1999）是国内体育建筑研究的扛鼎之作，因对体育建筑的功能、技术逻辑把握得体，对体育馆设计理论阐述比较全面且深入。由梅季魁、刘德明、姚亚雄合著的《大跨建筑结构构思与结构选型》（2002）是本领域研究中的集大成者，从建筑师角度深入挖掘结构优化的技术表现潜力，并对大跨建筑创作与结构构思提出了系统的见解，其中蕴含了一些生态的思想。北京市建筑设计院编写的《奥林匹克与体育建筑》（2002）分别从结构、机电、声学设计及战略决策等几部分详尽地阐述了现代体育建筑设计的方方面面。张明的《世博会与博览会》（2002）则从博览功能角度系统介绍了世博会的建筑探索过程。傅国华的《现代航空航站楼设计》（2003）是国内航空港建筑研究的最新成果，其中对航空港的选址、策划、设计到运营都作了理论归纳，并指出其发展趋势。范存养的《大空间建筑空调设计及工程实录》（2002）从空调工程师的角度对大空间建筑的生态设计提出较专业的意见，使笔者受益良多。刘锡良的《现代空间结构》（2002）和张毅刚等的《大跨空间结构》（2005）从结构工程师的角度对大空间建筑的空间结构进行系统研究，为笔者的研究提供了坚实的结构理论支撑。

本选题领域尚未系统开发，缺乏较深入的以“大空间”为题的博士论文，但与其相关的一些硕士学位论文从不同的侧面揭示了一些大空间建筑的客观规律，对笔者的研究有参考借鉴价值。天津大学叶依谦的《大跨度空间设计分析》（1996）较早以大跨度空间本身为研究对象，并正确指出了大跨度空间的症结所在和发展方向。华南理工大学汤朝晖的《我国民用航空港候

机楼设计的探索与实践》(1998)、陈建华的《现代航空港航站楼建筑设计探析》(1998)通过对候机楼深层制约因素的定性与定量相结合的逻辑分析,较有创造性地得出具有指导意义的结论。东南大学钱海平的《现代会展建筑设计及其策略研究》(2000)从其选址、功能、空间、技术特点出发,基于“会展经济”的运行规律对会展建筑的发展提出了本体的可行性策略。哈尔滨工业大学李晋的《大空间张拉膜结构建筑的形式创作研究》(2000)分别从结构原理、单元构成和社会审美心理表现的角度深入浅出地探讨了大空间张拉膜结构应用规律。刘欣的《游泳馆赛后使用问题研究》(2003)、庄楚龙的《体育馆可动设施设计研究》(2003)基于功能的灵活适应原则较为切实地探讨了体育建筑的设计应对策略。华中科技大学杨锦的《大空间体育馆建筑节能及其性能模拟分析研究》(2003)通过从体形、朝向、自然采光、自然通风方面进行理论分析和计算机性能模拟研究,寻求最优化的建筑方案,这种定性与定量相结合的理论研究为偏重经验的建筑学吹入了一股清新之风。清华大学马佳的《大型体育建筑固定看台下空间综合利用研究》(2004)立足于实态调研和严谨的分析,拓展了体育建筑功能复合化的学术阵地。另外哈尔滨工业大学郭兀的《大空间公共建筑空间形态演变研究》(2001)通过对大空间建筑在发展演变各个阶段中体现出的形态、语义总体特征的观察与比较研究,提出大空间形态发展的特征演进律、协同作用律、制约权衡律、环境选择律及阶段发展律等规律。天津大学巢燕然的《大型体育建筑空间形态的发展与创作》(2002)从动态发展的观点出发探讨了结构构思在体育建筑创作中的重要性及体育建筑的个性化、高技术性与高适应性、生态化的发展趋势,当然纯粹从形态入手研究对于功能、技术逻辑性较强的大空间公共建筑而言难免深度不足。

另外相关功能建筑类型的博士论文也相继出炉,设计理论日趋成型。重庆大学郑红雨的《21世纪我国游泳馆建筑设计研究与展望》(2001)较系统的研究了游泳馆的历史脉络和现状结构,并对游泳馆的设计提出蕴含生态思想的思路。哈尔滨工业大学胡斌的《复合型体育设施设计研究》(2002)较为系统地勾勒出体育设施复合化的路线图,陈剑飞的《会展建筑研究》

(2005)则代表了会展建筑研究的最新理论成果。同济大学傅国华的《现代航空航站楼的理论与设计》(2002)对机场航站楼的设计流程进行了较为深入的剖析,并提出了指导性较强的设计理论。当然在这些研究中也不可避免地存在浅尝辄止的不足,贪大求全地搭建框架对于日渐精微的本体研究而言

无异于隔靴搔痒，而对关键技术问题的回避正是某些研究的死穴所在。

当然对已有研究的总结难免挂一漏万，但整体上而言目前尚缺乏较为系统的大空间公共建筑整合理论研究。事实上，在大量性建筑研究已经分化到细致入微之时，在生态环境意识日益成为人类日常生活的“本底噪声”的背景下，粗放的大空间公共建筑理论明显已无法适应时代对其微妙的要求而成为制约建筑系统发展的薄弱环节，寻求更为深层精微的生长基础和更广阔的发展空间无疑已成为迫在眉睫的任务。

1.2.2 生态建筑理论的深化

1.2.2.1 国际生态研究背景 正如威尔夫妇所言，“绿色设计对于建筑本身来说，并不是很新的思维途径。从人们认识南向开窗获得舒适的温度开始它就存在。真正让我们感到有新意的是将‘绿色方式’作为一个整体运用到设计中去，考虑如何建造一个‘可持续发展’建筑”。^[17]建筑环境控制走过了从朦胧到觉醒、从被动性到主动性、从无意识到有意识的进程。

生态学一词，是由希腊语oikos（房子、住所）派生而来，1886年德国学者海克尔首次提出生态学概念，即研究生物与环境之间的关系和相互作用的一门科学。随着该学科的发展，现代生态学逐步把人放在了研究的中心位置，人与自然的关系成为生态学关注的核心。

1960年代初索勒里首先将生态学与建筑学合并为生态建筑学，成为建筑学发展史上的里程碑。麦克哈格的《设计结合自然》（1969）标志着生态建筑学从理论上站住脚。从此在环境保护的语境下，生态建筑成为指导建筑设计本体理论。概括地讲，国际上对生态建筑的研究主要集中于两大类。

一类是偏重于理论与原则的论述，其目的是为了树立旗帜、切晰思路。有代表性的著作有：威尔夫妇的《绿色建筑：为可持续发展的未来而设计》（1991）；美国国家公园出版社出版的《可持续设计指导原则》（1993）；杨经文的《设计结合自然：建筑设计的生态基础》（1995）；西姆·莱恩等的《生态设计》（1996）；爱德华兹的《可持续性建筑》（1999）和《绿色建筑》（2002）。这些著作梳理了各国在可持续发展建筑方面的政策、理论、技术，特别是在量化研究方面搭建了一个严谨的理论平台。

另一类则是偏重于实践和技术的探索和研究，以可操作性较强的技术策略为旨归，因此对我们来说更具指导意义。奥戈雅的《设计结合气候：建筑地域主义的生物气候研究》（1963）强调通过自然方式而不是机械手段来实

现人体的热舒适。他提出的“生物气候设计方法”比较全面而综合地考虑了所有气候要素对建筑设计的影响,以及相应的室内热环境和热舒适问题。

如果说生物气候地方主义只是延续了一种源自古代的传统信念,那么1960年以后的能源危机和环境污染则触发了建筑界全面审视建筑与地区生态乃至地球整体生态的关系。

1990年代以来,对生态技术的研究与探讨变得更加深入和系统,而且其强调的是整个建筑生命周期内的节能效应和对环境的影响。K.丹尼尔森的《生态建筑技术》(1994),他认为通过简单办法可减少建筑物与自然界之间的冲突,同时也使建筑师、工程师与业主坐在一起共同关注生态设计。在《低技术·高技术·轻技术:信息时代的建筑》(1998)中,他进一步完善了其生态技术理论体系。杨经文的《生物气候摩天楼》(1997)提出因地制宜的生态技术观念,认为建筑师应以地区生物气候特征对朝向、位置、立面处理、绿化及遮阳等因素进行综合分析。F.英格伯格的《托马斯·赫尔佐格:建筑-技术》(2001)根据赫尔佐格创新性的生态建筑思想,提出对建筑和技术要进行系统性的开发,才能根据各自不同的地域特点建造不同的建筑,才会使建筑系统具备一定的灵活性,从而适应不同的位主要求。G.贝尔德的《环境控制的建筑表现》(2001)通过大量实例分析总结,探讨了生态设计的互动模式,提出了建筑技术整合和本土表现的重要观点。

1.2.2.2 国内生态研究现状 国内方面的研究倾向于国外经验的译介总结,普遍缺乏针对国情的自主研究和技术本体的深入探讨。在出版物中,《绿色建筑》(1999)对绿色建筑观及绿色设计、绿色建筑技术进行系统的阐述,理论研究较深入。《建筑设计的生态策略》(2002)引介了国内外建筑设计生态研究的成果,给作者的深化研究搭建了合理的理论框架。《建筑环境控制学》(2003)从建筑技术的角度研究生态建筑具有建设性,结论也言之成理,持之有故。

此外,在国内主要的博士论文中,清华大学宋晔皓的《结合自然 整体设计 注重生态的建筑设计研究》(1998)提倡一种探索式注重生态的整体设计方法,并提出架构生物气候缓冲层的策略。宋海林的《中国办公建筑绿色化研究》(2001)结合亲身实践对办公建筑的绿色化架构了理论体系,其研究思路具有借鉴价值。王鹏的《建筑适应气候——兼论乡土建筑及其气候策略》(2001)延续了气候设计的思路,对建筑师而言具有现实和本体意义。李保峰的《适应夏热冬冷地区气候的建筑表皮之可变化设计策略研究》

(2004) 则针对特定气候, 运用实测、试验、模拟等科学方法进行严谨研究, 并得出了切实可行的结论。同济大学郑炜的《当代建筑的生态高技化导向——基于技术与生态的双重视野》(1999) 从技术和生态两个角度, 提出了生态高技化的系统策略。夏海山的《城市建筑生态转型及其整体设计研究》(2003) 对城市和各类建筑的生态化发展提出了较为全面的理论整体性框架。东南大学吕爱民的《应变建筑观的建构》(2001) 以大陆性气候为切入点, 较有创见地提出应变的生态建筑观。重庆大学白雪莲《种植屋面能量传输和热环境研究》(2000)、董子忠的《建筑遮阳的研究》(2001) 从建筑热工效应不同的侧面进行了扎实而卓有成效的技术研究。华南理工大学刘宇波的《建筑创作中的生态地域观》(2002) 基于岭南建筑实践提出生态与地域融为一体观念和符合生态地域观的一系列建筑模式。西安建筑科技大学杨柳的《建筑气候分析与设计策略研究》(2003) 提出从建筑群体关系、单体设计、局部构造三个层面上适应气候的被动式设计原则与策略。这些研究从不同侧面反映了当今国内生态建筑研究的现状和趋势。

在期刊论文方面, 由于生态建筑一度是最热的研究方向, 故成果颇为丰富。有借鉴意义的文章有: 宋晖皓等的《生态建筑设计需要建立整体生态建筑观》(2001)、胡绍学等的《“生态建筑”研究绿色办公建筑——清华大学设计中心楼设计实践和探索》(2000)、宋德萱的《建筑平面体形设计的节能分析》(2000)、李保峰《“双层皮”幕墙类型分析及应用展望》(2001)、《仿生学的启示》(2002)、《窗户的革命》(2003)、《从“表皮”到“腔体器官”》(2004)、《“美丽”的代价》(2005)、栗德祥等的《解读清华大学超低能耗示范楼》(2005)。这些研究或基于严谨的实证分析, 或基于扎实的实践探索, 基本代表了国内生态研究的主流方向。

事实证明, 可操作的集约化生态设计手段的缺乏是当前生态研究发展的瓶颈。当建筑师希冀借助理论的助力以求超越却在严峻的现实中四处碰壁时, 不得不重新从被动式建构技术中寻求答案。

1.2.3 国内外大空间公共建筑的生态化设计进展

如果想认识一个系统就必须跳出系统之外去观察, 只有将问题放到更大的坐标系中, 才能更清楚地看到它的来龙去脉。大空间公共建筑的发展大致处于从“外延规模扩张”到“内涵品质深化”的进程中。传统大空间公共建筑的软肋莫过于对人与自然之间互动交流的漠视, 因此基于对此关注的生态

化设计就具有先天的内在合理性。

1.2.3.1 它山之石 1. 奥运体育场馆的生态化

体育建筑的生态化进程可谓大空间公共建筑生态化发展的缩影，而奥运体育场馆的生态化则是其风向标。1991年《奥林匹克宪章》新增条款指出应努力使奥运会在确保环境问题受到真正关心的条件下举行。1996年的《奥林匹克宪章》中将环境保护列入和体育、文化共同作为奥林匹克精神的三个方面。“国际奥委会认为举办奥运会应当显示对环境问题的关心，并在其活动中采取体现这种关心的措施，教育与奥林匹克运动相关各方理解可持续发展的的重要性。”^[18]1999年国际奥委会发表了《奥林匹克运动21世纪议程》，明确提出奥运体育设施建设要贯彻可持续发展的战略方针。Geraint John教授认为环境敏感的体育建筑长远看来更为节约，更为高效。对奥运会体育设施来说，至少要满足下列标准：1、注重废弃物与水的处理；2、注重资源利用；3、最大可能的利用可再生重复使用的资源。^[19]环境保护现在已成为奥运计划中一个不可或缺的主题。



图1-4 慕尼黑奥林匹克体育中心^[20]

Fig. 1-4 Munich Olympic sports center

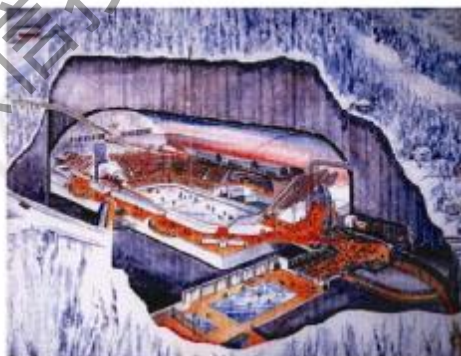


图1-5 利勒哈默尔岩洞冰球馆^[21]

Fig. 1-5 Lillehammer cave rink

实践方面，1972年慕尼黑奥林匹克体育中心开风气之先，开放性地引入自然因素实现了“健康环境中的健康比赛”的目标（图1-4）。1994年利勒哈默尔冬奥委会在比赛场馆的选址和施工过程中，自始至终都征求了生态学家和环保学者的意见，制定了21项环保方案，首次提出并切实实践了“绿色奥运”。岩洞冰球馆被放进靠近居民区内的一座小山体内（图1-5），彻底避免了对原有城镇风貌的消极影响和对自然环境植被的破坏，且平时使用能耗也实现了最小化。亚特兰大自愿在1996年奥运会时执行新宪章，提出了自己有关垃圾、能源消耗和大气污染治理的计划。耗资2100万美元的水上运动

中心有世界上最大的屋顶太阳能系统，共安装了2856块总容量为340kw的太阳能光电板和278个集热器（图1-6，浅色部分为太阳能电池板）。1998年长野冬奥委会各具特色的体育建筑，彰显出强烈的“绿色、自然、和谐”的生态理念。2000年悉尼奥运场馆则成为奥运史上“绿色奥运”的丰碑。



图1-6 亚特兰大水上运动中心^[22]

Fig.1-6 Atlanta aquatic sports center



图1-7 富勒覆盖曼哈顿构想^[2]

Fig.1-7 Fuller's conceive of mantling Monhattan

2. 其它大空间建筑的生态化

1968年B.富勒提出一个被K.弗兰姆普顿称为无情的都市之肺的构想（图1-7）：利用一个直径3200m的透明圆顶遮盖纽约曼哈顿中心区，以使城市中心的运转不受自然界及其周围环境的“干扰”。就防护不利环境的角度来说，该构想是大空间公共建筑生态化的理论先驱。

能源危机对西方的冲击波使大空间公共建筑早就注意了玻璃的理性应用、体形优化及界面的环境亲和性，节能成为一个具可操作性的目标。1980年代的大空间建筑在节能问题上主要着眼于节约能源和对舒适性方面的关心(图1-8)。随着认识的

深入，建筑节能的概念不再只是节约能源，而是如何更有效的利用能源。进入90年代以来，除上述考虑外，更加关注空调建筑物对地球环境的影响，即温室气体的排放量问题，建筑和设备设计都着力于减少建筑物对环境的负荷。一些辅助节能设计的计算机模拟软件和风洞试验应运而生，大空间公共建筑的节能手段越加多样化。在节能的同时，大空间公共建筑环境的健康适

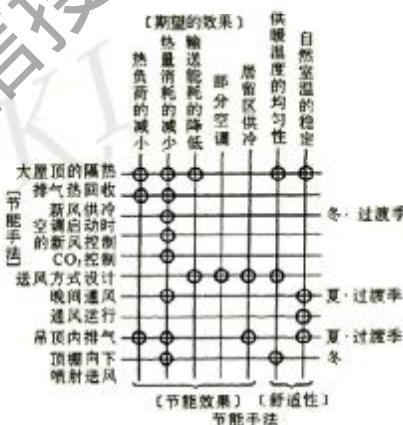


图1-8 东京体育馆节能对策^[22]

Fig.1-8 Tokyo gym energy conservation countermeasure

宜化也良性发展,围护界面成为室内外联系的通路,自然通风、采光被引入,既减少了照明费用和过渡季节空调使用费用,又使人的心理、生理感觉更加自在舒适。

由于经济基础的保证、政府正确的倡导和社会生态意识的监督,国外生态建筑理论、技术相当系统,相继实施了《在建筑和城市规划中应用太阳能的欧洲宪章》(1996)、《地球环境·建筑宪章》(2000)等纲领性文件,并在此基础上落成了一批注重生态的大空间公共建筑(表1-2)。当然日欧诸国的建筑实践是以其强大的工艺技术实力为后盾,直接移植到国内必然造成技术经济方面的水土不服,对此我们必须有充分的思想准备。

表1-2 日本新建成穹顶一览表

Table 1-2 New constructed dome in Japan general view

名称 (竣工年月)	主要用途	平面形状	跨距长边 (m)	跨距短边 (m)	基底面积 (m ²)	总建筑面积 (m ²)	结构形式	建筑设计特点
东京穹顶 1988.3	职业棒球	正方形变形	201.0	201.0	46755	116468	空气膜	低拱高、亮出顶
秋田蓝天穹顶 1990.5	全球	椭圆形	122.0	101.0	12124	2158	空腹拱形结构+钢管拱钢结构	吊顶整洁、结构耐力提高
前桥绿色穹顶 1990.1	自行车	椭圆形	167.0	122.0	26885	59832	拉弦梁钢结构	轻快
出云穹顶 1992.3	欧式棒球	圆形	140.7	140.7	15742	16277	立体拉弦拱构件	可见36根呈放射状木制拱
滋贺长滨穹顶 1992.3		椭圆形	162.0	107.5	15123	16225	钢管网架结构	高耸的形象
福冈穹顶 1993.3	职业棒球	圆形	222.0	222.0	69130	176048	对开球型逐层桁架钢结构	开合屋面
福井太阳穹顶 1995.3	产业展览	圆形	116.0	116.0	15968	27088	攀达穹顶钢结构	堆雪型网壳穹顶具有地域性
浪速穹顶 1996.3	游泳滑冰	椭圆形	126.8	110.8	24933	37660	攀达穹顶钢结构	扁平鸭蛋壳体与水平倾斜5度
大阪穹顶 1997.2	职业棒球	圆形	166.5	166.5	33766	156409	逐层桁架钢结构	均等传导整个穹顶的荷载
名古屋穹顶 1997.2	职业棒球	圆形	187.2	187.2	48304	119707	单层桁架钢结构	简单化
札幌公园穹顶 1997.3	少年棒球	圆形	132.0	132.0	17865	18882	立体拱形结构	不易积雪的V形剖正
熊本公园穹顶 1997.3	全球	圆形	125.0	125.0	26317	26965	钢索-三重空气膜	浮云形象

小松穹顶 1997.4	软式 棒球	椭圆 形	162.0	148.0	22343	23394	龙骨桁架 桁架拱 制结构	开合屋面
大馆树海穹 顶1997.6	业余 棒球	圆形	175.0	153.0	21910	24310	立体拱桁架木结构	顺应球的飞行 轨迹的卵形
四口穹顶 1997.6	足球	矩形 变形	152.0	104.0	21072	23143	空间钢网壳组合	利用中间结合 部采光
北九州梅地 业穹顶 1998.9	自行 车	椭圆 形	208.0	145.0	35686	91686	系统桁架(轴力穹 顶)钢结构	简单、使用相 同构件
但马穹顶 1998.10	软式 棒球	半圆 锥形	160.3	150.0	19006	21813	平行弦铰桁架(固 定屋面) 拉弦钢 桁架(开合屋面)	开合屋面,可 动屋面,卵形剖 面不易积雪
西式棒球馆 1999.3	职业 棒球	圆形	220.0	220.0	40168	42541	放射型空间钢构架 -单层网壳膜结构	简洁的穹顶
仙台穹顶 2000.4	软式 棒球	圆形 变形	170.0	150.0	19842	21314	空腹钢桁架	与侧端形成一 体的开闭屋面
埼玉竞技场 1999.3	美式 足球	椭圆 形	198.4	130.0	43730	132310	龙背大梁钢结构	形成斜屋顶世 面
大分穹顶 2000.3	足球 田径	圆形	274.0	274.0	52235	92735	桁架拱钢结构	开合屋面
札幌穹顶 2001.3	足球 田径	椭圆 变形	229.0	218.0	52013	93880	正交双向拱桁架钢 结构+壳体	轻快流线型
山口穹顶 2001.4	软式 棒球	圆形 变形			29667	31252	钢网壳膜结构	活泼的屋面形 象
千叶体育场 2001.6	足球 田径	圆形 变形	250.0	224.0	40734	105830	索桅钢桁架结构	开合屋面 92×224
津轻穹顶 2002.3	软式 棒球	圆形 变形	125.0	100.0	11920	12238	钢骨架膜结构	开合屋面
熊谷穹顶 2003.3	足球	椭圆 形	255.0	135.0	30325	32803	钢网壳膜结构	简洁的椭圆穹 顶
神户纪念运 动场2003.3	足球 田径	圆形 变形			31153	58896	桁架拱钢结构	开合屋面 81×105
下北京雪穹 顶2005.7	软式 棒球	正方 形	108.0	108.0	19154	21667	钢网壳膜结构	半球形屋面

1.2.3.2 国内研究进展 1. 理论研究

由于本课题属于跨学科交叉研究的学术前沿,目前尚没有本研究方向系统的专著。马国馨的《第三代体育场的开发与建设》(1995)、《持续发展观和体育建筑》(1998)是较早把可持续发展与体育建筑结合起来研究的典型。刘德明等的《拥抱阳光——梦幻乐园空间环境与节能设计》(1999)在探寻大空间建筑生态化设计方面迈出了实质性的第一步。乐音的《当代体育

建筑生态化整体设计研究》(2005)试图探索体育建筑的生态化之路,只是由于研究条件和研究方法的不力,回避了关键技术问题而略显不足。

北京2008年奥运会提出“绿色奥运、科技奥运、人文奥运”三大理念,《绿色奥运建筑评估体系》(2003)、《绿色奥运建筑实施指南》(2004)标志着对奥运建筑生态性能的量化评价取得了突破性的进展,使生态设计更具可操作性。

2. 实践探索

由于国内大空间公共建筑生态研究起步晚、技术不成熟,以及体制上各系统的机械分割,特别是由于建筑教育的惯性,使得整合生态设计的理念方法在体制内外的生存空间相对狭小,理论与实践进展皆远落后于国外,首先国际上比较关注的生态环保问题,在我国大空间设计中反映不多;其次在大空间处理环境问题时,与结构技术要素的整合考虑的很少,还未能将生态技术作为大空间设计系统的有机组成部分看待。并且附和者众,实干者寡,因此尚处于概念阶段。即使在此背景下,我们仍看到一些可贵的生态尝试,虽



图1-9 哈尔滨梦幻乐园^[20]

Fig.1-9 Harbin dream fairyland



图1-10 首都国际机场新航站楼^[21]

Fig 1-10 Capital international airport

然不甚完美,但毕竟都在某一方面走出了第一步。哈尔滨梦幻乐园(图1-9)结合地域气候和戏水乐园功能,利用温室效应和自然通风原理使戏水大厅四季皆宜,深得生态设计精髓。它在国内大空间公共建筑史上具有承前启后的意义。首都国际机场新航站楼(图1-10)设计采用合理的能源,提高设备的节能效率,控制超大厅堂的空间体积和外墙的玻璃面积,这些措施都不同程度地体现了设计理念的提升。进入新世纪后,深圳大学城体育中心、北京老山自行车馆、广东外语外贸大学体育场馆等继续沿着生态化思路执着地探索。真正的浪费大户,是社会资源危机的始作俑者对此无所作为,可见大空间公共建筑的生态化对于自身和环境的可持续发展都可谓任重道远。

虽然由于目前的技术和价格壁垒,典型的生态化设计的大空间公共建

筑实践尚未在国内涌现，但并不能就此怀疑甚至放弃对生态设计的系统研究。而且作为一种建设性的选择，生态思想已经或多或少地渗透到大空间公共建筑创作实践中，特别是乘着“绿色奥运”的东风，生态化设计大空间公共建筑已初露端倪并将在不久的将来成为主流。

1.3 课题研究内容

1.3.1 相关概念辨析

1.3.1.1 生态理性 所谓生态理性是指内在于环境生态系统中的本质性结构或客观性法则，以及人们基于生态关怀对其逻辑判断和明智选择的反观能力，包括物尽其用、因势利导、环保健康等内涵。大空间公共建筑生态化设计是生态理性在大空间建筑上的反映，这是一个从0到100%之间的相对程度选择问题。

1.3.1.2 结构理性 所谓结构理性是指在构成整体系统过程中结构体系所体现出的客观规律和作用，及人们对这种逻辑的把握能力，包括传力路径最短、结构效率优化等内涵。结构选型和细部构件的合理优化使得材料以最小的投入、最科学的组合承载了最大的荷载。结构理性是大空间公共建筑赖以存在的基础框架，它与生态理性二者之间并不冲突，从某种意义上说，生态理性是结构理性拓展和提升的产物，而结构理性则是前者演化的原点。

1.3.1.3 节能建筑VS生态化建筑 所谓节能建筑是通过多层次手段以节约能源为终极目标的建筑，由于对单一目的的片面追求，其必然在整体统筹方面存在不足，相对而言其更加注重技术设备层面的方法。而生态理念则包涵了节能、健康、环保、高效等多重含义，因此生态化建筑就能整体协调诸如舒适与健康、节能与经济之间的辩证关系，全方位调度各种手法以寻得各目标之间的平衡，而且其更加倾向于通过本体的建筑设计手段而非技术设备实现建筑的生态化。

1.3.1.4 大空间公共建筑的功能可持续设计VS生态化设计 功能可持续与生态设计都是着眼于建筑的日常运行实际问题而采取的策略，二者应并行不悖，只是由于可操作性问题使前者占据优势。商业化、社会化的“造血机能”成为大空间公共建筑功能可持续的重头戏，“购物可以证明是现存公共

活动的唯一形式，通过一种日益加剧的掠夺的斗争，购物开始殖民甚至是取代都市生活的各个方面。”^[23]过度的商业化异化了建筑本体存在意义。商业化运作功能效益的取得仍然基于传统粗放的资源利用方式，而生态化设计无疑属于对其本体存在反思的必然之举，它并非“奢侈”的潜台词，对于不久的将来最容易得到的能源就是节约和高效，这样来看，生态的就是经济的。因此生态思想逻辑上优先于功能可持续设计。

当然笔者无意否认功能可持续的重要性，在某种意义上，功能可持续设计是生态设计的子集。如果说功能多元化是从广度上对本体功能的扩展的话，那么生态设计则是基于尊重环境资源的对功能深度上的集约化理解。

1.3.1.5 大空间公共建筑的气候设计VS生态化设计 “气候设计”的概念是由奥戈雅兄弟最早提出来的，指在规划建筑方案设计过程中，根据建设基地的区域气候特征，综合建筑功能要求和形态设计等需要，合理组织和处理各种建筑元素，使建筑不需依赖空调设备而本身具有较强的气候适应和调节能力，创造出促进人们身心健康的良好建筑内外环境。气候因素对建筑创作是一种制约，但同时也可以成为创作灵感的主要来源。气候设计所能达到的舒适程度是有一定限度的，它不可能脱离当地当时的基本自然条件，在一定条件可以做到满足或接近舒适要求，条件不具备就只能有一些改善。而生态设计则需要从最初的气候设计到最终的设备舒适调节全程关注。另外在整体的生态概念中，气候条件仅仅是其中的一个方面，还包括地形地貌、地方资源、生物物候等硬件，因此生态设计相比气候设计，其内涵在深度、广度上更大，更为接近建筑设计优化统筹的实质。

1.3.2 研究本体内容界定

大空间公共建筑虽然类型众多，但考虑到研究的操作可行性，本文将对象限定在空间封闭的体育馆、游泳馆、航站楼、展览馆、铁路站房及活动屋盖体育场等，而无顶体育场、铁路站棚等半室内半室外的空间形态则由于室内外能量控制的模糊性，不在本研究的范围之内。

1.4 课题研究目的和意义、方法及论文结构

1.4.1 课题研究目的和意义

1.4.1.1 研究目的 虽然建筑界的生态理论和实践研究进行的如火如荼，但些研究大体上存在两个漏洞：其一为存在研究过于泛化的不足，它忽略了不同规模层次建筑的特殊性，这为生态研究的类型深化提供了内驱动力。同时这种类型深化并非沿着一般所指的功能类型或结构类型研究，而是以空间大小为研究对象。因为从生态学角度看，同样规模空间的生态化设计没有本质上的不同——生态建筑设计与空间大小规模的关联度更高。其二为缺乏整合设计研究，真正能做到整合建筑设计、生态理念与生态技术的研究少之又少，本课题研究目前国内基本尚属空白。与此同时空调系统的滥用使建筑内外环境并不健康舒适，本研究即致力于生态理念与设计的深度整合。

1.4.1.2 研究意义 大空间公共建筑的生态研究在现实中步履维艰，成为生态设计发展的瓶颈，究其原因不外以下几方面：1、大空间公共建筑本身属奢侈建筑，不应在门面建筑上犯算计，缺乏必要性；又不属于量大面广的类型，所占数量极少，似乎研究的意义不大，缺乏典型性；2、大空间公共建筑属于复杂巨系统，涉及技术、经济、文化、艺术诸多因素，生态研究实际层面操作难度较大，短期投入与回报不成比例；3、大空间公共建筑设计要求创作者具有一定的专业工程经验和较高的技术素养，为其生态优化研究提高了门槛。以上种种因素限制了大空间公共建筑生态化研究的广度和深度，以至于这方面成系统的生态理论研究几近空白。其实以上诸多因素恰恰是促成本文研究的动力，既然有学者已把大量性建筑的生态研究到锱铢必较的地步，我们更应堵住大空间公共建筑的漏洞，以大空间为对象的生态研究打破了既成类型樊篱，因而该研究有更广阔的适用范围从而起到示范推广的作用，而且由于其属奢侈建筑，人们对资源环境配置更不理性，虽然数量少，但浪费却与其数量不成比例，因此本研究自然具有必要性、典型性和紧迫性。

1.4.2 课题研究方法

由于本研究属于交叉学科横断研究，涉及到众多学科，包括生态学、生

态哲学、生态伦理学、生态美学、建筑学、城市规划学、建筑形态学、建筑气候学、建筑美学、建筑策划学、建筑结构工程学、建筑环境工程学、建筑材料学、环境经济学、资源经济学、计算机科学等，具备了生成高技术含量、高复合度、高创新度科技成果的内在基础。

在具体研究中，本论文采用的研究方法如下：

1、文献阅读：本人阅读了国内外关于生态学理论、结构工程、暖通空调和大空间公共建筑设计理论领域的大量文献，力求对该研究有一个整体的把握，以保证思路和方法上的前瞻性和内容上的创新点。

2、现场调研：通过对北京、上海、广州、深圳、杭州、南京、哈尔滨等不同气候地域的大空间建筑的实地考察，基本掌握国内大空间建筑生态化设计的现状。这对于研究中架构结合国情的生态策略系统不无裨益。

3、设计实践：“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”建筑设计整合了各种因素，是建筑师设计思想、技术驾驭和关系统筹等素养的最佳体现，而大空间建筑的功能、技术制约性又使实践成为其生态研究的关键环节。本人在攻博期间有幸接触到以体育场馆为主的大空间建筑设计，努力践行生态理论进行“研究型设计”，并在建成场馆中取得了差强人意的效果。

4、理性思辨：通过借鉴生态哲学、生态伦理学、生态美学、建筑美学、建筑经济学、系统科学的等理论，对大空间公共建筑的生态设计进行理性反思和追问，归纳和总结，以期得出有益的结论。

5、定性与定量相结合：定性研究侧重于事物的属性关系，定量研究侧重于事物的数量关系。缺乏定性的分析判断，定量研究可能仅具有微观意义，反之仅靠定性研究往往无法得出正确的结论。二者相结合的方法使本研究更加科学严谨。

6、计算机软件模拟：本文利用Fluent公司的Airpak2.1软件进行计算机模拟研究，这为大空间建筑优化设计和热舒适等提供了理论依据。

1.4.3 论文结构体系与框架

本文分六章，第一章通过对生态研究和大空间公共建筑的国内外现状分析搭建了背景平台，明确了本研究的历史使命和路线轮廓；第二章探讨了大空间公共建筑生态化的必然性，并提出大空间公共建筑生态化设计的概念、特性及展望；第三、四、五章则分别从外部条件、内在原则、设计策略方面建构了大空间公共建筑生态化设计的本体系统理论；第六章通过对生态化设

计的大空间公共建筑的美学表象和深层逻辑的分析搭建了其生态美学的框架（图1-11）。

中国知网
获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

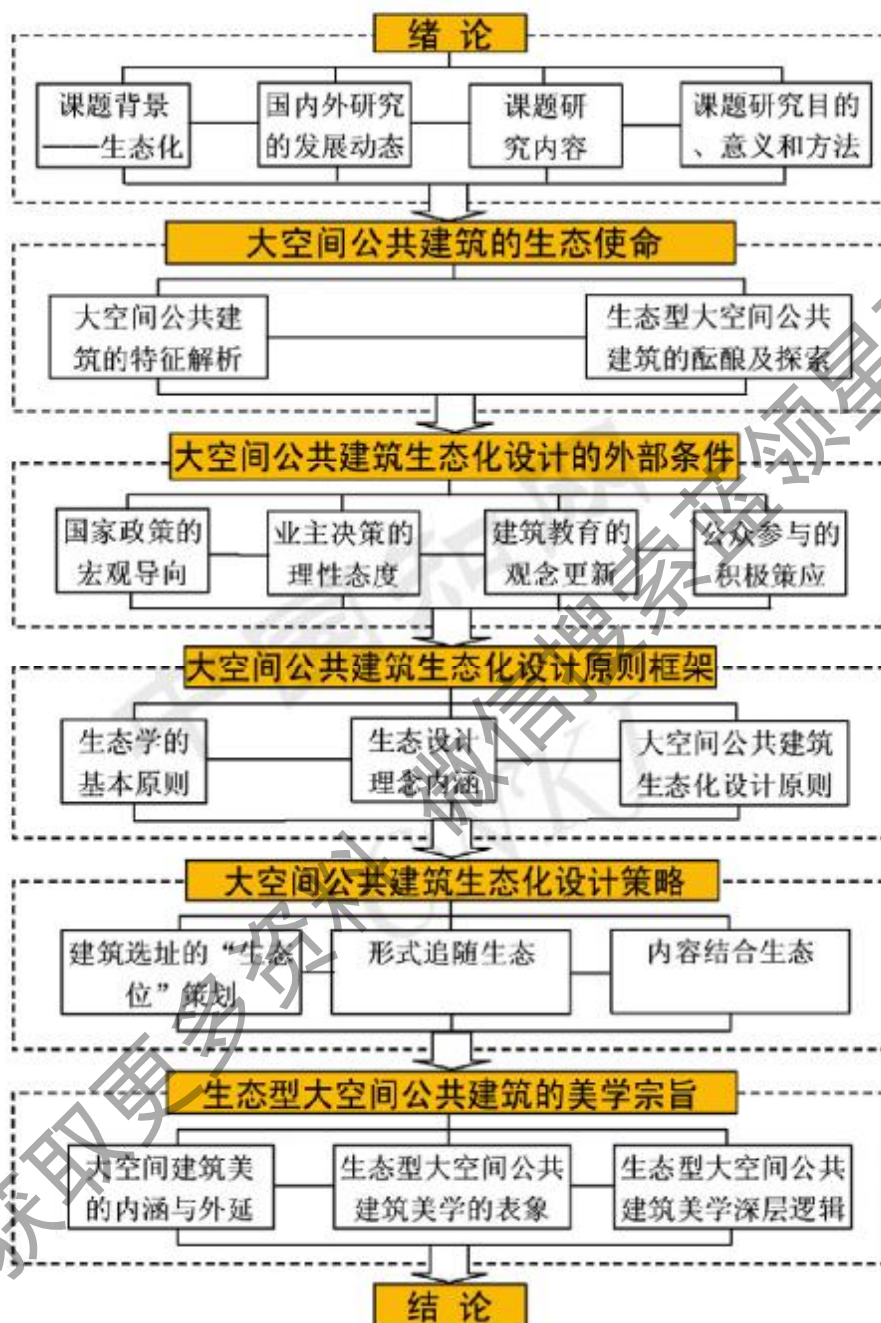


图1-11 论文的研究结构框架体系

Fig. 1-11 Frame of structure system of the dissertation

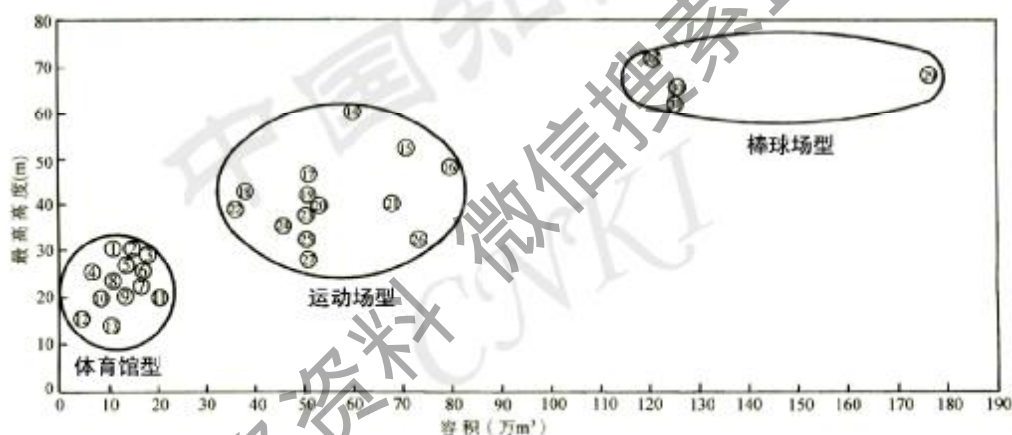
第2章 大空间公共建筑的生态使命

2.1 大空间公共建筑的空间特征解析

作为城市形象代言人，大空间建筑鹤立鸡群——尺度超凡的体量，别开生面的造型和特立独行的性格是其卓然凸现于城市背景中的资本。

2.1.1 空间尺度的特征

顾名思义，大空间公共建筑最根本的特征就是“大”，正因为“大”，其获得了与众不同的特征(图2-1)。



- ① 托马斯水上乐园 ② 大阪市中央体育馆 ③ 长野big-hat ④ 日本武道馆 ⑤ 东京体育馆 ⑥ 白环体育馆 ⑦ 名古屋综合体育馆 ⑧ 小田原市综合文化体育馆 ⑨ 大阪城大厅 ⑩ 大阪府立体育馆 ⑪ 代代木国立体育馆 ⑫ 佐贺县武道馆 ⑬ world pool横滨 ⑭ 小松Dome ⑮ 大馆树海Dome ⑯ 北九州Media Dome ⑰ 白云Dome ⑱ 札幌Community Dome ⑲ 新国技馆 ⑳ 前桥绿色Dome ㉑ 福冈Sun Dome ㉒ 大阪浪速Dome ㉓ 长野M wave ㉔ 四国Dome ㉕ 熊本Park Dome ㉖ 宫崎海上Dome ㉗ 横滨比赛馆 ㉘ 大阪Dome ㉙ 福冈Dome ㉚ 名古屋Dome ㉛ 东京Dome

图2-1 日本大空间公共建筑规模分类^[22]

Fig.2-1 Japan long-span public building class by size

2.1.1.1 跨度大 跨度是衡量空间大小的根本标准之一。大空间公共建筑跨度普遍在80m以上，非常规结构所能胜任，因此结构自重与跨度之比小、力学效率高的轻型空间结构是其当然之选，如网壳、悬索、拱、膜结构等都具有

很好的技术经济性(图2-2)。与此同时,结构材料也关涉到大空间公共建筑全寿命过程的环境冲击,由于钢材在使用后拆除过程和循环过程中具有相对混凝土更小的环境负荷,以及更好的抗拉性能,使其成为大空间公共建筑结构材料中的优先选择。而膜材由于自重($15\text{kg}/\text{m}^2$)、强度与光学反射、透射性能以及施工速度和清新亮丽的造型优势在大空间公共建筑中应用广泛,当然其保温、隔声和经济方面的不足也应引起足够重视,以全面综合地衡量膜材全寿命周期的效益。

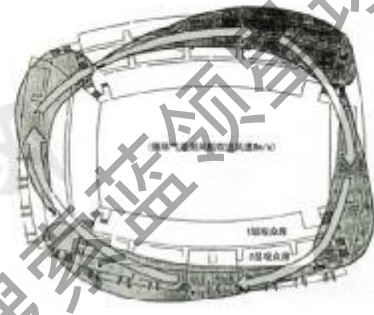
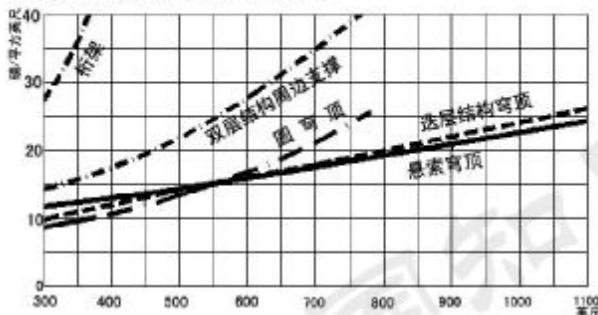
图2-2 不同类型的结构跨度与自重关系^[24]图2-3 圣乔迪体育馆可感气流应用^[22]

Fig.2-2 Relation between structure span and deadweight of different types

Fig.2-3 Saint Jordi gymnasium perceptible air flow application

2.1.1.2 高度高 高度与跨度间的几何比例关系使大空间建筑较普通单层民用建筑为高,体育馆、航站楼、展览馆高10~30米不等,室内棒球场更高达30~70米。顶棚高使得高大空间中物理环境容易造成垂直温度分布不均匀,不过这种温度梯度的存在形成的气压差恰好为室内外空气对流提供了最基本的潜在动力,从而可能利用高大空间内在特有的气流自组织机制进行生态化的自然通风设计,有助于减少空间的运行能耗。因此依据空气动力学规律对空间高度扬长避短地利用,可立杆见影地实现生态效果。

2.1.1.3 容积大 由于高度高,室内体积自然远较普通建筑为大,普通型体育馆体积可能为1~2万 m^3 ,大型体育馆、航站楼、展览馆可达20万 m^3 ,运动场型体育馆甚至达上百万立方米。如此单一集中的大体量使空间的实现手段由量变到质变,常规简单的控制措施已力不从心,而必须借助综合策略全方位入手方能达到效果。一方面容积大使得环境控制的负荷加重,因此需要拓宽优化能源结构构成来源,加大对自然能源的利用比重,以减少对化石能源的依赖和对地球环境的冲击;而另一方面与单元空间建筑相比较,大空间外表皮面积与地板面积之比相对较大,办公楼标准层的单位外墙和屋顶面积为 $0.2\sim 0.3\text{m}^2/\text{m}^2$,而大空间可能为 $1\text{m}^2/\text{m}^2$,外维护界面的物理性能对其全寿命

周期的生态影响更加突出，并且常因室内空调风口位置不尽合理造成水平方向的温度、气流速度梯度过大，因此提高外表皮的保温隔热、迎风换气等生态性能、注重其整体均好性是大空间公共建筑环境控制的要诀。

2.1.1.4 尺度大 同高层建筑和建筑群组本质不同，大空间建筑并非单元体量的迭加和组合，而是集中于一个空间中，这样其尺度就显得卓尔不群，而这种超尺度的“大”也激活了其环境控制的复杂机制，产生了有别于常规建筑的新内容，因此必须注重环境调节措施的系统化整合。从节能与热舒适两者矛盾的统一出发，大型体育馆内可通过加强场内气流速度来满足舒适要求，这时夏季可适当提高室内温度。如巴塞罗那圣乔迪体育馆对观众席的一、二、三层看台分别看待，对一、二两层夏季采用机械方式的空调装置，对三层观众席采用自然通风，在建筑四角的屋架上悬吊大型轴流风扇，使其吹出气流构成循环回旋气流（图2-3），在观众席造成可感气流，以获得“采凉”效果。

2.1.2 空间使用的特征

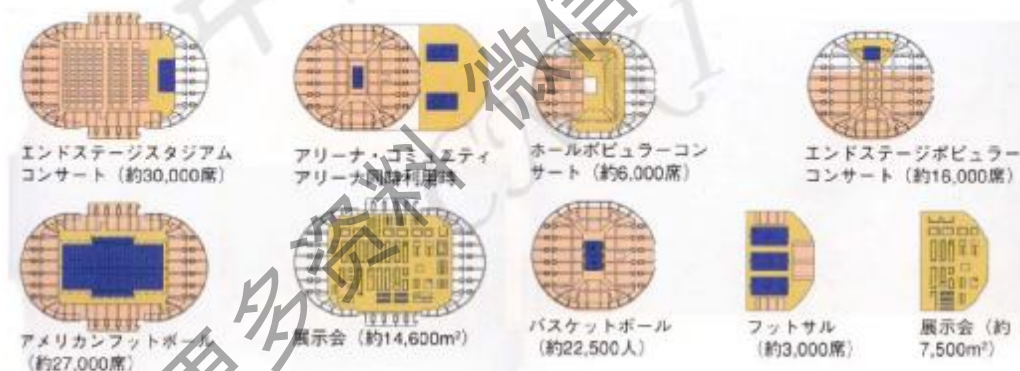


图2-4 埼玉竞技场多功能利用示意图^[25]

Fig.2-4 Saitama super arena multi-purpose usation sketch map

根据英国伦敦大学巴莱特建筑学院科恩教授的研究表明，适当的空间余裕使得同一空间内可以兼容若干不同的功能。^[26]所谓余裕即是指空间的弹性。弹性越强，所能兼容的功能也就越多，功能的兼容性特征为建筑功能的多样性和历时性替代埋下了伏笔。大空间在这一方面具有无可辩驳的优势——空间开放通用并且功能冗余度较大的先天基因决定了大空间多功能灵活变换的必然性(图2-4)，但足够的空间仅仅提供了多种活动的基础，还必须对构成要素进行合理地优化组合，并配备各种活动设施烘托环境氛围才能高效

得体地支持各种功能。而且人们的活动集中于空间下部，空间中上部则为被解放的非功能的结构空间和视觉空间，由此大空间建筑物理环境的控制应把重点置于工作区，上部空间则成为天然的过渡缓冲区而不必过分苛求。

2.1.3 空间塑造的特征

约束与自由的统一是大空间建筑的真实写照。由于人们对空间跨度和质量的要求是与时俱进的，即使技术再日新月异也不可超越而只能在大空间面前俯首称臣，复杂的功能、技术经济要求似乎是大空间公共建筑难解的宿命，因之大空间建筑创作不能率性而为。但从空间塑造角度而言，实用空间以外结构空间和视觉空间的大量存在客观上为空间塑造提供了相对普通建筑更大的自由度(图2-5)。其顶界面远大于侧界面，外维护界面对室内环境的影响更大。外围界面相对更强的空间可塑性和生态关联性是大空间建筑创作的主要矛盾，因此如何艺术地解决功能与形象和构造与生态化运行之间的矛盾关系是其空间塑造的重中之重。

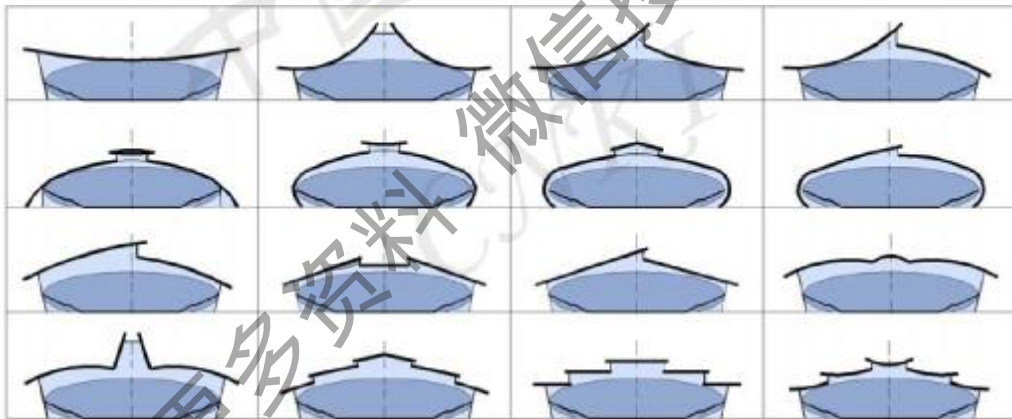


图2-5 体育馆空间形式的可塑性

Fig.2-5 Plasticity of arena space form

2.2 大空间公共建筑生态化设计的提出及探索

世界是一个有序与无序伴生，确定性和随机性统一，简单与复杂一致的世界，因此以往那种单纯追求有序、精确简单的观点是不全面的。牛顿描绘的是一个机械的量的世界，而我们真正面临的却是一个复杂缤纷的质的世界。正是在这种宏观背景下，传统静态的大空间公共建筑孕育了它的未来。

2.2.1 大空间公共建筑生态化设计的提出

2.2.1.1 传统大空间公共建筑的积重难返 视觉中心论在大空间公共建筑领域贻害不浅，外观优先的形态操作确实伴随着创造性，却往往因追求暂时的快感而牺牲其长远利益，并且破坏了其存在机理。这种冲击疗法所引起的逐渐增强的免疫力，最终会使人们趋于麻木。时下大空间结构形式的创新往往意味着对结构规律的扭曲和对结构效率的衰溃，对建筑日后生态运营计划的无所作为则是其致命的硬伤，并且在生态危机背景下环境质量的软肋问题更加怵目惊心。这就需要更加符合我国国情的、更科学和更理性的选择。

传统大空间公共建筑设计以人本主义为母体，重个体、重分解的思路直接导致了只见树木、不见森林的认识误区，从而形成了头痛医头、脚痛医脚的操作规程。大空间建筑追求形式本无可厚非，毕竟也是建筑进步的一个方面，但当建筑形式与环境质量、功能运营、结构效率、能源代价、场址文脉等多元目标缺乏内在联系而各自为政甚至发生冲突时，设计系统的内耗和效率不言而喻，其粗放的系统结构就不可避免地丧失了存在依据，它是起点也将是重点。大空间公共建筑的发展除了继续对结构表达进行精耕细作的集约化探索以外，特别要关注开发其它新的创作生长点，而在新的结构材料以及导因于新材料而来的划时代的结构形式再次出现之前，对新的增长点的挖掘事实上变得尤为重要，因结构理性经常成为大空间建筑不思进取的冠冕堂皇的托辞，而新的理论支点则承担了大空间建筑创作的升级换代的历史重任。特别是能源危机的临近，显然在内忧外困之下这个方程事实上确实无解，传统大空间公共建筑由于设计理念上对环境、能源的漠视，在时代背景下已积重难返，“沉舟侧畔千帆过，病树前头万木春”，脱胎换骨是其生存的唯一希望。在大空间建筑设计中，结构当然是重中之重，因为没有合理的结构骨架的支撑取舍，大空间建筑空间将无以成形，但随着生态运动的日益广泛深入的开展及自身难以治愈的痼疾的恶化，生态要求逐渐成为时代的最强音。孔子云：君子务本，本立而道生。顺应时代发展的生态化设计呼之即出显然是题中应有之义。

2.2.1.2 大空间公共建筑生态化设计的出场 生态整合思维适时地为难以为继的传统大空间公共建筑提供了升级换代的思想武器，“不谋全局者不足以谋一域，不谋万世者不足以谋一时”，大空间建筑生态化设计的出场成为历史的必然。

2006年新实施的《绿色建筑评价标准》定义绿色建筑为在建筑的全寿命

周期内,最大限度地节约资源、保护环境和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,与自然和谐共生的建筑。^[27]基于这一参考框架,可以界定出本课题的研究对象。

大空间公共建筑生态化设计指在生态理念指导下的大空间公共建筑设计,它们或是运用生态建筑理论,或是利用相关技术、借用其它学科的理论与实践成果,根据当地自然生态环境,合理的安排和组织建筑和其它领域相关因素之间的关系,与自然然环境形成一个有机的整体。它既利用天然条件与人工手段制造良好的富有生机的环境,同时又要控制和减少人类对自然资源的掠夺性利用,力求实现向自然索取与回报之间的平衡,具有较好的室内气候条件和较强的生物气候调节能力,使人、建筑(环境)、自然之间形成一个良性循环系统。

本文无意纠缠于功能类型划分的藩篱的局限,而力图在深层能量运行及生态影响方面探讨大空间建筑的本质特点,毕竟建筑的一个深层结构便是人们生活的容器,非要刻意的规定房间的功能从生态角度来看已无意义可言,因为在社会生活日新月异的今天建筑功能的周时性转换实在平常,无论是住宅建筑、办公建筑,还是商业建筑、旅馆建筑,抑或是学校建筑、医院建筑,正如冯纪忠早在1960年代就以更为本质的“空间类型”代替传统的“功能类型”为标准所划分的那样,按照空间组合方式分为四类:大空间、空间排比、空间顺序和多空间组合,都属于小空间的不断排列组合,所以其生态能量的运行规律大同小异,在这种意义上,诸如体育场馆、展览馆、候机楼等需要无柱大空间的建筑类型由于自身的特点便自然游离出来,成为本研究的合法基础。

一个醉鬼在路灯下找东西,有人问他在找什么,他说在找钱包,人家问你钱包是在这儿丢的么?他说不知道,但这儿光线好一点。我们的许多科学研究就像这醉鬼一样,用最熟悉、最有把握的方法,在最好处理的地方下手,而是否最能解决问题就不得而知了。结构的发明和构造的策略经过几个世纪的形式探索,已经很轻易地与建筑意义整合在一起了,结构思考很容易对设计产生最具批判性和经验性的技术影响。面对生态危机,无疑大空间公共建筑最有效的途径就是进行生态节能设计,可它的复杂性和不易操作性却大大提高了应用门槛,建筑师便退而求其次选择了实用的结构造型主义,因哗众取宠而流行于设计市场,这其中自有受众视觉中心论的认知惯性因素,将创新机械地等同于形态创新,在这种片面的社会选择机制下,建筑师投机取巧在所难免,但建筑师主观上的不作为却是不争的事实。客观上讲,这种避

重就轻地“以结构代生态”的思路无助于长远性能源、环境问题的系统解决，即使它短时间内占据了市场，也并不能说明其宏观合理性和正确性，能源环境的恶化势必会将这种缺乏环境适应性的建筑设计淘汰。

作为一种计算问题，结构基本上是对静态条件作出的静态反映，重力是恒定的，其它荷载被设想为最大值，已解决的结构是永久的、固定的。为了安全因素而进行夸大，可能是不经济的，但却不影响结构的性能。相反，环境设计是一个对动态作用力的动态反应，环境控制的几种状态可以在一天的不同时间段，一年的不同季节，对变化的室内外状况分别作出主动地反应。

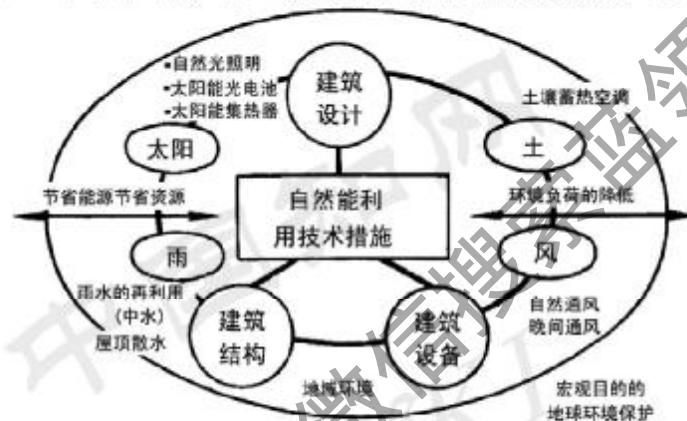


图2-6 大空间公共建筑生态化设计理念

Fig. 2-6 Ecological long-span public building design idea

高估或低估环境系统都将对性能、经营成本和舒适度带来负面影响。环境控制也因为热工、照明和声学等标准而变得更加复杂。环境设计比结构设计唯一简单之处是，小计算误差仅产生轻微的不适——不至于造成建筑倒塌。相对尖锐的供需矛盾和相对复杂的设计工况使环境设计占据了生态时代的言语优先权。当然环境设计作为生态设计的核心内容并非其全部，还包括功能、结构、形象等全方位整合。

对于大空间公共建筑生态化设计的评价问题，鉴于目前国内外专家对其评价标准分歧较大，尚无统一而明确的定义及评价体系，论文不涉及其具体的评价指标体系问题。但是基于大空间公共建筑生态化设计的发展现实，特别是国家相继颁布实施了《公共建筑节能设计标准》（2005）、《绿色建筑评价标准》（2006）等法规，表明国家对公共建筑的生态化设计的推行已切实开展，因此本文借鉴国内住宅建筑生态化设计评价的演变过程：上世纪80年代我国开始推行住宅建筑节能并拟定了三步走目标：在1980年代建筑能耗

水平基础上，第一步要求新建建筑比80年代房屋节能30%，第二步要求节能50%，第三步实现节能65%，目前我国正在进行第二步；及至后来才在节能的基础上又加上了节地、健康等内容，逐渐使生态概念更为系统完整。本文认为大空间公共建筑的生态化设计也应以节能为核心和引擎，先以与未采取节能措施前相比，全年采暖、通风、空调和照明总能耗减少50%为目标，然后再进行节地、节材、节水、健康、地域性等环节的逐层推进。以这样一种发展的思路来评价大空间公共建筑的生态化设计更接近其实践和评价标准之间互动的客观实际。

通过西方近年来的大空间公共建筑的生态探索轨迹来看，已经初步形成了室内生态环境、生态接口、生态结构、生态体型等由内而外的一整套有机设计方法，大空间公共建筑生态化设计需要平衡好造型与环境、结构、设备构造之间的关系（图2-6）。大空间公共建筑生态化设计是个全新的概念体系，如果说传统大空间建筑发展的引擎是功能、材料、结构等有形的物质运动的话，那么生态化设计的大空间公共建筑则蜕变为基于更本质而无形的能量信息变化的深层结构，而且生态因素一跃成为大空间公共建筑的序参量。无疑这种设计摆脱了分析思维的弊病，取得了逻辑整合的系统超越和焕然一新的整体突破，具有内在合理性和外在冲击力，因而这种内外浑然一体的设计就与传统模式截然不同，真实自在而且有机合理。

2.2.2 生态化大空间公共建筑的特性

一个“新”概念若与以往的相关概念区别开来，“毋宁是不断的自己特殊化自己”（黑格尔语）。大空间公共建筑生态化设计以系统思维为指导，以建筑与环境之间动态变化的张力关系和功能组织关系为拓扑蓝本进行技术建构和艺术塑造，并逐渐形成全新的从能量信息到物质的整套生态美学导向，是一次设计范式的跃迁。生态化大空间公共建筑的根本要义在于系统集约、经济高效、健康适宜和地域本土性，这四方面又是内在相互依赖、相互影响的整体关系。

2.2.2.1 系统集约 系统集约是通过辩证地理顺大空间公共建筑各个设计目标之间的关系，全方位调动全寿命周期内的每个设计因素的积极性，从而整个设计目标及设计因素之间呈现平衡网状关系，变单兵作战为协同共进，每个过程和因素都不可或缺，在减少成本的同时提高建筑性能，并且在外部环境发生变化时能动态适应，整体系统更加有序并显现出“活”、“动”的新气

象。系统集约是其它三个特征的基础，正是它的存在使后三者能真实有机地呈现。

2.2.2.2 经济高效 系统优化是系统发展演化的目的，经济高效是集约化设计系统的必然结果，意即通过优化性能及智能控制，用全寿命周期费用评价来综合审视建筑的效益，以最少的投入获得最大的产出，从而避免无谓的浪费的同时提高设计因素的效率，即“少费多用”，包括三方面因素：设计阶段预期的空间功能高效、建造阶段的材料高效和使用阶段的能源利用高效。

(1) 空间功能高效指大空间公共建筑空间灵活性和相似或互补功能的激励机制，以未来的生活方式定义大空间，通过合理的建筑策划和设计，将大空间公共建筑功能与日常活动多层次进行有机复合，提高建筑空间的利用率，寻求实现功能效益最大化的设计途径。(2) 材料运用高效意味着在充分掌握各种结构、材料形式基础上，从建筑全寿命周期角度入手综合考虑建筑材料生产所消耗的蕴含能量、运送过程的灰色能量、建造过程的诱发能量和建筑废弃处置所需能量，探索通过合理的结构选型，选择可降解建筑材料，并结合具体生态环境因素因地制宜，调度参数，达到对建筑空间的量身定做，用最少的材料和最优化的结构组合出合体的空间，同时取得内外环境生态要素的协调与融合。(3) 能源利用高效也即在不明显降低舒适度要求的前提下，通过提高建筑气密性和保温隔热性，遵循生态规律优化体型参数以尽量压缩不必要的无用空间（结构空间和视觉空间）并取得与自然气候的契合，减小建筑能源负荷，提高能源利用效益，同时尽可能多的利用可再生自然能和生态资源，实现经济和环境双重效益。建筑的能源耗费从全寿命角度可以分为建造阶段的能源耗费（包括建筑材料、材料运输、建筑施工等方面）和正常使用阶段的能源耗费（包括照明、空调、冷热水等），建筑运行、维护需要耗费大量的能源和资源。有数据表明，一个建筑使用六年所消耗的能量就相当于这个建筑建造中所消耗的能量，而建筑的寿命要长达50~100年。正常使用阶段的能源耗费具有更大的实际意义。

2.2.2.3 健康适宜 健康适宜的内涵包括大空间公共建筑环境对使用者生理心理上的关怀及其对地球环境的无害负责，这就需要综合调度建筑设计与技术参数，多层次满足各种不同的需要。健康不仅指没有疾病，而且是指身体、精神及社会性的一种完好状态。从这个意义出发，健康环境的特征应是与自然相和谐，使人身心理健康并富有生气。适宜则是在当前能源环境恶化背景下的一种理性选择，一反以前以人的绝对舒适为目标，凸显了“适度”原则，通过对舒适范围的动态调控达到相对舒适状态。

2.2.2.4 地域性 地域性表现为根据当地地形地貌、气候、物候、工艺等实际，因地制宜地进行生态建构，从而逻辑地生成一种时代技术背景下抵抗全球化的新地域特色，并且大空间公共建筑能更有机地契合本土地点环境，形成色彩斑斓、和而不同的大空间公共建筑地域拼图，实现“乡土建筑现代化，现代建筑地区化”目标。

由于内在的系统集约性，生态化设计的大空间建筑在形态上则表现出环境的地缘化、体型的张力流线化、表皮的多元复合化、结构的有机轻量化和空间的灵活自然化等倾向，并在表情上显现出洋溢着生命活力的生动个性化特征。

新型的建筑并不只是新风格或新形式，而且更是指新内容和创造新的生活方式。生态化设计的大空间公共建筑则从内容到形式都表现出与传统大空间建筑的迥然相异的旨趣，推动了大空间公共建筑与时代脉搏的合拍。

2.2.3 生态化大空间公共建筑的优势及展望

正如英恩雅文所言，“未来建筑是一个从思想的累赘和艺术的修饰中解脱出来的时代”，^[28]而革命性的理论模式应在文明的过程中表现，建筑的真实在于同资源、生存处于平衡的状态。大空间公共建筑生态化设计在与时代相契合角度上表现出无与伦比的优势。

2.2.3.1 形而下的真实性 历史上不只一种建筑在其最后挣扎的阶段打上了过分润色的烙印，最终均因内容不胜形式的负累而走向衰亡。真实性成为衡量建筑艺术发展的标尺。环境、功能、材料、结构、构造、体型、表情的真实对于功能、技术本体逻辑更强的大空间公共建筑具有更为重要的意义。传统大空间建筑创作曾经将一度暂时可行的“现代建筑模型”奉为恒定的教条，逐渐陷入一个静态、封闭、单一、自足的“风格”系统，设计变成简单模式化操作而失去个性化生存的根基。大空间公共建筑生态化设计则因地制宜地量身定做，获得难能可贵的多样性和切实合理的真实性，从而在本体意义上更胜一筹。作为不可或缺的一部分，形式作为生态层面操作的副产品水到渠成，省却了搜肠刮肚而流于虚表的形式创新，且内外一体又文质彬彬。

2.2.3.2 系统性能的高效性 效率是对产品的性能与获取该性能所消耗的成本(包括物质、能量、人力、时间等)的比较，即性能是如何以成本最小化实现目标最大化的问题，这是一个人类的一切生产活动都会面临的共性问题。从古至今，效率一直是技术的核心目标，在某和程度上讲，效率是人类的本能

追求，也是大空间公共建筑生态化设计的主导原则。通过系统结构优化用较少的投入取得较多的成果，用较少的资源消耗来获取更大的使用价值，也是大空间公共建筑生态化设计不同于传统设计最大的亮点和最本质的特征，特别是在环境危机的情境下，高效的生态设计无疑是大空间公共建筑生存和发展的不二之选。

2.2.3.3 系统动力的合理性 每次技术革命都会带来建筑观念上的拓展和更新。结构理性已作为一个重要因素融入到建筑学的主流语境中，并在大空间公共建筑中得到了淋漓尽致的发挥。历史又一次轮回到了技术演进的临界时刻，但这一次的技术主角已不再是结构，对结构理性的杠杆倾斜政策促使结构跨越式的发展，曾经的掣肘已不再是大空间建筑发展的瓶颈。当挖空心思的结构选型组合对大空间建筑创作而言已毫无新意时，其牵一发而动全身的话语霸权也就因失去了自身活性而缺乏一锤定音的底气。但只要能源还被认为是廉价的，生态受到的影响仍被视为是良性的，那么，形式和结构的问题就更吸引注意力。结构理性对于大空间建筑系统而言仍是具有基础作用的序参量，但对其个案创作却已经不宜再继续担当冲锋陷阵的主角——大空间建筑对于结构理性已不再“感冒”，难怪在具体创作中出现了有悖结构理性的所谓“搁置”、“反叛”的态度，这说明结构理性已经完成了其对于大空间建筑围合空间的基础框架的历史使命，进一步的精雕细刻尚有待于新的建设性力量来完成。时代对环境保护的重视及能源耗竭的预警使得资源、环境问题成为困扰大空间建筑系统的短板，对生态的关注成为社会主旋律和刻不容缓的时代课题，尽管结构理性尚有一定的发展空间，勉为其难地对其精耕细作也可形成一定的艺术效果，却因与时代主题的背离而日益被边缘化——粗线条的结构理性对于生态问题的响应和微妙表情的刻画显然鞭长莫及。话语权从结构理性向生态理性的让渡已成为时代的客观必然要求——新陈代谢本是建筑创作自然规律，生态理性被历史地推到了前台，并成为风云际会的时代宠儿。

生态理性作为设计的原动力，能够促进建筑、结构、设备各专业矛盾的重平衡，从而使大空间建筑设计进入了新型的建筑、结构、设备“三驾马车”协作互动的良性轨道。设计目标从空间形态向空间质量的根本转变使设备在大空间建筑生态化设计中无疑比结构具备更优先的话语权。环境设施的动态性和机械设备的视觉语言被当作清晰的设计元素来使用，建筑的设备安装被提到历来只有结构独据的重要地位。对环境的关注和设备系统的强化整合对大空间建筑产生了不亚于结构的影响，在视觉和性能两个层次的整合

上都体现得很明确。照明、通风、管道、声学问题都成为建筑灵感的源泉。尽管结构将一直保持其重要影响，建筑确实可能成为“由建筑构件所包围的优化系统”。与此同时，大空间公共建筑生态化设计的关注焦点从纪念性转移到可持续性，从而实现了其最本体意义上的关怀并获得了其存在的合法性。

2.2.3.4 系统设计的科学性 由复杂的大空间公共建筑设计问题产生的技术要求，已经超过了建筑师靠感觉应对它们的能力。计算机设计、模拟和评价、工具软件的开发为大空间公共建筑生态化设计提供了相对客观的考虑标尺，其它工程师专业咨询的介入使生态设计增加了客观度，风洞试验、新构件试验等则使设计得以科学优化，建筑师摆脱了过度主观设计的模式，倘若没有准确的风洞试验和空气动力学的数值模拟，那么一切技术和设备都终将成为建筑的“装饰”和美丽的谎言。在后工业时代的最优化原则指导下的设计要求把建筑包含的建筑设备进行重新分布，其中的流动性因素，因为计算机的使用而变得确定下来。在计算机高精度和虚拟仿真的世界里，业主们也期待着设计专家能最优化其建筑工程资源。这其实是他们对建筑师所能创造价值的一种期待，也是智能计算机产生的文化结果。正是由于这种科学性，生态化设计的大空间公共建筑能够在动态变化的环境中措置裕如地应变并渡过难关，进而找到其存在的客观依据，担负起“挽狂澜于既倒，扶大厦于将倾”的历史重任。

自从诞生之日起，大空间公共建筑就不是纯粹为了功能目的或美学追求而建造的，而是物质需求和精神需求合力的产物。只是随着人类认识水平的提高，逐渐摆脱了以往那种一味粗放地对大空间建筑附以宗教、政治精神的表现。如果说历史上简洁与繁复的辩证更替是经济基础的变化导致建筑在理性与非理性间的张力之下经历的螺旋上升的话，那么面对全球的生态危机，大空间建筑只有一个方向可以前进，即集约设计的生态化建筑。“生命赖以负痛为生”（薛定谔语），环境污染和能源危机为建筑系统新的涨落和转型提供了契机——当资源相对于人类利用能力接近无穷时，即便技术水平有限，人们还是可以相对自由地对大空间建筑给予资源倾斜为基础进行空间秀、形式秀，但在可支配资源捉襟见肘的当下，尽管技术已相对集约化，但巧妇难为无米之炊，那种感性粗放的传统设计模式已难堪此任。异军突起的生态建筑学迅速成为建筑学系统中一支极富建设性的力量，并将担负起文化救赎的重任，而大空间公共建筑生态化设计则是其中坚。随着生态技术的蓬勃发展，生态理性及其衍生的生态美学也将成为大空间公共建筑领域的主

流语境。

2.3 本章小结

大空间公共建筑具有空间尺度、空间使用、空间塑造的先天独特性，通过长期历史发展，已经形成了异于常规建筑的设计特点和设计体系：功能、技术、经济本体逻辑相对强势，对形而上的时髦建筑理论的反应相对迟钝。对建筑师与工程师合作的需求相对强烈、空间相对广阔，工程师美学在其中拥有更优先的话语权。只是传统大空间公共建筑的器质性先天不足在环境危机面前更是雪上加霜，难以应变图存，发展则不啻于一种乌托邦，而割断来龙去脉的纯粹形式创新则尽显孱弱苍白，大空间公共建筑的传统设计模式在残酷的现实面前日益无序，其精神支柱的结构理性在发展空间几近饱和的背景下无力回天，时代呼唤新的建设性力量拯救大空间公共建筑的未来。生态理性给大空间公共建筑带来了有序化的福音，大空间公共建筑生态化设计则迅速崛起并成为最具潜力的增长点，作为黑狼武器，生态理性成为决定大空间公共建筑的多元力量中的重要一极。在建筑系统自由涨落中革故鼎新的重任历史地落在生态理性肩上，它将与结构理性协作共同指引大空间公共建筑走出沼泽，并飙升为推进大空间公共建筑发展的生力军，其衍生的大空间建筑生态美学也将升格为主流意识形态。

“临渊羡鱼，不如退而结网。”大空间公共建筑生态化设计与传统大空间设计的比较优势有目共睹，不过它的实现过程并非尽如人意，需要主客观条件的综合作用方能成就未来，如何才能将生态设计进行付诸实践呢？

第3章 大空间公共建筑生态化设计的外部条件

作为潜力股，大空间公共建筑生态化设计并非自足性的，其先天优势固然毋庸置疑，但是相对的技术和价格壁垒却仍使其曲高和寡，大空间公共建筑生态化设计不是建筑师一方所决定的，缺少了适宜的外部环境的孕育、滋养和催化，其仍将无法实现其从潜力股到绩优股的飞跃。本章将分别从国家政策、业主决策、建筑教育和公众参与等角度进行外部条件的培养。

3.1 国家政策的宏观导向

建筑一直被建筑学人视为艺术而弘扬，但其工程技术性却屡遭鄙薄，事实上，工程技术性是建筑异于其它艺术得以存在的物质基础，国家政策提供了框架并直接左右着建筑业的发展趋向，其它艺术则由于物质性偏弱而与国家政策之间若即若离。

3.1.1 国家政策对解决经济外部性的意义

站在时代转折点上，生态建筑正在向渴望可持续发展的我们招手，但单纯依靠市场的自发转变无疑是低效的，而国家政策法规的倾斜对其发育起着不可或缺的引导作用，对于示范意义的大空间公共建筑而言更是如此。

绝对意义上的生态建筑只是理想状态，现实条件下我们无法回避经济发展问题而只能退而求其次，平衡经济发展与生态环境间的辩证关系，创造有利条件变二者的零和游戏为寻求二者的双赢。传统大空间建筑是以经济主义为基础的，必然产生经济外部性问题。所谓经济外部性就是实际经济活动中生产者或消费者的活动对其它消费者和生产者产生超越活动主体范围的影响，是一种成本或效益的外溢现象。其中对外界造成好的影响称为外部经济性，反之则称为外部不经济性。而能源环境问题则是私人成本社会化的必然结果。要解决这问题，必须在操作上进行有效的干预，使外部不经济性内部化。最佳的干预由政府来进行，因为政府是公共选择的结果，代表着全体公众的福利，也具有进行干预的便利条件。按照环境经济学理论，可通过税收、法律、管理等国家杠杆的政策倾斜进行激励调节。

福利经济学家庇古教授认为消除经济外部性的主要手段就是依靠政府的行政权威通过征收一定的费用用以平衡社会与私人成本的差异，把外部经济

效果内在化，并补贴那些很少享受到外部经济效果的企业，带给他们一定的外来价值。这种费用被习惯的称为“庇古税”。税收当然会导致产品价格的上涨——这个价格可以表示出它的真正成本，包括在环境紊乱上的成本，或为阻止环境恶化而进行各种控制的成本。在付过税的地方，政府可以用这些税收来保护和重建环境。从国外的理论和实践看，庇古税的征收是保证商品外部性充分内部化的重要而行之有效的办法。

市场经济本质上是一种法制经济，法律的目的是实现“公共利益”。根据方法论的个体主义，“公共利益”不是一个超越个人利益并独立于个人利益而存在的抽象概念，而是一个以某种方式包括所有人的个体利益的具体概念。促进效率和实现正义是法律在应然意义上的价值所在。

综合决策机制和管理机制的改善是生态建筑推广的关键。建筑管理机构需要根据国情，制定并实施有利于生态建筑的行业规范、管理条例，在立项、审批、规划、设计、评价等各环节联合打造生态建筑的优势环境。当然这其中的收费不同于税收，不是国家用来取得财政收入的手段，而主要是限制和调整自然资源的开发和利用。这种“从摇篮到坟墓”生命周期管理方法在保护环境方面比传统方法更有控制力，使不良环境影响达到最小，它避免了“末端控制”方式的低效率，为生态建筑发展提供助力。

由此可见，尽管从长远的发展角度来看，在生态建筑计划实施过程中，市场机制运行才是其发展的根本，但就像原子核裂变链式反应中的中子一样，国家政策的激励机制是市场机制启动的原动力和先决条件，使得生态建筑的命运尚有回旋的余地，而其后期的有力策应也是不可或缺的必要环节，而且政府在这一领域中也大有可为。

3.1.2 国外生态政策的借鉴和中国生态政策的启动建设

似乎这已成为一种规律，即如果一种新的思想或技术所产生的短期效益并不明显高于传统思想或技术的效益，那么即使它有更好的长期效益，也很难为人们所接受。在市场经济下它已经成为社会进步的一大门槛，而要在可持续发展原则的基础上推广生态建筑，就必须跨越这一门槛。

3.1.2.1 国外生态政策的借鉴 欧美国家的生态化进程较早，其在生态方面的作为也是有目共睹值得称道的。欧盟法律中尊奉的两个重要原则，改变了客户和专业指导人员在环境污染问题上的关系。“谁污染谁赔偿”这一原则意味着，如果没有使用最完善的环保知识和技能，特定产品的制造者以及建筑

的设计和施工人员就面临被遭受损害的第三方告上法庭的危险。第二条原则是污染应当首先从源头上加以制止,而不是事后采取防治措施。客户应当在委托施工时就明了在治理环境方面所担负的责任。[29]

1、法律政策

为根本改变由“资源—产品—污染排放”构成的物质单向流动的传统经济,20世纪80年代初环境学家提出循环经济概念后,受到发达国家的广泛关注并将其作为本国可持续发展战略。德国1996年制定《循环经济与废物管理法》,日本2000年颁布《推进形成循环型社会法》、《建设循环法》。日本政府在全国范围内开展循环经济试点工作,其目标是2010年前将日本建成“生态型循环经济和循环社会型国家”。1998年德国社民党(SPD)和绿党的联合绿党新联邦政府以崇尚自然、主张生态和谐的“后物质主义价值观”为政治上的执政纲领,重新界定了人与自然的关系,将环境放在中心位置,将保护环境和合理利用资源作为推动科技进步出发点的思想确定为国家发展政策基石后,提出“生态现代化”的目标,标志着“以人为本”的现代化模式开始向“以环境为中心”的可持续发展模式的开始。

表3-1 生态现代化:从“以人为本”到“以环境为中心”

Table 3-1 Ecological modernization: from anthropocentrism to environmentalcentrism

	以人为本	以环境为中心
人的作用	万物之灵,宇宙主宰	自然生物链中一个重要环节,对全球生态平衡负有最终责任
资源作用	服务于一部分人的需要,根据实力获取自然资源	服务于包括人类在内的所有物种,据资源情况确定享用标准,重视人类长远利益,据此合理分配资源
环境作用	重视人为环境,根据人的需求对自然环境进行改造	重视自然—人为环境之间的生态平衡,根据环境条件制定保护标准,促进环境的保护—利用行为一体化
城市建筑特点	忽视资源和环境问题,强调空间效率和局部经济性	强调长期环境效率,资源效率和整体经济性,追求在此基础上空间效率

2、行业规范

由于经济基础的保证、政府正确的倡导和社会生态意识的监督,其生态建筑理论、技术相当系统,相继发布了《可持续设计指导原则》(1993)、《在建筑和城市规划中应用太阳能的欧洲宪章》(1996)、《建筑物的LCA指针》(1999)、《地球环境·建筑宪章》(2000)等纲领性文件,使得生态建筑设计有章可循、有法可依。

德国1976年制定并公布了第一部建筑节能法规EnEG,首次以法律形式

规定新建筑必须采取节能措施，对于新建房屋的采暖、通风、供水设备的安装和使用均从节能角度提出要求。在该法律的基础上，德国政府又于1977年制定并公布了详细的建筑物热保护条例WSVO，提出了明确的建筑节能指标。该条例分别于1982年、1994年和2001年进行了三次修改，每次都把节能指标大幅度提高，从2002年实施的EnEv在原有条例基础上将节能要求进一步提高近30%，其核心思想是从控制单项建筑维护结构（如外墙、外窗、屋顶）的最低保温隔热指标，转化为对建筑的总能量消耗量的控制，并对建筑实行按建筑面积或体积为基准的能耗标准控制。另外该规范首次在建筑能耗中区分对待初级能源和生态能源（太阳能、地热、地冷、风能等）的使用，并考虑采用遮阳技术、温室效应、余热回收技术等使生态能源技术的应用可以融入建筑能量平衡计算当中。该规范既可准确严格的控制建筑能耗，也从政策和规范层面上为推动生态节能技术的研究与应用奠定了坚实的基础，同时为建筑设计创新保留了充分的空间。另外德国政府的鼓励新能源政策也很有力度，1990年德国政府首先提出实施“1000屋顶计划”，对于太阳能光电系统产生的大于住宅自身消耗的过剩能源输入城市能源网，能源公司必须付99芬尼/KWh作为给PV系统业主的报酬，时间长达20年。这就极大地调动了业主应用太阳能的积极性。1999年德国开始实行生态环保税收改革。政府适当提高了汽油和建筑采暖用油的税率，环境税收改革通过逐步降低雇主和雇员的养老保险金进行的。生态税的制定减轻了企业和个人的税收负担，而加强了能源消耗的税收。实行这样一套相当复杂而巧妙的税收政策，大大提高了能源的价格和社会各界节约能耗的积极性，促进了各种节能技术的研发应用，同时不增加广大民众的负担。

美国推广生态技术政策成龙配套且可圈可点。通过制定能源效率标准、实施综合资源规划、税收优惠与资金支持、政府指导与示范、技术开发与应用等一系列措施，形成了节能政策框架。美国供暖制冷空调工程师学会自1973年颁布ASHRAE 62标准之后，又先后颁布了1981、1989、1999、2001和2004五个版本，每一次都紧跟最新技术和要求作出及时调整。1978年公共事业调节政策条例规定，公共事业公司必须从光电系统所有者手中购买多余的能源。很多州的电网计量法规定，电力公司必须从个人手中购买所能支付同等比率的电能。美国国会先后通过了“太阳能供暖降温房屋的建条例”和“节约能源房屋建筑法规”等鼓励新能源利用的法律文件；在经济上也采取有效措施，不仅在太阳能利用研究方面投入大量经费，而且由国会通过一项对太阳能系统业主减税的优惠办法。洛杉矶政府鼓励每家每户使用太阳能，

有关的设备投资，政府可付一部分，而加州电力公司的思路是让家家户户去用太阳能发电，可抵消电费到零以下，把电费做到零。美国实施能源投资减税制度，根据能源税法（ETA），地热、太阳能、风能，可免除投资额15%的税收，其它新能源可免除投资额10%的税额。再加上一般的投资减税10%，最多可减税25%。^[30]1997年美国和欧洲相继宣布“百万屋顶光伏计划”，预计到2010年，美国将安装1000~3000MW太阳能电池，目前已有数万光电系统在运行，而且光电市场每年需求量可达1000MW，因此美国太阳能建筑的发展极为迅速，已形成完整的建筑产业化体系。现在美国政府及能源部不但极力提倡使用太阳能，同时还强调要在工程设计中注重建筑的整体美、造型新、技术先进，注意设计中考虑屋顶、墙面所用的太阳能电池板的设置位置、面积大小与建筑立面的造型与环境是否协调，各方面因素都要综合考虑。

日本的建筑法规建设有声有色，1974年便拟定了发展新能源的“阳光计划”，后来又增加了发展节能技术为目标的“月光计划”。继“朝日七年计划”和“七方屋顶计划”后，又提出太阳能光电发展总体规划，按这一规划，2010年日本的太阳能光电系统总安装量将达7600MW。从2003年实施的《关于电力公司采用新能源的特别措施法》规定电力企业如不能完成一定数量的新能源发电，将被政府处判重罚，太阳能发电、风力发电和地热发电等这些新能源不再是可有可无的选择，而成了必须完成的指标。1979年颁布实施了《关于能源合理化使用的法律》并于1992年、1998年修订，从1978年起还实行“优良隔热材料评定制度”，1997年开始实施《新能源法》。为使法规得以执行，日本政府制定了具体可行的监督措施和必须执行的节能标准，并将公共建筑和住宅建筑分开制定的，公共建筑还按其使用功能不同而划分为宾馆、医院、百货商场、办公建筑、学校等5个类型，并分别给出了相应的节能标准。反映围护结构热工性能的全年热负荷系数（PAL）和反映设备系统耗能特性的设备系统能量消费系数（CEC）的指标化使建筑能耗标准从规划设计阶段就开始进行定量控制。^[31]因此日本在节能技术和产品方面及新能源开发上均取得明显进展，特别是太阳能光电池技术和产品已发展成熟并得到广泛应用。1987年《建筑基准法》引入“大断面木造建筑”（木造建筑结构构件的小边尺寸在15cm以上，断面积在300cm²以上，其耐火时间计算可采用耐火消耗厚度的计算方法），修改了原先关于木造建筑高度、规模的限制（高度低于13m，面积小于3000m²），使得大型木造建筑成为可能。^[32]此后大型木造建筑才如雨后春笋般地涌现出来。

2004年第四届欧盟可持续发展城市大会签署了“欧盟21世纪宣言”和“21世纪地方行动宣言”，把自己可持续发展的行动纳入到宣言的行动计划之中。为此意大利政府推行了公众参与制度、可持续发展奖励和招标制度、基金管理制度、城市管理系统等一系列措施，并对建筑中太阳能技术的使用给予70%的补贴，有力的支持了生态建筑的发展，使之走在欧洲前列。^[13]

^[14]2006年都灵冬奥会根据欧盟对城市生态建筑的有关规定，所有体育场馆使用节能高效和可再生的能源，并规定场馆的高效能源和再生能源的使用率必须达到40%以上，对原有能源的改造要达到60%以上。

3.1.2.2 中国生态建筑政策法规的启动建设 近几年我国已开始借鉴国外先进经验，党的十六届五中全会把节约资源、走可持续发展道路作为基本国策，加快建设资源节约型、环境友好型社会，确定了“十一五”期末单位国内生产总值能源消耗比“十五”期末降低20%左右、生态环境恶化趋势基本遏制的目标。采取相应措施和健全法制，在生态保护工程中采取预防为主、防治结合、综合整治原则，把防止产生环境问题放在首位，事先采取防范措施防患于未然。而节能方针则坚持开发与节约并举，把节约放在首位。这为我们建立了生态化的大气候。

随着对生态环境的社会关注度的加强和建设和谐社会的主题的确立，一批政策指导性的法规、规范紧锣密鼓地相继出台：《节约能源法》早在1998年就已发挥法律效力；鉴于木建筑在环境保护上的巨大优势，特别是2004年3月份《京都议定书》开始实施，木建筑重新受到重视，规范和指导建筑领域木结构用材和木结构设计要求的国家标准《木结构设计规范》和《木结构工程施工质量验收规范》也于2004年起正式生效，标志着中国开始进入现代木建筑的禁区。《公共建筑节能设计标准》于2005年正式颁布执行，《中华人民共和国可再生能源法》和《绿色建筑评价标准》于2006年起施行，其中《绿色建筑评价标准》是我国第一部从建筑全生命周期出发，多目标、多层次，对绿色建筑进行综合性评价的推荐性国家标准，由节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量和全生命周期综合性能等六类量化指标构架的考评体系将廓清被商家过度炒作而变得模糊不清的绿色建筑概念，给真正的绿色建筑一个权威统一的评价标准，它的确立和实施也将成为伪生态的终结者。2006年初建设部正式发布了《建筑节能管理条例》（征求意见稿），通过奖罚并重的措施来推进建筑节能，其最大亮点即是以“大棒 胡萝卜”的方式引导建筑节能，建立绿色建筑与节能建筑的税收和收费优惠制度，使得建筑领域在2020年实现节能65%

的目标。2005年上海市对屋顶绿化给予法律支持将其纳入《上海市绿化管理条例》，并成为我国第一个以立法形式规范屋顶绿化的城市。

不可否认我国推进生态建筑政策的系统化和可行性方面尚有诸多不尽如人意之处，如《公共建筑节能设计标准》并未分门别类的将不同功能、规模、地域的建筑制定标准，其可操作性也值得进一步深入，尚缺乏激励生态技术应用政策等，但这毕竟已走出了第一步，而且随着认识的深入和技术的发展，生态建筑的支持政策将会更为严密适用。然而要在城市建设中运用建筑生态审美观落实可持续发展政策，还需有一个自上而下、逐步完善的过程。因为从城市建设中具体工程项目的实施是一个系统工程，首先要依赖于政府职能部门的政策引导和法规推动，然后取决于投资者的项目决策和建筑设计团队的具体实施，最后要依靠提高全民意识和实行公众参与。

3.2 业主决策的理性态度

业主的投资决策主要是指业主（开发主体）为了适应外部环境与市场变化，并使自身能力与外部环境取得协调、平衡和最佳的经济效益，以达到经营目标的一系列活动的过程。业主在建筑运作中的贡献在于善于在前期精确地规定其要求，而且精于评审估价师提出的工程造价方案。在城市建设中一般业主都希望获得最大的经济效益，生态建筑的初始费用要高于普通建筑，但随着时间的推移，其综合效益优势才逐步显现。要发展和推广生态建筑应培养开发商树立建筑生态审美观，在项目决策时认识到运用生态技术不仅是对科技进步有益，而且又可增加收益。完全脱离经济利益的联系，仅仅强调责任和贡献，就难以真正获得业主的响应，真正推动大空间公共建筑生态化的向前发展。

3.2.1 短期与长期利益的统筹平衡

作为社会固定资产的储备，生态化设计的大空间公共建筑在伦理上包含了后人的关怀，可谓功在千秋，但推行它仅靠道义的力量是不够的，如果经济维度的驱动力缺席的话，那么生态建筑注定将走不太远。为了使其成为业主的自觉行动，需要将外部成本内部化，通过市场机制抑制外部不经济性。要使其认识到，生态建筑不仅对后人有利，对自己眼前的利益来说也是合算的，而并非口惠而实不至的诱饵。一般而言，困扰业主决策的难题主要是资金时间价值及短期利益与长期利益、经济效益与综合效益之间的矛盾，

因此引入全寿命周期成本思想,全面理解资金时间价值的含义,建立短期与长期利益的平衡决策机制对于大空间公共建筑生态化设计的启动便有了关键性意义。

3.2.1.1 建筑经济学的介入——全寿命周期成本分析 资金时间价值是指资金在用于扩大再生产、流通过程中,随着时间的推移而不断发生的增值,也就是资本这一生产要素被占用一定时间而应该得到的价值补偿。重视资金的时间价值可以促使建设资金的合理利用,使有限的资金发挥更大的作用。缩短建设周期,加速资金周转,节省资金占用的数量和时间,都能够提高资金使用的经济效益。业主一般基于这种考虑而采用控制初始投资的策略,而由于采用了新型设备、材料和全新的建筑设计方案,使得生态建筑的初始成本相比普通建筑而言大大增加。英国的工料测量师普遍认为,生态建筑的初始成本要比传统建筑高5%到10%(Colc, 2000)。如此高的初始成本增加值往往会使得投资者望而却步。在传统的成本—价值体系下实施大空间建筑生态化设计在经济上是不“合算”的,因而很难成为人们的自觉行动。

但这忽略了一个基本的事实,即建筑生产的投入绝非只是单纯的一次造价。如果考虑到时间因素,那我们可获得两种成本观念:一个是静态概念,即一次性投资额,另一个是动态概念,即全寿命周期成本。这两个概念对于设计决策的影响是不同的,一次性投资额主要影响建筑的经济标准(即单位造价水平),而全寿命费用则影响建筑的经济效益。当人们习惯于把建筑视为第一层次的掩蔽物时,他们所关心的往往只是最大限度的节约一次造价,而如果建筑被视为一种第二层次的功能产品时,它的投入就远不止于一次建造的支出,而还应包括横亘于整个寿命周期内的各项支出,包括使用期间操作运行费用(水、电、暖、空调、管理等),维修费用、更换及改造费用、税款相关费用,停止使用后的残值。这就是经济学家所称的“全寿命周期成本”。^[35]建筑产品的后期投入与一次造价的比例随不同时期不同国家不同项目而异,但后期投入始终是非常可观的。这就需要业主充分考虑到全寿命周期中各阶段的投入及其在全寿命费用中的比重而非单纯着眼于初始投入,应用价值工程原理,运用加权平均法综合平衡一次造价与后期投入的关系,从整体上降低全寿命周期成本,使经济效益评估更为科学化,从而使决策更为理性。

3.2.1.2 价值工程原理的演绎 在工程领域和产品分析中,价值的含义指产品的特定功能与获得该功能所耗费的全部成本之比。其数学表达式为:

$V=F/C$, 式中V—价值或价值系数, F—功能、性能或效用, C——全寿命周

期成本。价值工程研究用最少的成本支出来实现产品的必要功能；或以相同的成本如何提高实用价值。由 $V=F/C$ 关系式可知，提高价值有五条基本途径：^[36]

1、通过改进设备，在功能不变的基础上，使实现功能的成本有所下降。

$$\text{即：} \frac{F \rightarrow}{C \downarrow} = V \uparrow$$

2、通过改进设计，维持成本不变，而使功能有所提高，即：

$$\frac{F \uparrow}{C \rightarrow} = V \uparrow$$

3、通过改进设计，虽然成本有所上升，但相应得到的功能大幅度提高，即：

$$\frac{F \uparrow \uparrow}{C \uparrow} = V \uparrow$$

4、又是通过适当降低产品功能中某些非主要方向的指标，以换取成本较大幅度的降低，即 $\frac{F \downarrow}{C \downarrow \downarrow} = V \uparrow$

5、理想的结果是，即可提高功能，又可降低成本，从而使价值大幅度提高，即： $\frac{F \uparrow}{C \downarrow} = V \uparrow \uparrow$

在很多情况下，价值分析并不单纯追求降低成本，也不片面追求较高功能，而是要求提高 F/C 的比值，研究产品功能和成本之间的最佳匹配关系。

生态化设计的大空间建筑全寿命周期经济效益评价包含三个层次的内涵：**a**、实现一定功能需求的投入最小化；**b**、相同投入条件下功能效益最大化；**c**、以增幅较小的投入获取较大的效益增幅。其中**a**是从静态的抑制需求角度被动减少资源消耗，与发展经济提高生活水平相矛盾，属于低层次标准，即上述的第1条途径；**b**是从动态的提高系统资源利用效率和供给质量角度主动可持续发展，属于更高层标准，即上述的第2条途径；而**c**则是生态建筑所面临的最大障碍，即上述的第3条途径。现实条件下第4、5途径尚难实现。推进生态节能的关键在于市场机制的活力，当油价上升几倍，节能技术可在不降低生产和生活活力的前提下，给人们带来直接的经济利益时，这种技术就会势如破竹的发展。

3.2.1.3 基于全寿命周期成本观的建筑决策 全寿命周期成本的概念和方法要求在评价建筑物的经济性能时，要考虑建筑物“从摇篮到坟墓的”的全过程。考虑到建筑的运营费用占据相对初期投入成本而言依然十分可观，为了

比较客观的比较生态建筑和普通建筑的经济效益，应当从全寿命周期的角度对比两者的成本净现值，选择净现值较大的方案更为合理。发生在不同时间点上的费用和效益是不能直接比较的，为了使发生在不同时间点上的效益或费用能相互比较，必须对发生在未来的资金“打折”，以与现在的资金相互比较，打折扣的比率即是贴现率，又称折现率；贴现到当前时间点上的价值为现值，这样得出的费用和效益就可相互比较。

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^n} = \frac{FV}{(1+r)^n}$$

式中， PV —资金的现值， FV —资金的未来值， r —贴现率， n —贴现期数（时间）， $(1+r)^{-n}$ 称为贴现系数，或贴现因数，即在贴现率 r 下，未来几年时1元人民币的现值。^[37]现值计算公式表明现值与时间成负指数关系，这是一个递减函数，且开始递减快，贴现期数越长，递减越慢。生命周期成本法从长远的角度出发，综合考虑建筑物的经济性能，因而有助于形成新的成本观，对大空间建筑生态化设计的评价和实施是十分有利的。

建筑市场中不同的利益主体具有不同的成本观，因而对生命周期成本的态度也不同。开发商总是把短期经济效益放在首位，对他们而言，生态大空间建筑往往只是一种促销手段，但这种广告效应却也不可小觑，特别是在生态健康意识日益加强的今天，往往会成为最诱人的卖点。业主兼运营商则不仅关心项目的初投资，而且十分注重建筑物的环保、节能效果和运行、维护费用。显然，后者应正生命周期成本法的积极性要比前者高得多。立场决定态度，要想改变态度，关键在于改变立场。近年来，发达国家建筑交易制度的变革导致了建筑市场中利益格局的改变。英国政府在1992年提出私人融资方式(PFI)的概念，私人投资者对建设项目拥有25年以上的经营权。许多公共建设项目均采取PFI方式，私人融资量已达到68.85亿英镑。这样做不仅可以大规模动员私人投资、缩短工期、减少交易费用，而且改变了投资者的成本观，这些项目中的大多数都采用生命周期成本法进行经济性能评价 (Sternier, 2000)。

1988年开放的东京穹顶不仅是日本第一个、也是迄今观众席规模最大的室内棒球场，可容纳5万人以上（见图3-1）。由于城市中心的区位和交通优势，到1997年为止的9年间总动员8900万人，总销售额2500亿日元，在第七年就回收了600亿日元的建设投资。由于东京穹顶的建设是新的尝试，公司内部也有很多不同意见，但前任保坂诚社长的远见卓识和坚定信念保证了它的实现。当时美国已经实际应用充气穹顶的方法建造了室内球场，在保坂氏著作《我国最早的室内球场东京穹顶》中，列举了充气穹顶的魅力所在，实

现了无柱大空间，通过膜屋顶使体育空间变得明亮，工期短，费用低，因此这种特殊的建筑方法引起了极大关注并得以建成。由此可见，业主的理性决策对于大空间公共建筑生态化设计的实现至关重要。



图3-1 东京穹顶^[38]

Fig.3-1 Tokyo dome

利润是市场行为的指挥棒，业主主观上追求经济效益最大化本无可厚非，但经济效益并非只是单纯静态的初始投资，而包括全寿命周期成本及其获得的功能价值的动态关系。况且大空间公共建筑生态化设计寄托了当代人对后人在道德上的责任与承诺，其经济效益若实应以社会效益和环境效益为基础，而缺失了根基的经济效益只能是眼前的蝇头小利。相反生态化设计的大空间建筑的长期效益、广告效应及其所树立的良好业主形象将会为其赢得更大的市场空间，真正有远见的业主自然不会做拣芝麻而丢西瓜的蠢事的。

3.2.2 前期专业策划机制的完善

3.2.2.1 建筑策划的概念和意义 建筑策划指在建筑学领域内建筑师根据总体规划的目标设定，从建筑学的学科角度出发，不仅依赖于经验和规范，更以实态调查为基础，通过运用计算机等现代科技手段对研究目标进行客观地分析，最终定量的得出实现既定目标所应遵循的方法及程序的研究工作。^[39]它为业主制订详细的任务书及对建筑进行远、近期规划构想，并为建筑设计能够最充分地实现总体规划的目标，保证项目设计完成之后具有较高的经济效益、环境效益和社会效益而提供科学的依据，以避免业主拍脑袋决策的盲目性，其概念是以“合理性”作为判断的基准。建筑策划直接影响着建筑设计思路与手法的运用。日后我国建筑程序对《项目建议书》和《可行性研究报告》的规范体现了对这一概念的肯定。

建筑策划在业主与建筑师之间撑起了一座沟通的桥梁，使他们具有共同的语言进行深入广泛的交流而达成共识，理顺了二者之间的关系，变建筑师紧跟业主指挥棒的单向被动关系为互动关系，减少了不必要的误解和社会资源浪费。对建筑师而言，建筑策划只是具体建筑设计的起点，最终的创作质量还有待于建筑师创作能动性的发挥和创作设计技能、技巧的运用；对业主而言，建筑策划也要求其尽可能在建筑学识水平方面有所提高，以增进与建筑师沟通的能力和建筑策划中的科学决策能力。

3.2.2.2 大空间公共建筑策划的必要性 我国长期以来实行计划经济体制，大空间公共建筑以国家投资管理的公益型为主，成为领导意志滋生的温床，于是乎诸如“50年不落后”、“亚洲第一”、“世界第一”等贪大求全政绩工程、献礼工程盲目上马，大空间公共建筑前期策划工作环节的缺失是一个不争的事实。建筑运营状况似乎并未引起足够的关注，殊不知大空间公共建筑的性能就在这种默然中走上不归之路，及至建成后不久便经不住市场经济的考验，光鲜的外表也掩饰不住性能的黯然神伤，这种消极存在对社会和业主都是极大的浪费，并且项目越多、时间越长，对社会和业主的拖累和负面影响越严重。大空间公共建筑由于投资规模大，寿命周期长，服务面广，专业性强，恰恰是最能体现建筑策划的必要性的建筑类型。如何使各种功能效益在共时性和历时性层面上实现系统化便成为一个难题，因此建立自适应的长效造血机制无疑是激活大空间公共建筑效能的重中之重，科学的建筑策划则为其注入一种生命的活力。

3.2.2.3 大空间公共建筑策划的主体、内容及方式 大空间公共建筑前期策划工作研究社会、环境、经济等宏观因素与设计项目的关系，根据项目建议书及设计基础资料，提出项目构成及总体构想。业主应当成立一个由管理人员、使用主体、财务人员和咨询建筑师、咨询工程师组成的项目开发策划委员会，在相互交流沟通的基础上，进行经济损益的计算，确定项目的规模和基调，把握项目的性质，并依据实态调查的分析结果确定设计内容以及可行空间的尺寸大小。该委员会一方面协调来自最终用户的纷繁要求，另一方面则清晰地指导建筑师的设计工作，发挥各自的优势而互补互利，共同促使建筑创作设计水平的提高，其中建筑师在项目开发策划的导入过程中占据了有利的位置，这样就可以从源头控制避免后期设计中无法挽回的错误，大大增加了建筑设计科学论证、综合分析、合理判断、客观预测的理性因素，以保证建筑综合效益的发挥和市场竞争力的增强。其中规模与定位、选址和任务书对于大空间公共建筑生态化设计的顺利运作起着至关重要的作用。

1、规模与定位策划

在规模与定位方面，应根据所在城市的规模、经济状况、供需形势和同业调查结果及今后发展态势，并结合特定类型建筑规范进行理性考虑和选择定位，避免生态位的冲突，以使其建成后能适应市场经济环境并健康发展。如体育建筑需要先明确竞技或市民休闲娱乐性质，然后再根据城市规模及其体育健身网络中的实际需求确定其规模。竞技性体育建筑的规模大小体现在座席数量和建筑面积两方面，市民性体育建筑主要体现为建筑面积。规模大小决定着资金投入量，又制约着体育建筑的运营，直接影响其综合效益的高低。规模过小，难以满足实际使用需要；规模过大，又容易造成上座率低，难以维持其自身的运营。《体育建筑设计规范》中对市级体育设施用地面积、规模(座席数)与城市规模(人口)之间的关系做出了规定(表3-2)，可以此为依据根据实际情况加以调整。但规范中对除表中以外的体育建筑对县级、区级以及社区级等等级较低的体育建筑规模没有涉及。在前期策划中除参考市级指标外，还需通过实地调研，掌握建筑所服务地区人口规模，经常参加体育活动的人群比例等数据后进一步验证。另外规模定位与目标人群和投资大小也密切相关，应切合实际情况。

表3-2 市级体育设施用地面积^[6]

Table 3-2 City sports facility terra area

	100万人口以上城市		50~100万人口城市		20~50万人口城市		10~20万人口城市	
	规模 (千座)	占地面积 (10m ²)	规模 (千座)	占地面积 (10m ²)	规模 (千座)	占地面积 (10m ²)	规模 (千座)	占地面积 (10m ²)
体育场	30~50	86~122	20~30	75~97	15~20	69~84	10~15	50~63
体育馆	4~10	11~20	4~8	11~14	2~4	10~13	2~3	10~11
游泳馆	2~4	13~17	2~3	13~16				
游泳池	—	—	—	—	—	12.5	—	12.5

2、选址策划

在选址方面，首先应考虑城市规划的要求和发展趋势。每个城市都有自己的发展方向和建设重点，应根据其各自不同的情况进行决策。选址还与整个城市的体育资源分布有关，应既要做到数量上又要做到结构上均衡合理。其次交通状况决定着体育建筑的可达性。交通便利能够减少交通时间，增加使用者参与的积极性，提高建筑使用率。再次，区域经济文化发展水平也影响体育建筑的运作。不同区域人口的收入水平、文化层次、生活习惯、对体育活动的参与和兴趣程度不尽相同，甚至截然相反，而这些又直接影响着体育建筑使用率的高低。一般来说，经济文化发展水平高的地区，观看体育比赛、参与体育活动的几率高。当然选址是以上因素综合平衡的结果，要结合

实际情况判断各因素孰重孰轻，合理确定选址。

3、功能任务书策划

在确定任务书方面，基于项目性质定位、规模大小、和资金来源等条件，结合周围社区的环境需求，进行功能任务书的拟定，包括功能空间的组成、比例关系及具体要求（面积、形态、空间尺寸等）。此外在前期策划时还要进行市场研究并制定运营计划，保证功能结构合理性。例如为了提高体育建筑对市场的灵活应变性，在任务书中应基于市场调研情况与数据结果，

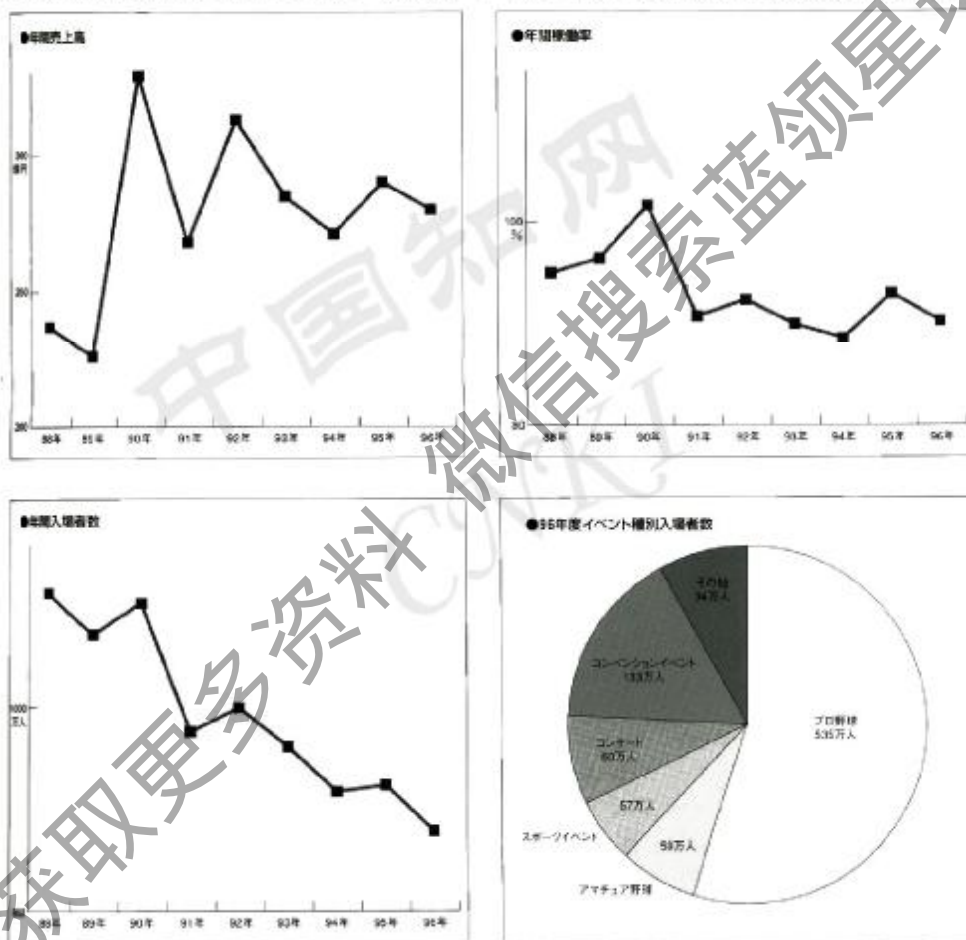


图3-2 东京穹顶运营效果^[38]

Fig.3-2 Tokyo dome working effect

分析规模大小、选址利弊，根据“平赛结合”原则确定活动设施、临时设施和相关商业辅助设施的适当比例以及远近期总体规划。特别是学校体育建筑则需立足学校实际，融贯多功能使用思想而不能盲目追求规模档次，并对功

能系列化以满足不同运动项目需求，尤其是改变对日常办公空间的随意态度，使其方位和流线优化。

东京穹顶运营的成功离不开正确的策划，其规模的确定、区位的选择、功能的配置均源自坦性的策划。在建筑尚处于构想阶段时，就设立了开拓赛事的兴行企划部，保坂氏力求“运作率要达到100%以上”。该穹顶是两个棒球队的主场，而且还可举办音乐会、集会演出、展示会等，良好的策划使得该穹顶运营取得了骄人的成绩：平均运作率93%，穹顶部分每年的销售额平均大约280亿日元（图3-2）。而前一阵的国家体育场停工风波就是前期策划不力的典型，还好能在工程尚未完全启动时及时发现问题并适当解决，没有造成更大的浪费，亡羊补牢不算晚。这从另外一个角度证明了前期建筑策划的必要性。

综上所述，业主的理性决策需要引入两个重要思想，即全寿命周期成本观和专业建筑策划观念，全寿命周期成本观能使业主洞穿商业迷局，并且期待更为准确到位的商业投资预测，而系统的前期策划是保证高效益实现的根本途径，二者相辅相成，共同促进生态化大空间公共建筑的实现。

3.3 建筑教育的观念更新

“制冷百家” 微信公众号

汇聚制冷界、暖通界百余名专家学者倾力打造的平台，物性查询、论文分享，定时推送最新技术

建筑师统筹运作、系统构思、技术整合和细节优化能力直接决定了工程成本、效能和品质。建筑教育作为建筑师的科班培养方式是推进大空间公共建筑生态化设计的重要引擎。重艺轻技的传统建筑教育在新的环境形势下面临着转型的挑战，建筑师首先要重视建筑整体能量平衡系统设计，其次要进行建筑构造优化设计，再次正确选用建筑材料和技术设备系统。特别值得强调的是，建筑生态节能设计是一个整体系统，重要的是整体系统的优化和系统之间相互配合，而不是局部孤立的采用新技术新材料。

3.3.1 升华建筑理念

作为耗能和污染大户，建筑业的可持续发展势在必行，其中建筑设计首当其冲。建筑师的设计理念决定着建筑与环境关系的基调。在其操作层面上，可持续发展战略是通过各种生态思想和技术落实到人为环境建设上的。建筑师要想在大空间公共建筑生态化设计中有所作为，必须改进传统建筑观念，这包括基于纵向上的全寿命周期评价原则，横向上拓宽设计思路，重视室内外环境质量和运行的生态化，建立开放合作观念进行一体化设计，走出

风格、形式决定论的狭窄天地。

3.3.1.1 全寿命周期评价视野 传统建筑学以营造终极性二维的建筑物形式与其预设功能为第一目标，而完全忽略了建筑系统作为一个次级系统依存于特定地域的自然环境中，是生态系统中连续的能量和物质流动的一个环节和阶段。“随着我们一步步走向现实，规范性问题就渐渐地从找到正确的行动路线（本质合理性）转变为找到那一行动路线的方法了（过程合理性）。”

（H.A.Simon, 1989）作为实现可持续发展的一种必然选择，全寿命周期评估不拘泥于形式风格，大大拓宽了建筑师的视野。所谓“全寿命周期评估”，据1997年国际标准化组织（ISO）制定的原则与框架，是指将某一产品在其寿命周期内的（能量和物质）输入输出和潜在环境影响的汇编和评价。所谓“效益”，是衡量为满足建筑物某些功能和达到一定的性能要求所付出的资源代价的指标，可用一个分子式表示：

效益 = 收益或功能满足程度 / 支出或资源消耗

对建筑而言，其中的分母应理解为建筑全寿命期间（包括建造、运行、维修、改造及拆除）的总支出或资源总消耗，而不只指一次投资或建造时的消耗。要提高建设效益，就应当增加分子值，或降低分母值。要增加分子值，就得在同样或更少的物质资源消耗的条件下，努力改善建筑功能和性能，也包含充分运用非物质性的文化资源（深化建筑文化内涵、创造意境美、改善环境质量）。要降低分母值，就需要做到在同样或更多地满足功能需要和性能指标要求的条件下，努力减少全寿命资源的消耗。二者总和达到“合理标准、低消耗、低污染”的效果。因此建筑的全寿命周期评价即将材料构件生产（含原材料开采），规划与设计，建造与运输，运行与维护，拆除与处理（废弃、再循环、再利用等）全循环过程中物质能量流动所产生对环境影响的经济效益、社会效益和环境效益综合评价，即ISO界定的资源利用、人类健康及生态后果三方面。

1. 经济效益评价

最早由Richard Stein和Diane Serber 1979年提出的“蕴能量”概念表征了建筑系统由外到内的能量和物质交换量的多少，包括从原材料提炼到生产过程所消耗的能量，转化为建筑元素所消耗的能量和进行装配所消耗的能量的总和。蕴能量可衡量出材料的经济性能（表3-3）。

当然建筑师选择材料时不能只拘泥于蕴能量的多少，而应针对具体项目实际，全面综合比较做到整体上性而优则用，与高蕴能量相对的是较少的维护要求、高回收率和高循环利用率，环型使用模式则相对节省了能耗和物质

材料。如80%的废铝能进入再循环，而循环使用铝材比从头制造要少消耗90%能源，同时减少95%的空气污染，而循环利用玻璃与重新生产玻璃相比

表3-3 不同物质的蕴能量^[17]

Table 3-3 Embodied energy of different material

低能材料蕴能量 (KWh/kg)				中度能源材料蕴能量 (KWh/kg)							高能材料蕴能量 (KWh/kg)					
沙、砾石	木材	混凝土	灰沙砖	石膏板	砖	石灰	水泥	矿物纤维绝热隔声材料	玻璃	塑料制品	卫生设备	塑料	钢	铝	铜	铝
0.61	0.1	0.2	0.4	1.0	1.2	1.5	2.2	3.9	6.0	6.1		10	10	15	16	56

可减少32%能耗，20%的空气污染和50%的水污染。建筑全寿命周期中其材料蕴能量只占总能源使用的35%，高达65%的能耗与其运营方式有关，因此直接决定建筑运营方式的建筑构造设备的选择阶段是重中之重。而用于维护的能源配额只是对于建造能源的一种延期分配形式，^[141]对此我们既不能盲目控制一次造价，造成后期投入的大量增加；但也不能一味追求所谓生态高技术，造成建设投资大幅超标，这同样会导致全寿命费用的增加。如果节能措施增加初期投资5-10%，而其可在预见的期限内收回，就不失为我们所接受的提高经济效益的良策。对于增加的成本，我们应把长期效益按可比价格折算成直观的经济指标以利于比较分析。有学者给德国Schlierberg的能源过剩住宅算过一笔帐：尽管采用PV系统造价昂贵，但德国一个4口之家一年的基本能耗，包括基本供暖、热水和用电为3400kWh的能源，即每月花费为300~400德国马克，而用了PV系统，每年能制造5700kWh的能源。这样每年就有5700-3400=2300kWh的过剩能源。根据德国每千瓦时过剩能源能卖99芬尼的能源鼓励政策，时间长达20年，这样共能获利2300×0.99×20=45000德国马克。再加上20年每月节省的能源开支最少300×10×20=72000德国马克，20年PV系统所带来的经济效益至少为45000+72000=117000德国马克。因此从长远看，PV系统的住宅物有所值^[42]。由此可见，适当的生态策略对于全寿命经济性是一种贡献。另外，建筑后期处理阶段的建筑设备更换及改造费用也是全寿命成本重要组成部分。杨经文认为建筑废弃的四种变化类型包括场地的废弃、功能的废弃、技术的过时和物质性衰退，^[43]适应变化的策略是适应性改变、灵活性设计、长寿多适概念、合理废弃概念^[44]。建筑师在设计中应充分预见到建筑改造和设备更换的可能性，并在设计中采取相应策略，预留开放端口，以提高整体资源利用率，动态适应变化的社会生活。一座易于改造的建筑才会拥有更长的使用寿命和更高的使用效益。

从社会学和生态学角度讲，一项具有良好灵活性的设计延展了社会生活

的可持续性。传统的建筑技术经济评价往往局限在某个具体的工程本身，通过计算工程预算、实际投入和回报之间的比值来评价选择某种技术的得与失，成与败，即将直接经济效果作为评价的唯一尺度和标准。全寿命费用作为衡量设计方案高下的经济指标，能使我们更理性地预测建筑的经济效益和资源利用率，保证设计的生态可行性。诚如英国建筑经济学家P. A. Stone所言，经济的建筑并不一定是最廉价的建筑，而是一种可提供最大货币价值且美观的建筑，亦即一种美观的，而且在建造费用运营管理费用人工费用上都便宜合算的建筑。^[45]

2、社会效益评价

广义的社会包括政治、经济、文化等子系统，本文建筑的社会效益特指建成环境与使用者、旁观者互动对人类产生的生理、心理健康的影响。G. 威廉姆森认为：健康不应是一种模棱两可、似是而非的东西，而应象疾病一样是一种可以辨认出现象，如果一种协调的适应的进而富有创造力的状态是健康的，那么那种不适应的不协调的衰退的状况则是非健康的。所谓“不健康”应广义的理解为一种不协调的存在状态。^[46]生态建筑应为创造健康的内外环境负责。现代建筑对使用者健康影响表现在两方面：（1）建造伊始所埋下的建筑和装修材料挥发辐射的祸害。许多建材和涂料散发的有毒物质如氨气、甲醛、重金属微粒及挥发性有机物（VOC）都是使用者健康的杀手，可持续发展建筑设计应选用绿色无辐射或低辐射建材，减少挥发性放射性物质的危害。（2）建筑运行过程中的病态环境。封闭全空调的现代建筑环境看似舒适，但这种过度的人工舒适并不健康，它隔绝了内外环境的联系，产生“容器”负效应，诸如建筑关联症（BRI）、病态建筑综合症（SBS）在现代建筑使用中屡见不鲜。Crowther R提醒人类应该保留一定程度的自我调节和适应能力，而不是完全密封在人工环境中，应该适当考虑人类的生物舒适性，而不是利用各种技术手段达到人工舒适的极至^[47]。如果说生理疾患尚能医治，那心理健康问题则无良方可循。人们整天打拼于挂满了抢救用的输氧管、点滴管与各种仪器的电线的现代建筑中，这样的人工环境对使用者心理健康有巨大刺激作用。新时期建筑师应以关注使用者健康创造良好的建筑环境品质为己任，以实现辩证的“以人为本”。另外在公共建筑的可用性、可达性上要重点考虑以充分实现其使用价值，减少社会资源的闲置和浪费。精良的环境品质对行人心理的积极塑造及其带来的广泛社会效益，如积极充满人情味的空间环境有助于提高空间凝聚力而降低犯罪率，绿树成荫的环境是对行人活动真心的关切和支持及城市空间的积极贡献等。

3、环境效益评价

在环境效益方面，生态建筑有责任将自身的环境负荷降至最小。在设计阶段预测并减少建筑系统的输入输出，因为流通一旦完成，附加的能量和物质材料耗费就需利用次级系统来减少输出。从理论上分析，生命系统只有在外部生态系统的吸收能力与输出量相匹配时才能维持自身的稳定性。如果系统的输出得不到有效控制，那美国生物学家G. Hardin上世纪60年代预言的“公地的悲剧”就会应验。

表3-4 各类建材制造时二氧化碳排放量^[8]Table 3-4 CO₂ let quantity of different building material when produced

建 材 种 类	沙 石 、 石 材	无固定 碳木材		有固定 碳木材		合 成 树 脂 产 品	玻 璃		水 泥		建 筑 材 料			铜	铝
		制 材	胶 合 板	制 材	胶 合 板		板	纤 维	硅 酸 盐	5 % 高 强 度 水 泥	建 筑 制 造	铸 造 (钢 筋)	钢 板		
CO ₂ 排 放量 (KgC (Kg)	0.0 00 3	0.0 07 8	0.0 48 7	(- 0.4 92)	(- 0.4 47)	0.1 76	0. 41 4	0. 47 9	0. 25 5	0.1 38	0. 11 4	0.1 73	0 43 6	0. 28 0	1. 76 5

前面提到的“蕴能量”概念一方面表示建筑系统由外到内的能量和物质材料交换量的多少，还表示建筑系统通过输入过程对周围生态系统造成影响程度的大小。所以在设计初始所选建材就已经对环境造成了负荷（表3-4）。而建筑运行中肆无忌惮地给环境贡献了超负荷的温室气体、酸雨气体、烟尘、CFC、废水、固体废物等，这些输出需要自然的吸收，而随着人们改造自然能力的指数式增长，人工环境已大有置换自然环境之势，从而减少了生态系统的自我调节和同化吸收能力。对此建筑师应从设计上统筹安排，综合节能，并尽可能延长建筑使用寿命，以减少全寿命周期建筑环境负荷，实现建筑的可持续发展。据研究，建筑寿命如果从30~60年左右能延长寿命到100年，就可以降低寿命期CO₂排放量LLCO₂至少30%、很可能50%以上。使用耐用的建筑材料、设备产品也都是减少寿命期环境负荷的有效办法。从微观环境效益角度而言，现代建筑似乎很重视，殊不知传统建筑师对环境概念简化为系统所在的空间区域，而不会将设计场所视为一个活跃的、具有一定功能的生态系统，生态系统的组成部分应遵循自然过程中的相互作用

用。追求片面经济效益使现代建筑无视局部环境特殊性，给微观环境景观和生态系统带来巨大压力。生态建筑设计应因地制宜，兼顾景观及生态环境谓气候敏感性，选择对局部环境破坏最小的施工方式。

建筑全生命周期的经济，社会，环境效益及单项与整体效益之间往往会发生矛盾和冲突，如当前传统建材对绿色建材价格上的优势，节能构造设备的技术经济壁垒使建筑师和业主经常在经济效益和社会效益、环境效益之间进退维谷。当然建筑师没必要也没能力满足三方面要求，而应从各个项目的实际出发，突出重点，综合的协调权衡各目标，通过对全生命周期评价来判别不同设计方案的优劣，并探索改进设计的途径以实现大空间公共建筑生态化设计。正如阿兰·兰德尔在《资源经济学》中所说：“许多重大问题的解决不会是轻而易举的，它将包括技术、资源替代、环境保护等各个方面，人们必须被迫作出选择，因为任何可行的措施都是要付出代价然后才有收益的，实行一些措施就意味着放弃另一些措施，追求一些目标就意味着牺牲另一些目标，目标之间的权衡取舍间会是十分困难但重要的。”^[49]一些学者把这样一种权衡取舍的解决策略称为“90%解决原则”。

因此从生态的角度出发，设计应该是创造一种能量使用的循环模式，它能使来自所有过程和活动的能耗及废弃物最小化，对生态系统空间的压力最小，同时维护生态系统的稳定。正如杨经文所说：“建筑设计是能量和物质管理的一种形式，其中地球的能量和物质资源在使用时被设计者组装成一个临时的形式，使用完毕后消头，那些物质材料或者再循环到建成环境中，或是被大自然所吸收。”^[49]所以从这个层面上，可以说可持续发展建筑的实质就是生态建筑，是生态学的方法用在人为环境以及物质空间的具体物化。

3.3.1.2 全面生态建筑观 面对“建筑发展是硬道理”的质疑和建筑设计异化为形式汇演的现实，我们不禁要发问：建筑师的现阶段的任务难道仅仅定格于对形式的表层追求吗？继而如何从一元化的形式迷恋中解脱出来，探求建筑的发展之道？

大空间建筑生态设计绝不仅是技巧问题，更重要的是观念问题。对此，作为一种积极的选择，生态建筑观代表了一种进步的理念。“生态”是一个动态的、开放的、相对的概念，随着人们认识的不断深化和拓展，生态必将具有更广泛的外延和更深层的内涵。可能现在被认为是生态的大空间建筑，一定时间以后就被边缘化了。这就要求建筑师具有超前的生态意识和知识，才能进行“基于知识的设计”。从本质上讲，生态建筑并不是什么新的发明创造，而是一种适生技术，是在环境时代的深化和继续。与一般现代

建筑不同的是它更关心环境与资源这两个“生态参数”，式建筑设计从以往的“功能——空间”的单一目标转变为以“功能——空间”和“环境——资源”并重的双重目标。

1、还原、拓展社会自然多维关怀

萨义德在《知识分子论》中谈到，今天对于知识分子特别的威胁，是来自了一种“专业态度”，知识分子的专门化，专业能力的获得，是他们“昧于个人直接领域之外的任何事情……”，其最终结果是他们成为一种顺从而听命于人的人，一种我们社会中没有争议的、安全的技术人员。^[50]作为定义人类未来生活方式的专业人士，建筑师应该积极地拓展践行自己的历史使命。

建筑师在每个操作层次上都频繁的触及到权力和资本的多个界面，但这绝不意味着建筑师就该沦为附庸权贵的机会主义者或犬儒主义者。建筑师的能量不应被强有力的吸纳进权力和资本的二维网络中，而在公众利益的维度上严重缺席。恰恰相反，正因为建筑师与权力、资本和社会的接触面如此之广泛，而其设计行为实际上是在多个维度上同时展开的诠释传统、转化现实和塑造人们未来生活的实践行为，建筑师的社会意识和责任感才变得尤其重要。阿尔伯蒂将建筑师所起的作用清晰的定义为人类环境的一个富有责任感的塑造者。早期现代主义建筑大师都表现出了崇高的社会责任感和历史使命感，希望通过建筑实践改变社会的现实规划未来蓝图，虽然有些方案过于激进而流于乌托邦，但其对人类终极关怀无不跃然纸上。但随着资本和权力的渗入，建筑师逐渐被“招安”，其雄心壮志被消磨殆尽，逐渐沦为资本和权力的奴隶，建筑设计一步步被剥离简化为造型、立面设计，建筑师的职业领域一步步被蚕食而面临着被边缘化的压力，难怪有学者惊呼“建筑学是否将要终结？”值此社会系统由资源依赖型转向创新驱动型之际，建筑师应该继承先辈的理想激情与神圣使命，重建对社会和自然的关怀意识。

沉迷于静态美学、形式及造价的传统建筑模式不能适应日益紧张的环境形势，这时“功用性的黄油与面包必须优先于艺术的蛋白与糖”。^[51]随着可持续发展思想的广泛深入，建筑的响应从能源方面扩展到全面审视建筑活动对全球生态环境、周边生态环境和人类所生活的环境的影响，即“空间”上的全面性。

2、关注建筑本体物理环境品质

如果把建筑模式看作一个整体结构，那传统建筑模式设计只能算脆弱的静定结构，当建筑系统面临赖以存在的负熵流匮乏的挑战时，它就岌岌可危

了——时代呼唤超静定的理性建筑设计程序。全面生态建筑观为建筑的可持续发展提供了一个有力的支点，建筑设计不应只在风格、构图等传统艺术范畴的怪圈中徘徊，因为“我们后代关心的是我们带给他们的建筑是改善还是破坏了生活质量和环境，而不是我们带给他们的建筑风格是后现代的还是解构的。”^[52]我们必须探求更广阔的设计天地，应在预测建筑全方位环境影响的基础上，在设计中对建筑的输入输出进行有效统筹调控，以求从根本上实现可持续发展。

当务之急建筑师应从根本上改变传统的形式决定论，把设计重心从形而上的风格、形式转移到形而下的本体环境营造上来。“建筑就是关乎人类及其生活质量，这些才是真正的推动力。风格和形式都是外在的和第二位的。”^[53]另外应尽可能积极稳妥的引进、回归和融入自然，选用无害化建材设备，用全面生态建筑观指导大空间公共建筑设计，减少对环境的负荷，关注建筑本体的环境质量，才能实现对人和环境的终极关怀。

3、培养加强专业有机互动的合作意识

建筑不是纯粹自主性的艺术，建筑必须适应社会和自然环境，并被人们的需求所控制，所有建筑都是在现实条件和建筑师心目中的理想模型之间的对话产生的，特别是大空间公共建筑更是自律与他律的辩证统一，“一言堂”局面似乎注定与之无缘。“建筑师作为协调者，其工作是统筹各种与建筑物相关的形式、技术、社会和经济问题。”^[54]建筑师既不能持顺从的实用主义态度，也不能上演自鸣得意的独角戏，而应是对话的参与者，并利用自己独特的枢纽优势，使建筑还原其真实本色实现艺术的返魅。通过提供一种逻辑与直觉相结合的方式，工程师和建筑师共同掌握一把通向新建筑创作之门的钥匙。

综上所述，通过全生命周期评价视野建立起全面生态建筑观，无论在技术选择层面，还是在社会责任层面，都是设计师为实现大空间公共建筑生态化设计进行的必要准备。

3.3.2 拓展技术结构

技术的发展不停的丰富、改变、创造着建筑的审美观念。纵观建筑审美的历程，自新技术引发的建筑革命开始总是不为人所理解接纳，维特鲁维推崇古希腊建筑而轻薄古罗马光辉的拱券技术，哥特建筑、现代主义建筑也都有同样的遭遇，然而技术进步的建筑形式必定会随着审美观的改变而逐渐被

接受。对于注重功能技术逻辑的大空间公共建筑而言，技术本体对其而言意义不言而喻。

3.3.2.1 建筑师技术知识的“空心化” 技术的分化进步已经使建筑师的完人特性一去不返，并失去了社会器重。英国建筑评论家保利认为根本原因在于大多数当代建筑师忘记了现代主义建筑理论中掌握现有技术并能不断转移新技术的要求而把自己看成艺术家。由于现代建筑工业中越来越多地使用技术含量高的材料及工艺，在科学技术的有效周期日益“短命化”的今天，一个只知道解构主义之类的建筑师在社会眼中自然显得可有可无。^[55]毋庸置疑，建筑师的现实困境正源于其自身：恰恰由于其角色职能中的技术成分被最大限度的剥离，建筑师日益成为本领域内的“技术无知者”，这种情况在中国莫为强烈：对科技知识的陌生疏离逐渐发展为对技术进步恐惧拒斥的心理定势，不懂技术的“科盲”建筑师和由无知带来的设计创伤比比皆是，而所谓的艺术追求与文化关怀就理所当然得成为建筑最后一根救命稻草与最后一面挡箭牌。在这个技术主导的契约社会中，面对日益被边缘化的压力，建筑师在不断充实知识储备基础上给自己重新明确地定位在所难免。

艺术与技术的脱节及其弥合一直是建筑师的永恒主题。在《建筑十书》中，维特鲁威就强调了建筑师的知识，认为“建筑师应当具备各类知识和学问”，“建筑师的知识是理论和实践相结合的产物”。在中世纪作为独立职业的建筑师似乎并不存在，重要建筑由建造工匠的代表和总负责人，即“大匠”、“匠师”（Master Builder）来负责设计、建造的。文艺复兴时期建筑师重新从匠师中分离出来成为独立的职业，并恢复了建筑师的名称。阿尔伯蒂的《度经》第一次把建筑艺术与技术作为两门专业，其构图制约结构的唯心观点给文艺复兴建筑哲学以致命危害。古典主义时期巴黎美术学院把这种艺术建筑学思想推向高潮。在这条艺术家的延长线上，近代科学技术的进步所带来的人类认知的细化化和技术与艺术的分离，成为建筑师身负的“原罪”。当代建筑师在经历了技术带动艺术发展的现代主义阶段后，其技术底蕴逐渐失却了原本的活力且呈现“空心化”趋势，技术与艺术之间的张力关系日益紧张。

与鲍扎学派一脉相承的国内传统建筑教育对艺术一直情有独衷，而对大空间公共建筑来说，功能技术含量又相对较高。众多设计竞标花落异邦的现实告诉我们，技术落后正成为国内建筑界发展的瓶颈。因此，更新传统知识结构，学习并应用相关技术原理，知其然并知其所以然，为大空间公共建筑生态化设计搭建更理性化、科学化的知识平台，是建筑师的必然选择。

3.3.2.2 建筑师技术储备的扩充升级 “想发明什么，必须具备两个方面：一是能对事物进行组合；二是能对事物进行选择，能在前者所提供的一大堆事物面前选择所需要的和具有重要意义的事物。所谓天才，组合的作用要比选择的作用少得多，后者能及时把握住眼前事物的价值进行选择。”^[56]选择与创造性密不可分，要进行选择，则必须具有全面的知识，具有多方面、多学科的知识结构，具有通盘的思考和全局的观念。选择使得在比较抉择的基础上由多向一、由博向约的跃进，没有“多”，没有“博”，何谈选择，又何谈创造？

正如阿尔瓦罗·西扎所说，“建筑师是无专业的专业人员，建筑包含着如此多的元素，如此多的技术以及如此不同的问题，以至我们不可能掌握所有必要的知识。真正需要的是结合不同的元素和学科的能力。因为建筑师具有广阔的视野，不受具体知识的限制，他们能够把不同的因素联系起来并保持非专业化的综合能力。从这个角度上说，建筑师是无知的，但是他可以和许多人一起工作，并将大量的具体问题综合起来，这些技能是只有通过经验才能获得的。有了这些技能，我们就能对付伴随每一个项目而来的新问题。”^[56]作为建筑各个环节运作的协调者，建筑师不必是某个技术部门的专家，而他必须具有象所有其它的专业合作者们那样清楚的一般概念和有关那一专题的所有物理和经济规律的、广阔的概念性知识。况且在建筑创作活动中，取决于绝对不变的物理法则的因素正变得越来越重要。

1、结构力学规律

强化结构理性认知虽属老生常谈，但对于大空间建筑而言却是头等大事，以直观为基础的力学意识在其结构构思中是不可或缺的。因此建筑师需要掌握大跨结构的类型、特点和规律，而不能再停留于只是对皮毛常规结构的蜻蜓点水似的一知半解。结构规律不仅是保证大空间建筑设计方案成立的基础，更是其寻求突破创新的重要手段——基于结构理性自然生成的建筑形态高于内在张力，有利于建筑真实性的表达。“量的分析是为实践之目的所必需的，但是计算不能认为就是目的，这应当留给专家们去做。对于建筑师来说，重要的是导致这些计算，且体现着结构原理的构思过程。”^[57]复杂的公式和高等数学的计算方法对于建筑师而言无济于事，本质的东西却在于以简化公式为基础、方向性的估测，即将复杂体系分解为几个基本部分的能力。拱、壳、索、膜结构都有着迥异于常规框架结构的原理和尺度，因此对于大跨结构的力流性质清醒的认识是必不可少的，否则就可能在结构构件中出现拉力与压力的错位和浪费现象，有悖于结构理性的奥卡姆剃刀原则。

建筑师必须是他所设计建筑的结构方案的创作者。建筑的受力结构必须以简图方案为基础正确地进行设计，它应该以最简单和最自然的方式传力。然而对于大空间建筑等必须将结构外露的类型，还需要通过调整各部分的比例，充分发挥材料的承载能力，并使结构骨架成为一个真实完整的建筑有机体。日本建筑师在这方面可谓得天独厚，由于地震岛国恶劣的自然条件，建筑是技术而非艺术、是民生之本而非女士的化妆的建筑观成为集体无意识而一直占据主流，使得建筑师具有很强的结构技术背景，其建筑也受益匪浅。

2、生态运行规律

在生态建筑观看来，建筑是能量流动过程的载体，同时造就了建筑的形式，形式是和过程不可分离的、有意义的表现。对于建筑中流动的空气、阳光、水等生态因子的运行规律有助于建筑师进行生态构思，甚至可以成为建筑方案的原点，如空气流动的伯努利定理、文丘里效应、烟囱效应，阳光利用的温室效应、特朗伯墙原理，遮阳内外有别的机理，水面的冷池原理等对于大空间公共建筑生态化设计而言都有莫大的借鉴价值，只是这些看似与建筑形式无关的物理法则没有进入传统建筑师的法眼而无缘被充分挖掘。随着对生态运行原理的认识深化和操作精细化，由此演绎的建筑形式将被纳入到时代建筑审美的主流语境。可见对生态运行规律的艺术把握是大空间公共建筑生态化设计与传统设计之间的根本区别。

3、设备选择规律

对于大空间公共建筑而言，纯粹依靠自然规律优化环境品质的幅度毕竟有限，终究还是需要借助机械设备的力量。设备专业是现代社会化分工和机械化生产的结果，从水（给排水、暖气）、电（照明、动力）、空调乃至一切与自动化（电梯等）配套的设备应有尽有。由于人类对健康适用的建筑环境的不断追求，设备与建筑设计的成败关系极大，其投资比重也越来越大。

对于设备，建筑师的传统态度一般是无意也无法进行操控，将其推给设备工程师或供应商，无形之中放弃了对设备的话语权，并使自身陷入了对全局掌握的被动状态。事实上建筑师的创造性和系统统筹能力的重要表现之一便是基于全寿命周期评价原则和全面建筑观在诸多方案中进行优选。其中作为耗能大户的空调系统的选择直接决定了大空间公共建筑的能效和环境负荷。冷机的选择直接影响到整个空调系统的经济性。按制冷方式的不同，冷机主要分为压缩式制冷和吸收制冷。吸收制冷分为直燃、蒸汽和热水型；压缩式分为离心、螺杆机和活塞式。从能耗及运行费方面来看，吸收式制冷机消耗的能源为燃料，而压缩式则消耗电力。

哈尔滨工业大学工学博士学位论文

表3-5 制冷机能耗及运行费用对照表^[58]

Table 3-5 Comparison of refrigerator energy consumption and run fee

方案	电耗 (kW)	蒸汽 (t/h)	热水 (t/h)	冷却水		油耗 (kg/h)	运行费 (元/h)
				水量 (t/h)	阻力 (mH ₂ O)		
直燃	5.75	—	—	230	7	62	199
蒸汽	4.4	1(0.4MPa)	—	208	12	72	217
热水	5.5	—	91(95/85℃)	261	12	100	296
螺杆	214.4	—	—	240	5	—	185
活塞	210	—	—	168	10	—	168

如表3-5所示，压缩式耗电多，而目前电价相对便宜，运行费低；吸收式耗电少，耗油多，由于油价高，所以运行费用高，特别是热水型吸收式制冷机运行费约为活塞式的2倍。而压缩式制冷初期投资少高于吸收式制冷（表3-6）。

表3-6 制冷机初期投资费用对照表^[58]

Table 3-6 Comparison of refrigerator initial invested fee

方案	主机	制冷辅助设备	电力容量	总价
直燃	70	—	0.63	70.63
蒸汽	38	30	0.49	68.49
热水	37	30	0.61	67.61
螺杆	42	28	23.6	93.6
活塞	40	28	23.1	91.1

从运行维护方面看，吸收式制冷机需定期清洗吹扫传热管，且对运行维护人员技术要求较高，会耗费较多的人工费。而压缩式制冷机则加工精度高、运行稳定，只需更换部件而维护费用较低。从所占机房面积看，由于吸收式制冷机外形尺寸远大于压缩式制冷机，故操作维护空间面积也较大，当吸收式制冷机房需60~70m²时，压缩机机房只需20~30m²。综合来看，吸收式制冷机在环保方面优于压缩制冷剂，但其能耗比压缩式大，若实际工程项目中有工业废热余热提供热水、蒸汽来源时，选择吸收式制冷机既保护环境又节能。反之则选择压缩式制冷更为理性。

除制冷机组外，空调方式选择也是影响空调系统经济性的主要因素之一。从美观及运行等方面考虑，公共建筑多采用集中式空调，可分为风机盘管加新风和全空气空调系统。前者主要通过冷热介质及风机盘管将室内的热湿负荷带走，同时为满足室内空气质量的要求而补入部分新风。由于只有水泵的电能耗耗，且其新风量可根据每个房间的需要量进行调节，故日常运行较为经济。对于房间相对分散、同时使用率较低的建筑来说，此种空调方式更节能应优先考虑。而后者主要通过经空调器处理后的冷、热空气将室内的

热湿负荷带走,又可分为①全空间空调系统、②岗位送风空调系统及③分层空调系统。①适用于空间面积大、高度相对较低以及由工艺要求的建筑,②适用于环境条件差、操作人员相对较少的建筑,③适用于高度相对较大、只对下部工作区域进行空调、而对上部区域采用通风的建筑。当建筑室内空间高度大于10m、体积大于1万 m^3 、空调区高度与建筑物高度比小于1/2时,采用③要比①节省冷量30%左右。全空气系统除水泵耗电外,还需风机提供动力,其运行费用相对要比风机盘管系统更高一些。^[58]对于不同的建筑应根据其使用性质,在满足功能要求的同时,合理选用空调系统,将有效提高建筑经济性。

我们无法想象,外科医生在不了解循环系统的情况下会盲目地为病人做手术。同样建筑师对知识的概念理解非常重要,否则我们无法在前期构思时提出具有生态意义的想法,也难以与其它专业人员沟通。

3.3.2.3 建筑师技术构思的融会贯通 当然掌握技术知识仅是手段,只有灵活自如地融入到创作系统中,使技术与整体构思达到水乳交融才是最终目的,否则技术知识永远只是单纯的工具资料而已。技术意识来自于对经济效率的不断追求,除解决技术问题之外,建筑师还必须保持和发展自己的美学意识,才能在结构、设备和经济的综合平衡中探索它们之间的关系、细节、色彩重点及有机构图,把一个技术正确的工程变成一项建筑艺术作品。

对于大空间公共建筑生态化设计而言,选择合适的技术咨询公司的确是成功的关键,因为它要求更高科技含量和完美的实现手段,需要其它方面的专家提供专业的咨询的帮助,但是这丝毫不会动摇和影响建筑学和建筑师的地位和作用,而且日益显现出建筑师的领导作用,因为设计决策终究是由建筑师作出的,只有在建筑师设计决策的基础上,技术咨询公司才有可能发挥自己的特长,很难想象一个从来都不注意生态和环境问题、从来不去有意识的吸收生态环境等相关知识的建筑师能够提出一些注重生态的设计策略,此时即使各个技术咨询公司都非常专业,恐怕也难以共同创造出一个注重生态的建筑作品。

当前大空间公共建筑创作中的生态设计就是这种情况:建筑界顾左右而言它,而最关键的能量的集约化利用始终不被建筑师所重视,而大多还沉醉于结构美学之中。当然结构的优化在建筑创作中的作用不容忽视,但它在个生命周期成本中的权重无疑明显比建筑运行过程中能量耗费少的多,视觉中心论的惯性使与形态直接相关的结构倍受优待,现实中建筑师也经常陷入到哗众取宠的“为表现而结构”创作悖论的漩涡中。生态意识的崛起正是源于

大空间公共建筑对设备的严重依赖导致的能源匮乏和对健康舒适的理性反思。对能量的系统集成设计需要建筑师具有交叉学科的知识，而当前一线建筑师先天营养不良，知识结构缺陷漏洞明显，其自身局限性决定了大空间建筑生态设计的徘徊不前，只能在结构、材料等非生态核心概念上做文章——现代建筑只是使结构从流行的形式风格的幕后走到表现的前台而已，而不能提供更深意义上的生态解答。事实上，生态理性比结构理性在大空间建筑生态化设计中更有发言权。生态设计不仅需要建筑师有相当深度的结构素养，更要求建筑师对设备节能运作了然于心——只有这样才能得心应手地调度各种积极因素为整体的生态目标服务。

从技术性的正确到艺术诗意的过渡决定于相互关系和细节上的变化，它们总是保持在对任何创造活动所允许的自由度范围之内。技术上的正确性，这个真实风格上的重要因素，将会在大空间公共建筑生态化设计上加进一个道德伦理上的标准。而所有这些，都建立在建筑教育所致的建筑师深厚完备的技术底蕴之上。

3.3.3 改良设计模式

3.3.3.1 乏善可陈的传统设计模式 源自丁鲍扎学术体系的大空间建筑传统设计模式，片面强调建筑师的结构造型围护作用而淡化结构优化意识和空间环境品质，使得设计与技术“两套人马，各行其道”，技术堕落后期解决设计缺陷的“创可贴”。“一般情况下，结构设备专业在建筑方案初步构想基础上提出各自专业设计方案，并经过相互交织协调修改等过程，最后综合为共同的设计作品。其中结构专业介入建筑方案最早，结构与建筑的关联程度明显大于设备专业。”^[24]这种工作模式在早期分工不明显、技术要求不高的情况下确实推动了大空间公共建筑的进步，因为对于大空间建筑而言，建筑与结构是有机结合的统一体是其成立的基本前提和必然条件。直到大约100年前，建筑物的采暖、降温和照明还是属于建筑师领域的工作。舒适的温度和照明条件是通过建筑物自身和一些设备的设计来获得的。到了20世纪60年代，工程师设计的机械设备成了建筑物采暖、降温和照明的主要手段，并且得到了广泛的认可。随着建筑技术的升级换代，其机械的机制越加不能适应日益增长的物理环境自然化和审美有机化的要求，其固有的先天不足在当代的技术主导的社会语境下突显出来，其中有三大致命的弊端亟需整顿改良。

1、粗放的机能主义、个人主义与还原主义

在传统设计模式下，建筑效果完全取决于随机的建筑师的个人修养和品味高低，各工种仍拘泥于专业范围而缺乏相互碰撞和刺激的合作机制却未发挥其保证建筑品质的作用。建筑设计异化建筑师的独角戏，并呈现出两种不同的取向：个人主义与还原主义，二者尽管看似迥异，实则都是缺乏技术构思底蕴和信心的表现。

建筑师在通往艺术设计的道路上逐渐淡化了维特鲁维关于“坚固、实用和美观”三原则，“艺术建筑学”的集体无意识使得建筑师必然重艺轻技，这种积习在营造实践中表现为“无知者无畏”的眼高手低或者迷恋对时尚意向盲目和虚无式的效仿，更为可怕的是，大空间公共建筑还要为建筑师自大狂妄而不迷途知返的个人主义和设计模式缺乏有机制约和对话优化的机能主义付出代价。当建筑技术迅速发展，建筑师的工作却被降格为提供过度的“美学”内容的风格造型师或立面匠人，而这些在工程师眼里绝对是多余的东西。从此建筑师和工程师就已经被固定在一种以生产建筑物为目的的“强迫婚姻”（保罗·波茨纳语）^[59]模式里，以此为基点，几乎没有真正意义上的具体化的合作了。很难设想中医开药方时只开药名而不注剂量，但建筑师却常“只玩概念不管后果”，视建筑设计为游戏，本来不擅长量化研究，却又不请相关专家在前期作科学化咨询。这种单项哲学思辨的顽疾和根深蒂固的设计惯性使大空间公共建筑设计人在机制有失合邪与活力，为其生态性能埋下隐患，并成为其发展最大的掣肘。

而还原主义倾向则过于强调了其它专业的保证角色，将建筑师的组织决策作用消隐于无形，并成为建筑师无所建树的托辞。应该说传统设计模式的基本前提就与有机整合的集约化方向背道而驰，因为“当建筑师设计各种完全利用空调的封闭式建筑的时候，‘设计的难题已从保证建筑适合于环境，转变为将建筑的表面及设计得越小越好，越紧密越好，以便防止建筑内部和建筑周围环境之间的任何交换。’”¹⁶⁰如果建筑设计被简化为仅仅是工程问题的解答过程，那无异于饮鸩止渴，建筑设计也就失去了生命和灵魂。“随着那些完全从内部满足各种舒适条件的技术的出现和发展，通过设计调整实际的环境条件这一原本属于建筑师的责任已转交给了工程师。表面看来，建筑师似乎赢得了更多时间专注于建筑设计，以寻求更新更好的设计方案，然而实际上这已将他们从一个非常重要的领域中清除出去了，而这个领域恰关系到历史上建筑存在的原因和建筑的基本功能——适合于气候，承担起建筑对周围环境的责任。”¹⁶¹

2、结构、设备专业介入时间滞后

长期以来,建设设计按照专业化分工的要求被分解为若干阶段:由建筑师提出建筑方案,然后则土木工程师和其它专业的工程师分别完成结构设计和水、暖、电的系统设计。建筑师的初始构想在很大程度上并不完全合理,形象先行的方案甚至违背常理,而后期结构工程师的建议和专业操作只能保证大空间的可实施性,对其方案经济性与有机性的优化和环境健康质量却无能为力,因为前者属于建筑师自身内化的结构意识的操作范围,结构工程师的建议充其量只是微调,对方案大方向的正确把握却已无济于事;而后者则属于建筑师与设备工程师合作业务的范围,待到结构设计方案基调确定以后,又会出现结构与生态的矛盾。这样确定的方案的先天不足只能再依靠机械设备的后期弥补,建成后果可想而知。空调发明后,建筑从某种意义上开始异化为不分季节的“时装”,建筑师逐渐习惯于请设备工程师用贴“创可贴”的办法去解决建筑物的舒适性及能耗问题,按这种非整合的模式工作,资源的浪费自不待言。建筑、结构、设备三个专业的配合还处于“1-1+1”机械线性组合的较低层次,缺乏有机性和同步性。

3、结构、设备专业介入方式被动

建筑的专业分化源于其三个基本性质,即功能性、艺术性和实践性,但问题不在分化本身,而在于建筑、结构、设备三方如何适应专业分化,即在把构思设想转化为现实建筑过程中三方应该如何协调融合成一体,为统一目标努力创新,因此增强三方面相互交流是指具备更多的共同语言大有益处。

传统设计模式的内生机制将本应积极互动的整体设计机械地划分成若干阶段,并客观上造成了建筑师“一言堂”、结构和设备专业对设计构思改进缺乏积极能动性和创造性而无所作为的局面,成为建筑师个人主义的自我空间秀的舞台,结构和设备工程师只是被动完善建筑师有时天真的构想,一味给建筑师打下手,对大空间公共建筑自然健康的环境营造无益,这就为三者互动合作打下了伏笔。

3.3.3.2 互动整合的生态设计模式 根据确定性混沌自然观,物质世界本质上是非线性的,物质运动的规律性主要表现为非线性规律,因此我们无法准确预测出建筑未来的情状。应该说生态危机对于当代人来说是偶然中的必然,如果以前没有大规模的破坏性建设的话,它可能会推迟一些,但有限的资源能源和静态平衡的环境系统终归会面临崩溃。生态危机在很大程度上改变了建筑发展的惯常思路,很难想象如果它没有发生的话建筑是否会像时装那样的模式发展。——如此看来,生态设计可以说是个建筑发展的异数,是一种

在传统能源与新型能源间继往开来的过渡模式。

1、开放互动的一体化合作机制

生态危机改变了我们的传统观念，建筑物的采暖、降温和照明的最佳途径是建筑物自身设计与机械设备两者并重。对资源和环境的关怀呼唤一种集约开放的生态设计模式：探索建筑设计和建筑技术整合的设计方法，改变将建筑技术作为“创可贴”使用的工作模式，创造不仅有个性、而且有必然性的建筑风格。

诚然，建筑并不是由生态一个要素构成，但不可否认的是，面对能源危机和环境污染的困境，人类当前的创作活动取决于这种客观的自然法则的因素正变得越来越重要，特别是在功能、技术制约性较强的大空间公共建筑中。自然法则的约束并非许多建筑师认为的那样，是建筑之升为艺术的敌人，恰恰相反，自然法则为建筑师提供了大空间建筑生态化构思的天然源泉，使其在摆脱主观感性的设计革命进程中又凭添了理性的武器，同时自然法则的约束中存在着个人选择的自由。建筑的真正魅力，主要不在表面的炫耀，而在于内在的必然逻辑性。大空间公共建筑如果缺乏其理性的内核，违背建筑生成规律，即使具有再别致的形式美，也是无源之水、无木之本，从而变成“形式决定论”的奴隶，难以成就优秀建筑。

传统型大空间建筑设计的主要矛盾是结构手段和空间需求之间的关系，结构是设计的基点和引擎，其中建筑师与结构工程师的合作是其成功的基础，其中结构工程师的作用不可或缺，结构逻辑成为建筑构思的主要源泉，特别是在中外建筑师的竞标中，外国建筑师在先进合理的结构选型上出奇制胜的手法成为我们纷纷流行政效仿的对象。但在这热闹的背后有我们值得冷静反思的东西：所谓这些大胆构思并没有在实质上推动我国建筑的发展，因为这些不过是薄头而已。在建筑的发展进程中，每次取得大幅度的进展，都具有与时俱进、实质性的跃升和提高。相对而言，这些在结构选型上改良性质的调节不是实质性的，充其量是程度上的变化，或仅许是权宜之计。一味强调结构造型的创新和结构理性的表现，只是单向度的孤军奋战——虽在建筑的终极形式上有所作为，对建筑的经济运营和环境改善却力所难及——殊不知大空间建筑无一例外的都有实用功能，而非只有审美意义的纪念碑，并且它不仅仅提供使用空间，还要求其环境适用，企图控制开辟出来的物质环境，所以设备与大空间建筑设计的成败关系极大。如果说结构设计是建筑固定有形的硬件，那设备运行维护则是无形的软件。理应全方位出击的设备工程师却没有积极发挥专业优势，融入设计团队核心，未能从整体上

左右建筑的最终效果，而只是被动片面地解决局部的环境指标问题，充当简单“跑龙套”的工具角色，从而显得无足轻重。这种设计模式可以称为“二元一体型”。如果说在结构尚不能自如的覆盖大空间之时，对结构的偏师倚重情有可原的话，那么在结构的发展已脱离初级阶段的现在，大空间公共建筑设计也应超越粗放的“二元一体型”模式，寻找更为集约的设计模式。

而大空间建筑生态化设计也讲究结构理性，因为脱离了结构手段大空间建筑将无从谈起，大跨其名亦枉然。但其不单热衷于结构的几何构成和造型表现，更着眼于建筑、结构、生态等因素更高层次上的整合，并且在结构发展到能较为得力的解决人类对大空间需求的阶段时，结构问题已不再是大空间建筑创作的掣肘，结构也不再是大空间建筑发展的主要策动力。相应的，全球性能源、环境的困境使建造及运营中的生态对策与空间质量需求的问题上升为大空间建筑的主要矛盾。因为生态问题是关涉环保节能和健康舒适的综合问题，传统“头痛医头，脚痛医脚”孤立的解决问题模式难以奏效：囿于严格分工的观念局限，在“二元一体型”设计中作为专业间沟通桥梁的建筑师忽略了设备工程师的专业特长，而建筑师、结构工程师在这方面都显得力不从心，或者根本就没有意识到此问题的存在，或者解决方案停留于感性经验层次，缺乏科学的优化分析，从而难有更大贡献。在这种背景下，建筑师调动一切积极因素为生态化目标服务，积极吸纳结构工程师、设备工程师的专业合理建议，促成专业间主动协作并最终进行统筹优化的“三元一体型”设计模式历史的走上舞台，为大空间建筑生态化设计提供了组织上和思想上的基础。设备工程师理所当然地成为设计团队中与建筑师、结构工程师并驾齐驱而举足轻重的成员。设备专业积极介入设计全过程，优化了设计团队的组织协作，疏通了僵化传统意识中节能环保与舒适健康间的矛盾关系，化矛盾为动力，创造性的解脱了二者的两难处境。这种新型设计模式形成专业间优势互补、各得其所的良性势头，从而使大空间建筑生态化设计取得了突破性的进展。

随着科学技术的进步，特别是计算机辅助设计软件的广泛应用，建筑设计专业化分工的程度越来越高，以至于造成各专业之间的隔阂。一体化设计是在现有的成本约束条件下进行生态设计的合乎逻辑的途径，它要求与项目有关的各类人员，包括建筑师、土木工程师、暖通工程师、电气工程师，甚至包括承包商和物业管理人员从一开始就介入设计过程。设计本身需要环境工程、计算流体力学、光电电子技术、空气动力学等工程技术人员直接合作，建筑师只是宏观的策划人员，而把“目标转化为行动”的最终人员却是工程

师，倘若没有精确的风洞试验和空气动力学的数值计算及传感器的设计与制造，那么一切技术与设备都终将成为建筑的“装饰”和美丽的谎言。从发达国家的经验看，现代建筑设计技术含量日益提高，建筑师所承担的专业整合工作越来越重要，要求建筑师在方案阶段与结构工程师、生态能量技术工程师（欧洲演化出的一种新兴的边缘学科，以传统的建筑设备专业、建筑物理专业及其相关学科发端并顺应社会与市场需求而产生）之间密切配合，需要在建筑方案设计构思、生态智能技术方案、结构体系选择与推敲、技术设备系统与建筑构造设计、建筑材料选择等多方面进行合作，特别重要的是通过各系统之间的有机配合与优化，达到建筑空间形象、舒适健康的环境及建筑成本与运营成本的控制节约这三方面的完美结合，这是一种整体方案设计的工作方法。

2、集约整合的系统优化机制

大空间公共建筑生态化设计初期就要求建筑师积极同步地引进结构工程师、设备工程师的思想，尤其吸纳设备工程师的建议（因其对创造生态化空间的作用并不比结构师小），先天优化设计方案，从而形成三工种有机协作的整体设计模式。正如格罗皮乌斯所说：“创造的火花当然有个人而燃起，但个人能以其它人密切合作并追寻共同目标，则所获成就将大大超过孤军奋战。……恰当的位置是一个团队设计中同样重要的成功保证，因为只有当每个人都去做他最适合的工作时，意见的交换就成为必要了，于是整个研究工作也就健康的成长起来。”^[1]需要强调的是，建筑师基于技术底蕴的整体生态构思并非越俎代庖，而是通过开放端口形成与其它专业的积极互动和整合优化，这种开放互动的优化机制与原先那种封闭被动的粗放并置机制截然相反，恰恰弥补了传统模式的致命缺陷。

自从1979年Outo强调为了从纯粹利益定向型的建筑经济中呼唤新的推进力，应当马上转向设立专项工作室和开辟建筑科学研究和开发的试验领域。Herzog就在慕尼黑工业大学建立起技术中心，发展了这种多学科整合研究性设计方法。在其设计中从计划一开始就开始和研究人员针对建筑问题进行分析，进行实验性的研究并在优化的过程中加以解决，这决定了各种问题并没有被孤立，而是与特别的建筑任务、特殊的客户和建筑场地的特定气候和环境联系在一起。大空间公共建筑生态化设计是一个复杂庞大的系统工程，需要方方面面的协调配合，深入研究共同努力才能实现，生态建筑不是各种新技术和新设备的堆砌物，一些生态技术和设备运用不当会发生相克作用，甚至可能造成能耗增加。在生态设计时，应针对中国国情、具体建筑特点和使

用特点、当地的气候条件、各种用能系统的技术特点，进行模拟分析和综合优化设计，并从管理节能、技术节能、行为节能等多方面开展工作。

当然在目前情况下，我们不能奢求建筑师具有Daniels和Caratrava那样专业的设备和结构知识背景，但建筑师与其它专业接口的开放端——协作精神则是不可或缺的，只有不断汲取设备和结构工程师的专业咨询的营养，才能在设计方案阶段就对建筑全寿命周期进行统筹优化的生态设计，特别是对建筑运行能量的整体设计。而这恰是中国建筑发展的瓶颈。为何国外可以产生Thomas Herzog、Norman Foster、伊东丰雄等既有深邃建筑理论的建树，又有成功大空间建筑作品的建筑师，而我国却是建筑理论与大空间建筑实践相脱节呢？这其中，建筑教育的观念和合作机制可能应该是最本体的解答。

3.4 公众参与的积极策应

“公众参与”（Public Participation）指在涉及公众利益的社会经济活动中，公众在享受法律保障的基本权利（平等权、知情权、处置权等）的基础上更广泛地行使民主权力。^[61]公众参与是实现可持续发展的必要保证。在中国的现实背景下，公众的绿色意识和参与意识都有待加强，只有这样，大空间公共建筑生态化设计才能有广泛而扎实的存在基础。

3.4.1 绿色消费观的启蒙倡导

消费是经济运行中一个极为重要的环节。传统经济消费观是以鼓励高消费、一次性消费和非循环消费为特征的，不仅浪费了大量能源，而且还造成了严重的环境污染，以至于危及人类本身的生存。1992年在里约热内卢联合国环境与发展大会通过的人类环境宣言《21世纪议程》中，明确指出了“全球环境不断恶化的主要原因是不可持续的消费和生产模式。”事实已经证明，导致人类社会贫困和人与自然关系恶化的重要根源就在于不可持续的消费模式。因此我国要实现可持续发展和生态化目标，转变我们的消费模式、倡导绿色消费观是必不可少的环节。

正如美国建筑家协会会长Susan A. Maxmem所指出的，“在今日濒临环境危机之前，我们还徘徊在富裕、技术及个人主义三种神话之中。富裕的神话让我们以为可以拥有无限的资源而洋洋自得，为社会现实的进步而陶醉，为能够购物消费所诱惑，而对我们的地球所支付的代价则佯装不见；技术的神话让我们以为科学万能，只要向科学家提供资金，他们就可为我们提供需

要的一切；个人主义的神话则让我们以为只要不影响自己的周围就可以随心所欲。”^[62]工业社会的价值观念是消费更多的物资是好事的美学意识和最大限度的满足人类欲求的伦理观念的总和，而所谓欲求是指在某种程度上脱离人们基本生存需要，被社会、经济、文化等激励出来的需要。同时消费也不仅是物的消耗，人们更加关注的是价值和意义的建构和消耗。基于此的传统消费模式是一种线形过程，一方面经济系统致力于把更多的自然资源转化为产品，另一方面使用后的产品大多数被当作废物而抛弃。这种模式导致了资源消耗和环境退化的恶性循环。

1994年联合国环境署《可持续消费的政策因素》报告中提出可持续消费概念：“提供服务以及相关的产品满足人类的基本需求，提高生活质量，同时使自然资源和有毒材料的使用量最少，使服务或产品的生命周期中所产生的废物和污染物最少，从而不危及后代的需求的消费。”^[63]可持续消费是一种全新的消费模式，如果把以往的线形、不可持续消费成为“灰色消费”，那么这种可持续的消费模式就是一种“绿色消费”。绿色消费不否认生活质量的提高，但这种提高应该是以消费的最优化以期达到长期维持资源与环境的服务质量为前提的。绿色消费乃是人类发展模式中的消费方式的一次历史性转变，甚至对生产方式乃至思维方式都是一种改变。在发达国家，由重视物质价值转向以强调非物质价值为特点的绿色价值观和消费观深入人心，表明了对自然价值的科学评价由真理性评价与价值评价向道德评价的转化。据1990年一项调查表明，67%的荷兰人、80%的德国人、77%的美国人在购买产品时会考虑环境问题，而20%的日本人表示愿意购买价格更高的“生态产品”。1992年加拿大消费者协会所作调查显示，94%的消费者表示在选购商品时会考虑环境因素。借鉴国外经验，广泛进行全方位、多层次的大众媒体宣传攻势，及时提供产品信息与服务，可有效促进绿色消费观的启蒙和树立。

推行环境标志制度对绿色消费的倡导受益匪浅。1987年德国发布了世界第一个环境标志“蓝天使”后，至今实施“蓝天使”的产品已达7500多种，占全国商品的30%。德国开发的“蓝天使”标志的建材产品侧重于从环境危害大的产品入手，逐级推进并取得了很好的环境效益。如德国推出一种无色、无味，对人体无害的水性建筑涂料，在获得“蓝天使”标志后，很快就占据了市场，使传统的溶剂型建筑涂料逐渐被淘汰，它的环境效益很明显，仅原西德每年少排入有机溶剂40000吨，德国居民宁愿多付些钱去购买对环境有益的产品。环境标志“蓝天使”已成为德国公众很熟知的一种标志，德

国所有大城市中均有专门出售“绿色建材”的商店。

正如生产决定消费，消费反过来又影响生产、引导生产一样，绿色消费观的建立相当于从产销链的源头抑制传统生产的销路，可谓釜底抽薪之术，而对于社会生态化转型则无异于雪中送炭，客观上拉动了生态建设。为了实现北京2008年奥运会“绿色奥运”的理念，更需要增强全社会的环保意识，鼓励公众自觉选择绿色消费，积极参与各项改善生态环境的活动。

3.4.2 完备公众参与机制的建设

作为大空间公共建筑的消费者，公众意见的积极参与对其建设运营的成功与否影响深远。公众直接参与到大空间公共建筑的调查、构想、评议和决策等。它起到的主要作用是填补自由市场力与政府宏观调控力无法触及的真空空间的另外一种“非市场力量”。具体表现在前期建筑策划和建筑方案评选决策等环节。公众参与体系建立的根本目标是：体现宪法要求，维护公众共同利益；尊重公民个体差异，协调不同阶层利益；构建平衡的社会力体系，推进科学的决策。

在建筑前期策划阶段，公众参与是众多生态建筑研究者提出的重要原则之一，西姆在《生态设计》中指出，生态设计的开放性表现在公众的积极参与，因此“每个人都是设计者”。日本建筑师协会出版的《可持续设计导引》发刊词中也指出：“建筑可以被重新定义为一项协作性的工作，使尽可能多的建筑专业人士及普通市民和企业家们参与到建筑创造中来。”通过社会问卷调查或公众代表直接进入前期建筑策划（如公众参与专家系统、公众参与委员会、社区组织和非官方民间组织）的方式，公众可有效表达消费者的心声。需要强调的是此处公众构成要素强调的不是广泛性而是代表性。这种公众参与机制并非要改变建筑师的主导作用，而是给我们提出了更高的要求，即建筑师应准备各种解决方案以作为接受公众回应的职业前提。

公众知情权和参与权代表了民主社会公开透明的文明机制，而公众的广泛参与表现了其强烈社会责任感和主体意识以及对公共利益的关注，有利于社会资本的增长与和谐社会的建立，以及形成从单纯精英决策到精英主导、公众参与的良性互动的环境氛围。在建筑方案选择阶段，公众的大力支持对于生态设计是一个重要的影响因素。在北京2008年奥运会国家体育场设计方案竞赛时，设计方案社会公示、公众投票环节的设立为公众参与机制的建立开了一个好头。不拘一格地广开言路是健全公众参与机制的重要目的性原

则。当然公众的审美、消费价值观念则是影响其参与效果的关键，如果不能正确引导进步的时代理念，那么公众参与的结果可能适得其反，这也凸显了启蒙倡导绿色消费观的重要性。

总而言之，公众、团体和组织的参与方式和参与程度，将决定可持续发展目标实现的进程。公众对可持续发展的参与应该是全面的。公众与社会团体不但要参与有关环境与发展的决策，而且更需要参与对决策执行过程的监督。通过启蒙倡导绿色消费观和建立健全公众参与机制，可有效形成公众参与的动力和渠道，有利于公众理解生态设计与自身的生活利益相关并形成良性的生态认同环境，以便从公众维度促动大空间公共建筑生态化设计的实现。

3.5 本章小结

大空间公共建筑生态化设计的实现是一个系统工程，需要国家政策、业主决策、建筑教育和公众参与等一整套自上而下的因素到位，缺少了其中任何一个环节，都会破坏生态设计机制的稳定性。在国家政策方面，作为对“个体化”趋势的反动，回归国家权威是必要的，同时国家政策对于解决“市场失灵”和经济外部性问题具有重要的工具价值。我国加入WTO后，对日益严峻的全球生态危机的大国责任和建设和谐社会的目标，都促成了我国一批生态政策的出台，而发达国家生态政策的借鉴意义也不容忽视。在业主决策方面，通过短期与长期利益的统筹平衡和科学的前期建筑策划机制的建立，帮助业主树立理性的决策态度。在建筑教育的观念更新方面，通过全生命周期评价视野树立全面生态建筑观来升华设计理念，通过广泛扩充积累结构力学规律、生态运行规律和设备选择规律并在技术构思中融会贯通来拓展技术结构，通过建立开放互动的一体化合作机制和集约整合的系统优化机制来改良传统设计模式，以期建筑师在大空间公共建筑生态化设计中大有建树。应该说以其专业的战略战术素养，建筑师在大空间公共建筑究竟该何去何从的未知数问题上最有发言权和执行能力。而在公众参与方面，绿色消费观的启蒙倡导和公众参与机制的建立则对于建立良性公众参与的环境氛围和群众基础不无裨益。士是观之，在重视行政管理、技术监督、技术创新的同时，也要重视机制创新，并且充分调动市场机制的巨大作用，即要自上而下又要自下而上，共同推动大空间公共建筑生态化设计的发展。

第4章 大空间公共建筑生态化设计原则框架

4.1 生态学的基本原理

从哲学层面考虑，现代科学和现代工业的指导思想是机械论世界观。以牛顿物理学和笛卡尔哲学为基础，形成机械论自然观。它试图用力学定律揭示一切自然和社会现象，把各种各样不同质的过程和现象都看成是机械的，否认事物运动的内部源泉，质变、发展的飞跃性及从低级到高级、从简单到复杂的发展。其存在论方面持二元论观点，强调人—自然，主客二元分离和对立，否认人与自然关系的相互联系、相互作用、相互依赖、相互制约的重要性质。其认识论是还原主义的消极的反映论。其方法论是分析主义的，强调对部分的认识，用孤立、静止、片面的观点看问题。其价值论上它只承认人的价值，不承认自然界的价值。

取而代之的生态世界观则以生态学及其复杂非线性的系统学科群为基础，超越了传统线性的机械论，成为生态时代的主流意志。卡普拉认为今日正在兴起的三大转变进一步促进了这种世界观的出现。第一种转变是父权制向父权制后的社会转变；第二种转变是化石燃料的衰落；第三种是范式变化。“这种新的范式将不仅仅是一种科学范式。它被包容在更广泛的生态意识之中。”^[64]生态学的发展为新的世界观提供了基本的哲学框架。严格的说，生态学发展至今尚未形成一系列结构严密的、或者说有物理学的规律检验过的简化了的概括原则。但仍然有一些法则对我们认识地球的生态系统规律产生了积极而有价值的影响。国内外一些学者已经提出许多正确的见解，如马世骏的生态学五规律，既相互制约和相互依赖的互生规律、相互补偿与相互协调的共生规律，物质循环转化的再生规律、相互适应与选择的协同进化规律和物质输入输出的平衡规律，康芒纳的生态关联法则、物质不灭法则、生态智慧法则和生态代价法则等。^[65]笔者在此从生态学的方法论层面意义总结出以下五种法则，即有机整体法则、物物相关法则、协调稳定法则、物质循环再生与能量流动代谢法则和环境承载力有限法则。

4.1.1 有机整体法则

“生态系统”是英国生态学家坦斯勒（A.G.Tansley）在《植物生态学导

论》(1935)中首次提出的,“所谓的生态系统包括整个生物群落及其所在的环境物理化学因素(气候、土壤因素等),它是一个自然系统的整体,因为它是以一个特定的生物群落及其所在的环境为基础的。这样一个生态系统的各个部分,生物与非生物,生物群落与生境,可看作是处在相互作用中的因素。而在成熟的生态系统中,这些因素接近于平衡状态,整个系统通过对这些因素的相互作用而得以维持。”^[66]生态系统作为整体,它包括人、动物、植物、微生物以及各种环境因素。虽然生物和生态系统有不同的组织层次,但却不能分割开来而孤立的存在。生态系统的各种因素是相互联系、相互作用和相互依赖的。这里,各部分在系统相互作用中被再创造,部分的性质由整体的动力学决定,由于它们相互作用口的互补性,整体大于它的各部分之和。生态系统有机整体性观点表现在两个方面:

1、系统整体性:生态学的真谛是整体论。按生态学观点,自然界是生态系统,而世界是“人——社会——自然”复合生态系统。生态世界观认为,现实中的一切单位都是内在联系着的,所有单位或个体都是由关系构成的。由事物之间动态的、非线性的相互作用口组成的复杂关系网络,使世界成为一个不可分割的有机整体。而非机械论所描述的一个可还原的机械实体。在这个整体中,事物与事物之间的关系都是真实的存在着的,但是事物整体间的关系在逻辑上要比事物的地位更优先。因为系统的整体特性不能由它的组成部分的特性来决定,而事物的性质由它与整体的复杂关系决定的,系统关系网络上各组成部分间的相互关系比各组成部分更加重要。这个关系网络是它的组成部分存在的环境。“在任何既定情境里,一种因素的本质就其本身而言是没有意义的,它的意义事实上由他和既定情境中的其它因素之间的关系所决定。”^[67]只有在结构关系之中,任何事物的完整意义才能够显现出来。现代系统论和系统生态学的建立,标志着人们对客观世界的认识从“实物中心论”向“系统中心论”转变。

2、动态有序性:世界是一个永恒变动的有序整体,与机械论所描绘的静止的时空特征有质的区别。宇宙在根本上是运动的,结构与过程相互关联,结构不再被看成是基本的东西,而是一种基本过程的表现形式,二者之中过程比结构更基本。系统整体上的有序状态是内部的力量和来自环境影响的外部力量所形成的一种动态平衡的形式,而非静态的结构。机械世界观则把事物的性质、秩序和运动状态,看成是由基本实体不同的排列方式得到的结果,并且最终把它们归结为组成部分的性质。

整体性和有序性是生态思想的基本原则,同时确立了生物圈整体健康和

共同完善的伦理取向。自然界是一个整体，包括人类在内都是自然的子民，在权利上是平等的，人类不能超脱在自然界之外。人类有利用自然、改造自然之权利，亦有保护自然、美化自然之责任。人类应该具备整体意识、全球观念、系统思想，在共享自然的同时，建设自然，寻求长久的生存和发展。

4.1.2 物物相关法则

如果说有机整体法则强调的是系统层面的机制，那么物物相关法则强调的就是系统要素方面的规律。当然这两个法则又是互为交叉因果的，不能机械分开，这里只是为了行文清楚才分述的。关联性反映了在不同的生物组织中，在群落、种群和个体、有机体以及它们的物理化学环境之间普遍存在的某种联系的特性，是生物圈中精密内部联系的体现。这种普遍联系通常并不是简单的单线联系，而是一种复杂的、由许多分支交叉形成的一个网络，或是某种多层次的内部相互联系的结构。物物相关法则包含三个层次的含义：

1、普遍关联性：世间各种事物不是孤立的，而是普遍相互联系、相互作用的，改变其中一部分就会牵涉到其它部分甚至影响整个系统。在生态系统内生物与环境的关系，一方面是生物对环境的作用，生命活动引起环境变化；另一方面是环境对生物的反作用，环境为生物生存提供空间、物质和能量资源，生物的生存和发展受环境条件的制约，二者之间相互依赖。而在生物种群和群落之间，及各生物物种之间通过相互作用构成广泛的联系。美国生态学家奥德姆认为物种间有九种相互作用的基本形式，即中性作用、竞争作用、资源利用型竞争、片还作用、寄生作用、捕食作用、偏利作用、原始合作、互利共生。这些相互作用使生态系统的结构和功能得以发挥。事物整体与部分的区分只有相对意义，它们的相互作用是更基本的；部分的性质是由整体的动力学性质决定的，部分只有在整体中才能获得它的意义。H. 科英涅尔所描述的“一切事物与一切事物有关”，道出了生态学关系实在论的本质。这就从根本上否定了机械论强调物质实体、强调部分决定整体性质的还原论观念。

2、自组织性：普遍关联性也决定了系统内部将存在一种自组织、自我补偿的运动特性。自组织是指事物不是由于外部的强制，而是通过自己内部的组成部分之间的相互联系、相互作用，从而自发形成某种有序结构的动态过程。一些学者认为，自组织是自然进化的普遍的动力学原理，而“自然进化的整体统一正是由多层次进化的自组织动力学的关联性所决定的。”

[68]正是由于这种自组织性的普遍存在，生态系统内部之间的连接关系就区别于其它松散的、易于脱离平衡态的不稳定关系，而表现为某种平衡区间的摆动系统的特质。

3、因果混沌性：从某种意义上说，关联性的存在使系统有时更像一个混沌运动的放大器，其长期行为对初始条件的敏感依赖性，某个部分的小混乱有可能产生出人意料的“蝴蝶效应”，系统演化具有随机性、不可逆性、目的性和进化特征。生态学不强调首要次要之分，不强调以什么为中心，因为它认为万物的相互联系和相互作用，比它们之间的相互区别更重要，所有生态因素都是相互作用的。虽然也有“关键因素”、“关键种”这样的概念，但在说明生态关系时，所强调的是相互作用而不是主要次要。事物之间存在主要因素、次要因素，但如果方向平衡控制不好，次要因素将上升转化为主要因素进而决定系统性质，可能失之毫厘，谬以千里。何况“最小因子定律”也使得线性机械决定论失效：在生态系统中影响系统组成、结构、功能和过程的因素有很多，但往往处于临界点的因子对系统功能的发挥具有最大的影响。改善和提高该因子的量值就会大大增强系统的功能。非线性科学的出现使人类对自然现象及其规律性的认识由两类扩大到三类：必然现象及其动力学规律、偶然现象及其统计规律、既必然又偶然的混沌现象及其非线性规律。确定性混沌自然观把必然现象及其动力学规律和偶然现象及其统计规律作为混沌现象及其非线性规律的矛盾转化结果，包含在自身之中，从而实现自然观从原始人的非决定论的偶然性混沌自然观——各种形式的决定论自然观——确定性混沌自然观的否定之否定的辩证螺旋发展。根据确定性混沌现象的普遍性，非线性规律是客观世界的基本规律。

物物相关法则使我们充分关注系统内部的普遍关联性，并通过应用其自组织性和因果混沌性来进行生态建设。当然在谨慎对待我们之于生物圈的影响的同时，还应该看到还应看到生态系统的自组织和自我调节能力使之存在相应的弹性，因此对生态环境的保护并不意味着人类不可以进行哪怕是有限度的建造或是其它满足自身需求的实践活动。

4.1.3 协调稳定法则

协调稳定法则，涉及生物、环境、生态系统三者之间相互适应与补偿的作用与反作用协同进化过程。生物一方面从环境中摄取物质；另一方面又向环境返还物质，以补偿环境的损失。对一个相对稳定的生态系统，无论是生

物、环境还是生态系统其物质的输入和输出是相对平衡的。生态系统通过反馈调节机制与协同耦合机制实现其自组织优化的协调稳定。

1、反馈调节机制与生态平衡

生态系统常常趋向于达到一种稳态或平衡状态，使系统内的所有成分彼此相互协调。这种平衡状态是靠一种自我调节过程来实现的。当生态系统某一成分发生变化时，它必然会引起其它成分出现一系列的相应变化，这些变化最终又反过来影响最终变化的那种成分，该过程被称为反馈，包括负反馈和正反馈。负反馈能使生态系统达到和保持平衡或稳态，反馈的结果是抑制和减弱最初发生变化的那种成分所发生的变化；正反馈作用则常使生态系统远离平衡状态或稳态。但由于其常是爆发性的，所历经时间很短，从长远看，生态系统中负反馈和自我调节其主要作用。借助于反馈这种自我调节机制，生态系统通常情况下会保持自身的生态平衡。生态平衡是生态系统整体在一定时间内结构与功能的相对稳定状态，其物质和能量的输入和输出接近相等，在外来干扰下，能通过自我调节（或人为控制）恢复到原有的稳定状态。^[69]“稳态”意味着相互协调、相互补偿、相互作用和不断发展。因为这种平衡只是相对的而不是绝对的，生态系统内的自控制、自调节和自发展才是绝对的，所以它是开放性的动态平衡。维护生态平衡不只是保持其原初状态，生态系统在人为有益的影响下，可以建立新的平衡，达到更合理的结构、更高效的功能和更好的生态效益。

2、协同耦合机制与耗散结构

系统整体与部分的关系包括加和性与非加和性关系两种：前者指各部分可以用简单相加的办法逐渐建立整体的特性；而由各部分之间的相干性造成的非加和性关系的存在，却使系统出现其组成部分所没有的新属性。相干性是指一种耦合关系，耦合各方经过物质、能量、信息的交换而彼此约束、选择、协同和放大。约束和选择意味着耦合各方原有自由度的减少乃至部分属性的丧失；协同和放大意味着耦合各方在一种新的模式下协调一致地活动，其原有的属性可以被拓宽放大。它们交错重叠在一起，共同导致属性不可分割的整体的形成。

只有经受涨落后能恢复自身状态的物质系统，才有存在的可能，这种对涨落的不变性就是系统的稳定性，其产生和耗散结构的存在是密切相关的。一个远离平衡态的开放系统通过不断与外界交换物质与能量，在外界条件的变化达到一定阈值时，可能从原来的无序混乱状态转变为一种时空或结构有序的新状态，这种新的有序结构即是耗散结构。耗散结构作为一种时空有序

结构，正是在一个自我保持和自我修复的系统中维护各部分之间关系的一种特定构型。因而其存在就标志着系统处于稳定状态。耗散结构的形成机制是一种自组织形成的过程，在一定程度上反映了系统稳定性产生并得以保持的内在原因。

在生态演化中，“那些不能与整体共存的可能安排，便会在进化的长期过程中被排除出去。这样一个现存的生物结构，或是已知的自然生态系统的结构，按照常识，就是‘最好的’。”^[65]协调稳定法则是优胜劣汰的自然选择机制的优化结果，突显了生态的智慧。

4.1.4 物质循环再生和能量流动法则

生态系统要维持正常的运转，就离不开一定的能量、物质和信息在生物与无机环境、生物与生物之间进行无休止的传递、转化和再生。地球资源是有限的，生物圈生态系统能长期生存并不断发展，就在于物质的循环再生和能量的流动转化。

1、物质循环又称生物地化循环是生态系统存在发展的物质基础，指非生物环境中的各类参与合成和建造有机体的物质，在环境与生物之间反复循环的过程。生物圈中的物质是有限的，原料、产品和废物的多重利用和循环再生是生态系统长期生存并不断发展的基本对策。生态系统内部必须形成一套完整的生态工艺流程，其中每一组分即是下一组分的“源”，又是上一组分的“汇”，某一种有机体排出的作为废物的东西，会被另一种有机体当作食物而吸收。自然界的词典中没有“废物”的概念。MCDonough等在“下一个工业革命”一文中，认为新的工业将是自然循环整体中的一部分，其废弃物将是自然的食物并为自然带来成长的营养。^[70]

2、能量流动是生态系统得以正常运转的动力源泉，具有以下特性：1、连锁性，生态系统中的能量流动是通过以各种有机体为载体的食物链渠道进行的。食物链是生态系统中的营养结构，它的各环节上所有生物种的总和被称为“营养级”。由于消费者往往是杂食性的，从而使这些食物链错综交织连接成食物网。食物网不仅表现着生态系统内各生物体之间复杂的直接或间接的相互捕食关系，也反映了生物的广泛适应性。2、递减性，即“生态金字塔”。生态系统的能量流遵循热力学第一定律和第二定律，输入的能量总是和生物有机体转换的、储存的释放的能量相等，而在能量传递和转换过程中，除一部分可以继续传递和做功的能量外，总有一部分不能继续传递和做

功而以热的形式耗散，呈现出递减性的特征。按照林德曼效率理论，营养级间的同化能量之比值是1/10。^[69]3、单向性，能量只能一次流经生态系统，它既不循环，也不可逆，沿着前进方向一去不返。

能量流动和物质循环式生态系统的两个基本过程，正是这两个过程使生态系统各个营养级之间和各种成分之间组成为一个完整的功能单位。物质的流动是循环式的，各种物质都能以可被植物利用的形式重返环境。能量流动和物质循环都是借助于生物之间的取食过程进行的，但二者是相互制约、相辅相成而不可分割的，物质流是能量流的载体，而能量又推动着物质的运动，二者将生态系统联系成一个有机的统一整体，并共同构成生态系统演替和发展的动力。

4.1.5 环境承载力有限法则

环境承载力有限包括环境资源有限和生态阈值有限两方面。

生态平衡的过程实质就是对生态资源的摄取、分配、利用、加工、储存、再生和保护的过程。自然界中任何资源都是有限的，都具有促进和限制发展的双重作用。当对生态资源的利用开采强度与更新相适应时，系统保持相对的平衡；一旦利用强度超出极限，系统就会被损伤、破坏、甚至瓦解。

生态平衡是靠生态系统自身的自我调节能力来维持的，而这种自我调节能力却是有限的，它取决于自身生态系统物种的生物潜能。生物潜能和环境阻力是决定生态平衡的重要因素，二者之间的对比关系及其此消彼长的发展变化决定着生态系统的稳定有序度。生态系统自我调节能力和对破坏因素的忍耐力的这个限度，生态学上谓之“生态阈值”。^[69]环境容量表现为接纳环境污染物的能力、环境自净能力，按照生态学的最小限制律，环境容量资源不仅是有限的，而且是相互关联的整体。在不超过系统的生态阈值和容量的前提下，它可以忍受一定的环境压力，当压力解除后，它能逐步恢复到原有的水平。当外来干扰无节制地超越生态系统的生态阈值和容量时，其自我调节能力会降低甚至消失，最后导致生态系统衰退无序，谓之生态失调，或生态平衡的破坏。环境对人类需求的承载能力及自然环境对污染物的容纳能力都有限，超过这个限度就会导致生态危机。

同理，物质系统的稳定性是相对于一定范围而言的。超出这个范围，原有的稳定态就会失稳，涨落将支配系统的行为。当这种涨落被一定条件所巩固时，就会出现新的稳定态。即随着外界控制参量的变化，系统会经历稳

定—失稳—再稳定的演化历程。普利高津提出的结构、功能涨落图（图4-1），就是这种过程的形象表述。按这个图式，随机涨落会导致系统内部功能机制的改变。如果这种改变不是发生在临界点附近，那么系统的结构会平息涨落，系统依然是稳定的。如果涨落被放大到临界点附近，结构无法调整这些机制，稳态将转化为失稳，宏观时空结构也会发生变化。而在变化了的时空结构中，又会有新的涨落。

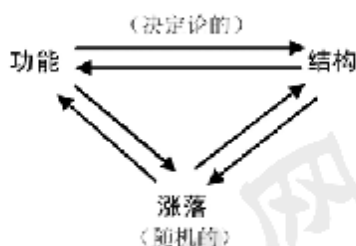


图4-1 结构、功能涨落关系图^[4]

Fig. 4-1 Structure and function (fluctuating relation)

人类的生存和发展都是以全球的生态环境健康运行为基础，任何失去了这个基础的以生态环境为代价的进步都是虚拟的和倒退的，而只有在生态系统承受阈限之内并被系统所接受的才是最好的，这就应验了经济学中的著名思想——没有免费的午餐。

以上这些生态学中生态系统相关的基本原则被康芒纳称为“关于地球上的生命之网的看法”^[65]，它们构成了我们进行大空间公共建筑生态化设计研究的理论基础。但是这些基本原则还只是原原本本的生态学原理，那么如何使之融入到设计思想观念中去呢？

4.2 生态理念内涵

4.2.1 生态世界观

现代科学以生态学为中心的交叉学科群，造成了自然科学、社会科学、人文科学知识的“生态学综合”的形势。由于其高度综合性和系统性，当研究人和自然的整体性关系时，生态学就以自身为主要的学科载体，以贝塔朗菲、普里高津、哈肯等创立的“复杂性科学”为科学基础，以玻姆的隐序思想、拉兹洛的系统哲学和詹奇的自组织进化理论为哲学概括，以卡普拉、詹奇等人建立的的东西方文化的互补和综合为前提，发展成一种“生态世界

观”。生态世界观与人类中心主义世界观截然不同，其主要思想原则包括：

1、世界是由相互关系的复杂网络组成的有机整体。“生态世界观认为，现实中的一切单位都是内在联系着的，所有单位或个体都是由关系构成的。”^[72]由事物之间动态的、非线性的相互作用组成的复杂关系网络，是世界成为一个不可分割的有机整体。在这个整体中，事物与事物之间的关系都是真实的存在着的，但是事物整体间的关系在逻辑上要比事物的地位更优先。事物整体与部分的区分只有相对意义，它们相互作用是更基本的，而且是整体决定部分，即部分的性质是由整体的动力学性质决定的，“各部分将从整体中获得它的意义。每一特定的部分都依赖于总体境况并由它确定。”^[73]因为系统的整体特性不能由它的组成部分的特性来决定，而事物的性质倒是由它与整体的复杂关系决定的，系统关系网络上各组成部分间的相互关系比各组成部分更加重要。这个关系网络是它的组成部分存在的环境，生态世界观不强调首要、次要之分，不强调以什么为中心，因为它认为事物的相互联系和相互作用比它们之间的相互区别更重要，所有生态因素都是相互作用的，是互补的。生态哲学从放弃首要次要之分，走向拒绝以什么为中心。

2、世界是变化着的有秩序的整体。生态世界观认为，世界的各个组成部分之间复杂的相互联系和相互作用，并没有使世界变成为一团混乱，而是表现为一种有规律的联系现象，一种宏观整体上有秩序的状态。但这种有序不能理解为事物的静态结构，而是事物（系统）内部的力量和环境影响的外部力量形成的一种动态平衡的形式。在事物的生长发展中，整合与分化是动态的相互作用相互影响的过程。“没有多样性，各部分就不能形成一个能生长、发展、自我修补和自我创造的实体。没有整合，不同的组成部分就不能结合成一个动态的功能型结构。”^[74]多样化是整合的重要条件，整合是多样化的补充而非其否定。

3、人类的价值和意义也包含在自然整体的自组织进化过程之中。生态世界观认为，人类生命的价值和意义不仅存在于社会之中，在更加广阔的范围内，也存在于同自然整体进化的关系之中。人类的健康生存和持续发展都依赖于对自然有机整体的维护，依赖于同自然保持一种和睦相处的关系。拉兹洛指出：“所有系统都有价值（Value）和内在价值（intrinsic worth）。它们都是自然界强烈追求秩序和调节的表现。”^[75]人类的价值应建立在自觉维护自然整体的价值和促进自然进化的基础之上，因为自然整体的进化是价值创造的源泉，人是自然进化的引导者和管理者，其使命就是促进自然整体价值的提高。

生态世界观从根本上改变了人们的思想方式——强调新的综合方法。从认识论的角度，分析方法把自然界分解为各个部分，对有机体的内部按其多种多样的解剖形态进行研究，这是近代认识自然界方面获得巨大进步的基本条件。整体论作为方法，现在受到更多的重视。但是它不排斥分析。整体论包含分析，但是它超越了分析。托夫勒认为“第二次浪潮文明着重于对问题的分析能力，而不善于综合。我们正处于新的综合时代的边缘。在所有的知识领域内，将恢复广泛的思考和全面的理论。对今后事物的态度，是寻求震撼我们生活变化的涓涓细流，揭示它们的内在联系。”他更进一步阐述，“把系统理论、生态学和广义的强调整体的思想结合起来，与我们正在改变的有关实践、空间观念一样，是从文化上反对第二次浪潮文明的知识前提的一个组成部分。”^[76]这为我们提供了建筑设计新的思想武器。

4.2.2 机巧主义

生态设计的根本目的是实现系统的协同优化，而优化原理包含两方面意义：高效与和谐，高效指通过物质能量高度利用使系统综合效益达到最高，而和谐即各组分之间关系的平衡融洽，是系统演替的机会最大而风险最小。“投机取巧”本是一个贬义词。但按生态学的观点来看，却不失为在处理建筑与环境及建筑内部因素之间相互关系上的一项有益措施。“机”即机会，“巧”即技巧，机巧主义就是要抓住一切可以利用的机会，善于因势利导地将一切可以利用的力量和能量(包括自然的和人工的，合作的和对抗的)转换到可被利用的方面，以便为系统的整体功能服务。其基本思想是：变对抗为利用，顺应自然，因地制宜，以退为进，化害为利(图4-2)。

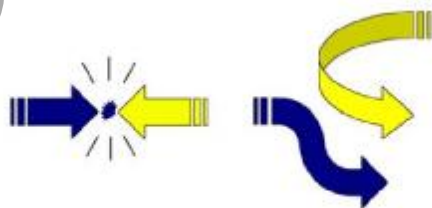


图4-2 机巧主义基本思想——变对抗为合作

Fig 4-2 dexterism basic idea——from counterwork to cooperation

《周礼·考工记》中曾有“天有时，地有气，材有美，工有巧。合此四者，然后可以为良”的卓越论点，强调创作必须经得起自然、地理、材料及技术四个方面的考验，必须把四者综合成为一个不可分割的整体，然后才能

获得良好的效果。这足见古人在创作实践或理论中，既承认人的智慧力量，又十分重视天时、地气与材质的作用。更值得一提的是古人把这些客观因素放在首位，充分显示出他们对客观环境因素的重视。为了达到这四者的完美统一，必须自觉地运用机巧原则，充分调动一切可以利用的因素，因利乘便，因地制宜，因材施用，以最小的代价创造出最舒适的内部环境，达到天地人的统一。

传统大空间公共建筑一方面劳民伤财，但线性粗放的设计缺乏统筹兼顾的思想，使其资源使用得不到合理优化，事倍功半，另一方面对许多现成的生态要素如阳光、自然风、雨雪水、地热、地方材料等却置之不理，舍近求远，违背自然规律，造成对生态因素的浪费。基于此，大空间公共建筑生态化设计就要充分利用一切方法和因素，多元并举而非拘泥于一种思路，整体综合规划，因势利导，以最简便、最适宜的方法创造出宜人的环境，同时有效控制系统的输入输出，以减少美国生物学家G. Hardin 20世纪60年代预言的“公地的悲剧”性质的危害。这种不拘一格、为我所用的多元协同优化思路既与无为的消极设计思想划清了界限，又避免了建筑师个人主义表演意识的极度膨胀，而是以系统功能、结构充分协调的实用主义为旨归，彰显了生态学的辩证智慧。

4.2.3 共生观念

曾几何时，零和观念主导了社会话语，零和游戏是指一项游戏中游戏者有输有赢，一方所赢正是另一方所输，游戏的总成绩永远为零。当然这是各自为政的封闭视野中的景象，随着科技的整合进步、全球化以及环境危机的日益严重，人类的认识论突破了传统狭隘视域的局限，地球上的系统均作为开放系统而存在，要素通过更高层面的竞争与合作一举多得、两全其美的共生整合思想占据了话语权，“零和游戏”观念正逐渐被“双赢”、“多赢”观念所取代(图4-3)。

基于机械论传统建筑学理论只重视个别单个因素的作用，而排斥其它因素的积极影响，从而形成了静定的理论结构，这就使其缺乏多元互补约束的整体制衡机制和兼收并蓄的开放共生机制，环境变化也即干扰一旦超过临界点将轰然倒地而非像超静定结构那样依靠网络机制维持稳定。生态学中的互利共生观念对建立多元互动、稳定有序的功能结构无疑提供了思想借鉴，共生是指不同种的有机体或子系统合作共存，互惠互利的现象，是生态系统形

成具有一定功能的自组织结构的基础。共生的结果往往使所有的共生者都大大节约了原材料、能量和运输，系统能获得多重效益并导致有序。

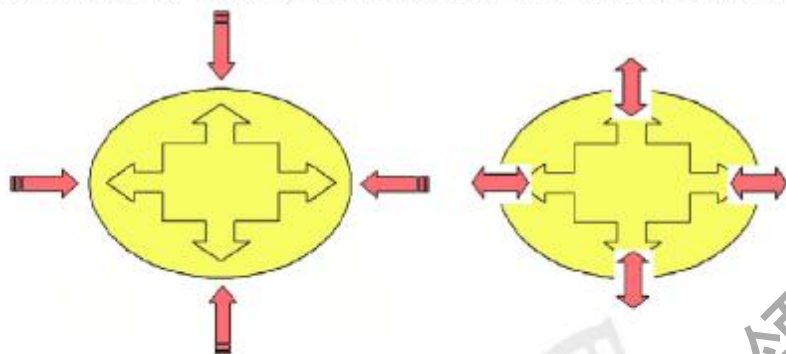


图4-3 共生观念——变封闭为开放

Fig.4-3 Symbiosis—from obturation to opening

凯斯特勒的《子整体革命》强调部分与整体具有等同性，一切系统都具有开放性和等级性两种性质，并称之为开放等级性。对此黑川纪章认为最完美的创造方法就是子整体方法，即对从总体到局部及从局部到整体的方法都给予同等重视，也即局部与整体的共生。黑川纪章既强调每个事物的重要性，又辩证地看待主要和次要，不是平均主义的看待每个要素的权重。^[7]传统的各司其能、各得其所固然时常也能达到目的，但其相对较大的代价却不如共生机制来得高效，况且共生还能形成前所未有的整合功能。可见共生机制除发挥各个因素的既有优势以外，更激发了每个要素的内在深层活性，从而产生出“鲑鱼效应”似的优化功能效果。

生态共生理念对于大空间公共建筑设计将受益匪浅——从横向共时性角度拓宽了大空间公共建筑设计的着眼点，积极而适当地引入异质因素，有利于增加系统结构的兼容性，形成良性互动的激励机制和百花齐放而非一枝独秀的局面。大空间公共建筑生态化设计强调建筑与环境必须协同共生，不同功能空间的互利共生以达到协同进化，处理问题时必须采取诱导型对策，而不能采取强制性控制。这就打破了传统单向思维的束缚，为大空间公共建筑的未来开拓了更广阔的发展空间。

4.2.4 动态思维

动态变化是现代生态学的又一主要观点。它认为生态系统内不存在静止不变的事物，任何事物都处在永不停息的运动变化之中，结构不再被看成是

基本的东西，而是一种基本过程的表现形式。生态观对于世界以过程导向为特征的描述使人们更为接近世界不同层次过化的本原。诚如生态学家H·萨克塞所说，“我们不是把自然作为状态，而且是作为过程来理解”。^[78]这种动态变化是以优化适应为根本目的。“适应”是生态学的一个普遍性的概念，Adaptation（适应）一词来源于拉丁文Adaptatus，原意是调整、改变，特指对气候的适应。适应是生命与环境相协调的行为，它一般是指环境条件发生变化时系统能通过改变结构、参数或控制策略来保持机体原有的或相应的功能，从而继续发挥作用或生存下去的行为。任何开放的生命系统都会表现出其进化过程中的适应性，而一切适应性都可以表达为当外部条件变化时系统保持一个变量的适当值的机制，也就是“负反馈调节”机制，一旦系统受到干扰即能迅速排除偏差恢复恒定的常态。

事实上，动态适应的观点不但适用于生物界，而且也适用于其它领域。我们的先哲就已经具有朴素的动态循环观。传统文化基因中的阴阳学说把阴阳交替变化看作宇宙的根本规律，五行学说更是指出了“金生水、水生木、木生火、火生土、土生金”的轮回循环思想。这些思想早已深深地植根于中华民族的意识之中，对于建筑环境设计、材料建构的影响意义深远。正如梁思成先生所言：“中国建筑结构既以木材为主，宫室之寿命固乃限于木质结构之未能耐久，但更深究其故实缘于不著意于原物长存之观念。”^[79]丹下健三的“新陈代谢”空间理论便是根据达尔文适应与不适应之关系的论述提出的。达尔文认为某种生物越专门化，它在发生变化的情况下得以继续生存的机会就越少，即对现存的条件适应得太好，同时也就是对现存条件可能发生的变化不够适应。丹下也认为建筑空间的功能界限越明确，就越不能适应快节奏的社会在不同时期对其要求的不同功能，因此空间应灵活可塑，自由分离，开放共享，就有流动性和多功能性，从而因应时间流程达到动态平衡，如同有机体的代谢构成一样。同理，只要外界随机的干扰存在，建筑系统结构就需要适当的弹性应变。

动态思维是生态理念对大空间公共建筑设计的第三点启示——从纵向历时性角度突破了传统型大空间公共建筑设计的狭窄天地。大空间公共建筑生态化设计也应摒弃传统一劳永逸的静态僵化思维，从发展的视角切入设计问题以适应环境的变化，如功能结构的周时性演替、围护表皮因时而异的动态复合、内部活动设施的应变、变风量空调（VAV）等策略。系统整体上的有序状态是事物内部的力量与来自环境影响的外部力量所形成的一种动态平衡的形式，而非在环境变化面前无所适从的静态系统结构。可持续发展的终极

目标是通过统一前瞻性地组织优化、结构合理、运行顺畅的均衡、和谐的演化过程，完满地解决人类与变动不居的自然的关系。而机动适应观念则通过因地制宜、随时而动等策略“活”化了大空间公共建筑设计。

综上所述，通过机巧主义、共生观念和动态思维搭建了生态世界观的思维框架，大空间公共建筑生态化设计就是在生态世界观指导下的探索，当然生态化设计的内涵远不止这些，生态思想体系本来就是开放的，并等待我们不断的深层挖掘。但无疑这三个内涵时期生态设计思想的精要所在。

4.3 大空间公共建筑生态化设计原则

4.3.1 高效化原则

传统的建筑的目的性分析往往是以美学、形式或某种特性方面的研究为基础的，随着时代的发展，建筑物作为一种经济产品和社会公共物品的属性日益凸显，这就使人们对其分析再作其它方面的补充，主要包括设计合目的性与社会学（包括经济学）方面的内在联系。在西方资产阶级上升时期，建筑经济性甚至被特别提到了理性的层面，大革命时代的法国建筑师夏尔·佩西耶等的论着重阐释了文艺复兴建筑中就已经存在着的“节约理性”的观念，并认为建筑的目的就是“用最简便的方法，获得最大的效益”。^[80]

依据《美国传统词典》，在英文中生态学(Ecology)和经济学(Economics)的词根“eco”都是源于希腊文的“oikos”既“住所”的意思，“logy”代表研究，“nomics”代表管理。从这一点分析，生态学的含义不言而喻，就是对人类生存环境加以研究之意，它并不是撇开经济性单纯对技术的追求，而是与经济学建立在同一平台上，相互协调而为同一目标服务的，这也正对应了“Ecology”在《现代英汉综合大词典》中的另一层含义——“一种均衡的系统”。^[81]由此看来，经济性是大空间公共建筑生态化设计的应有之义。衡量经济性的指标是经济效益，其意义是在有限资源与无限欲望之间取得合理的平衡，对此有两种理解，即单纯通过减少投入的节约方法和综合改进系统结构提高系统效率来实现从粗放型向集约型建设的转变。作为一种有效的提高经济效益的途径，节约曾经占据了主导地位，但它毕竟是有限度的，人们的需求有底限而且不断提高，当节约与人们日益增长的需要之间发生矛盾时，它也许就到了尽头；而高效则上升的空间较为广阔，对于可持续发展而言意义重大，属于更为积极的经济性手段。

节约化原则有多重含义和内容，主要措施包括节约用地、用水、建筑材料、能源和人力等。其中节约能源是其重中之重，包括节约制造能源（蕴能量）、节约施工能源、节约运行和维护能源。通过尽量结合气候，采用自然通风、天然采光的方法，以减少建筑物对能源的依赖。在自然通风采光无法形成舒适的内部物理环境而必须采取人工照明和空调设施时，亦必须通过良好的建筑热工处理，充分提高能源的利用率，从而达到节能的目标。另外从资源的角度看，建筑的建造反映了人类对自然资源利用的程度以及由此而构成的形态。资源能源的多级重复利用和循环利用也可以有效地实现节约化。节约化贯穿在材料收集、制造、运输、施工、建筑使用、维护和拆除的全过程中。由于大空间公共建筑一般投入较大，节约具有显而易见的经济意义。

当然以降低环境质量或抑制能量需求来换取节能是不可取的。现代建筑节能观更加强调基于可持续发展理论的综合资源规划（**IRP**）方法和能源需求侧管理（**DSM**）技术的应用，更重视建筑物的合理用能，应当通过提高建筑的能源效率，用有限的资源和最小的能源消费代价获取最大的社会、经济效益，满足日益增长的环境需求。**DSM**理论中一个重要思想就是“将有限的资金投入能源终端（需求端）的节能，其产生的效益将远高于投资能源生产的效益”。^[183]因此加强使用过程的节能意识，如对空调温度的设定、对空间规模的优化及对空间气密性的考虑等便成为高效化原则的最佳注脚。

对于大空间公共建筑而言，充分利用空间是高效化原则的最佳注脚，特定类型公共建筑的使⽤频率和范围终究是有限的，所以最大限度地拓宽其服务范围、提高其功效适应性便成为其生态化设计重中之重。为此建筑师应全方位地从总体功能策划、具体功能布置、技术设备支持入手，通过优化功能结构和系统的协调应变，提高建筑功能的灵活运转能力。具体而言，在总体策划方面，应同时考虑到同类功能系列的聚集效应和异类功能之间的同激效应及互补优势，对整体功能有机合理地组合配置；在功能布置方面，应考虑到各类功能的区位、流线、配比、空间适用性等优化问题；在技术设备方面，应对其构造配合、空间规模及设备类型等问题综合解决。

高效化是实现集约型建筑设计的必然途径。“建筑设计是能量和物质管理的一种形式，其中地球的能量和物质资源在使用是被设计者组装成一个临时的形式，使用完毕后消失，那些物质材料或再循环到建成环境中，或是被大自然所吸收。”^[143]效率从来就是生态的基础，它概括为“少费多用”，即少消费，多利用。英恩采文将其具体明确为“用较少的投入取得较多的成果，用较少的资源消耗来获得更大的使用价值”。^[128]从仿生学角度

审视，建筑师对资源高效利用的关注才是生态设计的真正内涵。“自然是人类最好的老师”，自然有机体的启示是人类建筑进步的一种原始动力。建筑师将视角转到生命组织的高效低耗特性及其组织结构合理性，对于创造高效的系统结构的方法论意义不言而喻。其中包括开放灵活的空间利用、有机复合的功能组织、轻巧优化的结构形式、机动高效的整合界面等措施。

大空间公共建筑生态化设计就是要创立一个均衡的系统，其显著特征就是高效益。如果在经济方面不能获得回报那就失去了追求生态目的的市场不能。如果没有利润是无法使生态设计获得使用者和开发商的认可，所以笔者认为那些脱离经济规律，由于巨大的前期投入而使建筑无法在使用周期内获得收益的节能建筑不能被称为生态建筑。但与此同时应运用全生命周期视野和全面建筑观辩证地决策生态设计方案。建筑技术的经济效果体现于两个方面：1、采用某种技术所获得的成果与劳动消耗相比较，即直接经济效果；2、采用某种技术对国民经济有关部门产生的经济效果。^[83]传统的建筑经济评价往往局限于某个具体的工程本身，通过计算工程预算，实际投入和实际回报之间的比值来评价，即将直接经济效果作为评价的唯一尺度和标准，打破了评价体系的均衡。任何一项技术能否产生良好的综合经济效果，不仅取决于该项技术的成熟程度，而且受资源条件和经济发展水平的制约，因此在讲求技术方案对个别单位、个别部门的直接经济效果时，要重视综合经济效果，并以能否提高社会综合经济效果为决定技术方案的取舍的标准。

4.3.2 健康化原则

健康作为建筑的一种跨种族、泛流派的基本目的，包含的元素和技术不胜枚举，我们不可能掌握所有必要的知识，但我们必须承认健康建筑既包括狭义上建筑空间对人类身心无害，也包括建筑运行过程对地球整体环境的负荷最低而间接有益于人类生存；在深度上包含三个层面的含义，基础层面上指安全的建筑——如果建筑对突发的自然灾害和事故缺乏应有的应对机制，生命财产安全得不到基本的安全保障，健康就无从谈起，特别是由于人员众多集中，大空间公共建筑防火、排氡、疏散等任务尤为艰巨。第二层面上指无害的建筑——建筑环境支持人生理心理的正常活动而无污染和负面效应，大空间公共建筑应在绿色装修材料、加强自然通风等方面着力塑造无害空间。第三层面上指有益的建筑——建筑空间环境促进人类身心全面意义的发展，诗意的栖居从而实现生存的意义。大空间公共建筑在这方面具有巨大潜力，其

有机空间环境潜移默化地影响生存质量。1999年版《辞海》对健康定义为：人体各器官系统发育良好，功能正常，体质健壮，精力充沛，且有健全的身心和社会适应能力的状态。通常用人体测量、体格检查和各种生理和心理指标来衡量，^[151]“身”与“心”的健全程度成为评价人身体健康状况所必不可少的两个参数。世界卫生组织的“健康”定义为：一个人在身体、精神和社会上完全处于良好的状态。1988年首届健康建筑大会定义了“健康建筑”（Healthy building）：不止是应当和与建筑相关联的疾病和不适无缘，更应真正的促进环境的健康和舒适，除了它的无害化特征外，健康建筑具有良好的热舒适度、空气质量、声光环境、社会属性和美学品质。^[155]健康建筑具有极大的经济、社会效益。不少研究表明：预防费用与治疗费用相比，前者仅为后者的数十分之一到几百分之一。建筑学人奉为圭臬的“坚固、实用、美观”设计原则在大空间建筑设计中附加“健康”已成为客观需要。

人本主义思想熏陶出来的现代建筑，“所要满足的不是需求，而是欲求。欲求超过了生理本能，进入了心理层次，它因而是无限的要求。”^[156]当然消费社会中欲求的适当满足是个体价值得以实现、社会得以整合的重要过程。但是Freud认为现实原则战胜快乐原则是文明进步的必要条件，可持续发展目标要求我们必须限制自身的欲望。舒适可看成是一种“欲望”，它总是在追求更高的标准，因而诱使着人们不断“前进”，而健康则可看成是一种“需求”，它允许甚至强调变化，尊重人类自身的调节能力及尽可能自然的状态，是人们合乎情理的、真实的要求。与这种真实相反，欲望是导致人类不健康消费的根源，它像一个黑洞可以吞没人类拥有的一切。因此提倡适度舒适对于生态设计的健康追求具有重要意义。

在热环境方面，根据卫生学的观测数据，在一天之中温度的变化对人体是有益的，它与新陈代谢强度的关系和人体活动特征有关。^[152]对大空间公共建筑来讲，按舒适要求来规定室内气候标准是不恰当的。因为从生理上说，人们长期处于稳定的室内气候下，会降低人体对气候变化的适应能力，不利于人体健康；另外从经济上也是不现实的。另外舒适标准因人而异，取决于人们的热经历。针对环境工程师与建筑师所追求的“最佳温度”，汉弗莱斯1976年曾进行实验证明在一组受调查的人群中适中温度可以从17℃变化到32℃，因而适中温度与合意温度并不一致，并且舒适是一种不断变化的标准，这是对以往那种认为人的合意温度基本不变的观点的挑战。^[157]因此大空间公共建筑生态化设计中，应积极适度地室内环境开放化，引入自然通风和自然采光维持室内温度的自然脉动以调动人体的适应本能保持身体健康。



在空气环境方面，由于人们平常有80%的时间处于室内，而室内某些污染物浓度又超过室外，因此IAQ问题日益受到重视。人体卫生学研究表明，正常人安静时潮气量约为500ml，呼吸频率为12-16次/min，因此每分钟通气量为6-8l，这是正常健康人在安静时的正常值。运动时在一定范围内，每分钟通气量将随运动强度的上升而增加，而每分耗氧量与运动速度的平方成正比。^[88]这些空气进入人体内，在表面积60-80m²肺泡且，经物理扩散进入体内交换。如此大的接触面积和空气量，室内污染物即使很低，对身体健康影响仍很大。人们不知不觉地、无奈地吸入这些污染物，在其长期的干扰下在心理上、精神上受到不良影响，导致植物神经系统的紊乱，免疫力减退，造成在行为上和器官功能上的变化，所遭受的潜在危害是无法估量的。因此室内空气品质直接影响了人体的生理健康。为防止建筑关联症和病态建筑综合症等容器负效应，大空间公共建筑生态化设计应尽量采用座席下送风、置换式送风等科学的通风方式，并在此基础上在过渡季节积极引入自然通风，在节能的同时保证空气品质。另外，室内环境品质(IEQ)比室内空气品质内涵更广，包括室内空气品质、舒适度、噪声、照明、社会心理压力、工作区背景等因素对室内人员生理和心理上的单独和综合的作用。^[89]良好的室内环境品质对于调动使用者的积极性、大空间公共建筑功效的深度发挥及二者之间的良性互动起着关键作用。室内环境品质对人的影响分为直接影响和间接影响。^[90]直接影响如室内良好的照明，特别是利用自然光可以促进人们的健康；人们喜欢的室内布局和色彩可以缓解使用时的紧张情绪；室内适宜的温湿度和清新的空气能提高工作效率等。间接影响如情绪稳定时适宜的环境使人精神振奋，萎靡不振时不适宜的环境使人更加烦躁不安等。因此在大空间建构中设计师要着重于室内外整合的功能、技术、美学效果，全面实现以人为本的健康化目标。

广义“健康”指一种和谐的存在状况，协调的而非冲突的，积极的而非消极的，建设性的而非破坏性的。除了对人体的健康，建筑物对环境的无害化在健康的内涵中具有更强烈的伦理意义。这也是当代生态文化对建筑师提出的新要求。建筑物对环境的无害化设计表现为在其建造前，应进行环境影响评估，估计其可能造成的负面影响和应采取的措施。由于空间体量大而集中，对环境的消极影响较常规建筑更大，大空间公共建筑生态化设计的任务更为艰巨，因此应通过设计结合气候和场地，从材料选择、建造方式选择、运行方式选择等入手，对场地中的植被、动物、水系等进行深入安排，设置植被和可渗透性铺地，因地制宜设计地下、半地下的覆土建筑等，将其对环

境可能造成的负面影响降低到最小程度，从而实现全面意义上的健康化。

4.3.3 木桶效应原则

德国化学家李比希 (Justus von Liebig) 1840年指出，在多种影响作物生长的因素中，作物的产量常常不是由需要量最大的养分所限制，而是被某些只需要微量的物质所限制，提出“植物的生长取决于那些处在最小量状况的营养因素”，这即是“最小因子法则”。^[65]当然该法则只能用于稳定状态下，而且还要考虑到各种因子之间的相互关系。在一个系统中，系统功能的发挥不取决于系统中最强最优的环节，而是取决于最薄弱的环节，这就像一个由许多块木板箍成的木桶，当其中一块木板特别低时，提高这块低的木板能使水桶盛水立刻增多；而当各块木板处于同一高度时增高其中1~2块木板，则完全不能使盛水增多，这就是木桶理论，又称短板效应。

系统整体的结构机制决定了功能，大空间公共建筑生态化设计的优势就在于其优良的性能和效益，因此在设计中设计师应放眼全局，统筹兼顾，多元并举，扬长避短，致力于完善优化系统结构寻求整体上的突破而非一城一池的得失。

首要条件就是要在思想上开放地运用整体辩证的联系观点，跳出传统大空间公共建筑设计思想中的种种误区：1、孤立地看待形式，认为形式是目的，为形式而形式，忽视其合理性，割裂形式与生成过程的推导之间的关系，使其失去了日久常新的源源活水，对此应树立过程观念，强化理性生成与形式之间的辩证逻辑；2、孤立地看待节约，割裂节约与经济的关系，应引入全生命周期观念，理顺节约与整体经济的统一关系；3、孤立地看待建筑与城市环境的关系，唯我独尊，对此应强化城市设计意识，从更高的视角切入，因地制宜地综合处理建筑整体关系，使其不卑不亢，得体合宜；4、孤立地看待建筑师的作用，忽视其它工程师的配合，对此应建立起以建筑师为中心的良性互动的协作关系，为集约的生态设计提供助力。

在此基础上，设计师应把生态学原理艺术地演绎到大空间公共建筑设计中，建立性能优化的系统结构。

1、集约共生的功能结构

传统的大空间公共建筑功能结构单一纯粹，却忽略了同类功能的兼容性和不同功能单元之间的互动刺激作用，使其拙于应变与同时满足不同需要，空间利用率低下，这也是当前大空间公共建筑发展的瓶颈。正如简·雅各布

布斯等人提出的功能混合和社会多样化理论,认为城市的特性来自丰富的融合,称之为“有机的复合”,其基本涵义是功能多样混合,可提供各种空间环境以满足人们的多种需要。^[94]大空间公共建筑生态化设计需要内外兼修,既得重视主体空间的多功能集约设计,增强其适应性,如体育和展览空间可满足篮球、排球、手球、羽毛球、网球、乒乓球、展览、音乐会等不同功能,需要设计师根据不同功能的空间要求统一筹划集约设计;同时又需引入同类或互补功能单元建立互动整合的功能结构,提升其综合性能和社会效益,体育功能与展览、餐饮、休闲娱乐、商业的复合,交通功能与商业、会议、住宿的组合,展览功能与文化、住宿、办公等的搭配都在一定程度上达到了互利共生的目的,迅速提高了大空间建筑的活力和人气,也带动了整个街区的发展。

2、城市整合的建筑空间

传统大空间公共建筑设计重建筑个体,而忽视其与周边环境及城市生活的联系,使其逐渐不适应市民生活的需要,因此只有积极开放地融入城市空间实现其与城市生活的无缝衔接才能更好地发挥其社会经济效益。日本建筑师山村明提出所谓“城市的建筑”观念,认为那些只存在于城市丝毫不考虑城市空间的建筑不能算是“建筑”,或只能成为按自己主张而完成的“建筑的建筑”,而“城市的建筑”不仅与城市规划相配合,同时还形成了城市空间进而塑造更完善的城市空间,努力使城市空间转化为“场所”^[95]。在地球环境时代,大空间建筑必须在资源的预算中纳入城市需求和公共话语,对环境空间做出对话呼应,才能自在地存在于特定场所之中。

按照传统的观念,建筑与城市环境是有较明显的界限的,外立面象征建筑与城市之间的门槛。建筑设计基本上表现为设计者和业主之间的目标价值取向,因此倾向于从建筑内部规律来探讨和解决设计问题。正是这种强烈的“内视”观念阻碍了都市生活在建筑与城市二者之间的有机连续。城市设计是联系城市规划和建筑设计的桥梁,是综合解决城市问题的有效方法之一。从城市设计角度来讲,“整合”趋向于对局部各要素进行交叉综合设计,而不是简单的功能组合,是通过城市内部诸要素数量、质量及其结构关系的调整与组织,把分化的结构和功能在新的基础上合为一体。

城市空间形式与职能活动是互为表里的,空间体系与职能体系建的相互关系是城市设计中不容忽视的重要元素。只有将职能因素纳入城市设计的研究体系并作为空间体系的前提线索,才能建立起建筑与都市间内在的联系网络,赋予城市环境以内在的生命活力。在各类职能竞争土地,空间交通矛盾

加剧的城市背景下，城市设计与建筑设计这对孪生学科如何通力协作，共同促进城市机体正常高效的运作，创造高质量的城市空间环境是亟待探讨的课题。传统大空间公共建筑在大多数情况下舍我其谁的霸气变得与城市空间格格不入，大空间公共建筑生态化设计则关注与城市空间的互动整合，在自在生成的同时，把城市层面的制约如城市景观、交通融入到设计中，形成多元合力下的综合平衡设计。

3、集成优化的维护界面与整体性能

由于单位面积的外围护界面相对更大，其对大空间公共建筑整体性能的影响相比常规建筑也就更大，因此在大空间建筑围护结构性能设计时，既要充分发挥各种材料性能，又要形成良好的整体结构，应遵循均好性原则。事实上，界面的保温与通风、采光与遮阳性能之间是辩证的关系，这就需要设计师在资金有限的情况下，应尽量协调影响建筑热工性能的各项因素，以达到最佳的整体效果。主系统论分析，系统整体功能水平由子系统功能决定，一方面整体功能水平大于各子系统的功能之和，另一方面又由最弱的子系统决定。生态建筑并非多种生态技术的简单堆砌，这就不难理解为何目前我国节能墙体、窗户等各种单项策略的研究已经深入到锱铢必较的地步，却仍然未能改变整体节能效果不容乐观的状况，下因为在规划建筑设计的总体构思上缺乏系统考虑而未能优化影响因素间的结构所致。保温性能良好的墙体材料和单层窗，保温、密闭性能俱佳的外窗却无与之配套的遮阳设施，这些都是违反均好性原则的典型实例。

毫无疑问，如果能够顺利、有效地得到“最好”的话，谁也不会满足于“次好”或者是“较好”，但在绝大多数实际社会操作过程中，“最优解”往往并不存在，或者尽管存在但需要付出的代价太大。针对“最优”原则在现实可行性方面所遇到的问题，美国经济学家西蒙提出了“满意”原则。基本思路是从追求“最优”这个唯一的目标状态中走出来，转而为决策中的每一种价值目标按照实际情况确定一个操作中可能实现的理想的上限和满足其最低要求的下限。在满意的原则下，只要最终结果落在上下限规定的范围内，这个决策就是可以被接受的，其整体效果也可得到充分的保证。

4.3.4 此时此地原则

设计决策的合理性包含两个方面，一是必须符合目的，二是必须符合条件。如果说经济高效、健康适宜和整体集约是生态设计的直接目的，那么本

生态化则是大空间公共建筑生态化设计实现的必要条件。建筑的地点性而不是空间，具有第一性的意义，因为“空间也是从地点而不是空无获得存在。”

（海德格尔语）建筑与其它技术产品的最大区别就在于其难以复制的地域性，独特的地域性在技术全球化泛滥的背景下显得弥足珍贵，而大空间公共建筑又常被视为高技建筑的典型，普适技术的大量应用埋没了其作为建筑基本特征的地点个性，召唤地域情结便成为大空间公共建筑发展的重中之重。

地域生态因素对建筑创作是一种制约，但同时也是创作灵感的主要来源。结合解决生态问题的目标谈设计创新，将仿生学的原理落实为可操作的方法，或许会给建筑带来不仅新颖、而且更具有地域性及必然性的时代风格。大空间公共建筑生态化设计必须充分结合气候、地形地貌特征，延续地方文化和风俗，充分利用地方材料，并从中探索现代高新技术与地方适用技术的结合，有机融入地域机理，形成新的地域特色。在“乡土建筑现代化，现代建筑地×化”的语境下，这种选择具有更强的合理性和建设性。

地域气候、地形地貌等生态因素在很大程度上先天赋予建筑以特殊气质，这种形式特征恰是地域特色的本质特征之一。反之即使与传统相似的建筑形象而不具各气候适应能力，它与地域特色充其量是貌合神离罢了。“高技术的建筑要和当地的景观、气候条件相结合，适合生态特性的要求，使建筑体现一种技术与自然相辅相成的‘融合的时光’”。^[4]大空间公共建筑在遵循固有的功能、技术逻辑基础上，再结合进当地的环境条件进行整体系统的生态构思和表达，基于深层生态基础的建构终将演绎出新的地域性。

另一方面，大空间公共建筑生态化设计在具体的技术运用过程中，必须与当地的发展程度、技术工艺传统和社会文化习俗相结合，才能取得深层的此时此地性。所谓生态技术包括两种：一种是在传统的技术基础上，按照资源和环境要求，共同改造重组而成的新技术。第二种则把其它领域的新技术，按照生态要求移植过来。从技术层次性方面来讲，可以把生态技术分为普及推广型的简单技术和常规技术，及研究开发型高新技术。在技术选择方面，首先应遵循经济性原则，由于生态建筑采用哪个层次的技术，不是一个单纯的技术问题，要受到经济的制约。由于目前国内的经济水平不高及技术和材料不太完善，把生态技术发展建立在高新技术的基础上比较困难，而应以常规技术为主。第二是因地制宜原则。各地气候、自然资源迥异，选择何种生态技术，应该根据具体的条件和特点来进行。我国北方地区主要冬季采暖，能源消耗非常大，对自然环境污染非常严重，首先要解决采暖问题。而南方比较炎热、潮湿，通风、降温、遮阳是夏季的主要问题，在

南方生态建筑设计当中注重遮阳和自然通风，降低夏天的空调的能源消耗。

4.3.5 有机化原则

“有机”是导入建筑的重要的生物学概念。由于先天的空间体量的不可分解性，相比于常规建筑，大空间公共建筑生态化设计应特别注重有机化原则，即全方位整合相关建筑与技术要素，由内而外地自然生发，使大空间公共建筑内容与形式趋于统一，并将其优化的产物升华为“有意味的形式”。大空间公共建筑空间塑造的灵活性使生态化整合有潜力从幕后走到台前，成为主宰大空间公共建筑形式的基本语汇，其常规建筑所不可比拟的复杂性和特殊性使其生态化进程任重而道远，因此建筑师与结构、设备、机械、策划等专业全方位多层次的合作便成为必需，相关专业的互动模拟和建筑师的整合计划应成为生态化创新设计不可或缺的原动力，这也就避免了常规建筑所常见的生态设计与建筑形式两张皮的粗放和保守。

首先大空间公共建筑传统设计过分强调专业功能的纯粹性，而在与社会运营的接轨方面存在明显的错位，因此大空间公共建筑生态化设计在功能上需要完备自身的“造血”机制，这是其自在地存在于社会生活链条中的基础。而把握各个功能单元之间的内在关系并将其有机地与项目实际相结合，是实现大空间公共建筑生态化设计的关键。在对基地周围的商业业态详尽调研和梳理的基础上，将拟定的功能单元优化组合进行科学的建筑策划并做出基于可持续发展的应变计划，对大空间实行“一专多能”的拓展设计，从而搭建其合理的功能结构，为理顺社会运作关系奠定基石。

其次大空间公共建筑传统设计过分注重形态的纯粹性，从而使诺大的体量显得机械粗笨，缺乏可读性，从而隐没了其可塑性强的先天优势，这当然与原始的设计表达媒介、建造方式及由此形成的美学趣味密切相关。随着信息时代设计革命的到来，计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造

（CAM）、计算机模拟等相继在大空间公共建筑领域生根发芽，特别是风洞试验为创新结构形态提供了验明正身的测试平台，设计方式的转变直接导致了大空间公共建筑形态的有机化、轻型化、合理化。

另外在建筑艺术观指导下，大空间公共建筑传统设计其物理性能完全依赖于构造和设备的保障，导致了其技术与艺术的失衡。对此大空间公共建筑生态化设计应结合气候和地形，将技术构思有机地融入设计方案，从而在建筑设计源头就使环境修正需求最小化，再辅以构造和设备的微调，形成整体



建筑设计、细部构造设计、技术设计的合理链条多层次保证大空间建筑环境的适用性。

4.4 本章小结

大空间公共建筑生态化设计的实现除了需要外界环境的推动之外，最关键还是要依靠自身先进完备的素质基础。生态学为大空间公共建筑的发展搭建了强有力的思想框架，其基本原理是大空间公共建筑生态化设计的理论基础，包括有机整体法则、物物相关法则、协调稳定法则、物质循环再生和能量流动法则及环境承载能力有限法则等。这些原理的思想精髓构成了生态理念内涵层面，即生态世界观，包括追求协同性的机巧主义、开放性的共生观念和适应性的动态思维等。基于生态理念的大空间公共建筑设计则需要高效化原则、健康化原则、木通效应原则、此时此地原则、有机化原则等框架的综合支持。当然，这些原则只是提供了抽象的概念，在具体的大空间公共建筑生态化设计中需要根据实际情况，因地制宜，因时制宜，因工程制宜。原则与策略是一对矛盾，原则要求恒定性，而策略要求灵活性。但原则本身又带有盲目性，而策略又带有未知性。原则性讲的就是坚持，而坚持未必是对的；策略性讲的是随机应变，而是否因此丧失更大利益却无法预计。坚持是好的，但不能流于死板教条；灵活也是好的，但过于机巧却失于稳重。从这个角度讲，大空间公共建筑生态化设计就是在理想与现实之间不断磨合、相互平衡的过程，对这个“度”恰到好处的掌控则是设计师的基本功。

第5章 大空间公共建筑生态化设计策略

与历史中的“黄宗羲定律”类似，大空间公共建筑的生态化作为战略是对自然有益的，但规划一个好的目标同时也应配备好一个成熟合理的路线图，在此路线图中，必须把策略的有效性和可行性列入日程，否则生态化将只是空中楼阁。生态设计是一种整体操作的工作模式，其新意在于使各个单独的设计策略整合起来，系统地发挥作用。因此生态设计涉及创作过程的各个方面，需要挖掘其中各个因素的协同作用结果。建筑师作为总协调人，应致力于探索建筑设计和建筑技术有机系统地整合的设计方法，改变设计与技术“两套人马、各行其道”、将建筑技术作为后期解决设计缺陷的“创可贴”使用的工作模式，创造不仅有个性、而且有必然性的建筑风格。

生态策略本身具有层次性，即总体到细节，从低层次目标到高层次目标，从简单到复杂，从一般到高度的专业性等，其每一层次需要对应于相应的设计过程。一般的，随着设计过程的演进，这种融入应当从简到繁，从少到多，从策略性的到细节性的，这是一个逐步结合的过程。

5.1 建筑选址的“生态位”策划

传统大空间公共建筑之所以难以为继，就在于选址和策划环节的不理性甚至缺失才导致后期的混乱，决策机制的漏洞和建筑师的不作为难辞其咎。大空间公共建筑生态化设计在选址与策划环节上与前者的比较优势明显，其前期准确的定位避免了末端控制的低效，为此应从以下三个层面着力。

5.1.1 从功能可持续出发策划“生态位”

5.1.1.1 “生态位”原理 “生态位”是生态学术语，是指在生态系统和群落中，一个物种与其它物种相关联的特定时间位置、空间位置和功能地位。

^[34]1917年美国学者J. Grinnell最早使用“生态位”概念，他强调空间生态位概念。苏联生态学家G.F. Gause 1934年根据生态位现象提出生态学竞争排斥法则：当两个物种利用同一种资源和空间时产生种间竞争，两个物种越相似，其生态位重叠越多，种间竞争也就越激烈，结果将可能导致某一种物种灭亡，但只有在外力介入或新物种进入的情况下才可能发生。而更多的情况是通过自然选择使生态位分化从而消除生态位重叠得以共存。所以种内竞争促

使两物种的生态位接近，而种间竞争又促使两物种生态位分离。^[66]生态位的多层次化是生物群落结构相对稳定的基础。

适宜得体的功能是大空间公共建筑的立身之本，缺少系统到位的社会服务基础其生命力也将萎缩，其功能定位是关系着社会众多利益主体的百年大计，未尝不是生态位理论范畴研究的对象。很少有两个大空间公共建筑能在同一时空长期占据同一生态位，所以Gause的竞争排斥法则也适用于大空间建筑之间的竞争。如果能共存于同一个生存环境中，那么它们一定是生态位分化的结果。竞争个体各自从其部分潜在的生存和发展区退出，从而消除生态位重叠，实现稳定的共存，这是大空间建筑功能的竞争法则。因此大空间公共建筑生态位策略的核心是错位竞争，其具体内容体现在以下两个方面。

1、寻找城市生态位

原始生态位也称虚生态位或竞争前生态位，指竞争尚未形成的生态环境。在Gause看来，生态位是可以选择的。大空间公共建筑的生态位由其立项之初的功能定位和空间选址所决定。因此要准确把握该建筑的生态位，最有效的策略就应在建设项目策划阶段，由各方面的专家，包括建筑师、规划师、经济学家、社会学家等通力合作，通过理性的城市大空间公共资源的分析，合理配置其在设施种类和地区中的比例；制定出网络化的建筑布局；对项目选址和功能定位的可行性进行论证，以保证该项目在建成之后能最充分发挥其功效，一方面避免大空间资源的重复建设与闲置浪费，另一方面也可避免局部的供不应求。

大空间公共建筑为了规避恶性竞争所带来的无谓的损失可采取积极的态度，选择适合自身生存与发展的生态位，在一个暂时没有竞争的时空范围里去开拓受众市场和广告市场，主动与竞争者进行生态位分化。由于竞争在这里尚未形成，大空间功能的市场空间相对较大，生态环境也相对宽松，因此拥有原始生态位的大空间公共建筑就等于抢占了市场先机，能够率先赢得社会的认可与支持，从而在一个相对稳定的生存环境中获取利益。大空间公共建筑的生态位功能策划最主要策略就是要应时之需，在城市中根据不同功能建立各自的功能网络体系，这样才能更直观便捷地确定建设项目所处的层级、规模和基调，否则后边的工作无从谈起；并通过社会同业的广泛调研，从宏观上把握社会需求最大的缺口对症下药才是正道。

2、错开生态位

错开生态位即指与竞争对手在生态位上产生差异，以避免生态位重叠。一般而言，大空间公共建筑拥有原始生态位是暂时的。当它在原始的生态位

上获得可观的经济效益后，过不了多久，就会其它的大空间挤占进入。在这种情况下，如果不同大空间在同一个生态位上争夺市场，势必造成两败俱伤。为了避免惨剧发生，一方应结合市场的调研对竞争对手的功能服务进行深入细致地分析与判断，进行自身的正确定位和内容创新，并利用自身优势形成个性特点，打造核心竞争力，与对手进行差异化的错位竞争，实现生态位分化。只有这样，才能拥有真正属于自己的市场。

毋庸置疑，大空间公共建筑的功能生态位策略是规避市场恶性竞争的法宝。熟悉和了解大空间的生态位策略一方面能帮助经营者和决策者站在一定的高度，在充分把握城市大空间建筑系统全局动态的基础上去拓宽经营领域、开发市场，使大空间建筑的功能决策和市场行为更具科学性与合理性；另一方面能让大空间建筑通过结构调整与资源整合从所处的生态环境过渡到所需的生态环境，从而使大空间建筑在良性的发展轨道运行。

5.1.1.2 大空间公共建筑的“生态位”策划 作为社会同心空间，大空间公共建筑天然地聚敛人气成为城市生活网络的枢纽节点。为使大空间公共建筑长期充满活力，必须运用集聚效应、共生效应、触媒效应等原理对功能单元及其组合进行动态适应的研究，形成活性开放的综合体以担当地段经济开发的核心力量。在保证主体功能最大程度的满足的同时，适度开发出与其相辅相成的良性功能结构，根据其中大空间功能的角色地位（大空间功能一般都是综合体运行的动力源泉，当然这里的衡量标准并非单纯空间功能的尊卑，而是根据大空间功能对综合体功能活性贡献的相对比例而言）可定性地划分为功能主动型、功能互动型和功能从动型三种模式（图5-1），大空间功能在这三种模式中的带动作用依次下降，反映了其功能集约化程度。

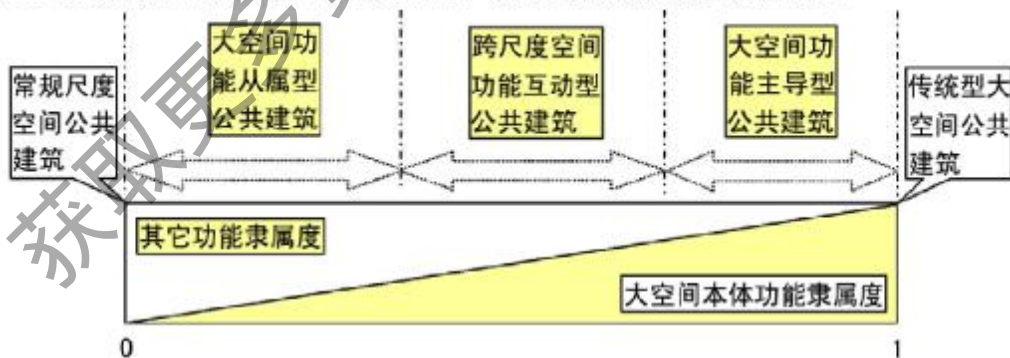


图5-1 大空间公共建筑不同功能隶属度的交融

Fig. 5-1 Vary functional subjection blend of long-span public building

1、大空间功能主导型模式

当大空间功能内容在功能体系中处于绝对的主导地位，成为带动辅助功能发展的引擎，本文称之为大空间功能主导型大空间。如果用表现事物从差异的一方向另一方过渡时的倾向性的隶属度来衡量大空间功能体系的话，传统型大空间由于辅助功能少得可怜，其主体功能隶属度接近1，属于功能主动型的极端典型。当然这种单一脆弱的功能体系并非大空间公共建筑生态化设计梦寐以求的。功能主动型结构承认大空间功能的主角，但更加关注辅助功能的活跃作用以使主角更出色的发挥其功效，而且这种关注度是一个不断变化的范围。大空间综合体的功能体系不是一出独角戏，而是由众多造血机能的“绿叶”陪衬主体大空间功能“红花”而相得益彰的集体舞台剧，辅助功能使得主体功能的服务更加完备到位，主体功能则是综合体功能运行的引擎，能给辅助功能提供发展机会，只是二者之间的依附关系显而易见。

应该说现在大空间公共建筑的功能结构大多数已经向多元化迈进，如展览建筑摆脱单兵作战的状态，与住宿、会议、办公、商业及体育等功能联合起来，更有甚者汉诺威俨然已经成为一个会展城市，世界十大展览会中有5个在这里举办，被誉为“世界会展之都”。各种功能有则有矣，只是相当部分的辅助功能与主体功能之间的关系缺乏有机性，因此当务之急应该继续探索开发辅助功能的类型和强度及与主体功能的耦合关系，使其功能网络更加合理。而且随着展览业态的日趋成熟，终将分化出各种不同类型、层级定位的展览建筑。我国展览建筑的社会化、产业化程度并不高，各地的会展中心在盲目攀比的热潮中陆续建设起来，但是不少展馆的运作闲置率颇高令人叹息，这无疑是社会资产的极大浪费。因此在这种展览中心的策划中，建筑师应从专业视野出发，提高其功能结构的多元化程度，并将与展览功能兼容、兼容的空间单元如体育、商业等相对集中，互补服务的空间单元如住宿、会议等适当分散，而对展览无益甚至产生干扰的功能单元如娱乐等则需果断去除，这种展览中心才能既宏观有序又不乏活力和适应性。

2、跨尺度空间功能互动型模式

跨尺度空间功能互动型模式指大空间功能与其它功能之间比重不相上下，二者基本平行并置，但相互之间又具有默契的良性互动关系，形成水乳交融的整体。这里的其它功能已经摆脱了单纯辅助主体功能的依附状态，而上升到与主体并行不悖的相对独立的地位，整个功能结构充满互动与互应、合作与竞争的张力。应该说这种结构相比功能主动型结构其运作动力机制更为稳定而备显活力。

休闲体育中心和娱乐体育公园大抵属于功能互动型大空间类型。体育

建筑、电影院、游乐场等空间聚集起来，再与商业、餐饮等空间一体化，这里已无所谓主体功能，因为在此综合体中每种休闲功能都能聚揽人气，而这些商业功能也能独挡一面，这种有机的互动机制相互激发各个空间的潜在活力。英国建筑师Rod Sheard的“2020赛场”构想是其典型（图5-2）。作为城市中心区更新，重新激发城市活力的主要体育和休闲设施，在旧城区中如何通过建造一个重要的实体，通过它一天24小时的活动，不仅是在有比赛时，而且在每周的每一天，通过其中的休闲、娱乐设施，通过附属的住宅、商业、旅馆、出租办公等设施，通过与城市结构中周围地区的原有设施的补充，形成一个综合性的城市活动空间。规划上它把30000观众的比赛场置于场地的中心，而在用地边界地区设计了多层的出租面积、住宅、宴会等设施，整齐的界面与原有旧城形成很好的呼应以及内向的空间，中间则尽量减少建筑的占地面积，从而腾出更多的公共空间和绿化空间供人们作休闲和娱乐活动。由于设施的多功能考虑，如会展中心、体育场、体育馆保证了空间上的经济性和最大的灵活性。

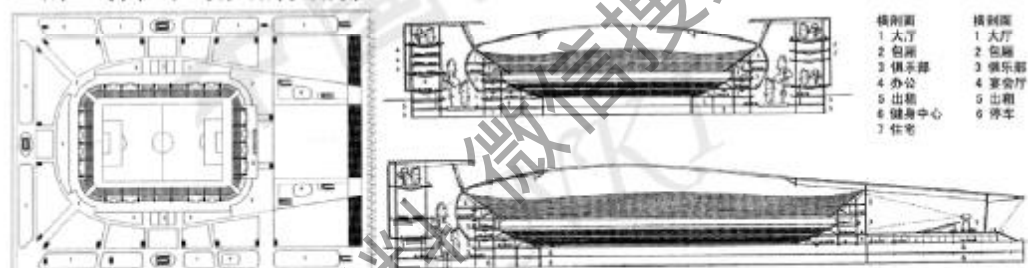


图5-2 2020赛场构想^[94]

Fig.5-2 2020 game field conceive

3、大空间功能从属型模式

当功能结构集约程度进一步提高，其中大空间本体功能只是普通一个环节，而其它功能的地位却大有赶超僭越甚至取代之势，本文称之为大空间功能从属型模式。当然这个整体中大空间本体功能仍不可或缺，只是由于大量簇群单元的加入大大削弱了大空间的核心地位，其它功能获得了更自主的地位才使大空间本体功能相对显得不像前两者那样牵一发而动全身，而回归了其集束组成单元的本位。

这种功能从动型结构典型是机场航站楼。航站楼是机场的一个主要环节，机场的声誉取决于航站楼的质量，不仅包括建筑外观，还有其功能满意度。旧式的航站楼只为满足乘客所需而设计，而新生代的航站楼在设计上更注重吸引非旅行者使用机场设施。机场通常来说有五种收益方式：登陆费，



“制冷百家”

物性查询, 论文查看, 制冷、暖通最好的微信公众号, 关注送论文资料

航站楼的特许商店, 航空公司的租借安排, 非航空公司如停车场的租借, 设备的出租。在许多大型机场, 如多伦多皮尔逊国际机场, 停车场的收益超过了航空公司所支付的登陆费, 而在希思罗机场, 通过租借的特许商店所带来的利润也超过了登陆费, 成为一个主要的经济来源。一般说来, 越是大的机场, 因航站楼所带来的盈利就越高。而小机场(每年大约有20万乘客), 登陆费、燃料、飞机修理库的租费比航站楼带来的利润多25%, 但是大型机场(每年有400万乘客)因航站楼带来的利润反而比地面的收入多40%。对于一个正规化的机场, 登陆费占到总收入的20%, 而商业活动产生的利润占到了50%。现代机场是一种商业化的目的地, 可提供会议、媒体新闻中心及通讯设施, 20世纪80年代机场象一个可乘飞机的大商场, 90年代则象大会议中心。早期的航站楼很少设有娱乐消费场所, 然而在日益增加的商业压力的刺激和追求更高收益的驱动下, 现代航站楼在其内部的主要流经区域设置商店、咖啡店和酒吧, 并逐渐从便重于零售转向娱乐项目的开发。而且机场是一个包含连接地面和地下的城市基础设施和主要能源交换中心, 同时也是文化、社会、经济、商业的交流中心。大型国际机场从机场项目的形式开始, 最后却成为不仅仅是提供机场服务的无地方界线的现代化都市。现代机场是一个大型的、综合的交通枢纽, 一个可以自由换乘小汽车、公车、铁路、地铁和飞机的地方(图5-3)。事实上, 这种在现代机场交通系统的多样化, 会使很多经过和换乘的旅客根本不再意识到他们是在使用机场。

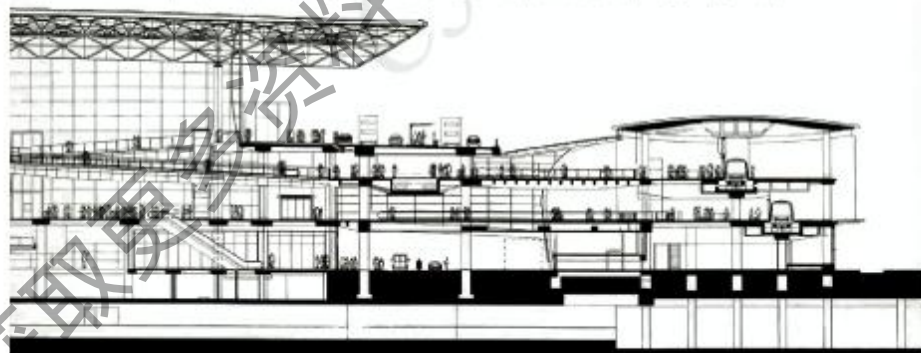


图5-3 香港赤鱓角机场综合交通枢纽^[95]

Fig.5-3 Hongkong airport synthesis traffic hinge

综上所述, 大空间公共建筑前期策划事关其可持续发展, 建筑师应依据生态位原理, 通过寻找原始生态位和错开生态位使得大空间之间进行良性的错位竞争寻求共存。在此基础上, 通过多元功能的优化组合形成集约程度各异的大空间公共建筑。

5.1.2 从城市总体功能布局出发选址

节事是城市营销策略的重要一环。如果节事本身能够成为城市连续发展过程中的一个组成部分，其也就获得了时间上的持久性，暂时的事件得以激发带动城市建设。在法国整体经济低迷，社会问题日趋严重的背景下，巴黎通过推行“使城市节日化”的政策，给城市带来了清新的空气，促进了市民之间、市民与政府之间的对话与交流。^[96]世界各大城市纷纷竞争奥运会、世界博览会等重大节事的举办权以作为刺激发展的新动力，巴塞罗那、悉尼、雅典、北京、伦敦等莫不如此。而作为节事的旗舰工程，大空间公共建筑当仁不让成为地方品牌形象的象征物质载体。

作为重要城市节点，大空间公共建筑只有既能独善其身又能兼济天下，才能算得上是个积极意义的城市建筑，否则其城市层面的潜力就无法正常发挥。基地环境先天决定了大空间公共建筑与城市生活的互动关系，因此寻找城市“穴位”的选址从策划之初就是重中之重。

在城市的大空间公共建筑功能布局网络中，在保证总量的前提下，应根据其各自的功能、规模层级和服务辐射范围均衡分布，这样才能既满足实际需要、合理发挥其效能，又不至于因分布不平衡造成局部社会资源的不足或闲置浪费。从功能网络张力较大的环节入手，根据当地的气候、土质、水质、地形、地貌及周边环境条件等因素的综合状况来确定，其优劣也决定了该选址是否适宜，而且大空间公共建筑生态化设计还要考虑整体的生态环境因素，既要使建筑完成前微气候环境适宜，也要在建筑整个生命周期中保持适宜的微气候环境，不破坏整体生态环境的平衡。其中地形地貌相对平坦、土质坚实、气候适宜、环境无公害无污染是十分必要的。在自然条件满足之余，还须进行社会经济条件的衡量。因此既要从其满足需求的经济、环境、社会综合效益出发考虑交通可达性、可用性，如公路交通、轨道交通及城市公交条件、与航空港的联系等，又要基于其拉动周边社区发展的龙头机制考虑开发新区的可能性、可行性，在综合权衡中做出合理的选址决策。

在此基础上，本文根据选址地段位置不同，将大空间公共建筑分为城市型、城郊结合型、郊野型三种。当然这种分类是动态变化的且仅具有相对意义，最初的城郊结合部和郊野地带随着城市化发展迟早会变为市区，本文只从最初选址时的相对状态角度着眼分类。

5.1.2.1 城市中心型 选址于城市中心区的大空间公共建筑相当有利：城市基础设施完备，环境交通便利，功能辐射范围广阔，可立竿见影的发挥效益；

只是周围限定条件颇多，发展空间亦有所抑制。城市型的大空间公共建筑须敏感于周边特有的城市背景，通过入乡随俗地嫁接城市尺度的建筑细部契合不同的文脉，化解大空间建筑与背景界面之间尺度级差的矛盾，谦恭谨慎而积极地与环境对话，以整合的姿态融入城市地景中，有机自然地成为城市生活的重要节点。这种选址目前一般出现于城市旧区的复兴计划中。



图5-4 斯坦伯尔斯体育中心^[9]

Fig.5 4 Staples sports center

大空间公共建筑选址往往得到政府的支持或政策倾斜，因而能选取较利于其发展的地方。早期选址一般以城市中心为佳，这类大空间公共建筑以法兰克福、科隆和斯图加特会展中心及娱乐体育建筑为代表，它们基本处于距城市中心不超过3km的范围，其周边已处于建成状态，可供扩展的用地近乎于无。其中法兰克福会展中心更具典型性：有建于1909年的世界最大的穹隆式会堂，建于1989年达263.5m的当时欧洲最高建筑已成为城市地标的博览会大厦，从会展中心步行仅10分钟可达市中心的火车站。目前为了挽救活力日趋衰退的城市中心区，这种先天限制颇多的选址还是渐渐登上了理性的议事日程，通过与既定生态位的有效结合，更突出其城市生活枢纽的地位。场址是一种有所期待的实体，它总是等待着所期待的建筑物建于其上，通过这个建筑物来表现它隐藏着的特征。在这方面，休闲体育建筑更充分地表现出其整合城市生活的优势。为促进重新开发洛杉矶商业中心的南部地区而建的斯坦博尔斯体育中心将体育与娱乐产业、办公、商业融为一体，是多功能的公共活动场所。高达5层的入口门厅使其呈现出节日剧场风格，底层舒展的造型有助于在视觉上减少压抑感与相邻的会议中心相协调，并与商业中心北端的迪斯尼剧场遥相呼应（图5-4）。该馆从功能空间到建筑形象塑造都充分结合身处闹市之中的利与弊，因地制宜扬长避短，使其空间角色的职能、

尺度、形象和运营都自然而然地融入城市肌理。

5.1.2.2 城郊结合型 “边缘并非事物的结束，而是显现事物的开端。”（海德格尔语）城郊结合型的地段对于大空间公共建筑而言可谓得天独厚，既有较为成熟的市政设施和交通条件，又有宽广的战略服务腹地和一展身手的机会来整合城市空间、促动地区繁荣。由于少了建成环境的制约，表现得更为开放自由，一套自成体系的大空间建筑形式语言得以主宰建筑空间界面，自足光鲜的大空间充当了地景的主角。因此这种选址经常用于城市开发战略。



图5-5 汉诺威会展中心^[95]



图5-6 城郊结合部的大阪穹顶^[100]

Fig. 5-5 Hanoverian Exhibition center

Fig. 5-6 Osaka dome between suburb and city

大空间公共建筑当然不能光顾于个体暂时的存在，还要顾及到其环境场地并留有一定的发展空间，从这种意义上说城郊结合型地段无疑具有明显优势。如现代会展中心除了展馆以外还需大量的室外展场、停车场、货物堆场及发展预留用地和配套设施等，加之需要通畅的人流、物流流线，因此会展中心往往需要规模庞大的用地和便利的交通条件。通过百年来的发展，基本形成了处于城市边缘、靠近主要交通干线的选址模式。^[98]这类会展中心以杜塞尔多夫、柏林会展中心为代表。它们的历史相对较短，多建于20世纪70年代前后，一般处于距市中心5km左右的城区边缘。当然这种选址会随着改扩建的进行而使其发展空间接近饱和，但其经济引擎作用也得到充分展现。汉诺威会展中心更是拥有近47万m²的展览面积，俨然是个小城市的规模（图5-5）。凭借2000年世界博览会的契机，改造扩建了部分场馆，进一步加强了其会展城市的功能。

城郊结合部给休闲体育建筑的龙头聚核作用的发挥提供了更大的舞台。大阪穹顶的规划用地位于新都市地点岩崎桥地区中心部，为此要求该穹顶是

能进行一切活动的“多功能体育馆”，在活跃整个地区的同时，还要发挥带动整个街区基本建设项目的的作用，给人以岩崎桥地区新信息发送基地印象，成为城市再开发计划的核心设施与画龙点睛之笔（图5-6）。由于准确的生态位策划，大阪穹顶成为面积达15.6万 m^2 的9层综合体建筑，除了作为重要比赛场地外，还变成了常年营业的大型商业设施和文化娱乐设施兼备的超级综合体，使其号召力大大提高并成为新型的文化交流中心。

5.1.2.3 郊野型 如果说城市中心型和城郊结合型选址对大空间公共建筑的发展上有一定制约，那郊野型地段则近乎一张白纸可以任意描画，使其获得了前所未有的自由发展的平台，同时郊区的自然条件为大空间公共建筑提供了良好的物理气候和景观环境。只是一时的交通状况可能不太尽如人意，不过随着大空间公共建筑经济引擎效应的发挥，可达性、可用性问题的改善应该指日可待。郊野型选址还原了大空间公共建筑的本来面目。

这类大空间公共建筑以新建会展中心、体育中心、机场航站楼为代表。新建会展中心多处于距市中心10km左右的城市远郊，靠近高速公路或快速道路。这类会展中心多是因原有市中心老馆发展受限制而异地重建的，其选址往往是改造利用一些衰落的产业用地。选择远郊一方面能为场馆发展储备充足的建设用地，而同时也带动了城市新区的发展，改造城市郊区环境。如慕尼黑会展中心所在的里姆展览城巧妙改造了原有机场用地，利用其交通条件，同时还建设了住宅区、商业区及大面积的绿化，提升了土地的价值。莱比锡会展中心也是在废弃的工业用地建设的，特别是会展公园的规划对拉动城市开发颇具建设性。

郊野型选址的体育建筑由于少了周边人工环境的制约而更注重自然文脉别有一番自然的韵味，同时其发展用地也绰绰有余。悉尼奥林匹克公园位于市中心以西大约15km的城市边缘的霍姆布什湾，这里原有一些如农业展览场的建筑，大部分地区原来都是荒地和堆砌工业废料的地方。当地政府与悉尼组委会通过生态方法治理了环境污染，改善了生态环境，使在当地已近绝迹的有益生物金绿蛙重新回到了霍姆布什湾（图5-7）。奥林匹克公园的建设使当地兴起了一个新城镇，并带动了周边地区的产业与住宅开发，使人口趋于密集。

机场航站楼选择郊野地段是理所当然的，其巨大的噪音污染、土地规模和严格的地理、气象、空域条件等都将其限定在郊区，又不能离市区过远。同时应结合城市的社会、经济、文化、交通的历史和发展布局。上海浦东机场选址时，从空域情况看，为保证两个机场的顺利运行，相邻的两个机场之

间间距必须在30km以上，因此在浦西选址非常困难。从社会和经济发 展布局来看，既是不考虑浦东的开发，选址在上海西部从空域、公共 设施、地面交通的保证、客货流的组织都不合理。因此新机场选在 广阔的尚未城市化的浦东新区顺理成章（图5-8）。通过对沿海滩涂 的过境候鸟进行“驱引结合”的生态规划，避免了鸟类的飞行干 扰和鸟类的生态安全，圆满的解决了鸟类影响飞行安全的问题， 做到工程建设与环境保护相协调。



图5-7 悉尼奥林匹克公园^[101]

Fig.5-7 Sydney Olympic park



图5-8 上海浦东机场^[102]

Fig.5-8 Shanghai Pudong airport

当然这三种选址各有利弊，而且不可预知的因素可能造成完全不同的结果。如慕尼黑奥林匹克公园位于距市中心仅4km的近郊区，地铁支线及城市中环路等方便的交通联系使其人气颇旺，再加上整体规划得当，山、水、塔、河自然组合，生动活泼，体育设施、文化娱乐设施辅之方便的服务设施，不失为郊游的理想之地，带动了城郊的发展。而蒙特利尔梅宗涅夫奥林匹克中心选址于距市中心7km的市区东部边缘，且远离河港城市动脉的黄金航道圣劳伦斯河与城市西北部的Mirabel国际机场，造成新区开发缓慢，奥运会后设施自然不能充分利用。因此在实际策划和选址操作中应根据实际情况多角度、多层次地综合权衡、理性决策，才能为大空间公共建筑生态化设计奠定良好的基础。

5.2 形式追随生态

对形式的态度应是追问过去时代条件下之所以形成传统形式的原因，同时明白当前条件下应如何去做。

——赖特^[103]

诚然规划中的生态理念不可或缺，但绝不是生态设计的全部，而只是设

计链条中的上游环节。如果生态理念没有被贯彻落实到单体建筑设计中，大空间公共建筑生态化设计就只能流于概念，而实现不了本质上的突破。如曾有体育馆、展览馆、候机楼等也置于原生态的郊野地区，但其核心运行环节没有引入生态概念，纵使外环境很生态，建筑内部却依然故我，所以在环境技术语境下，生态基因与大空间公共建筑设计的深层结合是历史的必然选择和内在要求，抛开对室内空间的关注而只谈外环境对大空间公共建筑的生态设计而言无异于隔靴搔痒。大空间公共建筑生态化设计需要建筑师建构一个适合于此时此地的生态策略框架，整体宏观上的生态构思比具体的单个生态技术能发挥更大的作用，各个问题的解答是必要的，但最终必须趋向于整体性能优劣的探讨，并透视问题之间的关联。大空间公共建筑的环境表现主要由建筑设计、服务系统设计、使用者因素三方面决定，根据生态设计的“金字塔原则”，建筑设计因素对建筑性能的影响高于服务系统设计和使用者因素两者的总和，^[10]而且是在建筑完成后三个因素中最不易改变的。因此前期系统的生态构思是大空间公共建筑生态化设计的必要保证。

形式对建筑师来说意味着机会，对于建筑来说是赋予其诗意的生命源泉，建筑的形式与内容是不可分割的部分。按照西蒙的设计科学的广义设计概念，人们要达到自己的目的就要寻找解决问题的途径，设计就是解题过程。设计科学认为，自然科学关心事物的本来面目，而设计则关心事物应该怎样。科学研究已有的东西，而设计要创造新的东西。因此设计是科学、艺术和数学的适当混合。建筑的形式不是凭空而来的，是建立在建筑本身结构、材料、空间与环境互动存在的基础之上的。大空间公共建筑生态化设计遵循“形式追随生态”的被动式设计逻辑，即通过建筑朝向、建筑保温、最佳窗墙比、建筑体形、建筑结构、建筑遮阳等设计方法，而非利用设备达到减少用于建筑照明、采暖及空调的能耗。“形式追随生态”的初衷就是建筑师通过挖掘生态因子及其规律的潜力，优化形式基因，自觉地赋予观赏者一种可能，以便从外观对内部实质进行准确的判断，达到“表现”的目的，也是大空间公共建筑生态化设计的精华所在。生态成为与功能、结构等序参量并行不悖的决定大空间公共建筑形式的“看不见的手”，这里“生态”指抽象意义上的生态原理而非具体的生态环境因子。

科学性是大空间建筑生态化设计的根本要义，“形式追随生态”意味着大自然的法则将决定大空间建筑的形状和运营。因此通晓生态法则就成了生态建筑师的基本功之一。“以谦虚的报负来接近神秘的自然规律，顺从它们并利用与支配它们；只有这样才可以把它们的崇高与永恒的真理引导到为我

们的有限的条件与目的服务。”（奈尔维语）“形式追随生态”认为“美”应以问题的逻辑解决为基础才会有生命力，而生搬硬套的形式不可能产生自在的建筑。按美的规律去进行合规律性和目的性相统一的自由创造，达到惠而不费的效果，是大空间建筑生态化设计的终极目的。

5.2.1 从“自然之理”到“自然之利”

大空间公共建筑的环境功能和外部空间设计不是建筑功能与造型设计之后的补遗，也不是建筑主体完成后的环境美化工作，而是一个大空间公共建筑设计的第一步。因此建筑师应以环境整体性为指导，以山外质内、由整体到局部的环境视角，为大空间公共建筑寻求与城市环境协调整合的设计方法。周边环境对大空间公共建筑的设计构思和空间运营产生较直接的影响，并承担建筑在使用过程中产生的物理效应和生态环境效应，它与大空间建筑组成一个完整的系统。作为该系统的两个子系统，建筑与周边环境之间相互影响，相互制约。整体设计就是在具体分析它们之间互动作用的基础上，创造一个有机的建筑和环境综合体。整体设计关注与自然相结合和生态理念，通过适度技术的应用达到建筑的节能和与环境共生的目的。尽可能减少维持建筑运行的设备系统，尽量减少能量消耗而满足人的舒适要求才是建筑的“应有状态”，即赖特曾经倡导的建筑设计要力臻依据“自然之理”（the nature of nature），发挥建筑所在地的“自然之利”（the nature of site）。

5.2.1.1 轻柔地触碰大地 以往的大空间公共建筑强调建筑的纪念性和环境的人工性，忽略外部环境自然化设计。“人们设计的不是场所，不是空间，也不是物体；人们设计的是体验……一种人性的、活生生的、搏动的、重要的体验。”^[105]作为公众享受生活的场所，大空间公共建筑不仅仅是用现代高科技造就一个“容器”，而且也是建筑本身追求空间的丰富和环境的和谐。“建筑是与特定情境相联系的，是被束缚在特殊的地点上的，与场所的经验相联系的，建筑的场所不是建筑的佐料，而是建筑物质的形而上学的基础，……建筑一旦与场所融合在一起就超越了物质和功能的要求。”（S. 霍尔语）环境与空间的混然合一是大空间公共建筑个性形成的源泉。

“每个人都必须轻柔地触碰大地”（Each should touch earth lightly）这句格言意味着设计不再单纯地强调美观、舒适性和方便性的主观需求，而是更要充分尊重基地的土地特征，将建筑形式、布局及技术对基地的影响降至最小。建筑及其场地从景观层次上首先是作为自然的大地景观而存在，从这

个意义上说,该观念是建立其人与自然对话,维护自然生态的健康取向。轻柔的触碰大地原则最直接的方法就是覆地策略,可分为两种表现形式:完全利用地下空间和下沉部分体量,其对于优化拥挤无序的城市空间,突破传统大空间公共建筑格局、推动多元化发展具有积极意义。

1、完全利用地下空间

随着城市的土地资源越来越少,利用地下空间可以留出更多的地面空间创造宜人的室外环境,从而求得建筑在环境中适合的存在方式。根据场地实际的地形地貌或者城市规划的需要完全利用地下空间,能取得常规方式意想不到的多赢效果:既减少对基地特征的破坏和施工的土方量,又获得高性能的生态建筑空间,同时对城市景观也是一种“飞白”的建设性贡献。因天然,就地利,在制约中生成建筑与环境间的张力,演绎出个性不同又契合场地特征的生态化大空间公共建筑,这与传统大空间建筑志趣迥异。



图5-9 大阪中央体育馆^[106]

Fig. 5-9 Osaka central gymnasium

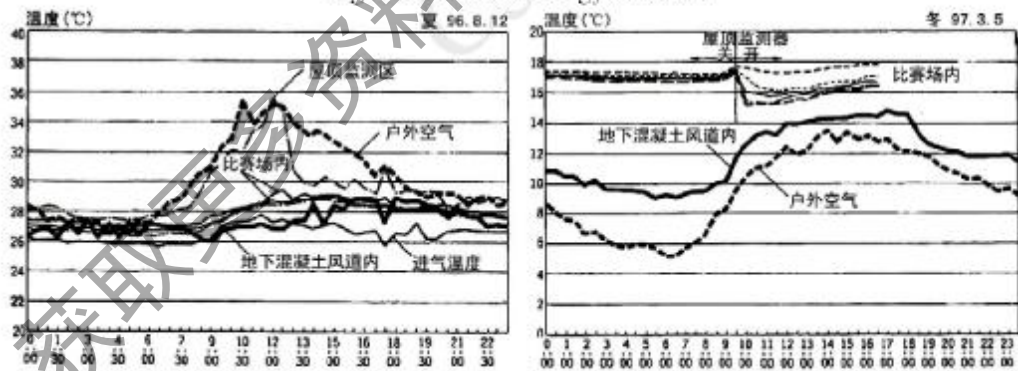


图5-10 大阪市中央体育馆各部分温度实测^[107]

Fig. 5-10 Osaka central gymnasium measured temperature of every part

大阪城市绿地逐年减少,近来饱受热岛效应的侵扰,当地政府制定了“绿色政策”,以便恢复原有的小气候。大阪中央体育馆(日建设计,1996年建成)位于港区八幡屋公园的一角,该公园是指定都市公园,要求公园整

个的建筑占地率必须在7%以下。公园内已有一个面积约为7800m²的游泳池的建筑计划，所以留给体育馆的面积只有450m²。这样将体育馆隐身于都市公园的种植屋面构思出现了。主竞技场屋顶直径110米，上面建造高一座25米绿色人造山丘覆以1米厚的土层，种植若多种植物和花卉，为城市和街区创造了动人的中心。于此自然被保留于屋顶上，与公园的景色保持一致，表现了绿色的地方景观新标志（图5-9）根据实测，该种植屋面不仅对室外微气候改善有所贡献，对室内热稳定性也是功不可没（图5-10）。由于建筑埋于地下，体育馆内部很少受动夏季温度的影响，加上有半年时间利用地下管道的自然通风，充分利用了地下特有的恒温特性、保温性能，节省热能，成为生态意义上与环境相协调的建筑物。另外在主馆与副馆顶部设置直径17米的膜天窗，在多处配置采光井，主要房间全部施行自然采光和自然换气。覆地策略不仅减轻了环境与自然的负荷，而且给予市民一种回归历史与自然的多维感觉。

柏林奥林匹克室内赛车场和游泳馆（Dominique Perrault设计，1999年建成）位于城市中心区，如采用通常方式设计，其巨大的体量势必将破坏城市原有的和谐，因此大手笔地将两场馆全部下沉17米，高出地面仅1米，除比赛厅顶部覆盖金属屋面板外，其余均为覆土种植屋面（图5-11）。宏大的建



图5-11 柏林奥林匹克赛车场和游泳馆^[108]

Fig.5-11 Berlin Olympic velodrome and swimming pool

筑体量隐藏在带斜坡的绿化屋面下，非但没有对环境造成压力，反而为城市构筑了大尺度的绿色开放空间，形成令人震撼的大地景观艺术。建成后非但没破坏原有城市轮廓线及环境，还形成了新城市景观。柏林Schleming多功能体育大厅充分利用现状地势，将大厅布置于一个凹面里，上面覆盖的斜坡屋顶铺着草皮（图5-12），利用地势来布置建筑物的主要意图是使现有的绿色体育场得到延续。

地下建筑的最大优点是其室内温度比较稳定。有关测试表明，由于延迟

效应的影响，在地表以下6米深处的温度年波动恰好与室外空气的年波动呈现大约180°的相位差，即室外气温最冷月份（1~2月）是该地层温度却处于最高峰处，而室外最热月份（7~8月）是该地层温度却处于最低谷处。而且地层越深，地温波动的幅度就越小，一般在地下45~60cm深度时泥土一天的温差即不明显。当在地面以下2m时，在一年的时期里，还可有12℃左右的年平均温度之差；当深入地面以下8m左右时，其温度能在一年中基本保持不变（图5-13）。由于土壤具有良好的热工性能，使得建筑免受外界温度波



图5-12 柏林Schleming体育大厅^[109]

Fig.5-12 Berlin Schleming sports hall

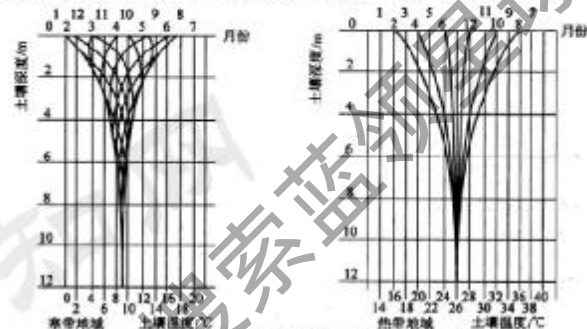


图5-13 土壤温度波幅与深度关系图^[110]

Fig.5-13 Relation of ground temperature vibration and depth

动的影响，采暖、制冷费用可以大大节省。数据表明：同样情况下，地下温度每天升高1℃，而地上每小时就会上升1℃。因此在覆土建筑内，人们完感受不到传统建筑中的外界恶劣天气。从经济性角度看，世界各国对地下空间利用的发展过程表明：当人均国民生产总值GNP达500美元以后，就进入了开发利用地下空间阶段，人均GNP超过3000美元是开发利用地下空间达到高潮。实践证明，开发利用地下空间是提高土地利用效率与节省耕地、改善城市环境的最有效途径。一个城市的可开发利用的地下空间资源量一般是城市的总面积乘以开发深度的40%。^[111]世界发达国家把地下空间作为新型国土资源，广泛合理地利用地下空间成为21世纪城市发展的主题之一。我国人均GNP已超过600美元、沿海地区已达1000美元，上海、广州等地区更超过3000美元，这些地区的地下开发已具备了一定的可能性。随着科学技术的进步，开发利用地下空间的成本将会继续下降，也将会使地下空间利用的舒适度得到极大的改善。由此可预见地下空间的开发与利用进入大空间建筑领域，即将成为现实。

2、体量的部分下沉

覆土建筑是特定气候、特定地理条件的产物，是对环境尊重的最好姿态，同时也是解决能源危机的有效方式，但有限的视觉效果使得覆土策略在需要地标的地区，无法满足要求。作为一种折中的选择，部分下沉方式树立了与环境积极对话取得协调的亲亲和形象，大大减小了对周围环境的威压，同时还没完全失去自我，因而具有建设性的意义，成为摆脱传统大空间公共建筑作风的利器。



图5-14 札幌穹顶^[112]

Fig. 5-14 Sapporo dome



图5-15 悉尼水上运动中心^[113]

Fig. 5-15 Sydney aquatic center

作为难得的城市开放空间，体育建筑、会展建筑与公园的整合形成的体育公园、会展公园模式，使得“化整为零”空间策略失灵的大空间公共建筑有了足够的空间缓冲与周围环境的冲突，促进了环境自然生态化，也使城市公园有了吸引人流的主题标志景观，二者之形成优势互补良性发展，为大空间公共建筑的进化提供了新的驱动力。大型体育场馆作为极具表现力的大空间公共建筑，应该是城市环境的补白之笔，不仅要遵循环境的特点展开设计，更应重视自身环境的创造。因此体育场馆的环境设计应力求与基地的空间秩序相吻合，通过场所文脉分析，强化体育场馆与基地人文背景的匹配关系，力求基地的文脉意义与体育建筑的文化内涵达到认同，使体育场馆的物质空间与社会环境达到最小的冲突；对体育建筑的庞大体量给予视觉的柔化，创造人性化的外部空间；在满足安全疏散的前提下，营造自然化的景观环境。从场馆的形体环境、空间景观等多方面多层次地创造生态化、公园化的景观，使之成为城市公共活动空间网络的有机组成和闪光点。

作为庞大的室内球场，札幌穹顶（原广司设计，2001年建成）半嵌入地面以下，减小了超尺度体量与环境的矛盾，这意味着部分看台坐落在土壤之中，厚厚的土层成为良好的热绝缘体和储藏体，在节能的同时将自身有机融入“体育花园”的生态网络中（图5-14）。悉尼水上运动中心（Phillip Cox

设计，1994年建成）也以创造大地景观与屋顶景观之间的有机联系为理念，将基础部分伸入地下并将大地景观抬升来缩小建筑的尺度，使环境与建筑融为一体，获得了良好的景观效果和生态效果（图5-15）。

3、柔性边界的同化消隐

当然如果场址地形平坦开阔，常规布局思路就能奏效的话，也就失去了下沉式的内在依据，那么这时通过界面的环境同化也能有效而轻柔地触碰大地，其对于自然之理的利用是有益的补充。



图5-16 巴黎贝西体育馆^[21]



图5-17 京都西京极游泳馆^[114]

Fig. 5-16 Paris palace omnisports of Bercy

Fig. 5-17 Nishi-kyogoka swimming pool

巴黎贝西体育馆（Michel Andault设计，1984建成）除了屋顶构架和玻璃天窗外的全部立面均被覆土并植草，庞大的混凝土构筑物消隐在一片绿色中，与体育馆前的大草坪天衣无缝的融合在一起。该馆不仅在大体量上达成了与环境的有机和谐，而且在细微之处也表达出对自然环境的尊重与关爱。设计者巧妙构思，尽可能的保留基地环境中原有的植被。在建筑基部常见一两棵法桐穿越通风口的遮盖板，枝叶繁茂地生长着，使其从细部节点到整体环境都散发着浓浓绿意，洋溢着勃勃生气（图5-16）。作为运动公园的延伸扩大部分，京都西京极综合运动公园游泳馆（仙田满设计，2002年建成）尽可能不把建设线一向场外扔，而是因地制宜的作为场内处理，主要部分屋面上均用作覆土植栽处理，形成公园的绿丘，也起到了保温隔热的作用（图5-17）。对于周围的住宅地形成绿的缓冲，不论对内部使用者还是游园者都可以享受周围的绿色景观，创造心境柔和的空间。该馆是既拥有最新建筑技术，又能融入环境肌理氛围与之共生的地球环境建筑。

大空间公共建筑规模较大，对环境的消极影响不可能完全避免，但通过以上三种不同策略对于其举重若轻的建构存在无疑具有建设性意义，而轻柔地触碰大地是积极利用自然、融于环境的根本之所在，也是生态建筑的应有

之义。因为无论是作为所处环境的中心和控制要素，还是要使其力求减少对原有环境特征的影响，呼应环境始终是大空间公共建筑创造和显示个性特征的出发点。

5.2.1.2 设计与环境气候深度协调 Alva Alto认为，“建筑永远不能脱离自然和人类要素，相反它的功能应当是让我们更加贴近自然。”^[181]如果说地形地貌是自然环境的硬件，气候则是其软件。“气候”在希腊语和拉丁语中分别为“klima”和“clima”，意即“slope”倾斜、斜度，按时太阳投射角对环境条件的控制。这一来自希腊古典时期的学术信念后来鼓舞了Ptolemy将地球划分为气候“climate”或地带“zones”，用于对应被认为由太阳高度角导致的气温模式。^[145]气候是天气现象的长期平均状态，或者说，气候是某一地区的大气物理性能在相当长时期内的统计平均，包括该地或该地区多年的天气平均状态和极端状态。因此气候是由两种参数来表征的：一种是表示气候平均状态的“恒量”，另一种是表示气候在极端状态之间波动幅度的“变量”。它是由于作用于这个地区的太阳辐射、大气环流和地理环境长期相互作用的结果。世界气象组织(WMO)规定，通过气象参数统计分析确定一个地区的气候特征的最短统计时段是30年。

气候是决定建筑生态性能和建筑形态的序参量之一，尽管大空间公共建筑环境控制对设备的依赖是不争的事实，但这并不意味着设计方案之初对相关环境气候因素的集约化整合就失去了必要性——建筑设计的结果从本体意义上直接影响了建筑环境品质和即将为此付出的能耗代价，毕竟大空间建筑的运行就像无底洞吞噬着日益捉襟见肘的不可再生能源，在过渡季节及平时的运行中争取顺应并利用自然之利以维持环境效果成为被动式设计原初动力。对气候因势利导，扬长避短，趋利与避害并举的利用原则非常重要。实践中应保持建筑气候设计明确的层次性和严格的连续性，即设计措施必须自上而下系统地贯穿于规划布局、单体设计与构造设计中。大尺度的设计措施是其环境效能的有力保证，而小尺度的设计措施则是其有益的必要的补充。

传统大空间建筑倾向于用夸张的玻璃外表彰显空间的轻灵通透，在这轻巧的背后却是沉重的负担，其适应性通过提供动力、照明、供暖、通风等一整套均一综合的服务网络来维持“匿名的良好服务”（赛德里克·普赖斯语）^[116]，这一切都需要以大量无差别的能量为基础；而生态化大空间建筑则要针对目前的资源耗竭的形势作出相应调整。在选择建筑物朝向时，在建筑形态满足地段环境基础上，应尽量使大空间公共建筑大立面朝向夏季主导风向，而小立面对着冬季主导风向，并考虑到冬季、夏季对日照的不同要

求，流经建筑物的风速越大，对室内自然通风越有利，便于夏季房间及维护结构散热和改善室内空气品质，但对于冬季供暖地区，却增加了维护结构的散热量。因此在实际操作中应根据地区气候，因地制宜，综合权衡利弊理性决策。札幌公园穹顶（大成建设、岩田建设，1997年建成）位于豪雪区域，因此如何避免屋面积雪和防寒成为建设的主要课题。屋盖采用V字形褶的双层膜结构屋面造型，使雪易于下滑。同时热风全部送入二重膜内以使屋顶融雪，同时可减少冷辐射，由于当地夏季最高温度约30℃，故比赛厅不需采用机械制冷与空调降温，根据当地夏季主导风向（东南—西北）设换气窗，下部过风，上部天窗排风（图5-18）。模拟计算结果室内比室外高2℃，经运行1年实测，居留区域1米处温度与室外温度相近。^[117]哈尔滨梦幻乐园是国内建筑师从寒地生态实际出发设计的典型。针对冬季御寒的主要矛盾，采用东南向开放扇形的被动太阳能玻璃温室与西北向封闭的节能墙优化组合是对“形式追随生态”的科学演绎，而夏季则通过展开倾斜玻璃屋盖底部周边的开口与高端各层窗形成自然通风，配以机械排风防止过热，这是对戏水设施较高室温要求及当地夏无酷暑的切实处理。^[118]笔者通过Airpak软件进行计算流体力学（CFD）模拟结果显示，梦幻乐园的生态措施实现了设计者环境自然化、运行节能化的初衷（图5-19）。可见整体意义上的朝向选择具有不可替代的重要作用。当然气候对大空间公共建筑的影响不止于此，下文将有更深入的细节阐述。

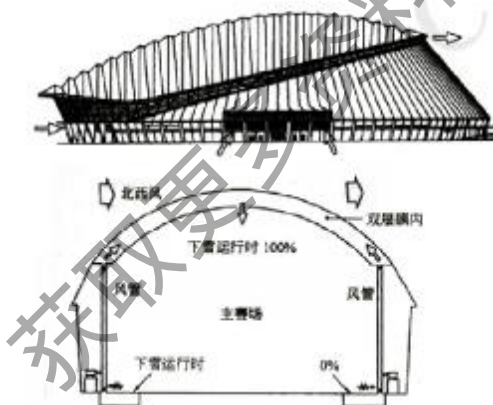
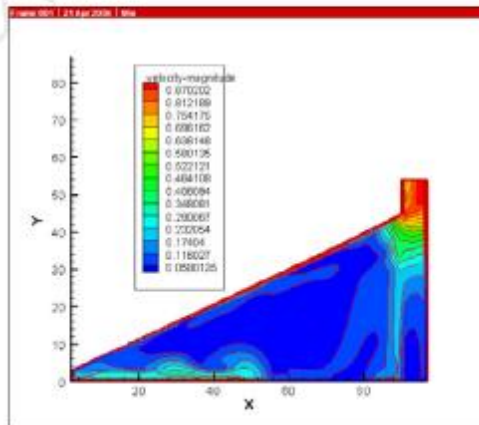
图5-18 札幌公园穹顶^[22]

图5-19 哈尔滨梦幻乐园CFD分析

Fig. 5-18 Sapporo community dome Fig. 5-19 Harbin dream fairyland CFD analysis

一言以蔽之，环境为大空间公共建筑提供了个性构思灵感源泉，建筑师既要务实，就是要把握场址地形地貌等实体线索进行演绎；又要务虚，亦即

要选择适宜的气候突破口入手构思。只有这样才能找到大空间公共建筑生态化设计的不二法门。

5.2.2 集约的有机建筑体型

没有理性的力量，建筑只不过是一种玩弄形式的空洞游戏；而不受非理性因素启发的建筑也只不过是一项乏味的工程。——密斯·凡·德·罗

“建筑是地球引力的艺术”，大空间公共建筑则是其典型，同时其体量与周围环境相互之间也不无影响，而且相当可观。传统大空间公共建筑体型设计仅满足于从无到有的飞跃，却忽视了空间景观创造、运营生态、适宜优化等多元化的需要。因此生态化大空间公共建筑体型设计应统筹“上下、左右、前后”多维文脉的全面关照，所谓“上下”，即是对场址与气候的积极应答，所谓“左右”，就是对周围自然环境的融合考虑，所谓“前后”，意即对历史环境的协调呼应，而非只是解决重力问题的单向思维。

5.2.2.1 建筑体型的适宜化 欧几里德几何是人类出于认识自然简化研究的目的，但这种简化的依据首先是工业建造的便利要求，而不是人的实用要求，如果真正从人性自发，由功能（而不是建造）决定形式的话，合理的空间形式决不一定是六面体的空间。特别是大空间的活动区域恰好集中于底部，而上部多为非使用功能的视觉空间，在量的要求上具有一定的弹性，可多可少，对其形态也无硬性规定，可方可圆。这就使千篇一律的六面体大空间失去功能本体内容支持的合法性。而大空间公共建筑的多功能通融性和兼容性使其可能具有一种空间原型，即视觉空间的通约化结果。正是这种大空间原型的存在及其对功能的适应性，才给了基于环境影响的大空间公共建筑体型创作巨大的灵活性。

5.2.2.2 建筑体型的环境优化 1、基于空间几何学的体型系数优化

体型是建筑作为实物存在必不可少的直接形象和形状，所包容的空间是功能的载体，除满足一定文化背景的美学要求外，其丰富的内涵令建筑师神往，是反映建筑类型、特征、性质、风格、科技水平和社会背景等的标志。它是根据内部功能、用地条件、环境关系等来决定的。

由于天生集中而超尺度的体量，大空间公共建筑体形对能耗的影响很大，因此建筑体形的合理选择关系甚大。从建筑节能角度出发，单位面积对应的外表面积越小，外围护结构的热损失越小，这一特性可用体形系数来描述。因此将体型系数控制在一个较低的水平是其气候优化原则的重中之重。

体形系数S即指建筑物与大气接触的外表面积 F_0 (m^2)和其所包围的(包括地面)体积 V_0 (m^3)之比值,即 $S=F_0/V_0$ 。体形系数越大,说明单位建筑空间的热得失面积越大,能耗就越高,研究表明,体形系数每增大0.01,能耗指标月增加2.5%。因此我国《民用建筑设计规范》对建筑形体参数规定应控制在0.3以下。

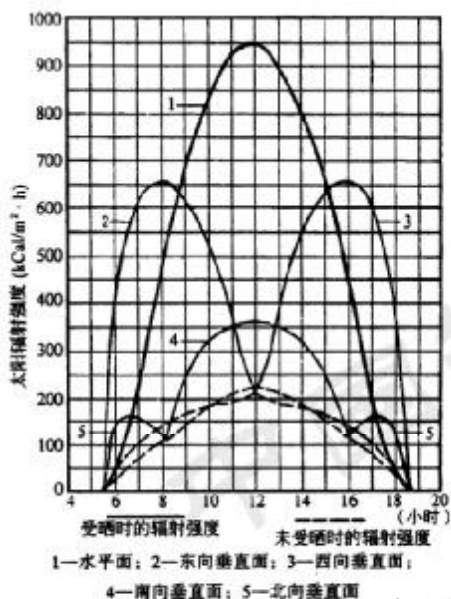


图5-20 夏季各朝向太阳辐射强度值^[119]

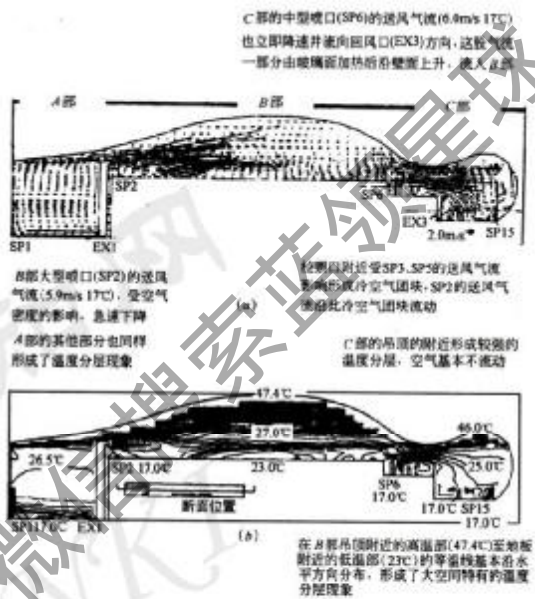


图5-23 大阪关西机场航站楼CFD模拟^[22]

Fig.5-20 Radiant intensity of all directions in summer simulation

建筑的得失热受室外综合温度影响。所谓室外综合温度是由太阳辐射所产生的当量温度和室外气温之和,也即建筑受太阳辐射和室外气温两个热源的共同作用。气温对任何朝向的影响是相同的,但太阳辐射热的影响就不同了。图5-20是在南方夏季对各朝向面接受太阳辐射的强度实测结果。其中建筑水平面受到的太阳直接照射的时间最长,接受的辐射强度不论是一天的总量,还是一天24小时的平均值,或是最大值,都比其它朝向的垂直面大;其次是东、西垂直面;最小的是北向垂直面。而且各项辐射值有它的对称性。如东向垂直面对称于西向垂直面的辐射值;水平面、南向和北向垂直面的辐射值,上午和下午都以中午12时相对称。与此相对应,水平屋顶室外综合温度最大;其次是西墙面。从这个角度来看,大空间建筑体型设计时应着重尽量减少屋顶和西墙的面积,使不利外表面积最小化。

根据空间几何学可知,同样体积的不同形体,以球体的表面积最小,而立方体、长方体的体型系数渐次增大。而大跨平面结构的强度、刚度方面的劣势也使六面体在大空间中作为不大,因此大空间公共建筑大多采用空间曲面屋顶,特别是屋顶与墙体一气呵成的一体化形式备受青睐,并且在平面布局上外形不宜凹凸太多,尽可能力求完整,以减少因凹凸形成外墙面积大而提高体型系数。圆形平面的名古屋穹顶(图5-21)、椭圆型平面的黑龙江速滑馆等都选用简洁大气的空间曲面体型,其目的就是要减小体型系数。当然体型系数过小,将制约建筑师的创造性,使建筑造型呆板,平面布局困难。因此设计中应权衡利弊,兼顾造型原则,尽量控制体型系数。

图5-21 名古屋穹顶^[120]

Fig. 5-21 Nagoya dome

图5-22 长野白环体育馆^[122]

Fig. 5-22 Nagano white ring arena

2、基于空气动力学的有机流线化

由于一般大空间建筑基地相对开敞,环境的风流场就决定了建筑体型,建筑迎风面受压力作用,为正值;由于建筑物大多为非流线型即钝体,背面、侧面和屋面角部会产生一定的漩涡,从而引起吸力,为负值。在边界层风作用下,对钝体建筑物正面,气流对该表面有向下流的趋势,而且绕两侧和顶面流动,大约在建筑物2/3高度处,气流有一正面停滞点,气流从该停滞点向外辐射扩散:在该点以上,流动上升并越过建筑物顶面;在该点以下,流动向下并流向地面;在该区域,其动能比同一水平高度的来流大,因此它可以呈现反风向流动,能量逐渐损失直至在地面分离点处于静止。^[121]同时大空间建筑对风流场也产生巨大的反作用,突兀不利的体形将恶化风环境。因此设计时应遵循这种客观规律以减少与生态环境之间相互的负面干扰,增进环境的有序化。长野冬奥会白环体育馆(日建设计,1996年建成)综合考虑当地强劲的风场,滑冰比赛以及赛后的运营要求,设计成流线化的扁球状体型。曲线形体在建筑周围对气流产生引导,使其和缓的通过。这样气流被建筑边缘的可开启窗扇所“捕获”,帮助实现自然通风;并且避免了

由于气流在高大建筑前受阻，在建筑周边产生的强烈下旋气流和强风，减小了巨大建筑物给人带来的不适。从整体上看，该馆就象从场地两边的两条河中生出的晶莹的水滴，从侧面呼应了环境（图5-22）。有机流畅的形体是对生态环境与功能、技术要求统筹应对后真实的表达。

大空间公共建筑生态化设计的新内容是大自然的法则将决定其形状和运营，并更为确切的将其流程具体化，如能量的流程、空气的流程、光线的流程、水的流程等。这标志着建筑师对非固定形态的建筑隐性要素如气流、能源的态度发生了变化，从简单几何学的生硬规定到复杂形态。在设计概念中，被动因素和决定因素发生了位移，对于建筑的造型不再有习惯的假设，设计中原先被限定的对象更积极的成为了固化构型的原动力。大阪关西空港航站楼设计基于人工岛选址中经常性的台风，采用了“几何轨迹论”，建筑造型主要是根据气体流动动力学的研究成果而来的，其流线形体型是对外部风流场的本体应答，同时也是候机厅空调气流轨迹的景观映像。气流的自然流动规律决定了空间形式，四层大空间结构、室内景观以及机械系统整合而成的开放式管道的使正保持新风的分布是均匀的，其高度由烟气储藏所需要的空间来决定，因此确定了从位于空间一侧高处的喷口出来的新风穿过空间的准流路径，其空间形态就水到渠成，而且使建筑内外有机一体。其气流分布及温度场计算机辅助数值模拟验证了方案的合理性和可行性（图5-23）。而航站楼有机浪漫的体型却是空气动力学与现场环境的理性演绎的结果，其能量随着建筑形式而流动，建筑形式随能量流动的需要而改变。通过这个设计可以看出结构体型设计的源动力来自空气流场的路径。

由于建筑物与周边环境的关系只能基于其实际环境状况来评估，因此并不存在可重复使用的种类或通用的结构体系。札幌穹顶的巨型银灰色穹窿形屋顶特征明显，就像一个漂浮在空气中的巨型“气泡”、或一颗静卧在大地上的巨型水滴，简洁流畅的体型与北海道广袤的地域景观十分相宜。利用空气动力学原理，其流质塑性的穹顶形状通过计算机及实物模型风洞试验而确定，屋面设计成可防屋面积雪、减少风力影响并适应棒球飞行轨迹的抛物曲面造型，冬季的主导风被流线形穹顶引走，从而减少了寒气对室内环境不利影响和供暖能耗（图5-24）。^[123]基于空气动力学分析的设计程序为大空间公共建筑的个性塑造提供了科学注脚，这与热衷于建筑的风格及美学层面而形态不佳所导致的性能缺陷则依常能源和设备来解决的思路截然不同，技术是前期优化设计的开路先锋而非后期解决设计缺陷的“创可贴”。

大空间公共建筑生态化设计的创造必须以理性设计程序为基础，从计划一开始就针对建筑问题进行分析，进行实验性的研究并在优化的过程中加以综合解决，林茨中心（Thomas Herzog设计，1989年建成）把空气体积减到最小是最初设计目的之一，室内高度限在12米，但并非室内每处都要求达到此高度，所以屋顶结构设计成一个扁平的、由玻璃表面覆盖的拱，覆盖204×80米范围。其最终形式是通过风洞试验确定的：首先制作了包括设计地段周边建筑现状在内的模型，然后依照当地气象条件，与空气动力学家、物理学家共同对模型进行风洞仿真试验，依此模拟由周围城市现有轮廓和当地气候条件影响下经过建筑屋顶的气流状况。而且建筑中部顶端的导流板的形状也是这样确定的（图5-25）。因此建筑物特别的设计成流线型，是直接基于当地气候的背景分析。

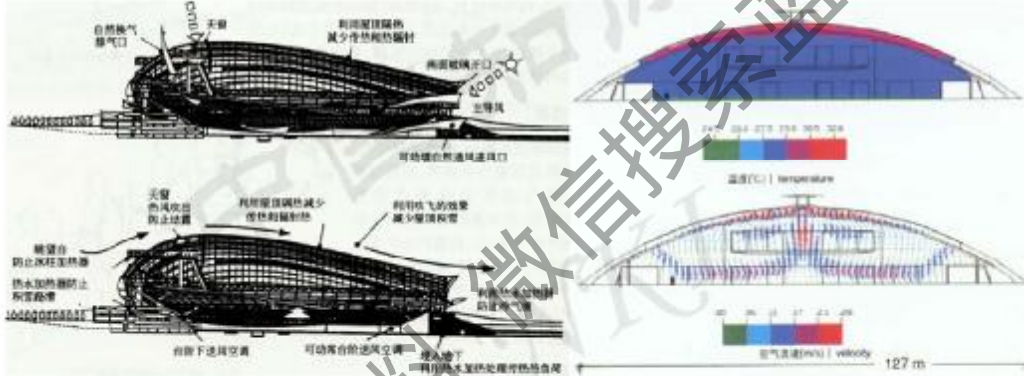


图5-24 札幌穹顶^[22]

图5-25 林茨设计中心CFD模拟^[59]

Fig. 5-24 Sapporo dome

Fig. 5-25 Linz design center CFD simulations

当然除了气候作用以外，场址现状干扰对建筑体型也能产生较大的影响。札幌公园穹顶屋顶设计成倾斜形状是有其必然性的，主要是为了减轻隔音效果差的膜受到的东北方向直升机场噪音程度。尽管仅仅依靠优化体型的建筑手段在很多情况下并不能塑造出理想的建筑环境，然而良好的大空间公共建筑形态却能使室内物理环境接近生态要求，从而降低了通过设备对环境的修正量，从而达到生态高效的目的。

5.2.2.3 建筑体型的主题景观创造 大空间公共建筑作为以城市背景为“底”的“图”，其体型个性的有机创造一直是建筑师心中挥之不去的情结。尽管合理的空间原型数量有限，但通过建筑师的加工，大空间公共建筑的景观仍将演绎出异彩纷呈的图景。由此可见建筑师的构思对于其个性塑造而言可谓画龙点睛之笔。

自然形态无疑是生态的形态，其深层的内在和谐绝非人工形式轻易所能达到。人类出于提高生产效率的目的而对建筑形式进行归纳和简化，由朴拙自由的手工业形式走向精致规则的机器工业形式，逐渐远离自然。自现代主义建筑以来，所谓建筑形式的“理性”往往与其视觉可认知的规律性紧密相联系，“形式愈是规矩及单纯，愈容易被感知和理解，”认为建筑的不和谐因形式无秩序可循而致。^[124]然而人类对自然界内在规律认知的范围是非常有限的，而且内容的规律性并不一定折射形式的规律性。很多高效生态的方式在人们看来并不符合视觉的审美习惯，因为生态和效率是事物和环境之间深层的和谐关系，而不是表面的现象。这就给建筑师的主题发挥留有余地，反过来主体的创作也给中规中矩的大空间公共建筑景观平添了几分韵味。西班牙坎那瑞岛的特尼瑞夫会展中心（Santiago Calatrava设计，1996年建成）整体上勾起在海边休息的海鸟的意象，建筑的各部分唤起肋骨、翅膀、嘴巴的意蕴（图5-26），这种审美效果因形象与环境的结合和细部的精到而倍显强烈，该中心是形意寓合的佳作。北九州岛梅地亚穹顶（菊竹青训设计，1999年建成）外观采用流体力学的形式象征性地表示自行车比赛所具有的速度感和空气的流动感，展现了面向地球环境时代发展的“自行车城市”的姿态。其独特的形状，简直就像是自行车选手的头盔，自行车选手在冲击时，头盔保护选手的头部，整流风力减少阻力（图5-27）。

图5-26 特尼瑞夫展览馆^[125]

Fig. 5-26 Tenerife exhibition hall

图5-27 北九州梅地亚穹顶^[126]

Fig. 5-27 Kitakyushu media dome

而同为室内棒球场的大阪穹顶与名古屋穹顶却大异其趣，这其中建筑师的个人艺匠使然：前者通过场地上部大屋顶的四周设置环绕起伏的小屋顶的二重屋顶构造，表现超级复合体的同时，观众对内部所进行活动的感动和兴奋也溢于言表。其外墙也随着屋面起伏而变化，并且有一种带有阴影的尺度感，充分考虑了与将来形成街道的协调。^[127]与这种富于张力的感性表达相

比，后者显得更为理性，具有日本建筑独特的沉静韵味。

诚如密斯所说，“形式不是设计的目的，形式只是设计的结局。”建筑师用正确的方法通过合理的途径达到优异的成果是水到渠成的事。只有返回最基本的完美性，真理和美才能满足。基于空间几何学和空气动力学的集约优化的建筑体型，彰显了生态化大空间公共建筑的内在合理性，而建筑体型的主题景观创造则使其摆脱了工业产品的模式，增强了其艺术韵味，并且成为生态化大空间公共建筑的外显标志。

5.2.3 理性高效的结构优化

当一座建筑的形象是由它内在的、独立的、仅属于自己的情感所支配而不受外在条件的影响时，不管它表现为一种粗糙的原始形式或优雅纤细形式，它都是完整的有生命力的。——歌德^[128]

5.2.3.1 结构与空间形式一体的真实建筑观 材料，源自拉丁词materia，指构成或用来建造东西的物质。结构也源于拉丁文的structura，意为“排列”、“堆积”、“建构”、“构造”、“建造”。从建筑伊始，材料与结构就成为宏观建筑系统中的序参量之一，从某种意义上说，建筑就是用材料构筑的空间构成艺术，物质性是其根本特征。而建筑设计就是驾驭材料组织结构空间的过程，材料与结构二者相互缠绕交织在一起而不能孤立地存在，材料与结构形式的水乳交融是优秀大空间公共建筑的必要条件。在建筑师和工程师看来，“结构”是通过其组成部分间的关系而非通过组成部分本身来定义的，这种关系包括各种“力”的关系。对建筑材料的选用必须考虑到材料在其特定的空间位置所涉及的力学关系。“最佳结构有赖于其自身受力之形体，而非材料之潜在强度。”（托罗哈语）采用高强度材料只解决了问题的一个方面，还必须寻找形体合理的结构，使其能够充分发挥材料性能的潜力，达到材尽其用。所谓材料性能在此包括材料本身的物理特性和它所体现出的对人的感官作用（视觉、触觉等综合感官体验）这种外在表现。遵从材料特性的材料结构优化是大空间公共建筑生态化设计的本体问题之一。

结构是大空间建筑的首要基础，其对于常规建筑而言只是合理与否的问题，但对大空间公共建筑来说则经常意味着能否成立的关键。正是这种一票否决权，结构理性被吸纳到大空间公共建筑学的主流语境中。材料结构是Claude Perrault分类中实在美的典型，充分发挥材料性能的结构形式或说材料的最佳技术形态是大空间公共建筑造型与空间构思的主要根据。真正的形

式与功能、材料结构本体不是两张皮的剥离关系，形式不是肤浅的，结构也不是封闭的，而是相互依存、浑然一体。由此建筑师的结构思维对于大空间公共建筑生态化设计而言至关重要。所谓结构思维，意即以开放的结构视角思考建筑设计，通过全面地确定合理的材料结构形态，寻求结构与建筑的统一，形成结构因形式而精美，形式因结构而有力的良性互动状态。材料、结构和造型的统一是大空间公共建筑的根本所在，脱离合理结构支撑的大空间建筑形式也就失去了存在的根基，而没有优雅形式的结构充其量只是缺乏活力的材料堆砌。因此在大空间公共建筑中，“有两点必须做到忠实：一是忠实于建设纲领；二是忠实于建造方法。忠于纲领，这就必须精确地对简单地满足由需要提出的条件；忠于建造方法，就必须按照材料的品质和性能去应用它们……对称性和外观形式等纯粹艺术问题在这些主要原则面前只是次要的。”^[2]洞悉并忠实地表达大空间结构规律，继而在此基础上寻求优化和超越是大空间公共建筑生态化设计的正道。

5.2.3.2 基于全寿命周期原则的结构选择 建筑材料先天的决定了建成效果的基调，又关系到环境负荷的大小，因此应首先从全寿命周期原则出发进行筛选。除了以“蕴能量”为考量基准优先选择蕴能量低的木、石、天然材料外，更应重视后期运行和维护、拆除和处理的能量，这样才能全方位地实现全寿命周期效益最大化和负荷最小化。以一般的经济观念衡量，钢筋混凝土结构比钢结构更经济，有更好的适应性及耐用性，但从节能和环保角度考虑，钢结构比钢筋混凝土结构总能源消耗量和CO₂排放量分别少25%和40%，而且使用寿命结束后，钢材还能再循环利用，具有更大的生态优势，因此设计中应优先应用钢结构。

5.2.3.3 基于“奥卡姆剃刀”原则的结构优化 建构的意义在于建造本质的回归，由材料、结构和构造方式所形成的建构逻辑关系反映了建造的本质，它是建筑形式产生的依据和物质基础。因此依据结构规律的材料结构优化产生的高效形式具有内在合理性和生态意义。

“如无必要，勿增实体”的“奥卡姆剃刀”原则，认为在不同理论的竞争中经过认真比较，诸个理论中最简单的那个理论，就是比较美的理论，而美的理论就能在竞争中取胜。节约高效是生态学原理的核心，“最美的形式也是最经济的形式”对于材料结构也如此，这里的“经济”与密斯的“少”有相同含义，即简洁、合理、符合科学。

结构科学注重明确而清晰的逻辑关系和理性精神，以尽可能少的材料资源消耗取得尽可能大的建筑效益，并付诸逻辑的表达，是大空间公共建筑生

态设计的根本要义。大空间结构形式总是朝着将荷载产生的弯矩转变为轴向的拉力和压力这一方向发展,并且表现为结构的传力路线越短,越直接,结构的工作效能就越高,所耗费的建筑材料就越少。而且结构处于承受直接应力的情况比处于承受弯曲压力或偏心受拉与受压的状况时,能够更好的发挥材料的力学特征与效能。当然建筑师并非要直接进行精确的计算,大空间建筑形态概念与结构力学概念密切相关,建筑师应具有一种以直观为基础的“力学意识”,要运用建筑中的基本力学概念来进行粗略的推理和初步的判断。正是这种“力学意识”使大空间公共建筑设计获得了生机和活力,难怪柯特·西格尔说:“没有‘计算得出来’的建筑艺术,更没有从计算上可以看得出来的美学观点。建筑师对力学的了解,结构工程师对艺术的认识,都必须达到一个较高的层次,这种对话才是可行的、精彩的。”^[129]

建筑师运用结构的艺术可分为三个层次:第一层次表现为“无知者无畏”,当建筑师尚没有结构意识时,一般会以常规建筑手法设计大空间公共建筑,并施加个人不成熟的观念,刻意追求所谓风格和天马行空的形式;第二层次表现为“有知者有畏”,即建筑师产生结构概念后,未能深刻理解和把握结构规律的来龙去脉,设计陷入僵化的必然状态的误区而思想不得解放,不能充分发挥主观能动性;第三层次表现为“艺高人胆大”,即成熟的建筑师洞悉结构规律并能达到融会贯通,游走于自由与必然之间进行创作。这种否定之否定的螺旋上升规律对于大空间公共建筑设计师而言尤为重要。建筑师应在不断增强结构意识同时,不落窠臼地自主创新,结构规律并非僵死的知识,而需在实践中灵活运用并寻求超越。

1、整体构成层面的材料结构优化

在大空间公共建筑创作中,取决于不变的物理法则的因素正变得越来越重要。新形式发现之后,慢慢由研究予以改进,这种研究使形式更加接近真实,这种真实决定于支配着人类审美观的客观法则。结构技术的演进及其对建筑形式的影响所带来的“冲击力”毕竟要大于因循守旧的“惯性力”,通过总体结构材料用量的比较,可以看出结构技术进步对建筑的巨大影响。

整体结构体系是大空间公共建筑的骨架,其合理与否对生态效果的实现至关重要。结构的正确性与功能和经济的真实性一样,是形成建筑令人信服的美学价值的充分必要条件。建筑创新往往与非常规结构的非线性设计相关,建筑师和工程师必须充分认识其非线性机理,才能防患于未然,否则将重蹈西柏林会议厅双曲抛物面悬挑屋盖被大风吹倒和巴黎戴高乐机场2E候机厅坍塌的覆辙。结构的正确性是一种重力的传承关系,在这种传承关系

中，结构材料的效能得到了最大的发挥。大跨结构体系经过20世纪的长足发展，已经产生了薄壳、悬索、网架、空间桁架、膜结构等空间结构体系，空间结构的构件大部分都采用钢材。这些空间结构体系具有梁、刚架等平面结构体系无可比拟的高效优势，特别是网架和膜结构主导了大空间公共建筑的结构形式。当然每一种结构体系都有其不足之处，因此优势互补的杂交结构体系应运而生，如索与桁架结合的索桁架或张弦梁、索与膜结合的索膜结构等，都对材料结构的优化大有裨益。

A、索膜结构体系



图 5-28 丹佛国际机场航站楼^[121]



图 5-29 汉城奥林匹克体育馆^[21]

Fig. 5-28 Denver international airport building

Fig. 5-29 Seoul Olympic gymnasium

索膜结构体系从弗赖·奥托推崇“最少”的原始建筑学发展而来，这种建筑学“能将结构和装饰结合起来”，转换成现代建筑观，就是“轻的、节能的、灵活的、适应性强的”。索膜结构体系是节约结构用材的一种典型，它通过由骨架与覆盖其上的膜体共同组成的预张力的空间整体结构，将结构与建筑围合部分结为一体，最大限度地发挥了膜材料的承载能力，大大提高了结构力学效率，并且创造出一种既飘逸自然又刚劲有力的动人建筑形式，成为“形是力的图解”的最佳注脚。其中预张力是索膜结构的灵魂，其之所以能满足大空间技术要求，关键一点就是其有效的空间预张力系统。索膜结构体系具有易建、易拆、易搬迁、易更新、充分利用阳光、空气及与自然环境影响融合等特长，是21世纪生态建筑体系的宠儿。^[130]1967年蒙特利尔博览会德国馆第一次成功地运用了索膜结构。近年来，索膜结构发展很快，涌现出張拉式、骨架式、充气式等多种类型，膜材料也从最初的PVC、丙烯酸玻璃发展到更高性能的PTFE、ETFE等，其中张拉式索膜结构因几近完美地发挥了膜材的结构与围护效能而堪称其精华和代表，备受建筑师的青睐。丹佛国际机场航站楼（C. W. Fentress & J. H. Bradburn设计，1995年建成）屋盖就采用了17对张拉式帐篷膜单元，宽70m，长275m，因保温、隔热和吸音要

求，篷膜材为双层，间距60cm（图5-28）。由于所处环境气候恶劣又是地震区，多年的使用表明索膜结构良好的抵御灾害和生态适应能力。

B、索穹顶结构体系



图5-30 亚特兰大佐治亚穹顶^[131]

Fig. 5-30 Atlanta Geogia dome

20世纪80年代美国结构工程师D. 盖格尔从B. 富勒“压力的孤岛存在于拉力的海洋中”的张拉整体结构思想基础上发展而来的索穹顶结构，是由拉索和压杆及膜组成的自应力空间结构体系。这种结构体系具有受力合理、自重轻、跨度大和结构形式美观、新颖等特点，是一种结构效率极高的全张力体系。索穹顶结构体系大量采用预应力钢索而较少使用压杆，能够充分利用钢索的抗拉强度，并使用薄膜材料作为屋面，所以结构自重相当轻，并且结构单位面积的平均重量和平均造价不会随结构跨度的增加而明显增大，因此该结构形式适合于大跨度建筑的屋盖，能满足体育馆和展览馆等大跨度建筑的要求，有广阔应用和发展前景。

索穹顶结构首次应用于1988年汉城奥运会体操馆（直径120m，图5-29）和击剑馆（直径93m）。此后，M. P. Levy对Geiger索穹顶中索网平面内刚度不足和易失稳的特点进行了改进，将辐射状脊索改为联方型，消除了结构内部存在的机构，并取消起稳定作用的谷索，成功设计了亚特兰大奥运会的主体育场佐治亚穹顶（1992年建成，图5-30）。它是目前世界上最大的索穹顶结构体育馆，屋盖平面为235m×186m的拟椭圆形，索网采用三角形网格，特氟隆膜采用菱形单元以便形成具有足够的刚度的双曲抛物面全张力穹顶，用钢量仅34kg/m²，整体屋面呈钻石状，令人耳目一新。由此可见索穹顶的采用大大减轻了结构自重，提高了整体结构效率，而且对建筑形式也是一种革新。

C、攀达穹顶结构体系

由法政大学川口卫教授倡导的攀达穹顶体系为大跨度空间建筑在短时间内经济、准确的实现提供了非常有效的手段。攀达穹顶结构法并非只是一种施工方法，而是一种合理地选择施工方法的结构体系。其基本原理是在沿3列铰线折叠状态进行穹顶的组装，之后整体顶升，实现穹顶的最终状态后使之固定。其优势在于：1、大部分的作业都在临近地面的水平面上进行，不需要采用大量的临时脚手架或大型起重设备，能大幅度提高施工精度、安全性和效率；2、上升中的穹顶运动限于竖直方向，较吊装施工方式易于控制；3、与现场空中安装法比，不会产生累积的施工误差。这种结构方法可用于多种可能的平面形状和穹顶形式，而且穹顶的规模越大，其效果越显著。4、它是一个去掉了部分环向构件形成只有一个自由度的机构，其它方向的运动则受到约束。因而它本身可以抵抗风、地震等水平荷载的作用，而不必再增加稳定索或支撑杆件等其它保证稳定的措施。^[132]由此可见，攀达穹顶体系从建筑方案阶段就要开始考虑其实现性，在结构力学上强调力的流动，以最短的路径形成最合理的结构；在经济造价方面考虑用最少的材料获得最大的空间，产生最大的效能；在使用功能方面考虑使用者消耗最少的能量而同时又能够最大限度的得以利用。

圣乔地体育馆（矶崎新设计，1990年建成）是为巴塞罗那奥运会而建。在设计之初就考虑了利用攀达穹顶结构法以简化施工作业，提高效率，并从这种结构的技术特点和要求考虑建筑布局与造型（图5-31）。按攀达穹顶原

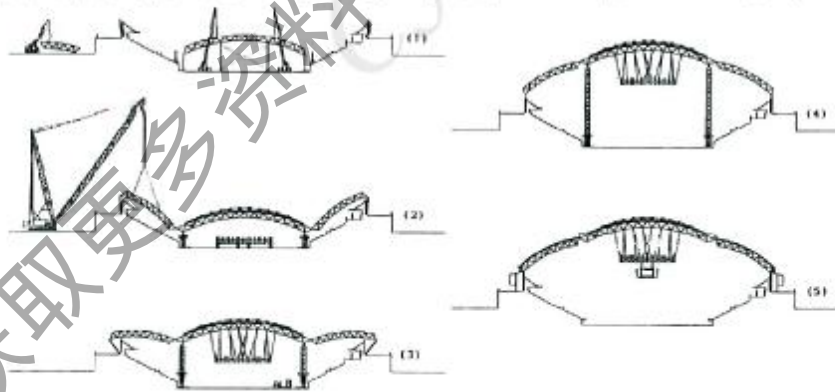


图5-31 巴塞罗那圣乔地体育馆攀达穹顶施工计划^[132]

Fig. 5-31 Bacerlona Saint Jordi gymnasium Pantadome construction plan

理沿水平向的铰线及纵向的临时分割线把网壳分为五个部分，中央为双曲扁壳，周围为四片弯曲的筒壳，整体形成微微起伏的外轮廓，与所在山坡相呼应。建筑空间和形象处理都以表达屋盖所采用的攀达穹顶结构逻辑为出发

点。拱起的屋盖在建筑立面上占据了主导地位，五块屋盖单元之间的连接部分处理成天窗，用于采光通风，形成的光影效果和质地变化清楚地表达了屋盖的结构逻辑和攀达穹顶顶升过程中的运动状态。

D、轴力穹顶结构体系

轴力穹顶结构是早稻田大学松井源吾教授的研究成果，认为穹顶各个构件仅受均等的轴向压缩力，因此通过用同一构件，统一接缝进行的单纯加工，可以很方便的组装或解体钢构架。轴力穹顶大大优化了传统的网架结构形式，并且是一种不问大小、形状都可以适用的专利技术。北九州梅地亚穹顶体育馆采用了轴力穹顶结构，其穹顶部分为长径208米，短径145米的椭圆形，使用可以看见应力的“摩尔法”确定形状。拱高与跨距之比分别为0.12和0.08，实现了超低拱高。为了确保屋面刚性，分散轴向力，网格桁架采用了梁高3米的双层桁架，上弦材相对于下弦材作 45° 转角，起到支撑的效果（图5-32）。与其它有代表性的穹顶相比，重量约减轻20%左右，并缩短了工期，可谓一举多得。

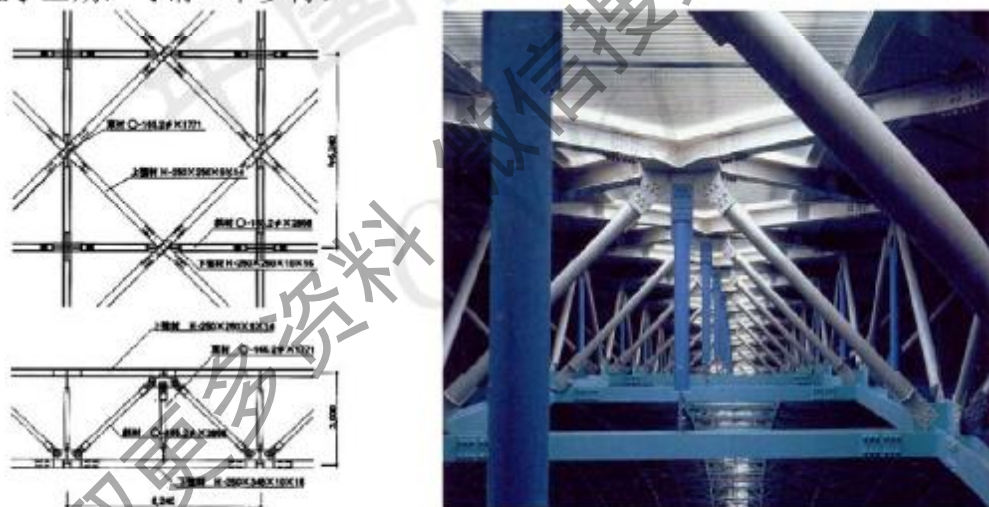


图5-32 北九州梅地亚穹顶轴力穹顶细部^[133]

Fig. 5-32 Kitakyushu media dome axis-tension dome node

2. 细部处理层面的材料结构优化

与有机多变的自然形态相比，简单规则的几何化人工形态常常不是经济有效的形态：比如人体腿骨的蜂窝式构造，其支撑力竟然是等重钢管的百倍。应该注意到的是，在计算机出现之前，由于类似的自由形式的设计和表达是极其困难的，形式设计的简化单调也就无法苛责。基于结构计算的粗略，建材组件的简易，设计绘图的原始，施工放样的便利，使建筑师在重重

约束下往往放弃繁复的形态，尽可能采用极简的设计。所以传统上简洁的结构与空间往往是不得已的选择，绝非不可动摇的建筑模式。由计算机开发出的数字式理性概念改善着人们的思维取向，理性思维已由原来生硬的形象变得有机化并接近于“自然思维”，这给建筑表达带来了新的契机，追求理性的结构表达已不再给人机械式的冰冷的印象，它正在成为建筑多元文化中一种自然的表达。这种微妙的平衡将传统的空间概念和这个科学时代相结合，拓展了建筑文化的范围，也给建筑空间艺术打上了时代的烙印。通过计算机可以设计出更有机、更合理的结构空间形式，这种优化设计与传统理性观念相冲突，但却符合生态高效的结构规律，理性表达不但没有成为悖论，而且因在更高的层面真实反映材料结构的社会技术内涵而拓展了真实意义的外延。

K.弗兰姆普顿强调在用物质材料开始建造时，节点就是最原始的建构要素，它本身构成了建造文化的独特性。因此当这种精神价值被注入时，一般的节点实际就成为本体的积淀物而不仅是连接了。“细节绝不应该成为建筑作品随便得以实现的无关紧要的建筑手段。建筑的全部构造潜能在于将它自身的本质转化为充满诗意而又具有认知功能的构造能力”。^[3]S.卡拉塔瓦把细部构造潜能挖掘到极至，其构件形态、节点构造独具个性，在解决工程问题的同时也塑造了形态特征。如组合梁、扭管门、人形柱、倾斜拱等，其构件均为变截面形，我们仿佛看到力量在构件节点间的流动和传递。卡拉塔瓦的构造节点是建筑空间和建筑结构的中间环节，它艺术地表达了一种物与物之间的关系，而且成功地体现了物与人的关系。基于材料结构性能和视觉心理的细部设计理性地将建筑结构的秩序传递至建筑空间，生成令观者视觉享受的主题效果，实现结构技术到艺术的升华。

5.2.3.4 基于真实表达天性质感的材料优化 在对于结构形式的探索以外，同样不可忽视的是对材料的天性质感或者说表面属性的关注，还事务本来的面目本身就是理性的要求。而在新的结构材料以及划时代的结构形式再次出现之前，这一属性事实上变得尤为重要，它直接关系到我们对于建筑的身体性经验。材料真实性表达，即表现材质本身的美，而不使用附加装饰，材料质感由材料自身及材料加工工艺决定。这种纯粹主义美学表达了一种蕴涵在材料背后的技术美的审美趣味。

艺术的潜力总是要借助于技术的方法来展现。随着材料技术的发展，受性能缺陷困扰的传统天然材料纷纷获得了新生，摆脱了形态上、规模上的使用限制，从而为在大空间公共建筑中的推广应用铺平了道路。集成材是利用自然木材进行加工形成的一种新型木质结构用材，在材料性能上有许多优

点：由于在加工过程中进行了充分干燥能够保证施工后构件尺寸和形状的稳定；其次板材剔除了缺陷并经过人工合理的配置及化学处理，成为一种工业化产品能够有效地避免自然木材无法控制的个体偏差，具有相对均匀的结构强度，并达到防腐、防火的要求；第三，集成材的尺寸和形状完全可以根据设计需要制造出大断面和各种形状的结构用材，使得大空间木造建筑设计成为可能。同时集成材由于在施工方法、节点处理和结构形式上突破了传统木建筑的框架，而与钢结构倒颇为相似。这种不解之缘催生了小材料木结构建构的大空间公共建筑。大馆树穹顶就是采用三维桁架并以集成材作为主要结构支撑体，集成材构件之间插入钢板进行连接，以保证节点的强度（图5-33）。该穹顶透过白色纤维膜柔和的光线与木材质相结合，有别于常见的钢结构体育馆，让人在巨型空间中也能领略到木材带来的宜人感受。

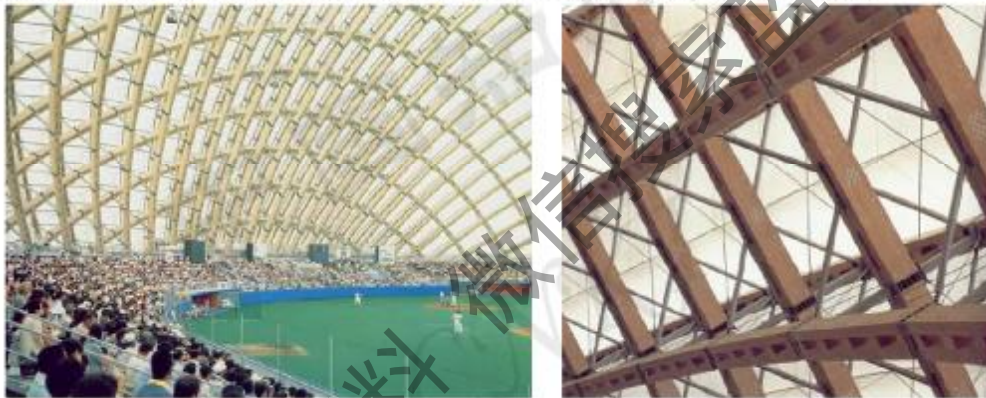


图5-33 大馆穹顶室内节点^[134]

Fig. 5-33 Odate Jukai dome indoor node

分层建造方式对于天性质感的探索提供了前所未有的便利，并且涵盖了建筑表达新的时代内涵，它创造出一种源自材料自身特质以及新的工艺方法的具体而独特的建筑。从功能的角度来看，各层位序对表皮综合性能的优劣具有关键作用。各层构件系统的位置不仅作用于其本身的功能效用，而且还会影响相邻构件系统功能的发挥。材料次序的安排应充分发挥各种材料性能，才能使系统综合性能最优化。从建筑的基本目标入手，充分调度设计的各种参数，发掘材料及其组合的深层潜力，忠实于材料本性并实现优势互补，达到整体性能的最优化。原先集维护、结构、表皮于一体的厚重传统材料逐渐被轻薄的高新材料组合所替代，材料复合化与真实表达在更高的层次上达到统一，其内涵和外延实现了新的超越。传统的自然材料由于其阻隔性能效率与现代材料不可同日而语，因此我们运用新材料是无需按照常规材料

的既定规则，并刻意模仿所谓的自然亲切感觉，而只能按现代材料的建造逻辑，表现新材料的精致科技的美学意蕴。建筑材料能在视觉上表现天然质感，其表现效果一方面来自材料本身的特征，另一方面来自于建筑师对其合理的运用和控制。现实中许多建筑师忽视了材料的运用法则，不是错误地把此种材料的手法滥用到另一种材料中去，刀米做馒头；就是做作地用贴面材料伪装有意义的节点和粉饰本就健康的肌肤，造成材料的浪费和美学的虚伪。对此建筑师应作清醒的认识，并理性地把握。

如果说前工业时代大空间公共建筑的特征是都渗透着真实生动的个性，工业时代则因标准化产品机械的大量复制而使其韵味萎缩。生态时代在计算机辅助设计和制造的帮助下，遵循结构规律和生态法则的材料结构优化使其效能大幅度提高，大空间公共建筑也因此重新获得了形而上的真实。

5.2.4 缓冲气候的开放生态界面

5.2.4.1 严酷多变的气候环境与气候设计 我国气候类型多样，在大部分地区属于东亚季风气候，冬季盛行干冷的偏北风，夏季盛行暖湿的偏南风，二者交替变更。与此同时，我国气候还有很强的大陆性气候特征，气温年较差大，冬季平均温度大大低于同纬度地区，大体上东北平均偏低 $14\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，黄河中下游偏低 $10\sim 14^{\circ}\text{C}$ ，长江以南偏低 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，华南沿海偏低 5°C 左右。而夏季，除华南沿海一带以外，其它地区都要比世界同纬度地区的平均温度偏高 $1.3\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，十分炎热；而且极端最高气温很高，从华北平原地区到江南地区，极端最高气温都超过 40°C 。^[195]气候相对严酷是不争的事实，这对于建筑室内自由气候控制非常不利，采暖和制冷的能耗在我国的建筑使用能耗中占相当大的比重，因此如何在内外环境之间求得协调稳定的平衡是生态建筑设计的关键。

气候设计是解决室外气候和室内适用环境之间的“偏差”的设计过程，其调控手段分为建筑气候控制和环境设计控制。其目标是创造出低能耗高舒适建筑，即在不降低人体热舒适要求的前提下，通过合理利用有利气候资源，消除不利因素影响，从而减少利用建筑设备的人工调节。图5-34表示了建筑设计手段调节室外气候并获得舒适的潜力，波动幅度最大的曲线代表了室外气候，第二条曲线代表通过室外环境规划使室外气候波动程度有一定的降低，第三条曲线代表了建筑的被动式技术控制气候的能力，室外气候的波动程度有了进一步的降低，横坐标轴表示了设备调控下的室内微气候环境，

是一条稳定的直线。可以看出，由于建筑的调控措施而减少了设备部分需要调节的那部分偏差。下述关系式表达了气候控制的本质：

室外实际气候条件—热舒适环境=需要的气候控制

需要的气候控制—建筑表皮的被动式调控=设备的主动式调控

从生态角度看，充分利用建筑气候调节能力获得适用环境的被动式设计方法无疑更具有建设性。建筑气候控制的意义不仅在于降低建筑能耗，更重要的是它辩证地理顺了室内外环境之间的关系，采用被动式的适应策略，从一个新的角度阐释了人与自然、建筑与自然的关系，摆脱了建筑自说自话的窠臼，对建筑形式的多样化和可读性，建筑传统的扬弃、地区风貌的创立与维护不无积极意义。

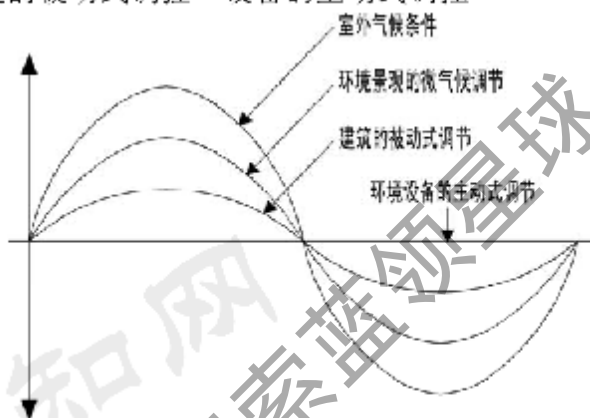


图5-34 建筑与气候的调节关系图

Fig. 5-34 Relation of building modulating climate

5.2.4.2 生态界面的应变整合计划

生态界面的建构是建筑气候控制的重中之重。将各种功能技术因素整合在单一的建筑外维护界面上，有效地抵御及缓解外部气候的不利影响，以达到节能、利用自然能源的目的，同时可以充分保证建筑内部的使用者与外界自然环境的视觉感受和心理交流，一举多得。气候不仅因地而异，而且因时而异，始终处在动态变化之中，没有全年都舒适的气候，也没有全年都恶劣的气候，气候总是在人体感觉的舒适与恶劣之间处于波动状态。

由于大范围的公共建筑设计向可持续发展的一个明显趋势是从以前的密集型技术装置到高效维护结构的转变，另一趋势是“被动制冷”的概念，即没有制冷设备的制冷，但以简化技术手段达到的“回归自然”。这两种趋势在外界面的优化整合中得到了充分的体现，并且合二为一。

如果说建筑是特定气候的调节器，那么建筑界面就是其调节功能的第一道本体皮肤，不仅是室内外空间的分隔部分，同时还必须满足视线联系、引进日光照明、自然通风、保温隔热、遮阳、预防眩光等功能。杨经文认为，建筑的表皮应该象一种“过滤装置”而不应仅仅是一个“密闭的表皮”。

^{156]}生态界面对环境条件的改变产生灵活的反应，既能开放有效地利用自然的有益部分，又能摒弃无用甚至有害的因素，在将能源的消耗调控在相应气

候结构所需的水平上的同时，有着无与伦比的健康意义。此时建筑物最重要的要素不再是承重结构，而是建筑的围护结构，它被设想成一种能量交换的媒体。建筑的内外物质能量的渗透与交流增加了界面的复杂性，各要素的组合、造型决定着室内的能源负荷、健康与舒适，也决定着表皮结构自身的能源与资源负荷。在生态学视野中维护界面中各种功能之间的错位、交叉重叠甚至矛盾使得以不变应万变的传统思路失去了合法性，所以建筑外界面活动的构造和可变的能量总穿透系数 g 值成为追求的终极目标，以便对特定的气候环境能作出积极的应变。

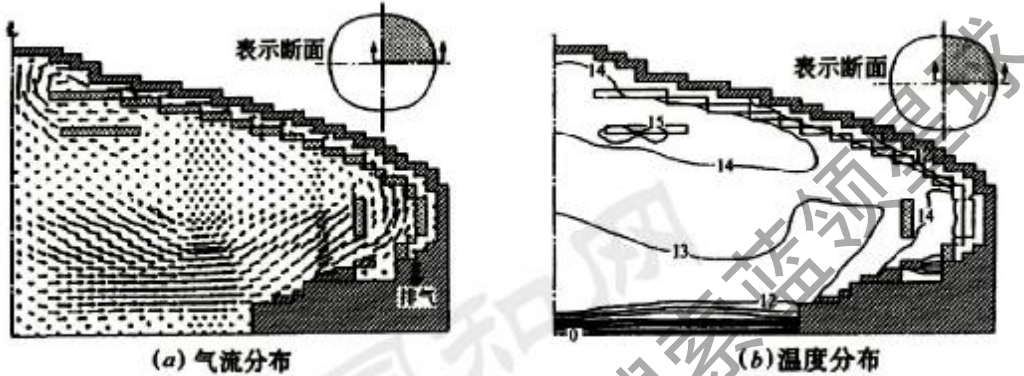
对于大空间公共建筑而言，生态界面的建构计划包涵双层屋顶策略、双层幕墙策略和综合应变策略三方面。

1、双层屋面策略

屋顶在大空间公共建筑中就其规模、作用而言都不是轻重，而且跨度越大，屋顶在维护界面中所占比重越大。屋顶是大空间公共建筑的形态变化最丰富、最具表现力的部分，也是建筑界面中受外力侵袭较多的部分，是建筑总体建构过程的技术瓶颈，即在多数情况下，建筑的形状首先取决于屋顶的材料和构造技术，而周边垂直界面的围合形状服从于屋顶界面的需要。特别是屋面与墙体浑然一体的曲面屋顶更具有无可替代的“第五立面”意义，获得了从隐到显的升华，因此屋面设计的合理与否直接决定了生态化大空间公共建筑的品质。界面将表皮各项功能分离，至少是将其中一些功能分离，目的是使建筑表皮各项功能最优化，满足日益变化的需求，创造良好的室内外环境。屋面承担着内外环境的分隔与交流的重头戏，基本功能包括采光、通风、抗冷（热）、防风、防潮、防晒、防炫光、视觉阻隔（流涎）、安全、防火、隔音等。其“隔”与“透”的任务之间看似矛盾，实则是辩证统一的关系，正是这种矛盾机制催生了双层屋面设计，它充分发挥了各种材料性能，具有互补优化的整合优势与缓冲作用，应验了现代美学范畴由一元向多元的转型规律。作为事物和现象发展统一的动态过程，整合与分化不仅是事物历史发展的标志，而且也是事物进化的普遍特征。整合居支配地位时，事物朝多样化的方向发展；分化占支配地位时，事物朝整合的方向发展。如果说大空间公共建筑的传统屋面倾向于经验性的整合，那双层屋面则是经过合理分离的高层次整合。

双层屋面是双层皮肤在大空间建筑中的特色表达，且高效整合了屋面的生态功能，使其获得了开放的表现力。体育馆的屋顶结构应具有较好的保温性能，传热系数应不超过 $1.163 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{C})$ ，否则会造成下降冷气流，影

响舒适性。国外资料表明，提高隔热保温性能所增加的投资完全可以由节省的能源费用来补偿，一般改善保温性能所增加的费用仅为总投资的3~8%，而节省能源可达20~40%。长野冬奥会白环体育馆通过设置双层屋面大大提高了屋顶保温性能，并且将排气从顶部流经双重屋顶夹层（间距为1米）后逸出提高了屋顶内表面温度，并减少了滑冰馆冬季供暖季节因屋顶冷却而产生



(a) 气流分布

(b) 温度分布

图5-35 长野白环体育馆双层屋面CFD模拟^[22]

Fig. 5-35 Nagano white ring arena double roof CFD simulation

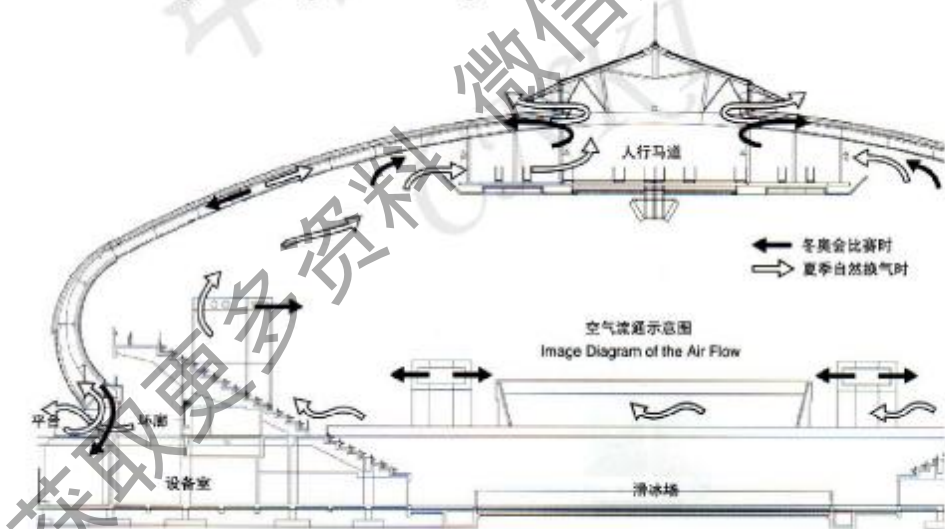


图5-36 长野白环体育馆双层屋面通风^[136]

Fig. 5-36 Nagano white ring arena double roof

生的下降气流的产生。通过计算流体力学（CFD）模拟证实了该措施可达到不易产生下降气流的效果，使在冰面上2~3米的空间内冷气流稳定的成层分布，屋顶内表面的温度与下部温度接近，气流速度已很小，使观众席温度维

持在13~14℃(图5-35)。冬奥会结束后该馆主要供市民体育运动使用,夏季、过渡季节观众不多时,双重屋顶又成为自然换气的通道,可将屋顶热负荷带走一部分;当观众多且有供暖要求时,通风夹层屋顶则可减少建筑负荷和改善热环境(图5-36)。

双层屋面策略对于热工性能不强而视觉效果突出的材料可谓一剂良方,有利于其推广应用。作为新型表皮材料,聚碳酸酯阳光板已被初步用于大空间建筑中。广州体育馆更别开生面地用其覆盖整个屋面,创造了一个轻松自然的室内空间(图5-37)。作为一种大胆的探索,勇气可佳,但这种对材料未加处理的简单做法显然考虑欠周——南国的湿热气候使其不可避免地产生夏季室内过热,导致空调系统负荷大大增加,加重了生态压力;材料本身隔音不利导致噪音过大,破坏了运动氛围;泛光的室内有违体育馆比赛厅“中部亮,四周暗”的采光原则,“这种光晕般扩散的光的世界,就像绝对的黑暗一样,意味着空间的死亡。”与此相对照,为了达到更理想的效果,2008年奥运会老山自行车馆中阳光板的表达更为成熟理性(图5-38)——玻璃天窗下



图5-37 广州体育馆室内^[137]

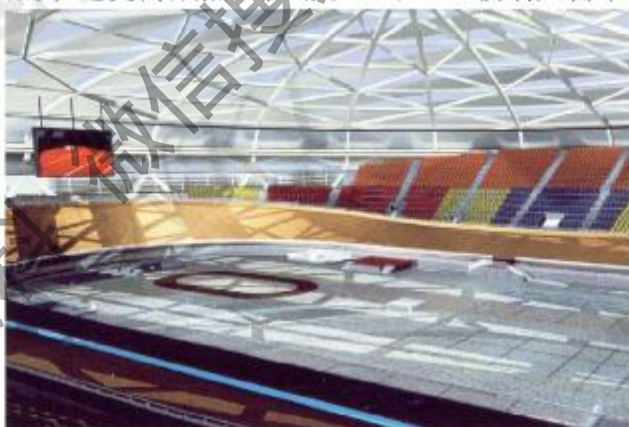


图5-38 北京老山自行车馆室内^[138]

Fig. 5-37 Guangzhou gymnasium inner Fig. 5-38 Beijing Laoshan velodrome inner
 面的屋面板采用智能调光的双层聚碳酸酯阳光板,在晴天的不同天光环境下,通过调节屋面板空腔内小百页的角度达到均匀进光的效果;阴雨天则把小百页完全打开增大进光量,同时利用双层板间空气隔层内的隔音膜把雨水撞击声降低;夜间再把小百页带有反射涂层的一面朝向室内,利用其反射灯具的漫射光线来照明,消除眩光对体育运动的干扰。这种建构真实地应对了北方建筑采光与遮阳、保温与通风的矛盾气候逻辑,同时艺术地弥补了阳光板自身隔音、隔热的缺陷。

2、双层幕墙策略

竖向维护界面在大空间公共建筑中具有更强的表现意义，其系统设计将各种技术和功能通过建筑手段完美地结合起来，在精致的建筑美学和结构设计之外，赋予了立面更强的功能性。立面设计和生态概念的结合最终体现在围护结构的保温设计和太阳能利用上，在注重能量动态平衡的同时追求内部空间的舒适性。这种站在人类生存高度的建筑表皮设计更加具有本体意义。

玻璃幕墙是大空间公共建筑的重要竖向选择之一，既保证了采光需要又沟通了室内外环境的视线交流，凸显了其公共性、透明性和民主性。只是由于玻璃对于太阳光“透短阻长”的特性，过度的玻璃幕墙若通风措施不力，又未能进行有效的通风就形成严重的温室效应，导致夏季室内温度不断升高；同时由于玻璃本身的热工性能不良，大量玻璃幕墙的存在冬季则易使

Polyvalent wall designed by Mike Davis (Richard Rogers Partnership, London)

- 1 Silica weather skin and deposition substrate
- 2 Sensor and control logic layer, external
- 3 Photoelectric grid
- 4 Thermal sheet radiator / selective absorber
- 5 Electro-reflective deposition
- 6 Micro-pore gas-flow layer
- 7 Electro-reflective deposition
- 8 Sensor and control logic layer, internal
- 9 Silica depositions substrate and inner skin

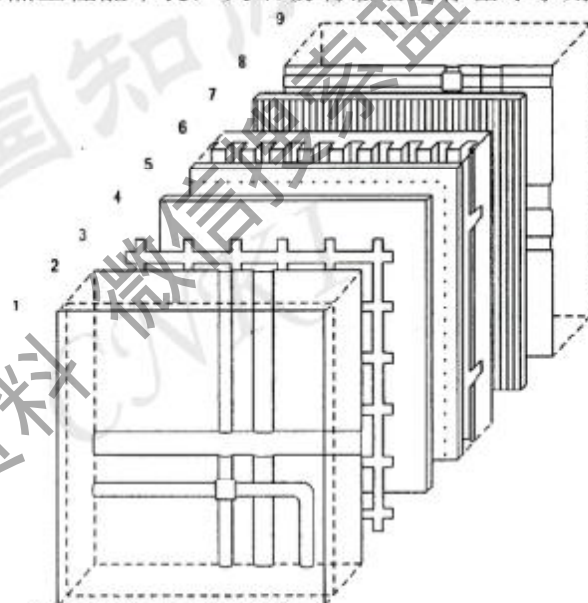


图5-39 复合功能墙^[139]

Fig. 5-39 Polyvalent Wall

热量散失而形成于人体不利的冷辐射。事实上，在开放性与生态性大行其道的今天，大片的玻璃幕墙已经变身成为一种超越物质功能的时代象征的符号躯壳，同时也日益成为建筑不堪承受的负累。反者道之动，增强热惰性而又减轻温室效应成为延续玻璃幕墙生命力的必然选择。对高性能、有一定适应性的表皮系统的持续需求，使外表皮从静止的系统转变为具有操纵器的多层系统。减少建筑能耗等的各种控制功能都将加入到传统的建筑表皮的功能中。Mike Davis（罗杰斯事务所合伙人之一）提出作为过滤器的外墙设想，把这

种多层玻璃结构称为复合功能墙，即一种高效的过滤式皮肤(图5-39)。而双层玻璃幕墙的出现无异于给大空间公共建筑的发展打了一针强心剂，注入了新鲜的血液和活力，在继承玻璃幕墙现代精神衣体的同时，其合理性内容大大增加。

双层玻璃幕墙是特隆比保温墙的变体。1966年法国Felix Trombe教授研制成功特隆比保温墙，这种被动式系统将深色的蓄热系数较大的保温墙置于南向玻璃窗内侧，使其白天充分吸收太阳能，并将热量传导到墙体内部，形成热能的延时传递。这种被动式系统保温隔热性大大提高，同时有效地利用了太阳能，因此特隆比保温墙适用于需要太阳热而不需太阳光的情况，对于夏季建筑西向的遮阳与隔热更为有利，如图5-40所示构造统筹地整合了界面隔与透的功能矛盾，而且工艺简单，值得在大空间公共建筑设计中大范围推广。更有甚者，通过一种使热量只进不出的半透明外墙保温材料TWD，即将一种两面为浮法玻璃、中间填充有半透明热阻材料(PMMA)的预制板材放在涂成深色的墙体外部，可高效吸收太阳辐射的同时又有效地阻止热量外溢，^[140]是特隆比保温墙的升级版。

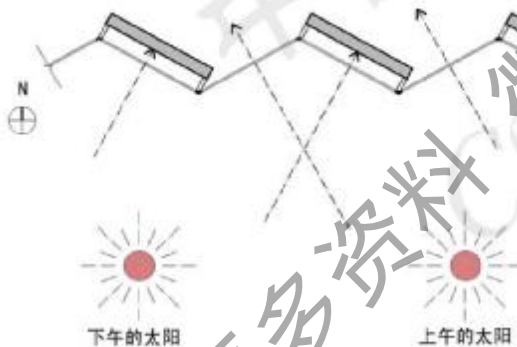


图5-40 特隆比墙组合应用

Fig. 5-40 Trombe wall application

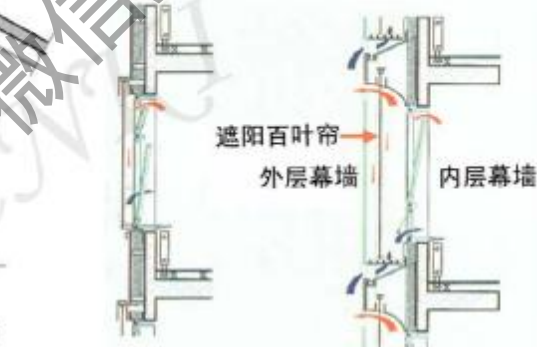


图5-41 双层换气幕墙与传统幕墙区别^[141]

Fig. 5-41 Difference of double-skin

ventilation wall and traditional curtain wall

与此同时，特隆比保温墙原理对于玻璃幕墙这种热惰性较差且接受太阳辐射不当的材料构造无疑是一种福音，双层玻璃幕墙借鉴这一原理，将内部实墙变成内幕墙，一般采用明框幕墙或活动窗，或开有检修门、便于维护、清洁；外幕墙可采用有框幕墙或点支式玻璃幕墙。内层与外层幕墙之间形成一个封闭的热通道，从保温隔热、隔声、工艺性和清洁维护的要求出发，其宽度一般150~500mm。同时可将遮阳百叶置于双层玻璃之间，通过电动智能调控以动态适应室外环境变化和室内需要(图5-41)。双层玻璃幕墙按空气流

动方式的不同,可分为完全封闭式幕墙、封闭式内通风幕墙和开敞式外通风幕墙。前者指内外幕墙均封闭,内部空气不能流动,因此仅增加了热工性能和隔音性,但对于防止温室效应却无所作为,推广价值不大。封闭式内通风幕墙是指外层幕墙完全封闭,其空气流动循环过程均在室内进行,使得内层幕墙的外表面温度接近或者达到室内温度,减少了采暖和制冷的能源消耗。这种形式的幕墙对采暖地区更为有利,但它的空气循环依靠机械系统,对设备的要求较高。开敞式外通风幕墙是指室外新风从外层幕墙下部的进风口进入,然后从外层幕墙上部的排风口排出带走热量,而内层幕墙则完全封闭。后者完全依靠自然通风,不需要借助于专用机械设备,运行和维护费用较低,更具有节能优势。该构造的关键是外层幕墙底部与顶部均设置进风口和出风口,夏季遮阳百叶吸收的太阳热量使幕墙内部的空气受热而发生对流循环运动,通过上下开口的“呼吸”形成热压通风而被动降温,力求避免温室效应;冬季则关闭开口,由于双层玻璃及内部静态空气隙的存在,大大增强了幕墙的热工性能,同时又利用了温室效应,而且隔音性能优异。研究表明:当外层玻璃上开口面积占外表皮总面积10%的情况下,隔音效果可以增加3~6dB,当开口面积仅占5%时,内表皮的面音可以提高10dB。^[136]

由于双层幕墙造价通常远远高于单层表皮,并需要一定的技术支持,因而目前在我国应用较少。但是,从长远来看,在达到相同舒适度的情况下,具有多层表皮的建筑其能源消耗的费用却远小于单层表皮的费用。经济因素的评价应对建设费用和维护费用综合考虑,而不能简单判断。在深圳大学城体育中心设计中,建筑师从全寿命周期的经济费用及温室气体排放量角度出发,结合南方夏季潮热的气候特点,设置了双层玻璃幕墙,有利于运行能源的节约和室内空间环境的生态改善,也是对竖向界面生态设计的有益尝试。

当然,国内从南到北大空间公共建筑一哄而上的全玻璃幕墙风也并非理性选择,即便全置换为双层玻璃幕墙也非上策。因为毕竟不是所有朝向都需要如此通透的界面,也不应该利用玻璃幕墙。不可否认,人类从事建造的最初冲动纯属实用性的,任何企图“证明”它最初的建筑是象征性的努力全是痴心妄想——但这并不是否认一旦人类抽象思维的能力得到发展后,建筑作为象征的重要性。从这个意义上讲,建筑设计在其合乎日的方面实际上表现得更为宽泛一些。在照明能耗、供热能耗与空调能耗之间存在着平衡点。照明所消耗的能耗会因增大窗墙比而减小,当窗墙比面积小于35%时,这种变化非常显著,但窗墙比大于40%时,天然采光对减少照明用电能耗并没有太大的优势。因此更理性的对策应是根据朝向和气候选择适宜的界面,西向

就应利用更合理的特降比保温墙，可有25%~30%的窗户面积，北向则不应采用大面积玻璃幕墙，30%~40%左右窗墙比较为适宜，南向与东向将双层玻璃幕墙与特降比保温墙的结合似乎更为合理，最佳窗墙比约30%左右，如不需大量采光处部分内层玻璃置换成蓄热系数更大的墙体其竞争力会更强。

3、综合应变策略

建筑界面需要在保温隔热与通风、采光与遮阳等基本功能之间寻得平衡。而如何在建筑设计中将立面设计因素组织起来，在满足这些基本功能的同时，创造出美观舒适的建筑环境，正是建筑师进行节能设计要面对的任务。如果说单纯双层立面和双层幕墙是大空间公共建筑生态界面极值的话，那么其应变界面在大部分情况下是多种因地制宜策略的优化组合，毕竟条件与需求的错位情况千差万别，用一种模式化的手段去应对显然不合理，而且单一策略的作用是有限的，大多数情况下并非达到目的的最佳选择。在建筑表皮中，不同部位对材料性能通常会有不同需求，几乎没有一种材料能够恰好完全符合这些要求。因此，普遍只采用一种或两种材料会造成功能的不完善，或是以材料的浪费为代价来满足功能需求。而通过表皮的分离整合能够根据不同部位对性能要求的不同而选择相应的材料，使之充分发挥本身特性。表皮的综合性能直接依赖于被分离开的各层构件系统的功能。只有当各层内部功能达到其对应的功能目标，表皮的综合性能才有可能最优化。多元

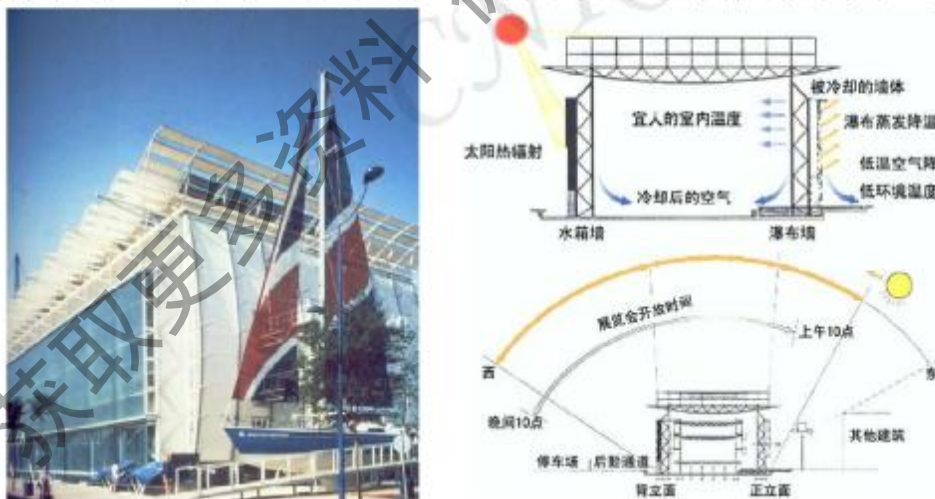


图5-42 塞维利亚博览会英国馆^[142]

Fig. 5-42 British pavilion

目标和多价策略的统筹调度更为高效合理，而这种搭配效果直接反映了建筑师设计水平的高下。塞维利亚博览会英国馆（Nicholas Grimshaw设计，1992

年建成，图5-42），用高技术语言和太阳能技术组合演绎了一个现代的水晶宫，重新阐释了适应当地干热夏天的本土建筑，当地的气候难题被转译成建筑上的语言——水幕、水池、喷泉、遮阳帆布、光电板屋顶。东向是一面高18米、宽65米的水墙，通过水的循环往返把外墙上的热量带走达到降温的目的。西墙受太阳辐射较强，采用由装满水的船用集装箱充当的高蓄热材料作墙体，犹如一面巨大的热量调速轮，以吸收热量作为建筑的补充能量来源。在南、北墙上，设计师又采用了外张拉结构挂上了白色的PVC织物做遮阳之用，弯曲的桅杆上片片织物犹如白帆，充满了抒情的诗意。屋顶上则在一个朝南的纤维天棚上安装有一排太阳能光电板，其得到的能量用于让26组潜水泵把东墙的水提起。这个建筑虽然采用了看起来耗能的水瀑布以及大面积的玻璃，但实际耗能量仅为一般同类建筑的1/4。由此可见，综合应变策略不仅具有创造多样化形式的优势，而且在性能上也并不逊色。

对于不同目标的追求往往导致各种策略之间的重叠或矛盾而失之于片面，植被屋面则有效地将这几个目标整合为一。事实上，界面植被化是综合应变策略的特殊形式，借助天然材料和植被的优良性能，它理顺了室外热源与室内热环境的关系，实现了室内外热环境的协调优化。实测结果表明，种植屋面和普通刚性屋面比较，有若干分显著的降温效果。种植屋面外表面温度日均值比普通屋面低4.61~7.20℃，种植屋面外表面温度波幅非常小，始终在28.35±0.75℃范围内波动；而普通刚性屋面外表面温度则极其敏感地随室外温度变化。种植屋面在夜间九点左右屋面板外表面达到最高温度，内表面温度变化平缓，较普通屋面平均值低约1.3℃。^[143]植被屋面从发挥天然材料的优势出发，省却了对环境负荷较大的高新材料，且技术简便易行，避免了技术、经济方面的高门槛，同时对城市物理环境也贡献了难得的绿化空间，不失为大学间公共建筑生态界面设计的一种可行的选择。

如果说有机合理的体型用粗线条勾勒出生态化大空间公共建筑轮廓的话，那么集约高效的界面则刻画出细腻深入的表情，为其平添了精致生动的风格韵味和禀赋各异的个性气质。生态化大空间公共建筑界面设计是一个系统的设计，需要各个构件材尽其用，并且整体有机地配合才能达到最佳的生态节能效果和降低造价。结合双层屋面策略、双层幕墙策略和综合应变策略的气候设计为大空间公共建筑的生态界面探索提供了有益的样板，并且在此基础上，根据工程实际情况还将演绎出更为富有个性和张力的形式。

5.2.5 建筑构造多功能复合

在前科学时代，实践、技术和科学之间的主导作用传递模式可概括为：实践——技术——科学，建筑科学主要产生于人们对技术经验的归纳和总结。而工业技术社会时期，三者之间的主导传递模式可概括为：科学——技术——建筑生产。建筑构件均起因于某种具体实在的功能，随着科技的进步，建筑构件通过功能的分化与整合，升级为集多功能于一体的有机单元。


窗户是建筑界面中热工性能最薄弱的环节，一方面要保持室内适宜的气候，避免夏季室内过热和眩光的始作俑者——过量阳光的不利干扰，另一方面又要充分利用太阳能、空气等自然资源，在这两者之间的取舍关涉到生态设计的合理性问题。对此建筑设计有两种方法，即遮阳策略和光电策略。

5.2.5.1 遮阳策略 1、遮阳设施的分类

诚如奥格雅所说，“即使是那些最简单的遮阳办法，只要精心设计，同样可以成为高效率的太阳辐射的控制器——夏季遮蔽太阳辐射，而冬季却能把热量带进室内。”^[14]遮阳设施可分为四类：①利用绿化的遮阳；②结合建筑构件处理的遮阳；③专门设置的遮阳；④各种热反射玻璃如镀膜玻璃、阳光控制膜、低发射率膜玻璃等。其中①经济有效，天然生态，或在窗外种植蔓藤植物，或在窗外一定距离种树，但前者需要有足够承重能力的粗糙质感墙面，因而适于窗墙比较小的墙面。后者则需按照树木的直径和高度，根据窗口需遮阳时的太阳方位角和高度角来正确选择树种和数形及确定树的种植位置。②则较为有机地融入整体形式，只是不能随气候而变化，如加宽挑檐或窗套、设百叶挑檐、外廊等。③可分为固定式和活动式两种，前者多为混凝土遮阳板，而后者多为铝合金、工程塑料、玻璃等轻质遮阳板或百叶及遮阳织物篷等，可随时间和气象变化而拆卸或改变倾角状态。其中板状遮阳基本形式可分为水平式、垂直式、综合式和挡板式四种（见表5-1）。

表5-1 板状遮阳的形式类型

Table 5-1 Form type of adumbral ban

类型	特点	适用	简图
水平式遮阳	有效遮挡高度角较大的、从窗口上方投射下来的阳光	接近南向的窗口，低纬度地区的北向附近的窗口	
垂直式遮阳	有效遮挡高度角较小的、从窗侧斜射过来的阳光，但对高度角较大的、从窗口上方投射下来的阳光，或接近日出、	东北、北和西北向附近的窗口	

	日没时平射窗口的阳光无能为力		
综合式遮阳	有效遮挡高度角中等的、从窗前斜射过下来的阳光，遮阳效果较均匀	东南或西南向附近的窗口	
挡板式遮阳	有效遮挡高度角较小的、正射窗口的阳光	东、西向附近的窗口	

遮阳设施遮挡太阳辐射量的效果一般以遮阳系数来表示，除取决于遮阳形式外，还与其构造处理、安装位置、材料与颜色等因素有关。遮阳系数指在照射时间内，透进有遮阳窗口的太阳辐射量与透进无遮阳窗口的太阳辐射量的比值。系数越小，说明透过窗口的太阳辐射热量愈小，隔热效果愈好。一般而言，在阳光尚未进入室内之前就能进行阻挡对于遮阳节能最有效。将遮阳板（百叶）置于室外的效果显著优于室内，这与遮阳板通风散热有关，垂直悬挂的遮阳百叶，当采用外遮阳约30%热量进入室内，而采用内遮阳时提高到60%。^[145]同时其形式处理可极大丰富建筑立面形态。“作为一种立面的元素，一种建筑的构件，控制阳光的装置必须是在建筑的外部，因为这种装置是我们的建筑外观非常重要的一部分，所以它可能发展成为像多里克柱式一样重要的形式特征。”^[81]由此可见遮阳设施正逐渐超越自身的物质功能，成为主导生态化大空间公共建筑表情的关键语素。

2、大空间公共建筑中遮阳设施的应用

大空间公共建筑的透明维护结构部分应采用可调节外遮阳、内遮阳、双层幕墙空气间层口的遮阳帘等遮阳设施。屋顶的透明部分应提高其保温隔热性能，并设置遮阳设施及合理的通风系统。京都西京极综合运动公园游泳馆的主馆和副馆都尽可能通过墙壁和屋顶谋求自然采光，由于主馆在冬季改作为滑冰馆使用，在墙面上设置遮阳百叶等调光装置，同时顺理成章地成为该馆外立面设计的一大特色（图5-43）。无独有偶，里斯本大西洋馆（SOM设计，1998年建成）为避免炽烈阳光的干扰，也在尽量控制玻璃幕墙应用面积的同时，科学地运用了水平遮阳板，既未破坏休息厅的视觉通透感，还为平淡的立面设计平添了几分神韵，成为画龙点睛之笔（图5-44）。林茨设计中心的日光格栅系统是赫尔佐格与光学专家巴腾巴赫为解决建筑的屋顶采光问题专门合作开发的，将一种塑料格栅装配在屋顶面板上，通过复杂的折射、反射，仅使来自北向的漫射光能进入建筑，而把南侧的直射光屏蔽掉，就可避免夏天室内产生过热现象，光反射格栅厚度仅16mm，覆盖有薄的纯铝反射涂层，置于屋顶双层玻璃之间（图5-45）。格栅的几何划分通过计算机程

序确定，其设计综合考虑了太阳在不同季节的高度角和方位角、对建筑的遮挡和建筑的朝向及屋顶的坡度，进行隔热处理的钢结构构件有助于减少穿过建筑表层的热损失。该系统使展示区成功地达到很高的采光质量，却没有牺牲室内热舒适度，同时也未增加额外的能耗。



图5-43 京都西京极游泳馆遮阳板^[146]
Fig. 5-43 Nishi-kyogoka swimming pool



图5-45 林茨设计中心日光隔栅系统^[59]
Fig. 5-45 Linz design center daylight grid system



图5-44 里斯本大西洋馆遮阳板^[97]
Fig. 5-44 Lisbon Atlantico pavilion adumbral ban

国内大空间公共建筑中的玻璃幕墙应用相当广泛，但大江南北大同小异，惠州体育馆、宁波北仑体育馆、东北大学体育馆等基本均未作遮阳考虑，但这种片面追求通透美丽的巨大能源代价不无遗憾，因此其合理性值得商榷，这也是中外大空间公共建筑形象设计中最显着的差距之一。无缘由的极少主义并非一味包治百病的万能药，对于可持续发展而言它无能为力。竖向界面简单地包以玻璃幕墙的纯净形式其实是对建筑师职责的放弃：体育馆休息厅只是需要适量的阳光，但并非越多越好，过量阳光导致的温室效应只能耗费大量无差别的能源去空调平衡，而眩光却无从解决，同时也无助于建筑细致表情的刻画。可见控制维护界面的进光量是生态设计的必要环节。因

此并非一味的通透纯净就是美，在生态学视野中，基于合理遮阳的综合设计无疑为建筑形式美注入了科学基因，具有更优先的级别。在大空间公共建筑生态化设计中一定要大胆破除“遮阳有碍于建筑形象创造”的形上偏见和“极简崇拜”，而应以理性的创作态度把握。深圳跳水游泳馆（Phillip Cox设计，2002年建成）立面处理中针对地域阳光特点而设的遮阳板和通风窗有效地避免了温室效应和眩光的危害，并由此获得独特的个性（图5-46）。而佛山岭南明珠体育馆（仙田满设计，2006年建成）层叠形成等高线形环梁同时是固定的遮阳设施（图5-47），层叠屋面之间的可开启窗扇提供了自然通风，也使该晶莹剔透的“水珠”获得了在热带海洋性季风气候存在的合理性，否则将重蹈广州新体育馆的覆辙。由此可见，得体合宜的遮阳策略对于生态化大空间公共建筑的形成具有重要的积极意义。



图5-46 深圳跳水游泳馆遮阳板

Fig. 5-46 Shenzhen diving and swimming pool
adumbral ban



图5-47 佛山岭南明珠体育馆遮阳板^[147]

Fig. 5-47 Lisbon Atlantico pavilion
adumbral ban

5.2.5.2 太阳能利用的建筑一体化策略 诚然遮阳策略可以解决建筑适用问题，不过从更高的角度讲，它却把大量的太阳能拒之门外，无疑是一种浪费，因此对这部分能量的利用将有助于积极拓展生态设计的内涵深度。事实上建筑自始至终都在有意无意地被动利用太阳能，而主动式太阳能系统则是科技发展的结晶。据估计，在未来20~30年内，太阳能供应将满足世界能源需求的20%。^[148]与建筑结合一体化的设计思路，是太阳能系统应用发展的必由之路。“一体化设计”是指在建筑规划设计之初，就将太阳能系统所包

舍的内容都当做建筑不可缺少的元素加以考虑，从内部管线到外观形象一体化设计，使之成为建筑的一个有机组成部分，尽可能的利用太阳能替代常规能源，减少建筑能耗对常规能源的依赖关系。包括建筑光热一体式系统和建筑光电一体式系统两方面。

1、建筑光热一体式系统

主动利用太阳热能技术发展较早，相对成熟。建筑光热一体式系统可分为空气集热系统和热水系统。

A、空气集热系统

太阳能空气集热系统由Trombe集热墙发展而来，集热器可作为附属构件依附于外墙表面，并可附带其它功能。如图5-48所示是一种太阳能保温墙板，将固定安装有呈槽型抛物面状的热反射板的墙体依次按建筑要求排列对接，热反射板与墙体的安装角度可根据墙体不同的安装部位而采用不同的角度。太阳光经密集排列的热反射板聚焦到导热管上，再由导热管将所接收的热量传递过室内。墙体内设有固架，以此来增加墙体强度。这样的保温墙板能在立面上形成一定的韵律，经过设计成为良好的美学元素。

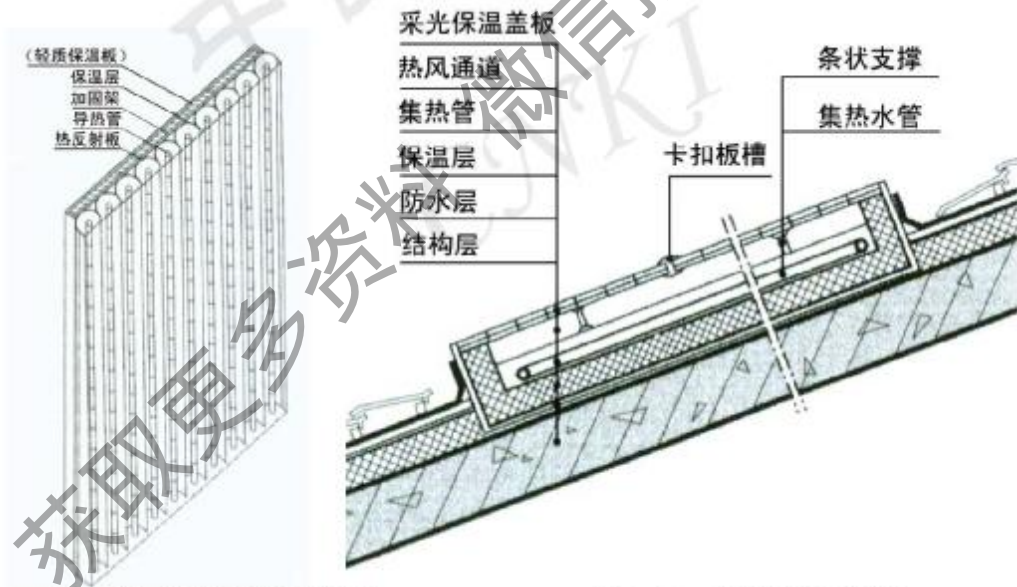


图5-48 太阳能保温墙板^[149]

图5-49 太阳热能屋顶^[149]

Fig. 5-48 Solar heat preservation wall

Fig. 5-49 Solar heat preservation roof

B、热水系统

太阳能热水系统构造相对复杂，分为直插式热水器和分体式热水器两种。前者有个不可分离的水箱，使其放在建筑的任何部位都会影响甚至破坏

建筑的整体形象，因此很难做到与建筑结合一体化设计。后者储水箱与集热器分离，用铝塑管将两者连接，暴露在外面的只有集热板或集热管，就有可能与建筑结合设计，将其放在坡屋面上、墙面上，或作为雨罩、遮阳板等放在建筑适当的部位，从而达到与建筑整合一体化。图5-49表示了一种与建筑坡屋面组成一体的太阳能集热器，其主要特点是在做好防水处理的屋面上，铺设屋面与集热器共享的防渗漏的隔热保温层，在隔热保温层上方放置太阳能集热部件，集热器顶部架设有有机复合采光保温盖板，可根据需要提供热水或热风。与屋面一体化的大面积整体集热器由于综合使用材料，不但节约了成本，单位面积上的太阳能转换设施的价格也可以大大降低，有效地利用了屋面的复合功能。与窗户的遮阳篷相结合的太阳能热水器的特征在于集热器和储水箱都安装在托架上，通过托架固定在窗口上方，托架上有带安装孔的托脚(图5-50)。这种热水器既可以供给热水，也可起到遮阳罩的作用。

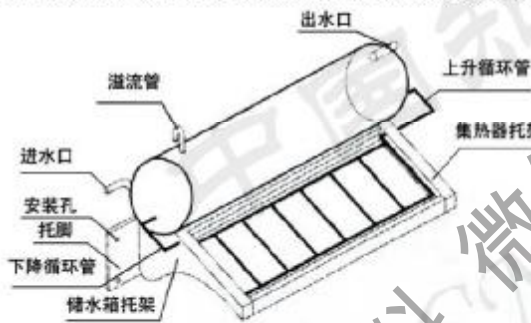


图5-50 太阳热能遮阳篷^[149]

Fig. 5-50 Solar heat awning



图5-51 布伦特兰展览中心中庭^[150]

Fig. 5-51 Brundtland exhibition center atrium

2、建筑光电一体式系统

太阳能光电系统全称太阳光伏发电系统，简称PV系统。PV系统基本原理是光伏打效应。太阳能电池就是利用这种效应制成的。制造太阳能电池的半导体材料有十几种，目前技术最成熟并具有商业价值的要算硅电池。其中单晶硅太阳能电池由于转换效率较其它种类的高，现在仍是太阳能市场的主流，多晶硅效率比单晶硅差一些售价也要便宜。考虑到成本和价格，太阳能电池的转换效率不应低于8%，扣除各种损失，一般要求15%的转换效率。在产生相同输出功率的前提下，太阳电池所需的费用与其它能源相比是相当高的。因此太阳能电池只有通过延长使用寿命，价格上才具有竞争力；此外还要求太阳电池性能可靠、美观、易于安装和自动化生产。太阳能光电系统可充当建筑屋顶、外壁板、幕墙、玻璃窗或雨篷等特殊构件。

A、光电玻璃窗系统

光电玻璃将光电技术融入玻璃，突破了传统玻璃幕墙单一的围护功能，把以前被当作有害因素而屏蔽在建筑物表面的太阳光，转化为能被人们利用的电能。同时这种复合材料不多占用建筑面积，而且优美的外观具有特殊的装饰效果，更赋予建筑物鲜明的现代科技和时代色彩。光电转换组件有两种光电玻璃窗系统：一种是半透明的，更像浅色玻璃窗；另一种是由透明玻璃窗上安装不透明光电组件，这些组件排列的间距决定了玻璃窗的透光率，以上两种光电玻璃窗体系都能选择一定的透明度，当然透过的光越多，产生的电能越少。由于大空间公共建筑追求大量透明界面，所以即使非常透明的光电设备仍能产生大量能量。光电玻璃窗更适合安装在高侧窗上，因其没有景观视线要求。

丹麦南部Toflund的布伦特兰展览会议中心运用了该国最大规模的PV光电板阵列(图5-51)，这些半透明的光电板与中庭屋顶玻璃相结合，既作为发电组件，又可起到遮阳构件的作用，避免阳光曝晒引起的过热。阳光穿过光电板在室内造成了有趣的光影效果，随着季节、天气以及每天时刻的不同而瞬息万变，使普通的中庭空间凭添了无限生机。由于把利用可再生能源和建筑完美结合，获得了1995年的欧洲太阳能奖。

B、光电遮阳板系统

对于光电系统来说，遮阳设备是重要的载体，因其提供了适当的倾角，并且由于太阳能光电板的重量很轻，可以跟随阳光的角度转动以适应外部的变化。光电遮阳板的出现对于建筑界来说无疑是一种福音，具有一物多用的优势：既为窗口遮挡了过量的阳光，降低了室内空调的负荷，又化害为利，为建筑提供电能，同时有效地利用空间，成为建筑立面的装饰亮点，在功能与美学两方面都达到了完美的统一(图5-52)。

C、光电屋顶系统

太阳能瓦是太阳能电池与屋面瓦的结合体，它使太阳能与建筑达到真正意义上的一体化，该系统直接铺在屋面上，不需在屋顶上安装支架；太阳能瓦由光电模块组成，光电模块的形状、尺寸、铺装构造方法都与平板式屋面瓦一样(图5-53)。光电屋面瓦每套为20块电池板，每套每年平均可以产生1000度的电力。

如果说太阳能瓦尚属于单元建筑材料创新的话，那么光电屋顶则属于系统集成技术的创新，并更加灵活实用。北京首都博物馆(2006年建成)屋顶上的300kw太阳能发电系统仅重3kg/m²左右，不需要对屋面结构重新计算。

采用粘接方式把光电板直接粘贴到金属屋顶上，而非用叠床架屋的方式安装，简便易行。更重要的是不影响建筑造型，完全与建筑融为一体。悉尼超级穹顶（Phillip Cox设计，1999年建成）屋顶设置了1176块非晶形硅组件的带状太阳能光电板，光电转换效率约8%~10%，该馆10%的能耗由其承担，并将向电网送电，其70kw的容量是澳洲最大的屋顶太阳能发电系统。



图5-52 光电遮阳板^[151]

Fig. 5-52 Photovoltaic adumbral ban

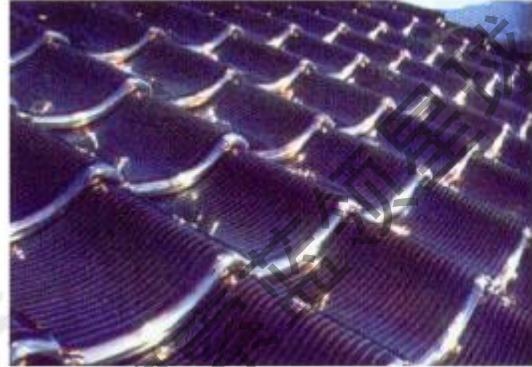


图5-53 光电瓦^[151]

Fig. 5-53 Photovoltaic tile

当然实际工程应用中太阳能集热器和光电板经常并肩作战，共同提供生态能源。京都西京极综合运动公园游泳馆在主馆屋顶上安装了日本最大规模的太阳能温水板（大约2000m²），年集热量达1,107,000M卡，这些热量可以供淋浴，水池加温等使用。同时副馆屋顶则安装了500m²的太阳能光电板，这些电池的输出功率可达到70kw，每年可提供6,670kwh的电量，这些电量供平时照明和空调使用，使得整个游泳馆能源的30%来自于绿色能源。^[152]由此可见，大空间公共建筑屋顶通过与太阳能利用的整合设计，实现了其能源链的下游消费者向上游生产者的转变，标志着生态设计进入了新的技术发展阶段。

综上所述，通过遮阳策略和太阳能利用的建筑一体化策略，大空间公共建筑获得了适用的空间环境，不仅没有消耗能源，而且还主动成为能源的生产者，意义不同凡响。多功能复合构件为大空间公共建筑生态化设计提供了集约设计的技术平台，从根本上大大推动了其形式和性能的升级换代。

5.2.6 “意译式”的地域主义

所谓“意译式”的地域主义指在新的技术中引入地域建筑的形式和空间组织，赋予大空间公共建筑以新的生命力的一种方法。作为大空间公共建筑

的序参量,功能、技术逻辑无疑是其艺术表现的主要源泉,主观先验的概念风格则在其中作为有限。正因如此,大空间公共建筑是全球同化的重灾区,地域化作为建设性的抵抗力量而被垂青。借用亨德里克·房龙的“绳圈”图解理论,^[153]大空间公共建筑的地域特色是由各向度力的合力决定的,显然各个力的权重是不平衡的。对此应研究大空间公共建筑地域性各影响因素的关系规律,根据实际进行拓扑演绎,才能形成“为有源头活水来”的良性循环,以免造成诸如体育场馆设计中的“木棉花”、“二龙戏珠”和航站楼设计中“九头鸟”、“大鹏展翅”等形象比附和概念附会的硬伤,担当起大空间公共建筑文化救赎与重建的角色。

5.2.6.1 建筑地域性的生态逻辑根源 “建筑特征决定因素中尤为重要的是那种由真实的或虚设的构筑所表达的‘力的作用’”(Norberg-Schulz语)。以传统上的理解,地域性更多地与社会人文因素影响的“硬传统”相联系其或划上等号。但由于泛地域的功能、技术内核的“实质力”比文化、心理等“虚设力”在其中的权重大而将后者屏蔽,形式机理又与传统常规建筑相去甚远,大空间公共建筑的地域特色似乎无从谈起,并在相当长的时间内处于隐性状态。但建筑终究是与地点相共存的,地域文化基因的提取对其个性形成具有至关重要的作用。

古已有之的实用理性是中国文化的集体无意识,它不崇拜任何抽象的理念、信仰和思辨,但仍能保持一种冷静的、以理节情的生活态度,从另一角度看则易于满足,缺乏宏大的目标。^[154]正是这种文化的熏陶使当前的地域性建筑创作只重形式的结果而不重实质的过程。如果想认识一个系统就必须跳出原有的坐标系之外去观察,只有在相关学科的交叉融合与借整之中,才能从更独特的角度重新审视建筑的地域性问题以探寻其本质规律,生态学恰恰提供了这样一个更广阔的视野。

“一个民族或一个地域的建筑特色,来源于对本国、本地建设资源的最佳利用。”^[155]追本溯源,气候、地形地貌以及工艺传统等“看不见的手”才是推进大空间公共建筑地域化创作的原动力。

丰富的地域建筑风格是由特定气候、地形地貌和工艺技术及生活文化的地域差异造就的。自然环境因素包括气候、地势、地形、地貌及自然资源(材料、土地、水等),它们是建筑文化随地点而变异得最活跃的元素,提供了最直接的建筑语境,由气候、地形等导致的建造逻辑是形成地域风格的主要表现,如捕风窗、吊脚楼等。而本地工艺技术的特色则直接决定了应对地域环境的建筑特征,如木、竹工艺等。生活文化的差异对各种类型建筑的

影响不尽相同——其与日常生活贴近的建筑类型（如居住、宗教建筑）的影响关联明显要强于非日常性生活功能的大空间建筑，但特有生活形态会造成地域心理的认同和归属。不同的是，自然环境因素长时期内相对稳定，应该说是影响建筑地域性的序参量之一；而工艺技术因素却是与时俱进的，当技术的升级换代赋予原有工艺以新内容，而建筑地域性却没有随之运动，这种地域性就被架空而失去了积极意义。反映地域特色但与“少费多用、减耗增效”的生态原则相背离的建筑表层人文信息载体将会被逐渐抛弃。在漫长的乡土时代，相对固定的人群组成、生活形态和相对封闭的生活区域自然形成了特定的地域精神，而当生活文化随着全球化而趋同，所有这些条件一去不返，其与地域性物质层面的必然联系日趋减弱，再奢望产生那种地域建筑特征则无异于缘木求鱼。但同时其核心精神——价值认同感和文化归属感却与日俱增，使其对地域性气质产生更内聚的期待视野。从原型理论角度来分析，每个具体形态都是地域建筑原型的拓扑变化，包含着该原型的生成与生长的“地域基因”。基于生态学原则的建筑演绎与人们对建筑地域性的期待在深层次上实现了辩证统一。

全球化语境下的地域性建构正成为一个复杂的事件，Bruno Latour的“全球地方”（Glocal, Global - Local）概念认为与其把一些现象分别归入全球性或地域性的领域，还不如把这些现象看成既具有全球性又具有地域性。^[156]大空间公共建筑正是在用普适化的技术建构其地域特色。由于生态技术是一个语境依赖的概念，可以无国界、跨种族、泛流派、超越类型，但组合应用到大空间公共建筑中却不能无视具体实际并任意搬用外来的形式，必须先以适应性的态度去直感的选择外来的形式，然后才能通过创造过程，把它们纳入形式的演变之中。

5.2.6.2 适宜的生态策略演绎新的地域性 地域生态因素对建筑创作是一种制约，但同时也是创作灵感的主要来源。炎热或寒冷地域气候在很大程度上决定了当地建筑的形式，水乡或丘陵也先天赋予了建筑以特殊气质，而这种由气候、地形赋予的形式特征恰是地域特色的本质特征之一，所以基于生态适应的建筑构思完全可能创造出新地域特色的作品来。反之即使与传统相似的建筑形象而不具备气候适应能力，它与地域特色充其量是貌合神离罢了。与自然的对应使之无需任何附加的标签和符号，而自然具备地域建筑的气质和神态(图5-54)。与生态化的联姻则为日益枯萎的地域化创作注入新鲜血液而重获新生。大空间公共建筑在遵循固有的功能、技术逻辑基础上，再结合适当地的环境条件进行系统的生态构思和表达，必将演绎出新的地域性。

事实上,当代条件下,任何地域性特质的产生几乎都不可避免的是一种人为构筑和培育的产物,我们唯一能做的便是从微观的角度来创造大空间公共建筑为着此时此地而建的不可复制的特性。

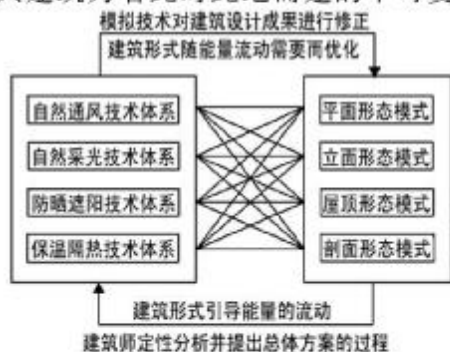


图5-54 建筑被动形态与生态关系示意图
Fig. 5-54 Relation of passive building shape and ecology energy sketch map



图5-57 福井太阳穹顶^[136]
Fig. 5-57 Fukui sun dome

地域性与场所感的牵连直接源自于国际式建筑以及后来全球化进程所带来的威胁。在这种对抗中,地域性只是手段,场所感和识别性才是目的。只有将建筑地域性融入个性创作框架之中,才能达到腹有诗书气自华的效果。山口穹顶(日本设计,2002年建成)通过采用自动开闭式换气天窗进行自然通风,利用经处理的雨水进行屋顶喷水降温,观众席座椅空调的设置和在南侧挑檐上安置30Kwh太阳能电池,力求创造出可以充分利用自然能源的生态化体育建筑(图5-55)。柔美绵延的大小两个穹顶由巨大的挑檐联为一体,演绎出大小岛屿漂浮在浩瀚的濑户内海上的壮观风景,宛如有机体的屋面线条悠扬起伏,与滨海自然风景相得益彰,达到浑然一体的锚固住境(图5-56)。

建筑人艺是一个地区和民族对一种习惯的本土材料和组合方式的纯熟运用,纯熟的程度可使建筑师能游刃有余地把握光感、质感、纹理等形式效果。只有工艺的熟练,才可保证艺术创造的自由。大阪关西机场航站楼屋顶是双层屋顶,上面是由不锈钢片组成的针对日光的围护,里面一层是由不透水的金属板块组成的防水层。屋顶能够自我更新,有着很长的寿命。位于两层之间的空气可以自然的排逸,降低建筑的制冷能耗。片状的不锈钢屋顶面板是基于现代工艺的对日本传统建筑统治性屋顶形式的一个发展。福井太阳穹顶(冈崎甚幸设计,1995年建成,图5-57)立足当地严峻的雪国气候,在攀达穹顶技术基础上,融入传统建筑材料和工艺营造出独特的地域风情。基

于多重考虑，穹顶设计成耐雪荷载并能防止积雪滑落到地面上的结构。因此，穹顶造型设计成既满足以上目的，又同时与穹顶结构框架相匹配的几何形状。建筑师深入挖掘了地域传统砖瓦、纸、金属等制造工艺，并进行现代改进，从材料上就先天地赋予太阳穹顶一种地域色彩。“形以应形，正也；无形以制形，奇也。”从影响地域性的根源入手，顺其自然，化地域性于“无形”的策略对大空间建筑而言正好供需对路。

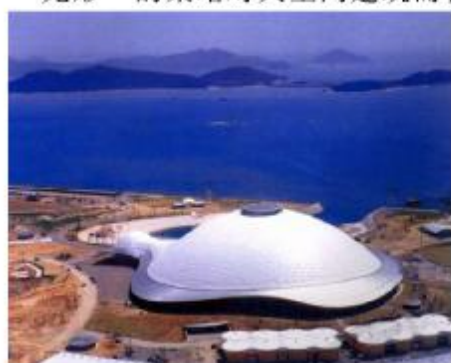


图5-55 山口穹顶鸟瞰^[157]

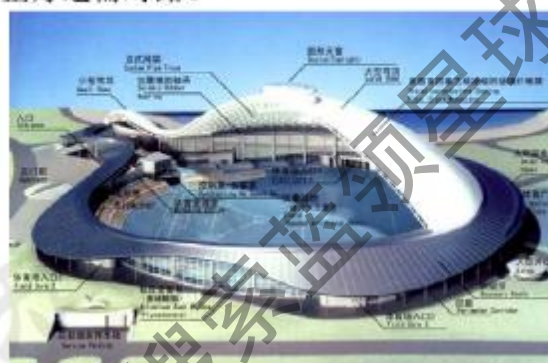


图5-56 山口穹顶生态策略^[157]

Fig. 5-55 Yamaguchi kirara dome birdview Fig. 5-56 Yamaguchi kirara dome ecology strategy

5.2.6.3 大空间公共建筑地域化的悖论 在“现代建筑地区化”的语境下，大空间公共建筑当然也应该顺应潮流，无奈其本来就背负了功能、技术、经济的物质性重荷而使其理性有余而浪漫不足。就目前的技术经济条件而言，如果非要在外部形式上表现既成地域特色，可能会适得其反。铁四院设计的武昌火车站改造方案提出要在设计风格上力求体现楚文化，外表古典，内部现代，结果在荆楚网上民意调查中被否了。网友的意见可能更多地是从建筑形式的角度来认识，这也证明了人们对于民族形式和地域特色的不认可(图5-58)。符号移植和概念转译的程序操作对于大空间建筑的地域化显然已无



图5-58 武昌火车站^[158]

Fig. 5-58 Wuchang railway station

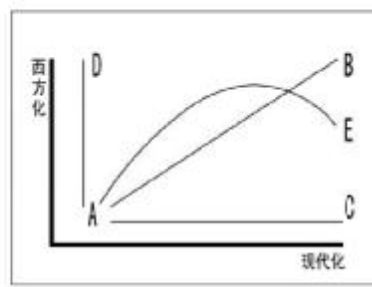


图5-59 现代化路线图^[159]

Fig. 5-59 Modernization course plot

能为力。事实上,对其地域性的探索我们早就应该寻求新的思路,生态化无疑是最根本的捷径。

亨廷顿认为发展中国家在现代化的过程中,不可避免地会发生西方化,但当其现代化达到一定程度后,她必然要召唤自己的传统文化和地域精神,此后随着其现代化的进一步发展,西方化会降低,走一条先升后降的曲线(图5-59)。与此类似,我国大空间建筑的发展看来要走这最后的路线,因其目前刚刚起步,形式表达尚未满足本体需要和人的期望,而在短期内将缺乏地域性表达的内在诉求和外部条件。

5.2.6.4 大空间公共建筑地域化的“软着陆”策略 作为“后审美艺术”,建筑的精髓当然不是源自形而上的文化或理念的释意,地域建筑特色是其长期适应环境、气候的结果,传统建筑中诸如“四水归堂”、“天大合一”等文化主题的根源其实正是当时当地客观条件下对特定建筑气候问题的创造性解答。“复制的手法对于那些表面化的历史主义的依赖,只能导致伪装成文化的消费主义的象征手法。”^[3]当代建筑片面追求形式上对乡土建筑语言的移植而不是挖掘其源头,知其然而不知其所以然,也就导致了内容与形式的分裂和脱节,建筑创作也陷于继承有余、创新不足的沼泽——正所谓“举一纲而万目张,解一卷而众篇明”,如果我们抓住乡土建筑特色形成的根源,如特定地理因素的制约,就可根据这一逻辑演绎出适应地域气候、地形、工艺文化特色的不落窠臼的设计,这样既达到了美学上的创造,也可免却技术作为设计缺陷“创可贴”的弊端。

应该说目前的建筑技术还不是以使功能复杂、技术含量高的大空间建筑表现地域契合性,如果非要表现地域性的话,那么只能在形式背后寻求其深层结构的突破口,诸如气候、地形地貌、文化等“看不见的手”,用“软继承”而不是“硬继承”去创作。^[6]丹佛空港航站楼在处理好功能、技术难题后,基于张拉膜结构的新结构形式自然地取得了横向上与白雪覆顶的落矶山之间的形意吻合,纵向上与土著印第安人居住的营帐之间的神似,不失为一次有益的地域化探索。过度的模仿会减弱建筑自身的表现力,丧失建筑语义的多义性与模糊性,抹煞人们的想象空间,“似与不似之间”才是建筑中模仿手法的精髓。大空间建筑的发展必须以现代生活为依据,利用现代科技、现代结构、现代材料通过当代设计方法与艺术加工展示特有的时代精神来反映建筑的地域和时代内涵。或许当大跨建筑技术成为常规技术,大空间建筑摆脱形而下的束缚之时,其地域性要求会自然而然地凸现出来。

目前一些大空间建筑的类型和规模是史无前例的,其采用的材料、结

构、技术和功能、空间等要求是传统建筑所无可比拟的，机械地嫁接其它类型的既成形式而抛开大空间本体规律只能留下“学虎不成反类犬”的笑柄。与其盲目跟风不如先沉静气地解决好大空间公共建筑的本体问题，使其得到真实的表达，或许这种自在的形式恰恰赋予了地域性新的内涵。“窗户显然是气候条件和当地阳光的随时间变化的光质内外两种力量作用于建筑外表的最敏感之处，窗的设计具有使建筑铭刻地方特征的内在能力，从而表达作品所在地的场所感。”^[2]在广东外语外贸大学体育馆创作中，我们辩证地把握广州强烈的阳光，在比赛厅屋顶天然采光和自然通风的同时，在东西向上利用曲面屋盖的自然落地创造了自遮阳的入口灰空间，而在南北向通过水平百叶遮阳板避免了休息厅入射过量阳光导致的温室效应，于无形中建设性地融入了地域性，为大空间公共建筑地域化创作做出了一点尝试(图5-60)。建筑地域性特征是动态的，需要建筑师不断地根据此时此地的具体条件去主动探索、创造和发展，而不单是被动地借鉴或套用经典形式的程序化操作。



图5-60 广东外语外贸大学体育馆生态策略

Fig. 5-60 Gymnasium of Guangdong university of foreign studies ecological strategy

从某种角度看，地域风情的形成恰恰是由于建筑经济的制约造成的，由于没有大量的资金作后盾，建造者只能因陋就简，因地制宜，就地取材，严格因循建筑本体规律操作，高效利用当地资源，并最大程度的适应当地气候的要求以达到舒适的目的，不仅解决了物质层面的需求，同时还赋予本土建筑以鲜明的地域特点。现在有些低俗建筑师反其道而行之，大量采用非本土材料，技术却要生硬的套上地域色彩的传统形式，这种刻板形式主义的潜流与基于鲜活生动“生活积淀”的建设性的地域主义有天壤之别，这也预示着地域性从原生态向风格定式的堕落。把握地域性至少应包括三个层次：建筑师形而上概念构思或形态表象的隐喻象征层次，高效适宜的结构选型层次，及全方位与本地气候有机契合的生态环境控制层次。高明的建筑师基于深层结构的生态应答，摆脱了“玻璃幕墙+匿名的良好服务”的机械模式，创造性地诠释了时代技术背景下“得意忘形”的新地域特质。体育建筑设计中所

谓的国际风格是可以超越的，最优秀的设计正来自于自然法则同当地建筑实践的结合。

诚然大空间公共建筑地域化个性创造是不可回避的任务，其中亦不免有形意寓合的追求，但其“形”的逻辑受客观条件所制约，其“意”的追求是有限度的。过度的模仿会削足适履而减弱建筑自身的表现力，丧失建筑语义的多义性与模糊性，抹煞人们的想象空间，似与不似之间才是建筑象形手法的精髓。形象比附和概念附会的手法却反其道而行，从形而上的先验逻辑出发，生硬地把地域性牵扯进去，因其背离了大空间公共建筑本体的创作规律，不是从建筑本体出发，而使用一种概念、一个形象去限制建筑形式的自在生成，“思想进入了话语的牢笼”，设计变成了空洞的与实际条件无关的想象，造成了大空间建筑的“不可承受之重”，只能导致建筑创作的舍本逐末。作为功能、技术的载体，大空间建筑设计只有突破从先验的概念、理论、形象出发的思维定势，在合理地解决功能、技术、环境等本体“形而下”问题基础上，真实的表达自身的设计逻辑并获得“形而上”的自由和升华。这时“既在情理之中、又于意料之外”的地域性表达才是有机成熟的新的地域特色。

5.3 内容结合生态

当代大空间公共建筑正处于以数量扩张为特征的粗放型增长向以效益提高为特征的集约型增长的转型期，传统型大空间公共建筑发展的瓶颈在于运行成本、环境品质及经济外部性之间的死结。尽管由于建筑设计的复杂性，对方案阶段节能措施的规范具有相当难度，2005年实施的《公共建筑节能设计标准》中将节能重点仍放在构造设计阶段，但这并不意味着构造设计可以取代整体生态构思，建筑师构思优化的不作为在一定程度上导致了非生态建筑与节能墙体的综合怪胎的出现。因此如何把演绎规律与创造个性辩证地统一起来，亦是大空间公共建筑生态化设计的精髓。本文拟从空间品质生态健康、空间负荷生态节约、空间功能生态高效三个角度阐述“内容结合生态”的功能完善策略，这也正是大空间公共建筑生态化设计的根本关键之所在。

5.3.1 环境品质健康

随着现代技术的广泛应用和不断异化，大空间公共建筑逐渐偏离了对外界环境“用”与“防”之间平衡点，越加成为人与自然之间交流的鸿沟。随

之而来的“容器”负效应促使建筑学人对其生态健康问题进行反思。健康不仅指没有疾病，而是身体、精神及社会性的一种完好状态。从这个意义出发，健康环境应与自然相和谐、使人身心健康并富有生气。它遵循建材设备无害化和空间自然化、宜人化原则，实现全面意义上对人的终极关怀。

5.3.1.1 建材设备无害化 建筑系统就是由物质材料和能量而组织成的临时形式，建材、设备是建筑空间最原始的建构单元，切断建材、设备的污染源就意味着建筑空间无害。调查资料显示，室内空气可检测出500多种挥发性有机物，室内有害气体浓度如氡气、甲醛、重金属微粒高出室外几十倍或更多。^[161]可见建材设备对室内空气污染程度之深。天然材料的健康品质优势明显，大空间公共建筑选择采用无辐射污染和低散发率的天然材料及遇热遇燃性能稳定、挥发性有机物含量低的装修材料对人们的健康就更有积极意义。当然在材料的选择上不存在放之四海而皆准的标准，不能简单的制定一个生态的国际标准，不同的国家在不同的时期会有不同的条件，还是应该根据国情去决定。日本由于森林覆盖率较高，木材资源丰富且其生产应用已进入良性循环，因此大空间公共建筑中木结构应用已呈现规模，出云穹顶、小国穹顶、小田园体育馆等均采用集成木材结构为主体的复合结构，既实现了结构材料的无害化，又融入了自然，同时拉动了当地木材加工产业，可谓一举多得。德国与日本情况相近，汉诺威世博会26号馆明确提出“使用利于保护能源、可再生的原材料”，屋顶和墙面大量使用由木板夹防潮层、保温层和加固层等构成的环保材料(图5-61)。另如利勒哈默尔冬奥会速滑馆(图5-62)、里斯本大西洋馆也采用了木结构屋盖。由于我国森林资源较匮

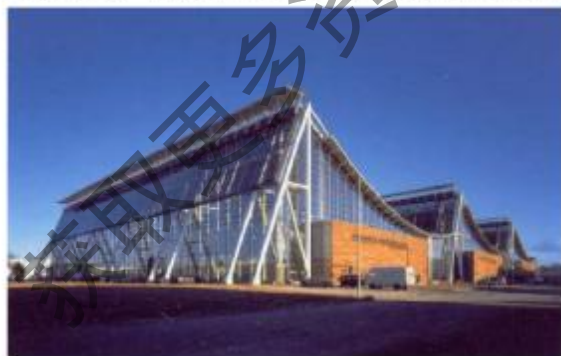


图5-61 汉诺威世博会26号馆^[59]



图5-62 利勒哈默尔速滑馆^[162]

Fig. 5-61 Hanover EXPO 26 hall

Fig. 5-62 Lillehammer speed-skating hall

乏，整体上不宜推广木结构，但可适当利用从森林资源已成良性循环的国家进口的木材设计木结构建筑。大空间公共建筑采用低装修和绿色建材是实现

健康化的现实选择。

除了直接对人体健康产生消极影响的建材以外，建筑设备的间接危害也不容小觑。用作建筑空调制冷剂的氯氟烃(CFCs)和含氢氯氟烃(HCFCs)是臭氧层的杀手，随之而来的是穿越大气层的有害紫外线数量的增加。这两种物质还被用作塑料和许多保温材料的泡沫剂。^[129]因此大空间公共建筑设计应主要采取下列措施，来逐步减少氯氟烃和含氢氯氟烃的消费：尽量减少使用空调，不采购生产时使用了氯氟烃或者含氢氯氟烃的保温材料，避免使用以卤代烷为原料的灭火材料，更换现有用氯氟烃制冷的空调设备，避免氯氟烃相关产品（包括含氢氯氟烃）的重复使用。

5.3.1.2 室内环境自然化、宜人化 健康的空间环境是由材料、结构、空气、阳光等形式因子精心组织而成，这些因子协同对人体产生影响，无害化建材设备只是其中之一。大自然是人类成长的摇篮，人类的感官仍然最适合在自然环境中生存，自然要素对于人的生理健康意义使任何人造环境无法企及的。“没有比阳光更好的光，没有比自然新鲜的空气更好的空气，为了获得舒适，我们的建筑应该尽可能的利用外界的品质。”^[163]传统型大空间公共建筑片面强调阳光、气温及自然风的不利影响，以创造均质舒适空间为目标，但是这与人体感官的生理健康要求并不契合。英国剑桥大学Martin建筑与城市研究中心的研究成果表明：对气候的适度变化、适应机会的存在能减轻人的生理和心理压力，也就是说室内气候的动态变化对人体的舒适感起到增进作用，因而真正的舒适是适度的刺激，而不是消除刺激。^[163]适度的刺激对人体保持与外界的平衡以及健康发展是非常重要的。减少对照明设备、空调依赖的自然宜人的内部环境是大空间公共建筑生态设计的原点。因此本体的内部环境组织策略至关重要，包括声、光、热、风环境的营造。

1、建筑声环境计划

声环境是评价大空间公共建筑的环境健康优劣的基本衡量标准，而利用体形、体量设计保证声场清晰度、丰满度、均匀度是建筑师的基本功之一。传统型大空间公共建筑设计过多依靠吸声技术处理和电声系统，而忽视本体的建筑声学设计，对设计初期所致声聚焦和回声等的先天缺陷却望洋兴叹。因此选择有利体形、控制体量是优化声学设计的关键。对于易产生声聚焦现象的上凸曲面，设计时应尽量使曲率半径远大于屋顶高度，以使曲率中心远离人体高度范围。由于声场的混响时间与室内容积成正比，与吸声量成反比，对体育馆、观演建筑等设计时应合理调度体形体量，控制单座容积在 20m^3 左右，以利于满足多功能需要。长野奥林匹克速滑馆设计初就考虑到

下凹吊顶可减少空间容积，有利于控制混响时间，且漫反射形状可改善音响特性（包括处于冰面时），空间塑造处于一种自律状态（图5-63）。^[164]大空间公共建筑由于容积较大声场不易控制，单靠后期技术辅助措施显然是低效的，而且有舍本逐末之嫌，因此建筑师创作初期就应优先从建筑声学的健康角度调控声场，集约化设计空间造型。

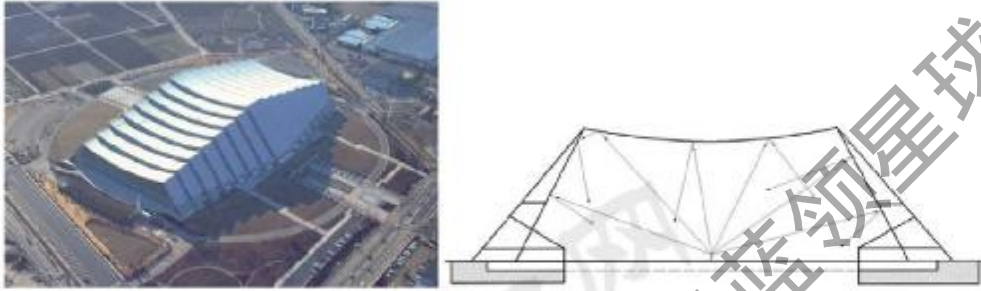


图5-63 长野奥林匹克速滑馆声环境分析

Fig. 5-63 Nagano Olympic speed-skating hall sound environment analysis

另外新材料的出现使建筑声环境的设计产生新的问题，大跨度网架与膜结构的组合不仅恶化了屋盖的隔声性能，而且由于屋架的暴露增加了馆内容积。更为重要的是由于膜结构是拉结的薄膜，在其下不可能承受悬吊吸声结构的荷载，从而使室内主要能配置吸声材料的部位成为反射面，不仅减少了吸声量，同时还会产生由顶棚反射而引发的回升和颤动回声。秦皇岛体育馆（2003年建成）就因比赛厅顶部采用膜结构，而在场地内出现回声而未为遗憾。较为妥帖的解决办法是在膜的内表面作吸声喷涂或粘一层3-5mm吸声泡沫塑料（阻燃）可以减弱回声。^[165]

由此可见，通过本体的建筑声学设计为创造宜人的声环境建构了良好基础框架，并成为污染健康的建筑空间环境的精彩华章。

2、天然采光计划

人与自然的联系是人类解决一切问题的出发点和归宿，人工环境只有融入自然才能体现价值、探究意义。自然与人工环境相互作用首先表现为阳光穿透建筑物与人工环境相结合的方式。当荧光灯照明和廉价电力资源成为现实以前，整部建筑史就是一部界面逐步开放化、利用昼光照明的历史。从古罗马的十字正交拱顶到19世纪的水晶宫，建筑结构的主要变化，都反映了增加室内采获自然光线数量这一目的。

天然采光是实现内部环境自然化的主要策略。从全寿命周期角度分析，照明能耗占建筑运行总能耗的40~50%，天然采光无污染、无能耗。从生理

上说，自然光昼夜复始的更迭，控制着人体的生物钟，使我们的生命节奏保持平衡，自然光制造维生素和众多营养物质，使我们的肌体得到补益，保持健康。同时阳光的消毒和热源作用不容忽视。从心理上说，明亮的、愉悦的、活跃的自然光可以振奋人的精神，经过精心设计和处理的光环境能产生出柔和、稳定、明快、静谧的气氛，能够引导和调节人的心理感受，是实现众多建筑功能的重要手段。科学研究表明，不同的“质”和“量”的光线影响人的情绪。当所在房间的地板面积由15~25%受到阳光照射时，人感到最为轻松而且精神集中，而低于10%时人的情绪低沉、精神沮丧，高于45%使人则逐渐表现出紧张、烦躁不安。自然光较之人工照明具有更强的视觉功效



图5-64 札幌穹顶^[123]

Fig. 5-64 Sapporo dome



图5-65 白城师范学院体育馆

Fig. 5-65 Baicheng normal college gymnasium



图5-66 巴塞罗那圣乔迪体育馆^[21]

Fig. 5-66 Baccelona Saint Jordi gymnasium



图5-67 慕尼黑滑冰馆^[167]

Fig. 5-67 Munich skating hall

和生物适应性，研究表明，太阳的全光谱辐射是人们生理和心理上舒适满意的关键因素之一，且更能激发人引导人去感受场所的独特性，意识到自身和自然的关系。^[166]有着良好自然光环境的室内外空间，可以有助于提高使用

者对于控制环境的自信心和安全感，提高使用者的生活情趣和品位。

对大空间公共建筑而言，屋面采光天窗具有节能、采光效率高、构造简单、布置灵活、易达到室内照度均匀的特点，可通过以下几类基本方法实现：

A、屋面设采光罩。由于不受结构限制，因此该采光方式被广泛采用，其具体形式可以是点状、条形或几何图案。如札幌穹顶(图5-64)等。

B、结合屋面构件采光。这种方式将采光与屋盖结构构件融为一体，并将天然光的处理同结构的韵律美结合起来。白城师范学院体育馆采用此种方式使薄腹梁结构在天然光的映衬下倍显精致，效果差强人意(图5-65)。

C、利用结构组合缝隙。由两个或多个结构单元组合的屋顶往往利用交接缝隙顺理成章地安排顶向或侧向采光窗。这种自然采光须经天窗多次折射或漫反射。如大连理工大学体育馆、巴塞罗那圣乔迪体育馆(图5-66)等。

D、全透射顶棚。这是在屋顶结构革新及新型合成材料出现后的一种全新顶向自然采光方式。主要包括PVC、PTFE、ETFE等膜材料和聚碳酸酯异质面板。阳光透过薄膜或阳光板散出柔和均匀的漫射光，使内部空间通体明亮，人在其中犹若置身于室外般自由开放。为避免太阳运动对室内采光的干扰太大，往往采用有肌理的半透明材料，以造成漫透射。如秋田穹顶、慕尼黑滑冰馆(图5-67)等。

当前玻璃采光天窗、阳光板、膜材料在国内外大空间公共建筑中已广泛应用，随之而来的眩光、夏季室内过热、采光窗不通风等问题却亟待解决。日本一户町穹顶在采光顶棚下精心设置遮阳格栅，有效地避免了天然采光伴生的负效应(图5-68)。名古屋穹顶(竹中工务店设计，1997年建

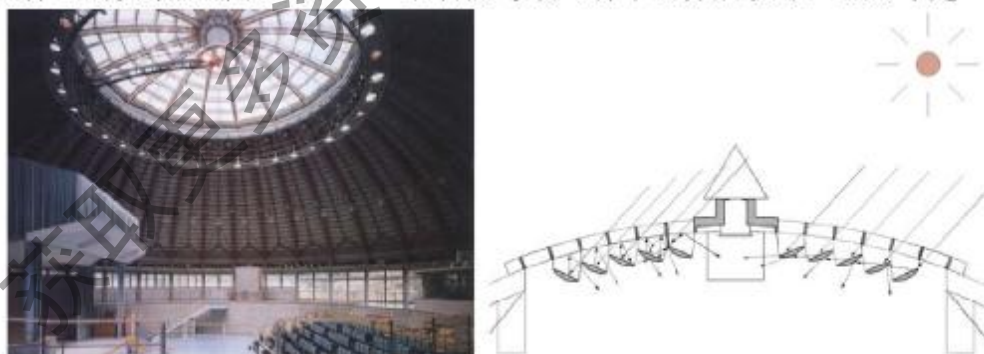


图5-68 一户町穹顶内遮阳分析

Fig. 5-68 One house district dome inner adumbral ban analysis

成)在屋顶中央部位设置5600m²的双层阳光板以自然采光并防止光和噪音外泄对周围环境引起的公害，白天进行各种比赛均不依赖人工照明。对于举行

需要明暗变化的音乐会等活动时，则使用在穹顶上的世界首例滚筒式遮光装置，由于该装置能演示出各种各样的图案从而达到所需的光线效果(图5-69)。对于流线复杂多变的机场航站楼而言，自然光具有与众不同的意义。光线是独特的触觉材料，光线对设计者来说远不是一个亮度的问题，恰当的修饰会将光线变成一种完整的充满表现力的指导物，引导乘客们在现代化的机场航站楼内顺利的辨别复杂的方向变化，更好的增加旅客对航站大楼的感知。建筑师应在合理组织采光的同时，积极利用设计手段趋利避害，同时这种理性程序也成就了大空间公共建筑别开生面的空间形式。

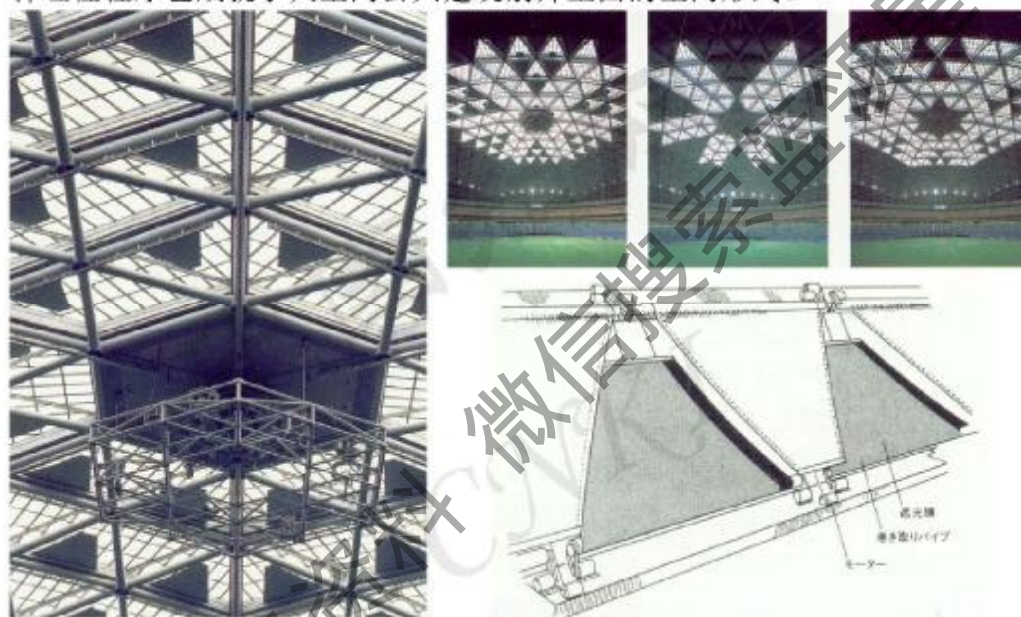


图5-69 名古屋穹顶遮光装置^[169]

Fig. 5-69 Nagoya dome adumbral device

3、自然通风计划

随着人们对生活质量的要求越来越高，开始认识到高品质的空气是室内人员健康的保障。对室内空气品质（IAQ）的关心和警觉日益加强。室内空气质量由于大量合成材料用于建筑装饰和保温，同时为了节能、尽量提高建筑物的密闭性，降低新风量的供给，造成室内空气质量下降。影响室内空气品质的污染物有成千上万种，归纳起来可分为五类：烟草烟雾、有毒的蒸气、有害气体、微生物污染（如各种菌类）和生产性粉尘。由于人体嗅觉比仪器灵敏10万倍，能同时感觉50万种污染物，在各种污染物都处于很低的浓度下人的鼻子依然能感觉出空气的清新鲜度。卫生学研究表明，长时间处于令

人讨厌的低浓度污染与腐霉气味中，对人体身心健康会产生不良的影响(表 5-2)。对此，通风是最经济和最有效的空气净化手段。只有通风换气产生的对流(或涡流)运输才能产生明显的冲淡作用和清除室内余湿余热的作用，实现有效的被动式制冷。^[52]当室外空气温度较低时，自然通风可在不消耗不可再生能源的情况下降低室内温度，带走潮湿气体，达到人体热舒适，即使室外空气温湿度超过舒适区，需消耗能源进行降温处理时，也可利用自然通风输送处理后的新风，而省去风机能耗，且无噪声。同时初步研究表明，空调系统本身就是一个重要的污染源，空气中负离子经过过滤、管道及换热器等迄今也将大为减少。空气负离子有广泛的生物学效应，根据人体卫生要求，每 1cm^3 空间负离子含量应不少于400个，否则人就会感到不适；当其浓度在1000个/ cm^3 以上，飘尘就可降低50%， CO_2 含量可降低21%，细菌数目可降低85%。而空调系统是空气负离子的大敌，经过滤后的空气负离子数甚至可降至30个/ cm^3 。“病态建筑综合症”就与室内 CO_2 、空气负离子等因素有关。^[170]而自然通风可显著提高负离子浓度，提供新鲜、清洁的自然空气，有利于人体的生理和心理健康，室内空气品质的低劣在很大程度上是由于缺少充足的新风，空调所造成的恒温环境也使得人体抵抗力下降，引发各种“空调病”，而自然通风可排除室内污浊的空气，同时还有利于满足人和自然交往的心理需求。因此除了极端气候和工艺要求的大部分情况下，自然通风在大空间公共建筑中都大有可为以减少空调的二次污染。

表5-2 空气中不同 CO_2 浓度对人体的影响^[52]

Table 5-2 Influence of different CO_2 thickness to human

CO_2 浓度 (%)	人的反应
0.04-0.08	正常
0.5	呼吸稍增加
1	呼吸急促
2	肺部呼吸增加50%
5	肺部呼吸增加100%
7	头痛
5	呼吸困难，肺部呼吸增加50%，血液循环加快，耳鸣
6	呼吸困难，耳鸣，发冷昏迷，可能造成死亡
7	呼吸困难，失去知觉，死亡率达20%-25%

自然通风最基本的动力有风压和热压作用两种。

风压通风的动力就是建筑迎风面和背风面的压力差，而其压力差与建筑形式、建筑与风的夹角及周围建筑布局等因素相关。利用风压实现自然通风的条件：1、要求有较理想的外部风环境（平均风速一般不小于 $3\sim 4\text{m/s}$ ）；2、建筑应面向夏季夜间风向，房间进深较浅（一般以 < 14 米为宜，以便形

成穿堂风。3、由于自然风变化幅度大，不同季节、不同风速、风向情况下，建筑应采取相应措施（适宜的构造形式、可开合的气窗、百叶等）调节室内气流状况，其中门窗大小、相对位置直接影响到室内风速及流场分布，但并非通风口越大，通风效果越好。根据风工学计算及实测证明，为获得整体通风最大风速，出风口面积应大于进风口面积10%。为保证室内风场分布均匀，窗地面积比应达到25%，窗宽达到房间开间的2/3，窗高在0.8-1.1m之间即可。^[47]超过此指标后，即对室内风场分布均匀度影响不大。

热压通风即“烟囱效应”是利用建筑内部的热压，热空气上升，从建筑上部排出，室外新鲜的冷空气从建筑底部被吸入，热压作用与风口高度差H的关系可以写成： $\Delta P_{\text{热压}} = \rho g H \beta \Delta t$ ，其中， ρ 为空气密度， β 为空气膨胀系数。从公式中可以看出，是内外空气温度差越大，进出风口高度差越大，则热压作用越强。对于室外环境风速不大和不稳定的地区，烟囱效应所产生的通风效果是改善热舒适的良好手段。

由于大空间公共建筑通风路径（或管道）较长，流动阻力较大，单纯依靠自然的风压、热压往往不足以实现自然通风，而对于空气和噪声污染比较严重的大城市，直接自然通风会将室外污浊的空气和噪声带入室内，不利于人体健康。在以上情况下，常采用一种机械辅助式自然通风系统，该系统又一套完整的空气循环通道，辅以符合生态思想的空气处理手段（土壤预冷、预热、深井水换热等），并借助一定的机械方式来加速室内通风。

通风问题一直是大学间公共建筑室内环境的软肋，虽然其不可能完全自然通风，但建筑师不能因此放弃自然通风，而应有意识应用热压和风压作用设计机械辅助式自然通风系统，如利用计算机模拟对屋顶的风压系数进行分析，屋顶形式造成的负压分布决定了出风口的最佳位置，这种程序也逻辑的决定了科学的流线造型。根据伯努利定理，在定常流情况下，密度 ρ 不变的理想流体在运动中满足以下关系： $v^2/2 + V + p/\rho = C1$ 。式中 v 、 p 分别表示流体的速度和压强， V 表示单位质量流体的势能， $C1$ 为常量（对不同流线有不同的值）。此式表示单位质量流体的动能、势能和压力能之和在同一流线上为一定值。在只受重力作用时，地面附近流体的 $V = gz$ ， g 为重力加速度， z 为流体对指定基准面的铅垂距离。此时本定理可写成：

$v^2/2g + z + p/\rho g = C1/g$ ，表示在同一流线上，各点的流速头（流速高度）、位置头（位置高度）和压力头（压力高度）之和为一定值。气流的速度增加，会使它的静压强减小，形成负压区。由于这一现象的存在，所以在

文丘里管的细腰处，就会出现负压区。大空间公共建筑中央隆起的屋顶类似半个文丘里管，因此屋脊附近任何形式的开口，都会使空气被吸出室内。如果把屋顶设计成一个完整文丘里管的形状，伯努利效应就会表现得更为强烈。况且气流离地面的距离越高，它的速度提高得就越快。因此屋顶脊部的压力，就比靠近地面的窗户附近的压力要低。因而即使没有文丘里管一样的几何结构的帮助，伯努利效应也会通过屋顶上的开口，把空气排出室内。在设计中我们要尽可能创造断面渐缩的文丘里管以引导自然通风，利用伯努利效应，随着截面的变小，增加断面内由下向上的空气流动速度，从而降低管内气流的压力，增大室内空间与文丘里管之间的气压差，促进自然通风这一影响人体生物舒适感受的因素。

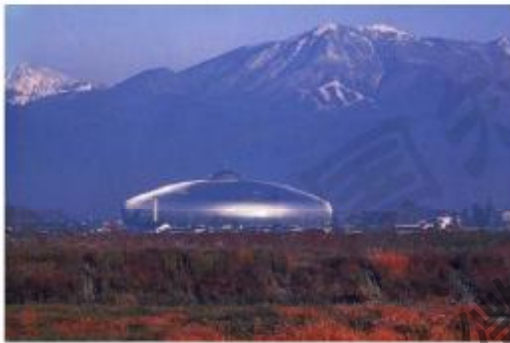


图5-70 长野白环体育馆^[136]

Fig. 5-70 Nagano white ring arena

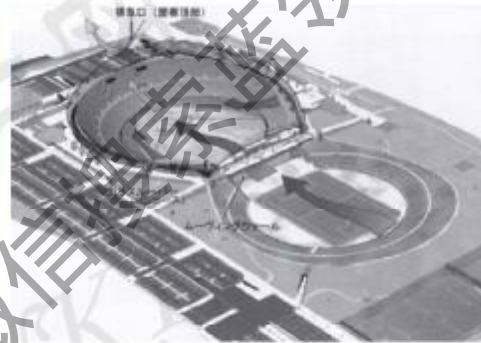


图5-71 札幌穹顶自然通风^[112]

Fig. 5-71 sapporo dome natural ventilation

长野白环体育馆设计创造性运用热压通风原理，在中央大厅顶部设备间设计的抽拔空间是对烟囱效应的科学演绎，同时使飞碟造型更为理性(图5-70)。试验表明，斜的、平缓的圆柱剖面利于自然通风，加速的气流掠过弧形屋顶并在其上造成负压高峰，同时在迎风面上造成较轻的正压，这种压力差可为创造自然通风服务。札幌穹顶利用空气动力学原理，其穹隆状屋顶形状通过计算机及实物模型风洞试验而确定，屋面设计成可防屋面积雪、减少风力影响并适应棒球飞行轨迹的抛物曲面造型，冬季的主导风被流线形穹顶引走，从而减少了寒气对室内环境不利影响和供暖能耗。而开口朝向夏季主导风向，在夏季或其它温暖的季节，温暖的自然风通过90米长的开口进入室内，其基于伯努利效应的端部狭长的瞭望孔也强化了自然通风，从而大大减少了室内的机械通风需求和空调能耗(图5-71)。可见自然通风设计不仅对室内环境品质大有裨益，还为建筑空间形式提供了科学的注脚。

4、适度波动的热环境

诚如吉沃尼所说,“把人对热环境的反映表达为单一的环境因素,如空气温度、湿度、气流速度的函数是不可能的,因为这些因素同时对人体加着影响,且任意因素的影响又取决于其它因素的水平。”^[172]现代科学已经证明,影响室内人体热舒适的因素有六个,其中两个是主观因素,四个是客观因素。主观因素之一是人体所处的活动状态,可用人的新陈代谢率来代表;其二是人体的衣着状态,可用服装的热阻来描述。影响室内人体热舒适的四个客观因素都是室内的气象参数,分别是室内空气温度、空气湿度、室内风速和室内的平均辐射温度。人的热舒适感是上述六个因素的共同影响下的一种综合结果。

根据生理学观点,人对热舒适环境的反应是人体感受到外界刺激的反射过程。实验证明:如果人体一个或所有感官受到过度刺激,我们大脑会受警告,直到感官恶化;如果它们是欠刺激或感觉受到剥夺,大脑会产生幻觉,直到感官被毁坏。我们应在稍过或稍欠的刺激之间保持平衡,当来自环境的刺激减少时,人们会不得不主动寻求刺激以获得外界信息作为补偿。根据卫生学的观测数据,在一天之中温度的变化对人体是有益的,它与新陈代谢强度的关系和人体活动特征有关。^[152]而空调设计所依据的舒适标准过于敏感,忽视人们可以随温度的冷暖变化酌情增减着装的可能。因此恒定的温室度数是标准并不必然是人们最舒适的感受。所以大空间公共建筑不应是恒温箱,动态的室内气候对人体产生适度的冷热等方面的刺激不仅是合理的而且也是必要的。因为从生理上说,人们长期处于稳定的室内气候下,会降低人体对气候变化的适应能力,不利于人体健康。除此之外,与外界气候呈现相同或相近的动态室内气候还能减少气候的修正量,减少能量的输入,降低舒适的成本。

5.3.1.3 绿色宜人的视觉环境 随着现代技术的异化,大空间公共建筑室内与自然的界限愈加清晰,清一色的人工环境要素使空间氛围死气沉沉,物理环境对人也颇有消极影响,缺少自然界那种生动和谐的局面,同时有机的生态机制也被机械的人工控制所取代。

“建筑物常被看作大量无生命物质的堆积,……植被化的理想目标就是将有机的、富有生命力的物质与无机的、无生命的物质融为一体。”^[131]因此无论从生理健康还是心理健康的角度,生物气候功能体系对于大空间公共建筑都是一个必要的有益补充,其融入都会给大空间公共建筑空间注入一股清新的活力。悉尼国际水上运动中心的水上娱乐中心室内种植了植物,为娱乐健身空间凭添了几分天然意趣,而且植物呼吸作用和游泳馆内设备运

转所产生的热量也被积极有效的利用起来为池水加热所用。同时植物的光合作用产生的氧气对室内空气品质的改善也不无裨益(图5-72)。1991年威尼斯双年展中, Nicolas Grimshaw设计的21世纪机场方案就是一个通风的、椭圆的绿色花园来代替目前以不同楼层区分入境和出境, 而乘客便绕着花园或左或右的行走。屋顶是曲线的, 它在中央下沉, 并利用航站候机楼和花园之间的空间来通风和排烟。^[102]作为第一个人工岛上的机场, 大阪关西机场

(Renzo Piano设计, 1994年建成, 图5-73)以成片的植树建造人工森林, 并将绿化带引进了航站楼大厅以及登降廊厅两翼内部。特别是在旅客大厅宽达275m、深31.2m、高20m、贯串四层的“大峡谷”中, 屋顶采用透明的玻璃顶棚, 保证天然树木的成活需要。并以充足的养料和水分来弥补室内阳光之不足, 用含水量高的多孔质烧成土代替一般的土壤, 更使用与树木同高的喷雾装置喷洒水雾, 保证枝叶部分对水份的日常需要。引入绿色植物、阳光等生态因子, 既改善了室内生态微气候, 又增强了空间识别性和定位感, 振奋了旅客的精神。



图5-72 悉尼水上运动中心室内^[173]

Fig.5-72 Sydney aquatic center inner



图5-73 大阪关西机场航站楼^[95]

Fig.5-73 Osaka Kansai airport

综上所述, 健康可谓生态的核心语义, 通过建材设备无害化和室内环境自然化、宜人化策略, 可以创造出生态健康的环境品质。前者尽量杜绝有害构成单元的使用可谓扼源, 后者则通过声、光、热环境和视觉环境的有机整合塑造人性化空间环境可谓治载, 将“内容结合生态”原则落到实处。

5.3.2 环境负荷减约

在建筑的发展中, 自然始终是一个沉默的背景和不可逾越的对话者。建

筑全生命周期中肆无忌惮地给环境贡献了超负荷的温室气体、酸雨气体、烟尘、CFC、废水、固体废物等。而随着人们改造自然能力的指数式增长，人工环境已大有置换自然环境之势，从而减少了生态系统的自我调节和同化吸收能力。新陈代谢是建筑与环境关系问题的关键所在，大空间公共建筑对环境的亲善还表现在采用合理的物质流、能量流模式上。

5.3.2.1 节材减费

由于建筑是资源的消费者，节约资源是减少环境负荷的应有之义。除前文的材料结构优化以高效利用外，在设计中变材料线性使用模式为环形使用模式是非常必要的，通过再生更新、循环利用等措施减少资源输入输出。

在细节方面，重复使用一切可以利用的材料、构配件、设备和家具等资源。其实，建筑物中的钢构件、木制品、照明设施、管道设备、砖石配件等都有重复使用的可能性。这就需要建筑师在创作中树立新的选材思想，首先应该考虑利用以往材料与设备的可能性；其次，即使在选用新材料时，也应考虑这些选用材料和设备以后被再利用的可能性。在考虑材料和设备的价格时，也应该照顾到今后可能被再利用的因素。

在整体方面，应对有保留价值的旧建筑进行更新改造。从生态角度看，在建筑物的建造过程中会消耗大量资源和能量，同时亦会产生不少废弃物，这都不利于保护生态环境。因此如果能充分利用现有质量较好的建筑，然后对其进行更新改造以满足新功能需要，这样就可大大减少资源的消耗和降低能耗，同时亦能减少建筑垃圾。对旧建筑的更新改造是一项有很大潜力的资源再利用的课题，在西方发达国家几乎成了一种时尚。目前西方国家已一改工业革命后的大拆大建的做法，旧建筑很少拆除，尽量将其利用。英国国家资金用于新建与改建的比例已由20世纪70年代的75：25提高到90年代的50：50，这与人们环境意识的提高是有一定关系的。西方社会兴起对旧建筑改造的原始动机并不是为了追求生态精神，在当时更多的是基于对保护城市文脉、保护城市中心区的建筑特色、促进城市中心区的复兴等因素的考虑。然而如今，他们已逐渐认识到旧建筑更新改造的生态意义，更认识到旧建筑的更新改造具有社会—经济—生态的综合效



图5-74 上海江湾体育中心改造更新^[174]

Fig. 5-74 Shanghai Jiangwan sports center renovation

益。在此背景下，我国大空间公共建筑领域也相继出现利用旧建筑的案例，为如火如荼的建设热潮吹入一股理性清新之风。如上海江湾体育中心改造既在不浪费资源的前提下更新了空间，扩展了功能，又延续了其在景观、经济、交通等方面与周边环境相得益彰的互动关系，不失为一次有益的改造尝试(图5-74)。

由此可见，通过循环利用构件和有机更新旧建筑能有效地节省资源、减少重复投入的目的，其对北京2008年奥运会体育场馆建设也具有借鉴意义。

5.3.2.2 节能减耗 1、开源节流策略

能源问题可谓环境危机的始作俑者，也是生态设计不可回避的关键所在。由于建造一栋建筑所消耗的能量只相当于其在使用寿命中所消耗的全部能量的10~20%，而大约50%的能耗用于通过采暖、供冷、通风和照明来创造一个人工的室内气候。^[175]由于特殊的工艺要求使大空间公共建筑比常规建筑对环境有着更大的负荷，可见运行维护能量的节约是其生态设计的重头戏。为维护生态环境必须减少全寿命周期内运行所必需的能源耗费和污染物的排放。大空间建筑应从整体到局部、从功能到形式都“以生态为本”，才能辩证地实现“以人为本”的终极目标。而开源节流策略是综合生态设计的本体核心。

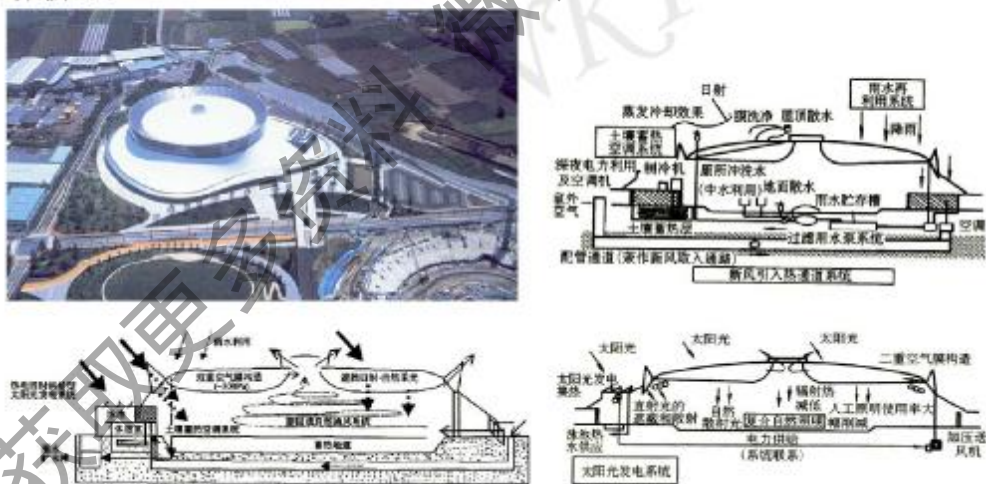


图5-75 熊本运动公园穹顶生态策略分析^[174]

Fig.5-75 Kumamoto park dome ecology strategy analysis

所谓“开源”，即是指建筑设计将视野从化石能源主动拓展到可再生能源的多元并举的局面，摆脱原先单纯依赖传统能源的被动局面，以填补巨大的能源缺口。当前具实际应用价值的自然能只有太阳能、地热能，风能等。

熊本运动公园穹顶（第一工房设计，1997年建成）基于温热的生态气候全面充分考虑自然能利用，将建筑设计、结构设计与环境设备系统的密切结合，实现节省资源、能源的目的，全年预计减少光热费用3000万日元(图5-75)。

1、太阳能：屋顶设3.5KW的太阳能电池，供三重空气膜内充气用动力（夜间用商用电源）。利用太阳能电池的冷却水回收排热量，以提高用于游泳池加热的真空式太阳能集热器的出水温度。另外该穹顶采用可以遮阳而又能充分利用其散射光的具有百叶窗功能的蜂窝式玻璃，设置在屋顶周边，使比赛场白天几乎可以不用人工照明。

2、风：利用下部周边入口大门的开启角度（ 45° ）使空气在室内形成回旋上升气流（上部为排气天窗）的自然通风，即使无空调，观众席因有风感而改善了热环境。

3、雨水：利用大面积屋面的雨水可节约上水道供水量50%。通过利用屋顶淋水装置，在夏季可减少屋顶的太阳辐射负荷。

4、土壤：利用空气热源热泵、水泵、空调机组、蓄热盘管、土壤蓄热槽、系统转换阀门等构成土壤蓄热系统。利用深夜廉价电力由空气热源热泵机组制得冷水（或热水），并输入埋于休息厅等（ 200m^2 建筑面积）地下上层（相当于土壤蓄热槽）的盘管中，故白天蓄热盘管就成为采热盘管，取出的热量供空调机组，为休息厅等提供热量（或冷量）。^[176]

仙台穹顶基于风洞试验数据，通过屋顶弧状折缝构成的换气口，将积聚在穹顶下面的热量诱导排出，这种气流（膜下部）也可防止内表面结露。而下部墙面上的大型进风窗可以自然通风，使观众席产生风感不致过热(图5-76)。

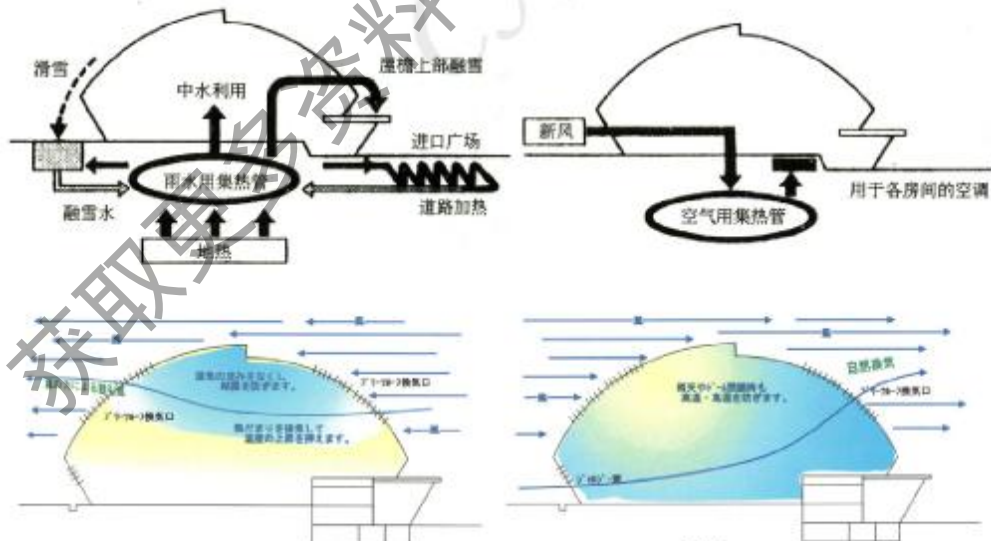
图5-76 仙台穹顶生态策略分析^[177]

Fig.5-76 Sendai dome ecology strategy analysis

PTFE膜屋面保证了自然采光的效果，活动屋盖可在气候适宜时打开完全室外化。另外积极利用地热：屋顶形状和材料设计成易于使积雪下滑的可能，将从屋面下落的雨水或融解的雪水贮留在地下水槽内，将其通入埋在地下5~7m含水砂砾层(全年约11℃)中的“雨水用集热管”，可用于入口广场等的融雪。不利用地热时，地下水槽内的水作为中水使用。而且供冷期间新风可经地下的“空气用集热管”预冷却后供空调房间使用。冬季同样可利用它进行预热后供暖。通过这些措施，仙台穹顶有效地利用了自然能源。

所谓“节流”就是通过全方位调度建筑各系统参数，在综合平衡中提高气密性和开放性，辩证地解决通风与保温、采光与遮阳的矛盾，减少建筑能耗。在新型再生能源占据市场相对主动的优势之前，建筑节能化石能源都具有无可替代的重要作用。“建筑节能”的主题词在1970年代第一次能源危机时是Building Energy Saving，即减少能源的使用量，努力抑制需求、控制建筑能耗上升趋势；80年代改为Building Energy Conservation，即建筑能量守恒。就是希望在总能源消费量基本不增长的情况下发展经济；90年代又成为Building Energy Efficiency，即提高能源利用效率，用最小的能源消费代价来满足日益增长的建筑能耗需求；近几年则齐必称Global Warming和Global Environment Load，即地球温暖化和地球环境负荷。因此从整体上寻求节能环保与舒适健康、生产率间新的平衡是节能的唯一出路。

建筑最重要的目标是提供舒适的室内气候，其使用过程也就是一个对自然气候的修正加工过程。对于生态化大空间公共建筑而言，这个目标应该增加“高效”这个原则。建筑对气候资源的利用不仅是最为生态的高效能源利用方式，而且这种方式也能够使我们获得最高品质的室内舒适环境。建筑高标准的舒适满足不应是停留于生理舒适或物质满足，而应该体现在心理舒适和精神满足。高效充分的利用气候能源获得的室内舒适环境就能达到这样一种高品质的舒适。同样标准的舒适气候，如果通过被动式获取，比如直接利用太阳能，我们在享受时就会感到心安理得。美国能源部指出被动太阳辐射型建筑能耗比常规新建筑的能耗低47%，比相对较旧的常规建筑低60%。里斯本大西洋馆采用了具有革新性的节能策略，在屋顶中部装备受控天窗，引进天然光线并能提供自然通风，既节省了馆舍运营费用，又创造了清新的环境(图5-77)。此外排风扇和混凝土看台对大量的人群起到热交换的作用，扩大了自然换气系统。在Tagus河下面的用于进行热交换的水中盘管提供了补充的冷量，替代了冷凝器；经过冷却的空气通过低速管实现座椅送风。以上综合措施比一般的制冷系统可节约能源50%以上。^[109]丹克·格雷奥林匹

克自行车馆（Paul Ryder设计，1999年建成）屋盖中间采用玻璃天窗，配有光控百叶窗以充分利用自然光并可消除投射在车道上的阴影。智能系统控制室内亮度、风压、风向以及温度，通过天窗引导气流或将热空气从百叶窗排出，当室内温度过高时，热空气通过天花上的百叶窗排出，而冷空气则由观众座位下的通风管导入；当需改变室内风压时，则可利用对流原理通过开窗引导气流实现，从而将环境调整到最舒适的状态(图5-78)。该馆6000座席并无空调系统，舒适要求靠有组织的自然通风保证，用天然采光把照明用电量降到几乎为零，是一个可观的生态创举。开源与节流分别从两方面入手开辟生态园地，二者的一体化则是更有效解决生态困境的利器。

图5-77 里斯本大西洋馆生态策略分析^[97]

Fig 5-77 Lisbon Atlantico Pavilion ecology strategy analysis

图5-78 丹克·格雷奥林匹克自行车馆生态策略分析^[178]

Fig 5-78 Dunc Grey velodrome ecology strategy analysis

2. 整体统筹策略

当然生态化大空间公共建筑是动态非线性的系统，是相关因素的整体协同优化的结果，而非局部技术措施的单打独斗。生态设计的灵魂就是以整体视角，辩证地疏通系统与环境之间及系统内部各要素之间的关系，使其和谐有序，以优化系统功能。系统集成和整体统筹是不二之选，片面强调单体要素的突进，并不能提高系统的整体功能，有时反而增大系统内耗。建筑师应根据具体项目的实际，从整体入手推敲方案，既要洞悉重点又需避免生态技术喧宾夺主的表演，在此基础上调度各种技术，只有融入整体构思的技术才

能充分发挥作用。

大馆穹顶穹顶通过综合优化设计达到了生态措施的有序整合。整体上基于空气动力学原理，同时兼顾棒球飞行轨迹的包络曲线，选择了最小表面积的卵型曲面体型。考虑到来源于米代河和常年所带来的西南风及豪雪区域的落雪主题需要，卵形空间的纵轴与主导风向平行，并且膜结构表面肌理也顺着风向以减少积雪。其次屋盖双向拱形构架由当地层压雪松制造而成，屋面采用总透光率高达8%的双重膜材以确保自然采光，比赛场地晴天时照度可达3000~5000Lx，阴天时为1000~1200Lx，大幅度减轻了照明电力需求，同时营造了一种与大自然融和的氛围。再次，外周下部1600m²的开口之间的风压及其与顶部50m²的换气口之间的热压实现了自然通风，可有效排除室内热量，其效果经计算机数值模拟获得了证实。而利用当地恒定的西南风向及馆外的生态水池对进入室内的空气蒸发冷却则是该馆统筹设计的亮点，生态水池同时储存屋顶雨水作为杂用水源。此外井水，雨水作为夏季降温的冷源，冬季可用于屋顶融雪，并且利用井水在屋顶上洒水，蒸发降温以减少热负荷(图5-79)。由于以一贯之的整体生态策略，该馆在低负荷层面上运行状况良好。^[179]由此可见，从全局出发秩序化、系统化的生态措施设置是实现生态效果的必要策略。

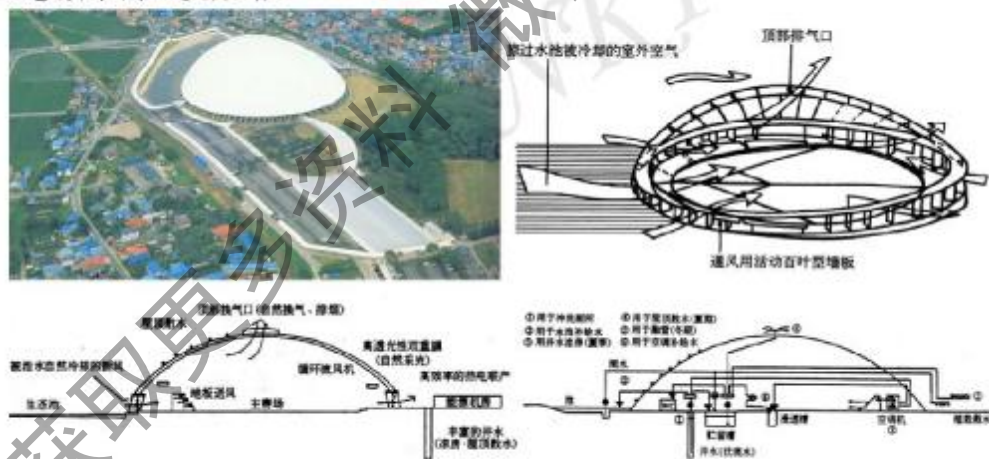


图5-79 大馆穹顶生态策略分析^[22]

Fig.5-79 Odate Jukai dome ecology strategy analysis

事实上在当前大空间建筑的创作实践中，建筑师只重视其特殊性而忽视与其它类型的普遍性问题是其生态效果提高的瓶颈，乃至在其它建筑中已普及的技术措施（如遮阳）在大空间建筑中却十分鲜见，难怪其眩光等问题凸显。笔者认为建筑师应尊重大空间建筑创作规律，打破思维定势，既要抓个

性问题，又要强调共性问题，兼容并蓄，才能融会贯通，避免整体效果中生态缺陷的出现，实现大空间建筑生态化设计从必然到自由的升华。

5.3.2.3 节水减污 大空间公共建筑日常运行用水量很大，种类也很多，但仅有少量需要达到饮用水标准，约50%的饮用水可用雨水来代替，可见其中节约的潜力(表5-3)。提倡建立中水回用系统及雨水收集和井水利用是大势所趋，对水资源紧张的城市更是缓解给水紧张，实现节水减污目的的一条可行之路。使用雨水不仅可以作为中水使用，还可以冷却建筑外维护结构或建筑构件。

表5-3 公共建筑用水类型表

Table 5-3 Public building using water type

序号	用水类型	包括范围
1	饮用水	饮食与炊事用水
2	洗涤用水	洗浴、洗涤和游泳用水
3	娱乐用水	各种景观用水
4	洗、浇、浇洒用水	冲洗车辆、消防、洒水、绿化用水
5	冷却用水	包括空调和冷冻设备的冷却用水
6	便器冲洗用水	小便槽的冲洗用水

由于屋面面积很大，大空间公共建筑收集雨水具有先天优势，有条件时再利用深井水，可用作杂用水如清洗便器、地面、喷灌种植的树木与花草等以节约资源。通过设置杂用水槽、雨水储水槽，雨水原水槽的水位控制以及各槽用泵和深井水泵构成系统，以雨水作为杂用水主水源，井水起补给作用，雨水不够时，全部用井水代替亦可。城市给水供生活用，井水热量可作为热源被热泵利用。在深井水较充足的地区，以其作为制冷机的冷却水、北方地区的融雪和清洗用水也是可行的。为了生态控制，井水必需设回灌井，

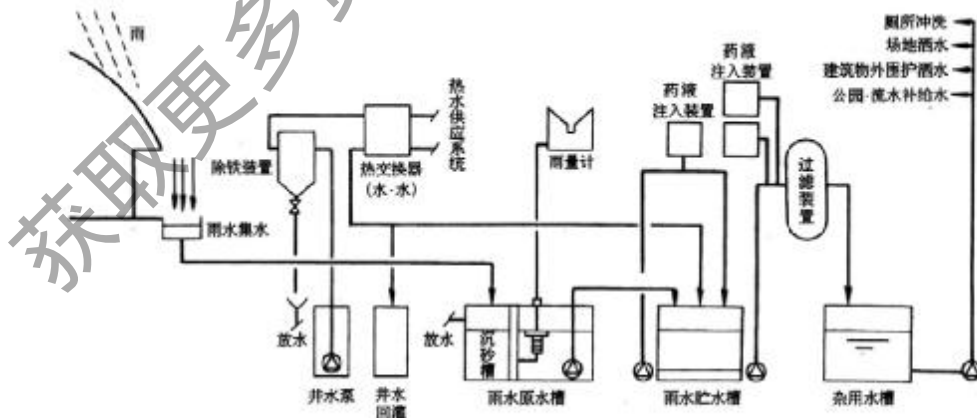


图5-80 出云穹顶雨水和井水利用系统^[22]

Fig. 5-80 Izumo dome rain and well water utilizing system

避免地面沉降等。出云穹顶早在十年前就利用大面积屋面的优势收集雨水作为中水杂用(图5-80)。长野奥林匹克纪念体育馆将深井水用于化雪、冷却、洗涤等,行之有效。^[180]东京国技馆每逢举行相扑大赛时,每天用于冷气机或厕所等的水量超过200吨,为此将8360m²屋顶收集的雨水贮存于容量1000吨的地下水池内,该馆的年用水量为23700吨左右,其中杂用水9900吨,地下水水池的计划贮水量可达7200吨用作杂用水,即约占杂用水总量的70%,若按东京自来水费计算,可节约2523万日元,是一笔可观的数目。

建筑周围的蒸发效应可以有效地促进自然通风,还能用来冷却建筑外围结构。和歌山巨鲸(日建设计,1997年建成)屋顶汇集的降雨存于地下贮雨水槽,并且来作为屋顶上的引人注目的喷水,经过处理后的雨水从地下泵送到暗埋在脊饰中的水管,再送入具有4个可调式喷嘴的集管箱,然后从屋面喷出。此外还安装了11个洒水用的喷淋器,蒸散发热,冷却屋面,从而降低了传入比赛厅的热量,喷出的水和洒水的水再经雨槽,重新汇集于贮水槽,实现了无浪费的合理设计(图5-81)。莱比锡新会展中心玻璃大厅(GMP设计,1996年建成)使用雨水降温系统,在盛夏季节不靠空调设备制冷的情况下,只靠玻璃外表面的雨水喷洒蒸发冷却,便能使其室内温度只比室外高1~1.5℃,足以保证室内的热舒适。^[182]由此可见,对大空间公共建筑而言,雨水和井水作为中水的合理利用是扬长避短之举,优化了水源结构,并实现了物尽其用,开拓了节水减污的新路。

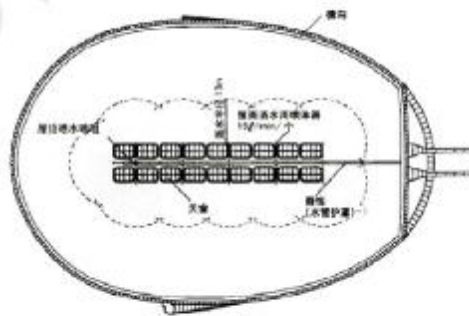


图5-81 和歌山巨鲸喷水屋顶^[181]

Fig.5-81 Wakayama dome spraying roof

作为公众聚会的“容器”和资源消费者,生态化大空间公共建筑意味着其存在本身应真实反映出环境特征与使用者的需求,由内而外地体现出一种健康、和谐、充满生机的存在状况。节约无疑是生态精神最重要的内涵,节材减费、节能减耗、节水减污则为大空间公共建筑搭建了实现环境负荷最小化的可行框架,也是“内容结合生态”的切实表现。

5.3.3 空间功能高效

作为一种产品，建筑的功能效益是其终极目的。生态设计的主旨就是将其功能效益最大化。传统型大空间公共建筑大多功能结构单一，造成“功能特化”现象，空间效益低下。事实上由于空间尺度大，大空间公共建筑具备容纳各种公共活动的空间框架，功能的兼容性和兼容性优势顺理成章，即使当本体功能实在难以为继时为了延续生命力而进行的彻底空间改造利用也有先天优势，如巴黎奥尔塞艺术博物馆就是由1900年建成的奥尔塞火车站改造而成，蒙特利尔奥运会自行车馆则在赛后成功的转型为生态博物馆。由于各种专业活动工艺要求的差异使其在空间形态、尺度、流线、品质方面需求不尽相同，为了高标准地满足各种功能需要，除了在空间尺度方面做好统筹整合设计外，对各种活动建筑界面、活动设施的考虑也不可或缺。

5.3.3.1 多功能灵活一体化整合 基于提高空间使用效率与经济效益、社会效益的初衷，大空间公共建筑的多功能灵活整合可谓适需对路且生态意义颇为显著，既避免了大量社会空间资源的闲置，又在一定程度上满足了不断增长的社会经济需求。大空间公共建筑多功能灵活整合设计的潜质突出，其功能适应性包括主体空间的多功能灵活整合与辅助空间的多元复合两方面。

1、主体空间的多功能灵活整合

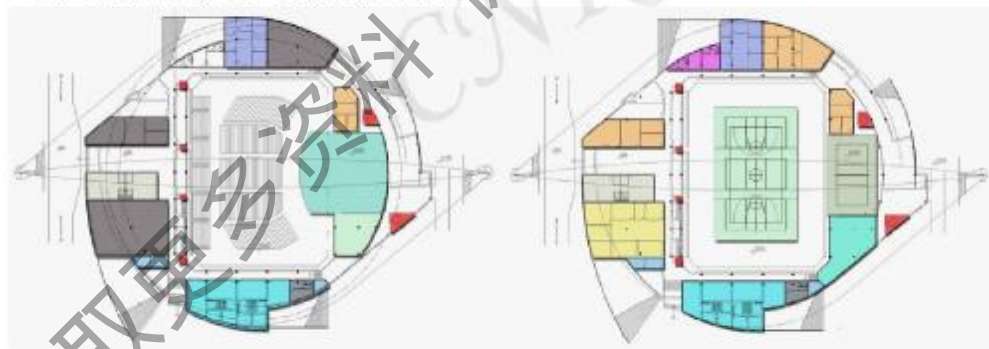


图5-82 广东外语外贸大学体育馆多功能场地

Fig. 5-82 Gymnasium of Guangdong university of foreign studies multipurpose ground

主体空间的多功能灵活整合应解决好功能的合理组合和优化综合布局。在功能合理组合层面，应注意各功能种类之间的相近或相通的职能关系，如体育与文艺演出、展览、会议之间的共通互融关系促成了这几种功能的整合设计。空间的灵活性为迅速的改造和恢复创造了条件。2000年悉尼奥运会充分利用现有设施经过改造用作比赛场馆。在达令港利用悉尼展览中心展厅改

造成摔跤、举重、击剑等比赛场地；在奥林匹克公园则利用皇家农业协会的展馆改造成篮球、手球、排球、羽毛球等比赛场；赛后所有设施均可恢复原有功能的使用。灵活空间设计保证了空间的共性，稍加改造即可共同使用，大大发挥了空间效益，资源得到了合理的利用。在优化综合布局层面，应以不同项目的工艺需求为基准，如梅季魁教授提出的多功能I型场地（34~36m×44~46m）和多功能II型场地（34~36m×52~56m）及后来的45m×75m场地，^[20]都是在综合了篮球、排球、手球、羽毛球、网球、乒乓球、搭台体操等体育项目和不同展览项目的场地需求而进行的理论升华。而在广东外语外贸大学体育馆设计中，我们结合高校体育馆的使用特点，又在40m×50m场地基础上，打破体育馆座席圆圈布置的传统思维，开放一面看台与训练场连通，将舞台与训练场整合设计，取得了多功能灵活设计质的提高(图5-82)。原先体育场馆举行会议、演出时将舞台置于中间场地多是无奈之举，而且还牺牲了至少一面看台的视觉质量，而这种将观演与体育功能深度整合的设计思想则既解放了一面看台的空间资源，又提高了空间综合品质和效益，可谓两全其美，因此值得在高校体育馆实践中推广。

2、辅助空间的多元复合

大空间公共建筑的辅助空间同样也面临着功能结构单一而低效的弊病，同时对城市空间也是消极的因素，其超人的尺度和令人禁欲的空间界面破坏了城市生活和结构肌理连续性。为此应利用各功能之间的互补机制，开放性引入异质因素形成趋于自足的多元复合结构。体育、展览、机场逐步走向大众化必将使大空间公共建筑的社会化、市场化运作问题日趋严峻。纪念性与娱乐性、专业性与商业性之间并非如表面看似的那样风马牛不相及，在商业化生存的语境中，专业本体功能与商业娱乐功能之间的联姻使功能复合体的造血机制大大加强，而专业功能系列化和互补功能捆绑式组合对提高空间效益也大有裨益，研究表明多种功能的并置混杂是商业空间的魅力之源。因此无论从大空间公共建筑的运营角度还是城市积极生活空间的塑造角度，都需要多种功能的复合渗透，达到优势互补、多元共生的生态学良性循环。

以体育建筑为例，其一般与会展（哈尔滨国际会展中心）、休闲娱乐、购物（如斯坦伯尔斯体育中心）、餐饮（如大阪穹顶）、旅馆、俱乐部（杭州黄龙体育中心）、健康医疗咨询（横滨体育场、伦敦新温布利体育场）等性质相似的类型复合，形成互为吸引人流的服务性组合。体育与商业的整合降低了竞技功能的主导地位，却使其在更广泛的层面上接近社会生活，使其重新焕发了生命力。作为一种特殊的社会媒介，融入商业、广告传媒、健

身、休闲等内容而形成的产业化体育逐渐对社会、经济等多方面产生影响。体育场馆作为体育运动的重要载体，也形成了以体育健身运动为核心，文化、娱乐、社交、购物等活动作补充的多元化的内涵。阿姆斯特丹体育场（Rob Schuurman & Sjoerd Soeters设计，1996年建成）是欧洲第一个活动屋盖体育场，引进“商贸体育场”（Tradium-Trade+Stadium）的新概念，是目前世界上空间利用最成功的体育场之一。首先主体空间立足体育本体优势，增加相关活动的使用率，特色经营，更好的与体育空间的性格协调，为作为开发空间的互动空间找到了合理而独到的切入点，其商业、餐饮、展览、俱乐部等辅助功能有明显的体育特色，从而产生竞争力。并且与最大的演出娱乐公司密切结合，最大限度的利用体育场的资源，获取大量经济效益，其次辅助互动的酒店、办公、娱乐等功能通过周边的“竞技场大道”上的专门设施满足，既减少了多余的投资和管理负担，又带动了周边的经济。同时该场实现了功能系列化，可提供中等规模的“场内多功能剧场”。根据最佳的演出规模、视觉效果产生了14000人仿真剧场空间，提供1500m²的舞台面积和25米的舞台净高，适合任何的表演和活动，突破了传统剧场的限制。排球、滑冰等原来认为在体育场中不适合的项目在此成为可能，歌剧、舞剧、冰上表演等演出同样胜任，这是一般大规模体育场无法企及的。同时是出色的商务活动平台：50-14000人的商务会议、产品展示会等，配备了50m²的巨型显示屏。另外设置了66个包厢、8个休息厅、9个股东休息厅及含有114座位的特权休息厅，与8个国际知名公司的合作，使体育场得到了有力的财政支持。^[165]由此可见，主体空间的多功能灵活整合与辅助空间的多元复合是实现大空间公共建筑整体功能效益最大化行之有效的措施。

5.3.3.2 活动建筑界面 对于功能周时性变化的大空间公共建筑而言，通过活动界面的调节可以提供不同品质、规模的空间以适应不同时间的空间需求，其中包括活动屋盖、活动墙体。

1. 活动屋盖

大空间公共建筑的技术难点在于大跨度屋盖结构。以体育建筑为例，全天候使用的内在诉求使体育场馆逐渐室内化，而由于一时未能攻克超大跨度结构及其配套的技术经济性难题体育场未能实现完全室内化，其运行也一度承受着集会活动的预期定时与天气状况的变化莫测之间固有矛盾。当高科技的迅猛发展使结构技术不再是体育建筑跨度和规模发展的瓶颈之时，从机动灵活的应变气候自发，集场馆功能一体化的活动屋盖体育场的出场便成为必然。尽管美国HOK事务所认为，一个可开闭棒球场的造价等于造一个室外

场再造一个室内馆的总和，但其强大的广告效应、功能优势和综合效益使得经济问题在体育场馆一体化面前显得如此无力。体育馆则受规模所限，容纳的活动内容相对较少，当经济的发展对其提出拓展增容的需求时，体育馆与时俱进的升级在所难免，这从乔治亚穹顶、大阪穹顶、名古屋穹顶、札幌穹顶等室内棒球场、足球场的相继出现可见一斑；并且体育馆的封闭界面在对不利环境防护的同时也屏蔽了自然的有益因素，而在可持续发展的语境下，体育馆空间环境的复归自然也是大势所趋，天然采光和自然通风已经得风气之先，与自然更开放地连通是体育馆发展的必然。内在召唤和外部氛围的合力促使“一种空间、两种效果”的体育场馆的一体化提上了议事日程。荷兰阿姆斯特丹体育场、日本小松穹顶、大分穹顶、英国加的夫千禧体育场、美国亚利桑那红衣主教体育场、上海旗森网球中心等一批活动屋盖体育场馆都纷纷随时而动，不同程度地体现出这一动态。在休闲娱乐设施方面，室内外的空间体验可谓大异其趣，其复归自然的张力更加强烈。日本宫崎海洋穹顶（三菱重工设计，1993建成，图5-83）作为全天候型水上乐园，其开合屋盖功不可没：一般夏季晴天屋顶开启，游乐大厅与室外融为一体，使人身处室内却复归自然；天气不良时则屋顶闭合回归室内本位，而透明的活动PTFE膜屋顶使满室生辉，以及模仿自然的造浪、沙滩、绿树等场景又使人恍若室外一般。



图5-83 宫崎海洋穹顶活动屋盖^[183]

Fig. 5-83 Ocean dome retractable roof

2. 活动墙体

活动墙体为大空间公共建筑的扩席增容提供了有利条件。体育建筑面临着赛时与赛后不同规模的空间需要，而且二者之间的矛盾较为尖锐，单纯为比赛需求设计的空间规模对其赛后的消化吸收无疑是一种负担，而只考虑平时利用的体育空间对于大型赛事则无法胜任。在比赛空间不变的前提下，折中的办法便是通过活动墙体扩大座席空间以满足赛时需求。慕尼黑奥林匹克

游泳馆的张拉式屋面结构免去了侧墙的支撑任务，使其成为活动墙体。看台处理成单侧固定，奥运会时则打开其对面的侧墙以布置10000个室外临时座席，会后则将其拆除，竖起大片玻璃幕墙维护，为平时以群众娱乐为主的游泳馆营造出轻松活跃的氛围。悉尼国际水上运动中心为满足奥运会游泳跳水赛事的要求，设计中采用一个拱形的钢桁架以使柱子能方便自行移动，使建筑物长度加大，来满足比赛期间增容的需要，在比赛期间观众席位可从平常的4400座提高到17500座。由此可见活动墙体是有效地改变体育建筑空间规模的得力措施，以适应平赛不同状态的功能需要。

3、活动设施

如果说活动建筑界面只是提供了空间规模、品质改变的框架和基础的话，那么活动设施的存在则更完备地保证了得以举行各种活动的空间品质。活动设施包括活动顶棚、活动隔断、活动地面、活动座椅等。

A、活动顶棚

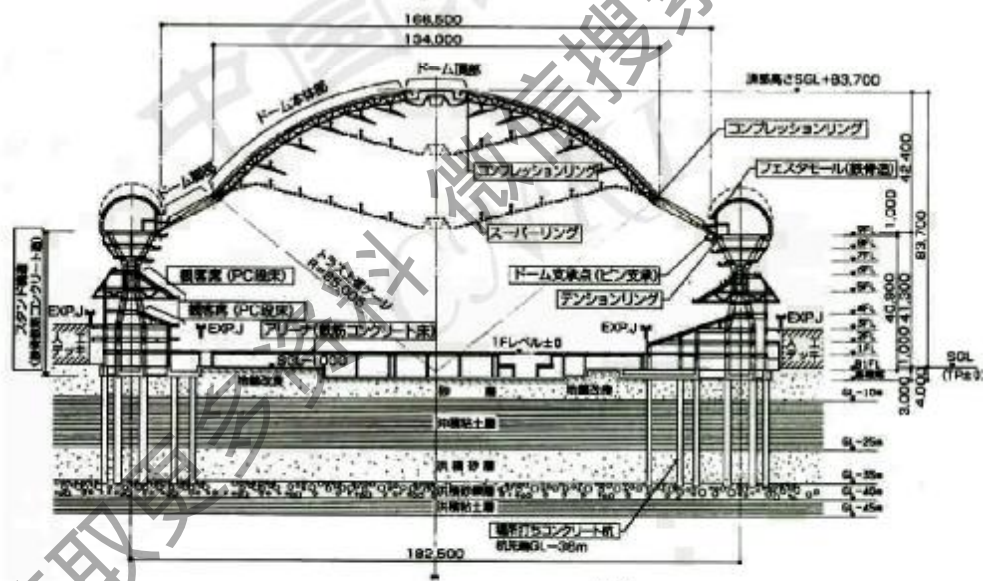


图5-84 大阪穹顶活动顶棚^[184]

Fig. 5-84 Osaka dome moveable top

随机变化的功能需求使动态适应性成为大空间公共建筑生态化设计的主旨，而当不同需求之间发生矛盾时，就必须通过活动设施调节空间状态的隶属度，使其游走于性质各异的功能之间。运动空间与文化演出空间的差别可谓云泥之殊：前者要求空间要大，而且最好有明亮的自然采光，但音响方面则要求不高。而后者则相反，舞台演出时需要完全转暗，混响时间和声音的

清晰度是首要问题。对于音质要求较高的大空间，活动顶棚能有效地改变空间体积从而改变声场的混响时间(图5-84)。大阪穹顶由于对音响不利的空间形状，配置了升降式顶棚系统以在短时间内将场地变为适宜体育、音乐会、展示会等多样活动所需要的最佳空间。该系统由7个9m宽的环状单元构成，以每分钟2m的速度升降，顶环全部下降时，穹顶为净高最低36m，适用于音乐演奏会，顶环不遮挡时，穹顶为净高最低72m，适用于棒球比赛等。透光、遮阳两种模式也为功能空间提供了选择余地，从而达到不同活动所需要

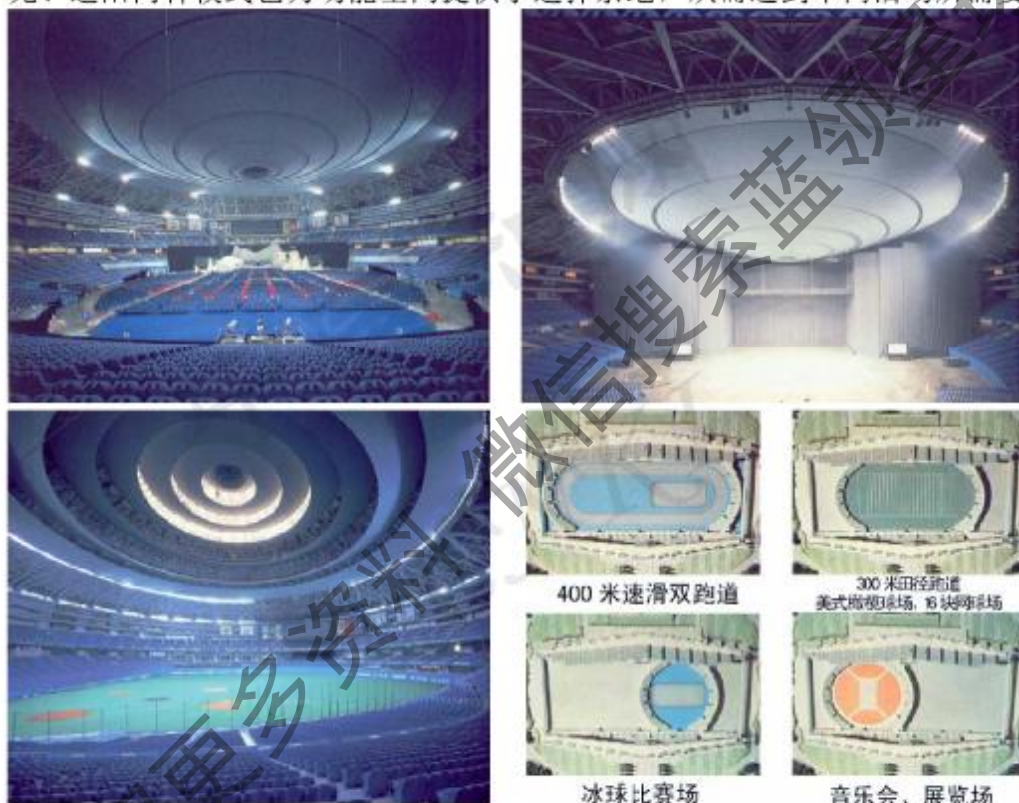


图5-85 大阪穹顶活动顶棚与隔断组合^[184] 图5-86 长野奥林匹克速滑馆活动坐席^[136]

Fig. 5-85 Osaka dome moveable top and separation assemble Fig. 5-86 Nagano Olympic speed-skating hall moveable seats

的空间形态、音响特性及采光状态适宜化。室内体积也有120万 m^3 所见为95万 m^3 ，随之而来的是混响时间由5.1秒变为4.9秒。可见活动顶棚不失为一条高标准满足不同功能需求的可行之选。

B、活动隔断

侧界面围合对空间规模、性质、氛围的影响颇大，直接决定了空间的不可

同形态、质感、音质、私密性等性能。因此主体空间的多功能规划应在大空间公共建筑设计之初就应当详尽考虑,通过活动隔断把大空间同时划分成若干个小空间,达到既能各自独立使用,又能随时合并为一体,在一元与多元之间即时转换,机动适应不同功能需要,大幅度提高空间利用率。而且场地的预埋件、隔断的形式、规模由建筑师整合设计,有利于高品质空间氛围的塑造。这种方式对于体育建筑平时的多功能利用可谓适需对路。大阪穹顶装备了活动隔断幕墙及其配套吊杆要求的网格桁架等,与升降式顶棚系统共同为体育、大型音乐会、展览会等活动项目提供最灵活而专业的空间计划,可组装成多个动态的“剧场式”空间以应不时之需(图5-85)。能谷穹顶将体育馆与多功能运动场紧临配置,相邻处设置大型活动空间隔断(60m×10m高),使二者空间可分可合,灵活机动。^[185]可见活动隔断对大空间公共建筑的多功能利用行之有效。

C、活动座席

座席是观演性大空间公共建筑的必要设施,对于体育建筑而言,座席在相当程度上发挥了空间界面功能,塑造出比赛空间的围合氛围,其数量直接决定了该建筑的规模。但固定看台占据了有限空间资源的相当部分而平时得不到充分利用,而收放自如的活动座席的出现解放了这部分空间,使其有可能能灵活的改为它用,最大限度的发挥空间效益。而且由于活动座席简便易行,技术经济性相对适宜,使其成为生态化体育建筑中是不可或缺的标志性装备。长野奥林匹克纪念体育馆空间宏大,为了高质高效地满足其它功用,活动座席的引入功不可没(图5-86)。在进行冰球比赛时,利用可动座席在速滑馆的一端围成临时的比赛馆,把剩余空间作为训练热身之用,主次分明、空间贯通。大阪穹顶的旋转式可动座席可灵活改变场地形状在各种功能之间适应,活动座席为其空间形态、氛围、规模的转换提供了必要的设备保证。而小型体育馆则可将固定座席完全置换为活动座席以恢复空间的彻底自由,笔者参与的白城师范学院体育馆工程在这方面作了可贵的尝试,其效果得到业主和社会的广泛认可。由此可见活动座席是改变空间状态以多功能利用的切实可行的得力措施。

D、活动地面

如果说活动顶棚、活动隔断、活动座席是灵活空间高端需求的话,那么活动地面则是其容纳专业功能的必要条件。底界面的品质状态直接决定了本体活动的功能度,由于各种活动所需场地不尽相同,地面系统也需在不同状态之间进行相变以满足工艺要求,活动地面也就自然成为必备之选。其中又

分为活动草坪、活动地板、活动池底等。

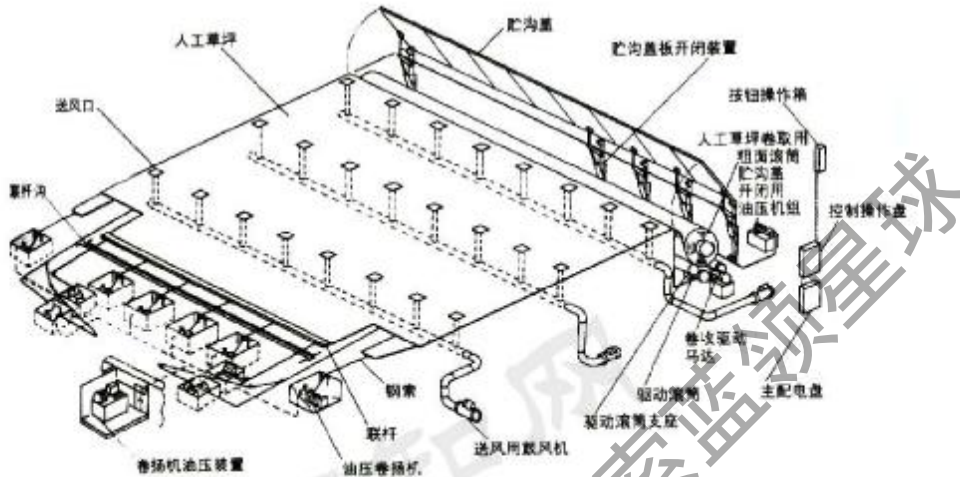


图5-87 大阪穹顶大型草坪卷取装置^[107]

Fig. 5-87 Osaka dome large lawn unrolling device

为了从棒球到演出的即时转换，提高演出（比赛）场的使用周转率，大阪穹顶设置了大型人工草坪卷取装置（65m×117m，图5-87）。在棒球场边沟中设有卷轴，同时利用气垫原理减少卷取时草皮与场地的摩擦，将地面上的送风口开启并送入空气，使人工草坪全部从地面浮起后再进行卷取，十分方便。当铺设人工草坪时，先用埋设在本垒侧的卷场机将钢索拉直，然后再利用卷扬机把草坪从边沟内拉出。札幌穹顶的“整体式移动草坪”则别出心裁，把120m×86m中8000t的天然草坪利用气垫技术，使其浮起2cm左右整体在室内外之间平移(图5-88)。在没有足球比赛时，天然草皮在室外平台生

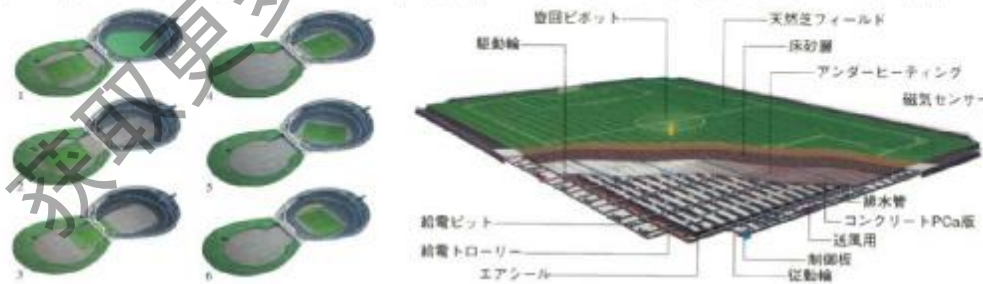


图5-88 札幌穹顶整体式移动草坪^[112]

Fig. 5-88 Sapporo dome whole moveable lawn

长，同时进行训练和非正式球赛使用，室内则利用人工草坪进行棒球比赛；

足球赛时则将其卷起来收于场地下方，再将天然草皮整体平移到室内场地上来，并将其旋转 90° ，同时调整活动看台的布局，实现棒球场到足球场的转换。活动木地板则对于陆上项目的适应行之有效，提供了不同活动项目之间的自由转换平台，它可以解决篮排球、体操、冰球以及展览对地面面层的不同需要。如黑龙江速滑馆和慕尼黑冰球馆利用活动木地板创造了灵活变换的场地。巴黎贝西体育馆可满足包括200米田径在内的24种体育项目的比赛需要，并可作为各种不同形式的演出场所，其中活动木地板的作用居功至伟。而活动池底则可通过上下浮动调节池深，照顾平时儿童和游泳初学者的需要，设置可提高至与池岸平齐而实现水、陆、冰项目的兼顾，如代伐木游泳馆和熊本综合室内游泳馆在冬季就利用活动池底技术改造成为滑冰场(图5-89)。可见活动地面对于各种活动的灵活适应是必不可少的基础。

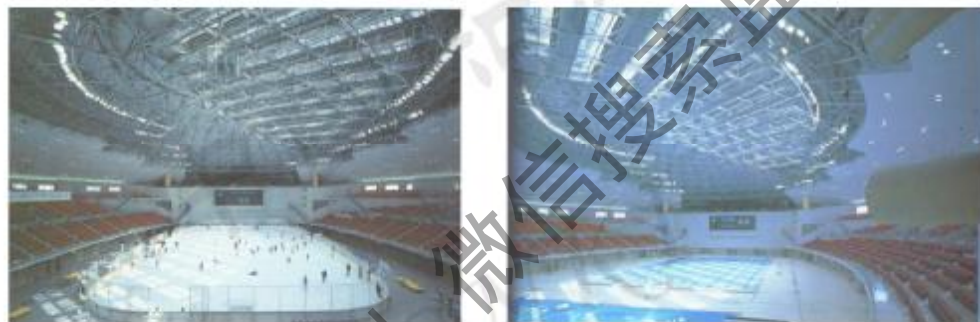


图5-89 熊本综合室内游泳馆活动池底技术^[186]

Fig. 5-89 Kumamoto aqua dome moveable bottom

随着技术的进步，各种活动设施技术的系统集成是大势所趋。埼玉竞技场（日建设计，2002年建成，图5-90）开创了整体移动建筑空间的先河，其最大特征就是把观众席、大厅、洗手间、小卖部、机械室等组成一体，构成重达1.5吨的钢结构建筑体，依靠滑轮装置改变空间大小。举办大型比赛时，移至竞技场一侧，形成可容纳36500人的比赛空间。而平时移动体则处于建筑中央，将比赛厅分为两部分：一座23000人的体育馆可供中小型比赛和市民健身适用，一个弧形的多功能前厅供社区活动使用，为我们提供了可资借鉴的设计思路。而亚利桑那红衣主教体育场（Peter Eisenman设计，2006年建成，图5-91）同时拥有了伸缩屋顶和活动球场，成为建筑史上的里程碑。伦敦新温布利体育场（Norman Foster和HOK设计，2006年建成，图5-92）勾勒出未来体育场的轮廓：600个电视屏组成的电子显示屏，精确的音响效果，下层看台可灵活机动地转变为竞技场地，及通过133米高315米跨

的拱吊挂的活动屋盖等。以体育场馆为代表的大空间公共建筑通过活动界面及活动设施等技术再次螺旋式发展到“综合—分化—综合”的逻辑起点。

当然高效适应的大空间公共建筑功能设计本身是个整体的概念，注重人与自然的有机和谐和共生，所以将生态分解为若干部分不可能达到综合效果。“建设性后现代主义告诉我们：从思维方法上看，我们首要的错误是假设我们能够把某些元素从整体中抽象出来，并可在分离的状态下认识它们的

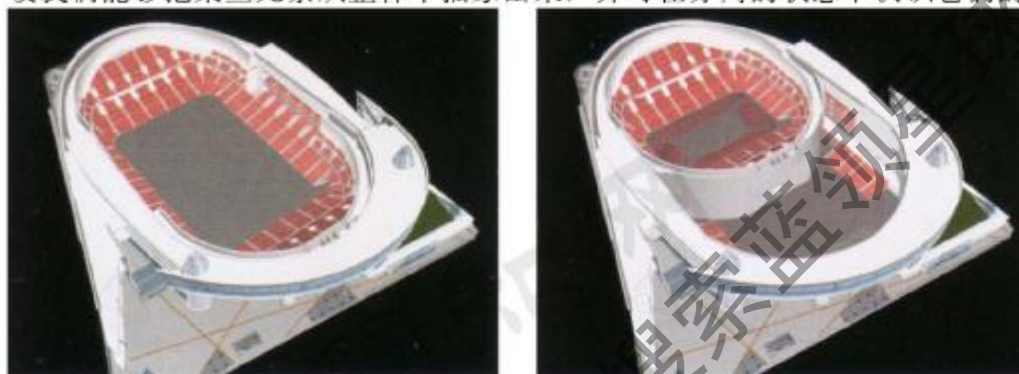


图5-90 埼玉超级竞技场活动建筑体^[25]

Fig. 5-90 Saitama super arena retractable top



图5-91 亚利桑那红衣主教体育场^[187]



图5-92 伦敦新温布利体育场^[188]

Fig. 5-91 Arizona Cardinal stadium

Fig. 5-92 London new wembly stadium

真相。”^[193]因此只有根据具体工程实际，通过多功能灵活一体化整合、活动界面和活动设施等全方位的综合调度才能使大空间公共建筑的功能效益实现最大化。

通过前面大量的实例分析，本文尝试提出一下大空间公共建筑生态化设计的模式图解(见图5-93)。

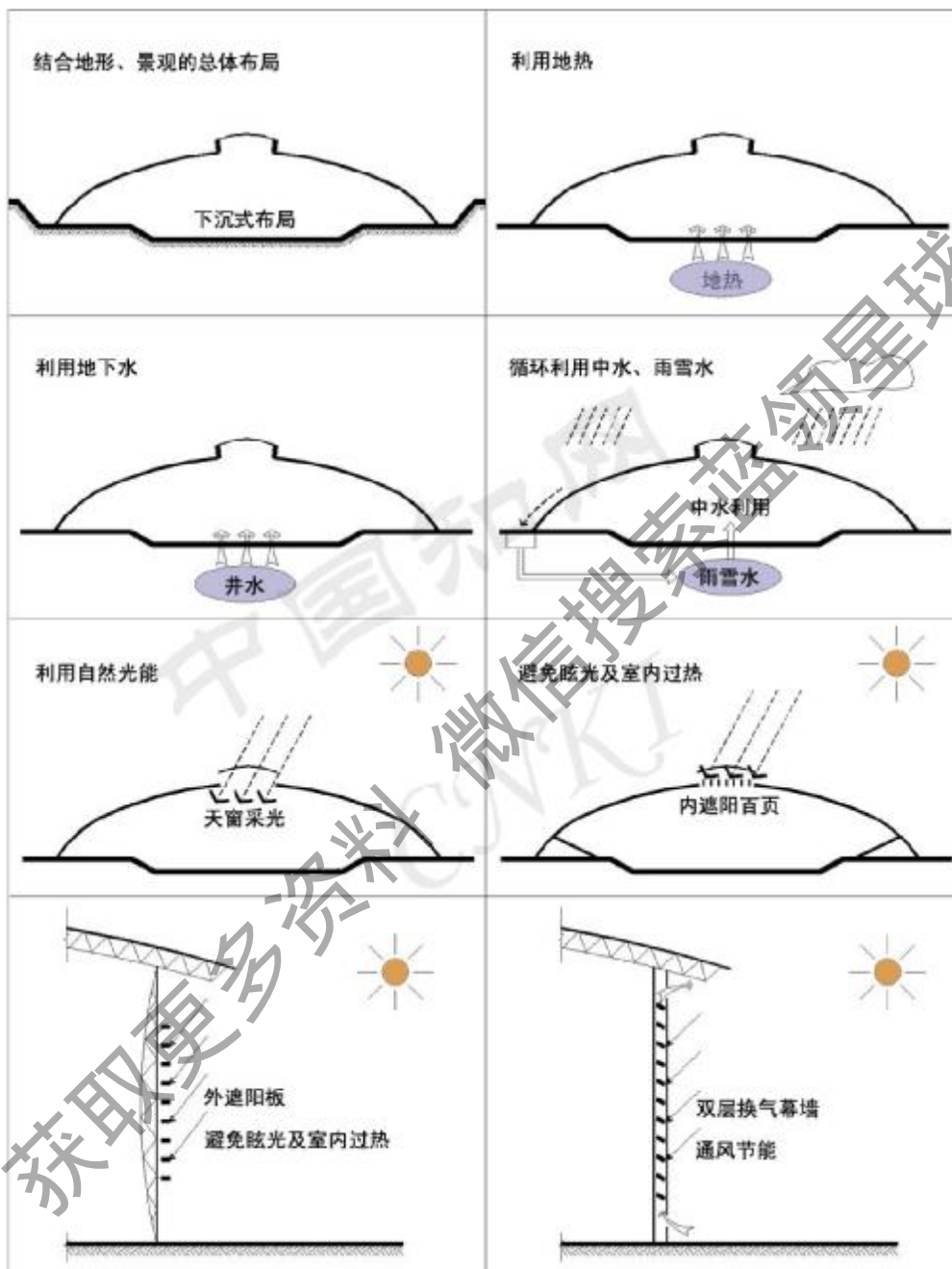
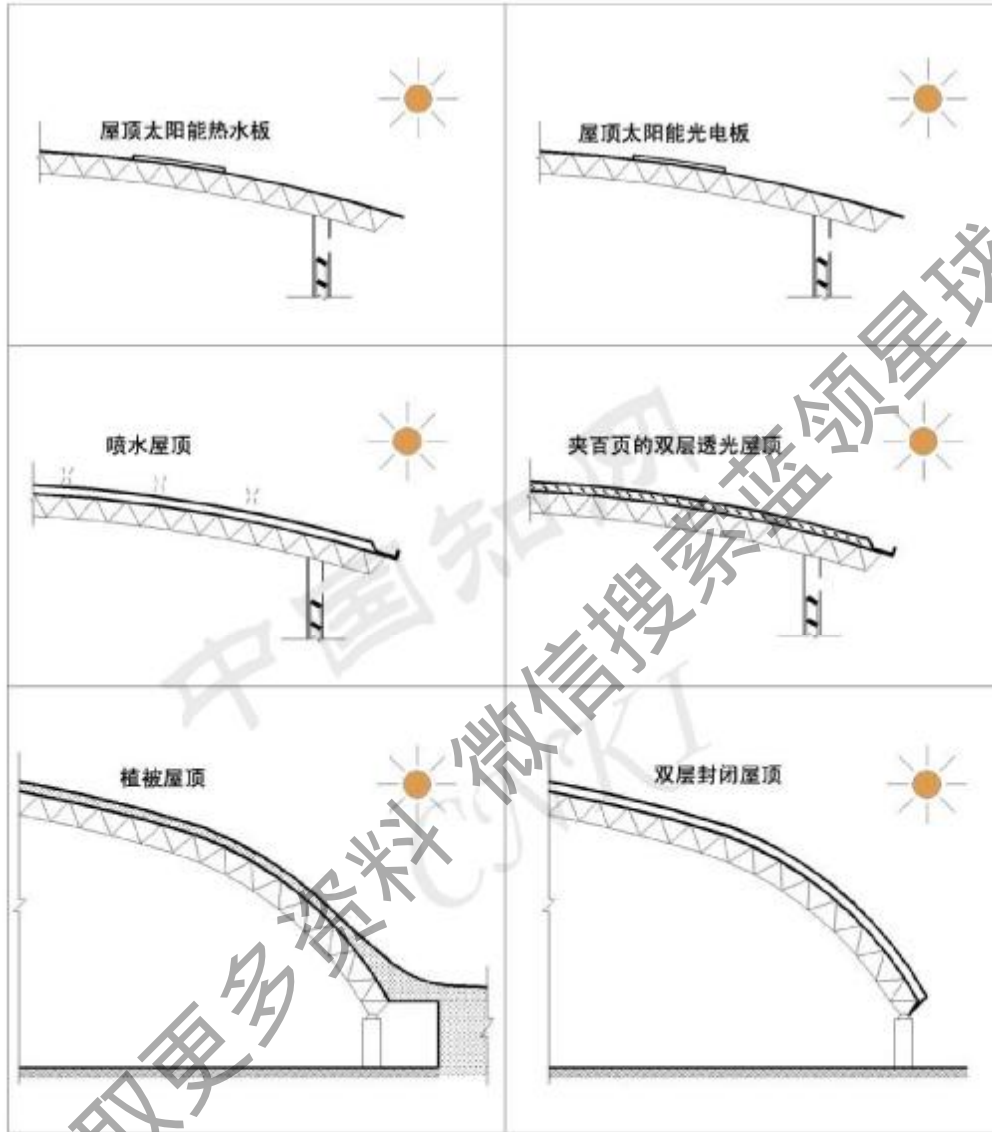


图5-93 大空间公共建筑生态化设计策略模式图解 a)

Fig. 5-93 Mode iconography of ecological long-span public building design strategy a)



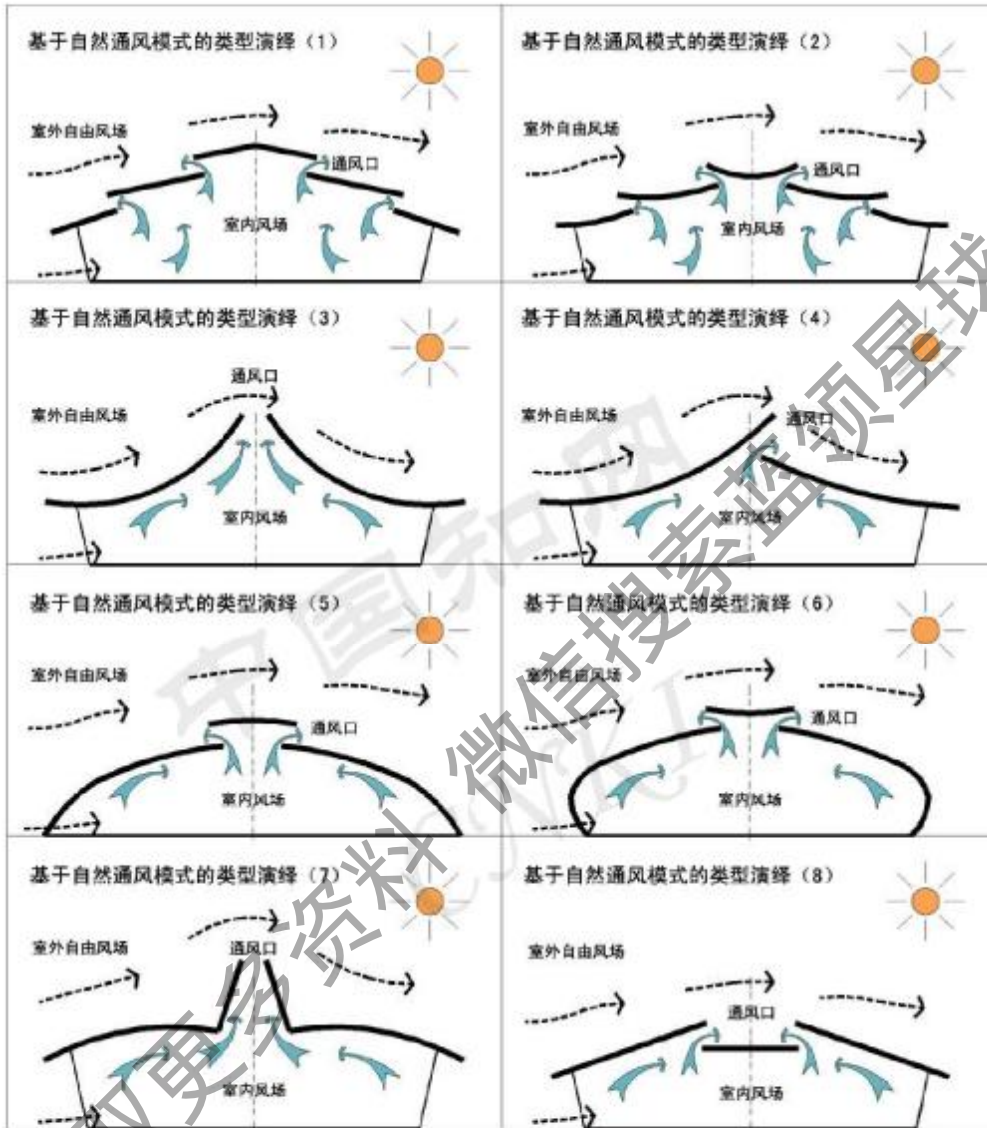


图5-93 大空间公共建筑生态化设计策略模式图解 c)

Fig. 5-93 Mode iconography of ecological long-span public building design strategy c)

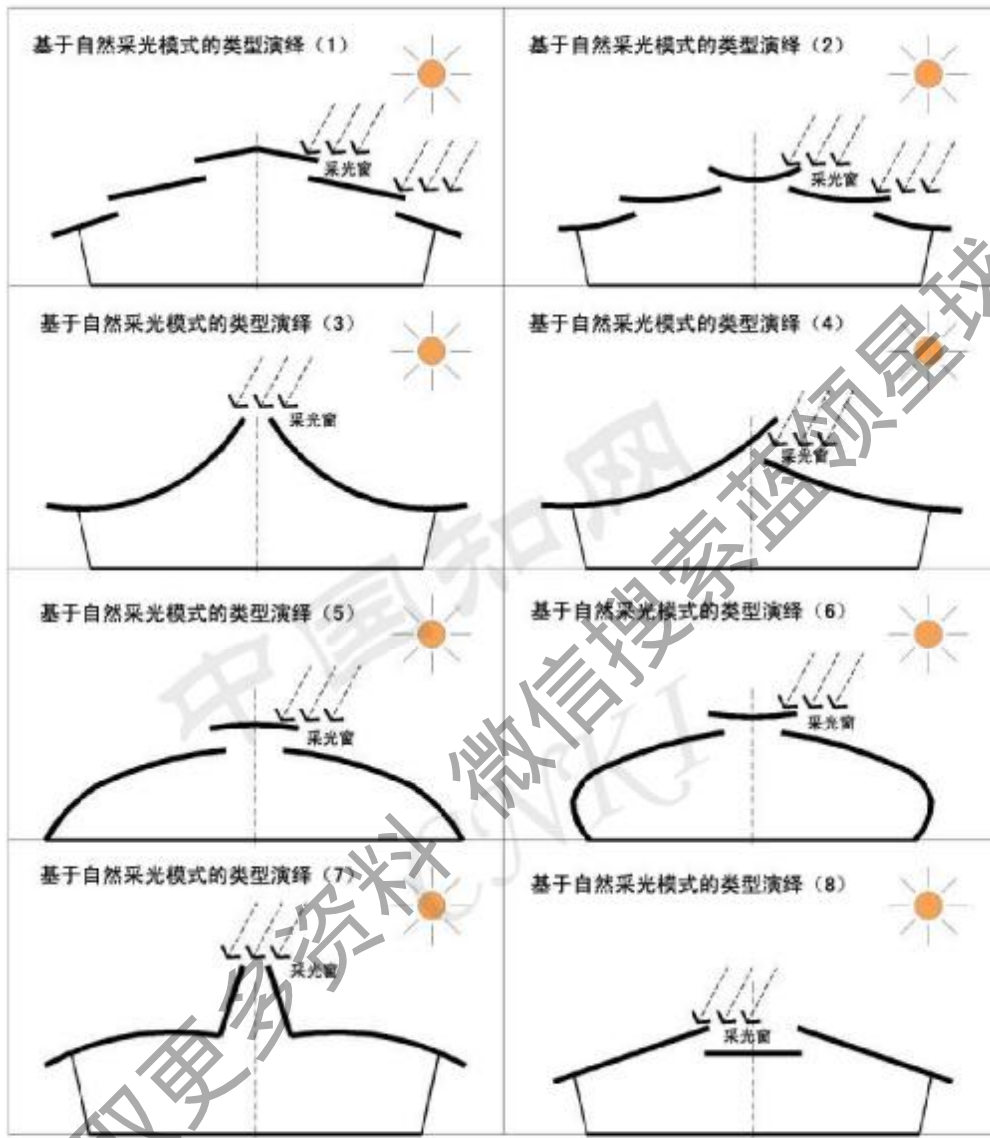


图5-93 大空间公共建筑生态化设计策略模式图解 d)

Fig. 5-93 Mode iconography of ecological long-span public building design strategy d)

5.4 本章小结

本章基于深入的理论分析与实例佐证，通过建筑选址的“生态位”策划、形式追随生态和内容结合生态三方面，创造性地搭建了大空间公共建筑

自上而下生态化设计的系统策略框架。在选址与策划环节,通过从功能可持续出发策划“生态位”和从城市总体功能布局出发选址,为生态化大空间公共建筑营造出良好的外部氛围和环境基础。趋利避害和集约高效是大空间公共建筑生态化设计的主旨,为此既要调动挖掘各类环境资源的积极因素,使其持续保持积极状态;更要注意创造条件使处于消极状态的资源转变为积极状态,并通过资源整合的手段达到空间环境良性发展的目的。万能公式式的标准化和确定化并不正确,开放设计才利于动态的系统。

在形式设计层面上,分别通过从“自然之理”到“自然之利”、集约的有机建筑体型、理性高效地结构优化、缓冲气候的生态界面、建筑构造多功能复合、“意译式”的地域主义等六个角度详尽阐述了“形式追随生态”的生成逻辑。在形成建筑的诸多因素中,气候、文化、环境、功能等制约向量之间组成了一个应力群,每个建筑都是自身条件的综合映射,是诸多应力平衡的合力而非某一个重要因素直接决定了设计的结果。对项目涉及的各个因素都应予以重视,而非笼统绝对地把条件分为决定性因素和修正性因素,或者是主动因素和从动因素,脱离具体环境条件孤立地探讨决定性与否是没有指导意义的,根据蝴蝶效应,处于具体关系网络中的每一个初始的、偶然的、微小的差别最后都可以放大产生迥异的结果。如果说在根据各要素话语权力的大小排列的数列中,以前生态因素一直处于隐默的小角色的话,那么在当代生态因素即使不能说处于绝对优势地位,至少也是风云际会的几大“巨头”之一,在与结构、功能等相关因素的博弈过程中主演了一幕波澜壮阔的大空间建筑设计的改革大剧,并因其无与伦比的重要性和其巨大的战略纵深逐渐使生态因素成为大空间建筑生态化设计中无可争议的主角。

在功能设计层面上,通过环境品质生态健康、环境负荷生态约减和空间功能高效适应三方面完善了“内容结合生态”的深度计划。生态是建筑的一种内在品质,而非简单而易于操作的外在形式手法,如同健康、气质是人体的内在品质而不会因衣着变化而有任何本质的改变一样,因此需要我们对大空间公共建筑的内容研究必须以理性的思维和科学的分析进行深化。

大空间公共建筑生态化设计是整体的系统设计,任何从局部着眼的设计策略都无助于其整体性能的提升。设计者需要从生态角度赋予大空间公共建筑设计一种新的逻辑,以系统的方法修正并整合既有的设计过程、议题、策略和元素,从而清晰而牢靠地引导建筑语言的生成。

第6章 大空间公共建筑生态化设计的美学宗旨

6.1 大空间公共建筑的美学内涵与外延

美的内涵最初只有“完整统一”，后来“美”与“崇高”分开，在后来“宏伟”从“崇高”中分出，18世纪席勒将8个美学范畴加入，即悲剧、秀美、崇高、尊贵、素朴、愉悦、哀婉、多愁善感，黑格尔又加上冷嘲、热讽、浪漫的、梦幻般的四个范畴。18世纪末F.施累格尔提出“丑的理论”，此后，辛辣、惊恐、残酷、粗鲁、滑稽、丑等同传统美学范畴相对立的概念被认为具有肯定性的审美价值。现在“表现力”、“审美价值”、“审美特性”等术语被纳入美学的基本语境。可见美的内涵并非一成不变而是不断拓展的，试图用僵化传统的“美”的标准去评价与时俱进的大空间公共建筑无异于以管窥豹。

6.1.1 传统大空间公共建筑的美学内涵

黑格尔认为“建筑的美就在于这种符合目的性本身”，“尽管是应用的，它却结合成一个本身完备的整体，通过它所有的形式使它的目的的一目了然，而在它的这些关系的和谐配合中就把单纯的符合目的性提高到美。”即对建筑物的审美就是对其合目的性的一种观照，而建筑形式的和谐配合便使单纯的合目的性上升到美。

传统大空间公共建筑在特定时空背景下创造出一种本体美，并奠定了大空间公共建筑美的基础。格雷夫斯明确把建筑创作当作两种作文体裁的结合，一种相当于所谓的“应用文”惯常体，另一种是蕴含“诗意”的文学体，用类似“应用文”的方法解决建筑创作中物质功能、工程技术问题，又用“按意义”方法解决建筑创作中意义表达、精神情感和艺术审美方面的问题。二者应有机地统一方能实现建筑自在而自由的表达。^[61]传统大空间公共建筑是技术理性指导下的产物。技术理性指围绕着的——合理的行为即技术实践所形成的一整套基本文化价值，其中包括人类征服自然、自然的定量化、有效性思维、社会组织生活的理性化、人类物质需求的先决性等。由于技术的异化，技术理性恶性膨胀成为“统治着一个特定社会的社会理性”，传统大空间公共建筑也遗传了技术理性固有的矛盾，因此在形式表达

上形成了服务于人而又压抑人性的逻辑悖论。而且大空间公共建筑属实用美学形态,由于物质性逻辑相对较强其在精神功能的承载度偏低,但其外在城市空间秩序中举足轻重的节点地位又使大空间公共建筑承受了不可承受之重,这种内在焦虑正是其双重分裂气质的症结所在。

6.1.1.1 纪念话语 建筑功能就像歌曲中的填词,而空间序列好比编曲,二者必须形意吻合,方能达到浑然一体的境界。由于美学的过分负荷,即直接的或间接的功利影响,大空间公共建筑美学长期以来致力于对宏伟体系、总体性解释、权威话语的追求,成了内容压倒形式的“象征型”建筑典型。传统大空间公共建筑牺牲了自身功能、形式的丰富性,通过一种单一纯净的空间、功能获得了视觉显著性,因其与大众日常生活的超然距离使其成为禁欲主义的化身,成为与变动不居的社会生活脱节的纪念碑。大空间公共建筑集中式的超尺度空间使其具有先天的内容表达优势,用气势恢宏来形容也不为过,一度成为崇高感和纪念性的代名词,由此而致空间环境序列、构件艺术处理相对那种言不由衷的形式主义建筑而言应算得上是一种进步。但一则纪念性表达在不断拓展其内涵外延,二则传统大空间公共建筑内在生命力在社会变迁背景下的萎缩也是不争的事实,因此这种以不变应万变的经典纪念性模式也注定了传统大空间公共建筑的悲剧宿命。

6.1.1.2 逻辑自治 自治论和他治论是美学中的两个极端。自治论以形式主义艺术为典型表现,他治论以模仿说和因果表现论为典型表现。他治论认为艺术由其题材(一是外部世界上诸各种事物,一是人的内在感情状态)决定;自治论认为艺术与题材毫无关系,完全由艺术自身的形式结构所决定。

Walter Benjamin提出美的艺术和“后审美艺术”的概念,认为美的艺术指本身具有审美属性的艺术,而后审美艺术本身则不具有这种直接的审美属性,其审美属性是后来加上去的,是间接而来的,建筑艺术属于典型的后审美艺术。^[189]建筑物以双重方式被接受:通过使用和对它的感知。建筑物本身最初不是为审美目的而被制造出来的,其审美属性是后来派生的。

由于更强的功能技术要求,大空间公共建筑“后审美艺术”的特质无庸置疑,因此功能技术逻辑成为其艺术表现的主要源泉,而主观先验的概念风格在大空间公共建筑中鲜有市场。功能技术作为其设计的序参量,对最终建筑形象具有决定性的意义,因此大空间公共建筑基本上是逻辑自治的结果。从古罗马万神庙到伦敦水晶宫,从耶鲁大学冰球馆到罗马小体育宫,经典的大空间公共建筑无不遵循空间的建构逻辑生成,从而构成了本体美。大空间公共建筑创作可比喻成“带着镣铐跳舞”,忘记镣铐的存在,难免就会绊跟

头。不过在环境处理方面，传统大空间公共建筑逻辑自治的特点也表现出其消极的一面。

另一方面，大空间公共建筑又难免被打上时代风格的印记，从巴黎机械馆到纽约TWA航站楼，从布雷斯劳世纪大厅到布鲁塞尔博览会美国馆，某种外力强加的不和谐因素打破了应有的平衡，虽然也实现了功能承载，但其作茧自缚的形式与内容之间的矛盾未免遗憾。正如克劳德·佩罗所认为的那样，材质、工艺等实在美是最基本的，而形式、风格等任意美只取决于人们的习惯，大空间公共建筑只有跳出形式风格的局限，通过建筑本体的表达，才能达到形式与内容的统一。

6.1.1.3 雄壮豪放 正如“羊大为美”的起源说所揭示的那样，尽管“大”与后来出现的“壮美”不能简单等同，但“壮美”无疑渊源于“大”。大空间公共建筑无疑是“壮美”的最佳注脚。尽管功能结构相对单一，但由于技术尤其是结构、材料技术的瓶颈，传统大空间公共建筑还是不能自由地空间表达，无论从整体体型还是构件节点，都体现出实体化的结构理性，健硕有余而精巧不足，是为雄壮。面对能源消耗无所顾忌则使其在结构有效覆盖范围内空间规模得以夸张，可谓豪放，“豪则我有可盖乎世，放则物无可羁”。可见相对粗放的功能技术建构了传统大空间公共建筑雄壮豪放的艺术风格。不过也正因如此注重自身的张扬，导致了其设计逡巡于既定套路之中，而且忽视了环境负荷与氛围和人们的心理感受，成为其发展的软肋。

由此可见，传统大空间公共建筑是人类中心主义的产物，其美学着眼点只放在纪念话语、本体功能、传统技术的演绎上，而对更大范围内与社会、环境的整体关系却缺乏应有的观照，况且其技术也只是粗放的机械技术。因此传统大空间公共建筑在建构相对粗糙而蹩脚的局部本体美学的时候，仍未能摆脱线性思维、狭隘视域和模式化处理的羁绊而获得整体超越。

6.1.2 生态化大空间公共建筑的美学拓展与超越

正如儒家美学思想经历了要求致用、日观、比德、畅神的不断发展与逐渐丰富的过程，从致玉为美到日观为美再到比德为美，表现出一种有所超越的关系，其比德为美的观点赋予美以社会伦理的意识，而没有停留于满足物质需求与感官快适。传统大空间公共建筑的美止步于致用和日观，而且在致用和日观层次上远未达到完美，在比德层次上也只是通过一味夸张体量建立简单脆弱的空间秩序而缺乏更大的作为。在传统大空间公共建筑身陷囹圄难

以为继之时，其围墙也悄然松动，作为建设性力量的大空间公共建筑生态化设计拓展了前者的生存空间，使原先困扰其发展的矛盾迎刃而解，不失为一种适应时势的可行之道。

6.1.2.1 功能结构优化适应 《论语》中讲“里仁为美”，可见其对内容的重视。曾几何时，简单一直被认为是世界的本质，然而随着复杂性范式的出现，人们认识到复杂性是事物的根本属性，它是普遍存在的，任何复杂性现象都不只是简单现象的叠加，复杂现象具有简单成分所没有的性质，并且简单只是研究复杂行为的起点而非终点。当然复杂性方法更多情况下只是对经典还原论的补充和修正，是建立在还原论基础上的更全面、更系统的研究方法，它并不能完全取代还原论。即使这样，复杂性范式还是为困扰于还原论漩涡中的建筑师提供了新的思路，促使其从单纯建筑系统的各要素中抽身而出，开始关注更为本质的要素间关系以及系统演化的过程。

生态学认为，生态系统中营养关系越复杂其系统结构越稳定。建筑设计是一个适应的过程，在建筑中不存在一成不变的功能和自始至终的美，更大的灵活性不可避免地使建筑远离既定的完美形式。大空间公共建筑生态化设计打破了原先封闭单一而静态的功能结构，为自身注入了生命力，使其更加适应复杂社会生活的变化。随着市民社会的到来，体育社会化、产业化使体育功能融入了日常生活轨道，成为生活中不可或缺的调味剂，竞技、健身、休闲娱乐、购物、社交等功能的多元一体化使一度“只可远观而不可亵玩”的体育建筑拉近了与大众的距离。体育建筑功能系列化、商业化、娱乐化大大增强了自身的造血机制和功能效益，使其在市场经济大潮中稳坐钓鱼台，对自身、城市空间、社会都有益无害，多元互补的功能结构可谓一举多得。同样交通建筑、展览建筑也不同程度地引入异质功能，进而带动了整体的有机应变。由此可见，大空间公共建筑生态化设计以优化功能结构为引擎，引发了山内而外的多米诺骨牌效应，从而脱却了被动脆弱的存在模式。

6.1.2.2 环境文脉有机契合 在自身功能“善”的基础上，生态化大空间公共建筑突破狭隘的自说自话模式，引入环境文脉的有机契合机制，使其更加真实自在。传统大空间公共建筑美显露出来的往往是一种“独白”——即建筑以“绝对之我”的身份发言，认为自己可以完全从逻辑上把握自己，制约对象。由于对功能技术逻辑的过分自我陶醉导致传统大空间公共建筑大多以其特立独行的性格、君临天下的气势主宰城市空间，有一种“舍我其谁”的霸气。它以否认美学思考的有限性为前提，强调的是自身美学模式的可通用性，美学理论的“放之四海而皆准”，以及自身的显赫地位。这种策略固然

有其特定的依据，但并非万全之策处处皆宜，而灵活变通、因地制宜才是设计的灵魂。随着人们对环境认识的深入和强化，环境在大空间公共建筑中扮演着越发重要的角色，并且率真的表现在外在形象上。生态化大空间公共建筑更多地体现出一种“对话”。所谓对话，就是建筑以“相对之我”的身份发言，强调的是美学范式的不可通用性，以及自我的非中心化。在处理历史地段或特定地形环境中建筑师需要转攻为守、以退为进的智慧。生态学上并非一味的讲究竞争，同时也将协同，二者相互依存，互为条件，缺一不可，二者之间的张力正是环境秩序之源。这种辩证的整体综合观念为大空间公共建筑创作提供了另辟蹊径的指导思想。纯粹自治的大空间公共建筑难免显得拘谨内向，有一种“独善其身”的出世之感，而适度吸纳环境营养则会使其在微妙复杂的城市环境中游刃有余、收放有度，从而在更高的层次上主导城市空间，并实现在更深的意义上的自治。

6.1.2.3 空间话语真实返魅 建筑形式是混沌的建筑创作系统（包括形式、功能、结构、观念等）的奇怪吸引子，能否取得与潜意识的共鸣是其成败的关键。在模式化的还原论思想指导下，传统大空间公共建筑尽显祛魅之态，而在复杂性范式的时空背景下，大空间公共建筑的返魅大势所趋。基于功能结构上体育与商业、娱乐的联姻使体育建筑日益摆脱了素面朝天的老面孔：昔日不食人间烟火的纪念性日趋淡出，相反却表现出越来越强烈的生活性和世俗性，由原来的正襟危坐的拘谨凝重逐渐蜕变为自在洒脱的轻松休闲氛围，由四平八稳、静态呆板的“锅炉房建筑学”的形象到生动有机、风度翩翩而别开生面的异质塑造，由面无表情、贫乏意味到丰富微妙的内涵彰显，由中规中矩的“无我之境”走向张弛有度、诗意表现的“有我之境”。生态化大空间公共建筑更多关注木材、石材、竹等天然材料并真实的表现出来，这在工业社会被认为是落后的代名词，但在生态学大行其道的今天却是生态美学魅力的自在生发，自有一种返朴归真的品位。而由生态逻辑优先原则确定的建筑空间形象打破了传统大空间公共建筑结构理性的霸权，获得了更高层次和更全面意义上的真实。与注重实体“壮美”的传统砖石建筑不同，基于材料、结构技术的进步，生态化大空间公共建筑通过环境的地缘性、能量的节省性、物料的集约性等建构的轻灵精巧的结构构件与曲线轮廓，强调了刚柔并济的“秀美”，这与信息社会否定崇拜和压迫的社会思想同出一辙，并由此得以在后工业时代中广为盛行。

6.1.2.4 生态秩序伦理观照 在生态化大空间公共建筑表象的背后，无不基于对环境生态伦理的深层思考。轻灵构件渗透着材尽其用的优化思想，有机体

型无疑包含着节材节能及环境负荷最小化的初衷，多元功能结构和个性形象塑造则有助于提高空间有序度和实现功能效益最大化。“伦理”的含义是一种约束更是一种方法，其目的是使“美”来的更自然、得体。真正的建筑应是这样一种既能随心所欲又不失大方得体且与人互动的空间体。因此生态化大空间公共建筑的美与传统的建筑美最大的区别就在于其对整体性自然环境的充分观照。整体性关注焦点不是传统意义上的功能和形式，而是作为大空间公共建筑深层结构的其在特定环境当中的适当地位。通过这种追求，建筑不是强加于自然，而是融合于其中；取代“空间序列”的将是“生态序”；取代“有意味的形式”应该是“共生形态”；取代“永恒”的将是“超越”。

只有跳出线性思维，进入整体维度的思考，生态化大空间公共建筑的美才能实现更富有创造性、更自由、更开放和更具有自组织性的整体性表达。因此大空间公共建筑生态化设计将其视为一个人工生态系统，一个自组织、自调节的开放系统，是一个有人参与、受人控制的主动系统，侧重于大空间建筑系统的功能运动机理和能量传递及其环境负荷，而且折射出深刻的环境伦理学观照，其目标是多元多维的万物循天堯自由，达到“万物并育而不相害，道并行而不相悖”的境界。这就使其摆脱了把功能与形式、或空间与视觉的美作为创作的终极参量的二维模式，大空间公共建筑与自然环境的可持续发展关系被纳入到审美思维的范畴中，不啻于一场建筑界的革新，大大推动了其发展进程。

6.1.2.5 生态美的升华 生态化大空间公共建筑具有传统大空间建筑所不具备的复杂性，因此对其理解就必然与后者有所不同——它负载了更深远含意。同样是要解决空间问题，生态化大空间公共建筑的空间必须比传统大空间建筑空间更舒适；同样是要表现特定的地域文化，生态化大空间公共建筑要表现的，不仅包括某一地域的自然的建筑材料，还要充分利用当地的气候条件，表现当地的文脉；同样是利用高技术，生态化大空间公共建筑首先要考虑高技术对环境生态的影响，而且更多地是把高技术用来解决低能耗和污染，控制建筑的反生态性。同时它只能采用合乎生态原则或有利于生态平衡的造型。同样一句“少就是多”，密斯注重的是视觉效果，而奥托关注的则是资源的优化。对其独特的建筑形式，奥托自己解释道：我不是从形式出发，而是从高效的生物适应性得到启发。同样的变化形式，福斯特与盖里都采用曲面并都利用Catia等航空汽车工业的计算机软件来辅助设计，着眼点却大不相同：但前者的曲面导致建筑形式更节能及适应结构逻辑，后者仅仅

是用先进技术来实现传统思想范畴中的艺术创新。因此生态化大空间公共建筑的美可称为生态美，它能够充分体现关乎生态秩序与建筑空间的多维关系，是自然美、艺术美与技术美的高度结合与统一，从而拓宽了大空间公共建筑美的内涵。其美学模式是在不断的修正自我、超越自我的进化过程中逐渐体现出来的。

任何一种艺术形式其实都有自己的生命历程，正如法国艺术史家热尔曼·巴赞提出的“四阶段”说：艺术风格的演变首先是古风阶段，此时内容压倒形式，这是实验期；随后进入古典阶段，与所表现的内容达到平衡与谐和，这是成熟期；再往后是学院派和风格主义的阶段，形式逐渐脱离新的生活内容，可以称之为贫血期；最末演变为巴洛克阶段，可称之为奔突期，旧形式的生命力已经枯竭，一些艺术家力图冲破旧形式的桎梏，创造新形式以取而代之。^[190]艺术审美在一种艺术积淀（内容积淀为形式，即由再现和表现到装饰）和突破积淀（由装饰风、形式美再回到再现或表现）的“二律背反”的运动中发展。^[191]生态化大空间公共建筑虽不以风格形式为目的，但最终总会有意无意地表现出一定的形式。其生态美脱胎于生机勃勃的自然母体，通过柔化的结构体型和精致的细部节点表现一种生态逻辑，因此是一种超越时空的理性美。如果说大空间公共建筑的发展经历了古典派、现代折衷主义庄重朴雅的实验期，现代结构造型主义粗野雄浑的成熟期，以及后现代主义多元互补的贫血期，那么在当今技术发展的大背景下，生态美孕育了一种新型美学机制：单纯注重结构理性的传统设计理念向时代最强音的生态理性跃迁，直到生态理性成为支配大空间公共建筑设计的出发点和优先原则，从而由内而外、自上而下地呈现出大空间公共建筑自在逻辑美。

综上所述，生态化大空间公共建筑美的内涵在原先基础上融入了环境伦理与生态人文关怀，从而实现了拓展与超越，对大空间公共建筑的发展和环境生态的改善都可谓善莫大焉。

6.1.3 建筑进步的评价标准

现代科学认为发展是系统减熵的过程。系统在变化过程中，总熵减少，系统就会向有序化的方向变化和发展，并保持发展的潜力。总熵增加了，系统就会退化。任何一个事物的发展，一定要有可持续的发展能力，健康的、正常的发展应是总熵减少的可持续发展。可见建筑进化的目的是为了提高自己的活动的自由和资源利用的能效，进而使建筑环境系统与其子系统更为有

序。因此能否使建筑得以可持续发展便成为进步建筑的重要评价尺度。

6.1.3.1 技术理性与价值理性的平衡 技术理性与价值理性代表了两种不同的理性概念，保持二者之间必要的张力关系也是事物有序化发展的动力。技术理性是外在技术层面征服自然而实现的人的自由的理性向度，它关心的是手段的有效性与合理性，也称工具理性或实践理性。价值理性是内在精神层面的维系人的生命存在的目的与根据的理性向度，是一种涉及人的终极关怀的理性，也称目的理性与纯粹理性。技术理性是技术内在价值取向的文化化身，有着特定的旨趣和意义，价值理性总是与生活在特定的区域自然环境里、具有特定历史传统和文化背景的人的价值理想和彼岸追求联系在一起。真正完备的理性应当是技术理性与价值理性的内在统一与和谐。现代主义建筑技术理性急剧膨胀，而价值理性受到遮蔽，二者的深刻分裂和严重对立造成了其内在的焦虑。对此我们必须建立多重批判体系，为技术理性安装上价值理性坐标，从而取二者的辩证平衡。在朝向人与自然和谐共生可持续发展的轨道上，技术理性至上必须让位于价值理性对技术理性虚无主义发展的介入与范导。

在从掩蔽所向舒适建筑、健康建筑、生态建筑演变的过程中，可以清楚地看出对价值理性的关怀不断提升。传统大空间公共建筑以技术理性为基点，空间塑造堕入了程序化的结构组合——隔离自然——设备解决的封闭循环，失去应有的开放性，扼杀了大空间公共建筑的存在意义，其环境死气沉沉，同时对生态系统的负荷与风险增，从而对人的生存根本造成威胁，其有序化贡献更无从谈起。价值理性的缺失抽空了传统大空间公共建筑的合理内核。作为价值理性的重要维度，生态理性与大空间公共建筑的结合无疑给后者注入了一股起死回生的力量，使其自身环境、大环境系统各得其所，对其可持续发展极具建设性。与此同时，生态理性引导了自在设计潮流，顺理成章地演绎出大空间公共建筑形式，从而从根本上形成对人的关怀。

6.1.3.2 伦理化的美学——生态美学的建立 传统大空间公共建筑呈现出趋同化和奇观化倾向，前者使其堕入了忽视环境负荷的技术产品的层次，后者则是形式主义的产物。生大空间公共建筑绝非以视觉和功能享乐为目标的既有形式和手法的拼贴、组合，而应是对时代可取的生活方式的全方位诠释。因此辩证地理顺建筑与环境、功能与形式之间的关系是大空间公共建筑设计的当务之急，“少一些美学，多一些伦理”是其客观需要，走向伦理化的生态美学担当了大空间公共建筑文化救赎和重建秩序的角色。

维纳从美学同生态科学结合的角度提出了审美必须与反对熵增加联系起来

来的思想，“任何一个学派都不能垄断美。美就像秩序一样，会在这世界上的许多地方出现，但它只是局部和暂时的战斗，用以反对熵增加的尼加拉。”^[192]（按：尼加拉此处喻指稳定有序之美）审美和享乐要付出代价，一切美的创造和享乐活动都必须参照熵定律。大自然的经验告诉我们，美存在于以最小的资源代价获得最大限度的丰富性，这也是可持续时代具有重大意义的目标。把节省资源和减少污染作为大空间公共建筑设计中一项重要指标和规定对其可持续发展可谓关键，同时也渗透着一种环境伦理美。

追求物欲的现代人已把生活中一切美好的东西都变成了赤裸裸的功利计算，为了醉生梦死的奢侈生活变本加厉地掠夺自然，瓦解整个生命维持系统。“人不是存在者的中心，不是存在者的主人，人是存在者的守护者。”^[193]人类必须打破人类中心主义，应向生态中心主义过渡作为安身立命的基本原则。对我们来说，活生生的生态美不光是一种静观默想的体验功课，更应遵循生态规律和美的创造法则，深切领悟天人合一之道，发挥人的参赞化育作用，恢复和改善生态环境，努力创造人与自然和睦相处的生态美的世界。传统大空间公共建筑把人作为考虑问题的出发点，一味地满足人的欲望，违背生态规律，破坏生态平衡，最终是对人本体存在的一种否定。与人文主义不同，生态理性观察、考虑问题的出发点不再是自然界中狭隘的人类子系统，而是整个生态系统，这样使生态美学有了更为坚实的基础。当然绝对意义上的生态化大空间公共建筑并不存在，我们赞同超越人类中心论，并不意味着否定人类的利益，超越之意为走出原来系统的边界而进入到更大的系统中去，使人类利益在自然系统中与环境利益通过相互依存关系协调为一个有机整体。人类利益受到其它部分利益和整体系统利益的约束，同时它也不会否定人的能动性的发挥。

美的实质与根源是“真与善、合规律性与合目的性的统一”。自然界本身的规律为“真”，人类实践主体的根本规律为“善”，当人的主观目的合乎客观规律而达到预期的实践效果，主体“善”的目的性与客观事物“真”的规律将会融合达到美的效果。^[194]由于技巧的熟练，庖丁透彻地把握了客体的规律性，才能从“所见无非全牛者”到“目无全牛”，因牛之“固然”而动工，不会因碰上坚硬的牛骨使刀受损，也只有这样，才能做到牛体之解“如土委地”而“刀刃如新”，这也即“技进乎道”。而这个“技进乎道”不正是把孔子“游于艺”提升到“依乎天理”的形而上学的高度吗？任何技巧包括建筑设计，达到这种合目的性与规律性的熟练统一，便是美的创造。

源于生态关怀的设计初衷并非出于审美的考究，但大空间公共建筑形态

中呈现的表里如一的环境关怀和诚实健康的本体建构却因融“真”、“善”于一体而成为当前审美体验的热点。生态美来自于内而不是外——通过探寻大空间公共建筑与自然系统之间美学联系的深层结构，再利用这种美学去赋予事物以形式，这是其“真”。而生态美的体验内在于建筑生态系统之中，是人通过与生态过程亲密的融合而体验到的，它不能与培育它的母体严格区分开来，这是其“善”。生态美学以“适应”代替或者说拓展了传统美的概念，强调形式是自然的物体和生物长期适应大自然的结果。“具有自由的完善的表现将立即转化为美”（席勒语），适应这一概念正好切中美的内涵。

生态化超越了原先风格嬗变的既定思维，而从更高的层面引进了更具存在性的源泉，其科学性与“知其然而不知其所以然”的设计模式彻底划清了界限。盐湖城奥林匹克速滑馆屋顶采用净跨90米的悬索吊挂系统，比传统构架轻1,200吨，并安装了将近2公顷的白色PVC膜屋面材料用来反射热（图6-1）。由于空间高度比普通的顶部低6米，使该馆体积减小，效能提高，可



图6-1 盐湖城奥林匹克速滑馆^[193]

Fig 6-1 Saltlake Olympic speed-skating hall

以更好地控制场地的温度和湿度。同时该馆只使用了同等规模场馆的一半钢材，通过加强房间窗户的隔热性而起到节能效果，适应了速滑馆的运营需求。悬索屋顶悬挂系统和现代外表使建筑外表十分壮观，而造价仅为3000万美元，可谓惠而不费。该馆是美国绿色建筑委员会评定的19座按照LEED标准设计的建筑之一，并成为大空间公共建筑生态美学的最佳注脚。李泽厚将美感分为悦耳悦目、悦心悦意、悦志悦神三个层次，“悦耳悦目一般是在生理基础上但又超出生理的一种社会性愉悦，它主要是培养人的感性能力。悦心悦意则一般是在认识的基础上培养人的审美观念和人生态度。悦志悦神则是在道德的基础上达到一种超道德的境界。”^[191]传统美学一般止步于悦耳

悦目，部分能达到悦心悦意，大空间公共建筑的生态美学则触及到悦志悦神层次，开辟了建筑美学新天地。

从某种意义上说，改善还是破坏了生活质量和环境是我们评价建筑物有没有价值及价值大小的根本标准。生态美学对美学学科的发展来说最重要的突破在于其产生标志着从人类中心过渡到生态中心、从工具理性世界观过渡到生态世界观，在方法上则是从主客二分过渡到有机整体。这可以说是具有划时代意义的，意味着一个旧的美学时代的结束和一个新的美学时代的开始。

6.2 生态化大空间公共建筑的美学表象

虽然美是合规律性与合目的性的统一，但真和善都只是美的必要条件，而非充分条件。大空间公共建筑毕竟不是各式标准零件的杂烩，尽管我们大力提倡建筑设计的生态性，但塑造美观与舒适同样是对建筑师的基本要求。无视审美和功能的建筑无论多么环保，充其量只能算“生态工程”。生态理性要以一种有机生命观看待建筑，并且在设计中将这种生命观自然而然地表达出来。大空间建筑中的生态因素和元素完全可以也应该成为建筑美学效果的有机组成部分，优秀的生态建筑应该具有诗意的品质而不是材料和技术的堆砌。生态化设计的大空间公共建筑从外在表现看，符合现代艺术追求的标准——事物直接呈现自身来获得一种特殊的美感，形式在它的“消失”的边缘有建立起来。

6.2.1 优美和谐的景观环境

优美和谐的景观环境是生态化大空间公共建筑的招牌，以区别于传统生硬做作的纪念性景观。作为环境主体，生态化大空间公共建筑应在总图和形体设计力求与基地环境空间秩序相吻合，与场址的地形地貌、文化氛围等呼应，恰如其分地配置在基地环境中，并以自律的态度调整建筑形态，消减庞大体量对环境的压力。在此基础上，精心调配组织绿化、水面、小品等景观要素，提高环境的绿化率，以营造有机生动的景观。

慕尼黑奥林匹克体育公园场址为二战时飞机场废墟，根据凹凸不平的地形特点，在瓦砾堆上把从地下铁和人工湖工程中挖出的土方堆成小山，在85万 m^2 的土地上铺了草皮，种了18万棵灌木和3000颗树木，形成自然优雅的公园环境；将各体育设施灵活依托地形，部分座席利用坡地以减小外露体量，建筑与山丘、路堤、湖面、庭院、林荫路相协调，并使建筑尽量接近人

的尺度，结果在这座拥有8万席体育场、9000席游泳馆的大型体育中心成功的抛弃了直角的统治，采用了连绵起伏的透明帐篷式屋顶，索网结构和玻璃钢创造性相结合，避免了大而压抑的感觉，令人感到十分亲切，营造了一处充满诗意的有机景观（图6-2）。整个奥运会场馆区域，塑造的地形，宛如一天然起伏式公园，场馆观众席及联廊的屋盖均覆以高低起伏的帐篷式屋盖，犹如群鸟展翅。在建筑师冈特·本尼施、弗莱·奥托和景观设计师冈策·格雷茨麦克的设计下，预制混凝土结构和索网结构作为人工地景公园被建造，成为生态化大空间公共建筑的经典之作。随着对景观环境的重视程度提高，其摆脱了原先的附属被动地位和千篇一律的简单机械模式，实现了建筑与环境的有机一体化，越加成为生态化大空间公共建筑不可或缺的因素。鉴于京都是日本极具代表性的传统都市，西京极综合运动公园游泳馆除了通过下沉式布局和覆土屋面减小体量的负效应外，在色彩选择上尽可能与当地的历史景观、公园的绿色景观相协调，烘托出难能可贵的文化氛围。



图6-2 慕尼黑奥林匹克体育中心^[194]

Fig. 6-2 Munich Olympic sports center

当然以上都是在“大空间公共建筑”策略下的表现，在其“显”状态时同样需要环境景观的塑造。慕尼黑安联体育场（2005年）运用智能电子技术变换ETFE膜表皮颜色和图案塑造不同的主场景观，实现其可识别性和归属感。同时在单一表皮的包裹下，传统体育场形象似乎被消解，变身为信息传达的媒介和社会意义的载体，与高速公路交叉口的环境背景相得益彰。起伏的停车库在视觉上与球场基座连为一体，可上人屋面覆盖绿化，使巨大体量的车库融入周围环境之中，并成为观众入场仪式的一部分。蜿蜒交织的步行道呈网络状覆盖在车库上，向球场方向绵延开去，形成有趣的地景肌理

(图6-3)。可见在不减小环境压力的情况下，大空间公共建筑仍可调度环境元素成就富有张力的景观。与此同时优美和谐的景观环境也成为生态化大空间公共建筑的标志性特征。



图6-3 慕尼黑安联体育场^[96]
Fig. 6-3 Munich Allianz stadium

6.2.2 有机轻灵的建构优化

对建筑结构的重视体现和对建造逻辑的清晰表达是建构学毫无二致的审美原则。结构理性在大空间公共建筑中举足轻重，成为其赖以存在的基础，占据了一票否决的中心话语权。伴随着建筑学从风格和历史主义的解放，结构被提升到艺术工作的地位，代替已经从建筑中消除的装饰手段，结构几何学被赋予了美学品质。与此同时，材料的天性质感和力学逻辑也获得了真实表现。诚如鲍姆·嘉道所言，“美就是表现于理性认识中时被称为真理的那种属性在感性认识中的表现。”^[196]只是相对于传统大空间，生态化大空间公共建筑中建构力量的释放可谓淋漓尽致，而且摆脱了传统厚重敦实的“壮美”模式，在结构优化的基础上大胆倾向于轻盈灵透的“秀美”特色。

在当代建筑材料工业已抽完了传统材料建构的“本体”内涵时，建筑师对传统材料现象学特征的美学留恋实际上会阻碍建筑师对当代建构的表现力的积极探索。对于建筑师来说，建构就是根据材料的特性和本质来使用材料，用最简单又最强烈的方式表现满足既定目的意愿，这也意味着需要赋予建筑结构以一定的表现内容。当然也需根据每种建筑的特殊要求以及建造者所处环境的文化而变化。材料、结构技术的进步赋予了大空间公共建筑更

丰富而深入的表现手段，PVC、PTFE、ETFE、阳光板等材料解放了原先封闭压抑的屋面和沉重僵化的结构，点式玻璃则使侧界面更为纯粹通透，精确计算的索穹顶、攀达穹顶、轴力穹顶等结构效率空前提高，变截面的组合梁柱更具真实合理性。被这些轻型技术武装的生态化大空间公共建筑形象也更

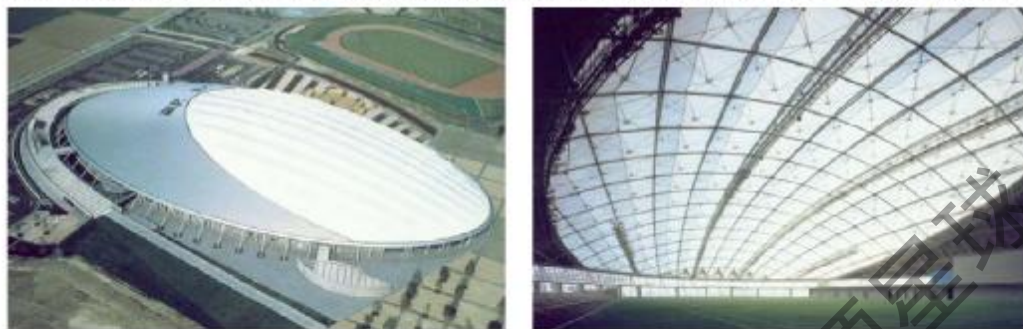
图6-4 熊谷穹顶^[197]

Fig. 6-4 Sai-No-Kuni Kumagaya dome

为自然生动，令人耳目一新。

作为典型的生态化大空间公共建筑，熊谷穹顶同时容纳了一个多功能运动场和一个体育馆，但体量感并不厚重，这其中有机的建构功不可没：钢束柱将穹顶尺度化大为小，而且深远屋檐下通透的玻璃侧界面将空间“非物质化”消解了体量，运动场膜屋面解放了屋顶结构，真实反映出内部结构逻辑和功能需要，并为外界面平添了丰富的肌理（图6-4）。如果说熊谷穹顶骨架式膜结构的表现力尚有所保留的话，那么丹佛机场航站楼的索膜结构屋面无异于一幕自在生动的建构表演（图6-5），其张拉式膜结构获得了结构与建筑浑然一体的效果，并与印第安人的帐篷有异曲同工之妙，如此大规模的建筑在生态理性指导下创造了富于张力的轻盈形象。由此可见，有机轻灵的建构逻辑是生态化大空间公共建筑不可或缺的表现。

6.2.3 自律宜人的空间品质

图6-5 丹佛国际机场航站楼^[95]

Fig. 6-5 Denver international airport building

对于生态化大空间公共建筑而言，自律宜人的空间品质可谓其终极目标，也是生态理性的最佳注脚。建筑终究是人类活动的容器和特定气候的调节器，如果其不能建立自然与人类之间有机联系的中介结构，将与传统大空间公共建筑毫无二致，后者就是因其空间未能充分满足人类健康需求和有效疏导环境负荷而难以为继的。健康是人的发育和环境相互作用过程中周期性的或短暂的体验的一种基本良好状态，在生理、心理层面都有体现，生态化大空间公共建筑与这一内在需求一拍即合，而且出于对环境和能源的关怀，自然化的室内空间使其获得了前所未有的外在合理性。当然这种空间品质并非视觉中心论的产物，而必须身临其境才能全方位体验其中的高妙，恢复了建筑原本存在而被异化剥离的感知维度。而这种多层面的体验也正是其生态美的基本特征。

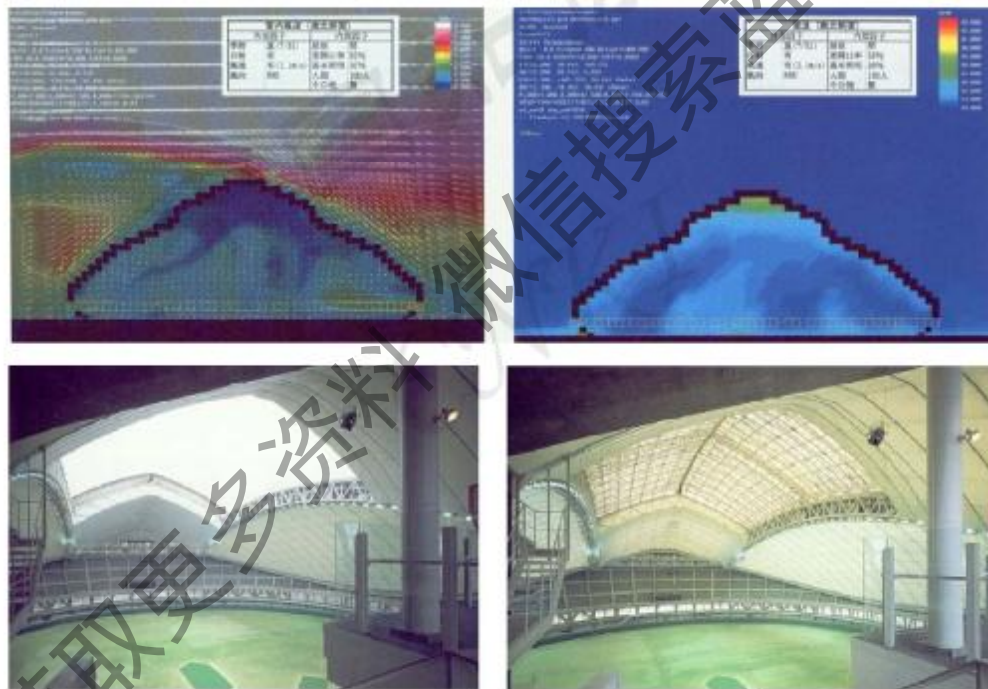


图6-6 小松穹顶活动膜屋盖室内CFD模拟^[198]

Fig. 6-6 Komatsu dome retractable membrane roof CFD simulation

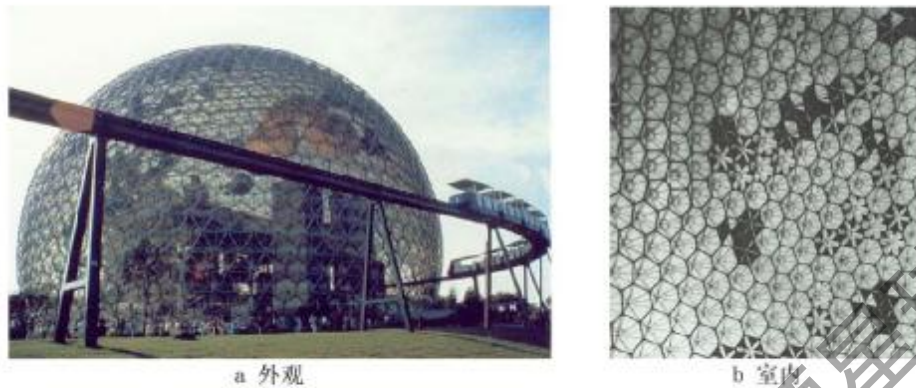
建筑技术的进步为大空间公共建筑提供了强有力的支持，当代建筑师所面临的挑战，是把这些起点固化为连贯理性的优雅建筑，并把对“新时尚”的判断建立在健康的环境因素上。生态化大空间公共建筑通过自然采光与遮阳、自然通风、生物气候功能体系的开放性融入，使作为内在价值的空间品

质外显化，从而成为典型的表现要素。PTFE膜材的活动屋盖为小松穹顶开放自律的空间品质加分不少，解决了其全天候使用的难题（图6-6）。同时比赛场地基本上不设空调，经对夏季自然通风（室外最高温度约30℃）的模拟计算，确认可以满足环境要求，即使雨天屋顶关闭，通过部分天窗（可遥控）在风力和热压作用下也能确保室内环境。膜屋顶透光性较好，使满室生辉同时没有眩光的伴生现象，创造出轻快而令人兴奋的空间。活动屋盖在适宜气候打开时，置身室内更与自然融为环境融为一体，实现了生理、心理层面健康自然的环境需要。这与传统大空间建筑那种全封闭、依靠空调和照明等匿名服务维持的空间品质具有本质区别，无论从经济性还是健康舒适性上其高下都一目了然。由此而言，自律宜人的空间品质是生态化大空间公共建筑区别于传统建筑的根本特征。

6.2.4 精致高效的建筑构件

“目的通过手段与客观性结合，只有经过手段的中项，才有目的的实现。正是在这个意义上，手段比目的更高，手段是一个比外在目的性的有限目的更高的东西，——犁是比犁所造成的、作为目的的、直接的享受更尊贵些。工具保留下来，而直接的享受则会消逝并忘却。”（黑格尔语）对于大空间公共建筑而言，健康适宜的环境是通过界面和设备构件的维护实现的，其精致高效与否直接关乎环境品质，其中对空气、阳光等生态因子控制的设备整合尤为关键，同时也成为大空间公共建筑表现力的重要源泉。

早在20世纪中期，大空间公共建筑对精致高效的探索就已起步。1967年蒙特利尔世界博览会美国馆和德国馆是其典型。前者根据“自然界存在若能以最小结构提供最大质量系统”的形态学理论，以最短小的标准构件组装成八面体单元的“Octahedron”来组成直径76米、高61米的张力短弦穹隆的外维护结构，实现了“玉杵的孤岛存在于拉杵的海洋中”的理想（图6-7）。由1900多块透明丙烯酸玻璃构成的围护使馆内有充足的自然采光。为控制室内的光强量和抑制眩光，外层玻璃做成铜绿色，而且整个球体色泽上深下淡呈晕状。为控制温室效应，顶板开有孔洞并且安装了特殊的卷帘式遮阳装置，由4700块三角形的镀铝帘幕组成，每三个六角形“品格”为一组，每组18块帘幕，用穿孔带按程控马达卷收帘幕。后者源于自然的创作灵感则开创了索网建筑的先河，体现了“最少”的原始建筑学“能将结构和装饰结合起来”和“轻、节能、灵活、适应性强”的特征。



a 外观
b 室内
图6-7 蒙特利尔世博会美国馆^[199]
Fig. 6-7 Montreal Expo American hall

建筑的“设备化”和设备的“建筑化”策略对积极表现大空间公共建筑的生态性能极具建设性。前者把建筑物视为一个巨大而精密的设备系统，这样大空间公共建筑设计时便可有意识地演绎生态原理，通过建筑的手法来协助实现设备的功能，以免环境和能耗先天不足。汉诺威世博会26号馆基于空气动力学原理利用空间上、下部的开口引导自然通风降温，将机械通风减到最小，^[200]并且在顶部精心打造标志性的通风帽，成为建筑形象的亮点（图6-8）。高知游泳馆侧界面为避免眩光而采用的木质活动遮阳百叶为其生态美的表达增色不少（图6-9）。“遮阳设计不仅仅是对舒适度的控制——它已经成为而且能够成为一种美学设计载体。……为了获得建筑的整体感，这些因素必须与基本的建筑意义结合起来，并且成为建筑形式优美的一个传达者……遮阳设施可以成为创造建筑形体的调节者。遮阳设施是建筑形式的一种表达性媒介。”^[201]遮阳美学可谓生态化大空间公共建筑生态美的特色，也大有可为。设备的“建筑化”是把设备与建筑整合设计，使设备不再是建筑艺术处理的负担，而成为有机的装饰。大阪机场航站楼流线形屋面是顶层大厅的空调气流轨迹的直观映像，如此形成特有的“开口风道”，而不必使用空调管道，实现了建筑设备与空间的有机一体化（图6-10）。汉诺威世博会26号馆为最大限度减小通风管道对空间采光的影响，将其设计成透明结构，精致的通风口也被整合为空间的装饰，颇具表现力（图6-11）。由此看来，精致高效的建筑构件是生态化大空间公共建筑必不可少的积极表征。



图6-8 汉诺威世博会26号馆通风帽^[59]

Fig. 6-8 Hanover EXPO 26 hall cowl



图6-9 高知竞技场遮阳板^[59]

Fig. 6-9 Kochi Kuroshio arena adumbral ban



图6-10 大阪关西机场航站楼开口风道^[59]

Fig. 6-10 Osaka Kansai airport building open



图6-11 汉诺威世博会26号馆设备装饰^[59]

Fig. 6-11 Hanover EXPO 26 hall fixture

wind tube

decoration

其实我们目前所接受的形式美规律何尝不是经过人类的实践而获得的“自然的人化”的成果呢？那些原来所谓“有意味的形式”天长日久，看得多了，普遍化了，就逐渐变而为一般的形式美，装饰美，对它的特定的审美情感也就逐渐变为一的一般的形式感了。^[191]当生态建筑的形式引起合目的性而逐渐积淀为“有意味的形式”，就会为大家所接受并被抽象剥离广为传扬践行，最终由于深入人心而成为一种集体无意识，从而完成它入主时代典型理念的循环全过程。一种新的形式语言被用作一种“通货”使用，是一切艺术创造物的最终命运。曾经前卫的建筑形式语言，其复杂的情感力量在他们不断普遍化的过程，转变成了“美”或一种风格，成为一种新的范式，积淀在定型的建筑语言某一层面上，这种被提起来的建筑形象如果与其它形象相适应，结合而形成新的张力，还可能得出一些新的结果，否则它就会完全丧失其表现力。生态建筑语言的创造正是在这种意义上获得了它的合法性并进入了人们的接受视野，为塑造全新地域风格奠定了基础。

历史本体论从社会实践角度强调形式感由于人的造型力量随时代——科技发展日益强大，而在不断翻新和变易，新的形式感有时与旧的形式感及既有的审美理念相对立、相冲突，但由于经验的成功，生活的亨正而被人们接受和习惯，开始是惊世骇俗，不能忍受，而后则习以为常，喜见乐闻。^[191]从美学上说，这是从内容向形式的积淀，从哲学上说，它是“度”的本体性又一次新的开拓。当生态建筑的形式语言如外遮阳板、通风天窗等因其合目的性、合规律性而逐渐积淀为“有意味的形式”，也就获得了合法性并进入人们的接受视野，最终演变为一种集体无意识，从而占据话语权力的中心。在大空间建筑整体形式生成的过程中，那只“看不见的手”从幕后逐渐走向前台，使得简单线性的功能——技术二元决定论还原为非线性的多元生成论，由此生态设计才显得更为有机合理。生态建筑当然不会颠覆既成的构图法则和形式规律，而只能是改良和发展，当然这种渐变会随技术的发展持续下去，以至于从量变到质变，由客串到主角，最终实现“演、导、拍”的一体化。通过这种“无我”而自治地呈现建筑自身来获得一种特殊的美感正是生态设计所要阐述的美学诉求。

综上所述，生态化设计的大空间建筑不是一种“主义”，更不是一种“风格”，而是一种原则，没有一种单一的风格可以包含所有的生态原则，因而生态建筑在形式上没有定式。它作为一种未来的取向，其美学是在不断的修正自我，超越自我的进化过程当中逐渐体现出来的。当前大空间公共建筑生态化设计的探索也并非取代原有的形式，而是通过理念与技术的配合，充实、完善原有的形式，拓展传统大空间建筑语言的范畴，将原先消极隐藏在传统大空间中的要素挖掘出来并付诸逻辑的表达，实现技术到艺术的升华，成为彰显其生态美学魅力的典型表象。

6.3 生态化大空间公共建筑的美学深层逻辑

生态化设计的大空间公共建筑虽然呈现出前所未有的丰富表象，但其根本要义却并非形式，而是与所在环境的物质能量关系的和谐。生态美学尊重自然的内在价值，庄子有言：“天地有大美而不言，四时有明法而不议，万物有成理而不说。圣人者，原天地之美而达万物之理，是故至人无为，大圣不作，观于天地之谓也。”这也是生态化设计的大空间公共建筑所体现出的生态美学的真实写照。

6.3.1 生态理性的有机彰显

传统大空间建筑美学是人类中心主义的衍生物，是以满足人的感官享受，一切为了人类的美学。由于其营造所造成的资源、环境、健康问题对于未来的发展影响是致命性的，以资本利益驱动的部分开发正在盗用发展的名义，以其最快的速度摧毁着环境、社会文化、经济和道德体系的协调状态。所以罗杰斯用“新启蒙运动”来形容生态理念对营造领域的影响绝不为过。生态化设计的大空间建筑美学在与人类中心主义保持适当距离的同时弘扬了生态中心主义，将生态美与吸纳入其建筑美学的范畴，又为生态美输入了积极而具体的功能营养，实现了二者互动整合的有机一体化，从而超越了传统大空间建筑美学。自然是人类最好的老师，其美在于以最小的代价获得最大程度的丰富多样性的内在机制，因此以“少费多用”为旨归的生态化大空间公共建筑开创了建筑美学的新篇章。生态化设计的大空间建筑对美的感知建立在生态影响等大是大非问题之上，因为所欣赏的不止其外形，而是透过其“形”，欣赏其“德”——使其形者，这也就是“道”，欣赏所得也并不是耳目心意的愉悦感受，而是“与道冥合”的超越的形上品格，从而在生态伦理基础上达到“万物与我为”的永恒境界，即达到悦神悦志的层次。

通过对传统美学的语言中心主义、视觉中心主义、主题中心主义的消解，生态化设计的大空间建筑美学否定了人类中心主义。^[204]首先，它认为在建筑中存在比语言及建筑本身的表意策略更为深层次的东西，将语言强加于建筑身上也未免过于武断。生态化设计的大空间建筑的意义不仅在于它自身，而且蕴含于观者、使用者与建筑接触时的体悟。因此生态化设计的大空间建筑给人的不再是某种预设的意义，而是一种心灵的解放。其次，生态化设计的大空间建筑美学对视觉中心主义的消解与其说是表现主义的，不如说是未来主义的：它所追求的不是主观意志，而是在更大范围内的视觉解放；它要达到的不是基于现代性上的美学量变，而是基于生态哲学上的美学质变。因此生态化设计的大空间公共建筑可能给人们带来一种强烈的审美愉悦和视觉冲击，也可能采取一种极其平淡的造型，但它肯定会在建筑中体现一种生态智慧，使人的身体和精神获得一种超越感官享受的审美体验。最后，对主题中心主义消解的目的是卸载强加在大空间建筑上的意义，从而使其能自在地对更为深刻的意义进行追问。生态化设计的大空间建筑美学内涵通过全方位的真实体验而非虚设的概念译码来传达，作为一种体验

美学，它将视角直接针对于人类心灵的本性和主观的解放。在这种意义上，生态化设计的大空间建筑成为人类解放的一种积极力量，对人类生活和环境伦理给予深入的关怀，并试图建构一种人境交融、与物同化的豁达且意味深远的建筑美。

狄德罗提出“美在关系”说，认为美要靠对象和情境的关系，情境改变，对象的意义就随之改变，而美的有无和多寡深浅也就相应地改变，“关系”要在“情境”中才能见出，以致于他愈到后来愈拿“情境”的概念代替“关系”的概念。该观点是基于传统美学背景下的产物，但其合理内核对于生态化设计的大空间建筑美学而言却依然颇具建设性，并在当代生态美学语境中获得了新生，当然基于环境伦理和人文关怀的生态化设计的大空间建筑美学的“关系”内涵也大大超越了狄氏学说的所指范围，生态圈内的所有关系都包罗其中。林林总总关系构成的网络系统成为塑造生态化设计的大空间建筑的拓扑原型，顺其自然地保持各种关系之间的张力而非斩断环境伦理正是生态化大空间建筑美学的内在价值所在。真是美的基础，没有真便没有美；善是美的前提，不善则不美；真、善是美的条件，美蕴含着真和善。真只有以善为中介时才能具有美的意味，同样善也只有以真为中介才转化为美。正因为这些真实关系对大空间建筑从内到外的彻底重塑，伦理关怀的善实现了美的升华。生态化设计的大空间建筑美学就是能够充分体现关乎生态秩序与建筑空间的多维关系的一种新的、综合的功能主义美学。没有一种建筑会比生态建筑更细致、更深入、更全面地协调人与建筑、人与自然、人与生物以及人和建筑与未来的关系。也没有一种建筑会为了人类的舒适而推及到自然及生物的舒适，更没有一种建筑会为了人类空间的美而顾及到非人类生物环境的美。凡是那些来自眼睛所能直接看到的东西的快速解答——这一度被建筑师称作“文脉”——都只涉及了我们所面临的问题的表层，建筑师的义务是把大空间建筑放在一个不断发展的、由所有人造物与自然物所构成的系统中考虑问题，进而将进步的技术起点固化为连贯理性的优雅建筑，并把对“新时尚”的判断建立在健康的环境因素上，从而超越狭隘的人类中心主义，在生态圈这个更大的坐标系中还原大空间公共建筑的本来面目。

生态化设计的大空间建筑美学打破了旧有审美思维囿于人类中心主义而只重物质属性和感官感受的僵化模式，将深层的生态理性和环境人文关怀提到应有的重视高度并实现由真、善到美的升华。

6.3.2 生态美学的本体内涵

由于与生俱来的未完成性和非特定化,使得人后天的一切实践和努力都是苦苦去追求着完善和完美,审美活动站在现实与理想的交叉点上。典型论美学和实践论美学大体都属于传统认识论美学的范围,以主体与客体、理性与感性的对立统一为其内涵,以反映并认识现实为其旨归。其致命弱点是从主客二分思维模式出发,以抽象的美的本质的追寻为其目的,同时追求一种从概念到概念的逻辑推演,完全忽视了美学作为人学、反映人性的基本追求的根本特点。因此对认识论美学的突破成为当前我国美学界十分重要而紧迫的议题,而生态美学的产生对于徘徊彷徨中的美学而言,无异于导入了一种新序,成为美学发展的新动力。而对于生态学来说,生态美学的产生则为其增添了新的视角和具有宝贵价值的理论资源,使其更具人文精神。

生态美学是在后现代语境下,以崭新的生态世界观为指导,以探索人与自然的审美关系为出发点,涉及人与社会、人与宇宙以及人与自身等多重审美关系,最后落脚到改善人类当下非美的存在状态,建立起一种符合生态规律的审美的存在状态。生态美学的产生使存在论美学获得了丰富的营养,发展成影响巨大的生态存在论美学观,同时又极大地拓展了存在论美学。^[205]生态美学的“存在”内涵不再局限于人,而是扩大到“人—自然—社会”这样一个系统整体之中;同时将人与自然放在平等和谐共生的“间性”关系之中,从而改变了“存在”内部“人化自然”的关系;而坚持可持续发展则拓宽了观照“存在”的视角;承认自然界统统具有自身的“内在价值”,包括自身内在的“审美价值”,进一步完善与丰富了它的审美价值内涵;将生态学的一系列原则借整吸收生态存在论美学观之中,成为其美学理论中的“绿色原则”,极大地丰富了美学理论的内容。

根据生态学的场本体论,主体在与生态景观发生审美的关系时,很难像对其它审美客体那样,把生态环境也当成与自身分离开来的对象,难以同环境保持一种非利害关系的距离,体现了审美境界的主客同一和物我交融。^[206]这也是对传统认识论美学的重大拓展。如果说生命是本体论意义上的“存在”,那么这种生命关联和生命共感便是生态美的本体特征,它反映出整个地球生态系统是一个活生生的有机整体。

对生态美的深刻感知不能停留在感性直观形式方面,而要深入到包含着生态规律和道德规范的内容中去,将真善美有机的统一起来。生态美的审美体验充满着智力结构中多种知识的综合作用。^[207]如果不明白热力学第二定

律的基本涵义，不知道生命起源、生态系统的形成和演化的起码知识，就不能领会到生物圈在漫长的进化过程中的创造之美，也不能深刻感受到生态系统中生命的多样性及其和谐共存之美。同样如果不超越人类中心论的传统伦理观，把所有生命物种的共同利益当作人类道德的基础，就不能懂得自然生态系统的内在价值，也无法体验到生态美博大而渊深的含义。

抽象的生态美学往往失之针对性而流于泛泛的空谈，因此必需结合具体类型深化以保证其建设性，生态化大空间建筑美学积极的内容使其与虚无主义的传统美学划清了界限：它所展现出来的不是出世空心，而是入世决心；不是逍遥顺世，而是逆境进取。生态是自然生命的表现形态，生态美是一种生命的样态之美。这种感性形象总是以人与自然的关系为核心，离开了这一中心便失去生态美的独特生命力。“美是建立于人与自然环境长期的交往而产生的复杂而丰富的反应”，^[1]生态美的形式与所有的进化过程结合在一起是不可分离的。生态化大空间建筑美学的深层内涵表现为三方面：

1、充满若蓬勃旺盛、永恒不息的生命力。自然界的生态美是以生命过程的持续流动来维持的。良好的生态系统遵循物质循环和能量守恒定律，具有生命维持存在的条件。通过建立高效的组织结构，生态化大空间公共建筑实现了对物质流、能量流的有机控制疏导，体现出勃勃生机和永续活力这一生态美的核心语义。

2、有机体相互支持、互惠共生，与环境融为一体的和谐性。大自然生态美的和谐性是通过一定空间中的生态景观来表现的。生态审美并不完全止于对象的形象观照和玩味，而是一种意境的动态审美。作为人工系统与自然的和谐共生，生态化大空间公共建筑的和谐不仅是视觉上的文脉融洽，更包括地尽其力、物尽其用、持续发展的深层机制，这种有机的机制使其功能需要与生态系统特性各有所得，相得益彰。

3、有机体与环境在共同进化过程中的创造性。在生物圈中生命的多样性及其与环境的一体和谐，都是两者长期的共同进化的产物。一个能使人类天性得到充分表现的环境才是进化的环境。生态化大空间建筑美学体现出前所未有的健康和有机特征，达到了真正的人性化创造。

综上所述，生态美学作为对认识论美学的超越开创了美学的新纪元，生态化大空间建筑美学则作为其类型深化，将生命关联和生命共感的本体内涵具体物化，成为其生态美的根源。

6.4 本章小结

传统大空间公共建筑由于本体的功能、技术逻辑性及先天规模优势，形成了纪念话语、逻辑自治、雄壮豪放的美学旨趣。基于生态理性的生态化大空间公共建筑则通过功能结构优化适应、环境文脉有机契合、空间话语真实返魅、生态秩序伦坦观照和生态美的升华等实现了对传统大空间建筑美的内涵拓展超越。只有为技术理性安装上价值理性的坐标，才能实现二者的辩证平衡，这也是衡量建筑进步与否的绝对尺度。而生态美学的建立标志着作为价值理性的生态理性获得了前所未有的重视。在这种意义上，生态化大空间公共建筑成为进步建筑的典型。优美和谐的景观环境、有机轻盈的建构优化、自律宜人的空间品质和精致高效的建筑构件构成生态化大空间建筑美学的表象，而生态理性的有机彰显和生态美学的本体内涵则是其深层逻辑。

结 论

大空间公共建筑是指屋盖结构跨度在80米以上体育、观演、会展、交通建筑等，由于功能要求，其要求内部空间必须是完整的无柱大空间，其本体具有空间高度高、容积大、尺度大、可塑性强、功能复杂使用灵活等特点。基于对当前大空间公共建筑所面临的困境的理性反思，本文对大空间公共建筑生态化设计进行系统研究，其创造性的成果可以归纳为以下几方面：

1、结合新世纪的时代背景，提出当代大空间公共建筑设计的理念基础应由单纯注重结构理性向生态理性拓展和提升的本体规律。

基于功能、技术等理性因素的参照，在当前生态危机的时代背景下，揭示出当代大空间公共建筑设计的理念基础应由单纯注重结构理性向生态理性拓展和提升的本体规律。

2、基于生态世界观的思想，提出大空间公共建筑生态化设计的概念，并搭建了其从外部条件到本体设计原则的理论框架。

所谓大空间公共建筑生态化设计，即在生态理念指导下的大空间公共建筑设计，它们或是运用生态建筑理论，或是利用相关技术、借重其它学科的理论与实践成果，根据当地自然生态环境，合理的安排和组织建筑和其它领域相关因素之间的关系，具有较好的室内气候条件和较强的生物气候调节能力，使人、建筑、自然之间形成一个有机的良性循环系统。大空间公共建筑生态化设计具有系统集约、经济高效、健康适宜和地域本土等特性。

通过全面深入的论证，建构出大空间公共建筑生态化设计从生成的外部条件到本体设计原则的理论框架，其中外部条件包括国家生态政策的宏观导向、业主决策的理性态度、建筑教育的观念更新和公众参与的积极策应，决策阶段应积极开放地引入科学的建筑策划和全生命周期评价等思想，尤其设计师要树立全面的生态建筑观以升华设计理念，同时扩充结构力学规律、生态运行规律和设备选择规律等知识储备以拓展技术结构，并且建立开放的多元一体化合作机制以改良设计模式。而设计原则包括经济高效化原则、健康适宜化原则、木桶效应原则和此时此地原则。

3、结合大空间本体特点，自上而下地建构出大空间公共建筑的生态化设计策略，并提出其模式图解，深入地论证了“设计追随生态”的合理性。

大空间公共建筑生态化设计策略包括前期阶段建筑选址的“生态位”策

划、设计阶段的形式追随生态和内容结合生态，以系统地实现自上而下、从内到外的全方位转型。其中决策阶段应从功能可持续出发策划“生态位”、从城市总体功能布局出发选址两方面入手。设计阶段应遵从形式生成上的生态逻辑优先原则，包括从“自然之理”到“自然之利”、集约的有机建筑体型、理性高效的材料结构优化、缓冲气候的开放生态界面、建筑构造多功能复合和“意译式”的地域主义等策略，应运用“木桶原理”，在应用烟囱效应、文丘里效应、温室效应等被动设计原理基础上，注重遮阳构件生态效应的灵活演绎。同时通过环境品质生态健康、环境负荷生态约减、空间功能高效适应等策略达到“内容结合生态”的本体目标。

4、运用生态美学和生态伦理学原理，搭建了生态化大空间公共建筑的美学框架，揭示出其美学表象及其深层逻辑，从而实现了大空间建筑美学的拓展和超越。

基于技术和理念的进步，生态化设计的大空间公共建筑表现出优美和谐的景观环境、有机轻灵的建构优化、自律宜人的空间品质、精致高效的建筑构件等四种美学表象。在这些表象的背后，是基于生命关联与生命共感的生态理性和环境关怀的伦理逻辑，从而摆脱了基于人类中心主义的纪念话语、逻辑自治、雄壮豪放的传统大空间建筑美学模式而实现了超越。

参考文献

- 1 Sir Banister Fletcher's A History of Architecture. The royal Institute of British Architects and The University of London, 1996: 964~967
- 2 Kenneth Frampton. Modern Architecture——A Critical History. Thames and Hudson Ltd, 1991: 28
- 3 Kenneth Frampton. Studies in tectonic culture——the poetics of construction in nineteenth and twenties century architecture. Cambridge: The MIT Press. 1995: 161
- 4 Siegfried Giedion. Space, Time and Architecture. Harvard University Press, 2003: 45
- 5 Nicolas Pevsner. Introduction To European Architecture. Butterworth Architecture. 2003: 8
- 6 (英) G.勃罗德彭特, 乐民成等译. 符号·象征与建筑. 中国建筑工业出版社, 1991: 6
- 7 David Lloyd Jones. Architecture and the Environment: Bioclimatic Building. Calmann & King Ltd. 1999: 16
- 8 Norbert Lechner. Heating Cooling Lighting: Design Methods for Architects. John Wiley & Sons Inc., 2001: 175
- 9 Butti K. Golden Thread: 2500 Years of Solar Architecture and Technology. Palo Alto: Cheshire Books. 2003: 15
- 10 支文军. 资源与建筑——来自柏林世界建筑师大会的报告. 时代建筑. 2002 (5): 116--117
- 11 郑时龄. 建筑批评学. 中国建筑工业出版社, 2001: 1~373
- 12 Chris Abel. Visible and Invisible Complexities. Architectural Review. 2002, (2): 53~58
- 13 中国大百科全书出版社编辑部. 中国大百科全书·建筑园林城市规划. 中国大百科全书出版社, 1995: 247
- 14 Philips A. The Best of Industrial Architecture. Rotovision SA, 1992: 6
- 15 齐康. 中国土木建筑百科全书·建筑卷. 中国建筑工业出版社, 1999: 58
- 16 伍时堂. 科学技术与未来世纪的建筑. 建筑师84, 1998年10月: 95~97

- 17 Brenda Vale and Robert Vale. *Green Architecture: Design for a Sustainable Future*. Thames and Hudson. 2001: 70
- 18 International Olympic Committee. *Olympic Charter*. 1996: 8
- 19 Geraint John. *Sustainability of Environmentally Friendly Sports Building Design*. *Sports Facilities Facing the 21st Century Sports & leisure*. UIA Congress Beijing. 1999: 1~6
- 20 梅季魁. 现代体育馆建筑设计. 黑龙江科学技术出版社, 1999: 1~94
- 21 梅季魁, 刘德明, 姚亚雄. 大跨建筑结构构思与结构造型. 中国建筑工业出版社, 2003: 1~178
- 22 范存养. 大空间建筑空调设计及工程实录. 中国建筑工业出版社, 2001: 1~475
- 23 Rem Koolhaas. *Mutation*. Actar. March 15. 2001: 124~166.
- 24 刘锡良. 现代空间结构. 天津大学出版社, 2003: 1~322
- 25 さいたまスーパークイーン. *新建築*. 2000 (7): 204~213
- 26 (英) G. 勃罗特彭特, 张书译. 建筑设计与人文科学. 中国建筑工业出版社, 1990: 1~79
- 27 中华人民共和国建设部. 绿色建筑评价标准. 中国建筑工业出版社, 2006: 1
- 28 宋晔皓 李宛华. 与英恩霍文的书面对话. *世界建筑*, 2001 (4): 58
- 29 Brian Edwards. *Sustainable Architecture*. Reed Educational and Professional Publishing Ltd. 1999: 84
- 30 杨维菊. 美国太阳能利用考察与思考. *世界建筑*. 2003 (8): 83~85
- 31 陈超 渡边俊行 谢光亚 于航. 日本的建筑节能概念与政策. *暖通空调*. 2002 (06): 40~43
- 32 王静. 日本现代空间与材料表现. 东南大学出版社, 2005: 1~156
- 33 Ministry for Environmental Territory, Department for Environmental Research and Development. *Report of Sustainable Architecture: Policies, Trends and Initiatives of Eco building in Italy*. 2004. 26~34
- 34 Ministry for Environmental Territory, Department for Environmental Research and Development. *Urban Sustainable Policy in Italy*. 2004. 19
- 35 张钦楠. 建筑设计方法学. 陕西科学技术出版社, 1995: 5
- 36 刘云月 马纯杰. 建筑经济. 中国建筑工业出版社, 2004: 108
- 37 李金昌. 生态价值论. 重庆大学出版社, 1999: 74

- 38 ドームのすべて 企画から設計・施工・運営まで、日経アーキテツチニア, 1997: 59~60
- 39 庄惟敏. 建筑策划论. 中国水利水电出版社, 2000: 8~9
- 40 中华人民共和国行业标准. 体育建筑设计规范. 中国建筑工业出版社, 2003: 7
- 41 (英) T. A. 马克斯, 陈士骥译. 建筑物·气候·能量. 中国建筑工业出版社, 1990: 9~15
- 42 卢艳. 德国住宅设计中的太阳能利用系统. 建筑学报, 2003 (3): 61~63
- 43 Ken Yeang. *Designing with Nature: An Ecological Basis for Architectural Design*. McGraw-Hill Inc, 1995: 118
- 44 Heath T. *Method in Architecture*. John Willey & Sons, 2003: 93
- 45 (英) P. A. 斯通, 钟成勋, 叶毅译. 建筑经济学. 中国经济出版社, 1987: 9
- 46 Ian L McHarg. *Design With Nature*. Doubleday/Natural History Press, Doubleday & Company Inc. 1999: 265
- 47 Crowther R. *Ecological Architecture*. Butterworth Architecture. 2003: 9
- 48 王朝晖. 中国当代可持续建筑理论框架与适用技术的探讨. 清华大学博士学位论文. 1999: 128
- 49 Alan Randall. *Resource Economics: An Economic Approach to Natural Resource and Environment Policy*. Grid Publishing Inc, 2003: 11
- 50 Edward W Said. *Representations of the Intellectual*. 2002: 67
- 51 G. Algreen-Ussing, L. Bek. B. Frandsen, J. S. Hansen. *Urban Space and Urban Conservation as an Aesthetic Problem*. L'Erma di Bretschneider, 2004: 17
- 52 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心. 绿色建筑. 中国计划出版社, 1999: 1~304
- 53 纳以德. 诺曼·福斯特. 中国建筑工业出版社, 1997: 148
- 54 (美) W·格罗庇乌斯, 汉宝德译. 整体建筑总论. 台隆书店, 2003: 70
- 55 Pawley, Martin. *Theory and Design in the Second Machine Age*. Basil Blackwell, 1999: 68
- 56 《曙光》纪念集编委会. 曙光. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000: 85

- 57 布正伟. 结构构思论——现代建筑创作结构运用的思路与技巧. 机械工业出版社, 2006: 233~268
- 58 杨昌鸣, 庄惟敏. 建筑设计与经济. 中国计划出版社, 2003: 104
- 59 Ingeborg Flagg, Verena Herzog-Loibl, Anna Meseure. Architektur+Tech Thomas Herzog. Prestel Verlag, 2003: 1~156
- 60 Stein R. Energy and Technology: the design imperative. in: Crump R W, Harms M J, eds. The Design Connection: Energy and Technology in Architecture. Van Nostrand Reinhold Company, 2004: 7~28
- 61 张晋庆. 程序公正——高速发展期动态公众参与思路. 北京规划建设, 2005 (06): 28~30
- 62 周若祁. 走向可持续性建筑. 建筑师, 1998 (82): 26~30
- 63 王青兰. 物业管理导论. 中国建筑工业出版社, 2000: 240
- 64 余谋昌. 生态哲学. 陕西人民教育出版社, 2000: 1~138
- 65 Barry Commoner. The Closing Circle——Nature, Man and Tech. Bantam Books Inc, 2004: 25~37
- 66 李博. 生态学. 高等教育出版社, 2000: 1~167
- 67 Terence Hawkes. Structuralism and Semiotics. University of California Press, 2003, 8~9
- 68 (美) 埃里克·詹奇, 曾国屏等译. 自组织的宇宙观. 中国社会科学出版社, 1992: 26
- 69 孙儒泳, 李博, 诸琦刚, 尚玉昌. 普通生态学. 高等教育出版社, 1998: 209~211
- 70 W·McDonough, Braungart. The NEXT Industrial Revolution. Atlantic Monthly, 2002 (10): 26~30
- 71 魏宏森, 曾国屏. 系统论——系统科学哲学. 清华大学出版社, 1999: 297
- 72 Griffin D R. The Reenchantment of Science: Postmodern Proposals. State University of New York Press, 2003: 137
- 73 (美) 卡洛琳·麦茵特, 吴国盛译. 自然之死. 吉林人民出版社, 1999: 324~325
- 74 (美) E.拉兹洛, 李吟波等译. 决定命运的选择. 三联书店, 1997: 136~137.
- 75 (美) E.拉兹洛, 闵家胤译. 用系统论的观点看世界. 中国社会科学出

- 版社, 1998: 109
- 76 (美) 阿尔温·托夫勒 朱志焱等译. 第三次浪潮. 三联书店, 1998: 57
- 77 郑时龄 薛密, 黑川纪章. 中国建筑工业出版社, 2004: 94
- 78 (德) H. 萨克塞, 文韬 佩云译. 生态哲学. 东方出版社, 1991: 103
- 79 梁思成. 中国建筑史. 百花文艺出版社, 1998: 83
- 80 Hanno-Walter Kruft. *Geschichte der Architecture: Von der Antike bis zur Gegenwart*. Verlag C.H.Beck, 2005: 202~207
- 81 刘先觉. 现代建筑理论. 中国建筑工业出版社, 1999: 1~243
- 82 龙惟定. 试论建筑节能的新观念. 暖通空调, 1999 (1): 32
- 83 Ivor. H. Seeley. *Building Economics: Appraisal and Control of Building Design Cost and Efficiency*. 2002: 58
- 84 夏征农. 辞海(普及本). 上海辞书出版社, 1999: 637
- 85 B. Berglund, T. Lindvall, I. Samuelson, J. Sundell. *Prescription for Healthy Building. Proceedings of the Third International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Stockholm, 2003. 5~14*
- 86 (美) 丹尼尔·贝尔, 赵一凡译. 资本主义文化矛盾. 三联书店, 1989: 1~89
- 87 D. A. McIntyre. *Indoor Climate*. Applied Science Publishers, 1998. 81~113
- 88 龙佩林等. 大学体育与健康教育. 民族出版社, 2001. 21~28
- 89 Ossama A Abdeu, Harold G Lorsch. *The impact of the building indoor environment on occupant productivity—effects of indoor air quality*. ASHRAE Trans, 2004: 59
- 90 Jinming Shen, Jianmin Yan. *Indoor air quality in the Shanghai air-tight office building. Proceedings of air conditioning in high-rise buildings' 97: 146~157*
- 91 (加) 简·雅各布斯, 金衡山译. 美国大城市的生与死. 译林出版社, 2005: 1~107
- 92 田银生 刘韶军. 建筑设计与城市空间. 天津大学出版社, 2000: 48
- 93 安树青. 生态学词典. 东北林业大学出版社, 1994: 244.
- 94 Geraint John & Rod Sheard. *Stadia—A Design and Development Guide*. Architectural Press, 2000: 48

- 95 Marcus Binney. *Airport Builders*. Academy Editions, 2002: 1~86
- 96 (意) 伦佐·勒卡达内, 卓健译. 大事件——作为都市发展的新战略工具. *时代建筑*, 2003(4): 28~31
- 97 陈晋略. *建筑巨匠一百——体育建筑*. 辽宁科学技术出版社, 2002: 1~116
- 98 许懋彦 张音玄 王晓歆. 德国大型会展中心选址模式及场馆规划. *城市规划*, 2003(09): 32~39
- 99 Albert Speer, Frank Hoef. *Introduction to Master Planning of EXPO Hannover*. *World Architecture*, 2000(11): 17~18
- 100 大阪F一△. *新建築*, 1997(4): 172~179
- 101 *Sporting Chances*. *Architectural Review*, 2000(10): 43~55
- 102 傅国华. *现代航空航站楼设计*. 中国建筑工业出版社, 2003: 1~107
- 103 吴良镛. *广义建筑学*. 清华大学出版社, 1995: 1~106
- 104 Baker, Nicholas. *Low energy strategies for non-domestic buildings*. BSP, 1999: 1~48
- 105 John Ormsbee Somonds. *Landscape Architecture: A Manual of Site Planning and Design*. McGraw-Hill Companies Inc, 3rd ed. 1998:1~64
- 106 大阪市中央体育館. *近代建築*, 2000(8): 56~57
- 107 (日) 日建设计编著, 滕征本 滕焯先译. *国外建筑设计详图图集 日建设计公司设计实例*. 中国建筑工业出版社, 2002: 20~145
- 108 Dean Hawkes, Wayne Forster. *Architecture Engineering and Environment*. Laurence King Published Ltd, 2002: 222~231
- 109 北京市建筑设计研究院. *国外奥运新场馆*. *建筑技术交流*, 1999增刊: 1~64
- 110 华南理工大学. *建筑物理*. 华南理工大学出版社, 2002: 79
- 111 高赞生. *中国高校校园规划的思考与在认识*. *世界建筑*, 2004(9):
- 112 札幌F一△ 札幌市豊平区. *新建築*, 2001(7): 156~173
- 113 悉尼国际水上运动中心. *世界建筑*, 1999(3): 48~49
- 114 京都市西京極総合運動公園プール施設 京都アクアリーナ. *近代建築*, 2001(1): 116~117
- 115 Oliver p. *Encyclopedia of Vernacular architecture of the world*. Cambridge University press, 2002: 1~14
- 116 Bach man, L.R. *Integrated Building: the systems bass of*

- Architecture. Thames and Hudson, 2003: 217
- 117 札幌コミュニティードーム 札幌市東区. 近代建築. 1997 (5): 104~109
- 118 刘德明 梅季彪 孙清军. 拥抱阳光——梦幻乐园空间环境与节能设计. 建筑学报. 1999 (9): 34~36
- 119 付祥钊. 夏热冬冷地区建筑节能技术. 中国建筑工业出版社, 2002: 144~145
- 120 ナユキドーム 名古屋市東区. 近代建築. 1997 (5): 86~95
- 121 贡木才. 结构抗风分析原理及应用. 同济大学出版社, 2001: 26~28
- 122 長野市真島総合スポーツアリーナ ホワイトヒルインダ 長野県長野市. 新建築. 1997 (1): 209~213
- 123 札幌ドーム. 新建築. 1997 (4): 180~184
- 124 Ching, Francis Architecture Form Space Order. 转引自: 王锦堂 梅平强. 几何型建筑——特性与结构之探讨. 詹氏书局, 2003: 5
- 125 Alexander Tzonis. The Poetics of Movement. Thames & Hudson. 1999: 1~141
- 126 北九州メディアドーム. 新建築. 1998 (11): 168~175
- 127 大阪ドーム. 近代建築. 1997 (5): 76~85
- 128 Goethe. The Principles of Design in Architecture. Birkhauser Publisher, 2004: 37
- 129 Curt Siegel. Structure and Form in Modern Architecture. Crosby Lockwood & Son Ltd., 2003: 24
- 130 那向谦. 索膜建筑的找形与工程设计. 世界建筑. 2000 (9): 25~27
- 131 石井一夫. 膜構造と大架構空間 世界の膜構造の系譜. 新建築. 1997 (6): 193~198
- 132 陈以一. 世界建筑结构设计精品选——日本篇. 中国建筑工业出版社, 2001: 188~193
- 133 北九州メディアドーム. 近代建築. 2001 (1): 112~113
- 134 大館樹海ドーム. 近代建築. 1997 (5): 116~117
- 135 涂逢祥 王美右. 中国的气候与建筑节能. 暖通空调. 1996 (4): 11~15
- 136 Nagano Winter Olympic Games Memorial International Seminar "Sports facilities in cold and snow-covered area". UTA/JIA Proceedings. Tokyo/

- Nagano. 1998: 1~137
- 137 吴耀东 郑恽. 保罗·安德鲁的建筑世界. 中国建筑工业出版社, 2004: 208~219
- 138 <http://www.olympic.cn/news/topic/2003-12-27/42620.html>
- 139 Klaus Daniels. *Low-Tech light-Tech High-Tech: Building in the Information Age*. Birkhauser Publisher, 1998: 1~108
- 140 李保峰. 仿生学的启示. 建筑学报. 2002 (9): 24~26
- 141 王强 黄义龙 曹芹. 夏热冬冷地区“双层皮”玻璃幕墙节能技术研究. 节能技术. 2006 (1): 46~49
- 142 李华东 鲁英男 陈慧 鲁英灿. 高技术生态建筑. 天津大学出版社, 2002: 78~83
- 143 白雪莲. 种植屋面能量传输和热环境研究. 重庆大学博士学位论文. 2000: 54
- 144 Victor Olgyay. *Design with Climate—Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism*. Princeton University Press. 2003: 1~153
- 145 刘念雄. 欧洲新建筑中的遮阳. 世界建筑. 2002 (12): 48~53
- 146 京都市西京極総合運動公園プール施設 京都アクアリーナ. 近代建築. 2002 (10): 31~38
- 147 仙田満+环境设计研究所. 佛山综合体育馆投标文本. 2003: 1~20
- 148 Klaus Daniels. *The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas*. Birkhauser Verlag. 1995: 199
- 149 高辉 何泉. 太阳能利用与建筑的一体化设计. 华中建筑. 2004 (1): 70~73
- 150 Anne Grete Hestrest. *Building Integration of Solar Energy Systems*. Solar energy. 1999 (2): 181-187
- 151 杨维菊 沙晓冬. 国外太阳能光电技术应用. 华中建筑. 2004 (3): 77~79
- 152 京都市西京極総合運動公園プール施設 京都アクアリーナ. 近代建築. 2001 (7): 119
- 153 Hendrik Willem Van Loon. *Tolerance*. Liveright Publishing Co, 2002: 108~109
- 154 李泽厚. 实用理性与乐感文化. 三联书店, 2005: 1~85
- 155 张钦楠. 特色取胜——建筑理论的探讨. 机械工业出版社, 2005:

38~39

- 156 冯路. 新天地——一个作为差异地点的极端形式. 时代建筑. 2002 (5): 34~35
- 157 山口県立きららスポーツ交流公園多目的ドーム. 新建築. 2002 (10): 183~187
- 158 李武英. 火车站也疯狂. 时代建筑. 2006 (3): 1
- 159 (美) 塞缪尔·亨廷顿 周琪等译. 文明的冲突和世界秩序的重建. 新华出版社, 2002: 1~152
- 160 侯幼彬. 中国建筑美学. 黑龙江科学技术出版社, 1997: 303~308
- 161 江哲铭. 绿色·健康·永续的设计观. 第二届中华民国室内设计学术研讨会. 台湾高雄. 2000: 104~108
- 162 Naomi Stungo. The New Wood Architecture. Calmann & King Ltd, 2001: 84~89
- 163 Sophia and Stefan Behling. Sol Power. A Publication for the READ Group, 1996: 187~233
- 164 長野市オリンピック記念アリーナ エムシーエーブ 長野県長野市. 新建築. 1997 (1): 200~208
- 165 北京建筑设计研究院. 建筑师看奥林匹克. 机械工业出版社, 2004: 204~211
- 166 马铁丁. 环境心理学与心理环境学. 国防工业出版社, 1996: 16
- 167 Annette Bögle, Peter Cachola Schmal, Ingeborg Flagg. Leicht Weit —— Light Structures. Jörg Schlaich Rudolf Bergemann und Partner. Prestel, DAM, 2003: 39
- 168 一戸町コミュニティーセンター. 新建築. 2003 (1): 217
- 169 ナユタドーム. 新建築. 1997 (4): 165~171
- 170 林忠信. 空气负离子在卫生保健中的作用. 生态科学. 1999 (2): 87~90.
- 171 王鑫. 略谈建筑气候设计. 华中建筑. 2002 (04): 45~48
- 172 (美) 吉沃尼. 陈士麟译. 人·气候·建筑. 中国建筑工业出版社, 1982: 1~79
- 173 Stephen Dobney. Cox Architects: Selected and Current Works. Images Publishing Group, 2002: 117
- 174 陈凌. 上海江湾体育场文物建筑保护及修缮工程. 时代建筑. 2006

- (2) : 76~81
- 175 David Rodman and Nicholas Lenssen. "A Building Revolution: How Ecology and Health concerns Are Transforming Construction." Worldwatch Paper 24, March 1995: 41
- 176 パークドーム熊本 熊本県民総合運動公園屋内運動広場. 新建築, 1997 (11) : 91~103
- 177 シェルユムせいだい. 近代建築, 2000 (10) : 68~75
- 178 筒白伶 邹扬帆 陈志宏. 澳大利亚著名建筑师作品集1. 百通集团 云南科技出版社, 2001.
- 179 大館横海ドームパーク. 新建築, 1997 (9) : 147~160
- 180 長野市オリンピック記念アリーナ. 建築画報, 1997 (4) 264: 104~107
- 181 和歌山ビッグホエール 和歌山県和歌山市. 新建築, 1998 (3) : 188~193
- 182 清华大学建筑学院, 清华大学建筑设计研究院编著. 建筑设计的生态策略. 中国计划出版社, 2001: 116
- 183 快適な空間を創り出す全天候型ファクトリーパーク オーシャンドーム. 建築文化, 1995 (4) : 14~15
- 184 大阪ドーム. 近代建築, 2000 (8) : 96~97
- 185 彩の国くまがやドーム. 新建築, 2004 (1) : 176~183
- 186 熊本市総合屋内プールアクアドームくまもと 熊本県熊本市. 新建築, 1999 (4) : 130~139
- 187 Peter Eisenman. TSA Cardinals Multipurpose Facility. GA Document (73) : 102~106
- 188 Chris van Uffelen. 2:00:6 Stadiums. Page One Publishing Private Limited, 2006: 167
- 189 (德) W·木雅明, 王才勇译. 机械复制时代的艺术作品. 中国城市出版社, 2002: 57~60
- 190 (法) 热尔曼·巴赞. 艺术史——史前至现代. 上海人民美术出版社, 1989: 634~648
- 191 李泽厚. 美学三书. 安徽文艺出版社, 1999: 437~596
- 192 (美) N·维纳, 陈步译. 人有人的用处——控制论与社会. 科学出版社, 1985: 45
- 193 <http://www.Utaholympicoval.com/facility/virtualtour.html>

- 194 Barclay F.Gordon. Olympic Architecture Building for the summer games. John Wiley & Sons Inc, 2002: 127
- 195 Alfred Durr. From the Olympic Stadium to the Allianz Arena.Detail. 2005 (09) : 952~961
- 196 贺承军. 建筑: 现代性、反现代性与形而上学. 田园城市文化事业有限公司, 1996: 17
- 197 彩の国くまがやドーム. 近代建築. 2004 (1) : 135~142
- 198 こまつドーム 石川県小松市. 新建築. 1997 (6) : 205~209
- 199 Masao Saito. Kukan Kozo Monogalari——sutorakuchuraru Design no Yukue. Shokokusha Publishing Co.Ltd. 2003: 78
- 200 George Baird. The Architectural Expression of Environmental Control Systems. Spon Press, 2001: 142~152
- 201 くらしオアリーナ 高知県高知市. 新建築. 2001 (9) : 204~ 209
- 202 Buchanan,P. Renzo Piano Building Workshop, volume 1. Phaidon Press Limited, 2000: 68
- 203 Frits Griffin and Marietta Millet. "Shady Aesthetics" . Journal of Architectural Education 37, no.3(spring-summer 2002): 59~214
- 204 李哲 曾坚. 当代生态建筑的美学新模式. 新建筑. 2004 (3) : 62~64
- 205 曾繁仁. 生态美学: 后现代语境下崭新的生态存在论美学观. 陕西师范大学学报. 2002 (05) : 5~16
- 206 章海容. 生态伦理与生态美学. 复旦大学出版社, 2005: 1~415
- 207 徐恒醇. 生态美学. 陕西人民教育出版社, 2000: 1~148

攻读博士学位期间发表的学术论文

- 1 史立刚, 刘德明. 健康型体育设施设计研究. 新建筑, 2004 (5): 66~69
- 2 史立刚, 刘德明. 形而下的真实——试论建筑创作中的材料建构. 新建筑, 2005 (4): 55~58
- 3 史立刚, 刘德明. 地域化VS生态化——试论大空间公共建筑创作的“软着陆”策略. 华中建筑, 2007 (1): 29~31
- 4 史立刚, 刘德明. 理性·逻辑——卡拉塔瓦设计思想评析与启示. 哈尔滨工业大学学报, 2003 (4): 458~461
- 5 史立刚. 可持续发展建筑的全寿命周期评价应用. 哈尔滨工业大学学报, 2003 (增刊): 69~73
- 6 史立刚. 可持续建筑的全寿命周期评价策略研究. 低温建筑技术, 2003 (5): 96~97
- 7 史立刚, 罗鹏. 迈向健康型奥运体育建筑. 室内装饰装修, 2003 (8): 44~47
- 8 史立刚. 形而下的召唤——健康型体育设施设计研究. 首届全国博士生学术论坛论文集 建筑学分论坛, 2003: 117~123
- 9 史立刚, 刘德明. 设计追随生态——当代大空间建筑设计的新趋势. 全国第八次建筑与文化学术讨论会论文集. 机械工业出版社, 2006: 128~134
- 10 史立刚, 刘德明. 体育建筑创作的地域化探索. 第十一届海峡两岸建筑学术交流会议论文集. 合肥, 2006: 76~80

哈尔滨工业大学博士学位论文原创性声明

本人郑重声明：此处所提交的博士学位论文《大空间公共建筑生态化设计研究》，是本人在导师指导下，在哈尔滨工业大学攻读博士学位期间独立进行研究工作所取得的成果。据本人所知，论文中除已注明部分外不包含他人已发表或撰写过的研究成果。对本文的研究工作做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明。本声明的法律结果将完全由本人承担。

作者签名： 日期： 年 月 日

哈尔滨工业大学博士学位论文使用授权书

《大空间公共建筑生态化设计研究》系本人在哈尔滨工业大学攻读博士学位期间在导师指导下完成的博士学位论文。本论文的研究成果归哈尔滨工业大学所有，本论文的研究内容不得以其它单位的名义发表。本人完全了解哈尔滨工业大学关于保存、使用学位论文的规定，同意学校保留并向有关部门送交论文的复印件和电子版本，允许论文被查阅和借阅，同意学校将论文加入《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》和输入《中国知识资源总库》。本人授权哈尔滨工业大学，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文，可以公布论文的全部或部分内容。

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

哈尔滨工业大学博士学位涉密论文管理

根据《哈尔滨工业大学关于国家秘密载体保密管理的规定》，毕业论文答辩必须由导师进行保密初审，外寄论文由科研处复审。涉密毕业论文，由学生按学校规定的统一程序在导师指导下填报密级和保密期限。

本学位论文属于 保密口，在 年解密后适用本授权书
 不保密口

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

致 谢

在博士论文即将画上句号之际，心中感慨万千。通过七年的硕博连读，在建筑研究所经历了对大空间公共建筑认知由浅入深的循序渐进过程。在此首先要感谢导师刘德明教授，从开始读研到攻读博士，先生都为人师表，言传身教，不仅在专业上给予我无私的指导和关心，而且通过高尚的人格魅力给予人生的点拨和教诲。先生宽广豁达的胸怀、正直的为人、渊博的学识、开放创新的精神、勤勉严谨的治学态度都使我深深地折服并受益匪浅，这种潜移默化的精神滋养和向导将伴我一生的工作、学习和生活。从论文选题、调研、写作到修正定稿，每一阶段都渗透着先生的殷殷期许和大量心血，在此向恩师致以诚挚的谢意和衷心的祝福。

感谢多年来梅季魁教授给予我的专业教导和生活关心，并多次提供宝贵的专业资料，同时为我们营建了难得的学习氛围，在此向梅先生致以深深的谢意。

在论文开题、写作、预答辩和答辩期间，得到了高介华教授、郭恩章教授、侯幼彬教授、李桂文教授、张伶俐教授、邹广天教授、徐苏宁教授、刘松伏教授、刘大平教授、赵天宁教授、孙清军教授等诸位先生对本文提出的建设性意见和给予的热情帮助，使得本论文得以顺利完成。同时衷心感谢李桂文教授、孙一民教授、钱锋教授、郑斯教授、陆伟教授认真细致地审阅了我的论文，给我提出了许多宝贵而专业的意见和建议。

感谢哈尔滨工业大学市政工程学院姜益强副教授、李本强博士在计算机模拟方面给予的专业帮助，使本研究得以在跨专业合作方面有所突破。

感谢在论文调研过程中，同窗好友和一些高校同仁的大力支持。

感谢建筑研究所师生在相关领域积累的研究成果和丰富素材。同时感谢胡斌、罗鹏、刘洋、晁军、孙伟、刘宏伟、魏志平、董宇、桑晓琳、刘旭升、李业伟等同学在本人生活与学习上所提供的帮助和支持。

最后谨以此文献给我的父母和家人。他们的鼓励和鞭策始终是我克服困难、努力前行的巨大动力，他们无私的关怀、奉献使我能够专心而顺利地完成课题研究。

史立刚

于哈工大 2007年1月16日

个人简历

史立刚，1977年生于河北保定。1994~1999年于河北工业大学建筑系建筑学专业，获学士学位。1999年以优异的成绩考取了哈尔滨建筑大学建筑系建筑设计及其理论专业硕士研究生，师从刘德明教授。2001年起于哈尔滨工业大学建筑学院被推荐直接攻读博士学位研究生，继续跟随刘先生研究大空间公共建筑设计。

攻读博士期间，在导师刘德明教授的指导下，参与了郑州大学体育馆、白城师范学院体育馆、广东外语外贸大学体育场馆等多项大空间公共建筑的工程实践，以及大连国际会展中心（三期）、哈尔滨国际会展中心、青岛大学体育馆、濮阳杂技艺术中心等设计投标。

中国知网
获取更多资料 微信搜索 CNKI