

电气传动自动化 技术手册

第3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3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2版自2005年出版以来,我国新发布和修订了大量国家标准和行业标准。为满足广大读者的需求,我们对手册第2版进行了修订,重新编写了第1章;并对全手册进行了订正工作。

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、直流传动系统、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. —3版. —北京:机械工业出版社, 2011.4

ISBN 978-7-111-33989-2

I. ①电… II. ①天… III. ①电力传动-自动化技术-技术手册 IV. ①TM921-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第056221号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:孙流芳 责任编辑:孙流芳 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市胜利装订厂装订)

2011年5月第3版第1次印刷

184mm×260mm·73.25印张·11插页·1947千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-33989-2

定价:198.00元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

《电气传动自动化技术手册》（第3版）

编辑委员会

顾问：杨竞衡 王文斌

主任：仲明振

副主任：赵相宾 牛新国

委员：马小亮 马济泉 伍丰林

叶 王 谢保侠 孙流芳

竺子芳 刘国林 俞智斌

王春武 王万新

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 3 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 2 版自 2005 年出版以来，再次受到了广大读者的好评。随着我国电气传动自动化技术的迅猛发展，电气工程领域有关国家标准和行业标准的制（修）订工作也得以加快，2005 年之后发布了大量新的国家标准和行业标准。为此，我们对手册第 2 版进行了修订，重新编写了第 1 章，并对全手册进行了全面的订正工作，使得新手册对我国电气传动技术应用与发展继续发挥出更大的作用。

我国自“十五”计划开始，就大力发展工业自动化，加快传统产业改造提升，调整工业结构，并通过实施一系列工业自动化高技术产业化专项推动了电气传动自动化技术的进一步发展。国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定（国发〔2010〕32 号）中指出：战略性新兴产业增加值占国内生产总值的比重到 2015 年力争达到 8% 左右，到 2020 年力争达到 15% 左右。节能环保、高端装备制造产业将成为国民经济的支柱产业，新能源及新能源汽车产业将成为国民经济的先导产业。我国电气传动自动化技术的发展为经济社会可持续发展提供了强有力的支撑。

本手册具有很高的学术价值和使用价值，符合“大力节约能源、加快建设资源节约型、环境友好型社会”的基本国策。本手册既可供从事电力电子技术、电气传动与控制自动化技术领域研究和开发的科研人员、企业领导和管理人员阅读，亦可作为高等院校相关专业师生的参考用书。希望本手册能为广大读者在理论分析和实际应用中提供一些帮助。

本手册第 3 版修订由仲明振任主编，赵相宾任主审。董桂敏、王阳重新编写了第 1 章，叶王、伍丰林、刘国林、俞智斌、王春武、王万新等对手册其他章节进行了订正。

在手册第 3 版修订工作中，得到了手册第 2 版全体作者的鼎力支持，在此向第 2 版的各位作者、审校者及编委会委员表示衷心的感谢。

由于时间紧迫，有关标准还在不断完善过程之中以及受技术能力和编写水平所限，本手册第 3 版中难免存在错漏和不足之处，请广大读者批评指正，以便不断修订完善。

天津电气传动设计研究所

仲明振

2011 年 3 月

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、高级工程技术人员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 ^①	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 ^② 、王广大 ^② 、朱奇先 ^② 、陈承继 ^③ 姜恺 ^④	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、审校和编辑的过程中,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

仲昭振

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，汇总了我所 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

刘玉琛

1990年3月

目 录

第3版序言

第2版序言

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 16

1.3 计量单位 24

1.3.1 国际单位制 (SI) (摘自 GB 3100—1993) 24

1.3.2 电学、磁学单位和常用单位及其换算 25

1.4 物理量和下角标符号 30

1.4.1 常用物理量符号 30

1.4.2 推荐的下角标符号 30

1.5 优先数和优先数系 31

1.5.1 优先数系的基本系列和补充系列 (摘自 GB/T 321—2005) 31

1.5.2 用于电阻、电容参数的 E 系列 33

1.6 常用电气简图用图形符号 34

1.7 项目代号与文字符号 61

1.7.1 项目代号组成 (摘自 GB/T 5094—2002) 61

1.7.2 文字符号 (摘自 GB/T 5094.2—2003) 82

1.8 电气制图 (摘自 GB/T 6988.1—2008) 90

1.8.1 信息表达规则 90

1.8.2 简图总则 95

1.8.3 概略图 107

1.8.4 功能图 109

1.8.5 电路图 110

1.8.6 接线图 118

1.8.7 布置图 122

1.9 设计选用参数 125

1.9.1 标准电压 (摘自 GB/T 156—2007) 125

1.9.2 标准电流 (摘自 GB/T 762—

2002) 127

1.9.3 标准频率 (摘自 GB/T 1980—2005) 127

1.9.4 电气设备安全设计导则 (摘自 GB/T 25295—2010) 128

1.9.5 电击防护 (摘自 GB/T 17045—2008) 148

1.9.6 电气绝缘 (摘自 GB/T 11021—2007 和 GB/T 16935.1—2008) ... 163

1.9.7 外壳防护等级 (IP 代码) (摘自 GB 4208—2008) 178

1.10 电气控制设备的通用要求 (摘自 GB/T 3797—2005) 180

1.10.1 正常使用条件 180

1.10.2 一般要求 181

1.10.3 性能指标 181

1.10.4 冷却 182

1.10.5 电气间隙与爬电距离 182

1.10.6 绝缘电阻与介电性能 182

1.10.7 温升 183

1.10.8 保护 184

1.10.9 控制电路 185

1.10.10 控制柜 (台) 185

1.10.11 EMC 试验 186

1.11 用半导体电力变流器的直流调速电气传动系统额定值的规定 (摘自 GB/T 3886.1—2001) 187

1.11.1 额定值 187

1.11.2 非重复负载工作制的工作制等级 196

1.11.3 晶闸管装置的试验 196

1.12 交流电动机电力电子软起动装置 (摘自 JB/T 10251—2001) 196

1.12.1 术语 196

1.12.2 技术参数 197

1.12.3 一般要求 198

1.12.4 电气间隙与爬电距离 198

1.12.5 绝缘电阻与介电强度 199

1.12.6 温升	199
1.12.7 外壳保护	199
1.12.8 安装与接地	200
1.12.9 噪声	200
1.12.10 冷却	200
1.12.11 电气性能指标	200
1.13 低压直流调速电气传动系统额定值的 规定 (摘自 GB/T 12668.1—2002)	205
1.13.1 术语	205
1.13.2 功能特性	205
1.13.3 使用条件	206
1.13.4 额定值	208
1.13.5 性能要求	211
1.13.6 安全和警告标志	214
1.14 低压交流变频电气传动系统额定值的 规定 (摘自 GB/T 12668.2—2002)	214
1.14.1 术语	214
1.14.2 功能特性	215
1.14.3 使用条件	215
1.14.4 额定值	215
1.14.5 性能要求	216
1.14.6 安全和警告标志	218
1.14.7 常用的控制方案	218
1.15 调速电气传动系统的电磁兼容 (摘自 GB/T 12668.3—2003)	221
1.15.1 抗扰度要求	221
1.15.2 发射要求	227
1.16 交流电压 1000V 以上但不超过 35kV 的交流调速电气传动系统额定值的 规定 (摘自 GB/T 12668.4—2006)	233
1.16.1 电气传动系统拓扑结构概述	233
1.16.2 使用条件	235
1.16.3 额定值	239
1.16.4 控制性能要求	243
1.16.5 PDS 的主要部件	248
1.16.6 PDS 集成要求	256
1.17 特种环境设备的要求	262
1.17.1 船用设备 (摘自 GB/T 4798.6— 1996)	262
1.17.2 热带用设备 (摘自 JB/T 4159— 1999)	266

第 2 章 电气传动系统方案及电动机

选择	270
2.1 电气传动系统的组成	270
2.1.1 电动机	270
2.1.2 电源装置	273
2.1.3 电气传动控制系统	273
2.2 生产机械的负载类型及生产机械和 电动机的工作制	274
2.2.1 生产机械的负载类型	274
2.2.2 生产机械的工作制	275
2.2.3 电动机的工作制	275
2.3 电动机的选择	280
2.3.1 直流与交流电动机的比较	280
2.3.2 交流电动机的选择	281
2.3.3 直流电动机的选择	283
2.3.4 电动机结构型式的选择	283
2.3.5 电动机的四种运行状态	284
2.3.6 常用电动机的性能及适用 范围	284
2.3.7 电动机的功率计算及校验	287
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	301
2.4.1 风机和泵类	301
2.4.2 球磨机和磨类	301
2.4.3 简单调速类	302
2.4.4 稳速类	302
2.4.5 多分部 (单元) 速度协调类	302
2.4.6 宽调速类	303
2.4.7 快速正反转类	303
2.4.8 随动 (伺服) 类	304
2.4.9 提升机械类	304
2.4.10 张力控制类	305
2.4.11 高速类	305
第 3 章 电力电子器件与电源	306
3.1 电力电子器件	306
3.1.1 不可控型器件	308
3.1.2 半控型器件	310
3.1.3 全控型器件	316
3.1.4 智能功率模块 (IPM)	324
3.1.5 集成门极换向晶闸管 (IGCT) ...	327
3.1.6 注入增强栅晶体管 (IEGT)	331
3.2 移相控制	336
3.2.1 对晶闸管移相触发器的技术 要求	336

3.2.2 常用的晶闸管移相触发集成电路	337	5.1 电动机的起动、制动及保护	385
3.2.3 触发脉冲的功率放大电路	340	5.1.1 电动机的起动	385
3.2.4 触发脉冲的隔离	341	5.1.2 电动机的制动	402
3.3 整流电源	343	5.1.3 电动机的保护	409
3.3.1 常用整流电源线路	343	5.1.4 智能型电动机控制器	413
3.3.2 常用整流电源线路计算公式	344	5.2 电器的选择	414
3.4 大电流整流电源	345	5.2.1 隔离器、刀开关	414
3.4.1 同相逆并联技术	346	5.2.2 低压断路器	416
3.4.2 大电流二极管整流电源	347	5.2.3 接触器	437
3.4.3 大电流晶闸管整流电源	348	5.2.4 热继电器	443
3.4.4 多台整流电源并联技术	350	5.2.5 控制与保护开关电器	445
3.4.5 并联整流电源中的动态环流	351	5.2.6 熔断器	447
3.4.6 整流电源网侧线电压 U_1 的估算	352	5.2.7 继电器	453
3.4.7 整流器件选择	353	5.2.8 主令电器	458
3.4.8 桥臂整流器件并联数 n	353	5.2.9 电磁执行机构	460
3.4.9 快速熔断器的选择	354	5.2.10 电气安装附件	461
3.4.10 三相五柱变压器	355	5.2.11 电力网络仪表	462
参考文献	356	5.3 控制设备	463
第4章 调速技术基础	358	5.3.1 控制设备概述	463
4.1 调速系统分类和系统指标	358	5.3.2 基本定义及要求	463
4.1.1 调速的分类	358	5.3.3 电动机控制中心的选用	465
4.1.2 调速系统的静态指标	359	第6章 直流传动系统	469
4.1.3 调速系统的动态指标	360	6.1 直流电动机的调速系统	469
4.2 模拟控制和数字控制	360	6.1.1 直流电动机的调速原理	469
4.2.1 离散和采样	360	6.1.2 发电机-电动机调速系统	473
4.2.2 连续变量的量化	361	6.1.3 斩波器调速系统	475
4.2.3 增量式编码器脉冲信号的量化	362	6.1.4 晶闸管变流器的主电路方案	481
4.2.4 电压、电流等模拟量的量化	364	6.1.5 晶闸管变流器可逆系统的控制方案	487
4.2.5 模拟和数字调节器	366	6.2 晶闸管变流器主电路参数计算	495
4.2.6 模拟和数字斜坡给定 (给定积分)	369	6.2.1 变流器的基本参数	495
4.2.7 开环前馈补偿 (预控)	372	6.2.2 变流变压器的计算	502
4.3 数字控制器	373	6.2.3 晶闸管的选择方法	508
4.3.1 对数字控制器的要求	373	6.2.4 直流回路电抗器的选择和计算	514
4.3.2 常用微处理器和控制芯片	374	6.2.5 晶闸管变流装置的保护	522
4.3.3 专用数字控制器和通用数字控制器	376	6.2.6 大功率传动用晶闸管及整流装置产品系列	532
4.4 调速系统中的信号检测	377	6.3 直流调速系统的数字化	540
4.4.1 电流、电压测量	377	6.3.1 微机数字控制系统的特点	540
4.4.2 转速和位置测量	382	6.3.2 软件结构和基础原理	544
第5章 电动机的电器控制	385	6.3.3 微机数字控制装置的工程实现方法	547
		6.3.4 模板型多处理器的数字控制	550
		参考文献	552

第7章 交流调速传动系统	553
7.1 交流调速的引言及分类	553
7.1.1 引言——交流调速和直流调速	553
7.1.2 交流调速系统分类	554
7.2 交流调速用电力电子装置	554
7.2.1 不可控整流器和可控整流器	555
7.2.2 晶闸管交流调压器	557
7.2.3 脉宽调制 (PWM) 变流器基础	557
7.2.4 用于调速系统的 PWM 变流器	559
7.3 定子侧交流调速系统	564
7.3.1 定子调压调速系统	564
7.3.2 大功率交-交变频调速系统 (CC)	566
7.3.3 晶闸管负载自然换相电流型交-直-交变频调速系统	573
7.3.4 定子侧低压电压型交-直-交变频调速系统	578
7.3.5 定子侧中压交-直-交变频调速系统	588
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	596
7.4 转子侧和转子轴上交流调速系统	600
7.4.1 转子侧串级调速系统和双馈调速系统	600
7.4.2 转子轴上交流调速系统	604
7.5 定子侧变频调速控制系统	605
7.5.1 标量 V/F 控制系统 (压频比控制)	605
7.5.2 高性能交流调速基础	606
7.5.3 交流电动机的矢量控制 (VC) 系统	611
7.5.4 异步电动机的直接转矩控制 (DTC) 系统	616
7.5.5 无编码器的异步电动机高性能调速系统	618
7.5.6 高性能调速系统的两个问题	618
参考文献	619
第8章 典型控制系统方案	620
8.1 轧钢机辊道多电动机传动控制系统	620
8.1.1 辊道传动的工艺特点	620
8.1.2 辊道电动机容量的计算	620
8.1.3 变频传动系统供电装置的容量选择	622
8.1.4 辊道变频传动系统的工程计算实例	623
8.2 卷取开卷传动张力控制系统	629
8.2.1 张力控制系统的一般工作原理	629
8.2.2 间接张力控制和直接张力控制	632
8.2.3 轧机卷取机张力控制系统的应用实例	633
8.3 起停式飞剪的快速起停控制系统	637
8.3.1 飞剪控制系统的组成	637
8.3.2 剪刀位置控制和对飞剪工艺要求	638
8.3.3 起停式飞剪的快速响应和起停控制	641
8.3.4 实现更高控制功能的其他方法	641
8.4 轧钢机压下的位置控制系统	642
8.4.1 位置控制系统的基本组成	642
8.4.2 位置控制规律和理想定位过程的控制算法	643
8.5 双电枢及多电动机传动控制系统	646
8.5.1 双电枢或同轴串联的双电动机传动控制系统	647
8.5.2 同轴多台电动机传动控制系统	648
8.6 多点传动电气同步控制系统	648
8.6.1 多点传动系统电动机电枢串联与并联	648
8.6.2 多点传动系统的主从控制	650
8.6.3 单辊传动系统中的负载平衡控制	650
参考文献	653
第9章 电气传动控制系统的综合	654
9.1 电气传动控制系统的性能指标	654
9.1.1 阶跃给定信号响应指标	654
9.1.2 斜坡给定信号响应指标	655
9.1.3 阶跃扰动信号作用下的指标	655
9.2 工程综合方法	656
9.2.1 调节器传递函数	656
9.2.2 系统传递函数的简化方法	657
9.2.3 模型系统设计	658
9.3 直流电气传动系统的分析综合	660
9.3.1 晶闸管变流器的传递函数	660

9.3.2 直流电动机的传递函数	660	11.1.2 公用电网对谐波的限制	810
9.3.3 直流电动机调速系统的综合	663	11.1.3 功率因数和无功功率对公用 电网的影响	813
9.4 交流电气传动系统的分析综合	665	11.1.4 公用电网对功率因数和无功 功率的要求	813
9.4.1 同步电动机交-交变频调速系统	666	11.2 谐波电流计算	814
9.4.2 异步电动机交-直-交电压型 PWM 通用变频调速系统	670	11.2.1 直流传动整流装置的谐波 电流	814
9.5 工程设计举例	672	11.2.2 交-交变频器的谐波电流	816
9.5.1 基本参数	672	11.2.3 电压源交-直-交变频器的谐 波电流	817
9.5.2 电枢电流环	672	11.2.4 TCR 或 TCT 补偿装置的谐波 电流	818
9.5.3 速度调节环	673	11.2.5 谐波电流计算实例	819
参考文献	674	11.3 功率因数计算	821
第 10 章 电气传动装置	675	11.3.1 功率因数和无功功率的定义	821
10.1 西门子全数字直流调速装置 (SIMOREG 6RA70)	675	11.3.2 直流传动整流装置的功率 因数	822
10.1.1 技术规格和产品数据	675	11.3.3 交-交变频器的功率因数	824
10.1.2 硬件设备组成和系统框图	680	11.3.4 电压源交-直-交变频器的功率 因数	827
10.1.3 动态过载能力的计算	681	11.4 谐波治理的方法	828
10.1.4 系统集成及可选件	685	11.4.1 无源滤波	828
10.1.5 直流驱动装置 EMC 的安装 导则和干扰抑制	689	11.4.2 有源滤波	830
10.2 西门子 SIMOVERT 6SE70 系列变 频器	692	11.5 无功补偿的方法	833
10.2.1 技术规格和产品数据	692	11.5.1 静态无功补偿	834
10.2.2 硬件设备的组成和系统框图	697	11.5.2 动态无功补偿	835
10.2.3 变频器和逆变器的过载能力	702	11.6 滤波及无功补偿装置参数计算 实例	839
10.2.4 变频调速系统的制动方案	703	11.6.1 滤波兼静补装置计算实例	839
10.2.5 系统集成和可选件	711	11.6.2 动态无功补偿装置计算实例	851
10.2.6 串行接口与通信	716	参考文献	862
10.2.7 变频器和逆变器的干扰和 抑制	723	第 12 章 基础自动化	864
10.3 多处理器微机控制系统	727	12.1 概述	864
10.3.1 机箱和处理器模板	727	12.1.1 工业自动化系统及其结构	864
10.3.2 接口模板和数据传输通信 单元	733	12.1.2 基础自动化系统的特点	864
10.3.3 编程设备和人机接口装置	750	12.1.3 基础自动化系统的任务	865
10.3.4 系统软件功能块	751	12.2 工业控制计算机	865
10.3.5 SIMADYN D 控制系统配置 举例	807	12.2.1 工业控制用计算机分类	865
参考文献	809	12.2.2 工业控制计算机的特点	867
第 11 章 电气传动装置的谐波治理 和无功补偿	810	12.2.3 工业控制计算机实时操作 系统	868
11.1 概论	810	12.2.4 Windows	872
11.1.1 谐波对公用电网的影响	810	12.3 可编程序控制器	875

12.3.1 可编程序控制器的构成和工作原理	875	13.2.4 抗干扰的基本措施	955
12.3.2 可编程序控制器组态	877	13.2.5 抗干扰设计的检查细则	955
12.3.3 编程语言	877	13.3 常见噪声的抑制	957
12.3.4 数据通信	880	13.3.1 电网噪声的抑制	957
12.3.5 选型与常用机种	881	13.3.2 直流电源噪声的抑制	964
12.4 数据通信和网络	885	13.3.3 静电放电噪声的抑制	964
12.4.1 基本概念	885	13.3.4 模拟电路噪声的抑制	966
12.4.2 网络体系结构	890	13.3.5 数字电路的抗干扰设计	968
12.4.3 传输介质	897	13.4 设备的安装技术	972
12.4.4 网络连接设备与技术	898	13.4.1 设备的内部装配要求	972
12.4.5 互连模式	901	13.4.2 设备的外部安装要求	973
12.5 现场总线	902	13.4.3 系统的接地技术	974
12.5.1 概述	902	13.5 可靠性	980
12.5.2 现场总线的特点	904	13.5.1 可靠性工程的任务	980
12.5.3 现场总线的标准	905	13.5.2 可靠性的指标	981
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	907	13.5.3 系统可靠性的预计	987
12.6 以太网	912	13.5.4 冗余系统	991
12.6.1 以太网特点	913	13.5.5 提高设备可靠性的措施	993
12.6.2 以太网介质访问控制 CSMA/CD	915	参考文献	996
12.6.3 以太网的构成	917	第14章 电控设备的安装和调试	997
12.7 监控组态软件	919	14.1 电控设备检验的依据标准	987
12.7.1 监控组态软件的发展	919	14.2 电控装置的安装	997
12.7.2 监控组态软件的构成与功能	920	14.2.1 安装的一般规定	997
12.7.3 常用人机接口设备	928	14.2.2 外部配线	998
12.7.4 常用监控组态软件	929	14.2.3 接地	1001
12.8 应用示例	929	14.3 电控设备现场调试	1004
12.8.1 热轧带钢轧机控制系统	929	14.3.1 电控设备的调试导则	1004
12.8.2 板带加工线电气传动自动化系统	934	14.3.2 自动化设备的现场调试	1006
12.8.3 大型热带钢轧机的多级分布式计算机控制系统	937	14.3.3 直流调速装置的现场调试	1012
参考文献	942	14.3.4 交流调速装置的现场调试	1024
第13章 电磁兼容性与可靠性	943	14.3.5 电源设备的调试	1037
13.1 电磁兼容性概述	943	参考文献	1042
13.1.1 静电放电	944	第15章 电气传动的工业应用	1043
13.1.2 辐射电磁场	946	15.1 石化工业	1043
13.1.3 电快速瞬变脉冲群	947	15.1.1 石油工业钻井机械	1043
13.2 抗干扰技术	951	15.1.2 管线	1053
13.2.1 抗干扰设计的基本原则	952	15.1.3 石油精炼	1054
13.2.2 噪声的分类	952	15.2 采矿	1055
13.2.3 噪声的传递方式	954	15.2.1 矿井提升机电气传动装置概况	1055
		15.2.2 提升机对电控装置的要求	1056
		15.2.3 提升机直流发电机-电动机传动系统	1059

15.2.4 晶闸管变流装置供电的传动系统	1059	15.5.5 起重机械	1118
15.2.5 无功补偿及谐波滤波器	1066	15.6 供水系统及污水处理系统	1127
15.2.6 交流传动系统	1068	15.6.1 污水处理系统	1127
15.2.7 提升机的综合自动化控制	1071	15.6.2 网络选择	1130
15.3 钢铁工业	1073	15.6.3 PLC 的选择	1135
15.3.1 钢铁工业概况	1073	15.6.4 中央控制室及上位监控软件	1136
15.3.2 高炉炼铁	1074	15.6.5 自控产品选型中的注意点	1137
15.3.3 轧钢	1083	15.6.6 欧姆龙公司近几年来在水处理行业的业绩列举	1138
15.4 有色金属	1101	15.7 风洞控制系统	1139
15.4.1 电解电源概述	1101	15.7.1 概述	1139
15.4.2 电解电源的选择与控制	1102	15.7.2 低速风洞的结构和动力控制系统	1141
15.5 港口及起重机械	1107	15.7.3 高焓高超音速风洞及其动力控制系统	1145
15.5.1 港口机械概况	1107	15.7.4 风洞控制系统的特点	1148
15.5.2 港口机械设备电气传动及自动化技术	1112	参考文献	1150
15.5.3 自动化系统	1115		
15.5.4 港口设备综合管理自动化系统	1117		

附录 部分电气设备生产企业介绍