

工业企业 电气调整手册

GONGYE QIYE DIANQI TIAOZHENG SHOUC

刘寿华 主编

冶金工业出版社

工业企业 电气调整手册

刘春华 主编

北 京
冶金工业出版社
2 0 0 0

内 容 提 要

本手册是一本实用性很强的工具书。全书着重反映了现代工业企业电气调试的新内容,主要包括基础知识、高低压电气设备及检控元器件、各种继电保护、可编程控制器、从模拟式到全数字式各种直流调速和从一般交流传动到各种交流变频调速等的调试。

本手册针对广大电气调试人员的需要和特点,较详细介绍了各电气设备和检控系统的调试方法及有关技术规范和要求,并对新型和特殊元器件及电控系统等的原理结构,做了必要的介绍与分析。

本手册适用于工业企业从事施工、生产和电气调试工作的技术人员和技术工人使用,也可供民用电气专业人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业企业电气调整手册/刘春华主编. —北京:冶金工业出版社,2000.9
ISBN 7-5024-2541-1

I. 工… II. 刘… III. 工业企业-电气设备-调整-手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14458 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 葛志祺 张登科 美术编辑 熊晓梅 责任校对 符燕蓉 责任印制 李玉山
北京梨园彩印厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2000 年 9 月第 1 版,2000 年 9 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16;57.5 印张;1814 千字;898 页;1-2500 册
165.00 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)

《工业企业电气调整手册》

编委会成员

名誉主任委员	沈鹤庭(中国第二十二冶金建设公司)
主任委员	周本怀(中国第二十二冶金建设公司)
顾问	丁蕴石(冶金部自动化研究院)
委员	葛志祺(冶金工业出版社)
	刘春华(中国第二十二冶金建设公司)
	周永华(上海宝钢冶金建设公司)
	帅争鸣(中国第一冶金建设公司)
	赵俊杰(中国第二十冶金建设公司)
	李兴华(中国第十三冶金建设公司)
	刘崇儒(中国第二十二冶金建设公司)
	何志强(中国第二十二冶金建设公司)
	史爱军(中国第二冶金建设公司)

主 编	刘春华			
副 主 编	丁蕴石	周永华	高殿森	帅争鸣
主要编审人员	刘春华	丁蕴石	周永华	高殿森
	赵俊杰	余道松	秦伟成	马小亮
	张永惠	龚世斌	王守信	王亚丽
	黄 旭	郭 宏		

全部编审人员及分工名单(见书后)

前 言

近年来,随着电力电子器件、计算机技术的发展,电控技术更趋于集成化、数字化和智能化;同时,我国许多大中型企业引进了不少当今国内外最先进的电气设备和电控技术。这就要求广大从事电气调试的工程技术人员和技术工人,不断学习新知识、掌握新技术,进一步提高和改进调试方法和操作技能,以适应我国现代化建设和社会发展的需要。

为了适应和满足当前广大电气调试人员的工作需要和迫切要求,我公司从1996年秋开始,历时3年多,在国家冶金工业局的关怀和冶金工业出版社的大力支持下,在各参编兄弟单位的配合下,负责组织了本手册的编写与审查等工作。主要参编单位有冶金部自动化研究院、上海宝钢冶金建设公司、第一冶金建设公司、第二冶金建设公司、宝钢十三冶金建设公司、宝钢二十冶金建设公司、包头钢铁公司等。由于各参编单位和参编人员的支持和积极努力,保证了本手册的编审工作的顺利完成,在此表示衷心感谢。

本手册中的大部分内容取材于施工、生产第一线,并且较多地吸收了宝钢、武钢、包钢、唐钢等现代化大型企业的电气调试经验,同时参选了早年出版的《冶金电气调整手册》部分内容,故其内容丰富和新颖实用,特别是邀请了冶金部自动化研究院、天津电气传动研究所电调专家参与,更丰富了本手册的内容,提高了手册质量。

本手册的主要特点:

(1)内容丰富、涉及面广。全书共27章,包括了基础知识、变配电和电控元器件、继电保护、可编程序控制器、模拟式和数字式直流调速、交流变频调速、大型炼铁高炉、中高频电炉、交直流电弧炉、冷热连轧机、连铸机、静电除尘、大型电解铝系统以及余热发电等,各章节涉及了有关理论知识、生产工艺、原理结构、调试方法与技术要求等,较大程度地满足了工业企业广大电气调试人员的实际需要。

(2)中外兼备、突出最新。由于近十多年来,电气方面特别是电控技术进展较快,已出版的有关手册和书籍内容大都已不适用于当今电气调整工作的需要。在这新旧交替之际,为了便于过渡和学习,本手册仍有选择性地编入了某些分立元器件、还未完全淘汰的老式继电保护元件和老式电气设备,但重点突出了当前国内外所采用的新设备和新系统,如可编程序控制器的普遍应用、多种国外的智能型继电保护、较典型的全数字直流调速系统以及各种中外交流变频调速装置等。

(3)理论结合实际。理论与实践的密切结合,是本书的重要特点。对各章的内容,在注重实践经验的同时,对有关基本原理结构、特点、工艺过程和技术要求等做了必要的介绍和分析,特别对于新的系统和一般书本上难于找到的技术理论知识,尽量多做介绍与说明,因此,实用性强,便于从事电气调整工作的人员以理论指导实践。

由于电气调整涉及内容广泛,而且近些年来在不断变化,收集整理现有新资料的时间有限,困难也较多,尽管所有参编人员尽了最大的努力,但由于水平和条件的限制,书中难免存在缺点和不足,恳请广大读者批评指正。

中国第二十二冶金建设公司

2000年2月

总目录

1	一般技术资料	1
2	电气调整基础知识	66
3	绝缘及其试验方法	81
4	变配电设备的试验	120
5	旋转电机及其试验	157
6	一般控制器件及其试验	191
7	电子逻辑及检控器件	219
8	可编程序控制器及其应用	262
9	继电保护的选择和计算	301
10	电磁型继电保护元件的调整	314
11	晶体管继电保护	348
12	智能型继电保护及其调整	389
13	继电保护及系统自动装置的系统调整	420
14	一般传动的调整	441
15	同步电动机的调整	486
16	一般晶闸管直流调速系统及其调整	508
17	全数字直流调速系统及其调整	544
18	交流调速及其调整	586
19	中高频电热装置及其调整	678
20	大型高炉上料系统的控制与调整	699
21	冷连轧机的调整	721
22	热连轧机的调整	756
23	电弧炉的调整	771
24	连铸机的调整	798
25	静电除尘器及其调整	803
26	压差发电(TRT)系统的调整	823
27	大型铝电解供电系统的调整	835

目 录

1 一般技术资料	1	2.1.1 电气调整工作内容和技术准备 工作	66
1.1 几种常用字母	1	2.1.2 外观检查	67
1.1.1 汉语拼音字母、拉丁字母和希腊 字母	1	2.2 试验电源的调节	67
1.1.2 罗马字母	2	2.2.1 小容量直流电压的调节	67
1.2 常用量及其计量单位	2	2.2.2 较大容量直流电压的调节	68
1.2.1 常用量及其计量单位一览表	2	2.2.3 直流电流的调节	68
1.2.2 用于构成十进倍数和分数单位的 词头	6	2.2.4 交流电压和电流的调节	68
1.3 常用数学公式	7	2.3 电气测量知识	69
1.3.1 对数与复数	7	2.3.1 电气测量中数据的处理	69
1.3.2 平面三角公式	7	2.3.2 电气仪表刻度盘上的标志	70
1.3.3 微分学	8	2.3.3 电气测量的误差知识	71
1.3.4 积分学	8	2.3.4 仪表的使用	73
1.3.5 级数	9	2.4 校线	74
1.3.6 拉氏变换	12	2.4.1 校线的目的和重要性	74
1.3.7 二进制、八进制、十六进制和二进 ——十进制数	14	2.4.2 校线方法	74
1.3.8 逻辑代数	16	2.5 电气调整知识	75
1.4 常用电气公式	16	2.5.1 电气调试方法	75
1.4.1 电磁场公式	16	2.5.2 电气调试中的注意事项	77
1.4.2 电路公式	20	2.5.3 电气调试中的安全技术要求	77
1.4.3 网络公式	23	2.5.4 变电所受送电	79
1.4.4 电气传动公式	24	2.5.5 电动机试车	80
1.4.5 整流电路公式	25	3 绝缘及其试验方法	81
1.5 常用技术资料	29	3.1 绝缘体的电特性及各种绝缘 试验的意义	81
1.5.1 常用物质的物理参数	29	3.1.1 电阻率和绝缘电阻	81
1.5.2 常用线规号码与线径对照	32	3.1.2 介质常数和电容比	82
1.5.3 电线、电缆资料	33	3.1.3 介质损失角	83
1.5.4 电气材料、元件、设备的允许温度 或温升	41	3.1.4 绝缘强度或击穿强度	84
1.6 常用电气图例符号和电气技术 中的文字符号	43	3.1.5 关于绝缘试验	85
1.6.1 常用电气图例符号	43	3.2 绝缘电阻和吸收比的测量	85
1.6.2 常用文字符号	64	3.2.1 使用兆欧表测量绝缘电阻的 方法	86
2 电气调整基础知识	66	3.2.2 使用电压表测量蓄电池绝缘电阻 的方法	87
2.1 电气调整工作内容和外观检查	66	3.2.3 大型电机轴承的绝缘检查方法	87
		3.2.4 吸收比反映 A 级和 B 级绝缘局部 缺陷及其受潮程度的作用	87

3.2.5 绝缘电阻的温度换算	88	4.3.1 试验项目	129
3.3 直流耐压和泄漏电流的测量	88	4.3.2 试验标准和要求	129
3.3.1 概述	88	4.3.3 试验方法	131
3.3.2 直流泄漏试验器的原理接线与 应用	89	4.4 油、空气及磁吹、真空断路器	132
3.3.3 直流试验及注意事项	90	4.4.1 试验项目	132
3.4 交流耐压试验	92	4.4.2 试验标准和要求	133
3.4.1 交流耐压试验的几种接线	92	4.4.3 试验方法	134
3.4.2 调压设备及试验变压器容量的 选择	93	4.5 六氟化硫断路器和封闭式组合 电器	137
3.4.3 高压侧电压的测量	95	4.5.1 试验项目	137
3.4.4 保护电阻及其作用	96	4.5.2 试验标准和要求	137
3.4.5 操作方法和注意事项	97	4.5.3 试验方法	138
3.5 介质损失角的测量	98	4.6 隔离开关、负荷开关及高压熔 断器	139
3.5.1 GCJS-2 型智能型介损测量仪法	98	4.6.1 试验项目	139
3.5.2 交流电桥法	99	4.6.2 试验标准和要求	139
3.5.3 电气设备和绝缘油的介质损失角 测量方法	102	4.7 母线、绝缘子及套管	139
3.5.4 介质损失角的温度换算	104	4.7.1 试验项目	139
3.6 感应耐压试验	106	4.7.2 试验标准和要求	139
3.6.1 工频感应耐压试验	106	4.7.3 母线的检查与试验	140
3.6.2 3 倍频感应耐压试验	106	4.8 电力电缆	141
3.6.3 操作(冲击)波感应耐压试验	108	4.8.1 试验项目	141
3.7 局部放电的测试	109	4.8.2 试验标准和要求	141
3.7.1 局部放电的原理结构	109	4.8.3 电缆故障的寻找方法	143
3.7.2 局部放电检测装置	111	4.9 电容器	144
3.7.3 局部放电测量的校准	112	4.9.1 试验项目	144
3.7.4 局部放电的测量方法	113	4.9.2 试验标准和要求	144
3.7.5 局部放电检测中的干扰及防 干扰措施	115	4.9.3 并联补偿的电力电容器	145
3.8 电气安全用具的试验方法	118	4.10 绝缘油	146
3.8.1 概述	118	4.10.1 试验项目和标准	146
3.8.2 常用电气安全用具的试验方法	118	4.10.2 油的击穿强度试验	148
4 变配电设备的试验	119	4.11 避雷器	149
4.1 电力变压器	119	4.11.1 试验项目	149
4.1.1 试验项目	119	4.11.2 试验标准和要求	149
4.1.2 试验标准和要求	119	4.11.3 一般检查和注意事项	150
4.1.3 试验方法	121	4.12 电力线路、配电装置及二次 回路	150
4.2 电抗器及消弧线圈	128	4.12.1 1kV 以上架空电力线路	150
4.2.1 试验项目	128	4.12.2 1kV 及以下配电装置和馈电 线路	151
4.2.2 试验标准和要求	128	4.12.3 二次回路	151
4.2.3 消弧线圈的作用	129	4.13 蓄电池组	151
4.3 互感器	129	4.13.1 蓄电池组的检测与维护	151

4.13.2 蓄电池组的充放电	152	6.3.1 JGX 系列固体时间继电器	194
4.14 接地装置	153	6.3.2 JSG1 系列固体时间继电器	198
4.14.1 接地电阻标准及降阻措施	153	6.4 热继电器	198
4.14.2 测量接地电阻的方法	154	6.4.1 概述	198
4.14.3 测量土壤电阻率的方法	155	6.4.2 JR20 系列热继电器	199
5 旋转电机及其试验	157	6.4.3 3UA5、6 系列热继电器	199
5.1 交流电动机	157	6.4.4 T 系列热继电器	201
5.1.1 试验项目	157	6.4.5 JR16B 系列热继电器	202
5.1.2 一般性检查及其要求	157	6.4.6 LR1-D 系列热继电器	203
5.1.3 试验方法及其原理和标准要求	157	6.4.7 其他热继电器	204
5.2 直流电机	163	6.4.8 热继电器的测试	205
5.2.1 试验项目	163	6.5 接触器和电磁启动器	205
5.2.2 一般性检查及其要求	163	6.5.1 概述	205
5.2.3 试验方法及其原理和标准要求	164	6.5.2 交流接触器	206
5.3 电机放大机	169	6.5.3 直流接触器	208
5.3.1 电机放大机的工作原理和基本 要求	169	6.5.4 电磁启动器	208
5.3.2 交磁放大机的静特性	171	6.5.5 接触器与电磁启动器的测试	208
5.3.3 交磁放大机的惯性	173	6.6 主令控制器	209
5.3.4 电机放大机的试验与调整	174	6.6.1 可调式凸轮主令控制器	209
5.3.5 技术数据	176	6.6.2 其他控制器和控制开关	210
5.4 测速发电机	177	6.6.3 离心开关	210
5.4.1 测速发电机的特性和主要要求	177	6.7 电磁铁	211
5.4.2 测速发电机的试验	178	6.7.1 概述	211
5.4.3 技术数据	178	6.7.2 电磁铁的测试	211
5.5 自整角机	181	6.7.3 技术数据	212
5.5.1 自整角机的简单原理和基本 特性	181	6.8 直流互感器	213
5.5.2 自整角机的试验	183	6.8.1 磁放大器的简单原理	213
5.5.3 技术数据	184	6.8.2 直流互感器	214
6 一般控制器件及其试验	191	6.9 漏电保护器	216
6.1 电磁型控制继电器	191	6.9.1 概述	216
6.1.1 通用继电器	191	6.9.2 漏电保护器的工作原理	217
6.1.2 中间继电器	191	6.9.3 漏电保护器型式与应用	217
6.1.3 电磁型继电器的测试	192	7 电子逻辑及检控器件	219
6.2 时间继电器	192	7.1 电子基本逻辑单元及电路	219
6.2.1 空气阻尼式时间继电器	192	7.1.1 概述	219
6.2.2 晶体管式时间继电器	192	7.1.2 半导体逻辑电路及单元	220
6.2.3 数字式时间继电器	193	7.1.3 RC 电路	222
6.2.4 时间继电器的测试	194	7.2 单、双稳态触发器	223
6.3 固体继电器	194	7.2.1 双稳态触发器(SC)	223
		7.2.2 单稳态触发器(DC)	225
		7.3 直流稳压器	226
		7.3.1 W ₂ -04B 型集成稳压器及其电源 线路	226

7.3.2 JZW 型稳压器	226	7.12.1 概述	252
7.3.3 WYB-12/2 型稳压器	227	7.12.2 JK 系列电子接近开关	253
7.3.4 直流稳压器的试验	229	7.12.3 其他型接近开关	256
7.4 比例积分微分(PID)调节放 大器	230	7.13 红外线光电开关	256
7.4.1 PID 调节器的构成及符号	230	7.13.1 概述	256
7.4.2 调节器的频率特性	230	7.13.2 SH 系列红外线光电开关	258
7.4.3 PID 调节器基本单元	231	7.13.3 CWY 系列红外线光电开关	259
7.4.4 PID 调节器	233	7.14 不间断电源(UPS)设备	259
7.4.5 绝对值形成器	234	7.14.1 概述	259
7.5 数/模变换器	235	7.14.2 KBTA 型静态 3 相交流不间断 电源设备	260
7.5.1 数/模(D/A)变换器的构成及 符号	235	7.14.3 DF 系列不间断电源设备	261
7.5.2 D/A 变换器的线路分析	237	8 可编程序控制器及其应用	262
7.5.3 求和放大器的作用原理	237	8.1 概述	262
7.5.4 拨码开关	238	8.1.1 工业控制机	262
7.6 可逆计数器	239	8.1.2 可编程序控制器	262
7.6.1 可逆计数单元的构成及符号	239	8.2 可编程序控制器的硬件构成	263
7.6.2 可逆计数器	239	8.2.1 硬件概况	263
7.6.3 分频器	240	8.2.2 “OMRON”C 系列输入/输出 模板	264
7.7 代码变换器	240	8.2.3 MODICOM 系列输入/输出模板	267
7.7.1 代码变换器及显示器的构成及 符号	240	8.2.4 “SIEMENS”S5 系列输入/输出 模板	268
7.7.2 代码变换器及显示器的工作 说明	241	8.3 可编程序控制器的编程语言	269
7.8 电压、电流变换器	242	8.3.1 梯形图编程	269
7.8.1 电压变换器之一	242	8.3.2 命令语句表达式编程	269
7.8.2 电压变换器之二	243	8.3.3 逻辑功能图编程	270
7.8.3 电压变换器之三	244	8.4 “OMRON”C 系列(P 型)编程 原则和指令	270
7.8.4 电流变换器	245	8.4.1 继电器和数据区	270
7.9 电压/频率变换器	247	8.4.2 编程规则与技巧	271
7.9.1 电压/频率(V/f)变换器的构成 及符号	247	8.4.3 编程指令	272
7.9.2 技术数据	248	8.5 可编程序控制器的程序执行 次序控制和数据处理	278
7.10 光电位置传感器	248	8.5.1 程序执行次序控制(流向控制)	278
7.10.1 光电位置传感器的构成及符号	248	8.5.2 数据处理功能	280
7.10.2 活套扫描器电控线路	249	8.6 编程器的应用	280
7.10.3 技术数据	249	8.6.1 概述	280
7.10.4 光位置传感器的调整	249	8.6.2 编程器操作	281
7.11 晶闸管触发脉冲控制器	250	8.7 可编程序控制器的应用	285
7.11.1 晶闸管触发脉冲控制器的构成	250	8.7.1 控制系统的设计原则	285
7.11.2 对晶闸管触发脉冲控制器的 要求	252	8.7.2 编程举例之一(星/三角降压启动	
7.12 电子接近开关	252		

装置)	287	10 电磁型继电保护元件的调整	314
8.7.3 编程举例之二(过跨车自动控制)	288	10.1 电磁型继电保护元件调试的一般检查及要求	314
8.7.4 编程举例之三(原料输送控制系统)	289	10.1.1 基本要求	314
8.8 可编程序控制器的调整	295	10.1.2 保护继电器的一般性检查及要求	314
8.8.1 调试前的准备工作	295	10.2 常用电流(电压)继电器	315
8.8.2 关于小型 PC 控制系统的调整	295	10.2.1 电磁型电流(电压)继电器	315
8.8.3 硬件单元检查和通电检测	297	10.2.2 GL-10 系列反时限继电器	317
8.8.4 接口检查试验	298	10.3 差动继电器	319
8.8.5 软件程序(用户程序)的检查和调试	298	10.3.1 BCH-2、DCD-2 型差动继电器	319
8.8.6 联动调试	299	10.3.2 LCY-1 型差电压继电器	323
9 继电保护的选择和计算	301	10.4 功率方向继电器	325
9.1 变压器保护	301	10.4.1 概述	325
9.1.1 瓦斯保护	301	10.4.2 GG-11、GG-12 感应型功率方向继电器	325
9.1.2 线圈中及引出线上短路的保护装置	301	10.4.3 LG-11、LG-12 整流型功率方向继电器	328
9.1.3 外部短路引起的过电流保护	303	10.5 LLY-1 型零序电压继电器	331
9.1.4 接地保护	304	10.5.1 原理简介	331
9.1.5 由于过负荷引起的过电流保护装置	305	10.5.2 检验项目及要求	331
9.2 3~10kV 架空及电缆线路保护	305	10.5.3 试验方法	331
9.2.1 相间短路保护	305	10.6 DT-1、DT-1/L 型同步检查继电器	332
9.2.2 单相接地保护	306	10.6.1 原理简介	332
9.3 静电电容器的保护	307	10.6.2 检验项目及要求	333
9.3.1 保护原则	307	10.6.3 检验方法	333
9.3.2 参数设定	307	10.7 LZ-2 型失磁继电器	335
9.4 电动机的保护	307	10.7.1 原理简介	335
9.4.1 相间短路保护	307	10.7.2 检验项目及要求	337
9.4.2 过载保护	309	10.7.3 试验方法	337
9.4.3 低电压保护	309	10.7.4 技术数据	338
9.4.4 单相接地保护	310	10.8 ZD-9 型转子两点接地继电器	339
9.5 发电机的保护	310	10.8.1 原理简介	339
9.5.1 防御定子线圈多相短路的保护	310	10.8.2 继电器的调试和技术数据	340
9.5.2 防御定子线圈单相接地短路的保护	311	10.9 其他几种继电器	340
9.5.3 防御外部短路的保护	311	10.9.1 时间继电器	340
9.5.4 防御定子线圈 1 相匝间短路的保护	312	10.9.2 中间继电器和信号继电器	341
9.5.5 对称过负荷保护	312	10.9.3 重合闸继电器	343
9.6 高压熔断器的保护	313	10.9.4 瓦斯继电器	345
9.6.1 应用范围与选择	313	10.9.5 低周波继电器	345
9.6.2 熔断器与某些保护的配合	313		

11 晶体管继电保护	348	11.12.1 3E 继电器的技术性能	381
11.1 晶体管继电保护及几种变换装置	348	11.12.2 动作原理	381
11.1.1 概述	348	11.12.3 3E 继电器的内部接线及试验方法	382
11.1.2 几种变换装置	348	11.13 接地电流保护继电器(低压漏电继电器)	384
11.2 电流(电压)继电器	350	11.13.1 工作原理与性能	384
11.2.1 JL-30 系列电流继电器	350	11.13.2 试验方法	384
11.2.2 JY-30 系列电压继电器	351	11.14 BG-3 型逆功率继电器	385
11.2.3 电流保护线路一例——晶体管电流速断保护	353	11.14.1 继电器结构及工作原理	385
11.3 SL-60 系列过流继电器	353	11.14.2 继电器的检验与整定	388
11.3.1 继电器结构及工作原理	353	11.14.3 技术数据	388
11.3.2 继电器的检验及整定	354	12 智能型继电保护及其调整	389
11.4 JL-18 型差电流组合继电器	356	12.1 概述	389
11.4.1 主要功能和工作原理	356	12.1.1 智能型继电器的内部结构	389
11.4.2 继电器的检验与整定	357	12.1.2 智能型继电器的功能	389
11.5 变压器差动保护	358	12.1.3 智能型继电器的工作原理	390
11.5.1 差动继电器的结构及工作原理	358	12.1.4 智能型继电器的检查及调整内容	391
11.5.2 JCD-3 型差动继电器的调试	361	12.2 电流、电压型继电器	391
11.5.3 变压器差动保护的接线	362	12.2.1 7SJ511 过电流保护继电器	391
11.6 JFY-1 型负序电压继电器	362	12.2.2 SPAC 317C 组合式过电流、接地保护继电器	399
11.6.1 用途和主要技术数据	362	12.2.3 SPAU 130C 3 相过电压和欠电压保护继电器	401
11.6.2 继电器的工作原理及其调试	363	12.3 差动保护继电器	403
11.7 SS-94 型时间继电器	365	12.3.1 7UT51 差动保护继电器	403
11.7.1 继电器结构及工作原理	365	12.3.2 SPAD 346C 差动保护继电器	408
11.7.2 继电器的主要技术数据及整定	365	12.4 其他类型保护继电器	408
11.8 JC-7 型冲击继电器	365	12.4.1 SPAC 320C 电机综合保护继电器	408
11.8.1 继电器的结构及工作原理	365	12.4.2 7UT26 差动继电器	411
11.8.2 继电器检验和调试	368	12.4.3 FUS 22 型负序继电器	411
11.9 JX-3 型闪光继电器	368	12.4.4 7SN34 型逆功率继电器	412
11.9.1 继电器结构与工作原理	368	12.4.5 欠励磁保护装置	413
11.9.2 继电器检验及整定	368	12.4.6 7U22 型两极转子接地继电器	414
11.10 ZYJ-2 型直流绝缘监视装置	368	12.4.7 定子接地保护装置	415
11.10.1 主要功能及技术数据	368	12.4.8 7SK22 型过负荷保护装置	416
11.10.2 继电器工作原理及调试	370	12.5 应用举例	416
11.11 SZH-3 型数字式周波继电器	372	12.5.1 过电流保护继电器试验	416
11.11.1 继电器主要功能及技术数据	372	12.5.2 变压器差动保护单体试验举例	418
11.11.2 继电器的工作原理	373		
11.11.3 继电器的整定	377		
11.11.4 继电器的调试和检验	378		
11.12 电动机综合保护继电器 (2E、3E)	381		

13 继电保护及系统自动装置的系统	14 一般传动的调整	441
调整	14.1 异步电动机传动系统	441
13.1 二次回路的检查及系统空	14.1.1 鼠笼型异步电动机的机械特性	
操作	和启动方式	441
13.1.1 二次回路的检查	14.1.2 鼠笼型异步电动机的软启动	443
13.1.2 系统空操作	14.1.3 绕线型异步电动机转子外接	
13.2 过流保护装置的系统调整	电阻启动	447
13.2.1 大电流检查方法和要求	14.1.4 绕线型异步电动机转子接频	
13.2.2 过流保护的系统调整	敏变阻器启动	451
13.3 变压器、电动机纵联差动保护	14.1.5 异步电动机的能耗运行	453
装置的系统调整	14.1.6 异步电动机的协调旋转	
13.3.1 系统调整的内容和要求	——电轴	454
13.3.2 变压器差动保护的系统调整	14.2 直流电动机传动系统	455
13.3.3 电动机差动保护的系统调整	14.2.1 一般调试与要求	455
13.4 线路纵联差动保护装置的	14.2.2 分激电动机启动电阻计算	456
系统调整	14.2.3 串激和复激电动机启动电阻	
13.4.1 LCD-3A 型纵差继电器	的计算	456
13.4.2 辅助导线监视装置及其他辅助	14.2.4 直流电动机反接电阻及能耗制动	
设备	电阻的计算	457
13.4.3 LCD-3A 型纵差保护装置的	14.3 异步电动机滑差调节	459
调整	14.3.1 简单原理	459
13.5 方向性横联差动保护装置	14.3.2 接触器式滑差调节器	460
的系统调整	14.3.3 频敏变阻器的滑差调节	461
13.5.1 方向性横联差动保护装置简介	14.4 电阻元件的选择	463
13.5.2 方向横联差动保护的系统调整	14.4.1 电阻器的检查和要求	463
13.6 接地保护装置的系统调整	14.4.2 电阻元件的选择	464
13.6.1 交流电网的绝缘监视装置	14.4.3 常用电阻的技术数据	464
13.6.2 无助磁零序电流互感器的接地	14.5 绕线型异步电动机的特殊调速	
保护	方式	471
13.6.3 助磁零序电流互感器的接地	14.5.1 利用制动器的调速系统	471
保护	14.5.2 单相调速	472
13.6.4 零序电流过滤器的接地保护	14.6 电磁调速电动机	473
13.7 电压互感器二次回路、瓦斯保护	14.6.1 概述	473
及自动装置的系统检查	14.6.2 基本工作原理	473
13.7.1 电压互感器二次回路的通电	14.6.3 电磁调速电动机的技术数据	474
检查	14.6.4 电磁调速电动机的控制器	475
13.7.2 变压器瓦斯保护装置的系统	14.6.5 典型控制器举例	476
检查	14.6.6 电磁调速电动机系统的调试	481
13.7.3 3 相一次重合闸装置的系统	14.6.7 控制信号输入环节	482
检查	15 同步电动机的调整	486
13.7.4 备用电源自动合闸装置的系统	15.1 异步启动的同步电动机	486
检查	15.1.1 异步启动及励磁供给方式	486

15.1.2 异步启动的同步电动机的调整	489
15.2 3相半控桥式晶闸管励磁的同步电动机	490
15.2.1 概述	490
15.2.2 3相半控桥式整流励磁线路	491
15.2.3 3相半控桥式整流励磁系统的调整	493
15.3 3相全控桥式晶体管励磁的同步电动机	494
15.3.1 系统原理结构及特点	494
15.3.2 主要环节(插件)的作用	495
15.3.3 附加插件的作用	498
15.3.4 无功补偿插件的作用	500
15.3.5 晶闸管励磁系统的调整	501
15.3.6 系统试车	507
16 一般晶闸管直流调速系统及其调整	508
16.1 模拟量直流调速控制系统及其调整	508
16.1.1 模拟量控制晶闸管直流调速系统的一般性检查	508
16.1.2 直流电动机励磁系统的调试	509
16.1.3 调节及控制器件的单元调试	509
16.1.4 检测装置的检查和调整	515
16.1.5 晶闸管变流器及其调试	517
16.1.6 逻辑控制无环流电控装置的组合调试	521
16.1.7 有环流和错位无环流系统电控装置的组合试验	522
16.1.8 反并联投入试验	523
16.1.9 电动机在速度开环控制下的空载运行	524
16.1.10 电流闭环控制的调试	524
16.1.11 速度闭环控制的调试	526
16.1.12 闭环调速系统中调节器参数的简单计算	528
16.1.13 非独立弱磁控制的直流调速系统	529
16.2 采用计算机专用模拟器调整的直流传动系统的调整(以末代直流调速系统 U_2 为例)	531
16.2.1 U_2 控制系统简介	531
16.2.2 U_2 控制系统的调整	542
17 全数字直流调速系统及其调整	544
17.1 概述	544
17.1.1 电力传动控制系统的发展方向	544
17.1.2 全数字直流调速系统的优点	544
17.2 MINISEMI-D 全数字化直流调速系统	544
17.2.1 概述	544
17.2.2 MINISEMI-D 硬件简介	546
17.2.3 MINISEMI-D 软件简介	549
17.2.4 MINISEMI-D 的故障信息及解决办法	550
17.2.5 MINISEMI-D 系统的调试	551
17.3 MAXISEMI-D 全数字直流调速系统	553
17.3.1 概述	553
17.3.2 MAXISEMI-D 硬件简介	554
17.3.3 MAXISEMI-D 软件简介	555
17.3.4 MAXISEMI-D 系统的调试	555
17.4 DC-2000 全数字直流调速系统	555
17.4.1 系统简介	555
17.4.2 DC-2000 系统的调试	559
17.5 ADD-32 全数字直流调速系统	560
17.5.1 系统简介	560
17.5.2 ADD-32 系统的调试	566
17.6 6RA24 全数字化直流调速系统	570
17.6.1 概述	570
17.6.2 6RA24 的使用与调试	570
18 交流调速及其调整	586
18.1 概况、调速方式及特点	586
18.1.1 概述	586
18.1.2 变频调速方式、特点及应用范围	586
18.2 交交变频同步电机调速系统	591
18.2.1 概述	591
18.2.2 交交变频同步电机调速系统的发展概况	592
18.2.3 交交变频器	593
18.2.4 同步电动机	595

18.2.5 同步电机矢量控制系统	597	19.1.1 概述	678
18.2.6 交交变频同步电机调速传动 系统的调试	606	19.1.2 晶闸管中频感应炉主回路及负载 回路	679
18.3 异步电动机交交变频调速传动 系统	607	19.1.3 晶闸管中频电源装置的工作 原理	680
18.3.1 系统简介	607	19.1.4 变频器的触发控制装置	682
18.3.2 异步电动机交交变频调速系统 的调试	611	19.1.5 并联变频器的启动	685
18.4 双馈电机调速系统	612	19.1.6 晶闸管中频电源装置的保护	686
18.4.1 系统简介	612	19.1.7 晶闸管中频电源装置的调整	688
18.4.2 系统调试	614	19.2 电子管式高频发生装置及其 调整	690
18.5 同步电机高压直接变频调速 系统	614	19.2.1 概述	690
18.5.1 高压直接变频系统简介	614	19.2.2 电子管式发生装置的基本原理	691
18.5.2 高压直接变频系统调试	629	19.2.3 高频发生装置的试验与调整	694
18.6 超大型同步电动机软启动	630	19.2.4 操作程序及运行维护	697
18.6.1 概述	630	20 大型高炉上料系统的控制与调整	699
18.6.2 SIMOVERT S 传动系统的主回路 结构与特点	631	20.1 概述	699
18.6.3 SIMOVERT S 电流型 AC-DC-AC 变频器的调节控制	635	20.1.1 大型高炉上料系统电控设备 配置	700
18.6.4 同步电动机的励磁系统	647	20.1.2 大型高炉自动上料程控系统 的分段	700
18.6.5 变频装置的主保护	649	20.1.3 手动运行控制	700
18.6.6 计算机的配置与功能	649	20.2 原料称量系统的程序控制	700
18.6.7 系统调整	652	20.2.1 原料称量系统中工艺设备运行 流程	700
18.7 同步电机交-直-交型变频调速系统	655	20.2.2 原料称量程序控制系统的硬件 构成	701
18.7.1 主回路构成	655	20.2.3 原料称量系统控制程序分析	702
18.7.2 同步电动机的启动	655	20.2.4 原料称量控制系统的调试	704
18.7.3 LCI 系统的调控设备	658	20.3 料车上料系统的程序控制	705
18.7.4 LCI 系统的调试	660	20.3.1 料车上料卷扬动作流程	705
18.8 交流永磁伺服(servo)电机 传动	661	20.3.2 料车上料卷扬程控系统的硬件 构成	706
18.8.1 交流永磁伺服电机系统简介	661	20.3.3 料车上料卷扬控制程序分析	706
18.8.2 系统说明	664	20.3.4 料车上料系统的调试	707
18.8.3 交流永磁伺服电机调试	666	20.4 皮带运输机上料程序控制	707
18.9 脉宽调制型逆变器(PWM 型逆 变器)	671	20.4.1 皮带运输机的控制	707
18.9.1 PWM 型逆变器的分类及工作 原理简介	671	20.4.2 原料跟踪控制程序	708
18.9.2 PWM 型逆变器的调试方法	675	20.4.3 皮带运输上料系统的调试	708
19 中高频电热装置及其调整	678	20.5 料钟式高炉炉顶装料程序 控制	708
19.1 中频感应电炉及其调整	678	20.5.1 料钟式高炉炉顶装料设备动作 流程	708

20.5.2 炉顶装料程控系统的硬件构成	709	21.2.7 力矩自适应电路	726
20.5.3 炉顶装料控制程序基本思想	709	21.2.8 电流自适应调节器	727
20.6 无料钟高炉炉顶装料设备动作		21.2.9 上下工作辊负荷平衡控制	728
流程	710	21.2.10 工作辊辊颈自动定位	729
20.7 炉顶装料控制系统的调试	711	21.2.11 磁场控制回路	730
20.7.1 设备单体运行调试	711	21.3 压下控制系统的调整	730
20.7.2 PC 程控系统的接口试验	711	21.3.1 轧机的机械结构和液压缸的	
20.7.3 程控系统的模拟调试	711	分布	730
20.7.4 系统联动运行调试	711	21.3.2 轧制力实际值的检测	731
20.8 装料制度及装料——原料称量		21.3.3 带钢头尾跟踪及轧制力控制	731
系统间的联锁控制	713	21.3.4 综合轧制力控制	732
20.8.1 装料制度及料制控制程序	713	21.3.5 位置控制	733
20.8.2 炉顶装料——原料称量系统间		21.3.6 倾斜控制	733
连锁控制程序	714	21.4 开卷机的恒张力控制系统的	
20.9 原料称量——炉顶装入全系统		调整	734
联动调试	714	21.4.1 带钢在恒张力下开卷	734
20.9.1 运行方式设定及模拟开关设置	714	21.4.2 动态卷径测量	734
20.9.2 手动方式将设备运行到初始状态		21.4.3 张力力矩计算与设定	737
及联动试车调整	715	21.4.4 加速转矩	737
20.10 探尺系统	715	21.4.5 弯曲转矩的计算与设定	739
20.10.1 探尺运行工艺及传动控制		21.4.6 电机的工作状态分析	740
特点	715	21.5 张力卷取机的系统调整	741
20.10.2 大型高炉的探尺卷扬电气传动		21.5.1 冷连轧机出口段的恒能力控制	741
系统	715	21.5.2 加速转矩数学模型	741
20.10.3 料面高度测量和位置控制	716	21.5.3 系统调试要点	744
20.10.4 探尺传动与控制系统的调试	718	21.6 滚筒飞剪的系统调整	745
20.11 布料器	719	21.6.1 滚筒飞剪的特点和结构	745
20.11.1 布料器运行工艺	719	21.6.2 飞剪控制的工艺思想	745
20.11.2 布料器运行的位置控制	719	21.6.3 飞剪的电气控制系统	746
20.11.3 布料器运行控制系统的调试	720	21.6.4 飞剪调试技术参数及计算	748
21 冷连轧机的调整	721	21.7 活套装置的调整	750
21.1 概述	721	21.7.1 活套装置简介	750
21.1.1 常规式带钢冷连轧机	721	21.7.2 活套的控制	751
21.1.2 全连续式带钢冷连轧机	721	21.7.3 活套的电路分析及调整	752
21.1.3 酸洗-连轧联合机组	722	21.7.4 活套装置的系统调整	755
21.2 轧机主传动速度控制系统的		22 热连轧机的调整	756
调整	722	22.1 热连轧机的设备配置和生产	
21.2.1 主传动整流装置	722	工艺	756
21.2.2 主传动电机速度控制方式	723	22.1.1 高速线材轧机的设备配置和工艺	
21.2.3 主传动速度给定系统	723	流程	756
21.2.4 速度数字校正环节	724	22.1.2 带钢热连轧的设备配置和生产	
21.2.5 启动及停车控制逻辑	725	工艺	757
21.2.6 速度调节器	726	22.2 加热炉区传动控制及调试	758

22.2.1 加热炉区电气传动	758	23 电弧炉的调整	771
22.2.2 步进梁控制及调试	758	23.1 概述	771
22.3 粗轧区传动控制及调试	759	23.1.1 炼钢电弧炉的生产工艺过程	771
22.3.1 粗轧主传动	759	23.1.2 炼钢电弧炉	772
22.3.2 粗轧副传动	759	23.2 电动式电极调节器的调整	778
22.4 飞剪及剪切控制	759	23.2.1 晶闸管-直流机式电极调节器 的调整	778
22.4.1 飞剪剪切动作程序及控制	759	23.2.2 晶闸管-滑差电机式电极调节器 的调整	780
22.4.2 飞剪系统的调试	759	23.3 SIMELT 液压式电极调节系统 的调整	783
22.5 精轧机主传动控制及调试	760	23.3.1 西门子 SIMELT 电极调节系统	783
22.5.1 概述	760	23.3.2 电极调节器的系统调整	786
22.5.2 精轧主传动速度给定系统	760	23.3.3 系统精调	787
22.5.3 精轧主传动速度给定系统的 调试	761	23.4 直流电弧炉晶闸管整流装置 的调整	788
22.6 精轧活套控制及调试	762	23.4.1 整流装置的构成及特点	788
22.6.1 带钢套量(活套高度)及带钢张力 控制	762	23.4.2 整流装置的系统调整	789
22.6.2 活套挑的起、落动作控制	762	23.5 电弧炉炉体操作系统的调整	791
22.6.3 活套挑控制系统的调试	763	23.5.1 炉体操作工艺简介	791
22.7 压下 AGC(自动厚度)控制 及调试	763	23.5.2 炉体操作系统功能调整	792
22.7.1 AGC 电气控制原理	763	23.6 主要操作流程图例	793
22.7.2 电动压下螺丝的调试	763	23.6.1 炉体倾动流程	793
22.7.3 液压缸动作的调试	764	23.6.2 自动出钢流程	793
22.8 热输送辊道及卷取系统的传 动控制及调试	764	23.6.3 炉盖打开和关闭流程	794
22.8.1 电气传动系统的控制	764	23.6.4 电极孔盖打开和关闭流程	794
22.8.2 电气传动系统的调试	764	23.6.5 炉体锁定和解锁流程	794
22.9 卷取过程自动化控制	764	23.6.6 出钢挡板打开和关闭流程	795
22.9.1 卷取过程自动化控制	764	23.6.7 填沙和填沙存放流程	795
22.9.2 卷取自动控制系统的调试	766	23.6.8 钢包运输车到位流程	796
22.10 卸卷动作程序控制	767	23.6.9 速度设定流程	797
22.10.1 卸卷动作程序	767	24 连铸机的调整	798
22.10.2 卸卷程序控制及调试	767	24.1 连铸机的工艺特点与运行 方式	798
22.11 热连轧机电气控制系统的 联动调试	768	24.1.1 连铸机的工艺特点	798
22.11.1 基础自动化级控制系统的 调试	768	24.1.2 板坯连铸机的运行方式	798
22.11.2 加热炉区联动试验	768	24.1.3 连铸新工艺技术与电控系统 的关系	799
22.11.3 粗轧区联动试验	769	24.2 连铸电控系统的构成	799
22.11.4 精轧区联动试验	769	24.2.1 电控系统各部与过程计算机之间 的关系	799
22.11.5 卷取区联动试验	770		
22.11.6 热负荷联动试车	770		