

冶金工程设计

第2册 工艺设计

主 编 云正宽

副主编 张光烈 郭乐民 高士林 吴维治



冶金工业出版社

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

冶金工程设计

第2册

工艺设计

主 编	云正宽	
副主编	张光烈	郭乐民
	高士林	吴维治

北 京
冶金工业出版社
2006

内 容 简 介

《冶金工程设计》共分三册包括《设计基础》、《工艺设计》、《机电设备和工业炉窑设计》。本册分为九篇。第一篇选矿、烧结及球团。第二篇钢铁冶炼,包括炼铁、炼钢和铁合金。第三篇有色金属冶炼,包括铜、镍、钴、铅、锌、锡、锑、铋、金、镁冶炼,冶炼烟气制酸,氧化铝生产,电解铝生产,炭素制品生产和综合回收。第四篇轧钢,包括热轧板带、冷轧钢带、钢管、型钢(线材)。第五篇有色金属加工,包括铝熔铸,铝板带,铝管、棒、型材,铜熔铸,铜板带,铜管、棒、型材,环保和安全卫生。第六篇钢铁制品,包括特殊钢锻造、铸铁管、钢丝与钢丝制品。第七篇焦化,包括炼焦用煤准备与焦炭、炼焦、焦炉煤气净化、煤焦油加工和厂区管道。第八篇耐火材料,包括几种耐火材料的生产工艺要点,耐火材料厂总体设计、生产计算、工艺布置和热工炉窑设计等。第九篇总图运输,包括厂址选择、总体布置、总平面布置和运输设计。

《冶金工程设计》是勘察设计注册冶金工程师资格考试培训及继续教育的基本教材,也可供冶金企业的科技和管理人员参考使用,同时也可作为高等院校师生和科研单位的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

冶金工程设计.第2册,工艺设计/云正宽主编.

—北京:冶金工业出版社,2006.6

ISBN 7-5024-3980-3

I.冶… II.云… III.冶金工业—工程设计

IV.TF

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 030205 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 郭庚辰(手机:13693126653) 美术编辑 李 心

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 丁小晶

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 6 月第 1 版,2006 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 75 印张; 2007 千字; 1154 页; 1—3500 册

198.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027983

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

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《冶金工程设计》编辑委员会

主 任	施 设			
副 主 任	云正宽(常务)	张兆祥	陈俊卿	谭 萍
	辛静如 郭希贵	吕文元		
委 员	(以姓氏笔画为序)			
	王洪俊	云正宽	史学谦	兰新辉
	李忠良	李春林	肖 白	吴启常
	辛静如	宋玉国	张光烈	张兆祥
	陈绍祖	陈俊卿	孟震生	施 设
	高士林	郭玉光	郭乐民	郭希贵
	尉克俭	储慕东	谭 萍	
				吕文元
				吴维治
				张荫蓬
				姜良友
				郭鸿发

《工艺设计》编写人员

主 编	云正宽			
副 主 编	张光烈	郭乐民	高士林	吴维治
编写人员	(以姓氏笔画为序)			
	云正宽	王克嘉	王洪涛	尹丽丽
	刘 昕	刘与枫	刘国金	刘润田
	闫建设	宋华德	杜 平	何 涛
	杨汉光	陈李招	张万福	张文海
	张光烈	张宗瑜	张锡典	罗付华
	范瑞尤	宫香涛	施维一	郭乐民
	顾家声	唐一凡	唐美如	高士林
	高家生	钱启英	钱理业	陶益新
	储慕东	温作仁	戴有涛	
				任 伟
				伍千思
				苏小新
				张玉杰
				林道新
				郭奕全
				高克萱
				彭遂胜

序

近十多年来,我国冶金工业得到了长足的发展,各种钢铁、有色金属及黄金产品,基本满足了经济建设与国防现代化的需要,带动了相关产业的发展,为国民经济的快速发展做出了巨大贡献。

我国加入 WTO 后,冶金工业面临着新的机遇与挑战。我们只有不断总结、集成、创新,才能使冶金工业健康、持续发展,才能在日益激烈的竞争中立于不败之地。发展冶金科技,人才为本,在“科教兴国”国策的实施过程中,我们应采取多种有力措施,尽快培养出各学科、各专业的学术带头人,培养出一大批复合型人才,并造就一支能适应现代冶金科技发展需要的科技队伍。

为了满足冶金工程技术人员学习现代冶金科学技术、扩大专业知识、拓宽就业范围的要求,全国勘察设计注册工程师冶金专业管理委员会组织资深的专家、学者,成立了《冶金工程设计》编辑委员会,组织近百位经验丰富的冶金工程专家参加了该套书的编写工作,这是一项十分重要的“基础工程”,必将有助于我国冶金工程技术的创新活动。

《冶金工程设计》涵盖了钢铁、有色金属及黄金等材料生产建设过程中的设计内容,包括了主要生产技术、工艺流程以及选用的主要设备。此外,还包括了有关法律、法规,冶金工程所需的能源介质,公辅设施,环保,土建以及总图运输等。该套书内容丰富,资料翔实,适用范围广。该套书的出版,将为广大的冶金科技工作者,特别是冶金工程设计人员提供一套技术新、综合性强的专业书籍;它也将成为冶金企业、科研单位及大专院校生产、科研、教学参考书。

殷瑞钊

2005.12.24

前 言

近年来,我国钢铁、有色金属及黄金的产量跃居世界前列。广大冶金科技工作者努力学习国际先进技术,积极开发、设计、研制适合国情的新工艺、新设备和新材料,为冶金工业快速发展做出了突出贡献。

冶金工业是典型的流程制造业。采矿—选矿—冶炼—加工整个工艺流程具有广泛的关联度与相互渗透性;钢铁、有色金属及黄金生产的科学原理、生产工艺、选用的设备大体相同或类似。多学科彼此借鉴,跨专业技术交流,相互促进,必定使我国冶金工业跃上一个新台阶,早日跨入冶金科技强国的行列。

冶金工程设计是冶金工业健康发展的重要环节,担负着冶金工厂新建、改扩建及技术改造的繁重任务。我国加入 WTO 后,冶金工业面临新的发展机遇与挑战。在此关键时期,广大钢铁、有色金属及黄金行业的工程设计人员,必须不断提高技术水平,扩充专业知识,为冶金工业优化产业结构、节能降耗、循环利用资源、加强环境保护等做出应有的贡献。

为适应我国加入 WTO 后的新形势,不断提高工程技术人员的技术水平与法制观念,提高设计质量,加强设计管理,逐步与国际接轨,人事部、建设部于 2001 年 1 月 4 日联合发布了《勘察设计注册工程师制度总体框架及实施规则》,并于 2005 年 10 月 13 日印发了《勘察设计注册冶金工程师制度暂行规定》、《勘察设计注册冶金工程师资格考试实施办法》和《勘察设计注册冶金工程师资格审核认定办法》。为了贯彻执行上述文件的有关要求,全国勘察设计注册工程师冶金专业管理委员会组织资深专家、学者成立了《冶金工程设计》编辑委员会,负责该套书的编写及审订工作。

《冶金工程设计》一套共三册。第一册《设计基础》,主要包括:有关法律、法规、规定、条例及重要标准,基本建设程序,现代设计方法,冶金生产(采矿、选矿、冶炼、加工、焦耐)概论,冶金工程的机械、电力及自动化、能源介质、公辅设施及土建,冶金工程的总图、环保、劳动安全卫生及消防,冶金工程项目的投资计算及经济评价。第二册《工艺设计》,主要包括:选矿、烧结、球团、钢铁冶炼、有色金属及黄金冶炼、轧钢、有色金属加工、钢铁制品、焦化、耐火材料及总图运输。第三册《机电设备与工业炉窑设计》,主要包括:冶金工程的机械设备、供配电与电气传动以及冶金工业炉窑。

《冶金工程设计》内容广泛,综合性强,资料翔实,是勘察设计注册冶金工程师资格考试培训及继续教育的基本教材,也可供冶金企业的科技人员、管理人员参考使用,同时也可作为高等院校的师生、科研单位工程技术人员的参考用书。

在编写过程中,参考引用了国内外最新冶金科技成果;有关人员对书中的内容、深度、广度,反复讨论、研究、斟酌和推敲,力求编写成能反映近年国际、国内冶金科技发展水平,并受到广大冶金工程技术人员欢迎的书籍。但编写这类书籍尚无先例可循,再加上时间紧,任务重,难免存在缺憾与不足,恳请广大读者多提宝贵意见,以便再版时修改、完善。

在此谨向对本书进行指导的殷瑞钰院士致谢,并向本书所引用技术资料的作者、参加本书审核的专家以及提供帮助的人士致谢,并感谢勘察设计注册冶金工程师执业资格考试专家组给予的支持。

《冶金工程设计》编辑委员会

2006年1月10日

目 录

第一篇 选矿、烧结及球团

第一章 概论	1
第一节 选矿	1
一、选矿、选矿产品及工艺指标	1
二、选矿厂规模	1
三、选矿工艺及流程	2
四、主要选矿设备及其适用条件	4
五、选矿厂设计	6
第二节 烧结及球团	6
一、烧结厂及球团厂设计一般原则	7
二、烧结厂及球团厂工艺建筑物总平面布置及车间配置的一般原则	7
三、烧结工艺简述	8
四、球团工艺简述	9
第二章 选矿	11
第一节 选矿厂设计基础资料	11
一、设计用基础资料	11
二、设计对选矿流程试验规模的要求	11
第二节 设计规模及产品方案	13
一、设计规模	13
二、产品方案	13
第三节 选矿厂工作制度和主要设备作业率	13
第四节 工艺流程及指标	14
一、设计工艺流程及指标的确定原则	14
二、碎磨流程的制定与计算	15
三、选别流程的制定	21
四、选别流程的计算	27
五、矿浆流程的计算	31
六、金氰化浸出流程的计算	33
第五节 主要工艺设备选择与计算	33
一、主要工艺设备选择和计算的一般原则	33
二、破碎设备	34

三、筛分设备	36
四、磨矿设备	39
五、分级设备	46
六、浮选设备	51
七、重选设备	53
八、磁选设备	56
九、电选机	59
十、脱水设备	59
第六节 矿仓及检修设施	62
一、矿仓设施的确定	62
二、常用的检修起重设备	63
第七节 车间组成、总平面布置和厂房设备配置	64
一、车间组成	65
二、总平面布置	65
三、厂房设备配置的基本原则	65
第三章 烧结	66
第一节 原料、燃料及烧结矿	66
一、含铁原料	66
二、锰矿	67
三、熔剂	67
四、燃料	68
五、烧结矿	68
第二节 烧结工艺流程的确定	68
一、工艺流程	68
二、确定工艺流程的原则	69
三、工艺流程图的编制	69
四、工艺设备连接系统图的绘制	70
第三节 烧结工艺	71
一、烧结原料、熔剂和燃料的接受、贮存和准备	71
二、配料与混合	74
三、烧结及抽风系统	78
四、烧结饼破碎、筛分和冷却	85
五、烧结矿整粒和成品矿贮存	87
第四节 主要设备的选择与计算	88
一、翻车机	89
二、锤式破碎机	89
三、熔剂筛分用振动筛	89
四、圆筒混合机	90
五、烧结机	90
六、冷却设备	91

七、整粒设备	92
八、抓斗起重机	93
第五节 烧结余热利用	93
一、烧结过程的热平衡	93
二、烧结余热利用技术	94
第四章 球团	95
第一节 原料、燃料及球团矿	95
一、含铁原料	95
二、黏结剂	95
三、添加剂	95
四、燃料	95
五、球团矿	96
第二节 工艺方案的选择	96
第三节 工艺流程	97
一、工艺流程	97
二、确定工艺流程的原则	98
三、工艺流程图及设备连接系统图的编制	98
第四节 工艺及主要设备选择与计算	101
一、球团原料、燃料的接受及贮存	101
二、精矿干燥	101
三、配料与混合	102
四、造球	103
五、生球筛分系统	105
六、竖炉法焙烧	105
七、带式焙烧机法焙烧	108
八、链算机-回转窑法焙烧	112
参考文献	116

第二篇 钢铁冶炼

第一章 概论	117
第二章 炼铁	119
第一节 高炉炼铁	119
一、概述	119
二、原燃料	120
三、高炉主要技术经济指标	125
四、配料计算	128
五、高炉鼓风机的选定	134

第二节 平面布置	136
一、高炉布置型式	136
二、铁水罐运输线路的设计	138
三、物料的运输方式	138
四、铁路运输设计中应掌握的数据	139
第三节 主要生产设施	140
一、高炉矿焦贮槽	140
二、高炉上料系统	142
三、高炉炉顶	145
四、高炉炉体	148
五、风口平台出铁场	157
六、热风炉	160
七、粗煤气系统	168
第四节 高炉主要辅助设施	169
一、水冲渣及干渣	169
二、煤粉喷吹	172
第三章 炼钢	177
第一节 转炉炼钢	177
一、铁水预处理	177
二、炼钢	183
第二节 电炉炼钢	212
一、概述	212
二、电炉炼钢	213
三、电炉炼钢技术的发展	226
第三节 钢水炉外精炼	232
一、炉外精炼方法的选择	233
二、炉外精炼装置容量及生产能力计算	241
三、工艺流程与平面布置	241
四、主要技术经济指标	241
五、主要生产及公辅设施	242
第四节 连铸	244
一、机型选择	244
二、工艺参数的确定及工艺计算	247
三、连铸生产能力计算	250
四、工艺流程及平面布置	251
五、设备选择	254
六、公辅设施	269
第五节 其他生产设施	269
一、废钢处理	269
二、钢渣处理	272

第四章 铁合金	275
第一节 概述	275
一、电炉法	275
二、高炉法	275
三、吹氧法	275
四、真空固态脱碳法	275
五、炉外法	276
六、化学处理法	276
七、电解法	276
第二节 原料、原材料及设备	276
一、锰矿物和锰矿石	276
二、铬矿	278
三、硅石	279
四、含铁原料	280
五、铝粒	280
六、熔剂	281
七、还原剂	281
八、电极	282
第三节 硅系、锰系、铬系合金	287
一、硅系合金	288
二、锰系合金	299
三、铬系合金	307
四、产品规模、产品方案及车间组成	311
第四节 电炉精炼铁合金	330
一、中低碳锰铁及金属锰	330
二、电炉-摇炉法生产中低碳锰铁	338
三、电炉-转炉生产中低碳铬铁	345
第五节 电解法生产金属锰	348
一、工艺流程	349
二、电解液的制备	349
三、电解金属锰车间的概况	350
第六节 钒铁及五氧化二钒的生产	352
一、钒铁的牌号和用途	352
二、五氧化二钒的牌号和化学成分	353
三、五氧化二钒的提取	353
四、五氧化二钒提取流程及工艺操作	353
五、钒铁生产工艺	354
六、车间布置与设备组成	355
七、五氧化二钒和钒铁的主要技术经济指标	357
参考文献	361

第三篇 有色金属冶炼

第一章 概论	363
第一节 有色金属概念	363
一、分类	363
二、地位	364
第二节 有色金属生产工艺流程分类	364
一、火法冶金(pyrometallurgy)	365
二、湿法冶金(hydrometallurgy)	366
三、电冶金(electrometallurgy)	367
第二章 铜冶炼	368
第一节 概述	368
一、铜的物理化学性质	368
二、铜的用途	368
三、铜的生产方法	368
四、铜冶炼技术发展动向	371
第二节 原料、辅助材料及燃料	372
一、原料	372
二、辅助材料	372
三、燃料	372
第三节 产品及主要副产品	372
一、产品	372
二、主要副产品	372
第四节 原料准备	373
一、物料贮存	373
二、配料	374
三、精矿干燥	375
四、制粒与混捏	378
第五节 造钼熔炼	378
一、鼓风炉熔炼	378
二、反射炉熔炼	379
三、电炉熔炼	380
四、闪速熔炼	381
五、白银法熔炼	384
六、诺兰达法熔炼	386
七、艾萨法熔炼及奥斯麦特法熔炼	388
八、国外其他熔炼工艺	390
第六节 铜钼吹炼	394
一、卧式转炉吹炼	394

二、连续吹炼工艺	396
第七节 粗铜火法精炼及阳极板铸造	398
一、工艺过程	398
二、主要技术经济指标	398
三、主要设备	399
第八节 电解精炼	401
一、工艺过程	401
二、主要设备	402
三、主要技术经济指标	402
第九节 电解液净化	403
一、铜的脱除	403
二、砷、锑、铋的脱除	404
三、镍的脱除	404
第十节 湿法炼铜	404
一、工艺流程	404
二、浸出	404
三、萃取	405
四、铜的电解沉积	405
五、主要技术经济指标	405
第十一节 冶金计算的主要内容	406
第三章 镍冶炼	407
第一节 概述	407
一、镍的主要用途及市场	407
二、镍的生产工艺及技术发展动向	407
第二节 原料、燃料及主要辅助材料	408
一、原料	408
二、燃料	409
三、辅助材料	409
第三节 产品及主要副产品	409
一、产品	409
二、主要副产品	410
第四节 原料准备	410
一、精矿干燥工序	410
二、配料工序	411
第五节 熔炼工艺	411
一、鼓风炉熔炼	411
二、电炉熔炼	412
三、奥托昆普闪速熔炼	413
四、国际镍公司(INCO)闪速熔炼	415
五、氧气顶吹自热炉熔炼	416

第六节 低镍钨吹炼	418
第七节 高镍钨选矿分离	419
一、高镍钨选矿工艺过程	419
二、主要设备	419
三、主要技术经济指标(金川)	420
第八节 二次镍精矿与铜精矿处理	420
一、二次镍精矿处理	420
二、二次铜精矿处理	421
第九节 电解精炼	422
一、工艺过程	422
二、设备	422
三、主要技术经济指标	423
第十节 高镍钨湿法处理	423
一、工艺过程	423
二、设备	426
三、主要技术经济指标	427
第十一节 氧化镍矿冶炼工艺	428
一、湿法冶炼工艺	428
二、镍铁冶炼工艺	432
第十二节 冶金计算主要内容	435
一、闪速炉物料的物相组成	435
二、闪速熔炼物料平衡	435
三、闪速炉熔炼热平衡	435
第四章 钴冶炼	437
第一节 概述	437
一、钴的主要用途及消费构成	437
二、我国钴的资源、生产能力及产品	437
三、钴的提取工艺	438
第二节 从钴硫精矿中提钴	439
一、工艺流程及技术操作条件	439
二、主要技术经济指标	442
第三节 从砷钴矿中提钴	442
一、工艺流程及技术操作条件	442
二、主要生产设备	442
三、主要技术经济指标	443
第四节 镍冶炼中间产品回收钴	444
一、从转炉渣中回收钴	444
二、从钴渣中回收钴	445
第五章 铅冶炼	450
第一节 概述	450

一、铅的主要用途	450
二、铅的生产方法及技术发展动向	450
第二节 原料、燃料及主要辅助材料	451
一、原料	451
二、熔剂	451
三、燃料	451
第三节 产品及主要副产品	451
一、产品	451
二、主要副产品	452
第四节 烧结-鼓风炉熔炼工艺	452
一、工艺流程及适应性	452
二、主要工艺过程及操作条件	453
三、主要设备选择	456
四、主要技术经济指标	456
第五节 氧气底吹熔炼	458
一、工艺流程及适应性	458
二、主要工艺过程及操作条件	458
三、主要设备	459
四、氧气底吹法主要生产指标	460
第六节 基夫赛特法	460
一、工艺流程及其适应性	460
二、主要工艺过程及操作条件	461
三、主要设备	462
四、主要技术经济指标	462
第七节 水口山法(SKS法)	463
一、工艺流程及适应性	463
二、主要生产过程及技术条件	463
三、主要熔炼设备	464
四、主要技术经济指标	464
第八节 顶吹法	464
一、工艺流程及适应性	464
二、主要工艺过程及操作条件	466
三、主要设备	466
第九节 粗铅火法精炼	467
一、概述	467
二、工艺流程	467
三、火法精炼杂质脱除的方法	468
第十节 铅电解精炼	469
一、工艺流程	469
二、主要工艺过程及操作条件	469
三、主要设备	471

四、主要技术经济指标	472
第十一节 冶金计算的主要内容(传统法)	472
一、铅精矿烧结焙烧	472
二、鼓风炉熔炼	473
三、火法精炼	473
四、铅电解	473
第六章 锌冶炼	474
第一节 概述	474
一、锌的主要用途	474
二、锌的生产方法及技术发展动向	474
第二节 原料、燃料及主要辅助材料	475
一、原料	475
二、燃料	476
第三节 产品及主要副产品	476
一、产品	476
二、主要副产品	476
第四节 传统法湿法炼锌	476
一、锌精矿流态化焙烧	477
二、焙烧矿的浸出(常规法)	478
三、浓密和过滤	479
四、浸出渣处理	480
五、硫酸锌溶液的净化	481
六、电积提锌	485
七、阴极锌熔炼	486
八、氧化锌处理	486
九、主要设备选择	488
十、主要技术经济指标	489
第五节 热酸浸出黄钾铁矾法	491
一、黄钾铁矾法机理与工艺流程	491
二、主要工序及技术操作条件	492
三、主要技术经济指标	494
第六节 热酸浸出针铁矿法	495
一、热酸浸出针铁矿法机理及工艺流程	495
二、技术操作条件	495
三、技术经济指标	497
第七节 鼓风炉炼锌	497
一、工艺流程及适应性	497
二、主要工序及技术操作条件	498
三、主要设备	500
四、主要技术经济指标	500