

电梯结构原理 及其控制

陈继文 张献忠 李 鑫 等编著



DIANTI JIEGOU YUANLI
JIQI KONGZHI



化学工业出版社

非外借

及其控制

陈继文 张献忠 李 鑫 等编著



北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电梯结构原理及其控制/陈继文等编著. —北京: 化学工业出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-122-29975-8

I. ①电… II. ①陈… III. ①电梯-结构②电梯-电气控制 IV. ①TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 141344 号

责任编辑: 张兴辉 项 澈

责任校对: 王 静

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 19¼ 字数 434 千字 2017 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 69.80 元

版权所有 违者必究

前言

高层建筑中，电梯是不可缺少的垂直运输设备。电梯已经成为现代城市文明的一种标志，其生产情况与使用数量已成为衡量一个国家现代化程度的标志之一。目前，我国已成为全球最大的电梯市场，并形成了全球最强的电梯生产能力。

本书有利于读者熟悉和掌握电梯的结构原理及控制技术。全书共分十章，主要内容包括电梯的基础知识，电梯的基本结构，电梯的安全装置及保护系统，电梯的电力拖动控制系统，电梯的运行逻辑控制系统，电梯的选用与设置，电梯电气安装与调试，其他类型的电梯，电梯的使用和安全管理，绿色电梯技术等内容。

本书既注重知识的基础性和系统性，又兼顾知识面的拓展，内容新颖丰富。

本书可以作为高等院校工业自动化、机械电子工程专业以及相关专业的参考教材，也可以作为从事电梯工程产品设计与制造的研究人员、安全管理人员、安装与维修保养人员及相关技术人员的培训教材。

本书由陈继文、张献忠、李鑫、任炜、李丽、姬帅、赵彦华、逢波、李彦凤、李凡冰、刘辉、范文利、许向荣、姜洪奎、王日君、黄巍岭、崔嘉嘉、陈清鹏编著。感谢山东建筑大学电梯技术研究所、山东省特种设备协会、山东富春华电梯有限公司的大力支持。

由于水平有限，书中难免有不妥之处，恳切希望读者批评指正。

编著者

2017.5

目录

第1章 电梯的基础知识	1
1.1 电梯的发展	1
1.2 电梯的分类	11
1.3 电梯的主要参数和规格	14
1.4 电梯的性能要求	15
1.5 整机性能	15
第2章 电梯的基本结构	18
2.1 曳引系统	19
2.2 轿厢和门系统	45
2.3 重量平衡系统	52
2.4 导向系统	54
2.5 电梯安全保护系统	63
2.6 电力拖动系统	65
2.7 运行逻辑控制系统	65
第3章 电梯的安全装置及保护系统	67
3.1 超速及断绳保护装置	67
3.2 越程保护装置	73
3.3 缓冲装置	74
3.4 防人员剪切和坠落保护装置	77
3.5 超载保护装置	79
3.6 其他安全装置	81
第4章 电梯的电力拖动控制系统	96
4.1 电梯供电与主电路的要求	96
4.2 电梯拖动系统	98
4.3 电梯的速度曲线	99
4.4 电梯运动系统的动力学	107
4.5 电梯用电动机及其调速	112
4.6 电梯变极调速系统	117
4.7 交流调压调速电梯拖动系统	121
4.8 变频调速电梯拖动系统	132

4.9 无机房电梯拖动系统	151
4.10 电梯控制系统设计计算	157
第5章 电梯的运行逻辑控制系统	163
5.1 电梯电气控制主要器件	164
5.2 电梯门机控制系统	175
5.3 电梯的继电器逻辑控制系统	181
5.4 电梯微机控制系统	192
5.5 电梯群控系统	203
第6章 电梯的选用与设置	219
6.1 电梯的选用	219
6.2 电梯的设置	221
6.3 运用交通计算配置电梯	225
第7章 电梯电气安装与调试	239
7.1 电梯的布置排列	239
7.2 电梯电气安装	240
7.3 电梯电气调试	242
第8章 其他类型的电梯	253
8.1 液压电梯	253
8.2 防爆电梯	264
8.3 自动扶梯	265
第9章 电梯的使用和安全管理	274
9.1 电梯使用管理的要求	274
9.2 电梯使用安全管理制度	275
9.3 电梯故障与排除	278
第10章 绿色电梯技术	291
10.1 曳引机节能技术	291
10.2 能量回馈节能技术	292
10.3 四象限节能技术	295
10.4 其他节能方式	297
10.5 电梯节能技术展望	298
参考文献	301

第1章

电梯的基础知识

1.1 电梯的发展

随着大批高层建筑住宅楼群的涌现，电梯成为现代建筑中必备的垂直交通设备。在高层和一些多层的饭店、办公楼和住宅楼，电梯是不可缺少的垂直输送工具；在服务性和生产性部门，如医院、商场、仓库等场所也需要大量的病床电梯、自动扶梯和载货电梯。电梯已成为现代城市文明的一个标志，其生产情况与使用数量已成为衡量一个国家现代化程度的标志之一。

电梯是随着人类生产的发展和生产力的提高而出现和发展的。电梯驱动控制技术的发展经历了直流电动机驱动控制，交流单速电动机驱动控制，交流双速电动机驱动控制，直流有齿轮、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，交流永磁同步电动机变频调速驱动控制等阶段。150 多年来，电梯样式由直式到斜式，不断发展；操纵控制技术更是不断创新——手柄开关操纵、按钮控制、信号控制、集选控制、人机对话等；多台电梯出现了并联控制，智能群控；双层轿厢、运行于同一井道的双子电梯等节省井道空间，提高运输能力；变速式自动人行道扶梯大大节省行人的时间；不同外形（扇形、三角形、半菱形、半圆形、整圆形）的观光电梯，则使身处其中的乘客的视线不再封闭。如今，世界各大电梯公司各展风姿，仍在研发新品电梯，不断完善维修和保养服务系统。调频门控型、智能远程监控型、主机节能型、控制柜低噪声耐用型、复合钢带环保型等集机械、电子、光学等领域最新科研成果的新型电梯相继问世，极大便利了人类的生活。

1.1.1 电梯技术的发展阶段

(1) 13 世纪前的卷扬机（绞车）阶段

人类利用升降工具运输货物和人员的历史悠久。早在公元前 2600 年，埃及人在建造金字塔时就使用了最原始的升降系统，其基本原理至今仍无变化，即一个平衡物下降的同时，负载平台上升。早期的升降工具基本以人力为动力。公元 1203 年，在法国边境的一个修道院里安装了一台以驴子为动力的提升设备，这结束了用人力来运送重物的历史。在中国，商朝时期的人们用桔槔来提升地下水。桔槔的原理及构成和 1903 年美国奥的斯电梯公司率先改进的曳引式电梯有异曲同工之处。它们都巧妙地

运用了重力做功与蓄能的特点，所不同的是：电梯采用了对重、曳引轮、导向滑轮、轿厢的组合，是靠曳引机带动曳引轮正反转来实现轿厢的升降，如图 1-1 所示；而桔槔是由重物、杠杆、所取物组成，是通过人的手提、手拉来完成汲水的。此后，在周朝时期，人们开始使用更省力的辘轳来提升重物。辘轳是由木制或竹制的支架、卷筒、杠杆和绳索组成，其构成及工作原理与 1889 年美国奥的斯电梯公司生产的鼓轮式电梯如出一辙，如图 1-2 所示。其区别是后者增加了几个改变施力位置的定滑轮。

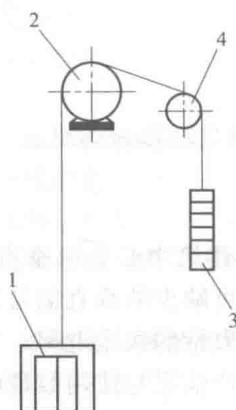


图 1-1 曳引式电梯传动示意图

1—轿厢；2—曳引轮（含电动机）；3—对重；4—导向轮

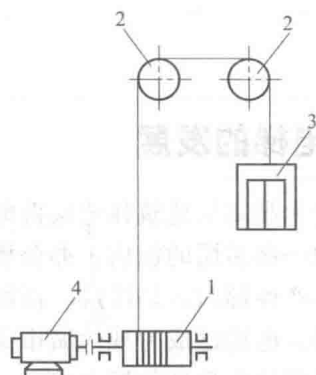


图 1-2 鼓轮式电梯传动示意图

1—鼓轮；2—定滑轮；3—轿厢；4—电动机

(2) 19 世纪前半叶的升降机阶段

这个时期，卷扬机被以蒸汽为动力的具有简单机械装置的升降机代替了。这个时期的升降机以液压或气压为动力，安全性和可靠性还无保障。公元 1765 年，英国人瓦特发明了蒸汽机。1835 年，英国一家工厂装用了一台蒸汽机拖动的升降机。1845 年，英国人汤姆逊制作了第一台水压式升降机，这是现代液压式升降机（液压电梯）的雏形。后来发展为采用液压泵和控制阀控制的液压梯。直到今天，液压梯仍在使

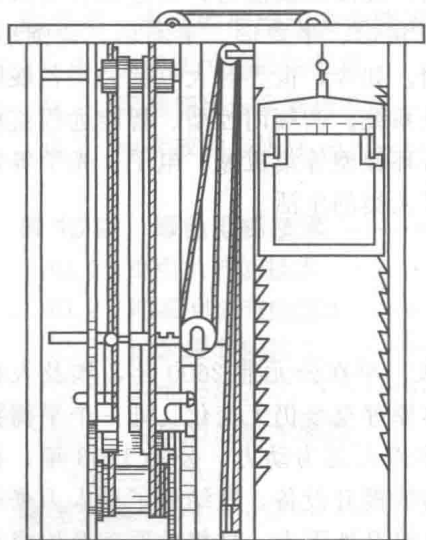


图 1-3 奥的斯的安全升降梯

(3) 19 世纪后半叶的升降机阶段

1852 年，伊莱莎·格雷夫斯·奥的斯受雇主要求，制造一台货运升降梯来装运公司的产品。于是作为一名熟练工长，奥的斯在总结前人经验的基础上制成了世界上第一部以蒸汽机为动力、配有安全装置的载人升降机，这便是历史上第一部安全升降梯。1854 年，在纽约水晶宫博览会上做公开表演：绳子被割断后，升降梯平台一动不动地停在原处。安全升降机的

安全装置原理是：连接绳索的弹簧平时被升降机平台的重量压弯，不和棘齿接触。一旦发生绳断事故时，因拉力解除而弹簧伸直，其两端与棘齿杆啮合，使升降机平台被牢牢地固定住而不坠落，其结构如图 1-3 所示。1857 年 3 月，安全升降梯被纽约百汇和豪沃特公司订购，并用于 55m 高的大楼中作为载客电梯。当时，梯速只有 0.20m/s。从此，电梯成为真正的商品。

(4) 1889 年电梯出现之后的阶段

1880 年，德国最早出现了用电力拖动的升降机——电梯。到 1889 年，美国奥的斯电梯公司推出了世界上第一部以直流电动机为动力的升降机。在美国纽约的 Demarest 大楼中装用了第一批真正意义上的电梯。它由直流电动机与蜗杆转动直接连接，通过卷筒升降电梯轿厢，速度为 0.5m/s，形成了现代电梯的基本传动构造。由于它是通过卷筒升降轿厢，因此也称为鼓轮式电梯。鼓轮式驱动，也称为强制式驱动，是将曳引绳缠卷在卷筒上来提升重物，一般提升高度不高于 46m，使用的曳引绳条数受到限制，最多不超过 3 根，载重量不大，安全性差，驱动电动机主要克服轿厢自重、轿厢内人或货物重量、钢丝绳重量和传动机构的摩擦力等。

1900 年交流感应电动机问世以后，电梯传动设备得到进一步简化，以后又发展到应用双速电动机，使电梯的速度得以提高，并改善了电梯平层的准确度和舒适感。与此同时，1900 年第一台自动扶梯试制成功。在 1903 年，美国奥的斯电梯公司又将卷筒式（即鼓轮式）驱动方式改进为槽轮式驱动。槽轮式也称为曳引式驱动，是在曳引绳一端提升重物，另一端为平衡重，依靠曳引绳与曳引轮的绳槽之间的摩擦来驱动重物做垂直运动。因此，只要在曳引系统的容量和强度允许范围内，通过改变曳引绳长度就可适应不同的提升高度，而不再像卷筒式那样受卷筒长度限制。此外，当重物或平衡重碰底时，曳引绳与曳引槽会由于摩擦力减小而打滑，从而避免了像卷筒式那样，在失控时造成的曳引绳断裂等严重事故的发生。曳引式驱动可以使用多条曳引绳，钢丝绳根数不受限制，载重量大大增加，提升高度可达 800m，为长行程并具有高度安全性的现代电梯奠定了基础。

在第二次世界大战以后，美国建筑业得以快速发展，促使电梯也进入了高速发展的时期，且新技术被广泛用于电梯。1946 年，出现了群控电梯。1949 年，首批 4~6 台群控电梯在纽约联合国大厦被使用。1953 年，第一台自动人行道试制成功。1955 年，出现了小型计算机（真空管）控制的电梯。1962 年，在美国出现了 8m/s 的超高速电梯。1967 年，晶闸管应用于电梯，进一步简化电梯拖动机构，提高性能。同年，美国奥的斯电梯公司在纽约世界贸易中心大楼安装了 208 台电梯和 49 台自动扶梯。1971 年，集成电路被用于电梯。1972 年，又出现了数控电梯。1975 年，加拿大多伦多的 CN 电视塔建成，它是当时世界上最高的独立式建筑物。这座总高度达 553.34m 的电视塔内安装了奥的斯电梯公司特制的 4 台玻璃围壁的观光电梯。

(5) 现代电梯阶段

从 1975 年开始的现代电梯阶段，以计算机、群控和集成块为特征，配合超高层建筑的需要，向高速、双层轿厢、无机房等方面迅猛发展，电梯交通系统成为楼宇自动化的一个重要子系统。1976 年，微机开始应用于电梯，使电梯电气控制进入了一个新的发展时期。之后，相继出现了交流调频、调压电梯，开拓了电梯电力拖动的新

领域,结束了直流电梯独占高速电梯领域的局面。1977年,日本三菱电动机株式会社开发出了10m/s的超高速电梯,电梯的控制技术有了很大的发展。20世纪80年代,电梯控制技术出现了新的变化。由于固体功率器件的不断发展和完善以及微机技术的应用,出现了交流电动机驱动的变压变频调速拖动系统电梯(VVVF)。1984年,在日本已将其用于2m/s以上的交流电梯。1985年以后,又将其延伸到中、低速交流调速电梯。同年,日本三菱电动机公司研制出曲线运行的螺旋形自动扶梯,并成功投入生产。1989年,美国奥的斯公司研制出了第一台直线电动机电梯。该电梯取消了电梯的机房,对电梯的传统技术作了较大的改进,使电梯技术进入了一个新的阶段。1992年,美国奥的斯公司在日本东京附近的 Nariea 机场安装了水平穿梭人员运输系统。穿梭轿厢悬浮于气垫上,平滑无声地运行,速度可达9.00m/s。1993年,日本三菱电动机公司在日本横滨地区的 Landmrk 大厦安装了12.5m/s的超高速乘客电梯,这是当时世界上速度最快的乘客电梯。同年,日本日立制作所开发了可以乘运大型轮椅的自动扶梯,几个相邻梯级可以联动形成支持轮椅的平台。1996年,芬兰通力电梯公司研制出永磁同步无齿轮曳引机驱动的无机房电梯。该电梯由具有碟式马达技术的扁平永磁同步电动机变压、变频驱动,电动机固定在机房顶部侧面的导轮上,由钢丝绳转动牵引轿厢。1997年,迅达电梯公司推出目的楼层厅站登记系统。该系统操纵盘设置在各层站候梯厅,乘客只需在呼梯时登记目的楼层号码,就会知道去坐哪台电梯能最快到达目的楼层。待乘客进入轿厢后不再需要选层。1998年,全球一些知名品牌电梯公司纷纷推出了电梯远程监控系统。如上海永大电梯公司研制开发的远程控制系统,由远程监控装置RMD、中央监控装置CMD、公共电话系统三个部分组成。这套系统有故障检出自动发报、轿厢内与监控中心直接对话、远程保养诊断、保养情况监督等功能。2000年,美国奥的斯推出Gen2无机房电梯,打破了传统的钢丝绳曳引驱动方式,取而代之的是钢带驱动,称为第二代电梯产品。这是150多年来在电梯曳引技术上的首次重大突破,开创了绿色环保、节能电梯的新时代。

当前,随着新技术、新材料、新工艺、新产品的不断涌现,电梯技术尤其是电梯数字化技术得到迅速发展,其中,应用数字控制技术替代模拟控制技术;利用智能推理和模糊逻辑来选定电梯最佳运行状态;借助总线技术达到对电梯远程通信和远程控制。从而使得在如今的高层建筑物中,出现了双层轿厢电梯、单井道多轿厢系统;产生了将电梯的导轨、导靴制作成为电动机的定子和转子,使传统的旋转运动变为电梯轿厢通过导靴沿导轨直线运行;实现电梯无牵引绳的直线运行;且在轿厢外装有高性能永磁材料,有如磁浮列车一样,采用无线电波或光控技术控制,不用控制电缆;由一个计算机导航系统来控制电梯轿厢,既能做垂直方向运动,又能做水平方向运动,甚至从平台转到上升部位,把乘客从远处的停车场拉到建筑物的顶部等,这些都可以一次完成。2000年10月,美国国家航空和宇宙航行局描述了建造空间电梯的概念。这种未来的太空电梯将从海平面的巨大平台沿着超高强度材料制成的特殊钢缆——碳纳米管攀升到距地球赤道35400km处太空的地球同步轨道卫星上。

对现代电梯性能的衡量,主要着重于可靠性、安全性和乘坐的舒适性。此外,对经济性、能耗、噪声等级和电磁干扰程度等方面也有相应要求。随着时代的发展,对人在与外界隔离封闭的电梯轿厢内心理上的压抑感和恐惧感也应有所考虑。因此,提

倡对电梯进行豪华装修,比如,轿厢内用镜面不锈钢装潢、在观光电梯井道设置宇宙空间或深海景象;进而主张电梯、扶梯应与大自然相协调,在扶梯的周围种植花草;在轿厢壁和顶棚装饰某些图案,甚至是有变化的图案,并且在色彩调配上要令人赏心悦目;在轿厢内播放优美的音乐,用以减少烦躁;在轿厢内播放电视节目,乘客可收看天气预报、新闻等。

1.1.2 中国电梯业的发展

中国电梯行业经过了几十年的发展,已成为电梯制造大国和电梯使用大国。目前,电梯年生产保有量达到百万台。从1900年开始,电梯在中国的发展,大致经历了如下三个阶段。

(1) 第一阶段(1900~1949年):洋货电梯,一统天下

1900年,美国奥的斯电梯公司获得在中国签约的第一份电梯合同,1907年,在上海汇中饭店安装完成。1915年,北京饭店也安装了三台奥的斯电梯公司生产的交流单速电梯。1924年,天津顺德士饭店安装了一台奥的斯手柄开关操纵的乘客电梯。1935年,在上海大新公司(现为上海第一百货商店)安装了两台奥的斯电梯公司生产的单人自动扶梯。该自动扶梯被记为是中国最早使用的自动扶梯。直至1949年,中国的电梯行业仍然是洋货一统天下。国内只有上海、天津、沈阳、北京有美国奥的斯电梯公司的维修服务站,只能修配电梯零件,不能制造电梯。当时,全国安装使用的电梯只有1100台左右。其中,美国生产的有500多台,瑞士生产的有100多台,其余分别为英国、日本、意大利、法国、德国、丹麦等国生产。这个阶段虽然没有国内的电梯工业,但通过对国外电梯的销售、安装、维保和使用,训练了一大批电梯工程技术人员,为我国的电梯工业起步准备了必要的人才。

(2) 第二阶段(1950~1979年):国产电梯,缓慢发展

这个阶段,我国先后建立了上海电梯厂、天津电梯厂、北京电梯厂等14家电梯厂,开始生产客梯、货梯、医用梯和杂物梯。1951年天津电梯厂(前身为天津从庆生电动机厂)自行设计制造了中国第一台升降电梯,该电梯载重量为1000kg,速度为0.7m/s,交流单速,手动控制,被安装在北京天安门内。1959年上海电梯厂与上海交通大学共同设计、生产了我国第一批双人自动扶梯,被用于北京火车站。1976年,上海电梯厂生产了中国第一批100m长的自动人行道,被用于首都机场。同年,北京起重运输机械研究所和北京电梯厂联合设计,生产出中国第一台液压客梯、液压医用梯,用于北京市朝阳区结核病医院等。到1972年,我国定点生产电梯的厂家只有八家,即天津电梯厂、上海电梯厂、北京电梯厂、上海长城电梯厂、苏州电梯厂、广州电梯厂、沈阳电梯厂、西安电梯厂,这八家电梯厂的年产量总共有近2000台。1980年,这八家电梯厂年产量为2249台。

(3) 第三阶段(1980至今):品牌电梯,引领全球

1979年,我国全面拉开了经济建设和改革开放的序幕。1980年7月4日,由当时中国建筑机械总公司与瑞士迅达电梯有限公司、香港怡和通信(远东)股份有限公司三方签署合资协议,组建成立中国迅达电梯有限公司。这不但是中国电梯行业,也是我国制造业第一家合资企业。

我国加入世界贸易组织（WTO）后，世界上的各著名电梯公司纷纷在我国建立制造基地、营销服务中心（见表 1-1）。这极大地推动了我国电梯企业的技术进步，大量的先进技术和管理理念在电梯企业中得到了推广和应用，我国电梯行业获得突飞猛进的发展，显现出以下几个方面特点。

表 1-1 世界主流电梯品牌公司在我国组建合资、独资企业情况

企 业 名 称	年 份
中国迅达(SCHINDLE)	1980
天津奥的斯(OTIS)	1984
上海三菱(MITSUBISHI)	1987
沈阳东芝(TOSHIBA)	1995
华升富士达(FUJITEC)	1995
中山蒂森克虏伯(THYSSENKRUPP)	1995
大连星码(SIGMA)	1995
广州日立(HITACHI)	1996
通力中国(KONE)	1996
西子奥的斯(XIZIOTIS)	1997
苏州江南快速(EXPRESS)	2003
巨人通力(GIANTKONE)	2005

① 发展速度十分惊人。在 1980~2005 年间，我国 GDP 平均增长速度在 9% 左右，而电梯产量平均每年增长 17.8%。1980 年中国大陆电梯产量为 2249 台，1986 年产量突破 1 万台，1998 年突破了 3 万台，2003 年突破了 8 万台，2007 年超过 21.6 万台，是全球当年总产量的一半。2007 年出口电梯 3 万多台，连续 6 年平均增长超过 35%。2008 年我国电梯年产量为 23 万多台。根据中国电梯协会的数据显示，2013 年我国电梯产销量约为 23 万台，相比 2012 年增长幅度约为 25%，全国电梯保有量达 200 万台左右。近年来我国电梯产销量以每年 20% 左右的速度增长，每年新增的电梯数量在 5 万台以上，占全球每年新增电梯总量的一半以上。其中，上海、北京等城市电梯保有量已超过 10 万台。近年来，我国电梯的出口年均增长率保持在 35% 以上，电梯行业也逐步成为国内比较重要的行业。中国电梯协会预测，未来五年内我国垂直电梯和扶梯市场国内市场和出口市场将分别占整个全球市场的 1/2 和 1/3，我国在今后相当长的时间内仍将是全球最大的电梯市场，年产值超千亿元，电梯市场可谓前景广阔。国务院发布的《特种设备安全监察条例》规定，特种设备的强制报废制度也为我国电梯改造市场带来了新的机遇。按国外电梯使用寿命惯例，一般日本系列电梯设计寿命为 15 年，欧美电梯设计寿命为 25 年，中国电梯的保有量已经超过 100 万台，专家预计今后每年大修改造以及已有建筑加装电梯的市场容量将保持在 12 万台以上。因此，中国已成为全球电梯制造中心和最大的电梯市场。

② 电梯技术紧跟世界潮流。改革开放 30 年来，我国已成为世界上最大的电梯制造国和最大的电梯市场。目前，世界电梯的顶尖技术在中国市场上一应俱全，令人目不暇接。例如，20 世纪 80 年代，日本三菱电动机株式会社在全球率先推出的变频变压即 VVVF 驱动系统，引起了电梯控制系统革命性的改变。1992 年，我国第一台通用变频变压 VVVF 电梯就在上海投入使用。1996 年，芬兰通力电梯公司成功地开发出永磁同步电动机技术并将其应用于电梯领域，实现了电梯无机房，这项创新技术不久便在我国电梯行业中推广应用。以上海三菱电梯有限公司为例，1987 年合资以来，公司在合资引进的基础上消化、吸收再创新，自主开发了近 30 台新产品项目，实现

了我国制造转向中国创造的宏伟目标。

③ 市场品牌集中度很高。目前电梯行业,国外知名品牌主要有美国奥的斯、瑞士迅达、德国蒂森克虏伯、芬兰通力、日本三菱和日本日立六大品牌,这些企业在国际上占有的份额最大,特别是高端市场,并且一直独占高速电梯市场。中国在21世纪成为世界电梯第一产销大国,但是中国国产电梯一直以供应国内低端市场为主,目前中国每50万台电梯中,六大国外品牌占国内市场的一半以上份额。在中国自从康力电梯在深交所上市后,目前已经有多家电梯整机制造企业上市,如苏州康力电梯、苏州江南嘉捷电梯、沈阳博林特电梯、广州广日股份等;电梯部件上市公司有长江润发、新时达以及汇川机电等。中国国内的四家上市公司在国内的电梯市场中,大概占有率为四分之一,约15万台的年产量;国内其他接近600家电梯企业(含企业名称类似国外的电梯制造企业)分享剩余的10万~15万台左右的电梯市场,平均200台的年销量,最大销量大概在15000台,最小的销量大概在2014年中销售20多台。

④ 产业集聚效应比较明显。改革开放以来,我国电梯企业已形成以整机制造企业为龙头,电梯配套件制造企业为基础,电梯安装、维保等相关企业为依托的相对完善的产业链。电梯整机及部件的制造业,基本集中在长江三角、珠江三角以及环渤海三大区域,如在长江三角区域有上海三菱、通力(中国)等;在珠江三角区域有日立中国、广日集团等;在环渤海区域有天津奥的斯、大连星玛等。

⑤ 不断提高电梯安全管理。从2005年开始,我国平均每年电梯事故在40起左右,死亡人数在30人左右,其原因,违章操作占62.7%,设备缺陷占22.7%,意外事故占8.0%,非法使用设备占6.6%。事故中受伤害人员,普通乘客50%,维护保养人员13%,安装工人12%,电梯操作人员4%,其他包括保安等未经培训的人员21%。电梯作为一种机电合一的大型综合产品,能否得以安全可靠运行取决于电梯本身的制造质量、安装质量、维修保养质量以及用户的日常管理质量等诸多因素。传统的理念只注重产品本身的制造质量,而忽视了前期的电梯优化配比、后期的安装、维护保养质量等一系列影响电梯是否能处于最佳运行状态的要素。为有效解决电梯安全问题,国家正在推行相关政策,如电梯制造单位“终身负责”的工作机制,要求电梯制造单位对电梯质量以及安全运行涉及的质量问题终身负责;电梯安装、改造、维修结束后,电梯制造单位要按照要求对电梯进行校验和调试,并对校验和调试结果负责;电梯投入使用后,电梯制造单位要对其制造的电梯安全运行情况进行跟踪调查,并给予维保单位技术指导和备修件的支持。

1.1.3 电梯技术的发展趋势

经过150多年的发展,电梯技术已形成美国电梯技术、欧洲电梯技术和亚洲电梯技术三系列。美国电梯技术是以奥的斯为主的电梯技术。由于一些原因,美国电梯技术很少在其他国家使用。欧洲电梯技术是国际上应用最广的电梯技术。欧洲电梯技术可靠性高、经久耐用,一般电梯寿命为25年。由于欧洲电梯技术成为国际通用技术的先锋,所以国际电梯标准是以欧洲电梯标准为基础形成的。亚洲电梯技术是以日本的电梯技术为代表。日本电梯以舒适性好而闻名。但日本电梯的使用寿命一般只有欧洲电梯使用寿命的60%,保证使用寿命一般只有15年。我国电梯技术吸取各家之

长,已将上述三大系列电梯技术融合于一体,如先进的调频调压调速(VVVF)技术、电梯群控技术、永磁同步无齿轮曳引技术、串行通信技术、远程监控技术等,在我国生产的电梯中都得到了应用。同时,还涌现了很多革命性的产品。

随着新技术、新工艺、新材料、新产品的不断涌现,电梯技术也在不断推陈出新。在今后一段时间内,电梯技术发展趋势呈现以下特点。

(1) 安全与节能电梯需求旺盛

随着能源问题的日益突出,研制开发绿色节能电梯已成为未来的电梯发展方向。实现电梯节能主要有以下几个途径。

① 即改进机械传动和电力拖动系统,例如,将传统的蜗轮蜗杆减速器改为行星齿轮减速器或采用无齿轮传动,机械效率可提高 $15\% \sim 25\%$;将交流双速拖动系统改为变频调压调速(VVVF)拖动系统,电能损耗可减少 20% 以上。

② 可以采取能量回馈技术,将电容中多余的电能转变为与电网同频率、同相位、同幅值的交流电能回馈给电网,可以提供给小区照明、空调等其他用电设备。从数据上看,能量回馈技术使用后节能效果显著。若以一幢20层左右的大楼为例,一台 1350kg 、速度 2.5m/s 的传统电梯,一周实测耗电约 $800\text{kW}\cdot\text{h}$,而能量回馈型电梯仅为 $600\text{kW}\cdot\text{h}$,实际节约能耗 30% 左右。

③ 使用LED发光二极管更新电梯轿厢常规使用的白炽灯、日光灯等照明灯具,可节约照明用量 90% 左右,灯具寿命是常规灯具的 $30 \sim 50$ 倍。LED灯具功率一般仅为 1W ,无热量,而且能实现各种外形设计和光学效果,美观大方。

上海三菱电梯公司推出了节能混合电力电梯,该电梯采用三菱蓄电装置,可使正常运行时消耗的电力约减少 20% 。康力、通力、永大等能源再生解决方案,可节省 $20\% \sim 35\%$ 的电能。东芝电梯可调节的双层轿厢,将螺杆设计成正反向螺纹的形式,通过平衡上下轿厢的重量,减少了调节层间距所需的电力消耗。

2014年永大电梯演示了电梯抱闸力侦测和溜梯自救功能,这两项技术的发明,可以从根本上避免由于抱闸失效导致的电梯安全事故或事故隐患。广日电梯展示的全新第二代MIN自动扶梯,驱动主机与主驱动采用高强度螺栓直接连接,实现无链条传动,完全规避了断链风险,安全可靠。同时,驱动主机减速箱全部齿轮采用高强度钛合金材料加工而成,持久耐磨。智能制动技术可根据不同的提升高度和乘客负载自动调节制动力矩,保证制动过程的制动距离和减速度稳定,规避乘客摔倒风险。

(2) 电梯设计更加人性化

在对电梯进行设计时,技术人员在实现载人或载物等基本功能的前提下,更加重视人机界面的美观,融入更好的美学、时尚元素。如西子奥的斯电梯有限公司就将原本成熟用于通信产业的Wi-Fi技术用于电梯上,工作人员可用专用手机实现无线呼梯和对乘客进行身份识别,而电梯里无任何按钮。又如日本富士达电梯公司采用无障碍和通用设计的理念,对轿厢操作进行了人性化设计,考虑了弱视者和色盲障碍者正确识别的需要;同时,开发出电梯多媒体信息系统,可为乘客提供丰富内容的电梯状态信息和客户所需的信息。又如东芝电梯(中国)有限公司和日立电梯(中国)有限公司都采用全新的振动、噪声控制技术,实现了低振动、低噪声,向乘客提供安静、舒适的运行状态。现在很多电梯轿厢内装饰也都美观大方,令乘客倍感舒适。

(3) 电梯需求更加个性化

随着经济建设的发展,人们生活水平的提高,对电梯产品的需求更加个性化和多样化,因此,出现更多的细分市场,衍生出具有专业用途的特殊电梯。如富士达电梯有限公司开发的 Revita 无机房电梯,其轿厢内安装有正负离子群除菌装置、防夹手感应器装置,配备了 ENIS-11 三维主体式信息平台,将多媒体与电梯系统进行融合,向乘客提供丰富的信息,还配置了点阵显示及 256 色的彩色液晶显示器,按钮上的楼层指示数字采用超大字体,基准层按钮选用醒目的鲜绿色衬底,而且比其他选层按钮更凸出,便于识别操作,紧急呼叫按钮采用低位设计等。在电梯的专业用途方面,有苏州江南嘉捷电梯股份有限公司开发的防爆电梯、防静电电梯、防尘电梯等;有上海德圣米高电梯有限公司生产的舰船用电梯、海上石油平台电梯、港口登机电梯等;还有一些电梯制造厂生产的起重机用电梯、汽车升降电梯、家用电梯等。

(4) 服务需求升级,维保人员需求增加

一系列电梯安全事故发生后,不仅电梯产品质量受到质疑,人们对维保服务更加不满。规范电梯维护保养行为,提升维护保养质量自然成为未来电梯企业工作的重头戏。随着用户对服务需求的日益提升,2012 年电梯行业的竞争逐步由单一的产品竞争向包含服务在内的多方面、全过程过渡。受“奥的斯事件”的刺激,全国各地加大了对电梯运行的监督检查,一些地方政府对电梯维修保养做出了新的规定。加大重视维保质量,对企业来说是一个挑战,也是一个机遇。在不久的将来,维保的利润可能会占据半壁江山,甚至会超过制造的利润。此外,在生产不断同质化的今天,2012 年会有越来越多的电梯生产企业认识到安装和维修保养的重要性。20 多年来一直以新装电梯为主导的中国电梯市场,将迎来新装与维保并重时代,因此具备相关资质的安装、维修人员的需求量也将增加。

(5) 超高速电梯继续成为研究方向

目前世界电梯市场上的电梯技术特点,都以乘客电梯的技术为主。而乘客电梯技术以高速电梯技术的掌握来控制电梯高端市场的份额。目前世界上速度最高的电梯为 28.5m/s ,相当于时速 102km ;国产电梯目前成熟技术的最高速度为 7.0m/s ,相当于时速 25km 。未来我国可用于建筑的土地面积越来越少,这就要求建筑物越来越高,这也必然带来高速电梯的需求。超高速电梯的研究继续在采用超大容量电动机、高性能微处理器、减振技术、新式滚轮导靴和安全钳、永磁同步电动机、轿厢气压缓解和噪声抑制系统等方面推进。

(6) 智能群控技术引领行业发展

在电梯产品日趋同质化时,智能群控技术将引领行业发展新潮流。虽然智能群控技术已经得到了应用,但应用的范围有限,主要集中在大型酒店宾馆以及高档写字楼内。电梯群控系统是指在一座大楼内安装多台电梯,并将这些电梯与一部计算机连接起来。该计算机可以采集到每个电梯的各种信号,经过调度算法的计算向每部电梯发出控制指令。电梯群控技术能够根据楼内交通量的变化,对每部电梯的运行状态进行调配,目的是达到梯群的最佳服务及合理的运行管理。传统的群控算法只有一个目标,即最小候梯时间。在现代高层建筑的一些特定交通模式下,不可能要求每一部电梯能够服务每一个楼层,所以电梯群控系统调度算法的研究有着重要的现实意义。智

能群控技术代表了行业技术发展方向,也将给人们带来更多的便利。

(7) 电梯控制更加智能化

电梯控制系统大致经历了三个阶段,即继电器-接触器+驱动系统、PLC+驱动系统、微机+驱动系统。前两种控制技术已淘汰或即将淘汰,只有微机+驱动系统的技术,将随着计算机软件和高性能微处理器的提升而拥有更广阔的发展空间,并使得电梯控制更加智能化。例如,西子奥的斯推出的 REM-X 电梯远程控制系统,就是电梯控制技术更加智能化的最好例证。该系统使用嵌入式电梯远程检测系统,集中心检测、分公司检测、用户楼宇检测于一体,通过 Internet 网络传输介质、全面采集、分析各类电梯运行数据,可以远距离、全天候地检测网络内电梯运行情况,及时准确地确认问题(包括异常征兆),并依据客户需要提供便捷的在线服务。日本三菱电动机于 2003 年推出的电梯监视系统 ELE-FIRST,以及日立电梯(中国)开发的电梯维修保养系统 MUG 等,都是通过互联网实现对用户电梯的统一管理,全面提供让乘客安心、管理者省心、设备运行更称心的服务。在 2014 年国际电梯中,为了让电梯运行更加高效,迅达、通力等电梯厂家展示了智能化客流解决方案。迅达展台展示的第三代目的楼层控制技术,即个性化智能服务终端(PORT)。据介绍,用户通过预授权的门卡被识别后,PORT 技术会计算出到达目的楼层的最快捷路线,最大程度缩减行程时间。通力智能客流量解决方案由门禁控制系统、目的选层系统、信息显示系统和电梯监控系统组成。门禁卡与电梯联网,乘客刷卡进入楼宇时,系统自动分配电梯,不需要人工选择目的层,实现快速乘梯。

(8) 电梯技术更加数字化

目前,数字技术在电梯产品中得到更加广泛的应用。电梯生产制造设备大都采用数控机床。电梯的变频器、控制系统、群控系统、变频门机、光幕、称量装置、语音报站、信息显示、故障自诊断、远程监控等均采用数字技术。如奥的斯电梯的模块化驱动控制系统就是采用以计算机为核心技术的数字系统。该数字系统对电梯所有信息进行数字化处理、数字化传输、数字化控制。在一些中高层建筑中的电梯设置采用一井双层轿厢电梯和单井多轿厢系统等,数字技术是实现这些系统的核心技术。上海东方明珠电视塔中就装有奥的斯 ELEVONIC411 型双层轿厢电梯,运行性能以及运输频率均令人十分满意。可见随着微处理器的具有高级派发能力的广泛应用,电梯技术更加数字化,电梯产品将成为真正意义上的数字电梯。

(9) 电梯新技术不断应用于电梯

① 楼层厅站登记系统。楼层厅站登记系统操纵盘设置在各层站候梯厅,操纵盘号码对应各楼层号码。乘客只需在呼梯时,登记目的楼层号码,就会知道应该去乘梯组中哪部电梯,从而提前去厅门等候。待乘客进入轿厢后不再需要选层,轿厢会在目的楼层停梯。由于该系统操作便利,结合强大的计算机群控技术,使得候梯和乘梯时间缩减。该系统的关键是处理好新召唤的候梯时间对原先已安排好的那些召唤服务时间的延误问题。

② 双层轿厢电梯。双层轿厢电梯有两层轿厢,一层在另一层之上,同时运行。乘客进入大楼 1 楼门厅,如果去单数楼层就进下面一层轿厢;如果去双数楼层则先乘 1 楼和 2 楼之间的自动扶梯,到达 2 楼后进入上面一层轿厢。下楼离开时可乘坐任一轿厢,而位于上层轿厢的乘客需停在 2 楼,然后乘自动扶梯去 1 楼离开大楼。双层轿

厢电梯增加了额定容量,节省了井道空间,提高了输送能力,特别适合超高层建筑往返空中大厅的高速直驶电梯。双层轿厢电梯要求相邻的层高相等,且存在上下层乘客出入轿厢所需时间取最大值的问题。

③ 集垂直运输与水平运输的复合运输系统。集垂直运输与水平运输的复合运输系统采用直线电动机驱动,在一个井道内设置多台轿厢。轿厢在计算机导航系统控制下,可以在轨道网络内交换各自运行路线。该系统节省了井道占用的空间,解决了超高层建筑电梯钢丝绳和电缆重量太大的问题,尤其适合于具有同一底楼的多塔形高层建筑群中前往空中大厅的穿梭直驶电梯。

④ 交流永磁同步无齿轮曳引机驱动的无机房电梯。无机房电梯由于曳引机和控制柜置于井道中,省去了独立机房,节约了建筑成本,增加了大楼的有效面积,提高了大楼建筑美学的设计自由度。而交流永磁同步无齿轮曳引机的特点是:结构简单紧凑,体积小,重量轻,形状可灵活多样;配以变频控制可以实现更大限度的节能;没有齿轮,因而,没有齿轮振动和噪声、齿轮效率、齿轮磨损及油润滑问题,减少了维护工作,降低了油污染;由于失电时旋转的电动机处于发电制动状态,增加了曳引系统的安全可靠性。

⑤ 彩色大屏幕液晶楼层显示器。彩色大屏幕液晶楼层显示器可以以高分辨率的彩色平面或三维图像显示电梯的楼层信息(如位置、运行方向),还可以显示实时的载荷、故障状态等。通过控制中心的设置还可以显示日期、时间、问候语、楼层指南、广告等,甚至还可以与远程计算机和寻呼系统连接发布天气预报、新闻等。有的显示器又增加了触摸查询功能。该装置缓解了陌生乘客在轿厢内面对面对视时的尴尬、无趣的局面,降低了乘客乘梯时心理上的焦虑感。

⑥ 电梯远程监控系统。电梯远程监控系统是将控制柜中的信号处理计算机获得的电梯运行和故障信息通过公共电话网络或专用网络(都需要使用调制解调器)传输到远程的能够提供可视界面的专业电梯服务中心的计算机,以便那里的服务人员掌握电梯运行情况,特别是故障情况。该系统具有显示故障、分析故障、故障统计与预测等功能,还有的可实现远程调试与操作,便于维修人员迅速进行维修应答和采取维修措施,从而缩短故障处理时间,简化人工故障检查的操作,保证大楼电梯安全高效地运行。

⑦ 安全技术方面。传统的电梯安全部件正在改用双向安全系统,另外,电梯使用的安全技术也在不断扩大,包括了IC卡电梯管理系统、指纹识别系统以及小区监控系统等。而直接进户的三门电梯也将成为一些高档社区的选择。

1.2 电梯的分类

(1) 按用途分类(见表1-2)

表 1-2 按用途分类的电梯

序号	名称及代号	特征及用途
1	乘客电梯(TK)	为运送乘客而设计的电梯 具有完善舒适的设施和完全可靠的防护装置,用于运送人员和带有的手提物件,必要时也可运送允许的载重量和尺寸范围内的物件。适用于高层住宅、办公大楼、宾馆、酒店,要求安全舒适,装饰新颖美观,可以手动或自动控制操纵