

《实用机械电气技术手册》编委会 编

# 实用机械电 气技术手册

山东科学技术出版社

# 实用机械电气技术手册

《实用机械电气技术手册》编委会 编

山东科学技术出版社

**实用机械电气技术手册**  
《实用机械电气技术手册》编委会 编

\*

山东科学技术出版社出版  
(济南市玉函路 邮政编码 250002)

山东科学技术出版社发行  
(济南市玉函路 电话 2014651)

山东新华印刷厂德州厂印刷

\*

787mm×1092mm 16开本 103印张 4插页 3000千字

1999年3月第1版第3次印刷

印数:8 001—12 000

ISBN 7—5331—1306—3  
TH·26 定价:95.00元

# 《实用机械电气技术手册》

## 编 委 会

**主 任** 臧凤山  
**副 主 任** 宋家成  
**委 员** (以姓氏笔画为序)  
王绍泳 王振声 许传俊 刘涤石  
宋家成 张春雷 赵秀廷 徐延漪  
臧凤山

**主 编** 宋家成  
**编写人员** (以姓氏笔画为序)  
亓玉峰 王绍泳 王振声 王 辉  
刘希民 刘涤石 刘锁柱 许传俊  
宋家成 宋 雯 吴耀华 杨 波  
尚红卫 范桂玲 季致和 张丹羽  
张 勇 张贵堂 张春雷 赵秀廷  
徐延漪 娄桂泉 逢海萍 谢沛清  
蒋振芳 臧凤山

# 前 言

随着科学技术的发展,各种机械设备的电气控制技术和水平在不断提高。由接触器—继电器发展到电机扩大机系统、晶闸管调速系统、程控系统、数控系统、计算机控制系统,这一系列的进展对提高生产率和加工质量,减轻工人劳动强度,固然大有好处,但也给维修电气线路带来很大困难,对选用、安装、调试这些先进控制技术的人员提出了更高的要求。为了帮助从事机械设备电气控制的科技人员和技术工人提高业务水平和工作效率,山东省机械工业厅组织编写了这本大型工具书——《实用机械电气技术手册》。

本手册分为基础知识、电器、电机、继电接触控制、扩大机与磁放大器自动控制、晶闸管直流调速、交流调速、数显、数控、程控等十篇 54 章,详细介绍了机械设备的各种自动控制技术的电路、仪器、仪表等的原理、结构、使用、安装、调试及故障分析与维修等内容。

本手册编写过程中,注重了内容的实用性、先进性和可靠性,尽可能达到资料齐全、内容简炼、准确无误、查阅方便。对于一般从事机械电气使用和维修的人员来说,都存在“原理好学,故障难查;使用较易,故障难修”的问题。有鉴于此,本手册在写实例或系统的故障检修时,既写故障的现象和原因,又写查找故障的方法和技巧,即用最少的检查点、最简炼的方法,以最快的速度把故障缩小到最小的范围内。

参加本手册编写和审校的有山东工业大学、山东建材学院、武汉工业大学、山东聊城运输机械厂、济南第二机床厂、山东轻工业学院、山东省盐业学校、聊城师范学院等单位的 20 余名教授和高级工程师。

在本手册编写过程中,得到了陈登魁、尚环娣、季如峰、李长清、孙钊、郝金奎、张凤智、向玉、杨玉海等同志的大力帮助,在此谨向他们表示衷心感谢。由于水平有限、时间紧迫,书中谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

《实用机械电气技术手册》编委会

1993 年 10 月

# 目 录

## 基础知识篇

<b>第1章 常用资料</b> .....	1	3.1.4 数的定点与浮点表示法	76
1.1 符号和图形 .....	1	3.1.5 码制 .....	77
1.1.1 量的基本符号 .....	1	<b>3.2 逻辑代数中的逻辑函数与运算</b>	
1.1.2 电气设备常用文字符号 .....	2	.....	77
1.1.3 电气图常用图形符号 .....	4	3.2.1 变量运算 .....	77
1.1.4 国外电气图图形符号 .....	23	3.2.2 逻辑代数的基本公式及规则 .....	79
1.2 计量单位与换算 .....	34	<b>3.3 逻辑表达式</b> .....	81
1.2.1 常用计量单位 .....	34	3.3.1 最小项形式与最大项形式 .....	81
1.2.2 单位换算 .....	38	3.3.2 逻辑式的其他不同形式 .....	83
1.3 电工定律和计算公式 .....	40	3.3.3 真值表与卡诺图 .....	84
1.3.1 电工定律、定则 .....	40	<b>3.4 逻辑函数的简化</b> .....	86
1.3.2 常用电工公式 .....	40	3.4.1 公式法 .....	86
1.3.3 平面三角和复数运算公式 .....	48	3.4.2 卡诺图法 .....	86
<b>第2章 电工电子测量</b> .....	49	3.4.3 具有无关项的逻辑函数的简化 .....	88
2.1 电工仪表的分类与结构原理 .....	49	3.4.4 Q—M法 .....	89
2.1.1 分类 .....	49	<b>第4章 自动控制原理</b> .....	91
2.1.2 符号 .....	50	4.1 线性反馈控制系统 .....	91
2.1.3 结构原理与使用 .....	52	4.1.1 自动控制的基本知识 .....	91
2.2 常用电工仪表与测量方法 .....	53	4.1.2 自动控制系统的数学描述 .....	93
2.2.1 电流表与电流的测量 .....	53	4.1.3 控制系统的品质指标 .....	103
2.2.2 电压表与电压的测量 .....	55	4.1.4 自动控制系统的分析 .....	105
2.2.3 欧姆表与电阻的测量 .....	56	4.1.5 控制系统的校正方法 .....	118
2.2.4 兆欧表与绝缘电阻的测量 .....	56	4.1.6 常规 P·I·D 控制规律及应用	
2.2.5 瓦特表与功率的测量 .....	57	.....	120
2.2.6 万用表 .....	60	4.2 非线性控制系统 .....	123
2.3 电桥与电位差计 .....	61	4.2.1 概述 .....	123
2.3.1 直流电桥 .....	61	4.2.2 描述函数及其分析法 .....	125
2.3.2 电位差计 .....	64	4.2.3 相平面及其分析法 .....	126
2.4 电子测量仪器 .....	65	4.2.4 非线性控制系统的稳定性分析 .....	128
2.4.1 电子示波器 .....	65	4.2.5 利用非线性特性改善系统的	
2.4.2 数字频率计 .....	68	动态品质 .....	129
2.4.3 数字电压表 .....	69	4.3 采样(离散)控制系统 .....	130
<b>第3章 逻辑控制数学基础</b> .....	72	4.3.1 概述 .....	130
3.1 数的表示 .....	72	4.3.2 信号采样过程及采样定理	
3.1.1 十进制、二进制、 $2^k$ 进制数 .....	72	.....	131
3.1.2 各种进制数之间的转换 .....	74	4.3.3 信号复原及实用保持器 .....	132
3.1.3 二—十进制(BCD)码 .....	75	4.3.4 离散系统的数学描述 .....	133

## 电 器 篇

<b>第5章 概述</b> .....	139	6.4 熔断器的选用.....	155
5.1 电器的分类与型号.....	139	6.4.1 机械设备电气保护熔断器的选用.....	155
5.1.1 电器的分类.....	139	6.4.2 快速熔断器的选用.....	156
5.1.2 电器的型号.....	140	6.5 熔断器的故障分析.....	156
5.2 常用技术术语.....	142	6.5.1 电动机起动瞬间熔体即熔断.....	156
5.2.1 参数术语.....	142	6.5.2 熔丝未熔断但电路不通.....	156
5.2.2 技术性能术语.....	143	6.6 刀开关的用途与分类.....	156
5.2.3 一般术语.....	143	6.6.1 用途.....	156
5.3 低压电器的工作条件.....	143	6.6.2 分类.....	156
5.3.1 环境温度.....	143	6.7 刀开关的结构原理.....	160
5.3.2 海拔.....	143	6.7.1 胶盖瓷底闸刀开关.....	160
5.3.3 大气条件.....	143	6.7.2 负荷开关.....	160
5.3.4 污染等级.....	143	6.7.3 组合开关.....	160
5.4 常用电器的质量标准.....	144	6.7.4 刀开关.....	161
5.4.1 控制要求.....	144	6.8 刀开关的技术数据.....	161
5.4.2 机械部分的要求.....	144	6.9 刀开关的选择与使用.....	164
5.4.3 灭弧系统的要求.....	144	6.9.1 选择.....	164
5.4.4 触点、铁心的要求.....	144	6.9.2 使用.....	164
5.4.5 联锁的要求.....	144	6.10 刀开关的常见故障与检修.....	165
5.4.6 线圈固定的要求.....	144	<b>第7章 断路器和接触器</b> .....	166
5.4.7 其他要求.....	144	7.1 断路器的用途与分类.....	166
<b>第6章 熔断器和刀开关</b> .....	144	7.2 断路器的结构.....	167
6.1 熔断器的用途和分类.....	144	7.2.1 框架式断路器.....	167
6.1.1 用途.....	144	7.2.2 塑壳式断路器.....	167
6.1.2 分类.....	145	7.2.3 直流快速断路器.....	167
6.2 熔断器的主要技术指标及数据.....	146	7.3 断路器主要元件.....	167
6.2.1 A—s 特性.....	146	7.3.1 触点.....	167
6.2.2 熔化系数.....	146	7.3.2 灭弧装置.....	168
6.2.3 额定电压及过电压.....	146	7.3.3 动作机构.....	168
6.2.4 额定电流.....	146	7.3.4 脱扣器.....	168
6.2.5 分断能力.....	150	7.4 断路器的工作原理.....	169
6.2.6 技术数据.....	150	7.4.1 复式脱扣断路器.....	169
6.3 熔断器的结构原理.....	154	7.4.2 漏电保护断路器.....	169
6.3.1 熔体.....	154	7.5 断路器的技术数据.....	169
6.3.2 RL1 系列螺旋式熔断器.....	154	7.6 断路器的选择与使用.....	176
6.3.3 RT0 系列熔断器.....	154	7.6.1 选择.....	176
6.3.4 快速熔断器.....	155	7.6.2 使用注意事项.....	176
6.3.5 自复熔断器.....	155	7.7 断路器的常见故障分析.....	176
6.3.6 电子设备常用的熔断器.....	155	7.7.1 电路欠(失)压时断路器不能	

脱扣 .....	176	.....	195
7.7.2 合闸时脱扣或触点不能闭合 .....	176	8.2.4 技术数据 .....	196
7.7.3 电流脱扣器不能使断路器分断 .....	176	8.2.5 选择与使用 .....	201
7.7.4 电流不到整定范围, 断路器自动 断开 .....	176	8.2.6 故障与检修 .....	201
7.7.5 电动操作断路器不能闭合 .....	176	8.3 时间继电器 .....	201
7.7.6 其他故障 .....	177	8.3.1 空气阻尼式时间继电器的结构 原理 .....	201
7.8 接触器的用途与分类 .....	177	8.3.2 电动式时间继电器的结构原理 .....	203
7.9 接触器的主要技术指标和数据 .....	178	8.3.3 电子式时间继电器的结构原理 .....	203
7.9.1 额定工作电压和电流 .....	178	8.3.4 技术数据 .....	205
7.9.2 额定工作制 .....	179	8.3.5 选择与使用 .....	208
7.9.3 使用类别 .....	179	8.3.6 故障与检修 .....	208
7.9.4 通断能力 .....	179	8.4 热继电器 .....	209
7.9.5 操作频率 .....	179	8.4.1 用途与分类 .....	209
7.9.6 机械寿命和电寿命 .....	179	8.4.2 结构原理 .....	209
7.9.7 接触器的技术数据 .....	179	8.4.3 基本性能与主要参数 .....	209
7.10 交流接触器的结构原理 .....	185	8.4.4 技术数据 .....	210
7.10.1 电磁系统 .....	185	8.4.5 选择与使用 .....	213
7.10.2 触点系统 .....	186	8.4.6 故障与检修 .....	214
7.10.3 灭弧装置 .....	187	8.5 速度继电器 .....	215
7.10.4 其他部分 .....	188	8.5.1 结构原理 .....	215
7.11 直流接触器的结构原理 .....	189	8.5.2 技术数据 .....	215
7.11.1 电磁系统 .....	189	8.5.3 选择与使用 .....	216
7.11.2 触点系统 .....	189	8.5.4 故障与检修 .....	216
7.12 接触器选择与使用 .....	189	<b>第9章 其他控制电器</b> .....	217
7.12.1 选择 .....	189	9.1 按钮 .....	217
7.12.2 使用 .....	190	9.1.1 用途与分类 .....	217
7.13 接触器常见故障与检修 .....	191	9.1.2 结构原理 .....	217
7.13.1 电磁系统的故障 .....	191	9.1.3 技术数据 .....	218
7.13.2 触点系统的故障 .....	191	9.1.4 选择与使用 .....	223
7.13.3 灭弧系统的故障 .....	192	9.1.5 故障与检修 .....	223
7.13.4 接触器修理 .....	192	9.2 位置开关 .....	224
<b>第8章 控制继电器</b> .....	194	9.2.1 用途与分类 .....	224
8.1 用途、分类与主要技术参数 .....	194	9.2.2 有触点行程开关的结构原理 .....	224
8.1.1 用途与分类 .....	194	9.2.3 无触点行程开关的结构原理 .....	225
8.1.2 主要技术参数 .....	194	9.2.4 技术数据 .....	225
8.2 电磁式继电器 .....	194	9.2.5 选择与使用 .....	229
8.2.1 直流通用继电器的结构原理 .....	194	9.2.6 故障与检修 .....	230
8.2.2 交流中间继电器的结构原理 .....	195	9.3 万能转换开关及主令开关 .....	230
8.2.3 交直流中间继电器的结构原理		9.3.1 用途与分类 .....	230
		9.3.2 结构原理 .....	231
		9.3.3 技术数据 .....	232
		9.3.4 选择与使用 .....	233



9.3.5 故障与检修 .....	233	9.5.2 电阻器的主要技术参数及材料的要求 .....	237
9.4 电磁铁 .....	233	9.5.3 电阻器的结构及材料特性 .....	237
9.4.1 用途与分类 .....	233	9.5.4 变阻器的用途与分类 .....	239
9.4.2 结构原理 .....	233	9.5.5 变阻器的结构 .....	239
9.4.3 工作参数 .....	234	9.5.6 技术数据 .....	240
9.4.4 技术数据 .....	234	9.5.7 选择与使用 .....	246
9.4.5 选择与使用 .....	236	9.5.8 电阻器与变阻器的故障与检修 .....	249
9.4.6 故障与检修 .....	236		
9.5 电阻器与变阻器 .....	236		
9.5.1 电阻器的用途与分类 .....	236		

## 电 机 篇

<b>第 10 章 概述</b> .....	251	11.2 多速异步电动机绕组 .....	282
10.1 分类 .....	251	11.2.1 基本概念 .....	282
10.1.1 电机的外壳防护 .....	251	11.2.2 变极变速原理 .....	283
10.1.2 电机的冷却 .....	252	11.2.3 四速电动机 .....	293
10.2 电机常用技术标准 .....	253	11.3 异步电动机运行特性 .....	296
10.2.1 电机的允许温升 .....	253	11.3.1 转差率 .....	296
10.2.2 允许振动与轴承润滑技术数据 .....	254	11.3.2 定转子之间的电磁关系、功率和转矩 .....	296
10.2.3 电机与机械连接的允许公差 .....	255	11.3.3 机械特性 .....	298
10.2.4 电机的定额及额定数据 .....	255	11.3.4 工作特性 .....	298
10.2.5 电机型号 .....	255	11.4 技术数据 .....	299
10.2.6 电机的线端标志 .....	256	11.4.1 Y 系列 (IP44) 三相异步电动机技术数据 .....	299
10.3 电动机的选择 .....	258	11.4.2 Y 系列 (IP23) 三相异步电动机技术数据 .....	299
10.3.1 电动机类型的选择 .....	258	11.4.3 Y 系列不同频率、不同电压三相异步电动机技术数据 .....	299
10.3.2 电力传动的计算公式及机械参数 .....	260	11.4.4 YD 系列变极多速三相异步电动机技术数据 .....	319
10.3.3 平稳负载连续工作制电动机功率选择及容量校验 .....	265	11.4.5 JDO2 系列变极多速三相异步电动机技术数据 .....	326
10.3.4 波动负载长期工作制电动机的功率计算及容量校验 .....	265	11.4.6 JO2 系列三相异步电动机技术数据 .....	331
10.3.5 短时工作制电动机的功率选择及容量校验 .....	267	11.4.7 J2 系列三相异步电动机技术数据 .....	333
10.3.6 断续周期工作制电动机的功率选择及容量校验 .....	268	11.5 运行、维护及故障检查 .....	334
<b>第 11 章 三相异步电动机</b> .....	269	11.5.1 电动机的运行与维护 .....	334
11.1 结构原理与用途 .....	269	11.5.2 电动机的故障检查 .....	335
11.1.1 分类 .....	269	11.6 电动机修理 .....	338
11.1.2 型号与用途 .....	270	11.6.1 定子绕组受潮、接地的修理 .....	338
11.1.3 结构 .....	275	11.6.2 定子绕组短路的修理 .....	338
11.1.4 工作原理 .....	276		
11.1.5 绕组的基本概念 .....	278		
11.1.6 绕组的基本形式 .....	279		

11.6.3 绕组断路的修理·····	339	13.1.5 技术数据·····	414
11.6.4 鼠笼转子断笼的修理·····	340	13.1.6 选择与使用·····	417
11.6.5 绕线转子的局部修理·····	340	13.1.7 常见故障与检修·····	418
<b>第12章 直流电机</b> ·····	341	<b>13.2 步进电动机</b> ·····	419
12.1 用途与分类·····	341	13.2.1 用途与分类·····	419
12.1.1 用途·····	341	13.2.2 结构原理·····	420
12.1.2 分类·····	342	13.2.3 步距角·····	422
12.2 结构原理·····	344	13.2.4 运行特性·····	422
12.2.1 结构·····	344	13.2.5 技术数据·····	425
12.2.2 工作原理·····	346	13.2.6 选择与使用·····	427
12.2.3 励磁方式及接线·····	347	13.2.7 常见故障与检修·····	428
12.2.4 铭牌·····	348	13.2.8 绕组修理·····	429
12.3 电机特性·····	349	<b>13.3 伺服电动机</b> ·····	430
12.3.1 直流发电机的工作特性·····	349	13.3.1 交流伺服电动机的结构与分类·····	430
12.3.2 直流电动机的工作特性·····	350	13.3.2 交流伺服电动机的工作原理·····	431
12.4 电机绕组·····	351	13.3.3 两相交流伺服电动机的特性·····	431
12.4.1 基本概念·····	351	13.3.4 直流伺服电动机的结构与分类·····	433
12.4.2 单叠绕组·····	351	13.3.5 直流伺服电动机的工作原理·····	433
12.4.3 单波绕组·····	353	13.3.6 直流伺服电动机的特性·····	433
12.4.4 复叠绕组·····	355	13.3.7 技术数据·····	434
12.4.5 复波绕组·····	356	13.3.8 选择与使用·····	440
12.4.6 均压线·····	356	<b>13.4 测速发电机</b> ·····	441
12.4.7 混合绕组·····	357	13.4.1 用途与分类·····	441
12.5 电枢反应·····	358	13.4.2 直流测速发电机·····	441
12.5.1 电枢反应的产生·····	358	13.4.3 交流测速发电机·····	442
12.5.2 直流发电机的电枢反应·····	358	13.4.4 技术数据·····	444
12.5.3 直流电动机的电枢反应·····	358	13.4.5 选择与使用·····	446
12.6 电机换向·····	359	<b>13.5 自整角机</b> ·····	447
12.6.1 换向过程·····	359	13.5.1 用途与分类·····	447
12.6.2 换向元件内的电势和电势方程·····	359	13.5.2 结构原理·····	448
12.6.3 换向火花及改善换向方法·····	360	13.5.3 特性及技术指标·····	450
12.7 技术数据·····	360	13.5.4 技术数据·····	451
12.7.1 Z2系列直流电机技术数据·····	360	13.5.5 选择与使用·····	454
12.7.2 Z3系列直流电机技术数据·····	360	13.5.6 常见故障与检修·····	454
12.7.3 龙门刨床用直流电机技术数据·····	404	<b>13.6 旋转变压器</b> ·····	455
12.8 使用与维修·····	405	13.6.1 用途与分类·····	455
12.8.1 使用·····	405	13.6.2 结构原理及特性·····	455
12.8.2 常见故障与检查·····	405	13.6.3 主要性能指标·····	457
12.8.3 直流电机的修理·····	408	13.6.4 技术数据·····	457
<b>第13章 控制电机</b> ·····	410	13.6.5 选择与使用·····	460
13.1 电机扩大机·····	410	<b>第14章 变压器与电抗器</b> ·····	461
13.1.1 用途与分类·····	410	14.1 用途与分类·····	461
13.1.2 结构原理·····	411	14.1.1 变压器的用途与分类·····	461
13.1.3 工作特性·····	412	14.1.2 电抗器的用途与分类·····	462
13.1.4 去磁效应对扩大机特性的影响·····	413	14.2 结构原理·····	462

14.2.1 变压器的结构·····	462	14.3.4 电抗器·····	474
14.2.2 变压器的技术指标·····	463	14.4 常见故障及检修·····	476
14.2.3 变压器的工作原理·····	464	14.4.1 变压器故障的检查及原因分析··	476
14.2.4 铁心式电抗器的结构·····	465	14.4.2 变压器的检修·····	478
14.3 选择与使用·····	466	14.5 绕制和计算·····	478
14.3.1 控制变压器·····	466	14.5.1 线圈的重绕·····	478
14.3.2 整流变压器·····	470	14.5.2 整流变压器主要参数的计算·····	479
14.3.3 脉冲变压器·····	474	14.5.3 交流铁心电抗器容量的计算·····	480

## 继电接触控制篇

<b>第 15 章 识图知识与基本电路</b> ·····	481	<b>第 16 章 电路故障的检查方法</b> ·····	512
15.1 识图知识·····	481	16.1 直观法·····	512
15.1.1 图形及符号·····	481	16.1.1 检查步骤·····	512
15.1.2 电气原理图·····	482	16.1.2 检查方法及注意事项·····	512
15.1.3 电器布置图·····	485	16.2 测量电压法·····	512
15.1.4 电气安装接线图·····	485	16.2.1 检查方法与步骤·····	512
15.2 三相异步电动机全压起动控制 电路·····	485	16.2.2 注意事项·····	515
15.2.1 单向起动控制电路·····	485	16.3 测量电阻法·····	515
15.2.2 正反转控制电路·····	487	16.3.1 检查方法与步骤·····	515
15.2.3 位置控制与自动往返控制电路··	490	16.3.2 注意事项·····	516
15.3 异步电动机降压起动控制 电路·····	491	16.4 对比法、置换元件法、逐步 开路(或接入)法·····	516
15.3.1 串联电阻降压起动控制电路·····	492	16.4.1 检查方法与步骤·····	516
15.3.2 星—三角降压起动控制电路·····	494	16.4.2 注意事项·····	517
15.3.3 补偿器降压起动控制电路·····	496	16.5 强迫闭合法·····	517
15.3.4 延边三角形降压起动控制电路··	498	16.5.1 检查方法与步骤·····	517
15.4 异步电动机制动控制电路·····	498	16.5.2 注意事项·····	517
15.4.1 能耗制动控制电路·····	499	16.6 短接法·····	518
15.4.2 反接制动控制电路·····	501	16.6.1 检查方法与步骤·····	518
15.4.3 电容电磁制动控制电路·····	504	16.6.2 注意事项·····	519
15.4.4 再生发电制动·····	504	16.7 检修经验·····	519
15.4.5 机械制动·····	504	16.7.1 区别易坏部位和不易坏部位·····	519
15.5 多速异步电动机控制电路·····	505	16.7.2 利用人体感官检查电气故障·····	520
15.5.1 双速异步电动机控制电路·····	505	16.7.3 牢记基本电路及机电联锁关系··	521
15.5.2 三速异步电动机控制电路·····	505	16.7.4 造成疑难故障的原因·····	521
15.6 直流电动机控制电路·····	506	16.8 电气设备的维护和保养·····	521
15.6.1 手控起动电路·····	506	16.8.1 维护保养工作的必要措施·····	521
15.6.2 并励电动机起动与调速电路·····	508	16.8.2 日常维护保养工作的主要内容 ·····	521
15.6.3 改变励磁电流进行调速的控制 电路·····	509	<b>第 17 章 常用机床电路的故障及检修</b> ·····	523
15.6.4 正反转控制电路·····	509	17.1 普通车床·····	523
15.6.5 反接制动控制电路·····	511	17.1.1 C620 普通车床·····	523

17.1.2 C616 普通车床 .....	524	17.5 镗床 .....	548
17.2 钻床 .....	526	17.5.1 T68 型卧式镗床 .....	548
17.2.1 Z5163 型立式钻床 .....	526	17.5.2 T610 型卧式镗床 .....	552
17.2.2 Z35 型摇臂钻床 .....	531	17.6 滚齿机 .....	565
17.3 磨床 .....	535	17.6.1 YB3120 型滚齿机概况与控制 要求 .....	565
17.3.1 M7120 型平面磨床 .....	535	17.6.2 YB3120 型滚齿机控制电路与 故障检修 .....	566
17.3.2 M1432A 万能外圆磨床 .....	539	17.7 立式车床 .....	571
17.4 铣床 .....	542	17.7.1 C5225 型双柱立式车床 .....	571
17.4.1 X62W 型万能铣床概况和控制 要求 .....	542	17.7.2 C534J 双柱立式车床 .....	579
17.4.2 X62W 型铣床控制电路与故障 检修 .....	543		

## 扩大机与磁放大器自动控制篇

<b>第 18 章 概述</b> .....	587	19.4.3 电流正反馈的调整 .....	597
18.1 电力拖动与自动控制 .....	587	19.5 电势负反馈环节 .....	598
18.1.1 电力拖动的类型与特点 .....	587	19.5.1 工作原理 .....	598
18.1.2 自动控制的分类 .....	588	19.5.2 电势负反馈的作用 .....	598
18.1.3 方框图 .....	588	19.5.3 电势负反馈的调整 .....	598
18.2 开环与闭环控制系统 .....	589	19.6 电流截止负反馈环节 .....	598
18.2.1 开环控制系统 .....	589	19.6.1 工作原理 .....	599
18.2.2 闭环控制系统 .....	589	19.6.2 电流截止负反馈的作用 .....	599
18.3 自动调速系统的质量指标 .....	590	19.6.3 电流截止负反馈的调整 .....	600
18.3.1 调速的种类与性质 .....	590	19.7 稳定环节 .....	600
18.3.2 静态指标 .....	591	19.7.1 阻容稳定环节 .....	600
18.3.3 动态指标 .....	591	19.7.2 稳定变压器环节 .....	601
<b>第 19 章 电机扩大机自动控制系统的 基本环节及其调整</b> .....	592	19.7.3 桥形稳定环节 .....	602
19.1 直流发电机—电动机系统 .....	593	<b>第 20 章 龙门刨床的控制系统</b> .....	602
19.1.1 系统的组成 .....	593	20.1 B2012A 型龙门刨床 .....	602
19.1.2 机械特性 .....	593	20.1.1 机床概况 .....	602
19.1.3 速度调节 .....	593	20.1.2 电气控制系统简介 .....	604
19.2 电机扩大机—电动机系统 .....	594	20.1.3 电路工作原理 .....	611
19.2.1 系统的组成 .....	594	20.1.4 电气设备的安装和调试 .....	618
19.2.2 速度调节 .....	594	20.1.5 常见故障及检查 .....	626
19.2.3 机械特性 .....	594	20.2 B220 型龙门刨床 .....	632
19.3 电压负反馈环节 .....	595	20.2.1 电气控制系统简介 .....	632
19.3.1 工作原理 .....	595	20.2.2 调压调速环节 .....	632
19.3.2 电压负反馈的作用 .....	595	20.2.3 调磁调速环节 .....	638
19.3.3 电压负反馈的形式 .....	596	20.3 B210 型龙门刨床 .....	647
19.3.4 电压负反馈的调整 .....	596	20.3.1 转控机的结构原理 .....	647
19.4 电流正反馈环节 .....	597	20.3.2 桥形电路及各电阻的作用 .....	648
19.4.1 工作原理 .....	597	20.3.3 试车与调整 .....	650
19.4.2 电流正反馈的作用 .....	597	20.3.4 B210 型龙门刨床的电气改造 方案 .....	652

<b>第 21 章 磁放大器及其控制设备</b> .....	653	21.3 磁放大器特性曲线位移及双拍式磁放大器 .....	659
21.1 磁放大器的结构原理 .....	653	21.3.1 特性曲线位移 .....	659
21.1.1 结构与铁心材料 .....	653	21.3.2 双拍磁放大器 .....	660
21.1.2 工作原理 .....	654	21.4 技术数据 .....	660
21.1.3 磁放大器的接线 .....	655	21.5 应用实例 .....	663
21.2 磁放大器的工作特性及参数 .....	656	21.5.1 B2151 龙门刨床 .....	663
21.2.1 工作特性 .....	656	21.5.2 C61160 型重型车床 .....	668
21.2.2 磁放大器的工作参数 .....	656		
21.2.3 磁放大器的反馈 .....	657		

## 晶闸管直流调速篇

<b>第 22 章 晶体管电路基础</b> .....	671	特性 .....	750
22.1 常用半导体器件 .....	671	23.2.1 电流连续时的机械特性 .....	750
22.1.1 半导体二极管 .....	672	23.2.2 电流断续时的机械特性 .....	750
22.1.2 双极结型半导体三极管 .....	680	23.3 晶闸管逆变电路 .....	751
22.1.3 单极结型半导体三极管 .....	698	23.3.1 有源逆变的概念 .....	751
22.1.4 晶闸管 .....	701	23.3.2 有源逆变电路 .....	752
22.2 晶体管放大电路 .....	706	23.3.3 无源逆变的概念 .....	753
22.2.1 电压放大电路 .....	706	23.3.4 无源逆变电路 .....	754
22.2.2 反馈放大电路 .....	710	23.4 晶闸管的保护与选择 .....	756
22.2.3 功率放大电路 .....	713	23.4.1 晶闸管的保护 .....	756
22.2.4 直流放大电路 .....	714	23.4.2 晶闸管的选择 .....	760
22.3 集成运算放大器 .....	716	<b>第 24 章 晶闸管触发电路</b> .....	761
22.3.1 基本组成部分 .....	716	24.1 常用触发电路 .....	761
22.3.2 基本技术指标 .....	717	24.1.1 对触发电路的要求 .....	761
22.3.3 应用基础 .....	718	24.1.2 阻容移相桥 .....	761
22.3.4 国内外型号对照及管脚识别 .....	722	24.1.3 单结晶体管触发电路 .....	762
22.4 晶体管脉冲电路 .....	727	24.1.4 同步电压为正弦波的触发电路 .....	765
22.4.1 脉冲的概念 .....	727	24.1.5 同步电压为锯齿波的触发电路 .....	767
22.4.2 脉冲形成电路 .....	728	24.1.6 小容量晶闸管组成的大功率触 发器 .....	769
22.4.3 脉冲整形电路 .....	731	24.2 触发电路与主电路电源同步 .....	769
22.4.4 脉冲限幅电路 .....	737	24.2.1 同步的概念 .....	769
22.4.5 脉冲箝位电路 .....	738	24.2.2 实现同步的方法 .....	770
<b>第 23 章 晶闸管变流电路</b> .....	739	24.3 触发电路与主电路调试 和故障检修 .....	770
23.1 晶闸管整流电路 .....	739	24.3.1 触发电路和主电路的调试 .....	770
23.1.1 单相半波可控整流电路 .....	739	24.3.2 故障和检修 .....	771
23.1.2 单相全波可控整流电路 .....	741	24.3.3 晶闸管电路的应用 .....	773
23.1.3 单相桥式整流电路 .....	742	<b>第 25 章 单闭环直流调速系统</b> .....	775
23.1.4 三相半波可控整流电路 .....	744	25.1 单闭环有静差直流调速系统 .....	775
23.1.5 三相桥式全控整流电路 .....	745	25.1.1 工作原理及组成 .....	775
23.1.6 三相桥式半控整流电路 .....	746	25.1.2 静特性 .....	775
23.1.7 整流电路的选用 .....	749		
23.2 晶闸管供电的直流电动机机械			

25.1.3	动态分析	776	26.3.1	机床对调速系统的一般要求	816
25.1.4	限流保护——电流截止负反馈	777	26.3.2	选用的调速系统	816
25.1.5	带电流正反馈的电压负反馈调速系统	778	26.3.3	系统的主要环节原理说明	817
25.1.6	晶闸管装置及单闭环系统的调试方法	779	26.3.4	控制动作原理说明	824
25.2	X2010A 龙门铣床晶闸管调速系统	781	26.3.5	系统的调试	824
25.2.1	机床对拖动系统的一般要求	781	26.3.6	日常维护及常见故障与检修	828
25.2.2	拖动控制方案的选定	781	26.4	三环直流调速系统	829
25.2.3	调速系统主要环节的工作原理	783	26.4.1	带电流变化率调节器的三环调速系统	829
25.2.4	系统的调整	784	26.4.2	带电压调节器的三环调速系统	830
25.2.5	常见故障与检修	790	26.4.3	调压调磁的调速系统	831
25.3	单闭环无静差调速系统	791	26.4.4	三环调速系统的一般调试方法	833
25.3.1	积分控制的特点	791	26.4.5	独立控制自动弱磁调速系统的调试	833
25.3.2	比例积分控制的特点	793	<b>第 27 章 可逆调速系统</b>		834
25.3.3	调速系统的组成及其动态特性	793	27.1	晶闸管的逆变与回馈制动	834
25.4	XF—014 轧辊磨床晶闸管直流调速系统	795	27.1.1	晶闸管的整流和逆变状态	834
25.4.1	SCR—200A 晶闸管通用直流调速系统	795	27.1.2	晶闸管—电动机系统中的回馈制动	834
25.4.2	SCR—50A 晶闸管直流调速系统	803	27.2	有环流可逆调速系统	835
<b>第 26 章 多环直流调速系统</b>		808	27.2.1	环流的种类和产生	835
26.1	转速、电流双闭环直流调速系统	808	27.2.2	自然环流系统	836
26.1.1	系统的组成及工作原理	808	27.2.3	给定环流系统	836
26.1.2	静特性	810	27.2.4	可控环流系统	837
26.1.3	各变量的稳态工作点和稳态参数计算	810	27.3	无环流可逆调速系统	838
26.1.4	系统的动态特性	810	27.3.1	逻辑控制无环流可逆调速系统	838
26.2	带转速微分负反馈的双闭环直流调速系统	812	27.3.2	错位控制无环流可逆调速系统	840
26.2.1	转速微分负反馈的作用	812	27.3.3	可逆调速系统的一般调试方法	842
26.2.2	动态结构图	813	27.4	B2025 龙门刨床单相串联磁控可逆直流调速系统	842
26.2.3	退饱和时间与退饱和转速	814	27.4.1	概述	842
26.2.4	抗扰性能	814	27.4.2	主拖动系统的工作原理	842
26.2.5	不可逆双闭环调速系统的一般调试方法	814	27.4.3	逻辑部分的原理	847
26.3	T6216C 落地镗床晶闸管直流调速系统	816	27.4.4	系统的保护	848
			27.4.5	电气设备的试车与调整	848
			27.4.6	故障与检修	850
			27.5	C5250/1 立式车床磁场可逆直流调速系统	851
			27.5.1	机床对调速系统的一般要求	851
			27.5.2	选用的拖动方式	851

27.5.3 系统的工作原理·····	851	系统的选用·····	870
27.5.4 系统主要环节的原理·····	853	27.6.1 用途及性能·····	870
27.5.5 系统的调试·····	866	27.6.2 型号说明·····	872
27.5.6 常见故障与检修·····	869		
27.6 通用中小功率晶闸管直流拖动			

## 交流调速篇

<b>第 28 章 概述</b> ·····	873	30.4 串级调速系统的效率及功率 因数·····	890
28.1 交流调速的组成、特点及应用 ·····	873	30.4.1 效率·····	890
28.1.1 交流调速系统的组成·····	873	30.4.2 功率因数·····	891
28.1.2 交流调速系统的特点和应用·····	874	30.5 串级调速系统主回路主要设备 的参数计算与选择·····	892
28.2 交流调速方法及性能比较·····	874	30.5.1 异步电动机容量的选择·····	892
28.2.1 交流调速方法·····	874	30.5.2 转子整流器的参数计算与元件 选择·····	892
28.2.2 性能比较·····	874	30.5.3 逆变器的参数计算与元件选择 ·····	893
<b>第 29 章 调压、调阻、调磁调速</b> ·····	875	30.5.4 平波电抗器电感量的计算·····	894
29.1 异步电动机定子调压调速·····	875	30.5.5 起动方式的选择·····	895
29.1.1 调压调速时的机械特性·····	875	30.5.6 继电器接触器控制电路的设计 ·····	895
29.1.2 调压调速的效率及功率损耗·····	876	30.6 晶闸管低同步串级调速系统 的应用举例·····	895
29.1.3 晶闸管移相调压调速·····	876	30.6.1 系统的组成及工作原理·····	896
29.1.4 晶闸管脉冲调压调速·····	878	30.6.2 系统的调试·····	900
29.1.5 变极调压调速·····	878	30.6.3 常见故障与维修·····	902
29.2 绕线式异步电动机转子串 电阻调速·····	879	30.7 串级调速的其他方案·····	903
29.3 电磁调速异步电动机调速 ·····	879	30.7.1 纵续控制与差相控制·····	903
29.3.1 结构特点及工作原理·····	879	30.7.2 采用强迫换相逆变器的串级调速 ·····	904
29.3.2 机械特性及调速系统的组成 ·····	880	30.7.3 斩波式逆变器串级调速·····	904
<b>第 30 章 绕线式异步电动机的串级 调速</b> ·····	880	30.7.4 超同步串级调速·····	905
30.1 串级调速原理及基本类型·····	881	30.7.5 机械串级调速·····	905
30.1.1 原理·····	881	<b>第 31 章 变频调速</b> ·····	906
30.1.2 基本类型·····	882	31.1 变频调速的原理、方法及 机械特性·····	906
30.2 转子整流器·····	883	31.1.1 调速原理·····	906
30.2.1 第一工作状态·····	883	31.1.2 调速方法及机械特性·····	906
30.2.2 第二工作状态·····	884	31.2 交—直—交变频器·····	908
30.2.3 第三工作状态·····	885	31.2.1 串电感式电压型变频器·····	908
30.3 串级调速的有关特性·····	885	31.2.2 具有辅助晶闸管换流的电压型 变频器·····	911
30.3.1 调速特性·····	885		
30.3.2 转矩特性·····	886		
30.3.3 机械特性·····	887		
30.3.4 机械特性曲线的绘制·····	888		

31.2.3 串联二极管式电压型变频器·····	912	32.3.2 自然换流·····	942
31.2.4 串联二极管式电流型变频器·····	913	32.3.3 断续换流·····	943
31.3 交—交变频器·····	917	32.3.4 由电流断续换流到反电势换流的过渡·····	943
31.3.1 矩形电压波交—交变频器·····	917	32.4 无换向器电动机运行特性及调速方法·····	944
31.3.2 锯齿形电压波交—交变频器·····	919	32.4.1 运行特性·····	944
31.3.3 正弦电压波交—交变频器·····	920	32.4.2 调速方法·····	944
31.3.4 矩形电流波交—交变频器·····	922	32.5 Indramat 无换向器电动机调速系统·····	944
31.3.5 正弦电流波交—交变频器·····	924	32.5.1 系统的组成及工作原理·····	945
31.4 自关断型元件逆变器·····	924	32.5.2 系统的调试与运行·····	948
31.4.1 晶闸管斩波调压逆变器·····	924	32.5.3 常见故障与检修·····	950
31.4.2 功率 MOSFET 逆变器·····	926	<b>第 33 章 矢量变换控制</b> ·····	951
31.4.3 可关断晶闸管逆变器·····	926	33.1 概述·····	951
31.5 晶闸管变频调速的应用举例·····	929	33.1.1 矢量变换控制的基本原理·····	951
31.5.1 系统组成及工作原理·····	929	33.1.2 矢量变换传动系统的特点·····	952
31.5.2 系统的调试与运行·····	936	33.2 矢量变换的运算功能及磁通的检测和运算·····	953
31.5.3 常见故障与检修·····	936	33.2.1 矢量变换的运算功能·····	953
<b>第 32 章 无换向器电动机调速</b> ·····	937	33.2.2 磁通的检测和运算·····	955
32.1 概述·····	937	33.3 矢量变换控制系统·····	956
32.1.1 基本结构·····	937	33.3.1 磁场定向型异步电动机矢量变换控制系统·····	956
32.1.2 工作原理·····	938	33.3.2 滑差频率型异步电动机矢量变换控制系统·····	956
32.2 各种类型的位置传感器·····	939	33.3.3 同步电动机矢量变换控制系统·····	958
32.2.1 光电式位置传感器·····	939		
32.2.2 磁敏式位置传感器·····	939		
32.2.3 接近开关式位置传感器·····	940		
32.2.4 谐振式位置传感器·····	940		
32.2.5 高频耦合式位置传感器·····	941		
32.2.6 各种位置传感器的比较·····	941		
32.3 无换向器电动机的换流·····	942		
32.3.1 电容强迫换流·····	942		

## 数 显 篇

<b>第 34 章 数字集成电路</b> ·····	961	34.3 可编程逻辑器件 PLD·····	1011
34.1 概述·····	961	34.3.1 概述·····	1011
34.1.1 分类·····	961	34.3.2 可编程阵列逻辑 PAL·····	1013
34.1.2 型号命名·····	963	34.3.3 通用阵列逻辑 GAL·····	1015
34.1.3 封装外形尺寸·····	986	34.4 接口集成电路·····	1018
34.1.4 标准器件的性能参数·····	988	34.4.1 接口集成电路一览表·····	1019
34.2 逻辑(图形)符号·····	989	34.4.2 磁芯读出放大器·····	1026
34.2.1 术语解释·····	989	34.4.3 磁芯驱动器·····	1026
34.2.2 符号结构·····	990	34.4.4 外围驱动器·····	1027
34.2.3 限定性符号·····	991	34.4.5 线电路·····	1028
34.2.4 关联标注法·····	1001	34.4.6 电平转换器·····	1030
34.2.5 组合单元和时序单元的图形符号·····	1005	34.4.7 电压比较器·····	1031
		34.5 集成光电器件·····	1032



34.5.1 光电耦合器 .....	1032	37.2.3 检测电路 .....	1190
34.5.2 光电检测器 .....	1047	37.3 旋转变压器式位移检测 装置 .....	1190
<b>第 35 章 数字显示器</b> .....	1052	37.3.1 结构与原理 .....	1190
35.1 数字显示器件 .....	1052	37.3.2 数字编码 .....	1192
35.1.1 辉光显示器 .....	1052	37.3.3 多极旋转变压器的应用 .....	1193
35.1.2 荧光显示器 .....	1052	37.4 感应同步器式位移检测装置 .....	1194
35.1.3 液晶显示器 .....	1055	37.4.1 结构与原理 .....	1194
35.1.4 LED 显示器 .....	1057	37.4.2 信号处理方法 .....	1197
35.2 控制电路 .....	1058	37.4.3 励磁电源和放大器 .....	1197
35.2.1 计数电路 .....	1058	37.5 其他类型位移测量方法 .....	1203
35.2.2 译码电路 .....	1067	37.5.1 电阻传感器 .....	1203
35.2.3 静态驱动电路 .....	1069	37.5.2 电感传感器 .....	1203
35.2.4 动态扫描显示电路 .....	1080	37.5.3 激光式位移检测装置 .....	1205
35.2.5 动态、静态结合显示电路 .....	1097	<b>第 38 章 典型数显表及其应用</b> .....	1206
35.2.6 可编程键盘/显示接口 (8279) .....	1097	38.1 感应同步器鉴幅型数显表 .....	1206
<b>第 36 章 模数转换技术</b> .....	1106	38.1.1 性能及原理 .....	1206
36.1 D/A 转换原理 .....	1106	38.1.2 电路 .....	1209
36.1.1 T 型解码网络 .....	1106	38.1.3 安装、调试与故障维修 .....	1219
36.1.2 二—十进制解码网络 .....	1107	38.2 感应同步器脉冲调宽型数显表 .....	1221
36.1.3 函数变压器 .....	1107	38.2.1 性能与原理 .....	1221
36.2 A/D 转换原理 .....	1109	38.2.2 电路 .....	1226
36.2.1 比较式 ADC .....	1109	38.2.3 安装、调试与故障维修 .....	1234
36.2.2 双积分式 ADC .....	1111	38.3 感应同步器鉴相型数显表 .....	1236
36.2.3 电压—频率转换 (VFC) .....	1112	38.3.1 性能及原理 .....	1236
36.3 常用 A/D 转换芯片 .....	1113	38.3.2 电路 .....	1239
36.3.1 8 位 DAC (0832) .....	1113	38.3.3 安装、调试与故障维修 .....	1242
36.3.2 10 位 DAC (7520) .....	1122	38.4 光栅数显表 .....	1243
36.3.3 4 位半 ADC (7135) .....	1125	38.4.1 性能及原理 .....	1243
36.3.4 12 位 ADC (7109) .....	1130	38.4.2 电路 .....	1245
36.3.5 多路 ADC (0809) .....	1138	38.4.3 安装、调试与故障维修 .....	1247
36.3.6 高精度高速度 ADC (574) .....	1146	38.5 微机光栅数显表 .....	1248
36.3.7 精密 VFC (331) .....	1154	38.5.1 性能及原理 .....	1248
36.3.8 常用 AD 转换芯片性能 .....	1166	38.5.2 电路 .....	1249
36.4 抗干扰措施 .....	1168	38.5.3 软件 .....	1252
36.4.1 干扰来源 .....	1168	38.5.4 安装、调试及故障维修 .....	1253
36.4.2 抑制干扰的主要措施 .....	1169	38.6 微机感应同步器数显表 .....	1254
<b>第 37 章 位移测量技术</b> .....	1174	38.6.1 性能及原理 .....	1254
37.1 光栅式位移检测装置 .....	1174	38.6.2 电路 .....	1254
37.1.1 光栅的种类及工作原理 .....	1174	38.6.3 软件 .....	1257
37.1.2 结构与信号处理 .....	1178	38.6.4 安装、调试与故障维修 .....	1260
37.1.3 脉冲编码盘 .....	1183	38.7 可编程光栅数显表 .....	1261
37.2 磁栅式位移检测装置 .....	1187	38.7.1 性能及原理 .....	1261
37.2.1 磁性标尺 .....	1187		
37.2.2 磁头 .....	1188		