

# 电气传动自动化 技术手册

第2版

TRIED

天津电气传动设计研究所 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 电气传动自动化技术手册

第 2 版

天津电气传动设计研究所 编著



机械工业出版社

电气传动自动化技术手册第1版出版于1992年9月。近年来,随着电气传动自动化技术的迅猛发展,电气传动自动化技术手册第1版的内容已远远不能满足广大读者的要求。为此组织进行第2版的编著工作,对第1版进行大量修改和增删,删减模拟控制技术和直流调速技术的篇幅,大幅度地增加了新颖电力电子器件、全数字控制技术、交流调速技术、谐波治理技术、PLC、工业控制机、现场总线和工业以太网等基础自动化技术的应用篇幅。

本手册内容包括常用设计数据与技术标准、电气传动系统方案及电动机的选择、电力电子器件与电源、调速技术基础、电动机的电器控制、直传动系统、交流传动系统、典型控制系统方案、电气传动控制系统的综合、电气传动装置、谐波治理与无功补偿、基础自动化、电磁兼容性与可靠性、电控设备的安装与调试和电气传动的工业应用。书中还列举了大量系统应用的计算实例,以便读者能很快地掌握设计计算技能。

本手册不仅体现了现代新技术的先进性,又具备解决问题的实用性和通用性,是从事电气传动自动化工作的工程设计、产品制造、现场应用技术人员和大专院校师生必不可少的工具书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电气传动自动化技术手册/天津电气传动设计研究所  
编著.—2版.—北京:机械工业出版社,2005.6  
ISBN 7-111-16588-8

I.电... II.天... III.电力传动—自动化技术—  
技术手册 IV.TM921—62

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第049560号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)  
责任编辑:孙流芳 版式设计:霍永明 责任校对:张媛 李秋荣  
封面设计:姚毅 责任印制:杨曦  
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2005年6月第2版第1次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·70印张·9插页·1829千字  
0 001—6 000册  
定价:138.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68326294  
封面无防伪标均为盗版

# 电气传动自动化技术手册（第2版）

## 编辑委员会

顾 问：杨竞衡 王文斌  
主 任：仲明振  
副主任：张臣堂  
委 员：马小亮 竺子芳 叶 王  
          马济泉 伍丰林 谢保侠  
          牛新国 孙流芳

## 第 2 版 序 言

天津电气传动设计研究所编著的《电气传动自动化技术手册》第 1 版自 1992 年出版以来已发行了近 3 万册，作为我国第一部电气传动自动化技术的大型专业性实用手册，为我国电气传动自动化技术应用与发展做出了突出的贡献，其实用性和通用性的特点受到了广大读者的一致好评。近年来，随着电气传动自动化技术的迅猛发展，《电气传动自动化技术手册》第 1 版的内容已远远不能满足广大读者的要求。电气传动自动化技术的更新和发展主要表现在以下几个方面：

(1) 数字控制技术取代模拟控制技术。随着微电子技术和软件技术的快速发展，高性能的全数字控制技术以其快速性、可靠性、智能性和灵活性的特点已全面取代了模拟控制技术。

(2) 电力电子器件向大电流（6kA 以上）、高电压（6kV 以上）、全控型、集成智能化方向快速发展，为全数字控制的大功率电气传动装置提供了强力的支持。

(3) 交流电气传动技术取代直流电气传动技术。与直流电动机相比，交流电动机具有结构简单、成本低、维护方便、转动惯量小的优点，但是由于变频装置价格昂贵及交流调速性能差的问题限制了它的应用，在传统调速领域里一直是直流调速占据统治地位。近年来，随着电力电子器件技术、数字控制技术和变频调速技术的发展，这两个问题已经解决，交流电气传动已基本上取代了直流电气传动，在各个领域中都得到了广泛的应用。

(4) 数据通信和网络技术在基础自动化领域的全面应用。随着网络技术的不断发展，工业自动化领域的局域网——现场总线（Fieldbus）已成为当今电气传动自动化系统不可缺少的一部分。现场总线的应用，标志着工业自动化系统真正进入一个开放的网络化、管理一体化的新阶段。

(5) 谐波治理技术。由于工业设备向大型化快速发展，电力电子电气传动装置的容量已从以前的几百千瓦提高到几千千瓦，大型的工业生产线总容量可达几万千瓦到几十万千瓦，它们对电网的谐波“污染”已经不可忽视，必须采取完善的谐波治理技术予以解决，以保证电力系统和电气传动系统的正常运行。

上述这些高新技术在第 1 版《电气传动自动化技术手册》中都未能作深入阐述。为此我所与机械工业出版社合作，组织我所的专家、高级工程师和国内相关领域的专家进行第 2 版的编写工作。在第 2 版《电气传动自动化技术手册》中，荟萃了国内外电气自动化的最新的技术，汇总了我所 50 多年来实际工作的宝贵经验和大量科研成果，大幅度地增加了新颖电力电子器件、全数字控制技术、交流调速电气传动技术、PLC、工业控制机、现场总线和工业以太网等基础自动

化技术和谐波治理技术的应用篇幅,使第2版《电气传动自动化技术手册》不仅体现了现代高新技术的先进性,又保持了其实用性和通用性的特点,是从事电气传动自动化工作的工程设计、产品制造、现场应用技术人员和大专院校师生的首选参考书。

本手册由张臣堂任主编,马小亮、竺子芳任副主编,叶王任主审,马济泉、伍丰林任副主审,各章作者和审校人员分工如下:

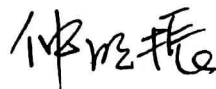
章次	作者	审校
第1章	于庆祯	赵相宾
第2章	王万新	马小亮
第3章	竺子芳	马小亮
第4章	马小亮	张臣堂
第5章	张卫东、蔡维	刘国林
第6章	马济泉	竺子芳
第7章	马小亮	伍丰林
第8章	王春武	马济泉
第9章	伍丰林	张臣堂
第10章	李冬梅	马济泉
第11章	叶王	伍丰林
第12章	杨志成、谢保侠、刘国林、闫占文、李健、王万新、陈尚恒 <sup>①</sup>	谢保侠
第13章	竺子芳	叶王
第14章	李红霞、黄嘉	俞智斌
第15章	俞智斌、罗青华、黄嘉、徐道恒、张建成 <sup>②</sup> 、王广大 <sup>②</sup> 、朱奇先 <sup>②</sup> 、陈承继 <sup>③</sup> 姜恺 <sup>④</sup>	万里雄

① 12.8.3节特邀作者单位为武汉钢铁公司。② 15.1、15.2节特邀作者单位为天水电气传动设计研究所。③ 15.5节特邀作者单位为大连重工·起重集团有限公司。④ 15.6节特邀作者单位为欧姆龙贸易(上海)有限公司。

经过上述列几十位作者、审稿者及编委会委员们十几个月的努力,尤其是得到第1版作者中几位老专家的鼎力支持和辛勤劳动,第2版《电气传动自动化技术手册》终于能在2005年出版,在此向第1版和第2版的各位作者、审稿者及编委会委员们表示衷心的感谢。同时,在本手册撰写、校审和编辑的过程中,得到了所内外不少同志及有关单位的热情帮助,在此谨向大家致以诚挚的谢意。

由于时间紧迫、资料有限,受技术能力和编写水平所限,本手册第2版中难免存在错漏和不足之处,请广大读者批评指正。

天津电气传动设计研究所



2005年5月

# 第 1 版 序 言

电气传动自动化技术以生产机械的驱动装置——电动机为自动控制对象、以微电子装置为核心、以电力电子装置为执行机构，在自动控制理论的指导下，组成电气传动控制系统，控制电动机的转速按给定的规律进行自动调节，使之既满足生产工艺的最佳要求，又具有提高效率、降低能耗、提高产品质量、降低劳动强度的最佳效果。所以，这是一门多学科、多行业交叉的新兴产业及技术领域。随着微型计算机、超大规模集成电路、新颖的电力半导体器件和传感器的出现，以及自动控制理论、计算机辅助设计、自诊断技术和数据通信技术的深入发展，它正以日新月异的速度迅速更新换代。

电气传动自动化技术广泛应用于国防、能源、交通、冶金、化工、港口和机床等各个领域。纵观各国近代工业发展史，放眼现代工业发展的新潮流，人们越来越认识到电气传动自动化技术是现代化国家的一个重要技术基础。可以这样说：大至一个国家，小至一个工厂，它所具有的电气传动自动化技术水平可以直接反映出其现代化的水平。

为了促进我国电气传动自动化技术的发展，在 1982 年出版的《电机工程手册》中，我所撰写了第 48 篇“电气传动控制系统”；在 1986 年出版的《电气工程师手册》中，我所撰写了第 22 篇“电气传动”。但是，随着电气传动自动化专业技术的飞速发展，上述两个综合性手册中的这两个专篇，因受篇幅所限，目前无论在广度上或深度上均不能满足广大读者的需要，大家迫切希望我国能尽快出版一本电气传动自动化技术的大型专业性手册。应机械工业出版社的委托，我所组织了本所十几位长期从事电气传动自动化工作几十年的高级工程师进行此手册的编著工作。此手册荟萃了国内外的最新技术文献资料，汇总了其所 30 年来实际工作的宝贵经验和大量科研成果。编著者们聚沙成塔、去粗存精、几经易稿，力求此手册既能体现现代新技术的先进性，又具备解决问题的实用性和通用性。初稿完成后，我所于 1988 年底召开国内专家审查会对之进行全面审查，并根据专家们的宝贵意见对初稿作了全面的调整充实，终于编著成我国第一本电气传动自动化技术的大型专业性实用手册。

本手册由喻士林任主编，吴健雄、竺子芳任副主编；高通文任主审，并由叶

王审查第2、4、8、9、10、14章，李文孝审查第1、5、11、12、13章，何冠英审查第6、7章，陈亚鹏审查第3章；黄文豪对名词术语作统一工作。各章的编著者为：第1章于庆桢，第2章马小亮，第3章赵扶摇，第4章冯世墙，第5章马济泉，第6章朱稚清，第7章郭保良，第8章皮壮行、吴铨英、姜铭仁、张全聚，第9章韩立媛、何冠英，第10章竺子芳，第11章庞立恒，第12章吴国庆，第13章万里雄，第14章万里雄、陈子平、张立新、竺子芳。并特邀天水电气传动设计研究所李贺平撰写第14章第1节“石油工业”。

我所组织编著这样大型专业手册尚属首次，缺乏经验，加之世界电气传动自动化技术发展迅猛，我国尚有较大差距，所以本手册中难免误漏疏虞，我们祈诚希望各方专家同仁不吝赐教，以作为今后改版时的宝贵依据。在手册的编集、撰写、校核、审稿和编辑工作中，曾得到所内外不少同志及有关单位的热情帮助，在此谨向大家致以诚挚的谢意。

机械电子工业部  
天津电气传动设计研究所



1990年3月

# 目 录

第 2 版序言	(摘自 GB/T 4064—1983) .....	106
第 1 版序言		
第 1 章 常用设计数据与技术标准 .....		1
1.1 常用标准目录 .....		1
1.2 常用术语 .....		10
1.3 计量单位 .....		18
1.3.1 国际单位制 (SI) (摘自 GB 3100—1993) .....		18
1.3.2 电学、磁学单位和常用单位 及其换算 .....		19
1.4 常用代号 .....		24
1.4.1 常用符号 .....		24
1.4.2 推荐的下角注 .....		24
1.4.3 种类代号 .....		25
1.5 优先数和优先数列 (摘自 GB/T 321—1980) .....		28
1.5.1 基本数列和化整值数列 .....		28
1.5.2 用于电阻、电容参数的 E 数列 .....		29
1.6 常用电气简图用图形符号 .....		29
1.7 电气制图 .....		54
1.7.1 项目代号 (摘自 GB/T 5094 —1985) .....		54
1.7.2 电气制图一般规则 (摘自 GB/T 6988.1—1997) .....		57
1.7.3 功能性简图通用规则 (摘自 GB/T 6988.2—1997) .....		71
1.7.4 概略图 .....		85
1.7.5 功能图 .....		88
1.7.6 电路图 .....		89
1.8 设计选用参数 .....		104
1.8.1 标准电压 (摘自 GB 156— 2003) .....		104
1.8.2 标准电流 (摘自 GB/T 762— 2002) .....		105
1.8.3 标准频率 (摘自 GB/T 1980— 1996) .....		106
1.8.4 电气设备的安全设计 (摘自 GB/T 4064—1983) .....		106
1.8.5 防电击 (摘自 GB/T 12501— 1990) .....		110
1.8.6 电气绝缘 (摘自 GB/T 11021— 1989 和 GB/T 16935.1—1997) .....		115
1.8.7 外壳防护等级 (IP 代码) (摘自 GB 11208—1993) .....		129
1.9 设备的通用要求 (摘自 GB/T 3797— 1989) .....		132
1.9.1 正常使用条件 .....		132
1.9.2 一般要求 .....		132
1.9.3 性能指标 .....		133
1.9.4 冷却 .....		133
1.9.5 电气间隙与爬电距离 .....		133
1.9.6 绝缘电阻与介电性能 .....		134
1.9.7 温升 .....		135
1.9.8 保护 .....		135
1.9.9 控制电路 .....		136
1.9.10 控制柜 (台) .....		136
1.9.11 EMC 试验 .....		138
1.10 用半导体电力变流器的直流调速 电气传动系统 (摘自 GB/T 3886.1 —2001) .....		139
1.10.1 额定值 .....		139
1.10.2 非重复负载工作制的工作制 等级 .....		147
1.10.3 晶闸管装置的试验 .....		148
1.11 交流电动机电力电子软起动装置 (摘自 JB/T 10251—2001) .....		148
1.11.1 术语 .....		148
1.11.2 技术参数 .....		149
1.11.3 一般要求 .....		150
1.11.4 电气间隙与爬电距离 .....		150
1.11.5 绝缘电阻与介电强度 .....		150
1.11.6 温升 .....		151
1.11.7 外壳保护 .....		151
1.11.8 安装与接地 .....		151
1.11.9 噪声 .....		152

1.11.10 冷却 .....	152	2.3.4 电动机结构型式的选择 .....	204
1.11.11 电气性能指标 .....	152	2.3.5 电动机的四种运行状态 .....	205
1.12 低压直流调速电气传动系统 (摘自 GB/T 12668.1—2002) .....	156	2.3.6 常用电动机的性能及适用 范围 .....	206
1.12.1 术语 .....	156	2.3.7 电动机的功率计算及校验 .....	209
1.12.2 功能特性 .....	157	2.4 典型生产机械的工艺要求及电气 传动系统方案的选择 .....	223
1.12.3 使用条件 .....	158	2.4.1 风机和泵类 .....	223
1.12.4 额定值 .....	160	2.4.2 球磨机和磨类 .....	223
1.12.5 性能要求 .....	163	2.4.3 简单调速类 .....	224
1.12.6 安全和警告标志 .....	165	2.4.4 稳速类 .....	224
1.13 低压交流变频电气传动系统 (摘自 GB/T 12668.2—2002) .....	166	2.4.5 多分部(单元)速度协调类 .....	224
1.13.1 术语 .....	166	2.4.6 宽调速类 .....	225
1.13.2 功能特性 .....	166	2.4.7 快速正反转类 .....	225
1.13.3 使用条件 .....	167	2.4.8 随动(伺服)类 .....	226
1.13.4 额定值 .....	167	2.4.9 提升机械类 .....	226
1.13.5 性能要求 .....	168	2.4.10 张力控制类 .....	227
1.13.6 安全和警告标志 .....	169	2.4.11 高速类 .....	227
1.13.7 常用的控制方案 .....	169	<b>第3章 电力电子器件与电源</b> .....	228
1.14 调速电气传动系统的电磁兼容 (摘自 GB/T 12668.3—2003) .....	173	3.1 电力电子器件 .....	228
1.14.1 抗扰度要求 .....	173	3.1.1 不可控型器件 .....	230
1.14.2 发射要求 .....	179	3.1.2 半控型器件 .....	232
1.15 特种环境设备的要求 .....	184	3.1.3 全控型器件 .....	238
1.15.1 船用设备(摘自 GB/T 4798.6— 1996) .....	184	3.1.4 智能功率模块(IPM) .....	246
1.15.2 热带用设备(摘自 JB/T 4159— 1999) .....	188	3.1.5 集成门极换向晶闸管(IGCT) .....	249
<b>第2章 电气传动系统方案及电动机 选择</b> .....	192	3.1.6 注入增强栅晶体管(IEGT) .....	253
2.1 电气传动系统的组成 .....	192	3.2 移相控制 .....	258
2.1.1 电动机 .....	192	3.2.1 对晶闸管移相触发器的技术 要求 .....	258
2.1.2 电源装置 .....	195	3.2.2 常用的晶闸管移相触发集成 电路 .....	259
2.1.3 电气传动控制系统 .....	195	3.2.3 触发脉冲的功率放大电路 .....	262
2.2 生产机械的负载类型及生产机械和 电动机的工作制 .....	196	3.2.4 触发脉冲的隔离 .....	263
2.2.1 生产机械的负载类型 .....	196	3.3 整流电源 .....	265
2.2.2 生产机械的工作制 .....	197	3.3.1 常用整流电源线路 .....	265
2.2.3 电动机的工作制 .....	197	3.3.2 常用整流电源线路计算公式 .....	266
2.3 电动机的选择 .....	201	3.4 大电流整流电源 .....	267
2.3.1 直流与交流电动机的比较 .....	201	3.4.1 同相逆并联技术 .....	268
2.3.2 交流电动机的选择 .....	203	3.4.2 大电流二极管整流电源 .....	269
2.3.3 直流电动机的选择 .....	204	3.4.3 大电流晶闸管整流电源 .....	270
		3.4.4 多台整流电源并联技术 .....	272
		3.4.5 并联整流电源中的动态环流 .....	273
		3.4.6 整流电源网侧线电压 $U_1$ 的 估算 .....	274

3.4.7 整流器件选择 .....	275	5.2.9 电磁执行机构 .....	381
3.4.8 桥臂整流器件并联数 $n$ .....	275	5.2.10 电气安装附件 .....	383
3.4.9 快速熔断器的选择 .....	276	5.2.11 电力网络仪表 .....	383
3.4.10 三相五柱变压器 .....	277	5.3 控制设备 .....	385
参考文献 .....	279	5.3.1 控制设备概述 .....	385
<b>第4章 调速技术基础</b> .....	280	5.3.2 基本定义及要求 .....	385
4.1 调速系统分类和系统指标 .....	280	5.3.3 电动机控制中心的选用 .....	387
4.1.1 调速的分类 .....	280	<b>第6章 直流传动系统</b> .....	391
4.1.2 调速系统的静态指标 .....	281	6.1 直流电动机的调速系统 .....	391
4.1.3 调速系统的动态指标 .....	282	6.1.1 直流电动机的调速原理 .....	391
4.2 模拟控制和数字控制 .....	282	6.1.2 发电机-电动机调速系统 .....	395
4.2.1 离散和采样 .....	282	6.1.3 斩波器调速系统系 .....	397
4.2.2 连续变量的量化 .....	283	6.1.4 晶闸管变流器的主电路方案 .....	403
4.2.3 增量式编码器脉冲信号的 量化 .....	284	6.1.5 晶闸管变流器可逆系统的控制 方案 .....	409
4.2.4 电压、电流等模拟量的量化 .....	286	6.2 晶闸管变流器主电路参数计算 .....	417
4.2.5 模拟和数字调节器 .....	288	6.2.1 变流器的基本参数 .....	417
4.2.6 模拟和数字斜坡给定 (给定积分) .....	291	6.2.2 变流变压器的计算 .....	424
4.2.7 开环前馈补偿(预控) .....	294	6.2.3 晶闸管的选择方法 .....	430
4.3 数字控制器 .....	295	6.2.4 直流回路电抗器的选择和计算 .....	436
4.3.1 对数字控制器的要求 .....	295	6.2.5 晶闸管变流装置的保护 .....	444
4.3.2 常用微处理器和控制芯片 .....	296	6.2.6 大功率传动用晶闸管及整流装置 产品系列 .....	454
4.3.3 专用数字控制器和通用数字 控制器 .....	298	6.3 直流调速系统的数字化 .....	462
4.4 调速系统中的信号检测 .....	299	6.3.1 微机数字控制系统的特点 .....	462
4.4.1 电流、电压测量 .....	299	6.3.2 软件结构和基础原理 .....	466
4.4.2 转速和位置测量 .....	304	6.3.3 微机数字控制装置的工程实现 方法 .....	469
<b>第5章 电动机的电器控制</b> .....	307	6.3.4 模板型多处理器的数字控制 .....	472
5.1 电动机的起动、制动及保护 .....	307	参考文献 .....	474
5.1.1 电动机的起动 .....	307	<b>第7章 交流调速传动系统</b> .....	475
5.1.2 电动机的制动 .....	324	7.1 交流调速的引言及分类 .....	475
5.1.3 电动机的保护 .....	331	7.1.1 引言——交流调速和直流调速 .....	475
5.1.4 智能型电动机控制器 .....	335	7.1.2 交流调速系统分类 .....	476
5.2 电器的选择 .....	336	7.2 交流调速用电力电子装置 .....	476
5.2.1 隔离器、刀开关 .....	336	7.2.1 不可控整流器和可控整流器 .....	477
5.2.2 低压断路器 .....	338	7.2.2 晶闸管交流调压器 .....	479
5.2.3 接触器 .....	359	7.2.3 脉宽调制(PWM)变流器基础 .....	479
5.2.4 热继电器 .....	365	7.2.4 用于调速系统的PWM变流器 .....	481
5.2.5 控制与保护开关电器 .....	367	7.3 定子侧交流调速系统 .....	486
5.2.6 熔断器 .....	369	7.3.1 定子调压调速系统 .....	486
5.2.7 继电器 .....	375	7.3.2 大功率交-交变频调速系统 (CC) .....	488
5.2.8 主令电器 .....	379		

7.3.3 晶闸管负载自然换相电流型交-直-交变频调速系统 .....	495	8.3.3 起停式飞剪的快速响应和起停控制 .....	563
7.3.4 定子侧低压电压型交-直-交变频调速系统 .....	500	8.3.4 实现更高控制功能的其他方法 .....	563
7.3.5 定子侧中压交-直-交变频调速系统 .....	510	8.4 轧钢机压下的位置控制系统 .....	564
7.3.6 永磁同步电动机、永磁无刷直流电动机和开关磁阻电动机调速系统 .....	518	8.4.1 位置控制系统的基本组成 .....	564
7.4 转子侧和转子轴上交流调速系统 .....	522	8.4.2 位置控制规律和理想定位过程的控制算法 .....	565
7.4.1 转子侧串级调速系统和双馈调速系统 .....	522	8.5 双电枢及多电动机传动控制系统 .....	568
7.4.2 转子轴上交流调速系统 .....	526	8.5.1 双电枢或同轴串联的双电动机传动控制系统 .....	569
7.5 定子侧变频调速控制系统 .....	527	8.5.2 同轴多台电动机传动控制系统 .....	570
7.5.1 标量 V/F 控制系统 (压频比控制) .....	527	8.6 多点传动电气同步控制系统 .....	570
7.5.2 高性能交流调速基础 .....	528	8.6.1 多点传动系统电动机电枢串联与并联 .....	570
7.5.3 交流电动机的矢量控制 (VC) 系统 .....	533	8.6.2 多点传动系统的主从控制 .....	572
7.5.4 异步电动机的直接转矩控制 (DTC) 系统 .....	538	8.6.3 单辊传动系统中的负载平衡控制 .....	572
7.5.5 无编码器的异步电动机高性能调速系统 .....	540	参考文献 .....	575
7.5.6 高性能调速系统的两个问题 .....	540	<b>第 9 章 电气传动控制系统的综合</b> .....	576
参考文献 .....	541	9.1 电气传动控制系统的性能指标 .....	576
<b>第 8 章 典型控制系统方案</b> .....	542	9.1.1 阶跃给定信号响应指标 .....	576
8.1 轧钢机辊道多电机传动控制系统 .....	542	9.1.2 斜坡给定信号响应指标 .....	577
8.1.1 辊道传动的工艺特点 .....	542	9.1.3 阶跃扰动信号作用下的指标 .....	577
8.1.2 辊道电动机容量的计算 .....	542	9.2 工程综合方法 .....	578
8.1.3 变频传动系统供电装置的容量选择 .....	544	9.2.1 调节器传递函数 .....	578
8.1.4 辊道变频传动系统的工程计算实例 .....	545	9.2.2 系统传递函数的简化方法 .....	579
8.2 卷取开卷传动张力控制系统 .....	551	9.2.3 模型系统设计 .....	580
8.2.1 张力控制系统的一般工作原理 .....	551	9.3 直流电气传动系统的分析综合 .....	582
8.2.2 间接张力控制和直接张力控制 .....	554	9.3.1 晶闸管变流器的传递函数 .....	582
8.2.3 轧机卷取机张力控制系统的应用实例 .....	555	9.3.2 直流电动机的传递函数 .....	582
8.3 起停式飞剪的快速起停控制系统 .....	559	9.3.3 直流电动机调速系统的综合 .....	585
8.3.1 飞剪控制系统的组成 .....	559	9.4 交流电气传动系统的分析综合 .....	587
8.3.2 剪刀位置控制和对飞剪工艺要求 .....	560	9.4.1 同步电动机交-交变频调速系统 .....	588
		9.4.2 异步电动机交-直-交电压型 PWM 通用变频调速系统 .....	592
		9.5 工程设计举例 .....	594
		9.5.1 基本参数 .....	594
		9.5.2 电枢电流环 .....	594
		9.5.3 速度调节环 .....	595
		参考文献 .....	596
		<b>第 10 章 电气传动装置</b> .....	597
		10.1 西门子全数字直流调速装置 .....	

(SIMOREG 6RA70) .....	597	11.2.5 谐波电流计算实例 .....	741
10.1.1 技术规格和产品数据 .....	597	11.3 功率因数计算 .....	743
10.1.2 硬件设备组成和系统框图 .....	602	11.3.1 功率因数和无功功率的定义 .....	743
10.1.3 动态过载能力的计算 .....	603	11.3.2 直流传动整流装置的功率 因数 .....	745
10.1.4 系统集成及可选件 .....	607	11.3.3 交-交变频器的功率因数 .....	746
10.1.5 直流驱动装置 EMC 的安 装 导则和干扰抑制 .....	611	11.3.4 电压源交-直-交变频器的功率 因数 .....	749
10.2 西门子 SIMOVERT 6SE70 系列变 频器 .....	614	11.4 谐波治理的方法 .....	750
10.2.1 技术规格和产品数据 .....	614	11.4.1 无源滤波 .....	750
10.2.2 硬件设备的组成和系统框图 .....	619	11.4.2 有源滤波 .....	752
10.2.3 变频器和逆变器的过载能力 .....	624	11.5 无功补偿的方法 .....	755
10.2.4 变频调速系统的制动方案 .....	625	11.5.1 静态无功补偿 .....	756
10.2.5 系统集成和可选件 .....	633	11.5.2 动态无功补偿 .....	757
10.2.6 串行接口与通信 .....	638	11.6 滤波及无功补偿装置参数计算 实例 .....	761
10.2.7 变频器和逆变器的干扰和 抑制 .....	645	11.6.1 滤波兼静补装置计算实例 .....	761
10.3 多处理器微机控制系统 .....	649	11.6.2 动态无功补偿装置计算实例 .....	773
10.3.1 机箱和处理器模板 .....	649	参考文献 .....	784
10.3.2 接口模板和数据传输通信 单元 .....	655	<b>第 12 章 基础自动化</b> .....	786
10.3.3 编程设备和人机接口装置 .....	672	12.1 概述 .....	786
10.3.4 系统软件功能块 .....	673	12.1.1 工业自动化系统及其结构 .....	786
10.3.5 SIMADYN D 控制系统配置 举例 .....	729	12.1.2 基础自动化系统的特点 .....	786
参考文献 .....	731	12.1.3 基础自动化系统的任务 .....	787
<b>第 11 章 电气传动装置的谐波治理 和无功补偿</b> .....	732	12.2 工业控制计算机 .....	787
11.1 概论 .....	732	12.2.1 工业控制用计算机分类 .....	787
11.1.1 谐波对公用电网的影响 .....	732	12.2.2 工业控制计算机的特点 .....	789
11.1.2 公用电网对谐波的限制 .....	732	12.2.3 工业控制计算机实时操作 系统 .....	790
11.1.3 功率因数和无功功率对公用 电网的影响 .....	735	12.2.4 Windows .....	794
11.1.4 公用电网对功率因数和无功 功率的要求 .....	735	12.3 可编程序控制器 .....	797
11.2 谐波电流计算 .....	736	12.3.1 可编程序控制器的构成和工 作原理 .....	797
11.2.1 直流传动整流装置的谐波 电流 .....	736	12.3.2 可编程序控制器组态 .....	799
11.2.2 交-交变频器的谐波电流 .....	738	12.3.3 编程语言 .....	799
11.2.3 电压源交-直-交变频器的谐 波电流 .....	739	12.3.4 数据通信 .....	802
11.2.4 TCR 或 TCT 补偿装置的谐波 电流 .....	740	12.3.5 选型与常用机种 .....	803
		12.4 数据通信和网络 .....	807
		12.4.1 基本概念 .....	807
		12.4.2 网络体系结构 .....	812
		12.4.3 传输介质 .....	818
		12.4.4 网络连接设备与技术 .....	820
		12.4.5 互连模式 .....	823
		12.5 现场总线 .....	824

12.5.1 概述 .....	824	13.5.1 可靠性工程的任务 .....	902
12.5.2 现场总线的特点 .....	826	13.5.2 可靠性的指标 .....	903
12.5.3 现场总线的标准 .....	827	13.5.3 系统可靠性的预计 .....	909
12.5.4 几种电气传动自动化系统常 用的有影响的现场总线简介 .....	829	13.5.4 冗余系统 .....	913
12.6 以太网 .....	834	13.5.5 提高设备可靠性的措施 .....	915
12.6.1 以太网特点 .....	835	参考文献 .....	918
12.6.2 以太网介质访问控制 CSMA/CD .....	837	<b>第 14 章 电控设备的安装和调试</b> .....	919
12.6.3 以太网的构成 .....	839	14.1 电控设备检验的依据标准 .....	919
12.7 监控组态软件 .....	841	14.2 电控装置的安装 .....	919
12.7.1 监控组态软件的发展 .....	841	14.2.1 安装的一般规定 .....	919
12.7.2 监控组态软件的构成与功能 .....	842	14.2.2 外部配线 .....	920
12.7.3 常用人机接口设备 .....	850	14.2.3 接地 .....	923
12.7.4 常用监控组态软件 .....	851	14.3 电控设备现场调试 .....	926
12.8 应用示例 .....	851	14.3.1 电控设备的调试导则 .....	926
12.8.1 热轧带钢轧机控制系统 .....	851	14.3.2 自动化设备的现场调试 .....	928
12.8.2 板带加工线电气传动自动化 系统 .....	856	14.3.3 直流调速装置的现场调试 .....	934
12.8.3 大型热带钢轧机的多级分布 式计算机控制系统 .....	859	14.3.4 交流调速装置的现场调试 .....	946
参考文献 .....	864	14.3.5 电源设备的调试 .....	959
<b>第 13 章 电磁兼容性与可靠性</b> .....	865	参考文献 .....	964
13.1 电磁兼容性概述 .....	865	<b>第 15 章 电气传动的工业应用</b> .....	965
13.1.1 静电放电 .....	866	15.1 石化工业 .....	965
13.1.2 辐射电磁场 .....	868	15.1.1 石油工业钻井机械 .....	965
13.1.3 电快速瞬变脉冲群 .....	869	15.1.2 管线 .....	975
13.2 抗干扰技术 .....	873	15.1.3 石油精炼 .....	976
13.2.1 抗干扰设计的基本原则 .....	874	15.2 采矿 .....	977
13.2.2 噪声的分类 .....	874	15.2.1 矿井提升机电气传动装置 概况 .....	977
13.2.3 噪声的传递方式 .....	876	15.2.2 提升机对电控装置的要求 .....	978
13.2.4 抗干扰的基本措施 .....	877	15.2.3 提升机直流发电机-电动机 传动系统 .....	981
13.2.5 抗干扰设计的检查细则 .....	877	15.2.4 晶闸管变流装置供电的传动 系统 .....	981
13.3 常见噪声的抑制 .....	879	15.2.5 无功补偿及谐波滤波器 .....	988
13.3.1 电网噪声的抑制 .....	879	15.2.6 交流传动系统 .....	990
13.3.2 直流电源噪声的抑制 .....	886	15.2.7 提升机的综合自动化控制 .....	993
13.3.3 静电放电噪声的抑制 .....	886	15.3 钢铁工业 .....	995
13.3.4 模拟电路噪声的抑制 .....	888	15.3.1 钢铁工业概况 .....	995
13.3.5 数字电路的抗干扰设计 .....	890	15.3.2 高炉炼铁 .....	996
13.4 设备的安装技术 .....	894	15.3.3 轧钢 .....	1005
13.4.1 设备的内部装配要求 .....	894	15.4 有色金属 .....	1023
13.4.2 设备的外部安装要求 .....	895	15.4.1 电解电源 .....	1023
13.4.3 系统的接地技术 .....	896	15.5 港口及起重机械 .....	1029
13.5 可靠性 .....	902	15.5.1 港口机械概况 .....	1029

15.5.2 港口机械设备电气传动及自 动化技术 .....	1034	法雷日之出电气保护系统(上海) 有限公司 .....	1088
15.5.3 自动化系统 .....	1037	英国西码半导体有限公司 .....	1090
15.5.4 港口设备综合管理自动化 系统 .....	1039	德国 WAGO——万可电子(天津) 有限公司 .....	1094
15.5.5 起重机械 .....	1040	天津首钢电气设备有限公司 (天津京美电子工程有限公司) .....	1095
15.6 供水系统及污水处理系统 .....	1049	天津市普新电气有限公司 .....	1096
15.6.1 污水处理系统 .....	1049	天津市津甫电气有限公司 .....	1097
15.6.2 网络选择 .....	1052	西安龙伸电气有限责任公司 .....	1098
15.6.3 PLC 的选择 .....	1057	苏州电通电力电子有限公司 .....	1099
15.6.4 中央控制室及上位监控软件 .....	1058	北京进步创新高科技有限公司 .....	1100
15.6.5 自控产品选型中的注意点 .....	1059	海光电器有限公司 .....	1101
15.6.6 欧姆龙公司近几年来在水处理 行业的业绩列举 .....	1060	附录 B 企业广告 .....	1102
15.7 风洞控制系统 .....	1061	海光电器有限公司	
15.7.1 概述 .....	1061	天津市静海精益变压器制造厂	
15.7.2 低速风洞的结构和动力控制系 统 .....	1063	法雷日之出电气保护系统(上海)有限公司	
15.7.3 高焓高超音速风洞及其动力控 制系统 .....	1067	西门子(中国)有限公司	
15.7.4 风洞控制系统的特点 .....	1070	佛山市智友变压器有限公司	
参考文献 .....	1072	南京菲尼克斯电气有限公司	
附录 部分电气设备生产企业介绍 .....	1073	天津电气传动设计研究所电器厂	
附录 A 企业及其产品介绍 .....	1073	德国 WAGO——万可电子(天津)有限公司	
天津电气传动设计研究所 .....	1073	合肥圣达实业公司	
北京 ABB 电气传动系统有限公司 .....	1074	北京北亚中秀自动化设备有限公司	
		辽宁荣信电力电子股份有限公司	
		海城市高效换热技术有限公司	

# 第 1 章 常用设计数据与技术标准

## 1.1 常用标准目录 (见表 1-1)

表 1-1 常用标准目录

类别	标准编号	标准名称
我国标准	GB/T 2900.1—1992	电工术语 基本术语 (neq IEC 50)
	GB/T 2900.10—2001	电工术语 电缆 (idt IEC 60050 (461))
	GB/T 2900.15—1997	电工术语 变压器、互感器、调压器和电抗器 (neq IEC 60050-421: 1990 IEC 60050—321: 1986)
	GB/T 2900.18—1992	电工术语 低压电器 (eqv IEC 60650 (441): 1984)
	GB/T 2900.20—1994	电工术语 高压开关设备 (neq IEC 60050-441: 84 IEC 60056: 1987 IEC 60129: 1984 IEC 60265-1 ~ 2: 88)
	GB/T 2900.25—1984	电工术语 旋转电机 (eqv IEC 60050-411)
	GB/T 2900.26—1994	电工术语 控制电机
	GB/T 2900.27—1995	电工术语 小功率电动机
	GB/T 2900.32—1994	电工术语 电力半导体器件 (neq IEC 60747 IEC 60050-521)
	GB/T 2900.33—1993	电工术语 电力电子技术 (eqv IEC 60050-551: 1982)
	GB/T 2900.34—1983	电工名词术语 电气传动及其自动控制 (neq IEC 60050 (351): 1975)
	GB/T 2900.49—1994	电工术语 电力系统保护 (eqv IEC 60050 (448))
	GB/T 2900.56—2002	电工术语 自动控制
	GB/T 2900.66—2004	电工术语 半导体器件和集成电路
	GB/T 3187—1994	可靠性、维修性术语
	GB/T 4210—2001	电工术语 电子设备用机电元件 (idt IEC 60050 (581): 1978)
	GB/T 4365—2003	电工术语 电磁兼容
	GB/T 4475—1995	敏感元器件术语
	GB/T 8582—2000	电工电子设备机械结构术语 (neq IEC 60916: 1988)
	GB/T 9178—1988	集成电路术语 (neq IEC 60748)
GB/T 9637—2001	电工术语 磁性材料与元件 (eqv IEC 60050 (221): 1990)	
GB/T 15312—1994	制造业自动化术语	
GB/T 16978—1997	工业自动化词汇 (idt ISO/TR11065: 1992)	
JB/T 4261—1999	低压开关设备和控制设备 辅件术语	
参 数	GB 156—2003	标准电压 (neq IEC 60038: 1983)
	GB/T 762—2002	标准电流 (eqv IEC 60059: 1938)
	GB/T 1980—1996	标准频率 (eqv IEC 60196: 1965)
	GB/T 3805—1993	特低电压 (ELV) 限值 (eqv IEC 61201)

(续)

类别	标准编号	标准名称
参 数	GB/T 4988—2002	船舶和近海装置用电工产品的额定频率、额定电压、额定电流
	GB/T 321—1980	优先数和优先数系
	GB/T 8170—1987	数值修约规则
	GB/T 14091—1993	机械产品环境参数分类及其严酷程度分级 (neq IEC 60721-1)
	GB/T 4796—2001	电工电子产品环境参数分类及其严酷程度分级 (idt IEC 60721-1: 1990)
标 志	GB 17285—1998	电气设备电源额定值的标记 (idt IEC 61293: 1994)
	GB/T 2682—1981	电工成套装置中的指示灯和按钮的颜色
	GB/T 4026—1992	电器设备接线端子和特定导线端的识别及应用字母数字系统的通则 (idt IEC 60445: 1988)
	GB/T 13534—1992	电气颜色标志的代号 (eqv IEC 60757: 1983)
	GB 7947—1997	导体的颜色或数字标识 (idt IEC 60446: 1989)
	GB/T 2681—1981	电工成套装置中的导线颜色
	GB 4884—1985	绝缘导线的标记 (eqv IEC 60391: 1972)
	GB/T 4205—1984	控制电气设备的操作件标准运动方向 (eqv IEC 60447: 1974)
我 国 标 准	GB/T 15706.1—1995	机械安全 基本概念与设计通则 第1部分: 基本术语、方法等 (eqv ISO/TR 12100-1: 1992)
	GB/T 15706.2—1995	机械安全 基本概念与设计通则 第2部分: 技术原则与规范 (eqv ISO/TR 12100-2: 1992)
	GB 12265.1—1997	机械安全 防止上肢触及危险区的安全距离 (eqv EN 249: 1992)
	GB 12265.3—1997	机械安全 避免人体各部位挤压的最小间距 (eqv EN 349: 1993)
	GB 16754—1997	机械安全 急停设计原则 (eqv ISO/IEC 13850: 1995)
	GB/T 16855.1—1997	机械安全 第1部分 设计通则 (eqv PREN 954-1: 1994)
	GB/T 4064—1983	电气设备安全设计导则
	GB/T 5226.1—1996	工业机械电气设备 第1部分: 通用技术条件 (eqv IEC 60204: 1992)
	GB/T 13869—1992	用电安全导则
	GB 17478—1998	低压直流电源设备的特性和安全要求 (eqv IEC 61204: 1993)
	GB/T 16935.1—1997	低压系统内设备的绝缘配合 第1部分: 原理、要求和试验 (idt IEC 60664-1: 1992)
	GB/T 18216.1—2000	交流1000V和直流1500V以下低压配电系统电气安全 防护检测的试验、测量或监控设备 第1部分: 通用要求 idt IEC 61557-1: 1997
	GB/T 18216.2—2002	交流1000V和直流1500V以下低压配电系统电气安全 防护检测的试验、测量或监控设备 第2部分: 绝缘电阻 idt IEC 61557-2: 1997
	GB/T 4793.1—1995	测量、控制和试验室用电气设备的安全要求 第1部分: 通用要求 (idt IEC 61010-1: 1990)
	GB 4943—2001	信息技术设备的安全 (idt IEC 60950: 1999)
GB 17859—1999	计算机信息系统 安全保护等级划分准则	
GB/T 9361—1988	计算机场地安全要求	