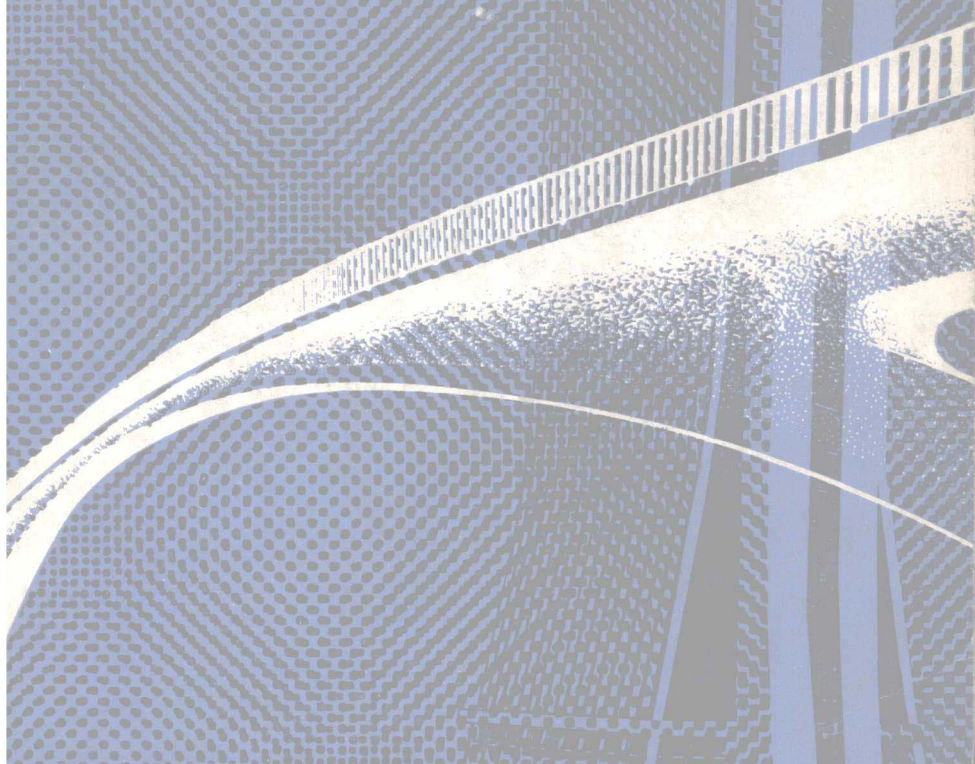


国外轻骨料混凝土应用

中国建筑科学研究院
混凝土研究所 等译



国外轻骨料混凝土应用

中国建筑科学研究院
混凝土研究所 等译



中国建筑工业出版社

本书介绍了七十年代以来美、苏、英、法、西德、日本等国轻骨料及轻骨料混凝土生产、科研、应用方面的成果。内容包括国外轻骨料的生 产状况及技术动向；轻骨料混凝土的配合比设计及性能；钢筋轻骨料混凝土结构的设计与计算方法以及轻骨料混凝土在若干先进国家中的应用实例（包括施工技术）等。可供从事轻骨料及轻骨料混凝土生产、设计、科研、施工的技术人员阅读。

国外轻骨料混凝土应用

中国建筑科学研究院 等译
混 凝 土 研 究 所

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：15 $\frac{5}{16}$ 字数：411 千字

1982年8月第一版 1982年8月第一次印刷

印数：1—5,400册 定价：1.90元

统一书号：15040·4270

译 者 的 话

轻骨料混凝土具有自重轻、强度高、保温性能好等优点，用它来建造工业与民用建筑和其他构筑物，可大大减轻结构自重，减少地基荷载，节约材料用量和运输量。同普通混凝土相比，它具有良好的技术经济指标。六十年代以来，世界上很多国家的轻骨料及轻骨料混凝土的生产和应用发展很快，而在技术和发展特点上亦各有所长。

为了学习国外的先进经验，我们组织翻译了《国外轻骨料混凝土应用》。

本译文集主要收集了七十年代以来美国、苏联、法国、英国、西德、日本等国轻骨料及轻骨料混凝土在生产、应用和科学研究等方面的成果，较系统地介绍了工业废料轻骨料和人造轻骨料新的生产工艺及设备；中、高强轻骨料混凝土配合比设计的理论和方法；轻骨料混凝土强度与变形性能的试验研究；钢筋轻骨料混凝土结构和预应力轻骨料混凝土结构的设计和计算方法以及在高层建筑和工业厂房中应用的典型事例及其经济效果等，可供我国从事轻骨料及轻骨料混凝土生产、设计、科研和施工的技术人员参考。

本译文集在选题和编译过程中，得到国家建工总局东北建筑设计院、冶金部冶金建筑研究总院、哈尔滨市建筑设计院、天津大学、哈尔滨建筑工程学院、清华大学、同济大学、重庆建筑工程学院等单位有关同志的热情支持和协助，特此表示感谢。

在编译过程中，力求从我国的实际出发，并尽量考虑发展的需要，但由于水平有限，错误和不当之处在所难免，请读者批评指正。

中国建筑科学研究院
混凝土研究所

目 录

1. 陶粒生产工艺现状	1
2. 人造轻骨料的发泡机理和超轻骨料的试制	43
3. 法国佛斯钢厂高炉渣的处理——膨珠生产工艺	54
4. 中、高强轻混凝土拌合物的设计	61
5. 按给定强度设计轻混凝土	69
6. 轻骨料混凝土配合比设计	83
7. 结构轻骨料混凝土的特性	119
8. 陶粒混凝土双向受压、受拉时的力学性能	168
9. 轻骨料混凝土的疲劳性能	176
10. 钢筋轻骨料混凝土中的剪力传递	189
11. 轻混凝土收缩与徐变过程的特性	210
12. 陶粒混凝土徐变的单位相对变形的预测	225
13. 陶粒混凝土收缩变形的预测	239
14. 从短期试验预测长期徐变和收缩	249
15. 结构轻混凝土的收缩开裂特性	267
16. 轻骨料混凝土结构的设计	280
17. 预应力轻骨料混凝土结构设计	301
18. 轻混凝土和钢筋轻混凝土结构构件按第一类极限 状态的计算	332
19. 钢筋轻混凝土结构构件按第二类极限状态 的计算	361
20. 轻骨料混凝土结构设计和计算方法的改进	395
21. 贝壳广场大厦施工中高强轻混凝土的质量控制	399
22. 轻骨料混凝土的施工工艺	416
23. 无砂大孔混凝土新的生产工艺	437
24. 陶粒混凝土结构在工业建筑中的应用	458
25. 地震区的轻混凝土房屋建筑	463
26. 应用轻混凝土的经济性	470

1. 陶粒生产工艺现状

(苏) О. Ю. Яшаров等

前 言

在最近十五年到二十年中，各工厂和房屋建筑联合企业在制造围护和承重建筑结构时所使用的人造多孔骨料（陶粒、烧结料、膨胀珍珠岩、膨胀矿渣，以及这些骨料的变种）的生产，正在苏联形成。

在第九个五年计划后，苏联的多孔骨料年总产量约为3400万立方米，其中人造多孔骨料约为2800万立方米。第十个五年计划期间，多孔骨料的生产预计将继续增长。砾状、碎石状陶粒和陶砂的生产，所占比重最大。截至1976年1月为止，苏联有324个工厂生产人造多孔骨料，其中生产陶粒的工厂为252个，这些工厂生产的陶粒占人造多孔骨料总产量的86%。

在最近这个五年计划期间，苏联建筑材料工业部所属各工厂的陶粒产量增长了0.4倍，并占陶粒总产量的20.9%。所以有这些，是由于强化了生产，扩建了现有的企业，并建造了新的工厂和车间（超过40%）。

陶粒生产的集中程度也在增加，例如，如果年生产能力小于5万立方米的工厂数目在1970年占31.1%的话，那么到1975年这类工厂的比重已下降到20.6%。陶粒厂的平均生产能力在全联盟内为每年11.91万立方米，而在苏联建筑材料工业部内为每年14.83万立方米。

生产能力超过20万立方米的陶粒厂在1975年共有29个，其中有5个厂的生产能力超过40万立方米。这些工厂的劳动生产率比

小规模的车间（5万立方米以下）高2倍。同时还表明，燃料消耗量大约降低10%。很多工厂（里昂诺夫建筑材料和结构厂以及伏尔加格勒第一钢筋混凝土制品厂）每个工人的年生产量都超过3600~5700立方米。

近年来已掌握了新型陶粒——半石墨页岩陶粒和粘土粉煤灰陶粒的生产，以及用沸腾窑生产陶砂。拟定了以热电站粉煤灰为主要原料的粉煤灰陶粒的生产工艺。目前生产半石墨页岩陶粒的工厂有13个，1975年的产量为82.61万立方米。阿列克辛工厂和下塔吉尔试验厂已掌握了粘土粉煤灰陶粒的生产工艺，斯麦士里亚耶夫试验厂（古比雪夫市）已能够用7.8万立方米规模的沸腾窑生产陶砂。

烧制的陶粒质量基本上符合现行全苏国家标准 ГОСТ 9759-71 “陶粒”的要求，1975年松散容重平均为503公斤/米³，机械强度平均为25.6公斤/厘米²；按其平均占有量300~350号陶粒为7%，400~500号陶粒为45%，500~600号陶粒为38%，切尔诺夫工厂、古比雪夫第十工厂、奥连布尔格建筑材料联合加工厂和阿尔梅基耶夫联合加工厂生产的陶粒，其容重已降到300~350公斤/米³以下。

陶粒的生产量按其颗粒大小为（%）：0~5毫米——5.8；5~10毫米——16；10~20毫米——44.3；20~40毫米——16.1；混合料——17.8。

已经积累的经验可以对陶粒质量提出更高的要求，以便符合基本建设的需要。为代替 ГОСТ 9759—71 “陶粒”标准，新编制的全苏国家标准 9759-76 “陶粒和陶砂”在松散容重，强度和其他指标方面都对陶粒和陶砂提出了更高的要求。首先把陶粒分为优质品和一级品，按照产品质量均匀性确定出的对于优质品的要求，应有助于在轻混凝土，特别是在承重性混凝土中更加有效地使用这种产品，与此同时编制的批发价格价目表将会刺激优质品陶粒的生产量。个别陶粒厂（克尔钦、查波罗什）发出的产品带有质量标志。

近期陶粒生产大多以塑化法为主，这种方法在现有工厂的条件下与干法比较，能够保证更先进的经济指标（成本大致可降低37%）。当采用块状页岩原料时普遍采用干法，由于泥浆脱水的热耗很大，泥浆法尚未得到推广，1975年塑化法生产的工厂数目为216个，干法生产的工厂为34个，泥浆法生产的工厂2个。在陶粒成本构成中，材料费的单位消耗，1975年达到51.4%，其中原材料费占24%，工艺用燃料费占22.3%，电力消耗费占5.1%。

生产陶粒的材料用量在很大程度上取决于陶粒的标号。根据1975年的平均数据，300、500和800号陶粒的原料单位耗量分别为0.40、0.59和0.72立方米；标准燃料单位耗量为90.1、101.7和122公斤；电力消耗为13、23.5和30.5千瓦-小时。各别工厂（克尔钦、伏龙芝及其他工厂）标准燃料的单位消耗量已降低到70公斤以下，采用地方材料和工业废料，热电站粉煤灰和炉渣是降低原料费的重要因素。随着工厂规模的增加原料用量定会大大降低。

下面叙述一下苏联各工厂所采用的陶粒生产工艺的基本原理，以及在继续完善工艺和采用先进设备方面的极重要的建议，并列举出在第十个五年计划期间，以提高陶粒生产技术水平为目的的其他一些建议。

陶粒生产的原料基地

在自然状态下或借助于专门的附加剂焙烧时能够膨胀的硅酸盐类岩石（粘土、硅藻岩、页岩）或热电站粉煤灰都可做为陶粒的原料。

目前苏联主要采用易熔粘土岩生产陶粒，即粘土矿物和其他矿物呈机械混合物的粘土和亚粘土，并具有不同的分散度、塑性和含水率；水中不能泡胀的粘土岩，并具有高密实性和层理的粘土质页岩；呈块状的粘土质的泥板岩。

不同地质年代和形成过程的各种易熔粘土岩，在焙烧时都具

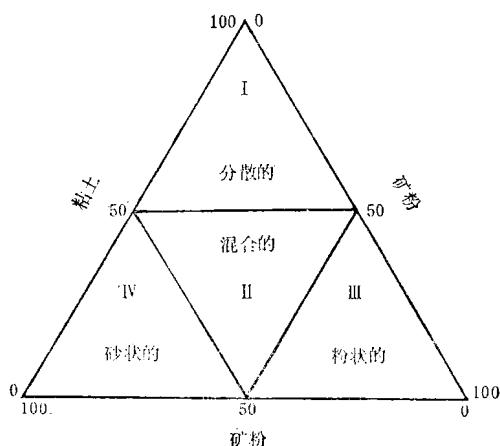
有膨胀性，但是在苏联，生产陶粒大多采用第四纪沉积粘土和亚粘土，主要是由于它们蕴藏在地表便于开采。

易熔粘土岩的矿物组成通常是水化云母和蒙脱石，氯化物较少。在粘土的组成中含有多种成分：石英、氧化铁、黄铁矿、碳酸盐、长石。石英砂可减少粘土的分散度，使其膨胀性能降低。氧化铁（赤铁矿、褐铁矿）和微粒黄铁矿当其含量在10%以下时为有益成分，它有助于降低粘土颗粒的熔化温度，并参加汽化过程，而使其更好地膨胀。以分散状存在于粘土中的碳酸钙和碳酸镁可缩短熔融范围，而粗粒的夹杂物（大于1毫米）是成品中产生“鼓泡”，并使陶粒颗粒破损以及用这种陶粒制成的混凝土产生破损的原因。

生产陶粒时粘土料的理想成分是细的有机质含量为1~2%。

为解决生产陶粒用的粘土质原料的适宜性问题，С·П·奥纳茨基^[1]根据膨胀程度和化学成分的含量把粘土料分为独立的四组。与此同时，粘土的颗粒组成也是易熔粘土岩的重要特征之一。粘土料中微粒（特别是粘土质的）含量愈多，这种原料的膨胀性能愈好。

按照国定全苏标准ГОСТ 9169—75，在建筑陶瓷中粘土是根据



据细粒级（颗粒尺寸小于10~1微米）和粗粒级（颗粒尺寸大于0.5毫米）的含量来分类的。

在土质学中^[2]按照颗粒尺寸和颗粒组成（表1，图1）采用了更加详细的分散体系分类法。

图1 土质学中采用的分散的粘土岩的分级

生产陶粒可以

表 1

原 料	颗 粒 含 量 (%)		
	1~0.05(毫米)	0.05~0.005 (毫米)	<0.005(毫米)
第 I 组			
分散原料	0~50	0~50	50~100
第 I 分组			
粘 土	0~25	0~25	75~100
粘土质原料	0~25	0~25	50~75
粉状粘土质原料	0~25	25~50	50~75
砂质粘土原料	25~50	0~25	50~75
第 II 组			
混合原料	0~50	0~50	0~50
第 II 分组			
混合原料	25~50	25~50	25~50
粉状亚粘土料	0~25	25~50	25~50
砂质亚粘土料	25~50	0~25	25~50
粉状亚砂土料	25~50	25~50	0~25
第 III 组			
粉状原料	0~50	50~100	0~50
第 III 分组			
矿 粉	0~25	75~100	0~25
粉 状 料	0~25	50~75	0~25
粘土质粉状料	0~25	50~75	25~50
砂质粉状料	25~50	50~75	0~25
第 IV 组			
砂质原料	50~100	0~50	0~50
第 IV 分组			
砂	75~100	0~25	0~25
砂 质 料	50~75	0~25	0~25
粘土砂质料	50~75	0~25	25~50
粉状砂质料	50~75	25~50	0~25

采用分散的、混合的和粉状粘土岩。图 2 中列出的是在陶粒科学研究所所属别泽缅陶粒试验厂进行的生产陶粒用的原料试验结果。这些试验的综合结果列于图 3 ①。列出的参数证明, 利用第

① 分子——粘土原料的塑性指数(%), 分母——陶粒松散容重(公斤/米³)。

I 类易熔粘土原料可制得200~450号陶粒，（利用第I分组的粘土可制得250~300号陶粒^①）。

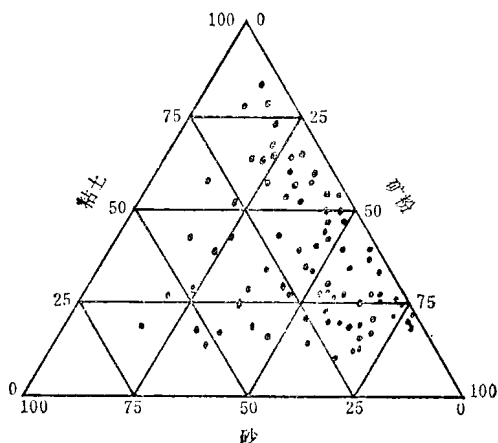


图 2 生产陶粒的试验用粘土原料的颗粒组成

原料试验所取得的结果进行比较便可以看出，第I组粘土原料，按其颗粒组成（分散的）与第I组原料（高膨胀性的）相符合，第II_a、II_b、II_c分组的（混合的）原料与第II组原料（中膨胀性的）相符合，第II_d、III_d、III_e和III_f分组的原料与第III组原料（低膨胀性的）相符合。

统计分析表明塑性指数指标与陶粒松散容重的紧密相关的联系。高膨胀性粘土原料（见图3）其塑性指数不小于25，中膨胀性的粘土原料——不小于15；塑性指数小于15的原料，膨胀性很差。

原料的重要特性是它的矿物组成和化学组成。正如已经指出的那样，生产陶粒主要采用具有不同比例的水化云母和蒙脱石类的水化云母类粘土和蒙脱石类粘土，粘土颗粒组成中还经常遇到

① 译者注：陶粒标号系指按陶粒的松散容重(公斤/米³)划分的标号。

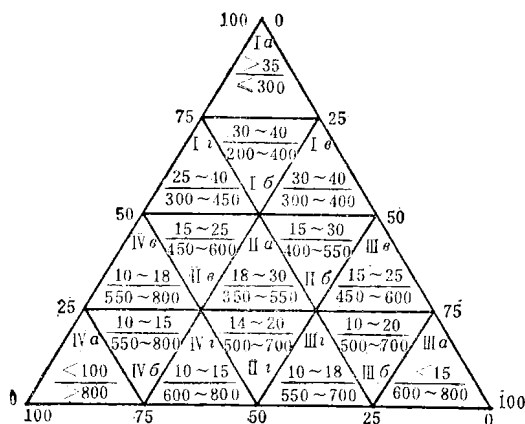


图 3 选择生产陶粒的粘土原料用的颗粒组成分级图表（各组与各分组详见表 1）

高岭石和其他矿物。对于膨胀粘土质岩石，其特点是一般含有如下化学成分（换算为基本氧化物）（%）： SiO_2 48~70； Al_2O_3 8~25； $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 3~12； $\text{CaO} + \text{MgO}$ 1~12； $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 0.5~7。

已经阐明：高膨胀性粘土原料含有（%） SiO_2 不大于 60； Al_2O_3 14~20； $\text{CaO} + \text{MgO}$ 不大于 7； $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 6~10； $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 3~5。

化学成分不仅决定着粘土料的膨胀性，也决定着成品的强度。采用统计分析的方法整理陶粒科学研究所试验厂的原料试验结果^[3]，得出了下列表示陶粒强度和其孔隙率和基本氧化物百分含量关系的统计直线方程：

$$P_k^a = 1.1013 - 0.026\text{SiO}_2 + 0.1272(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) + 0.0746\text{Al}_2\text{O}_3 + 0.0065\gamma$$

式中 P_k^a ——陶粒的筒压强度（国家标准 ГОСТ 9758—68）МПа；

γ ——陶粒松散容重（公斤/米³）。

由公式可看出，增加 SiO_2 的含量导致陶粒强度降低，而增

加 Al_2O_3 和 $\text{Fe}_{\text{总}}$ 含量可使强度提高。因此，为了制取强度较高的陶粒，必须采用石英砂含量较少而主要是水云母类的粘土原料，因为这种原料 Al_2O_3 含量较大。氧化铁同时可以提高陶粒的强度，但为保证其耐久性，它们的总含量不应超过10%。

根据公式假设， $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = 10\%$ ，做线算图（图4），对某种化学组成的原料利用该图可以很快地确定出陶粒预期的主要性能——松散容重的强度。例如，对于 Al_2O_3 含量为10%， SiO_2 含量为50%的粘土原料，在线算图上可找到为满足3.5MPa的颗粒强度，必须生产松散容重为600公斤/米³的陶粒。

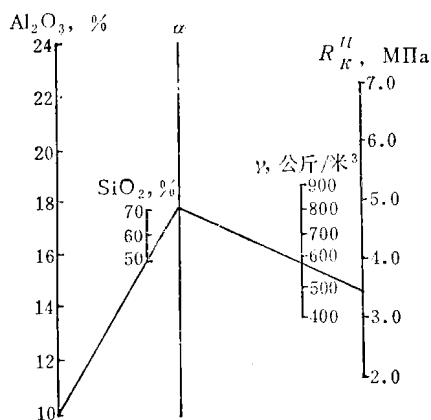


图4 方程线算图

推算出的陶粒松散容重和陶粒强度的关系表明，用于生产A级陶粒的原料， SiO_2 的含量不应大于50~55%， Al_2O_3 的含量不应小于10%， Fe_2O_3 的含量不应小于8~10%。

掺入各种不同类型的附加剂可以使原料的质量得以改善：有机质附加剂（石油、重油、苏拉油、低浆废液、亚硫酸酵母废

渣，热解焦油、煤油等）；有机矿物质附加剂（木屑、煤粉、块煤、泥煤、致密漂白土、粉煤灰和矿渣）；含铁物质附加剂（黄铁矿渣、炉底灰、铁粉、治矿）；矿物质附加剂（蛋白土、硅藻土、石英砂、大山灰、珍珠岩、金红石、蛭石、黄铁矿），难熔和耐火粘土，粉煤灰，化工和冶金工业的耐火废料，含磷废料，碱性物和碱土金属物质（食盐和钾盐，氢氧化钠，钾、钙和镁）。

按用途，附加剂又可分为增加强度类（硅藻土，耐火粘土，热电站粉煤灰、珍珠岩、黄铁矿、金红石、含磷废料等），降低容重类（有机质，有机矿物，含铁物质和有机含铁质），扩大膨

胀范围类(有机质、有机矿物,耐火和难熔材料渣),降低焙烧温度类(有机质、含铁物质,有机含铁质,碱性物和碱土物质)。

在选择附加剂时采用工业废料,其中包括利用电站燃烧煤粉的粉煤灰以及选煤废渣具有重大的意义。

陶粒科学研究所^[4]总结了17个现有工厂的生产经验,说明:利用粉煤灰生产粘土粉煤灰陶粒时对粉煤灰的质量要求。确定了粉煤灰的掺入量可为10~15%时,粉煤灰中未燃碳的含量不应超过17%, SiO_2 33~50%; Al_2O_3 14~37%;氧化铁12~20%,粉煤灰的比表面积为1000~3000厘米²/克。同时指出,随着粉煤灰分散度的增加及其在试料中含量的增大,陶粒的容重降低而强度提高。

对热电站粉煤灰的相组成研究和粘土粉煤灰的成分研究表明^[5],在粘土粉煤灰混合物的熔体中热电站粉煤灰的结晶相起着结晶核心的作用,因为在最终产品(粘土粉煤灰陶粒)中存在着粉煤灰中原有的那些矿物。由于含有结晶相(首先是莫来石、尖晶石)和少量的石英,结构质量系数增大。

新西伯利亚建筑工程学院建筑材料教研室利用含有硅酸铝钠和含30%的有机质的石蜡滤液吸附剂(鄂木斯克石油加工厂的废料)作为陶粒的附加剂进行了研究^[6],以证明其使用效果,鄂木斯克钢筋混凝土制品厂陶粒车间在试产一批陶粒时,在易熔亚粘土中掺入5%的吸附剂,可以从试料的配比中取消稀缺的附加剂(木屑和标准重油),这时陶粒的松散容重大约可降低100公斤/米³。

全苏建筑材料科学研究院的研究表明^[7],采用活性二氧化硅含量很高,而且空隙率较大的含硅蛋白质岩(板状硅藻土、蛋白土、硅藻土)可以制得松散容重为250~1000公斤/米³和强度为15~80公斤/厘米²的各种人造多孔骨料。

保证陶粒获得所需要的质量,其试料的成分应根据指示规程进行配比^[8,9]。

用粘土料生产陶粒的工艺

(一) 原料加工和原料球的制备

根据原料的不同物理力学性能可以采用塑化法、干法、泥浆法或粉磨成球法处理粘土原料。

1. 塑化法

在粘土陶粒的生产方法中这种方法极为普遍，在加工过程中原料在各相应的设备上被粉碎，以破坏其原始结构，清除大块的杂质，必要时洒水加湿或掺入附加剂，搅拌和碾细，直至获得均匀的内部结构。

陶粒科学研究所对生产陶粒用的粘土质岩石进行了大量的研究^[10]，分析其结果表明，可以把分散的粘土料的原始结构机械性能看做是在实践上具有足够准确性的塑性指数和稠度系数的函数。在土质学中稠度系数（ B ）可看做下列关系式：

$$B = \frac{W - W_p}{W_{nA}},$$

式中 W ——粘土含水率（%）；

W_p ——滚搓极限内的粘土含水率（%）；

W_{nA} ——粘土的塑性指数。

稠度系数实际上是表示岩石的饱水程度的特性。当 $W > W_p$ 时，稠度系数为正值，则我们碰到的是塑性（软质的）的岩石。而当 $W < W_p$ 时，稠度系数为负值，那时我们碰到的又是一种比较脆性的（硬质的）岩石。

表 2 中列出的是土质学中根据稠度系数和塑性指数分散性粘土岩石的分类。稠度系数愈小，塑性指数愈大，则岩石粘性愈大，而强度愈高，因此加工这种岩石时能量的消耗也较大。

稠度系数为负值的粘土（第 1、第 2 组）在苏联南部很普遍（中亚细亚、伏尔加格勒地区和其他降雨量较少的地区），第 3 组粘土在苏联欧洲部分的中部和西西伯利亚的地区，第 4 组在降

表 2

稠度系数	塑性指数	分组	原料原始状态的特征及其所需加工程度
< -0.25	$\left\{ \begin{array}{l} 25 \\ 25 \end{array} \right.$	1a	硬质粘土, 高塑性粘土, 水中不易泡软, 要求最强力的加工
		1б	硬质粘土, 中塑性粘土, 水中泡软较慢, 不易加工
$-0.25 \sim 0$	$\left\{ \begin{array}{l} > 25 \\ < 25 \end{array} \right.$	2a	半硬质粘土, 高塑性粘土, 水中泡软较慢, 不易加工
		2б	半硬质粘土, 水中泡软并适于加工
$0 \sim 0.25$	$\left\{ \begin{array}{l} > 25 \\ < 25 \end{array} \right.$	3a	硬塑性粘土, 水中泡软并适于加工
		3б	硬塑性粘土, 水中泡软并容易加工
> 0.25	$\left\{ \begin{array}{l} > 25 \\ < 25 \end{array} \right.$	4a	软塑性粘土, 含有过量的水分, 容易加工
		4б	软塑性粘土, 含有过量的水分, 容易加工

雨量较大的各地区, 主要是北部和西北部(这组粘土一定要进行烘干, 因为它们的开采湿度一般都比成型所需的湿度大)。

粘土原料的加工应保证制得匀质的泥料, 并适于制备粒径为 6、8 和 10 毫米的原料球。

实践表明, 装有专门成型附件的带式挤压机适合于制备粒径小于 10 毫米的原料球。但是并不是所有的原料都适合于采用这种成型方法。С·П·尼奇波连科提出的塑性强度变异系数是评价陶瓷原料加工后的均匀性的十分客观的标准^[11]。陶粒科学研究所完成的专题研究已查明, 泥料加工后, 其塑性强度变异系数不超过 5~10%, 泥料的加工程度可以认为是完全均匀的, 并适合于在成型孔板, 孔径为 6~10 毫米的带式挤压机上成球^[10]。与此同时, 对现有的各工厂原料加工工艺线的调查研究得出, 泥料加工后的不均匀性是很大的, 在多数情况下, 塑性强度变异系数达到 30% 以上^[12]。

列宾杰尔测试仪测定陶瓷原料的塑性强度比其他仪器更方便^[11]。陶粒科学研究所研制出一种轻便的测试仪的改进型, 可在各工厂测定陶瓷原料加工后的质量^[13], 很多工厂目前采用带孔对辊机成型原料球以代替带式挤压机, 在带孔对辊机上制出的粒径大于 10 毫米的原料球, 特别是当使用高塑性粘土时球径很不均匀。这样, 会急剧地恶化物料的焙烧条件, 因为最适宜的焙烧

制度在利用单一粒级原料的条件下才能得到保证，这种单一粒级的物料，在带式挤压机上成型土球时才能得到。陶粒科学研究所的试验表明，当将混合粒级物料焙烧改为单一粒级物料焙烧时，陶粒的松散容重可降低50公斤/米³甚至100公斤/米³。

还应指出的是，提高原料加工质量有助于在焙烧时更剧烈地进行物理-化学过程，因此，可以降低陶粒的松散容重，增加陶粒强度，并提高其均匀性。如安装在别泽缅试验厂的由设计院设计的新型加工设备，该设备可以提高泥料的均匀性，使其塑性强度变异系数从16%变为7~9%，使陶粒强度提高25%，均匀性提高30%。

对一系列工厂工艺线进行研究所获得的资料经统计分析之后，确定出原料的原始结构机械性能，与制好的泥料的质量以及加工时所需动力消耗之间的联系^[10]。参考这些资料我们编制了用塑化法加工不同类型的粘土原料建议性的生产工艺流程图，以便制取均匀的泥料（其使塑性强度变异系数不大于10）（表3）。

表 3

稠度系数	塑性指数	分类组	原料加工的工艺流程图
<0.25	>25	1a	松土机→箱型给料机→粗碎对辊机→带蒸汽湿化的粘土搅拌机→湿磨轮碾→压滤机→粘土磨碎机→细磨对辊机→均化塔→带式成型挤压机
<-0.25	15~25	1б	松土机→箱型给料机→粗碎对辊机→带蒸汽湿化的粘土搅拌机→湿磨轮碾→压滤机→细磨对辊机→均化塔成型机组
-0.25~0	15~25	2б	松土机→箱型给料机→粗碎对辊机→带蒸汽湿化的粘土搅拌机→压滤机→细磨对辊机→成型机组
0~0.25	>25	3a	
0~0.25	15~25	3б	
>0.25	>25	4a	松土机→箱型给料机→转筒烘干机→粗磨对辊机→压滤机→细磨对辊机→成型机组
>0.25	15~25	4б	