

电梯工程施工 技术与质量控制

DIANTI GONGCHENG SHIGONG
JISHU YU ZHILIANG KONGZHI

芮静康 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电梯工程施工技术与质量控制

主 编 芮静康
副主编 王福忠 杨海柱



机械工业出版社

本书实用性强,可操作性强,对电梯工程的施工技术和质量控制作了详细分析和叙述。

本书内容共分9部分,即概述,电梯的基本结构,电力驱动电梯工程施工技术标准与质量验收评价,液压电梯施工工艺及质量控制,自动扶梯、自动人行道工程施工技术与质量控制,分部(子分部)工程质量验收,电梯的试运行和试验,电梯的维护保养与修理,电梯工程安全技术等。

本书可供电梯工程的施工人员、运行人员、维修人员和管理人员阅读,还可作为相关院校、职高技能培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电梯工程施工技术与质量控制/芮静康主编. —北京:机械工业出版社, 2008.5

ISBN 978-7-111-23892-8

I. 电… II. 芮… III. ①电梯—建筑安装工程—工程施工②电梯—建筑安装工程—工程施工—质量控制 IV. TU857

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第049441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:牛新国 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2008年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24.25印张·602千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-23892-8

定价:50.00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) 88379178

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国国民经济的发展,高层楼宇如雨后春笋般拔地而起。而电梯是高层楼宇的重要设备,在宾馆、饭店、写字楼、商场和住宅中大量使用,电梯和自动扶梯已成为不可缺少的运输设备。电梯工程的施工队伍越来越壮大。介绍电梯的书籍虽然不少,但主要侧重于工作原理和结构的叙述,而介绍施工和质量控制的内容甚少,广大工程人员很需要实用性强、可操作性强的图书出版,为此,我们编写这本《电梯工程施工技术与质量控制》一书。

施工是实施规划和设计的重要阶段,施工质量不好就会给后期的运行带来隐患,还会使故障几率增高,给维护和修理带来麻烦。显然,施工技术和施工质量的控制有着极其重要的意义。

国家有关部门精心组织制定了各种施工验收规范、技术规程、工程质量验评标准、安装技术规范……,必须广泛宣传并在施工中加以贯彻,让参与施工的技术人员、技术工人、管理人员严格执行,确保施工工程质量,从而使先进的规划和设计得以变成现实,使投资的设备发挥其应有的功能和作用。本书就是依据国家相关标准和现行规范来编写的。可以供参与电梯工程施工的技术人员、技术工人、管理人员阅读,帮助他们提高电梯工程施工的技术、以及提高电梯工程施工质量控制的能力。

本书共分9章。第1章为概述。介绍了电梯和自动扶梯的发展,以及电梯的分类、型号和运行特点;第2章为电梯的基本结构。介绍了电梯的曳引系统、导向系统、门系统、轿厢系统和电力系统;第3章为电力驱动电梯工程施工技术标准与质量验收评价,以电梯施工技术标准、安装施工工艺标准和验收规范为依据,介绍了电力驱动电梯工程的施工技术和质量控制原则;第4章为液压电梯施工工艺及质量控制,介绍了液压电梯的安装以及液压系统特殊的特点,以及整机安装质量的验收;第5章为自动扶梯、自动人行道工程施工技术与质量控制、自动扶梯、自动人行道在商场、车站、机场、地铁等行业越来越广泛地使用,与人们的出行有着密切的关系,因此自动扶梯、自动人行道的施工和质量控制越来越重要;第6章为子分部工程质量验收,因为竣工验收标志着电梯工程要从施工阶段过渡到使用阶段,这是发现施工问题并进行处理,以使工程能达到设计和使用要求的重要阶段,本章对电梯工程的质量验收事项作了详细介绍;第7章为电梯的试运行和试验,电梯的试运行和试验是技术性很强的项目,本章介绍了各项具体内容及试验方法,以保证电梯工程顺利地进入运行阶段;第8章为电梯的维护保养与修理,本章内容有许多同类书作了介绍,所以在本章只作了简要叙述;第9章为电梯工程安全技术,因为电梯是牵涉到人们生命安全的设备,安全问题是重中之重,所以本章对于施工安全、运行安全以及事故分析和预防都作了详细叙述,电梯施工人员、运行人员、维修人员都必须高度重视,以确保生命和财产的安全。全书谈的都是电梯工程的实际问题。

本书由芮静康任主编，王福忠和杨海柱任副主编，编写作者有李冰锋、刘洁、陶海军、米艺锋、冯高明、张燕杰、邹尔宁、杨晓玲、耿立、王梅等。

编写过程中得到了许多专家、教授和工人师傅的帮助，特别是余发山、郑征和李辉几位教授的指导，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2008年2月5日于北京

目 录

前言

第 1 章 概述 1

1.1 电梯的应用与发展 1

1.1.1 电梯的定义 1

1.1.2 电梯的起源与应用 1

1.1.3 自动扶梯的起源与应用 3

1.1.4 自动扶梯的发展史 3

1.1.5 我国电梯发展状况 4

1.1.6 电梯的发展趋势及方向 6

1.2 电梯基础知识 7

1.2.1 电梯基本分类 7

1.2.2 自动扶梯的分类 12

1.2.3 电梯的型号 12

1.2.4 电梯常用名词术语及含义 13

1.2.5 电梯零部件名称 16

1.2.6 电梯运行及特点 19

第 2 章 电梯的基本结构 23

2.1 概述 23

2.2 曳引系统 23

2.2.1 曳引机 23

2.2.2 曳引钢丝绳 28

2.2.3 导向轮 33

2.3 导向系统 34

2.3.1 导轨 34

2.3.2 导靴 36

2.3.3 对重 37

2.4 门系统 38

2.4.1 门的主要类型 38

2.4.2 门的结构型式 39

2.4.3 门的传动装置 40

2.4.4 门的联动机构 42

2.4.5 门入口的安全保护装置 44

2.5 轿厢系统 45

2.5.1 轿厢架 46

2.5.2 轿厢体 47

2.5.3 轿厢的称量装置 48

2.6 质量平衡系统 50

2.6.1 对重 50

2.6.2 补偿装置 51

2.7 电力拖动系统 52

2.7.1 供电系统 52

2.7.2 速度调节装置 52

2.7.3 速度检测（反馈）装置 53

2.7.4 直流电梯拖动系统 54

2.8 电气控制系统 54

2.8.1 电气控制系统的特点 54

2.8.2 电梯电路中的主要电器部件 55

2.9 安全保护系统 60

2.9.1 限速器 60

2.9.2 瞬时式安全钳 63

2.9.3 渐进式安全钳 65

第 3 章 电力驱动电梯工程施工技术

标准与质量验收评价 70

3.1 概述 70

3.1.1 电梯电力驱动系统的定义及构成 70

3.1.2 常见的电梯电力驱动方式 70

3.1.3 电梯电力驱动系统的特点和要求 71

3.1.4 曳引式提升机构 72

3.1.5 电梯安装基本规定 76

3.2 曳引式电梯安装施工工艺标准 79

3.2.1 基本规定 79

3.2.2 施工准备 80

3.2.3 材料和质量要求 81

3.2.4 施工工艺 82

3.2.5 导轨支架及导轨安装工艺 86

3.2.6 机房机械设备安装工艺 92

3.2.7 对重安装工艺 97

3.2.8 轿厢安装工艺 101

3.2.9 层门安装工艺 106

3.2.10 井道机械设备安装工艺 108

3.2.11 钢丝绳安装工艺 112

3.2.12 电气装置安装工艺 117

3.2.13 整机调试工艺	123	4.7 整机安装质量验收	199
3.3 验收规范	129	4.7.1 液压电梯安全保护验收	199
3.3.1 设备进场验收	129	4.7.2 限速器(安全绳)安全钳联动 试验	200
3.3.2 土建交接检验	131	4.7.3 层门与轿门的试验	201
3.3.3 驱动主机	134	4.7.4 超载试验	201
3.3.4 导轨	137	4.7.5 液压电梯安装好后应进行运行 试验	201
3.3.5 门系统	139	4.7.6 噪声检验	202
3.3.6 轿厢及对重	141	4.7.7 平层准确度检验	202
3.3.7 安全部件	145	4.7.8 运行速度检验	202
3.3.8 悬挂装置、随行电缆与补偿 装置	147	4.7.9 额定载重量沉降量试验	203
3.3.9 电气装置	149	4.7.10 液压泵站溢流阀压力检查	204
3.3.10 整机安装验收	154	4.7.11 压力试验	204
附录 3A 附表	160	4.7.12 观感检查	205
第 4 章 液压电梯施工工艺及质量 控制	168	4.8 质量验收文件	205
4.1 概述	168	附录 4A 液压电梯监督检验内容要求与 方法	206
4.1.1 液压电梯的特点	168	附录 4B 液压电梯验收检验报告和液压 电梯定期检验报告(格式)	218
4.1.2 液压电梯的功能及规格	169	附录 4C 液压电梯定期检验报告	222
4.1.3 液压电梯的基本结构	170	第 5 章 自动扶梯、自动人行道工程 施工技术与质量控制	225
4.1.4 液压电梯的布置形式	172	5.1 自动扶梯、自动人行道概述	225
4.1.5 控制泵流量的液压电梯简介	173	5.1.1 自动扶梯和自动人行道相关 术语及定义	225
4.2 液压电梯安装的基本工作	175	5.1.2 自动扶梯的分类	227
4.2.1 设备进场验收	175	5.1.3 自动扶梯的特点及主要参数	228
4.2.2 土建交接检验	176	5.1.4 自动扶梯的结构	230
4.3 液压系统	176	5.1.5 自动人行道	234
4.3.1 液压传动系统	176	5.2 自动扶梯、自动人行道的施工技术	235
4.3.2 液压系统设备的安装	188	5.2.1 施工准备	235
4.3.3 施工质量控制	191	5.2.2 自动扶梯、自动人行道安装 方式	235
4.3.4 质量验收标准	192	5.2.3 施工工艺	236
4.3.5 质量验收文件	193	5.2.4 自动人行道的施工技术	254
4.3.6 质量验收记录表	193	5.3 自动扶梯、自动人行道施工质量 控制	258
4.4 导轨、门系统、轿厢、平衡重、安全 部件的安装	194	5.3.1 基本规定	258
4.5 悬挂装置、随行电缆	194	5.3.2 材料和质量要求	259
4.5.1 绳头组合	195	5.3.3 设备进场验收	260
4.5.2 钢丝绳	195	5.3.4 土建交接检验	261
4.5.3 钢丝绳和链条的张力	195	5.3.5 整机安装验收	264
4.5.4 轿厢悬挂	196		
4.5.5 随行电缆	196		
4.5.6 质量验收标准	197		
4.5.7 质量验收记录表	197		
4.6 电气装置	199		

5.3.6	成品保护	271
5.3.7	安全	272
5.3.8	分部(子分部)工程质量验收	274
附录 5A	子分部工程质量验收	274

第6章 分部(子分部)工程质量

验收	283
6.1 基本规定	283
6.1.1 安装单位施工现场的质量管理 规定	283
6.1.2 电梯安装工程施工质量控制 规定	284
6.1.3 电梯安装工程质量验收规定	285
6.2 建筑工程质量验收的划分	286
6.2.1 单位(子单位)工程的划分	286
6.2.2 分部(子分部)工程的划分	287
6.2.3 分项工程的划分	287
6.2.4 检验批的划分	290
6.2.5 室外工程的划分	291
6.3 建筑工程质量验收规定及组织	291
6.3.1 建筑工程质量验收要求	291
6.3.2 检验批质量合格条件	292
6.3.3 分项工程质量合格条件	294
6.3.4 分部(子分部)工程质量合格 条件	295
6.3.5 分部(子分部)工程质量验收 程序和组织	297
6.3.6 建筑工程质量不符合要求时的 处理规定	300
6.3.7 严禁验收	301
6.4 电梯工程质量验收要求及方法	301
6.4.1 基本规定	301
6.4.2 分项工程质量验收要求	302
6.4.3 分部(子分部)工程质量验收 要求	303
6.4.4 电梯安装工程质量不合格时的 处理规定	305
附录 6A 电梯安装验收规范	305

第7章 电梯的试运行及试验

7.1 试运行准备	314
7.2 试运行试验及调整	315
7.2.1 运行前的检查	315
7.2.2 电梯负荷试车	316

7.2.3 超载运行试验	317
7.2.4 自动门的调整	317
7.2.5 安全钳试验	317
7.2.6 缓冲器试验	318
7.2.7 平层的调整	318
7.2.8 电气设备动作试验	319
7.2.9 电梯运行与荷载试验	319
7.2.10 电梯检修速度要求	320
7.2.11 电梯额定速度试运行要求	320
7.2.12 控制功能试验	320
7.2.13 电梯技术性能测试	320
7.3 电梯试运行记录	321

第8章 电梯的维护保养与修理

8.1 电梯的维护与保养	322
8.1.1 例行检查	322
8.1.2 电梯的定期保养	322
8.2 机件的更换	326
8.2.1 曳引轮的更换	326
8.2.2 曳引钢丝绳的更换	328
8.3 电梯维修管理	330
8.3.1 电梯的中修	330
8.3.2 电梯的大修	331
8.3.3 电梯大修后的检验	333

第9章 电梯工程安全技术

9.1 电梯施工安全技术	335
9.1.1 一般规定	335
9.1.2 设备的搬运存储	335
9.1.3 常用工具设备的使用	335
9.1.4 施工电气安全技术	336
9.1.5 施工操作安全技术	337
9.2 电梯运行安全技术	339
9.2.1 电梯安全操作的必要条件	339
9.2.2 司机与乘用人员安全操作规程	340
9.2.3 电梯在非正常状态下的运行 操作	341
9.2.4 电梯运行中的故障处理	341
9.3 电梯维修安全技术	343
9.3.1 基本要求	343
9.3.2 维修与保养的安全操作	344
9.3.3 发生意外事故时的紧急处理	345
9.4 电梯事故分析及预防	345
9.4.1 电梯事故类型分析	345
9.4.2 电梯事故发生原因分析及预防	346

9.5 电梯工程环保技术	346
--------------------	-----

附录	347
----------	-----

附录 1 工程建设标准强制性条文	347
------------------------	-----

附录 2 实施工程建设强制性标准监督	347
--------------------------	-----

规定	359
----------	-----

附录 3 电梯工程施工质量验收规范	361
-------------------------	-----

参考文献	380
------------	-----

附录 4 电梯工程施工质量验收规范	380
-------------------------	-----

附录 5 电梯工程施工质量验收规范	380
-------------------------	-----

附录 6 电梯工程施工质量验收规范	380
-------------------------	-----

附录 7 电梯工程施工质量验收规范	380
-------------------------	-----

附录 8 电梯工程施工质量验收规范	380
-------------------------	-----

附录 9 电梯工程施工质量验收规范	380
-------------------------	-----

附录 10 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 11 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 12 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 13 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 14 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 15 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 16 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 17 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 18 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 19 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 20 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 21 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 22 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 23 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 24 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 25 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 26 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 27 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 28 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 29 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 30 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 31 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 32 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 33 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 34 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 35 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 36 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 37 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 38 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 39 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 40 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 41 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 42 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 43 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 44 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

附录 45 电梯工程施工质量验收规范	380
--------------------------	-----

第1章 概述

1.1 电梯的应用与发展

1.1.1 电梯的定义

电梯是服务于规定楼层之间的,具有一个轿厢,运行在至少两列垂直的倾斜角小于 15° 角的刚性导轨之间的固定式升降设备。轿厢尺寸与结构形式应便于乘客出入或装卸货物。

我国国家标准规定电梯是“用电力拖动,具有乘客或载货轿厢,运行在铅垂的或与铅垂方向倾斜度不大于 15° 的两列刚性导轨之间,运送乘客和(或)货物的固定设备。”

此定义从拖动方式、轿厢、铅垂运输、运行于两列导轨之间、用途、固定设备六个方面描述了电梯的特征。在产品型号中,电梯的代表汉字为“梯”,代号为“T”。

随着人口的增加,科学技术日新月异的发展,人们物质文化生活水平的逐步提高,建筑业得以迅速发展,大批的高楼大厦拔地而起,十几层至几十层的宾馆、饭店、办公楼、住宅楼鳞次栉比。完全可以预想到,随着社会的发展,电梯产品在人们物质文化生活中的地位将会如同汽车一样,成为重要的运输设备之一。

1.1.2 电梯的起源与应用

追溯电梯这种提升设备的历史,早在公元前我国就出现了利用人力作动力的简单提升设备,直到现在我国北方部分农村仍用手摇辘轳提取井水的升降提水装置,所以说,我国是世界上最早出现这种提升设备——电梯雏形的国家之一。

而据国外有关资料介绍,公元前2800年在古代埃及,为了建造当时的金字塔,曾使用过由人力驱动的升降机械。

公元前236年,古希腊的阿基米德设计出一种由人力驱动的卷筒式卷扬机,共造出三台,安装在宫殿里。人们把这三台卷扬机看做是现代电梯的鼻祖。随着自然科学的进步,到了17世纪中叶法国物理学家和数学家帕斯卡提出了指导液压传动技术应用的静压传递原理,之后液压理论及液压传动技术获得了飞速发展,这比人们掌握电气理论并应用电气传动技术要早。在这样的背景下,第一台液压升降机出现了,它是在1845年由汤姆逊研制的。升降工具随后尽管不断地被改进,但被工业界普遍认可具有安全保护装置的升降机仍未出现。

1769年瓦特发明了蒸汽机后,人们开始尝试在各种生产实践中应用蒸汽机作为驱动力。1850年,在美国纽约市出现了世界第一台由亨利·沃特曼制造的以蒸汽机为动力的卷扬机。1852年美国伊莱沙·格雷夫斯·奥的斯发明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,这是世界上第一部备有安全装置的客梯。“安全”这一概念不仅开创了升降梯工业,而且也为那些想建造更高层建筑物以增加更多可利用空间的设计者打开了通途,之后升降梯得到公众的广泛认同。随后的几年,这类安全升降梯陆续被应用在一些货运

场合。1857年奥的斯公司在纽约市的一幢豪华商厦里安装了世界上第一台安全客运升降机(由建筑物内的蒸汽动力站通过一系列轴和传动带驱动)。1862年,奥的斯公司采用单独蒸汽机控制的升降机问世。因为当时公共液压动力站的液压动力在造价和传递方面比蒸汽动力有明显的优越性,又因为蒸汽动力电梯采用强制驱动方式,其卷筒的宽度限制了电梯行程和绳的根数,所以水压梯得以发展,而蒸汽动力电梯随着液压电梯的发展而很快被淘汰掉了。1867年在巴黎举行的世界博览会上首次展出了载人水力升降梯,1870年奥地利工程师在维也纳首先建造了投入实际运行的载人水力货梯。1878年,奥的斯公司在纽约百老汇大街安装了第一台水压式乘客升降机,提升高度达34m。随着高层建筑的增多,在1880年到1900年之间液压电梯占据了所有的10到20层的建筑物。

早期的液压升降机直接以城市水压为动力,液压系统的工作压力、速度都比较低,而且会因水击现象引起水管破裂。后来人们开始采用独立的泵供压,升降机液压系统的工作压力不断增高,速度也不断加快。

进入20世纪,由于石油工业的日益兴起,人们开始用原油炼制品取代水作为传动介质,推动了液压传动技术重新崛起并迅速在传动领域发展和应用。1905年詹尼首先将矿物油作为工作介质,研制了一台带轴向柱塞泵的油压传动与控制装置,并于1906年成功地应用在美国弗吉尼亚号战舰的炮塔俯仰、转动机构中。液压油的应用,改善了液压元件摩擦件的润滑和泄漏,为提高液压系统工作压力创造了条件。之后以油为介质的液压传动装置的应用从各类军事武器逐渐扩展到各类机床上。第二次世界大战时,一些兵器上应用了功率大、反应快、动作准的液压传动和控制装置,极大地促进了液压技术的发展。战后,由于军事需要而发展起来的液压技术迅速转向工业民用领域,依靠这些技术,人们研制出了以液压油为介质的具有独立传动系统的液压电梯。此时的液压电梯一般只用于载重货梯,且多采用直顶式布置。其液压系统采用机械开关阀控制流量,只能进行双速调节(高速运行和平层停靠两挡速度)。

在20世纪50年代到70年代,欧美一些发达国家涌现出了很多专门致力于电梯液压控制系统生产制造的电梯公司,例如意大利的GMV和MORIS公司,德国的ALGI和BLAIN公司,美国的MAXTON和ESCO公司,瑞士的BERINGER公司等等。这些公司经过数十年的发展,目前已经世界闻名。在这些液压电梯公司及其工程师的努力下,液压电梯实现了大规模的工业化生产,同时液压电梯的结构和种类也有了很大发展,如直顶式,侧顶式,单级缸、多级缸,侧置绕绳式,拉缸式,带配重式等。这些不同形式的液压电梯可以适用于各种不同的井道结构,满足不同的建筑需要。各类液压元件性能和生产技术的不断成熟和完善,使一些新型液压元件很快被应用到液压电梯速度控制系统中,提高了液压电梯的控制性能。液压电梯的机械开关阀调速范围变宽,精度提高。诞生于20世纪60年代末的电液比例技术,在70年代初就被应用到液压电梯上,使电梯的动态响应、稳定性和控制精度都有了进一步提高,应用于乘客电梯,乘坐舒适感良好。液压电梯这些技术的发展使得它能够与曳引电梯在低层建筑应用领域保持竞争力,得到了大规模的推广和使用。自第二次世界大战结束,液压电梯重新崛起后,其在欧美发达地区就一直占据着较高的市场份额,在某些地区,液压电梯每年的市场需求量一度达到80%以上。

在20世纪初,美国奥的斯电梯公司首先使用直流电动机作为动力,并把卷筒式传动改进为曳引槽轮式传动,从而为后来的高速度、高行程电梯的发展奠定了基础。20世纪30年

代美国纽约的 102 层摩天大楼建成,美国奥的斯电梯公司为这座大楼制造和安装了 74 台速度为 6.0m/s 的由电动机驱动的电梯。

在社会发展中,随着高层建筑的大量涌现,海底勘探的不断加深,垂直运输工具越来越显得急需。电梯,这个垂直运输工具,已成为现代社会中的其他交通工具不可替代的重要设备。随着电子工业的发展,新技术、新产品不断地应用于电梯控制系统,如晶闸管,集成电路和数字控制技术,计算机和集群控制及调压调频技术的应用,使得电梯的拖动系统简化、性能提高。

1.1.3 自动扶梯的起源与应用

自动扶梯 (escalator) 是一种由电力驱动连续运动的扶梯,适用于垂直交通繁忙的场合。在这些场合中,电梯的运送能力已无法满足其需求,因而自动扶梯广泛用于车站、码头、商场、机场和地下铁道等人流集中的地方。1900 年,巴黎世界博览会展出的台阶梯状动梯是现代自动扶梯的雏形。此后,自动扶梯在各国得到迅速发展。自动扶梯由梯路(变型的板式输送机)和两旁的扶手(变形的带式输送机)组成,其主要部件有梯级(四轮小车)、牵引链条及链轮、导轨系统、主传动系统(包括电动机、减速装置、制动器及中间传动环节等)、驱动主轴、梯路张紧装置、扶手系统、梳齿板、扶梯骨架和电气系统等。梯级在乘客入口处作水平运动(方便乘客登梯),以后逐渐形成阶梯;在接近出口处阶梯逐渐消失,梯级再度作水平运动。这些运动都是由梯级主轮、辅轮分别沿不同的梯级导轨行走来实现的。自动扶梯的主要参数有提升高度(一般在 10m 以内,特殊情况可到几十 m)、倾斜角度(一般为 30°)、速度(一般为 0.5m/s)、梯级宽度(单人的 $600\sim 800\text{mm}$,双人的 $1000\sim 1200\text{mm}$)、输送能力(单人的 $4000\sim 5000$ 人/h,双人的 $8000\sim 12000$ 人/h)、梯级节距和牵引链节距等。

1.1.4 自动扶梯的发展史

现代自动扶梯的雏形是一台普通倾斜的链式运输机,是一种梯级及扶手都能自动运动的楼梯。

一位美国设计者将法语中的梯级一词与当时在美国已经用得相当普遍的 Elevator 一词组合成为“自动扶梯”一词。

1859 年,美国人发明了一种“旋转式梯级扶梯”,并获专利。但是,“旋转式梯级扶梯”是让乘客沿正三角形的一边进入,到达顶点后飞降下来。这种类似演杂技的惊险动作与今天安全地乘行有活动扶手和梳齿板的自动扶梯相比真有天壤之别。这种“旋转式梯级”应该称为杂技扶梯,其基本上是无法使用的。但是,发明者的构思是有开拓性的。

1892 年,乔治·H·韦勒设计出与现在相同的活动扶手带并获得专利,这是一项重要发明,可以与前述的奥的斯研究出的安全装置相媲美,使乘自动扶梯的安全得到保证。其后,杰西·W·列诺发明了“客梯”并取得专利。但是,客梯的梯级是倾斜的,就像是倾斜 30° 的自动人行道一样。当时,这种客梯也称倾斜动梯,而且扶梯进出口处安装机器的基坑没有遮盖,乘客在进出口处须跳跃一步才行,因此这种扶梯仍是不够安全的。

1899 年 CD 西伯格加入了奥的斯电梯公司,也带来了“自动扶梯”这个新名词。西伯格和奥的斯联合制造了第一部用于公共场所的步进式自动扶梯,它在 1900 年的巴黎世界博览

会上一展风采，并且获得一等奖。这一年，在法国巴黎举行的世界博览会上共装了 29 台不同结构的自动扶梯。这些动梯的梯级大都仍如前述是倾斜的。只有奥的斯公司所展出的动梯是形成阶梯的，同时梯级是水平的，而且在进出口处的基坑上加了遮盖板，也就是梳齿板。虽然，该自动扶梯没有上下曲线及水平区段，如图 1-1 所示，没有使乘客从水平区段到倾斜区段的过渡段。但是，这种自动扶梯有活动扶手和遮盖梳齿板，踏板面用硬木制成，结构已经大大完善了。此后，经过不断地改进和提高，自动扶梯，如图 1-2 所示，进入实用阶段。

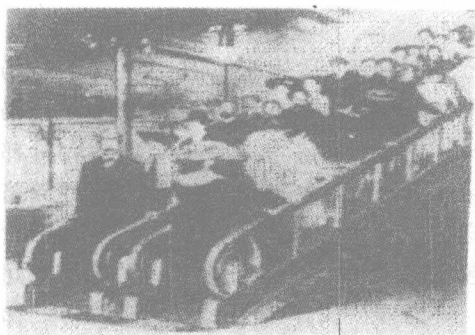


图 1-1 没有上下水平弯曲线的自动扶梯

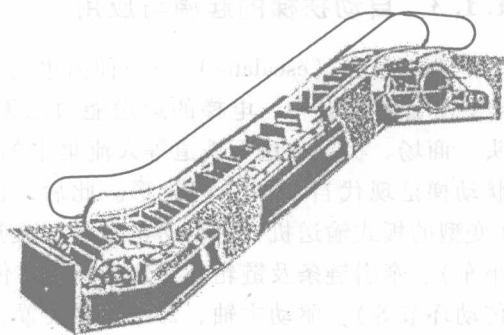


图 1-2 结构完善的自动扶梯

20 世纪上半叶，电梯调速系统几乎都是采用直流调速，尤其是中、快速电梯所用的几乎都是伦纳德（Leonard）系统。由于直流电动机结构复杂（伦纳德系统还需一套电动发电机组，现已不用），因而后来的电梯改用交流调速。

交流调速的方法很多。20 世纪 20 ~ 30 年代发展起来的改变定子绕组接线以变换电动机极数的调速方法称为变级调速，该方法我国至今还在应用。60 ~ 70 年代随电力电子技术的发展而发展起来的、控制电动机定子供电电压的调速方法称为调压调速，目前我国已经广泛地应用该方法。80 年代随着微型计算机技术的发展而发展起来的、控制电动机定子供电电压与频率的调速方法称为调频调压调速（VVVF），目前我国上海三菱电梯公司等已经采用这种方法，调速性能很好。90 年代，国外推出的直线电动机驱动调速，个别厂家已有样机。

1.1.5 我国电梯发展状况

1.1.5.1 我国电梯的应用

从 1908 年，在上海汇中饭店等一些高层建筑里安装了第一批进口电梯起，到新中国成立以前的 1949 年，全国各大城市中安装使用的电梯已有数百台，上海和天津等地也相继建立了几家电梯修配厂，从事电梯的安装和维修业务。新中国成立以后，1952 ~ 1954 年先后在上海、天津、沈阳建立了三家电梯制造厂，并先后成立了有关科研单位，独立自主制造各类电梯产品，如交流货梯、客梯，直流客速、高速客梯等。用我们自己生产的电梯产品装备了人民大会堂、北京饭店等政府机关和国家宾馆。

1.1.5.2 我国自动扶梯、自动人行道的应用与发展

解放前，我国没有电梯制造业，只有美国奥的斯在我国设有维修点。当时，我国约有 2000 台电梯。1932 年在上海大新公司安装的两台单人自动扶梯是我国最早使用的自动扶梯，

也是当时全国仅有的两台自动扶梯。新中国成立后,首先建立了上海电梯厂,开始生产电梯。此后,随着电梯行业的发展,全国有14家电梯厂能生产客梯、货梯、医用梯及杂物电梯等。1959年,上海电梯厂生产了我国第一批双人自动扶梯,用于北京新火车站。1976年,上海电梯厂生产了我国第一批100m长的自动人行道,用于首都机场。电梯行业的蓬勃发展是在党的十一届三中全会以后。目前,全国已有电梯生产厂200余家,可以生产各种类型的电梯与自动扶梯。通过引进国外先进技术,成立多家合资企业,如迅达中国、上海三菱、天津奥的斯、苏州迅达等电梯公司,使我国的电梯制造技术大大提高。目前,我国已经能生产多种高质量的电梯,并已出口创汇。我国电梯制造业用40余年走完了国外100余年的路程。

我国自上海电梯厂于1959年生产了第一批用于北京火车站的自动扶梯以来,目前为数众多的生产企业已经能够生产多种形式和多种参数的自动扶梯:双人自动扶梯、单人自动扶梯;端部驱动自动扶梯(链条式)、中间驱动自动扶梯(齿条式);全透明扶手、半透明扶手和不透明扶手自动扶梯;小提升高度(3~10m)、中提升高度(10~45m)、大提升高度(45~65m)的自动扶梯等。例如中国迅达电梯公司上海电梯厂所生产的SWE型自动扶梯,上海三菱电梯公司所生产的J型自动扶梯,上海自动扶梯厂所生产的SEF型自动扶梯,苏州迅达电梯公司所生产的SWE型自动扶梯,中国天津奥的斯电梯有限公司所生产的506型自动扶梯均具有较高的水平。

随着社会的进步,世界经济的快速发展,自动扶梯已广泛应用于商场中。迅达、奥的斯、蒂森、通力、三菱、日立、东芝等公司的自动扶梯产品在整个国际市场上的份额大约占90%。目前,国内从事自动扶梯生产的企业多达108家,其中仅西门子、奥的斯、三菱、迅达、江南嘉捷的自动扶梯和自动人行道产品在中国市场上就占去了半壁江山。这些公司在市场上的地位取决于其高质量和高可靠性的产品。为了保持优势,它们在新产品、新技术的研究和开发工作上投入了巨大的精力和资金,并且你追我赶,永不懈怠。安全规范、现代装潢标准和生产工艺促使不同公司的自动扶梯产品逐渐趋向一致。

自动扶梯的发展趋势是:结构紧凑,减少占用空间;减轻设备自重;减少阻力,节约能耗;外貌美观,兼可作建筑物的装饰用,运转平稳,噪声减少。

1.1.5.3 我国电梯发展历程

20世纪80年代中期以来,随着我国对外开放,经济政策的深入贯彻与执行,随着技术引进工作的进一步开展,在国内先后建立了一批合资和独资电梯生产厂,使我国的电梯工业取得了巨大发展。通过引进国外先进技术,成立多家合资企业,如中国迅达、上海三菱、天津奥的斯、苏州迅达等电梯公司,使我国的电梯制造技术整体水平大大提高。先后向市场推出一批耗能小、效率高、速度快、平层和舒适感好的交流调速电梯,直流高速电梯(包括集选控制电梯)。

在控制技术方面,从手柄开关控制发展到按钮信号控制,集选控制及多台电梯集群管理控制;从继电器、接触器的信号或集选控制到计算机(电脑)控制;从调压调速到调频调速控制系统。微型计算机(或称微处理机)在电梯控制系统中得到广泛的应用,在控制系统中用计算机代替了传统的数量众多的继电器、接触器控制系统,从而使电梯运行的可靠性显著提高、故障率明显降低,而且耗能少、体积小、设备投资费减少、维修方便。

在电梯速度方面,由0.25m/s发展到0.5~1.0m/s的交流双速电梯,由1.5~2.0m/s

的快速电梯发展到 2.5m/s 的直流高速电梯, 还有 $1.0 \sim 4.5\text{m/s}$ 的交流调速电梯。

在电梯品种方面, 目前除了常有的货梯、客梯外, 还开发出了双层轿厢电梯和观光电梯。

在材料和装饰方面, 特别在电梯的机械部件、控制器、轿厢及其附属件上将使用轻质材料, 使其在提高性能的同时, 更便于操作, 并能减少安装费用和节约机房空间, 而且电梯轿厢的装饰日趋豪华。

为了进一步提高和控制产品质量, 我国在近年颁布了一批具有国际水平的电梯制造标准, 使各制造厂家用新标准去更新、设计电梯产品, 加强管理, 促进电梯工业的新发展。随着采用新标准生产的电梯批量推向市场, 技术性能和质量明显提高的电梯又进一步促进建筑业和电梯业的发展, 电梯工业蓬勃发展的局面已经形成。

据统计, 我国目前在用电梯 34.6 多万台, 每年还以约 $5 \sim 6$ 万台的速度增长。电梯服务中国已有 100 多年历史, 但我国在用电梯数量的快速增长却发生在改革开放以后, 目前我国电梯技术水平已与世界同步。

100 多年来, 中国电梯行业的发展经历了以下几个阶段:

(1) 对进口电梯的销售、安装、维修和保养阶段 (1900 ~ 1949 年), 这一阶段我国电梯拥有量仅约 1100 多台;

(2) 独立自主、艰苦研制、生产阶段 (1950 ~ 1979 年), 这一阶段我国共生产、安装电梯约 1 万台;

(3) 建立三资企业, 行业快速发展阶段 (自 1980 年至今), 这一阶段我国共生产、安装电梯约 40 万台。

目前, 我国已成为世界最大的新装电梯市场和最大的电梯生产国。

1.1.6 电梯的发展趋势及方向

1.1.6.1 电梯发展趋势

所谓电梯发展趋势, 就是指发展中的电梯无论在结构上还是在特性、功能上都要逐渐满足人们对电梯提出的越来越高的要求, 这些要求叙述如下。

1. 电梯结构

采用先进的制造工艺及控制技术, 使电梯的结构越来越紧凑、精巧、坚固、美观及实用。双层电梯、微型计算机控制电梯等都在结构上有显著改进。

2. 电梯运行性能

采用先进的自动控制理论、传动与控制技术, 使电梯在运行过程中具有安全、可靠、快速、准确、平稳的特性, 使电梯具有良好的乘坐舒适感及享受感。

采用先进的计算机技术, 对电梯实行并联控制、集选控制以及人工智能控制, 保证了电梯的高效率运行。

越来越多的电梯将进入高层建筑, 电梯的节能运行是电梯开发与使用的关键。有效地改善供电电网质量, 充分利用现有能源, 千方百计地减少电梯设备及传动系统的能量损失, 都是电梯节能运行的良好措施。

1.1.6.2 未来电梯发展方向展望

1. 电梯群控系统将更加智能化

电梯智能群控系统将基于强大的计算机软硬件资源, 如基于专家系统的群控、基于模糊

逻辑的群控、基于计算机图像监控的群控、基于神经网络控制的群控、基于遗传基因法则的群控等。这些群控系统能适应电梯交通的不确定性、控制目标的多样化、非线性表现等动态特性。随着智能建筑的发展,电梯的智能群控系统将与建筑物内所有的自动化服务设备结合成整体智能系统。

2. 超高速电梯速度越来越高

21世纪将会发展多用途、全功能的塔式建筑,超高速电梯继续成为研究方向。曳引式超高速电梯的研究继续在采用超大容量电动机、高性能的微处理器、减振技术、新式滚轮导轨和安全钳、永磁同步电动机、轿厢气压缓解和噪声抑制系统等方面进行探索。采用直线电动机驱动的电梯也有较大研究空间。可以预见未来超高速电梯舒适感会有明显的提高。

3. 蓝牙技术在电梯上广泛应用

蓝牙(Bluetooth)技术是一种全球开放的、短距无线通信技术规范,它可通过短距离无线通信,把电梯内各种电子设备连接起来,无需纵横交错的电缆线,可实现无线组网。这种技术将减少电梯的安装周期和费用,提高电梯的可靠性和控制精度,更好地解决电气设备的兼容性,有利于把电梯归纳到大楼管理系统或智能化管理小区系统中。

4. 绿色电梯将普及

要求电梯节能、油污染小、电磁兼容性强、噪声低、长寿命、采用绿色装饰材料、与建筑物协调等。甚至有人设想在大楼顶部的机房利用太阳能作为电梯补充能源。

5. 电梯产业将网络化、信息化

电梯控制系统将与网络技术相结合,用网络把各地的电梯监管起来进行维护;通过电梯网站进行网上交易,包括电梯配置、招投标等,也可以在网上申请电梯定期检验。

6. 乘电梯去太空

坐电梯进入太空,这一设想是前苏联科学家在1895年提出来的,后来一些科学家相继提出了各种解决方案。2000年,美国国家航空和航天局(NASA)描述了建造太空电梯的概念,这需要极细的碳纤维制成的缆绳并能延伸到地球赤道上方3.5万km。为使这条缆绳突破地心引力的影响,太空中的另一端必须与一个质量巨大的天体相连。这一天体向外太空旋转的力量与地心引力抗衡,将使缆绳紧绷,允许电磁轿厢在缆绳中心的隧道穿行。也许普通人登上太空的这个梦未来将实现。

1.2 电梯基础知识

1.2.1 电梯基本分类

电梯的分类比较复杂,一般常从不同的角度进行分类。

1.2.1.1 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、办公楼、大型商店等客流量大的场合。这类电梯具有完善的设施和安全可靠的防护装置,用于运送人员和手提物件,必要时也可运送允许的载重量和尺寸范围内的物件。

2. 载货电梯

为运送货物而设计的，通常有人伴随的电梯。主要用于两层楼以上的车间和各类仓库等场合。这类电梯具有结构牢固、载重量大、有必要的安全防护装置等特点。

3. 住宅电梯

为供住宅楼使用而设计的电梯。额定载重量为 320kg 和 400kg 的电梯，轿厢只允许乘送人；额定载重量为 630kg 的电梯，轿厢允许乘送童车和残疾人员乘坐的轮椅；额定载重量为 1000kg 的电梯，轿厢还可以运送家具和把手可拆卸的担架。

4. 杂物电梯

服务于规定楼层的固定式升降设备。它只有一个轿厢，就其尺寸和结构而言，是不允许人员进入的。此种电梯结构简单，操纵按钮在厅门外置，无乘人必备的安全装置。

5. 船用电梯

固定安装在船舶上为乘客和船员或其他人员使用的电梯。船用电梯速度（简称梯速）应小于或等于 1m/s，能在船舶摇晃中正常工作。

6. 汽车电梯

用于垂直运输各种车辆的电梯。这种电梯的轿厢面积较大、构造牢固，梯速不大于 1m/s。有时无轿厢顶。其特点是大轿厢、大载重量，常用于立体停车场及汽车库等场所。

7. 观光电梯

一种供乘客观光用的、轿厢壁透明的电梯。井道和轿厢壁至少有同一侧透明，供乘客浏览观光建筑物周围外景。

8. 病床电梯

为运送病床（包括病人）及医疗设备而设计的电梯。额定载重量为 1600kg 和 2000kg 的电梯，轿厢应能满足大部分疗养院和医院的需要；额定载重量为 2500kg 的电梯，轿厢应能将躺在病床上的人连同医疗救护设备一齐运送。

9. 消防梯

火警情况下能适应消防员专用的电梯，非火警情况下可作为一般客梯或客货梯使用。消防梯轿厢的有效面积应不小于 1.4m^2 ，额定载重量不得低于 630kg，厅门口宽度不得少于 0.8m。并要求以额定速度从最低一个停站直驶运行到最高一个停站（中间不停层），其运行时间不得超过 60s。

10. 建筑施工电梯

供建筑施工与维修用的电梯。

11. 扶梯

安装于商业大厦、火车站、飞机场，供运送顾客或乘客上下楼的电梯。

12. 自动人行道（自动步梯）

用于档次规模要求较高的国际机场、火车站的自动电梯。

13. 特种电梯

除上述常用的几种电梯外，还有为特殊环境、特殊条件、特殊要求而设计的电梯。如防爆电梯、防腐电梯等等。

1.2.1.2 按速度分类

电梯无严格的速度分类，我国习惯上按如下方法分类。