

烧结砖瓦工艺

殷念祖 等 编著

中国建筑工业出版社

烧 结 砖 瓦 工 艺

殷念祖 等编著

中国建筑工程出版社

本书系统地叙述烧结砖瓦工艺原理和技术经验，包括原料的开采和制备、成型、热工基础知识、干燥、焙烧原理、窑炉、码窑及焙烧、工艺过程的监测和成品检验。书中介绍了砖瓦业的发展简史、现状和主要动向；阐述了实用的热工理论、干燥室和窑的气体平衡和热平衡理论。着重用矿物学的观点分析烧结砖瓦的各类原料，强调通过检验和监测来控制原料和制品的生产工艺。

本书内容比较丰富，而且切合实际，可供砖瓦工业技术人员和管理人员阅读，亦可作为各地砖瓦厂职工培训教材。

烧 结 砖 瓦 工 艺

殷念祖 等编著

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

河北省固安县印刷厂印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：24 $\frac{1}{2}$ 插页：1 字数：656千字

1983年12月第一版 1986年12月第二次印刷

印数：9,601—14,700册 定价：4.90元

统一书号：15040·4514

编 者 的 话

我国烧结砖瓦生产，历史悠久，技术精湛，自古又有撰写砖瓦烧制技术文献的传统。公元1103年，北宋李诫编修的《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和规定。公元1637年，明代宋应星撰著的《天工开物》一书又一次比较科学地阐述了烧制砖瓦的经验，记述了砖瓦生产工艺各工序的技术。

解放后，为总结、推广砖瓦生产经验，普及砖瓦技术知识，提高砖瓦工业职工技术水平，以及适应全国新建、改建和扩建砖瓦厂的需要，曾经公开出版了不少砖瓦方面的书籍。继建筑工程出版社1959年印行的建筑工程部非金属矿及地方材料工业管理局编写的《砖瓦工艺》之后，中国建筑工业出版社自1974年起又陆续出版了陕西省砖瓦研究所等编的《粘土砖瓦工艺》。后者分《原料》、《成型》、《干燥》、《焙烧》和《检验》五个分册，比较全面地阐述了烧结砖瓦生产工艺技术和知识，对推动全国砖瓦工业的发展，起到了积极的作用。

本书是在《粘土砖瓦工艺》基础上重新编写而成的，在内容上做了重要的修改和补充。书中简要地介绍了砖瓦业的发展历史，叙述了砖瓦工业的现状和发展动向；比较全面地介绍了砖瓦的品种和规格，原料的基础知识、开采和制备，塑性成型原理、成型缺陷及其消除；比较系统地阐述了实用的热工理论、干燥室和窑的气体平衡和热平衡理论，各种干燥室和砖瓦工业窑，强调通过检验和监测来控制原料和制品的生产工艺。

本书编写分工如下：

编者的话，第一章第一、二节由张新国执笔。

第一章第三、四、五节，第二章，第三章，第四章第一、五、六、七节，第五章第七节，第六章第二、六节，第七章，第九章第一、四、五节，第十章第一节由殷念祖执笔。

第四章第二、三、四节，第六章第七节由宋富生、张振忠、韩连群和李春普执笔。

第五章第一、二、三、四节，第八章由殷念祖、余创成和金以镓执笔。

第五章第五、六节，第六章第一、三、四、五节，第九章第三节前半部分由单维升、苏国准和李思梅执笔。

第二章第五节颗粒度组成部分，第九章第二节、第三节的后半部分，第十章第二节以及附录由李启云和唐修仁执笔。

全书由殷念祖统纂。

随着城市和乡村建设的深入开展，全国各地对砖瓦的需要量将越来越大。本书如能切合砖瓦工业的实际，有助于提高广大职工的技术水平，从而促进开创砖瓦工业的新局面，那就是编者的热切愿望了。我们衷心地期待着读者的批评。

编 者

1982年12月

目 录

第一章 概述	1
第一节 历史和现状	1
第二节 今后发展动向	12
第三节 基本性质和分类	20
第四节 品种和规格	26
第五节 生产工艺的选择	57
第二章 原料基础知识	65
第一节 原料的岩石学及其分类	65
第二节 原料中的矿物	73
第三节 工业废渣和其他原料	89
第四节 添加剂和杂质	97
第五节 原料组成的分析	114
第三章 原料的开采和制备	148
第一节 勘探	148
第二节 采掘	154
第三节 运输	167
第四节 制备	170
第五节 制备机械设备	190
第六节 原料的制备性能	235
第四章 成型	241
第一节 塑性成型原理	241
第二节 螺旋挤泥机	259
第三节 成型	278
第四节 塑性成型的缺陷及消除	298
第五节 半干压成型	302
第六节 硬塑成型	307
第七节 原料成型性能的检验	308

第五章 热工基础知识	319
第一节 气体力学基本原理简介	319
第二节 砖坯燥的空气动力阻力	331
第三节 燃料的燃烧	342
第四节 传热	354
第五节 空气的干燥性能	356
第六节 湿空气 <i>I-d</i> 图	361
第七节 煤的发热量的确定	379
第六章 干燥	411
第一节 干燥基本原理	411
第二节 粘土的干燥性能	424
第三节 自然干燥	431
第四节 人工干燥室及其设备	451
第五节 隧道干燥室的工作制度及操作	490
第六节 原料干燥性能的检验	517
第七节 砖坯的机械码放	525
第七章 焙烧原理	532
第一节 矿物的高温变化	532
第二节 砖瓦焙烧历程及粘土焙烧性能指标	541
第三节 气体介质对砖瓦形成的影响	556
第四节 焙烧时坯体中产生的应力	559
第五节 加热粘土所需要的热量	562
第六节 温度制度	569
第七节 原料焙烧性能的检验	573
第八章 窑炉、码窑及焙烧	583
第一节 砖瓦工业窑	583
第二节 码窑	615
第三节 焙烧	645
第四节 焙烧错误操作的矫正和制品缺陷的消除	673
第九章 工艺过程的监测	679
第一节 制备和成型工艺监测	679
第二节 温度、湿度、压力及流量的测定	684

第三节	干燥室及窑的热工测量	705
第四节	窑和干燥室的气体平衡	716
第五节	干燥室和窑的热平衡	725
第十章	成品检验	741
第一节	砖的检验方法	741
第二节	平瓦的检验方法	752
附录		756
主要参考文献		774

第一章 概 述

第一节 历史 和 现状

烧制砖瓦是传统的主要的建筑材料。目前，我国砖瓦产量占世界第一位。国内各种建筑结构体系中，砖混结构约占百分之九十以上。随着建筑材料工业的发展，在城市建设中，使用新型建筑材料的比例会逐年有所上升，砖混结构的比例会逐年有所下降。但是，在今后相当长的时期内，在城市和乡村建设中，砖瓦仍然是重要的建筑材料。这是不以人们主观意志所左右，而是由砖瓦本身的特点以及我国的具体情况和条件决定的。

我国烧制和使用砖瓦已有两千余年。本书在系统地叙述烧制砖瓦工艺之前，粗略地介绍一下砖瓦业的历史和现状，有助于继承和发扬这门传统的技艺，改革和发展这种古老的墙体材料和屋面材料。

砖瓦的由来

远古时期建筑的发展是极其缓慢的。在原始社会，我们的祖先从建造穴居、巢居，到逐步地掌握营建地面房屋的技术，经历了漫长的岁月。经过长期的观察和实践，人们发现煮食和烤火地方，地面和墙面陶化后，能避湿防水，土坯的强度也比较高。这是砖瓦的雏型。

砖瓦出现于奴隶社会末期和封建社会初期。砖瓦业是在日用陶器业的基础上发展起来的。

砖，又名甃^①、瓴甌^②，起于战国（公元前475年至前221

① 甃，音pǐ。《诗·陈风·防有鹊巢》：“中唐有甃”。通释甃为砖。

② 瓴甌，音líng dī。《尔雅·释宫》：“瓴甌谓之甃”。

年)①。从战国时期的建筑遗址中,已发现条砖、方砖和栏杆砖,品种较多,主要用于铺地和砌壁面。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,形态古朴、生动。还有一种空心砖,作条石状,在地下坟墓中建造棹室;空心砖朝外的一面常模印简单的几何纹样和龙凤等纹样作装饰。战国时齐、楚、魏、燕、赵、秦和中山等国,出于相互防御的需要,各在形势险要的地方,相继用大量的土坯、土、石等修筑长城。

瓦,又名甍②,出现得更早,远在西周(公元前十一世纪至前771年)就能制作。从西周时期的建筑遗址中,已发现板瓦、筒瓦、半圆形瓦当和脊瓦③。这些青瓦瓦型较大,制作原始,为数不多。从板瓦、筒瓦的瓦钉或瓦鼻推测,可能用在草泥屋顶的脊部和天沟。瓦的发明,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,是建筑上的巨大进步。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。板瓦、筒瓦的瓦钉或瓦鼻基本上消失了;即使用瓦钉,也单独控制。筒瓦和半圆形、圆形瓦当的一端有榫头,使筒瓦相接自然,顶面平整。青瓦比西周略小而薄,瓦当表面有凸起的纹饰。战国时期,开始批量制作板瓦、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做法。这些青瓦虽未脱离原始状态,但比西周、春秋结实,束水功能有改进,装饰图案也丰富。纹饰已达二十余种,有绳纹、卷云纹、饕餮纹、树木

① 参见安金槐《郑州二里岗空心砖墓介绍》(《文物参考资料》1954年6期)、秦都咸阳考古工作站《秦都咸阳第一号宫殿建筑遗址简报》(《文物》1976年11期)等文。

② 甍,音méng。《释名·释宫室》:“屋脊曰甍”。亦泛指瓦。

③ 参见林直村《陕西扶风黄堆乡发现周瓦》(《考古通讯》1958年9期)、中国科学院考古研究所沔县考古队《1961~1962年陕西长安沔县试掘简报》(《考古》1963年8期)、陕西省文物管理委员会《陕西扶风、岐山周代遗址和墓葬调查发掘报告》(《考古》1963年12期)等文。

双兽纹、树木双目纹、龙纹、鸟纹等^①。这说明当时的制瓦技术和纹饰艺术，已经达到可观的水平。

第一个重要时期

秦、汉时期（公元前221年至公元220年）是我国砖瓦业发展的第一个重要时期。

秦始皇统一中国后，兴都城，建宫殿，修驰道，筑陵墓，烧制和应用了大量砖瓦。从秦都咸阳阿房宫、骊山陵的遗址中，已发现用来铺地的青砖，除作素面外，还饰有太阳纹、米格纹、方格纹等纹样。空心砖用作台阶、踏步，或砌于壁面，也有模印几何形状、龙、凤等纹样。此外，还有五棱砖、曲尺形砖、楔形砖和子母砖等，用在屋脊、屋角拐接及构筑墓室的拱券部位。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，栩栩如生；植物纹如树叶、葵花、莲瓣等形象逼真，逗人喜爱；云纹也融合了列国的特点，自然，流畅。这些瓦当和画象空心砖已越出建筑材料的范围，而成为工艺品了。公元前214年，秦始皇为了防御北方匈奴贵族的南侵，动用了数以十万计的劳动力，用大量的土石、砂砾、红柳、芦苇和砖等材料，将秦、赵、燕等国的北边长城予以修缮，连成一个整体。故址西起临洮，北傍阴山，东至辽东，长达六千余里，俗称“万里长城”，至今犹有遗迹残存。这是世界历史上的伟大工程之一。它表现了我国古代劳动人民的高度智慧和毅力，也反映了秦代建筑材料上的杰出成就。

到了汉代，砖石建筑和拱券结构有了新的发展。小块条砖已是贵重的墙体材料。条砖的质量和尺寸已同现在相近，其长、宽、厚的比例约为4:2:1。这就表明砖在砌体中已具有模数性质。条砖除用于陵墓外，还用于仓库、窑室和井沟。方砖和空心砖一般都刻印各种花纹或几何图案。方砖用来铺地；空心砖用来砌筑墓室和台基。西汉时还制作楔形砖和有榫砖。楔形砖配合条砖砌

① 参见杨宗荣《燕下都半瓦当》（《考古通讯》1957年6期）、中国历史博物馆考古组《燕下都城址调查报告》（《考古》1962年1期）等文。

拱作墓室，有时还用子母棒砖来加强拱的整体性。砖刻始于汉代，常置于牌坊、门楼、照壁、墙头、栏杆、墓室和须弥座中，作为装饰。从汉墓中出土的画像砖和画像空心砖，生动地表现了当时的生产活动（如播种、收割、舂米、酿造等）、建筑物（如殿堂、楼阁、住宅、街坊、门阙等）、社会风俗（如市集、饮宴、射猎等）、车骑出行（如出入情景、杂陈等）及远古神话故事，具有重要的历史价值和艺术价值^①。青瓦的品种有所扩大，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。滴水呈带形或齿形。小瓦一般没有瓦头。

秦汉时期，砖瓦业盛况空前，逐渐形成一种独立的手工业。

“秦砖汉瓦”的美名，自此开始在社会上传颂，直至今日。只是系统地阐述烧结砖瓦技艺的古代文献，现在尚未发现。但从散见于古代文献的零星记载中，我们还能窥见秦、汉时期烧结砖瓦的奥秘的一斑。秦代至西汉初期，制筒瓦分三道工序，先造瓦心，次造边轮，后上瓦筒。到了西汉中期，工序有所简化，瓦心、边轮一次完成^②。条砖、方砖和空心砖都用模压成型、烧制而成。

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了。砖瓦的尺寸一般较小，大型空心砖已少见。北魏时期建筑遗址中发现的砖瓦，均有特色。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，质地坚致，火度较高；瓦头部分有花纹饰或锯齿形纹饰。筒瓦一般为素面，里面布纹。瓦当的纹饰主要是莲花纹和兽面纹。北魏正光四年（公元523年）建造的河南省登封县嵩岳寺塔，是我国现存年代最早的砖塔。这座砖塔除了塔刹部分用石雕以外，全部

① 参见冯汉骥《四川的画像砖墓及画像砖》（《文物》1961年11期）、郑州市博物馆《郑州新通桥汉代画像空心砖墓》（《文物》1972年10期）等文。

② 参见陈直《秦汉瓦当概述》（《文物》1963年11期）、秦都咸阳考古工作站《秦都咸阳瓦当》（《文物》1976年11期）等文。

用灰黄色的砖砌成。值得指出的是，这时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^①。这是我国迄今发现的最早的琉璃瓦。

第二个重要时期

隋、唐时期（公元581年至907年）是我国砖瓦业发展的第二个重要时期。

这个时期砖的应用范围逐步扩大。从唐代大明宫、渤海上京宫殿遗址中，可发现台基除临水建筑使用木结构的柱、枋、斗拱等外，一般建筑均用砖、石两种材料。城市相继用砖、土、石灰等筑城。砖墓不断增加，唐代钦陵、顺陵等都是用砖砌内室。仿木塔的砖塔也逐渐增多。西安兴教寺玄奘塔、香积寺塔，都是成功地用砖代替木材建塔的例子。宫殿开始用花砖铺砌地面。阙的表面用贴面砖装饰。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^②。灰瓦、黑瓦和琉璃瓦成了当时重要的屋面材料。灰瓦用于一般建筑上，黑瓦和琉璃瓦用于宫殿和寺庙建筑上。到了唐代，琉璃釉料的配方和工艺，又有了重大的进展，产生了闻名于世界的黄、青、绿“唐三彩”。大明宫遗址出土的琉璃瓦以绿色居多，蓝色次之；渤海上京宫殿的柱础用绿色琉璃构件镶砌。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，且仅用在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，

① 参见蒋玄怡《古代的琉璃》（《文物》1959年6期）一文。

② 参见刘敦桢《琉璃窑铁阌》（《刘敦桢文集》（一），中国建筑工业出版社，1982年）。

如苏州报恩寺塔、杭州六和塔、河北定县开元寺塔等。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。北宋庆历四年（公元1044年），开封祐国寺八角多层檐琉璃塔的重建，显示了琉璃瓦和其他琉璃制品工艺水平的提高，以及构件标准化和镶嵌方法所取得的成就。

值得指出的是，关于砖瓦的烧制技术，这时开始比较系统的总结。北宋崇宁二年（公元1103年）主管工程的将作监少监李诫奉敕编修的《营造法式》一书^①第十五卷窑作制度，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和规定。“造砖坯前一日和泥，打造”。“造瓦坯用细胶土，不夹砂者。前一日和泥造坯”。“先于轮上安定扎圈，次套布筒，以水搭泥，拨圈，打搭，收光，取札，并布筒曝晒”。泥料制备之严格，由此可见一二。砖坯成型时“皆先用灰衬隔模匣，次入泥，以杖剖脱曝，令乾”。瓦坯则“候曝微乾，用刀劈画，每桶作四片（甌瓦作二片，线道瓦于每片中心画一道条子，十字劈画），线道条子瓦仍以水饰露明处一边。”琉璃瓦坯则“药以黄丹、洛河石和铜末，用水调匀（冬月以汤），甌瓦于背面，鸱兽之类，于安卓露明处（青棍同），并编浇刷，甌瓦于仰面内中心（重霄甌瓦仍于背上浇大头，其线道条子瓦浇霄一壁）”。宫阙琉璃瓦以黄色为主，所以书中所列釉料亦以黄丹为重要原料。对于码窑和焙烧技术，书中亦有详细记述。“素白窑前一日装窑，次日下午烧变，又次日上水窖，更三日开候冷透，及七日出窑。青棍窑（装窑烧变出窑日分准上法）先烧茭草（茶土棍者止于曝露内搭带烧变，不用柴草、羊屎、油杓），次蒿草、松柏柴、羊屎、麻杓、浓油，盖罨，不令透烟。”“琉璃窑前一日装窑，次日下午烧变，三日开窑，火候冷至第五日出窑。”至于砖窑的尺寸和施工，书中也有介绍。“凡垒窑用长一尺二寸、广六寸、厚二寸条砖平坐，并窑

① 《李明仲营造法式》，传经书社，1925年。

门、子门、窑床踏外围道皆并二砌其窑池下面作峨眉垒砌，承重上侧，使暗突出烟。”《营造法式》一书是北宋政府管理宫室、坛庙、官署、府第等建筑的“规范”，主要总结历来匠师世代相传行之有效的经验。这卷窑作制度在一定程度上反映了当时中原地区烧结砖瓦的技术水平，对于研究宋代建筑材料，乃至古代建筑材料的发展，有重要的参考价值。

第三个重要时期

明、清时期（公元1368年至1911年）是我国砖瓦业发展的第三个重要时期。

这个时期，民用建筑物普遍使用砖瓦砌筑。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。北京、南京和各地府、县城的城墙绝大多数都是用砖砌筑的。明代为了防御鞑靼、瓦剌族的侵扰，自洪武至万历时，前后修筑长城达十八次。现存的北京、河北、山西等境内二千余里的长城，就是那时修筑的，大部分至今仍基本完好，其气魄之雄伟，工程之艰巨，用砖量之宏大，在世界上亦属罕见。明代的北京是在元大都的基础上改建和扩建而成的：外城东西7950米，南北3100米；内城东西6650米，南北5350米；皇城位于内城的中心偏南，东西2500米，南北2750米，主要建筑是宫苑、庙社、寺观、衙署、宅第等，使用砖瓦的数量也是相当惊人的。北京故宫是从明永乐五年（公元1407年）起，经过十四年的时间建成的一组规模宏大的宫殿组群。就使用的砖瓦而言，铺地的方砖来自江苏苏州，制瓦的陶土取于安徽太平，琉璃瓦和其他琉璃制品则由“官窑”——西窑等专门承制，对质量的要求是非常严格的。大型方砖系澄泥制成，质地坚硬，敲打时有金石之声，故称“金砖”。此时，已出现全部用砖拱砌筑的建筑物——无梁殿，多用作为防火建筑，如皇室的档案库、佛寺的藏经楼等。琉璃面砖、琉璃瓦的生产，无论数量或质量都是空前的，只是颜色和装饰题材仍受到限制，皇家宫殿专用的黄色琉璃面砖、琉璃瓦等，民间绝不能私自制造和使用，“违者罪死”。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、照壁等建筑物。据记载，已毁的南京报恩寺塔是一座九层的楼阁式砖塔，外表用了白色、浅黄色、深黄色、深红色、棕色、绿色、蓝色、黑色等琉璃面砖，产生了灿烂艳丽的效果。

明崇祯十年（公元1637年）刊印的宋应星著《天工开物》一书^①，是明代重要的科学技术文献。这部书分三编，十八卷，详细地记述了我国古代农业和手工业的生产技术和经验，并附有大量插图。第七卷陶埴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。炼泥造瓦，要掘地两尺多深，“择取无沙粘土而为之”。“凡埴泥造砖，亦掘地验辨土色，或蓝或白或红或黄（闽广多红泥。蓝者名“善泥”，江浙居多）。皆以粘而不散，粉而不沙者为上”。随之，“汲水滋土，人逐数牛，错趾踏成稠泥，然后填满木匡之中”。这种制备泥料的方法，在边远地区和少数民族聚居的山村，至今仍在沿用。民房用的瓦，是四合分片的。先用圆桶做模型，桶外画出四条等分界线。把粘土踩练成为熟泥，垒成厚厚的长方形泥条。然后用铁丝做弦的弓（弦以上留出三分厚的空隙，用尺限定），向泥条平拉，割出一片，象揭纸一样把它揭起。再将这块泥片紧贴在圆桶的外壁。待其稍干后，脱下模型，自然会裂成四张瓦坯。砖坯成型方法，书中亦有介绍，泥料填满模框后，“铁线弓戛平其面，而成坯形”。瓦坯成型和干燥后，堆砌在窑内，点火烧柴”，或一昼夜，或二昼夜”，什么时候熄火，要看窑内有多少瓦坯来决定。熄火后，即在窑顶浇水（饮窑），使瓦片现出蓝黑色光泽。砖坯制成后装入窑中，“所装百钧，则火力一昼夜，二百钧则倍时而足”。烧砖的燃料有柴薪和煤炭两种。“用薪者出火成青黑色，用煤者出火成白色”。柴薪窑顶上偏侧凿有三个孔，用来透烟，到烧成不加柴薪时，就用泥土封住孔口，然后浇水进行“转

① 宋应星《天工开物》，中华书局上海编辑所，1955年。

泐”。如果火力少一成，砖就没有光泽；少三成，就成了“嫩火砖”，现出原来坯土的颜色，日后经风雨侵蚀，立即松散，变回粘土。如果火力多一成，砖面就会有裂纹；多三成，砖体就会收缩和开裂，弯曲不直。烧窑火候，全凭经验观察和分辨。“转泐”之法（即浇水转坯色的方法），是我国劳动人民两千多年前创造的用来烧制青砖和青瓦的方法。书中有比较详细的记述：“凡‘转泐’之法，窑颠作一平田样，四周稍弦起，灌水其上。砖瓦百钧，用水四十石。水神透入土膜之下，与火意相感而成。水火既济，其质千秋矣！”这种工艺，即坯体烧结后，一直处于燃烧不完全的还原气氛，使其红色的高价三氧化二铁（ Fe_2O_3 ）被还原为青灰色的低价氧化亚铁（ FeO ），至今仍在农村沿用。瓦的尺寸，没有规定的格式，“大者纵横八九寸，小者缩十之三”。房顶水槽，必须用名叫“沟瓦”的大瓦片，才能承受连续大雨而不受溢漏。“其垂于檐端者有‘滴水’，下于脊沿者有‘云瓦’，瓦掩覆脊者有‘抢同’，镇脊两头者有鸟兽诸形象，皆人工逐一做成，载于窑内，受火力而成器则一也”。皇家宫殿用的琉璃瓦，“或为板片，或为宛筒，以圆竹与斲木为模，逐片成造，其土必取于太平府”。瓦坯造成后，装入琉璃窑内，烧瓦百片，要用柴五千斤。烧后取出，涂上用“无名异”和棕榈毛煮成的绿色到蓝色的釉料，或涂上赭石、松香、蒲草等制成的黄色釉料。然后，“再入别窑，减杀薪火，逼成琉璃宝色”。砖的尺寸，也没有规定，但品种则有增加。“凡群邑城雉、民居垣墙所用者，有眠砖、侧砖两色”。“凡墙砖而外，甃地者名曰‘方墁砖’，檁楠上用以承瓦者曰‘檁板砖’，圆鞠小桥梁与圭门与窀穸墓穴者曰‘刀砖’，又曰‘鞠砖’。”刀砖都是削窄一边，紧密排列，砌成圆拱，车马走过也不会损坏坍塌。皇家宫殿所用的砖，由明朝工部设在山东省临清县的砖厂等主持制造。最初有副砖、券砖、平身砖、望板砖、斧刃砖、方砖等，后来有一半被废除了。用来砌皇宫正殿的细料方砖，则在江苏省苏州制成后调运。

清代是我国封建社会末期，同政治、经济、文化一样，砖瓦