

[西德] 科特·好夫门 等

建筑外墙设计

中国建筑工业出版社

0212/12

建筑外墙设计

[西德] 科特·好夫门 等

蔡冠丽 译 刘光华 校

中国建筑工业出版社

本书对工业与民用建筑外墙设计的一般原则及各种外墙材料的特性进行较全面的阐述,同时列举了许多国家的大量建筑实录(110例),通过照片及详图对国外各类外墙构造加以说明。

本书不仅为读者提供丰富的建筑外墙设计技术知识,还提供大量的艺术处理手法,为读者作建筑立面设计的借鉴,可供建筑设计、科研人员、高等院校建筑学专业师生参考。

DESIGNING ARCHITECTURAL FACADES
Hoffmann, Griesse, Meyer-Bohe
WATSON-GUPTILL PUBLICATIONS, NEW YORK 1975

* * *

建筑外墙设计

蔡冠丽 译 刘光华 校

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 850×1168毫米 1/16 印张: 8³/₄ 字数: 43 千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

印数: 1—21,210册 定价: 1.10元

统一书号: 15040·3801

译者说明

由于建筑技术的发展，目前世界上已出现了许多特殊材料。这些材料的商品名称已为国外建筑界所通用。因此，本书翻译时，对一些特殊材料采用音译，并加注原文，以便读者查考。

原书中有关木结构、木墙板等篇章，由于参考意义不大，予以删去。

书中[DIN]系西德国家标准 Deutsche Industrie Normen。

11325

目 录

外墙构造分类.....	1	天然石墙 [7]~[8].....	25
总 论.....	2	各种混凝土墙 [9]~[17].....	28
一、几点外墙构造设计的科学原则.....	2	陶瓷板墙面 [18]~[19].....	38
二、遮阳.....	9	清水混凝土墙 [20]~[26].....	40
三、防火.....	9	混凝土小构件拼装	
四、外墙材料的作用.....	10	[27]~[30].....	47
五、实体墙.....	10	玻璃砖墙 [31]~[33].....	51
六、用砂浆粘贴的板材.....	13	特种玻璃墙 [34]~[35].....	53
七、玻璃.....	14	倾斜窗[36]~[38].....	55
八、背后通风的贴面外墙.....	15	各种玻璃墙[39]~[46].....	57
（一）石板和石棉水泥板.....	15	石片 [47]~[49].....	65
（二）玻璃板.....	15	石棉水泥板 [50]~[54].....	67
（三）天然石板.....	16	混凝土饰面墙板	
（四）人造石板与陶瓷板.....	16	[55]~[57].....	72
（五）铸铝.....	16	天然石板 [58]~[60].....	75
（六）金属薄板.....	16	金属板墙面 [61]~[75].....	78
（七）塑料板.....	17	陶土、塑料板 [76]~[77].....	94
九、背后通风的贴面的基层构造.....	18	塑料板墙面 [78]~[80].....	95
十、幕墙.....	18	幕墙 [81]~[107]	99
图 录		外露框架 [108]~[110]	133
清水砖墙 [1]~[6].....	19		

外 墙 构 造 分 类

要把传统构造和轻质材料制成的各种墙体构造进行系统地分类是十分困难的，然而在这里这种形式上的分类又是必要的，否则就不便叙述了。因此，本书将外墙分成三种类型。以下按次序分别介绍这三种墙体的构造，同时各举一些实例来加以说明。

一、实砌墙 实砌墙是一种连续的结构体系。从立面上可以直接看出墙体的承重材料。如清水砖墙、清水混凝土墙等。也有用其他材料直接覆盖在承重材料上，如抹灰、各种粘贴块材等。

二、带通风层外墙贴面板 这种外墙的大多

数墙面材料不直接粘贴在结构墙上，而在两者之间留有空气层，使墙内不出现冷凝水气。这类贴面板可以是木板、石板、轻金属薄板，以及锚固在结构构件上的大板等。

三、幕墙 幕墙基本上是一种固定于基层结构构件的轻型墙体构造。这种墙板可以固定在轻质竖筋之间，也可以使墙板与墙板直接连结。近来已发展到采用较大的幕墙构件，其中包括混凝土预制墙板，从幕墙的定义上来说即使是重混凝土墙板也不承重。

总 论

一、几点外墙构造设计的科学原则

为了确保建筑物具有符合卫生条件的室内环境,在进行外墙和立面构件的设计和施工时,必须保证满足某些物理上的要求:如经济地利用热能、通风和空调,以及防止建筑物的腐蚀等。有关这些方面的要求,在建筑规范DIN4108“建筑构造中的隔热”及DIN4109“建筑构造中的隔声”中,均有专门规定。

在考虑建筑物的隔热和隔声时,墙面与窗的关系,应始终加以重视。外墙的窗户面积愈大,整个外墙的物理性能也愈差。

(一) 基本原则

1. 墙体的隔热及其特性(根据DIN4108规范)

(1) 墙体构件:

不同标准最小隔热值 $1/\lambda$ ($\text{m}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}/\text{千卡}$)

表 1

墙体重量(kg/m^2)	不 同 标 准		
	I	II	III
300	0.45	0.55	0.65
20	1.30	1.85	2.60

(2) 窗:

双层玻璃窗最好的隔热性能只不过相当于365mm砖墙的二分之一。所以,如果要求有良好的隔热性能,至少应采用双层玻璃的窗子,甚至是四至五层的玻璃。在窗外还要设遮阳,并在窗的开启处设嵌缝条。

2. 墙体外表面在直接日照下的热工性能

建筑物的外墙必须在构造上采取措施来防止墙体温度过高,或由于温度应力而引起的破坏。这些措施包括选择恰当的墙体材料、色彩或采取通风的墙面等。

金属外墙面的伸缩变形,往往会产生噪声。

3. 防潮

墙体必须阻止由地下吸上来的潮气。外墙的

外表面(抹灰、油漆、饰面材料等)既要防止雨水渗入墙体,还要让水气能向墙外散发。为了使水气能够方便地散发到室外,外墙的内表面最好做抹灰或油漆。多层墙(如夹心墙),应在靠近墙体内侧铺设一层隔蒸汽层。外墙还应避免出现“冷桥”现象。

4. 隔声(根据规范DIN4109“建筑构造中的隔声”)

墙 墙体至少具有48分贝的衰减量。轻质墙还必须防止声音的横向传导。

窗 如果对噪声衰减值要求较高时,窗子至少要装两层厚度不同的玻璃。两层玻璃的最小间隙为70mm。在间隙的周围(即窗框上下及两侧),必须设有吸声材料。窗子的通风部分也要有消声措施。

5. 当地气候条件

在设计 and 施工过程中,必须考虑当地的气候条件。从当地气象部门可以得到一般的风、雨、日照、温度、湿度的数据,以及各种特殊气象资料。高层住宅会受到暴雨的影响。因此,高层住宅窗子的防风和防雨必须特别注意。

6. 室内的卫生条件

人们工作与学习环境应有良好的卫生气候条件。这种条件只有在建筑物的外墙能够防御室外的恶劣气候(如冷、热、风、雨等),以及隔绝外部噪声时才能取得。房间还应有良好的采暖设备、通风、冷气,以适应室外气候条件和室内气候条件的要求。

室内气候条件取决于许多因素:建筑物及绝缘材料的物理性能、窗子的尺寸、建筑物及房间的朝向与用途,以及采暖、通风、制冷设备等。居室内气候条件的评定可根据下列指标:

居室气温及居室各墙面、顶棚、地面的表面温度;

空气中的水分含量;

空气流速;

室温的竖向变化值(热损失);

空气质量（指空气中的悬浮颗粒和微生物含量）；

一般说来，如果上述各项能达到指标，就能满足室内空气的舒适和卫生的要求。

（1）温度

临界温度（气温和室内各表面温度的平均值）：起居室、办公室及学校为 $19\sim 20^{\circ}\text{C}$ ；劳动用房根据体力劳动的强度可为 $12\sim 19^{\circ}\text{C}$ 。

地板温度： $20\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。

顶棚最高温度（有顶棚热辐射采暖时）：假定顶棚板的热表面为 $9\sim 10\text{m}^2$ 。其平均温度随室内高度而变化。当层高为 2.4 、 3.0 、 3.7m 时，温度分别为 28 、 33 、 40°C 。

（2）相对湿度： $35\sim 70\%$ 。

（3）空气流速：在人体周围的风速应小于 20cm/秒 。

空气条件：应避免使人不舒适的二氧化碳、有害物质、尘埃、微生物和病菌等的过分密集。

此外，还应消除街道上和邻居引起的噪声。

（二）隔热、防潮、隔声的最低要求

为了保证室内舒适的气候条件，就必须满足隔热、防潮和隔声的一些最低要求。尤其对建筑物的外部构件的要求更为重要。在DIN4108和DIN4109规范中，对上述条件提出了适当的要求。这两本规范所制定的标准中，包括外墙和顶棚板的隔热值 $1/\lambda$ ，以及墙体与顶棚板对空气传声和结构传声的隔声要求等。

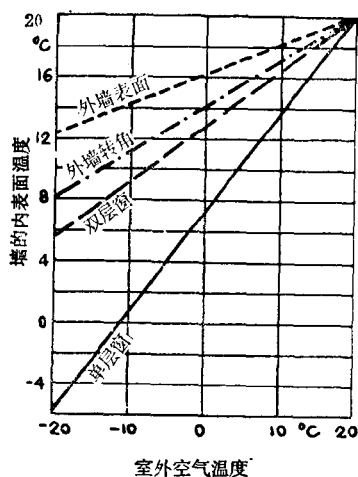


图1 室内温度 20°C 时，随着室外温度的变化，无直接日照时，墙和室的内表面温度变化情况

1. 最低热工要求

房屋的热工要求可根据DIN4108规定的 $1/\lambda$ 值。如果冬季为持续采暖，室内墙面的温度应保证不致在墙面上出现凝结水。室内温度至少要满足一般家务劳动的要求（气温为 20°C ，相对湿度不大于 50% ）。对于DIN4108中规定的西德I、II、III三级隔热要求来说，重量大于 300kg/m^2 的重质外墙构件，其隔热值分别为 0.45 、 0.55 及 $0.65(\text{m}^2\cdot\text{时}\cdot^{\circ}\text{C}/\text{千卡})$ 。这数值仅适用于持续采暖的房屋。对于间歇采暖的房屋来说，上述数值还必须提高，或采用其他特殊的隔热措施。轻质外墙必须采用较高的隔热值（见表2），因为这类外墙的热容量较低。

轻质外墙（重量 $<300\text{kg/m}^2$ ）的最小隔热值 $1/\lambda$

表2

构件重量 (kg/m^2)	各种不同绝缘标准的隔热值 $1/\lambda(\text{m}^2\cdot\text{时}\cdot^{\circ}\text{C}/\text{千卡})$		
	I	II	III
20	1.30	1.85	2.60
50	1.00	1.40	2.00
100	0.70	0.95	1.30
150	0.55	0.65	0.90
200	0.50	0.60	0.75
300	0.45	0.55	0.65

根据DIN4108规范

受到强烈日晒的轻质外墙，应在外面采用通风防护面层。这种做法与“架空屋面”类似。其作用是反射阳光，使墙体在夏季强烈日照之下室温不致上升过高（见图录[65]）。

窗子对房屋的经常维持费用和室内气候条件影响很大，因而必须特别重视外墙组成部分的窗子。如果窗子不直接暴露于阳光之下，那末，单层或双层玻璃的内表面温度将低于按规范隔热要求的外墙温度（见图1）。只有采用两层密闭空气层（即三层玻璃）及有密闭装置的窗子，其隔热性能才相当于周围墙体的隔热性能。在冬季建筑物的一侧受到阳光照射，而照射到窗玻璃上的阳光，是一种不可忽视的热源。在夏季，阳光就很讨厌，因为阳光会使室内的所有东西（如空气、家具、建筑构件）的温度升高。此外，当阳光通过窗户时，由于玻璃面吸收热量（朝南窗子七月份可升高 4°C ，见图2）而起了一个大面积的热交换器的作用。要保证在阳光直接照射下，墙面上的窗子获得最好的效果，应在窗外装置遮

阳设施。有时也可以采用强反射玻璃。

可开关窗子的窗缝应有良好的密封设施。一般窗子的设计中造成热损失的主要原因是窗缝。尤其是在有风时的热损失更大。例如双层玻璃窗, 由于企口不严密, 可使隔热值降低到与单层玻璃窗一样。为了取得最好的隔热效果和经久耐用的嵌缝设施, 采用特殊嵌缝装置的新式窗日益增多。这类嵌缝装置具有耐腐蚀的金属弹簧卡子, 或装有既防水又耐久的弹性塑料制品等。

由于太阳的照射, 使建筑物的外墙墙体及外墙表面温度升高的程度, 首先决定于墙面的色彩和外部材料的吸热性能 $b = \sqrt{c\lambda y}$ (千卡 m^2 时 $\frac{1}{2}$ grd)。图 3 是厚度为 300mm 的浮石混凝土砌块或砖砌的西墙, 在无云的夏季所测得的温度变化情况。当墙面为白色时, 墙面温度仅稍高于气温。但与之相邻的黑色墙面的温度高达 60°C 以上。其他各种色彩的墙面温度, 则介于两者之间。

这种大的温度变化, 使外墙面产生伸缩的变形应力, 有时还会导致结构的损坏, 例如使抹灰层很快地出现剥落现象。

当前, 所有温带地区的各国, 都在尽量节约能源。现在有 $1/3$ 左右的能源消耗在空调和采暖方面, 这是值得注意的。不仅要保证室内有符合卫生的气候条件, 而且要减少能源的消耗, 提高采暖设施的效力。大多数国家都在努力提高外墙构造的隔热标准, 并以此来改善居住条件。近年来高质量的建筑物和绝缘材料的发展, 为达到这一目的提供了手段。图 4 和图 5 说明墙和窗采用“最佳隔热措施”而取得显著节约的情况。近来, 许多欧洲国家 (奥地利、丹麦、挪威、瑞典、波兰、捷克、意大利、英国等), 已提高了建筑规范中有关隔热的条款以改善居住标准, 并节约了采暖费用。其他国家也已表示即将修订有关标准。表 3 和表 4 所示为建筑物外墙的各项建议标准。

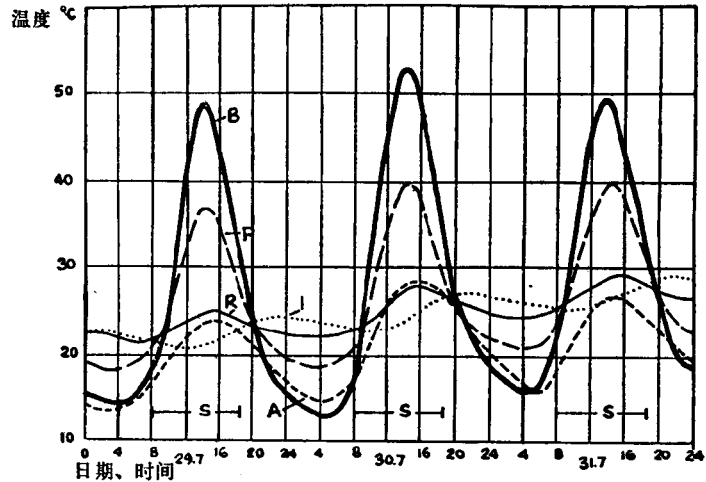


图 2 夏季南向大窗口照下, 由于日照和室外气温对室内温度的影响 (慕尼黑, 1960, 7月29~31日)

A—室外气温; B—窗扇外表面温度; C—窗受日照的周期; F—窗扇内表面温度; I—窗板抹灰内表面温度; R—室内温度

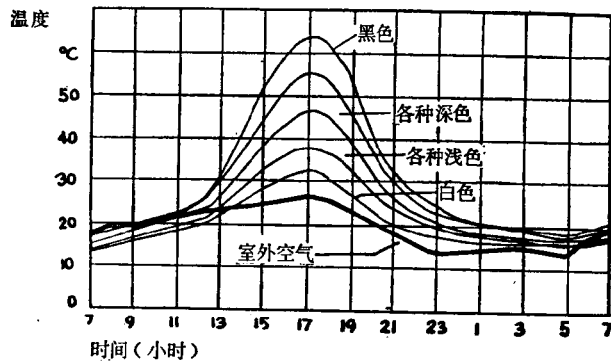


图 3 不同色彩对外抹灰西墙表面温度的影响 (300mm厚浮石混凝土砌块。1959年7月5日测。水平面辐射强度 $660\text{g卡}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$)

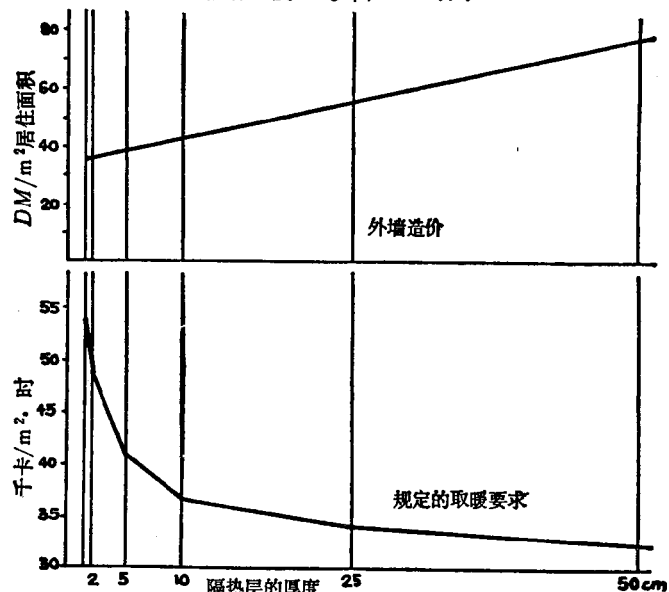


图 4 复合墙体不同厚度隔热层, 对造价和采暖要求的关系 (最佳隔热层厚度为100mm左右。资料来源:《经济的结构隔热措施》1964)

采用重型外墙 (>300kg/m²) 总隔热值1/λ建议 (m²·时·°C/千卡)

表 3

国 家	项 目	隔 热 条 件	仲 冬 最 小 值				
			-10°	-15°	-20°	-25°	-30°
西 德	DIN 4108 L.Sautter建议	MW	0.45	0.55	0.65	—	—
		VWc	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60
		VWb	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25
		VWa	1.70	2.00	2.30	2.60	2.90
奥 地 利	“O” 标准 I	MW	—	0.57	0.68	0.79	0.89
		VWc	—	0.86	1.02	1.19	1.34
		VWb	—	1.14	1.36	1.58	1.78
		VWa	—	1.71	2.04	2.37	2.67
丹 麦	住 房 部 房屋研究所	MW	0.70	0.70	—	—	—
		VW	2.00	2.00	—	—	—
挪 威	房屋研究所	砖 墙	—	0.70	0.80	0.90	1.05
		其它墙	—	0.80	0.90	1.05	1.25
瑞 典	建筑规程	砖 墙	—	0.70	0.80	0.90	1.05
		其它墙	—	1.05	1.25	1.25	1.50
英 国	建筑采暖规范		1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
意 大 利	G.Massari建议		0.80	0.80	1.00	1.00	1.00

表中 MW——最低隔热要求；VW——充分隔热。

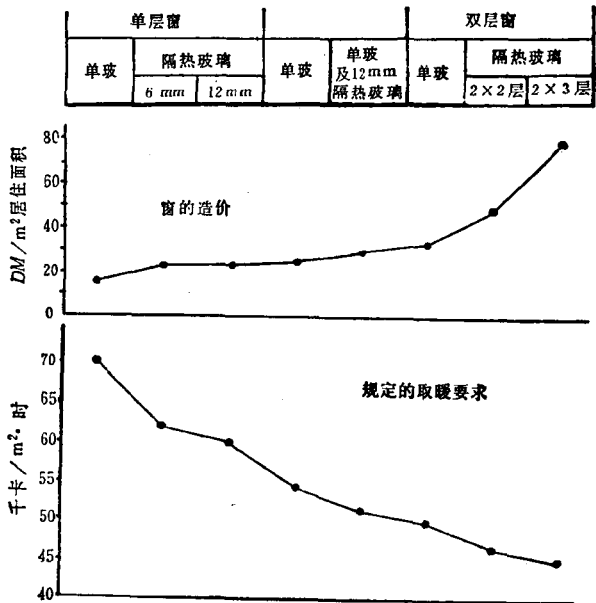


图 5 不同形式的窗对造价和采暖要求的关系 (资料来源同图 4)

表中没说明采取较有效的隔热措施可以改善居住条件以及经济上的真正优点。下面两个例子可说明这两方面的情况。

以一独户式住宅为例 (建筑空间为450m³,

四周空旷, 正常风力的条件, 隔热标准Ⅲ级), 将此建筑分别与一般常规隔热措施和充分隔热措施的建筑的总费用 (包括建筑费用) 作比较。其比较结果见表 5。

当建筑物使用五年或五年以上时, 采用充分隔热的建筑物显然比常规隔热的建筑经济。

多层住宅的经验表明: 当建筑物隔热措施改善后, 建筑造价仅多1.5~3%, 但热损失则可减少15~30%。此外, 由于冬季墙面和窗表面温度较高, 使室内气候条件得到改善。建筑物所有外围构件 (如墙、窗、楼板、屋面等), 国外由于越来越多地应用最佳隔热措施, 必然在经济上产生很大的优越性, 见表 6。

大型建筑物的隔热措施如按照DIN4108规范要求生搬硬套是不够的。其原因见下例。

在四层楼三个单元 (每单元两开间) 的单元式住宅中, 不同单元隔热要求之比为1:1.6。中间单元的隔热值为 29.2 千卡/时·m³, 端部单元则为 39.3 千卡/时·m³。这些暴露的居住单元 (尤其是顶层的端部单元) 由于散热量大, 所以其外围构件要有更好的隔热性能。

2. 防潮要求

建筑材料过湿会减低其隔热性能, 还会使室

采用轻型外墙 ($<300\text{kg/m}^2$) 总隔热值 $1/\lambda$ 建议 ($\text{m}^2 \cdot \text{时} \cdot ^\circ\text{C}/\text{千卡}$)

表 4

构件重量	国家	项 目	隔热条件	仲 冬 最 小 值				
				-10°	-15°	-20°	-25°	-30°
$\geq 200\text{kg/m}^2$	西德	DIN 4108 L.Sautter 建议	MW	0.50	0.60	0.75	—	—
			VWc	0.85	1.10	1.30	1.50	1.70
			VWb	1.30	1.60	1.90	2.20	2.50
			VWa	1.75	2.10	2.50	2.90	3.30
$\geq 150\text{kg/m}^2$	西德	DIN 4108 L.Sautter 建议	MW	0.55	0.65	0.90	—	—
			VWc	1.00	1.20	1.50	1.80	2.10
			VWb	1.40	1.75	2.15	2.55	2.95
			VWa	1.80	2.30	2.80	3.30	3.60
	丹麦	住房部	MW	1.00	1.00	—	—	—
	挪威	房屋研究所	MW	—	0.90	1.05	1.25	1.50
$\geq 100\text{kg/m}^2$	西德	DIN 4108 L.Sautter 建议	MW	0.70	0.95	1.30	—	—
			VWc	1.20	1.50	1.90	2.30	2.70
			VWb	1.60	2.10	2.60	3.10	3.60
			VWa	2.00	2.70	3.40	3.90	4.50
	丹麦	住房部	MW	—	1.00	1.00	—	—
	瑞典	建筑规程	MW	—	1.80	1.80	2.30	2.30
$\geq 50\text{kg/m}^2$	西德	DIN 4108 L.Sautter 建议	MW	1.00	1.40	1.90	—	—
			VWc	1.50	2.00	2.60	3.20	—
			VWb	1.90	2.60	3.40	4.20	—
			VWa	2.30	3.20	4.20	5.00	—
	丹麦	住房部	MW	—	1.80	1.80	—	—
$\geq 20\text{kg/m}^2$	西德	DIN 4108 L.Sautter 建议	MW	1.30	1.85	2.60	—	—
			VWc	1.80	2.50	3.40	—	—
			VWb	2.20	3.10	4.30	—	—
			VWa	2.60	3.70	5.20	—	—
	丹麦	住房部	MW	—	1.80	1.80	—	—

表中 MW——最低隔热要求; VW——充分隔热。

常规隔热与充分隔热的比较

表 5

顺序	项 目	按DIN4108隔热	%	充分隔热	%
A	建筑物的总热损失	17250千卡	100	8150千卡	47.2
B	不包括采暖设备的建筑造价	53800—DM	100	57360—DM	106.6
C	采暖设备造价(DM0.02/千卡)	3450—DM	100	1630—DM	47.2
D	建筑总造价(B+C)	57250—DM	100	58990—DM	103
E	采暖燃油/采暖周期(0.24千卡)	4140—1/每年	100	1956—1/每年	47.2
F	采暖燃油/采暖周期(DM162-/100)	671—DM/每年	100	317—DM/每年	47.2
G	五年内建筑造价与供热费用总和($5 \times F$) + D	60605—DM/5年	100	60575—DM/5年	99.9
H	25年内建筑造价与供热费用总和($25 \times F$) + D	74025—DM/25年	100	66915—DM/25年	90.4
J	50年内建筑造价与供热费用总和($50 \times F$) + D	90800—DM/50年	100	74480—DM/50年	82.4

注: 造价比较按建筑空间为 450m^3 的独户式住宅; 底层面积的2/3有地下室; 四周空旷; 正常风力的条件; 隔热标准Ⅲ级。
(译注: DM 为德国货币马克)。

隔热在公寓式建筑中的经济性

表 6

项 目	外 墙		底 层 地 板	
	不 隔 热	有良好隔热	不 隔 热	有良好隔热
导热系数(千卡/m ² ·时·°C)	$k=1.2$	$k=0.3$	$k=1.8$	$k=0.5$
中间值(千卡/m ² ·时·°C·每日)	$24 \times 1.2 = 28.8$	$24 \times 0.3 = 7.2$	$24 \times 1.8 = 43.2$	$24 \times 0.5 = 12$
理论热损耗—超过 3000热等级日(千卡/m ² ·年)	$28.8 \times 3000 = 86400$	$7.2 \times 3000 = 21600$	$43.2 \times 3000 = 129600$	$12 \times 3000 = 36000$
理论损耗(kW时/m ² ·年)	$\frac{86400}{860} = 100$	$\frac{21600}{860} = 25$	$\frac{129600}{860} = 151$	$\frac{36000}{860} = 42$
实际损耗—室温降低等 (kW时/m ² ·年)	$\frac{14}{24} \cdot 100 = 58.6$	$\frac{14}{24} \cdot 25 = 15$	$\frac{14}{24} \cdot 151 = 88$	$\frac{14}{24} \cdot 42 = 24$
年耗费用 (DM/m ² ·年, 价 格按5Pf/kW时)	$58.6 \times 0.05 = 2.94$	$15 \times 0.05 = 0.75$	$88 \times 0.05 = 4.38$	$24 \times 0.05 = 1.20$
增加隔热层造价 (DM/m ²)	—	ca. 10—	—	ca. 13.50
增加隔热层的年节约额 (DM/m ²)	—	2.19	—	3.18

项 目	屋 顶		窗 玻 璃	
	不 隔 热	有良好隔热	单 层	双 层
导热系数(千卡/m ² ·时·°C)	$k=1.8$	$k=0.3$	$k=5$	$k=2.7$
中间值(千卡/m ² ·时·°C·每日)	$24 \times 1.8 = 43.2$	$24 \times 0.3 = 7.2$	$24 \times 5 = 120$	$24 \times 2.7 = 64.8$
理论热损耗—超过 3000热等级日(千卡/m ² ·年)	$43.2 \times 3000 = 129600$	$7.2 \times 3000 = 21600$	$120 \times 3000 = 360000$	$64.8 \times 3000 = 194400$
理论损耗(kW时/m ² ·年)	$\frac{129600}{860} = 151$	$\frac{21600}{860} = 25$	$\frac{360000}{860} = 420$	$\frac{194400}{860} = 226$
实际损耗—室温降低等 (kW时/m ² ·年)	$\frac{14}{24} \cdot 151 = 88$	$\frac{14}{24} \cdot 25 = 15$	$\frac{14}{24} \cdot 420 = 240$	$\frac{14}{24} \cdot 226 = 132$
年耗费用 (DM/m ² ·年, 价 格按5Pf/kW时)	$88 \times 0.05 = 4.38$	$15 \times 0.05 = 0.75$	$240 \times 0.05 = 12—$	$132 \times 0.05 = 6.60$
增加隔热层造价 (DM/m ²)	—	ca. 16—	—	ca. 63—
增加隔热层的年节约额 (DM/m ²)	—	3.63	—	5.40

译注: Pf=1/100马克。

内卫生条件降低(在潮湿面上滋生霉菌),甚至由于冰冻而损坏建筑材料。有时还由于潮湿而使寄生虫、霉菌及病菌丛生,从而使建筑材料分解而破坏。住户在潮湿的条件下生活还会引起疾病和过敏性病。对儿童的影响更大。在建筑物建成并干燥后,再产生潮湿的原因:从室外来说是降雨;从室内来说是建筑物在使用过程中空气中所含的水分。因此,建筑物的外墙必须尽量杜绝这些水分的来源。

在暴雨时,外墙抹灰的吸水程度主要取决于外层抹灰的毛细管作用的情况。受潮时间较久之

后,则取决于抹灰的吸水性和墙体材料的吸水程度。

外抹灰的憎水性能(如油漆或罩面等)应特别予以重视。干燥过程最初是抹灰内的水分蒸发。此后则取决于靠墙体处的抹灰层内的水分经过毛细管作用向面层散发的速度。墙体材料吸水性越强,干燥速度也越快。当墙体不能完成这种干湿补偿过程时,(如硬质砖墙及轻质幕墙)要特别注意降雨对墙面的影响。

空气的湿度越高,吸水量也越大。每1公斤空气(约1立方米)在0°C时大约可吸收4克

水, 而25°C时则可吸收20克左右(绝对湿度)。相对湿度是指空气中实际所含水分相对于最大饱和含水量的百分比。

相对湿度为50%, 温度为20°C的1公斤空气, 可含10克水。当空气温度降到0°C时, 由于此时空气只能保持4克水。所以6克水就出现凝结, 也就产生结露现象。

由于水汽压力的下降, 及水汽进入墙体后从墙的暖侧向冷侧进行扩散的阻力不同, 使空气中水汽压力失去平衡。此时, 水分就被墙体吸收。因为传统墙体构造材料的湿容量较大(例如一般面层抹灰的粘土砖、灰砂砖或浮石混凝土等), 虽然设计低估了饱和温度而使墙内水分增大, 隔热性能有所降低, 其后果是不显著的。但是当采用湿容量较小的各种不同材料的多层复合墙体时, 情况就不一样了。

墙体构造的原则应该是使由里向外各层复合材料的水汽渗透性逐层增大, 使水汽毫无阻碍地从里透到外表面。反之, 防潮层如不设在外墙的内表面, 而设在外表面时, 水汽的排出就要受到阻挡或延缓。只有相对湿度小于45%而持续采暖和外墙直接受阳光照射的房间, 则墙体选用毛细管较粗的材料及防潮层设在外表面的情况下, 才可以认为在经常潮湿的情况下可避免麻烦。

墙体与屋面的潮湿程度受太阳的影响很大。由于室内温度将低于室外温度, 这时墙内的水分会散发到室内的空气中去。因此暴露在阳光下的平屋顶和墙体的干燥能力, 比一般所估计的要强。

3. 隔声要求的确定

建筑物外墙所必须的隔声等级主要应根据街道上的交通运输和周围邻里所产生的噪声情况而确定。

隔声主要决定于窗的隔声情况。窗的隔声能力平均比墙体低20~30分贝左右(很轻的薄墙除外)。因此, 要求墙体隔声能力超过48分贝是没有意义的。另一方面, 必须决定采用哪一种窗构造, 才能使交通噪声(75~85分贝)降至所容许的25~40分贝(见表7)。3mm厚的平板玻璃单层密闭窗的隔声能力可达25分贝。采用9mm厚的玻璃时, 隔声能力可达30分贝。如采用不同厚度的双层玻璃时, 可降低35~40分贝。但这种

密闭窗的室内噪声级

表 7

房屋类型	环 境	密闭窗的声级 (phones)			
		日		夜	
		理想 声级	极限	理想 声级	极限
居住、休息、一般的娱乐室	安静、噪声隔绝区、居住区	25	35	20	25
	混合区、市区	35	45	25	35
	工业区	40	50	30	40
房 屋 类 型		理想声级		极 限	
医院病房、电影广播录音室、教室、阅览室、示教讲堂、		25		30	
音乐厅、剧院、办公		30		40	
商店、会场、食堂		35		45	
大饭店、打字间		45		55	

注: 表中“极限”值为在无进一步建立的经验数据时的要求。

双层窗必须符合下列要求: (1) 两层玻璃的间距大于75mm。(2) 内表面设吸声材料。(3) 采用隔声的通风装置, 这种窗除擦窗时不予打开。

在考虑建筑物的总隔声量时, 应分别考虑整个声场的各个部分。这就应包括墙面和吊顶的振动传声, 以及通过硬而薄的建筑构件(如承重薄墙、轻质吊顶等)的纵向传声。大多数情况下, 纵向传声比振动传声大。因此, 建筑规范中对墙与吊顶所提出的构造标准不足以满足相邻房间之间的隔声要求。例如图6A中木骨架的连续幕墙, 比支持它的有足够隔声能力的墙和顶棚更容易传导噪声。当采用不连续的、用梁和小立柱支承的幕墙构造时可以消除纵向传声, 见图6B。

采取在安装开关和阀门时用消声衬垫的方

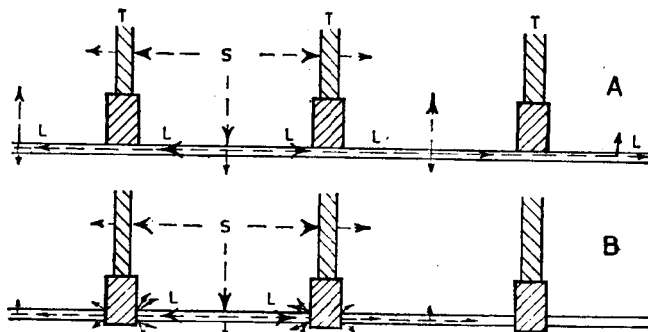


图 6 刚性薄墙的噪声纵向传导示意

A—纵向传导 L 起到了从 T 墙吸取及减弱噪声的作用, 向邻室传布; B—墙吸收了噪声的纵向传导; S—声源

法,可以减少或消除水管传声引起的噪声,也可遵照DIN4109“建筑构造中的隔声——给排水系统的设备与衬垫”附录中的有关方法。

(三)当地的气候条件

大多数国家的建筑法规和规程中有关居民对风、雨、冷、热的防护要求只有一些简单的条文。可是对于工业区和居住区的规划和今后的使用,必须将各种气象资料,包括有关日照、温度、湿度、风量、降雨(平均值与变化值)等,

集中归类,便于应用。

为了能掌握有效的当地气象数据(准确而连续记录的气象资料),许多城市(如伦敦、巴黎、维也纳、汉堡、贝尔格莱德等),对整个地区的气候方面所收集的数据(其中还包括噪声和空气污染)远远超出一般逐日测定的内容。这样做是为房屋建筑提供气候条件的数据。

图7是这些数据(根据“汉堡气象台”的资料)在建筑上的应用。

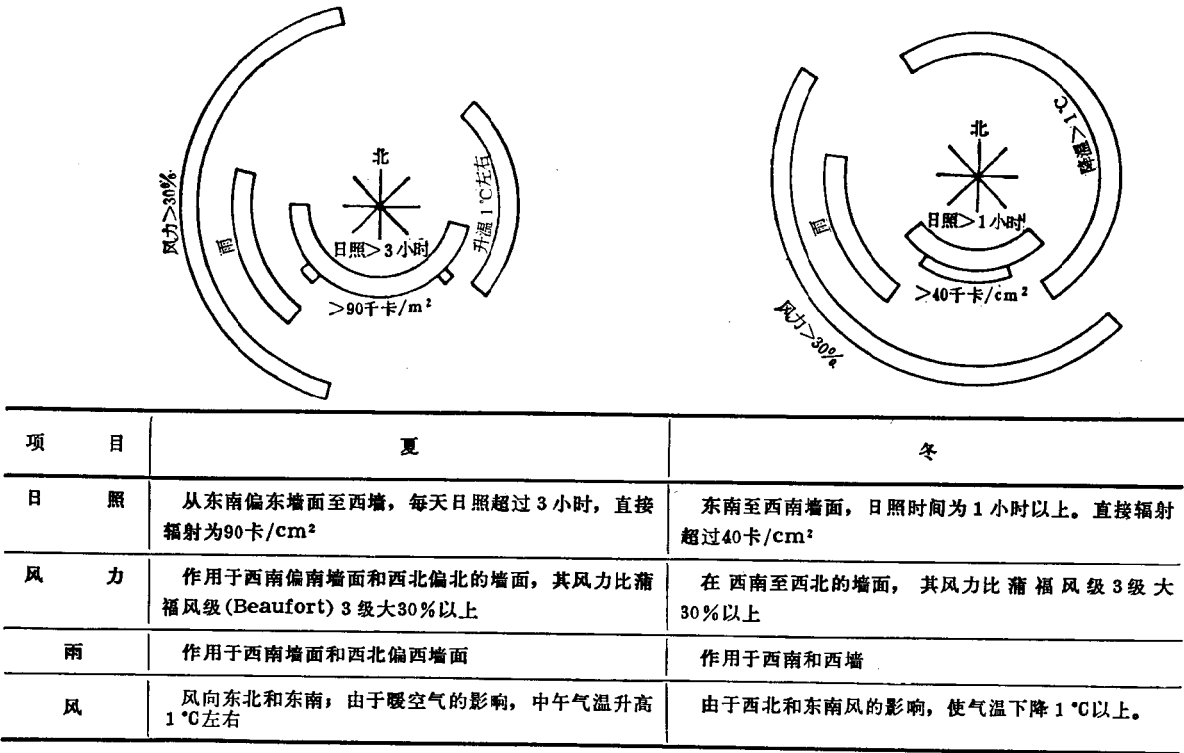


图 7 建筑气象资料——西德汉堡地区气候因素对建筑物的影响

二、遮 阳

正如前面建筑物外墙设计的科学原则所述,在某种情况下,太阳直接照射会严重地影响建筑物的热平衡。冬季窗上的长时间日晒,可以成为不可忽视的热源,可是在夏季这种连续的日晒辐射会使室内温度大大升高。

在具有完善空调设备的建筑中,夏季制冷所需的能量可能要比冬季采暖所需的能量多得多。

如果建筑物以固定百页、挑檐、阳台或其他构件来遮阳,应当仔细研究该纬度全年的日投射角、阳光对建筑物的辐射影响面积、日照方位和日照时间。

为了使活动百页能取得最佳的遮阳效果,可

采用电动的百页或全自动百页。各种遮阳措施,以安装在窗的外部效果为最佳。这样可以使辐射能在未透入玻璃之前就反射出去。反之,将百页装在室内则可在夜间或冬季起防护作用。这两种办法都可采用带百页片或软百页的翻窗。

三、防 火

建筑法规对外墙构造的防火仅作了一般性的规定,但对可燃材料的墙体则可制定特殊要求。对外墙来说,可能有要求备有供消防人员使用的固定消防梯的设施,或设置消防疏散楼梯等等。

在高层建筑中,最重要的是要防止火灾向上逐层蔓延。在楼面标高处,必须有不小于 1 米的防火分隔带。所有梁、柱也必须耐火。

100mm厚的混凝土, 115mm厚砖砌体, 80mm厚的抹灰均可以满足防火要求。

外墙构造特殊的建筑, 尤其是高层建筑, 应在设计阶段及时请消防部门共同讨论, 请他们对消防要求提出意见。

四、外墙材料的作用

由于太阳的照射, 可使墙面温度升高到 60°C 以上(严重时可达 100°C)。冬天在中欧地区, 墙面可冷到 -30°C 。

温度的变化可使5米长的铝板伸长11毫米, 而聚氯乙烯板伸长40毫米。在室内, 温度的变化不影响墙的胀缩。

阳光的辐射, 尤其是紫外线的作用, 会使有些塑料中的增塑剂挥发而变脆。由于大气污染的增加, 空气中的尘埃沉积在墙面上, 当遇到水后将起化学变化。

硫酸成分能污染和损坏抹灰, 甚至破坏天然石料。

有许多城市还有鸟粪之类的麻烦。这不但令人讨厌, 有时会使建筑物遭到严重损坏。

在空气中烟灰含量高的地区, 不仅必须考虑建筑物在5年、10年、甚至50年后的外观, 而且要考虑建筑的外表是否需要清洗, 及如何进行清洗, 特别对窗和大面积的玻璃。

雨水会引起外墙的污染, 并产生漏水问题。水平面可以被雨水冲干净, 但却把尘埃带到立面上。由于流下的雨水中所含的烟灰, 使墙面产生黯暗的污垢。而空气中的硫酸会使石灰石表面的白色部分变成石膏(硫酸钙)。

最早解决这问题的实例是荷兰鹿特丹的建筑师布鲁尔(Breuer)所设计的一幢建筑。他将墙面的石灰石板, 用各种不同角度来进行安装, 以风雨对石板侵蚀所形成的纹理来增强石板表现效果。

另一种方法是让雨水从墙面的背后排出, 例[62], 或每隔一定范围将雨水引出, 例[101]。由于潮湿而造成建筑物破坏的情况见本章“防潮要求”。

因此, 不能单从美学观点来处理外墙的构造及断面, 而必须妥善解决实际问题。

除了要计算建造的造价以外, 还必须考虑建筑物的维修与清洁费用。这好象采暖费用必须与外墙隔热措施一起考虑一样, 在有空调设备的建

筑, 预估经常费用时, 必须计算制冷费用一样。表8为几项指标。

表 8

项 目	隔 热	费 用
1m ² 墙(带抹灰的380mm砖墙)	100%	100%
1m ² 窗(用隔热玻璃的木窗)	30%	200%
1m ² 窗肚墙(幕墙)	100%	400%

也必须考虑建筑物的修理费。例如, 所选的油漆在使用一段时间后能否较简单地进行重漆; 墙面板材或窗玻璃破碎后进行更换是否有问题等等。

与实砌墙情况相反, 幕墙的强度虽然降低了, 可是其有效面积却增加了。如墙体厚度减少200mm, 按基层面积为 15×25 米计算时, 面积可增加5%。

建筑材料的使用、构造方式和施工工艺等在某一地区虽然已经很成熟, 而且效果良好, 但在另一种气候条件下, 也可能很不合适。例如在德国北部地区的炼砖墙施工技术很可靠; 而在德国南部地区, 却由于当地缺乏砌砖所必须的技术知识, 就会发生困难。

对于高层建筑来说, 外墙设计必须考虑风速问题。因为风速大, 作用于墙面的风压和风吸力也增加, 有时雨水甚至会由下向上地吹打墙面。

五、实 体 墙

(一) 清水墙

在高温焙烧过程形成的早期晶化, 使过火砖和炼砖^①都能防冻。而炼砖比过火砖的性能更好。这类砖非常密实, 而且几乎不吸水。

过火砖最适合于砌清水墙。用过火砖就象做了抹灰一样, 吸入墙体的水分能从整个墙面蒸发。而炼砖则只能通过砖缝来蒸发水分。

为了清水墙的美观, 必须选用完整无缺、尺寸一致和不易破碎的砖。近来生产出一种用人工石料干压而成的“毛细孔砖”, 据称这种砖具有防水的优点。这种砖的四边还可以采取浸硅处理。荷兰还制造出一种有白色面层的砖。

清水砖墙要精心砌筑, 不能选用有破损的砖。横缝和竖缝要求砂浆饱满。施工时应采用独立式脚手架, 不得用系杆穿过砖墙拉结。保护墙面不能弄脏。

① 过火砖Hard burnt brick; 炼砖Clinker。

砂浆中不能掺防冻剂。因为防冻剂可能使墙面出现白霜斑。每8~12米左右长的墙面应设温度缝。

1. 单层砖墙

普通砖适用于混水墙，不宜用于清水墙。清水墙可以用过火砖或炼砖砌筑。墙体的外层与内层要适当地拉结，使整个墙体截面受力稳定。计算热功性能时，可按整个墙体厚度考虑。

尽管过火砖是受欢迎的，但现在实砌墙一般都比空心墙经济。因为实体墙可以一次砌成。而且实体墙的砖砌体内所吸入的水分，可以由整个墙体向外散发。

砖缝应能吸水和蒸发水分，厚度 ≤ 365 毫米的实体墙的墙面（尤其是朝外一面）吸水率不宜过大。

砌砖用的砂浆应具有良好的粘结性能，且应有足够的厚度。砖缝内的砂浆要饱满。英国砌式和法国砌式最好。砌体内的砖缝不能小于20毫米。因为砌体内的砖缝与外面砖缝的防水作用是一样的。如墙的外表面采用炼砖，砌缝砂浆必须非常密实，而且不透水。

任何情况下，砌清水墙均应采用没有裂缝的砖。尤其要注意保证砌体竖缝的砂浆饱满。

下凹缝或凹缝均会由于霜冻而使砖剥落。砖缝应用嵌缝刮刀刮深20毫米，并清除缝内的浮灰。最后用嵌缝砂浆仔细嵌填。

嵌缝砂浆是用1:3硅酸盐水泥与0.2毫米级配良好的砂拌制成的。稠度要适宜，太干的砂浆对抗风雨不利。

2. 双层砖墙

有空气夹层或无空气夹层的双层墙，其外层墙体均不能承重，在每层楼板处还应加支撑。不设隔热层的楼板会产生“冷桥”作用。

两层砖墙的接缝及混凝土系杆之间，只能填以耐久的弹性玛瑞脂。其它接缝详见“六、用砂浆粘贴的板材”一节。如果采取特殊措施的话，空心墙的外层墙体不用系杆可砌到8层高。但一般空心墙的外层墙高度限制为两层。否则，空心墙对风荷载，温度变化时内外墙体的不同胀缩，以及凝结水的排除等，都较难处理。

3. 无空腔的清水砖墙

这类墙体的砌体是互不拉结的，所以结构计算只考虑内层墙体承受荷载。热工性能则按总厚

度计算。如果外层墙体不能承受预计降雨量的话（特别是砌筑不密实的薄墙体，而雨量又较大时），两层墙体之间可以铺设密实的绝缘层（如1:3水泥砂浆加防水外加剂）。这样，外层即使完全饱和也不受影响。砖缝总厚度应为20~25mm。

外层墙可以后砌。在天气好时砌筑外层墙可不致于弄脏外墙面。

4. 有空腔的清水砖墙

外层墙体是用来防止雨水渗透入墙内的，它不起承重作用，热工性能可按墙总厚度考虑。空腔宽为60~70毫米，上下要贯通。在内、外层墙合拢的部位（如基础、门、窗洞、柱墩等）要用一层500号油毡隔开。两道墙体之间要用镀锌铁件拉结（每平方米至少5个）。铁件垂直间距为300毫米，水平间距为750毫米。内层墙靠空腔一面最好铺一层绝缘层。由于绝缘层设在不受雨淋的内层墙的冷侧，所以使墙体形成一层良好的隔热扩散层。

5. 硅酸盐砖

这种砖是用石英砂和石灰经过高压釜蒸养成型。其压碎强度有150kg/cm²及250kg/cm²两种，能抗冻，所以可用来砌筑清水墙。

外层墙用硅酸盐砖，而内层墙用孔隙率高的砖其效果很好。

6. 毛石

由于毛石具有高的导热性能。所以毛石墙都要设隔热层。在砌筑建筑物基础时，应使石料的天然断裂面与基础方向相平行。灌缝砂浆应与石料的密度相同（水泥砂浆不能用于软质石料）。

（二）混凝土和砖墙的防护涂料

墙面涂料的防水性能取决于涂料的成分和涂层的厚度。涂料与厚的抹灰层一样，也可以使墙内的水分向外扩散的速度减慢。这就使得水分凝结在涂层的背面，最后导致涂层剥落。因此，不能用封闭性的薄膜涂料，只宜用透气性的涂料。

砖墙常用无色硅树脂罩面。其作用是使雨水附在墙面时形成水珠状，同时不影响水分蒸发。由于尘埃颗粒不能直接附着在墙面，所以增强了墙面的抗风雨性能。

墙面采用硅涂料时，必须区分是水溶性硅，或溶于有机溶剂的硅树脂。硅材料罩面只能形成一层薄膜，因为这层薄膜是无色的，所以没有经

验的工人不易刷匀。涂刷不匀的墙面在雨天时,墙面就会出现象打补丁一样的痕迹。

涂料罩面只能用于已结硬的砂浆面上。因为在新抹的砂浆或混凝土面上,如用硅材料作为防水层时,会与游离石灰起化学反应。

涂刷得好的硅涂料罩面,能保持6~7年。在墙面翻新时,应将墙面用清水彻底洗净。旧的墙面在初次做涂料罩面时也应如此处理。

砖墙也可用矿物质涂料。但必须保证砂浆结硬后才使用扩散性涂料。罩面涂层应薄而均匀。油质涂料不宜用于混凝土面和抹灰面。因为这些涂料会形成一层封闭的薄膜。

墙面刷白可用石灰调制成的白色涂料(有时加适量白水泥)涂2~3度。涂料中可加适量细河砂。这样做有助于墙内水分的蒸发,并可使罩面相应地涂得厚些。

在降雨量大的地区,不宜用白色墙面,最好用薄的抹灰层,最后罩一层扩散性涂料。砖墙刷白或刷涂料必须象做清水墙一样,要充分拌匀和精心操作。

现在的外抹灰几乎都是成品。这类抹灰实际上是喷到墙面上去的(如卵石、贝壳、太洛林等抹灰)。这比一般用铁板抹的要好。因为用铁板抹灰会把水泥浮浆带到抹灰面,往往使抹灰层出现细微的裂纹。

(三) 现浇清水混凝土墙面

现浇清水混凝土是一种按设计要求制作的混凝土墙面。它通常呈现模板的纹理,可以做成露集料的墙面,也可用喷砂处理,或由石工手工斩凿。墙面制成后的疤痕和修理痕迹,一般都要显露,所以墙面疵病不予理会为好。

最好在施工之前先浇捣试验性墙面,这样在大量制作时不致于失败。

如果对振捣时间、外加剂的使用等方面有疑问时,应与专业施工部门商酌。不管结构上是否要求高标号混凝土,清水混凝土一般应采用B300或更高标号的混凝土。

清水混凝土的色彩主要取决于水泥的颜色。细集料成分对色彩的影响较小。在整个施工过程中水泥的品种和出厂日期都必须统一。要求粗集料和细集料也都始终基本一致。做白色混凝土墙时可选用白水泥和白砂。在混凝土内掺入耐碱性颜料,可制成各种彩色的混凝土。

清水混凝土的模板必须另行设计(外表面、拼板宽度、模板的方向、支撑、衬料等)。模板的所有细部、接头、槽孔和设备管道孔处更为重要。对于复杂程度较高的工程,有时要做1:50或1:10、甚至是足尺模型来研究。

施工缝(或每天下班时留的施工缝)不能影响整个墙面,最好设在隐蔽的凹槽等部位。

采用穿过式塑料“导管”作模板的拉筋套管,完工后可将塑料套管随模板一同抽出,这就不会在混凝土表面上留下痕迹。重型模板要进行一定数量的细木加工,以免漏浆。施工时模板应保持湿润。

为了将混凝土做成纹理,还可用工厂制成的模压泡沫塑料(如聚苯乙烯片),或硬聚氯乙烯片作衬模。

个别预制混凝土构件的外形可以用玻璃纤维增强的塑料(GRP)制作(见[例71])。

钢筋要有足够的保护层,以免出现锈迹。暴露在大气中的钢筋混凝土,其保护层至少厚20毫米,同时要比混凝土中最大的集料大5毫米,以避免浇捣时出现蜂窝。

混凝土的导热性(即使是密度为 $1.9\sim 2.5\text{ kg/cm}^3$ 的密实混凝土)约为砖墙的 $2\frac{1}{2}$ 倍。因此,一般要求另加隔热材料。隔热材料可以设在墙内侧,或夹在墙体内部。隔热层夹在墙体内部时,会妨碍水分通过墙体散发。膨胀聚苯乙烯板是一种合适的隔热材料,但在浇灌混凝土和振捣时要防止碰坏。

轻混凝土(密度低于 1.8 kg/dm^3)具有良好的隔热性能。泡沫混凝土(G525)的隔热比砖墙好。如采用浮石、水淬炉渣等轻集料,可制成具有良好热工性能的轻混凝土。膨胀粘土集料例如列卡(Leca)等基本上不吸水,而且能制成强度高,热工性能好的混凝土。

配筋或不配筋的轻质混凝土均可制成各种线型的构件、大型砌块或板材。轻质混凝土构件可以采用锯、铰、钻、钉等加工方法。赛尔莫莱特·爱同(Thermolite Ytong)是一种蒸压石灰的轻质混凝土)及雪波雷德(Siporex是一种蒸压形成的轻混凝土),都是较有名的轻质混凝土牌号。

清水混凝土未完全硬固时,其面层可以进行洗刷处理。露集料混凝土的外观取决于所用的集料。其所用集料的颜色和品种应始终保持不变。