

冶金过程污染控制与资源化丛书

# 冶金企业废弃生产设备 设施处理与利用

宋立杰 赵由才 主编



冶金工业出版社

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

冶金过程污染控制与资源化丛书

# 冶金企业废弃生产设备 设施处理与利用

宋立杰 赵由才 主编

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2009

## 图书在版编目 (CIP) 数据

冶金企业废弃生产设备设施处理与利用/宋立杰, 赵由才主编. —北京: 冶金工业出版社, 2009. 2

(冶金过程污染控制与资源化丛书)

ISBN 978-7-5024-4792-2

I. 冶… II. ①宋… ②赵… III. ①冶金设备—  
废物处理 ②冶金设备—废物综合利用 IV. X756

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 012199 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 程志宏 钱文涛 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4792-2

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2009 年 2 月第 1 版, 2009 年 2 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 12.625 印张; 336 千字; 388 页; 1-3000 册

36.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 冶金过程污染控制与资源化丛书

## 编 委 会

主 任 赵由才

副主任 刘 清

委 员 马建立 唐 平 曹先艳 孙晓杰

孙英杰 宋立杰 李鸿江 招国栋

钱小青 肖 灿 王金梅 牛冬杰

柴晓利 郭 斌

## 丛 书 前 言

---

冶金工业是一门既古老又现代的工业门类。黑色金属(钢铁)、有色金属(包括铜、锌、铅、铬、镍等)、稀有金属(包括钨、钼、钽、铌等)、贵金属(包括金、银、铂、钯等)、放射性金属(铀、钋等)、稀土金属等的各种形态物质的生产、加工等均属于冶金工业的范畴。

冶金工业是我国国民经济的支柱产业之一,为社会的发展做出了重要贡献。然而,冶金企业造成的环境污染与资源浪费也是相当严重的。每生产1t钢的总耗水量为100~300t。虽然水的循环使用率已大大提高,但每吨钢需要处理的废水一般仍达50t左右。废水中带有大量有害的悬浮泥渣及溶解物质,而且温度较高(30~60℃),直接外排会造成热污染。钢铁工业造成的大气污染尤为严重,每生产1t钢要产生废气10000m<sup>3</sup>,粉尘100kg,废气中含有一氧化碳、二氧化硫及氧化铁等有害物质。此外,生产1t钢还要产生近0.5t钢铁废渣。由于冶金工业产生的污染物数量大、毒性强、品种多,造成的环境问题极为严重,因此对冶金工业污染的处理处置及资源化有着巨大的环境价值、经济价值和社会价值。多年来,我国各级政府、相关企业对冶金污染控制与资源化做了大量研究开发和整治工作,取得了明显的成效,积累了大量的经验教训。然而,国内外相关资料比较分散,部分冶金学术著作中对其污染控制与资源化虽有所描述,但并不全面和系统,读者难以系统深入了解和掌握,故实用性较差。

本丛书全面系统地描述了国内外冶金污染控制与资源化

的原理、技术、应用工艺、管理、法律和法规等内容，包括冶金过程固体废物处理与资源化、冶金过程废气污染控制与资源化、冶金过程废水处理与利用、矿山固体废物处理与资源化、冶金企业废弃生产设备设施处理与利用、冶金企业污染土壤和地下水整治与修复、绿色冶金与清洁生产等。

这套丛书适合于大、中专院校教学使用，也可供从事环境保护的工程技术人员、国家和地方政府的工业管理部门以及科技管理部门的相关人员阅读和参考。

本丛书中所引用的国内外文献资料均在参考文献或文中列出，但由于参考文献来源广泛，如编者在归纳、整理中出现遗漏，请有关资料作者谅解。

赵由才

2007年1月

于同济大学明净楼

# 前 言

---

人口、环境、资源是当今人类社会面临的三大主要问题。环境污染和生态破坏已成为 21 世纪人类生存的一大危机，成为制约世界经济发展和威胁人民健康的主要因素之一。保持生态平衡、实现可持续发展是全人类共同关心的目标，世界各国都在为此制定自己的战略规划。资源利用合理化、废物产生少量化、对环境无害化已成为世界发展的共识。

设备管理是现代企业管理的重要组成部分，而设备报废及报废设备的管理又是设备全过程管理的最后一个环节。它关系到企业的经济效益、生产运营和竞争力，影响企业持续、快速发展。但是，部分企业在抓设备管理时却忽视了这一环节，只注重设备前期管理、使用、维护和修理的管理，没有充分意识到设备报废及报废设备管理的重要性，导致设备报废及报废设备管理无一定的章法，不能认真分析设备报废的原因，不能认真论证设备报废的技术性、经济性，简单地认为设备不能使用就报废，最终造成对已报废设备处置不当。实际上，对报废设备如能合理处置，同样能为企业创造经济效益和社会效益。

对冶金行业废弃生产设施设备进行处理和利用，可以有效地缓解原生资源的危机，大量节约能耗，并有利于减少环境污染。据分析，回收 1t 废钢铁用于炼钢可节能 11.7GJ，可节省铁矿石 3t、焦炭 500kg、石灰石 300kg，省去采矿、选矿、炼焦、炼铁等过程，显然可以节省大量自然资源和能源。因此，废钢的利用引起了全社会的普遍重视，废钢铁也被形象

地称为“第二矿业”。

我国要加快工业化进程,保持冶金工业持续增长,资源消耗的增加是必然的。我国从1952年到1987年间,国民经济增长8.9倍,而能源消耗增长14.9倍,有色金属消耗增长23倍,铁矿石消耗增长24倍,到2020年绝大多数矿产资源将出现缺口。为减少经济发展对金属资源的压力,就必须大力发展循环经济,充分利用再生资源,少用矿石,多用废钢和废有色金属,促进资源的节约和高效利用,促进人类社会与自然的和谐发展。

本书系统论述了冶金企业的设备概况和设备管理的一般原理,并从资源和环境保护的角度,介绍了冶金行业废弃生产设施设备的处理和再生利用情况、典型废弃机械设备的处理以及报废矿井的利用。本书可供高等院校有关专业的师生、企业和科研院所从事冶金工业和环境保护事业的工程技术人员及管理人员阅读和参考。

本书由宋立杰、赵由才主编,刘晓超(马鞍山钢铁集团)、朱宏(南京钢铁集团)任副主编。参加编写的人员有:宋立杰、应昊磊(第1章);刘晓超、朱宏(第2章);宋立杰(第3章);宋立杰、赵由才(第4章);赵由才、宋立杰、杨明(第5章)。

此外,本书在编写过程中得到了刘清、卢礼强、陈浩的大力帮助,在此编者向他们表示衷心感谢。

由于编者水平所限,编写过程中的缺点和不足,恳请有关专家及广大读者批评指正。

编 者

2007年4月

于同济大学污染控制与  
资源化研究国家重点实验室

# 目 录

---

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>1 冶金机械设备概述 .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 冶金通用机械设备 .....       | 3         |
| 1.1.1 起重运输机械 .....       | 4         |
| 1.1.2 泵与风机 .....         | 6         |
| 1.1.3 液压传动系统 .....       | 9         |
| 1.2 火法冶金设备 .....         | 9         |
| 1.2.1 干燥设备 .....         | 9         |
| 1.2.2 焙烧设备 .....         | 13        |
| 1.2.3 熔炼设备 .....         | 18        |
| 1.2.4 气固分离设备 .....       | 39        |
| 1.3 湿法冶金设备 .....         | 41        |
| 1.3.1 浸取反应器 .....        | 41        |
| 1.3.2 固液分离设备 .....       | 44        |
| 1.3.3 溶剂萃取设备 .....       | 52        |
| 1.3.4 离子交换设备 .....       | 61        |
| 1.3.5 电化学反应器 .....       | 68        |
| 1.3.6 沉淀设备 .....         | 69        |
| <b>2 冶金企业的设备管理 .....</b> | <b>73</b> |
| 2.1 设备的折旧管理 .....        | 74        |
| 2.1.1 固定资产的定义 .....      | 74        |
| 2.1.2 设备的折旧管理 .....      | 75        |
| 2.1.3 设备的折旧计算方法 .....    | 79        |
| 2.2 设备的改装和更新 .....       | 81        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 2.2.1 设备的改装 .....          | 82  |
| 2.2.2 设备的更新 .....          | 89  |
| 2.3 设备的报废管理 .....          | 95  |
| 2.3.1 设备报废的概念 .....        | 95  |
| 2.3.2 设备报废管理 .....         | 96  |
| 2.3.3 报废设备管理 .....         | 98  |
| 2.3.4 报废设备的处理 .....        | 99  |
| 2.4 报废设备的拆卸和维修翻新 .....     | 103 |
| 2.4.1 报废设备的拆卸 .....        | 103 |
| 2.4.2 报废设备的维修翻新 .....      | 105 |
| 2.4.3 零件返修技术 .....         | 110 |
| 2.5 建立现代大型冶金企业设备管理体系 ..... | 116 |
| 2.5.1 我国冶金企业的设备管理 .....    | 116 |
| 2.5.2 推行现代化设备管理 .....      | 119 |
| 3 有色金属废料的回收再生 .....        | 124 |
| 3.1 概述 .....               | 124 |
| 3.1.1 开发再生有色金属的重要意义 .....  | 124 |
| 3.1.2 再生有色金属的来源 .....      | 126 |
| 3.1.3 从废料中回收有色金属的方法 .....  | 127 |
| 3.2 有色金属废料的预处理 .....       | 128 |
| 3.2.1 对有色金属废料的要求 .....     | 129 |
| 3.2.2 有色金属废料的分类 .....      | 133 |
| 3.2.3 有色金属废料的预处理方法 .....   | 135 |
| 3.2.4 有色金属废料的解体 .....      | 139 |
| 3.2.5 有色金属废料的分选 .....      | 145 |
| 3.2.6 松散废料的捆扎与压团 .....     | 149 |
| 3.2.7 金属屑的脱脂 .....         | 152 |
| 3.2.8 有色金属废料的干燥 .....      | 155 |
| 3.3 含铝废料的回收再生 .....        | 157 |

|       |                       |     |
|-------|-----------------------|-----|
| 3.3.1 | 含铝废料的来源和分类 .....      | 157 |
| 3.3.2 | 含铝废料的特点 .....         | 158 |
| 3.3.3 | 含铝废料的回收利用方法 .....     | 159 |
| 3.3.4 | 从含铝废料生产铝合金 .....      | 161 |
| 3.3.5 | 再生铝合金的精炼 .....        | 166 |
| 3.3.6 | 从含铝废料生产其他产品 .....     | 171 |
| 3.4   | 含铜废料的处理 .....         | 174 |
| 3.4.1 | 含铜废料的分类、特征及处理方法 ..... | 174 |
| 3.4.2 | 含铜废料的直接利用 .....       | 176 |
| 3.4.3 | 含铜废料的火法冶金 .....       | 180 |
| 3.4.4 | 含铜废料的湿法冶金 .....       | 187 |
| 3.5   | 含铅物料的处理 .....         | 192 |
| 3.5.1 | 含铅物料的特点及回收方法 .....    | 192 |
| 3.5.2 | 从含铅废料生产合金 .....       | 194 |
| 3.5.3 | 含铅废料生产三盐基硫酸铅、黄丹 ..... | 198 |
| 3.6   | 从含锌废料中回收锌 .....       | 200 |
| 3.6.1 | 含锌废料的来源 .....         | 200 |
| 3.6.2 | 从钢铁生产的含锌烟尘中回收锌 .....  | 201 |
| 3.6.3 | 从含锌废料中回收锌 .....       | 202 |
| 3.6.4 | 用含锌废料生产锌化工产品 .....    | 204 |
| 4     | 废钢的回收利用 .....         | 207 |
| 4.1   | 概述 .....              | 207 |
| 4.1.1 | 废钢铁回收利用的意义 .....      | 207 |
| 4.1.2 | 废钢铁的来源 .....          | 211 |
| 4.1.3 | 我国的废钢利用现状 .....       | 213 |
| 4.2   | 废钢铁的生成和消耗模型 .....     | 222 |
| 4.2.1 | 废钢铁的生成模型 .....        | 222 |
| 4.2.2 | 废钢铁的消耗模型 .....        | 225 |
| 4.3   | 废钢铁的机械预处理 .....       | 226 |

|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| 4.3.1 | 概述 .....                | 226 |
| 4.3.2 | 废钢铁的分类和管理 .....         | 228 |
| 4.3.3 | 废钢铁的加工处理 .....          | 232 |
| 4.3.4 | 破碎线 .....               | 264 |
| 4.3.5 | 我国废钢加工机械的发展和应用 .....    | 270 |
| 4.4   | 废钢铁的冶炼和钢中的残留元素 .....    | 274 |
| 4.4.1 | 废钢铁的冶炼 .....            | 274 |
| 4.4.2 | 钢中的残留元素 .....           | 281 |
| 4.4.3 | 废钢铁冶炼新流程——渣化还原法 .....   | 301 |
| 5     | 典型报废机械设备的处理 .....       | 306 |
| 5.1   | 报废车辆的处理 .....           | 306 |
| 5.1.1 | 国内外废汽车再生利用概况 .....      | 307 |
| 5.1.2 | 汽车生命周期与循环经济 .....       | 311 |
| 5.1.3 | 金属材料的回收 .....           | 316 |
| 5.1.4 | 废汽车中铝的回收 .....          | 323 |
| 5.2   | 报废设备中废塑料的回收利用 .....     | 330 |
| 5.2.1 | 废塑料回收利用技术 .....         | 330 |
| 5.2.2 | 废塑料的熔融再生技术 .....        | 337 |
| 5.2.3 | 废塑料和废轮胎的热解油化工艺 .....    | 344 |
| 5.2.4 | 废塑料回收利用技术应用分析 .....     | 351 |
| 5.3   | 报废设备中废橡胶的回收利用 .....     | 354 |
| 5.3.1 | 概述 .....                | 354 |
| 5.3.2 | 废轮胎的处理方法 .....          | 354 |
| 5.3.3 | 处理方法比较 .....            | 366 |
| 5.4   | 废矿井的利用 .....            | 367 |
| 5.4.1 | 报废矿井的可利用空间 .....        | 368 |
| 5.4.2 | 报废矿井处置工业废弃物的原则和条件 ..... | 369 |
| 5.4.3 | 利用报废煤矿井筒处理污水 .....      | 370 |
| 5.4.4 | 报废矿井的其他利用方式 .....       | 370 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 附录 某钢铁股份有限公司关于固定资产<br>和废钢铁的规定····· | 373 |
| 参考文献·····                          | 385 |

# 1

## 冶金机械设备概述

冶金是一门研究如何从矿石、精矿或其他材料中提取金属，并加工处理使之适于人类应用的科学。广义的冶金包括矿石的开采、选矿、冶炼和金属加工。由于科学技术的进步和工业的发展，采矿、选矿和金属加工已分别形成一门独立的学科，因而目前的冶金专指矿石或精矿的冶炼。由于冶金过程是从原料中提取金属，故又称之为提取冶金。

由于原料条件的不同和金属性质的差异，冶金方法是多种多样的，根据冶炼过程和方法的不同，大致可分为以下3种类型：

(1) 火法冶金 (pyrometallurgy)。火法冶金是在高温条件下对矿石或精矿进行熔化作业并通过还原、氧化焙烧等反应制取金属和合金的过程。火法冶金的流程一般包括原料准备（烧结、球团、焙烧等）、熔炼过程和精炼过程等主要工序。它是提取冶金的主要方法，目前工业上大规模的钢铁冶炼、主要的有色金属冶炼和某些稀有金属的提取都采用火法冶金方法。

(2) 湿法冶金 (hydrometallurgy)。湿法冶金是采用液态溶剂（通常为无机水溶液或有机溶剂）进行矿石浸出、分离和提取金属及其化合物的方法。湿法冶金的流程主要包括浸取、固液分离、溶液净化与富集、从溶液中制取产品等工序。湿法冶金设备和操作相对比较简单，应用范围也日益扩大。目前，湿法冶金主要用于有色金属、稀有金属及贵金属的提取。

(3) 电冶金 (electrometallurgy)。电冶金是利用电能冶炼金属的一种方法，又可分为电热冶金和电化冶金。前者与火法冶金类似，不同之处是电热冶金的热能由电能转化而成，火法冶金则以燃料燃烧产生高温热源。电化冶金是利用电化学反应，使金属从含金属盐类的溶液或熔体中析出。如果是低温水溶液，在电化

学作用下,使金属从金属盐水溶液中析出(如铅电解精炼和锌电极),称为水溶液电化学冶金,可归入湿法冶金之中;如果是高温,在电化学作用下,使金属从含盐类熔体析出(如铝电解),称为熔盐电化学冶金,它不仅利用电能的化学效应,而且也利用电能转变为热能加热金属盐类成为熔体,因此,熔盐电解也可归入火法冶金一类中。

冶金方法的选择和应用,有时可能是单一的,有时可能是火法冶金和湿法冶金联合使用的过程。冶金方法的选用应本着节约能源、保护环境以及综合利用的原则。一般情况下,黑色金属冶炼,由于矿石的成分比较单一,通常采用火法冶金方法,即使有的矿石较为复杂,通过火法冶金之后,也能使其伴生的有色金属进入渣中,进行再处理,如高炉冶炼用钒钛铁矿就是属于这种类型。有色金属的冶炼,由于其矿石或精矿的矿物成分极其复杂,含有多种金属矿物,不仅要提取或提纯某种金属,同时还要综合考虑回收各种有价值的其他金属成分,以充分利用资源和降低生产费用。因此,这种情况下考虑冶金方法时要用两种或两种以上的方法才能完成。重金属的冶炼,因常以硫化矿为主要原料,故工艺流程以火法为主、湿法为辅。轻金属的密度小、活性大,多采用熔盐电解法和金属热还原法进行生产。国外铝、镁、铁的冶炼技术,主要是向大型化、高效率、低能耗及应用电子计算机、工艺过程控制自动化方向发展。金、银、铂等贵金属的冶炼,一部分可由矿石提取,而大部分都是从铜、镍、铅、锌冶炼厂的副产品(阳极泥)中回收的。稀有金属在地壳中分布过于分散,没有富集的矿床,只能从金属工厂或化工厂的废料中提取。

随着冶金技术的发展和矿石资源的日趋枯竭,从废金属和含金属的废料中回收再生金属日益受到重视,它可大大减少对自然资源的开采耗用,达到节约能源、减少环境污染和提高劳动效率的目的。据报道,回收 1t 废钢铁用于炼钢可节能 11.7GJ,节省铁矿石 3t、焦炭 500kg、石灰石 300kg,省去采矿、选矿、炼焦、炼铁等过程;同样,回收再生有色金属与原矿中提取金属相比,

在基建投资方面要降低 90%；能耗方面，铝为 1/3，锌为 1/3，铜为 1/6，镍为 1/9，镁为 1/37；生产费用方面，铝为 40% ~ 50%，铜为 35% ~ 40%，锌为 25% ~ 30%。再生金属在西方工业发达的国家中占很高比例，铜占全部铜用量的 37% ~ 46%，铅占 30% ~ 47%，锌占 20% ~ 28%，铝占 19% ~ 34%。

冶金工业生产的对象、手段、形式多种多样，专业化较强，必须配备专门的冶炼和提取设备，但作为一个产业系统，又需要大量冶金通用机械设备。故本章将冶金机械设备分为以下 3 个部分来加以介绍：

(1) 冶金通用机械设备，它是指在各种冶金工业部门均能使用的设备，主要包括起重运输机械、泵和风机、液压传动设备等。

(2) 火法冶金设备。

(3) 湿法冶金设备。

## 1.1 冶金通用机械设备

在冶金工业的生产过程中，通用机械设备处于不可缺少的重要地位。在任何生产过程中，原料、半成品及产品的搬运工作都是必不可少的。在一个年产 700 万 t 的钢铁联合企业当中，各种物品的流通量就高达 5000 万 t 左右，而且其中多数是要求在高温、快速的情况下完成运输工作的。为了完成这些任务，通常要装备各种类型的起重、运输机械。此外，在生产中，各种起重、运输机械的投入使用，直接影响着生产流程上各种工艺设备的配置情况。这些起重、运输机械便是联系各工艺设备之间的重要组成部分，从而超出了辅助工作的地位。

冶金工业中的各种冶金炉，必须由泵和风机供给冷却水和助燃的空气，高炉炼 1t 生铁需要供应 2200 ~ 2500m<sup>3</sup> 的空气，炼钢炉炼 1t 钢需要十几吨冷却水。可见，对一个冶金企业来说，没有具备相当能力的泵和风机来完成如此大量的流体输送任务，冶金生产是不可能进行的。

液压传动是近几十年来获得迅速发展的一门技术，在冶金机械中得到广泛的使用，如高炉液压炉顶、液压传动泥炮、全液压炼钢电炉、转炉的液压烟罩提升机，有色金属生产中用的液压锌锭码垛机以及液压传动起重机等。

### 1.1.1 起重运输机械

#### 1.1.1.1 起重机械

起重机械是用来对物料作举起、运输、装卸和安装等作业的机械设备。使用起重机械能减轻工人劳动强度，提高劳动生产率，在生产过程中进行某些特殊的工艺操作，实现机械化和自动化。

采用起重机械搬运物料时，经历上料、运送、卸料和回还的过程，这个过程称为一个工作周期。在一个周期内，起重机时时转，搬运的物料时有时无。因此，起重机械是一种周期性间歇运作的机械。

起重机械由三大部分组成，即工作机构、金属结构和电气控制系统。起重机械的任务是把在工作范围内的重物从某一位置运送到需要的另一位置，要做升降、水平等运动。起重机的工作机构就是为实现不同运动而设置的机械机构，常见的有起升机构、运行机构、回转机构和变幅机构，通常称为四大工作机构。但不是所有的起重机械都同时具有这些机构，而是根据工作需要，可以有其中的一个或多个。但无论该起重机械拥有多少个机构，起升机构是必不可少的。金属结构是构成起重机械的躯体，是安装支撑各机构、并承受自身和全部载荷的主体部分。起重机的电气控制系统包括动力设备、操纵装置和安全装置，它在一定程度上决定了起重机的性能和构造特点，即各机构的启动、调速、改向、制动和停止均由操纵装置实现。

起重机械按其构造特点的不同，分为轻小型起重机械、桥架型起重机和臂架型起重机（见图 1-1）。

起重机械的基本参数有起重量、起升高度、跨度、幅度、各