

21 世纪中等职业教育规划教材

# 冷库建筑

周晓喻 主编

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

中国商业出版社

## 编写说明

为了贯彻落实国务院关于大力发展职业教育,培养大批技能型、实用型中高级专门人才的指示精神,满足当前制冷和空调行业发展的需要,我们根据教育部颁发的《制冷和空调运用与维修专业教学指导方案》的要求,在原内贸易部部编制冷与空调专业教材的基础上,组织原编写人员以及多年来从事制冷和空调专业一线教学的专家、教授、高级讲师修订、编写了本系列教材。

本系列教材面向 21 世纪,力求体现当前职业技术教育改革创新精神,体现制冷和空调领域的发展趋势,突出应用性和可操作性。读者对象以中职教育为主,兼顾高职高专相关专业使用,也可供各类职工中专、电视中专等选用,还可以做为业务岗位培训和广大企业职工自学读物。

本系列教材修订、编写过程中,得到了有关院校、相关部门和编审者的大力支持,一些专家、教授提出了许多宝贵意见,在此一并致谢!

由于制冷和空调行业的不断发展以及职业教育改革的持续深入,我们殷切希望各院校在使用过程中不吝赐教,以便于我们不断修改,使本系列教材更臻完善,更具生命力,以适应高等职业教育人才培养的需要。

制冷和空调专业运用与维修专业教材编审委员会

2006 年 8 月

# 前 言

本书是根据《制冷与空调专业教学大纲》中《冷库建筑教学大纲》及有关设计规范编写的。

本教材共有八章。第一章介绍冷库建筑的概况；第二章介绍冷库常用的建筑材料；第三章介绍冷库总体设计；第四章~第六章介绍冷库维护结构的隔热、防潮隔汽以及冷库的结构构造；第七章介绍组合式冷库及气调库；第八章介绍冷库建筑工程的施工和维护修理。

本教材是按 60 学时编写的,使用时建议按下表分配各章教学课时。

章 次	绪论	1	2	3	4	5	6	7	8	小 计
课 时	2	4	10	8	6	6	10	4	6	56
机动课时										4
总 计										60

本教材由辽宁省阜新高等专科学校副教授周晓喻主编。参编人员有山东职业技术学院邵长波(第四章、第七章),辽宁省阜新高等专科学校闫晓娟(第二章),其余章节均由周晓喻编写。在编写过程中曾得到有关学校领导和任课教师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者  
2006年2月

# 目 录

绪论 .....	( 1 )
第一章 概论 .....	( 3 )
第一节 冷库建筑的分类 .....	( 3 )
第二节 冷库建筑的组成 .....	( 6 )
第三节 冷库建筑的特点 .....	( 12 )
第四节 冷库的建筑结构形式 .....	( 14 )
第二章 冷库常用建筑材料 .....	( 17 )
第一节 材料的基本性质 .....	( 17 )
第二节 冷库建筑常用的结构材料 .....	( 23 )
第三节 冷库建筑常用的隔热材料 .....	( 27 )
第四节 冷库建筑常用的隔汽防潮材料 .....	( 31 )
第三章 冷库总体设计 .....	( 36 )
第一节 冷库建设基本程序 .....	( 36 )
第二节 冷库库址选择 .....	( 39 )
第三节 冷库总平面布置 .....	( 46 )
第四节 冷库建筑平面布置 .....	( 52 )
第五节 冷库建筑面积的确定 .....	( 57 )
第六节 冷库建筑方案的拟定 .....	( 61 )
第七节 冷库建筑平面实例分析 .....	( 64 )
第四章 冷库建筑维护结构的隔热 .....	( 68 )
第一节 冷库建筑围护结构的热工计算 .....	( 68 )
第二节 冷库建筑的隔热设计 .....	( 73 )
第五章 冷库维护结构的隔汽防潮 .....	( 79 )
第一节 湿空气的物理性质 .....	( 79 )
第二节 冷库建筑维护结构的蒸汽渗透 .....	( 81 )
第三节 冷库建筑维护结构内部凝水的确定 .....	( 83 )
第四节 冷库建筑隔汽防潮设计 .....	( 89 )
第五节 冷库建筑维护结构的防水 .....	( 93 )
第六章 冷库建筑构造 .....	( 95 )
第一节 地基和基础 .....	( 95 )
第二节 柱和梁 .....	( 103 )
第三节 墙体 .....	( 107 )

第四节	地坪	·····	(112)
第五节	楼板	·····	(116)
第六节	屋顶	·····	(119)
第七节	冷库门	·····	(123)
第八节	冷桥及其处理	·····	(127)
第九节	变形缝	·····	(131)
<b>第七章</b>	<b>组合式冷库和气调库</b>	·····	<b>(134)</b>
第一节	组合式冷库的类型和特点	·····	(134)
第二节	组合式冷库的构造和安装	·····	(136)
第三节	气调库及其建筑构造	·····	(143)
<b>第八章</b>	<b>冷库建筑工程的施工和维护修理</b>	·····	<b>(154)</b>
第一节	冷库建筑工程的施工	·····	(154)
第二节	冷库建筑的使用管理	·····	(166)
第三节	冷库建筑的维修	·····	(167)
<b>附录</b>		·····	<b>(176)</b>
附表 1	冷库常用建筑材料的热物理性质	·····	(176)
附表 2	相对湿度下的露点温度	·····	(179)
附表 3	在各种温度下最大水蒸气分压力 $P_{q \cdot b}$ 值(a)	·····	(180)
附表 4	在各种温度下最大水蒸气分压力 $P_{q \cdot b}$ 值(b)	·····	(181)
附表 5	部分地区室外气象参数	·····	(182)
<b>参考文献</b>		·····	<b>(186)</b>

# 绪 论

## 一、《冷库建筑》的研究对象及目的

冷库是采用人工制冷的方式,对易腐食品进行冷加工及低温贮存的建筑物。它的作用是为食品提供一个低温的储藏环境,以达到食品保鲜及尽可能地延长易腐食品的贮存时间的目的。作为一个建筑物,冷库设计包含着建筑设计、结构设计及工艺设计三大部分。本教材主要侧重于冷库建筑设计方面的有关知识。冷库建筑设计与制冷工艺设计有着密切的关系。冷库建筑设计要充分考虑制冷工艺的要求,而制冷工艺设计则是在建筑设计的基础上进行的。因而,制冷和空调设备运用与维修专业的学生除了学习制冷工艺技术的有关课程外,有必要学习冷库建筑方面的知识,诸如了解冷库建筑的概况及各部分的构造要求;掌握冷库建筑的热工计算和隔热、防潮隔汽层的设计;了解冷库施工与维修方面的基础知识等。通过学习这些知识,可以科学地管理冷库,提高冷库使用水平,充分发挥投资效果,延长冷库的使用寿命。

## 二、我国冷库发展概况

冷库的发展,是与社会物质的极大丰富及人民生活水平的提高密不可分的。新中国成立前,全国总库容量不足三万吨,零星分布在沿海港口和肉禽产区,是帝国主义为掠夺我国资源而建的。新中国成立初期,我国建立了一大批大、中、小型冷库。当时由于缺乏冷库建设的经验,延用了国外的一些做法,与我国实际情况不适应,一些冷库投产使用不久就出现不少问题,如:高、低温库房穿堂处理不当,滴水结冰现象严重;隔热层设计不合理,隔热材料受潮失效;冷库水平结构构件与垂直结构构件细部处理不当,冷库外墙四角出现垂直裂缝;低温库地坪冻鼓等,致使这些冷库在使用不久就不得不停产大修。近年来,随着工农业生产的发展,副食品经营和对外贸易的扩大以及人民生活水平的提高,我国冷库无论是在建设规模还是在制冷技术方面都有了很大的发展。在总结过去冷库建设经验教训的基础上,通过科研和实践,冷库的设计和施工都有了很大的提高,如在设计上,注意了各冷间的温度分区,避免了冷热相互干扰,减少了冻融破坏,延长了冷库使用寿命。在施工上,采用了预制装配式、升板滑模及钢模、大模板等工艺,使冷库建设速度加快,工期缩短。为减少食品的干耗和适应水果蔬菜的长期储存,气调技术也在发展和应用。同时各地还因地制宜地建造了一批地下或山洞冷库。

总之,随着新技术、新材料、新结构的出现,冷库建筑这门新兴的学科,必将得到巨大的发展。

## 三、冷库建筑的发展趋势

目前,我国冷库建筑发展很快,已从土建、工艺和设备等方面的单项提高,进入到冷藏技术的整体综合提高阶段。它标志着现代化冷库正朝着专业化、装配化和自动化方向发展。

### (一) 库房结构日趋采用单层、预制装配化

近年来,为了便于货物吞吐,实现作业机械化,冷库一般趋向于采用预制装配式单层结构。预制装配式冷库的优点是施工周期短(国外一座万吨冷库采用装配式结构,工期仅需六个月,五千吨冷库只需三个月,工期比整体式施工缩短了四分之三),费用低,不需电梯作垂直运输设备,提高了装卸效率。建筑装配化已成为冷库技术发展的重要特征。

### (二) 库房设置趋向于低温化

为了延长食品的贮藏期限并保持食品的原有风味,近年来,世界各国冷库的冷藏温度,普遍由原来的  $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$  降至  $-28^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ 。冻结温度则由  $-23^{\circ}\text{C}$  降至  $-30^{\circ}\text{C} \sim -60^{\circ}\text{C}$ 。

### (三) 冷库建设趋向于专业化

为满足使用要求,适应所贮藏食品的特点,冷库建设已趋向于专业化。

#### 1. 超低温库

库温一般为  $-45^{\circ}\text{C} \sim -50^{\circ}\text{C}$ ,主要贮存特殊水产品及生物制品,以保持新鲜度和色泽。

#### 2. 夹套式冷库

这种冷库与一般冷库的区别就在于在围护结构内侧增加了一个夹套结构,由设在库外的冷风机将冷空气送入夹套内循环,将由围护结构传入的热量带走,避免了由于直接向库内供冷而造成的库内空气循环对流,因此可大大降低食品在贮藏期的干耗。这种冷库虽然土建造价高些,但对保证食品储存质量很有好处。

#### 3. 气调库

这种冷库主要用于贮存果蔬。通过机械气调设备装置,使库内保持定温、定湿、低氧和适量的二氧化碳,并能排除乙烯等有害气体以抑制果蔬的新陈代谢,达到延长贮存保鲜期的目的。

#### 4. 空调库

主要用于贮存一些在常温下进行恒温恒湿控制的货物。如种子、粮食、药材、酒类等。

### (四) 冷库用隔热材料趋向泡沫塑料化

随着塑料工业的发展,冷库隔热材料使用泡沫塑料的比重越来越大,软木和其他有机隔热材料基本不用,玻璃棉亦日益减少。如美国有  $65\% \sim 90\%$  的冷库、电冰箱用聚氨酯泡沫塑料。

### (五) 冷库管理自动化

近年新建的一些立体自动化冷库,运用电子计算机控制和监视整个制冷系统,使制冷系统处于最佳状态运行,并配合机械化,实现了商品运输、进出库、堆码等方面的自动化,实现了库房管理和财务管理的自动化。

综合所述,现代冷库建筑正朝着装配化、低温化、专业化和自动化方向发展。

# 第一章 概 论

## 第一节 冷库建筑的分类

目前冷库建筑的种类很多,可以从不同的角度来进行分类。

### 一、按冷库的使用性质可分为以下四类

#### (一)生产性冷库

凡设有屠宰加工生产的冷库均称为生产性冷库。生产性冷库一般建在距货源产地较近(鲜货源运输距离一般小于100公里)或货源较集中地区,相应地配有较大的屠宰加工能力和冻结能力。食品在此作短期冷藏后,分运到各有关分配性冷库或零售性冷库。食品流通的特点是零进整出。

#### (二)分配性冷库

分配性冷库主要是接收经过冷加工后的食品。一般建在大中城市、水陆交通枢纽或人口密集的工矿区,以调节食品淡旺季生产,保证市场供应及中转运输之用。该类冷库有较大的冷藏容量、适量的冻结能力和制冰能力。必要时,也可附设一些小量屠宰加工及冷再冻生产能力。食品流通的特点随冷库的功能有所不同。建设在水陆交通枢纽的中转运输用冷库,其食品流通为整进整出,要求吞吐迅速,装卸站台及库内电梯均应能适应集中吞吐的需要。面向消费市场的分配性冷库,其食品流通为整进零出,宜有较大的汽车站台及回车场,以适应节日集中供应的需要。

#### (三)零售性冷库

零售性冷库一般指建在较大的副食品商店、菜市场或工矿企业内的冷库,其特点是库容量小、贮存期短、品种多、堆货率比较低。这是居民区或企业用来为消费者直接服务的一种冷库。

#### (四)综合性冷库

综合性冷库集中了生产性冷库和分配性冷库的特点。它既有较大的冷加工能力,又有较大的冷藏能力。一般的中小型冷库均属此类。

生产性冷库、分配性冷库、零售性冷库的生产流程见图1—1。

### 二、按冷库的建设规模一般可分为以下四类

#### (一)大型冷库

为冷藏容量在10000吨及10000吨以上的冷库。

#### (二)大、中型冷库

为冷藏容量在5000吨以上10000吨以下的冷库。

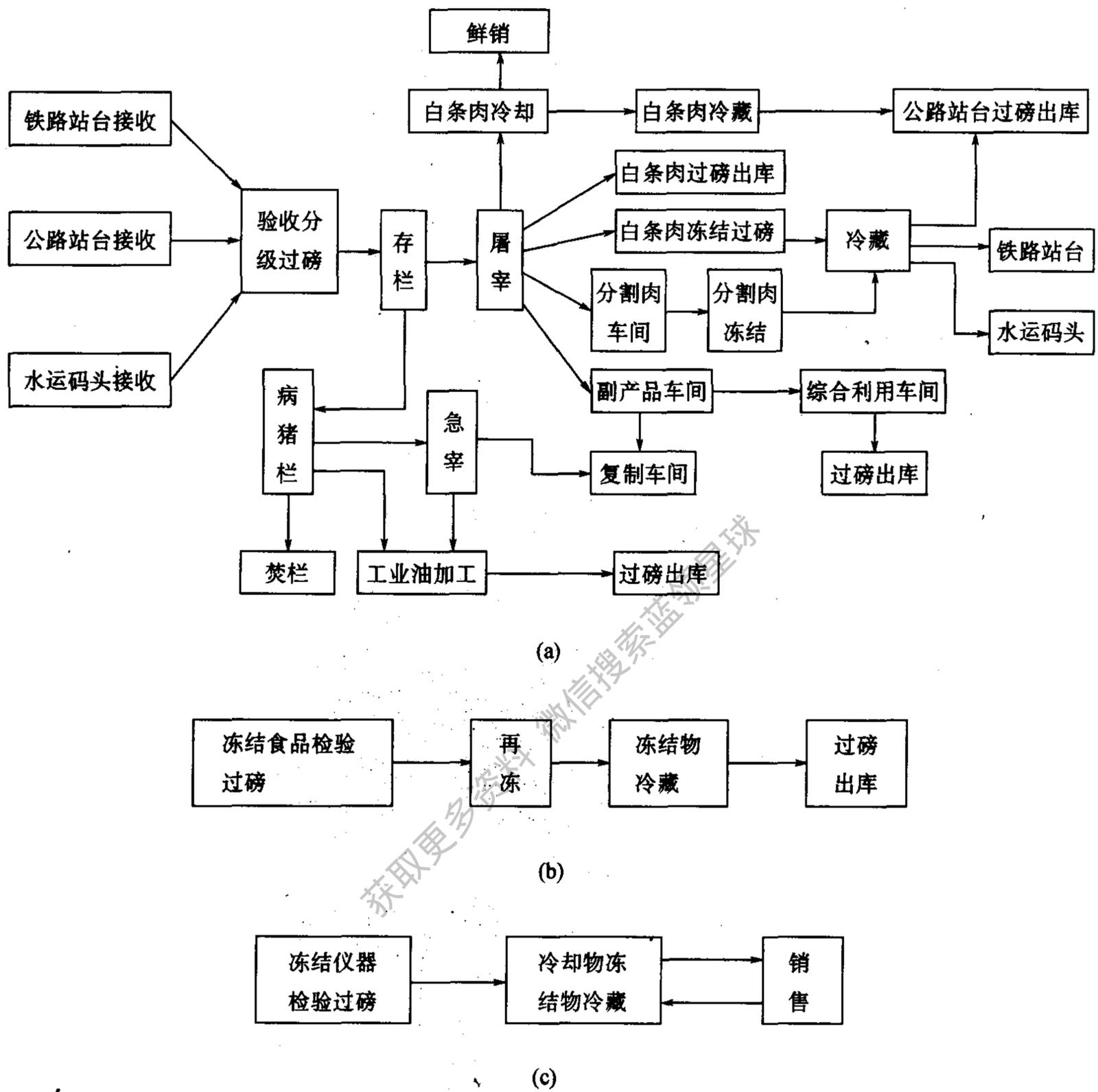


图 1—1 肉类冷库生产流程图

(a)生产性冷库生产流程图；(b)分配性冷库生产流程图；(c)零售性冷库生产流程图

(三)中、小型冷库

为冷藏容量在 500 吨以上 5000 吨以下的冷库。

(四)小型冷库

为冷藏容量在 500 吨以下的冷库。

上述内容也可以用图 1—2 表示：

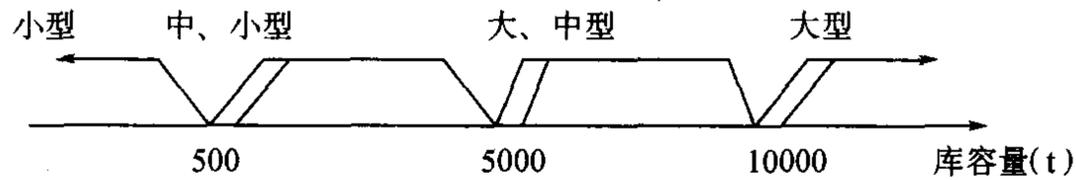


图 1—2

### 三、按冷库库房用途可分为以下几种

#### (一)冷加工间

泛指食品在冷藏前进行冷却、冻结等用的房间。根据冷加工方式及房间内的温度,冷加工间又可分为冷却间及冻结间。

1.冷却间。入库贮存或要进行冻结加工的常温货物先进行冷却或预冷使用的房间。库内温度一般为  $0^{\circ}\text{C}$ 。

2.冻结间。用来冻结加工肉类、肉类的副产品、家禽、鱼、虾等水产品。库内温度一般为  $-23^{\circ}\text{C}$ 。

#### (二)冷藏间

用来储存经过冷加工处理过的食品的房间。根据冷藏的食品及房间内的温度,冷藏间又可分为冷却物冷藏间及冻结物冷藏间。

1.冷却物冷藏间(高温库)。主要用于贮存鲜蛋、水果、蔬菜、奶品、药品试剂及香料等。库内温度为  $-2^{\circ}\text{C}$  或高于  $-2^{\circ}\text{C}$ 。主要贮存一些要求在正温条件下贮存的食物,如大米、小麦、药材等的库房叫空调库。库内要求恒温恒湿。温度一般控制在  $10^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度控制在  $70\% \sim 80\%$ 。主要用于水果蔬菜长期贮存的冷库叫气调冷库。气调冷库对土建气密性要求较高,当库房内外压差为  $13.332 \times 10^2 \text{Pa}$  时,经 30 分钟不降到零即为合格。该库内配有降氧、吸收二氧化碳和充氮等设备,并配有控制和测定各种气体成分的仪器、仪表装置,使库内保持一定的低温、适宜的氧气、二氧化碳成分和一定的湿度,能够及时掌握和排除库内的促熟气体(如乙烯和其他挥发性气体),从而抑制果蔬的新陈代谢,延长贮存时间,保持水果的新鲜品质。

2.冻结物冷藏间(低温库)。主要贮存经过冻结加工过的肉类、禽类、鱼及其制品。库内温度为  $-18^{\circ}\text{C}$ 。

3.冰库。用来贮存冰块。贮存盐水制冰冰块的冰库,库内温度为  $-4^{\circ}\text{C}$ ;贮存快速制冰冰块的冰库,库内温度为  $-10^{\circ}\text{C}$ 。

### 四、按冷库的层数可分为以下两种

#### (一)多层冷库

冷库的层数在二层及二层以上的冷库,均称为多层冷库。

#### (二)单层冷库

只有一层的冷库叫单层冷库。

### 五、其他类型的冷库

#### (一)全自动高货架单层冷库

这是一种新的冷库建筑形式。它具有单层冷库和多层冷库的优点,大大简化了建筑结

构、制冷系统和货物装卸等方面的工作。层高一般在 20~30 米,库内沿纵向设两排轻钢制作的多层高位货架。货架本身就是建筑物的结构构件,预制的外围护隔热墙板固定在货架上。两排货架之间设两台轨道沿库房内纵向水平移动的自动巷道式装卸机,在一侧货架底层有两个进出口,巷道机由进出口的输送装置上接送货物。库内装卸作业和制冷系统操作全部自动化。根据电子计算机的指令,可以从指定的货格中取出或放入货物,整个库房只需 2~3 人即可。这种冷库适用于吞吐量、货物进出频繁的大、中型冷库。其最大优点是可确保库存货物按先进先出的原则进行管理,使仓库管理科学化,减少食品损耗。

### (二)夹套式冷库

夹套式冷库与一般冷库的不同点在于外围护结构里增加了一个内夹套结构,由设在库房外的冷风机将冷空气送入夹套内循环,将外围护结构传入的热量带走,防止热量传入库内,所以库内温度十分均匀稳定,而且食品干耗小。夹套宽度:顶棚、地板处一般为 20 厘米,墙壁为 5 厘米。风速为 0.8~3.33 米/秒。

由于夹套式冷库增加了一个内隔套,所以土建造价比一般普通冷库高,但它对食品的长期贮存、确保食品质量和减少干耗都是非常有利的。

### (三)装配式冷库

这种冷库大都是单层形式,其承重结构大多是由薄壁型钢骨架组成。各种构件均按统一的标准在工厂成套预制,现场只需用螺栓连接起来。隔热墙板大都采用刚性夹芯组合板,板两侧为 0.6 毫米镀锌铁皮或 0.8 毫米铝板,板中心贴聚苯乙烯泡沫塑料或灌注聚氨酯泡沫塑料。制冷设备也是采用在工厂组装好的紧凑的成套机组,现场只要接上水、电即可投入运行。因此,它的突出优点是设计、施工速度快,建设周期短,为加速冷库建设提供了有利条件。

### (四)山洞冷库

为了节约能源,降低冷库土建投资和减少经常费用,国内外都因地制宜地建造了山洞冷库。山洞冷库一般建在石质坚硬、整体性好的岩层内,根据实际情况,有的库内不做衬砌,只需喷一定厚度的砂浆层即可;有的做衬砌或喷锚。整座冷库不做隔热处理。因此可以节省大量隔热材料和其他建筑材料,同时,不需经常维修,可长期使用。如压缩机因故停车,库内温度波动也小。

## 第二节 冷库建筑的组成

冷库建筑由主体建筑和附属建筑两大部分组成。主体建筑包括:冷加工及冷藏部分;辅助用房部分;交通运输设施部分。附属建筑包括:机房、设备间、变电间和配电间、制冰间等。冷库建筑的组成如图 1—3 所示。

### 一、主体建筑

主体建筑包括以下几部分。

#### (一)冷加工及冷藏部分

冷加工及冷藏部分统称为“冷间”。这一部分包括:温度为 0℃ 左右的冷却间;温度一

一般为  $-23^{\circ}\text{C} \sim -25^{\circ}\text{C}$  的冻结间;温度一般为  $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$  的冻结物冷藏间;温度为  $0^{\circ}\text{C}$  左右的冷却物冷藏间;温度为  $-4^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$  的冰库。

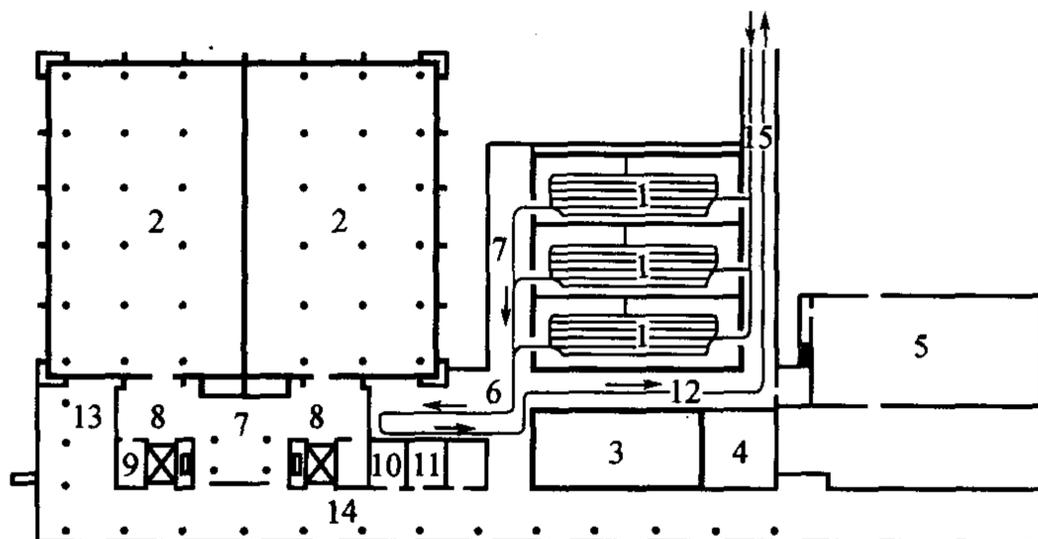


图 1-3 肉类生产性冷库平面组成

1—冻结间;2—冻结物冷藏间;3—贮冰间;4—制冰间;5—机房;6—常温脱盘脱钩间  
7—常温穿堂;8—电梯;9—贮藏室;10—值班室;11—工人休息室  
12—回钩廊;13—公路站台;14—铁路站台;15—联系廊

1. 冷却间。入库贮存或要进行冻结的常温货物,必须先进行冷却或预冷(采用一次性冻结工艺的冷库不需冷却间)。经过冷却后,产品温度要求降到  $4^{\circ}\text{C}$ ,加工周期一般为 10 或 20 小时。冷却间的室内温度一般为  $0^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 90%。

2. 冻结间。需要长期贮存的食物必须先经过冻结加工,然后才能进行冷藏。冻结间的作用是将食品由常温或冷却状态迅速降至  $-15^{\circ}\text{C}$  或  $-18^{\circ}\text{C}$ ,阻碍或停止微生物活动,以利贮藏。冻结间的室内温度为  $-23^{\circ}\text{C}$ ,加工周期为 24 小时。

目前,肉、禽类食品多采用一次性冻结工艺,即入库的货物不经过冷却,直接进入冻结间冻结。这种加工方法可减少干耗,缩短加工时间,节省一次性搬运劳动和进出库的时间。但冻结间因货物进出和冻结设备冲霜频繁,温度波动较大,建筑结构因冻融循环而易损坏。为了便于冻结间的维修和保证冷库的正常使用,可因地制宜地将冻结间移出库外单独建造。

3. 冷却物冷藏间(或称高温冷藏间)。主要用于储存鲜蛋、水果、蔬菜等食品。不同品种的食品要求不同的储藏温度和相对湿度,库温一般为  $-2^{\circ}\text{C} \sim +4^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 85% ~ 90%。

4. 冻结物冷藏间(或称低温冷藏间)。主要储存冻结加工过的食品。贮存时间较长,库内温度为  $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 95% 以上。

5. 冰库。用以储存人造冰,以解决需冰旺季制冰能力不足的矛盾。储存盐水制冰的冰库,其库温为  $-4^{\circ}\text{C}$ ,储存快速制冰的冰库,其库温为  $-10^{\circ}\text{C}$ 。冰块不允许直接靠在库房的墙壁上,在内围护墙上必须做一层护壁,常用的护壁为木骨架上钉竹片。冰库的建筑净高由下列因素决定:当用人工堆码冰垛时,单层库的净高宜采用 4.2 ~ 6 米;多层库的净高宜采用 4.8 ~ 5.4 米;如用桥式吊车堆码冰垛时,则建筑物净高不低于 12 米。

由冰库出冰应有单独出路,应避免与其他冷藏间共用穿堂,更不应与之交叉穿过。  
冷间室内温度和相对湿度详见表 1—1。

表 1—1 冷间室内温度和相对湿度表

序号	冷间名称	室温(℃)	相对湿度(%)	适用食品范围
1	冷却间	0		肉、蛋等
2	冻结间	-18 ~ -23 -23 ~ -30		肉、禽、兔、冰蛋、蔬菜、冰淇淋等 鱼、虾等
3	冷却物冷藏间	0 -2 ~ 0 -1 ~ +1 0 ~ +2 -1 ~ +1 +2 ~ +4 +7 ~ +13 +11 ~ +16	85 ~ 90 80 ~ 85 90 ~ 95 85 ~ 90 90 ~ 95 85 ~ 95 85 ~ 95 85 ~ 90	冷却后的肉、禽 鲜蛋 冰鲜鱼 苹果、鸭梨等 大白菜、蒜苗、葱头、菠菜、香菜、胡萝卜等 土豆、橘子、荔枝等 柿子椒、菜豆、黄瓜、番茄、菠萝、柑等 香蕉等
4	冻结物冷藏间	-15 ~ -20 -18 ~ -23	85 ~ 90 90 ~ 95	冻肉、禽、兔和副产品、冰蛋、冻蔬菜等 冻鱼、虾等
5	冰库	-4 ~ -10		盐水制冰的冰块

注:冷却物冷藏间设计温度一般取 0℃,储藏过程中应按照食品的产地、品种、成熟度和降温时间等调节温度和相对湿度。

## (二)辅助用房部分

辅助用房指设在冷库内及冷库周围,为食品冷加工冷藏过程服务或管理的用房。辅助用房包括以下几种

1. 办公室。供冷库管理人员日常办公用。面积按管理人员多少而定。办公室内应装有采暖设备。

2. 休息室。供库内操作员工间或上班前休息用。休息室最好能直接受到阳光照射,室内应有采暖设备。

3. 更衣室。供库内操作人员及进库检查人员更衣用。

4. 烘衣间。烘干棉衣用以延长棉衣的使用年限,提高棉衣的保暖性,保护工人的健康。

5. 过磅间。供货物进出库时过磅人员使用。其位置应设在站台地磅的后边。

此外,大、中型冷库还需要设置卫生间,其位置不宜设在库房的出入口。

布置辅助用房时,要根据其性质及与主要房间的联系,一方面应合理确定其位置,另一方面应注意有效地利用冷库内及冷库周围的空间。一般地说,辅助用房宜布置在穿堂附近。

### (三) 交通运输部分

这一部分包括装卸站台、穿堂以及楼、电梯间。

#### 1. 装卸站台

供装卸货物用,分公路站台和铁路站台两种。

(1) 公路站台。库房的公路站台设计宜符合下列规定:

① 公称容积大于 4500 立方米的冷库,其站台宽度为 6~8 米。

公称容积小于 4500 立方米的冷库,其站台宽度为 4~6 米。

② 站台边缘顶面高出站台下地面 0.9~1.1 米。

另外,站台地面要有 1% 的外斜坡度以利排水,站台外缘应镶嵌角钢以防碰撞损坏。

公路站台详见图 1—4。

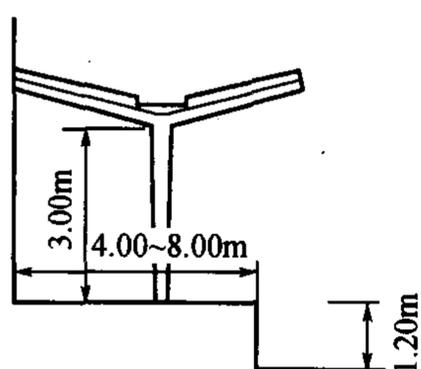


图 1—4 公路站台

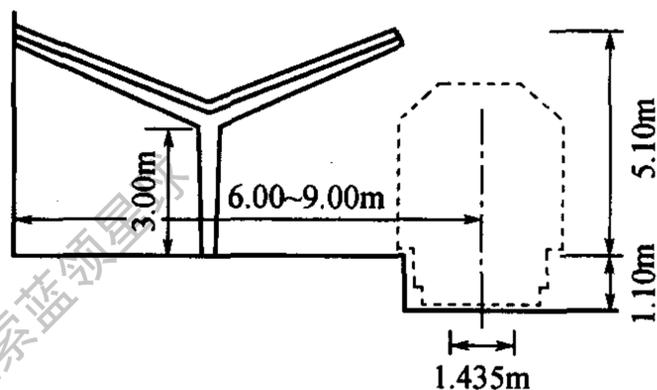


图 1—5 铁路站台

(2) 铁路站台。大、中型冷库一般均采用铁路运输。站台长度应根据货物吞吐量和冷藏列车的种类而定。一般应按 12 节车厢的 B17 型机械保温列车的长度考虑,站台长度为 220 米。在用地紧张的情况下多可按停靠半列 B17 型机械保温列车的长度计算,站台长度为 128 米。站台边缘顶面应高出铁轨轨面 1.1 米,站台边缘距铁路中心线的水平距离为 1.75 米。站台宽度 7~9 米。支承站台罩棚的柱子间距按 6 米、9 米的倍数布置。为了预防可能出现车门正对柱子的情况,以便于装卸作业,站台边缘距站台柱净距不应小于 2 米。铁路站台详见图 1—5。

#### 2. 穿堂

穿堂是指各库房之间水平交通联系的通道,一般分为常温穿堂与低温穿堂两种。

(1) 常温穿堂。所谓常温穿堂,就是其温度经常保持在接近或略低于外界大气的温度。它在建筑构造上无需作隔热处理,只要求有一般的自然通风条件。只要处理得当,穿堂内不滴水,不结冰霜,消除了由于冻融循环而导致冷库建筑结构损坏的隐患;既可延长冷库的使用寿命,又可以降低工程造价。

(2) 低温穿堂。所谓低温穿堂,就是其温度低于 0℃ 以下。其围护结构中必须设置隔热层,而且必须布置制冷设备。为了迅速有效地吸收外界空气和“热货”带入穿堂的水蒸气,制冷设备以采用小型吊顶式冷风机为好。低温穿堂最怕温度时而在 0℃ 以上,时而在 0℃ 以下的波动,这时会造成围护结构表面时而结冰,时而冰又融化成水,以致产生冻融循环,损坏围护结构。

目前推广使用常温穿堂。常温穿堂的宽度应能满足冷库运输作业。常温穿堂的宽度参见表 1—2。

表 1—2 冷库穿堂宽度表

类 型 \ 净宽 (m)	通行铲车	通行手推车	通行吊轨
≥5000T 冷库	5.5~6.0	5.5~6.0	
1500~4500T 冷库	5.0~5.5	4.5~5.5	
≤1500T	5.0	3.5~4.5	
冻结间外侧			3.0~3.5

冷库库房宜采用直接通向常温穿堂的平面布置,其直接通向常温穿堂的冷库门上应该安装空气幕,以防止开启时大量热空气侵入。常温穿堂应有自然通风,以防止穿堂内产生表面结露现象,但必须避免穿堂风干扰空气幕气流;还必须避免阳光直射,必要时在窗上加遮阳设施。冻结物冷藏间门的内侧宜设置门斗,使库内外的冷热空气在门斗里进行交换,从而保持库房温度的稳定和减少库内结霜结露。

### 3. 楼梯、电梯间

楼梯、电梯间是设置楼梯和电梯的房间,是多层冷库工作人员上下各层的垂直交通和货物垂直运输的设施。

(1) 楼梯间。冷库的楼梯间一般设在穿堂与站台之间,用非燃烧材料建造。其结构应与冷库主体结构分开,并要求坚固、耐火、通风采光良好。

如只设一个楼梯时,禁用螺步或扇步,楼梯出口应靠近穿堂外门。如在同一穿堂内有两个以上楼梯,允许其中一个楼梯采用螺步或扇步。

(2) 电梯间。电梯是多层冷库货物垂直运输的主要工具。冷库用电梯为电梯厂生产的冷库专用电梯,其相同吨位的轿厢比一般货梯大,便于连车带货一起进入轿厢。

库房设置电梯的数量宜按下列规定计算:

① 三吨型电梯运送食品的能力,按每小时 20 吨计,两吨型电梯按每小时 13 吨计。

② 以铁路进出货为主的冷库及港口中转冷库应按进出货物的吨位和装卸允许时间确定设置电梯的数量。

③ 在已为铁路、水运进出货设置电梯的情况下,不宜再为日常生产和汽车运输另设电梯。

对电梯间的要求:

① 电梯间的位置要适当,库房的电梯应设在常温环境内,电梯门尽可能与库房出入口直接相对,这样,水平运输工具来回运输比较方便。

② 电梯间的穿堂应有足够的宽度,一般不小于 5 米,为适应机械化操作,宜选用 7 米。

## 二、附属建筑

附属建筑主要指主体建筑以外,且和主体建筑有密切联系的其他建筑,包括机房、设

备间、变电间和配电间、制冰间、整理间等。

### (一) 机房

用于安装压缩机及中冷器等设备的房间。机房的设计应满足工艺布置的要求。

#### 1. 机房的高度

氨压缩机房的净高应根据设备高度和采暖通风的要求确定,一般不宜高于6米同时不宜低于4.5米。

#### 2. 平面尺寸

机房的宽度视压缩机的布置方式而定。当布置单排压缩机时,其宽度不宜小于4.5米,当布置双排压缩机时,其宽度为7~9米,一般大中型冷库,其机房的宽度为9~12米。长度方向以适当留有余地为宜。

#### 3. 通风采光

机房内的设备发热量比较大,夏天温度比较高,一般应有良好的自然通风。机房不宜背贴冷库。

机房窗的采光系数不小于1/7。在炎热的季节里,不宜有强烈阳光经常直射入室内。

冬季机房内的温度不宜低于12℃,故北方寒冷地区应考虑采暖,但不得采用明火取暖,以免发生事故。

#### 4. 出入口及其他

机房要有两个以上出入口,出入口的宽度不应小于1.5米,且门的开启方向朝外。

机房屋面应设隔热层,其地面、墙裙和机器座的外露部分,为防止污染,便于清洗,一般做水磨石面层。

机房不得设在地下室。机房的上下层及四侧严禁设置生活用房或办公室。机房的位置应靠近冷负荷最大的冷间。

### (二) 设备间

用于安装制冷系统中的附属设备,如贮液桶,排液桶,再冷却器,低压循环贮液桶,氨泵等。设备间的位置应紧靠机房。大中型冷库的机房与设备间以墙分隔,小型冷库为了操作方便,也可将设备间与机房合并在一起。

### (三) 变电间和配电间

包括变压器间、高低压配电间和电容器间。一般设在机房的一端。变压器间的高度不得小于5米,室内要有良好的通风条件,炎热地区需设通风装置。为了减少太阳辐射热的影响,变配电间不宜朝西布置。变配电间与机房相邻时,共用的隔墙应用耐火极限不低于4小时的非燃烧性实体墙,并应抹灰。该墙上只允许穿过与配电间有关的管道、沟道,其孔洞周围应采用非燃烧性材料严密堵塞。配电间与机房公用的墙上不易开窗,如必须开窗时,应用难燃的密闭固定窗。

### (四) 制冰间

制冰间有盐水制冰和快速制冰两种。两者都有生产能力为15吨/日的成套设备供应。盐水制冰的设备及土建投资较大,冰块结冻成型的时间约需36小时(与冰块的大小有关),安装一套盐水制冰设备的建筑面积约需154平方米。快速制冰的冰块结冻成型的

时间仅需要 2 个小时。安装一套快速制冰设备的建筑面积约 50 平方米。快速制冰与盐水制冰相比较,具有冻结快、设备轻、投资少、无腐蚀及所用建筑面积少等优点。但快速制冰的冰块由于孔多宜融化,不如盐水制冰坚硬。

制冰间要尽量靠近设备间和冰库,以缩短管道和运输距离。制冰间要求有良好的采光条件,但应避免阳光直接照在制冰池上。地面排水要通畅。采用盐水制冰的制冰间,冰池下边和四周要设隔热层和防潮层;四壁顶部必须设防止生产用水渗入保温层的设施,池底保温层下应采取防止地坪冻胀的措施,如将冰池架空处理等。同时,冰池的四周应有一米宽的走道。

#### (五)包装整理间

鱼类蛋类水果蔬菜等食品在进库前,须先进行挑选、分级、整理、过磅、装盘或包装,以保证食品质量和库内卫生。整理间要有良好的采光和通风条件,每小时要有 1~2 次的通风换气。地面要便于冲洗,排水要通畅。

### 第三节 冷库建筑的特点

人们建造建筑物,是为了满足人们物质生产和物质文化生活的需要。不同的需要,要求建筑物具有不同的作用;不同类型的建筑物,要求具有满足某种需要的功能。为了满足生产和生活的需要,建筑物的外形、大小、平面布置、材料选用和建筑、结构形式都应有不同程度的差别和各自的特点。

冷库是以人工制冷的办法,对易腐食品进行冷加工和贮存的建筑物。因此,冷库建筑和一般工业与民用建筑既有相同之处,又有区别之点。

冷库是用来贮存食品的,因此,和仓库一样,都具有荷载大的特点;贮存食品要经过整理加工,因此,它又像个工厂,受生产工艺流程和运输条件的制约。不同的是,冷库的主要用途是冻结和贮存易腐食品,为了保持库内冷藏食品所必须的温度、湿度,一方面利用机械制冷获得冷量;另一方面,必须尽可能地减少库内冷量的损耗。因此,冷库建筑除了具有一般建筑物的特点外,还有其独自的特点。

#### 一、建筑特点

第一,冷库建筑区别于其他一般建筑的根本特点是具有保冷要求。依冷库的使用性质不同,库内温度一般稳定在  $0^{\circ}\text{C} \sim -40^{\circ}\text{C}$  之间的某一温度。在一年中多数时间里是“内冷外热”。

第二,由于冷库库外环境随自然界气温的变化,经常处于周期性波动之中(既有昼夜交替的周期性波动,又有季节交替的周期性波动),再加上冷库生产作业需要,冷库门时常开启,货物时常进出,库外库内就经常有热湿交换发生。

第三,外界热空气进入库内后,其状态变化为降温析湿过程,这不但影响库内温度的稳定,而且所析出的水分将在低温的制冷蒸发器上和围护结构表面凝结成水或冰霜,冰霜又可能因受热而融化成水。渗入建筑结构内部的水分若体积膨胀,会使建筑结构受到损坏。

第四,由于库内温度经常处于摄氏零度以下,若地坪下的土壤得不到足够的热量补

充,温度就会逐渐降低,土壤中所含水分出现冻结就会产生极大的冻胀破坏力,能使墙、柱的基础抬起,地坪冻鼓,危及建筑结构及制冷设备的安全,导致冷库不能使用。

由于冷库有以上特点,因此,冷库建筑必须采取相应的技术措施以适应其建筑特点。

### 1. 隔热保冷

冷库内需要保持特定的“冷”度,才能满足生产使用的要求。为了阻挡外界热量侵入冷库内,其围护结构必须设置具有适当隔热能力的隔热层,同时,为了减少吸收太阳的辐射热,冷库围护结构的外表面一般涂成白色或浅颜色。

### 2. 隔汽防潮

室外热空气进入库内,不但增加冷库的耗冷量,还会给库内带进水分。因此,为了保持隔热层的隔热性能,使隔热材料免于受水或水蒸气侵袭而降低隔热性能,必须在隔热层的高温侧设置隔汽层。

### 3. 防止热湿交换产生的各种破坏作用

库内、库外的热湿空气交换极易使冷库的内维护结构和建筑结构表面产生凝结水、冰、霜,以至由表及里地渗入水分。热湿交换越频繁,凝结的水、冰、霜越多,冻融循环就越频繁,破坏建筑结构的可能性也就越大。因此,除选择防水性、抗冻性较好的建筑材料外,还要在设计上注意冷热合理分区和必要的措施(如冷藏间入口处设置空气幕等),以减少热湿交换。

### 4. 防止地坪下土壤冻结引起的破坏作用

防止地坪下土壤冻结的措施是加热防冻。就是说,除设置隔热地坪以外,还用地坪架空、通风加热、热油管加热等方法给土壤加温,使地坪不致冻胀。

## 二、结构特点

在建筑物中,支承荷载的构件或构架,如屋架、梁、板、墙、柱、基础等组成的体系,叫做建筑结构。由于冷库具有低温的特殊性,因此,冷库结构也有较一般建筑不同的特点。

第一,冷库内、外温度差很大,由温度差而引起的温度应力较一般常温建筑物大。温度应力会引起冷库结构的破坏。

第二,结构体系长期处在低温状态下,或处在低温、高湿以及温度、湿度变化频繁的环境中。结构构件在冻融循环情况下,构件会产生不良变化,严重时,会导致构件破坏。

第三,穿过隔热层的构件,应避免形成“冷桥”。冷库建筑的隔热性能要求较高,结构布置与构造处理不当,就会产生“冷桥”,破坏隔热性能,影响隔热效果。

第四,冷库结构除了要求有足够的强度外,还要根据结构的使用条件与要求控制结构的变形。冷库结构在荷载作用下可以变形,且温度变化引起的变形更为复杂。当变形超过一定数值时,就会引起裂缝,根据使用要求,冷库结构的任何部位都应避免产生裂缝。因为结构构件出现裂缝,不仅会削弱构件的承载能力,而且会影响构件的防水抗渗及抵抗冻融的能力,将使构件表面酥松剥落,甚至引起构件内钢筋锈蚀等严重后果。此外,冷库的楼面、地板产生裂缝,将导致生产用水流入楼、地板内,从而引起楼板冻结,地坪冻鼓,围护结构开裂,并会扭断隔汽层,水分将通过裂隙,直接流入隔热层内,使隔热层受潮,降低隔热性能。因此,对冷库结构变形问题必须认真对待。

## 第四节 冷库的建筑结构形式

根据冷库的库容量、生产方式、产品堆放方法与建筑的平面布局等要求,冷库可设计成单层或多层两种。不论单层或多层的冷库建筑,其结构形式,都应根据冷库所在地区建筑材料的来源及供应情况、施工技术条件以及冷库的特殊要求等因素来决定。

### 一、冷库的建筑形式

冷库的建筑形式是根据冷库的生产操作工艺、制冷工艺的要求和冷库的规模,结合库址的具体条件(如地下水位、地质、地形等)综合考虑确定的。目前,我国冷库建筑多采用以下两种形式。

#### (一)多层冷库

这种形式的冷库有带地下室和不带地下室的两种,库容量为 1500~10000 吨,有的达 10000 吨以上。故一般大、中型冷库多采用这种形式。多层冷库的层数因受地基、垂直运输等条件的影响,层数一般以 4~6 层为宜。应避免二、三层的冷库,因其为了解决垂直运输问题,仍需设置电梯,由于层数少,不能充分发挥电梯的作用。

多层冷库如设地下架空层时,宜尽可能结合具体情况,作高温库房或其他库房使用,以充分利用空间,节约用地和投资。

#### (二)单层冷库

一般中小型冷库多采用单层。

一座冷库是建成单层,还是建成多层,要根据规模、占地、使用等要求,进行全面分析比较。

单层冷库和多层冷库的优缺点可大致作如下分析:

##### 1. 单层冷库的优点

(1) 建筑结构简单,施工速度快,建设周期短。

(2) 结构处理上可采用大跨度屋架,减少库内柱子的占地面积,并在采用机械化运输情况下,适当提高层高,增加库容量。

(3) 避免了垂直运输,便于机械化操作,进出货方便。

##### 2. 单层冷库的缺点

(1) 单层冷库较多层冷库占地面积大。

(2) 单层冷库为低温库房时,地坪防冻工程量大。

(3) 围护结构面积大,隔热材料用量较多,耗冷量较大。

##### 3. 多层冷库的优点

(1) 占地面积小,相同库容量的多层库比单层库占地面积小。

(2) 相同库容量的多层库比单层库的外围护结构面积小,因此,可以减少耗冷量,节约隔热材料,降低工程造价。

##### 4. 多层冷库的缺点

(1) 库内垂直运输量大,要设电梯,货物进出不如单层库迅速方便。

(2)楼板的承载能力限制着货物的堆装高度。因此,楼层不能太高,单位面积堆货量小。如采用机械堆装时,机械利用率低。

(3)多层冷库的总荷载比较大。如库址地基承载力差时,基础施工较复杂,造价较高。

(4)施工期限较长。

目前,我国一般小型冷库多采用单层形式,大、中型冷库多采用多层形式。

## 二、冷库的结构形式

我国冷库常用的结构形式,有下列两种。

### (一)梁板式结构

梁板式结构由主梁、次梁和楼板组成。见图 1—6。

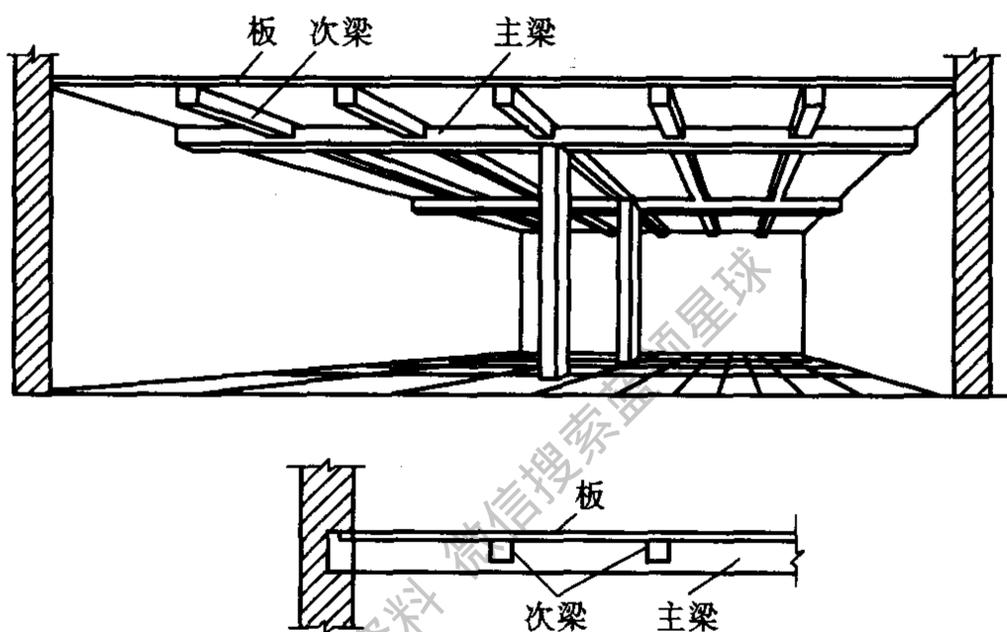


图 1—6 梁板式结构

梁板式结构一般多用于小型单层库,梁板式结构技术简单,施工方便,故常被采用。但因板底有主梁和次梁通过,如需在板底设隔热层时,则需要增加很多比较复杂的构造处理,使建筑费用增加;同时,制冷管道不能沿板底通过,致使层高加大。另外,如库内采用冷风系统,则楼板下的主梁和次梁将影响空气流通效果,在梁与板连结部位,又容易滋生霉菌,影响冷藏的卫生条件。

梁板式钢筋混凝土结构有现浇式和预制装配式两种。现浇梁板式结构整体性好,但耗用木材量大,故采用时有一定的局限性。目前,大部分小型冷库多采用预制装配式或预制楼板现浇梁柱的方式。

单层冷库还可采用柱子和屋架组成坡屋面的排架形式。跨度可以比较大,但最好采用单跨,避免采用多跨,因多跨排架的内天沟往往会造成漏雨,损坏隔热层。

### (二)无梁楼盖结构

一般多层冷库大多采用无梁楼盖结构。

无梁楼盖的结构形式对冷库来说具有以下优点:

1. 由于无梁楼盖的板底平整,有利于冷却顶排管的设置和安装,同时,也有利于库房内气流的组织。

2. 因板底无梁, 库房空间可以充分利用, 增加库容量, 当堆货高度一定时, 建筑层高可以降低, 节省建筑投资。

3. 需在板底倒贴隔热层时, 施工方便, 节约材料。

4. 板底光滑平整, 不易积聚灰尘, 库内卫生条件好。

无梁楼盖结构由楼板、柱帽和柱子组成, 柱网尺寸一般为  $6 \times 6$  米。当多层冷库采用现浇无梁楼盖时, 屋盖也可采用无梁楼盖, 以充分利用模板。无梁楼盖四周的板最好带有悬臂, 悬臂板伸出的长度宜  $\geq 2.4$  米。无梁楼盖结构见图 1—7。

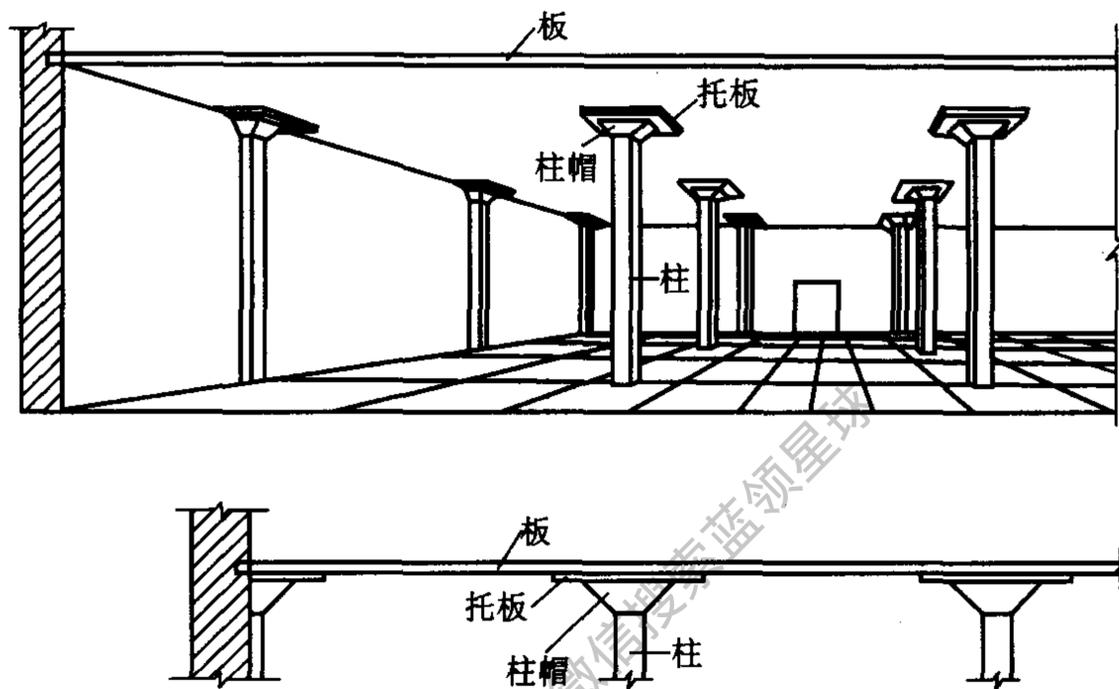


图 1—7 无梁楼盖形式

无梁楼盖结构施工方法很多, 可采用现浇、预制装配和升板等方法, 近年来采用定型钢模板施工, 不仅节约大量木材, 缩短了工期, 同时还保证了工程质量, 应重视推广。

## 第二章 冷库常用的建筑材料

建筑材料是指建筑工程中所用的各种材料。它是建筑工程不可或缺的物质基础。

建筑材料种类繁多,通常分为金属材料与非金属材料两大类。金属材料分为黑色金属材料(钢、铁)和有色金属材料(铜、锌、铅、铝)等;非金属材料分为无机材料(砖、石、水泥、混凝土、砂浆、膨胀珍珠岩、泡沫、玻璃等)和有机材料(木材、塑料、稻壳、软木、沥青等)。

由于建筑材料用量大,费用高,一般约占工程总造价的60%~70%。而冷库建筑需用大量的隔热材料,因此,材料费用可占80%左右。并且,由于所在部位的不同,发挥的作用也不同。所以,如何选择建筑材料是很重要的。本章就冷库常用建筑材料的主要性质作一介绍。以便在实践中能合理选用。

### 第一节 材料的基本性质

#### 一、比重和容重

材料单位体积的重量是评价材料性质的重要指标之一。

材料的体积一般分为自然状态下的体积与绝对密实状态下的体积。

所谓绝对密实状态下的体积,是指材料结构内部不包含孔隙,这是一种理想状态下的体积。而自然状态下的体积,则包含了材料内部结构孔隙。

##### (一)比重

在工程中,把材料在绝对密实状态下的单位体积的重量称为比重。按下式计算:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (2-1)$$

式中, $\gamma$ ——材料的比重( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$G$ ——干燥材料的重量( $\text{g}$ );

$V$ ——绝对密实状态下材料的体积( $\text{cm}^3$ )。

##### (二)容重

容重为材料在自然状态下单位体积的总量。按下式计算:

$$\gamma' = \frac{G}{V_1} \quad (2-2)$$

式中, $\gamma'$ ——材料的容重( $\text{g}/\text{cm}^3$ )或( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$G$ ——材料的重量( $\text{g}$ 或 $\text{kg}$ );

$V_1$ ——自然状态下的材料的体积( $\text{cm}^3$ 或 $\text{m}^3$ )。

材料在自然状态下的重量,一般来说,是随含水量的变化而变化的,所以,在测定材料的容重时,应注明含水情况。

比重和容重是材料的基本性质,常用来计算材料的密实度和孔隙率。另外,材料的容重与其强度、隔热性能也有密切关系。

除钢和水外,一般材料的容重均小于比重。因容重更能反映材料的真实属性,故在材料学中,常选用容重这个指标。常见的建筑材料的比重和容重值见表 2—1

表 2—1 常用建筑材料的比重和容重值

材 料	比 重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	容重 $\gamma'$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
普通黏土砖	2.70	1600 ~ 1800
普通硅酸盐水泥	3.10	1200 ~ 1300
砂	2.60	1450 ~ 1650
普通混凝土	—	2100 ~ 2600
木材	1.55	400 ~ 900
钢材	7.85	7850
水(4℃)	1.00	1000

注:为松散容重。

## 二、密实度与孔隙率

密实度与孔隙率均是表示材料密实程度的指标。

### (一)密实度

为材料体积被固体物质所充实的程度。用“ $d$ ”表示。

可用下式计算:

$$d = \frac{V}{V_1} \quad (2-3)$$

因为

$$V = \frac{G}{\gamma}; V_1 = \frac{G}{\gamma'}$$

代入上式得

$$d = \frac{\gamma'}{\gamma} \quad (2-3')$$

如用百分数表示时

$$d = \frac{\gamma'}{\gamma} \times 100\% \quad (2-3'')$$

式中,  $d$ ——材料的密实度。

### (二)孔隙率

为材料体积内孔隙体积所占的百分数。用“ $p$ ”表示。

可用下式计算:

$$\begin{aligned} P &= \frac{V_1 - V}{V_1} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_1}\right) \times 100\% \\ &= (1 - d) \times 100\% = \left(1 - \frac{\gamma'}{\gamma}\right) \times 100\% \end{aligned} \quad (2-4)$$

密实度和孔隙率是材料的重要性质,在数值上,两者之和为 1 或 100%。对同一种材料而言,孔隙率越大则密实度越小,如为完全密实材料,则密实度为 100%,孔隙率为 0%,因此,常用孔隙率表示材料的密实程度。

材料的其他性质,如吸水性、隔热性及强度等,均与孔隙率的大小有密切关系。在孔隙率相同时,材料的其他性质也不尽相同。这说明材料的性质除了与孔隙率有关外,还与

材料的孔隙构造有关。

材料的孔隙构造分连通的和封闭的两种。连通的孔隙与外界相通,封闭的孔隙与外界隔绝。

### 三、吸水性与吸湿性

由于材料存有孔隙,所以材料在水中或潮湿的空气均能吸收水分,导致材料容重的增加,使其隔热性能减弱。

#### (一)吸水性

吸水性为材料在水中能吸收水分的性质,用吸水率表示。常用重量吸水率和体积吸水率两种方法表示。

重量吸水率为材料吸收水分的重量占材料重量的百分数。按下式计算:

$$W_{\text{重}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-5)$$

式中,  $W_{\text{重}}$ ——材料重量吸水率(%);

$G_{\text{湿}}$ ——材料吸水至饱和时的重量(g);

$G_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的重量(g)。

对于某些轻质材料如泡沫混凝土、泡沫塑料、软木等,其重量吸水率往往超过100%。即湿重为干重的两倍以上。在这种情况下,最好用体积吸水率表示。

体积吸水率为材料吸收水分的体积占材料体积的百分数。由于水的比重为  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ,所以,材料吸收水分的体积在数值上等于其重量,故可用下式计算:

$$W_{\text{体}} = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{V_1} \times 100\% \quad (2-6)$$

式中,  $W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%);

$V_1$ ——材料自然状态下的体积( $\text{cm}^3$ );

$G_{\text{湿}}$ 、 $G_{\text{干}}$ ——同式(2-5)。

材料的吸水性主要取决于材料孔隙的大小及孔隙的特征。一般说来,孔隙率越大,吸水性越强。但如果孔隙的构造是封闭的,水分则不易渗入,粗大孔隙,水分又不易留存,故有些材料尽管孔隙率较大,但吸水率却仍然较小。通常具有很多开口且孔隙微小的材料,其吸水率往往较大。

#### 2. 吸湿性

吸湿性是材料在潮湿空气中吸收空气中水分的性质,用含水率表示。材料所含水分的重量与材料干燥时的重量之比的百分数称为含水率,或称湿度。按下式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{G_{\text{含}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-7)$$

式中,  $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%);

$G_{\text{含}}$ ——材料含水时的重量(g);

$G_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的重量(g)。

材料含水率大小取决于材料本身的组织构造和化学成分。一定组织构造和化学成分

的材料,其含水率取决于周围空气的相对湿度和温度。相对湿度越高,温度越低时,其含水率也就越大。

#### 四、耐水性与抗冻性

材料吸水后,在温度变化时所表现出来的性能,分别用耐水性和抗冻性来衡量。

##### (一)耐水性

耐水性是材料长期在饱和水作用下不破坏,强度也不明显降低的性质,用软化系数表示:

$$K_{\text{软}} = \frac{R_{\text{饱}}}{R_{\text{干}}} \quad (2-8)$$

式中,  $K_{\text{软}}$ ——材料软化系数;

$R_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度(Pa);

$R_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(Pa)。

一般材料,随含水量的增加,强度均有所下降,这是由于水分会透入材料微粒之间的缝隙内,降低微粒之间的联结力。因而,材料的软化系数在 0~1 之间变动。通常认为软化系数大于 0.8 的材料是耐水的。软化系数指标是正确选择防水材料的重要依据之一。

##### (二)抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,抵抗多次冻融循环而不破坏,同时也不严重降低其强度的性质。

水结冰后,体积约增大 9%。若材料孔隙内充满了水分,当水分结冰时,体积膨胀,就会对孔壁产生压力,随着冻融循环(在 -15℃ 冻结于 20℃ 融化,称为一次冻融循环)次数的增多,材料表面将产生脱屑、剥落和裂纹,其强度也逐渐降低。如经过规定次数的冻融循环后,材料重量损失不大于 5%,强度降低不超过 25%,通常认为是抗冻材料。

材料的抗冻性要求是根据材料所处的环境及气候条件等因素所决定的。根据材料抵抗冻融的循环次数,可将抗冻性指标分成五个等级,即  $F_{10}$ 、 $F_{15}$ 、 $F_{25}$ 、 $F_{50}$ 、 $F_{100}$ 。

材料的抗冻性大小取决于材料本身的组织构造、强度、吸水性、耐水性等因素,也水的饱和程度有关。

#### 五、导热性与热容量

##### (一)导热性

导热性为热量由材料的一面传至另一面的性质,即材料能传导热量的性质。用热导率表示。在物理意义上,热导率为单位长度的材料,两侧温差为 1K 时,在单位时间内通过单位面积上的热量数。单位为  $W/(K \cdot m)$ 。[注:当温差为 1℃ 时,热导率单位也可选用  $W/(m \cdot ^\circ C)$  并不影响计算结果]材料的热导率是衡量材料隔热性能的重要指标。材料的热导率越小,隔热性能越好。

材料的热导率与材料的成分、密实度和分子结构等因素有关,即使是同一种材料,因其工作条件不同(如温度、湿度的不同),其热导率也不同,对于各向异性材料(如木材),热导率还与热流方向有关。

##### 1. 材料的结构状态对热导率的影响

绝大多数的材料内部都有一定的空隙。当材料的比重一定时,孔隙率越大,容重就越

小,其热导率也越小;反之,热导率就越大。材料的热导率不仅与孔隙率有关,而且还与孔隙的大小和形状有关。在孔隙率相同的情况下,孔隙的尺寸越大,热导率也越大;而且,开口串通的孔隙比封闭的孔隙的热导率要高,这是因为小而封闭的孔隙内的空气是流动的,产生了对流换热,所以热导率大。

对于容重较小的松散性材料,如稻壳、玻璃纤维等,当容重低于某个极限时,热导率反而增大,这是因为孔隙过大且互相串通使对流换热加强的缘故。所以,这些材料有一个最佳容重,就是说,在这个容重下,材料的热导率最小,当低于或高于这个容重时,热导率均增大。

图 2—1 是玻璃棉热导率与容重的关系。

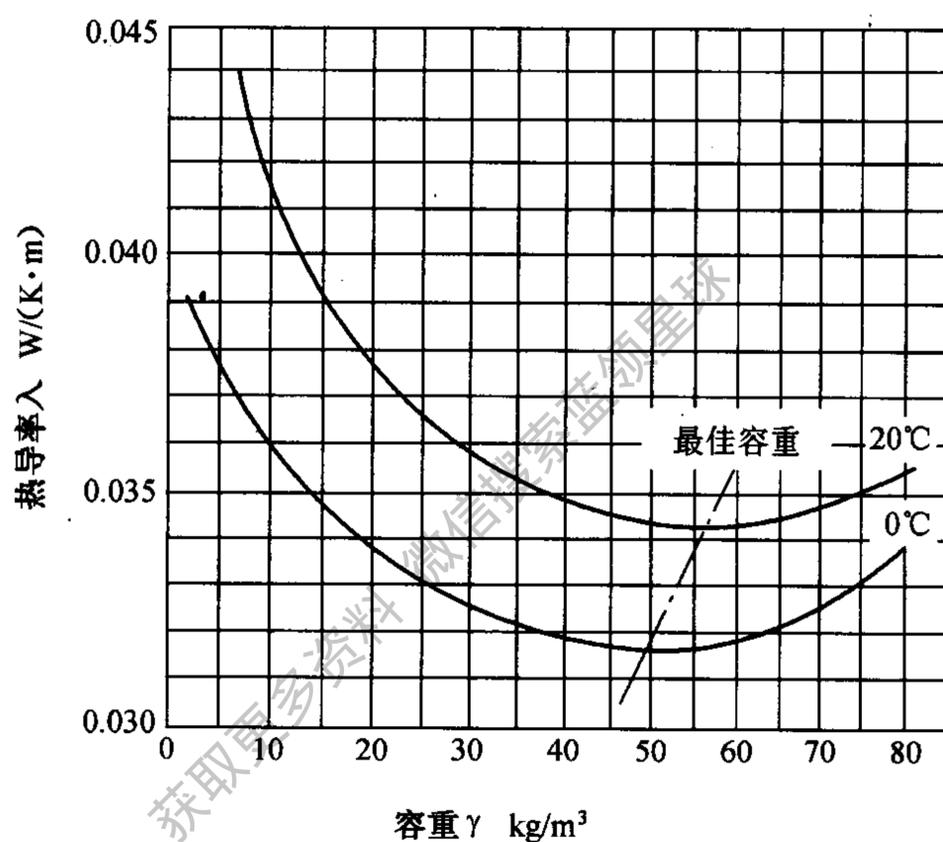


图 2—1 玻璃棉热导率与容重的关系

图 2—2 是聚苯乙烯泡沫塑料热导率与容重的关系。

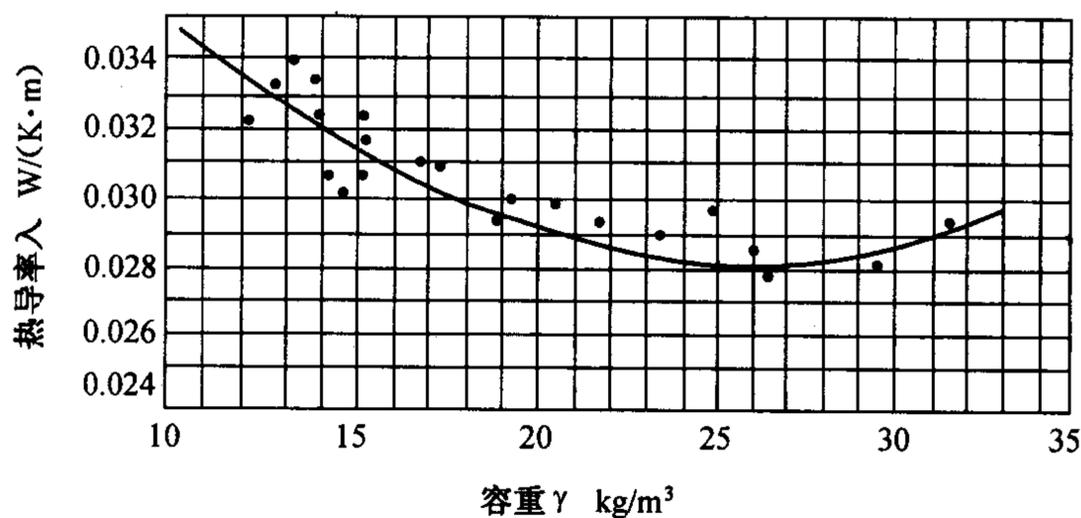


图 2—2 聚苯乙烯泡沫塑料热导率与容重的关系

### 2. 材料的湿度对热导率的影响

材料的热导率随湿度增加而增大。这是因为干燥材料的孔隙被空气充满,受潮后,其部分孔隙被水分充满,而水的热导率  $\lambda_{\text{水}} = 0.5\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ,比干空气的热导率  $\lambda_{\text{空气}} = 0.02\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 高 25 倍。如果孔隙中的水分结成冰,即材料受潮后冻结,则材料的隔热性能将大幅度降低,因为冰的热导率  $\lambda_{\text{冰}} = 2.326\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ,比干空气的热导率大 100 倍。因此,应采取有效措施,避免隔热材料受潮,使隔热材料经常处于干燥状态,以发挥其隔热性能。

### 3. 温度对热导率的影响

材料的热导率随温度的增高而增大。这是因为当温度升高时,固体分子的热运动也增强,同时,材料孔隙中空气的导热和孔壁间的辐射换热亦增强。但这种影响,当温度在  $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$  范围内是不大的。只是对处在高温或很低的负温条件下才考虑采用相应温度下热导率的。

### 4. 热流方向对热导率的影响

对于各向异性材料,如木材等纤维质的材料,当热流平行于纤维延伸方向时,热流受到阻力最小,而热流垂直于纤维延伸方向时,热流受到的阻力最大。表 2—2 是木材的热导率与热流方向的关系:

表 2—2 木材热导率与热流方向的关系

材料名称	容重 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	不同热流方向时的热导率 [ $\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ]	
		垂直于木纹	平行于木纹
松 木	550	0.174	0.349
橡 木	800	0.233	0.407

### (二) 热容量

热容量为材料加热时吸收热量,冷却时放出热量的性质。用比热表示。比热是 1 千克材料温度升高或(降低) $1^{\circ}\text{C}$ 所吸收或(放出)的热量。

材料的热容量,对于保持室内温度的稳定具有很大的意义。热容量大的材料,能在热流变动的时候,缓和室内温度的波动。

### 六、强度

材料在外力作用下抵抗破坏的能力称为强度。

不同的材料,在外力作用下抵抗破坏的能力也不同。同一种材料,由于其孔隙率及孔隙的构造特征不同,强度也有较大差异。一般孔隙率越大的材料,抵抗破坏的能力即强度越低。强度与孔隙率具有近似直线比例关系。如图 2—3 所示。

由于外力的作用方式不同,强度表现为

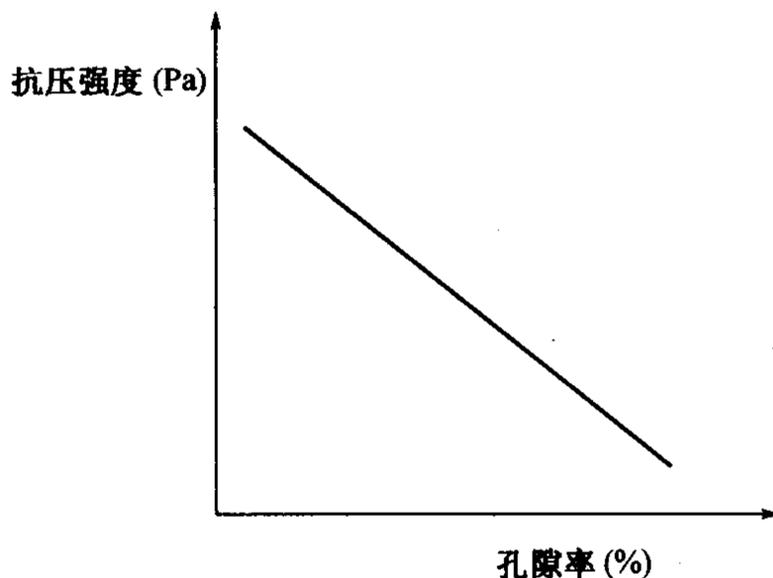


图 2—3 材料强度与空隙率的关系

抗压强度、抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度、抗扭强度等。

### 七、弹性与塑性

材料在外力作用下会产生变形,但当外力除去后,仍然恢复变形前的形状,这种性质称为材料的弹性。反之,当外力除去后不能恢复原来的形状,而仍保持变形后的状态,这种性质称为材料的塑性。我们把除去外力后能恢复原形的变形称为弹性变形。不能恢复的变形称为塑性变形。

弹性与塑性均是材料的基本性质,由于材料有弹性,所以具有抵抗变形及抵抗破坏的能力。建筑上常用的钢材与木材均具有较高的弹性,而塑性对建筑制品的成型来说非常重要。混凝土及沥青均有良好的塑性。

材料的弹性与塑性,除与材料本身成分有关外,还与外界条件有关。如有的材料在一定的温度和一定的外力条件下属于弹性性质,当条件改变时也可能变为塑性性质。

## 第二节 冷库建筑常用的结构材料

### 一、普通黏土砖

标准的普通黏土砖尺寸为  $240 \times 115 \times 53$  毫米。

#### (一)普通黏土砖的技术性能

##### 1. 强度

强度指标用标号来表示。普通黏土砖的标号是根据其抗压强度为主要标准确定的。同时,各标号的砖尚要求有一定的抗折强度。普通黏土砖一般分 20、15、10、7.5、5.0 五个标号,用 MU 表示。例如 MU20 表示标号为 20 的普通黏土砖。

##### 2. 抗冻性

将吸水饱和的砖,在  $-15^{\circ}\text{C}$  和  $20^{\circ}\text{C}$  下各 3 小时经 15 次冻融循环,其重量损失不超过 2%。裂缝长度不超过规定(裂缝在大面上宽度方向及其延伸到条面上的长度不超过 70 毫米,在大面上长度方向及其延伸到顶面上的长度不大于 100 毫米)时,即为抗冻性合格。

##### 3. 吸水率

吸水率与砖的烧结温度有关,温度低的孔隙多,吸水率大;温度高的孔隙少,砖的吸水率小。吸水率越小,质量越好,但吸水率过低,砖的内部孔隙太少,会影响砖的热工性质。因此,砖的吸水率一般以 8% ~ 16% 为宜。

##### 4. 容重

砖的容重一般为  $1600 \sim 1800\text{kg}/\text{m}^3$

#### (二)普通黏土砖的应用

在冷库建筑中,凡与低温空气接触部分的砌体标号不得低于 MU10,抗冻标号为 F25 级,其他部分的砌体可采用 MU7.5 的砖。

### 二、水泥

水泥是一种良好的无机胶结材料。水泥浆体不但能在空气中硬化,还能更好地在水中硬化并持续增长其强度,故水泥属于水硬性胶结材料。

### (一)水泥的种类

水泥有很多品种,通常按其性质和用途可分为通用水泥、专用水泥和特种水泥。通用水泥是在工业与民用建筑等土木工程中应用最为广泛的水泥。它包括六大品种:硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

### (二)水泥的主要技术性质

#### 1. 细度

水泥颗粒的粗细程度。它对水泥的使用有重要影响。水泥颗粒粒径在 $7\sim 200\mu\text{m}$ 范围内。通常出厂的水泥如符合国家标准的要求,使用单位可不校验水泥的细度。

#### 2. 标准稠度用水量

国家标准规定检验水泥的凝结时间和体积安定性时需用“标准稠度”水泥净浆。“标准稠度”是人为规定的稠度。其用水量用水泥标准稠度测定仪测定。硅酸盐水泥的标准稠度用水量一般为水泥重量的 $21\%\sim 28\%$ 。

#### 3. 凝结时间

凝结时间分初凝时间和终凝时间。初凝时间为水泥加水拌和至标准稠度的净浆开始失去可塑性所需时间;终凝时间为水泥加水拌和至标准稠度的净浆开始失去可塑性并开始产生强度所需的时间。为使混凝土或砂浆有充分的时间进行搅拌、运输、浇捣和砌筑,水泥的初凝时间不能过短。当施工完毕时,则要求尽快硬化,增大强度,故终凝时间不能太长。国家标准规定。水泥的凝结时间是以标准稠度的水泥的净浆,在规定温度及湿度环境下用水泥净浆凝结时间测定仪测定。硅酸盐水泥的初凝时间不得少于45分钟,终凝时间不得超过6.5小时。实际上,国产硅酸盐水泥的初凝时间多为1~3小时,终凝时间多为3~4小时。

#### 4. 体积安定性

水泥体积安定性是水泥浆硬化后因体积膨胀而产生变形的性质。它是评定水泥质量的重要指标之一,也是保证混凝土工程质量的必备条件。体积安定性不良的水泥应做废品处理,不得应用于工程中,否则将导致严重后果。

#### 5. 强度

强度是评价水泥质量的又一重要指标。我国采用以水泥胶砂强度评定水泥强度的办法。国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175-1999)和《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T17671-1999)规定:检验水泥强度所用胶砂的水泥和标准砂按1:3混合,加入规定数量的水,按规定方法制成标准试件,在 $20^{\circ}\text{C}$ 的水中养护,测定其3天和28天的强度。按照测定结果,将硅酸盐水泥分为42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5、62.5R六个强度等级,将普通水泥分为32.5、32.5R、42.5、42.5R、52.5、52.5R六个强度等级(其中R表示早强型,其他为普通型)。

#### 6. 水化热

水泥中的矿物质在水化反应中放出的热量称为水化热。大部分的水化热是在水化初期(7天内)放出的,以后逐渐减少。

### (三)水泥的应用及保管

在冷库建筑中,水泥的品种对工程质量起着十分重要的作用。因此,在选用水泥品种时,必须结合冷库结构的特点进行选择。对于结构构件的周围环境有可能出现冻融的部位,宜采用普通水泥。其他部位可采用矿渣水泥,但不得采用火山灰水泥及掺有火山灰质材料的矿渣水泥。不同品种的水泥不得混合使用,同一构件不得使用两种水泥;冻结间、冻结物冷藏间、储冰间、低温穿堂等应优先使用高于32.5级的普通硅酸盐水泥,亦可使用高于32.5级的矿渣水泥。冷却间、冷却物冷藏间应使用高于32.5级的普通水泥或矿渣水泥。

在水泥的运输或贮存时,一定要注意防潮,防水。按不同品种、级别及出厂日期分别存放,并加标志。贮存时间不宜超过三个月。因为在一般贮存条件下,三个月后,水泥强度约降低10%~20%。六个月后,约降低15%~30%。一年后,约降低25%~40%。

### 三、普通混凝土

普通混凝土是由水泥、水和砂石骨料制成的人造石材。水泥和水形成水泥浆,包裹骨料和表面并填充其空隙。在硬化前,水泥浆起润滑作用,赋予拌合物一定的施工和易性。水泥浆硬化后,则将骨料胶结成一个坚实的整体。在混凝土中,砂、石起骨架作用,故称为骨料,它们在混凝土中还起到填充作用和减小混凝土在凝结硬化过程中的收缩作用。

一般对混凝土质量的基本要求是:具有符合设计要求的强度;具有与施工条件相适应的施工和易性以及具有与工程环境相适应的耐久性。

#### (一)混凝土的组成材料

##### 1. 水泥

混凝土所用水泥品种要根据工程特点及所处环境条件、施工条件和水泥特性等因素来决定。水泥标号的选择,要和混凝土的设计标号相适应,通常以水泥标号为混凝土标号的1.5~2倍为宜。

##### 2. 骨料

粒径在0.6~5mm之间的骨料为细骨料。粒径大于5mm的为粗骨料。为保证混凝土质量,骨料必须质地密实,具有足够的强度,并要求清洁,所含杂质不超过规定值。

##### 3. 水

混凝土所用水要求不能含有影响水泥正常硬化的有害杂质或油脂、糖类等。因此,海水、污水、工业废水等均不能用于混凝土中。一般能饮用的自来水及洁净的天然水都可作为混凝土用水。

#### (二)混凝土的主要性质

##### 1. 混凝土拌合物的和易性

和易性是指混凝土拌合物易于施工操作(搅拌、运输、浇筑、捣实)并将获得质量均匀、成型密实的性能。和易性是一项综合的技术性质,包括有流动性,黏聚性和保水性等三方面的涵义。

##### 2. 混凝土的强度

混凝土的强度主要指抗压强度。在混凝土的各种强度中。抗压强度常用来作为评定

混凝土质量的指标,并作为确定强度等级的依据。根据国家标准《普通混凝土力学性能试验方法》(GBJ81-1985),制作边长为150mm的立方体试件,在标准条件温度( $20 \pm 5$ )℃,相对湿度90%以上,养护28天龄期,测得的抗压强度值为混凝土立方体抗压强度,并以此为依据将混凝土划分成15个等级,用符号C与立方体抗压强度标准值(以 $N/mm^2$ 计)表示,即C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70及C80等强度等级。

#### 四、砂浆

砂浆由无机胶结材料、细骨料和水组成。胶结材料为水泥的叫水泥砂浆;胶结材料为石灰膏的砂浆叫石灰砂浆;若在水泥砂浆中掺入适量的石灰膏以增加砂浆的和易性,这样的砂浆叫混合砂浆。根据不同的用途,砂浆又分为砌筑砂浆和抹面砂浆。

砂浆的主要技术指标为和易性和强度。和易性指标取决于砂浆的流动性和保水性,而强度则是以符号M和砂浆立方体的抗压强度值表示,如M10、M7.5等。

在冷库建筑中,应选用水泥砂浆,而不用石灰砂浆。

#### 五、建筑钢材

建筑钢材是指建筑工程中用于钢结构的各种型钢(工字钢、槽钢、角钢等)、钢板和用于钢筋混凝土结构中的各种钢筋。

对于钢材有多种分类。按化学性质分为碳素钢和合金钢。

##### (一)碳素钢

碳素钢按质量的不同分为普通碳素钢和优质碳素钢。

普通碳素钢按含炭量的多少可分为:

低碳钢——含炭量一般小于0.25%

中碳钢——含炭量一般为0.25%~0.60%

高碳钢——含炭量一般大于0.60%

##### (二)合金钢

合金钢按合金元素总含量可分为:

低合金钢——合金元素总含量一般小于3.5%

中合金钢——合金元素总含量一般为3.5%~10%

高合金钢——合金元素总含量一般大于10%。

建筑上所用的钢材主要是普通碳素钢中的低碳钢以及普通低合金钢。

#### 六、木材

木材是基本建设的一种重要的建筑材料,它同水泥、钢筋统称基本建设的三大材料。

##### (一)木材的优缺点

木材有很多优点。它分布广,可就地取材;质轻而强度高,易于加工;有较高的弹性和韧性,能承受冲击和振动作用;大部分木材有美丽的纹理等。但木材也有一定的缺点。如构造不均匀,有向异性;易随空气的温度和湿度的变化而吸收和蒸发水分,导致尺寸形状及强度的改变,从而引起裂缝和翘曲;易腐蚀及虫蛀;易燃烧;耐久性差,天然疵病较多等。

##### (二)木材的强度

按受力状态分为抗拉、拉压、抗弯及抗剪四种强度。顺纹和横纹抵抗外力的能力不

同,它们之间的关系见表 2—3。

表 2—3 木材各项强度的关系表

抗 拉		抗 压		抗 剪		弯 曲
顺纹	横纹	顺纹	横纹	顺纹	横纹	
2~3	$\frac{1}{3} \sim \frac{1}{20}$	1	$\frac{1}{3} \sim \frac{1}{10}$	$\frac{1}{7} \sim \frac{1}{3}$	$\frac{1}{2} \sim 1$	1.5~2.0

注:表中以顺纹抗压强度极限为 1,其他各项强度均为其倍数。

木材的强度与含水率有关,含水率小,木材强度大,反之强度小。因此,必须控制木材的含水率。建筑结构构件所用木材的含水率一般不大于 15%~18%。

### (三)木材的干燥与防腐

#### 1.木材的干燥

由于木材通常含有较多的水分,使用前必须进行干燥处理。干燥能减轻容重,防止腐朽、开裂及弯曲,提高强度和耐久性。干燥的方法分天然干燥和人工干燥两种。

#### 2.木材的防腐

防止木材腐朽的措施通常有两种:一种是将木材进行干燥处理,使其含水率在 20% 以下,使木材不适于真菌寄生;同时对使用于干燥环境中的木结构,需采取通风、防潮、表面涂刷油漆等措施,以保证结构经常处于干燥状态。第二种措施是用防腐剂处理,使木材变为有毒物质,杜绝菌类生殖条件,达到防腐要求。处理方法可分为涂布法和浸渍法。常用的防腐剂有煤焦油或氟化钢水溶液等。

### (四)木材的应用

木材被广泛用于门窗、地板、梁、柱、支撑、桥梁及混凝土模板等。

冷库建筑中,应尽量避免用木结构作主要承重结构。采用木结构作为冷库的其他构件时,应选用经干燥的红松或杉木,同时还应做好防潮防腐工作,以延长使用年限。

## 第三节 冷库建筑常用的隔热材料

### 一、隔热材料的分类

冷库建筑常用的隔热材料种类很多,按其成分可为有机隔热材料和无机隔热材料两大类。

#### (一)有机隔热材料

天然有机隔热材料一般都是农林产品,如稻壳、软木等。与无机隔热材料相比,它们的容重较小,隔热性能良好,但吸湿性大,一般易燃烧。随着化学工业的发展,近几十年又迅速发展起一类高分子化学合成隔热材料,并在冷库中被广泛应用。

目前,常用的有机隔热材料有以下几种。

#### 1.软木

软木是用栓木树皮或黄菠萝树皮轧碎筛分后,加入皮胶、沥青或合成树脂胶料经模

压、烘培(400℃左右)而成的板状隔热材料。

软木是目前我国比较理想的隔热材料。其优点是:

- (1)热导率小,软木热导率测定值为  $\lambda = 0.058\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ,设计采用值为  $0.07\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ;
- (2)不易受潮;
- (3)容重小,干燥软木容重为  $170\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- (4)富有弹性,易切割加工,便于安装;
- (5)不生霉菌、不易腐烂、不易被鼠咬;
- (6)具有较高的机械强度,抗压强度一般为  $0.98 \sim 1.47\text{MPa}$ ,抗弯为  $0.39 \sim 0.78\text{MPa}$ 。

软木是一种良好的隔热材料,但因软木的价格较高,原料产地不广,各方面需要迫切,供不应求,因此,软木只用于要求较高的库房,如冻结间的保温内隔墙、楼板、地面、设备管道的隔热层与冷桥处理等。

软木板的规格一般为  $1000 \times 500 \times 50$  毫米。

## 2. 稻壳

稻壳亦称砻糠,是目前我国冷库建筑中使用比较广泛的松散隔热材料。稻壳具有产地广、收购容易、价格便宜,并具有一定的隔热性能等优点。容重一般在为  $120\text{kg}/\text{m}^3$ ,热导率测定值为  $0.060\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。设计采用值为  $0.151\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。其缺点是:占用建筑面积多,易受潮腐烂,下沉量大,因其比容大,故运输量较大。

稻壳一般用于冷库的阁楼、外墙隔热层。

隔热层要选用颗粒完整的稻壳。如片状稻壳多,稻壳表面的刺绒毛受机械损伤严重,则毛细吸水增大,热导率增大。使用前应过筛,将糠屑、尘土等杂物清除晒干,最大含水率不超过 10%。

## 3. 聚苯乙烯泡沫塑料

聚苯乙烯泡沫塑料具有质轻、隔热性好、耐低温等优点。其容重为  $18 \sim 19\text{kg}/\text{m}^3$ ,热导率测定值为  $0.035\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。设计采用值为  $0.047\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。其缺点是经紫外线照射后易老化,影响使用年限,故不宜用于无覆盖受阳光直接照射的部位;存放时,亦应避免阳光长期照射。聚苯乙烯泡沫塑料还有冷缩现象,其吸水率亦大等缺点。

冷库中用聚苯乙烯泡沫塑料宜选用自熄性的(防火要求)。

在冷库建筑中,聚苯乙烯泡沫塑料一般用于冷库门、墙壁、顶棚、设备管道的隔热层和冷桥处理。

## 4. 硬质聚氨酯泡沫塑料

硬质聚氨酯泡沫塑料具有质轻、强度高、隔热性能好、成型工艺简单等特点。其容重为  $40\text{kg}/\text{m}^3$ ,热导率测定值为  $0.022\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ,设计采用值为  $0.031\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。抗压强度为  $0.147 \sim 0.196\text{MPa}$ 。其气泡结构几乎全部是不相连通的,因此,防水隔热性都很好。可以预制,也可以现场发泡,直接喷涂或灌注成型,还可根据不同的使用要求配制不同密度、强度、耐热、阻燃的泡沫体。适于快速施工。由于黏结牢固,包裹密实,内外无接缝,且能保证隔热效果,既减少了隔热层厚度,又减少了施工工序,因此被广泛地应用于保温隔热、隔音、防震等工程中,是冷库建筑中一种很有前途的隔热材料。

### 5. 铝箔波形保温隔热纸板

铝箔波形纸板是以高强波形纸板为基层,在纸板的两表面壁裱贴铝箔的一种隔热材料。它隔热和吸音性能好,重量较轻、有一定刚度,造价低,构造简单,材料来源容易,加工方便,是一种在技术上较先进、经济上较合理的反射性隔热材料。

#### (二)无机隔热材料

无机隔热材料的特点是不腐烂、不燃烧、机械强度较大、耐久性好。但其容重和热导率一般较大。

常用的无机隔热材料有:

##### 1. 玻璃纤维

玻璃纤维具有良好的隔热性能,其热导率测定值为 $0.037 \sim 0.043 \text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ,设计采用值为 $0.076 \sim 0.081 \text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ;容重小,约为 $60 \sim 120 \text{kg}/\text{m}^3$ 。其缺点是吸水率高,影响范围大,一滴水放进玻璃纤维中扩散范围达直径5厘米以上;易下沉;施工要有特殊的劳动保护,还要考虑采取防止污染食品的有效措施。

玻璃纤维一般适用于在小型冷库中使用。

##### 2. 膨胀珍珠岩

膨胀珍珠岩是火山喷出的酸性玻璃质熔岩(因具有珍珠裂隙而得名)经破碎、预热、焙烧、膨胀(约20倍)而成的一种白色多孔粒状材料,它可直接填充于夹层中起隔热作用,也可制成各种形状的制品。

膨胀珍珠岩具有良好的隔热性能,但吸水性很大,吸水速度很快,15~30分钟的重重量吸水率达400%,体积吸水率达29%~30%,经三天后还达不到饱和,容重越小,吸水性越强。

冷库隔热工程中宜采用沥青膨胀珍珠岩或水玻璃膨胀珍珠岩。

沥青膨胀珍珠岩是将膨胀珍珠岩与沥青混合加热搅拌后浇铸而成的。

其容重为 $200 \sim 500 \text{kg}/\text{m}^3$ ,热导率为 $0.08 \sim 0.10 \text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。

沥青膨胀珍珠岩一般用于冷库地坪工程中。

##### 3. 炉渣

炉渣的容重为 $660 \sim 1000 \text{kg}/\text{m}^3$ ,干燥状态的热导率测定值为 $0.17 \sim 0.29 \text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ ,设计采用值为 $0.29 \sim 0.41 \text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。使用时应将炉渣过筛,选用粒径为10~15毫米的,其最大重量吸水率不超过13%,含硫量不超过2%,最好在露天堆放3~4个月,通过曝晒,使其硫化物挥发掉,苛性石灰中和后再使用。否则,苛性石灰在消化时体积增大,会破坏隔热构造。经筛选、干燥的炉渣应妥善堆放,以免吸水受潮。

炉渣因热导率大,用量较多,运输、筛选保管均困难,因此,在低温库中已渐淘汰,一般只用于高温库地坪。

##### 4. 泡沫玻璃

泡沫玻璃是采用玻璃纤维下脚料或平板玻璃磨成粉状与发泡剂(石墨、碳黑等)混合后,经烘干在发泡炉内发泡再缓慢退火而成。其容重约为 $150 \sim 220 \text{kg}/\text{m}^3$ 。它除热导率低(约为 $0.042 \text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ )以外,主要优点还在于空隙完全封闭,体积吸水率在0.2%以下,机械强度高,抗压强度为 $0.539 \sim 1.568 \text{MPa}$ ,抗折强度为 $0.49 \sim 0.98 \text{MPa}$ ,并能适应 $-420^\circ\text{C} \sim$

270℃的温度变化范围。它既能承重,又能隔热防潮。所以,泡沫玻璃是冷库建筑领域里最佳材料之一。因其产量少、价格高、故很少采用。

### 5. 泡沫混凝土

泡沫混凝土是水和水泥加泡沫剂(一般为水胶、松香及碳酸钾的混合物)制成。其优点是抗压强度高(一般为0.588MPa),抗冻性、耐久性、耐火性都比较好。缺点是吸湿性大,易受潮,故砌筑泡沫混凝土时应用沥青。

泡沫混凝土的容重为 $300 \sim 500\text{kg}/\text{m}^3$ ,热导率为 $0.07 \sim 0.16\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。

## 二、选择隔热材料的技术要求与方法

### (一) 选择隔热材料的技术要求

隔热材料的种类很多,冷库选用哪类材料,要根据某结构、施工、费用等因素来决定。一般的技术要求应考虑以下几个方面:

#### 1. 热导率较小

当传热系数一定时,热导率小的隔热材料比热导率大的隔热材料所需要隔热层的厚度薄,可以节省隔热材料。所以,冷库建筑中所用隔热材料的热导率不大于 $0.12\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 。

#### 2. 容重小

容重小的材料,其中含有均匀的微小气泡。气泡愈多,材料的容重就愈小。一般的隔热材料,在一定范围内容重小的,则其热导率也就小。容重小,可以减轻冷库结构的荷载。一般要求容重最好在 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 以下。

#### 3. 吸湿性小

隔热材料吸收水分后,将使隔热材料的热导率增大,降低隔热性能。一般要求隔热材料的吸湿率不大于20%。此外,还要求材料吸收少量水分后,不应很快地破坏其机械强度,也不应松散、腐烂。

#### 4. 耐久性能好

应尽量选用不燃或难燃烧的隔热材料,以免引起火灾。在选择易燃材料做隔热层时,应作好防火处理。

#### 5. 抗冻性能好

隔热材料在含水冻结后应不降低其机械强度,在周期性的冻融循环下,材料不能失去其主要的物理性能。

#### 6. 抗压强度高

冷库地坪要承受比较大的压力。目前,楼板计算荷载采用20kPa。因此,冷库地坪、楼板所用的隔热材料应具有一定的抗压强度。一般要求不小于0.588MPa。对于屋顶及墙壁,除特殊情况外,则不需这样大的抗压强度,宜采用轻质或松散材料,但要求沉陷性小,尺寸稳定性好。

#### 7. 经久耐用

隔热材料的性能应不随时间而变,能抵抗虫蛀、鼠咬,并不因霉菌繁殖而引起破坏。

#### 8. 无异味

隔热材料不应有特殊的气味,以免污染所储存的食品。

### 9. 施工简便,与基底材料的结合力强

隔热工程在整个冷库建筑中,占有很大的比重,因此,选用施工简便、易于切割加工的材料,能缩短工期,减少投资。与基底材料结合力强,能确保工程质量。

### 10. 价格便宜,易于购买,便于运输和保存。

实际上,完全符合上述十项要求的隔热材料是很少的。因此,在选用隔热材料时,应根据使用要求和围护结构构造、当地材料来源、产量、技术性能等具体情况作全面的分析比较,选择尽量符合上述要求的隔热材料。

### (二) 选用隔热材料的方法

1. 冷库外墙、隔热内墙、屋顶阁楼层,目前仍采用松散稻壳为主要隔热材料。当掌握了必要的数据和较多的实践经验,通过技术经济比较,也可采用其他隔热材料。如:聚苯乙烯泡沫塑料、膨胀珍珠岩、沥青玻璃棉、沥青矿渣棉、泡沫混凝土等。

2. 多层冷库的楼地面的隔热层,以采用软木板为主要隔热材料,也可采用经过干燥处理的泡沫混凝土。

冷库建筑常用的隔热材料特性见附表 1。

## 第四节 冷库建筑常用的隔汽防潮材料

在冷库建筑中,隔汽防潮处于重要地位。常用的隔汽防潮材料有石油沥青及其制品。近年来,隔汽防潮材料有很大的发展,出现了许多新的隔汽防潮材料,如沥青塑料防水卷材、聚乙烯塑料薄膜等。

### 一、沥青及其制品

#### (一) 沥青

沥青具有很好的防水性能和粘结力,是建筑工程中主要的防水材料之一。

#### 1. 沥青的种类

常用的沥青有石油沥青和煤焦油沥青两种。

##### (1) 石油沥青

石油沥青是天然石油蒸馏出轻油、重油后剩余的胶状物质或胶状物质的氧化物。天然石油蒸馏后的胶状物质叫软沥青;软沥青经氧化后变硬叫硬沥青,也叫建筑沥青。

##### (2) 煤焦油沥青

煤焦油沥青是由烟煤炼制焦炭或制取煤气时,在煤焦油中提炼出各种油质之后所得的残渣,又称柏油。在常温下,一般为黑色固体。温度变化对它影响很大,冬季易脆,夏季易于软化,具有高度抗水性和抗微生物性,故宜用于地下工程。

石油沥青和煤焦油沥青的鉴别见表 2—5。

冷库建筑中,常用石油沥青做防潮材料,而不用焦油沥青。

沥青遇热发软变粘,遇冷变硬变脆。用沥青粘贴油毡作防水层,要求沥青在夏季最热时不至流淌;冬季最冷时,虽硬而不至脆裂。

表 2—5

石油沥青和煤焦油沥青的鉴别

类别	石油沥青	焦油沥青
比重	近于 1.0	近于 1.25
捶击	韧性较好,有弹性感,击之,声音发哑	韧性差(性脆),无弹性感,击之,声清脆。
变形率	受较小的荷载不变形	受较小的荷载变形
溶液颜色	用 30~50 倍汽油或煤油融化,用玻璃棒沾一滴于滤纸上,斑点呈棕色	按左法试验,滤纸上的斑点有两圈,外棕内黑
加热燃烧	烟无色,无刺激性臭味	烟呈黄色,有刺激性臭味

## 2. 沥青的主要技术性能

### (1) 稠度

沥青材料的稠度是表示其稀稠软硬的程度。用针入度表示。针入度是沥青在 25℃ 温度下,用 100 克的标准针经 5 秒钟,垂直沉入沥青试样中的深度为针入度。以 1/10 毫米表示。例如,沉入沥青的深度为 10 毫米,则这种沥青的针入度就是 100。

沥青的针入度被规定为沥青的牌号。针入度为 60 的沥青,就称为 60 号沥青。硬度大的沥青针入度小,硬度小的沥青针入度大。

### (2) 塑性

沥青材料的塑性表示其在一定温度与外力作用下的变形能力,以延伸度来表示。

沥青在外力的影响下延伸成细线的能力,称为沥青的延伸度。测定的方法是將沥青熔融后,浇制成“8”字形的模块,浸在 25℃ 的水中,以每分钟 5 厘米的速度向相反方向拉伸,至断裂时为止的线长,称为延伸度,用厘米来表示。

### (3) 温度稳定性

沥青的稠度、塑性等性质受外界温度的影响很大,不同的沥青其耐热性也不同,因此,温度稳定性也是沥青材料的一个很重要的性质。

温度稳定性的指标,常用软化点来表示。软化点指沥青材料由固体状态转变为具有一定流动性的膏体时的温度。软化点的试验方法是“环球”法。将凝固在特制铜环内的沥青平放在软化点测定架中间层板的孔上,将软化点架置于装有水或甘油的烧杯内,在铜环中心放一枚钢球。将水或甘油加热至一定温度,环内的沥青因软化而下坠,当沥青裹着钢球下坠到底板时,此时的温度即为沥青的软化点。

石油沥青的主要技术性能指标见表 2—6。

用于冷库内低温部分的石油沥青,针入度要大,软化点要低,使其在低温下不易脆裂;用于冷库外屋顶、外墙的防水隔汽层的石油沥青,则要求针入度小、软化点高、含蜡量小,以避免因外界温度高时发生流淌。

冷库内楼面、地面、内墙面一般选用 60 号的石油沥青。

冷库外墙、屋面可选用 10~30 号的石油沥青。

表 2—6

石油沥青的主要技术性能指标

牌 号	140	100	60	30	10
性 质					
针入度(25℃100g) (1/10mm)	121 ~ 160	81 ~ 120	41 ~ 80	21 ~ 40	5 ~ 20
环球法软化点(℃)	25	40	45	70	90
延伸度(cm) 25℃不小于	100	60	40	3	1

## (二) 沥青材料制品

### 1. 玛蹄脂(沥青胶)

为了提高沥青的耐热性,改善低温时的脆性和节约沥青的用量,常在沥青中掺加一些填充料(如石棉、石灰石粉、滑石粉等)、增韧剂(桐油)和溶剂,这样配制出来的材料叫沥青胶,工地上称为玛蹄脂。

玛蹄脂依所用沥青的不同分为石油沥青玛蹄脂和煤沥青玛蹄脂。根据使用温度的不同,又可分为热玛蹄脂和冷玛蹄脂两种。

### 2. 冷底子油

冷底子油是一种把沥青溶于挥发性溶剂中的液状物。粘贴油毡之前,在混凝土或水泥砂浆基层面上先涂一层冷底子油,可清除基层面上的浮灰、浮砂和填补凹坑。当溶剂挥发后,剩下一层沥青膜,可使油毡与基层更紧密地结合在一起。因为多用在防潮层的底层,故称冷底子油。

冷底子油所用的沥青品种必须与防潮隔汽层和粘合剂所用的沥青品种相同。

冷底子油用 30% ~ 40% 的石油沥青及 70% ~ 60% 的有机溶剂(多为汽油)配制而成。配好的冷底子油应放在密封容器内,并置于阴凉处贮存,以防止溶剂挥发。

### 3. 油毡

油毡按其所浸的沥青材料不同,可分为石油沥青油毡和煤焦油沥青油毡两种。

石油沥青油毡是用低软化点石油沥青浸渍原纸,然后用高软化点石油沥青涂盖油纸的两面再撒以撒布材料而制成的一种防水卷材。

根据原纸每平方米的重量,石油沥青油毡分为 200 号、350 号和 500 号三个标号。根据油毡表面所用撒布材料种类的不同,石油沥青油毡又分为粉状撒布材料面油毡和片状撒布材料面油毡两类。

常用石油沥青油毡的主要技术指标见表 2—7。

冷库建筑中,宜采用有粉状撒布物的不低于 350 号的石油沥青油毡。

煤焦油沥青油毡是用低软化点煤焦油沥青浸渍原纸,然后用高软化点的焦油沥青涂盖油纸的两面并在表面撒矿物质防粘而得的一种卷材。只有 350 号一种,适用于地下防水。

油毡在贮存时,必须立放,其高度不超过两层,切忌横放、迭放和斜放,以免粘结变质。

表 2—7 石油沥青油毡的技术指标

指标名称	标 号		
	200	350	500
每卷重量(kg)不大于	1.70	28.0	39.0
幅宽(mm)	915	915	915
每卷总面积(m <sup>2</sup> )	20 ± 0.3	20 ± 0.3	20 ± 0.3
原纸重量(g/m <sup>2</sup> )不小于	200	350	500
不透水性(动水压法,保持15分钟)(kg/cm <sup>2</sup> )不小于	0.5	1.0	1.5
吸水性浸水24小时后的吸水率(%)不大于	1.0	1.0	1.0
抗热稳定性,在85℃温度下加热5小时	挥发损耗应不大于0.5,涂盖层应无流淌、膨胀、起泡和撒布材料流动等现象。		
抗拉力(kg)在18 ± 2℃时,纵向不小于	32	44	52
柔度,在18 ± 2℃时,油毡围绕在φ20毫米棒上	无裂纹	无裂纹	无裂纹

## 二、沥青塑料防水材料

沥青塑料防水材料是用焦油沥青、聚氯乙烯、滑石粉、苯二甲酸二丁酯原料经混合压制而成的。这种卷材具有高度的不透水性,有足够的强度,延展性甚大,耐热达150℃,在-15℃~20℃的温度下不脆不裂,且有较高的耐腐蚀性,是一种新型防水材料。

## 三、聚乙烯塑料薄膜

用塑料薄膜作防潮隔汽层有它的优异特性:费用低,施工简单,不必加热处理。

用于冷库的塑料薄膜要求能适应30℃~-60℃的温度的变化,其强度和蒸汽渗透阻均应符合要求。其中以聚乙烯薄膜较好:比重小,无毒、透气性及吸水性很低,机械性能、柔软性、耐冲击性和耐寒性都良好。

冷库建筑中常用防潮隔汽材料物理系数见表2—8。

表 2—8 冷库建筑中常用防潮隔汽材料物理系数

序号	材料名称	密度 $\rho/\text{kg/m}^3$	厚度 $\delta/\text{mm}$	热导率 $\lambda[\text{W}(\text{K}\cdot\text{m})]$	热阻 $R/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	导温系数 $a \times 10^3/(\text{m}^2/\text{h})$	比热容 $c \times 10^{-3}/[(\text{kg}\cdot\text{K})]$	蓄热系数 $S/[\text{W}(\text{m}^2\cdot\text{k})]$	蒸气渗透系数 $\mu \times 10^3/[\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})]$	蒸气渗透阻 $[\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{g}]$
1	石油沥青油毛毡(350号)	1130	1.5	0.27	$5.16 \times 10^{-3}$	0.32	1.59	4.58	$1.3503 \times 10^{-3}$	1106.4

续表

序号	材料名称	密度 $\rho/\text{kg}/\text{m}^3$	厚度 $\delta/\text{mm}$	热导率 $\lambda[\text{W}(\text{K}\cdot\text{m})]$	热阻 $R/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	导温系数 $a \times 10^3/(\text{m}^2/\text{h})$	比热容 $c \times 10^{-3}/[(\text{kg}\cdot\text{K})]$	蓄热系数 $S/[\text{W}(\text{m}^2\cdot\text{k})]$	蒸气渗透 系数 $\mu \times 10^3/[\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})]$	蒸气渗透阻 $/[\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{g}]$
2	石油沥青 或码蹄脂 一道	980	2.0	0.20	0.010	0.33	2.14	5.41	$7.502 \times 10^{-3}$	266.6
3	一毡二油		5.5		0.026					1639.6
4	二毡三油		9.0		0.041					3012.6
5	聚乙烯塑 料薄膜	1200	0.07	0.16	$1.72 \times 10^{-3}$	0.28	1.42	3.98	$2.03 \times 10^{-5}$	3332.5

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 第三章 冷库总体设计

### 第一节 冷库建设基本程序

冷库建设程序,是指冷库建设全过程中各项工作必须遵循的先后顺序。这个顺序,不是任意安排的,而是由基本建设规律所决定的。

冷库建设坚持科学的程序,反映了按客观经济规律办事的要求。遵循客观经济规律,按科学的程序办事,就能加快建设速度,节约资金,尽快发挥投资的经济效果。不按科学的程序办事,就会使建设周期延长,管理混乱,浪费严重,不能尽快发挥投资的经济效果。

一个冷库,从计划建设到建成投产一般要经过以下几个阶段:(1)根据资源条件和发展国民经济长远规划及布局的要求,提出基本建设项目建议,进行可行性研究,编制计划任务书,选定建设地点;(2)任务书和选点报告经过批准后,进行勘察设计;(3)初步设计经批准,项目列入年度计划后,组织工程施工;(4)工程按设计内容建成后,进行验收,交付使用。

#### 一、进行可行性研究,编制计划任务书

进行基本建设,首先必须根据国家发展国民经济的长远规划,提出项目建议,进行可行性研究,编制计划任务书。

##### (一)可行性研究

可行性研究是指在决定一个建设项目之前,先对拟建项目的一些主要问题,包括项目建成投产后的市场需求情况和盈利情况,建设条件生产条件和工艺技术条件,投资的效果,以及对有关部门和地区的发展影响等等,认真调查研究,充分进行技术经济论证和方案比较,提出这个项目的建设究竟是否可行的研究报告。如果经过分析研究,认为项目的建设是可行的,则应选择最佳可行方案,作为编制计划任务书的依据。

##### (二)计划任务书

计划任务书又称设计任务书,是确定基本建设项目编制设计文件的主要依据。计划任务书的内容是:

1. 建设的目的和依据;
2. 建设规模、产品的方案或纲领、生产方法和工艺原则;
3. 水文地质和原材料、动力、供水、运输等协作配合条件;
4. 资源综合利用和三废治理的要求;
5. 建设的地区、地点,占用土地的估算;
6. 抗震要求;

7. 建设工期;
8. 投资控制数;
9. 劳动定员控制数;
10. 要求达到的经济收益和技术水平。

建设项目的计划任务书经批准后,如果在建设规模、产品方案、建设地区、主要协作关系等方面有变动,以及突破投资控制数,应经原批准单位同意。

## 二、建设地点的选择

建设地点的选择是否适当,不仅直接决定着建设对象在政治、经济、技术方面是否合理,而且对生产力的合理布局和城市的发展,具有深远的影响。

选择建设地点,要贯彻执行工业布局“大分散、小集中,多搞小城镇”的原则;要注意工农结合、城乡结合,有利生产,方便生活;要注意经济合理和节约用地。

建设地点的选择,必须是在综合研究和进行多方案的技术经济比较的基础上确定,确定之后,要提出选点报告,报请有关部门审批。

## 三、编制设计

建设项目计划任务书和选点报告经审批以后,主管部门就可委托设计单位编制设计文件。

设计是从技术上和经济上对拟建工程的全面规划。它是组织工程施工的主要依据。

设计是计划任务书的继续和深化,是具体指导工程建设的蓝图。设计除了保证建设项目实现可靠的生产能力外,还要保证建设过程中的多快好省,保证建成投产后获得最大的经济效益。

### (一)设计前期工作

设计前应从事实际调查。在调查中吸取有益的经验,取得第一手资料。调查要根据计划任务书提出的要求选择适当的调查对象,采取各种适当的方法。调查的内容一般是:

#### 1. 首先了解冷冻工艺对冷库建筑的要求

- (1) 冷库的性质、任务及对象;
- (2) 冷库生产工艺的大概情况及生产流程的顺序;
- (3) 冷库生产运输设备情况;
- (4) 冷库内的其他辅助设备;
- (5) 工人、技术人员和行政干部的定额;
- (6) 生产工艺对建筑的要求等。

#### 2. 调查基地现场的情况

- (1) 场地的地形、地貌条件,如是平坦还是坡地,有无河滨、池塘等;
- (2) 地质、水文条件,如土质情况,地下水位、洪水位等;
- (3) 气象情况,常年的气温变化,风力、风向等;
- (4) 周围环境;
- (5) 场地上有无房屋,应尽量避免拆迁,可改作生产辅助用房;
- (6) 了解当地建筑材料,以便因地制宜,就地取材。

## (二)设计过程

设计工作是分阶段进行的。大中型建设项目一般采用两阶段设计,即初步设计和施工图设计。

### 1.初步设计

初步设计是对批准的计划任务书提出的内容进行概略的计算,作出初步的规定。初步设计应有适当深度,便于把项目主要内容全部确定下来,减少以后不必要的变更设计,便于进行全面概算工作和筹建工作。其内容如下:

- (1)设计指导思想;
- (2)建设规模、产品方案或纲领;
- (3)总体布置;
- (4)主要工程建筑结构方案以及工艺流程;
- (5)工艺系统和设备选型、各工种主要设备清单及材料用量;
- (6)劳动定员;
- (7)主要技术经济指标,三材及水、汽、电生产消耗指标;
- (8)主要建筑物、构筑物、公用辅助设施;
- (9)综合利用和三废治理及节能措施;
- (10)生活区建设;
- (11)占地面积和征地数量,建筑密度及土地利用系数;
- (12)建设工期;
- (13)总概算及文字说明;
- (14)各工种主要图纸。

### 2.施工图设计

施工图设计是在初步设计的基础上,将设计的工程加以形象化。施工图设计图纸一般包括:总平面图、房屋建筑施工平面图及剖面图、安装施工详图、各种专门工程的施工图,非标准设备加工详图以及设备和各类材料明细表等。

无论设计阶段如何,每项设计都要做多种方案比较,选择最佳设计方案。最佳设计方案应当是:该设计的内容符合客观规律,符合国家的有关方针政策,能取得最佳经济效果,设计所采用的各种数据和技术条件正确可靠;设计所采用的设备、材料和所要求的施工条件符合实际;设计文件的深度符合建设和生产的要求。

设计文件经批准后如需变更,必须经原设计批准部门同意,未经同意,不得更改。

## 四、施工过程

基本建设施工,是根据计划确定的任务,按照图纸的要求,把建设项目的建筑物和构筑物建造起来,同时把机器设备安装好的过程。

所有建设项目,都必须列入国家建设主管部门年度计划,做好建设准备,具备开工条件后,才能开工。必须保证计划、设计、施工、监理四个环节互相衔接,做到投资、工程内容、施工图纸、设备材料、施工力量、监理单位六个方面落实。

### (一) 施工准备阶段

施工准备主要是施工现场的清理,场地平整,修通施工通道,引进公共用水、用电,搭设临时工棚,原材料供应及各工种的配备。

### (二) 施工阶段

施工前,要做好施工图纸的会审工作,明确质量要求。施工中,要严格按照施工图纸施工。施工单位如有合理化修改建议,要经设计单位同意才能修改。

要按照施工顺序合理组织施工。地下工程和隐蔽工程,特别是基础和结构的关键部位,一定要经过检验合格并做好原始记录后,才能进行下一道工序的施工。

施工中,要严格按照设计要求和施工验收规范,确保工程质量。对不符合质量要求的工程,要及时采取措施,不留隐患。

### 五、竣工验收,交付使用

建设项目通过施工过程,按批准的计划和设计文件所规定的内容全部建成,最后必须办理竣工验收。

工程验收,对保证工程质量,促进固定资产及时投入生产交付使用,发挥投资效果,具有重要意义。未经验收,竣工工程不得投产使用。

竣工验收一般分两阶段进行:(1)单项工程验收。即一个单项工程完工以后,由建设单位组织验收;(2)全部验收。整个建设项目全部工程建成,根据国家有关规定,按照工程的不同情况,由负责验收的单位吸收建设单位、施工单位、设计单位、监理单位等组成验收委员会,进行工程验收。

竣工项目在验收前,建设单位要组织设计单位、施工单位、监理单位进行初验,向主管部门提出验收报告,并系统整理技术资料和绘制竣工图,分类立卷,在竣工验收时,作为技术档案,移交生产单位保存。

工程完工,在办理验收的同时,建设单位对建设结余的财产和物资,必须认真清理上交,并及时办理竣工决算,分析概预算执行情况,考核投资效果。

竣工项目经验收合格后,交付生产使用。

## 第二节 冷库库址选择

冷库库址选择工作是冷库建设前期工作中的一个重要部分。这是一项政治、经济、技术三方面综合性很强的工作。在选择库址时,除必须考虑到冷库的性质、用途、规模、建设投资,发展计划等条件外,还要考虑到一次性投资与经常费用的最佳关系。

库址选择是否合理,对于建设投资、建设条件、建设速度以及投产后企业的经营管理,城乡建设和发展,都起着重要的作用,并对本地区其他企业的生产、居住的卫生条件有很大的影响。为了创造良好的企业经营管理条件,冷库库址往往同居住区及生活福利等建设用地同时选择,并与已有或正在建设和规划的工业区、居住区相协调。库址选择必须在经济上合理,技术上可靠,并为工人和附近的居民创造良好的工作条件和生活条件。

库址选择应根据国家的基本建设的方针、政策和各个时期的规定,按照工业企业布置

的基本原则,并以一定的工作程序进行,经过政治、经济、技术等多方面的比较,最后定出经济合理的方案。

### 一、库址选择的原则

#### (一)交通运输条件

库址选择应考虑货源和商品的合理流向,选择在便于货源的调入和商品的调出,且交通运输比较方便的城镇附近。大中型冷库的运输主要靠铁路,库址应选择在靠近铁路接轨点的地方,力求缩短铁路专用线长度。中小型冷库以公路运输为主,因此,库址选择应靠近公路,以缩短新建道路的长度。此外,还应尽量避免修建桥涵和隧道。

#### (二)用地条件

场地的面积和外形应满足各建筑物及构筑物的布置要求,使生产工艺过程得到合理组织,建筑布局合理紧凑,对其后拟发展的建筑,用地面积有扩展的可能。商业冷藏企业用地指标可参考表 3—1

表 3—1 商业冷藏企业用地指标(供参考)

建筑规模	合理用地数(包括配套工程)
10000 吨冷库,冻结能力 160 吨/日 班宰 2000 头生猪	120 ~ 130 亩
5000 吨冷库,冻结能力 120 吨/日 班宰 2000 头生猪	100 ~ 120 亩
1500 吨冷库,冻结能力 80 吨/日	80 ~ 100 亩
500 吨冷库,冻结能力 30 吨/日 班宰 500 头生猪	45 ~ 50 亩

#### (三)区域环境

冷库是贮藏食品的仓库,因此,要求库址周围要有良好的卫生条件。选址时应结合当地城市建设长期发展规划,了解库址周围的卫生环境,避开那些有污染的化工厂、水泥厂、煤厂、传染病院以及其他能产生有害气体、烟雾、粉尘、臭气和对地下水有污染的工业企业。其卫生防护距离必须符合国家《工业企业设计卫生标准》的规定。同时库址应选在工业区的上风地带,并宜位于污水处理场排出口的上游。避免选在大型水库(已建成或拟建者)下游低洼处。

#### (四)地形、地质条件

选择库址时,应对库址的地形、地质、地下水位、洪水位等情况进行周密的调查研究和必要的地质勘察及场地测量工作。

库址应选择在地形平坦、地势较高的地带,场地宜稍有坡度,便于生产废水、生活污水的处理和地面雨水等能自流排出,但应注意要以不占或少占良田,不拆迁或少拆迁民房为原则。

库址应有良好的地质条件,宜选择土质均匀,地下水位较低的场地,以节省工程造价。多层冷库库址的地耐力一般应不少于  $15\text{t}/\text{m}^2$ 。凡有土崩、断层、滑坡、沼泽、流砂、地下矿藏,地震烈度九度以上的地震区,以及有可能遭受洪水淹没的地带,均不宜选作库址。

## (五)水源

冷库用水量较大,所以,水源条件是决定库址的主要条件之一。库址附近必须有充裕的冷却水源,生产加工用水的水质应符合卫生标准规定。水源一般取用江河水或深井水,但必须了解水温、水质、水量情况并取得可靠的资料。小型冷库在无天然水的情况下,允许使用自来水。

各类冷库用水量可参照表 3—2。

表 3—2 各类冷库、屠宰车间用水量参考表

冷库规模及其他生产指标	用 水 量	
	冷却用水(吨/时)	其 他 用 水
500 吨冷库,其中冻结量 15 吨/日	70	1.宰前饲养:12~25 公斤/头计算,屠宰后按 200~250 公斤/头计算。 2.冲霜用水按空气冷却器的翅片管面积 35~50kg/m <sup>2</sup> 时计算 3.压缩机水套用水按该产品目录规定,需新鲜水 4.生产和消防用水按国家统一规定采用,冷库按戊类消防要求考虑。
1500 吨冷库,其中冻结量 30 吨/日,制冰 15 吨/日,冰库 150 吨	206	
5000 吨冷库,其中冻结量 60 吨/日,制冰 15 吨/日,冰库 15 吨	366	
10000 吨冷库,其中冻结量 80 吨/日,制冰 15 吨/日,冰库 300 吨	495	

注:1.列表用水,其制冰与屠宰用水,应以饮用水为标准,其余则一般水质即可。

2.冷却用水,均按水经冷凝器后温度升高 2℃ 计算,如采用循环用水,补充水量可按冷却构筑物形式的不同取 1%~7%。

3.冷库内一般不单独设消防栓。

## (六)电源

冷库供电一般属于三级负荷,当冷库公称容积大于或等于 15000 立方米,或每日冻结量大于或等于 60 吨时,属二级负荷,可采用一回路专用线供电。因此,冷库需要有一个可靠性较好的电源。新建高压输电线路至电源接火点的距离应力求最短。选址时,应对当地的电源、供电量作深入的了解,并与当地电力部门联系,取得供电的证明。如果库址综合条件较差,则应另行选择。除边远地区外,一般不考虑自己设发电设备供电。

各类冷库用电量可参照表 3—3。

表 3—3 各类冷库、屠宰车间用电量参考表

冷库规模及屠宰生产指标	用 电 负 荷(KW)			
	冷 库	屠 宰 车 间	其 他	合 计
1	2	3	4	5
500 吨冷库,其中屠宰 500 头/班	170	65	15	250
1500 吨冷库,其中屠宰 500 头/班	500	65	35	600
5000 吨冷库,其中屠宰 1000 头/班	750	100	50	900
10000 吨冷库,其中屠宰 2000 头/班	1800	140	60	2000

注:上列数量系安装机容量估算,仅供库址选择时参考。

## 二、库址选址的工作程序

库址选择工作一般分以下三个阶段。

### (一)准备阶段

此阶段是由库址选择工作组开始工作至出发到达现场为止。其工作是为完成出发前的一切准备工作。库址选择工作组应根据计划任务书编制库址选择的原始条件和指标。除计划任务书已经指定的项目外,尚需编制以下内容:

1. 编制工厂组成;
2. 确定建筑物、构筑物、堆场及特殊设备的面积尺寸和外形;
3. 绘制选址前的总平面布置草图;
4. 拟定用水量、水质、污水量及其性质、用电量、用电性质等;
5. 拟定生产所需原料、燃料的种类和数量,废料的数量及其性质、运输量及其方式。

### (二)现场工作阶段

这阶段的工作内容如下:

1. 到某一地区选址时,首先请地方有关单位介绍当地工业规划情况。介绍可能选库的地点,根据城乡规划图和地形测量图,先将建库地点作初步研究。对于拟作为建库对象的某些地区的地形图(1:5000 或 1:10000)、城乡规划图、铁路运输、水运、公路运输、气象、工程地质、给水、排水和供电等技术、经济、自然和社会等资料进行全面收集。

建设冷库资料收集提纲见表 3—4。

表 3—4 建设冷库资料收集提纲

项目	要 求
地形	1. 区域位置地形图,比例 1:50000 或 1:10000,等高线间距 1.5m。 2. 库区地形图,比例 1:500 或 1:1000,等高线间距 0.5m、1.0m。库区及住宅区测到总图用地以外周围 100m 或以实际需要确定测量范围。 3. 新建铁路专用线,库外铁路,从水源到厂区的上水道、污水排出管路所经地带和高压线库外所经地带几部分的带形图,宽度约为 40~100m。
地质	1. 地质构造和成因。 2. 地下水的浓度及侵蚀性。 3. 土壤的耐压力及土的物理力学性能。 4. 黄土地区的湿陷性,黄土分布和湿陷性等级。 5. 土的冻结深度。 6. 库区地震烈度。 7. 关于地基基础设计的建议:地质勘探报告应附有钻探点布置平面图、地质岩性剖面图、典型柱状图、地下水等高线图、实验报表。
水源	1. 地面水 (1) 附近河流流量: $m^3/s$ (年平均,历年逐月最大量、最小量,或湖泊、水库的储水量)。 (2) 最高、最低、正常水位。

续表

项目	要 求
水源	<p>(3)夏季河湖或水库的水温情况,结冰的初终期及冰层情况。</p> <p>(4)有关部门的意见。</p> <p>2.地下水</p> <p>(1)井或钻孔的位置、标高、涌水量、静止水位影响半径、渗透系数。</p> <p>(2)水文地质剖面、蓄水层特征、水量水流方向。</p> <p>(3)水温情况。</p> <p>(4)水井附近环境卫生情况。</p> <p>(5)水的物理、化学、细菌分析。</p> <p>(6)有关部门的意见。</p> <p>3.泉水</p> <p>泉水的流量、水位、全年水位变化、水温、蓄水层特征及使用情况。</p> <p>4.城市自来水供水</p> <p>(1)有关的管网布置及供水情况、接水点、管径、管道材料、坐标、标高、埋深、最低水压,是否在库区另建储水池。</p> <p>(2)水质分析资料。</p> <p>(3)供水方式及水价。</p> <p>(4)有关部门意见。</p>
排水	<p>1.排入城市下水道</p> <p>(1)分流制还是合流制,明沟还是暗沟,允许排入水量。</p> <p>(2)连接点的管径、坐标、标高、埋深、坡度、管道材料。</p> <p>(3)当地粪便污水是集中处理还是分散处理,本库是否单设污水处理场。</p> <p>2.排入河湖</p> <p>(1)下游是否有取水构筑物。</p> <p>(2)排入点的坐标即允许排入标高。</p> <p>(3)有关部门对排入污水清洁度的要求。</p> <p>3.排入灌溉渠</p> <p>(1)当地利用污水灌溉的情况和意见,允许排入量和清洁度要求。</p> <p>(2)排入点的坐标、标高。</p> <p>(3)是否要改建渠道,分担改建投资意见。</p>
供电	<p>1.电源位置与本库的距离,引入供电线路方向,线路架空还是电缆,长度。</p> <p>2.允许供电容量、电压、电源回路数。</p> <p>3.电业部门对最低功率因数的要求及电源电线的短路容量及系统阻抗。</p> <p>4.设计分界点,厂外部分的设计施工部门。</p> <p>5.用电的负荷等级。</p> <p>6.计费方式及电价。</p> <p>7.供电部门的意见。</p>

续表

项目	要 求
电 讯	1. 电讯线路敷设方式及电话系统的型式。 2. 电话部门的意见。
交 通 运 输	1. 道路: 连接点的坐标、标高、该道路的等级、路边宽度、桥涵等级、使用情况、发展计划、连接点到库区距离。 2. 铁路: 接轨点到库区距离, 是否要负责接轨点、站的改造, 投资建设接轨点的坐标、标高, 铁道部门的意见。 3. 水运: 通航河流系统, 航运条件, 最大船吨位及吃水深度, 利用现有码头的可能性, 新建码头的地点条件。
施 工 条 件	1. 建筑材料及可能利用的工业废料的的生产情况、质量、价格、运距、运价。 2. 运输条件、运价。 3. 可能负担本工程的土建、安装、施工单位技术力量、设备条件、预制加工厂情况、预应力及新结构的预制加工能力、劳动力来源及有关情况。 4. 每年能正常施工的时间。 5. 施工用水、用电条件。
其 他	1. 当地有关部门对新建工业企业的有关规定。 2. 当地通用设计图。 3. 核对了解猪源主要进出货运输工具(公路、铁路还是水路), 各种运输数量比例。

2. 进行实地调查研究工作, 对有可能建库的若干地方, 按照选址的基本要求进行实地调查, 研究在该地区建库的可能性和合理性。

### 3. 试作方案

根据城乡规划和工业企业规划的地形图, 试作几处库区位置的方案, 初步定出库区、废料场、居民区的位置。连接铁路专用线的方案, 以便进行比较, 从中选出最好的库址。

### 4. 进行初步勘测

为了了解库区的工程地质, 水文地质条件, 应对合适的库址进行初步勘测。

### (三) 结束阶段

经过对库址的详细分析比较, 提出最后的库址方案, 报请主管部门批准。

库址的技术经济比较, 通常用表格的形式表明, 一般分为库址经济比较表和技术比较表。详见表 3—5、3—6。

表 3—5 冷库选址方案经济比较表

序号	工程名称	单位	选 址 方 案					
			甲		乙		丙	
			数量	金额	数量	金额	数量	金额
1	一、基建费用							
	施工条件							
	(1)水、电、路三通费用							
	(2)临时工棚费							
	(3)基础费(因地质条件不同而影响的增减值)							
	(4)建筑抗震费(地震影响的增减值)							
	(5)地下水处理费							
	(6)其他							
2	库址开拓费							
	(1)拆迁原有的建、构筑物费							
	(2)库区内土石方工程及场地平整费							
	(3)土地购置费							
	(4)青苗补偿费							
3	交通运输费							
	(1)铁路及桥涵等费用							
	(2)道路及桥涵等费用							
	(3)码头建设及装卸调运							
4	设备费用							
5	给排水及防洪措施费							
	(1)给水、水源、水净化、室外管线、设备、泵房费							
	(2)排水、室外管线及污水处理费							
	(3)防洪措施费							
6	住宅区及公共服务设施费							
	总 计							
	二、每年经营费用							
1	原料、燃料及成品运输装卸费用							
2	给水、排水(包括污水处理)费							
3	供电							
4	供热							
5	粪便等换工收入费用							
6	其他							
	总 计							

表 3—6

冷库选址方案技术比较表

序号	条 件	单 位	选 址 方 案		
			甲	乙	丙
1	地址现在所有权、面积使用情况,现有建筑物情况,拆迁量及赔偿费				
2	地势、坡度、外形、标高				
3	地质条件(土壤成分、地耐力、地下水等)				
4	厂区土石方工程及性质				
5	铁路接轨条件(新建铁路长度、占地、桥涵、土石方工程量)				
6	道路接轨条件(新建道路长度、占地、桥涵、土石方工程量、临近道路等级)				
7	需建码头情况(位置、长度、装卸吊运设备、建设条件)				
8	临近企业对本库污染等影响				
9	能否利用现有的管线和其他企业协作的可能性,必须新建管线和设备费用比较: (1)给水工程、排水工程 (2)供电工程 (3)供热工程				
10	施工条件,施工对投产时间和投资的影响				
11	与其他企业生产协作和施工协作的条件				
12	经营条件: (1)与原料、燃料基地的距离 (2)与产品销售地距离(市区、车站、港口)				

### 第三节 冷库总平面布置

冷库库址一经选定,即应根据库址资料和批准的计划任务书进行总平面布置。

总平面设计是一门综合性的技术科学,在政治、经济和技术上具有重要的意义。正确合理的总平面设计,可以为国家节约大量资金和大大加快建设速度,可以为企业创造出良好的经营管理条件和良好的生产环境及完美的建筑艺术群体。

#### 一、总平面布置的内容

冷库总平面布置的主要内容有以下几个方面:

1. 根据生产工艺流程、库址条件,合理地布置厂区内所有的建筑物、构筑物和其他设施。
2. 正确地选择厂内外交通运输系统,合理地组织人流与货流。

3. 根据生产要求,结合库址条件,合理地布置地上和地下工程管网。
4. 进行厂区竖向布置。
5. 进行厂区的绿化与美化设计。
6. 创造完美的建筑艺术群体。

总平面设计是一个复杂的综合性任务,需要有各方面的技术人员参加讨论和研究,提供资料,然后分别负责解决本专业的有关问题。但这些问题只有综合考虑才能合理地解决,所以各工种工作人员必须从全局出发,从实际出发,分清主次,使总平面布置既能最大限度地满足生产和经济方面的主要要求,又能成功地处理厂区环境和建筑群体的艺术等问题。

### 二、总平面布置的基本要求

1. 总平面布置必须满足生产工艺流程的要求。厂内各建筑物、构筑物及各种设施的布置应符合生产工艺流程的要求,使之最经济合理,生产线路最短捷,创造良好的经营管理条件,并为以后扩建和生产工艺流程的改进提供方便的条件。

肉类生产性冷库的生产工艺流程参见图 1—1(a)

水产类和禽类的生产性冷库的生产工艺流程示意图如图 3—1、3—2 所示。

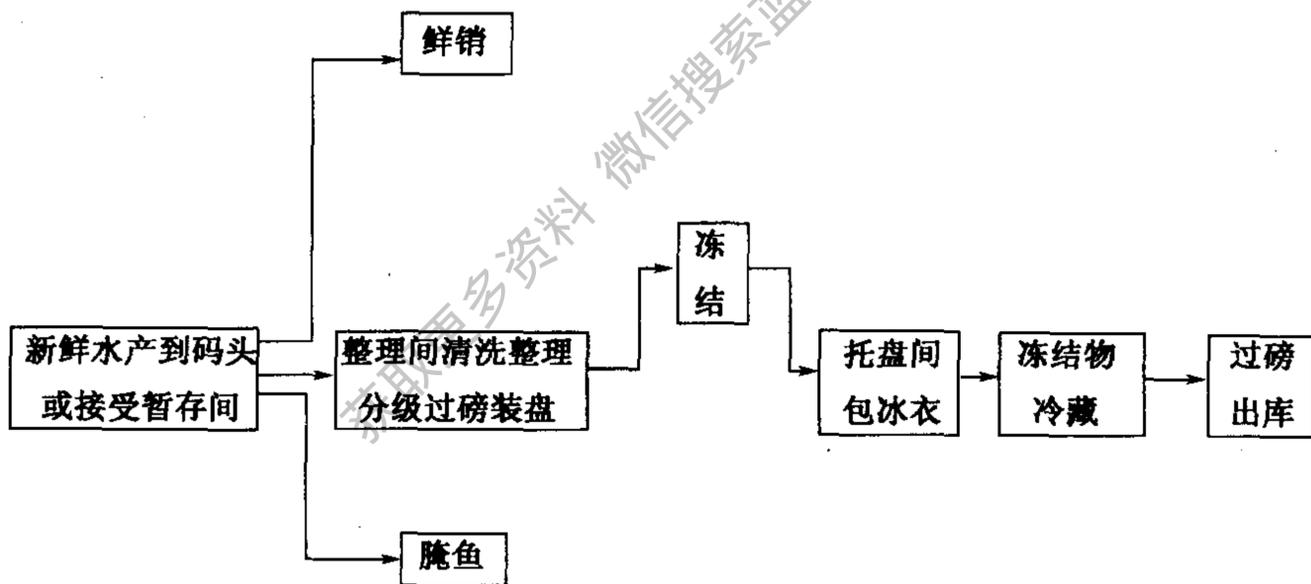


图 3—1 水产类生产性冷库生产工艺流程图示意图

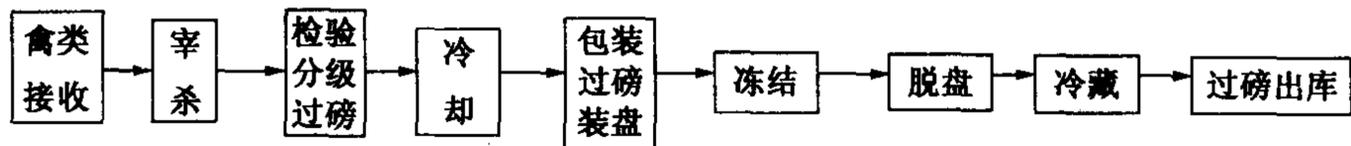


图 3—2 禽类生产性冷库生产工艺流程图示意图

2. 厂区规划及建筑面貌处理应与地形、周围环境、城市的街景相谐调,使企业成为城市总体建筑面貌的一个良好的组成部分。

3. 有方便的运输设施与合理的运输线路。企业应设有符合食品卫生要求、经济合理并且方便的运输设施。因此,要正确地选择运输方式。对运输线路应合理组织,使其最短捷。牲畜和成品的运输路线应分开,无交叉和反复运输现象,并尽可能地避免人流和货流

的交叉。

4. 总平面布置应与厂区的地形, 工程地质, 水文地质等条件密切结合, 以求技术上合理, 工程造价上经济。

5. 满足卫生、防火、安全的要求。布置建筑物和构筑物时, 应考虑日照方位及主导风向, 以保证自然通风条件和防止日照辐射等问题。将有污染的原料区、隔离区放在生产区的下风向, 行政福利区设在生产区上风地带, 且靠近主要出入口。

6. 合理分区, 紧凑布置。总平面布置中应根据生产特点、卫生及防火条件、货运量、动力设施等条件, 将建筑物、构筑物和其他设施等按生产作业线分组布置在厂区内。厂区内的建筑物、构筑物及设施应紧凑布置, 厂区外形及建筑物外形应力求简单规整, 以最大限度地节省用地, 缩短各种工程管网的长度, 降低生产成本。

7. 厂区应有良好的绿化与美化设施及良好的建筑艺术群体。

### 三、总平面布置的措施

在总平面布置中, 为满足各种要求并达到经济合理的目的, 需要采取相应的措施。

#### (一) 厂区划分

一般企业都有为数很多的建筑物和构筑物及各种设施。大体上根据其用途, 生产性质, 货运量, 防火卫生条件以及人流的多寡, 可以归并成几个组, 以便于厂区的规划与布置。

各组的车间或构筑物, 应紧凑地布置在同一个区带内, 各区带的相互位置及距离应符合一定的要求。正确地布置各区带, 是总平面规划的基础。例如生产性冷库厂区大体可以分为四个区。详见表 3—7。

表 3—7 生产性冷库厂区建(构)筑物分区表

区域名称	建 (构) 筑 物 名 称
生产区	冷库、冻结间、机房、制冰间、变配电间、休息室、烘衣间、更衣室、铁路专用线、水塔水池、冷却塔、机修间、洗衣间、汽车库等; 待宰间、屠宰间、急宰间、工业油加工间、熟食品加工间、化验室、锅炉房等。
原料区	卸猪站台、验收分级栏、饲养栏、煮料间、饲料仓库等。
行政福利区	办公室、医务室、食堂、浴室、集体宿舍等。
隔离区	氨库、汽油库、危险品仓库、污水处理场等。

#### (二) 紧凑布置, 节约用地

1. 建筑物、构筑物、铁路、道路、管线等布置要紧凑; 各车间的办公生活用房, 以及使用性质类似的建筑物, 应尽量集中或合并为多层建筑。尽量利用库址外原有道路或拓宽筑路, 在不影响总平面布置的前提下, 尽量利用原有河沟作为排水沟渠。

#### 2. 建筑物轮廓力求简单规整

建筑物外形轮廓的简单规整是总平面及个体车间设计达到经济合理的条件之一。不整齐的建筑物外形不仅会给总平面布置、车间结构的处理及建筑构造带来困难, 同时也增

加了工程管线的长度并浪费大量土地。

### 3. 建筑物间距力求最小

建筑物的间距应以防火及卫生要求的最小宽度为准;在合理紧凑布置地上地下工程管网既满足某些生产特殊要求的条件下,力求最小,不应随意加大间距。生产性冷库库区各建(构)筑物防火间距及卫生防护距离见表 3—8、3—9。

表 3—8 建筑物防火距离(m)

建筑物 建筑物耐火等级	一、二级	三级	四级
一、二级	10	12	14
三级	12	14	16
四级	14	16	18
危险品(氨、汽油)仓库	12	15	20

表 3—9 生产性冷库库区各建(构)筑物卫生防护距离

序号	建(构)筑物名称	最小距离(m)
1	急宰间、工业油加工间——验收分级栏、饲养栏	30
2	急宰间、工业油加工间——冷库及各食品生产间、库区办公楼、食堂	70
3	急宰间、工业油加工间——住宅区	150
4	污水处理厂的厌气接触池、淤泥厂——一般非食品生产车间	50
5	污水处理厂的厌气接触池、淤泥厂——验收分级栏、饲养栏	30
6	污水处理厂的厌气接触池、淤泥厂——冷库及各食品生产间、库区办公楼、食堂	100
7	污水处理厂的厌气接触池、淤泥厂——住宅区	150
8	锅炉房、煤厂——验收分级栏、饲养栏	20
9	锅炉房、煤厂——一般非食品生产车间	20
10	锅炉房、煤厂——屠宰间	20
11	锅炉房、煤厂——冷库及各食品加工间	30
12	验收分级栏、饲养栏——屠宰间	20
13	验收分级栏、饲养栏——一般非食品生产车间	30
14	验收分级栏、饲养栏——冷库技术室、食用油加工间	50
15	验收分级栏、饲养栏——住宅区	150

#### 四、总平面的竖向布置

竖向布置就是根据库址的地形和地质情况来确定建筑物、构筑物、室外场地、道路、铁路和管线等的标高。为满足冷库的建设和经营使用的要求,竖向布置要做到尽可能减少各建筑物和构筑物基础的埋置深度,使各种管线有合理的走向和坡度,土石方工程量最小,且能在库区内平衡,使建筑物和构筑物不受地下水及洪水的威胁。

##### (一)竖向布置的基本内容

1. 确定库区内所有建筑物、构筑物、室外场地、铁路及工程管线的标高。设计标高应尽可能接近原有标高,并使库内外的标高互相衔接,做到生产合理、经济、安全和交通运输方便。

2. 拟定库区的排水系统,配置必要的排水构筑物,以保证地面雨水能合理地在最短时间内,以最短的流程由库区内排出。

3. 确定土方工程量、土方差额和土方移动的方向,并在设计中尽量利用自然地形,减少土方工程量,使库区挖方和填方接近平衡,土方总量达到最小和运距最短。

##### (二)竖向布置应考虑的因素

1. 库区原有的自然坡度和标高;
2. 铁路专用线接轨点的标高和距库址的距离,铁路专用线的坡度;
3. 公路接点的标高,与库址的距离、公路的坡度;
4. 库址周围地下水位及洪水位高度;
5. 冻土的深度;
6. 供水水源及排水出口水位的标高,排水出口至库址的距离;
7. 土壤性质及土层厚度,确定建(构)筑物可能采取的基础埋置深度;
8. 地下管线的坡度及埋置深度;
9. 当地城市规划的标高。

##### (三)竖向布置的一般方式

###### 1. 连续式

这种布置方式是在整个库区上进行连续整平工作。这种形式一般用于库区面积不大、运输线路及管道较复杂、建筑系数较大的地段。在自然坡度 $\leq 2\%$ 或库区宽度较小而自然坡度为 $3\% \sim 4\%$ 者,用平坡法布置;若自然坡度 $\geq 4\%$ 或当各建筑物之间高差 $\geq 1.5$ 米的地段,以台阶法布置为宜。

###### 2. 重点式

这种布置只是整平建筑物、构筑物及其他工程的所在地段,其余部分仍保留自然地形。

###### 3. 混合式

为了生产方便和安全,在车间区采用连续式,一般仓库区及库区边缘地带采用重点式,即在库区内将连续式和重点式混合使用。

当采用台阶法布置时,其竖向分界点,应以库区内部的纵向运输(道路、铁路)为准。应将运输频繁的道路或使用统一铁路作业线的车间、构筑物等集中布置在同一台阶上,台

阶高差不宜小于 1.0 米。

采用台阶法处理时,一般宜用半挖半填,以减少土石方工程量。建筑物应设在挖方地段。

### 五、总平面技术经济指标

技术经济指标是总平面布置的结果性资料。根据它才能对所设计的各种方案或对类似的冷库进行全面的分析比较,进而确定出最后的合理方案。

技术经济指标随着冷库的性质、规模、地形条件和交通运输条件的不同而有所差异。因此,在使用指标时,只有全面考虑这些因素,才能切合实际地说明总面布置是否合理。

技术经济指标的主要内容有:

1. 库区占地面积,以公顷表示;
2. 建筑物和构筑物占地面积,以平方米表示;
3. 露天仓库、堆厂等占地面积,以平方米表示;
4. 铁路、道路、人行道占地面积,以平方米表示;
5. 地上、地下工程管线占地面积,以平方米表示;
6. 围墙长度,以米表示;
7. 绿化面积,以平方米表示;
8. 建筑系数;
9. 库区土地利用系数。

在这些指标中,建筑系数和库区土地利用系数是最主要的指标,通过它们的比较,可以基本上得出总平面布置在技术上的合理与否。

建筑系数是指各种生产与非生产性建筑物、构筑物及仓库(包括露天仓库、堆场、栈桥等)所占面积与库区总面积的比值,一般用  $K$  表示。 $K$  值可按下式计算:

$$K = \frac{Z + I}{G} \times 100\% \quad (3-1)$$

式中,  $G$ ——库区占地面积( $m^2$ );

$Z$ ——建筑物及构筑物占地面积( $m^2$ );

$I$ ——露天仓库、堆场、操作场占地面积( $m^2$ )。

库区土地利用系数系指所有一切建筑物、构筑物(包括铁路、道路,人行道、各种地下和地上工程管线等)所占地面积与库区总占地面积之比值。库区土地利用系数可按下式计算:

$$\text{库区土地利用系数} = \frac{Z + I + C + D}{G} \times 100\% \quad (3-2)$$

式中,  $C$ ——铁路、道路、人行道所占地面积( $m^2$ );

$D$ ——地上、地下工程管线所占地面积( $m^2$ );

$Z$ 、 $I$ 、 $G$ ——同式(3-1)。

由于库区内建筑物和构筑物占库区面积比重较大,故一般常以建筑系数来衡量总平

面设计的经济合理性。因此,在满足工艺、卫生、防火等要求的条件下,提高建筑系数有着非常重要的意义。

建筑系数与库区土地利用系数建议采用以下指标:

库区土地利用系数应控制在:

生产性冷库  $\geq 40\%$

分配性冷库  $\geq 70\%$

建筑系数应控制在:

生产性冷库  $\geq 30\%$

分配性冷库  $\geq 50\%$

#### 第四节 冷库建筑平面布置

冷库建筑平面布置是按照设计任务书的要求,总平面所限定的条件,根据生产工艺拟定的加工程序,对冷库建筑的各个组成部分,做出具体的组合安排,使之既能满足生产要求,又能符合建筑设计的一般准则以及建筑热工和制冷工艺等方面的要求。

冷库的平面设计是冷库设计的主要环节,平面设计的好坏,直接影响到制冷工艺、装卸作业,生产流程、经营管理的合理性、库房容积利用率的高低、施工费用和建筑寿命。

##### 一、平面布置的基本要求

1. 库内堆码货物方便,工艺流程顺畅、不交叉,装卸运输方便、不干扰,进出库路线短捷。
2. 符合厂区总平面布局的要求,与其他生产环节和进出库物资流向衔接协调。
3. 高低温分区明确,尽可能各自分开。
4. 在温度分区明确,内部分间和单间使用合理的前提下,缩小隔热围护结构的面积。
5. 柱网布置力求整齐,柱距力求统一,结构力求简单。
6. 冷间的建筑设计应尽量减少建筑的外表面积。
7. 适当考虑扩建和维修的因素。

在建筑平面布置中,可以充分运用穿堂作为连接各组成部分的纽带,衔接前后部分的桥梁和物资流通的渠道。还可以利用穿堂作为卸肉、脱钩、脱盘、镀冰、包装、过磅等工序的场所。巧妙地运用穿堂,可以使建筑平面布置灵活多变,适应不同客观条件的需要,获得有利生产、方便管理、延长冷库使用年限和降低工程造价等多方面的效果。运用穿堂时,应与站台有机配合,以利货物进出。

##### 二、平面布置与生产工艺流程的关系

建筑平面布置就是合理安排各种冷加工用房和辅助生产用房的相对位置,运用穿堂、走道作为有机的联系,使平面布置满足生产上的要求,同时也符合针对冷库建筑的特点而采取技术处理的原则。因此,建筑平面布置过程也是具体安排生产工艺流程线路的过程。进行建筑平面布置要对生产工艺从这一道工序到另一道工序的相互关系和必需的条件作深入的了解,并且通过多种方案比较,全面权衡各方面的利弊,才能获得较满意

的效果。

肉类食品在冷库建筑内的生产流程线路示意图及其在建筑平面中的布置见图 3—3 至图 3—5。

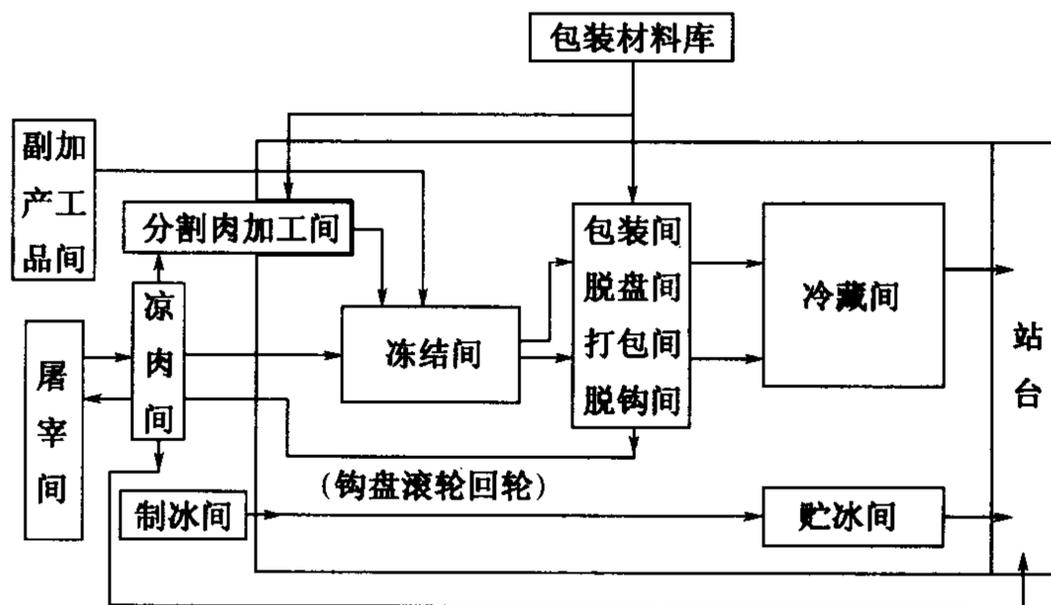


图 3—3 肉类生产性冷库生产流程线路示意图

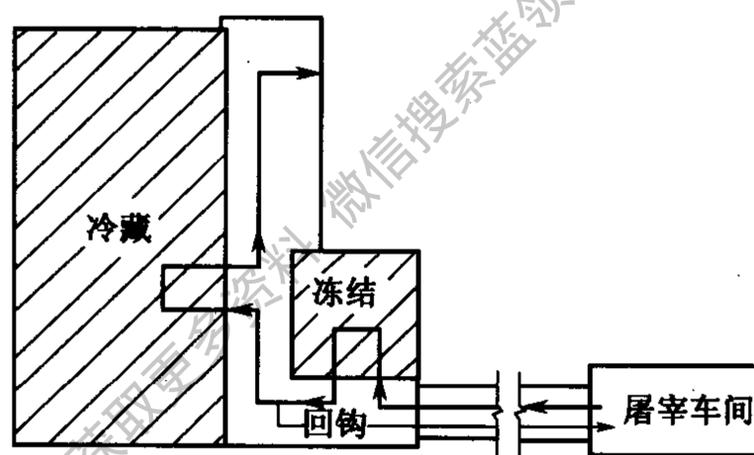


图 3—4 生产流程线路与平面布局(一)

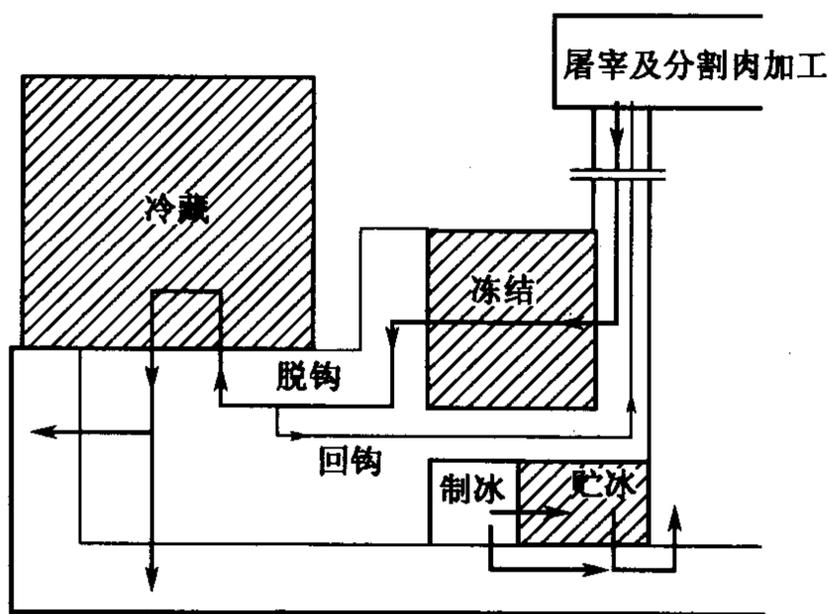


图 3—5 生产流程线路与平面布局(二)

从生产流程线路示意图可以看出各生产环节的区别及相互之间的关系,这就为平面布置提供了明确的要求。

### 三、冷库建筑平面布置

#### (一)冻结间与冷藏间的布置

冻结间能否正常生产,冻结工序与前后工序的衔接和协调是否处理得当,对于一个生产性冷库来说极为重要。

在布置冻结间时,应考虑冻结间本身的特点,与冻结前工序的联系,以及与整个冷库设计、使用有关的多方面因素。这些因素主要有:

##### 1. 维修的因素

由于冻结间在生产中是“热货”进,“冷货”出,温度波动频繁,热湿交换强烈,制冷设备又有淋水冲霜作业,有些食品在冻结过程的中途还要加水等等,建筑结构往往容易损坏。当冻结间的结构出现损坏,需要进行升温维修时,应不影响冷藏间的正常使用。因此,冻结间与冷藏间的围护隔热结构应各自成一体。

##### 2. 前后工序有关设施的安排

冻结前后工序的生产辅助用房的室温应按工艺要求确定,除像冷却后包装间室温不宜过高等特殊需要外,一般可按常温房间处理。进冻结间的食品一般不应通过库内低温穿堂。冻结食品的脱盘、镀冰衣是带水作业,不应在库内低温穿堂内进行。这些前后工序的辅助用房如占用造价高昂的低温建筑面积,不但不经济,反而会给冷库带来种种使用不正常的影响。

##### 3. 与冷藏间空间高度关系

库内装卸作业的机械化程度越来越高,冷藏间的高度正向高空间发展,而冻结间则不要求有较大的空间高度。冻结间的空间高度太大,对改善冷风循环的气流组织设计不利。

##### 4. 冻结间与冷藏间是共处在一个围护隔热体内还是分开独建,要看具体情况而定。

(1)为了节约用地,加速工程进度,减少工程投资,缩短生产流程,冻结间宜与冷藏间共处同一隔热体内。但要使冻结间自成一区,能在不影响冷藏间生产的条件下,对冻结间进行维修。同时,还要求冷库底层除冻结间外,应留有一大间冷藏间并与站台直接联系,便于大宗货物进出。

(2)当冻结量较大,多层冷库的底层无法留出大间冷藏间时,冻结间宜单独设在库外。

(3)单层冷库的冻结间一般自成一个单元,便于单独进行维修。

#### (二)冷却间与冷藏间的布置

1. 白条肉加工已普遍采用直接冻结工艺,在一般情况下,没有必要设置冷却间。分割肉、剔骨肉加工需要冷却时,可以单独设置冷却间,与冻结间、冷藏间按温度分区的原则分开。一般分割肉、剔骨肉冷却间可以与分割、剔骨、包装工序合并在同一房间内。

2. 大量鲜蛋加工时,还不能完全取消冷却工序。但冷却加工可以利用某一间冷藏间来完成。在这种情况下,必须注意由冷却间向冷藏间转库时尽量不通过常温地带。否则,蛋壳表面可能会结露(俗称“出汗”),鸡蛋容易腐败变质。

#### (三)温度分区

冷藏库各类库房的温度,大致上可归纳为等于或大于摄氏零度的“高温”库房和处于负温的低温库房。其中有的库房的温度比较稳定,例如冷藏间,有的库房的温度可能在摄氏零

度以上及以下的范围内波动,例如采用直接冻结工艺的冻结间,入库处是正温,出库处则为负温。由于以上原因,在建筑热工处理上应当根据不同情况,分别处理。如果热工情况不同的库房互相毗连,其交接部位的构造处理将会很复杂,而且不易取得理想的效果。

其次,应注意库内外热湿交换程度不同带来的影响。例如,高温库只会出现凝水结露现象,一般不会出现冰霜;而低温库可能产生凝水结冰现象,甚至发生冻融循环。由于热湿交换的情况不同,有的库房的围护结构易于损坏,有的则不易损坏。易于损坏的库房与不易损坏的库房如果互相毗连,则本来不易损坏的也将被牵连而影响正常使用。所以在建筑平面布置上,应根据各类库房的温度要求及热湿交换状况分开布置。这种处理方法,习惯上称为温度分区。

温度分区的处理方法有以下三种:

1. 分开处理

将高温库房与低温库房分为两个独立的围护结构体。如图 3—6 及图 3—7。这种处理方法效果最好,有条件的地方应当首先采用。

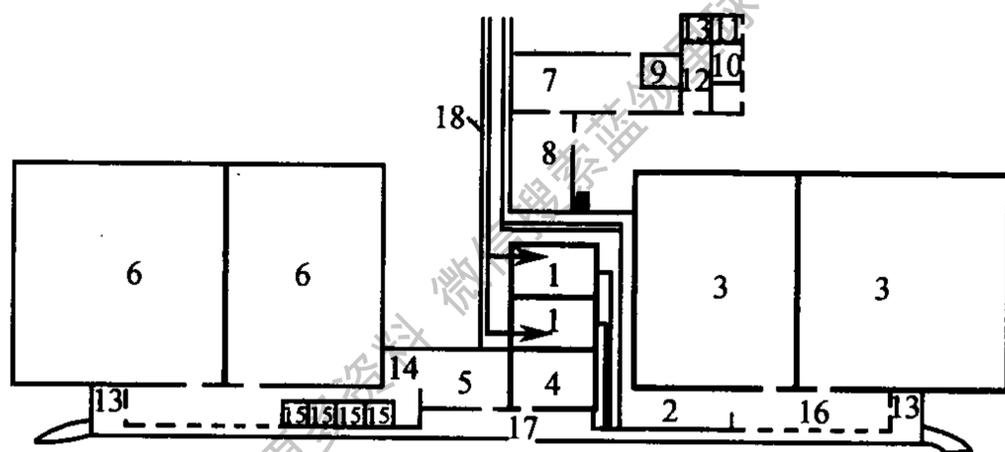


图 3—6 混合型的生产性冷库平面

- 1—冻结间;2—回钩廊;3—冻结物冷藏间;4—制冰间;5—贮冰间;6—冷却物冷藏间;7—机房;
- 8—设备间;9—水泵间;10—变压器间;11—高压配电间;12—低压配电间;
- 13—值班室;14—贮藏间;15—休息及更衣室;16—穿堂及站台;
- 17—出冰站台;18—联系廊

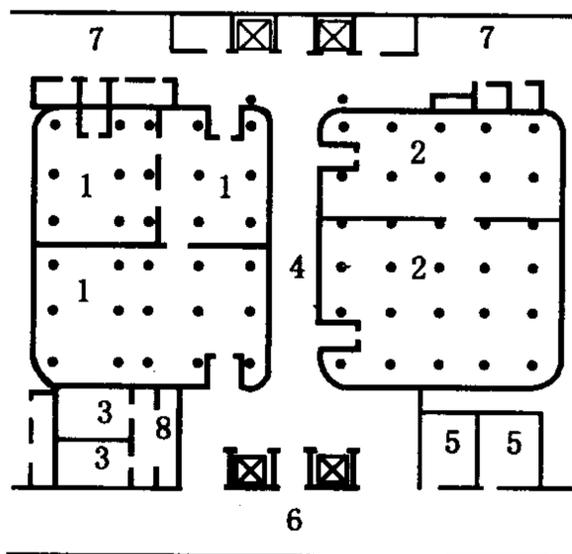


图 3—7 广州黄埔冷库平面

- 1—低温冷藏间;2—高温冷藏间;3—冻结间;4—常温穿堂;5—贮藏室;6—铁路站台;7—公路站台;8—整理间

## 2. 分边处理

将高温间组合在一边,将低温间组合在另一边,当中用一道隔热墙分隔开,楼板、地板也分隔开,高低温之间不应有连续梁。如果是多层冷库,则分界线应上下对直在同一轴线上,钢筋混凝土楼板也应彻底分开。如图 3—8 所示。

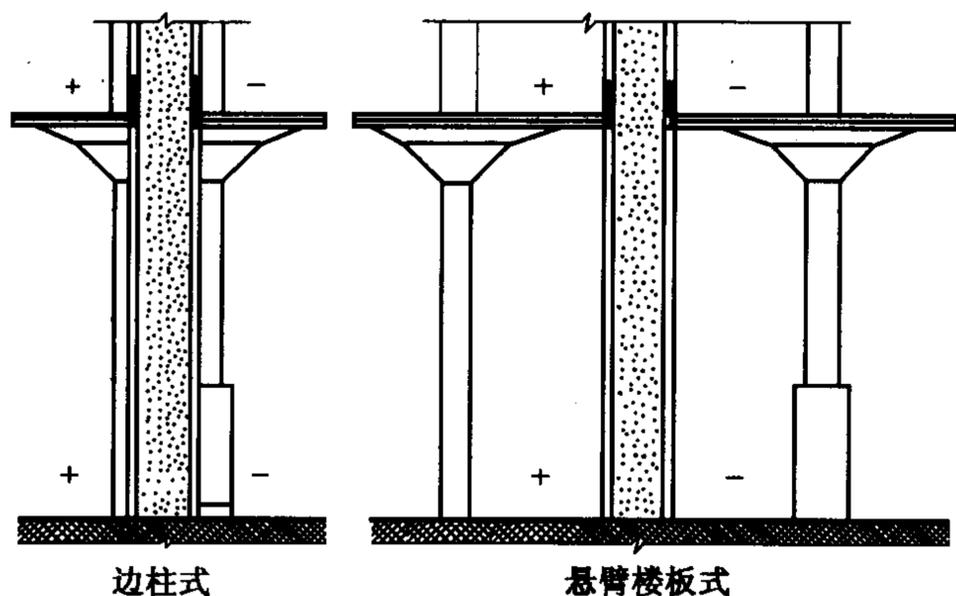


图 3—8 高低温分区隔墙、楼板处理

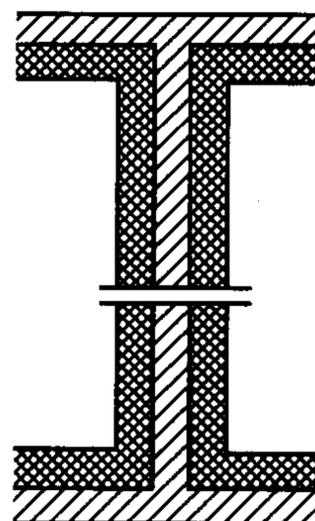


图 3—9 不宜采用的分边隔墙处理方法

单层冷库高、低温库房之间的分隔墙应该是非承重的。如果是承重墙,则势必与外围护墙相连,从而破坏外墙隔热层和隔汽层的连续性。有的设计采用图 3—9 的处理方法,在承重内墙两侧均设置隔热层,墙体夹在当中,这种构造承重墙容易因冻融循环而形成隐性破坏,甚至使隔热层、隔汽层剥离。

假如在结构设计上非要求内隔墙承重不可时,可采用图 3—10 的处理方法,设置两道分离的承重墙。

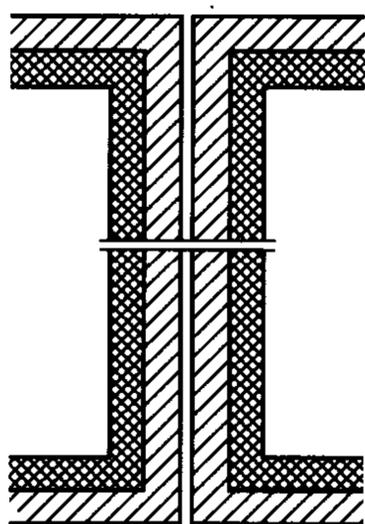


图 3—10 可以采用的分边隔墙处理方法

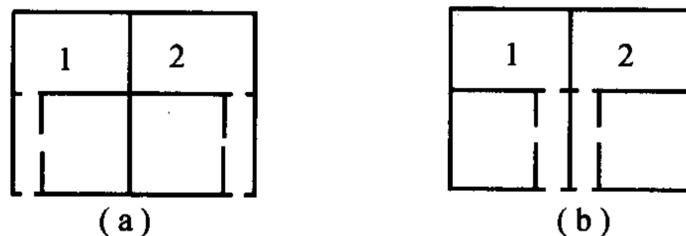


图 3—11 分边隔墙两侧湿度关系处理方法  
1—高温间;2—低温间

高、低温库房之间的分隔墙两侧,应使其温湿度状况保持相对稳定。因此,不宜在分隔墙的一侧或两侧设置穿堂或回笼间。如图 3—11 所示的两种处理方法,应采用(a)的方

法,不宜采用(b)的方法。

### 3. 分层处理

在同一座多层冷库中,有不同温度的库房(如 $0^{\circ}\text{C}$ 与 $-18^{\circ}\text{C}$ 等)时,应避免高温库与低温库布置在同一层内,一般将高温库设在底层是比较好的。其理由是:(1)可以减少冷库地坪的防冻措施,节省投资,避免地坪冻鼓。(2)楼面隔热层布置合理,密实的、热导率和蒸汽渗透阻都很大的无梁楼板刚好在隔热层的高温侧,这对保证隔热层的使用效果有很大好处。(3)高温库的货堆距上方低温库楼板有相当大的空间,不致受板底温度的影响而冻坏商品。

### (四)穿堂、楼电梯间与冻结间,高、低温冷藏间的平面组合

在冷库建筑中,穿堂、楼梯、电梯是连接各组成部分的纽带,是衔接前后各工序的桥梁和货物流通的渠道。它们在冷库建筑平面布置中处理得好,就会使冷库使用管理方便,减少冷库损坏,反之则影响冷库的正常使用,增加经营管理费用。

穿堂、楼梯、电梯和冷库的组合一般有以下几种形式:

#### 1. 穿堂、楼梯、电梯布置在冷库的两侧

这种组合形式,货物进出库路线明确,不互相交叉,和库内联系方便。

#### 2. 穿堂、楼梯、电梯布置在冷库的一侧

这种组合形式,使穿堂、楼梯、电梯使用方便,不占或少占冷库内冷藏面积。

#### 3. 穿堂、楼梯、电梯布置在冷库的中间

这种组合形式的优点是穿堂、楼梯、电梯距冷库各库房的距离近,向各库内搬运货物方便,但穿堂、楼梯、电梯占库内冷藏面积较大。

### (五)机房、设备间、配电间与冷库的平面组合

机房是整个冷库的心脏,因此,应更靠近冷库,距离要尽量短,机房的用电负荷最大,它与配电间的距离也应尽量缩短,机房与设备间必须紧紧相连。

在冷库平面布置中,机房、设备间和配电间的位置,除了考虑要接近冷库外,还要考虑其通风和日照,使夏季能通风,冬季又能有日照。因此,一般把机房、设备间、配电间单独设置,不和冷库毗邻。

## 第五节 冷库建筑面积的确定

冷库(包括冷藏间、冻结间)建筑面积是根据设计任务书规定的冷藏容量及冻结加工能力与单位载货量来计算的。在计算时,需考虑柱子所占面积、货堆间的距离、货堆离开墙的距离以及库房内装卸走道所占的面积。其步骤是:根据设计任务书的规定,计算出建筑面积,做出冷库建筑的平面布置,然后按照每个库房的有效堆货面积计算库房的容量。如果全部库房容量的总和与设计任务书所规定的库容量相等或近似,则建筑平面布置符合要求,否则,需重新布置库房平面。

### 一、冷藏间面积的确定

冷藏间面积的大小与设计任务书中所规定的库容量有直接关系,库容量大,则需面积

就大,一般按下式进行计算:

$$F = \frac{G \times 1000}{U_m \cdot H \cdot K \cdot n} \quad (3-3)$$

式中,  $F$ ——冷藏间建筑面积( $m^2$ );

$G$ ——冷藏容量(t);

$U_m$ ——存放食品的单位平均容重( $kg/m^3$ );

$H$ ——堆货高度(m),一般取  $H = H_0 - h_1 - h_2$  (注:某些楼装或纸箱装产品不能堆到理想的高度,这有待于包装及堆码技术的改进,在此情况下堆货高度应予酌减);

$H_0$ ——冷藏间净高(m);

$h_1$ ——垫木高度,一般取 0.1(m);

$h_2$ ——货堆距顶棚的距离,取 0.3(m);

$K$ ——库房内有效堆货面积系数,  $K = \frac{\text{有效堆货面积}}{\text{建筑面积}}$ ;

$n$ ——建筑层数。

库房内有效堆货面积系数参见表 3—10。存放食品的单位平均容重参见表 3—11。

冷藏间的平面形状一般为矩形,最好能接近正方形,这样,库房内走道长度最短,因而,库房面积利用率最高。

[例 3—1] 试求贮存 400 吨冻猪肉的冷藏间的建筑面积。冷藏间为单层建筑,净高为 4.6 米,墙体为稻壳隔热。

[解] 按公式(3—3)  $F = \frac{G \times 1000}{U_m \cdot H \cdot k \cdot n}$

已知  $G = 400t$ ;  $U_m = 375kg/m^3$ ;  $k = 0.7$ ;  $n = 1$ ;  $H_0 = 4.6m$ ;  $h_1 = 0.1m$ ;  $h_2 = 0.3m$ 。

则  $H = H_0 - h_1 - h_2 = 4.6 - 0.1 - 0.3 = 4.2m$

所以:  $F = \frac{400 \times 1000}{375 \times 4.2 \times 0.7 \times 1} = 364m^2$

需建筑面积  $364m^2$ 。

若库房为正方形,则库房尺寸理论上为  $19 \times 19$  米。实际上,此数值还应结合柱网排列形式及建筑模数加以调整。

## 二、冻结间面积的确定

冻结间的面积按照设计任务书的要求进行计算。在冻结能力相同的条件下,冻结间内采用不同的冻结设施(吊轨或搁架),不同的制冷装置(横向吹风或纵向吹风),不同的长、宽度以及出入口数量,都和面积的确定有直接的关系。

### (一)设有吊轨的冻结间面积的确定

由冻结间的冻结加上能力  $G$ , 求出吊轨的长度  $L$ , 根据吊轨的间距求出吊轨所占的面积,再加上设备所占面积,根据图 3—12 或图 3—13 中的平面尺度关系,即可确定冻结间面积。

表 3—10 有效堆货面积系数

	多房间的小型冷库(稻壳隔热层)	大房间的冷库(稻壳隔热层)	大房间的冷库(软木塑料类)
K	0.62 ~ 0.65	0.68 ~ 0.72	0.76 ~ 0.78

注:近年来由于采用铲车堆码作业,故库内留的走道较宽,因此,库内有效堆货面积系数大为缩减,为了取得较确切的数值,设计时应取同类型冷库实测数值为妥。

表 3—11 各类食品单位(存放)平均容重

食品名称	装载方法	Um (kg/m <sup>3</sup> )
冻半片猪肉	堆 装	375
冻 1/4 片猪肉	堆 装	400
冻整只羊	堆 装	300
冻分块肉副产品	堆 装	650
冻去骨肉类	箱 装	710
冻鱼	堆 装	450
冻无头对虾	箱 装	378
冻家禽	箱 装	350
冻家兔	箱 装	600
冻去骨兔	箱 装	700
冻冰蛋	箱 装	700
冻冰蛋	听 装	760
鲜蛋	箱 装	240
鲜蛋	箩 装	290
水果	箩 装	380
水果	箱 装	330

1. 吊轨长度按下式计算:

$$L = \frac{G}{g} \cdot \frac{t}{24} \quad (3-4)$$

式中,  $G$ ——冻结间每昼夜冷加工能力(t);

$L$ ——吊轨长度(m);

$g$ ——吊轨单位长度载货量(t/m), 白条肉一般按每米 35 头、每头 55 ~ 60kg, 即 0.200t/m 计算;

$t$ ——冻结工序时间, 即冻结加工时间, 为进出库时间总和(h), 一般肉类加工时间取 24h。

2. 平面形状:

冻结间平面形状一般为矩形。采用落地式冷风机横向吹风的冻结间, 其平面尺寸关

系如图 3—12 所示。采用纵向吹风的冻结间,其平面尺寸如图 3—13 所示。

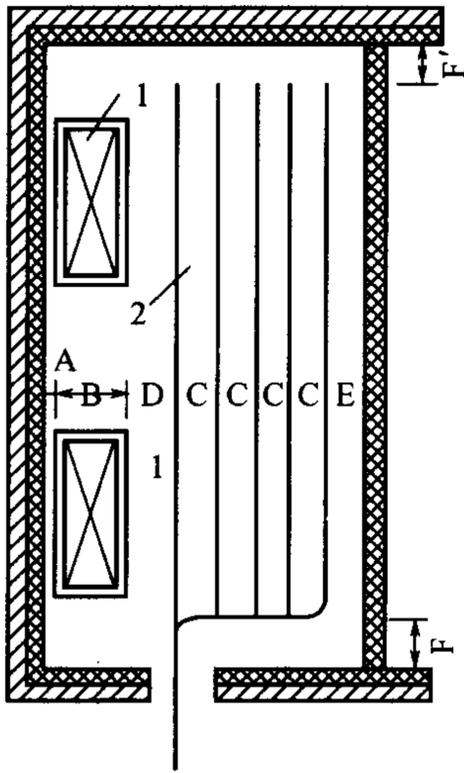


图 3—12 横向吹风冻结间平面

1.冷风机;2.吊轨

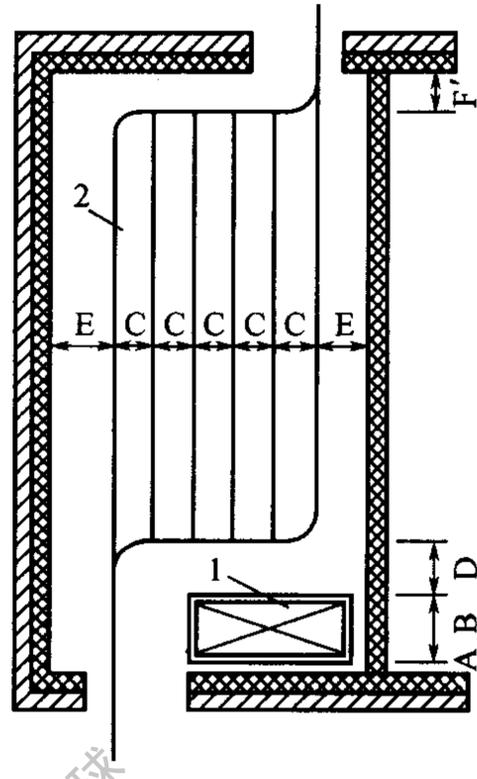


图 3—13 纵向吹风冻结间平面

1.冷风机;2.吊轨

图中各尺寸符号说明如下:

A——冷风机距墙面的净距离,一般为 350 ~ 400mm;

B——冷风机水盘的宽度,一般采用 KLJ—400 冷风机时为 1280mm;

C——吊轨的中距,肉类冻结间手推吊轨中距一般为 750mm,链条传动的吊轨中距为 950mm;

D——吊轨中心与冷风机边缘距离,不宜小于 1000mm;

E——吊轨中心与墙或柱边的距离,不宜小于 500mm;

F——横轨中心至墙边的距离,不宜小于 700mm;

F'——轨端与墙面前距离,不宜小于 700mm。

#### (二)设有搁架的冻结间面积计算

由冻结间冻结加工能力,求出需要搁架的占地面积,然后将搁架占地面积加上走道面积及冻结设备所占面积,即为搁架式冻结间的实际所需面积。

搁架所需占地面积按下式计算:

$$F = \frac{G}{g \cdot n} \cdot \frac{t}{24} \quad (3-5)$$

式中,  $F$ ——搁架所需占地面积( $m^2$ );

$G$ ——冻结间每昼夜冷加工能力(t);

$g$ ——每层搁架单位面积载货量( $t/m^2$ ),对于分割肉、副产品按 0.60 ~ 0.80 $t/m^2$  计算;

$n$ ——搁架层数;

$t$ ——冻结加工时间(h)。

[例 3—2] 有一生产性冷库,每昼夜白条猪肉的冻结加工能力为 15 吨,采用吊轨,试计算该冻结间所需面积。

解:取  $g = 0.20\text{kg/m}^2$   $t = 24\text{h}$

$$\text{根据式(3—4)} \quad L = \frac{G}{g} \cdot \frac{t}{24} = \frac{15}{0.2} \times \frac{24}{24} = 75(\text{m})$$

一般冻结间长度最大为 20 米,如是纵向吹风,根据图 3—14 所示的平面尺度关系:则长度为:

$$\begin{aligned} & 20 - (A + B + D + F) \\ &= 20 - (0.35 + 1.28 + 1.0 + 0.70) \\ &= 20 - 3.33 \\ &= 16.67(\text{m}) \end{aligned}$$

吊轨长度取 15.0m,则需吊轨条数为:  $\frac{75}{15.0} = 5(\text{条})$

根据图 3—14 的平面尺度关系,宽度为:  $C \times 4 + E \times 2 = 0.76 \times 4 + 0.5 \times 2 = 4\text{m}$ ,冻结间所需面积为:

$$4 \times 20 = 80\text{m}^2$$

## 第六节 冷库建筑方案的拟定

冷库建筑方案是根据设计任务书的要求、库区的自然条件和地质勘探资料等而拟定的。

### 一、冷库建筑平面方案的拟定

(一)按照冷库的性质、生产规模及有关资料,确定冷库的建筑形式和多层冷库的层数,计算冷库建筑占地面积:

$$F = \frac{G}{\alpha \cdot U_m \cdot H} \cdot \frac{1}{n} \quad (3-6)$$

式中,  $F$ ——冷库建筑占地面积(按轴线尺寸计算)( $\text{m}^2$ )。

$G$ ——冷藏容量(t)。

$\alpha$ ——平面系数,容量在 500t 以下时,  $\alpha = 0.7$ ;

1000t 以上时,  $\alpha = 0.73 \sim 0.75$ 。

$H$ ——食品的堆装高度(m)。

$U_m$ ——存放食品的平均容重( $\text{t/m}^3$ )。

$n$ ——冷库的层数。

冷库的建筑形式和占地面积确定后,应选择经济、安全、先进的结构方案。单层冷库可采用预制装配式钢筋混凝土结构,多层冷库可采用钢模现浇钢筋混凝土结构。

(二)选择经济合理的柱网尺寸,初步确定平面方案。

柱网是柱子受力中心点之间的连线所形成的网格,它表示了纵向和横向承重构件之间的相互关系。

柱网的尺寸大小,一方面是根据使用要求,另一方面是根据建筑结构的经济性综合考虑的。从使用上看,希望柱网尺寸越大越好,柱网尺寸越大,越便于贮存货物,但从建筑结构上看,柱网尺寸越大,构件截面就越高,所需钢材和水泥的数量就越多,造价也就越高。一般综合考虑上述两个方面因素确定柱网尺寸。

单层冷库的柱网是由跨度和柱距构成的。如图 3—14 所示。

为实现施工工业化,要求结构的统一化和结构构件的标准化、模数化,尽量减少构件的种类,便于工厂和现场预制。因此,要求跨度和柱距符合建筑设计中的“模数制”。单层冷库的柱网一般为  $6 \times 9$  米,也有用  $5 \times 8$  米,也可以用  $6 \times 12$  米和  $6 \times 18$  米。

多层冷库多采用无梁楼板的结构形式,柱网为  $6 \times 6$  米比较经济,当采用矩形柱网时,长短距比值不大于  $1 \frac{1}{3}$ 。如图 3—15 所示。

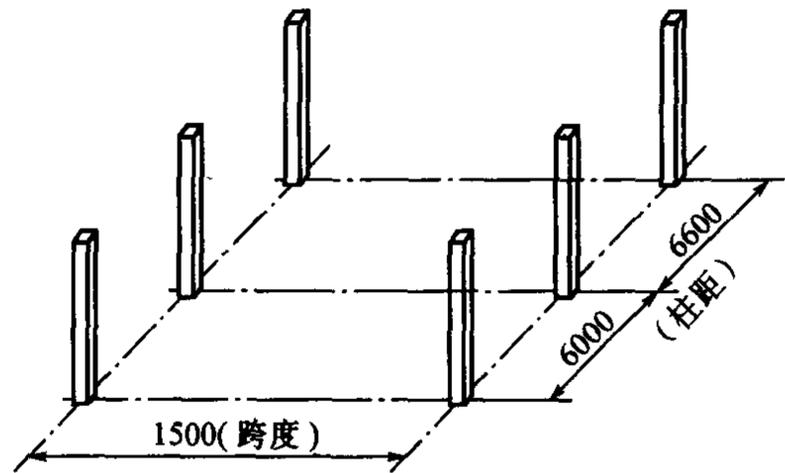


图 3—14 单层冷库柱网

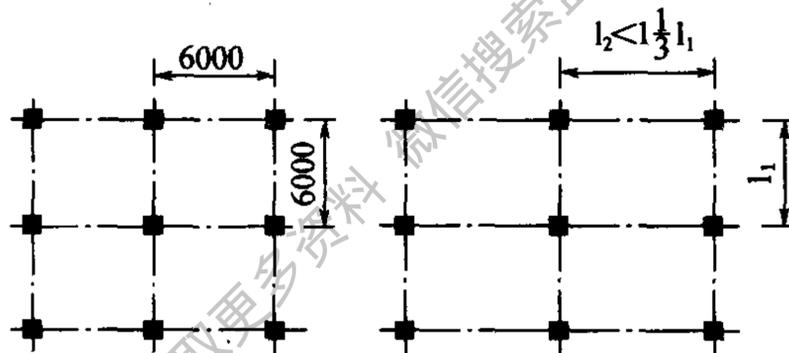
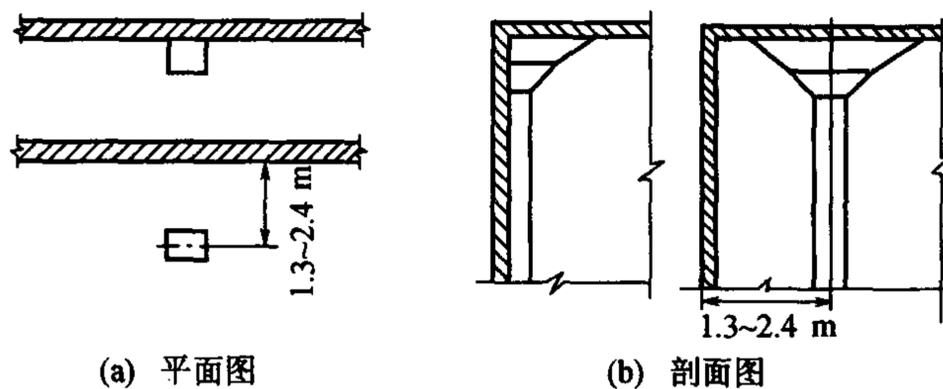


图 3—15 无梁楼盖的柱网尺寸

柱网的边柱和墙的联系有两种情况:一种是边柱做法,即柱的外边缘紧贴外围护墙的内表面,其缺点是,制冷设备的墙排管不能统长布置。另一种是悬臂做法,即柱子离开外围护墙的内表面有一定距离,其优点是结构受力均匀,布置管道方便。柱边离开外围护结构内表面的距离,如只考虑墙排管统长布置时,采用 1.3 米,如考虑到利用悬背部分的空间时,采用 2.4 米。见图 3—16。



(a) 平面图

(b) 剖面图

图 3—16 边柱及悬臂柱做法剖面图

(三)在冷库建筑平面方案初步确定后,按照库房的温度、湿度要求,布置库房、穿堂和出入口。在布置时,必须注意各库房的内隔热墙和柱子的相互位置,特别是两边库温不同的内隔热墙,千万不能将柱子布置在隔热墙的中心线上,因钢筋混凝土柱子的热阻比较小,会形成“冷桥”。柱子位置也不宜与隔热墙完全脱开,这样会给制冷设备布置和码垛带来不便。柱子位置最好是与隔热墙相接或将柱子的一部分嵌入墙内,虽然该处的热阻值减小,但相差不多,仍可达到隔热目的。柱子与内隔热墙的相对位置见图 3—17。

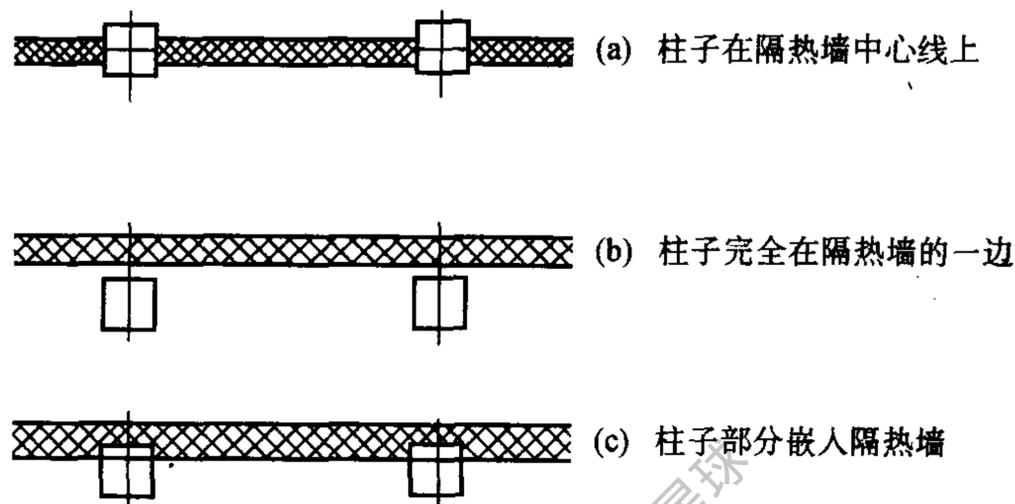


图 3—17 柱子与内隔热墙相对位置示意图

为了简化制冷工艺的设计,建筑平面布置时,必须注意相同库容量的冷藏间,其平面形状应尽可能取得一致。特别是相同容量设有吊运轨道和冷却设备的冷却间和冻结间更应如此。如图 3—18(a)所示,三个冻结间平面尺寸完全一样,制冷工艺设计只要作一间标准图即可。图 3—18(b)所示,三个冻结间的平面尺寸均不相同,制冷工艺设计则每间也不相同,工艺设计工作量大。

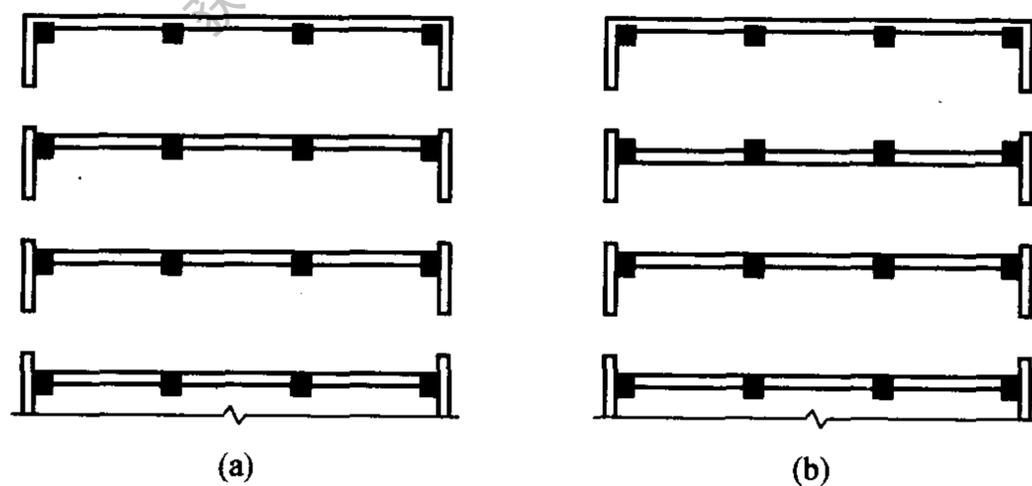


图 3—18 冻结间隔墙的平面布置图

(四)拟定冷库外围护结构,屋顶和地坪的隔热做法(即建筑做法表)。

(五)根据初步确定的平面方案,核算各冷间的冷藏容量是否符合设计任务书的要求,如过大或过小,都必须对平面方案作进一步调整。

## 二、冷库建筑剖面设计

冷库建筑的剖面设计和平面设计必须统一考虑。剖面设计主要解决垂直方向空间处

理上的有关问题,根据生产工艺的需要,合理确定冷库的竖向尺寸。

### (一)单层冷库与多层冷库

小型冷库一般采用单层建筑,大、中型冷库宜采用多层建筑。多层冷库的层数因受地基、交通运输及货物的进出、整理等条件的影响,以4~6层较为适宜。二、三层的冷库,为解决垂直运输问题,仍需设置电梯,由于层数少,不能充分发挥电梯的作用,且外围护结构面积较大,故不宜采用。

### (二)冷库的层高

多层冷库的净高一般采用4.8米,单层冷库净高为6~8米。冷库的高度取决于堆货的高度。合适的人工堆货高度为3~3.5米,最高可达4米。由于冷库逐步向机械化方向发展,随着铲车的有效提升高度的提高,今后冷库的层高亦将提高。

### (三)冷库的标高

在设计中,一般把底层库房的地坪标高定为 $\pm 0.000$ 米,站台边缘标高比库房地坪标高低5厘米,即为 $-0.050$ 米。

## 三、冷库建筑立面设计

冷库的立面设计是平面设计和剖面设计的继续,在设计工程中,平面、剖面、立面的设计是统一综合考虑的,立面设计必须符合平面和剖面的要求,并根据结构形式和所选用的建筑材料而定。冷库的立面和其他建筑不同,它不考虑自然通风和采光的问题,但为了减少太阳辐射热的影响,冷库外围护结构的表面宜采用白色或浅颜色光滑的建筑材料,同时,冷库的外形要求大方、简洁、美观。

## 第七节 冷库建筑平面实例分析

冷库建筑的平面是根据冷库的性质、库容量、所贮存的货物以及冻结方式等因素而确定的。在贯彻执行国家的基本建设方针政策的前提下,既要考虑各冷间的内在关系,又要考虑地形环境的制约作用;既要考虑实际使用要求,也要考虑冷库的经济性和结构施工的合理性,因此,平面设计工作是一个十分重要的环节。以下介绍几种冷库平面实例。

### 一、冷库的性质与平面布置时关系

按照冷库的规模和性质,平面布置应和吞吐量相适应。平面设计是否合理,往往直接影响该库的吞吐量和使用寿命。冷库设计能否适应吞吐量,是衡量设计优劣的重要指标之一。

图3—19是一座大型分配性冷库平面示意图。这类冷库货物全靠铁路运输,货物量多而时间又受限制,要求平面设计有较大的吞吐量。因此,该库设计成单层长条形,分为6个冷藏间,6个进出口直对站台,节省电梯和穿堂,缩短运距,以铲车码垛和水平运输,可大大加快进出货速度,满足该库吞吐量的要求。缺点是占

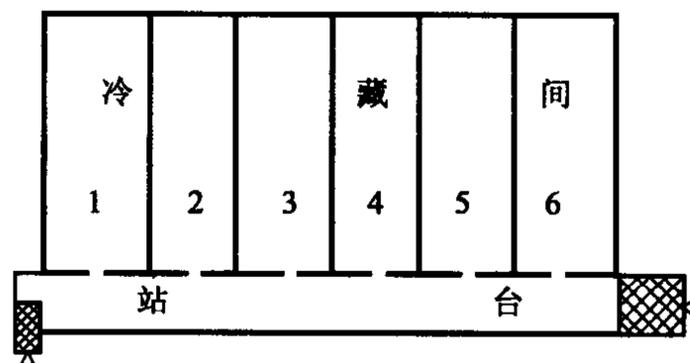


图 3—19 分配性冷库平面示意图

地面积较大。

大、中型分配性冷库,既有铁路运输,又有公路运输和城市供应。在城市供应方面,节日期间,货量多而时间又特别集中。因此,这类冷库要求有较长较宽的公路站台和较多的进出口,以适应较大的吞吐量。其平面形状多为方矩形,配双面站台(如图 3—20 所示)或正方形配双面站台。矩形平面比正方形平面外墙面积大,耗冷量多一些,但运输距离比较短。

长方形平面“一”字形单面站台的形式是许多单层小型冷库经常采用的平面形式。它的建筑结构都比较整齐简单,具有利于实现冷库的预制装配化、运输机械化和便于进出货等优点。

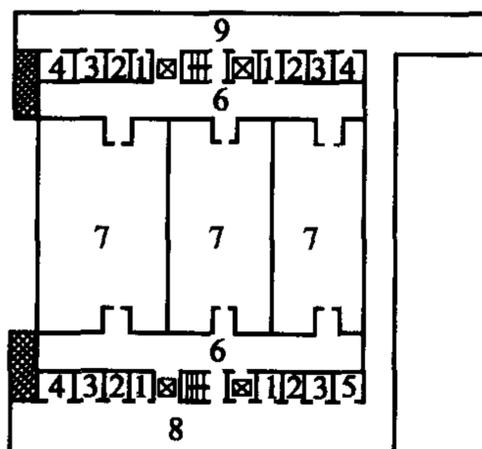


图 3—20

- 1—过道;2—过磅间;3—办公室;4—休息室;
- 5—厕所;6—常温穿堂;7—低温冷藏间;
- 8—公路站台;9 铁路站台

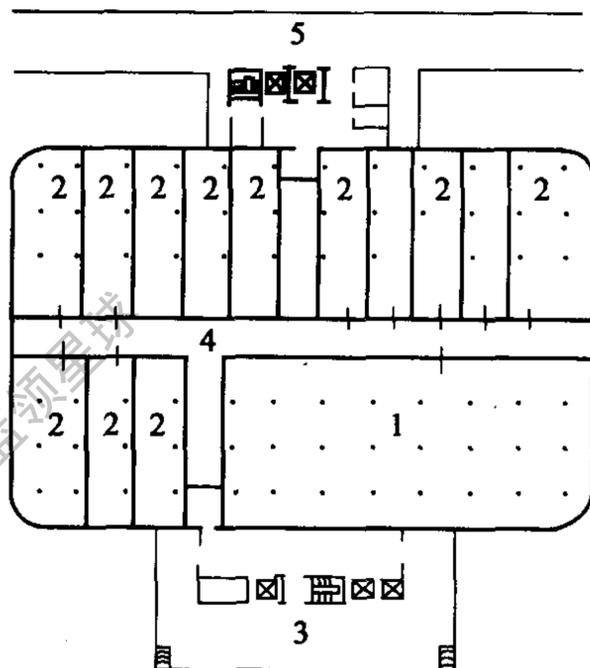


图 3—21

- 1—冷藏间;2—冻结间;3—公路站台;
- 4—低温穿堂;5—铁路站台

## 二、不同温度库房的平面布置

### (一)冷藏间与冻结间

冻结间与冷藏间布置在同一层内,如图 3—21。这种平面布置能节约用地,但由于冻结间水分多,温度波动大、冻融循环严重,易造成冷库破坏。为了避免冷库受损坏,延长其使用寿命,便于冻结间的单独维修,应把冻结间移出库外单独建造。如图 3—22 所示。

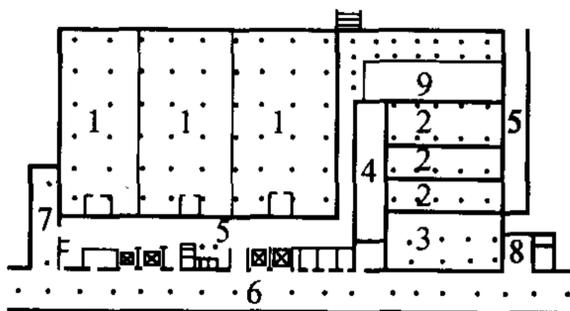


图 3—22

- 1—冷藏间;2—冻结间;3—冰库;4—低温穿堂;
- 5—常温穿堂;6—铁路站台;7—公路站台;8—制冰间;9—通天

图 3—23 是某冷库标准层平面,是按高低温分边来设计的。它的优点是可以取消同温层间的隔热层。但由于钢筋混凝土无梁楼板是一个整体,因此,各层楼板都不可避免地出现冷桥。

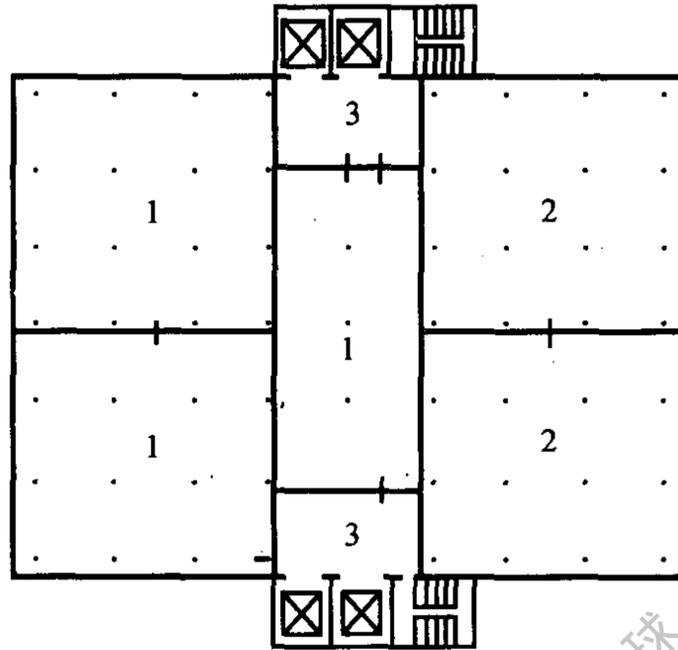


图 3—23

1—冷却物冷藏间;2—冻结物冷藏间;3—穿堂

图 3—24 是把高低温库完全分开成左右对称的两个库房。它的优点是可以分边维修,节省同温层之间楼面隔热层,并且避免了图 3—23 中由于无梁楼板产生的冷桥,但却增加了隔热外墙和中间穿堂的面积。

图 3—25 是不同温库房的分边设计平面。这种平面布置既节省了隔热外墙和中间穿堂面积,又同样可以取得图 3—24 的效果。

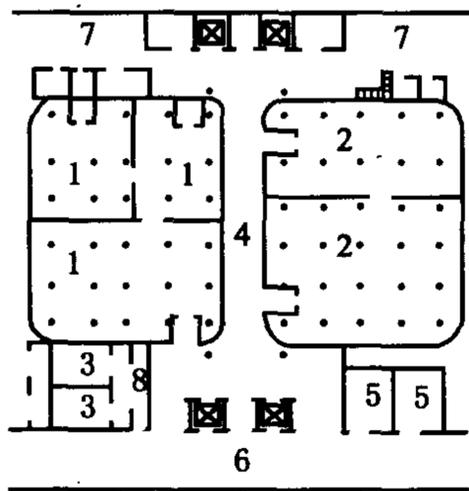


图 3—24

1—低温冷藏间;2—高温冷藏间;3—冻结间;  
4—常温穿堂;5—贮藏室;6—铁路站台;  
7—公路站台;8—整理间

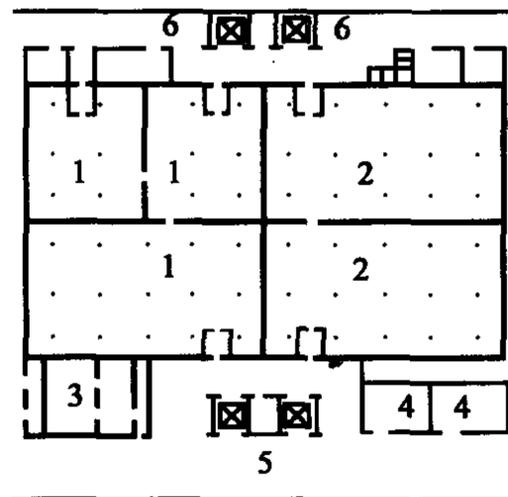


图 3—25

1—冻结物冷藏间;2—冷却物冷藏间;3—冻结间;  
4—储藏间;5—铁路站台;6—公路站台

有些多层冷库,为节约隔热材料,便于维修管理,其平面布置采取把不同温度的库房分层布置的做法。如有的冷库把底层作为高温库,而把顶层做制冰间。底层做高温库,可

以节省地坪防冻投资,避免冷库地坪冻鼓。顶层做制冰间,屋顶可不做隔热处理,节约投资,同时,还可以利用冰的重力,使制好的冰自行滑到冰库或其他用冰的地方。实践证明,高低温库分层布置方案是可取的。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 第四章 冷库建筑围护结构的隔热

根据传热机理,只要有温度差存在,热量就必然从温度较高的物体向温度较低的物体传递,这种热传递是自然界普遍存在的规律,也是冷库建筑与一般建筑的主要不同点。由于库内温度一般比外界气温低,这就不可避免地会发生自外界通过围护结构向库内传热,这部分传入热量经制冷剂的工作循环引出库外,成为冷库耗冷量的一个组成部分。

事实上,即使在设置了相当厚度的隔热层之后,由围护结构传入热量而引起的耗冷量仍可达到总耗冷量的 15% ~ 35% 之多。减少这部分耗冷量,不仅可以节省制冷设备费用和常年管理费用,更重要的是得以确保食品冷藏的“低温”、“少温度波动”的工艺要求,降低食品的干耗。因此,如何把冷库建筑的隔热设计得经济合理又可靠耐用,是有十分重要意义的。

### 第一节 围护结构的热工计算

#### 一、传热的基本方式

热量传递的基本方式有三种:导热、对流换热和热辐射。

##### (一) 导热

导热是由温度不同的质点(分子、原子、自由电子),在热运动中引起的热能传递过程。在固体、液体和气体中均能产生导热现象。但纯导热过程只出现在完全密实的固体当中。在不同物质中导热的机理是有区别的。在气体中是通过分子无规则运动时互相碰撞而导热;在液体中是通过平衡位置间歇移动着的分子振动引起的;在固体中一般是由平衡位置不变的质点振动引起的。金属则是主要由自由电子作热运动而导热。例如冷库的外墙表面温度高于内墙表面温度时,热量主要以导热的方式由外围护墙的外表面传给内衬墙的内表面。

##### (二) 对流换热

对流换热只发生在流体(液体、气体)中,它是因温度不同的各部分流体之间发生相对运动,互相掺和而传递热量的。促使流体产生对流的原因有二:一是本来温度相同的流体,因其中某一部分受热(冷却)而产生温度差,形成对流运动,这种对流叫“自然对流”;二是因受外力作用(吹风、泵压等),迫使流体产生对流,这种对流叫“受迫对流”。自然对流的程度主要决定于流体各部分之间的温度差,温差愈大则对流愈强。受迫对流则取决于外力的大小,外力愈大,则对流愈强。应当指出,产生对流现象的同时,总是伴随有导热现象。这种既有对流又有导热的现象,我们称之为“对流换热”。

##### (三) 热辐射

辐射传热与导热和对流有着本质的区别,它是以电磁波传递热能的。凡是温度高于

绝对零度的物体,都能发射辐射能。辐射传热的特点是靠能量形式之间的转化来完成的,即发射体的热能变为电磁波辐射能,被辐射体又将所接受的辐射能变成热能。

## 二、围护结构的传热过程

冷库围护结构时刻受到室内外空气的热作用,不断有热量从室外通过围护结构传到室内。通过围护结构的传热要经过三个过程(见图4—1):

1. 外表面吸热——围护结构外表面从室外空间接受热量的过程。

2. 结构本身传热——热量由围护结构的外表面传至内表面。

3. 内表面放热——围护结构内表面向室内空间散发热量的过程。

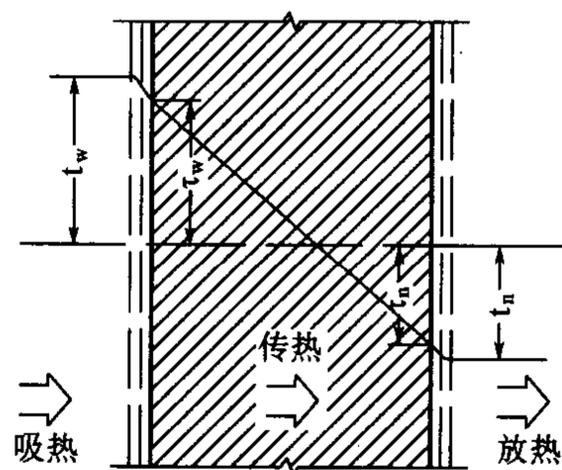


图4—1 围护结构的传热过程

其实,在传热过程中,很少有单一的热交换方式,而往往是三种基本传热方式的综合过程。围护结构表面吸热和放热的机理是相同的,故一般总称为“表面热转移”。在表面热转移过程中,既有表面与周围空气之间的对流与导热,又有表面与周围其他表面间的辐射传热。在结构体本身的传热过程中,实体材料层以导热为主,空气层一般以辐射为主。当然,即使是实体结构,也因大多数建筑材料都或多或少地含有空隙,而空隙中的传热则又包括三种基本传热方式,特别是那些空隙很多的轻质材料,空隙传热的影响是很大的。

## 三、围护结构的传热计算

由于热量传递的主要原因是温度差存在,所以在研究传热时必须掌握物体的温度分布情况。在某一瞬间物体内部所有各点温度的总计称温度场。凡物体中各点温度随时间而变化的温度场称不稳定温度场,反之则为稳定的温度场。在稳定的温度场内发生的热传递现象称稳定传热过程。反之为不稳定传热过程。

冷库围护结构所受的热作用都是随时间而变的。如室外空气温度既有日与日之间的差别,在每昼夜之内,各小时的温度也有差异。但是冷库围护结构的热惰性(即稳定性)很大,所以室外周期性的温度波动通过围护结构到达内表面时,其波幅衰减很大,故可忽略室外热作用的不稳定因素,同时为了简化计算过程,在进行冷库围护结构的传热计算时按稳定传热进行计算。

冷库外围护结构一般都是由几层不同材料组成的多层平壁。现以图4—2所示的三层平壁为例,说明围护结构的传热计算。 $t_w$ 和 $t_n$ 分别表示室外和室内空气温度,且 $t_w > t_n$ ;  $\tau_w$ 和 $\tau_n$ 表示围护结构外内表面温度;  $\tau_2$ 、 $\tau_3$ 是内部材料层界面上的温度。三层的厚度分别是 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ 、 $\delta_3$ ;各层材料的导热系数为 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 。由围护结构的传热

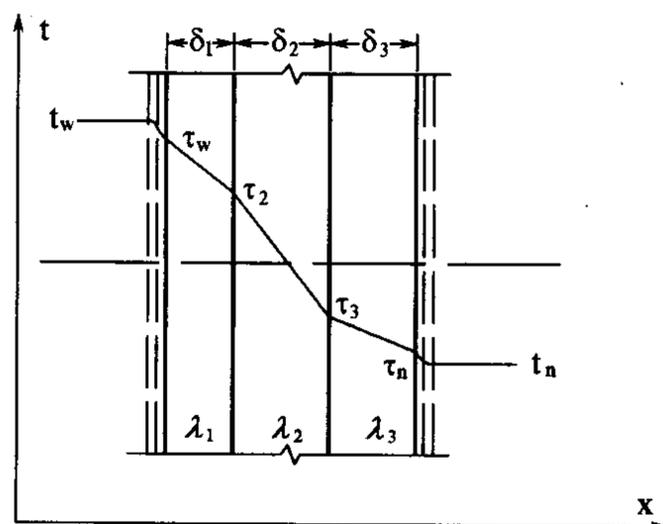


图4—2 围护结构的传热计算

过程得知,热量从室外空间传入室内要经过三个过程。

#### (一)围护结构外表面吸热

围护结构外表面吸热量按下式计算:

$$Q = \alpha_w F (t_w - \tau_w) \quad (1)$$

式中,  $Q$ ——单位时间内围护结构外表面吸收的热量(W);

$\alpha_w$ ——围护结构外表面的传热系数  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$F$ ——围护结构的面积( $m^2$ );

$t_w$ ——围护结构高温侧的空气温度( $^\circ C$ );

$\tau_w$ ——围护结构高温侧的表面温度( $^\circ C$ )。

#### (二)围护结构材料层的导热

在稳定传热条件下,围护结构外表面吸收的热量,将等量地通过各材料层向温度较低的一侧依次传递下去。其传热量按下式计算:

$$Q_1 = \frac{\lambda_1}{\delta_1} F (\tau_w - \tau_2) \quad (2)$$

$$Q_2 = \frac{\lambda_2}{\delta_2} F (\tau_2 - \tau_3) \quad (3)$$

$$Q_3 = \frac{\lambda_3}{\delta_3} F (\tau_3 - \tau_n) \quad (4)$$

式中,  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ——各层的热导率  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$ ——各层的厚度(m);

$t_n$ ——围护结构低温侧的表面温度( $^\circ C$ )。

#### (三)围护结构内表面的放热

围护结构内表面的放热量按下式计算:

$$Q = \alpha_n F (\tau_n - t_n) \quad (5)$$

式中,  $\alpha_n$ ——围护结构内表面的传热系数  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$t_n$ ——围护结构低温侧的空气温度( $^\circ C$ )。

由于在稳定传热条件下,  $t_w$  和  $t_n$  不随时间变化,通过围护结构的热量是一个恒量,而且通过各部分的热量相等,所以将以上(1)~(5)式整理后得:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_n}} F (t_w - t_n) \quad (4-1)$$

式(4-1)即为三层平壁围护结构高温侧的空气传给低温侧空气的热量计算公式。

#### 四、围护结构的总热阻 $R_0$ 和最小总热阻 $R_{min}$

热量从围护结构的一侧空间通过围护结构传至另一侧空间时,受到三部分阻力:外表面的放热阻  $R_w$ ,围护结构本身的热阻  $\sum R$  和内表面的放热阻  $R_n$ 。这三部分热阻之和叫总热阻  $R_0$ ,即:

$$R_0 = R_w + \sum R + R_n$$

$$= \frac{1}{\alpha_w} + \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \Delta \right) + \frac{1}{\alpha_n} \quad (4-2)$$

热阻是建筑材料的一个热特性指标,表明热流通过建筑材料时遇到的阻力,总热阻  $R_0$  的大小说明了围护结构隔热性能的优劣,在同样的温差条件下,热阻越大,通过的热量将越小。围护结构的总热阻  $R_0$  与传热系数  $K$  互为倒数,即:

$$R_0 = \frac{1}{K} \quad (4-3)$$

冷库围护结构表面放热阻的取值可按表 4—1 规定采用。

表 4—1 库房围护结构外表面和内表面传热系数  $\alpha_w$ 、 $\alpha_n$  和放热阻  $R_w$ 、 $R_n$

围护结构部位及环境条件	$\alpha_w$ W/(m <sup>2</sup> ·℃)	$\alpha_n$ W/(m <sup>2</sup> ·℃)	$R_w$ 或 $R_n$ (m <sup>2</sup> ·℃/W)
无防风设施的屋面、外墙的外表面	23	—	0.043
顶棚上为阁楼或有房屋和外墙外部紧邻其他建筑物的外表面	12	—	0.083
外墙和顶棚的内表面、内墙和楼板的表面、地面的上表面: (1)冻结间、冷却间设有强力鼓风装置时	—	29	0.034
(2)冷却物冷藏间设有强力鼓风装置时	—	18	0.056
(3)冻结物冷藏间设有鼓风的冷却设备时	—	12	0.083
(4)冷间无机械鼓风装置时	—	8	0.125
地面下为通风架空层	8	—	0.125
注:地面下为通风加热管道和直接铺设于土壤上的地面以及半地下室外墙埋入地下的部分,外表面传热系数均可不计。			

冷库围护结构隔热性能的主要指标是总传热阻  $R_0$  或传热系数  $K$  值的大小。设计中实际采用的传热阻  $R_0$ (或传热系数  $K$  值)除了考虑冷库库内温度、湿度要求及建库地区的气象资料,防止围护结构表面结露、地坪冻鼓等基本条件外,还应考虑到制冷工艺造价、设备运行的耗电量和土建造价三者之间的关系。如隔热层愈厚,传热阻愈大,外界侵入的热量小,制冷设备负荷也小了,在库内温度相对稳定条件下,工艺设备费用可以降低,但土建造价相应提高。相反,如隔热层太薄,传热阻小,则外界侵入的热量多,制冷设备负荷大且设备经营性管理费用也相应增加,库内相对稳定性差,如遇到停电或设备产生故障时,在一定时间范围内,就不能防止库温升到冷藏工艺所不允许的限度,影响了冷藏食品的质量。计算时,必须对各种因素进行综合分析,选择出一个最经济合理的  $R_0$  值。

为了防止空气中的水蒸气在围护结构高温侧表面凝结,冷库围护结构的总传热阻必须大于下式计算出的最小总热阻  $R_{\min}$ ,可按下式计算:

$$R_{\min} = \frac{t_g - t_d}{t_g - t_l} b R_w \quad (4-4)$$

式中,  $R_{\min}$ ——围护结构最小总热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{℃}/\text{W}$ );

$t_g$ ——围护结构高温侧的气温( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_d$ ——围护结构低温侧的气温( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_l$ ——围护结构高温侧空气的露点温度( $^{\circ}\text{C}$ );

$b$ ——热阻的修正系数,围护结构热惰性指标  $D \leq 4$  时,  $b = 1.2$ ;其他围护结构  $b = 1.0$ 。

$R_w$ ——围护结构外表面放热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{℃}/\text{W}$ )。

注:计算库房围护结构最小总热阻时的室外计算相对湿度,应采用最热月月平均相对湿度。

### 五、围护结构的热惰性

在建筑中的许多热现象,都带有一定的周期波动性,如室外空气温度和太阳辐射热都有昼夜波动。当围护结构一侧受到周期波动热作用时,表面所接受或放出的热量将按同一周期波动,随之引起围护结构外表面温度,以至内部和内表面温度的波动,其波动的程度随着向围护结构内部的深入逐渐减弱。表层温度波动的剧烈程度以及温度波动在围护结构内部的衰减程度,与构造材料的蓄热系数  $S$  有关,蓄热系数愈大,表面温度变化愈小。

围护结构的热惰性是指对外界温度波动作用的抵抗能力。热惰性指标用“ $D$ ”表示。热惰性指标的大小,是围护结构热稳定性的特征。热惰性是材料的热阻  $R$  与蓄热系数  $S$  的乘积,它是一个无因次量。

对于单层材料:

$$D = R \cdot S \quad (4-5)$$

对于多层材料构成的围护结构:

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + R_3 \cdot S_3 + \cdots + R_n \cdot S_n = \sum R_i \cdot S_i \quad (4-6)$$

式中,  $i$ ——1,2,3...层次。

根据围护结构热惰性的大小,一般把  $D \geq 6.1$  的叫重型结构;  $D = 3.1 \sim 6.0$  的叫中型结构;  $D \leq 3.0$  的叫轻型结构。例如:以稻壳为隔热材料的砖砌体外围护结构,其热惰性指标  $D \geq 8$ ,为重型结构。而灌注硬质聚氨酯泡沫塑料的预制隔热板外墙,其热惰性  $D = 1.8$  左右,属于轻型结构。由于轻型结构的热惰性小,当制冷系统停止运行时,库温回升较大,所以采用轻型围护结构时,动力供应要有充分的保证。

目前建设的冷库,外围护结构有它自己的特点,大多数为热惰性指标  $D > 6$  的重型结构,其衰减度  $\nu_0$  很大,延迟时间  $\xi_0$  很长,可以从表 4-2 几种围护结构做法的  $D$ 、 $\nu_0$ 、 $\xi_0$  比较表看出。

表 4—2 几种围护结构的  $D$ 、 $\nu_0$ 、 $\xi_0$  比较

部 位 及 做 法	热惰性指标 $D$	总衰减度 $\nu_0$	延迟时间 $\xi_0$ (h)
外墙 240mm 厚砖墙 200mm 厚软木	7.669	686.00	20.30
外墙 240mm 厚砖墙 600mm 厚稻壳	9.964	339.30	26.50
外墙 240mm 厚砖墙 200mm 厚聚苯乙烯泡沫塑料	4.750	353.00	12.40
外墙 150mm 厚钢筋混凝土 200mm 厚聚苯乙烯泡沫塑料	3.350	135.00	8.60
外墙 160mm 厚聚氨酯泡沫塑料板墙	1.777	37.53	4.40
屋顶 150mm 厚无梁楼盖上铺 900mm 厚稻壳	10.240	4325.00	27.20
屋顶 150mm 厚无梁楼盖上铺 250mm 厚软木	7.573	561.00	20.05

## 第二节 冷库建筑隔热设计

冷库建筑隔热设计是整个冷库建筑设计中十分重要的一环。在隔热设计中,要合理选择隔热材料和隔热层厚度,做到既能保证贮存食品需要的低温条件,又要取得较好的经济效果。

### 一、设计参数

#### (一)室内计算温度和相对湿度

室内计算温度和湿度是根据食品加工工艺和食品贮存所需要的温度和湿度进行确定的。可按表 1—1 进行选用。

#### (二)室外计算温度和相对湿度

冷库室外温度是随季节、地区而变化的,并且历年的变化也各不相同,因此,室外温度是波动变化的,在室外温度波动的作用下,通过围护结构传入室内的热量也是波动的。但由于围护结构的热惰性,室外温度振幅经围护结构衰减后,波动传热量在工程应用上可忽略不计,仅计算平均传热量即可。

《冷库设计规范》中规定,库房围护结构室外计算温度,应采用“夏季空气调节日平均温度  $t_{wp}$ ”(即《采暖通风与空气调节设计规范》GBJ19 中室外气象参数);室外空气相对湿度选用“最热月月平均相对湿度”。

我国一些主要城市的室外气象参数见附录 5。

### 二、围护结构总传热阻 $R_0$ 的确定

围护结构总热阻的确定,取决于围护结构单位面积上允许传入库内热量的多少。从

$q = K \cdot \Delta t$  可知,在计算中采用的传热系数  $K$  值,除了考虑库内外的温度条件外, $K$  值的大小应根据制冷工艺设备造价,经常生产费用和隔热材料的费用(包括造价和折旧率)三者之间的关系而定。当  $K$  值大时,库房耗冷量大,设备造价和经常生产费用大,但隔热材料费用可以减少。当  $K$  值小时,隔热材料费用大,设备造价和生产费用可以减少。因此,合理确定传热系数是非常必要的。简便的方法是规定出单位面积热流量指标来确定  $R_0$  值。

《冷库设计规范》根据冷库建筑所采用的不同隔热材料,规定单位面积热流量  $q$  的控制指标为  $8 \sim 12 \text{W/m}^2$ 。采用价格高的隔热材料时,一般可采用单位面积热流量较大的总热阻;当采用价格低的隔热材料时,可采用单位面积热流量较小的总热阻。

根据我国冷库围护结构的情况和隔热材料的价格、热力性能以及库内外温度情况,《冷库设计规范》确定了比较经济合理的  $R_0$  值,供设计时选用。详见表 4—4 ~ 4—8。在冷库围护结构的热工计算中,选用表 4—4 ~ 4—8 中的热阻值时,应先将室内外温差乘以表 4—3 中的修正系数  $a$  值进行修正后,再查表选用热阻  $R_0$  的值。

表 4—3 围护结构两侧温差修正系数  $a$  值

序号	围护结构部位	$a$
1	$D > 4$ 的外墙:	
	冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、冰库	1.05 1.10
2	$D > 4$ 相邻有常温房间的外墙:	
	冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、冰库	1.00 1.00
3	$D > 4$ 的冷间顶棚,其上为通风阁楼,屋面有隔热层或通风层:	
	冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、冰库	1.15 1.20
4	$D > 4$ 的冷间顶棚,其上为不通风阁楼,屋面有隔热层或通风层:	
	冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、冰库	1.20 1.30
5	$D > 4$ 的无阁楼屋面,屋面有通风层:	
	冻结间、冻结物冷藏间 冷却间、冷却物冷藏间、冰库	1.20 1.30
6	$D \leq 4$ 的外墙:冻结物冷藏间,	1.30
7	$D \leq 4$ 的无阁楼屋面:冻结物冷藏间	1.60
8	半地下室外墙外侧为土壤时	0.20
9	冷间地面下部无通风等加热设备时	0.20
10	冷间地面隔热层下有通风等加热设备时	0.60

续表

序号	围护结构部位	$a$
11	冷间地面隔热层下为通风架空层时	0.70
12	两侧均为冷间时	1.00

注:1.  $D$  为围护结构热惰性指标。  
 2. 序号 9~12 两侧温度的取值应符合本规范第 6.1.8 条。  
 3. 负温穿堂可按冻结物冷藏间选用  $a$  值。  
 4. 表内未列的其他室温等于或高于  $0^{\circ}\text{C}$  的冷间可参照各项中冷却间的  $a$  值选用。  
 第 6.1.8 条围护结构外侧的计算温度应按下列规定取值:  
 1. 计算内墙和楼面时,围护结构外侧的计算温度应取其邻室的室温。当邻室为冷却间或冻结间时,应取该类冷间空库保温温度。空库保温温度,冷却间应按  $10^{\circ}\text{C}$ ,冻结间应按  $-10^{\circ}\text{C}$  计算。  
 2. 冷间地面隔热层下设有加热装置时,其外侧温度按  $1^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$  计算;如地面下部无加热装置或地面隔热层下为自然通风架空层时,其外侧的计算温度应采用夏季空气调节日平均温度。

表 4—4 冷间外墙、无阁楼的屋面、有阁楼的顶棚的总热阻  $R_0$  ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )

室内外温差 $a \cdot \Delta t (^{\circ}\text{C})$	面 积 热 流 量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )				
	8	9	10	11	12
90	11.25	10.00	9.00	8.18	7.50
80	10.00	8.89	8.00	7.27	6.67
70	8.75	7.78	7.00	6.36	5.83
60	7.50	6.67	6.00	5.45	5.00
50	6.25	5.56	5.00	4.55	4.17
40	5.00	4.44	4.00	3.64	3.33
30	3.75	3.33	3.00	2.73	2.50
20	2.50	2.22	2.00	1.82	1.67

表 4—5 冷间隔墙的总热阻  $R_0$  ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )

隔墙两侧室名及设计室温	面 积 流 量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	
	10	12
冻结间 $-23^{\circ}\text{C}$ —— 冷却间 $0^{\circ}\text{C}$	3.80	3.17
冻结间 $-23^{\circ}\text{C}$ —— 冻结间 $-23^{\circ}\text{C}$	2.80	2.33
冻结间 $-23^{\circ}\text{C}$ —— 穿堂 $+4^{\circ}\text{C}$	2.70	2.25
冻结间 $-23^{\circ}\text{C}$ —— 穿堂 $-10^{\circ}\text{C}$	2.00	1.67
冻结物冷藏间 $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ —— 冷却物冷藏间 $0^{\circ}\text{C}$	3.30	2.75
冻结物冷藏间 $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ —— 冰库 $-4^{\circ}\text{C}$	2.80	2.33
冻结物冷藏间 $-18^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ —— 穿堂 $+4^{\circ}\text{C}$	2.80	2.33
冷却物冷藏间 $0^{\circ}\text{C}$ —— 冷却物冷藏间 $0^{\circ}\text{C}$	2.00	1.67

注:隔墙总热阻已考虑生产中的温度波动因素

表 4—6 冷间楼面的总热阻  $R_0$ 

楼板上下冷间设计温度差(°C)	$R_0(\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W})$
35	4.77
23 ~ 28	4.08
15 ~ 20	3.31
8 ~ 12	2.58
5	1.89

注:1. 楼板总热阻已考虑生产中温度波动因素  
2. 当冷却物冷藏间楼板下为冻结物冷藏间时,其楼板热阻不宜小于  $4.08\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$

表 4—7 直接铺设在土壤上的冷间地面总热阻  $R_0$ 

冷间设计温度差(°C)	$R_0(\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W})$
0 ~ -2	1.72
-5 ~ -10	2.54
-15 ~ -20	3.18
-23 ~ -28	3.91
-35	4.77

注:当地面隔热层采用炉渣时,总热阻按本表数据乘以 0.8 修正系数

表 4—8 铺设在架空层上的冷间地面总热阻  $R_0$ 

冷间设计温度差(°C)	$R_0(\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W})$
0 ~ -2	2.15
-5 ~ -10	2.71
-15 ~ -20	3.44
-23 ~ -28	4.08
-35	4.77

### 三、围护结构隔热层厚度的计算

当围护结构的总传热阻  $R_0$  确定后,根据围护结构的构造做法和选定的隔热材料,按下式计算隔热层的厚度:

$$\delta = \lambda \left[ R_0 - \left( \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \sum \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \quad (4-7)$$

式中,  $\delta$ ——隔热材料的厚度(m);

$\lambda$ ——隔热材料的热导率 [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{°C})$ ];

- $R_0$ ——围护结构总热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{℃} / \text{W}$ );  
 $\alpha_w$ ——围护结构外表面传热系数[ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{℃})$ ];  
 $\alpha_n$ ——围护结构内表面传热系数[ $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{℃})$ ];  
 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ ——围护结构除隔热层外各层材料的厚度(m);  
 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ——围护结构除隔热层外各层材料的热导率[ $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{℃})$ ].

在冷库隔热材料设计采用的热导率值应按下列式计算确定:

$$\lambda = \lambda' \cdot b \quad (4-8)$$

- 式中,  $\lambda$ ——设计采用的热导率[ $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{℃})$ ];  
 $\lambda'$ ——正常条件下测定的热导率[ $\text{W} / (\text{m} \cdot \text{℃})$ ];  
 $b$ ——热导率的修正系数。可按表 4—9 规定采用。

表 4—9 隔热材料热导率的修正系数  $b$  值

序号	材料名称	$b$	序号	材料名称	$b$
1	聚氨酯泡沫塑料	1.4	8	泡沫混凝土	1.3
2	聚苯乙烯泡沫塑料	1.3	9	加气混凝土	1.3
3	XPS 隔热材料	1.4	10	岩棉	1.8
4	膨胀珍珠岩	1.7	11	软木	1.2
5	沥青膨胀珍珠岩	1.2	12	炉渣	1.6
6	水泥膨胀珍珠岩	1.3	13	稻壳	1.7
7	水玻璃膨胀珍珠岩	1.3			

注:泡沫混凝土、加气混凝土、水泥膨胀珍珠岩及水玻璃膨胀珍珠岩的修正系数,为经过烘干的块状材料用沥青等不含水粘结材料贴铺、砌筑时的数值。

[例] 已知建库地区室外计算温度为  $35\text{℃}$ , 库内温度为  $-23\text{℃}$  (冻结间) 试求下述外墙构造中聚氨酯泡沫隔热层的厚度。

- (1) 20mm 厚水泥砂浆抹面 ( $\lambda = 0.92$ )  
 (2) 370mm 厚砖墙 ( $\lambda = 0.81$ )  
 (3) 20mm 厚水泥砂浆找平层 ( $\lambda = 0.92$ )  
 (5) 聚氨酯泡沫隔热层 ( $\lambda = 0.022$ )

[解] (1) 因隔热层为聚氨酯泡沫, 所以取  $q = K \cdot \Delta t = 11 \text{W} / \text{m}^2$ ;

(2) 查表 3—1 得  $\alpha_w = 23 (\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{℃})$ ,  $\alpha_n = 29 (\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{℃})$ ;

(3) 外墙两侧温差为:  $\Delta t = 35 - (-23) = 58\text{℃}$ ;

(4) 根据外墙  $D > 4$ , 查表 3—3 得温差修正系数  $a = 1.05$ , 则  $a \cdot \Delta t = 61\text{℃}$ ;

(5) 根据  $K \cdot \Delta t$  和  $a \cdot \Delta t$  查表 3—4 得  $R_0 = 5.541 (\text{m}^2 \cdot \text{℃} / \text{W})$ ;

(6) 查表 4—9 得聚氨酯热导率的修正系数  $b = 1.4$ , 则  $\lambda = 0.022 \times 1.4 = 0.0308 \text{W} / (\text{m} \cdot \text{℃})$ ;

(7) 根据式 4—7, 得聚氨酯厚度:

$$\delta = \lambda \left[ R_0 - \left( \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \sum \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right]$$

$$= 0.153 (\text{m})$$

#### 四、围护结构隔热设计应注意的问题

(一)相邻同温冻结物冷藏间的隔墙可不设隔热层。上下相邻两层均为同温冻结物冷藏间时,其两层间的楼板也可不设隔热层。

(二)冷库底层冷间设计温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时,地面应采取防止冻胀的措施(地面下为岩层或砂砾层,且地下水位较低时可不作处理)。

(三)冷库底层冷间设计温度等于或高于 $0^{\circ}\text{C}$ 时,地面虽可不采取冻胀措施,但应设置隔热层。此时在空气冷却器基座下部及周围 $1\text{m}$ 范围内的地面总热阻( $R_0$ )应采用 $3.18\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。

(五)冷间围护结构热惰性指标 $D\leq 4$ 时,其隔热层外侧宜设通风层。

(六)库房屋面及外墙外侧宜涂白色或浅色。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 第五章 冷库建筑维护结构的隔汽防潮

### 第一节 湿空气的物理性质

#### 一、水蒸气分压力

湿空气指的是干空气与水蒸气的混合物。室内外的空气都是含有一定水分的湿空气。任何气体在分子运动下都具有一定的压力,因此组成空气的干空气和水蒸气就各有自己的压力,称之为分压力,二者之和就是空气的压力即大气压力,用下式表示:

$$P = P_g + P_q \quad (5-1)$$

式中,  $P$ ——湿空气的压力,即大气压力(Pa);

$P_g$ ——干空气的分压力(Pa);

$P_q$ ——水蒸气的分压力(Pa)。

在温度和压力一定的条件下,一定容积的干空气所能容纳的水蒸气量是有一定限度的。水蒸气的含量尚未达到这一限度的湿空气叫“未饱和”的空气,达到这一限度时叫“饱和”的空气。如果水蒸气含量超过了这一限度则称作过饱和空气,这时,多余的水蒸气就会凝结,变成可见的水分。处于饱和状态的湿空气中水蒸气所呈现的压力叫“饱和蒸汽压”或“最大水蒸气分压力”,用“ $P_{q.b}$ ”表示。未饱和的水蒸气分压力用  $P_q$  表示。

在标准大气压力下,不同温度时的饱和蒸汽压  $P_{q.b}$  值见附录 3。 $P_{q.b}$  值随温度升高而变大,这是因为在一定大气压力下,湿空气的温度越高,其一定容积中所能容纳的水蒸气越多,因而水蒸气所呈现的压力也大。

#### 一、空气湿度

湿度表示空气中含水蒸气量的多少,也就是空气的干湿程度。湿度分绝对湿度与相对湿度两种。

##### (一)绝对湿度

每立方米空气中所含水蒸气的重量叫绝对湿度,用“ $f$ ”表示,其单位为“ $g/m^3$ ”,饱和状态下的绝对湿度用饱和蒸汽量  $f_{max}$  ( $g/m^3$ ) 表示。

##### (二)相对湿度

在一定温度、一定大气压力下,湿空气的绝对湿度  $f$  与同温、同压力下的饱和蒸汽量  $f_{max}$  的百分比称该空气的相对湿度。相对湿度用“ $\varphi$ ”表示,即:

$$\varphi = \frac{f}{f_{max}} \times 100\% \quad (5-2)$$

水蒸气的分压力值  $P_q$  主要取决于空气的绝对湿度  $f$ ,同时也与空气的绝对温度  $T$  有关,一般用下列近似式表示:

$$P_q = \frac{T}{289} \times f \quad (5-3)$$

式中,  $f$ ——空气的绝对湿度( $\text{k}/\text{m}^3$ );

$T = 273 + t$ ——空气的绝对温度(K)

由上式可知, 当  $t > 16^\circ\text{C}$  时,  $P_q > f$ ; 而当  $T < 16^\circ\text{C}$  时, 则  $P_q < f$ 。

因此只有当  $t = 16^\circ\text{C}$  时,  $P_q$  与  $f$  的值才基本一致。但在建筑热工设计中, 一般温度变化范围不很大, 所以  $P_q$  与  $f$  在数值上比较接近, 因此, 空气的相对湿度常用下式表示:

$$\varphi = \frac{P_q}{P_{q \cdot b}} \times 100\% \quad (5-4)$$

式中,  $P_q$ ——水蒸气分压力(Pa);

$P_{q \cdot b}$ ——同温同压下的最大水蒸气分压力(Pa)。

## 二、露点温度

在定温和定压条件下, 绝对湿度一定的空气, 其水蒸气分压力  $P_q$  是一定的。空气所能容纳的最大水蒸气含量以及与之对应的最大水蒸气分压力  $P_{q \cdot b}$  也都是有一定的。既然一定状态的湿空气  $P_q$  和  $P_{q \cdot b}$  都一定, 那么其相对湿度  $\varphi$  也就是一定的。如不人为地增加或减少空气的含湿量, 而是只使其温度升高或降低, 因空气的含湿量不变, 故  $P_q$  值不变, 只是  $P_{q \cdot b}$  值增大或减少, 因此相对湿度  $\varphi$  则降低或增大。当温度降到某一定值时,  $P_{q \cdot b}$  与  $P_q$  达到同值,  $\varphi = 100\%$ , 本来是不饱和的空气达到饱和状态, 这一特定温度称为该空气的露点温度。

露点温度用  $t_1$  表示, 其物理意义是: 空气中的水蒸气开始出现结露时的温度。如果从露点温度往下继续降温, 空气就容纳不了原有的水蒸气, 从而迫使一部分凝结成水珠析出。

[例 5-1] 已知空气温度为  $30^\circ\text{C}$ , 相对湿度为  $65\%$ , 求该空气的露点温度。

解: 查附录 4, 当  $t = 30^\circ\text{C}$  时,  $P_{q \cdot b} = 42.43 \times 10^2 \text{Pa}$

根据式(5-4), 空气中的水蒸气分压力  $P_q$  为:  $P_q = 42.43 \times 10^2 \times 0.65 = 27.58 \times 10^2 \text{Pa}$

根据露点温度的定义, 当  $P_{q \cdot b} = P_q = 27.58 \times 10^2 \text{Pa}$  时, 所对应的温度, 即是该空气的露点温度。查附录 4, 根据  $P_{q \cdot b} = 27.58 \times 10^2 \text{Pa}$  所对应的温度, 得  $t = 22.70^\circ\text{C}$ 。所以, 该空气的露点温度为  $t_1 = 22.7^\circ\text{C}$ 。

为便于应用, 在某些温度和相对湿度下的露点温度可直接按附录 2 选用。

[例 5-2] 已知库外空气计算温度  $t_w = 32^\circ\text{C}$ , 相对湿度  $\varphi = 61\%$ 。试求当温度降到  $28^\circ\text{C}$  时, 相对湿度为多少?

[解] 查附录 4, 当  $t_w = 32^\circ\text{C}$  时, 最大水蒸气分压力  $P_{q \cdot b} = 47.55 \times 10^2 \text{Pa}$ , 根据式(5-4), 得水蒸气分压力  $P_q = P_{q \cdot b} \varphi = 47.55 \times 10^2 \times 0.61 = 29.01 \times 10^2 \text{Pa}$ 。

查附录 2, 当  $t_w = 28^\circ\text{C}$  时, 最大水蒸气分压力  $P_{q \cdot b} = 37.80 \times 10^2 \text{Pa}$ , 则相对湿度为:

$$\varphi = \frac{P_q}{P_{q \cdot b}} \times 100\% = \frac{29.01 \times 10^2}{37.80 \times 10^2} \times 100\% = 76.70\%$$

即当温度降到  $28^\circ\text{C}$  时, 相对湿度为  $76.70\%$ 。

从上例看出, 空气的绝对湿度不变, 当空气的温度降低时, 相对湿度增加。

## 第二节 冷库建筑围护结构的蒸汽渗透

### 一、蒸汽渗透及其危害

冷库室内外的空气都含有一定量的水蒸气。空气中含有水蒸气的多少,可以用水蒸气分压力来表示,当室外空气的水蒸气含量不等,也就是围护结构两侧存在着水蒸气分压力差时,水蒸气分子就会从分压力高的一侧通过围护结构向分压力低的一侧渗透扩散,这种现象叫蒸汽渗透。应当指出,在传热过程中,热量的传递是能量的转移,而在蒸汽渗透过程中,乃是物质(水蒸气分子)的转移。

蒸汽渗透会使水蒸气进入隔热层或进入冷库内部。水蒸气进入隔热层,就在隔热材料的孔隙中凝结成水分冻结成冰霜。材料受潮后,热导率增大,隔热性能降低,同时还将引起有机隔热材料的腐败与变质。围护结构受潮,其抗冻性能降低,易冻酥,影响围护结构的耐久性。进入冷库内部的水蒸气还会在低温的冷却设备上结成冰霜,使冷却设备的热导率降低。水蒸气进入库内会带进热量,从而使库温升高,造成库温的不稳定,影响贮存食品的质量。因此,冷库建筑的围护结构必须采取有效措施,防止水蒸气的渗透。

### 二、蒸汽渗透计算

由于湿过程比热过程复杂得多,目前对通过围护结构的传湿过程的分析是按稳定条件下单纯的水蒸气渗透过程考虑的,即在计算中,室内外空气的水蒸气分压力都取定值,不随时间而变,不考虑围护结构内部液态水分的转移,也不考虑热湿交换过程之间的相互影响。围护结构的蒸汽渗透过程如图 5—1 所示。

#### (一)蒸汽渗透量

在稳定条件下,通过围护结构的蒸汽渗透量,与室内外的水蒸气分压力差成正比。与渗透过程中受到的阻力成反比。单位时间内通过单位面积的蒸汽量叫蒸汽渗透强度,按下式计算:

$$P = \frac{P_e - P_i}{H_0} \quad (5-5)$$

式中,  $P$ ——蒸汽渗透强度 [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ];

$H_0$ ——围护结构的总蒸汽渗透阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g}$ );

$P_e$ ——室外空气的水蒸气分压力 (Pa);

$P_i$ ——室内空气的水蒸气分压力 (Pa)。

#### (二)蒸汽渗透阻

各种材料具有不同的抵抗水蒸气渗透的能力称为蒸汽渗透阻。

##### 1. 单一材料层的蒸汽渗透阻

单一材料层的蒸汽渗透阻按下式计算:

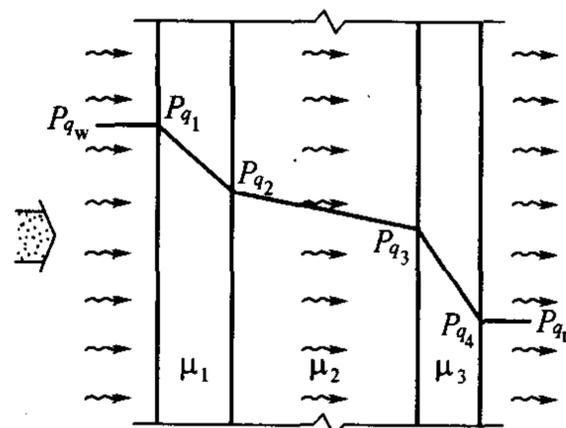


图 5—1 围护结构蒸汽渗透过程

$$H = \frac{\delta}{\mu} \quad (5-6)$$

式中,  $H$ ——材料层的蒸汽渗透阻( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g}$ )

$\delta$ ——材料层的厚度( $\text{m}$ );

$\mu$ ——材料层的蒸汽渗透系数 $[\text{g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})]$ 。

## 2. 多层材料组成的围护结构的蒸汽渗透阻

冷库建筑围护结构一般都是由多层材料组成的,其总蒸汽渗透阻按下式计算:

$$H_0 = H_w + \sum \frac{\delta}{\mu} + H_n \quad (5-7)$$

式中,  $H_0$ ——围护结构的总蒸汽渗透阻( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g}$ );

$H_w$ ——围护结构外表面的蒸汽渗透阻( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g}$ );

$H_n$ ——围护结构内表面的蒸汽渗透阻( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g}$ );

$\delta$ ——材料层的厚度( $\text{m}$ );

$\mu$ ——材料层的蒸汽渗透系数 $[\text{g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})]$ 。

在计算中,一般取  $H_w = 0.13 \times 10^2 (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g})$ ; 当库内无强力通风时,取  $H_n = 0.27 \times 10^2 (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g})$ ; 当库内有强力通风时,取  $H_n = 0.13 \times 10^2 (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g})$ 。

## 3. 围护结构隔热层高温侧的蒸汽渗透阻

为了防止围护结构内隔热层因水蒸气渗透而受潮,冷库围护结构内隔热层高温侧的蒸汽渗透阻应按下列经验公式验算:

$$H_0^{\min} \geq 1.6(P_e - P_i) \quad (5-8)$$

式中,  $H_0^{\min}$ ——围护结构内隔热层高温侧各层材料(不包括隔热层)的蒸汽渗透阻之和( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g}$ );

$P_e$ ——围护结构高温侧的水蒸气分压力( $\text{Pa}$ );

$P_i$ ——围护结构低温侧的水蒸气分压力( $\text{Pa}$ )。

[例 5-3] 以稻壳为隔热层的冷库外墙,其构造如下:

① 30 毫米厚水泥砂浆抹面 ( $\mu_1 = 0.009 \times 10^{-2}$ )

② 240 毫米厚砖墙 ( $\mu_2 = 0.011 \times 10^{-2}$ )

③ 20 毫米厚水泥砂浆找平层 ( $\mu_3 = 0.009 \times 10^{-2}$ )

④ 10 毫米厚二毡三油防潮层 ( $H_4 = 30.13 \times 10^2$ )

⑤ 600 毫米厚稻壳隔热层 ( $\mu_5 = 0.045 \times 10^{-2}$ )

⑥ 35 毫米厚钢筋混凝土插板 ( $\mu_6 = 0.003 \times 10^{-2}$ )

计算参数为:

$$t_w = 32^\circ\text{C} \quad \varphi_w = 67\% \quad P_e = 31.85 \times 10^2 \text{Pa}$$

$$t_1 = -20^\circ\text{C} \quad \varphi_n = 90\% \quad P_i = 0.924 \times 10^2 \text{Pa}$$

验算稻壳隔热层高温侧的最小蒸汽渗透阻是否能满足要求。

[解] 1. 根据公式(5-8)  $H_0^{\min} \geq 1.6(P_e - P_i)$

$$H_0^{\min} = 1.6(P_e - P_i) = 1.6(31.85 \times 10^2 - 0.924 \times 10^2) = 1.6 \times 30.926 \times 10^2 \\ = 49.48 \times 10^2 (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g})$$

2. 求隔热层高温侧的各层材料的蒸汽渗透阻之和:

(1) 外墙外表面的蒸汽渗透阻为:  $H_w = 0.13 \times 10^2$

(2) 30 毫米厚水泥砂浆抹面的蒸汽渗透阻为:  $H_1 = \frac{\delta_1}{\mu_1} = \frac{0.03}{0.009 \times 10^{-2}} = 3.33 \times 10^2$

(3) 240 毫米厚砖墙的蒸汽渗透阻为:  $H_2 = \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0.24}{0.011 \times 10^{-2}} = 21.82 \times 10^2$

(4) 20 毫米厚水泥砂浆找平层的蒸汽渗透阻为:  $H_3 = \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0.02}{0.009 \times 10^{-2}} = 2.222 \times 10^2$

(5) 10 毫米厚二毡三油防潮层的蒸汽渗透阻为:  $H_4 = 30.13 \times 10^2$

隔热层高温侧各层材料的蒸汽渗透阻之和为:

$$H_0 = H_w + H_1 + H_2 + H_3 + H_4 = 0.13 \times 10^2 + 3.33 \times 10^2 + 21.82 \times 10^2 + \\ 2.222 \times 10^2 + 30.13 \times 10^2 = 57.63 \times 10^2 (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{g})$$

$$H_0 = 57.63 \times 10^2 > H_0^{\min} = 49.48 \times 10^2. \text{ 所以满足要求。}$$

在建筑材料中,被认为能消除蒸汽透过的材料是金属板、玻璃板等,这些材料的蒸汽渗透系数  $\mu = 0$ ,但由于构造上的原因及经济上的考虑,很少采用这些材料作冷库的隔汽层,而常用的隔汽材料是沥青、油毡等,其蒸汽渗透阻见表 5—1。

表 5—1 常见隔汽材料的蒸汽渗透阻表

材料名称	厚度 $\delta$ (mm)	蒸汽渗透系数 $\mu$ [g/(m·h·Pa)]	蒸汽渗透阻 H (m <sup>2</sup> ·h·Pa/g)
一度热沥青	2.0	$0.75 \times 10^{-5}$	$2.67 \times 10^2$
石油沥青油毡	1.5	$0.135 \times 10^{-5}$	$11.11 \times 10^2$
一毡二油	5.5	—	$16.40 \times 10^2$
二毡三油	9.0	—	$30.13 \times 10^2$
三毡四油	12.5	—	$43.87 \times 10^2$
聚乙烯薄膜	0.07	$0.002 \times 10^{-5}$	$34.57 \times 10^2$

### 第三节 冷库建筑围护结构内部凝水的确定

在水蒸气渗透过程中,围护内部是否产生冷凝现象,可按下述步骤进行验算:

1. 以构造层具有的蒸汽渗透阻为比例绘出围护结构的断面图形。
2. 根据库内外空气温度  $t_w$  和  $t_n$ , 计算围护结构内各层材料边界处温度, 然后查表(附录 3、附录 4) 求出最大水蒸气分压力  $P_{q,b}$  值并作出最大水蒸气分压力  $P_{q,b}$  的分布线。
3. 根据库内外空气的温度 ( $t_w$  和  $t_n$ ), 确定水蒸气分压力然后计算围护结构内层的水

蒸气分压力  $P_q$  值,并作出  $P_q$  的分布线。

4. 根据  $P_q$  线和  $P_{q,b}$  线相交与否来判定围护结构内部是否会产生冷凝现象,如图 5—2 所示。如  $P_q$  线与  $P_{q,b}$  线不相交,说明围护结构内部不会产生冷凝,若相交,则内部产生冷凝。

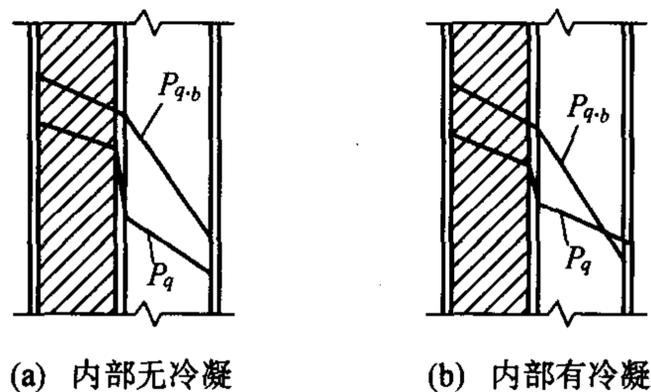


图 5—2 围护结构内部冷凝情况判别

### 一、围护结构外表面及内部各层材料边界处温度

1. 围护结构外表面的温度按下式计算:

$$\tau_w = t_w - \frac{t_w - t_n}{R_w} \cdot R_w \quad (5-9)$$

式中,  $t_w$ ——库外空气计算温度(°C)

$t_n$ ——库内空气计算温度(°C)

$R_w$ ——围护结构外表面放热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ )

2. 围护结构内部各层材料层边界处温度

$$\tau_r = R_w - \frac{R_w - R_n}{R_0} \left( R_w + \sum_{i=1}^{r-1} R_i \right) \quad (5-10)$$

式中,  $t_r$ ——围护结构第  $r$  材料层表面温度(°C)

$R_0$ ——围护结构总热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ )

$\sum_{i=1}^{r-1} R_i$ ——围护结构从第一材料层到第  $r-1$  材料层的热阻之和( $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ )

$R_w$ ——同式(5—9)

### 二、围护结构外表面及内部各材料层表面的水蒸气分压力的计算

1. 围护结构外表面的水蒸气分压力按下式计算:

$$P_{q_1} = P_e - \frac{P_e - P_i}{H_0} \cdot H_w \quad (5-11)$$

式中,  $P_{q_1}$ ——围护结构外表面的水蒸气分压力(Pa);

$P_e$ ——室外空气水蒸气分压力值(Pa)

$P_i$ ——室内水蒸气分压力(Pa);

$\varphi_w$ 、 $\varphi_n$ ——室外、室内空气计算相对湿度(%);

$H_0$ ——围护结构总蒸汽渗透阻,  $H_0 = H_w + \sum \frac{\delta}{\mu} + H_n$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$ );

$H_w$ ——围护结构外表面的蒸汽渗透阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$ );

$H_n$ ——围护结构内表面的蒸汽渗透阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$ )。

2. 围护结构各材料层交界处的水蒸气分压力按下式计算:

$$P_{q_r} = P_e - \frac{P_e - P_i}{H_0} (H_w + \sum_{i=1}^{r-1} H_i) \quad (5-12)$$

式中,  $P_{q_r}$ ——围护结构内第  $r$  材料层表面的水蒸气分压力 (Pa);

$\sum_{i=1}^{r-1} H_i$ ——从第一材料层至第  $r-1$  材料层的蒸汽渗透阻之和 ( $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/g}$ )。

## 二、各材料层交界处的相对湿度

根据式(5-9)、(5-10)计算,求各层交界面的温度  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$  查附录3、附录4,得相应的最大水蒸气分压力  $P_{q \cdot b_1}, P_{q \cdot b_2}, P_{q \cdot b_3}, \dots$  然后按下式求各交界层的相对湿度:

$$\varphi = \frac{P_{q_i}}{P_{q \cdot b_i}} \times 100\%$$

式中,  $\varphi_i$ ——第  $i$  层相对湿度 (%)。

如果某一交界层的相对湿度值超过 100% 时,则该界层就会出现凝水结露现象,其凝水结露的范围称为凝结区。

[例 5-4] 以稻壳隔热的外墙,其构造层次见表 5-2,计算参数为:

库外:  $t_w = 33^\circ\text{C}$   $\varphi_w = 65\%$   $P_{q \cdot b_w} = 50.31 \times 10^2$   $P_{q_w} = 32.69 \times 10^2$

库内:  $t_n = -18^\circ\text{C}$  计算第 5 构造层  $\varphi_n = 90\%$   $P_{q \cdot b_n} = 1.25 \times 10^2$   $P_{q_n} = 1.128 \times 10^2$

求围护结构内部各交界层的温度及水蒸气分压力。

[解] 详细计算式从略,现仅将其中稻壳隔热层的边界表面温度和二毡三油隔汽层边界层水蒸气分压力计算式列出供参考:

1. 计算第 5 构造层(稻壳隔热层)两侧的边界温度:

根据公式(5-10)  $\tau_r = t_w - \frac{t_w - t_n}{R_0} (R_w + \sum_{i=1}^{r-1} R_i)$

计算第 5 构造层高温侧表面温度是指第四构造层与第五构造层相邻的表面温度

$$\begin{aligned} \text{则: } \tau_4 &= t_w - \frac{t_w - t_n}{R_0} (R_w + R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \\ &= 33 - \frac{33 - (-18)}{5.758} \times (0.05 + 0.025 + 0.30 + 0.025 + 0.04) \\ &= 33 - 3.9 \\ &= 29.1^\circ\text{C} \end{aligned}$$

由此查附表 4:  $P_{q \cdot b} = 40.29 \times 10^2 \text{Pa}$

计算第 5 构造层低温侧表面温度是指第 5 构造层与第 6 构造层相邻的表面温度

$$\text{则: } \tau_5 = t_w - \frac{t_w - t_n}{R_0} (R_w + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)$$

$$= 33 - \frac{33 - (-18)}{4.497} (0.043 + 0.022 + 0.026 + 0.022 + 0.034 + 4.300)$$

$$= 33 - 48.5 = -15.5^{\circ}\text{C}$$

由此查附表 3:  $P_{q,b} = 1.57 \times 10^2 \text{ Pa}$

2. 计算二毡三油防潮层两侧的边界水蒸气分压力:

根据式(5—12) 
$$P_{q,r} = P_e - \frac{P_e - P_c}{H_0} (H_w + \sum_{i=1}^{r-1} H_i)$$

二毡三油防潮层高温侧表面水蒸气分压力气分压力值。

$$P_{q_4} = P_e - \frac{P_e - P_c}{H_0} (H_w + H_1 + H_2 + H_3)$$

$$= 32.69 \times 10^2 - \frac{32.69 \times 10^2 - 1.128 \times 10^2}{83.25 \times 10^2} (0.13 \times 10^2 + 2.22 \times 10^2 + 21.82 \times 10^2 + 2.22 \times 10^2)$$

$$= 32.69 \times 10^2 - 10.01 \times 10^2 = 22.69 \times 10^2 (\text{Pa})$$

$$P_{q_5} = P_e - \frac{P_e - P_c}{H_0} (H_w + H_1 + H_2 + H_3 + H_4)$$

$$= 32.69 \times 10^2 - \frac{32.69 \times 10^2 - 1.128 \times 10^2}{83.25 \times 10^2} (0.13 \times 10^2 + 2.22 \times 10^2 + 21.82 \times 10^2 + 2.22 \times 10^2 + 30.13 \times 10^2)$$

$$= 32.69 \times 10^2 - 21.421 \times 10^2 = 11.27 \times 10^2 (\text{Pa})$$

全部计算结果见表 5—2。

表 5—2

稻壳隔热外墙计算表

构造作法	$\delta_i$	$\lambda_i$	$R_i$	$\Sigma R$	$\mu$ $\times 10^{-2}$	$H_i$ $\times 10^2$	$\Sigma H$ $\times 10^2$	$\tau_i$	$P_{q,b}$ $\times 10^2$	$P_q$ $\times 10^2$	$e_i/E_i =$ $\varphi\%$
1 外表面		$\alpha = 20$	0.05	0.05		0.13		空气 33℃	50.31	32.69	66.40
							0.13	32.60	49.19	32.64	
2 水泥砂浆面层	0.02	0.80	0.025	0.075	0.009	2.22	2.35	32.30	48.36	31.80	65.80
3 砖 墙	0.24	0.80	0.300	0.375	0.011	21.82	24.17	29.70	41.71	23.52	55.90
4 水泥砂浆找平层	0.02	0.80	0.025	0.40	0.009	2.22	26.39	29.40	41.00	22.69	54.80
5 二毡油防潮层	0.01	0.25	0.04	0.44		30.13	56.52	29.10	40.29	11.27	28.00
6 稻 壳	0.60	0.12	5.00	0.544	0.045	13.33	69.85	-15.50	1.57	6.22	395.00
7 砖 墙	0.12	0.80	0.15	5.59	0.011	10.91	80.76	-16.60	1.43	2.08	145.00
8 水泥砂浆面层	0.02	0.80	0.025	5.615	0.009	2.22	82.98	-16.80	1.40	1.24	88.60
9 内表面		$\alpha = 7.0$	0.143	5.758		0.27	83.25	-18.0	1.25	1.128	90.40

表中:

$\delta$ ——材料厚度(m);

- $\lambda$ ——材料的热导率 $[W/(m \cdot ^\circ C)]$ ;  
 $R$ ——热阻, $(m^2 \cdot ^\circ C/W)$ ;  
 $\mu$ ——蒸汽渗透系数 $[g/(m \cdot h \cdot Pa)]$ ;  
 $H$ ——蒸汽渗透阻 $(m^2 \cdot h \cdot Pa/g)$ ;  
 $P_{q \cdot b}$ ——最大水蒸气分压力(Pa);  
 $P_q$ ——水蒸气的分压力(Pa);  
 $\tau$ ——边界表面温度( $^\circ C$ );  
 $i$ ——第  $i$  层次。

从表 5—2 中看出,在稻壳层和内砖墙保护层出现  $\varphi > 100\%$  的情况,显然,围护结构内部有水分凝结。

围护结构内部凝水的确定,也可以按下列图解法求得:

(1)在横轴坐标按比例绘出围护结构的断面图形(这种图形通常用两种比例:以构造层具有的蒸汽渗透阻  $H$  为比例或以构造层厚度  $\delta$  为比例);

(2)绘出水蒸气分压力线  $P_q$ ;

(3)根据各交界层的温度  $\tau$ ,查附录 3 得最大水蒸气分压力值  $P_{q \cdot b}$ ,并绘出最大水蒸气分压力线  $P_{q \cdot b}$ ;

(4)若“ $P_q$ ”线与“ $P_{q \cdot b}$ ”线不相交,则围护结构内部不产生水分凝结;若相交,则有水分凝结。

围护结构内部凝水的图解法见图 5—3。

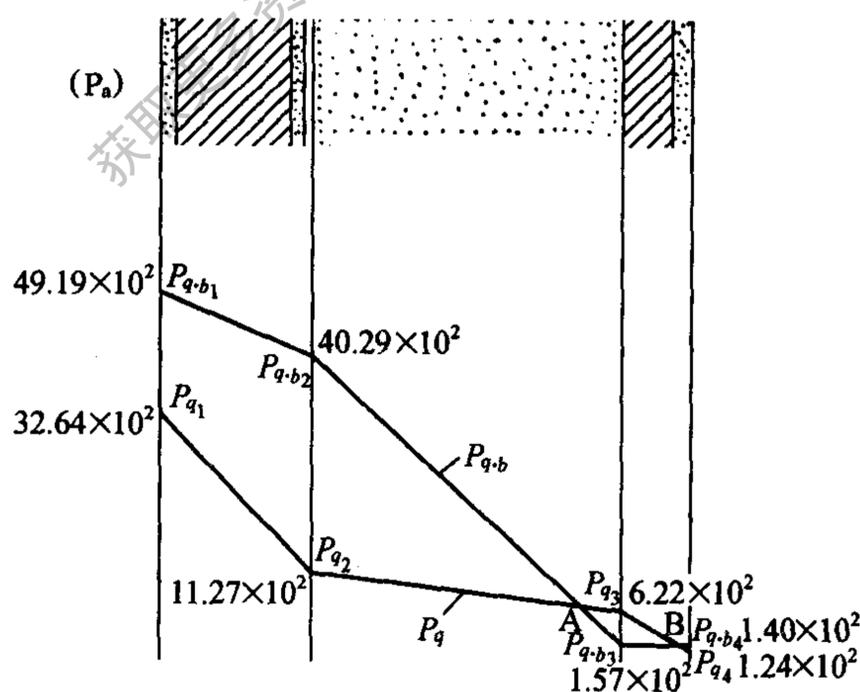


图 5—3 确定围护结构内部水分凝结的图解法

此图是根据表 5—2 中的计算结果作图的。从图中可以看出,“ $P_q$ ”线与“ $P_{q \cdot b}$ ”线相交,说明围护结构内部有水分凝结。

应当指出,冷库围护结构的蒸汽渗透和水分凝结过程是比较复杂的,而且水蒸气的渗透过程是非常缓慢的。因此上述计算方法不能如实地反映围护结构内材料湿度的真实情况,但能定性地解决这样一个问题:即按此方法计算,如围护结构内无水分凝结,则实际上

也可以保证不产生凝结水。在当前事物观测和理论研究方面不能满足设计需要的情况下,隔汽层设计主要还应从构造上、选材上采取有效措施来改善围护结构内部湿状况。

### 三、围护结构内部凝结区的确定

围护结构内部如有水分凝结,其凝结的范围称为凝结区。

围护结构内,如  $P_{q \cdot b}$  线与  $P_q$  线相交,只能说明围护结构内有冷凝现象,但还不能确定其水分凝结的区域。

我们知道,通过围护结构任意一层的水蒸气量与该层两侧的水蒸气分压力差成正比,而与该材料层的蒸汽渗透阻成反比,即可  $P \propto \frac{P_{q_1} - P_{q_2}}{H_0}$ ,也就是  $P$  值是正比于  $P_q$  线与水平线夹角的正切,即  $P$  值正比于  $P_q$  线的斜率。当  $P_q$  线与  $P_{q \cdot b}$  线交于  $AB$  两点时,如果凝结区在  $P_q$  和  $P_{q \cdot b}$  线相交的  $AB$  两点之间时,则围护结构内水蒸气分压力的降落是按  $P_{q_1}$   $P_{q_2}$   $AP_{q_b}$   $BP_{q_4}$  进行(见图 5—3)。在这种情况下,从点  $A$  左边进入的水蒸气量比从点  $A$  右边出去的水蒸气量少,因为在  $A$  点上,  $P_{q_2}$   $A$  线段的斜率小于  $P_{q \cdot b}$  线的斜率。在这种情况下,要在  $AB$  之间产生凝结区只有当  $A$  点所在的平面上有水蒸气来源时才有可能,但实际上并没有。同样,在  $B$  点也产生这样的情况。因此  $AB$  两交点之间并不是凝结区。

根据以上分析,产生凝结区的条件是进到凝结区边界上的水蒸气和从凝结区边界上放出的水蒸气量相平衡。因此,在凝结区边界,  $P_q$  线和  $P_{q \cdot b}$  线的斜率要相等才有可能,也就是  $P_q$  线  $P_{q \cdot b}$  线是相切。因此确定凝结区的方法是:

1. 以围护结构各层的蒸汽渗透阻为横坐标作出围护结构的断面图形;
2. 分别作出“ $P_q$ ”和“ $P_{q \cdot b}$ ”的分布线;
3. 过  $P_e$  和  $P_i$  分别作出  $P_{q \cdot b}$  线的切线,过两切点作两互相平行的垂线,两垂线之间的区域即是凝结区(详见图 5—4)。

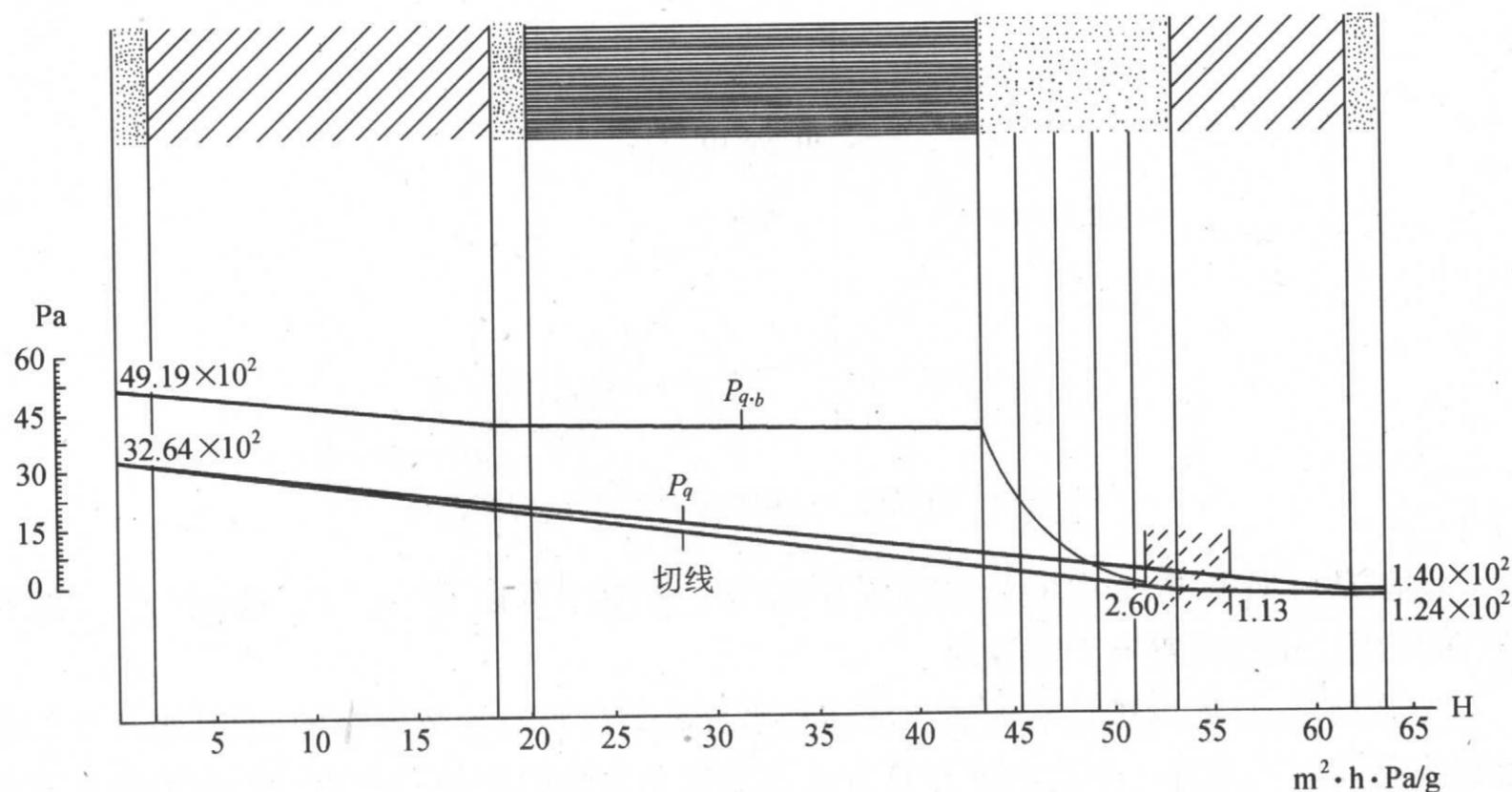


图 5—4 围护结构内凝结区的确定

## 第四节 冷库建筑隔汽防潮设计

冷库建筑围护结构的主要作用是防止外部自然条件变化对冷库内部的影响,因此,它必须具有很高的隔热能力,以减少外部热量的传入,同时,还必须具有很好的隔汽防潮的性能,以保证围护结构内隔热材料的隔热作用。

一座冷库,如果隔热层厚度计算薄了,为了保证库内温度的稳定,可以用加大制冷设备的办法补救。但如果隔热层设计不当或施工不良,则隔热层尽管很厚,其隔热效果也是不好的。这是因为水蒸气渗透而使围护结构内部凝水,降低了隔热材料的隔热性能。严重者,将使围护结构破坏,导致冷库不能使用。因此,隔汽防潮层的设置和施工质量是非常重要的,必须引起足够的重视。

引起围护结构内隔热材料受潮的原因一般有下列几种:

1. 由于围护结构两侧存在着水蒸气分压力差,水蒸气向隔热层内部渗透;
2. 外表面受雨淋或结露,水分向隔热层内部渗透;
3. 表面吸湿,水分向隔热层内部渗透;
4. 防潮处理不当,土壤中水分受毛细血管作用而渗入隔热层内部;
5. 施工和使用时的水分渗入隔热层内。

### 一、冷库建筑隔汽防潮设计原则

由于冷库围护结构内部实际的冷凝过程比较复杂,目前在实物观测和理论研究方面,都不能满足解决实际问题的需要,所以在设计中主要是采用一定的构造措施来改善围护结构内部的湿状况。

#### (一)合理布置围护结构的各层材料

在同一气象条件下,使用相同的材料,由于材料层次布置的不同,一种构造方案可能不会出现冷凝,而另一种方案则可能出现冷凝。如图5—5所示。图中(a)是将热导率小、蒸汽渗透系数大的隔热材料层布置在水蒸气流入的一侧,将热导率大而蒸汽渗透系数小的密实材料层布置在水蒸气流出的一侧。由于第一层热阻大,温度降落快,最大水蒸气分压力“ $P_{q,b}$ ”曲线相应地降落快,但该层透汽性大,水蒸气分压力“ $P_q$ ”线降落平缓;在第二层中,情况正好相反,“ $P_{q,b}$ ”线降落平缓;而“ $P_q$ ”线降落急剧。这样“ $P_{q,b}$ ”线和“ $P_q$ ”线就

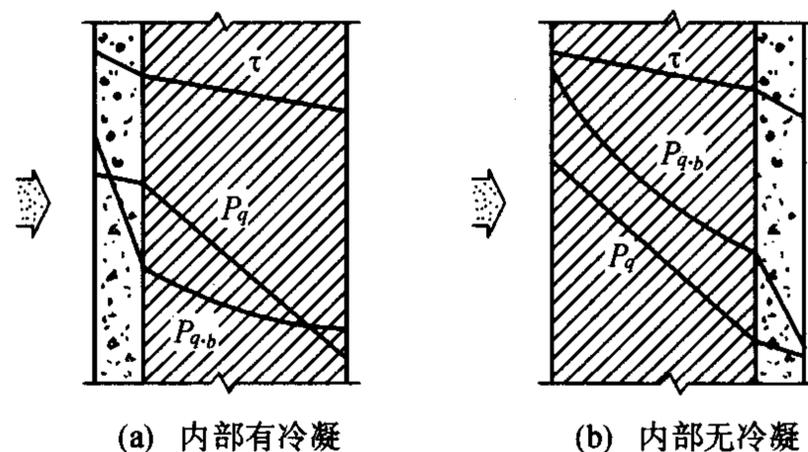


图5—5 材料层次布置不同时的内部湿状况

很容易相交,也就是容易出现内部冷凝。(b)图是把隔热层布置在水蒸气流出一侧,这就避免了上述情况。所以,在材料层布置上应尽量在水蒸气渗透的通道上做到“进难出易”。

[例 5—5] 有一围护结构,其构造如下。验算围护结构是否会产生冷凝。

- (1)100 毫米厚泡沫混凝土  $\lambda = 0.155\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$   
 $\mu = 0.026 \times 10^{-2}\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$
- (2)250 毫米厚砖墙  $\lambda = 0.7\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$   
 $\mu = 1.33 \times 10^2\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})$

计算参数为:

室内:  $t_n = -15^\circ\text{C}$      $\varphi_n = 80\%$      $P_{q\cdot b_n} = 1.65 \times 10^2\text{Pa}$      $P_{q_n} = 1.33 \times 10^2\text{Pa}$   
 室外:  $t_w = 18^\circ\text{C}$      $\varphi_w = 60\%$      $P_{q\cdot b_w} = 20.64 \times 10^2\text{Pa}$      $P_{q_w} = 12.39 \times 10^2\text{Pa}$   
 $\alpha_w = 20\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$      $\alpha_n = 0.7\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$

[解] (1)计算各层的热阻及蒸汽渗透阻,计算结果见下表:

表 5—3

层 别	热阻 $R$ ( $\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{w}$ )	蒸汽渗透阻 $H \times 10^2$ ( $\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}/\text{g}$ )
1.外表面	$\frac{1}{\alpha_w} = \frac{1}{20} = 0.05$	$H_w = 0.13$
2.100 毫米厚泡沫混凝土	$\frac{0.1}{0.155} = 0.645$	$H = \frac{0.1}{0.026 \times 10^{-2}} = 4.37$
3.250 毫米厚砖墙	0.357	29.2
4.内表面	$\frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{7} = 0.143$	$H_n = 0.27$
	$R_0 = 1.195$	$H_0 = 33.97$

(2)计算结构内部各层的温度:

$$\tau_1 = 18 - \frac{18 + 15}{1.195} \times 0.05 = 16.62^\circ\text{C}$$

$$P_{q\cdot b_1} = 18.89 \times 10^2\text{Pa}$$

$$\tau_2 = 18 - \frac{18 + 15}{1.195} (0.05 + 0.645) = -1.18^\circ\text{C}$$

$$P_{q\cdot b_2} = 5.53 \times 10^2\text{Pa}$$

$$\tau_3 = 18 - \frac{18 + 15}{1.195} (0.05 + 0.645 + 0.357) = -11.04^\circ\text{C}$$

$$P_{q\cdot b_3} = 2.37 \times 10^2\text{Pa}$$

(3)计算围护结构内各层的水蒸气分压力:

$$P_{q_1} = 12.39 \times 10^2 - \frac{12.39 \times 10^2 - 1.33 \times 10^2}{33.97 \times 10^2} \times 0.13 \times 10^2 = 12.35 \times 10^2\text{Pa}$$

$$P_{q_2} = 12.39 \times 10^2 - \frac{12.39 \times 10^2 - 1.33 \times 10^2}{33.97 \times 10^2} (0.13 \times 10^2 + 4.37 \times 10^2)$$

$$= 10.92 \times 10^2 \text{ Pa}$$

$$P_{q_3} = 12.39 \times 10^2 - \frac{12.39 \times 10^2 - 1.33 \times 10^2}{33.97 \times 10^2} (0.13 \times 10^2 + 4.37 \times 10^2 + 29.2 \times 10^2)$$

$$= 1.41 \times 10^2 \text{ Pa}$$

表 5—4 各交界层的温度、水蒸气分压力和相对湿度见下表

交界层别	交界层温度 $\tau$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\tau$ 相应的最大水蒸气 分压力 $P_{q,b}$ ( $\times 10^2 \text{ Pa}$ )	交界层的水蒸气分压力 $P_q$ ( $\times 10^2 \text{ Pa}$ )	相对湿度 $\varphi$ (%)
1	16.62	18.89	12.35	65.4
2	-1.18	5.53	10.92	197.4 > 100%
3	-11.04	2.37	1.41	60.1

(4)在围护结构的断面图形上作出  $P_{q,b}$  和  $P_q$  的分布线(见图 5—6)。从图中看出,两线相交,说明内部有冷凝。

当室内外的温湿度不变,只是改变围护结构各层材料的位置,其计算结果见下表,并作出  $P_q$  和  $P_{q,b}$  的分布线(图 5—7)。

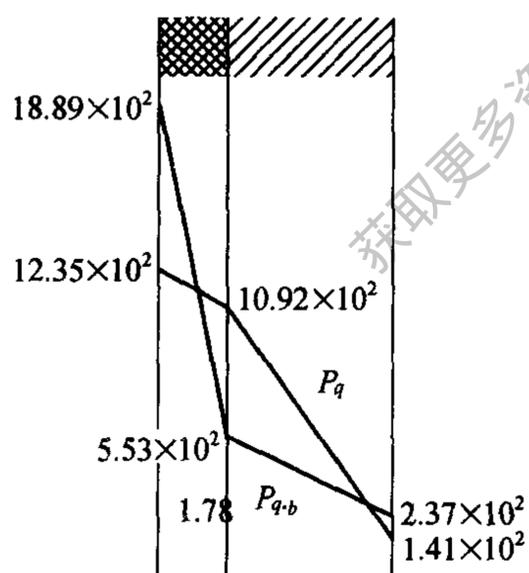


图 5—6

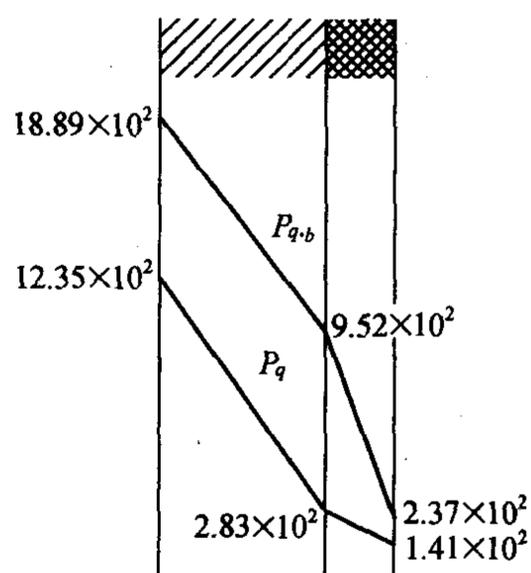


图 5—7

表 5—5 各交界层的温度、水蒸气分压力和相对湿度见下表

交界层别	交界层温度 $\tau$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\tau$ 相应的最大水蒸气 分压力 $P_{q,b}$ ( $\times 10^2 \text{ Pa}$ )	交界层的水蒸气分压力 $P_q$ ( $\times 10^2 \text{ Pa}$ )	相对湿度 $\varphi$ (%)
1	16.2	18.89	12.35	65.4
2	6.77	9.52	2.83	28.7
3	-11.4	2.37	1.41	60.1

从上例我们可以清楚地看出,在围护结构的设计中,各材料层的位置对围护结构内部的凝水影响是很大的。为了避免围护结构内部凝水,一般按下述原则布置各层材料:

1. 将隔热层布置在围护结构温度低的一侧,使围护结构内部各层保持较高的温度,其最大水蒸气分压力  $P_{q,b}$  也相应提高,使各层水蒸气分压力  $P_q$  不易达到最大值  $P_{q,b}$ ,从而减少冷凝的可能。

2. 将蒸汽渗透系数小的材料布置在围护结构温度较高的一侧,使水蒸气进入围护结构受到的阻力大,进入量小,而渗出围护结构时受到的阻力小,扩散出去快。这样就降低了围护结构内各层的水蒸气分压力  $P_q$ ,使其不易达到最大值  $P_{q,b}$ ,从而难于产生冷凝现象。

### (二)设置隔汽层

材料层次的布置往往不能满足使用要求,为了消除或减弱围护结构内部的冷凝现象,在隔热层的高温侧(即水蒸气流入一侧)设置隔汽层。

隔汽层能减少水蒸气渗透,因此,只在隔热层的高温侧设隔汽层还可使进入隔热层的水蒸气及隔热材料内有原有水分,通过制冷设备从围护结构内表面析出,这样,就可以保证围护结构内无冷凝。因此,冷库的外墙、屋面、高低温库之间的隔墙、楼板等均应在隔热层的高温侧设隔汽层。相同温度库房的隔墙、楼板可不设隔汽层。单侧设隔汽层的缺点是当冷热面发生变化时会起反作用。因此,北方地区的高温库需慎重处理。

隔汽层设在隔热层的低温侧是十分不利的,水蒸气会从高温侧自由进入隔热层,而当水蒸气继续向冷侧渗透时,则遇到隔汽层挡住去路,于是水蒸气就在隔热层内积聚,日积月累,就会使隔热层受潮而失去隔热性能。因此,只在隔热层的低温侧设隔汽层是不允许的。

在隔热层的两侧均设隔汽层,这种做法虽然可以克服上述两种做法的缺点,但实际应用中仍在一定问题。这主要是因为隔热材料不可能绝对干燥,其必定会有一些量的水分,在温度场的作用下,材料中所含的均布水分逐渐地积聚在一起,影响材料的隔热效果。如果采用这种做法,则要求材料干燥,以减少水分的积聚。这种做法常用在冷侧经常产生大量凝结水或比较潮湿的库房,如预冷间、冻结间等,还用在大量施工中容易引起隔热材料受潮的部位,如冷库的楼板、地面等。

另外,外侧有卷材或其他密闭防水层,内侧为钢筋混凝土屋面板的平屋顶结构,如经内部冷凝受潮验算不需设隔气层,则应确保屋面板及其接缝的密实性,达到所需的蒸汽渗透阻。

## 二、冷库建筑隔汽防潮设计步骤

第一,根据公式(5—8)计算冷库围护结构隔热层高温侧的最小蒸汽渗透阻是否满足要求,如果不满足要求,则应加大隔热层高温侧的蒸汽渗透阻。

第二,验算围护结构内是否产生冷凝现象。如果围护结构内产生冷凝,则应求出凝结区的范围。同时,对围护结构的材料厚度、位置进行设计。

第三,对经过重新调整后的围护结构,再进行湿度计算,看其内部是否还产生凝结水。如没有,则围护结构设计合乎要求;如还有凝结,则需再进行调整,直至不产生冷凝为止。

## 三、围护结构隔汽防潮构造

1. 砖外墙的外侧须做粉刷,其底部应做墙身防潮层,同时,在墙与地面接触处设散水。

2. 冷库屋面排水应采用天沟落水管式, 严禁无组织自由落水和女儿墙落水管式。
3. 为防止水蒸气局部渗透及扩散, 所有隔汽层必须确保其连续性和完整性, 遇有必须穿透隔汽层的情况应采取加贴隔汽层的补强措施。
4. 外墙的隔汽层应与地坪隔热层上下的防潮层、隔汽层连成一体。
5. 冷库地下室为架空层, 应防止地下水和地表水的侵入, 并严禁作水池使用。
6. 块状隔热材料严禁用含水材料粘贴。
7. 带水作业的冷间应有保护楼面、地坪的措施。
8. 冷却间、冻结间的隔墙, 其隔热层两均匀应设防潮层。

### 第五节 冷库建筑围护结构的防水

冷库的围护结构除了由于水蒸气渗透凝结成水破坏结构外, 还会由于雨水、地面水、地表潜水的渗入而导致结构的破坏, 因而必须做好围护结构的防水处理。

#### 一、外墙的防水

除金属外墙外, 一般黏土砖砌筑的墙体都受雨水的渗透。因此, 冷库的外墙一般作水泥砂浆粉刷层, 要求密实, 不透水, 最大限度地防止雨水及水蒸气的渗透。此外, 墙身在地面下、散水上须设防潮层, 防止地下水向上渗透, 防潮层一般用 1:2 水泥砂浆加 3%~5% 的防水剂(氧化铁)抹成, 以增加砂浆的密实性, 提高其抗渗防水性能, 迅速把水排走。

#### 二、楼、地面的防水

楼、地面隔热层的上面应设置防水层, 防止施工操作及生产用水侵入隔热层内。

与土壤接触的地坪, 必须在隔热层的下面设置防水层, 防止地下水及土壤中的水分借毛细现象向隔热层内渗透。

#### 三、屋顶防水

冷库屋顶受水的影响比冷库其他部位大。因此, 冷库的屋顶除有一定坡度外, 尚需做防水处理。决定屋顶坡度的主要因素是屋顶材料的透水性和严密性程度。屋顶坡度表示方法有两种: 小坡屋顶常用  $H$  与  $l$  的百分比表示, 大坡屋顶通常用  $H/L$  即高跨比来表示。见图 5—8。冷库屋面坡度见表 5—6。



图 5—8 屋面坡度示意图

表 5—6

屋面坡度表

材 料	高跨比 $H/L$	角度 $\alpha^\circ$	坡度 $H/l$	坡度 $H/L(\%)$
水泥瓦、陶瓦	1/2 ~ 1/5	45 ~ 22	1/1 ~ 1/2.5	
板瓦、小青瓦	1/2 ~ 1/6	45 ~ 18	1/1 ~ 1/3	
石棉水泥瓦	1/4 ~ 1/10	27 ~ 11	1/2 ~ 1/5	
油毡屋面			1/4 ~ 1/50	
冷库油毡屋面				25 ~ 2 9 ~ 3

屋顶的防水层必须铺贴在刚性基层上。屋顶油毡防水层受太阳照射及结构温度应力的影响,易老化和开裂。为了保护屋面防水层,延长使用寿命,最好在屋顶油毡防水层的上边做一架空层。架空层做法为:每隔 500 毫米做 120×200 毫米砖垛,砖垛上架设 490×490×40 毫米预制素混凝土板。也有采用素混凝土预制板直接贴在油毡上做油毡的保护层,素混凝土板的规格为 300×300×30 毫米。

根据实践经验,冷库屋顶排水不宜采用女儿墙落水管及自由落水,因女儿墙容易使屋面积水,影响冷库隔热防潮;自由落水易使墙面弄湿,引起水分的渗透。屋顶排水管最好还是采用天沟落水管,但必须保证天沟、落水管等排水措施畅通、不能淤塞。

#### 四、地下室防水

地下室防水主要是指地下室墙身和地坪的防水。

侵入地下室的水源有地下水和地表潜水,应针对不同情况采取不同的防水措施。除地下室的墙身和地坪须做好防水处理外,地下室上面的外围地面要有良好的排水系统,以减少地表水向地下室渗透。

地下室墙身的防水有两种做法:一种是地下室为混凝土或毛石混凝土,墙身防潮做法是先刷冷底子油一道,再刷热沥青两道即可;另一种做法是地下室墙身为砖或石块砌成,墙身外表用水泥砂浆掺防水剂抹面做刚性防水,然后做油毡防水。根据土壤的潮湿情况、渗透性大小以及地下水位高低,墙身可用五层(二毡三油)做法来处理,油毡防水层外面宜砌 120 毫米或 240 毫米厚砖墙,用以保护油毡。

地下室地坪的防水视地下水位高低情况进行处理。当地下水位很低时(低于地下室地坪 1 米以上),可以做混凝土刚性面层,在其上再做油毡防水层。若地下水位较高,接近地下水地坪时,可在混凝土面层内配  $\Phi 6$  钢筋双向 @200 毫米,然后在其上做油毡防水层。当地下水位高于地下室地坪时,一般不宜做地下室,因为大面积防水是很难做成功的。

#### 五、电梯井的防水

电梯井地坪一般比冷库底层地坪低 1.2 米,通常采用满堂基础。这样既解决了地坪的防水,也满足了基础结构处理的要求。

## 第六章 冷库建筑构造

冷库建筑基本上是由主要承重结构和围护结构两大部分组成。

主要承重结构是建筑物的骨架及建筑物的主体结构,包括:基础、墙、柱、梁、楼板及屋盖等。对主体结构的要求是要有足够的坚固性、耐久性、耐火性及稳定性等。

围护结构分为外围护结构和内围护结构。分隔室外与室内空间者称为外围护结构,如外墙、屋盖等。分隔室内各房间的构件称为内围护结构,如内墙、楼板等。对围护结构的要求是要具有一定的隔热能力和抵抗风、雨雪等自然条件的侵袭能力。

冷库的屋盖、楼板既是承重结构又是围护结构,因此,这些构件需满足两方面的共同要求。

为了保证围护结构的隔热性能,减少传入库内的热量,保证库房内温度的稳定,冷库建筑的围护结构应设隔热层。隔热层要满足以下要求:

1. 隔热材料除应按第二章第三节的规定选用外,隔热层应具有足够的厚度,使传入冷间内的热量符合允许的要求,一般要求  $K\Delta t \leq 8 \sim 12 \text{W/m}^2$
2. 隔热层应是连续式构造,防止传热出现“冷桥”现象。
3. 用松散材料作隔热时,要便于更换。
4. 隔热层应配置适当的隔汽层或防水层,确保隔热层不受潮。
5. 不易燃烧或有防火措施。
6. 防止虫鼠类的侵害。

### 第一节 地基和基础

地基和基础是两个不同的概念,但又有着密不可分的联系。

地基和基础都是为上部结构服务的,共同保证冷库的坚固、耐久和安全。因此,要求其必须具备足够的强度和稳定性,防止冷库因沉降过大和产生不均匀沉降而引起的裂缝和倾斜,致使冷库破坏。

#### 一、地基

地基是指基础下面的承重土层。它承受由基础传来的冷库的全部荷载(包括冷库自重、风载、雪载、复土压力等)。

修建冷库前,必须对冷库的地质条件进行全面调查,通过地质勘探,查清地基土的好坏,土层分布是否均匀、承载能力大小、地下水位高低、有无腐蚀作用、地下有无池塘、暗沟、溶洞、坟墓等。

#### (一)地基的分类

地基一般分天然地基和人工地基两种。

### 1. 天然地基

天然地基是指不经过人工处理,直接用天然土壤来承受上部建筑全部荷载。作为天然地基的土壤必须有足够的强度(地耐力高),稳固不易被冲刷等。一般岩石类、碎石类、砂土类以及粘土均可作为天然地基。

### 2. 人工地基

地基的土壤承载力小,承担不了冷库基础传来的荷载,须经人工方法把土壤加固以提高其承载能力的地基叫人工地基。

#### (二)对地基的要求

1. 地基承载力应大于或至少应等于加在地基上的荷载;
2. 冷库下相同土壤的地基,单位面积的负荷应相等,如不同地段的地基的承载力不同,则应按不同承载力变更地基单位面积负荷,为此可放大或缩小地基面积;
3. 地基必须稳固,不受运输振动等影响;
4. 地基表面应与它承受的荷载的合力相垂直;
5. 地基必须加以防护,以免遭受地表水及地下水作用影响或遇低温而冻胀。

## 二、基础

基础是冷库建筑的地下部分,它承受冷库地面以上部分的全部重量。因此,应考虑地基的土质、水文、冰冻深度等条件以及上部结构所用材料、施工等因素,选择有足够强度和稳定性的结构,以保证冷库的安全和正常使用。

#### (一)对基础的要求

1. 具有足够的抵抗外力(挤压、弯曲、剪切、倾覆和移动)的能力,其断面尺寸和形式应与作用在它上面的荷载以及地基的承载能力相适应,使其沉陷值在允许范围之内。
2. 有良好的抵抗潮湿、冰冻和侵蚀能力。
3. 均匀地承受冷库的荷载,并把它均匀地传到地基上去。

#### (二)基础的类型

基础可按照基础材料、构造类型分类。

##### 1. 按材料分

(1) 砖基础。它是由基础墙及大放脚组成。砖基础一般用于荷载不大、基础宽度较小及土质较好、地下水位较低的地基上。砖基础的构造见图 6—1。

(2) 毛石基础。这种基础用毛石砌成。石材强度高,抗冻性和耐水性强,在产石地区可就地取材,降低造价。由于毛石尺寸差别较大,为了便于砌筑和保证砌筑质量,基础墙厚度和台阶高度不宜小于 40 厘米。详见图 6—2。

(3) 灰土基础。当砖基础和毛石基础的宽度和埋深较大时,为了节约砖石材料,常在砖石大放脚下面做一层灰土垫层。这个垫层习惯上叫灰土基础。见图

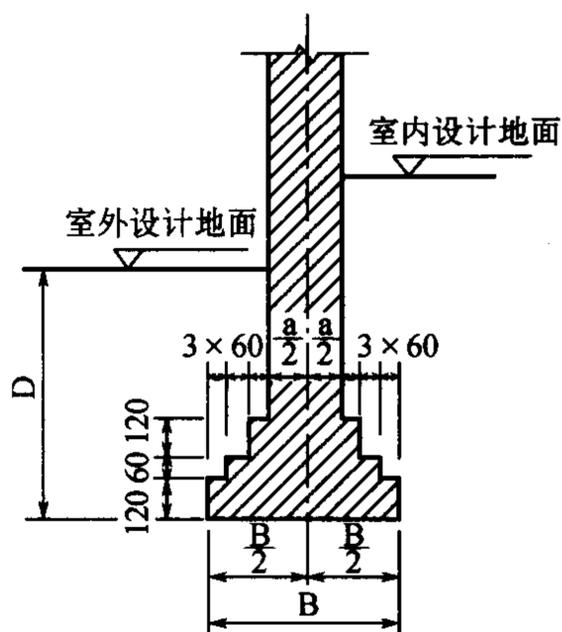


图 6—1 砖基础

6—3。灰土基础的厚常用“步”表示，一步厚为 15 厘米，三步厚为 45 厘米。

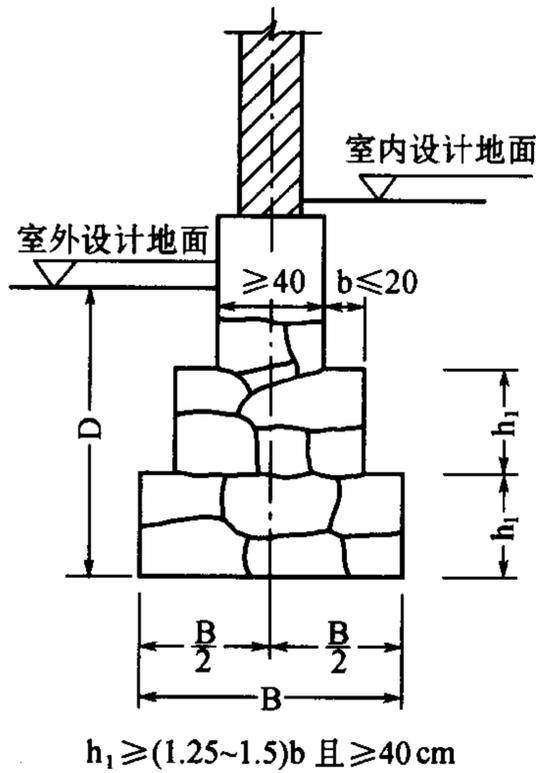


图 6—2 毛石基础

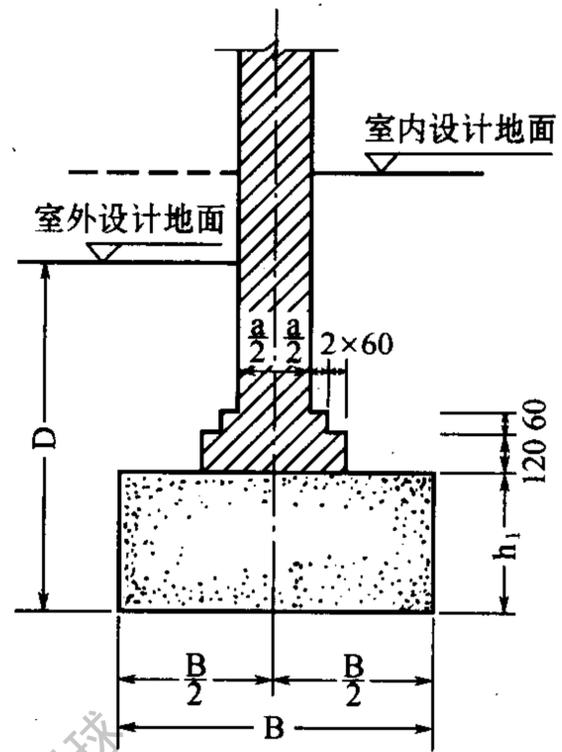


图 6—3 灰土基础

(4) 灰浆碎砖三合土基础。这种基础是用石灰砂浆与碎砖经充分拌和后,均匀铺入基槽内,并分层夯实而成。这种基础在我国南方地区应用较广泛,其优点是施工简单,造价低廉,但强度较低。

(5) 混凝土和毛石混凝土基础。混凝土基础用水泥、砂和石子加水拌和浇铸而成。混凝土基础有坚固、耐久,不怕水、可在水下施工等优点,但造价较高,耗用水泥多。为了节约水泥用量,在混凝土中掺入适量毛石,叫毛石混凝土基础,毛石尺寸不宜超过 30 厘米,其体积可达基础体积的 25% ~ 30%。混凝土基础断面常做成矩形(图 6—4a)。若基础较厚,为了节省混凝土,也可做成梯形的(图 6—4b)。

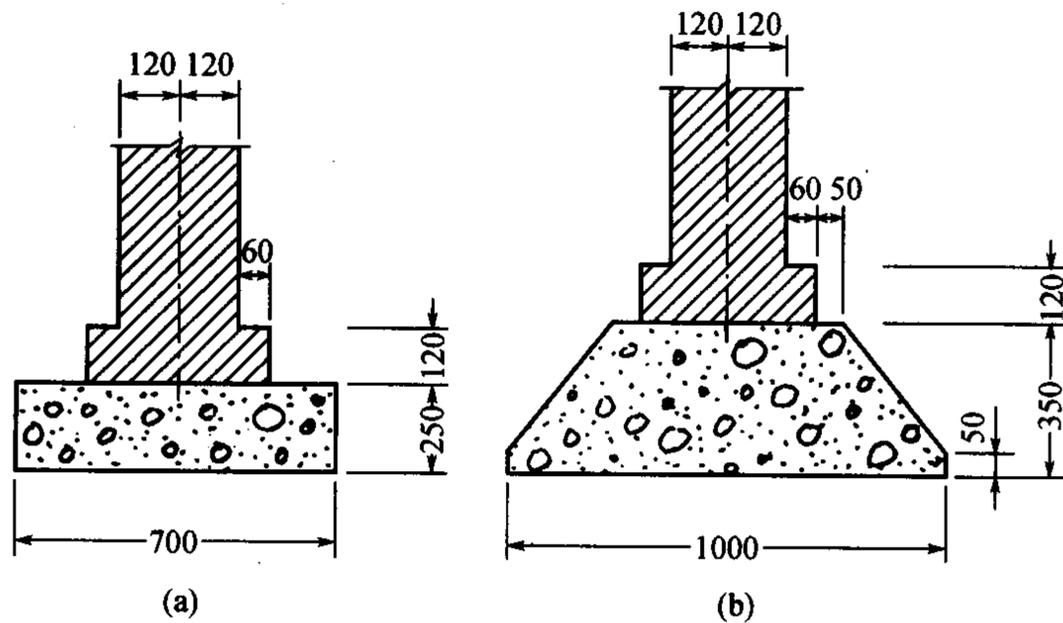


图 6—4 混凝土基础

(6)钢筋混凝土基础。若上部结构传给基础的总荷载很大,而地基的承载力又很小时,采用上述各种基础就必须做得很宽、很厚,这样既费工又不经济,可改用钢筋混凝土基础。这种基础底部配有钢筋,抗拉强度较高,不受刚性角限制,基础可以做得较宽。钢筋混凝土底部通常做70~100毫米厚的低标号素混凝土垫层。钢筋下边要有足够的混凝土保护层(一般为35毫米),以防钢筋生锈(见图6—5)。

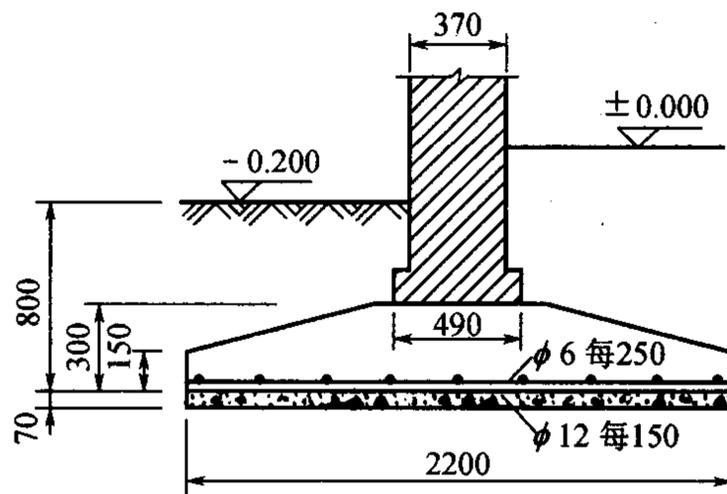


图6—5 钢筋混凝土基础

## 2. 按构造类型分

(1)条形基础。这是指长度远大于其高度和宽度的基础。墙下基础多属这类基础。这种基础通常用灰土、毛石、砖、三合土或混凝土等材料建造。但地基土允许承载力较小、而荷载又较大的一些建筑物的基础也常采用钢筋混凝土建造。条形基础见图6—6。

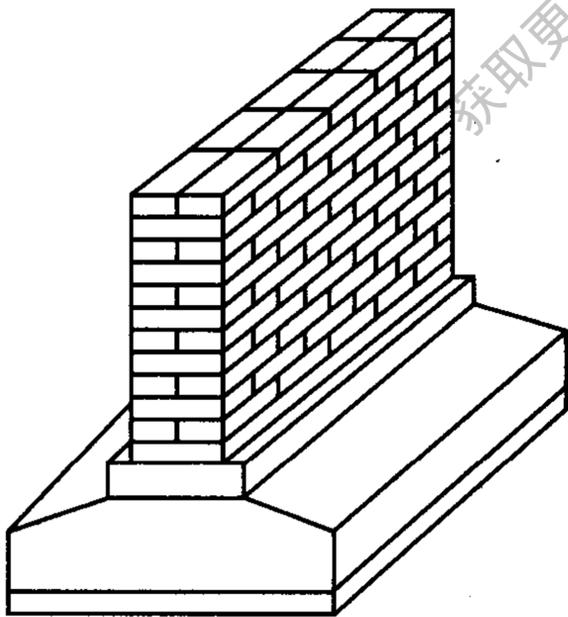


图6—6 墙下条形基础

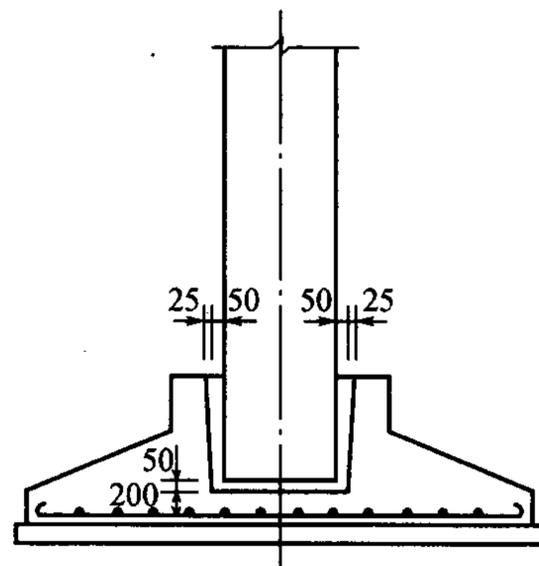


图6—7 杯形基础

(2)单独基础。这种基础是柱子基础的主要类型。单独基础所用材料由柱子的材料和荷载大小而定,通常采用灰土、砖、混壤土和钢筋混凝土。如采用装配式钢筋混凝土柱时,在基础上应预留安放柱子的孔洞,孔洞尺寸要比柱子横截面尺寸大一些。柱子放入孔洞后,在柱子周围用比基础洞混凝土标号高一级的细石混凝土灌缝。这种基础又叫杯形

基础。参见图 6—7。

### (3) 联合基础。

① 柱下条形基础。当荷载较大、地基较软,所需各单独基础的底面积很大,各个基础非常接近,以致基础之间距离很小。这时,就可将各个单独基础连接起来,即成为柱下条形基础。如图 6—8 所示。

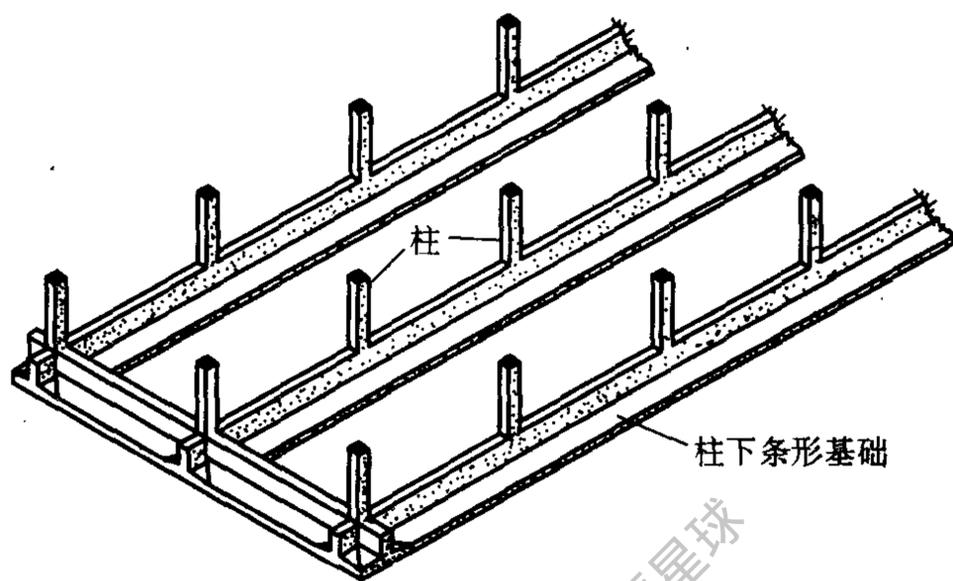


图 6—8 柱下条形基础

② 柱下十字交叉基础。建筑在高压缩性地基上,荷载较大的高层框架结构房屋,为了增加房屋的整体性,减少基础的不均匀沉降,常将基础做成十字交叉基础。其型式如图 6—9 所示。

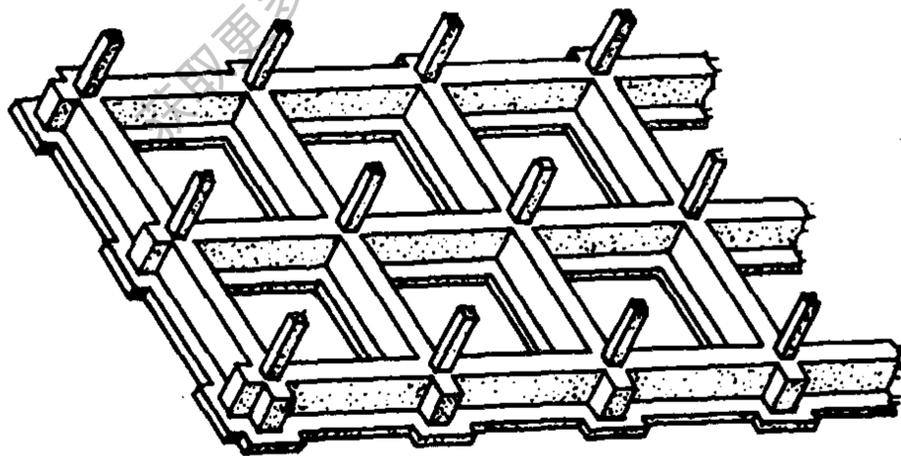


图 6—9 柱下十字交叉基础

③ 筏形基础。如果地基特别软,而上部结构的荷载又十分大时,特别是带地下室的高层建筑,如做成十字交叉基础仍不能满足变形条件要求,而又不宜采用桩基或人工地基时,可将基础做成钢筋混凝土筏形基础(俗称满堂基础),筏形基础的形式见图 6—10。

④ 箱形基础。这种基础是由顶板、底板和纵横交叉的隔板所组成。板的厚度由计算而定。箱形基础具有很大的刚性,因此,不致由于地基不均匀变形而使上部结构产生较大的弯曲而造成开裂。其构造如图 6—11 所示。

联合基础均采用钢筋混凝土建造。

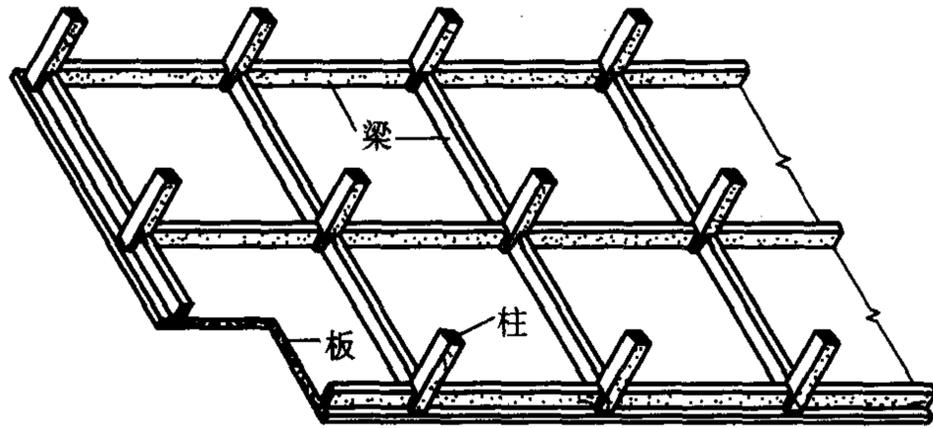


图 6—10 筏形基础

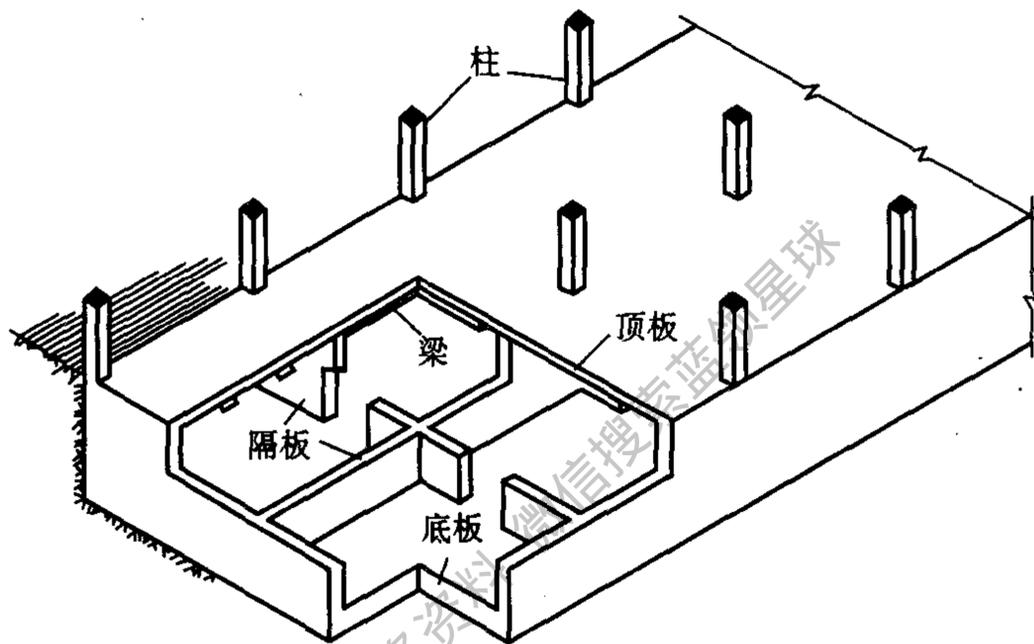


图 6—11 箱形基础

### (三) 基础底面积大小和断面形式

由于地基(除岩石类土外)的承载力一般都比砖、石、混凝土等基础材料的承载力低,所以基础通常做成逐步加宽的形式,以扩大基础底面与地基接触的面积,使基础单位面积上的压力与地基的承载力相适应。确定基础底面积大小和断面形式的因素很多,但主要考虑以下两个方面的因素:

- 一是建筑物的使用性质,其荷载的大小;
- 二是地质情况,地基的承载力、地下水位、冰冻等情况。

#### 1. 基础底面积大小的确定

在确定基础底面尺寸时,应首先算出作用在基础上的总荷载。作用在基础上的上部结构荷载、基础自重和基础台阶上的回填土重量,就是作用在地基上的全部荷载。

基础按受力情况分为中心受压基础和偏心受压基础。下面以墙下中心受压条形基础为例,说明确定基础底面积大小的方法。

取一段  $L$  米长的中心受压条形基础,基础宽度为  $B$  米。这段基础的底面积为  $L \times B$  米,见图 6—12。若通过这一面积传下来的总荷载为  $N$  (荷载是指上部结构传下来的荷载及基础自重、基础上面回填土重量的总和,以吨为单位),地基承载力为  $R(t/m^2)$ ,则  $N =$

$R \times L \times B$ 。这一等式表达了总荷载、地基承载力、基础底面积三者之间的关系。

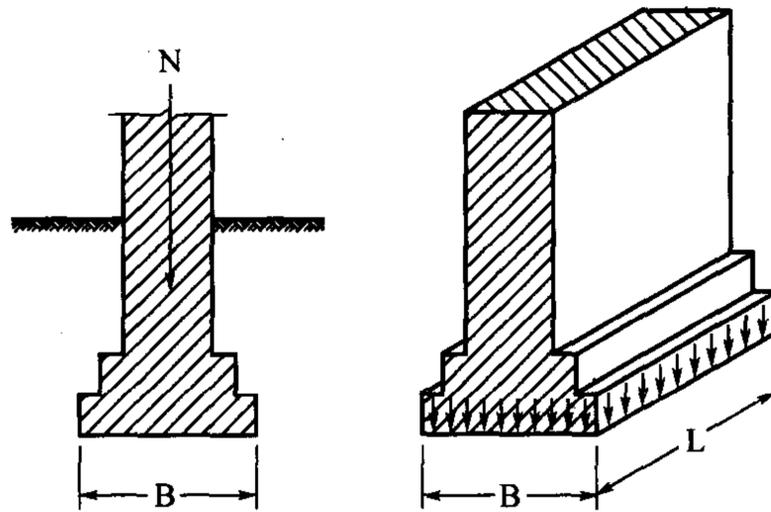


图 6—12 基础底面积的确定

当房屋的总荷载不变时,则基础放在承载力较大的土层上,基础的底面积可以小些;放在承载力较小的土层上,基础的底面积就需要大些。它与基础本身材料的强度没有关系。

## 2. 断面形式

我们在实际工程中会看到砖砌条形基础的断面是台阶形的。如图 6—13(b)所示。这种基础在荷重作用下,不会发生显著的变形,不能承受较大的弯矩。这种基础叫刚性基础。刚性基础的断面形式是由基础所用材料本身的性能决定的。

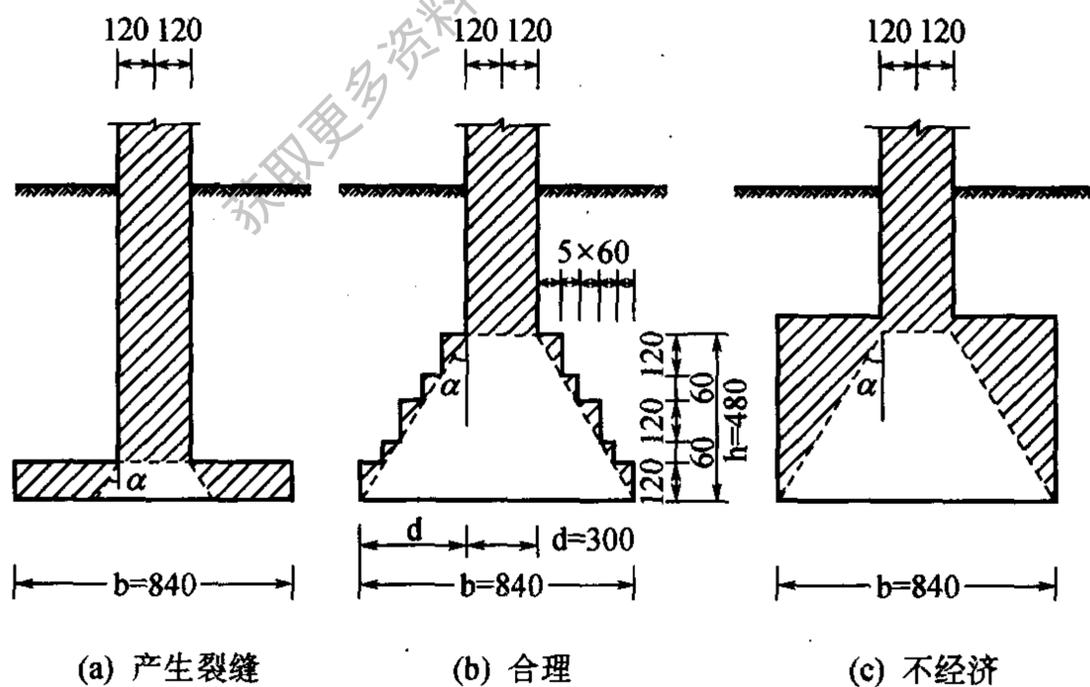


图 6—13 基础的断面形式

常用的基础材料,如砖、石、混凝土等,它们的抗压强度较高,抗拉强度很弱,但抗拉强度往往是控制断面形状和尺寸的主要因素。基础放大部分如同悬臂梁一样,当它受到土的反力后,悬臂长度  $d$  越大,则基础  $h$  截面受到拉力就越大。如果这个拉力超过基础材料的允许拉应力,基础将会发生破裂现象。根据试验结果,发现  $d$  值与  $\alpha$  角有关。基础放大部分在  $\alpha$  角度以内不会因材料受到拉力而发生破裂。 $\alpha$  角的最大值叫做刚性角。因此,我们常用刚性角来控制放大部分的斜度。不同材料具有不同的刚性角(刚性角也可以

用  $h/d$  的值表示),如砖基础  $h/d$  为 1.5~2.0,灰土基础为 1.25~1.5,毛石基础为 1.25~1.75,混凝土基础为 1.0。钢筋混凝土基础能承受较大的弯矩,因此,不受刚性角的限制。

若已知房屋的总荷载和地基的承载力,就可以确定基础的底面积及其宽度。根据基础材料的刚性角及基础底部宽度,就可以确定基础的断面形式。

#### (四)基础的埋藏深度

基础埋置深度的大小,对建筑物的造价、施工技术措施、施工期限以及保证房屋正常使用等都有很大影响。基础埋得太深,不但会增加房屋造价,而且在有些情况下,还可能增大房屋的沉降,而埋得太浅,则又不能保证房屋的稳定性。因此,合理地确定基础的埋置深度是一个十分重要的问题。

确定基础埋置深度的因素很多,其主要因素有:

##### 1. 房屋的用途

如有无地下室、地下管沟或设备基础。若有,则基础需要埋得深些。

##### 2. 地基承载力

基础底面应设置在承载能力较大的土层上。

##### 3. 土的冻胀

寒冷地区基础的埋置深度还要考虑土层冻胀的影响。因为土中含有水分,当土的温度降到  $0^{\circ}\text{C}$  时就开始冻结。土的冻结从地面开始,随着气温下降,冻结深度逐渐增加。若土层接近地下水,由于土的毛细管作用可以把地下水吸到已冻结的土层上并逐渐增大冰的体积,相应也增大了土层的冻胀。基础底面若放在冻结的土层范围内,冬季土层冻胀可以把房屋拱起,春季土层解冻房屋又下沉,同时,由于房屋各段基础下面土层冻胀、解冻并不一致,使房屋各段产生不均匀拱起或沉降;逐年冻融交替,基础、墙身就可能出现裂缝,以致影响房屋的安全使用。所以在多数情况下,应将基础埋置在最大冻结深度以下。见图 6—14。我国各地区土的冻结深度差别很大,例如哈尔滨为地面下 2 米,北京为 0.8~1.0 米,济南为 0.5 米,南方一般不存在地基土冻胀影响基础的问题。

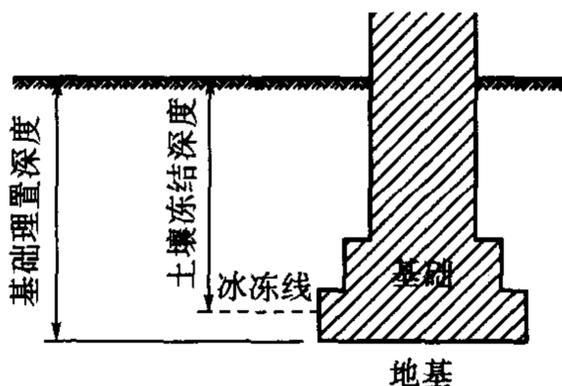


图 6—14 基础埋深与土壤冻结深度关系

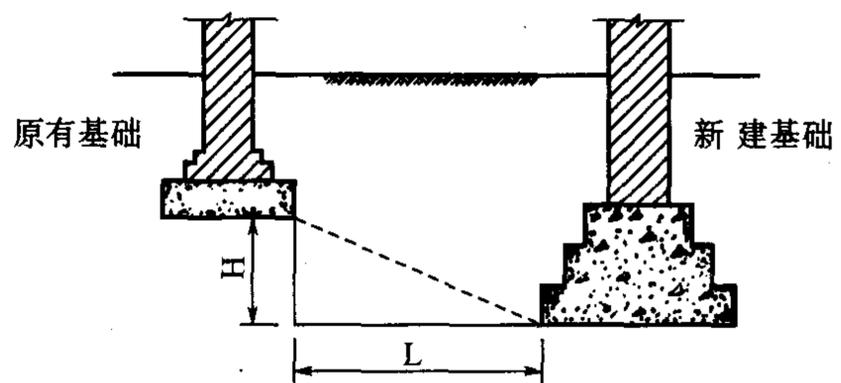


图 6—15 新建基础与原有基础之间的关系

#### 4. 地下水

基础埋深还要考虑地下水的情况。因地下水对地基强度、土的冻胀有很大影响,若水中含有酸、碱性杂质,对地基还有侵蚀作用,且水下进行基础施工很麻烦。所以,一般房屋应尽量避免将基础埋置在地下水中。

### 5. 和相邻基础的关系

如新建房屋和原有房屋相距很近时,则新建房屋的基础最好埋深小于或等于原有房屋的埋深,以免在施工期间影响原有房屋的安全和正常使用。如必须将新建房屋的基础做到原有房屋基础底面以下时,则需满足下列条件:

$$\frac{H}{L} \leq 0.5$$

式中, $H$ ——新旧房屋基础底面标高之差(m);

$L$ ——新旧房屋基础边缘之间的最小距离(m)。

新建房屋与原有房屋基础之间的关系参见图 6—15。

### (五)冷库基础方案的选用

冷库建筑的基础方案可按下列条件选用:

1.在地基土层较均匀、压缩性小、承载力较大,地下水位较低的情况下,冷库的中柱或边柱均可采用钢筋混凝土单独基础。

2.在土层较软弱、压缩性较高,荷载较大、且没有条件做成单独基础时,为了增强基础的刚度,减小不均匀沉降,可做十字交叉基础。

3.当上部结构的荷载大,地基承载力小,沉陷性较大,土层分布较均匀,十字交叉基础仍不能满足变形条件要求,而不宜采用桩基或其他人工地基时,则采用钢筋混凝土满堂基础。

4.当上部结构荷载大,地基特别软弱,且有可能发生不均匀沉陷等特殊情况下,才考虑人工地基或箱形基础。这类地基,基础费用大,施工期长,一般情况下,应尽量避免采用。

## 第二节 柱 和 梁

### 一、柱

柱是按建筑结构要求布置在冷库内用以承担冷库的屋盖、楼板、设备、货物及人等荷载,并将荷载传到基础和地基上去的构件。因此,柱是冷库建筑的主要承重构件之一。

#### (一)柱的类型

##### 1.冷库内柱子按所用材料分

(1)砖柱。由于砖砌体的抗压强度较低(0.98~1.96MPa),当采用砖柱时,柱的截面要很大,占库内面积较多,同时,砖砌体的吸水性大,抗冻能力差,所以冷库内一般不宜采用砖柱。

(2)木柱。除了在林区建造木结构冷库用木柱外,冷库内一般也不宜采用木柱。

(3)钢筋混凝土柱。在冷库建筑中,普遍采用钢筋混凝土柱。钢筋混凝土柱抗压强度高,需要断面小,抗冻性能好。钢筋混凝土柱的断面形式有矩形、方形、圆形、多边形。矩形柱和方形柱施工简单,故冷库建筑中,多采用矩形或方形柱。冷库内柱网(柱子受力中心点之间的连接所形成的网格)尺寸一般为6×6米,单层冷库也有6×12米、6×18米等。

## 2. 按结构特点分

(1) 梁式楼板柱。柱的顶端支承主梁, 主梁支承次梁, 次梁支承楼板, 荷载由主梁传给柱子。见图 6—16。

(2) 无梁楼板柱。无梁楼板柱分中间柱(中柱)、边柱两种。边柱又分为悬臂式及靠壁式两种。详见图 6—17。

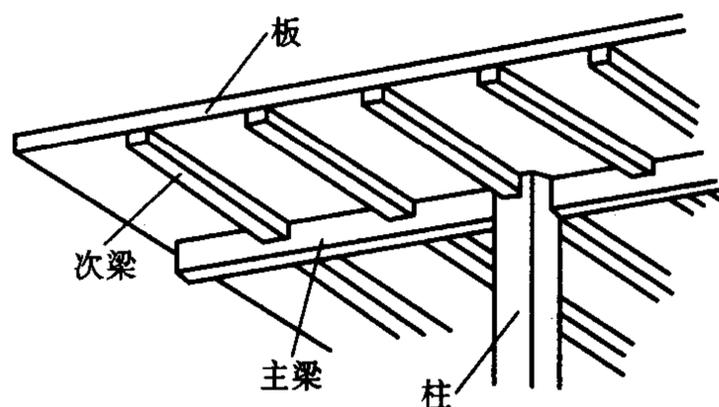


图 6—16 梁式楼板柱

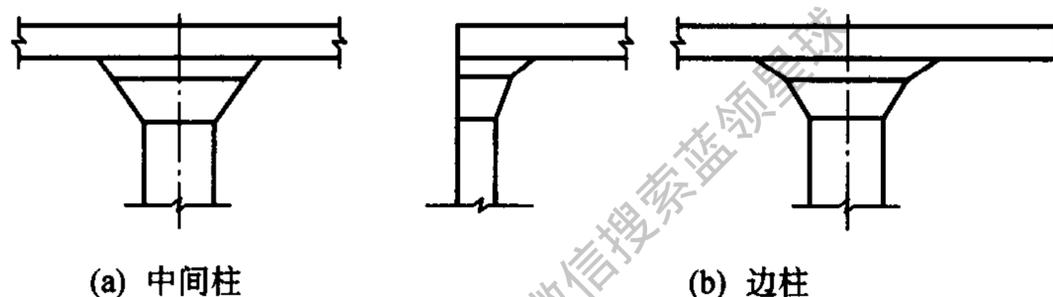


图 6—17 无梁楼盖柱子的类型

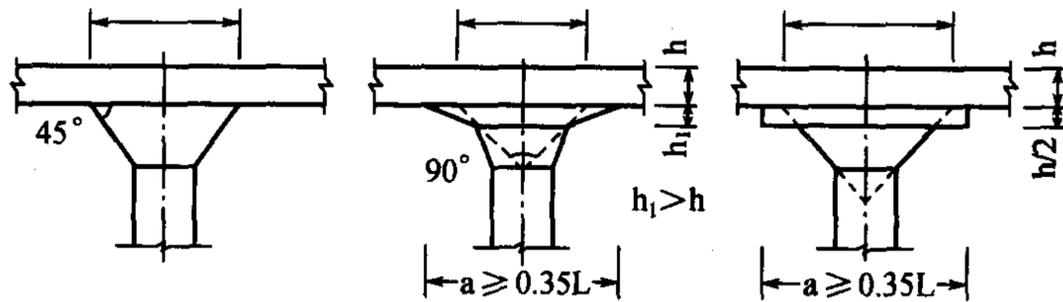
无梁楼板柱的断面尺寸根据冷库的层数、荷载的大小由计算决定。常用的柱截面尺寸有: 400 × 400 毫米、500 × 500 毫米、600 × 600 毫米、700 × 700 毫米等。以柱子受力情况来看, 每层柱子的荷载都不一样, 柱子的断面尺寸亦应不同。但为了设计和施工方便, 一个多层冷库的柱子只用一种或两种断面尺寸, 而采用不同的混凝土标号和配筋加以调整。多层冷库柱子常用的截面见表 6—1。

表 6—1 多层冷库柱常用截面尺寸

名称	混凝土标号	柱截面尺寸(mm)
顶层(阁楼层)	C <sub>20</sub>	400 × 400
五层	C <sub>20</sub>	400 × 400
四层	C <sub>30</sub>	500 × 500
三层	C <sub>30</sub>	500 × 500
二层	C <sub>30</sub>	600 × 600
一层	C <sub>30</sub>	700 × 700
地下层	C <sub>30</sub>	700 × 700

注: 本表尺寸适用于楼板使用荷载为 2000kg/m<sup>2</sup>, 柱网为 6 × 6m 的结构。

无梁楼板的柱,在柱的上端靠近楼板处将柱子截面放大做成柱帽,以支承楼板,加强楼板的整体刚度,减少板的计算跨度,从而减少板的挠度。柱帽的形式和尺寸一般由剪切强度控制,常用的柱帽形式有:不带顶板式、折线式和带顶板式三种,如图 6—18 所示。



$c = (0.2 \sim 0.3)L$ ,  $L$  为板的跨度

图 6—18 无梁楼盖柱帽形式

不带顶板式用于轻荷载,折线式和带顶板式可承受较大荷载。冷库建筑中,通常采用折线型柱帽。从结构观点及经济效果分析,合理的柱帽尺寸可取  $a \geq 0.35L$  ( $L$  为无梁楼板的柱距),柱帽的计算宽度  $C = 0.2 \sim 0.3L$ ,最好取  $C \approx 0.22L$ 。各层楼板的柱帽外形最好采用同一尺寸,以节约模板,方便施工。冷库中常用柱帽尺寸见表 6—2。

表 6—2 无梁楼板柱帽尺寸

柱子截面 (mm)	柱帽上部尺寸(mm)		柱帽下部尺寸(mm)	
	长 × 宽	高度	长 × 宽	高度
400 × 400	2400 × 2400	280	1240 × 1240	420
500 × 500	2600 × 2600	260	1280 × 1280	390
600 × 600	2600 × 2600	240	1320 × 1320	360
700 × 700	2600 × 2600	220	1360 × 1360	330

(二)冷库对柱的要求

1. 冷库内柱子的数量不宜过多,截面尺寸在满足结构要求前提下亦应尽量减小,以扩大库内的有效使用面积和有利于机械化码垛。

2. 柱内纵向受力钢筋的配筋率一般为 0.5% ~ 2%。

3. 为了防止屋面温度应力对现浇的多层冷库阁楼层边柱和角柱的柱顶处产生水平裂缝,可在边柱或角柱的柱顶与柱帽交接处采用铰接处理,接缝处应留施工缝或干铺一层油毡隔开。详见图 6—19。

二、梁

(一)梁的截面形式

截面的高度大于宽度的受弯构件叫

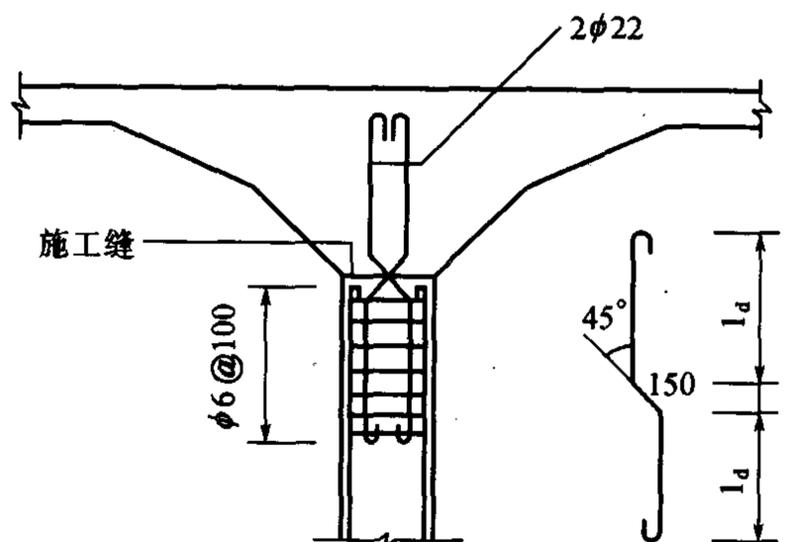


图 6—19 柱顶与柱帽铰接做法示意图

梁。梁的断面形式常用的有:矩形、T形、工字形、倒T形、L形,十字形等,见图6—20。截面形式的选用应根据具体施工条件和使用要求而定。



### (二)梁的类型及要求

根据梁所在的位置及作用,梁可分为楼板梁、屋面梁、圈梁、地梁(基础梁)及过梁等。

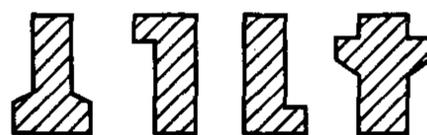


图6—20 梁的截面形式

#### 1. 楼板梁

承受楼板和楼板传来荷载的梁叫楼板梁,楼板梁分主梁和次梁。主梁支承在柱上,次梁支承在主梁上,楼板支承在次梁上,其传力比较明确。

#### 2. 屋面梁

承受屋面板及屋面板传来荷载的梁叫屋面梁。因屋面上无堆货,荷载小于楼板梁,所以屋面梁的断面一般小于楼板梁,为便于设计与施工,有的屋面梁与楼板梁截面尺寸相同。

#### 3. 圈梁

冷库的外墙虽然不承受其他荷载,但高度较大,多层冷库可高达几十米。为了增加墙体的稳定性,在外墙高度方向上每隔一定距离作一连续不断的圈梁加固。圈梁的位置除顶层墙顶和基础顶面设置外,一般每层设一道,标高与楼板平,并用锚系构件与楼板拉结。如图6—21所示。

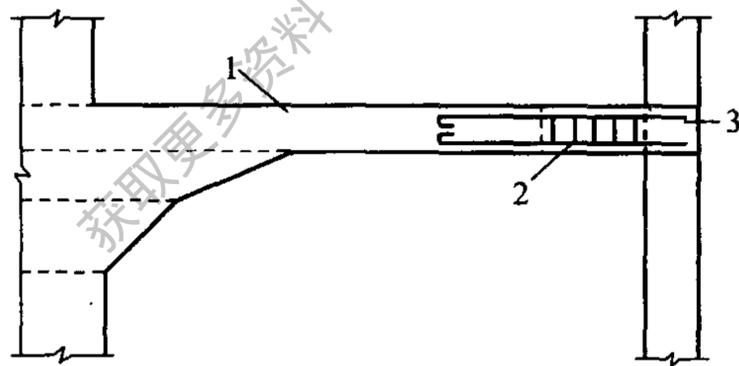


图6—21 圈梁与锚系梁

1. 无梁楼板;2. 锚系梁;3. 圈梁

圈梁一般为现浇钢筋混凝土,混凝土标号常采用C20。圈梁应设置在外墙、内纵墙和主要的内横墙上,并在同一水平面上封闭交圈。横向的圈梁间距不宜大于25米。圈梁高度一般为260毫米(四皮砖),宽度与墙厚相同。圈梁内的纵向钢筋不小于 $6\Phi 10$ ,一般为 $6\Phi 12$ ;箍筋为 $\Phi 6@300$ 。

#### 4. 地梁

有的冷库中,外墙不做基础,而在柱子的独立基础上做一道梁。墙就砌筑在这个梁上。这个承受墙的重量并把重量传给基础的梁就是地梁,也叫地基梁。这样可以避免墙身因两种不同的基础产生不均匀沉降而导致的裂缝。

#### 5. 过梁

在冷库门、窗洞口上部承受门、窗洞口以上砌体重量的梁叫过梁。过梁有砖过梁、钢

筋砖过梁和钢筋混凝土过梁。

冷库建筑中,一般多采用钢筋混凝土过梁。过梁宽度一般与墙厚相同,高度根据荷载大小经计算确定。过梁两端伸入墙的长度应大于 240 毫米。

### 第三节 墙 体

#### 一、墙体的作用

墙体是冷库建筑的主要组成部分。冷库墙体一般为自承重墙,即只承受墙体本身或附设在墙上的结构的重量,而不负担冷库其他荷载。

冷库的外墙除了阻挡风雨雪的侵蚀,防止温度变化和太阳辐射等影响外,还要求具有较高的隔热与防潮性能。

冷库的内墙是隔断墙,起分隔房间的作用,有隔热和非隔热两种。隔热内墙还要有隔汽防潮的作用。

#### 二、墙体构造

##### (一)墙体的构造

冷库隔热墙是由围护墙体、隔汽防潮层、隔热层和内保护层(内衬墙)组成,其构造见图 6—22。

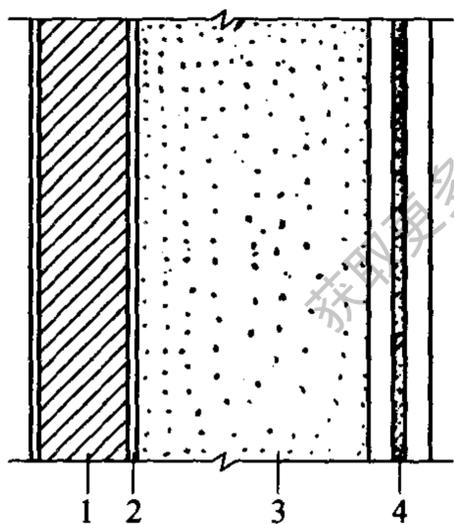


图 6—22 隔热外墙构造

1—外围墙体;2—隔汽层;3—隔热层;4—内保护层

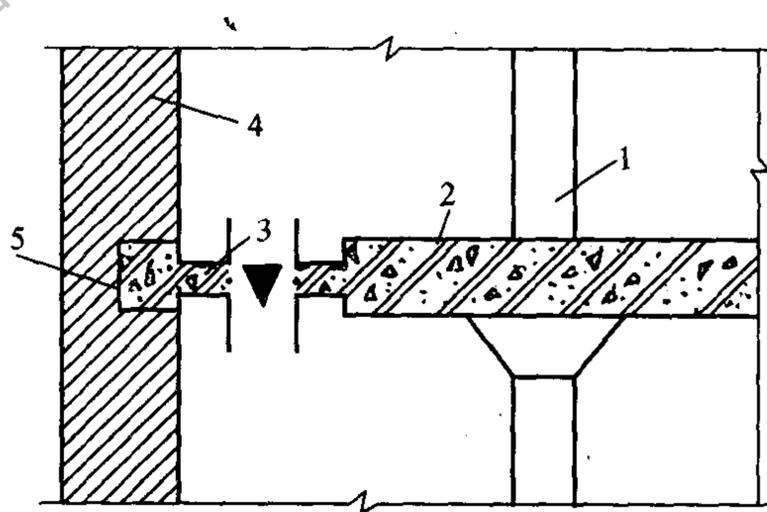


图 6—23 外墙圈梁与锚系梁

1—柱;2—楼板;3—锚系梁;4—外墙;5—外墙圈梁

墙体的材料一般为黏土砖或预制钢筋混凝土板,内衬墙也有采用木板的。从使用情况看,内衬墙采用钢筋混凝土小柱插板比较好,它具有维修方便等优点。

冷库砖墙的厚度一般为一砖墙(240 毫米)或一砖半墙(370 毫米)。应根据当地气温条件和墙体稳定性确定。

多层冷库的外墙一般与主体结构的梁、板、柱及屋顶脱开。为了保证墙体的稳定性,通常在楼板的同一高度上设一圈梁。在圈梁和楼板之间设一连系梁,如图 6—23 所示。

单层冷库的锚系构件也可采用  $2\Phi 22$  或  $2\Phi 25$  钢筋,钢筋表面须涂刷防锈漆以防生锈。墙体的稳定性一般用高厚比(墙高与墙厚的比值叫高厚比)来控制,砖墙的高厚比一般为 20。

(二)墙体裂缝原因及防止措施

1. 墙体裂缝原因

冷库外墙在墙角处常会出现垂直裂缝。产生裂缝的原因很多,其中主要原因是由于温度应力引起的。这是因为冷库投产降温后,楼板向内收缩,通过锚系梁将墙向里拉,墙面向内弯曲变形,其变形量为 0.93 ~ 8.17 毫米(见图 6—24)。同时,外墙和圈梁受热膨胀伸长,由于两端墙角刚性较大,因此,在墙角处产生较大的弯矩,而砖砌体的抗弯强度较差,所以墙角处最易产生垂直裂缝。

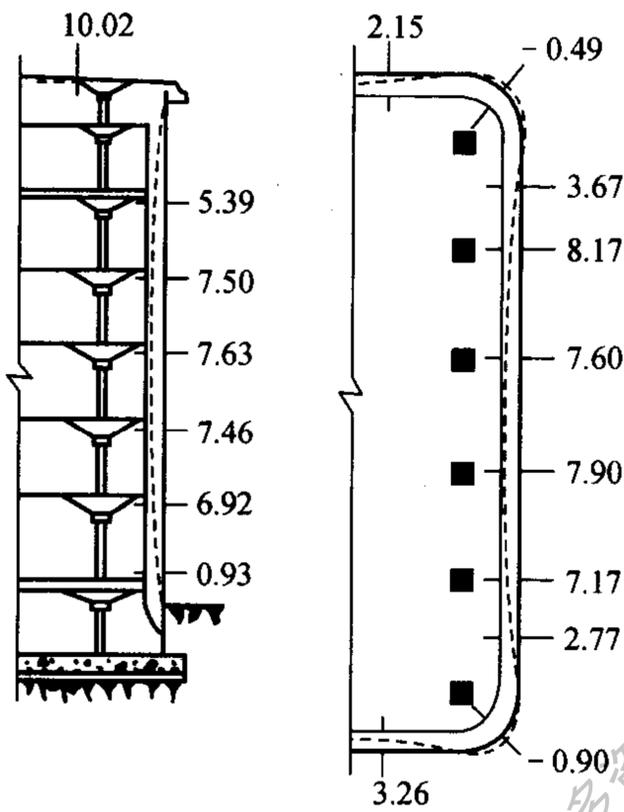


图 6—24 外墙温度应力变形量

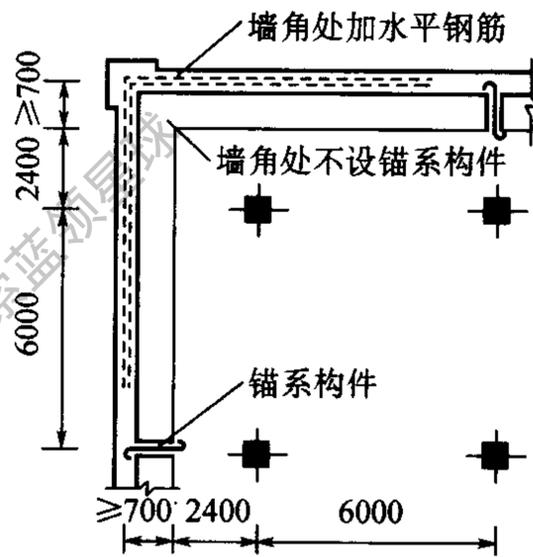


图 6—25 砖砌体转角配筋示意图

2. 防止墙体裂缝的措施

为防止外墙四角处产生裂缝,可采取以下措施:

- (1) 在外墙的转角处(即角柱位置)不设锚系梁,以减少因楼板收缩而引起墙角裂缝。
- (2) 在冷库外墙转角处,沿墙高每三皮砖设  $\Phi 8$  的水平直角形钢筋,增加墙角处砌体的抗弯强度。如图 6—25 所示。
- (3) 在外墙角的每层圈梁内,靠外边缘设三根  $\Phi 20$  的钢筋。
- (4) 将冷库外墙的四角由直角形改为圆形。

(三)墙体留洞

冷库墙体上留洞一律预留,不得临时打洞。墙体留洞应注意以下几点:

1. 在过梁及圈梁上不得留洞。
2. 承重墙上连续开洞时,必须用预制带孔的混凝土块和墙一起砌入,不得临时打洞。

3. 配电盘、消火栓等洞口离门、窗洞口的距离应不小于 490 毫米。如图 6—26 所示。

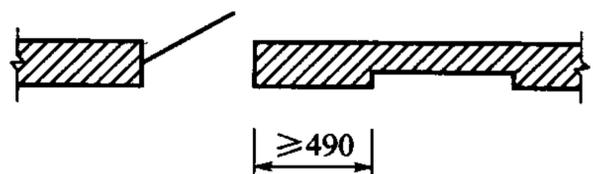


图 6—26

4. 承重的砖柱或宽度小于 1 米的窗间墙不得留洞或留脚手眼。

### 三、隔热外墙

#### (一) 松散隔热材料的外墙

目前,我国冷库隔热外墙所用松散隔热材料多为稻壳,外围护墙体多为砖墙,砖墙两侧作水泥砂浆粉刷,以增加墙的密实性。为保证隔热层不受潮,在外围护墙体的内侧设隔汽层。隔汽层多为油毡。内保护层多为预制钢筋混凝土小柱插板。它具有自重轻、拆装方便、便于维修、抗冻性强等优点。也可用砖墙、加气混凝土墙、木板等作为内保护层。

以松散隔热材料为隔热层的外墙应注意以下几点:

##### 1. 防止水蒸气渗透

用松散材料作为隔热层,因其内部空隙很多,又互相串通。水蒸气通过室内外的压差向里边渗透,水蒸气渗透能使隔热层内产生严重的水分凝结。为了防止水蒸气向隔热层内渗透,需要在隔热层的高温侧设置良好的隔汽防潮层,使其具有足够的蒸汽渗透阻,以避免隔热材料受潮。

##### 2. 防止冷桥

为减少隔热层内产生冷凝,凡穿过墙身的锚接件(锚系梁)、管线等,其外面必须用软木等高效率的隔热材料包裹,并应做好该局部的隔汽层加固处理。

##### 3. 隔热材料的更换

以稻壳隔热的外墙,其稻壳厚度,低温库一般为 600 毫米,高温库一般为 400 毫米。这个厚度既是为了确保隔热效果,也是为了更换稻壳时人能进入墙内处理稻壳。稻壳墙一旦建成后可永久使用,不需更换,但在南方炎热地区或隔热层失效时,则有可能在 10~15 年内更换一次稻壳。内衬墙一般都采用预制钢筋混凝土插板,可以随时拆卸,更换稻壳。内衬墙如采用砖墙时,则可临时打洞,待取出稻壳后,再将洞口修复。

松散隔热材料的外墙构造见图 6—27。

图 6—27 中砖内衬墙,墙内设间距为 3 米的预制钢筋混凝土小柱。小柱上端伸出钢筋,捣固在地面翻起的防水线顶面,小柱沿高度每隔一米预留 2Φ6 钢筋以便与砖内衬墙内的水平钢筋拉结。这种砖内衬墙做法,由于砖的抗冻性较差,加上有时施工质量差,使用不久,易发生墙面抹灰大面积脱落的情况,因而这种砖内衬墙的做法已逐渐被淘汰,多数冷库的设计都已采用了钢筋混凝土插板墙。图 6—28 为钢筋混凝土小柱插板内衬墙。混凝土小柱焊牢于楼板底和地面翻起的防水线顶面,管道穿过的地方可将混凝土插板改为木板,便于施工。预制混凝土小柱插板内衬墙具有自重轻、拆装方便、便于维修和抗冻性好等优点。

#### (二) 块状隔热料的外墙

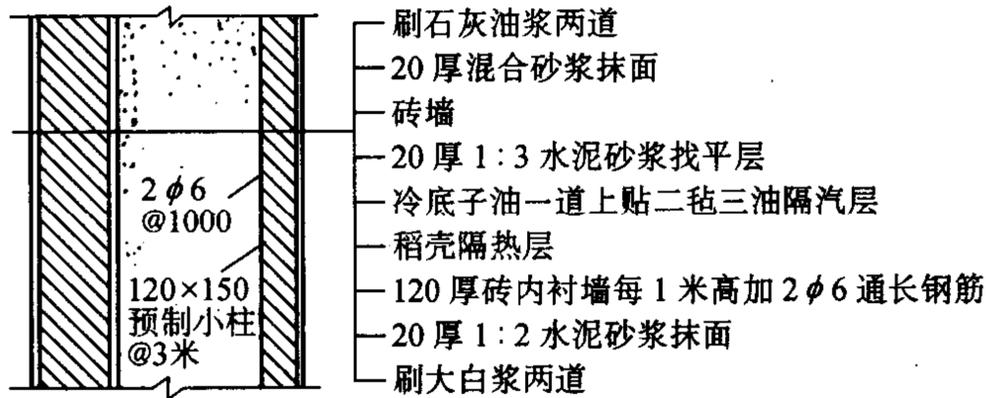
冷库外墙所用的块状隔热材料有软木、泡沫混凝土、加气混凝土、沥青膨胀珍珠岩、聚苯乙烯泡沫塑料等。

##### 1. 沥青膨胀珍珠岩

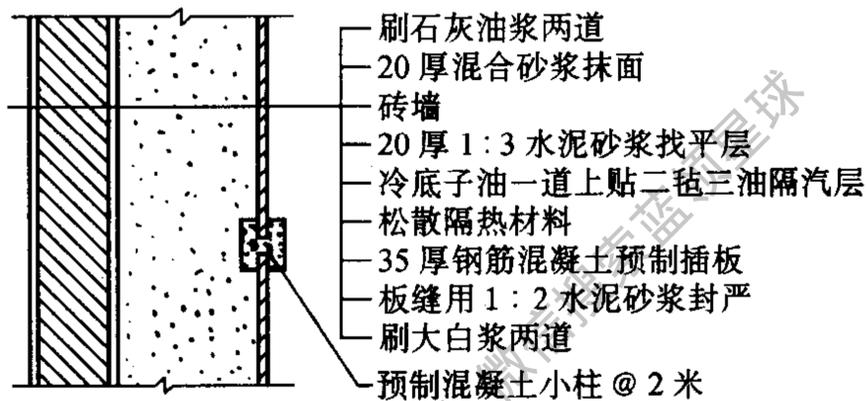
现场炒拌的只能用作地面隔热层,预制成块状材料时,成本高,如在工厂预制,再运到工地,则费用更大,故一般不用于墙体隔热层。

2. 泡沫混凝土因制作困难、破损大, 现已不采用。

3. 加气混凝土因在工厂机械化生产, 尺寸规格整齐, 强度大, 一般耐抗力达 0.49MPa, 搬运破损率远比泡沫混凝土小, 容重、热导率较泡沫混凝土大, 曾用作冷库地坪隔热。这种材料价格便宜, 只要当地有产品, 可以用作墙体隔热, 但要求干透, 并用热沥青砌筑。



(a) 砖内衬墙



(b) 混凝土插板内衬墙

图 6—27 松散隔热材料的外墙构造

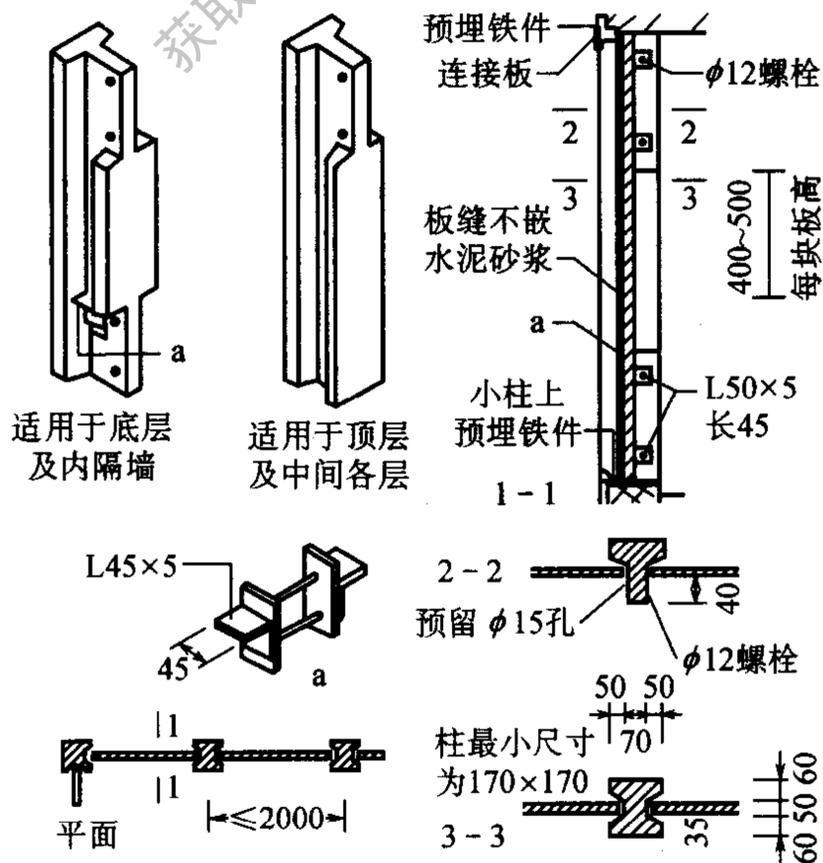


图 6—28 预制钢筋混凝土小柱插板

4. 聚苯乙烯泡沫塑料价格较高,收缩性较大(低温下收缩率约为 1/100),冻融后,颗粒易解体脱落,故只适用于 50 吨以下的小型冷库。

5. 软木性能稳定,价格稍高,是目前墙体较好的块状隔热材料,一般可用 20~30 年不需更换。当软木厚度超过 100 毫米时,必须先立木龙骨(50×100 毫米),然后把软木镶嵌在木龙骨架内。软木外侧做钢丝网水泥砂浆抹面,以防面层裂缝,同时,还可防止老鼠打洞。

块状隔热材料的外墙墙体构造见图 6—29。

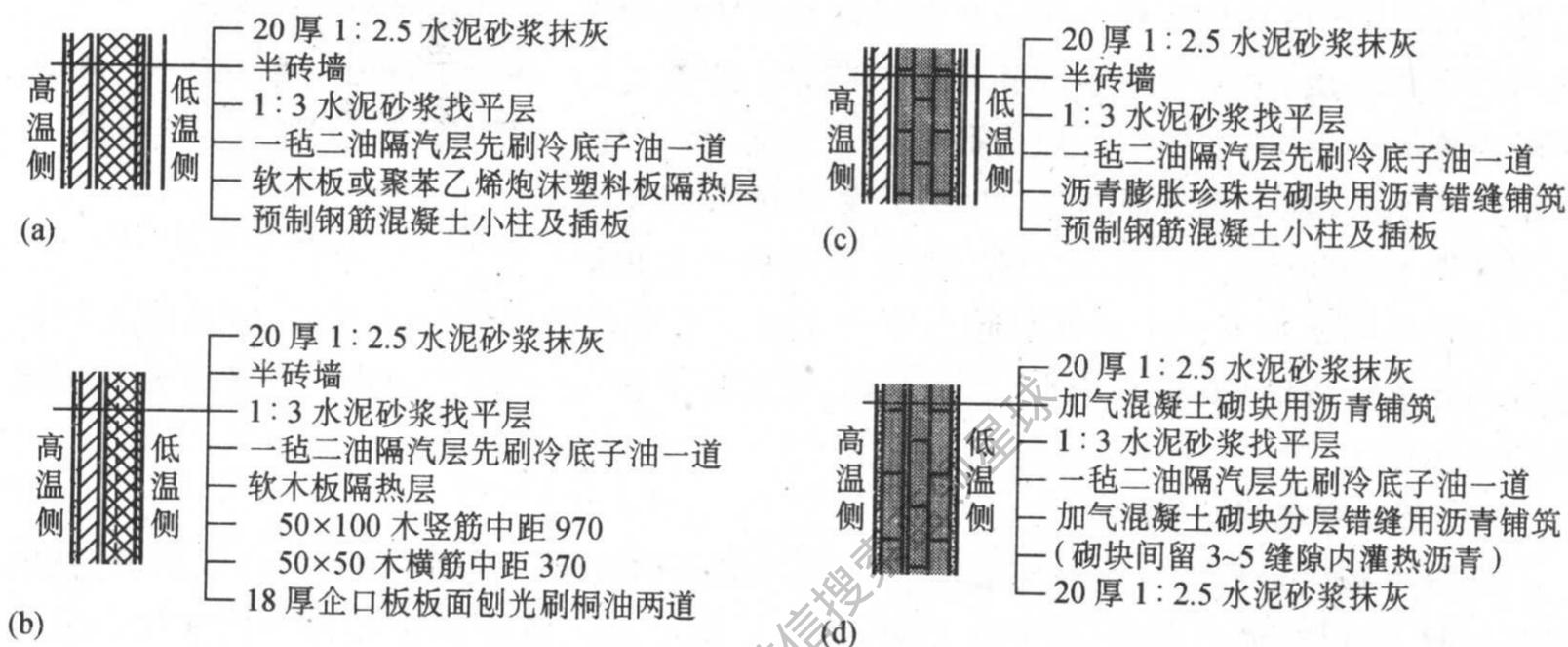


图 6—29 块状隔热材料外墙构造

#### 四、隔热内墙

##### (一) 库温与隔汽层的关系

同温库内隔墙一般不设隔热层,当两侧库房温差  $> 4^{\circ}\text{C}$  时,需设隔热层。不同温库房的分隔,其隔墙除了满足隔热的要求外,还要设隔汽层。如相邻的库房温度比较恒定,则单面设隔汽层(隔汽层设在隔热层的高温侧),如果相邻的库房温度波动较大,则应考虑双面设隔汽层。

##### (二) 隔热材料的选择与更换。

隔热内墙同隔热外墙一样,常用的隔热材料有松散的与块状的两大类。用松散材料充填的隔热层(如稻壳)易产生下沉现象,使隔热墙体上部形成冷桥。在更换稻壳时,因夹层窄,操作不便,往往在更换时把衬墙拆掉。因此,用松散隔热材料作内隔墙是不理想的,而采用块状隔热材料为宜。

##### (三) 防止冷桥

砖砌内隔墙不应直接砌筑在地基土上,而应砌筑在隔热层上面的钢筋混凝土护面层上,以免墙基因冻鼓而被抬起。

在平面布置中,内隔墙往往会被承重柱子断开,这时,在柱子与隔墙的连接部位,隔热材料应连成整体,不能断开,以避免形成冷桥。

## 第四节 地 坪

地坪是建筑物底层的地面。一般冷库的地坪由面层、隔汽防潮层、隔热层、垫层和基层组成。见图 6—30。

基层是地坪的承重层,地坪上的荷载(包括面层、垫层的重量)通过基层传给地基。基层多为素土夯实,若土质不好,可加碎砖和石灰后再夯实。垫层是使地坪上的荷载均匀地传给基层,垫层分为刚性和非刚性两种。刚性垫层一般为混凝土,非刚性垫层一般为砂或碎石等。隔汽防潮层是防止水分(地下水和地坪上的水)因毛细现象和气压作用而渗透到隔热层内,常为二毡三油。隔热层是防止室内的冷量传给地坪下的土壤而引起土壤的冻胀。面层直接承受外部荷载,要求有足够的强度与刚度。同时,要求不透水、不受腐蚀,表面要平整,以利清洁卫生。一般多采用钢筋混凝土面层。

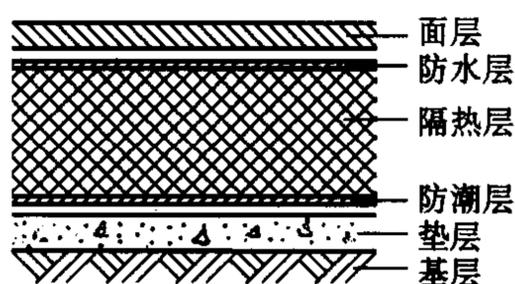


图 6—30 隔热地坪构造

### 一、低温冷藏间地坪

低温冷藏间地坪的最大特点就是存在地坪冻胀的问题。土壤的冻胀,可以把墙、柱的基础抬起,可以把地坪冻鼓,使地面开裂,甚至可以导致建筑物的破坏而不能使用。另一方面,如果地坪的隔热防潮处理因地坪冻鼓而破坏,则造成严重跑冷,又反过来加剧这种冻胀和破坏作用。因此,低温冷藏间的地坪应防止土壤冻胀和作好地坪的隔热防潮。

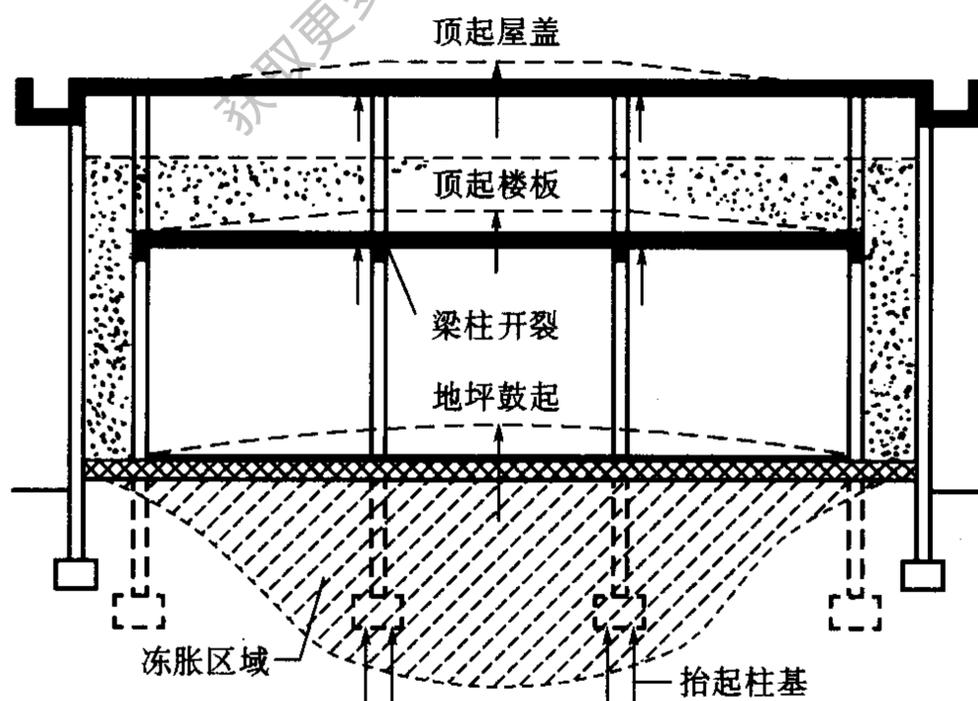


图 6—31 地坪冻胀示意图

### (一) 地坪的防冻

#### 1. 地坪受冻情况

冷库地坪虽然敷设了厚度与库温相适应的隔热层,但并不能完全隔绝热量的传递,只

能降低热量传递的速度。当 $0^{\circ}\text{C}$ 等温线越过隔热层侵入土壤后,便会引起土壤中水分的冻结。低温冷藏库地坪下土壤的冻结情况,一般靠近外墙的冻结深度浅,越深入到库房中间,冻结深度就越深,其冻结范围近似倒置的抛物线形。参见图6—31。同时,冻结深度会随着时间和冷库平面的增大而加深和加宽。当土壤冻结深度超过基础时,它会把基础抬起,造成冷库上部结构的破坏。

土壤的冻结与土壤的结构和地下水位的高低有关。岩石不会冻胀;砂质土因空隙较大,水分易渗入下面的土壤中,而下面土壤中的水分又因毛细管作用弱而很难上升,故这类土壤也不会产生冻胀。但细质土壤如黏土、亚黏土、淤泥等,水分与土壤质点处于融合状态。当 $0^{\circ}\text{C}$ 等温线越过隔热层侵入土壤后,土壤中的水分便冻结。由于冻结土壤周围的水蒸气分压力比尚未冻结的土壤中的水蒸气分压力低,因而促使未冻的水分通过毛细管作用移向已冻结的土壤。于是,土壤越冻越深,越冻越快。最后冻土深度,超过基础的底面,往往会把基础顶起,造成上部结构的破坏。

为了避免可能出现的冻胀,设计前需认真查清库址土壤的结构和地下水的情况作为防冻处理的依据。

平面尺寸宽度在6米范围内的小型冷藏间,因周围有足够的热源补给,可不做防冻处理。

## 2. 地坪防冻的方法

目前,低温冷藏间地坪的防冻有以下几种方法。

### (1) 地下室防冻

将不会引起土壤冻结的高温库布置在低温库的底层。这是目前大中型多层冷库普遍采用的一种方法,适用于地下水位较低的地区。地下室构造简单,只做一般防水处理即可。但在地下水位较高的地区,地下室的防水处理比较复杂,投资大,而且难以保证,不宜采用。参见图6—32。

### (2) 架空防冻

架空层的做法一般是在地坎墙上或墙下梁柱上架设钢筋混凝土楼板。从防止土壤冻结的角度来看,其效果是很好的。但它的造价高,比一般通风管或油管加热的地坪造价高25%左右。

地坪架空分为矮架空(高度在0.8~1.8米之间)和高架空(高度在2.0~2.8米之间)两种。高架空层可作挑选间或普通仓库使用。架空层作挑选间使用时,需设置冷风机,以便在炎热的季节降温 and 防止楼板下面的冷凝水下滴。架空层地坪一般都有排水设施。如图6—33所示。

### (3) 埋设自然通风管道防冻

在地坪下埋设管道(水泥管或缸瓦管)让室外的热空气通过管道对流,以达到保持土

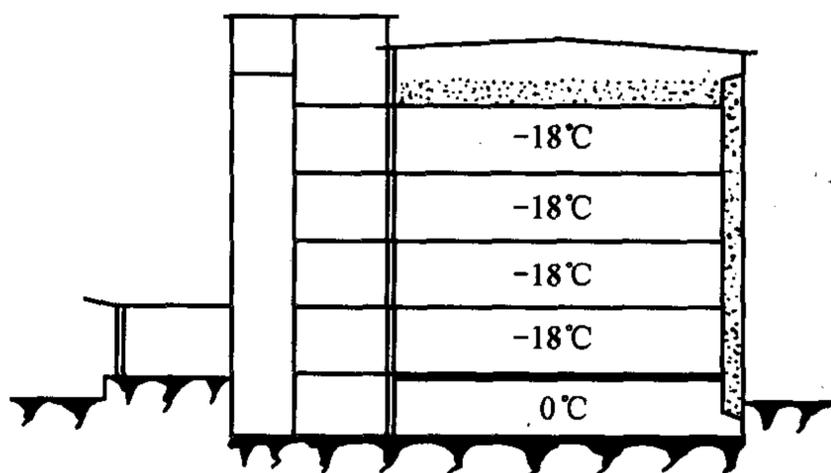


图6—32 地下室高温防冻地坪

壤的正温而不冻结。这种构造形式最为经济,但使用中要防止管道堵塞而失去防冻作用。

选用的管道直径不宜小于 200 毫米,其两端总长不得超过 30 米,管道中心距不得大于 1.2 米,管道内应有分水线和不小于 1/200 的排水坡度以便排水。通风管应与常年主导风向平行。除南方亚热带地区外,在冬季寒冷季节,冷库地下自然通风管的两端要设小门关闭,或用砖块砌墙,以防冷空气进入,待到春暖季节,再把通风管两端打开。在北方严寒地区,由于冬季气温很低,低于 0℃ 以下的季节很长,埋设自然通风管防冻的方法不宜采用。

#### (4) 埋设机械通风管道防冻

用鼓风机把热风送进地坪下的通风管道,达到加热土壤的目的。而且冬天送热风,夏天送自然风。送热风要定时,最好能在地坪内埋设自动测温装置,以能随时了解土壤的温度,做到及时送风。

通风防冻地坪构造见图 6—34。

#### (5) 埋设热油管防冻

利用氨压缩机排气管的热量将油加热,用油泵将油打入地坪内的蛇形钢管内循环流动,对地坪进行加热防冻(也有采用乙二醇不冻液加热的地坪防冻)。这种防冻地坪造价低,防冻性能可靠,易于管理,适用于北方寒冷地区。但施工要求严,油管须经试压合格后

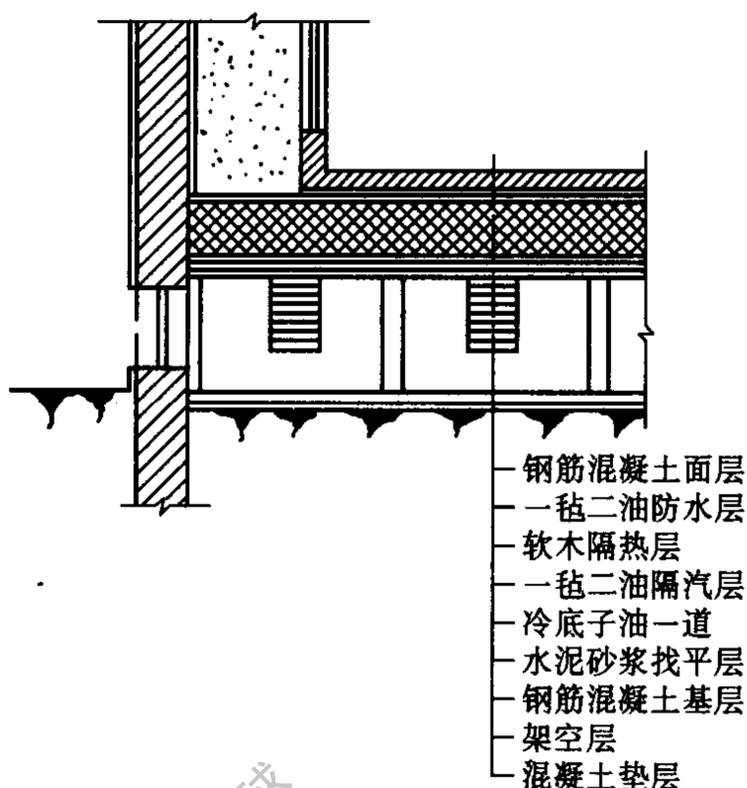


图 6—33 架空防冻地坪

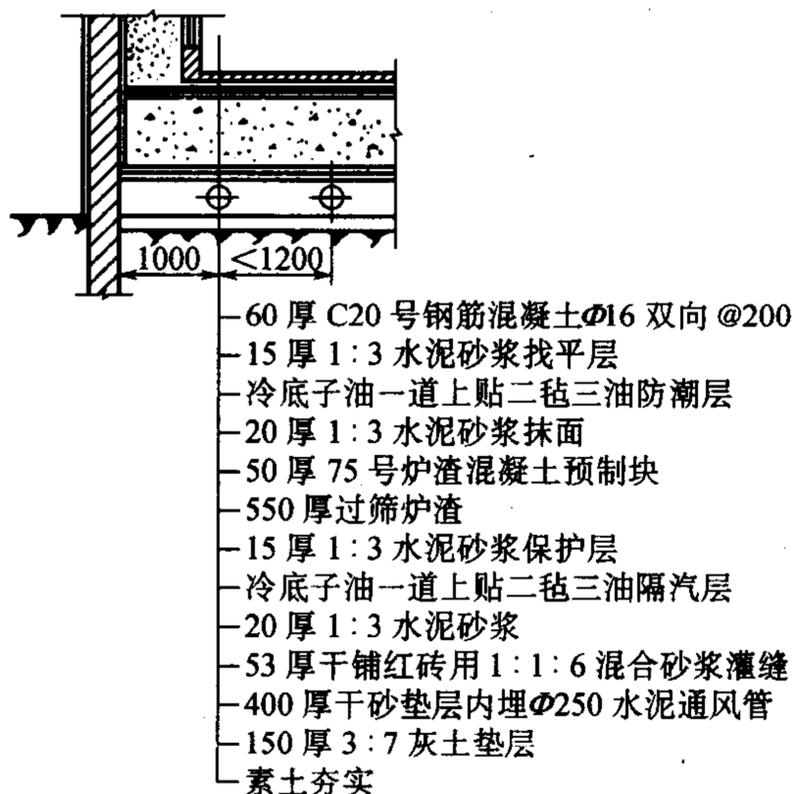


图 6—34 通风管防冻管防冻冻地坪

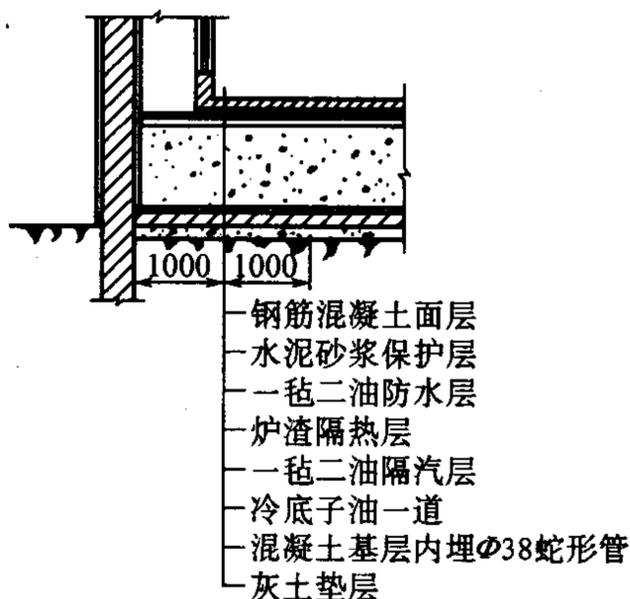


图 6—35 油管加热防冻地坪

方可安装。在土建施工过程中,还应保护油管免受损坏。加热油管的制作、安装与试漏很重要。如果施工不当,造成油管漏油则很难补救。因此,(1)油管必须用新的  $\Phi 38$  毫米无缝钢管制作。不得采用焊接钢管和用过的无缝钢管;(2)无缝钢管应组装成蛇形管,管中心距为 1.2~1.5 米;(3)要确保管道通畅,无杂物堵塞;(4)管道接口要用坡口汽焊,确保每个焊口不漏;(5)管道做好后,用 0.882MPa 水压试漏,用草纸擦看每一个接口,检查有无漏水之处,并要求 24 小时保持水压不降,待排去管内存水后,再用压缩空气吹净管内余留水;(6)试压、试漏完毕后,在加热管道上绑扎满堂散热钢筋网( $\Phi 8$  中~中 250 毫米),用 30 毫米厚混凝土块将管道垫好;(7)在管道和钢筋网上浇灌 100 毫米厚满堂混凝土,要求混凝土把油管和钢筋网上下包裹严密,混凝土须振捣密实,并注意养护。

油管加热地坪见图 6—35。

### (二)地坪的隔汽与防潮

冷库的地坪,既要承受堆货的静荷载,又要承受车辆轮子的动荷载,故要有足够的耐压强度和一定的耐磨能力,同时,还要具备较好的防冻隔热措施。只有这样,才能保证库房的正常使用。地坪的隔热层是否有效又必须靠防潮层来保证,使其内部不受潮结露、保持干燥。地坪的防潮,一是要防止室内地面水分的渗入,二是要防止地表水、地下水的渗入和室外水蒸气的渗透。地坪的隔热层除了具有较好的隔热性能外,还必须有足够的耐压强度以承受冷藏荷载,保证投产后地坪不破坏、不下沉、不开裂。为了避免地坪上的水分向隔热层内渗透和保证隔热层的耐久性,通常在隔热层上做一层 60~80 毫米厚的钢筋混凝土面层,以保护隔热层和防潮层,亦可防止地坪开裂。为防止地坪磨损,可在钢筋混凝土面层内加入铁屑,铁屑加入量为  $4\text{kg}/\text{m}^2$ 。

冷库地坪在施工中极容易起壳裂缝,这是常见而又难以处理的问题,故在施工和设计中必须采取有效的措施加以防止。如清理基层、面层分格、混凝土振捣密实、加强养护等。

### (三)防止冷桥

承重结构柱穿过地坪时,柱子下部需要包隔热层。下水管道等如穿过地坪,其在地坪下的一段距离内的管道也要包隔热层。如图 6—36 所示。

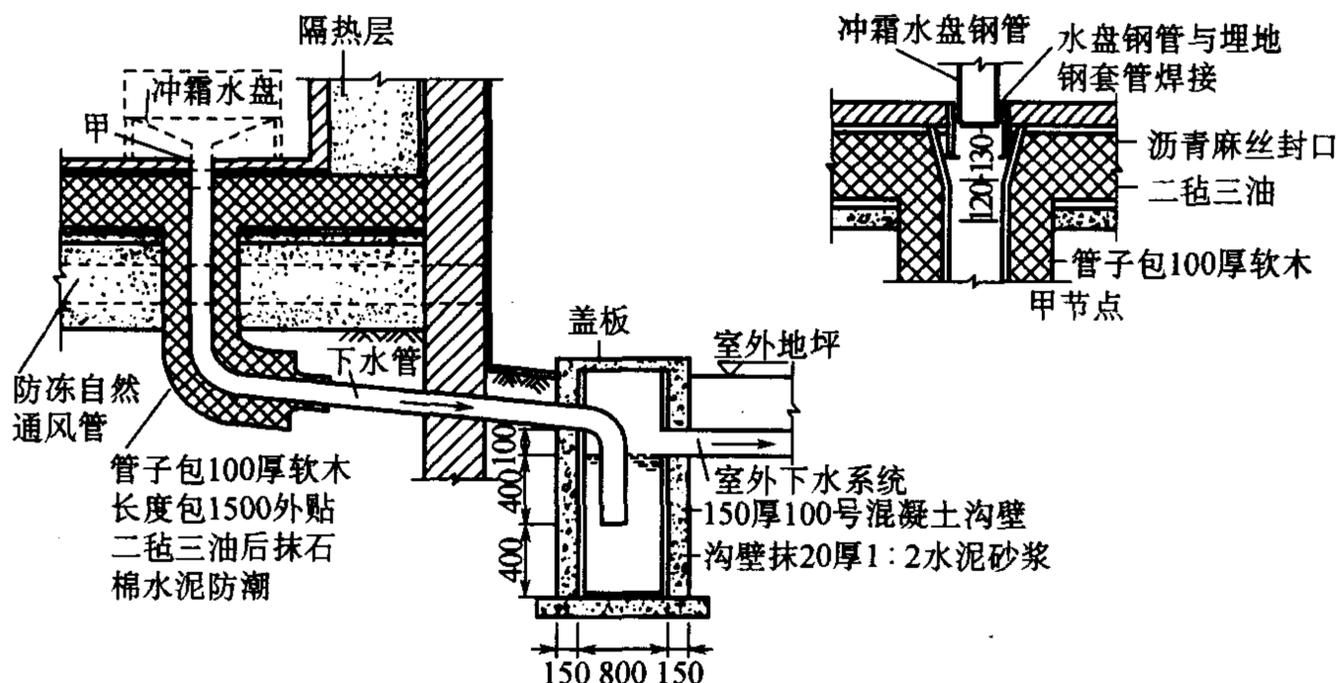


图 6—36 低温库下水管穿地坪构造

## 二、高温冷藏间地坪

高温库系指库温在 $0^{\circ}\text{C}$ 及 $0^{\circ}\text{C}$ 以上的库房。这类库房一般不出现地坪冻胀问题。其地坪一般仅需在靠外墙的局部做隔热层,其余范围内只做普通地坪。参看图6—37及图6—38。

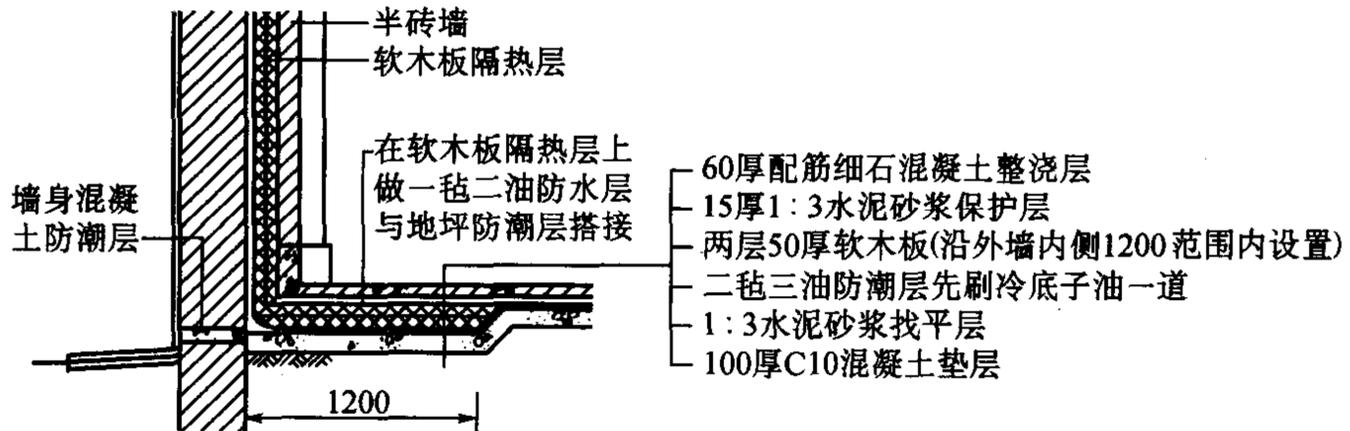


图6—37 地坪做局部隔热层(库温 $3^{\circ}\text{C}$ 及高于 $3^{\circ}\text{C}$ )

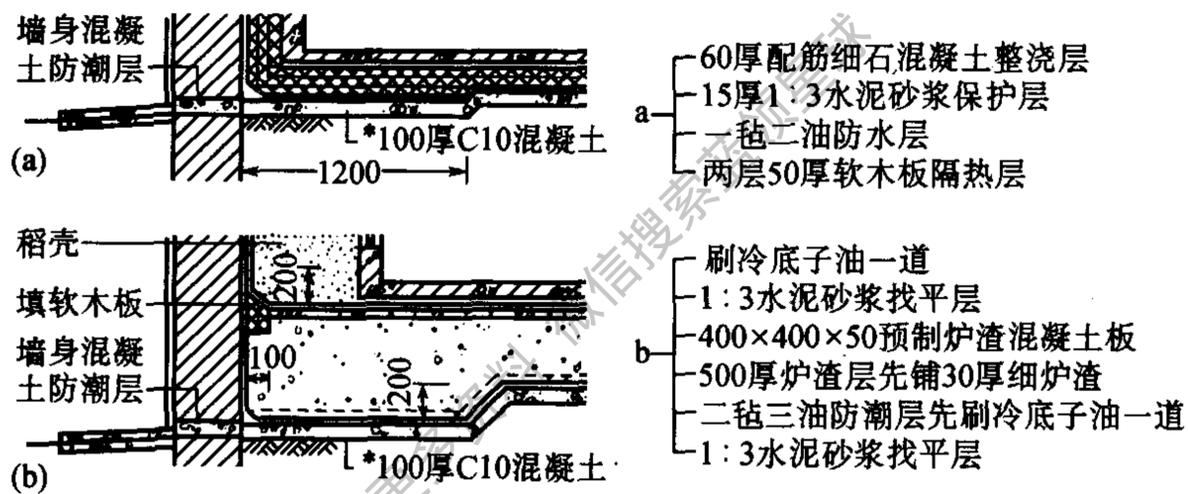


图6—38 在基土上直接做隔热层(库温高于 $-3^{\circ}\text{C}$ ~低于 $3^{\circ}\text{C}$ )

冷风机座下,因温度较低,如果机座不是架空的,而是直接做在地坪上时,则机座下必须做隔热层。近年来,为了节约能源,减少冷量损失,高温库地坪趋向于做满堂的隔热层并在隔热层的上下分别做防水层和隔汽防潮层。

## 第五节 楼 板

### 一、楼板的作用

楼板起着分隔上下房间的作用。它是水平的承重构件,承受楼层的荷载(包括设备、货物、人及楼板自重)并把荷载传给柱子,通过柱子再传到基础。同时,它对外墙起水平支撑作用,帮助墙身以减少因水平风力对墙面产生的挠曲变形。冷库楼板承受的荷载较大,因此要求楼板要有足够的强度和刚度;同时还要求楼板耐磨、不起灰,既能防水,又能防火。

冷库建筑普遍采用钢筋混凝土楼板。它具有强度高、刚度好、耐久、耐火等优点,而且施工方便。根据施工方法的不同,可分为现浇和预制装配式两种。现浇式钢筋混凝土楼

板整体性好,装配式钢筋混凝土楼板能缩短工期,节约模板。

大、中型冷库多采用无梁楼板,小型冷库的楼板和大型冷库的楼梯间、穿堂的楼板一般采用梁式板。

楼板的厚度应按所承受的荷载计算决定。无梁楼板的厚度一般不宜小于柱网长边尺寸的 1/25,也不得小于 120 毫米。

## 二、楼板荷载

冷库楼面使用荷载可按表 6—3 所提出的数值采用。如冷库的楼层高度超过表 6—3 的规定时,可按食品的平均容重与堆放高度的乘积来确定楼面的使用荷载。

表 6—3 冷库楼面使用荷载标准

序号	库房名称	荷载标准 kg/m <sup>2</sup>	序号	库房名称	荷载标准 kg/m <sup>2</sup>
1	设有吊运轨道的冷却间或晾肉间	1000	9	收发货间	1500
2	设有吊运轨道的冻结间	1000	10	穿堂走道	1500
3	不设吊运轨道的冷却间	1500	11	穿堂、走道下的梁及柱	1000
4	不设吊运轨道的冻结间	1500	12	冰库	900h(h 为冰块堆放高度;m)
5	冷却物冷藏间	1500	13	楼梯间	400
6	冻结物冷藏间	2000	14	一般屠宰加工车间	500
7	副产品冷藏间	2000	15	屠宰车间有大型设备的部分楼板	1000
8	次品冷藏间	2000			

注:1.楼层高一般按 4.5m 以内计算;

2.3~11 序号已考虑叉式码 垛机运行荷载;

3.楼面可不考虑间隔墙的荷载;

4.楼面上如有机器或设备,以及楼板下吊有冷却管组时,应根据实际资料计算,(单排顶排管按 100kg/m<sup>2</sup> 折算);

5.楼板下如有吊运轨道时,荷载可按 500kg/m<sup>2</sup> 折算;

6.当计算承重柱子或基础时,可按表列荷载的 80% 计算。

## 三、无梁楼板留洞要求

1.在无梁楼板上留洞时,洞的位置应尽可能集中在楼板区格的中央,不得占柱上板带宽度的一半。同时,洞边距楼板边缘不小于 200 毫米,孔洞之间的距离不应小于孔洞最大尺寸的三倍。

2.在柱帽范围内,一般不准预留孔洞。如管线必须穿过柱帽时,洞的直径不得大于 200 毫米,必须预埋钢套管。

3. 凡孔洞长边大于 1000 毫米时,孔洞周围应加边梁,边梁的惯矩应不小于被切去部分楼板的惯矩,边梁顶面应高出楼板面 150 毫米以上。

#### 四、隔热楼板

在冷库中,上下层同温的库房楼板一般不做隔热处理。如果上下层库房温差大于 4℃ 时,其楼板就要设隔热层。

隔热楼板一般由承重楼板层、防潮隔汽层、隔热层和面层组成。其构造见图 6—39。

##### 1. 承重楼板层

承重楼板层主要是承受楼板的自重及楼层上货物的重量,并把重量传给柱子。一般多为钢筋混凝土无梁楼板,

##### 2. 防潮层

防潮层主要是防止水分和水蒸气侵入隔热层,保护隔热层不受潮。目前一般采用油毡作隔汽防潮层,也可采用高分子防水卷材。

##### 3. 面层

面层的作用是将楼层上的荷载传到承重楼板上,保护隔热层和防潮层不受损坏,同时还要承受机械运输的磨损和碰撞。面层一般为 80~100 毫米厚钢筋混凝土,内放  $\Phi 6 @ 200$  钢筋网,并分格防裂。

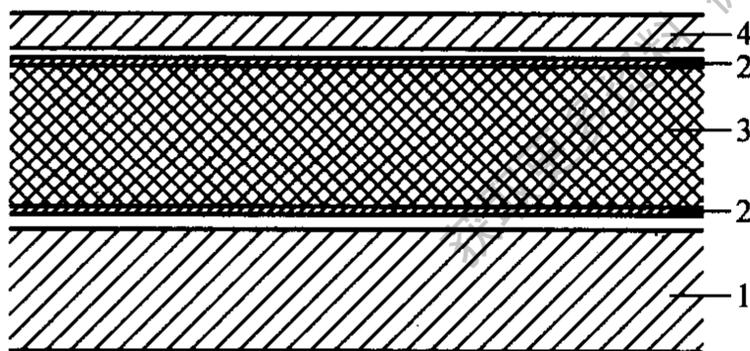


图 6—39 隔热楼板构造

1—钢筋混凝土楼板;2—防潮层;3—隔热层;4—面层

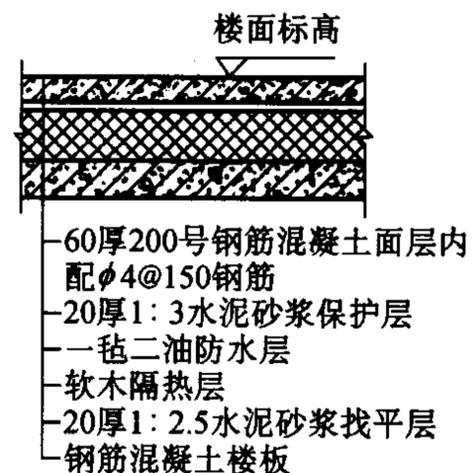


图 6—40 软木隔热楼板构造

##### 4. 隔热层

为了减少库房上下层之间由于温差而引起的热传递,在楼板上设隔热层,隔热层大都直接铺在楼板上。因楼板上存放货物,故隔热层所用隔热材料要有一定的机械强度,一般多采用软木。有时,隔热层也可倒贴在楼板的下部,这时,软木及钢丝网都事前预制好,支在模板上,预埋上吊筋,打在混凝土中,拆模后即成活。

隔热楼板的构造见图 6—40。

软木贴顶隔热楼板也可按以下施工程序施工:

1. 在模板上铺水泥袋纸一层。

2. 在水泥袋纸上铺 15 厚 1:2 钢丝网水泥砂浆,随即铺第一层软木,并将软木压实于水泥砂浆上。

3. 第一层软木施工完毕后,即在其面上整浇一层热沥青,随后用热沥青粘贴第二层及

第二层以上的软木。

4. 在铺最上一层软木前,将楔形木条用热沥青粘牢于软木上,楔形木条中距为 535 毫米(按软木 500 毫米宽考虑),楔形木条穿有  $\phi 6$  钢筋,中距 400 毫米,以便与钢筋混凝土楼板锚固。

5. 铺最上层软木,该层软木与楔形木条接触处要割成斜口,并能卡牢于楔形木条上。

6. 软木隔热层施工完毕后,浇热沥青一层(或贴一毡二油)并压入一层豆石,沥青冷却后,清除浮离豆石;即可绑钢筋浇灌混凝土。

7. 拆除模板,清除水泥袋纸。

软木贴顶隔热楼板构造见图 6—41。

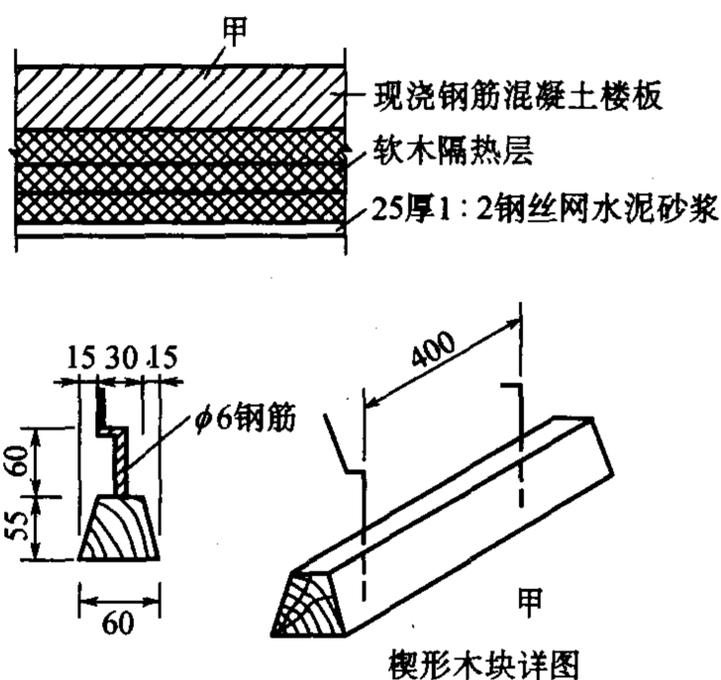


图 6—41 软木隔热贴顶构造

## 第六节 屋 顶

### 一、屋盖的作用和形式

#### (一)屋盖的作用

屋盖(屋顶)和外墙组成了冷库的外围护结构,起防止雨、雪、风、侵袭和保温隔热作用。屋顶除承受本身自重外,还承受施工和检修、风、雪等荷载。

#### (二)对屋盖的要求

为了保证冷库的安全生产,屋盖应当满足下列要求:

1. 结构坚固耐久,自重要轻。
2. 耐久、防水,能长期抵抗自然侵蚀。
3. 结构简单,施工维修方便。
4. 就地取材,造价经济。
5. 有良好的隔热性能。
6. 排水良好,不渗不漏。
7. 造型美观。

#### (三)屋盖形式

冷库常用的屋顶形式有平屋顶和斜屋顶两种,大中型冷库多采用钢筋混凝土平屋顶,小型冷库可采用斜屋顶。斜屋顶一般采用机制黏土瓦、石棉瓦等,这些材料防水性能差,所以要求屋面坡度大,一般为  $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$  左右。

平屋顶一般用钢筋混凝土做成。根据防水材料不同,可分为刚性防水屋面和柔性防水屋面;刚性防水屋面用细石混凝土、防水砂浆等刚性防水材料为屋面的防水层。柔性屋面用沥青、油毡、高分子防水卷材等柔性防水材料作为屋面的防水层。

刚性防水屋面比柔性防水屋面施工简单,但它对地基的不均匀沉降、房屋构件的变形、温度变化等非常敏感,易产生裂缝而渗水。柔性防水屋面则对地基沉降、温度变化的适应性较好,防水性能也较好,但施工、维修都比较麻烦。冷库建筑中,一般都采用柔性防水屋面。

## 二、冷库屋盖的隔热构造

小型冷库一般采用斜屋盖,它的隔热层设在天棚之上。大中型冷库采用平屋盖,其隔热构造可分为两类:一是将屋面的防水构造与隔热层、隔汽防潮层站合起来做在一起,如普通的保温屋盖构造,称之为“整体式隔热屋盖”,另一类是将二者分开,上面是普通的防水屋面,下面做一阁楼层,在阁楼层楼板面上铺设隔热材料(如稻壳),称为“阁楼式隔热屋盖”。阁楼式隔热屋盖能在封顶断水后进行隔热层施工,确保隔热材料不被雨淋,其优点是十分明显的,故普遍使用。

### (一)整体式隔热屋盖

根据隔热层的铺设位置,这种屋盖构造可分为上铺法与下贴法两种,如图 6—42 所示。

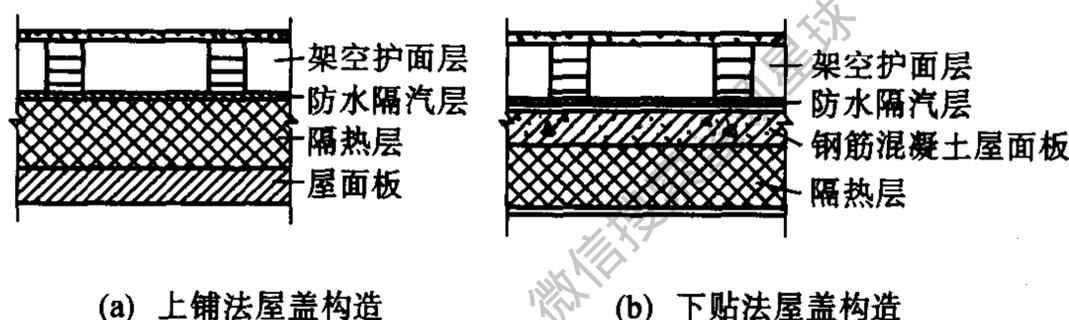


图 6—42 整体式隔热屋盖构造

#### 1. 上铺法

这种构造就是在钢筋混凝土屋面板上直接铺筑隔热材料。其优点是施工简单方便,对隔热材料的品种要求不严,软木、泡沫、混凝土等皆可。其缺点是:(1)防水隔汽层实际上是护面层,极易损坏老化;(2)隔热层受潮不易检查,一旦发现受潮,翻修工程量大;(3)屋顶与墙身交接处产生的冷桥不易处理,易产生屋盖结构局部冻融损坏现象;(4)施工时,要有防雨设施。这种构造作法目前已不采用。

#### 2. 下贴法

这种构造就是在钢筋混凝土屋面板底面粘贴隔热层。其优点是:(1)屋面油毡层和钢筋混凝土屋面板共同组成防水隔汽层,所以它的蒸汽渗透阻大,对保护隔热材料的干燥有利;(2)屋盖的隔热层与外墙的隔热层易连成整体,避免冷桥;(3)隔热材料损坏容易检查,翻修隔热材料时,不影响屋盖上部构造。

这种做法的缺点就是施工困难,对隔热材料的品种要求较高,宜用质轻且隔热性能好的材料如软木、泡沫塑料等,因而造价也相应增高。

这种屋面做法仅适用于小型冷库。

### (二)阁楼式隔热屋盖

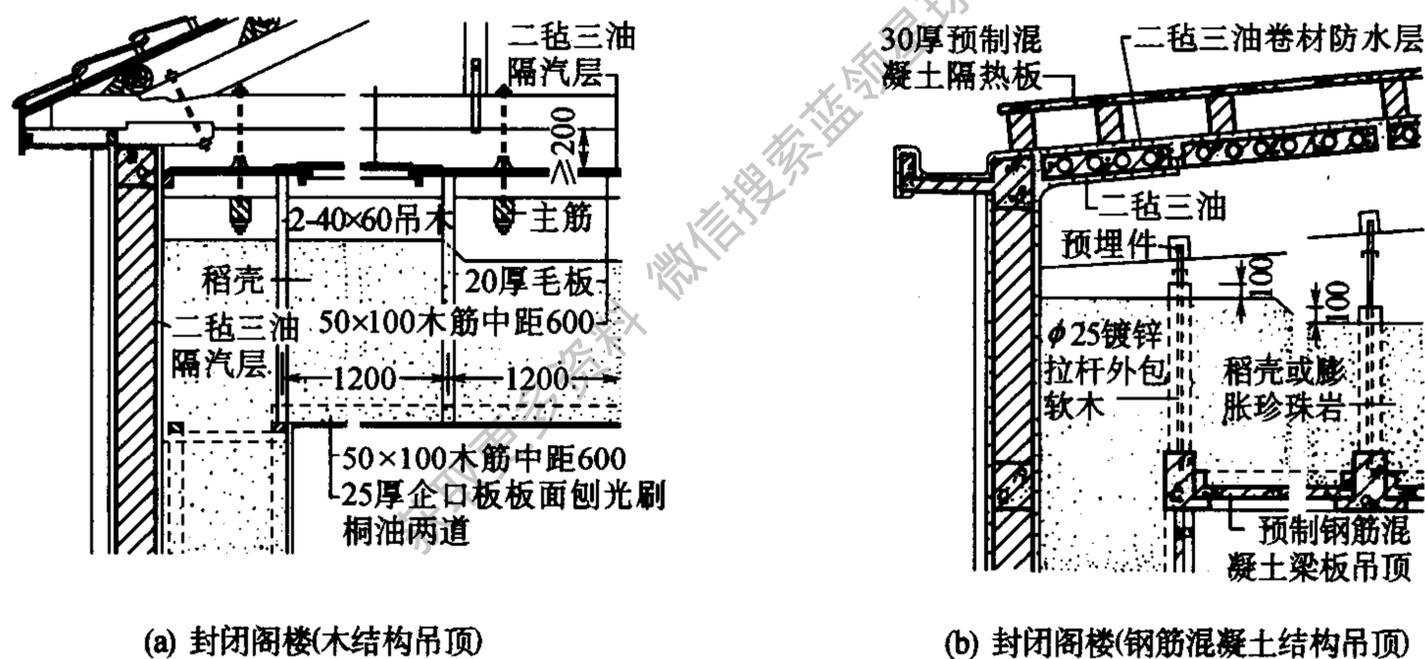
阁楼式屋盖是目前冷库普遍采用的一种形式。它的优点是:(1)可以采用价格便宜的

隔热材料,如稻壳等;(2)阁楼内有较大空间,便于铺设、更换或翻晒隔热材料层;(3)便于检查屋顶渗漏,可以随时查出漏雨之处,哪里漏就随时修哪里;(4)便于检查、填充或翻修外墙部分的隔热材料层;(5)最大优点是在施工过程中毋须防雨设施并可提前“断水”(指屋面雨水),在无水的环境中进行库房隔热、隔汽工程的施工,这对冷库隔热层的效果提供了确实可靠的保证,因此,经过多年的实践,现已被广泛采用。

根据阁楼对外的密闭程度可分为三种,即:封闭式阁楼、半封闭式(混合式)阁楼和敞开式(通风式)阁楼。

### 1. 封闭式阁楼

封闭式阁楼是用隔汽层把阁楼封闭起来,仅设密闭采光窗(也可不设窗)和密闭门,使阁楼不能通风,以杜绝外界水蒸气的渗入。如图 6—43 所示。这种做法,由于施工及使用的实际情况,又加之阁楼的面积比较大,要做到整个阁楼空间的完全密闭是不可能的。因此,这种阁楼中的隔热材料往往受潮严重。同时,阁楼层内不通风,温度高,装换隔热材料时,工作条件差。



(a) 封闭阁楼(木结构吊顶)

(b) 封闭阁楼(钢筋混凝土结构吊顶)

图 6—43 封闭式阁楼

### 2. 半封闭式阁楼

半封闭式阁楼是在阁楼外墙开设玻璃窗,使阁楼层上部的空间可以通风对流,在隔热层的上表面整个铺设隔汽防潮层密闭。如图 6—44 所示。这种阁楼由于其上部空间开敞,能对流通风,在夏季可降低阁楼内的温度,从而减少阁楼层与库房的温差,减小耗冷量。同时,水蒸气也难于向隔热层内部渗透。这种阁楼如果设计施工得当,效果是好的。但当阁楼上部是松散隔热材料时,在其上部敷设隔汽层很困难。一般做法是用塑料薄膜在外墙顶部设置一道隔汽带,另外再在稻壳层 700 毫米厚处设塑料薄膜隔汽层,面上再铺 200 毫米厚稻壳作塑料薄膜的保护层。但大面积密铺塑料薄膜很不容易。另一种做法是在稻壳上面铺木板贴油毡,把稻壳封闭起来,稻壳可经久不潮,但用木材多,不宜普及。

### 3. 敞开式阁楼

敞开式阁楼仅在墙身与阁楼交接处设置隔汽带(即密闭带),使水蒸气不能进入墙身隔热层内,其余地方均为开敞通风。如图 6—45 所示。

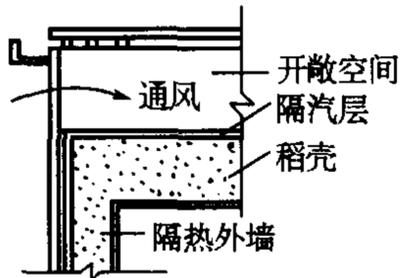


图 6—44 半封闭式阁楼构造示意

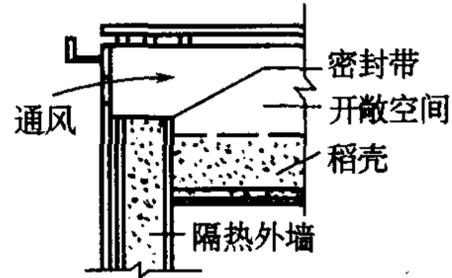


图 6—45 敞开式阁楼构造示意

这种形式是从半封闭式阁楼发展而来,吸收了其优点,避其缺点。如果阁楼是整体式钢筋混凝土楼板面,它的蒸汽渗透阻很大,水蒸气不能进入库内。这时,板面上的稻壳受潮是很轻微的。即使时间长了,由于水分凝结而受潮,也可将受潮的稻壳从底部翻到上面,使其在自然通风作用下自然干燥,实践证明,这是个简易可行且经济节约的办法。使用时,阁楼层的通风窗要充分考虑到防止风雨,绝不能让雨水飘进阁楼隔热层中去。通过调查证明,只要把阁楼稻壳层加厚到 1.2 米,即使日久稻壳下层结了冰霜,由于冰霜到一定厚度就不再增厚,那就毋须更换稻壳。因此,目前有少数新建冷库的阁楼不再铺设防汽层,只把稻壳加厚到 1.2 米,这就大大简化了施工的复杂性。这种加厚稻壳不设隔汽层的阁楼做法有待实践的进一步检验。

### 三、屋面架空层

夏季屋面受太阳照射,温度高,使屋盖受热膨胀,檐口易产生裂缝,同时,还会使阁楼内温度升高,增加库房的耗冷量。为了减少屋面热传导的影响,可采取架空通风屋面的措施。架空层做法是:在屋面上做一砖墩,上放混凝土预制板。层间高度视屋面的宽度和坡度而定。当屋面宽度小于 7 米时,以 120~180 毫米高为宜,屋面宽度大于 7 米时,高度宜稍大,可采用 240 毫米。

不论是哪一种构造形式,屋盖的顶面都应设置架空层。这种架空层能使屋面油毡少受日晒雨淋和冰雪侵蚀,防止油毡老化,延长使用寿命。同时,也降低了阁楼层内的温度。这对减少库房的耗冷量,减少屋面板因温度伸缩,都是有利的。

### 四、冷库屋盖檐口处理

承受屋顶结构的外墙,由于大面积钢筋混凝土屋盖的胀缩,引起外墙顶部裂缝,防止的措施是使外墙与屋盖脱开。

冷库屋盖与外墙脱开后,为了解决墙身的稳定,须在墙内设钢筋混凝土立柱与上下圈梁连在一起,构成钢筋混凝土框架结构。钢筋混凝土立柱间距:有檐沟者按冷库柱距的 1/2 设置,无檐沟者同库内柱距。为了保证立柱间填充墙的稳定,应沿立柱竖向每 500 毫米设 2 $\phi$ 6 拉结钢筋,拉结钢筋伸出立柱两侧各不小于 500 毫米与填充墙拉结。冷库顶层外墙与屋盖构造详见图 6—46。

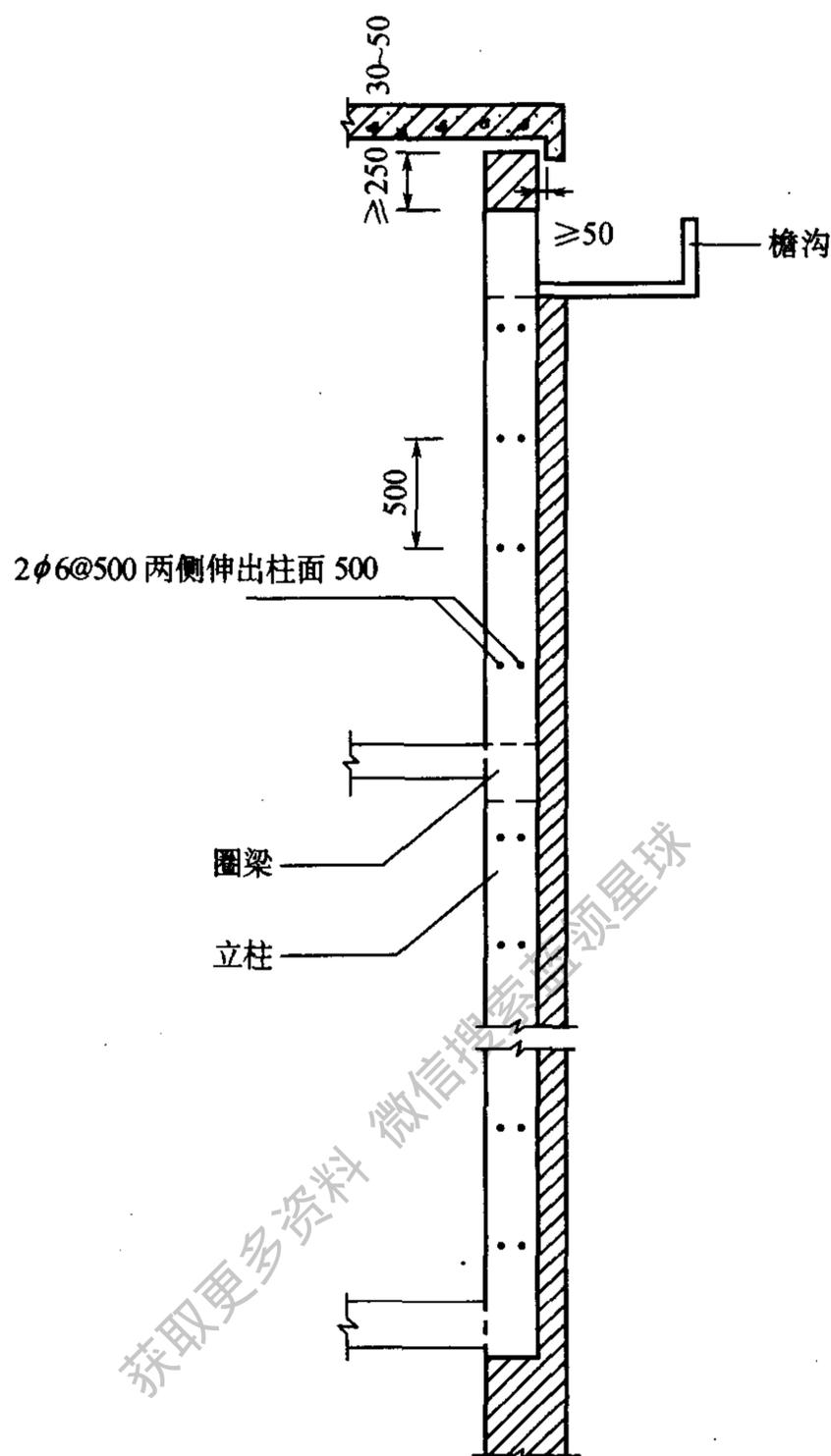


图 6—46 冷库顶屋外墙与屋盖构造

## 第七节 冷 库 门

冷库门与普通门的不同之处就是冷库门是一个可活动启闭的隔热围护结构。冷库门是库房货物进出的咽喉,库门、门洞及周围的墙壁、地面等是整个围护结构中最薄弱和受冲击最多的地方。因此,冷库门设计和管理的好坏,直接影响到整个冷库的使用年限和冷藏食品的质量。

### 一、对冷库门的要求

#### (一)隔热性能好

1. 门扇隔热层要有足够的厚度;
2. 门扇与门框的接缝严密,不跑冷,不结冰;
3. 尽量采用单扇门(双扇门关闭不如单扇门严,易跑冷);

#### 4. 采用外贴式门扇。

##### (二) 坚固耐用

手推车或电瓶车进出库房输送货物时,经常会与门框碰撞,因此,冷库门要在一定程度上能经得起这些碰撞。最好加设护板、栏杆、防撞柱等以做防护。

##### (三) 轻便灵活

冷库门扇的尺度较大,并且易产生冰霜凝结,如过于笨重,开启将不方便。因此,门扇本身要用高强质轻的材料制作,其门碰锁、门轴、铰链等也要灵活轻便。

##### (四) 防止门扇与门框冻结

为了防止门扇与门框的接缝冻结,可在门扇周边或门框四周装设低压(36伏)电热丝加热装置。

##### (五) 门洞尺度应符合生产使用要求

门洞尺度应根据库房贮存货物和运输方式而选用,以满足生产使用要求。门洞尺寸选用可参考表 6—4。

表 6—4 门洞尺寸选用表

门扇名称	小型冷藏门	中型冷藏门	大型冷藏门	冻结间门	
适用条件	冰库、小型冷库使用	通行手推车使用	通行电瓶铲用	通行吊运轨道库药用	
墙体洞口 ( $B \times H$ )	1200 × 2100	1500 × 2100	1800 × 2400	1500 × 2700	
门洞净空 ( $b \times h'$ )	900 × 1950	1200 × 1950	1500 × 2250	1200 × 2500	
门扇规格 ( $b \times h$ )	1050 × 2000	1350 × 2000	1650 × 2300	大门扇	1350 × 2000
				小门扇	400 × 580

注:本表摘自全国通用工业厂房建筑配件标准图集[J641(一)]《冷藏库门》

冷库门立面图见图 6—47 及 6—48 所示。图 6—48 为带自动接断吊轨小门示意图。

## 二、冷库门形式

### (一) 嵌入式冷库门

门扇嵌入门洞内,如图 6—49 所示。

如果门扇、门框制作准确,骨架材料又不变形时,其密闭性能将是很好的,但实际的情况往往不是这样,因为:

1. 门扇制作的尺寸不可能非常准确,制作、安装的误差与材料的变形(主要是木材)难以避免。

2. 使用时间长了,门扇受潮变形,门扇与门框的接缝有松有紧,加上缝隙中易结冰,使得门扇的开启有时很吃力。

3. 此种冷库门不论门框门扇构造均较复杂。

由于嵌入式冷库门存在以上缺点,故目前已不采用。

### (二) 外贴式冷库门

门扇贴于门框的外侧,如图 6—50 所示。

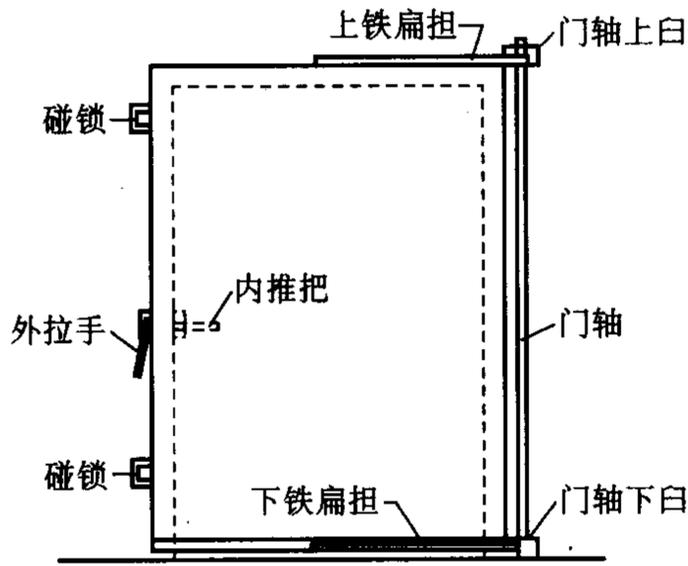


图 6—47 冷库门立面图

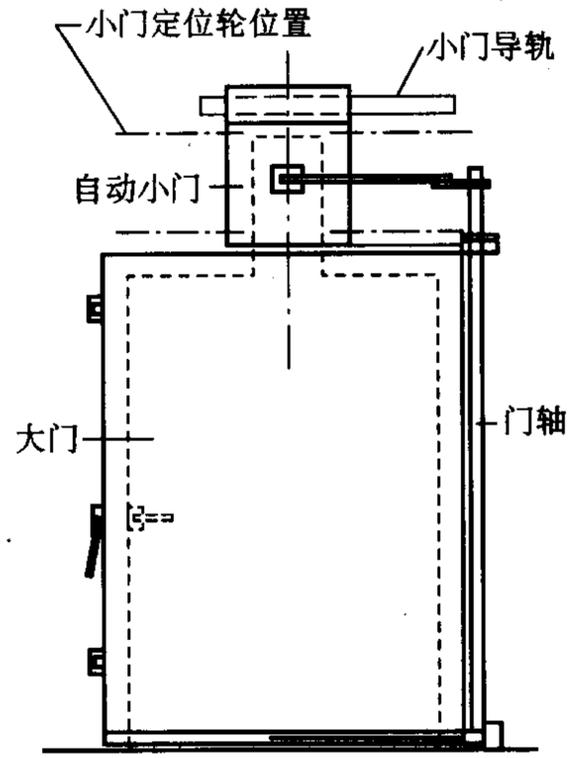


图 6—48 自动小门与大门组合示意



图 6—49 嵌入式冷库门示意图



图 6—50 外贴式冷库门示意图

1. 外贴式冷库门避免了嵌入式门的缺点,门框与门扇的几何尺寸稍有变形对使用影响不大。如果密闭条性能良好,压紧装置有效,其密闭性能是良好的。
2. 门框门扇的外形简单,制作安装方便,还可做成多种开启形式(如:平开、推拉,电动等)。
3. 门扇与门框的接缝处加设了低电压电热丝就不会结冰。如图 6—51 所示。

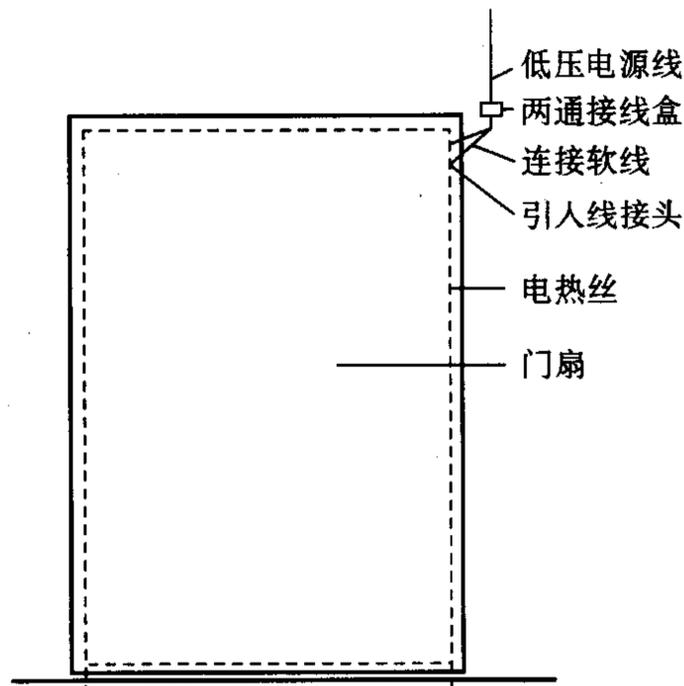


图 6—51 冷库门电热丝的布置

### 三、冷库门构造

冷库门一般由门樘(门框)、门扇、门五金组成。

#### (一)门樘

门樘是由毛樘、净樘和筒子板组成。毛樘与墙相接,作为承重,净樘上安装门五金和门扇,筒子板保护隔热材料。

#### (二)门扇

门扇由骨架、隔热层、面层和电热丝、橡胶密封条等组成。骨架可用方木或型钢(角钢)加方木等制作。隔热层宜采用轻质隔热材料,以减轻门扇重量,一般采用聚苯乙烯泡沫塑料或聚氨酯泡沫塑料。为防止隔热材料受潮,可用塑料薄膜热焊密封包裹。面层一般采用 20 毫米厚钢板(木门扇)或 1.2~1.5 毫米厚钢板(钢木混合骨架门扇)。

#### (三)门五金

根据冷库门开启方式不同,所用门五金也不一样。

1. 门轴式冷库门门扇与门樘用门轴连接,所用门五金有:门轴及铁扁担、外拉手、内推把、碰锁等。

2. 铰链式冷库门门扇与门樘用铰链连接,所用门五金有:拉手、铰链等。这种门仅用于小型冷库。

### 四、冷库门的选用、安装与管理

许多冷库的冷库门在使用中都存在不少问题,主要由于设计、施工、安装与使用管理方面不当而引起。为确保冷库门的质量,必须选用构造合理的冷库门,注意制作,安装质量,提高使用管理水平。

第一,国家标准图集《冷藏库门》(J64J(一)、(二))是总结了多年来冷库门经验而编制的,目前已被广泛采用。在使用电动铲车的大型冷库的冷库门可选用国家标准图集《电动冷藏门》(J653)。

第二,制作冷库门时,门框与门扇要配套制作,并按图纸要求注意平整度,使其不变形。安装时,应注意门框与门扇的垂直度,门框与门扇之间的四周间隙要求适当、均匀一致。五金件要细致调整。

第三,冷库门必须有专人定时检查,如有损坏,及时修理。

### 五、空气幕

由于货物的进出,冷库门的开启十分频繁,当冷库门打开时,库温受到一定的影响,库内外的冷热空气就会在门洞的周围进行剧烈的交换,产生大量的雾气,门洞周围的墙壁、地面、天棚等处易出现结露滴水、结霜、结冰等现象。经多次反复冻融循环,冷库门周围的建筑构造极易损坏,同时还会影响食品冷藏质量。为了防止热空气从门洞进入库内,须在门上装设空气幕。空气幕必须适应不同的门高和不同的库内外温差,随时调整射流角度和风速、风量。

目前,冷库常用冷通 751 型空气幕。见图 6—52。其规格及喷口倾斜角安装要求见表 6—5,表 6—6。

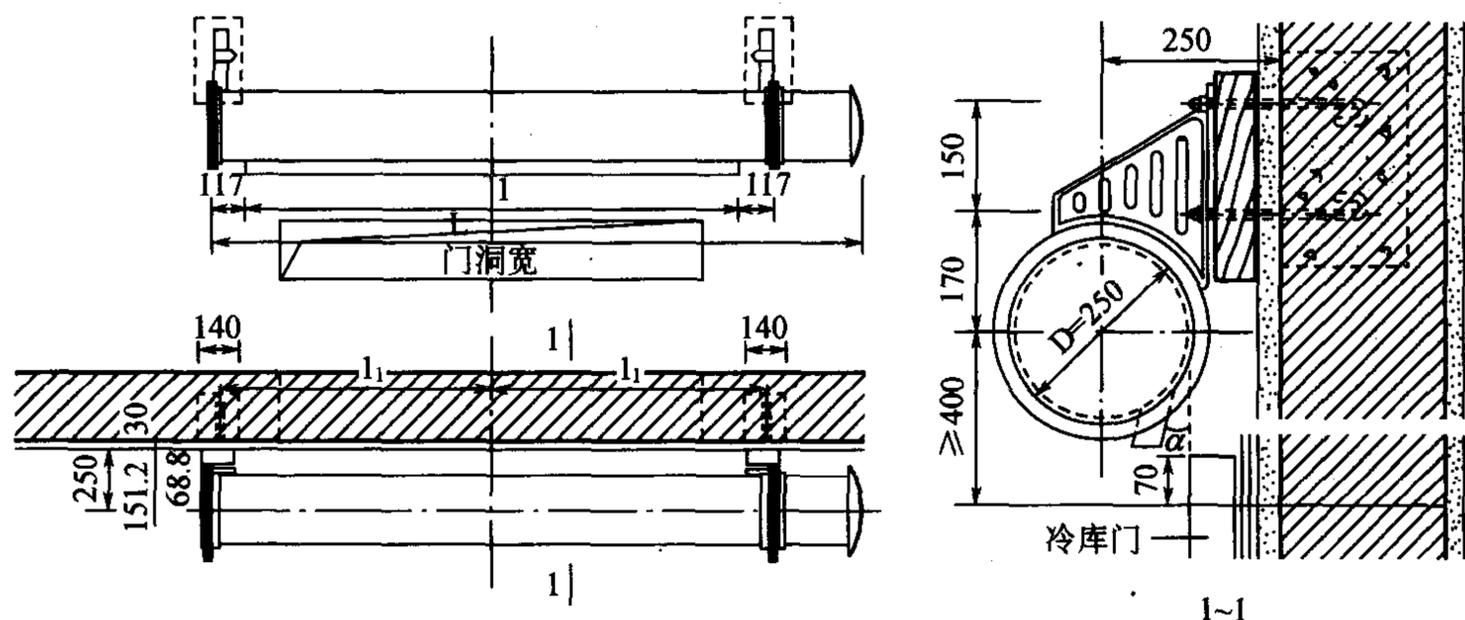


图 6—52 空气幕安装示意

表 6—5

冷通 751 冷库用空气幕规格表

型 号	DSY—125	DSY—150	DSY—175
门洞净宽(B)	1000	1200	1500
喷口长度(l)	1250	1500	1750
空气幕总长(L)	1620	1870	2120
顶埋螺栓位置(l) <sub>1</sub>	602	727	852

表 6—6

空气幕喷口倾斜角安装要求

门洞净高 H(m)	库内外温差 $\Delta t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	喷口倾斜角 $\alpha_0$ (度)
2m 左右	15—30	15
	30—45	20
	45—60	25
2.3—2.5	15—35	15
	35—60	20

## 第八节 冷桥及其处理

在冷库围护结构隔热层中,有比隔热材料的热导率大得多的构件,如砖墙、梁、板、柱和管道及其吊卡支架等穿过或嵌入其中,使隔热构造形成缺口、不严密的薄弱环节等,热量将从这些缺口或薄弱的地方由库外传入库内,习惯上称之为“冷桥”(从严格的热工学观点应当称为“热桥”)。

冷桥在构造上破坏了隔热层和隔汽层的完整性与严密性,容易使隔热材料受潮失效。墙、柱所形成的冷桥可以使地下土壤冻胀,危及建筑结构的安全。暴露在空气中的冷桥往往在其表面产生凝结水和冰霜,经冻融循环,影响冷库的使用和安全。所以对冷桥必须引起高度重视。在设计工作中,应避免形成冷桥。对于将要形成冷桥的构件、管道等必须采

取适当的技术措施,以免造成工程质量隐患。通常说的包冷桥就是用热导率小的块状隔热材料如软木板、泡沫塑料板等对将要形成冷桥的构件或管道等加以包裹,增大其热阻,以免造成危害。

以下介绍几种处理冷桥的原则及注意事项。

### 一、墙体

冷库围护结构隔热层的内衬墙及分隔冷间的内墙不允许穿过地坪的隔热层而通入地坪下的土壤中,内隔墙的墙身不允许穿过外墙隔热层而与外墙相连。图 6—53 及 6—54 为内衬墙与楼板和地坪的接头处理。

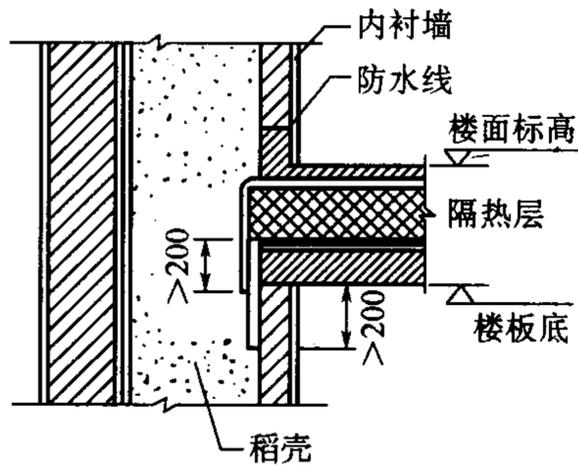


图 6—53 内衬墙与横板接头

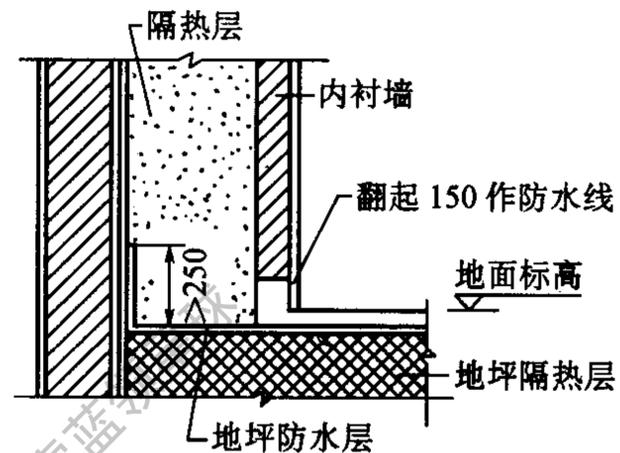


图 6—54 内衬墙与地坪接头

内隔墙的隔热层应与外墙、地坪的隔热层相连接,不应被柱子或墙身截断。库房上面的梁、板如果是连续的,应将内隔墙的隔热层在库温较低的一侧转弯延伸至梁、板 1.2 ~ 1.5 米的宽度。以减少水蒸气的渗透,保持隔热层的干燥。图 6—55 为内隔墙与楼(地)面的接头处理,图 6—56 为内隔墙与楼板底接头处理。

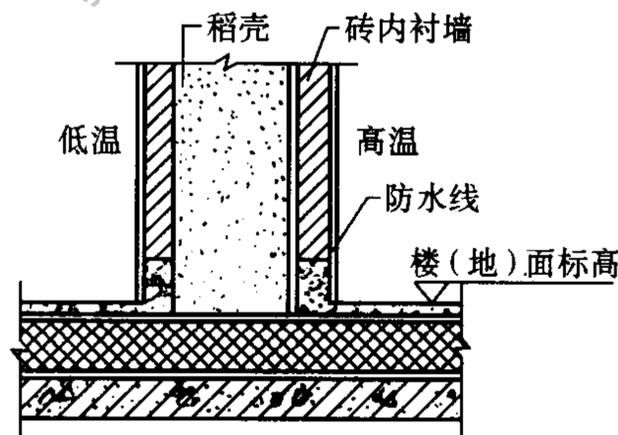


图 6—55 内墙与楼(地)面接头

### 二、冷库门门洞

冷库门门洞口的内衬墙和外围护墙体不允许连通。如图 6—57 所示。门洞上内衬墙和外围护墙体的过梁应分别设置并且分开,不允许从里到外的整体式过梁。当冷库门直接朝向常温穿堂或站台时,库房地坪的钢筋混凝土护面层与常温穿堂或站台地坪应在冷库门洞口处用硬木板断开,地坪的隔热层及防潮层应延伸到冷库门以外 1.0 米。冷库门

洞顶及门洞底构造见图 6—58。

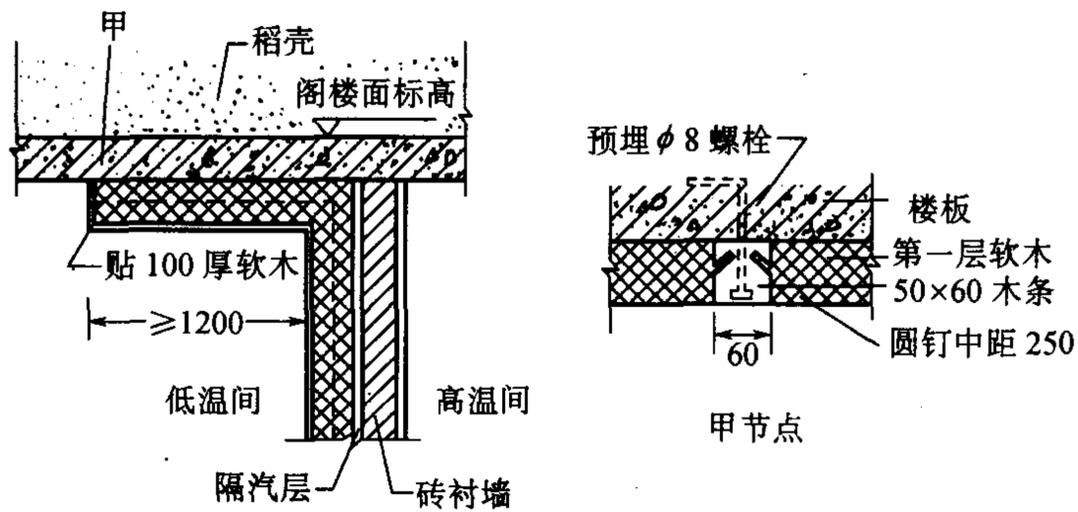


图 6—56 内隔墙与阁楼板底接头

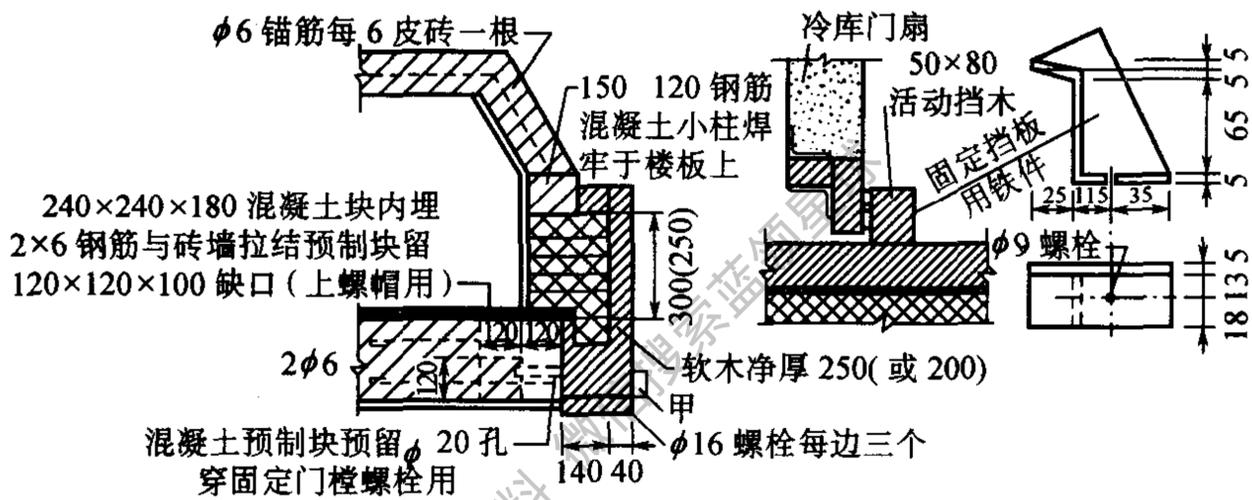


图 6—57 门洞侧壁构造

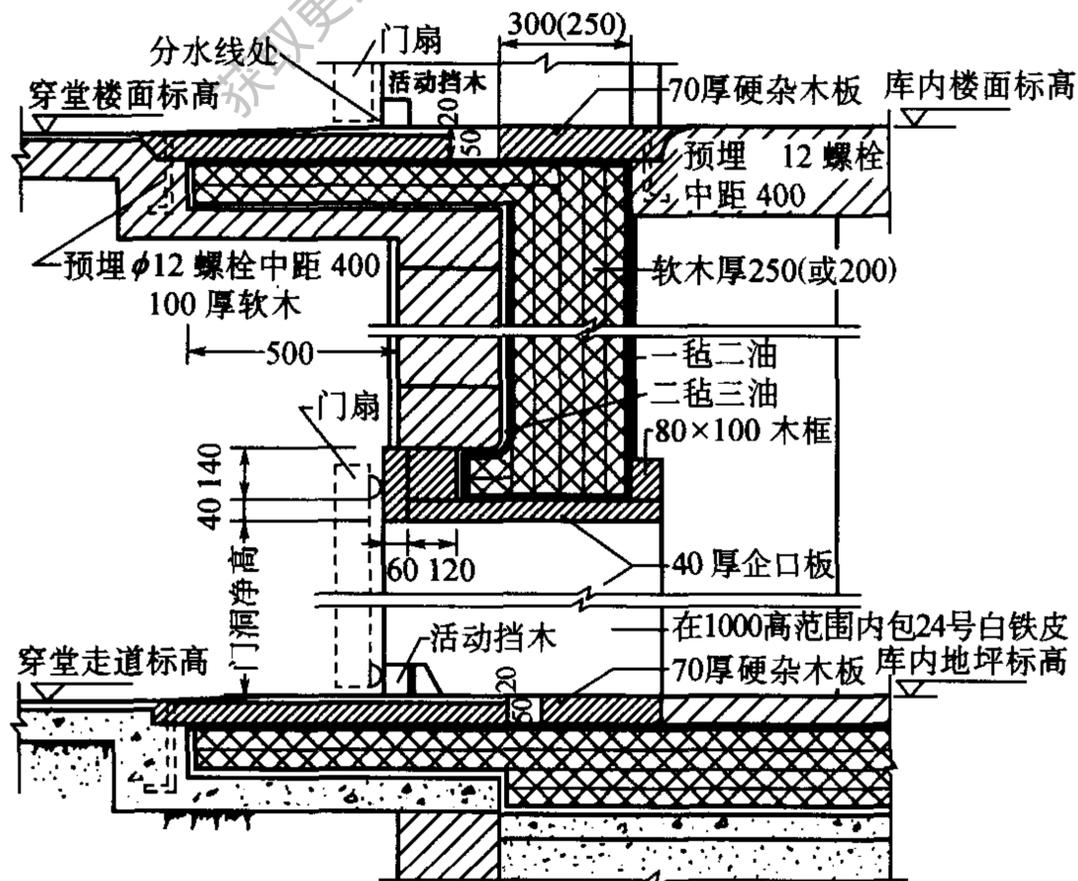


图 6—58 冷库门门洞顶及洞底构造

### 三、柱

穿过隔热层的柱子应做冷桥处理。穿过地坪隔热层的柱子,应从地坪隔热层以下的防潮隔汽层表面开始,用块状隔热材料四面严密包裹(包裹高度从地坪算起 1.2~1.5 米,如果用软木,厚度为 100~150 毫米)。包这种柱子应将隔汽层贴在混凝土柱的表面,然后再贴隔热层。隔热层外面要做钢丝网水泥抹面,四角用 40×40 角钢护角,并用扁铁拉结。如图 6—59 所示。

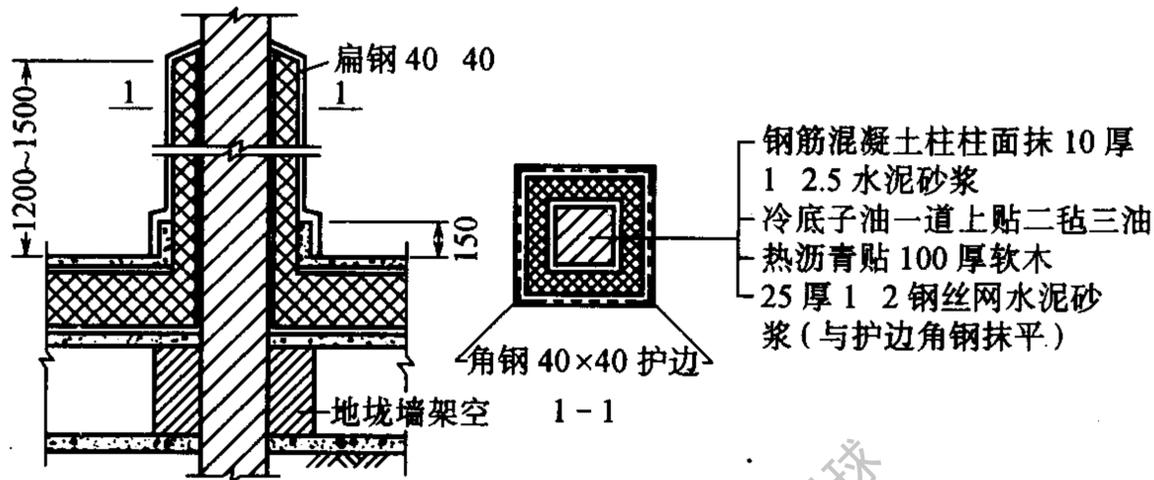


图 6—59 柱子穿地坪构造

穿过阁楼层的柱子,应从阁楼层板板面开始用软木板或泡沫塑料板等包覆。最后用沥青油毡密闭隔汽。如图 6—60 所示。

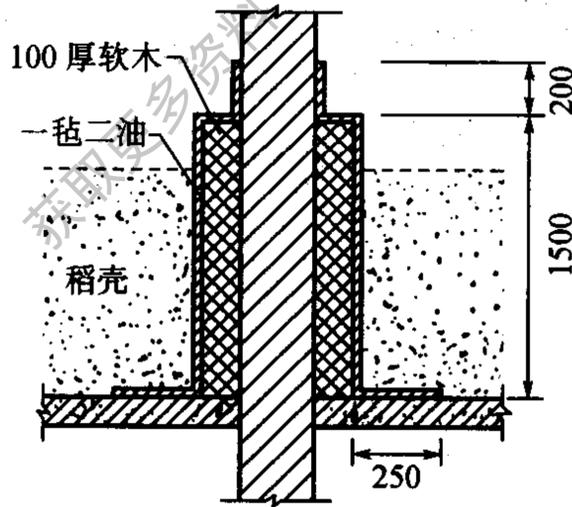


图 6—60 柱子穿阁楼层构造

关于库内上下层之间的柱子,若楼板有隔热处理时,隔热楼板上的柱脚应做冷桥处理。

### 四、梁与板

库内梁板不应与隔热外墙的外围护墙连通。相邻两间温差大于 4℃ 的库房之间的连续梁和板应作冷桥处理。包梁的长度为 1.2~3.5 米,包楼板的宽度为 1.5~2.0 米。

### 五、管道及其吊架、支架

制冷管道穿过隔热墙是难免的。每多一处穿越点,就等于在隔热外墙上多开一个缺口。有许多冷库外墙隔热材料局部受潮失效,就是从管道穿墙口逐渐向周围扩散而造成

的,因此,管道应尽可能减少穿越隔热外墙的处数。同时,应对穿墙的隔热构造作仔细地处理。

当外墙采用松散稻壳作隔热材料时,由于稻壳产生密实性下沉,将在穿墙管道的下方形成空洞。而且这个空洞并不能靠两侧滑下来的稻壳来填补,即使做成三角形的斜面也是如此。因为稻壳是一种细长、扁薄而表面毛糙的材料,并不容易滑动。为了避免出现空洞,最好将管道穿墙洞布置在冷库门洞的上方,在门洞以上管道以下采用块状隔热材料铺砌。

管线的吊卡和支架都应在梁板上设预埋件,不允许穿过围护结构的隔热层。

凡穿越隔热层的金属管道,必须至少包3米长的隔热层。为了便于检修,管道隔热层应自隔热墙体内壁做起,并延伸至室外。见图6—61。

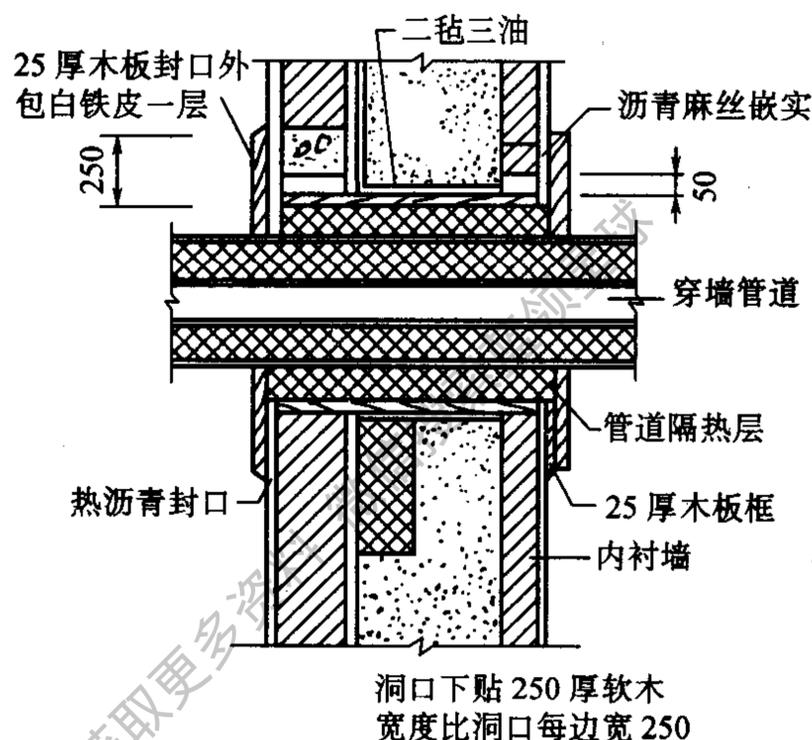


图6—61 管道穿墙构造

注:1.木板框四周可用圆钉固定于砖墙上,木板框内外四周均应满刷沥青一道。

2.墙身油毡到木板框处要将木板框包严,并搭接严密,以保证墙身隔汽层的效果。

## 第九节 变形缝

变形缝包括伸缩缝、沉降缝和地震缝。变形缝的作用是防止冷库建筑受外界影响变形而导致结构的破坏。这些外界的影响是:

- 1.外界温度变化的影响;
- 2.建筑物各部分的荷载不同而产生沉降不均匀的影响;
- 3.地震的影响。

### 一、伸缩缝(温度缝)

伸缩缝是为防止外界温度变化影响而设置的变形缝,也叫温度缝。当冷库建筑太长时,由于温度变化,冷库结构因热胀冷缩而造成外墙和屋面裂缝,或把隔汽层拉裂,使隔热

材料受潮,失去隔热性能。因此,应根据所用材料和结构形式在一定间距内设置伸缩缝。

伸缩缝是从基础顶面开始,把地面、墙体、楼板,屋顶结构断开,在断开处留2~3厘米的缝隙,缝内填沥青麻丝,以便胀缩。如图6—62所示。因基础埋在地下,受气温变化影响小,所以基础可不断开。如图6—63(a)所示。

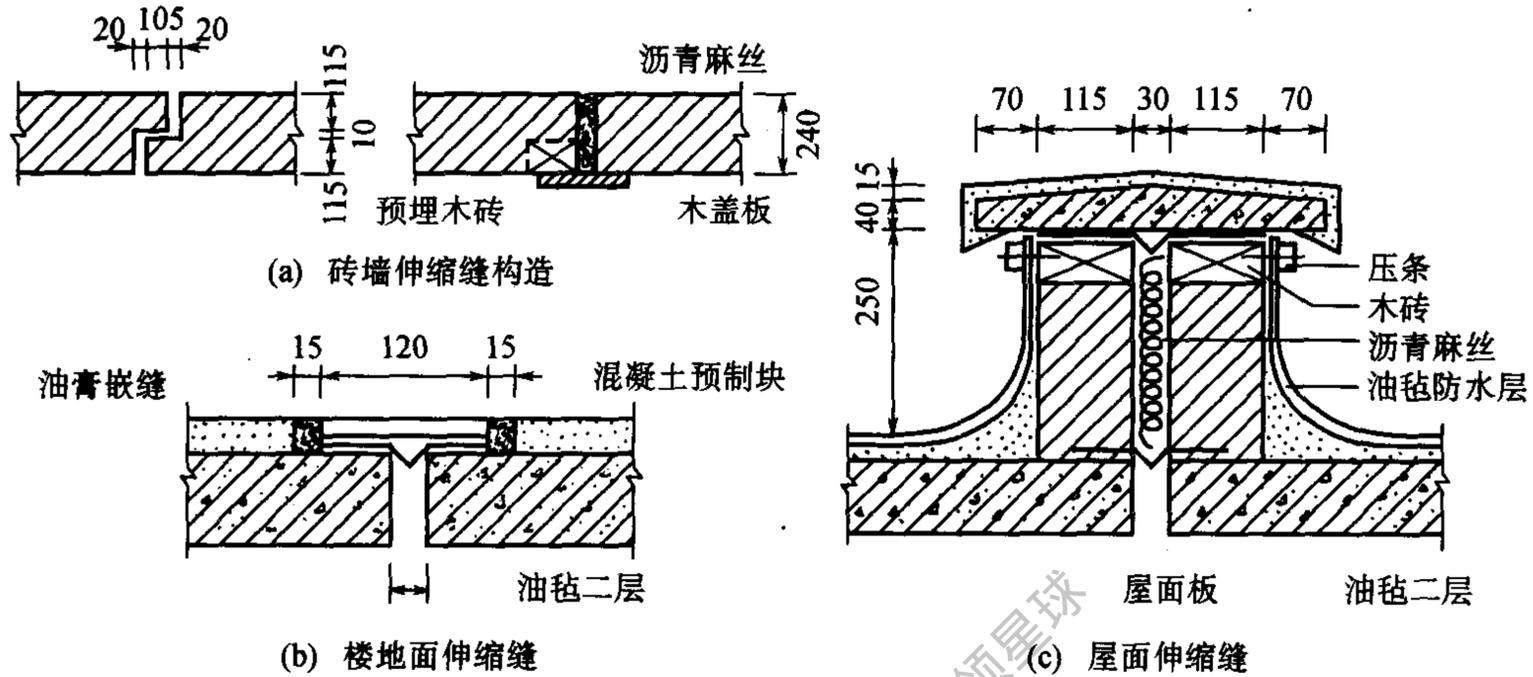


图6—62 伸缩缝

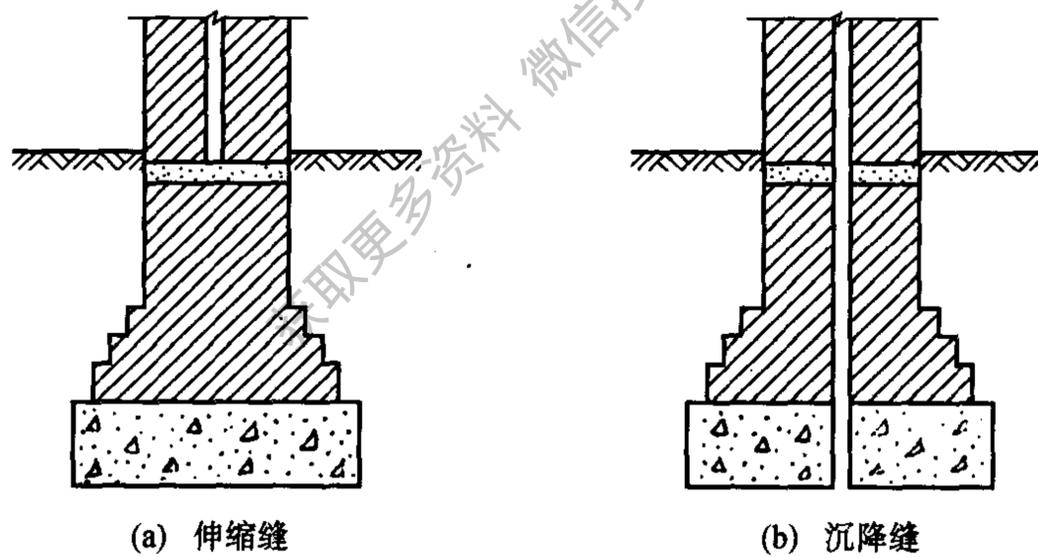


图6—63 伸缩缝与沉降缝在基础处的区别

伸缩缝间距按照结构形式和所用材料而各不相同。可按照《钢筋混凝土设计规范》(GB50010—2002)规定设置。

## 二、沉降缝

防止建筑物各部分因所受荷载不同而产生不均匀沉降而设置的变形缝叫沉降缝。沉降缝的作用是防止建筑物各部分由于不均匀沉降而引起建筑物的破坏。一般在下列部位设置沉降缝:

1. 平面形状变化转折部位;
2. 建筑物高差在5米以上者;
3. 地基土的压缩性有显著差异处;

4. 建筑结构或基础类型不同处；

5. 分期建造的建筑物的交界处。

沉降缝的构造与伸缩缝的构造基本相同,只是要求沉降缝在基础处也要断开。缝宽一般为3~5厘米。沉降缝内一般不填塞任何材料,以防建筑物因内倾挤压而受损害。

伸缩缝与沉降缝在基础处的区别见图6—63。

### 三、地震缝

在地震区防止地震时互相碰撞而设置的变形缝叫地震缝。地震缝一般在体形变化处设置。缝宽比伸缩缝和沉降缝大些,一般不小于5厘米。缝内不填塞任何材料。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 第七章 组合式冷库和气调库

近年来,冷库建筑的发展很快,为了加快冷库建设速度,缩短工期,便于货物吞吐,实现作业机械化,其中一个主要的发展趋势是趋向于单层组合装配式冷库的发展。

### 第一节 组合式冷库的类型和特点

#### 一、组合式冷库的类型

组合式冷库一般可分为两种形式:室外和室内组合式冷库。

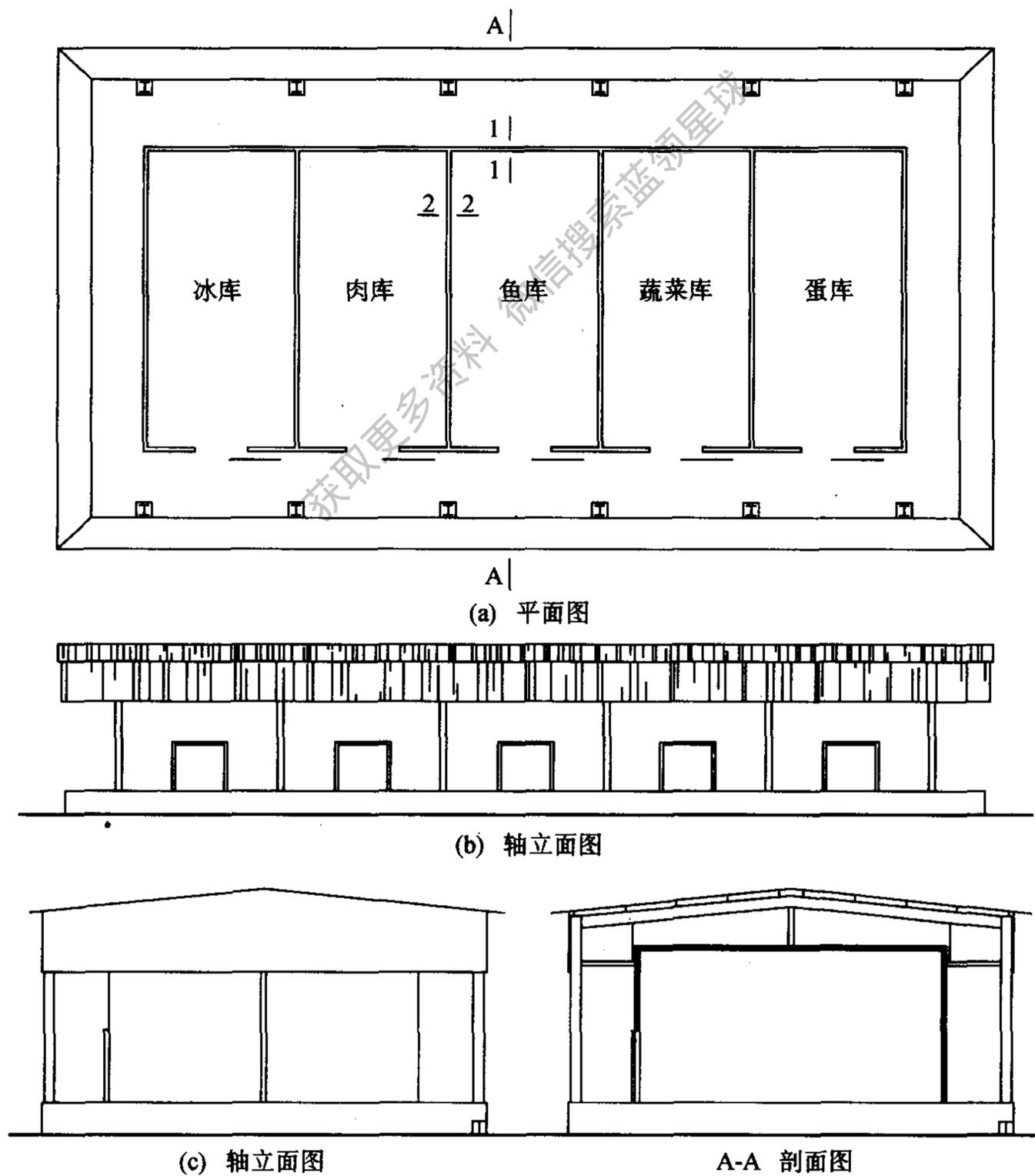


图 7—1 组合式冷库的平面、立面、剖面图

### (一)室外组合式冷库

一般以钢结构框架为主体框架,按建筑结构施工图纸施工冷库基础,进行基坑的开挖,土建隔热地坪的施工,在地面工程完成后,即可用预制好的工字钢或槽钢作为立柱和主、次梁进行焊接组合,并用钢筋和花篮螺栓拉结牢固,安装成冷库外围钢结构框架,在框架顶部铺以瓦楞形钢板作为顶棚屋面并作防水处理。主体框架完成后,在棚式框架内进行预制库板的安装,吊装库板于钢结构框架上固定,形成库房的墙板和顶板,按设计要求组合成一定容量的冷库。图 7—1 为某一室外组合式冷库的平面、立面、剖面图。

### (二)室内组合式冷库

可直接在室内地坪上,用 10~16 号槽钢制作底座,用垫铁校正水平度,涂红丹防锈漆两道。在槽钢底座上用库板铺成库内地坪并用库板组装成冷库。主要在宾馆、商场、酒店等使用的小型冷库,图 7—2 为某室内小型组合式冷库的外型图。

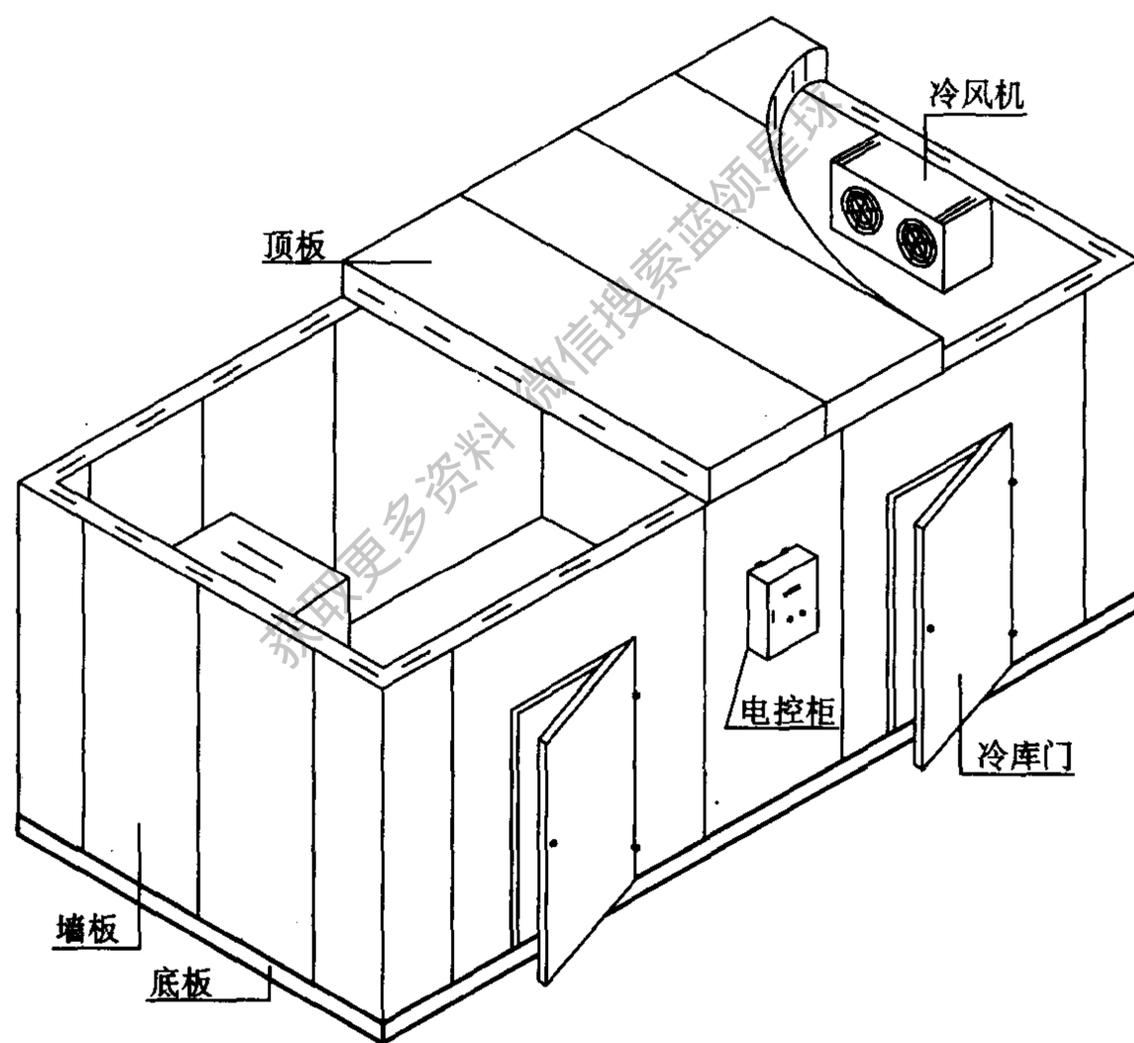


图 7—2 某室内小型组合冷库外型图

## 二、组合式冷库的特点

采用以硬质聚氨酯泡沫塑料或聚苯乙烯泡沫塑料为隔热层,金属材料为面板的库板安装成的组合式冷库,保温性能好,安装方便,由于组合库板全部按设定的模数生产,生产时已将板间的连接机构预制进去,现场施工特别方便。建设组合冷库,只需按要求将基础做好,库体安装可以在很短的时间内完成,建设周期短。由于库板统一的模数,且采用锁具拼接的方式,安装拆卸十分方便,冷库可以根据用户的意图任意分割、增容或搬迁。另

外,组合式库板外面板采用的是表面经过多次处理的钢板,表面光滑清洁,细菌不易附着,可以对冷库板进行冲洗,符合食品卫生的要求。

## 第二节 组合式冷库的构造和安装

### 一、地坪的构造

#### (一)室内组合式冷库

可采用10~16号槽钢制作成底座,用垫铁校正水平度,涂红丹防锈漆两道,作为库板的室内地坪。图7—3为槽钢制作的底座。

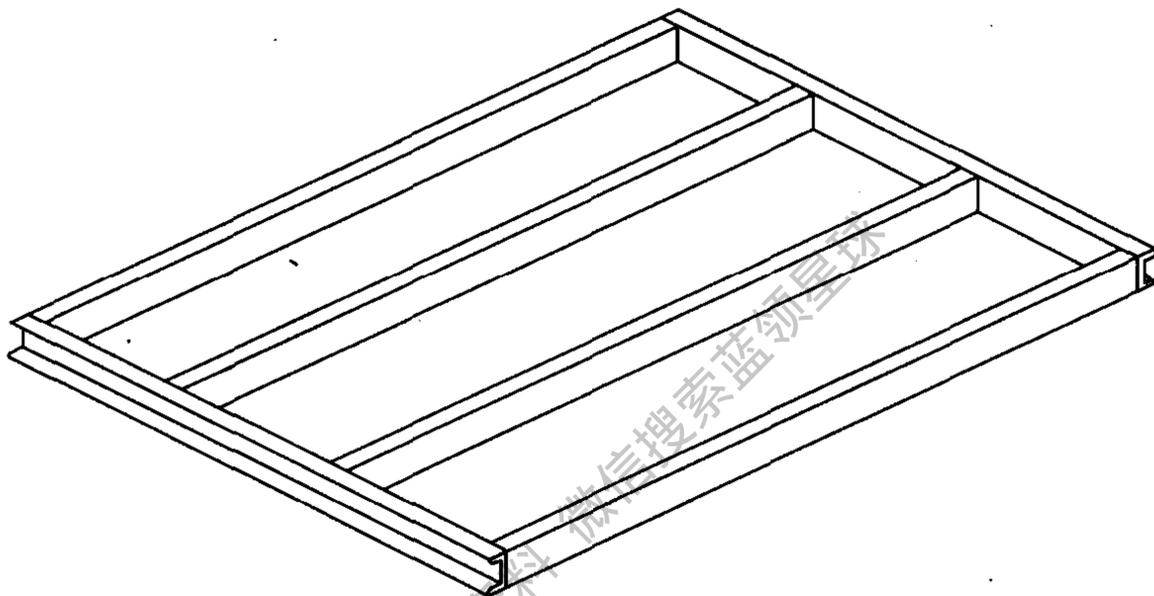


图7—3 槽钢制作的底座

#### (二)室外组合式冷库

按建筑结构施工图纸施工冷库基础,首先是开挖基坑,素土夯实,做素混凝土垫层后,从下往上其构造层依次为:垫松散材料(如:砂或炉渣等)并预埋通风管道(低温库);铺素混凝土砖并用水泥砂浆找平;油毡隔汽层;聚氨脂或软木隔热层;油毡隔汽层;钢筋混凝土荷载层并作水泥砂浆面层(做好钢结构框架顶埋件)作为室外组合式冷库地坪。图7—4的A、B、C、D图为组合式冷库的冻结间、高温间和低温间的地坪做法。

### 二、库板的构造

目前,库板的品种繁多,没有完全统一和规范;大致如下:

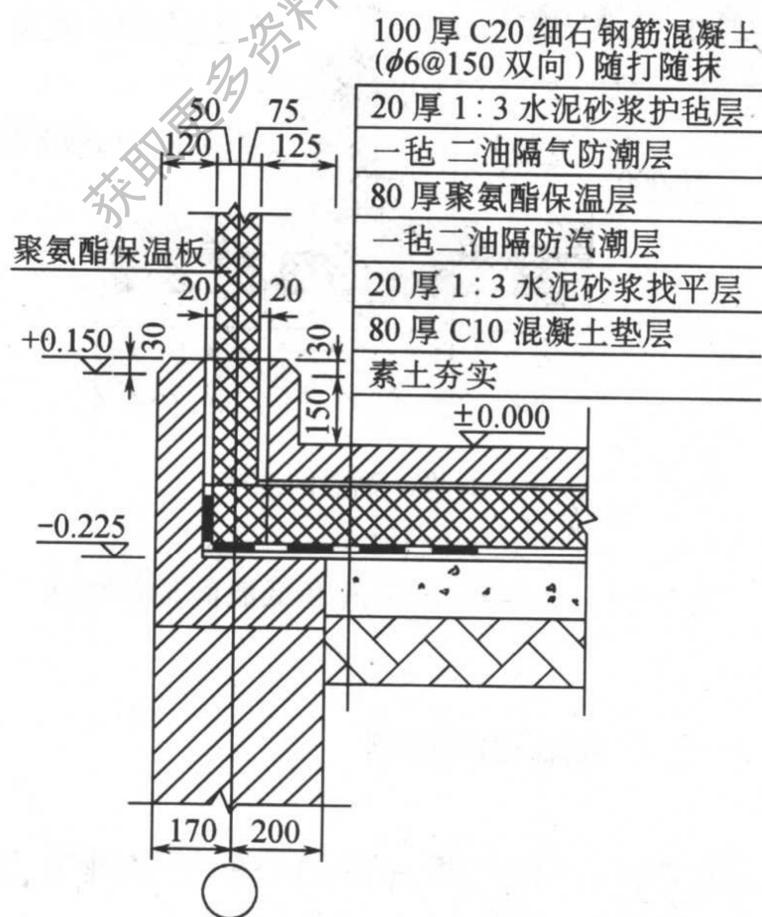
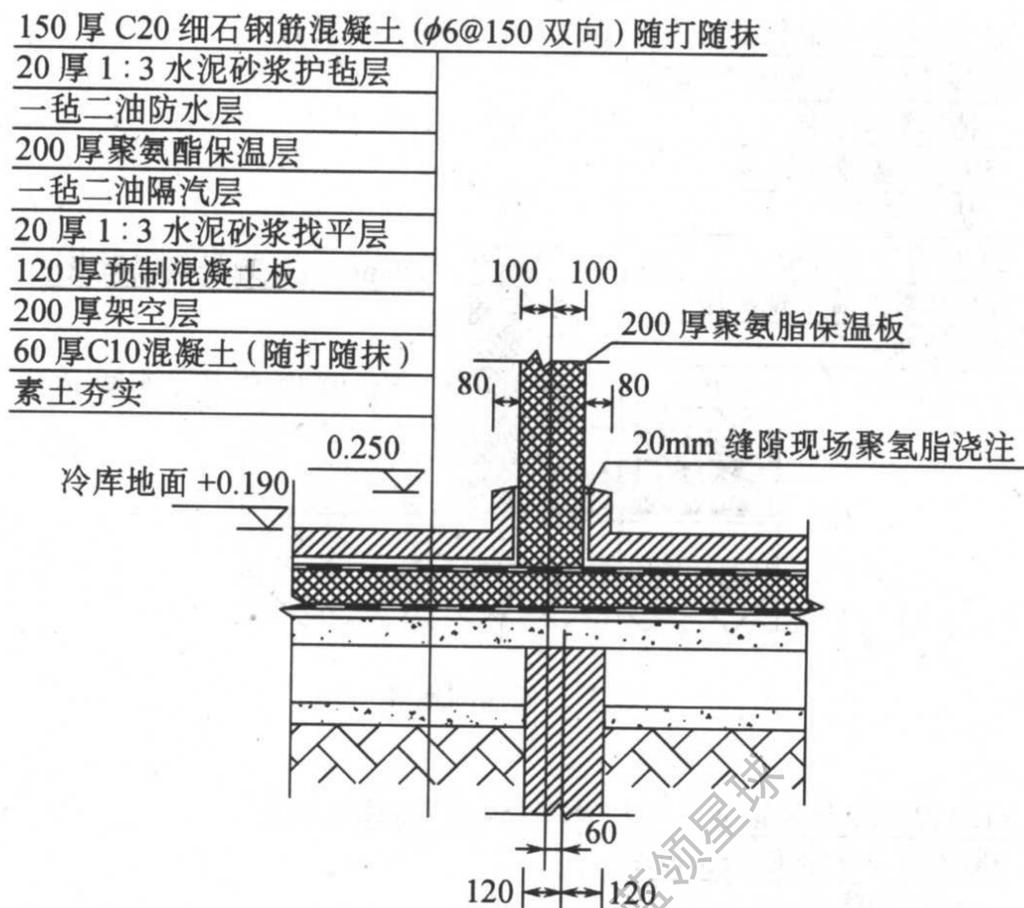
芯材——多采用硬质聚氨脂和聚苯乙烯泡沫塑料;

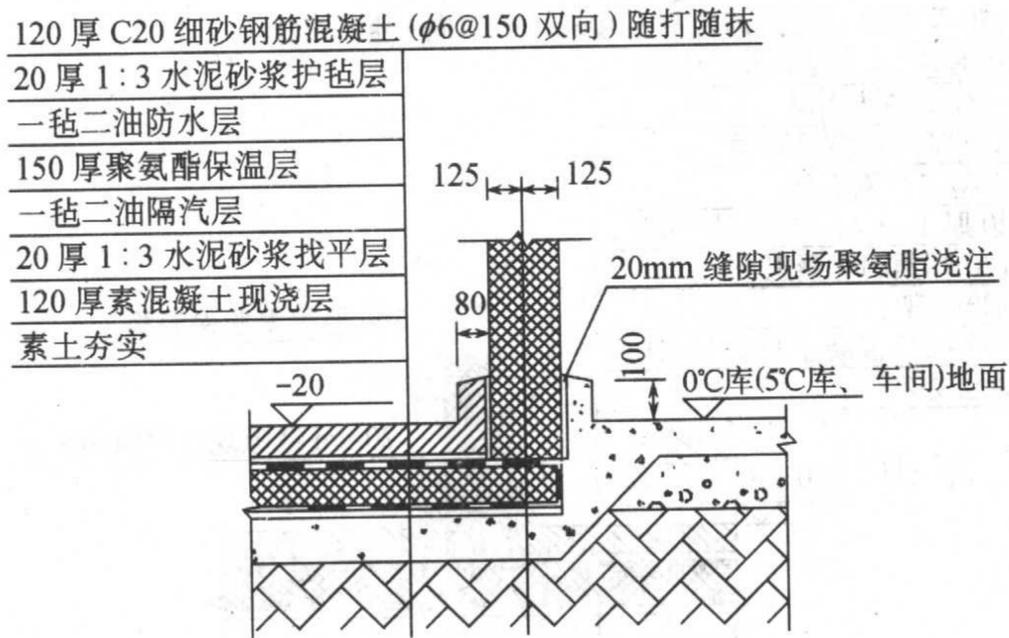
面板——有镀锌钢板、镀塑钢板、铝合金板、不锈钢以及玻璃钢板等不同材质的面层和平板与压型瓦楞板等不同外形的面板。

库板规格:宽——650、800、900、1000(mm)等;

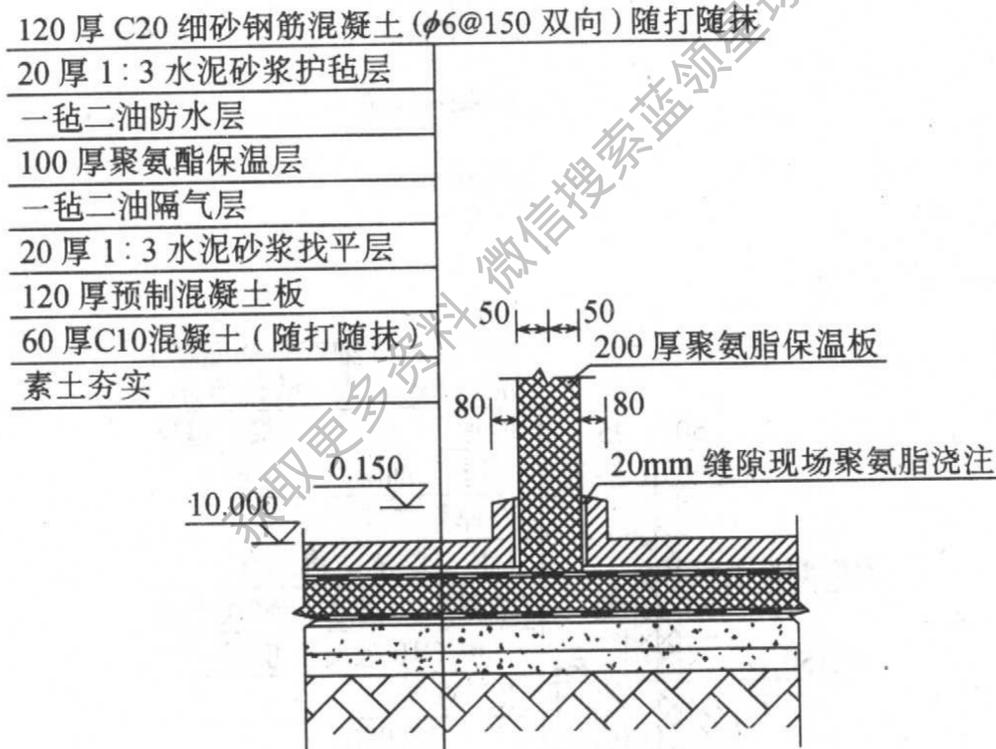
高——2000、2400、2700、3000、3600、4500、5400、6300、7200(mm)等;

厚——75、100、150、180、200(mm)等;





C图 低温间地坪



D图 高温间地坪

图 7—4 冻结间、高温间和低温间地坪做法

库板的构造参见图 7—5 库板结构示意图。

### 三、库板的连接

库板接缝形式:凹凸槽型板、榫槽型板和带偏心钩等接缝方式。

板缝拉结的主要方式有如下几种。

#### (一) 墙板与墙板的相互拉结

墙体库板相互拉结的方法很多,一种是以通长断面十字形硬质材料(或板式塞缝片等)作为骨架中心,然后将库板作插板式(逐个插入)组装。一种是由库板的侧端凹凸槽作

榫槽式拼接连接;另一种是采用专用工具转动偏心钩来收紧库板的接缝。还有一种是采用尼龙(或塑料)螺栓拧紧铝合金夹板。为了使板缝达到隔热隔汽作用,其对接的缝隙可用橡胶密封条或聚氨脂泡沫塑料作填料(也有不用填料者)填实,再用硅有机树脂涂(喷)挤密封。在上述库板连接中,应使内、外金属面层互不相连,没有“冷桥”。

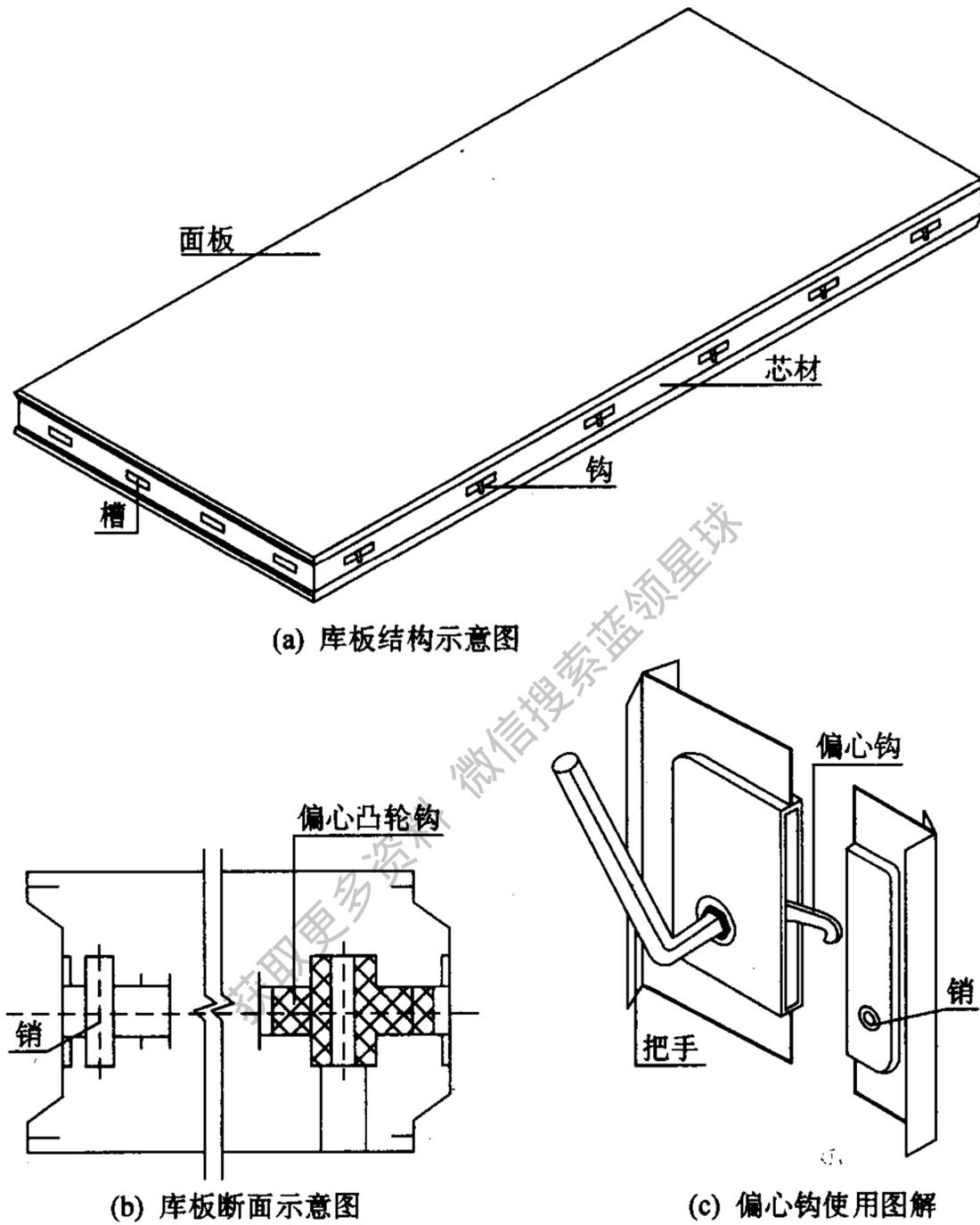


图 7—5 库板结构示意图

为加强组合墙板整体性的刚度,可用固定螺栓与外围钢结构梁、柱铰接;也可以在库内壁以角钢作横担,用螺栓连接。图 7—6 为墙板与墙板的拉结示意图。

### (二) 顶板与墙板的拉结

顶板与墙板的拉结为垂直顶端连接,内外接角,即主要靠库板内、外侧金属面层的固定螺栓与角形连接板铰接在一起,在外角板内部空隙中现场浇灌聚氨脂泡沫塑料,将顶板与墙板两板端面所裸露的芯料聚氨脂泡沫塑料浇为一体,封固成型。图 7—7 为顶板与墙板的拉结示意图。

### (三) 围护墙板转角处的连接

可直接采用预制的冷库角板,与顶板、墙板拉结的方法同上,并在库板交接的外角处

包预制角铁,涂上硅有机树脂密封堵塞,或如图 7—8 所示进行转角的连接。

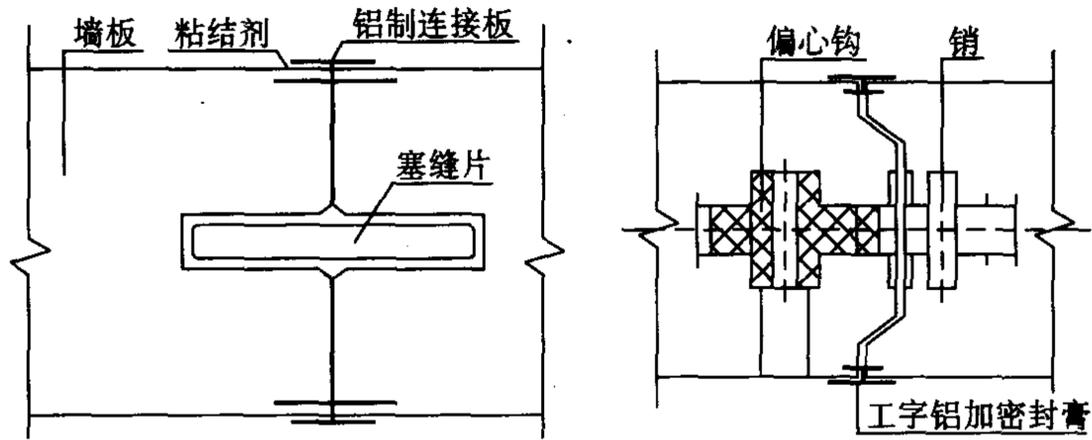


图 7—6 墙板与墙板的拉结

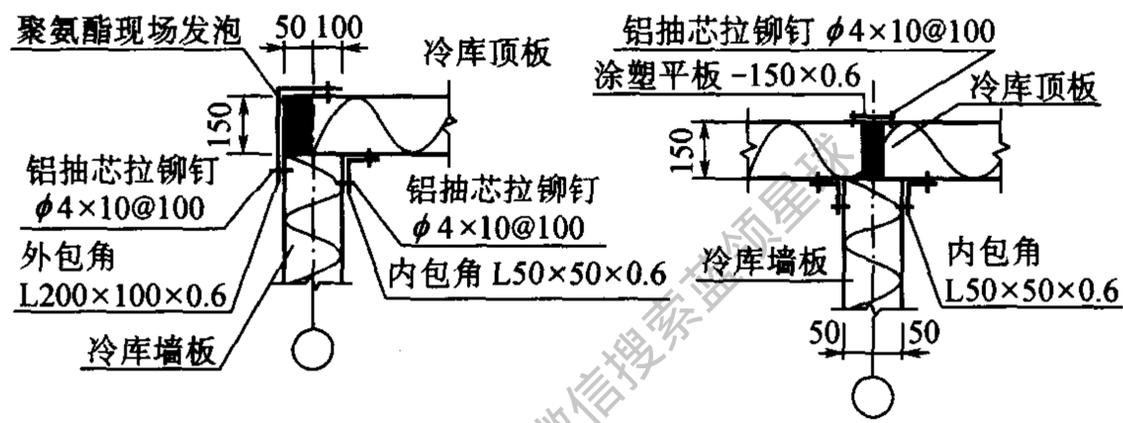


图 7—7 顶板与墙板的拉结

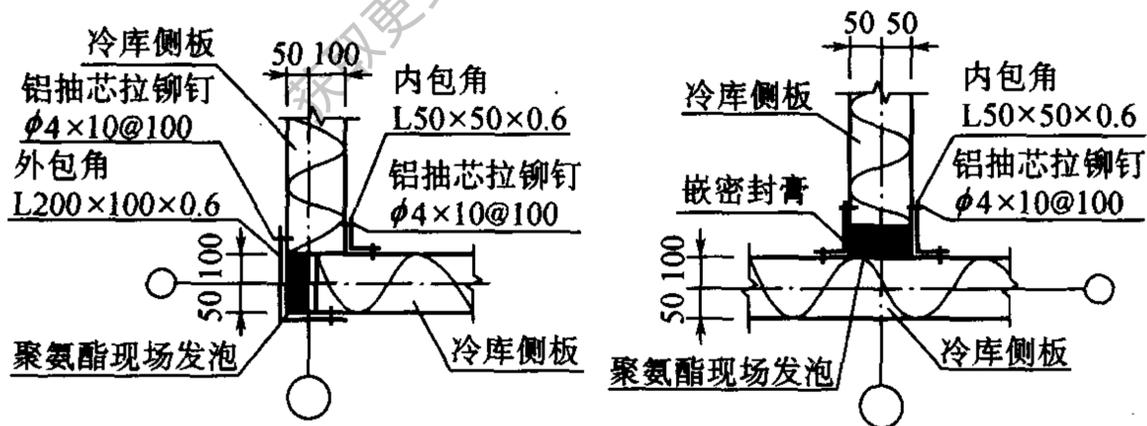


图 7—8 墙板转角处的连接

(四) 墙板与地面的拉结

将墙板吊装于钢结构框架横梁的有关支架螺栓铰接固定,墙板底部与地面反梁上的预埋螺栓固定,并安装墙外的散水板后,在墙板下端与地面绝缘(软木沥青油毡)之间的空间现场浇灌聚氨脂泡沫塑料进行连接(在浇灌前,于墙板下端空间的内侧,用聚苯乙烯泡沫塑料塞填密实,并粘贴乙烯树脂薄膜)。墙板与地面的拉结可参见图 7—4。

(五) 顶板与顶板的相互拉结

顶板吊装平铺于钢结构框架螺栓固定,其拉结方法同(一)、(二),参见图 7—6。

## (六) 墙板与钢结构框架横梁的拉结

主要采用绝缘螺栓(工程塑料制品)固定于外围框架横梁上,绝缘螺栓同时也起到不可缺少的两侧板面的拉固作用。绝缘螺栓两端用封闭胶堵塞。

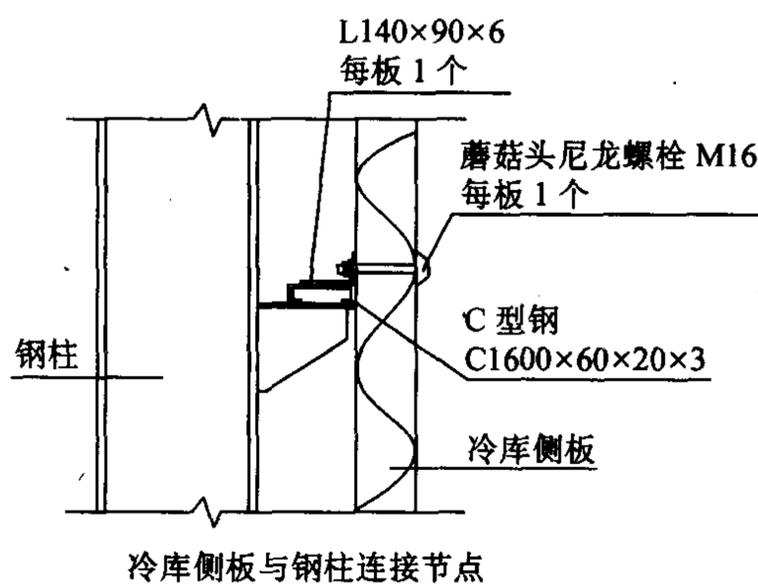


图 7—9 墙板与钢结构的拉结

## (七) 顶板与框架大梁的吊装连接

采用顶板内部带着的绝缘子吊件与框架大梁下带着的绝缘子钢吊件连接(或通过顶板吊装工字钢托架,顶板即平铺托架之上),利用花篮螺栓调节顶板整体水平度。图7—12为顶板与框架的连接示意图。

## 四、组合式冷库的安装要求

组合式冷库的库体安装前,应对库板进行检查。库板的表面应平整。并应无翘曲、无明显的划伤碰伤和凹凸不平。库板板芯泡沫塑料的物理机械性能应符合表 7—1 的规定。

表 7—1

库板板芯泡沫塑料的物理机械性能

项 目	芯 层 材 料	
	硬质聚氨脂泡沫塑料	聚苯乙烯泡沫塑料
密度(kg/m <sup>3</sup> )	32 ~ 50	< 20
压缩强度(kPa)	≥ 196	≥ 147
弯曲强度(kPa)	≥ 245	≥ 177
热导率(w/m·k)	≤ 0.024	≤ 0.044
吸水性(%)	≤ 0.2	≤ 0.08
尺寸稳定性(±%)	0.5	0.5
自熄性(s)	3	2

## (一) 组合冷库的库体安装要求

1. 组装后的库板接缝错位不得大于 1.5 毫米,接缝应均匀、严密、表面平整。
2. 库板接缝处应采用规定的密封材料;现场配制的发泡剂,其配合比应符合规定。

3.总装后,库体外观应无明显缺陷;库门开闭应灵活,并不得有变形,密封性能应良好。

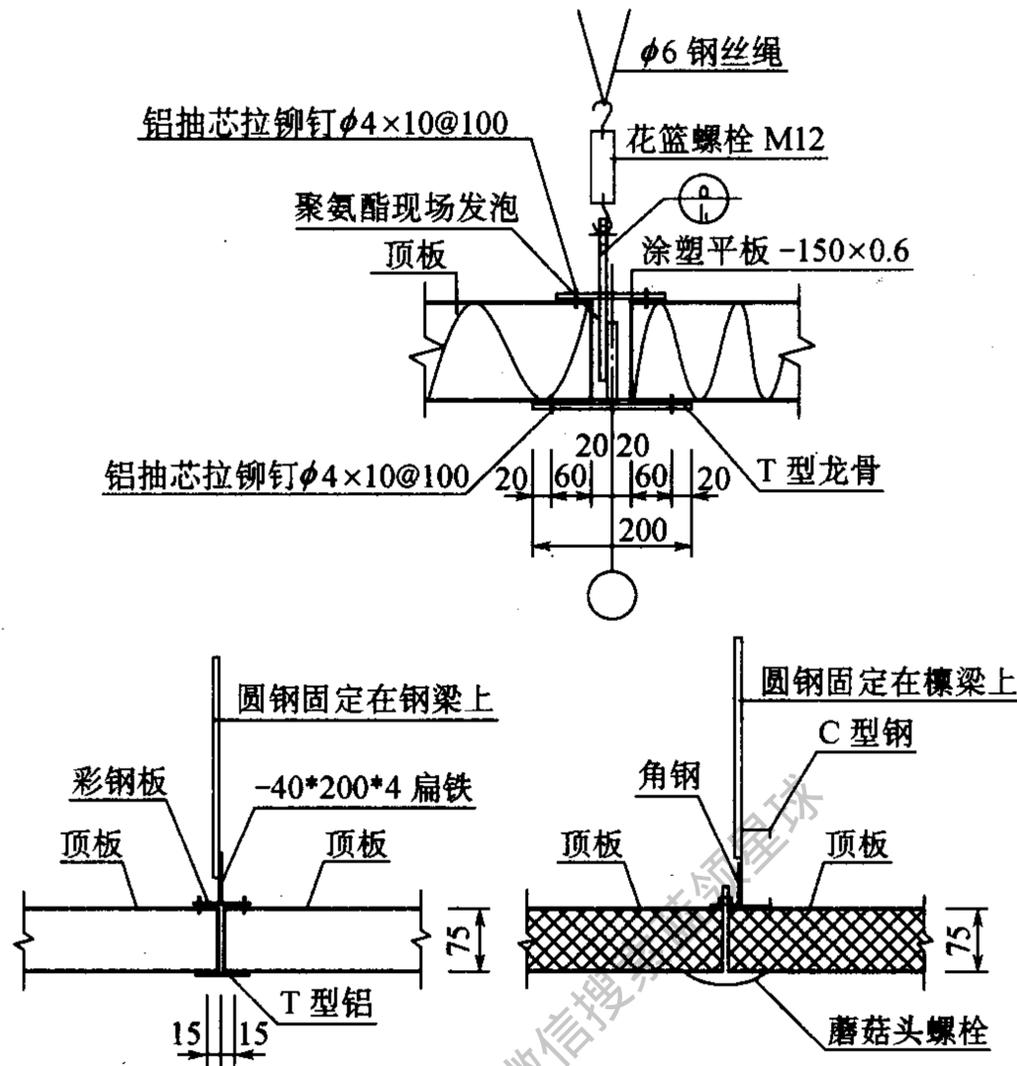


图 7—10 顶板与框架的连接

(二)组合冷库的空库降温要求

1.地坪表面为混凝土的大、中型组合冷库空库降温时,宜先将库温缓慢地降至 1~3℃(高温库、气调库可直接降至设计温度,并应保持 24 小时);当地坪与库板结合处、地坪面等处无异常变化后,方可将库温降至设计温度。

2.地坪表面为非混凝土的小型组合冷库,空库降温时,可将库温直接降至设计温度。

3.库温降至设计温度后,应检查库体外表面,并应无结露、结霜等现象。

4.规定要求考核空库降温时间的组合冷库,其空库降温时间应符合表 7—2 的规定。组合冷库库温分类可按表 7—3 划分。

表 7—2 组合冷库空库降温时间

单间库容 (m <sup>3</sup> )		降 温 时 间 (h)			
		G	Z	D	J
冷冻冷藏	≤ 100	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.5	≤ 3.5
	101 ~ 500	≤ 2.0	≤ 2.5	≤ 3.5	≤ 5.0
	501 ~ 1000	≤ 3.0	≤ 3.5	≤ 4.5	-
气调	500 ~ 800	≤ 3.0	≤ 3.5	≤ 4.0	-
	501 ~ 1000	≤ 4.0	≤ 4.5	≤ 5.0	-

表 7-3 组合冷库库温分类

库温分类		高温	中温	低温	冻结
代号		G	Z	D	J
库温(℃)	冷冻冷藏	-2~12	-10~-2	-20~-10	-30~-20
	气调	8~15	0~8	-2~0	-

(三)组合冷库空库降温实验的方法应按下列要求进行

1. 库体周围应无各种人为热流的影响。
2. 应关闭库体,熄灭库内照明灯,用电加热器预热,当库内温度达到 32℃、并稳定 1 小时后方可进行测试。
3. 应保持库内温度为  $32 \pm 1$ ℃,测定 1 小时内加热器的输入热量,并应保持这个输入热量。
4. 测试时间内,输入热量的波动值不应大于 1%。
5. 应启动制冷机对冷库进行降温,同时记录降温起始时间。
6. 空库降温开始后,应记录库内初始温度,并应每隔 10 分钟记录一次。
7. 测试过程中环境温度发生变化时,向库内输入热量应每隔 30 分钟修正一次;单位时间的热量修正值应按下列式计算:

$$\Delta Q = \frac{Q_0}{32 - t_0} \cdot \Delta t$$

式中,  $\Delta Q$ ——单位时间热量修正值(W);

$Q_0$ ——实验初始时间输入热量(W);

$t_0$ ——实验初始时环境温度(℃);

$\Delta t$ ——环境温度变化值(℃)。

8. 当库温达到设计温度时,应记录降温结束时间,并计算降温时间。
9. 应绘制库温随时间而变化的降温实验曲线。

### 第三节 气调库及其建筑构造

#### 一、气调库建筑结构的特点

气调库是在传统的果蔬冷库的基础上逐步发展起来的,一方面与果蔬冷库有许多相同之处,另一方面与果蔬冷库又有很大的区别,有其自己的特点,主要表现如下。

##### (一)气密性

这是气调库建筑结构区别于普通果蔬冷库的一个最重要的特点。普通冷库对气密性没有要求,而气密性对于气调库来说至关重要。要想在气调库内形成气调工况,并在果蔬贮藏中长时间地维持所要求的气体介质成分,减少或避免库内外气体的交换,气调库必须有较严格的气密性,这一点被气调库的理论研究及实践经验所证实。

## (二)安全性

在气调库建筑结构设计中还必须考虑气调库的安全性。由于气调库是一种密闭式冷库,当库内温度降低时,其气体压力也随之降低,库内外两侧就形成了气压差。据资料介绍,当库内外温差 $1^{\circ}\text{C}$ 时,大气将对围护结构产生 $40\text{Pa}$ 的压力。温差越大,压力差越大。此外,在气调设备运行以及气调库气密实验过程中,都会在围护结构的两侧形成压力差。若不把压力差及时消除或控制在一定的范围内,将对围护结构产生危害。

## (三)单层冷库

一般果蔬冷库根据实际情况,可以建成单层或多层建筑物,对气调库来说,几乎都是建成单层地面建筑物。这是因为果蔬在库内运输、堆码和贮藏时,地面要承受很大的动、静载荷,如果采用多层建筑,一方面气密处理十分复杂,另一方面在气调库使用运行中易破坏气密层。所以,气调库一般都采用单层建筑。

## (四)容积利用系数高

这是气调库建筑设计和运行管理上的一大特点。容积利用系数是指气调库内果蔬贮藏时实际占用的容积(含包装)与气调库的公称容积之比。气调库的容积利用系数高,是指装入果蔬具有较大的装货密度,除留出必要的通风、检查通道外,应尽量减少气调间的自由空间。这样,气调库内的自由空间越小,库内气体介质的量也越小,一方面气调设备可以适当选小,另一方面可以加快气调速度,缩短气调的时间,使果蔬尽早进入气调贮藏状态,故气调库的容积利用系数都比普通果蔬冷库高得多。

## (五)速进整出

这是气调库运行管理上的又一特点。在果蔬采集整理后,若延长入库时间,就会影响到贮藏效果。气调贮藏要求果蔬入库速度快,尽快装满、封库和调气,让果蔬在尽可能短的时间内进入气调贮藏状态。不能像普通果蔬冷库那样随便进出货,库外空气随意进入气调间,这样不仅破坏了气调贮藏状态,而且加快了气调门的磨损,影响气密性。因此,果蔬出库时,最好一次出完或在短期内分批出完。

## 二、气调库特有的设施

为了保证气调库的气密性和安全性,并为气调库运行管理提供必要的方便条件,气调库建筑还有如下一些特有的设施。

### (一)气调门

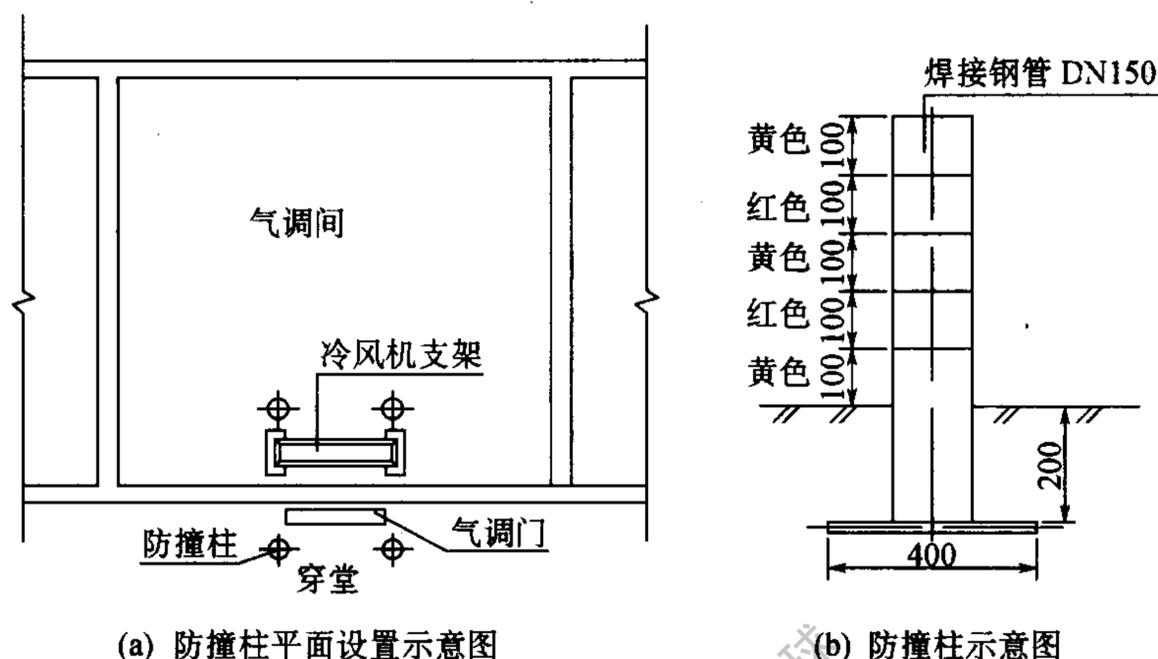
每个气调间都要设置一扇气调门。气调门具有良好的保温性和气密性,其内部用钢骨架支撑,表面可用不同材料(如彩色玻璃钢板、不锈钢板、镀锌钢板、铝板等)封闭,中间的空隙用硬质聚氨脂泡沫塑料发泡填充密实。气调门的气密是由门框内装有高弹力、耐老化充气式气密条保证的,门的起闭一般采用手动推拉平移方式。

气密性技术指标:门关闭后,在库内密闭的状况下,库内压力为 $245\text{Pa}$ ( $25\text{mmH}_2\text{O}$ ),30分钟库内压力降 $\leq 98\text{Pa}$ ( $10\text{mmH}_2\text{O}$ )。

在不开启气调门的情况下,为了便于进库观察设备运行情况和果蔬贮藏效果,通常在气调门上还设置一个小门。小门门扇的外框一般为金属构件,中间采用双层玻璃镶嵌,为了防止两层玻璃之间的空气中有蒸汽结露,可事先在空隙中放置干燥剂或抽成真空。小

门的设置必须保证气密性。

为了保证气调库的气密性,防止铲车在进出库时碰撞门扇、门框以及门口处的冷风机钢支架,应在门洞内外设置防撞柱,如图 7—11 所示。



(a) 防撞柱平面设置示意图

(b) 防撞柱示意图

图 7—11 防撞柱示意图

## (二) 观察窗

在气调库封门后的长期贮藏过程中,一般不允许随便开启气调门,以免引起库内外气体交换,造成库内气体成分的波动。为了使管理人员可以清楚地观察了解库内果蔬贮藏情况以及冷风机、加湿器运行情况,通常在技术穿堂内设置观察窗。可以在冷风机出风口处安装一个风标,以便了解气流通过冷风机的程度。观察窗的形状有方、有圆,方形观察窗一般为  $500 \times 500\text{mm}$  的双层玻璃真空透明窗;圆形观察窗一般做成拱形,可以扩大观察视线。每个气调间设置一个观察窗,其位置安装合适,不能被设备和堆码货物挡住视线。

## (三) 安全阀

在气调库密闭后,保证库内外压力平衡的安全阀也是气调库必不可少的特有安全设施。安全阀可以防止库内产生过大的正压和负压,使围护结构及其气密层免遭破坏;安全阀是利用水封原理制成的,其原理如图 7—12 所示。

当气调间内的气体压力因某种原因(如库内外温度的变化、气调机的开启)发生变化,压差大于水封柱高时,安全阀将起作用,直到压差值等于或小于水封柱高时为止。安全阀的水封柱高应严格控制,不能过高或过低。过高易造成围护结构

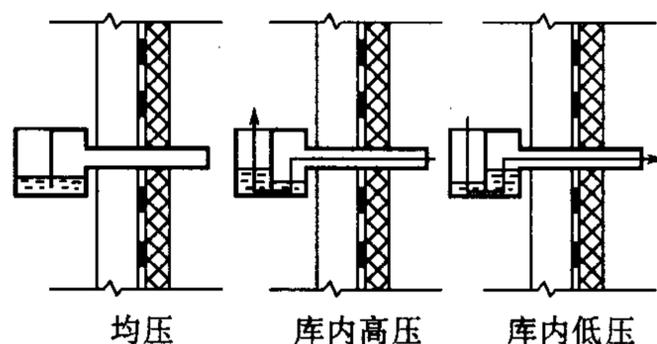


图 7—12 安全阀原理图

及气密层的破坏;过低虽然安全,但安全阀频频起动,使库外空气大量进入,造成库内气体成分的波动。在气调库中,一般水封柱高调节在  $245\text{Pa}$  ( $25\text{mmH}_2\text{O}$ ) 是较为合适的。

## (四) 贮气袋

气调库在运行期间会出现微量压力失衡,贮气袋的作用就是消除或缓解这种微量压力

失衡。当库内压力稍高于大气压力时,库内部分气体进入贮气袋;当库内压力稍低于大气压力时,贮气袋内的气体便自动补入气调间。贮气袋是把库内压力的微量变化,转换成贮气袋内气体体积的变化,使库内外的压差减小或接近于零,消除和缓解压差对围护结构的作用力。贮气袋要用气密性好,而且具有一定抗拉强度的柔性材料制成。贮气袋通常安装在气调间的屋顶或技术穿堂内,上部要求吊装,下部自由垂悬,下部留有一管口,用管道与库内相连通。根据有关资料,贮气袋的容积可按气调间的公称容积的1%~2%来确定。

### 三、气调库贮藏容量的确定和计算

气调库内的所有气调间贮藏总容量,也称气调库贮藏总吨位数,其计算公式为:

$$G = \frac{\sum V\eta r}{1000}$$

式中  $G$ ——气调库贮藏吨位(t);

$V$ ——气调间的公称容积( $m^3$ );

$\eta$ ——气调间的容积利用系数;

$r$ ——果蔬的计算重度( $kg/m^3$ );

1000——1t 换算成千克的数值( $kg/t$ )。

公称容积是指气调库(间)的净面积(不扣除管道、设备和地坪局部构造等所占的面积)与净高的乘积。

气调间的容积利用系数是指果蔬贮藏时实际占用的容积(含包装)与公称容积之比;根据气调库的特点,一般取  $\eta = 0.6 \sim 0.85$ ,视气调间容积大小、包装及堆码方式而定。

果蔬的计算重度,可按表 7—4 规定采用。

表 7—4

果蔬的计算重度

序号	名称	计算重度( $kg/m^3$ )
1	筐装新鲜水果	220(200~230)
2	箱装新鲜水果	300(270~330)
3	托板式活动货担存菜	250
4	木杆搭固定货架存蔬菜(不包括架间距离)	220
5	篓装蔬菜	250(170~340)

### 四、气调库的组成和布置

#### (一)气调库的组成

气调库是各气调间及辅助建筑的总称,包括气调间、预冷间、常温穿堂、技术穿堂、月台、整理间、机房、变配电间及控制室、值班室、泵房、循环水池等。此外,还有一些配套设施,如包装材料库、质检室、办公室、发电机房、车场、道路、绿化、围墙等。辅助建筑及配套设施应根据气调库的规模以及实际需要予以考虑和安排。

#### 1. 气调间

气调间是水果蔬菜贮藏保鲜的场所。果蔬采收后,仍然保持着旺盛的生命活动能力,

呼吸作用就是这种生命活动最明显的表现。在一定范围内,温度越高,呼吸作用越强,衰老越快。所以,多年来传统果蔬冷库一直采用降温的办法来延长果蔬的贮藏期。气调间就是在低温高湿的贮藏环境中,适当降低氧的含量和提高二氧化碳的浓度,来抑制果蔬的呼吸强度,从而更好地延长贮藏期。

## 2. 预冷间

预冷间是用来对果蔬冷却加工的库房。果蔬在进行气调贮藏前,为除去田间热,防止某些生理病害,应及时逐步降温冷却。预冷间的数量和大小,应根据气调库的规模和日进货量来确定。由于设置预冷间会增大投资和加大果蔬在库内的运输和堆码的工作量,所以气调库往往也可不设预冷间,而是将果蔬直接送入气调间冷却,或者在整理间内增加一套预冷装置来代替预冷间。

## 3. 常温穿堂

常温穿堂是果蔬进出各个气调间的通道,并起到沟通各气调间、便于装卸周转的作用。在小型果蔬气调库存中,因气调间数量少,可以不设常温穿堂,而是与月台或整理间合并。

## 4. 技术穿堂

这是气调库特有的建筑形式,通常设置在常温穿堂或整理间的上部。它的主要作用是方便操作管理人员观察库内果蔬贮藏的情况和库内设备运行的情况,也是制冷、气调、水电等管道及阀门安装、调试、操作、维修的场所。

## 5. 月台

气调库月台供装卸货物之用,有铁路月台和公路月台之分。小型气调库只设公路月台,公路月台应高出路面 0.9~1.1 米,与进出汽车车厢高度相一致,宽度一般为 4~6 米。

## 6. 整理间

果蔬入库时需进行挑选、分级、过磅、装箱;出库时需挑选、包装、过磅。整理间是果蔬出入库期间的临时堆放场所。整理间一般靠近气调间,与库内的常温穿堂相通,以方便货物进出库。

## 7. 机房

机房包括制冷机房和气调机房。机房内设备的布置必须符合工艺流程,流向应通畅,连接管道要短,便于安装和操作管理,并应留有适当的设备部件拆卸检修所占用的面积,尽可能地使设备安装紧凑,并充分利用机房的空間,以节约建筑面积,降低建筑费用。

## 8. 变配电间及控制室

在小型气调库中,一般将变压器放在室外架空搁置,配电间应尽量靠近负荷大的机房,库内温、湿度及气体成分的检测、控制都在控制室里集中安装,便于操作管理。采用计算机检测和控制时,应在控制室内设置空调器。变配电间及控制室对防火的要求严,室内通风、采光条件要好。

## 9. 循环水池

用来提供和收集制冷系统、气调设备的冷却水、库房冷风机的冲霜用水。水池通常采用钢筋混凝土结构,在小型气调库中,也可采用玻璃钢水箱。水池或水箱应设补水、溢流

和排污口。

## (二)气调库的平面布置

气调库的平面布置是气调库设计的重点,应根据有关文件确定气调库的设计规模、间数以及辅助建筑,并对各个组成部分进行合理的组合安排,使之既能满足工艺生产和运行管理的要求,又符合气调库保温、气密的建筑要求以及制冷、气调、供排水、配电、控制等专业要求。

气调库的平面布置应符合下列要求:

- 1.应符合有关文件确定的气调库的设计规模(公称容积或吨位)。
- 2.应满足生产工艺流程要求,运输线路要短,避免迂回和交叉,同时,布置要紧凑,缩短制冷、气调、水电等管道距离。
- 3.气调间柱网尺寸和净高应根据建筑模数和货物包装规格、堆码方式以及堆码高度等因素确定。根据气调库的特性,应尽量提高气调库的高度,以减少占地面积。
- 4.气调库的建筑设计应尽量减少建筑的外表面积,外形趋于方正。

气调库的平面布置往往要做几个方案,经过综合分析比较后,从中选定一个较合理的方案。

图 7—13 为气调库平面布置的参考方案。

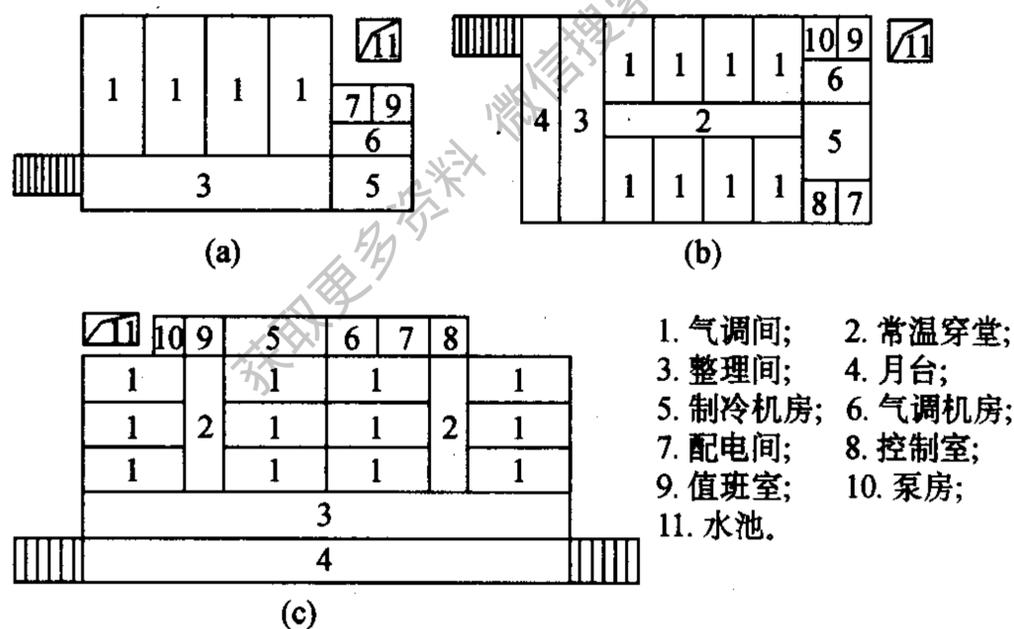


图 7—13 气调库平面布置的参考方案

总之,气调库的平面布置应因地制宜,尽量做到投资少、效果好、工艺先进、使用管理方便。

## 五、气调库的气密处理

气调库不仅要求围护结构有良好的隔热性,减少外界热量对库内温度的影响,更重要的是还要求围护结构气密,减少或消除外界空气对库存内气体成分的影响,并在果蔬气调贮藏中长时间地维持所要求的气体成分。

气调库围护结构的气密,其一,是依靠由气密材料构成的气密层来实现的。气密层是气调库特有的建筑结构层,也是气调库建筑设计和施工中一个非常重要的难题。其二,围护结构方案的选择也将影响到气密性。其三,各种管线(如制冷、气调、供排水、配电、控制

等管线)进入气调间内,需对所有穿墙孔洞进行气密处理,处理的好坏也将直接影响到气调库的气密性。

### (一)围护结构方案的选择

为了保证气调库的气密性,气调间围护结构的形式与普通果蔬冷库也有所不同。一般气调间内不像普通冷库那样设置冷风机均匀送风道,这是因为,在气调间内不宜有冷却设备、送风道、各种管道、照明灯具等任何支撑吊点。支撑吊点若固定在围护结构上,设备运转时产生的振动,易破坏围护结构的气密层,进而影响到气调库的气密性。不加风道的结果,是易导致气调间内的温度场不均匀,采取的补救措施是,一方面库内屋面采用现浇钢筋混凝土,且支撑屋面的横梁通常做成倒挂梁形式,如图7—14所示;另一方面,气调间的面积应适中,气调间的长度不宜定得过长。实践证明,这些措施基本上能满足气调间内的温度场的均匀性。

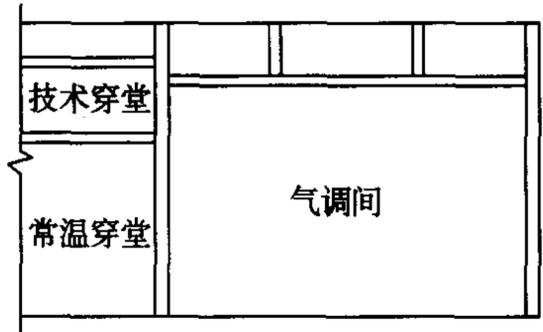


图 7—14 气调库围护结构方案示意图

如前所述,气调间内不宜采用吊顶冷风机,应采用落地式冷风机,要高台安装,且要装在库门的一侧,即库门的上方。有两种安装方式,一是利用建筑物本身结构;二是利用钢支架,如图7—15所示。



(a) 利用结构本身

(b) 利用钢支架

图 7—15 冷风机安装方式示意图

在气调库中通常设置技术穿堂,这是气调库特有的建筑结构形式,一般设置在常温穿堂或整理间的上部。

### (二)围护结构的气密处理

根据气密层的施工方法,可分为表面整体式气密层与局部贴缝式气密层。整体式气密层是用连续不断的气密层覆盖整个围护结构的所有表面;局部贴缝式气密层则是只在围护结构的缝隙处覆盖气密层。在具有传统围护结构和支撑结构(由砖、钢筋混凝土、轻质混凝土构成)的土建气调库中,应采用整体式气密层结构;采用彩镀夹心板建成的组合装配式气调库时,宜采用局部贴缝式气密层。

在气调库内表面采用整体式气密层结构时,从气体介质渗透的角度来看,墙与屋顶、地面的连接处,建筑物框架的凸起处,立柱等地方均是容易发生泄漏的薄弱环节。因此,在气密层施工之前,应将所有的缝隙,凹坑等缺陷的地方用水泥砂浆填平抹光,将墙与墙

相连接的墙角、墙与地面、屋顶连接处的墙角、立柱与墙都做成圆弧形(圆弧半径应不小于50毫米),并用1:2.5水泥砂浆抹光,最后清除所有表面污物、灰尘,待表面干燥。值得注意的是,必须在围护结构所有表面都干燥时,才能进行气密层的施工,否则会影响气密层的质量,气密层从围护结构上易脱落。

图7—16表示了传统建筑结构建成的土建气调库围护结构的气密处理示意图。

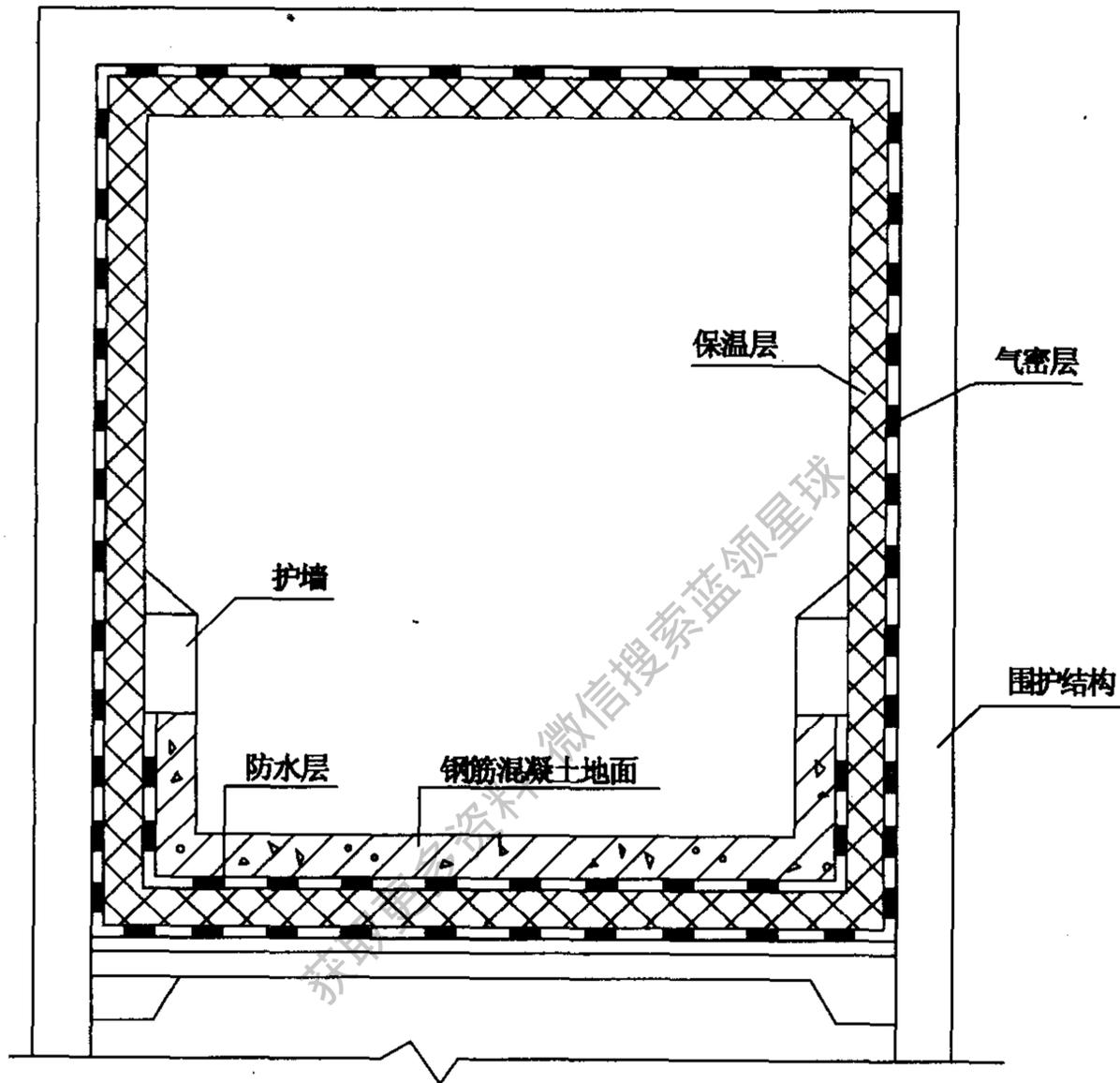


图7—16 土建气调库围护结构的气密处理示意图

从图7—16可以看出,气密层、保温层在围护结构四周形成一个完全连续、不间断的体系。气密材料可采用聚氨脂涂膜,厚度一般为0.8~1.0毫米;保温材料采用现场喷涂聚氨脂泡沫塑料,厚度一般为80~100毫米。现场喷涂聚氨脂泡沫塑料是气调库建筑中最好达到的保温材料,它不仅保温性能优越、容重小、强度高、整体气密性好、粘着力强、施工方便,而且具有无缝连续的构造,在基层上形成闭孔的防水层,同时具有保温和防水两种功能。在气调库中进行保温层施工时,为达到很好的效果,一般聚氨脂喷涂次数不得少于3~4次。

为了减少气调库的投资,一般建筑都做成单墙。为了防止铲车在气调库内迂回运输和堆码时损坏保温层,在气调库围护结构四周砌一道高1.5~2米的砖墙,用以保护保温层(如图7—16所示)。

对于轻金属结构的组合式气调库,其墙、顶均采用彩镀夹心板,这是一种新型的集气密和保温功能为一体的复合建筑板材。彩镀夹心板的两个面层采用镀锌钢板或合金铝

板,两层面板之间为保温层,保温材料一般为聚氨脂泡沫塑料或聚苯乙烯泡沫塑料。为增强夹心板长度方向的抗弯强度和刚性,通常将钢(铝)板轧制成波纹板。彩镀夹心板一般在工厂专门的生产线加工成型,建库时只需将其运输到现场装配即可。

对于组合式气调库,不需要对其围护结构的全部内表面进行整体式气密处理。这是因为,作为墙体、顶面的彩镀夹心板,本身就有较好的气密性,就能使库内外的气体交换达到最低限度。所以,组合式气调库的气密工作相当简单,通常只需要对所有的接缝表面处进行气密处理,以及将地坪进行气密处理即可。对于接缝表面处的气密处理,一般采用无纺布上下刷聚丙烯涂料气密层。

对于组合式气调库围护结构的气密处理,主要是对库板与地坪交接处、墙板与顶板交接处、库板与库板的装配进行气密处理。

### 1. 库板与地坪交接处的气密处理

组合式气调库的地坪,由于承受的载荷较大,不能采用彩镀夹心库板,需将地坪进行气密处理。组合式气调库的整体气密性,在一定程度上与地坪的气密性密切相关。组合式气调库地坪气密处理参见图 7—4。

### 2. 墙板与顶板交接处的气密处理

顶板与墙板拼接时,留出 50 毫米宽的预留槽,顶板全部定位后,用聚氨脂现场发泡填充密实预槽,然后用镀锌涂塑钢板封面,最后对接缝表面处进行气密处理,参见图 7—7。

### 3. 库板与库板的装配气密处理

由于生产厂家的不同,彩镀夹心库板的结构型式各不相同,但其原则是要达到坚固、气密的效果。板缝采用聚氨脂现场发泡填充密实,对板缝的内外表面进行气密处理。组合装配式气调库要求对所有交接处的空隙,均采用聚氨脂泡沫塑料现场发泡填充密实,对所有的接缝表面处进行气密处理,使库体的围护结构连成一个保温、气密的整体。

### (三) 管道入口处的孔洞气密处理

各种制冷、气调、冲霜、加湿、配电、控制等管线进入气调间内的引入口,是用在围护结构处对带法兰的钢制套管或 PVC 硬质聚氯乙烯塑料套管进行气密处理来实现气密的,如图 7—17 所示。采用聚氨脂泡沫塑料现场发泡填充密实套管与管线的环形间隙,然后各种管道、导线通过套管引入库内,用密封胶等填入套管的两侧。

也可以将所有进出气调间的管道都集中到围护结构的一个地方,利用一个专门用以管道连接的、埋入到围护结构内的连接件(该连接件由金属板及焊接在金属板上的多个管接头构成),实现多

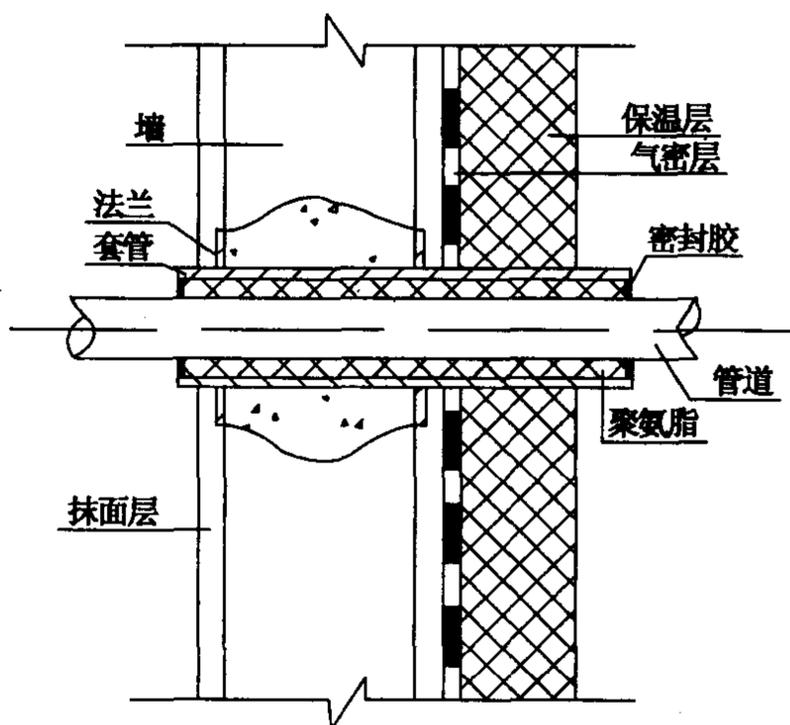


图 7—17 单管穿墙气密处理示意图

根管道进出气调间,同时保证气调间的气密。图 7—18 表示了多根管道进出气调间的气密处理。

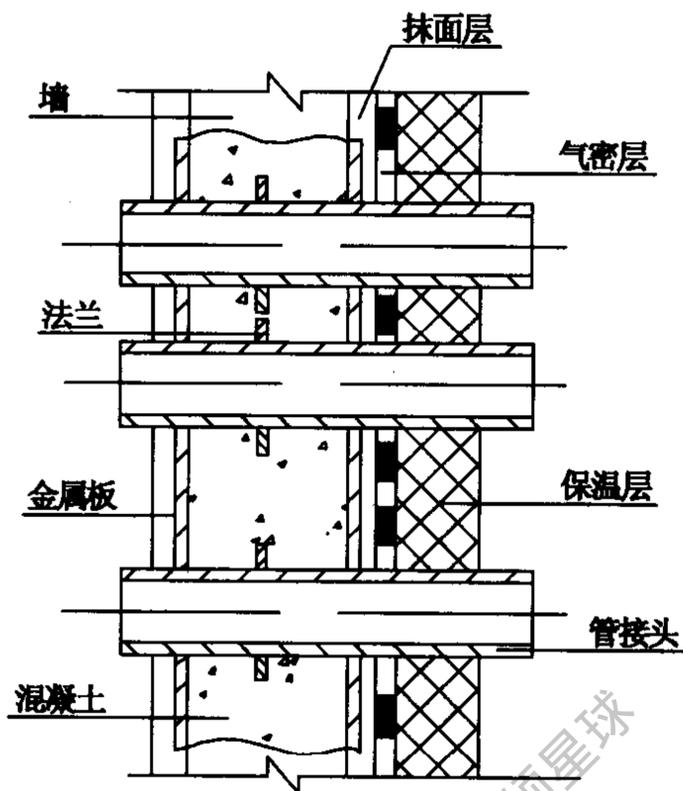


图 7—18 多管穿墙气密处理示意图

#### (四)围护结构的气密检查

气调库围护结构的气密性检查,分阶段性检查和最后检查(即气调库的气密试验)。

##### 1. 阶段性检查

阶段性检查包括以下内容:检查围护结构表面的预处理情况以及处理是否正确;检查气密材料的制备情况以及施工条件;检查密封胶的有效期是否过期;检查气密层的施工是否遵守了有关技术要求;最后检查气密层的施工质量。

在气密层施工的所有阶段,都要检查库内空气的温度、相对湿度;检查所用设备、工具的完好性;检查施工场所的清洁卫生情况。

阶段性检查结果应记录在施工记录中。

当发现气密层存在缺陷时(如出现裂缝、气孔、砂眼、凹痕、凸起、脱落等),要对有缺陷的地方进行修复;如果存在大面积的凸起或脱落时,应及时清除,更换新的气密层,重新进行气密层的施工。出现这种情况,往往是由于围护结构的表面不干燥,所以施工前,一定要注意围护结构的干燥性。

气密层施工完毕,应对各个部位气密层表面轻轻敲打,根据有无钝音查找气密层贴不牢的地方,把有缺陷的气密层切割下来,经清理后重新进行施工。

##### 2. 气调库的气密试验

在建筑施工和气密、保温施工结束后,在制冷设备、气调设备以及各种管道安装完了以后,即可关闭库门,进行气调库的气密试验。

虽然气调库要求气密,在气调库的建设中进行了如前所述的各项气密处理,但气调库整体气密不可避免地存在漏点和薄弱环节,因此,不可能绝对气密。从理论上讲,也没有

必要要求绝对气密。如果气调库是绝对气密的,由于果蔬的呼吸,库内氧气浓度逐渐降低,二氧化碳浓度逐渐升高,从而破坏了原先建立起来的气调工况。在气调库存储技术中,当库内果蔬呼吸的耗氧量大于或者等于外界氧气渗透量时,一般认为气调库是充分气密的。

关于气调库的气密试验,目前得到广泛应用的是压力测试法。它的优点是测试方法简单,测试仪器比较普通,测试结果直观且不用计算。压力测试法,即在库内人为地造成正压或负压(以大气压力为基准),然后观测、记录库内压力随时间的变化关系,从而判断气调库的气密性。正压法是向库内充气,使库内形成正压;负压法是从库内抽气,使库内形成负压。一般不采用负压法,因为通常气密层都在围护结构的内侧,易造成气密层的脱落。负压法可用于检查气密层的粘结质量。

压力测试法所用的仪器很简单,通常只需1台通风机(或1台空气泵),1台倾斜式微压计(或V形液压计),1个计时器和2只标准温度计。

测试方法:测试前,将气调间封闭,留一个进风口与通风机出口相连,把一只标准温度计事先放入库内(放在观察窗或气调门上的小门处,以便于观察),另一只放在库外,将测压计装在安全阀上的取样口,并给安全阀及所有的水封装置注入清水,水封柱高应稍大于试验压力。开启通风机向库内充气,直到库内压力稍高于试验压力时,关闭通风机和充气管上的阀门。此时开始计时,观察库内压力的变化,每隔半分钟记录一次,直到库内外压力平衡。每个气调间要测试几次,比较每次结果是否一致。

测试时应注意以下几点:

(1)测试前气调间一定要气密,注意给安全阀及所有的水封装置注入清水,水封柱高应稍大于试验压力。

(2)测试前气调间要保持静态,不得开启设备、灯具等,防止引起库内温度变化,而影响测试结果。

(3)测试用的压力计应是以 $9.8\text{Pa}$ ( $1\text{mmH}_2\text{O}$ )为计量单位的。

(4)在开始测试时,若充入库内的空气温度偏高,在库内冷却时会导致库内压力迅速降低。因此,充气时应略高于试验压力 $19.6\sim 29.4\text{Pa}$ ( $2\sim 3\text{mmH}_2\text{O}$ ),等到库内压力降至实验压力时,再开始计时。

若实验结果达不到气密标准,说明气调库的气密程度不符合要求,则应按如下方法查找气调库泄漏的地点,并进行修复。

检查方法:2~3人进入库内,之后关闭库门。然后在库内建立起 $245\text{Pa}$ ( $25\text{mmH}_2\text{O}$ )的正压,在这样的压力下,空气将以较大的速度从围护结构的不严密处向外泄漏,甚至用耳朵能听到空气流出时发出的声音(哨声),也可以将蜡烛的火焰置于怀疑发生泄漏的地点,观察火焰是否有倾斜。在查找到泄漏的地方做好标志,以便修复。检查的重点放在墙角四周、库门及管道进出气调间的穿墙处。

根据检查的结果,对有泄漏的地方进行修复,然后再次进行气密实验。一般来说,气调库的气密实验应进行2~3次,以确认其气密性符合标准。

## 第八章 冷库建筑工程的施工和维护修理

### 第一节 冷库建筑工程的施工

冷库建筑属于低温高湿建筑,对围护结构和承重结构均有特殊要求。其中防潮隔汽和隔热工程系隐蔽工程,不便修补,是直接影响冷库使用年限的重要环节。因此,冷库建筑工程的施工除应遵照国家现行施工验收规范外,还应注意以下事项。

#### 一、砌砖工程

1.冷库内的砖砌体应使用不低于 MU10 号砖,抗冻标号为 F25,外墙可采用不低于 MU7.5 号砖。砖块在砌筑前,应适当浇水。

2.冷库内的砖砌体应用水泥砂浆砌筑,砂浆标号应不低于 M10 号,外墙可采用混合砂浆,砂浆标号在墙身防潮层以不低于 M10 号,在墙身防潮层以上不低于 M7.5 号。

3.砖砌体应横平竖直,上下错缝。灰缝厚度一般为  $10 \pm 2$  毫米。冷库砖砌体全部灰缝的砂浆应尽量饱满,特别要注意竖缝灌浆要缝满。饱满程度不得低于 90%。

4.单层冷库砌筑高度每天不宜超过 2 米,多层冷库的砌筑高度每天不宜超过 1.5 米。如增加砌筑高度,须相应提高水泥砂浆标号。

5.砌体的转角或交接处应尽量同时砌筑,必要时可留斜槎(踏步槎)。若必须在交接处留直槎(转角处不得留直槎),应沿墙高每 0.5 米加设拉结钢筋,每  $\frac{1}{2}$  砖厚不小于  $1\phi 4$ ,两端加弯钩,每边墙内伸入长度不小于 0.5 米,埋设钢筋的灰缝厚度应保证钢筋上下至少各有 2 毫米厚的砂浆层。

6.设计中需要的洞口、沟槽和预埋件等,应在砌筑时按图纸尺寸留出或埋好,避免冷库墙体砌完以后,再行砍凿。

#### 二、钢筋工程

1.钢筋的种类和直径应按设计要求采用。必须用不同种类或不同直径的钢筋代换设计中规定的钢筋时,应先了解设计意图,除必须保持原来的强度数值外,还应满足对钢材材质的要求和构造要求(如最小配筋率和钢筋间距,根数、锚固长度等)。

2.为了保证钢筋的混凝土保护层的必须厚度,应在钢筋外边设水泥砂浆垫块。冷库内,与负温空气接触的钢筋混凝土工程的钢筋保护层应比规范规定增加 10 毫米。

高湿度环境下的结构(如屠宰间、凉水塔、浴室、烘衣间等)和冻结间及库内门斗的预制板、柱,其保护层厚度按一般要求增加 5 毫米。冷库的内衬墙预制板、柱等小构件的保护层厚度可按一般要求。

3.钢筋安装完毕后,在浇灌混凝土之前要检查钢筋的种类、直径、根数和间距是否正

确,钢筋接头位置,搭接长度和混凝土保护层厚度是否符合要求,特别要注意悬挑构件中钢筋的位置。

4. 钢筋网架表面不得走人或放置重物。在模板上应架设马凳、跳板及其他措施,以保证钢筋网不变形、不位移。在浇筑混凝土时,应先检查、修理移动位置的钢筋。

### 三、混凝土工程

1. 拌制混凝土用的水不应有油脂、污水或其他有害杂质;砂的含泥量不得大于 5%;石子在使用前应用水冲洗干净,不得用风化的石粒。

2. 冷库用混凝土的配比应通过实验确定。试配标号应比设计标号高 10% ~ 15%。

3. 冷库用混凝土的水灰比宜采用 0.55,不得大于 0.6,水泥用量不应小于  $275\text{kg}/\text{m}^3$ 。水泥品种优先采用普通硅酸盐水泥,也可用矿渣水泥,但不得用掺有火山灰质的矿渣水泥,标号不应低于 C32.5 级;同时混凝土中不得掺加氯化物。

4. 浇筑混凝土前,应先将安装吊轨冷却管道、通风管道、上下水道、电器管线等预埋件,按正确位置埋设妥当,以免日后打凿混凝土。如果漏埋铁件,允许日后用电钻打孔,埋设膨胀螺栓生根,补做埋件。

5. 混凝土应拌和均匀,浇筑时不得离析;要震捣密实,不得漏筋和有蜂窝麻面。

6. 无梁楼板的混凝土应连续浇注,不宜留施工缝,不得留时,应将施工缝留在柱帽边线处,并做成折线形斜坡形。如图 8—1 所示。

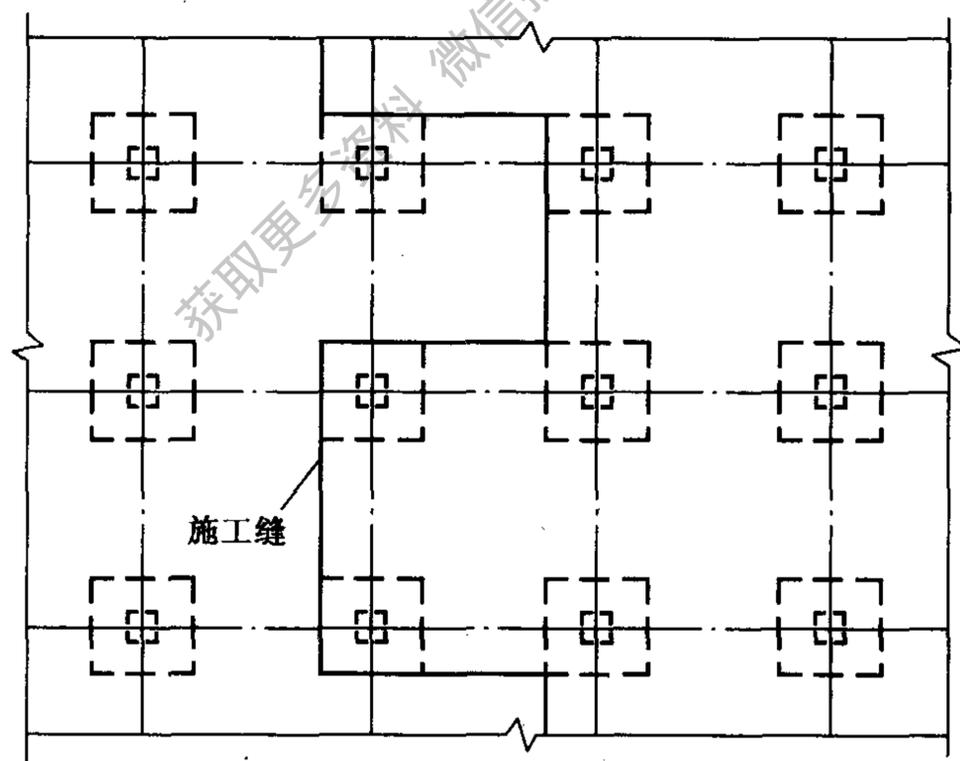


图 8—1 无梁楼板施工缝位置

7. 施工缝应按以下方法处理:

(1) 对已灌好的混凝土,其抗压强度达到  $1.176\text{MPa}$  之后,方能进行新混凝土浇灌的准备工作。

(2) 在浇灌新混凝土前,应先将灌好的混凝土表面加工成毛面,使骨料露出,并用水冲洗,冲洗的水应全部排出。

(3)在处理好的混凝土表面上先铺一层和混凝土内砂浆成分相同的水泥砂浆(厚约10毫米,其水灰比不得高于混凝土的水灰比),然后才能在上面浇灌新混凝土。

8.浇灌支撑无梁楼板的柱子时,必须把施工缝留在柱脚和柱帽45°折线顶部(即柱帽折线转折处)。柱帽上部混凝土应和楼板一次浇灌,柱帽下部混凝土应和柱子一起浇灌。见图8—2。

浇灌柱子混凝土前,底部应先填以50~100毫米与所浇灌的混凝土内砂浆成分相同的水泥砂浆。浇灌柱子的混凝土自由倾落高度不得超过2米,否则,应沿串筒、斜槽或溜管中下落。

9.混凝土浇灌完毕后,应用湿草帘覆盖,并经常浇水养护,其养护时间不得少于14天。当混凝土强度达到设计强度的70%以上时,才能拆除承重模板。

10.在施工过程中,必须认真检查混凝土的质量。要在混凝土浇灌地点制作试块,在标准条件养护28天,其抗压试验结果是评定混凝土质量的主要依据。

试块的留置,浇筑整体式结构时,每50立方米混凝土取一组;浇筑混合结构时,每20立方米混凝土取一组;浇筑装配式结构构件时,每一工作班及每一配合比中取一组。每组试块至少三个,须同时制作。

11.冷库地面隔热层上的钢筋混凝土面层,宜在垫层或找平层终凝后硬化前铺筑。当垫层或找平层已硬化时,应加工成毛面,用水冲洗,保持湿润,并涂水泥浆,然后再铺筑面层。

钢筋混凝土面层应分段连续浇灌。摊铺混凝土用木杠刮平,用振捣器振实,同时压入分格条,然后用滚筒反复碾压提浆,木抹抹平,取出分格条,要在面层初凝前抹平,切实注意养护,防止起鼓裂缝。

12.为了避免施工用水影响隔热工程的质量和水泥砂浆沾污地面,冷库衬墙和隔墙所用预制柱和楼板不得在库内制作。

#### 四、抹灰工程

1.冷库内外墙抹灰为中级抹灰。抹灰必须分层(底层、中层、面层)成活。抹灰层应牢固、平整,不得有空鼓、脱壳现象。大面积水泥砂浆宜分格。罩面成活24小时后要注意喷水养护,至少7天,以防止抹面裂缝。

2.在抹面前,须用沥青麻丝将基层上门、窗樘和穿墙管道(或管道隔热层木套)周围缝隙塞密实。

3.基层粘绿豆砂,先在基层上刷热沥青,趁热压入绿豆砂一层,绿豆砂(粒径为4~8毫米)。要过筛、预热、粘贴要均匀,待沥青冷却后抹水泥砂浆。

4.墙面油毡层上粘绿豆砂、抹灰。先把油毡平铺在地上,按墙高度裁成需要的长度,刷热沥青后随即撒压绿豆砂。待沥青冷却、豆砂粘住后,再把油毡卷起来,按常规用沥青把粘有豆砂的油毡往墙上贴,最后在豆砂上抹水泥砂浆。大面积抹灰时,还要先铺钢丝网,做钢丝网水泥抹面,以防裂缝和鼠害。

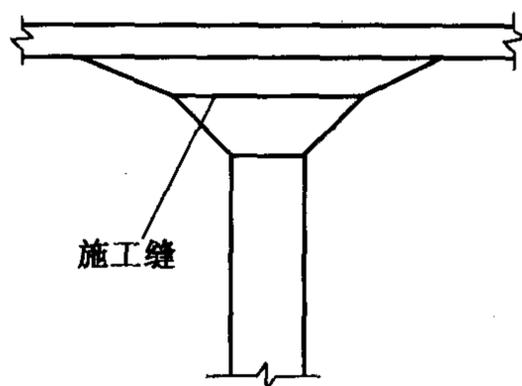


图8—2 无梁楼板柱施工缝位置

5. 胀缩不同的抹灰基层(如木阁栅、软木、聚苯乙烯泡沫塑料同砖、混凝土)相接处,宜先钉一层至少 200 毫米宽的钢丝网防裂。

6. 外墙面刷浆。冷藏库外墙面一律为白色或浅色,颜色按设计的要求确定。外墙面刷浆不得在有烈日或大风直接作用下进行。刷浆的基层必须干燥,刷浆之前可先用清水或胶料润湿基层表面。基层表面不可太光。涂料中胶料、食盐的掺入量,以实际涂刷试样不脱落为宜。一项工程所用的原材料应一次备齐并干拌成混合料备用,以免刷浆颜色不匀。

涂料的重量配合比如下(供参考)。

#### (1) 石灰油浆

生石灰 100:熟桐油 30:滑石粉 50:食盐 5:胶料 5(或适量)。胶料宜用皮胶或骨胶 1 份(重量),加水 4 份,用小容器放在盛水的大容器内隔水蒸熬。

#### (2) 水泥石灰色浆

生石灰 100:熟桐油 10:滑石粉 75:食盐 10:水泥 40:颜料(适量):胶料(适量)。

### 五、卷材防水、隔汽工程

1. 卷材防水、隔汽工程的施工,应根据各地具体的情况,选择在有良好的气候条件的季节,避免在酷热、冰冻(气温不低于 5℃)、风砂及雨、雾、霜、露等条件下进行铺贴。

2. 铺设卷材的基层应牢固,平整,清洁,干燥,不得起砂。表面要用木抹子搓平,不能用铁抹子压光。

基层转角处应先用细石混凝土(标号不低于 C7.5)做成圆角(半径为 50~100 毫米)或钝角。

3. 涂刷沥青胶结材料的水泥砂浆或混凝土基层表面,应先满刷冷底子油一道。冷底子油愈薄愈好,但不得有空白和麻点。

配制冷底子油所用沥青,应和胶结材料沥青种类相同。

一般用 10~30 号石油沥青,重量配合比为,石油沥青:汽油 = 0.3:0.7

4. 油毡施工前,应先刷去浮于油毡面上的云母片、滑石粉和其他杂物。

5. 各层油毡的长边搭接宽度不应小于 70 毫米,短边搭接宽度不应小于 100 毫米。上下两层及相邻两幅油毡的搭接缝均应错开(一般可错开 1/3 幅宽),但不宜互相垂直。

6. 冷库屋面、墙面、地(楼)面相邻各面油毡转角处应铺贴宽约 300 毫米的附加层。附加层用两层同样的油毡,也可用一层沥青玻璃布油毡。

檐沟、天沟以及屋面与突出部件(管道、烟囱和墙等)的连接处,均应加铺一层油毡。

7. 屋面与突出部件连接处,油毡贴在立面上的高度不宜小于 250 毫米。

8. 铺贴油毡的沥青胶结材料要涂刷均匀。每层胶结材料的厚度,在屋面为 1~15 毫米,不得超过 2 毫米,其余为 1.5~2.5 毫米,不得超过 3 毫米。

9. 油毡铺上后,要及时压实(挤出的胶结材料要趁热刮去),不得有皱折、空鼓、气泡、滑溜、翘边和封口不严等缺陷。外观检查可用木条轻划表面或敲击,若声音发哑,则表明粘贴不实,应挖开重新补贴。

10. 屋面油毡铺贴好后,应及时铺设绿豆砂保护层。绿豆砂要过筛、洗净、干燥、预热

后铺撒摊平,趁热用小滚子使砂粒一半压入沥青内,务必粘结牢固,防止流散。

11. 沥青的熔化。熔化沥青时,先将沥青破成 8~10 厘米大小的碎块,按配合比称量之后放入锅中加热,使其熔化脱水至不再起泡沫。

沥青加热时间不宜太长,如时间太长将会改变沥青的性能,加热时间以 8~4 小时为宜,并应在 8 小时内用完,如有剩余可与新熬制的沥青混合使用。

石油沥青熔化温度如下:

10 号石油沥青(V)	280℃ ~ 320℃
30 号石油沥青(IV)	220℃ ~ 240℃
60 号石油沥青(III)	180℃ ~ 220℃
0 号石油沥青(II)	180℃

熔化沥青时要注意安全,在沥青锅周围应设泡沫灭火器、浸湿过的草包及锅盖。万一如遇沥青燃烧时,可先将锅盖盖上,然后盖上浸湿过的草包,移去炉堂内的火。待火完全熄灭后,再打开锅盖。放入一些沥青块,这样锅内温度就会降下来,可以恢复正常工作。

## 六、隔热工程

冷库内隔热和隔气工程为避免雨淋受潮,必须待冷库屋面做好后才能进行。如在屋顶上铺设聚苯乙烯泡沫塑料或软木等块状隔热材料,必须事前采取防雨措施,防止雨淋受潮。

隔热工程所用隔热材料必须按设计规定采用,其性能如:导热性、吸水性、抗冻性、容重和强度等,均应满足设计要求。

### (一) 稻壳的灌装

稻壳使用前,必须过筛,要求干燥、无杂质、不发霉受潮。

墙内灌装稻壳隔热材料之前,应将散落在内衬墙与外墙之间的砂浆、砖头、杂物清除干净,以免产生冷桥。稻壳每灌注 0.6 米高时,要用木棍捣实,并用“⊥”形工具分层拍实。墙上开门留洞处下面容易形成死角,应注意填满。局部灌装不到之处,宜用塑料薄膜袋包装稻壳填实。稻壳灌好后,应随时注意检查,若有沉陷,须及时补充。

稻壳进库时应仔细检查,严防老鼠钻进以为后患。

灌注稻壳时注意防火,严禁抽烟或烧电、气焊。

### (二) 地面炉渣隔热层的铺设

炉渣使用前必须过筛,将炉灰粉末及未烧透的煤等清除干净,不能使用刚出炉的炉渣(一般使用出炉后 3~4 个月的炉渣)。炉渣使用前还须测定其含水率,如含水率超过 10% 时,必须将炉渣炒干后才能使用。

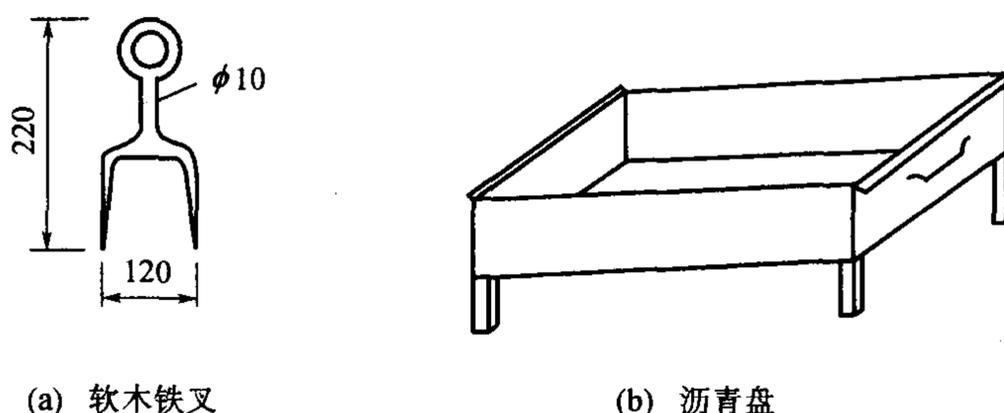
炉渣隔热层必须分层铺设,分层压实。每次虚铺 20 厘米厚,用平板振捣器振实至 16 厘米厚。

### (三) 软木的铺贴

1. 铺贴软木的墙、地面或顶棚等基层都要平整。铺贴之前宜按软木尺寸弹线铺贴。

2. 铺贴软木之前,应做好软木的准备工作。软木应按不同厚度分类。铺贴同一层应用同一厚度的软木。铺贴软木时必须有木工在场随时配合。

3. 熔化好的沥青运到施工现场,注入沥青盘内,盘下可用热源保温。参见图 8—3。



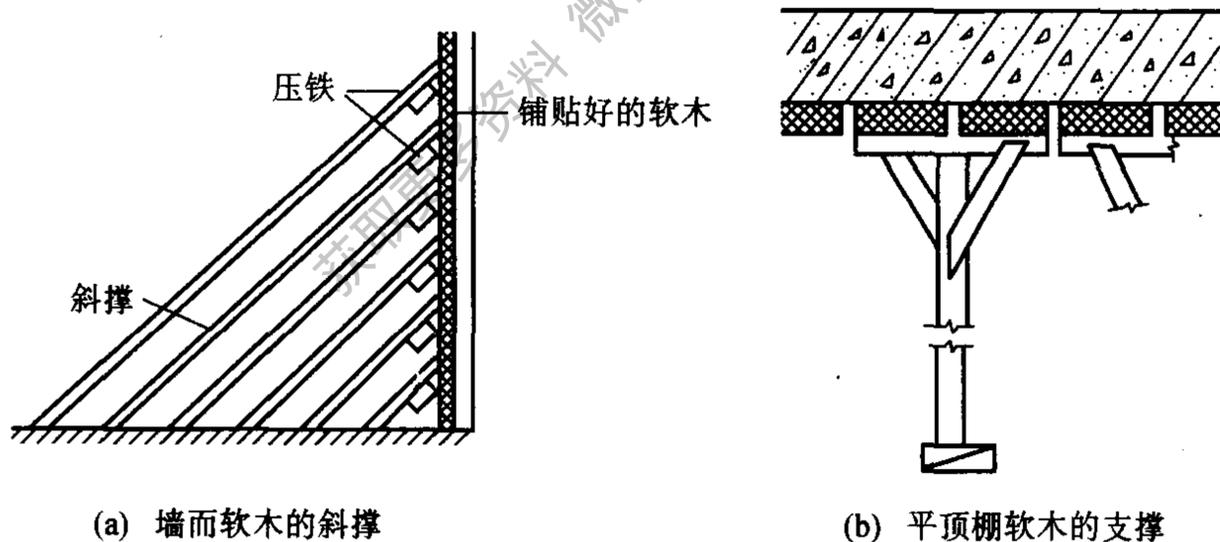
(a) 软木铁叉

(b) 沥青盘

图 8—3 粘贴软木的工具

4. 地面铺贴软木时,用铁叉将软木浸入沥青盘内,使软木 5 面均沾满沥青,铺贴在已有一道热沥青的基层上,随即在软木表面刷热沥青一道。然后用同样方法铺贴第二层软木。要保证每块软木六面都有沥青。墙上铺贴软木时,应先在基层上刷沥青,然后将软木铺贴在基层上。也要求软木 6 个面都有沥青。

5. 铺贴软木时,应边贴边压实(地面可用木板加重物压,墙面、顶棚可用支撑),使沥青均匀饱满,防止软木翘曲空鼓。如图 8—4 所示。必须将挤出的沥青趁热刮干净,不留疙瘩。每层软木都应平整,必要时,应予刨平。



(a) 墙面软木的斜撑

(b) 平顶棚软木的支撑

图 8—4 粘贴软木

6. 软木铺贴好后,个别处有缝隙时,必须用沥青拌软木屑嵌满,缝隙超过 10 毫米时,用软木片沾沥青嵌入塞紧。

7. 在新建现浇钢筋混凝土楼板下贴做满堂软木顶棚时,可采用预制软木层的方法,即预先在楼板的模板上铺设钢丝网、油毡,并用热沥青按常规逐层铺贴软木块,并适当预埋吊筋,然后在已铺设好的软木层上现浇混凝土楼板。待楼板达到规定强度拆除模板后,软木层便与楼板底面粘结在一起。此法比仰贴施工方便,且能保证软木层的质量。

#### (四) 聚苯乙烯泡沫塑料的粘贴

##### 1. 用热沥青粘贴

水泥砂浆找平层(用木抹子搓平)应平整、干燥,先刷一道冷底子油,然后刷一道热沥

青,同时在聚苯乙烯泡沫塑料板上刷一道热沥青(热沥青温度以不烫坏板面为准,一般应控制在  $65^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ),随即贴上压紧。

### 2. 用冷沥青粘贴

先将沥青熔化使其沉淀,脱水后,冷却至  $110^{\circ}\text{C}$ ,然后缓缓加入汽油(其重量配合比为:沥青:汽油 = 1:0.3),边加边搅拌,搅拌均匀后再按上述方法粘贴聚苯乙烯泡沫塑料。

用冷沥青粘贴的聚苯乙烯泡沫塑料隔热层,要裸露 24 小时以上,让汽油发挥后再用防潮隔汽材料密封,以免因汽油积聚而引起燃烧。

### 3. 用环氧树脂胶泥粘贴

环氧树脂胶泥的重量配合比为:

环氧树脂	100
二甲苯	14
乙二胺	8
水泥	400

将配制好的环氧树脂胶泥,用木板抹在塑料板上,再往基层上贴,用手压实,力求平整。贴好后,随即用支撑加以固定。一般  $50 \times 50$  厘米的板粘五个点, $100 \times 100$  厘米的板粘九点,每点胶泥的直径为 10 厘米左右。2 小时后可拆除支撑。

无论用什么方法粘贴聚苯乙烯泡沫塑料,都要尽量原状整块粘贴,最大限度地降低它的吸水率。如要裁割泡沫块体或现场预制异形构件,要用电热丝刀熔融切割。如用锯来裁割,锯口表面要用防水涂料均匀封闭。

### (五) 加气混凝土及泡沫混凝土块的砌筑

砌块应干燥、平整。锯割砌块时要先划线,锯口可用钉有钢板网的木抹子平。

砌块用热沥青砌筑。先在砌块上 6 面刷热沥青待凉干后砌筑。砌缝厚为 9~5 毫米。在墙上,砌块竖缝灌缝前应先用 1:2 水泥砂浆将下面外露的沥青缝盖严,并用手扶住砌块,待沥青初步凝固后再放手以免墙体胀鼓。必要时可用支撑临时固定,防止砌块走动。

### (六) 地面沥青膨胀珍珠岩隔热层的施工

1. 沥青膨胀珍珠岩容重为  $81 \sim 120\text{kg}/\text{m}^3$  膨胀珍珠岩(要颗粒状的,不要粉末状的膨胀珍珠岩)和 30、60 号石油沥青制成,每立方米膨胀珍珠岩加 50~70 公斤石油沥青。

2. 先将膨胀珍珠岩预热至  $180^{\circ}\text{C}$ (注意翻炒),然后按比例徐徐加入热沥青( $180^{\circ}\text{C} \sim 220^{\circ}\text{C}$ ),迅速搅拌均匀(不要结团,不要色泽不匀),即可运至现场使用。使用时,拌合料的温度不宜低于  $100^{\circ}\text{C}$ 。

3. 沥青膨胀珍珠岩应分层摊铺、压实。每层虚铺厚度不应大于 120 毫米,压实后的厚度为虚铺厚度的  $4/5$ 。铺筑时,可先支好 100~120 毫米高的模板,沥青膨胀珍珠岩虚铺刮平后上 1~1.2 毫米厚薄钢板(每次虚铺的面积等于一两张薄钢板的面积。随即趁热用 100 公斤左右的铁滚子在钢板上来回滚压 1~2 遍,压至要求的厚度即可。在施工过程中可及时撤去模板,使接缝严密、平整。

4. 在正常气温条件下,下层沥青膨胀珍珠岩施工完毕 24 小时后才能进行上层施工。

5. 在铺好的沥青膨胀珍珠岩上施工时,应先用薄钢板或木板铺垫通道,防止损坏已铺

好的沥青珍珠岩表面。

6. 在沥青膨胀珍珠岩施工中应有昼夜防火值班人员严加防护。

### (七) 硬质聚氨酯泡沫塑料隔热层的施工

#### 1. 原材料规格、性能及配合比

现场灌注成型硬质聚氨酯泡沫塑料,适用于不规则表面或较大成型面的快速施工,特别是快速维修施工。其原料规格、性能及配合比见表 8—1:

表 8—1

原料名	性能	规格	重量配比
I 型阻燃聚醚	多羟基化合物;与 PAPI 混合反应组成泡沫体主链	羟值 $500 \pm 20\text{mg}(\text{KOH})/\text{g}$ , 酸值 $< 5\text{mg}(\text{KOH})/\text{g}$ , 含氯量 6%, 水分 $< 0.2\%$ , 含磷量 6%	100
乙二胺聚醚	催化交联剂, 还起加速凝胶固化作用	羟值 $770\text{mg}(\text{KOH})/\text{g}$ , 水分 $< 0.2\%$ , 含氯量 85%	30
三乙醇胺	催化剂, 控制发泡时间	含量 95%, 比重 1.12 ~ 1.13	4
三氟三氯乙烷	发泡剂, 控制发泡密度	工业: 沸点 $49^\circ\text{C}$ , 比重 1.6	40
硅油(发泡灵)	泡沫稳定剂, 调节泡孔大小; 使泡孔表面张力减小	褐色油状物	5
B—三氯乙基磷酸酯	阻燃助剂, 有自熄性, 又起降低混合料粘度及高泡沫体粘结力作用	微黄色油状液体, 沸点 $150^\circ\text{C}$	40
多苯基多异氰酸酯	是泡沫主体, 与阻燃聚醚混合反应组成泡沫主体	纯度 85 ~ 90%, 粘度 400 厘泊以下, 总氯量 $< 0.8\%$ , 水解氯 $< 0.3\%$ , 酸值 $\text{ppM} \cdot \text{ph} < 200$	178

#### 2. 灌注成型工艺流程

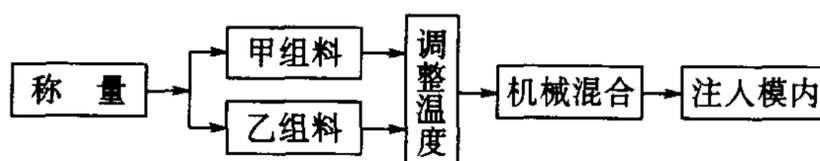


图 8—5

按配方将羟值在  $500\text{mg}(\text{KOH})/\text{g}$  左右的多羟基化合物和交联剂、催化剂、发泡剂、泡沫稳定剂、阻燃剂等正确称量,均匀混合置于甲组料容器中,将异氰酸脂置于乙组料容器中,如温度过低,全部物料须在水浴中加热调整温度(温度过高则降温),然后甲乙两组料由机械混合后注入模内发泡成型,甲组混合料每次灌注称量须根据模板的具体情况而定,一般控制在 1~2 公斤范围内,以每次 1 公斤较好,以免料层过厚影响散热。

材料的施工温度以 25℃ 为最好,所形成的泡沫体为乳白色,气泡均匀、密实,表面光滑,孔径约 0.4 毫米,取 5×5 厘米试件测定其容重为 72kg/m<sup>3</sup>。物料在不同施工温度时的效果比较见表 8—2。

表 8—2

温度℃	小配方发泡量 (m <sup>3</sup> )	容重 (kg/m <sup>3</sup> )	泡孔情况	表面情况	其他
7	0.0020	77	孔径 0.5 ~ 2mm, 底部有 20mm 大孔	粗糙	米黄色
16	0.0024	74	孔径 0.4 ~ 2mm, 底部有 20mm 大孔	粗糙	米黄色
20	0.0024	74	孔径 0.5 ~ 1mm	稍微粗糙	米黄、稍白
23	0.0025	73	泡孔均匀, 孔径约 1mm	比较光滑	乳白色
25	0.0028 0.0027	72	泡孔均匀, 孔径约 0.4mm	光滑	乳白色
30	0.0020	75	孔径不均匀	开裂	烧心, 泡沫体内黄或暗红色

泡沫发生过程分三个阶段,搅拌为 15 ~ 20 秒,从搅拌起泡最快为 50 秒开始,最慢为 1 分 30 秒开始,凝固约在 4 分钟以后。物料混合搅拌完毕至开始发泡之间的灌注操作时间只有 30 ~ 70 秒钟,如果操作过于紧张,可酌减三乙醇胺用量,稍为延迟起泡时间,以利操作。

### 3. 工具、模具及脱模剂

(1) 工具详见表 8—3。

表 8—3

名称	规格	数量	说明
手持电钻	380 伏 530 转/分	1 台	作搅拌用
铝锅		2 个	
温度计	150℃	2 支	
台秤	10kg	2 台	
铁桶	Φ300mm	2 个	
铁桶	Φ200mm	4 个	
搪瓷盅	3 升	4 个	
瓷汤碗		若干	
油灰刀		若干	
简易过滤防毒面具		若干	
医用薄胶手套		若干	防护用品
防护眼睛		若干	防护用品

## (2) 模块。

镀锌铁皮模板:散热快,泡沫体表面光滑,提高防水性能,保证质量。

硬质塑料模板:散热性能较差,也具有镀锌铁皮模板的优点,可结合做表面板(也起模板作用),施工后可与泡沫体成为一个整体,表面平整光滑,防水性能较好。

木模板:要刨光,由于散热性能较差,本身又吸收脱模剂,脱模剂的厚度就难于掌握,脱模时易损伤泡沫体。

## (3) 脱模剂。

脱模剂为黄油,也可以用机油。涂油要适中,太薄难于脱模,过厚会使附近的泡沫体软化,延长凝固时间。

## 4. 施工注意事项

(1) 物料的活性很大,对气候条件非常敏感,材料配比随着气候条件不同而异。配比的确定必须通过试验来校正。

(2) 甲、乙两组料混合前,甲组料要搅拌均匀,因各种原料比重不同,特别是  $C_2F_3Cl_3$  的比重是 1.6,容易沉积于底部。

(3) 施工温度直接影响发泡量及质量,要严格控制。物料对温度比较敏感,温度低,黏性就大,流动性差,以乙二胺聚醚最显著。如温度过高,反应时间非常迅速,发泡时间难于控制。发泡剂  $C_2F_3Cl_3$  的沸点是  $49^{\circ}C$ ,接近这个温度时,就迅速挥发。PAPI 的温度不能超过  $60^{\circ}C$ ,否则黏度也相应增大。

(4) 被灌注的基层表面温度过低,泡沫体即产生收缩,如基层表面不能加温,可先在基层表面涂一层薄的甲组料层,然后灌注。

(5) 工件表面要无水,无杂物。如基层表面和模具内有水分,发泡量即大减,泡沫成褐色,泡孔大且不均匀,强度低,发酥。如基层表面光滑,泡沫体黏着效果不佳,可用 5% 明矾水涂刷一次,干燥后即附有明矾小颗粒,增强黏着力。

(6) 泡沫稳定剂(硅油)的贮存期最长 8 个月,贮存期过长黏度增大,开始失效。

(7) 阻燃剂(TCEP)不参加化合反应,用量不宜过多,否则会引起泡沫体收缩和发脆。

(8) 要在前一次灌注的泡沫体表面还具有柔软粘手感时进行连续灌注,以免时间过长泡沫体之间有施工缝。

(9) 物料化合反应放热量很大,13 厘米正方形的泡沫中心温度达  $120^{\circ}C$ 。所以,施工现场要有良好的通风条件,以便利于散热。大体积的部位最好采用适当的通风散热措施。

(10) 要及时清除粘在模板表面上的薄料层,因这些料层薄而不发泡,凝固后很光滑,与后来灌注的泡沫极易分离,造成泡沫体表面凹凸不平。

(11) 灌注用的容器表面要刷上薄黄油层,以利于每灌注一次后能迅速清除剩料(因这层剩料会在下一次灌注时粘着更多的原料),降低原料损耗。

(12) 要严格控制配方,防止胺醚用量过多而阴燃着火。由于原料含氯、苯、氰化物,并产生光气(一氧化碳气体与氯气在光照下生成的毒气)等刺激性毒物,操作过程要防止中毒,必须注意安全,做好防护工作。

5. 泡沫体可能产生的缺陷见表 8—4。

表 8—4 泡沫体可能产生的缺陷

泡沫体缺陷	产生原因	改进措施
泡沫体收缩	1. 比例失调,甲组料分量多,泡沫体凝固时有轻微收缩,或 TCEP 用量超过材料总用量的 22% 时,泡沫体塑性升高,强度下降引起收缩 2. 强度低的泡沫体受气温影响会发生收缩变形 3. 强度低的泡沫体吸水后也会收缩变形	适当提高胺醚用量,增加泡沫体骨架强度
发脆和发酥	1. 乙组料过多或乙组酸性太高 2. 基层表面有水分,物料温度过低 3. TCEP 用量超过材料总量的 22%	根据原因分析,采取相应措施
不发泡或发泡量少	1. 物料温度过高或过低 2. 甲组料过多	根据原因分析,采取相应措施
大孔或泡沫下沉	1. 没有硅油或硅油失效,或硅油用量不足 2. 遇有水分都会产生这两种缺陷,泡沫下沉时还会发出密集的小爆炸声 3. 胺醚用量大于 40% 会出现大孔, PAPI 纯度低含总氯量高,酸度高等引起泡沫体出现大孔	根据原因分析,采取相应措施
密度不均	主要是甲、乙两组料混合不均匀	根据原因分析,采取相应措施
开裂及烧心	1. 物料温度太高或料层太厚,热量难散发 2. 胺醚用量太多引起表面固化过快 3. 三乙醇胺用量过多,化合反应太迅速 4. 散热条件差 5. 物料活性大,特别是 PAPI 活性大	控制好物料温度和加强通风散热

## 6. 硬质聚氨酯泡沫塑料的主要性能

硬质聚氨酯泡沫塑料的主要性能见表 8—5。

表 8—5 硬质聚氨酯泡沫塑料的主要性能

容重(kg/m <sup>3</sup> )	25 ~ 26	强度(kg/cm <sup>2</sup> )	1.5 ~ 2
尺寸稳定性 (湿度 95% ~ 100% 温度 45℃ ~ 50℃, 144h)	< 5	耐油性 (24h)耐酸性(24h)	无变化
吸水性(kg/m <sup>2</sup> )	0.118	耐碱(20% HCl24h)	无变化
耐热性(℃)	140	抗拉(kg/cm <sup>2</sup> )	1.5
耐寒性(℃)	- 196	自熄性(秒)	1 ~ 2
热导率[W/(K·m)]	0.022		

## 7. 每立方米泡沫体的材料用量

每立方米泡沫体的材料用量见表 8—6。

表 8—6

材料名称	数量(kg)	材料名称	数量(kg)
聚醚	20.06	硅油	1.00
胺醚	6.00	三乙醇胺	0.80
CFCL	8.00	PAPI	36.30
TCEP	8.00		

## 七、冷库门的制作与安装

1. 冷库门的制作安装必须牢固、平整、开启灵活、关闭严密。
2. 安装冷库门的砖墙洞口,在砌筑时应先在毛榫螺栓位置处留槽,待立毛榫时再埋螺栓,并灌以 C15 级混凝土。
3. 平开门按门扇开启方向分右型(右手拉开)、左型,部分五金件相应也有正反,通行吊轨的推拉小门开启方向还与吊轨吊架方位有关,制作与安装中切勿搞错。
4. 门扇上设置的电热丝应和门扇同时安装、同时使用,不得遗漏。
5. 冷库门上所设的空气幕,应按安装图预埋螺栓。空气幕宜在库房降温之前装好,和冷库门同时使用。

## 八、地坪加热防冻工程

1. 地下通风加热管道必须埋设牢固,接口应封严。完工前必须清除管内杂物,使之畅通,如两端为敞开的自然通风管,应按设计要求,做成坡向两端的坡度,防止积水。同时在进出风口应做 10×10 毫米孔格铁算子,以防鼠咬。
2. 埋入混凝土垫层内的地下加热油管必须用新的无缝钢管制作,焊接好后,必须作水压试验。试压前先充水,将管道内空气排尽。充水时间为 24 小时,然后用试压泵打到试验压力 0.882MPa,至少观测 6 小时,若压力不降,所有接口均无渗漏现象,则为合格。操作时不应一次打到试验压力,而要有一二次停止加压,对焊口进行检查。渗水之处必须重新补焊。试压合格后,刷防锈漆二道或刷冷底子油一道、热沥青两道,再和散热钢筋绑牢,然后才能浇灌混凝土。

## 九、防火组织及消防设施

冷库建筑防水、隔汽工程和隔热工程使用大量可燃性材料(如沥青、油毡、软木、稻壳、聚苯乙烯泡沫塑料等),施工中必须采取有效的组织措施和消防措施。

1. 熬沥青时须有专人看火,防止加热温度过高使沥青着火;下班时,待炉火完全熄灭后才能离开。
2. 现场发泡的聚氨酯泡沫塑料和现场浇捣的沥青珍珠岩,施工中应昼夜值班,防止自燃。

3. 进行焊接工作时,要防止火花溅到可燃物上引起火灾。

4. 经常检查电气设备和线路,及时消除火险。在可燃物附近不宜使用大功率灯泡,如必须使用,应加可靠的灯罩保护,并与可燃物保持一定的距离。从阁楼上向墙内灌注稻壳时,要把电灯挂在墙外,防止灯泡上积尘自燃,掉在稻壳上引起火灾。

5. 在施工现场设置消防器具,如灭火机、砂箱、消防水池等。

6. 建立热施工许可制度,凡涂刷冷底子油,进行热沥青施工以及电焊等施工前,必须经主管工程负责人签字同意,并指定专人在施工前、施工中及施工后进行检查,做到措施落实,防患于未然,消灭可能发生的火灾。

#### 十、防雨措施

屋面防水工程、库内隔汽、隔热工程在施工中必须有完善的防雨措施,以保证工程质量。库内隔汽、隔热工程必须在屋面封顶断水后进行。有些冷库在施工中为抢进度,不等屋面封顶断水就进行库内隔热工程的施工,造成大量返工,这类事故的经验教训必须记取。

## 第二节 冷库建筑的使用管理

冷库是低温密封性建筑,结构复杂、技术性强、造价高,库内外温差大,最忌有冰、霜、水、汽。因此,冷库的使用管理必须严格按照科学规律办事,认真执行有关规章制度,建立健全岗位责任制,切实做到使用好管理好冷库,以保证冷库正常生产,运转安全,延长建筑物、结构物的使用年限。

冷库的使用,应当充分发挥冻结、冷藏能力,保证安全生产,保持库温稳定,从而保证商品质量。库房管理要勤字当头,责任到人。严禁违章操作,擅自改变生产工艺,损坏冷库建筑结构。

#### 一、严格控制库内温度

冷库使用中必须严格控制库内温度。库内温度应按设计要求保持稳定,其波动幅度不得超过 $2^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ 。这是保证商品质量和避免冷库建筑结构引起损坏的重要措施之一。冷库门长时开敞和大量进入热货是不允许的。开门进货时,库温上升幅度不得超过 $2^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ 。如库温上升幅度过大,不但影响食品质量,而且建筑结构易损坏,影响使用寿命。因此,当库温上升 $2^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$ 时,应立即关闭库门,并停止进货。

#### 二、根据冷库的特性,严防水、汽渗入隔热层,确保冷库正常使用

1. 穿堂和库房的墙、地坪、顶棚和门框上要求无冰、霜、水,做到随有随扫,及时清除。在库内不得做多水性作业。不得把高、低温库改作其他用途。

2. 库内的排管和冷风机要及时进行冲霜和扫霜,冲霜要注意安全,做到速度快,并及时清除冰、霜、水,冷风机水盘内不得积水、结冰。

3. 库内严禁做多水性作业。

4. 没有经过冻结的热货,不准直接进入低温库,以保证商品质量,同时防止带进热气,损坏冷库。

5. 严格管理冷库门。商品出入库时,要有专人开关。库门要求开启灵活、关闭严密、防止跑冷,如有损坏,要及时修理。凡与穿堂或与外界空气接触的门,均应设空气幕或门帘。

### 三、防止冷库建筑结构因冻融循环而遭损坏

1. 各种库房应根据设计规定用途使用。高、低温库房不能混淆使用。原设计的两用库确定一种用途后,不得轻易改变。各种库房在空库时,也要保持一定温度,冻结间和低温库在 $-5^{\circ}\text{C}$ 以下,高温库在露点温度以下,避免库内滴水受潮。

2. 原设计有经冷却工序的冻结间,如改为直接冻结时,冻结间要有足够的制冷设备,同时,还要控制进货数量和掌握库温,库房内不得出现滴水现象。

### 四、保护地坪和楼板,防止冻鼓和损坏

1. 不得把商品直接铺在地坪上冻结,拆肉垛时,不得采用倒垛的方法,脱钩和脱盘时,不准直接在地坪上摔击,以免砸坏地坪,破坏隔热层。

2. 商品堆垛及吊轨悬挂重量不得超过设计负荷标准。

3. 没有作地坪防冻措施的高温库房,其库内温度不得低于 $0^{\circ}\text{C}$ ,以免地坪冻鼓。

4. 冷库地下风道应保持畅通,不得积水、堵塞,北方地区应做到冬堵春开。如采用机械通风的,应有专人经常测量地坪温度,做出记录,并定时开启通风机。如设有地下油管加热装置的,要经常使用,记录进出油的温度,并定期开动油泵。

### 五、冷库必须注意合理使用库容,提高库房利用率

不断总结和改进行品堆垛方法,安全、合理安排货位和堆放高度,在楼板负荷允许下,提高每立方米的堆货数量。货垛要牢固整齐,便于盘点、检查、进出库方便。库内要留有合理的走道,便于操作,保证安全。库房宽度在10米以内,在一侧留走道,库房宽度在10~20米,在库房中央留走道,库房宽度超过20米,每10米留一条走道。走道宽度为1.2~1.8米。

另外,库内操作要防止交通工具和商品碰撞库门、柱子、墙壁、排管与制冷系统管道。在易受碰之处,应设保护装置。

库内电气线路要经常维护,防止跑电,出库房要随手关灯。

## 第三节 冷库建筑的维修

为保证冷库正常生产,延长冷库的使用寿命,必须对冷库进行正确的使用和经常的维修。维修应着重在不停产的、经常性的小修小补上,必要时才停产大修。

### 一、冷库建筑损坏的主要原因

#### (一) 建筑设计不合理

1. 库址地下水位高,地坪防潮、防冻处理不当,造成地坪冻鼓;
2. 冷库平面或竖向布置不当,库内产生严重滴水或结冰;
3. 围护结构设计选用传热系数 $K$ 值不当,隔热层厚度不够,库内温度不稳定,库温回升快,经常达不到设计要求;
4. 隔汽防潮层连续性及防止冷桥考虑不周,造成局部破坏,并不断扩大;

5. 隔汽层位置设置不当,致使隔热层受潮破坏;
6. 冷库门构造及零件易损坏,影响门的密闭性或门洞节点构造不合理造成恶性循环;
7. 材料选用不当(如吸湿,吸水性),或对构件抗冻性、密实性未做明确规定,造成构件冻融破坏;
8. 在结构设计中,对减少温度变形的措施考虑不周致使屋面、外墙裂缝造成围护结构及隔汽层的破坏;
9. 各专业配合不好,造成错(误)、漏(掉)、碰(相碰)或破坏隔热及隔汽层等。

#### (二)施工质量不好

1. 对冷库建筑施工严格要求认识不足,特别是对隔汽防潮及隔热工程施工操作不符合规定,有的在施工中遭到雨淋、水浸等;
2. 使用材料未按设计规定,用不适当材料代用;
3. 隔热材料堆放保管不妥,材料受潮又未做相应处理;
4. 施工与安装配合不好,穿墙打洞破坏了隔热层和隔汽层。

#### (三)生产使用管理不当

1. 冷库使用管理制度不严(如库门敞开、大量进货、或把未经冻结的物品进入冷库、不及时冲霜、冷风幕不开等等);
2. 任意改变库房用途;
3. 冷库门、进出料孔、风幕、地坪防冻设施等没有经常检查及保养;
4. 冷库门损坏部分未及时修理,造成恶性循环。

### 二、冷库建筑损坏情况

冷库建筑的损坏主要是隔热构造的损坏和建筑结构的损坏两部分。其损坏情况一般在使用条件下,从冷库结构构件和隔热结构表面的不正常状态以及在生产使用中出现的异常现象来判断。但有时在低温不停产情况下难以确定损坏程度,还必须在停产升温后再作深入的全面检查。

#### (一)隔热构造的损坏

1. 外墙局部或全部出现泛潮(结霜)现象,隔热层酥落,内隔墙结厚霜或结冰,墙面冻鼓,粉刷层脱落。
2. 低温库上面的高温库地面结冰霜或积水,墙角、柱脚结冰霜,低温库下面的高温库平顶结霜或滴水。
3. 屋面裂缝,油毡起壳老化,屋面漏雨隔热层受潮,阁楼的稻壳隔热层内部潮湿。
4. 低温库地坪冻裂、冻鼓。
5. 库内出现较多的冷桥,凝水或结霜。
6. 库门损坏,门框、门扇变形,门缝不严密,造成严重跑冷。
7. 降温达不到设计要求,停止降温后,库温回升很快。一般最低标准是满库停机,升温速度平均不超过 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

#### (二)建筑结构的损坏

1. 由于基础不均匀沉降或温度应力的影响,冷库外墙面出现斜向裂缝或墙角垂直裂缝。

2. 由于屋面受温度应力的影响而变形,使冷库的边柱在阁楼层处向外倾斜,并在柱帽底部产生裂缝。

3. 低温库内的内墙出现冻鼓或开裂现象,粉刷层脱落,墙体冻酥。

4. 库内钢筋混凝土构件表面爆裂,保护层脱落露筋。

5. 地坪下的土壤冻胀而引起地坪冻鼓,冰冻线超过基础底面,使基础下的土壤冻胀,抬起基础,顶起上部结构,使内隔墙、楼板等产生损坏。

### 三、冷库建筑维修原则

冷库建筑的维修包括日常维修、定期检修和大修理三种维修方法。

#### (一)日常维修

日常维修是一项经常性的工作,要在冷库使用过程中经常对冷库建筑各部分进行观察和维护修理。

#### (二)定期检修

定期检修则是定期对冷库建筑结构进行全面系统的检修,一般每年进行一次,但对屋面防水排水系统则应在雨季前后各进行一次,发现问题及时修理。

日常维修和定期检修是保证冷库正常使用的有效措施。

#### (三)大修理

当冷库损坏严重,影响冷库的正常使用和安全时,必须进行大修理。

##### 1. 大修理范围

(1) 冷库的屋顶、楼地板、内外墙、梁柱基础等主要建筑结构严重损坏,屋面漏水,地下渗水,地坪严重冻鼓,其损坏程度经有关部门鉴定,影响安全生产的;

(2) 冷库隔热层严重受潮,导热性超过设计要求的 60%,失效面积超过总面积的 50% 上,库房降温效果明显下降或跑冷严重的(松散隔热材料可以更换的除外);

(3) 冷库工艺系统和水电系统管道、机器设备严重损坏,设备功率明显降低,经有关部门鉴定,影响安全生产,不能保证冷库的正常降温要求的。

以上三种情况有其中一项就可列入大修范围。

##### 2. 大修理应注意的问题

(1) 正确确定大修理范围,凡是必须修理的部分,一定要修理,但不得扩大维修范围。

(2) 在隔热层损坏较严重处,应设法挖取试块,测定含水率,检查材料的隔热性能。

(3) 钢筋混凝土外露结构的损坏,在冰封状态下检查较困难,可采用局部加热融化其表面冰冻层后,鉴别其质量。

(4) 当发现承重结构有较明显的损坏时,应对较严重的损坏区段,采取临时措施,防止结构在升温解冻后造成事故。如地基或地坪冻鼓,应测定其冻土深度。发现墙、板、梁、柱等部位有裂缝时可用石膏等填料作好标记,观察其发展情况,并做好记录以便分析原因。

(5) 为便于复查,可以在升温后根据需要,拆除部分外露构造层,拆除工作必须有计划有步骤地进行。在拆除过程中,应对主体结构认真地进行检查,主要检查混凝土的强度、裂缝、钢筋锈蚀以及损坏部位周围情况等。对结构承载能力有怀疑时,可委托技术部门做荷载试验。

### 3. 大修理技术设计问题

(1)冷库损坏部分要做彻底维修,不留隐患。在进行大修设计时,如牵扯到建筑结构、制冷工艺等重大问题时,应征求原设计单位的意见。

(2)冷库大修中要注意库房的平面布置,符合冷冻工艺流程要求,高、低温区域合理划分,避免发生滴水、结露、跑冷等现象。在平面布置上要注意以下问题:

①冷藏间开间在有条件的情况下尽可能改为大间,以减少内隔墙,便于机械码垛和充分利用冷藏面积。

②多层冷库尽量采用一种库温,以使同温层不作隔热层,节省投资。

③冷库外穿堂有条件的可改为常温穿堂。

④生产性冷库的冷却间和冻结间有条件的可移出库外,以方便维修。

(3)冷库围护结构的隔热材料,要采用隔热性能稳定可靠的材料,其厚度应根据隔热材料的物理性能,结合当地气象条件和库温要求经过计算确定。

(4)为防止隔热层受潮失效,围护结构应采取有效的隔汽防潮措施。一般要求如下:

①冷库外围结构中,应在温度较高的一侧设置隔汽层,防止库外空气和水蒸气的渗透。

②高温和低温之间的隔墙和楼板,应在隔热层温度较高的一侧设隔汽层。

③楼、地面隔热层的上面应设防水层,防止施工操作用水侵入。直接建造在地面上的隔热地坪,还应在隔热层的下面设防水隔汽层,防止地下水及土壤水分的渗透。

④冷库地下室的外墙,应采取有效的防水措施,防止地下水及地表潜水侵入库内。

(5)冷库屋顶大修设计要因地制宜,平屋顶要做好防水层的保护层,有条件的最好做架空护面层,以保护隔汽防水层;油毡防水层在屋面顶端要做伸缩处理,防止油毡因日照伸长而拱起。通风式阁楼应在稻壳面上加盖塑料薄膜,其上再覆盖20~30厘米稻壳以保护防潮层。

(6)冷库地坪大修要注意防水和防冻措施。在积水、冻鼓的库房,要找出积水的来源和冻鼓的原因,采取有效措施进行排除。冷库地坪积水应采取以疏排为主,排压结合的方法。

低温冷库地坪处理以架空或机械通风为宜,隔热层宜采用块状隔热材料。

(7)单层冷库拆除大修时,应尽量提高库房高度,一般不低于7.0米,以提高库容。

(8)冷库内衬墙可采用钢筋混凝土预制墙板,可加快施工进度、耐久性好,同时还便于更换稻壳。

(9)冷库大修中有多处机房是否合并,要根据库房位置和资金等情况决定。从技术上看,合并为一个机房较为合理,但冷藏容量超过一万吨的冷库或两个库房相距太远的情况下,可以建立第二个机房。

(10)地震区的冷库,在进行大修时,应按抗震规范要求采取抗震加固措施。

### 4. 分期分区维修

如因生产需要进行分期分区维修或局部库房维修时,应对生产、缓冲与维修区段的划分作慎重考虑。

分期分区维修的方法一般可分为二种：

(1) 多层冷库以层间分区为宜。如图 8—5 所示。

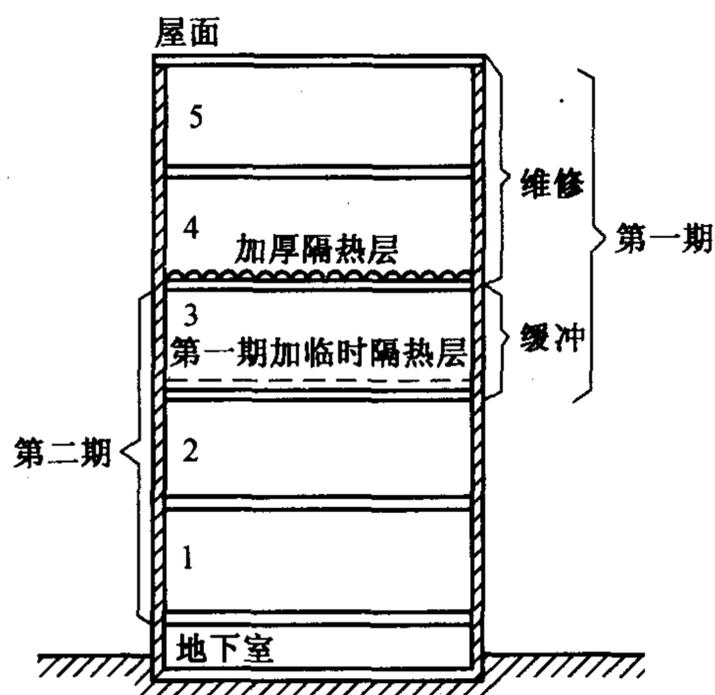


图 8—5 多层冷库维修分期分区法

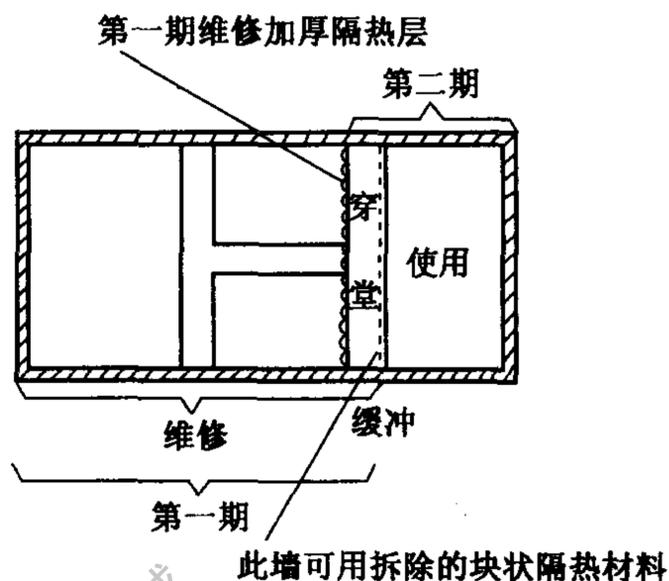


图 8—6 单层冷库维修分期分区法

第一期维修五、四层，以三层为缓冲区，第三层楼面加铺临时隔热材料（如炉渣、稻壳等），以保证一、二层继续使用。在第一期维修时，加厚第四层的隔热层，这样，第二期维修三、二、一层时，第四层不须再作为缓冲层而保持正常生产。

(2) 单层冷库以平面分区为宜。如图 8—6，在平面内分区，也须分维修、缓冲、使用三部分，缓冲区利用穿堂较为合理。

#### 四、冷库建筑维修的具体措施

##### (一) 结构工程的加固处理

结构工程维修，应根据结构损坏的程度，采取不同的措施。当损坏情况严重，并继续发展以致危及建筑物的安全时，须立即停止生产，进行全部或局部的加固处理。当损坏情况虽严重，但估计一时尚不致产生危险时，一般采用钢的或木的构件将损坏部位支撑和加固，并对损坏部位进行定期观察，做出记录，作为大修的依据。

##### 1. 承重结构的加固处理

钢筋混凝土结构，在负温条件下长期工作，其强度一般都有所降低，维修设计时，应以实测的强度为依据。结构加固后，自重增大，强度也有所改变，库容量应根据实际承载能力重新确定。

2. 梁、板、柱的承重构件的补强加固工作应在  $10^{\circ}\text{C}$  以上条件下进行。因此，维修设计可按一般建筑结构补强加固的方法进行处理。对于少数构件或小面积的损坏，应尽量在不影响生产，不升温的情况下，采用型钢修补加固。

当裂缝很小并已不继续发展时，可将裂缝清刷干净，用树脂类物质填塞封闭。

##### 3. 抗震加固

不少老冷库在修建时没有考虑地震设防，抗地震能力较差。这些冷库应乘大修之机，

按照当地地震设防要求进行抗震加固。如钢筋混凝土柱子可加钢筋混凝土套,钢筋可用膨胀螺栓在两端生根固定,外墙增加抗震柱等。

#### 4. 钢筋混凝土加固工程要做好下列工作:

(1) 对所有要凿除的部分,应做好记录,凿除的面积应符合设计要求。

(2) 在旧混凝土上浇灌新混凝土,应先将旧混凝土的表面凿毛并用钢丝刷将残留的灰渣、杂物等清扫干净,然后用压力水冲洗。在浇灌新混凝土前,旧混凝土应保持湿润,并刷一层水泥浆。

#### (二) 墙体裂缝处理

首先查明裂缝的原因及裂缝的程度,以便正确处理。

如裂缝是由于温度应力引起的,裂缝宽度不致引起隔汽防潮层的破坏,并经过一段时间不再继续发展时,可将缝加深3~4毫米,加宽10~15毫米,然后用沥青麻丝、水泥砂浆填实即可。但要定期观察其有无变化。

当裂缝的宽度继续发展,危及隔汽防潮层时,必须采取措施,防止裂缝继续发展。可在库内裂缝处增贴软木盖,库外裂缝也做相应修补。

当裂缝危及安全时,则要停产大修。

对于因基础不均匀沉降,砌体强度或稳定性不够等而产生的裂缝,应从根本上采取措施,加以解决。

#### (三) 冷库地坪或地基的冻鼓与修复

地坪与地基冻鼓,能使地坪开裂,墙壁歪斜,楼板、梁、柱帽出现裂缝,隔热防潮层拉断,冷库门关闭不严,最后以至于使整个冷库建筑结构损坏。如发现冷库地基、地坪冻鼓,应立即采取修复措施。

##### 1. 地基和地坪冻鼓的原因,一般有以下几个方面:

(1) 冷库使用管理不当,水分侵入隔热层,使隔热层失效;

(2) 地下通风加热系统管理不当,未按时进行热源循环,或地下通风管道内灌进水分;

(3) 防冻工程质量低劣,如供热管道沉降脱节、折断和管道裂漏,使防冻系统无法正常运转使用;

(4) 设计考虑不周,如选用防冻措施不当,隔热层热阻不足,地下加热管道布置不当或排水不畅等。

地基和地坪冻鼓的修复,主要是对已经冻结的土壤进行解冻,然后再针对建筑物被损坏的情况进行修复。地坪解冻时,必须非常缓慢,使地坪内的冰结晶逐步全部自然地返回周围的土壤中。如解冻过速,地坪下面的冻土将从上层向下层融化,这样,大量的水分就积存于地坪和冻土之间,不可能完全被土壤所吸收,致使土壤成糊状,丧失承载能力,建筑物就有下沉的危险。在进行解冻过程中,应不断地测量冷库内柱子及地坪的标高,并根据测量结果控制解冻速度。

##### 2. 地坪和地基解冻的加热方法

(1) 如冻结层较浅,可以将库房温度适当升高,但要保持在冰点以下,一般库温升到-4℃左右并保持一定时间,不深的冻土即由下部往上逐渐自然解冻。

(2)如冻结层较深,可向地坪下面的冻土施加人工热源。可用的热源有热风,也可用电热丝加热。

设有地下通风管的冷库,先疏通地下通风道,排除积水和杂物,然后往通风管内吹热风,效果显著。

如某 500 吨冷库地坪用炉渣隔熟,由于通风面狭窄,通风道通风不良,加上生产使用管理不善,投产使用 4 年的地坪冻鼓 20 厘米,通风道中部温度下降到  $-2^{\circ}\text{C}$ ,地坪和内墙开裂,隔墙倾斜,冷库门关闭不严。维修过程中,在室外设置焦炭炉,用风管和鼓风机把热空气送入地下通风管并保持在  $20^{\circ}\text{C}$  左右,在两周时间内,地坪基本恢复了原状,经修补地坪裂缝及上部结构冷库即可继续生产。

又如南方某 3000 吨冷库,根据室外气温较高的有利条件,对自然通风管实行强制通风 10 天,并适当升高库温,冻土即融化,冻鼓消除。

不论采用哪种解冻方法,都要适当地在地坪表面施加压力(堆砖块或堆铁块),以利冻鼓变形部位恢复原状。

当冰冻线已超过基础埋置深度,基础上抬,已引起上部结构的损坏时,应首先使地基解冻,使基础复原,对建筑结构作专门处理,同时修改地坪的防冻措施。

#### (四)冷库门的维护

冷库门是货物进出库房的必经之咽喉。当库门开启时,库房内外的冷热空气在此进行交换,尤其是近门处的气温变化频繁而激烈,门及门洞周围的壁面、地板面、平顶等处出现泛潮、滴水、结霜、结冰等现象,使门周围的构造冻酥、剥落,门缝冻结,门扇、门框、密封条损坏,开启不灵。

冷库门应注意随手关门,及时检查。至少每星期检查一次,铰链处应经常加油。如发现门缝结冰或关闭不严,要随时清除或修理。门洞出现冷桥,要立即修理或更换门洞隔热带。门五金损坏,要及时修理或更换。门不密闭应调整密封条。库内运输操作,应避免碰撞库门,并应设防撞措施。

#### (五)不停产局部维修的措施

1. 冷库地面局部损坏,可把损坏部分的松散表层清除干净后,把热沥青砂铺上,使冰霜融化或蒸发,将这些带有水分的沥青砂铲起,拿出库外再行加热,然后又重铺在这个位置上。如此反复几次,直到干燥为止。最后用沥青砂铺平压实即可。

2. 在低温下修补钢筋混凝土裂缝可用瓷粉(瓷器碎片研磨成粉末)拌合生漆填补裂缝,面上加铺麻布条再用生漆涂面。干后不发脆,不老化,效果较好。

3. 低温下局部维修也可采用低温砂浆或低温混凝土进行施工。其配比为:三乙醇氨 0.05%,氯化钠 0.5%,亚硝酸钠 1%,根据水泥用量按上述比例加入拌合使用。

4. 地坪、墙面小面积冻鼓、裂缝,可用电热恒温器进行保温修补,加快水泥硬化速度,保证施工质量。电热恒温器是用扁铁与铁皮做护罩,用软木或聚苯乙烯泡沫塑料作隔热层,罩内以电热丝加热,并接通触点温度计和继电器作为自动恒温装置。使用时,首先将损坏处清理干净,把电热恒温器的温度计触点调到适当的温度。罩在修补处,使修补部位的温度升高到  $15^{\circ}\text{C}$  左右,然后将预先拌好的混凝土或砂浆铺上,一次拍平抹光后,再将电

热恒温器罩上,保温 20 小时左右,待水泥硬化后,即可恢复使用。

### 五、冷库温度升降的幅度限额

冷库投产降温及维修升温,必须注意缓慢逐渐地进行,使建筑结构适应温度的变化,使游离水分能全部析出。冷库生产过程中,其温度波动幅度也不能超过允许范围。

#### (一)投产降温要求

冷库各楼层及各房间应同时全部降温,使主体结构及各部分构造的温度应力及干缩率保持均衡,避免建筑物裂缝损坏。

冷库投产前,降温幅度一般在室温  $4^{\circ}\text{C}$  以上时,每天降温不超过  $3^{\circ}\text{C}$ ,室温在  $4^{\circ}\text{C} \sim -4^{\circ}\text{C}$  时,每天降温不超过  $2^{\circ}\text{C}$ ,室温在  $-4^{\circ}\text{C}$  以下时,每天降温不得超过  $3^{\circ}\text{C}$ 。具体要求如下:

1.  $4^{\circ}\text{C}$  以上每天降  $2^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$ 。

2.  $4^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$  每天降  $1^{\circ}\text{C}$ ,当库温降到  $4^{\circ}\text{C}$  时,使库温保持 3~5 天,以利冷库结构内的游离水分充分被冷却设备析出,减少冷库的隐患。

3.  $0^{\circ}\text{C} \sim -4^{\circ}\text{C}$  时,每天降  $0.5^{\circ}\text{C} \sim 1^{\circ}\text{C}$ 。

4.  $-4^{\circ}\text{C} \sim -18^{\circ}\text{C}$  时,每天降  $1^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.  $-18^{\circ}\text{C} \sim -23^{\circ}\text{C}$  时,每天降  $2^{\circ}\text{C}$ 。

6. 库温达到设计温度后,应停机封库 24 小时以上,观察并记录库房自然升温情况及隔热效果。

在整个降温过程中,应将个别冷库门打开一些,以避免由于空气收缩引起局部真空而损坏建筑。

#### (二)维修升温要求

冷库在大修前,必须停产升温。升温前,必须将墙面、柱面、地面、平顶及设备上的冰霜清除干净,以免解冻后积水。在升温过程中,遇有冰霜融化水,应及时清除。升温过程遇有倒塌危险的部分,应先拆除。

升温应缓慢进行,温度要升至  $10^{\circ}\text{C}$  以上。升温方法如下:

1. 引入室外的热空气,逐步提高室内的温度,以每日升高  $2^{\circ}\text{C} \sim 3^{\circ}\text{C}$  为限;如升温过慢,也可利用风机送进热空气,加快升温速度。

2. 如因室外气温低,以至低温库温度难于上升,并有泛潮现象时,可利用热源升温,一般可用蒸汽管或炉子,但要注意做好通风排湿工作。

3. 在升温过程中,各楼层及各房间的温度要大致保持均衡,并应随时观察结构的变化情况,做好记录。

局部停产维修,应周密地考虑,要采取有效措施,防止产生冷桥、凝水及建筑结构产生不同的温度应力而出现裂缝或其他冻融循环。

#### (三)生产温度波动幅度

在生产过程中,如果温度波动幅度超过设计要求,除影响冷藏食品的质量外,还会导致建筑物的损坏。冷库停用时,也必须保持一定的温度。其具体要求可参考表 8—7。

表 8—7 各主要库房设计温度及空库时保持温度

库 房 名 称	设 计 温 度(℃)	空 库 保 持 温 度(℃)
冷冻间	± 0	< 10
冻结间	- 23	< - 5
冷却物冷藏间	± 0	不高于露点温度
冻结物冷藏间	- 15 ~ - 18	< - 5
低温穿堂	- 10	< - 5
升温间	± 0 ~ 20	< 20
冰库	- 4	< - 2

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 附录

附表 1 冷库常用建筑材料热物理系数

序号	材料名称	规格	密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	测定时重量 湿度 $W_s/\%$	热导率测定值 $\lambda/[W/(m \cdot K)]$	设计采用 热导率 $\lambda/[W/(m \cdot K)]$	导热系数 $a(\text{m}^2/\text{h})$	比热熔 $c \times 10^{-3}$ /[J/(kg·K)]	蓄热系数 $S_{24}$ /[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	蒸汽渗透系数 $\mu \times 10^3$ /[g/(m·h·Pa)]
1	碎石混凝土		2280	0	1.51	1.51	3.33	0.71	13.36	0.045
2	钢筋混凝土		2400	—	1.55	1.55	2.77	0.84	14.94	0.030
3	石料 大理石、花岗 岩、玄武岩、石 灰岩		2800	—	3.49	3.49	4.87	0.92	25.47	0.021
4	实心重砂浆、普 通粘土砖砌体		2000	—	1.16	1.16	2.27	0.92	12.56	0.065
5	土壤、砂、碎石、 亚粘土		1800	—	0.81	0.81	1.85	0.88	9.65	0.105
6	干砂填料	中砂 粗砂 1:2.5	1980 1840 1460 1400	10 15 0 0	1.17 1.12 0.26 0.24	1.17 1.12 0.58 0.58	1.87 1.72 0.82 0.77	1.13 1.26 0.75 0.75	13.78 13.65 4.52 4.08	0.098 0.165 0.165 0.090
7	水泥砂浆		2030	0	0.93	0.93	2.07	0.80	10.35	0.098
8	混合砂浆		1700	—	0.87	0.87	2.21	0.84	9.47	0.098
9	石灰砂浆		1600	—	0.81	0.81	2.19	0.84	8.87	0.120
10	建筑钢材		7800	0	58.15	58.15	58.28	0.46	120.95	0
11	铝		2710	0	202.94	202.94	309.00	0.84	182.59	0
12	红松	热流方向 顺木纹 热流方向 垂直木纹	510	—	0.44	0.44	1.40	2.22	6.05	0.035
13	炉渣		420	—	0.11	0.12	0.53	1.80	2.44	0.168
			660	—	0.17	0.29	1.00	0.84	2.48	0.218
			900	—	0.24	0.35	0.91	1.09	4.12	0.203

续表

序号	材料名称	规格	密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	测定时重量 湿度 $W_z/\%$	热导率测定值 $\lambda/[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	设计采用 热导率 $\lambda/[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$	导温系数 $a(\text{m}^2/\text{h})$	比热熔 $c \times 10^{-3}$ $/[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$	蓄热系数 $S_{24}$ $/[\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$	蒸汽渗透系数 $\mu \times 10^3$ $/[\text{g}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa})]$
14	炉渣混凝土	1:3:8	1000	—	0.29	0.41	1.25	0.84	4.22	0.195
		1:1:10	1280	0	0.42	0.58	1.14	0.84	5.70	0.105
		三合板	1150	0	0.37	0.52	1.45	0.80	4.65	0.105
15	胶合板		540	—	0.15~0.17	0.17	0.46	1.55	2.56	0.105
16	纤维板		945	—	0.27	0.27	0.30	1.51	3.49	0.105
17	刨花板		650	—	0.22	0.22	0.42	1.63	3.02	0.105
18	聚苯乙烯泡沫 塑料	普通型、自 发性	18	—	0.036	0.047	6.23	1.17	0.23	0.028
		自熄型、可 发性	19	—	0.035	0.047	5.52	1.21	0.23	0.026
19	乳液聚苯乙烯 泡沫塑料		37	—	0.034	0.044	3.06	1.09	0.31	—
20	聚氨酯泡沫塑料	硬质聚醚型	40	—	0.022	0.031	1.65	1.26	0.28	0.026
21	沥青玻璃棉毡		70	—	0.042	0.081	1.42	1.38	0.57	—
			100	—	0.044	0.081	1.037	1.34	0.62	—
			150	—	0.044	0.081	0.38	1.21	0.76	0.488
22	沥青玻璃棉半 硬板		120	—	0.041	0.076	—	—	—	—
23	玻璃纤维板		60	—	0.037	0.076	1.90	1.17	0.44	—
			90	—	0.041	0.076	1.40	1.09	0.51	—
			120	—	0.043	0.081	1.13	1.00	0.57	0.488
24	矿渣棉 <sup>[1]</sup>		60	—	0.034	0.081	2.16	1.09	0.38	—
			90	—	0.035	0.081	1.26	1.05	0.47	0.488
25	沥青矿渣棉毡 <sup>[1]</sup>		120	—	0.036	0.081	1.09	1.00	0.56	—
			160	—	0.037	0.081	0.90	0.92	0.63	0.488
26	矿渣棉半硬板 <sup>[1]</sup>		65	—	0.036	0.076	1.68	1.21	0.45	—
27	岩棉半硬板 <sup>[1]</sup>		186	—	0.038	0.076	0.904	0.84	0.65	0.488
			100	—	0.036	0.076	1.35	0.96	0.50	—

续表

序号	材料名称	规格	密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	测定时重量 湿度 $W_s/\%$	热导率测定值 $\lambda/[W/(m \cdot K)]$	设计采用 热导率 $\lambda/[W/(m \cdot K)]$	导温系数 $a(\text{m}^2/\text{h})$	比热熔 $c \times 10^{-3}$ /[J/(kg·K)]	蓄热系数 $S_{24}$ /[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	蒸汽渗透系数 $\mu \times 10^3$ /[g/(m·h·Pa)]
28	膨胀珍珠岩	I类	< 80(70)	(5.8)	< 0.052(0.052)	0.087	2.11	1.30	0.58	—
		II类	80~150 (150)	(0.6)	0.52~0.064 (0.056)	0.087~0.105	1.18	1.05	0.81	—
		III类	150~250	0	0.064~0.076	0.105~0.128	—	—	—	—
29	水泥珍珠岩 <sup>[2]</sup>	1:12:1.6	380	—	0.086	沥青铺砌 0.116	0.91	0.88	1.51	0.090
30	水玻璃珍珠岩 <sup>[2]</sup>	1:8:1.45	540	0	0.116	沥青铺砌 0.151	0.92	0.88	2.04	—
31	沥青珍珠岩	珍珠岩:沥青 青压比 1m <sup>2</sup> :75kg 2:1	260	—	0.077	0.093	0.75	1.38	1.42	0.060
		珍珠岩:沥青 青压比 1m <sup>3</sup> :100kg 2:1	1	—	—	—	—	—	—	—
		1m <sup>3</sup> :60kg 1.5:1	380	—	0.095	0.116	0.55	1.63	2.06	—
		乳化石青膨胀 珍珠岩	220	—	0.062	0.076	0.81	1.26	1.12	—
32	珍珠岩	乳化石青: 珍珠岩=4:1 压比 1.8:1 蒸气养护	350	—	0.091	0.110	0.71	1.34	1.73	0.069
33	加气混凝土 <sup>[2]</sup>		500	0	0.116	沥青铺砌 0.151	0.93	0.96	2.02	0.100
34	泡沫混凝土 <sup>[2]</sup>		370	0	0.098	沥青铺砌 0.128	0.89	0.84	1.33	0.180
35	软木		170	—	0.058	0.07	0.62	2.05	1.19	0.026
36	稻壳		120	5.9	0.060	0.151	1.09	1.67	0.94	0.450

注:1.棉花应按在圈护结构内实际填充密实程度的重度选用设计采用的热导系数,凡棉花装置于双面铁皮夹板内使用时,其设计采用的热导率可按测定值,乘以1.3修正系数。

2.水泥珍珠岩、水玻璃珍珠岩、加气混凝土、泡沫混凝土、加气混凝土设计采用的热导率为用沥青铺砌时的数值。

附表 2

相对湿度下的露点温度(°C)

空气温度 (°C)	露点空气的相对湿度(%)								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
36	26.6	28	29.3	30.5	31.7	32.9	34	35.1	36.0
34	24.6	26.1	27.4	28.6	29.8	31.0	32.1	33.1	34.0
32	22.7	24.2	25.4	26.7	27.8	29.0	30.0	31.1	32.0
30	20.9	22.3	23.6	24.8	25.9	27.0	28.1	29.1	30.0
28	19.0	20.4	21.7	22.9	24.0	25.1	26.1	27.1	28.0
26	17.2	18.5	19.8	21.0	22.1	23.1	24.1	25.1	26.0
24	15.2	16.6	17.8	19.0	20.0	21.1	22.1	23.1	24.0
22	13.4	14.7	15.9	17.0	18.1	19.1	20.1	21.1	22.0
20	11.5	12.8	14.0	15.1	16.2	17.2	18.2	19.1	20.0
18	9.6	10.9	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.1	18.0
16	7.7	9.0	10.2	11.3	12.3	13.3	14.3	15.2	16.0
14	5.8	7.0	8.2	9.3	10.3	11.3	12.3	13.2	14.0
12	3.9	5.1	6.3	7.4	8.4	9.4	10.8	11.2	12.0
10	2.1	3.3	4.4	5.4	6.4	7.4	8.3	9.2	10.0
8	0.3	1.4	2.5	3.5	4.5	5.4	6.3	7.2	8.0
6	-1.5	-0.4	0.7	1.7	2.7	3.6	4.4	5.2	6.0
4	-3.2	-2.1	-1.1	-0.2	0.7	1.6	2.5	3.3	4.0
2	-4.9	-3.9	-3.0	-2.1	-1.2	-0.3	0.5	1.3	2.0
0	-6.5	-5.5	-4.6	-3.7	-2.9	-2.1	-1.3	-0.6	0
-2	-8.4	-7.4	-6.4	-5.6	-4.8	-4.0	-3.3	-2.6	-2.0
-4	-10.3	-9.3	-8.3	-7.5	-6.7	-6.0	-5.3	-4.6	-4.0
-6	-12.1	-11.2	-10.3	-9.5	-8.7	-8.0	-7.3	-6.6	-6.0
-8	-13.9	-13.0	-12.2	-11.4	-10.7	-10.0	-9.3	-8.6	-8.0
-10	-15.4	-14.8	-14.1	-13.3	-12.6	-11.9	-11.2	-10.6	-10.0
-12	-17.7	-16.7	-15.9	-15.1	-14.4	-13.8	-13.2	-12.6	-12.0
-14	-19.8	-18.8	-17.9	-17.1	-16.4	-15.8	-15.2	-14.6	-14.0
-16	-21.9	-20.9	-20.0	-19.2	-18.5	-17.8	-17.1	-16.5	-16.0
-18	-24.1	-23.0	-22.2	-21.4	-20.9	-19.8	-19.1	-18.5	-18.0
-20	-26.2	-25.2	-24.2	-23.4	-22.6	-21.8	-21.1	-20.5	-20.0

注:本表摘自同济大学、上海工业建筑设计院编《建筑设计资料手册》第三集。

附表 3

在各种温度下最大水蒸气分压力  $P_{q,b}$  值 ( $\times 10^2 \text{Pa}$ )(a) 温度自  $0^\circ\text{C} \sim -40^\circ\text{C}$ 

$t^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	$t^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8
0	6.11	6.01	5.92	5.81	5.73	-22	0.85	0.83	0.81	0.80	0.79
-1	5.63	5.33	5.44	5.35	5.27	-23	0.77	0.75	0.73	0.72	0.76
-2	5.17	5.09	5.00	4.92	4.84	-24	0.69	0.68	0.67	0.65	0.64
-3	4.76	4.68	4.60	4.52	4.45	-25	0.63	0.61	0.60	0.59	0.57
-4	4.37	4.29	4.23	4.15	4.08	-26	0.56	0.55	0.53	0.52	0.52
-5	4.01	3.95	3.88	3.81	3.75	-27	0.51	0.49	0.48	0.48	0.47
-6	3.68	3.63	3.56	3.51	3.44	-28	0.45	0.45	0.44	0.44	0.43
-7	3.37	3.32	3.27	3.21	3.15	-29	0.41	0.40	0.39	0.39	0.37
-8	3.09	3.04	2.99	2.93	2.89	-30	0.37	0.37	0.36	0.35	0.33
-9	2.84	2.77	2.73	2.68	2.64	-31	0.33	0.33	0.32	0.32	0.31
-10	2.60	2.55	2.51	2.45	2.41	-32	0.31	0.31	0.29	0.29	0.28
-11	2.73	2.33	2.29	2.25	2.21	-33	0.27	—	—	—	—
-12	2.17	2.13	2.09	2.07	2.03	-34	0.24	—	—	—	—
-13	1.99	1.95	1.91	1.88	1.84	-35	0.23	—	—	—	—
-14	1.81	1.77	1.75	1.72	1.68	-36	0.20	—	—	—	—
-15	1.65	1.63	1.59	1.56	1.53	-37	0.17	—	—	—	—
-16	1.51	1.48	1.45	1.43	1.40	-38	0.16	—	—	—	—
-17	1.37	1.35	1.32	1.29	1.28	-39	0.13	—	—	—	—
-18	1.25	1.23	1.20	1.17	1.16	-40	0.12	—	—	—	—
-19	1.13	1.11	1.09	1.07	1.05						
-20	1.03	1.01	1.00	0.97	0.95						
-21	0.93	0.92	0.89	0.88	0.87						

附表 4

在各种温度下最大水蒸气分压力  $P_{g, \text{max}}$  值 ( $\times 10^2 \text{Pa}$ )(b) 温度自  $0^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$ 

续表

$t$ / $^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	$t$ / $^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8
0	6.11	6.20	6.29	6.39	6.48	26	33.61	34.01	34.41	34.83	35.28
1	6.57	6.67	6.76	6.85	6.96	27	35.65	36.08	36.49	36.93	37.36
2	7.05	7.16	7.27	7.37	7.48	28	37.80	38.24	38.69	39.13	39.60
3	7.57	7.69	7.80	7.91	8.03	29	40.05	40.52	41.00	41.47	41.95
4	8.13	8.25	8.36	8.48	8.60	30	42.43	42.92	43.45	43.91	44.41
5	8.72	8.85	8.97	9.09	9.23	31	44.93	45.44	45.96	46.48	47.01
6	9.35	9.48	9.61	9.75	9.88	32	47.55	48.09	48.64	49.19	49.75
7	10.01	10.16	10.29	10.44	10.59	33	50.31	50.88	51.44	52.03	52.61
8	10.73	10.88	11.03	11.17	11.32	34	53.20	53.79	54.40	55.00	55.61
9	11.48	11.64	11.80	11.96	12.12	35	56.24	56.85	57.49	58.13	58.77
10	12.28	12.44	12.61	12.79	12.95	36	59.41	60.07	60.73	61.40	62.08
11	13.12	13.31	13.48	13.65	13.84	37	62.76	63.44	64.13	64.83	65.55
12	14.03	14.21	14.40	14.59	14.79	38	66.33	66.97	67.69	68.43	69.20
13	14.97	15.17	15.37	15.57	15.77	39	69.92	70.68	71.44	72.21	72.99
14	15.99	16.19	16.40	16.61	16.83	40	73.76	74.55	75.35	76.15	76.97
15	17.05	17.27	17.49	17.72	17.95	41	78.45	78.61	79.45	80.29	81.15
16	18.17	18.41	18.65	18.89	19.13	42	82.00	82.85	83.73	84.61	85.49
17	19.37	19.63	19.87	20.12	20.37	43	86.4	87.31	88.21	89.15	90.08
18	20.64	20.89	21.16	21.43	21.69	44	91.47	91.96	92.92	93.88	94.85
19	21.97	22.25	22.52	22.81	23.09	45	95.84	96.83	97.81	98.83	99.84
20	23.39	23.67	23.96	24.03	24.56	46	100.87	101.91	102.95	104.00	105.07
21	24.87	25.17	25.48	25.80	26.12	47	106.13	107.21	108.31	109.4	110.49
22	26.44	26.76	27.09	27.43	27.76	48	111.61	112.75	113.89	115.04	116.19
23	28.09	28.43	28.77	29.13	29.48	49	117.36	118.53	119.72	120.92	122.12
24	29.84	30.20	30.56	30.93	31.31	50	123.35				
25	31.68	32.05	32.44	32.83	33.21						

附表5 部分地区室外气象参数

序号	地名	室外计算空气 温度(℃)	室外计算相对 湿度(%)	夏季室外 风速(m/s)	年平均温度 (℃)	极端最低 温度(℃)	极端最高 温度(℃)	最大冻土 深度(cm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	北京市	29	62	1.9	11.6	-27.4	40.6	85
2	上海市	30	67	3.0	15.7	-9.4	38.9	8
3	天津市	29	66	2.5	12.3	-22.9	39.6	69
	黑龙江省							
4	海拉尔	23	48	3.0	-20.5	-48.5	36.7	241
5	嫩江	23	57	2.4	-0.4	-47.3	37.4	226
6	博克图	21	57	2.2	-1.0	-37.5	35.6	250
7	海伦	24	54	3.1	1.2	-38.4	37.0	231
8	齐齐哈尔	26	54	3.4	3.2	-39.5	39.9	225
9	哈尔滨	25	63	3.3	3.5	-38.1	36.4	197
10	牡丹江	25	58	2.0	3.3	-38.3	36.5	189
	吉林省							
11	长春	26	57	3.7	4.9	-36.5	38.0	169
12	通辽	26	53	2.8	6.0	-30.2	39.2	151
13	四平	26	59	2.7	5.9	-34.6	36.6	145
14	延吉	25	61	2.3	4.9	-32.2	37.1	200
	辽宁省							
15	赤峰	27	45	1.9	6.9	-31.4	42.5	197
16	沈阳	27	64	3.0	7.8	-30.6	38.3	139
17	本溪	25	67	2.3	8.0	-32.3	37.3	115
18	锦州	27	65	3.8	9.0	-24.7	37.3	113
19	营口	27	68	3.5	9.0	-27.3	35.3	111
20	丹东	26	74	2.7	8.6	-28	34.3	87
21	大连	26	78	4.2	10.1	-21.1	34.4	93
	河北省							
22	承德	28	56	1.0	9.0	-23.3	41.5	126
23	唐山	28	62	2.2	11.1	-21.0	38.9	73
24	保定	30	49	2.0	12.1	-23.7	43.3	55
25	石家庄	30	49	1.3	12.7	-26.5	42.7	53
	山西省							
26	太原	26	5.1	2.1	9.4	-25.5	39.4	77
27	运城	31	48	2.3	13.4	-18.5	42.7	43
	内蒙古自治区							
28	锡林浩特	24	37	3.0	1.8	-42.4	38.3	289
29	呼和浩特	25	44	1.3	5.7	-32.8	27.3	120

续表

序号	地名	室外计算空气 温度(℃)	室外计算相对 湿度(%)	夏季室外 风速(m/s)	年平均温度 (℃)	极端最低 温度(℃)	极端最高 温度(℃)	最大冻土 深度(cm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	磴口	27	32	2.5	7.5	-32.4	38.2	108
	陕西省							
31	榆林	26	43	2.3	7.9	-32.7	38.6	147
32	延安	26	47	1.7	9.2	-25.4	39.7	79
33	西安	31	46	2.2	13.3	-20.6	41.7	45
34	略阳	27	57	1.7	13.4	-9.6	36.4	11
35	汉中	29	61	1.3	14.3	-10.1	38.0	—
	宁夏回族自治区							
36	银川	26	42	1.6	8.5	-30.6	39.3	103
37	盐池	25	37	2.6	7.5	-29.6	38.1	128
	青海省							
38	西宁	20	44	2.0	5.6	-26.6	32.4	134
39	共和	18	46	2.2	3.1	-28.9	31.1	133
40	格尔木	20	27	3.6	3.6	-33.6	33.1	88
41	玛多	10	46	2.8	-4.2	-41.8	22.9	—
	甘肃省							
42	敦煌	28	29	2.0	9.3	-27.6	43.6	144
43	酒泉	24	38	2.2	6.9	-31.6	38.4	132
44	山丹	24	34	2.7	5.7	-33.3	36.7	141
45	兰州	26	42	1.1	8.9	-21.7	39.1	103
46	平凉	24	50	1.9	8.5	-22.5	35.0	62
47	天水	25	51	1.0	10.5	-19.2	37.2	61
48	武都	28	53	1.8	14.5	-6.3	39.9	11
	新疆维吾尔自治区							
49	伊宁	25	44	2.7	8.6	-40.4	37.4	62
50	乌鲁木齐	30	31	3.4	7.3	-41.5	40.9	162
51	吐鲁番	36	23	2.4	14.1	-28.0	47.6	74
52	哈密	30	26	2.9	9.9	-32.0	43.9	112
53	喀什	29	27	2.6	11.7	-24.4	40.1	90
54	和田	28	31	2.4	12.1	-21.6	40.5	67
	山东省							
55	济南	31	51	2.5	14.2	-19.7	42.5	44
56	潍坊	29	56	3.0	12.3	-21.4	40.5	43
57	青岛	28	73	2.9	11.9	-20.5	36.9	42
58	菏泽	31	49	2.5	13.6	-20.4	42.0	35

续表

序号	地名	室外计算空气 温度(℃)	室外计算相对 湿度(%)	夏季室外 风速(m/s)	年平均温度 (℃)	极端最低 温度(℃)	极端最高 温度(℃)	最大冻土 深度(cm)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	江苏省							
59	徐州	31	60	2.8	14.2	-22.6	40.1	24
60	南京	32	62	2.3	15.4	-14.0	40.7	—
	安徽省							
61	亳县	31	55	2.2	14.6	-20.6	42.1	16
62	蚌埠	32	59	2.3	15.3	-19.4	41.3	15
63	合肥	32	62	2.1	15.8	-20.6	41.0	11
64	安庆	32	61	2.8	16.5	-12.5	40.2	10
	浙江省							
65	杭州	32	62	1.7	16.2	-9.6	39.7	—
66	定海	29	70	3.5	16.4	-6.1	39.1	—
67	衢县	32	56	2.3	17.4	-10.4	40.5	—
68	温州	29	73	2.1	17.9	-4.5	39.3	—
	江西省							
69	景德镇	31	54	1.8	17.1	-10.9	41.8	—
70	南昌	32	57	2.5	17.7	-7.7	40.6	—
71	吉安	32	52	2.4	18.5	-7.1	40.2	—
72	赣州	32	53	2.0	19.5	-6.0	41.2	—
	福建省							
73	福州	30	61	2.7	19.6	-1.2	39.3	—
74	永安	30	52	1.3	19.0	-7.6	40.5	—
	河南省							
75	郑州	31	44	2.8	14.3	-17.9	43	18
76	卢氏	29	52	1.8	12.7	-19.1	42.1	27
77	驻马店	32	55	2.6	14.8	-17.4	41.9	16
78	信阳	32	60	2.0	15.2	-20.0	40.9	7
	湖北省							
79	光化	31	55	1.5	15.3	-15.7	41.0	—
80	宜昌	32	59	1.0	16.9	-8.9	41.4	—
81	武汉	32	62	2.6	16.2	-17.3	39.4	—
82	恩施	30	59	0.5	16.3	-5.2	41.2	—
	湖南省							
83	常德	32	64	2.0	16.8	-11.2	39.8	2
84	长沙	32	61	2.5	17.3	-9.5	40.6	4
85	芷江	30	59	1.4	16.5	-7.7	39.9	—

续表

序号	地名	室外计算空气 温度(℃)	室外计算相对 湿度(%)	夏季室外 风速(m/s)	年平均温度 (℃)	极端最低 温度(℃)	极端最高 温度(℃)	最大冻土 深度(厘米)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
86	零陵	31	56	3.5	17.8	-7.0	43.7	—
	广西壮族自治区							
87	桂林	30	60	1.6	18.8	-4.9	39.4	—
88	百色	31	62	1.1	22.1	-2.0	42.5	—
89	梧州	30	62	1.4	21.0	-3.0	39.2	—
90	南宁	30	64	1.9	21.6	-2.1	40.4	—
	广东省							
91	韶关	31	56	1.5	20.4	-4.3	42	—
92	汕头	30	70	2.3	21.2	0.4	37.9	—
93	广州	30	66	1.9	21.8	0.0	38.7	—
94	阳江	29	70	2.7	22.2	-1.4	37	—
	海南省							
95	海口	30	66	2.8	23.6	2.8	38.9	—
	四川省							
96	甘孜	17	50	1.4	5.4	-28.7	31.7	95
97	宜宾	30	69	1.2	17.8	-3.0	39.4	—
98	西昌	27	55	0.8	16.9	-3.4	36.5	—
99	南充	32	60	1.3	17.5	-2.2	41.3	—
100	成都	28	70	1.1	16.1	-4.6	37.3	—
	重庆市							
101	重庆	32	57	1.6	18.3	-1.8	42.2	—
	贵州省							
102	遵义	28	60	0.9	15.3	-6.5	38.7	—
103	毕节	25	60	1.0	12.7	-8.2	33.8	—
104	贵阳	26	60	1.9	15.2	-7.8	37.5	—
105	兴仁	25	67	1.5	15.1	-7.8	34.6	—
	云南省							
106	昆明	22	48	1.7	14.5	-5.4	31.5	—
107	蒙自	26	46	2.4	18.6	-4.4	36.0	—
	西藏自治区							
108	昌都	19	43	1.2	7.4	-19.43	32.7	71
109	拉萨	18	44	1.6	7.1	-16.5	29.4	26
110	林芝	17	57	1.3	8.4	-15.3	30.2	14
111	日喀则	17	40	1.4	6.0	-25.1	27.5	67
	台湾省(暂缺)							

注:本表摘自湖北工业建筑设计院《冷藏库设计》。

## 参 考 文 献

- [1]湖北工业建筑设计院:《冷藏库设计》,中国建筑工业出版社,1980年版。
- [2]冷库建筑设计规范(GB50072-2001)
- [3]商业部冷藏企业管理局:《冷库制冷技术》,中国财政经济出版社,1980年版。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

[ General Information ]

书名 = 冷库建筑

作者 = 周晓喻主编

页数 = 186

SS号 = 11872892

出版日期 = 2006.12

出版社 = 中国商业出版社

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

书名  
前言  
目录

绪论

第一章 概论

- 第一节 冷库建筑的分类
- 第二节 冷库建筑的组成
- 第三节 冷库建筑的特点
- 第四节 冷库的建筑结构形式

第二章 冷库常用建筑材料

- 第一节 材料的基本性质
- 第二节 冷库建筑常用的结构材料
- 第三节 冷库建筑常用的隔热材料
- 第四节 冷库建筑常用的隔汽防潮材料

第三章 冷库总体设计

- 第一节 冷库建设基本程序
- 第二节 冷库库址选择
- 第三节 冷库总平面布置
- 第四节 冷库建筑平面布置
- 第五节 冷库建筑面积的确定
- 第六节 冷库建筑方案的拟定
- 第七节 冷库建筑平面实例分析

第四章 冷库建筑维护结构的隔热

- 第一节 冷库建筑围护结构的热工计算
- 第二节 冷库建筑的隔热设计

第五章 冷库维护结构的隔汽防潮

- 第一节 湿空气的物理性质
- 第二节 冷库建筑维护结构的蒸汽渗透
- 第三节 冷库建筑维护结构内部凝水的确定
- 第四节 冷库建筑隔汽防潮设计
- 第五节 冷库建筑维护结构的防水

第六章 冷库建筑构造

- 第一节 地基和基础
- 第二节 柱和梁
- 第三节 墙体
- 第四节 地坪
- 第五节 楼板
- 第六节 屋顶
- 第七节 冷库门
- 第八节 冷桥及其处理
- 第九节 变形缝

第七章 组合式冷库和气调库

- 第一节 组合式冷库的类型和特点
- 第二节 组合式冷库的构造和安装
- 第三节 气调库及其建筑构造

第八章 冷库建筑工程的施工和维护修理

- 第一节 冷库建筑工程的施工
- 第二节 冷库建筑的使用管理
- 第三节 冷库建筑的维修

附录

- 附表 1 冷库常用建筑材料的热物理性质
- 附表 2 相对湿度下的露点温度
- 附表 3 在各种温度下最大水蒸气分压力  $P_{q \cdot b}$  值 ( a )
- 附表 4 在各种温度下最大水蒸气分压力  $P_{q \cdot b}$  值 ( b )
- 附表 5 部分地区室外气象参数

参考文献

获取更多资料 微信搜索 索蓝领星球