

烧结砖瓦 生产技术

● 赵镇魁 编著
● 重庆出版社



SHAO JIE ZHUAN WA SHENG CHAN JI SHU

烧结砖瓦生产技术

赵 镇 魁 编著



重 庆 出 版 社

1991年重庆

责任编辑 刘 翼
封面设计 吴庆渝
技术设计 忠 凤

赵 镇 魁 编著
烧结砖瓦生产技术

重 庆 出 版 社 出 版、发 行 (重 庆 长 江 二 路 205 号)
新 华 书 店 经 销 达 县 新 华 印 刷 厂 印 刷

开本 850×1168 1/32 印张 15.75 插页 2 字数 383 千
1991年3月第一版 1991年3月第一版第一次印刷
印数: 1—5,250

*

ISBN 7-5366-1357-1/TU·2

科技新书目 234--329 定价: 6.85元

内 容 简 介

本书较详细地介绍了烧结砖瓦的原料、成型、干燥、焙烧等各工序的生产技术，并对生产中易出现的问题及其预防、解决的办法作了详细的论述。

本书内容实用，文字通俗易懂。可供烧结砖瓦厂的技术人员、管理干部及生产人员阅读，亦可供科研人员、大专院校师生参考。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 发展简史.....	(1)
第二节 生产现状.....	(5)
第三节 发展前景.....	(10)
第四节 基本性质.....	(13)
第五节 品种和规格.....	(21)
第六节 工艺流程的选择.....	(27)
第二章 原料	(45)
第一节 粘土.....	(45)
第二节 页岩.....	(48)
第三节 煤矸石、粉煤灰和煤渣.....	(51)
第四节 对原料的技术性能要求.....	(54)
第五节 粘土和页岩资源勘探.....	(92)
第六节 粘土和页岩的开采.....	(97)
第七节 运输.....	(143)
第八节 储存.....	(152)
第九节 原料的加工处理.....	(160)
第十节 原料的给料配料.....	(185)
第十一节 净化、拌和、湿化和真空处理.....	(192)
第三章 成型	(202)
第一节 砖坯的塑性成型.....	(202)
第二节 螺旋挤出机.....	(206)

第三节	切条机与切坯机	(261)
第四节	砖坯的半干压成型	(266)
第五节	空心砖成型	(272)
第六节	瓦坯成型	(287)
第四章	干燥	(304)
第一节	干燥基本原理	(304)
第二节	自然干燥	(326)
第三节	人工干燥	(344)
第五章	焙烧	(367)
第一节	焙烧热工知识	(367)
第二节	焙烧原理	(396)
第三节	砖瓦工业窑	(398)
第六章	砖瓦窑炉的热工测定	(469)
第一节	温度和湿度的测定	(469)
第二节	压力和风量的测定	(474)
第三节	烟气成分测定	(482)
第四节	热平衡测定	(486)
附录 1	物料自然堆积角	(493)
附录 2	常用量的单位换算表	(494)

第一章 概 述

第一节 发 展 简 史

烧结砖瓦是唯一的综合物理、生物、建筑 and 美学性能的建筑材料。

人类开始生产和使用粘土砖大约在15000年以前，它起源于尼罗河下游及印度河流域。当时正处于原始社会，也许人们发现煮食和烤火的地方，土坯经高温陶化后，不但能避湿防水，而且强度较高。这就是砖的雏型。瓦的发明则归功于科林斯人。

早在西周时期（公元前11世纪至前771年），我国的劳动人民就能制作脊瓦、瓦板、半圆形瓦当和筒瓦等青瓦。这些青瓦瓦型较大，制作原始，为数不多。但瓦的制作成功，毕竟解决了屋顶防水的难题，使西周建筑脱离了“茅茨土阶”的简陋状态。显然，这是建筑上的巨大进步和突破。春秋时期（公元前770年至前476年），青瓦逐渐推广使用，瓦型也有了改进。战国时期（公元前475年至前221年），开始批量制作瓦板。筒瓦和脊瓦，用在王公、诸侯宫室的草泥屋顶上，并有在瓦上涂朱色颜料的作法。这些青瓦虽未脱离原始状态，但比西周、春秋时期的束水功能有很大提高，装饰图案也丰富，生产技术水平达到了可观的程度。

砖出现于战国，当时有条砖、方砖、栏杆砖和空心砖。条砖和方砖用模压成型，外饰花纹。栏杆砖两面刻双兽纹，兽作蹲伏状，俯首翘尾，形态生动古朴。条砖、方砖和栏杆砖主要用于铺地和砌壁面。空心砖制成条石状，长度一般达1~1.5米（这样大

的砖块，只有制成空心砖才能烧得透、搬得动），主要用于砌筑墓室和台基，其朝外的一面常模印简单的几何图案和龙凤等纹样作装饰。

到了秦、汉（公元前221年至公元220年），砖瓦生产有了迅速的发展。砖以小块条形为主，并开始生产楔形砖、企口砖等异形砖。至今巍峨屹立在群山之巅的万里长城，相当长的一段是用砖砌的。瓦的品种变化不大，但瓦当的纹饰富于变化。动物纹如奔鹿、立鸟、飞豹等姿态优美；植物纹如树叶、葵花、莲瓣等形象逼真；云纹也融合了列国的特点，自然、流畅。近几年出土的汉墓中的画像砖，栩栩如生地刻画了当时社会的生产技艺和社会各阶层生活的形象。汉代的青瓦品种有所扩大，质量显著提高。圆形瓦当刻有皇家、官方用语或墓志铭、吉祥文字，纹饰疏朗而富有变化，青龙、白虎、朱雀、玄武四神瓦可谓当时的杰作。

三国、两晋、南北朝时期（公元220年至589年），砖瓦的产量和质量又有了提高。砖结构在汉代多用于地下墓室，到了北魏已逐渐运用到地面上的了。砖瓦的尺寸一般较小。砖有长方形素面砖和绳纹砖两种，呈灰褐色，不少印有韵语。板瓦呈深褐色，质地坚实，烧成温度较高。瓦当的纹饰主要是莲花纹和兽面纹。值得指出的是，北魏时期开始出现了用素面条砖砌筑的砖塔。如河南省登封县嵩岳寺塔，建于北魏正光四年（公元523年），是我国现存年代最早的砖塔。这座40米高的砖塔除了塔刹部分用石雕以外，全部用灰黄色的素面条砖砌成。这说明砖的使用进入了高层建筑的时代。另外，这个时期的宫殿屋顶的重要部分已采用鸱尾、沟头、滴水等琉璃制品。在大同北魏故城遗址中，曾发现一些琉璃瓦碎片，胎质含细砂，釉作浅绿色。这是我国迄今发现最早的琉璃瓦。

隋、唐时期（公元581年至907年）砖的应用范围逐步扩大，

承重条砖趋向普及。城市相继用砖、土、石灰等砌成。砖墓不断增加。仿木塔的砖塔也逐渐增多。著名的唐代西安大雁塔、小雁塔都是以火候均匀、质地坚硬的素面承重砖砌造而成，就连边远地区的云南大理也有高层的砖塔出现。唐代的铺地砖使用更加普遍，有素面的，也有带纹饰的。据分析，素面的铺于平处，有纹饰的铺于斜面的坡道上，便于观赏，又有防滑作用。有了素面砖的烘托，纹饰效果显得集中和突出。这个时期，制瓦技术有了突破。隋开皇时，能以绿瓷为琉璃，随后推广，施之屋面，代刷色、涂朱、髹漆、夹纻诸法，应用到宫殿建筑上。到了唐代，琉璃釉料的配方和工艺又有了重大的进展，产生了闻名于世的黄、青、绿“唐三彩”。琉璃瓦质地坚实，色彩绚丽，造型古朴，富有传统的民族特色，当时虽为数不多，且仅用于宫殿建筑的屋脊和檐口部分，但已在古代建筑材料中放射出夺目的光辉。

五代、宋、元时期（公元907年至1368年），随着砖石建筑和拱券结构的不断发展，砖瓦的烧制和使用水平达到了新的高度。宋代砖瓦的产量有所增加，不少城市除继续用砖砌城墙外，还用砖铺砌道路路面、桥面。各地建造了很多规模巨大的砖塔。这个时期，琉璃瓦制造技术日趋成熟，琉璃瓦规格开始标准化，琉璃瓦的应用范围有了明显的扩大，琉璃瓦的镶嵌方法也取得了一定的成就。

值得一提的是，关于砖瓦的烧制技术，这时开始有了比较系统的总结。北宋崇宁二年（公元1103年）编修的建筑文献《营造法式》一书，在历史上首次对砖瓦的尺寸、原料、成型、干燥、码窑和焙烧，以及砖窑的规格和砌筑施工，做了比较科学的总结 and 规定。《营造法式》规定了砖的类型共13种，常用的有五六种。这种简单明确的分类，施工不易混乱。砖的尺寸全部模数化，适用于彼此搭配、互相代替。砖的类型虽简单，但有相当的适用性。该书对研究宋代建筑材料，乃至古代建筑材料的发展，有着

重要的参考价值。宋代以后制砖技术发展缓慢，但产量却有所提高。元代开始砖拱结构用于官房。

明、清时期（公元1368年至1911年）民用建筑物普遍采用砖瓦砌筑。空斗墙技术的应用大大节省了砖的用量，推动了砖墙的普及。“砖细”和“砖雕加工”都已娴熟。明代先后共修筑长城达18次。其工程之艰巨，用砖量之宏大，在世界上亦属罕见。其它如北京城、南京城、西安城以及各地州府县城，绝大部分都是明代重建或包砖的。除建城之外，还建造一些砖殿（无梁殿），工程较大的有峨眉山万年寺无梁殿、中条山万园寺无梁殿，用砖砌筑的还有南京的灵谷寺大殿、五台显通寺大殿、北京的天坛砖拱等。汾阳大砖塔高达80米，它是现存的明代唯一高塔。明代“金砖”（琉璃面砖），是一种细泥精工制成的大块方砖，坚固耐久，有金石之声，主要用于建造皇宫。所用“金砖”均系苏州窑产品。金砖的制作过程，自选土、澄洗、作坯到烧窑成活，总计20余道工序。烧成以后，要经过严格挑选，成品合格率最高不超过20%。其损耗之大，实在惊人。明代琉璃瓦生产，无论数量或质量都是空前的。早期琉璃制品用粘土制胎，明代开始采用瓷土（高岭土）制胎，烧成后质地细密坚硬，强度较高，不易吸水。琉璃面砖用于塔、门、照壁等建筑。

明崇祯十年（公元1637年）刊印的宋应星著《天工开物》一书，是明代重要的科学技术文献。该书又一次比较科学地总结了烧制砖瓦的经验，记述了原料、成型、干燥和焙烧等技术。明代以前烧砖的主要燃料是柴草，明代以后开始了用煤作燃料。

清顺治八年（公元1651年），重新改建了北京天安门。天安门下面的台座是用每块24公斤重的大砖，用石灰江米汁灌筑的。

清代末年，德国资本家在北京南郊马家堡开办泰来窑厂，该厂采用了机械制坯、轮窑焙烧，使我国砖瓦工业进入了一个新阶段。

总的讲，清代的砖瓦业的发展较为缓慢。第一次鸦片战争以前，砖瓦的生产方式基本上沿袭明代传统，生产工艺和采用的窑型变化不大，即一般为人工采土、运土，自然干燥，土窑焙烧。青砖、青瓦已在民房中大量应用。

第一次鸦片战争到1949年中华人民共和国成立前夕，砖瓦生产出现畸形状态：大城市机制砖瓦开始兴起，而且发展较快。但就全国而言，砖瓦业基本上处于风雨飘摇之中，产量既低又不稳定，工艺技术和设备处于停滞和十分落后的状态。

在国外，砖瓦工业起步早、兴起快、发展迅速。但砖瓦工业的真正兴起还是在18世纪以后。1799年金斯莱（Kinsley）发明第一台压砖机，1827年孔戴（Cundy）发明压瓦机，砖瓦工业开始进入机械化制造行列。在压瓦机诞生三年之后，于1830年美国第一台以蒸汽为动力的软塑成型机问世，接着英国于1859年发明了硬挤出砖机，美国于1862年开始采用自动切坯工艺，特别是西德1857年发明霍夫曼轮窑、1859年发明开勒（Keller）室式干燥室、1877年布克（Otto Bock）设计了第一条隧道窑之后，砖瓦工业迈开了走向机械化自动化的步伐。

第二节 生产现状

一、概况

我国砖瓦工业担负着为工农业建设、城乡建设提供墙体材料的重担，随着生产的发展，砖瓦工业自身也得到了改造和提高。50年代围绕提高劳动生产率，增加产量，对采土、成型等以手工劳动为主的生产工序逐步开始实现机械化和半机械化操作，改进烧码窑技术来增加产量；60年代围绕节土、节煤推广内燃烧砖和空心砖，并着手探索新的干燥和烧成设备；70年代开展了以利用余热干燥为主要内容的技术改造，使人工干燥在大中型企业得到

普及，并相继出现了机械码坯、一次码烧等新工艺，采用隧道窑的企业也愈来愈多。在乡镇企业中用简易轮窑代替土窑这个煤老虎的经验在全国范围内得到推广，大大促进了乡镇砖瓦企业的发展，为解决农村住宅建设作出了贡献；进入80年代以来，围绕提高产品质量，进一步节约能源，增加品种，推广空心制品开展技术攻关，研制加强原料处理设备、干燥工艺和节能隧道窑，并有重点地结合我国国情引进生产利废空心制品的先进技术和关键设备，建设几种工艺类型，不同技术层次的示范生产线。这项工作完成以后，对今后砖瓦工业的技术进步将会产生重大的影响。过去30多年中，在对粘土砖进行技术改造的同时，从50年代后期就进行了利用工业废渣和其他天然资源，开发新型墙体材料的工作，也取得了很大的成绩。1985年，全国砖的总产量为2942亿块，瓦为305亿片，均占世界首位。以品种而言，粘土实心砖仍占绝对优势。规格主要有普遍采用的标准砖（ $240 \times 115 \times 53$ ）和南方地区常用的85砖（ $216 \times 105 \times 43$ ）。非粘土砖已占一定的比例：其中煤矸石砖为27.2亿块，页岩砖为31.8亿块，粉煤灰砖为7.1亿块。空心砖约占砖总产量的5%。空心砖有竖孔承重空心砖、水平孔承重空心砖和水平孔非承重空心砖，以前各地曾生产过不少不同规格，目前逐渐趋向于 $190 \times 190 \times 90$ 毫米、 $240 \times 180 \times 115$ 毫米和 $240 \times 115 \times 90$ 毫米等几种规格，多为圆孔或椭圆孔。我国瓦的生产主要以粘土平瓦（压制和挤出成型）为多，基本规格为 $400 \times 240 \sim 360 \times 220$ 毫米，脊瓦及小瓦在某些地区及乡镇有生产。近几年来一些新品种如粘土饰面砖（包括劈离砖）地砖、彩色承重空心砖及大孔洞率水平孔非承重空心砖有所发展。黑龙江省哈尔滨市房地局砖厂于1987年初最先利用城市垃圾（包括有机物和无机物，如：煤灰、铁制品、残土、菜叶果皮、碎纸、包装塑料、玻璃制品、木屑等），经过二至三年的陈腐处理，将其中的一部分除离，用其中97.5%的残渣作为原料烧制红砖，不仅产

品性能好，而且可解决土源问题，解决垃圾污染环境及其占地问题，又可以节省能源和资金，使企业获利，实为一举多得的好事。

砖瓦质量近年来受到重视，质量略有提高。但从全局看，全国砖国营企业平均合格率仅为81%左右，较差的省平均合格率不到50%。按标准要求还有很大差距。

二、工艺及设备

目前乡镇以上砖厂基本实现了机械制备原料、机械成型、自然干燥和轮窑焙烧，85%以上的砖采用了内燃。人工干燥、隧道窑烧砖及机械化码装工艺亦在大中型砖厂得到应用。但从全局看，占我国产量绝大部分的乡镇企业，还处在落后状态。据1980年对15个省市27966个乡镇砖瓦企业的统计，有土窑20603座，平均1.36个厂拥有一座土窑。国营厂的生产设备及技术水平虽稍强些，但亦素有“工艺落后，设备陈旧”之称。近年来虽然在更新设备、改造工艺上做了大量工作，但总的来说，砖瓦行业基本面貌没有突出的变化。现就我国目前生产现实，按主要工艺过程分述如下：

（一）原料及制备

我国制砖瓦原料过去主要为田土，近年来大力提倡采用山土、荒坡、淤泥、页岩及工业废渣（煤矸石、粉煤灰）等作原料。由于原料的硬度、塑性及自然含水率比过去单纯的田土波动范围大，因而采掘及制备方式因各地的原料差异和产品要求不一而不尽相同。目前县以上砖厂基本实现了机械采供土，多数砖瓦厂采用两道对辊两道搅拌的制备方法。根据原料性质，除人工采运、自然风化外，土质硬的地方多采用爆破开采及机械采掘。当前推土机、箱式给料机、对辊破碎机、双轴搅拌机、胶带输送机是我国砖瓦厂最普遍、最常用的供土及制备设备。有些厂还采用单斗挖掘机、多斗挖掘机、装载机、铲运机、圆盘给料机、槽型给料机、电磁振动给料机、胶带给料机、提升机、除石机、净化

机、轮碾机、筛分设备（包括震动筛、回转筛和溜筛）、捏和机、陈化仓等。破、粉碎设备有颚式破碎机、双齿辊破碎机、反击式破碎机、笼型粉碎机、锤式破碎机、风选锤式粉碎机、高速粉煤机和链式粉碎机等。目前，细碎对辊机在一些粘土及页岩砖厂也开始得到应用。有的厂将其辊套采用中锰球铁，耐磨性能大大提高，使用寿命是普通对辊机45号铸钢辊套的3倍。此外，高速细碎对辊、过滤对辊及搅拌净化机也正在我国部分地区试用。

（二）成型

我国砖瓦生产普遍采用机械成型。制砖最常用的是塑性挤出成型工艺，个别采用压制成型。制瓦大多数采用软泥压制工艺，亦有采用挤出成型及半硬挤出成型。目前我国砖瓦生产中的塑性挤出成型含水率为16~25%，半干压成型含水率为8~12%，半硬挤出成型含水率为11~16%。挤出成型普遍采用螺旋挤出机，泥缸直径为280~500毫米。最常用的有35型、40型、45型及50型几种。另外32型和一些旧型砖机如63T型、4D型等亦有使用。真空挤出机也得到了使用和推广。压制成型普遍采用多模压砖机、摩擦压瓦机、六轮压瓦机、凸轮或曲柄或丝杠压瓦机、五角压瓦机等。压力一般为60~100吨。

（三）干燥

我国砖瓦生产目前仍以自然干燥为主，1984年人工干燥砖只占全国县以上砖厂总产量的24.2%，人工干燥瓦只在个别厂采用。乡镇企业基本上采用自然干燥工艺。我国人工干燥目前主要采用隧道式干燥室，而室式干燥室和吊篮干燥室只在个别厂应用。

隧道式干燥室的主要尺寸：

长 32.00~65.00米

宽 0.90~1.20米

高 0.85~1.30米

送风方式：集中底进风、分散底进风、分散底进风与分散侧

进风相结合、分散侧进风、集中上进风、分散上进风等。

排风方式：集中下排风、集中上排风、分散侧排风、分散上排风。

（四）焙烧

我国目前较多采用的是轮窑焙烧砖瓦。1984年隧道窑烧砖产量仅占全国县以上砖厂总产量的14.3%，隧道窑烧瓦仅在个别厂采用。乡镇企业砖瓦焙烧基本上采用轮窑。据1982年统计，全国乡镇企业轮窑烧砖产量占97%。此外，土窑、立窑、围窑、曲线窑等在一些砖厂亦有使用。我国隧道窑有大、中、小等不同断面以及烧干坯和一次码烧等不同类型。目前我国隧道窑最大断面宽为4米，最小断面宽为1.1米，最小有效高度为0.9米左右（码7层高）。我国轮窑最小14门，最大80门，平均部火日产量为6~8万块标砖，最低1~2万块/部火·日，最高12万块/部火·日。轮窑、中断面隧道窑及小断面一次码烧隧道窑平均热耗约为4587.6千焦/块标砖（1097.5千卡/块标砖）。隧道窑热耗较低的为2428.6千焦/块标砖（581千卡/块标砖），较高的为10826千焦/块标砖（2590千卡/块标砖）。土窑热耗则高达近12540千焦/块标砖（3000千卡/块标砖）。

从全国看，目前采用18~54门的中、小型轮窑占多数，其中尤以20~32门轮窑普遍。隧道窑多采用长85米、内宽2.5米左右的拱顶结构。有些大断面隧道窑及小断面一次码烧隧道窑采用了耐热混凝土平顶，这样做的主要目的是便于机械化操作。除了少数隧道窑采用了机械码窑外，一般隧道窑、轮窑、土窑均采用人工装出窑。窑的自动化加煤及喷煤粉装置、窑温自动控制及记录系统在我国部分砖厂已有采用。

第三节 发展 前 景

烧结砖应逐步实现“四个转化”，即生产由高能耗向低能耗转化，产品重量由重型向轻型转化，产品体积由小块向大块转化，原料由毁田向造田和利废转化。

一、原料选择

(一) 粘土

烧结砖瓦的主要传统原料是粘土。尽管我国幅员辽阔，但可耕地有限，人均耕地还不足世界人均耕地平均水平的一半，理应精心保护和使用。但毁田生产砖瓦在有些地区，尤其是平原地区比较严重。有的地方平均每生产1亿块砖，要毁田60余亩，据估计全国每年毁田约2万多亩。这种现象如不迅速地加以控制，后果难以设想。

为了节约农田，采用粘土原料时应尽量做到：

①有山吃山，有丘吃丘。高田浅挖，取土还田和开山造田。江苏省启东县就是采取这个办法，11年生产40多亿砖，未毁坏一亩田。

②有河的地方吃河泥，有湖的地方吃湖泥。力争制砖不毁田。

③有盐碱地的地方吃盐碱地。力争制砖不毁好田。

(二) 页岩

页岩在我国四川、贵州、广西、湖南、湖北、浙江、河北、辽宁、吉林、黑龙江等省分布较广。页岩经开采粉碎处理后是一种良好的制砖瓦原料。自从1964年重庆市建设第一个大型页岩砖厂以来，到1987年为止，全国页岩砖厂已达100余个。采用页岩制砖瓦，不但能节省农田，而且可开山造田。

(三) 煤矸石

煤矸石是煤矿的工业废渣，排量很大。一个年产100万吨的煤矿，每年排出矸石量约为15~20万吨，可供一个年产8000万块普通砖的砖厂使用。目前，我国煤矿每年排出煤矸石达7000多万吨，加上历年来已积存的10亿吨，仅堆放占地约4万亩。随着煤碳产量的不断增长，排矸量也将随之增长，预计到2000年每年矸石排放量将达二亿吨以上。利用煤矸石原料制砖瓦，其发热量一般除能满足本身的烧结需要外，还能利用其余热干燥砖瓦坯及加热锅炉等，大大节约了原煤。用煤矸石代替粘土制砖瓦，不但不与农业争地，而且还节省了排矸石所需占用的土地。

（四）粉煤灰

粉煤灰是煤粉在煤粉炉中燃烧后的灰烬，主要来源于火力发电厂。将粉煤灰堆于灰场或排入水域，必将污染环境或水质。而利用粉煤灰制砖，可化害为利、变废为宝。

由于灰本身含有一定发热量，且无须粉碎处理，故生产粉煤灰砖有明显的节煤节电效果；生产出的砖不但强度高，而且重量轻，深受用户欢迎。

总之，我国各地原料资源情况不同，发展烧结砖瓦应因地制宜、就地取材。

二、发展空心砖

与实心砖相比，空心砖的主要优点有：

（1）减轻结构自重

用普通实心砖砌筑的多层住宅，墙体重量约占建筑物总重的一半以上，空心砖较普通实心砖的容重相应减少，以孔洞率23%的空心砖和普通实心砖砌体相比较，普通实心砖容重为1900公斤/米³，空心砖为1400公斤/米³，和总重相比，减轻自重约17%，使基础荷载减小，节约建筑材料，降低建筑造价。

（2）节约能源

以年产1亿普通实心砖和孔洞率为23%的空心砖相比，每年