

培 训
师 教
技 程
列 系

DIANTI XIANDAI
ZHINENG KONGZHI
JISHU

电梯现代 智能控制技术

主 编 岳庆来
副主编 周 焱 乔建伟 刘贯华
参 编 王跃军 范良平 汪世斌



技师培训教程系列

电梯现代智能控制技术

主 编	岳庆来		
副主编	周 烨	乔建伟	刘贯华
参 编	王跃军	范良平	汪世斌
主 审	魏 勇		



机械工业出版社

现代电梯智能化系统是智能大厦垂直交通运输的重要支持系统。该系统可以为乘客提供一个安全、快捷、方便、舒适的环境；为管理者提供一个环保、节能、可靠、远程监控的智能管理系统。为了适应电梯的自动化和智能化技术的迅速发展，特编写了本书。在编写上注重实用、实例说明、强调技能、淡化理论、图文并茂、深入浅出，突出新技术、新工艺、新材料、新设备。

本书共分6章。第1章绪论；第2章电梯的调速传动与控制系统；第3章电梯现代微机控制技术；第4章电梯群控及远程监控技术；第5章无机房电梯；第6章电梯现代智能控制中的新技术。

本书为机电类电梯维修技师及高级技师培训教材，也可作为大专院校工业自动化、机电一体化、机械设计制造、楼宇自动化及其他相关专业的参考教材，还可作为广大工程技术人员的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

电梯现代智能控制技术/岳庆来主编. —北京：机械工业出版社，2009.6

（技师培训教程系列）

ISBN 978-7-111-27119-2

I. 电… II. 岳… III. 电梯—智能控制—技术培训—教材
IV. TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 072347 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：罗 莉 责任编辑：罗 莉 吕 潇 版式设计：张世琴

责任校对：樊钟英 封面设计：陈 沛 责任印制：乔 宇

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm · 26.5 印张 · 657 千字

0001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-27119-2

定价：58.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：（010）68326294

购书热线电话：（010）88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：（010）88379768

封面防伪标均为盗版

技师培训教程系列

编委会名单

主 任：黎德良

副主任：王 德 彭旭昀

顾 问：侯勇志 王晓沛

委 员：乔建伟 岳庆来 张大明 郭昕文 涂爱云 吴启红
胡 洪 王跃军 黄太平 高南岗 程瑞端 黄志昌
谭 斌 鄂永雄

序

随着知识经济时代的到来，科学技术突飞猛进，特别是随着经济的全球化发展和我国加入 WTO，我国将逐步成为世界的“制造中心”。同时，我国经济的不断发展和产业结构的转型升级，也使得我国符合企业需求的一线工程技术人员严重匮乏，特别是技能人才的市场供给严重不足，而且正在成为影响经济进一步发展的瓶颈。

本系列教材就是在这种形势下组织编写的，以适应经济、社会发展对技能人才教育的新要求，满足高素质、复合型人才培养的需求。

深圳技师学院实行模块化和分段培训教学模式，已经成为深圳市高技能人才培训的主要基地和主要力量，年培养技能人才 10000 人次。在培训教学实践中，我们感到真正实用、好用的培训教材为数不多，尤其是有特色的、贴近生产实际的教材更显匮乏，教材的匮乏及教学内容的滞后成为培训教学的瓶颈问题。在技能人才培训的教学过程中，教材处于基础地位，是课程体系设计的核心，因此我们尝试组织专业技术人员自编部分教材，在教材编写中，结合市场需求，我们把相关知识点的学习与专业技能的训练有机地结合起来，摒弃以往“就知识讲知识”的传统做法，在培训教学中“边使用，边调整”，取得了较好的教学效果。

本系列教材的编写思想从以下四个方面出发：

一是根据国家劳动和社会保障部相关技能鉴定规范，并参考了深圳市电工、电梯安装维修工、制冷设备维修工等工程相关职业标准，力求教学内容能覆盖相应技能鉴定的要求。

二是结合当前企业的生产实际，力求教学内容能反映本工种新技术、新工艺的应用，具有一定的广度和深度，因此部分参编人员来自企业一线，能够了解企业生产需要。

三是培养目标明确，强化应用。教学中注重培养学员的职业能力，坚持技能人才的培养方向，内容安排上符合认知规律，由浅及深，由易到难。

四是内容编排上努力做到理论与实践紧密结合，侧重实践操作，理论知识以够用为度，技能实操以培养掌握复杂操作和新技术操作的技能，并以增强分析、判断、排除各种实际故障为重点。

本系列教材的编者来自深圳技师学院从事培训教学的一线教师和企业的一部分专家，书中内容基本反映出深圳市技能培训教学和社会化考核的方向，相信本书会受到中、高职类院校广大师生和广大青年读者的欢迎。

由于时间的限制，也囿于我们的知识和水平，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者和业内人士批评指正！

编委会主任 黎德良

前 言

作为建筑智能化系统的子系统之一,现代电梯智能化系统是智能大厦垂直交通运输的重要支持系统。该系统需要提供超值的服务质量和数量,即减少乘客的候梯时间,将候梯烦躁感降到最低,增加舒适度,减少电梯运行时间,提高运行效率,优化电梯的乘载率。为乘客提供一个安全、快捷、方便、舒适的环境;为管理者提供一个环保、节能、可靠、远程监控的智能管理系统。

目前我国引进的各类电梯产品,包括中外合资的电梯产品,都是比较先进的,基本上都能满足楼宇自动化的要求,但是由于严重缺乏详细的技术资料和有关这方面的教材等原因,给电梯维修者带来了极大不便。而电梯是一项机电一体化设备,现代电梯智能控制涉及机械工程、电力驱动、自动控制、电力电子、变频调速、PLC控制、微型计算机、永磁同步电动机、传感与检测、总线网络、光纤通信等多学科技术。

为了适应电梯的自动化和智能化技术的迅速发展,笔者特编写了《电梯现代智能控制技术》这本教材。在编写上注重实用、实例说明、强调技能、淡化理论、图文并茂、深入浅出,突出新技术、新工艺、新材料、新设备。

本书共分6章。第1章绪论,叙述智能建筑中对电梯系统的要求以及电梯现代智能控制工程技术的发展趋势;第2章电梯的调速传动与控制系统,叙述了电梯驱动的要求及特点,分析了电梯驱动系统的过渡过程,重点叙述了交流变频调速、电力电子器件、电梯专用变频器;第3章电梯现代微机控制技术,首先概述了电梯微机自动控制技术,然后详细叙述了PLC电梯控制技术,最后介绍了微机控制低速VVVF(Variable Voltage and Variable Frequency,变压变频)电梯、多微机控制VVVF中/高速电梯;第4章电梯群控及远程监控技术,阐述了电梯群控技术、电梯信息串行传输技术、全自动微机群控系统、电梯远程监控系统以及电梯光纤通信技术;第5章无机房电梯,突出叙述了永磁同步电动机无齿曳引驱动及控制,还介绍了无机房电梯的布置方式和设计事项;第6章电梯现代智能控制中的新技术,包括通用电梯新技术、超高速电梯开发中的新技术、电梯厂家正在实施中的新技术;附录中摘录了常用的GB 7588—2003、GB/T 7025—1997和GB 50182—1993的部分内容。

本书第1章由周烨编写,第2章由王跃军编写,第3章由刘贯华编写,第4章由乔建伟编写,第5、6章由岳庆来、范良平编写。附录由汪世斌编写,全书由岳庆来统稿,该书绘图、植字、排版由王向红完成,由魏勇主审。

本书为机电类电梯维修技师、高级技师培训教材,也可作为大专院校工业自动化、机电一体化、机械设计制造及楼宇自动化、电气技术及其他相关专业的参考教材,还可作为广大工程技术人员的参考资料。

岳庆来

2009年4月

于 深圳技师学院

目 录

序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 智能建筑中的电梯系统	1
1.2 电梯现代智能控制的交通配置	2
1.2.1 电梯交通配置和电梯交通统计特性	2
1.2.2 电梯交通动态特性	3
1.3 电梯现代智能控制工程系统技术	4
1.4 电梯现代智能控制工程技术的发展趋势	6
1.4.1 超高层建筑的电梯技术和电梯振动抑制技术	6
1.4.2 电梯拖动技术的发展	11
1.4.3 电梯的部件及新技术	12
1.4.4 数字电梯和节能技术	19
第2章 电梯的调速传动与控制系统	23
2.1 电梯调速传动的发展	23
2.2 电梯驱动调速传动控制系统的要求	23
2.3 电梯调速传动控制系统的特点	24
2.4 电梯传动系统的动力学	25
2.5 电梯曳引电动机的机械特性	30
2.6 电梯主驱动系统的速度调节	35
2.7 电梯主驱动系统的过渡过程	38
2.8 电梯驱动系统的运行过程	40
2.9 调速电梯的主驱动及其控制系统	42
2.10 交流变频调速驱动及控制	44
2.10.1 三相交流笼型异步电动机变频调速传动	44
2.10.2 三相交流笼型异步电动机高动态性能矢量控制变频调速	51
2.10.3 电力电子器件	54
2.10.4 电梯专用变频器	76
第3章 电梯现代微机控制技术	107
3.1 电梯微机自动控制系统	107
3.2 PLC控制电梯	121
3.3 多微机控制VVVF电梯	186
第4章 电梯群控及远程监控技术	220
4.1 电梯的群控系统	220
4.2 电梯群控中的专家系统	239
4.3 电梯信息串行传输	246
4.4 全自动微机群监控系统	272
4.5 电梯远程监控系统	278
4.6 光纤通信及其在电梯上的应用	285
第5章 无机房电梯	297
5.1 永磁同步电动机无齿曳引驱动及控制	297
5.1.1 永磁同步电动机	297
5.1.2 永磁同步无齿轮曳引机电梯的特点	298
5.1.3 永磁同步无齿轮电梯产品和技术	299
5.1.4 永磁同步无齿轮电梯的应用事项	302
5.1.5 电梯曳引系统配置使用钢丝绳问题	303
5.1.6 永磁同步电动机直接驱动伺服系统	305
5.2 无机房电梯	309
5.2.1 无机房电梯的标准和要求	309
5.2.2 Evolution 无机房电梯	314
5.2.3 行星顶式无机房电梯和行星电梯曳引机	318
5.2.4 无机房标准乘客电梯	321
5.2.5 GeN2 无机房电梯	323
5.2.6 ELENESSA 新型无机房电梯	326

5.2.7 无机房电梯系列产品的特点	328	6.2 超高速电梯开发中的新技术	353
5.3 无机房电梯的布置方式和设计 事项	329	6.2.1 超高速电梯中的新技术	353
5.3.1 无机房电梯曳引机的几种布置 方式比较	329	6.2.2 超高速电梯中的技术要求	355
5.3.2 无机房电梯设计事项	330	6.2.3 中国台北 101 大楼采用的电梯 新技术	358
5.4 永磁同步变频驱动电梯的改造 应用实例	332	6.3 厂商正在实施中的电子新 技术	360
5.4.1 引言	332	6.3.1 各主要厂商的电子新技术	360
5.4.2 永磁同步电动机与异步电动机的 主要特点及区别	333	6.3.2 正在实施中的电子新技术	363
5.4.3 永磁同步电动机的结构和基本 原理	334	附录 电梯标准 (摘录)	365
5.4.4 永磁同步电动机改造方案	335	附录 A GB 7588—2003 电梯制造与安装 安全规范	365
5.4.5 改造实施	336	附录 B GB/T 7025—1997 电梯主参数及 轿厢、井道、机房的形式与 尺寸	402
5.4.6 改造评价	341	附录 C GB 50182—1993 电气装置安装 工程电梯电气装置施工及验收 规范	406
5.4.7 结束语	344	参考文献	416
第 6 章 电梯现代智能控制中的新 技术	346		
6.1 通用电梯新技术	346		

第1章 绪 论

电梯现代智能控制是智能建筑中的重要内容。为此,首先要了解智能建筑中的电梯系统,智能控制和电梯交通配置的关系,以及智能控制电梯工程系统技术的现状及发展趋势。

1.1 智能建筑中的电梯系统

国际智能建筑研究机构对智能建筑给出的定义是:以目前国际上先进的分布式信息与控制理论而设计的集散控制系统(Distributed Control System),运用计算机(Computer)技术、控制(Control)技术、通信(Communication)技术和图形图像显示(CRT)技术,即通过4C技术对建筑物的四个基本要素,即结构、系统、服务和管理及它们之间的内在联系,以最优化的设计,建立一个由计算机系统管理的一体化集成系统,提供一个投资合理而又拥有高效率的优雅舒适、便利快捷、高度安全的环境空间。而日本智能建筑专家黑泽清先生对智能建筑的定义为:可自由高效地利用最新发展的各种信息通信设备,具有更自动化的高度综合性管理的建筑。

智能建筑的综合功能体现在:先进的楼宇自动化(BA)系统、通信自动化(CA)系统、办公自动化(OA)系统、楼宇管理系统(IBMS),为人们提供一个高效舒适的工作和学习空间环境。这也是智能建筑能够迅猛发展的主要原因。智能建筑的发展是科学技术和经济水平的综合体现。从工业社会现代建筑的概念转向面对信息社会的需求,智能建筑正在世界范围内蓬勃发展,在美国和日本等国家的大量建筑实践中已取得了不少成就。如美国纽约的原世界贸易中心大楼(417m)、帝国大厦(381m)、日本的里程碑大厦(296m),马来西亚的双子石油大厦(452m)等。

我国的城市建筑正在经历着一个前所未有的蓬勃发展阶段,近年来在我国也陆续兴建了一些不同智能标准的智能建筑。如上海环球金融中心、上海浦东新区的金茂大厦、中国台北101大楼、广州市贸中心等。智能建筑技术已经成为21世纪建筑发展的主流,而高品质电梯及其群控系统配置技术的应用无疑将给智能建筑提供更大的便捷与舒适性。

作为楼宇自动化系统的重要子系统之一的电梯智能群控系统是智能大厦垂直交通运输的重要支持系统,现代建筑智能化向传统的电梯控制与配置方法提出了挑战,只有依靠有效的垂直运输系统,才能够给现代高层智能建筑提供超值的服务质量和数量。服务的质量是减少乘客的候梯时间,将乘客的候梯烦躁感降到最低;增加舒适度;减少电梯的行程时间;提高系统的运行效率。服务的数量是通过优化群控配置技术、优化电梯的乘载率。对高层及超高层智能建筑电梯交通系统的设计研究表明,高效大型的超高层建筑的电梯交通系统的关键是:各个区域乘客进出的分区服务和各区域楼层顶部的彼此衔接服务(On Top of One Another)。这由高速的空中大厅梭(Sky-Lobby Shuttle)型电梯担任,它快速地运行于地面基站楼层和空中大厅之间。这里设置的空中大厅是超高层智能大厦在处理分区交通时的有效措施。因此,需要开发新的适合于未来电梯的高速驱动器(High-Speed Drive),这是电梯交通系统

智能控制的核心。

高品质电梯驱动器的应用：满足了超高层建筑对高速、舒适与低能耗电梯的需求，VVVF（Variable Voltage and Variable Frequency，变压变频）电梯驱动器提供了较高的能源效率和非常好的较为平滑的运行舒适性。因此，世界上最高速的电梯系统绝大部分使用的是具有很多安全品质的 VVVF 控制算法。其中矢量控制的 VVVF 驱动器改善了电梯系统的动态特性，成功地解决了电梯运行舒适感问题。线性电动机驱动器（Linear Motor Drive）的开发使得电梯系统以更有效的方法提高了服务的质量与数量。

高速电梯驱动器系统的性能依赖于良好的梯群监管控制（Supervisory Control）。电梯系统的监管控制负责调整一组（群）电梯中的轿厢，目的是有效的利用梯群。一个好的监管控制系统必须以最少的装置使交通人流（Traffic Flow）达到最大化。控制算法应适应于任何时间的电梯交通模式的人流变化。换句话说，电梯群控是基于交通系统的整体最优，电梯系统拥有最短的候梯时间和运行时间及最高的乘客输送能力，以及将聚群现象控制在最小的范围内。

所谓梯群的智能控制就是利用模糊控制、专家系统、神经网络、智能算法等高科技手段，寻求电梯系统的优化控制策略，优化调度多部电梯以提高电梯的运行效率和服务质量，在群控管理和人机接口上不断改进和提高，使电梯交通和其他设施融为一体，减少乘客的候梯时间和电梯的行程时间，提高系统的运行效率，使智能大厦垂直交通系统处于整体最优状态，最大程度地满足人们对便捷和舒适性的要求。

我国的电梯配置与电梯交通系统特性的研究与国外相比还处在相对落后状态，20 世纪 80 年代以前，基本上处于消化国外电梯配置理论和特性研究的阶段。从 1986 年我国才开始对电梯配置理论和电梯的系统特性进行研究。1990 年开始对电梯系统的动态特性进行研究。随着智能建筑技术的发展与普及，电梯业作为建筑业的重要产业，显得越来越重要，对于电梯技术的深入研究有着非常重要的意义。

1.2 电梯现代智能控制的交通配置

从 20 世纪 20 年代到 70 年代中期（1974 年），电梯交通配置理论主要体现在对电梯交通统计特性的研究上；20 世纪 70 年代中期（1975 年）以后，主要体现在对电梯交通动态特性的研究上。

1.2.1 电梯交通配置和电梯交通统计特性

1. 电梯交通配置

电梯交通配置是指电梯交通系统分析、电梯交通配置设计、电源设计、安装和维修工程等。电梯生产全过程包括电梯设计（电气设计和机械设计）、制造、电梯交通系统分析和计算、安装及维护诸环节。电梯交通系统和高层建筑物，特别是和智能建筑有着密不可分的关系，因为电梯交通系统是组成智能建筑三大系统之一的楼宇自动化系统的重要子系统。对电梯交通动态特性的研究是楼宇自动化系统的重要内容。电梯交通系统的功能是智能化建筑整体功能的一部分，建筑物本身连同各项设施在功能上形成一个整体，为人们提供完善的服务。

电梯交通配置和计算的过程就是使电梯交通系统整体的输出量趋向于其期望值的过程。其实质是把建筑物类型、建筑物规模、电梯曳动类别、电梯服务方式和轿厢门别当作已知的输入量,按照流程顺序计算出5min载客率、平均间隙时间、平均行程时间和电梯台数的实际值,并和其对应的期望值相比较,如相差太大,需重新配置,直至满意为止。由此制定出电梯交通配置的技术路线,即用控制理论完善电梯交通系统整体分析数学模型,用系统工程中有向图概念研究其流程顺序,用计算机辅助设计完成计算和实施,用多目标最优化方法完成电梯最优配置,用模糊规则和专家系统研究电梯群控系统。现代电梯技术以计算机、群控和集成技术为基础。电梯结构对超高层建筑来说是以空中大厅(Sky Lobby)形式发展。自1984年出现智能建筑以后,电梯交通系统便成为楼宇自动化的一个重要子系统了。电梯交通配置的发展趋势是:从统计特性过渡到动态特性;以专家系统和神经网络等人工智能技术为武装,广泛采用使用计算机的电梯群控系统和电梯交通配置CAD;同时也继续拓宽研究统计公式及确定统计参数。

2. 电梯交通统计特性

电梯交通的统计特性是指用统计学方法研究电梯交通的统计规律。例如,作为系统输出分量的5min载客率、电梯台数、平均间隙时间、平均行程时间及加速距离等,都是描述电梯交通统计特性的参数。从20世纪20年代起直到70年代,形成了一整套电梯交通配置理论的统计学公式。最早的著名论文是1923年Jones Basset提出的《The probable number of stops made by an elevator》。以后,有1955年瑞士Joris Schröder的论文《Probable reversal floor calculation》,到现在为止,电梯交通配置的统计特性理论已基本定型,尽管个别部分还在继续研究和拓宽。但值得指出的是,人们还没有重视对电梯交通系统整体的研究,因此,理论与应用有些脱节。

就电梯交通统计特性研究而言,今后的主要发展方向是:①发展双层轿厢电梯;②进行电梯交通配置图线研究;③应用计算机视觉技术;④应用红外线技术。

对电梯交通统计特性研究的评述:

电梯交通统计特性理论是电梯交通配置的基本理论,以“电梯交通系统整体分析数学模型与变量关系图”为基本框架,使用电梯交通分析方法,它是以计算电梯运行周期RTT对于建筑物层数 n 的关系式为中心,可以实现电梯交通配置设计,虽然电梯交通动态特性研究指标最终仍以统计特性指标形式提供给人们,但是上述建立的统计模型不是惟一的。现代高新技术的出现向计算电梯运行周期的分析和统计方法提出了挑战,不过,电梯交通统计特性理论仍不失为电梯交通配置的基本理论,对一些统计公式现在仍有人进行拓宽研究。有学者提出,从某种程序上讲,电梯交通分析以上升峰值交通为基础,而不对其他交通流(例如午餐交通流)峰值进行研究,是一种失误。

1.2.2 电梯交通动态特性

电梯交通动态特性是指用模糊逻辑、专家系统和神经网络等人工智能技术描述其模糊性、非线性及不确定性等特性,并完成电梯交通最优配置。虽然在20世纪三四十年代就出现和使用电梯群控系统,但那时的电梯群控系统基本上未使用计算机,属于继电器顺序控制群控系统和集成电路群控系统。在20世纪70年代中期(1975年)以后,计算机的应用使人们可以利用各种人工智能技术研究电梯交通系统的动态特性,提高高层建筑的垂直运输

效率,充分发挥智能化大楼的综合功能。在这一阶段中,首先是日本的青木人志等人把人工智能技术(主要是模糊逻辑专家系统)引入电梯群控系统,建立了专家系统知识库和模糊规则。1990年,棚桥徹等人研制出带有模糊控制的人工智能电梯群控系统 ELEX 系列,平均候梯时间比常规系统减少 15%~20%。1992年,神经网络技术开始应用在电梯群控专利中。1994年,Kita H Markon 等人将神经网络技术引入电梯群控系统中。接着日本东芝公司开发出使用神经网络的电梯群控装置 EJ-1000FN,以适应各种建筑物的交通条件变化,表明带有神经网络的电梯群控系统已进入实用化阶段。

动态特性研究表现在:

(1) 模糊控制技术在电梯群控系统中的应用。早在 1987 年 Looney (路纳) 等人就指出:以模糊规则为基础的控制是模糊控制的有前途领域。从 1988 年起,进入应用人工智能技术的电梯群控系统阶段,模糊控制技术开始应用在电梯群控系统中。1989 年,日本三菱电梯公司把模糊逻辑用在电梯群控系统中,用来确定乘客密度和电梯交通模式。1990 年,青木人志等人提出模糊推理图像运算模式。1993 年,Bruse A Powell 和 David J Sirag 建立电梯交通模糊逻辑模式。1995 年,S Kubo 等人建立电梯交通模糊专家系统。1998 年,K Thangavelu 研制成功开环模糊逻辑控制器,其技术以专利形式公诸于世。现在,模糊控制技术已经广泛地应用在电梯群控系统的配置设计中。比较著名的电梯群控系统有:日本三菱电梯公司的 AI-2100 和 AI-2200 系列,Schindler 电梯公司的 MiconicVX™/AITP 装置等。

(2) 专家系统的应用。专家系统的不足是它们只能按照模糊规则进行电梯交通配置,当交通流发生变化时就不能随之变动了。因为专家认定的模糊规则不总是带来最好的结果。而调整模糊规则和隶属函数又很困难,不能依靠学习改进控制算法。

(3) 神经网络技术的应用。虽然电梯交通研究中的神经网络技术较受重视,但电梯群控系统由于其复杂性的增加,研究空间的维数将飞速增加而使问题变得相当复杂,故通常把神经网络技术和模糊控制技术,与专家系统联合使用。现在模糊控制技术仍然是电梯群控中最基本的核心技术。

(4) 计算机网络技术的应用。其中有代表性和有发展前途的是采用多主结构的 CAN 总线总线网络和电梯群控中的数据型网络控制系统。

(5) 先进控制算法的开发。动态特性研究发展趋势:①继续进行模糊逻辑运算的研究以构成模糊规则;②电梯群控系统由区间控制、候梯时间预测控制进入带有自学习功能的预测控制;③进行电梯交通模糊性、非线性、不确定扰动等动态特性的深入研究;④继续建立带有的人工智能的电梯群控系统,使之更加实用;⑤电梯群控系统功能作为智能大楼整体功能的一部分;⑥电梯群控作为计算机网络的一部分。

1.3 电梯现代智能控制工程系统技术

1. 智能控制电梯工程系统技术情况

我国城市的发展促进了兴建更多更高的摩天大楼,也刺激了电梯产量和在用电梯数量的猛增,促进了电梯智能控制技术的发展和先进的电梯工程系统的出现。截至 2004 年底,我国在用电梯数量达到 527329 台,并以每年约 20% 的速率在增长着。2004 年电梯生产量达 11 万台,约为世界电梯年产量的 1/3,我国电梯年产量递增率约为 30%,我国是世界上名副其实

实的最大电梯市场。

随着电梯技术的不断进步和中外合资企业的发展,各大企业普遍重视了电梯新技术的应用和自主开发能力的提高。在完成了世界一流水平的现代化厂建设之后,纷纷着手建设高水准的研发中心。随着计算机技术和电力电子技术的广泛应用,变频变压调速和串行通信技术已全面普及,永磁同步拖动技术的应用在日益扩大,使我国电梯的技术水平和产品质量从整体上进入了世界先进行列。同时,电梯企业的销售维保网络已基本形成,售后服务条件大为改善,为电梯的安全运行和企业的持续发展奠定了基础。与此同时,配套件企业的生产规模继续扩大,一批优秀的电梯配套件制造企业日趋壮大,专业化生产质量可靠,价格低廉,既支持了中、小型电梯企业的发展,又为大型企业的优化投资结构和降低成本创造了条件。

2. 我国智能控制电梯工程系统技术现状

我国近几年推出的智能控制电梯工程系统的新技术、新品种和新设备如下:

(1) Miconic10 智能型终点厅站登记系统。只要乘客按下呼梯按钮,乘客就知道该乘坐哪台电梯能最快到达目的楼层。

(2) “奥德赛 (Odyssey)” 电梯系统。它把高层建筑中水平和垂直方向的运输结合起来,实现高层建筑内高效快捷的运输。

(3) 在电梯的驱动系统方面。VVVF 控制技术已占据了主导地位。几乎每个电梯厂都生产出自己的 VVVF 电梯产品,有的还采用了先进的智能网络控制技术。

(4) 无机房电梯在 20 世纪 90 年代中期开始步入市场。随着国内住宅建筑和公共设施的快速发展,例如通力公司推出了 Escalator Disc 无机房电梯曳引机,迅达公司推出了 Schindler Mobile 无机房电梯,三菱公司的 Elenessa 无机房电梯,OTIS 公司的 GEN2 无机房电梯等均受到重视,并在市场上占有较大的份额。而且,在市场上出现了各种形式的无机房电梯。有直线电动机驱动的;有行星齿轮驱动的;有 OTIS GEN2 无机房电梯。打破了传统的钢丝绳曳引,改用钢带驱动,称为第 2 代电梯产品。无机房电梯有曳引驱动、液压驱动、螺母螺杆驱动、齿轮齿条驱动、传动带驱动及直线电动机驱动等方式。

(5) 曳引机虽然还是以传统的蜗轮蜗杆式传动为主,但是斜齿轮和行星齿轮传动的曳引机由于效率高、体积小、承载能力大,而备受用户的青睐。特别是永磁同步无齿轮曳引机,可以说是一项技术革命,驱动系统从此以后去掉了减速增力的减速器。

(6) 远程监控系统成为售后服务的重要手段。标志着 21 世纪中国的电梯企业将由生产主导型向服务主导型转变。

(7) 超高速电梯的速度仍在提高。通力公司推出的 ALTA 电梯的速度为 17m/s ;三菱电梯公司推出的超高速电梯的速度为 18m/s ;东芝电梯公司推出的超高速电梯的速度为 16.83m/s 。并开发出了所应用的专利部件,采用了当今最先进的计算机和电子技术,电梯产品也成为当今的高科技产品。

(8) 电梯产品有三菱电梯公司领先的 AI-2200 电梯群控系统,它采用了先进的“预测调谐型”AI 方式和去向预报系统先进技术。可智能化交通分析、目标楼层预测、 18m/s 的超高速电梯是高科技技术产品的代表。

(9) 现代电梯产品采用了最先进的计算机设计方法、最新的材料、最新的制造工艺和最先进的控制技术。

(10) 自动扶梯和自动人行道也采用了 VVVF 控制和智能化的节能控制系统。超高度的自动扶梯和室外的全天候自动扶梯、无齿轮驱动的无机房电梯、小机房电梯、超高速电梯及间距可调的双层轿厢电梯,更是涉及多学科新技术和新材料的高新技术产品,而这些已成为许多电梯厂商的主要发展方向。

(11) 轿厢上行超速保护装置是 2003 年才开始推行的电梯安全概念,如今已生产出多种产品。如双向限速器-安全钳系统、钢丝绳夹绳器、曳引轮夹轮器、曳引轮轴制动器、制动系统 EBRA20 等。

(12) 电梯热点产品和部件有无机房电梯、小机房电梯、别墅电梯、新型自动扶梯、无齿轮曳引机、电梯上行超速保护装置、目的层站系统、新颖操纵盘及按钮、多彩液晶显示器、家居智能化系统、变频门机、光幕、远程监控系统、微机控制柜,以及杂物电梯、编码器、称量装置、IC 卡电梯系统等。

1.4 电梯现代智能控制工程技术的发展趋势

电梯现代智能控制工程技术包括许多内容,主要有超高层建筑的电梯技术和电梯振动抑制技术、电梯拖动技术、永磁同步无齿轮电梯技术、先进电梯和部件技术,以及数字电梯技术、电梯节能和环保技术等。在电梯工程系统中应用越来越多、越来越先进的智能控制技术是智能控制电梯工程系统总的发展趋势。

1.4.1 超高层建筑的电梯技术和电梯振动抑制技术

1. 超高层建筑电梯交通配置的实现

超高层建筑离不开高速电梯的交通配置技术。

例如,台北 101 大楼中两台高速、单层观光梯 OB38 和 OB39 的轿厢将由 B1 层快速运行到第 89 层,到达观光层。这两台电梯是当今世界上最快的电梯,以额定速度 16.83m/s 上行和 $9.0 \sim 10\text{m/s}$ 下行时,将不破坏内耳的允许大气压强差。其电梯配置基本流程如图 1-1 所示。

台北 101 大楼开始的电梯交通配置计划有 4 种方案,不同的电梯配置会使电梯的服务方式、设备、运营成本及建筑物的使用率等有很大的不同。下面详细讨论这 4 种方案的异同。

方案 1 7 组电梯、2 个空中大厅,如图 1-2a 所示。第 1、2 组直接从基站向上运行;第 3、4 组从低层空中大厅向上或向下运行;第 5、6、7 组电梯由高层空中大厅分别向上或向下运行;另外有 2 组电梯从基站分别直达 2 个空中大厅。

方案 2 6 组电梯,1 个空中大厅,如图 1-2b 所示。第 1、2、3 组电梯直接从基站向上运行;第 4、5、6 组电梯由空中大厅分别向上或向下运行;另外有 1 组电梯由基站直达空中大厅。

方案 3 6 组双层轿厢电梯,1 个空中大厅,如图 1-2c 所示。第 1、2、3 组电梯直接从基站向上运行;第 4、5、6 组电梯由空中大厅分别向上或向下运行;另外有 1 组电梯由基站直达空中大厅。与方案 2 布置方式相同,但每组电梯台数由 7 台减少至 5 台。

方案 4 5 组双层轿厢电梯,不设空中大厅,如图 1-2d 所示。所有楼层都可由基站直达,无须转换,但其井道将占去很大空间。

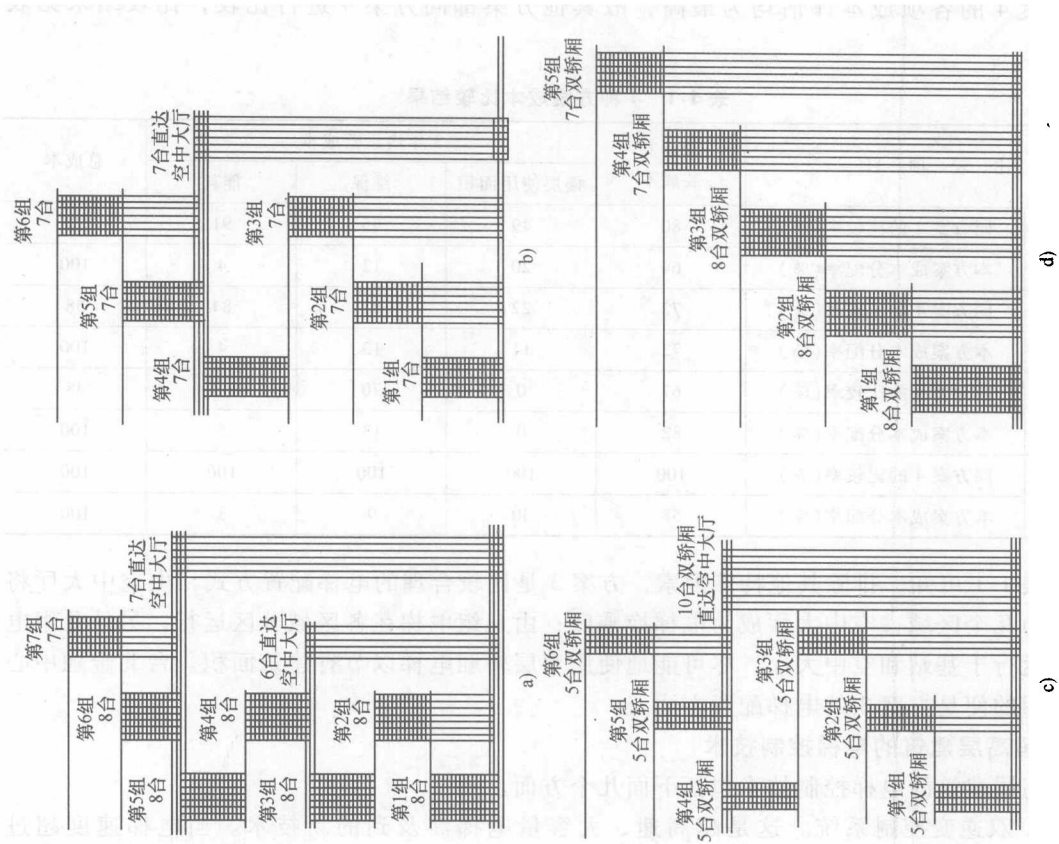


图 1-2 方案 1~4 的电梯配置示意

a) 方案 1 b) 方案 2 c) 方案 3 d) 方案 4

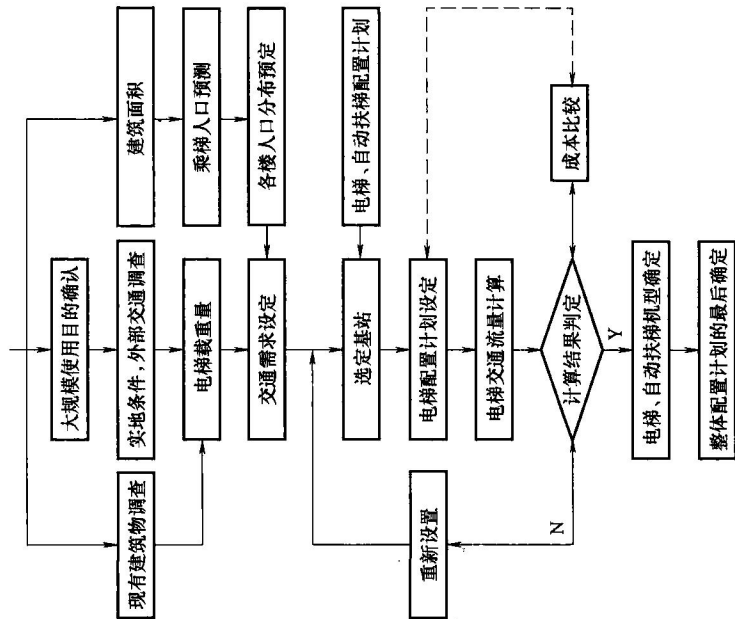


图 1-1 电梯配置基本流程图

方案 4 的各项成本评估均为最高，故其他方案都同方案 4 进行比较，比较结果见表 1-1。

表 1-1 4 种方案成本比较结果

比 较 项 目		设备安 装成本	5 年内运营成本			总成本
			楼层使用面积	维保	能耗	
方案 1	同方案 4 的比较率(%)	80	49	95	91	72
	本方案成本分配率(%)	64	20	12	4	100
方案 2	同方案 4 的比较率(%)	72	22	82	84	58
	本方案成本分配率(%)	72	11	13	4	100
方案 3	同方案 4 的比较率(%)	67	0	70	83	48
	本方案成本分配率(%)	82	0	13	5	100
方案 4	同方案 4 的比较率(%)	100	100	100	100	100
	本方案成本分配率(%)	58	30	9	3	100

由表 1-1 可知，排除其他特殊因素，方案 3 是比较合理的电梯配置方式，由空中大厅将大楼分为几个区域，空中大厅成为电梯换乘区；由几组电梯在各区域分区运行，另外几组电梯直接运行于基站和空中大厅，尽可能地使用双层轿厢电梯以节省建筑面积。台北金融中心大楼采用的便是方案 3 的电梯配置方式。

2. 超高层建筑的电梯控制技术

超高层建筑的电梯控制技术包括下面几个方面。

(1) 双逆变控制系统。这是超高速、大容量电梯涉及到的新技术。当电梯速度超过 1000m/min、采用双层轿厢结构时，就要设置超过 1000kW 的大容量电动机，选用双绕组大容量电动机，且双绕组各有独立的逆变器，并采用 CPU、ASIC（特定用途的 IC）全数字化控制。

(2) 振动抑制技术。超高层建筑要有特殊的防风、防振防摇摆措施，超高速电梯要采用抑制振动措施。

1) 抑制纵向振动。避免机械系统和控制系统发生共振，采用抑制振动的模拟跟踪控制技术。削减实际速度内包含的振动成分，经对力矩指令进行修正，从而抑制振动。按照逆线性二次方程，事先确定作为目标的速度控制性能，配置相应装置，能将共振频率及衰减系数方便地过渡到不易形成振动的状态。该装置能反馈轿厢的加速度信号，减轻因钢丝绳的弹性而引起的低频振动。

2) 抑制横向振动。导轨弯曲会造成轿厢强迫位移，此时轿厢运行越快，横向振动越大。解决办法是，在原有速度控制回路基础上再加一个回路，可以大幅度减少横向振动。在更高速的场合，需设置一种没有活动的减振器，能减少 1/2 的横向振动。

3) 配备新式滚轮导靴。在轿厢运行中，滚轮导靴会把因导轨弯曲引起的强迫振动传递给轿厢。在新式滚轮导靴上安装了以杠杆为支点的相反滚轮侧的平衡配重，使导轨因变形而产生的冲击力难以传递给轿厢，从而减小了振动。

(3) 新型安全钳。当电梯额定速度达到 1000m/min、额定载重量达到 22700kg 时，在安全钳导靴衬板上镶嵌多块特殊材质的衬板（陶瓷），安全钳能承受 1000℃ 以上的高温。

(4) 降低气压变化。当电梯垂直行程达到 600m、速度达到 1000m/min 时, 气压变化量为 72hPa, 最大变化率为 2hPa/s, 造成乘客的耳塞感。解决的办法是, 设计一套轿厢气压控制系统: 在轿顶处设置两台高压鼓风机进行加压和减压, 使轿厢气压值保持不变, 即气压变化率可降到 1.3hPa/s 左右。

(5) 采用永久磁铁同步电动机。超高速电梯适宜采用稀土类的永久磁铁同步电动机, 其转子和曳引轮一体, 成为外旋转体, 并采用电磁盘式制动器, 则与以前的曳引机相比, 曳引机重量减轻 40%。这种曳引机也适用于无机房电梯。

(6) 区域电梯系统技术。把超高层建筑物的电梯区域分为几段, 在地面始发层至局部区域空中候梯厅之间运行高速往返直达电梯, 并在空中候梯厅疏散乘客, 换乘区间电梯。在超高层建筑物中, 以双层直达电梯和双层区间电梯为主, 能大大提高垂直输送效率。

(7) 直线电动机垂直输送系统。亦称环行电梯, 轿厢能作水平、垂直、曲线分路赶超运行, 可使超高层建筑物内部、大楼和大楼之间、地面和地下共同组成一个流动的三元交通网络。轿厢能自行运行, 不需要钢丝绳, 同一井道内可运行多台轿厢; 自行式轿厢不仅能垂直运行, 还能作水平、曲线及分路赶超, 并可灵活地改变运行路线。

(8) 双层轿厢设计。超高层建筑物是双层轿厢的适用区域。利用双层结构的轿厢、大容量的控制装置和利用优化算法的群控, 能建立具有最优输送效率的电梯交通系统, 即电梯群控系统, 使超高层建筑物成为智能化大楼。

3. 超高层建筑电梯技术的发展趋势

日本一些电梯专家预言, 21 世纪前半期的电梯技术将是能体现最新技术成果的超高层建筑电梯技术和安全、实用、廉价的无机房电梯技术。

(1) 关于日本建造超高层建筑及其电梯技术的研究。日本经济要向外扩张, 要拉动日本国内经济需求, 在日本国内存在投资巨额资金建造超高层建筑 (100 层、500m 以上的塔楼) 的需求。一般建筑物内电梯交通系统的费用占建筑物总费用的 10% ~ 15%。日本东芝等公司正在加快研制开发超高层大规模建筑的电梯技术。日本株式会社大林组规划的“千年塔楼”高 600m, 150 层, 工期 10 年, 设计的建筑寿命达到 500 年。对于与大楼相配套的电梯交通系统, 需要开发超高速、大容量的电梯成套技术, 直线电动机垂直输送系统, 直达电梯, 从空中候梯厅出发的区间电梯, 双层轿厢电梯, 无机房电梯, 以及自动扶梯等。

表 1-2 为日本电梯行业杂志《电梯界》在 2000 年重点介绍的日本著名建筑公司规划的超高层建筑及其电梯配置技术。

表 1-2 4 种超高层建筑及其电梯配置规划

塔楼名称	清水超高层 SSH	霍尼克塔楼	千年塔楼	T—Gowth 塔楼
工程承包商	清水建设株式会社	竹中工务店株式会社	大林组株式会社	大成建设株式会社
高度/m	550	600	600	760
楼层数	121	120	150	170