

配筋及预应力砌体设计

[英] W.G.柯廷 G.肖 J.K.贝克 著

赵梦梅 咸大庆 高峰 高云虹 赵勇 译
夏英超 黎钟 石振华 校

中国建筑工业出版社

	面积设计荷载 (N/mm^2)	R	复合作用一折减系数
H	复合作用一作用于梁上的水平推力	r	A_s/bt
h_{e1}	墙或柱的有效高度 (mm)	S_s	箍筋实际间距 (mm)
I	面积惯性矩 (mm^4)	SR	长细比
K	预应力筋种类系数	T	横隔空心墙的翼缘厚度 (mm)
L	墙体长度和梁的跨度	s_s	抗剪筋沿构件方向间距 (mm)
L_{e1}	墙体的有效长度 (mm)	t	墙或柱的轮廓厚度 (mm)
l_t	传递长度 (mm)	t_{ef}	墙或柱的有效厚度 (mm)
M	设计荷载引起的弯矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	t_i	横肋的厚度 (mm)
M_a	长细比引起的附加弯矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	V	设计荷载产生的剪力 (N)
M_0	墙基部弯矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	v_k	剪应力 (N/mm^2)
M_{BC}	配筋砌体的抵抗力矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	W_k	标准风荷载 (N)
M_d	设计抵抗力矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	W	受力砌块的宽度 (mm)
M_u	沿墙高的弯矩 ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	$\bar{y}$	中和轴到截面形心的距离 (mm)
MR	抵抗力矩 (开裂截面处) ($\text{N}\cdot\text{mm}$)	Z	截面抵抗矩 (mm^3)
N	设计轴向荷载 (N)	z	力臂 (mm)
N_d	设计轴向荷载抗力 (N)	β	考虑长细及偏心影响的承载力折减系数
N_{da}	不考虑弯曲情况柱的设计轴向荷载抗力 (N)	γ_t	荷载分项安全系数
n_u	单位长度设计荷载 (N/m)	γ_m	材料分项安全系数
P	预应力 (N)	γ_{mh}	钢筋与砂浆或混凝土间粘结强度分项安全系数
P_k	标准后张预应力 (N)	γ_{mm}	砌体抗压强度分项安全系数
P_t	后张预应力 (N)	γ_{ms}	钢材强度分项安全系数
p_{ub0}	极限压弯应力 (N/mm^2)	γ_{mv}	砌体抗剪强度分项安全系数
Q	抵抗力矩系数 (N/mm^2)	ϵ	钢筋应变
Q_{co}	复合作用一弯矩系数	$\sum_0$	钢筋周长之合
Q_k	标准外加荷载 (N)	σ	应力 (主应力)
q	与 y 轴正交方向的轮廓截面尺寸 (mm)	τ	主剪应力

(京)新登字 035 号

本书介绍了配筋砌体及预应力砌体结构的基本原理和设计计算方法。包括：各种块材（砖和砌块）及其他材料的性能，不同类型的配筋及预应力（先张和后张）砌体构件（梁、柱、空心墙、带肋墙、带凹槽墙、波形墙、锯齿形墙、横隔空心墙及挡土墙），以及墙与梁的组合设计等。书中附有大量工程示例及细部构造图。书中用楷体字排印的部分为摘录有关英国标准中的内容。

本书可供土建结构设计、施工、科研人员及大专院校师生参考。

译者分工：

前言、目录、符号、第 1、2 章——赵梦梅译，黎钟校；第 3、4 章——成大庆译，夏英超校；第 5、7 章——高峰译，石振华校；第 6 章、附录、术语对照表——高云虹译，黎钟校；第 8、9 章——赵勇译，夏英超校。

W.G.Curtin G.Shaw J.K.Beck
Design of reinforced and prestressed masonry
THOMAS TELFORD
London 1988

配筋及预应力砌体设计

赵梦梅 成大庆 高峰 高云虹 赵勇 译
夏英超 黎钟 石振华 校

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

开本：787×1092毫米 1/16 印张：13 $\frac{1}{2}$ 字数：327 千字

1992年9月第一版 1992年9月第一次印刷

印数：1—5,000册 定价：8.00元

ISBN7-112-01680-0/TU·1263

(6712)

序 言

我们介绍配筋砌体的经过是并不令人愉快的。第二次世界大战结束前后,结构钢材严重短缺,而在西北部地区的很多建筑商又缺乏钢筋混凝土建筑的施工经验。他们试图在工厂及类似建筑物中使用配筋砖砌体以解燃眉之急,但未能确保钢筋与砖砌体的结合。到了五十年代后期,许多结构出现了损坏的迹象,如钢筋锈蚀、砖砌体开裂和脱落,甚至有些结构濒于坍塌。而就在此时,结构钢材已不再短缺,具有混凝土建筑施工经验的承包商也不乏其人。因此,配筋砖砌体实际上即终止使用。

到六十年代初期,我们又开始对砖砌体结构进而又对配筋砖砌体结构产生兴趣。当时,能购买到的砌块不多,而且也缺乏对它们的性能和可靠程度的认识。

最早的配筋砖砌体工程之一是北威尔士的一座教堂,建筑师要求设计一些高而细的砖柱。为抵抗由风荷载引起的弯曲应力,柱子必须配筋。这一工程的成功对我们是一个鼓舞,且促使我们把它运用到其他工程中去。随后,我们又幸运地解决了对砌体施加预应力的困难问题。这是非常成功的一步。从六十年代到七十年代初期,我们即开始挖掘和发挥配筋砖砌体和预应力砖砌体的潜力。与此同时,混凝土砌块的强度和可靠性也得到了迅速的改善。且在不久以前,我们又开始了配筋空心砌块的应用。

随着我们对砌体建筑经验的积累及其应用日趋广泛,自然导致这门技术进一步的发展,我们也很快地意识到配筋及预应力砌体具有很大的潜力,它造价低,建造方便。从现在看来,砖砌体和砌块建筑的潜力是它具有经济效益上的优势。

将钢筋混凝土和预应力混凝土的原理应用于砌体(砖及砌块)中,并没有多大困难。然而在早期要使一些新毕业生确信砌体是一种工程材料,而不仅仅是适合砌筑住宅和作围护用的老式的建筑材料,这是有困难的。因为这一错误概念在我们的实践中由来已久;为了改变人们这种概念,我们才决定编写本书。

本书是共同努力的成果,我们希望它能传播我们在整体设计、细部设计和施工中的经验。在此对热心帮助和支持我们工作的同事们一如既往地表示衷心的感谢,特别感谢Paul Bolton, Geoff Othick, Steve Hunt和Karl Nesheim诸位,他们对书稿提供了许多建议、批评和忠告。我们感谢Marion Mc Nally及Pamela Jackson的耐心细致、热情,而且不厌其烦地为我们打印手稿。

我们知道可能有些工程师将不赞成我们对规范的解释,以及我们提出的方法和所考虑的问题等,就象我们作者之间和与同事之间发生争论及意见分歧一样。所有这些对促进砌体的发展是有好处的——固守的信奉者将不会有任何改进。但无论如何,本书的内容和观点我们一致认为是合理的,而且我们的同事也认为这些内容是有用的。

在书中,我们尽可能根据BS5628进行编写,因为它已经成为一份法规;然而,在我们看来,其中还存在一些不妥和疏漏之处,对此我们提出了一些方法,这些方法是已经被建筑管理部门接受的。同时,BS5628第2部分是欧洲第一本配筋砌体规范,它有可能

成为全欧规范的基础。美国的配筋砌体规范则有其采用英制单位及容许应力，而未采用国际单位制和极限状态原理的缺点。对于本书内容我们已尽力使它写得简明易懂。我们欢迎工程师（及其他同行）和读者们提出批评、指正和建议；同时也希望本书将对他们有所用处。

W.G.柯廷(W.G.Curtin)

G.肖 (G.Shaw)

J.K.贝克(J.K.Beck)

符 号

A_m	主筋截面面积 (mm^2)	F_{sc}	钢筋内的压力 (N)
A_{s1}	最大承压面受压钢筋截面面积 (mm^2)	$F_{\cdot}$	复合作用—不定向应力集中系数
A_{s2}	最小承压面钢筋截面面积 (mm^2)	f_a	复合作用—基本允许应力 (N/mm^2)
A_{sv}	抗剪力钢筋截面面积 (mm^2)	f_b	钢材与砂浆或填充混凝土间的标准锚固粘结强度 (N/mm^2)
a	剪跨 (mm)	f_{bs}	标准局部粘结强度 (N/mm)
a_1	支承面到主荷载最近边缘的距离 (mm)	f_c	复合作用—极限允许应力
B_t	横隔空心墙横肋间距 (mm)	f_{c1}	混凝土的传递强度 (N/mm^2)
b	截面宽度 (mm)	f_1	f_k 的增加值 (N/mm^2)
b_c	两约束之间的承压面宽度 (mm)	f_k	砌体的标准抗压强度 (N/mm^2)
C	压力 (N)	f_{k1}	预应力损失前的弯曲抗压强度 (N/mm^2)
C_s	平均应力集中系数	f_{k2}	砌体的标准抗弯(拉伸)强度 (N/mm^2)
c	砌体的弹性压缩 (mm)	f_s	钢筋的应力 (N/mm^2)
D	横隔空心墙的总高度 (mm)	f_{s1}	最小承压面钢筋应力 (N/mm^2)
d	有效高度 (mm)	f_{s2}	最大承压面钢筋应力 (N/mm^2)
d_c	受压砌体高度 (mm)	f_{sa}	复合作用—钢筋允许应力
d_1	表面到最大承压面钢筋的高度 (mm)	f_t	主拉应力 (N/mm^2)
d_2	从最小承压面到钢筋重心的高度 (mm)	f_{t1}	1截面压应力 (N/mm^2)
E_c	混凝土弹性模量 (kN/mm^2)	f_{t2}	2截面压应力 (N/mm^2)
E_m	砌体弹性模量 (kN/mm^2)	f_{usc}	直接受压产生的压应力 (N/mm^2)
E_s	标称土或水荷载 (N)	f_{ubc}	弯曲产生的压应力 (N/mm^2)
E_s	钢的弹性模量 (kN/mm^2)	f_{ud1}	复合作用—均布压应力 (N/mm^2)
e	后张力的偏心距 (mm)	f_v	砌体的标准抗剪强度 (N/mm^2)
e_s	挠曲引起的附加偏心距 (mm)	f_w	复合作用—墙体平均应力 (N/mm^2)
e_s	弯曲后平面内总偏心距 (mm)	f_y	钢筋的标准抗拉强度 (N/mm^2)
F_{BC}	砌体的压力 (N)	f_{y1}	抗剪钢筋的标准强度 (N/mm^2)
F_{bs1}	挤拉力 (N)	G_k	标准恒荷载 (N)
F_{ps}	预应力钢筋的标准抗拉强度 (N)	g_B	与水平缝垂直作用的荷载产生的单位
F_s	与 F_{sc} 相对面的钢筋内力 (N)		

目 录

序言	
符号	
第1章 概论	1
1.1 引言	1
1.2 材料特性的改变	1
1.3 发展情况	2
1.4 应用范围	2
1.5 提高抗弯性: 侧向承载能力的改善	2
1.6 竖向承载能力的改善	4
1.7 竖向承载力及抗弯能力的改善	5
1.8 配筋或施加预应力	5
1.9 经济性	6
1.10 耐久性	6
1.11 配筋方法	7
1.12 施加预应力的方法	7
1.13 基本设计理论	8
第2章 基本设计数据	9
2.1 极限状态设计	9
2.2 正常使用极限状态: 挠度和裂缝	9
2.3 稳定性	10
2.4 荷载	11
2.5 砌体材料的结构特性	12
2.6 钢材的结构特性	19
2.7 弹性模量	23
2.8 荷载分项安全系数	23
2.9 材料分项安全系数	25
2.10 内力分析	26
2.11 连续梁的弯矩和内力	27
2.12 长细比	27
2.13 柱和梁的限制尺寸	42
第3章 配筋砌体设计基础	44
3.1 引言	44
3.2 抗弯性能	44
3.3 轴向承载力	48
3.4 抗压强度设计公式	48
3.5 抗弯强度设计公式	48
3.6 竖向和水平抗剪强度	49
3.7 受压弯作用的柱	51
3.8 条件1: 轴向荷载下的破坏	54
3.9 条件2: 平衡状态下的破坏	54
3.10 条件3: 受拉破坏	56
3.11 受弯梁	56
3.12 力臂: 计算和图解曲线	58
3.13 受弯压作用的墙体	59
3.14 受侧向荷载作用的墙和剪力墙	60
3.15 剪力分析	62
3.16 粘结力分析	66
第4章 设计实例: 配筋砌体	69
4.1 配筋砌体墙	69
4.2 配筋砌体梁	78
4.3 配筋砌体柱	80
第5章 配筋砌体细部构造	87
5.1 引言	87
5.2 实用性	87
5.3 最小配筋面积和钢筋间距	87
5.4 钢筋直径的最大尺寸	89
5.5 箍筋、直钩和弯钩的锚固长度	89
5.6 钢筋的搭接和接头	90
5.7 保护层	91
5.8 砌体中的钢筋位置	92
5.9 约束	93
5.10 支座细部设计	94
5.11 总体部署图	95
5.12 防潮层和防潮隔膜	95
第6章 预应力砌体设计基础	97
6.1 概述	97
6.2 后张法	98

6.3 几何形截面: 对称的和不对称的	100
6.4 预应力砌体设计的基本原理	100
6.5 设计强度: 拉、压强度和弯曲强度	101
6.6 设计强度: 初期强度和长期强度	103
6.7 设计承载力折减系数	103
6.8 开裂及未开裂截面	105
6.9 后张力的确定	105
6.10 偏心后张法	107
6.11 预应力的损失	109
6.12 锚具和端部垫块	114
6.13 后张法分项安全系数 γ	114
6.14 后张拉钢筋的设计强度	114
6.15 后张拉钢筋的设计	115
6.16 后张力的施加方法	115
6.17 各种荷载作用下弯曲应力和直接应力的验算	116
6.18 竖向和水平剪应力	116
6.19 主拉应力	117
6.20 抗主拉应力强度	118
6.21 剪力滞后	118
6.22 挠度	119
第7章 预应力砌体设计示例	121
7.1 承受侧向风荷载和轴向荷载的空心墙	121
7.2 承受侧向风荷载和轴向荷载的带肋墙	129
7.3 带横隔的挡土墙	143
7.4 后张预应力梁	154
第8章 后张拉预应力砌体细部构造	155
8.1 引言	155

8.2 建造的可行性	155
8.3 钢筋和钢绞线	156
8.4 后张拉钢筋及钢绞线的定位	156
8.5 钢筋的伸长与缩短	157
8.6 施加预应力	158
8.7 保护层和防护措施	161
8.8 锚固	164
8.9 竖向和水平防潮层	165
8.10 总体部署详图	166
8.11 约束	171
8.12 跨间和支承的构造	171

第9章 组合设计

9.1 钢筋混凝土梁支承的承重砌体墙板的组合作用	173
9.2 引言	173
9.3 大荷载砌体墙与钢筋混凝土梁协同工作的推荐简易设计方法	173
9.4 对简化设计方法的合理修改	176
9.5 对梁上承重墙推荐设计规则的小结	178
9.6 设计示例	178

附录A 材料、配件和工艺

A.1 引言	181
A.2 材料	181
A.3 配件	184
A.4 工艺	186

附录B 耐久性、可行性和其他

使用要求	189
B.1 耐久性	189
B.2 金属的耐腐蚀	189
B.3 建造的可行性	192
B.4 防火	193

附录C 配筋柱设计图

参考文献	199
------	-----

本书中英文名词语对照索引	201
--------------	-----

第1章 概 论

1.1 引 言

象混凝土一样,砖砌体和砌块砌体具有很高的抗压强度,但抗拉能力很弱。比如,它们的弯曲抗拉强度通常不及它们抗压强度的5%。然而,也象混凝土一样,可在砌体中配筋使它们能够承受拉力,或加预应力以克服上述弱点。

普通的砌体工程是建造坚固、美观建筑物的一种经济、迅速且简单的技术。在砌体中配筋和加预应力能拓宽其应用范围,提高其潜力,发挥其造价低廉的竞争力。砖砌体不应只是一种围护材料,砌块也不仅是材料廉价的砖的代用品,这两种材料都具有很高的结构潜力。

工程师们历来习惯利用框架作为建筑物的结构,然后再用耐气候影响的墙体围护框架,用其他非承重墙围护楼梯、电梯间、形成走廊和进一步划分空间等。在许多情况下,如将墙体设计成承重结构,则可不用框架,而能明显地降低造价,节省工期,减少工程的难度。通常,挡土墙、水箱和筒仓的设计是只使用钢筋混凝土而不考虑其他材料的。我们还可以引证许多其他工程实例,在这些工程中,工程师们从来不考虑或甚至没有意识到去使用这些所谓“新”材料的可能性。我们希望本书的出版将能改变一下这种局面。

砌体截面的形状,包括历来研究的,都只局限于采用正方形或矩形的实心截面,而且这是各类规范所述的唯一截面形式。然而,有作为和有变革精神的设计师们则将其其他结构材料新的发展成果应用到砌体上来。这些典型例子就是:箱形钢梁和钢管型材、胶合木箱形梁、混凝土T形梁和混凝土折板、木材夹芯墙板、木板壳及类似的先进技术。作成上述几何形状的主要缺点是在采用钢筋混凝土时模板耗量大,而采用钢结构则工厂制作价格高。

在许多情况下,截面砌成几何形状的砌体,其造价要高于实心矩形截面的砌体。但即使考虑了超出部分的造价,其总的造价仍远不如钢筋混凝土和钢结构的造价高。另外,结构效能的大大改善将补偿了造价的增加。

1.2 材料特性的改变

给砌体配筋和加预应力不仅能改善砌体的抗弯性能及提高砌体竖向和侧向的承载力,同时也可将材料的特性由脆性变为延性。这样,使砌体能承受更大的应变,产生更大的弯曲变形而不至于开裂,并有更高的抗拉强度。无筋砌体一旦受荷开裂,则在荷载卸除后裂缝仍然保持。在配筋、特别是在施加预应力的情况下,砌体在卸除荷载后,裂缝即趋于闭合。这样就能保持其隔断气候影响等功能。

1.3 发展情况

配筋和预应力砖砌体不是新的、尝试性技术，事实上它出现于钢筋混凝土技术之前。例如，在18世纪20年代布鲁诺（Mare Brunnel）就曾将配筋技术用于罗赛黑森（Rotherhithe）隧道的竖井建筑中。维多利亚时代的砖建筑经常用加热后的系杆穿过砌体进行加固，当系杆冷却后成为拉杆便给砌体施加压力。然而，铸铁的发明，随之钢结构的应用及至最终钢筋混凝土的出现，才实际上使传统的粗大砌体建筑让位。

在第一次和第二次世界大战期间，象日本、印度这些结构用钢材和混凝土资源非常有限的国家，广泛地使用了配筋砖砌体。自第二次世界大战以来，北美也有一些配筋砖砌体及砌块的应用。近来在欧洲对配筋砌体技术的认识和兴趣正在增加。砌体设计中采用的现代先进技术使之具有很强的经济竞争力，其结构效果与传统的粗大砌体建筑截然不同。事实上，它已给设计师们提供了一种新型的结构材料。

1.4 应用范围

可分为两个主要方面：

- 改善抗弯性能；
- 提高竖向承载能力。

还有许多其他方面的应用，如：

- 改善抗剪及主拉应力强度（抗拉强度）；
- 抵抗由不均匀沉降在墙体平面内产生的拉应力；
- 需要的话，用于改善剪力墙抗斜向剪力的性能及提高如支承高架起重机柱子的抗扭能力；
- 抵抗偶然损害及冲击荷载；
- 充分提高结构的延性和刚度。

1.5 提高抗弯性、侧向承载能力的改善

1.5.1 钢筋和预应力“混凝土砌块”挡土墙

实际上，空心砌块构成了永久性的预制模板，若在其中安置钢筋（或预应力钢丝束），然后灌浆（或浇注混凝土）便形成有效的挡土墙。毫无疑问，这一技术将得到广泛的应用。在后面的例子中即常常用砌块来取代砖。

1.5.2 配筋砖挡土墙

配筋砖砌体挡土墙的种类很多，这里简述一些最常采用的类型。

1.5.2.1 灌浆空心墙

这是常用的砖砌空心墙，在其空腔内配筋然后灌浆。

1.5.2.2 “奎达”式砌筑墙

砌筑墙体时形成空腔,空腔内配置钢筋,随砌随将空腔用灰浆或砂浆填满(见图1-1)。

1.5.2.3 带凹槽挡土墙

这是一种砌筑时每隔一定距离留有凹槽的实心墙,随后在这些槽中安置钢筋,再浇注混凝土(见图1-2)。

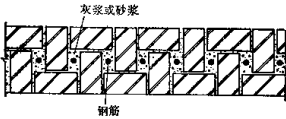


图 1-1 “奎达”式砌筑墙平面图

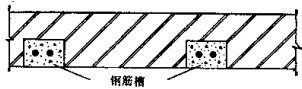


图 1-2 带凹槽墙平面图

1.5.2.4 横隔空心墙

这类墙用于需要提高侧向稳定性的较高的墙体结构。实际上,这是厚的空心墙,墙内筑有横隔肋(见图1-3),不仅可用砖也可用砌块砌筑。

1.5.2.5 带肋墙

带肋墙通常是实心或空心墙体,砌有宽而薄的壁柱,习惯上称其为肋。这种构造也用于高墙及作为竖直的T型悬臂梁(见图1-4)。

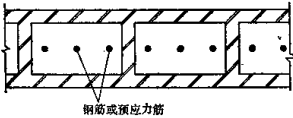


图 1-3 横隔空心墙平面



图 1-4 带肋墙平面

1.5.3 后张预应力挡土墙

横隔墙、带肋墙及其他几何形状截面,具有很高的 Z/A 比及回转半径,是使用预应力的理想截面形状。

1.5.4 抗风墙

厂房、仓库、教堂及类似建筑物单层的高墙,采用轻屋面时荷载也轻,很少使墙体直接承受巨大的压应力。这类结构的设计通常是由侧向风压产生的弯曲拉应力所控制。砌体仅为外墙时,大片墙体的结构设计也主要由弯曲拉应力起控制作用。采用配筋或施加预应力的方法即能平衡砌体中过大的拉应力。在高大单层建筑物中,使用横隔空心墙或带肋墙时,配筋或加预应力能进一步提高其侧向承载能力。

1.5.5 防爆墙

鉴于福雷克斯市(Flixborough)爆炸灾害的教训,目前,对可能受爆炸威胁的建筑物,要求必须设置防爆墙。设防经常采用配筋砌体,也可加预应力。

1.5.6 梁

通常为了美学、庄重、方便及其他诸如此类的原因而使用砌体梁。这并不能证明它比钢筋混凝土梁或钢梁具有经济上的优势。然而，就整个建筑的造价而言，仅此成本的增加是微不足道的。建造配筋空心砌体梁比建造那些配筋的砖梁会更简便。

1.5.7 墙梁

在墙底部几层砌体内配筋是一种长期以来使用的方法，它将墙体转换为深梁，使其能更有效地抵抗不均匀沉降，也能使墙跨过洞口。

1.5.8 组合作用

将墙砌筑于钢筋混凝土条形基础上使之共同作用，墙体即为组合梁的受压翼缘。此时，必须认真考虑开洞及防潮层对整体作用可能产生的破坏因素。

1.5.9 偶然破坏

墙体的配筋部分能提高抵抗偶然破坏的能力。

1.6 竖向承载能力的改善

1.6.1 柱子：配筋

在混凝土柱中配筋可提高承载能力，同样，也可用于砌体上。

1.6.2 柱子：实心的方形或矩形

实心的方形或矩形是目前最常用的柱子截面形式，也是规范中所述的唯一类型。柱可用砖或砌块砌筑。对于小截面的方形柱，实践已证明：使用空心砌块较使用砖更容易配筋，因为空心砌块实际上形成一个永久的预制模板。而对大截面的柱子而言（其尺寸大于最大规格的空心砌块），则要求设计师考虑用哪一种砖或砌块更为合适。

1.6.3 几何截面柱子

在自然界中，最常见的支柱是空心管形的（如谷物的杆茎，海鸥的腿骨等），管形的 r/A 比很高，故有很高的结构效能，管形柱能用砌体建造。采用管形砌体柱主要是从美学要求出发的，因为它可能要花很高的人工费用。一个兼顾建筑效果和造价的扩展办法是采用空心箱形柱，其中的空腔可以用以布置管线。其他的几何形状将在7.2和7.3节中讨论。

1.6.4 墙：矩形截面

空心墙、“奎达”式砌筑墙、带凹槽的墙均能配置钢筋以改善其竖向承载能力。

1.6.5 几何截面墙

除横隔空心墙、带肋墙及其他形状几何截面墙体外，可应用折板技术建造锯齿形墙（见图1-5）。这样的墙不仅具有很高的抗弯能力，也具有高的竖向承载力，因为墙体的截

面抵抗矩和回转半径增大了。

另一个例子是波形墙（见图1-6），它的功能近似于锯齿形墙。且在某种程度上应用了壳体和拱的技术。波形墙的造价较高，但这可能由其侧向承载力的改善及其所产生的美学吸引力所补偿。

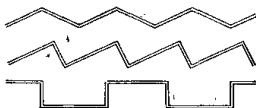


图 1-5 锯齿形墙



图 1-6 波形墙

1.7 竖向承载力及抗弯能力的改善

1.7.1 柱子

现代砌体结构中的柱子与过去传统粗大结构中的柱子，更有可能要承受竖向荷载和弯曲的共同作用。弯曲作用可由竖向荷载的偏心过大或侧向荷载的作用产生。弯曲可能绕一个轴或两个轴（即双向弯曲）。

大家熟悉的解决办法是使用方形或矩形实心截面柱，以及形状适宜的或稍加修改的柱截面，这种办法也是钢筋混凝土柱所采取的。但是应考虑用几何形截面，例如采用十字形截面柱来承受双向弯曲。

1.7.2 承受竖向拉力及弯曲的柱

对于支承高大的单层建筑的柱子，当其平屋面或坡度很小的屋面为抵抗风的吸力而与柱子系紧用铁件固定时，柱子将承受拉力。砌体本身的抗拉强度几乎是不能考虑的，因为它的抗拉强度不仅低而且不可靠。当然，可以将屋面系紧于柱子上，可有多种情况，如用后张的预应力筋将屋面与柱锚固，必要时将钢筋伸到基础（这样也改善了柱子在侧向风荷载作用下的抗弯能力）。

1.7.3 承受竖向压力和扭力的柱子

起重机门架柱是典型的受竖向荷载及扭力共同作用的例子（扭矩不仅由起重机荷载引起，也由颤动和摆动力引起）。这也可以作为一种受双向弯曲的特殊情况考虑。这种柱子可以施加预应力，或者（更常采用）配筋以承受上述的作用力。

1.7.4 承受竖向荷载和弯曲的墙体

空心墙、“奎达”式砌合墙和带凹槽墙也能通过配筋来改善其承受竖向荷载及弯曲合作用的能力。然而，思路应着眼于几何截面的应用。

1.8 配筋或施加预应力

是否仅对砖砌体或砌块砌体配筋，要不要施加预应力，主要取决于造价及结构中的主

要材料是砖还是砌块，当然有时也取决于美学原因。一个简单的原则是：对空心砌块的砌体仅配筋，而对砖砌体则施加预应力。

配筋空心砌块的砌体具有的优点：

- 空心砌块构成为灌注混凝土或灰浆的永久性模板，但这对于采用施加预应力并不一定是必要的。

- 一般施工速度较快，需用劳动力较砖砌体少。

- 通常均能更简便、确实有效地灌注灰浆（或现场浇注混凝土）。

预应力砖砌体的优点：

- 砖的抗压强度通常比砌块的高得多。

- 用砖砌体形成具有大“ Z/A ”比和回转半径的截面比较容易。

- 因收缩造成的预应力损失小于砌块砌体。

1.9 经济性

对成本的因素不可能下一个断然的结论，因为每一项工程都有其不同之处。但有一点可以肯定，配筋和预应力砌体通常要比其他结构方案经济。最好是先拟就一个配筋或预应力砌体的初步设计，然后就造价与其他方案进行比较。

例如，虽然钢筋混凝土挡土墙通常比配筋砌体便宜。但如果混凝土墙必须加肋，或为改善其外观而要花很高的模板费用进行处理（或采用外包砖砌体把它挡起来）的话，则配筋砖砌体可能会更便宜。

另一个例子是：一座高大的单层堆栈结构，受有矿坑下陷的影响，其屋面采用后张预应力横隔空心墙支承，取得了经济的效果。

配筋和预应力砌体技术是简单的，经验已经证明，它适合那些生产能力小且技术不很高的承包商进行施工。采用这种技术施工快也经济，建成的建筑受人欢迎也耐久。事实上，这种技术不仅可以代替配筋或预应力混凝土，而且成为钢结构、普通钢筋混凝土结构及木结构以外又一种新的结构方案。

配筋及预应力砌体，由于技术简单，订货品种、现场操作及材料数量的减少，避免（或减少了）分包商，而只由总包商用相当便宜的材料直接雇工作业，从而取得经济的效果。

1.10 耐久性

可以理解，由于砌体是多孔的，工程师们自然担心所配钢筋或预应力筋会由于侵蚀而受损。然而，我们不应依赖砌体作为钢筋或预应力筋的保护层。应将钢筋、预应力筋或预应力钢丝束设置在孔洞、空腔或其他预留洞口中，然后在其中灌注灰浆或混凝土（或者使用一些其他的防腐材料）。

由灰浆、混凝土或其他方法提供的保护层厚度，取决于构件的曝露程度。一个设置在集中供热设施的封闭建筑物内的配筋砖柱，与一个在山顶风吹处曝露的柱相比，并不需要同样厚度的保护层。另一方面，也可以考虑使用不锈钢或奥氏不锈钢。

有关耐久性的问题将在附录B中作更进一步的探讨。

1.11 配筋方法

先将砖和砌块砌成实际上具有永久性模板的作用。然后将钢筋安置在其空腔、凹槽、孔洞或其他预留洞口内，再灌注灰浆或混凝土使其与砌体结合成整体。有时，如要在墙体的孔洞内灌浆和类似的施工时，可采用先安置钢筋，然后围绕钢筋砌筑砌体的办法。

在施工期间，应考虑下列各点：

- 所留孔洞和其他洞口应保持清洁，无落灰或其他堵塞物。
- 孔洞或其他形式洞口均应用灰浆或混凝土填实。为保证填实，有必要预留排气孔以防存有气泡。当灰浆灌满至排气孔及清理口时可能需要将排气孔或清理口填堵。排气孔也能起显示器的作用，以显示灰浆是否已填满空腔或其他预留洞口。
- 灰浆或混凝土应充分捣实（必要时应采用振捣器），以避免灌浆中出现蜂窝或其他孔洞。
- 核查灌注混凝土或灰浆的数量，从另一方面确保灰浆充分填实。
- 灰浆或混凝土不得漏到要求整洁的工作面上。
- 对狭窄的孔洞灌浆时，需要有小型的提升设备。

钢筋的位置、间距、搭接、截断，以及抗剪切钢筋的设置等均与钢筋混凝土设计相似，在第3章内将有更详尽的论述。

1.12 施加预应力的方法

像预应力混凝土一样，有两种施加预应力的方法，即先张法和后张法。在先张法中，先张拉钢丝或钢绞线，然后围绕钢丝或钢绞线砌筑砌体。这是在工厂生产诸如预应力砌体梁、檩的主要方式。

大部分预应力砌体普遍采用后张法，即在砂浆铺砌好并达到设计强度后再张拉钢筋或钢绞线。

在先张法中，将高强钢丝的一端连接于固定的锚具上，另一端连接于可移动的锚夹具上（见图1-7a），用千斤顶张拉夹具以张拉钢丝或钢绞线。对于梁、檩、过梁等，砌体是围绕张拉的钢丝砌筑的，当砌体达到设计强度（即灌注砂浆和混凝土所要求的强度）后，松开张拉夹具在两块材相邻端缝处切断钢丝（见图1-7b）。

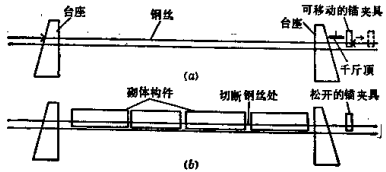


图 1-7 先张法预应力砌体

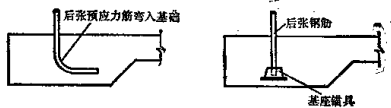


图 1-8 后张法预应力墙基础的锚固

后张法主要用于墙体，在这种工艺中，采用钢筋预应力比用钢丝或钢绞线更为普遍，因为在现场施工要使较易损坏的钢丝或钢绞线保持于正确设计位置上是困难的。高强钢筋的下端可以弯入基础或楼板，也可将其下端车上螺纹拧入基底钢锚板内（见图1-8）。

随后，围绕钢筋将砌体砌至设计高度，将钢筋穿过锚板并把锚板置于砌体上。钢筋上端车有螺纹以备拧紧螺母。钢筋用扭矩扳手（低度预应力时）或用液压千斤顶张拉（高度预应力时）。达到要求的张拉力值后，拧紧螺母，卸除扭矩扳手或千斤顶。上述问题将在第3章中进一步论述。

1.13 基本设计理论

设计理论与钢筋混凝土和预应力混凝土设计理论相似。这将在第3章和第6章中详细叙述；在此只作概要介绍。

像钢筋混凝土设计中对待混凝土的强度一样，砌体的抗拉强度低，故也不予考虑；设计中是利用配筋来承受砌体内的拉应力，或者利用施加预应力来抵销其中的拉应力。

采用的极限状态设计方法是，确保达到承载能力极限状态（倒塌，倾覆，或弯折）之前提供一个充分合理的安全储备，同时要考虑如挠曲和裂缝等正常使用的极限状态。

在配筋砌体的接缝处可能会出现微裂缝，这样的裂缝应予限制；使其不致影响建筑物的耐久性，使用功能或外观。

设计者还应考虑偶然破坏的后果。

第2章 基本设计数据

2.1 极限状态设计

大家熟悉的极限状态设计思想的原则可适用于包括普通砌体、钢筋混凝土等大多数的结构材料，也适用于配筋和预应力砌体。但用于普通砌体设计时，应作一些必要的修改和补充，现就这些需修改补充之处进行探讨。

2.1.1 承载能力极限状态

承载能力极限状态设计思想的基本原则是：在最不利的设计荷载作用下，组成一个结构构件的各种材料的不同的设计强度，均应大于或起码等于其相应的设计荷载。这就是所谓承载能力极限状态。

一个构件的设计强度是其材料标准强度（比方说 f_k ）除以材料有关的各分项安全系数 γ_m 的函数。

所承受的设计荷载是指标准荷载（比方说 F_k ）乘以荷载有关的各分项安全系数 γ_l 的函数。

这样，承载能力极限状态设计的目标可表示为：

$$f(f_k/\gamma_m) \geq f(F_k\gamma_l)$$

这里的 f 为包含括号中各符合代表的数学函数。

一个结构的总体强度，必须使结构的设计强度不仅足以抵抗设计荷载，且足以保证结构不发生屈曲、不倾覆、不至由偶然荷载造成过度损坏，并能保证在施工期间或竣工后不发生失稳。

2.1.2 正常使用极限状态

结构必须保持适于使用的状态，即：结构绝不能产生过大的挠度或裂缝，在必要情况下必须有足够的抗疲劳强度，并具有一定的耐火效能。这就是所谓的正常使用极限状态。设计中通常是对截面进行承载能力极限的分析，然后校核其正常使用极限。

2.2 正常使用极限状态：挠度和裂缝

2.2.1 挠度

结构或其任何部分的挠度，不应损害结构的效能或其饰面。要彻底避免受力结构产生挠度实际上是不可能的，但挠度不应过大。建议的挠度极限如下：

- 对于任何构件（除悬臂梁外）：跨度/250
- 对于悬臂梁：跨度/125