

ASEA

培训与考试指定参考丛书



自动化系统工程师资格认证

冶金工业自动化

中国自动化学会 ASEA 办公室 组编
马竹梧 主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



ASEA 培训与考试指定参考丛书

冶金工业自动化

中国自动化学会 ASEA 办公室 组编
马竹梧 主编



机械工业出版社

本书全面地介绍了冶金工业自动化的基本知识、体系结构、检测仪表、控制系统及安装调试等。主要内容包括：生产工艺和系统结构，冶金工业自动控制系统和生产过程自动化、专用仪表、管理自动化和大规模计算机系统安装与调试以及自动控制系统的整定等。

本书内容丰富，覆盖面广，重点突出，联系实际，叙述深入浅出，可读性强。不仅是自动化系统工程师资格认证培训和考试的指定参考书，也可供冶金行业的其他工程技术和管理人员自学或作为大专院校有关专业的教学参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

冶金工业自动化/中国自动化学会 ASEA 办公室 组编. —北京: 机械工业出版社, 2007.3

(ASEA 培训与考试指定参考丛书)

ISBN 978-7-111-20731-3

I. 冶… II. 中… III. 冶金工业-自动化技术-工程技术人员-资格考核-自学参考资料 IV. TF3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 004701 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 胡毓坚

责任编辑: 时 静 版式设计: 张世琴

责任校对: 魏俊云 责任印制: 洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.25 印张 · 501 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-20731-3

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379739

封面防伪标均为盗版

自动化系统工程师资格认证 (ASEA)

领导 小 组

戴汝为 吴启迪 孙优贤 李衍达 孙柏林 马正午 李爱国

培训与教材编审委员会

主	任	吴惕华 (河北省科学院)
常务副主	任	萧德云 (清华大学, 兼丛书执行主编)
副	主	任 韩崇昭 (西安交通大学)
秘	书	长 刘朝英 (河北科技大学)
		胡毓坚 (机械工业出版社)
委	员	(按姓氏笔画排序)
		马竹梧 (冶金自动化研究设计院)
		尹怡欣 (北京科技大学)
		王建辉 (东北大学)
		王钦若 (广东工业大学)
		刘祥官 (浙江大学)
		刘朝英 (河北科技大学)
		关新平 (燕山大学)
		孙鹤旭 (河北工业大学)
		杨煜普 (上海交通大学)
		金以慧 (清华大学)
		胥布工 (华南理工大学)
		段建民 (北京工业大学)
		胡毓坚 (机械工业出版社)
		董春利 (大连职业技术学院)
		廖晓钟 (北京理工大学)
		潘立登 (北京化工大学)

编 者 的 话

为适应在我国开展自动化系统工程师资格认证 (Automation System Engineer Accreditation, ASEA) 的需要, 中国自动化学会全国 ASEA 办公室决定, 由 ASEA 培训与教材编审委员会负责策划、组织编写了这套《ASEA 培训与考试指定参考丛书》。全套丛书共有 20 本左右, 从 2006 年起开始陆续出版问世, 计划用 2~3 年时间完成, 以满足广大自动化系统工程技术人員参加不同层面的 ASEA 培训与考试的需求。

本套丛书主要面向 ASEA 考试, 同时兼顾 ASEA 培训及后续的工程教育, 分五大类出版: (1) 自动化专业基础知识, 包括自动控制理论、自动化控制系统、仿真技术、自动化元件等; (2) 自动化技术基础知识, 包括计算机控制、网络与通信、单片机技术、监控组态技术、嵌入式系统等; (3) 行业自动化专业知识, 包括石油化工自动化、电站过程自动化、冶金工业自动化、机械制造自动化、轻工与制药自动化、煤炭工业自动化、农业自动化、交通智能管理、航空航天自动化、军事工业自动化、建筑智能化、企业信息化、数字化服务、自动化系统工程设计、自动化项目管理等; (4) 自动化专业技能知识, 包括过程控制技能、运动控制技能、计算机控制技能等; (5) ASEA 培训与考试指南, 包括 ASEA 报考范围、考试规则、评审标准及有关 ASEA 的综合问答等。

本套丛书采用了“单元”与“模块”结构的编写风格, 每本书将所要涵盖的自动化知识分成若干“单元”, 每个“单元”由若干“模块”组成, 每个“模块”又按“知识点”、“知识点分析”和“考试训练”分节论述。其中, “知识点”给出本“模块”所应包含的知识要点, 起到画龙点睛的作用; “知识点分析”则以论述或实例的方式对本“模块”所涉及的知识点进行深入分析; “考试训练”就所述的知识点, 从考试训练的角度, 列出或设计出多种考试训练题, 包括思考题、论述题、综合题、设计题、计算题、选择题等题型, 并对考试训练题作必要的分析, 给出解题概要或提示, 以供备考之用。采用这种独具一格的编写风格是从 ASEA 培训与考试的实际需要出发的, 可以使参加 ASEA 培训与考试的学员以较高的效率掌握应知应会的知识点并以较快的速度进入临考状态。应该说, 这是一套系统性和实用性强的, 既具有创新性和先进性, 又富有特色的 ASEA 培训与考试参考用书。

本套丛书的主要读者群是准备参加 ASEA 培训与考试的自动化专业及相关专业的工程技术人员和高等学校的本科生与研究生等。我们希望它既是 ASEA 培训与考试指定用书, 也能为广大自动化工程技术人员的知识更新与继续学习提供适合的参考资料。衷心感谢自动化同仁们的热情支持, 并欢迎对本丛书提出批评和意见。

ASEA 培训与教材编审委员会

2006 年 1 月于北京

序

为了逐步改变我国长期以来专业技术职称终身制的状况，不惟学历、不惟资历、以业绩和能力作为考核标准，进行社会化的专业技术资格认证，并逐步实现与国际接轨，在中国科协的领导下，中国自动化学会于2004年在自动化领域开始策划、开展了自动化系统工程师资格认证（Automation System Engineer Accreditation, ASEA）。这是落实中央人才工作会议精神，积极推进专业技术职称改革的一个重要举措，对充分开发和利用我国自动化人才资源，更好地为社会主义现代化建设服务也具有重要的意义。

中国科协学会学术部专门为这项工作进行了批复，要求中国自动化学会“按照国家有关政策，借鉴国外先进经验，积极探索，认真做好自动化系统工程师的培训、考核、认证以及相应的服务工作，并及时总结经验，推动学会改革发展，促进工程师资格的国际互认，促进我国专业技术人才成长和学科发展，不断提高技术人员水平，为我国自动化事业的发展做出新的更大贡献”。这正是我们开展 ASEA 工作的目的和准绳。

为了顺利开展 ASEA 工作，中国自动化学会专门成立了 ASEA 领导小组，下设 ASEA 办公室并分设若干委员会与工作部，依靠全国自动化领域的专家、教授和学者，按照中国科协的指示精神，正在一步一个脚印地开展起来了。

《ASEA 培训与考试指定参考丛书》是在 ASEA 办公室领导下，由 ASEA 培训与教材编审委员会策划、组织编写的，这是一项非常有意义的基础性工作。这套为 ASEA 培训和考试专门设计的参考丛书，内容涵盖自动化专业基础知识、自动化技术基础知识和国民经济主要行业的自动化专业知识，编写风格独树一帜，确有成效地将先进性、实用性和系统性有机地结合起来。在这套参考丛书的编写过程中，充分发挥了高等院校强大的师资力量，也全力调动了自动化企业技术人员的参与，从 ASEA 培训与考试的实际需要出发，全面考虑了理论和技能两个方面的知识考核，充分保证了 ASEA 的质量和水平。

相信本套参考丛书的出版，将为 ASEA 提供特色鲜明的培训与考试资料，对 ASEA 工作一定会起到积极的作用，对大学后的继续教育也是一套宝贵的参考资料。在此，我谨向参与这套参考丛书编写的自动化技术工程师、高校老师，致以诚挚的感谢。对参考丛书的整体结构到每本书的内容所存在的不足甚至谬误之处，还望使用本套参考丛书的各界人士不吝批评指正。

戴汝为 院士

2006 年 1 月于中国科学院

前 言

原冶金工业部部长、国家经委主任、中顾委委员吕东同志在“用电子技术改造传统工业会议”上的讲话中说：“过去我国发展冶金工业是采用投入一些资金，增加一些原料和设备，建设一些新厂，但这些粗放经营方式，难以达到高效、节能降耗，而西方则已采用精耕细作的方式，使用电子和自动化技术使生产获得高效、高产、优质以及很低的消耗。…故用电子技术改造传统工业已是急不容缓了”。早在 20 世纪 60 年代日本就已采用大型化、新技术和新工艺、临海建厂、自动化和计算机技术，这五大法宝，使日本钢铁工业跃居世界先进行列，其效率之高，更为世界第一。年产 1000 万吨且品种极多的君津厂仅 7900 人，年产 800 万吨的大分厂更是只有 800 人。我国从日本引进的并在 1976 年投产的武钢 1700mm 热轧带钢厂，从加热炉、粗轧、精轧到卷取，全线采用计算机自动化控制从而使生产达到高效、高产、优质和低耗，这使人们认识到，采用自动化技术不仅是冶金工业现代化的标志和必不可少的环节，而且能获得重大的经济效益。为此，冶金行业对自动化系统工程师需求的强烈程度就不难理解了。开展自动化系统工程师资格认证正是为适应国民经济发展与改革的需要，意在进一步激励行业自动化技术人员不断创新和再学习的积极性，提高综合素质，促进人才竞争，规范任职水准，推动国际互认。这也是组织编写本书的宗旨。

根据过去的经验，作为一个合格的冶金自动化工程师，除了掌握自动化基础理论及技术以及实际经验和实绩等，还必需了解冶金工艺流程、设备及实况，冶金工业自动化内容、系统结构，对象特性和安装调试技术以及工程设计，各主要工序的自动化系统、特殊仪表，基础自动化、过程自动化及管理自动化的内容和要点。这就是本书的出发点与内容的组成部分。本书涵盖了冶金工艺流程与系统结构、对象特性、专用仪表与检测技术、特有的自动化系统、过程自动化级计算机系统、管理自动化级计算机系统、系统安装与调试及整定。自动化系统工程设计（含对象特性）因在本套书中有专门的一册，故本书不包括。

本书是全国自动化系统工程师资格认证培训和考试指定参考书，编写内容和风格不同于一般教材的框架。本书以“单元—模块”为基本结构，每个模块按“知识点——知识点分析——考试训练”格式编写。其中，“知识点”概括阐述了本模块应该掌握的主要知识；“知识点分析”则对该模块的知识点逐一进行简明扼要的论述；“考试训练”是以考题的形式，给出所要掌握的重点和资格认证考试的基本形式。这将有利的于申报资格认证的读者掌握为获取证书必要的“应考应知”。全书力求贴近读者，用起来得心应手。

本书共六个单元，其中第一、第四和第六单元由马竹梧编写，第五单元由徐化岩编写，第二、第三单元由马竹梧、王玉华、马少仿共同编写。

在本书编写过程中承蒙各方面的专家、学者，如冶金自动化研究设计院孙彦广、顾佳辰教授、长沙矿山研究院张永惠教授级高级工程师、马鞍山矿山研究院赵卫光所长、汪兴亮高级工程师等提供帮助、咨询和指导，特此致谢。由于时间紧迫，水平有限，加之首次尝试“单元—模块”结构的编写格式，不妥之处，请读者批评指正。

马竹梧

目 录

编者的话 序 前言

概论	1
----------	---

第一单元 冶金工艺流程及自动化系统的体系结构	4
模块一 冶金工艺流程	4
模块二 冶金工业自动化系统的体系结构	26

第二单元 冶金工业检测仪表	34
模块一 采选过程检测仪表	34
模块二 炼铁过程检测仪表	43
模块三 炼钢过程检测仪表	63
模块四 轧钢过程检测仪表	81
模块五 铝冶炼过程检测仪表	96
模块六 铜冶炼过程检测仪表	101

第三单元 冶金工业自动化控制系统	107
模块一 采选自动控制系统	107
模块二 炼铁自动控制系统	116

模块三 炼钢自动控制系统	134
模块四 轧钢自动控制系统	152
模块五 铝冶炼及加工自动控制系统	165
模块六 铜冶炼及加工自动控制系统	174

第四单元 冶金工业过程自动化	184
模块一 炼铁过程自动化	184
模块二 炼钢过程自动化	205
模块三 轧钢过程自动化	220

第五单元 冶金工业管理自动化	240
模块一 信息化基础知识	240
模块二 矿山管理自动化	253
模块三 钢铁管理自动化	265

第六单元 冶金工业自动化系统的安装调试与整定	284
模块一 冶金工业自动控制系统的安装与调试	284
模块二 冶金工业自动控制系统的整定	298

参考文献	316
------------	-----

概 论

1. 冶金工业的性质和特点

冶金工业是生产各种金属原材料的工业。有以下特点：

①种类繁多，工艺各别。通常把金属分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属主要是指钢铁，它也包括铁、锰、铬及其合金。除此以外，有 80 多种金属都叫有色金属。

有色金属一般分成五大类：即轻有色金属（铝、镁、钠、钾、钙、锶、钡等）；重有色金属（铅、铜、镍、锌、钴、锡、锑、汞等）；贵金属（金、银和铂族元素等）；半金属（硅、碲、砷、硼、硒等）；稀有金属（锂、铯、铍、钨、钼、钽、铌、钛、锆、镓、铟、镭、铀和钋等）。

金属不同，提炼工艺也不同。

②规模较大，过程复杂。冶金企业大都由一系列工厂组成，规模大。特别是钢铁工业，是联合企业型式，包括采矿、选矿、精矿烧结或制成球团，制成适合于高炉所需块度的原料，经高炉炼成生铁，再由转炉或电炉炼成钢，铸成锭以后，经各式轧机轧成板材、管材、型材和线材等，生产过程十分复杂，设备极其不同。

③条件恶劣，性质各异。冶金生产条件恶劣，其性质差别相当大，有些过程进行较慢，如高炉生产过程，从装料到出铁要数小时，有些过程进行很快，如轧钢过程，板带热连轧机末架出口钢带速度达 27m/s，线材轧机出口速度达 120m/s；有些过程是高温的，例如炼铁、炼钢其温度超过 1600℃；有些过程是有腐蚀性的，如湿法冶金过程；而有些过程则粉尘极大，如烧结、氧化铝生产等。

2. 冶金生产工艺流程

(1) 钢铁生产工艺流程

由矿石到钢材的生产主要可分为两个流程：烧结球团和焦化——高炉——转炉——轧机流程；直接还原或熔融还原——电炉——轧机流程。前者被称为长流程（是目前的主流程），后者则被称为短流程。两者都是由一系列分厂或车间组成的钢铁总厂，前者一般分为原料场、烧结、球团、焦化（或炼焦、化工）、炼铁、炼钢（含铁水预处理、转炉、炉外精炼、连续铸钢）和各类轧钢（钢管、热轧带钢、冷轧板带、线棒材、型钢、轨梁、中厚板等）等分厂；此外还有一些辅助分厂，如动力部（包括发电、供电、煤气、氧气、给水等分厂）。选矿厂一般在矿山附近（一般与采矿合为矿山公司），只有矿山较近时才设在钢铁厂内。后者没有烧结、球团、焦化分厂。

(2) 有色金属生产工艺流程

有色金属生产一般是冶炼和加工分别设厂（如贵溪铜冶炼厂、洛阳铜加工厂等），但也是分别由很多分厂组成的联合企业，如铝加工厂，包括熔炼分厂、铝板分厂、铝管分厂、铝箔分厂和动力分厂等。

3. 冶金工业的规律

尽管金属种类很多，其提炼、成材的工艺各异，但大多由下列 4 部分组成：采矿，选

矿，冶炼和加工，无论黑色或有色金属生产，其采矿，选矿过程都很类似，钢铁轧制和铝、铜轧制虽各有其特点，但轧制设备都大致相同。即使各种金属冶炼过程十分不同，但不外乎是火法冶金、湿法冶金或粉末冶金。

因此只要从总体上了解其过程、特性、操作方法和关键所在，就可将它分成许多单元系统（如温度、流量、压力、物位、成分等控制系统），抓住其特点、扰动因素及关联性质就可决定其控制方法。

4. 冶金工业自动化的进步和作用

冶金工业最原始自动化可以说是在 1755 年使用蒸汽机作为动力源开始，连同英国人詹姆士·瓦特发明的蒸汽机及其自动调速器一起用于高炉，此后陆续有些简单仪表和电控装置，但真正使用自动化技术和装置是在第二次世界大战以后，大致经历了 5 个阶段（表 1），今天已从基础自动化发展成多级计算机综合管理控制一体化系统和 BPS/MES/PCS 三级结构的 CIMS 系统，近来更包括电子商务，国外更通过互联网与外界公司、最终用户（汽车、机电制造等工厂）以至税务部门和海关联网甚至通过卫星监视船舶到达地点，以向用户报告使之作接收准备等，而发展成 WIMS（网络集成制造系统）。

表 1 信息及自动化的 5 个阶段

控制方面	第 1 阶段 (20 世纪 70 年代以前)	第 2 阶段 (20 世纪 70 ~ 80 年代)	第 3 阶段 (20 世纪 80 ~ 90 年代)	第 4 阶段 (20 世纪 90 年代以后)	第 5 阶段 (21 世纪初)
要求	简单,单回路控制	多回路控制与先进控制	过程优化与先进控制	过程优化与信息化	全厂信息化
理论	经典控制理论	现代控制理论	智能控制等先进控制	多学科交叉	多学科交叉
装备	常规仪表	PLC、DCS、过程计算机	计算机网络	PLC、DCS、FCS、IPC	更新型装备
系统	多为单回路控制	EIC 系统	多级自动化系统	CIPS 与综合自动化	BPS/MES/PCS
水平	简单	多为增强型基础自动化	优化与管理自动化	准无人化	无人化准无人化

冶金工业是材料工业，特别是钢铁，具有良好的物理和化学性能，价格便宜，储量丰富，冶炼和加工方法简便，是建筑、汽车、电器、电力等工业不可缺少的材料，但面临激烈市场竞争，国内外都是以大型化、新工艺、新设备、临海钢铁厂、自动化和电子计算机的应用等手段，使冶金工业技术不断进步，因而能保持多年价格不变，在竞争中处于有利地位。故钢铁是现代工业中应用最广，发展最快的金属材料。

冶金工业自动化不仅是冶金工业现代化的标志和必不可少的环节，而且是冶金生产操作必须的技术，离开自动化就难以获得良好的技术经济指标，达到高效、高产、优质和低耗的效果。在定量方面也显示自动化的巨大经济效益，据奥钢联统计，使用了该公司的先进自动化系统后，仅计算定量的数据，已证实烧结可提高生产率 5%，高炉铁水成本降低 16%，转炉温度偏差减少约 40%、碳偏差减少约 45%、重吹率降低约 60%、生产率提高约 10%，二次吹炼降低合金化成本 15%、缩短处理时间 5%，连铸漏钢减少 80%、最终板材不合格率降低 60%、热装率提高 6%、耐酸钢质量检验不合格率降低 75%，热轧板带加热炉节能 10%、宽度公差为 ± 3mm、收得率提高 0.75%、厚度公差降至标准值的 1/4、板形波动 < 20μm、平直度偏差在 30I 单位以内、卷取温度偏差 < 16℃等，自动化投资约 1~2 年内收回，因此，世界各国冶金工业都大力采用自动化。

由于冶金自动化是为冶金生产服务的，要构成一个有效的自动化系统，必须熟悉冶金生

产工艺、设备和对象特性，因此现代冶金自动化是一门综合的技术，包括冶金生产工艺、设备和对象特性、专用仪表和特有的自动化系统、计算机硬件软件技术、网络与通信技术以及信息技术、自动化装备、控制理论、维护水平、各国的实情等，这就是“冶金控制学”的概念。

一个成功的冶金自动化系统还需要正确的设计（自动化系统的工程设计在本套书中有专门的一册）、安装与调试。这些都是编写本书的出发点与内容的组成部分，是一个冶金自动化工程师应掌握的内容。本书的六个单元，涵盖冶金工艺流程（采矿与选矿，钢铁工业的从原料场到轧钢。有色金属由于种类繁多，工艺各别，将以用量最广的铝和铜作为代表）与系统结构（从基础自动化、过程自动化到管理自动化信息化，从 CIMS 到 WIMS）、各个生产过程的专用仪表和检测技术以及特有的自动化系统、过程自动化级计算机系统、管理自动化级计算机系统、系统安装与调试及整定。

第一单元 冶金工艺流程及自动化系统的体系结构

模块一 冶金工艺流程

一、知识点

- ①采矿、选矿过程工艺流程。
- ②钢铁工业工艺流程。包括铁区、钢区和轧区的生产工艺流程。
- ③铝冶炼生产工艺流程。包括氧化铝、电解铝和炭素生产工艺流程。
- ④铜冶炼生产工艺流程。

二、知识点分析

1. 采矿过程工艺流程

冶金矿山根据矿体埋藏深度和开采条件，分为露天开采和地下开采两大类。露天开采生产过程为表土剥离、穿孔、爆破、铲、装、运（汽车或机车）及破碎等作业（见图 1-1）。地下开采包括井巷掘进（竖井、斜井和平硐）、凿岩、爆破、出矿、装载、运输（电机车、汽车或带式运输机）及提升等作业，如图 1-2 所示。根据矿体条件可用留矿法、崩落法、充填法等采矿。

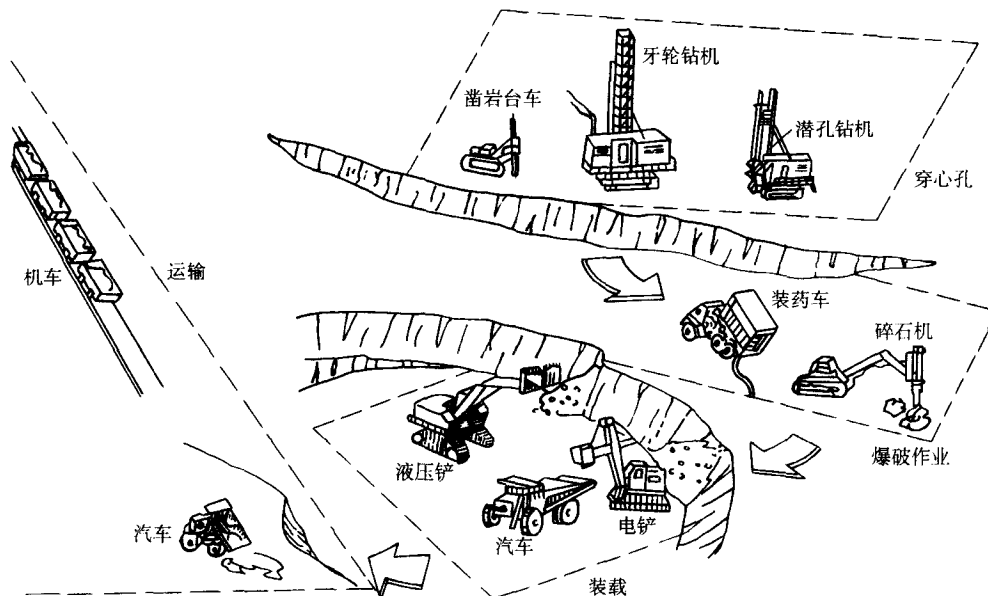


图 1-1 露天采矿简明流程及主要设备示意图

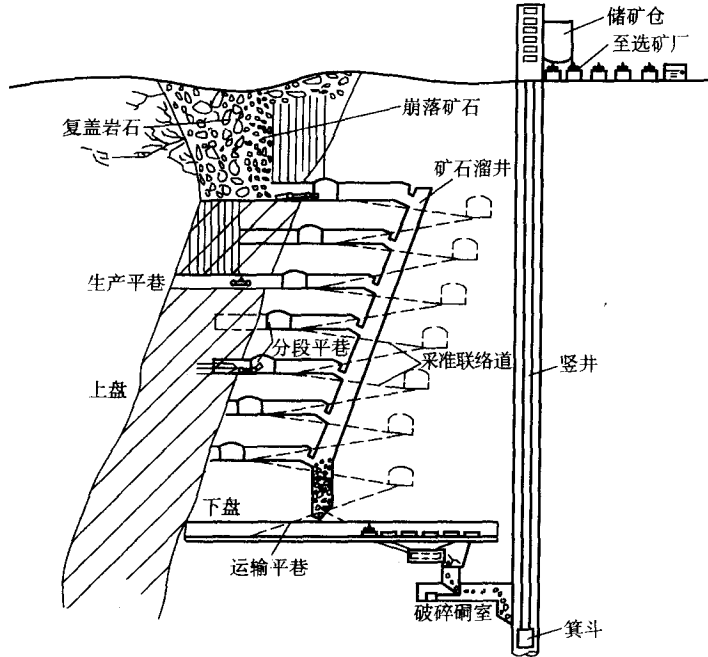


图 1-2 地下采矿简明流程及主要设备示意图

2. 选矿过程工艺流程

从矿山开采出来的矿石，在冶炼之前，除富矿外，一般都要富集矿石中的有用成分，即选矿（除去脉石，留下精矿）。选矿后的精矿品位，直接影响冶炼产品的产量和能耗，例如铁精矿的品位提高 1%，则高炉生铁产量可提高 2.5%，焦比下降 1.5%。

选矿方法有：重选、浮选、磁选，还有少数矿物用静电选等。不论那种方法，都包括破碎、磨矿（加水）、分级、选别和脱水等几种作业。图 1-3 所示为磁选的选矿过程流程图。

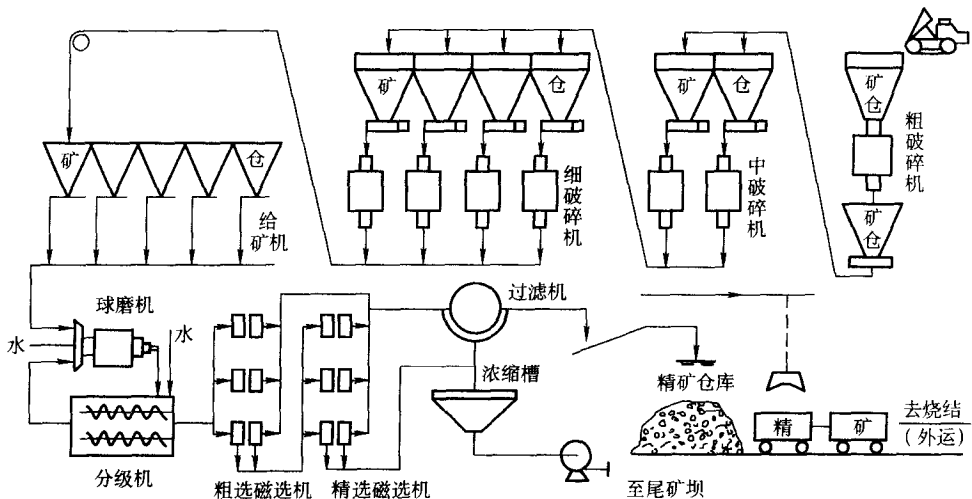


图 1-3 选矿（磁选）简明流程及主要设备示意图

3. 钢铁工业工艺流程

(1) 铁区生产工艺流程

1) 原料场生产工艺流程

为了供给高炉、烧结（或球团）、焦炉和转炉等冶炼设备所需原料，并有一定储备须设有原料场。原料场主要承担全厂铁矿石、焦煤、动力煤等主副原料的输入、储备、破碎、匀矿以及向各生产厂供料，是使炼铁等获得成分均匀的精料和高的技术经济指标必不可少的车间。此外，钢铁生产一般需要有存储二至三个月原料使用量，故现代钢铁工厂都设有范围广大的综合原料堆场，例如我国宝钢仅一期工程，原料场面积就达 83 万平方米，储存能力约 258 万吨。

如图 1-4 所示，由卸料机把原料从船上卸到岸上，或陆运车辆卸在料槽中，再用堆料机（ST）把原料堆积到矿石场、辅助原料场和煤场（这些料场合称为一次料场）。大块矿石等原料由取料机送破碎、筛分，把筛选矿送到精矿场，筛下粉料送分层储料场（二次料场），在那里把不同牌号的精矿粉等，用均匀堆料机均匀，并分层堆放，取料时则由均匀矿取料机从其侧面垂直截取以得到均匀的原料。最后，由料场取出的原料分别由胶带输送机送相应生产厂如高炉、烧结的矿槽。此外，料场还接收厂内产生的落地焦、落地烧结矿等返原料和外运料。

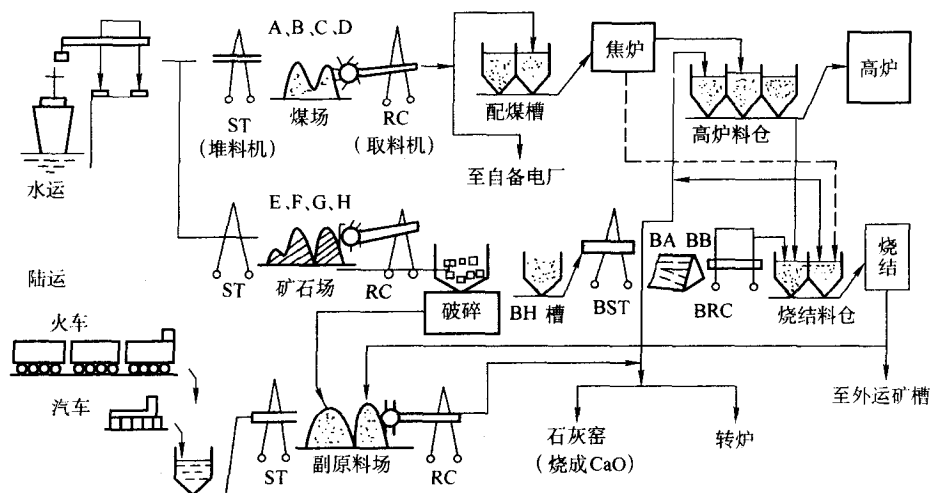


图 1-4 现代大型原料场生产流程举例

2) 炼焦生产工艺流程

焦炭是焦煤在焦炉内干馏得到的一种多孔碳质固体。焦炭是高炉的基本燃料，它作为熔化矿石的热源和将氧化铁还原成金属铁的还原剂的来源。焦炭也作为高炉料柱骨架，保证料柱透气性，使煤气上升和熔融液体下滴和畅通的作用。炼 1t 生铁约需 0.4~0.6t 焦炭。

炼焦工艺流程如图 1-5 所示。其中焦炉（见图 1-6）下部是蓄热室，上部是交替排列的炭化室（一组焦炉有几十个炭化室，并连成一系列）和燃烧室。煤料配煤后运到储煤塔，然后从煤塔卸到煤车（见图 1-7）分别送至各炭化室装炉，煤在炭化室内由两侧燃烧室经硅砖壁传热进行单向供热干馏。煤加热至 100℃ 时放出水分及少量吸附气体，升温至 350℃，开始

熔融且放出焦油和以甲烷为主的煤气，再升温形成胶质体。煤的软熔大致到 500°C 时结束。形成液相变稠与分散固体颗粒融成一体半焦，以后放出以氢气为主的煤气，开始发生焦炭收缩和产生裂纹，至 900°C 以上成为焦炭，整个结焦周期一般为 $14 \sim 18\text{h}$ ，以后打开炭化室前后炉门，由推焦机自一侧把焦向另一侧推出。推出的焦炭，由熄焦车送去喷水熄焦、凉焦或采用干法熄焦（CDQ），不但改善环境，节约用水，且回收焦炭显热），干法熄焦是用惰性气体逆流穿过红焦层进行热交换，焦冷却到 200°C 左右，惰性气体则升温至 800°C 左右，送余热锅炉产生蒸汽。熄焦后的焦炭还要筛分分级，分别供大中小高炉、化工部门、烧结原料等部门使用。焦炉产生的焦炉煤气经冷却、回收各种焦化副产品后送各使用部门使用。故炼焦过程除生产焦炭外，还有高热值煤气和焦化副产品，包括焦炭 $70\% \sim 80\%$ 、焦炉煤气 $15\% \sim 19\%$ 、粗焦油 $2.5\% \sim 4\%$ 、粗苯 $0.7\% \sim 1.3\%$ 、氨 $0.2\% \sim 0.35\%$ 、吡啶 $0.015\% \sim 0.025\%$ 及硫化氢 $0.1\% \sim 0.5\%$ 等。

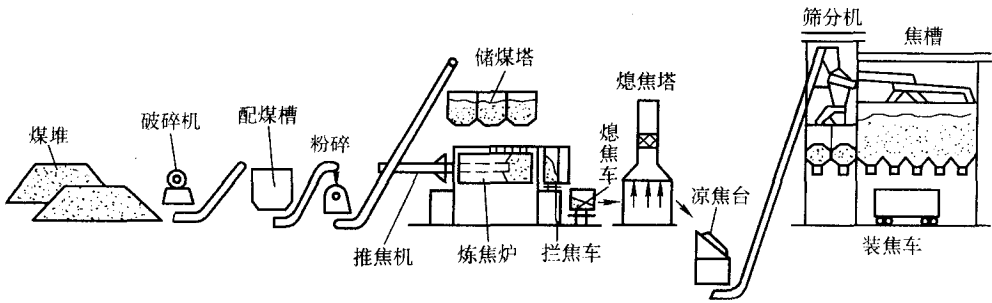


图 1-5 炼焦工艺流程示意图

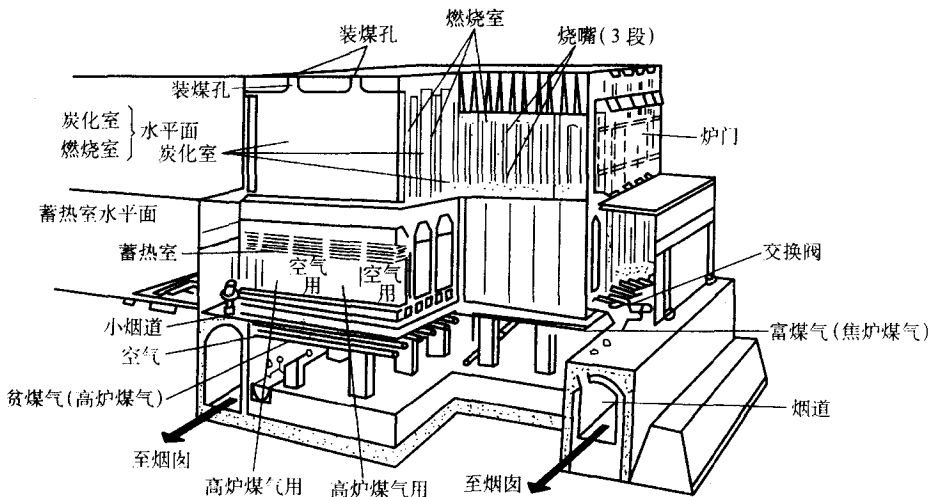


图 1-6 现代炼焦炉示意图

3) 烧结生产工艺流程

钢铁工业需要大量铁矿石，经长时间开采，天然富矿越来越少，高炉不得不使用大量贫矿，但贫矿必须经过选矿才能使用。而选矿后得到的精矿粉以及富矿加工过程中产生的富矿粉都不能直接入炉冶炼，必须使用烧结和球团工艺将其制成块。烧结就是在粉状铁物料中配

入适当数量的熔剂和燃料，在烧结机上点火燃烧，借助燃料燃烧的高温作用产生一定数量的液相，把未熔化的烧结料颗粒粘结起来，冷却后成为多孔块矿。

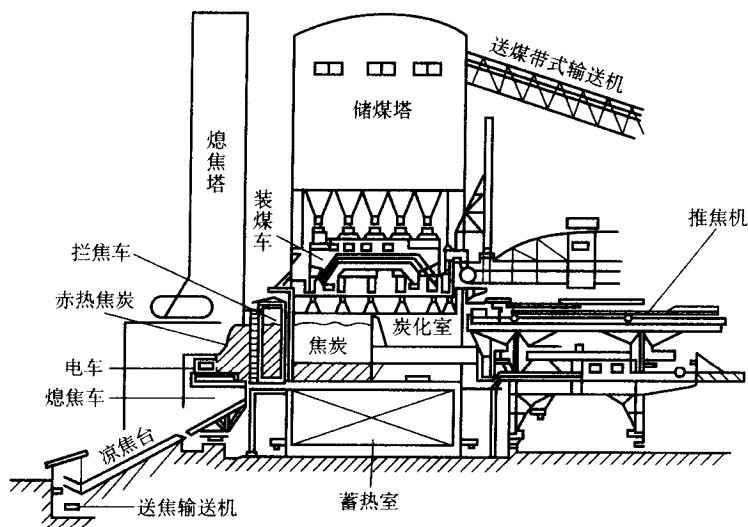


图 1-7 炼焦炉及其附属设备

烧结流程如图 1-8 所示，铁矿粉、熔剂和燃料按一定配比，并加入一定的返矿，配好的原料按一定配比加水混合，送給料槽，然后到烧结机，由点火炉点火，使表面烧结，烟气由抽风机自上而下抽走，在台车移动过程中，烧结自上而下进行。当台车移动接近末端时，烧结終了，为了保持表层温度和防止急冷，有采用延长点火炉或设保温炉，烧结完了的烧结块由机尾落下，经破碎、筛分和冷却，筛上物料送到高炉，筛下物料作为返矿和铺底料重新烧结。

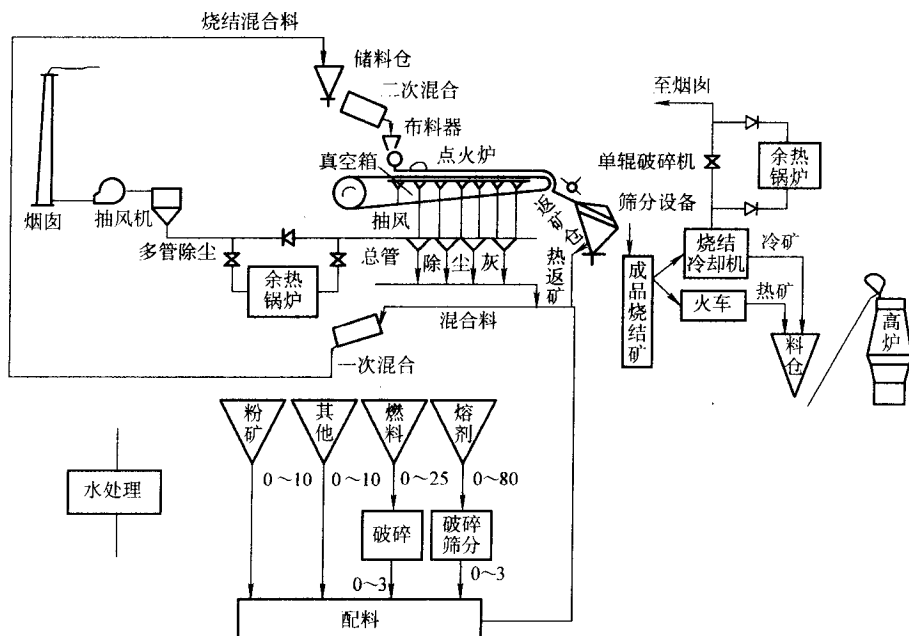


图 1-8 烧结工艺过程流程

现代大型烧结厂除了上述的烧结主工艺过程以外，还设有许多辅助车间，包括有效利用余热的余热锅炉，保持环境的水处理以及抽风机车间等。

4) 球团生产工艺流程

球团生产是使用不适宜烧结的精矿粉和其他含铁粉料造块的一种方法。球团生产大致分三步：

①细磨精矿粉、熔剂、燃料（1%~2%）和粘结剂（如皂土等约0.5%）等原料进行配料与混合；

②在造球机上加适量的水，滚成10~15mm的生球；

③生球在高温焙烧机上进行高温焙烧，焙烧好的球团矿经冷却、破碎、筛分得到成品球团矿。

球团生产工艺流程见图1-9。球团焙烧各阶段反应见图1-10。第一步是干燥生球，以免加热到高温时，水分大量蒸发而引起生球破裂。第二步是焙烧，焙烧分为预热、焙烧和均热3个阶段，预热是为了去除残余水分，焙烧是使高温固结，提高球团的机械强度，同时可提高氧化度和去硫。

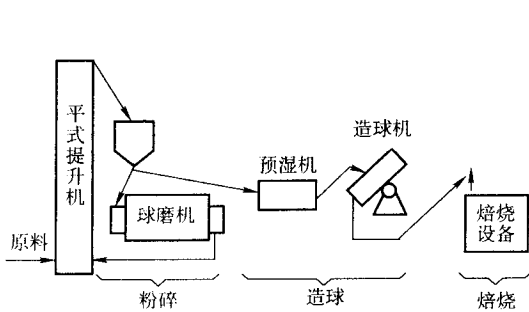


图 1-9 球团的生产流程

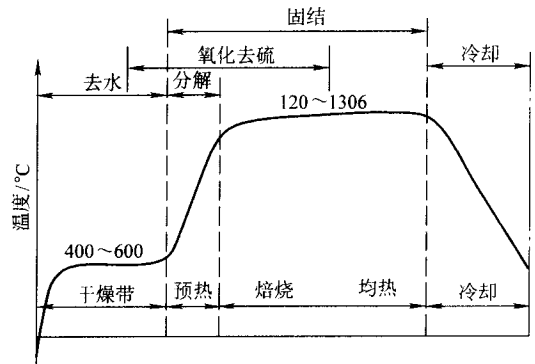


图 1-10 生球焙烧过程

球团焙烧设备主要有3种（见图1-11）：竖炉、带式焙烧机和链篦机一回转窑。

竖炉一般为8~10m²，适合中小企业。带式焙烧机是大型球团厂的主要焙烧设备。目前链篦机一回转窑的球团矿占总产量的比例日益增多。

5) 高炉炼铁生产工艺流程

现代大型高炉车间包括主体和辅助系统，主体系统如图1-12所示，共5部分：高炉本体、储矿槽、出铁场、除尘器和热风炉。辅助系统则有煤气清洗、炉顶煤气余压发电（TRT）、水渣、水处理和制煤粉车间等。

高炉炼铁是在筒形炉子（高炉，图1-12）内进行还原反应过程的，炉料（矿石、焦炭和熔剂）从炉顶（有钟形和无料钟形两种）装入炉内，从鼓风机来的冷风经热风炉后，形成热风从高炉风口鼓入，随着焦炭燃烧，产生热煤气流由下而上运动，而炉料则由上而下运动，互相接触，进行热交换，逐步还原，最后到炉子下部，还原成生铁，同时形成炉渣。积聚在炉缸的铁水和炉渣分别由出铁口放出。