

普通高等教育智能建筑规划教材

# 电梯控制技术

李惠昇 主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育智能建筑规划教材

# 电梯控制技术

主 编 李惠昇

副主编 叶安丽

参 编 李少纲 张惟京

主 审 李先允



机械工业出版社

本书是普通高等教育智能建筑规划教材之一。

本书全面地介绍了电梯及其零部件的构造及工作原理,系统论述了直流电梯、交流双速电梯、交流调压调速电梯、变频调速电梯以及永磁同步无齿曳引电梯的拖动与控制方式,详细分析了各种信号控制系统的典型线路及控制方法,对电梯的选用方法、布置原则以及安装、调试、验收与维护加以介绍,并对自动扶梯、液压梯、杂物梯、自动人行道进行了简单分析与介绍。同时为便于读者学习掌握,在每章后配有该章小结,并针对各个章节的特点编写了思考与练习题,最后提供实验指导与课程设计指导供各高校教学参考。

本书适合用作建筑类高等院校电气工程与自动化类本科的专业课教材,也可供大专、高职的同类专业选用,还可供从事电梯的设计、制造、安装、检验与试验人员及有关管理与维护人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

电梯控制技术/李惠昇主编. —北京:机械工业出版社, 2003.6  
普通高等教育智能建筑规划教材  
ISBN 7-111-12301-8

I. 电... II. 李... III. 电梯-控制-高等学校-教材 IV. TH211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 041867 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:周娟 贡克勤 王保家 版式设计:冉晓华  
责任校对:贾卫东 封面设计:张静 责任印制:路琳  
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2003 年 7 月第 1 版第 1 次印刷  
787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> · 25.25 印张 · 3 插页 · 627 千字  
定价:38.00 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) 68993821、88379646  
封面无防伪标均为盗版

TU857  
L35-2

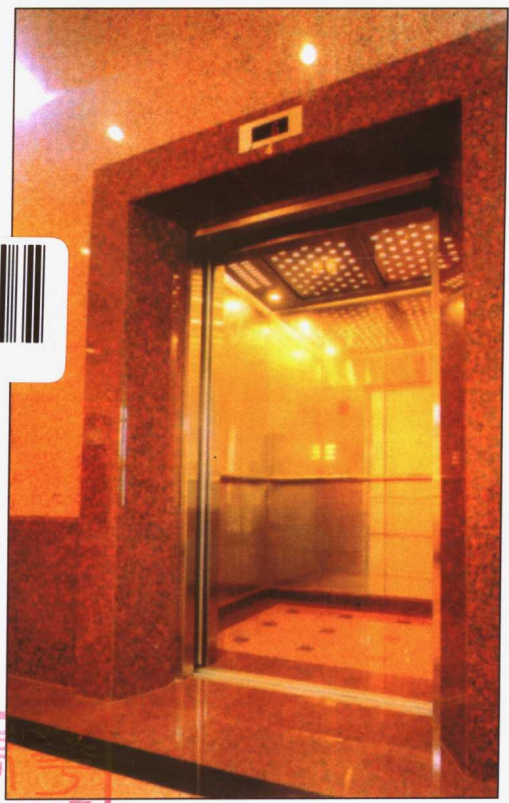
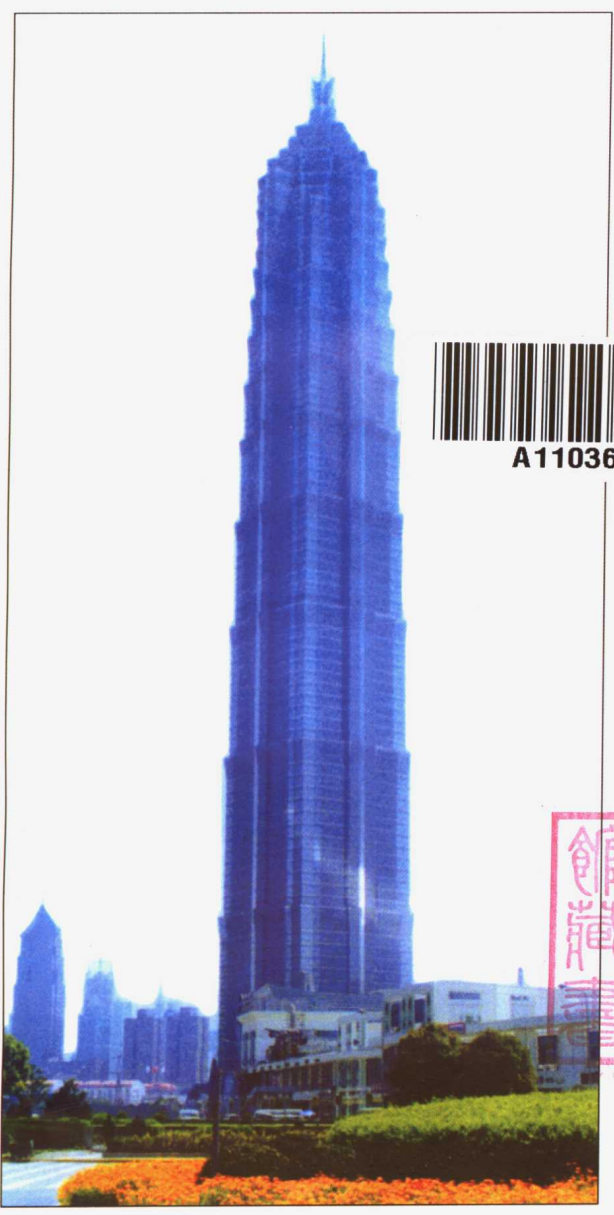


图 1-3 乘客电梯

图 1-1 金茂大厦



图 1-4 住宅电梯

FRANKS/10



图 1-5 观光电梯



图 1-6 载货电梯

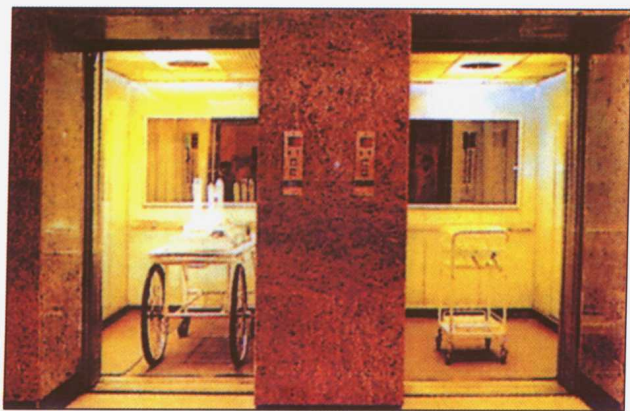


图 1-7 医用电梯

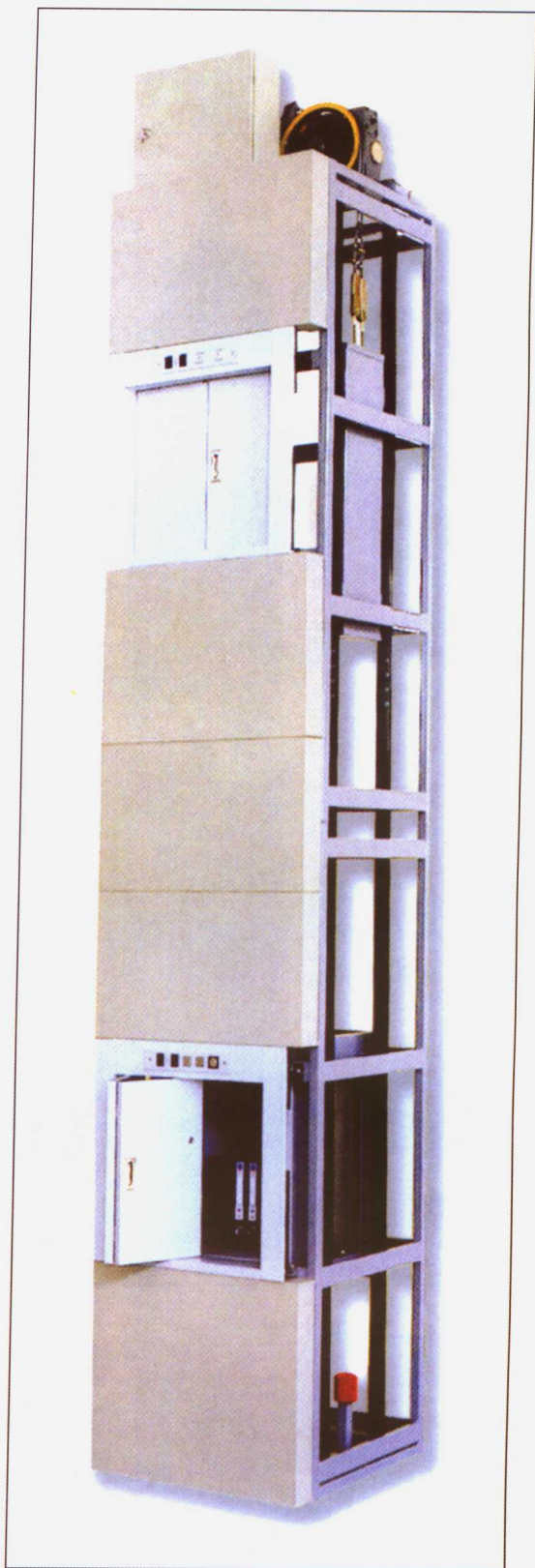


图 1-8 杂物电梯



图 1-9 a) 车辆电梯



图 1-9 b) 车辆电梯

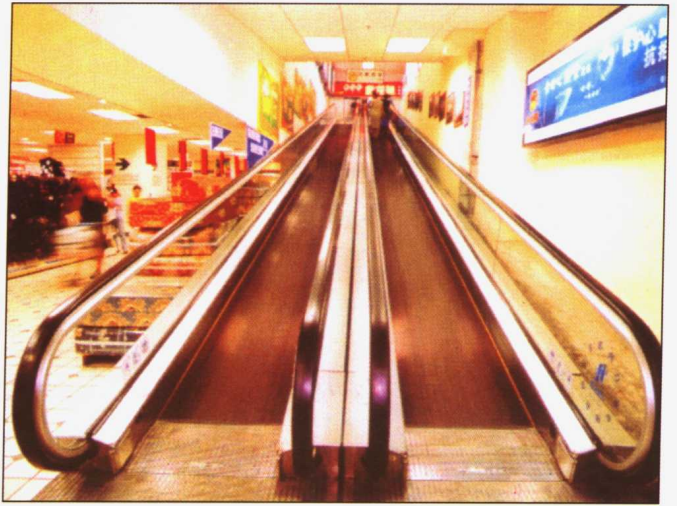


图 1-11 自动人行道



图 1-10 自动扶梯

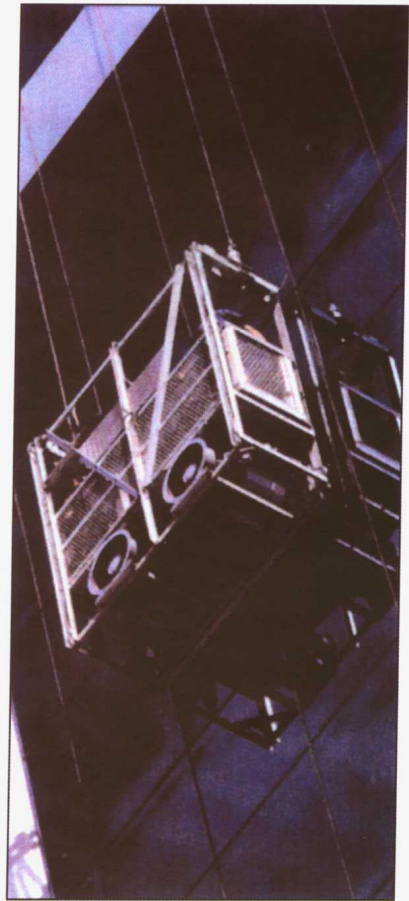


图 1-12 用于维护高层楼宇的吊篮设备

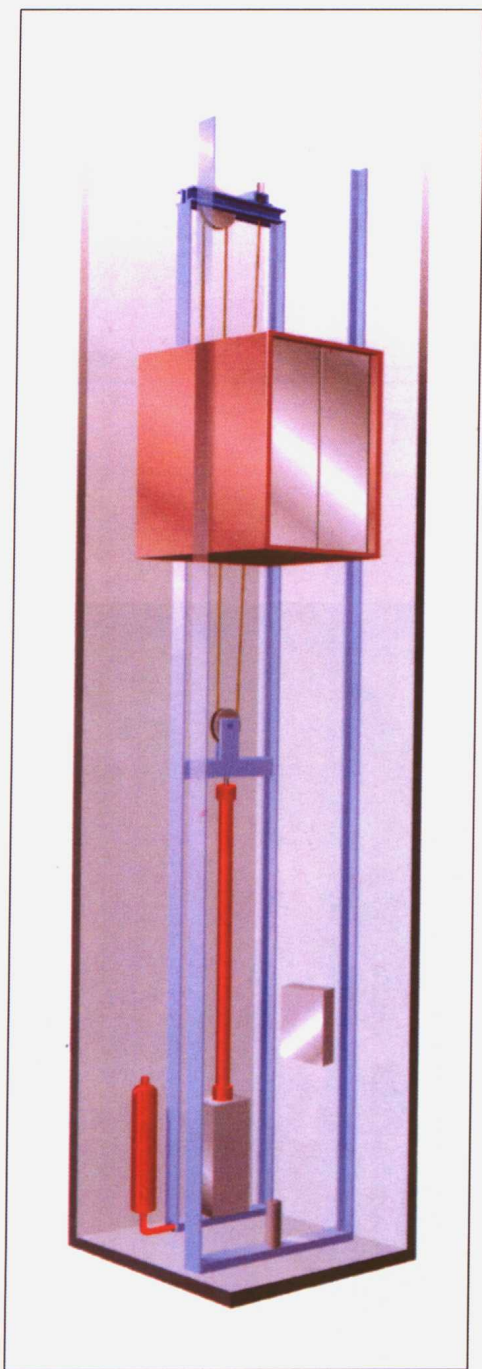


图 1-13 液压电梯



图 1-14 并联控制电梯



图 1-15 群控电梯

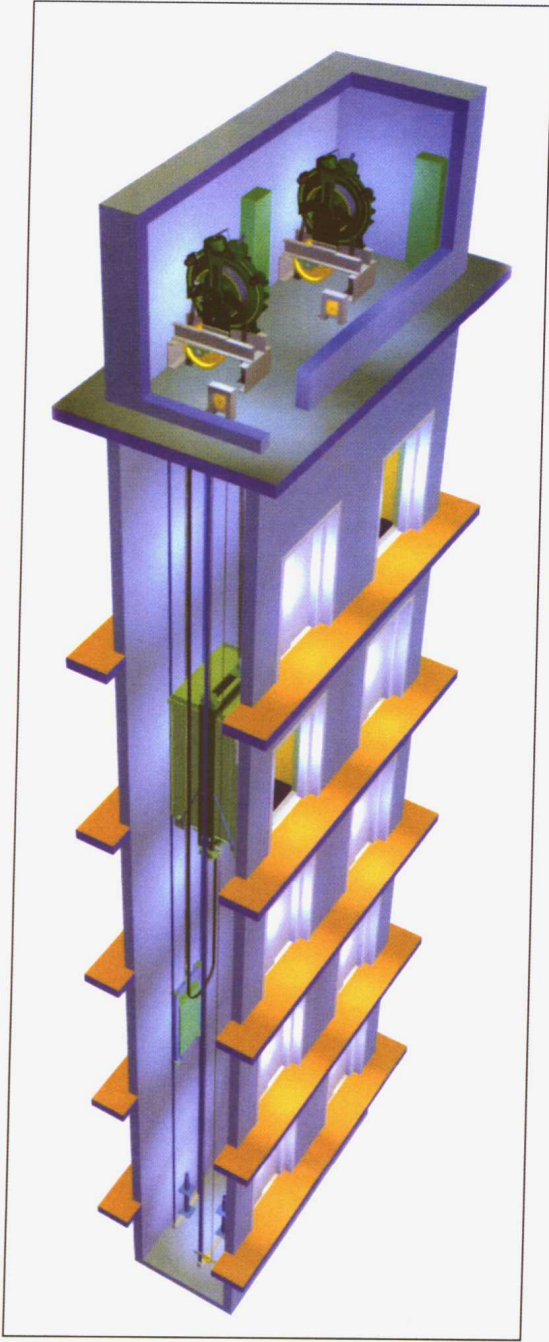


图 1-16 小机房电梯

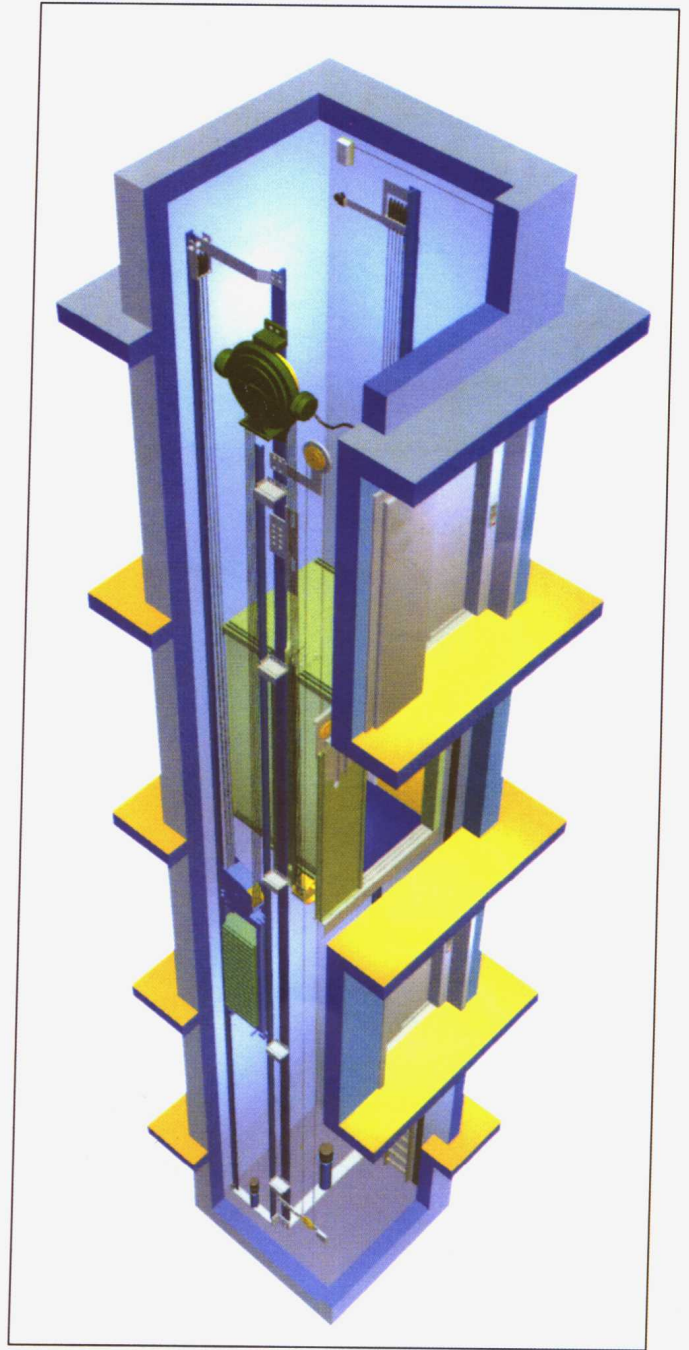


图 1-17 无机房电梯



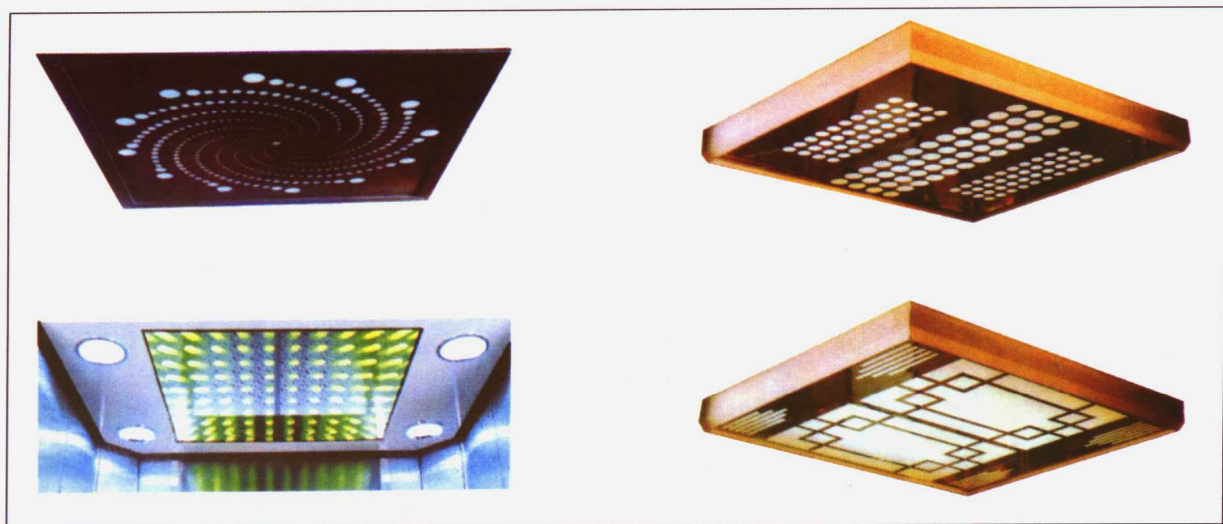


图 2-15 轿顶的装饰性照明

## 智能建筑规划教材编委会

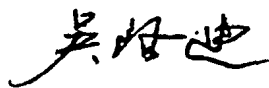
主任	吴启迪		
副主任	徐德淦	温伯银	陈瑞藻
委员	程大章	张公忠	王元凯
	龙惟定	王 忱	张振昭

## 序

20世纪，电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术获得了空前的高速发展，并渗透到各个领域，深刻地影响着人类的生产方式和生活方式，给人类带来了前所未有的方便和利益。建筑领域也未能例外，智能化建筑便是在这一背景下走进人们的生活。智能化建筑充分应用各种电子技术、计算机网络技术、自动控制技术、系统工程技术，并加以研发和整合成智能装备，为人们提供安全、便捷、舒适的工作条件和生活环境，并日益成为主导现代建筑的主流。近年来，人们不难发现，凡是按现代化、信息化运作的机构与行业，如政府、金融、商业、医疗、文教、体育、交通枢纽、法院、工厂等，他们所建造的新建筑物，都已具有不同程度的智能化。

智能化建筑市场的拓展为建筑电气工程的发展提供了广阔的天地。特别是建筑电气工程中的弱电系统，更是借助电子技术、计算机网络技术、自动控制技术和系统工程技术在智能建筑中的综合利用，使其获得了日新月异的发展。智能化建筑也为其设备制造、工程设计、工程施工、物业管理等行业创造了巨大的市场，促进了社会对智能建筑技术专业人才的急速增加。令人高兴的是众多院校顺应时代发展的要求，调整教学计划、更新课程内容，致力于培养建筑电气与智能建筑应用方向的人才，以适应国民经济高速发展需要。这正是这套智能建筑系列教材的出版背景。

我欣喜地发现，参加这套智能建筑系列教材编撰工作的有近20个姐妹学校，不论是编者或是主审者，均是这个领域有突出成就的专家。因此，我深信这套系列教材将会反映各姐妹学校在为国民经济服务方面的最新研究成果。系列教材的出版还说明一个问题，时代需要协作精神，时代需要集体智慧。我借此机会感谢所有作者，是你们的辛劳为读者提供了一套好的教材。



写于同济园

2002年9月28日

# 前 言

近年来我国的经济飞速发展，人民生活水平迅速提高，工作居住条件得到了巨大改善。电梯作为建筑物内的垂直交通运输工具，与人们的工作和生活息息相关。为适应社会对电梯人才的需求，许多高校设置了有关电梯方面的教学环节，本书就是为这些教学环节提供教材而编写的。为了兼顾不同层次、不同专业、不同学时的教学需要，本书在第一章里介绍了教材内容的不同取舍方案，供教师、读者有选择地采用。为了便于教学，同时帮助读者自我检验掌握程度，每章结尾部分都编有思考与练习题。

电梯控制技术是一门专业课，它涉及到自动化专业的多门专业基础课：电子技术、计算机原理、计算机控制、计算机接口、自控原理、检测技术、电力电子技术、电机拖动、电气控制、交直流调速系统等，通过电梯控制技术课程的学习，应使学生在学学习电梯控制技术的同时，复习、巩固上述各门课程的相关知识，掌握综合运用所学知识并解决实际问题的方法和技能。对于有条件的学校，可以配合该课程的教学内容，开设电梯实验或课程设计以至毕业设计，从而使学生得到本专业的综合训练，培养、提高学生理论联系实际的能力。

随着自动控制理论、微电子技术以及电力电子技术的发展，电梯的拖动方式与控制手段均发生了很大的变化，交流调速成为当前电梯拖动的主要发展方向。本书重点介绍变压变频(VVVF)调速电梯的有关知识，对近几年出现的永磁同步电动机无齿曳引电梯新技术也作了介绍，为了体现完整性和系统性，对直流电梯和其它交流电梯亦有阐述。本书在编写过程中力图采用新资料，宣传新技术、新工艺，以使教学内容适应经济的发展，培养的人才适应社会的需求。

由于各个院校的教学计划不完全一样，教学实验设备的条件有所不同，因此为方便教学，在这里给出针对不同教学时数的学时分配表，仅供参考。

《电梯控制技术》各章教学时数分配表

章的序号	章的标题	学时数		
		≤30	≤50	>60
一	绪论	2	2	2
二	电梯的基本结构	10	10	10
三	电梯的电力拖动系统	10	13	12
四	电梯的拖动控制系统	0	0	8
五	电梯的信号控制系统	0	13	12
六	电梯的选用与布置	4	4	4
七	电梯的安装、调试、验收与维护	0	0	6
八	其它类型电梯	2	2	2
(参观)		2	2	4
九	实验	0	4	6
	课程设计	0	0	1~2周

本书第一、二、四、六章由叶安丽编写，第三、九章由李惠昇编写，第五章由李少纲编

写，第七、八章由张惟京编写。李先允审阅了全书。

北京图新电梯自动化技术公司贾彦卓同志为本书第九章的电梯模型提供了技术资料。

本书在编写过程中得到了许多业内人士的大力支持，在此一并表示感谢。

本书收集了国际电梯展及各种参考文献的相关资料，汇集了作者从事电梯安装调试、研究开发、技术改造和教学工作的经验成果，编写中力求内容新颖充实、图文并茂、循序渐进、理论与实用相结合，以满足教学、工作的需要。

由于受时间和水平的限制，不妥之处敬请读者批评指正。

**编者**

# 目 录

序	
前言	
第一章 绪论	1
小结	6
思考与练习	6
第二章 电梯的基本结构	7
第一节 电梯的基本结构简介	7
第二节 电梯曳引机	8
第三节 轿厢、对重与导向系统	15
第四节 电梯的门系统	26
第五节 钢丝绳及其端接装置	39
第六节 限速器、安全钳、缓冲器及保护装置	45
第七节 电梯的电力拖动与控制系统	55
小结	60
思考与练习	60
第三章 电梯的电力拖动系统	61
第一节 常见的电梯电力拖动方式	61
第二节 电梯的速度曲线	63
第三节 电梯的负载机械特性	72
第四节 曳引电动机及其功率的确定	75
第五节 直流电梯电力拖动方式	83
第六节 交流双速电梯拖动方式	87
第七节 交流调压调速电梯拖动方式	94
第八节 变频调速电梯拖动方式	116
第九节 永磁同步电动机拖动方式	128
小结	137
思考与练习	138
第四章 电梯的拖动控制系统	140
第一节 概述	140
第二节 速度、位置检测装置	143
第三节 比例积分控制	154
第四节 直流电梯的速度闭环控制	160
第五节 交流调压调速电梯的速度闭环控制	163
第六节 变频调速电梯的速度闭环控制	167
第七节 典型VVVF电梯拖动控制系统分析	181
小结	190
思考与练习	190
第五章 电梯的信号控制系统	192
第一节 概述	192
第二节 电梯信号控制系统的典型电路	198
第三节 电梯的PLC控制	207
第四节 电梯的微机控制	234
第五节 电梯的群控系统	257
第六节 电梯远程监控系统	261
小结	268
思考与练习	268
第六章 电梯的选用与布置	269
第一节 概述	269
第二节 建筑物的客流分析及交通需求	272
第三节 电梯输送能力的分析	274
第四节 电梯的选用	279
第五节 电梯的布置	283
第六节 电梯机房与井道布置	287
小结	293
思考与练习	294
第七章 电梯的安装、调试、验收与维护	295
第一节 概述	295
第二节 电梯机械设备的安装	295
第三节 电梯电气设备的安装	320
第四节 电梯的调试	326
第五节 电梯的验收	332
第六节 电梯的维护与保养	336

小结 .....	346	<b>第九章 电梯实验及课程设计</b> .....	374
思考与练习 .....	346	第一节 实验装置简介 .....	374
<b>第八章 其它类型电梯</b> .....	348	第二节 实验内容简介 .....	385
第一节 自动扶梯 .....	348	第三节 实验指导书 .....	385
第二节 液压梯 .....	358	第四节 课程设计指导书 .....	393
第三节 杂物电梯 .....	365	第五节 毕业设计指导书 .....	394
第四节 自动人行道 .....	368	<b>附录 我国现行电梯标准目录</b> .....	395
小结 .....	372	<b>参考文献</b> .....	396
思考与练习 .....	372		

# 第一章 绪 论

## 一、电梯的发展

在现代社会和经济活动中，电梯已经成为城市物质文明的一种标志。特别是在高层建筑中，电梯是不可缺少的垂直运输设备。

电梯作为垂直运输的升降设备，其特点是在高层建筑物中所占的面积很小，同时通过电气或其它的控制方式可以将乘客或货物安全、合理、有效地送到不同的楼层。基于这些优点，在建筑业特别是高层建筑飞速发展的今天，电梯行业也随之进入了新的发展时期。

电梯的存在，使得每幢大型高楼都可以成为一座垂直的城市。在纽约的前世界贸易中心大楼里，除每天有5万人上班外，还有8万人次的来访和旅游，因此250台电梯和75台自动扶梯的设置与正常运行，才使得合理调运人员、充分发挥大楼的功能成为现实。中国第一高楼、坐落在上海浦东的金茂大厦（见图1-1），高度为420.5m，主楼地上88层，建筑面积220000m<sup>2</sup>，集金融、商业、办公和旅游为一体，其中60台电梯、18台扶梯的作用是显而易见的。

20世纪初，美国出现了曳引式电梯，其结构见图1-2。从图中可见，钢丝绳悬挂在曳引轮上，一端与轿厢连接，而另一端与对重连接，随曳引轮的转动，靠钢丝绳与曳引轮槽之间的摩擦力，使轿厢与对重作一升一降的相反运动。显然，钢丝绳不用缠绕，因此钢丝绳的长度和股数均不受限制，当然轿厢的载重量以及提升的高度就得到了提高，从而满足了人们对电梯的使用需求。因此，近一百年来，曳引式电梯一直受到重视，并发展沿用至今。

在后来的几十年里，电梯的自动平层控制系统以及通过变换电动机极数的调速方法来调整电梯运行速度的技术相继研制成功，1933年，世界上第一台运行速度为6m/s的电梯被安装在美国纽约的帝国大厦。

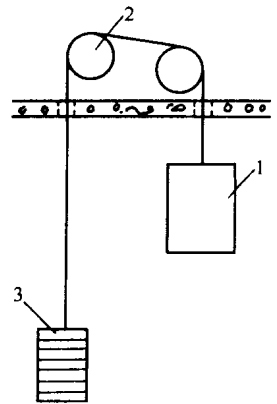


图 1-2 曳引式电梯示意图  
1—轿厢 2—曳引轮 3—对重

第二次世界大战后，建筑业的发展促使电梯进入了高峰发展时期，代表新技术的电子技术被广泛应用于电梯领域的同时，陆续出现了群控电梯、超高速电梯。

随着电力电子技术的发展，晶闸管变流装置越来越多地用于电梯系统，使电梯的拖动系统简化，性能提高。同时交流调压调速系统的研制与开发，使交流电梯的调速性能有了明显的改善。进入20世纪80年代，通过控制电动机定子供电电压与频率调整电梯运行速度的调压调频技术研制成功，出现了交流变压变频（VVVF）调速电梯，开拓了电梯拖动的新领域。1993年，日本生产了12.5m/s的世界最高速交流变压变频调速电梯，结束了直流电梯独占高速电梯领域的历史。

电梯发展到今天，在使用需求和新技术应用方面都进入到了全面发展时期。随着智能化、信息化建筑的兴起与完善，要求电梯不只是完成垂直运输的基本功能，还应以人为本，



提高舒适度，特别从电梯运行的控制智能化角度考虑，电梯的优质服务不再是单一的“时间最短”问题，而是采用模糊理论、神经网络、专家系统等方法，以期实现单梯与群控管理的最佳模式、合理的配置与使用、远程监控与故障诊断、节能以及减少环境污染等。

## 二、电梯的分类

根据国家标准 GB/T7024—1997《电梯、自动扶梯、自动人行道术语》，电梯的定义为：服务于规定楼层的固定式升降设备。它具有一个轿厢，运行在至少两列垂直的或倾斜角小于 $15^\circ$ 的刚性导轨之间。轿厢尺寸与结构形式便于乘客出入或装卸货物。

显然，电梯是一种间歇动作的，沿垂直方向运行的，由电力驱动的，完成方便载人或运送货物任务的升降设备。在建筑设备中属于起重机械。而在机场、车站、大型商厦等公共场所普遍使用的自动扶梯和自动人行道，按专业定义则属于一种在倾斜或水平方向上完成连续运输任务的输送机械，它只是电梯家族中的一个分支。目前美、日、英、法等国家则习惯于将电梯、自动扶梯和自动人行道都归为垂直运输设备。

由于建筑物的用途不同，客、货流量也不同，故需配置各种类型的电梯，因此各个国家对电梯的分类也采用不同方法。根据我国的行业习惯，大致归纳如下：

### (一) 按速度分类

1. 低速电梯 电梯运行的额定速度在 $1\text{m/s}$ 以下，常用于10层以下的建筑物。
2. 快速电梯 电梯运行的额定速度在 $1\sim 2\text{m/s}$ 之间，如 $1.5\text{ m/s}$ 、 $1.75\text{ m/s}$ ，常用于10层以上的建筑物内。
3. 高速电梯 电梯运行的额定速度在 $2\sim 3\text{m/s}$ 之间，如 $2\text{ m/s}$ 、 $2.5\text{m/s}$ 、 $3\text{ m/s}$ ，常用于16层以上的建筑物内。
4. 超高速电梯 电梯运行的额定速度为 $3\sim 10\text{m/s}$ ，甚至更高。常用于楼高超过 $100\text{m}$ 的建筑物内。

随着电梯速度的提高，对高、中、低速电梯速度限值的划分也将作相应的提高和调整。

### (二) 按用途分类

1. 乘客电梯 为运送乘客而设计的电梯，主要用于宾馆、饭店、办公大楼及高层住宅（见图1-3），在安全设施、运行舒适、轿厢通风及装饰等方面要求较高。通常分有司机/无司机操作两种。
2. 住宅电梯 供住宅楼使用，主要运送乘客，也可运送家用物件或其它生活物件。多为有司机操作，见图1-4。
3. 观光电梯 观光侧轿厢壁透明、装饰豪华、活泼，运行于大厅中央或高层大楼的外墙上，供游客、乘客观光的电梯，见图1-5。
4. 载货电梯 为运送货物而设计的电梯，轿厢的有效面积和载重量较大（见图1-6），因装卸人员常常需要随梯上下，故要求安全性好，结构牢固。
5. 客货两用电梯 主要用于运送乘客，但也可运送货物。它与乘客电梯的区别主要在于轿厢内部的装饰结构有所不同。
6. 医用电梯 专为医院设计的用于运送病人、医疗器械和救护设备的电梯，见图1-7，轿厢窄而深，要求有较高的运行稳定性，有专职司机操纵。
7. 服务（杂物）电梯 供图书馆、办公楼、饭店等运送图书、文件、食品等物品的电梯，见图1-8。轿厢的有效面积和载重量均较小，不容许人员进入及乘坐，门外按钮操作。