

建筑工程部建筑科学研究院 建筑科学研究资料

JIANZHU KEXUE YANJIU ZILIAO

建筑结构

分类 G—1

总 1 号

建筑工程出版社出版(地址:北京阜成門外大街)

1958年6月10日

“标准”式陶土空心砖及其楼板

建筑科学研究院綜合結構研究室磚石結構組

本文系說明苏联“标准”式陶土空心磚的試制經驗及利用这种磚所制作的楼板的試驗結果。此外,还叙述了空心磚的生产过程及楼板構件的計算方法、計算公式和施工方法等。可供磚瓦生产人員、建筑設計及施工人員参考。

此种楼板具有高度的技术經濟指标。除隔音、防火及热工性能較其他楼板优越外,並能节省鋼筋、水泥和木材。其成本也比較低廉。如能大規模地生产这种空心磚,並及时推廣应用于民用及居住建筑中,对節約建筑材料、降低工程造价是具有现实意义的。

“标准”式陶土空心磚及其樓板

“标准”式陶土空心磚樓板是苏联所采用的陶土空心磚樓板的一种，它是用鋼筋和混凝土(或砂浆)将个体陶土空心磚块結成为整体的装配式樓板。“标准”式陶土空心磚的标准尺寸为 $190 \times 190 \times 250$ 公厘，樓板可預制成单条的梁型，也可将几条預制梁拼合成板型(见图 1)。

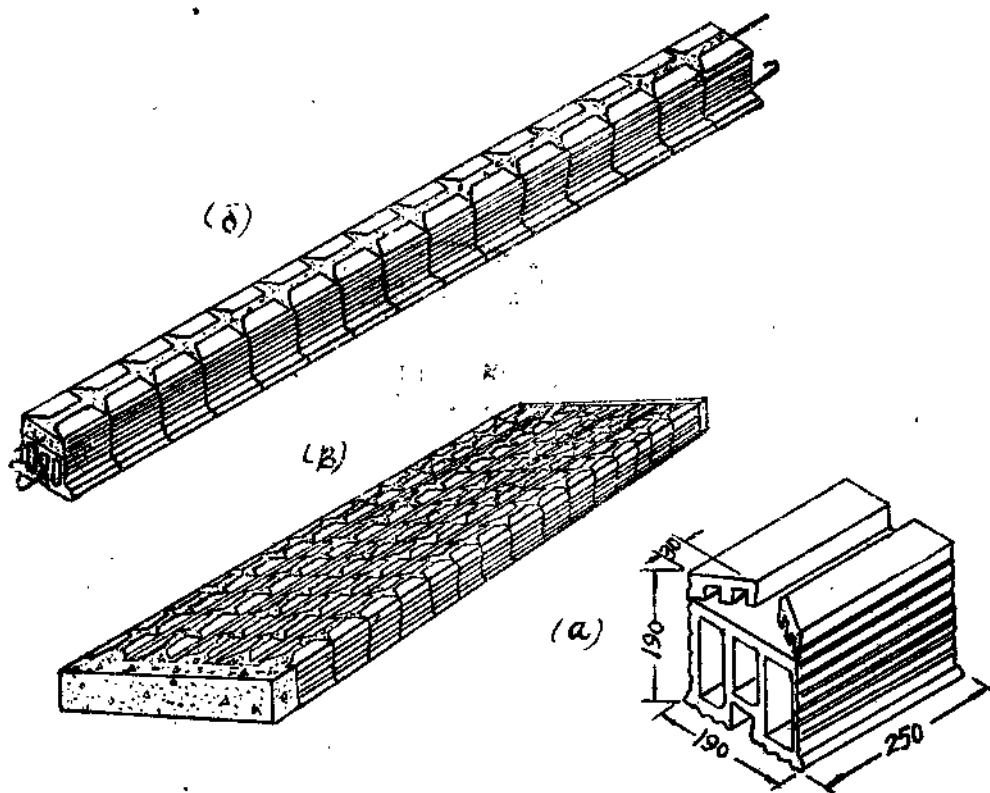


图 1 “标准”式陶土空心磚及陶土空心磚梁、板

a — “标准”式陶土空心磚；b — 由上述空心磚制成的梁；c — 由上述梁拼裝成的板

苏联早在卫国战争以前已在某些地区(如乌克兰及爱沙尼亚等共和国)采用了这种樓板；目前，将这种樓板已經广泛地应用在大部分地区的各級建筑中。

苏联的有关科学技术部門根据以往的生产經驗，以及若干年来所进行的实验和理論研究，作出了关于这种楼板的高度技术經濟指标的結論。这种楼板在耐火性、隔音性及隔热性方面都比其它型式的鋪板和密肋楼板优越，刚度也很大（在設計荷重下，挠度小于 $\frac{1}{500}$ 計算跨度），跨度可达6~7公尺，适用于居住及民用建筑中。

这种楼板与其他类型楼板比較，不仅可以节省鋼筋和水泥，施工用模板的木材消耗量也可大大地减少。

为了在我国推荐采用这种楼板，建筑工程部建筑科学研究院与北京市建筑材料工业局从1956年下半年起开始合作，进行了“标准”式陶土空心砖的試制和試驗，建筑科学研究院砖石結構組并於57年上半年起进行了跨度为4公尺与5.6公尺的楼板結構試驗。試制和試驗的結果証明：在一般砖廠中生产这种空心砖，在技术上是没有什么問題的，楼板結構的承載能力与刚度完全符合設計与使用的要求。

一、“标准”式陶土空心磚的試制和試驗

（一）試制設備：

試制“标准”式陶土空心砖所采用的机器和设备，除更換了压坯机的机头和出口外，其他部分和制造普通粘土砖的机器相同。

（1）滾桶輾碎机：

滾桶直径为51公分，轉速为191~229轉/分，滾桶間距离为3公分。泥料經過輾压后送入攪拌机內攪拌。

（2）双軸攪拌机：

攪拌槽长2公尺，軸轉速为44轉/分，攪拌刀叶斜度为15°。經攪拌后的泥料輸送入压坯机。

（3）带式压坯机：

压坯机是采用国产公信E—3型带式压坯机(见图2)，

泥缸长900公厘，直径为325公厘，攪刀螺距为220公厘，軸轉速为51轉/分。軸轉速度可由生产的砖的类型来选定，砖越复杂，孔洞越多，旋轉的速度就应越慢。因为生产复杂的多孔砖，是采用可塑性較大的粘土，这种粘土会增加泥条的阻力，如果加快速度，会使压坯机受损，同时也难保持泥条运行的均匀性。但必須指出，速度的快慢，須視泥缸直径的大小和机器的特性来决定。机头位于出口和泥缸之間，前口径尺寸和出口的后口径相同，后圆直径为330公厘和泥缸直径一致(见图3，6)，并要求后径和前径的形状相似。同时，其长度不宜过长，因为中間安設芯条后，已經足够把泥挤紧。在机头里的两个芯头，連接在出口中，芯头的后面須做成流綫型，使泥土經過时减少摩擦阻力。出口是在机头的前端，由于出口容易磨損，影响砖尺寸的标准，因此出口和机头不宜合

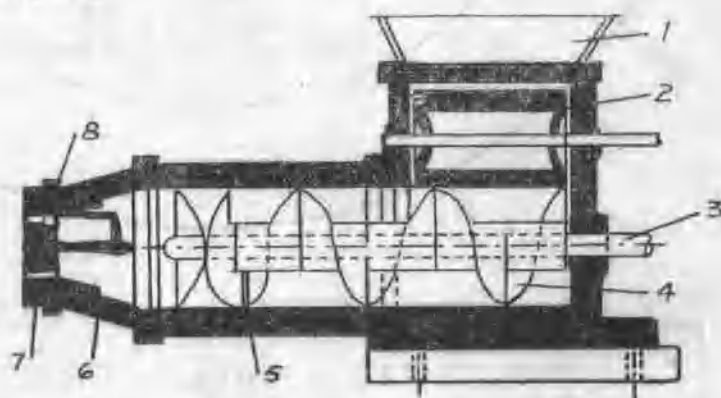


图2 带式压坯机

1—接土箱；2—机轆；攪刀軸；4—攪刀刀叶；5—泥缸；
6—机头；7—出口；8—芯條

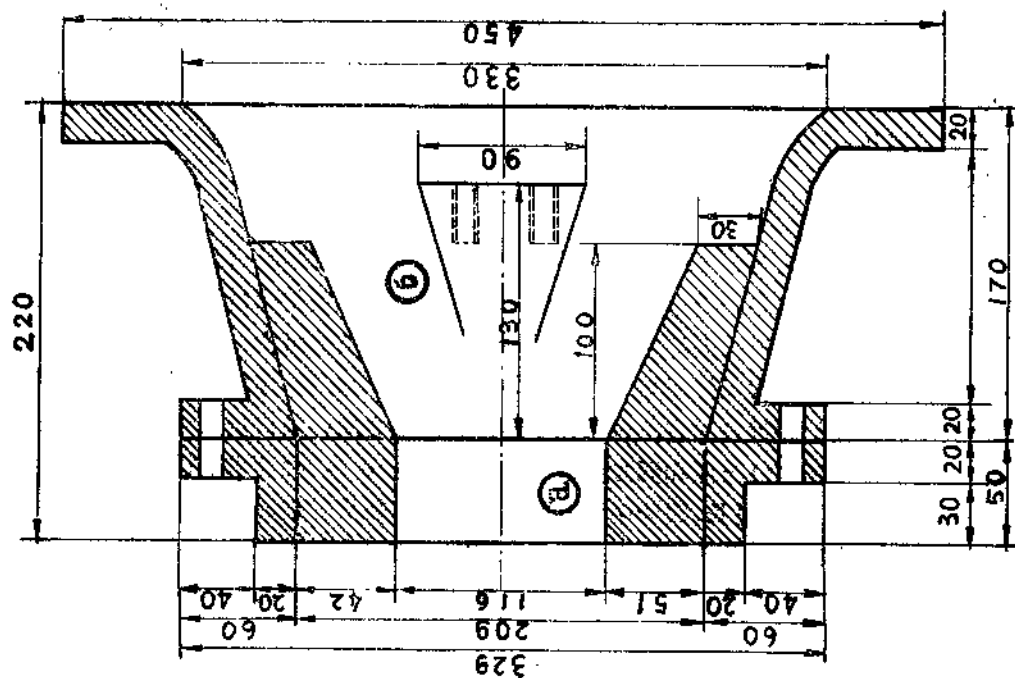
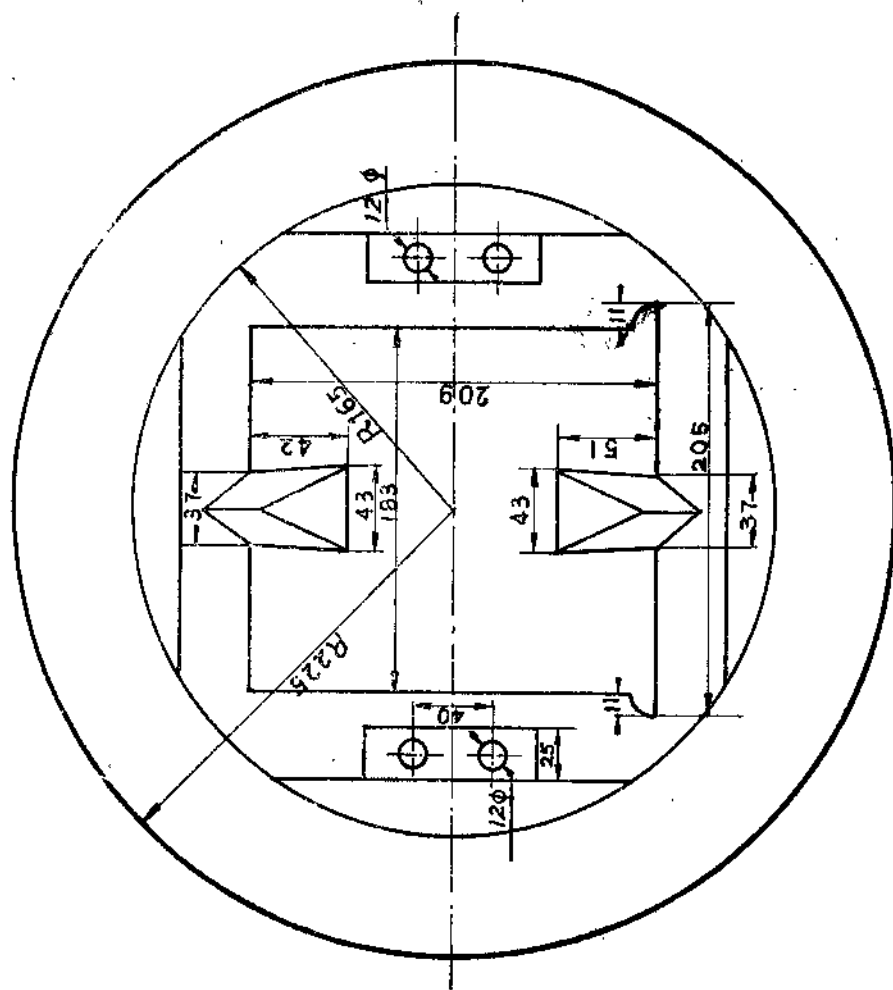


图 3 带式压坯机出口大样
a—出口; b—存坯头

单位: 公厘



并，以便更換，出口长50公厘。为了使泥条輪廓正确和光滑，出口的前后尺寸須一样。由于出口短，中間不必开设水槽(见图3,a)。出口的口徑尺寸必須考虑产品的实际尺寸加上土坯干燥和焙烧中的收縮量，以便达到产品所要求的规格。芯条是制造空心砖的重要设备，位于机头和出口之間，由螺栓直接固定在机头或出口上，它能直接影响成型的质量。构造见图4和图5。图5中小芯头①和小芯杆②用螺栓连接，小芯杆和弓子③焊接，3个大芯头④分别和大芯杆⑤连接，大芯杆也分别焊在弓子上。为了容易更換芯头和固定調整位置起见，在芯头⑥中插进另件，另件正面設方孔一个，以供連接芯杆之用。此外，还留有圓弧孔一个，用于調整芯头的轉动位置。設計芯条时須注意下列几点：



图4 芯条

(a) 小芯杆的芯根部分不能合并(见图6)，否则当泥条出口时在两小芯头之間不易挤紧，生坯容易发生裂縫。

(b) 芯头不宜太短，并需做成流綫型，使芯头后面对泥条的接触面积减小，以便泥土能順利出口。

(c) 芯杆的根部不宜太細，否則容易把芯头挤歪，使产品孔洞位置不正。

(r) 芯头的尺寸須根据产品的实际尺寸加上干燥和焙烧时的收縮量。

(二) 試制过程：

“标准”式陶土空心砖是在北京市东郊駒子房磚廠試制的，其制作过程基本上和普通粘土砖相同。

1. 原料的选取：

該廠生产普通粘土砖所用粘土顆粒組成：含砂量40%，粘土18.13%，尘土41.80%。这种粘土含砂量过多，可塑性不高，成型时裂縫很多，容易倒塌，影响磚的堅固性。这次选用了含砂量少，可塑性較高，距地面約2公尺的下方土，其顆粒組成：含砂量29.5%，粘土26.93%，尘土43.57%。它的化学成分經分析如表1：

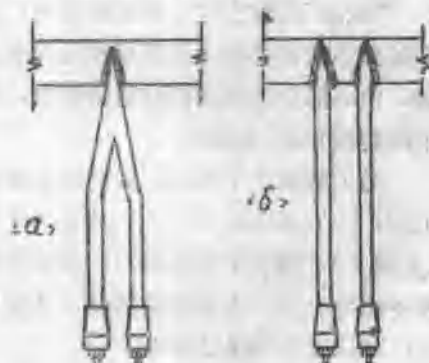


图6 小芯杆修改示意

(a) — 原来裝置情况；(b) — 修改后的裝置情况。

粘土的化学成分

表1

粘土產地	粘土的化学成份(%)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	其他
北京市東郊駒子房磚廠	60.80	13.64	4.39	7.51	2.55	0.17	10.94

試驗証明，選用这样的粘土制作“标准”式陶土空心砖，可以符合产品质量的一般要求，其总收縮量为9.2%(包括干燥和焙烧过程中的收縮量)，按苏联一般使用的粘土，其

成品的总收缩为8~10%。因此，我们认为，在选用原料时应考虑下列各项条件：

(1) 要求具有较细的粒度和较好的可塑性，使在成型时泥条不致断裂；干燥焙烧时，没有显著的收缩。

(2) 不准含有浆石及其他杂物。

(3) 在化学成分方面：要求含有较多的铁、钙及镁等金属氧化物，这样不但能降低焙烧温度，而且还能提高产品的坚固性。

由于土质的不同，往往需要提高和降低天然粘土的可塑性。提高瘦粘土的可塑性，一般是增长泡土时间，使紧密的硬粘土团慢慢松散，粘土的土分逐渐均匀。高塑性的粘土，其敏感性大，不易成型，在干燥过程中也易产生裂纹，增加成品的损失率，这时可适当地掺入一些砂子、锯末、煤粉、炉渣等瘦化剂，以便降低粘土的过度可塑性。

提高或降低粘土的可塑性，同样都要增加生产工序，因此，选用优良的土质是保证砖的质量和降低其成本的最好办法之一。

此外，在加工时还应特别注意粘土的含水量，泥硬则阻力大，机头容易发热，降低生产效率；泥软则成型时易塌落。因此，含水量的大小应根据土质的可塑性程度，适当调节，这次试制时所采用的含水量是18~19%。

粘土的加工，是采取天然与人工相结合的方法进行的，即先把粘土在露天风化和多次冻结，然后，经过滚桶碾碎机的碾碎和双轴粘土搅拌机搅拌，再送到压坯机中成型。

2. 成型工作：

“标准”式陶土空心砖的砖壁薄，芯条结构复杂，因此，需要较高的成型技术。在成型过程中最容易发生的问题就是泥条速度的平衡问题。泥条通过出口时的速度是不均匀的，中心部分比周围部分运动得快，由于这种速度快慢不均的影响，往往使坯子四周和中間砖壁开裂(见图8)。

为了解决这个问题，我们根据所采用的机器的特性，进行了机头和芯条结构的修改工作，一方面垂直于弓子（从机头中间并贴近弓子）用螺栓装上大小不同的擋泥板三块（见图7），增加中部的阻力，同时使粘土通向速度较慢的地方。另一方面把两侧的芯头和出口斜度稍为增大，加快边部泥条的速度。

根据苏联资料的介绍和我们在试制中的体会，解决泥条运行速度的平衡问题，主要有两种办法：

第一，是移动出口和芯条，使泥条各区压力头的有效中心与螺旋推进器的轴线相重合。这次试制时，我们是把芯条安装在机头上，所以芯条和出口都不能移动，这个缺点在今后设计芯条时应注意改正。

第二，是修改芯条的结构，在修改之前，先研究泥条截面各个部位的速度，然后，对速度慢的部分尽量使其减少阻力；对速度快的部分，适当地增大其结构，或装置擋泥板将粘土推向速度慢的部位。芯条结构的增大和擋泥板的大小，须视泥速而定。变换芯头的长短，也可调整泥速（芯头短，速度快；芯头长，则速度减慢）。



图 7

为了保證产品的质量，装置出口和芯条时一定要符合标准的要求。

3. 砖坯的干燥：

采用露天自然干燥法。开始时，由于没有掌握这种砖在干燥过程中的特性，所以损失率达80%以上。经过多次的試驗，损失率才逐渐降低至27%。其主要原因是在干燥的开始阶段，砖坯内部水分散发没有加以調节，表层和内部干燥的快慢不均，导致表面干层猛裂收缩而内部湿层收缩迟緩，因而产生裂紋(见图8)。

为避免这种现象，在干燥的全部过程中，应特別注意温度和湿度的調节，使砖坯表面层水分向外发散的速度和内部发散的速度相等或十分相近。根据上述要求，最后一批砖坯按下列工序干燥：将成型的坯子碼在坯架上，上榫槽向下，孔洞眼向外，碼一层两行(见图9)，坯頂和四周鋪盖草帘两层，席子一层。第二天将坯子上下倒翻(即上榫槽向上)，孔洞仍向外，把架里湿的一头移向外边。第三天，将大面倒向上。第五天大面上下倒翻。再过3~4天即可装窑，全部干燥过程为8~9天。

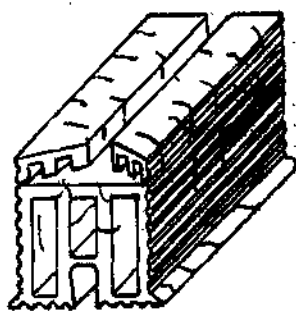


图8 砖在干燥过程中的裂縫情况

必須注意，砖坯不能过度干燥，因为干燥过度，在运输和装窑时易脆裂。进窑时一般的含水率以3~5%为宜。

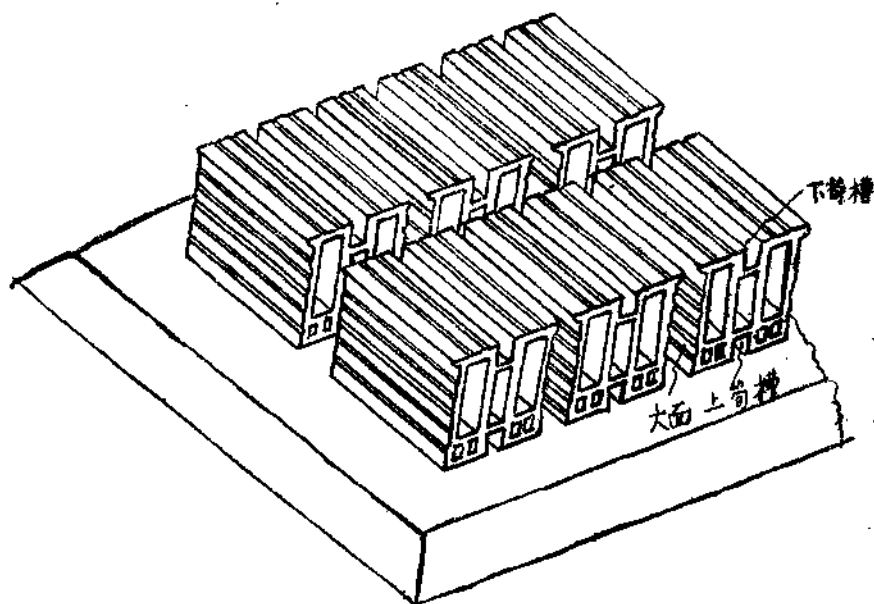


图9 干燥时砖的碼架情况

为了縮短砖坯的干燥时间，碼架后的第二天采用了夜間(日落到日出)放风的方法。因为夜間没有太阳，气候比白天温和些。这种方法在北京的春季和夏季都可适用。无风或微风时，将四周的草帘和席子完全打开，搭在坯頂上。风稍大时，向风面放下草帘。风再大时，放下席子，待七八成干后，可把帘去掉，留下席子。

为了避免在搬运砖坯时压坏坯壁，可用两块8×13公分的木板，从砖坯的两端夹取。

在苏联常用坯叉取卸(见图10, 尺寸包括粘土的收缩量8%)。但要干至一定程度才能采用, 否则会使砖坯塌落。

4. 砖的焙烧:

这次试制的砖是在轮窑焙烧的, 装窑方法与普通砖同, 但在码顺坯时, 间距应稍大一些, 以便热气容易流通。这种砖的砖壁较薄, 孔洞大而多, 容易烧结, 因此具有缩短焙烧时间和节省燃料的优点。这次由于试制数量不多, 究竟能节省多少燃料没有作出比较, 待今后大量生产时, 再作详细的研究。

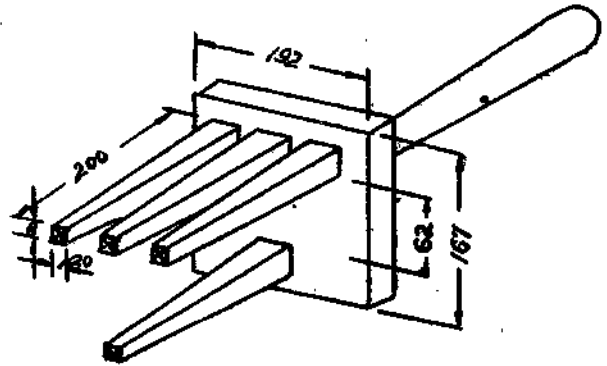


图 10 坯 叉

(三) 物理力学性能试验:

“标准”式陶土空心砖的标准尺寸为 $190 \times 190 \times 250$ 公厘, 但由于这次试制经验不足, 对尺寸的控制不够严格, 没有达到标准要求, 高宽尺寸一般为 $170 \sim 180$ 公厘, 长度为 240 公厘左右, 经试验得出其主要物理力学性能如下:

- (1) 每块砖重: $5.5 \sim 6.0$ 公斤
- (2) 空隙率: 48.5% (按体积计算)
- (3) 容量: $0.64 \sim 0.7$ 吨/立方公尺
- (4) 平均吸水率: 15% (按重量计算)
- (5) 抗压极限强度(平行孔洞按毛断面积计算的)^①

平均 50.8 公斤/平方公分(个别最小值为 32.8 公斤/平方公分)

根据苏联“建筑陶器”(Строительная Керамика)对“标准”式楼板砖的技术要求以及ГОСТ157~53“楼板用陶土空心砖的标准”, 初步拟定“标准”式陶土空心砖的质量标准(见附录一), 以供今后试制或生产工作的参考。

(四) 成本核算:

由于初次试制, 产品不多, 对于该项砖的成本还不能精确地算出, 仅根据生产普通粘土砖的经验, 推算出“标准”式陶土空心砖的成本如表2:

标准式陶土空心砖与普通粘土砖的成本分析比较

表 2

目次	1		2		3			4		5		6
項 目 成 本 別	原 料		成 型		干 燥			焙 燒		利 潤	合 計	
	用 量 (公斤/塊)	成 本 (元/千塊)	數 量 (塊/日)	成 本 (元/千塊)	時間 (日)	每平方公尺鋪地堆放的塊數	成 本 (元/千塊)	數 量 塊/每窯室	成 本 (元/千塊)	=①+②+③+④×25% (元/千塊)	=①+②+③+④+⑤ (元/千塊)	
普通粘土磚	2.50	6.07	56,000	2.40	25	254	5.43	12,000	6.90	5.20	26.00	
“標準”式陶土空心磚	5.75	17.50	4,300	37.40	18	20	62.00	2,400	43.10	40.00	200.00	

① 测定砖的抗压极限强度时, 砖脚突出的部分没有计算在横断面面积内。

表2中“标准”式陶土空心砖的成本是比较偏高了一些。

我們認為在将来大量生产，改进生产设备，提高生产技术，取得經驗以后，該項成本是有可能降低的。

二、“标准”式陶土空心砖楼板的試驗

(一) 試驗用的試件：

1. 試件的规格及数量：

試件的尺寸为 $400 \times 90 \times 17$ 公分及 $560 \times 90 \times 17$ 公分二种(见图11)，共計10块。

2. 試件所采用的材料：

試件采用前述“标准”式陶土空心砖鋪制，砖的抗压极限强度为50公斤/平方公分。受力鋼筋采用 $\phi 10$ 、 $\phi 12$ 及 $\phi 16$ 三种，构造鋼筋一律采用 $\phi 6$ ，标号均为无。砂浆标号为75~150，混凝土标号为100~150。

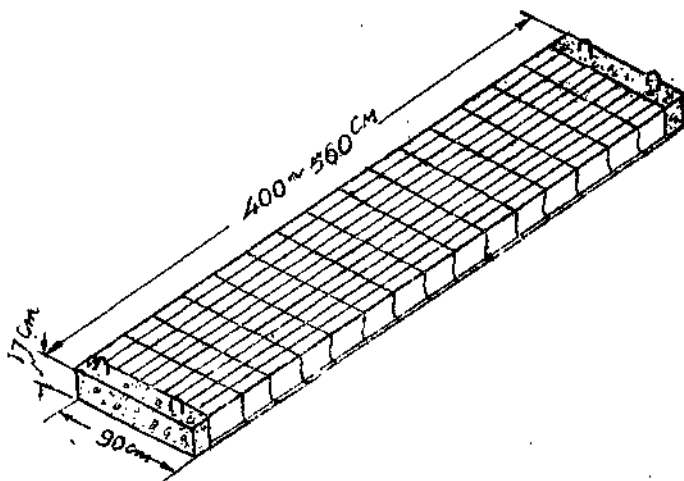


图 11 “标准”式陶土空心砖楼板試件

3. 构件的計算方法：

楼板构件的高度根据楼板的刚度要求采取：当自由支承时，不小于計算跨度的 $\frac{1}{30}$ ；当弹性固定支承及連續构件时，不小于 $\frac{1}{35}$ 。

在有效荷重作用下，跨中挠度要求不大于計算跨度的 $\frac{1}{500}$ 。

构件的抗弯計算，可按鋼筋混凝土矩形截面受弯构件計算公式进行：

$$M_p = kM = R_n b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$F_a \sigma_T = R_n b x \dots\dots\dots (2)$$

主拉应力計算按下式进行：

$$\sigma_{rx} = \frac{Q}{b_x Z} \dots\dots\dots (3)$$

若
$$\sigma_{1.2} \leq \frac{R_p^a}{k_1} \dots\dots\dots (4)$$

时，則不需設置斜鋼筋或鋼箍。

公式(1)~(4)中：

k ——抗弯計算时的强度安全系数取等于2；

$R_k (=R^a)$ ——陶土空心砖受弯时的抗压极限强度；

$R_p^a (= \frac{1}{15} R^a - \frac{100}{100-P})$ ——陶土空心砖的抗拉极限强度；

R^a ——陶土空心砖的抗压极限强度；

b_a ——构件截面的淨宽度；

P ——陶土空心砖的空心率；

k_1 ——抗主拉应力的强度安全系数，取等于2.5。

构件的計算亦可按极限状态計算方法，根据混凝土及鋼筋混凝土結構設計标准及技术规范(HuTV123—55)进行。

(1) 构件可能承受的极限弯矩，按下式确定：

$$M = m R_k b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \dots\dots\dots (5)$$

中性軸的位置，按下式确定：

$$m_a R_a F_a = m_k R_k b x \dots\dots\dots (6)$$

(2) 驗算剪力：

若
$$Q \leq m b h_0 R_p \dots\dots\dots (7)$$

时，則不需設置斜鋼筋或鋼箍。

公式(5)~(7)中：

m ——楼板的工作条件系数，取等于0.9；

m_k ——陶土空心砖在組合断面中的工作条件系数，取等于0.8；

m_a ——鋼筋內工作条件系数，取等于1；

m_a ——鋼筋的計算强度；

$R_k (=1.25R)$ ——陶土空心砖受弯时的抗压計算强度；

$R (=0.5R^a)$ ——陶土空心砖的抗压計算强度；

$R_p (= \frac{1}{15} R \times \frac{100}{100-P})$ ——陶土空心砖的抗拉計算强度。

比較上述两种方法的計算結果，按极限状态計算方法計算較按較損阶段原理計算可省鋼筋20%左右。

(二) 試教过程：

1. 試件的制作：

“标准”式陶土空心砖楼板的制造是先制成梁，然后装拼成板，一般制造装配梁的方法有下列两种：

(1) 翻梁法：先将砖的下榫槽向上置于底模上，安置受力鋼筋并以沙浆或混凝土

填滿樁槽后，再用特制設備①將梁翻轉180°，使上樁槽向上，然後安置構造鋼筋，並以同樣的沙漿或混凝土填滿樁槽。

(2) 不用翻轉的方法：由於每根梁的重量達140公斤(跨度為4公尺者)至200公斤(跨度為5.6公尺者)，如用人工翻轉，比較困難，且梁的橫向剛度不夠，容易損壞，故採用此法，其工藝過程如下：

(a)將磚浸入水中約15分鐘，含水率達到12.9~16.5% (最好為水飽和)時，搬至製作地點。(b)在模板②上(圖12)將主鋼筋排好，其下墊以碎石數顆，使保留保護層的厚度，再在主鋼筋上鋪一砂漿條(使主鋼筋包裹在砂漿條內)，其大小與空心磚下樁槽相同

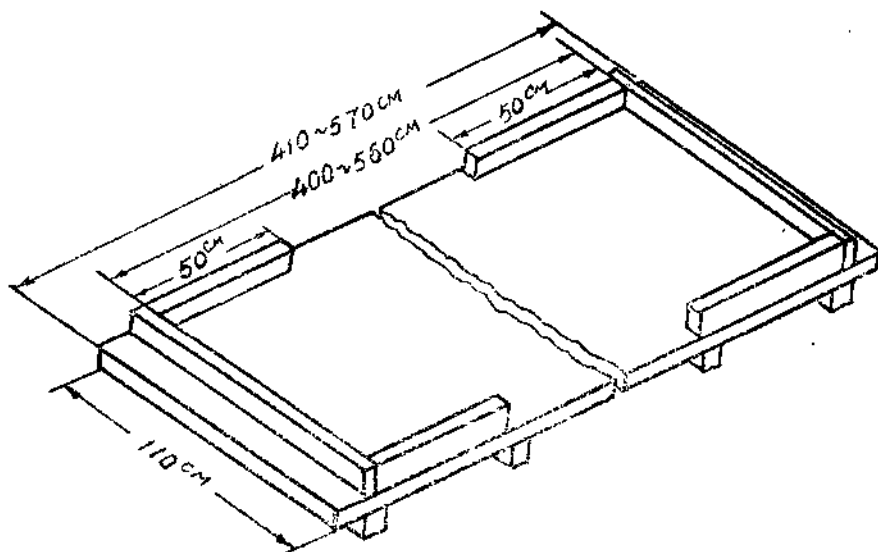


圖 12 模板示意

(或略大)。(b)將磚迅速往砂漿條上鋪蓋，一個緊拼一個。(c)第一根梁製成後，其餘2~5根按同樣方法順序製成，並緊拼在一起。(d)將構造鋼筋放進每根梁的上樁槽中，並在其兩端以鋼箍聯系之，然後以砂漿填充上樁槽。(e)用混凝土(砂漿也可)填充梁與梁間的縫隙。(f)在板之兩端用混凝土搗成長12.5~17.5公分的條塊，將由梁內伸出之鋼筋裹牢，並埋入吊鉤。(g)樓板製成後放在原地養護28天(室內溫度平均為25.4°C，最高35°C，最低19°C，平均相對濕度為87%)。製成後，自次日起繼續6天澆水養護，每天早晚各澆一次，並用草蓆蓋好(圖13)。(h)製作樓板試件時，取同樣的混凝土製成20×20×20公分立方體試件三塊，取同樣的砂漿製成7.07×7.07×7.07公分立方體試件三塊，與樓板試件放置在一起；至28天后分別進行抗壓試驗。(i)記錄室內溫度及濕度。

以上是我們在試驗室內製作試件的工藝過程。一般工地上在製成裝配梁後則可不立即拼裝成板，而是將一根根的梁放在原地養護。當砂漿強度達到設計強度的40%時，將梁連同底板一同運至梁的堆放地點。當梁達到設計強度的70%時，可將其運至砌

① 見附錄(二)第3項參考文獻中99~100頁的第53及第54圖。

② 底模可用混凝土制作；工地預制單條的梁直接吊上建築物進行拼裝時，則側模可省去不用。

筑地点装拼成板，再行吊装。

2. 試驗情况：

(1) 荷重及仪器布置：

荷重及仪器的布置如图14所示。在板的三分点上施加二个集中荷重 P 。



图 13 試件养护情况

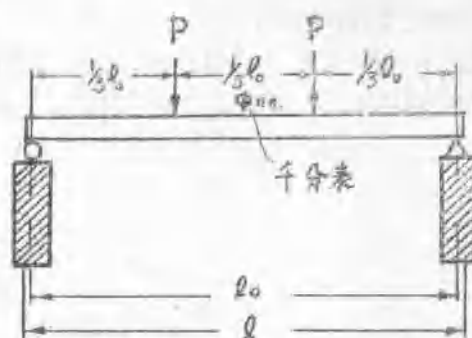


图 14 荷重及仪表布置示意

P 由下式求得：

$$\because M = \frac{1}{8} q l_0^2 = \frac{1}{3} P l_0,$$

$$\therefore P = \frac{3}{8} q l_0$$

上式中：
 q = 均布荷重(公斤/公尺)；
 P = 全部集中荷重之半(公斤)；
 l_0 = 计算跨度(公尺)。

(2) 加荷方法：

在三分点处加荷，每次加设计荷重的 $\frac{1}{5}$ ，每隔15分钟加一次，加至设计荷重后停放15小时，然后分次将全部荷重卸除。停放23小时以后，再以同样方式加荷直至破坏为止。在每次加荷或卸荷前后，均记录仪表读数并观察裂缝。板的试验情况如图15所示。

(3) 試驗結果：

試驗結果列于表3。从表3中可以看出“标准”式陶土空心砖楼板的承载能力是完全符合设计要求的。試件在设计荷重下最大挠度为3.2~10.8公厘，相对挠度为计算跨度的 $\frac{1}{1200} \sim \frac{1}{510}$ ，充分说明，该项楼板具有足够的刚度。

在試驗过程中，裂缝首先出现在跨度中间区段内下棒槽(即受拉区)的砂浆肋中，裂缝



图·15 7号板当荷重加至1130公斤(包括自重)时，钢筋达流限而破坏

“标准”式陶土空心砖楼板試驗結果①

表 3

試件編號	試件尺寸 (長×寬×高) (公分)	磚型號 R (公斤/平方公分)	受拉鋼筋		跨中撓度						破壞荷重			破壞情況
			數量與規格 根一直徑 (公厘)	實際流限 σ_r 公斤/平方公分	計算值		試驗值		試驗值與計算值之比	計算值 (噸)	試驗值 (噸)	試驗值與計算值之比		
					最大值 (公分)	相對值	最大值 (公分)	相對值						
1	400×90×17	50	5- ϕ 10	2,572	0.86	$l_0/450$	0.36	$l_0/1100$	1/2.4	2.11	2.3	1.04	①磚達到抗壓極限強度; ②鋼筋達到流限。	
2	"	"	"	"	"	"	0.32	$l_0/1200$	1/2.7	"	"	"		
3	"	"	5- ϕ 12	2,490	1.17	$l_0/330$	0.52	$l_0/750$	1/2.3	2.87	3.21	1.12		
4	"	"	"	"	"	"	0.48	$l_0/810$	1/2.4	"	3.27	1.14		
5	"	"	"	"	"	"	0.54	$l_0/720$	1/2.2	"	3.36	1.17		
6	"	"	"	"	"	"	0.51	$l_0/770$	1/2.3	"	3.36	"		
7	"	"	"	"	"	"	0.55	$l_0/710$	1/2.1	"	2.96	1.03		
8	580×90×17	"	5- ϕ 16	2,700	2.74	$l_0/300$	0.91	$l_0/600$	1/3	3.52	3.79	1.08		
9	"	"	"	"	"	"	1.08	$l_0/510$	1/2.5	"	3.79	"		
10	"	"	"	"	"	"	0.95	$l_0/580$	1/2.6	"	3.69	1.05		

寬度小於 0.2公厘。此時的荷重約為設計荷重的60~70%，當荷重繼續增加時，裂縫沿着試件的縱向及橫向砂漿肋中發展，但磚本身直至臨近破壞荷重時才在受壓區發現裂縫。

破壞時，受壓區磚塊被壓碎，同時受拉鋼筋達到流限。實際破壞荷重與計算破壞荷重之比為1.03~1.17，實際撓度為計算撓度的 $\frac{1}{2.1} \sim \frac{1}{3}$ 。

(三) 經濟比較

“标准”式陶土空心砖楼板与其他类型楼板比較，优点很多。除具有較好的隔音、隔

“标准”式陶土空心砖楼板与其他几种楼板主要經濟指标比較②

表 4

主 要 工 料 及 費	樓 板 類 型 數 量 及 比 率	標準式陶土 空心磚樓板	單圓孔鋼 筋混凝土空 心 樓 板	單圓孔鋼 竹筋混凝土 空心樓板	雙圓孔鋼 筋混凝土空 心 樓 板	雙圓孔鋼筋 混凝土空心 樓 板	預制鋼筋 混凝土槽 形 樓 板
鋼 筋	數量(立方公尺)	3.03	6.02	4.24	5.86	5.75	4.05
	比率 (%)	100	198	140	193	190	134
混 凝 土	數量(立方公尺)	0.0370	0.0912	0.0912	0.0618	0.0948	0.0576
	比率 (%)	100	246	246	167	256	156
工 料 費	金額 (元)	8.00	7.85	7.80	8.76	12.83	9.70
	比率 (%)	100	97	96	108	159	120

① ① 表中所列計算最大撓度值，是假定空心磚的彈性模量為 7×10^4 公斤/平方公分算出的。試驗最大撓度值是滿載設計荷重下23小時後之撓度；

② 計算破壞荷重系按破壞階段原理計算的。

③ ① 表中所列空心磚樓板的高度為19公分，較試驗所採用的試件高2公分；

② 表列各項指標數字均系按設計算的，而不是施工決算數據；

③ 工料費內不包括樓板抹面的工料費及安裝與管理費用。

热及防火性能外，还能节省水泥及钢筋，同时比整体式钢筋混凝土楼板可以减少模板用量70~80%，而且它的成本也比较低廉。

这种楼板和其他常用的几种楼板在同样跨度（3.6公尺）与荷重下每平方公尺的主要材料用量指标及成本列于表4。

从表4可以看出，在钢筋与水泥的用量上，这种楼板比一般常用的几种楼板都要节省。

在成本方面，除比单椭圆孔钢筋混凝土空心楼板及单椭圆孔钢筋竹筋混凝土空心楼板稍高3~4%以外，较其他类型楼板均低。

不同跨度的“标准”式陶土空心砖楼板的钢筋用量及允许承载荷重列于表5。从表5可以看出，当跨度较大（大于4.8公尺）时，由于高度受限制，钢筋的用量较多。如果能加大空心砖的高度，则板的跨度虽大，仍然节省钢筋。

不同跨度的“标准”式陶土空心砖楼板的钢筋用量及承载能力

构件尺寸（公分）			钢筋用量（包括构造钢筋在内）		允许承载荷重 （包括自重） （公斤/平方公尺）
跨 度	宽	高	受力钢筋数量及规格 根—直径（公厘）	单位面积用量 （公斤/平方公尺）	
320	95	110	5- $\phi 8$	3.06	650
360	"	"	"	3.03	530
400	"	"	5- $\phi 8$	3.56	530
440	"	"	"	3.52	450
480	"	"	5- $\phi 10$	4.76	450
520	"	"	5- $\phi 12$	6.40	500
560	"	"	"	6.30	450

① 表中所列钢筋用量和允许承载荷重系按极限状态计算方法算出的，荷重中假定静荷（包括楼板自重及抹面）为250公斤/平方公尺，其余的则为活荷；

② 楼板的高度系根据标准尺寸的砖确定的，较试验中所采用的试件高2公分。

三、结 语

根据前述“标准”式陶土空心砖及其楼板结构的试制和试验结果，我们获得下列初步结论：

（一）把泥桶直径为35~40公分的带式压坯机的机头及芯条调换后，即可用来生产“标准”式陶土空心砖。

（二）用来制作这种空心砖的粘土，需要较细的颗粒和较好的可塑性，不许含有砾石和其他杂质。制坯时，土料的含水量不得小于15%，亦不得大于20%。

（三）砖坯在干燥过程中须特别注意各面收缩量的均衡，即在干燥时须经常翻动，使砖各个面通风露面的时间大致相同，否则容易裂损。

（四）在制坯时应充分估计到干燥及焙烧过程中的总收缩量。砖坯的收缩量与所采用的土质有关。在制坯前应对土质进行分析与试验，以便设计适合于实际要求的芯条，以保证产品尺寸符合标准要求。

（五）在设计荷重下，跨中挠度试验值均小于计算跨度的 $\frac{1}{500}$ ，仅为计算值的33~48%，完全符合使用要求。

计算挠度之所以偏高，可能是由于在计算中所采用的弹性模量（E）较低所致。因为

这种楼板构件既非砖砌体，又非混凝土结构，而是介于这两种之间的一种混合结构，因而它的弹性模量既不能采用砖砌体的，也不能采用混凝土的。由于缺乏这种混合材料弹性模量的资料，故在计算中采取假定的弹性模量值(7×10^4 公斤/平方公分)。为了建立计算的科学根据，今后尚须对这个问题进行研究。

(六) 这种楼板的施工方法很简单，一般砖瓦工或混凝土工经过短期工作后即可熟练地操作。根据苏联经验，三个工人(其中一个为有经验的技工，另二人是助手)为一组，平均每人每班的自然生产率为10平方公尺，包括辅助工序(如材料和制品在工作场地范围内运输及砖的浸湿等)的劳动耗量在内，完成所有工作的工人平均人数为七人，则每一人每班的平均生产量为4.3平方公尺。

(七) 这种楼板具有高度的技术经济指标，除隔音、隔热及防火性能较其他类型楼板优秀外，并能大量地节省钢筋、水泥与木材。例如与一般常用的几种钢筋混凝土楼板及钢筋混凝土空心楼板比较，可省钢筋40~98%，省水泥56~146%(见表4)；与整体式钢筋混凝土楼板比较可省模板70~80%。在成本方面，如按砖的试算价格(见表2)计算，每平方公尺的工料费为8.09元，也较一般楼板的成本为低(见表4)。而在大量生产，取得经验以后，砖的成本肯定还可以降低，则这种楼板的造价当更为经济。

(八) 这种楼板可用于一般居住及民用建筑中，砖度可达6~7公尺。但不宜用于集中重量相当大及易受震动的建筑物中。

附 录

(一) “标准”式陶土空心砖的质量标准：

1. 抗压极限强度不得低于下表的规定：

砖 的 型 号	根据毛面值的抗压极限强度 (公斤/平方公分)	
	平 均 值	个别试件最小值
100	100	75
75	75	55
50	50	40

2. 外观质量要求：

外 形 指 标	容 许 偏 差
1. 尺寸偏差 (以公厘计) 长: 宽: 高:	± 8 ± 6 ± 6
2. 砖块的垂直偏差，以及砖块表面与其边缘的弯曲(以公厘计)不小于	5
3. 砖块的角与其他边缘欠缺(以公厘计)不大于	10
4. 贯穿的裂缝(在一块砖上不得多于两个)其长度(以公厘计)不大于	20
5. 超过上述(1、2、3、4)各项所示偏差的砖块所占百分数不得大于(%)	15

3. 吸水率不小于8%，亦不大于20%(按重量计)。

(二) 主要参考书籍：

(1) M. Я. 皮里吉什, C. B. 波里雅考夫著：民用与工业房屋砖石结构，高等教育出版社出版，1956年。

(2) П.Л.Пастернак, И.Е.Марьясина: Железобетонные часторебристые перекрытия и настилы, Машистройиздат, Москва, 1950.

(3) Е.А.Пинский: Сборные перекрытия из керамических пустотелых камней, Углетехиздат, Москва, 1955.

(4) 国定全苏标准ГОСТ157—53“楼板用陶土空心砖的标准”.

(5) А.В.Добровольского, И.А.Скачкова: Строительная керамика, Киев, 1954.

(6) С.А.Семенов: Расчет каменных и армокаменных конструкций по расчетным, предельным состояниям, Госстройиздат, Москва, 1955.

(7) С.В.Поляков: Каменные и армокаменные конструкции, Госстройиздат, Москва, 1957.

Резюме

В настоящей статье изложены опыт в пробном изготовлении керамического пустотелого кирпича “стандарного типа” СССР и результаты испытания перекрытий из него. Кроме этого, в статье также описаны процесс их изготовления и методы расчета, расчетные формулы элементов перекрытия, а также их технология строительства. Данная статья служит пособием для работников на кирпичных заводах, конструкторов и производственных работников строительства.

Такое перекрытие дает высокие технико-экономические показатели. Оно не только превосходит перекрытия других видов по звукоизоляции, огнестойкости и теплотехническим свойствам, но и дает большую экономию арматуры, цемента и древесины. Кроме этого, оно имеет пониженную себестоимость. И поэтому большое практическое значение имеется для экономии строительных материалов и снижения стоимости строительства, когда осуществлены массовое изготовление такого пустотелого кирпича и своевременное применение их в гражданских и жилищных зданиях.

Abstract

The experience of the manufacture of the U.S.S.R. “Standard” hollow bricks and the resultant of test of the slabs, made from this brick is presented in this paper. Besides, it will in this paper also present the process of the production of this brick, the method and the formulas for designing the slabs, and the method of construction of this slab.

It is hoped that this paper could be of some reference values to the brick manufacturers, the building designers and constructors.

This slab possesses a high technical-economic index. Comparing with other slabs, it not only possesses better properties of soundproof, fireproof and thermal conductivity, but also may save building materials, such as steels, cements and timbers. Its cost is also cheaper than the others.

There will be an important and real meaning for save building materials and dropping building cost, if we can produce the bricks on a large scale and apply it in time to the civil and residential buildings.

“标准”式陶土空心砖及其楼板

建筑科学研究院
综合结构研究室 编

*

建筑工程出版社出版 (北京东单门外大街)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第052号)

建筑工程出版社印刷厂印刷·新华书店发行

45号911 216字 787×1092 1/16 印张1 册所1

1955年6月第1版 1955年6月第1次印刷

印数: 1—35000册 定价 (19) 0.21元