

高职高专电梯专业系列教材

电[△]梯_▽结构与原理

贺德明 肖伟平 编著



中山大学出版社

高职高专电梯专业系列教材

- 《电梯结构与原理》
- 《电梯安装与维修》
- 《电梯控制原理》
- 《电梯标准与检测》

上架建议：设备、电
气、管道与安装工程

ISBN 978-7-306-03341-3



9 787306 033413 >

定价：28.00元

高职高专电梯专业系列教材

电 梯 结 构 与 原 理

贺德明 肖伟平 编著



中山大学出版社

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电梯结构与原理/贺德明, 肖伟平编著. —广州: 中山大学出版社, 2009. 8
(高职高专电梯专业系列教材)

ISBN 978 - 7 - 306 - 03341 - 3

I. 电… II. ①贺… ②肖… III. 电梯—基本知识 IV. TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 082805 号

出 版 人: 叶侨健

策划编辑: 周建华 李海东

责任编辑: 李海东

封面设计: 贾 萌

责任校对: 李海东

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 广州市新明光印刷有限公司

规 格: 787mm × 960mm 1/16 14 印张 298 千字

版次印次: 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 3000 册 定 价: 28.00 元

本书如发现因印装质量问题影响阅读, 请与出版社发行部联系调换



总 序

随着中国电梯产业的发展,国际电梯行业巨头都已经进入中国大陆投资设厂,中国大陆的电梯整机产量已跃居世界第一,并且形成了世界最大的电梯使用市场。电梯产业的快速发展需要更多高层次的从事制造、安装维保、管理使用的人才,但当前国内电梯行业技术人才的紧缺已经严重制约了电梯行业的发展。

中山职业技术学院根据电梯行业的人才需求状况,依托国内首个省级电梯产业基地“广东省火炬计划——中山电梯特色产业基地”,联合中国建筑科学院建筑机械化研究分院,于2007年率先在国内组建了高职高专类电梯制造与维护专业,并于当年开始招生,开展电梯专业高职高专类学生的培养工作,到目前已经形成了400余名在校生的规模。

电梯制造与维护专业属国内首创高职类专业,所有教学用教材、课件、指导文件等均属空白。高职高专教材建设工作是整个教学工作中的重要组成部分。中山职业技术学院联合中国建筑科学院建筑机械化研究分院,组织了一批具有较长电梯行业工作经历、有丰富教学经验的教师,借助建筑机械化分院在技术、信息、科研和行业归口管理等方面的优势,利用较短的时间,开发编写出一套适合高职教育特点、以职业能力培养为中心目标、突出人才创新素质和创新能力培养的科学实用教材。同时,该套教材既能够覆盖在用电梯的技术知识,又具有较强的新产品新技术前瞻性,以实用技能培养为主,兼顾必须掌握的基础理论知识。此套系列教材由《电梯结构与原理》、《电梯安装与维修》、《电梯控制原理》、《电梯标准与检测》等构成,随着教学过程的开展,后续还会编写电梯专业英语类、轿厢装饰类及电梯智能管理监控类等教材,同时制作教材配套用电子课件、题库等。

上述教材通过在中山职业技术学院试用,并经过多次的修订补充,教学效果良好,初步得到了学生、任课教师及合作企业专家的认可和好评,适用于高职高专教育要求,部分教材已经具备了正式出版发行的条件。

本系列教材在编写过程中,对当前电梯主流技术和多家企业、多种类型产品作了大量详尽深入的调查和收集信息,注重实用知识的讲解和工作原理解析,结合GB 7588—2003的新要求,具有深入浅出、循序渐进、内容全面、图文并茂的特点。本系列教材不仅适用于高职高专院校电梯专业教学使用,也适合电梯从业人员岗前培训使用,对电



梯从业人员快速熟练掌握电梯技术,参与指导电梯生产制造、安装维修、管理使用等作用较好。

本系列教材在编著过程中,广泛参阅了国内外多种电梯结构与原理方面的著作和行业标准法规,并从多家电梯企业、研究单位收集了众多的技术资料,在此向所有相关单位和人士表示衷心感谢。

本系列教材的面世是中国电梯行业人才培养方面的一大幸事,填补了电梯行业通用型高端人才培养教材的空白,感谢中山大学出版社独具慧眼,为中国电梯行业的发展作出了贡献。

《中国电梯》杂志主编



2009年7月于河北廊坊





前 言

随着我国高层建筑的日渐增多及对楼宇自动化、智能化要求的提高,人们对电梯产品从性能质量和数量等方面提出了更高的要求。同时,电梯市场的迅猛发展,推动了电梯研发生产、维保服务等相关行业的快速扩大。据不完全统计,目前我国在用电梯共 91.7 万台,2007 年全国电梯产量为 21.6 万台。按照世界上经济发达国家每千人拥有 1 台电梯计算,我国电梯市场尚有近 100 万台的空间。

电梯产业要健康快速地发展,必须配备技术素质高、数量充足的从业人员作为保障。近年来,电梯专业人才需求缺口问题已经严重影响到了电梯行业的发展。据最新统计,我国已经取得电梯生产资质企业为 498 家,取得电梯安装维保资质企业 5411 家,共有从业人数 37.6 万人。但按照世界上平均水平测算,我国目前电梯行业从业人员缺口达到 45 万人以上。所以我们努力提高电梯从业人员的专业技能,培养大批合格专业人员,努力普及推广电梯使用知识,不仅非常有必要,并且意义深远。

电梯是典型的机电技术高度结合、安全要求极高的设备,尤其是近年来电梯自动化和智能化水平的提高,技术更加密集,要求更加严格,未接受专业技能培训的普通人员已绝对无法胜任电梯制造、维保服务工作;加之电梯的安全可靠运行直接关系到乘客的生命和财产安全,与千家万户的生活息息相关,对社会和谐稳定具有特殊作用。国家劳动安全监察部门从 2000 年起,已将电梯划入特种设备类别,针对电梯及相关产品的开发设计、制造安装、维修使用和定期审验核准、从业人员培训等各个环节,出台了严格的法规标准,制订出细致的技术要求和操作规范,并要求电梯行业各相关部门严格执行并接受监检。

为配合电梯行业的发展,满足电梯从业人员学习培训的需求,我们在对当前主流技术和发展前景广阔的电梯结构、工作原理、维保使用等做了大量详尽深入的调查,收集了充分的信息,编写了此教材。本书注重实用知识的讲解和工作原理解析,结合 GB 7588—2003 的新要求,具有深入浅出、循序渐进、内容全面、图文并茂的特点。本书不仅可作为大专院校电梯专业教材,也适合电梯从业人员岗前培训使用,对电梯从业人员熟练快速掌握电梯结构和原理,参与指导电梯生产制造、安装维修、管理使用等作用巨大。

本书由具较长电梯企业工作经历,现中山职业技术学院电梯专业教师贺德明、肖伟





平编著,其中第一章、第二章由肖伟平执笔完成,第三章至第八章由贺德明执笔完成。本书在编著过程中,广泛参阅了国内外多种电梯结构与原理方面的著作和行业标准法规,并从多家电梯企业、研究单位收集了众多的技术资料,并得到中山职业技术学院有关部门和同事的大力支持协助。《中国电梯》杂志主编李增健先生为本系列教材作总序。在此向所有相关单位和人士表示衷心感谢。

由于编者本身知识所限、对技术掌握不够详细,加之当代电梯技术发展日新月异,书中错误不足在所难免,敬请业内专家和广大读者批评指正。

作 者

2009 年 1 月

目 录

Contents

第一章 概述 / 1

- 一、电梯历史与发展 / 1
- 二、我国电梯历史与发展 / 3
- 三、电梯技术发展方向 / 4
- 复习思考题 / 5

第二章 电梯基础知识 / 6

- 一、电梯的基本结构 / 6
 - (一) 电梯的定义 / 6
 - (二) 电梯整体结构 / 6
 - (三) 电梯的组成及占用的四个空间 / 8
 - (四) 电梯从功能上划分的八个系统 / 8

二、电梯主要参数 / 9

三、电梯分类 / 10

- (一) 根据电梯用途分类 / 10
- (二) 根据电梯运行速度分类 / 12
- (三) 根据拖动方式分类 / 12
- (四) 按操控方式分类 / 13
- (五) 按有无电梯机房分类 / 15
- (六) 按曳引机结构型式分类 / 15
- (七) 其他特殊类型电梯 / 15

四、电梯型号的编制方法 / 16

- (一) 电梯型号编制方法的规定 / 16
- (二) 电梯产品型号示例 / 16
- (三) 有关其他电梯型号的表示 / 17

五、电梯的性能要求 / 17

- (一) 安全性 / 17
- (二) 可靠性 / 18
- (三) 平层准确度 / 18
- (四) 舒适性 / 19

六、电梯常用名词术语 / 20



(一) 一般术语 / 20

(二) 电梯零部件术语 / 23

(三) 控制方式常用术语 / 28

(四) 液压电梯 / 29

(五) 自动扶梯和自动人行道 / 30

七、电梯与建筑物的关系 / 32

(一) 电梯对建筑物的一般要求 / 32

(二) 电梯主参数、轿厢与井道、机房型式和
具体尺寸要求 / 34

(三) 电梯选型与配置 / 42

八、电梯相关标准法规 / 46

复习思考题 / 47

第三章 电梯工作原理与运动分析 / 49

一、提升原理 / 49

(一) 曳引式提升原理 / 49

(二) 曳引传动关系 / 50

(三) 曳引系统受力分析 / 51

二、电梯的曳引能力 / 53

(一) 曳引系数 / 53

(二) 曳引轮绳槽与曳引力的关系 / 54

(三) 包角对曳引力的影响 / 55

(四) 电梯的曳引条件 / 55

(五) 电梯的最大曳引能力 / 57

(六) 允许轿厢最小自重 / 57

三、对重匹配分析 / 58

四、曳引传动型式 / 59

(一) 常见电梯的曳引型式及特点 / 59

(二) 曳引比 / 60

五、电梯运行的舒适性要求 / 61

(一) 电梯运行的基本要求 / 61



(二) 电梯运行速度曲线与人的生理感受

适应状态 / 61

复习思考题 / 62

第四章 曳引系统主要设备与装置 / 64

一、曳引机 / 64

(一) 曳引机的分类 / 64

(二) 有齿轮曳引机 / 65

(三) 无齿轮曳引机 / 67

(四) 永磁同步无齿轮曳引机与传统曳引机的
比较 / 69

(五) 曳引机型号标示方法 / 70

(六) 关于曳引机速度及功率的计算 / 71

二、制动器 / 73

(一) 制动器的作用 / 73

(二) 制动器工作特点 / 73

(三) 制动器安装位置与结构特点 / 73

(四) 制动器结构与原理 / 74

(五) 制动器的选用原则 / 76

三、减速器 / 76

(一) 减速器的种类与特点 / 76

(二) 减速器的使用要点 / 78

四、联轴器 / 79

五、曳引轮 / 80

六、曳引钢丝绳 / 81

(一) 曳引钢丝绳的结构、材料要求 / 81

(二) 曳引钢丝绳的性能参数 / 83

(三) 曳引钢丝绳的端接装置 (绳头组合) / 87

(四) 钢丝绳张力调整 / 90

复习思考题 / 90



第五章 轿厢与门系统 / 91

一、轿厢结构及要求 / 91

(一) 轿厢整体结构 / 91

(二) 轿厢架 / 92

(三) 轿厢 / 93

(四) 轿厢整体安装要求 / 95

(五) 轿厢与曳引钢丝绳的连接方式 / 95

二、轿厢特点与尺寸要求 / 96

(一) 客梯轿厢 / 96

(二) 货梯轿厢 / 98

(三) 病床电梯轿厢 / 99

(四) 杂物梯轿厢 / 99

(五) 观光梯轿厢 / 100

(六) 汽车梯轿厢 / 100

三、轿厢内操纵箱 / 101

四、轿厢外操纵箱 / 102

五、轿厢超载控制装置 / 102

(一) 机械式称重装置 / 103

(二) 橡胶块式称重装置 / 104

(三) 压力传感器式称重装置 / 105

六、电梯门系统作用与要求 / 105

(一) 电梯门系统的作用 / 105

(二) 层门、轿门的使用要求 / 106

七、层门、轿门的型式与结构 / 107

(一) 层门的型式 / 107

(二) 层门的结构特点 / 109

(三) 轿门的型式和结构特点 / 110

八、开关门机构 / 111

(一) 手动开关门机构 / 111

(二) 自动开关门机构 / 111

(三) 双折式开关门机构 (适用于旁开门) / 114



九、层门门锁及联动机构 / 114

(一) 单门刀式门锁 / 115

(二) 双门刀式门锁 / 118

(三) 层门联动机构 / 119

(四) 层门应急开锁与自闭装置 / 122

复习思考题 / 123

第六章 导向与重量平衡系统 / 124

一、导向与重量平衡系统概述 / 124

(一) 导向系统功能 / 124

(二) 导向系统的组成及其位置 / 124

(三) 重量平衡系统 / 125

二、导轨 / 125

(一) 导轨的作用 / 125

(二) 导轨的种类和标识 / 125

(三) 导轨的技术性能要求 / 127

(四) 导轨的安装技术要求 / 129

三、导靴 / 132

(一) 导靴概述 / 132

(二) 导靴与导轨受力分析 / 132

(三) 导靴的种类 / 133

(四) 导靴的使用要求 / 137

四、导轨架 / 138

五、重量平衡系统 / 140

(一) 重量平衡系统的功能及其组成 / 140

(二) 对重装置 / 141

(三) 重量补偿装置 / 143

(四) 随行电缆与中间接线箱 / 146

复习思考题 / 147

第七章 安全保护系统 / 148

一、安全保护系统概述 / 148



- (一) 电梯可能发生的事故和故障 / 148
- (二) 电梯安全保护系统的组成 / 149
- (三) 电梯安全保护装置的动作关联关系 / 149
- 二、限速器 / 150
 - (一) 摆锤式限速器及工作原理 / 153
 - (二) 甩块式限速器及工作原理 / 154
 - (三) 双向限速器及工作原理 / 157
 - (四) 限速器张紧装置 / 160
 - (五) 限速器使用技术要求 / 162
- 三、安全钳 / 163
 - (一) 安全钳装置组成与安装位置 / 163
 - (二) 安全钳种类与结构特点 / 164
 - (三) 安全钳使用条件 / 170
- 四、夹绳器 / 170
- 五、缓冲器 / 173
 - (一) 缓冲器的类型 / 173
 - (二) 缓冲器的数量 / 176
 - (三) 缓冲器行程和缓冲减速度的确定 / 176
- 六、终端限位保护装置 / 177
 - (一) 强迫减速开关 / 178
 - (二) 终端限位开关 / 178
 - (三) 终端极限开关 / 179
- 七、其他安全防护装置 / 179
 - (一) 轿厢顶部安全窗 / 179
 - (二) 轿顶护栏 / 180
 - (三) 底坑对重侧防护栅 / 180
 - (四) 轿厢护脚板 / 180
 - (五) 制动器扳手与盘车手轮 / 181
 - (六) 电梯急停开关 / 181
 - (七) 可切断电梯电源的主开关 / 181
- 复习思考题 / 182



第八章 自动扶梯与自动人行道 / 183

一、自动扶梯与自动人行道的参数 / 183

二、自动扶梯的基本构造 / 184

(一) 自动扶梯的类型 / 184

(二) 自动扶梯结构概述 / 185

(三) 自动扶梯驱动装置 / 191

(四) 自动扶梯制动器 / 195

(五) 扶手带装置 / 197

(六) 自动扶梯安全装置 / 200

(七) 多级驱动自动扶梯简介 / 203

三、自动人行道简介 / 204

复习思考题 / 206

主要参考文献 / 207



第一章 概述

一、电梯历史与发展

很久以前，人们就已经开始使用原始的升降工具来运送人和货物，并大多采用人力或畜力作为驱动力。到 19 世纪初，随着工业革命的进程发展，蒸汽机成为了重要的原动机，在欧美开始用蒸汽机作为升降工具的动力，并不断地进行创新和改进。到 1852 年，世界第一台被工业界普遍认可的安全升降机得以诞生。

我国是世界四大文明古国之一，有着悠久的文明和科技发展历史。在公元前 1100 年周朝时期就出现了提水用的辘轳（图 1-1），即由木制的支架、卷筒、曲柄和绳索等组成的卷筒式卷扬机。公元前 236 年古希腊科学家阿基米德制成了一种人力驱动的卷筒式卷扬机，用于将货物提升到很高的地方。

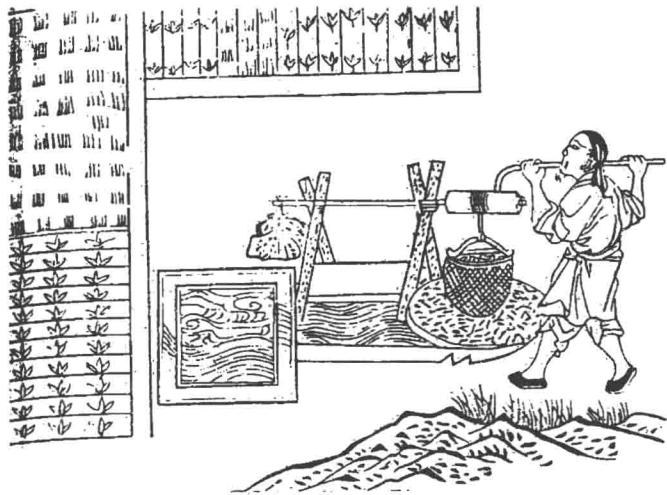


图 1-1 我国古代使用的提水工具——辘轳



1765 年英国人瓦特发明了蒸汽机,人类开始使用机械动力来完成繁重的体力活动。1835 年英国出现了蒸汽机驱动的升降机,它通过皮带传动和蜗轮蜗杆减速装置驱动,主要用于垂直运送货物。1845 年,英国人汤姆逊制成了世界上第一台液压升降机。当时由于升降机功能不够完善,难以保障安全,故较少用于载人。

1852 年,美国纽约杨可斯(Yonkers)的机械工程师奥的斯(Elisha Graves Otis)在一次展览会上,向公众展示了他的发明,从此宣告了电梯的诞生,也打消了人们长期以来对升降机安全性的质疑。随后奥的斯组建成立了奥的斯电梯公司。

1857 年,奥的斯公司在纽约安装了世界第一台客运升降机;1889 年奥的斯公司制成使用了世界上第一台以直流电动机驱动的升降机,此时电梯就名副其实了;1899 年第一台梯阶式(梯阶水平,踏板由硬木制成,有活动扶手和梳齿板)扶梯试制成功。

1900 年交流感应电动机问世,并被用于电梯驱动,进一步简化了电梯传动机构,随着交流单速电动机发展到交流双速、多速电动机,电梯运行速度和舒适性得到了很大提高;同年法国人布瑞在纽约安装了第一台无齿轮减速装置的电梯;1903 年,奥的斯公司采用曳引驱动方式代替卷筒驱动,提高了电梯传动系统的通用性;同时也成功制造出有齿轮减速曳引式高速电梯,使电梯传动设备重量和体积大幅度地缩小,增强了安全性,并成为沿用至今的电梯曳引式传动的基本型式。

奥的斯公司在 1892 年开始用按钮操纵代替以往在轿厢内拉动绳索的操纵方式;1915 年制造出微调节自动平层的电梯;1924 年安装了第一台信号控制系统,使电梯司机操纵大大简化;1928 年开发并安装了集选控制电梯;1946 年在电梯上使用群控方式,并在 1949 年使用于纽约联合国大厦;特别值得一提的是奥的斯公司在 1967 年为美国纽约世界贸易中心大楼安装了 208 台电梯和 49 台自动扶梯,每天要完成 13 万人次的运输任务,遗憾的是该大楼于 2001 年 9 月 11 日因恐怖袭击而倒塌。

1976 年日本富士达公司开发了速度为 10 m/s 的直流无齿轮曳引电梯;1977 年,日本三菱电机公司开发了可控硅控制的无齿轮曳引电梯;1979 年奥的斯公司开发了第一台基于微机的电梯控制系统,使电梯控制进入了一个崭新的发展时期;1983 年日本三菱电机公司开发了世界上第一台变频变压调速电机,并于 1990 年将此变频调速系统用于液压电梯驱动;1996 年芬兰通力电梯公司发布了最新设计的无机房电梯 MonoSpace,由 Ecodisk 扁平的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;1996 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,安装在上海 Mori 大厦;1997 年迅达电梯公司展示了 Mobile 无机房电梯,该电梯无需曳引绳和承载井道,自驱动轿厢在自支撑的铝制导轨上垂直运行;1997 年通力电梯公司在芬兰建造了行程为 350 m 的地下电梯试验井道,电梯实际提升高度 330 m ,理论上可测试 17 m/s 速度的电梯。

随着现代建筑物楼层不断升高,电梯的运行速度、载重量也在提高。世界上最高电