



MIANSHAOZHUAN
SHENGCHAN
SHIYONG JISHU

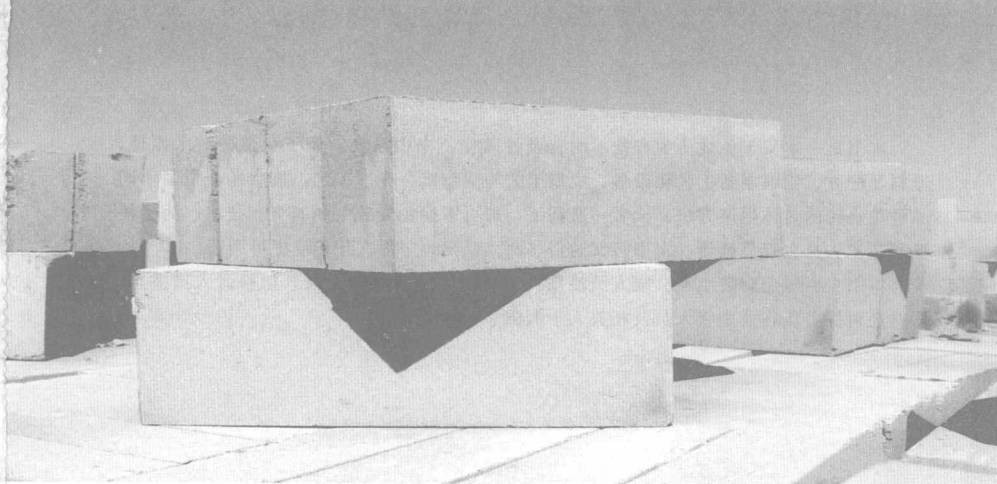
闫振甲
何艳君
编著

免烧砖

生产实用技术



化学工业出版社



MIANSHAOZHUAN
SHENGCHAN
SHIYONG JISHU

闫振甲
何艳君
编著

免烧砖

生产实用技术



化学工业出版社

· 北京 ·

（此处有模糊文字，可能是地址或电话）

（此处有模糊文字，可能是价格或ISBN）

本书是一本关于免烧砖生产技术的普及性著作。书中系统介绍了免烧砖技术原理、原料及配方、物料制备工艺和设备、成型工艺与成型机、养护工艺,最后还介绍了不同品种免烧砖的具体生产方法。读者一册在手,即可掌握免烧砖生产的全套技术。为了使普通技术人员也容易读懂,本书行文通俗、深入浅出,一般文化程度也可阅读。

本书主要供免烧砖生产一线人员使用,也可供大专院校师生及其他科研人员参考,同时还可供各级行业主管人员及相关人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

免烧砖生产实用技术/闫振甲,何艳君编著. —北京:
化学工业出版社, 2009.3
ISBN 978-7-122-04277-4

I. 免… II. ①闫…②何… III. 免烧砖-生产工艺
IV. TU522.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 190429 号

责任编辑:仇志刚

文字编辑:陈元

责任校对:战河红

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市彩桥印刷有限责任公司

装订:北京市顺板装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张15¼ 字数412千字

2009年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着国家禁止实心黏土砖使用的力度的加大再加上国内的废旧资源和建筑市场的大量需求，我国建立了大量的免烧砖厂，其中大多数都是中小型砖厂，行业发展迅速。

虽然免烧砖企业发展得如火如荼，但质量却频遭非议，由一些免烧砖质量差而引发的建筑事故也时有报道，令人担忧。免烧砖质量不高的原因很多，例如标准不健全，检验和市场准入制度也没有制定，优胜劣汰的机制还没有来得及确立，管理不规范等，但最重要的一点是技术上的原因。免烧砖是新产品、新技术、新设备、新工艺，几年前人们还比较陌生。在国家墙体材料革新政策的强力推动下，许多人是在缺乏技术准备的情况下仓促转产或选项，盲目地从事免烧砖生产的。不少免烧砖厂的技术人员都是习惯了操作烧黏土砖的砖瓦窑，面对一些新材料、新工艺、新设备，可以说是十分茫然、很不熟悉，仅仅凭一些免烧砖设备厂提供的配方和工艺，就开始摸索着生产。而许多免烧砖设备厂也缺乏对免烧砖技术全面的掌握。

现在，免烧砖行业的从业人员最渴望的就是系统的、全面的、切合实际的、带有普及性质的免烧砖生产技术。作者近几年接待来自祖国四面八方的免烧砖生产者，深深地感到他们对免烧砖技术的渴求。

目前，有关免烧砖的生产技术文字，只散见于一些报章刊物，缺乏系统性。作者根据自己多年的研究及实践经验，并融汇了国内专家学者的研究成果及免烧砖生产者的经验，详细介绍了免烧砖的

生产技术。本书的最大特点是第一次全面、系统、完整地向读者介绍了免烧砖的生产技术。

书中有作者近二十年研究免烧砖的实践积累，也有同行专家及免烧砖行业内技术人员的经验，同时也参考了国内外的一批相关文献资料。在此，我们向本书参考著述的专家学者、技术人员等表示谢意。

凌通、刘圆、任胜利、李胜永、杜秋泉、王孝武等人，长期配合我们的研究工作，为本书的写作提供了不少资料，卢文成、汪政国等朋友为本书的写作提出了不少的建议和修改意见，孔瑜和白春妮担任了本书的主要文字处理与插图处理工作。没有他们的努力，本书是无法完成的。在此，也向这些朋友表示感谢。

本书不可能解决免烧砖所有的技术问题，仅仅是抛砖引玉。免烧砖的技术问题，还需要千千万万科技人员在长期的生产实践和研究中不断完善，由于作者水平和时间有限，书中难免有不足之处，还请读者指正。

闫振甲 何艳君

2009年2月于北京大兴

目 录

第1章 免烧砖技术原理	1
1.1 免烧砖的概念和种类	1
1.1.1 概念	1
1.1.2 种类	3
1.1.3 免烧砖的标准及技术要求	5
1.2 免烧砖原理	9
1.2.1 物理作用与化学作用	9
1.2.2 物理作用与化学作用的关系	11
1.3 物理作用的原理	15
1.3.1 加压作用的原理	15
1.3.2 振动作用的原理	21
1.3.3 真空作用的原理	24
1.4 化学作用	25
1.4.1 活性废渣胶凝原理	25
1.4.2 活性废渣的活化技术	30
1.4.3 高硅和富硅废渣及砂子蒸压蒸养胶凝原理及应用技术	33
1.4.4 固体废弃物煅烧胶凝作用原理	36
第2章 免烧砖的原料及配方设计	42
2.1 免烧砖基本原材料	42

2.1.1	固体废弃物	42
2.1.2	胶凝材料	49
2.1.3	活化剂	53
2.2	原料的选择	58
2.2.1	固体废弃物的选择方法	58
2.2.2	废弃物的选择原则	62
2.3	废弃物的技术要求	65
2.3.1	活性废渣的技术要求	65
2.3.2	硅质废弃物技术要求	69
2.3.3	镁质废弃物的技术要求	70
2.3.4	其他非活性固体废弃物的技术要求	72
2.4	免烧砖的组分及设计	74
2.4.1	免烧砖配比的基本组成	74
2.4.2	集料及其配比设计	76
2.4.3	胶结材料及其配比设计	88
2.4.4	外加剂及其配比设计	102
2.4.5	免烧砖的配比设计	109
第3章	物料制备工艺和设备	118
3.1	免烧砖生产工艺流程	118
3.1.1	工艺流程概述	118
3.1.2	免烧砖生产工艺流程的不同模式	120
3.2	轮碾工艺	123
3.2.1	轮碾的概念及作用	123
3.2.2	轮碾混合机的结构及技术性能	127
3.2.3	轮碾工艺控制	135
3.3	消化工艺	140
3.3.1	消化工艺的作用	140
3.3.2	消化工艺的技术原理	142
3.3.3	简易消化设备与工艺	144

3.3.4	机械式消化仓	147
3.4	搅拌工艺	153
3.4.1	搅拌在免烧砖生产中的作用及地位	153
3.4.2	搅拌设备	157
3.4.3	搅拌及物料制备技术要点	164
3.4.4	水泥混凝土免烧砖的强化搅拌	167

第4章 成型工艺与成型机

4.1	概述	171
4.1.1	成型工艺的种类	171
4.1.2	成型工艺的影响	172
4.1.3	低成本免烧砖的工艺设备选择	173
4.2	压力成型及液压压砖机	176
4.2.1	压力成型设计	177
4.2.2	压砖机的发展现状	184
4.2.3	液压压砖机概述	185
4.2.4	液压压砖机的结构	189
4.2.5	简易液压压砖机的代表机型 SSP-500	192
4.2.6	大型全自动液压压砖机的代表机型 HF1100 (600)	194
4.2.7	国内液压压砖机的技术创新	195
4.3	机械压砖机	200
4.3.1	概述	200
4.3.2	八孔 (或十六孔) 转盘压砖机	202
4.3.3	双曲柄连杆压砖机	208
4.3.4	摩擦压砖机	217
4.4	振动制砖机	227
4.4.1	主要类型	228
4.4.2	成型原理	232
4.4.3	成型机的技术要求及使用方法	236

4.4.4 新型高压振动免烧砖机	239
------------------------	-----

第5章 养护工艺	241
-----------------------	-----

5.1 概述	241
--------------	-----

5.1.1 养护的作用	241
-------------------	-----

5.1.2 温湿度控制原理	243
---------------------	-----

5.1.3 养护方法的类型及比较	244
------------------------	-----

5.2 蒸压养护	247
----------------	-----

5.2.1 蒸压技术原理	247
--------------------	-----

5.2.2 蒸压设备	251
------------------	-----

5.2.3 蒸压工艺	256
------------------	-----

5.3 蒸养工艺	263
----------------	-----

5.3.1 蒸养设施	263
------------------	-----

5.3.2 养护制度	267
------------------	-----

5.3.3 常压养护设备的计算	270
-----------------------	-----

5.3.4 蒸养免烧砖产生裂纹的原因及控制措施	272
-------------------------------	-----

5.4 自然养护	274
----------------	-----

5.4.1 自然堆放养护的方法	274
-----------------------	-----

5.4.2 轨道式或无轨式养护罩	276
------------------------	-----

5.4.3 太阳能养护房	277
--------------------	-----

5.5 其他养护方法	279
------------------	-----

5.5.1 水浸养护	279
------------------	-----

5.5.2 碳化养护	281
------------------	-----

第6章 粉煤灰免烧砖	288
-------------------------	-----

6.1 粉煤灰生产免烧砖的技术特点	288
-------------------------	-----

6.1.1 粉煤灰的特点	288
--------------------	-----

6.1.2 粉煤灰生产免烧砖的技术特点	290
---------------------------	-----

6.2 粉煤灰的选择与处理	291
---------------------	-----

6.2.1 选择方法与质量控制	291
-----------------------	-----

6.2.2	粉煤灰的预处理	293
6.3	配比	295
6.3.1	配比设计	295
6.3.2	配合比	297
6.4	生产设备及工艺	302
6.4.1	生产设备	302
6.4.2	生产工艺	303
6.5	生产实例	306
6.5.1	某厂蒸压粉煤灰免烧砖	306
6.5.2	江苏省某砖厂无水泥粉煤灰免烧砖	307
6.5.3	某地粉煤灰蒸养砖	310
6.5.4	东北某厂粉煤灰免烧砖	313
第7章	煤矸石免烧砖	316
7.1	煤矸石及其免烧砖生产的技术特点	316
7.1.1	免烧砖用煤矸石的技术特征	316
7.1.2	煤矸石免烧砖生产的特点	318
7.2	煤矸石的煅烧	319
7.2.1	煅烧原理及流程	319
7.2.2	普通煅烧法	320
7.2.3	配料煤矸石煅烧法	324
7.3	煤矸石免烧砖的生产方法	328
7.3.1	无水泥免烧砖的生产方法	328
7.3.2	蒸压煤矸石有水泥免烧砖	329
7.3.3	高溶物煤矸石免烧砖	330
7.3.4	自燃煤矸石与粉煤灰复合免烧砖	333
第8章	冶金工业废渣免烧砖	336
8.1	矿渣免烧砖	336
8.1.1	矿渣双免砖	336

8.1.2	钛矿渣粉煤灰免烧砖	338
8.1.3	低温养护矿渣砖	342
8.1.4	自然养护高强度矿渣砖	346
8.2	钢渣免烧砖	350
8.2.1	自然养护钢渣免烧砖	350
8.2.2	钢渣粉煤灰免烧砖	352
8.2.3	钢渣煤渣免烧砖	356
8.3	有色金属冶炼渣免烧砖	360
8.3.1	赤泥粉煤灰免烧砖	360
8.3.2	赤泥复合免烧砖	363
8.3.3	镁渣免烧砖	367
第9章	尾矿免烧砖	369
9.1	高硅型蒸压砖	369
9.1.1	蒸压尾矿砖	369
9.1.2	黄金尾砂蒸压砖	373
9.1.3	石英砂及其他高硅废渣蒸压砖	376
9.2	低硅型尾砂砖	386
9.2.1	铅锌矿尾砂砖	386
9.2.2	铁尾矿免烧砖	388
9.3	硅酸镁质尾矿免烧砖	392
9.3.1	技术原理	392
9.3.2	石棉尾矿免烧砖	394
9.4	水泥混凝土尾矿免烧砖	397
9.4.1	配合比设计	397
9.4.2	搅拌与成型工艺	399
9.4.3	养护工艺	402
9.5	其他尾矿免烧砖	404
9.5.1	铜尾矿免烧砖	404
9.5.2	钨尾矿免烧砖	406

第10章 轻质发泡免烧砖	408
10.1 概述	408
10.1.1 特点	408
10.1.2 轻质发泡免烧砖的技术指标	410
10.2 生产原料及配方	411
10.2.1 生产原料及技术要求	411
10.2.2 发泡剂	414
10.2.3 外加剂	416
10.3 配方设计	416
10.3.1 配方的基本组成	416
10.3.2 配方中各组分的用量及调节	419
10.3.3 配方示例	420
10.4 生产设备	422
10.4.1 发泡制浆系统设备	422
10.4.2 浇注成型系统设备	426
10.4.3 养护设备	429
10.5 生产工艺及技术要点	431
10.5.1 生产工艺	431
10.5.2 质量控制技术要点	435
 附录一 蒸压灰砂砖 (GB 11945—1999)	439
附录二 粉煤灰砖 (JC 239—91)	445
附录三 非烧结普通粘土砖 (JC 422—91)	450
附录四 非烧结垃圾尾矿砖 (JC/T 422—2007)	460
附录五 炉渣砖 (JC/T 525—2007)	467
 参考文献	474

第1章 免烧砖技术原理

1.1 免烧砖的概念和种类

免烧砖虽然在我国已获得空前的发展和广泛的应用，但是对它的概念，至今没有一个全面的、科学的阐述。这就造成了人们对免烧砖概念上的模糊，就连大多数生产免烧砖的人，也不知道什么样的砖才是免烧砖，自己生产的砖到底属于不属于免烧砖，应该依据或参照何种标准。这种概念上的模糊，引发了许多免烧砖的质量问题，严重地妨碍了免烧砖的发展及声誉。因此，国家发改委 2007 年 8 月召开的免烧砖产品质量座谈会提出要澄清免烧砖的概念，以利引导免烧砖的健康发展。

因此，澄清免烧砖的概念，是生产好和用好免烧砖的基础。本节将为此进行详细地介绍，以期使更多的业内外人士对其有一个较为全面的了解。

1.1.1 概念

免烧砖，顾名思义，就是不用烧结的墙体砖。它的概念由于时期不同，技术状况不同，有不同的提法。

(1) 传统免烧砖 传统免烧砖有两种，一种是压制成型黏土免烧砖，一种是压制成型废渣免烧砖。

① 压制成型黏土免烧砖。传统烧结砖烧结需要大量煤炭，而许多地方缺煤，我国最早的免烧砖就起源于那些缺煤地区。他们将黏土加水制成半干料，然后用压砖机压制成型，自然养护，不经烧结。这种免烧砖生产成本低，我国 20 世纪 80 年代以前在许多缺煤地区比较流行。在国外，如东南亚等缺煤地区至今仍比较流行。传统免烧砖的概念就是以此为背景的。因此，《建筑材料辞典》(化学

工业出版社, 2003 年版) 赋予免烧砖的概念是: “非烧结普通黏土砖又名传统免烧砖, 以黏土为主要原料, 掺加少量胶凝材料, 以粉碎、搅拌、压制成型、自然养护而成的一种非烧结普通黏土砖。作为一般房屋建筑墙体的材料。外形多为矩形体, 标准尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 。按建材行业标准 JC 422—91, 根据此种产品的尺寸偏差、外观质量和强度分为一等品和合格品; 按强度分为 3 个等级: 7.5 级、10 级和 15 级。”

② 压制成型废渣免烧砖。废渣免烧砖在我国的生产 and 应用目前最为广泛。由于黏土免烧砖仍然存在挖土毁田问题, 虽节约了烧砖能耗和烟气污染, 从环保的角度讲有一定的进步, 但是从保护土地资源的角度讲, 也仍不符合发展的方向。因此, 黏土免烧砖始终没有在我国发展起来, 代之应运而生的是废渣免烧砖。这种免烧砖的主要原料是粉煤灰、煤渣、矿渣、钢渣、铅锌渣、铁合金渣、发电煤矸石渣、自然矸石、生活垃圾烧渣等几十种活性废渣。这类废渣的共同特点是以硅铝为主要成分, 有一定活性, 可经 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及活化剂激发后产生胶凝强度。正是因为这个特点, 从节约水泥降低产品成本、利用废渣资源方面考虑, 许多企业纷纷投资废渣免烧砖, 使之成为免烧砖的主要品种。这种砖在成型后大多采用自然养护, 只有少数企业采用蒸压或蒸养。目前, 人们所称的免烧砖大多就是指这种免烧砖。

综上所述, 废渣免烧砖的概念如下: 废渣免烧砖是采用各种工业活性废渣为主要原料, 以少量水泥为胶结料, 同时加入石灰、石膏及外加剂, 经加水搅拌制备半干物料、加压或振动成型、然后自然养护 (或蒸压蒸养) 而成的承重型实心或空心墙砖。

(2) 免烧砖的新概念 根据上述分析, 免烧砖的新概念应该如下。

免烧砖又称非烧结砖或新型墙砖。它不是特指某一种墙砖, 而是指一大类不经烧结的符合利废、节土、节能、绿色环保、可持续发展方向的, 符合建筑墙体承重、安全、耐久技术要求的、新型实心或空心墙体砖。免烧砖主要取代黏土烧结砖用于建筑墙体砌筑。

免烧砖有广义与狭义两个概念。

狭义的免烧砖是指硅酸盐混凝土免烧砖。它是采用以硅铝为主要成分的废渣，或者砂子，加入适量石灰、必要时加入适量外加剂，有时还加入少量水泥（ $<10\%$ ），经坯料制备，然后压制（或振动、浇注）成型，蒸压养护（或蒸养、自然养护）而成的实心或空心承重墙体砖。其结石中不含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，而以各种水热合成的水化硅酸钙为主要成分。

广义的免烧砖包括水泥混凝土免烧砖及硅酸盐混凝土免烧砖两大类。其中，水泥混凝土免烧砖是采用水泥为主要胶结材料，以砂石和废渣为集料，必要时加入适量外加剂，经坯料制备，然后压制（或振动、浇注）成型，再经自然养护（或蒸汽养护）而成的实心或空心承重墙体砖。其结石中含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，并以各种水化硅酸钙为主要成分。

1.1.2 种类

免烧砖的种类很多，概括起来讲可以按结构形态、固体废弃物的种类、孔形、密度、强度、胶凝材料的种类等来分类。

(1) 按结构分

① 实心免烧砖。实心免烧砖是免烧砖的主要品种。它的砖体没有孔洞，为密实结构，外形及规格和传统实心黏土烧结砖相同。它的优点是易于成型、易于砌筑，缺点是密度大、用料多、成本高于空心免烧砖。由于实心免烧砖是我国最早开发生产的免烧砖品种，所以目前仍有 70% 的免烧砖为实心产品。随着免烧砖技术的发展，实心的免烧砖的比例将逐渐下降。

② 空心免烧砖。空心免烧砖又名多孔砖，是我国免烧砖的新型品种。它的结构特征，是在砖体上有许多圆孔或方孔，孔洞率一般 20%~50%。空心免烧砖密度小、重量轻、用料少、成本低、并可大幅度降低建筑自重，提高建筑的保温隔热效果。因此，空心免烧砖代表了免烧砖的发展方向。随着免烧砖的轻质化的发展，空心产品的比例将会日益上升。

③ 微孔发泡砖。微孔发泡砖是采用发泡工艺浇注成型的新型

免烧砖。砖体的内部具有孔径小于 1mm 的微细球形封闭气孔。它的密度低，保温性好，适用于保温墙体。

(2) 按固体废弃物种类分

① 粉煤灰砖。粉煤灰免烧砖是采用干排灰或湿排灰，加入石灰和水泥为黏结剂所制成的免烧砖。在各种废弃物免烧砖中，它目前的产量最大。

② 煤渣砖。煤渣免烧砖是我国最早生产的免烧砖品种之一。它以煤渣和水泥为原料，经压制成型，采用各种养护方式所制成。近年，由于煤渣供应紧张，煤渣免烧砖的产量已逐步下降。

③ 其他种类的废渣免烧砖。这些免烧砖是采用煤矸石、钢渣、矿渣、铅锌渣等活性废渣，或者硫酸渣、矿尾渣、河沙、污泥、垃圾、秸秆粉等固体废弃物为主要原料，所制成的免烧砖。这些废渣或固体废弃物可以一种单用，也可以多种并用，由于种类很多，此处不再一一介绍。

(3) 按生产工艺分

① 蒸压砖。蒸压免烧砖系采用各种固体废弃物为主要原料，经成型后，采用蒸压釜高温高压养护而成。蒸压免烧砖在高温高压下所形成的强度更高、品质更好。因此，蒸压免烧砖的质量优于蒸气养护或自然养护。我国传统的免烧砖大部分是蒸压养护生产的。从发展的观点看，蒸压免烧砖仍将是免烧砖的主要品种。

② 蒸养砖。蒸养免烧砖是在免烧砖成型以后，不采用蒸压工艺，而采用常压蒸气养护。它的质量不如蒸压免烧砖，生产效率也低于蒸压免烧砖。但他的投资较小，易于实施。

③ 自然养护砖。自然养护免烧砖是近几年新型的水泥混凝土免烧砖品种。它在成型后采用常温常压自然养护，因此养护期较长，产品质量不如蒸压养护或者蒸气养护。但它的投资特别小，不需养护设备，容易被小企业所接受，而且生产成本低，所以这种免烧砖仍将会有很大的产量。

(4) 按孔形分

① 方孔免烧砖。方孔免烧砖是新型的空心免烧砖品种，它的

孔形为方形、长方形或异形,孔洞率最高可达50%左右,远高于圆孔免烧砖。

② 圆孔免烧砖。圆孔免烧砖是传统免烧砖的空心品种。它的孔形都是圆形的,孔洞率比方孔要低得多,一般为20%~30%。因此,这种砖的密度比方孔大。由于圆孔比方孔成型容易,所以圆孔免烧砖仍有很多生产者。

(5) 按密度分

① 重质免烧砖。重质免烧砖的密度较大,一般为 $1000 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$,它的强度一般较高,多用于承重墙体。

② 轻质免烧砖。轻质免烧砖的密度较小,一般小于 1000 kg/m^3 ,由于轻质免烧砖强度较差,而保温隔热性好,所以它大多用于高层建筑的框架结构、大开间内隔墙等非承重墙体。

(6) 按强度分

① 高强度免烧砖。高强免烧砖的强度大于20MPa,它主要用于重点工程或其他对墙体强度要求较高的建筑。

② 普通强度免烧砖。普通强度免烧砖的强度一般为 $10 \sim 20 \text{ MPa}$,和烧结黏土砖相当,用于普通建筑墙体。

(7) 按结石中的成分分

① 硅酸盐混凝土免烧砖。以硅铝成分废渣或砂子为原料,加入石灰或少量水泥所生产的免烧砖。它的主要特征是水热合成的硅酸盐产生胶结强度,且结石中不含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

② 水泥混凝土免烧砖。以砂石或废渣为原料,以水泥为胶结材料所生产的免烧砖。它的主要特征是结石中含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

1.1.3 免烧砖的标准及技术要求

(1) 我国免烧砖标准现状 免烧砖是不烧结的一大类墙砖的统称,而不是具体指某一种墙砖。根据上节的介绍,它的细分品种可达几十种。目前,我国没有各种免烧砖都适用的统一标准,而只有一些个别品种的标准。如今,许多品种已经在生产和应用,但仍没有行业标准、国家标准,甚至连地方标准也没有。标准的制定落后于免烧砖的发展,这是制约我国免烧砖质量提高的主要原因之一。