

邹惟前 邹 菁 编著

利用固体废物生产新型建筑材料

—— 配方、生产技术、应用



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

利用固体废物生产 新型建筑材料

——配方、生产技术、应用

邹惟前 邹菁 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

利用固体废物生产新型建筑材料——配方、生产技术、应用/邹惟前, 邹菁编著. —北京: 化学工业出版社, 2004. 8
ISBN 7-5025-5632-X

I. 利… II. ①邹…②邹… III. 固体废物-应用-建筑材料-生产 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 061032 号

利用固体废物生产新型建筑材料

——配方、生产技术、应用

邹惟前 邹菁 编著

责任编辑: 王苏平

加工编辑: 赵媛媛

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘峰

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 19¼ 字数 523 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5632-X/TQ·2012

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

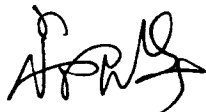
材料是国民经济发展的基础和先导。然而传统材料在应用中一直遵循着生产（开采）—使用—废弃的过程，也就是要将大量的材料资源提取出来，使自然资源日益减少或枯竭，又使大量废弃材料、污染物排放出来，恶化环境的过程。所以说材料的开发、应用与环境和人类的生存休戚相关。建筑材料是材料领域的重要组成部分，随着国家经济的高速发展，人们生活水平不断提高，要求建筑材料轻质、高强、多功能、一体化、节能环保等，显然严重浪费能源和消耗资源而且污染环境的传统建材无法满足这些要求，引起各行专家特别是研究材料的专家们的高度关注，提出了一系列将固体废物转化为再生资源，再转化为新型建材的措施，又利用新型建材建造了许多节能房和太阳能房。本书就是其中部分成就的归纳与拓宽。

全书共分八章，主要论述了三个问题：一、如何将各类废物资源化，减少对自然资源的开采，降低对自然资源的破坏，以维持自然界生态平衡；二、提出了一些固体废物为再生资源，制定出生产新型建材的配方、工艺路线和生产方法；三、论证了由固体废物制作的新型建材就是 21 世纪大力推广的节能房和太阳能房围护结构的首选材料。上述三方面内容紧密相连，正好是当今世界各国政府普遍关注、大力研究和推广的问题，也符合我国政府“21 世纪议程”的基本国策。

本书作者早年毕业于北京航空学院（现北京航空航天大学），长期在西北工业大学任教，20 世纪 70 年代调到山东建材学院（济南大学前身），20 多年来一直从事利用各类固体废物制作新型建材的研究和生产，发表过数十篇论文，获得过多项国家发明专利并出版了有关专著，在建设部和山东省有关部门支持下，利用固体废物

制作的新型建筑材料，建造了一幢二层楼的试验房（样板房），位于济南大学校内已15个年头，虽经风霜雨雪和酷暑的考验，至今完好，性能稳定，事实证明该材料大有前途。作者退休后将过去所做的工作和收集的资料，进行了系统的归纳、订正和拓宽，并编著成书，该书内容丰富、文字深入浅出、通俗易懂、工艺简单、数据可靠，是一本很有实用价值的参考书，相信它的出版对我国固体废物资源化并用来生产新型建筑材料、建造节能房和太阳能房会有一定的促进作用，特推荐给读者。

中国科学院院士
山东大学材料科学与工程学院院长、教授
材料研究学会副理事长
济南大学名誉校长



2004年1月

前 言

据世界权威经济部门推测，21 世纪中叶，我国将成为以新技术革命为标志的世界三大经济强国之一，在此期间，构成新技术革命三大支柱的材料科学、生命科学和信息科学，将获得空前发展。其中材料科学是多数创造发明的先导和工程建设的基础。建筑材料又是材料领域的大户，不仅能量消耗大，自然资源消耗也很多。随着经济的高速发展，自然资源的消耗量会急剧增加，伴随着固体废物也会急剧增加。以建筑三大用材中的木材为例，一棵成材树要生长十数年或数十年，然而除去枝丫、根、皮、树芯、斧（锯）屑和边角料，能用于建筑的只有 $1/3$ ， $2/3$ 成了固体废物。又以建筑结构钢材为例，每生产 1t 钢材，将产生废矿石、尾砂、各种冶炼渣等固体废物十数吨，同样利用其他品种的自然资源产生的固体废物数量也大致如此。这些固体废物，日积月累，占据山地和良田，恶化（毒化）自然环境，严重危害生物繁衍后代和人们的身体健康。因此引起各国政府及环保专家们的高度关注。他们不停地在研究处理（处置）和开发固体废物技术，使其成为再生资源，用来生产产品，以减少自然资源的消耗，同时也改善了自然环境。可喜的是有些成果已获得广泛应用。例如钢渣，本为炼钢过程中产生的固体废物，经处理后加入到硅酸盐熟料中，共同粉磨，制得的矿渣水泥，性能优越，是我国水泥的一个重要品种，现在钢渣已变废为宝，供不应求。同样的例子还有很多。但大多数固体废物虽经处理，仍然没有应用。究其原因，有的是成本太高，虽有社会效益和环境效益而无经济效益，但大多数是工艺不对，配方有错，造成“一堆废料经过加工变成另一堆废料”。

在对诸多由固体废物制成的再生资源的组成和物化性能分析比较后发现，它们和建筑材料的原料基本相同或相似，利用它们来生

产新型建筑材料（简称建材），不仅能满足用量大、价格便宜的基本要求，而且还能大量节省自然资源。建材虽然体积大，加工粗糙，但整体的质量要求却很高。一幢房屋通常要求“百年大计，质量第一”，是指在使用期间（一百年或数百年），建筑要反复经受严寒（ $-30\sim-40^{\circ}\text{C}$ ）和酷暑（ $50\sim60^{\circ}\text{C}$ ）条件下，材料收缩和膨胀，老化和疲劳的考验。反复经受风、霜、雨、雪、急冻和曝晒等恶劣气候侵蚀下，材料表层不脱皮、不产生裂纹、强度和刚度降低值在规范规定的范围内，房屋局部和整体不损坏。这些苛刻要求决定了要推广应用一种新的建筑材料，必须经历较长时间才能有结论。然而传统建材（秦砖、汉瓦等）已经过千年以上的考验，不仅能很好地满足上述要求，而且价格便宜，工艺成熟，虽然消耗自然资源多，自重大，保温隔热性能差，但设计和应用中没有风险，所以仍然受到有经验的工程师们欢迎。然而年轻的工程技术人员、管理干部、在校学生的看法则不同，他们有开拓精神、敢于创新、想做一番事业，他们有时间试验，但苦于利用再生资源生产新型建材的文献、资料太少，有的还不成熟（甚至是错的），应用中失败的也大有人在。他们急需一些经过验证的配方和工艺以满足他们大胆创新的需要。也想将某些固体废物成功应用得像钢渣那样受社会欢迎。有鉴于此，作者在许多同行和好友的鞭策和鼓励下，愿将自己20多年来从事固体废物生产新型建材的研究成果贡献给读者。

作者原学飞机设计，长期在西北工业大学工作。机身也像房屋，其理论基础、力学和复合材料等方面的性能指标基本相同或相似，对材料的要求都很高，只是飞机的寿命较短，所用材料系金属合金（早期也有木材），价格高。所以我投入建材教学和研究的起点较高，经过千百次成功和失败，对上百种固体废物进行了试验，并以技术转让的方式在国内建成近十家生产厂。在此期间，还曾受邀请到非洲布隆迪、扎伊尔等国和中国台湾地区进行过考察和交流。最近几年，又多次去美国和加拿大等国参观访问，搜集了一些资料，并就由固体废物制作的建材在低层板式房屋上的应用进行了交流。同时又对国内教科书和文献上的工艺、配方进行去粗取精地

编入本书。本书适于从事环保、建筑、建材等专业的学生、教师和管理人员参考使用。

书中所介绍的工艺和配方，50%以上是我们的专利、专著和论文上的内容，有约30%系国内外教科书和文献上介绍的工艺与配方，在可能的条件下我都对配方进行了检验、校正和补充。其余是处理（处置）固体废物的通用设备、环保知识等。内容全面，生产工艺先进，配方正确可靠，能用于生产。由于内容较多，虽得到有关专家帮助，但作者毕竟“半路出家”，基础并不深厚，错误之处，恳请读者批评指正。

邹惟前

于济南大学

2004年2月

目 录

第一章 概论	1
第一节 资源与环境	1
一、资源	1
二、自然资源的分类	2
三、自然资源的再循环利用	3
四、开发和利用资源必须和环境保护同步	5
第二节 地球资源正处于耗尽的边缘	8
一、安南先生的警告	8
二、威胁人类生存的十大环境问题	9
三、资源持续利用是节约资源、保护环境的重大措施	11
第三节 传统建筑材料的生产和应用与生态环境的破坏	13
一、传统建筑材料所包含的内容	13
二、黏土砖瓦的生产工艺	14
三、传统建材的生产与应用加重了生态环境的破坏	16
第四节 利用固体废物生产新型建筑材料的优势	17
一、现代建筑对建筑材料的要求	17
二、新型建筑材料的分类	18
三、利用固体废物已经生产出多种新型建筑材料	20
四、利用固体废物生产新型建筑材料的优点	23
五、利用固体废物生产新型建筑材料应注意的问题	25
第二章 固体废物的处理和处置	28
第一节 固体废物的定义和分类	28
一、固体废物的定义	28
二、固体废物的分类	28
三、固体废物的排放种类和数量	30
第二节 固体废物的产生源	31

一、早期固体废物	31
二、现代固体废物	31
第三节 固体废物的处理和再利用	35
一、固体废物再利用的优点	35
二、固体废物的处理和再利用	36
三、固体废物的处理过程和技术	38
四、固体废物的再利用途径	41
第四节 固体废物的最终处置	44
一、需处理的固体废物来源和处置目的	44
二、固体废物处置方法分类	45
三、固体废物的处置方法	46
第三章 利用城市固体废物（垃圾）制作新型建筑材料的工艺技术	63
第一节 城市固体废物（垃圾）的组成和化学成分	63
一、城市垃圾的处理	63
二、城市垃圾的组成	64
三、城市垃圾的化学成分	65
第二节 城市垃圾的处理工艺	66
一、城市垃圾的预处理工艺	67
二、城市垃圾的脱水干燥处理技术	89
三、城市垃圾的焚烧处理技术	95
四、城市垃圾的处置	104
第三节 回收城市垃圾中原材料的工艺技术	107
一、回收废弃黑色金属材料	107
二、回收废纸、废纸制品	109
三、回收废塑料制品	110
四、回收废木质制品和木屑	111
五、回收废弃铝及铝合金	112
六、回收废弃玻璃	113
七、回收其他材料	114
八、城市垃圾中几种主要组分的回收率	114
第四节 利用城市垃圾制作新型建材的工艺技术	115
一、利用城市垃圾制作空心砖	116

二、利用城市垃圾制作陶粒(陶砂)	120
三、利用垃圾陶粒制作轻质混凝土砌块	126
四、利用垃圾陶粒制作 G·R·C 墙板	131
五、利用垃圾陶粒增强轻质楼板和地面材料	133
第四章 利用工业固体废物制作新型建筑材料的工艺技术	136
第一节 利用电力工业废渣制作新型建材的工艺技术	136
一、粉煤灰的产生及其物化性质	137
二、回收粉煤灰中的原料和化合物	139
三、烧结粉煤灰陶粒(陶砂)的工艺	148
四、利用粉煤灰制作新型建筑材料	153
第二节 利用木、竹工业废物制作新型建筑材料的工艺技术	175
一、木、竹材的基本性能	176
二、利用木材的废物制作新型建筑材料	177
三、利用竹材工业废物制作新型建筑材料	208
第三节 利用棉麻纺织工业废物制作新型建筑材料的工艺技术	215
一、利用棉纺织工业废物制作新型建筑材料	216
二、利用麻纺织工业废物制作新型建筑材料	219
第四节 利用造纸工业废物制作新型建筑材料的工艺技术	225
一、利用造纸工业废物制作树脂纤维板	226
二、利用造纸工业废物制作树脂层压板	228
三、利用造纸工业废物制作水泥复合板	231
第五节 利用玻璃工业废物制作新型建筑材料的工艺技术	233
一、废弃玻璃的分类及特性	234
二、利用废弃玻璃制作轻骨料	236
三、利用废弃玻璃制作高碱玻璃纤维及其制品	241
四、利用废弃玻璃制作泡沫玻璃	252
五、利用废弃玻璃制作玻璃马赛克	254
六、利用废弃玻璃制作难燃复合板	256
七、利用废弃玻璃制作短切玻璃纤维增强石膏难燃板	258
第六节 利用陶瓷工业废物制作新型建筑材料的工艺技术	260
一、陶瓷、精细陶瓷、纳米陶瓷	260
二、传统陶瓷的分类及其特点	261

三、利用陶瓷工业废物制作新型建筑材料	262
第七节 利用工业废渣制作新型建筑材料的工艺技术	268
一、工业废渣的来源与分类	269
二、利用黑色冶金工业废渣制作新型建筑材料	269
三、利用有色冶金工业废渣制作新型建筑材料	291
四、利用化学工业废渣制作新型建筑材料	298
第五章 利用矿业废物制作新型建筑材料的工艺技术	317
第一节 矿业固体废物的来源和分类	317
一、矿业固体废物的来源	317
二、矿业固体废物的分类	317
第二节 利用煤矸石制作新型建筑材料的工艺技术	319
一、煤矸石的来源、分类和特征	319
二、利用煤矸石烧制空心砖	321
三、利用煤矸石制作空心砌块	324
四、利用煤矸石烧制陶粒	326
五、利用煤矸石烧制微孔吸声砖	327
六、利用煤矸石生产煤矸石棉	329
七、其他	330
第三节 利用有色金属矿尾砂制作新型建筑材料的工艺技术	330
一、尾砂的分类及其化学成分	331
二、利用萤石尾砂制作玻璃马赛克	333
三、利用尾砂制作微晶玻璃	335
四、利用铜矿尾砂制作加气混凝土	337
五、利用磷矿尾砂烧制空心砖	339
六、利用金属矿尾砂烧制陶瓷	341
第四节 利用铁矿山废物制作新型建筑材料的工艺技术	342
一、利用铁矿尾砂石制作混凝土	342
二、利用铁矿尾砂石制作空心砌块	344
第六章 利用农业废物制作新型建筑材料的工艺技术	346
第一节 农业废物的分类和特性	346
一、农业废物的特点和分类	346

二、制作新型建筑材料的农业废物纤维形态和颗粒形状	348
三、部分农业废物的化学成分	349
第二节 利用农业茎秆废物制作新型建筑材料的工艺技术	351
一、利用棉秆废物纤维(碎料)增强树脂制作新型建筑材料	351
二、利用麦草增强水泥制作水泥复合板	355
三、利用甘蔗渣纤维增强石膏制作石膏复合板	360
四、利用玉米秆增强矿渣制作矿渣复合板	362
第三节 利用植物果壳制作新型建筑材料的工艺技术	364
一、利用稻壳增强树脂制作稻壳板	364
二、利用花生壳增强氯氧镁水泥制作花生壳板	367
第四节 利用韧皮纤维制作新型建筑材料的工艺技术	369
一、利用苕麻(屑)增强树脂制作薄装饰板	369
二、利用棉秆皮增强水泥制作模压件	372
第五节 利用叶纤维制作新型建筑材料的工艺技术	375
一、利用剑麻屑增强水泥制作水泥复合板	375
二、利用龙须草增强树脂制作复合板	377
第六节 利用农业种毛纤维废物制作防渗漏屋面板的 工艺技术	378
一、引言	378
二、利用废弃棉短绒增强改性沥青制作防水夹层板	380
三、利用改性沥青作芯层生产防水板	385
四、利用防水板生产屋面防渗漏板	387
五、农业种毛纤维废物制作防渗漏屋面板的应用	387
第七章 利用固体废物制作建筑材料胶黏剂的工艺技术	390
第一节 利用黑色冶金工业与矿业固体废物制作黏合材料的 工艺技术	390
一、利用粉煤灰生产水泥	390
二、利用高炉渣生产水泥	397
三、利用钢渣生产水泥	402
四、利用煤矸石生产水泥	404
五、利用页岩及页岩渣生产水泥	408
第二节 利用有色金属固体废物制作黏合材料的工艺技术	410

一、利用赤泥生产水泥	410
二、利用铜渣生产水泥	416
第三节 利用化学工业的固体废物制作胶黏剂的工艺技术	419
一、利用废弃石膏生产胶黏剂	420
二、利用碱渣生产黏合材料	426
三、利用硫铁矿渣生产水泥	430
四、利用电石渣生产黏合材料	431
第四节 利用废弃塑料和制品制作新型建筑材料的工艺技术	434
一、塑料工业在国民经济中的地位和作用	434
二、废弃塑料的来源和类型	435
三、利用废弃塑料制作再生产品	438
四、利用废弃塑料制作再生产品的工艺方法	455
第五节 利用废弃橡胶制作再生胶黏剂和新型建筑材料的工艺技术	463
一、废弃橡胶的来源、分类及利用途径	463
二、利用再生胶生产新型建筑材料	466
三、利用再生胶粉生产新型建筑材料	476
第六节 利用废弃沥青制作新型建筑材料的工艺技术	482
一、沥青的分类和特性	482
二、废弃沥青的来源及预处理	489
三、利用废弃石油沥青生产新型建筑材料	491
第七节 利用动物的废弃皮骨制作胶黏剂的工艺技术	514
一、动物废弃皮骨胶黏剂的品种和来源	514
二、动物废弃皮骨胶黏剂的制备、特性及应用	515
三、废弃鱼皮、甲壳胶黏剂的制备、特性及应用	519
第八章 利用固体废物制作的新型建筑材料建造太阳能房的工艺技术	522
第一节 太阳能房是 21 世纪大力发展的建筑之一	522
一、再生能源在不停的开发和利用	522
二、建筑节能是我国人民的长期任务	523
三、建筑节能所涉及的领域	524
四、太阳能房是成功利用太阳能的最好建筑	536
第二节 太阳能房对建筑材料的要求	537
一、太阳能房是 21 世纪房屋开发的主要方向之一	537

二、太阳能房设计成功应达到的基本条件	538
三、太阳能房建筑绝热壳体的组成及其特性	539
四、太阳能房绝热壳体对材料、结构和功能等方面的要求	542
第三节 利用固体废物制作的新型建筑材料与传统建筑材料	
某些性能的对比	544
一、利用固体废物制作的新型建筑材料类型	544
二、几种由固体废物制作的新型建筑材料与传统建筑材料性能的对比	545
三、固体废物制作的墙体、屋顶和传统建筑材料制作的墙体、屋顶节能量对比	550
四、固体废物制作的新型建筑材料是太阳能房外围护结构的首选材料	555
第四节 太阳能房概况	557
一、太阳能房的分类	558
二、主动式太阳能房采暖系统	558
三、被动式太阳能房采暖系统	560
第五节 利用农业废物制作的外围护结构建造节能房和太阳能房	
实例	582
一、低层板式别墅型节能试验房	582
二、低层板式太阳能采暖房	588
附录	592
附录一 材料基本性质、常用名称及代号	592
附录二 各国正方筛孔筛网换算	594
附录三 标准筛常用网号和目数对照表	595
附录四 pH 值参考图表	596
附录五 建筑热工设计要求	596
附录六 建筑热工设计分区	597
附录七 各种硬度名称、符号、说明	598
参考文献	599

第一章

概 论

第一节 资源与环境

一、资源

(一) 资源

资源通常是针对人类的需求而言，具体是指在社会经济活动中，人力、物力、财力的总和，是社会经济发展的基本物质条件。在社会发展的一定阶段资源总是表现出下列的客观属性。

1. 稀缺性

资源总是处于被消耗状态，即使是可再生资源，当社会需求的速度超过资源再生速度，立即会表现出稀缺性特点，因此，人们的任务是如何将相对稀缺的资源进行合理配置，以便能使用最少的资源耗费，生产出最多、最适用的商品，并获得最佳效益。

2. 非均衡性

资源的数量和质量不可能均匀地分布在任何空间范围，它们可能相对集中在某一区域。在相对集中的区域，该资源的密度大、数量多，或者质量好，易于开发利用，而在另一些区域则相反，或者相对稀少，或者相对质量差，不适合开发利用。

3. 循环性

在自然界中各类资源之间相互联系，并按照各自所固有的规律

运动，保持一定平衡关系，例如：江河湖海中的水，经阳光蒸发，使其变成水蒸气，再经大气运动吹散到各地，凝结成雨、雪、冰雹等形式又回到地面的江河湖海，汇入大洋的自然循环特性。

4. 竞争性

竞争性来源于稀缺性，根据需要，人们可以在众多资源中选择最适宜的资源，或者在生产、生活各个领域共同需要某一资源，由此反映它的竞争特点。

(二) 自然资源

自然资源是资源中的一个重要组成部分，是人类生存的必要条件，是可以被人类利用的自然状态的物质，包括环境资源、动物资源、植物资源等，它又是维护生态平衡的前提，例如：土地、森林、草原、淡水和矿藏等的数量和质量都对人类经济活动有重大影响，人类为了生存就得生产，就得广泛地消耗自然资源。显然自然资源和自然环境分不开，并和生物世界密切相关。联合国环境规划署对自然资源的解释是“所谓自然资源是指在一定时间条件下，能够产生经济价值以提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总和”。一切自然资源都在特定的环境中生存和发展，受到有关自然规律的支配。

二、自然资源的分类

人们根据不同的立场和观点对自然资源进行分类。为了研究自然资源可持续利用问题，可按自然资源再生性质将其分类。

(一) 不会枯竭的资源

不会枯竭的资源包括稳定资源（如太阳能、风能、潮汐能和自然降雨等）和易受污染、易被误用的资源（如大气、水体和自然光等）。这类资源丰富、不受人类活动的影响，但如利用不合理，使其受污染（如被污染的大气和水源）将导致气候反常，同样会给人类带来灾难性后果。