

水泥工业 耐磨材料与 技术手册

中国建材机械工业协会耐磨材料和抗磨技术分会
中国机械工程学会磨损失效分析及抗磨技术专业委员会

编著

周平安 主编

Shuini gongye
naimo cailiao yu jishu shouce



中国建材工业出版社

天山水泥

水泥工业耐磨材料与技术手册

中国建材机械工业协会耐磨材料及抗磨技术分会 编
中国机械工程学会磨损失效与抗磨技术专业委员会

主 编 周平安
副主编 武洪明
李茂林
刘振英

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥工业耐磨材料与技术手册/周平安主编. —北京:
中国建材工业出版社, 2007. 8
ISBN 978-7-80227-272-9

I. 水… II. 周… III. 耐磨材料—水泥—技术手册
IV. TQ172.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 056649 号

内 容 简 介

本书比较系统和全面地叙述了在水泥工业中的耐磨材料和技术以及它的应用实例。第 1 章、第 2 章综合介绍了磨损在水泥以及其他工业中的重要性和它的基本理论;第 3 章介绍了典型的耐磨材料和应用,其中包括各种耐磨铸铁和高、中低合金铸钢材料;第 4 章专门介绍了耐磨铸造产品的生产技术、装备和质量控制;第 5 章、第 6 章介绍了一些实用的表面工程技术,包括工程陶瓷等。第 7 章、第 8 章重点介绍了水泥工业中普遍存在的磨损问题以及典型零件的磨损控制技术应用实例。最后,还列举了耐磨材料领域有关国内外技术标准,中、英文词汇对照。本书由中国建材机械工业协会耐磨材料及抗磨技术分会和中国机械工程学会磨损失效与抗磨技术专业委员会负责组织编写,具有一定的权威性和相当的实用价值。

本书的读者对象为水泥工业及为水泥工业提供产品和服务的机械设备设计、耐磨产品生产厂家的工程技术和经营管理人员;也适用于冶金矿山和火力发电等相关行业人员参考使用,并供从事材料磨损领域和耐磨材料与表面技术方面的研究人员、相关专业的大专院校师生参考。

水泥工业耐磨材料与技术手册

主编:周平安

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京盛兰兄弟印刷装订有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:33.75

字 数:862 千字

版 次:2007 年 8 月第 1 版

印 次:2007 年 8 月第 1 次

书 号:ISBN 978-7-80227-272-9

定 价:90.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010) 88386906

编辑出版委员会

主任：方 芳 孔祥忠
副主任：王新军 周平安（常务）
委员：王玉敏 张建新 武洪明 李茂林 刘振英
陈 晓 卢洪波 张昆谋 隋明洁 彭望安
姚永茂 宋 量 关成君 李来龙 覃照成
姜庆志 侯力学 聂纪强 陈 倩

主 编：周平安
总策划：张建新
副主编：武洪明 李茂林 刘振英 卢洪波 陈 晓
隋明洁 王玉敏 鲁幼勤

谨以此书献给快速发展的中国水泥工业!

以下企业对本书的出版给予了支持和帮助，特此鸣谢！

河南郑州鼎盛工程技术有限公司

安徽省宁国耐磨材料总厂

北京嘉克新兴科技有限公司

江苏昆山惠丰耐磨工业有限公司

天津水泥工业设计研究院

安徽合肥水泥研究设计院

浙江武义县麻阳精密铸造厂

安徽马鞍山海峰耐磨材料有限公司

中国农机院工艺材料所

河南郑州机械研究所

云南昆明超循机械制造有限公司

安徽宁国诚信耐磨材料有限公司

安徽宁国志诚钢球模具有限公司

安徽合肥卓越分析仪器公司

江苏南通高欣耐磨工业技术发展有限公司

河北坤腾泵业有限公司

序

水泥工业是国民经济的基础原材料工业。2005 年底,全国水泥企业共有 5 100 多家,资产总规模 4 000 多亿元,从业人员约 135 万人。进入 21 世纪后,我国水泥工业取得了长足发展,突出表现为:其一是产量高速增长。2006 年全国水泥产量 12.4 亿 t,较 2000 年净增多达 6.4 亿 t,占世界水泥总产量的 50%。其二是技术进步明显。日产 5 000t 大型新型干法水泥生产线基本实现国产化,技术装备先进性、可靠性提高,建设工期缩短,吨水泥投资大幅度降低,综合能耗明显下降;新型干法水泥生产能力比重由 2000 年不足 12% 提高到 50%。企业兼并重组步伐加快,大型企业实力日益提高。2005 年排名前 10 位的大集团水泥产量超过 1.65 亿 t,市场份额由 2000 年 4.4% 左右提高到 15% 以上。其三是产业竞争力日益增强。国内拥有大型成套水泥装备技术自主知识产权和设计、施工、制造、安装及工程总承包的系统集成服务能力。水泥成套装备工程建设服务出口快速增长,在国际市场上竞争力日益增强,市场份额不断提高。水泥工业发展在满足国民经济建设日益增长需要的同时,也创造了较好的社会效益。

水泥工业属典型的资源依赖型工业。我国已成为目前全球最大的水泥生产和消费国,水泥工业的年能耗总量位居我国各工业部门的第三位。我国水泥工业既是消耗能源的大户,同时又蕴含着巨大的节能空间。在能源问题日益制约我国经济社会发展的今天,中央做出了建设节约型社会的战略部署,在《国民经济和社会发展的“十一五”规划纲要》中,明确提出了万元国内生产总值能源消耗降低 20% 的节能目标。水泥行业要加快结构调整、转变经济增长方式,实现节能降耗减排目标,由过去的“又快又好”转入“又好又快”发展。2007 年 3 月,温家宝总理在政府工作报告中明确提出:“要把节能降耗、保护环境和节约用地作为转变经济增长方式的突破口和重要手段。”水泥工业发展所面临的节能任务愈加紧迫,水泥工业节能降耗,要把加快技术进步和调整结构有机结合起来,通过促进企业采用节能新技术、新工艺、新设备、新产品,淘汰高耗能、落后产品,通过加大投资力度,扶持高新技术产业发展和高附加值产品生产。

资料显示,摩擦损失了世界一次性能源的三分之一,约有 70% 的设备损坏是由于各种形式的磨损而引起的。工业发达国家机电设备的摩擦磨损,每年因润滑问题造成损失达千亿美元以上;我国每年因摩擦损耗造成的损失也在 1 000 亿元人民币以上,仅磨料磨损每年就要消耗 300 多万 t 金属耐磨材料。可见,减磨、抗磨工作具有节能节材、资源充分利用和保障安全的重要作用,越来越受

到国内外的重视。因此，研究磨损失效的原因，制定抗磨对策、减少磨损耗材、提高机械设备和零件的安全寿命，具有很大的社会和经济效益。摩擦学在经济社会中既有节能、节材、资源的充分利用、优化环境和保障安全的作用，又能产生巨大的社会效益。

目前，在水泥生产线上，各类不同的耐磨材料广泛应用于管磨机、立磨、选粉机、辊压机、篦冷机、预热预分解系统、风机等主机设备，以及各种贮料仓、管道、阀门、溜槽中。这些耐磨材料的性能、寿命也直接关系到水泥企业的正常生产和经济效益。实际生产中，有些耐磨材料制品由于寿命过短，频繁地更换，增加停机时间所造成的损失远远高于高性能耐磨材料的价值。高性能耐磨材料制品在水泥行业有着广泛的市场需求，具有良好的发展前景。

《水泥工业耐磨材料与技术手册》由中国建材机械工业协会耐磨材料及抗磨技术分会、中国机械工程学会磨损失效与抗磨技术专业委员会组织编写，在编写过程中，不仅倾注了周平安教授为首的一批具有扎实理论功底和丰富实践经验的专家学者、工程技术人员的大量心血，同时得到了许多耐磨材料企业的大力支持，在编辑出版过程中还得到了中国建材工业出版社鼎力相助。因此，可以说本书是集体智慧的结晶，我们希望这本书的出版发行，对水泥行业耐磨材料的应用，对节能降耗、安全生产能起到积极的推动作用。

中国建材机械工业协会会长 方 芳
中国水泥协会秘书长 孔祥忠

前 言

磨损问题是建材水泥、冶金矿山和火力发电行业中比较突出的问题,也是生产和使用耐磨产品的企业涉及生产成本和经济效益的关键因素。解决磨损问题的关键是要对造成机械设备和零件磨损的原因和机理有一个正确的认识,了解解决磨损问题的基本规律,然后采取合适的“对症下药”的措施。

材料磨损是一个复杂的并和多种因素相关的系统工程问题,它和材料本身以及机械设备的使用工况和工作条件及对象密切相关。所以,解决磨损问题不能光凭查阅材料手册采用普通的选用材料和方法那么简单和直接,它要充分地考虑和了解实际的使用工况,经过科学的理论分析和实际试验,反复验证,才能获得良好的和最为经济有效的效果。

解决磨损问题的方法无非是:正确和合理地选用合适的耐磨材料和改善零件结构和设计,采用经济而有效的生产制造工艺,在可能条件下,选用合适的表面处理和强化手段,以获得最佳和最为经济和有效的减磨效果。

近几十年来,我国广大的技术和研究工作者在材料磨损和摩擦学及表面工程领域进行了大量的研究,在引进、开发和自主创新新型耐磨材料和生产工艺方面有了许多丰富的成功经验和科学成果。这些成果对促进我国耐磨材料行业的发展有着不可磨灭的作用,也对国民经济的发展以及减少材料和能源的消耗产生巨大的经济效果。特别是最近一段时间,建材水泥、冶金矿山和火力发电行业的高速发展促进了对耐磨产品的更高质量和更大数量的需求。随着我国进入 WTO 的新形势,国际市场对耐磨备件的需求也增加了进一步发展壮大耐磨材料行业的诱惑力,一些国际大型耐磨材料生产企业来到中国,企图建立生产基地并寻求供应和合作伙伴,这种趋势也促进了我国在耐磨材料方面研究和生产的发展。因此,当前,耐磨材料的市场形势是非常有利的,但竞争也是不可避免的。

相对于其他行业来说,我国在水泥这个领域中,从事耐磨材料产品的开发研究和生产的历史是最早的。最初,服务于该行业的耐磨材料生产工厂也最多,发展也最快。由于这些研究和应用,在很多水泥工厂中所获得的节约能源和材料的实际效果也最为明显。早在 1984 年,中国机械工程学会磨损失效与抗磨技术专业委员会和当时的国家建材局装备技术总公司就联合举办了多次球磨机磨球、衬板和齿板等典型耐磨产品的技术交流和评定会。至今,我们累计已经召开了十届全国性的耐磨材料学术和生产经验交流会和几十次中、小型有关耐磨材料和技术专题会议。2004 年 5 月,经国家民政部批准,正式成立了中国建材机械工业协会耐磨材料及抗磨技术分会,并于 2005 年 7 月和 2007 年 5 月分别在成都和郑州召开了第一届和第二届水泥工业用耐磨材料和技术研讨会。本书的出版就是在以上这些工作的基础上,认真总结了国内外在材料磨损和摩擦学及表面工程领域近些年来的研究成果和生产经验,特别是水泥行业和领域中实际应用的成果。

近些年来,有关磨损和耐磨材料的书籍出版并不很多,特别是涉及实际生产工艺和设备应用等问题的书籍就更少。本书和已出版的有关书籍和手册的不同之处在于:它重点突出和

强调了在水泥工业中有关磨损的设备和工艺等实际问题以及耐磨材料的应用和生产技术，并对水泥工业中一些用量大和问题突出的典型零件作为实际案例来专门分析和编写，以便于读者选择和应用。当然，在水泥工业中的耐磨材料和生产技术对于同样磨损类型的冶金矿山和火力发电等行业也有一定的指导意义和实用价值。

本书由周平安教授任主编，武洪明、李茂林和刘振英教授任副主编。具体编写分工如下：周平安（第1章，第4章，第6章6.4，附录1、附录2）；李茂华（第1章1.2）；李茂林（第3章3.2，第8章8.3~8.9）；谢敬佩（第2章）；宋量（第3章3.1）；刘振英、崔保崑（第5章）；毛柯（第6章6.1~6.3）；武洪明（第7章）；姚永茂（第8章8.1、8.2）。书后还专门提供了有关的技术标准索引和英汉术语对照。全书初稿由周平安、武洪明和李茂林分别审校，终稿由周平安审校和定稿。中国水泥杂志总编张建新对本书的出版策划给予指导和大力支持，中国建材工业出版社对本书的出版极为重视，使本书得以顺利出版，在此向他们表示衷心的感谢。

本书的出版还得到了中国建材机械工业协会和中国水泥协会有关领导和工作人员的指导和大力支持，一些耐磨材料生产厂家和企业提供了许多宝贵的资料和实际支持，在此也一并表示衷心感谢。

由于本书内容广泛，编写人员的水平有限，如有不当之处，望读者给予批评指正。

周平安

2007年5月

目 录

第1章 概 论	1
1.1 磨损问题的重要性及经济损失	1
1.2 水泥工业中的磨损问题及其对水泥技术进步的影响	3
1.3 耐磨材料与技术的发展史	4
1.4 国内外耐磨材料生产与技术的现状和展望	5
第2章 磨料磨损的定义及分类	9
2.1 磨料磨损定义和分类	9
2.1.1 定义	9
2.1.2 分类	9
2.2 静载条件下的表面接触及应力分布	11
2.3 动载条件下的表面接触及应力分布	13
2.4 磨损特征及一般规律	16
2.4.1 粘着磨损	16
2.4.2 磨料磨损	16
2.4.3 表面疲劳磨损	19
2.4.4 微动磨损	19
2.4.5 冲击磨损	19
2.4.6 磨蚀	19
2.5 耐磨材料的磨损试验	20
2.5.1 冲击磨料磨损试验	20
2.5.2 高应力磨料磨损试验	20
2.5.3 冲蚀磨损试验方法	21
2.5.4 低应力磨料磨损试验	21
2.5.5 高温高速磨损试验机	21
2.6 耐磨铸件的失效方式及分析	22
2.6.1 磨损失效	22
2.6.2 断裂失效	23
2.6.3 变形失效	23
2.6.4 磨损失效分析	23
2.7 磨料磨损基本理论	25
2.7.1 磨料磨损切削机制	25

2.7.2	磨料磨损的裂纹扩展机制	27
2.7.3	塑变磨损机制	28
2.7.4	剥层磨损机理	30
2.7.5	腐蚀磨损机制	33
2.7.6	粘着磨损机理	34
2.7.7	凿削坑形成机理	36
第3章	耐磨铸铁和铸钢材料	38
3.1	耐磨铸铁	38
3.1.1	普通白口铸铁	38
3.1.2	铬系白口铸铁	39
3.1.3	镍硬铸铁	54
3.1.4	耐磨球墨铸铁	56
3.2	耐磨铸钢材料	60
3.2.1	高锰钢(超高锰钢和中锰钢)化学成分、性能、组织和生产工艺及其应用	60
3.2.2	耐磨合金钢(低、中、高合金钢)的化学成分、性能、组织和生产工艺及其应用	78
第4章	耐磨铸件的生产工艺、设备选用和质量控制	94
4.1	耐磨铸件的特点	94
4.2	耐磨铸件材料品种的分类、化学成分及金相组织的选择	94
4.2.1	耐磨铸件材料品种的分类	94
4.2.2	耐磨铸件材料化学成分及金相组织的选择	94
4.3	耐磨铸件的熔化和精炼	98
4.3.1	耐磨铸件熔化设备的选择	98
4.3.2	冲天炉熔炼	99
4.3.3	感应电炉	100
4.3.4	电弧炉	105
4.3.5	双联熔炼法	109
4.3.6	炉外精炼和除气	109
4.4	耐磨铸件的造型工艺	114
4.4.1	耐磨铸件造型材料和工艺的选择	114
4.4.2	砂型造型工艺	114
4.4.3	实型铸造(消失模)法(EPC法)	126
4.5	耐磨铸件的热处理(退火、淬火和回火)	133
4.5.1	耐磨铸铁件的热处理	133
4.5.2	耐磨铸钢件的热处理	137
4.5.3	热处理设备和能源的选用	138
4.6	耐磨铸件的落砂、清理和修整	142

4.6.1 耐磨铸件的落砂	142
4.6.2 表面清理	145
4.6.3 消除内应力	147
4.7 耐磨铸件的缺陷分析和质量控制	149
4.7.1 耐磨铸件的缺陷分析	149
4.7.2 耐磨铸件的质量检验	165
4.8 计算机在耐磨铸件生产和管理中的应用	180
4.8.1 耐磨铸件铸造工艺计算机辅助设计	180
4.8.2 耐磨铸件充型和凝固过程的计算机数值模拟	182
4.9 耐磨铸件工厂的信息和生产管理	186
4.9.1 管理信息系统特点	186
4.9.2 管理信息系统框架结构	186
4.10 耐磨铸件生产厂的质量管理和控制中心	189
4.10.1 耐磨铸件生产过程中的主要测试项目	189
4.10.2 耐磨铸件生产厂应配备的仪器设备	190
第5章 表面工程与抗磨技术	192
5.1 概述	192
5.1.1 表面工程学科体系	193
5.1.2 表面工程的技术设计体系	193
5.1.3 常用表面工程技术的分类	194
5.1.4 抗磨技术	195
5.2 堆焊技术	196
5.2.1 堆焊的工艺特点	196
5.2.2 常用的堆焊技术与应用实例	206
5.3 热喷涂技术	249
5.3.1 热喷涂技术类型与原理特点	250
5.3.2 热喷涂技术应用实例	254
5.3.3 热喷涂抗磨材料	261
5.3.4 热喷涂基本工艺	264
5.3.5 热喷涂新技术、新工艺	265
5.4 耐磨镀层和涂层	267
5.5 涂覆技术	269
5.5.1 涂覆材料	269
5.5.2 涂漆技术	270
5.6 真空熔结	272
5.6.1 真空熔结镍基合金涂层	272
5.6.2 大平面多弧离子镀膜设备简介	272
5.6.3 真空电子辐射堆焊工艺技术	273

5.7 表面热处理	273
5.7.1 热处理概念	273
5.7.2 表面淬火技术	280
5.7.3 表面化学热处理技术	287
第6章 工程耐磨陶瓷材料和金属自修复技术	290
6.1 氧化铝陶瓷材料	290
6.2 氧化铝陶瓷的制造工艺	290
6.3 氧化铝耐磨陶瓷材料的物理和力学性能	291
6.3.1 物理特性	291
6.3.2 力学性能	291
6.3.3 陶瓷材料的断裂韧性	294
6.3.4 陶瓷材料的弹性模量	295
6.3.5 氧化铝陶瓷的耐磨性能	295
6.3.6 氧化铝陶瓷产品的应用	296
6.3.7 氧化铝耐磨陶瓷产品在工业中的应用	307
6.4 金属磨损自修复技术(ART)	308
6.4.1 金属磨损自修复技术的发展历史及现状	308
6.4.2 金属磨损自修复材料的功能特点	309
6.4.3 金属磨损自修复材料的实验室性能测定	310
6.4.4 金属磨损自修复材料的作用原理	311
6.4.5 金属磨损自修复材料的应用效果和前景	312
第7章 水泥工业粉磨工程及磨损问题	317
7.1 水泥生产工艺和设备配置	317
7.1.1 水泥生产方法及流程	317
7.1.2 设备	321
7.2 水泥生产使用的原料、燃料和半成品	353
7.2.1 原料	354
7.2.2 硅酸盐水泥	358
7.2.3 石膏	358
7.2.4 高炉水淬矿渣和粉煤灰混合材料	359
7.2.5 火山灰质混合材料	363
7.2.6 工业副产品	365
7.2.7 尾矿	366
7.2.8 其他类混合材料及矿化剂	367
7.2.9 燃料	368
7.3 粉磨系统和粉磨工程及磨损	372
7.3.1 粉磨概要	372

7.3.2	原料粉磨	373
7.3.3	煤粉粉磨	385
7.3.4	水泥粉磨	397
7.3.5	矿渣粉磨	429
第8章 水泥工业中典型耐磨件的生产和应用实例		444
8.1	球磨机磨球和磨段	444
8.1.1	铸造磨球的生产工艺方法分类	444
8.1.2	各种工艺方法比较	444
8.1.3	磨段生产工艺方法和性能	457
8.1.4	铸造磨球和磨段的材质和性能	460
8.1.5	研磨介质的选材	461
8.1.6	研磨介质的磨损机理和质量分析	462
8.1.7	各种工况条件下研磨介质消耗分析	472
8.2	立磨及磨辊和磨盘	475
8.2.1	立磨简介	475
8.2.2	国内主要水泥厂立磨使用情况统计	487
8.2.3	立磨主要磨损件——磨辊和磨盘	490
8.2.4	磨损失效机理分析	492
8.2.5	立磨磨辊和磨盘耐磨材料的选择	494
8.3	钻孔机和挖掘机(钻头、斗齿和履带板)	498
8.3.1	挖掘机工作原理和主要磨损件	498
8.3.2	钻孔机工作原理和主要磨损件	499
8.3.3	颚式破碎机和圆锥破碎机(颚板、定锥和动锥)	500
8.3.4	锤式、反击式、冲击式破碎机磨损机理及耐磨材料的选择	502
8.4	球磨机衬板	508
8.4.1	球磨机粗磨仓衬板磨损机理及耐磨材料的选择	509
8.4.2	细磨仓衬板磨损机理及耐磨材料的选择	510
8.4.3	磨头端衬板、隔仓板、出料篅板磨损机理及耐磨材料的选择	510
8.5	辊压机易损件磨损机理及耐磨材料的选择	512
8.5.1	工作原理	512
8.5.2	辊面磨损失效机理分析	512
8.5.3	辊压机辊面材料的选择	513
8.6	熟料烧成和冷却机易损件磨损机理及耐热耐磨材料选择	514
8.6.1	回转窑中窑口护板磨损失效分析	514
8.6.2	耐磨耐热材料的选择	514
8.6.3	篅冷机篅板磨损机理及材料的选择	515
8.7	预热器内筒挂板的磨损失效及材料的选择	516
8.8	风机叶片、料斗内衬等薄壁件的磨损及材料的选择	516

8.9 选粉机撒料盘衬板的磨损及材料选择	516
附录1 耐磨材料技术标准目录	518
附录2 名词术语英汉对照	519

第1章 概 论

1.1 磨损问题的重要性及经济损失

磨损是工业领域和日常生活中常见的现象,也是工业中材料和能源消耗的主要根源之一。据不完全统计,能源的 $1/3 \sim 1/2$ 消耗于摩擦与磨损之中,在各种磨损类型中,又以磨料磨损最为严重,约占各种磨损类型的50%^[1]。

磨损问题涉及的问题很宽,但作为工程研究,其目的还是在设备和产品在使用过程中产生的磨损问题以及如何研究防止或减少磨损的工艺措施和方法;同时,还要研究和开发新的耐磨材料和表面技术以及研究和解决磨损问题的方法等。为了解决磨损过程中的各种问题,需要熟悉有关磨损的各种名词术语、定义和分类方法,了解磨损类型的基本理论,掌握研究磨损问题的方法并对具体工况条件下耐磨零件的结构设计、耐磨材料和表面处理方案的选择做出尽可能正确的判断。研究和解决磨损问题的重要意义在于,通过这项研究和实际应用可能对国民经济领域产生重大的经济效益和节省巨大的能耗。国外曾经对这些经济因素做过许多调查和估计,而这些估计大多是从摩擦学的角度考虑改善摩擦和磨损以及润滑后产生的综合效果联系在一起的。据国外工业发达国家统计,每年钢材因腐蚀、磨损损失占钢材总产量的18%,经济损失占国民经济总产值的38%~48%。例如美国国家材料政策委员会的报告指出:由于摩擦磨损引起的损失,使美国经济每年支付1 000亿美元的巨额资金,这项损失中的材料部分约为200亿美元;1983年,前联邦德国的调查报告指出:由于摩擦磨损造成的总损失估计为387亿马克;1965年,英国的统计数据:由于摩擦磨损造成的经济损失每年至少为51 500万英镑以上,相当于当年国民生产总值的1.1%以上。1986年我国对摩擦磨损造成的损失进行了全面的调查分析后指出:此项损失至少占国民生产总值的1.8%。据国家科委对金属腐蚀、磨损情况作的调查推算,我国仅因金属磨损、腐蚀每年造成的损失多达100亿~180亿元。尽管这些统计数字不一定十分精确,但也可以预见摩擦学的研究在经济效果上有巨大的潜力^[2]。

据资料统计,我国每年因磨损消耗的金属材料已达300万t以上^[2,3],以各种矿物的研磨过程中消耗量最大的球磨机磨球和衬板为例。按其研磨矿物的总产量和平均单耗的统计数据来计算,在几个主要的工业领域中,因磨料磨损消耗的球磨机磨球消耗为200多万t。这里还不包括其他行业及满足出口需求所需的数量,并且这个数字每年还在不断增长。表1.1为根据各个工业领域的生产能力和速度以及磨球的平均磨耗统计出来的近年来磨球的年平均消耗量(2004~2006)^[4]。

图1.1为各个工业领域近年来典型耐磨产品磨球的消耗量增长数据(2004~2006);图1.2为我国耐磨铸件产品类别及所占比例。

表 1.1 近年来在各种工业领域里磨球消耗的统计数据 (2004 ~ 2006) [4]

行 业	总产量		单 耗	消耗总量 (万 t)		备 注
	2004 年	2006 年		2004 年	2006 年	
铁矿	3.2 亿 t	5.88 亿 t	1.8 kg/t 原矿	58	105.84	低铬球
有色	1.5 亿 t	1.8 亿 t	0.8 ~ 0.9 kg/t 原矿	12.5	27.5	低铬球
水泥	8.5 亿 t	12.4 亿 t	0.1 kg/t 水泥	8.5	12.4	高铬球和低铬球
火电	3 亿 kW	6.22 亿 kW	10.5 kg/万 kW	31.5	65.31	低铬球
合计				110.5	210.05	高铬球和低铬球

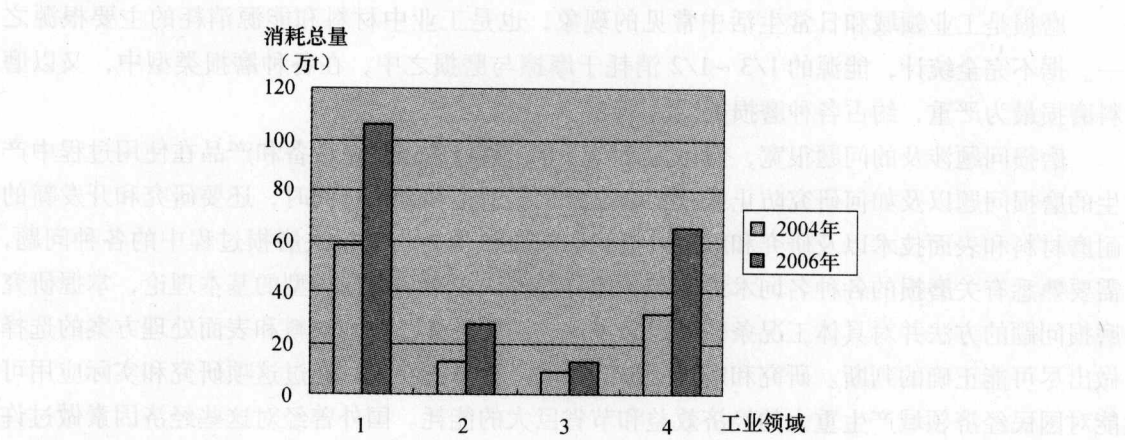


图 1.1 各个工业领域近年来典型耐磨产品磨球的消耗量增长数据 (2004 ~ 2006)

1—铁矿；2—有色矿；3—水泥；4—火力发电

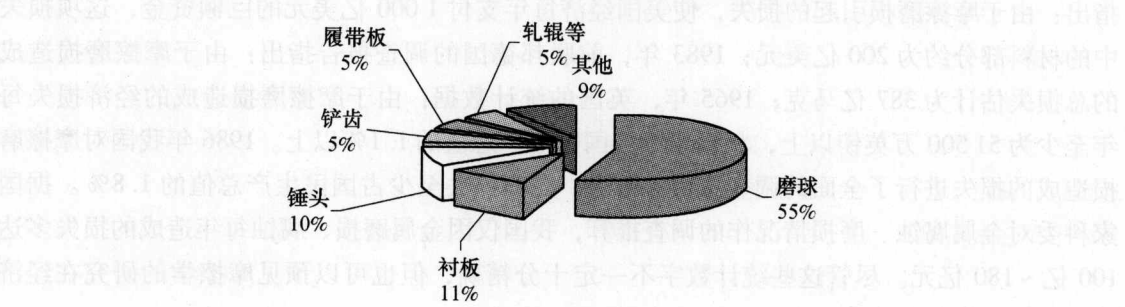


图 1.2 我国耐磨铸件产品类别及所占比例

近些年来发展起来的耐磨材料行业是直接为建材水泥、冶金矿山和火力发电工业服务的一个具有强大生命力的新型行业。随着我国国民经济的发展而不断成长和壮大，耐磨材料行业已发展成为一个独立的行业。由于磨损问题实际上在工业中是不可避免和客观存在的，因而只要有原材料基础工业的发展，就需要有不断的耐磨材料制造的零、部件的供应。而且，随着工业的不断进步和节约能源以及环保的要求，对耐磨材料的数量和品种的需求也会不断扩大，这个行业也会更加兴旺和具有更强的生命力。所以，人们把耐磨材料行业称之为一个“不朽”的行业。