

《方向性预测性情报综合分析研究》

1983年度研究成果

第 13 号

国外砖混建筑的改革及合理化

中国建筑技术发展中心建筑情报研究所

一九八四年十月



本子项参加负责研究单位及人员:

陕西省建筑科学研究所

刘伦章 周裕农 刘秋兰

目 录

- 一、国外砖混建筑的发展概况..... (1)
- 二、国外砖混建筑砌筑材料的发展与改革 (3)
- 三、国外砖混建筑的结构构造改革 (6)
- 四、国外砖混建筑施工工艺的改造 (10)
- 五、国内砖混建筑的现状及其改革建议 (16)

国外砖混建筑的改革及合理化

人类在漫长的历史长河中，逐步积累了用砖石建造房屋的丰富经验。焙烧粘土砖的应用已有五千多年的历史。实践经验证明，在古老砖石结构基础上发展起来的砖混建筑体系具有许多优点。例如：取材便利，粘土砖在大部份地区都可以就地取材制造；砖混建筑的施工方法比较简单，不一定要使用大型的和复杂的机具，因此无论城市和乡村都便于建造这种房屋。此外，砖混建筑经久耐用，造价较低，具有良好的隔热、保温、隔音和防火等物理性能；砖混结构在设计上比较灵活自由，建筑师易于采用不同的结构平面和空间布局，运用不同的外观造型和艺术处理而实现房屋设计的多样化，避免建筑物千篇一律、单调乏味的弊病。砖混建筑这些优点的存在，正是它与各种新结构的激烈竞争中不被淘汰的原因。但是勿容讳言，目前砖混建筑还存在施工工期长、现场用工多、湿作业量大，手工劳动强度大和工效低以及建筑耗能量大等缺点。这些缺点无疑会成为砖混建筑进一步发展的障碍。如何解决这些问题，是国内外建筑界共同关心的问题。目前国外建筑行业对砖混建筑的用材、结构构造和施工工艺的改革和合理化，已经进行了大量工作，积累了许多经验，对上述问题的解决已取得了某些进展和成就。我们拟在这篇报告里重点介绍国外砖混建筑的改革经验，并结合国内情况，提出若干改革建议，以供国内同行借鉴。

一、国外砖混建筑的发展概况

砖混建筑是上一世纪70年代出现了钢筋混凝土构件以后逐步形成和发展起来的，一

百余年以来，随着科学技术的发展，砖混建筑在技术上也在不断发展。在用材、结构构造以及施工工艺方面取得了明显的进步。

历史表明，砖混建筑在技术上的某一突破，就为它的发展开辟了新途径。砖混建筑比砖木建筑显得优越，因此在上一世纪后期很大一部份砖木建筑被砖混建筑所取代。但是到本世纪前半期：许多国家的多、高层房屋提倡采用钢筋混凝土框架结构或钢框架结构，大板等工业化建筑也在各国相继推进，砖混建筑就存在了比重下降的趋势。其衰退的内在原因是当时许多国家的砌体设计理论落后，旧的规范对砖墙的最低厚度和高厚比等作了不合理的规定，因而设计出来的多、高层砖混建筑很不经济。例如1937年加拿大多伦多地区的建筑法规（当时加拿大的主要建筑规范）规定十层砖混建筑的底层墙厚度为27~40英寸（即68.6~101.6厘米，根据房屋的不同类型和条件确定）。当时美、英、以及苏联等国也存在类似的不合理规定。到本世纪50年代之后，通过大量研究试验和工程实践，墙体构造日趋合理，设计计算理论有了新的发展。墙体厚度已不再遵循过时的绝对要求，而是根据可靠的结构分析决定。此时欧洲各国建造了许多10层以上的砖混建筑，证明新的砖混建筑比框架建筑造价经济，因此砖混建筑在多、高层房屋中又逐步推广。

砖混建筑采用无筋砌体较早。高层无筋砌体砖混建筑的应用也可追溯到上一世纪七、八十年代。例如1876~1888年英国伦敦兴建了著名英国女皇安娜（Anne）的14层无筋砌体住宅大楼。1889~1891年美国芝加哥也兴建了一栋16层的无筋砌体Monadno-

ck大厦。但这些大楼的墙体很厚，全部采用实心砖砌成，例如Monadnock大厦的底层砖墙厚度竟达6英尺（1.83米），既不经济，也浪费了大量建筑空间。1953年前后，第一批按工程结构设计的高层薄壁无筋砌体砖混建筑才在瑞士出现。根据Haller教授的研究成果建造了许多16~18层无筋砌体砖混建筑。例如在瑞士苏黎世建造的一栋高18层无筋砌体砖混建筑，由于采用了高强粘土砖以及设计构造合理，其承重内墙仅为6~10英寸（即15~25厘米），外墙的厚度根据热工计算，也不过15英寸（39厘米）。

采用配筋砌体的先驱砖石建筑有1770~1772年在法国巴黎建造的伟人祠（The pantheon）。尔后，英、美、法国陆续有人从事过配筋砌体的研究。但是配筋砖混结构在国际上得到应有的重视只不过是本世纪20年代以后的事情。地震是配筋砌体砖混建筑发展的动力。印度在1919~1921年为了抗震建造了配筋砌体近300万平方英尺（约27.8万平方米）。1923年印度市政工程部副部长A. Brebner总结了印度使用配筋砌体的经验，发表了一篇报告，这篇报告在国际上引起了强烈反响，曾被誉为“现代配筋砌体发展的真正开始”。当时印度、日本等震害多的国家在房屋建筑中掀起了应用配筋砌体的热潮。美国在本世纪30年代也已广泛采用配筋砌体。美国地震区加利福尼亚修建了大量这种抗震建筑，其中包括教堂、银行、学校、商店、政府办公大楼、仓库以及高层旅馆和公寓建筑。目前美国广泛应用的一种实心砖砌成的空腔配筋灌浆砌体就是1933年发生灾难性的长滩大地震之后发展起来的。

采用高强空心砖建造的多、高层砖混建筑，在英、美、法、德和瑞士等国已获得推广。例如法国曾用抗压强度为300公斤/厘米²的空心砖建造了六层以上的砖混建筑。瑞士曾用一种孔洞率为28%、抗压强度为600公斤/厘米²的空心砖建造了19~24层的砖混住

宅。空心砖承重墙通常采用配筋灌浆工艺，其抗震性能良好。

预应力配筋砌体在砖混建筑中应用也有多年了，目前英、美等国在这方面已积累了一定的经验。

砖混建筑如何实现机械化和工业化施工，是人们长期以来一直在探讨和研究的一个问题，在很大程度上取决于砖混结构本身的改革。从目前国外的情况来看，发展预制砖墙板建筑是实现工业化的一条较好途径。迄今为止，国外出现了各式各样的砖板体系建筑，国内在这方面已有资料作过大量报导，这里就不赘述了。

关于目前各国砖混建筑在整个房屋建筑中的比重问题，我们未掌握足够的资料。据有关资料报导，目前罗马尼亚的砖混住宅约占住宅总量的10%。1975年匈牙利的比重为37.6%，捷克的比重为29.1%，东德的比重为19.9%，保加利亚的比重为14.2%，延至现在，其比重还可能下降，至于苏联，城市中大板建筑占居住建筑总量的65~70%，砖混建筑和其他建筑比重较小，但就其全国总体而言，苏联“目前约有40%的房屋是用砖建造的”。据1978年苏联立陶宛共和国的统计，砖砌住宅仍占住宅总量的53.3%（包括城乡）。苏联在一些大城市也修建了一些高层砖混住宅。苏联列宁格勒设计院于1969年编制了（1972年修改）14层的砖混住宅标准设计（1—528KП—80和1—528KП—81）。1974年又制定了14层和16层的新型点式砖混住宅标准设计（1—528KП—84和1—528KП—82）。但是根据苏联的经验，砖混建筑的单方造价和用工量通常比大板建筑为高，所以不提倡推广。在资本主义世界，因国情不一。砖混建筑的发展情况不尽相同。据说英国以砖为主的砌体建筑1970年占58.5%，发展到1975年，占当年新建住宅的83.1%。1975年法国的住宅建筑的承重砖墙在各种承重墙中占56.8%，砖砌外墙在各种外墙中

占71.7%。在西德,住宅建筑以低层住宅为主,砖可就地取土制造,所以砖砌住宅也十分普遍。在其他一些资本主义国家,通常习惯于采用多样化的独户住宅或多层公寓个体设计,而砖混住宅具有适应这种个体设计的特点,其造价也比框架结构便宜(英国约便宜5~9%),所以砖混建筑在这些国家住宅建筑中的比重,估计是不会低的。

从长远的观点看问题,由于其他新型墙体材料的发展以及能源短缺(砖的制作耗能量大)等原因,估计国际上未来砖混建筑的比重将趋向下降,但由于各国的经济、物质和技术水平千差万别,今后20年甚至50年内,砖混建筑的绝对数量还可能上升,其用材、结构构造和施工工艺将日趋合理,取得比目前更好的技术经济效果。

二、国外砖混建筑砌筑材料的发展与改革

目前粘土砖在世界上还是一种很重要的建筑材料。由于国情不同,各国砖的发展情况也不相同,有的产量稳定,有的产量下降,有的产量则有增长的趋势。美国从1973年到现在,砖的年产量一直在65~87亿块(以标准砖当量计,下同)之间波动变化,全国人均约40块。1979年美国砖的年产量为85亿块,1982年美国砖的生产能力估计约为90亿块。苏联从1973年到1980年,砖的年产量为312~343亿块,近几年来正致力于旧的砖厂改造,使砖厂实现自动化生产,以提高砖的产量和改进质量。英国砖的产量似有下降趋势,1973年产量为63亿块,1979年已下降到49亿块,目前生产情况仍不景气。西德十年来砖的产量也有下降,砖的年产量1971年为54亿块,1978年已下降为42亿块。法国和意大利砖的年产量比较稳定,从1970年到1977年,法国砖的年产量为29~34亿块,意大利砖的年产量为40~50亿块。

由于科学技术的发展,先进工业国家的

制砖工艺技术已不断获得改进和提高。目前砖的质量不断提高,花色品种也在不断扩大,以适应不同的使用要求。其总的发展和改革趋势是:

(1) 强度系列化, 发展高标号砖

合理地使用材料,尽量做到量材使用,将不同强度和品种的砖用于不同的房屋和房屋的不同部位,防止优材劣用,次材优用,这是设计人员应尽的职责。然而这些要求均取决于砖的生产和供应情况。为了适应工程的不同需要,目前许多国家生产了各种不同标号的砖,实现了砖的抗压强度系列化。美国材料试验学会ASTMC67标准规定,普通建筑粘土砖(指孔洞率在25%以下者)划分为:2500、4500、6000、8000、10000、12000和14000磅/英寸²(相当于176、316、422、562、703、844和984公斤/厘米²)七个强度等级。据说美国市场上有的商品粘土砖的抗压强度可高达20000磅/英寸²(1406公斤/厘米²)。美国西部各州粘土制品协会(WSC-PA)制定的标准也将粘土空心砖(孔洞率达40%)划分为2500到14000磅/英寸²(176~984公斤/厘米²)以上九个强度等级(按净面积计算)。英国标准(BS3291)规定实心粘土砖(有或无凹槽,孔洞率在25%以下者)的抗压强度为71~1055公斤/厘米²,通常使用的粘土砖的抗压强度为214~867公斤/厘米²。捷克生产的几种多孔砖,其抗压强度为500~1500公斤/厘米²,有的可达2000公斤/厘米²。意大利生产的一种竖孔空心砖(孔洞率30%),其抗压强度也可达到503公斤/厘米²(按毛面积计算)。在高层砖混建筑中使用高强砖,可以使墙体实现薄壁化,减轻结构重量,进而达到降低造价、缩短工期的目的。随着城市多、高层砖混建筑的增加,高强砖的产量将不断增加。

(2) 发展大尺寸的砖

采用大型砖不仅节约砌筑砂浆,减少因灰缝过多而造成砖墙的“热桥”,提高墙体

的隔热性能,而且可以促进砌砖效率的提高。根据瑞士的经验,用B12.5M模数空心砖(重量为6.5公斤,尺寸为 $30 \times 12.5 \times 19$ 厘米=长 $\times$ 宽 $\times$ 高)代替B12普通砖(重量为4.5公斤,尺寸为 $25 \times 12 \times 13.5$ 厘米=长 $\times$ 宽 $\times$ 高)砌筑一砖厚墙,每平方米墙面可节约砂浆26%。美英等18个国家200多位研究人员通过调研认为:用尺寸 $300 \times 100 \times 100$ 毫米的粘土砖代替尺寸为 $200 \times 100 \times 67$ 毫米的粘土砖砌墙,可以使砌砖工人的劳动生产率提高53%。

在手工砌砖的条件下,砖的最大尺寸和重量以便于手工持拿为度。有些国家的研究人员研究表明,单手持拿砖的重量不宜超过8.5公斤,双手持拿砖的重量不宜超过20公斤(这是按外国人的体力条件确定的)。西德生产一种竖孔微孔砖,尺寸为 $40 \times 20 \times 20$ 厘米,相当于我国标准砖的16块,其容重为700公斤/立方米,每块砖重16.13公斤。

施工时如果使用简单的装铺机械,可以采用更大和更重的砖。西德、荷兰等国在这方面为我们提供了应用经验。他们使用一种“铁瓦工”机械铺砖,每次可以抓吊三块KS—PE灰砂砖(长 $\times$ 宽 $\times$ 高= $50 \times 20 \times 20$ 厘米)铺砌于砖墙上。

一种“特大号砖”目前也正式生产和使用了。如果说本世纪前半期生产一层楼高的砖还是未来科学家的抽象想象,那么到70年代业已成为事实。在这方面,法国、西德、英国等国家为我们提供了初步使用经验。法国Hendryx工程公司创造的一种B. H. E“一层楼高的砖”,实质上是一种焙烧的粘土空心条板,其长度为2.55米,厚度有7、20、30厘米三种系列,宽度有20、30、60厘米三种系列。每块条板的自重为200~300公斤。西德生产的粘土条板尺寸更大,长2700~3600毫米,宽600~1200毫米,厚50~300毫米。这种“砖”的容重约为800公斤/米³,安装时采用起重机,提高了工效。采用这种

“特大号砖”体系建筑的优点是提高工业化施工水平,隔热隔音性能良好,施工周期短,条板表面不必抹灰,仅刷一层涂料即可。目前已正式修建了1~2层的试验性建筑。

(3) 发展轻质砖, 实现多孔空心 and 微孔化

使用轻质多孔空心砖可以节约粘土原料,减少生产耗能,同时可以改进砖墙的热工性能,减轻结构的自重,也有利于砖向大型化方向发展,提高砌筑效率。目前各国空心砖的规格品种繁多,按其铺砌方式可分为水平孔的和竖孔的,前者强度较低,一般用于非承重墙。后者强度较高,可用于承重墙和非承重墙。意大利生产的空心砖约有97%是薄壁空心砖,其孔洞率可达70%,通常用于非承重墙上。许多国家空心砖的产量存在增长的趋势,目前已在砖的总产量中占有相当大的比重,例如意大利占80~90%,西德占90%多,瑞士和奥地利均占90%左右,苏联占14%,保加利亚和捷克斯洛伐克均占39%,罗马尼亚占36%。空心砖除用于墙体外,还用于楼板和屋面板、过梁等构件上。为了改善空心砖的热工性能,有些国家(如法、奥地利等)对空心砖的孔洞排列和组合进行了研究。根据法国砖瓦技术中心的研究,增加空心砖孔洞的行列,降低孔壁的厚度,减少水平连接孔壁的条数,加长孔壁中热传导的途径,可以改善空心砖的保温、隔热性能。西德针对空心砖的孔洞对砌体承载能力的影响也进行了研究。研究认为,孔洞的正确布置非常重要,应尽量避免应力集中和砖内壁的开裂。垂直于砖孔洞方向的强度较平行于孔洞方向的强度低60~80%,砌成砖墙的强度也是如此。当孔洞率不超过35%时,竖孔空心砖墙的强度相当于实心砖的。当孔洞率为40~50%时,即使砖的强度较高,但砖墙的强度却相对的降低,这是因为当砂浆受压而产生侧向膨胀时,砖的内壁提前突然折断。因

此,孔洞的正确设计非常重要。用光弹性试验方法测定空心砖的应力分布表明:圆孔的最好,矩形孔如果带有圆角的,它的应力集中在允许范围之内,带抓孔的矩形孔砖应力集中,具有不良效果。

实现砖的轻质化的另一途径是生产微孔砖,即在生产砖的粘土中掺加可燃物质,焙烧时可以将其燃尽,在砖内形成大量微孔。目前西德、意大利和英国发展了一种微孔砖生产工艺,在粘土原料中掺加膨胀聚苯乙烯微珠,烧出来的砖比掺加锯末的为好:强度高、炭质少。根据英国的试验,一块 $300 \times 300 \times 100$ 毫米的微孔砖仅重 6.4 公斤,而强度却超过 70 公斤/厘米²,容重为 688 公斤/立方米,导热率 $K = 1.9$ 英热单位·英寸/平方英尺·小时·°F(普通粘土砖 K 值约为 4.3)。意大利生产的微孔空心砖 (poroton),尺寸有 $25 \times 30 \times 25$; $17 \times 35 \times 35$; $12 \times 45 \times 25$; $8 \times 25 \times 33$ 厘米等多种,其抗压强度可达 100 公斤/厘米²,容重为 800 公斤/立方米,干燥状态下的导热系数 $\lambda = 0.19$ 千卡/米·小时·°C,其隔热性能比传统砖高出 30% 以上。

(4) 发展自饰面砖

发展自饰面砖可以简化施工作业,降低现场用工量,也可以使建筑物的色彩多样化,收到预期的装饰效果。自饰面砖在英、美、法、意大利、苏联、澳大利亚、罗马尼亚和保加利亚等国已广泛采用。据报导,苏联几个加盟共和国自饰面砖的产量占砖的总产量比重如下:立陶宛占 13%,拉脱维亚占 15%,爱沙尼亚占 30%。国外自饰面砖的品种繁多,从砖型来看,有实心砖的和空心砖的。从表面色彩和纹理来看,有红、黄、褐、灰、黑、绿、兰等各种颜色的,有表面光滑和各种艺术纹理的,也有各种花饰图案的,不一而足。从饰面原材料来看,有上釉的,上陶瓷“化妆土”的,涂刷各种有机涂料(聚醋酸乙烯、聚胺酯、环氧化合物等掺入适当的硬

化剂和填充料)的,整间坯料加着色剂(如 MnO_2 等)的,表层坯料加着色剂的,坯料表面喷涂细砂、磨细玻璃等物质用辊子压型,焙烧后形成彩色浮雕的,也有用彩色金属盐(如 $FeCl_3$ 、 Cr_2O_3 、 $MnCl_2$ 等)水溶液对砖坯表面进行着色的。根据技术经济效益,用彩色金属盐水溶液着色的自饰面砖具有好的发展前途。这种水溶性涂料施用方法比较简单,无论采取浸、刷或喷涂均可。水溶液可渗透入砖内数毫米之深,焙烧之后在砖表面形成牢固的面层。这种自饰面砖具有良好的耐冻性和大气稳定性,表面色彩经久不褪。

(5) 发展模数砖

采用模数砖可使砖的尺寸同结构构件模数协调一致,做到施工中不砍砖或少砍砖,有利于瓦工劳动生产率的提高。英美等 18 个国家的研究人员通过研究认为,砌墙使用模数砖比传统砖可提高工效 10%。目前英、美、瑞士等许多国家已广泛使用模数砖,分实心的和空心的。美国模数砖的模数尺寸以公称模数尺寸表示,即实际尺寸加灰缝厚度之和。但砖墙灰缝厚度要求不一,有 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{3}{8}$ 和 $\frac{1}{2}$ 英寸等多种,所以同一公称模数砖的实际尺寸也有多种。美国的基本模数是 4 英寸,就模数砖的高度尺寸而言,有的一层砖等于一基本模数(4 英寸),有的两层砖等于一基本模数(4 英寸),有的三层砖等于两基本模数(8 英寸)或四基本模数(16 英寸),也有的五层砖才等于四基本模数(16 英寸)。欧洲许多国家也采用 10 厘米的模数制,它相当于英语国家的 4 英寸模数,但迄今还有一些争论问题需要解决。到底模数指的是主体结构尺寸还是最终尺寸?把建筑物的内尺寸或外尺寸模数化,哪一种更为重要?这是两个还有争论的问题。模数砖生产并不复杂,根据瑞士的经验,砖厂改产模数砖以后,砖的生产成本不变,售价也不增加,而砌砖工效却提高了,并节约了砂浆,降低了工程成本。

(6) 发展特种用途的异形砖或配砖

发展特种用途的异形砖或配砖,能简化施工工艺,改进墙体的质量。美国生产的特种用途砖有窗台砖、过梁砖、模壳砖、吸音砖、踢脚线用砖等等。法国的空心砖砌体不仅使用一般G型空心砖,还采用一种G型空心配砖,例如G型墙角砖、横隔墙接岔砖,过梁砖、楼板端部砖、门窗洞口砖等。这些特殊配砖除了砌筑时便于施工外,还改善了墙体的热阻,减少了墙角、过梁等接头处的热损耗,它们在用G型砖砌筑的墙体中起着重要的作用。

关于砌筑砂浆,一般采用石灰水泥砂浆或水泥砂浆。美国材料试验协会ASTMC270规定砌筑砂浆有M、S、N、O和K等五种牌号,其抗压强度分别为2500、1800、750、350和75磅/英寸²(相当于176、127、53、25和5公斤/厘米²)。研究表明,用一般砂浆砌筑的砖墙,其抗压强度一般只有砖的抗压强度 $\frac{1}{3}$ 左右。而且不是所有砌体都能达到,说明砖的强度利用系数是比较低的。随着高强(700~1000公斤/厘米²)砖的推广,砌体的抗压强度的增加愈来愈落后于砖的强度的增加,砖的强度利用系数将显得更低。其主要原因是普通砌筑砂浆的粘结力不够,强度低,尽管砖的强度很高,砌体的强度却上不去。这种情况对大多数无筋砌体来说不是一个严重的问题,但对承受风力和地震力的配筋砌体来说,增加砌体的挠曲抗压强度却是很重要的。根据美、苏等国的研究和实践经验,采用高粘结力砂浆代替普通砂浆,可以显著改善砌体的抗压、抗拉、抗剪和抗挠强度等。采用这种高粘结砂浆为高强薄壁砖砌体的多、高层砖混建筑和抗震建筑的发展创造了有利的条件。

目前国外高粘结砂浆中使用的外加剂有萨冉树脂(Saran,商标名称为Sarabond,系聚偏氯乙烯纤维或其共聚物纤维的总称)、聚醋酸乙烯乳液、丁间乙烯苯乙烯胶乳、乙

烯——醋酸乙烯共聚物氯丁橡胶、亚硝酸钠等。根据美国粘土制品协会的报导,Saranbond砂浆可采用下列配合比(按重量):波特兰水泥1份,大理石粉0.53份、Saranbond树脂0.43份,砂2.81份,另加适量的水以获得要求的稠度。这种砂浆的平均抗压强度为431公斤/厘米²,比美国常用S型水泥砂浆的抗压强度(118公斤/厘米²)提高2.7倍。当砖的抗压强度为551~1771公斤/厘米²时,使用Saranbond砂浆的砌体抗压强度为304~412公斤/厘米²,比使用S型砂浆的砌体抗压强度(235~301公斤/厘米²)平均提高37%。砌体的弹性模量,前者比后者提高25%~50%。

关于砌体的拉结件,通常用于空心墙中内外墙皮的连接,也用于实心砖墙中代替丁砖层。拉结件必须采用耐腐蚀的材料或涂复保护层以防腐蚀,通常采用不锈钢、电镀软钢以及紫铜、锰青铜、磷铜等铜合金制作。有时也采用塑料制品。拉结件的构造形式有蝶形、双三角形、条带形等,蝶形拉结件或塑料拉结件不能有效地传递压力,所以只限于低层建筑不受风力影响的墙体部位,前者最好避免用于承重砌体中。凡传递风力、地震力的砌体,应使用带钢或双三角形的拉结件,其间距由设计决定。

三、国外砖混建筑的结构构造改革

砖混建筑的结构改革,与砌筑材料的改革密切相关。高强砖、空心砖和高强度砂浆的发展,为砖混建筑的砌体实现薄壁、空心化创造了有利的条件。大量的科学研究与试验,也为砖混建筑的结构改革奠定了理论基础,从而破除了旧时有关砌体最低厚度等不合理规定。目前国外砖混建筑改革的主要标志是:砌体高强、薄壁、空心化,由低层建筑向多、高层建筑发展,由小开间向大开间发展,由无筋砌体向配筋砌体和预应力砌体发展。此外,扩大预制构配件的使用范围,

以简化施工工艺, 实现工业化施工和机械化施工要求。

(1) 采用高强薄壁砖砌体, 以减轻结构自重

如前所述, 在本世纪50年代以前, 许多国家的砌体规范比较保守, 常按陈旧的经验, 规定砌体的最低厚度, 因而设计出来的建筑物很不经济。目前许多国家的规范已经冲破了这种不合理的约束, 根据科学试验, 作了新的规定。例如美国现行的统一建筑规范(UBC)规定承重实心砖墙的最低厚度为8英寸(20厘米), 最大高厚比为20; 配筋灌浆承重砖墙和配筋空心砖承重墙的最低厚度为6英寸(15厘米), 最大高厚比为25; 非承重砖墙的最低厚度为2英寸(5厘米), 最大高厚比为20~48, 视有无配筋和内外墙而定。从工程实例来看, 英国奥得姆修建的一栋14层砖混建筑, 其实心砖砌空心外墙厚度为10.5英寸(27厘米), 所有承重内墙厚度为9英寸(23厘米)。外墙采用抗压强度为8000磅/英寸²(562公斤/厘米²)的砖。内墙采用抗压强度为3000~10000磅/英寸²(211~703公斤/厘米²)的砖, 而且不同的楼层部位使用不同强度的砖, 使砖的强度得到较好的利用。据说该砖混建筑的造价比钢筋混凝土框架低7.7%, 一般来说, 低5~9%。美国丹佛的park Lane塔式建筑群有4栋20层的砖混建筑, 其墙体均为配筋灌浆砌体, 厚度仅为10英寸(25厘米)。砖的强度达12000磅/英寸²(844公斤/厘米²)。

(2) 采用配筋砌体, 以提高结构的承载能力和抗震性能

采用配筋砌体是改善砖混建筑的承载能力和抗震性能的一项重要措施。目前美国 and 加拿大等国广泛采用的一种配筋灌浆砖砌体, 系用实心砖砌成空腔, 根据空腔的不同宽度, 在腔内灌注砂浆或稀的豆石混凝土, 并且在腔内设置竖向钢筋和水平钢筋, 以提高砌体的抗震性能。根据美国统一建筑规范的

规定, 这种砌体必须采用较高强度(1800~2500磅/英寸², 即127~176公斤/厘米²)的水泥石灰砂浆进行砌筑。灌浆的豆石混凝土的抗压强度不得低于2000磅/英寸²(即140公斤/厘米²), 豆石的最大粒径为 $\frac{3}{8}$ 英寸(9.5毫米)。灌浆腔的宽度不得小于 $\frac{3}{4}$ 英寸(19毫米), 通常为2~3 $\frac{1}{2}$ 英寸(51~89毫米), 取决于腔内钢筋的直径大小。当内腔净宽尺寸(扣除钢筋直径)小于2英寸(5厘米)时, 施工时可采用低位灌浆法, 其最大灌浆高度为12英寸(30厘米)。当净宽尺寸为2英寸以上时, 可采用高位灌浆法, 此时如用豆石混凝土灌注, 其灌浆高度不得超过内腔最小净宽的48倍; 如用砂浆灌注, 则不得超过内腔最小净宽的64倍, 但也不得超过12英尺(3.66米)。这种墙的内外墙皮一般采用拉筋或金属拉结件(不锈钢的或涂复保护层的)连结, 拉筋或拉结件系铺于砖墙的水平灰缝中。实践经验证明, 采用这种用实心砖砌筑的配筋灌浆砌体的砖混建筑物的抗震性能良好。例如美国丹佛市兴建的17层Park Mayfair East砖混公寓建筑, 其砖墙即系这种配筋灌浆墙, 已经经受五级地震至少两次, 没有破坏。美国丹佛市现已建成23层的配筋灌浆砌体砖混建筑, 抗震性能良好, 其造价也比框架结构便宜。

印度和英国等国采用一种所谓捕鼠器式砌法(Quetta bond)的配筋灌浆实心砖砌体(或译“砖和钢筋混凝土组合砌体”), 其内外墙面每层砖均采用一顺一丁砌法, 墙中每隔一定距离留出空腔, 以供配置竖向钢筋并浇注砂浆或混凝土。墙厚一般为34厘米。这种砌体抗震性能比较好, 但施工比较费工和费时。

空心砖配筋砌体目前在英美和日本等国已广泛使用。为了提高砌体的承重和抗震性能, 一般在砖的竖孔中配置纵向钢筋并进行灌浆, 必要时砖墙的水平灰缝中也可设置水平钢筋。

一种墙面留有竖向配筋灌浆槽的实心砖

砌体，也在英、美等国推行。配筋灌浆槽设于墙体的受拉面，以提高墙体的抗弯和抗拉性能。这种砌体通常用作挡土墙，但也用于房屋建筑中，

预应力配筋砖砌体已在英、美、新西兰等少数国家使用。英国的做法是在砖砌空心墙的空腔内设置竖向钢筋，用后张法对钢筋施加预应力。空腔内可以灌注砂浆或混凝土，以防止钢筋锈蚀。如不灌浆，钢筋表面上应涂复塑料等保护层。根据英国人W. G. Curtin的报导，他们已修建了300多项工程，尚未发现有预应力损失和钢筋锈蚀问题。目前英国陶瓷协会已编制出了“配筋和预应力粘土砖砌体设计指南”（SP91）。但是应该指出：目前人们在这一领域毕竟还缺乏足够的研究和使用经验。

美国统一建筑规范（UBC）对严重地震区（即3类以上地震区，符合美国修正烈度表M_sM中的8度以上）的配筋砌体有许多要求，包括配筋量和配筋部位等。对其它地震区则无此规定，仅按设计需要考虑“局部配筋”。该规范规定配筋砌体的最低配筋率为0.002bt（墙宽×墙厚），无论垂直方向和水平方向，其配筋量不少于总量的 $\frac{1}{8}$ 。除了灰缝配筋外，钢筋的直径不得小于 $\frac{3}{8}$ 英寸（9.5厘米）。配筋中距无论垂直方向和水平方向均不得超过48英寸（1.22米）。剪力墙中要求配置“剪力筋”，以防产生斜向（对角线的）拉裂。此外所有门窗洞口四周也应设置钢筋，以防洞口角部发生辐射状的斜向裂缝。

加拿大1970年修正的国家建筑规范规定：在0和1类地震区，任何高度的建筑物砌体不需配筋。在2类地震区，除非经有关当局批准，一般要求最低配筋。在3类地震区，所有建筑物的砌体都要求配筋。

这里应该说明一下：目前日本的砖混建筑高度不允许超过三层，但在美国加利福尼亚等地震区已修建了大量高层砖混建筑。

（3）采用空心墙砌体以提高砖墙的隔热和保温性能

在砖混建筑中：外墙的厚度往往取决于墙体的热工性能，而不取决于墙体的力学强度（高层建筑和承重外墙例外）。为了满足热工需要，采用很厚的实心砖外墙在经济上无疑是不适宜的。目前国外解决这一问题的一种普遍办法是采用实心砖砌筑成空心墙或用实心砖和空心砖组砌成空心墙，其内部空气间层宽度为2.5~10厘米，内外墙皮采用丁砖或金属拉结件进行联结。有时在砌体的内腔中填充聚苯乙烯板、陶粒、矿物棉、木丝板、多孔混凝土和松散填充料等，以进一步提高其绝缘性能。根据美国的经验，30厘米厚的实心砖砌空心墙（内外墙皮和空气间层厚度均为10厘米），其导热率为0.36英热单位/平方英尺·小时·°F，而同样厚度的实心砖墙却为0.42英热单位/平方英尺·小时·°F。

许多国家采用空心砖或微孔砖砌筑外墙，也可以改善外墙的保温隔热性能。实践表明，外墙最好选用孔洞率适宜和孔洞排列组合方式合理的空心砖进行砌筑（如本文第一部份所述）以提高其热工性能。另一方面，还要注意减少或消除砂浆接缝所造成的“热桥”。砖墙可采用不同规格的空心砖进行组砌，或者在内外两层砖皮之间留出一定宽度的空气间层，或者采用隔热保温砂浆砌筑砖墙，均可以收到减少“热桥”的效果，根据美国的经验，3 $\frac{3}{4}$ 英寸厚的空心砖隔墙的导热率为0.4英热单位/平方英尺·小时·°F，而4英寸厚的实心模数砖隔墙的导热率却为0.76英热单位/平方英尺·小时·°F；5 $\frac{3}{4}$ 英寸厚的空心砖隔墙的导热率为0.34英热单位/平方英尺·小时·°F，而6英寸厚的实心模数砖隔墙却为0.54英热单位/平方英尺·小时·°F。由此可见，空心砖墙比实心砖墙显然有较好的热工性能。

（4）采用干砌砖墙，以改善施工条件

早在本世纪30年代，奥地利许多房屋建

筑就采用干砌砖墙(不铺灰浆),但是由于砖的规格尺寸偏差以及表面平整度不符干砌要求,所用的砖必须经过研磨,费工费时。目前奥地利出现了新的干砌Novamnr砖墙体系,以一种“Herakith”垫板铺于上下两层砖之间,以起到联结作用,避免了砖的研磨工作,大大缩短了施工时间。

近年来意大利莫兰陀制砖公司创造了一种键砖体系,其砖墙也是采用干砌法。这种体系用的基本砖的尺寸为 $25 \times 12.5 \times 6.25$ 厘米(长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。另外还有几种配砖,用于门窗洞口、墙角等处。上下砖层的连接借助于塑料键销,每块砖上有两个圆孔,可以插入键销。根据设计需要,砌体可以配筋,可将垂直钢筋和水平钢筋分别安放于砖的方形竖孔中和水平槽缝中。通常在砌好一层楼高的砖墙和安好钢筋之后,在墙的顶部进行孔洞灌浆工作。这种砌体的抗压强度可达 350 公斤/厘米²,可砌厚 12.5 厘米的承重墙,也可砌 37.5 厘米厚的空心墙。空心墙的内腔可设置水暖电卫等管线,也可填充保温隔热材料以提高其绝缘性能。据说这种键砖体系的抗震性能良好,可以修建5层以下的抗震建筑,其配筋用量根据计算决定。这种干砌砖墙的优点是施工速度快(每人8小时可砌2500块),冬季施工便利,施工不需要熟练的技工,但是对砖的规格尺寸要求比较严格,生产砖时砖的表面要进行研磨,因而降低了砖的生产效率,提高了砖的成本。此外,砖的成型工艺也比较复杂。

另外一种干砌表面粘结墙,也已在美国部份地区推广。1979年美国Fibrocem有限公司已取得了这种砌体的专利权。砌体系用砌块或砖干砌,干砌的墙体两面抹上或喷涂一层厚约3厘米的掺耐碱玻璃纤维的水泥砂浆或拉毛粉刷一层,以达到表面粘结。有关当局认为,这种砖墙适用于两层房屋的承重墙和非承重墙,其施工工效比传统砌体高71%。

干砌砖墙的突出优点是抗压强度高。根

据澳大利亚墨尔本大学的试验,砖砌体的抗压强度随灰缝厚度的减少而提高,灰缝愈薄,则砌体的抗压强度愈高。如果砖的上下接触面平整,则干砌体的抗压强度将为最高。例如砌体灰缝厚度为 $0.38 \sim 0.42$ 英寸($9.7 \sim 10.7$ 毫米)时砌体抗压强度为 $2810 \sim 3152$ 磅/英寸²;灰缝厚度为 $0.02 \sim 0.05$ 英寸($0.5 \sim 1.3$ 毫米),抗压强度为 $3950 \sim 4600$ 磅/英寸²;用表面磨平的砖干砌时,抗压强度为 $4070 \sim 5660$ 磅/英寸²;但用表面经过割锯的砖干砌时,抗压强度只有 $1840 \sim 2240$ 磅/英寸²;可见砖的表面平整对于干砌砖墙的重要性。

(5) 采用配筋灌浆砖柱、砖壁柱、砖梁、砖过梁,以简化施工工艺

配筋灌浆砖柱和砖壁柱可用实心砖或空心砖砌成。配筋可用钢筋或型钢。美国有关规范规定砖柱的配筋率不少于0.5%,也不大于4%。竖向钢筋的数量不得少于4根,其竖向连接可用绑扎或焊接,绑扎长度不得小于钢筋直径的30倍。对箍筋的直径和间距也有严格的规定,根据不同地震区的抗震要求确定。

配筋砖过梁和砖梁可用实心砖、空心砖或U形砖、砌块进行砌筑。美国实心砖配筋过梁跨度可达3米,空心砖配筋过梁跨度可达1.8米。配筋砖梁通常设于屋面、楼层处,其作用有三:(1)设于房屋的周边,起圈梁作用,有助于墙体的共同拉结;(2)作为水平隔板(楼板或屋面板)的腹部组成部件,以抵抗弯矩;(3)如果下部的墙为非承重墙,用以承受上层墙、屋面和楼面的荷载。

(6) 采用各种预制构配件,以提高工业化水平

目前国外的钢筋混凝土构配件品种繁多,规格比较系列化,楼板、屋面板、楼梯段、楼梯平台、阳台、通风道等预制构配件,大多实现了商品化生产,许多厂商有各

种型号的产品目录可供选用。就楼板和屋面板来说,有T形板(单T形、双T形和四T形等)、普通和预应力空心板、实心板、槽形板、整间大板(空心或实心)、由预制混凝土薄板、填心材料和现浇混凝土组合的楼板、由砌块和梁组合的楼板、由空心砖和现浇混凝土组合的楼板等等,不一而足。美国砖混建筑中广泛使用预应力双T形板,常用宽度为4~8英尺(1.22~2.44米),高度为8~18英寸(20~46厘米),跨度为15~35英尺(4.57~10.67米),砖混建筑采用这种楼板,可提供经济的大开间,其下部空间可用装拆式隔墙任意隔成小间。T形肋之间可安放水暖、煤气和电线管道等。为了提高楼面的整体性、使其抗震时具有水平隔板作用,一般在板面现浇一层厚2英寸(5厘米)的钢筋混凝土面层。面层内部根据设计需要也可安放管道,这在公寓建筑中最为常见。

由预制混凝土薄板、填心材料和现浇混凝土组合的楼板,在英、美、西德和日本等国广泛采用。非预应力薄板一般厚4~6厘米,宽0.33~2.4米,最经济的跨度为4~5.5米。更大的跨度则采用预应力混凝土薄板。这种薄板的特点是板面沿跨度方向带有刚性钢筋骨架。骨架的截面一般为三角形,高度为10~30厘米,中距为30~60.5厘米,其间可铺放浸渍石蜡的厚纸盒或塑料盒、聚苯乙烯泡沫块和其他轻质材料,再在其上满铺构造钢筋网片,现浇一层混凝土,以形成一种密肋式板。根据日本的经验,这种楼板的隔音性能良好,与传统空心楼板比较,其重量可减轻15~30%。

整间预制大楼板在国外砖混建筑中也常采用。由于生产时已进行了上下表面的装修,因而大大减少了现场抹灰作业量。

一种由混凝土空心砌块、预制托梁(预应力钢筋混凝土梁或钢板梁;其上带有钢筋骨架)和现浇混凝土面层组合的楼板,其最

大跨度可达32英尺(9.75米),托梁中距一般为28英寸(71厘米)。这种楼板的优点是隔音和防火性良好,楼板内部可安放水暖通风和空调管道等。

预应力钢筋混凝土空心板,在各国也大量采用。美国常用空心板厚为6~12英寸(15~30厘米),板宽通常为1.2米,跨长为12~50英尺(3.6~15米)。为了提高楼面的整体性,板面一般现浇一层5厘米厚的混凝土。

(7)取消湿抹灰,采用自饰面砖、石膏板和塑料板作装饰

不抹灰的自饰面砖墙在英、美、澳大利亚等国家应用较为普遍。苏联等东欧国家近几年来也提倡采用。苏联莫斯科州建筑管理总局曾将室内砖墙不抹灰列为节约建筑用工的一项重要措施。计划在1981~1985年第十一个五年计划中推行不抹灰砖墙14.57万平方米,预计节约用工9996工日。

消除现场湿作业抹灰的另一措施是采用石膏干灰板或塑料板等作为砖墙和天花板的饰面材料。石膏板除作贴面外,也广泛用作隔墙。隔墙可用钢、木龙骨作骨架,用石膏板固定于其上。美国一种活动石膏板隔墙应用很灵活,下设轨道,可以随时移动以改变房间的开间大小。石膏砌块隔墙在美国也常应用。砌块分实心的和空心的。这种隔墙下部采用水泥或水磨石等踢脚线,墙上部表面一般都不抹灰,因而减少了湿抹灰作业。

苏联莫斯科州建筑管理总局计划在第十一个五年计划中推行石膏干灰板墙面133.87万平方米,预计节约人工11049工日。

四、国外砖混建筑施工工艺的革新

砖混建筑劳动生产率的提高,在很大程度上取决于采用先进的机具和设施,减少手工劳动,提高机械化施工水平。根据苏联的经验,下述各工种工程的手工劳动每降低

1%，劳动生产率就分别提高：装配式混凝土和钢筋混凝土构件—0.74%，现浇整体混凝土和钢筋混凝土工程—0.85%，抹灰工程—0.36%，油漆工程—0.46%，下述工程采用小型机具可比手工操作明显提高劳动生产率：楼板和屋面板等灌缝采用风动压浆设备—35%，地板油漆采用喷漆设备—58%，墙面喷涂胶质涂料采用电动喷浆器—83.2%，木地板采用电刨刨光—67.6%。目前美、英和苏联等许多国家的砖混建筑在施工现场的材料垂直和水平运输，构件吊装以及土方开挖、混凝土和钢筋混凝土工程等方面已广泛使用机械，实现了机械化施工。常用的机具有各种起重机（主要用塔吊）、电动升降机、皮带运输机、混凝土和砂浆搅拌机、小型叉车、机动装卸车、运灰车、灰浆泵、混凝土泵车，等等。一些国家在抹灰、屋面、地面、油漆粉刷等方面也采用了各种小型机具，如各式各样的抹灰机、墙面抹光机、地面抹光机、水磨石机、油漆喷涂机、油毡铺贴机、锯管机、电钻、电刨、电锯，等等。这些机具的采用对提高砖混建筑的劳动生产率和降低施工工期起了一定作用。

施工方面的另一改革是改善作业条件，科学地组织劳动，采用科学的施工作业计划和施工方法等，也可以达到提高工人的劳动生产率，进而降低工期和工程成本的目的。由美、英等18个国家200多研究人员组成的调研组织曾经对提高瓦工的劳动生产率的问题进行了广泛国际调查，调研后发表了290多篇报告。据说如果执行他们所提出的各项措施，可使瓦工的劳动生产率提高50%。西德在这方面也进行了大量研究工作，提出了一系列合理措施。

国外砖混建筑施工方面的改革及合理化措施，对我国来说，许多经验可以借鉴，这里针对我国砖混建筑施工中的薄弱环节，选其重点作一介绍。

（1）材料采取集装运输

粘土砖采用集装运输与散装相比，具有下列经济效益：（甲）减少砖的损耗和破坏。根据英国一些研究人员的分析，普通粘土砖散装时的损耗系数为1.04，而集装运输时为1.02；饰面砖散装时的损耗系数为1.05~1.06，而集装运输时为1.03~1.04；空心粘土砖散装时的损耗系数为1.07，而集装运输时则为1.05。由此可以看出，砖采用集装运输，其损耗系数一般降低0.02左右。在苏联的许多建筑部门中，建筑用砖每年损耗约2.8%，采用集装运输可以减少10%。（乙）减少砖的装卸时间和用工，研究表明：采用集装运输可使砖的装卸时间减少70%，施工现场卸砖的用工量可以减少4/5。（丙）由于减少了砖的装卸时间，因而减少了装运车辆的停运时间，从而提高了车辆的利用率和装载量，降低了运输费用。根据苏联的经验，砖采用集装运输时，车辆的装载利用系数可提高20%，运输费用降低27%。

目前砖的集装设备大致可以归纳为以下三种：（一）砖笼（或其他立体容器），这种设备已经过时了，因为回收周转不便，容易碰坏，周转次数低，无形中增加了砖的运输成本。（二）砖托板，可分钢的、木的或钢木组合的，用塑料条带、钢丝绳等捆绑装置将砖捆绑于托板上。（三）用塑料条带或薄钢条带捆砖。先将砖捆成小捆，再将小捆捆成大捆（一般500块砖为一大捆）。这些条带通常视作一次性消耗材料，不进行回收。采用这种方法虽然增加了一些附加捆绑材料费，但是砖的使用和运输都很方便，看来是有发展前途的。

目前有些国家（如美国）的现代化砖厂已经实现砖的捆绑作业自动化，减少了砖的集装用工。苏联对砖托板也已作了选型和定型。根据苏联国家标准（OCT18343—80）的规定，载重量0.75吨的托板，分钢、木和钢木组合三种，其中一种带有挂钩。托板的尺寸为500×1030毫米（宽×长）；另一种载

重量为0.9吨的托板,有钢、木二种,尺寸为770×1030毫米(宽×长)。从托板上起吊砖堆的专用夹持器也有定型产品,例如Πφ—1.5,Πφ—2.0和拆卸型,其自重分别为165、190和85公斤,载重量分别为1.5、2.9和1.5吨,可以一次起吊砖1~2捆。

苏联除了建筑用砖采取集装运输以外,还大力发展其他建筑材料(如陶瓷板、玻璃、塑料管及配件、油毡、地漆布等)和小型构件的集装运输,其目的在于减少手工搬运和提高劳动生产率。

(2) 改良砌筑工程的脚手设施

瓦工用手工砌砖是一项繁重的手工劳动。如果工作面的料具布置不合理,或采用不合适的脚手架,瓦工就会因经常发生伸腰、弯腰以及探头、伸手等费力动作而造成身体疲劳,进而影响其劳动生产率。根据苏联的研究,瓦工砌墙的工作高度对劳动生产率有很大的影响。研究认为,0.6米的工作高度为最佳高度,当高度增加或减少时,瓦工的劳动生产率就会分别降低如下:

砌筑操作高度(米)	劳动生产率降低到(%)
0.2	65
0.4	90
0.8	95
1.00	75
1.20	50
1.40	20

为了避免瓦工发生过多的上述动作,就要改进瓦工工作面料具的布置,采用构造合理的脚手架。目前英、美和苏联等国已研制和使用高度可以调整的各种脚手架,瓦工在这种脚手架上工作,可以保持合适的工作高度(0.6~0.9米)。某些研究人员通过调研认为,采用这种可调式脚手架可以使瓦工的劳动生产率比用步距1.8米高的固定式脚手架提高20%。有的研究人员还建议采用一种

所谓两高差和三通道的可调式(指高度)脚手架:其工作平台部位总宽为2.4米,其中材料(砖、灰)堆放道宽1米,运料道宽0.8米,瓦工操作行走道宽0.6米。运料道和堆放道处于同一高度,操作道则比它们低0.4~0.6米。这样,瓦工操作时可以获得合适的工作高度,也不必过多的伸腰和弯腰以取拿材料了。美国最普遍使用的脚手架是钢管框架式脚手,装有可调式支座,撑架可以根据瓦工的操作进度随时升高,使瓦工保持合适的工作高度。另一种是可以曲柄或卷扬机随时提升的悬挂脚手。还有一种塔式脚手架,也可以调整升高。

(3) 砌墙采用机械

为了改变手工砌砖的落后面貌,许多国家都研究和使用过砌砖机。早在1902年,英国人Knight就发明了一种砌砖机,“任何人使用每小时都能砌砖500~600块”。这样的设备以后陆续出现过。1946年芝加哥使用过一种砌砖机,据说8小时可以砌砖10万块。1964年纽约市华盛顿港也使用过一种砌砖机,每小时可砌砖1200块。苏联也研究并使用过砌砖机。但是砌砖机始终没有在各国推广。其原因是过去各种砌砖机还不那么成熟,效率虽高,但使用时有一定的局限性,仅在一定的条件下才显示其经济性。不过,随着砖的大型化,采用吊砖机械代替手工铺砖,可能是一项好的措施。荷兰发明一种机械,叫“铁瓦工”,已在西德等国推广使用。这种机械每次可以抓吊三块KS—PE灰砂砖(长×宽×高=50×20×20厘米),将其铺放在墙上,一次铺砌的墙长达1.5米。3人小组8小时可以砌墙40~50平方米,折合8~10立方米的砌体体积。此外,随着科学技术的发展,也不排除采用机器人砌砖的可能性。东德建筑科学院技术及机械化研究所曾经研究过建筑工程使用机器人的可能性,认为机器人可以从事砌砖、装卸建筑材料、表面喷砂处理和其他许多工作,预计用

机器人干这些工作可以提高效率50~80%，降低成本10%。

砌砖采用铺灰机或铺灰器，目前看来是行之有效的。美国采用一种电动铺灰机，既可砌实心砖墙，也可以砌空心砖墙。其装灰漏斗的下部装有活门，可以调节铺灰宽度，每装一次灰可以铺30英尺（9米）长的灰浆层。采用这种铺灰机可以提高工效，减少灰浆损耗，尤其适用于空心砖墙铺灰，在空心砖的两侧壁上铺摊两道宽度均匀的灰浆层，灰浆也不会漏入空心砖的孔洞中而造成浪费。有的研究人员建议使用了一种类似于喷水抹子（fountain trowel）的铺灰装置，可以节约铺灰，特别是用于厚9英寸（23厘米）以上的实心砖墙时，节约灰浆更为显著。

（4）改进砌体组合方式，提高砌筑效率

一般认为，砌筑砖墙采用英式砌法（即一层顺砖一层丁砖砌法）和弗立米斯式砌法（即指每层砖一顺一丁砌法）质量较好，旧的规范要求砌砖采用这种砌法。但是现代砌体研究表明，砌筑方式对墙的强度的作用并不像先前所想像的那么至关重要。在许多情况下，由这些砌法演变成的一些砌法也令人满意。根据苏联的研究，砖墙采用五层顺砖一层丁砖砌法，其抗压强度仅比一层顺砖一层丁砖砌法降低2~5%，但抗拉强度和剪切强度反而提高。美国统一建筑规范（UBC）冲破了旧时的不合理约束，内中规定：厚度一砖以上的实心砖墙中丁砖所占墙面面积不小于4%，丁砖的垂直间距和水平间距不超过24英寸（60厘米）。丁砖也可用金属拉结件或拉筋取代，拉结件通常铺于水平灰缝中，每根拉结件所拉结的墙面面积不超过4.5平方英尺（0.42平方米），其最大水平间距为36英寸（90厘米），最大垂直间距为18英寸（45厘米），并应交错排列。这一规定由于减少了（或取消了）丁砖的砌筑，促

进了瓦工劳动生产率的提高。目前美国普遍采用四~六层顺砖一层丁砖砌法，人们称之为“普通砌法”。研究表明，如以“普通砌法”的劳动生产率为100，则下列砌法的劳动生产率分别为：英式砌法80%；弗立米斯式每层一顺一丁砌法85%，每层二顺一丁砌法88%，每层三顺一丁砌法91%，每层四顺一丁砌法95%；竖缝全部为通缝的堆砌法90%；鲱鱼骨式砌法36%，编篮图案（包括竖纹和斜纹图案）砌法50~70%。但是应该指出：导致外侧半砖墙皮不连接的各种装饰图案砌法，应避免用于承重砌体工程上。

（5）抹灰工程采用机械化施工

房屋建筑装饰工程的用工量比重很大。据苏联乌兹别克共和国统计，装饰工程用工约占整个建筑用工的40%，原因是手工劳动比重大，工效低。在砖混建筑中，由于墙面一般采取湿抹灰作业，装饰工程用工无疑也是很大的。要改变这种局面，除了采取工业化措施（如干灰板等）以外，还有赖于采用机械施工。

目前国外的抹灰机械大都是喷涂类型。从其构造或组合形式来看，大致可以分为以下几类：（甲）单机联运型，即将灰浆泵、搅拌机和上料装置、振动筛、空气压缩机等临时拉运至施工现场安装，共同完成抹灰喷涂作业，其缺点是搬运和安装费工费时，使用多机耗电量大；（乙）单机组装型，即将上述单机共同组装在一个拖车上，形成一种移动式“抹灰站”，避免现场临时安装单机。在冬、雨季施工中，由于“抹灰站”有防护设施，施工甚感方便。目前国外使用的灰浆泵有柱塞泵（双柱塞或单柱塞的）、隔膜泵、挤压泵、齿轮泵、螺旋泵等。为了减少输灰管道的脉冲作用，以保证灰浆均匀输送、防止灰浆堵塞管道起见，有些厂家生产的泵在构造上作了改进，例如扩大储气罐的容积，增设供输灰管道消振用的风压补偿器等等。苏联有一种PD-2型无脉冲灰浆泵，

可输送干硬性砂浆（圆锥体沉入度5~7厘米，而一般泵要求11~13厘米），输送高度达70米，输灰水平距离达170米，输灰效率为4立米/小时。据说这种泵的优点是制作简单，使用可靠、零件耐用。（丙）专用的抹灰机，它是一种一机多能的产品，既可拌合砂浆，也可输送和喷涂砂浆。由于这种抹灰机结构紧凑，体型不大，重量轻、搬运便利、耗能小、使用可靠，深受用户欢迎。各国生产的抹灰机的结构不尽相同，有的是利用泵送装置输送砂浆，有的是利用压缩空气装置输送砂浆，有的二者兼备。机上大都设有砂浆拌合装置和振动筛；有的输灰效率固定，有的输灰效率可以调整，以适应不同的需要；有的用电动机驱动，有的用柴油发动机驱动，有的二者兼备；这些抹灰机有的配用带有压缩空气喷咀的喷枪进行喷涂作业，有的则配用不使用压缩空气的喷枪。这里介绍几种比较先进的抹灰机的技术性能情况。西德生产的PKM型抹灰机，可输送和喷涂砂粒达10毫米的石灰水泥混合砂浆，输灰效率为10~40升/分钟，系用一种简单的操纵杆加以调整。泵送装置为单柱塞式，最大工作压力为30公斤/厘米²，输灰高度可达10层楼高。空气压缩装置为单缸式，工作压力为2.5公斤/厘米²，排风量为200升/分钟。驱动装置为5.5千瓦的电动机和13马力的柴油发动机，可根据工地情况灵活选用。搅拌器容积为170升，储灰斗容积为200升，自重为720公斤，外形尺寸为1950×1520×1500毫米（长×宽×高）。这种抹灰机搬运方便，使用可靠，装料高度低，不带拌合器时为60厘米，带拌合器时为110厘米。西德生产的Putzomat P26型抹灰机，也是一种比较现代化的设备，上料既可采用螺旋输送机，也可采用风动输送设备（由筒仓或其他容器供料）。根据工程需要，机上可接三个灰浆泵。除了用泵输灰外，还可用压缩空气输灰。这种抹灰机可拌制和喷涂石膏砂浆、石

灰生石膏砂浆和石灰水泥砂浆。砂浆的砂粒可达1.5毫米。最大输灰量为40升/分钟，最大输灰高度和水平距离均为120米，电力驱动装置的功率为4/5.5千瓦，自重仅210公斤，外形尺寸为1430×730×950毫米（长×宽×高）。为了便于手工搬运，这种抹灰机还可以拆成三个部份。波兰生产的AC—30M型抹灰机系由齿轮泵、拌合器、振动筛、储灰斗和空压机组成。其特点是输灰量可以调整为0.7；1；1.6；2；2.4和3立米/小时等六个等级，适用于厚、中和薄层抹灰。输灰高度为60米，输灰水平距离为200米。电动机总功率为10.9千瓦。机器自重为980公斤，外形尺寸为2400×1700×1460毫米（长×宽×高）。苏联生产的C—756型抹灰机系由拌合器、隔膜泵、振动筛等组成，不带空气压缩装置，因此采用无压缩空气喷枪进行喷涂作业，其输灰效率为2立米/小时，输灰高度为15米，输灰水平距离为50米，自重为750公斤，外形尺寸为1940×1900×1900毫米（长×宽×高）。

关于墙面抹光机，目前有手持式电动抹光机和风动抹光机。风动抹光机因噪音较大，重量不轻，未能广泛使用。电动抹光机应用较广。根据苏联的经验，各种电动抹光机的效率为40~50平方米/小时。当前存在的主要问题是机器的自重。电动抹光机在苏联已推广使用10多年了，虽然构造上做了一些研究和改进，但是其重量几乎没有多少降低（一般为2~2.5公斤），以致影响操作工人的劳动强度。近年来苏联中央建筑组织、机械化及技术援助研究所研制成功一种轻型的Π₃M—γ型抹光机，其工作结构仅重0.9公斤，其抹光效率为50平米/小时。苏联比较广泛使用的电动抹光机为Co—86A型和Co—112A型。Co—86A型抹光机采用内、外两个反向转动的抹光盘，外盘直径为200毫米，转速475转/分钟；内盘直径为122毫米，转速为720转/分钟。其驱动电机的功率

为0.2千瓦，电压为36伏，三相交流，200赫兹，自重为2.5公斤。这种抹光机的特点是两个工作盘反向转动，对手柄不产生作用力矩，因此工作比较稳定。由于使用的电压低，可以确保工人操作安全。Co—112A型抹光机只使用一个抹光盘，其直径为200毫米，转速为720转/分钟，电动机的功率为0.2千瓦，电压为36伏，自重为2.2公斤。

这里还应该指出，抹灰工程目前在国外尚未实现全面机械化，例如门窗侧壁、墙壁阴阳角处的抹灰以及抹灰层的刮平工序等，目前仍然采用手工劳动作业，所以研究采用合适的成套手工工具也是不容忽视的。苏联和西德采用一种轻质铝合金刮杠，它比目前我国常用的木刮杠要轻便得多，采用这种轻型刮杠，可以降低工人的劳动强度。

这里附带介绍一下国外石膏抹灰的情况。美国、西德和苏联等国家已推广或采用了这种抹灰。西德的施工方法是將石膏干拌合物装于工地的筒仓中，用压缩空气送到抹灰机（例如MP75型）中加水拌合，然后输往喷枪进行喷涂。苏联生产了一种效率为0.8立米/小时的Co—149型抹灰机，专门用来拌合和喷涂石膏砂浆，为此制定了“石膏干拌合物抹灰砂浆机械化施工工艺及其拌合物配方选用指南”。美国使用的保温石膏抹灰灰浆，其骨料为磨碎的珍珠岩和蛭石等，通常和石膏预拌，在现场使用时临时加水。木纤维在美国也用作石膏抹灰的骨料。

（6）推广科学的施工作业计划

砖混建筑施工工序比较繁复。在许多国家，一栋多层或高层的砖混建筑往往不是由一家承包商，而是由多家专业承包商通过总包共同负责完成的。如果没有严密的协作和科学的施工作业计划作为共同遵循的依据，要如期完成任务是很难做到的。经验证明，在砖混等房屋建筑工程上推行“关键路线法”、“计划评审术”等科学管理技术，由于明确规定了各工序之间的相互联系和制约

关系，使承包者明瞭自己在保证工期计划中所应承担的职责和义务，使具体负责施工的技术人员和工人也明瞭他们同别的工种人员的协作配合关系，因而避免了不合理的争执和纠纷，加快了施工进度，并收到了良好的经济效益。据说应用关键路线法（CPM）作业计划，一般可使砖混建筑工期降低20%以上。

目前苏联、西德和东德等国很重视科学的劳动组织和先进的施工操作方法。据说东德从1975年到现在，根据最新的科学技术知识，在工业、建筑和交通运输业中，新设和改设了160多万个操作岗位，解除和降低了28万多个劳动者的繁重体力劳动，提高了工作效率，减少了工伤事故和职业病。每年可以节约工作时间三分之一。

苏联查波罗什建筑联合企业建筑机械化公司广泛推行了一种科学劳动组织（HOT）措施计划。计划的内容主要包括以下几个方面：（A）合理的劳动组织形式，科学地确定作业班组的工人人数及技术等级构成；（B）给班组配备整套的标准小型机械化工具和设备，对现场料具进行合理布置；（C）采用先进的施工操作方法，例如分段流水作业以及各种高效能的操作法；（d）改善劳动条件，包括科学的劳动和工间休息制度，合适的劳动卫生条件，按规定提供劳保用具和改良工作服，改良操作地点的照明和防护设施，实现现场施工文明，等等；（E）推广保证和提高工程质量的措施；（F）推行劳力消耗和工资扩大预算定额，实行班组承包，普及包工付酬制和验收规则，实行班组月或旬日作业计划；（G）开展社会主义劳动竞赛，定期进行总结评比，对优胜者授予精神和物质奖励。该公司自推行科学劳动组织（HOT）措施计划以来，取得了良好的技术经济效益。以劳动生产率为例，某些屋面防水工班组的效率比定额提高了67%，抹灰班组的效率比定额提高了55%。