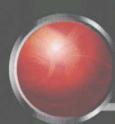


“十一五”国家重点图书



节能减排技术指南丛书

建材工业节能减排 技术指南

姚燕 主编

潘东晖 颜碧兰 赵平 副主编



化学工业出版社

“十一五”国家重点图书

节能减排技术指南丛书

建材工业节能减排 技术指南

姚燕 主编

潘东晖 颜碧兰 赵平 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

建材工业是我国国民经济重要的基础原材料工业，不仅为建筑业及其他相关产业的发展提供支撑和保证，也为解决和改善城乡居住条件、提高人民生活水平提供物质保障。本书针对建材工业中的水泥工业、混凝土及其制品工业、平板玻璃工业、建筑卫生陶瓷工业、砖瓦工业、非金属矿及其制品工业、无机非金属新材料工业，分析了当前各产业能源消耗情况、污染排放情况和存在的问题，以及污染治理状况，提出了实现节能减排的目标、具体途径和技术措施。全书最后还介绍了建材工业节能减排综合评价方法。

本书内容全面系统，侧重实际，数据、图表丰富，对整个建材工业乃至国家的节能减排工作有很大的指导价值。本书可供建材行业的从业人员和政府管理人员阅读使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

建材工业节能减排技术指南/姚燕主编. —北京: 化学工业出版社, 2010.6
(节能减排技术指南丛书)
ISBN 978-7-122-08143-8

I. 建… II. 姚… III. 建筑材料工业-节能-指南
IV. TU5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 068050 号

责任编辑: 徐 娟
责任校对: 边 涛

装帧设计: 刘丽华

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 33¼ 字数 909 千字 2010 年 8 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: 138.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

总策划：黄书谋

策 划（按姓氏笔画排序）：史哲民 吕祖良 杜惠丽 吴兆正
沈荣熹 张平安 龚方田 崔越昭

主 编：姚 燕

副主编：潘东晖 颜碧兰 赵 平

参 编 人 员

（按姓氏笔画排序）

丁庆军	马小鹏	马明亮	马养志	王 玲	王 政	王 健	王长林
王文利	王志宏	文寨军	方 强	左 岩	史哲民	付 静	包 玮
戎培康	成智文	同继锋	任世理	闫开放	孙 峰	孙继成	刘 纯
刘 锐	刘幼红	刘成雄	刘余庆	刘沐阳	刘明福	刘起英	刘德勤
杜洪兵	杨再银	杨洪儒	杨培广	苏 逵	苏桂军	李 转	李 琛
李 纓	李险峰	李晓鹏	李慧芳	肖建庄	吴建新	吴 晓	吴 浩
何保罗	谷东玉	狄东仁	汪 澜	汪舒生	张 冲	张文生	张平安
张芝兰	张伟儒	张志刚	张林文	张忠伦	张德聪	陈丁凡	林 玲
苑克兴	范丽荣	范海娥	罗 楠	周 炫	周国林	赵 平	赵利平
赵洪力	段树桐	俞为民	姜 宏	姜爱国	贺 军	徐洛屹	奚飞达
高春勇	戚德海	龚先政	盛敏琪	崔庆刚	崔素萍	阎培渝	寇小川
梁宏勋	隋同波	韩 琳	韩仲琦	葛承全	鲁亚文	谢莉萍	管学茂
廖惠仪	颜碧兰	潘东晖	薛之光	薛忠民			

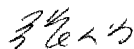
序

建筑材料工业是我国重要的原材料工业，在国民经济发展中具有重要的地位和作用。经过 60 多年的发展，我国建材工业已成为门类比较齐全、产品基本配套、面向国内国际两个市场的较为完整的工业体系。主要产品水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷以及石墨、滑石等部分非金属矿产品产量已连续多年居世界第一，今后相当一个时期建材工业仍然是一个极具发展潜力的产业。

但是建材工业原料离不开矿产资源、生产离不开热工窑炉的产业特征，决定了它是一个资源和能源依赖度较高、对环境影响较大的产业。虽然近几年来建材工业坚持结构调整，不断推进技术进步，建材工业的节能减排工作取得了积极进展，但鉴于我国建材工业是在长期短缺经济条件下发展起来，中小企业占建材工业企业数量的主体，建材产业结构总体仍较为落后，资源利用率低、能源消耗高、环境负荷重这一局面仍未得到根本改观，而且与世界先进水平相比仍有较大差距，我国建材工业节能减排的形势还十分严峻。

科技创新是实现节能减排和可持续发展的基础和支撑。建材工业的技术进步，走过了一段艰辛的路程，也取得了丰硕的成果。要感谢企业、科研设计和高校的科技工作者和广大职工为此作出的不懈努力和无私贡献。目前，日产 5000 吨新型干法水泥生产技术装备国产化率已达 90%，新型干法技术和装备已出口欧洲、中东、东南亚、非洲等地区，水泥、玻璃等窑炉的余热发电、高效燃烧等技术和装备方面也取得重大突破。为了使广大企业进一步了解和积极应用这些科技成果，使科技创新真正成为建材工业实现节能减排的支撑，中国建筑材料联合会科技教育委员会、中国建筑材料科学研究总院携手业内百余名专家编写了《建材工业节能减排技术指南》一书，重点阐述了水泥、平板玻璃、建筑与卫生陶瓷、混凝土与水泥制品等产业面临的节能减排形势、存在的问题及与国外先进水平的差距，提出节能减排目标、任务和措施，梳理、总结并详细介绍了一些成熟的、可以推广的节能减排新技术、新装备、新工艺、新产品，并列举了部分典型示范线以及企业通过采用节能减排技术和装备所获取的节能减排效果和社会经济效益。

我相信《建材工业节能减排技术指南》一书的出版，能够为行业推广应用科技成果，促进企业技术进步，提高经济效益，实现节能减排目标做出积极贡献。



前 言

目前,我国正处于大规模建设的时期,基本建设投入不断加大,城镇化进程不断加快,建筑材料是用量最大的基础建设材料,直接影响我国国民经济的可持续发展。建材工业是涉及资源、能源消耗的重要领域,因此,建材工业的节能减排引起了国家、行业的高度重视。

节能减排是我国的长期国策,是关系我国经济可持续发展和全球环境的一件大事。我国政府向全国人民承诺的约束性指标是在“十一五”期间提高能效百分比,降低每万元 GDP 的 20%。国家将节能减排作为促进科学发展的重要抓手,作为扩内需、保增长、调结构的重要内容,工作力度不断加大,节能减排取得积极进展。全国单位 GDP 能耗逐年降低,“十一五”前三年累计下降 10.1%,节能约 2.9 亿吨标准煤;全国二氧化硫、化学需氧量(COD)排放总量不断降低,“十一五”前三年累计分别下降 8.95%和 6.61%。但从目前进展情况看,“十一五”节能目标完成进度仍落后于时间进度,形势严峻,任务仍然艰巨。作为资源能源消耗、环境污染位于各行业前列的建材工业,节能减排的要求更为迫切。

建筑材料工业不仅为建筑业及其他相关产业的发展提供支撑和保证,也为解决和改善城乡居住条件、提高人民生活水平提供物质保障。建材工业和建筑业一并被列入国民经济发展的支柱产业,在国民经济发展中具有重要的地位和作用。但建材工业这个以矿产资源为基本原料、以化石能源为主要燃料、以窑业这种高耗能作业方式生产为主体的产业,其能源、资源的耗用量非常巨大。建材工业能源使用量在工业体系中位居第三位,资源利用率低、环境负荷重这一局面仍未得到根本改观。因此建材工业要想可持续发展,就必须充分依靠科学技术,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少的节能减排的技术发展之路。

近年来建材工业一直将节能减排工作作为调整产业结构、转变增长方式的突破口和重要抓手,作为贯彻科学发展观和构建和谐社会的重要举措,取得可喜成绩。建材工业的节能减排包括三个层面:首先是各种建材产品生产的节能减排;第二个层面是向建筑部门提供优质保温、隔热材料以保证建筑物能够达到节能减排效果;第三个层面是提供具有特殊要求的高新技术材料,为节能及新能源(如太阳能、风能等)的开发利用提供相关材料。在节能减排实践工作中,建材科技工作者不断总结,在节能减排的三个层面上不断创新,开发出许多节能减排新技术、新工艺和新装备。

本书从技术角度出发,在对建材工业的主要产业包括水泥、混凝土及水泥制品、平板玻璃、建筑卫生陶瓷、砖瓦、无机新材料、非金属矿产业的现状、节能减排工作的任务、目标和措施进行认真分析和总结的基础上,着重介绍建材各行业成熟的节能减排技术和装备以及节能减排的典型示范模式(生产线),并针对节能减排评价方法欠缺的情况,提出了建材行业节能减排综合评价方法。本书的宗旨是为建材科技人员和企业的节能减排实践提供指导、

为行业管理人员制定节能减排政策提供帮助。

国家“十一五”科技支撑计划课题“建筑材料绿色制造共性技术”的主要任务之一是对我国重点建筑材料产业节能减排现状进行调研和分析。因此，课题组将节能减排技术现状的调研与本书编撰相结合，与建材工业各产业中长期从事生产、设计、研究并具有丰富专业理论知识和实践经验的专家共同完成了本书的编写工作。为确保本书的水平，特聘行业内领导和高水平专家进行审稿和修改。由于他们的共同努力，本书得以出版发行，在此表示衷心感谢。

本书在编撰过程中得到了中国建筑材料工业协会张人为会长、国家建筑材料工业科技教育委员会原主任黄书谋教授及众多专家的大力支持和精心指导，张人为会长特为此书题写序言，在此表示衷心感谢。

编者

2010年5月

目 录

1 建材工业节能减排工作概述	1
1.1 建材工业的现状	1
1.1.1 水泥工业	3
1.1.2 混凝土及其制品产业	4
1.1.3 平板玻璃产业	6
1.1.4 建筑卫生陶瓷产业	7
1.1.5 房建材料产业	9
1.1.6 非金属矿及其制品产业	10
1.1.7 无机非金属新材料产业	11
1.2 建材工业矿产资源、能源消耗的特点和存在的问题	13
1.2.1 建材工业矿产资源现状	14
1.2.2 主要建材行业资源使用量情况	15
1.2.3 建材工业能源使用情况	16
1.2.4 建材行业固体废物综合利用情况	19
1.3 建材工业污染物排放的特点和存在的问题	21
1.3.1 建材工业主要污染物排放分析	21
1.3.2 建材工业主要污染物排放分析	23
1.3.3 建材工业主要污染物排放总量	25
1.3.4 建材工业污染治理情况	25
1.3.5 2007 年建材工业环境状况	27
1.4 建材行业管理的基本手段和存在的问题	28
1.5 建材工业节能减排工作的任务和总体目标	30
1.5.1 节能目标	30
1.5.2 环保目标	31
1.5.3 资源节约与综合利用目标	31
1.5.4 建材工业实现节能减排目标的主要途径	31
1.5.5 建材工业节能减排的重点工作和主要措施	32
1.6 建材工业节能减排工作取得的初步成效	34
参考文献	38
2 水泥工业的节能减排	39
2.1 水泥工业现状	39
2.1.1 水泥生产工艺简述	40
2.1.2 水泥矿山资源、分布及消耗	41
2.1.3 水泥产品种类及相关标准	42
2.1.4 水泥产量及产业结构	46
2.1.5 水泥工业技术水平	49
2.1.6 我国水泥企业	54

2.2	水泥工业节能减排工作的任务、目标和措施	57
2.2.1	任务与目标	57
2.2.2	采取的措施	61
2.3	水泥工业节能减排技术及装备	65
2.3.1	高效节能烧成系统	65
2.3.2	节能粉磨技术及装备	87
2.3.3	优化集成设计	115
2.3.4	余热利用	125
2.3.5	耐火绝热材料	134
2.3.6	环保技术与装备	140
2.3.7	节能的创新粉体技术	158
2.4	水泥工业节能减排的典型生产线	165
2.4.1	2500t/d和5000t/d水泥熟料生产线典型配置方案	165
2.4.2	节能减排集成技术在5000t/d熟料生产线的应用实例	171
2.4.3	废物处置典型生产线	176
2.4.4	节能粉磨技术与装备在水泥生产中的应用实例	178
2.4.5	电石渣制水泥在2500t/d熟料新型干法生产线上的应用	194
2.5	建材工业与其他工业协同节能减排模式探索	200
2.5.1	工业废渣资源化的主要模式	200
2.5.2	水泥窑协同处理废物的主要模式	208
	参考文献	219
3	混凝土和水泥制品工业的节能减排	221
3.1	混凝土工业的节能减排	221
3.1.1	我国混凝土工业现状	221
3.1.2	混凝土工业节能减排工作的任务、目标和措施	224
3.1.3	混凝土工业节能减排技术及装备	229
3.1.4	高性能混凝土在典型工程中的应用	258
3.2	水泥混凝土制品工业的节能减排	266
3.2.1	水泥混凝土制品工业现状	266
3.2.2	水泥混凝土制品工业节能减排工作的任务、目标和措施	269
3.2.3	水泥混凝土制品工业节能减排技术及装备	270
3.2.4	水泥混凝土制品工业节能减排的典型示范	274
	参考文献	274
4	平板玻璃工业的节能减排	275
4.1	平板玻璃工业现状	275
4.1.1	生产工艺简介	275
4.1.2	产量与产能布局	277
4.1.3	国内外主要技术经济指标对比	277
4.2	平板玻璃工业节能减排目标、技术和措施	279
4.2.1	目标	279
4.2.2	平板玻璃能源消耗限额	279
4.2.3	平板玻璃的排放标准	280
4.2.4	平板玻璃能耗的评价指标	281
4.2.5	熔窑热耗计算的影响因素	282
4.2.6	浮法玻璃的能耗现状及主要影响因素	283
4.2.7	平板玻璃工业大气污染现状与治理	284

4.2.8	平板玻璃工业节能减排的主要技术措施	289
4.3	平板玻璃工业节能减排技术及装备	292
4.3.1	原料与配合料工艺	292
4.3.2	浮法玻璃工艺技术	303
4.3.3	提高玻璃质量和节能的设备	329
4.4	平板玻璃工业节能减排典型实例	353
4.4.1	浮法玻璃“逐级澄清”与熔窑大型化成套工程技术应用	353
4.4.2	浮法玻璃工程技术优化集成及关键设备国产化——南玻集团成都 550t/d 和 700t/d 浮法玻璃生产线	357
4.4.3	太阳能电池用超高压延玻璃成套工程技术	358
4.4.4	浮法在线低辐射镀膜玻璃成套技术应用实例	360
	参考文献	362
5	建筑卫生陶瓷工业的节能减排	363
5.1	建筑卫生陶瓷工业现状	363
5.1.1	产品分类和生产工艺	364
5.1.2	主要产品品种	368
5.1.3	产量	369
5.1.4	产品进出口状况	369
5.1.5	产业结构	370
5.1.6	技术水平	371
5.1.7	行业发展政策	371
5.1.8	存在问题	372
5.2	建筑卫生陶瓷工业节能减排工作的任务、目标和措施	373
5.2.1	建筑卫生陶瓷工业节能减排的任务和主要目标	374
5.2.2	实现建筑卫生陶瓷工业节能减排目标的主要途径	375
5.2.3	建筑卫生陶瓷工业节能减排的工作重点和措施	376
5.3	建筑卫生陶瓷工业节能减排技术及装备	377
5.3.1	陶瓷透水砖生产工艺	377
5.3.2	干挂保温陶瓷板生产工艺	378
5.3.3	高湿坯体连续式干燥器	379
5.3.4	连续式球磨机	381
5.3.5	少空气干燥器	382
5.3.6	卫生陶瓷压力注浆成型工艺	383
5.3.7	卫生陶瓷低压快排水成型工艺	384
5.3.8	大型喷雾干燥塔	386
5.3.9	宽断面隧道窑	387
5.3.10	薄型陶瓷砖	388
5.3.11	卫生瓷辊道窑烧成	388
5.3.12	墙地砖干法制粉	389
5.3.13	喷雾塔除尘脱硫技术	390
5.3.14	新型窑炉材料	391
5.3.15	低温快烧与一次烧成技术	392
5.3.16	节水型卫生洁具	393
5.4	建筑卫生陶瓷工业节能减排的典型示范生产线	394
5.4.1	某年产 90 万件卫生陶瓷生产线	394
5.4.2	某年产 450 万平方米釉面内墙砖生产线	397

5.4.3	某年产 300 万平方米仿古砖生产线	400
	参考文献	402
6	砖瓦工业的节能减排	404
6.1	我国砖瓦行业的现状	404
6.1.1	概况	404
6.1.2	工艺状况	405
6.1.3	节能减排情况	405
6.1.4	产品结构及与国外的差距	407
6.2	生产工艺	409
6.2.1	原料	409
6.2.2	成型	411
6.3	砖瓦工业节能减排工作的任务、目标和措施	418
6.3.1	任务和目标	418
6.3.2	政策	418
6.4	砖瓦工业节能减排技术及装备	419
6.4.1	内燃烧砖工艺	419
6.4.2	余热利用与人工干燥技术	421
6.4.3	节能型轮窑	422
6.4.4	节能型隧道窑焙烧技术	424
6.4.5	节能型轮窑专用引风机	425
6.4.6	无功补偿技术在砖瓦工业中的应用	426
6.4.7	风机变频器	426
6.4.8	空心砖及多孔制品生产	426
6.5	砖瓦工业节能减排典型示范	427
6.5.1	西安市刘村空心砖厂节能技术改造	427
6.5.2	浙江特拉建材有限公司烧结页岩空心砌块生产线	428
6.5.3	秦皇岛发电有限责任公司晨睿建材分公司粉煤灰页岩烧结砖	429
6.5.4	淄博鲁王建材有限责任公司煤矸石模数多孔砖生产线	430
6.5.5	平湖市广轮新型建材有限公司新型节能烧结保温砖生产线	430
	参考文献	431
7	非金属矿及其制品工业的节能减排	432
7.1	非金属矿及其制品工业现状	432
7.1.1	非金属矿业在国民经济中的地位与作用	432
7.1.2	非金属矿业存在的问题	436
7.2	非金属矿及其制品工业节能减排工作的任务、目标和措施	437
7.2.1	主要任务	437
7.2.2	目标	438
7.2.3	措施	439
7.3	非金属矿及其制品工业节能减排技术及装备	440
7.3.1	非金属矿采矿	440
7.3.2	矿物加工	446
7.4	非金属矿及其制品工业节能减排典型示范	462
7.4.1	唐山麦迪逊高岭土有限公司	462
7.4.2	水洗高岭土企业	463
	参考文献	464
8	无机非金属新材料工业节能减排	465
8.1	无机非金属新材料工业发展概述	465

8.2	无机非金属新材料工业发展现状	465
8.2.1	玻璃钢/复合材料	466
8.2.2	玻璃纤维	469
8.2.3	深加工玻璃	472
8.2.4	特种陶瓷	474
8.2.5	石英玻璃	475
8.2.6	人工晶体	477
8.3	无机非金属新材料工业存在的问题和与发达国家的差距	478
8.4	无机非金属新材料工业节能减排的目标、任务和措施	479
8.4.1	玻璃钢/复合材料	479
8.4.2	玻璃纤维	480
8.4.3	石英玻璃	480
8.4.4	特种玻璃	481
8.4.5	特种陶瓷	481
8.4.6	人工晶体	483
8.5	无机非金属新材料工业节能减排技术及其应用	485
8.5.1	玻璃纤维纯氧燃烧技术及无氟玻璃组分技术	485
8.5.2	石英玻璃工业节能减排技术及装备	486
8.6	无机非金属新材料工业节能减排典型示范线	487
8.6.1	万吨玻璃纤维池窑生产线	487
8.6.2	石英玻璃典型示范生产线	488
8.6.3	复合材料压缩天然气气瓶生产线	489
8.6.4	氮化硅陶瓷材料生产示范线	490
8.6.5	兆瓦级风机叶片示范生产线	491
	参考文献	493
9	建材行业节能减排综合评价方法	494
9.1	节能减排综合评价方法的理论基础	494
9.1.1	生命周期评价简介	494
9.1.2	LCA 的研究与应用现状	494
9.1.3	生命周期评价的方法与步骤	496
9.1.4	影响评价模型及方法的确定	498
9.2	节能减排评价的指标体系	502
9.2.1	指标体系的确定原则	502
9.2.2	指标体系的框架结构	503
9.2.3	指标权重系数的确定	503
9.3	节能减排的评价方法	504
9.3.1	专家评价法	504
9.3.2	综合指数法	504
9.3.3	模糊评价法	505
9.3.4	节能减排综合系数评价法	506
9.4	节能减排评价实例	506
9.4.1	水泥生产系统采用替代原料、燃料的节能减排效果比较	506
9.4.2	不同工艺水平的平板玻璃的节能减排效果评价	509
9.4.3	不同工艺水平的建筑卫生陶瓷的节能减排效果评价	512
9.4.4	不同种类烧结砖产品的节能减排效果评价	515
	参考文献	517

1

建材工业节能减排工作概述

1.1 建材工业的现状

按照我国工业产品与行业管理的分类模式，建筑材料工业包括建筑材料、非金属矿及其制品和无机非金属新材料三大行业，共有 80 多类，1400 多个品种。其分类和主要应用领域见图 1-1~图 1-4。

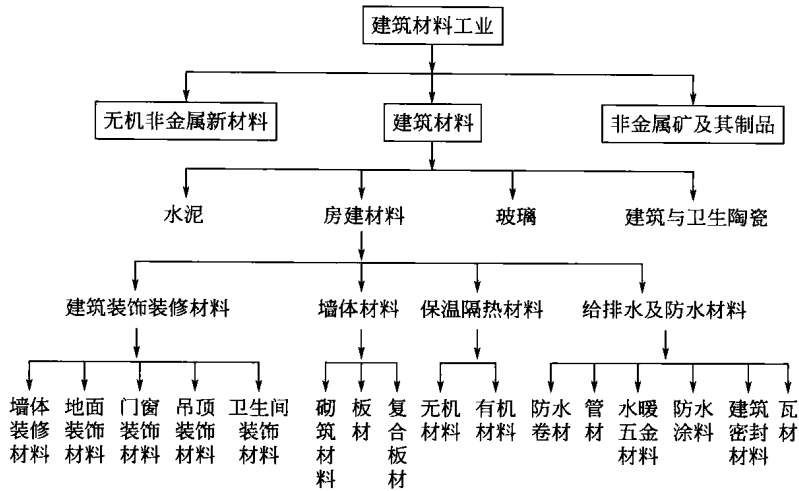


图 1-1 建筑材料工业分类

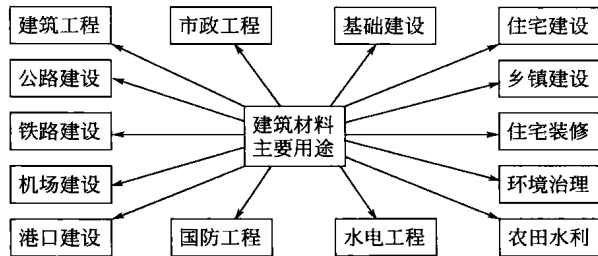


图 1-2 建筑材料的主要应用领域

建材工业的节能减排包括三个层面：首先是各种建材产品生产的节能减排，主要是水泥、平板玻璃、建筑与卫生陶瓷及墙体材料等产品的生产；第二个层面是向建筑部门提供优质保温、隔热材料或部品以保证建筑物能够达到节能减排效果，主要是各种节能墙体材料、节能玻璃及门窗，以及节能保温、隔热材料等；第三个层面是提供具有特殊要求的高新技术材料，为节能及新能源（如太阳能、风能等）的开发利用提供相关材料，主要是无机非金属

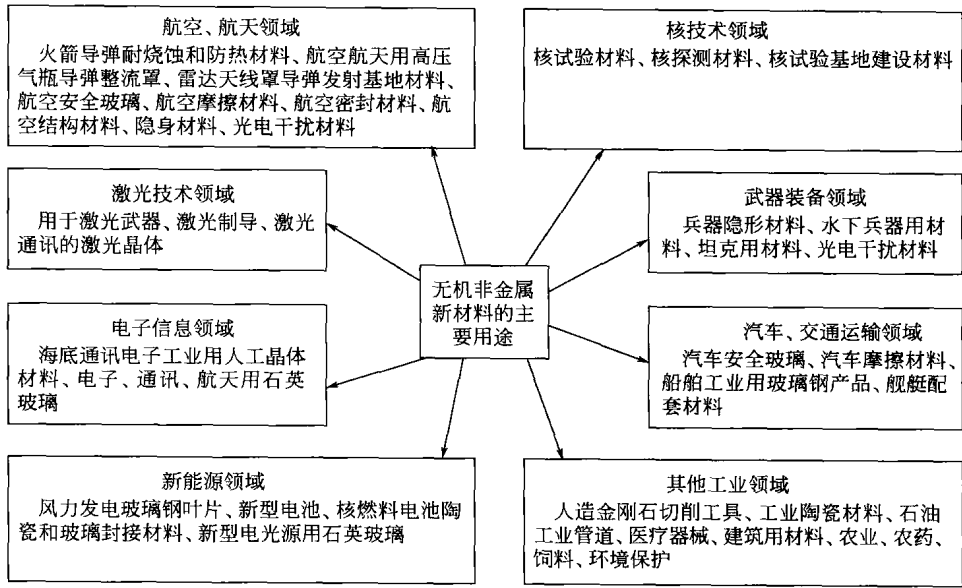


图 1-3 无机非金属新材料的主要应用领域

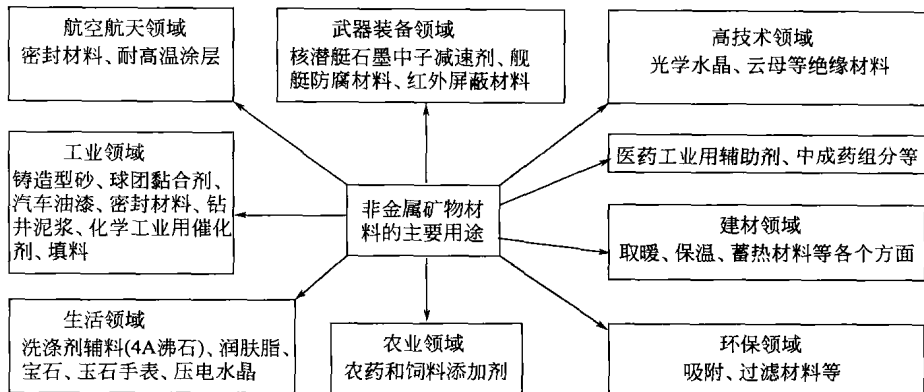


图 1-4 非金属矿物材料的主要应用领域

材料及非金属矿物材料的开发应用，如风力发电的复合材料叶片等。

建筑材料工业是我国国民经济重要的基础原材料工业，不仅为建筑业及其他相关产业的发展提供支撑和保证，而且也为解决和改善城乡居住条件、提高人民生活水平提供物质保障。在《国民经济和社会发展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》中，建材工业和建筑业一并被列入国民经济发展的支柱产业，在国民经济发展中具有重要的地位和作用。

自新中国成立，经过 60 余年的发展，我国建材工业形成了门类比较齐全、产品基本配套的完整工业体系。改革开放以来，我国建材工业经历了较长时间的高增长期，主要产品如水泥、平板玻璃、建筑与卫生陶瓷以及石墨、滑石等部分非金属矿产品产量已连续多年居世界第一。特别是经过“九五”和“十五”的发展，建材工业已成为面向国内国际两个市场，并具有一定国际竞争力的重要产业。建材工业和制品作为基础原材料工业和改善人民生活的重要消费品，为国民经济持续快速健康发展做出了重要贡献。

2007 年，建材工业完成工业增加值 3989 亿元，同比增长 26.9%，高于同期全国工业增加值增速 8.4 个百分点，是 2000 年以来增速最高的一年；实现利润总额 750 亿元，同比增

长 42.5%，创历史最高水平；出口创汇 152.4 亿美元，同比增长 17.8%，水泥、水泥熟料、陶瓷砖、卫生陶瓷等能源、资源密集型产品的出口增速下降，玻璃纤维纱、夹层玻璃、钢化玻璃等高附加值产品出口继续保持高速增长，出口产品结构进一步优化。据统计，2007 年建材工业万元增加值综合能耗 5.1t 标准煤，比 2006 年下降 12%，比“十五”末期的 2005 年下降 20%。

1.1.1 水泥工业

水泥工业作为基础性的原材料工业，其产业发展与国家固定资产投资规模紧密相关，随经济发展加快而加快，具有明显的需求拉动型工业的特点。

目前，我国水泥工业的产量格局主要集中在华东和中南地区，这两个区域的水泥产量占全国水泥产量的 66%；其次为华北和西南地区，分别占 12% 和 11%；而东北和西北地区合计仅占总产量的 11%。2007 年，全国水泥产量排名前 10 位的省份依次是山东、江苏、浙江、广东、河北、河南、四川、湖北、湖南、安徽。

中国水泥协会《2007 年水泥行业经济运行报告》显示：2007 年，全国水泥产量为 13.6 亿吨，实现利润 240 亿元，均创历史新高；水泥销售利润率达到 6.00%，比 2006 年增加 1.5 个百分点；全年完成投资 654.07 亿元，呈现中西部地区走强，东部地区处于负增长状态的特征。

在进入 21 世纪短短的几年时间内，我国水泥工业发展以新型干法生产技术为主导，在预分解窑节能煅烧工艺、大型原料均化、节能粉磨技术、自动控制技术和环境保护技术等方面，从设计到装备制造都迅速赶上了世界先进水平。随着新型干法生产线单位生产能力的投资额大幅降低，新型干法生产线建设的势头发展迅猛，由于新型干法生产技术迅速发展，节能减排工作也由此取得明显成效。新型干法生产线从 2000 年的 109 条发展到 2007 年底的 606 条，其中，代表世界上最先进、最大规模的 10000t/d 生产线 4 条。4000~6000t/d 规模生产线的装备国产化程度高达 90% 以上，高效熟料篦式冷却机、各种节能磨机等装备赶上世界先进水平。随着国家“走出去”战略的实施和加入世界贸易组织，我国水泥工业积极参与国际竞争，出口结构不断优化，由 20 世纪 80 年代末以水泥产品出口为主，逐步发展到现在以水泥生产成套技术装备出口为主。

综合来看，我国水泥工业的发展呈现出如下几个特点。

(1) 结构调整成效显著。截至 2007 年底，我国新型干法生产线已达 750 余条，这些新型干法生产线的建成投产，使水泥工业的技术结构、企业规模结构明显优化。新型干法水泥占水泥总产量的比重从 2000 年的 10.5% 提高到 2007 年的 55%。立窑等落后工艺的盲目发展得到有效遏制并逐步淘汰。与此同时，行业的集中度得到提升，海螺、中联、山水、华新、冀东、中材、金隅、拉法基瑞安、三狮、华润、天瑞、同力、红狮、亚泰 14 家水泥集团水泥熟料产量已占全国水泥熟料总产量的 20% 以上。

(2) 技术进步成绩突出。目前，我国日产 1000~5000t 熟料新型干法水泥生产线成套技术装备自给率达到 90% 以上，基本实现了国产化，各项技术经济指标已接近国际水平；日产万吨的超大型新型干法生产线重大装备的开发取得了突破性进展，水泥成套技术装备的出口规模逐年扩大。新型干法水泥企业出于提高竞争力的考虑，余热发电项目成为投资热点，据中国水泥协会的初步统计，截至 2007 年底，投产的余热发电项目共有 100 多个。同时工业废弃物在水泥工业中的应用已由作为混合材发展为作为水泥窑辅助原燃料。水泥工业技术进步进一步为节约资源、能源提供了技术支撑。

(3) 竞争实力大大增强。我国大型水泥生产技术、装备日趋成熟，可靠性以及从设计、施工、安装、工程总承包的系统集成能力增强，再加上具有性价比的优势，使我国水泥成套技术装备及工程服务在国际竞争力方面显著增强，已占有 30% 以上的国际市场份额。世界

水泥大企业集团纷纷把采购重点转向我国。

(4) 行业发展任重道远。淘汰落后工艺与装备尚未完成, 整个行业经济效益不高, 资源综合利用及节能减排任务仍很重。

1.1.2 混凝土及其制品产业

混凝土的应用已有 150 多年的历史。混凝土是当今工程建设最大宗的人造材料, 是世界上用量最大、用途最广的建筑材料之一。目前, 我国是世界上混凝土生产和应用最多的国家, 混凝土的年产量高达 30 多亿立方米, 占世界总产量的 50% 强。2007 年, 全国混凝土及制品工业主营业务收入 1554.24 亿元, 利税总额达 211.0 亿元, 其经济总量已位居建材工业的第二大产业。

混凝土的工程应用领域很广, 在工程建设中占有举足轻重的地位。目前, 广泛应用的领域有: 土木、水利、电力与建筑工程, 海洋及港口建设工程, 交通运输、公路与铁路工程, 航空、航天工程等。在我国重点工程中大量应用的有: 三峡大坝工程(混凝土总量 2794 万立方米, 年浇筑量达到 500 万立方米), 小浪底水利枢纽工程, 青藏铁路工程, 西气东输工程, 南水北调工程, 高速铁路工程, 东海大桥工程, 长江大桥工程, 地铁工程等。

目前, 世界上最先进的混凝土制品生产技术装备在我国都有应用, 其中部分装备已经国产化, 如大型混凝土搅拌机、混凝土搅拌运输车、混凝土泵车、拖泵、PCCP 管材成型设备、排水管芯模振动成型设备、混凝土砌块成型机等。我国许多生产企业都非常重视装备的更新换代, 其中少量生产企业的装备技术水平已经达到和接近国外先进水平。但一部分规模较小的水泥制品生产企业, 应用的技术装备有相当部分还比较落后, 主要表现在自动化控制程度低、劳动环境差等方面。

水泥混凝土是一种相对环境负荷较大的建筑材料。生产 1m^3 混凝土, 通常需要使用 300~400kg 水泥; 配制混凝土要用大量砂、石, 需要开山采石, 挖河采砂。每年仅搅拌混凝土的用水量就高达数亿立方米(未包括冲洗搅拌、运输设备用水)。但相对于其他材料而言, 水泥混凝土不失为一种能源消耗较少的材料, 因而广泛应用于各种建设工程。而且, 混凝土现场搅拌时, 还形成大量尘埃, 冲洗后的废水如流入河道又会造成河道污染, 其中废渣、砂还会堵塞下水道。虽然我国从 20 世纪 80 年代初开始发展商品混凝土, 现在大中城市已完全实现集中搅拌, 由搅拌站供应商品混凝土, 但就全国范围而言, 混凝土现场搅拌造成的二次污染情况依然存在。

自 20 世纪 80 年代我国在上海、常州建立商品混凝土搅拌站后, 商品混凝土在北京、上海等大中城市及东南沿海地区迅速推广。近年来的发展速度更是惊人, 商品混凝土年产量的递增率一直保持在 20% 以上。据不完全统计, 全国现有商品混凝土搅拌站 1780 多座, 年设计生产能力达 4.4228 亿立方米, 2007 年实际产量为 2.5142 亿立方米。

1.1.2.1 高性能混凝土的发展

20 世纪 80 年代末西方发达国家在总结混凝土技术发展的基础上提出了有别于传统混凝土的“高性能混凝土”的概念。美国、英国、法国、瑞典、日本等国相继投入人力、财力开展了大量的研究工作。并按照各国自身的工程需要提出了对高性能混凝土的要求: 高耐久性、高工作性、高强度、低温升、高抗渗、高体积稳定性等。最后经各国学者共同研究达成共识, 高性能为高强度、高耐久性和高工作性。我国从 90 年代初掀起了高性能混凝土的研究热潮, 清华大学、同济大学、东南大学等高校以及中国建筑材料研究总院等科研院所组织人力投入研究, 先后取得了一大批科研成果, 并在混凝土的生产和施工方面取得了突破性的科技进展。

1.1.2.2 混凝土制备技术发展迅速

现代混凝土由水泥、细骨料、熟骨料、外加剂、矿物磨细掺和料、纤维增强料和水共七

个组分构成,其中外加剂和矿物磨细掺和料的使用,是当代混凝土高性能化的关键技术之一。高性能混凝土的配制研究大大推动了我国外加剂、矿物细掺和料的发展。外加剂包括高效减水剂、缓凝剂、泵送剂、引气剂等系列产品,质量也大幅度提高,基本满足了工程需要。矿物磨细掺和料除了粉煤灰外,还成功研制开发了矿渣微粉、硅灰、沸石粉等,矿渣微粉已大批量生产应用。凡是国外有的混凝土品种,我国基本上都有,满足了我国混凝土工程建设和各种需要。在“九五”和“十五”期间,水泥和混凝土材料科学技术受到国家重视和支持,被列入国家科技部攻关和重点基础研究项目,促进了我国水泥混凝土材料科技水平的提高。

1.1.2.3 混凝土的工程耐久性问题受到关注

随着混凝土工程应用的日益增多,因混凝土工程耐久性问题而使混凝土结构物没有达到预期的使用年限就发生破坏的实例也相应增多。20世纪90年代以来,重大建设工程的耐久性问题开始引起国家和技术界的重视,重大混凝土工程的耐久性问题被列为国家技术“九五”攻关项目,经全国混凝土行业各方面专家联合攻关,已于2000年完成,取得了一大批科研成果,在国内外产生了较大影响,通过建立新方法、新规范、研究新材料、新工艺、建立专家系统,推动了水泥混凝土材料学科与相关学科技术的发展。项目研究工作在以下方面取得了进展:碱集料反应判定方法的研究;建立我国部分地区的碱集料分布图;抑制碱集料反应的材料的生产和应用;混凝土抗冻性研究;混凝土耐钢筋锈蚀的研究;混凝土耐化学腐蚀及高耐腐蚀材料的研究和应用;混凝土裂缝的检测、诊断与修补技术的研究;混凝土新型胶凝材料的研究;高性能混凝土的综合研究和应用;混凝土安全性专家系统。

1.1.2.4 我国混凝土的相关技术标准已经比较完备

经过多年制定和修订,我国已经形成了一套较为完善的混凝土标准规范体系,如《混凝土结构设计规范》、《轻骨料混凝土结构设计规范》、《混凝土结构工程施工质量验收规范》、《预搅拌混凝土》、《混凝土外加剂应用技术规范》、《混凝土结构试验方法标准》、《普通混凝土配合比设计规程》、《混凝土泵送施工技术规程》、《砌筑砂浆配合比设计规程》以及各种混凝土制品的技术标准、规范、规程和图集等。

1.1.2.5 混凝土及其制品的生产技术水平明显提高

我国建材机械制造企业研究开发的混凝土砌块成型机、加气混凝土切割机、芯模振动技术及装备、预应力钢筒混凝土管制管技术与装备、预应力高强混凝土管桩技术与装备、大规格纤维水泥板压机等技术装备,或具有中国特色、经济适用,或已达到国际先进水平,产品和装备大量出口国外。在综合开发和利用矿渣、粉煤灰等各种工业废渣和其他矿物材料,制备绿色环保和高性能混凝土等技术方面,我国水泥混凝土及制品工业已走在国际同行前列,为我国节能、利废和环保做出了重要贡献。

1.1.2.6 特种水泥基材料发展势头良好

随着我国国民经济的持续稳定发展,混凝土及其制品将在数量上、品种上、功能上有较大发展,以满足我国经济建设发展的需要。今后混凝土应在多种领域中扩展使用范围,如智能建筑体系混凝土、人造陆地混凝土、低噪声路面混凝土、防电磁波混凝土、长寿命混凝土、植被混凝土、吸收 NO_x (氮氧化物)混凝土、超轻混凝土、景观混凝土、高韧性混凝土、超高强混凝土等。

我国混凝土应用中存在的两大问题是在工程中习惯于采用较低标号($\leq\text{C}40$)混凝土和普遍不注意从选材、设计、使用、维护等工程环节去提高混凝土(包括所有水泥基材料)的使用寿命问题。对此,我国近年来开展了许多有针对性的工作。提高混凝土工程使用寿命,是混凝土工业节能减排最有效的措施之一。为此,混凝土工业当前需要解决的问题主要是:(1)加强基础研究,从提高水泥品质和创新制备技术为突破点,改进混凝土的工程性能;(2)注重混凝土工程耐久性和安全性的研究,确保并合理延长重点工程混凝土的安全使用