



土木与建筑类专业创新型一体化教材

建筑节能技术与质量控制

主编 姚嵘 张玉波

建筑节能 技术与质量控制

主编 姚嵘 张玉波



扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑节能技术与质量控制 / 姚嵘, 张玉波主编. —
北京: 北京出版社, 2014.5 (2022 重印)

ISBN 978-7-200-10796-8

I. ①建… II. ①姚… ②张… III. ①建筑—节能—
工程质量—质量控制—职业教育—教材 IV. ① TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 141992 号

建筑节能技术与质量控制

JIANZHU JIENNENG JISHU YU ZHILIANG KONGZHI

主 编: 姚 嵘 张玉波

出 版: 北京出版集团
北京出版社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总发行: 北京出版集团

经 销: 新华书店

印 刷: 定州市新华印刷有限公司

版 次: 2014 年 5 月第 1 版 2022 年 10 月修订 2022 年 10 月第 3 次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 19.5

字 数: 462 千字

书 号: ISBN 978-7-200-10796-8

定 价: 49.80 元

教材意见建议接收方式: 010-58572162 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393

目 录

单元一 建筑节能工程施工验收规范	
GB 50411—2007（通用部分）	1
任务1 总则	2
任务2 术语	3
任务3 基本规定	5
单元二 墙体节能工程	9
任务1 一般规定	10
任务2 主控项目	25
任务3 一般项目	36
单元三 幕墙节能工程	38
任务1 一般规定	39
任务2 主控项目	48
任务3 一般项目	52
单元四 门窗节能工程	54
任务1 一般规定	55
任务2 主控项目	60
任务3 一般项目	72

单元五 屋面节能工程	78
任务 1 一般规定	79
任务 2 主控项目	88
任务 3 一般项目	95
单元六 地面节能工程	102
任务 1 一般规定	103
任务 2 主控项目	107
任务 3 一般项目	117
单元七 采暖节能工程	118
任务 1 一般规定	119
任务 2 主控项目	131
任务 3 一般项目	140
单元八 通风与空调整能工程	142
任务 1 一般规定	143
任务 2 主控项目	149
任务 3 一般项目	161
单元九 空调与采暖系统冷热源及管网节能工程	166
任务 1 一般规定	167
任务 2 主控项目	171

任务 3 一般项目	187
单元十 配电与照明节能工程	189
任务 1 一般规定	190
任务 2 主控项目	197
任务 3 一般项目	204
单元十一 监测与控制节能工程	206
任务 1 一般规定	207
任务 2 主控项目	213
任务 3 一般项目	225
单元十二 建筑节能工程现场检验	232
任务 1 围护结构现场实体检验	233
任务 2 系统节能性能检测	244
单元十三 建筑节能分部工程质量验收	263
任务 建筑节能分部工程质量验收	264
附 录	269
参考答案	273
参考文献	298



单元二 墙体节能工程

单元描述

本单元规定了建筑墙体节能工程质量验收规范的适用范围，并对墙体节能工程所用的材料品种、规格及墙体节能工程各层的施工方法、施工质量进行了规定，同时对所用材料外包装、加强网、墙体缺陷处的节能施工方法及质量检验方法进行了规定。

能力目标

1. 能够正确选择使用墙体节能材料。
2. 能选用恰当的方法和复检抽查次数检验各环节。

知识目标

1. 了解规范中墙体节能工程质量验收的适用范围，开展验收的时间，隐蔽工程验收内容。
2. 了解节能墙体设计方式，掌握典型的节能墙体构造及施工技术。
3. 了解采用预制保温墙板现场安装的墙体的淋水试验，保温砌块砌筑的墙体砌体的灰缝饱满度及饱满度检查方法；了解采用外墙保温浆料做保温层时的同条件养护试件概念及作用；了解严寒和寒冷地区外墙隔断热桥措施。
4. 熟悉墙体节能工程的施工规定。
5. 理解锚固件，增强网铺设作用和方法，墙体热桥概念。
6. 理解墙体节能工程使用的保温隔热材料，其导热系数、密度、抗压强度或压缩强度、燃烧性能概念，拉拔试验、锚固件拉拔力等概念。
7. 掌握以外保温定型产品作为墙体材料的安全性和耐候性检验方法。
8. 掌握各个环节的复检抽查次数和检查方法。

一般规定

任务书 >>

本任务对建筑墙体节能工程质量验收的适用范围、进行时间、隐蔽工程验收内容等进行规定，对墙体节能工程验收的检验批进行划分；作为知识的拓展，介绍节能墙体设计方式，并对典型节能墙体构造及施工技术进行介绍，同时对节能墙体所用材料种类及性能进行叙述。

任务目标

1. 了解规范中墙体节能工程质量验收的适用范围，开展验收的时间，隐蔽工程验收内容。
2. 理解锚固件，增强网铺设作用和方法，墙体热桥概念。
3. 掌握以外保温定型产品作为墙体材料的安全性和耐候性检验方法。
4. 了解节能墙体设计方式，掌握典型的节能墙体构造及施工技术，能够正确选择使用墙体节能材料。

知识链接 >>

第一，本任务适用于板材、浆料、块材及预制复合墙板等墙体保温材料或构件的建筑墙体节能工程质量验收。

第二，主体结构完成后进行施工的墙体节能工程，应在基层质量验收合格后施工，施工过程中应及时进行质量检查、隐蔽工程验收和检验批验收，施工完成后应进行墙体节能分项工程验收。与主体结构同时施工的墙体节能工程，应与主体结构一同验收。

【特别提示】 “隐蔽工程”就是在装修后被隐蔽起来，表面上无法看到的施工项目。根据装修工序，这些“隐蔽工程”都会被后一道工序所覆盖，所以很难检查其材料是否符合规格、施工是否规范。

第三，墙体节能工程当采用外保温定型产品或成套技术时，其型式检验报告中应包含安全性和耐候性检验。

【特别提示】 耐候性材料如涂料等，应用于室外经受气候的考验，如光照、冷热、风雨、细菌等而出现的褪色、变色、龟裂、粉化和强度下降等一系列现象。材料对这种现象的耐受能力叫耐候性。耐候性的测定方法，有如各种老化试验。

第四，墙体节能工程应对下列部位或内容进行隐蔽工程验收，并应有详细的文字记

录和必要的图像资料：

- (1)保温层附着的基层及其表面处理。
- (2)保温层黏结或固定。
- (3)锚固件。

【特别提示】 锚固件是将陶瓷纤维、轻质隔热砖、不定型耐火材料等轻质耐材与窑炉金属壁板相连接、固定的结构件。锚固件形式有多样，如一字型、十字型、L 型等，见图 2-1。



图 2-1 锚固件

- (4)增强网铺设。

【特别提示】 外墙保温增强网是为了增强抹灰层而设置的，可有效防止因基础（如砖墙、预制墙或轻质板等）的下沉或外力作用而引起的开裂。

- (5)墙体热桥部位处理。

【特别提示】 热桥（南方也称冷桥），是指处在外墙和屋面等围护结构中的钢筋混凝土或金属梁、柱、肋等部位。因这些部位传热能力强，热流较密集，内表面温度较低，故称为热桥。常见的热桥有处在外墙周边的钢筋混凝土抗震柱、圈梁、门窗过梁，钢筋混凝土或钢框架梁、柱，钢筋混凝土或金属屋面板中的边肋或小肋，以及金属玻璃窗幕墙中和金属窗中的金属框和框料等。热桥形成原因及解决措施见学习拓展。

- (6)预制保温板或预制保温墙板的板缝及构造节点。

- (7)现场喷涂或浇筑有机类保温材料的界面。

【特别提示】 界面指两个或多个不同物相之间的分界面。

- (8)被封闭的保温材料厚度。

- (9)保温隔热砌块填充墙体。

第五，墙体节能工程的保温材料在施工过程中应采取防潮、防水等保护措施。

第六，墙体节能工程验收的检验批划分应符合下列规定：

(1)采用相同材料、工艺和施工做法的墙面，每 $500 \sim 1000\text{m}^2$ 面积划分为一个检验批，不足 500m^2 也为一个检验批。

(2)检验批的划分也可根据与施工流程相一致且方便施工与验收的原则，由施工单位与监理（建设）单位共同商定。

一、热桥

（一）形成原因

所谓热桥效应，即热传导的物理效应，由于楼层和墙角处有混凝土圈梁和构造柱，而混凝土材料比起砌墙材料有较好的热传导性（混凝土材料的导热性是普通砖块导热性的2~4倍），同时由于室内通风不畅，秋末冬初室内外温差较大，冷热空气频繁接触，墙体保温层导热不均匀，产生热桥效应，造成房屋内墙结露、发霉甚至滴水。总之，热桥效应是由于没有处理好热传导（保温）而引起的。热桥效应在砖混结构的建筑中出现较多，而且由于温度、湿度、热量等多方面因素的影响，会出现“同一座楼，有的住户家发霉严重，有的住户家里却没事”。

（二）解决措施

由于造成热桥效应的因素很多，解决起来较为复杂。将长霉的部位墙面清除后，沿楼面与墙面交接处，内墙、外墙交接处墙面向外加宽，达到提高墙体保温、保湿的目的，减小热传递，能有效解决热桥效应，这种方法的弊端是造价太高。另外，将内墙贴上瓷砖，定期擦拭，虽不能彻底解决热桥效应，但却能缓解发霉现象。

热桥对建筑的影响，最直接的表现就是冬季保温和夏季隔热的效果会受影响，在实际的施工过程中，普遍采用的减少热桥影响的施工工艺就是在外墙采用外墙保温（一般为聚苯颗粒保温砂浆或保温板）、中空玻璃和隔热断桥（或塑钢）门窗覆盖整个采暖空间，即用保温材料将整个房间或者整个建筑进行包裹处理，就像夏季使用棉被将冰棍包裹，隔热保温，能很好地减少热桥的影响。外墙保温工艺的使用，更直接的效果就是空调的能耗可以减少，不论采暖还是制冷，都有一层隔热层与外界分隔。

二、节能墙体设计方式

（一）外墙自保温方式

1. 定义

墙体自身的材料具有节能阻热的功能，如当前使用较多的加气混凝土砌块外墙自保温系统。

2. 优点

围护结构及保温系统合二为一。

3. 缺点

自保温材料强度低，容易导致墙体开裂，只能用于低层建筑承重或用作填充墙。

（二）外墙内保温方式

1. 定义

在外墙结构的内部加做保温层，将保温材料置于外墙体的内侧。

2. 优点

对饰面和保温材料的防水性要求不高；施工时仅在一个层高范围内施工，不需要搭高脚手架，施工速度快；施工技术及检验标准完善，技术成熟。

3. 缺点

饰面层墙体易出现裂缝；不便于用户二次装修；占室内空间；存在热桥现象；当对老旧小区改造时，干扰居民生活。

（三）外墙夹心保温

1. 定义

将保温材料置于同一外墙的内、外侧墙之间。它有两种方式，其一是在砌块孔洞中填充保温材料，其二是墙体由两面墙组成，中间设置保温层。

2. 优点

对保温材料选材要求不高；对施工季节及条件的要求不高。

3. 缺点

墙体相对偏厚；内、外两面墙间需要连接件，使得墙体构造相对复杂；存在的圈梁和构造柱会形成热桥，使得保温效果降低。

（四）外墙外保温

1. 定义

将保温材料置于外墙外侧，是目前大力推广的一种节能保温措施。保温效果优于其他保温方法，适用于新建和老旧小区改造。

2. 优点

保温材料包围在主体结构外侧，保护了主体结构，延长建筑物寿命；保温材料包围了整个建筑物，因而，消除了热桥的影响；改善住户墙体潮湿状况，因结构层在保温材料内部，使得结构层墙身温度升高，降低了墙体湿度；保温层在外部不影响居民生活，便于旧建筑物进行节能改造；避免了内部装修对外保温层的破坏；增加房屋的使用面积。

3. 种类

建设部推荐外墙外保温方法有 EPS 板薄抹面外保温系统、胶粉 EPS 颗粒浆料外保温系统、EPS 板现浇混凝土（有网、无网）外保温系统等。此外还有岩棉系统、聚氨酯系统等外墙外保温系统。

（1）EPS 板薄抹面外保温系统（图 2-2）。以 EPS（聚苯乙烯泡沫塑料）板为保温材料，玻璃纤维网增强抹面层和饰面层为保护层，采用黏结方式固定，厚度小于 6mm 的外墙保温系统。具有优越的保温隔热性能，良好的防水性能及抗风压、抗冲击性能，能有效解决墙体的龟裂和渗漏水问题。

（2）胶粉 EPS 颗粒浆料外保温系统（图 2-3）。由界面砂浆、胶粉 EPS 颗粒浆料（由胶粉与聚苯颗粒组成，两种材料分袋包装，使用时按比例加水搅拌制成，该材料应随搅随用在 4 小时内用完）、柔性抗裂砂浆、耐碱网格布（或热镀锌电焊钢丝网和塑料膨胀锚栓）、高分子乳液弹性底层涂料、柔性耐水腻子 and 涂料饰面构成，设置在建筑物

外墙外侧，起保温隔热、保护和装饰作用的构造系统，具有良好的保温效果，优异的抗裂防水效果和装饰效果。本系统采用现场成型抹灰工艺，转角处无需裁板做处理，施工工艺简单，施工效率高，系统总体造价较低，特别适合建筑造型复杂的各种外墙保温工程。



图 2-2 EPS 板薄抹面外保温系统



图 2-3 胶粉 EPS 颗粒浆料外保温系统

(3) EPS 板现浇混凝土（无网、有网）外保温系统。在现场浇灌混凝土时将 EPS（板、单面钢丝网架板）置于外模板内侧，EPS 板与现浇混凝土接触的表面开有矩形齿槽，两表面预喷界面砂浆，置于外模板内侧并安装锚栓作为辅助固定件。浇灌混凝土后，保温材料与基层一次浇注成型的外墙外保温系统。拆模后 EPS 板表面一般需用胶粉 EPS 颗粒保温浆料做局部修补和找平，之后做玻纤网增强抗裂砂浆薄抹面层和饰面涂层，不宜贴面砖。适用于寒冷和严寒地区的现浇混凝土剪力墙结构体系外墙。

(4) 岩棉（外保温）系统。以岩棉为主作为外墙外保温材料，与混凝土一次浇注成型或采取钢丝网架机械锚固件进行锚固的外墙外保温技术保温系统。具有导热系数低、透气性好、燃烧性能级别高等优势，可应用于新建、扩建、改建的居住建筑和公共建筑外墙的节能保温工程。

(5) 聚氨酯系统。现场采用聚氨酯发泡工艺，将聚氨酯保温材料喷涂于基层墙体上的外墙外保温系统。系统具有硬度范围宽、耐磨、抗冲击性高、低温柔性好、耐辐射、抗霉菌等特点，可与木材、金属和大部分塑料黏结。它与 EPS 保温系统比较起来，具有防火性能差、施工不便（发泡不良）、不透气、可修补性差、平整度差、黏结强度不足、易老化等缺点，因此，国际主流的节能系统是 EPS 系统。

三、典型节能墙体构造及其施工技术

（一）岩棉外保温复合墙体系统

岩棉具有质轻、热导率小、不燃烧的特性，是理想的保温材料。

1. 岩棉外保温墙体系统

选用岩棉板作为保温层，将其设置在外墙结构层的外侧，以达到保温的效果。

(1) 结构。岩棉外保温墙体系统如图 2-4 所示。

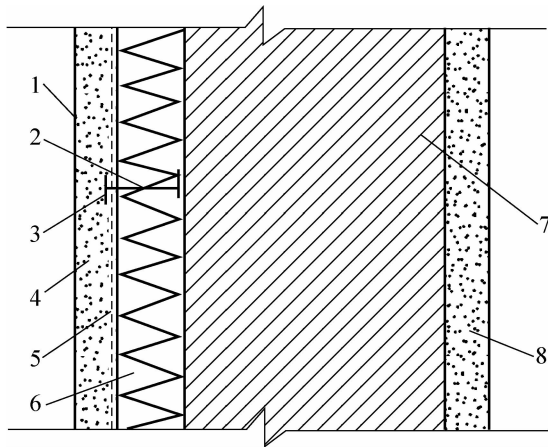


图 2-4 岩棉外保温墙体结构

1—饰面层；2—连接件；3—销杆；4—抗裂保护层；
5—镀锌点焊钢丝网；6—岩棉板；7—外墙基体；8—内粉刷

(2) 施工注意事项。

①岩棉保温层和砂浆保护层是通过连接件依附在结构层上，每平方米墙面锚固件的数量一般不少于 3 个。同时对其数量、材质也有要求。

②为提高保护层砂浆的抗裂性能，砂浆中要掺加提高塑性指标的外加剂，同时还要加入网片。

③饰面层宜选用高弹性涂料。施工方法采用喷涂的方式（高压气流能抑制并修补砂浆的开裂、抑制裂缝扩展）。

(3) 岩棉外保温墙体施工工艺流程。基层墙体清理→安装固定件→弹线→贴保温板→铺钢丝网→喷界面处理砂浆→抹找平砂浆→抹抗裂砂浆→铺玻璃纤维网格布→涂高分子弹性底漆→刮耐水腻子→保温验收。

(4) 岩棉外保温系统保温效果影响因素。锚固件穿过岩棉保温层，形成热桥，因此，要注意锚固件材质和数量的选取；保温层施工前后注意防水浸入。

2. 岩棉夹心外保温复合墙体系统

(1) 结构。岩棉夹心外保温复合墙体系统如图 2-5 所示。

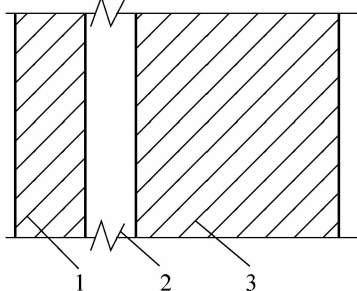


图 2-5 岩棉夹心外保温复合墙体结构

1—120mm 厚烧结普通砖；2—70mm 厚岩棉；3—370mm 厚烧结普通砖承重墙

(2) 施工流程。挑选岩棉→砌外层墙→清理挂线→敷设岩棉→砌内层承重墙。

(二) 聚氨酯硬泡外墙外保温系统

1. 聚氨酯硬泡外墙外保温构造

(1) 结构。聚氨酯硬泡外墙外保温构造如图 2-6 所示。

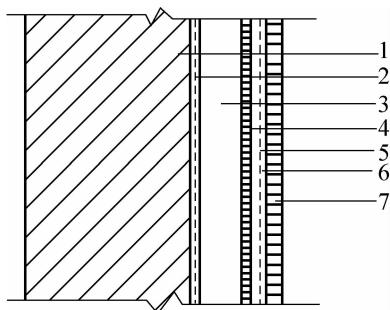


图 2-6 聚氨酯硬泡外墙外保温结构

1—基层墙体；2—防潮隔汽层（必要时）+胶黏剂（必要时）；3—聚氨酯硬泡保温层；
4—界面剂（必要时）；5—玻璃纤维网布（必要时）；6—抹面胶浆（必要时）；7—饰面层

(2) 施工方法。聚氨酯硬泡外墙外保温在施工方法上有喷涂法、浇注法等，以下分别介绍。

2. 喷涂聚氨酯硬泡外墙外保温系统

喷涂聚氨酯硬泡外墙外保温系统具有现场喷涂黏附力强，保温及密封效果好，因而，这种方法占整个聚氨酯外墙外保温系统的 90% 以上。

(1) 结构。由聚氨酯防潮底漆层、现场喷涂成型的聚氨酯硬泡保温层、聚氨酯界面砂浆层、胶粉聚苯颗粒防火透气过渡层、抗裂防护层及饰面层构成。

(2) 特点。①聚氨酯硬泡的热导率很小，因而保温效果好。②层内无空腔构造，且与相邻构造层黏结牢固：喷涂后保温层与基层墙体牢固结合，因而无空腔。③防火性能突出，因聚氨酯表面被胶粉聚苯颗粒浆料包围，浆料密，能阻止热量向内部传递，因此，有阻燃防火性能。④防潮性能好，聚氨酯硬泡材料本身防水性能优良。⑤胶粉聚苯颗粒防火透气过渡层具有优良的保护性能，能有效防止紫外线引起的聚氨酯层老化；保证门窗不产生热桥；有效防止防护面裂缝出现。⑥具有良好的施工性能，因喷涂采用机械化作业，施工速度快，效率高。

(3) 施工工艺。基层处理→吊垂直、弹控制线→粘贴、锚固聚氨酯预制件（对于墙面宽度较宽的地方采用喷涂施工，而对于不足 900mm 处的墙面不宜采用喷涂施工，可直接用相应规格的聚氨酯预制件锚固粘贴）→喷刷聚氨酯防潮底漆→喷涂聚氨酯硬泡保温层→喷刷聚氨酯界面砂浆→吊垂直线→抹胶粉聚苯颗粒浆料→抗裂砂浆层及饰面层施工。

3. 浇注聚氨酯硬泡外墙外保温系统

在封闭的模板内注入发泡聚氨酯的一种保温方法，因而，整个施工过程中没有材料的损耗，不会对环境造成污染。保温系统中的保温层表面平整度是通过模板来控制的。此法中，由于聚氨酯发泡倍数高，发泡压力大，速度快，很容易对模板造成影响，

因此,解决聚氨酯发泡时的膨胀力对模板的影响,是浇注法聚氨酯外墙保温施工的难题,同时,聚氨酯硬泡与外墙体黏附时,墙体含水率会影响到保温材料的粘贴效果,因此,浇注聚氨酯硬泡外墙保温技术受到技术制约,不及喷涂法应用广泛。分为置入式模板和可拆模板两种施工方法。

(1)结构。外墙基层、氨酯硬泡保温层、界面层、聚合物水泥砂浆复合耐碱网格布保护层、辅助刚性强化层及饰面层。

(2)施工工艺。两种不同施工方法的施工工艺不同:①置入式模板浇注法工艺:基层处理→固定模板→浇注发泡聚氨酯→免拆模板处表面处理→抗裂聚合物罩面砂浆→涂料饰面或面砖饰面;②可拆模板浇注法工艺:基层处理→模板表面进行隔离剂处理→支护模板→浇注发泡聚氨酯→拆卸模板→聚氨酯硬泡界面处理→抗裂聚合物罩面砂浆→涂料饰面或面砖饰面。

(3)施工注意事项。施工温度不宜高于 10°C 、墙面湿度小于8%;浇注发泡聚氨酯时,应有一定的时间间隔,且不可注入太多,以防装饰板变形或胀裂;浇注施工时应确保聚氨酯硬泡保温层的连续性,无断层,无空鼓现象等。

(三)聚苯乙烯(PS)泡沫外保温墙体系统

1. EPS 膨胀聚苯板现浇混凝土外墙外保温系统

(1)结构及定义。以现浇混凝土外墙作为基层,EPS板作为保温层,适用于高层建筑及多层建筑混凝土外墙外保温。在支设现浇钢筋混凝土外墙外模板时,将已裁好的聚苯乙烯板(板上有齿)放入模板内侧,并用专用连接件将聚苯乙烯板同混凝土外墙钢筋连接,待浇注完混凝土并拆模后,在保温板外侧施工增强层和装饰面层,使保温板、墙体成一体。

(2)施工流程。以无网现浇系统工艺流程进行说明:聚苯乙烯板裁割→绑扎外墙钢筋垫块→安装聚苯乙烯板→立外墙内侧模板→穿对拉螺栓→立外墙外侧模板→调整内外模板位置→外墙浇注混凝土→拆外墙两侧模板→聚苯乙烯板修补→抹抹面胶浆,同时铺耐碱玻璃纤维网格布→涂刷高弹性底漆→涂刷高弹弹性乳液涂料。

(3)系统特点。EPS板热导率为 $0.041\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,保温性能好;与有网现浇系统比热桥现象少;它与结构同步施工,可节省工期 $1/3$ 以上;不受冬季施工影响。

2. XPS 挤塑聚苯板外墙外保温墙体系统

(1)结构及定义。采用专用聚合物黏结胶浆,将XPS挤塑聚苯板作保温层并辅以金属或塑料锚栓锚固于基层墙体从而达到节能效果的保温系统。保温板表面嵌有耐碱网格布和抗裂聚合物砂浆面层。

(2)施工流程。基层处理→弹线、挂角线→聚合物砂浆→铺翻包网格布→粘保温板→安装锚固件→铺耐碱网格布→抹聚合物抗裂砂浆面层→验收→后续工序。

(3)系统特点。XPS板质轻、强度高,板表面硬,可直接刻槽,从而消除外墙抹灰面层裂缝;避免室内产生热桥。

3. 胶粉聚苯颗粒保温浆料面砖饰面外墙外保温系统

(1)结构。见图2-7。

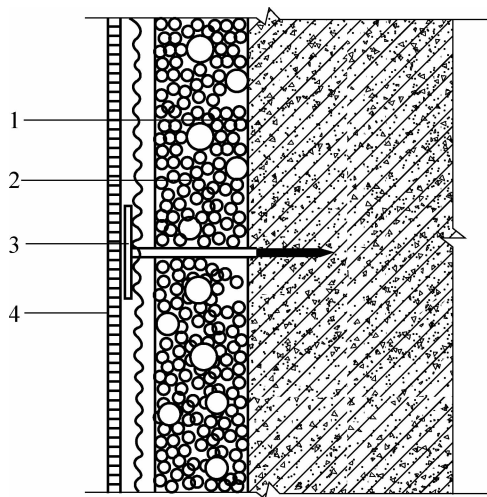


图 2-7 胶粉聚苯颗粒保温浆料面砖饰面外墙外保温

1—界面层；2—保温层；3—抗裂防护层；4—饰面层

(2) 施工流程。基层处理→喷刷基层界面砂浆→吊垂直、弹控制线→配制胶粉聚苯颗粒保温浆料→做灰饼、冲筋→抹胶粉聚苯颗粒保温浆料→抹第一遍抗裂砂浆→铺钉热镀锌四角网、用尼龙栓锚固→钢网展平、裁剪预处理→抹第二遍砂浆→粘贴面砖→面砖勾缝。

(3) 系统特点。具有良好的保温隔热性能，抗裂性能好，抗火灾能力强，抗风压性好；材料利用率高；操作方便。

四、节能墙体材料

(一) 常用有机节能墙体材料

1. 聚氨酯树脂泡沫塑料

聚氨酯树脂泡沫塑料简称 PUF 塑料，有软质及硬质两种。在绝热保温方面是以双组分聚氨酯硬质泡沫塑料为主，其泡孔互不连通，因此，材料不吸水，不透水，广泛应用于屋顶和墙体保温，可代替传统的防水层和保温层，具有一材双用的功效。其热导率一般在 $0.018 \sim 0.03 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，可连续施工，厚度薄，可使用 15 年以上，因而，作保温材料费用低。

2. 酚醛树脂泡沫塑料(简称 PF 塑料)

PF 塑料广泛适用于礼堂的隔声材料，石油化工过热管道、飞机、机车车辆的防火保温材料。有以下特点：

- (1) 绝热性。独立的闭孔微小发泡体，热导率为 $0.022 \sim 0.045 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。
- (2) 耐化学侵蚀性。优于其他泡沫塑料。
- (3) 吸声性能。吸声系数次于玻璃，优于其他泡沫，广泛用于隔墙，客车夹层。
- (4) 吸湿性。闭孔率大于 97%，不吸水，用在管道保温中不必担心管道腐蚀。
- (5) 抗老化性。使用寿命长于其他泡沫材料，被用于抗老化的室外保温材料。

(6)阻燃性。属 B1 级难燃材料，在耐火板材中得到应用。

3. 聚苯乙烯(PS)泡沫塑料

以聚苯乙烯树脂为主体原料，加入发泡剂等辅助材料，经加热发泡制成，产品有可发性聚苯乙烯树脂泡沫塑料（EPS）和挤塑性聚苯乙烯树脂泡沫塑料（XPS）两类。表 2-1 是两种产品综合分析。

表 2-1 XPS 与 EPS 产品性能综合分析

性能比较	挤塑性聚苯乙烯树脂 泡沫塑料板材	可发性聚苯乙烯树脂 泡沫塑料板材
生产工艺	由聚苯乙烯树脂及其他添加剂采用真空挤压工艺而成，具有连续闭孔蜂窝结构	是由可发性聚苯乙烯树脂发泡成聚苯小颗粒，然后通过蒸汽加压而成圆方体，再通过切割而成
保温性能	具有 90% 以上的闭孔率，保温隔热效果明显，具有持久性极低的热导率。 $\lambda \leq 0.030\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)	不是闭孔结构，保温效果较好， $\lambda \leq 0.042\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ($25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)
热阻保留率	具有持久的热阻保留率，55 年后热阻保留率在 85% 以上	热阻保留率较低，2 年后热阻保留率在 55% 以下，保温效果降低到原来的 1/2
密度和抗压强度	具有较高的密度和抗压强度。 $\rho \geq 32\text{kg}/\text{m}^3$ ， $P \geq 250\text{kPa}$	密度和抗压强度较小。 $\rho \geq 16\text{kg}/\text{m}^3$ ， $P \geq 60\text{kPa}$
剥离强度	具有较高的剥离强度，可适应各类墙体。外墙体保温黏结强度 $\geq 0.3\text{MPa}$	剥离强度较低，黏结强度 = $0.10 \sim 0.15\text{MPa}$
吸水性	不吸水，水蒸气渗透性低，吸水率 $\leq 0.10\%$ ，渗透性 $\leq 3\text{ng}/(\text{Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$	吸水，水蒸气渗透性高。吸水率 $\leq 6.0\%$ ，渗透性 $\leq 9.5\text{ng}/(\text{Pa} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$
其他性能	耐老化、无毒、耐腐蚀，但不耐多数有机化学试剂	耐酸碱、耐低温，有一定弹性

(1)特点。 耐久性好；水的渗入极缓慢；长时间受紫外线照射时，聚苯乙烯表面由白色变成黄色，呈现出脆性。

(2)用途。 广泛应用于建筑外墙外保温和屋面隔热保温系统。

（二）常用无机节能墙体材料

1. 无机纤维建筑保温材料

(1)岩棉、矿渣棉及其制品。 岩棉是以天然岩石为基本原料，矿渣棉是以工业矿渣为原料，经过重熔、纤维化而制成。 特点是优良的绝热性；使用温度高；长期使用稳定性；制品不吸水，不发生潮解；如采用岩棉作为金属设备的隔热保温，则金属不会被腐蚀；纤维间有许多细小空隙，岩棉具有极好的吸声性。

(2)玻璃棉及其制品。 是以石英砂等天然矿石，配以硼砂熔制成玻璃，经拉制成纤维状的材料。 特点是多孔材料，热导率低，吸声好，化学性能稳定。

2. 无机多孔状保温材料

(1)膨胀珍珠岩及其制品。 膨胀珍珠岩是珍珠岩经人工粉碎后，在瞬间高温下，矿砂内部结晶水汽化产生膨胀力，矿砂颗粒膨胀，再经冷却后形成多孔、轻质、白色颗粒，其性能稳定。 在墙体外侧喷涂膨胀珍珠岩涂料层进行保温，是节能建筑中推广使用的一种方法。

(2)膨胀蛭石及其制品。 蛭石是含水硅铝酸盐类矿物，呈薄片状结构，薄片层间有水分层，当外界温度高于 150°C 时，层间水排出，但由于薄片间距小，水蒸气排出受阻，导致蛭石剧烈膨胀，因而蛭石的密度和热导率较小。

蛭石在使用中，为了得到一定的施工强度，往往在使用时加入少量高分子聚合物。

(3)泡沫玻璃制品。 是以玻璃为主要原料，在高温下掺入发泡剂，熔融发泡，冷却后形成具有封闭气孔的泡沫玻璃制品，具有防潮、防火、绝热。 原料可利用废玻璃，从而降低生产成本。

(4)泡沫水泥制品。 在水泥、粉煤灰浆体中加入发泡剂、水等经搅拌、成型、养护而成的一种多孔、质轻、绝热的混凝土材料，热导率低，保温性能好。

(5)硅酸钙保温材料。 是以二氧化硅粉状材料、氧化钙和增强纤维材料为主要原料，再加入水、助剂等材料，经搅拌、加热、凝胶、成型、蒸压硬化、干燥等工序制成。 特点是质轻、强度高、热导率低、耐热、隔声、耐水、耐用。

(6)轻质保温砌块。 我国在用的轻质保温砌块有以下几种：①加气混凝土砌块。 是用钙质材料和发气剂等原料，经磨细、配料、搅拌、浇筑、发气、静停、切割、压蒸等工序生产而成的轻质混凝土材料。 特点是密度小、比强度高、热导率小，易于加工，可作填充材料。②混凝土（轻集料）（小型）空心砌块。 以水泥为胶结材料、砂、碎石、煤矸石（或轻质材料）为骨料，加水搅拌、成型、养护而制成的小型且具有一定空心率的墙体材料。 特点是轻质、高强、保温、抗震，在各种建筑材料中得到广泛应用。

（三）复合节能墙体材料

1. GRC 复合保温墙板

用耐碱玻璃纤维与硫铝酸盐型低碱度水泥匹配制备出的材料称 GRC。 GRC 复合保

温墙板是以 GRC 作面层，以保温材料作夹心层的构件，根据在墙体中的放置位置不同可分为外墙内保温板和外墙外保温板两类。它们的技术性能比较见表 2-2，可见 GRC 外墙外保温板有较明显优势。

表 2-2 GRC 外墙外保温板与 GRC 外墙内保温板的技术性能比较

技术类别	主要优点	主要缺点
外墙内保温	1. 对面层无耐候要求 2. 施工便利 3. 施工不受气候影响 4. 造价适中	1. 有热桥产生，削弱墙体绝热性；绝热层效率仅为 30% ~ 40% 2. 墙体内表面易发生结露 3. 若面层接缝不严而有空气渗漏，易在绝热层上结露 4. 减少有效面积 5. 室温波动较大
外墙外保温	1. 基本上可消除热桥；绝热层效率高，可达 85% ~ 95% 2. 墙体内表面不发生结露 3. 不减少使用面积 4. 既适用于建造新屋，也适用于旧房改造，可不影响使用 5. 室温较稳定，热舒适性好	1. 冬季、雨季施工受到一定限制 2. 对板缝处理有严格要求，否则在板缝处易发生渗漏 3. 造价较高

2. 聚苯乙烯泡沫混凝土保温板

以颗粒状聚苯乙烯泡沫塑料、水泥、起泡剂和稳泡剂等材料经搅拌、成型、养护而成的一种新型保温板材。

特点：质轻、保温隔热性能好，具有一定的强度、施工简单。

3. 金属面夹芯板

金属面夹心板是指上下两层为金属薄板（采用彩色喷涂镀锌钢板），芯材为有一定刚度的保温材料，如聚氨酯硬质泡沫塑料等，面材与芯材可用黏结剂黏合。

特点：质轻、高强、绝热、保温、隔声、施工速度快、可拆卸、耐久性好，应用于厂房、仓库等。

（四）利废节能墙体材料

1. 煤矸石空心砖

利用煤矿废渣——煤矸石烧制的有贯穿空孔洞，孔洞率大于 15%。产品标号有 200、150、100、75。是一种既可作承重又可作保温的经济又实际的首选墙体材料。特点是良好的抗压强度、较好的保温性能。

2. 农业废弃物绿色墙体材料

如稻草、稻壳类砖和板材，秸秆轻质保温砌块等。由于稻壳内含有 1/5 的无定形硅石，可以提高墙体材料的防水性和耐久性，因而常被用作墙材的原料。

3. 沉砂淤泥墙体材料

用淤泥代替传统的原材料生产环保型新型墙体材料如烧结多孔砖、水泥等，可实现资源再生利用，保护耕地。

4. 再生骨料混凝土空心节能砌块

老城区改造时，各种建筑垃圾的大量产生，占据大量土地，可将建筑垃圾、胶凝材料、外加剂、水通过搅拌、振动成型、养护便可制成再生骨料混凝土空心砌块新型墙体材料。

(五) 建筑保温涂料

保温层一般较厚，需要设置防水层和外保护层，施工不便，且不抗振动，因此，使用薄层，隔热防水防护一体的涂料来替代保温层是对隔热保温的发展。保温涂料可分为阻隔性隔热涂料、反射隔热涂料及辐射隔热涂料三种。

1. 阻隔性隔热涂料

阻隔性隔热涂料是通过热传递的显著阻抗来实现隔热的涂料，如采用低热导率的物质或在涂膜中引入空气从而获得隔热效果。如硅酸盐类复合涂料，它是由无机隔热骨料、黏结剂、引气剂组成，主要用作工业隔热涂料，如铸造模具等的隔热涂层。

2. 反射隔热涂料

反射隔热涂料是通过反射太阳光，以达到隔热的目的，常采用有机高分子乳液、陶瓷微珠、云母粉、助剂等组分配制而成。广泛用于建筑物外墙和房顶、冷库。

3. 辐射隔热涂料

辐射隔热涂料是通过辐射的形式把建筑物吸收的日照光线发射到空气中，从而达到良好的隔热降温效果的涂料。金属的氧化物如 Fe_2O_3 、 Co_2O_3 等，因为它们的热发射率高，多用作隔热节能涂料的填料。

优点：适用于异形设备保温、质轻、层薄、施工方式简单（人工涂抹）。

(六) 建筑保温砂浆

胶凝材料与轻质多孔集料制成的砂浆称为保温砂浆，分为有机保温砂浆和无机保温砂浆。

1. 无机保温砂浆

(1) 定义。多孔无机轻骨料，胶凝材料按一定比例经一定工艺制成的保温抹面材料。无机保温砂浆可分为传统无机保温砂浆（见图 2-8）和新型无机保温砂浆。玻化微珠保温砂浆和复合无机保温砂浆是两种新型无机保温砂浆，玻化微珠保温砂浆是以单一玻化微珠为保温骨料，水泥为胶凝材料，纤维和可分散胶粉为增强抗裂材料，掺入其他外加剂经充分搅拌而成，复合无机保温砂浆是以多种无机轻质材料为骨料，以多种粒径不同材料的组合替代单一材料，从而减少了复合砂浆的孔隙率，达到保温目的。



图 2-8 无机保温砂浆

(2) 性能特点。①极佳的温度稳定性和化学稳定性。无机保温砂浆材料保温系统由纯无机材料制成。耐酸碱、耐腐蚀、不开裂、不脱落、稳定性高，不存在老化问题，与建筑墙体同寿命。②施工简便，综合造价低。无机保温砂浆材料保温系统可直接抹在毛坯墙上，其施工方法与水泥砂浆找平层相同。该产品使用的机械，工具简单。施工便利，与其他保温系统比较有明显的施工期短、质量容易控制的优势。③适用范围广，阻止冷热桥产生。无机保温砂浆材料保温系统适用于各种墙体基层材质，各种形状复杂墙体的保温。全封闭、无接缝、无空腔，没有冷热桥产生。并且不但做外墙外保温还可以做外墙内保温，或者外墙内外同时保温，及屋顶的保温和地热的隔热层，为节能体系的设计提供一定的灵活性。④绿色环保无公害。无机保温砂浆材料保温系统无毒、无味、无放射性污染，对环境 and 人体无害，同时其大量推广使用可以利用部分工业废渣及低品级建筑材料，具有良好的综合利用环境保护效益。⑤强度高。无机保温砂浆材料保温系统与基层黏结强度高，不产生裂纹及空鼓。这一点在国内所有的保温材料中相比具有一定的技术优势。⑥防火阻燃安全性好。无机保温砂浆材料保温系统防火不燃烧。可广泛用于密集型住宅、公共建筑、大型公共场所、易燃易爆场所、对防火要求严格场所。还可作为防火隔离带施工，提高建筑防火标准。⑦热工性能好。无机保温砂浆材料保温系统蓄热性能远大于有机保温材料，可用于南方的夏季隔热。同时其导热系数可以达到 $0.07\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下，而且导热性能可以方便地调整以配合力学强度的需要及实际使用功能的要求，可以在不同的场合使用，如地面、天花等场合。⑧防霉效果好。无机保温砂浆材料保温系统可以防止冷热桥传导，防止室内结露后产生的霉斑。⑨经济性好。如果采用适当配方的无机保温砂浆材料保温系统取代传统的室、内外双面施工，可以达到技术性能和经济性能的最优化方案。

2. 有机保温砂浆 (EPS 聚苯颗粒保温砂浆)

(1) 定义。以 EPS 为轻骨料，无机胶凝材料黏结剂、聚合物、纤维等增韧材料共同配制成的新型节能材料，呈闭孔憎水结构，因此，保温隔热性能好，不吸水。配料中使用的特细砂用于调节 EPS 保温砂浆容重，膨胀珍珠岩用于调节 EPS 保温砂浆的孔隙结构。纤维用于调节砂浆韧性，黏结剂用于改善 EPS 与无机胶凝材料界面黏结力。保温效果可以通过 EPS 材料掺量来调节。

(2) 性能特点。有以下几点：①精选进口可再生分散胶粉、无机胶凝材料、优质骨

料及具有保水、增加、畜变、抗裂等功能的助剂预混干拌而成。②对多种保温材料均具有良好的黏结力。③良好的柔性、耐水性、耐候性；导热系数低、保温性能稳定、软化系数高，耐冻融、抗老化。④现场直接加水调和和使用，方便操作；透气性好，呼吸功能强，既有很好的防水功能，又能排解保温层的水分。⑤综合造价较低。⑥保温性能优越。

检查与反馈 >>

1. 简述热桥产生的原因及解决措施。
2. 节能墙体设计方式有哪些？
3. 外墙外保温方式特点是什么？
4. 简述喷涂聚氨酯硬泡外墙外保温系统结构、特点及施工工艺。
5. 简述常用有机节能墙体材料及其特点。

主控项目

任务书 >>

本任务对墙体节能工程所用的材料品种、规格及墙体节能工程各层的施工质量检验方法和检查数量进行规定，并介绍我国建筑节能体系和其中的两个重要标准。

任务目标

1. 了解采用预制保温墙板现场安装的墙体的淋水试验，保温砌块砌筑的墙体砌体的灰缝饱满度及饱满度检查方法；了解采用外墙保温浆料作保温层时的同条件养护试件概念及作用；了解严寒和寒冷地区外墙隔断热桥措施。
2. 理解墙体节能工程使用的保温隔热材料，其导热系数、密度、抗压强度或压缩强度、燃烧性能概念，拉拔试验、锚固件拉拔力等概念。
3. 熟悉墙体节能工程的施工规定。
4. 掌握各个环节的复检抽查次数和检查方法。

知识链接 >>

第一，用于墙体节能工程的材料、构件等，其品种、规格应符合设计要求和相关标准的规定。

检验方法：观察、尺量检查；核查质量证明文件。

检查数量：按进场批次，每批随机抽取3个试样进行检查；质量证明文件应按照其出厂检验批进行核查。

第二，墙体节能工程使用的保温隔热材料，其导热系数、密度、抗压强度或压缩强度、燃烧性能应符合设计要求。

检验方法：核查质量证明文件及进场复验报告。

检查数量：全数检查。

【特别提示】 导热系数是指在稳定传热条件下，1m厚的材料，两侧表面的温差为1℃（K，℃），在1小时内，通过1m²面积传递的热量，单位为瓦/米·度[W/（m·K）]，此处为K，可用℃代替。

导热系数与材料的组成结构、密度、含水率、温度等因素有关，非晶体结构、密度较低的材料，导热系数较小；材料的含水率、温度较低时，导热系数较小。

导热系数测量方法有稳态法（热流量计法、护热平板法）、动态法（热线法、激光闪

射法) 等。通常把导热系数较低的材料称为保温材料, 而把导热系数在 $0.05\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ 以下的材料称为高效保温材料。

密度指某种物质单位体积的质量。

抗压强度指材料在受到压力破坏时, 所达到的强度极限。

燃烧性能指材料燃烧或遇火时所发生的一切物理和化学变化, 这项性能由材料表面的着火性和火焰传播性、发热、发烟、炭化、失重, 以及毒性生成物的产生等特性来衡量。可根据《建筑材料可燃性试验方法》GB/T 8626—2007 来进行测试。

第三, 墙体节能工程采用的保温材料和黏结材料等, 进场时应对其下列性能进行复验, 复验应为见证取样送检:

- (1) 保温材料的导热系数、密度、抗压强度或压缩强度。
- (2) 黏结材料的黏结强度。
- (3) 增强网的力学性能、抗腐蚀性能。

检验方法: 随机抽样送检, 核查复验报告。

检查数量: 同一厂家同一品种的产品, 当单位工程建筑面积在 20000m^2 以下时各抽查不少于 3 次; 当单位工程建筑面积在 20000m^2 以上时各抽查不少于 6 次。

【特别提示】 增强网在外墙保温结构中, 为了增强抹灰层黏结力, 防止因基础(如砖墙、预制墙或轻质板等) 下沉或外力作用引起灰层的开裂而加设的。

第四, 严寒和寒冷地区外保温使用的黏结材料, 其冻融试验结果应符合该地区最低气温环境的使用要求。

检验方法: 核查质量证明文件。

检查数量: 全数检查。

【特别提示】 我国气候分五个区域, 即严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区、温和地区。建筑节能设计应与地区气候相适应, 见表 2-3。

表 2-3 建筑节能设计分区及设计要求

分区名称	分区指标		设计要求
	主要指标	辅助指标	
严寒地区	最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $\geq 145\text{d}$	必须充分满足冬季保温要求, 一般可不考虑夏季防热
寒冷地区	最冷月平均温度 $0 \sim -10^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $90 \sim 145\text{d}$	应满足冬季保温要求, 部分地区兼顾夏季防热
夏热冬冷地区	最冷月平均温度为 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$, 最热月平均温度为 $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $0 \sim 90\text{d}$; 日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数 $40 \sim 110\text{d}$	必须满足夏季防热要求, 适当兼顾冬季保温
夏热冬暖地区	最冷月平均温度为 $> 10^{\circ}\text{C}$, 最热月平均温度为 $25 \sim 29^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数 $100 \sim 200\text{d}$	必须充分满足夏季防热要求, 一般可不考虑冬季保温

分区名称	分区指标		设计要求
	主要指标	辅助指标	
温和地区	最冷月平均温度为 0 ~ 13℃，最热月平均温度为 18 ~ 25℃	日平均温度 ≤ 5℃ 的天数 0 ~ 90d	部分地区应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热

第五，墙体节能工程施工前应按照设计和施工方案的要求对基层进行处理，处理后的基层应符合保温层施工方案的要求。

检验方法：对照设计和施工方案观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

第六，墙体节能工程各构造层做法应符合设计要求，并应按照经过审批的施工方案施工。

检验方法：对照设计和施工方案观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

第七，墙体节能工程的施工，应符合下列规定：

(1) 保温隔热材料的厚度必须符合设计要求。

(2) 保温板材与基层及各构造层之间的黏结或连接必须牢固。黏结强度和连接方式应符合设计要求。保温板材与基层的黏结强度应作现场拉拔试验。

(3) 保温浆料应分层施工。当采用保温浆料做外保温时，保温层与基层及各层之间的黏结必须牢固，不应脱层、空鼓和开裂。

(4) 当墙体节能工程的保温层采用预埋或后置锚固件固定时，锚固件数量、位置、锚固深度和拉拔力应符合设计要求。后置锚固件应进行锚固力现场拉拔试验。

检验方法：观察；手扳检查；保温材料厚度采用钢针插入或剖开尺量检查；黏结强度和锚固力核查试验报告；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：每个检验批抽查不少于 3 处。

【特别提示】 锚固件拉拔力是指锚固件在拉拔过程中，克服自身变形的力和它与模壁摩擦力的合力的力。可用拉拔力检测仪测定，见图 2-9。

第八，外墙采用预置保温板现场浇筑混凝土墙体时，保温板的验收应符合上述第二条的规定；保温板的安装位置应正确、接缝严密，保温板在浇注混凝土过程中不得移位、变形，保温板表面应采取界面处理措施，与混凝土黏结应牢固。

混凝土和模板的验收，应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的相关规定执行。

检验方法：观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

第九，当外墙采用保温浆料作保温层时，应在施工中制



图 2-9 保温材料强度拉拔力检测仪

作同条件养护试件，检测其导热系数、干密度和压缩强度。保温浆料的同条件养护试件应见证取样送检。

检验方法：核查试验报告。

检查数量：每个检验批应抽样制作同条件养护试块不少于3组。

【特别提示】 同条件养护试件指砼试块的养护条件与浇筑完后的砼的养护温度、湿度等环境相同。同条件养护试件作为构件的拆模、出池、出厂、吊装、张拉、放张、临时负荷和继续施工及结构验收的依据。

第十，墙体节能工程各类饰面层的基层及面层施工，应符合设计和《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210的要求，并应符合下列规定：

(1) 饰面层施工的基层应无脱层、空鼓和裂缝，基层应平整、洁净，含水率应符合饰面层施工的要求。

(2) 外墙外保温工程不宜采用粘贴饰面砖做饰面层；当采用时，其安全性与耐久性必须符合设计要求。饰面砖应作黏结强度拉拔试验，试验结果应符合设计和有关标准的规定。

(3) 外墙外保温工程的饰面层不得渗漏。当外墙外保温工程的饰面层采用饰面板开缝安装时，保温层表面应具有防水功能或采取其他防水措施。

(4) 外墙外保温层及饰面层与其他部位交接的收口处，应采取密封措施。

检验方法：观察检查；核查试验报告和隐蔽工程验收记录。

检查数量：全数检查。

第十一，保温砌块砌筑的墙体，应采用具有保温功能的砂浆砌筑。砌筑砂浆的强度等级应符合设计要求。砌体的水平灰缝饱满度不应低于90%，竖直灰缝饱满度不应低于80%。

检验方法：对照设计核查施工方案和砌筑砂浆强度试验报告。

检查数量：每楼层的每个施工段至少抽查一次，每次抽查5处，每处不少于3个砌块。

【特别提示】 砌体的灰缝饱满度可用百格网进行检查。检查时搬下已砌好的砖，用百格网照在砖的平面上，看粘有砂浆和无砂浆的格数，比如无砂浆的格数有15格，那饱满度就是85%，砌体水平灰缝和竖直灰缝砂浆饱满度不一定相一致。

第十二，采用预制保温墙板现场安装的墙体，应符合下列规定：

(1) 保温板应有型式检验报告，型式检验报告中应包含安装性能的检验。

(2) 保温墙板的结构性能、热工性能及与主体结构的连接方法应符合设计要求，与主体结构连接必须牢固。

(3) 保温墙板的板缝处理、构造节点及嵌缝做法应符合设计要求。

(4) 保温墙板板缝不得渗漏。

检验方法：核查型式检验报告、出厂检验报告、对照设计观察和淋水试验检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：型式检验报告、出厂检验报告全数核查；其他项目每个检验批抽查5%，并不少于3块（处）。

【特别提示】 淋水试验是通过加压水泵将水送至铺设于外墙外侧的PPR喷淋管从

而对外墙进行加压喷淋以检验外墙的渗漏情况的一种现场检验方法。

第十三，当设计要求在墙体内设置隔汽层时，隔汽层的位置、使用的材料及构造做法应符合设计要求和相关标准的规定。隔汽层应完整、严密，穿透隔汽层处应采取密封措施。隔汽层冷凝水排水构造应符合设计要求。

检验方法：对照设计观察检查；核查质量证明文件和隐蔽工程验收记录。

检查数量：每个检验批抽查 5%，并不少于 3 处。

【特别提示】 隔汽层为了防止室内水蒸气渗入保温层，在屋面铺设一层气密性、水密性的防护材料如防水卷材或防水涂料。一般在纬度 40° 以北地区且室内空气湿度大于 75%，或其他地区室内空气湿度常年大于 80% 的地区，应设隔汽层。

第十四，外墙或毗邻不采暖空间墙体上的门窗洞口四周的侧面，墙体上凸窗四周的侧面，应按设计要求采取节能保温措施。

检验方法：对照设计观察检查，必要时抽样剖开检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：每个检验批抽查 5%，并不少于 5 个洞口。

第十五，严寒和寒冷地区外墙热桥部位，应按设计要求采取节能保温等隔断热桥措施。

检验方法：对照设计和施工方案观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：按不同热桥种类，每种抽查 20%，并不少于 5 处。

学习拓展 >>

我国的建筑节能已具备完整的标准体系，见图 2-10。在这个体系中有两个重要的标准，介绍如下。

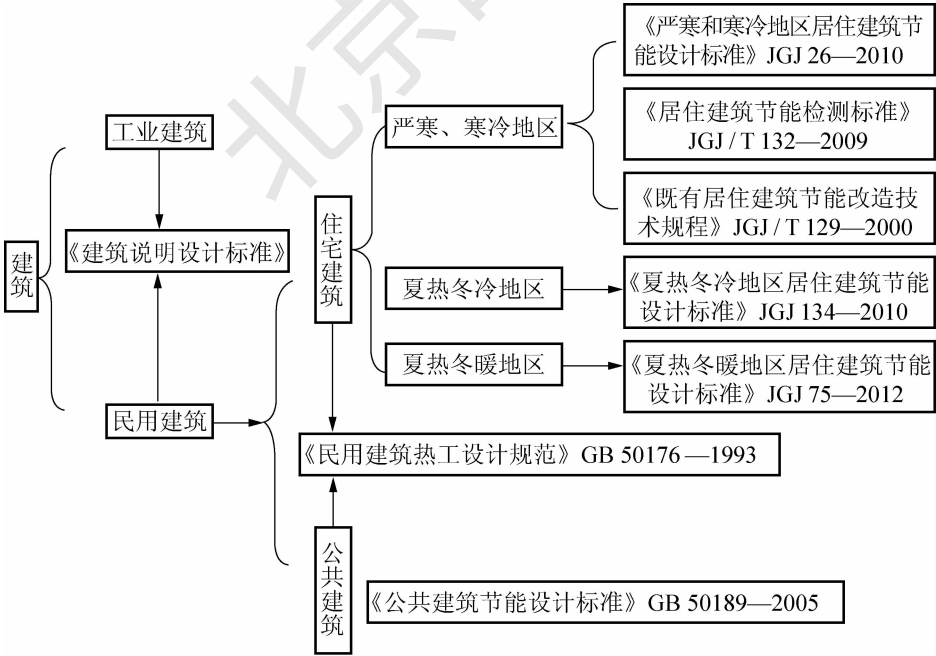


图 2-10 中国建筑节能设计标准体系图

一、夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准

我国夏热冬冷地区的面积约为 180 万平方千米，人口为 5.5 亿左右，生产总值约占全国的 48%，该地的建筑节能已经成为我国建筑节能的关键区域。

《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》内容包括总则、术语、室内热环境和建筑节能设计指标、建筑 and 建筑热工节能设计、建筑物的节能综合指标以及采暖、空调和通风节能设计等 6 部分。

（一）总则

(1) 标准制定目的。 为贯彻国家有关节约能源、环境保护的法规和政策，改善夏热冬冷地区居住建筑热环境，提高采暖和空调的能源利用效率，制定本标准。

(2) 适用范围。 适用于夏热冬冷地区新建、改建和扩建居住建筑的建筑节能设计。

(3) 夏热冬冷地区。 居住建筑的建筑热工和暖通空调设计必须采取节能措施，在保证室内热环境的前提下，将采暖和空调能耗控制在规定的范围内。

（二）室内热环境和建筑节能设计指标

(1) 冬季采暖室内热环境设计指标，应符合表 2-4 的要求。

表 2-4 冬季采暖室内环境指标设计值

1	卧室、起居室内室内设计温度取 16~18℃
2	换气次数取 1.0 次/小时

(2) 夏季空调室内热环境设计指标，应符合表 2-5 的要求。

表 2-5 夏季空调室内热环境指标设计值

1	卧室、起居室内室内设计温度取 26~28℃
2	换气次数取 1.0 次/小时

(3) 居住建筑要有节能措施，与未采取节能措施前相比，采暖、空调能耗应节约 50%。

（三）建筑 and 建筑热工节能设计

建筑 and 建筑热工节能设计应符合表 2-6 的要求。

表 2-6 建筑热工节能设计注意事项

1	建筑群的规划布置、建筑物的平面布置应有利于自然通风
2	建筑物的朝向宜采用南北向或接近南北向
3	条式建筑物的体形系数不应超过 0.35，点式建筑物的体形系数不应超过 0.40
4	外窗（包括阳台门的透明部分）的面积不应过大。 不同朝向、不同窗墙面积比的外窗，其传热系数应符合相关规定
5	多层住宅外窗宜采用平开窗（密闭性更好）

6	外窗宜设置活动外遮阳
7	围护结构各部分的传热系数和热惰性指标应符合表 2-7 及表 2-8 的规定。其中外墙传热系数应考虑结构性冷桥的影响,取平均传热系数,其计算方法应符合相关规定
备注	居住建筑外窗的气密性,在 10Pa 压差下,用每小时每米缝隙的空气渗透量和每小时每平方米面积的空气渗透量来判断;提示:级别越高,单位缝长或单位面积的气密性越好,透气越少

(四) 建筑物的节能综合指标

(1) 当设计的居住建筑无法满足前述各项规定指标时,按相关规定计算和判定建筑物节能综合指标(性能化方法),见表 2-7。

表 2-7 规定性方法和性能化方法

1	规定性方法(查表法),如果建筑设计符合标准中对窗墙比、体形系数等参数的规定,可以方便地按所设计建筑的所在城市(或靠近城市)查取标准中的相关表格得到的围护结构节能设计参数值;规定性方法操作容易、简便
2	性能化方法(计算法),如设计不能满足上述对窗墙比等参数的规定,必须使用权衡判断法来判定围护结构的总体热工性能是否符合节能要求,权衡判断法需要进行全年采暖和空调能耗计算。性能化方法则给设计者更多、更灵活的余地

(2) 建筑物的节能综合指标,是建筑物耗热量、耗冷量指标和采暖、空调全年用电量。

(3) 建筑物的节能综合指标,应采用动态方法计算。

(4) 建筑节能综合指标,应按表 2-8 计算。

表 2-8 综合指标设计条件

1	居室室内计算温度,冬季全天为 18℃;夏季全天为 26℃
2	室外气象计算参数采用典型气象年
3	采暖和空调时,换气次数为 1.0 次/小时
4	采暖、空调设备为家用空气源热泵空调器,空调额定能效比取 2.3,采暖额定能效比取 1.9
5	室内照明得热为每平方米每天 0.0141kW·h。室内其他得热平均强度 4.3W/m ²
6	建筑面积和体积应按相关规定进行
备注	①能效比,就是名义制冷(热)量与运行功率之比,即 EER 和 COP ②根据热力学第二定律,热可以自发地由高温物体传向低温物体,而由低温物体传向高温物体则必须做功。热泵系统实现了把能量由低温物体向高温物体的传递,它是以花费一部分高质能(电能)为代价,从自然环境中获取能量,并连同所花费的高质能一起向用户供热。热泵的供热量大于所消耗的功量,是综合利用能源的一种很有价值的措施 ③EEP 是空调器的制冷性能系数,也称能效比,表示空调器的单位功率制冷量。COP 是空调器的制热性能系数,表示空调器的单位功率制热量 ④数学表达式为: EEP =制冷量/制冷消耗功率, COP =制热量/制热消耗功率; EEP 和 COP 越高,空调器能耗越小,性能比越高

(5) 计算出的建筑采暖年耗量和空调年耗电量之和，不应超过表 2-9 的要求。

表 2-9 节能综合指标要求

HDD18 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	耗热量指标 q_h (W/m^2)	采暖年耗电量 E_h ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$)	CDD26 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	耗冷量指标 (W/m^2)	空调年耗电量 E_c ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$)
800	10.1	11.1	25	18.4	13.7
900	10.9	13.4	50	19.9	15.6
1000	11.7	15.6	75	21.3	17.4

(五) 采暖空调和通风设计

(1) 居住建筑采暖，通常不宜采用直接电热式采暖设备。

(2) 对有适合水源热泵运行温度的废水水源，居住建筑采暖空调设备宜采用水源热泵。

(3) 鼓励居住建筑小区采用热、电、冷联产技术。在住宅建筑中采用太阳能、地热等可再生能源，见表 2-10。

表 2-10 热、电、冷联产

1	热、电、冷联产是一种建立在能的梯级利用概念基础上，将制冷、供热（采暖和供热水）及发电过程一体化的多联产总能系统。目的在于提高能源利用效率，减少碳化物及有害气体的排放。随着我国经济的持续发展，能源的需求量不断增大，对环境的保护越来越受到重视，热、电、冷三联产就是在此种情况下发展起来的
2	锅炉产生的具有较高品位的热能蒸汽首先通过汽轮机发电，同时利用汽轮机的抽气或排汽冬季向用户供热，夏季利用吸收式制冷机向用户供冷。热、电、冷三联供稳定了用户的用气量，增大了发电机组夏天的发电量，降低了电站的发电煤耗，有利于减轻温室效应和保护臭氧层

二、公共建筑节能设计标准

我国既有公共建筑近 40 亿平方米，且每年城镇新建公共建筑 3 亿~4 亿平方米。一般公共建筑的能耗是普通居住建筑能耗的 5 倍，因此，制定并实施公共建筑节能设计标准，能从根本上扭转公共建筑用能严重浪费的状况。公共建筑节能设计标准包括以下内容。

(一) 总则

(1) 标准制定目的。为贯彻国家有关法律法规和方针政策，改善公共建筑的室内环境，提高能源利用效率，制定本标准。

(2) 适用范围。本标准适用于新建、改建和扩建的公共建筑，见表 2-11。

表 2-11 公共建筑类型

序号	建筑类型	具体内容
1	教育建筑	托儿所、幼儿园、中小学校、中等专业学校、高等院校、职业学校、特殊教育学校等
2	办公建筑	行政办公楼、专业办公楼、商务办公楼等
3	科学研究建筑	实验室、科研楼、天文台等
4	文化娱乐建筑	图书馆、博物馆、档案馆、文化馆、展览馆、影剧院、音乐厅、海洋馆、游乐场、歌舞厅等
5	商业服务建筑	商场、超级市场、菜市场、旅馆、餐馆、洗浴中心、美容美发中心、银行、邮政、电信楼、殡仪馆等
6	体育建筑	体育场、体育馆、游泳馆、健身房等
7	医疗建筑	综合医院、专科医院、社区医疗所、康复中心、急救中心、疗养院等
8	交通建筑	汽车客运站、港口客运站、铁路旅客站、空港航站楼、城市轨道客运站、停车库等
9	政法建筑	公安局、检察院、法院、派出所、监狱、看守所、海关、检查站等
10	纪念建筑	纪念馆、纪念碑、纪念塔、故居等
11	园林景观建筑	公园、动物园、植物园、旅游景点建筑、城市和居住区建筑等
12	宗教建筑	教堂、清真寺、寺庙等

(3) 按本标准进行的建筑节能设计,在保证相同的室内环境参数条件下,与未采取节能措施前相比,采暖、空调、通风、照明总能耗应节约 50%。

(二) 室内环境节能设计计算参数

(1) 公共建筑主要空间的设计新风量,应符合表 2-12 的规定。

表 2-12 公共建筑主要空间的设计新风量

建筑类型与房间名称			新风量 [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{p})$]
旅游旅馆	客房	5 星级	50
		4 星级	40
		3 星级	30
	餐厅、宴会厅、多功能厅	5 星级	30
		4 星级	25
		3 星级	20
		2 星级	15
	大堂、四季厅	4~5 星级	10
	商业、服务	4~5 星级	20
		2~3 星级	10

续表

建筑类型与房间名称			新风量 [m ³ / (h · p)]
旅店	客房	1 ~ 3 星级	30
		4 星级	20

(2)集中采暖系统空气调节系统室内计算参数，应符合表 2 - 13 的规定。

表 2 - 13 空气调节系统室内计算参数

参数		冬季	夏季
温度 (°C)	一般房间	20	25
	大堂、过厅	18	室内外温差 ≤ 10
风速 v (m/s)		$0.10 \leq v \leq 0.20$	$0.15 \leq v \leq 0.30$
相对湿度 (%)		30 ~ 60	40 ~ 65

(三) 建筑与建筑热工设计

(1)建筑总平面布置和设计中朝向选择的的原则是冬季能获得足够的日照并避开主导风向，夏季能利用自然风并防止太阳辐射。

(2)严寒、寒冷地区建筑的体形系数应小于或等于 0.40。 建筑物体形系数指建筑物与室外大气接触的外表面积与其所包围的体积的比值。 体形系数越小，外围护结构的传热损失就越小。 在建筑设计过程中，要避免因体形复杂和凹凸过多造成外墙面积太大而提高体形系数的情况。

(3)建筑每个朝向的窗（包括透明幕墙）墙面积比均不应大于 0.70。 这是因为一般普通窗户（包括阳台门的透明部分）的保温隔热性能比外墙差很多，窗墙面积比越大，采暖和空调能耗也越大。 因此，必须限制窗墙面积比。

窗墙面积比即窗户洞口面积与其所在的外立面面积的比值，如图 2 - 11 所示，此值越大则建筑物的能耗也越大。

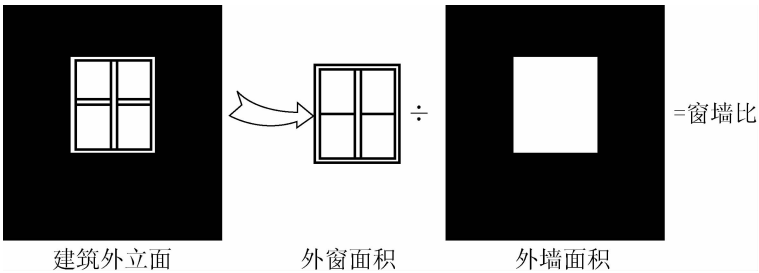


图 2 - 11 窗墙比计算过程

(4)夏热地区的外窗（包括透明幕墙）宜设置外部遮阳，因为公共建筑的窗墙面积比较大，因而太阳辐射对建筑能耗的影响很大。 为了节约能源，应对窗口和透明幕墙采取外遮阳措施。

(5)屋顶透明部分的面积不应大于屋顶总面积的 20%，因为夏季屋顶水平而太阳辐

射强度最大，屋顶透明面积越大，相应建筑的能耗也越大，因此，对屋顶透明部分的面积和热工性能应予以严格的限制。

(6) 外窗的可开启面积不应小于窗面积的 30%，本条规定是为了使室内人员在较好的室外气象条件下，可以通过开启外窗通风来获得热舒适性和良好的室内空气品质。公共建筑一般室内人员密度比较大，建筑室内空气流动，特别是自然、新鲜空气的流动，是节能和提高室内热舒适性的重要手段。

(7) 严寒地区建筑的外门应设门斗，减少冷风渗透的措施。

检查与反馈 >>

1. 导热系数、密度、抗压强度和燃烧性能概念是什么？
2. 我国气候分为哪五个区域？
3. 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》的主要内容是什么？
4. 建筑物体形系数、窗墙面积比与建筑节能关系如何？
5. 什么是同条件养护试件？
6. 如何检查灰缝饱满度？
7. 简述淋水试验内容及目的。

一般项目

任务书 >>

本任务对保温材料与构件的进场的外观和包装、加强网的铺贴和搭接质量检验方法、检查数量进行规定，施工产生的墙体缺陷处理、保温板材接缝方法应满足保温隔热的要求，同时，提出保温浆料施工、特殊部位保温层、有机类保温材料的施工注意事项。

任务目标

1. 了解保温材料外包装质量检验方法。
2. 理解有机类保温材料施工中的陈化及其作用。
3. 掌握加强网、空调房间隔断热桥、保温板接缝、保温料浆、墙体阳角等质量检验方法及各检验批抽查数量的规定。

知识链接 >>

第一，进场节能保温材料与构件的外观和包装应完整无破损，符合设计要求和产品标准的规定。

检验方法：观察检查。

检查数量：全数检查。

第二，当采用加强网作为防止开裂的措施时，加强网的铺贴和搭接应符合设计和施工方案的要求。砂浆抹压应密实，不得空鼓，加强网不得皱褶、外露。

检验方法：观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：每个检验批抽查不少于 5 处，每处不少于 2m^2 。

第三，设置空调的房间，其外墙热桥部位应按设计要求采取隔断热桥措施。

检验方法：对照设计和施工方案观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：按不同热桥种类，每种抽查 10%，并不少于 5 处。

第四，施工产生的墙体缺陷，如穿墙套管、脚手眼、孔洞等，应按照施工方案采取隔断热桥措施，不得影响墙体热工性能。

检验方法：对照施工方案观察检查。

检查数量：全数检查。

第五，墙体保温板材接缝方法应符合施工方案要求。保温板接缝应平整严密。

检验方法：观察检查。

检查数量：每个检验批抽查 10%，并不少于 5 处。

第六，墙体采用保温浆料时，保温浆料层宜连续施工；保温浆料厚度应均匀、接茬应平顺密实。

检验方法：观察、尺量检查。

检查数量：每个检验批抽查 10%，并不少于 10 处。

第七，墙体上容易碰撞的阳角、门窗洞口及不同材料基体的交接处等特殊部位，其保温层应采取防止开裂和破损的加强措施。

检验方法：观察检查；核查隐蔽工程验收记录。

检查数量：按不同部位，每类抽查 10%，并不少于 5 处。

第八，采用现场喷涂或模板浇筑的有机类保温材料做外保温时，有机类保温材料应达到陈化时间后方可进行下道工序施工。

检验方法：对照施工方案和产品说明书进行检查。

检查数量：全数检查。

【特别提示】 陈化时间指有机类保温材料浆料搅拌好后要放置一段时间再进行下一工序施工。这是因为板材出模切割后，如果陈化时间不足，直接上墙施工，板材容易收缩、变形，影响后道工序。

检查与反馈 >>

1. 空调房间隔断热桥、墙体阳角的质量检验方法及各检验批抽查数量的规定有哪些？
2. 有机类保温板在施工中陈化的作用是什么？