



21世纪土木工程实用技术丛书



砌体结构设计

Qiti Jiegou Sheji

唐岱新 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪土木工程实用技术丛书

砌体结构设计

唐岱新 编著



机械工业出版社

为适应广大工程技术人员学习和应用砌体结构的基本理论和设计方法,加深对新规范的理解和应用,本书在编写中本着“阐明基本理论、规范的依据,侧重于工程设计应用”的思路,在主要章节中增加了较多的设计实例,通过这些例题进一步阐明了如何应用新规范,并且,本书还重点增加了有关砌体结构设计中一些重要构造的设计、验算实例,以期能对工程技术人员在实际工作中起到举一反三、触类旁通的效果。

本书适用于广大从事砌体工程设计、施工的技术人员和研究人员,同时,对于相应专业的高校师生也有很大的帮助和指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构设计/唐岱新编著. —北京:机械工业出版社, 2003.11

(21世纪土木工程实用技术丛书)

ISBN 7-111-13118-5

I. 砌... II. 唐... III. 砌体结构—结构设计
IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 085553 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:薛俊高 责任编辑:薛俊高

版式设计:张世琴 责任校对:樊钟英

封面设计:张 静 责任印制:施 红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版,第 1 次印刷

890mm × 1240mm A5 · 8.625 印张 · 252 千字

0 001—4 000 册

定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

《21 世纪土木工程实用技术丛书(一)》

编 委 会

主任委员

赵国藩 大连理工大学 中国工程院院士

编 委 (依姓氏笔画排序)

方鄂华 清华大学 教授

王永维 四川建筑科学研究院 教授

王清湘 大连理工大学 教授

冯乃谦 清华大学 教授

石永久 清华大学 教授

江见鲸 清华大学 教授

李 奇 机械工业出版社 副社长

李 珠 太原理工大学 教授

宋玉普 大连理工大学 教授

杜荣军 北京建筑科学技术研究院 高工

沈祖炎 同济大学 教授

金伟良 浙江大学土建学院 教授

顾安邦 重庆交通学院 教授

陶学康 中国建筑科学研究院 教授

唐岱新 哈尔滨工业大学 教授

聂建国 清华大学 教授

黄承逵 大连理工大学 教授

蒋树屏 重庆交通科研设计院 教授

蔡中民 太原理工大学 教授

前 言

砌体结构在我国的应用中量大面广，在国家“节土”、“节能”、“利废”基本政策要求下，又出现了一些新的墙体材料和新的结构形式，新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)集中反映了国内外最新科研成果，有力地推进了我国砌体结构理论研究和应用技术的进步，使我国的砌体结构迈入了现代砌体结构的发展新阶段。

为了适应广大工程技术人员学习和应用砌体结构基本理论和设计方法，并加深对新规范的理解和应用，本书在编写中本着“阐明基本理论、规范的依据，侧重于工程设计应用”的思路，在主要章节增加较多的例题，通过例题进一步阐明如何应用规范规定，并着力增加了有关砌体结构设计中一些重要构造的介绍。

新的砌体结构设计规范包括了砌体结构构件抗震设计与构造，其内容除了配筋砌块剪力墙结构、墙梁结构之外均与现行抗震规范一致，为减少篇幅仅将这两部分有一定特色的抗震设计内容安排在相关章节之中。

书中错误和不足之处恳请读者指正。

唐岱新

于哈尔滨工业大学

2003年8月

目 录

前言

第 1 章	概述	1
第 2 章	砌体材料及其力学性能	5
2.1	砌体材料种类和强度等级	5
2.2	砌体种类	15
2.3	砌体的抗压性能	17
2.4	砌体的抗拉、抗弯、抗剪性能	21
2.5	砌体的变形性能	24
第 3 章	砌体结构的强度计算指标	30
3.1	砌体结构的可靠度	30
3.2	砌体的抗压强度设计值	36
3.3	砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪强度设计值	39
3.4	灌孔砌块砌体的抗压强度和抗剪强度设计值	40
第 4 章	无筋砌体受压构件与受剪构件承载力计算	43
4.1	无筋砌体受压构件	43
4.2	无筋砌体双向偏压构件	48
4.3	无筋砌体受剪构件	53
4.4	受压、受剪构件承载力计算例题	58

第 5 章 砌体结构局部受压计算	65
5.1 砌体截面局部均匀受压	65
5.2 梁端砌体局部受压	68
5.3 垫块下砌体局部受压	72
5.4 墙体对梁端的约束	77
5.5 砌体结构局部受压计算例题	79
第 6 章 砌体房屋内力分析和墙、柱设计	87
6.1 砌体房屋的结构布置	87
6.2 砌体房屋的静力计算方案	90
6.3 刚性方案砌体房屋墙、柱设计计算	94
6.4 弹性、刚弹性方案结构内力分析	98
6.5 砌体房屋设计计算例题	106
第 7 章 砌体结构构造要求	114
7.1 墙、柱的允许高厚比	114
7.2 一般构造要求	117
7.3 砌体结构变形裂缝产生机理和形态	122
7.4 防止墙体裂缝的主要措施	127
7.5 墙、柱高厚比验算例题	134
第 8 章 配筋砌体构件的承载力计算	139
8.1 网状配筋砖砌体构件	139
8.2 组合砖砌体构件	144
8.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	150
8.4 配筋砌体构件计算例题	154
第 9 章 配筋砌块剪力墙结构	162
9.1 配筋砌块剪力墙结构的应用	162
9.2 配筋砌块剪力墙承载力计算	166

9.3	配筋砌块砌体剪力墙的构造	175
9.4	配筋砌块剪力墙结构抗震设计	179
9.5	配筋砌块砌体构件计算例题	191
9.6	配筋砌块高层房屋设计实例	196
第 10 章	砌体结构房屋其他结构构件设计	211
10.1	过梁	211
10.2	圈梁	214
10.3	墙梁	216
10.4	框支墙梁抗震设计	229
10.5	挑梁	233
10.6	过梁、墙梁、挑梁设计计算例题	238
参考文献		265

第 1 章 概 述

砌体结构是砖砌体、砌块砌体、石砌体建造的结构统称。这些砌体是将粘土砖、各种砌块或石材等块体用砂浆砌筑而成的。由于所用原材料绝大多数是地方材料，因此符合“因地制宜，就地取材”的原则。和钢筋混凝土结构相比，可以节约水泥和钢材，降低造价。砌体材料具有良好的耐火性，较好的化学稳定性和大气稳定性。在施工方面，砌体砌筑时不需要特殊的技术设备。此外，砖石砌体特别是砖砌体具有较好的隔热、隔声性能。

砌体结构的另一个特点是其抗压强度远大于抗拉、抗剪强度，即使砌体强度不是很高，也能具有较高的结构承载力，特别适合于以受压为主构件的应用。由于上述这些特点，砌体结构得到了广泛的应用，不但大量应用于一般工业与民用建筑，而且在高塔、烟囱、料仓、挡墙等构筑物以及桥梁、涵洞、墩台等也有广泛的应用。

砌体结构也存在许多缺点：与其他材料结构相比，砌体的强度较低，因而必须采用较大截面的墙、柱构件，体积大、自重大、材料用量多、运输量也随之增加；砂浆和块材之间的粘结力较弱，因此砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度较低，抗震性能差，使砌体结构的应用受到限制；砌体基本上采用手工方式砌筑，劳动量大，生产率较低。此外，在我国大量采用的粘土砖与农田争地的矛盾也十分突出，已经到了政府不得不加大禁用粘土砖力度的程度。

随着科学技术的进步，针对上述种种缺点已经采取各种措施加以克服和改善，例如应用非粘土材料的砖，各种型式的配筋砌体等，古老的砖石结构已经逐步走向现代砌体结构。

砌体结构是我国建筑工程中量大面广的最常用的结构形式，墙体结构中砖石砌体约占 95% 以上。据了解，目前我国实心粘土砖的年产量已达 6000 亿块，破坏土地资源数十万亩，十分惊人。砌体材料方面发展必然应考虑“节土”、“节能”、“利废”的基本国策。

为了“节土”、也减轻自重，近期以来各地生产应用了具有不同孔洞形状和不同孔洞率的粘土空心砖，竖向孔洞的空心砖用于承重，新的建材国家标准称为烧结多孔砖，水平孔的空心砖用于框架填充墙或非承重隔墙，新标准称为烧结空心砖。作为近期节土的重要措施，粘土空心砖在各地得到推广应用。采用异形空心砖配钢筋混凝土芯柱可提高砌体抗弯、抗剪能力，适应抗震需要，陕西西安已做了大量工作。此外，已生产出多孔模数砖 DM 型，对砌体改性，提高孔洞率，提高施工速度已经在哈尔滨节能小区得到应用。

其他非粘土原料制成的砖，例如烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等得到生产和应用，既能利用工业废料，又保护土地资源是砖瓦工业发展的方向。

以硅质材料和石灰为主要原料经蒸压而成的实心砖统称硅酸盐砖，例如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、炉渣砖、矿渣砖等，均属于“节土”、“利废”的产品，其中蒸压粉煤灰砖、蒸压灰砂砖的强度指标已列入新修订的砌体结构设计规范。

混凝土小型空心砌块已有百余年历史，20 世纪 60 ~ 70 年代在我国南方广大城乡逐步得到推广应用，取得了显著的社会经济效益。改革开放以来不仅在广大乡镇普及，而且在一些大中城市迅速推广，由乡镇推向城市；由南方推向北方；少层推向多层甚至到中高层；从单一功能发展到多功能，例如承重、保温、装饰相结合的砌块。

根据中国建筑砌块协会统计，我国混凝土小砌块年产量 1992 年为 600 万 m^3 ，1993 年达 2000 万 m^3 （折算砖约为 140 亿块），1998 年统计年产量已达 3500 万 m^3 ，各类砌块建筑的总面积达到 8000 万 m^2 。建筑砌块与砌块建筑不仅具有较好的技术经济效益，而且在节土、节能、利废等方面具有巨大的社会效益和环境效益。

按照有关方面的规划设想，21 世纪我国建筑砌块事业要进入成熟发展的阶段，要接近和赶上发达国家的发展水平，包括砌块的生产与建筑砌块的应用两个方面的发展水平，其中最根本的是要提高建筑砌块生产质量与应用技术水平。

混凝土小砌块是新型建材，事实证明它是替代粘土砖最有竞争力的墙体材料。1997 年在扬州召开的全国混凝土小砌块应用技术研讨

会之后,小砌块应用进入了新的发展阶段,国家建材局将它列为重点发展的产品,各方面的研究和应用加快了步伐。

目前,国外砌体结构和钢结构、钢筋混凝土结构都得到同样的发展,从材料、计算理论、设计方法到工程应用都有不少进展。粘土砖的强度高达 70N/mm^2 ,砂浆的强度等级采用 20N/mm^2 以上。为了得到高强度的砖砌体,还可以在砂浆中掺入聚化物(例如聚氯乙烯乳胶等),使砌体的抗压强度达 35N/mm^2 以上。用砌体结构承重修建十几层或更高的高层楼房已不是困难的事。事实上在一些国家已经建成,如美国、新西兰等国采用配筋砌体在地震区建造高层,达 13~20 层;美国丹佛市 17 层的“五月市场”公寓和 20 层的派克兰姆塔楼等,前者高度 50m,墙厚仅 280mm;瑞士用高强度空心砖(60MPa)在苏黎世建造 19 层塔式建筑,墙厚 380mm;美国加州帕萨迪纳市的希尔顿饭店为 13 层高强混凝土砌块结构,经受圣佛南多大地震完好无损。

我国在配筋砌体方面的研究和应用早已开始,只是在近期得到很大的进展。对于配筋砌体,特别是砌块配筋的中高层体系,经各地的试验研究和应用显示出具有广阔的发展前景。早在 1983 年和 1986 年广西南宁在国内首次建成了 10 层、11 层的小砌块试点房屋,辽宁本溪市用煤矸石砌块修建了几十万平方米的 10 层住宅楼。1997 年辽河油田建成了 15 层配筋砌块点式住宅楼,1998 年上海住宅总公司修建了 18 层配筋砌块剪力墙房屋,这两栋砌块高层的墙厚均为 190mm。

在砌体结构设计计算方面,前苏联 20 世纪 40 年代开始进行了较多的试验研究,提出了一些计算方法和设计规范。我国在新中国成立初期,结合建设实践和研究工作,1973 年制订出我国第一本《砖石结构设计规范》(GBJ3—1973),此后的十多年,高等学校、科研、设计、施工部门在有关部门组织下进行了大量有重点的科研试验,取得了大批数据和成果,为 1988 年颁布的《砌体结构设计规范》(GBJ3—1988)提供了可靠的依据。近十多年来,随着国民经济的迅速发展和科研、设计以及工程建设经验的积累,国家组织了新一轮结构设计规范修订工作。新修订的《砌体结构设计规范》(GB50003—2001)已经公布,本书就是结合新规范规定的内容进行编写的。

国际标准化协会砌体结构委员会 ISO/TC179 于 1981 年成立,下

设 SC1、SC2 和 SC3 三个分技术委员会，我国在 1981 年被推选为 SC2 的秘书国。我国负责主编的配筋砌体结构国际规范（ISO9652—3）已经完成，并于 2000 年通过各成员国审查。

国际规范的编制为我们提供了学习国外先进经验的机遇，同时也增强我国发展配筋砌体，走向现代砌体结构的推动力和责任感。

本书的编写是本着“阐明基本理论、规范的依据、侧重于工程设计应用”的思路，在主要章节增加较多的例题，通过例题进一步阐明如何应用规范规定，并着力增加有关砌体结构设计中一些重要构造的介绍。

新的砌体结构设计规范包括了砌体结构构件抗震设计与构造，其内容除了配筋砌块剪力墙结构、墙梁结构之外均与现行抗震规范一致，为减少篇幅仅将这两部分有一定特色的抗震设计内容安排在各相关章节之中。

第2章 砌体材料及其力学性能

2.1 砌体材料种类和强度等级

2.1.1 块体材料

砌体结构的块体材料一般分成天然石材和人工砖石两大类。人工砖石有经过焙烧的烧结普通砖、烧结多孔砖以及不经过焙烧的硅酸盐砖、混凝土小型空心砌块、轻骨料混凝土砌块等。《砌体结构设计规范》GB50003—2001（以下简称新规范）增加了蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖和轻骨料混凝土砌块，取消不常用的中型空心砌块、空斗墙砌体。但是，新规范并不包括所有各种块体，对于新规范未包括的或今后新出现的一些材料制成的块体，应在确保其材性指标并通过构件试验确定有关计算指标，满足使用功能和保证耐久性的情况下，可参考应用新规范的有关规定。

1. 烧结普通砖

用塑压粘土制坯，干燥后焙烧而成的实心 and 孔洞率不大于 15% 的砖称为烧结普通砖。其中实心粘土砖是主要品种，是目前应用最广泛的块体材料。其他非粘土原料制成的砖的生产和推广应用，既能利用工业废料，又可保护土地资源，是砖瓦工业发展的方向。例如，烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等。

烧结普通砖具有全国统一的规格，其尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 。具有这种尺寸的砖通称“标准砖”。

2. 非烧结硅酸盐砖

以硅质材料和石灰为主要原料压制成坯并经高压釜蒸汽养护而成的实心砖统称硅酸盐砖。新规范对这类材料仅将其中的蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖纳入规范，其规格尺寸与实心粘土砖相同。

蒸压灰砂砖是以石英砂和石灰为主要原料，也可加入着色剂或掺

合料，经坯料制备，压制成型，高压蒸汽养护而成的。这种砖不能用于温度长期超过 200℃、受急冷急热或有酸性介质侵蚀的部位。

蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰为主要原料，掺配一定比例的石灰、石膏或其他碱性激发剂，再加入一定量的炉渣或水淬矿渣作骨料，经加水搅拌、消化、轮碾、压制成型、高压蒸汽养护而成的砖。这种砖的抗冻性、长期强度稳定性以及防水性能等均不及粘土砖，可用于一般建筑。

尚应指出，制成标准砖尺寸的混凝土砖也属于硅酸盐砖。目前南方一些地方，如湖北、贵州等地常以此砖代替强度等级大于 MU7.5 的烧结普通砖。

3. 烧结多孔砖

为了减轻墙体自重，改善砖砌体的技术经济指标，近期以来我国部分地区生产应用了具有不同孔洞形状和不同孔洞率的粘土空心砖。这种砖自重较小，保温隔热性能有了进一步改善，砖的厚度较大，抗弯、抗剪能力较强，而且节省砂浆。应该指出，粘土砖生产与农田争地的矛盾日益尖锐，所以，作为近期节土的重要措施，大力推广应用粘土空心砖受到了各方面的重视。

粘土空心砖按其孔洞方向分为竖孔和水平孔两大类，前者用于承重——现在称为烧结多孔砖，按《烧结多孔砖》GB13544—2000 规定，其孔洞率不应小于 35%；后者用于框架填充墙或非承重隔墙——现在称为烧结空心砖。

烧结多孔砖的外形尺寸，按 GB13544—2000 规定长度 (L/mm) 可为 290、240、190，宽度 (B/mm) 240、190、180、175、140、115，高度 (H/mm) 90，不同组合而成。产品还可以有 1/2 长度或 1/2 宽度的配砖，配套使用。有的多孔砖可与烧结普通砖搭配使用。

图 2-1 为部分地区生产的多孔砖规格和孔洞型式。

4. 混凝土砌块

砌块是比标准砖尺寸大的块体，用之砌筑砌体可以减轻劳动量和加快施工进度。制作砌块的材料有许多品种：南方地区多用普通混凝土做成空心砌块以解决粘土砖与农田争地的矛盾；北方寒冷地区则多利用浮石、火山渣、陶粒等轻骨料做成轻骨料混凝土空心砌块，既能

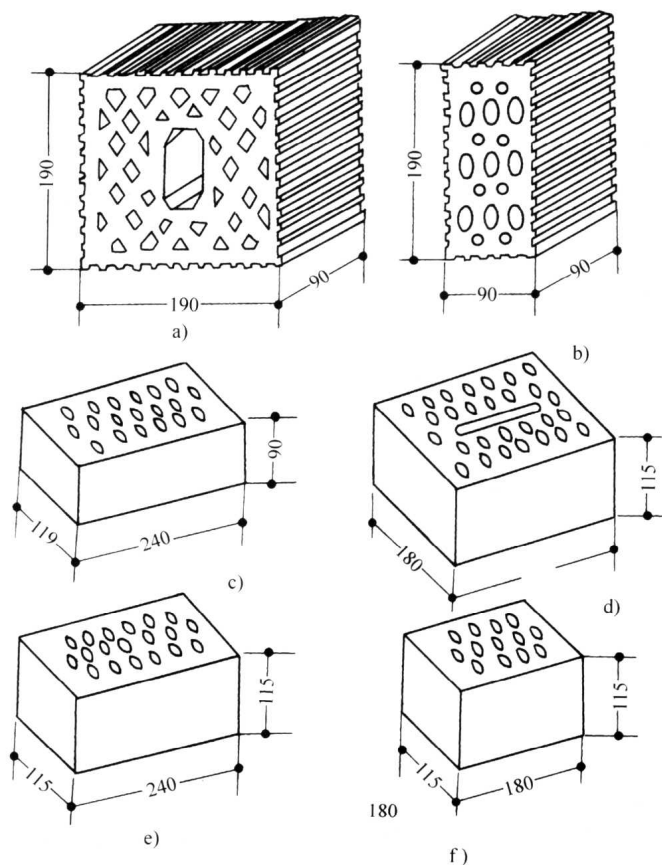


图 2-1 几种多孔砖的规格和孔洞形式

a) KM1 型 b) KM1 型配砖 c) KP1 型 d) KP2 型 e)、f) KP2 型配砖

保温又能承重，是比较理想的节能墙体材料；此外，利用工业废料加工生产的各种砌块，如粉煤灰砌块、煤矸石砌块、炉渣混凝土砌块、加气混凝土砌块等也因地制宜地得到了应用，它既能代替粘土砖，又能减少环境污染。

砌块按尺寸大小和重量分成用手工砌筑的小型砌块和采用机械施工的中型和大型砌块。高度为 180 ~ 350mm 的块体一般称为小型砌块；高度为 360 ~ 900mm 的块体一般称为中型砌块；大型砌块尺寸更

大，由于起重设备限制，中型和大型砌块已很少应用。

我国从 20 世纪 70 年代以来，南方各省已经用混凝土小型空心砌块修建了数十万平方米的房屋，获得了丰富的经验。小型砌块的主规格尺寸为 $390\text{mm} \times 190\text{mm} \times 190\text{mm}$ ，与目前国内外普遍采用的尺寸基本一致。配以必要的辅助规格砌块后，可同时适用于 $2M_0$ 和 $3M_0$ 的建筑模数制，使用十分灵活。图 2-2 为这种砌块的主要块型与孔型。壁厚及肋厚采用 $25 \sim 30\text{mm}$ ，孔洞率为 50% 左右。孔洞的型式可以是贯通的，为了铺浆方便也有采用半封底的。

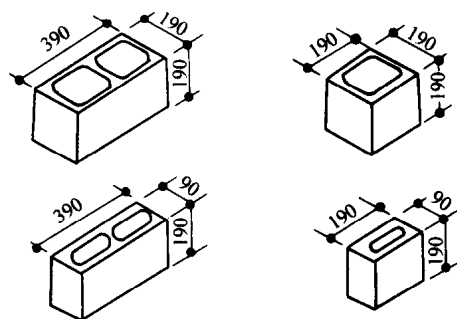


图 2-2 混凝土小型空心砌块块型

5. 天然石材

天然石材，当重力密度大于 18kN/m^3 的称为重石（花岗岩、砂岩、石灰石等），重力密度小于 18kN/m^3 的称为轻石（凝灰岩、贝壳灰岩等）。重石材由于强度大、抗冻性、抗水性、抗气性均较好，故通常用于建筑物的基础、挡土墙等，在石材产地也可用于砌筑承重墙体。

天然石材分为料石和毛石两种。料石按其加工后外形的规则程度又分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。毛石是指形状不规则，中部厚度不大于 200mm 的块石。

石砌体中的石材应选用无明显风化的天然石材。

2.1.2 砂浆的种类和特性

砌体是用砂浆将单块的块体砌筑成为整体的。砂浆在砌体中的作用是使块体与砂浆接触表面产生粘结力和摩擦力，从而把散放的块体材料凝结成整体以承受荷载，并因抹平块体表面使应力分布均匀。同

时,砂浆填满了块体间的缝隙,减少了砌体的透气性,从而提高砌体的隔热、防水和抗冻性能。

砂浆是由砂、无机胶结料(水泥、石灰、石膏、粘土等)按一定比例加水搅拌而成的。

1. 砂浆的种类

砂浆按其配合成分可分为以下几种:

(1) 水泥砂浆 不加塑性掺和料的纯水泥砂浆,由于能在潮湿环境中硬化,一般多用于含水量较大的地基土中的地下砌体。

(2) 混合砂浆 水泥石灰砂浆、水泥粘土砂浆强度较好,施工方便,常用于地上砌体。

(3) 非水泥砂浆 如石灰砂浆,强度不高,气硬性(即只能在空气中硬化),通常用于地上砌体;粘土砂浆,强度低,用于简易建筑;石膏砂浆,硬化快,一般用于不受潮湿的地上砌体中。

2. 砂浆的性能要求

砂浆除了强度要求外还应具有以下性能:

(1) 可塑性 为使砌筑时能将砂浆很容易且很均匀地铺开,从而提高砌体强度和砌筑效率,砂浆应具有适当的可塑性(流动性),其值可用标准锥体沉入砂浆的深度测定。例如对砖砌体为 70 ~ 100mm 方为合格。

(2) 保水性 砂浆的质量在很大程度上取决于其保水性,亦即在运输、砌筑过程中保持相等质量的能力。在砌筑过程中,砖将吸收一部分水分,这对于砂浆的强度和密实性是有利的,但如果砂浆保水性很小,新铺在砖面上的砂浆中水分很快被吸去,则使砂浆铺平困难,影响正常硬化作用,降低砂浆强度。砂浆的可塑性用标准锥体沉入砂浆的深度来测定,砂浆的保水性由分层度试验方法确定。

纯水泥砂浆的可塑性及保水性较差,其强度等级虽然符合要求,但砌筑质量较差,所以规范规定用这种砂浆砌筑的砌体强度应予折减。为使砂浆具有适当的可塑性和保水性,砂浆中除水泥外应另加入塑性掺合料,如粘土、石灰等组成水泥混合砂浆。但是,也不宜掺得过多,否则会增大灰缝中砂浆的横向变形,反而降低了砌体的强度。