

# 冶金工程

## 设计施工理论与实践

王玖宏 雷建强 编



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 冶金工程 设计施工理论与实践

王玖宏 雷建强 编

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2014

## 内 容 提 要

本书共分 12 章, 主要内容包括冶金工程设计基础知识、冶金工厂设计概述、土建基础知识、冶金工艺设计、施工方案实例、施工总体部署、施工进度计划及保证措施、施工资源配备、施工总平面规划、高炉本体设计、高炉本体施工中的特殊措施方案、质量保证体系及措施等。

本书可供从事冶金工程设计的科技人员和工程技术人员阅读参考, 也可作为高等院校冶金工程等专业的教学参考用书及冶金工程专业技术培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

冶金工程设计施工理论与实践/王玖宏, 雷建强编. —  
北京: 冶金工业出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5024-6591-9

I. ①冶… II. ①王… ②雷… III. ①冶金工业—  
设计—高等学校—教材 ②冶金工业—工程施工—高等  
学校—教材 IV. ①TF

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 093538 号

出 版 人 谭学余

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 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 廖 丹 王 优 美术编辑 杨 帆 版式设计 孙跃红

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6591-9

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷  
2014 年 5 月第 1 版, 2014 年 5 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 6.375 印张; 189 千字; 193 页

28.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿邮箱: tougao@cnmip.com.cn

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(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

# 前 言

冶金工程设计与施工是一门综合技术，它基于工程科学，重点是应用。要把相关领域科技成果尽快转化为生产力，除了科技和工程人员自身的理论素养和是否掌握了正确的开发方法外，了解并掌握设计的基本原理和方法是另一重要的影响因素。本书是在编者多年从事科研及工程实践的基础上整理编写而成的，书中详细介绍了冶金工程工艺设计的基础知识、基本概念、设计思想、设计方法以及设计步骤等，同时，还介绍了国内冶金行业具体的施工方案实例及工艺与设备设计计算实例。

本书旨在帮助从事冶金工程设计、施工、管理的人员对冶金工程设计过程有一个全面的了解，熟悉冶金工程设计的特点和主要步骤，进一步掌握冶金工程设计及建设工程施工、组织、管理、质量安全等相关知识。

本书可供从事冶金工程设计的科技人员和工程技术人员阅读参考，也可作为高等院校冶金工程等专业的教学参考用书及冶金工程专业技术培训教材。

本书共分12章，其中第1~第8章由王玖宏编写，第10~第12章由雷建强编写，全书由王玖宏负责统稿与整理。在本书编写过程中，为力求内容系统、全面，参考了大量的相关文献资料，在此向文献的作者致以诚挚的谢意。西安建筑科技大学冶金工程

学院杨双平教授审阅了本书全部内容，提出了许多宝贵的修改意见，同时九冶建设有限公司的领导对本书的编写工作亦给予了极大的支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢！

冶金工程设计与施工技术涉及的知识面非常广泛，由于编者水平有限，书中难免出现疏漏之处，恳请同行专家及读者批评指正。

编 者

2014 年 2 月于西安

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1 绪论 .....                 | 1  |
| 1.1 冶金和冶金方法 .....          | 2  |
| 1.2 冶金工艺流程和冶金过程 .....      | 3  |
| 1.3 冶金工业在国民经济中的地位和作用 ..... | 7  |
| 2 冶金工厂设计概述 .....           | 11 |
| 2.1 冶金工厂建设 .....           | 12 |
| 2.1.1 建设程序 .....           | 12 |
| 2.1.2 建设中的执行者 .....        | 13 |
| 2.2 冶金工厂设计的基本知识 .....      | 14 |
| 2.2.1 基本概念 .....           | 14 |
| 2.2.2 设计单位专业设置 .....       | 15 |
| 2.2.3 专业之间的关系 .....        | 19 |
| 2.3 前期设计 .....             | 20 |
| 2.3.1 基本概念 .....           | 20 |
| 2.3.2 项目建议书 .....          | 20 |
| 2.3.3 可行性研究 .....          | 22 |
| 2.3.4 规划 .....             | 24 |
| 2.3.5 厂址选择 .....           | 26 |
| 2.4 工程设计 .....             | 31 |
| 2.4.1 设计基础资料 .....         | 31 |
| 2.4.2 初步设计 .....           | 32 |
| 2.4.3 技术设计 .....           | 35 |
| 2.4.4 施工图设计 .....          | 36 |
| 2.4.5 施工服务 .....           | 38 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 3 土建基础知识            | 42 |
| 3.1 基本概念            | 42 |
| 3.2 建筑的分类           | 42 |
| 3.3 建筑定位尺寸          | 43 |
| 3.3.1 开间和进深         | 43 |
| 3.3.2 厂房的柱距与跨度      | 44 |
| 3.4 工厂厂房的一般要求       | 46 |
| 3.4.1 工厂内建筑物的配置     | 46 |
| 3.4.2 工厂厂房的模数       | 46 |
| 3.4.3 厂房高度          | 47 |
| 3.4.4 厂房的地面通道和门     | 48 |
| 3.4.5 吊装孔的位置        | 48 |
| 3.5 基础              | 48 |
| 3.5.1 地基与基础的概念      | 48 |
| 3.5.2 基础的分类         | 50 |
| 3.5.3 基础的埋置深度       | 52 |
| 3.6 单层厂房结构          | 52 |
| 3.6.1 砖混结构          | 52 |
| 3.6.2 装配式钢筋混凝土结构    | 53 |
| 4 冶金工艺设计            | 57 |
| 4.1 工艺专业的设计任务       | 57 |
| 4.2 工艺专业的资料交换       | 57 |
| 4.2.1 收集设计资料        | 57 |
| 4.2.2 提出设计条件        | 58 |
| 4.3 工艺流程设计          | 58 |
| 4.3.1 冶金工厂规模的确定     | 58 |
| 4.3.2 工艺流程的选择       | 60 |
| 4.3.3 工艺流程方案的技术经济比较 | 62 |
| 4.3.4 工艺流程的设计方法     | 69 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 4.3.5 工艺流程图的绘制 .....             | 70  |
| 4.4 设计委托书的要求 .....               | 75  |
| 4.4.1 总图运输和水运工程 .....            | 76  |
| 4.4.2 建筑和结构 .....                | 78  |
| 4.4.3 机械设备 .....                 | 82  |
| 4.4.4 电力 .....                   | 83  |
| 4.4.5 自动化仪表和电信 .....             | 85  |
| 4.4.6 计算机 .....                  | 88  |
| 4.4.7 给水排水 .....                 | 88  |
| 4.4.8 采暖通风 .....                 | 89  |
| 4.4.9 工业炉 .....                  | 90  |
| 4.4.10 热力和燃气 .....               | 91  |
| 4.4.11 机修和检验 .....               | 91  |
| 4.4.12 技术经济 .....                | 92  |
| 4.4.13 能源、环保、安全和工业卫生 .....       | 92  |
| 4.4.14 工程经济 .....                | 93  |
| 4.5 设计说明书 .....                  | 94  |
| 4.5.1 概述 .....                   | 94  |
| 4.5.2 主要设计决定和特点 .....            | 94  |
| 4.5.3 主要工艺设备的技术性能 .....          | 96  |
| 4.6 工艺设备设计 .....                 | 97  |
| 4.6.1 设备设计的任务 .....              | 98  |
| 4.6.2 冶金主体设备设计 .....             | 99  |
| 4.6.3 冶金辅助设备的选用与设计 .....         | 104 |
| 4.6.4 非标准件设计 .....               | 107 |
| 5 施工方案实例 .....                   | 111 |
| 5.1 编制综合说明 .....                 | 111 |
| 5.2 编制依据及执行标准 .....              | 111 |
| 5.3 国家和行业相关规范和标准 .....           | 112 |
| 5.4 设备技术文件与设计所规定的其他技术要求和标准 ..... | 112 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 5.5 编制原则 .....             | 112        |
| 5.6 编制内容 .....             | 113        |
| 5.7 工程概况 .....             | 113        |
| 5.7.1 现场自然条件 .....         | 113        |
| 5.7.2 交通条件和区域位置 .....      | 114        |
| 5.7.3 工程项目 .....           | 115        |
| 5.7.4 建筑及结构部分概况 .....      | 115        |
| 5.7.5 混凝土结构和钢结构概况 .....    | 118        |
| 5.7.6 工程特点及对策 .....        | 120        |
| <b>6 施工总体部署 .....</b>      | <b>122</b> |
| 6.1 指导思想 .....             | 122        |
| 6.2 施工目标 .....             | 122        |
| 6.3 施工部署 .....             | 122        |
| 6.3.1 施工组织机构 .....         | 122        |
| 6.3.2 施工准备工作计划 .....       | 124        |
| 6.3.3 施工安排 .....           | 125        |
| <b>7 施工进度计划及保证措施 .....</b> | <b>127</b> |
| 7.1 施工进度计划说明 .....         | 127        |
| 7.2 关键控制点 .....            | 127        |
| 7.3 工期保证措施 .....           | 127        |
| 7.3.1 组织措施 .....           | 128        |
| 7.3.2 技术措施 .....           | 129        |
| <b>8 施工资源配备 .....</b>      | <b>130</b> |
| 8.1 劳动力资源配备 .....          | 130        |
| 8.2 机械配备 .....             | 131        |
| 8.3 主要材料供应计划 .....         | 133        |
| <b>9 施工总平面规划 .....</b>     | <b>135</b> |
| 9.1 平面规划说明 .....           | 135        |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| 9.2 临时设施设置 .....       | 135        |
| 9.2.1 项目管理部设置 .....    | 135        |
| 9.2.2 临时道路 .....       | 136        |
| 9.2.3 临时用水 .....       | 136        |
| 9.2.4 临时用电 .....       | 136        |
| 9.2.5 临时排水 .....       | 136        |
| 9.2.6 围栏设置 .....       | 136        |
| 9.3 施工测量控制 .....       | 136        |
| 9.4 施工总平面的管理 .....     | 137        |
| <b>10 高炉本体设计</b> ..... | <b>138</b> |
| 10.1 高炉内型设计 .....      | 138        |
| 10.1.1 高炉年产量的计算 .....  | 138        |
| 10.1.2 高炉有效容积的确定 ..... | 138        |
| 10.1.3 高炉内型尺寸的确定 ..... | 142        |
| 10.2 高炉内衬设计 .....      | 145        |
| 10.2.1 高炉炉底砌砖 .....    | 146        |
| 10.2.2 高炉死铁层区域砌砖 ..... | 147        |
| 10.2.3 高炉炉缸砌砖 .....    | 149        |
| 10.2.4 高炉炉腹砌砖 .....    | 151        |
| 10.2.5 高炉炉腰砌砖 .....    | 151        |
| 10.2.6 高炉炉身砌砖 .....    | 152        |
| 10.2.7 高炉炉喉钢砖选型 .....  | 156        |
| 10.3 炉体冷却设备 .....      | 156        |
| 10.3.1 外部喷水冷却 .....    | 157        |
| 10.3.2 冷却壁的选择 .....    | 157        |
| 10.3.3 水冷炉底 .....      | 158        |
| 10.4 高炉钢结构 .....       | 159        |
| 10.4.1 高炉本体钢结构 .....   | 160        |
| 10.4.2 炉壳及炉体结构 .....   | 160        |
| 10.4.3 支柱 .....        | 160        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 10.4.4 炉体平台走梯 .....            | 161        |
| <b>11 高炉本体施工中的特殊措施方案 .....</b> | <b>162</b> |
| 11.1 炉壳焊接保证措施方案 .....          | 162        |
| 11.1.1 概况 .....                | 162        |
| 11.1.2 高炉与热风炉炉壳焊接方法选择 .....    | 162        |
| 11.1.3 技术措施 .....              | 162        |
| 11.2 加工场与现场平台搭设方案 .....        | 163        |
| 11.2.1 钢结构加工规划 .....           | 163        |
| 11.2.2 主要措施 .....              | 163        |
| 11.3 高炉与热风炉安装技术措施方案 .....      | 164        |
| <b>12 质量保证体系及措施 .....</b>      | <b>166</b> |
| 12.1 施工单位质量方针 .....            | 166        |
| 12.2 施工单位质量目标 .....            | 166        |
| 12.3 项目质量保证体系 .....            | 166        |
| 12.3.1 施工单位质量管理体系 .....        | 166        |
| 12.3.2 项目质量保证体系 .....          | 167        |
| 12.3.3 质量检查专检要点 .....          | 168        |
| 12.3.4 质量检查员专检手段要点 .....       | 168        |
| 12.4 工程质量管理(控制)点 .....         | 170        |
| 12.5 质量通病治理措施 .....            | 171        |
| 12.6 土建项目质量预控 .....            | 176        |
| 12.6.1 质量通病与预防措施 .....         | 176        |
| 12.6.2 试验保证措施 .....            | 178        |
| 12.6.3 施工中的计量管理 .....          | 178        |
| 12.6.4 施工质量过程控制 .....          | 179        |
| 12.6.5 质量管理制度 .....            | 183        |
| 12.6.6 成品保护措施 .....            | 185        |
| 12.6.7 工程创优措施 .....            | 188        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>192</b> |

# 1 绪 论

近年来,冶金工程技术的研究成果和应用,依然是推动钢铁工业持续发展的基础和保证。冶金工程设计应力争新建车间在工艺、装备和结构等方面比现有车间有更高的技术水平以及机械化和自动化水平,有更高的劳动生产率,有安全和尽可能舒适的劳动条件,有可靠稳定的环境保护措施。

冶金工程技术近两年的发展总体上符合我国钢铁工业持续高速增长的需要。新一代可持续钢铁流程工艺技术等一批研究成果,不仅对钢铁生产高效、低耗、优质、低排放、低成本具有重大的现实和长远意义,也为国民经济朝循环经济方向发展提供了有益的经验 and 良好的切入点。

我国冶金工程技术总体上已跻身于世界先进行列,但是由于市场需求的多样性,行业产业集中程度较低等原因,加快淘汰高耗、低质的落后小企业的目标尚未实现。我国虽然具有产品、技术、装备都是世界一流的大型钢铁企业,但总体上与世界其他主要产钢国家还存在一定的差距;日益增加的需求与产量,使资源和环境压力不断加大,冶金工程技术研发的任务还很重;少数高质量钢材品种生产的水平与质量稳定性、产品向高附加值方向延伸的产业链建设与应用技术的开发和世界主要产钢国家也还存在差距;钢铁前沿核心技术的开发与应用方面还需投入更多的财力和人力。

今后冶金工程技术不但要在冶金物理化学、冶金反应工程、冶金热能工程、冶金原料与预处理、钢铁冶金、轧制、冶金机械与自动化等分学科应用基础理论与技术方面进一步优化研究;更要加大对冶金工程技术前沿技术攻关研究的投入力度,尽早的核心技术与装备上实现自主创新或在引进技术基础上再创新,掌握竞争与发展的主动权。必须指出,在冶金工程设计及施工理论与实践应用的研究与开发方面应继续把重点放在新一代可循环钢铁流程工艺技术、产品开发、节能减排三个方面,否则技术发展的总体水平得不到迅速的提高。

## 1.1 冶金和冶金方法

冶金是一门研究如何经济地从地矿石或其他原料中提取金属或金属化合物,并用各种加工方法制成具有一定性能的金属材料的科学。

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、选矿和金属加工已各自形成独立的学科。狭义的冶金是指矿石或精矿的冶炼,即提取冶金。

从矿石或精矿提取金属(包括金属化合物)的生产过程称为提取冶金。由于这些生产过程伴有化学反应,所以称为化学冶金;它研究火法冶炼、湿法提取或电化学沉积等各种过程的原理、流程、工艺及设备,故又称为过程冶金学。习惯上把过程冶金学简称为冶金学。

冶金的方法很多,可归结为以下三种方法:

(1) 火法冶金。它是指在高温下矿石或精矿经熔炼与精炼反应及融化作业,使其中的金属与脉石和杂质分开,获得较纯金属的过程。整个过程一般包括原料准备、熔炼和精炼三个工序。过程所需能源,主要靠燃料燃烧供给,也有依靠过程中的化学反应反应热来提供的。

(2) 湿法冶金。它是在常温(或低于 $100^{\circ}\text{C}$ )常压或高温( $100\sim 300^{\circ}\text{C}$ )高压下,用溶剂处理矿石或精矿,使所要提取的金属溶解于溶液中,而其他杂质不溶解,然后再从溶液中将金属提取和分离出来的过程。由于绝大部分溶剂为水溶液,故也称水法冶金。该方法主要包括浸出、分离、富集和提取等工序。

(3) 电冶金。它是利用电能提取和精炼金属的方法。按电能利用形式电冶金又可分为两类:

1) 电热冶金。电热冶金是指利用电能转变成热能,在高温下提取金属,本质上与火法冶金相同。

2) 电化学冶金。电化学冶金是指用电化学反应使金属从含金属的盐类的水溶液或熔体中析出。前者称为水溶液电解,如铜的电解精炼和锌的电解沉积,可归入湿法冶金;后者称为熔盐电解,如电解铝,可列入火法冶金。

采用哪种方法提取金属,按照怎样顺序进行,在很大程度上取决于金属及其化合物的性质、所用的原料以及要求的产品。冶金方法基

本上是火法和湿法。钢铁冶金主要用火法，而有色金属冶金则火法和湿法兼有。

冶金方法的采用，正面临着能源的节省、环境保护、矿物资源日趋贫乏和资源综合利用等紧迫问题。在一定程度上它们支配着冶炼厂的生产、设计、建厂和冶金技术的发展。节省能源依靠新技术和新方法，尤其是要改进电路熔炼和有色金属生产过程的现有工艺，降低电耗。湿法冶金和无污染火法冶金能较好地满足日趋严格的环保要求，具有很大的发展前景。为了维持工业增长的需要，必须采取措施处理贫矿，一方面要提高选矿技术，另一方面要研究更有效的冶炼方法。矿物原料尤其是多金属矿物原料的综合利用，是提取冶金降低生产成本，提高经济效益的关键。近年来，有色金属提取冶金企业正在努力实现多产品经营，并把金属生产和材料加工结合起来，提高冶金产品销售的附加值，借以降低主金属的冶炼成本。

从废金属和含金属的废料中回收金属对于扩大金属资源，降低金属生产能耗，减少环境污染有极其重要的意义和经济效益。常把金属废料称为二次原料以区别于矿物原料；把产出的金属产品称为再生金属以区别于矿产金属。近年来，再生金属的产量在有色金属的消费量中已占有很高的比例，例如，铜、铝、铅、锌等再生金属产量已占其金属总消费的 30%~50%。同样，钢铁是与环境相对友好的材料，炼铁炉渣、炉尘也可收集二次应用，制造水泥和其他建筑材料，有些公司的炉渣、炉尘利用率可达 90%；废钢可回收与利用于炼钢，世界钢产量中 45% 是由废钢生产的，钢铁再生量占整个回收金属的 90%。再生金属工业已成为冶金工业的重要部分。

冶金和其他科学领域一样，涉及的范围很广，它与化学、物理化学、热工、化工、机械、仪表、计算机有极其密切的关系，冶金学不断吸收上述基础学科和相关学科的新成就，指导着生产技术向广度和深度发展，而冶金生产工艺的发展又会对冶金的充实、更新和发展提供不尽的源泉和推动力。

## 1.2 冶金工艺流程和冶金过程

黑色金属矿石的冶炼，一般情况，矿石的成分比较单一，通常采用火法冶金的方法进行处理，即使有的矿石较为复杂，通过火法冶金

之后,也能促使其伴生的有价金属进入渣中,再进行处理,如高炉冶炼用钒钛磁铁矿就是属于这种类型。有色金属矿石的冶炼,由于其矿石或精矿成分较为复杂,含有多种金属矿物,不仅要提取或提纯某种金属,还要考虑综合回收各种有价金属,以充分利用矿物资源和降低生产费用。因此,其冶金过程要用两种或两种以上的方法才能完成。

由矿石或精矿提取和提纯金属不是一步可以完成的,需要分为若干个阶段才能实现,但各个阶段的冶炼方法和使用设备都不尽相同。各阶段过程间的联系及其所获得产品(包括中间产物)间的流动线路图就称为某一种金属的冶炼工艺流程图,例如钢铁冶金工艺流程图(如图 1-1 所示)。根据表示内容的不同,工艺流程图可分为设备连接

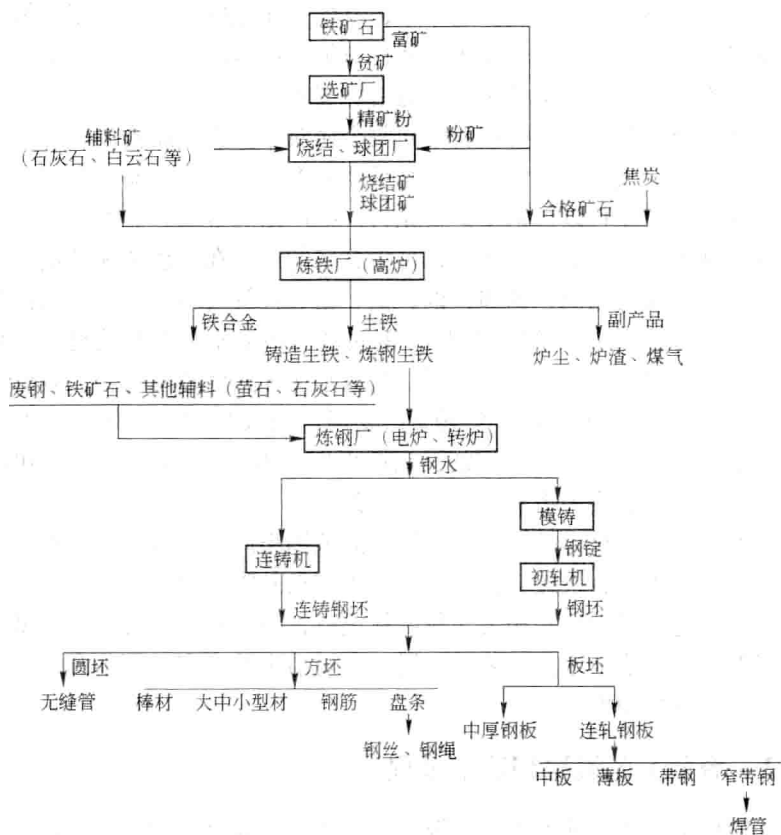


图 1-1 钢铁冶金工艺流程图

图、原则流程图和数质量流程图。设备连接图是表示冶炼厂主要设备之间联系的图，原则流程图是以表示各种作业间联系为主的图；数质量流程图则是表示各阶段作业所获产物的数量和质量情况的图。

从钢铁冶金工艺流程图可知，一种金属的冶炼工艺流程包括多个冶炼阶段，而每一个冶炼阶段可能采用火法、湿法或电化学冶金的方法。所以，通常把每一个冶炼阶段称为冶金过程。如高炉炼铁是一火法冶金过程，锌焙砂浸出是一湿法冶金过程，而精华液电积则为电化学冶金过程。

冶金工艺过程包括许多单元操作和单元过程，简述如下：

(1) 焙烧。焙烧是指将矿石或精矿置于适当的气氛下，加热至低于它们的熔点温度，发生氧化、还原或其他化学变化的过程。其目的是改变原料中提取对象的化学组成，满足熔炼或浸出的要求。焙烧过程按控制气氛的不同，可分为氧化焙烧、还原焙烧、硫酸化焙烧和氯化焙烧等。

(2) 煅烧。煅烧是指将碳酸盐或氢氧化物的矿物原料在空气中加热分解，除去二氧化碳或水分变成氧化物的过程。煅烧也称焙烧，如石灰石煅烧成石灰，作为炼钢熔剂；氢氧化铝煅烧成氧化铝，作为电解铝的原料。

(3) 烧结和球团。烧结和球团是指将粉矿或精矿加热焙烧，固结成多孔状或球形的物料，以适应下一工序熔炼的要求。例如，烧结是铁矿粉造块的主要方法；烧结焙烧是处理铅锌硫化精矿使其脱硫并造块的鼓风炉熔炼前的原料准备过程。

(4) 熔炼。熔炼是指将处理好的矿石、精矿或者其他原材料，在高温下通过氧化还原反应，使矿物原料中的金属组分与脉石和杂质分离为两个液相层即金属液和熔渣的过程，也叫冶炼。熔炼按作业条件可分为还原熔炼、造钼熔炼和氧吹化炼等。

(5) 火法精炼。火法精炼是指在高温下进一步处理熔炼、吹炼所得含有少量杂质的粗金属，以提高其纯度。如高炉熔炼铁矿石得到生铁，再经过氧气顶吹转炉氧化精炼成钢；火法炼锌得到粗锌，再经过蒸馏炼成纯锌。火法精炼的种类很多，如氧化精炼、硫化精炼、氯化精炼、熔析精炼、碱性精炼、区域精炼、真空精炼、蒸馏等。

(6) 浸出。浸出是指用适当的浸出剂（如酸、碱、盐等水溶液）选择性地与矿石、精矿、焙砂等矿物原料中的金属组分发生化学作用，并使之溶解而不与其他不溶组分初步分离的过程。目前，世界上大约 15% 的铜，80% 以上的锌，几乎全部的铝、钨、钼都是通过浸出而与矿物原料中的其他组分得到初步分离的。浸出又称浸取、溶出、湿法分解，如在重金属冶金中常称浸出、浸取等，在轻金属冶金中常称溶出，而在稀有金属冶金中常常将矿物原料的浸出称为湿法分解。

(7) 固液分离。该过程是将矿物原料经过酸、碱等处理之后的残渣与浸出液组成的悬浮液分离成液相与固相的湿法冶金单元过程。在该过程的固液之间一般很少再有化学反应发生，主要是用物理方法和机械方法进行分离，如重力沉降、离心分离、过滤等。

(8) 溶液净化。溶液净化是将矿物原料中与欲提取的金属一道溶解进入浸出液的杂质金属除去的湿法冶金单元过程。净液的目的是使杂质不至于危害下一工序对主金属的提取。其方法多种多样，主要有结晶、蒸馏、沉淀、置换、容积萃取、离子交换、电渗析和膜分离等。

(9) 水溶液电解。水溶液电解是指利用电能转化的化学能使溶液中的金属离子还原为金属而析出，或使粗金属阳极经由溶液精炼而沉积于阴极。前者从浸出净化液中提取金属，故又称电解提取或电解沉积，也称不溶阳极电解，如铜电积；后者以粗金属为原料进行精炼，常称电解精炼或者可溶阳极电解，如粗铜、粗铅的电解精炼。

(10) 熔盐电解。熔盐电解即利用电热维持熔盐所要求的高温，又利用直流电转化的化学能自熔盐中还原金属，如铝、镁、钠、铈的熔盐电解生产。

在考虑某种金属的冶炼工艺流程及确定冶金单元过程时，应注意分析原料条件（包括化学组成、颗粒大小、脉石和有害杂质等）、冶炼原理、冶炼设备、冶炼技术条件、产品质量和技术经济指标等；另外，还应考虑水电供应、交通运输等辅助条件。总的要求（或原则）是过程越少越好，工艺流程越短越好。

由于冶金原料成分的复杂性，使用的冶金设备也是多种多样的，如火法冶金中的高炉、烧结机、沸腾炉、闪速炉、转炉、回转窑、反