

# 340 简明砖石结构

南京工学院土木系建筑结构工程专业教研组编



TU36

2

上海科学技术出版社

# 简 明 砖 石 结 构

南 京 工 学 院 土 木 系  
建 筑 结 构 工 程 专 业 教 研 组 编

上 海 科 学 技 术 出 版 社

**简明砖石结构**

**南京工学院土木系 编**  
**建筑结构工程专业教研组**

**上海科学技术出版社出版**

(上海瑞金二路 450 号)

**新华书店上海发行所发行 江苏泗阳印刷厂印刷**

开本 787×1092 1/16 印张 11.75 字数 280,000

1981 年 4 月第 1 版 1981 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—45,000

书号: 15119·2107 定价: (科四) 1.15 元

## 前 言

本书系根据我组丁大钧教授所编、于1956年出版的《简明砖石结构》一书，考虑现阶段的发展，并按国家建委分别于1973年和1978年批准颁布的《砖石结构设计规范》(GBJ3-73)和《工业与民用建筑抗震设计规范》(TJ11-78)中的有关规定重新补充修改写成的。全书共分十三章，约计二十余万字。前六章叙述了砖石结构在我国的应用和发展概况，并较系统地阐述了有关材料和砌体的力学性能以及构件的计算方法。后七章讨论了房屋和有关部件的设计计算，其中第十三章则专门讨论地震区砖房的设计计算。

书中特别注意试验资料的介绍和分析，对不同意见也适当地予以讨论，以便使读者能更进一步了解事物的本质。对规范中没有列入、而实际工程中又较常遇到的内容，如纵配筋砌体和双向偏心受压构件，也适当予以介绍；在论述房屋和部件的静力计算时，不只是简单地介绍具体的计算方法，而是着重于结构作用的分析。对工程实践中经常遇到的问题，如墙体裂缝问题，也根据国内经验予以概述。在论述砖房屋的抗震设计时，将震害和相应的构造措施有机地结合在一起讲解，以使读者能清楚地了解规范中有关规定的根据（同时标明规范规定的有关条款，以便查对）。对基本的和经常应用到的有关内容，予以详细讨论，并附加相当数量的例题。其余的内容则较简略，以节约篇幅。书中文字力求通俗易懂，论理力求浅显明了，循序渐进。

本书既可供工程技术人员参考，也可作为大专或技术学校和业余学校的教材或参考用书，同时可供专业科学研究人员参考。

本书由丁大钧教授主编，金芷生、蓝宗建同志参加编写。第一章至第六章以及第十三章由丁大钧教授执笔；第七章至第十章由蓝宗建同志执笔；第十一、十二章由金芷生同志执笔。在编写过程中，曾得到南京新宁砖瓦厂吕锡昭同志的协助，附此谨致谢忱。

由于我们水平所限，书中错误和不当之处，敬请批评指正。

南京工学院土木系建筑结构工程专业教研组

1978年9月

ABE 20/07

# 目 录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....               | 1   |
| 第二章 材料 .....               | 10  |
| 第一节 砖石材料 .....             | 10  |
| 第二节 砂浆 .....               | 15  |
| 第三节 砖石和砂浆的选择 .....         | 17  |
| 第三章 砖石砌体 .....             | 18  |
| 第一节 砌体种类 .....             | 18  |
| 第二节 砌体受压破坏强度 .....         | 23  |
| 第三节 砌体受压应力应变曲线和弹性模量 .....  | 35  |
| 第四节 砌体抗拉、抗弯和抗剪强度 .....     | 38  |
| 第四章 计算基本原理 .....           | 42  |
| 第五章 无筋砖石结构构件的计算 .....      | 45  |
| 第六章 配筋砌体结构构件的计算 .....      | 65  |
| 第七章 混合结构房屋的结构布置和空间刚度 ..... | 76  |
| 第八章 墙、柱的高厚比和构造措施 .....     | 82  |
| 第一节 墙、柱的允许高厚比 .....        | 82  |
| 第二节 一般构造要求 .....           | 87  |
| 第三节 防止墙体开裂的主要措施 .....      | 91  |
| 第九章 刚性方案房屋的计算 .....        | 98  |
| 第十章 弹性和刚弹性方案房屋的计算 .....    | 112 |
| 第十一章 房屋中其它部件 .....         | 127 |
| 第十二章 砖石拱和薄壳 .....          | 137 |
| 第十三章 地震区砖石房屋的设计 .....      | 154 |

# 第一章 绪 论

## 1-1 砖石结构发展简史

上古人民穴居野处。旧石器时代的北京猿人(约 60 万年前)都住在天然岩洞里。距今约 1 万 8 千年前,山顶洞人,亦还住在天然岩洞里。直到新石器时代后期(约 4,500 年前),才有了地面上的木架建筑和土骨泥墙建筑。

我国在公元前二十世纪时(约相当于夏代),已发现有夯土的城墙。商代以后,逐渐采用了粘土做成的版筑墙。到西周时期已有烧制的瓦,而在战国时期的墓中又发现有烧制的大尺寸空心砖。这种空心砖盛行于西汉,但由于制造复杂,至东汉末年已不再生产。到六朝时,(实心)砖的使用已很普遍,甚至完全用砖造塔,在技术上的发展已具有很高的水平。

石料在我国的应用是多方面的。我们的祖先曾用石料镌刻成各种建筑装饰用的浮雕,用石料砌筑台基栏杆和各种建筑物。

在东汉已有涂釉的陶制器皿。但琉璃瓦的制造则始于北魏中叶,后来又做成了琉璃砖。到明代又在瓦内掺入陶土以增加瓦的强度,同时琉璃砖亦自明代起有了更大的发展。

我国拱圈的采用,虽说在洛阳北郊的东周墓中已有发现,但非正式记载。至西汉中期才有实物证明,当时拱圈仅用于墓中。

我国原先的建筑为木结构的构架制,其中墙壁仅用作填充防护之用。清代鸦片战争后,我国建筑受到欧洲建筑的影响,于是始有承重墙的建造。砖石砌体遂成为结构中不可分割的一环,研究和确定其计算方法,自属必然趋势。

在欧洲,大约在 8 千年前已开始采用晒干的砖;凿琢自然石的采用,大约在 5~6 千年前;至于在建筑中采用烧制的砖,则亦有 3 千年的历史了。

砖石砌体大都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,后来才知道建造拱圈(约在纪元前 3 千年)。

当时砖石砌体的体积都很庞大。为了便利使用并顾及经济,要求减小构件的截面尺寸,因此对砌筑材料就有了较高的要求,但改进和发展的过程还是很缓慢的。

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。强砂浆以及水泥的发明,更进一步地提高了砖石砌体的质量及其在建筑中的价值。

砖石结构在我国的发展大致可分为三个阶段<sup>①</sup>:

第一阶段 在清朝末年 19 世纪中叶前,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在技术上是有着相当高的成就的。至于房屋墙壁,主要为非承重的围护结构。

第二阶段 19 世纪中叶以后至解放前这 100 年左右时间内,我国开始采用了承重墙。这一阶段对砖石结构的设计系按容许应力法粗略估算,而对静力计算则缺乏较正确的理论为依据。

从上可见,在长时期封建制度和后来半封建、半殖民地制度的束缚下,不可能实现在实

<sup>①</sup> 系根据我们意见划分,是否妥当,尚需进一步探讨。

践过程中不断总结提高和实验研究。因此,在这段漫长的岁月里,我国砖石结构学科的发展是十分缓慢的。

第三阶段 从解放后开始,可分为三个方面:

1. 在原有基础上的发展 如石砌拱桥跨度已大大加大而厚度则相应减薄了,同时桥的高度和承载能力都有了很大的提高;广泛地用砖砌多层房屋来代替钢筋混凝土框架建筑;改进原有非承重的空斗墙,使之承重以建造2~4层房屋,和因地制宜地扩大了砖石结构的应用范围等等。

2. 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,如研究和建造了各种型式的砖薄壳,将砖在壳体中的应用推向一个新的高度。在新材料方面,如硅酸盐和泡沫硅酸盐砌块以及各种承重和非承重空心砖的采用和改进。在新技术方面,如采用各种配筋砌体,包括预应力空心砖楼板,以及采用各种大型墙板等等。

3. 逐步地建立了我国自己的砖石结构设计计算理论 如根据大量试验和调查研究资料,提出了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,并制订了适合我国具体情况且起到一定促进作用的设计新规范(GBJ3-73),为自力更生加速我国工业发展作出了贡献。

## 1-2 我国古代著名的和解放后兴建的砖石结构建筑物简介

### 一、我国古代著名的砖石结构建筑物

我国历史上有名的、甚至还保存下来的砖石建筑物很多,这里仅简单地举几个例子来说明一下。从这些例子里已可清楚地看出我国文化历史的悠久和古代劳动人民的智慧,我们应该继承祖先的优良传统,努力学习并发扬光大。

我国古代的城墙,起先是采用版筑墙。为了抵御外来的侵略,到秦代用乱石和土建造了绵延2,300公里的长城,它西起临洮,东迄辽东。现在河北、山西北部一段是明朝中叶改用

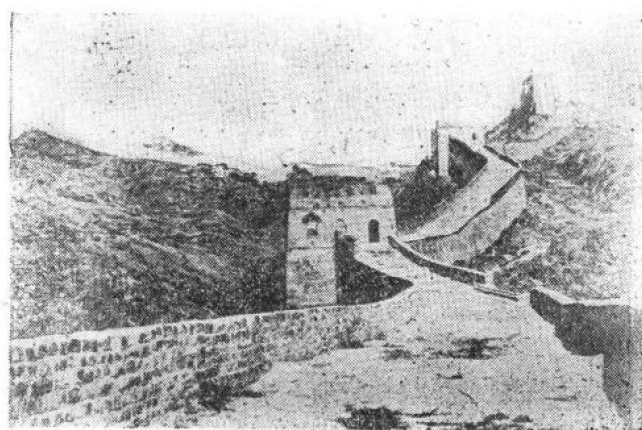


图 1-1

大块精制城砖重修的(图1-1),墙高约12m,宽约7~10m,全部材料约3亿 $m^3$ ,其中砖石用料约三分之一,较埃及最大的乔鲁斯金字塔约大120倍以上,是世界上伟大的建筑工程之一。

我国在封建时代,统治阶级驱使劳动人民修建了很多宗教建筑:佛塔和寺庙。从这些大型建筑物也使我们看到了古代劳动人民的聪明才智以及体现了当时我国在砖石建筑方面的精湛技术。

图1-2所示的河南登封县嵩山嵩岳寺塔,完全用砖砌成,建于公元520年(南北朝时代),塔高15层,平面为12角形(这是国内唯一的12角形塔),每角用砖砌一根柱子,高约40m,是我国最古的佛塔。这座塔标志着这个时期我国在砖建筑上的伟大成就。

在庙宇建筑方面,南京灵谷寺的无梁殿和苏州开元寺的无梁殿均系明代建造,为砖砌穹

窿结构，至今仍完好如故。图 1-3 所示为南京灵谷寺无梁殿后面走廊的砖砌穹窿，它是显示我国古代已能充分利用砖石结构特性的实例之一。

在桥梁建筑方面，我国古代劳动人民的贡献也是十分伟大的。图 1-4 所示为隋代李春所造的河北赵县安济桥，净跨为 37.37m，高 7m 多，宽约 9m，为单孔空腹式石拱桥，外形十分美观，迄今已 1,300 多年，仍起着联系洺水两岸的作用。据考证，该桥实为世界上最早的空腹式拱桥。无论在材料的使用、结构受力、以及艺术造型和经济上皆达到了极高的成就。



图 1-2

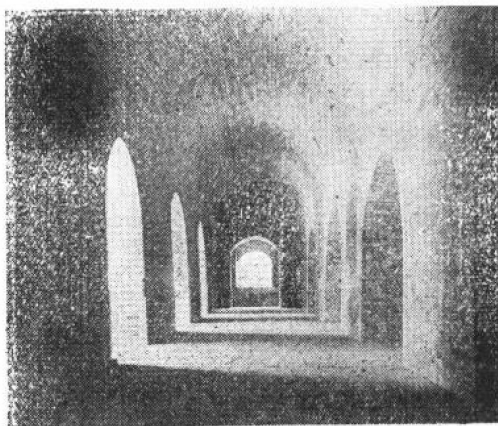


图 1-3

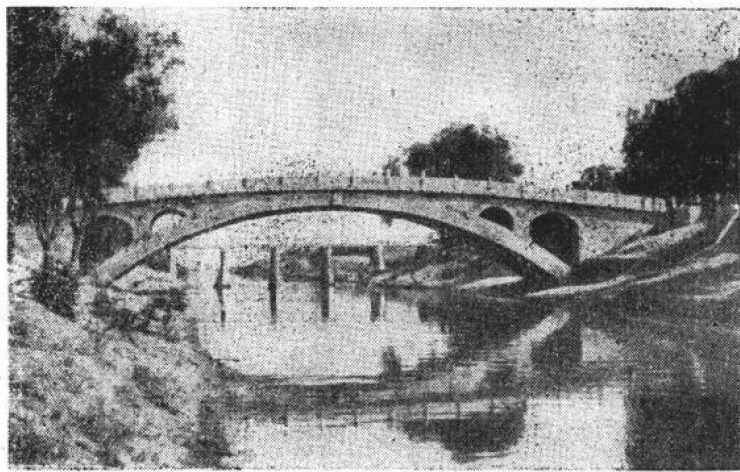


图 1-4

又如福建泉州宋代所建的洛阳桥，全长 1,200 多 m，宽 5 m，为国内最长的石桥。在距今 900 多年前无起重设备条件下建成，而桥中石板竟有达 200 t 一块的，其安装方法虽已失传，但从这一实例可以充分显示出我国古代劳动人民的聪明才智。

唐代李昭德重修洛阳利涉桥，砌石作桥墩，将墩前做成尖形，以便分开水势，实为现在所谓“分水金刚墙”的先例。

在水利建设方面，早在 2 千多年前，我国劳动人民就已知道采用先进的竹笼填卵石来拦

截河水。如四川的都江堰,还是秦代修筑的,它约制了三峡的激流,直至现在对调节水量和防止水害方面一直起着巨大的作用。

我国古代不但在建筑实践上有着许多辉煌的成就,而且在建筑著作上亦有巨大的贡献。如周礼“考工记”中的匠人篇,则系远在公元前数百年阐述建筑和都市计划的文献;宋李诫的“营造法式”刊于公元 1102 年,为中古时期世界上有名的建筑法典。

## 二、解放后兴建的砖石结构建筑物

解放后,在全国各城乡中设计和建造了大批民用建筑,改善了劳动人民的居住和生活条件。在工业建设中,不仅建设了许多具有先进技术的大、中型工矿企业,而且还精心设计了一大批投资省、见效快、易于兴建的小型企业。近 30 年来,在祖国各地设计建成了千万个大、中、小型水利工程,为我国农业丰收创造了条件。同时,在交通事业方面也有了迅速发展,成千上万座大、中、小型桥梁和隧洞相继建成。所有这些都是党的正确领导下取得的伟大成就,而在这些基本建设中,则很多是砖石结构的建筑物。



图 1-5

用实心砖和空心砖砌筑的多层房屋,和钢筋混凝土框架结构相比较,既节约了大量钢材和水泥,又降低了造价,而且还完全保证了使用的质量。图1-5为南京市前几年用承重空心砖建成的 8 层旅馆建筑,其中 1~4 层墙厚 30 (实际 29) cm, 5~8 层墙厚 20 (实际 19) cm。由于砖厚减薄,墙重减轻,达到了较好的经济效果。采用空心砖,不仅可减轻容重,又由于砖厚增大,砌体强度提高,墙厚又可减薄,同时还可节约砂浆,减少工时。譬如用 19 cm 空

心砖代替 24 cm 实心砖,墙厚减薄 20%,建筑物自重减轻 17%,节约砂浆 20~30%,砌筑人工节约 20~25%,运输量节省 26~35%,造价降低 19~23%。

在多层房屋建筑中采用粉煤灰砌块或煤灰矿渣混凝土墙板,由于利用工业废料,不仅解决了城市中废料的处理问题,同时因代替了粘土砖,在某些地区还解决了占用农田的问题,间接地支援了农业。1965~1972 年,北京市完成了 11.5 万  $\text{m}^2$  烟灰矿渣混凝土墙板居住建筑,节约了 1,900 万块粘土砖,即可少占农田约 20 亩,节约水泥 4,000 t。图 1-6 为用粉煤灰砌块建成的兰州某试验楼。

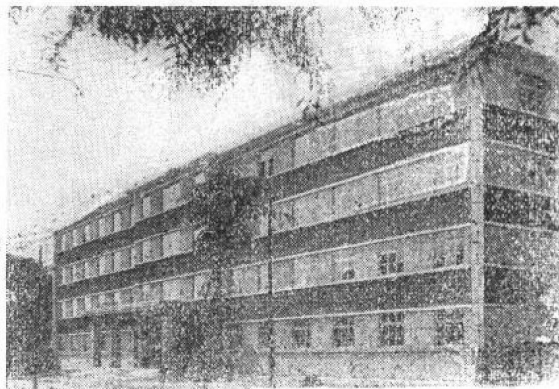


图 1-6

混凝土空心砌块,自 1958 年采用以来,通过不断实践提高,逐步成为一种新的承重墙体材料,其特点是块大、体轻壁薄、空

心(孔洞率达60%)高强。这对加快建设速度,减轻劳动强度和提高劳动生产率,减轻建筑物自重,降低造价等方面都具有良好的技术经济效益。同时可使一般住宅建筑平面(楼、屋面板)和竖向结构(墙体)基本上实现预制装配化,施工机械化。图1-7所示为用混凝土空心砌块建成的五层住宅建筑(杭州朝辉路浙江省基建局宿舍)。



图 1-7



图 1-8

采用混凝土空心大板是墙体改革的一项有效措施。内外墙用同一厚度(15cm)的板。在施工时彻底改变了一砖一弯腰的笨重劳动,生产效率成倍提高,较砌块建筑能更充分利用机械设备,加快了安装速度。图1-8为南宁市混凝土空心大板建筑外景。

住宅建筑大模板(大面积钢模板)现场浇筑墙体是一项建筑施工新工艺。在寒冷地区,外墙用75号大颗粒膨胀珍珠岩混凝土,内墙用150号页岩陶粒混凝土,内外墙不配筋,仅在交接处每隔500mm配 $\phi 6$ 拉结钢筋。造价较墙板和混合结构低,但比滑模住宅略高。如沈阳地区,根据热工计算,外墙厚可用240mm,而内墙(承重纵、横墙)厚用140mm即可。

用空心砖制作装配式预应力楼板和檩条亦已在工程中使用。近些年来,还有在升板结构和一般混合结构建筑中采用现浇的、具有双向钢筋混凝土肋的空心砖楼盖。

在建造砖拱或砖壳时,现在某些地区已较广泛地采用拱壳砖。所谓拱壳砖是一种砖背上有可以相互搭挂的钩槽的空心砖,利用钩槽的临时搭挂作用而实现无模或在局部活动模架支承下施工。利用拱壳砖建造双曲扁壳工业厂房屋盖,较采用钢筋混凝土结构时,可以节约钢材和降低造价。譬如以12m跨为例,和用组合屋架、挂瓦板、冷摊瓦屋面比较,节约钢材44%,降低造价18%。浙江肖山县建筑工程公司无模架用普通砖砌筑圆顶(圆球壳)(当 $\frac{1}{4}$ 砖厚时仅需用钢筋作扒铁临时将砖卡住),因当一圈砖合拢时即成为能受一定内力的开口圆顶结构,这是一种大大节约木材的砌筑砖圆顶的施工方法。

采用不同设计图案的花格砖砌筑屏风、窗格、栏杆和用于墙面装饰,可以丰富建筑艺术效果。

图1-9为用空心砖建造的折壳屋盖、用花格砖砌筑窗格和栏杆的办公楼。

同时在广大的农村也兴建了许多新村。图1-10为福建北部山区,沙县朝阳大队新村二层砖砌住房外景。

少数民族地区的建设也同样是日新月异蓬勃发展着的,图1-11为不久前建成的拉萨劳动人民文化宫。

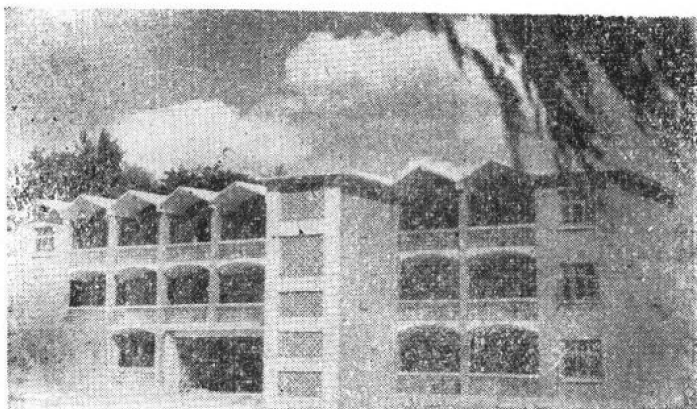


图 1-9

采用砖砌筑的特殊结构如烟囪、料仓、水塔等也较广泛。图 1-12 示在湖南地区建造的地道式砖砌筒(粮)仓群, 筒仓高 12.4 m, 直径 6.3 m, 壁厚 24 cm, 用水泥砂浆砌筑。

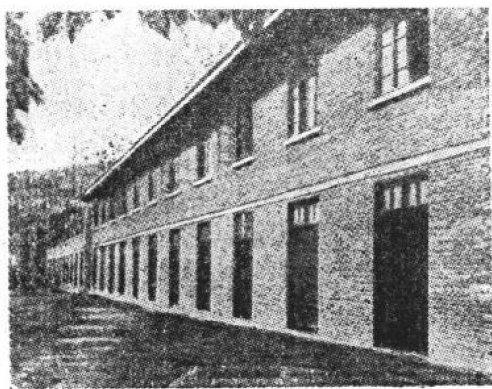


图 1-10

在山区或近山区, 就地取材, 以石代砖, 不仅可以加快建设速度, 还可降低造价。用料石乃至用乱毛石建造多层房屋在近十多年来已获得了很大的发展。料石墙厚度已有减薄至 18 cm 的。乱毛石墙房屋最高可达 6 层。图 1-13 为唐山某厂 3 层职工宿舍, 用 100 号水泥砂浆砌筑乱毛石外墙, 厚度 40 cm, 内墙为 24 cm 砖墙。该建筑地基好, 设计合理, 施工质量保证, 经强烈地震后仅山墙产生局部水平裂缝。但由

于在震区采用乱毛石建筑的经验目前还很少, 所以在震区采用这种建筑仍应持慎重态度。

建造石拱桥代替钢筋混凝土桥, 不但可节约大量水泥和钢筋, 有时还可利用我国传统的土牛拱胎法建造, 则将更有效地节约木材。目前公路用变截面空腹式石拱桥的跨度最大已达 112.46 m, 可见已因地制宜地将石料在桥梁建筑中的充分利用推向了一个新的水平。图 1-14 为近年来建成的跨度为 88 m 的闽清梅溪大桥。用双曲砖拱(拱波间加钢筋混凝土小肋)建造的桥梁, 人行桥跨度有达 25 m 的。

用料石砌筑的 80 m 高排毒塔, 与钢筋混凝土结构比较, 节约钢材 37 t,



图 1-11

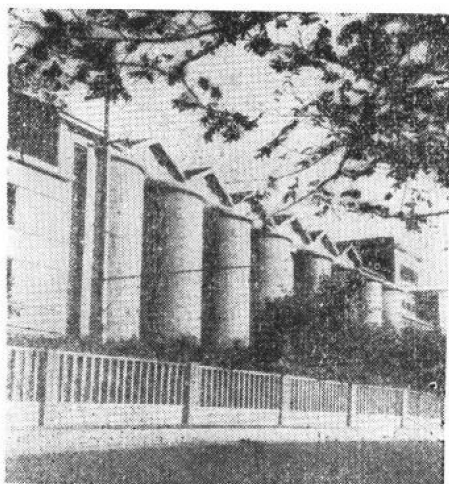


图 1-12



图 1-13

水泥 72t, 木材 27 m<sup>3</sup>。还有用料石建造贮液池、甚至酒精池的。这些都扩大了石结构的应用范围。

石砌连拱坝是一种很经济的坝型, 与重力坝比较, 可减少工程量 50~60%, 节约投资 21~49%, 节省劳力 43% 左右。坝体可采用条石、块石或乱毛石用水泥砂浆砌筑。



图 1-14

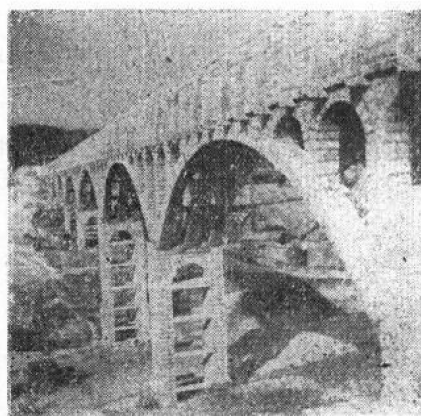


图 1-15

石砌渡槽应用十分广泛, 形式多样, 槽壁都用条石浆砌。渡槽工程大多规模宏大, 外观雄伟壮丽, 如福建横跨云霄、东山两县的大型引水工程——向东渠, 其中飞渡海堤的陈岱渡槽, 全长 4,400 多 m, 高达 20 m, 共有槽墩 258 座(图 1-15)。

### 1-3 砖石结构的优缺点

砖石结构之所以如此广泛地被应用, 是具有一系列优点的, 主要有如下几点:

1. 具有良好的耐火性, 以及较好的化学稳定性和大气稳定性。
2. 易于就地取材。自然石、粘土、砂等几乎到处都有, 来源很方便, 因此就较经济。
3. 较钢筋混凝土结构可以节约水泥和钢材, 并且砖石砌体砌筑时不需模板及特殊的技术设备, 因此大大节约了木材。

4. 有较好的保温、隔热和隔音性能。

5. 新铺砌体上可加重量,因而可不停地施工;在寒冷地区,还可用冻结法砌筑。

砖石结构的缺点和今后发展趋势:

1. 自重较大。因砖石砌体的强度较低,故必须采用较大截面的构件。体积大了自重因而就大(在一般砖混结构住宅建筑中,砖墙重可占建筑物总重的一半,造价约占  $\frac{1}{3}$  以上)。因材料用量多,运输量也随之增加。为此,应加强轻质高强材料的研究,以减小构件截面尺寸和减轻自重。如将实心砖改为空心砖,特别是发展高孔洞率、高强度、大块的空心砖,这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。这也是国外粘土砖发展的一个重要趋向,其承重空心砖抗压强度达  $300 \sim 400 \text{ kg/cm}^2$  的已很普遍,有些国家已达  $500 \sim 800 \text{ kg/cm}^2$ ,孔洞率达 40% 以上,其规格有  $500 \times 150 \times 300 \text{ mm}$  (法国)、 $400 \times 300 \times 240 \text{ mm}$  (西德)的。美国“E”型砖尺寸为  $200 \times 95 \times 57 \text{ mm}$ ,有 5 个垂直孔洞,空隙率为 22%,抗压强度达  $1770 \text{ kg/cm}^2$ 。非承重空心砖孔洞率则已达 60~70%。

2. 砌筑工作相当繁重(在一般砖混结构住宅建筑中,砌砖工作量占  $\frac{1}{4}$  以上)。关于这一点,在一定程度上是由于砖石结构的体积庞大而造成的,今后在砌筑时可以考虑利用各种机械来搬运砖石和砂浆。而目前砌筑操作过程,基本上还是采用手工方式的,因此,必须进一步采用大型砌块、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。

大约从 60 年代开始,国外已采用各种类型砖、空心砖和轻混凝土组合以及各种夹层墙板,用作高层房屋的承重内墙和悬挂外墙,如美国得克萨斯州奥斯汀市一幢 27 层框架结构的公寓即是用 3 吋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,墙板厚度有的低达 5.1 cm,其隔热、隔音性能仍能符合一般要求。

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

4. 用砖砌筑建筑物时砖的需用量很大,而砖需用粘土制坯烧成,在某些地区往往发生占用农业用地过多的现象,影响了农业生产。所以应进行利用工业废料和地方性材料代替粘土砖的研究,以解决上述矛盾。

#### 1-4 砖石结构的应用范围

由于砖石结构所具有的优点,故目前应用仍很广泛,但由于它的缺点,也限制着它在某些场合下的应用。因此,针对上述缺点还有待不断地研究改进。

一般民用和工业建筑中的基础、内外墙、柱、过梁、楼盖、屋盖、地沟等构件,都可用砖石来建造。由于砖质量的提高和计算理论的发展,一般 5、6 层房屋用砖墙承重已很普遍,国内有建成 9 层的砖楼房。1958 年瑞士用一种孔洞率为 28%、高强度(抗压强度达  $600 \text{ kg/cm}^2$ )空心砖在苏黎士建造了一幢 19 层塔式建筑,墙厚仅 38 cm。以后又用同一种空心砖建成了一幢 24 层的塔式住宅。

一般中小型工业厂房也可用砖石作为承重结构。除砌筑房屋的各种构件外,对于砖木结构的厂房,在钢材供应困难的场合下,对起重量不超过 3t 的中、轻级吊车,亦可考虑采用

砖拱吊车梁；起重量较大时，还可建造单跨砖吊车墙工业房屋。在大型工业厂房中，砖石又可用来砌筑填充墙。此外，工矿企业中的烟囱、料仓、地沟、管道支架，和对渗水性要求不高的水池等特殊结构，也可用砖石来建造。也有用石砌酒精池或建造预应力砖砌圆池的。

在交通运输方面，砖石结构除可用于桥梁、隧道外，各式地下渠道、涵洞、挡土墙也常用砖石砌筑。

在水利建设方面，可以用石料砌筑坝、堰、渡槽等。

但是我们应注意，砖石结构是用砖石块和砂浆砌成，目前还大多用手工操作，铺砌时较难保证均匀，加上砖石砌体的抗拉强度低，抗震性能差等缺点，在应用时应注意有关规定的使用范围。如在地震区采用砖石结构应有抗震措施。用砖石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。

## 第二章 材 料

### 第一节 砖 石 材 料

#### 2-1 砖石的标号

用作承重结构的材料,其主要指标为强度;建筑材料的抗压强度用标号来表示。

根据标准试验方法所得的砖石材料抗压极限强度  $\text{kg/cm}^2$  数,即称为该砖石材料的标号。块材的标号,仅以其极限抗压强度来决定,而砖标号的决定,除需考虑抗压极限强度外,尚应考虑其抗弯极限强度,这是因为砖厚度较小,应防止其在砌体中过早地破坏。

《砖石结构设计规范》(GBJ 3-73)中规定砖石标号应按下列规定采用①:

1. 普通粘土砖、空心砖和硅酸盐砖标号: 300、250、200、150、100、75 和 50;
2. 石材和砌块标号: 1,000、800、600、500、400、300、200、150、100、75 和 50。

如强度在两个标号之间,即应采用相邻较低的标号。空心砖或砌块的强度,应按毛截面面积计算。

#### 2-2 砖和空心砖

用于建筑结构中的砖,有粘土砖和硅酸盐砖,而最普遍的仍为前者。

根据压制方法可分为: 塑压粘土砖及半干压粘土砖; 根据构造的不同,可分为: 实心(密实的)砖和孔洞砖,微孔砖和微孔孔洞砖。我国目前生产的实心粘土砖的规格为  $240 \times 115 \times 53 \text{ mm}$ 。

烟灰砖、灰砂砖等统称为硅酸盐砖。灰砂砖是用石英砂及熟石灰制坯,在压蒸釜中,于蒸汽压力下凝固而成的,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外,在产煤地区,还可利用煤矸石作内燃材料而制成煤矸石砖。

孔洞砖包括两种,一种孔洞较小,但孔洞数较多,在国外则称为多孔砖;另一种则孔洞尺寸较大,称为空心砖。我国规定孔洞率在 15% 以上者不管其孔型如何,统称为空心砖。

微孔砖和微孔孔洞砖系在粘土内加入适量的、粒度有一定要求的锯屑、稻壳等可燃性植物纤维,经过煅烧后即可得到一种由许多微小不规则且相互连通的孔洞构成的多孔性制品。这种砖具有很好的隔音性能,因为声波传向材料,微孔中的空气引起振荡,部分声能由于微孔中的摩擦和粘滞阻力而转变为热能,这部分声能即被材料所吸收。微孔砖的隔热性能亦好。国外也在生产和研究各种轻质砖,如瑞典研制出一种专利的轻质微孔砖(protton)已在欧洲二十几个砖厂中正式生产,这种砖是在粘土中掺入塑料微珠(苯乙烯),煅烧后塑料微珠烧失而在砖体中形成许多微孔,既有足够的强度而重量又很轻,可制成大块作为保温墙或承重墙。又法国生产一种外层为实壳,内芯为发泡微孔的粘土砖。

实心粘土砖为一种最古老的人造砖石。从长期的使用经验来看,如烧制得很好(烧制不

① 考虑设计的经济效果,有建议对最常用的粘土砖增加 125 号一级。又我国很少采用标号低于 50 的砖或块材。

好,作“清水”外墙用时,经多次冻融循环即易剥落),塑压实心粘土砖是一种很耐久的材料,它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。但近十多年来采用灰砂砖砌筑了一些房屋外墙(如在北京市),经过较长时间的考验后,对这个问题可作出结论。

在承受高热的砌体(炉壁、烟囱等)内,不容许用灰砂砖或矿渣砖及其他轻质砖。

我国墙用空心砖的生产是从1955年开始的,大批推广则在1964年以后。但过去孔型和规格很不统一,孔洞率差别亦很大。各地区根据自己的条件,生产各种孔洞型式和规格的空心砖(常见孔型有圆形、方形、矩形、三角形、菱形及蜂窝形等,而规格则超过20种),孔洞率差别亦很大(10~40%)。1975年,国家建委颁布了部标准《承重粘土空心砖》(JC196-75),推荐三种主要规格:KM1、KP1及KP2。标准中只规定三种砖的规格而未规定孔洞型式。KM1的规格(长×宽×厚)为190×190×90mm, KP1的规格为240×115×90mm, KP2的规格为240×180×115mm。编号中字母: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2-1(a)、(b)示南京生产的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290×190×90mm、带蜂窝孔的空心砖,其孔洞率达30%,用以砌筑30cm墙。图2-1(a)中所示抓孔尺寸为40×80mm,是作为砌筑时抓砖用的。

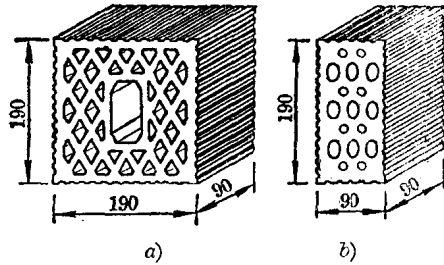


图 2-1

图2-2(a)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25%;图

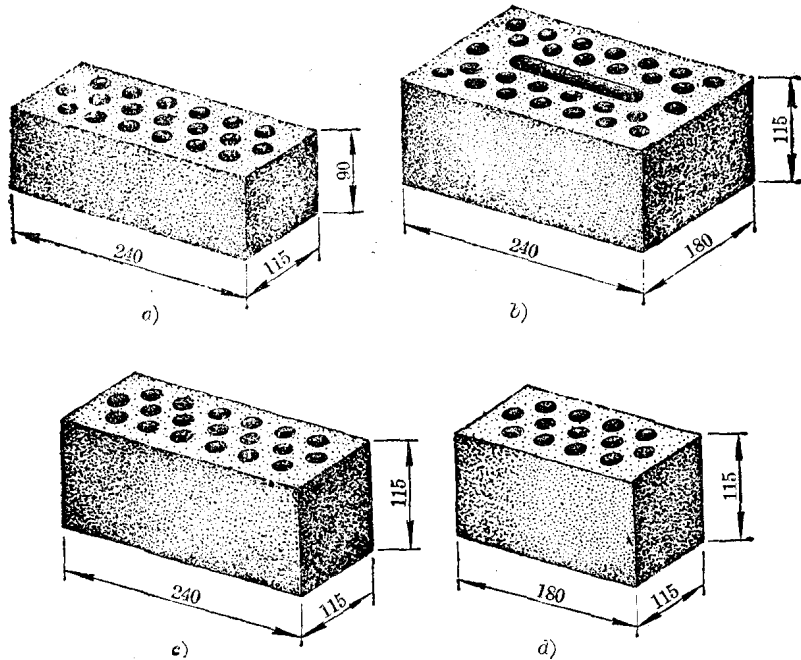


图 2-2

2-2(b)、(c)及(d)分别示西安等地生产的 KP2 型空心砖及其配砖<sup>①</sup>。这些空心砖的容重为 1,300~1,400 kg/m<sup>3</sup>, 而西安等地生产的 KP2 型砖容重有时略大些。

以上三种主要规格空心砖占全国空心砖总生产量 90% 以上。这些砖各有优缺点。譬如 KM1 型, 符合建筑模数, 19 墙接近 18 墙, 经济意义较大, 有四个面可选择, 不受内燃焦花的影响, 但需要辅助规格(190×90×90 mm)以及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, 但不能砌 18 墙; KP2 能与普通砖配合使用, 能砌 18 墙, 但需辅助规格, 如不生产配砖时则砍砖较多, 且较难砍, 主要规格较重, 劳动强度大; 当采用大孔型(四川、广东、湖北等地生产的)时, 施工中容易漏浆。

空心砖和实心砖比较, 具有下列优点:

(一)较高的热阻, 在寒冷地区可以减薄外墙厚度, 因而减少工时, 节约材料用量和降低造价。

(二)减轻砖重和改善在制造过程中(由于有孔洞)干燥及烧制的条件, 因而可能生产一倍半或二倍高度的砖, 这将减少砌体中水平灰缝的数量, 从而可节约砂浆用量。由于砖厚增大, 砌体抗压强度提高, 因此在多层房屋中有时又可减小墙厚。

(三)减小砖重及墙厚也就减轻了墙重, 因而减轻了支承墙重的结构的负荷(下层墙、基础及骨架等)。

(四)制造空心砖所用原料、电力及燃料可相应减少。

目前国内各地空心砖的生产尚不平衡(南方多、北方少, 大城市多、县城少), 上海市基本上实现了砖空心化, 其产量约占砖总产量的 80%, 不过就全国而言, 空心砖产量还未达到砖总产量的 5%, 但随着墙体新材料的发展, 空心砖必将会得到不断的推广。

大孔洞空心砖的孔洞率可达 40~60%。因此为了避免砖强度的降低, 对承重墙体所用砖孔洞率不宜超过 40%, 平均为 35%。对骨架墙及隔墙所用的砖, 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, 容重更小, 且隔热性能较好。

墙砌体采用有垂直及水平孔洞的砖的, 经试验测定后认为, 当荷载垂直于孔洞方向时, 砖的极限强度较荷载平行于孔洞方向时要低很多。因此当承受垂直荷载时, 有水平孔洞的砌体强度低于有垂直孔洞的砌体。所以对承重砌体采用有垂直孔洞的砖, 较为合理。但当对砌体强度要求不高, 如房屋层数不多时, 采用有水平孔洞的砖则较合理, 因这时铺砌水平灰缝砂浆较为方便, 同时可采用孔洞率较大的砖。

除上述墙用空心砖外, 在工程实践中有在建造楼盖时采用粘土空心砖和煤渣混凝土空心块的。图 2-3(a)、(b)分别为楼盖用的这两种空心材料。砖或块材下边的凹缘是为了将它放置在预制钢筋混凝土倒 T 形肋上而制作的。两种砖(块)的孔洞率分别达 52% 及 55%。

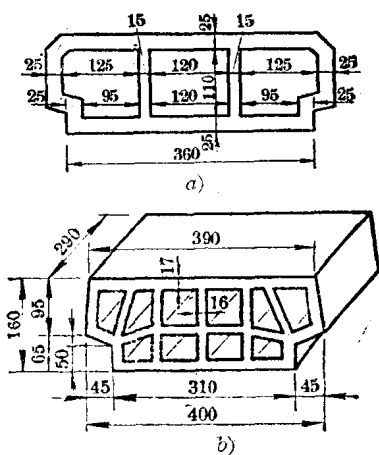


图 2-3

<sup>①</sup> 严格讲, 图(b)、(c)所示的砖是配套的, 利用(b)、(c)可分别砌筑 12、13 墙, 配合可砌 24、30、36、42 及 48 墙等; 图(d)所示砖是图(b)所示砖的配砖。