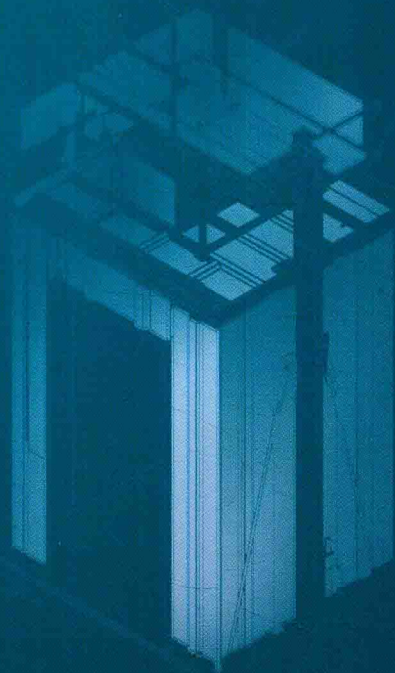


高等职业教育规划系列教材

垂直电梯 构造及原理

CHUIZHI DIANTI
GOUZAO JI YUANLI

葛晓东
编著



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

高等职业教育规划系列教材

垂直电梯构造及原理

葛晓东 编 著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

垂直电梯构造及原理/葛晓东编著. —北京:
中国轻工业出版社, 2016.3
高等职业教育规划系列教材
ISBN 978-7-5184-0816-0

I. ①垂… II. ①葛… III. ①电梯—高等职
业教育—教材 IV. ①TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 310885 号

内 容 简 介

本书是编者多年来从事电梯设计、制造、安装、改造、维修实践及教学工作的经验总结。

本书系统地介绍了垂直电梯构造及机械部件的构造和原理, 结合电梯行业相关标准的要求论述了垂直电梯的构造及原理, 详细介绍了电梯每一个子系统的构成及应用, 并且对最新的欧洲电梯标准 EN81-20 及 EN81-50 的应用实践在每个子系统中做了相应详细的介绍。另外, 本书也对电梯与建筑物的土建关系、杂物电梯以及液压电梯也做了简单介绍。

本书是为大中专院校电梯工程专业编制的教材, 也可以作为机械设计、制造等专业的选修教材, 还可供从事电梯设计、安装、制造、维修、改造等工程技术人员和相关的管理及销售人员参考使用。

责任编辑: 王 淳
责任终审: 孟寿萱
责任校对: 晋 洁

策划编辑: 王 淳
封面设计: 锋尚设计
责任监印: 马金路

版式设计: 宋振全

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 710×1000 1/16 印张: 11

字 数: 230 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0816-0 定价: 27.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

151391J2X101ZBW

前 言

最近十年,世界电梯行业飞速发展,截止到2014年年底,全球电梯保有量达到了1354万台,全球电梯年产量约为81万台,其中,中国电梯保有量已经超过350万台,电梯年产量约为70万台。中国已经成为世界上电梯保有量和产销量最大的国家。而与之对应的行业现状是中国电梯整机厂有700多家,电梯零部件厂家有上千家,维修保养企业众多,但是数量如此庞大的在用电梯和新增需求,拥有的人才数量却远远不能满足需求。为了使中国电梯行业更加健康的发展,急需培养一批电梯专业人才来保证电梯的设计、制造、安装、维修保养各个环节均能正常运行。

为了适应行业需求,苏州信息职业技术学院和苏州德奥电梯有限公司合作成立针对电梯方向的德奥应用学院,并且共同策划了电梯专业课程。《垂直电梯构造及原理》即是电梯专业课程教材之一,本书作者将多年的设计、制造、安装及培训经验结合了电梯现状及标准,尤其是最新版的欧洲电梯标准:电梯制造与安装安全规范——乘客与货客电梯《EN81-20》与《EN81-50》,汇聚成了既切合实际,又适应最新的电梯技术的电梯结构原理教材。由于与欧洲电梯标准所对应的中国电梯标准GB7588的最新改版还未完成,因此本书对新标准要求暂时以欧洲标准为准。

本书分为十一章,第一章为概述,对电梯的发展史作了介绍,并且对电梯分类和曳引电梯的基本结构作了讲解;从第二章到第八章,本书按照电梯各大子系统分类,对电梯各个机构子系统进行了详细的讲解,在这些章节的讲解中,本书除了对一些机构部件基本结构讲解外,还简单介绍了电梯行业中某些大公司的一些典型产品结构;第九章讲解了电梯系统计算中关键的曳引力计算和顶层及底坑空间计算;第十章讲解了电梯土建的一些知识,第十一章对杂物电梯和液压电梯做了简单介绍。

本书在编著的过程中，偏重于理论结合实际，更加兼顾不同知识层面的读者，非常适用于高职院校电梯专业课程教学；同时，它也可以作为安装、维修、保养、改造及物业管理公司电梯安全管理员的培训学习资料。

本书由苏州德奥电梯有限公司葛晓东编著，苏州信息职业技术学院徐兵和苏州德奥电梯有限公司沈华、熊言福为本书的编写提供了支持，苏州信息职业技术学院戴茂良、钱伟红和苏州德奥电梯有限公司王应、李勤勇、金华、刘开双、于丽勇等专业老师和工程师对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此深表谢意。

由于本人水平有限，书中难免会存在缺点和不足，希望广大读者、广大师生批评指正。

编 者

2015 年 10 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 电梯的发展史	(1)
第二节 电梯的分类	(3)
一、按驱动方式分	(3)
二、按用途分	(6)
三、按有无机房分	(7)
四、按速度分	(7)
五、按操作方式分	(8)
第三节 曳引电梯的基本结构	(11)
一、电梯驱动系统	(11)
二、电梯轿厢、轿架	(12)
三、电梯对重(重量平衡系统)	(12)
四、电梯导向系统	(12)
五、电梯钢丝绳系统	(12)
六、电梯门系统	(12)
七、电梯安全部件(安全保护系统)	(13)
八、电气控制系统	(13)
九、曳引系统构成	(13)
思考题	(14)
第二章 电梯驱动系统	(15)
第一节 电梯曳引驱动	(15)
一、曳引驱动的形式	(15)

二、曳引比	(16)
第二节 电梯曳引机	(18)
一、根据是否有减速箱分类	(18)
二、根据电机种类分类	(24)
三、曳引机用制动器	(26)
第三节 机器底座及承重梁	(30)
一、机房受力分布	(31)
二、机器底座及减振垫	(32)
三、承重梁	(33)
思考题	(33)
第三章 电梯轿厢系统	(34)
第一节 电梯轿厢系统构成	(34)
一、轿厢系统的构成	(34)
二、轿厢	(36)
三、轿架	(38)
四、轿厢有效面积	(40)
第二节 电梯轿架强度计算	(41)
思考题	(44)
第四章 电梯对重	(46)
第一节 电梯对重框架	(46)
第二节 电梯对重块	(48)
思考题	(50)
第五章 电梯导向系统	(51)
第一节 电梯导轨	(51)
一、导轨种类	(51)
二、T形导轨	(52)
三、空心导轨	(53)

四、导轨的连接	(54)
第二节 导轨支架	(55)
一、导轨支架的安装	(55)
二、导轨的安装要求	(56)
第三节 导靴及导轨润滑	(58)
一、滑动导靴	(58)
二、导轨润滑	(59)
三、滚轮导靴	(60)
四、滚轮导靴安装准备	(61)
思考题	(70)
第六章 电梯钢丝绳系统	(71)
第一节 电梯钢丝绳及端接装置	(71)
一、钢丝绳构成	(71)
二、钢丝绳端接装置	(76)
第二节 钢丝绳的安装及失效模式	(78)
一、运输装卸	(78)
二、工地存储	(79)
三、曳引绳安装	(80)
四、钢丝绳失效模式	(82)
第三节 钢丝绳的选型及计算	(86)
第四节 电梯重量补偿	(89)
一、重量补偿装置的形式	(89)
二、补偿链、补偿缆的安装及其导向装置	(90)
三、重量补偿装置的补偿计算	(91)
思考题	(93)
第七章 电梯门系统	(95)
第一节 门机	(96)
第二节 层门装置	(98)

第三节 门板结构	(100)
一、门板强度要求	(100)
二、门板结构形式	(102)
思考题	(103)
第八章 电梯安全保护系统	(104)
第一节 安全保护系统概述	(104)
一、电梯不安全状态的主要类型	(104)
二、电梯安全保护装置的种类	(105)
第二节 限速器、安全钳联动	(105)
一、造成电梯轿厢或对重坠落的原因	(106)
二、限速器传动系统	(107)
三、标准对限速器动作速度的要求	(108)
四、安全钳装置	(108)
五、限速器安全钳联动步骤(图 8-4)	(109)
第三节 限速器	(110)
一、摆锤式限速器	(110)
二、离心式限速器	(112)
第四节 安全钳	(112)
一、安全钳结构形式	(112)
二、安全钳分类	(114)
三、安全钳使用技术要求	(115)
第五节 上行超速保护装置	(116)
第六节 防止轿厢意外移动保护措施	(118)
一、轿厢意外移动保护装置的要求	(118)
二、轿厢意外移动保护装置的构成	(119)
第七节 缓冲器	(121)
一、缓冲器的类型和技术要求	(122)
二、弹簧缓冲器	(123)
三、聚氨酯缓冲器	(124)

四、液压缓冲器	(124)
第八节 层门锁	(125)
第九节 电梯门入口保护	(127)
一、接触式门入口保护装置	(128)
二、非接触式门入口保护装置	(129)
思考题	(130)
第九章 曳引电梯的系统计算	(131)
第一节 曳引力计算	(131)
一、 T_1/T_2 的计算	(132)
二、当量摩擦因数(f)计算	(132)
三、摩擦因数(μ)	(133)
四、举例说明	(134)
第二节 安全部件选型	(137)
一、限速器选型	(137)
二、安全钳选型	(138)
三、缓冲器选型	(138)
四、上行超速保护装置选型	(139)
第三节 顶层高底坑深计算	(139)
一、顶层高度	(140)
二、底坑深度	(142)
思考题	(142)
第十章 电梯与建筑物的关系	(143)
第一节 电梯井道	(143)
一、井道尺寸	(143)
二、顶层空间	(146)
三、底坑及底坑空间	(147)
四、井道开口	(149)
第二节 机房	(150)

一、机房大小	(150)
二、机房通风	(151)
三、机房承重	(151)
第三节 电梯土建布置	(151)
思考题	(154)
第十一章 杂物电梯及液压电梯	(155)
第一节 杂物电梯的分类	(155)
一、按驱动方式分	(155)
二、按操作控制分	(156)
三、按开门方式分	(156)
四、按轿门分	(156)
五、按层站出口距地面高度分	(156)
第二节 杂物电梯制造与安装安全要求	(158)
一、杂物电梯井道与机房	(158)
二、杂物电梯驱动与悬挂装置	(158)
三、轿厢，层门与导向装置	(159)
四、安全保护与运行控制	(160)
五、标志说明	(161)
第三节 液压电梯简介	(162)
参考文献	(165)

第一章 概 述

随着科学技术和社会经济的发展，高层建筑已成为现代城市的标志。尤其是近年来，世界上超高建筑一座接着一座的拔地而起，电梯作为垂直运输工具，承担着大量的人流和物流的输送，其作用在建筑物中至关重要。

中高层写字楼、办公楼、饭店和住宅楼，服务性和生产部门如医院、商场、仓库、生产车间等，拥有大量的乘客电梯、载货电梯等各类电梯及自动扶梯。随着经济和技术的发展，电梯的使用领域越来越广，电梯已成为现代物质文明的一个标志。

第一节 电梯的发展史

电梯作为升降设备，其起源可追溯到公元前 1115 至公元前 1079 年间我国劳动人民发明的辘轳(图 1-1)。



图 1-1 《天工开物》中记载的辘轳

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,并不断地得到创新和改进。此后,美国出现了以蒸汽机为动力的升降梯,到了 1852 年,世界上第一台以蒸汽机为动力、配有安全装置的升降梯,由美国人伊莱沙·格雷夫斯·奥的斯(Elisha Graves Otis)发明成功(图 1-2),并在 1853 年纽约世界博览会上向人们成功展示。

在这次纽约世界博览会上,奥的斯先生站在他设计的升降梯的平台上(图 1-3),平台上放置了木桶、木箱等货物。在平台升至大家都能看到的高度后,奥的斯先生命令砍断绳缆,观众们屏住了呼吸。升降梯平台下落几英尺后又停住了,台下响起了暴风雨般的掌声,此时,奥的斯先生不断地向大家鞠躬,并说着“All safe, All safe”。



图 1-2 Elisha Graves Otis



图 1-3 1853 年纽约世界博览会

1857 年,奥的斯公司(Otis)在纽约安装了世界上第一台乘客梯。从此不断升高的高楼大厦有了重要的垂直交通工具。

1889 年,奥的斯公司推出了世界上第一部以直流电动机为动力带齿轮减速箱的升降梯,从此诞生了名副其实的电梯。1915 年开始出现交流感应电动机驱动的电梯。

1903 年,奥的斯公司设计出了以槽轮式(即曳引式)驱动的电梯,为长行程和具有高度安全性的现代电梯奠定了基础。它的基本结构至今仍被广泛使用。

1907 年,奥的斯电梯进入中国,并在上海汇中饭店安装了中国第一台电梯。

1924 年, Otis 推出第一台自动电梯系统。1925 年, 推出世界第一部具有“记忆”功能控制系统的电梯, 实现电梯自动运行。

1931 年, 奥的斯推出世界上第一台双层轿厢电梯。

在 20 世纪前半叶, 电梯的电力拖动, 尤其是高层建筑中的电梯, 几乎都是直流拖动, 直到 1967 年晶闸管(晶体闸流管, 可控硅整流器)用于电梯拖动, 研制出交流调压调速系统, 才使交流电梯得到快速发展, 20 世纪 80 年代随着电子技术的完善, 出现了交流变频调速系统。信号控制方面用微机取代传统的继电器控制系统, 使故障率大幅下降, 电梯的速度也由 0.5m/s , 发展到目前 16.8m/s 的超高速电梯。现代电梯向着低噪声、节能高效、全电脑智能化方向发展, 具有高度的安全性和可靠性。

新中国成立前没有电梯制造业, 只有奥的斯在中国有维修点, 当时中国约有 2000 台电梯。新中国成立后, 建立了上海电梯厂, 并开始生产电梯。在十一届三中全会以后, 中国成立了多家电梯合资企业, 比如中国迅达、上海三菱、天津奥的斯、苏州迅达、广州日立、昆山通力、中山蒂森等, 通过引进国外先进技术, 不断提高我国电梯的设计制造水平, 目前我国已经能生产出许多高技术高质量的电梯。

第二节 电梯的分类

电梯是服务于建筑物内若干特定的楼层, 其轿厢沿着至少两列垂直于水平面或与铅垂线倾斜角小于 15° 的刚性导轨运动的永久运输设备。而广义的电梯, 是指动力驱动, 利用沿刚性导轨运行的厢体或者沿固定线路运行的梯级(踏步), 进行升降或者平行运送人、货物的机电设备, 包括载人(货)电梯、自动扶梯、自动人行道等。我们这里介绍的是狭义的电梯。

目前, 电梯的分类方法大致如下。

一、按驱动方式分

1. 交流电梯

使用交流电动机驱动的电梯, 交流电梯又分为以下 4 种类型:

(1) 交流单速

采用交流单速电机驱动，在运行过程中没有速度转换，运行舒适感差，平层精度无法保证，目前极少采用。

(2) 交流双速

采用交流双速电机驱动，其调速方法是采用改变电梯牵引电动机的极对数，采用两种不同极对数的绕组，其中极数少的绕组称为高速绕组，极数多的绕组称为低速绕组。高速绕组用于电梯的启动及稳速运行，低速绕组用于制动及电梯的维修。

在运行时，先给高速绕组供电，使电梯启动并以较高速度运行，停梯时先切换至低速绕组供电运行，最后断电停梯。由于其运行舒适感不好，平层精度不易保证，对曳引机制动器要求较高，目前已经基本退出市场，只有部分旧的交流双速电梯还在继续使用。

(3) 交流调压调速

通过改变电压来改变电梯的运行速度，以满足电梯启制动的要求。通过交流调压器实现改变加在定子上的电压，目前广泛采用的交流调压器由晶闸管等器件组成。它是将三个双向晶闸管分别接到三相交流电源与三相定子绕组之间，通过调整晶闸管导通角的大小来调节加到定子绕组两端的端电压。图 1-4 是按星形接法的调压电路。

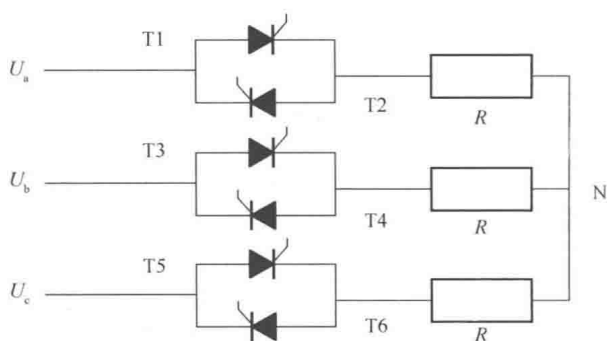


图 1-4 星形接法调压电路

由于交流调压调整电梯低速功耗较大、发热量较大、制动运行方式性能差，目前在曳引电梯中已经很少采用。

(4) 交流变频调压调速

交流变频调压调速又称为 VVVF (Variable Voltage and Variable Frequency), VVVF 控制的逆变器连接电机, 通过同时改变频率和电压, 达到磁通恒定和控制电机转速(和频率成正比)的目的。交流变频调压调速一般由变频器实现。

交流变频调压调速电梯可以实现很好的舒适性与很高的平层精度, 同时又节能环保, 目前在曳引电梯中大量使用。

2. 直流电梯

用直流电机作为驱动力的电梯, 直流电梯具有速度快、舒适感好、平层准确度高的特点, 这是因为直流拖动系统调速性能好、调速范围宽。直流电动机的调速方法有改变端电压、调节调整电阻、改变励磁磁通等。直流电梯因其设备多, 维护较为复杂, 体积大, 造价高, 因此常用于速度要求较高的高层建筑, 速度有 $1.5 \sim 1.75 \text{ m/s}$ 的快速梯和 $2.5 \sim 5 \text{ m/s}$ 的高速梯。

3. 液压电梯

依靠液压驱动力的电梯。液压电梯是通过液压动力源(电动泵), 把油压入油缸使柱塞做直线运动, 直接或通过钢丝绳间接地使轿厢运动的电梯。液压电梯是机、电、电子、液压一体化的产品, 由下列相对独立但又相互联系配合的系统组成: 泵站系统、液压系统、导向系统、轿厢、门系统、电气控制系统、安全保护系统。

液压电梯多用于别墅电梯、货梯、船舶用梯、防爆电梯等。

4. 齿轮齿条电梯

电机驱动齿轮旋转, 使轿厢沿着安装有齿条的导轨运行的电梯, 多用于建筑工地。

5. 螺杆式电梯

将直顶式电梯的柱塞加工成矩形螺纹, 再将带有推力轴承的大螺母安装于油缸顶, 然后通过电机经减速机(或皮带)带动螺母旋转, 从而使螺杆顶升轿厢上升或下降的电梯。

6. 直线电机驱动电梯

采用直线电机驱动的电梯, 是一种新的驱动方式, 也是未来电梯的发展方向。

直线电机驱动目前日本比较领先,日本奥的斯及日本三菱均已经研制成直线驱动电梯。在国内,直线电梯在河南理工大学、浙江大学与哈尔滨泰富实业公司已经制成样机。

二、按用途分

1. 乘客电梯

为运送乘客设计的电梯,要求有完善的安全设施以及一定的轿内装饰。

2. 载货电梯

主要为运送货物而设计,通常有人伴随的电梯。载重一般为 1000kg、1600kg、2000kg、3000kg、4000kg、5000kg、10000kg……

3. 病床电梯

为运送病床、担架、医用车而设计的电梯,轿厢具有长而窄的特点。病床电梯载重一般为 1600kg,轿厢一般为 1400mm×2400mm。也可以额定载重为 2000kg,轿厢为 1500mm×2700mm。

4. 观光电梯

轿厢壁透明,供乘客观光用的电梯。

5. 杂物电梯

供图书馆、办公楼、饭店、医院运送图书、文件、食品、手术器械、药品等设计的电梯。杂物电梯额定载重不大于 300kg,额定速度不大于 1m/s。

6. 船舶电梯

船舶上使用的电梯。

7. 消防电梯

具有消防功能的电梯,符合《消防电梯制造与安装安全规范》GB26456—2011 的要求。

8. 防爆电梯

具有防爆性能的特种电梯。

9. 汽车梯

其轿厢适于运载小型乘客汽车的电梯。在汽车 4S 店、维修车间,楼顶设停