



Yejin Jianshe Gongcheng Jishu

冶金

建设

工程技术

李慧民 主编

冶金工业出版社

冶金建设工程技术

李慧民 主编

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2005

内 容 提 要

本书系专业技术培训教材,旨在帮助那些从事冶金建设工程相关专业的技术、管理人员和技术工人对冶金生产过程有一个全面的了解,熟悉冶金生产工艺技术特点和主要生产设备性能,进一步掌握冶金建设工程施工、组织、管理、质量与安全等技术。主要包括:冶金建设工程组成,冶金建设工程地下施工技术,冶金建设工程结构施工技术,工程施工组织技术,工程施工质量与安全技术等。全书在理论联系实践的基础上,融合了冶金工程与建筑工程知识体系,具有较强的实践指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

冶金建设工程技术/李慧民主编. —北京:冶金
工业出版社, 2005. 7
ISBN 7-5024-3762-2

I. 冶… II. 李… III. 冶金工厂—工程施工—技术
IV. TU273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053188 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 宋 良 美术编辑 李 心

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 牛晓波

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

2005 年 7 月第 1 版, 2005 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 11.75 印张; 310 千字; 176 页; 1-4000 册

30.00 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

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书系冶金建设工程技术培训教材，旨在使冶金建设工程及相关专业人员对冶金生产过程有一个全面的了解，熟悉冶金生产工艺技术和主要生产设备，进一步掌握冶金建设工程施工、组织、管理、质量与安全等技术。全书在理论联系实践的基础上，融合了冶金工程与建筑工程两大知识体系，具有较强的实践指导意义，可使读者拓宽知识面，全面提高综合素质。本书可作为从事冶金建设工程相关专业的工程技术人员、工程管理人员和技术工人的培训教材，还可供其他行业从事建设工程的专业人员参考。

本书由西安建筑科技大学李慧民主编。李慧民参与了第1、4、5、6章的编写；胡长明参与了第3、5章的编写；赵平参与了第2、6章的编写；蒋红妍参与了第4、5章的编写；陈旭参与了第3、6章的编写；黄莺参与了第3、4章的编写；樊胜军参与了第2、4章的编写；武乾参与了第1、2章的编写。

上海宝钢冶金建设公司冯桂煜同志对本书初稿进行了审阅并提出了宝贵的意见，冶金建设工程定额总站姜玉华同志对本书的编写自始至终给予了大力支持和帮助，在此谨致以诚挚的谢意。

由于水平所限，书中不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 冶金工程基础知识	1
1.1.1 冶金和冶金方法	1
1.1.2 冶金工艺流程和冶金过程	2
1.1.3 轧钢生产系统	4
1.2 冶金建设工程施工技术	6
1.2.1 基础工程施工技术	6
1.2.2 上部结构施工技术	8
1.2.3 特殊施工技术	10
2 冶金建设工程的组成	11
2.1 铁矿开采工程	11
2.1.1 工艺流程	11
2.1.2 项目构成	11
2.1.3 施工程序	13
2.2 焦化工程	14
2.2.1 工艺流程	14
2.2.2 项目构成	15
2.2.3 施工程序	17
2.3 烧结工程	18
2.3.1 工艺流程	18
2.3.2 项目构成	18
2.3.3 施工程序	19
2.4 炼铁工程	20
2.4.1 工艺流程	20
2.4.2 项目构成	20
2.4.3 施工程序	21
2.5 炼钢工程	23
2.5.1 工艺流程	23
2.5.2 项目构成	24
2.5.3 施工程序	27
2.6 连续铸钢工程	30

2.6.1	工艺流程	30
2.6.2	项目构成	31
2.6.3	施工程序	34
2.7	板材轧钢工程	36
2.7.1	工艺流程	36
2.7.2	项目构成	39
2.7.3	施工程序	40
2.8	管材轧钢工程	42
2.8.1	工艺流程	42
2.8.2	项目构成	44
2.8.3	施工程序	44
2.9	型材轧钢工程	44
2.9.1	工艺流程	44
2.9.2	项目构成	46
2.9.3	施工程序	46
3	冶金建设工程地下施工技术	50
3.1	井巷施工技术	50
3.1.1	主要施工工艺	50
3.1.2	常用施工方法	50
3.1.3	特殊施工方法	52
3.2	深基坑支护技术	53
3.2.1	拱圈挡土结构的施工	54
3.2.2	喷锚网支护法施工	55
3.3	地基处理技术	59
3.3.1	振动水冲法加固地基	59
3.3.2	强夯法加固地基	59
3.3.3	三重管旋喷加固地基	60
3.4	排水、降水施工	61
3.4.1	集水坑降水法	61
3.4.2	流砂及其防治	63
3.4.3	井点降水法	64
3.5	基础托换技术	73
3.5.1	基础加宽托换	73
3.5.2	坑式托换	75
3.5.3	桩式托换	75
3.5.4	灌浆托换	78
3.5.5	基础减压和加强刚度托换	78
3.5.6	高压喷射注浆托换	79

3.6 桩基础施工	79
3.6.1 锤击沉桩	79
3.6.2 静力压桩	81
3.6.3 泥浆护壁成孔灌注桩	82
3.6.4 套管成孔灌注桩	84
3.6.5 人工挖孔灌注桩	86
3.6.6 干作业螺旋钻孔灌注桩	87
3.7 预应力混凝土管桩施工	87
3.7.1 发展现状	87
3.7.2 植桩方法	88
3.8 地下连续墙施工	90
3.9 大型设备基础施工技术	93
3.9.1 大型基础开挖及排水措施	94
3.9.2 支模方案	94
3.9.3 混凝土浇灌工艺	94
4 冶金建设工程结构施工技术	96
4.1 主厂房结构施工技术	96
4.1.1 炼钢工程主厂房结构安装技术	96
4.1.2 钢结构吊装技术	97
4.1.3 网架工程施工技术	97
4.2 焦炉工程施工技术	98
4.2.1 M型焦炉大体积混凝土工程施工方法	98
4.2.2 M型焦炉筑炉施工方法	102
4.2.3 M型焦炉本体设备安装工艺	103
4.3 烧结工程施工技术	104
4.3.1 180m ² 烧结工程	104
4.3.2 450m ² 烧结工程	108
4.4 高炉工程施工技术	111
4.4.1 高炉本体结构安装工程	111
4.4.2 高炉本体耐火材料工程	113
4.5 转炉工程施工技术	114
4.5.1 本体工程概况	114
4.5.2 安装程序	115
4.5.3 安装方法	115
4.5.4 注意事项	118
4.6 连轧机施工技术	118
4.6.1 施工平面的利用	118
4.6.2 设备技术检查	118

4.6.3 机械设备的安装	118
4.7 连铸机施工技术	121
4.7.1 弧形连铸机的安装特点	121
4.7.2 安装测量控制网的设置	122
4.7.3 弧形连铸机的安装程序	123
4.7.4 板坯弧形连铸机弧形段空间位置的检测与调整	123
4.7.5 弧形连铸机冷态联动试运转	124
5 工程施工组织技术	126
5.1 流水施工	126
5.1.1 流水施工概述	126
5.1.2 等节拍流水施工	128
5.1.3 异节拍流水施工	130
5.1.4 无节拍流水施工	130
5.2 工程网络计划技术	131
5.2.1 工程网络计划技术概述	131
5.2.2 双代号网络计划	132
5.2.3 单代号网络计划	139
5.2.4 双代号时标网络计划	141
5.3 施工组织设计	143
5.3.1 工程施工组织概述	143
5.3.2 工程施工组织设计的编制原则和程序	145
5.3.3 工程施工组织设计的编制依据	146
5.3.4 施工组织总设计	147
5.3.5 单位工程施工组织设计	151
5.3.6 施工组织设计技术经济分析	157
6 工程施工质量与安全技术	163
6.1 施工质量控制基础	163
6.1.1 工程项目质量的内涵	163
6.1.2 施工技术工作质量保证体系	165
6.1.3 施工质量控制的基本形式	165
6.2 施工准备的质量控制	165
6.2.1 施工图纸及技术资料的质量控制	165
6.2.2 施工测量的质量控制	166
6.2.3 施工技术方案质量控制	166
6.2.4 原材料及机械设备的质量控制	167
6.3 施工过程的质量控制	168
6.3.1 工序质量控制的基本内容	168

6.3.2 施工过程质量控制的方法	169
6.4 建筑施工的安全控制	170
6.4.1 建筑施工安全概述	170
6.4.2 建筑施工不安全的影响因素	171
6.4.3 施工安全控制的原则及方法	171
6.5 建筑施工的事故处理	172
6.5.1 建筑施工事故的分类	172
6.5.2 事故处理程序	173
参考文献	175

1 绪 论

1.1 冶金工程基础知识

金属通常都有较高的强度和优良的导电性、导热性、延展性，部分金属还具有放射性。除汞外，金属在常温下都是以固体状态存在的。在目前已知的 109 种元素中，金属元素有 72 种，非金属元素有 22 种。在金属元素中，黑色金属元素有 3 种，有色金属元素有 69 种。对于金属元素，根据其性质、用途、产量及其冶炼方法的特点，各国有不同的分类方法，有的分为铁金属和非铁金属两大类：铁金属系指铁和铁基合金，其中包括生铁、铁合金和钢，非铁金属则指铁及铁合金以外的金属元素；有的分为黑色金属和有色金属两大类，即铁、铬、锰为黑色金属，铁、铬、锰以外的金属为有色金属。可见，我们通常所指的黑色金属即铁金属，有色金属即非铁金属。

冶金工业是整个原材料工业体系中的重要组成部分，它与能源工业和交通运输业一样，是构成国民经济的基础工业部门。

人们常将用矿石或精矿生产金属的工业部门称为冶金工业。矿石和精矿是由各种有用矿物组成的，矿石或精矿通过冶炼加工成多种金属材料，运用于人们生产、生活的各个领域，从而构成了冶金工业的有机联系。所以，国民经济各部门所使用的黑色金属、有色金属都是冶金工业的产品。只有冶金工业产品的不断增长，才有了工业、农业、交通运输业，乃至当代崛起的第三产业的迅速发展。

从人类的日常生活用品到高精尖的科技领域的新型材料的应用，都离不开冶金工业的进步和发展。人类使用的金属中，铁和钢要占 90% 以上。

随着科学技术的迅猛发展，工业不断地朝原子能、高速、高温、高压及自动化和遥控方向发展，钢铁材料的质量、品种和性能都远远不能达到现代科技要求的水平，这就需要各种有色金属作为它的添加剂而形成各种合金钢。例如加入铬、镍、钨、钛、钒等成分后，可以使钢材具备某些特殊性能。钢铁工业的迅速发展和壮大，对于推动汽车、造船、机械、电器等工业的发展和经济腾飞，都发挥了至关重要的作用。

20 世纪 90 年代中期，在改革开放政策的推动下，我国钢铁材料工业进入了持续、快速的发展阶段，取得了举世瞩目的辉煌成就，其主要的标志就是：1995 年我国生铁产量超过 1 亿 t。1996 年我国钢产量首次突破 1 亿 t，2003 年我国钢产量首次突破 2 亿 t，并连续 9 年一直位居世界产钢国的第一位。我国是全球第一个年产钢量突破 2 亿 t 的国家，在世界钢铁工业发展史上，具有里程碑的重大意义。

1.1.1 冶金和冶金方法

冶金是一门研究如何经济地从矿石或精矿和其他原料中提取金属，并经过加工处理，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、选矿和金属加工已各自形成一门独立的学科。因而目前的冶金是指矿石或精矿的冶

炼。

由于冶金过程主要是采用化学的方法完成的,因而常称为化学冶金;同样,冶金是从原料中提取金属,也常称之为提取冶金。

冶金和其他学科领域一样,涉及的范围很广,它与化学、物理化学、热工、化工、仪表、机械、计算机等学科有极其密切的关系。由于原料性质的不同和金属性质的差异,冶金方法是多种多样的。根据冶炼方法的不同,大致可分为以下三种。

(1) 火法冶金

在高温条件下,使矿石或精矿中的有用矿物部分或全部在高温下进行一系列的物理化学反应,达到提取、提纯金属与脉石和其他杂质分离的目的。高温的获得,可以外加燃料,个别的也可以利用自身的反应生成热量。比如,硫化矿的氧化焙烧可产生大量的热,不需要外部加入燃料。目前,金属冶炼仍以火法冶金占主导地位。

(2) 湿法冶金

常温(或低于 100°C)常压或高温($100\sim 300^{\circ}\text{C}$)高压下,用溶剂来处理矿石和精矿,并在低温溶液中进行一系列的物理化学反应,达到提取、提纯金属与脉石和其他杂质分离的目的。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。湿法冶金的设备和操作都比较简单,是很有发展前途的冶金方法。

(3) 电冶金

它是利用电能来提取、提纯金属的方法,可分为电热冶金和电化学冶金。

电热冶金与火法冶金类似,其不同的地方是电热冶金的热能由电能转换而成,火法冶金则以燃料燃烧产生高温热源。但两者的物理化学反应过程是差不多的。

电化学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,使金属从含金属盐类的水溶液析出(如铅电解精炼和锌电积),这种过程称为水溶液电化学冶金。此法亦可列入湿法冶金之中。如果是在高温电化学反应下,金属是从含盐类熔体中析出的(如铝电解)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,熔盐电解也可列入火法冶金中。

冶金方法的选择和应用,有时可能是单一的,有时可能是既有火法又有湿法的联合应用过程。采用哪种方法提取金属,按怎样的顺序进行,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,而有色金属冶金则是火法和湿法兼用。

冶金方法的采用,正面临着节省能源、保护环境以及综合利用等紧迫问题。在一定程度上,它支配着冶炼厂的设计、建厂、生产和冶金技术的发展。凡是有利于解决这三大课题的技术和方法,都受到普遍的重视,并得到迅速的发展。如重金属无污染提取冶金,世界上各先进工业国对重金属硫化矿的火法无污染的直接熔炼,湿法无污染的直接浸出以及其后的全湿法冶金过程等,做了大量的研究工作,并进行了工业性或半工业性的生产实验。

此外,除了上述三大课题以外,冶金过程的机械化、自动化,也是不可忽视的重要方面。

1.1.2 冶金工艺流程和冶金过程

1.1.2.1 冶金工艺流程

冶炼黑色金属的矿石,成分一般比较单一,通常采用火法冶金的方法进行处理,即使有的矿石成分较为复杂,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,

如高炉冶炼钒钛磁铁矿就属于这种类型。

冶炼有色金属的矿石，由于其矿物成分极其复杂，含有多种金属矿物，不仅要提取或提纯某种金属，还要考虑综合回收各种有用金属，以充分利用资源和降低生产费用。因此，考虑冶金方法时，要用两种或两种以上的方法才能完成冶炼。

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的设备都不尽相同。把各个阶段系统地连接起来，就构成了某一种金属的冶炼工艺流程。如果把工艺流程用示意图的方法表示出来，就叫做工艺流程图。

钢铁冶金生产的工艺流程如图 1-1 所示。

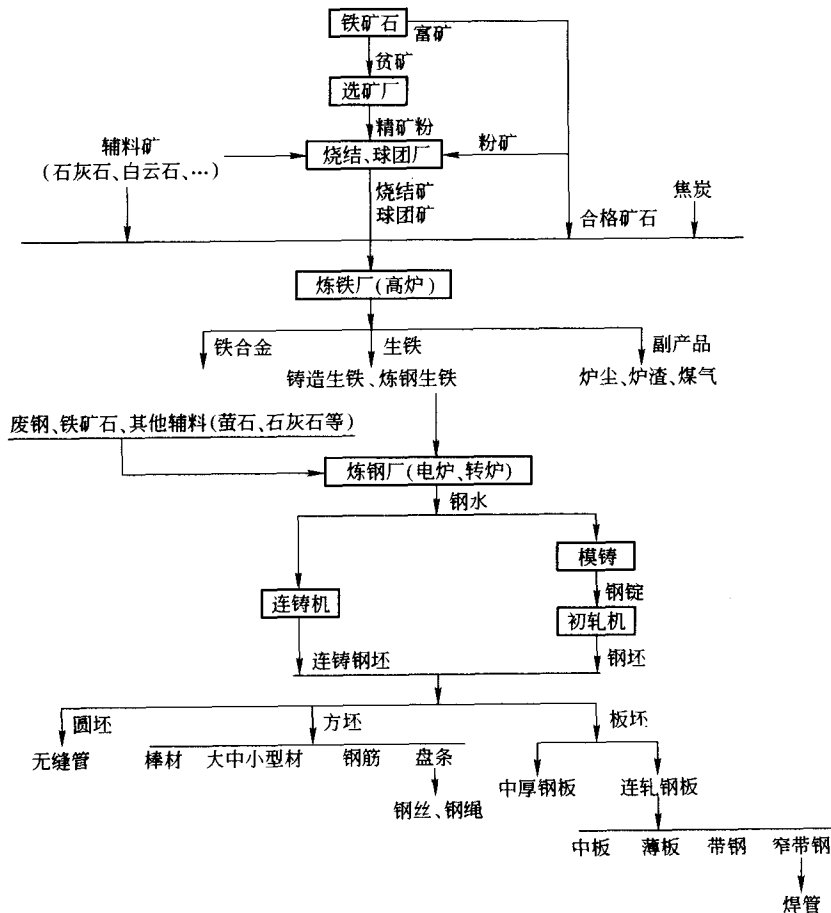


图 1-1 钢铁冶金生产流程简图

1.1.2.2 冶金过程

从钢铁冶金的工艺流程图可知，一种金属的冶炼工艺流程包括几个冶炼阶段，而每一个冶炼阶段可能是火法、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，锌焙砂浸出是湿法冶金过程，而净化液电积则为电化学冶金过程。冶金过程又可分为许多单元过程。如矿石或精矿的干燥、造球（或制团）、焙解、焙烧（包括氧化、还原、磁化、氯化等焙烧过程）、烧结，还原熔炼（包括固体碳、氢、一氧

化碳, 金属热还原等过程)、造钼熔炼、氧化吹炼、火法精炼; 浸出(或溶出)、浸出液的净化, 矿浆的絮凝、沉降和澄清、浓缩(或浓稠)、过滤、洗涤、结晶、离子交换, 细菌冶金、氯化冶金、汞齐冶金、真空冶金, 蒸馏和蒸发、烟化, 水溶液电解、熔盐电解、金属的熔铸等等。

选择某种金属的工艺流程时, 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, 还有水电供应、交通运输等。根据具体情况, 以过程越少、工艺流程越短为好。

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、反射炉、鼓风炉、电炉、炉外精炼设备等, 湿法冶金中的各种形式的电解槽和各种反应器。除此以外, 还有收尘设备、液固分离设备等。这些设备的使用选择, 同样决定着冶金过程的效果, 甚至成为冶金过程是否能取得成功的关键。

需要提及的是, 冶炼金属的工艺流程, 除了提取提纯金属以外, 同时还要回收伴生有价金属, 还有三废(废气、废渣、废液)治理和综合利用等方面的问题。因此, 完整的工艺流程是很复杂的, 所包含的冶金过程也是很多的。

1.1.3 轧钢生产系统

现代钢铁生产依据企业生产规模的大小、厂址所在地区对钢材品种和规格的要求不同以及其他种种因素的考虑, 通常把几个轧钢车间组成不同的轧钢生产系统。这种轧钢生产系统反映了轧钢车间之间的相互关系和内在联系。

按照轧制产品的种类和生产规模的大小, 由各个轧钢车间组成的轧钢生产系统可以分为型钢生产系统、钢管生产系统、钢板生产系统以及由它们中的一种或两种组成的混合生产系统等, 此外, 还有生产合金钢材的合金钢生产系统。

(1) 型钢生产系统

这是常见的一种轧钢生产系统。组成型钢生产系统的基本轧机主要是初轧机、中小型钢坯轧机和相应的各类成品型钢轧机。企业生产规模的大小和地区对产品品种规格的要求, 是选择和决定这类生产系统轧机组成的基本依据。

(2) 钢板生产系统

组成钢板生产系统的基本轧机主要是板坯初轧和成品钢板轧机。选择这类系统轧机的依据是对产品的数量要求和品种规格的要求。

(3) 钢管生产系统

因为钢管产品在轧材中所占比例不大, 单一化的钢管生产系统在国内外都是比较少见的。组成这种系统的基本轧机是初轧机、管坯轧机和成品钢管轧机。依据钢管产量的大小和规格多少的不同, 确定初轧机的大小和管坯轧机、成品轧机的形式。

(4) 混合生产系统

混合生产系统包括生产型钢、钢板、钢管或其中任何两种轧制品的轧钢车间组成的轧钢生产系统谓之混合生产系统。这种系统因能满足轧制多品种钢材的要求而被广泛采用。我国现有的轧钢生产系统多属于这种混合系统。

我国中型钢铁企业的混合生产系统的轧机组成和它们之间的金属平衡如图 1-2 所示。

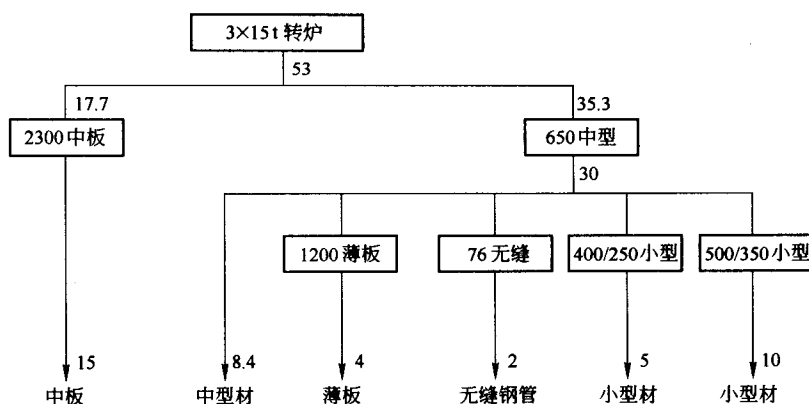


图 1-2 中型钢铁厂混合轧钢生产系统轧机组成图示

板管混合生产系统的轧机组成如图 1-3 所示。

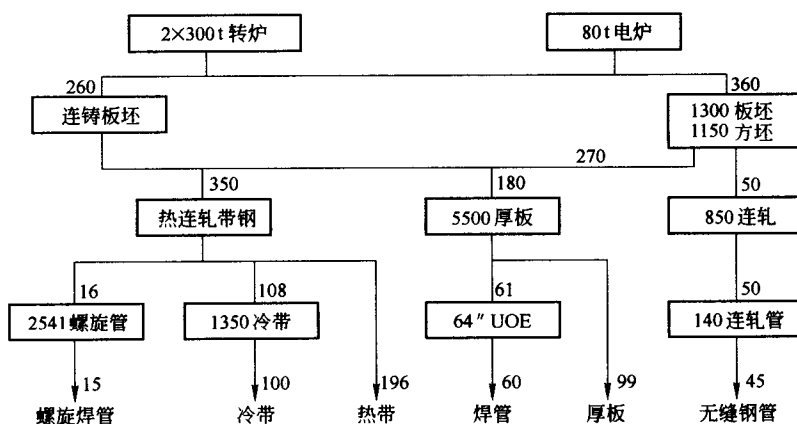


图 1-3 板管混合生产系统轧机组成图示

在轧钢生产中，除了上述几种生产系统外，还有一些轧机是一次成材的，即直接用钢锭经一次加热轧制出成品的。如在一架或二架三辊式劳特轧机或四辊式轧机上，用重为 600 ~ 1000kg 的钢锭直接轧出厚为 4.5 ~ 19mm 的普通中厚板；在 4200mm 或更大的四辊式厚板轧机上用重为 15 ~ 40t 的钢锭轧制厚为 10 ~ 160mm 的厚钢板等。另外，还有一些特殊轧机如皮尔格钢管轧机、车轮轮箍轧机也都以钢锭为原料直接轧制成成品。

近几年来，世界各国连续铸钢技术得到迅猛发展，目前不但可以连续浇注成各种方形、矩形以及异型坯作为原料直接供给钢板轧机和型钢轧机，而且还可以采用连续离心浇注法制成各种规格的圆形管坯，直接供应钢管轧机作为原料。连铸坯的发展为简化轧钢生产系统，改变轧钢生产过程提供了有利条件。

按生产规模大小，轧钢生产系统有大型、中型、小型之分。在我国，年产 100 万 t 以上的为大型生产系统；年产量为 10 ~ 100 万 t 的为中型生产系统；年产量在 10 万 t 以下的称为小型生产系统。从国外钢铁工业发展的历史看，起初他们很重视发展大型轧钢生产系统，以利于提

高企业的劳动生产率,降低产品成本。近年来为充分利用中小生产系统所具有的灵活性、适应性强,投资少、上马快的特点,不少国家很注意建设中小型的轧钢生产系统。

1.2 冶金建设工程施工技术

1.2.1 基础工程施工技术

1.2.1.1 人工地基施工技术

人工地基施工有两项内容:

- a. 地基加固:有换土、预压、强夯、水泥土旋喷、深层搅拌技术等。
- b. 打承载桩:有渣土桩、水泥土桩、木桩、混凝土桩(混凝土预制桩、预应力管桩、现浇灌注桩)、钢桩(钢管桩、H型钢桩)、特殊桩(成槽机施工的巨型桩、扩头桩)等。

目前我国施工的灌注桩最大直径达3m,深度达104m,工艺上可加注浆。国外有的更大,还可以扩大头部:如果用连续墙成槽机做巨型现浇灌注桩,还可以做得更大更深,例如日本的水平多轴式回转钻机(EM型),成桩壁厚1200~3200mm,深度可达到170m。

1.2.1.2 基坑支护技术

(1) 挡土结构

- a. 重力坝式:用深层搅拌、旋喷等工艺形成的水泥土重力坝形式,用于挡土、隔水,可不用支撑。上海博物馆工程基坑就采用此类型挡土结构,深度达到9.8m。
- b. 各种板桩:有木板桩、钢筋混凝土板桩、钢板桩,主要作挡土用,同时也起一定的隔水作用。
- c. 钢筋混凝土地下连续墙:这种工艺在世界上已经有50年历史,可以挡土和隔水,有现场浇筑与成槽后插入预制地下墙两种。对于现场浇筑地下墙,我国已做到深度60m。有的国家已经在考虑生产成槽能力200m以上的水平多轴式回转钻机,壁厚可达到4m。
- d. 就地灌注排桩:用人工开挖就地灌注成桩,并做成连续排桩,可起到与地下连续墙一样的作用,但由于接槎不可能密贴,只能起挡土作用。
- e. 劲性水泥土桩(SMW工法):在水泥土排桩内插入型钢,以型钢受力,水泥土作为隔水帷幕。如上海静安寺环球广场、东方明珠二期工程等基坑支护即应用该技术。此法在日本使用较多。
- f. 其他挡土结构:有喷锚护坡、钢桩插板等。

(2) 隔水帷幕

有水泥土排桩、注浆帷幕、薄型地下连续墙等。日本最近制成称之为TRUST-21型的成槽机,成槽最小壁厚仅为0.2m,深度200m,采用泥浆固化成壁,透水系数 $10^{-6} \sim 10^{-8} \text{ cm/s}$ 。

(3) 支撑技术

- a. 钢支撑:传统采用型钢支撑。
- b. 钢筋混凝土支撑:为适应不规则基坑的体形并使挖土有较大空间,在我国创造与发展了一种钢筋混凝土支撑体系,有对撑、角撑、排撑及拱形、环圈形支撑。上海最大环圈直径达92m,天津也正在施工直径100余米的大环圈。采用钢筋混凝土支撑体系的优点是一次性投入少、适应性强,最大的缺点是只能一次性使用,社会资源浪费大,爆破拆除时对环境有影响。
- c. 双向双股复加预应力钢管支撑:双股井字形接头可以解决传统的钢支撑空间小的缺点,以提供挖土方便。双向施加预应力还可以针对土的流变特性,复加预应力控制变形。
- d. 土锚杆(土钉)拉锚:在挡土结构处侧向向基坑外土体深部打入锚杆,可以加预应力,以达到锚桩挡土的目的。

(4) 降水技术

地下水位较高的地区,较深的基坑都需要采取降水措施。常用的有:

- a. 轻型井点,可深至3~7m。
- b. 喷射井点,可深至7~15m。
- c. 深井及加真空深井,可深至10m以下。
- d. 大口径明排水管井,在土质好的北京等地区常有应用。

(5) 环境保护技术

a. 井点回灌技术:目的是控制基坑外的水位,防止坑外管线、道路、建筑物产生固结沉降。

b. 堵漏技术:目的是控制向基坑内渗水,有各种即时堵漏及注浆技术。

c. 信息监测与信息化施工技术:基坑支护的应力应变计算往往由于参数选取不准,有时计算值只能是一个参考值。为保护环境,需在工程进行中监测即时变形,并采取可靠的即时加固措施,以防事故发生。目前随着工程规模增大及环境保护意识的加强,上海地区的监测技术发展很快,开始应用计算机技术,可以提供施工过程中支护体系及环境的受力状态及变形数据。由于信息技术及各种加固技术的提高,已经可以实现毫米级的变形控制。如香港广场工程对附近地铁隧道变形控制在7mm之内,纽约时代广场工程对红线附近20世纪30年代的900mm直径自来水管变形控制在几毫米之内。

d. 调节变形的技术手段:可以在基坑内外进行双液快硬注浆;可以对支撑施加预应力或增加支撑;也可以调整挖土速度及支撑施工的程序,充分考虑土体变形的时空效应,以速度减少变形。

1.2.1.3 逆作法施工技术

逆作法是基础与上部结构同时施工的先进工艺,有减少和取消临时支护措施,降低成本及大大加快施工速度等优点,20世纪70年代前后被一些发达国家采用。我国于80年代进行研究试验,90年代在广州、上海等地应用。上海地铁工程曾在淮海路3个车站采用半逆作法施工。1995~1997年进行的上海恒积大厦工程地下4层、地上4层同时完成,为全逆作法施工的典型。逆作法施工的关键技术是:

- a. 用地下连续墙作为永久地下室外壁。
- b. 对建筑主体结构柱子下的承载桩,在成桩过程中要预先增加型钢支柱。
- c. 先施工地面板,支承在型钢支柱与地下墙上,此地面板又是在挖土过程中对地下墙的支撑。
- d. 在地下室最下部底板施工前,上部结构施工高度要控制在钢支柱桩的安全承载力之内。
- e. 各支柱及地下墙在施工过程中的沉降差要控制在结构允许范围之内。
- f. 施工有顶盖的地下部分要保证安全与一定的效率。

1.2.1.4 大体积混凝土施工技术

筑构件三个方向的最小尺寸超过800mm的混凝土施工,称为大体积混凝土施工。由于水泥石在水化过程中发热,引起混凝土构件在升、降温过程中,因各部位温差应力加上本身的收缩等因素,易产生危及结构安全的裂缝。过去,大体积混凝土施工是一个重大技术问题,20多年前,南京梅山铁矿高炉基础浇筑时曾因温度裂缝出现质量问题,但自从宝钢转炉基础7200m³一次浇筑无裂缝获得成功,上海地区大体积混凝土施工技术有了新的飞跃,其中主要采取了五类措施:

- a. 减少混凝土本身发热量。

- b. 内降温、外保温,运用信息监测技术,及时调整和控制结构体内外部分的温差在 25℃ 之内。
- c. 在混凝土内增加抗裂配筋。
- d. 延长并做好养护工作。
- e. 尽可能科学地组织施工,提高浇筑强度。

1.2.2 上部结构施工技术

1.2.2.1 钢筋混凝土工程模板技术

(1) 爬模体系

上海市四建公司最早将直爬模板使用于共和新路工房,以后大量推广应用于高层建筑。斜爬模为黄浦江上 3 座大桥的桥塔及武汉、广东几座斜拉桥所采用。其原理是利用模板与爬架交替支承在结构上,并用简易起重设备交替上升安装支架与模板。

(2) 滑模体系

滑模是相对成熟和比较老的施工技术,在烟囱等筒体上早有应用,以后又在高层建筑的剪力墙、框架上应用。滑模又分直接滑模浇捣与滑框倒模等工艺,上海康乐路高层住宅、徐家汇漕溪路 9 幢高层住宅均为早期的滑模施工建筑;北京、天津电视塔为滑模最高的筒体结构;武汉国贸大厦是墙柱梁整体滑升的最大滑模工程,平台面积达 2300m²,结构高度达 200m。

(3) 液压整体提升模板体系

滑模的缺点是每次只能滑升若干厘米,混凝土要连续浇捣,混凝土结构体与模板一直在相对运动,所以混凝土表面容易出现横条纹甚至被拉裂,施工安排也比较繁琐。近年来在原滑模技术的基础上有所改进,原滑模动力体系仅作为提升设备,并加强了支柱的强度,将模板做成整体,从而使模板可每层一次整体提升到位,混凝土分层浇筑。

(4) 分块提升式大模板体系

作为一种专用模板体系,如德国的 PERI,在国外使用很多,该模板体系支承在已完成的结构上,由专用液压机进行自升,技术较先进,但价格较贵,马来西亚吉隆坡双塔大厦工程就应用了该项技术。

(5) 升板机整体式提升模板脚手架体系

这是利用升板机较大的提升能力,借助结构自身强度,提升钢制平台,而模板与脚手架就悬挂在钢平台上,随结构的上升而上升,是一种比较经济高效的模板体系。70 年代,上海五建公司就曾在江湾冷库工程上采用,以后在陆家嘴沪办大楼、东方明珠电视塔、88 层金茂大厦等工程上采用,最高速度达一个月 13 层,这种体系快速、安全、经济,其成本仅是德国 PERI 液压提升模板的 1/10。

1.2.2.2 钢筋施工技术

(1) 钢筋点焊网片

由钢筋工厂生产焊接卷网,在施工现场进行钢筋焊接骨架整体安装。

(2) 钢筋接头

有长度搭接、帮条焊接、对焊、电渣焊、压力焊接、套筒冷压接、套筒斜螺纹连接、可调螺纹连接等多种方式。这里特别要指出的是直螺纹等强接头,它利用加工过程使钢筋螺纹接头强度提高,可以保证接头强度超过母材,使接头位置与数量不受限制。

(3) 预应力技术

预应力技术早在 20 世纪 30 年代已有方案提出,到 50 年代在世界上开始推广。此项技术使钢筋与混凝土充分发挥各自特性,达到结构的最佳组合,以提高结构刚度和抗裂性能,减少