

高等学校推荐教材

# 砌体结构

(第二版)

东南大学  
郑州工学院

编

中国建筑工程工业出版社



TU365  
1(2)

# 砌 体 构

(第二版)

东 南 大 学 编  
郑 州 工 学 院

中国建筑工业出版社

## 前 言

本教材最初曾名为《砖石结构》，自 1981 年出版以来，已重印多次，总计发行量近 30 万册。1987 年获得建设部优秀教材三等奖，这是对编者们的最大鼓励和鞭策。

众所周知，自 1973 年《砖石结构设计规范》(GBJ 3-73) 颁布以来，在我国又不断进行了很多有关的科学研究和设计改革，取得了丰硕成果，因此，必须对 73 年的规范进行修订。修订稿经过几次讨论、修改和审查，1988 年经建设部批准为《砌体结构设计规范》(GBJ 3-88) 已由中国建筑工业出版社出版，并于 1989 年 9 月 1 日起施行。

1986 年新规范审查稿提出后，我们即着手修改原砖石结构教材，于 1987 年秋打印成讲义试用。由于新规范中正式给出了有关砌块结构的设计规定，因此该规范改名为《砌体结构设计规范》。砖石结构教材亦因之相应改名为《砌体结构》。本教材第一版是根据砌体结构设计规范 GBJ 3-88 (抗震部分则根据 1989 年的《建筑抗震设计规范》) 并参考其试用经验，将上述讲义重新修改，作为高等学校砌体结构试用教材交由中国建筑工业出版社于 1990 年出版的。当时在编写中保留了原砖石结构教材的优点，如注意基本理论的阐述和试验分析数据的验证等；对不足之处，如很少介绍国外情况、设计用图表不多等，则作了一些改进。及至 1991 年全国高等学校建筑工程学科专业指导委员会对本教材进行讨论并组织审查，提出了具体修改意见，最后经建设部人事教育劳动司审批作为高等学校推荐教材出版。这次作为推荐教材的第二版主要是根据上述具体意见进行修订的，且在书后附上思考题，供讲授时选用。

本书由东南大学主编，东南大学和郑州工学院合编，编写分工如下：第一章～第四章由东南大学（原南京工学院）丁大钧、蒋永生和金芷生（原编者，现在北京科技大学工作）执笔；第五章、第六章分别由郑州工学院李望明、龚绍熙（现在上海城市建设学院工作）执笔，第七章由东南大学蓝宗建执笔。主编丁大钧，主审哈尔滨建筑工程学院唐岱新。

在完成讲义和本书工作中，东南大学李漪秣、邵扣霞同志协助作了许多工作，在此表示感谢。

由于我们水平所限，书中错误和欠妥之处，敬希批评指正。

丁大钧

1994 年 12 月

# 目 录

## 前言

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....                | 1   |
| 第一节 砌体结构发展简史 .....          | 1   |
| 第二节 砌体结构的优缺点 .....          | 5   |
| 第三节 砌体结构的应用范围 .....         | 6   |
| 第四节 砌体结构的发展趋势 .....         | 7   |
| 第二章 材料及砌体的力学性能 .....        | 11  |
| 第一节 块体材料和砂浆 .....           | 11  |
| 第二节 砌体种类 .....              | 18  |
| 第三节 砌体的抗压强度 .....           | 22  |
| 第四节 砌体抗拉、抗弯和抗剪强度 .....      | 27  |
| 第五节 砌体的弹性模量、摩擦系数和线胀系数 ..... | 29  |
| 第三章 砌体结构构件的计算方法 .....       | 33  |
| 第一节 历史的回顾 .....             | 33  |
| 第二节 极限状态设计方法 .....          | 34  |
| 第四章 砌体结构构件的承载力计算 .....      | 42  |
| 第一节 受压构件 .....              | 42  |
| 第二节 局部受压 .....              | 56  |
| 第三节 轴心受拉、受弯和受剪 .....        | 63  |
| 第四节 配筋砖砌体构件 .....           | 66  |
| 第五章 混合结构房屋墙体设计 .....        | 78  |
| 第一节 混合结构房屋墙体设计的基本原则 .....   | 78  |
| 第二节 刚性方案房屋 .....            | 91  |
| 第三节 弹性和刚弹性方案房屋 .....        | 102 |
| 第四节 地下室墙 .....              | 114 |
| 第六章 过梁、墙梁、挑梁及墙体的构造措施 .....  | 121 |
| 第一节 过梁 .....                | 121 |
| 第二节 墙梁 .....                | 126 |
| 第三节 悬挑构件 .....              | 144 |
| 第四节 墙体的构造措施 .....           | 148 |
| 第七章 混合结构房屋抗震设计简述 .....      | 155 |
| 第一节 混合结构房屋的震害及抗震构造措施 .....  | 155 |
| 第二节 多层混合结构房屋的抗震验算 .....     | 164 |
| 复习思考题 .....                 | 173 |
| 深入思考题 .....                 | 174 |
| 习题 .....                    | 176 |

# 第一章 绪 论

## 第一节 砌体结构发展简史

砌体结构是指用砖、砌块及石用砂浆砌筑的结构。

砌体结构在我国有悠久的历史。

考古发掘资料表明,我国在新石器时代末期(约6000~4500年前),已有地面木架建筑和木骨泥墙建筑。到公元前20世纪时(约相当夏代),则发现有夯土的城墙。商代(公元前1783年~前1135年)以后,逐渐采用粘土做成的版筑墙。到西周时期(公元前1134年~前771年)已有烧制的瓦。在战国时期(公元前403年~前221年)的墓中发现有烧制的大尺寸空心砖,这种空心砖盛行于西汉(公元前206年~公元8年),但由于制造复杂,至东汉(公元25~219年)末年似已不再生产。六朝时<sup>①</sup>(实心)砖的使用已很普遍,有完全用砖造成的塔。

石料在我国的应用是多方面的。我们的祖先曾用石料刻成各种建筑装饰用的浮雕,用石料建造台基和制作栏杆,也采用石料砌筑建筑物。

琉璃瓦的制造始于北魏(公元336~534年)中叶,到明代(公元1368~1643年)又在瓦内掺入陶土以提高其强度。同时琉璃砖的生产亦自明代开始有较大的发展。

我国拱券建筑最早用于墓葬,根据现有资料,早在西汉中期已采用。

在欧洲,大约在八千年前已开始采用晒干的土坯。在建筑中采用烧制砖,约有三千年的历史。经凿琢的天然石的采用,大约在五~六千年前左右。

砖砌体大多用于建筑物中承受垂直荷载的部分,如墙、柱、桥墩及基础等。洞口上的结构通常用整块的大石跨过,约在公元前三千年才开始建造拱券。

早期砖石砌体的体积都是很大的。为了节约材料和减轻砌筑工作量,要求减小构件的截面尺寸。因此,对砌筑材料提出较高的要求,但是改进和发展的过程是很缓慢的。

水泥发明后,有了高强度的砂浆,进一步提高了砌体结构的质量,促进了砌体结构的发展。19世纪在欧洲建造了各式各样的砖石建筑物,特别是多层房屋。

我国早期建筑采用木结构的构架制,墙壁仅作填充防护之用。鸦片战争后,我国建筑受到欧洲建筑的影响,开始采用砖墙承重。这时砖石砌体已成为结构中不可分割的一环。研究和确定其计算方法,自是必然的趋势。

砌体结构在我国的发展过程大致如下:

---

<sup>①</sup> 吴(公元229~280年),东晋(公元317~419年)、宋(公元420~478年)、齐(公元479~501年)、梁(公元502~556年)、陈(公元557~588年)相继建都建康(南京),是为六朝。此处所指的六朝时,一般可理解为东晋以后的年代。

第一阶段 在清朝（公元 1644～1911 年）末年、19 世纪中叶以前，我国的砖石建筑主要为城墙、佛塔和少数砖砌重型穹拱佛殿以及石桥等。我国古代劳动人民对这些建筑是有着相当高的成就的。

我国历史上有名的工程一万里长城（图 1-1），它是古代劳动人民勇敢，智慧与血汗的结晶。



图 1-1 万里长城

隋代（公元 581—617 年）李春所造的河北赵县安济桥（图 1-2），距今已约 1400 年，净跨为 37.02m，宽约 9m，为单孔敞肩式石拱桥，外形十分美观。据考证，该桥实为世界上最早的敞肩式拱桥。它无论在材料的使用上，结构受力上，艺术造型上和经济上，都达到了高度的成就。1991 年安济桥被美国土木工程师学会（ASCE）选为第 12 个国际历史上土木工程里程碑，这对弘扬我国历史文物具有重要意义。

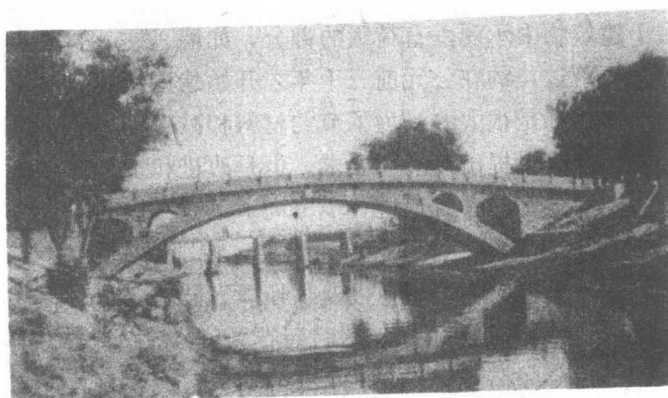


图 1-2 安济桥

图 1-3 所示为南京灵谷寺无梁殿后面走廊的砖砌穹窿，系明代建造，它显示出我国古代应用砖石结构的一个方面。

第二阶段 19 世纪中叶以后至解放前大致 100 年左右的时期内，我国广泛采用承重

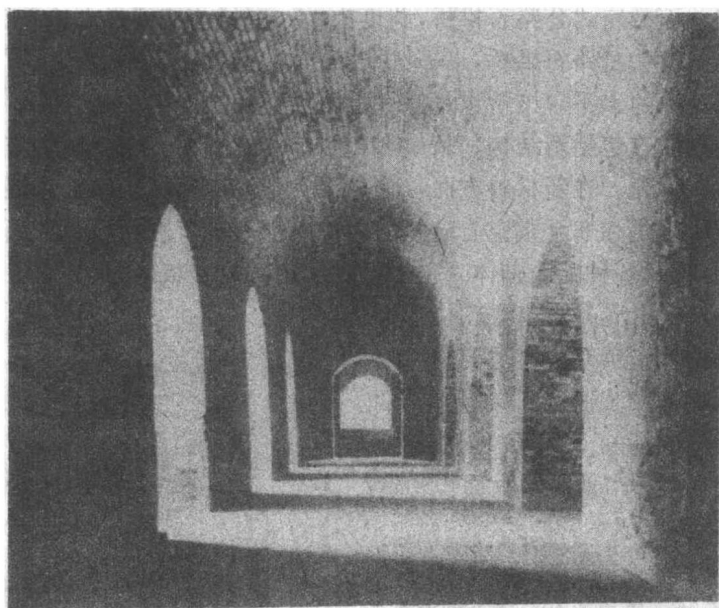


图 1-3 南京无梁殿后走廊

墙，但砌体材料主要仍是粘土砖。这一阶段对砌体结构的设计系按容许应力法粗略进行估算，而对静力分析则缺乏较正确的理论依据。

纵观历史可见，尽管我国劳动人民对砖石建筑作出了伟大的贡献，但由于在封建制度和后来在半封建、半殖民地制度的束缚下，不可能很好地总结提高 和进行必要的科学研究，因此在前两个阶段里，虽然经过漫长的岁月，砖石结构的实践和理论的发展却是极缓慢的。

第三阶段从解放后，砌体结构有了较快的发展。这可分为三个方面。

一，在原有基础上的发展。如石砌拱桥的跨度已显著加大，厚度减薄，同时桥的高度和承载能力都有了很大的发展，并广泛采用砖砌多层房屋代替钢筋混凝土框架建筑；改进非承重的空斗墙为承重墙，用来建造 2~4 层（少数达 5 层）房屋；因地制宜地扩大了石结构的应用范围等等。

目前，我国建成的石拱桥跨度超过 100m 的已有多座，图 1-4 所示为 1971 年建成的四

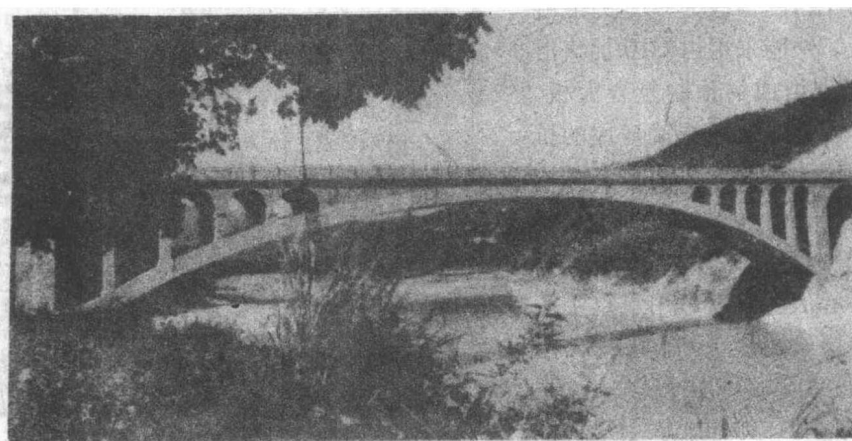


图 1-4 四川丰都九溪沟桥

川丰都九溪沟变截面敞肩式公路石拱桥,跨度为 116m。目前跨度最大的石拱桥则为 1991 年建成的湖南鸟巢河双肋公路石拱桥,净跨度达 120m。该桥的建成,又将石料在桥梁结构中的利用推向一个更新的水平。该桥也是世界上跨度最大的石拱桥。

二、新的发展,这包括新结构、新材料和新技术的采用。在新结构方面,曾研究和建造了各种型式的砖薄壳。在新材料方面,如硅酸盐和泡沫硅酸盐砌块,混凝土空心砌块和各类大板以及各种承重和非承重空心砖的采用和不断改进。在新技术方面,如采用振动砖(包括空心砖)墙板及各种配筋砌体,包括预应力空心砖楼板等等。

图 1-5 为杭州市用混凝土空心砌块建造的 5 层房屋。采用大型预制板材可充分利用机械设备,大大加快安装速度和减轻笨重的体力劳动,是墙体改革的一项有效措施。

图 1-6 所示为唐山市地震后大面积建造



图 1-5 杭州空心砌块 5 层房屋



图 1-6 唐山大板建筑

的 5 层大板房屋。在这种建筑中,内墙采用 140mm (内横墙) 和 160mm (内纵墙) 厚,强度等级为 C15 的混凝土现浇大板,外墙采用由 C10 加气混凝土及混凝土组成的预制复合大板,总厚度为 280mm。为了提高房屋的抗震能力,在混凝土板内采用较多的构造钢筋。采用这种型式的大板也是墙体改革的另一项措施。

图 1-7 所示为南京市用承重空心砖建成的 8 层旅馆建筑,其中 1~4 层墙厚为 300 (实际 290) mm, 5~8 层墙厚 200 (实际 190) mm。由于砖的厚度减薄,墙体重量减轻,达到了较

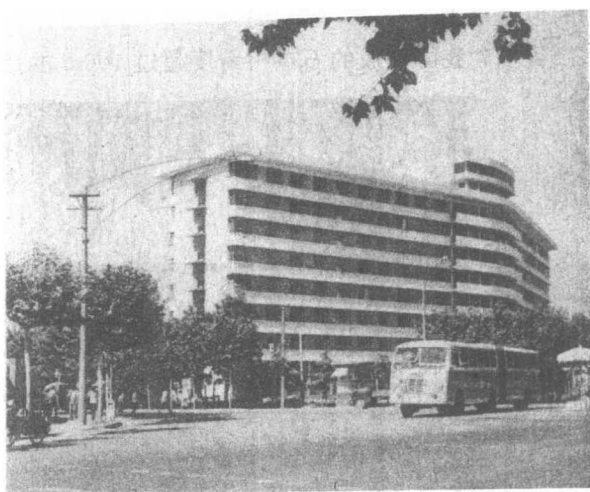


图 1-7 南京大桥旅馆

好的经济效益，同时房间使用面积也有所增大。

在城市进行小区建设，使服务设施配套，创造了方便的生活条件，是城市规划中的一个重要组成部分。这些年来，在这方面取得巨大的成绩。图 1-8 所示为 1981 年兴建的无锡市清扬新村小区建设的全貌。小区占地 21.11ha (公顷)，共建住宅楼 103 幢，公共配套设施 14 幢，总建筑面积 20.4 万平方米，可容纳 3564 户。建筑为 7 层的点式和 5~6 层的条式相结合，形成高低错落，富有层次。根据工程量的统计，清扬小区建设共用砖 2538 万块。



图 1-8 无锡清扬村小区

十一届三中全会后，在我国城市和农村兴建了大量的混合居住房屋，大大改善了我国人民的居住条件。我们既需要重视住宅的新建，也应重视

对旧房屋的改造和利用，合理挖潜（如加层），贯彻新建和改造相结合的方针。

三、逐步建立了具有我国特色的砌体结构设计计算理论。如根据大量试验和调查研究资料，提出砌体各种强度计算公式，偏心受压构件计算公式和考虑风荷载下房屋空间工作的计算方法等等，并制订了适合我国情况的新的《砌体结构设计规范》(GBJ 3-88)，该规范中包括砌块结构，故改称砌体结构设计规范，并采用以近似概率为理论基础的、各种结构统一的极限状态设计方法，在此进一步将各种砌体强度计算公式统一，将偏心受压计算中三个系数综合为一个系数，改进了局部受压计算，将考虑房屋空间工作计算推广于多层房屋，提出墙梁和挑梁新的计算方法等，同时我国和国际标准化组织砌体技术委员会 (ISO/TC179) 建立了紧密的联系和合作，并担任了配筋砌体的秘书国。

## 第二节 砌体结构的优缺点

砌体结构之所以如此广泛地被应用，是因为它有着下列几项主要优点：

1. 采用砖石结构较易就地取材。天然石材、粘土、砂等几乎到处都有，同时我国砖的产量很大，如 1990 年墙体材料产量折合普通砖为 4509.9 亿块，实心砖占 95.5%。因此来源方便，也较经济。

2. 砌体结构具有很好的耐火性，以及较好的化学稳定性和大气稳定性。

3. 采用砌体结构一般较钢筋混凝土结构可以节约水泥和钢材，并且砌筑砌体时不需模板及特殊的技术设备，可以节约木材。新铺砌体上即可承受一定荷载，因而可以连续施工；在寒冷地区，还可以用冻结法施工。

4. 当采用砌块或大型板材作墙体时，可以减轻结构自重，加快施工进度，进行工业化

生产和施工。

除上述优点外，砌体结构也有下述一些缺点：

1. 砌体结构的自重较大。因为砖石砌体的强度较低，故必需采用较大截面的构件，其体积大，自重也大（在一般砖石混合结构居住建筑中，砖墙重约占建筑物总重的一半），材料用量多，运输量也随之增加。因此，应加强轻质高强材料的研究，以减小截面尺寸和减轻自重。

2. 砌体结构砌筑工作相当繁重（在一般砖石混合结构居住建筑中，砌砖用工量占 1/4 以上）。在一定程度上这是由于砌体结构的体积大而造成的。在砌筑时，应充分利用各种机具来搬运砖石和砂浆，以减轻劳动量；但目前的砌筑操作基本上还是采用手工方式的，因此必须进一步推广砌块、振动砖墙板和混凝土空心墙板等工业化施工方法，以逐步克服这一缺点。

3. 砂浆和砖石间的粘结力较弱，因此无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度都是很低的。由于粘结力较弱，无筋砖石砌体抗震能力亦较差，因此有时需采用配筋砌体。

4. 砖砌结构的粘土砖用量很大，往往占用农田，影响农业生产，例如 1990 年为生产粘土砖，便毁农田近 7 万亩。所以，应加强采用工业废料和地方性材料代替粘土制砖的研究，以解决上述矛盾，同时也可改善环境污染问题。

5. 砌块结构的造价略高于砖石结构，今后通过进一步的试验研究，在降低造价方面应有所突破。

### 第三节 砌体结构的应用范围

由于砌体结构有着上述优点，因此，应用范围很广泛。但由于它的缺点，也限制了它在某些场合下的应用。

一般民用建筑中的基础、内外墙、柱、过梁、屋盖和地沟等构件都可用砌体结构建造。由于砖质量的提高和计算理论的进一步发展，对一般 5~6 层房屋，用砖墙承重已很普遍。70 年代后在重庆建筑了 10~12 层的砌体墙承重房屋。图 1-9 所示为在该市中山三路用砖和混凝土砌块砌筑的高层住宅，局部 12 层（图中只照到 11 层），其中 10~12 层为 180mm 砖承重内墙，8~9 层为 240mm 砖承重内墙，5~7 层为 300mm 砖承重内墙，1~4 层为 300mm 混凝土砌块承重内墙。

在国外有建成 20 层以上的砖墙承重房屋。

在某些产石材的地区，也可用毛石承重墙建造房屋，目前有高达 5 层的。

在工业厂房中，砌体往往被用来砌筑围护墙。此外，工业企业中的烟囱、料斗、地沟、管道支架、对渗水性要求不高的水池（也有用石砌酒精池或建造预应力砖砌圆池的）等特殊结构也可用砌体建造；对砖砌水池，在池壁内外面各加 30mm 厚钢丝网水泥防渗层，效果很好。图 1-10 为江苏省镇江市用砖砌筑的 60m 高的烟囱，上下口外径分别为 2.18m 和 4.78m；共分四段，自上而下各段高度顺次为 10、17、17 和 16m，相应厚度为 240、370、490 和 620mm。此外，该烟囱还采用了砖薄壳基础，直接在烟囱筒身下面采用一砖厚倒球壳，外面部分采用倾角为  $50^\circ$  的  $1\frac{1}{2}$  砖厚的配筋砖锥壳；在球、锥壳交接处和角锥下部，分

别设置钢筋混凝土支承环以承受壳体所产生的水平推力。采用砖薄壳基础，较采用钢筋混凝土圆板可节约水泥 70%，节约钢材 45%，降低造价 41.3%。

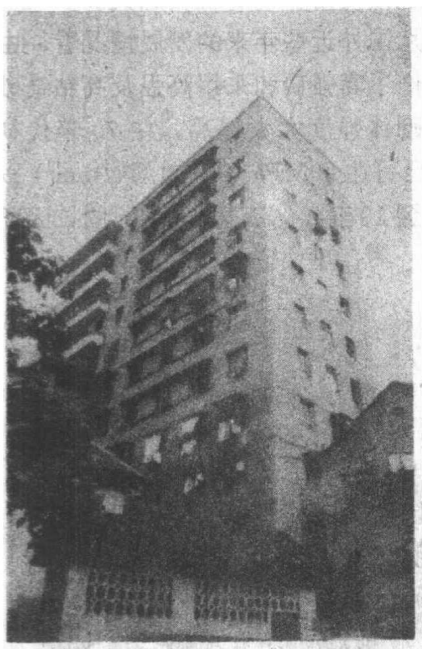


图 1-9 重庆中山三路 12 层住宅

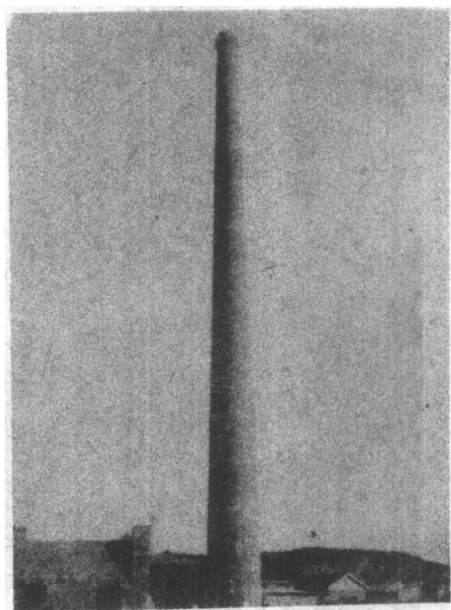


图 1-10 60m 高烟囱

农村建筑如猪圈、粮仓等，也可用砖砌体建造。

在交通运输方面，砌体结构除可用于桥梁、隧道外，各式地下渠道、涵洞、挡土墙也常用石材砌筑。

在水利建设方面，可以用石料砌筑坝、堰和渡槽等。

但是应该注意，砌体结构是用单块块体和砂浆砌筑的，目前大多是用手工操作，质量较难保证均匀，加上砌体的抗拉强度低、抗震性能差等缺点，在应用时应注意有关规定的使用范围。如在地震区采用砌体结构，应采取一定的措施。用砌体砌筑新型结构时，应抱着既积极、又慎重的态度，一定要贯彻一切通过试验和确保工程质量的原则。

唐山地震震害调查表明，在多层砖房中加设钢筋混凝土构造柱是提高房屋抗震能力的一项有效措施。图 1-11 所示为唐山砖砌 8 层的新华新旅馆，在该地区经受 10 度地震后，其附近层数较低的砖房很多倒塌的，而它由于加设构造柱，虽亦震裂，但却安然屹立。后经北京建筑设计院等单位的研究，也证明构造柱的抗震作用。图 1-12 所示为唐山市于地震后新建造的 5 层砖房中墙角（或交接）处构造柱的施工情况。

#### 第四节 砌体结构的发展趋势

目前我国生产的砖强度低，所需结构尺寸大，因而自重亦大，同时手工砌筑工作量繁重，生产效率低，以致施工进度慢，建设周期长，这显然不符合大规模建设的要求。但是，我国幅员广大，很多地区粘土和石材资源丰富，工业废料也亟待处理，随着四个现代化的

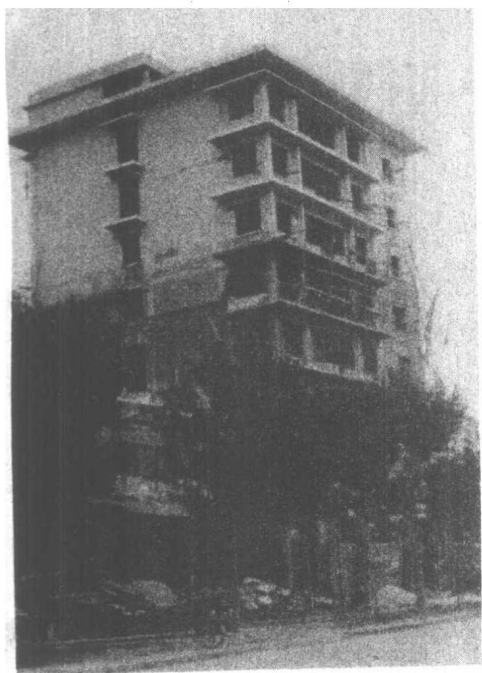


图 1-11 加设构造柱的唐山新华新旅馆  
经 10 度地震后安然屹立

发展，城市和农村各类建筑物的工程量将日益增多，因此砌体结构在很多领域内的继续使用，仍有现实意义。

从国外近些年来的发展情况看，由于生产了高强砖和采用高强及高粘结砂浆使砌体强度大大提高，在 70 年代初期，已可达 20MPa (兆帕) ( $\text{N/mm}^2$ ) 以上，至 1975 年，有达 45MPa 的，因而

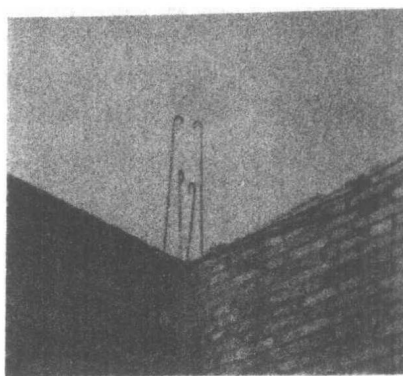


图 1-12 构造柱

可采用薄墙，大大地减轻了自重。当采用掺入有机化合物的高粘合砂浆时，砌体抗压强度可提高约 37%，抗弯强度提高两倍，抗剪强度和整体性都相应提高，因而大大改进了砖砌体的抗震性能，这对在地震区采用砖结构具有十分重要的作用。此外，采用振动砖墙板也可提高砌体强度，特别是减轻砌砖的手工劳动。

由此可见，砌体结构的主要发展方向是要求块体具有轻质高强，砂浆具有高强度，特别是高粘结强度；在施工方面则要求采用机械化和工业化方法；利用工业废料制作砌块等也是发展的另一趋向。

如将实心砖改为空心砖，特别是发展高孔洞率、高强度的大块空心砖，对于减轻建筑物自重、提高砌筑效率、节约材料、减少运输量和降低工程造价有着重要作用。目前我国承重空心砖孔洞率一般在 30% 以内，抗压强度一般在 10Mpa 左右，少数可达 30MPa，而且生产量少（仅占砖总产量的 3%）；同时，地区间很不平衡，主要集中在大城市。如上海 1985 年空心砖产量达到市建材局所属砖瓦厂产量的 83%；南宁市空心砖产量占该市粘土砖产量的 99% 以上，这是可喜的现象。采用高孔洞率，高强度和大尺寸的空心砖也是国外粘土砖发展的一个重要趋向。承重空心砖抗压强度达 30~60MPa 的已很普遍，有些国家已达更高的水平，例如前捷克斯洛伐克生产的空心砖抗压强度达 50~160MPa，有的可达 200MPa。在国外孔洞率达 40% 以上空心砖的尺寸有 500mm×150mm×300mm（法国），400mm×300mm×240mm（德国）的。而非承重空心砖的孔洞率则达 60%~70%。美国有一种“E”型砖，尺寸为 200mm×95mm×57mm，有 5 个垂直孔洞，空洞率为 22%，强度有高达

177MPa 的。

大约从 60 年代开始,国外已采用各种类型的砖,空心砖和轻混凝土组合墙板以及各种夹层墙板,用作高层房屋的承重内墙或悬挂外墙,如美国得克萨斯州奥斯汀市一幢 27 层公寓框架结构即用 3 英寸 (76mm) 厚的砖挂板作围护墙。国外由于采用轻质高强砖和高强树脂砂浆,墙板厚度有低至 51mm 的,其隔热隔声性能仍符合一般要求。

1958 年瑞士用一种孔洞率为 28%,高强度 (抗压强度达 60MPa) 的空心砖在苏黎世建造一幢 19 层塔式建筑,墙厚仅 380mm,以后又用同一种空心砖建成一幢 24 层的塔式住宅。在欧洲还建造一些有薄壁横墙的多、高层建筑。图 1-13 所示为英国利物浦皇家教学医院 10 层医疗职工住宅,是欧洲最高的半砖厚 (102.5mm) (除隔声防火规定要求有较厚墙的部位外,如楼梯和电梯间) 细柔横墙结构之一。其中外墙全部为空心墙,用两片半砖厚薄壁构成 (外边为白色混凝土面砖),现浇预制板支承在内壁上。

除采用空心砖以减轻砌体自重外,还可在粘土内掺入可燃性植物纤维或塑料珠,煅烧后制成气泡砖和气泡空心砖,它不但表观密度小,而且隔声隔热性能都较好。国外生产的微孔空心砖,表观密度仅  $600\text{kg}/\text{m}^3$ 。



图 1-13 英国利物浦皇家教学医院

采用大、中型<sup>①</sup>砌块和大型墙板可减轻体力劳动,加快建设速度,是提高建筑业机械化和工业化施工的途径。我国在这方面已做了一定的工作,用砌块和大板建造了一批单层和多层建筑,但尚不普遍。对非承重外墙,近些年来有些已开始采用挂墙板。

利用工业废料,如粉煤灰和煤渣制作硅酸盐砌块和加气硅酸盐砌块及煤渣混凝土砌块,不仅可解决城市工业废料的处理问题,同时可解决某些地区因烧砖而占用农田的问题。

美国科罗拉多州的 20 层派克兰姆塔楼,塔身厚 280mm (11 英寸),内外墙用强度为 50MPa 实心粘土砖砌筑,各厚 82.5mm ( $3\frac{1}{4}$  英寸),内填混凝土并配有纵横钢筋。该建筑曾受 5 级地震考验;又美国加州帕萨迪纳市的希尔顿饭店为一幢 13 层高强混凝土砌块结构,经著名的圣佛南多大地震完好无损,而和它毗邻的一幢 10 层钢筋混凝土框架结构建筑却遭受严重破坏。

砌体结构高度受到限制主要是它在水平荷载下抗拉、剪强度低,国外正研究从以下两

<sup>①</sup> 对大、中型砌块,由于自重较大,需要机械安装,同时砌块本身吸水性差,灰缝砂浆在自重下容易滑动。近年来,在国内外除发展墙板外,在砌块方面,似有逐渐较多采用可手工安装的小型砌块的趋势。国内目前用自动化振动成型的小型混凝土砌块,其体积每块约相当 9 块标准砖,大约在 45s 到 1min 内可生产一组 4~6 块。

一个途径来解决，一是使墙体只承受垂直荷载，而将所有水平荷载由楼梯、电梯间等构成的钢筋混凝土内筒承受；另一途径是对墙施加预应力。我们已知无筋砌体的延性是较差的，当上述钢筋混凝土内筒在承受水平荷载下产生很大侧移时，无筋砌体是很难承受这样大的顶点位移和层间相对位移的，因此必须配筋。国外有认为砌体建筑可建造到 30~40 层。当然在研究高强空心砖的同时，应从试验和理论上，在结构布局和构造上，研究在非地震区和地震区建造高层砌体结构一系列问题，积极而谨慎地从事。

国外在墙中配筋还常用下列几种方式，在灰缝内水平配筋，在正常块体中大的空洞内或 T 形块体（肋宽约为全宽的  $\frac{1}{3}$ ）砌成的空洞内竖向配筋（参看图 2-5），水平和竖向混合配筋，在空心墙内竖向配筋以及在（构造的）钢筋混凝土梁柱内集中配筋。

图 1-14 所示为美国 70 年代在匹兹堡建造的一幢配筋高层建筑。

综括以上，砌体结构的发展方向应是高强、空心、薄壁大块（包括大块空心砖和空心砌块）和配筋等。同时研究改变结构布置以避免砌体受拉、剪，而使其在高层建筑中得到合理的应用。

通过以上所述，已逐渐或正在改变人们对砌体结构的认识，即从发展的眼光看，砌体结构仍将具有新的生命力。



图 1-14 美国 70 年代在匹兹堡建造的一幢配筋高层建筑

## 第二章 材料及砌体的力学性能

### 第一节 块体材料和砂浆

#### 2-1 块体材料

##### (一) 块体强度等级

如所周知, 承重结构材料的主要力学指标为强度。

根据标准试验方法所得的砖石材料或砌块抗压极限强度的 MPa 数来划分其强度的等级。砌块的强度等级, 仅以其抗压强度来确定; 而砖强度等级的确定, 除考虑其抗压强度外, 尚应考虑其抗弯强度, 这是因为砖厚度较小, 应防止其在砌体中过早地断裂。

根据规范, 块体强度等级应按下列规定采用

1) 烧结普通砖、非烧结硅酸盐砖和承重粘土空心砖等的强度等级: MU30 (300)、MU25 (250)、MU20 (200)、MU15 (150)、MU10 (100) 和 MU7.5 (75)。括号内为工程制单位的值, 以便与《烧结普通砖》(GB5101—85) 中仍保留的工程制单位对照。

2) 砌块强度等级: MU15、MU10、MU7.5、MU5 和 MU3.5。

3) 石料强度等级: MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15 和 MU10。

如强度在两个等级之间, 则应按相邻较低的等级采用。空心砖或空心块材的强度, 应按毛面积计算。

##### (二) 砖

用于建筑结构中的砖, 有粘土砖和硅酸盐砖, 而最普遍的则为粘土砖。目前我国生产的标准实心粘土砖的规格为 240mm×115mm×53mm。

烟灰砖、灰砂砖等统称硅酸盐砖。灰砂砖是用石英砂及熟石灰制坯, 在蒸压釜中的蒸气压力下凝固的, 其尺寸规格和普通砖一样。

标准尺寸实心砖, 除粘土砖和硅酸盐砖以外, 在产煤地区还可利用煤矸石本身作为内燃材料而制成煤矸石砖。

孔洞砖有两种。一种孔洞率较小, 但孔洞数较多, 在国外称为多孔砖<sup>①</sup>; 另一种仅有几个大尺寸孔洞的, 则称为空心砖。在我国, 凡孔洞率在 15% 以上的砖, 不管其孔型如何, 均统称为空心砖。

微孔 (气泡) 砖和微孔 (气泡) 空心砖系在粘土内加入适量的、粘度有一定要求的糖

① 《砌体结构设计规范》(GBJ3—88) 中即系这样。

② 按国际标准化组织 (ISO) 第 179 技术委员会 (砌体结构技术委员会) 所编制的《无筋砌体实用规范》, 其中规定: 孔洞率  $\delta \leq 25\%$  的为实心砖; 孔洞率  $\delta > 25\%$  而  $\leq 50\%$  且任一孔洞不大于  $50\text{cm}^2$  的为多孔砖; 孔洞率大于  $50\%$  且小于  $60\%$ , 孔洞体积和大小不限时为空心砖。据此, 我国目前的实心砖实相当于实心砖。

屑、稻壳等可燃性植物纤维，经过燃烧后得到的一种由许多不规则的、相互连通的微小孔洞构成多孔性制品。这种砖的隔声、隔热性能都较好。瑞典采用塑料微珠煅烧成微孔，不但质量轻，而且有足够的强度，法国则生产一种外层为实壳，内芯带微孔的“夹芯”粘土砖。

塑压实心粘土砖是一种很耐久的建筑材料，可用于各种房屋的地上及地下结构。

过去对灰砂砖由于缺乏在潮湿条件下的使用经验，因此不容许用于外墙和基础。但近二十多年来已采用灰砂砖砌筑了一些房屋外墙（如在北京市），经过较长时间的实际应用与验证，将可对这个问题作出结论。

在承受高温的砌体（炉壁，烟囱等）内，不容许用灰砂砖或矿渣砖及其他轻质砖。

我国生产的墙用空心砖，其孔型和规格并不统一，孔洞率差别亦很大（10%~40%）。

1975年原国家建委颁布的标准《承重粘土空心砖》（JC196—75）中，推荐三种主要规格：KM1、KP1及KP2。该标准中只规定三种砖的规格而未规定孔洞型式。KM1的规格为190mm×190mm×90mm，KP1的规格为240mm×115mm×90mm，KP2的规格为240mm×180mm×115mm。编号中的字母K表示空心，M表示模数，P则表示普通，即表示前者为模数空心砖，后二者为普通空心砖。

图2-1a、b所示为南京生产的KM1型空心砖及其配砖，孔洞率分别为26%及18%；此

外南京还生产有290mm×190mm×90mm带蜂窝孔的空心砖。用以砌筑300mm的墙，其孔洞率达30%。图2-1a中所示大孔洞尺寸为40mm×80mm，是作为砌筑时抓握用的。图2-2a所示为上海、西安、辽宁及黑龙江等地生产的KP1型空心砖，孔洞率为22.8%，图2-2b所示为四川等地生产的KP2型7孔空心砖，孔洞率为22%。这些空心砖的重力密度为13~14kN/m<sup>3</sup>，图2-2c所示为南京生产的有水平孔填充用空心砖，孔洞率为38%。

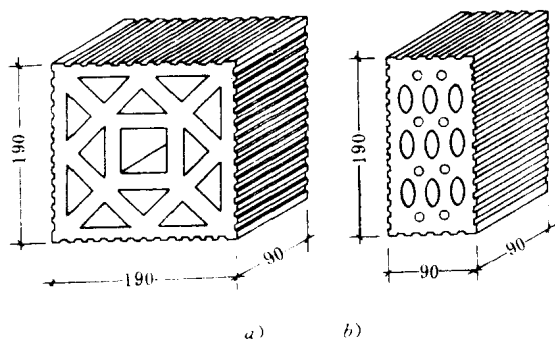


图 2-1

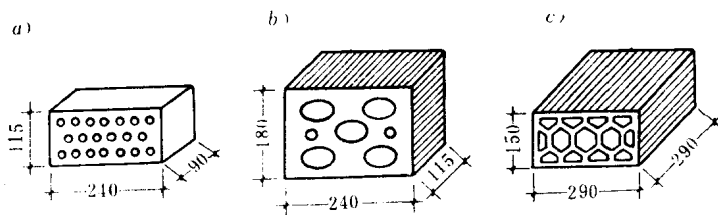


图 2-2

以上三种主要规格空心砖的生产量占全国空心砖总生产量的90%以上，这些砖各有优缺点。譬如KM1型，符合建筑模数，砌筑外墙时，有四个面可供选择，不受内燃焦花的影响，但需要辅助规格（190mm×90mm×90mm），且不能与普通砖配合使用。后两种则不符合建筑模数，KP1在平面上能与普通砖配合使用，不需配砖，规格单一，砍砖虽多，但易砍，轻重亦合适，不过不能砌180mm墙。KP2能与普通砖配合使用，能砌180mm墙，但

需辅助规格，如不生产配砖时则砍砖较多，且较难砍；主要尺寸大，砖块较重。因前翻筑劳动强度大。

空心砖与实心砖相比较，其优点是可减轻结构自重，砖厚较大，可节约砌筑砂浆和减少工时，此外粘土用量和电力及燃料亦可相应减少。

大孔洞空心砖的孔洞率可达40%~60%。为了避免使砖的强度降低过多，对用于承重墙的砖，其孔洞率不宜超过40%，平均35%。对用于骨架填充墙及隔墙的砖，孔洞率应不小于40%，而可达60%或更大；大孔洞空心砖的优点为尺寸大、表观密度小、隔热性能较好。

西安砖瓦研究所等单位曾研制一种340mm×240mm×90mm的、带180mm×180mm大孔洞柱孔砖，可在其中配置竖向钢筋，以代替在墙内预留孔道中浇筑混凝土构造柱，施工是很方便的（见图2-3）。这种柱孔砖也可做成290mm×190mm×90mm的大小，以砌筑200mm墙；这时大孔为130mm×130mm，在墙角两边（在T字墙处则在三边）各加砌一块这种柱孔砖，在每个大孔内各配置一根钢筋，浇筑混凝土构成分散配筋的构造柱。中国建筑西北设计院还曾研制240mm×240mm×90mm、带有一个160mm圆孔及304mm×240mm×90mm、带160mm×224mm椭圆孔的抗震砖，1984年曾在西安建造一幢6层清水墙试点建筑。考虑8度抗震，后又陆续建造了一些7层条式和点式住宅建筑。

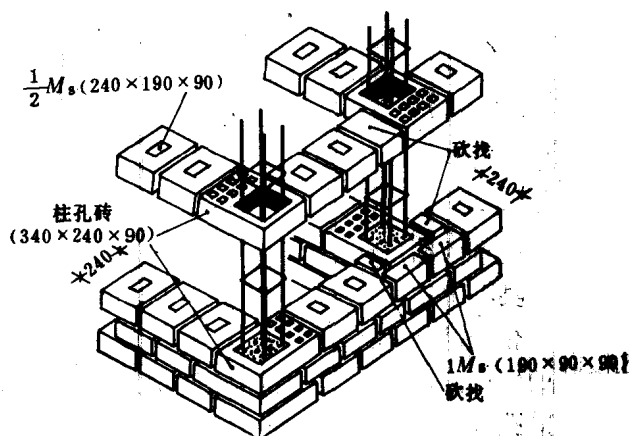


图 2-3

我国每年墙体材料总耗能约5000多吨标准煤（达建材工业耗煤量的50%），我们要争取2000年在城市新建房屋中采用新型墙体材料的比例从现在的5%增长到40%。如前所述，1990年墙体材料产量折合普通砖4509.9亿块，新型材料仅折合200亿块，只占总量4.5%，其中烧结空心砖14.75亿块，各种废渣砖和非粘土砖159.7亿块，砌块折合7.7亿块，加气混凝土折合13.7亿块。欧美国家粘土实心砖一般只占10%以内，新材料占90%以上。我们“八五”期间的目标是：新的墙体材料生产能力折合标准砖500亿块，其中空心砖200亿块，粉煤灰、煤矸石等废渣砖200亿块，混凝土空心砌块60亿块，灰砂砖20亿块，加气混凝土10亿块，其他新型材料10亿块。

利用废料发展墙体材料是墙体改革的一条很好途径，如利用粉煤灰制造加气混凝土砌块，利用当地工业废渣生产小型建筑砌块和废渣砖，这将减少灰场占地和生产粘土砖占用农田，处理废料又减轻环境污染，一举数得，社会效益很好。在这方面我国已积累了不少经验；因各地有不同的可用废料，故墙体改革也需因地制宜地进行。

除上述墙用空心砖外，在工程实践中，还有在楼盖中采用粘土空心砖和煤渣混凝土空心块的，同时还生产了用于预应力配筋楼盖的薄壁粘土空心砖。图2-4a所示为江苏昆山红瓦厂生产的这种空心砖，其孔洞率为50%；在上部两边空槽内配置预应力冷拔低碳钢丝，可制成240mm宽、3.2m或3.5m长的单条空心砖楼板，如图2-4b所示（图中为制