



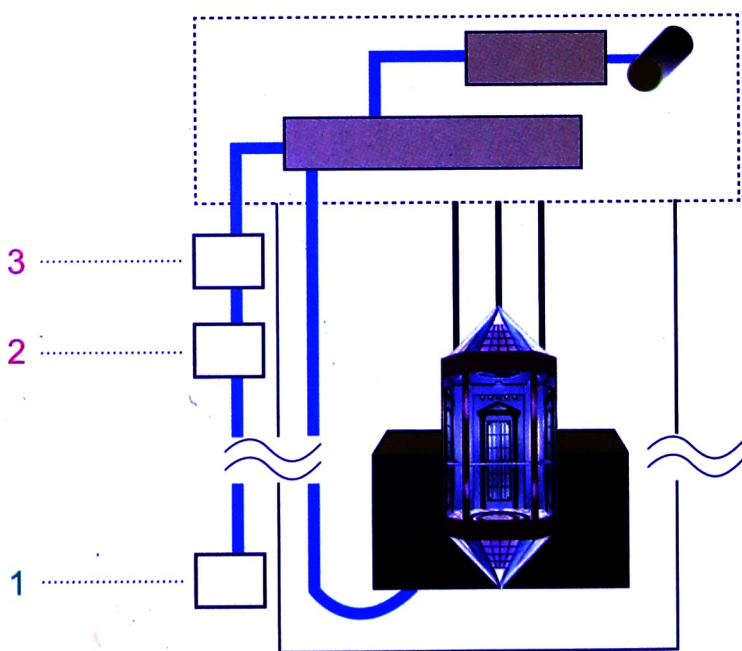
教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

嵌入式与工业控制技术

Control Technology of Elevator

电梯控制技术

段晨东 张彦宁 编著
Duan Chendong Zhang Yanning



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Control Technology of Elevator

电梯控制技术

段晨东 张彦宁 编著

Duan Chendong

Zhang Yanning

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书以电梯和自动扶梯的控制技术为重点,系统地介绍了电梯、自动扶梯的结构及电气控制系统工作原理。全书共分为8章,第1章介绍电梯的发展历史、电梯的分类以及电梯的工作原理;第2章介绍电梯的结构及其工作原理,包括井道、曳引系统、轿厢、门系统、导向系统、重量平衡系统、安全保护装置等;第3章介绍电梯速度运行曲线和电梯的电气拖动系统工作原理;第4章以继电器控制电梯控制系统为主,详细阐述集选电梯的主要控制电路和辅助电路的工作原理;第5章系统地分析了交流双速集选电梯和VVVF集选电梯的PLC控制系统及控制程序;第6章介绍电梯的并联和群控调度原则;第7章介绍电梯监控系统及工作原理;第8章以自动扶梯为主,介绍自动扶梯的构造及工作原理,在此基础上,详细地分析继电器控制的自动扶梯和PLC控制的自动扶梯的电气控制系统的工作原理。为了便于自学和测试学习效果,本书每章均设置了针对性较强的复习思考题。

本书具有较强的工程性和专业性,内容紧密联系工程实践,可作为普通高等学校和高等职业学校的电气工程及其自动化、建筑电气与智能化及其他相关专业的专业课教材及教学参考书,也可以作为电梯行业从业人员的培训教材和工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电梯控制技术/段晨东,张彦宁编著.--北京:清华大学出版社,2015

高等学校电子信息类专业系列教材

ISBN 978-7-302-38681-0

I. ①电… II. ①段… ②张… III. ①电梯—电气控制 IV. ①TU857

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第283776号

责任编辑:曾 珊 薛 阳

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:16.5 字 数:400千字

版 次:2015年4月第1版 印 次:2015年4月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.00元

产品编号:049830-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳伟	香港理工大学
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

近年来,随着我国经济的快速发展和人们生活水平的提高,电梯和自动扶梯的保有量持续快速地增长,我国已成为世界上电梯产量和保有量最多的国家。目前,电梯和自动扶梯已成为人们日常生活中不可缺少的交通工具。

电梯和自动扶梯都是结构复杂的机电一体化产品,由机械和电气两大部分构成。电气部分为其运行提供动力,控制它们实现其使用功能。电气系统功能的优越决定着电梯和自动扶梯的性能和安全运行,在电梯和自动扶梯中起着至关重要的作用。

本书为普通高等学校和高等职业学校的电气工程及其自动化、建筑电气与智能化、自动化及其他相关专业的《电梯控制技术》专业课程编写,考虑学生已完成《电机拖动基础》和《交流调速系统》等课程,以及在工程实践中电气拖动调速系统越来越专业化和模块化的趋势,在书中仅介绍电气拖动调速系统的调速基本原理,没有细致地解释其内部工作机制及理论知识,而是把重点放在了电气控制系统方面。另外,为了使读者了解电梯的功能,更好地理解控制程序的设计思路,本书仍然把继电器电气控制系统作为重要内容,对典型电路进行了细致的分析和解释。其次,本书采用以整个电气系统为对象的分析方式,全面系统地阐释电气拖动系统和电气控制系统的工作原理,使读者可以充分了解它们之间的内在联系。

本书内容共分8章。第1章介绍电梯的发展历史、电梯的分类以及电梯的工作原理。第2章介绍电梯的结构及工作原理,包括井道、曳引系统、轿厢、门系统、导向系统、重量平衡系统、安全保护装置等。第3章介绍电梯速度运行曲线和电梯的电气拖动系统工作原理。第4章以继电器控制电梯控制系统为主,详细阐述集选电梯的典型控制电路和辅助电路的工作原理。第5章介绍两个PLC控制的集选电梯,其中一个为5层5站的交流双速集选电梯,本章详细介绍该电梯结构、拖动系统、控制系统硬件组成及原理,并对控制程序进行了分析说明,另一个为采用变频器和旋转编码器的VVVF集选电梯,本章介绍了VVVF闭环调速系统的构成及其工作原理、采用PLC与旋转编码器获取层楼信息原理、控制系统构成和工作原理,并分析了这种电梯的控制程序。第6章主要介绍电梯的并联和群控调度原则,介绍电梯并联调度的一般原则,并通过电路分析说明并联调度原则的工作原理。另外,介绍了几种传统的群控调度策略和智能群控调度方法的基本原理。第7章介绍电梯监控系统及其工作原理。第8章以自动扶梯及其控制系统为主,首先介绍了自动扶梯的构造及工作原理,在此基础上,详细地分析了继电器控制的自动扶梯和PLC控制的自动扶梯的电气控制系统的工作原理。为了便于自学和测试学习效果,在每个章节之后设置了针对性较强的复习思考题。

电梯和自动扶梯属于特种设备,目前大多数品牌的电梯采用其专有的控制系统,公开的资料极少,尤其是控制程序。因此,在本书编写过程中,对收集的资料进行了认真的分类、分

析和甄别,针对专业技术课程的特点,力求做到面向工程实践、知识点全面、论述科学严谨、阐述循序渐进、内容注重实用。

本书适用课时为 32~48 学时,并在授课的同时安排适当的课程实验。

本书由长安大学的段晨东教授主编,其中,第 1 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章由段晨东编写,第 2 章、第 3 章、第 7 章由长安大学的张彦宁博士编写。全书由段晨东统稿。另外,在编写的过程中,薛周舟、祁霞、耿博旺、李超凡、陈燕军、魏文、高精隆、李常磊等同学参与文稿的录入、绘图和检查校对工作;严磊和张树明同学为本书开发了集选电梯和群控调度的功能演示软件;长安大学的徐先峰阅读了本书,并提出了宝贵的修改意见;西安特种设备检验检测院的李红昌为本书提供了相关的图纸资料,作者在此对他们表示诚挚的谢意。

段晨东

cdduan@chd.edu.cn

2014 年 6 月

目录

CONTENTS

第 1 章 概述	1
1.1 电梯的发展历史	1
1.2 电梯的分类	5
1.3 电梯的工作原理	8
复习思考题.....	9
第 2 章 电梯的结构	10
2.1 井道.....	10
2.2 曳引系统.....	11
2.3 轿厢.....	16
2.4 门系统.....	18
2.4.1 电梯门系统的组成及作用	18
2.4.2 层门、轿门的形式及结构.....	19
2.4.3 开关门机构	20
2.4.4 门保护装置	23
2.5 导向系统.....	25
2.6 重量平衡系统.....	26
2.6.1 重量平衡系统的构成与作用	26
2.6.2 对重装置和重量补偿装置	26
2.7 安全保护装置.....	27
2.7.1 电梯可能发生的事故和故障	27
2.7.2 电梯安全保护系统的组成	28
2.7.3 超速保护装置	29
2.7.4 缓冲器	31
2.7.5 终端限位保护装置	32
2.7.6 其他安全防护装置	33
复习思考题	34
第 3 章 电梯的电气拖动系统	36
3.1 电梯的速度曲线.....	37

3.1.1	三角形速度曲线	37
3.1.2	梯形速度曲线	38
3.1.3	抛物线—直线形速度曲线	39
3.1.4	抛物线速度曲线	43
3.1.5	正弦速度曲线	44
3.1.6	电梯的分速度曲线	45
3.2	电梯拖动系统的分类	47
3.3	直流拖动系统	48
3.3.1	直流拖动系统的调速方法	48
3.3.2	电梯的直流拖动系统原理	50
3.4	交流双速拖动系统	52
3.4.1	交流双速电梯调速原理	53
3.4.2	交流双速拖动系统工作原理	53
3.5	交流调压调速拖动系统	55
3.5.1	电梯运行全过程的调压调速原理	56
3.5.2	对制动过程进行调速控制的交流调压调速电梯	56
3.6	交流变频调速电梯拖动系统	59
3.6.1	变频器分类	60
3.6.2	交流变频变压调速(VVVF)系统原理	62
3.7	永磁同步电动机拖动系统	64
3.7.1	永磁同步电动机的结构	64
3.7.2	永磁同步电动机的控制方式	65
3.7.3	永磁同步电梯的驱动系统原理	67
	复习思考题	69
第4章	电梯的电气控制系统	70
4.1	电气控制系统分类	70
4.2	电梯的运行过程	73
4.2.1	载货电梯的运行过程	73
4.2.2	客梯或客货两用梯的运行过程	73
4.2.3	电梯的控制功能	74
4.3	电气控制系统的组成	77
4.3.1	操纵装置	77
4.3.2	平层装置	78
4.3.3	位置显示装置	79
4.3.4	选层器	80
4.3.5	逻辑控制装置	81
4.4	电梯的继电器控制电路分析	81
4.4.1	厅外召唤控制电路	82

4.4.2	轿内登记控制电路	83
4.4.3	层楼信号的获取及显示电路	84
4.4.4	定向与选层控制电路	87
4.4.5	换速控制电路	92
4.4.6	平层控制电路	94
4.4.7	门系统控制电路	96
4.4.8	消防运行控制电路	100
4.4.9	检修运行控制电路	103
4.4.10	安全回路	105
4.4.11	终端越位保护	106
4.4.12	其他回路	107
	复习思考题	107
第 5 章	电梯的 PLC 控制系统	109
5.1	PLC 控制的交流双速集选电梯	109
5.1.1	5 层 5 站集选电梯的功能	109
5.1.2	5 层 5 站集选电梯的基本结构	110
5.1.3	5 层 5 站集选电梯的电气系统原理	112
5.1.4	5 层 5 站集选电梯的控制程序分析	123
5.2	VVVF 电梯控制系统	138
5.2.1	VVVF 电梯的电气系统	138
5.2.2	VVVF 电梯的程序分析	151
	复习思考题	171
第 6 章	电梯的群控系统	173
6.1	电梯的交通模式	173
6.2	电梯并联控制	174
6.2.1	电梯并联梯调度原则	175
6.2.2	并联控制电路	176
6.3	电梯群控系统	180
6.3.1	固定程序调度原则	181
6.3.2	分区调度原则	183
6.3.3	性能指标调度原则	184
6.3.4	智能群控调度方法	188
	复习思考题	190
第 7 章	电梯监控系统	191
7.1	电梯监控的内容	191
7.2	电梯监控系统的结构	193

7.2.1 本地监控系统	193
7.2.2 远程监控系统	196
7.3 电梯监控系统的实例	198
7.3.1 基于区域建筑群的电梯监控系统	198
7.3.2 基于无线网络的电梯远程监控系统	199
7.3.3 一种通用的电梯远程监控管理系统	201
复习思考题	203
第8章 自动扶梯和自动人行道	204
8.1 自动扶梯和自动人行道的分类	204
8.2 自动扶梯的布置形式	206
8.3 自动扶梯的机械结构	209
8.3.1 自动扶梯结构	209
8.3.2 自动扶梯的制动器	216
8.4 自动扶梯的安全装置	217
8.4.1 必备安全保护装置	219
8.4.2 辅助安全保护装置	225
8.4.3 电气安全保护装置	225
8.5 自动扶梯的电气系统	226
8.5.1 自动扶梯的工作原理	226
8.5.2 自动扶梯的电气系统	227
8.5.3 自动扶梯的继电器控制系统	228
8.5.4 自动扶梯的 PLC 控制系统	232
8.6 自动人行道	248
复习思考题	249
参考文献	250

电梯和自动扶梯是建筑物内用于运送乘客和货物的垂直交通工具。随着社会经济的发展和人民生活水平的不断提高,它们已成为人们日常生活中不可缺少的工具。

1.1 电梯的发展历史

电梯的起源来自于古老的升降装置。1845年,英国人汤姆逊制成了水压驱动的液压升降机。与此同时,在欧美地区蒸汽动力被用于驱动升降装置。1853年,美国机械工程师奥的斯(Elisha Graves Otis)发明了升降机的自动安全装置,有效地改善了升降装置的安全性。1857年,首部使用这种自动安全装置的客运升降机在美国的一家商场投入使用。从此以后,升降机的安全性得到了人们的认可,被快速地发展和应用。1880年,德国人维纳·冯·西门子(Werner von Siemens)发明了使用电力驱动的升降机,从此,出现了“电梯”。1889年12月,奥的斯公司制成首台名副其实的电梯,它采用直流电动机为动力,通过涡轮减速器带动卷筒上缠绕的绳索悬挂并升降轿厢。1892年,奥的斯公司又率先采用按钮操纵装置。1899年,奥的斯公司研制成功了由硬木制成踏板的梯阶式扶梯。1903年,奥的斯公司采用了曳引驱动方式代替了卷筒驱动,同时研制了齿轮减速曳引式高速电梯,使电梯传动设备的重量和体积大幅度地缩小,成为沿用至今的电梯曳引式传动的的基本形式。1915年,奥的斯公司推出了微调节自动平层的电梯;1924年研发了信号控制系统,使电梯司机操作步骤大大简化;1928年开发了集选控制电梯,1946年电梯的群控方式问世,并于1949年在纽约的联合国大厦投入使用。

20世纪初,开始出现交流感应电动机驱动的电梯。在20世纪上半叶,直流调速系统中、高速电梯中占有较大比例。

20世纪60年代至80年代,半导体技术、电力电子技术和计算机控制技术被广泛地应用到电梯中。1967年,晶闸管用于电梯驱动,交流调压调速驱动控制的电梯出现,使交流电梯从此得到了快速发展。1976年,日本富士达公司开发了速度为10m/s的直流无齿轮曳引电梯。1977年,日本三菱电机公司开发了晶闸管控制的无齿轮曳引电梯。1979年,奥的斯公司把计算机控制技术引入电梯系统,开发了基于微型计算机和微处理器的电梯控制系统,使电梯控制技术进入了一个新的发展时期,这种系统逐步取代了继电器控制系统。1983年,日本三菱电机公司开发了变频变压调速电机,出现了变压变频控制的电梯,这种电梯具有良

好的调速性能、舒适感和节能等特点。

20世纪90年代,无机房电梯面世。1996年,芬兰通力电梯公司发布了无机房电梯 MonoSpace,由永磁同步电动机变压变频调速驱动,电机固定在井道顶部侧面,由曳引钢丝绳传动牵引轿厢;同年日本三菱电机公司开发了采用永磁同步无齿轮曳引机和双盘式制动系统的双层轿厢高速电梯。1997年,迅达电梯公司推出了 Mobile 无机房电梯,这种电梯无需曳引绳和承载井道,自驱动轿厢在自支撑的导轨上垂直运行。2000年,迅达电梯公司发布了 Eurolift 无机房电梯,采用高强度无钢丝绳芯的合成纤维曳引绳牵引轿厢,永磁电机无齿轮曳引机驱动,每根曳引绳大约由30万股细纤维组成,其曳引绳比传统的钢丝绳轻4倍,绳中嵌入了石墨纤维导体,使得能够监控曳引绳的轻微磨损等变化。在此期间,奥的斯公司发布了 Gen2 无机房电梯,采用扁平的钢丝绳加固胶带的曳引绳以牵引轿厢,改善了曳引绳的柔性,由无齿轮曳引机驱动。由于无机房电梯的曳引机和控制柜被置于井道中,因此省去了独立机房,节约了建筑成本,增加了大楼的有效面积。另外,这种电梯还具有节能、无油污染、免维护 and 安全性高等特点。

综上所述,一百多年来,电梯在驱动控制技术方面的发展经历了直流电机驱动控制、交流单速电机驱动控制、交流双速电机驱动控制、直流有齿轮调速驱动控制、直流无齿轮调速驱动控制、交流调压调速驱动控制、交流变压变频调速驱动控制、交流永磁同步电机变频调速驱动控制等阶段。

20世纪90年代以后,随着超高层建筑的兴起,高速电梯也得到了较快的发展。1998年,奥的斯公司研发了 SKYway 双层轿厢的超高速电梯,最高速度可达10m/s,提升高度可达400m以上。2002年,日本东芝电梯公司为台北国际金融中心大厦建造了速度为16.8m/s的超高速电梯,提升高度为388m。2010年韩国现代电梯发布了超高速电梯 THE EL,最高速度达到了18m/s,最大提升高度可达600m。

为了有效地监控电梯的运行状态,确保电梯安全运行,远程监控技术应运而生。20世纪90年代末期,随着计算控制技术和计算机网络技术的发展,电梯生产商研制了采用数据通信技术的电梯远程监控系统,为电梯的安全可靠运行和维护保养工作提供了实时的技术保障。所谓电梯远程监控(REMS, Remote Elevator Monitor)是指对某个区域中安装的多部电梯进行集中式远程监控,并对电梯的使用、运行与维护数据资料进行统一管理、更新、统计与分析、故障诊断及救援。如奥的斯公司的 REM 电梯远程监控系统,德国蒂森克虏伯(ThyssenKrupp)电梯公司的 TE-E(TELE-SERVICE)系统,日本日立公司的 HERIOS&MAS 系统等。

在自动扶梯领域,20世纪90年代末,富士达公司开发了变速式自动人行道,即自动人行道以分段速度运行,乘客从低速段进入,然后进入高速平稳运行段,再后进入低速段离开。这种分段速度运行方式有效地提高了乘客上下自动人行道时的安全性,缩短了长行程时的乘梯时间。2002年,日本三菱电机公司开发了倾斜段高速运行的自动扶梯模型,它设计的可铰接伸缩的驱动齿条结构在运行时可使梯级的间隔发生变化,从而使速度也产生变化。其倾斜段的速度是出入口水平段的速度的1.5倍,这样既能缩短乘梯时间,又能改善乘客上下扶梯的安全性与平稳性。

1900年,奥的斯电梯公司通过代理商与中国签订了第一份电梯供应合同,1907年合同完成,电梯在中国上海的一家饭店投入运行,迄今为止,电梯进入我国已有100多年的历史。

据统计,截至2013年,我国电梯保有量约为250万台,电梯的年总产量约为58万台。目前,电梯已成为人们日常生活中依赖程度最高的交通工具之一。

电梯进入我国的时间虽然较早,但我国电梯的研发和制造起步较晚,大致可分为三个阶段:

第一阶段:新中国成立之前的1900—1949年。我国基本没有生产和研制电梯的能力,主要依赖国外电梯。

第二阶段:新中国成立后至改革开放初期(1950—1979年)。我国独立自主,自行设计研发、批量制造了各种电梯,逐步建立了我国电梯研发和生产的体系。1952年,我国在北京天安门上安装了首台自己制造的电梯,该电梯载重为1000kg,速度为0.70m/s,交流单速、手动控制。1953年,我国制造了由双速感应电动机驱动的自动平层电梯。1956年,我国成功研制了自动平层、自动开门的交流双速信号控制电梯。1957年,上海电梯厂为武汉长江大桥生产安装了8台自动信号控制电梯。1959年,上海电梯厂为北京火车站设计和制造了我国首批自动扶梯。1960年,上海电梯厂又试制成功了采用信号控制的直流发电机组供电的直流电梯。1967年,上海电梯厂研制出4台直流快速电梯的群控系统,这也是我国最早的群控电梯。1976年,首台直流无齿轮高速电梯由天津电梯厂研制成功,提升高度为102m。1979年,天津电梯厂又生产了我国第1台集选控制的交流调速电梯,速度为1.75m/s,提升高度为40m。在这一阶段,全国生产安装电梯约1万台,这些电梯主要是直流电梯和交流双速电梯。

第三阶段:改革开放初期至今(1980年至今)。我国通过引进先进技术、合作开发,电梯的研发和生产制造快速发展,与国外先进技术之间的差距缩小。从1980年起,国内电梯制造厂先后与瑞士迅达、美国奥的斯电梯公司、日本三菱电机公司、日本日立电梯等组建合资公司。1985年,中国迅达上海电梯厂试制成功两台并联2.50m/s高速电梯,北京电梯厂生产了中国首台微机控制的交流调速电梯。1988年,上海三菱电梯有限公司生产了我国第一台变压变频控制电梯。1996年,苏州江南电梯有限公司推出了微机控制交流变压变频调速多坡度自动扶梯。2012年,康力电梯公司自主研发成功我国首台具有自主知识产权的超高速电梯,最高速度达到7m/s。另外,近年来,由不同企业开发的电梯远程监控系统被广泛应用,如Prospect、Cloud_ERMON、中国移动的“电梯卫士”等。另外,在此期间,为了保障电梯的制造与安装质量,1987年,政府首次颁布了国家标准GB 7588—87《电梯制造与安装安全规范》,并于1995年和2003年对其进行了两次修订,随后颁布了液压电梯、消防电梯、杂物电梯、载货电梯、家用电梯等一系列制造安装规范。1989年,我国组建了国家电梯质量监督检验中心,以保障在国内使用的电梯的安全性能。1992年,国家技术监督局批准成立全国电梯标准化技术委员会。1998年,国家标准GB 16899—1997《自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范》开始实施。

随着科学技术的发展,未来的电梯将会给人们提供更加舒适、更加安全、更加快捷和更加节能环保的服务,具体表现在以下几个方面:

(1) 高效的驱动技术。永磁同步无齿曳引机替代传统的涡轮、涡轮传动的曳引机。永磁同步无齿曳引机是直接驱动的,没有涡轮、涡轮传动副,传动效率可以提高20%~30%。另外,没有异步电动机的定子线圈,永磁同步电机的主要材料是高能量密度的高剩磁感应和高矫顽力的钕铁硼,电机体积小、重量轻。其次,由于采用无齿曳引机,无须润滑,因此,电梯

噪声低、能耗低、寿命长。同时,为了获得高速、舒适、安全的使用要求,驱动及驱动控制技术不断更新,新型的电力电子元器件、自动控制领域新的控制理论及其方法将越来越多地被应用到电梯中。

(2) 完善的安全保护技术。随着 MEMS(Micro-Electro Mechanical Systems)技术的日臻成熟,把智能传感器嵌入机电设备重要的零部件中以实时检测其状态参数的变化,是未来 MEMS 技术重要的应用领域。MEMS 技术应用于电梯系统,可以提供完善安全技术保障。例如,在抱闸装置中,通过多个嵌入智能传感器实时检测抱闸装置的状况、抱闸线圈的电流和电压、抱闸力的大小、轿厢的状态等,可以对电梯实施多重安全保护;在轿厢、导轨等嵌入安装传感器实时检测电梯系统的振动,根据各处振动参数的大小采用合适抑制措施可以降低电梯在高速运行时产生的振动,改善运行舒适度,确保电梯平稳安全地运行。

(3) 系统智能化。计算机技术、网络通信技术、智能控制理论及其应用为电梯系统的智能化提供了条件。电梯系统的智能化主要表现在:设备智能化,调度智能化,维护智能化。在高速、超高速电梯中,自动控制领域的新理论和新技术将会不断地应用到电梯控制系统中,以解决电梯运行过程中的驱动、调速、减振、降噪等问题。其次,电梯是建筑物中重要的交通与运输工具,是建筑物设备中的重要成员,未来电梯系统具有与建筑物中其他自动化系统联网实现信息共享的功能,如与楼宇设备控制系统、消防系统、安防监控系统等,为用户提供更高效、更优质、更安全舒适的服务。如电梯系统与安防系统结合,利用身份识别技术(如指纹、视网膜、人脸、IC 卡、密码等)使轿厢内管制人员出入特定楼层,并且根据时间——空间分区管制模式对电梯进行控制。在电梯群控系统中,多台电梯局部/个体运行效率与电梯群的整体运行效率之间是一个多目标优化的问题,未来电梯群控制系统将引入人工智能理论,科学合理地分配与调度电梯,实现全局运行效率最优,同时保证服务优质和能耗最少。另外,近年来,无线通信技术和物联网技术飞速发展,采用无线通信技术平台实现电梯现场设备信息的采集处理与传输,再通过控制系统进行数据分析和调整,尤其在安全管理和智能调配方面,可以极大地提高电梯的使用效率。如物联网应用平台可以有效地实现电梯故障、事故的第一时间报警和疏导,统计所选楼层的人数进行合理安排分流,通过手机无线网络远程操作电梯,使得电梯预先自动停靠楼层,减少乘客等待时间;在控制器板、驱动模块板、电机等嵌入远程监控功能或者 GSM\3G 无线监控通信功能,或植入停电应急应用方案,实现智能故障诊断与处理。网络通信技术是电梯远程监控维修的保障,目前,大多数电梯公司的电梯远程监控系统可以远程实现电梯运行状态采集、运行信息的统计以及进行远程诊断与故障排查,随着电梯保有量的不断增加,未来巨量的维护保养工作需要建立统一的电梯运行数据描述和电梯运行数据模型,为预防性维修提供一个专家系统及技术支持。

(4) 使用人性化。智能卡、基于有线/无线通信网络的信息平台的广泛使用,将使电梯的使用更具有人性化。如在宾馆酒店,远距离智能感应系统让搭乘电梯更便捷,带有智能卡的乘客接近候梯区,电梯即可感应并驶到其当前楼层开门等待;进入轿厢后,乘客也无须再刷卡或登记楼层,电梯即会自动识别将乘客送往所居住楼层。在办公大楼或住宅区,建立面向物业客户的网络信息平台,乘客通过网络或手机可以了解所在区域电梯的分布信息、运行状态或建筑物内部其他相关的信息,还可根据需求实现远程自动呼梯功能。

(5) 绿色节能。降低能耗、绿色节能是电梯的一个重要发展方向。电梯系统消耗的能量包括运载乘客的势能消耗、曳引机热能耗、制动能耗、控制系统的能耗、门系统的能耗,通

风与空调能耗(含轿厢、机房)、照明能耗(含轿厢、井道)等。因此,高效的能量再生技术、精准的变频调压控制技术、新型节能光源及照明技术、新型的电机及拖动技术将会被应用到新一代的电梯系统中。

1.2 电梯的分类

电梯是指服务于建筑物内的若干特定楼层,用电力拖动的轿厢,其轿厢运行在至少两列垂直于水平面、或与铅垂线倾斜角小于 15° 的刚性导轨之间运送乘客或货物的固定设备。

根据建筑物的高度、用途及客流量(或物流量)的不同,电梯有以下几种分类方法。

1. 按用途分类

乘客电梯:为运送乘客而设计的电梯,应用范围广泛。

载货电梯:可以有人随乘,主要为运送货物而设计的电梯,用在工厂厂房和仓库中。

客货电梯:以运送乘客为主,但也可以运送货物的电梯。

病床电梯:或称为医用电梯,为运送病床(包括病人)及医疗设备而设计的电梯,用在医院和医疗中心。

住宅电梯:为便于运送乘客、家具、担架等而设计的供住宅楼使用的电梯。

杂物电梯:服务于规定层的层站固定式提升装置,具有一个轿厢,由于结构形式和尺寸的限制,轿厢内不允许人员进入。主要用于运送少量食品、图书和文件等。

汽车电梯:用作运送车辆而设计的电梯,应用在立体停车设备中。

特种电梯:应用在一些有特殊要求场合的电梯,包括防爆电梯、防腐电梯、船用电梯等。

观光电梯:井道和轿厢壁至少有一侧透明,乘客可观看轿厢外景物的电梯,主要运送乘客。

家用电梯:安装于私人住宅,仅供单一家庭成员使用的电梯,这种电梯也可以安装于非单一家庭使用的建筑物内,作为单一家庭进入住所的工具。

建筑施工电梯:安装于建筑施工现场,作为建筑施工与维修应用的电梯。主要用于运送施工人员和材料等。

其他类型的电梯,除上述常用电梯外,还有一些特殊用途的电梯,如防爆电梯、船用电梯、消防员用电梯等。

2. 按拖动方式分类

交流电梯:用交流电动机驱动的电梯。若采用单速交流电动机驱动,则称为交流单速电梯。若采用双速交流电动机驱动,则称为交流双速电梯。当交流电机配有调压调速装置时,称为交流调速电梯。当电机配有变压变频调速装置时,称为变压变频调速(Variable Voltage and Variable Frequency, VVVF)电梯。

直流电梯:采用直流电动机驱动的电梯。

液压电梯:利用液压传动驱动柱塞使轿厢升降的电梯。

3. 按驱动形式分类

曳引驱动的电梯:采用曳引轮作为驱动部件,曳引绳悬挂在曳引轮上,一端悬挂轿厢,一端连接对重装置,由曳引绳和曳引轮之间的摩擦产生的曳引力驱动轿厢上下运动。这是目前电梯经常采用的一种驱动形式。