

# 目 录

## 第 一 篇

<b>火山渣混凝土小砌块生产与应用的研究</b> .....	( 1 )
一、序言	
二、减少水泥用量和提高砌块保温性能的措施	
三、生产工艺与设备	
四、试点工程及其技术经济分析	
五、结论	
<b>大掺量粉煤灰增钙效果的研究</b> .....	( 15 )
一、前言	
二、原材料	
三、试验方法	
四、试验结果与分析	
五、结语	
<b>火山渣混凝土小砌块材料性能的研究</b> .....	( 24 )
一、原材料	
二、火山渣混凝土的配制	
三、火山渣混凝土的性能	
四、火山渣混凝土小砌块的性能	
五、小结	
<b>火山渣混凝土小型空心砌块质量标准 (企业试行)</b> .....	( 37 )
一、总则	
二、技术要求	
三、试验方法	
四、检验规则	
五、堆放和运输	
<b>火山渣混凝土小砌块块型选择及设计</b> .....	( 41 )
一、块型选择与设计的基本原则	
二、内墙砌块块组的选择	
三、外墙砌块块组的选择	
四、圈梁砌块块组的选择	
五、小结	
<b>火山渣混凝土小砌块热工性能试验研究</b> .....	( 50 )
一、导电纸电模拟试验与理论计算	

二、砌体的热阻模拟测定	
三、试点建筑保温性能的实测	
四、结论	
<b>火山渣混凝土小砌块砌体力学性能的试验研究</b> .....	( 62 )
一、技术条件	
二、轴心抗压强度	
三、轴心受压砌体的弹性模量	
四、砌体沿水平通缝的抗剪强度	
五、结论	
<b>火山渣混凝土小砌块中间生产试验线</b> .....	( 70 )
一、前言	
二、概述	
三、中试线工艺设计	
四、小砌块生产的主要设备	
五、劳动组织与技术经济	
<b>火山渣混凝土小砌块预应力墙体抗震性能与施工工艺的试验研究</b> .....	( 88 )
一、前言	
二、轻骨料混凝土小砌块预应力墙体抗震性能试验	
三、小砌块建筑预应力留孔、张拉、灌浆、锚固工艺的试验研究	
四、结语	
<b>火山渣混凝土小砌块试点工程设计与施工</b> .....	( 97 )
一、建筑设计	
二、结构设计	
三、建筑施工	
四、主要技术经济分析	

## 第 二 篇

<b>浮石混凝土空心小型砌块的生产与应用</b> .....	( 114 )
一、前言	
二、浮石矿的资源情况	
三、浮石的化学成分和物理力学性能	
四、浮石混凝土空心小型砌块块型及孔型的选择	
五、浮石混凝土空心小型砌块砌体力学性能、热工性能、生产工艺及建筑设计 设计与施工	
六、吉林省浮石混凝土空心小型砌块建筑设计与施工 规程及其编制说明	

<b>浮石混凝土的物理力学性能</b> .....	( 123 )
一、浮石的物理性能	
二、浮石混凝土抗压强度均质性分析	
三、浮石混凝土的劈拉强度	
四、浮石混凝土的抗冻性	
五、浮石混凝土的收缩	
六、浮石混凝土的碳化	
七、浮石混凝土的热工性能	
<b>浮石混凝土空心小型砌块砌体轴心受压试验研究</b> .....	( 126 )
一、前言	
二、试验概况	
三、砌体破坏过程及特点	
四、砌体强度试验结果	
五、砌体的变形性能	
六、几点建议	
<b>浮石混凝土空心小型砌块砌体偏心受压试验研究</b> .....	( 130 )
一、试验情况	
二、偏心影响系数 $\alpha$ 的表达式	
<b>浮石混凝土空心小型砌块砌体局部受压试验研究</b> .....	( 134 )
一、浮石混凝土空心小型砌块砌体局部受压破坏形态	
二、局压强度提高系数	
三、其它几种砌体的均匀局压	
四、结语及设计建议	
<b>浮石混凝土空心小型砌块砌体抗剪强度试验研究</b> .....	( 142 )
一、砌体沿水平灰缝的抗剪强度试验	
二、砌块墙体斜裂抗剪试验	
<b>浮石混凝土空心小型砌块墙体热阻试验研究</b> .....	( 149 )
一、提要	
二、实验装置原理	
三、实验装置构成及其性能	
四、实验数据的综合和计算	
五、误差分析	
<b>浮石混凝土空心砌块砌体力学性能试验方法的讨论和建议</b> .....	( 159 )
一、砌块砌体抗压试验的试件规格	
二、试件的对中	
三、偏心受压试件装置	
四、砌体水平灰缝抗剪试验方法	
五、几点建议	

浮石混凝土空心小型砌块生产工艺..... (164)

浮石混凝土空心小型砌块的设计..... (169)

    一、建筑设计

    二、结构设计

浮石混凝土空心小型砌块住宅建筑的施工..... (177)

# 第一篇

## 火山渣混凝土小砌块 生产与应用的研究

火山渣混凝土小砌块科研协作组\*

### 一、序 言

为了推动我国丰富的天然轻骨料资源的开发与应用,根据《1981年全国建筑科技发展计划》第13项的要求,协作组与原国家建工总局科技局签订了“火山渣轻骨料混凝土在小型空心砌块住宅建筑中的应用”科技三项费用专项合同,其目的旨在利用吉林省丰富的天然轻骨料资源——火山渣,重点研究中小城镇用的火山渣轻骨料混凝土小砌块的材性、墙体热工及其砌体力学性能、成型工艺与设备、和施工技术等主要问题,并在住宅建筑试点工程中应用,为配套地解决适用于北方地区的小砌块建筑体系创造条件。

专项合同要求达到如下主要技术经济指标:

- (1) 小砌块用的火山渣混凝土的水泥用量不超过200公斤/米<sup>3</sup>;
- (2) 小砌块住宅建筑的保温性能不亚于当地49砖墙(热阻值不低于0.7米<sup>2</sup>·时·度/千卡);
- (3) 小砌块住宅建筑的造价相当或低于当地同类型的砖混建筑。

两年多来,根据专项合同的要求,各协作单位共同努力,对减少火山渣混凝土水泥用量的措施,小砌块的规格型号及其保温性能,中间试验线的设计及其工艺设备的研制,试点工程的设计与施工,以及其技术经济效果等进行了大量工作,基本上达到了合同所规定的各项指标。两年来,已在吉林市预制构件厂原炉渣砖车间的基础上建成一条年产2万立

\* 参加单位:

混凝土研究所  
中国建筑科学研究院  
建筑结构研究所  
吉林省建筑科学研究所  
吉林市建工建材局  
吉林市预制构件厂  
吉林市第一住宅建设公司  
吉林市第二住宅建设公司  
吉林市建筑建材研究所

执笔: 龚洛书

方米火山渣混凝土小砌块中间试验线，并建成了二层的农村住宅建筑和5~6层的住宅建筑共1.2万多平方米，为今后火山渣混凝土小砌块的进一步推广应用创造了有利条件。

## 二、减少水泥用量和提高砌块保温性能的措施

为达到火山渣混凝土在小砌块住宅建筑中应用的目的，首先必须解决减少水泥用量和小砌块墙体的保温两个技术关键问题。这两个问题解决得好，所要求的技术经济指标也就比较容易达到。

### (一) 减少水泥用量的措施

火山渣是火山强烈爆发时形成的一种颗粒状的多孔喷出岩。其颗粒一般为2~4厘米，呈红褐色至铁黑色，表面粗糙、多孔，其孔径一般为0.05~4毫米，孔隙率为40%左右，呈碎石状，颗粒间的空隙率达51%以上。用这种骨料配制轻骨料混凝土，必然导致水泥用量大量增加。实践表明，一般情况下，配制150~200号的火山渣混凝土，每立方米混凝土的水泥用量高达300~400多公斤。这是火山渣混凝土的一个致命弱点，对小砌块的推广也是十分不利的。因此，必须采取措施尽可能降低其水泥用量。

#### 1. 方案选择

减少混凝土水泥用量的措施很多，主要分工艺方面和材料方面的措施两大类。因为条件所限，本项目主要从材料方面研究降低水泥用量的措施。

降低水泥用量最有效的措施是在混凝土中加入适量的磨细活性矿物掺合料，或者化学外加剂。

根据吉林省的具体情况，我们选用磨细火山渣或粉煤灰作为火山渣混凝土的掺合料。根据国内外经验，采用这种磨细的火山灰质矿物粉料作为水泥混凝土的掺合料，其掺量仅为水泥用量的15~30%，相应地节约水泥量最多仅10~20%。显然，这根本不能满足本专题的要求。试验说明，在火山渣混凝土中掺入磨细的火山渣或粉煤灰，随着掺量的增加，水泥砂浆的强度显著降低。

X光衍射试验发现，掺入过量的磨细的火山灰质矿物掺合料，引起强度降低的根本原因在于缺少足够的活性氧化钙与活性硅质材料结合成水化硅酸钙体系。为此，我们提出采取人工增钙的办法，以促进其在蒸养条件下，形成更多的水化硅酸钙产物。

由于粉煤灰磨细的能耗大大低于磨细火山渣，因此，本项目建议主要采用磨细粉煤灰，而在缺乏粉煤灰的火山渣产区，则可以采用磨细火山渣。

#### 2. 增钙粉煤灰掺量的确定

水泥净浆、砂浆和混凝土的一系列试验，反复说明了大量掺入粉煤灰必须同时增钙和在激发剂石膏存在的条件下，才能使其强度得到较好发挥。

由于水泥在水化过程中会析放出一定量的氢氧化钙，它可能与活性硅质材料相结合，因此，确定增钙量时必须考虑这一因素的影响。试验证明，在水泥浆中掺入粉煤灰，随着掺量的增加，所需氧化钙的用量也相应增加。但其合理掺量比在没有水泥的情况下略小。当水泥用量为180~200公斤/米<sup>3</sup>，粉煤灰掺量为243公斤/米<sup>3</sup>时，氧化钙（以 $f_{CaO}$ 计）的合

理用量为7~11%。

试验说明，即使采用活性较低的325#矿渣水泥，其水泥用量为180公斤/米<sup>3</sup>时，掺入水泥用量150~178%的磨细粉煤灰，在增钙的条件下，仍然可使水泥砂浆的抗压强度大于400公斤/厘米<sup>2</sup>；若不增钙，其抗压强度仅为250公斤/厘米<sup>2</sup>，且抗冻性不合格。

用正交设计确定火山渣混凝土配合比试验说明，采用增钙的大掺量粉煤灰作混凝土的掺合料时，其最佳配合比为：325#矿渣水泥的用量为180公斤/米<sup>3</sup>，混合胶凝材料的总用量为400~450公斤/米<sup>3</sup>，即增钙粉煤灰的掺量为220~270公斤/米<sup>3</sup>，其中按有效钙计的生石灰用量为7%，石膏为3%。火山渣的最大粒径为10毫米，粗细骨料总体积为1.2米<sup>3</sup>，砂率为60%，粗细骨料的细度模量为3.93左右。

### 3. 火山渣混凝土的耐久性

用大掺量增钙粉煤灰作掺合料的火山渣混凝土，其耐久性如何是人们最关心的问题。为了回答这个问题，我们对外墙用的火山渣全轻混凝土进行了全性能检验，并与全水泥的火山渣混凝土作了对比。试验结果表明，大掺量粉煤灰火山渣混凝土的拉、压和弹性模量等基本性能完全可满足《轻骨料及轻骨料混凝土技术规定和试验方法》(J78-2)的要求，其性能与全部采用水泥作胶结料且水泥用量为450公斤/米<sup>3</sup>的火山渣混凝土的性能基本相同。

为检验大掺量粉煤灰火山渣混凝土的耐久性，同时进行了软化、碳化及抗冻等性能的试验，特别进行了全碳化后再进行抗冻的试验。试验结果列于表1。

火山渣混凝土耐久性能比较

表 1

编 号	胶凝材料组成 (公斤/米 <sup>3</sup> )				抗 压 强 度 (公斤/ 厘米 <sup>2</sup> )	干容重 (公斤/ 米 <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	软 化 系 数	碳 化 系 数	M <sub>28</sub> 抗冻强度损失 (%)	
	水 泥	火 山 渣 胶 结 料	粉 煤 灰 胶 结 料	磨 细 粉 煤 灰						直接抗冻	碳化抗冻
1—a	180	320	0	0	213	1583	15.7	1.03	1.02	5.7	13.5
1—b	180	0	270	0	151	1427	18.4	0.80	0.78	0	17.2
2—a	0	0	450	0	103	1355	20.5	0.87	0.62	不合格 M <sub>15</sub> ~10.1	不合格 M <sub>15</sub> ~46.8
2—b	450	0	0	0	159	1487	14.6	0.81	1.24	6.4	1.1
2—c	300	0	0	200	140	1477	15.4	0.78	0.96	5.8	8.0

注：粉煤灰胶结料即指大掺量增钙的粉煤灰，其配合比为：  
粉煤灰：石灰：石膏=90：7：3

表1资料说明，水泥用量为180公斤/米<sup>3</sup>的火山渣混凝土，掺入大量增钙的磨细火山渣(编号1—a)或磨细粉煤灰(编号1—b)其抗碳化和抗冻性都与全部采用水泥作胶结料的火山渣混凝土(编号2—b)十分相近。只有在碳化后再做抗冻试验时，经25次冻融循环的强度损失稍大，但仍可满足不大于25%的要求。

因此，可以认为，用大掺量增钙粉煤灰作掺合料的火山渣混凝土，耐久性能良好，完全可满足使用要求。

### 4. 火山渣混凝土小砌块的性能

为了检验大掺量增钙粉煤灰作掺合料的火山渣混凝土小砌块的性能，按中试线上的工

艺要求,采用三个不同的配合比,在固定式成型机上半干压成型,制成了一批外墙小砌块,在95℃温度下蒸气养护,养护制度为5—4—10—2。然后参照普通混凝土小砌块力学性能的试验方法,检验其各项性能指标。试验结果列于表2。

火山渣混凝土小砌块性能比较

表 2

编号	胶凝材料组成(公斤/米 <sup>3</sup> )			砌块强度 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	砌块容重 (公斤/米 <sup>3</sup> )	吸水率 (%)	软化系数	碳化系数	M <sub>25</sub> 抗冻强度损失(%)	
	水泥	粉煤灰 胶结料	磨细 粉煤灰						直接抗冻	碳化抗冻
1—b	180	270	0	45	960	20.3	0.84	0.73	6.0	12.0
2—a	0	450	0	56	994	21.3	0.89	0.69	不合格 (M <sub>15</sub> —7.3)	不合格 (M <sub>15</sub> —12.2)
2—c	300	0	200	44	956	16.9	1.00	0.74	10.4	14.6

试验结果说明,这三种火山渣混凝土小砌块的主要性能与表2所列相应编号的混凝土性能是基本一致的。水泥用量为180公斤/米<sup>3</sup>的大掺量粉煤灰混凝土小砌块,其蒸养后的抗压强度可达其标号的80%以上,抗碳化性能和抗冻性能也都是较好的。与水泥用量为300公斤/米<sup>3</sup>的火山渣混凝土小砌块的性能基本相近。

因此,可以认为,用大掺量增钙粉煤灰作掺合料的火山渣混凝土小砌块性能良好,完全可满足使用要求。

## (二) 提高砌块保温性能的有效途径

虽然,火山渣混凝土与普通混凝土相比容重较小,导热系数较低,但若用它作成密实混凝土墙体在吉林地区使用,其厚度仍需达40厘米以上,与普通砖墙的厚度相近。显然,无论在技术上或经济上都是十分不合理的。因此,如何减少火山渣混凝土墙体的厚度,提高其保温性能,是一个值得研究的问题。

### 1. 方案选择

提高砌块外墙体保温性能的途径很多,归纳起来主要可分为三大类:

(1) 采用单排孔砌块双层砌筑,中间预留空气隔层,或在隔层中填充高效能保温材料;

(2) 采用多排孔的轻骨料混凝土砌块,单层砌筑的单一材料墙体;

(3) 采用砌块作承重,内贴保温层,内墙面再贴石膏板的组成复合外墙。

这几种提高砌块墙体保温性能的途径各有利弊。根据我国资源及经济发展状况,我们认为,选用第二种方法,即采用多排孔小砌块的方案来提高砌块墙体保温性能是较切实可行的。这个方案的优点在于:

(1) 可充分利用火山渣轻骨料混凝土保温性能好的特点,且经济上是合理的。

(2) 增设空气排孔,可利用廉价的空气热阻以提高其保温性能,节约材料用量。

(3) 不需要采用昂贵的高效能保温材料。

(4) 采用单层砌筑墙体、施工方便、效率高,且可节约大量连接钢筋。

### 2. 火山渣混凝土的热工性能

火山渣混凝土的热工性能对其小砌块墙体的保温性能有决定性影响。根据所确定的混凝土配合比,对其热工性能的主要指标进行测定的结果说明,不同胶结材组成对火山渣混凝土干燥状态下的导温系数和比热影响不大,其导温系数平均为0.00125米<sup>2</sup>/小时,比热



为0.189千卡/公斤。比一般轻骨料混凝土略低。

火山渣混凝土的导热系数也有类似情况。不同胶结材组成及用量对火山渣混凝土的导热系数影响不大。当混凝土的干容重为1329~1511公斤/米<sup>3</sup>时，其导热系数一般波动在0.320~0.352千卡/米·时·度，比一般轻骨料混凝土约低23~27%。我们认为，这主要是因为火山渣是岩浆喷发后急剧冷却而成。岩相分析说明，其玻璃相含量达90%以上。因此，其导热系数比同容重的其它轻骨料混凝土低。

火山渣混凝土的导热系数随着含水率的提高而增加。当混凝土的重量含水率为5%左右时，其导热系数可能提高3~13%；当重量含水率为8%左右时，则将急增30~48%。由此看来，将火山渣混凝土小砌块的重量含水率控制在5%左右（其体积含水率约为7%）是适宜的。

因此，可以认为，本项目选用的大掺量粉煤灰混凝土的保温性能是良好的。即使是含水率高达8.5%的情况下，其导热系数约为0.461千卡/米·时·度。若考虑材料的不均匀性的影响，其导热系数建议取0.461/0.8=0.58千卡/米·时·度。

### 3. 多排孔小砌块的设计与检验

根据建筑设计所选择的块型，外墙主块的块型尺寸最好为290×300×190毫米，即墙体的厚度应为300厘米的要求，参照中国建筑科学研究院物理所“混凝土空心砌块保温性能的研究”一文所提供的多排孔砌块热阻计算方法，假定所采用的火山渣混凝土计算导热系数取0.6千卡/米·时·度，计算结果列于表3。

排孔数对火山渣混凝土小砌块热阻的影响

表 3

序号	小砌块排孔数	每排空气层厚度 (厘米)	空气当量导热系数 (千卡/米·时·度)	空心率 (%)	计算热阻值 (米 <sup>2</sup> ·时·度/ 千卡)	比较百分率
1	0	0	0	0	0.520	100
2	双排孔	10	0.485	52	0.550	106
3	三排孔	6	0.286	43	0.660	126
4	四排孔	3.5~4	0.190	34	0.747	144
5	五排孔	2.4	0.120	29	0.863	166

从表3的计算资料中可看出，在小砌块中增设空气排孔对提高小砌块的热阻有很大作用。由于空气当量导热系数比火山渣混凝土小，当排孔数不小于3排时，热阻值提高更为明显。每增设一排孔，可使热阻值提高20%左右。但排孔数越多，空心率越小，材料用量增加，而且也给成型模具和设备的加工带来很多困难。由此，我们认为，为满足热阻值不小于0.7千卡/米·时·度的要求，火山渣混凝土小砌块所设置的空气排孔数量以四排孔为宜。

为了进一步验证这个计算结果，设计了七种3~4排孔的不同孔型的小砌块进行了电模拟试验，其试验结果说明，四排孔小砌块的热阻高于三排孔的，椭圆孔的略高于矩形的，但为了便于加工，在实际应用中选用矩形孔型。

### 4. 多排孔小砌块砌体保温性能实测

根据热工计算和电模拟试验的资料，采用四排孔的外墙小砌块进行了砌体保温性能的模拟试验。试验采用三皮两块半砌块砌成的外形尺寸为590×745×300毫米的矩形砌体，

在特制的人造气候装置中测定其热阻值。

测定结果表明,火山渣混凝土小砌块砌体保温模拟试验的平均热阻值为 $0.76 \text{米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{度} / \text{千卡}$ ,比电模拟测定值( $0.83 \text{米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{度} / \text{千卡}$ )约低8.4%,比热工计算值约高2.7%。因此,可以认为,几种方法测定结果基本相近,其误差不超过 $\pm 10\%$ ,说明砌体的保温性能是可靠的。

为了核实火山渣混凝土外墙砌体的保温性能,我们于1982年元月18~19日和1983年元月10日对一栋两层的农村住宅试点建筑西山墙的保温性能进行了实测,其实测结果列于表4。

实测表明,在试点工程刚竣工后的三个多月,1982年元月份测定的墙体热阻值为 $0.7 \text{米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{度} / \text{千卡}$ 。1983年元月测定时,由于墙体经一年自然风干,含水率减少,因而墙体热阻值提高至 $0.78 \text{米}^2 \cdot \text{时} \cdot \text{度} / \text{千卡}$ ,与上述计算值和试验值基本相近。

试点工程西山墙热阻值实测

表 4

测定时间	内墙面平均温度(℃)	外墙面平均温度(℃)	平均热流量(千卡/时·米 <sup>2</sup> )	内外墙面温差(℃)	热阻(米 <sup>2</sup> ·时·度/千卡)	总热阻(米 <sup>2</sup> ·时·度/千卡)	当量导热系数(千卡/米·时·度)
1982年元月	9.05	-13.53	32.33	22.58	0.70	0.883	0.486
1983年元月	6.76	-12.05	24.06	18.81	0.78	0.963	0.436

### 三、生产工艺与设备

#### (一) 产品目录

为满足建造5~6层民用住宅建筑的需要,考虑我国建筑模数的要求,吉林省的气候条件、火山渣混凝土的特点以及生产施工技术等因素的影响,协作组设计了以外墙小砌块主块的尺寸为 $290 \times 300 \times 190$ 毫米,内墙小砌块主块为 $290 \times 190 \times 190$ 毫米的火山渣混凝土小砌块系列。全部小砌块共有11种不同规格型号,其中包括外墙块2种、内墙块5种、圈梁块2种、隔墙块2种。砌块的规格型号见表5和图1。

这些小砌块都采用同一工艺和设备在中间试验上制作。除此以外,还生产组合楼板的火山渣混凝土空心砌块。

火山渣混凝土小砌块的规格型号

表 5

序号	用途及型号		实际尺寸(毫米)			空心率(%)	每块外形体积(米 <sup>3</sup> )	每立方米砌块的块数	每块的混凝土体积(米 <sup>3</sup> )	每立方米混凝土的块数	每块重量(公斤)	备注
			长	厚	高							
1	外	KW-1	290	300	190	34	0.0165	60	0.0110	90	15.95	主块
2	墙	KW-2	290	140	190	28	0.0077	129	0.0056	178	8.12	
3	内	Kn-1	290	190	190	37	0.0105	95	0.0066	151	11.88	主块
4		Kn-2	140	190	190	30	0.0051	196	0.0036	277	6.48	
5		Kn-3	490	190	190	41	0.0177	56	0.0104	96	18.72	
6		Kn-4	340	190	190	39	0.0123	81	0.0075	133	13.50	
7		Kn-5	290	190	190	27	0.0132	75	0.0096	104	17.28	
8	隔	Kg-1	290	90	190	26	0.005	200	0.0037	270	5.31	主块
9	墙	Kg-2	140	90	190	23	0.0024	416	0.0018	555	2.67	
10	圈	KL-1	190	300	190	—	0.0108	92	0.0040	250	7.13	外墙用
11	梁	KL-2	190	190	190	—	0.0069	144	0.0032	312	5.76	

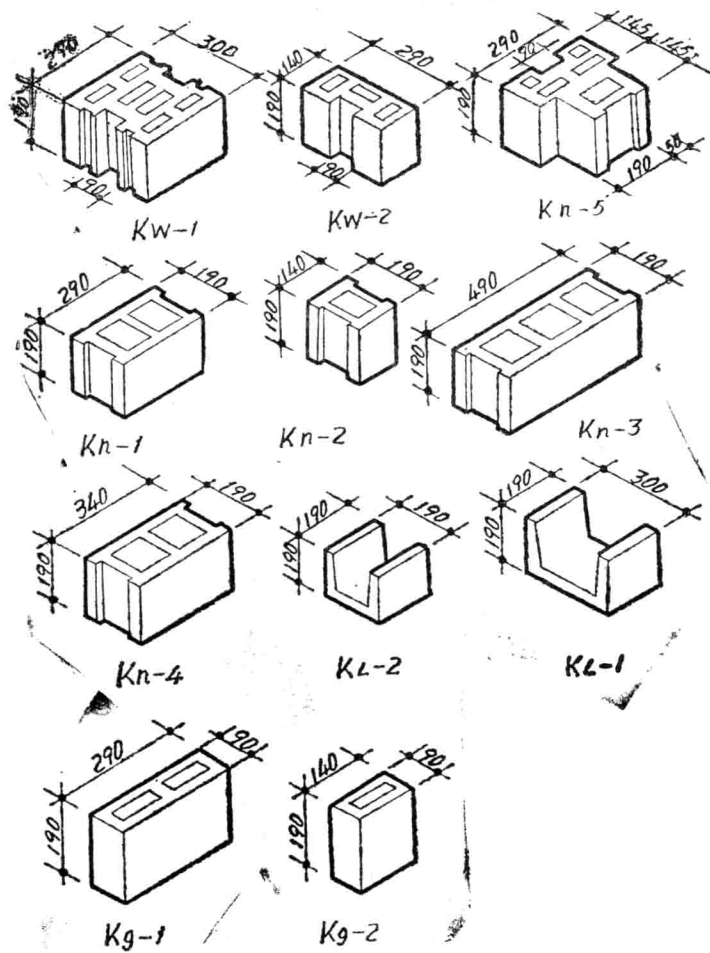


图 1 火山渣混凝土小砌块块型示意图

## (二) 生产工艺方案选择

混凝土小砌块生产工艺方案繁多，按其成型方式分为：

- (1) 室内固定式成型生产工艺；
- (2) 露天或半露天的移动式成型工艺。

按其养护方式可分为：

- (1) 自然养护生产工艺；
- (2) 湿热养护生产工艺——包括常压蒸气养护和高压蒸气养护等。

根据我国北方地区气候条件的特点，及目前可能达到的生产技术水平，当采用简易栏杆式成型机，蒸气养护的生产工艺，证实了用火山渣混凝土生产小砌块的可行性后，我们确定选用固定式成型机，隧道窑蒸气养护的工艺方案，在旧车间基础上，建成中间试验生产线。这个工艺方案的优点在于：

- (1) 室内固定式生产小砌块，可不受气候条件的限制，可利用旧厂房改造，且占地面积小；

(2) 与杠杆式或移动式成型工艺相比, 劳动强度较低、效率较高, 且易于保证产品质量;

(3) 采用蒸气养护工艺, 便于使用大掺量粉煤灰作混凝土掺合料以节约水泥。

### (三) 固定式成型机

固定式成型机是小砌块生产工艺最主要的设备。在我国这类成型机尚无定型产品。

根据中试线生产工艺的要求, 参照国内外砌块成型机的一般原理, 协作组设计了一台固定式成型机HQK—3型(图2)。成型机由机架、传动机械、模箱、压头、推托板小车和滚轴台等组成。考虑火山渣混凝土拌合物内摩擦阻力大, 除采用芯模振动外, 还在压头横梁上加设一振动器, 以实现振动加压成型。总振动功率为 $2 \times 1.1$ 瓩, 每次生产三个内墙主块, 平均每个砌块耗用的振动功率约为0.7瓩。成型时压头在混凝土砌块上的加压值约为 $200 \text{克/厘米}^2$ , 若考虑振动器的击振力(约430公斤)实际加压值还要大些。显然, 这对保证火山渣混凝土拌合物的振动密实性是十分有利的。

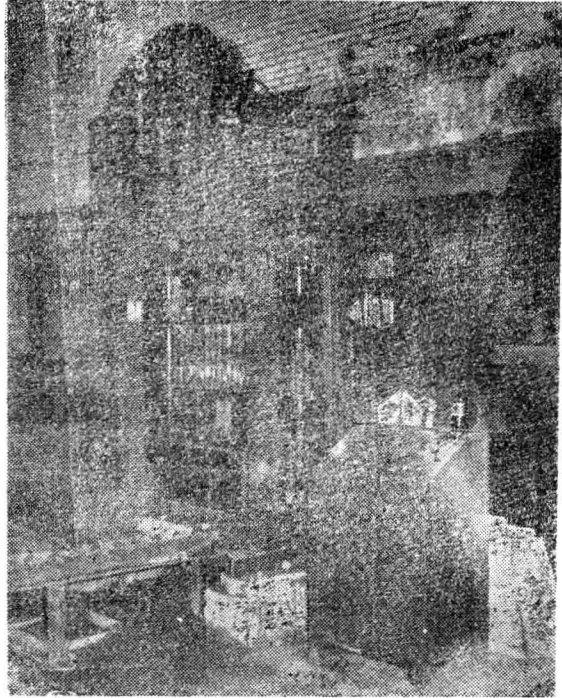


图2 HQK—3 型砌块成型机

成型机采用人工加料。振动成型后, 机械传动提升模箱脱模。成型周期为 $30 \sim 40$ 秒。

成型机的设计考虑了可生产住宅建筑所需的11种不同类型的砌块。只要更换模箱和压头, 可分别生产所需的各种型号的砌块。

HQK—3型砌块成型机的主要技术指标如下:

- (1) 托板尺寸             $660 \times 340 \times 40$ 毫米;
- (2) 成型周期             $30 \sim 40$ 秒;
- (3) 每次生产块数        3块(内墙主块);
- (4) 台班产量             $1000 \sim 1500$ 块;
- (5) 传动功率            2.2瓩;
- (6) 振动功率            2.2瓩;
- (7) 总重量              约1500公斤;
- (8) 外形尺寸             $2750 \times 1200 \times 2500$ 毫米。

HQK—3型砌块成型机由吉林市预制构件厂制造。经一年多的试生产表明, 设备构造简单、操作方便, 运转正常, 小砌块产品质量良好, 完全可达到所要求的各项指标。

#### (四) 中间试验生产线

火山渣混凝土小砌块中间试验生产线由吉林市预制构件厂原炉渣砖车间改造而成。车间宽15米，长36米，另有蒸气养护窑6个。采用协作组研制的JKW-1型控温仪，对小砌块的蒸养制度进行自动控制。两班制生产。每年可生产2万立方米小砌块。

小砌块中试线工艺流程见图3。

中试线总平面布置见图4。

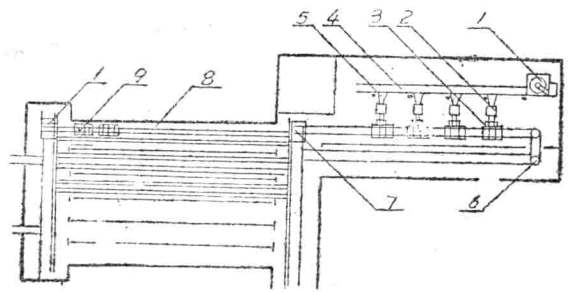
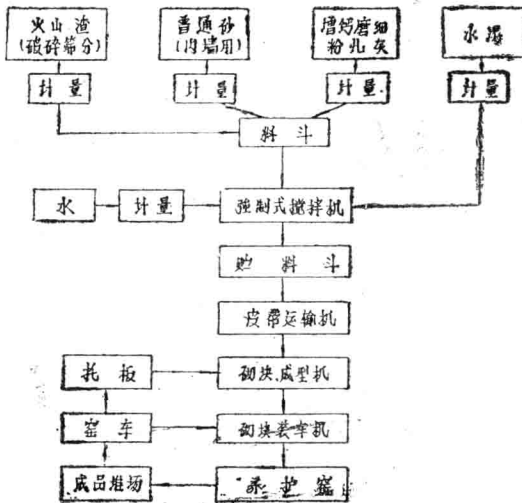


图4 火山渣混凝土小砌块中试线平面示意图

1. J4—1500强制式搅拌机
2. HQK—3型小砌块成型机
3. 小砌块装车设备
4. 皮带运输机
5. 混凝土贮料斗
6. 窑车转盘
7. 窑车摆渡车
8. 窑内轨道
9. 窑车
10. 隧道窑

图3 火山渣混凝土小砌块中试线工艺流程图

中试线的主要技术经济指标见表6。

火山渣混凝土小砌块中试线技术经济指标

表6

序号	名称	单位	指标量
1	生产制度	1	两班制
2	年产量	立方米/年	2万
3	生产工人	人	66
4	劳动生产率	立方米/人·年	303
5	耗工量	工日/立方米	1.0
6	占地面积	平方米	10000
7	设备电容量	吨	60
8	改建投资概算	万元	22.84
9	产品成本: 内墙	元/立方米	37.10
	外墙	元/立方米	47.24
	平均	元/立方米	42.17

#### 四、试点工程及其技术经济分析

根据专项合同的要求，于1981年底在吉林市越山路建成五栋二层的农村住宅试点建

筑，共1500平方米；1982年分别在吉林市四川路和长春路建成三栋5～6层的民用住宅试点建筑共1万多平方米。同时，又在吉林市市郊二道公社建成一幢二层的办公楼约320平方米。两年来，共建成火山渣混凝土小砌块试点建筑工程1.2万多平方米。现将简要情况介绍如下：

### (一) 设计的主要依据

火山渣混凝土小砌块砌体的基本力学性能指标是试点工程设计的主要依据。

我们分别采用内外墙小砌块(kw-1和kn-1)按《混凝土小型空心砌块建筑设计与施工技术规程》JGJ14-82(以下简称规程)附录推荐的砌体基本力学性能试验方法,进行轴心抗压强度,轴心受压弹性模量和砌体沿水平灰缝(通缝)的抗剪强度试验。试验中采用了75#、100#的内墙砌块和50#、75#的外墙砌块,分别用25#、50#、100#混合砂浆砌筑成试验用的砌体。试验结果综合列于表7。

火山渣混凝土小砌块砌体的三大力学指标

表 7

序号	项 目	砌块类型 砌块标号 砂浆标号	内 墙 砌 块				外 墙 砌 块			
			75#		100#		50#		75#	
			25#	50#	50#	100#	25# (水泥砂浆)	25#	25#	50#
1	轴心抗压强度 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	试验值	36.5	37.8	73.9	84.5	40.9	42.0	58.7	62.0
		规程值	31.0	35.0	53.25	61.74	22.0	22.49	37.57	41.3
2	弹性模量×10 <sup>4</sup> (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	试验值	3.90	3.97	6.46	6.53	4.21	4.15	6.72	6.34
		规程值	2.19	2.64	3.73	4.94	2.45	1.35	2.25	2.89
3	抗剪强度 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	试验值	1.05	1.91	3.71	3.87	—	2.00	2.40	2.58
		规程值	1.00	1.50	1.50	2.20	—	1.00	1.00	1.50

#### 试验结果说明：

(1) 火山渣混凝土小砌块砌体轴心抗压强度随所用砂浆标号的提高而略有增加。但对砌体强度起主要作用的仍是砌块标号。砌块标号每提高一级,砌体轴压强度可提高20~40%以上,而砂浆标号提高一级,仅增加10%左右。

火山渣混凝土小砌块砌体的轴压强度与规程提出的公式相比,其试验值比计算值约高17~87%,平均提高47%。这个结果与普通混凝土小砌块砌体轴压强度的试验结果是基本一致的。

因此,我们认为,火山渣混凝土小砌块砌体的轴压强度可满足规程的要求。设计时按规程的计算值取用是安全的。

试验结果还说明,火山渣混凝土小砌块砌体的初裂系数一般为0.59~0.82,平均约为0.66,比普通混凝土小砌块砌体的初裂系数0.54约高22%,说明其抗裂性较好。我们认为这主要是因为火山渣混凝土小砌块的空心率较小(34~37%),且火山渣混凝土的弹性模

量较低的缘故。

(2) 火山渣混凝土小砌块砌体的受压弹性模量随着砌块标号和砂浆标号的提高而有所增加。对同一砌体来说, 应力越高其弹性模量越低。这些规律与普通混凝土小砌块基本相似。

试验说明, 当取应力为0.43时的弹性模量, 其试验值与规程值相比较, 火山渣混凝土小砌块砌体的弹性模量提高的幅度一般为39~208%, 且砂浆标号越低提高幅度越大, 平均提高约123%。我们认为, 这可能与火山渣混凝土小砌块的空心率较小有关, 即在同荷载作用下, 由于其承压面积大, 单位面积所承受压力较小, 其应变也较小, 从而导致其弹性模量的提高。因此, 可以认为, 火山渣混凝土小砌块弹性模量按规程提供的公式计算是偏安全的。

(3) 火山渣混凝土小砌块砌体沿水平灰缝的抗剪强度与普通混凝土小砌块相似, 主要与砂浆标号有关。砂浆标号越高, 砌体的抗剪强度也越高。如砂浆标号从25#提高到50#, 可使标号为75#的外墙小砌块砌体的抗剪强度提高58%。

从表7资料可看出, 火山渣混凝土小砌块砌体抗剪强度的试验值与规程值相比, 一般约高5~100%, 平均约高50%。完全可满足规程的要求。因此, 火山渣混凝土小砌块砌体的水平抗剪强度按规程所提供的指标取用是安全的。

综上所述, 通过三大力学指标的检验, 我们认为, 火山渣混凝土小砌块建筑试点工程可按规程的有关要求进行设计。

## (二) 建筑设计及构造措施

按吉林地区房屋建筑设计的要求, 住宅建筑试点工程的平面尺寸采用3M<sub>0</sub>制, 高度则按2M<sub>0</sub>制设计。因而内外墙砌块的长度均为290毫米, 高度为190毫米, 内墙砌块的厚度与南方砌块相同取190毫米, 外墙砌块的厚度取300毫米。

为了便于与砖混建筑相比较, 试点工程的单元平面布置采用吉林地区常用的五开间形式。全楼由三个半单元组成, 总长共约60.6米, 一单元为三户, 每户平均建筑面积为57.8~65.2平方米。

火山渣混凝土砌块墙体是房屋建筑的主体, 其最明显的一个特点是自重轻, 这对提高建筑结构的抗震性能是十分有利的。结构计算表明, 75#内墙砌块用100#混合砂浆砌筑; 50#外墙砌块, 用50#混合砂浆砌筑, 可满足3.3米开间, 2.8米层高带阳台的六层住宅建筑的抗压强度的要求。抗震验算表明, 六层砌块建筑的内横墙1~3层用75#砌块, 100#混合砂浆砌筑; 4层以上用50#砌块, 50#混合砂浆砌筑, 不考虑芯柱作用, 即可满足抗剪和抗震的要求。除外纵墙除楼梯间侧外墙, 应考虑构造柱的抗震作用外, 其余均可不考虑构造柱的作用, 就可满足抗震要求。

吉林地区属7度抗震设防区。考虑到小砌块墙体的抗剪、抗拉强度较低。试点工程尽量做到平面布局合理, 形体简单, 均匀对称, 纵横墙尽可能对齐拉直, 横墙错开的不超过 $\frac{1}{4}$ 。同时, 采取如下措施可进一步加强结构的整体性和抗震性:

(1) 参照规程的要求, 在住宅建筑的四大角, 楼梯间四角、山墙与内纵墙交接处,



内横墙与外纵墙交接处设置了芯柱或构造柱。构造柱浇灌混凝土较方便，易于保证质量，但要增加一些定型模板，且必须采取相应的保温措施。设置构造柱后，墙体竖向配筋率约为0.032%。

(2) 内外墙层层设圈梁，与墙体芯柱或构造柱共同构成框架结构，以提高其结构整体性。圈梁是在槽形砌块内配置4~6根 $\phi 10$ 钢筋，浇灌150~200\*混凝土。其配筋率外墙圈梁为0.056%，内墙圈梁为0.059%。

(3) 加强楼板的整体刚度和墙体的连接，采用整间或半间的大楼板。楼板之间，楼板四角墙体构造柱之间，利用楼板的锚环或四角的钢筋相互焊牢，并与竖向钢筋锚拉在一起，板缝浇灌200\*细石混凝土。楼板座浆采用不低于100\*的砂浆，以保证其粘结性能。

(4) 在底层窗下一皮砌块水平缝内沿外墙通长设置2 $\phi 6$ 或4 $\phi 4$ 点焊钢筋网片；顶层窗下沿山墙和第一个开间也通长设2 $\phi 6$ 或4 $\phi 4$ 点焊钢筋网片。

(5) 为进一步提高砌块墙体的抗震性能，还可采用整体预应力的措施。试验结果和长春路试点工程表明，利用小砌块的孔洞，在纵墙内自上而下用钢绞线张拉锚固，而后分层灌浆的整体预应力张拉工艺是可行的，它可大大提高砌体的整体性和抗震性能。

### (三) 施工技术要点

试点工程说明，火山渣混凝土小砌块建筑的施工技术与砖混建筑，或普通混凝土小砌块建筑基本相似，一般可参照规程的有关规定执行。但根据火山渣混凝土小砌块及北方地区的特点，在施工过程中必须注意如下几个问题：

(1) 为保证小砌块墙体的保温性能和防止或减少墙体的裂缝，整个施工期间要严格控制小砌块的含水率。蒸养出窑的小砌块应在堆场上停放28天，使其含水率不大于8%方可出厂。在施工现场小砌块不宜贴地堆放，且应采取措施防止雨淋。堆场四周要有施工污水和雨水的排放系统。

(2) 小砌块建筑施工效率高、劳动强度低。技术工、力工和其他工种配合好，一个20多人的施工队，两天可砌完一层约600平方米的墙体。按内外墙平均折算每工日可砌筑190个砌块，相当每人每天可砌筑普通砖2280块。

(3) 小砌块建筑采用内脚手施工。为砌筑方便一般采用升降式的内平台式脚手架为宜。一般一栋4~5个单元一字型、5~6层的住宅建筑，可配备一台红旗牌的2吨小塔吊，以负责垂直运输。

(4) 火山渣混凝土小砌块的吸水性，比普通砖小，砌筑前严禁浸水或浇水。砌筑时墙体也不应浇水。砌筑时，水平缝可辅灰3~4个砌块长度，碰头灰可先将3~4个砌块并排，一次打上，后逐个砌于墙上。

(5) 砌筑砂浆的稠度以10~12厘米为宜，随拌随砌，要求在四小时内用完。每一层楼、每种标号的砂浆或混凝土要制作一组试块备查。砌筑时要求墙面平整，灰缝要横平竖直，不得砌完一步架后敲击修整墙面，砌筑后应及时用原浆勾缝。

(6) 砌完每层楼后，应用仪器校核墙体的轴线尺寸和标高。在允许范围内的偏差，可在楼板面上予以校正。



#### (四) 建筑技术经济分析

为了评价砌块建筑试点工程的技术经济效果，我们与同类型的砖混建筑作了对比分析。

建筑技术经济指标的分析与评价，根据中国建筑科学研究院建筑技术经济研究所提出的《工业化住宅建筑体系经济效果的评价方法》的有关规定进行。

分析表明，砌块建筑与砖混建筑相比，虽然每立方米砌块的单价比普通砖约高30%，但由于采用火山渣混凝土小砌块作外墙体，墙体减薄约38%，自重减轻55%左右。因此，每平方米墙体的造价反而可降低20%左右。

由于砌块建筑墙体减薄、自重减轻、地基荷载减少，基础处理费也可相应降低，与砖混建筑相比，按有效面积计算，每平方米约可降低2.93元（表8）。

砌块建筑与砖混建筑的主要技术经济指标（按有效建筑面积计）比较 表 8

序号	项目名称		单位	砌块建筑	砖混建筑	增减量 (±)	增减 (%)
1	建筑特征	有效面积	米 <sup>2</sup>	2485.17	2437.42	+47.75	+2.00
		建筑面积	米 <sup>2</sup>	3005.40	3139.68	-134.28	-4.30
2	土建部分造价	总造价	元	134.60	146.67	-12.07	-9.00
		其中：±0以上	元	118.90	128.13	-9.14	-7.68
		基础部分	元	15.61	18.54	-2.93	-18.77
3	主要材料消耗	钢材	公斤	18.94	19.60	-0.66	-3.48
		水泥	公斤	189.25	144.50	+44.75	+30.97
		木材	米 <sup>3</sup>	0.032	0.0378	-0.0058	-18.13
		砌块或红砖	块	41	385	—	—
4	劳动力消耗	总用工	工日	3.63	4.53	-0.90	-24.80
		其中：现场用工	工日	3.10	3.99	0.89	-22.30
		施工期限	天	157	190	-33	-17.37
		墙体自重	公斤	570	1275	-705	-55
按总建筑面积计算每平米建筑造价			元	111.30	113.87	-2.57	-2.30

同时，由于砌块体积比普通砖大，平均一个砌块相当12块标准砖，因此，施工方便，砌筑效率高，与砖混建筑相比每平方米建筑面积总用工量可以从4.53个工日，降低到3.63个工日，即约降低24%。每栋建筑物的总工期约可缩短33天。另外，钢材、木材和用作砌筑和抹灰的砂浆也可相应减少。（只因为小砌块用水泥制成，因此，每平方米建筑面积需多耗用水泥约44公斤）。

因此，分析结果表明，火山渣混凝土小砌块建筑与同类型的砖混建筑相比，按总建筑面积计算，每平方米建筑面积的造价可降低2.57元，即约降低2.3%；按有效建筑面积计，