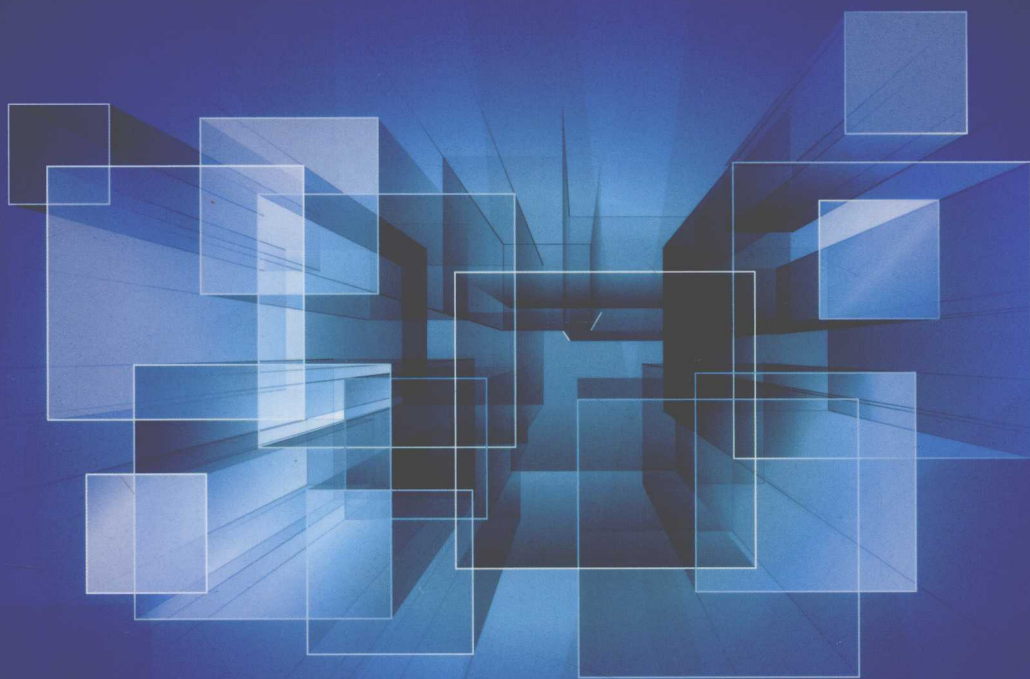


《《《 建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书 》》》

建筑垃圾及工业固废 —— 再生砖 ——

总主编 ◎ 卢洪波 张海淼 廖清泉

本册主编 ◎ 杜晓蒙



中国建材工业出版社

建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书

建筑垃圾及工业固废再生砖

总 主 编 卢洪波 张海森 廖清泉

本册主编 杜晓蒙

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑垃圾及工业固废再生砖/杜晓蒙主编.--北京:
中国建材工业出版社, 2019.5

(建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书/卢洪波,
张海森, 廖清泉主编)

ISBN 978-7-5160-2562-8

I. ①建… II. ①杜… III. ①再生资源—砖—生产工
艺 IV. ①TU522

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 088812 号

建筑垃圾及工业固废再生砖

JianZhu LaJi Ji GongYe GuFei ZaiShengZhuan

总 主 编 卢洪波 张海森 廖清泉

本册主编 杜晓蒙

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 10

字 数: 200 千字

版 次: 2019 年 5 月第 1 版

印 次: 2019 年 5 月第 1 次

定 价: 68.00 元

本社网址: www.jcbs.com, 微信公众号: zgjcgycbs

请选用正版图书, 采购、销售盗版图书属违法行为

版权专有, 盗版必究。本社法律顾问: 北京天驰君泰律师事务所, 张杰律师

举报信箱: zhangjie@tiantailaw.com 举报电话: (010) 68343948

本书如有印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换, 联系电话: (010) 88386906

《建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书》

编 委 会

主 任 杨朝飞（中华环保联合会副主席、生态环境部原总工程师）

副 主 任 王 群（河南省人大环境与资源保护委员会原主任）

冯建勋（河南省人大环境与资源保护委员会副巡视员）

尹伯悦（国家住房城乡建设部教授级高工）

马书勇（河南省生态环境厅副巡视员）

王争亚（河南省环保联合会会长）

解 伟（华北水利水电大学原副校长）

郭春霞（河南省固体废物管理中心主任）

翟 滨（中国环保产业研究院常务副院长）

侯建群（清华大学建筑设计研究院副院长）

康智明（中国电建集团西北勘测设计研究院副总工、副院长）

编 委 杨留栓 (河南城建学院副院长)

尹青亚 (河南建筑材料研究设计院有限责任公司
董事长)

张新中 (华北水利水电大学土木与交通学院院长)

范红军 (郑州工程技术学院土木工程学院院长)

李蕾蕾 (中国电建集团西北勘测设计研究院副所长)

朱建平 (河南理工大学材料与工程学院副院长)

张春季 (郑州市科技局社会发展科技处处长)

尹国军 (清华大学建筑设计研究院副研究员)

徐 剑 (湖南建工环保有限公司董事长)

王广志 (万科集团万创青绿环境科技有限公司董
事长)

总 主 编 卢洪波 张海森 廖清泉

参编人员 李克亮 徐开东 李战东 先光明 卢 鹏

杜晓蒙 罗 晔 刘应然 张 腾

《建筑垃圾及工业固废再生砖》

编者名单

主 编 杜晓蒙

参编人员 马军涛 王慧贤 邱志辉 段玉忠 李 敏
谭忠奇 王 玮 傅志昌 李晓颖 曹映辉
胡 漪

参编单位 中原环保鼎盛郑州固废科技有限公司

郑州鼎盛工程技术有限公司

福建卓越鸿昌环保智能装备股份有限公司

西安银马实业发展有限公司

序 言

随着社会和经济的蓬勃发展,大规模的现代化建设已使我国建材行业成为全世界资源、能源用量最大的行业之一,因此人们越来越关注建材行业本身资源、能源的可持续发展和环境保护问题。而工业化的迅速发展又产生了大量的工业固体废弃物,建筑垃圾和工业固体废弃物虽然在现代社会的经济建设发展中必然产生,但是大部分仍然具有资源化利用价值。科学合理地利用其中的再生资源,可以实现建筑废物的资源化、减量化和无害化,也可以减少对自然资源的过度消耗,同时还保护了生态环境,美化了城市,更能够促进当地经济和社会的良好发展,具有较大的经济价值和社会效益,是我国发展低碳社会和循环经济的不二之选。

我国早期建筑垃圾处理方式主要是堆放与填埋,实际资源化利用率较低。现阶段建筑垃圾资源化利用,比较成熟的手段是将其破碎筛分后生成再生粗细骨料加以利用,制备建筑垃圾再生制品,而工业固体废弃物由于内部具有大量的硅铝质成分,经碱激发之后可以作为绿色胶凝材料辅助水泥使用,用以制备再生制品。

为了让更多人了解建筑垃圾及工业固废资源化利用方面的政策法规、工程技术和基本知识,帮助从事建筑垃圾及工业固废资源化利用人员、企业管理者、大学生、环保爱好者等解决工作之急需,真正实现建筑垃圾及工业固废的“减量化、资源化、无害化”,变有害为有利。中原环保鼎盛郑州固废科技有限公司联合全国各地的科研院所、高校和企业界专家编写和出版了《建筑垃圾及工业固废资源化利用丛书》,体现了公司、行业专家、企业家和高校学者的社会责任感,这一项目不但填补了国内建筑垃圾及工业固废资源化利用领域的空白,而且对我国今后建筑垃圾及工业固废资源化利用知识普及、科学处理和处置具有指导意义。

该丛书根据建筑垃圾及工业固废再生制品的类型及目前国内最新成熟技术编写,具体分为《建筑垃圾及工业固废再生砖》《建筑垃圾及工业固废筑路材料》《建筑垃圾及工业固废再生砂浆》《建筑垃圾及工业固废再生墙板》《建筑垃圾及工业固废再生混凝土》《建筑垃圾及工业固废预制混凝土构件》《建筑垃圾及工业固废保温砌块》《城市建筑垃圾治理政策与效能评价方法研究》八个分册。

这套丛书根据各类建筑垃圾及工业固废再生制品的不同,详细介绍了如何利用建筑垃圾及工业固废生产各种再生制品技术,以最大限度地消除、减少和控制建筑

垃圾及工业固废造成的环境污染为目的。全国多名专家学者和企业家在收集并参考大量国内外资料的基础上，结合自己的研究成果和实际操作经验，编写了这套具有内容广泛、结构严谨、实用性强、新颖易读等特点的丛书，具有较高的学术水平和环保科普价值，是一套贴近实际、层次清晰、可操作性强的知识性读物，适合从事建筑垃圾及工业固废行业管理、处置施工、技术研发、培训教学等人员阅读参考。相信该丛书的出版对我国建筑垃圾及工业固废资源化利用、环境教育、污染防治、无害化处置等工作会起到一定的促进作用。

中华环保联合会副主席
生态环境部原总工程师

杨朝飞
2019年5月

前 言

自 20 世纪 90 年代以来,世界上许多国家特别是发达国家,已经把建筑垃圾及工业固体废弃物的减量化和资源化处理作为环境保护和可持续发展战略目标之一。我国建筑垃圾及工业固废数量庞大、种类繁多、成分复杂,处理困难较大,要处理、处置好建筑垃圾及工业固废,实现高质量的综合利用是关键。面对各类建筑垃圾及工业固废,我国已开发了大量无害化、资源化处置的技术方案,但从绿色可持续发展的目标要求来看,这些处置方案仍需进一步创新和优化。因此,要大力提倡创新和优化建筑垃圾及工业固废综合利用的工艺技术路线,以最少的能源资源消耗和污染物排放,获得具有高性能、高性价比的再生产品。

我国早期建筑垃圾处理方式主要是堆放与填埋,实际资源化利用率较低。现阶段的建筑垃圾资源化利用,比较成熟的手段是将其破碎筛分后形成再生粗细骨料之后再使用,制备建筑垃圾再生制品,而工业固体废弃物由于内部具有大量的硅铝质成分,经碱激发之后可以作为绿色胶凝材料辅助水泥使用,用以制备再生制品。

基于此,本书特组织了多位有丰富经验的建筑垃圾和工业固废资源化利用的科研工作者和企业管理者,将积累多年的宝贵经验与建筑垃圾行业的发展变化相结合,编写了《建筑垃圾及工业固废再生砖》一书。本书主要介绍了利用建筑垃圾和工业固体废弃物来制备再生砖,包括制砖所用原材料、设备、配比、工艺及工程应用实例与案例分析等。

在本书的编写过程中,福建卓越鸿昌环保智能装备股份有限公司、西安银马实业发展有限公司提供了制备再生砖的设备参数、图片、各类再生砖的图片、全自动制砖生产线流程等;郑州鼎盛工程技术有限公司提供了破碎分选设备的参数、图片等。在此,特向以上对本书提供技术支持的企业表示衷心的感谢!

希望本书能对已经从事或即将涉足建筑垃圾及工业固废资源化利用的企业和从业人员有所帮助和借鉴。由于编者水平有限,本书中难免存在不妥之处,希望行业同人批评指正。

编者
2019 年 5 月

目 录

1 建筑垃圾及工业固废再生砖概述	1
1.1 中国制砖行业发展历史沿革	1
1.2 中国制砖行业当代环保形势分析	3
1.3 建筑垃圾及工业固废再生砖研究背景	4
1.3.1 建筑垃圾及工业固废的组成	4
1.3.2 建筑垃圾及工业固废的影响	5
1.3.3 建筑垃圾及工业固废的资源化利用及实现路径	6
1.4 建筑垃圾及工业固废再生砖定义与种类	8
1.4.1 定义	8
1.4.2 种类	8
2 建筑垃圾及工业固废再生砖原材料及性能指标	10
2.1 胶凝材料	10
2.1.1 胶凝材料的作用	10
2.1.2 胶凝材料的分类与性能指标	10
2.2 骨料	14
2.2.1 建筑垃圾再生骨料	14
2.2.2 再生骨料与天然骨料的比较	16
2.3 外加剂	18
2.3.1 激发剂	18
2.3.2 减水剂	20
2.3.3 早强剂	22
3 建筑垃圾及工业固废再生砖设备介绍	24
3.1 建筑垃圾破碎设备	24
3.1.1 设备的分类	24

3.1.2	设备的特点及工作原理	27
3.1.3	建筑垃圾破碎生产线系统	37
3.2	建筑垃圾分选处理工艺及设备	40
3.2.1	分选工艺介绍	40
3.2.2	分选设备介绍	42
3.3	建筑垃圾及工业固废制砖设备	47
3.3.1	主要制砖设备介绍	47
3.3.2	全自动制砖生产线系统介绍	56
3.3.3	国内外主要制砖设备企业介绍	61
4	建筑垃圾及工业固废再生砖配合比及试验研究	73
4.1	建筑垃圾及工业固废再生砖的配比设计	73
4.1.1	配合比应注意的问题	73
4.1.2	影响配合比设计的关键技术因素	73
4.2	利用建筑垃圾制备再生砖试验汇编	75
4.2.1	利用再生骨料制备固废再生砖的试验研究	75
4.2.2	利用再生骨料制备透水砖的试验研究	79
4.2.3	利用废砖粉制备再生砖的试验研究	83
4.3	利用工业固废制备再生砖试验汇编	88
4.3.1	利用硅灰和铁尾矿粉复掺制备水泥基透水砖	88
4.3.2	利用矿渣微粉制备再生砖的试验研究	91
5	建筑垃圾及工业固废再生砖生产工艺流程	97
5.1	建筑垃圾资源化利用工艺	97
5.1.1	工艺布置	97
5.1.2	建筑垃圾破碎	99
5.1.3	破碎后物料筛分	99
5.1.4	钢筋处置	99
5.1.5	骨料洁净处理	99
5.1.6	环保方面设计	100
5.1.7	信息化、智能化设计	101
5.2	建筑垃圾及工业固废制砖工艺流程	101
5.2.1	原材料的选择与控制	101
5.2.2	工艺路线描述	102
5.2.3	一种新型成型工艺——湿法成型工艺	104

5.3	养护工艺	108
5.3.1	养护的作用	108
5.3.2	养护方法的类型及比较	108
5.3.3	蒸压养护	109
5.3.4	蒸养养护	110
5.3.5	自然养护	111
6	工程应用实例及效益分析	113
6.1	生态护坡砖	113
6.1.1	普通护坡砖	113
6.1.2	混凝土护坡砌块	114
6.1.3	生态护坡砖施工工艺介绍	117
6.2	干垒挡墙砖	118
6.2.1	自锚式挡土墙	118
6.2.2	干垒挡墙砖	118
6.2.3	景观挡墙花盆砌块	119
6.3	透水砖	120
6.3.1	透水砖分类及介绍	120
6.3.2	生产工艺方案	121
6.3.3	透水砖的铺装	126
6.3.4	一种新型透水砖——气候砖	127
6.4	标准砖与砌块	127
6.4.1	建筑垃圾及工业固废制备标准砖	127
6.4.2	建筑垃圾及工业固废制备混凝土砌块	128
6.5	路沿石	130
6.5.1	定义及分类	130
6.5.2	路沿石的制作	131
6.5.3	路沿石的安装	132
6.6	效益分析	133
6.6.1	经济效益分析	133
6.6.2	社会效益和环境效益分析	134
7	文献导读及专利介绍	136
	参考文献	141

1 建筑垃圾及工业固废再生砖概述

1.1 中国制砖行业发展历史沿革

中国是世界上最早生产烧结砖的国家之一。早在七千多年前的新石器时代就开始在建筑上使用“红烧土块”；五千多年前现代形体概念上的烧结砖就已经出现；四千多年前出现了用“还原法”烧制的青砖；四千多年前就有了制作精美的烧结板瓦与筒瓦；三千多年前“轮制法”普遍用于瓦的生产。从此，烧结砖瓦以其具有遮风挡雨、保温隔热、耐久抗风化、抗腐蚀、隔声、阻燃、装饰等多种功能，以及舒适、健康、环保的优异性能与人类生活结下了不解之缘。它历经古代的盛世辉煌、近现代的衰落和现代的复兴与崛起，伴随着华夏民族绵延数千年，其本体上的文化附着成为世界文化宝库中的璀璨明珠。论古而知今，几经沉浮，在科学发展观引导下，有国家各项产业政策的指导和支持，相信经过我国砖瓦行业广大同仁的不懈努力，中国砖瓦行业将迎来新的发展机遇。历经转型发展的中国砖瓦，产业结构和产品结构将不断趋向优化和提升，中国传统的砖瓦文明在新的历史时期将转型发展，以崭新的风貌继续得以传承和发扬。

(1) 古代的盛世辉煌

远在三千多年前我国就有了世界上最早的大型空心砖；春秋晚期或战国初期（距今2400—2550年）便出现了画像砖；秦、汉帝国是中国封建社会的强盛时期之一，秦朝的制砖水准达到了史上鼎盛；制砖的原料选择和工艺非常严格，规定要由专门的官窑烧制，有专门的“司空”机构监管，因此，秦朝制砖的质量达到了前所未有的高度，可谓“敲之有声，断之无孔”，被誉为“铅砖”；在约三千年前的西周出现了瓦当，即在筒瓦顶端下垂部分由素面到纹饰，增添了瓦和建筑物的美感；北魏平城（距今1600—1700年）就出现了琉璃瓦和表面被打磨的漆黑发亮的烧结砖瓦产品。隋唐时期出现了闻名后世的青棍砖、青棍瓦，也许从那时起，中国就有了皇宫铺地专用的最早的“金砖”；一千多年前的五代时期出现了窑后砖雕作品；宋（金）、元、明、清时期的烧结砖瓦装饰艺术开始从皇家宫廷走出惠泽民间，被大量使用于民间建筑，尤其是明清时期的屋顶装饰构件、砖雕和皇宫铺地用的金砖制作更加精美，标志着我国砖瓦制作工艺达到了高度成熟，极大地丰富了中华民族古建筑文化^[1]。

(2) 近、现代的衰落与欧美砖瓦的快速发展

清朝中晚期，由于统治者闭关锁国、腐朽没落，中华民族备受列强欺凌，中国沦

为半封建、半殖民地社会。其间曾有有识之士引入了西欧的机制砖瓦技术，但终因受外敌入侵和接连不断的内战，使我国的砖瓦制作工艺陷入了低谷，许多砖瓦制作新技术也沉溺沧海，从此我国砖瓦工业走入了衰落。二次世界大战后的欧洲各国为应对能源紧缺与环境恶化，在不断提高的建筑能耗标准的推动下，砖瓦装备技术、生产工艺不断优化和提升，烧结砖瓦的品种、性能、功能大幅度提高，市场应用比率不断增长，企业生产规模迅速扩大，使得欧美的砖瓦工艺迅速领先世界，达到了前所未有的高度，而我国砖瓦工业的发展与其差距越拉越大。目前，欧洲砖瓦工业在生产上采用矿物学方法分析、研究烧结砖瓦原材料特性及通过对产品性能的影响指导生产，用现代流变学的方法研究生产过程并指导设备的设计，用断裂力学方法研究分析产品的性能，用现代自动化智能控制方法装备烧结砖瓦生产线，用现代生态学理论及方法指导产品开发，计算机应用技术和机器人已普遍应用于烧结砖瓦生产线^[2]。

(3) 当代的复兴与崛起

中华人民共和国成立后，我国城乡建设百废待兴。在国家“自力更生，艰苦奋斗”的方针指引下，国砖瓦工业的基本构架已初步形成。一是经过国民经济两个“五年计划”，全国各地相继建设起一大批具有千万块标砖产能的国营机砖厂；二是在砖瓦机械制造方面取得进展，1965年我国加工制造出了第一台真空挤出机，并于1967年正式投入使用；三是轮窑烧成体系从小窑型向大窑型转变，通过引进苏联的隧道式人工干燥室后，自然干燥向人工干燥技术转变；四是我国第一座烧结砖隧道窑于1958年建成。这些成就标志着我国砖瓦工业体系在复兴中逐渐形成。改革开放以后，中国经济建设逐步进入高速发展期，国际上一些知名砖瓦机械和窑炉装备企业纷纷进驻中国。尤其是20世纪80年代初到90年代，我国先后从意大利、西班牙、德国、波兰、法国、美国、荷兰等国家引进了数十条先进的烧结砖生产线，通过对设备技术的引进、消化、吸收和再创新，积累了较为丰富的经验，促进了我国砖瓦行业的技术水平的快速提升。我国砖瓦机械生产企业研制了变径变螺距、大型号（如 $\Phi 750/650$ 型、 $\Phi 700/600$ 型）挤出机、紧凑型挤出机、半硬塑挤出机等；自动化码坯机、自动化上下架系统设备、窑车运转系统设备、自动切坯运转设备；挤出搅拌机、高速细碎对辊机、轮碾机、陈化库侧向及横向液压挖掘机、屋面瓦整型机等^[3]。初步形成了原料制备，软塑、半硬塑成型，码坯系统和窑炉系统的配套砖瓦机械设备制造体系。

国家产业政策推动了砖瓦行业向节能利废和墙材革新的方向发展，出台了《国务院办公厅关于进一步推进墙体材料革新和推广节能建筑的通知》（国发[2005]33号）相关政策与措施。我国砖瓦企业积极响应国家号召，利用建筑垃圾和工业废渣生产新型墙材产品，并且不断加大废渣用量，在发展节能、节地、利废、保温、隔热等新型墙材方面取得了显著的技术进步。

目前，砖瓦行业制砖用原料已从原来单一的黏土向资源综合利用方向发展，有废混凝土粉、废砖粉等建筑垃圾以及页岩、江河湖淤泥、煤矸石、粉煤灰、各种工业废

弃物等。产品的品种已从单一的黏土实心砖发展成多品种和多规格的烧结多孔砖、空心砖、多孔砌块、空心砌块、装饰砖、路面砖、装饰挂板等。非烧结类的蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、加气混凝土、混凝土砌块、建筑垃圾再生砖、工业固废免烧砖等。

1.2 中国制砖行业当代环保形势分析

2018年5月18—19日全国生态环境保护大会在京召开,显示了中央对生态环境保护问题的重视程度之高,可以用“规格之高前所未有”“强烈的信号”“正式开战”来形容;6月16日国务院发布了《中共中央国务院关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》(国发[2018]22号)文件,指出:“决胜全面建成小康社会,全面加强生态环境保护,打好污染防治攻坚战,提升生态文明,建设美丽中国。”因此,今后我国环保形势更加紧迫^[4]。

然而砖瓦行业整体大而不强,特别是由于历史欠账较多,加上部分砖瓦企业主体责任意识不强,环境管理能力欠缺,砖瓦行业环境问题较多,砖瓦行业大气污染治理和节能减排工作及任务十分艰巨,且日益成为建材工业稳增长、调结构、增效益的短板。

自2014年1月《砖瓦工业大气污染物排放标准》(GB 29620—2013)实施以来,砖瓦生产的环保问题开始得到整个行业前所未有的重视,标准实施之前行业上脱硫设施的企业不足20家,到现在有3000多家企业安装了脱硫除尘设施,难以达标排放的小轮窑企业在标准实施后的3年多时间里已经淘汰了1万多家,整个砖瓦行业对环保问题从认识到行动都发生了巨大的变化。

据《中国环境报》2018年1月17日发布的生态环境部通报,2017年7月以来,生态环境部在全国范围内组织开展了砖瓦行业环保专项执法检查,专项检查中近六成企业存在环境问题。据统计,全国共排查砖瓦企业32103家,发现18095家存在环境问题,占检查企业的56%。地方环保部门对3354家企业进行了罚款,责令限期改正7189家、停产整治4870家、报请政府关停8743家。通过专项执法检查,严厉打击了一批砖瓦行业环境违法企业,促进了行业整体守法水平提升。

从督查情况来看,除个别地区外,各地高度重视并督促砖瓦行业企业按要求进行整治。但由于历史欠账较多,加之部分砖瓦企业主体责任意识不强,环境管理能力欠缺,砖瓦行业环境问题较多。

因此,我国砖瓦行业必须依据中国建材联合会“超越引领、创新提升”战略,因势利导推动中国砖瓦行业大气污染治理和节能减排各项工作的开展。

今后,我国砖瓦行业将会以上述工作为契机,结合我国砖瓦协会首个团体标准《烧结砖瓦工业协会治理设施工程技术规范》(T/GBTA 0001—2018)的宣贯实施,按照《推进砖瓦行业供给侧结构性改革打赢四个“攻坚战”的指导意见》《关于加快烧结

砖瓦行业转型发展的若干意见》两个文件精神，推进大气污染治理和节能减排工作的落实，到 2020 年底，实现在现有基础上淘汰落后生产工艺 50%以上；全行业实现大气污染物治理、节能减排在生产各个环节全部达标的三年目标。

未来几年，砖瓦行业面临环保和转型升级双重压力，任务艰巨，挑战严峻，必须砥砺前行、攻坚克难，确保目标任务的落实完成，我国砖瓦行业将在国家产业政策的指导下，全力引领行业攻行业瓶颈，补环境治理，以节能减排和科技创新为手段，打造绿色生态，实现“墙材+文化+建筑”跨界发展，形成极具竞争力、生命力的基础材料+节能建筑+绿色建筑+生态建筑的良好布局，引领中国砖瓦行业全面步入创新发展、低碳节能、绿色制造、环保生态的新时代，为实现中华民族伟大复兴，实现“两个一百年”的宏伟奋斗目标而努力奋斗。

1.3 建筑垃圾及工业固废再生砖研究背景

1.3.1 建筑垃圾及工业固废的组成

通常按照固体废弃物的来源分为城市生活固体废弃物、工业固体废弃物和农业废弃物。本文主要利用城市生活固体废弃物中的建筑垃圾以及工业固体废弃物制备再生砖。

(1) 建筑垃圾概念和组成

人们在从事诸如新建、改扩建和拆除各类建筑物、构筑物、市政工程等建筑活动，以及居民在装饰装修房屋的过程中所产生的弃土、废旧混凝土、废砖瓦、废砂浆和少量的旧钢材、废木材、玻璃、塑料、各种包装材料等被统称为建筑垃圾^[5]。建筑垃圾的组成及其所占比率在不同建筑的结构型式中也不尽相同。张为堂^[6]等人的研究结果显示，我国建筑垃圾的典型组成构成见表 1-1。

表 1-1 建筑垃圾的组成

组成	比率（%）		
	砖混结构	框架结构	剪力墙结构
碎砖	30~50	15~30	10~20
砂浆	8~15	10~20	10~20
混凝土	8~15	15~30	15~30
包装材料	5~15	5~20	10~20
屋面材料	2~5	2~5	2~5
钢材	1~5	2~10	2~10
木材	1~5	1~5	1~5
其他	10~20	10~20	10~20

(2) 建筑垃圾的数量

近年来，我国经济发展进入高速期，随之而来的是空前规模的现代化建设，无疑使建筑行业呈现一派繁荣景象。根据住房城乡建设部近期的调研显示，调研的 34 个试点城市 2017 年建筑垃圾产生量为 11.4 亿吨，推算全国建筑垃圾产生量为 35 亿吨以上。2017 年全国地下综合管廊建设产生约 1.9 亿吨建筑垃圾；2016—2018 年期间，地铁建设产生约 4.2 亿吨建筑垃圾。建筑垃圾已占城市垃圾的 70% 以上，解决出路迫在眉睫^[7]。

(3) 工业固体废弃物

工业固体废弃物是在工业生产过程中排出的采矿废石、选矿尾矿、燃料废渣、冶炼及化工过程废渣等固体废物。主要工业固体废弃物的来源和分类见表 1-2。

表 1-2 主要工业固体废弃物来源和分类

来源	产生过程	分 类
矿业	矿石开采和加工	废石、尾矿
冶金	金属冶炼和加工	高炉渣、钢渣、铁合金渣、赤泥、铜渣、铅锌渣、汞渣等
能源	煤炭开采和使用	煤矸石、粉煤灰、炉渣等
石化	石油开采和加工	油泥、焦油页岩渣、废催化剂、硫酸渣、酸渣碱渣、盐泥等
轻工	食品、造纸等加工	废果壳、废烟草、动物残骸、污泥、废纸、废织物等
其他		金属碎屑、电镀污泥、建筑废料等

近年来，我国工业固体废弃物产量日趋增长，综合利用是工业固废的主要处理方式。2000—2014 年工业固体废弃物总产生量 2889731 万吨，综合利用 1772138 万吨。以 2013 年为例，261 个大、中城市一般工业固体废物产生量达 238306.23 万吨，其中，综合利用量 146535.66 万吨，处置量 70815.70 万吨，贮存量 19744.98 万吨，倾倒丢弃量 57.85 万吨。一般工业固体废物综合利用量占利用处置总量的 61.79%，处置、贮存和倾倒丢弃分别占比 29.86%、8.33% 和 0.02%，综合利用仍然是处理一般工业固体废物的主要途径。

1.3.2 建筑垃圾及工业固废的影响

全国各地建筑垃圾和工业固废不仅产生的数量巨大，而且储存未处理的数量也高达 6 亿多吨。但是绝大多数地方都是将这些建筑废物运到郊外或乡村，露天堆放或填埋，却经过任何处理。这样不仅大量宝贵且有限的土地资源被侵占，而且我国人多地少的矛盾还被进一步加剧，同时大量的建设经费如土地征收费、废物清运费被耗费。而那些巨量的仍可以被资源化利用的建筑废物被堆放与填埋本身就是浪费资源。

建筑垃圾和工业固废主要是通过不封闭的运输车来运输的，这样在清运过程中就会发生废物遗撒、粉尘和灰砂飞扬等问题，对城市形象和环境卫生造成非常不好