

砌体结构设计手册

(按GBJ 3—88新编 第二版)

建筑结构设计手册丛书编委会

《砌体结构设计手册》编写组

中国建筑工业出版社

砌体结构设计手册

(按GBJ 3—88新编 第二版)

建筑结构设计手册丛书编委会

《砌体结构设计手册》编写组

中国建筑工业出版社

目 录

第一章 材料、砌体的计算指标及砌体结构的可靠度	1	第六章 过梁、墙梁、挑梁及筒拱	75
第一节 材料的分类和强度等级	1	第一节 过梁	75
第二节 砌体结构的可靠度	2	第二节 墙梁	79
第三节 砌体的强度及其设计值	4	第三节 挑梁	110
第四节 砌体的弹性模量、剪变模量、线胀系数、摩擦系数和其它指标	12	第四节 筒拱	116
第五节 混凝土、钢筋的强度和弹性模量	13	第七章 砌块房屋	128
第二章 房屋的静力计算	16	第一节 砌块的分类和规格	128
第一节 静力计算方案的分类及选用	16	第二节 砌块的技术要求及强度	131
第二节 刚性方案房屋的计算	17	第三节 砌块砌体的强度及计算	132
第三节 弹性方案房屋的计算	20	第四节 砌块房屋的构造	133
第四节 刚弹性方案房屋的计算	21	第五节 砌块墙体的裂缝和防治措施	134
第五节 上柔下刚和上刚下柔房屋的计算	24	第八章 石结构房屋及空斗墙房屋	137
第六节 刚性和刚弹性方案房屋的横墙	25	第一节 石材的分类和强度等级	137
第七节 墙、柱的计算高度和计算截面	26	第二节 石结构分类及应用	138
第八节 例题	28	第三节 石砌体	139
第三章 砌体结构的构造措施	36	第四节 石构件	141
第一节 墙、柱的高厚比	36	第五节 重力式毛石挡土墙	143
第二节 一般构造要求	41	第六节 例题	148
第三节 防止墙体开裂的主要措施	43	第七节 空斗墙	155
第四节 圈梁的设置和构造	45	第九章 砌体房屋的抗震设计	159
第四章 无筋砌体构件的承载力计算	48	第一节 多层砌体房屋	159
第一节 受压构件	48	第二节 底层框架和多层内框架砖房	168
第二节 轴心受拉、受弯及受剪构件	53	第三节 单层砖柱厂房	172
第三节 局部受压	56	第四节 单层空旷房屋	180
第四节 梁垫	60	第十章 房屋计算实例(无抗震设防)	188
第五章 配筋砖砌体构件的承载力计算	64	第一节 多层办公楼房屋	188
第一节 网状配筋砖砌体构件	64	第二节 多层住宅房屋	193
第二节 组合砖砌体构件	67	第三节 单跨无吊车房屋	198
		第四节 单跨有吊车房屋	202
		第五节 上柔下刚方案多层房屋	212
		第六节 单跨有吊车组合砖砌体房屋	214
		第十一章 房屋计算实例(抗震设防)	223

第一节	多层砌体房屋	223		
第二节	底层框架和多层内框架砖房	233		
第三节	单层砖柱厂房	241		
第四节	单层空旷房屋	245		
第十二章	计算图表	251		
12-1	常用结构自重表	251		
12-2	常用截面力学特征表	253		
12-3	砖砌体常用截面特征表	255		
12-4	轴向力影响系数 φ 表	302		
12-5	轴向力影响系数 φ_0 表	313		
12-6	每米长砖墙轴心受压承载力[N] 表	317		
12-7	每米长一砖厚空斗墙轴心受压 承载力[N]表	318		
12-8	矩形截面砖柱受压承载力[N] 表	319		
12-9	T型截面(带壁柱)砖墙受压 承载力[N]表	326		
12-10	矩形截面砖柱的面积和自重 表	374		
12-11	矩形截面墙、柱极限高度[H_0] 表	374		
12-12	山墙抗风柱截面选用表	376		
12-13	网状配筋砖砌体强度计算及 配筋率表	377		
12-14	组合砖砌体构件的稳定系数 φ_{com} 表	385		
12-15	单跨排架静力计算表	386		
12-16-1	单跨无吊车房屋砖壁柱选 用表(无抗震设防)	388		
12-16-2	单跨无吊车房屋组合砖壁 柱选用表(抗震设防)	427		
12-17-1	单跨有吊车房屋砖壁柱选 用表(无抗震设防)	461		
12-17-2	单跨有吊车房屋组合砖壁柱 选用表(抗震设防)	495		
12-18	砖砌平拱允许均布荷载表	522		
12-19	钢筋砖过梁允许均布荷载表	522		
12-20	钢筋混凝土过梁选用表	523		
12-21	钢筋混凝土基础梁选用表	525		
12-22	承重墙梁选用表	529		
12-22-1	不开洞简支墙梁选用表	531		
12-22-2	开洞简支墙梁选用表	539		
12-22-3A	不开洞框支墙梁选用表 (一)	547		
12-22-3B	不开洞框支墙梁选用表 (二)	548		
12-22-4A	开洞框支墙梁选用表(一)	549		
12-22-4B	开洞框支墙梁选用表(二)	551		
12-23	钢筋混凝土挑梁选用表	552		
12-24	钢筋混凝土雨篷选用表	554		
12-25	钢筋混凝土预制刚性垫块选用 表	559		
12-26	常用重力式毛石挡土墙选用表	564		
附录一	砌体房屋的事故分析和质 量评定	577		
附录二	砌体结构房屋强度的检测技 术	587		

第一章 材料、砌体的计算指标 及砌体结构的可靠度

第一节 材料的分类和强度等级

砌体结构是用块体和砂浆砌筑而成的结构。原规范称为砖石结构，建国前称为圬工结构，英语中称为Masonry。

一、块 体

《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)包括的块体有:

1. 砖 在规范中，砖包括：烧结普通砖（粘土砖和硅酸盐砖）、非烧结硅酸盐砖和承重粘土空心砖。由它们组成的砌体称砖砌体。

2. 砌块 高度在180mm~350mm的块体称为小型砌块。高度在360mm~900mm的块体称为中型砌块。目前国内的小型砌块多为高度190mm的混凝土空心砌块（有关材料参数也是根据对这种砌块的试验而列出的）。中型砌块则有混凝土空心砌块和粉煤灰实心砌块两种。

3. 石材 石材根据其形状和加工程度分为毛石和料石（六面体）两大类。料石又分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。

二、砂 浆

砂浆的种类有:

水泥砂浆（水泥和砂）、混合砂浆（水泥、石灰和砂）和石灰砂浆（石灰和砂）。为了节约石灰同时又使砂浆便于砌筑，近年来还有一种掺有塑化剂的水泥砂浆。塑化剂的主要成分是微沫剂（皂化松香等）。国外尚有在砂浆中掺入聚合物（如聚氯乙烯乳胶）的砂浆，可使砂浆强度成倍提高。

各种块体和砂浆应有其相应的标准，说明其技术要求和验收方法等。目前我国仅有部分块体的标准，砂浆的标准按《建筑砂浆基本性能试验方法》(JGJ70-90)。

三、其 它 材 料

在配筋砌体结构中尚需采用混凝土和钢筋。由于砌体结构强度较低，所以混凝土和钢筋的强度不宜过高，一般为:

混凝土采用C15、C20。

钢材采用I级、II级钢筋和冷拔低碳钢丝等。

四、强度等级

各种块体和砂浆主要按其强度分类，过去采用标号，现采用强度等级，两者的含意相似。为更清楚起见，块体强度等级用符号MU (Masonry Unit)，砂浆强度等级用符号M (Mortar) 表示。块体和砂浆的强度等级有：

砖： MU30(300)、MU25(250)、MU20(200)、MU15(150)、MU10(100)、MU7.5(75)①。

砌块： MU15、MU10、MU7.5、MU5、MU3.5。

石材： MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15、MU10。

砂浆： M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1、M0.4。

应注意砖已取消MU5一级（即过去标号为50的砖）。砌块的强度等级是用实际砌块的强度确定的，而原《砖石结构设计规范》是采用立方体强度确定的。石材的强度等级的确定是采用70mm×70mm×70mm立方体为标准试件，而原规范是采用200mm×200mm×200mm立方体为标准试件。

第二节 砌体结构的可靠度

一、结构的可靠度和功能

砌体结构设计采用《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)规定的以概率理论为基础的极限状态设计法。

结构可靠度：结构在规定时间内，在规定的条件下，完成预定功能的概率，称为结构可靠度。计算结构可靠度时采用的设计基准期为50年，即50年内可靠度不能降低。

建筑结构必须满足下列功能：

1. 能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用（荷载、温度等）。相应于这一功能的极限状态是承载能力极限状态。结构或构件出现下列状态之一时，即认为超过了承载能力极限状态：

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆等）；
- (2) 结构构件或连接因材料强度被超过而破坏；
- (3) 结构变为机动体系；
- (4) 结构或结构构件丧失稳定（如压屈等）。

对于砌体结构主要应满足承载能力极限状态，一般是考虑第(2)种情况；对于某些构件（如挑梁，挡土墙）还需考虑第(1)种情况。

2. 在正常使用时具有良好的工作性能。相应于这一情况的主要是正常使用极限状态。如出现变形过大、裂缝过大、振动过大等而影响正常使用，即超过了正常使用极限状态。砌体结构一般由构造要求来保证这一要求。对于偏心距超过极限偏心距时，才计算拉应力

① 括号内为工程制单位的值，以便与《烧结普通砖》(GB 5101—85)中仍采用的工程制单位对照。

以控制裂缝宽度不致过大。对于常用荷载建议不要使偏心距超过限值。

3. 在正常维护下具有足够的耐久性。砌体结构中由构造要求加以保证。
4. 在偶然事件发生时及发生后，仍能保持结构的整体稳定性。目前我国标准除地震作用外还无相应的控制方法规定。英国对砌体结构列有此种情况的设计方法，并进行了试验。

二、结构的可靠指标

《建筑结构设计统一标准》规定采用的可靠指标 β 如表1-1

结构构件承载能力极限状态设计时采用的可靠指标 β 值 表 1-1

破坏类型	安 全 等 级		
	一 级	二 级	三 级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

一般砌体结构房屋为二级安全等级。考虑到砌体结构脆性破坏的特点，在砌体结构设计中采用 $\beta = 3.7 \pm 0.5$ 。与 β 相对应的是破坏概率 p_f ，相当于 $\beta = 3.7$ 的结构破坏概率 $p_f = 1.08 \times 10^{-4}$ ， $\beta = 3.2$ 的对应值 $p_f = 6.87 \times 10^{-4}$ 。

β 值可根据作用效应(S)和结构抗力(R)两个基本随机变量和结构的极限状态方程求得：

极限状态方程

$$Z = g(S, R) = R - S = 0$$

失效概率 $p_f = p(Z < 0)$

当 S 、 R 为正态分布时可得：

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$$

式中 μ_Z 、 μ_R 、 μ_S 和 σ_Z 、 σ_R 、 σ_S 分别为 Z 、 S 、 R 的平均值和标准差。

三、设计简化表达式

由于 R 和 S 变量的随机因素众多，变化复杂，目前还不宜采用直接计算可靠指标 β 的方法，而是采用分项系数表达的极限状态设计表达式，以代替直接的 β 计算。满足设计表达式的认为已满足可靠指标 β ，这一过程则由规范编制者所完成。砌体结构中一般采用荷载效应的基本组合进行设计，其表达式如下：

$$\gamma_0(\gamma_G C_G G_k + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} \psi_{ci} Q_{ik}) \leq R(\gamma_f, f_k, a_k, \dots)$$

γ_0 ——结构重要性系数，对一级、二级、三级安全等级，分别取1.1、1.0、0.9；

γ_G ——永久荷载分项系数，一般取1.2；

γ_{Q1} 、 γ_{Qi} ——可变荷载分项系数，一般取1.4；

ψ_{ci} ——可变荷载组合系数，当风荷载与其它可变荷载组合时，均可采用0.6；

γ_f ——材料性能分项系数，对砌体结构取1.5；

f_k ——砌体的抗压强度标准值；

a_k ——几何参数标准值。

以轴心受压短柱的二级建筑物（不考虑风荷载）为例，上式即为：

$$1.2N_{k,G} + 1.4N_{k,Q} \leq fA$$

$f = f_k / \gamma_f = f_k / 1.5$ ； A 为面积。

或 $N \leq fA$

N 为荷载设计值产生的轴力， $N = 1.2N_{k,G} + 1.4N_{k,Q}$ 。

γ_G 、 γ_Q 和 γ_f 是保证结构满足规定可靠指标 β 的关键。它的取值要尽量使得在各种荷载比值下（永久荷载和可变荷载）结构有比较一致的可靠度。国外规范常称 γ_G 、 γ_Q 为荷载分项安全系数；称 γ_f 为材料分项安全系数是有其充分理由的。

第三节 砌体的强度及其设计值

一、砌体的各种强度名称

砌体强度是衡量砌体结构承载能力高低的一个主要指标。由于规范的变更，强度名称及其涵义也不同，总的说来有以下几个强度名称：

（一）强度平均值（ f_m ）。

这是材料的基本强度，是各种强度中主要的值。它是母体强度的平均值：

$$f_m = \sum_{i=1}^n \frac{f_{mi}}{n}$$

式中 f_{mi} 为第 i 个子样试件的强度值， n 为子样总数。

（二）强度标准值（ f_k ）或称特征强度：

$$f_k = f_m - 1.645\sigma = f_m(1 - 1.645\delta_f)$$

式中 σ 和 δ_f 分别表示母体强度的标准差和变异系数。 f_k 的统计学意义是低于此 f_k 值的概率为0.05，或20个试件中只有1个可能低于此值。

（三）强度设计值（ f_d 或 f ）：

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_f} = \frac{f_k}{1.5} = 0.67f_k$$

f_k 、 f_d 和 f_m 的关系

表 1-2

f_k	抗 压	一般砌体 毛石砌体	0.72 f_m 0.6 f_m
	抗 拉 等	一般砌体 毛石砌体	0.67 f_m 0.57 f_m
f_d	抗 压	一般砌体 毛石砌体	0.48 f_m 0.4 f_m
	抗 拉 等	一般砌体 毛石砌体	0.45 f_m 0.38 f_m

这是规范采用的强度设计值，用于保证结构的可靠度。对于砌体结构，规范采用 $\gamma_r=1.5$ 。严格说来 γ_r 应与质量控制有关，国外标准 γ_r 值最高取用3.5。经计算新规范算得的 f_d 值相当于保证率为99.7%的情况，与苏联规范的计算强度相当。

规范中对一般砌体抗压强度，采用 $\delta_r=0.17$ ，毛石砌体 $\delta_r=0.24$ ；对一般砌体抗拉、弯、剪强度采用 $\delta_r=0.20$ ，毛石砌体 $\delta_r=0.26$ 。因此，强度标准值、强度设计值和强度平均值的的关系如表1-2所示。

二、砌体的抗压强度设计值

砌体的抗压强度设计值系根据抗压强度平均值、标准差和材料性能分项系数推算求得。

龄期为28天的按毛截面计算的各种砌体抗压强度设计值，根据块体和砂浆的强度等级分别应按下列规定采用：

1. 烧结普通砖、非烧结硅酸盐砖和承重粘土空心砖砌体的抗压强度设计值，应按表1-3采用。

砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

表 1-3

砖强度等级	砂 浆 强 度 等 级							砂浆强度 0
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	
MU30(300)	4.16	3.45	3.10	2.74	2.39	2.17	1.58	1.22
MU25(250)	3.80	3.15	2.83	2.50	2.18	1.98	1.45	1.11
MU20(200)	3.40	2.82	2.53	2.24	1.95	1.77	1.29	1.00
MU15(150)	2.94	2.44	2.19	1.94	1.69	1.54	1.12	0.86
MU10(100)	2.40	1.99	1.79	1.58	1.38	1.26	0.91	0.70
MU7.5(75)	—	1.73	1.55	1.37	1.19	1.09	0.79	0.61

注：灰砂砖砌体的抗压强度设计值，应根据试验确定。

2. 一砖厚空斗砌体的抗压强度设计值，应按表1-4采用。

一砖厚空斗砌体的抗压强度设计值 (MPa)

表 1-4

砖强度等级	砂 浆 强 度 等 级				砂浆强度 0
	M5	M2.5	M1	M0.4	
MU20(200)	1.65	1.44	1.31	1.26	0.98
MU15(150)	1.24	1.08	0.98	0.94	0.73
MU10(100)	0.83	0.72	0.65	0.63	0.49
MU7.5(75)	0.62	0.54	0.49	0.47	0.37

注：一砖厚空斗砌体包括无眠空斗、一眠一斗、一眠二斗和一眠多斗数种。

3. 块体高度为180~350mm的混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值，应按表1-5采用。

4. 块体高度为360~900mm的混凝土中型空心砌块砌体和粉煤灰中型实心砌块砌体的抗压强度设计值，应按表1-6采用。

混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度设计值 (MPa)

表 1-5

砌块强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU15	4.29	3.85	3.41	2.97	2.02
MU10	2.98	2.67	2.37	2.06	1.40
MU7.5	2.30	2.06	1.83	1.59	1.08
MU5	—	1.43	1.27	1.10	0.75
MU3.5	—	—	0.92	0.80	0.54

- 注: 1. 对错孔砌筑的砌体, 应按表中数值乘以0.8。
 2. 对独立柱或厚度为双排砌块的砌体, 应按表中数值乘以0.7。
 3. 对T形截面砌体, 应按表中数值乘以0.85。
 4. 对用不低于砌块材料强度的混凝土灌实的砌体, 可按表中数值乘以系数 ϕ_1 , $\phi_1 = [0.8/(1-\delta)] \leq 1.5$, δ 为砌块空心率。

中型砌块砌体的抗压强度设计值 (MPa)

表 1-6

砌块强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU15	4.89	4.77	4.57	3.98	3.38
MU10	3.26	3.18	3.04	2.65	2.26
MU7.5	2.44	2.39	2.28	1.99	1.69
MU5	—	1.59	1.52	1.32	1.13
MU3.5	—	—	1.06	0.93	0.79

- 注: 1. 对错孔砌筑的单排方孔空心砌块砌体, 当空心率 $\delta > 0.4$ 时, 应按表中数值乘以系数 ϕ_2 , $\phi_2 = 1 - 1.25 \times (\delta - 0.4)$ 。
 2. 对用不低于砌块材料强度的混凝土灌实的砌体, 可按表中数值乘以系数 ϕ_1 , ϕ_1 应按表2.2.1-3注④采用。

5. 块体高度为180~350mm的毛料石砌体的抗压强度设计值, 应按表1-7采用。

毛料石砌体的抗压强度设计值 (MPa)

表 1-7

石材强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	M1	0
MU100	5.78	5.12	4.46	4.06	2.28
MU80	5.17	4.58	3.98	3.63	2.04
MU60	4.48	3.96	3.45	3.14	1.76
MU50	4.09	3.62	3.15	2.87	1.61
MU40	3.66	3.24	2.82	2.57	1.44
MU30	3.17	2.80	2.44	2.22	1.25
MU20	2.59	2.29	1.99	1.81	1.02
MU15	2.24	1.98	1.72	1.57	0.88
MU10	1.83	1.62	1.41	1.28	0.72

- 注: 对下列各类料石砌体, 应按表中数值分别乘以系数:
 细料石砌体 1.5;
 半细料石砌体 1.3;
 粗料石砌体 1.2;
 周边密缝石砌体 0.8。

6.毛石砌体的抗压强度设计值，应按表1-8采用。

毛石砌体的抗压强度设计值 (MPa)

表 1-8

石材强度等级	砂 浆 强 度 等 级					砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	0
MU100	1.35	1.20	1.04	0.61	0.45	0.36
MU80	1.21	1.07	0.93	0.54	0.40	0.32
MU60	1.05	0.93	0.81	0.47	0.35	0.28
MU50	0.96	0.85	0.74	0.43	0.32	0.25
MU40	0.86	0.76	0.66	0.38	0.29	0.22
MU30	0.74	0.66	0.57	0.33	0.25	0.19
MU20	0.60	0.54	0.47	0.27	0.20	0.16
MU15	0.52	0.46	0.40	0.24	0.18	0.14
MU10	0.43	0.38	0.33	0.19	0.14	0.11


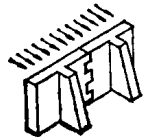
三、砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度设计值

砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度设计值根据其平均值、标准差和材料性能分项系数推算求得。


龄期为28天的以毛截面计算的各类砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度设计值，可按表1-9和表1-10采用。

沿砌体灰缝截面破坏时的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值 (MPa)

表 1-9

序号	强度类别	破坏特征及砌体种类	砂 浆 强 度 等 级						
			M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	
1	轴心抗拉	 沿齿缝	粘土砖、空心砖	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.04
			混凝土小型空心砌块	0.10	0.08	0.07	0.05	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.08	0.06	0.05	0.04	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.05	0.04	0.03	0.02	—	—
			毛石	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02
2	弯曲抗拉	 沿齿缝	粘土砖、空心砖	0.36	0.31	0.25	0.18	0.11	0.07
			混凝土小型空心砌块	0.12	0.10	0.08	0.06	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.09	0.08	0.06	0.04	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.06	0.05	0.04	0.03	—	—
			毛石	0.14	0.12	0.10	0.08	0.04	0.03

续表

序号	强度类别	破坏特征及砌体种类	砂浆强度等级						
			M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	
2	弯曲抗拉	 沿通缝	粘土砖、空心砖	0.18	0.15	0.12	0.09	0.06	0.04
			混凝土小型空心砌块	0.08	0.07	0.06	0.04	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.06	0.05	0.04	0.03	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.04	0.03	0.03	0.02	—	—
			毛石	0.22	0.20	0.16	0.11	0.07	0.04
3	抗剪	粘土砖、空心砖	0.18	0.15	0.12	0.09	0.06	0.04	
		混凝土小型空心砌块	0.10	0.08	0.07	0.05	—	—	
		混凝土中型空心砌块	0.08	0.06	0.05	0.04	—	—	
		粉煤灰中型实心砌块	0.05	0.04	0.03	0.02	—	—	
		毛石	0.22	0.20	0.16	0.11	0.07	0.04	

注：1. 硅酸盐砖(包括烧结与非烧结)砌体的 f_t 、 f_{tm} 和 f_v 值，应根据试验确定。

2. 对于用形状规则的块体砌筑的砌体，当搭接长度与块体高度的比值小于1时，其 f_t 和 f_{tm} 应按表中数值乘以比值后采用。

沿块体截面破坏时的烧结普通砖砌体的轴心抗拉强度
设计值和弯曲抗拉强度设计值 (MPa)

表 1-10

序号	强度类别	砖强度等级					
		MU30 (300)	MU25 (250)	MU20 (200)	MU15 (150)	MU10 (100)	MU7.5 (75)
1	轴心抗拉	0.29	0.28	0.26	0.23	0.20	0.18
2	弯曲抗拉	0.44	0.42	0.38	0.35	0.31	0.28

四、影响砌体强度设计值的调整系数 γ_a 和其它因素

1. 调整系数 γ_a

影响砌体强度设计值的因素很多，有些在设计中必须反映，将砌体强度设计值乘以调整系数 γ_a ，见表1-11。

调整系数 γ_a

表 1-11

使用情况	γ_a	
有吊车房屋和梁跨 $l_0 \geq 9m$ 的房屋 构件截面面积 $A < 0.3m^2$	0.9 $0.7 + A$	
用水泥砂浆砌筑的各类砌体	抗压强度	0.85
	一般砌体的抗拉、弯、剪强度	0.75
	对粉煤灰中型实心砌块砌体	0.5
验算施工中房屋的构件	1.10	

(1) 有吊车房屋和梁跨 $l_0 \geq 9\text{m}$ 的多层房屋, $\gamma_a = 0.9$, 即将其强度设计值乘以 γ_a 予以降低。这是考虑到这两类房屋对砌体结构的不利因素, 而增加其可靠度的措施。

(2) 构件截面积 $A < 0.3\text{m}^2$ 时, $\gamma_a = 0.7 + A$ (A 以 m^2 计), 这是考虑到小截面构件, 由于个别块体强度的变异可能显著影响到全部截面的强度。对于局部受压, 则只根据计算面积 A_0 确定 γ_a , 而不是以局部面积 A 确定 γ_a 。

(3) 各类砌体, 当用水泥砂浆砌筑时, 对抗压强度设计值取 $\gamma_a = 0.85$; 对抗拉、弯、剪强度设计值取 $\gamma_a = 0.75$, 对粉煤灰中型实心砌块砌体取 $\gamma_a = 0.5$ 。但对表1-10则取 $\gamma_a = 1$ 。试验表明, 水泥砂浆由于其塑性较差, 砂浆中应力分布均匀性差, 砂浆强度相同时的水泥砂浆的砌体强度较混合砂浆的砌体强度略低。因此需乘以调整系数 γ_a 。

(4) 对于冬期施工采用掺盐砂浆法施工的砌体, 砂浆强度等级按常温施工的强度等级提高一级时, 砌体强度和稳定性可不予验算。这实际上说明冬季施工采用掺盐砂浆法施工的砌体, 其砌体强度值已降低, 一般说来相当于降低砂浆等级一级, 即M5砂浆成为M2.5。

2. 其它因素

(1) 块体强度和砂浆强度是影响砌体强度的主要因素, 这一点在强度设计值中已经反映出。但应指出, 对抗压强度而言, 块体强度起着比较显著作用; 当砂浆强度大于块体强度后, 对砌体强度的提高作用极少。对抗拉、弯、剪强度, 则砂浆强度起着主要作用。

(2) 施工条件对砌体强度有重要影响。但这些都反映在施工验收标准中。即设计规范中的砌体强度是在符合施工验收标准前提下的强度。在国外规范中, 砌体构件的分项系数 γ_R 随质量控制的情况而变, $\gamma_R = 2 \sim 3.5$ 。下面是影响强度的几个重要因素:

a. 砌体的水平灰缝饱满度。施工规范要求达到80%。试验表明, 达到74%时刚好满足设计规范的规定值, 因此施工规范的要求是合适的。

b. 水平灰缝厚度。试验表明, 8~12mm厚度的灰缝满足强度要求, 灰缝愈厚砌体强度愈低。

c. 砖的含水率。对粘土砖, 最佳含水率宜在10~15%。干砖和含水饱和都不合适。施工规范要求浇水润砖是合理的, 一般能满足此要求。

d. 砌体的砌合方法。目前通常采用一顺一丁、梅花丁和三顺一顶法, 可保证砌体强度。但包心砌法(独立柱)和竖直通缝很长、使墙内外分片的砌法, 整体性差, 强度低, 后果严重。

轴心抗压强度平均值 f_m (MPa)

表 1-12

序号	砌体种类	$f_m = K_1 f_1^{\alpha} (1 + 0.07 f_2) k_2$		
		k_1	α	k_2
1	粘土砖、空心砖、非烧结硅酸盐砖	0.78	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$
2	1砖厚空斗	0.13	1.0	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
3	混凝土小型空心砌块	0.46	0.9	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
4	中型砌块	0.47	1.0	当 $f_2 > 5$ 时, $k_2 = 1.15 - 0.03 f_2$
5	毛料石	0.79	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$
6	毛石	0.22	0.5	当 $f_2 < 2.5$ 时, $k_2 = 0.4 + 0.24 f_2$

注: 1. k_2 在表列条件以外时均等于1。

2. 式中 f_1 为块体(砖、石、砌块)抗压强度平均值; f_2 为砂浆抗压强度平均值, 单位均以MPa计。

五、砌体的强度平均值和标准值

为了核对建筑物实际砌体的强度常进行试验，此时所得到的试验值需与砌体强度的平均值或标准值比较。或者，进行砂浆强度试验，当试验值与砂浆等级不符时需要求得砌体强度。这些都要求知道砌体的强度平均值和标准值。

砌体强度的平均值是根据试验按统计理论方法求出的公式进行计算的。其公式见表1-12~1-14，其值见表1-15~1-22

轴心抗拉强度平均值 $f_{t,m}$ 弯曲抗拉强度平均值 $f_{tm,m}$
和抗剪强度平均值 $f_{v,m}$ (MPa)

表 1-13

序 号	砌 体 种 类	$f_{t,m} = k_3 \sqrt{f_3}$	$f_{tm,m} = k_4 \sqrt{f_2}$		$f_{v,m} = k_5 \sqrt{f_3}$
		k_3	k_4		k_5
			沿 齿 缝	沿 通 缝	
1	粘土砖、空心砖	0.141	0.250	0.125	0.125
2	混凝土小型空心砌块	0.069	0.081	0.056	0.069
3	混凝土中型空心砌块	0.053	0.063	0.044	0.053
4	粉煤灰中型实心砌块	0.034	0.041	0.028	0.034
5	毛 石	0.075	0.113	—	0.188

沿块体截面破坏时的烧结普通砖砌体轴心抗拉强度平均值 $f_{t,m}$
和弯曲抗拉强度平均值 $f_{tm,m}$ (MPa)

表 1-14

序 号	强 度 类 别	计 算 公 式
1	轴 心 抗 拉	$f_{t,m} = 0.212 \sqrt[3]{f_1}$
2	弯 曲 抗 拉	$f_{tm,m} = 0.318 \sqrt[3]{f_1}$

砖砌体的抗压强度标准值 (MPa)

表 1-15

砖强度等级	砂 浆 强 度 等 级							砂浆强度 0
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	
MU30(300)	6.25	5.18	4.65	4.11	3.58	3.26	2.38	1.83
MU25(250)	5.70	4.73	4.24	3.76	3.27	2.98	2.17	1.67
MU20(200)	5.10	4.23	3.79	3.36	2.92	2.66	1.94	1.49
MU15(150)	4.42	3.66	3.29	2.91	2.53	2.31	1.68	1.29
MU10(100)	3.61	2.99	2.68	2.38	2.07	1.88	1.37	1.06
MU7.5(75)	—	2.59	2.32	2.06	1.79	1.63	1.19	0.91

一砖厚空斗砌体的抗压强度标准值 (MPa)

表 1-16

砖强度等级	砂 浆 强 度 等 级				砂浆强度 0
	M5	M2.5	M1	M0.4	
MU20(200)	2.48	2.16	1.96	1.89	1.47
MU15(150)	1.86	1.62	1.47	1.42	1.10
MU10(100)	1.24	1.08	0.98	0.94	0.73
MU7.5(75)	0.93	0.81	0.74	0.71	0.55

混凝土小型空心砌块砌体的抗压强度标准值 (MPa)

表 1-17

砌块强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU15	6.44	5.78	5.12	4.45	3.03
MU10	4.47	4.01	3.55	3.09	2.10
MU7.5	3.45	3.10	2.74	2.39	1.62
MU5	—	2.15	1.90	1.66	1.13
MU3.5	—	—	1.33	1.20	0.82

中型砌块砌体的抗压强度标准值 (MPa)

表 1-18

砌块强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M10	M7.5	M5	M2.5	0
MU15	7.33	7.16	6.85	5.96	5.08
MU10	4.89	4.77	4.57	3.98	3.38
MU7.5	3.67	3.58	3.43	2.98	2.54
MU5	—	2.39	2.28	1.99	1.69
MU3.5	—	—	1.60	1.39	1.18

毛料石砌体的抗压强度标准值 (MPa)

表 1-19

料石强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	M1	0
MU100	8.67	7.68	6.68	6.09	3.41
MU80	7.76	6.87	5.98	5.44	3.05
MU60	6.72	5.95	5.18	4.71	2.64
MU50	6.13	5.43	4.72	4.30	2.41
MU40	5.49	4.86	4.23	3.85	2.16
MU30	4.75	4.20	3.66	3.33	1.87
MU20	3.88	3.43	2.99	2.72	1.53
MU15	3.36	2.97	2.59	2.36	1.32
MU10	2.74	2.43	2.11	1.92	1.08

毛石砌体的抗压强度标准值 (MPa)

表 1-20

毛石强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4	0
MU100	2.03	1.80	1.56	0.91	0.68	0.53
MU80	1.82	1.61	1.40	0.82	0.61	0.48
MU60	1.57	1.39	1.21	0.71	0.53	0.41
MU50	1.44	1.27	1.11	0.64	0.48	0.38
MU40	1.28	1.14	0.99	0.58	0.43	0.34
MU30	1.11	0.98	0.86	0.50	0.37	0.29
MU20	0.91	0.80	0.70	0.41	0.30	0.24
MU15	0.79	0.70	0.61	0.35	0.26	0.21
MU10	0.64	0.57	0.49	0.29	0.21	0.17

沿砌体灰缝截面破坏时的轴心抗拉强度标准值、弯曲抗拉
强度标准值和抗剪强度标准值 (MPa)

表 1-21

序号	强度类别	破坏特征	砌体种类	砂浆强度等级					
				M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4
1	轴心抗拉	沿齿缝	粘土砖、空心砖	0.30	0.26	0.21	0.15	0.10	0.06
			混凝土小型空心砌块	0.15	0.13	0.10	0.07	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.11	0.10	0.08	0.06	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.07	0.06	0.05	0.04	—	—
			毛石	0.14	0.12	0.10	0.07	0.04	0.03
2	弯曲抗拉	沿齿缝	粘土砖、空心砖	0.53	0.46	0.38	0.27	0.17	0.11
			混凝土小型空心砌块	0.17	0.15	0.12	0.09	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.13	0.12	0.10	0.07	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.09	0.08	0.06	0.04	—	—
			毛石	0.20	0.18	0.14	0.10	0.06	0.04
		沿通缝	粘土砖、空心砖	0.27	0.23	0.19	0.13	0.08	0.05
			混凝土小型空心砌块	0.12	0.10	0.08	0.06	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.09	0.08	0.07	0.05	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.06	0.05	0.04	0.03	—	—
3	抗剪		粘土砖、空心砖	0.27	0.23	0.19	0.13	0.08	0.05
			混凝土小型空心砌块	0.15	0.13	0.10	0.07	—	—
			混凝土中型空心砌块	0.11	0.10	0.08	0.06	—	—
			粉煤灰中型实心砌块	0.07	0.06	0.05	0.04	—	—
			毛石	0.34	0.29	0.24	0.17	0.11	0.07

沿块体截面破坏时的烧结普通砖砌体的轴心抗拉强度
标准值和弯曲抗拉强度标准值 (MPa)

表 1-22

序号	强度类别	砖强度等级					
		MU30	MU25	MU20	MU15	MU10	MU7.5
1	轴心抗拉	0.44	0.42	0.38	0.35	0.31	0.28
2	弯曲抗拉	0.66	0.62	0.58	0.53	0.45	0.42

第四节 砌体的弹性模量、剪变模量、 线胀系数、摩擦系数和其它指标

砌体的弹性模量 E 、线胀系数 α_T 、摩擦系数 μ 可按表1-23~1-25采用。砌体的剪变模量可近似取 $G = 0.4E$ 。

表中的弹性模量 E 为砌体应力达 $0.43f_m$ 时的值。当应力较小时, E 值增大。因此,当砌体弹性模量增大对结构起不利作用时。可将表1-23的值乘以1.5后采用。

国外标准中还载有砌体徐变和干缩变形的参考数据,见表1-26。

砌体的弹性模量 (MPa)

表 1-23

序 号	砌 体 种 类	砂 浆 强 度 等 级					
		M10	M7.5	M5	M2.5	M1	M0.4
1	粘土砖、空心砖、空斗砌体	1500 <i>f</i>	1500 <i>f</i>	1500 <i>f</i>	1300 <i>f</i>	1100 <i>f</i>	700 <i>f</i>
2	硅酸盐砖	1000 <i>f</i>	1000 <i>f</i>	1000 <i>f</i>	900 <i>f</i>	700 <i>f</i>	500 <i>f</i>
3	混凝土小型空心砌块	1600 <i>f</i>	1500 <i>f</i>	1400 <i>f</i>	1200 <i>f</i>	—	—
4	混凝土中型空心砌块	2300 <i>f</i>	2100 <i>f</i>	1900 <i>f</i>	1700 <i>f</i>	—	—
5	粉煤灰中型实心砌块	1100 <i>f</i>	1000 <i>f</i>	950 <i>f</i>	850 <i>f</i>	—	—
6	粗、毛料石、毛石	7300	5650	4000	2250	1250	850
7	细料石、半细料石	22×10^3	17×10^3	12×10^3	6750	3750	2550

砌体的线膨胀系数

表 1-24

序 号	砌 体 种 类	线 膨 胀 系 数
1	粘土砖、空心砖、空斗砌体	$5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
2	砌块和硅酸盐砖	$10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
3	料石和毛石	$8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

摩 擦 系 数

表 1-25

序 号	材 料 类 别	摩 擦 面 情 况	
		干 燥 的	潮 湿 的
1	砌体沿砌体或混凝土滑动	0.70	0.60
2	木材沿砌体滑动	0.60	0.50
3	钢沿砌体滑动	0.45	0.35
4	砌体沿砂或卵石滑动	0.60	0.50
5	砌体沿砂质粘土滑动	0.55	0.40
6	砌体沿粘土滑动	0.50	0.30

砌体的徐变系数和干缩应变

表 1-26

砌 体 的 块 体 种 类	ϕ_{∞}	$\epsilon_{sh\infty}$ (mm/m)
烧结粘土砖	0.7	-0.1~+0.2
硅酸盐砖	1.5	-0.2
加气混凝土砌块	1.5	-0.2
混 凝 土	1.5	-0.2
轻混凝土	2.0	-0.3

注: 1. ϕ_{∞} 为最终徐变系数, $\phi_{\infty} = \epsilon_{c\infty} / \epsilon_{e1}$, $\epsilon_{c\infty}$ 为最终徐变应变; ϵ_{e1} 为弹性应变, $\epsilon_{e1} = \sigma / E$;
2. $\epsilon_{sh\infty}$ 为湿胀或干缩的最终值, 负值指收缩, 正值指膨胀。

第五节 混凝土、钢筋的强度和弹性模量

砌体结构中采用的混凝土、钢筋的强度设计值和弹性模量的指标, 列于表1-27、1-28、1-29和1-30, 以供设计时参考。