

分类号\_\_\_\_\_

学号 2004612200062

学校代码 10487

华中科技大学

# 硕士学位论文

中国夏热冬冷地区

绿色建筑技术应用问题研究

(本文得到国家自然科学基金资助, 项目号: 50578067)

学位申请人: 熊小萌

学科专业: 建筑设计及理论

指导教师: 袁培煌 教授

李保峰 教授

答辩日期: 2006年5月11日

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Architecture**

**Application Study of Green Architecture Technology used in  
Summer-hot and Winter-cold Area in China**

**Candidate : Xiong Xiaomeng**

**Major : Architectural Design and Its Theory**

**Supervisor : Prof. Yuan Peihuang**

**Prof. LI Baofeng**

**Huazhong University of Science & Technology**

**Wuhan 430074, P.R.China**

**May 2006**

## 独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到，本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

## 学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权华中科技大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本论文属于  保密口，在 \_\_\_\_\_ 年解密后适用本授权书。  
 不保密口。

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

指导教师签名：

日期： 年 月 日

## 摘 要

伴随着能源危机与生态危机，建筑提供舒适人居环境的同时，也占到人类 80% 的能耗与同比例的污染，人类社会被迫进入绿色建筑时代；绿色建筑技术的快速推广应用已成当务之急。我国夏热冬冷地区人多地广，区域经济发达，对国家国民经济意义重大；由于该区域“冬冷”与“夏热”的两难矛盾气候，使绿色建筑技术的选择应用上具有北方严寒地区与南方炎热地区所没有的难度与复杂性。

作者通过大量文献整理与实地采访发现：我国夏热冬冷地区针对地域性气候的绿色建筑技术应用体系无据可查；技术发展表现出研发人员、开发单位、使用者三方的严重脱离；技术应用表现为单纯“拿来主义”的堆砌，高投入、低产出。因此，从地域适应性出发，梳理出对当前技术选择应用具有现实意义的实用技术体系、并确定出下一步技术发展方向是本文的思路与重点。

作者首先从夏热冬冷地区的气候特征入手，明晰绿色建筑技术的概念与适合夏热冬冷地区的绿色建筑技术到底应该满足哪些要求；再按照自己的分类标准，从三百多项技术中挑选出的 141 项夏热冬冷地区绿色建筑技术，进行分类统计形成技术储备库；然后通过实证调研，了解当前市场实际使用技术的门类与共性，对市场应用的经验与问题进行总结，找出技术应用的改进方向；最后以前文背景研究为基础，在技术储备中选出覆盖整个建筑约 19 项最适宜当前推广的技术进行应用性分析；同时针对现有成熟技术的不足与现实需求空缺，制定出下一步应用型技术的 11 个最值得关注的发展方向。通过以上研究，形成一个我国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用“有些什么——用了什么——应该用什么——还需要什么”的完整线路，较为清晰的展示了该区域的技术应用问题与深化方案。

应该指出，本文主要是通过对技术的地域适应性评价来对技术的推广应用进行研究，并制定出技术应用策略。对于属于管理学问题的技术推广社会层面因素，以及过于理论、专业化的技术原理、技术创新等没有过多涉及，这也是本文注重实际应用的出发点决定的。

本研究的基础来自于导师工作室多年来对夏热冬冷地区绿色建筑技术的适应性研究。本文本着促进区域绿色建筑技术的快速推广应用，得到一些能直接为绿色建筑技术应用服务的结论，以便于建筑师等专业人员与地产开发等非专业人员参考，切实推进夏热冬冷地区建筑可持续发展进程。

关键词： 夏热冬冷地区， 绿色建筑技术， 地域适应性， 技术体系

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## ABSTRACT

Application Study of Green Architecture Technology used in Summer-hot and Winter-cold Area in China Accompanied by the dangerous signal of energy crisis and ecological crisis, architecture, which offered us a comfortable living environment, consumed 30% of the total energy while created pollution to the same proportion, and human society are forced into a green architecture era, of which the sustainable development become the main theme. Promoting the use of green architecture technology has become an urgent affair and been of highly practical significance.

Summer-hot and winter-cold area in our country is a region vast in area , large in population and prosperity in economic, and of national economic significance; meanwhile, the complex and hostile climate there ,which include a " winter cold " and " summer hot " dilemma made the application of green architecture technology more difficult and complex than that of the North extremely cold area and the South hot area.

Through our first-hand investigation and reading, we found that the green architecture technologies in our country have been far behind the times, especially in the summer-hot and winter-cold area, which was just start up. The application system of green architecture technology associated with regional climate was not available. Developments of technique demonstrated a serious secession of the researchers , producers and users. Application was in a complete "use" condition, followed by a high input and a low output. Therefore, from the point of geographical adaptability, this paper focus on the summing up of the guidances in choosing techniques and confirming the way of its development.

Based on the characters of the climate in the summer-hot and winter-cold area, we will confirm the conception of green architecture technology and the special requirement for it of the given region in the first part.

Then according to our own criteria, we will classify the green architecture technologies available in the summer-hot winter-cold areas.

Then through demonstrative investigation and study, we will summarize the categories

and commonness of the technology used in our country today, as well as the experiences and the problems of its application, to find out the way of improvement. In the last part of this paper, we will select some most feasible ones from each category of architecture technologies and make utility analysis of them on the basis of our background research. In the same part we will detect the direction of the new applied technology when we get the idea of the limitation of the technologies in existence and the vacancy in meeting the requirements. From all of these, we will obtain a legible system of the green architecture technology used in summer-hot and winter-cold area in a form of "what we have -what we have used- what we should use-what we need", then we can give out the problems in technology application and its settlements in a clear way.

It should be noted that we made our research of technology promotion and application on the basis of geographical adaptability evaluation, and made strategies in technology application. We will not refer to the social factors of the technology promotion for they are belong to the fields of management science. Last but not least, our study focus on the geographical adaptability of the technology, not its theory, content or creation.

We made our study on the basis of the adaptability research of green architecture technology used in summer-hot and winter-cold area which had been worked over by the teams of my status quo for many years. The motivation of this article came from the attention of rough-and-tumble application of the green architecture technology and the requirement of the colleague for the practical application system of this technology. The aim of this paper is to promote the application of this technology, offer some conclusions that can be of much help in the application, make convenience for the professional and non-professional personnel, and promote the sustainable development of the architecture in the summer-hot and winter-cold Area.

**Key words:** Summer-hot and Winter-cold Area, Green Architecture,  
Geographical Adaptability, Technology System

摘 要.....	I
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>III</b>
<b>1 绪 论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 课题背景.....	1
1.2 研究的意义.....	2
1.3 研究的内容及目标.....	3
1.4 问题域及概念界定.....	4
1.5 研究方法等特色.....	7
1.6 国内外研究现状.....	8
1.7 论文框架.....	12
<b>2 夏热冬冷地区绿色建筑技术应用发展与技术储备状况.....</b>	<b>13</b>
2.1 夏热冬冷地区的地域特点与技术实施难点 .....	13
2.2 夏热冬冷地区绿色建筑技术的应用发展回顾 .....	19
2.3 夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术储备及分类 .....	23
2.4 本章小结.....	37
<b>3 我国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用现状 .....</b>	<b>38</b>



3.1	实例研究对象与研究方法 .....	38
3.2	实证研究结果与绩效评估 .....	44
3.3	目前实际应用技术共性分析 .....	52
3.4	夏热冬冷地区绿色建筑技术推广的现实问题与制约因素 .....	55
3.5	本章小结 .....	58
<b>4</b>	<b>具有现实意义的夏热冬冷地区绿色建筑技术应用策略 .....</b>	<b>60</b>
4.1	建筑绿色设计技术的现实应用策略 .....	60
4.2	屋面绿色建筑技术现实应用策略 .....	64
4.3	墙体绿色建筑技术现实应用策略 .....	67
4.4	门窗绿色建筑技术现实应用策略 .....	74
4.5	湿热环境控制绿色技术现实应用策略 .....	80
4.6	能源利用绿色技术现实应用策略 .....	86
4.7	基于绿色建筑技术地域适应性的系统综合策略 .....	89
4.8	本章小结 .....	92
<b>5</b>	<b>夏热冬冷地区绿色建筑技术的发展趋势 .....</b>	<b>93</b>
5.1	处于实验阶段的有潜力夏热冬冷地区绿色建筑技术 .....	93
5.2	未来夏热冬冷地区绿色建筑技术的开发方向 .....	97
5.3	本章小结 .....	100
<b>6</b>	<b>结 语 .....</b>	<b>101</b>

6.1 本文的研究结论.....	101
6.2 本文的前瞻研究.....	103
致 谢.....	105
参 考 文 献 .....	106
附录 1 图 表 索 引 .....	111
附录 2 作者攻读硕士学位期间发表的论文.....	114

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

# 1 绪 论

## 1.1 课题背景

伴随着生态危机、能源危机的一个个危险信号，人类社会被迫开始进入了关注生态的时代，可持续发展正日益成为时代的主旋律。针对建筑这一人类基本生存需求的物质层面来说，可持续发展的要求也显得更为迫切。绿色建筑技术，作为解决建筑可持续发展危机的基本力量，其发展的速度、广度、深度都已经取得令人瞩目的成绩；但是，国内人民当前生活中却鲜见到大规模的应用，这种“雷声大，雨点小”的现象使大量先进绿色建筑技术成为了实验室内的藏品，与此同时，生态危机紧逼的步伐却未能放慢。

政府部门提出建筑节能 50% 的目标已经有好多年，但是建设部刚完成的一项调查<sup>1</sup>显示：我国现在每年新增建筑面积为 20 亿平方米（已接近全世界新增面积的一半），在这次所调查的 17 个省市中按 5% 的比例抽调今年的新建建筑，北方 90% 的住宅建筑按节能标准设计，但只有 30.6% 实现了设计标准；中部地区仅 19% 的建筑按节能标准设计，其中 14% 得以实施；南部最差，只有 11.2% 的住宅建筑做了节能设计；在南北交界地区<sup>2</sup>，节能设计占 58%，不过施工验收后只有 23% 按设计完工。在控制新建建筑高能耗的同时，接近 400 亿平方米的老建筑改造也面临巨大任务。——但就是在现有基础上完成节能 50%，我们的建筑单位能耗仍然为发达国家的 2 倍左右！国内技术储备相对完善、绿色建材厂商增多、多数技术成熟而价格适中，政府扶持力度加大、社会绿色环保氛围日益浓厚……完成节能 50%，甚至 65% 的目标对当前经济技术水平来说都已经很容易达到，可为什么绿色建筑离我们依然遥远？这其中的原因何在？如何解决？有鉴于此，本课题的中国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用问题研究，以武汉地区为夏热冬冷代表性地区，正是以一种具有现实意义的实践操作角度来切入问题领域进行分析研究。

<sup>1</sup> 2005 年 12 月 5 日至 25 日，建设部对全国建筑节能工作进行专项检查。

<sup>2</sup> 南北交界地区即夏热冬冷地区。

## 1.2 研究的意义

本研究有利用填补我国夏热冬冷地区绿色建筑技术体系、应用指导、及未来发展方向相关研究的空白；有利用夏热冬冷地区绿色建筑技术快速进入普及推广通道，为我国夏热冬冷地区的建筑可持续发展制定切实可行的策略提供有力支持。

在典型的夏热冬冷地区——武汉地区，“夏天热死，冬天冷死”这是外地人对其气候的切身感受。武汉地区夏季室温可超过 35℃，而冬季室温低于 10℃。全年非舒适气温（冬天低于 16℃，夏天高于 28℃）长达 9 个月。人们天天离不开冷暖空调，建筑成了耗能大户。2002 年武汉地区居民空调电力总负荷为 258 万千瓦，占全市高峰电力负荷的 75%，武汉市冬季采暖和夏季制冷耗电量占全社会用电量的 1/3 以上，高于全国平均水平。数据同时显示出，本地区建筑能耗已占全市总能耗 27% 以上<sup>3</sup>。有人测算，如果把武汉地区一年的建筑能耗所释放的热量集中起来，理论上可将 20 个零摄氏度的东湖水烧开，建筑节能的形式相当急迫。

面对如此大的建筑能耗及能源浪费，1997 年，武汉市成立了建筑节能办公室，推广应用绿色建筑节能技术。但效果一直不理想，直到 2001 年后，才陆续建成蓝湾俊园、绿景苑等首批节能住宅小区，面积不足 15 万平方米，占武汉地区住宅总面积 1.8 亿平方米中的很小一部分，就其原因就在于现阶段我国夏热冬冷地区绿色节能技术无法转入大规模的现实应用阶段，而人民日益增长的住房建筑需求导致只能是原有粗放式耗能建筑继续大行其道。

从具体操作环节分析，除去经济、社会、政策等方面影响因素，单纯就技术策略来说，当前推广绿色建筑技术时候主要存在的就有四大难题：

(1) 适合夏热冬冷地区的绿色建筑技术到底应该满足哪些要求？

(2) 现有哪些成熟的，适合夏热冬冷地区的绿色建筑技术可供选择？

(3) 当前应用的建筑技术与适合夏热冬冷地区的绿色建筑技术之间究竟有哪些差异需要淘汰、改进、更新？

(4) 如果没有合适的技术可以现实应用，应该如何有的放矢的制定下一步针对现实应用、切实可行的技术发展规划？

造成这一现实情况在于针对夏热冬冷地区绿色建筑技术的地域气候适应性研究、

<sup>3</sup> 数据来源：武汉市节能办 2003 年的统计数据。

技术归纳、制定实用技术参考方面的研究还不系统，不全面；掌握相关技术的专业研究人员又因其学科上的局限性，一般只精通单一方面的技术，并且严重缺乏与建筑设计的整合。因此绿色建筑技术的实际运用及实践活动较少；缺乏一个能有效指导夏热冬冷地区绿色建筑技术普及推广的技术系统归纳与实际使用经验的整理，让众多的决策者与非专业的使用者能快速全面的了解技术现状而促使绿色技术的普及推广；而现存不多的研究结果又过于技术化、专业化、单一化及实验性化，缺乏可操作性较强的针对夏热冬冷地区气候特点的建筑设计及技术应用策略的问题。

因此，本课题归纳出可操作性较强的，能够被广大建筑师所接受，并便于使用的夏热冬冷地区绿色建筑技术应用策略，这将极大地促进绿色建筑技术与中国夏热冬冷地区特有的气候特征和国情的紧密结合，更为有效地产生影响和社会效益，为当前的建筑的绿色化与可持续发展提供切实事实根据。

### 1.3 研究的内容及目标

我国自然环境最为复杂的夏热冬冷地区的严峻现实决定了本研究首先要从实际出发，研究要有针对性和现实可操作性。本研究拟以夏热冬冷地区绿色建筑技术为研究对象、实证研究以武汉市为研究区域代表，对针对夏热冬冷地区的绿色建筑技术种类、绿色建筑技术现状，以及各类技术的完善程度、应用程度、发展趋势及市场认知度的实际情况及实际中的绿色技术缺失空白情况进行一个系统的调查与梳理。

本课题的目标是：通过对技术应用各方面资料的整理，梳理出夏热冬冷地区绿色建筑技术在进行现实运用中的经验教训、现实困难及技术发展方向等相关问题及解决办法，制定出一个对当前住宅建设节能环保有实际指导意义的绿色建筑技术参考目录及未来夏热冬冷地区绿色建筑技术发展规划，同时还可以对我国夏热冬冷地区下一步的绿色建筑技术推广制订更为科学与现实的策略提供参考，切实推进我国建筑的可持续发展进程。

应该指出的是，本文主要是通过通过对技术的地域适应性评价来对技术的推广应用进行研究，并制定出技术应用策略。对于技术推广的社会层面因素，因为其属于管理学问题，本文没有涉及；另一方面，本文虽然注重技术层面的研究，但研究重点在于技术的地域适应性而非技术本身的原理、技术含量、创新等等，这也是本文注重对实际应用有所参考的出发点所决定的。

## 1.4 问题域及概念界定

### 1.4.1 夏热冬冷地区地域范围

地处我国中部的长江流域及其周围广大地区属“夏热冬冷”地区（图 1-1<sup>4</sup>）。这个地区的范围大致为陇海线以南、南岭以北、四川盆地以东。包括重庆、上海两个直辖市；湖北、湖南、安徽、浙江、江西五省全部；四川、贵州两省东半部；江苏、河南两省南部；福建省北半部；陕西、甘肃两省南端；广东、广西两省区北端，共涉及 16 个省、市、自治区。这个地区的城乡人口约占全国总人口的三分之一，面积约 180 万平方公里，国内生产总值约占 48%，是我国经济文化较发达的地区，地位极为重要<sup>5</sup>。



本课题的实证研究城市——武汉市的地理位置为东经  $113^{\circ}41'$ — $115^{\circ}05'$ ，北纬  $29^{\circ}58'$ — $31^{\circ}22'$ ，属于北亚热带季风性（湿润）气候，常年雨量充沛，热量丰富，是典型的夏热冬冷地区。图 1-2<sup>6</sup>显示，武汉在 1、2 月和 7、8 月这两个时间段内，室内温度分别位于温度变化曲线的波谷和波峰，7、8 月的室内平均温度都在  $30^{\circ}\text{C}$  以上，最高达到了  $36^{\circ}\text{C}$ ；而 1、2 月的室内平均温度均在  $10^{\circ}\text{C}$  以下，最低降至  $3^{\circ}\text{C}$ 。而且在这两个时间段内，室内空气湿度的平均值都达到了 80% 以上，湿热同在以及湿冷同在使得武汉地区冬夏两季室内热环境极其恶劣。客观的说，武汉市的实际情况可以代表整

<sup>4</sup> 何祥烈 主编《夏热冬冷地区建筑节能技术》中国建筑业出版社 P7 图 1.2.1-1

<sup>5</sup> 中华人民共和国行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ134-2001）P18

<sup>6</sup> 向杰《华中科技大学硕士学位论文》被动式太阳能在夏热冬冷地区应用的可能性初探 P21 图 2-4

个夏热冬冷地区的现状。

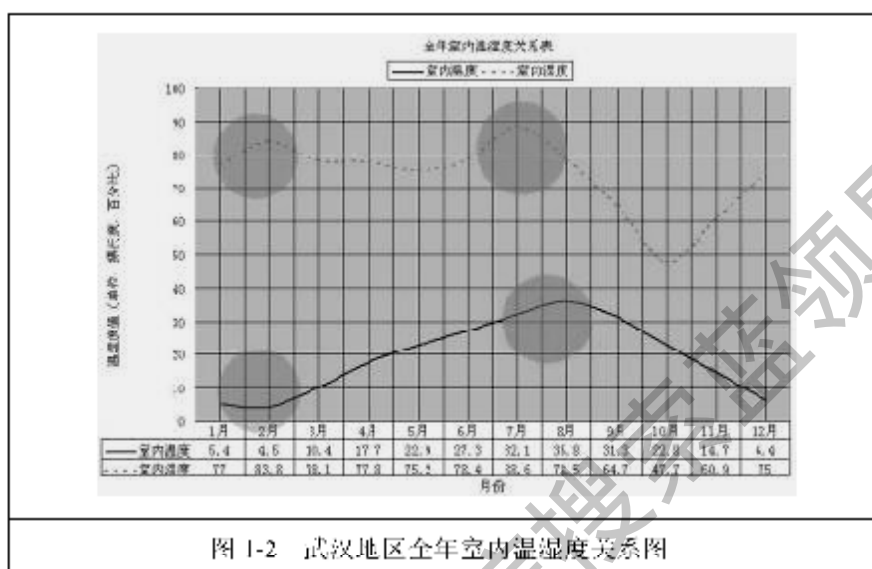


图 1-2 武汉地区全年室内温湿度关系图

#### 1.4.2 绿色建筑技术界定

2004年8月，国家建设部发文将“绿色建筑”明确定义为：“为人们提供健康、舒适、安全的居住、工作和活动的空间，同时在建筑全生命周期中实现高效率地利用资源（节能、节地、节水、节材）、最低限度地影响环境的建筑物。”绿色建筑是通过科学的整体设计，集成各种绿色高新技术，具有选址规划合理、资源利用高效循环、节能措施综合有效，建筑环境健康舒适、废物排放减量无害、建筑功能灵活适宜等六大特点。

绿色建筑技术是针对现阶段建筑存在的耗能大、对人们身体健康不利等问题提出的，其特点是不仅可以满足人们对建筑使用要求的生理和心理需求，而且能源和资源的消耗最为经济合理，对环境的影响最小。

绿色建筑技术属技术学研究范畴，值得指出的是，它不是独立于传统建筑技术的全新技术，而是用“绿色”的眼光对传统建筑技术的重新审视，是传统建筑技术和新的相关学科的交叉与组合，是符合可持续发展战略的新型的建筑技术<sup>7</sup>。

绿色建筑技术涉及到建筑学及相关学科的许多基础理论。如生态系统循环理论，包括生态物质循环规律、能量流动转化规律、气候变异规律、建筑中能量转换传递规

<sup>7</sup> 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编，绿色建筑，北京：中国计划出版社，1998，2177。

律、建筑物与外部环境热湿交互作用规律等。作为一门庞大的应用技术体系研究，其内容牵扯到现代科学的方方面面；作为活跃的、快速发展的应用技术体系，许多方面尚未为我们所认识，正如我们对环境科学的认识还远远不够，非常浮浅一样，绿色建筑技术的许多领域需要我们去认识和研究<sup>8</sup>。

绿色建筑技术的核心首先是减少建筑对地球资源与环境的负荷及影响。尽可能利用大自然赐予人类的可再生天然资源，用尽可能少的能源消耗来满足人们对建筑的功能需求。只有具备这些特征的建筑，才不至于会对自然环境造成难以恢复的影响。

其次是创造健康、舒适的室内环境。建筑归根结底是为人服务的，当代人们的生活对室内环境的要求更加严格。有关资料显示：具有良好的室内环境品质的建筑，包括有效的通风、天然的或适当水平的照明、室内空气品质以及良好的声学环境等因素，可以将劳动生产率提高 6%~16%，同时对使用者的健康有益。

再次是自然生态的平衡需要建筑与自然环境的融合，建筑变成自然的一部分，同时，自然被引入建筑之中。这样的建筑既适合人居使用，又减少了对自然的破坏。总之，绿色建筑技术的最终目的是人与自然、建筑与环境的和谐，使人们重新回归自然，重新亲和自然。

### 1.4.3 夏热冬冷地区绿色建筑技术界定

在本课题中，绿色建筑技术特指为适用于我国夏热冬冷地区之技术。其含义有三：

第一，本研究中的技术必须符合、适应我国夏热冬冷地区的全部或部分特定气候与地域条件；

第二，地域针对性及对气候差异不敏感之技术即使适应夏热冬冷地区的特定气候与地域条件，也不在本文研究范围之内（如无地域差异性的节水、节能、防污染技术等）；

第三，考虑到中国目前的实际情况，作者认为，当前形势下开展的节能技术大潮中的多数技术都应该可以算为绿色技术，因为其符合前文对绿色建筑技术的定义的两方面：提供舒适的人居环境，和自然资源的优化使用。或者我们可以将现在社会上普遍称为的“节能技术”理解为绿色建筑技术的初级阶段，但不可否认的是，其中已经有相当部分开始重视技术应用全程的生态意义，使用单纯的“节能技术”已经无法全面准确的概括技术内涵，因此为了达成称谓上的统一，本文中除特别标注外，均称其为“绿色建筑技术”。

<sup>8</sup> 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编，绿色建筑，北京：中国计划出版社，1998，217页。



## 1.5 研究方法及特色

### 1.5.1 研究方法

#### (1) 文献阅读

阅读国内外关于绿色建筑理论、生态学理论、新型建筑材料技术发展、以及绿色建筑实例，社会上绿色建筑发展动态等领域的文献，力求对该项研究有一个整体的把握，以保证本研究思路和方法上的全面性和前瞻性，以及内容上的创新性。

#### (2) 材料梳理归纳法

大量收集本研究内容的相关资料，将各方面汇集的各类夏热冬冷地区绿色建筑技术按照本论文的设计构想分类造档，整理归纳成系统的体系。

#### (3) 实地调研

对武汉市已建成的几个具有代表性的试点示范绿色小区进行实地调查研究，调查采用实地观测、技术资料收集、设计者采访、使用者访谈调查等形式进行。数据分析采用横向数据比较及结合社会实践进行定性分析。

#### (4) 规范研究与实证相结合

在实证研究上，论文主要涉及我国夏热冬冷地区绿色建筑技术的应用现状的问题、当前生态技术实际应用的效果等内容。将实地调研收集到的实际数据及事实与现行相关技术法律规范、技术理论数据及经验数据相比较，进行差异性及其共性研究。

#### (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的意义，反之，仅仅靠定性研究无法得出正确的结论。本课题拟采用定性分析与定量实测相结合的研究方法对相关问题进行分析。

#### (6) 理论分析归纳

在文献阅读、材料梳理、实地调研以及现实与理论的差异性研究的基础上，笔者对研究得出的数据，进行了详细的分析。在理论分析上，论文主要涉及夏热冬冷地区绿色建筑的技术内涵、技术策略与现实结合的辩证关系等相关内容。并从实际的现实操作性角度进行归纳，总结出适合我国夏热冬冷地区在经济及技术等各方面切实可行，具有实践意义的绿色建筑技术应用措施及技术发展策略。

### 1.5.2 研究特色

(1) 选题创新：长期以来，夏热冬冷地区绿色建筑技术一直是该区域建筑专家学者的研究热点，可是如何将科技成果与现实应用接轨、如何检验研发的技术成果是否

符合社会需求却研究甚少；另一方面，社会广大地产单位想使用成熟技术却不知道如何寻找、选择适合的绿色建筑技术。本课题正是为了解决这种尴尬状况而做的深入研究，使“需求——技术——应用——效益”成为一个和谐而有现实意义的产业链。

(2) 多领域整合的创新：本研究中涉及了建筑技术研发、技术实践应用及技术使用反馈三大领域，从一个更高的高度将技术开发者、技术应用者及技术受益者三者有机整合在一起，全局的把握当前技术的开发与使用，做到有的放矢，避免当前太多研究过于学术化、专业化，无法真正为社会服务的弊端。这种研究方法在国内建筑院校中尚为数不多。

(3) 技术思路的创新：具体到我国夏热冬冷地区绿色建筑技术这一特定环境下的技术梳理，具有排它性；一切从对实际应用有指导意义出发，将使用绿色建筑技术分成方便查询的技术体系，全面研究适应性技术的现状、应用与研发路线，探索如何将科学技术快速转换为现实生产力。

## 1.6 国内外研究现状

### 1.6.1 国外研究状况

因为本课题主要是针对特定地域进行的技术应用研究，由于与中国夏热冬冷地区气候类似的地区较少，国外关于整合夏热冬冷地区绿色建筑技术应用领域的总体研究也较少，主要的研究方向集中了适应当地气候的整栋建筑的绿色生态理念的体现与节能环保的技术验证。

绿色建筑技术起源于能源危机及生态危机之后人们的痛定思痛，但国外在二十世纪 20-30 年代就开始了相关“特定气候和地域需求特定建筑技术来达到建筑与自然和谐”的理论与实践，这为将来的绿色建筑的最终成熟奠定了坚实的基础。如赖特将建筑视为“有生命的有机体”，认为建筑必须同所在的场所建筑材料以及使用者的生活有机地融为一体。

随着人们地理科学与生态学理解越来越深入，在四五十年代，气候和地域条件成为影响设计的重要因素，象美国的 R·纽特拉、L·康、P·鲁道夫等，巴西的 O·尼边耶、L·考斯塔等建筑师的许多作品都充分考虑了气候和地域这两个因素。1963 年，V·奥戈雅完成了《设计结合气候：建筑地方主义的生物气候研究》(Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism)，概括了 60 年代以前建筑设计气候、地域关系研究的各种成果，提出了“生物气候地方主义”的设计理论；70 年代，美国建筑师西姆·范·德·莱恩(sim vander Ryn)开办的 EDI 研究所的专著

《生态设计》将环境与气候列为建筑设计的要点；向来重视地方性建筑研究的印度建筑师 C·柯里亚结合自己的实践，提出了“形式追随气候”(Forms Follow Climate)的设计方法。80 年代中期 J·拉乌洛克(James Lovelock)完成著作《盖娅：地球生命的新视点》(Gaia: A new Look at on Earth)，这本书将地球及其生命系统描述成古希腊的大地女神——盖娅，她总是努力创造和维持生命。推进了盖娅运动。1993 年，由美国国家公园出版社的《可持续设计指导原则(Guiding Principles of Sustainable Design)》一书，是在许多绿色生态机构的工作基础之上完成的。布兰达·威尔和罗伯特·威尔合著的《绿色建筑学：为可持续发展的未来而设计》则通过主旨(Purpose)、行动(Performance)、实践(Practice)及建议(Proposal)四章全面阐述了绿色建筑的内涵与应用……

总体来说，国外对纯粹的技术应用性梳理归纳研究比较少，大多数技术应用研究都集中于一个具体的案例，以一整个系统为研究对象，绩效评估也是对系统的最后的整体表现为依据，对单个技术较为忽视。少量涉及技术体系的研究也主要集中于纯理论或纯学术方面；相比之下，涉及夏热冬冷地区适应气候的绿色建筑技术应用的研究就更为欠缺了，缺乏完善的具体技术体系分类研究和用于设计应用的技术实践指导。

### 1.6.2 国内研究现状

由于我国历史上一些政治及经济发展上的客观原因，使我国对本国环境及可持续发展问题的认识经历了一个很曲折的过程。缺乏对可持续发展问题及后果的深刻认识，导致我国开始真正对环境问题进行科学的认识并予以足够的重视已是上世纪 90 年代后期。我国对绿色建筑极其技术的研究与实践，至少比发达国家晚了 20 年。

随着中国经济规模的急剧扩大，我国逐步由能源低消耗国转变为高消耗国，能源短缺与环境污染问题越来越来重。90 年代以来，各相关机构都逐步开始将建筑技术的气候适应性作为建筑科学技术工作的一个主要方面。1993 年《建筑气候区划标准》GB50178-93 的正式颁布，使我国的建筑技术对于地域适应性开始有了正规的区分与针对性。

直至上世纪 90 年代后期我国随着全球性的生态危机与能源危机的凸显，绿色建筑技术的开发应用才开始真正重视，同时政府开始制订运行具有实际约束力的政策法规强制将绿色建筑技术纳入实施轨道。从改善建筑物围护结构保温隔热性能，提高居住环境质量入手，在节能建筑结构体系、新型节能墙体及屋面保温材料、密闭节能保温门窗、采暖系统等许多方面安排了数百项科技研究项目，取得了一批具有一定水平和实施价值的建筑节能科技成果。主要包括住宅建筑外墙外保温体系、热反射隔热窗帘、保温复合墙体和屋面、供热管网水力平衡技术、已建建筑的节能改造、采暖空调

居住建筑节能设计原则与方法等，逐步形成了一大批符合我国国情的单项建筑节能技术体系。当前的绿色建筑技术主要重点体现在资源有效利用改造方面。

建设部随后成立了节能工作协调组和建筑节能办公室，开始了我国有组织、有计划地开展我国建筑节能工作，这也标志着我国的建筑节能工作从节能技术研究开发、技术标准制定、技术推广与工程试点转向全行业行政推动阶段。第一次编制了我国《建筑节能“九五”计划和2010年规划》，明确了在我国开展建筑节能工作的总体目标、工作任务和实施策略；建设部、国家计委、国家经贸委、国家税务总局联合发布了《关于实施民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）的通知》，对各地实施节能率50%的标准提出了具体要求。

许多地方政府建设行政主管部门也编制了当地节能设计标准实施细则并出台了建筑节能管理规定。建成的节能建筑逐年增加，太阳能和新能源在建筑上的应用工作进展迅速，建筑节能工程从点到面逐步扩展；已从少数北方城市建造单栋节能试点住宅发展为几十个北南方城市成批建设建筑节能示范小区；全国每年建成的节能建筑，从“九五”初期刚超过千万平方米发展到“九五”末期的5千万平方米；据不完全统计，至2000年累计建成节能建筑面积1.8亿平方米；建成太阳房一千多万平方米，太阳能热水器拥有量2600万平方米，居世界第一位，并以每年平均25%的速度增长；地热和地下能源也开始得到推广应用。

2001年《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ75-2001）的颁布实施，使我国夏热冬暖地区居住建筑节能有了相应的技术标准和依据。区内相关建筑科学研究院与高校建筑学院根据社会需求展开了大量夏热冬冷地区的绿色建筑技术的研发项目，如华中科技大学、湖南大学、西安建筑科技大学、重庆大学、浙江大学、长沙理工大学在夏热冬冷地区建筑表皮技术、节能门窗技术、遮阳技术、热工节能技术、室内环境评价、地域适应性设计等众多方面进行了深入而广泛的研究。其中较有影响力的是在《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》颁布之后，作为实施配套技术，于2002年付译利主编的由北京中国建筑工业出版社《夏热冬冷地区建筑节能技术》。

目前夏热冬冷地区的绿色建筑技术应用研究的最大的问题在于：

(1) 技术与研究方面主要是专业技术人员从事研究，建筑设计师与建筑开发人员很少参与；而掌握相关技术的专业研究人员又因其学科上的局限性，一般只精通单一方面的技术，并且严重缺乏与建筑设计的整合。

(2) 建筑师应用绿色建筑技术于“概念设计”与实验性建设较多，立足于大规模实践应用研究的有限，因此绿色建筑技术的实际运用及实践活动较少，覆盖整个建

筑各方面的成熟技术未成体系。

(3) 现有关于夏热冬冷地区绿色建筑技术的资料及技术手册较少,对建筑整个绿色技术体系介绍的就更少;由于技术发展太快,缺乏对时代技术进步的反映;技术性太强,理论性太强,缺乏应用评价,不便于实际使用。

### 1.6.3 世界各国绿色建筑评估体系

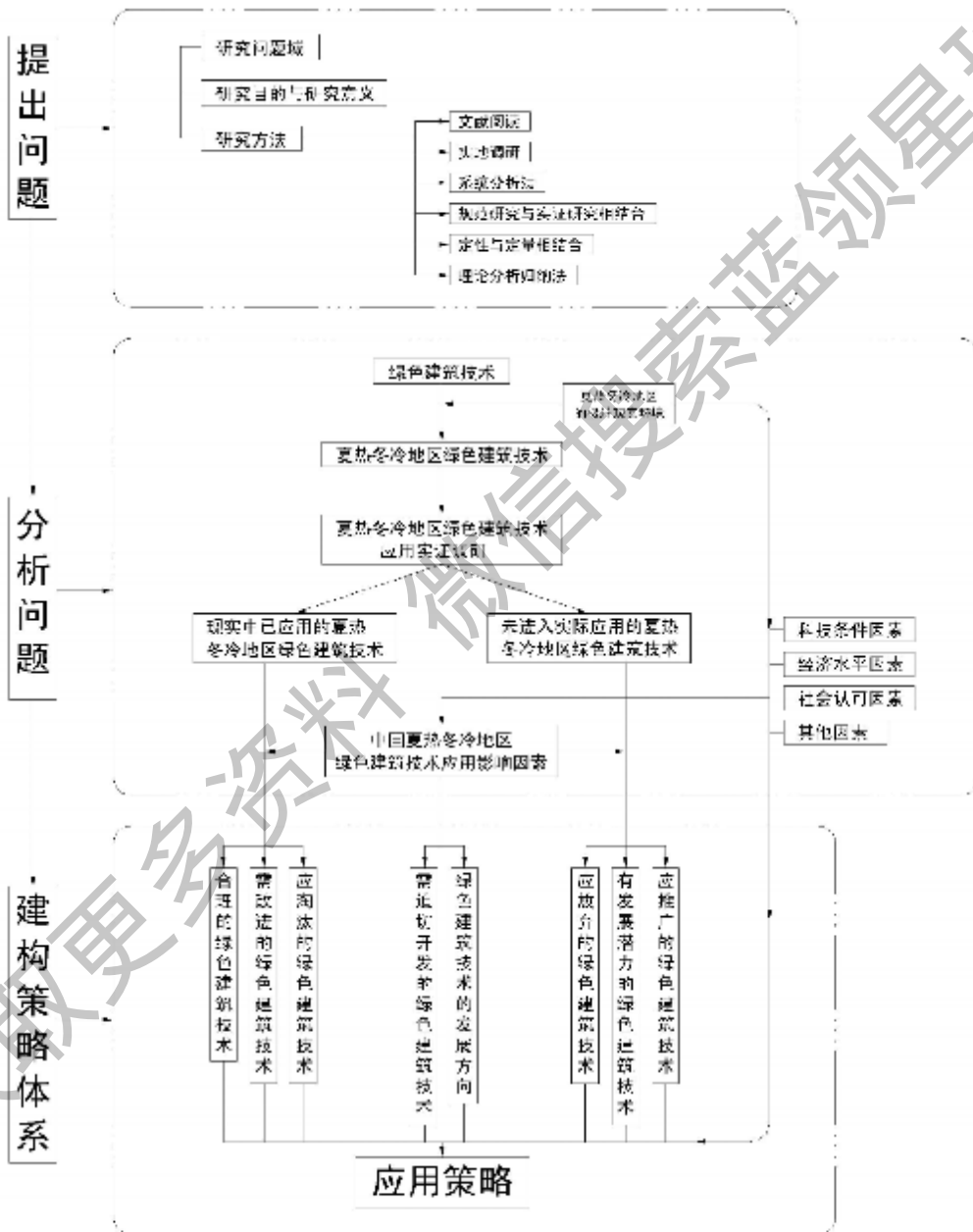
绿色建筑是一个高度复杂的系统工程。它在实践领域的实施和推广有赖于建立明确的绿色建筑评估体系。围绕推广缓和规范绿色建筑的目标,近年来许多国家发展了各自的绿色建筑标准和评估体系(见表 1-1),一些国际性评估系统也在发挥着功能,如 iiSBE(International Initiative for a Sustainable Built Environment)发行的 GB Tool 评估体系。随着绿色建筑在各国不断发展,评估工具也由当初的定性评估向定量评估发展,从早期单一的性能指针评定转向了综合了环境、经济和技术性能的综合指针评定。

目前国际上发展比较成熟,有影响力的绿色建筑评估体系有英国的 BREEAM、美国的 LEED(TM),它们的架构和运作成为各国建立新型绿色建筑评估体系的重要参考。我国为迎接 2008 年奥运会,也提出了具有中国特色的绿色奥运建筑评估体系 GBCAS。

表 1-1 世界各国绿色建筑评估体系

国家	体系制定机构	体系名称
美国	USGBC	LEED(TM)
英国	BRE	BREEAM
日本	日本可持续建筑协会	CASBEE
澳大利亚	DEH	NABERS
加拿大	ECD	BREEAM/GREEN LEAF
中国	绿色奥运建筑研究课题组	GBCAS
法国	CSTB	ESCALE
香港	HK Envi Building Association	HK-BAEM
荷兰	SBR	Eco-effect
台湾	ABRI & AERF	EMGB
德国	IKP-Stuttgart University	Build-It

## 1.7 论文框架



## 2 夏热冬冷地区绿色建筑技术应用发展与技术储备状况

本章通过大量文献的阅读与整理,进一步明晰界定研究范围与研究对象,试图建立一个完整的我国夏热冬冷地区绿色建筑技术的框架,全面收集符合本课题的研究对象,并进行符合实际应用状况的分类归纳,为下一步的应用技术筛选与应用策略准备详细而全面的基础研究。本章将从夏热冬冷地区的地域特点及其对技术要求的难点、技术发展沿革、技术储备现状与整理分类等三个方面进行探讨。

### 2.1 夏热冬冷地区的地域特点与技术实施难点

#### 2.1.1 夏热冬冷地区的地域气候特点

根据《建筑气候区划标准》(GB50178-93)将全国划分为的 7 个一级区,本研究区域为第 III 建筑气候区,即华中夏热冬冷区。

根据《民用建筑热工设计规范》(GB50176-93)为适应建筑热工设计的需要,在《建筑气候区划标准》的基础上,将全国划分为的 5 个建筑热工设计区,本研究区域为其中的夏热冬冷地区。

##### 2.1.1.1 区域总体气候特征

由两部标准及相关地理气象资料统计,本研究区域有如下特点:

(1) 该区大部分地区夏季闷热,冬季湿冷,气温日较差小;年降水量大;日照偏少;春末夏初为长江中下游地区的梅雨期,多阴雨天气,常有大雨和暴雨出现;沿海及长江中下游地区夏秋常受热带风暴和台风袭击,易有暴雨大风天气。

(2) 7 月平均气温一般为 25--30℃,1 月平均气温为 0--10℃;冬季寒潮可造成剧烈降温,极端最低气温大多可降至-10℃以下,甚至低于-20℃;年日平均气温低于或等于 5℃的日数为 90--0d;年日平均气温高于或等于 25℃的日数为 40--110d。

(3) 年平均相对湿度较高,为 70%--80%,四季相差不大;年雨日数为 150d 左右,多者可超过 200d;年降水量为 1000--1800mm。

(4) 年太阳总辐射照度为 110--160W/m<sup>2</sup>,四川盆地东部为低值中心,尚不足 110W/m<sup>2</sup>;年日照时数为 1000--2400h,川南黔北日照极少,只有 1000--1200h;年日

照百分率一般为 30%--50%，川南黔北地区不足 30%，为全国最低。

(5) 12 月至翌年 2 月盛行偏北风；6--8 月盛行偏南风；年平均风速为 1--3m/s，东部沿海地区偏大，可达 7m/s 以上。

(6) 年大风日数一般为 10--25d，沿海岛屿可达 100d 以上；年降雪日数为 1--14d，最大积雪深度为 0--50cm；年雷暴日数为 30--80d，年雨淞日数，平原地区一般为 0--10d，山区可多达 50--70d。

(7) 该区各二级区对建筑有重大影响的建筑气候特征值应符合下列条件：

1) IIIA 区 6--10 月常有热带风暴和台风袭击，30 年一遇最大风速大于 25m/s；暴雨强度大，局部地区可有 24 小时降雨量 400mm 以上的特大暴雨，夏季有海陆风，不太闷热。

2) IIIB 区夏季温高湿重，闷热天气多；冬季积雪深度最大可达 51cm；四川盆地部分的日照百分率极低，光照度偏低。

3) IIIC 区夏季不太闷热，日照百分率普遍较低；川南黔北日照百分率极低，光照度偏低。

#### 2.1.1.2 区域气候具体分析

通过以上的气候统计资料，结合在夏热冬冷地区，夏季和冬季两种大量调查实测数据的统计分析表明，该地区在夏季自然状况下室内热环境 87.5%的时间是不舒服的，有 36.5%的时间影响居住生活<sup>9</sup>。（如图 2-1 所示）

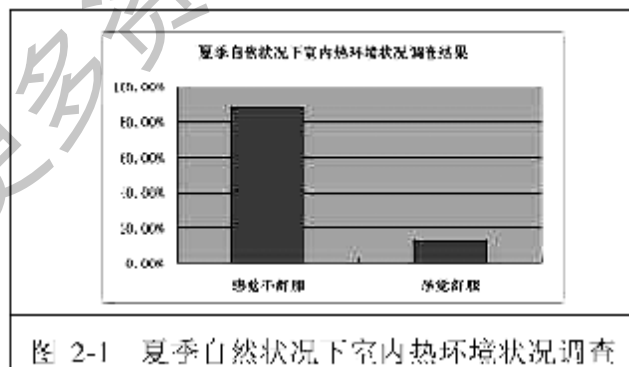


图 2-1 夏季自然状况下室内热环境状况调查

夏热冬冷地区的气候是世界上相同纬度下气候条件较差的地区。极端最高气温很

<sup>9</sup> 付祥利主编，《夏热冬冷地区建筑节能技术》，第一版，中版地：北京，中国建筑工业出版社，2002 年 10 月，P7



高是夏热冬冷地区的一大特点(图 2-2<sup>12</sup>)。同时该地区冬季寒冷,1 月份气温比同纬度其他地区一般要低 8—10℃,是世界上同纬度下冬季最寒冷的地区(图 2-3<sup>13</sup>)。

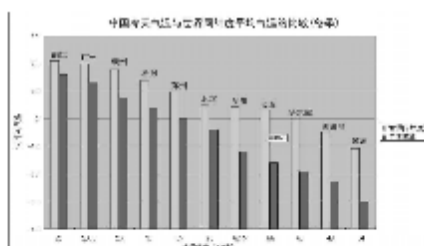


图 2-2: 中国主要城市与世界其他同纬度城市在夏季温度比较

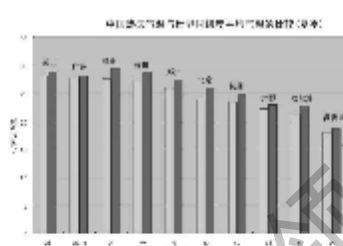


图 2-3: 中国主要城市与世界其他同纬度城市在冬季温度比较

最高气温高于 35℃的天数和最热月月平均温度是衡量一个地区夏天炎热程度的两个指标<sup>12</sup>。这个地区 7 月份气温比同纬度其他地区一般高出 2℃左右,是在这个纬度范围内除沙漠干旱地区以外最炎热的地区<sup>13</sup>(表 2-1<sup>14</sup>)

表 2-1 夏热冬冷地区 9 城市夏季气象参数

项目	上海	杭州	南京	合肥	南昌	武汉	长沙	重庆	成都
最热月月平均气温/℃	27.8	26.0	28.0	28.3	29.6	29.8	29.3	28.1	25.6
极端最高气温/℃	38.9	39.9	40.7	41.0	40.6	39.4	40.6	40.2	37.3
最热月月 14 时平均气温/℃	32	33	32	32	33	33	33	33	29
年日最高气温不低于 35℃的天数	8.7	22	15.8	16.3	27.7	21	30	27	31
最热月月平均相对湿度%	83	80	81	81	75	79	75	71	85

该地区冬季建筑室内热环境亦不容乐观。在冬季,北极和西伯利亚寒潮频繁南侵,经华北平原长驱直入到此地区后,又受到南岭和东南丘陵的阻挡,使冷空气滞留。徐

<sup>12</sup> 涂逢祥,王美君.中国的气候与建筑节能.暖通空调.1996.4. P.2

<sup>13</sup> 涂逢祥,王美君.中国的气候与建筑节能.暖通空调.1996.4. P.12

<sup>14</sup> 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心.绿色建筑.北京.中国计划出版社.1999.6. P.256

<sup>15</sup> 付祥钊.中国夏热冬冷地区建筑节能技术.新型建筑材料.2000.6. P.13

<sup>16</sup> 韩爱兴.夏热冬冷地区居住环境质量有望得到改善和觉高.新型建筑材料.2002.3. P.26

了四川、重庆由于北部有秦岭的阻挡冬天较为暖和，该地区其他主要城市日平均气温低于5℃的天数均长达2—2.5个月，而且湿度高达73%—83%<sup>15</sup>。同时由于这一期间日照相对较少，潮湿的水汽从人体中吸收热量，因而阴冷寒凉(表2-2<sup>16</sup>)。寒冷季节无取暖时仍然影响人们正常的生活起居；但相比较夏季来说，恶劣程度较轻，可以月增加衣物及加强活动等方式来增加保暖。

表 2-2: 夏热冬冷地区 9 城市冬季气象参数

城市 项目	上海	杭州	南京	合肥	南昌	武汉	长沙	重庆	成都
最冷月月平均气温/℃	3.5	3.8	2.0	2.1	5.0	3.0	4.7	7.2	5.5
年日平均气温 低于5℃的天数	56	51	77	72	18	59	32	----	----
年日最低气温 低于5℃的度日数	801	714	1155	1080	239	856	432	----	----
最冷月月 平均相对湿度%	75	77	73	75	74	76	81	83	80

对比夏热冬冷地区与我国西部、北部地区几个典型城市的冬季和夏季的月平均湿度(图2-4<sup>17</sup>)可以发现，夏热冬冷地区几个城市的湿度平均值比北方地区以及西部地区几个城市的湿度平均值都要高，基本接近80%；冬夏两季的湿度是这几个地区中最高的。

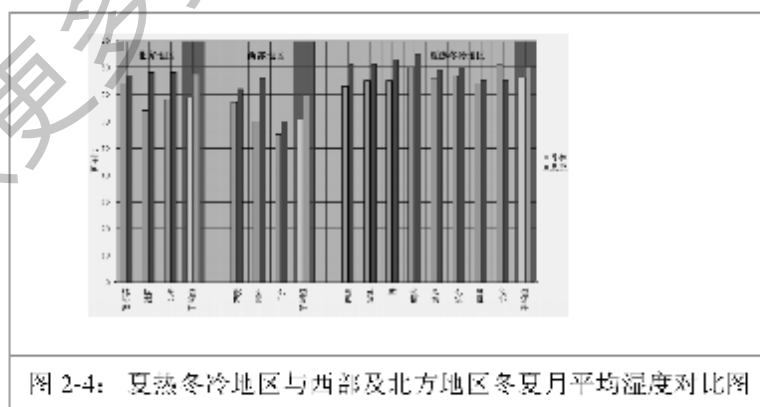


图 2-4: 夏热冬冷地区与西部及北方地区冬夏月平均湿度对比图

<sup>15</sup> 何祥钊 中国夏热冬冷地区建筑节能技术 新型建筑材料 2000.6. P13.

<sup>16</sup> 杜爱兴 夏热冬冷地区居住环境质量有望得到改善和提高 新型建筑材料 2002.3. P26.

<sup>17</sup> 徐连祥 丁美甘 中国的气候与建筑节能 暖通空调.1996.4. P11-14.

夏热冬冷地区的日照属于我国四类地区，是日照缺乏地区，全年日照平均百分率一般为 30%--50%，川南黔北地区不足 30%，为全国最低。尤其在冬季，北方的日照量远远大于夏热冬冷地区，日照的缺乏更加重了本地区的气候恶劣性(表 2-3<sup>18</sup>)。

表 2-3<sup>18</sup>: 夏热冬冷地区 9 城市冬季日照参数

城市 项目	上海	杭州	南京	合肥	南昌	武汉	长沙	重庆	成都
12 月(时 数 / %)	146.1/ 45	138.7 / 44	157.0 / 50	151.8 / 49	128.9 / 40	137.1 / 43	102.7 / 32	26.9 / 8	64.7 / 21
1 月(时数 / %)	188.4 / 48	127.0 / 39	147.8 / 46	143.3 / 45	110.3 / 34	124.6 / 39	88.4 / 27	29.7 / 9	73.5 / 22
2 月(时数 / %)	121.2 / 39	109.4 / 35	132.5 / 42	135.4 / 43	89.7 / 28	111.7 / 36	68.5 / 22	41.5 / 14	64.3 / 21

## 2.1.2 夏热冬冷地区绿色建筑技术实施难点

### 2.1.2.1 夏季防热、通风降温要求与冬季兼顾防寒的矛盾

夏季炎热难耐，而冬季严寒难挡是我国夏热冬冷地区最大的特点，也是导致绿色建筑技术迟迟难以进入实地的最大自然障碍。比如在武汉、重庆这样的“火炉”城市，夏季晴天的中午到晚上这段时间，约 60%-90%的情况室内不能正常工作。<sup>19</sup>夏热冬冷地区夏季室内热环境非常恶劣。改善室内热环境，已经不只是解决热舒适问题，更重要的是保障基本生活条件，保护人民身体健康，保证正常的工作和学习效率。而冬季，比如武汉的室内不采用任何采暖措施，温度可能低至 0 度左右，这样也已经无法保障正常的生活需求。对于单项技术而言，无论其对保温或者散热的效果有多么好，但是要在一个载体上同时要求既能通风又能保证密封性，即要阻止夏天阳光入射又要在冬天多采纳自然阳光热量实在有些自相矛盾之嫌。

鉴于“夏热”与“冬冷”两难相比，“冬冷”的困难相对可以通过加衣及增加活动来辅助解决，而“夏热”问题的解决已无法在人自身生活方式上有解决的余地，并

<sup>18</sup> 徐连祥，《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》编制组编，《建筑节能》(36)，中国建筑工业出版社，P20。

<sup>19</sup> 徐连祥，丁美君，中国的气候与建筑节能，暖通空调，1996.4，P12

且解决“夏热”的保温维护技术与防止“冬冷”措施也并无矛盾，目前的解决方案一般是主要优先考虑解决夏季极端高温问题，而兼顾冬季防寒保暖的问题的策略。

#### 2.1.2.2 夏热冬冷地区全年相对湿度偏大对同时控湿除湿的影响

夏热冬冷地区的相对湿度全年基本稳定在 70%~80%，比一般地区相比偏高。这使得“夏热”因为空气湿度大，人体汗液无法顺畅蒸发，表现为湿热、闷热；而“冬冷”因为冬季日照相对较少，潮湿的水汽从人体中吸收热量，表现为阴冷寒凉。湿度大成为保持环境舒适度必须解决的又一大难题。针对于技术方面来说，除湿技术则需要面临在高温和低温下都要正常工作且工作效率与资源消耗应保持低下的问题。

目前夏热冬冷地区大众化的除湿技术基本是依靠空调来进行。空调同时负责温度与湿度的调节，空调除湿的能耗占到空调总能耗的 30%~50%，但是对冷媒温度要求不同的湿度和温度调节在空调中使用同一冷媒，对于湿度全年偏大的夏热冬冷地区就变相浪费了更多的能源。

#### 2.1.2.3 夏热冬冷地区平均日照天数少而特定时间日照强度大对太阳能利用的影响

夏热冬冷地区年太阳总辐射照度值过低，尤其从冬季开始、直至春末夏初的梅雨期，多为阴雨天气，日照严重不足；而夏季日照充分，正午时分太阳总辐射照度强度大，且昼夜温差不大。这意味着目前看好的以太阳辐射为能源的大量技术在该地区的使用遭遇尴尬境地：同样的投入只能在少数时间段能有效使用；但如不采用，夏季的高温天气又白白浪费。

#### 2.1.2.4 夏热冬冷地区全年降水量大对技术材料防潮性的影响

夏热冬冷地区年降水量可达近 2000mm，降雨降雪日数可达全年一半多的时间，特别在春末夏初可能会有持续一月的阴雨天气，而日照的缺乏使建筑对材料及新技术的防潮性能要求甚高，长时间的浸泡必须仍能保持良好的热工效能，并且能抗霉抗老化，做到安全卫生。

#### 2.1.2.5 夏热冬冷地区剧烈的天气变化对材料物理持久性的影响

夏热冬冷地区的天气复杂且变化剧烈，全年的温差可以打到 50℃；短时间内也可产生极大变化，如寒潮导致的降温可能在一天内达到近 20℃；春末可能出现雷暴，夏初常有暴雨持续；部分地区常受热带风暴和台风持续袭击，风力可达 25m/s；冬季普遍下雪，部分地区积雪可达半米……这些情况都对应用的技术与材料提出了包含保温性、防水性、粘接力、密封性、抗冲击性、防火性、抗风荷、抗重载性、耐久性、抗

裂性、施工性、经济性、卫生安全性等等众多性能提出要求。应用于在这种复杂气候条件下的技术必须保证在各种符合恶劣条件下的安全、稳定、高效的运行。

## 2.2 夏热冬冷地区绿色建筑技术的应用发展回顾

### 2.2.1 夏热冬冷地区绿色建筑技术的应用发展概述

1973年，世界性能源危机的爆发，使各发达国家一夜之间意识到地球资源的不可再生性与人类快速发展对资源迫切需求之间的矛盾，开始不约而同开始大力倡导节能技术。

紧随能源危机而来的生态危机，从根本上颠覆了人类的发展观。面对严峻的环境问题面前，人类终于认识到：造成这一系列危机的根本原因，是没有处理好人与自然的关系——将自然置于人的对立面而加以征服和改造。1992年，联合国环境与发展大会正式提出了可持续发展这一战略思想。要改善人类居住环境不断恶化的现状，首先应树立“人与自然：互生共存、协调发展”的自然观，改变现行的消费模式和生产方式。人类的生产、生活活动，应以节约资源、不破坏环境和污染环境为原则。在这种新自然观和经济观的指导下，全球兴起了广泛而深刻的治理污染、保护环境和重建家园的“绿色运动”；而倡导节约资源、不破坏环境和污染环境的“绿色消费”生活模式，则是这一运动中关键的环节。其中，追求人、建筑与周围环境协调的“绿色建筑”，则是“绿色消费”中令人关注和向往的部分。至此，建筑技术终于从单纯的建筑节能技术发展到了兼顾节约自然资源、促进人类健康、提倡环保及可持续发展等多个方面的绿色建筑技术。

一直以来，我国能源、土地、水、原材料等资源严重短缺，而实际利用效率低、环境污染严重且仍在不断加剧。就能源消费而言，在我国化石能源资源探明储量中，90%以上是煤炭，人均储量也仅为世界平均水平的二分之一；人均石油储量仅为世界平均水平的11%；天然气仅为4.5%；而目前我国单位建筑面积能耗是发达国家的2-3倍以上。就土地的消耗而言，我国人均耕地只有世界人均耕地的1/3；水资源仅是世界人均占有量的1/4；实心粘土砖每年毁田12万亩；物耗水平与发达国家相比，钢材消耗高出10%~25%，每拌和1m<sup>3</sup>混凝土要多消耗水泥80公斤；卫生洁具的耗水量高出30%以上，而污水回用率仅为发达国家的25%。严峻的事实表明，中国要走可持续发展道路，发展节能与绿色建筑刻不容缓。推进节能与绿色建筑的发展是建设事业

走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路的重要举措；是按照减量化、再利用、资源化的原则，搞好资源综合利用，建设节约型社会，发展循环经济的必然要求。

1986年，我国于1986年8月1日起实施第一阶段节能30%的《建筑节能设计标准（采暖居住节能部分）》JGJ26-86，这部法律的颁布标志着我国建筑节能技术推广应用的启动。经过近二十年的努力，建筑节能工作得到了逐步推进，取得了部分成绩。与此同时，伴随着可持续发展思想在国际社会的认同，绿色建筑理念在中国也逐渐受到了重视。中国在绿色建筑发展上做了大量的工作，开展了绿色建筑关键技术研究，设立了“全国绿色建筑创新奖”，在办公建筑、高等院校图书馆、城市住宅小区、农村住宅等建筑类型进行了绿色建筑的实践。

1988年，建设部和国家建材局、农业部、国家土地局联合制定《关于加快墙体材料革新与推广节能建筑的意见》，报经国务院印发各地执行，并在夏热冬冷地区的成都市和江苏省开展墙改与建筑节能试点。

1993年我国颁布的《建筑气候区划标准》（GB50178-93）第一次以规范的形式出发区分强调了建筑的地域适应性，至此，夏热冬冷地区内科研力量及相关建筑机构开始有针对性地发展适合本区域特殊气候与地域特点的绿色建筑技术。

上世纪90年代后期开始，国家“九五”“十五”攻关项目组、国家自然科学基金开始加大对夏热冬冷地区绿色建筑技术的投入；中国建筑科学院、华中科技大学建筑与城市规划学院、同济大学建筑学院、重庆大学建筑与城市规划学院等一大批夏热冬冷地区内的知名院校建筑学院也都加入到夏热冬冷地区绿色建筑技术从选题、开发、实践和应用推广的队伍中来，在短时间内形成了一批具有中国国情的绿色建筑技术。

1996年，我国将“绿色建筑体系研究”列为“九五”重点课题，从而为建筑绿色技术研究提供了有力支持。该课题最后在1999年出版了我国第一部较为详细全面介绍绿色建筑的专著《绿色建筑》，其中对绿色建筑技术给予重点论述。

1999年开始，根据建筑节能工作从北向南逐步推进的策略和总体工作规划，我国将建筑节能工作的重点转向夏热冬冷地区，开展建筑节能技术研究、制定建筑节能标准。

1999年4月12日，国家建设部颁发《国家康居示范工程实施大纲》（建住房[1999]98号）。国家康居示范工程的重点是依靠科技进步，应用成熟、先进的“更新”技术和成套技术，进一步提高住宅质量，建设部推荐了八大成套技术体系、116项技术，但没

有固定的模式，各地都在根据自己的地理、气候特点研究适合自己的方案。

2001年10月1日，经过8年的实践与总结，《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134--2001)颁布实施，为我国夏热冬冷地区绿色建筑技术提出具体的目标：通过全面推进建筑节能工作，到2010年，城镇建筑达到节能50%的设计标准，其中特大城市和部分大城市要率先实施节能65%的标准；在此基础上，到2020年，大部分既有建筑实现节能改造，新建建筑完全实现建筑节能65%的总目标，东部地区要争取实现更高的节能水平；基本实现新增建筑占地与整体节约用地的动态平衡；实现建筑建造和使用过程中节水率在现有基础上提高30%以上；新建建筑对不可再生资源的总消耗比现在下降30%以上；到2020年，我国建筑的资源节约水平接近或达到现阶段中等发达国家的水平，节能、节地、节水、节材和环境保护的经济和社会效益显著，转变经济的增长方式成效突出。

2004年8月27日，为贯彻落实加快推进我国绿色建筑及其技术的健康发展，建设部决定设立“全国绿色建筑创新奖”。同时，为规范全国绿色建筑创新奖的管理，建设部颁布了《全国绿色建筑创新奖管理办法》。

2005年，由中国建设部、科技部和英国贸易投资总署、加拿大住房署、新加坡建设局及印度建筑业发展委员会共同主办的“首届国际智能与绿色建筑技术研讨会暨首届国际智能与绿色建筑技术与产品展览会”于3月28日—30日在北京国际会议中心举行。这标志着中国绿色建筑技术全面进入快速推广通道。这次研讨会和展览会也为世界各国了解中国绿色建筑巨大的市场潜力提供了机会。

截止2006年，在我国夏热冬冷地区大部分代表性城市，如上海、杭州、南京、南昌、武汉、长沙、重庆、成都等都已经制定出自己的绿色建筑发展及推广计划，并且绿色建筑技术在新建建筑中的的规模性使用率已经超过20%；同时，整个夏热冬冷地区已建成上百个绿色节能住宅小区，总建筑面积超过1000万平方米，并且涌现出大批绿色建筑技术应用示范项目。例如武汉地区01年至05年节能试点示范项目已达25个，节能建筑建成面积为130万平方米。<sup>20</sup>

中国的绿色建筑技术应用发展时间不过20年，而夏热冬冷地区的绿色建筑技术则更是刚刚起步，经验与技术都还很缺乏，但是同时开展建筑节能与绿色建筑技术的国际合作与发展的市场非常广阔。近年来，世界银行、联合国开发计划署、德国政府、

<sup>20</sup> 何振铨、魏劲松《一个建筑节能的样本--武汉绿景苑小区》 2005年12月08日 经济日报

美国能源基金会、法国全球环境基金和企业等相继进入了中国建筑节能和绿色建筑相关领域，并取得了不错的业绩。

总的来说，夏热冬冷地区的绿色建筑技术应用发展表现出以下特点：

(1) 应用发展具有严重的被迫性，并且发展时间不长；

(2) 在严峻现实形势下，更多表现出是一种很初级的发展，即在对满足基本人居舒适环境下的节能技术普及应用，对技术全程绿色关注较少，但逐渐开始重视（为了所谓的同意，本文将此种初级绿色节能技术统称为绿色建筑技术）；

(3) 现行绿色建筑技术的应用模式是：政府扮演了一个规则制定者对最终建筑性能进行把关，而具体技术应用权则基本全部由开发商自由掌控，因此技术使用规范系统而不全面，技术应用过程则混乱无序。

## 2.2.2 夏热冬冷地区绿色建筑技术应用发展的问题

我国绿色建筑技术的发展比工业国家要晚得多，至于针对夏热冬冷地区的绿色建筑技术的发展就更显得时日尚短。除去前面讲的社会原因，在技术上这主要是因为直到目前，我国仍没有完成工业国家 70 年代就已完成的住宅产业现代化，与先进建筑技术开发的规模化、技术产品的工业化生产与建造的工作。但随着国民经济的快速发展，我国夏热冬冷地区绿色建筑技术在吸收国外成功经验与先进技术的基础上，开始走向同步与协调发展。

我国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用发展问题，主要表现在以下几个方面：

### 2.2.2.1 绿色建筑技术概念混淆不清造成技术市场的混乱

当前社会对绿色技术空前重视，虽然众多老百姓对绿色技术的真正内涵不是太清楚，但也极力追捧与崇拜；因此使众多机构利用这种混乱开始进行炒作渔利一些“伪绿色建筑技术”，很多所谓的新技术及新产品其实就是换了一个说法或者是一个包装。另一方面，绿色建筑现在已经有了一个较为清晰的定义，可是对于绿色建筑技术无法给出一个定量的评判标准，使包括大量专业人员在内的人民对绿色建筑技术的认识不统一也导致了绿色技术的泛滥，比如某机构统计目前新型绿色建筑技术产品品种近 5000 种，却无法给出绿色的确切含义。单单节能的、节能但是制造耗能极高的、节能且全寿命耗能低的却使用中损害环境的、节能且全寿命耗能低且使用环保的却损害居住质量、舒适度的等等技术应该说都不是严格意义上的绿色技术。

### 2.2.2.2 分类标准混乱，查阅与使用不便



在文献阅读与整理中，发现同一种技术在不同的材料中的分类不同。缺乏有效的统一分类标准，使现有的绿色建筑技术呈现一种无体系、无标准的混乱状态。目前各个研究机构都按各自的标准进行技术划分，有按技术用途分成新型墙体技术、新型防水技术、密封技术、新型保温隔热技术等等；有按适用领域分为城市住宅绿色技术、城市公用建筑绿色技术、农村公用建筑绿色技术、农村住宅建筑绿色技术等等，有按在建筑物使用部分分为屋顶绿色技术、围护绿色技术、门窗绿色技术、地下绿色技术、室内环境绿色建筑等等

#### 2.2.2.3 忽略地域适应性，盲目滥用

目前在夏热冬冷地区及其他的气候区的技术研发与推广中都表现自一种“堆砌”的思想，认为用的绿色技术越多绿色的越好，而不管该技术是否适应地域的气候、生活习惯、经济发展等特征。而针对夏热冬冷地区的复杂地域特征对技术的苛刻要求，该地区绿色建筑技术的高效正确的选择问题就更加突出了，要不然极有可能出现花了钱却没有达成预期效果，甚至花了钱却办了坏事的情况出现。

## 2.3 夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术储备及分类

### 2.3.1 夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术储备统计原则与说明

本研究计划对我国现有的夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术储备情况进行统计，为使本统计规范而有实际参考价值，特作出以下说明：

(1) 夏热冬冷地区绿色建筑技术以第一章绪论中的概念界定为准，不符合本研究对象要求的技术不在本统计之列。本文中所述的绿色建筑技术没有特殊说明的均指本定义下的绿色建筑技术。因此，本技术统计非常注重对象的地域适应性和针对性，但并不意味着夏热冬冷地区绿色建筑技术只有这些，本课题的概念界定决定了本统计的不完全性。

(2) 现有技术储备的含义为：现有的一切的符合研究对象的技术。包括现在使用的、已经开始实践的、实验室完成技术定型的、仍处于研究阶段的、只有理论体系的、有根据前瞻性的技术都在本统计的范围之内。本统计目的是为了全面详细了解夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术现状而非评估系统。

(3) 由于专业知识的限制，本统计的一切技术的详细情况均来源于文献材料中，

忠于原作的研究与数据，笔者主要进行技术统计整合梳理工作。

(4) 因为市场上存在大量使用同一技术而只是产品名称不同的情况，或者是产品核心技术相同的情况，因此本统计区分技术的原则在于核心技术是否相同；当核心技术相同，但是在施工、程序、跨技术组合等其他方面有重大突破的，本统计将将其作为新技术列入。

(5) 由于个人主观能力及客观条件限制，本统计难免有疏漏之处，但应能大体反映出我国现有的夏热冬冷地区绿色建筑技术的整体轮廓，本统是一个开放式的系统，对于遗漏之技术及错误的地方，可随时更正及补充。

### 2.3.2 夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术储备统计分类标准

(1) 本分类标准制订主要参考 2005 年 12 月由清华大学建筑学院, TopEnergy.org 绿色建筑论坛联合出版的《中国绿色建筑发展现状与趋势调研报告》中的技术分类标准, 但由于本文的针对性, 对有关无地域针对性的技术分类, 如楼宇自动化、能源管理、节水节电技术等等给予了删除, 并结合夏热冬冷地区的特点增添一些分类,

(2) 本技术储备统计首先将夏热冬冷地区绿色建筑技术按技术对绿色建筑支持的从动关系分为“被动式绿色建筑技术”与“主动式绿色建筑技术”两大类。

被动式绿色建筑技术, 既通过建筑自身的设计改造而非采用外来输入能量的方式来达到减少建筑能耗、维护建筑舒适使用的技术手段。被动式绿色建筑技术主要包括绿色规划措施、建筑绿色设计技术、环境绿色设计技术及建筑结构绿色构造技术等四大类, 各大类根据实际需要又分为若干小类。

主动绿色建筑技术意味着该技术将采用附加措施或外来能源输入, 主动的控制建筑的各种物理指标, 使其达到绿色建筑标准。主动式技术按照技术的用途与应用特点再分为绿色湿热环境控制技术、绿色能源技术、绿色末端技术等三大类, 各大类根据实际需要又分为若干小类。针对每个技术的信息, 本分类主要收集技术名称、技术特色、解决问题区域、技术成熟度、市场应用情况、等方面情况。

### 2.3.3 现有夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术储备统计

#### 2.3.3.1 被动式绿色建筑技术

##### (1)、绿色规划措施

① 选址时宜选用有良好光照和自然通风条件的地块, 不宜布置在洼地等不良地形中。

② 在满足日照间距的基础上，为节约用地，建筑群体设计可采用南高北低的坡屋顶形式(或阶梯式)，坡度按日照间距的要求。

③ 规划朝向(大多数条式建筑的主要朝向)与夏季主导季风方向最好控制在 30 度到 60 度间，并保证有足够的间距。

④ 夏热冬冷地区居住区规划布局出于节能考虑，主要针对的是夏季自然通风，其中的设计手法大致可包括(假定规划地块为一个街区)：1° 布局不宜封闭夏季主导风向的人风口；2° 南面临街不宜采用过长的条式多层(特别是条式高层)；3° 东、西临街不宜采用条式多层或高层，这样不但住宅单体的朝向不好，而且影响进风，宜采用点式或条式低层(作为商业网点等非居住用途)；4° 周边式布局不利于夏季通风，如将东、西和南面的条式建筑底层架空，可到一定的弥补作用；5° 建筑高度宜南低北高，北面临街的建筑可采用较长的条式多层甚至是高层(可以提高容积率，又不影响日照间距)；6° 非临街建筑的组合宜采用错列式，使通风(道路)通而不畅。<sup>21</sup>

⑤ 建筑合理间距确定。绿色建筑中有“节地”和“健康”两个层面的意义，节约土地与日照间距就存在一个“合理”的问题。同时间距的确立还应该顾及对热量、光源、风向、人的心理、健康的多重考虑。这需要对各方面情况的综合来现实决定。我们常常说的只是最小日照间距，并不是一个完整的绿色技术指标。

## (2)、建筑绿色设计

① 自然通风设计。可以分为风压迫风和热压通风两种。要有比较理想的外部风环境，一般来讲风速不小于每秒两到三米。建筑要面向夏季主导风向，一般房间不大于 15 米，自然通风可比较好的解决。自然通风很不稳定时可用一定的热压通风。比如在设计中，在转角的地方设计出入口和玻璃塔，在夏天的时候可以升高，冬天可以降低，周边玻璃起温室的作用，对室内起保护的作用。

② 增加房屋进深、减少体型系数。体型系数(建筑外固面积与建筑体积之比)愈小，散热量愈低，节能效果愈好。建筑平面设计中宜采取增大房屋进深跨度，减少平面凸凹变化等措施，使体型系数控制在 0.3 以下。

③ 正确选择房屋最佳方位，充分利用太阳能。正确选择居住建筑的最佳方位，房屋的主要立面应面向南；受条件限制时，偏东或偏西不应超过 15°，以达到尽量避免房屋本身或其他房屋对太阳光的遮挡。被动式太阳能采暖房屋，是通过朝向和周围

<sup>21</sup> 丁炎，丁波. 夏热冬冷地区居住区规划的节能考虑. 东南大学科技资金资助项目. XJ000101

环境合理布置,以及建筑材料、结构构造巧妙处理,使其在冬季能集取、保持、贮存、分布太阳能,从而解决建筑物的采暖问题。可设计被动式太阳房。

④ 立面绿色设计。建筑物的自身体形对建筑节能影响较大,从热工上讲,围护结构的传热量与其传热面积是成正比的,外墙的传热面积取决于房屋的层高和周边长度,因此,在满足房屋使用净空高度的要求下,不应随意增加层高而应降低层高。屋顶的保温隔热很重要,要丰富建筑造型,顶层尽量采用坡屋顶,这样既增加了顶层辅助空间又有利于保温隔热。

⑤ 单元入口设置挡风门斗。建筑平面设计中常将整幢建筑南北向布置,以便冬季吸收更多的阳光。单元入口往往朝北,门又经常敞开,因而冬季北风涌入吸收热量后,经屋顶上人孔缝隙外逸,大量失热。为了减少散热量,楼梯间顶不设上人孔,改用室外爬梯,并在单元门外设砖砌挡风门斗,使入口转朝东向,与冬季主导风向相背。

⑥ 增加屋面层空气流动,防止白天收到的热量,在夜间逐渐向室内渗透,提高夜间的室内温度,使人难以入睡。对冬季要保温,夏季要隔热的建筑,宜在保温屋面上增设架空隔热板。

⑦ 严格控制窗墙比,减少不必要的窗面积,尤其是东西墙及北墙的窗墙面积,以减少散热面。

⑧ 全面有效遮阳设计。根据现实条件可分为外遮阳与内遮阳技术。可结合建筑形体设计及立面设计同期完成有效的遮阳设计。

⑨ 尽量采用坡屋顶,由于平屋面隔热较差,在其上面加一坡屋面,可以起到隔热和通风的作用,利用“烟囱效应”原理,把屋面做成屋顶檐口与屋脊通风或老虎窗通风(冬天关闭风口,以达到保温目的)。

⑩ 设置一定深度的南北阳台,及必要的窗口遮阳,避免阳光直射。

### (3) 环境绿色设计

① 增加绿化种植面积,重点在于强调“绿色容积率”。

② 减少硬质铺地,采用生态铺地设计,使场地具有可“呼吸”的特性。采用本地高大落叶乔木遮挡阳光辐射和疏导通风。

③ 在建筑外部空间配置水系、水池、喷泉等水可使气温稳定。夏季白天吸收热量蒸发降低气温;晚上,水体散热比较慢,硬质地面散热比较快,造成水陆的热效应不同,形成温差,引起局部热压差而形成白天向陆、夜间向水的日夜交替的水陆风,改善局部热环境。水分的蒸发还能维持相对湿度的稳定。在使用时应注意水资源的高

效利用问题。

④ 风向处理技术。强调地理微空间，利用建筑物前后的物体，包括围墙和植被都可以改变自然风的风向，改变风力，进行自然通风组织。

⑤ 考虑地面绿化、屋顶绿化、墙面垂直绿化与阳台绿化的整体结合，可有效调节建筑环境温度。

#### (4)、被动式绿色建筑构造技术

##### ① 屋面绿色技术（表 2-4）

表 2-4 屋面绿色技术统计

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
膨胀蛭石及水泥膨胀蛭石复合屋面	应用面广 施工复杂 吸水率高	保温、隔热、 吸声	基本成熟 有待改进	普及应用	
TQ 复合屋面体系	自重小 综合性好	平屋面保温 隔热、上人	成熟	部分应用	
挤塑聚苯板保温体系	传热系数小 热稳定性好	保温 隔热	成熟	开始普遍应用	即 XPS 价格较贵
聚氨酯硬泡沫塑料	自重小 传热系数小	屋面保温、 隔热	成熟	开始普遍应用	
膨胀珍珠岩保温箱体	自重小 价格便宜	屋面保温	成熟	普遍使用	
现浇膨胀珍珠岩屋面	自重小 价格便宜	屋面保温	成熟	普遍使用	
吸湿散热屋面技术	自动调节	屋面温度调节	有待改进	局部使用	添加化学成分
蓄水屋面	技术简单	屋面隔热	成熟	局部使用	
蓄水覆土种植屋面体系	绿色环保 多用途	屋面温度调节与利用	成熟	开始普遍应用	四川地方 标准内容

##### ② 墙体绿色技术（表 2-5）

表 2-5 墙体绿色技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
聚苯板薄抹灰保温体系	自重轻 不占面积	墙体保温	成熟	普及应用	即 EPS 系统
胶粉聚苯颗粒保温体系	吸水率小 保温好	墙体保温	成熟	普遍应用	受施工影响较大
现浇有网无对保温体系	寿命与建筑一致	墙体保温、隔热	有待改进	普遍应用	
钢丝网架保温体系	施工快保温好但费用高	墙体保温、隔热	有待改进	普遍应用	
聚氨酯保温体系	施工快保温好但费用高	墙体保温、隔热	成熟	普遍应用	老化导热系数降低
保温免拆模对墙体技术	施工快保温好但费用高	环保及快速施工结合	有待改进抗震与成本	个案应用	北京提倡使用技术
钢框架墙体外保温体系	钢机构，内使用 XPS 板	墙体保温、隔热	成熟	国外普及应用	
中空保温墙体系	无热桥，防水，轻质	墙体保温、隔热	成熟	国外普及应用	
木框架轻质墙体系	快速施工 防水性差	墙体保温、隔热	成熟	国外普及应用	
混凝土保温夹心墙体系	持久性好 现场组装	墙体保温、隔热	成熟	国外普及应用	
专威特外墙外保温系统	复合多种材料优点	保温、隔音	成熟	推广使用中	国际 FM 认证
AJ 建筑保温隔热材料	高效保温	墙体保温、隔热	成熟	推广使用中	
伯特墙体内部保温系统	酚醛泡沫塑料板民用化	墙体保温、隔热	成熟	国内已开始应用	国内自主开发
FIP Vc 复	保温隔热、	保温、	成熟	四川等地已	生产过程

合硅酸盐保温隔热板系	抗压抗冻、耐久性能好	隔热、吸声		开始应用	保证绿色
德国外墙EIFS系统	技术更新快,成体系	墙体保温、隔热	成熟	国内已开始应用	
BT型预制外墙外保温体系	有机无机复合成单面	墙体保温、隔热	成熟	已开始应用	国内自主开发
外墙自保温体系	复合操作一次成型	墙体保温、隔热	有待改进	局部应用	
一次浇筑外墙保温体系	寿命与建筑一致	墙体保温、隔热	有待改进	局部应用	
装配式龙骨薄板保温系	可调节,干法施工	墙体保温、隔热	成熟	已开始应用	国内自主开发
酚醛泡沫塑料板体系	高效保温防火	墙体保温、隔热	成熟	开始推广应用	自主开发
FGC有机硅墙体保温系统	吸水率小保温好	墙体保温、隔热	成熟	普遍应用	
GRC外墙内保温	高效质轻	墙体保温、隔热	成熟	普遍应用	
P-GRC外墙内保温	玻璃纤维增强,高效质轻	墙体保温、隔热	成熟	普遍应用	
EPG外墙保温隔热系统	针对夏热冬冷气候开发	墙体保温、隔热	成熟	开始推广应用	自主开发
EPS外墙保温隔热系统	针对夏热冬冷气候开发	墙体保温隔热	成熟	开始推广应用	自主开发
夹芯墙保温体系	持久性好	墙体保温、隔热	成熟	局部使用	
泡沫玻璃	容易加工	墙体保温	成熟	局部使用	

铝镁发泡混合保温材料	持久性好 防火	墙体保温、 隔热	成熟	推广使用中	自主开发
德国 ST0 苯板技术	健康安全	墙体保温、 隔热	成熟	国内个案使用	全球销量最大
外墙陶瓷隔热涂料	高效保温	墙体保温、 隔热	成熟	个案使用	意大利技术
硬质聚氨酯泡沫塑料	高效保温 不持久	墙体保温	成熟	开始推广使用	自主开发
纸面石膏板	持久性好	墙体保温、 隔热	成熟	推广使用中	自主开发
聚苯复合板	高效	墙体保温、 隔热	成熟	推广使用中	自主开发
纸面石膏玻璃棉复合板	持久性好 防火	墙体保温、 隔热	成熟	推广使用中	自主开发
柔性泡沫橡塑隔热技术	高效保温	墙体保温、 隔热	成熟	开始推广使用	自主开发
岩棉板 矿棉板	导热系数小 吸水率也小	墙体保温、 隔热	成熟	普遍使用	
珍珠岩板	高效质轻	墙体保温	成熟	普遍使用	
甲基混凝土	持久性好	墙体保温	成熟	推广使用中	憎水传热小
玻璃纤维增强水泥多孔 隔墙条板	轻质	室内墙体	成熟	开始推广使用	即 GRC
ZMQ 砌块系统	针对夏热冬冷气候开发	墙体材料	成熟	开始推广使用	自主开发
粉煤灰加气混凝土砌块	价廉质高	保温、隔热	成熟	普遍应用	地域性原料
陶粒砌块	高效保温	墙体保温	成熟	推广使用中	自主开发
通体砖	防水、防裂	墙体维护	成熟	推广使用中	
硅酸钙绝热	持久性好	墙体维护	成熟	推广使用中	



制品	来源广泛				
石膏空心板	吸水性不好	墙体维护	成熟	普遍使用	
硅镁加气混凝土空心轻质多孔条板	持久性好 来源广泛	墙体维护	成熟	推广使用中	

③ 新型幕墙绿色技术（表 2-6）

表 2-6 新型幕墙绿色技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
内循环双层皮幕墙	缓冲空气隔层自动对流	维护机构保温隔热	有待改进	局部使用	
外循环双层皮幕墙	缓冲空气隔层自动对流	维护机构保温隔热	有待改进	局部使用	
窄通道双层皮幕墙	缓冲空气隔层自动对流	维护机构保温隔热	有待改进	局部使用	
宽通道双层皮幕墙	缓冲空气隔层自动对流	维护机构保温隔热	有待改进	局部使用	

④ 门窗绿色技术（表 2-7）

表 2-7 门窗绿色技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
真空稀薄膜	简单易行	传热系数小	成熟	部分应用	
钛金箔膜	简单易行	辐射小安全	成熟	个案应用	价格太高
PET 膜	简单易行	高效阻热	成熟	个案应用	
Low-e 冬季型膜	有效吸收冬季热量	冬季采暖	成熟	个案应用	冬季适用
Low-e 夏季型膜	有效减少夏季热量	夏季隔热	成熟	部分使用	夏季适用

Low-e 遮阳型膜	减少亮度	东西向阳光过强	成熟	个案应用	夏季适用
吸热型膜	冬季吸热	冬季采暖	成熟	个案应用	冬季适用
中空玻璃	高效	保温、隔热	成熟	局部应用	夏季适用
真空玻璃	高效	保温、隔热	成熟	局部应用	夏季适用
惰性气体填充玻璃	中空填充惰性气体	保温、隔热	成熟	局部应用	夏季适用
折光玻璃	折射阳光	夏季隔热	成熟	局部应用	
热反射玻璃	全面反射光	夏季隔热	成熟	局部应用	
热致变色玻璃	相变材料	降低可见光与辐射	成熟	实验室阶段	
光致变色玻璃	相变材料	降低可见光与辐射	成熟	实验室阶段	
高可见光选择性玻璃	选择性通过特定频率光	透光而又隔热	成熟	局部应用	
木材门窗框	价高不持久	窗框保温	成熟	普遍应用	
工程塑料(PVC)框	综合平衡	窗框保温	成熟	普遍应用	
塑钢门窗框	价低高效	窗框保温	成熟	普遍应用	
塑铝门窗框	综合效果好	窗框保温	成熟	部分应用	
断桥铝合金门窗框	高价高效性能全面	窗框保温	成熟	个案应用	
玻璃铝窗框	价低高效	窗框保温	成熟	普遍应用	
硅气凝胶材料体系	高效坚硬	保温、隔热	不成熟	实验室阶段	极有潜力
建筑用弹性密封技术	简单易行	窗户密封	成熟	局部应用	
卷帘式内遮阳	使用方便效率不高	夏季遮阳	有待改进	局部使用	

可控式百叶 外遮阳	效率高	夏季遮阳	有待改进	个案使用	
热反射帘	效率高	夏季遮阳	有待改进	个案使用	

⑤ 地下绿色建筑技术（表 2-8）

表 2-8 地下绿色建筑技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
地下空间自然通风技术	生态 自然无异味	地下空气 量调节	成熟	个案应用	

2.3.3.3 主动式绿色建筑技术

(1)、绿色湿热环境控制技术

① 热同控技术（表 2-9）

表 2-9 湿热同控技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
溴化锂吸收式冷热水机组	可用能源来源广泛	节能空调	有待改进	实验阶段	
冷暖地板	调节效率高	环境调节	成熟	局部应用	
空气源热泵冷热水机组	容易实施	高效绿色能源	成熟	普及应用	
水源热泵型冷热水机组	效率高 易污染水源	高效绿色能源	成熟	普及应用	易污染水源曾遭禁用
土壤源热泵冷热水机组	运行平稳 初始投资大	高效绿色能源	有待改进	国外应用	
重力式空调系统	自动调节 换气均匀	高效节能	成熟	局部应用	欧洲专利 (Patent0308856)

② 热分控技术（表 2-10）

表 2-10 混热分控技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
相变蓄热地板技术	一次性投入 自动调节	室内温控	实践测试	个案应用	
液体除湿技术	高效 节能	室内除湿	较成熟	局部使用	
冷辐射隔墙技术	辐射、对流 双重效用	室内温控	较成熟	个案应用	
冷却吊顶	辐射、对流	室内温控	较成熟	个案应用	
双向流空气置换系统	舒适度高	室内环境综合控制	较成熟	局部应用	
中央吸尘系统技术	舒适度高	室内空气质量调节	较成熟	个案应用	
24H 中央新风系统	持久、高效	室内空气质量调节	成熟	国外普遍采用	
上下立体保温系统	自我调节	室内温控	成熟	个案应用	价格太高

(2)、绿色能源技术

① 太阳能技术（表 2-11）

表 2-11 太阳能利用技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
可见光聚光传导技术	技术简单	太阳能利用	成熟	局部应用	
光导纤维传导光技术	不受地点限制	太阳能利用	成熟	个案应用	
可见光光导	高效	太阳能利用	成熟	个案应用	

管传导技术					
太阳能光电转换技术	生态、使用成本低廉	太阳能利用	成熟	局部应用	
太阳能再生系统	可循环使用	太阳能利用	有待改进	个案应用	
太阳能热水供应系统	成本低廉	太阳能利用	成熟	普及应用	
蜂窝平板太阳能集热器	效率高 占地大	太阳能利用	成熟	普及应用	

② 其他能源技术（表 2-12）

表 2-12 其他能源利用技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
浅层地能冷媒利用技术	功率恒定 工程量小	低温能源	较成熟	美国已规模应用	
中水热源利用	简单易行	废热回收	成熟	多为工业中应用	
热冷电三联供系统	天然气复合应用	能源高效利用	有待改进	推广使用中	很有发展前景
气候资源采集系统	夏采热 冬采冷	绿色能源	实验阶段	无应用	储能技术不成熟
燃气发动机供冷供热	安全 高效	能源高效利用	成熟	局部应用	
室内全热交换回收技术	回收热量 抑制霉菌	废热回收	成熟	日本已规模应用	
市政工业蒸汽余热采暖	回收热量 稳定	废热回收	成熟	规模应用	
地下空间采能技术	稳定、初始投入大	收集地能	成熟	实验室阶段	

(3)、绿色设备末端技术 (表 2-13)

表 2-13 绿色设备末端技术

技术名称	技术特色	解决问题域	技术成熟度	市场应用度	特殊说明
置换换风	高效、舒适	室内湿控	成熟	多国外应用	
个性送风	高效、舒适	室内湿控	成熟	多国外应用	
低辐射植物纤维地板	生态 原料广泛	室内湿控	实验室阶段	无应用	
对流干式风机盘管	结构简单 安全卫生	室内湿控	成熟	国外较多应用	
工位空调	高效、舒适	室内湿控	成熟	多国外应用	

2.3.4 技术统计数据分析

本夏热冬冷地区绿色建筑技术储备统计，共收录适宜夏热冬冷绿色建筑技术 141 项，其中从知识产权上分，国内 42 项，国外 99 项；从技术成熟度来分成熟技术 84 项，实验阶段技术 57 项。具体各大类分布情况为：

被动式绿色建筑技术合计：	106 项
其中：	
规划绿色设计技术：	5 项
建筑绿色设计技术：	10 项
环境绿色设计技术：	6 项
建筑构造绿色技术：	85 项 (屋面、墙体、门窗等五小类)
主动式绿色建筑技术合计：	35 项
其中：	
室内湿热控制技术：	15 项
新能源应用技术：	15 项
末端绿色技术：	5 项
总计：	141 项

## 2.4 本章小结

绿色建筑技术对我国夏热冬冷地区的适应性研究已经在区域内多个科研机构中进行了多年长期的研究，但是大多限定在建筑局部或者特定技术的研究，未成系统。本章在大量文献与研究资料的收集整理基础上，对我国夏热冬冷地区绿色建筑技术的技术性进行了现状全面归纳：

第一，明晰我国夏热冬冷地区的技术性内涵。夏热冬冷地区的地域跨度大，气候复杂多变意味着对技术的要求同步增长，通过专业知识将气象、地理资料转译为对技术的要求，对技术对地域的适应性界定起到标准作用，同时缩小研究对象范围。

第二，整理我国夏热冬冷地区的技术性发展史。在我们绿色建筑技术发展历史的整理中，可以使我们看清过去的同时了解我们现在所处的环境与现状，抓住现存问题，弥补过去的欠缺，对接下来的技术发展方向做出更清醒的决策。

第三，根据我国夏热冬冷地区绿色技术分类混乱，不成体系的问题，重新建立分类标准极其概价，明确概念及体系架构。分类体系架构是整理工作的起点，也是重点，本研究以相关体系为基础，从现实利用的角度出发，针对夏热冬冷地区的地域特点将绿色建筑技术分为被动与主动两个部分，下分 7 个大类，13 个小类。

第四，全面有效收集，整理既有适应夏热冬冷地区的绿色建筑技术。全面性在于汇集全球的技术研发水准，有效性在于必须适用于前文对夏热冬冷地区的技术性内涵分析。

## 3 我国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用现状

本章通过对夏热冬冷地区典型城市——武汉市若干代表性绿色住宅小区的实地调查和访谈，试图发现夏热冬冷地区的绿色建筑技术应用的大概现状与规律。以下从针对性实证调研、已应用技术实际效果的评估分析；对已应用技术共性特征分析；技术推广的现实问题与制约因素等四方面进行探讨。

### 3.1 实例研究对象与研究方法

#### 3.1.1 实例研究对象

##### 3.1.1.1 武汉市的代表性

本课题选取的实地调研对象均在夏热冬冷地区的典型代表城市——武汉市，理由如下：

与世界上同纬度地区的平均气温相比，武汉七月平均气温大体上要高出 2.5℃，同时长年保持高湿度，相对湿度长期维持在 70%以上，夏季十分闷热。此种不良的气候条件，使该地区人们世代饱受夏天酷暑的折磨<sup>22</sup>。

而长江中下游地区春、秋、冬三季常有冷空气侵袭，特别是冬季有强烈寒潮南下，不但全区性降温猛烈、温度低，还时常伴有大风和冰雪。北方南下的寒潮冷空气沿青藏高原东坡和鄂西、湘西山地以东南下，使长江中下游地区冬季气温为世界同纬度最低。特别是寒潮沿南北向的湘江河谷迅速南下，使武汉成为我国冬季中同纬度气温最低的地方。例如武汉所处纬度与上海基本相同，但武汉最冷月平均气温为 3.0℃，比上海偏低 0.5℃，比全球其他地方的地方要低 8-10 度左右<sup>23</sup>。

2005 年 12 月 5 日，建设部对全国绿色节能建筑实施情况进行专项检查统计中，武汉为 6 个表扬城市中唯一的夏热冬冷地区城市。

综合而言，武汉地区的气候、区位及实际情况较能反映我国夏热冬冷地区的全面情况。

##### 3.1.1.2 实证对象选取与概况

<sup>22</sup> 徐祥祥,建筑节能是削减夏季空调制冷高峰负荷的重要途径,全国建筑节能应用技术研讨会论文集

<sup>23</sup> 付祥钊主编,《夏热冬冷地区建筑节能技术》,第一版,出版地:北京,中国建筑工业出版社,2002年10月,P22



本课题出于对实际情况与受众面的考虑，主要对武汉市绿色建筑技术应用较多的住宅小区进行实证调研。

本课题在武汉一共选择了“绿景苑”住宅小区、“同温层”住宅小区、“水木清华”住宅小区、“蓝湾俊园”住宅小区、“新地·东方明珠”住宅小区等五个代表性绿色住宅小区。

### (1) “绿景苑”住宅小区：



“绿景苑”住宅小区位于湖北省武汉市青山区友谊大道南侧，由武汉市青山城市建设综合开发公司建设。2001年9月由中南建筑设计院（建筑设计）、美国EDSA（北京）东方园林艺术有限公司（环境设计）、加拿大富凯电子（上海）有限公司（智能设计）共同设计定型。2002年6月开始施工，2005年6月投入使用。绿景苑小区占地120亩，总建筑面积10.72万平方米，容积率1.52，绿化率45.8%。停车位410个，车位率达60%，住家682户，小区由7栋高层、18栋多层和2栋公建组成(如图3-1、图3-2)。

小区主要是根据武汉市的地理、气候特征及建筑材料和部品部件的供应状况，采用了国家建设部推荐的8大节能技术技能体系、62项新技术，以“节能、环保、安全、和谐”四大特色，成为湖北省第一家国家康居示范工程；获得了国家康居工程的最高奖项规划设计、建筑设计、住宅成套技术和施工组织管理优秀奖。此外还获得建设部和科技部联合颁发的“绿色创新奖”、“武汉市优秀住宅小区”、“湖北省优秀设计一等奖”、“中国名牌50强”、“中国新新人家户型设计综合奖”、“全国绿色建筑创新（三等）奖”等10余个奖项。

今天的“绿景苑”已成为江城绿色节能的标志性小区。

### (2) “同温层”住宅小区：



图 3-3 “同温层”住宅小区概况 (图片来源：楼盘宣传广告)

“同温层”住宅小区位于江岸区百步亭后湖大道，由武汉黎明房地产开发有限责任公司开发。2003 年 2 月开工，2004 年竣工投入使用。“同温层”住宅小区占地 10.6 公顷，总建筑面积 13 万平方米，容积率 1.5，绿化率 40%。停车位 260 个，住家 1090 户，小区由 1 栋高层、30 栋多层组成（如图 3-3）。

“同温层”项目在武汉首次全面实施隔热保温的节能设计，填补了武汉市真正意义上的节能住宅的空白。其外墙、门窗、屋面、地面全部进行了隔热保温处理，并采用多种新能源与被动式绿色技术。除此之外，景观设计也是该项目的亮点，同温层景观设计由日本景观大师佐佐木叶二先生亲自担纲，其亲近自然的设计使小区整体环境别具一格。

“同温层”获得的奖项有：2002 年度建设部创新夺标社区规划示范大奖（武汉唯一），2003 年武汉市节能示范工程，2003 年武汉市最具影响力楼盘，2003 年建设部中国住区环境与景观范例项目大奖，中国住宅 100 强”入选项目。

### (3) “水木清华”住宅小区：

“水木清华”住宅小区地处武汉经济技术开发区的中央商务区、中央居住区和中央政治文化教育区的核心区。项目占地 13.3 公顷，规划建筑面积 18 万平方米，以青瓦白墙为主调，蓄传统风情于现代社区（见图 3-4、图 3-5）。2004 年 9 月开工建设，现二期基本建成。

“水木清华”秉承“人与自然和谐”的设计理念，并全面按照《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》进行设计，以高起点、高规划、高标准来建设可持续发展的具

有绿色生态特征的中国文化社区，使之兼具文化、教育、休闲、居家的功能（见图 3-6、图 3-7）。该楼盘设计中，有很多独到的想法，规划之初个性的将住宅的朝向定在南偏东 30 度或南偏西 30 度，充分利用了冬日阳光和夏日清风；还将中空玻璃的厚度由通常的 4+6+4（即两层 4 mm 厚的玻璃中间间隔 6 mm）提高为 4+9+4，大大提高了门窗的保温隔热性能等等。

获得奖项有：2004 年 12 月顺利通过建设部 2A 级住宅性能认定终审，并获得“2003 创新风暴·中国住宅经典示范楼盘”、“2004 中国风·新本土居住中国建筑精品名居”和“2005·中国节能住宅示范楼盘”等系列荣誉桂冠。



#### (4) “蓝湾俊园”住宅小区：

“蓝湾俊园”住宅小区位于武昌区临江大道 76 号，东靠积玉桥，面临长江，由武汉建工富强置业有限公司投资开发，中国建筑技术研究院设计。基地原为国棉六厂厂址，规划建设用地 11.88 公顷，总建筑面积约 22.5 万平方米，共提供 1233 个住宅单位和 496 个专用停车位，其中住宅部分约 19.7 万平方米，以多层和小高层住宅为主，

公建部分约 2.8 万平方米，园艺绿化率 42.8%，建筑容积率 1.9，所有住宅均配备电梯（含多层住宅）。该项目于 2000 年 8 月开工并于 2001 年底交付使用，二期于 2001 年 8 月陆续开工，整个小区建成时间为 2003 年 10 月（如图 3-8）。



图 3-8（图片来源：小区广告）  
“蓝湾俊园”住宅小区总平面图



图 3-9（自摄）“蓝湾俊园”小区环境与地下室采光



图 3-10（自摄）“蓝湾俊园”住宅小区实景鸟瞰图。

“蓝湾俊园”住宅小区作为国家住宅工程中心的实验基地，对“住宅节能技术”、“室内外环境优化综合技术应用”及“单元式住宅电梯应用技术”作了系统的研究与应用。该项目在 2001 年获得“全国住宅设计暨精品智能社区设计夺标大赛”综合金奖，2002 年获中国建筑设计研究院施工图设计三等奖，在建设部住宅产业促进中心主办的 2002 中国住宅创新夺标活动中获得经典示范楼盘称号，2004 年获土木工程詹天佑提名奖，获得武汉市建筑工程“黄鹤奖”。

(5) “新地·东方明珠”住宅小区：

“新地·东方明珠”住宅小区位于武汉江岸区后湖地区，由武汉新地置业发展有限公司开发，规划建设用地 10.4 公顷，总建筑面积 200000 平方米，共提供 1300 个住宅单位和 659 个专用停车位，2005 年 3 月开工建设，11 月 26 日开盘，现部分交房。

“新地·东方明珠”是武汉市 2005 年唯一在建的国家康居示范小区。将通过国家建设部设定的 7 大体系及小项指挥严格检查，并由国家建设部全程监督。节能、绿色、科技、环保均在小区中得以实现，具有教高的性价比。荣誉“国家康居示范工程”及 CIHAF2005 第 7 届中国住交会“年度最具期待价值”奖。



图 3-11（自摄）“新地·东方明珠”住宅小区现状。

### 3.1.2 实证研究方法

在实证调研中，本课题采用了以下方法：

(1) 文献及网络资料采集。

(2) 房地产开发公司及设计方相关人员访谈。笔者在近一年的时间中走访了“绿景苑”住宅小区设计单位——中南设计院，“同温层”住宅小区开发单位——武汉黎明房地产开发有限责任公司，“蓝湾俊园”住宅小区策划单位——阳光部落地产策划顾问公司，“新地·东方明珠”住宅小区开发单位——武汉新地置业发展有限公司，并且在技术应用方面得到中南建筑设计研究院的几位技术工程师的大力协助。

(3) 实地观测、住户调查与现场采访。共在“绿景苑”、“同温层”、“蓝湾俊园”三地采访数十位身份各异的住户。

### 3.2 实证研究结果与绩效评估

#### 3.2.1 建筑绿色设计类技术的应用

见下表统计（表 3-1）：

表 3-1 五小区建筑绿色设计类技术的应用

项目 \ 小区	绿景苑	同温层	水木清华	蓝湾俊园	新地· 东方明珠
地块选择	◎	●	◎	●	●
规划布局	◎	●	●	●	●
建筑群朝向	●	●	◎	●	●
日照	◎	◎	●	◎	●
形体系数	●	◎	●	●	●
自然通风	◎	●	●	○	○
立面设计	●	●	◎	◎	◎
屋面空气层	●	○	○	●	○
窗墙比	●	○	◎	●	◎
遮阳	◎	●	◎	○	◎
生态铺地	●	●	●	●	●
绿色水体	●	◎	●	●	○
风向处理	◎	◎	●	○	○
整体绿化	●	◎	●	◎	●
备注	● 表示较好应用 ◎ 表示一般应用 ○ 表示未曾应用				

#### 3.2.2 绿色建筑科技类技术的应用

见下表统计（表 3-2）：

表 3-2 五小区绿色建筑科技类技术的应用

小区项目	绿景苑	同温层	水木清华	蓝湾俊园	新地·东方明珠
屋面保温	聚苯隔热保温板 AJ 建筑保温隔热聚合物砂浆(胶粉聚苯颗粒)	英红瓦	憎水珍珠岩系统 聚苯板隔热保温层	架空层及聚苯板保温	ZL 无溶剂硬泡聚氨酯板保温体系
		AJ 建筑保温隔热聚合物砂浆(胶粉聚苯颗粒)			绿色生态种植覆层
墙体保温	聚苯颗粒保温砂浆、憎水膨胀珍珠岩、阻燃型聚苯乙烯泡沫塑料板、外墙保温陶瓷涂料	粉煤灰加气混凝土砌块	国际 FM 认证专威特外墙外保温系统	聚苯板和胶粉聚苯颗粒灰浆内保温系统	国际 FM 认证专威特外墙外保温系统
		AJ 建筑保温隔热聚合物砂浆(胶粉聚苯颗粒)			加气混凝土砌块
门窗保温	塑钢中空双层玻璃窗 门芯充填复合保温材料	断桥冷桥双层塑钢中空玻璃门窗	塑钢加厚中空玻璃门窗	塑钢中空玻璃门窗	彩色铝合金 双层低辐射中空玻璃门窗
遮阳	○	木百叶外遮阳系统	○	○	○
新风系统	○	○	○	○	○
主动控温	地板辐射采暖户式中央空调	自然对流式电加热(加拿大 UELLETT 技术)	○	集中供暖	地板辐射采暖户式分体空调

新能源利用	水源热泵机组	○	○	工业余热采暖、热水供应	○
太阳能	太阳能照明 太阳能热水器	太阳能热水器	太阳能热水器	太阳能热水器	太阳能照明 太阳能热水器
特色技术	生活污水生化处理	夏季水雾系统 统散热			彩铝双面钢化夹胶玻璃
	管道直饮水				垃圾生化处理
	分质供水				

### 3.2.3 绿色建筑技术应用绩效评估

#### 3.2.3.1 评价标准选择

对于夏热冬冷地区绿色建筑技术应用的评估首先要有个标准，现在主要是使用《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)，但是这个标准仍然有其局限性，正如其名字所标示一样，重点仍然落脚在“节能”上，和我们所说的“绿色”之外延还有一定差距，其差别主要表现在对舒适性的体现上，比如以热工环境为例子：

我国北方地区的集中供暖期即一年中低于 5℃ 的天数，但夏热冬冷地区并无采暖期的规定，并且实际上在非采暖期仍有很长的时间室内的温度达不到舒适的要求，而夏热冬冷地区的建筑节能设计标准都是以这个规定作为建筑能耗分析及节能设计的前提条件的。这使对住宅评估时，无形中采取了一种低标准。

我们知道，对于非采暖的建筑物，由于室内外的各种得热使室内的平均温度高于室外平均气温。对于住宅来说，室内外的温差一般为 5-8℃<sup>24</sup>。围护结构的保温、蓄热性能越好，室内外的温差越大。如果在非采暖的情况下，保证室内气温在 20℃ 以上，则需要室外的气温保持在 12-15℃ 以上，这个温度称为平衡点温度 (Balance Point Temperature)<sup>25</sup>，显然，平衡点温度与当地的气候条件、围护结构的保温性能、室内

<sup>24</sup> TA 马瓦斯, EN 莫里斯《建筑物气候能量》, 陈士铸译, 北京: 中国建筑工业出版社, 1990。

<sup>25</sup> Robert D. Buselt, Methods of Enckery Analysis, Fundamentals of Building Energy Dynamics (Edited by Bruce D. Hunt), The MIT Press, 1996.



的得热量以及室内温度要求等因素有关。冬季太阳能资源比较丰富的地区的平衡点温度就会比太阳能资源较贫乏的地区低；保温性能好的、室内得热量多的建筑其平衡点温度要比保温性能差、室内得热量少的建筑的低；室内气温要求低，平衡点温度也低。在我国北方，冬季由于日照充足，加上墙体有一定的保温措施，其平衡点温度大致在 12-14℃；而在夏热冬冷地区，冬季日照普遍不足，加上该地区的湿度较大，人们有冬季开窗的传统习惯，因此其平衡点温度大致在 14-15℃。由此可以看出在室外日均气温处于 5-12℃ 的时间内，室内的热环境都处于不舒适的状态<sup>26</sup>。

我们再看看国外先进标准的规定。欧美国家一般认为室内温度舒适的范围是 20-26℃。该温度不是我们一般认为的室内气温，而是所谓的环境温度(Environmental Temperature)<sup>27</sup>，是综合了气温和墙面平均辐射温度的一个值。在我国，北方采暖地区的室内设计温度规定为 16℃<sup>28</sup>，而《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)则规定：冬季室内设计温度为 16-18℃，夏季为 26-28℃<sup>29</sup>，这些设计温度都指室内气温。尽管如此，这样的设计指标较我国以往已有了“跨越式发展”。

考虑到我国目前的经济水平，采用的较低的设计指标比较容易实现，但从中我们应该明白现行的节能设计标准离真正的绿色建筑要求还有一定的距离，如绪论中对当前技术特点的分析，我们仍可以将《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)看成我国夏热冬冷地区绿色建筑技术低水准的评估标准。在此详细论述的意义在于明晰当前评价的内涵，并敦促我国下一步夏热冬冷地区区域绿色技术评价体系的制定。

### 3.2.3.2 各小区绿色技术绩效反馈

#### (1) “绿景苑”住宅小区：<sup>30</sup>

绿景苑小区主要采用了 3 项外墙体外保温技术：一是选用 AJ 聚苯颗粒保温砂浆和岩棉保温板；二是在屋顶和阳台使用聚苯颗粒保温砂浆；三是外墙全部采用具有良好隔热性能的加拿大进口外墙陶瓷隔热涂料。武汉市青山城市建设综合开发公司介绍道：“给墙体穿上这样的‘衣服’后，室内外温差约有 3—5 摄氏度，与未采用保温技术的住宅相比，一年要少开两个月的空调。”

<sup>26</sup> 傅秀章，低能耗住宅的建筑技术与方法，节能建筑，04/2004。

<sup>27</sup> ASHRAE Handbook Fundamentals (SI), ASHRAE, Atlanta, U.S.A 2001。

<sup>28</sup> 《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26-95，北京：中国建筑工业出版社，1996。

<sup>29</sup> 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134-2001，北京：中国建筑工业出版社，2001。

<sup>30</sup> 资料来源于武汉市青山城市建设综合开发公司对外宣传提供资料及访谈整理。



图 3-12 (自摄) 绿景苑地板辐射采暖系统

图 3-13 (自摄) 绿景苑辅助加热设备

绿景苑小区的 16 号楼和 22 号楼安装有地暖户式中央空调，将地板辐射采暖与户式中央空调两套系统结合起来，可以比暖气片采暖节省房间有效使用面积 2%，比一般空调采暖节能 20%—30%。

绿景苑一期 327 户住户都统一安装了全自动太阳能热水器，晴天每户可保证 3—5 人热水沐浴，阴雨天用电辅助加热。经测算，每户每年可节电约 860 千瓦时，按已安装太阳能热水器的 327 户计算，每年可节电 28.1 万千瓦时。与小区太阳能公用照明合计，一年可节电 30 万千瓦时。

绿景苑小区共使用 62 项节能技术的，其建筑成本只比其它普通商品住宅高出 45 元—70 元/平方米。按户均 120 平方米计算，一次性多投入 7000 元左右，如根据《夏热冬冷地区住宅建筑节能设计标准》(JG134-2001) 室内热环境设计规定，起居室的温度为 16—18℃，而且每小时换气一次，节能 50% 的设计标准计算，每平方米全年省电量 59.64 度，每度电为用为 0.6 元，全年控温时间合计为 3.5 个月(数据见附表 3.2.3-1)，每户每年可节省能源费用为： $60 \times 120 \times 0.6 \times 3.5 / 12 = 1260$  元。

大概 6 年左右可以收回投资。按住宅 50 年使用计算，可节省费用 60000 元，并获得相应更舒适的生活环境。

表 3-3<sup>31</sup> 夏热冬冷地区主要城市节能建筑全年用于采暖、制冷的耗电 f 及能耗限值(单位:kwh/m<sup>2</sup>·a)

城市	HDDh (°C·h)	CDDh (°C·h)	采暖耗 电量	能效 比*	采暖 能耗	制冷耗 电量	能效 比*	制冷 能耗	全年耗 电量	全年 能耗
合肥	1025	116	34.0	1.9	64.6	20.5	2.2	47.7	54.5	111.8
北京	1967	125	37.2	1.9	70.6	24.9	2.2	52.2	62.7	133.2
上海	1691	164	31.0	1.9	58.9	24.1	2.1	55.5	65.7	114.7
杭州	1647	194	30.0	1.9	57.1	26.5	2.2	61.0	56.5	113.6
武汉	1299	195	33.2	1.9	63.1	26.4	2.1	60.6	59.6	122.9
长沙	1557	225	28.0	1.9	53.2	32.1	2.2	71.5	60.4	123.7
南昌	1464	254	26.0	1.9	49.4	30.8	2.2	70.6	56.8	130.2
成都	1457	27	25.7	1.9	48.8	15.9	2.2	31.9	39.5	80.7
重庆	1073	341	17.2	1.9	32.7	24.8	2.2	53.6	47.0	101.3
桂林	1122	182	18.7	1.9	35.5	26.4	2.2	58.2	44.1	94.9

注：能效比——在额定工况下，空调、采暖设备提供的冷量或热量与设备本身所消耗的能量之比。

## (2) “同温层”住宅小区：

按照武汉地区绿色节能小区的建设进程，同温层小区应该属于武汉市第一代绿色住宅，科技含量不算太高，可是综合考虑非常全面。

建筑绿色设计技术方面考虑较多，住宅楼呈扇形布局，南北向设置 3 条景观道，自然形成 3 条风道，使小区空气南北对流；大面宽、小进深的户型设计，使室内通风采光性能好。在实地考察中，能够感觉到明显的风感。

外墙外保温基层采用 200 加气混凝土砌块结构而成，其阻热系数为 0.19W/(m<sup>2</sup>·K)。保温隔热层采用 A1 建筑保温隔热材料，K 1.19W/(m<sup>2</sup>·K)、D 3.95，满足武汉地区墙体节能 50%的传热系数和热惰性指标的限值，即  $K_{t2} \leq 1.5W/(m^2 \cdot K)$ 、 $D \geq 3^{32}$ 。

该小区中采用的 AT 胶粉聚苯颗粒保温浆料为复合结构，采用无机材料+有机材料-发泡稳泡体系-硅橡胶乳液体系，憎水率大于 99%，为耐水性保温材料。此材料呼吸功能强，透气性好，既有很好的防水功能，能排除保温层的水分，做到少进多出，有效地避免了水蒸汽迁移过程中产生墙体内部的结露现象。选用憎水性高、导热系数低的聚苯颗粒，另加高分子材料复合，解决了聚苯颗粒和易性差的技术难题，使聚苯颗粒与材料在复合过程中产生大量微孔封闭气泡，形成热伞，有效地解决了材料保温隔热问题。用高分子材料对无机胶凝材料进行改性，增强了材料柔性，加之使用了大量

<sup>31</sup> 数据取自《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2002)。

<sup>32</sup> 楚天广电网在线，“建设节约型社会”报道之二：建筑节能空间大，2005.07

无机耐碱纤维，有效解决了保温隔热材料自身防裂和耐候性问题。

充分考虑建筑物的门、窗、梁、柱等部位的热桥问题，使用各种绿色技术，提高了建筑围护结构的保温效果，延长了建筑物围护结构的使用寿命。针对夏热冬冷地区的复杂气候特征，最大限度地减少了热应力、水蒸汽、水、抗震、风荷载等各种破坏力对建筑物体的影响作用。

值得一提的是本小区外墙使用了全面的木百叶窗遮阳，可挡住 50%因阳光引起的热辐射，比无百叶窗节能 50%。

### (3) “水木清华”住宅小区：



在规划设计上，水木清华采用了利用原有资源，保留了较大规模的水体，并形成自身的生态系统，利用水体的热惰性，自动调节小区内部的微气候（如图 3-14）。

在屋顶的材料选择上，水木清华采用了密度小、绝热效果好、憎水性能好的优质憎水珍珠岩系统来确保建筑屋面的保温隔热效果，该系统的传热系数经测算后仅为 0.69，大大低于行业 0.8 的标准。同时，水木清华也是武汉市第一个将外墙外保温技术投入实用的小区，此后，带动武汉市墙体保温由内向外的过渡。

中国建筑科学研究院通过运用“夏热冬冷地区居住建筑节能设计分析软件”对水木清华的各项指标进行了模拟计算，最后得出以下结论：由于水木清华实施了以美国专威特外墙外保温系统为代表的一系列节能措施，其住宅若保证室温全年维持在人体感觉舒适的 18 度—26 度之间，则全年耗电量为 53.25 度/平方米，低于“全年耗电量 59.64 度/平方米”的行业标准，节能率为 55.8%，满足并超过了“节能 50%”的标准，

真正实现了高舒适度、低能源消耗的居住理想，保障了居住者长久的舒适与安逸<sup>33</sup>。

#### (4) “蓝湾俊园”住宅小区：

蓝湾俊园 2000 年 11 月被列为部国家住宅工程中心实验基地及住宅建筑节能试点小区，重点实验内容之一就是冬暖夏冷工程项目，如小型加气混凝土砌块的运用、利用工业余热为居民冬季采暖且大面积提供热水供应、墙体保温材料以及双层中空玻璃的实际使用效果等。

蓝湾俊园是武汉地区第一批对绿色节能建筑的一个尝试单位之一，主要是在中南地区首次采用外墙内保温，屋面加保温板及中空玻璃外门窗，根据武汉当时有关单位实际检测结果，蓝湾俊园的建筑耗热为 22.8W / 平方米，远远低于武汉地区耗热 30.5w / 平方米的节能标准。尤其小区利用武昌热电厂余热提供的温度高于 260℃ 的饱和蒸汽，在小区内建设两座带自动控制系统的热交换站，集中供应 65℃ 的热水和 95℃ 的热水。每户计量表为智能型涡街流量计，安装于楼梯间管道井内，做到“分户计量，分室调节”。目前运行近五年来，比同时期的住宅小区的效益已经显现出来。

#### (5) “新地·东方明珠”住宅小区：

因为东方明珠还位完全投入使用，无法完成真实的使用评估，不过也正好可以看见部分墙体技术施工断面（如图 3-15、图 3-16），由现场来看，墙体的保温措施比先前几个绿色小区技术更加全面，内部与外部均使用了各种技术措施。其开发人员对最有特色的地板辐射采暖系统介绍：东方明珠采用武汉鸿图公司的地板采暖辐射采暖技术，该系统的供热温度曲线是基本上符合人体需要的温度曲线，相比同等效果空调采暖，可以有效节能 30%。由于热惰性好，对关节炎及呼吸道疾病预防治疗都比较有好处，而使用该系统每平方米仅增加造价 4 元 RMB。总体上，东方明珠小区在正常使用中已经可以达到节能 65% 标准，但造价只比同地段高出 200 元 RMB/m<sup>2</sup>。



图 3-16（自摄）“东方明珠”小区住宅墙体内保温断面。  
那一粒粒白色的东西就是保温胶浆的显著标志——苯板颗粒。

<sup>33</sup> 张军，“水木清华”武汉新区升起的地平线，中国楼市，2006.01

### 3.3 目前实际应用技术共性分析

由以上对五个绿色小区的实地调研,结合对其他楼盘的资料收集,武汉地区的绿色建筑技术应用表现出了很强的共性:

#### 3.3.1 注重围护结构的隔热保温技术应用

过去由于武汉市被列为“非采暖区”,在建筑设计中对房屋保温隔热无明确要求,围护结构的热工性能普遍很差。而武汉地区又属于典型的夏热冬冷地区,同时,由于城区建筑密度大,自然通风不畅,武汉冬夏季一些建筑室内环境与居住条件十分恶劣。随着经济的发展,居民普遍自行安装采暖空调设备,由于没有落实建筑节能技术措施,致使本地区冬季建筑采暖、夏季建筑空调能耗急剧上升,能源浪费严重,居民用于能源的支出也大幅度增加。

根据统计,整个房屋的热耗中,屋顶耗热量占 7%~8%,墙体占 23%~34%<sup>31</sup>。在这种情况下,对建筑热工性能影响最大的围护结构的改造成为了首当其冲的考虑因素。同时政府专门成立的墙改办及相关法规也直接促使围护结构绿色技术的应用走在最前头。目前武汉市新建住宅基本已经全面启动了围护结构的保温隔热技术应用,但是和先进地区相比,仍然显得相对薄弱(见表 3-4)。

新技术以有机材料技术为特征,目前具有代表性的技术是胶粉聚苯颗粒保温体系和聚苯板薄抹灰保温体系应用最为广泛,本次实地调研的五个小区均是采用这两种技术,当前这两种技术的产品约占到应用的一半以上,这两种材料价格相对较低,货源充足,可大规模使用,而且这些材料绿色环保,使用中不对人体产生任何危害。此外,聚氨酯保温体系、现浇有网/无网保温体系、挤塑聚苯板保温体系等其他技术也开始广泛应用。

传统技术方面,主要以加气混凝土砌块、岩棉板、矿棉板、珍珠岩板等无机材料技术为代表。传统技术也使用相当广泛,因为价格便宜,施工成熟,效果也能达到节能要求,因此在广大一般住宅中使用较为普遍。

<sup>31</sup> 李嘉华,王岩池,李长奇,采用新型围护结构提高冬冷夏热地区住宅舒适度和建筑节能水平,建筑技术开发,第 31 卷第 3 期 2004 年 3 月。

表 3-4<sup>35</sup> 国内外标准中建筑围护结构的传热系数限值的比较单位:  $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$ 

国家		屋 顶	外 墙	窗 户
中 国	夏热冬冷地区 居住建筑	0.80-1.0	1.0-1.5	2.5-4.7
	北京地区 居住建筑	0.60-0.80	0.82-1.16	3.50
英 国		0.16	0.35	2.0
德 国		0.20	0.20-0.30	1.5
美 国 (相当于北京采暖度日数)		0.19	0.32 (内保温) 0.45 (外保温)	2.04
瑞 典(南部)		0.12	0.17	2.0

### 3.3.2 门窗节能技术引起相当重视

就典型的围护部件而言,窗的传热系数约为墙体的4倍、屋面的5倍、地面的20多倍,是能耗大的构件,另一方面,窗通过太阳光透射入室内而获得热能,也成为得热构件。根据统计,整个房屋的热耗中,门窗的热耗占到了23%-25%<sup>36</sup>,经有效保温的墙体相比,窗户成了建筑保温、隔热的薄弱环节,并且冬季由于窗户内表面的温度过低而形成冷辐射以及由于冷表面所形成的气流,对房间热舒适度有明显的影晌,另外还有表面结露的可能。因此门窗绿色技术也受到相当的重视,在目前已实施的绿色住宅中间,门窗全面采取了保温隔热技术,但技术含量差别很大。

目前调查中采用技术主流还是塑钢中空玻璃系列门窗为主,其次依次是断热冷桥/加厚双层塑钢中空玻璃门窗系列,铝合金双层低辐射LOW-E玻璃门窗系列,到目前比较高端、技术较全面的断热冷桥铝合金双层低辐射真空LOW-E玻璃门窗都有应用。很明显,在门窗技术上,普及度是严格按照价格的高低来排列的,相信随着生产技术

<sup>35</sup> 资料来源:建筑节能研究报告——《中国能源发展战略与政策研究报告》(摘录),《建筑节能》(42),中国建筑工业出版社,P22。

<sup>36</sup> 李露华,王岩池,李长奇,采用新型围护结构提高寒冷夏热地区住宅舒适度和建筑节能水平,建筑技术开发,第31卷第3期,2004年3月。

的提高和引进，在住宅中用上性能优越、价格适中的窗户产品将不再是一件奢事。

除提高窗户的保温、隔热性能外，在设计窗户系统时，我们还应该考虑窗户的外遮阳系统。在调查中，五家均有门窗保温隔热措施，制作了可调木百叶遮阳系统的只有“同温层”住宅小区一家，结合断桥冷桥双层塑钢中空玻璃门窗，其综合热工性能达到最好（见图 3-17）。因为在我国夏热冬冷地区都有夏季过热的问题，如果采用了高效的、可调节的外遮阳设施，可以大大减少制冷的能耗和制冷的天数。同时，因为这样设施可调，不影响冬季的太阳能利用，而固定的遮阳构件，因为遮阳效果差，影响冬季太阳辐射以及影响建筑的外观，应被摒弃。



图 3-17（自摄）“同温层”住宅小区的可调木百叶遮阳与断桥冷桥双层塑钢中空玻璃窗的综合隔热系统。

### 3.3.3 室内主动控温新技术开始普及

夏热冬冷地区夏天需要空调降温，冬天需要供暖的时间严格按照《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)要求加起来进行统计的话（不考虑建筑本身对气候的影响），需要使用主动控温时间将长达 9 个月，而以空调为代表的主动控温系统是家庭使用能源集中度最高的系统，因此在夏热冬冷地区对室内主动控温新技术的重视就显得正常而必要。

在本次调查中，五个小区中有四个使用了新的统一安装的室内主动控温技术，由于当前技术和经济原因，全部都是集中在供暖部分，制冷仍然主要依靠传统空调技术的改进与控制房屋的热耗率完成。四个小区采用了三种供暖新技术，分别是地板辐射采暖、自然对流式电加热和工厂余热集中供暖。这里面的自然对流式电加热的综合指标不均衡，而工厂余热集中供暖有地域条件限制，只有地板辐射采暖应该是当前发展



主流，而且这项技术已经很成熟，在欧美国家早已经全面使用多年。就武汉地区的实施情况测算，每平方米建筑面积的造价增加不超过五元人民币，已经达到可接受的普及价格。

### 3.4 夏热冬冷地区绿色建筑技术推广的现实问题与制约因素

夏热冬冷地区绿色建筑技术在我国真正开始大规模研究的时间不超过十年，而大规模普及应用到实际住宅小区项目上的历史更是不过六、七年的时间，因此存在诸多问题是很正常的，全面的总结经验与教训，可以有助于下一步夏热冬冷地区的高阶绿色建筑技术更有效的普及推广。

#### 3.4.1 重视主动式技术而轻视被动式技术

这种现象的根源在于“科技万能论”的盲目科技崇拜，认为一切现实的不足都可以靠先进科学技术手段进行调节与弥补。在实地调研中，我们看见了很多这种现象的表现：比如几乎所有小区的客厅和卧室都采用了落地大飘窗、规划中对建筑群体之间的通风与日照考虑不足、住宅周边大量设置了硬制铺面的停车位、建筑设计上基本没有考虑遮阳设计、对小区微气候基本没有考虑等等。

应该说被动式绿色建筑技术应该是整个绿色小区应该首要考虑到的技术手段，因为被动式技术是一种“顺手拣的便宜”，其有着投资低、实施简单、综合效益高，而且持久性可以和建筑使用年限一样长，不存在任何后续费用。

之所以出现重视主动式技术而轻视被动式技术的现象的另一个重要原因也在于与开发商对人们习惯的生活方式的非理性迎合甚至误导和对房地产开发的利润最大化追求。比如落地大飘窗的流行在于人们认为其是传统豪宅的一种标志性构造，同时对自然景观的最大接触的渴求；而规划中对建筑群体之间的通风与日照考虑不足，往往是因为开发商过于追求建筑容积率而造成。

#### 3.4.2 重视单个技术而轻视整个系统的综合协调

在当前市场应用中有一个很严重的倾向就是重视单个技术而对各个技术之间的整体协调性不太关注，很多绿色小区的绿色技术应用现状给人一种技术堆砌的感觉，尤其在其住房介绍广告上尤其明显。比如在武汉某小区使用了双层中空玻璃，可是它却同时使用了无断热冷桥的普通铝合金的窗框，其广告这样写到：“全面打造二十一

世纪绿色生态住宅……全部门窗全面采用高科技新型节能双层中空玻璃，配以高贵的彩色铝合金门窗框，尽显您时代精英风采……”，采用一个节能产品的同时，却采用另一个耗能产品与之相陪，让人哭笑不得；如果改为 PVC 窗框，花更少的钱却可是达到更好的效果。

一个绿色节能系统的好坏，主要取决于材料的各项性能指标，同样重要的还有设计的合理性、施工的简便性、经济性、功能的可靠性，也就是系统的优越性。只有具备了系统优越性的节能系统，才真正具有推广价值<sup>37</sup>。

### 3.4.3 重视技术经济投入而轻视技术后期产出

当前很多文章在分析我国绿色建筑技术应用的困境之时，都将我国经济水平与民众价格承受力列为高新技术普及推广的重要因素，不可否认，对于部分目前还是高技术高价格的技术是这样，但是随着大量技术的进一步成熟，应用，其价格已经普遍下降到了一个可以承受的水平——这个水平的具体确认的指定标准才是普及应用经济性考虑的关键。

目前通行的方式是计算单个技术实施后对房屋造价的增加量，然后评估增加后的保持正常利润的房屋售价对消费者的购买影响大小再反过来决定这个技术是否达到可以使用的条件，是否采用。这是一个很地道的经济管理学上的成本核算法，可是在绿色建筑技术的评价上，这个方法却是不科学的，其对技术的经济价值高估不利于技术的推广。因为绿色技术不是一种消耗性投入，不等同于一块砖，一根钢筋，投入后其价值只能递减，而是可以通过其技术内涵，使使用者的房屋在某种意义上增值，因此正确的方法应该是一种全寿命的评估，或者至少应该考虑部分这个增值效益，让使用者明明白白消费，权衡这个真实的经济价值的高低。

经过多个绿色小区的现行效果估算，只要采取经济实用、切合实际的节能措施，新建居住建筑节能投资和既有建筑节能改造成本，约为 80 元—120 元/平方米就完全可以达到当前政府节能 50% 的目标，再稍微改良下，达到 65% 的技能目标也不是难事。而忽略对生活舒适性的提高，从仅仅从经济性上考虑，一般通过能源费用的节省，8 年基本都可以回收当初这笔多出来的投资，从住宅 50 年的平均使用使用标准，起后期的经济效益将越来越明显。

<sup>37</sup>徐坚，21 世纪小康住宅节能系统，房材与应用，2001，29(8):9-11

### 3.4.4 重视技术理论数据而轻视实际应用差异

可能是目前在夏热冬冷地区使用的大量绿色技术都普及时间不长，缺乏大量实际使用状态下的第一手效用资料，因此使用时都统一使用了在实验室或者在理想特定条件下的实验数据作为实际计算数据，或者直接生搬硬套某处的经验，对实际使用状况考虑缺失，直接导致一些计算出现偏差，影响到对实际使用的效果达不到预期效果，花了钱却没有办成事。

在笔者在“同温层”实地调研的问卷调查和采访中都遇见这样一个情况：一位 2005 年 9 月入住的住户反映在冬天室内外不开空调的温差只有 3-4 度，比自己以前那种 90 年代做的普通楼房还要冷，一点都没有保温的效果都没有，严寒难挡；而另一位和自己父母同住该小区的住户反映室内温度的高低主要与塑钢门窗的密封有关，除此之外还和建筑在小区中的位置与住宅楼层高低有关。他自己住在 22 栋 4 楼朝北，岳父住在北区 1 栋 1 楼，两家室内温度就有非常明显的差距。由此可见，技术要用的正确，或者随时根据现实情况进行调整才能发挥作用，否则乱用一气，甚至可能出现负作用，比如武汉一著名小区使用了高成本的“高透光型阳光控制 low-e 玻璃”在夏季的确起到了良好的隔热作用，可是在寒冷大风的冬季无法开窗的情况下，也将宝贵的日光热量阻挡在外面，导致室内热环境的低下。这都是对技术的地域适应性考虑不足而导致的问题。其实只要因地制宜，充分了解本地的气候与场地条件后再进行技术选择或者是技术改造，这一切就可以解决。

解决技术实际应用中的高效问题，关键在于强调技术的地域适应性，否则粗放式的泛用技术的实际意义是不大的。这也是本研究在绪论中一再界定技术的范围的考虑所在。

### 3.3.5 解决老问题而轻视了出现的新问题

在前面谈到当前绿色建筑技术应用以墙体及门窗等围护结构的技术改造为重头戏，墙体及门窗的保温及密封性得到极大的提升，在室内热环境开始变好的同时，却出现了通风的问题，以前靠房屋的缝隙进行换气现在行不通了，新风的缺乏使室内空气质量快速下降，健康性及舒适性都缺乏保障。但如果开窗通风，就会影响节能；不开窗，又影响空气流通，封闭性与通风性产生矛盾。目前在武汉很多节能项目没有排风设计，在本课题调研的五个代表楼盘中均没有新风系统，在武汉二十多个绿色节能小区中，也只有“E 天下”、“银海华庭”、“南岸金都”等几个高档楼盘引进了新风系统。

在先进国家及地区，绿色住宅都有送新风和自动排风系统，通过负压把新风从室外引进卧室，再带到其他房间，最后流到厨房、卫生间，把脏空气排出室外，形成有组织的新风流动。

是不是因为技术和经济等现实原因呢？根据业内专家介绍，根据武汉市进行的部分尝试，住宅增加新风排送系统，一户只需花 3000—4000 元。应该可以接受，没有大规模使用的原因何在呢？就在于人们对住宅使用新技术解决老问题后出现的新问题认识不足。早先建设的一批绿色尝试性住宅要么根本就没有考虑到，要么考虑到的又对使用新技术后空气质量到底如何差认识不充分，不过这一问题目前已经开始尝试解决，我们要从中吸取的教训在于对于新技术的实施要进行动态的研究与检验，对于新出现的问题要及时的发现解决，多多考察先进地区的经验，使住宅绿色化进程本身首先做到“可持续化”。

### 3.3.6 重视技术概念而轻视技术使用规范

“绿色住宅，健康节能”，在政府社会的大力宣传下，这样一个绿色住宅的概念如今已经深入人心，无论有没有购买，亲身体会绿色住宅，但是大多数人都已经这样认为，于是慢慢发展到认为只要是住宅是绿色认证了，就是健康节能的。

在问卷调查中，大量的居住者可以说出很多绿色技术的名字，甚至是诸如“断桥冷桥双层塑钢中空玻璃门窗”这样专业的技术专有名词，可是到底是怎么回事却一无所知，因此在后续使用中，由于不明白技术内涵，不按技术使用规范来操作，生活质量依然上不去。比如安装了中空玻璃门窗、使用了保温墙体，如果你使用中还是大量开窗自然通风换气，那么一切技术都是白费。造成这个尴尬现状的原因很多，当然我们不能指责为什么大家都不是专业人员，但是想解决这个问题，我们大家都应该多了解绿色技术的使用知识，知其然还要知道其所以然；另一方面，也要引导房地产商不要仅仅做技术概念抄作，应该切实的普及技术应用的同时普及技术的使用，将实际效果的体现摆在第一位，这将是最好的广告效应。

## 3.5 本章小结

本章介绍了笔者对武汉地区五个有代表性的绿色节能住宅小区的实地新技术应用情况调研，以实例对武汉市的绿色建筑技术应用进行了统计，并通过使用效果分析已经应用技术的共性与特点，对现实应用中反映出来的几个问题进行了总结归纳。

在前文对夏热冬冷地区绿色建筑技术发展状况及技术分类统计的理论性角度进行论述后，本章从现实出发，从代表性地区绿色建筑技术应用种类、重点、成效、趋势、经验与暴露的问题多个角度较全面的描述了我国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用的现状，系统的将夏热冬冷地区绿色建筑技术理论与实际应用的差异性展现出来。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 4 具有现实意义的夏热冬冷地区绿色建筑技术应用策略

基于前文分别对我国夏热冬冷地区绿色建筑技术在技术发展储备及现实中应用状况上的论述、比较，基本较为全面的从理论与现实两方面展示了我国夏热冬冷地区绿色建筑技术的现状。本章将在前两章的基础上，进一步整合夏热冬冷地区的使用环境的特征，结合前文中总结的使用经验与不足，试图从技术层面上制定出深化当前绿色建筑技术的推广应用、并具有现实指导与参考意义的应用策略，完整本课题“有什么——用了什么——应该用什么”的逻辑线路。

从第二章技术储备统计数据来看，夏热冬冷地区绿色建筑技术门类复杂，数量众多，应用到实际项目中的，也为数不少；其技术应用时间跨度长达二十年，为了思路清晰的表述应用策略，本文拟采用前文制定的技术储备统计分类标准为框架，结合各方面技术现实使用情况简要评价，在已经成熟的技术体系中评选出最适宜推广应用的对应技术重点进行介绍、评价。

本文既关注部分低技术，但同时更多讨论适用夏热冬冷地区的新兴适宜技术，其特点是技术含量较高、技术成熟、与夏热冬冷地区地域适应性匹配好、现实应用条件恰当；这部分技术具有较高的精确性与高效性，通过精心的设计，对提高能源的利用效率，开发利用可再生新能源，提高人居环境舒适度及保护生态环境有良好综合效益。

以下将从“建筑绿色设计技术的现实应用策略”、“屋面绿色建筑技术现实应用策略”、“墙体绿色建筑技术现实应用策略”、“门窗绿色建筑技术现实应用策略”、“绿色湿热环境控制技术现实应用策略”、“绿色能源技术现实应用策略”、“基于绿色建筑技术地域适应性的系统综合策略”等七方面进行探讨。

### 4.1 建筑绿色设计技术的现实应用策略

我国夏热冬冷地区被动式绿色建筑技术应用由来已久，甚至可以说在夏热冬冷地区开始有居民长期居住以来，就出现了各种被动式技术的雏形，只是随着近代建筑学科设计及技术研究的系统化，这些技术变的越来越详细和量化，通俗的讲，被动式技术就是我们常常讲述的绿色生态的设计手法。

被动式设计类技术应该是最绿色的建筑技术，因为它的投入不需要额外使用费用

却能提高人们的居住舒适度，并能使主动式技术更好的发挥。

因此，对被动式绿色设计类技术应用的原则是：因地制宜，全盘考虑，尽量使用。

在本文第二章 2.3.3.1 节中，已经详细列出了从规划到细部设计的众多专门针对夏热冬冷地区的被动式绿色设计技术，此处不再重复。从理论上说，在实际应用中这些技术都应该全部实现，但是针对实际情况，有可能出现两者不能兼顾的情况，因此在前文归纳的建筑绿色设计技术中，我们将其再分为两类对重点技术给予详细强调：

#### 4.1.1 必须使用的设计策略

##### 4.4.1.1 疏导基地和建筑群体通风规划

在规划设计中，合理、高效地利用自然通风是节能的一个重要手段，在夏热冬冷地区尤其如此。规划朝向(大多数条式建筑的主要朝向)与夏季主导季风方向最好控制在 30 度到 60 度间，并保证有足够的间距，本区域中大部分地区常年和夏季主导风向为北偏西 15。同时为减少夏季空调运行时间和保证春、秋季不使用空调时的室内热舒适性，在群体空间布局上，采用前后错列、斜列、前短后长、前疏后密等方式以疏导气流；进一步可以在整体规划中科学的留出风道，形成小区整体换风系统。

##### 4.4.1.2 选择热辐射强度较低的规划朝向

一般常规设计中，我们一般都使规划朝向保持南北向或者是略有偏移，这是因为南北朝向的建筑外围护体系所受到的太阳热量最少，有利于建筑的隔热降温。而很多时候基地与南北向并不平行而是呈一定角度时，我们可以使总体布局仍然以南北向为主，这时建筑在边界上就呈锯齿状布局的方式，应该看到，也许垂直齿状的布局更可以丰富了建筑群体外部空间形态，创造安宁又不失活泼的居住外环境。

##### 4.4.1.3 绿色建筑形体控制

严格控制建筑体形的外表面积是节能控制的关键，在相同平面面积前提下，尽量少的围护结构面积对减少能量流失途径意义重大，该观点已被建筑节能研究的专家们所认同。针对各种不同平面形状的参量描述，我们可以运用与建筑节能相关的原理来分析各种形态的节能效果：体形系数分析从体形系数  $F_0/V_0$  的计算值比较可以看出，圆形的  $F_0/V_0$  为最小，三角形最大，即多边形边数越多(趋近于圆)，其  $F_0/V_0$  越小。显而易见，以体形系数来评价，其对节能的意义顺序为：圆、多边形、正方形、长方形、三角形，圆和多边形为推荐平面形状。

从各个方面对多种住宅平面形式的节能效果进行比较，寻求最佳方案，这是解决

问题的有效手段。点式(圆形平面)、蝶式、井式三种均为典型的点式平面，板式则属另外一种。比较分析这四种形式的住宅平面实例，我们得到以下结果：

(1) 圆形点式住宅体形系数小，利于节能；

- 建筑角少，热桥少，利于减少能量损失；
- 垂直于夏季东南风的墙面小，正压区小，不利于通风散热；有利于冬季抗强风；
- 南向户型约占总户数 1/3。

(2) 蝶形点式住宅体形系数偏大；

- 建筑角多，热桥多，不利于节能；
- 夏季迎风面大，利于通风；冬季迎风面小，利于防寒；
- 均为南向户型，但东西向墙体面积增大。

(3) 井形点式住宅体形系数太大，不利于节能；

- 建筑角多，热桥多，热量损失严重；
- 夏季迎风面大，利于通风防湿；外墙凹凸多，表面积增大，不利于冬季防寒；
- 南向户型占 1/4，东西向户型比例大。

(4) 板式住宅体形系数小，利于节能；

- 建筑角少，热桥少，热量损失少；
- 夏季迎风面与背风面压差大，利于通风；
- 均为南向户型，基本无东西向户型。

综合各项因素考虑，板式住宅在多方面占据节能优势。这种优越性不但体现在建筑能耗较少的方面上，而且还体现在，板式住宅由于其朝向佳、形体舒展，能给人们创造一种舒适、生态的居住环境，没有点式住宅带来的局促感。

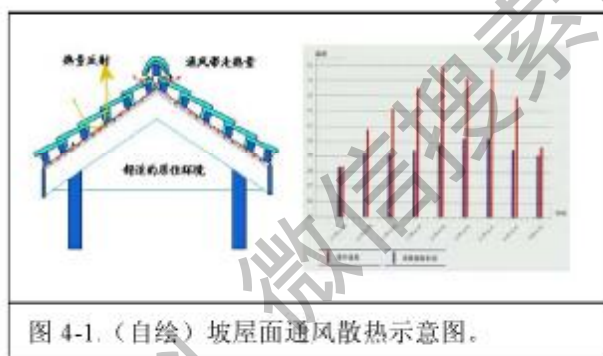
板式住宅的房间分割使南、北向空间形成一个比例。日照、通风对建筑的影响会因这个比例的变化而变化，导致房间热工性能不同，能量消耗也不同。因此，寻找最节能方案的比例值显得尤为必要。根据研究比较，南大北小型空间形式比南小北大型和南北相等型形式节能。即从节能角度考虑，大空间宜于安排在南向，小空间宜安排在北向。这样恰恰可以将起居室、卧室等主要大空间安排在南向，将厨房、卫生间、储藏间等小空间安排在北向。无论是从功能方面还是从节能方面考虑，使用者的要求都可得以满足。

#### 4.4.1.4 采用坡屋面

在太阳辐射最强的中午时间，太阳光线对于坡屋面是斜射的，而对于平屋面是正



射的，深暗色的平屋面仅反射不到 30% 的日照，而非金属浅暗色的坡屋面至少反射 65% 的日照，反射率高的屋面大约节省 20%--30% 的能源消耗，美国外境保护署 U.S. Environmental Protection Agency (EPA) 和佛罗里达太阳能中心 Florida Solar Energy Center 的研究表明使用聚氯乙烯膜或其他单层材料制成的反光屋面，确实能减少至少 50% 的空调能源消耗。在夏季高温酷暑季节通过自己通风散热，还能节能减少 10%--15% 的能源消耗（如图 4-1）。因此，平屋面隔热效果不如坡屋面。而且平屋面的防水较为困难，且耗能较多。若将平屋面改为坡屋面，并内置保温隔热材料，不仅可以提高屋面的热工性能，还有可能提供新的使用空间（顶层面积可增加约 60%），也有利于防水，并有检修维护费用低、耐久之优点<sup>38</sup>。



特别是随着建筑材料技术的发展，用于坡屋面的坡瓦材料形式多，色彩选择广，对改变建筑千篇一律的平屋面单调风格，丰富建筑艺术造型，点缀建筑空间有很好的装饰作用。在中小型建筑如居住、别墅及城市大量平改坡屋面中被广泛应用。但坡屋面若设计构造不合理、施工质量不好，也可能出现渗漏现象。因此坡屋面的设计必须搞好屋面细部构造设计，保温层的热工设计。

#### 4.1.2 综合采用的建筑绿色设计技术

此处的“综合采用”的含义在于根据现实条件，尽量合理高效的采用，而不是可用可不用之意，也不存在轻视之意。本文一再强调的是，被动技术的采用原则是：因地制宜，全盘考虑，尽量使用。

综合采用的被动式技术的种类即为第二章 2.3.3.1 节中详细列出被动式技术中除去上文重点强调执行四项之外的剩余部分。为免重复，在此不再详述。

<sup>38</sup> 数据来源于 U.S. Environmental Protection Agency (EPA) 与 Florida Solar Energy Center 太阳能研究数据库。

## 4.2 屋面绿色建筑技术现实应用策略

为了减少炎热季节太阳辐射传入屋面的热量，不致使室内温度过高，常见的隔热措施是采用通风屋面、种植屋面、蓄水屋面等多种形式。但结合保温技术时，由于有屋面瓦做防水保护，坡屋面可灵活采用不同高效材料作保温隔热层（如 EPS 板、玻璃棉板、岩棉板等，这些板材根据不同情况还可铺在斜屋面下或顶棚上，因此坡屋面的节能及空间利用效果比平屋顶好。因此我们在这里主要讨论坡屋顶的保温隔热技术。

### 4.2.1 材料选择

屋面的保温通常是将容重低、导热系数小、吸水率低、有一定强度的保温材料设置在防水层和屋面板之间、或设在防水层上，减少屋面传热，实现屋顶节能。民用建筑屋面保温材料可分为板装、整体、松散三种形式。

(1) 板状保温材料现有加气混凝土板、水泥膨胀珍珠岩板、聚苯乙烯板、挤塑聚苯板等。

(2) 整体式保温材料现主要是聚氨酯硬泡沫塑料，其干密度为  $30\text{kg/m}^3$ ，导热系数为  $0.033\text{W/M}^2 \cdot \text{K}$ ，蓄热系数为  $0.36\text{W/M}^2 \cdot \text{K}$ ，抗压强度  $0.1\text{MPa}$ 。

(3) 松散状保温材料常用膨胀蛭石和膨胀珍珠岩，含水率均不大于 8%。膨胀蛭石的干密度  $300\text{kg/m}^3$ ，导热系数  $\leq 0.14\text{W/M}^2 \cdot \text{K}$ ，蓄热系数  $1.79\text{W/M}^2 \cdot \text{K}$ 。

从实际应用效果来比较，有机材料的综合性能远远高于无机类材料，同时不足在于持久性较差、施工要求高、价格也较高。但随着材料技术的不断进步，无机类材料无疑是发展应用主流，在以上介绍的有机材料中，推荐使用顺序依次为：挤塑聚苯板、聚苯乙烯板、聚氨酯硬泡沫塑料。但这几类材料价格都略微偏高，在经济条件限制下，可考虑膨胀蛭石和膨胀珍珠岩材料与有机涂料的结合。

各种材料的性能对比如下表（表 4-1）：

表 4-1 常压材料保温隔热性能一览表<sup>39</sup>

材料名称	干密度 (KG/M <sup>3</sup> )	导热系数 (W/M <sup>2</sup> ·K)	蓄热系数 (W/M <sup>2</sup> ·K)	抗压强度 (MPa)
无孔类				
微孔混凝土类	500~700	0.19~0.22	2.81~3.59	≥0.4
膨胀蛭石、	300~700	0.1~0.26	1.77~4.37	≥0.3
膨胀珍珠岩类	600~800	0.1~0.26	1.77~4.37	≥0.3
泡沫玻璃	600~800	0.066	0.50~2.7	≥0.3
微孔硅酸钙板	500~700	0.065	2.81~3.59	≥0.4
有机类				
挤塑聚苯板	30~130	0.03	0.36~0.8	≥0.15
膨胀聚苯板(	110	0.042	0.51	≥0.15
硬泡聚氨酯	115	0.027	0.34	≥0.15

#### 4.2.2 构造措施

##### (1) 设吊顶

屋顶下的楼层最好加设天花板，天花板上铺铝箔板，与屋顶间留设足够的空气层及通风口，以便利吊顶风迅速排除热量。利用空气层可以达到通风与散热两种目的，例如采用含空气层的三明治构造，如泡沫混凝土，或密闭空气层(静止空气)。

##### (2) 设主动通风

可设置屋面通风塔或排气装置(限于非空调空间)，设置屋面通风塔(风力通风原理)或是利用屋面排气装置(浮力通风原理)来减低面层热环境的热负荷。

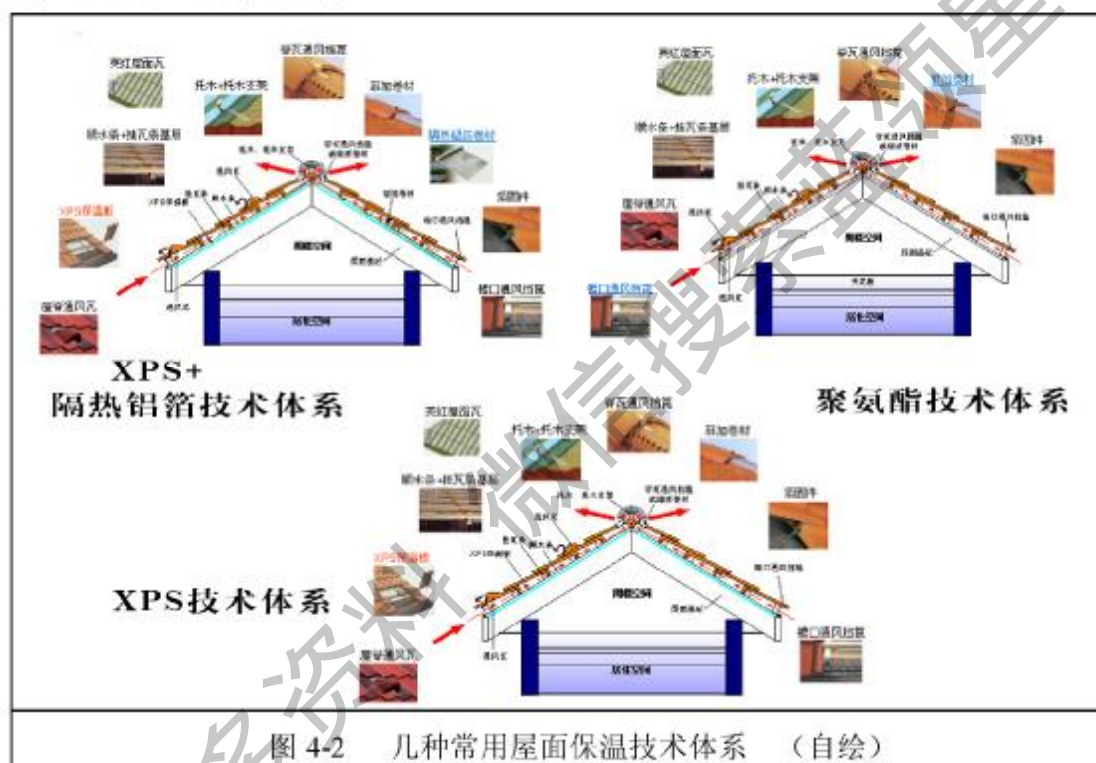
##### (3) 倒置式屋面保温隔热工法

基于种种的优势，倒置式屋面保温隔热工法(UP—SIDE DOWN)从发展至今已经成为屋面保温隔热的标准工法，迅速替代传统的 BUR 工法(Built-Up Roof)，即将防水层置于保温层之上的方法。倒置屋面构造并不复杂，用挤塑聚苯板排铺(不是粘贴)在防水层上，再用石块或混凝土块压住即可。有些地方考虑到 XPS 板价格较高，就改用 EPS 板与水泥砂浆或薄层混凝土复合成板，作倒置屋面之用。但要注意所用 EPS 板密度应大大提高，以延长其使用寿命。

<sup>39</sup> 数据来源于：胡晓斌，陈春燕等，绝热材料的前景与施工，北京，中国建材工业出版社，2002。

#### 4.2.1 保温隔热技术系统化

单个技术侧重点不同，夏热冬冷地区屋面夏季隔热非常重要，同时还要满足夏热冬冷地区其余时间的复杂气候，必须使用各种技术综合的技术体系，在此，以近年来，参照国外经验结合本国实际情况在不少实际项目中得到应用的挤塑聚苯乙烯(XPS)板做倒置屋面保温技术进行介绍。



XPS 板具有连续的表层和闭孔式蜂窝状结构，组织均匀，连接紧密，强度高，隔湿性和耐气候性能好，不易老化。用这种 XPS 板做屋面保温覆盖在防水层之上，使保温层起到保护防水层的作用，既可使防水层免受日光的暴晒，又大大缓解了防水层受外界温度的影响，还可避免防水层受到磨损、冲击、穿刺等破坏，使防水层寿命大大延长。

同时在 XPS 板上使用了阻隔膜卷材。阻隔膜卷材为镀铝的反射有机薄膜材料，有单面和双面镀膜。是一种由高分子材料层经电晕高真空沉积铝层的复合材料，钉在顺水条与挂瓦条之间，利用顺水条下侧的空气层，构成有铝箔的空气间层。该空气间层热阻值比普通空气间层大许多，其铝箔空气间层的平均厚度约 30mm。间层厚度 30

的单面铝箔空气层的理论计算值  $R$  为  $0.4(\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W})$ 。“建筑节能构造”中阻隔膜卷材的热阻值是按材料的实测值，取其传热阻  $R$ 。为  $0.27(\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W})$ 能够相应减薄保温材料层的应用厚度<sup>41</sup>。

最后结合在屋顶上架设凉棚，上面种植攀藤植物，可以使屋面接受到的太阳辐射大为减少，对夏季屋顶隔热十分有利，还改善了环境。在屋面上设热反射层或热反射涂层，也能起到隔热作用。

如此的多种技术相互结合，相互取长补短，方能全面考虑个方面的不足，达到一个综合效益的最优化（见图 4-2）。

### 4.3 墙体绿色建筑技术现实应用策略

#### 4.3.1 技术形式选择

夏热冬冷地区的绿色建筑技术除了要考虑夏季隔热和冬季保温外，还要考虑材料的耐候、防火和环保等性能。因主导考虑因素的不同，外墙的绿色技术可分为内保温、中间保温和外保温三种形式。外墙采用何种外墙形式技术是热工设计的关键。其性能如下：

(1) 内保温隔热技术：把热绝缘材料做在外墙体结构层内侧，主要有保温砂浆、保温制品粘贴和保温层挂装三种。

(2) 中间保温隔热技术：把热绝缘材料填充在混凝土空心砌块或其它空心砌块的孔洞内，如砌块孔洞中填充炉渣或插聚苯乙烯板等材料。

(3) 外保温隔热技术：把热绝缘材料做在外墙体结构层外侧，主要有保温砂浆、机械固定和粘结方式三种。

详细对比情况如下表：

<sup>41</sup> 杨吉士，方子晋，建筑节能与设计方法——夏热冬冷地区暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用，北京，中国计划出版社，2005，P136。

表 4-2 外墙保温技术三种形式优劣对比

项目	外保温隔热技术	内保温隔热技术	中间保温隔热技术
优点	<p>1、适用范围广；</p> <p>2、保护主体结构，延长建筑物寿命；</p> <p>3、基本消除热(冷)桥的影响；</p> <p>4、使墙体潮湿情况得到改善；</p> <p>5、有利于室温保持稳定，改善室内热环境质量；</p> <p>6、有利于提高墙体的防水和气密性；</p> <p>7、便于对既有建筑物进行节能改造；</p> <p>8、可相对减少保温材料用量；</p> <p>9、避免室内装修对保温层的破坏。</p>	<p>1、将绝热材料复合在承重墙内侧，技术不复杂，施工简便易行；</p> <p>2、绝热材料强度要求较低，技术性能要求比外墙外保温低；</p> <p>3、造价相对较低。</p>	<p>1、将绝热材料设置在井墙中间，有利于较好地发挥墙体本身对外界环境的防护作用；</p> <p>2 对保温材料的要求不严格。</p>
缺点	<p>1、对保温体系材料的要求较严格；</p> <p>2、对保温材料的耐候性和耐久性提出了较高的要求；</p> <p>3、材料要求配套，对体系的抗裂、防火，拒水、透气、抗震和抗风压能力要求较高；</p> <p>4、要有严格的施工队伍技术支持。</p>	<p>1、难以避免热(冷)桥的产生，在热桥部位外墙内表面易产生结露、潮湿甚至发霉和滴水等现象；</p> <p>2、内保温须设置水汽层，以防止墙体产生冷凝现象</p> <p>3、防水和气密性较差；</p> <p>4、不利于建筑外围护结构的保护；</p> <p>5、内保温板材出现裂缝是一种比较普遍发生的现象。</p>	<p>1、易产生热(冷)桥；</p> <p>2、内部易形成空气对流；</p> <p>3、施工相对困难；</p> <p>4、内外墙保温两侧不同温度差使外墙建筑结构寿命缩短，墙面裂缝不易控制；</p> <p>5、抗震性能差。</p>

综合以上，对技术形式的选择首先要根据当地的技术与经济条件；相对于内保温和中间保温而言，外墙外保温技术解决了这两种保温形式带来的许多综合性的质量问题，具有热工性能好、保温效果高、综合投资低、可以延长建筑结构寿命等优点，应将成为墙体保温的主要形式，以及节能建筑保温墙体的发展方向。而外保温中又是粘结方式优于机械固定优于保温砂浆。

从前文实地调研数据看，当前夏热冬冷地区外墙还是采用内保温隔热技术较多，但外保温也可以有所涉及，其主要原因还是受到保温材料和施工技术、造价等因素的影响。

### 4.3.2 保温隔热材料选用

#### 4.3.2.1 基层墙体材料

墙体保温隔热首先要选择好基层墙体的材料，这是保温的基础，夏热冬冷地区常用的七种材料性能如下（表 4-3）：

表 4-3 夏热冬冷地区常用基层墙体材料导热性能<sup>41</sup>

种类	导热系数 (W/M <sup>2</sup> ·K)	修正系数	备注
240 厚混凝土多孔砖	0.738	1.0	二排孔以上
240 厚 KPI 型烧结多孔砖	0.58	1.0	烧结页岩多孔砖
200 厚钢筋混凝土墙	1.74	1.0	
190 厚混凝土空心砌块	0.792	1.0	二排孔
190 厚混凝土空心砌块	0.75	1.0	三排孔
240 厚蒸压灰砂砖	1.10	1.0	
240 厚轻集料混凝土砌块	0.75	1.0	

#### 4.3.2.2 保温隔热材料

外墙保温材料门类众多，在此仅提供以下几种在武汉市场上常见保温隔热材料导热性资料(见下表)，常用外墙外保温材料还有如聚氨酯保温材料、钢丝网聚苯板复合保温等其他保温材料使用也较为广泛。

<sup>41</sup> 数据来源于：俞晓波，陈春燕等，节能材料的前景与施工，北京，中国建材工业出版社，2002。

表 4-4 夏热冬冷地区常用保温隔热材料导热性能<sup>42</sup>

种类	导热系数 (W/M <sup>2</sup> ·K)	修正系数	备注
挤塑聚苯板	0.03	1.1	实际工程中应根据具体保温材料 的导热系数做相应调整。
膨胀聚苯板	0.042	1.1	
胶粉聚苯颗粒保温浆料	0.06	1.15	
聚合物保温砂浆	0.11	1.2	

## 4.3.3 特色技术选择:

表 4-5<sup>43</sup> 当前市场常见墙体保温隔热技术应用资料

保温系统名称 保温层材料 保温层厚度 (mm) (注:北)	专用EPS系统		国内EPS系统		内保温(北京)		胶粉聚苯颗粒 保温系统		胶粉聚苯颗粒 保温系统		“连环甲”系统	
	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板	聚苯板
面层材料 施工方式	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合	聚合物砂浆 抹灰结合
保温层材料厚度 (mm)	25   40	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	
保温层材料厚度 (mm)	25   40	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	30   50	
保温系统施工费 (元/m <sup>2</sup> )	18	15	15	20	15	15	15	15	15	15	15	
保温层施工工期 (100m <sup>2</sup> )	15天	15天	15天	15天	15天	15天	15天	15天	15天	15天	15天	
保温系统施工 综合费用	88   96	85   105	85   105	85   105	85   105	85   105	85   105	85   105	85   105	85   105	85   105	
饰面材料	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	弹性涂料 面砖	
综合费用(元 /m <sup>2</sup> )	25   36	25   35	25   35	25   35	25   35	25   35	25   35	25   35	25   35	25   35	25   35	
施工费(元/m <sup>2</sup> )	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
保温层施工工期 (100m <sup>2</sup> )	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	15天   15天	
保温系统综合 费用(元/m <sup>2</sup> ) (注: /说明)	123   138	120   135	120   135	120   135	120   135	120   135	120   135	120   135	120   135	120   135	120   135	
综合评价	适合夏季施工, 施工工期长	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	适合夏季施工, 施工工期长,一 些外立面砖	

<sup>42</sup> 数据来源于: 胡吉士, 方子晋, 建筑节能与设计方法——夏热冬冷地区暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用, 北京, 中国计划出版社, 2005.



当前市场上绿色墙体技术非常之多，甚至给人以眼花缭乱之感觉，再此仅将作者收集到的几家在武汉市场占有较大份额的墙体绿色建筑技术公司的应用资料整理出来（表 4-4），以便大家能对当前市场应用的走向与特征有个基本了解。

根据上表，结合夏热冬冷地区的气候特点，以及不同建筑类型的差别，总结出夏热冬冷地区现实的适宜技术分别如下：

#### 4.3.2.1 一般情况普遍适宜技术——粘结 EPS 板薄抹灰外墙外保温系统（如图 4-3）

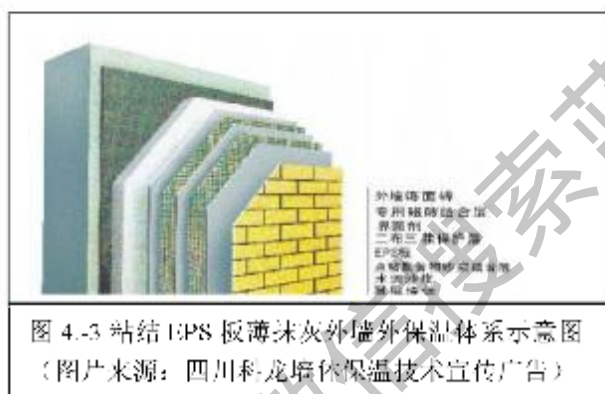


图 4-3 粘结 EPS 板薄抹灰外墙外保温体系示意图  
（图片来源：四川科龙墙体保温技术宣传广告）

从当前使用效果看，粘结 EPS 板外墙外保温系统是一种科学合理的集保温、防水和装饰功能于一体的外墙绿色技术，更适用当前夏热冬冷地区的住宅建筑混凝土或砌体外墙建筑的节能要求。该系统主要由节能基层墙体、粘结胶浆、聚苯保温板、玻璃纤维网格布、抹面胶浆和面层涂料组成。其中胶粘剂与基层墙体粘接强度： $\geq 0.50\text{MPa}$ ，与 EPS 板粘接强度 $\geq 0.1\text{MPa}$ ，玻纤网耐碱断裂强力 $\geq 750\text{N}/50\text{mm}$ ，耐碱断裂强力保留率 $\geq 50\%$ 。系统抗风压值不小于风荷载设计值，经耐候试验后，系统表面不出现渗水裂缝、空鼓、起皮、剥落。首层墙面和门窗口易受碰撞部位抗冲击 10J 级，二层以上 3J 级<sup>43</sup>。该系统除了在底层外墙需要采取措施增加外墙面抗冲击能力外，其优势表现在：

- (1) 不占室内空间，保温隔热效果明显，较大提高了室内环境的舒适度；
- (2) 对建筑墙面裂缝适应性强，防水性能好。特别适用于外墙收缩变形较大如采用硅酸盐类砌块和混凝土空心砌块等墙体材料的建筑；
- (3) 粘结胶浆采用美国比较先进成熟的技术，由粘结胶浆、EPS 板、网格布等组成的外保温隔热材料具有抗风压、耐候性好、吸水率低、湿湿变形小和轻质高效的保

<sup>43</sup> 数据来源于：市场收集厂家资料及部分设计院设计人员、施工人员访谈记录。

<sup>44</sup> 数据来源于中华人民共和国建设部第 238 号“关于发布《建设部推广应用和限制禁止使用技术》的公告”。

温性能:

(4) 按照目前该系统在多层、中高层住宅建筑应用,工程造价为 70-80 元/平方米外墙面积,摊到建筑面积造价增加 30 元/平方米左右,对整个工程造价增加有限<sup>45</sup>。

这项技术属于中华人民共和国建设部第 218 号“关于发布《建设部推广应用和限制禁止使用技术》的公告”中的推广应用的外墙保温技术,并且已经作为夏热冬冷地区上海市的建筑产品推荐性应用标准,从中可以看出,该系统成熟且具有较大的应用前景。

#### 4.3.2.2 多层和高层民用建筑适宜技术——膨胀聚苯板与混凝土一次现浇外墙外保温系统

主要技术性能及特点:该系统是在内侧面向水平方向凿槽,并将在内外侧表面均满喷界面砂浆的 EPS 板,置于墙体外模板内侧,同时设置若干锚栓作为辅助固定件,待浇灌混凝土后,墙体与 EPS 板以及锚栓结合为一体,在模板拆除后,如局部有不平整处可用聚苯颗粒砂浆找平,然后在 EPS 板外侧做玻纤网格布聚合物砂浆保护层和饰面层。系统与混凝土墙体粘接强度 $\geq 0.10\text{MPa}$ ,玻纤网耐碱断裂强力 $\geq 750\text{N}/50\text{mm}$ ,耐碱强力保留率 $\geq 50\%$ 。系统抗风压值不小于风荷载设计值,经耐候试验后,系统表面不出现渗水裂缝、空鼓、起皮、剥落。首层墙面和门窗口易受碰撞部位抗冲击 10J 级,二层以上墙面 3J 级<sup>46</sup>。

#### 4.3.2.3 混凝土或砌体外墙建筑适宜技术——胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统(如图 4-4)



图 4-4 胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统示意图

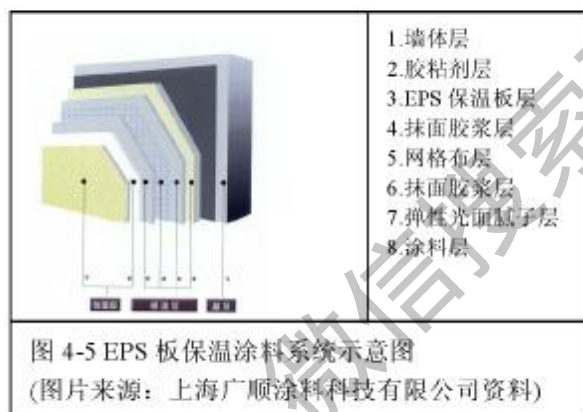
(图片来源:上海申得欧有限公司资料)

<sup>45</sup> 崔浩,朱红慧,复热冬冷地区住宅建筑外墙保温隔热技术的应用及相关材料的比选,2002 年第四期。

<sup>46</sup> 数据来源于:胡吉士,方子晋,建筑节能与设计方法——夏热冬冷地区暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用,北京,中国计划出版社,2005。

主要技术性能及特点：该系统是将胶粉聚苯颗粒保温浆料抹在墙体外侧作为保温层，并在外表面做玻纤网格布聚合物砂浆保护层和饰面层。常温常湿的情况下保温材料导热系数 $\leq 0.06\text{W}/(\text{M}\cdot\text{K})$ ，系统抗拉强度 $>0.10\text{MPa}$ 。玻纤网耐碱断裂强力 $\geq 750\text{N}/50\text{mm}$ ，耐碱强力保留率 $\geq 50\%$ 。系统抗风压值不小于风荷载设计值，经耐候试验后，系统表面不出现渗水裂缝、空鼓、起皮、剥落。首层墙面和门窗口易受碰撞部位抗冲击 10J 级，二层以上墙面 3J 级<sup>47</sup>。

#### 4.3.2.4 低标准下注重经济性的技术——外墙粉刷保温浆料节能系统



在夏热冬冷地区采用外粉刷保温浆料的节能措施较为经济、合理，与其他板材类保温材料相比，虽然热工指标略低些，却能够满足夏热冬冷地区的节能设计要求。且施工方便，基本评价是<sup>48</sup>：

- (1) 综合技术指标能够满足在夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准的要求。
- (2) 施工程序简便，减轻劳动强度，提高施工效率。
- (3) 可利用保温材料找平、修补主体结构的缺陷，防止抹灰过厚脱落。
- (4) 采用柔性渐变逐层释放应力的抗裂技术，有效地解决由于温差变形而导致结构开裂的问题，解决了困扰框架砌体结构发展的质量瓶颈。避免外墙微裂，龟裂和板块接茬裂缝等现象。
- (5) 建筑细部构造处理合理，施工方便，有效地控制“冷桥”现象。
- (6) 总造价适中，具有良好的性价比。

<sup>47</sup> 数据来源于：胡吉士，方子晋，建筑节能与设计方法——夏热冬冷地区暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用，北京，中国计划出版社，2005。

<sup>48</sup> 胡吉士，方子晋，建筑节能与设计方法——暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用，中国计划出版社，2005，P110。

外粉刷类保温层的厚度不宜太厚，对导热系数低的墙材(如 190 厚的砌块)，以及对节能指标要求较高时，建议采用膨胀聚苯板和挤塑聚苯板外保温系统，或硬泡聚氨酯复合保温等复合型保温构造，达到较好的节能指标。

## 4.4 门窗绿色建筑技术现实应用策略

### 4.4.1 窗框技术

窗框使用木材的历史最长，其热工性能也较为优秀，目前欧美国家仍大量使用；但是由于我国木材资源缺乏，且不利于生态保护，故开始推广其他新型窗框技术。目前主要有工程塑料(PVC)门窗框、塑钢共挤门窗框、断桥铝门窗框及玻璃钢节能门窗框在市场上有较好的应用情况，但 PVC 门窗框价格低廉，隔热保温性能优秀可是强度不大，抗风压能力较弱，无法使用于高层建筑；断桥铝门窗框强度、保温隔热、隔音、防冷凝等方面综合性能优秀，但是价格较高，暂时不适宜全面推广。因此现阶段重点应放在：

#### (1) 塑钢共挤型材门窗框

该门窗框是利用硬质聚氯乙烯结皮微发泡塑钢共挤技术，成功地解决了原普通塑料刚性低、角强度低、抗风压力弱的难题。通过表面涂胶、钢衬预热，及塑料层微发泡等措施解决了塑料层与钢衬热膨胀系数不一致存在的问题。

这种型材优点是档次高、可改色、物理强度高、抗风压、易组装，并节约合成树脂和节能效果显著，具有良好的隔音、隔热性和尺寸稳定性，安装方便，对目前夏热冬冷地区复杂气候所带来要求均可满足，其经济效益和社会效益显著。

#### (2) 玻璃钢节能门窗框

玻璃钢门窗框由新型复合材料制成，是新一代绿色节能环保型建筑门窗框，它既有钢、铝的坚固性，又有塑钢门窗保温、防腐、节能的特性，导热系数为  $0.4\text{—}0.5\text{ W/M}\cdot\text{K}$ ，且美观、耐用。玻璃钢门窗材料使用寿命为 50 年，与建筑物基本同寿命，可以满足国家近期和中远期建筑节能标准的要求，同时可作为建筑低能耗外围护结构组合的产品推广使用，已被国家列入《当前国家重点鼓励发展的产品、产业和技术目录》。

### 4.4.2 玻璃技术

#### 4.4.2.1 夏热冬冷地区的玻璃选择两难境地

当前冬冷夏冷地区住宅门窗的巨大性能缺憾在于玻璃技术含量的底下，基本仍然是以 5mm 单层普通玻璃为主，既不能夏季隔热也不能冬季保暖。是不是采用了高性能玻璃就可以解决问题了呢？分析本地域气候特点后，结果是遗憾的。

夏季的持续高温对玻璃提出了隔热隔光的要求，因此玻璃应该对阳光可见光<sup>49</sup>和红外光的反射/阻挡性都强；但可见光的阻隔意味着室内照度的下降，当人们使用人工辅助照明，一方面引起了额外能源的消耗，另一方面也增加了室内热量的增多，和绿色技术初衷违背；当到了冬季的寒冷季节，对玻璃提出了增加太阳辐射的全面吸收要求，这更是和夏季的要求相悖。在前文的技术统计中，一共收集了 15 种节能玻璃，但是没有一种玻璃能满足冬天全面利用太阳辐射并保温的同时在夏季又能阻隔太阳辐射并不以降低照度为代价。这就是夏热冬冷地区的两难境地。

#### 4.4.2.2 有潜力的技术成熟高性能玻璃

(1) LOW-E 膜玻璃，即低辐射镀膜玻璃，通过金属氧化物膜对可见光保持较高的通过率，而对红外长波段通过率却很小。该玻璃分为夏季型、冬季型和遮阳型三种，分别针对减少近红外线透射率、增加太阳辐射透射率和减少近红外线透射率三种情况。以环保著名的德国，低辐射镀膜中空玻璃占窗玻璃市场的 90%。

(2) 热反射玻璃。热反射玻璃对可见光和长波辐射均有较强反射，有利于夏季室内过热；对可见光的反射导致的光污染和室内照度下降是其弱点。

(3) 中空（或真空、惰性气体填充）玻璃。此类玻璃利用夹层来作为一个中间层阻挡因室内外温差而导致的、以传导方式实现的热量传播，其传热系数已经可以降到  $1\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  以下；但对辐射方式传热的阻隔薄弱是其最大弱点。

(4) 高可见光选择性玻璃。此类玻璃允许较多可见光通过，而限制其他光谱范围的辐射通过，在夏季是很有积极意义，但在冬季则无法充分利用太阳能。

#### 4.4.2.3 玻璃实际使用策略

完美的技术当然很难出现，我们的策略只能是：抓住主要矛盾，兼顾次要矛盾，达到在现行条件下的成效最优，并随着技术进步同步改进。具体到夏热冬冷地区就是主要以夏季隔热为主，以冬季保温与自然采光为辅。

##### (1) 多种特种玻璃进行复合使用。

既然一种玻璃无法两全，那可以将两种或者更多不同性能的玻璃组合到一起复合

<sup>49</sup> 对可见光的反射一方面在于夏季的持续强烈，影响正常工作，同时也因为太阳辐射的最大强度（峰值）出现在可见光的波长范围中，其热量亦不可忽略。

使用,达到多种效果的叠加来满足夏热冬冷地区的双重需求。如何选择不同品种的玻璃组合成中空玻璃的内外层,直接影响到节能的最终效果。

#### 1) 吸热中空玻璃或热反射中空玻璃

吸热玻璃或热反射玻璃都是以吸收或反射的方式减少太阳辐射热,但传热系数却很高。将这两种玻璃与普通玻璃组合,中间封入特种气体做成中空玻璃,其传热系数将大大降低,这种复合玻璃既能使太阳辐射热的进入得到适当控制,又有较好的保温性能。

#### 2) 低辐射玻璃+吸热玻璃中空玻璃

例如,外层为6mm吸热玻璃、内层为6mm低辐射玻璃、空腔厚度12mm的组合,其太阳辐射的透射率只有35%,可见光透射率仍可达到70%以上。而且由于内层镀膜的反光作用,冬季室内向室外的辐射散热量也大量减少,绝热性能相当于240mm厚空心粘土砖墙。若采用三层低辐射玻璃,其绝热性能甚至可达到500mm厚空心粘土砖墙的程度。

#### 3) 低辐射玻璃+热反射中空玻璃

将热反射玻璃放置在外侧,低辐射玻璃放置在内侧复合而成,它既能极好地遮避太阳的辐射热,又有极低的传热系数,是一种比较理想的组合。

#### (2) 综合各种绿色技术措施

在门窗自身采取措施之外,各种可调节的外遮阳装置和玻璃夹层中设置可调节遮阳装置并进行有组织通风等技术结合使用,夏天打开隔热,冬天收起采暖。如果遮阳装置表面设置太阳能采集装置,还可以提供能源供给。

#### (3) 双层皮玻璃幕墙

双层皮玻璃幕墙被喻为“可呼吸的皮肤”,它主要以双层体系做围护结构,中间保持一个空气间做缓冲地带,提供自然通风和采光,增加室内其舒适度,降低能耗,从而较好解决自然采光和节能之间的矛盾。还可以在空气间中设置各类遮阳和控光构件,使其综合性能更加提高。但目前造价和技术成熟度有待进一步提高。

### 4.4.3 性能影响因素控制

#### 4.4.3.1 门窗气密性

气密性不佳门窗漏气(间隙风)的存在,在空调房间中造成了能量的损失,在非空调房间中则由于难控制冬季漏入则会增加采暖负荷,气密性差的窗户,对于阻绝外界

噪音的功效也不佳。气密性高的门窗通常也有良好的隔音性，有隔绝噪音的好处。

目前，外窗的气密性应从制作、安装和加设密封材料等方面来改进。减少空气渗透可采取提高窗用型材的规格尺寸准确度、尺寸稳定性和组装的精确度，以增加开启缝隙部位的搭接量，减少开启缝宽度来达到目的。对于窗框与窗扇以及扇框与镶嵌材料之间的间隙处理，密封料由于和玻璃、窗框等材料之间处于粘合状态，封闭效果要优于密封件，但框扇材料和玻璃等在干湿温变作用下所发生的变形影响可能会导致密封失效，而密封件虽然适应变形的能力较强，且使用方便，但密封作用却并不完全可靠，因此，不能简单的只以密封料嵌注于窗缝或只使用密封条，而应该采用各种材料和密封方法的互相配合，提高气密性。

门窗的气密性，一般而言，塑料钢窗、铝合金门窗的气密性较木框优良，外推窗较横拉窗优良，工厂产品因规格标准比现场制作优良。

#### 4.4.3.2 门窗隔热性

有机材料的隔热性能一般较好，但金属制门窗框如果没有良好的断热处理，则会引起热桥现象(Heart-Bridge)，构造上厚度较薄的部位，或该部位所用材料不同，其热阻较小，热损失大多经过此部位，此部位的温度也较其他部位低，因此易结露，因而增加室内的热负荷。当采用容易产生热桥的金属框时在内外侧加放隔热材料，可改善隔热性。

夏季空调负荷中的很大一部分是来自于透过窗户直接进入室内的太阳辐射，在玻璃内侧加铝箔隔热窗帘，能大大提高玻璃的热阻值；另外，在满足建筑立面设计要求的前提下，增设外遮阳板、遮阳篷及适当增加南向阳台的挑出长度都能起到一定的遮阳效果，减少玻璃表面的太阳辐射，从而减少玻璃传热。在窗户内侧，设置如窗帘、百页热反射帘或自动卷帘等可调节的活动遮阳，以便夏季减少太阳辐射得热，冬季又得到日照。比如设置镀有金属膜的热反射织物窗帘，在玻璃和窗帘之间构成约 50mm 厚的流动性较差的空气间层，能取得很好的热反射隔热效果，但是也要考虑这些措施给直接采光带来的影响。

#### 4.4.3.3 门窗框热阻控制

从保温角度，型材断面最好设计为多腔型材，腔壁垂直于热流方向分布。因为型材内的多道腔壁对通过的热流起到多重阻隔作用，腔内传热(对流、辐射和导热)相应被削弱。特别是辐射传热强度随腔数量增加而成倍减少。

将带腔的金属和非金属型材复合构成复合型材时，断热桥应有足够长度(指金属断

开的距离),才能保证热桥有足够大的热阻。对于复合型材,非金属型材应有足够厚度,才能保证它有足够大的热阻  $R$ ,否则金属断热型材和复合型材传热能力降低效果不明显。铝合金断热窗保温性能不理想的另一个原因是断热不彻底。对于平开窗,装上五金件后,被断热桥断开的铝型材又被里外联通,导致断热型材传热能加强。应解决五金件及安装上存在的问题。

#### 4.4.3.4 窗墙比与门窗位置控制

由于外窗比墙体的传热系数大得多,窗户大小与空调负荷关系甚大,同时考虑到采光性和经济性,故必须控制窗墙面积比。一般,夏热冬冷地区夏季太阳辐射强度大,时间长,因此东西向的窗墙比应更小或不开窗,南向窗应加强防太阳辐射,北向窗应提高保温性能,这样可取得较好的综合节能效益。在无空调的建筑物中,各朝向可取的窗墙面积比为:北向 0.25,东西向 0.3,南向 0.35;在有空调的建筑中,单框单玻窗的平均窗墙比不宜超过 0.3,双玻窗的平均窗墙比不宜超过 0.4。详细性能对比见下表 4-6<sup>50</sup>:

表 4-6 外窗热工性能影响因素对性能的影响

朝 向	窗外环境条件	外窗的传热系数 $K/(W(m^2 \cdot K))^{-1}$				
		窗墙面积比 $\leq 0.25$	窗墙面积比 $> 0.25$ 且 $\leq 0.30$	窗墙面积比 $> 0.3$ 且 $\leq 0.35$	窗墙面积比 $> 0.35$ 且 $\leq 0.45$	窗墙面积比 $> 0.45$ 且 $\leq 0.50$
北(偏东 60° 到偏西 60°范围)	冬季最冷月 室外平均气温 $> 5^{\circ}C$	4.7	4.7	3.2	2.5	—
	冬季最冷月 室外平均气温 $\leq 5^{\circ}C$	4.7	3.2	3.2	2.5	—
东、西(东 或西偏北 30°到偏南 60°范围)	无外遮阳措施	4.7	3.2	—	—	—
	有外遮阳 (其太阳辐射 透过率 $\leq$ 20%)	4.7	3.2	3.2	2.5	2.5
南(偏东 30°到偏西 30°范围)		4.7	4.7	3.2	2.5	2.5

同时应该意识到严格控制窗墙比并不是一个阶段性问题,在玻璃技术性能与经济

<sup>50</sup> 数据来源:江苏省《居住建筑节能设计标准》。



性远远落后于墙体时，节能的意义应该大于人们的传统审美观。

由于夏热冬冷地区的春秋雨季多且全年湿度大的地域气候特点，窗户的被动式绿色建筑技术还应该重视开窗通风性能：

夏季是否有通风效果首先要确定室内是否有适当的气流路径，其次要能确保适当的风速及通风量，两者与开口的形式、大小及位置均有关系，而开窗通风性能，应配合建筑方位，双向开口、高低窗设计、透空型阳台等，采用开放式隔间及挑空设计。具体措施有：

(1) 开窗应与室内走廊上的高窗相互配合，以利整体通风。

(2) 开窗应与挑空空间形成一个连贯的流通空间；并与导风板的配置形式相互配合以利室内空间，获得充足的气流。

(3) 因地制宜，视当地气候及环境条件决定，例如日晒强烈地区东西向应避免开口，而以热控制为重(即开口部较小)；季风稳定地区则以通风为重(即开口部较大)。

(4) 开窗形式与开窗的通风效果有直接关系：根据研究的结果，一般认为：高低窗>旋转窗>外推窗>翻转窗>横拉式门窗。

(5) 导风板的应用。连接在实墙上的导风板或遮阳板会破坏气流的正负压行为，若将导风板或遮阳板与墙体分离一定间隔，气流的正负压行为将获得改善。

#### 4.4.3.5 窗户实用数据

由于窗户的保温隔热涉及细节较多，因此在实际操作中应该根据实际情况选用合适的窗户技术，达到一个经济、性能、效率多元的最优。以下是部分窗户实测传热数据(见表 4-7)。

此外，在夏热冬冷地区，当窗墙面积比 $\leq 0.25$ 时，标准要求各朝向外窗的传热系数 $K \leq 4.7 \text{w} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，可采用塑料或钢塑复合的单层普通玻璃窗。当窗墙面积比 $> 0.3$ 时，标准要求各朝向外窗的传热系数 $K \leq 3.2 \text{w} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，单层普通玻璃窗均不能满足节能设计要求。应选择满足节能要求的门窗型材。如：塑料及钢塑复合型材、断桥金属型材等，并采用传热系数低的节能玻璃<sup>51</sup>。

<sup>51</sup> 数据来源：《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)。

表 4-7<sup>52</sup> 部分窗户实测传热数据

窗框材料	窗户类型	窗框窗洞面积比 (%)	传热系数 K (W / m <sup>2</sup> · K)
铝合金	单层普通玻璃窗	20~30	6.0~6.5
	单框普通中空玻璃窗	20~30	3.8~4.2
	单框低辐射中空玻璃窗	20~30	2.7~3.4
	双层普通玻璃窗	20~30	5.0
断桥铝合金	单框普通中空玻璃窗	20~30	3.3~3.5
	单框低辐射中空玻璃窗	20~30	2.3~3.0
塑料(PVC)	单层普通玻璃窗	30~40	4.5~4.9
	单框普通中空玻璃窗	30~40	2.7~3.0
	单框低辐射中空玻璃窗	30~40	2.0~2.4
	双层普通玻璃窗	30~40	2.3

#### 4.5 湿热环境控制绿色技术现实应用策略

在提高建筑绿色节能性能中，除了改善建筑围护结构的热工性能之外，提高空调、采暖设备的效率也是一个很重要的方面。

夏热冬冷地区冬季室内外温差比北方严寒和寒冷地区小得多，改善建筑围护结构的热工性能所发挥的节能作用不如严寒和寒冷地区大，因此提高空调、采暖设备的效率显得更加重要。按照设定的计算条件，在计算出来全年采暖和空调所节约的 50% 能耗中，建筑围护结构的贡献略低于 25%，采暖空调系统略高于 25%。因此要控制空调和采暖能耗，真正达到节能 50% 的目的，必须使用高效率的空调和采暖设备或系统。另外，夏热冬冷地区春秋两季，气温突降或骤升时，不论是否已到了所谓的采暖期或空调期，居民都有可能开启空调器采暖或降温，而在冬夏季节空调、采暖设备的运行时间很集中，用电的峰值负荷对电网的压力很大，甚至可以影响到城市的正常运行，因此对室内湿热环境的控制技术改良意义重大。

<sup>52</sup> 浙江省《居住建筑节能设计标准》中，表 E.0.1。

#### 4.5.1 当前湿热控制技术的缺陷

被动式技术的潜力是有极限的，当外界环境变化到一个程度时，被动式技术就变得无能为力，这时必须依靠主动式技术来调节环境湿热适应度。当前说到湿热控制技术应用，其实就是空调技术一枝独秀。

从《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2001)上规定的适宜温度来看，针对夏热冬冷地区的复杂气候条件，全年只有不到4个月的时间能完全不依靠主动式技术达到舒适，因此湿热控制技术当之无愧的成为建筑能耗第一大户。从武汉市等多个城市看来，夏季空调的使用带动整个地区陷入电荒，甚至在近来冬季采暖期也开始出现拉闸限电的情况，而在平时又会出现电力剩余的情况，造成巨大浪费。因此在湿热控制技术上的绿色化意义深远。

空调的节能已经发展几代，目前性能在不改变现有模式的基础上改进余地已经很小。当前湿热控制均由空调一体完成，这其中就有一个两者互相牵制的问题。

例如在夏季，空调的作用是对空气进行降温 and 除湿处理，其中除湿的能耗占到空调总能耗的30%—50%。在空调系统中，对空气的降温处理要求冷源的温度低于房间空气的干球温度即可，而对空气的除湿处理则要求冷源的温度低于房间空气的露点温度。传统空调使用统一冷源对空气进行降温 and 除湿处理，因而可以造成能源品位的浪费。

例如夏季要求的适宜房间温度为25℃，相对湿度60%，此时露点温度为16.7℃，空调的排热排湿任务可以看成是从25℃环境中向外界抽取热量，在16.7℃的露点温度的环境下向外界抽取水分。考虑5℃的传热温差和5℃的介质输送温差，实现16.7℃的露点温度需要6.7℃冷源温度，这就是为什么空调系统采用5-7℃的冷冻水，房间空调器中直接蒸发器的冷媒蒸发温度也多在5℃的原因。然而空调需要的排热是在25℃环境下实现，此时冷源温度只需要15℃即可。显热排热量一般为总热量的50%以上，这部分本可以采用高温冷源即可排走的热量也与除湿一起共用5—7℃低温冷源，因而就造成能量利用上的浪费<sup>53</sup>。

此外，传统空调系统采用冷凝方式对空气进行除湿及冷却，其吸收的显热与潜热比只能在一定的范围内变化。当建筑物实际需要的显热潜热比在较大的范围内变化时，往往不能满足实际需要；对这种情况，一般是牺牲对湿度的控制，通过仅满足室

<sup>53</sup> 薛志峰，超能绿色建筑技术及应用，北京，中国建筑工业出版社，2005，P127-128。

内温度要求来妥协。这就造成室内相对湿度过高或过低的现象，引起舒适度下降，相对湿度过低也将导致由于室内外的焓差增加使处理室外新风的能耗增加。在一些情况下为协调热湿处理之间的矛盾，还需要对降温除湿后的空气再进行加热，这更造成不必要的能源消耗。由此看来，湿热分控技术就是一个很有前景的绿色建筑技术。

#### 4.5.2 湿热分控技术

湿热分控技术目前还没有在我国投入大规模使用，仅在个案中以试验性质来使用。湿热分控技术策略的基本思路是通过不同的系统分别单独控制室内的温度和湿度，可采用的末端装置一般为：以去除潜热负荷为目的的送风系统，和以去除显热负荷为目的的辐射板等干式末端装置。在常用空调系统中，冬季为了避免吹风感，有时也不使州热风而通过另外的暖气系统通过采暖散热器供热，这样就导致室内重复安装两套环境控制系统，分别供冬夏使用。在温湿度独立控制系统中，可以很好的解决这一问题，使得冬夏的末端装置共用。

基于上述温湿度独立控制空调，可以构建新的室内环境控制方式。室内环境控制系统优先考虑被动方式，尽量采用自然手段维持室内热舒适环境。根据夏热冬冷地区的气候特点，春秋两季可通过大换气量的自然通风来带走余湿，保证室内较为舒适的环境，缩短空调系统运行时间。在温湿度独立控制情况下，自然通风采用以下的运行模式：当室外温度和湿度均小于室内温湿度时，直接采用自然风来解决建筑的排热排湿；当室外温度高于室内温度，但湿度低于室内湿度时，采用自然风满足建筑排湿要求，利用干式辐射等末端装置解决室内温度问题；当室外湿度高于室内湿度的时候，关闭自然通风，采用机械方式解决室内空调要求。

当采用机械方式时，除湿系统把新风处理到足够干燥的程度，可用来排除室内人员和其他产湿源产生的水分，同时还作为新风承担排除  $\text{CO}_2$  和室内异味，保证室内空气质量的任务。一般来说，这些排湿和排有害气体的负荷仅随室内人员数量而变化，因此可根据室内空气的湿度或  $\text{CO}_2$  浓度调节风量。由于冷源水温一直高于室内露点温度，因此不存在结露的危险和排凝水的要求。还可以采用干式风机盘管通入高温冷水排除显热。

由于室内相对湿度可一直维持在 60% 以下，较高的室温(26℃)就可以达到热舒适要求。这就避免了由于相对湿度太高，只得把室温降低(甚至 20℃ 以下)，以维持舒适要求的问题。既降低了运行能耗，还减少了由于室内外温差过大造成的热冲击对人体

健康的危害。

总的来说，湿热分控技术全面革新了空调技术，是一种及其适合夏热冬冷地区的绿色建筑技术，目前该技术已经基本成熟，总体经济性良好，进行推广普及的最大阻力来源人们对该技术的陌生，随着下一步绿色大潮的来临，室内环境的湿热分控技术是大势所趋。

#### 4.5.3 新风系统技术

目前随着建筑绿色化进程，建筑物围护结构的密闭性越来越好，以前通过各种建筑构件缝隙自动进行的换气在当前建筑中就出现问题，并引起了空气质量下降、湿度上升、夏季温度上升等众多衍生问题，据调查，70%以上居住在新建住宅中的居民冬季每天都要开窗通风。然而目前大多数外窗都无法控制开窗通风量，开启一扇窗所导致的通风换气量远大于维持室内空气质量所要求的换气量。这就造成冬季采暖的热损失；而这在湿度终年很大的夏热冬冷地区建筑中使用新风系统技术已经是当务之急。在湿热分控技术普及后，新风系统也就一并完成了，但是依照目前看来传统空调还是蓬勃发展的阶段，我们必须使用独立的新风技术来解决换气问题。

按照室内卫生要求，在采暖时适量换气，而不是无控制的开窗，可以在保证室内空气质量的前提下，使这种保温好的新建建筑随着外窗的气密性不断提高，关闭外窗后所能产生的室内外换气量已不能满足室内空气质量的要求。因此北方地区居民就不再像几十年前那样，在冬季糊窗缝，而是每天都要开窗换气。据调查，70%以上居住在新建住宅中的北京居民冬季每天都要开窗通风。然而目前大多数外窗都无法控制开窗通风量，开启一扇窗所导致的通风换气量远大于维持室内空气质量所要求的换气量。这就造成冬季采暖的热损失。对于采取了保温措施的新建住宅和新建一般性非住宅建筑，由于建筑围护结构保温好，开窗后的热量消耗是不开窗时的 2~3 倍，成为冬季采暖主要的热负荷部分。按照室内卫生要求，在采暖时适量换气，而不是无控制的开窗，可以在保证室内空气质量的前提下，使这种保温好的新建建筑采暖能耗减少一半以上。在欧洲就非常重视室内的受控通风。可在窗台下设专门的可调式通风窗，可采用上翻式外窗调节通风量，还可在外窗上专门开设用于通风的小窗。研究和开发这种产品，并在建筑设计规范中强制要求设置这种通风手段，可显著减少过量通风换气导致的能耗。

即使是适量通风，室内外通风形成的热量或冷量（夏季空调时）损失，对保温较

好的建筑，也成为建筑采暖空调能耗的主要部分。对于一面外墙宽 4 米的一间 20 平方米房间，如果外墙外窗平均传热系数为  $1\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ ，则室内一次换气导致的热损失为外围护结构热损失的 1.6 倍。实际上的新建节能住宅与新建节能型一般性非住宅建筑，一次换气时的热损失往往可达到外围护结构热损失的两倍以上。此时，通过专门装置有组织的进行新风换气，同时在需要的时候有效的回收排风中的热量或冷量，对降低这类建筑的能耗就具有重要意义。显热回收装置回收效率达到 70% 时，就可以使采暖能耗降低 40%~50%<sup>54</sup>。

目前在夏热冬冷地区中已经有些高档住宅与写字楼应用了独立新风系统。除被动式通风措施外，现在主要采用风机盘管技术来达到新风投送。由于风机盘管技术成熟、门类很多，各有特色，我们无法决定哪个技术最好，但是在选择上可以遵循以下原则：

- (1) 送风效率高，内部损耗小，风速恒定，大小均匀。
- (2) 送风方式以置换通风为最佳，应避免送风对室内正常生活的影响，控制吹风感、噪音等等。
- (3) 能全面回收废气中的热量，能对新风进行除湿处理。
- (4) 按需送风，风的各种参数可调，“个性化送风”模式。
- (5) 节能、环保、卫生、健康。

在清华超低能耗示范楼中使用的溶液除湿空调是一个很有潜力的新风系统，整个系统由 4 台新风机（除湿机）、一台热水再生器、一台太阳能再生器及储液罐组成。溶液除湿空调新风系统的再生热源有发电机的余热和太阳能，采用集中再生的方式，将再生后的浓溶液直接送入各层的新风机使用。由于系统中，能量是以化学能的形式储存的，其蓄能密度很大，为系统的有效调节运行提供了保障<sup>55</sup>。

#### 4.5.4 热泵技术

##### 4.5.4.1 热泵技术综述

热泵技术问世已有上百年，我国已步入了世界空调用热泵生产大国的行列，但是却有许多人不知晓这项技术。热泵技术通俗的说是一种利用高位能使热量从低位热源流向高位热源的节能装置。按热泵采用的热源可分为空气源（风冷）热泵、水源热泵和地源热泵。

<sup>54</sup> 江亿，发展建筑节能的三大突破口，北京，科技报，2005 年 6 期。

<sup>55</sup> 薛志峰，超低能耗建筑技术及应用，北京，中国建筑工业出版社，2005，P127-128。

热泵技术的技术优越性表现在：

(1) 能长期利用江河湖海、城市污水、工业污水、土壤或空气中的低温热能。

(2) 是目前世界上最节省一次能源的无污染、低运行费的供热系统。其热效能比可高达 4.5 以上，节约高位能源<sup>56</sup>。

(3) 在一定条件下可以逆向使用，一机两用：冬季取暖，夏季制冷，全年供生活热水。而不必搞两套设备的投资。

热泵应用的重要方向就是很适宜解决夏热冬冷地区建筑物空调的冷热源问题。

#### 4.5.4.3 热泵技术的选择策略

综合比较看来，各种热泵的侧重点不同，在实际使用中应按使用目的和使用条件来进行最优选择。

(1) 空气源（风冷）热泵技术。

其目前的产品主要是家用热泵空调器、商用单元式热泵空调机组和热泵冷热水机组。热泵空调器已占到家用空调器销量的 40~50%，年产量为 400 余万台。热泵冷热水机组自 90 年代初开始，在夏热冬冷地区得到了广泛应用，据不完全统计，该地区部分城市中央空调冷热源采用热泵冷热水机组的已占到 20~30%，而且应用范围继续扩大并有向此移动的趋势。

其目前最大缺点在于冬季的低温热水在传统的空气—水空调系统中难以发挥出令人满意的采暖效果，常常使用电辅助加热。而低温热水（一般在 40—45℃ 左右）理论上却恰好满足地板辐射采暖系统的需要，从而有可能使能源得到梯级利用，提高能源的利用效率。同时可将夏季供冷和冬季供热系统进行了合理整合。

因此，在夏热冬冷地区使用空气源（风冷）热泵技术的最佳策略是：夏天气温高时利用热泵空调器制冷降温，冬天利用热泵产生的低温热水以热源采用地板辐射采暖。

(2) 水源热泵技术

是一种介于中央空调和分散空调之间的优化空调能源方式，它既具有中央空调能效高，成本低和安全、可靠等优点，又具有分散式调节灵活、方便和便于收费等优点，是一种适合民用建筑的采暖空调方式。

该技术目前最大的缺点在于水源对位置的限制，并且使用水源不慎有可能产生水

<sup>56</sup> 薛志峰，超能节能建筑技术及应用，北京，中国建筑工业出版社，2005，P208。

污染与浪费。根据武汉地区“蓝湾俊园”住宅小区水源热泵经验，可以尝试与工业废水余热利用相结合，变废为宝。

因此，在夏热冬冷地区使用水源热泵技术的最佳策略是：在水资源的综合利用上使用。优先考虑结合工业废水余热回收使用，其次在地表水资源丰富地区使用，最后考虑使用地下水资源，在使用天然水时，应该注意使用热交换器及相关技术，防止自然水体的浪费与污染。

### (3) 地源热泵技术

最有潜力热泵技术。是以大地为热源对建筑进行空调的技术，冬季通过热泵将大地中的低位热能提高对建筑供暖，同时蓄存冷量，以备夏用；夏季通过热泵将建筑物内的热量转移到地下对建筑进行降温，同时蓄存热量，以备冬用。由于其节能、环保、热稳定等特点，在欧美等发达国家利用已有几十年的历史，我国开始研究不久，尚无成熟技术大规模应用。

## 4.6 能源利用绿色技术现实应用策略

### 4.6.1 太阳能利用策略

太阳能具有可再生、使用清洁、安全，来源广泛，现有利用方式多种多样，在固定区域一年中的功率基本稳定等优点，但是也有能源密度低、受地域年总辐射量限制、无法恒定输出，热转换效率低下等等不足。就夏热冬冷地区来说，太阳能的利用先天不足，该地区太阳能资源在我国属于四类地区，局部属于五类地区，年日照时数为1000~2400小时，年辐射总量在3344~5016MJ/m<sup>2</sup>·a之间，属于较差及最差区域<sup>57</sup>。但是“勿以能小而不为”，太阳能的利用方式多种多样，只要针对地域特征综合考虑，仍然能在能源利用、经济性和实用性上达到一个最优化策略。

太阳能的利用分为被动式利用和主动式利用，被动式利用主要有被动式太阳能房、建筑通风采暖等方式，由于在被动式设计中已经叙述过，在此主要讨论主动式太阳能在夏热冬冷地区的利用策略。按照太阳能的转换方式，太阳能利用分为太阳能光热利用技术、太阳能光电利用技术以及自然光利用技术。

#### 4.6.1.1 太阳能光热利用技术

<sup>57</sup> 数据来源 <http://www.solar.cn.com>.



### (1) 太阳能采暖系统

太阳能采暖系统通常以太阳能集热器作为热源，因用空气或者水作为热媒的不同，又可分为太阳能热风集热式采暖系统、太阳能热水集热式采暖系统和太阳能热水集热式地板辐射采暖兼生活热水系统三类，主要提供房间采暖及热水供应。

### (2) 太阳能制冷系统

太阳能制冷技术根据工作原理不同可分为太阳能吸收式制冷、太阳能吸附式制冷和太阳能喷射式制冷等多种形式，但现阶段下，只有太阳能吸收式制冷技术相对成熟，其原理与溴化锂吸收式制冷机原理相同，只是热源由太阳能集热器产生的蒸汽或热水提供。中国科学院广州能源研究所在广东江门市建成第一套实用型机组，该项目也是国家科委“九五”科技攻关项目。

### (3) 太阳能热水器

太阳能热水器技术成熟，已经实现了大规模的商业化应用，截止 2002 年，全世界太阳能热水器的保有量约 1 亿立方米，其中中国占到了 40% 以上。技术发展经历了闷晒式热水器、平板式热水器、全玻璃真空管式集热器、真空管热管式集热器四代，目前前三代在市场上同时共存，以第二和第三代为主。

针对夏热冬冷地区的现实情况、技术成熟度及经济性，太阳能光热利用技术的利用主要应该在集中于太阳能热水器上，由于地域日照少，还必须加装辅助加热设施，但是毕竟能节省部分能源。在有条件的地区，可将热水器结合地板辐射采暖系统进行冬季供暖，达成一器多用。考虑到实际利用效率及美观等多种考虑，可以使用集中式太阳能集热器，在整个住宅可采热面上统一规划，提高热利用率。

#### 4.6.1.2 太阳能光电利用技术

太阳能光电利用技术主要分为太阳能热发电系统和太阳能光伏发电技术，后者已经很成熟，但我国现有技术储备和国外还有较大差距，依赖进口价格较高。针对夏热冬冷地区该技术存在成本过高，转换效率不高，使用局限过多，不适宜现阶段在该地区大规模应用。

#### 4.6.1.3 自然光利用技术

我国发达地区的建筑能耗平均占到总能耗的 20%~30%，而其中的照明能耗又占到建筑能耗的 30%，自然光利用技术这一绿色技术利用室外阳光代替人工照明不仅节能而且提供绿色人居环境日益重视。欧美发达国家已经将太阳能利用的方向转移到日光照明技术上来。

#### (1) 反射式采光机+平面镜反射传输

主要原理是利用随时跟踪太阳的抛物面的反射镜将平行的日光汇聚，将汇聚光线通过小的凸透镜还原成光强大的小直径平行光束，后接高效反光镜进行传输，导入地下室或者其他空间利用散光镜进行局部照明，采光机的效率可以达到 58.9%，整体的光传输效率在 30%<sup>58</sup>左右，且设备简单，造价低廉。

#### (2) 透射式采光机+光导纤维传输

主要原理与上技术一样，只是采光器与传输方式变化了，该类型优点是可以剔除日光中的红外和紫外光线，室内无热量散发，照具多样，适合高效稳定绿色日光传输到各种区域；但是也存在造价过高的缺点，目前日本已全面使用。

总体来讲，自然光利用技术在夏热冬冷地区的太阳能利用中大有作为，它的技术简单、能量转换率高，实用性高，且一次投入终身受用；现在住宅小区中使用不多，值得大力推广。

### 4.6.2 热电冷三联供技术（BCHP）

当天然气采用动力装置先由燃气发电，再由发电后的余热向建筑供热或作为空调制冷的动力，可获得更高的燃料利用率。这种通过自行发电解决大部分用电负荷，解决用电稳定的同时还降低了输配电网的输配电负荷，减少了长途输电的损失。这种先进的技术就是热电冷三联供技术（BCHP）。主要设备从功能上分为发电设备、供热设备、制冷设备和蓄能设备。

BCHP 的关键设备是燃气发电装置，最优化的成熟方案是燃料电池技术，而制造这种燃料电池的大部分原料都来源于中国，我国完全有条件跳过动力机械，直接使用燃料电池来做我国建筑新能源系统，直接一步跨越到世界先进水平。身处我国夏热冬冷地区的长沙远大集团在这方面技术已经处于国际领先水平。

这一技术对夏热冬冷地区有特殊意义：第一，“西气东输”工程已经稳步实施，整个夏热冬冷地区的天然气供给已经稳定有保障；第二，热电冷三联供技术既可以提供电能，还可以提供制冷供暖，能全年满足夏热冬冷地区的热工要求；第三，从城市绿色环境控制来说，使用该项技术可以大量减少煤燃烧带来的三废污染，在环境、能源、经济上优势明显；第四，该技术能源利用率高，能减少对城市电网的依赖水平并调配电网负荷，有效减少夏热冬冷地区集中使用空调系统时“拉闸限电”出现及春秋

<sup>58</sup> 数据来源清华建筑节能试验报告。

时节的电力剩余情况。

近年来，BCHP 技术发展普及很快，美国预测到 2020 年新建建筑的 50%，现有建筑的 20% 都将采用这种方式来解决建筑物内的能源供给。我国武汉市也于近期开始了自己的热电冷三联供技术推广使用计划。在实际使用推广中，还应该注意以下问题：

(1) 使用规模越大越经济，能源利用效率越高。因此最佳的利用方式整个住宅小区或者大型公共建筑统一使用，然后再分量计费。在远期技术及使用条件进一步成熟之后，可以结合市政能源规划考虑，进行整个街区或者特定规模区域的集中使用，可获得更大的效益。

(2) 本技术当前还值得改进的地方有：高发电效率、低排放的燃气发电动力装置；高密度、高转换效率的蓄能装置和高效的热驱动空调方式。

#### 4.7 基于绿色建筑技术地域适应性的系统综合策略

技术的革新、接受和推广是一个缓慢的过程，所以当大量技术开发出来摆在我们面前时，在特点地区、特定情形下如何选择，组合，协同，并良好的运转是提高技术转化为生产力速度的重要影响因素。

本文一直强调单个技术应有其地域适应性，但建筑是一个综合系统，一个合格的绿色建筑的最最终成效反映是由其中包含的成百上千个绿色建筑技术综合复合效应表现的。这个时候我们就还应该在单个技术的地域适应性下考虑技术与技术之间的配合关系，是否技术的组合达到了一个最优的配置，这就是技术基于地域适应性的系统综合优化配置。

在我们选择出了各个方面最适应夏热冬冷地区的绿色建筑技术之后，如何运用它们最终完成一个最适宜夏热冬冷地区地域特点的绿色建筑体系，简单的技术堆砌肯定是不科学的，在这一“最后一寸”的过程中，我们应该遵循以下几点技术的系统综合原则：

##### 4.7.1 建筑整体的绿色表现才是最终目的

在技术选择的时候，我们一定要把最终目的：“建造一个最适应特定地域的绿色建筑”作为技术评判标准。技术是为建筑这一最终结果服务的，技术的选择不能单单看技术的各种性能与效果，要将技术放置于特定建筑的实际使用条件下评估，因此同

一地域的不同建筑有可能选择的技术完全不一样。

#### 4.7.2 多技术的综合效果是复合影响不是算术叠加

技术与技术的共同作用下，一个建筑才能正常运转；因此在实际使用中，两个或者多个技术之间可能会互相影响，单独使用正常的技术放在同一个建筑中就可能无法正常运行，因此技术的系统综合问题就是一个“ $1+1 \neq 2$ ”的问题。因此技术的选择必须站在一个更高的角度来看待适应性问题。

技术与技术的系统优化综合就是一个要使“ $1+1 \geq 2$ ”的过程。这里技术之间的协同性比单个的优越性更重要。不一定最好的技术放在一起就一定是最好的系统，也不见得两个性能一般的技术综合起来就无法成为一个一流的系统。选择技术一定要明白每个技术的优点、缺点及注意事项。比如，A 技术在配合 B 技术成为一个系统时，还能利用 A 技术的某个特点来弥补 B 技术的一个缺陷，这就是一个良性的优化系统，能发挥出“ $1+1 \geq 2$ ”的效果。

#### 4.7.3 “中等技术”、“适宜技术”与“高技术”

##### 4.7.3.1 “中等技术”与“适宜技术”

1973 年，E. F. 舒马赫(Schumacher · c · f.) 出版了他的著名的《小的是美好的》一书。其后在世界范围内兴起了推广“中等技术”或“适用技术”(Appropriate Technology, 简称 AT)的热潮。联合国与世界银行等国际组织也在相当一个时期内，热衷于向发展中国家推广有关根据自己国家的实际状况采用不同的“中等技术”或“适用技术”的经验。

舒马赫在该书中所提出的“中等技术”是指一种大众化的生产技术，它依赖于最好的现代知识与经验，在生态原则基础上致力于权力分散，谨慎地使用稀有资源，使这些知识、经验及资源有效地服务于人类。

根据这些理论，一种技术的发展和普及与一个社会能够接受这种技术的能力有关，任何低于或高于这种能力的技术选择都会对这个社会经济的正常合理的发展产生不利影响。因此，所谓中等技术就是符合地方特殊条件的技术，是在地方条件限定下所作的最佳技术选择，而不是不顾客观条件的限制一味去追求所谓“高新技术”。这是由于在通常情况下，技术的高新程度越强，它的效益就越好，但同时对操作技术的人的素质及其它一系列社会经济条件的要求也就越高，使用这种技术所需付出的社会成本也就越高。因此，如果在条件不具备的地方使用“高新技术”只会“事倍功半”。

总之，“中等技术”理论的着眼点是根据一个地方对技术的接受能力来考虑对技术的选择，使技术的成长与社会经济的发展水平与速度相吻合。它的根本特征是：经济可行、良好的环境性能以及符合人性的需求。“中等技术”具体到某一特定地区，则称之为地域技术，它是根据地域气候、环境条件而采取的绿色技术。地方材料、传统技术更容易与地域建筑特色相结合，有助于延续地方文化，建筑也会更能体现地方特色，真正做到因地制宜。对我国经济发展及不均衡的夏热冬冷地区来说，“中等技术”是物美价廉的选择。

舒马赫有关中间技术的概念，是建立在广大不发达的第三世界深入研究基础上的。所以，他不认为“中间技术”普遍适用，不否认高技术优势所在。

“适宜技术”(Appropriate technology)由 W. 沙赫提出，简而言之，适宜技术就是能够适应本国本地条件并发挥最大效益的多种技术。它同样是针对第三世界国家的国情而提出的，从概念内涵到技术内涵与中间技术相似，没有本质区别。

#### 4.7.3.2 “高技术”

这一趋向主要是指发达国家的建筑师如：诺曼·福斯特、理查德·罗杰斯、伦佐·皮亚诺、迈克尔·霍普金斯、尼古拉·格林姆肖等所采取的技术路线，即关注利用技术含量高的现代技术，侧重于技术的精确性和高效性。

#### 4.7.3.3 “高”与“中”的利用

我国夏热冬冷地区东西发展的不平衡与差距似乎越来越大。在这种情况下，高技也好，低技也好，都有了用武之地。在上海等沿海开放城市，由于海外先进技术和观念地大量引入，高新技术的生态建筑出现很多，使得城市面貌发生了很大变化。而在四川、贵州等相对落后的地区，运用土技术和低廉材料的设计方法也被大量推广应用，其结果使先进地区和落后地区都能在不同程度上得到发展。

北京国际建筑师大会发表的《北京宪章》指出：“技术的高与新，并不在于技术手段的繁复，而是在于是否符合人类文明可持续发展的要求。”因此从实际出发，我们在处理夏热冬冷地区技术选择上，应提倡多层次技术的建构，“高技术”与“中等技术”的“中和”运用应该成为绿色建筑技术体系中广泛认同的技术应用原则。“中和技术”的发展途径有：

- 1) 利用“高技术”改造“中间技术”；
- 2) 将先进技术改革、调整以满足中间技术的需要；
- 3) 进行实验研究，按照现实情况直接效力于中间技术。

#### 4.7.4 技术综合是一个开放的体系

科学的发展是无止境的，技术也在不断进步发展，一个建筑的使用年限长达几十年，因此在技术综合时应该考虑未来升级空间和改造可能，现在在我们身边因为功能无法升级而只好爆破的半旧建筑的事情实在触目惊心。同时从另一个方面来理解，就是你永远无法在某个时间点完成一个完美的技术系统，因此在技术选择中应该注重现实性，不要一味贪求单纯的先进——技术的先进必须在合理满足需求、工作运行稳定、经济性良好、后勤保障方便等等前提条件下进行。

#### 4.8 本章小结

本章根据技术成熟度，对夏热冬冷地区的地域气候、经济水平的适宜度等等多个方面对前文中适宜夏热冬冷地区的绿色建筑技术统计中的大量技术进行评价筛选，一切从现实应用出发，分别针对当前夏热冬冷地区建筑最需要给予关注的建筑设计、屋面保温隔热、墙体保温隔热、门窗保温隔热、室内环境湿热主动控制、新能源利用等六大方面从中挑选出近 20 项最适宜技术进行了介绍及全面评价，并分别明晰其普及推广策略与注意事项；在本章最后，讨论了技术选择与技术系统综合的原则，以有效指导当前绿色建筑技术的应用普及。

## 5 夏热冬冷地区绿色建筑技术的发展趋势

### 5.1 处于实验阶段的有潜力夏热冬冷地区绿色建筑技术

目前绿色建筑运动在中国蓬勃兴起,在政府的大力倡导下,大量机构都参与了新型绿色建筑技术的研发工作。本文选取了部分对我国夏热冬冷地区具有期待意义的在研绿色建筑技术进行介绍。

#### 5.1.2 墙体新技术——相变蓄能材料

相变蓄能材料(phase change material, PCM)是指在其物相变化过程中,可以从环境吸收热(冷)量或向环境放出热(冷)量,从而达到能量的蓄存和释放的目的。PCM 具有蓄热密度大、蓄放热过程近似等温、过程易控制,并且可以多次重复使用等优点<sup>59</sup>。

应用到建筑中,在围护结构内配置适宜的相变材料,则可夏季夜间室外空气通过楼板空洞通风使楼板冷却,白天用冷却了的楼板吸收室内热量。在冬季则设法利用围护结构吸收和蓄存白天进入室内的太阳辐射热避免室温过高,在夜间释放这些热量,以减少室温的下降。使用这种材料来制造墙体可以具有很好的温度稳定性,自调温功能,是对当今传统保温材料只具有单一热阻性能的重大技术突破,完成了热熔性保温应用于建筑的技术变革,使建筑围护结构的热惰性、蓄热性、湿呼吸性和节能性更加优越。在利用太阳能及类式夏热冬冷地区间歇性的制冷供暖中均可以达到较好的保温隔热作用,提高室内的舒适度。

新型的定形相变材料是将相变材料以小颗粒状分散在固体支撑材料中形成的,在相变温度段不会熔融或变形,保证形状的稳定。定形相变材料不易泄漏,无毒无害无腐蚀,无需封装可直接使用。目前开发较为成功的实验性技术有:

(1) 相变储能材料专用蜡。其为清华大学承接的国家“863”和“973”项目“定型相变储能材料”提供的一种特种原料,是相变温度在 20-40℃的特种蜡,可开发出性能优异的具有蓄热功能的新型建筑材料。

(2) FTC 自调相变蓄能材料。由北京秦天科技发展有限公司研发的专利技术,

<sup>59</sup> 谢尧坤,陈爱英,新型蓄能技术—相变蓄能,株洲师范高等专科学校学报,第8卷第5期。

目前已先后通过了中国专利技术推广中心、建设部科技发展促进中心等 5 家单位的技术鉴定和评估，并在西安骊马市木材加工厂批量性实验应用，引起了业界的关注。其试验结果表明，夏季室温超过 31℃ 时，使用相变材料可使室温保持在不高于 28℃ 状态下，空调使用率减少 46%；冬季室温低于 12℃ 时，使用相变材料可使室温不低于 18℃，电采暖设备也可节省电能 35%；在分户隔墙、地面、顶板使用相变材料后，可使能耗降低约 32%<sup>60</sup>。

(3) Inaba 教授等和叶宏研制了石蜡和高密度聚乙烯体系，并研究了其热物理性能。法国的 Xavier PY 等人以膨胀石墨作为支撑材料，制备了石蜡-膨胀石墨定形相变材料，并研究了体系的热物理性能，主要目的是提高材料的导热系数。研制了相变温度在 20-40℃ 范围内的系列定形相变材料，制备出实验室样品<sup>61</sup>。

### 5.1.3 门窗新技术

#### 5.1.3.1 硅气凝胶特种玻璃

早在 1992 年美国学者 Hunt.A.J 等在国际材料工程大会上就提出了超级绝热材料 (Super-Insulator) 的概念。近几年，国外超级绝热保温材料发展明显加快，已成为有关绝热保温技术国际研讨会上关注的重点之一，纳米超级绝热材料的气孔尺寸小于空气平均分子自由程 ( $\leq 70\text{nm}$ ) 且具有很低的体积密度，材料在常温和设定的温度下有比空气更低的绝热系数<sup>62</sup>。以硅气凝胶为代表的“纳米孔超级绝热材料”的概念在我国的提出只是近两年的事情。

20 世纪 40 年代，美国 MONSTANTO 公司的 Samuel Kister 将纳米孔结构模型首先在气凝胶材料上变成现实，成功制造了纳米孔型的硅气凝胶。近几年来，工艺不断的改进和完善，产品成本有了明显的下降。尽管如此，价格因素仍然是限制其大规模应用的主要障碍<sup>63</sup>。

硅气凝胶是一种聚合物，外观如同有机玻璃，轻质透明而坚硬，是一种效能特别高的保温隔热材料，其保温性能比同样厚度的普通泡沫塑料大四倍，在未来的玻璃产品中掺入硅气凝胶，可使门窗的保温隔热性能大幅度提高。

因为密度极低，目前最轻的硅气凝胶仅有 3 毫克每立方厘米，比空气重二倍，所

<sup>60</sup> 数据来源 <http://www.arch-world.cn/article/article.asp?sn=146101-20051008-0006>。

<sup>61</sup> 孙志峰，超低能建筑节能技术及应用，北京，中国建筑工业出版社，2005，P120。

<sup>62</sup> 尹强山、刘朋，纳米孔超级绝热材料硅气凝胶制备与改性，宁夏大学学报，2004,23(5)。

<sup>63</sup> 数据来源网上匿名“分析保温涂料及技术的发展方向”一文。



以也被叫做“冻结的烟”或“蓝烟”。由于里面的颗粒非常小（nm 量级），所以可见光经过它时散射较小（瑞利散射），就像阳光经过空气一样。因此，它也和天空一样看着发蓝（如果里面没有掺杂其它东西），如果对着光看有点发红。（天空是蓝色的，而太阳看起来有点红）。由于气凝胶中 99.8% 以上是空气，所以有非常好的隔热效果，一寸厚的气凝胶相当 20 至 30 块普通玻璃的隔热功能。在俄罗斯“和平”号空间站和美国“火星探路者”的探测器上都有用到这种材料<sup>64</sup>。

目前该技术主要存在的问题是制造价格太高昂，而且质量不稳定。主要如果这种技术完全成熟，实现大规模的民用化，那么，对夏热冬冷地区玻璃选择的两难问题就会得到一个两全的解决，这是一个尤其值得我们期待的技术。

#### 5.1.3.2 电控玻璃

调光玻璃是一种智能型高档功能玻璃，通过电流、电压通断调节阳光在直射与散射间变化，实现了玻璃的通透性和保护隐私的双重要求，即使不透明时，采光仍很好，室内光线怡和，这是目前所有窗帘都无法实现的，并且对红外线具有绝缘反射作用，使得户内冬暖夏凉，环保节能。该产品采用夹层玻璃工艺将调光膜复合在两片玻璃中制成，利用液晶的光学各向异性实现了调光膜的光电功能。该产品在断电时玻璃模糊，通电时玻璃变得清晰，由模糊到清晰的反映速度仅需 1 / 1000 秒。其透光率可控制在 5-70% 之间。

目前本产品主要在美国、日本、韩国生产，在欧美日有着广泛应用。我国南京智显科技有限公司采用专利购买的形式刚刚开始生产。从目前应用前景看，该产品耗能少，并适合我国夏热冬冷地区两季不同的性能要求，结合其他绿色节能玻璃，综合效果将达到一个新高度，同时国产化后价格开始朝可接受的方向移动。

#### 5.1.3.3 门窗用钛金箔膜技术

钛金箔膜是一种由钛金属纤维增强特种材料制成的复合材料薄膜。钛金箔膜复合玻璃具有极佳的防射击穿透、防爆、防盗等功能，安全性能好，同时还具有良好的阻燃作用。在过去几年中，国内主要应用于银行、珠宝、展示行业。

目前通过性能改良，产生了专用的门窗用钛金箔膜，单从建筑节能角度分析，若在普通门窗白片玻璃部位粘贴钛金箔膜则可反射相当数量的太阳热辐射，从而大大降低室内空调制冷、能源消耗，亦资料介绍一般可节能 30% 左右。因此，钛金箔膜技术

64 王珏,周斌,沈军,孟凡明,顾茂斌,轻质高效保温材料掺杂硅气凝胶,功能材料,1996.02.

同样也适用于高层玻璃幕墙，使幕墙玻璃强度提高、不破碎、不散落，并具有阻断紫外线和防老化等优点，目前尚未推广的主要阻力来源于价格过高，同时在夏热冬冷地区存在无法在冬季充分被动利用太阳能的缺点。

#### 5.1.4 室内湿热环境控制技术——吸湿性高分子材料

夏季空调的大量能耗用于室内的湿度调节，而上述各项技术对湿度控制并无明显作用。采用一些吸湿性高分子材料，可以在空气湿度高的时候，吸收空气中的水分，使其转换为结晶水而封存在材料中，在室内空气相对湿度较低时又重新把水分释放回空气中。这样可维持室内相对湿度在 40%~75% 的舒适范围内，而不消耗常规能源。目前日本、欧洲都开展了相关研究，国内的研究开发也接近同等水平。

这项技术的突破将对我国夏热冬冷地区全年持续高湿度状况起到高效的改善作用，特别是住宅和普通公共建筑的夏季室内环境调节及降低空调能耗甚至在某些场合取消传统空调起到重大作用。

目前开发较为成功的有海复旦大学高分子科学系下设的上海衡元高分子材料有限公司，成功开发了具有世界领先水平的两大环保系列干燥剂产品：衡元纤维干燥剂和衡元矿物干燥剂，但目前在和建筑材料的有效结合上，还有待提高。

#### 5.1.5 新能源技术

##### 5.1.5.1 地能利用

地能具有供应稳定，无污染，可再生，使用安全等多种优点。夏热冬冷地区选择地能利用的原因也在于地能的稳定性：大地的热惰性使大地的问题一直保持一个相对定位，相对于大气温度表现出明显的“夏凉冬暖”的性质，有利于全时段全面的直接利用，省去不少中间能量转换环节，达到高效。

目前利用有较多方式，但多有对地质构造的特殊性限制，不具大规模推广性，对有夏热冬冷地区地能的应用应该建立在对土地无差别的使用上，而不是局部高位地能的利用上。因为夏热冬冷地区地能品位较均衡，地热资源不多，地下水资源相对丰富的特点。

目前较有潜力在夏热冬冷地区普及的地能利用技术是“地理管式土壤源热泵”技术，它是通过在地下垂直或水平埋入塑料管，通入循环工质，成为循环工质与土壤间的换热器。在冬季通过这一换热器从地下取热，成为热泵的热源；在夏季从地下取冷，使其成为热泵的冷源。这就实现了冬存夏用，或夏存冬用，全年直接利用，能量转换

率高。

目前这种方式的问题是初投资较高，并且由于需要大量从地下取热、储热，仅适宜低密度建筑，同时管道的管理、检损、污染问题有待进一步解决。与建筑基础有机结合，从而进一步降低初投资，提高传热管与土壤间的传热能力，将是今后低密度建筑采用热泵解决采暖空调冷热源的一种有效方式。该技术值得进一步研究发展。

#### 5.1.5.2 二氧化钛薄膜太阳能电池

位于瑞士洛桑的瑞士联邦技术研究所的格莱泽尔 (Michel Graze) 教授在 1991 年仿照叶绿素的光合作用原理制作了第一个二氧化钛 ( $\text{TiO}_2$ ) 太阳能电池，世人称为“格莱泽尔电池”。这种太阳能电池估计可以使用 20 年，在阳光直射时，格莱泽尔电池的光电转化效率为 10%；在阴天时，它的效率更高，达到 15%，这是太阳能硅电池望尘莫及之处。据称，格莱泽尔电池的价格只有晶体硅太阳能电池的 1/5。这是因为二氧化钛是一种很便宜天然矿物，目前广泛用于制造牙膏和涂料（即钛白粉），据说建造 1 平方米二氧化钛薄膜只需人民币 1.3 元<sup>65</sup>。

前文中之所以因为未将成熟的太阳能光伏发电技术列为推荐应用技术的原因在于：夏热冬冷地区太阳能并不丰富，而光伏发电板价格相对昂贵，按照现行的能源价格，回收光伏太阳能板的成本需要该板正常工作 25 年~30 年才可能，这基本无法保证，所以光伏太阳能电池对夏热冬冷地区意义不大。而这里介绍的二氧化钛薄膜太阳能电池却能较好的满足夏热冬冷地区的现实条件：第一，在阴雨天也能正常工作，甚至可以工作得更好，适应夏热冬冷地区阴雨天气比例大的特点；第二，价格低廉，正常工作 5~6 年就可以收回投资，然后可以有 15 年左右的收益期，符合经济现实条件。

目前该技术最大的不成熟点在于大批量制作的技术不成熟，薄膜在使用环境中的维护与持久性有待进一步加强。这也是一项值得我们期待的新技术。

## 5.2 未来夏热冬冷地区绿色建筑技术的开发方向

### 5.2.1 高性能无机保温隔热墙体技术

目前我们在夏热冬冷地区大量使用的屋面及墙体保温隔热技术体系的核心内容都是有机材料，（虽然也有部分无机材料如矿棉板等材料，但多是考虑到经济因素），

<sup>65</sup> 数据来源 [http://www.jinamxiaofeiwang.com/dir/fangchan/fc\\_xbz/04\\_36\\_09\\_11633.htm](http://www.jinamxiaofeiwang.com/dir/fangchan/fc_xbz/04_36_09_11633.htm).

因为有机材料的综合性能远远高于无机类材料，它们一般都具有轻质、防水、高效的特点，但是同时也有持久性较差、施工要求高、不防火、机械强度不高等不足。根据现在有机保温隔热材料的实际应用问题和长远考虑，随着材料技术的不断进步，无机类保温结构一体化材料无疑是夏热冬冷地区保温隔热发展应用主流，理由如下：

(1) 夏热冬冷地区气候变化剧烈，全年温差大，对材料保温隔热的性能、更对材料自身的持久性，包括机械性能、抗老化性能提出苛刻要求；有机材料的自身优势决定了有抗高温、强度不高的先天缺陷，而无机材料现在已经能很好的满足要求。

(2) 采用有机保温隔热技术体系使施工程序复杂冗长，不容易保证质量。在使用有机材料轻质高效的保温隔热性能的同时，我们必须就要为它们先天不足买单、于是现在的有机保温隔热技术体系都是一个“超级汉堡包”式的结构，包含了许多不同的材料层，分别担负起抗损、防火、防裂、抗震等等职责。这个时候，轻质已经被其他材料抵消，同时给有机材料本来高昂的价格雪上加霜，加重了用户的负担。

(3) 无机保护隔热材料更容易与建筑承重结构匹配、结合。纵观当前的有机保温隔热体系，有个重大的技术瓶颈就在于有机材料与无机机构的连接方式，由于连接质量不可靠而引发的问题与事故一直不断，而如果使用无机材料，与结构的连接，甚至是结合一体化设计、使用都不成问题，这对简化施工程序，提高空间利用率都很有现实意义。

(4) 有机材料要耗费不可再生的石油资源，同时在生产、使用及报废的全寿命过程中都会对环境造成不利影响。无机材料来源广泛，很多都是自然生成之物，并可以回收使用，环保绿色。

目前无机保温隔热材料无法替代有机材料的重要原因还是在于保温隔热性能的差距而只能唱配角，但是我们却也可以看见一些新型无机材料已经开始表现一个替代有机材料的趋势：例如我国绵阳“及时雨”保温隔音技术开发公司的甲基混凝土技术及钙、镁混合以后发泡的混合材料。“及时雨”这个技术，会使混凝土形成一种憎水材料，屋面墙面均可使用。它的传热系数很小很小，已经接近于现在有机保温隔热技术的代表——聚苯乙烯泡沫材料<sup>66</sup>。同时该材料与现有的土建建筑的土建结构同是硅酸盐系列的无机材料，同性材料的亲和性使其可以大规模的伴随建筑结构施工同步进行保温隔热操作，使建筑主体结构与保温同时完成，并且还有一个优点就是无机保温

<sup>66</sup> 数据来源绵阳“及时雨”保温隔音技术开发公司的宣传资料。

隔热材料技术将使保温隔热成为一个永久性的构造，可以伴随房屋的全寿命而不需要额外维护。

总的来说，高性能无机保温隔热墙体技术的当前最大问题在于大幅提高无机保温隔热材料的高效保温性能，同时还应该在轻质、高强、持久、憎水、经济性方面都有所加强；这毕竟是一个大的发展趋势，值得我们共同关注。

### 5.2.2 活性的绿色建筑材料

夏热冬冷地区的气候最大特征是具有极大的弹性，可以在一个巨大的范围中游离，因此对各种材料及技术的性能弹性也要求颇高。虽然目前我们可以通过主动技术来调节，但是在可持续发展观的要求下，如果技术本身可以维持一个满足需求的弹性，是最好的结果。

活性材料亦称“生命”材料，其基本特征之一是：该类材料在使用过程中，当受到某种条件作用(如太阳辐射)时，自身可以“生长”，如某些多晶体有机材料。特征之二是在外部条件作用下，具有“负反馈”功能，如环境温度升高时，其相态发生变化，吸收热量，反之亦然。对这些材料进行实用化研究并部分用于建筑构造中，将会逐渐改变建筑与自然环境的相互作用机制。

目前值得夏热冬冷地区关注的这方面技术有可根据气候变化而自动改变自身物理性质性的活性围护结构、可根据气候自动调节的屋面遮阳技术、动态吸湿储能技术、地能利用活性材料等等。

### 5.2.3 集合被动式太阳能利用的透光保温隔热技术

夏热冬冷地区当前一直没有真正解决门窗等既有采光、被动利用太阳能采暖要求，又有夏季隔热、冬天保温要求的“两全”技术。这个看似矛盾的技术要求在科技发展前，也并不是一个无法调和的矛盾。

目前在建筑热工技术研究领域有个“透光保温材料技术”的提法。传统透光材料透光要么(太阳辐射能)性能好、但隔热性能差；要么是利用技术改造使保温隔热性能提高后又导致采光性下降、冬季太阳能利用效率低下；要么轻质建筑材料的保温性能好却不能透光。透光保温材料技术采用物理、化学甚至是小幅度能量输入的复合方式使材料具备多功能性，如兼有二者优点的材料，是研究开发的发展方向，它既可解决建筑外围护结构利用太阳能的问题，又可解决防止热量过多散失的问题。

这个研究范围目前有很多设想，但是能处理好各种关系的实用性设想还没有出

现，无论怎样，这不得不成为一个夏热冬冷地区持续高度关注的领域。

#### 5.2.4 环境保健绿色建筑技术

当夏热冬冷地区当前恶劣的室内湿热环境有了明显改善后，绿色建筑技术的下一阶段任务就是将对人居环境健康给予更多关注。

夏热冬冷地区常年湿度过高、阳光缺乏、室内通风不善等等现实原因会导致容易形成细菌、病毒的滋生温床环境；通常采用主动技术进行环境维护会影响到人们的正常生活，并且给人们带来不必要的麻烦，如果在建筑技术为载体将环境保健技术集成进去，是一个高阶技术的必然发展方向。保健抗菌材料技术从最初的金属氧化物材料发展到如今的光催化剂抗菌材料、稀土激活抗菌材料、可无机金属板和建筑卫生陶瓷等制品已经很多，我们主要要做的是一个技术地域适应性改造工作，使技术最大限度的匹配吻合于夏热冬冷地区的气候环境特征。

另一个值得关注的发展方向是空气净化建材。当我们室内全部采用绿色建筑技术保证了室内环境的健康舒适后，室内和室外非健康处理气体的气体交换就成为在环境日益恶化的今天健康尤其需要考虑问题。目前有实验性研究，以玻璃、陶瓷等作为载体，加入  $\text{TiO}_2$  光催化剂，在紫外线光照射下，使空气中水分和氧气化为活性氧自由基，然后这些游离的自由基将空气中的硫氧化物、氮氧化物、氟化物等等污染气体转化成各种无害气体或酸类进行回收。

### 5.3 本章小结

应用是一个带有历史性的动作定义，有今天的应用范畴，更有优化的明天应用范畴。本章在前文详述了夏热冬冷地区绿色建筑技术发展沿革与应用现状后，在其现实基础上，对技术未来的重点发展范畴及趋势进行归纳性关注，分为“有潜力的实验室在研技术”与“尚未进行实用研究但对夏热冬冷地区意义重大的未来技术”两部分进行讨论，并希望该章内容能为夏热冬冷地区未来下一步的技术发展及应用的发展方向确定有所借鉴意义。

## 6 结 语

### 6.1 本文的研究结论

作者通过对大量相关夏热冬冷地区绿色建筑技术文献的阅读、整理、分类及统计；对武汉市五个绿色节能示范小区详细实地调研与十余个相关小区的绿色建筑技术应用普查；对武汉市七家建筑设计机构与房地产开发公司的走访；以及对绿色建筑技术在夏热冬冷地区应用现状中暴露问题的分析与经验的总结，发现：

一是由于绿色建筑与可持续发展概念的“一夜成名”，市场上绿色建筑技术鱼目混珠，各成一家，缺乏正规的绿色建筑技术定义与系统技术整理。

二是技术市场的混乱，造成夏热冬冷这个气候复杂区域的绿色建筑其实是属于一种非理性技术堆砌状态，地域性绿色建筑技术的应用缺乏系统指导与理性依据。

三是技术研究人员与技术使用决策人员严重脱节；开发出的技术不与地域特性匹配，急需应用的技术研发却不到位；研发与应用双边缺乏有效沟通渠道。

由于夏热冬冷地区的气候极端性，强调技术的地域适应性是我们一再强调的原则。从这点出发，作者根据现实情况及上述三大问题，利用掌握到的技术研发与现实应用的事实资料，制定出适宜性技术应用的归纳性策略，以便给予夏热冬冷地区当前混乱的绿色建筑技术应用现状以参考与借鉴；同时，在现有技术应用的不足与经验上，对下一阶段夏热冬冷地区适宜绿色建筑技术研发发展趋势进行指导性讨论。

#### 6.1.1 现有夏热冬冷地区绿色建筑技术体系统计

为免重复叙述，详见：

本文 2.3.3 节中，表 2—4 ~ 表 2—13 共计 10 个统计表格。

本文 2.3.4 节统计数据分析。

#### 6.1.2 当前应该大力推广的适宜夏热冬冷地区的绿色建筑技术

本研究主要是通过技术的地域适应性研究、适当结合夏热冬冷地区的社会应用实际情况，来评价技术的推广应用成熟度，并由此制定出具有现实意义的技术应用策略。

本文认为，以下绿色建筑技术（见表 6-1）已经达到在夏热冬冷地区现实大规模推广应用的成熟条件，值得推荐给广大建筑师及地产开发单位，切实推进夏热冬冷地区绿色建筑可持续发展进程。

表 6-1 夏热冬冷地区适宜推广应用的绿色建筑技术体系

应用范围	技术名称	备注
建筑设计	基地疏导和建筑群体通风规划	重点强调,其余应尽量多使用
	热辐射强度较低的规划朝向选择	
	绿色建筑的形体控制技术	
屋面 保温隔热	倒置式坡屋面保温隔热工法技术	应重视多技术复合式应用
	挤塑聚苯乙烯(XPS)板-铝反射膜屋面保温技术	
墙体 保温 隔热	一般情况普遍适宜技术——黏结 EPS 板薄抹灰 外墙外保温系统	目前各技术体系都有不同的缺憾与不足,应该按照各实际情况选用最适宜的技术
	混凝土或砌体外墙建筑适宜技术——胶粉聚苯 颗粒外墙外保温系统	
	低标准下注重经济性的技术——外墙粉刷保温 浆料节能系统	
	层和高层民用建筑适宜技术——膨胀聚苯板与 混凝土一次现浇外墙外保温系统	
门窗技术	塑钢共挤型材门窗框技术	成熟普及
	玻璃钢节能门窗框技术	应大力推广
	多种特种玻璃复合使用技术	详见内文
	双层皮玻璃幕墙技术	有条件使用
室内湿热 环境控制	室内湿热分控技术	全新技术革命
	住宅新风系统技术	急需普及
新能源利用	空气源(风冷)热泵、水源热泵技术	成熟普及
	集中式太阳能集热器技术	强调集中使用
	日光照明技术	应大力推广
	热电冷三联供技术(BCHP)	应大力推广



### 6.1.3 基于现实应用状况的夏热冬冷地区绿色建筑技术发展趋势

应该看见大量的新生技术孕育于实验室中，它们也即将对夏热冬冷地区的建筑绿色化贡献巨大的能量。本文通过现实需求分析，认为以下在研技术（见表 6-2）对夏热冬冷地区未来绿色建筑极具现实意义，值得并给予个方面的支持并加快研发进程。

表 6-2 具有现实意义的未来绿色建筑技术

现实状况	技术名称	备注
实验室 技术改进 阶段	墙体新技术—相变蓄能材料	临近实用
	门窗新技术—硅气凝胶特种玻璃	极有潜力
	门窗新技术—电控玻璃	值得期待
	门窗新技术—门窗用钛金镀膜技术	性能卓越
	室内湿热环境控制技术—吸湿性高分子材料	高效环保
	新能源技术—地能（热泵）利用	临近实用
	新能源技术—二氧化钛薄膜太阳能电池	极有潜力
理论研究 或 初级研究 阶段	墙体新技术—高性能无机保温隔热墙体技术	技术发展方向
	活性的绿色建筑材料（活性围护结构、可根据气候自动调节的屋面遮阳技术、动态吸湿储能技术、地能利用活性材料等等）	
	门窗新技术—集成被动式太阳能利用的透光保温隔热技术	门窗夏热冬冷地区终极解决方案
	室内环境控制技术环境保健绿色建筑技术（保健抗菌材料技术与空气净化建材技术等）	高阶绿色建筑的必然要求

## 6.2 本文的前瞻研究

由于作者的水平与时间有限，本课题虽然立足于技术策略层面来对夏热冬冷地区的绿色建筑技术的现实应用进行研究，但是对众多绿色建筑技术（特别是涉及到较多高阶物理学、化学、数学、设备工程及系统学的技术）的了解无法达到精通深度，只

能通过大量文献的阅读来统计出一个较为客观的技术实际应用评价，然后对部分笔者熟悉的技术结合自我主观分析，给予较为深入的应用策略；由此，应该说本文对于我国夏热冬冷地区绿色建筑技术的发展、现状、应用及未来发展方向的基本框架是客观而清晰的，但是细节上难免出现纰漏与偏差。

此外，由于精力有限，本文对研究范围给予了严格限定（在绪论 1.4 节中详述），一方面集中力量在技术层面对适宜夏热冬冷地域特色的绿色建筑技术给予了较详尽的统计与论述，另一方面也决定了本文的局限性：对同样有重大现实意义，但对地域敏感性不强的绿色建筑技术（如单纯性“四节”、环保技术、照明技术等）未能收入到本课题中来、对技术应用的社会因素层面没有能给予详尽的分析与考虑等。这些问题有待于作者在今后的研究和学习中不断深化和完善。

立足于夏热冬冷地区绿色建筑技术应用性课题的前沿，作者认为下一步可深入研究的还有以下工作：

1. 夏热冬冷地区绿色建筑技术统计分类的全面完善。一个区域性的全面覆盖建筑各方面的技术体系统计分类的编制工作且是巨大的，但是同时它对于后续大量策略性工作的顺利开展具有极大的现实意义。

2. 夏热冬冷地区适宜绿色建筑技术推荐实用目录的动态编写。再好的技术只有投入实际应用才能发挥效用，畅通技术研发人员与技术使用决策人员的联络通道是这一目标达成的重要途径。建设部仇保兴部长在 2006 年 2 月 16 日的新闻发布会上也强调“……积极开展建筑节能技术的研究、推广和应用……对成熟的节能技术进行系统的整理，编制适合当地需要的节能技术产品目录。……”

3. 夏热冬冷地区绿色建筑技术实用性评价体系建立。技术总在不断进步，什么样的技术是符合当地现实需要的、什么样的技术是具有推广价值的，只有在建立起一个完善的评价体系，才能更有效地指导夏热冬冷地区绿色建筑技术应用。

4. 夏热冬冷地区绿色建筑技术社会推广策略研究。

## 致 谢

衷心感谢我的导师袁培煌教授，感谢老先生对我多年来细致的关怀与指导。袁老师七十高龄，身为建筑设计大师，仍一直以严谨的治学态度、扎实的工作作风指导我的学习与专业研究。袁老师不仅在专业学习上，在做人、理想等方面也时常给予我谆谆教诲，老师对我的教诲我将时刻铭记在心。

特别感谢李保峰教授在我研究生学习生活中给予我的一切无微不至的帮助。在加入李老师生态建筑工作室的日子里，我获得大量新知识，结交了大量优秀的新朋友。本文从选题到最终成文的点点滴滴，都浸透了李老师多次研讨、启发和修改的心血；李老师那种谦逊与儒雅的人格魅力深深的影响着我研究生阶段的成长，并将一直持续下去。

感谢在开题和中期检查期间提出宝贵意见的黄涛教授、阎春林教授、李钢教授、汪元教授；感谢在论文资料采集中给予无私帮助的中南建筑设计研究院、海南元正建筑设计院中段拥军、李亚等几位资深工程师们。

感谢师姐孙站、熊燕；同窗刘君怡、杨欢欢、曾忠忠、工力、王婷、李笑强、杨鸣、胡小芳、徐杨、代静等同学在我论文写作及专业学习中给予的帮助。

感谢同寝室的室友黄强、周励恺、贺伟两年来学习生活上的无微不至的照顾支持。

感谢好友薛松、郭晓楠、梅佐环、程涵晗、黄佳佳对我研究生生活上给予的关怀。

感谢在我研究生阶段及论文写作期间给与无私帮助的一切同学及朋友，是你们让艰苦的求学过程变得收获累累、趣味盎然、终生难忘。

最后要感谢的是我的家人，父母的支持与理解是我战胜困难，勇敢前行的力量源泉。感谢你们给我提供一个如此优越的成长环境，你们给予我的伟大亲情必将驱使我不断挑战自我，去赢得一个更辉煌的人生。

## 参 考 文 献

### 图书

- [1] 西安建筑科技大学绿色建筑研究中心编.绿色建筑.北京:中国计划出版社,1999.6
- [2] 付祥钊主编.《夏热冬冷地区建筑节能技术》.北京:中国建筑工业出版社,2002.10
- [3] 王长庆,龙维定,杜鹏飞,黄治钟,潘毅群译.绿色建筑技术手册.北京:中国建筑工业出版社,1998
- [4] 涂逢祥.建筑节能.北京:中国建筑工业出版社,2002.11
- [5] 李华东.高技术生态建筑.天津:天津大学出版社,2002.9
- [6] T.A.马克斯, E.N.莫里斯, 建筑物气候能量, 陈士祚译, 北京:中国建筑工业出版社, 1990
- [7] 胡吉士, 方子晋, 建筑节能与设计方法——夏热冬冷地区暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用, 北京, 中国计划出版社, 2005
- [8] 胡晓媛, 陈春溢等, 绝热材料的前景与施工, 北京, 中国建材工业出版社, 2002
- [9] 崔浩, 朱红慧, 夏热冬冷地区住宅建筑外墙保温隔热技术的应用及相关材料的比选, 2002
- [10] 薛志峰, 超低能耗建筑技术及应用, 北京, 中国建筑工业出版社, 2005
- [11] 张坤灵, 可持续发展论, 北京中国环境科学出版社, 1997
- [12] 丁树荣, 绿色技术, 江苏江苏科学技术出版社, 1993
- [13] 姚时章、蒋中秋编著, 城市绿化设计, 重庆大学出版社, 2000.1
- [14] 中国建筑技术研究院, 村镇规划设计研究所, 村镇小康住宅示范小区住宅与规划设计, 北京:中国建筑工业出版社, 2000
- [15] 王伟中, 国际可持续发展战略比较研究, 北京:商务印书馆, 2000
- [16] 刘江, 中国可持续发展战略研究, 北京:中国农业出版社, 2001
- [17] 中国建筑业协会建筑节能专业委员会编著, 建筑节能技术, 北京:中国计划出版社, 1996.9
- [18] Peter Buchanan. Renzo Piano Building Workshop Complete Works Volum4. Phaidon Pres, Inc. New York, USA. 2002
- [19] Andy Kirby , Redefining social and environmental relations at the eco-village at Ithaca: A case study, Journal of Environment Psychology 2003(23)
- [20] Kazuhiko Takeuchi, Yutaka Namiki, Hiroyasu Tanaka Designing eco-villages for revitalizing Japanese rural areas. Ecological Engineering 1998
- [21] Krister Wiberg Ecological villages a European reality Renewable Energy, 1998
- [22] Michael Wigginton and Jude Harris. Intelligent Skins. Reed Educational and Professional Publishing Ltd. 2002
- [23] Energy Policies of IEA Countries 1997 Review. OECD, May, 1997

- [24] U Beek. Reflexive Modernization[M]Stanford University Press, 1994
- [25] G. Z. Brown and Mark Dekay. SUN, WIND & LIGHT: architectural design strategies
- [26] Willie Smith, Steven Kelly. Science, technical expertise and the human environment. Progress in Planning, 2003
- [27] David Morillón- Gálvez, Ricardo Saldaña- Flores, Adalberto Tejeda- Martinez. Human bioclimatic atlas for Mexico. Solar Energy, 2004
- [28] Alberto Papparelli 等. Strategies for bioclimatic design in an urban area of an arid zone— San Juan (Argentina). Landscape and Urban Planning, 1996
- [29] Victor Brovkin. A continuous climate-vegetation classification for use in climate-biosphere studies. Ecological Modelling, 1997
- [30] A.Zain-Ahmed. The bioclimatic design approach to low-energy buildings in the Klang Valley, Malaysia. Renewable Energy, 1998
- [31] Robert Powell. Rethinking the skyscraper: the complete architecture of Ken yeang. Thames&Hudson, 2001
- [32] Principles of climatic design for non-residential buildings. architecture et climat-1994
- [33] Sophia and Stefan Behling. Sol Power. New York: A publication for the READ Group, 1996

## 期刊

- [34] 江亿, 发展建筑节能的三大突破口, 北京, 科技潮, 2005 (6)
- [35] 建筑节能研究报告——《中国能源发展战略与政策研究报告》(摘录), 《建筑节能》(42), 中国建筑工业出版社, 2002
- [36] 王崇杰, 赵学义, 论太阳能建筑一体化设计, 建筑学报, 2002 (7)
- [37] 傅秀章, 低能耗住宅的建筑技术与方法, 节能建筑, 2004 (04)
- [38] 荆其敏, 生态建筑学, 建筑学报, 2000 (7)
- [39] 陈易, 生态观与结合自然的人居环境建设, 时代建筑, 1995 (3)
- [40] 王珏, 周斌, 沈军, 孟凡明, 陈茂斌, 轻质高效保温材料掺杂硅气凝胶, 功能材料, 1996 (02)
- [41] 李敏军, 陈翔, 可持续的生态建筑设计, 建筑学报, 2001 (5)
- [42] 李嘉华, 王莹池, 李长奇, 采用新型围护结构提高冬冷夏热地区住宅舒适度和建筑节能水平, 建筑技术开发, 第 31 卷 (3) 2004
- [43] 刘念雄, 欧洲新建筑遮阳, 世界建筑, 2002 (12)
- [44] 涂逢祥, 王美君, 中国的气候与建筑节能, 暖通空调, 1996 (4)
- [45] 涂逢祥 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》编制背景, 《建筑节能》(36), 中国建筑工业出版社
- [46] 韩爱兴 夏热冬冷地区居住环境质量有望得到改善和提高 新型建筑材料 2002. (3)
- [47] 何振红 魏劲松 《一个建筑节能的样本--武汉绿景苑小区》经济日报 2005 年 12、

- [48]张军,“水木清华”武汉新区升起的地平线,中国楼市,2006(01)
- [49]徐坚,21世纪小康住宅节能系统,房材与应用,2001,29(8)
- [50]谢晓峰,陈爱英,新型蓄能技术—相变蓄能,株洲师范高等专科学校学报,第8卷第5期
- [51]袁荣,胡林,太阳能技术在建筑设计中的应用,世界建筑,2004(4)
- [52]钟晓青,“绿色建筑”体系的若干理论问题,建筑学报,1996(2)
- [53]王刚,住宅维护结构设计与建筑节能,住宅科技,2004,(6)
- [54]建设部调研组,发展节能省地型住宅和公共建筑以及推广建筑“四节”,政策法规,2005/13
- [55]李效军,陈翔,可持续的生态建筑设计,建筑学报,2001(5)
- [56]彭昌海、柳孝图等热舒适及其在夏热冬冷地区的被动实现技术,华中建筑,2003(4)
- [57]赵建军,从“人—技术—自然”的关系看技术的实质,科学技术与辩证法,1988(3)
- [58]周德明,可持续发展的技术创新初探,科学管理研究,1998(5)
- [59]祁斌,日本可持续的建筑设计方法和实践,世界建筑,1999(2)
- [60]Robert D. Busch, Methods of Energy Analysis, Fundamentals of Building Energy Dynamics (Edited by Bruce D. Hunt), The MIT Press, 1996
- [61]ASHRAE Handbook Fundamentals (SI), ASHRAE, Atlanta, U.S.A 2001
- [62]U.S. Environmental Protection Agency (EPA) 与 Florida Solar Energy Center 太阳能研究数据库

## 学位论文

- [63]严丹,建筑的生态化技术策略研究——对我国住宅适用技术的探索:[硕士学位论文].武汉:华中科技大学建筑与城市规划学院,2003
- [64]刘建民,生态住宅适宜技术研究:[硕士学位论文].上海:同济大学建筑技术科学系,2004
- [65]王焱,夏热冬冷地区住宅节能优化设计:[博士论文].南京:东南大学建筑技术科学系,2003
- [66]卢晓刚,夏热冬冷地区窗的气候适应性研究:[硕士学位论文].武汉:华中科技大学建筑与城市规划学院,2004
- [67]杨丹,形式遵循气候——武汉传统城市住区的气候适应性及其在现代住区中的运用初探.[硕士学位论文].武汉:华中科技大学建筑与城市规划学院,2003
- [68]郑松,夏热冬冷地区窗的气候适应性研究.[硕士学位论文].武汉:华中科技大学建筑与城市规划学院,2003
- [69]王炎,王波,夏热冬冷地区居住区规划的节能考虑.东南大学科技资金资助项目.XJ000101

- [70] 向杰. 被动式太阳能在夏热冬冷地区应用的可能性初探: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学建筑与城市规划学院, 2003
- [71] 邓蕾. 夏热冬冷地区多层住宅的气候适应性策略研究: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学建筑与城市规划学院, 2004
- [72] 周鹏. 夏热冬冷地区住宅屋顶的气候适应性设计研究: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学建筑与城市规划学院, 2004
- [73] 工振. 夏热冬冷地区双层皮玻璃幕墙的气候适应性设计策略研究: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学建筑与城市规划学院, 2003
- [74] 蒋学志. 可持续发展的生态型住宅研究: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学建筑系, 1999
- [75] 王巍. 21 世纪的绿色生态住宅小区发展研究: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学管理科学与工程系, 2002
- [76] 李立平. 绿色生态住宅小区的开发与评价: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学技术经济及管理系, 2002

## 行业规范标准

- [77] 公共建筑节能设计标准 GB50189-2005
- [78] 民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分) JGJ26-195
- [79] 夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准 JGJ75-200
- [80] 既有采暖居住建筑节能改造技术规程 JGJ129-2000
- [81] 采暖居住建筑节能检验标准 JGJ132-2001
- [82] 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准 JGJ134-2001
- [83] 外墙外保温工程技术规程 JGJ144-2004
- [84] 建筑外窗保温性能分级及检测方法 GB/T8484-2002
- [85] 膨胀聚苯板薄抹灰外墙外保温系统 JG149-2002
- [86] 胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统 JG158 2002
- [87] 《居住区智能化系统配置与技术要求》 CJ/T174-200
- [88] 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准(修订)(建标函[2005] 84)
- [89] 《住宅性能评定技术标准》(国家标准)
- [90] 《绿色建筑技术导则》
- [91] 《绿色建筑规划设计导则》

## 技术研发及生产厂家资料

- [1] 武汉金江墙体保温材料发展有限公司
- [2] 上海重威墙体保温材料有限公司 <http://www.sh-zhongwei.com/y1.htm>

- [3] 成都耐克力建材有限公司 <http://www.cdnkl.com/main.html>
- [4] 安健能公司 <http://www.icynenc.com.cn/class.asp>
- [5] 专威特(中国)公司介绍 <http://www.dryvit.com.cn/home.htm>
- [6] 北京中建研究院 <http://www.jz2000.com/jzjn/jn.htm>
- [7] 北京华丽联合高科技(集团)公司(“华丽联合”的外墙板)
- [8] 上海伊通有限公司(伊通建筑保温系统)北京振利高新技术公司
- [10] 圣戈班伟伯绿建建筑材料(上海)有限公司
- [11] 欧文斯科宁(中国)投资有限公司
- [12] 上海永成建筑创艺有限公司(EIFS)
- [13] 永干节能保温材料有限公司
- [14] 上海申得欧有限公司(STO) 节能、建筑节能、绿色
- [15] 海中铝利有限公司(中铝利)
- [16] 上海卡谱乐尔建材有限公司(Caparol)
- [17] 上海乐意石油化工有限公司(dove) 0 0
- [18] 装和技研保温防水系统有限公司
- [19] 南京平功节能材料有限公司
- [20] 北京振利高新技术公司
- [21] 特艺建材科技工业(苏州)有限公司
- [22] 上海帆业化学建材有限公司
- [23] 上海中远汇丽涂料有限公司
- [24] 凯诺(青岛)化学建材有限公司
- [25] 上海贝杰化学建材有限公司
- [26] 上海绿建干粉建材有限公司
- [27] 武汉恒顺建筑工程有限公司
- [28] 四川景新保温科技有限公司
- [29] 上海海纳尔防水保温屋面系统工程有限公司



## 附录 1 图表索引

### 第一章 绪论

表 1-1 世界各国绿色建筑评估体系 (资料来源:作者收集整理于各国相关机构网站)

图 1-1 我国夏热冬冷地区的范围 (资料来源:付祥钊 主编 夏热冬冷地区建筑节能技术中国建筑工业出版社 P7 图 1.2.1-1)

图 1-2 武汉地区全年室内温湿度关系图 (资料来源:向杰 华中科技大学硕士学位论文 被动式太阳能在夏热冬冷地区应用的可能性初探 P21 图 2—4)

### 第二章 夏热冬冷地区绿色建筑技术应用发展与技术储备状况

表 2-1 夏热冬冷地区 9 城市夏季气象参数 (资料来源:韩爱兴 夏热冬冷地区居住环境质量有望得到改善和提高 新型建筑材料 2002.3. P26)

表 2-2 夏热冬冷地区 9 城市冬季气象参数 (资料来源:韩爱兴 夏热冬冷地区居住环境质量有望得到改善和提高 新型建筑材料 2002.3. P26)

表 2-3 夏热冬冷地区 9 城市冬季日照参数 (资料来源:涂逢祥,《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》编制背景.《建筑节能》(36),中国建筑工业出版社, P20)

表 2-4 屋面绿色技术统计 (资料来源:作者自绘)

表 2-5 墙体绿色技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-6 新型幕墙绿色技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-7 门窗绿色技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-8 地下绿色建筑技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-9 湿热同控技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-10 湿热分控技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-11 太阳能利用技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-12 其他能源利用技术 (资料来源:作者自绘)

表 2-13 绿色末端技术 (资料来源:作者自绘)

图 2-1 夏季自然状况下室内热环境状况调查 (资料来源:付祥钊主编,《夏热冬冷地

区建筑节能技术》第一版,出版地:北京,中国建筑工业出版社,2002.10. P7)

图 2-2: 中国主要城市与世界其他同纬度城市在夏季温度比较 (资料来源:涂逢祥,王美君,中国的气候与建筑节能,暖通空调,1996.4. P12)

图 2-3 中国主要城市与世界其他同纬度城市在冬季温度比较 (资料来源:涂逢祥,王美君,中国的气候与建筑节能,暖通空调,1996.4. P12)

图 2-4 夏热冬冷地区与西部及北方地区冬夏月平均湿度对比图 (资料来源:涂逢祥,王美君,中国的气候与建筑节能,暖通空调,1996.4. P12)

### 第三章 我国夏热冬冷地区绿色建筑技术应用现状

表 3-1 五小区建筑绿色设计类技术的应用 (资料来源:作者自绘)

表 3-2 五小区绿色建筑科技类技术的应用 (资料来源:作者自绘)

表 3-3 夏热冬冷地区主要城市节能建筑全年用于采暖、制冷的耗电 E 及能耗限值(单位:kwh/m<sup>2</sup>·a) (资料来源:《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JG134-2001))

表 3-3 国内外标准中建筑围护结构的传热系数限值的比较 (资料来源:建筑节能研究报告 《中国能源发展战略与政策研究报告》(摘录),《建筑节能》(42),中国建筑工业出版社, P22)

图 3-1 “绿景苑”小区模型 (资料来源:作者自摄)

图 3-2 “绿景苑”小区实景 (资料来源:作者自摄)

图 3-3 “同温层”住宅小区概况 (资料来源:楼盘宣传广告)

图 3-4 “水木清华”小区鸟瞰 (资料来源:搜房网网站图片)

图 3-5 “水木清华”小区实景 1 (资料来源:作者自摄)

图 3-6 “水木清华”小区实景 2 (资料来源:作者自摄)

图 3-7 “水木清华”小区实景 3 (资料来源:作者自摄)

图 3-8 “蓝湾俊园”住宅小区总平面图 (资料来源:楼盘广告)

图 3-9 “蓝湾俊园”小区环境与地下室采光 (资料来源:作者自摄)

图 3-10 “蓝湾俊园”住宅小区实景鸟瞰图 (资料来源:作者自摄)

图 3-11 “新地·东方明珠”住宅小区现状 (资料来源:作者自摄)

图 3-12 “绿景苑”地板辐射采暖系统 (资料来源:作者自摄)

图 3-13 “绿景苑”燃气辅助加热设备 (资料来源:作者自摄)

图 3-14 “水木清华”小区水体设计 (资料来源:作者自摄)

图 3-15 “东方明珠”小区墙体保温构造 (资料来源:作者自摄)

图 3-16 “东方明珠”小区墙体大保温断面（资料来源：作者自摄）

图 3-17 “同温层”住宅小区可开关的可调木百叶遮阳与断热冷桥双层塑钢中空玻璃窗的综合隔热系统（资料来源：作者自摄）

#### 第四章 具有现实意义的夏热冬冷地区绿色建筑技术应用策略

表 4-1 常用材料保温隔热性能一览表（资料来源：胡晓媛，陈春滋等，绝热材料的前景与施工，北京，中国建材工业出版社，2002）

表 4-2 外墙保温技术三种形式优劣对比（资料来源：作者自绘）

表 4-3 夏热冬冷地区常用基层墙体材料导热性能（资料来源：胡晓媛，陈春滋等，绝热材料的前景与施工，北京，中国建材工业出版社，2002）

表 4-4 夏热冬冷地区常用保温隔热材料导热性能（资料来源：胡吉工，方子晋，建筑节能与设计方法——夏热冬冷地区暨浙江省《居住建筑节能设计标准》的应用，北京，中国计划出版社，2005）

表 4-5 当前市场常见墙体保温隔热技术应用资料（资料来源：作者自绘）

表 4-6 外窗热工性能影响因素对性能的影响（资料来源：浙江省《居住建筑节能设计标准》）

表 4-7 部分窗户实测传热数据（资料来源：浙江省《居住建筑节能设计标准》，表 F.0.1）

图 4-1 坡屋面通风散热示意图（资料来源：作者自绘）

图 4-2 几种常用屋面保温技术体系（资料来源：作者自绘）

图 4-3 粘结 EPS 板薄抹灰外墙外保温体系示意图（资料来源：四川科龙墙体保温技术宣传广告）

图 4-4 胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统示意图（资料来源：上海中得欧有限公司资料）

图 4-5 EPS 板保温涂料系统示意图（图片来源：上海广顺涂料科技有限公司资料）

#### 第六章 结 语

表 6-1 夏热冬冷地区适宜推广应用的绿色建筑技术体系（资料来源：作者自绘）

表 6-2 具有现实意义的未来绿色建筑技术（资料来源：作者自绘）

## 附录 2 作者攻读硕士学位期间发表的论文

- [1] 《人的住宅与住宅里的人——对当前住宅可持续发展模式的深层思考》发表于“第五届中国城市住宅研讨会”会议论文集 P347-354。中国建筑工业出版社出版。会议于 2005. 11. 24-26 在中国香港特别行政区香港中文大学举行。

获取更多资料 微信搜索 蓝领学术