



JIANZHU JIENENG  
GONGCHENG SHIGONG YANSHOU  
JI DITAN JIANZHU JIEDU

建筑工程施工现场专业人员继续教育培训教材



# 建筑节能工程施工验收 及低碳建筑解读

吴兴国 主编

中国环境科学出版社

建筑工程施工现场专业人员继续教育培训教材

# 建筑节能工程施工验收 及低碳建筑解读

吴兴国 主编

中国环境科学出版社·北京

## 内容简介

本书把建筑节能的理论、施工、规程、验收等融为一个整体,唤起人们对建筑节能的认知和行动。主要内容有:建筑节能基础知识,墙体、门窗、屋面、地面节能工程施工质量控制要点与验收等。本书体现了“新、精、全、实用又具有前瞻性”,在同类教材中极具可读性。

本书不仅可作为建筑工程施工现场专业人员继续教育培训教材,还可作为高等院校土木工程专业的教学用书和施工企业工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑节能工程施工验收及低碳建筑解读 / 吴兴国主编

—北京:中国环境科学出版社,2011

建筑工程施工现场专业人员继续教育培训教材

ISBN 978-7-5111-0515-8

I. ①建… II. ①吴… III. ①建筑—节能—工程施工—技术培训—教材 ②建筑—节能—工程验收—技术培训—教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 034676 号

责任编辑 高峰  
责任校对 扣志红  
封面设计 兆远书装

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.com.cn>  
联系电话:010-67112739(第三图书出版中心)  
发行热线:010-67125803,010-67113405(传真)

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2011 年 4 月第 1 版  
印 次 2011 年 4 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 8.75  
字 数 180 千字  
定 价 22.00 元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载,侵权必究】  
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换

# 前 言

建筑节能是一个系统工程。影响节能效果的因素分别来自规划、设计、施工、监理、业主等方面。其中建筑节能施工是重要的影响因素之一。

《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50411—2007)颁布实施以来,发挥了对建筑节能施工质量的控制作用,提高了建筑节能的技术水平。但是,也必须看到,由于存在对建筑节能认识上的差异,在一定程度上影响了建筑节能的进展。为了更好地满足建筑工程施工现场专业人员继续教育培训的需要,我们组织了有关专家、学者和在建筑节能施工一线的工程技术人员编写了本书。

本书在建筑节能理念、理论方面,开拓了新的视野。使读者真正认识到建筑节能是实现经济社会可持续发展的战略要求;低碳建筑是未来社会发展的必然趋势。

如何使建筑节能达到设计的要求,本书依次编写的重点是:墙体节能工程、门窗节能工程、屋面节能工程、地面节能工程。做到有所侧重,有所取舍,注重保温隔热内在的共同规律的总结,突出建筑节能工程施工质量控制和验收的要点,并对建筑节能工程施工质量验收进行了细化,阐明了保温隔热的内在要求。本书的最后一章,“低碳建筑工程解读”,旨在开拓读者的思维空间,唤起人们的认知和行动,共同推动建筑节能的发展。

本书在“新、精、全、实用又具有前瞻性”方面仍有差距,恳请专家和读者批评指正。

本书在编写过程中,参考诸位专家学者多年潜心研究成果,在此表示衷心的感谢。

吴兴国

2010年11月

# 目 录

<b>第一章 建筑节能基础知识</b> .....	1
第一节 相关概念 .....	1
第二节 相关术语 .....	2
第三节 建筑节能材料 .....	6
第四节 热工分区 .....	18
<b>第二章 墙体节能工程</b> .....	21
第一节 外墙外保温系统 .....	21
第二节 墙体节能工程施工质量验收 .....	45
<b>第三章 门窗节能工程</b> .....	61
第一节 门窗节能工程施工 .....	61
第二节 门窗节能工程施工质量验收 .....	67
<b>第四章 屋面节能工程</b> .....	82
第一节 倒置式屋面保温层施工 .....	82
第二节 屋面节能工程施工质量验收 .....	89
<b>第五章 地面节能工程</b> .....	99
第一节 地面节能工程施工质量控制要点 .....	99
第二节 地面节能工程施工质量验收 .....	102
<b>第六章 围护结构现场实体检验与施工验收</b> .....	108
第一节 围护结构现场实体检验 .....	108
第二节 建筑节能分部工程质量验收 .....	113
<b>第七章 低碳建筑工程解读</b> .....	119
一、清华大学超低能耗示范楼 .....	119

二、上海生态办公示范楼 .....	122
三、上海世博会建筑群 .....	126
四、日月坛微排大厦——“中国太阳” .....	127
五、杭州绿色建筑科技馆 .....	128
六、中美节能示范大楼 .....	129
<b>参考文献</b> .....	<b>132</b>

# 第一章 建筑节能基础知识

## 第一节 相关概念

### 一、建筑能耗、节能建筑和建筑节能

#### (1) 建筑能耗

建筑能耗是指建筑活动全过程中的能源消耗和动用建筑物生命周期内的能源消耗。动用过程中的能耗,主要是室内采暖、空调和照明。前两项的能耗大,主要是我国建筑围护结构保温隔热性能差。外墙和外窗的传热系数为同纬度发达国家的3~4倍。建筑能耗已成为我国能源消耗的主体之一。

#### (2) 节能建筑

节能建筑是指按节能设计标准设计、建造,使其在动用过程中提高能源使用率(低能耗)的建筑物。

建筑施工企业与节能建筑的关系极大,故要加强节能建筑施工质量管理,还必须努力提高建筑节能工程的施工技术水平,使节能建筑达到《建筑节能工程施工质量验收规范》(GB 50011—2007)的标准。

#### (3) 建筑节能

建筑节能是指在建筑中科学和有效地提高能源使用率,减少能源消耗,减排二氧化碳。

### 二、建筑节能的基本原理

建筑传热的方式主要为辐射、对流、传导3种。辐射传热是指以电磁波的形式把热能由一个物体(发热体)传递给另一个物体;对流是指具有热能的气体或液体在移动过程中进行热交换;传导是指物体内部的热量从高温的一端直接向低温一端转移。建筑物的传热是3种方式同时作用的结果。通俗地理解建筑节能,就是增加传热的阻力。

### 三、绿色建筑、生态建筑、可持续建筑、低碳建筑

#### (1) 绿色建筑

绿色建筑是指在建筑的生命周期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)保护环境和减少污染,为人们提供健康、舒适和高效的使用空间,与自然和谐共生。

其内涵可归纳为:减轻建筑对能源的消耗;提供安全、健康、舒适的生活空间;注重与自然环境的亲和力,人与建筑与环境永远和谐共处。

#### (2) 生态建筑

生态建筑是指根据建筑所在的自然生态环境,运用生态学、建筑技术科学的基本原

理和现代科学技术等,合理安排并组织建筑与其他相关因素之间的关系,使建筑和环境之间成为一个有机的结合体,同时具有良好的室内气候条件和较强的生物调节能力,以满足人们居住、工作的环境舒适,使人与建筑、与自然生态环境之间形成一个良性循环系统。

### (3) 可持续建筑

可持续建筑是指循环利用能源,通过选址、设计、施工、维护、建立完整的建筑物生命周期。最大限度地使建筑物发挥其使用效率,尽量减少并最终消除建筑物对人类健康和环境的消极影响。它包含技术、生态、政策及哲学思想 4 个方面的可持续,其规模从小到大分别为建筑、小区与城市、区域、全球。

### (4) 低碳建筑

低碳建筑是指施工建造和建筑物在使用的整个生命周期内提高能效,降低二氧化碳的排量。建筑在二氧化碳的排放总量中几乎占到了 50%。空调、采暖燃用大量煤炭等矿物能源,二氧化碳造成的温室效应使地球变暖,对人类和生物界是个极为严重的威胁。城市的碳排放 60%来源于建筑物维持功能的本身。远远高于运输和工业领域。当前,低碳建筑已成为国际建筑界的主流趋势。低碳建筑的前提是建筑节能。

## 第二节 相关术语

### 一、围护结构类

围护结构是指建筑物及房间各面的围挡。这里是指外围护结构。

建筑的围护结构是建筑节能的重点内容。围护结构的保温隔热(外墙、外门窗、屋面、地面等)是降低建筑能耗的主要措施。以节能 50%计算,外墙占 27.5%,外窗占 18.9%,屋面占 7.9%,其他如楼梯间隔墙、户门等占 24.7%。

正确理解与围护结构相关的术语,对掌握指导建筑节能工程施工与验收有很大的帮助。

#### (1) 外墙

外墙体在建筑外围结构中占的面积比例最大,墙体传热造成的热损失占整个建筑热损失的比例也最大。墙体的建筑节能是建筑节能工程的重要组成部分。

#### (2) 门窗

门窗的节能技术措施,主要是减少渗透量(室内外冷热气流的直接交换),减少热量传递,增大门窗的整体传热阻。

#### (3) 窗墙面积比

窗墙面积比是指外墙同一朝向的空调房间的外墙面积之和与外窗面积之和的比值。《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》规定:北向、东西向、南向的窗墙比应分别低于 25%、30%和 35%。近年来,住宅建筑的窗墙比有越来越大的趋势。当窗墙比超过规定数值时,应首先考虑减低窗户的传热系数,把窗的遮阳设施作为夏季隔热的一个重点。



#### (4) 屋面

主要用来防雨和保温隔热,在整个围护结构中,耗热量低于外墙和外窗。屋面防雨及保温隔热施工工艺较为成熟。故屋面工程节能,重点是通过改善屋面的热工性能,提高热阻。

#### (5) 建筑体形系数

建筑体形系数是指建筑物的外表面积(外表面积中不包括地面和不采暖的楼梯间隔墙和户门的面积)与室外直接接触的面积与建筑体积的比值。体形系数越大,建筑体积分担的热散面积越大,能耗越高。体形系数是建筑节能设计规范的控制值。《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134—2010)规定:体形系数限值 $\leq 3$ 层为 0.55,4~11层为 0.40, $\geq 12$ 层为 0.35。体形系数反映了建筑物的热工性能。在居住建筑围护结构的传热耗热量中占有很大比重。如 6 层住宅楼,在条件相同的环境里,层高由 2.7 m 改为 3 m,耗热量指数增加约为 8%。

#### (6) 热桥

建筑围护结构中一些部位,在室内外温差的作用下,形成相对密集热传较多的部位,称为“热桥”。如圈梁、构造柱、变形缝、外窗、阳台、挑檐、女儿墙等部位。热桥处会引起结露、潮湿。严重时会影响结构安全。

#### (7) 冷凝(结露)

冷凝指围护结构表面湿度低于周边空气露点温度,表面出现冷凝水的现象。

#### (8) 露点温度

露点温度是指在大气压力一定,含湿量不变的条件下,未饱和的空气因冷却而达到饱和状态时的温度。通俗地说,就是空气中的水蒸气变为露珠时的温度。

#### (9) 围护结构传热阻( $R_0$ )

围护结构传热阻是指围护结构两侧表面温差为 1 K 时,单位热量通过 1 m<sup>2</sup> 截面积所需时间(小时数)。单位为(m<sup>2</sup>·K/W),用  $R_0$  表示。传热阻与围护结构(墙体)厚度成正比,与材料的导热系数成反比。

#### (10) 热惰性指标(D)

热惰性指标是指表征围护结构抵御温度波动和热流波动能力的无量纲指标,其值等于各构造层材料热阻与蓄热系数的乘积之和。

#### (11) 传热系数

传热系数是指在稳定传热条件下,围护结构两侧空气温差为 1 K 时,在单位时间内通过单位面积的传热量,单位为 W/(m<sup>2</sup>·K),传热系数用  $K$  表示, $K=1/R_0$ , $R_0$  为传热阻。

围护结构的传热系数  $K$  值越小,或传热阻  $R_0$  值越大,温度性能越好。

#### (12) 外墙平均传热系数( $K_m$ )

外墙平均传热系数( $K_m$ )是指外墙主体部位和周边热桥部位传热系数的平均值,按外墙各部位(不包括门窗)的传热系数对其面积和加权平均计算式求得。单位为 W/(m<sup>2</sup>·K)。

外墙平均传热系数( $K_m$ )包括外墙主体部位和周边混凝土圈梁和抗震柱等热桥部位在内,按面积加权平均求得的传热系数。单位为 W/(m<sup>2</sup>·K)。计算公式如下:

$$K_m = \frac{K_p \cdot F_p + K_{B1} \cdot F_{B1} + K_{B2} \cdot F_{B2} + K_{B3} \cdot F_{B3}}{F_p + F_{B1} + F_{B2} + F_{B3}}$$

式中：  
 $K_m$ ——外墙的平均传热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；  
 $K_p$ ——外墙主体部位的传热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ，应按国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—93)的规定计算；  
 $K_{B1}$ 、 $K_{B2}$ 、 $K_{B3}$ ——外墙周边热桥部位的传热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；  
 $F_p$ ——外墙主体部位的面积， $m^2$ ；  
 $F_{B1}$ 、 $F_{B2}$ 、 $F_{B3}$ ——外墙周边热桥部位的面积， $m^2$ 。

外墙受周边热桥的影响，其平均传热系数应按上式计算，外墙主体部位和周边热桥部位如图 1-1 所示。

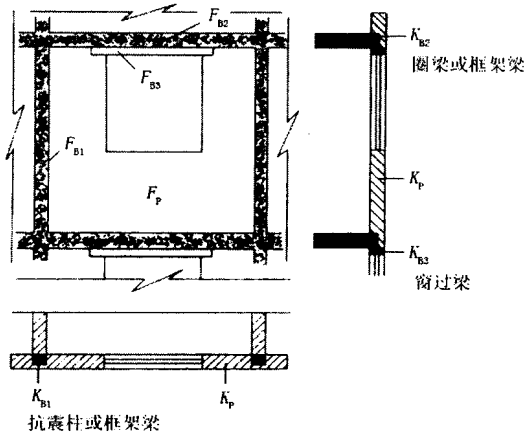


图 1-1 外墙主体部位与周边热桥部位示意图

### (13) 温室效应

温室效应是大气保温效应的俗称。大气能使太阳短波辐射到地面，但地表向外放出的长波热辐射线却被大气吸收，这样就使地表与低层大气温度增高，因其类似栽培农作物的温室，故名温室效应。若温室效应不断加强，全球温度也将逐年升高。自工业革命以来，人类向大气中排入的二氧化碳等吸热性强的温室气体逐年增加，已引起全球气候变暖等一系列严重灾难。

### (14) 保温和隔热

1) 建筑保温：指围护结构在冬季阻止室内向室外传热，保温传热过程，通常按稳定传热考虑，同时考虑不稳定传热的一些影响。

2) 建筑隔热：是指围护结构在夏天隔离太阳辐射热和室外高温的影响。隔热针对夏季传热过程，通常以 24 h 为周期的周期性传热来考虑。

3) 保温和隔热的主要区别：两者构造不同。建筑围护结构的保温性能主要取决于其传热系数  $K$  值 [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] 或传热阻  $R_0$  值 [ $(m^2 \cdot K/W)$ ] 的大小，围护结构的隔热性能主要取决于夏季室外和室内计算条件下表面最高温度的高低，因此对于外墙来说，内保温墙体其传热系数  $K$  值可能较小，或其传热阻  $R_0$  值可能较大，其保温性能可能较好；但内侧的热稳定性较差，因此在夏季室外综合温度和室内空气温度波作用下，内表面温度容易升得更高，其隔热性能可能较差。故保温性能通常受构造层次排列的影响较大。对于相同材料的复合墙体，外保温构造的隔热性较好。

## 二、验收规范类

### (1) 保温浆料

由胶粉料与聚苯颗粒或其他保温轻骨料组配,使用时按比例加水搅拌混合而成的浆料。

### (2) 凸窗

位置凸出外墙外侧的窗。

### (3) 外门窗

建筑围护结构上有一个面与室外空气接触的门或窗。

### (4) 玻璃遮阳系数

透过窗玻璃的太阳辐射的热与透过标准 3 mm 透明窗玻璃的太阳辐射的热的比值。

### (5) 透明幕墙

使可见光能直接透射入室内的幕墙。

### (6) 进场验收

对进入施工现场的材料、设备等进行外观质量检查和规格、型号、技术参数及质量证明文件核查并形成相应验收记录的活动。

### (7) 进场复验

进入施工现场的材料、设备等在进场验收合格的基础上,按照有关规定从施工场抽取试样送至实验室进行部分或全部性能参数检验的活动。

### (8) 见证取样送检

施工单位在监理工程师或建设单位代表见证下,按照有关规定从施工现场随机抽取试样,送至有见证检测资质的检测机构进行检测的活动。

### (9) 现场实体检验

在监理工程师或建设单位代表见证下,对已经完成施工作业的分项或分部工程,按照有关规定在工程实体上抽取试样,在现场进行检验或送至有见证检测资质的检测机构进行检验的活动,简称实体检验或现场检验。

### (10) 质量证明文件

随同进场材料、设备等同提供的能够证明其质量状况的文件。通常包括出厂合格证、中文说明书、型式检验报告及相关性能检测报告等。进口产品应包括出入境商品检验合格证明。使用时,也可包括进场验收、进场复验、见证取样检验和现场实体检验等资料。

### (11) 核查

对技术资料的检查及资料与实物的核对。包括:对技术资料的完整性、内容的正确性、与其他相关资料的一致性及整理归档情况的检查,以及将技术资料中的技术参数等相应的材料、构件、设备或产品实物进行核对、确认。

### (12) 型式检验

由生产厂家委托有资质的检测机构,对定型产品或成套技术的全部性能及其适用性所作的检验。其报告称型式检验报告。通常在工艺参数改变、达到预定生产周期或产品生产数量时进行。

## 第三节 建筑节能材料

材料是建筑节能工程的物质基础。除应具有保温隔热的品质外,还必须具有高强度、耐火性、耐候性,不得对室内外环境造成污染等性能。

### 一、建筑节能材料的共性

建筑节能材料的共性为表观密度一般不大于  $600 \text{ kg/m}^3$ ; 导热系数不大于  $0.15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; 抗压强度不小于  $0.3 \text{ MPa}$ 。影响材料的导热系数主要取决于材料的密度、含水率和材料的温度等。

#### (1) 材料的密度

一般情况下,表观密度小的材料其孔隙率大,导热系数小。孔隙率相同,大孔隙比小孔隙导热系数大。孔隙相互连通比孔隙不相互连通的导热系数大。如用松散的纤维制品,其导热系数最小,一定是最佳表观密度。当表观密度小于最佳表观密度时,孔隙连通,导热系数增大。

#### (2) 材料的含水率

材料的含水率增大时,导热系数会增大。因为水的导热系数为  $0.58 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ,大于密闭空气的导热系数 [ $0.023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ]。受潮的绝热材料受冻结冰,导热系数为  $2.33 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 。

#### (3) 材料的温度

对建筑围护结构进行保温隔热,通常在常温状态下,不考虑温度对材料导热系数的影响(材料处在  $0 \sim 50^\circ\text{C}$  导热系数值一般没有变化),但在高温时,导热系数会随着温度升高而增大。

#### (4) 材料的组分和内部构造

材料的组分和内部构造,会影响材料的表观密度和含水率,也会影响热流的延伸方向。材料在自然状态下的体积包含了内部孔隙的表观体积,当孔隙内含有水分时,其质量和体积均有变化。总表面积较大的粉状或颗粒状亲水性材料就具有较强的吸湿性。各向异性材料(如木材等)当热流平行于纤维延伸方向时,热流阻力小;热流垂直于纤维延伸方向时,热流阻力大,导热系数均会有变化。

### 二、单一墙体保温隔热材料

从材料的保温隔热的角度理解,隔热的计算结果表明:  $240 \text{ mm}$  厚普通烧结黏土砖、多孔砖等墙体,外侧或内侧不做保温隔热层,一般可满足夏季隔热要求。  $160 \text{ mm}$  厚加气混凝土砌块(密度为  $500 \sim 700 \text{ kg/m}^3$ )墙体,可以满足夏季隔热要求。

#### (1) 多孔砖

多孔砖孔小孔多,孔隙率要求大于  $25\%$ ,热工性能优于普通烧结黏土砖,导热系数为  $0.6 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ,与普通烧结砖比较,导热系数降低约  $25\%$ 。是替代普通烧结砖的节能材料。

#### (2) 加气混凝土砌块

加气混凝土砌块孔隙率在  $70\% \sim 80\%$ ,气孔孔径  $0.5 \sim 2.0 \text{ mm}$ ,表观密度  $400 \sim 700$

$\text{kg}/\text{m}^3$ , 强度 2.5 ~ 6.0 MPa, 导热系数 0.12 ~ 0.21  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

该砌块适用于高层框架结构与围护结构。用在严寒地区 200 mm 厚的墙体, 保温隔热效果相当于 490 mm 厚的普通烧结砖, 新节能标准为了实现节能 50% 这一目标, 要求外墙平均传热系数符合标准的规定, 在单一材料的墙体中, 目前, 只有加气混凝土砌块墙体能满足这一要求。

### (3) 加气混凝土的特点

1) 具有结构材料必要的强度: 表观密度 400 ~ 700  $\text{kg}/\text{m}^3$  的, 一般强度为 2.5 ~ 6.0 MPa, 具备了作为结构材料的必要的强度条件。

2) 弹性模量和徐变较普通混凝土小: 加气混凝土的弹性模量 ( $0.147 \times 10^4 \sim 0.245 \times 10^4$  MPa) 是普通混凝土 ( $1.96 \times 10^4$  MPa) 的 1/10, 在同样荷载下, 其变形比普通混凝土大; 加气混凝土的徐变系数 (0.8 ~ 1.2) 比普通混凝土小。

3) 耐火性好: 受热到 80 ~ 100℃ 时, 才会出现收缩和裂缝, 在 70℃ 以下不会损失强度。

4) 耐候性好: 加气混凝土的长期强度稳定。

### (4) 加气混凝土的运用

1) 适用于高层框架(框剪)建筑的内外围护结构。

2) 自重轻, 建筑的地震力小。

3) 适合严寒地区墙体保温, 有一定的经济效果, 具有竞争力。

4) 加气混凝土砌块的生产 and 应用, 在国内外已有 30 多年的历史, 工艺成熟, 应用较为广泛。

### (5) 主要缺点

与普通混凝土比较, 收缩大, 抗冻害差, 不宜在长期潮湿的环境中使用。

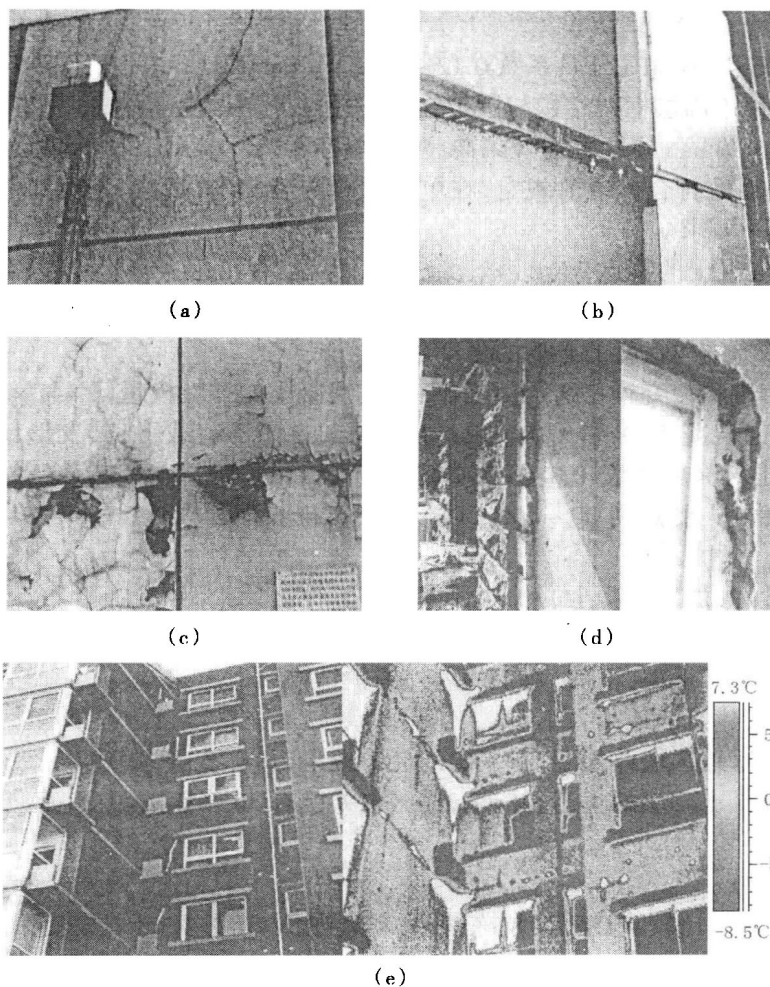
## 三、复合墙体保温隔热材料

我国自 1996 年实施《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26—1995), 相继研制开发了多种采用轻质高效的保温材料与外墙相结合的复合墙体, 提高了墙体的保温隔热效果。复合材料的节能墙体在欧洲、美国等国家和地区得到了广泛的应用。这种节能性复合外墙体已成为当今我国的主要节能性墙体。

复合墙体按照保温隔热材料设置的位置不同, 分为外墙内保温墙体、夹芯保温墙体、外墙外保温墙体。外墙外保温墙体适用于不同气候地区建筑保温, 很好地解决了外围护结构的“热桥”问题, 减少自然界温度、湿度、紫外线等对建筑主体结构的影响, 有利于保护主体结构。与墙体内保温比较, 扩大了室内使用空间(平均每户增加使用面积 1.3 ~ 1.8  $\text{m}^2$ )。同时, 也改善了室内环境。《中国节能技术政策大纲》明确指出“重点推广外保温墙体”。

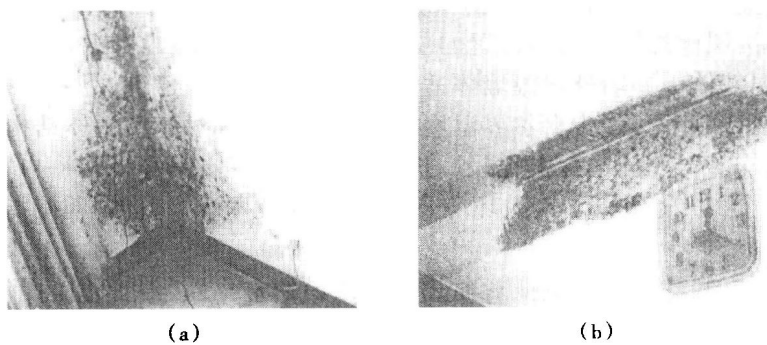
但是, 由于有些建筑施工企业对建筑节能认识的差异性, 由于施工操作人员工艺的随意性, 使墙体保温出现了不少质量事故或缺陷。如墙体保温效果达不到设计要求, 饰面层、保护层开裂, 贴面砖空鼓, 脱落, 墙体渗漏等。

外墙外保温质量事故或缺陷如图 1-2 所示, 诱发的室内质量缺陷如图 1-3 所示。



(a)外墙龟裂；(b)外墙保温板连接处未填加保温材料；(c)外墙外保温材料脱落；  
(d)外墙与墙体连接处保温材料不良；(e)外墙外保温红外检测热工缺陷

**图 1-2 维护结构外墙质量事故或缺陷**



(a)外保温渗漏室内湿渍；(b)热桥部位(梁)未处理好室内结露长霉

**图 1-3 诱发的室内质量缺陷**

复合墙体保温隔热材料一般要求密度小,导热系数小,多为轻质、疏松、多孔纤维材料。按照化学组成成分可分为无机材料、有机材料,按照材料形态可分为纤维状,微孔状,发泡状,层状。

### (1) 岩棉和矿渣棉

岩棉是以精选的玄武石、辉绿石等为主要原料,经高温熔化后制成纤维状,掺入外加剂加工成制品,用于墙体的保温隔热。矿渣棉简称矿棉。矿棉是以高炉矿渣(铜矿渣、铝矿渣等)为主要原料,经高温熔化制成纤维丝状,掺入外加剂加工成板制品。岩棉板用于墙体保温隔热如图 1-4 所示。

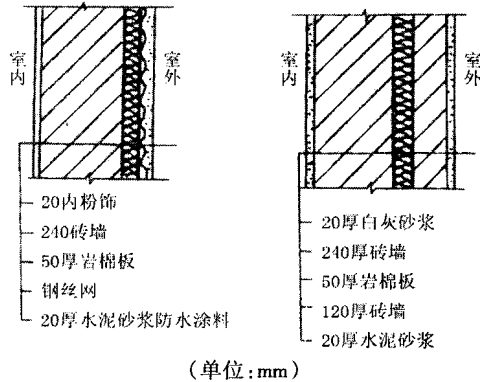


图 1-4 岩棉板用于墙体保温隔热

### (2) 膨胀珍珠岩

膨胀珍珠岩以珍珠岩、松脂岩、黑曜岩矿石破碎筛分后,经高温急剧加热膨胀而成的颗粒状多孔材料。水泥膨胀珍珠岩(水泥:膨胀珍珠岩=2:8)和沥青膨胀珍珠岩(沥青:膨胀珍珠岩=2:8)拌合物用于建筑的保温隔热。

### (3) 聚苯乙烯泡沫塑料

聚苯乙烯泡沫塑料是以聚苯乙烯树脂为基料,加入发泡剂等,按照不同的制成工艺,分为模塑型和挤塑型两种。阻燃型泡沫塑料的特性为质轻、保温、隔热、吸声、抗震性能好,吸水性小,耐低温、耐酸碱,有一定弹性,阻燃、宜加工。适用于外墙外保温。

### (4) 聚氨酯泡沫塑料

聚氨酯泡沫塑料是一类含有重复的氨基甲酸酯链段的高分子化合物。导热系数为 $0.02 \sim 0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,远低于其他保温材料。主要特性为孔隙率大于90%,泡孔多为独立封闭的球形或椭圆形,大多数孔直径小于 $0.025 \text{ mm}$ ,保温性能好,在建筑的保温隔热领域占有一席之地。

### (5) 原生 EPS 颗粒

原生 EPS 颗粒是采用聚苯乙烯单体及稳定剂、发泡剂等材料发泡而成的。球形的封闭结构密度低,有利于提高压缩弹性。

### (6) 再生 EPS 颗粒

再生 EPS 颗粒是由回收的原生颗粒制成的包装材料破碎加工而成。基本特性与原生 EPS 颗粒相近。主要区别是后者封闭结构被破坏,呈碎状,保温效果略低于原生 EPS

颗粒。但级配好,有利于提高和易性(施工性)和黏结力。《胶粉聚苯颗粒外墙外保温系统》(JGJ 158—2004)规定:EPS 颗粒堆积密度为  $8 \sim 12 \text{ kg/m}^3$ , 粒径(5 mm 筛孔)筛余率  $\leq 5\%$ 。

### (7) 胶粉聚苯颗粒浆料

胶粉聚苯颗粒浆料是由胶粉料和聚苯(EPS)颗粒组成。两相材料的组成为 2:8(胶粉:颗粒,体积比)。其主要成分为:水泥、膨胀剂、火山灰质材料、EPS 颗粒及多种添加剂(渗水剂、引气剂、乳胶粉等)。

胶粉聚苯颗粒浆料主要性能指标见表 1-1。

表 1-1 胶粉聚苯颗粒浆料主要性能指标

项目	指标	项目	指标
湿表观密度 / ( $\text{kg/m}^3$ )	$\leq 420$	压剪黏结强度 / kPa	$\geq 50$
干表观密度 / ( $\text{kg/m}^3$ )	180 ~ 250	线性收缩率 / %	$\leq 0.3$
导热系数 / [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	$\leq 0.060$	软化系数	$\geq 0.5$
蓄热系数 / [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]	$\geq 0.95$	难燃性	B1 级
抗压强度 / kPa	$\geq 200$		

注:(1) 软化系数——材料耐水性质的一个表示参数。表达式为  $K_p = f_w/f$ ,  $K_p$ ——材料的软化系数; $f$ ——材料在水饱和状态下的抗压强度; $f_w$ ——材料在干燥状态下的抗压强度。软化系数取值范围在 0~1 之间。其值越大,表明材料的耐水性越好。软化系数的大小,有时被作为选用材料的依据。

(2) 难燃性——是指装饰材料燃烧性能的一个等级。一共分为 A(不燃性)、B1(难燃性)、B2(可燃性)、B3(易燃性)。

(3) 线性收缩率——1 M, 收缩率小于或等于 3 mm。

胶粉 EPS 颗粒保温浆料具有施工性(可在潮湿的基层上施工),物理力学性能稳定,收缩率低(不易龟裂),黏结强度高,不易空鼓、脱落、硬化快。该保温浆料与水泥砂浆性能比较见表 1-2。

表 1-2 胶粉聚苯颗粒浆料与水泥砂浆的主要性能比较

项目	胶粉聚苯颗粒浆料	水泥砂浆
干密度 / ( $\text{kg/m}^3$ )	$\leq 250$	$\geq 1800$
线收缩系数 / ( $\text{mm/m}$ )	$\leq 0.3$	$\leq 0.03$
导热系数 / [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	$\leq 0.06$	$\geq 0.93$
压缩强度 / MPa	$\geq 0.25$	$\geq 5.00$
黏结强度 / kPa	$\geq 50$	$\geq 60$

### (8) 无机聚合物保温浆料

无机聚合物保温浆料,是近几年开发的一种环保型高性能保温材料,以表面溶结型膨胀珍珠岩为主,辅以改性膨胀珍珠岩的保温骨料。在与水搅拌的同时,掺入适量的填充料(粉煤灰)、聚苯烯单丝短纤维(增强抗裂)、聚合物添加剂制成的保温浆料。无机聚合物保温砂浆的主要性能见表 1-3。



表 1-3 无机聚合物保温砂浆性能

项目	指标	项目	指标
堆积密度 / (kg/m <sup>3</sup> )	≤450	抗压强度	≤2.5
含水率 / %	≤0.8	黏结强度	≤0.4
干密度 / (kg/m <sup>3</sup> )	≤520	抗冻性(强度保持率%)	≤75
导热系数 / [W/(m·K)]	≤0.11	干燥收缩率	≥3.0
蓄热系数 / [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	≥3.5		

无机聚合物保温浆料具有防水性。防水机理为:表面熔结型珍珠岩的封闭孔结构,不吸水;聚苯烯单丝短纤维,能抵消浆料硬化初期产生微裂缝拉应力,减少裂缝的产生;聚合物(可再分散聚合物树脂粉末)能减少浆料的孔隙,降低吸水性。

### (9) 聚苯(EPS)板

EPS 板由聚苯乙烯和 98%空气组成。板的构造由完全封闭的多面体形蜂窝(蜂窝直径为 0.08~0.15 mm,蜂窝厚度为 0.000 1 mm)构成。空气长期滞留在蜂窝内,保温隔热效果稳定。影响 EPS 板导热系数的主要因素为:含水率、外界自然温度、EPS 板的密度,颗粒大小等。含水率大,导热系数高;外界温度低,导热系数低。不同密度的 EPS 板温度与导热系数关系如图 1-5 所示。

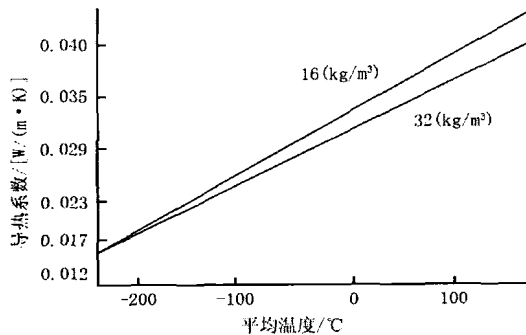


图 1-5 不同密度下温度与导热系数关系

影响 EPS 板吸水率的主要因素:密度和颗粒间的熔结程度。根据以上的物理性质,用于外墙外保温时,既要考虑强度,又要考虑密度,以达到最佳的保温隔热效果。

EPS 板的缺点是稳定性差,这主要是指 EPS 板尺寸的变化。

1) 热效应引起的体形变化:EPS 板热膨胀系数为 0.05~0.07 mm/℃,受冷也会产生收缩。温度从 20℃降至 -20℃时,1 m 长的 EPS 板会收缩 2~5 mm。

2) 后收缩引起的变化:后收缩是指 EPS 板中残留发泡剂向外扩散时,引起的尺寸变化。后收缩为 0.3%~0.5%。使用 EPS 板出厂前要在自然条件下陈化 42 d 或在 60℃水蒸气中陈化 6 d,这主要是避免 EPS 板收缩引起外墙饰面层出现裂缝。裂缝会降低保温效果,会造成墙体渗漏。

EPS 板性能见表 1-4。