

● 何水清 主 编
● 何劲波 毛希元 副主编

低碳利废建材 生产与应用

D ITAN LIFEI JIANCAI
SHENGCHAN YU YINGYONG

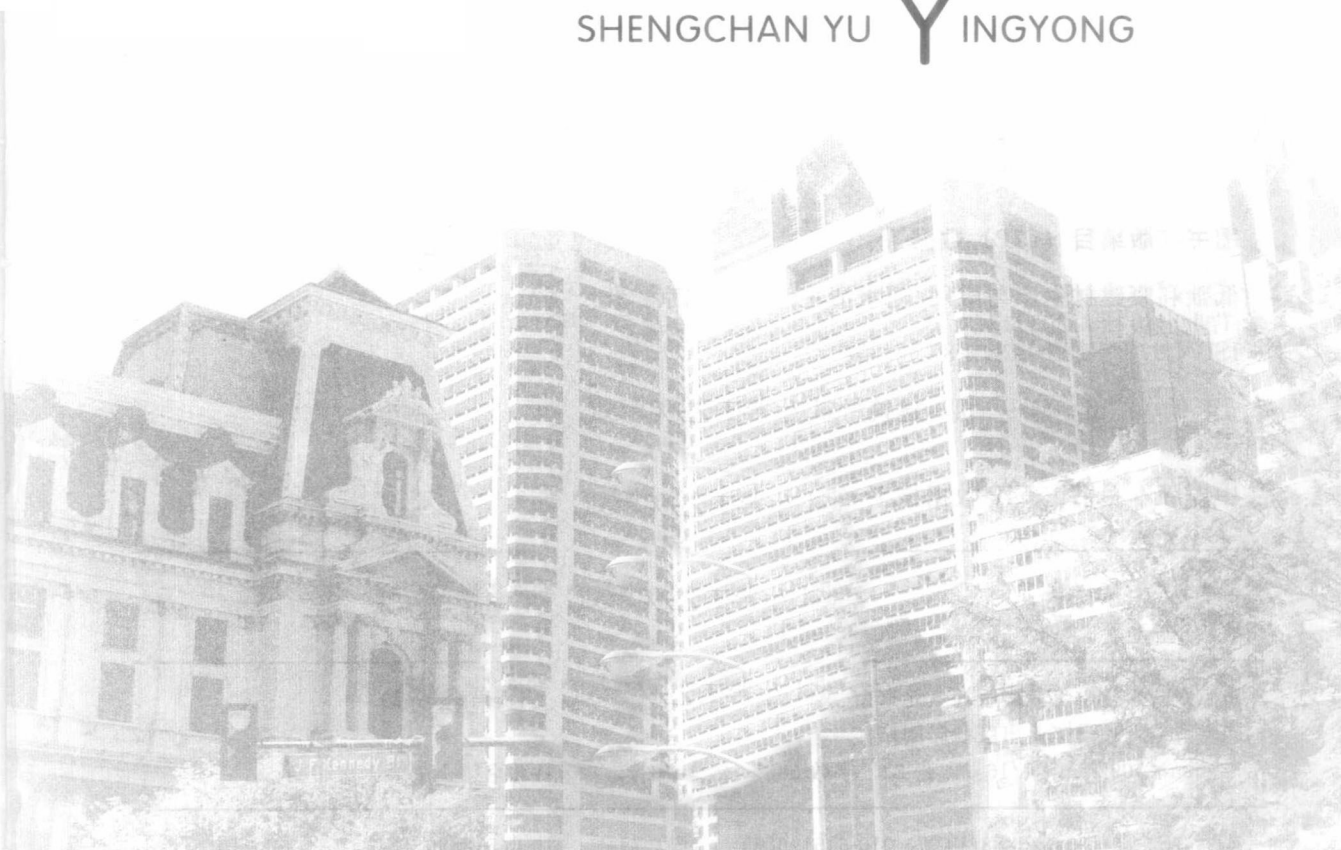


化学工业出版社

● 何水清 主 编
● 何劲波 毛希元 副主编

低碳利废建材 生产与应用

D ITAN LIFEI JIANCAI
SHENGCHAN YU Y INGYONG



本书全面介绍了低碳利废建材的生产与应用。第一章介绍低碳利废建材生产技术与工艺,包括煤矸石制品、粉煤灰制品、页岩制品、炉渣制品以及混凝土制品(含加气混凝土制品)、废灰砂制品、垃圾制品、磷石膏制品等;第二章为废渣生产砌块与板材的技术与工艺,介绍了多种利用废渣生产砌块与板材的技术及工艺;第三章为低碳利废建材的施工与应用,同样按照砖瓦、砌块、板材的分类进行编写。

本书可供建材行业的生产、技术、研究人员阅读使用,也可作为大中专院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

低碳利废建材生产与应用/何水清主编. —北京:化学工业出版社, 2011.12
ISBN 978-7-122-12342-8

I. 低… II. 何… III. 建筑材料-生产工艺-无污染技术 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 191005 号

责任编辑:徐娟

文字编辑:汲永臻

责任校对:宋夏

装帧设计:杨北

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)

印装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张22 字数586千字 2012年2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:59.00 元

版权所有 违者必究

前言

土地是人类生产和生活的载体，耕地是粮食生活的基础，保护土地资源是关系到国民经济安全的大问题。我国人口多，人均资源相对贫乏，全国耕地面积仅占国土面积的 10% 左右，不到世界平均水平的一半，土地资源十分宝贵。

我国房屋建筑材料中，70% 是墙体材料，而墙体材料中有近 70% 是黏土实心砖。由于黏土实心砖能耗高、保温隔热性能差、污染严重，温家宝总理在全国建设节约型社会电视电话会议上强调指出，要严格限制毁田烧砖，大力推进墙体材料革新，鼓励发展节能省地型建筑。国务院办公厅【2005】33 号文件，对推进这项工作提出了总体要求。这充分表明，限制毁地烧砖，推广节能建筑，引起了党中央、国务院的高度重视，已将其纳入国家实施能源资源节约战略的发展规划，成为我国经济建设和节能工作中的一件大事，其意义十分重大。

《低碳利废建材生产与应用》一书就是在这种形势下编写的。本书的指导思想是：紧紧围绕工业废渣综合利用这个主题，以节能、节地为重点，介绍行业内墙体材料的经验，普及和传播废渣综合利用知识，推广绿色墙材产品生产、应用技术；鼓励利用当地废渣资源条件、气候条件以及经济承受能力，因地制宜地发展满足建筑体系和功能要求的新型墙材制品，如低能耗、低污染、高性能、高强度、高孔洞率、高保温性能的烧结空心制品和非承重的烧结制品。其目的是进一步适应各地市场对烧结、非烧结废渣制品的建筑功能要求，使我国涌现出更多适用于内外墙的高档装饰砖、地面砖，带动砖瓦产品质量、档次、产品定位向新的方向发展。

本书主要介绍废渣类砖瓦、砌块和板材三大类。利用废弃物生产废渣制品，可以实现节约能源，节约土地，治理环境污染，为人民创造经济、环境、社会效益的目的。

本书由何水清任主编，何劲波、毛希元为副主编，编写人员还有何川、朱清连、丁运芳、林秉公、王维木、张福荣、王蓬。在编写本书过程中，曾吸收了有关期刊的内容，对他们表示感谢。

本书适合全国利用废渣生产新型建材的企业（包括砖瓦、砌块、板材）的干部、技术人员学习，各地墙改办、墙材（砖瓦）协会、建材和建筑设计研究院（所）的人员及施工单位的有关人员阅读，也可以作为大中专院校建材、建筑专业师生及各地新墙材培训班学员的学习参考用书。

由于本书所收集的资料来源不同，所以书中不免带有地方色彩，希望广大读者能够合理选择、吸收实用的技术、经验、做法。

由于编者水平所限，书中难免会有疏漏和不妥之处，望读者批评指正。

编者

2011 年 10 月

目 录

第一章 废渣建材生产技术与工艺	1
第一节 煤矸石砖瓦生产技术与工艺	1
一、高起点发展煤矸石烧结砖.....	1
二、中等规模煤矸石空心砖生产工艺.....	3
三、年产 8000 万块煤矸石烧结砖生产工艺.....	12
四、规模较大的煤矸石烧结空心砖现代化生产线	15
五、煤矸石多（大）孔烧结空心砖技术	17
六、低热值煤矸石制砖方案实施及技术措施	21
七、超内燃煤矸石空心砖一次码烧工艺	23
八、超高内燃煤矸石砖缺陷与快烧方法	25
九、隧道窑煤矸石内燃砖低温长烧技术	30
十、全煤矸石烧制多孔砖一次码烧工艺	32
十一、煤矸石劈离砖生产工艺	35
十二、DM 系列烧结煤矸石模数多孔砖的特点及生产工艺	38
十三、利用煤矸石配淤泥生产平瓦	41
十四、煤矸石烧结外墙饰面砖生产工艺	46
第二节 粉煤灰制建材生产技术与工艺	49
一、粉煤灰屋面保温隔热砖	49
二、粉煤灰烧结砖生产工艺	50
三、高掺量粉煤灰烧结砖生产技术要点	54
四、利用湖泊（河道）淤泥生产粉煤灰空心砖	57
五、粉煤灰加气混凝土生产线	61
六、蒸压粉煤灰砖生产技术	63
七、粉煤灰高质量空心砖生产线	65
八、国内首条年产 12000 万块粉煤灰烧结空心砖生产线	68
九、粉煤灰非烧结压制成型砖工艺	69
十、粉煤灰高压高强非烧结盲孔砖生产工艺	72
十一、国内首条蒸压粉煤灰砖自动化生产线	75
第三节 页岩制建材生产技术与工艺	77
一、我国页岩砖的发展方向及技术参数	77
二、性能优良的烧结页岩砖	79
三、含蒙脱石高的页岩多孔砖	82
四、一次码烧工艺生产页岩空心砖	87
五、以页岩为原料生产烧结多孔砖	90
六、用页岩生产烧结装饰砖生产工艺	91
七、年产 3 亿块（折标砖）保温砌块生产线	93
第四节 炉渣制建材生产技术与工艺	97

一、炉渣制砖	97
二、工业炉渣制砖工艺	98
三、炉渣内燃砖生产工艺	99
四、高掺量炉渣烧结多孔砖	102
五、蒸压炉渣砖生产工艺	103
第五节 废渣混凝土制建材生产技术与工艺	106
一、粉煤灰混凝土多孔砖	106
二、透水性混凝土路面砖的种类和生产工艺	109
三、大掺量粉煤灰渣蒸养混凝土实心砖	113
四、粉煤灰及其他废渣生产混凝土多孔砖	115
五、混凝土多孔砖	117
第六节 垃圾制建材生产技术与工艺	120
一、垃圾制砖的可行性和制砖工艺	120
二、建筑垃圾制墙体砖	123
三、生活垃圾生产烧结承重砖	125
四、采用城市生活垃圾制空心砖	127
五、建筑垃圾制作烧结砖的处理方案	130
六、陈腐生活垃圾生产建材的 T-N 技术	131
七、利用腐熟垃圾生产烧结砖	133
八、利用工业及生活废渣生产地板砖	135
九、生活垃圾生产路基材料	138
第七节 灰砂制建材生产技术与工艺	140
一、蒸压灰砂多孔砖	140
二、提高蒸压灰砂砖强度的技术措施	143
第八节 石膏制建材生产技术与工艺	145
一、利用磷石膏生产新型砖	145
二、高强石膏砖	147
三、石膏煤渣空心砖	148
四、少量石膏炉渣制砖	149
五、废石膏硫酸烧渣砖	151
第九节 废渣制瓦生产技术与工艺	153
一、彩色水泥瓦的性能及生产工艺	153
二、高耐候性水泥彩瓦	156
三、炉渣仿陶瓷波形瓦	158
第十节 其他废渣制建材生产技术与工艺	160
一、高岭土化闪长岩烧制空心砖	160
二、利用铁尾矿制造建筑用砖	162
三、碳化砖与生产工艺	165
四、建筑淤泥质弃土烧结保温多孔砖生产技术与工艺	169
第二章 废渣生产砌块与板材的技术与工艺	173
第一节 废渣生产砌块技术与工艺	173
一、粉煤灰、煤矸石烧结空心砌块	173
二、煤矸石空心砌块的生产工艺	176

三、具有发展前途的粉煤灰小型空心砌块·····	178
四、粉煤灰珍珠岩轻质砌块·····	181
五、利用电石灰等废渣生产空心砌块技术与工艺·····	183
六、高掺量粉煤灰承重混凝土小型空心砌块·····	185
七、粉煤灰加气混凝土砌块生产技术·····	187
八、用赤泥和粉煤灰生产加气混凝土砌块·····	191
九、带灌注孔的大孔陶粒混凝土砌块·····	194
十、纤维混凝土轻质保温砌块·····	196
十一、聚苯乙烯泡沫塑料混凝土保温砌块·····	199
十二、石膏砌块生产工艺·····	200
十三、建筑垃圾轻质砌块的技术与工艺·····	203
第二节 废渣生产板材的技术与工艺·····	205
一、陶粒混凝土复合保温板技术与工艺·····	205
二、纤维增强硅酸钙复合实心轻质隔墙板技术与工艺·····	208
三、大掺量粉煤灰、煤矸石承重空心墙板及板式快装房屋的开发·····	210
四、蒸压粉煤灰加气混凝土隔墙板技术与工艺·····	212
五、纸面草板的生产工艺·····	213
六、纤维聚合物砂浆/聚苯乙烯复合屋面保温板技术与工艺·····	215
七、硅镁空心轻质隔墙板技术与工艺·····	218
八、3e粉煤灰轻质内外墙板技术与工艺·····	221
九、矿渣石膏装饰板技术与工艺·····	224
十、石膏基外墙饰面板技术与工艺·····	225
十一、石膏空心条板生产新技术·····	227
十二、GRC轻质多孔板技术与工艺·····	228
十三、用岩棉下脚料制高强装饰吸声板技术与工艺·····	230
十四、陶粒及废渣混凝土墙板技术与工艺·····	232
十五、秸秆镁质水泥轻质条板技术与工艺·····	233
十六、钢网增强内隔墙轻质条板技术与工艺·····	236
第三章 低碳利废建材的施工与应用·····	239
第一节 废渣砖瓦的施工与应用·····	239
一、煤矸石多孔砖在工程中的应用·····	239
二、模数多孔砖砌体性能与施工要求·····	240
三、蜂窝式墙体和六方空心砖·····	250
四、空心砖采用销件组合墙体实现免浆施工技术·····	254
五、承重空心砖建筑设计与施工要求·····	256
六、混凝土圆弧及饰面砖的施工·····	258
七、混凝土路面砖的基本施工·····	260
八、广场彩色道砖铺装施工技术·····	262
九、混凝土空心砖的施工方法·····	264
十、蒸压粉煤灰砖的施工及应用·····	266
十一、灰砂砖砌体施工防裂技术·····	269
十二、废渣砖砌体组砌型式图解·····	272
十三、烧结清水墙装饰砖及砌筑基本要求·····	276

十四、混凝土瓦与砂浆卧瓦施工·····	278
第二节 废渣砌块的施工与应用·····	283
一、煤矸石空心砌块应用及施工技术·····	283
二、普通混凝土空心砌块在高层建筑施工及暗管线的埋设技术·····	288
三、承重砌块建筑施工方法及节能建筑案例·····	293
四、蒸压粉煤灰加气混凝土砌块施工新技术·····	295
五、大孔轻集料砌块在建筑隔墙中的施工工艺·····	300
六、复合保温混凝土砌块在外墙的应用·····	302
第三节 废渣板材的施工与应用·····	310
一、秸秆轻质隔墙板安装施工·····	310
二、GRC 轻质隔墙板施工工艺及施工方法 ·····	312
三、新型炉渣混凝土聚苯保温板的应用·····	314
四、夹芯保温复合墙体施工工艺·····	317
五、钢丝网岩棉夹芯复合板的施工操作规程·····	320
六、秸秆镁质水泥轻质条板 (SMC 板) 在高层建筑中的应用与施工 ·····	323
七、外墙混凝土结构和外保温层聚苯乙烯板同步施工·····	325
八、板材拼装接缝施工新方法·····	327
九、EPS 板节能墙体的施工工艺 ·····	330
十、夏热冬冷地区节能建筑施工技术·····	332
十一、ZW 夹芯墙板及外墙装饰施工 ·····	335
十二、挤塑保温板在外墙保温技术中的应用·····	338
参考文献·····	341

第一章 废渣建材生产技术与工艺

第一节 煤矸石砖瓦生产技术与工艺

一、高起点发展煤矸石烧结砖

(一) 产品的高起点

实心煤矸石烧结砖高起点主要体现在以下三个方面。

(1) 高强度。作为承重材料或基础材料，其强度应定位在 30MPa 以上。

(2) 装饰性。具有外墙承重和装饰功能，也可用于宾馆、饭店及别墅艺术墙用。

(3) 为广场道路用砖，充分发挥其高强度和装饰性两大优点。煤矸石烧结砖可用于铺设广场、道路及花园绿化人行道等；进一步提高强度，还可以作为停车场面层铺设装饰。高强度装饰煤矸石砖用于外墙装饰广场、道路的铺设，不仅美观、典雅，而且人行时防滑安全。当然不是所有煤矸石原料都能生产高强度的装饰实心砖，只能在试样的基础上，选择相应的工艺装备，才能实现实心煤矸石砖的高起点。为了改善煤矸石原料生产高起点的装饰实心砖（包括装饰多孔砖），可以煤矸石为主，根据当地的资源实际，适当掺入一些页岩、陶土或耐火土，通过试验确定合理的掺配比例，以满足生产高档次装饰砖的需要。

煤矸石多孔砖高起点，主要体现在以下四个方面。

(1) 承重功能。煤矸石多孔砖主要用于砖混结构承重墙体，必须保证其强度值在 10MPa 以上，这是国家强制性标准对强度的最低要求，起码应在 15MPa 以上。

(2) 装饰性。特别是多孔砖用于住宅和工业性建筑，要能满足做清水墙的要求。能做清水墙不但比用砂浆粉刷的效果好，而且会明显降低建筑外墙装饰费用。

(3) 较高的孔洞率。煤矸石多孔砖由于强度的需要，不可能无限制地提高孔洞率。根据德国对“空心砖孔洞与砖墙承载能力的影响”研究，当孔洞率不超过 35% 时，垂直孔多孔砖空心砖墙的强度相当于实心砖；当孔洞率在 40%~55% 时，即使砖的强度较高，但墙体强度相对降低。这是因为当砂浆受压而产生侧向膨胀时，砖的内壁提前突然折断。按照这一研究成果，国内煤矸石多孔砖孔洞率应在 30%~38% 之间。这样既保证了强度，又保证了较高的孔洞率。

(4) 符合建筑节能的要求。煤矸石多孔砖主要用于墙体，而墙体又是建筑的主要围护结构，它的隔热保温性能的好坏，直接影响建筑节能的效果。为了提高煤矸石多孔砖的节能效果，除保证足够的孔洞率外，还应大力推广条矩形孔，使煤矸石多孔砖热导率降到 0.55W/(m·K) 以下。

煤矸石多孔砖是煤矸石砖的主流产品，除少量原料生产高档次实心砖和空心砖外，基本上生产多孔砖。提高煤矸石多孔砖孔洞率和热工性能，不仅能提高煤矸石资源和设备的利用率，而且会提高干燥和焙烧速度，尽量提高产量。由此可见，下工夫提高煤矸石多孔砖孔洞率，设计合理的孔洞形式，实现煤矸石多孔砖承重、装饰、节能的复合功能是非常重要的。

煤矸石空心砖高起点主要体现在以下三个方面。

首先是高孔洞率，只有高孔洞率，才能把建筑自重降下来；再就是块体要大，以适应双

手砌砖为前提,这样可以减少砂浆层,降低热桥,改善砌体的热工性能;最后是空洞形状及排列形式,对于空心砖来说,不能是大圆孔,只能是长条孔,并且尽可能地增加孔洞排列数,延长热传导路线,降低热导率。煤矸石空心砖用于框架结构或混凝土剪力墙结构的填充材料,这种产品的特点应该是轻质、节能、薄壁、大块。

利用煤矸石生产空心砖,特别是大块、多排多矩形条孔,一定要保证煤矸石塑性指数在 9 以上。如果塑性指数过低,真空挤出机因多孔摩擦力较大,就会造成成型困难,电流过大,耗电过高。但就目前生产的大三孔或大二孔空心砖来说,即使塑性指数较低(在 6.5 以上),也能顺利成型。

要想生产高起点的煤矸石空心砖,必须强度大于 3.5MPa,密度为 600~900kg/m³,孔洞率在 50%以上,热导率降到 0.4W/(m·K) 以下。

(二) 生产工艺的高起点

1. 原料粉碎方面

原料的粉碎处理,是保证产品质量和直接影响产品成本的重要环节之一,一定要考虑以下四个因素:①煤矸石的含水率;②煤矸石的硬度;③产品对粉碎后的颗粒要求;④粉碎工段的整体除尘设计。针对这四个方面,按照当地煤矸石的实际,选择适应性强的粉碎设备。

2. 原料处理方面

原料处理方面除正常的搅拌工序外,其深加工最少应保证一台轮碾机或一台细碎对辊机,可以增强原料的细颗粒成分,提高产品强度。陈化处理,是大多数煤矸石砖厂必设工序,陈化作用这里不再详述,通过陈化,可以提高塑性,改善成型性能,提高产品外观质量。根据有关单位对我国 79 个地区煤矸石塑性指数的抽样调查,其塑性指数平均值为 7.36。因此,加强原料处理,提高塑性是完全必要的。

3. 挤出成型方面

按照我国大部分煤矸石塑性低的特点,成型挤出机应选择双级真空挤出机,采用半硬塑或硬塑成型,其成型压力应大于 2.0MPa,真空度小于 -0.09MPa。对于塑性指数在 10 以上时,可以适当降低挤出机工作压力。

4. 干燥焙烧方面

根据对我国 51 个地区煤矸石干燥敏感系数的分析,其中 85%的煤矸石原料为低干燥敏感的,其平均值为 0.74。从干燥收缩来看,平均值为 2.58%,大多数干燥收缩率低于 5%。依据试验结果,我国煤矸石砖生产工艺应以一次码烧为主,并尽可能地采用快速干燥方式和隧道窑焙烧。一次码烧有许多优点,其主要表现在成型水分低、工艺简单、劳动定员少、劳动效率高、便于管理、易实现机械化和自动化。如果原料允许,应尽可能采用一次码烧工艺,尽可能选择先进的平顶隧道窑。发展先进的一次码烧隧道窑也是必然趋势。

(三) 生产规模和管理上的高起点

煤矸石砖厂规模化集约式生产,也是实现高起点发展的重要方面。规模上不去,生产效率不高,企业就无法有足够的回报,市场竞争能力也就比较弱,就我国效益好的几个企业分析看,基本都具备了一定的生产规模,如黑龙江双鸭山东方公司煤矸石砖厂、吉林光大煤矸石砖厂等,年产量均在 6000 万块以上。从管理角度讲,由于规模化生产,大部分工艺工序实现了机械化和自动化,如果管理跟不上,也就无法实现产品质量高起点和企业经济效益的增长。陕西咸阳周陵砖厂和当地上百家砖厂,原料基本相同,甚至于工艺设备型号也一样,但产品质量不一样,其售价每万块砖高 200 元,还出现了市场滞销的局面。行业内人士都知道,同样是高起点生产线,同样是煤矸石原料,许多企业经营困难,连年亏损,甚至面临倒闭,而管理好的陕西咸阳周陵砖厂、黑龙江双鸭山东方公司煤矸石砖厂、吉林光大煤矸石砖厂等,产品质量好,受市场欢迎,连续多年被国家墙体屋面材料质检中心评为优等达标产

品。这些厂的兴旺发达，根本的一条就是走出了适合自身特点的高起点管理之路。

(四) 生产实例

徐州市作为江苏省重要的煤炭老工业基地，当地的煤矸石堆积量已达 4000 万吨，并且每年新排矸石 500 万吨，这为许多砖厂提供了优质的烧砖原料。尤其是徐州权台、柳新和大黄山等地煤矸石基本上满足多孔砖等墙材生产技术指标要求。多孔砖孔型、孔洞排列样如图 1-1 所示。

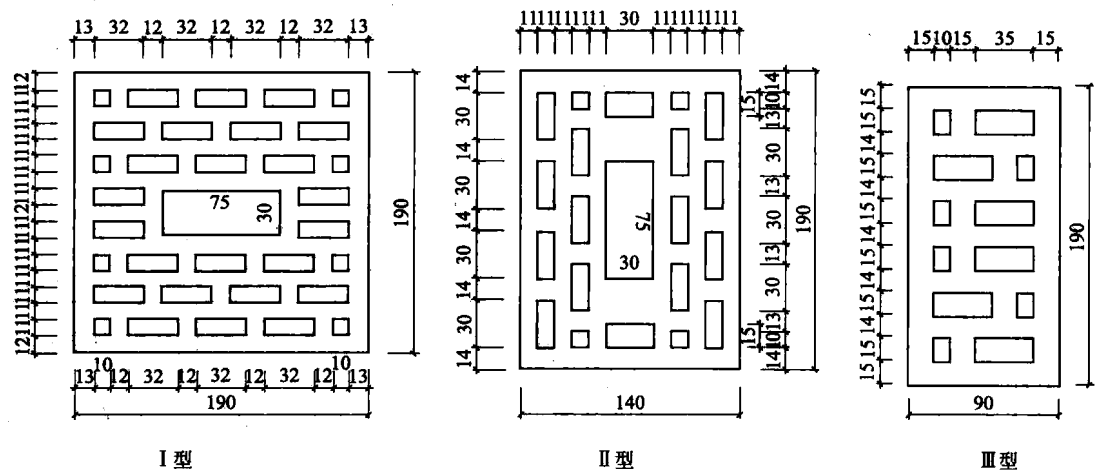


图 1-1 砖型平面图 (单位: mm)

煤矸石烧结模数多孔砖原料采用全煤矸石，砖型采用 II 型 (190mm×190mm×190mm) 主型砖尺寸的单手持砖系列，具有多排且有序交错排列的矩形条孔，其砖型设计兼顾力学与热工性能的要求。表 1-1 为试件参数要求，表 1-2 为多孔砖砌体热工性能试验结果。

表 1-1 试件参数要求

组号	孔型	孔洞率/%	尺寸/mm	墙厚/m	砌筑方式
1	矩形条孔	32.1	190×190×90	190	顺砌
2	矩形条孔	32.1	190×190×90	190	丁砌
3	矩形条孔	30.9	190×140×90	140	顺砌

表 1-2 多孔砖砌体热工性能试验结果

组号	孔数	尺寸/mm	墙厚/mm	R(传热阻) /(m ² ·K/W)	K(传热系数) /[W/(m ² ·K)]	孔洞率/%
1	33 孔	190×190×90	190	0.478	1.592	32.1
2	33 孔	190×190×90	190	0.386	1.867	32.1
3	21 孔	190×140×90	140	0.307	2.186	30.9

砌体热工试验结果表明：33 孔矩形条孔 190mm×190mm×90mm 的主砖砌体比 21 孔矩形条孔 190mm×140mm×90mm 的配砖砌体热阻值大，保温性能好，孔洞率在 30% 以上。采用 33 孔矩形条孔 190mm×190mm×90mm 的主砖砌筑时，全顺砌和全丁砌两种不同砌筑方法的砌体传热阻值相差较大，采用全顺砌时比采用全丁砌方法提高约 24%。

利用空气层的热导率小，具有良好的保温隔热作用的原理，合理地设计煤矸石烧结模数多孔砖的孔形和孔洞排列，对提高其保温隔热性能具有重要作用。

二、中等规模煤矸石空心砖生产工艺

(一) 概述

利用煤矸石生产烧结空心砖，可以做到制砖不用土，烧砖不用煤，不仅节约原煤和黏土，而且减少煤矸石堆场占地，治理环境污染。一座年产 6000 万块的煤矸石空心砖厂，每年可利用 15 万吨煤矸石，减少煤矸石堆场占地 24 亩（1 亩=666.7m²，下同），节约制砖黏土量折合少毁田 23 亩（按平均挖深 6m），节约烧砖用原煤 4600t，具有可观的社会、环境和经济效益。

（二）制砖用煤矸石基本性能要求

并非所有的煤矸石都能用来生产煤矸石空心砖，只有符合下列基本性能要求的煤矸石才可以使用。新建烧结煤矸石空心砖生产线时一定要对原料的性能进行全面的测试，在充分掌握其基本性能参数的前提下，确定工艺方案。

1. 化学成分

适宜制砖的煤矸石化学成分见表 1-3。

表 1-3 适宜制砖的煤矸石化学成分

单位：%

名称	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	烧失量
煤矸石	55~70	3~10	10~20	<5	<3	<3	3~15

化学成分中 CaO 和 SO₃ 为有害成分，当其含量超限时，将严重影响制品的力学性能，一般不宜采用。

CaO 多以石灰石存在，当石灰石含量过大，且破碎粒度太粗时，制品会产生石灰爆裂，影响强度及外观。

SO₃ 中的硫多以硫铁矿、硫酸盐形式存在，当 SO₃ 含量过高时，在焙烧过程中会产生大量 SO₂ 气体，造成环境二次污染，严重腐蚀窑车等设备，并使制品酥松，砖强度降低。

2. 发热量

煤矸石发热量在 1250~1670kJ/kg 的范围内较为适宜，发热量过高，焙烧过程难以控制，同时窑炉造价将会增加。

3. 硬度

煤矸石分为掘进矸石和水洗矸石，前者块度在 200~300mm，莫氏硬度 3~6，而后者块度一般小于 200mm，莫氏硬度 2~4。硬度太高时，不易破碎，且混合料塑性差，影响成型及焙烧。

（三）原料的处理

1. 原料的破碎

煤矸石破碎工艺是生产烧结空心砖的关键技术之一。破碎粒度直接影响到坯体成型、干燥和焙烧，同时也影响生产成本。由于各地煤矸石化学物理性能差异较大，若破碎工艺和设备选型不当，往往达不到预期的效果，甚至造成不必要的经济损失。

2. 煤矸石硬度的影响

煤矸石硬度与所用的破碎机产量、易损件耗量和电费有直接关系。硬度越高，破碎机产量越低，易损件耗量和电费均增加。如某厂煤矸石块度在 200~300mm，莫氏硬度为 4~6，采用颚破加锤破的工艺，锤式破碎机产量仅达到 5~6t/h，每班需更换锤头一次；而另外一个厂煤矸石块度小于 200mm，莫氏硬度为 2~4，同样采用颚破加锤破的工艺，锤式破碎机产量达到 10~12t/h，每四班更换锤头一次。因此，在选择破碎工艺和设备时，一定要测定煤矸石的硬度。

3. 破碎工艺和设备选型

常用的煤矸石破碎工艺有以下几种：颚破→锤破→筛分工艺；颚破→锤破工艺；反击破→球磨工艺。不论选哪种破碎工艺，首先必须满足破碎粒度要求和产量的要求，其次还要

考虑经济性。

实践证明,煤矸石破碎粒度一般控制在 2~3mm 的颗粒含量小于 10%,而小于 0.5mm 的颗粒含量大于 60%的范围之内(见表 1-4),就能保证煤矸石空心砖顺利成型及焙烧。

表 1-4 煤矸石破碎粒度控制范围

粒度/mm	2~1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	<0.1
质量分数/%	10	25	15	20	30

对于莫氏硬度为 2~4 的煤矸石,以两段破碎为宜;对于莫氏硬度为 3~6 的煤矸石,以三段破碎为宜。由于目前用于煤矸石破碎的设备种类较少,故一般多用带筛板的锤式破碎机。其他破碎设备往往因破碎效果差或粒度难于保证等原因,选用时一定要慎重。如某厂煤矸石莫氏硬度 4~6,采用颚破→立式锤破→筛分工艺,结果筛上料达 70%~80%,在闭路系统中反复循环,致使破碎系统产量仅达到 1~3t/h,难于满足成型用量,后来不得不进行改造,改为带筛板的锤式破碎机;而另外一个厂同样采用颚破→锤破(进口设备)→筛分工艺,也是因筛上料过多而不能满足工艺要求。另外,振动筛产生的粉尘很大,车间操作条件十分恶劣。

4. 混合料陈化与细碎

(1) 混合料陈化 陈化是烧结煤矸石空心砖生产工艺中的一个重要环节。破碎后的煤矸石经加水搅拌、陈化后,混合料塑性有较明显提高,成型性能显著改善。

目前常用的陈化库主要有两种:一种为装载机出料,另一种为多斗挖掘机出料。就两种工艺而言,各有优缺点:前者适用于地下水位较高的地区,可减少陈化库地坑防水处理费用,但装载机在运行中排放的尾气污染室内空气;多斗挖掘机在运行中经常断链,有的厂家为此多配备了一台多斗挖掘机。经过技术经济比较,多斗挖掘机优于装载机。借鉴国外经验,采用技术改进后的多斗挖掘机,不失为一种较好的工艺设备。

(2) 混合料的细碎 对于硬度较高的煤矸石,陈化后的混合料经高速细碎对辊机处理很有必要。国产高速细碎对辊机在加工制造和所用材质方面不能与进口设备相比,因而在使用中易出现以下问题:双辊间隙无法调整到小于 2mm 位置,从而失去细碎作用;辊圈耐磨性能较低等。对于年产 6000 万块煤矸石烧结空心砖生产线,高速细碎对辊机的选择值得商榷。

(3) 混合料二次搅拌 陈化后的混合料塑性虽有提高,但仍呈松散状,必须经二次加水搅拌后才能进入下道工序。

二次加水搅拌是选择搅拌机还是搅拌挤出机,厂家反映不一。从生产实践上看,搅拌挤出机的作用不十分明显,动力比搅拌机增加 30kW,搅拌挤出机的产量常常制约整条生产线的产量。如河南省某公司为使原料矿物组成和颗粒级配较为合理,确保整个原料均匀一致,具有适宜的塑性指数和干燥敏感系数,对原料进行系统的加工、处理,采取如下措施。

① 剔除杂质。原料中金属、胶皮、纤维物、可变的砂岩和石灰石等,用手工清除。

② 自然风化。煤矸石最好是陈年矸石山采集的,新矸石尽可能在露天堆放一段时间,任其日晒、风吹、冻融,借助大自然的力量使其疏解、颗粒分散、水分均匀渗透,是匀化和增加其塑性,改善其干燥性能的简单有效的方法。对于页岩,可以通过风化使大块分解为小块,减少粉碎工序的负担。

③ 粉碎。粉碎的目的是减小粒度,增加比表面积,使泥料能更充分地与水分接触,缩短水分浸透泥料路径,使泥料均匀而充分地湿透。应针对物料的物理性质、块度大小及需要粉碎的程度选用适合的设备。对于脆、硬而自然含水率较低的原料宜选用击打式的粉碎设备,如用各种锤式破碎机等;用笼形粉碎机来细碎各种较硬而自然含水率偏高的煤矸石和页

岩；用干式球磨机来磨细自然含水率低于3%的硬质煤矸石或页岩等。采用颚式破碎机或较大型的反击式破碎机来中碎中等硬度以上的煤矸石或页岩，采用齿辊机来中碎软质页岩及黏土。河南省某公司采用锤式破碎机和笼形粉碎机组合的方法，具有受雨季影响小，泥料粒级分配合理的优点。

④ 混合。混合的目的是使性质不同的粉料能充分混匀，互相“渗透”，取长补短，从而改善粉料的整体性能。由于干粉的颗粒分散，相互接触的机会较多，容易混匀，而湿粉多已结成较大的粉团，粉料间相互接触的机会少多了，充分混匀也就困难多了。所以多种原料混合应在加水之前完成。表观密度悬殊的粉料应按比例同时送入锤式破碎机或者笼形粉碎机中进行干混合，效果较佳。但应注意设备密封或收尘，减少混合料扬尘对工作人员身体的危害。

⑤ 搅拌。粉料的塑性是靠水分的充分混匀和渗透来实现的。加水搅拌的主要作用就是要使水分和粉料充分混匀，在粉料进入搅拌之初就开始均匀洒水，使水充分发挥其作用，并尽量使水分渗透每一颗粉料的内部而形成成型所需要的塑性。用相对较长搅拌槽的搅拌机，尽可能加长搅拌时间，减少产生砖坯干燥裂纹的机会。

⑥ 陈化。将经过粉碎、混合、适当加水搅拌后的泥料堆集闷存于料库中72h以上，使水分充分渗透，泥料疏解，松散匀化，不仅可以提高塑性，有利于成型，还可以减少干燥和焙烧时的应力，减免裂纹。

原料制备应严格按照生产规程和生产工艺的要求操作。切忌盲目或随意操作，影响原料制备质量，甚至危及人身和设备安全。及时巡查设备，密切注意物料运行状况，避免溢料、设备卡死或设备空转。

下面举其生产中的一例。某厂的板式给料机开机时间一长，链板缝所夹的余料积于给料机的底部，造成开机困难，链板受挤压变形。人工往外掏非常吃力，既不方便，又影响生产。所以，该厂采取在链板上加清扫器的办法。就是在链板上焊角钢，每1.5m焊1个角钢，角钢的大小以不影响机械正常运行原则，此清扫器随机械的正常运行，自动将沉积于机械底部的积料清扫出来，具体安装方法如图1-2所示。

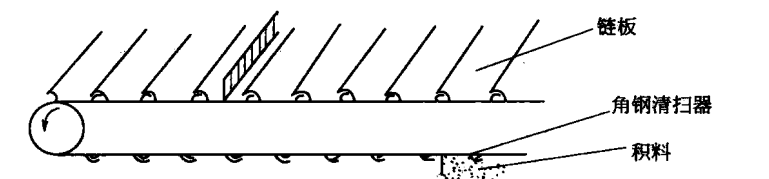


图 1-2 角钢清扫器安装方法

煤矸石砖分为两种，一种是承重空心砖，另一种是非承重空心砖。承重空心砖主要规格240mm×115mm×90mm；非承重空心砖主要规格有240mm×240mm×115mm、240mm×240mm×175mm、240mm×115mm×175mm三种。生产机械设备有颚式破碎机PEX250mm×750mm和锤式破碎机CPF900mm×750mm，高速细碎对辊CS800mm×600mm，双轴搅拌机ST3000，双级真空挤砖机JZK45/50~30，自动切条机QT1400，自动切坯机YHQ。原料用本地产煤矸石，如某地煤矸石丰富，主要物理及化学性能见表1-5~表1-7。

表 1-5 化学成分

单位：%

种类	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	烧失量
煤矸石	62.83	11.10	7.01	2.33	1.25	11.05

表 1-6 物理性能

种类	松散容量/(g/m ³)	塑性指数
煤矸石	1.200	7.48

表 1-7 发热量

单位: kcal/kg

种类	热值
煤矸石	445

注: 1cal=4.18J, 下同。

由三张表可知, 以该厂的煤矸石生产空心制品应该是不存在问题的, 配以双鸭山的机械设
备, 严密的生产工艺控制, 该厂生产的双重空心砖抗压强度为 24.04MPa, 各种性能指标
均符合或超过 GB 13544—2000《烧结多孔砖》标准要求。

该厂生产煤矸石空心砖设备如图 1-3 所示, 煤矸石空心砖生产工艺如图 1-4 所示。

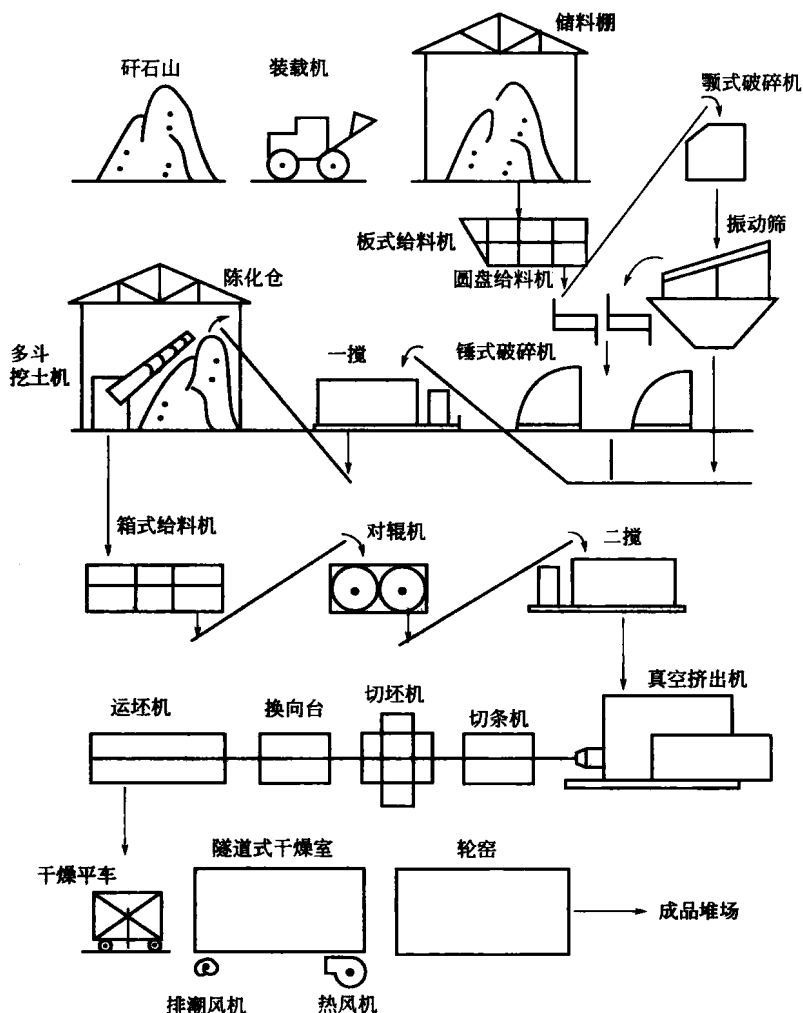


图 1-3 生产煤矸石空心砖设备

(四) 原料的掺配

若遇到以下情况, 可对原料进行掺配调整。

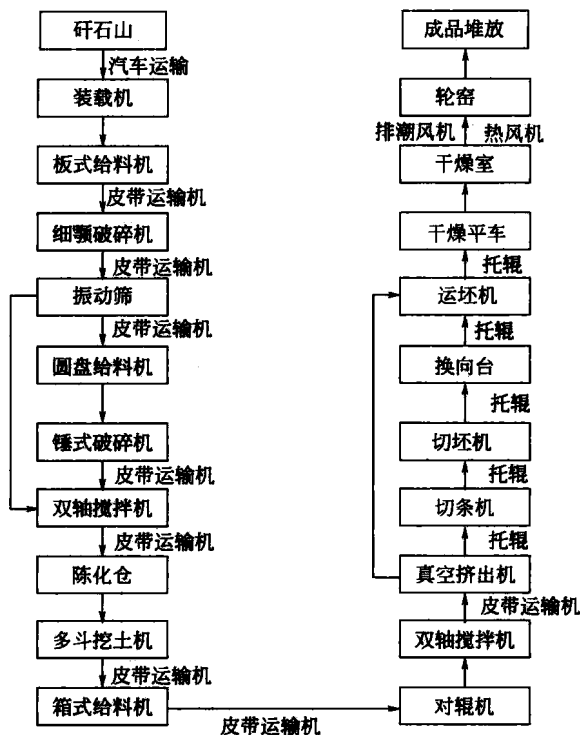


图 1-4 煤矸石空心砖生产工艺

1. 煤矸石原料发热量过高

制砖一般要求煤矸石原料的发热量为 $400\sim 500\text{kJ/kg}$ 。如若发热量过高，将给生产（尤其是焙烧）带来困难。发热量过高时，应掺加一些无发热量或低发热量的原料，如页岩、低发热量煤矸石和粉煤灰（燃烧过的煤矸石熟料、黏土等），使混合后原料发热量达到或接近要求。

2. 煤矸石原料含硫量过高

煤矸石中的硫一般以化合状态存在，最常见的是黄铁矿（ FeS_2 ）。由于硫化物的存在，在生产过程中，它不但腐蚀风机、干燥车等设备，而且污染大气，损害操作人员身体健康，在其作用下，砖体内会生成一定量的可溶性硫酸盐等，应严格控制含硫量不超过 1%。

3. 煤矸石原料含块状石灰石

有些煤矸石原料中，夹杂块状石灰石，其主要成分是碳酸钙（ CaCO_3 ）。砖坯中石灰石的氧化钙含量，要求不超过原料中化学成分的 2%，物料粒度应小于 2mm（最好控制在 1.2mm 以下），以免影响砖的安定性。曾有砖厂用石灰石含量高达 25% 的煤矸石做试验，将石灰石颗粒控制在 1.5mm 以下，并均匀地分布于砖坯中，同时，在允许范围内适当提高烧成温度（ 1080°C ），仍然生产出了符合质量标准的砖。这时砖内的石灰石小颗粒已被烧成黑色的过烧生石灰，过烧生石灰的氧化钙与二氧化硅、三氧化二铝及三氧化二铁等在高温下熔化而形成表面渣化层或氧化钙自身黏结，遇水后消解速度极为缓慢。

4. 煤矸石原料塑性指数的调整

如果煤矸石原料的塑性指数过高，可掺些粉煤灰或塑性指数低的煤矸石、页岩、黏土等瘠性料；如果煤矸石原料的塑性指数过低，可掺些塑性指数较高的煤矸石、页岩、黏土等。

5. 原料的搅拌

一般煤矸石砖厂的原料搅拌均采用进、出料口中心距为 $2400\sim 3000\text{mm}$ 。搅拌过程中，

通蒸汽或加热水比加冷水的湿化、均化、增塑作用显著得多。无条件通蒸汽的，可加热水。50℃的水是5℃水渗透速度的2.75倍。热水可提高原料的工艺性能。

6. 原料的碾练

碾练设备主要是轮碾机。轮碾机有拌合、粉碎、疏解、挤压、捏和、混合、均化等功能；可以有效地提高原料的质量。轮碾机对原料硬度大小不敏感，能对付“陈矸”、“新矸”、“红矸”等不同硬度的混合料。这个优点是其他机械设备所不具备的。

(五) 成型工艺

新建中等规模以上的煤矸石砖厂，成型设备大多选择双级真空挤出机。其原因是：真空处理对于提高原料的密度有较大的作用。要提高原料的密度，首先必须排除原料孔隙中的空气，然后加以机械挤压，这样成型的坯体致密好、强度高。试验证明，塑性指数为10的原料，在-0.080MPa真空度所成型的坯体，其抗压强度比在-0.040MPa下的约高25%。在其他条件相同的情况下，用这种原料生产孔洞率为27%的多孔砖，测得真空度和成品抗压强度的关系见表1-8。

表 1-8 真空度和成品抗压强度的关系

真空度/MPa	-0.092	-0.080	-0.065	0
抗压强度/(kg/cm ²)	205	180	110	80

对于塑性指数大于15的高塑性煤矸石，可采用非真空或真空度较低的挤出机挤泥条。如果真空度过高，成型后的坯体过分密实，导致在干燥和焙烧过程中排气的开气孔率很低，极易在干燥和焙烧过程中产生裂纹或炸裂。

挤出机过去一般采用水机口（水润滑），近几年不少厂采用了干机口（无润滑剂）。最近一些厂根据自身具体情况，采用油机口或油机头，使原料成型性能得到进一步改善，坯体质量有明显提高。所谓油机口是在机口内注润滑油，而油机头是在机头内注润滑油。两者相比，后者效果更好些，可节电约20%，但油耗较高，每万块普通实心砖坯需8~10kg润滑油。油的种类可为低号柴油配油酸或低号柴油配金属切削液。采用油机口时，可在挤出机泥缸上方设置一个高位油箱，靠重力注油；采用油机头时，应通过一套压力供油系统注压力油。

过去挤出机一般采用手动离合器，后来不少挤出机采用气动离合器，气动离合器的气压不宜小于4MPa，否则易出现打滑而烧坏摩擦片。现在有些挤出机采用了电动离合器，其优点是可省去气动离合器，但必须配置空气压缩机。操作电动离合器时动作必须快速，否则也会烧坏摩擦片。

(六) 干燥

自然干燥周期长，占地面积大，受气候制约大，但利用风能和太阳能，可减少一些热量消耗。人工干燥周期较短，有条件的砖厂应采用人工干燥。我国人工干燥多数采用隧道干燥室，制定一个适合干燥性能要求的温度、压力、湿度制度非常重要，否则人工干燥将产生比自然干燥更多的废品。

如果采用隧道干燥室干燥，其干燥制度可为：当原料干燥敏感性系数小于1或热介质中含三氧化硫（SO₃）较高时，可采用正压排潮，不用排潮风机。其优点是：干燥较均匀，干燥周期较短；节省电耗；干燥室构造简单，进出口均无需设门。缺点是耗能略高。当原料干燥敏感性系数大于1时，应采取负压排潮，排潮风机不可省，以免因干燥过急，而使坯体出现大量裂纹。

采用隧道式人工干燥室。如某厂人工干燥室规格：60300mm×1230mm×1020mm，计10条干燥室。干燥车规格：1150mm×1150mm×280mm，每条干燥室可容干燥车52台，每