

有色金属提取冶金 手 册

现代化设备

冶金工业出版社

有色金属提取 冶金手册 现代化设备

《有色金属提取冶金手册》编辑委员会 编

本卷主编 陈文修 梅 炽

冶金工业出版社

(京)新登字036号

内 容 提 要

本卷内容共分二十章,主要介绍有色金属的火法冶金以及湿法冶金工艺设备的分类、结构、特性、初步设计计算方法、结构参数、技术数据与先进技术等内容。

本卷可作为从事有色冶金教学、设计、生产、科研的大专院校师生以及工程技术人员工具书,也可供专门从事有色金属提取冶金设备的设计人员参考。

有色金属提取冶金手册

现代化设备

有色金属提取冶金手册,编辑委员会 编

主 编 陈文修 梅 炽

责任编辑 刁传仁

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

河北省第二印刷厂印刷

850×1168 1/32 • 印张 15.75 字数 409 千字

1993年12月第一次印刷

印数 1~1400 册

ISBN 7-5024-1227-1

TF·288 定价28.00元

《有色金属提取冶金手册》

编辑委员会

主 任	赵天从			
副主任	傅崇说	何福煦	梅 炽	郑蒂基
委 员	(依姓氏笔划为序)			
	龙远志	卢宜源	任鸿九	陈文修
	汪锡孝	汪 健	李洪桂	何福煦
	杨重愚	杨济民	林振汉	夏忠让
	郑蒂基	钟海云	赵天从	赵秦生
	唐帛铭	莫似浩	徐日瑤	宾万达
	梅 炽	傅崇说	彭容秋	潘叶金
秘 书	任鸿九	(兼) 卢宜源	(兼)	江绍策

总 序 言

《有色金属提取冶金手册》是为有色冶金工作者编写的一套较全面的工具书和参考书。凡从事有色金属提取冶金方面的生产、科研、设计、情报等科技人员都可从中找到简明扼要的现代资料。这套手册也可作为有色冶金专业教师、研究生及高年级学生的辅助教材，并可供需要了解有色冶金历史、现状及今后发展动向的企业经营管理人员参考。在不大的篇幅内系统介绍各种主要有色金属的生产是本手册的特点。

这套手册介绍了10种重金属、4种轻金属、9种高熔点稀有金属、全部稀土金属及金银铂钯等贵金属的发展史略，与提取冶金有关的物理化学、工业矿物原料、冶炼和精炼方法、工艺技术参数、生产设备、有色金属提取冶金的能源及节能等，内容叙述详略适当，数据翔实可靠。

这套手册分为14卷陆续出版。

参加这套手册的编写人员主要为中南工业大学有色冶金系的教授和副教授。各卷的书名及其主编人如下：

- | | |
|-----------|-------------|
| 1. 有色金属总论 | 赵天从 何福煦 |
| 2. 铜镍钴 | 夏忠让 |
| 3. 锌镉铅铋 | 彭容秋 |
| 4. 锡锑汞 | 赵天从 汪 健 |
| 5. 铝 | 杨重恩 龙远志 杨济民 |
| 6. 镁 | 徐日瑶 |
| 7. 锂和铍 | 江锡孝 |
| 8. 钨钼铌 | 李洪桂 |
| 9. 钛锆铪 | 莫似浩 林振汉 |
| 10. 钒钽铌 | 赵秦生 钟海云 |

11. 稀土金属

潘叶金

12. 贵金属

卢宜源 宾万达

13. 现代化设备

陈文修 梅 炽

14. 能源与节能

唐帛铭

在收集素材过程中得到了校内外不少同志的大力支持，特此
致谢！

《有色金属提取冶金手册》编辑委员会

1990年10月

本 卷 序 言

编写本卷旨在为从事有色金属冶金的大专院校师生以及工程技术人员提供一本设备（包括火法冶金与湿法冶金工艺设备）选用与初步设计的工具书。全书具有以下特点：

（1）简明。除数据图表外，设备分类、结构特点与技术特性也尽量用表格说明，以便于查阅。

（2）实用。编写过程中紧紧围绕着设备的选用与初步设计取材。鉴于使用本卷的读者一般具有中专以上文化，故设备的工作原理及基础理论等未予介绍。

（3）新颖。广泛收集了近年来国内外有关资料，反映了设备的新类型、先进技术以及新数据。

本卷可供大专院校有色冶金专业高年级学生毕业设计参考，也可作为有色冶金设计部门及工厂的工程技术人员进行设备方案设计的工具书。

参加本卷编写的人员有：唐帛铭（第四～八、十四章），任鸿九（第十六～十九章），陈文修（第十～十三章），孟柏庭（第二、五章），刘道德（第一章），林世英（第十五章），何英和（第三章），张全（第九章）与肖志辉（第二十章）。

本卷涉及的气体体积和气流速度未标明者均指标态值。

限于水平，书中不妥之处在所难免，殷切希望读者批评指正！

陈文修 梅 炽

1992年9月

目 录

第一章 干燥设备	1
第一节 干燥设备的类型与选择	1
一、干燥设备分类	1
二、干燥设备主要类型及其特点	1
三、干燥设备的选型	5
第二节 干燥介质的主要性质	6
一、干燥介质的主要性质指标	6
二、湿空气的性质	6
三、烟气的性质	6
第三节 干燥计算	9
一、干燥物料衡算	9
二、干燥热量衡算	9
三、干燥器的热效率与干燥效率	11
四、干燥速率和恒定干燥条件下的干燥时间	11
第四节 气流干燥器的设计	15
一、气流干燥器设计步骤	15
二、干燥管直径计算	16
三、干燥管高度计算	17
四、气流干燥结构参数与技术数据	19
第二章 回转窑	22
第一节 回转窑的组成、分类与应用	22
一、回转窑的基本结构组成	22
二、回转窑的分类	24
三、回转窑的应用	24
第二节 回转窑结构参数和运转参数的确定	26
一、回转窑长径比	26

二、回转窑窑型选择	27
三、回转窑斜度	28
四、物料在回转窑内的填充系数	29
五、回转窑转速	29
六、物料在回转窑内轴向移动速度和停留时间	30
第三节 回转窑的生产能力	32
第四节 回转窑窑体主要尺寸与传动功率计算	34
一、窑体直径计算	34
二、窑体长度计算	34
三、回转窑传动功率计算	35
第五节 回转窑主要结构参数和技术数据	36
第三章 沸腾炉	40
第一节 沸腾炉炉型结构	40
一、沸腾焙烧炉	40
二、沸腾煅烧炉	41
三、沸腾干燥器	42
四、沸腾冷却器	43
第二节 沸腾炉主要设计计算	44
一、操作气流速度($W_{操作}$)计算	45
二、沸腾炉单位生产率(床能率)计算	47
三、沸腾炉主要尺寸的确定	51
四、气流分布板设计计算	57
第三节 沸腾炉主要结构尺寸与热工参数	60
第四章 鼓风炉	70
第一节 鼓风炉结构简介	70
一、鼓风炉的类型和基本特点	70
二、鼓风炉结构	71
第二节 鼓风炉主要技术参数和结构尺寸的计算	79
一、鼓风强度	79
二、鼓风炉床能率(单位风口区横截面积生产率)的计算	81
三、鼓风炉主要尺寸的确定	82
第三节 鼓风炉的主要结构参数与技术数据	91

第四节 鼓风炉新技术	95
第五章 反射炉	97
第一节 反射炉炉型及结构	97
一、反射炉炉型结构示例	97
二、反射炉基本结构	97
第二节 反射炉主要尺寸计算	105
一、周期作业反射炉主要尺寸计算	105
二、连续作业熔炼反射炉主要尺寸计算	109
第三节 反射炉结构参数与技术数据	113
第六章 闪速炉	124
第一节 闪速炉炉型结构简介	124
第二节 闪速炉生产率及主要尺寸的计算	128
一、闪速炉生产率的计算	128
二、闪速炉主要尺寸的计算	128
第三节 闪速炉主要结构参数及技术数据	132
第四节 闪速炉新技术	144
第七章 转炉	146
第一节 转炉的炉型结构及特点	146
一、转炉类型及优缺点	146
二、转炉的结构及技术特点	147
第二节 卧式转炉规格选择、主要尺寸和参数 的计算	150
一、转炉规格及其选择	150
二、转炉主要尺寸和参数的计算	151
第三节 转炉主要结构参数及技术数据	153
第四节 转炉新技术	174
第八章 蒸馏炉	176
第一节 竖罐炼锌蒸馏炉	176
一、竖罐蒸馏炉炉型结构及特点	176
二、竖罐蒸馏炉的主要结构参数与技术数据	179
三、竖罐蒸馏炉结构改进与新技术	184

第二节 电热蒸馏炉	185
一、电热炼锌蒸馏炉	185
二、焊锡真空蒸馏炉	186
三、电热汞蒸馏炉	186
第九章 烟化炉	188
第一节 烟化炉的用途、特点与分类	188
第二节 烟化炉炉型结构	188
一、烟化炉炉型及炉体结构示例	188
二、烟化炉炉壁结构	188
三、烟化炉的风嘴结构	192
第三节 烟化炉主要计算	195
一、烟化炉燃料消耗量计算	195
二、烟化炉鼓风计算	196
三、烟化炉单位生产率确定	198
四、烟化炉主要尺寸计算	198
第四节 烟化炉结构参数与技术数据	200
第十章 电阻炉	211
第一节 直接加热电阻炉	211
一、直接加热电阻炉炉型结构示例	211
二、直接加热电阻炉主要参数计算	212
三、直接加热电阻炉结构尺寸与电热参数	215
第二节 电热元件	216
一、电热元件品种与特性	216
二、电热元件尺寸计算	218
第三节 间接加热电阻炉	224
一、间接加热电阻炉炉型结构示例	224
二、间接加热电阻炉特性与参数	228
第十一章 感应电炉	230
第一节 感应电炉的类型、特点与选用	230
第二节 无芯感应熔炼炉	232
一、无芯感应熔炼炉技术特性	232
二、无芯感应熔炼炉炉型结构与设备组成	233

三、无芯感应熔炼炉结构参数与技术数据	236
第三节 有芯感应熔炼炉	239
一、有芯感应熔炼炉技术特性	239
二、有芯感应熔炼炉炉型结构与设备组成	239
三、有芯感应熔炼炉炉型选择计算	243
四、有芯感应熔炼炉结构参数与技术数据	244
第十二章 矿热电炉	247
第一节 矿热电炉特点、用途与分类	247
一、矿热电炉技术特点与用途	247
二、矿热电炉分类	247
第二节 矿热电炉结构	248
一、矿热电炉整体结构示例	248
二、矿热电炉炉体结构及设备组成	248
第三节 矿热电炉主要计算	255
一、矿热电炉炉用变压器选择计算	255
二、矿热电炉炉体主要尺寸计算	259
第四节 矿热电炉主要结构参数与电热数据	263
第十三章 真空电炉	275
第一节 真空电炉用途、分类与特性	275
一、真空电炉在有色金属提取冶金中的应用	275
二、真空电炉基本类型与主要特性	275
第二节 真空电阻炉	276
一、真空电阻炉炉型分类、特点与用途	276
二、真空电阻加热器	276
三、真空电阻炉炉型示例	278
第三节 真空感应电炉	280
一、真空感应电炉用途、特点与分类	280
二、真空感应电炉炉型结构示例	280
三、真空感应电炉型号与技术数据	282
第四节 真空电弧炉	283
一、自耗电极真空电弧炉炉型结构	283
二、自耗电极真空电弧炉主要电参数计算	285

三、自耗电极真空电弧炉型号与参数	285
第五节 等离子炉	287
第六节 电子束炉	289
第十四章 其他冶金炉	295
第一节 多膛(层)焙烧炉	295
一、多膛炉结构简介	295
二、多膛炉主要技术参数的确定	295
三、多膛炉的主要结构参数与技术数据	297
第二节 连续炼铜炉	300
一、诺兰达连续炼铜炉	300
二、三菱法连续炼铜炉	304
第三节 熔池熔炼炉	307
一、瓦纽科夫熔炼炉	308
二、白银炼铜炉	311
第四节 基夫赛特炉	316
第十五章 收尘设备	319
第一节 收尘设备类型与主要性能	319
第二节 旋风收尘器	320
一、旋风收尘器基本结构	320
二、有色冶金工厂常用旋风收尘器的类型与结构特点	321
三、旋风收尘器型号选择与阻力损失计算	321
第三节 湿式收尘器	326
一、湿式收尘器的类型与特性	326
二、快速收尘器结构与主要尺寸计算	327
三、湿式收尘防腐	328
第四节 过滤式收尘器	330
一、过滤式收尘器分类及主要特性	330
二、脉冲喷吹滤袋收尘器	331
第五节 电收尘器	334
一、电收尘器的分类与特点	334
二、常用电收尘器结构尺寸与技术性能	334
三、电收尘器选择计算	339

第十六章 湿法冶金设备分类及通用计算	340
第一节 湿法冶金设备类型	340
第二节 湿法冶金反应器的选择和设计	341
第三节 湿法冶金反应器有效容积和壁厚的确定	343
一、由反应速率计算反应器有效容积	343
二、由平均停留时间和物料的体积流率计算反应 器有效容积	346
三、由日处理量及批料作业周期确定反应器有效容积	349
四、反应器壁厚和质量的计算	349
第四节 湿法冶金用耐蚀材料	352
一、选用原则	352
二、选材图	352
三、选材表	358
第十七章 搅拌混和反应器	370
第一节 机械搅拌槽反应器	370
一、常用机械搅拌器的型式	371
二、常用低粘度溶液搅拌槽型式	373
三、涡轮搅拌器参数的确定	373
四、各种常用叶轮搅拌低粘度液的功率计算	380
五、常用高粘度液搅拌叶轮	383
六、搅拌槽的传热装置	385
第二节 气流搅拌槽反应器	388
一、帕秋卡槽	388
二、鼓泡塔	392
三、空气升液搅拌槽	394
四、空气机械搅拌槽	397
第三节 流化床反应器	398
第十八章 分离提取反应器	402
第一节 萃取器	404
一、萃取器的类型与技术特点	404
二、常用萃取器的计算	408
第二节 离子交换塔	415

一、离子交换塔结构	415
二、常用离子交换塔的计算	415
第三节 水溶液电解槽	419
一、水溶液电解槽结构	420
二、常用水溶液电解槽的计算	422
第十九章 液固分离设备	425
第一节 沉降分离设备	425
一、沉降分离设备分类及特性	425
二、间歇式沉降槽	427
三、连续沉降槽	428
四、沉降槽的选用	432
第二节 过滤机	436
一、滤浆的分类	436
二、过滤机的分类与所适用的滤浆类型	436
三、重力过滤机	436
四、压力过滤机	440
五、真空过滤机	444
六、离心过滤机	445
七、过滤机的选用	448
第二十章 低温换热装置	457
第一节 低温换热器的分类	457
第二节 低温换热器的选型	457
第三节 换热器通用设计计算	459
一、换热器传热计算	459
二、换热器器壁温度确定	462
三、换热器流动阻力计算	463
四、新换热器通用设计计算	463
第四节 列管式换热器	463
一、列管式换热器的型式与特点	463
二、列管式换热器的型号规格	465
三、列管式换热器技术参数	466
第五节 其他低温金属换热器	466

第六节 低温非金属换热器	466
附 录	469
参考文献	473

第一章 干燥设备

干燥是利用热能除去固体物料中湿分（水或其他液体）的作业。将固体物料进行干燥处理，是为了便于贮存、运输、加工和使用。有色冶炼厂中各种精矿、湿法冶金中某些产品与副产品，常常须进行干燥处理。有色冶金所用干燥设备种类繁多，大多数均未定型。因此，本章除介绍各类设备特点及一般选型原则外，还扼要阐述气流干燥设备的工艺设计。

第一节 干燥设备的类型与选择

一、干燥设备分类

干燥设备主要按热能传给物料的方式分类，见表1-1。

表 1-1 干燥设备的分类

传热方式	传 导	对 流	辐 射
干燥设备型式	真空箱式 真空耙式 滚筒式 冷冻式 间接加热转筒式 搅拌式	气流式 沸腾式 喷雾式 转筒式 洞道式 厢 式	红外线加热式 远红外线加热式

注：除表中所列干燥器外，还有高频干燥器、微波干燥器等。

另外，干燥设备尚可按操作压力分为常压式与减压式，按操作方式分为间歇式与连续式；按干燥介质分为空气、烟道气或其他干燥介质式；按干燥介质与物料的流动方向分为顺流、逆流和错流式等。

二、干燥设备主要类型及其特点

干燥设备的主要类型及其特点列于表1-2。