

砖石结构

〔苏联〕 C.B. 波利亚科夫 著
B.H. 法列维奇
罗福午等译



中国工业出版社

砖 石 结 构

[苏联] C.B. 波利亚科夫 著
B.H. 法列维奇
罗 福 午 等 译

中 国 工 业 出 版 社

本书可供高等学校土建类专业砖石结构课程的教學参考书。
书中詳尽地探討了主要类型砖石砌体的力学性能、砖石材料和砂浆的性能。根据苏联“建筑法規”和苏联現行的設計标准及技术规范（ННТУ120-55），叙述了工业与民用房屋砖石结构（其中包括大型砌块和大型板材结构）的构造和計算方法。

本书也可供施工和設計部門的工程技術人員参考。

本书緒論由罗福午节譯，第Ⅱ、第Ⅻ章由罗福午譯，第Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ章由屠成松譯，第Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ章由郑金床譯，第Ⅷ、Ⅹ、Ⅺ章由包裕昆譯，第Ⅷ章由施嵐青譯，第Ⅻ章及第Ⅻ章分別由焦泽元及王世慧譯，由闕永魁、沈聚敏校閱，罗福午作了全书的校訂工作。

С.В.Поляков Б.Н.Фалевич

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО
СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬНЫМ

МАТЕРИАЛАМ

МОСКВА—1960

• * *

砖 石 结 构

罗 福 午 等 譯

•

建筑工程部教材編輯室編輯（北京西郊百万庄）

中国工业出版社出版（北京修脚胡同10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

•

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $10^{1/2}$ · 字数 258,000

1965年2月北京第一版·1965年2月北京第一次印刷

印数 0001—7,210 · 定价（科五）1.20元

•

統一书号：K15165·3161（建工-384）

目 录

緒論	1
第一章 磚石砌体的材料。大型板材	13
§ 1. 大型砌块和大型板材。砌体的砖石	13
1. 大型砌块和大型板材	18
2. 混凝土块	26
3. 空心陶土砖	29
4. 砖	31
5. 天然石	34
6. 飾面材料	35
§ 2. 砂浆	38
1. 砂浆的种类及其 应用范围	38
2. 有石灰和粘土塑化剂的砂浆 配合比的选择	43
3. 具有有机塑化剂的砂浆	44
第二章 磚石砌体的种类。大型板材墻壁的划分	46
§ 3. 砖石砌体的分类	46
§ 4. 砌体中的砌合要求	46
§ 5. 大型砌块砌体。大型板材墻壁的划分	47
§ 6. 实心砌体	50
§ 7. 多层和空心砌体	53
第三章 磚石砌体的力学性能	59
§ 8. 在砌体軸心受压情况下砖石和砂浆的应力状态	59
§ 9. 在荷載作用下砌体受压时工作的四个阶段	62
§ 10. 軸心受压时砌体强度极限的一般公式	64
§ 11. 軸心受压时影响砌体强度极限的因素	66
1. 砖石种类和强度的影响	66
2. 砂浆种类和强度的影响	69
3. 砌体龄期和荷載持續時間的影响	70
4. 砌体施工方法和施工质量的影响	71

IV

5. 水平灰縫厚度和磚塊形狀的影響	73
6. 砂漿的和易性和它在砌體豎縫中飽滿程度的影響	73
7. 其它因素的 影響	74
§ 12. 受拉時砌體的強度極限	75
1. 砌體沿通縫截面受拉	76
2. 砌體沿齒縫截面受拉	78
§ 13. 受剪時砌體的強度極限	80
§ 14. 在局部受壓時砌體的強度極限	81
§ 15. 軸心受壓時砌體的變形	82
§ 16. 軸心受壓時砌體構件的縱向彎曲	89
第四章 基本計算原理	93
§ 17. 磚石結構計算方法的概述	93
§ 18. 磚石結構按計算極限狀態方法計算的一般原理	95
§ 19. 計算強度	104
第五章 無筋構件按承載能力的計算	107
§ 20. 軸心受壓	107
§ 21. 偏心受壓	108
1. 小偏心距的情況	114
2. 大偏心距的情況	115
§ 22. 斜偏心受壓	120
§ 23. 局部受壓 (承壓)	122
§ 24. 多層砌體受壓	130
1. 軸心受壓	132
2. 偏心受壓	134
§ 25. 受拉、受剪及受彎	136
1. 受拉	136
2. 受剪	138
3. 受彎	139
§ 26. 應力在砌體中的分布及其分布裝置	141
第六章 配筋和綜合構件按承載能力的計算。用筒箍加 強砌體的內力	146
§ 27. 網狀配筋構件	146

1. 軸心受压	150
2. 偏心受压	150
§ 28. 纵向配筋构件	152
1. 軸心受压	154
2. 偏心受压	154
3. 受弯	159
4. 軸心受拉	160
§ 29. 綜合結構	160
§ 30. 用筒箍加强砌体	161
第七章 磚石和鋼筋磚石結構构件按变形和裂縫	
开展的計算 (第二种和第三种极限状态) ...	164
§ 31. 无筋构件按变形的計算	164
§ 32. 配筋构件按变形的計算	169
§ 33. 无筋构件按裂縫开展的計算	169
§ 34. 配筋构件按裂縫开展的計算	172
第八章 磚石房屋牆的設計	175
§ 35. 牆的分类	175
§ 36. 刚性結構体系房屋的牆的計算	178
§ 37. 弹性結構体系房屋的牆的計算	185
§ 38. 大型砌块和大型板材牆壁的設計	193
第九章 砌体房屋各部件的設計	218
§ 39. 过梁	218
§ 40. 屋簷	224
§ 41. 基础和地下室牆	229
§ 42. 锚栓和拉结条	236
§ 43. 牆的配筋	238
§ 44. 变形縫	239
§ 45. 外牆飾面	241
第十章 磚石和鋼筋磚石屋盖和楼盖	250
§ 46. 陶土砖和混凝土块平面楼盖	250
§ 47. 薄壁砖拱	252
1. 双曲拱	252

VI

2. 圓筒形拱 ..	256
第十一章 在冬季建造的磚石結構的設計	257
第十二章 地震區磚石結構設計的簡述	261
§ 48. 總則和一些構造指示	264
§ 49. 計算的若干指示	271
第十三章 在礦坑區建造磚石結構的設計特點	283
第十四章 設計時所考慮的經濟因素	291
附錄 1	300
附錄 2	302
附錄 3	303
附錄 4	306
附錄 5	313
參考書目	325
中俄人名對照表	327

緒 論

由天然石或人造砖石組成，并由砂浆联結的材料称为砖石砌体。砖石砌体砌成的結構称为砖石結構。

砖石砌体具有較高的受压强度和很小的受拉强度。因此砖石砌体主要应用在結構承受軸心压力或者偏心距不大的偏心受压情况下。

为了提高承载能力和加强整体性，常常在砌体中配置鋼筋；由配筋砌体建成的結構称为鋼筋砖石結構。在受拉区配置纵向鋼筋的砖石砌体可应用于結構的受弯构件、偏心受压构件（当大偏心时）和受拉构件。

天然石和木材都是最原始的建筑材料，远在数千年以前，就用它們来建造各种构筑物了。

原始时代的末期，已经开始用未加工的粗糙大石块来建造城堡。与此同时，史前巨石的（即用巨大石块建成的）陵墓、神堂建筑等，得到了广泛的发展（图1）。以后开始对石块进行精致的加工。由加了工的巨大石块建成的埃及法老王陵墓—金字塔一直保存到現代。約6000年前在基塞（Гиз）建造的最大的金字塔（契奥普斯法老王金字塔）高度为146.6 m，平面上底边长度为233m；它是用二百三十万块大石块造成的，每块重2.5吨至30吨。石块的开采、加工、运输以及陵墓与庙宇的建造都是由奴隶完成的。

社会的进一步发展，和与此有关的科学技术、貿易、航海和建筑业的发展，都要求更合理地利用劳动力和材料，这就迫使古代建筑匠师們放弃采用巨大笨重的石块而改用以粘土砂浆、石灰砂浆或石膏砂浆鋪砌的較小石块的砌体。

采用人造砖石的时期可以数以几千年。早在8000年以前已經使用了砖坯，但由于它的强度很低，致使建筑匠师們使用更結

实的焙烧砖来代替它。在公元前三世紀，中国长城的一部分就是用焙烧砖砌成的。在古代巴比伦的建筑中，砖曾經起了很大的作用。



图 1 最早用天然石块做成的建筑物

在古代，大量有很大价值的构筑物有着应用砖石结构的經驗。属于这类构筑物的，例如，羅馬高 48.5 m 的科洛西姆大斗兽场（公元一世紀），謝高維亞（西班牙、公元二世紀）的多层輸水道，法国尼木附近高 49m 的伽尔桥，羅馬高 42.7m 的万神庙（公元二世紀），它的圓頂直径达 43.5m。公元六世紀，在君士坦丁堡曾經建造了圓頂直径为 32.5m 的索菲亚大教堂，它的主要承重骨架由混凝土和砖块砌成。在这个时期內，各种用天然石和砖砌成的拱、穹隆和圓頂的结构型式得到了很大的发展。

用天然石和砖建造的很多教堂和內城都是俄罗斯建筑师高度技艺的光輝先例。古代俄罗斯的建筑匠师們大量采用了焙烧砖和石灰砂浆。基輔的捷夏金內教堂（公元十～十一世紀）、索菲亚大教堂等建筑就是用这些材料建造的。俄罗斯的砖砌建筑由于韃靼人的入侵曾經一度中断，直到十五世紀才开始恢复。在 1478 年亚里士多德·費奧拉万蒂在莫斯科建成了烏斯边大教堂以后，在俄罗斯各个城市里，用砖和石块建造的建筑得到了迅速的发展。

十六世紀民間建築師建造的構築物（如由鮑斯尼克、巴爾馬建造的莫斯科瓦西里耶安福教堂），В.И. 巴席諾夫、М.Ф. 卡札科夫、А.П. 扎哈羅夫、А.М. 伏羅尼辛的古典作品，以及許多其它祖國建築的古蹟不僅在藝術構思的深度上，而且往往在工程方案的成熟程度上都使現代建築師歎為觀止。瓦西里耶安福教堂的扁拱頂可以作為它的典型，在拱頂磚砌體里設置了鋼條以承受拉力，這顯然是世界上首先採用配筋磚砌體的場合之一。1687年在莫斯科建成了用石塊砌成的跨過莫斯科運河的大石橋，至今已存在160年以上。

住在高加索、烏茲別克斯坦、哈薩克斯坦和我國遭受地震的其它地區的古代建築師們，也解決了許多與抗震建築問題有關的建築藝術和工程技術問題。

配筋磚砌體在西歐出現於1813年，當時英國人M.伯留奈爾建成了第一個加筋磚涵洞。1825年泰晤士河下面倫敦地下鐵道的二個豎井，是用配筋磚砌體砌成的。

實心磚具有較低的保暖性能，因而用它砌築采暖房屋的外牆實心砌體時，通常牆壁厚度不能根據砌體強度確定，而是根據熱工要求確定的。用磚作為保暖材料會使材料有較大的浪費，以致使牆壁結構極不經濟。

為了將磚用作結構材料，而不用作保暖材料起見，在1829年天才的俄羅斯工程師А.И. 蓋拉爾德建議了一種房屋牆壁的輕型磚石砌體結構（圖2，a），它是後來出現的許多這類砌體變態的基礎^①。蓋拉爾德的想法是用空心砌體代替實心砌體，保留磚砌體仍然起牆壁的主要承重部分的作用，而用保暖材料填充其空心部分。

隨著歷代經驗的積累，磚石結構日益完善和日益減輕，然而它是在幾乎完全缺乏計算理論的情況下發展的，因而經常發生嚴重的事故。在著名的建築文物事故中，可以提到的有：在君士坦丁

① 在十九世紀以前，也可以找到個別輕型砌體的實例（古代俄羅斯、中國和其它國家的建築匠師們曾應用過），但是這些砌體當時並未廣泛推廣。

堡的索菲亚大教堂的事故、巴黎万神庙柱子倒塌事故等。

十九世紀初，建筑力学和建筑材料虽然已經有了一系列重要的研究工作，其中有虎克、白諾尔利、欧拉、庫伦等科学家的研究工作。但是砖石结构的建筑匠师由于不知道砌体的物理力学性

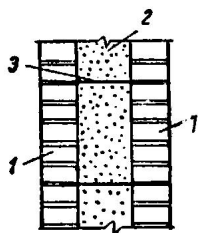


图 2 a 用A.И.盖拉尔特式砌体砌筑的墙剖面

1—砖；2—保温材料；
3—拉结条

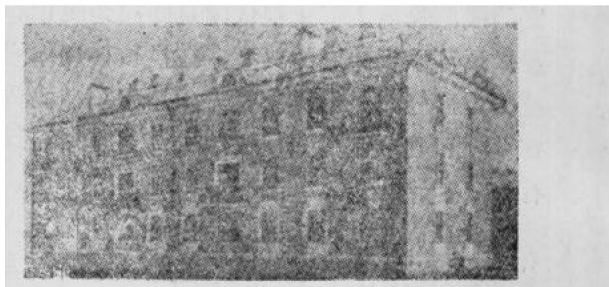


图 2 b 外墙用C.A.符拉索夫体系的輕型砖砌体砌筑的居住房屋

能，很久以来还不能应用已有的建筑科学在理論方面的成就。砖石结构仍然建立在那时拟定的經驗法則的基础上（例如法国工程师龙杰尔的經驗法則等），在許多資本主义国家中这些經驗法則在某种程度上一一直保持到現在。当然，这些經驗法則不可能考虑到砖石结构复杂而多样性的工作情况，因而有时成为严重事故的直接原因。砖石结构的进一步发展要求建立有科学驗證的計算理論。

十九世紀中叶至廿世紀初叶，俄罗斯学者的努力对发展砖石结构計算和設計理論起了很大作用。H.A. 別列留布斯基教授、H.K. 拉赫琴教授、Л.Д. 普洛斯庫雅科夫教授、Ф.С. 雅辛斯基教授、П. 沙里馬諾維奇工程师等人曾經从事各种类型砖石的强度研究，砖石拱、挡土墙工作的研究，房屋墙壁实际工作情况的調查研究等工作。

我国科学在砖石结构方面获得特別重大的成就是在伟大的十月社会主义革命以后。随着执行发展国民經济的 第一个五年計劃，建筑規模有了很大的增长。首先需要大量的投資，所以要尽量節約建筑材料，而在砖石结构的設計和建造方法尚未取得重大改

进、新材料和新结构尚未创造出以前，在砖石结构的建筑领域中做到这种节约是不可能的。因而必须有经过科学验证的砖石结构计算和设计规范。第一个设计规范已在1939年出版，这个规范是在综合已有的设计和建造经验的基础上，以及在苏联建筑科学院中央建筑结构科学研究所（以前的ЦНИПС）Л.И. 奥尼希克教授领导下所进行的大量有论证的科学研究工作的基础上制定的。

近二十年来在一些科学研究和设计机构中进行了大量关于砖石结构的强度、耐久性、热工性能、经济性和建造方法的实验和理论研究（Л.И. 奥尼希克、В.А. 卡梅依澗、И.Т. 科托夫、М.Я. 皮里吉什、С.В. 波利亚科夫、А.И. 拉宾诺维奇、А.С. 德米特烈也夫、С.А. 谢门佐夫、А.А. 谢什金、П.Л. 耶列缅克、В.А. 斯捷巴尼扬、М.М. 库凯巴也夫、М.И. 卡拉库利等人的工作）。苏联科学工作者证明了砖石砌体按允许应力的强度计算的根据不足，论证了按破坏内力的计算方法，并将这种计算方法作为现行的砖石结构按极限状态计算方法的基础^①。

Л.И. 奥尼希尼教授所建议的刚性结构体系房屋的计算方法——把多层房屋墙壁看作为多跨连续梁——是多层房屋墙壁计算的可靠方法（已为二十年来多层房屋的使用实践所证实）；应用这种方法可以显著地减少承重墙的厚度。

砖石结构按极限状态计算方法的主要优点，在于被计算所解决的问题有着明确的概念，并能清晰地解释包含在单一强度安全系数中对它有影响的各种因素的本质。按照新的计算方法，明确地表述了限制结构正常使用的几种极限状态（按强度、变形、裂缝出现的极限状态），并保证在结构使用期间无论那一种极限状态都不致于发生。单一的强度安全系数为三个互不相关的系数所代替，这些系数由正常荷载值的可能偏差（超载系数）、材料强度特征的变化（匀质系数）、以及房屋或构筑物在某些使用情况下的特殊条件所确定。这种新计算方法的先进性在于有可能更有意識

① “建筑法规”（СНП），第二分册，国立建筑书籍出版社，1954。

地研究每一項因素，確定所計算的各個系數值，確定進一步使結構合理化並進一步節約建築材料的條件。

在第一個五年計劃年代里，磚石結構的施工方法發生了根本的改革，其結果使原來用手工操作的許多工序都機械化了（砂漿調制、材料的運輸和吊裝等）。

根據建築工程生產革新者和先進工作者的倡議，瓦工的勞動組織已按以相應熟練程度的瓦工來完成各個工序的分工原則予以改組。應用改良的工具和設備、應用拼裝式腳手架和支架、並在最大限度的機械化施工條件下仔細編制全部施工階段的組織計劃，能够使瓦工的勞動生產率比革命前俄國的勞動生產率大大地提高（平均1~2倍）。

用高效能磚石材料——輕質和空心混凝土塊、空心陶土磚、多孔磚等（即強度和熱工性能同時都很好的材料）砌成的砌體已經在建築中得到很大的發展。

其中最普遍的輕型磚石砌體的型式，應該認為是由 H.C. 波波夫、H.M. 奧爾梁金和 P.H. 波波娃、建築師 C.A. 符拉索夫等人所建議的牆壁結構（圖 2，6），帶有空氣間層的牆壁結構和在砌體內側的挑磚上設置高效能保溫板的薄牆結構是較有效益的。同傳統的實體（實心的）磚牆比較，以高效能磚石和輕型砌體做成的牆壁有更經濟的優越性。

由於擴大了磚石結構的應用範圍，在很多情況下要求提高砌體的承載能力，這個要求現在可以用砌體配筋的方法加以實現：用間接配筋（由 B.П. 聶克拉索夫教授建議）法和縱向配筋法。以鋼筋混凝土和磚石構件組成的組合結構（由 П.Л. 帕斯捷爾納克教授建議），能使磚石砌體的承載能力得到進一步的提高。

我國的專家和科學工作者（技術科學博士 C.A. 米饒諾夫、B.H. 西卓夫、A.A. 謝什金等人）的工作，實際上証實了在負溫度的冬季條件下可能砌築磚石砌體，並詳盡地擬定了砌築這些砌體的各种方法，如凍結法、電熱法、蒸汽加熱法、在砂漿中摻入降低凍結溫度的附加化學劑等。這些工作消除了磚石結構工程的

季节性，并使砖石砌体的砌筑与季节和建筑地区的气候条件无关。

我国近十~十五年的建筑经验表明，砖石砌体也能用于屋盖结构，技术科学副博士 A.И. 拉宾诺维奇等人建议的砖石薄拱型式屋盖的跨度就达到 24m（图 3）。

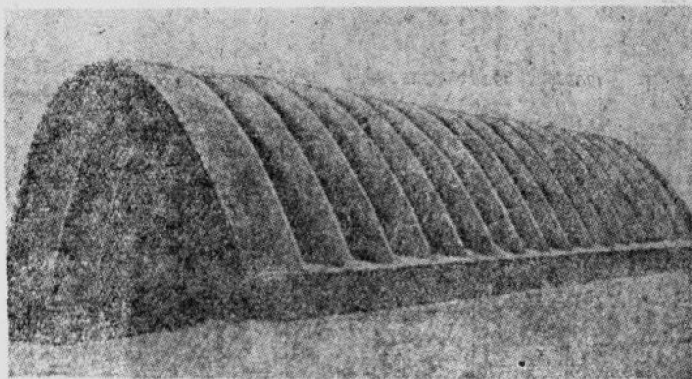


图 3 仓库建筑。双曲砖拱的跨度为15m，矢高为7.5m

砖石砌体能够应用作承重构件的例子有，在我国建造的以砖墙承重的多层居住和公共房屋（图 4），吊车起重量达 30t 的工业厂房墙壁和柱的砌体，高达 150m 的砖烟囱，以及跨度达 40m 的

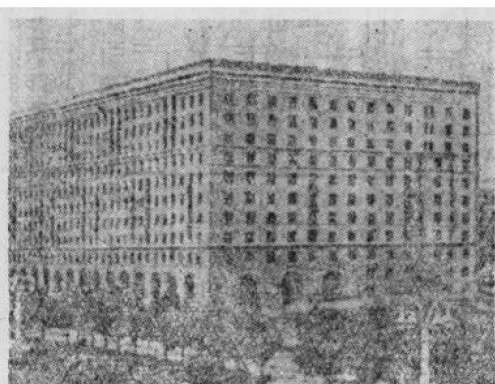
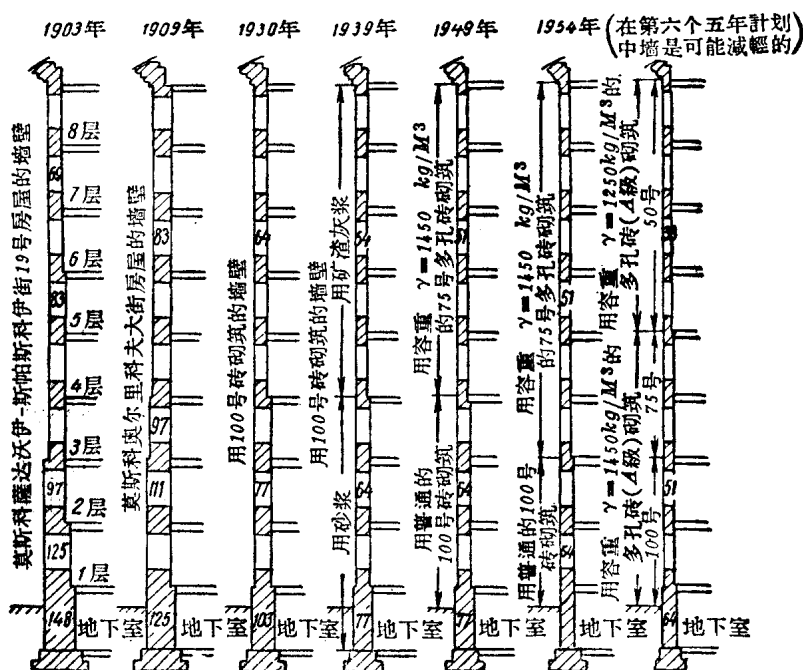


图 4 在莫斯科建造的承重砖墙多层房屋

桥梁承重构件的砖石砌体。

在图5中列出了由Л.И. 奥尼希克教授整理的居住房屋外承重墙厚度变化的图表，它反映了自1903年至今，墙壁结构和砌体材料改进的效果，和砖石结构计算方法的发展。改进计算方法、采用高效能材料和墙壁结构，能使八层房屋的建筑材料消耗降低了二分之一，它除了可以节约材料、减少施工劳动力外，同时还能节



墙壁的平均折算厚度	84.8cm	91.8cm	68.9cm	57.7cm	55.9cm	54.2cm	44.5cm
	88.3cm(100%)		78%	65%	63%	61%	50%
设计规范	莫斯科市参议会规范		1930年统一规范	OCT 90038-39 Y-57-43	H-7-49 Y-57-51	CHHII HHTV 120-55	用 $\gamma=1250$ kg/m^3 (A级) 的砖砌筑的墙壁

图5 承重墙的厚度随着构造和计算方法改进而变化的图表

約运输費用、減輕基础重量、縮短工期并能降低工程造价。与整个房屋相比，砖墙和基础的造价約占 23% 左右、劳动力約占 31%、重量約占 55%。既然这种結構是建筑工程中所大量建造的，所以在我国对提高砖石結構房屋的效能問題給予极大重視是十分明显的。

然而，当砌筑小块砖石时，砖石結構改进的可能性毕竟有限。由于砖石砌体不能全盘机械化施工、湿作法的工程量很大（这对冬季条件下施工特別不利）、以及手工劳动工作量很大等原因，使得进一步显著地提高劳动生产率成为不可能。

牆壁用大型砌块、特別是完全用大型板材建造的房屋，在很大程度上能滿足建筑工业化的要求。

在苏联，大型混凝土砌块的建筑工程开始于1927年。1927~1929年在工程师Г.Б.克拉辛和E.B.卡斯泰尔克的领导下，在莫斯科建成了二栋用大型矿渣混凝土砌块建成的五层和八层房屋。在伟大的卫国战争以前，除莫斯科外，在乌克兰和列宁格勒大型砌块的建筑工程也有了发展。战后，大型混凝土砌块建筑工程重又开始，而在現在，已逐渐取代小块砖石砌体建筑，并得到了广泛的应用（图6）。

考虑到在一定时期内砖砌体毕竟还是普遍应用的建筑材料，我們的一些革新者曾經致力于創造它的工业化施工方法。这个工作促成了用大型砖砌块来装配安装房屋的想法。1942年A.И.庫切罗夫采用了大型砖砌块做成的砌体，但体积不大，至1949年大型砖砌块尚未获得应有的发展。拟定大型砖砌块一系列的建議以及它在战后时期内的广泛应用，应该归功于工程师B.C.列勃里可夫。

我国从事于大型砖砌块建筑工程各种問題研究的有技术科学副博士E.Г.馬雷雪夫和Л.Н.皮茨凯利、工程师B.A.米哈伊洛夫以及其他許多人。目前在基輔也很成功地应用着大型砖砌块（图7）。应该指出在捷克斯洛伐克有应用大型砖砌块的良好經驗。捷克斯洛伐克的建筑和科学工作者在研究房屋建筑的这种有效方

法方面做出了很大貢獻。

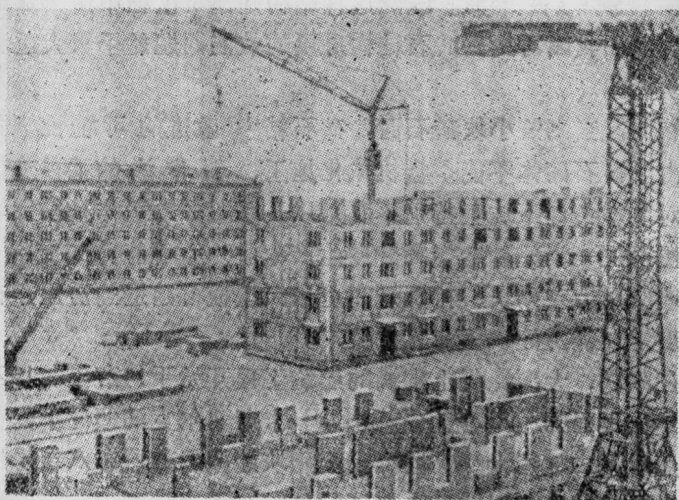


图 6 大型混凝土砌块墙壁的房屋的建造

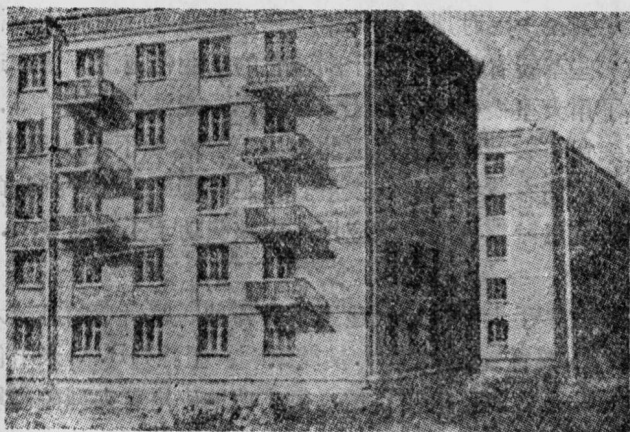


图 7 在基輔的居住房屋，牆壁由大型磚砌塊建成