

74-3
G20
52

机电一体化技术手册

(第 2 版)

第 2 卷

机电一体化技术手册编委会 编

YD



机械工业出版社

编辑委员会

主任委员 唐仲文

副主任委员 (以姓氏笔划为序)

王信义 刘巽尔 朱森第 吴关昌 姚福生

常务委员 (以姓氏笔划为序)

王信义 刘巽尔 朱森第 吴关昌 吴本奎
陈 令 陈 瑜 张国雄 姚福生 俞忠钰
唐仲文 龚炳铮 潘鑫瀚 樊 力 魏庆福

委 员 (以姓氏笔划为序)

王信义 甘锡英 冯之敬 冯辛安 刘巽尔
朱良漪 朱森第 孙本绪 毕承恩 李宜春
李家俊 李鹤轩 吴关昌 吴本奎 吴柏青
佟传恩 杨 俊 杨叔子 杨荫溥 张国雄
张福学 陈 令 陈宝彦 陈 瑜 陈元舫
依英奇 林其骏 林奕鸿 赵松年 俞忠钰
段明祥 姚福生 唐仲文 钱文瀚 龚炳铮
曹名扬 黄义源 程瑞全 谢存禧 蔡 青
蔡礼君 蔡鹤皋 潘鑫瀚 樊 力 魏庆福

主 编 龚炳铮

副 主 编 (以姓氏笔划为序)

孙本绪 吴本奎 陈 令 段明祥 高文章
曹名扬

序

建国近50年以来，我国的机械工业虽然已经有了较大的发展，具备了一定的基础和规模，初步满足国民经济和人民生活的需要。但随着世界科学技术的迅速发展，我国机械工业的技术水平和生产能力与工业发达国家相比还有相当大的差距。因此，如何以新技术改造传统产业和开发高技术含量的新产品，已成为当前机械工业以至各传统产业部门面临的一个十分重要的课题。

70年代发展起来的机电一体化技术，是将机械、电子与信息技术进行有机结合，以实现工业产品和生产过程整体优化的一种新技术。典型的机电一体化产品有：数控机床，机器人以及用微电子技术装备的自动化生产设备、动力设备、交通运输设备、生产过程自动化设备、办公设备和家用电器等。广泛地应用机电一体化技术可以促进机械工业以至整个国民经济各部门的技术进步，改善企业素质，提高产品质量和性能，将传统工业转移到新技术的基础上，满足国民经济发展和人民生活水平提高的要求。同时还可以扩大机电产品的出口，促进对外贸易和技术交流，因而对于振兴我国机械工业将发挥重大作用，对于推动我国科学技术的进步和国民经济的发展也具有深远的战略意义。

为了帮助广大科技人员迅速掌握机电一体化技术，使他们根据市场需求从系统的观点出发，正确应用机械、电子、信息等有关技术进行有机的组织和结合，实现整体优化，提高设计人员自主开发机电一体化产品的能力。原机械电子部科技司、中国机械工程学会组织有关专家、学者于1994年2月编写了《机电一体化技术手册》和《机电一体化技术应用实例》。它们的出版受到了广大读者的欢迎和好评，取得了很大的社会效益和经济效益。由于机电一体化技术发展十分迅速，新产品新技术日新月异，层出不穷，需要对它们进行及时的修改、补充和完善。因此机电一体化技术手册编委会组织编写了机电一体化技术手册修订版。全手册分为两卷，第一卷为机电一体化技术手册，第二卷为机电一体化技术应用实例。它的问世，将促进我国机电一体化事业的发展；促进机电一体化技术和产品的研究、开发、推广和应用；促进机电一体化技术人才的培养；促进各行各业对机电一体化技术的了解和运用。

何志超

前 言

机电一体化技术是机械技术、电子技术(特别是计算机技术、自动控制技术)有机结合和综合应用的复合技术,是现代高新技术的组成部分,成为现代机械工业技术和产品的主要发展方向,是实现机电产品数字化、自动化、智能化和柔性化的重要途径,也是我国机械工业发展与振兴的必由之路。机电一体化技术的广泛应用使机械工业发生革命性的变化和带来巨大效益。为了使广大工程技术人员和管理干部以及大专院校师生了解学习机电一体化技术及产品和应用系统设计方法,满足科研、生产、教学工作的需要,普及推广机电一体化技术,促进我国机械工业的技术进步,原机械电子工业部、中国机械工程学会联合组织从事机电一体化技术的专家、教授、工程师编写了《机电一体化技术手册》及其配套书《机电一体化技术应用实例》,由机械工业出版社于1994年出版第一版,深受广大工程技术人员和广大读者的好评,荣获“全国优秀科技图书奖”。由于微电子技术日新月异的发展,机电一体化技术产品更新换代加快,近年来涌现出大批新元件、器件、微处理器与控制器,新的机电一体化产品和应用系统,为了宣传推广机电一体化技术新成果,推动机电一体化技术成果转化为新的生产力,加快机电一体化技术产品的开发、生产与推广应用,编委会决定编写《机电一体化技术手册》第2版,将《机电一体化技术应用实例》作为新版《机电一体化技术手册》第2卷。

本册共收集到近年来投入运行的机电一体化技术产品及系统应用实例128例,按内容分成9篇21章,主要有数控金属切削机床和数控系统,搬运机械装置与电气传动系统,通用、印刷机械与轻纺机械,重型矿山机械与农业机械,办公机械与家用电器,自动化仪表、数字化量仪、分析仪器与医疗仪器、测试系统,机器人、CAD/CAM及计算机集成制造系统,工业炉窑与生产过程控制系统。每一实例介绍该产品或系统的功能、性能、设计特点、硬件结构、软件框图、应用范围、技术经济效果、推广情况等。本册可供从事机电一体化产品及系统设计、研制开发、生产、经营销售、使用维护的工程技术人员、管理人员、技术工人及有关大专院校师生参考。

在本册编写过程中得到原机械工业部科技司机电一体化办公室、机械工业出版社、全体参编人员所在厂、校、所、院的领导与有关同志的大力协助和支持,在此谨志谢意。本册主编、各篇主编、编辑、沈红、李万宇等同志所付出的辛勤劳动,在此一并表示衷心感谢。

由于种种原因,还有不少的一体化的新产品未能收编入册,已收编的各个实例的作者来自全国各地,介绍内容深浅、繁简不一,难免有缺点和不足之处,欢迎读者批评指正。

机电一体化技术手册编委会

目 录

第 1 篇 数控加工设备

| | |
|------------------------|------|
| 第 1 章 数控机床 | 1—3 |
| 1.1 XH714 立式加工中心 | 1—3 |
| 1.2 XH7910/1 型立卧式加工中心 | 1—7 |
| 1.3 XK5032 型数控立式升降台铣床 | 1—11 |
| 1.4 MK6030 型数控工具磨床 | 1—14 |
| 1.5 ZH5820 型柱动式钻削加工中心 | 1—20 |
| 1.6 FB 系列数控落地铣镗床 | 1—26 |
| 1.7 QC12K-6×3200 数控剪板机 | 1—32 |
| 第 2 章 数控系统 | 1—35 |
| 2.1 中华 I 型 CNC 系统 | 1—35 |
| 2.2 航天 I 型数控基本系统 | 1—38 |
| 2.3 蓝天 I 号高档数控系统 | 1—43 |
| 2.4 EA-4M 铣床数控系统 | 1—46 |
| 2.5 低速走丝线切割数控系统 | 1—49 |
| 2.6 SKY2000 新型计算机数控系统 | 1—53 |

第 2 篇 搬运机械装置与 电气传动系统

| | |
|-----------------------------------|------|
| 第 1 章 搬运机械装置 | 2—3 |
| 1.1 多点电子燃油喷射系统在 CA7220 型红旗轿车上的应用 | 2—3 |
| 1.2 CGI 型汽车驾驶训练模拟器 | 2—10 |
| 1.3 自动导向车辆系统 | 2—13 |
| 1.4 自动化立体仓库应用实例 | 2—16 |
| 1.5 CWJK 型船舶柴油机遥控装置 | 2—19 |
| 第 2 章 电气传动系统 | 2—22 |
| 2.1 B220 龙门刨床交流变频调速系统 | 2—22 |
| 2.2 ZJ60DS 钻机电传动系统 | 2—24 |
| 2.3 一种用单片机 8031 控制的 SPWM 交流变频调速系统 | 2—27 |
| 2.4 微机控制直流调速系统 | 2—31 |

第 3 篇 通用、印刷与轻纺机械

| | |
|-------------------------------|-----|
| 第 1 章 通用与印刷机械 | 3—3 |
| 1.1 智能型蒸汽双效溴化锂吸收式制冷机组的机电一体化研究 | 3—3 |
| 1.2 机电一体化控制技术在螺杆空压机 | |

上的应用

| | |
|-----------------------------|------|
| 1.3 SZ-125-RIAMB 全自动塑料注射成型机 | 3—6 |
| 1.4 北大方正电子出版系统 | 3—13 |
| 1.5 多层式自动化立体车库自控系统 | 3—18 |
| 1.6 多色凹印轮转印刷机——纵向自动套准控制系统 | 3—21 |
| 第 2 章 轻纺机械 | 3—24 |
| 2.1 FA203 型高产梳棉机 | 3—24 |
| 2.2 GY 系列多头电脑刺绣机 | 3—26 |
| 2.3 可编程控制器在绷前帮机上的应用 | 3—31 |
| 2.4 挤出吹塑法生产塑料容器 | 3—36 |

第 4 篇 重型矿山与农业机械

| | |
|------------------------|------|
| 第 1 章 重型矿山机械 | 4—3 |
| 1.1 1250kW 矿井提升机 | 4—3 |
| 1.2 钢包精炼成套设备 | 4—6 |
| 1.3 四辊不可逆冷铝轧机 PLC 控制系统 | 4—11 |
| 1.4 高精度合金钢棒材矫直机 | 4—12 |
| 1.5 连续拉伸弯曲矫直机 | 4—15 |
| 1.6 快速锻造液压机组 | 4—21 |
| 1.7 锤刀式去毛刺设备在板坯连铸机上的应用 | 4—26 |
| 1.8 铸坯热喷印设备的研制与开发 | 4—32 |
| 第 2 章 农业机械 | 4—36 |
| 2.1 烟草、棉花收购计算机系统 | 4—36 |
| 2.2 国产联合收割机监控系统研制 | 4—40 |
| 2.3 千吨级淀粉加工成套设备电控系统 | 4—44 |

第 5 篇 办公机械

| | |
|-------------------------|------|
| 第 1 章 常用办公机械 | 5—3 |
| 1.1 CANON NP3200 型静电复印机 | 5—3 |
| 1.2 ZJ-P100 多功能汉字平推式打印机 | 5—11 |
| 1.3 CYZ-5 型护照打印机 | 5—15 |
| 1.4 CTS-8 型绘图机 | 5—18 |
| 1.5 高速传真机 | 5—23 |

| | |
|--|-------------|
| 1.6 红外传感无线鼠标设计与开发 | 5—31 |
| 第2章 新型办公设备 | 5—37 |
| 2.1 APTEC-A型多功能电话服务器 | 5—37 |
| 2.2 逻辑加密卡 HXL768 及其应用 | 5—39 |
| 2.3 模糊智能点钞机 | 5—46 |
| 2.4 自动读卡仪 | 5—51 |
| 2.5 OFS 光盘文档管理系统 | 5—54 |
| 2.6 用 MC68HC705X4 MCU 设计的磁卡锁 系统 | 5—59 |
| 2.7 中软译星翻译软件 | 5—63 |

第6篇 家用电器

| | |
|----------------------------------|-------------|
| 第1章 空调器及洗衣机 | 6—3 |
| 1.1 模糊空调控制器 | 6—3 |
| 1.2 模糊洗衣机控制器 | 6—9 |
| 1.3 单片机控制电风扇 | 6—13 |
| 1.4 采用电子膨胀阀技术的新型一拖二空 调器 | 6—16 |
| 第2章 新型家用电器 | 6—19 |
| 2.1 模糊控制电饭煲 | 6—19 |
| 2.2 MC68HC05L5 单片机复式电能表 | 6—22 |
| 2.3 H-VCD501 型五盘 VCD 视盘机 | 6—32 |
| 2.4 家用定时红外报警机 | 6—38 |

第7篇 自动化仪器仪表及测量装置

| | |
|---|-------------|
| 第1章 工业自动化仪表 | 7—3 |
| 1.1 带微机超声波液体流量计 | 7—3 |
| 1.2 超声物位测量仪表系列 | 7—6 |
| 1.3 DR 型数据记录仪 | 7—9 |
| 1.4 SIPAI-3000 分散型油库自动计量控制 管理系统 | 7—11 |
| 1.5 DDZ-S 系列过程控制仪表 | 7—15 |
| 1.6 DJK-7500 分散型控制系统 | 7—21 |
| 1.7 ZBJV 精密电动 V 形球阀 | 7—24 |
| 1.8 STD 总线增强型 V40 系统 II 工控机的 设计与应用 | 7—27 |
| 1.9 PLC 对大型摇摆台电液伺服系统 控制 | 7—57 |
| 第2章 数字化量仪 | 7—62 |
| 2.1 圆度、圆柱度及跳动在位精密测量仪 | 7—62 |
| 2.2 数字化气动测量技术与智能气动量仪 | 7—64 |
| 2.3 滚珠丝杠副行程误差测量仪 | 7—69 |
| 2.4 滚珠丝杠副动态预紧转矩测量仪 | 7—73 |
| 第3章 分析仪器与医疗电子仪器 | 7—76 |

| | |
|-------------------------------------|-------------|
| 3.1 SP-2000 型气相色谱仪 | 7—76 |
| 3.2 BM-01 型纸张定量水分测量及其控制 系统 | 7—80 |
| 3.3 心律监护仪 | 7—83 |
| 3.4 HB-FCM 型胎儿心电图监护仪 | 7—86 |
| 3.5 多功能超声诊断仪 | 7—90 |
| 第4章 测试系统 | 7—94 |
| 4.1 虚拟触摸控制语言实验室系统装置 | 7—94 |
| 4.2 HHF-216 型核辐射厚度计 | 7—99 |
| 4.3 GGP-87 型电子皮带秤 | 7—101 |
| 4.4 高精度摇摆角检测系统 | 7—104 |

第8篇 制造自动化

| | |
|--|-------------|
| 第1章 机器人 | 8—3 |
| 1.1 ER-500S 小型电动喷涂机器人 | 8—3 |
| 1.2 HT-100A 型点焊机器人 | 8—6 |
| 1.3 无缆水下机器人 | 8—11 |
| 1.4 锅炉集箱管座焊接机器人工作站 | 8—16 |
| 1.5 IR-505H 型龙门框架式高压水切割 机器人 | 8—24 |
| 1.6 关节式弧焊机器人 | 8—27 |
| 第2章 CAD/CAM 系统 | 8—34 |
| 2.1 集成化 CAD/CAM 支撑软件系统 | 8—34 |
| 2.2 高华产品数据管理系统 GHPDMS V2.0 | 8—38 |
| 2.3 开目 CAD/CAPP/MIS 集成系统 | 8—42 |
| 2.4 CIMS-ERC 机械 CAD/CAM 系统 | 8—46 |
| 2.5 DMY 模具 CAD/CAM 系统 | 8—54 |
| 2.6 轿车发动机缸盖凸轮轴轴承盖加工数 控自动生产线电气控制系统 | 8—56 |
| 2.7 “金银花”计算机辅助机械产品设计 与制造系统 | 8—59 |
| 2.8 板材加工 FMS | 8—61 |
| 2.9 EXST 专家系统工具 | 8—66 |
| 2.10 数控工段(车间)集成管理系统 | 8—69 |
| 第3章 计算机集成制造系统(CIMS) | 8—73 |
| 3.1 成飞 CIMS 工程实践的回顾和体会 | 8—73 |
| 3.2 沈阳鼓风机厂计算机集成制造 系统(SB-CIMS) | 8—79 |
| 3.3 家电装配型企业 CIMS 的设计与实施 | 8—86 |

第9篇 工业生产过程控制系统

| | |
|---------------------------|------------|
| 第1章 工业炉窑控制系统 | 9—3 |
| 1.1 高炉自动化控制系统 | 9—3 |

Ⅷ 目 录

| | | | |
|--|------|--|------|
| 1.2 冶金炉窑控制系统 | 9—12 | 系统 | 9—62 |
| 1.3 导磁零件增磁性光亮退火炉 | 9—15 | 2.6 HS2000 分布式控制系统在小氮肥行业 中的应用 | 9—69 |
| 1.4 特种容器调质线控制系统 | 9—18 | 2.7 300MW 火力发电机组汽轮机数字电液 (DEH)控制系统 | 9—71 |
| 1.5 PGH-32 型平钢化玻璃生产线 | 9—23 | 2.8 100MW 机组自动控制系统 | 9—74 |
| 1.6 锅炉炉膛安全监控系统 | 9—25 | 2.9 国产 DCS 在汽轮机数字电调系统 (DEH)的应用 | 9—78 |
| 1.7 工业锅炉计算机节能控制系统与 装置 | 9—30 | 2.10 HS2000 分布式控制系统在水泥磨车 间的应用 | 9—86 |
| 1.8 模糊控制在锅炉控制系统中的应用 | 9—35 | 2.11 面粉厂生产线计算机控制系统 | 9—88 |
| 1.9 锅炉计算机控制系统 | 9—38 | 2.12 HS2000 分布式控制系统在啤酒 发酵过程中的应用 | 9—91 |
| 第 2 章 生产过程控制系统 | 9—41 | 2.13 EIC 2000™ 先进控制系统设计和 应用 | 9—92 |
| 2.1 连续铸钢自动化控制系统 | 9—41 | 2.14 一种混合控制系统 | 9—96 |
| 2.2 宽带钢冷轧机自动控制系统 | 9—45 | | |
| 2.3 有色冶炼过程控制系统 ——湿法炼锌过程的计算机监控 | 9—50 | | |
| 2.4 大型化工厂综合自动化系统 | 9—54 | | |
| 2.5 合成氨和尿素装置优化控制和调度 | | | |

第 4 篇 重型矿山与农业机械

主 编 国家机械工业局技术发展基金会

段明祥

编写人员

- | | | | | | | | | | |
|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| 1.1 | 北京机械工业自动化研究所 | | | | | | | | |
| | | 李金村 | 刘 彤 | 翁桂雄 | 包海宏 | 张 永 | 王 勇 | | |
| 1.2 | 西安重型机械研究所 | | | | | | 朱世昌 | | |
| 1.3 | 北京机械工业自动化研究所 | | | | | | 岳秀江 | | |
| 1.4 | 西安重型机械研究所 | | | 张 荣 | 张占柱 | 曹跃进 | 张秉耀 | | |
| 1.5 | 西安重型机械研究所 | | | | | | 陈光惠 | | |
| 1.6 | 西安重型机械研究所 | | | | | 储伯温 | 李 明 | | |
| 1.7 | 西安重型机械研究所 | | | | | 黄进春 | 张 力 | | |
| 1.8 | 西安重型机械研究所 | | | | | 黄进春 | 宫景华 | | |
| 2.1 | 山东大学微机应用研究所 | | | | | | 高 伟 | | |
| 2.2 | 中国农业机械化科学研究院 | 张小超 | 孟繁英 | 吕益泰 | 林 伟 | | 孙家芸 | | |
| 2.3 | 中国农业机械化科学研究院 | | | | | | 徐玉检 | | |

5708/1304

第 1 章 重型矿山机械

1.1 1250kW 矿井提升机

1.1.1 概述

本文简述了邯郸西石门铁矿 1250kW 矿井提升机改造成由全数字计算机控制后的情况，下面主要就电控系统加以说明。参见图 4.1-1 直流矿井提升系统原理图和图 4.1-2 主回路示意图。

1. 电控系统的设备组成

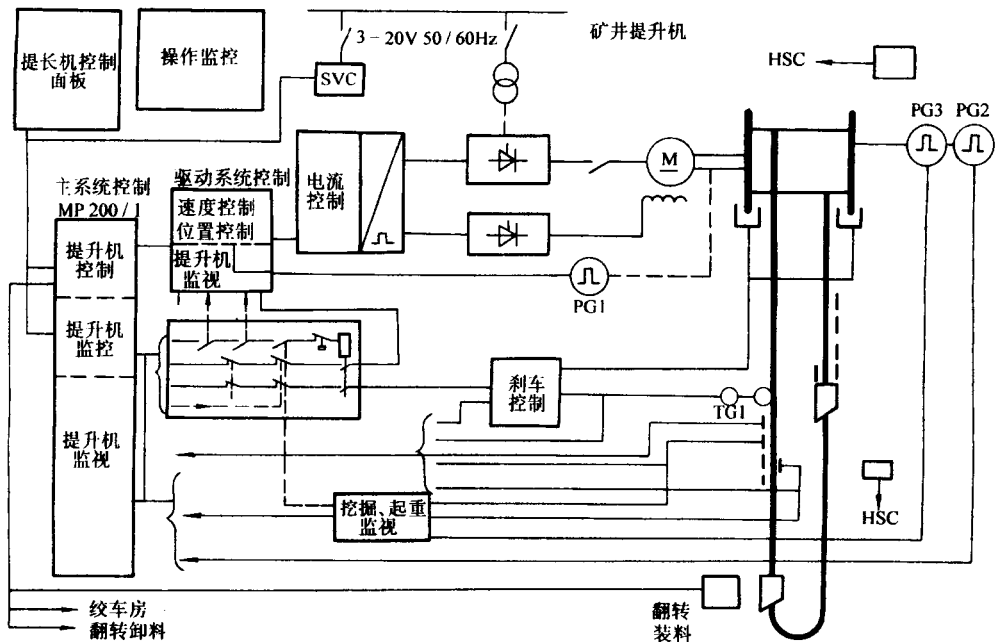


图 4.1-1 直流矿井提升系统原理图

(3) 工作环境温度：0~40℃(24 小时平均最高温度为 35℃)。

(4) 冷却介质温度：0~30℃。

(5) 相对湿度不超过 85%(+20℃时)，无凝露。

(6) 安装高度低于海拔 1000m。

(7) 安装场所没有剧烈震动和颠簸。

(8) 安装场所周围介质没有爆炸性危险，没有导电尘埃与能破坏金属及绝缘体的腐蚀性气体。

(9) 电源频率范围：48~63Hz，电源电压幅值波动范围±10%，三相对称。

3. 系统的基本性能

该电控系统传动部分采用全数字调节技术，提升过程控制及各种保护采用可编程控制器技术，其性能

包括主变压器、高压柜、低压电源柜、直流屏、测速发电机、平波电抗器、井下控制及称重系统、深度发生器系统以及各种行程或保护开关等设备，以及整流柜、励磁柜、PLC 系统及信号切换柜、卸矿控制箱、操作台、上位机、直流快速开关、交直流侧吸收回路等设备。

2. 系统使用条件

(1) 存放温度：-25~55℃。

(2) 运输温度：-25~70℃。

完全能够满足矿山生产的使用要求，且在可靠性、易维护性等方面较原系统有很大提高。系统自动生成的各种报表及故障代码，可以作为生产管理及故障原因分析的依据。

1.1.2 系统主要设备技术参数

主机

型号：JKM2.8×6M 多绳摩擦提升机

最大提升速度：10.0m/s

竖井深：270m

直流电动机

型号 ZD-99/60

容量：1250kW

电枢电压/电流：660V/2020A

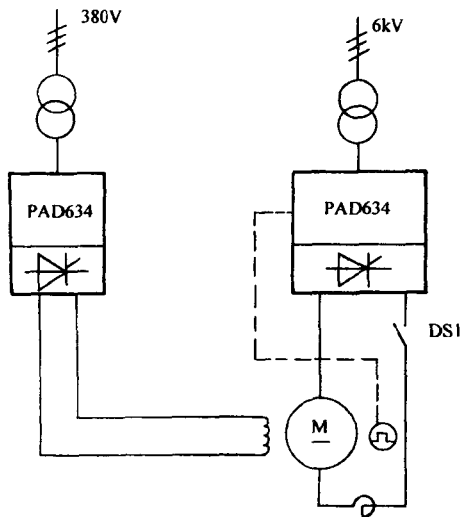


图 4.1-2 1250kW 主回路示意图

转速: 500/600r/min

励磁电压/电流: 55V/100A

主变压器

型号: ZSL-2500/10

容量: 2000kVA

变比: 6000/700, 404V 192.5/1650A

组别: $\Delta/Y0-11$ 组

直流测速发电机

型号: ZCF-22

容量: 300W

输出电压: 230V

转速: 750r/min

励磁电压: 110V

励磁电流: 0.76A

平波电抗器

电流: 2500A

电感量: 1.8mH

电力变压器

型号: SJ

容量: 240kVA

变压比: 6000/400V 23.1/346A

组别: Y/Y0-12 组

直流快速开关

型号: DS14-32/15 AC220V 欠压脱扣

(1) 直流快开分断动作电流: 3600A

(2) 堵转电流: 3200A

(3) 长期过负荷电流: 2300A

1.1.3 提升系统的工艺要求及技术指标:

(1) 本系统用于矿井提升, 要求励磁可逆调速系

统, 必须能在四个象限内运行, 实现平滑的启动、制动和稳速运行。

(2) 现场实际使用速度如图 4.1-3 所示。

(3) 现场实际使用力如图 4.1-4 所示。

1.1.4 晶闸管直流传动方案的选择及主要技术参数的确定

1. 直流传动方案的选择

本系统根据现场要求采用励磁可逆、电枢回路三相全控桥供电方案。

传动系统为速度、电流双闭环控制, 调节系统选用 ABB 公司原装的 P 系列全数字调节器, 其可逆励磁单元选用 ABB 公司原装控制模块 PAD634 和过压保护单元 GLL614 及 FIELD 软件, 其电枢控制单元选用 ABB 原装控制模块 SZPSP06F1-04/00、主控板 PP5301、

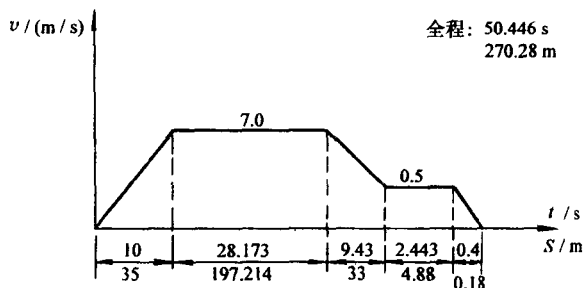


图 4.1-3 现场实际使用速度图

测速板 PS5311、电源板 PMS301、记忆模块 COMPLEX 和功放板 PC6301。

控制系统选用 AB 公司的 PLC5/20 可编程控制器, 完成提升过程控制及安全保护功能。

电枢主回路选用北京整流器厂与 ABB 公司合作生产的整流柜, 该柜结构按照 ABB 公司的标准设计, 完全满足 P 系列调节器的使用要求。

上位机系统选用研华 586 工控机及 AB 公司的 RSVIEW 组态软件, 完成系统过程监控、动态工艺画面、统计报表生成、故障显示及报警等功能。

2. 系统主要技术参数

(1) 电枢回路主要参数的确定

1) 功率柜参数的确定 由于现场主变压器的二

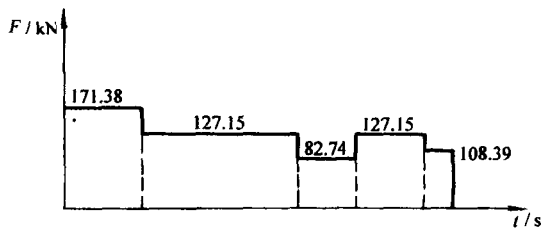


图 4.1-4 现场实际使用力图

次电压为 700V, 对应功率柜电源电压等级应选择 725V 档; 原系统主回路额定负载下长期运行电流为 2300A, 按照 1.5 倍的过载倍数计算, 功率柜应选择 4000A 档; 按照 ABB 公司 P 系列调节器的要求, 功率柜应采用层式结构, 每层输出电流为 1000A, 且均为单管组成的三相全控桥设计。因此我们选择 4000A 的四层式结构, 型号为 SZ04/00。

2) 晶闸管参数的确定 晶闸管的电流和电压通过以下计算取得:

$$I = (1.5 \sim 2) K_Z I_{dm} K_1 M = \\ (1.5 \sim 2) \times 0.367 \times 4000 \times (0.8 \times 4) A = \\ 690 \sim 920 A$$

式中 K_Z ——三相全桥整流电路系数;

I_{dm} ——最大电流;

K_1 ——均流系数, $K_1 = 0.8$;

M ——晶闸管并联数。

$$U_{scr} = (2 \sim 3) U_m (K_V N) = \\ (2 \sim 3) \times 860 / 1V = \\ 1720 \sim 2580 V$$

式中 K_V ——串系数, 在此 $K_V = 1$;

N ——晶闸管串联数, $N = 1$ 。

故实际选用 2600V/900A 的晶闸管

(2) 励磁回路主要参数的确定 由于现场电机励磁电压/电流为 55V/100A, 磁场可逆, 故励磁回路选用 PAD634 型、单管组成的三相全控桥反并联回路。

其中磁场晶闸管依据如下计算选择: 磁场最大电流按 200A 计算, 电压按 100V 计算, 强励倍数按 4 倍选。

$$I = (1.5 \sim 2) K_Z I_{dm} K_1 M = \\ (1.5 \sim 2) \times 0.367 \times 200 A = \\ 100 \sim 147 A$$

$$U_{scr} = (2 \sim 3) \times 4 U_d = \\ (8 \sim 12) \times 100 V = \\ 800 \sim 1200 V$$

故实际选 1200V/300A 档的晶闸管。

1.1.5 可编程控制器的系统配置及软件说明

1. 硬件配置

该系统可编程控制器选用美国 AB 公司的 PLC5 系列产品, 总的输入输出(包括开关量和模拟量)大约 330 点。系统的输入电压等级为 DC220V 和 DC110V, 输出电压为 AC220V。

系统根据不同的电压等级选用 16 点的输入输出模板, 其型号分别为: 1771-IMD (DC220V); 1771-ID16 (DC110V); 1771-0W16 (AC220V); 1771-IFE/C (模拟量输入模板)。

I/O 框架选用 2 个 12 槽框架, 型号为 1771-A3B1。两框架之间的联接采用远程 I/O 方式, 其通信是通过 CPU 模板(型号为 PLC-5/20)与装在另一物理框架最左槽内的远程 I/O 适配器模块(型号为 1771-ASB)进行的。框架供电电源型号为 1771-P7, 其输入电压为 AC120/220V, 输出电流 16A, 每个框架使用一个, 不占用框架槽, 附装在框架的左侧。

2. 寻址方式

I/O 机架是由 I/O 组组成的逻辑寻址单元, 一个 I/O 机架最多有 8 个 I/O 组, 在本系统中我们采用 1 槽寻址方式, 每槽一块 16 点的模板, 对每块模板每一位的具体定义请详见电控系统图的 PLC 配置图和 PLC 地址表部分(略)。

由于使用的 I/O 组框架为 12 槽, 而按 1 槽寻址方式每个 I/O 逻辑机架号只能分配 8 个 I/O 组, 所以 2 个 12 槽的 I/O 机架应有三个逻辑机架号。

3. 软件说明

系统的 PLC 应用软件采用梯形图语言编程, 其程序及说明请详见软件清单及程序流程图(略)。

1.1.6 操作及信号保护系统的动作说明

1. 操作方式

系统操作方式分手动、自动两种。自动还分为半自动、自动两种方式。

(1) 手动 工作制选择开关 2KK 拨在手动位置上, 2KK-1 接通, 此时由司机操作手把完成提升机向上、向下运行和停车。

在本系统中, 操作台左手把不起作用, 盘形闸的制动力不能连续调节, 只有松闸和最大制动力两种状态; 右侧手把控制提升机向上及向下、运行速度和停车, 停车时在中间位置, 向前推为向下, 向后拉为向上。提升机的向上、向下及运行速度的控制, 都是通过手把和链轮、链条带动自整角机来完成的。

(2) 自动

1) 半自动: 由司机把转换开关 ZKK 拨到半自动位置上, 然后按下 ZDA1 按钮, 提升机即能自动选择运行方向, 按照速度图完成加速、匀速、减速和停车。

2) 自动: 工作方式选择开关 ZKK 应拨到自动位置上, 通过井下计量和装载装置及卸矿装置发出的联系信号来控制提升机选择运行方向, 按照速度图运行和停车。

2. 运行方式

(1) 第一速度 即提升机通常运行的速度, 把运行方式选择开关 1KK 拨到“一速”的位置, 给定装置给出 7m/s 正常速度的给定电压, 此时选择操作方

式,提升机即能加速到 7m/s 的速度,到达减速点时能自动减速并停车。

(2) 验绳速度 对应 0.3m/s 的速度,把转换开关 1KK 拨到“验绳”的位置,向上时按下 YZSA 按钮,提升机即以 0.3m/s 速度运行;向下时按下 YZXA 按钮;要停车时按下 YZTA 按钮。

(3) 慢上、慢下速度 此速度为 0.5m/s,也是减速后的爬行速度。此速度只能在减速停车后实现,通过井上和井下的慢上、慢下按钮控制。

(4) 手动减速按钮 SJA 的使用 当某种原因导致提升机停车,重新起车时应改手动操作并按下此按钮。如果停车点未过减速点,则可按正常起车,到减速点后自动减速停车;如果已过减速点,则起车时只能按 0.5m/s 速度运行。

此按钮的用法:当选择手动方式,并按下此按钮后,速度给定,不由司机手动控制;达到减速点后自动减速停车,不需司机控制。

(5) 备用速度 运行方式选择开关 1KK 打到“备用”位置,给定的最大速度即为此速度,该速度可按生产实际需要定义,故称为备用速度。

3. 保护系统说明

(1) 紧急停车 遇到此类故障,不允许提升机继续运行,应立即停车。

系统中凡是遇不允许开车、超速、两端过卷、流压站失电、直流快开跳闸、高压断路器跳闸、晶闸管桥臂熔断器断路、调节系统失电、主回路过电压、励磁和电枢过电流、油压系统降压、主回路接地、停车时油压过高、错向等故障时提升机紧急停车,并设有在紧急停车复位时,若主令开关手把不在零位不允许复位的保护功能。

(2) 事故停车 遇到此类故障,提升机必须减速制动并停车。系统中凡是发生紧急停车、制动轮变形故障、尾绳故障等状况时都应事故停车。

(3) 轻故障 遇到此类故障时,由司机决定提升机是否继续运行,例如主回路变压器故障、主电机风机故障、交流侧吸收回路故障等,系统不自动进行停车处理。

(4) 所有故障均采用声光(电铃与指示灯)报警,并结合上位机的故障显示提示信息。

(北京机械工业自动化研究所

李金村 刘彤 翁桂雄 包海宏 张永 王勇)

1.2 钢包精炼成套设备

钢包精炼成套设备是现代二次冶金的新型炼钢设备。它的种类很多,根据生产的钢种和工艺要求可选

用不同形式的钢包精炼设备(简称钢包炉)。几种常用钢种所选用的钢包精炼设备见表 4.1-1。

表 4.1-1 几种常用钢种所用钢包炉

| 钢种 | 钢包炉形式 | 备注 |
|--------------------|---|-------------------|
| 硅钢,深冲、超深冲、镀锌镀锡原板用钢 | RH 或 LF (VD) | 冷轧硅钢 高牌号低硫硅钢 |
| | RH 或 LF (VD) 喂丝/喷粉 | |
| 轴承钢模具钢、弹簧钢等 | LF (V)/VAD/ ASEA-SKF | |
| 不锈钢、超低碳钢等 | AOD——喂丝/喷粉 | 本工艺也适用于冶炼工具钢、硅钢 |
| | VOD/RH-OB ——喂丝/喷粉 | |
| 容器板、锅炉板、高压锅炉管、油井管等 | LF (VD)/喷粉 | |
| 超低硫磷钢 | 铁水预处理脱硫——炼钢炉—— 喷粉铁水预处理脱硫、磷、硅—— 炼钢炉—ASEA-SKF | 用于超低硫钢 用于超低硫磷钢 |

表 4.1-1 中 LFV 钢包精炼炉是我国自行设计制造与配套、设备运转正常、经济效益显著,并且在全国推广的一种钢包精炼设备。现已有 6 种规格产品,钢包容量为 25~150t。

1.2.1 LEV 钢包精炼炉的设备组成、功能、性能及特点

1. 设备组成

LFV 钢包精炼炉一般采用三工位操作的钢包车移动式布置方案。设备布置见图 4.1-5、图 4.1-6,车间工艺平面布置见图 4.1-7。

LFV 钢包炉全套设备由以下主要部分组成:

钢包与钢包车;

吹氩装置;

电弧加热装置和短网系统;

真空抽气装置和降温除尘设备;

合金加料系统;

吹氧装置;

液压系统;

测温取样机构;

电视摄像系统;

水、压缩空气、氩气、氧气、氮气等介质的供给系统;

电气控制与仪表检测系统;

加热控制用计算机功率控制设备和真空操作 PLC 控制设备。

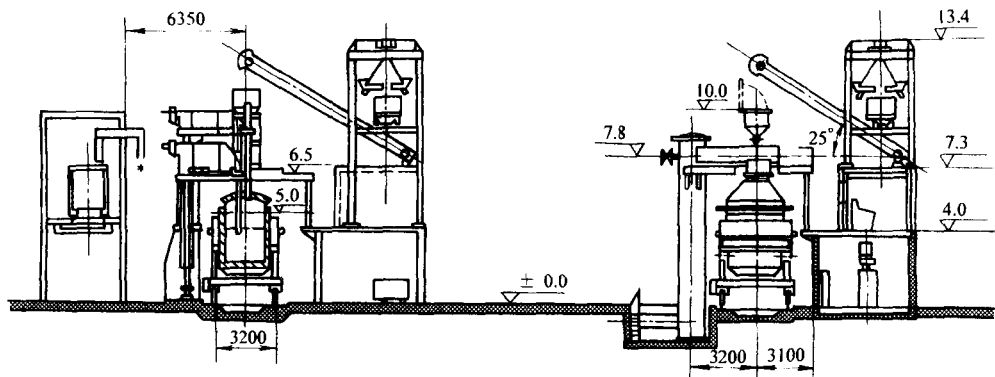


图 4.1-5 40 吨 LFV 钢包精炼炉立面图

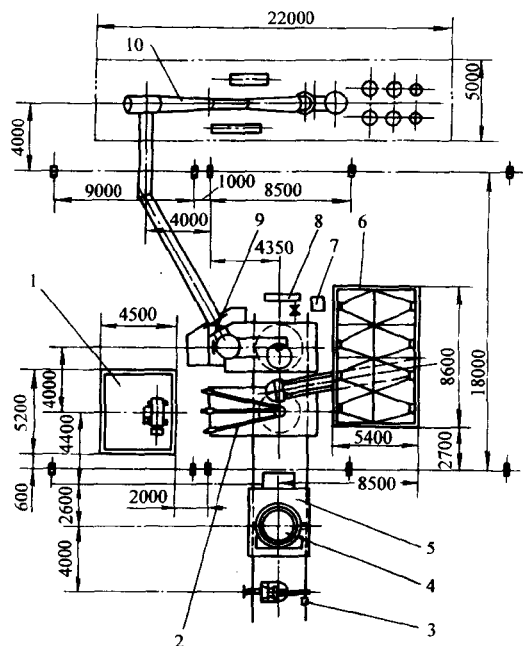


图 4.1-6 40 吨 LFV 钢包精炼炉平面布置图

1—炉用变压器室 2—三相电弧加热装置 3—扒渣机
4—钢包 5—钢包车 6—合金加料系统 7—吹氧装置
8—氩气站 9—主真空阀 10—真空抽气系统

2. LFV 钢包炉的主要冶金功能

- (1) 常压下电弧加热精炼;
- (2) 真空脱气;
- (3) 吹氧精炼;
- (4) 真空测温、取样插铝;
- (5) 全过程氩气流保护和吹氩搅拌;
- (6) 在加热精炼和真空精炼过程中均能造渣和合金化;
- (7) 喂丝和喷粉;
- (8) 真空过程采用手动、半自动及微机控制方式;

(9) 加热控制、计算机功率控制接口。

3. LFV 钢包精炼炉的性能与特点

(1) LFV 钢包炉的主要技术参数见表 4.1-2。

表 4.1-2 HB-40 型 LFV 钢包炉的主要性能参数

| 项 目 | 单 位 | 数 量 |
|---------------|---------|-------------------------|
| 钢包炉容量 | t | 25 ~ 40 |
| 初炼炉容量 | t | 30 |
| 加 热 | | |
| 变压器容量 | kVA | 6000 |
| 二次电压 | V | 280, 240, 210, 161, 120 |
| 二次电流(最大) | A | 15000 |
| 电极直径 | mm | φ350 |
| 电极心直径 | mm | φ700 (炉盖处) |
| 电极倾斜角度 | (°) | 2 |
| 电极离包壁距离 | mm | 500 ~ 600 |
| 升温速度 | °C/min | 1 ~ 3 |
| 真 空 | | |
| 蒸汽喷射泵级数 | 级 | 6 + 3 |
| 极限真空度 | Pa | 27 |
| 抽气量: 66.7Pa 时 | kg/h | 200 |
| 8000Pa 时 | | 1300 |
| 蒸汽耗量 | t/h | 9 |
| 压力 | MPa | ≥0.8 |
| 温度 | °C | 175 |
| 冷却水耗量 | t/h | 1120 |
| 冷却水进水温度 | °C | ≤32 |
| 启动至 67Pa 抽气时间 | min | ≤5 |
| 吹 氩 搅 拌 | | |
| 氩气压力 | MPa | 0.2 ~ 0.4 |
| 氩气流量 | L/min | 50 ~ 100 |
| 透气砖尺寸 | mm × mm | φ40 × φ45.2 × 40 |
| 吹氩点离包中心距离 | mm | 600 |
| 吹 氧 | | |
| 氧枪型式 | | 拉瓦尔 |
| 氧枪位置 | | 中心 |
| 氧枪高度 | mm | 800 ~ 1100 |

(续)

| 项 目 | 单 位 | 数 量 | |
|--------|------------|-----------------------------|-----------|
| 吹 氧 | 供氧压力 | MPa | 0.6 |
| | 流量 | m ³ /min | 8~50 |
| | 供氧强度 | m ³ / (min·t) | 0.27~0.34 |
| | 吹氧时真空度 | kPa | 6.7~26.7 |
| 钢 包 | 钢包总重(包括衬砖) | t | 30 |
| | 钢包高度 | mm | 2905 |
| | 上口直径 | mm | φ2914 |
| | 锥度 | % | 13.25 |
| | 自由空间高度 | mm | 700 |
| | 耐火材料厚度 | mm | 180 |

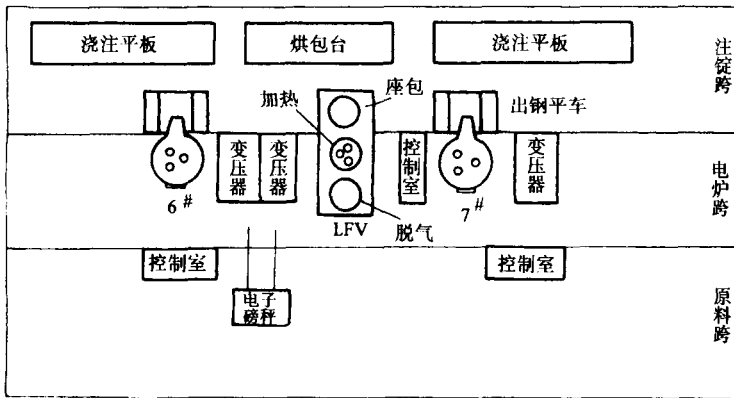


图 4.1-7 LfV 炉工艺平面布置示意图

(2) LfV 钢包炉的特点 LfV 钢包炉与其他钢包炉相比，其特点是脱硫能力较强、适用的钢种广、设备较简单、结构紧凑、占地面积小、投资省、操作费用低、使用灵活、维修方便、具有较多的冶金功能。因而深受中小型钢厂的欢迎。

非真空 LF 钢包炉在钢水进入连铸机前的工序进行钢水温度和化学成分的调节，以提供合格钢水，并协调炼钢炉与连铸机的作业周期。非真空的 LF 钢包炉作为提高钢水温度的手段，还可与真空循环精炼装置(RH)配合生产。

1.2.2 LfV 钢包炉的设计思想、方法及相关技术

1. LfV 钢包炉的设计思想与方法

LfV 钢包精炼炉设计思想，是从工艺与设备二方面考虑的。

(1) 工艺方面

- 1) 正确选择钢包精炼炉型式(参见表 4.1-1)。
- 2) 工厂或车间布置应考虑各工序间的配合，力求工艺合理、物料流畅、运距较短。
- 3) 当精炼炉与多台炼炉或连铸机配合时，应尽量布置在跨中央。

4) 蒸汽喷射真空泵应因地制宜地设置，使真空管道的长度尽可能小于 40m。

(2) 设备方面

1) 钢包 钢包作为钢包精炼炉的炉体，自然有别于普通钢包，具有以下特点：

a. 钢包设计成矮胖形结构，其直径与高度之比(D/H)大约为 1，盛钢水后有较大的自由空间。

b. 钢包为上大下小的锥形容器，使得电极至钢包衬壁的距离尽量增大，从而减小耐火材料指数，指数值一般限制在 300 以下，以提高钢包的寿命。

c. 钢包上部设有真空密封的水冷座圈，底部设有滑动水口与透气砖氩气接头。

d. 钢包渣线采用铬镁砖，其余部分采用高铝砖。

2) 吹氩装置 吹氩对钢液的脱气、去除夹杂、温度和成分的均匀化都有重要作用。吹氩装置通过包底的透气砖将氩气送入钢水。单透气砖最佳安装位置为距包中心 0.50R~0.62R 处(R 为钢包半径)。

3) 加热装置 加热装置既要有尽可能高的升温速度，又要减轻电弧对包衬的侵蚀，以提高钢包寿命，因此采取以下措施：

a. 采用低电压大电流操作，缩短电弧长度。

b. 短网在变压器出线端处，铜排三相接成三角形，采用集囊式水冷软电缆，以保证阻抗较低和三相间良好的阻抗平衡。

c. 采用向心倾斜电极，倾角为 1.5°~2.5°，炉盖上电极心直径为 700mm，经倾斜后电极心直径在 36t 液面上为 650mm。

4) 真空抽气装置 一般使用蒸汽喷射真空泵作为抽气设备。真空是提高钢质量的重要手段，因此，对真空泵性能提出了如下较为严格的要求：

- a. 性能稳定工作可靠；
- b. 要求达到或超过设计性能指标，如工作真空度、抽气量、抽气时间等；
- c. 真空泵安装完成后要作气密性试验，并要达到允许的漏气指标；
- d. 在保证真空泵性能的条件下，要求具有尽可能低的蒸汽和冷却水消耗量。
- e. 配套设备

(a) 采用变量泵的设计方法，即各级喷射器的抽气量不相等，低真空度级的抽气量很大，而真空度高

的级抽气量则较小,以适应快速启动、吹氧脱碳与钢液开始时放气量大的特点要求。

(b) 由于管网供应的蒸汽流量和压力波动太大,以致影响泵的正常工作的。现在趋向于设置专用燃油快装锅炉。它启动快(几分钟之内即可供汽)、蒸汽质量高。

也有由于受到工作蒸汽和冷却水供应的限制,而采用蒸汽喷射泵和水环泵组合抽气系统,充分发挥了水环泵低真空大抽速的特点。

(c) 真空泵操作采用手动、半自动和 PLC 可编程程序控制方式。

(d) 真空泵的配套设备更加完善齐备,并要求工作可靠,如设置降温除尘设备、水枪清尘设备。蒸汽和冷却水系统的控制阀门要求远控、动作快速灵便、密封良好,现用气动球阀基本满足要求,但耐温性能较差。

5) 液压系统 采用了高水基液压传动源。选用按国际标准生产的二通式插装阀集成块控制系统,技术先进、运转可靠,设备主机开动率达 99.5% 以上,使用寿命大为提高。

6) 电气控制系统及其设备 电气控制系统共分十个子系统:高压系统(HP);低压系统(LP);变压器系统(T);测温取样系统(IS);吹氩系统(AR);电极升降系统(E);钢包车控制系统(LC);合金加料系统(A);水冷系统(H);自动化(PLC)控制系统。每个系统独自设计,当系统间有联络时,按其功能在图纸上作相应设计。为了维修和接线方便,各系统元器件原则上集中布置,混合布置时,元器件要标明所属系统号。

电气设备的组成如下:高压开关柜;主变压器(电炉变压器,带调压箱和油水冷却器);电源控制柜;不停电电源;电极升降柜;水冷系统柜;仪表柜;PLC 柜;事故信号柜;主操作台;钢包车操作台;工控机(带彩色显示器及键盘);打印机。

各系统主要功能简介:

a. 高压系统 一次进线 $35\text{kV} \pm 0.35\text{kV}$ 。主要由隔离开关、电压互感器、真空断路器、氧化锌避雷器、阻容吸收等组成。检测及指示配有电压表、电流表、有功功率表、有功电度表、无功电度表。操作设计为主操作台和高压开关柜两地操作。

b. 低压系统 由动力柜将低压电源分配至各控制台柜,即提供各个系统所需的动力电源以及控制电源。

c. 变压器系统 完成变压器的调压控制和变压器各个事故信号的报警指示。调压控制分变压器室和主控室两地操作。

其中事故信号有以下几种:变压器重瓦斯*;变

压器轻瓦斯;变压器内压高;变压器油温高;开关重瓦斯;1号油水冷器故障;2号油水冷器故障;油水冷器全停*;变压器二次过电流*。其中带*号事故引入高压分闸。

d. 测温取样系统 设计为手动和自动两种操作方式,用选择开关切换。自动操作时,炉盖上孔盖打开后,测温(或取样)枪开始自动进入炉内测温(或取样),然后自动提升到顶。手动操作时,按如下顺序操作各相应的按钮:测温取样孔打开→枪体向下进入炉内→枪体上升→孔门关。测温操作时,有专门测温仪指示钢水温度。

e. 电极升降系统 设计为手动和自动两种控制方式,并可在炉前及主控室两地控制。手动控制时,操作相应按钮,可对三相电极任意一相进行单独升降控制,还设有三相电极同升(降)按钮,对三相电极进行同升(降)操作。自动控制时,在主控台上进行,将手动、自动转换开关设为自动;电极升降将根据弧压、弧流信号自动升降;电弧、电源及电极升降灵敏度可在主操作台上通过有关电位器根据需要进行调整。

电极升降自动控制原理如下:三相弧流信号经电流互感器取出后,与弧压信号分别送入电流信号变压器和电压信号变压器,经整流滤波后,在运算放大器内进行比较,将差值信号再进行放大,送入电极升降控制比例阀,比例阀将根据信号正、负、大、小来确定阀体的启闭方向及启闭程度,从而控制电极的升降速度。差值信号为零时,比例阀无输入电流,比例阀关闭,电极相对稳定。三相电极控制还设有备用相,当任意一相出现故障时,可由转换开关很方便地切换到备用相,从而保证了冶炼不致中断。

f. 钢包车控制系统 钢包车驱动选用相应功率的电机,控制选用变频调速装置,可实现钢包车运行速度的连续平滑调节。本系统设计可控制两台钢包车。钢包车的行走与加热电极上升到顶以及钢包车定位装置拔销连锁。在钢包车炉前操作设有紧急停车按钮,在事故状态时可及时刹车。

g. 水冷系统 本台炉设有两个进水分配器及两个回水箱。进水分配器总进水设有压力流量及温度仪表;回水箱每条支路均设有温度仪表。压力及温度信号送至 CRT 画面。压力过低、温度过高时有灯光及铃声报警。

h. 液压系统 主要控制除钢包车行走外的炉子的动作部分。按液压原理的要求,控制三相电极升降,加热炉盖的提升、测温取样、顶吹氩、合金加料、喂丝孔盖开闭、三相电极放松夹紧等。各个动作均进入画面显示。

i. 吹氩系统 检测氩气的压力和流量。对其压力过高、流量过低均可进行调节。

7) 自动化控制系统 钢包炉自控系统设计范围包括：真空泵系统、加料系统、钢包车系统、液压系统以及仪表接口的模数(A/D)转换、显示等。钢包炉是现代炼钢工艺中的重要设备，自控系统的设计应遵循可靠、适用、先进与经济的原则。

a. 自控系统方案 自动化控制系统与半自动化控制系统的设计都是必要的。后者半自动化状态下，操作者完全控制精炼过程。为合金添加、升温设定值和真空处理提供计算机辅助。

自控系统方案，以某厂钢包炉二级计算机控制系统为例加以说明。自动控制系统的层级结构见图 4.1-8。

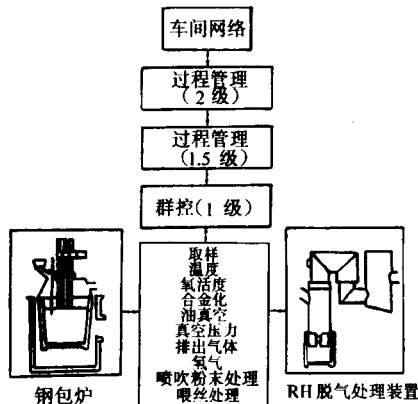


图 4.1-8 自动控制系统层级结构

下位机对钢包炉生产过程进行自动控制，选用具有抗干扰能力强的通用工业控制装置——可编程序控制器 PLC，提高控制系统的可靠性和技术装备水平。上位机对下位机进行监控，兼作 PLC 的编程器，并对冶炼过程进行辅助生产管理。上位机选用汉字功能较强的 IBM 系列(或兼容个人计算机)。

b. 系统设备配置 下位机考虑采用美国歌德公司高性能中档的可编程序控制器 PLC984X，其特点是功能强，可靠性高。

利用作编程器的个人计算机作为上位机，对冶炼过程进行监控，兼作模拟屏用，同时打印生产报表，以加强炉前辅助生产管理。个人计算机选用能与可编程序控制器 PLC 和打印机接口、汉字功能较强、运算速度快、内存容量大、CRT 分辨率较高的机种。其主要作用及功能如下：

- (a) 作 PLC984 的编程器。
- (b) 对冶炼过程进行监控，人机对话，在线设定数据，修改参数。
- (c) 作模拟屏用：对工艺要求的真空泵系统的工作流程，钢包加料、氧枪运行系统的动作画面及各种冶炼参数表格等进行显示。

(d) 打印炉、日、月报表：对钢包炉主要生产数据制表，用汉字表格打印出来。

其二级软件体系结构见图 4.1-9

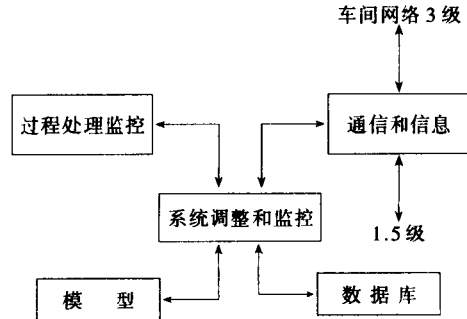


图 4.1-9 二级软件体系结构

1.2.3 应用实例与效果

1. 应用实例

上钢五厂为了提高轴承钢质量，并兼顾冶炼低碳不锈钢和超纯洁钢，于 1981 年建成我国第一台 LFV-40 吨钢包精炼炉。它具有真空脱气、真空加料、真空脱碳等功能，其设备性能见表 4.1-2。该设备从 1984 年开始每年约产 10 万吨精炼钢，至 1991 年上半年止共精炼了 50 多个钢号，近 80 万吨钢。代表性钢号有 GCr15、GCr15SiMn、86CrMoV7、20MnCr5、0Cr18Mo2、00Cr17Ni14Mo2 等。其中轴承钢为 77.6 万吨，实现了轴承钢 100% 真空精炼化。

2. 冶金效果

轴承钢的评估显示，氧含量由 1986 年平均值 15.71×10^{-6} 下降至 12×10^{-6} 以下；夹杂总量减少 40~50 $\times 10^{-6}$ ；氮含量减少 3~5 $\times 10^{-6}$ ；钒含量减少 15~20 $\times 10^{-6}$ 。经国内权威单位测试结果该厂生产的轴承钢接触疲劳寿命 L_{10} 是 SKF 炉的 1.7 倍。瑞典 SKF 公司于 1986 年对该厂生产的轴承钢进行检验得到“成分符合 SKF803 范围，组织令人满意，夹杂物含量低”的良好评价。

采用真空脱碳精炼工艺生产超低碳不锈钢，成品中碳含量可达 0.02% 以下，铬回收率在 98% 以上，氧、氮含量达到 VOD 炉的冶金效果。

1.2.4 技术经济效益分析

以上钢五厂为例，由于该厂采用了 LFV 钢包精炼炉，使产品质量水平上升了一个台阶，品种增加、成本降低、产量提高，从而增强了产品的竞争力，取得了明显的技术经济效益和社会效益。轴承钢钢包精炼费用列入表 4.1-3，低碳不锈钢成本比较列入表 4.1-4。

轴承钢精炼成本有所增加，但是降低了设备故障率、进行了工艺革新、提高了精炼炉作业率、降低了