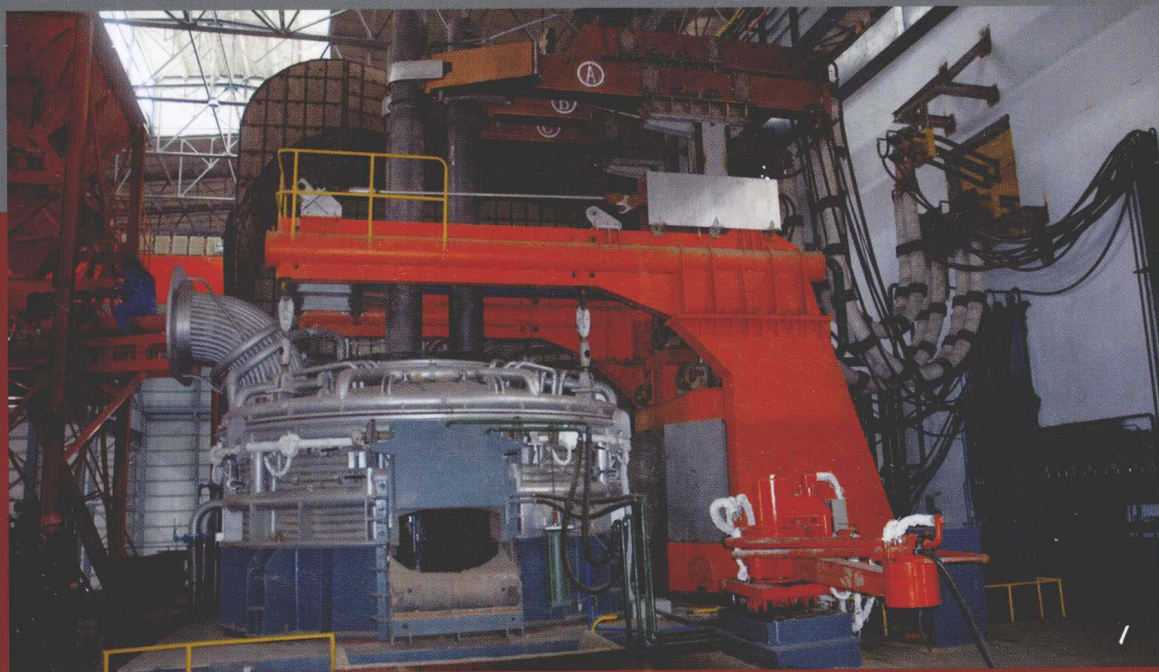


# 电弧炉短流程炼钢 设备与技术

刘会林 朱 荣 编著



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 电弧炉短流程炼钢设备与技术

刘会林 朱 荣 编著

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2012

## 内 容 简 介

本书系统介绍了电弧炉炼钢—炉外精炼—连铸过程的工艺与设备设计,内容包括电弧炉本体设备、机械设备、液压设备、电气设备、附属设备以及炉外精炼设备、除尘设备、连铸设备等,列举了部分设备的设计计算实例,还介绍了炼钢机械设备的安装、验收与节能。

本书可供钢铁冶金以及相关专业的生产人员、工程技术人员、设计人员、科研人员、管理人员、教学人员阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

电弧炉短流程炼钢设备与技术/刘会林,朱荣编著. —北京:  
冶金工业出版社, 2012. 1  
ISBN 978-7-5024-5776-1

I. ①电… II. ①刘… ②朱… III. ①电弧炉—电炉炼钢  
IV. ①TF741

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 005313 号

出 版 人 曹胜利

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 刘小峰 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5776-1

三河市双峰印刷装订有限公司印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

2012 年 1 月第 1 版, 2012 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 77 印张; 1871 千字; 1207 页

270.00 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

当今钢铁工业所采用的炼钢流程，经过 150 年来的发展，基本形成了两大流程：一是以铁矿石、焦炭为原料的“高炉—转炉炼钢流程”，通常称其为“长流程”；二是以废钢、电力为主的“废钢—电弧炉炼钢流程”，因具有流程短，设备布置、工艺衔接紧凑，也称其为“短流程”。

电炉炼钢是采用电能作为热源进行炼钢的统称。目前，世界上电炉钢产量的 95% 以上都是由电弧炉生产的，因此电炉炼钢主要指电弧炉炼钢。本书叙述的“电炉”一词在没有特别说明时即指“电弧炉”。我国电炉钢产量 2010 年已达到 6000 万吨以上，成为世界最大的电炉产钢国。目前，电炉炼钢已向炉容大型化、供电超高功率化及冶炼强化方向发展，并不断完善与之相配套的二次精炼和连铸、连轧技术，已形成电炉 + 连铸 + 连轧的现代化短流程生产线。电弧炉短流程炼钢理论、技术、设备、管理等各方面的进步，已为系统总结电炉炼钢流程的设备与技术提供了条件。

为提升我国电炉炼钢水平，更好地推动我国冶金工业健康、持续发展，在冶金工业出版社的组织和中国金属学会特钢分会特钢冶炼学术委员会的支持下，我们编写了《电弧炉短流程炼钢设备与技术》一书。本书主要是围绕电弧炉炼钢工艺流程（电炉—精炼炉—连铸机）主体设备及其附属设备的选型、设计等有关事项作了较为详细的描述。

全书共分十篇 47 章，第一篇（1~2 章）介绍了电炉炼钢流程特点、炉料情况和基于电炉炼钢产能的炉型选择。第二篇（3~7 章）介绍了不同类型的电弧炉及其设计特点。第三篇（8~14 章）介绍了电弧炉的总体设计与机械部分设计等内容。第四篇（15~22 章）介绍了电炉的液压与气动两大动力系统的运行结构及设计思路。第五篇（23~29）介绍了电炉的电气系统及冶金用电制度。第六篇（30~31 章）介绍了电弧炉附属设备与供氧系统。第七篇（32~37 章）介绍了与电弧炉冶金配套的精炼炉的选择及设计。第八篇（38~43 章）介绍了电弧炉烟尘的产生及除尘设备的选用原则。第九篇（44~45 章）介绍了

与电弧炉配套的连续铸钢设备、车间布置及冶金参数的配置。第十篇（46~47章）介绍了炼钢机械设备的安装、验收及节能的相关内容。

本书可供电弧炉短流程炼钢设备与技术人员、管理人员使用，也可供高校师生、工程技术人员参考。

本书主要由刘会林和朱荣编著，刘亚峰编写了第九篇和第十篇。书中使用的数据与图表主要来源于公开文献及资料，也有作者多年从事电炉炼钢设备设计与技术推广的总结，力求为从事相关专业人员提供便捷路径。但由于作者的知识局限性，加之本书所涉及内容较多、时间仓促，必然会存在片面性，甚至会出现错误，为此，恳请读者给予批评指正并给予谅解。

在编写过程中得到了东北大学博士生导师毛志忠教授与无锡中程自动化公司高级工程师龚哲豪的帮助，两位专家对第五篇的炼钢电弧炉低压控制设备与自动化技术部分提出了修改建议。无锡自信自动化公司汤建林高级工程师进行了审定；辽宁荣信电力电子股份有限公司刘诚高级工程师对第五篇的电弧炉对电网产生的公害与治理进行了审定；北京科技大学董凯博士、林腾昌博士、吕明博士对全书文字进行了校对，在此特向他们表示衷心地致谢。

作 者

2012年1月

# 目 录

## 第一篇 电弧炉炼钢与设备的选型

|                              |    |                                  |    |
|------------------------------|----|----------------------------------|----|
| 第一章 电弧炉炼钢 .....              | 1  | 八、单项物料平衡与热平衡计算 .....             | 28 |
| 第一节 电弧炉炼钢的流程与特点 .....        | 1  | 九、不同原料配比下的物料平衡与热平衡<br>理论计算 ..... | 33 |
| 一、电弧炉炼钢的常用流程 .....           | 1  | 十、电弧炉炼钢冶炼过程物理与化学热的<br>利用 .....   | 49 |
| 二、电弧炉炼钢及特点 .....             | 1  | 第六节 传统老三期电弧炉炼钢过程<br>简介 .....     | 57 |
| 三、电弧炉冶炼的常用钢种 .....           | 2  | 一、电弧炉炼钢流程 .....                  | 57 |
| 第二节 电弧炉炼钢的原材料 .....          | 4  | 二、装料 .....                       | 58 |
| 一、废钢 .....                   | 4  | 三、熔化期 .....                      | 61 |
| 二、生铁 .....                   | 6  | 四、氧化期 .....                      | 63 |
| 三、直接还原铁 .....                | 6  | 五、还原期 .....                      | 64 |
| 四、铁水 .....                   | 8  | 六、出钢 .....                       | 64 |
| 五、碳化铁 .....                  | 9  | 七、补炉 .....                       | 65 |
| 六、脱碳粒铁 .....                 | 9  | 第七节 现代电炉炼钢的特点与操作 .....           | 65 |
| 第三节 合金与造渣材料 .....            | 10 | 一、现代电炉炼钢的特点 .....                | 66 |
| 一、合金材料 .....                 | 10 | 二、现代电炉炼钢的基本工艺操作 .....            | 66 |
| 二、造渣材料 .....                 | 12 | 第二章 电弧炉炼钢生产能力与电弧炉<br>选型 .....    | 69 |
| 第四节 氧化剂、脱氧剂、增碳剂及<br>其他 ..... | 12 | 第一节 电弧炉炼钢车间生产能力与技术<br>经济指标 ..... | 69 |
| 一、氧化剂 .....                  | 12 | 一、产量和效率 .....                    | 69 |
| 二、脱氧剂 .....                  | 13 | 二、炉子容量与座数及选型的确定 .....            | 70 |
| 三、增碳剂 .....                  | 14 | 三、炼钢电弧炉与连铸机的配合 .....             | 71 |
| 四、铁合金 .....                  | 14 | 第二节 电弧炉炼钢车间工艺设计与<br>布置 .....     | 71 |
| 五、电极 .....                   | 14 | 一、电弧炉炼钢车间 .....                  | 71 |
| 六、各种材料堆积密度与允许堆高 .....        | 15 | 二、炉子跨高度的确定 .....                 | 72 |
| 第五节 原料供应规模与消耗 .....          | 15 | 三、电炉跨厂房长度的确定 .....               | 73 |
| 一、铸坯（或钢锭）需要量的计算 .....        | 15 | 四、电炉公称容量与配套的起重机<br>能力 .....      | 73 |
| 二、电弧炉炼钢厂的物料平衡 .....          | 17 | 五、工艺设计与土建设计的关系 .....             | 73 |
| 三、电炉车间昼夜所需废钢量 .....          | 17 |                                  |    |
| 四、废钢料筐的容积和数量 .....           | 18 |                                  |    |
| 五、电弧炉冶炼过程物料平衡与能量<br>平衡 ..... | 18 |                                  |    |
| 六、物料平衡计算模型 .....             | 18 |                                  |    |
| 七、能量平衡计算模型 .....             | 26 |                                  |    |

|                         |    |                     |    |
|-------------------------|----|---------------------|----|
| 第三节 电弧炉在炼钢车间的工艺布置 ..... | 75 | 二、电弧炉在车间的立面布置 ..... | 76 |
| 一、电弧炉在车间的平面布置 .....     | 75 | 三、炉子跨的布置及尺寸确定 ..... | 76 |

## 第二篇 现代电弧炉炼钢设备与设计

|                                   |    |                                   |     |
|-----------------------------------|----|-----------------------------------|-----|
| 第三章 超高功率炼钢电弧炉 .....               | 79 | 第三节 高阻抗电弧炉电抗器参数的<br>设计 .....      | 96  |
| 第一节 超高功率电弧炉的技术特征 .....            | 79 | 一、电抗器在高阻抗电弧炉中的作用 ...              | 96  |
| 一、超高功率电弧炉的技术特点 .....              | 79 | 二、电抗器的连接方式 .....                  | 97  |
| 二、电弧炉炼钢工艺及其流程优化 .....             | 80 | 三、影响运行电抗大小的因素 .....               | 98  |
| 三、电弧炉产生公害的抑制 .....                | 81 | 四、电抗器容量确定方法 .....                 | 98  |
| 第二节 超高功率电弧炉的技术难点及其<br>克服措施 .....  | 82 | 五、功率因数法计算举例 .....                 | 102 |
| 一、交流超高功率电弧炉的技术<br>难点 .....        | 82 | 六、电弧功率恒定法的计算举例 .....              | 106 |
| 二、克服措施 .....                      | 82 | 七、国外部分不同容量的高阻抗电弧炉<br>参数选取 .....   | 107 |
| 三、对炉衬的要求 .....                    | 84 | 八、交流、直流电弧炉和高阻抗电弧炉的<br>比较 .....    | 109 |
| 第三节 超高功率电弧炉配套相关技术 ...             | 85 | 第五章 连续加料炼钢电弧炉 .....               | 110 |
| 一、水冷炉壁与水冷炉盖技术 .....               | 85 | 第一节 水平连续加料电弧炉概述 .....             | 110 |
| 二、无渣出钢技术 .....                    | 86 | 一、水平连续加料电弧炉工作原理 .....             | 110 |
| 三、泡沫渣埋弧技术 .....                   | 87 | 二、设备组成特点 .....                    | 110 |
| 四、电弧炉吹氧脱碳搅拌 .....                 | 87 | 三、工艺的主要特征 .....                   | 110 |
| 五、电弧炉底吹搅拌 .....                   | 87 | 四、国内外水平连续加料电弧炉的使用<br>情况 .....     | 112 |
| 六、炭氧喷枪、氧燃烧嘴技术 .....               | 88 | 第二节 水平连续加料电弧炉机械的结构<br>形式与特点 ..... | 115 |
| 七、二次燃烧技术 .....                    | 88 | 一、水平连续加料电弧炉机械的结构<br>形式 .....      | 115 |
| 八、废钢预热技术 .....                    | 89 | 二、水平连续加料电弧炉机械的<br>结构特点 .....      | 115 |
| 第四章 高阻抗交流炼钢电弧炉 .....              | 90 | 第三节 炉体与倾动机构设计 .....               | 118 |
| 第一节 高阻抗交流电弧炉概述 .....              | 90 | 一、废钢在炉内熔化的机理 .....                | 118 |
| 一、高阻抗交流电弧炉的工作原理 .....             | 90 | 二、炉体开口位置与尺寸的选择 .....              | 119 |
| 二、高阻抗电弧炉的主要工作特点 .....             | 91 | 三、倾动机构的设计 .....                   | 120 |
| 三、高阻抗交流电弧炉与普通阻抗交流<br>电弧炉的区别 ..... | 91 | 第四节 连续加料预热系统 .....                | 120 |
| 四、高阻抗电弧炉操作原则 .....                | 93 | 一、连续加料预热系统的主要工艺技术<br>参数 .....     | 120 |
| 第二节 高阻抗电弧炉变压器参数的<br>设计 .....      | 94 | 二、连续加料预热系统的结构组成与<br>功能描述 .....    | 121 |
| 一、变压器二次侧段间电压的确定 .....             | 95 | 第五节 连续加料部分的电控装置 .....             | 128 |
| 二、变压器二次侧最高二次电压的<br>确定 .....       | 95 | 一、连续式上料机构的基础自动化和<br>监视系统的功能 ..... | 129 |
| 三、变压器二次侧最低电压的确定 .....             | 95 |                                   |     |
| 四、恒功率段的确定 .....                   | 96 |                                   |     |
| 五、恒电流段的确定 .....                   | 96 |                                   |     |
| 六、二次侧电压级差的确定 .....                | 96 |                                   |     |

|                                 |     |                                   |     |
|---------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 二、动态密封控制和操作逻辑 .....             | 129 | 七、底电极理论温度曲线 .....                 | 164 |
| 三、连续加料预热的基础自动化及<br>过程控制系统 ..... | 129 | 八、棒式水冷底电极结构设计 .....               | 165 |
| 四、电气设备 .....                    | 131 | 九、底电极熔化深度与通电时间的<br>关系 .....       | 166 |
| 第六节 连续加料电弧炉的新技术 .....           | 132 | 第七节 底电极的偏弧计算 .....                | 166 |
| 一、目前水平连续加料电弧炉存在的<br>问题 .....    | 132 | 一、设计思想 .....                      | 166 |
| 二、连续加料电弧炉设计应注意的<br>事项 .....     | 133 | 二、偏弧的计算过程 .....                   | 166 |
| 三、新型废钢预热装置 .....                | 134 | 三、结论 .....                        | 173 |
| 第六章 直流炼钢电弧炉 .....               | 137 | 第八节 直流电弧炉的电气设备 .....              | 174 |
| 第一节 直流电弧炉的优越性 .....             | 137 | 一、电源设备 .....                      | 174 |
| 第二节 国内外直流电弧炉使用情况 .....          | 139 | 二、真空开关柜 .....                     | 174 |
| 一、我国引进的大型直流电弧炉<br>情况 .....      | 139 | 三、整流变压器 .....                     | 174 |
| 二、我国引进的部分大型直流电弧炉<br>使用情况 .....  | 140 | 四、整流设备 .....                      | 177 |
| 三、我国研制的直流电弧炉 .....              | 140 | 五、电抗器 .....                       | 183 |
| 四、部分已运行的国外直流电弧炉<br>情况 .....     | 141 | 六、高次谐波滤波器 .....                   | 184 |
| 第三节 直流电弧炉的总体设计 .....            | 142 | 七、电极调节装置 .....                    | 184 |
| 一、总体布置 .....                    | 142 | 第九节 直流电弧炉主要电参数的<br>确定 .....       | 185 |
| 二、炉体各部分尺寸设计 .....               | 143 | 一、概述 .....                        | 185 |
| 三、熔炼室尺寸确定的说明 .....              | 145 | 二、整流变压器的额定容量 .....                | 185 |
| 第四节 直流电弧炉机械设备 .....             | 145 | 三、最高空载直流电压及相应变压器<br>二次电压的确定 ..... | 186 |
| 一、直流电弧炉设备的特点 .....              | 146 | 四、直流额定电流与额定电压的<br>确定 .....        | 187 |
| 二、直流电弧炉的短网结构 .....              | 147 | 五、直流电抗器 .....                     | 188 |
| 三、直流电弧炉的底电极 .....               | 147 | 六、其他参数的确定 .....                   | 189 |
| 四、直流电弧炉底电极的绝缘装置 .....           | 149 | 七、直流电弧炉的耐火材料指数与<br>喷溅指数 .....     | 190 |
| 第五节 底电极结构形式 .....               | 150 | 八、交流电弧炉改造成直流电弧炉的<br>电参数 .....     | 191 |
| 一、风冷多触针型底电极 .....               | 150 | 第十节 直流电弧炉的检测及其控制 .....            | 192 |
| 二、钢片型风冷底电极 .....                | 151 | 一、检测和控制装置 .....                   | 192 |
| 三、导电炉底 .....                    | 152 | 二、直流电弧炉的控制 .....                  | 193 |
| 四、水冷棒式底电极 .....                 | 152 | 三、直流电弧炉的炉底电极温度<br>监控 .....        | 194 |
| 第六节 水冷棒式底电极电能和热能<br>计算 .....    | 154 | 第十一节 直流电弧炉炉衬及耐火<br>材料 .....       | 196 |
| 一、计算目的 .....                    | 155 | 一、直流电弧炉炉盖及耐火材料 .....              | 196 |
| 二、已知数据 .....                    | 155 | 二、直流电弧炉炉墙及耐火材料 .....              | 197 |
| 三、电极的基本形状 .....                 | 155 | 三、直流电弧炉炉底及耐火材料 .....              | 197 |
| 四、计算条件 .....                    | 156 | 四、水冷棒式底电极用耐火材料 .....              | 198 |
| 五、计算过程 .....                    | 157 | 第十二节 直流电弧炉冶炼工艺 .....              | 198 |
| 六、计算汇总 .....                    | 163 | 一、烘炉和起弧 .....                     | 198 |

|                                  |     |                             |     |
|----------------------------------|-----|-----------------------------|-----|
| 二、熔化特性 .....                     | 199 | 第二节 竖式炼钢电弧炉 .....           | 209 |
| 三、冶金反应特点 .....                   | 200 | 一、竖式电弧炉 .....               | 209 |
| 四、供电特点 .....                     | 201 | 二、竖式电弧炉的优越性 .....           | 211 |
| 五、造渣特点 .....                     | 202 | 三、竖式电弧炉的结构 .....            | 211 |
| 六、交流电弧炉与直流电弧炉技术<br>经济指标的比较 ..... | 202 | 四、竖式电弧炉的缺点和应用条件 .....       | 212 |
| 第七章 其他类型电弧炉设备 .....              | 204 | 五、几种废钢预热式电弧炉技术<br>特点 .....  | 212 |
| 第一节 双炉壳炼钢电弧炉 .....               | 204 | 六、辅助能源利用 .....              | 213 |
| 一、双炉壳电弧炉的工作原理及其<br>主要特点 .....    | 204 | 七、双电极竖井式直流电弧炉 .....         | 215 |
| 二、双炉壳电弧炉可以达到的效果 .....            | 205 | 第三节 转炉型炼钢电弧炉 .....          | 217 |
| 三、双炉壳直流电弧炉 .....                 | 206 | 第四节 环保型高效电弧炉 .....          | 219 |
|                                  |     | 一、结构形式及其操作概况 .....          | 219 |
|                                  |     | 二、ECOARC 的特征 .....          | 219 |
| <br>第三篇 电弧炉的机械设计与设计              |     |                             |     |
| 第八章 炼钢电弧炉的总体设计 .....             | 221 | 第九章 炉体装配 .....              | 239 |
| 第一节 电弧炉设备的初步设计 .....             | 221 | 第一节 炉体装配的总体设计 .....         | 239 |
| 一、主要工艺、技术参数设计的<br>内容 .....       | 224 | 一、熔池的形状与尺寸参数的确定 .....       | 240 |
| 二、工艺布置图设计 .....                  | 224 | 二、熔炼室尺寸的确定 .....            | 242 |
| 三、几种常见电弧炉工艺布置图 .....             | 224 | 三、炉盖的厚度 .....               | 244 |
| 第二节 电弧炉工艺布置主要尺寸的<br>确定 .....     | 229 | 四、炉壳直径与高度 .....             | 244 |
| 一、电弧炉对主厂房建筑及安全设施的<br>要求 .....    | 229 | 五、超高功率电弧炉炉型及其结构<br>设计 ..... | 247 |
| 二、电弧炉布置方式与位置的确定 .....            | 230 | 第二节 炉体 .....                | 248 |
| 三、变压器室的布置 .....                  | 231 | 一、上炉体 .....                 | 248 |
| 四、高压柜室的布置 .....                  | 231 | 二、下炉体 .....                 | 249 |
| 五、低压控制室的布置 .....                 | 232 | 三、偏心底下炉体 .....              | 250 |
| 六、液压间的布置 .....                   | 232 | 第三节 水冷炉壁 .....              | 252 |
| 七、附属设备的布置 .....                  | 232 | 一、采用水冷炉壁的意义 .....           | 252 |
| 第三节 电弧炉土建用资料设计要点 .....           | 233 | 二、水冷炉壁使用效果 .....            | 254 |
| 一、电弧炉基础图的设计要点 .....              | 234 | 三、水冷炉壁的结构 .....             | 254 |
| 二、操作平台的设计要点 .....                | 234 | 四、水冷炉壁主要参数的计算 .....         | 257 |
| 三、变压器室设计要点 .....                 | 235 | 五、水冷炉壁的试压检验 .....           | 261 |
| 四、高压柜室设计要点 .....                 | 236 | 第四节 炉门装配 .....              | 262 |
| 五、低压控制室设计要点 .....                | 236 | 一、炉门 .....                  | 262 |
| 六、液压室设计要点 .....                  | 237 | 二、炉门框 .....                 | 262 |
| 七、介质设计要点 .....                   | 237 | 三、炉门槛 .....                 | 263 |
| 八、附属设备基础设计要点 .....               | 238 | 四、炉门提升装置 .....              | 263 |
|                                  |     | 第五节 出钢机构 .....              | 263 |
|                                  |     | 一、槽出钢 .....                 | 264 |

|                                    |     |                                |     |
|------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 二、偏心底出钢 .....                      | 264 | 一、基础分体式电炉倾炉机构的结构组成 .....       | 284 |
| 三、炉底中心出钢 .....                     | 266 | 二、基础分体式倾炉机构的特点 .....           | 285 |
| 四、偏位炉底 (OBT) 出钢 .....              | 266 | 第四节 倾炉机构的其他部分 .....            | 285 |
| 五、RBT 底出钢方式 .....                  | 266 | 一、水平支撑装置 .....                 | 285 |
| 六、水平无渣出钢 (HT) 及水平旋转 (HOT) 出钢 ..... | 267 | 二、锁定装置 .....                   | 285 |
| 七、滑动水口式出钢 .....                    | 267 | 三、倾炉液压缸 .....                  | 285 |
| 八、低位出钢 .....                       | 268 | 四、底座 .....                     | 286 |
| 九、塞棒出钢口 .....                      | 268 | 五、限位装置 .....                   | 286 |
| 第六节 电弧炉炉衬的砌筑 .....                 | 269 | 第五节 倾炉计算 .....                 | 286 |
| 一、炉底衬的结构与砌筑 .....                  | 269 | 一、空炉重心的计算 .....                | 286 |
| 二、炉壁的结构与砌筑 .....                   | 270 | 二、倾动力矩的计算 .....                | 287 |
| 三、水冷炉壁衬 .....                      | 270 | 三、倾炉液压缸推 (拉) 力的计算 .....        | 290 |
| 四、EBT 出钢口结构与砌筑 .....               | 271 | 四、倾炉液压缸行程的计算 .....             | 291 |
| 五、出钢槽的砌筑 .....                     | 271 | 五、倾动机构设计时应注意的事项 .....          | 291 |
| 第十章 炉盖装配 .....                     | 273 | 第十二章 炉盖提升旋转机构 .....            | 294 |
| 第一节 炉盖圈与电极水冷圈 .....                | 273 | 第一节 炉盖提升旋转机构的概述 .....          | 294 |
| 一、炉盖圈 .....                        | 273 | 一、炉盖提升高度和提升与旋转速度 .....         | 294 |
| 二、电极水冷圈 .....                      | 274 | 二、机械驱动式炉盖提升旋转机构 .....          | 294 |
| 第二节 箱式水冷炉盖 .....                   | 274 | 三、液压驱动式炉盖提升旋转机构 .....          | 295 |
| 一、箱式水冷炉盖的结构形式 .....                | 274 | 四、炉盖提升与旋转机构的润滑 .....           | 296 |
| 二、箱式水冷炉盖设计时的注意事项 .....             | 276 | 第二节 炉盖提升装置 .....               | 296 |
| 第三节 管式水冷炉盖 .....                   | 276 | 一、链条提升装置 .....                 | 297 |
| 一、炉盖结构形式 .....                     | 276 | 二、连杆式提升方式 .....                | 298 |
| 二、管式水冷炉盖的设计 .....                  | 276 | 三、柱塞缸顶起提升式 .....               | 298 |
| 第四节 炉盖的砌筑 .....                    | 278 | 四、滚轮式炉盖顶起式 .....               | 303 |
| 一、砌砖炉盖 .....                       | 278 | 第三节 交叉滚子转盘轴承旋转装置 .....         | 304 |
| 二、水冷炉盖 .....                       | 278 | 一、交叉滚子转盘轴承旋转装置工作原理与特点 .....    | 304 |
| 第十一章 倾炉机构 .....                    | 279 | 二、轴承选型计算 .....                 | 305 |
| 第一节 倾炉机构的作用与摇架结构形式 .....           | 279 | 三、按静负荷选型计算 .....               | 308 |
| 一、倾动机构的作用与特点 .....                 | 279 | 四、按接触应力选型核算 .....              | 308 |
| 二、倾动机构的驱动方式 .....                  | 279 | 五、轴承型号和规格的选取 .....             | 309 |
| 三、摇架 .....                         | 279 | 六、轴承安装位置的设计 .....              | 309 |
| 四、摇架在支撑底座上的定位方式 .....              | 280 | 七、旋转油缸推力的计算 .....              | 309 |
| 第二节 整体基础式电炉的倾炉机构 .....             | 282 | 第四节 调心轴承旋转装置 .....             | 310 |
| 一、整体基础式电炉倾炉机构的结构组成 .....           | 282 | 一、调心轴承旋转装置的工作原理与特点 .....       | 310 |
| 二、整体基础式电炉倾炉机构的特点 .....             | 283 | 二、轴承选型计算 .....                 | 311 |
| 第三节 基础分体式电炉的倾动机构 .....             | 284 | 三、调心轴承旋转装置与交叉滚子轴承旋转装置的比较 ..... | 311 |
|                                    |     | 第五节 四连杆旋转装置 .....              | 312 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 一、四连杆旋转装置的工作原理与特点 .....       | 312 |
| 二、四连杆旋转装置的连杆设计 .....          | 312 |
| 三、旋转机构设计 .....                | 314 |
| 第六节 其他旋转方式的电弧炉 .....          | 315 |
| 一、三排圆柱滚子组合转盘轴承旋转装置 .....      | 315 |
| 二、立柱回转式 .....                 | 316 |
| 三、炉体悬挂旋转式 .....               | 316 |
| 第七节 常用的基础分体式炉盖提升、旋转式电弧炉 ..... | 316 |
| 一、炉盖提升、旋转结构方式 .....           | 317 |
| 二、调心轴承在基础分体式旋转装置上的应用 .....    | 318 |
| 三、炉盖提升旋转的特点 .....             | 318 |
| 第八节 旋转架与吊臂 .....              | 319 |
| 一、旋转架 .....                   | 319 |
| 二、炉盖吊架 .....                  | 320 |
| 第九节 炉盖旋转装置设计计算 .....          | 321 |
| 一、炉盖旋转角度的计算 .....             | 321 |
| 二、旋转重心的计算 .....               | 322 |
| 三、重心位置在倾炉底座上位置的确定 .....       | 323 |
| 第十节 炉体开出式电弧炉简介 .....          | 324 |
| 一、机械驱动式炉体开出式装料系统 .....        | 324 |
| 二、液压炉体开出式装料系统 .....           | 325 |
| 第十三章 电极升降机构 .....             | 327 |
| 第一节 电极升降机构及其结构形式 .....        | 327 |
| 一、电极升降机构的设计要求 .....           | 327 |
| 二、小车升降式结构形式与工作原理 .....        | 328 |
| 三、立柱升降式 .....                 | 330 |
| 四、电极升降速度 .....                | 332 |
| 五、电极升降行程的确定 .....             | 333 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第二节 小车升降导电管式横臂 .....   | 334 |
| 一、横臂的结构设计和材质选择 .....   | 335 |
| 二、绝缘部位的设计 .....        | 335 |
| 三、导电管的设计与布置 .....      | 335 |
| 四、电极夹持器 .....          | 336 |
| 第三节 导电横臂 .....         | 336 |
| 一、导电横臂的特点与组成 .....     | 336 |
| 二、导电横臂体 .....          | 338 |
| 三、电极夹持器 .....          | 339 |
| 四、电极夹紧松放装置 .....       | 341 |
| 五、电极喷淋技术 .....         | 344 |
| 第四节 电极升降立柱及其固定装置 ..... | 344 |
| 一、立柱的种类 .....          | 345 |
| 二、升降式立柱设计 .....        | 345 |
| 三、横臂的调节与立柱固定方式 .....   | 346 |
| 四、导向轮 .....            | 348 |
| 五、电极升降立柱框架与吊架 .....    | 350 |
| 第五节 导电体的固定与绝缘设计 .....  | 351 |
| 一、导电体的固定 .....         | 351 |
| 二、绝缘件的选择 .....         | 351 |

## 第十四章 机械设备的其他部分 .....

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第一节 水冷与气动系统 .....  | 353 |
| 一、水冷系统的组成 .....    | 353 |
| 二、水冷系统的总体设计 .....  | 353 |
| 三、冷却水有关参数 .....    | 358 |
| 四、系统的阻力 .....      | 359 |
| 五、对水冷构件的设计要求 ..... | 361 |
| 六、汽化冷却 .....       | 362 |
| 七、压缩空气系统 .....     | 362 |
| 第二节 润滑系统 .....     | 364 |
| 一、电动集中润滑系统 .....   | 364 |
| 二、智能润滑系统 .....     | 366 |
| 三、润滑部位耗脂量的计算 ..... | 367 |
| 四、润滑介质的选择 .....    | 368 |
| 五、润滑部位的保养 .....    | 369 |

## 第四篇 液压与气动设备的设计

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第十五章 炼钢设备的液压传动 ..... | 371 |
| 第一节 液压传动系统概论 .....   | 371 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 一、液压传动中的压力与传递 ..... | 371 |
| 二、液压传动中的流量 .....    | 372 |
| 三、液压系统中的压力损失 .....  | 373 |

|                           |     |                          |     |
|---------------------------|-----|--------------------------|-----|
| 第二节 液压系统的组成与特点 .....      | 373 | 第五节 电液伺服阀 .....          | 420 |
| 一、液压系统的组成 .....           | 373 | 一、电液伺服阀的分类与特点 .....      | 421 |
| 二、液压传动的特点 .....           | 373 | 二、电液伺服阀的工作原理 .....       | 421 |
| 三、液压介质的污染与控制 .....        | 374 | 三、电液伺服阀的应用 .....         | 422 |
| 第三节 液压传动在电弧炉设备上的应用 .....  | 375 | 第六节 电液比例控制阀 .....        | 422 |
| 一、电弧炉液压系统的工作特点 .....      | 375 | 一、电液比例控制阀的分类与特点 .....    | 422 |
| 二、电弧炉对液压系统的基本要求 .....     | 375 | 二、电液比例压力阀及其应用 .....      | 423 |
| 三、电弧炉液压系统主要控制对象 .....     | 376 | 三、电液比例换向阀 .....          | 424 |
| 四、液压系统原理 .....            | 376 | 四、电液比例调速阀 .....          | 424 |
| 第十六章 泵站 .....             | 379 | 第七节 插装阀 .....            | 425 |
| 第一节 泵站的概述 .....           | 379 | 一、插装阀的特点、基本结构及工作原理 ..... | 425 |
| 一、泵站的组成 .....             | 379 | 二、插装式方向控制阀 .....         | 427 |
| 二、控制方式 .....              | 381 | 三、插装式压力控制阀 .....         | 429 |
| 三、液压泵的主要参数 .....          | 382 | 四、插装式流量控制阀 .....         | 430 |
| 第二节 液压泵简介 .....           | 383 | 五、插装阀的应用 .....           | 431 |
| 一、液压泵的分类 .....            | 383 | 第十八章 液压缸与液压马达 .....      | 432 |
| 二、典型液压泵的工作原理及主要结构特点 ..... | 383 | 第一节 液压缸的分类及结构 .....      | 432 |
| 三、液压泵的技术性能 .....          | 385 | 一、液压缸的分类与特点 .....        | 432 |
| 第十七章 阀站 .....             | 386 | 二、液压缸的辅助装置 .....         | 433 |
| 第一节 阀站的组成 .....           | 386 | 第二节 液压缸的一般计算与选用 .....    | 436 |
| 一、各阀组公用通道与控制元件 .....      | 388 | 一、无杆腔进油, 有杆腔回油 .....     | 436 |
| 二、电极升降机构控制阀组 .....        | 388 | 二、有杆腔进油, 无杆腔回油 .....     | 437 |
| 三、炉盖提升旋转控制阀组 .....        | 390 | 三、两腔连接同时进油而无回油 .....     | 437 |
| 四、倾炉液压缸控制阀组 .....         | 392 | 四、液压缸的设计选用 .....         | 438 |
| 五、炉体部分控制阀组 .....          | 393 | 第三节 液压马达 .....           | 438 |
| 六、辅助动作液压缸控制阀组 .....       | 394 | 一、概述 .....               | 438 |
| 第二节 压力控制阀 .....           | 396 | 二、齿轮液压马达 .....           | 439 |
| 一、溢流阀 .....               | 396 | 三、叶片液压马达 .....           | 440 |
| 二、减压阀 .....               | 399 | 四、轴向柱塞马达 .....           | 440 |
| 三、顺序阀 .....               | 400 | 五、液压马达的选用 .....          | 441 |
| 四、压力继电器 .....             | 404 | 六、液压马达使用注意事项 .....       | 442 |
| 第三节 流量控制阀 .....           | 406 | 第十九章 液压系统的辅助装置 .....     | 444 |
| 一、L型节流阀 .....             | 406 | 第一节 油箱装配 .....           | 444 |
| 二、高压节流阀 .....             | 407 | 一、油箱装配的组成 .....          | 444 |
| 三、调速阀 .....               | 407 | 二、油箱装配用液压元件控制原理 .....    | 445 |
| 四、分流集流阀 .....             | 408 | 三、油箱装配用液压元件的控制 .....     | 446 |
| 第四节 方向控制阀 .....           | 410 | 第二节 油箱 .....             | 447 |
| 一、单向阀 .....               | 410 | 一、油箱的功能、分类与特点 .....      | 447 |
| 二、滑阀式换向阀 .....            | 413 | 二、开式油箱结构设计要点 .....       | 448 |
|                           |     | 三、油箱的容量计算 .....          | 450 |

|                       |     |                        |     |
|-----------------------|-----|------------------------|-----|
| 四、油箱装配的其他附件 .....     | 451 | 三、并联液压缸的同步回路 .....     | 480 |
| 第三节 过滤器 .....         | 454 | 四、用分流阀(同步阀)的同步回路 ..... | 480 |
| 一、对过滤器的要求 .....       | 454 | 五、用流量控制阀的同步回路 .....    | 481 |
| 二、过滤器的主要性能参数 .....    | 454 | 第五节 液压系统的设计 .....      | 481 |
| 三、过滤器的类型及特点 .....     | 454 | 一、液压系统的设计步骤与设计         |     |
| 四、带堵塞指示发信装置的滤油器 ..... | 455 | 要求 .....               | 481 |
| 五、过滤器的选择 .....        | 455 | 二、制定基本方案和绘制液压系         |     |
| 六、过滤器的安装 .....        | 456 | 统图 .....               | 482 |
| 第四节 热交换器 .....        | 457 | 三、液压元件的选择与专用件设计 .....  | 484 |
| 一、冷却器 .....           | 457 | 四、设计液压装置,编制技术文件 .....  | 486 |
| 二、冷却器的选择及计算 .....     | 458 | 五、进行工况分析,确定液压系统的       |     |
| 三、加热器 .....           | 460 | 主要参数 .....             | 488 |
| 第五节 蓄能器 .....         | 461 | 第二十一章 液压系统的安装与维护 ..... | 494 |
| 一、蓄能器的类型及特点 .....     | 461 | 第一节 液压系统的安装 .....      | 494 |
| 二、蓄能器在液压系统中的作用 .....  | 462 | 一、安装前的准备 .....         | 494 |
| 三、蓄能器的性能和用途 .....     | 463 | 二、管道的安装 .....          | 494 |
| 四、蓄能器的容量计算 .....      | 464 | 三、管路的焊接 .....          | 496 |
| 五、蓄能器的安装和使用 .....     | 464 | 四、液压件的安装 .....         | 496 |
| 第六节 液压介质 .....        | 465 | 五、系统的清洗 .....          | 498 |
| 一、液压介质的种类 .....       | 465 | 第二节 液压系统的调试 .....      | 502 |
| 二、液压介质的 ISO 分类法 ..... | 466 | 一、调试的目的 .....          | 502 |
| 三、液压油的密度 .....        | 467 | 二、调试的主要内容及步骤 .....     | 502 |
| 第二十章 液压系统基本回路与液压系统的   |     | 三、液压控制系统的安装、调试 .....   | 504 |
| 设计 .....              | 468 | 第三节 液压系统的运转与维护 .....   | 505 |
| 第一节 压力控制回路 .....      | 468 | 一、运转 .....             | 505 |
| 一、调压回路 .....          | 468 | 二、维护 .....             | 505 |
| 二、保压回路 .....          | 468 | 第二十二章 气动系统 .....       | 507 |
| 三、减压回路 .....          | 469 | 第一节 气压传动的概述 .....      | 507 |
| 四、卸荷回路 .....          | 469 | 一、气压传动的特点 .....        | 507 |
| 五、顺序动作回路 .....        | 470 | 二、气压传动系统的基本组成 .....    | 507 |
| 六、平衡回路 .....          | 472 | 第二节 气源装置及辅助设备 .....    | 508 |
| 第二节 速度控制回路 .....      | 473 | 一、空气 .....             | 508 |
| 一、节流阀调速回路 .....       | 473 | 二、压缩空气的污染 .....        | 509 |
| 二、容积调速回路 .....        | 475 | 三、空气压缩机 .....          | 509 |
| 三、速度换接回路 .....        | 476 | 第三节 气动辅助元件 .....       | 511 |
| 第三节 方向控制回路 .....      | 476 | 一、过滤器 .....            | 511 |
| 一、换向回路 .....          | 476 | 二、油雾器 .....            | 511 |
| 二、锁紧回路 .....          | 477 | 三、消声器 .....            | 512 |
| 三、多缸控制回路 .....        | 478 | 四、其他附件 .....           | 512 |
| 第四节 同步回路 .....        | 478 | 第四节 气动执行元件及其应用 .....   | 512 |
| 一、液压缸机械连接的同步回路 .....  | 479 | 一、气缸 .....             | 512 |
| 二、串联液压缸的同步回路 .....    | 479 |                        |     |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 二、气动马达 .....         | 515 |
| 第五节 气动控制元件及其应用 ..... | 517 |
| 一、压力控制阀 .....        | 517 |
| 二、流量控制阀 .....        | 518 |
| 三、方向控制阀 .....        | 520 |
| 第六节 气压传动基本回路 .....   | 520 |
| 一、压力控制回路 .....       | 520 |

|                |     |
|----------------|-----|
| 二、速度控制回路 ..... | 522 |
| 三、换向控制回路 ..... | 524 |

|             |     |
|-------------|-----|
| 第四篇附录 ..... | 526 |
|-------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| 一、常用液压元件符号 ..... | 526 |
| 二、常用液压术语 .....   | 535 |

## 第五篇 电弧炉的电气设备与设计

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第二十三章 电弧炉的主电路 ..... | 539 |
|---------------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一节 电弧炉主电路的组成 .....    | 539 |
| 一、电弧炉主电路 .....         | 539 |
| 二、电弧炉电气设备 .....        | 540 |
| 第二节 电弧炉的主要技术参数 .....   | 541 |
| 一、工作短路电流 .....         | 541 |
| 二、主电路总感抗 .....         | 541 |
| 三、三相电弧功率不平衡度 .....     | 541 |
| 四、功率因数 .....           | 542 |
| 第三节 电弧炉的电气特性 .....     | 542 |
| 一、短网等值电路 .....         | 542 |
| 二、电弧炉的电气特性 .....       | 542 |
| 三、电弧炉运行工作点的选择与设计 ..... | 545 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第四节 电弧炉供电制度的确定与优化 ..... | 546 |
| 一、经济电流的确定 .....         | 546 |
| 二、工作电流的确定 .....         | 547 |
| 三、供电对功率因数的影响 .....      | 547 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第五节 三相 AC 电弧的特征 .....   | 548 |
| 一、作用于三相 AC 电弧的电磁力 ..... | 548 |
| 二、AC 电弧的推力 .....        | 550 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第二十四章 高压供电系统 ..... | 552 |
|--------------------|-----|

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第一节 高压柜 .....             | 552 |
| 一、高压开关柜的分类 .....          | 552 |
| 二、对高压柜功能的要求 .....         | 553 |
| 三、高压柜计量的参数 .....          | 553 |
| 四、高阻抗电弧炉电抗器的过电压保护措施 ..... | 554 |
| 五、高压开关柜的组成及元器件 .....      | 554 |
| 六、电弧炉设备常用高压柜柜型的           |     |

|          |     |
|----------|-----|
| 选取 ..... | 557 |
|----------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第二节 高压隔离开关与高压熔断器 ..... | 563 |
|------------------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| 一、高压隔离开关 ..... | 563 |
| 二、高压熔断器 .....  | 565 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第三节 高压断路器与操动机构 ..... | 566 |
|----------------------|-----|

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 一、真空断路器 .....                     | 566 |
| 二、六氟化硫断路器 .....                   | 567 |
| 三、ZN107-40.5 系列永磁式户内高压真空断路器 ..... | 568 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 四、断路器的操动机构 ..... | 570 |
|------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第四节 电压互感器与电流互感器装置 ..... | 571 |
|-------------------------|-----|

|               |     |
|---------------|-----|
| 一、电压互感器 ..... | 572 |
| 二、电流互感器 ..... | 572 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第五节 避雷器、微机中保与直流屏 ..... | 572 |
|------------------------|-----|

|              |     |
|--------------|-----|
| 一、避雷器 .....  | 572 |
| 二、微机中保 ..... | 573 |
| 三、直流屏 .....  | 573 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第六节 测量、保护及信号装置 ..... | 573 |
|----------------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| 一、测量仪表装置 ..... | 573 |
| 二、保护装置 .....   | 574 |
| 三、信号装置 .....   | 574 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第七节 高阻抗电弧炉的供电主电路与保护措施 ..... | 574 |
|-----------------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 一、高阻抗电弧炉的主电路 .....  | 574 |
| 二、电抗器的过电压保护措施 ..... | 577 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第二十五章 电弧炉变压器与电抗器 ..... | 579 |
|------------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第一节 电弧炉变压器的主要参数 ..... | 579 |
|-----------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 一、电弧炉变压器的特点 ..... | 579 |
| 二、电弧炉变压器的结构 ..... | 579 |
| 三、电弧炉变压器的调压 ..... | 582 |

|                                |     |                                   |     |
|--------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 四、电弧炉变压器的冷却 .....              | 583 | 一、导体交流电阻 .....                    | 617 |
| 五、电弧炉变压器的主要参数 .....            | 583 | 二、集肤效应 .....                      | 618 |
| 第二节 电弧炉变压器功率及电气参数的<br>确定 ..... | 585 | 三、邻近效应 .....                      | 620 |
| 一、变压器容量的确定因素 .....             | 585 | 四、平行导电束的电阻计算 .....                | 622 |
| 二、变压器容量的确定 .....               | 586 | 第二节 接触电阻 .....                    | 622 |
| 三、二次电压的确定 .....                | 586 | 一、决定接触电阻的有关因素 .....               | 622 |
| 四、二次侧额定电流的确定 .....             | 588 | 二、电极—电极夹持器之间的接触<br>电阻 .....       | 623 |
| 第三节 电抗器 .....                  | 588 | 三、连接母线搭接 .....                    | 623 |
| 一、电抗器的作用 .....                 | 588 | 四、介入电阻 .....                      | 624 |
| 二、电抗器的结构形式 .....               | 589 | 五、大直径电极电阻 .....                   | 624 |
| 三、电抗器的主要参数 .....               | 590 | 第三节 短网电抗的计算 .....                 | 625 |
| 四、电抗器在线路上的接法 .....             | 590 | 一、自感和互感的计算 .....                  | 625 |
| 五、电抗器的性能数据 .....               | 591 | 二、三相母线的电感计算 .....                 | 632 |
| 六、电抗器的铭牌 .....                 | 591 | 第四节 短网电感的简化计算 .....               | 633 |
| 第二十六章 电弧炉短网 .....              | 593 | 一、三相补偿母线束的简化 .....                | 633 |
| 第一节 短网的组成及特点 .....             | 593 | 二、单相往复交错组合母线束的<br>简化 .....        | 634 |
| 一、短网的组成 .....                  | 593 | 三、软电缆束及非平行直导线的<br>简化 .....        | 634 |
| 二、短网的工作特点 .....                | 597 | 四、导体面积间自几何均距的计算 .....             | 634 |
| 三、短网导体允许负荷 .....               | 598 | 五、导体面积间互几何均距的计算 .....             | 636 |
| 四、短网的安装 .....                  | 603 | 第五节 三相阻抗的计算 .....                 | 646 |
| 第二节 短网线路的空间布置方式 .....          | 604 | 一、三相阻抗的计算公式 .....                 | 646 |
| 一、变压器低压线圈封口位置的<br>确定 .....     | 604 | 二、三相阻抗不平衡度的计算公式 .....             | 646 |
| 二、短网导体的空间布置方式 .....            | 606 | 三、电弧炉工作短路参数的计算 .....              | 646 |
| 第三节 功率转移现象 .....               | 608 | 第二十八章 炼钢电弧炉低压控制设备与<br>自动化技术 ..... | 649 |
| 一、功率转移现象产生的原因 .....            | 608 | 第一节 炼钢电弧炉低压电控与自动化<br>设备 .....     | 649 |
| 二、功率转移现象的结果 .....              | 610 | 一、低压电控设备的组成 .....                 | 649 |
| 三、防止功率转移的方法 .....              | 610 | 二、自动化系统的主要功能 .....                | 649 |
| 第四节 短网的优化设计 .....              | 610 | 三、电弧炉自动化系统设计 .....                | 651 |
| 一、短网设计应注意的事项 .....             | 610 | 第二节 电弧炉炼钢自动化控制对象 .....            | 653 |
| 二、短网的优化设计 .....                | 611 | 一、废钢配料控制 .....                    | 653 |
| 三、导电横臂的优化设计 .....              | 612 | 二、散装料配料与铁合金加料控制 .....             | 653 |
| 第五节 电极 .....                   | 613 | 三、电极升降调节 .....                    | 654 |
| 一、炭素、石墨、自焙电极的物理<br>机械性能 .....  | 614 | 四、炉体 PLC 控制系统 .....               | 654 |
| 二、电极直径的选择计算 .....              | 614 | 五、液压系统控制 .....                    | 654 |
| 三、电极的连接 .....                  | 615 | 六、设备冷却水系统的监控 .....                | 655 |
| 四、电极的电弧 .....                  | 616 | 七、钢水测温 and 定氧、定碳 .....            | 656 |
| 第二十七章 短网阻抗的计算 .....            | 617 | 八、出钢车的控制 .....                    | 656 |
| 第一节 短网电阻的计算 .....              | 617 |                                   |     |

|                               |     |                                           |     |
|-------------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|
| 九、高压控制 .....                  | 657 | 三、电压波动 .....                              | 678 |
| 十、变压器/电抗器监控与换挡控制 .....        | 658 | 四、等效闪变 .....                              | 680 |
| 十一、氧-燃助熔与吹氧、喷碳<br>控制 .....    | 658 | 第二节 静止型无功补偿装置设置                           |     |
| 十二、电弧炉排烟与除尘系统的操作与<br>控制 ..... | 659 | 原则和条件 .....                               | 681 |
| 十三、其他控制 .....                 | 659 | 一、静止型无功补偿装置的应用<br>功能 .....                | 681 |
| 第三节 电弧炉电极升降控制 .....           | 659 | 二、静止型无功补偿装置的设置<br>原则 .....                | 681 |
| 一、数据测量 .....                  | 659 | 三、静止型无功补偿装置的类型与<br>使用情况 .....             | 681 |
| 二、设定点和被控量的计算 .....            | 660 | 四、公共供电点 .....                             | 682 |
| 三、调节器算法 .....                 | 661 | 五、SVC 设计所需要的电力系统及<br>负荷参数资料 .....         | 682 |
| 四、保护环节 .....                  | 661 | 六、SVC 电气主接线方式及有关<br>问题 .....              | 683 |
| 五、优先级逻辑 .....                 | 662 | 第三节 电弧炉供电线路的电参数 .....                     | 685 |
| 六、输出匹配 .....                  | 662 | 一、一级电路 .....                              | 685 |
| 七、电极升降调节装置的种类 .....           | 663 | 二、二级电路 .....                              | 686 |
| 第四节 电弧炉排烟除尘系统的操作与<br>控制 ..... | 663 | 三、供电线路的电参数 .....                          | 686 |
| 一、控制系统的组成 .....               | 664 | 四、线路电参数计算举例 .....                         | 687 |
| 二、操作方式 .....                  | 664 | 第四节 电弧炉用静补装置及其容量的<br>选择方法与估算 .....        | 688 |
| 三、系统连锁 .....                  | 664 | 一、电压、无功功率波动值的计算 .....                     | 688 |
| 四、操作程序 .....                  | 665 | 二、静补装置及其容量的选择 .....                       | 689 |
| 五、系统开机 .....                  | 666 | 三、相控型无功补偿装置容量的<br>计算 .....                | 691 |
| 六、正常关机 .....                  | 666 | 四、计算实例 .....                              | 692 |
| 七、系统运行趋势 .....                | 667 | 第五节 电弧炉用 TCR 型 SVC 设计<br>计算 .....         | 693 |
| 八、系统故障报警 .....                | 667 | 一、电弧炉的供电线路与功率圆图 .....                     | 693 |
| 九、画面显示 .....                  | 667 | 二、工作短路状态的无功功率与<br>电压最大波动量 .....           | 693 |
| 十、常用电弧炉排烟与除尘系统的<br>控制 .....   | 668 | 三、多台电弧炉工作时的最大无功<br>功率波动量与等效闪变值 .....      | 694 |
| 第五节 电弧炉仪表测量系统 .....           | 669 | 四、TCR 容量的计算 .....                         | 694 |
| 一、炼钢电弧炉设备的主要检测<br>项目 .....    | 669 | 五、计算实例 .....                              | 697 |
| 二、电弧炉炼钢过程的检测仪表 .....          | 669 | 第六节 电弧炉用自饱和电抗器(SR)<br>型 SVC 的设计计算 .....   | 701 |
| 三、钢水重量检测仪表 .....              | 671 | 一、电弧炉变压器一次侧母线空载电压值<br>和有载调压变压器的调压范围 ..... | 701 |
| 四、钢水成分检测仪表 .....              | 672 | 二、最大无功功率波动量和电压波动值<br>与静止补偿器的无功输出量 .....   | 702 |
| 五、其他检测仪表 .....                | 674 | 三、静止补偿器无功电流输出值与                           |     |
| 六、排烟除尘系统检测仪表 .....            | 675 |                                           |     |
| 第二十九章 电网公害的治理 .....           | 676 |                                           |     |
| 第一节 电弧炉对电网产生的公害与<br>治理 .....  | 676 |                                           |     |
| 一、电弧炉与 LF 炉对电网产生的<br>公害 ..... | 676 |                                           |     |
| 二、公害治理的办法 .....               | 678 |                                           |     |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 阻抗 .....                                      | 702 |
| 四、静止补偿器 $V-A$ 特性曲线和<br>等值电路 .....             | 703 |
| 五、死区电流与下垂区电流计算 .....                          | 703 |
| 六、SVC 的总电流和 $V-A$ 特性曲线上<br>最低点电压及电容器组容量 ..... | 704 |
| 七、SR 特性参数计算 .....                             | 704 |
| 第七节 谐波与滤波器设计 .....                            | 705 |
| 一、电弧炉熔化期谐波电流发生量 .....                         | 706 |
| 二、电弧炉同次谐波电流的叠加<br>计算 .....                    | 706 |
| 三、谐波电压及谐波电流标准 .....                           | 706 |
| 四、滤波器的设计原则 .....                              | 707 |
| 五、滤波器的安全性能校核 .....                            | 708 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 六、交流电弧炉补偿运行与应用中存在的<br>问题 .....           | 708 |
| 第八节 TCR 型 SVC 总体说明 .....                 | 710 |
| 一、控制原理说明及框图 .....                        | 710 |
| 二、SVC 系统的组成及控制原理 .....                   | 711 |
| 三、采用 Steinmetz 原理进行分相<br>调节和抑制负序电流 ..... | 712 |
| 第九节 SVC 装置主要设备简介 .....                   | 713 |
| 一、滤波器 (FC) .....                         | 713 |
| 二、晶闸管相控电抗器 (TCR) .....                   | 714 |
| 三、控制系统 .....                             | 716 |
| 四、TCR 故障自诊断系统 .....                      | 717 |
| 五、滤波器的保护 .....                           | 718 |

## 第六篇 电弧炉附属设备与设计

### 第三十章 电弧炉常规附属设备的配备 ..... 719

#### 第一节 盛钢桶 ..... 719

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 一、盛钢桶尺寸确定因素与主要设计<br>参数 ..... | 719 |
| 二、桶体 .....                   | 720 |
| 三、内衬 .....                   | 720 |
| 四、塞棒控制系统 .....               | 721 |
| 五、不同容量盛钢桶技术参数的<br>参考值 .....  | 722 |

#### 第二节 出钢车 ..... 723

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 一、概述 .....                  | 723 |
| 二、机械传动式出钢车驱动力的<br>计算 .....  | 725 |
| 三、液压传动的出钢车驱动能力的<br>计算 ..... | 726 |
| 四、出钢车的结构设计 .....            | 727 |

#### 第三节 加料筐与加料筐平车 ..... 728

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 一、链条底板式料筐 ..... | 728 |
| 二、蛤式料筐 .....    | 728 |
| 三、加料筐平车 .....   | 728 |

#### 第四节 电极接长及出钢口维修平台 ..... 729

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 一、电极接长及存放装置 ..... | 729 |
| 二、出钢口维修平台 .....   | 731 |

#### 第五节 散装料供应系统 ..... 732

|              |     |
|--------------|-----|
| 一、低位料仓 ..... | 732 |
|--------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 二、从低位料仓向炉上高位料仓供料 ... | 733 |
| 三、高位料仓 .....         | 734 |
| 四、下料装置 .....         | 735 |
| 五、铁合金供应系统 .....      | 737 |

#### 第六节 补炉机 ..... 738

|               |     |
|---------------|-----|
| 一、离心补炉机 ..... | 738 |
| 二、喷补机 .....   | 739 |
| 三、旋转补炉机 ..... | 739 |
| 四、火焰喷补机 ..... | 740 |

#### 第七节 电弧炉底吹装置 ..... 740

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 一、电弧炉底吹气体搅拌技术 .....         | 740 |
| 二、电弧炉底吹装置类型 .....           | 741 |
| 三、电弧炉底吹元件对耐火材料的<br>要求 ..... | 742 |
| 四、底吹装置用耐火材料 .....           | 742 |
| 五、底吹氩系统 .....               | 744 |

#### 第八节 其他附属设备 ..... 745

|                |     |
|----------------|-----|
| 一、渣罐与渣盘 .....  | 745 |
| 二、出渣车 .....    | 745 |
| 三、风动送样设备 ..... | 745 |

### 第三十一章 短流程炼钢用氧技术 ..... 748

#### 第一节 强化用氧工艺与设备 ..... 748

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、炉门吹氧工艺与设备 .....    | 748 |
| 二、氧-燃助熔供氧工艺与设备 ..... | 751 |
| 三、炉壁助熔工艺 .....       | 758 |