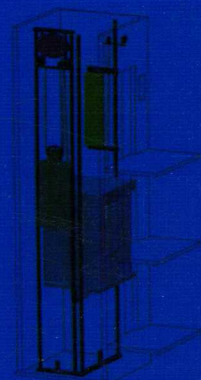
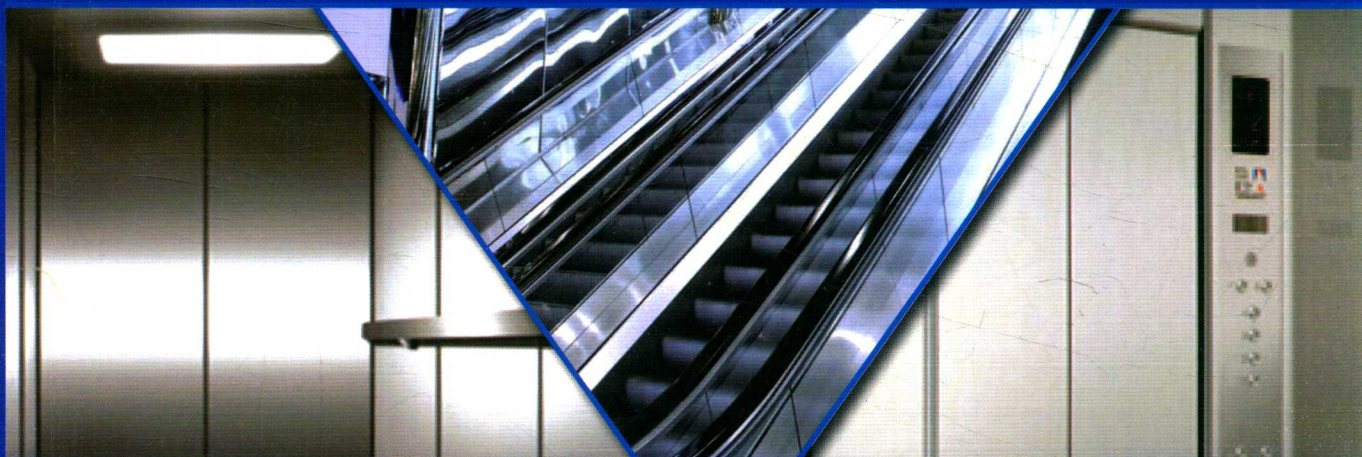


HYUNDAI ELEVATOR

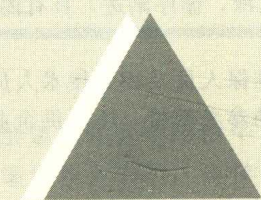


现代电梯 结构、制造及检测

山东省绿色建筑协同创新中心 组织编写
陈继文 杨红娟 崔嘉嘉 等编著



化学工业出版社



HYUNDAI ELEVATOR



现代电梯 结构、制造及检测

山东省绿色建筑协同创新中心 组织编写
陈继文 杨红娟 崔嘉嘉 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍现代电梯的结构, 电梯的安全装置及保护系统, 电梯的电力拖动与电气控制, 自动扶梯等其他类型的电梯, 电梯的制造技术, 电梯的安装与调试, 电梯安全操作与维修保养技术, 电梯安装与检测的常用工具仪表, 电梯检验检测新技术。本书注重结合工程实践, 由浅入深, 循序渐进, 具有内容全面、图文并茂等特点。

本书可以作为从事电梯工程产品设计与制造的研究人员、电梯安装与维保人员及相关技术人员的培训教材, 也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, 还可供企业、事业单位安全管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代电梯结构、制造及检测/陈继文等编著. —北京:

化学工业出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-122-28357-3

I. ①现… II. ①陈… III. ①电梯-结构②电梯-制造
③电梯-检测 IV. ①TU857

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 254751 号

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 边 涛

装帧设计: 王晓宇

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 412 千字 2017 年 1 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: 69.00 元

版权所有 违者必究

前言

高层建筑和住宅楼群中，电梯是不可缺少的垂直运输设备，犹如地面上的汽车一样，正在与日俱增地投入运行。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。电梯行业的快速发展使我国对于电梯制造、营销、安装和维修保养的从业人员需求量大，相关从业人员也需要更深入地了解电梯这个特种设备。

本书有利于读者熟悉和掌握电梯的结构、制造、安装、维保及检测技术。全书共分9章，主要内容包括：电梯的结构，电梯的安全装置及保护系统，电梯的电力拖动与电气控制，其他类型的电梯，电梯的制造技术，电梯的安装与调试，电梯安全操作与维修保养技术，电梯安装与检测的常用工具仪表，电梯检验检测新技术。

本书注重结合工程实践，由浅入深，循序渐进，具有内容全面、图文并茂等特点。

本书可以作为从事电梯工程产品设计与制造的研究人员、电梯安装与维保人员及相关技术人员的培训教材，也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，还可供企业、事业单位安全管理人员参考。

本书由陈继文、杨红娟、崔嘉嘉、陈清朋、张青、吕志杰、姜洪奎、黄巍岭、许向荣、李彦凤、逢波、张涵、姬帅等编写。陈继文负责统编全稿，全书由董明晓教授、于复生教授主审。感谢山东建筑大学机电工程学院、山东建筑大学电梯技术研究所、山东省特种设备协会的大力支持。

由于水平有限，书中难免有不足之处，恳切希望读者批评指正。

编著者

目录

第1章 电梯的结构

1.1 电梯概述	1	1.3.2 曳引系统	11
1.2 机械基础知识	2	1.3.3 曳引机	13
1.2.1 机械传动系统	2	1.3.4 曳引钢丝绳	20
1.2.2 传动原理	3	1.3.5 电梯的轿厢系统	23
1.2.3 轴承	8	1.3.6 电梯的门系统	26
1.3 电梯的基本结构	9	1.3.7 重量平衡系统	29
1.3.1 电梯的定义及整体结构	9	1.3.8 导向系统	31

第2章 电梯的安全装置及保护系统

2.1 电梯的安全保护系统	34	2.7 其他安全装置	45
2.1.1 电梯的事故和故障	34	2.7.1 报警和救援装置	45
2.1.2 电梯安全保护系统的组成	34	2.7.2 急停开关和检修运行装置	46
2.1.3 电梯安全保护装置的動作关联	35	2.7.3 超速保护开关	46
2.2 超速及断绳保护装置	35	2.7.4 消防功能	47
2.2.1 下行超速保护	35	2.7.5 机械防护	47
2.2.2 上行超速保护	38	2.7.6 门运动过程中的保护	47
2.3 越程保护装置	38	2.7.7 轿厢顶部安全窗	48
2.4 缓冲装置	39	2.7.8 轿顶护栏	48
2.4.1 缓冲器的运行条件	39	2.7.9 制动器扳手与盘车手轮	49
2.4.2 缓冲器的类型	40	2.7.10 电气安全装置	49
2.5 防人员剪切和坠落保护装置	42	2.7.11 可切断电梯电源的主开关	50
2.6 超载保护装置	43	2.7.12 电气故障防护	50

第3章 电梯的电力拖动与电气控制

3.1 电梯用电动机及其调速	53	3.3 电梯变极调速系统	60
3.1.1 三相交流异步电动机	53	3.4 电梯的调压调速系统	62
3.1.2 交流同步电动机	55	3.5 电梯电气控制主要器件	63
3.1.3 直流电动机	55	3.6 电梯的逻辑控制系统	72
3.1.4 电梯的电力拖动系统	56	3.6.1 电梯的控制方式与功能	72
3.2 电梯的变压变频调速系统	57	3.6.2 电梯的门机控制系统	73
3.2.1 中低速电梯的 VVVF 系统	57	3.6.3 PLC 控制系统	74
3.2.2 向量变换控制的 VVVF 拖动系统	58	3.6.4 微型计算机控制系统	82
3.2.3 永磁同步电动机 + VVVF 系统	59		

第4章 其他类型的电梯

4.1 液压电梯	85	4.1.4 液压电梯的速度控制	90
4.1.1 液压电梯工作原理	85	4.1.5 液压电梯的安全保护系统	91
4.1.2 液压电梯的特点及结构形式	86	4.2 防爆电梯	91
4.1.3 液压电梯驱动系统主要部件	87	4.2.1 可燃气体的爆炸机理	91

4.2.2 电梯防爆的设计规则	92	4.4.1 自动扶梯基本参数	94
4.3 杂物电梯	93	4.4.2 自动扶梯的主要零部件	95
4.4 自动扶梯	94		

第5章 电梯的制造技术

5.1 曳引系统制造工艺	109	5.4.2 梯级制造工艺	130
5.1.1 箱体技术要求	109	5.5 自动扶梯装配与调试	131
5.1.2 曳引机箱体加工工艺	110	5.5.1 装配工艺	131
5.1.3 曳引机箱体加工工艺路线规划	111	5.5.2 运行试验	134
5.1.4 蜗杆加工工艺	112	5.5.3 自动扶梯故障与排除	135
5.1.5 蜗轮加工工艺	114	5.6 液压电梯关键零部件制造工艺	136
5.1.6 曳引轮加工工艺	115	5.6.1 阀类零件制造工艺	136
5.1.7 曳引机箱体装配工艺	115	5.6.2 缸类零件制造工艺	138
5.2 轿厢及门系统制造工艺	121	5.7 防爆电梯关键零部件制造工艺	140
5.2.1 轿厢底加工工艺	121	5.7.1 防爆电动机	140
5.2.2 轿门加工工艺	122	5.7.2 电动机零件制造工艺	140
5.3 导向系统制造工艺	124	5.8 电梯生产工艺控制与管理	142
5.3.1 电梯导轨分类及用途	124	5.8.1 生产工艺的编制原则和内容要求	142
5.3.2 电梯导轨加工工艺	125	5.8.2 生产工艺编制和审批	143
5.3.3 导轨加工工艺	128	5.8.3 生产工艺的实施	143
5.4 自动扶梯关键零部件制造工艺	128	5.8.4 生产工艺的管理	143
5.4.1 金属结构制造工艺	128	5.8.5 电梯制造过程中的质量控制	143

第6章 电梯的安装与调试

6.1 电梯安装准备工作	146	6.5.3 承重梁和曳引机的安装	158
6.1.1 安装队伍的组建	146	6.5.4 限速器及张紧轮的安装	161
6.1.2 安全操作总则	146	6.5.5 机房防护要求	162
6.1.3 施工的安全教育	147	6.6 井道设备的安装	162
6.1.4 施工程序和工程进度安排	148	6.6.1 导轨的安装	162
6.1.5 施工的工具	148	6.6.2 钢丝绳的安装	166
6.1.6 电梯各部件及安装材料的核对	150	6.6.3 缓冲器的安装	167
6.1.7 电梯技术资料的准备	150	6.6.4 对重和对重架的安装	168
6.1.8 机房、井道土建情况的勘察	150	6.7 厅门、层门的安装	168
6.2 起重工作及其安全技术	152	6.8 轿厢的安装	171
6.2.1 要求吊运到位的主要机件	152	6.9 电气设备安装	174
6.2.2 起重安全操作要点	152	6.10 电梯的调试及验收试验	177
6.3 架设脚手架及安全技术	153	6.10.1 调试前的准备工作	177
6.3.1 脚手架形式与位置	153	6.10.2 调试前的电气检查	177
6.3.2 脚手架搭设安全技术要求	154	6.10.3 调试前的机械部件检查	178
6.3.3 安装材料堆放和层门口安全栏栅	154	6.10.4 无载模拟试车(慢速)	179
6.4 样板架制作与放线	155	6.10.5 带负载运行(慢速)	179
6.4.1 样板架的作用	155	6.10.6 额定速度运行	179
6.4.2 样板架的制作	155	6.10.7 调整电梯的平层	179
6.4.3 安装样板及放线	155	6.10.8 调整与检查	180
6.5 机房设备的安装	157	6.10.9 基本功能的确认	180
6.5.1 机房的基本要求	157	6.10.10 安装后的检验	180
6.5.2 机房中心线的安放	158	6.10.11 试验	181

第 7 章 电梯安全操作与维修保养技术

7.1 电梯安全操作技术	183	7.3.4 交流电动机的分解加油和烘干	197
7.1.1 电梯安全操作的必要条件	183	7.3.5 吊轿厢操作	198
7.1.2 无操作人员的自动电梯对乘客的要求	183	7.3.6 曳引机减速箱漏油处理	199
7.1.3 对电梯司机的要求	184	7.3.7 制动器的调整	199
7.1.4 电梯安全操作的基本要求	184	7.3.8 电梯轧车的检修	200
7.1.5 电梯交接班的基本要求	185	7.3.9 限速器的分解加油	200
7.1.6 电梯检修的安全操作	185	7.3.10 安全钳检修	201
7.1.7 电梯发生故障时的安全操作	185	7.3.11 曳引轮铅垂度的检查与调整	201
7.1.8 电梯发生紧急故障时应采取的措施	186	7.3.12 曳引轮的重车与更换	202
7.2 电梯维修修养内容	187	7.3.13 曳引绳的更换	203
7.2.1 一般规则	187	7.3.14 导轨的更换	203
7.2.2 现场安全操作	188	7.3.15 自动门电动机分解加油	204
7.2.3 电梯保养维修内容	189	7.3.16 继电器与接触器修理	204
7.2.4 主要部位的保养	189	7.3.17 平衡系数的测定	205
7.3 维修操作安全技术	196	7.4 电梯常见故障的判断和维修	205
7.3.1 交流曳引电动机的拆装	196	7.4.1 电梯故障率	205
7.3.2 电动机轴与蜗杆轴同心度的校正 ...	196	7.4.2 故障分析一般规律	205
7.3.3 交流曳引电动机窜轴处理	197	7.4.3 电梯常见故障及排除方法	207
		7.4.4 查找故障方法	208

第 8 章 电梯安装与检测的常用工具仪表

8.1 劳动防护用品及安全使用	211	8.3.1 专用检验检测仪器设备	212
8.2 电梯业劳动防护用品使用状况	212	8.3.2 通用检验检测仪器	215
8.3 电梯常用检测仪器、仪表、工具的使用技术	212	8.3.3 常用量具的使用	231

第 9 章 电梯检验检测新技术

9.1 电梯检测的准备工作	234	9.9 电梯电磁兼容性检验	247
9.2 电梯检验检测类型	234	9.9.1 电磁兼容性基础知识	248
9.3 电梯检测的主要内容	235	9.9.2 谐波的危害	249
9.4 急停故障诊断	236	9.9.3 电梯电磁兼容性	250
9.5 电梯常见检验检测技术	236	9.9.4 电磁兼容的技术标准和组织	251
9.6 电梯检测技术发展趋势	240	9.9.5 电梯的电磁兼容性测试	252
9.7 电梯检验安全技术	241	9.9.6 电梯电磁兼容性的提高措施	254
9.8 电梯能耗检测	242	9.9.7 我国电梯电磁兼容技术的应用	258

参 考 文 献

第1章

电梯的结构

1.1 电梯概述

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。电梯驱动控制技术的发展经历了直流电机驱动控制,交流单速电机驱动控制,交流双速电机驱动控制,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,交流永磁同步电机变频调速驱动控制等阶段。150多年来,电梯的材质由黑白到彩色,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。

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,电梯也将成为数字电梯。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,又能做水平移动,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。这些都可以是一次性来完成。2000年10月,美国国家航空和宇宙航行局首次详细地陈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性装修,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。

1.2 机械基础知识

1.2.1 机械传动系统

如图 1-1 所示, 一部完整的机器是由原动机部分、传动部分和执行部分组成。原动机(电动机或内燃机)是机器的动力源, 如交流电动机, 转速为 750r/min、1000r/min、1500r/min、3000r/min; 执行部分直接完成生产所需的工艺动作; 传动部分将动力部分的功率和运动传递给执行部分的中间环节, 把高速运动变成低速运动, 把连续运动变成间歇运动, 把小转矩变成大转矩。运动的传递可以由不同的装置来完成。

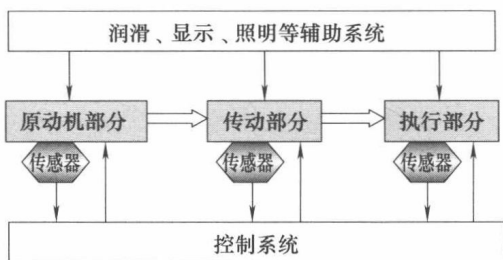


图 1-1 机器系统的组成

① 机械传动类型按其工作原理可分为机械传动、流体(液体、气体)传动、电力传动和磁力传动。其中机械传动最为常见。

② 按传力方式, 机械传动分为摩擦传动、啮合传动和推压传动: 摩擦传动依靠构件的接触面的摩擦力来传递动力和运动的, 如带传动; 啮合传动依靠构件间的相互啮合传递动力和运动的, 如齿轮传动、蜗杆传动; 推压传动按传动的结构分为直接接触传动和有中间挠性件的传动。

③ 按传动比能否改变, 机械传动分为定传动比传动、变传动比传动。机械传动的常用类型如图 1-2 所示。

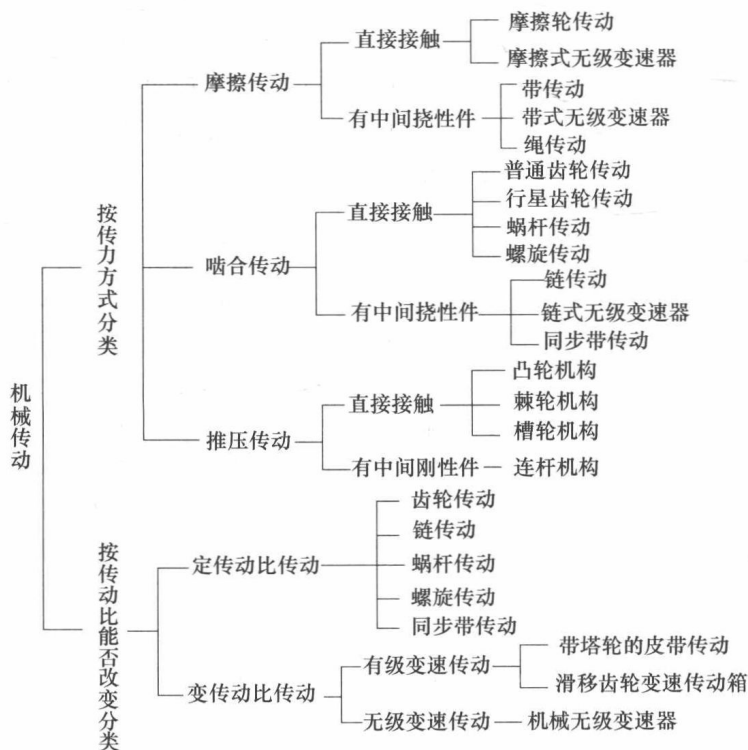


图 1-2 机械传动的常用类型

1.2.2 传动原理

(1) 摩擦轮传动

它利用主动轮与从动轮在直接接触处所产生的摩擦力来传递转矩和运动。

$$i = \frac{n_{\text{主动}}}{n_{\text{被动}}} = \frac{d_{\text{被动}}}{d_{\text{主动}}} \quad (1-1)$$

式中 i ——传动比；

$n_{\text{主动}}$ 、 $n_{\text{被动}}$ ——主动轴、被动轴转速 r/min；

$d_{\text{主动}}$ 、 $d_{\text{被动}}$ ——主动、被动轮直径 mm。

摩擦轮传动优点：①由于摩擦轮轮面没有轮齿，故制造简单，运转平稳，噪声小。②超载时发生打滑，能防止机器中重要零件的损坏。③无级改变传动比。缺点：①效率低。②当传递同样大的功率时，轮廓尺寸和作用在轴与轴承上的载荷都比齿轮传动大。③不传递很大的功率。④不能保持准确的传动比。⑤干摩擦时磨损快，寿命低。⑥必须采用压紧装置。

(2) 带传动

它利用张紧在带轮上的柔性带，借助它们间的摩擦或啮合，在两轴（或多轴）间传动运动或动力的机械传动。

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (1-2)$$

式中 i ——传动比；

n_1 ——主动轮转速，r/min；

n_2 ——从动轮转速，r/min；

D_1 ——主动轮直径，mm；

D_2 ——从动轮直径，mm。

带传动优点：a. 具有良好弹性，能起吸振缓冲作用，传动平稳，噪声小。b. 超载时，带与带轮会出现打滑，防止其他零件损坏。c. 结构简单，成本低，加工和维护方便。d. 适用于两轴中心距较大的传动。缺点：a. 外廓尺寸较大，结构不够紧凑。b. 由于带的弹性滑动，不能保证准确的传动比。c. 带的寿命较短，一般为 2000~3000h；d. 摩擦损失较大，传动效率较低，一般平带传动为 0.94~0.98，V 带传动为 0.92~0.97。

带传动又可分为平带传动、V 带传动和齿形带（楔形带）传动。

① 平带传动。当两轴中心距较远时，可采用平带传动。在平带传动中，如果需要使两轮旋转方向相同，则可采用开口带，如图 1-3（a）所示；如果需要两轮旋转方向相反，可采用交叉带，如图 1-3（b）所示；如果两轮轴线既不相交叉不平行，可采用半交叉带，如图 1-3（c）所示。在平带传动中，带的拉力大小与带轮的包角有关。包角越小，拉力越小，反之就越大。一般包角不得小于 150°。

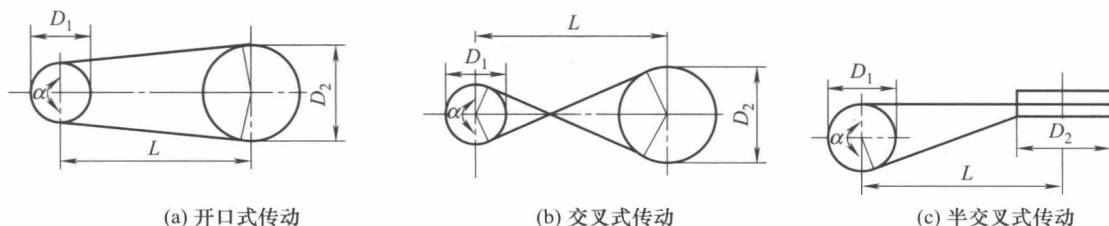


图 1-3 平带传动

平带传动的结构简单，成本低，更换方便，但它所占空间较大，使用安全装置麻烦。此外，由于在传动时容易打滑，所以得不到要求的速比。平带传动用于电梯时，为了防止打

滑,有的在带上做了齿,称为齿形带或楔形带,并在带轮上做了槽。例如,目前在电梯上应用的带传动曳引机以及电梯的测速发电机带或井道内传感器带。

② V 带传动。当两轮的轴线之间距离不大时,可采用 V 带传动。V 带传动在一般机械传动中应用也最为广泛。V 带的横截面呈等腰梯形,传动时,以两侧为工作面,但 V 带与轮槽槽底不接触。在同样的张紧力下,V 带传动较平带传动能产生更大的摩擦力,这是 V 带传动性能上的最大优点。V 带传动具有传动平衡、不易振动的特点,如要增加传动力,只要增加带的根数就可以。V 带与带轮之间的摩擦力较大,不易打滑,它的包角一般不小于 70° 。电梯轿厢的门机传动装置,以及电梯的测速发电机传动装置有的就采用了 V 带传动。普通 V 带分 Y、Z、A、B、C、D、E 七种型号,其截面形状如图 1-4 所示。

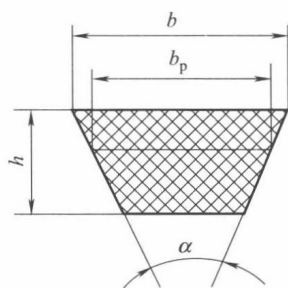


图 1-4 普通 V 带的截面形状

各型号普通 V 带的截面尺寸见表 1-1。Y 型 V 带的截面积最小,E 型 V 带的截面积最大。V 带的截面积越大,其传递的功率也越大。

表 1-1 普通 V 带的截面尺寸

型号	节宽 b_p /mm	顶宽 b /mm	高度 h /mm	楔角 $\alpha/(^\circ)$
Y	5.3	6.0	4.0	40
Z	8.5	10.0	6.0	
A	11.0	13.0	8.0	
B	14.0	17.0	11.0	
C	19.0	22.0	14.0	
D	27.0	32.0	19.0	
E	32.0	38.0	25.0	

V 带轮的轮槽截面形状如图 1-5 所示。

图 1-5 中 b_d 为基准宽度,基准宽度通常和所配用的 V 带的节面处于同一位置,即基准宽度等于节宽, $b_d = b_p$ 。 d_d 为基准直径,即轮槽基准宽度处带轮的直径。带轮的基准直径不能太小,基准直径越小,传动时带在带轮上的弯曲变形越严重,弯曲应力越大。因此,对各型号的普通 V 带带轮都规定有最小基准直径 $d_{\min}$ 。普通 V 带传动带轮的基准宽度 b_d 和最小基准直径 $d_{\min}$ 见表 1-2。

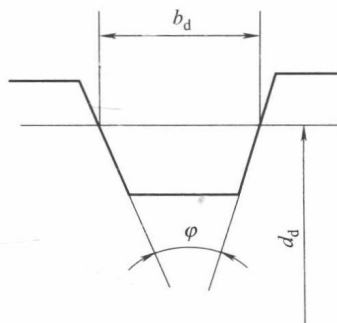


图 1-5 V 带轮的轮槽截面形状

图 1-5 中 φ 为槽角,即轮槽横截面两侧边的夹角。由于 V 带与带轮接触时处于弯曲状态,除节圆的周长和节宽 b_p 保持不变外,V 带节面与顶面间的伸张层在弯曲时周线被拉长,横截面内宽度变窄;V 带节面与底面间的压缩层在弯曲时周线被压短,横截面内宽度变宽。因此,处于弯曲状态的 V 带横截面内两侧边的夹角(楔角) α 会变小。带轮直径越小,V 带弯曲越严重,楔角 α 越小。为了保证变形后的 V 带两侧工作面与轮槽工作面紧密贴合,轮槽的槽角 φ 应比 V 带的楔角 α 略小,对于 $\alpha = 40^\circ$ 的 V 带传动,槽角 φ 常取 34° 、 36° 、 38° 。小带轮上 V 带变形严重, φ 取小一些,大带轮则 φ 取较大值。

表 1-2 普通 V 带传动带轮的基准宽度 b_d 和最小基准直径 $d_{\min}$

mm

普通 V 带型号	Y	Z	A	B	C	D	E
带轮基准宽度 b_d	5.3	8.5	11	14	19	27	32
带轮最小基准直径 $d_{\min}$	20	50	75	125	200	355	500

③ 同步齿形带传动。同步齿形带传动简称同步带传动，它综合了带传动和齿轮传动的优点，如图 1-6 所示。同步带是以钢丝绳为强力层，外面用氯丁橡胶或聚氨酯包覆，带的工作面压制出齿形，与齿形带轮做啮合传动。由于钢丝绳在承受负荷后仍能保持同步带的节距不变，故带与带轮之间无相对滑动，因此主动轮和从动轮能做同步传动。同步带传动时，线速度可达 40m/s，甚至可高达 80m/s，传动比达 10（有时达 20），传递功率可达 100kW，传动效率达 98%。电梯的开门机构中，现在多选用同步带传动方式。

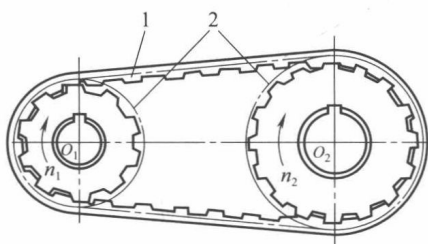


图 1-6 齿形带传动

1—节线；2—节圆

(3) 链传动

链传动的组成由主动轮、从动轮和绕在链轮上的链条组成，如图 1-7 所示。靠链条与链轮之间的啮合来传递两平行轴之间的运动和动力，属于具有啮合性质的强迫传动。在两轴相距较远，而速比又要保持正确时，可采用链传动。链传动时，被动轮圆周速度波动不定，但其平均值不变，因此可以在轴距大而传动精度要求不高的地方使用。其传动比 i 为：

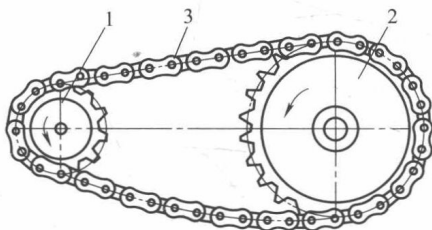


图 1-7 链传动（一）

1—主动链轮；2—从动链轮；3—链条

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1-3)$$

链传动的主要特点：①与带传动相比，能保证准确的平均传动比。②作用在轴上的压力较小。③能在高温、油污等恶劣环境工作。④不能保证瞬时传动比恒定，有冲击和噪声。⑤链传动的传动比 $i \leq 8$ ，中心距 $a \leq 5 \sim 6m$ ，传递功率 $P \leq 100kW$ ，圆周速度 $v \leq 15m/s$ ，传动效率闭式 $\eta = 0.95 \sim 0.98$ 、开式 $0.9 \sim 0.93$ 。

按用途的不同，链条可分为传动链、起重链和曳引链。用于传递动力的传动链又有滚子链和齿形链两种，如图 1-8 所示。齿形链运转较平稳，噪声小，又称为无声链。它适用于高速、运动精度较高的传动中，链速可达 40m/s，但缺点是制造成本高、重量大。当传动速度较大时，一般多采用齿形链。滚子链由内链板、外链板、套筒销轴和滚子组成。相邻两滚子轴线间的距离称为链节距，链节距是传动链的重要参数。电梯的开门机构中，有的选用链传动方式。自动扶梯也用链传动。

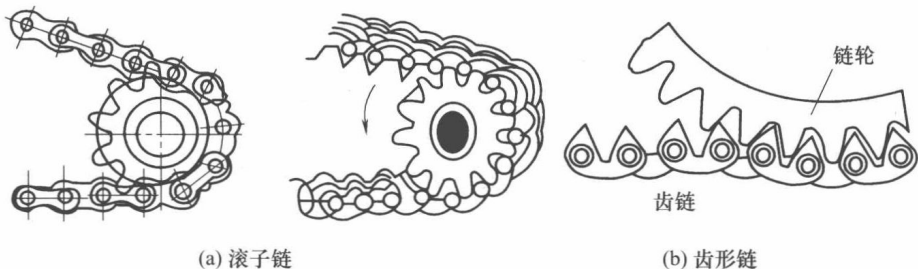


图 1-8 链传动（二）

(4) 齿轮传动

齿轮传动是利用两齿轮的轮齿相互啮合传递动力和运动的机械传动。齿轮传动用来传递任意两轴间的运动和动力，齿轮直径可从不到 1mm 到 150m 以上，是现代机械中应用最广的一种机械传动。在齿轮传动装置中，装在原动机轴上的齿轮叫主动齿轮，装在工作机轴上

的齿轮叫从动齿轮。主动齿轮和从动齿轮互相啮合。当主动齿轮和从动齿轮的两根轴互相平行的时候,采用圆柱形齿轮。其传动比 i 为:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1-4)$$

式中 n_1 ——主动轮转速, r/min;

n_2 ——从动轮转速, r/min;

Z_1 ——主动轮齿数;

Z_2 ——从动轮齿数。

齿轮传动与带传动相比主要优点是:①结构紧凑、效率高、传递动力大、效率高;②寿命长,工作平稳,可靠性高;③能保证恒定的传动比,能传递任意夹角两轴间的运动;④制造、安装精度要求较高,因而成本也较高;⑤不宜做远距离传动。

圆柱齿轮有直齿 [见图 1-9 (a)]、斜齿 [见图 1-9 (b)] 和内齿轮 [见图 1-9 (c)] 三种。直齿轮传动适用于中、低速传动,其加工方便,用途广泛,但齿上载荷集中,传动不平稳。斜齿圆柱齿轮的特点是传动平稳,载荷分别均匀,但有轴向力产生,因此要用平面轴承。内齿圆柱齿轮的特点是两根轴的旋转方向相同,所占空间小,但是加工困难。人字齿轮传动适用于传递大功率和大转矩的传动。

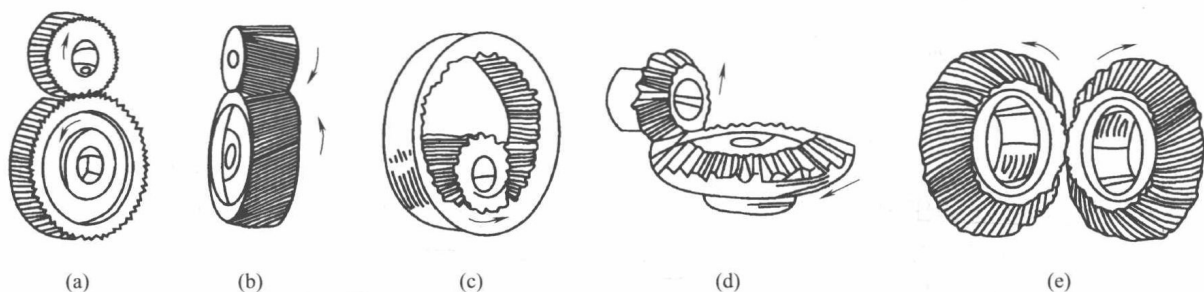


图 1-9 圆柱齿轮和圆锥齿轮

标准直齿圆柱齿轮如图 1-10 所示。

当主动轴和从动轴两轴线相交时,常采用圆锥齿轮传动,如图 1-9 (d) 和图 1-9 (e) 所示。圆锥齿轮有直齿和螺旋齿两种。直齿圆锥齿轮加工方便,但传动时噪声较大。螺旋齿圆锥齿轮的特点是传动圆滑、噪声小,但加工复杂。标准直齿圆锥齿轮示意图如图 1-11 所示。

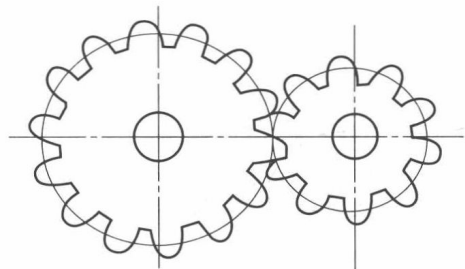


图 1-10 直齿圆柱齿轮

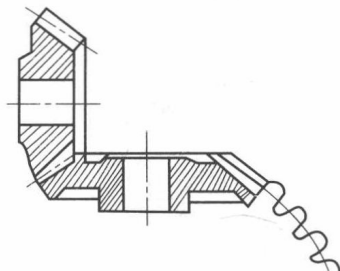


图 1-11 标准直齿圆锥齿轮

在 2.5~4.5m/s 的交流调速电梯减速器中,采用了螺旋齿圆锥齿轮(斜齿轮)传动方式。螺旋齿轮采用的螺旋线有多种,最常见的是渐开线和阿基米得螺旋线。在电梯减速器中,一般采用阿基米得螺旋线圆锥齿轮传动方式。

(5) 蜗杆蜗轮传动

蜗杆蜗轮传动由蜗杆和蜗轮组成,用以传递交错轴间的运动和动力,交错角一般为

90°, 如图 1-12 所示。一般蜗杆为主动件、蜗轮从动, 具有自锁性, 做减速运动。蜗杆和螺纹一样有右旋和左旋之分, 分别称为右旋蜗杆和左旋蜗杆。蜗杆蜗轮传动特点是: 蜗杆为主动的, 蜗轮为被动的, 因此广泛应用于防止倒转的装置上。它最大特点是: 传动比大, 噪声小, 占空间小。一般应用在减速装置上。梯速为 2.5m/s 以下, 电梯在减速器中一般采用此种传动方式。

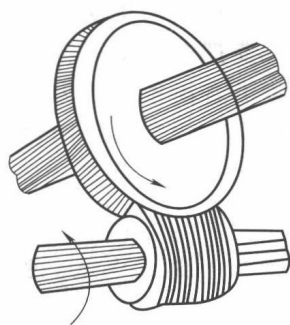


图 1-12 蜗杆蜗轮传动

蜗杆传动主要特点: ①传动比大, 结构紧凑。蜗杆传动的最大特点是结构紧凑、传动比大。一般传动比 $i=10\sim40$, 最大可达 80。若只传递运动 (如分度运动), 其传动比可达 1000。②蜗杆传动结构紧凑, 体积小、重量轻。③传动平稳、噪声小。因为蜗杆齿是连续不间断的螺旋齿, 它与蜗轮齿啮合时是连续不断的。④具有自锁性。蜗杆的螺旋升角很小时, 蜗杆只能带动蜗轮传动, 而蜗轮不能带动蜗杆转动。⑤蜗杆传动效率低, 一般认为蜗杆传动效率比齿轮传动低。尤其是具有自锁性的蜗杆传动, 其效率在 0.5 以下, 一般效率只有 0.7~0.9。⑥发热量大, 齿面容易磨损, 造价高。⑦蜗杆的螺旋有单头与多头之分。

蜗杆蜗轮传动 i 为:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (1-5)$$

式中 n_1 ——蜗杆的转速, r/min;

n_2 ——蜗轮的转速, r/min;

Z_1 ——蜗杆头数;

Z_2 ——蜗轮的齿数。

蜗杆头数就是蜗杆上螺旋线的条数, 一般为 1~4 头, 在曳引减速器中均有应用。单头蜗杆能得到大的传动比, 其螺旋升角小, 传动效率低, 但自锁能力强, 一般用在低速电梯上。而双头螺杆则较常采用。快速电梯的减速装置一般选用 4 头蜗杆。蜗轮轴与蜗杆轴的轴向游隙应符合表 1-3 所列的数值。

表 1-3 蜗轮轴与蜗杆轴的轴向游隙

mm

中心距	100~200	200~300	>300
蜗杆轴	0.07~0.12	0.10~0.15	0.12~0.17
蜗轮轴	0.02~0.04	0.02~0.04	0.03~0.05

蜗杆传动的齿侧间隙: 互相啮合的轮齿在不工作齿侧存在的间隙称齿侧间隙, 这个间隙用以补偿加工后的齿厚误差, 同时也满足工作时齿的弹性变形和膨胀。为防止齿间被卡住, 保持齿面上的润滑油膜, 均需有适当的齿侧间隙。但齿侧间隙过大时, 会使传动不平稳, 换向时产生冲击。国产曳引机用标准保证侧隙的要求, 即这个侧隙能在蜗杆蜗轮温升达 80°C 时, 保证齿间不被卡住。标准保证侧隙见表 1-4。

表 1-4 标准保证侧隙

中心距/mm	80~160	160~320	320~630	630~1250
侧隙/ μm	130	190	260	380

曳引机减速器中的蜗杆与蜗轮的中心距经常采用可调形式。当齿面磨损而使齿侧间隙过大时, 可缩小中心距以减小侧隙。中心距的调整方法是减少主轴两端轴承座底部垫片, 改变主轴两端偏心套或偏心轴的位置。蜗杆蜗轮示意图如图 1-13 所示。

(6) 齿条传动

要把螺旋运动转变为直线运动,也可采用齿条传动方式,如图 1-14 所示。齿条传动时,齿轮沿着齿条,或齿条在齿轮上移动一定距离。齿条的各部分尺寸计算基本上与直齿圆柱齿轮相同。建筑工程用梯,一般采用齿条传动方式。随着建筑物的升高,而不断延伸齿条,使轿笼不断提升高度。

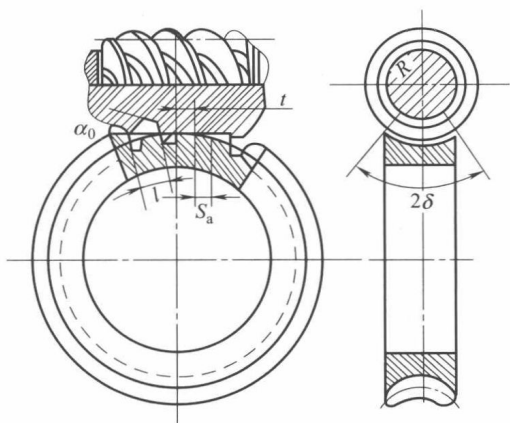


图 1-13 蜗杆蜗轮

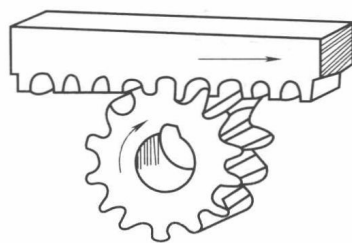


图 1-14 齿条传动

(7) 螺旋传动

螺旋传动主要是将旋转运动变成直线运动,同时进行能量和力的传递,或调整零件的相互位置,也有将直线运动变成旋转运动的。根据螺纹副摩擦性质不同,可分为滑动螺旋、滚动螺旋。根据用途分类可分为传力螺旋、传动螺旋和调整螺旋。

1.2.3 轴承

要使轴绕自己的轴线旋转,那么它的两端必须放在轴承架上,轴承架孔内所衬的套筒叫做轴承。轴承有滑动轴承和滚动轴承两种。

(1) 滑动轴承

图 1-15 所示的滑动轴承由轴承座、轴瓦和并紧螺母组成。主轴在轴瓦中旋转,发生滑动摩擦。轴瓦一般用青铜制成,为了减小摩擦,在工作时必须添加充分的润滑油。润滑油可用油杯或飞溅方式进入,通过油槽分布于各处。

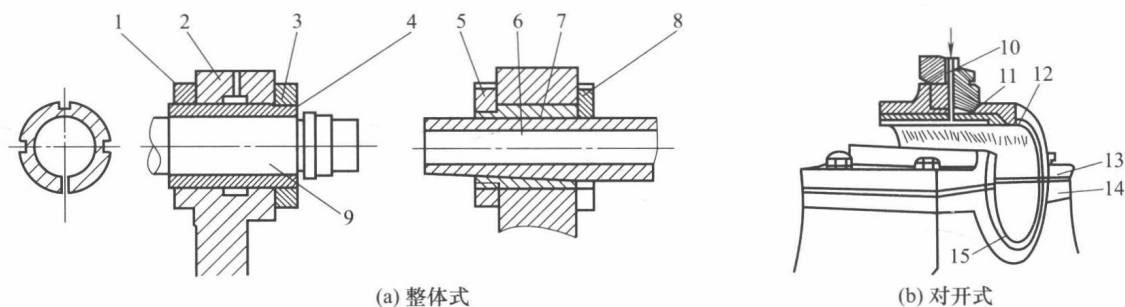


图 1-15 滑动轴承

1,3,5,8—并紧螺母;2—轴承座;4—轴瓦(外锥)6,9—主轴;7—轴瓦(内锥);
10—油杯管子;11—油槽;12,15—轴瓦;13—盖子;14—底座

轴瓦有整体式和对开式两种,目前多采用整体式。整体式轴瓦有外锥式和内锥式两种[见图 1-15 (a)],它与主轴之间的间隙可用并紧螺母调节。外锥式轴瓦内孔是圆柱孔,外圆

是圆锥体,因此轴承座内孔必须是锥孔。内锥式轴瓦的外圆是圆柱体,内孔是锥孔,因此主轴外圆必须是圆锥体,但不能承受轴向推力,否则会使轴与轴承咬住。如果一定要承受轴向力,那么要采取止推措施。

整体式轴瓦过于磨损时,就产生过大的间隙,无法调整,只能更换一个。整体式轴瓦一般安装在整体式轴承座孔内。

对开式滑动轴承如图 1-15 (b) 所示,轴承由底座 14、盖子 13 和两片轴瓦组成。轴转动时,循着轴瓦的内表面旋转滑动。为了减小摩擦、发热和磨损,轴必须在充分润滑的条件下工作。润滑油顺着油杯管子 10 注入,通过轴瓦上的油槽 11 分布到轴瓦上。

滑动轴承的轴瓦用各种不同的材料制成,选择这种材料要使它减少轴的摩擦和磨损。低速时用铸铁轴瓦,高速时用青铜、铸铁或钢的轴瓦,而在轴瓦的工作面上覆一层特种合金——锡基轴承合金或铅基轴承合金。滑动轴承,它的摩擦系数大,效率低,耗油多,在机器开动时阻力比转动以后的阻力更大,因此一般应用于转速不太高的地方。但滑动轴承制造方便,并且容易调节。

(2) 滚动轴承

在高速旋转的机器上,为了减小摩擦和磨损,可用滚动轴承(见图 1-16)。滚动轴承有滚珠和滚柱两种。

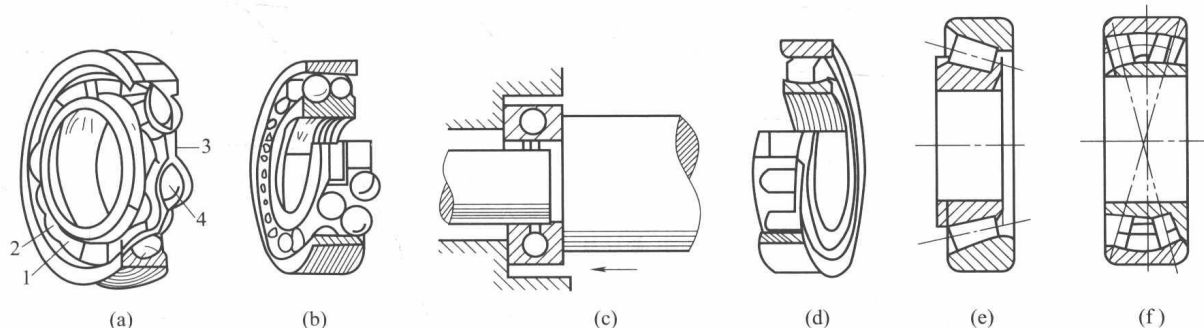


图 1-16 滚动轴承

1—内圈; 2—外圈; 3—分离器; 4—滚珠

滚珠轴承由内圈 1 和外圈 2 组成 [见图 1-16 (a)], 在 1 和 2 之间放着淬硬的滚珠 4, 为了减小滚珠间的摩擦, 就用分离器 3 隔开。滚柱轴承是在内外圈之间放滚柱 [见图 1-16 (d)]。滚动轴承按排列不同分为单列和双列 [见图 1-16 (b)] 两种。按受力不同分为径向和轴向两轴。图 1-16 (a) 和图 1-16 (b) 所示为径向轴承, 承受径向力。图 1-16 (c) 所示为轴向推力轴承, 用来承受轴向推力。此外, 还有锥形滚动轴承 [见图 1-16 (e)] 和自位滚动轴承 [见图 1-16 (f)]。锥形滚动轴承既承受径向力, 又承受轴向力。自位轴承能稍许调整轴两端中心偏差。滚动轴承摩擦系数小, 耗油少, 阻力小, 转动灵活, 但制造复杂, 制造成本高。

1.3 电梯的基本结构

1.3.1 电梯的定义及整体结构

根据国家标准《电梯、自动扶梯、自动人行道术语》(GB/T 7024—2008) 规定的电梯定义: 电梯, Lift; Elevator, 服务于建筑物内若干特定的楼层, 其轿厢运行在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。根据上述定义, 人们平时在商场、车站见到的自动扶梯和自动人行道, 并不能被称为电梯, 它们只是垂直运输

设备中的一个分支或扩充。

① 电梯组成及占用的四个空间见图 1-17。从空间来看,电梯由机房、轿厢、井道、层站 4 部分组成,即占用了机房、轿厢、井道、层站等 4 个空间。机房内的主要部件有主机、控制屏(柜)、限速器、选层器、极限开关等。井道内的主要部件有轿厢(及其安装在它上面的一些附件或设施,如轿门、轿顶轮、导靴、安全钳、悬挂装置、随行电缆等)、对重装置(及其安装在它上面的设施,如导靴、悬挂装置等)、层门(及其附属设施如门锁、地坎等)等。底坑内的主要部件有缓冲器、对重侧护栏、限速绳张紧装置、补偿绳张紧装置等。

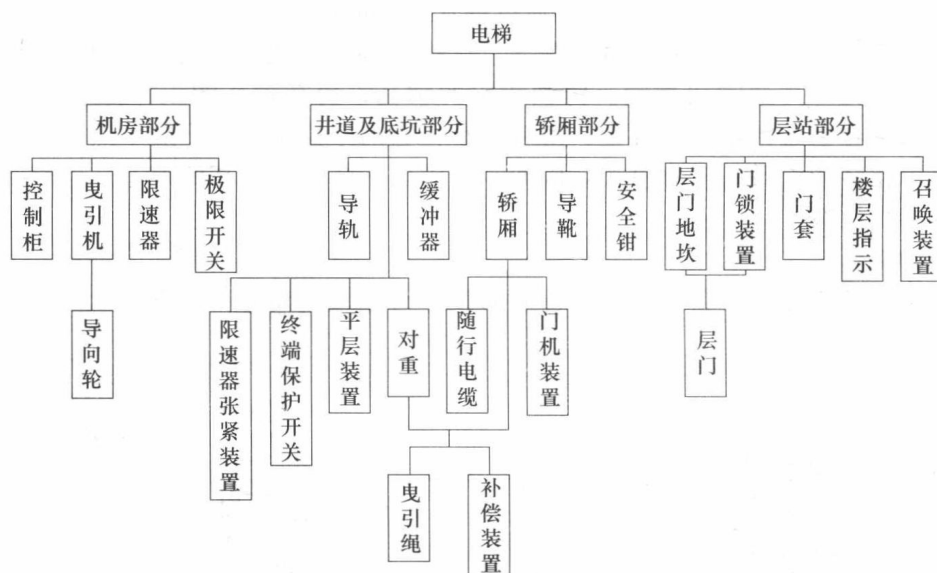


图 1-17 电梯的组成（从占用四个空间划分）

② 曳引式电梯的组成和部件安装示意图见图 1-18。

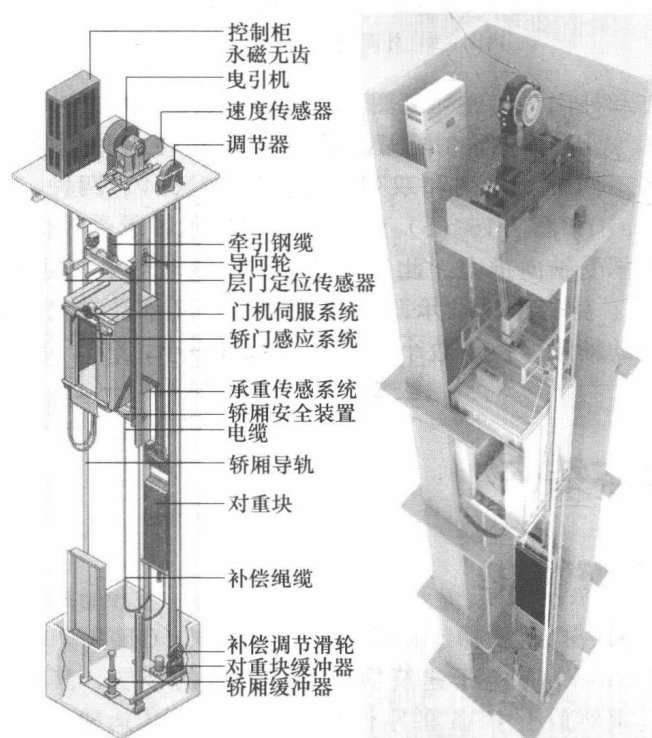


图 1-18 电梯的组成和部件安装示意图