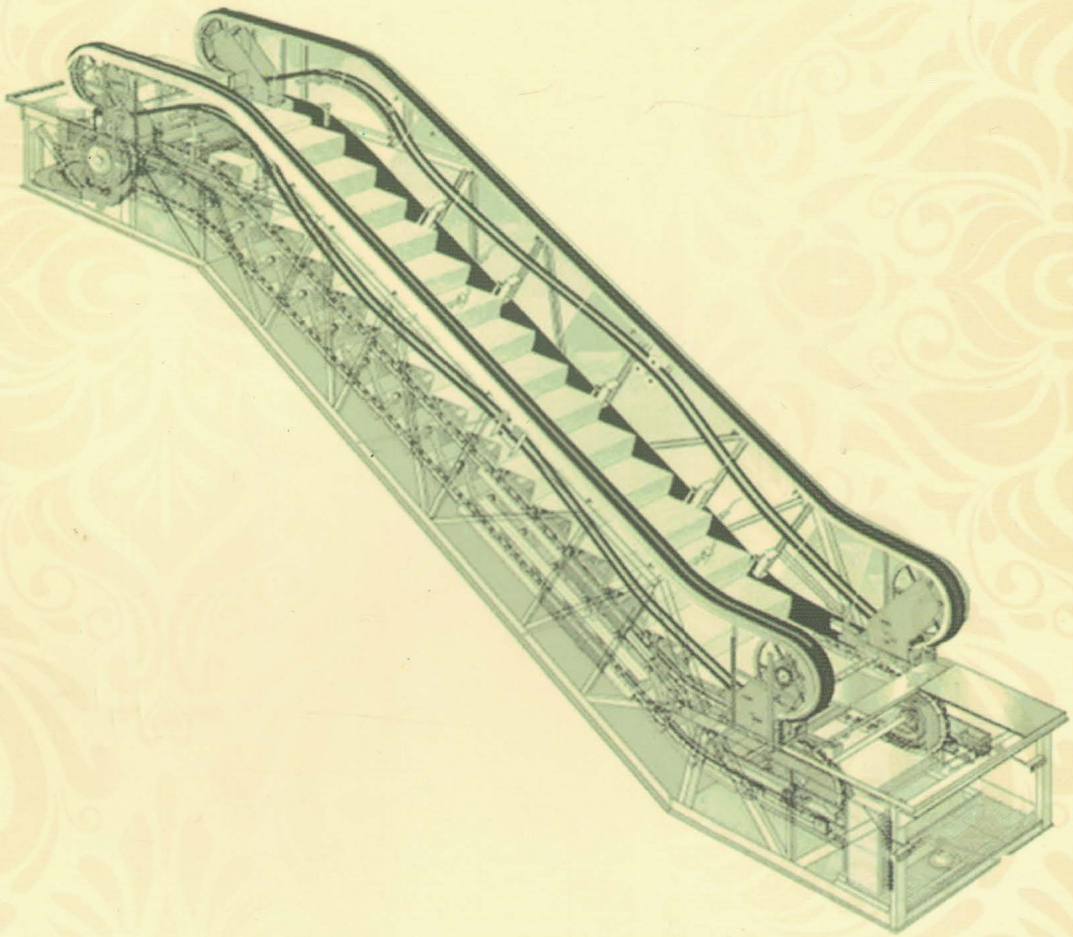
自动扶梯

史信芳　蒋庆东　李春雷　饶美婉　陈燕英　编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全清访问 www.ertongbook.com

自动扶梯

史信芳　蒋庆东　李春雷　饶美婉　陈燕英　**编著**

机 械 工 业 出 版 社

本书全面、系统地介绍了自动扶梯（包括自动人行道）的工作原理、分类、基本结构、参数与性能指标、主要部件的构造及基本技术要求等，同时将自动扶梯按载荷能力和使用场所分为普通型、公共交通型、重载型，并针对这3种类型作了更详细的介绍，还介绍了一些设计计算方法。出于技术进步和市场需求，书中提出了适合大客流公共交通场所使用的重载型自动扶梯的概念，并结合建设工程的实践和国外相关技术资料，对重载型自动扶梯的技术、性能、结构特点等，以专门的章节作了详细的介绍。

全书共12章，内容包括概述、桁架、梯级系统、扶手带系统、导轨系统、扶手装置、安全保护装置、电气控制系统、润滑、公共交通型自动扶梯、重载型自动扶梯、自动人行道。

本书适合从事自动扶梯制造、工程、检测、建设项目和设计院机电相关人员阅读，是一本能入门、能使用、能提高的专业读物。

图书在版编目（CIP）数据

自动扶梯/史信芳等编著. —北京：机械工业出版社，2014.4
ISBN 978-7-111-46421-1

Ⅰ.①自… Ⅱ.①史… Ⅲ.①自动扶梯 Ⅳ.①TH236

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第072108号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：高 倩 责任编辑：范政文
责任校对：郭明磊 封面设计：马精明
责任印制：乔 宇
北京画中画印刷有限公司印刷
2014年5月第1版第1次印刷
184mm×260mm·23.5印张·577千字
0 001—5000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-46421-1
定价：72.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
社服务中心：(010)88361066	教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：(010)68326294	机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：(010)88379649	机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203	**封面无防伪标均为盗版**

前　言

自动扶梯是一种能在建筑物层间作开放式连续运输的载人运输设备，近年在我国得到大量的生产和使用。我国已成为世界上最大的自动扶梯生产国和使用国。但自动扶梯与电梯一样尚未成为一门专业学科，从事自动扶梯设计、制造、工程、检测、建设设计、使用管理等方面的人员都需要在工作中再学习，因此当前十分需要有全面介绍自动扶梯技术的专业书籍。

本书的作者均在大型自动扶梯制造企业或公共交通建设（设计）单位工作，通过对工作中积累的专业知识和经验加以整理、总结和提高后，经一年的努力，合力编著了本书。本书在内容上力求全面、系统，由浅入深，以适合更多层面的需求。我们深切地希望本书的出版能有益于社会，并有助于我国自动扶梯技术的发展。

书中所涉及的名词术语、定义等都以我国现行的国家标准 GB 16899—2011《自动扶梯和自动人行道的制造与安装安全规范》为基础，结合当前技术发展水平和市场需求，在自动扶梯梯种的分类和一些技术概念上，对现行标准有所突破。本书特别对当前在以地铁为代表的大客流公交场所中已得到广泛使用的重载型自动扶梯作了专门的介绍。

本书的编写由史信芳组织，并对全书进行修改和统稿，同时编写了第一章、第十章；蒋庆东编写了第四章、第七章，并参与第一章；李春雷编写了第二章、第五章、第六章、第八章、第九章；饶美婉编写了第十一章；陈燕英编写了第三章、第十二章。

本书在编写过程中，得到了很多技术人员的热情支持、参与和帮助。其中，张乐祥提供了多种国际上自动扶梯的技术资料和第一章中“ 自动扶梯相关标准介绍”；张大明、黄思立、谢雪娇参与了第二章、第五章、第六章、第八章、第九章的编写工作；刘英杰、杨成宣及其所在科研、工程团队，对重载型扶梯的载荷特性进行了现场测试和数据分析，在此对他们表示感谢！

限于作者的水平和技术上的局限，书中的错误和不足之处在所难免，请读者批评指正。

本书的出版得到了快意电梯股份有限公司的赞助，在此表示感谢。

作　者

目　　录

前言

第一章　概述 …… *1*

第一节　自动扶梯的起源与发展 …… *1*

第二节　自动扶梯的分类 …… *4*

第三节　自动扶梯的总体结构 …… *14*

第四节　自动扶梯的主要参数 …… *20*

第五节　自动扶梯的技术术语与性能指标 …… *23*

第六节　自动扶梯与建筑物的关系 …… *28*

第七节　自动扶梯的相关标准 …… *32*

第二章　桁架 …… *37*

第一节　桁架的基本结构 …… *38*

第二节　桁架挠度和强度 …… *54*

第三节　桁架的支承与固定 …… *61*

第四节　桁架的制造过程 …… *67*

第三章　梯级系统 …… *71*

第一节　梯级 …… *71*

第二节　驱动主机 …… *84*

第三节　主驱动轴与梯级链张紧装置 …… *99*

第四节　梯级链 …… *109*

第四章　扶手带系统 …… *115*

第一节　扶手带 …… *115*

第二节　扶手带驱动装置 …… *124*

第三节　扶手带导向系统 …… *132*

第五章　导轨系统 …… *138*

第一节　自动扶梯的梯路 …… *139*

第二节　工作导轨 …… *146*

第三节　梯级返回导轨 …… *154*

第四节　上、下端部转向导轨和张紧装置 …… *157*

第五节　导轨支架 …… *161*

第六节　导轨的技术要求与表面处理 …… *163*

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第六章　扶手装置…… *165*
第一节　一般技术要求…… *166*
第二节　玻璃护栏…… *169*
第三节　金属护栏…… *176*
第四节　护栏的安装…… *178*
第七章　安全保护装置…… *187*
第一节　自动扶梯可能发生的安全事故…… *187*
第二节　防止惯性滑行失控的安全装置…… *196*
第三节　防挤夹保护装置…… *205*
第四节　防跌倒保护装置…… *208*
第五节　附加安全装置与设施…… *212*
第六节　附加制动器的制动力矩计算…… *215*
第八章　电气控制系统…… *223*
第一节　电控原理与电路设计…… *223*
第二节　控制柜…… *234*
第三节　电气开关…… *239*
第四节　变频器与节能设计…… *243*
第五节　电气布线…… *250*
第九章　润滑…… *253*
第一节　自动扶梯需要润滑的位置…… *253*
第二节　链条的润滑装置…… *257*
第三节　润滑油的选用与润滑量的控制…… *260*
第四节　润滑装置使用及维护与废油的收集…… *264*
第十章　公共交通型自动扶梯…… *267*
第一节　公共交通型自动扶梯的概念…… *268*
第二节　公共交通型自动扶梯与普通自动扶梯的区别…… *269*
第三节　主要结构的技术特点…… *271*
第四节　主要参数选用及特别设计…… *275*
第十一章　重载型自动扶梯…… *278*
第一节　重载型自动扶梯的概念…… *279*
第二节　整机技术要求…… *283*
第三节　主要部件的技术要求…… *290*
第四节　室外型自动扶梯的特别设计…… *327*
第十二章　自动人行道…… *331*
第一节　概述…… *331*

第二节　自动人行道的种类…… 333
第三节　自动人行道的总体结构…… 338
第四节　电气控制系统…… 354
第五节　安全保护系统…… 356
第六节　主要参数…… 362
第七节　主要性能指标…… 363
第八节　建筑布置…… 366
参考文献…… 368

第一章　概　　述

自动扶梯是一种带有循环运行梯级，用于向上或向下倾斜运输乘客的固定电力驱动设备。其特点是能连续运送乘客，与电梯相比较具有更大的运输能力，它被大量用于商业大楼和各种公交场所等人流集中的场所。

本章从自动扶梯起源与发展开始，介绍自动扶梯的种类、基本结构、常用术语、主要技术参数和性能指标，以及自动扶梯与建筑物的关系等，希望能为读者建立一个系统的自动扶梯的概念。

第一节　自动扶梯的起源与发展

一、起源

1859 年 8 月 9 日，美国人内森·艾姆斯（Nathan Ames）因发明了一种“旋转式楼梯”而获得专利。该专利的主要内容是：以电动机为动力驱动带有台阶的闭环输送带，让乘客从正三角形的一边进入，到达顶部后从另一边降下来，类似于一种游戏机，虽然没有实用性，但这种以电动机为动力驱动的升降方式是开拓性的，可认为是现代自动扶梯的最早构思。

1892 年美国人乔治·H·惠勒（George H. Wheeler）发明了可与梯级同步移动的扶手带，这是一个里程碑式的发明，因为这使“电动楼梯”的实际使用成为可能。

同样在 1892 年，美国人杰西·W·雷诺（Jesse W. Reno）发明了倾斜输送机并取得专利。专利中，传送带的表面被制成凹槽状，而安装在上下端部的梳齿能与每条凹槽啮合。在今天看来，这个梳齿装置看似微不足道，但这个装置能帮助乘客安全地进入和离开扶梯，是自动扶梯发展过程中一个重大发明，是安全理念在自动扶梯中的一个重要体现。大约在 1903 年，雷诺改良了输送机的踏乘表面，在梯级踏面增加了更多的凹槽并把倾斜的梯级踏面倾角减少到 12°左右。图 1-1-1 是早期具有活动扶手，梯级仍是倾斜但已带有齿槽的扶梯。

1898 年，雷诺将专利卖给了查尔斯·D·思柏格（Charles D. Seeberger）。思柏格十分热衷于自动扶梯的设计与生产制造，他于 1899 年加入美国奥的斯电梯公司，并引入自动扶梯（Escalator）这个新名词。Escalator 在当时是新创造的组合词汇，由 scala（拉丁语梯级的意思）与当时已普遍使用的 Elevator（电梯）一词组合而成，意为带梯级的电梯。

奥的斯电梯公司于 1899 年，在纽约州制造出第一条有水平梯级、活动扶手和梳齿板

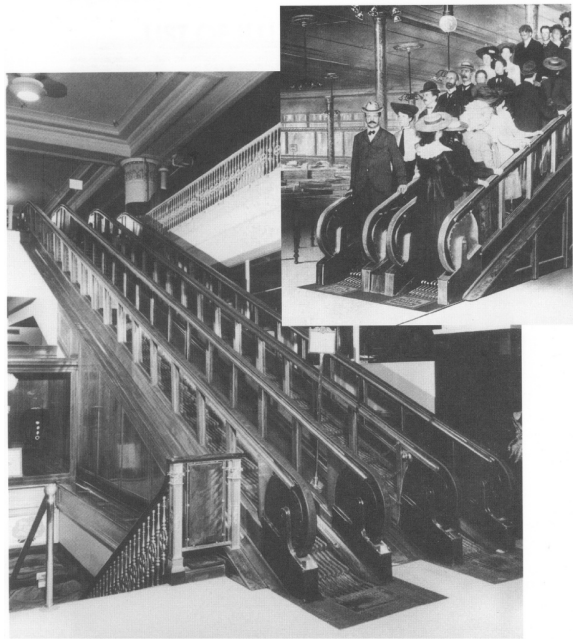


图 1-1-1　早期的自动扶梯

的自动扶梯，并在 1900 年举行的巴黎博览会上，以「自动扶梯」（Escalator）为名展出，并且获得了一项头奖。但此时的自动扶梯还没有上下曲线段和上下水平移动段，梯级是用硬木制成的。

1910 年奥的斯电梯公司收购了思柏格的专利，次年购下了雷诺的公司，进一步完善了自动扶梯的设计，为自动扶梯的实际应用打下了基础。

自动扶梯最先进入中国的时间是 1935 年。当时上海的大新百货公司安装了两台奥的斯单人自动扶梯，连接地面至二楼和二楼至三楼（图 1-1-2）。

二、技术发展历程

在自动扶梯发展的历程中，一直离不开以下几个技术问题。

1. 驱动方式

自动扶梯的运输功能是通过牵引链条技术去驱动载人的梯级来实现的。而组成这个移动梯级系统的基本结构，如同电梯的曳引钢丝绳传动系统一样，虽历经百年但仍未被突破。其间也出现了用齿条驱动的自动扶梯，配以中间驱动方式，但主流仍然是牵引链条驱动。

2. 可搭乘性

与此同时，改善可搭乘性是扶梯技术发展的首要问题。从图 1-1-1 中可看到，最初的

自动扶梯从地面到扶梯之间没有过渡段，乘客在进出扶梯时需要集中精神，搭乘不方便。后来设计出了水平移动段，并在水平段与倾斜段之间设计出圆弧过渡段，才有效地提高了自动扶梯的可乘用性。

3. 安全性

在实现自动扶梯运输功能的同时，不断提高乘载的安全性，一直是自动扶梯技术发展的一个重要追求。

如何防止乘客在搭乘自动扶梯时滑倒，是一个必须解决的重要问题。最早的木制梯级防滑性能不好，后来采用金属材料来制造梯级，并改进了梯级踏面上的凹槽设计，提高了梯级防滑性能，也有效地提高了扶梯的安全性。

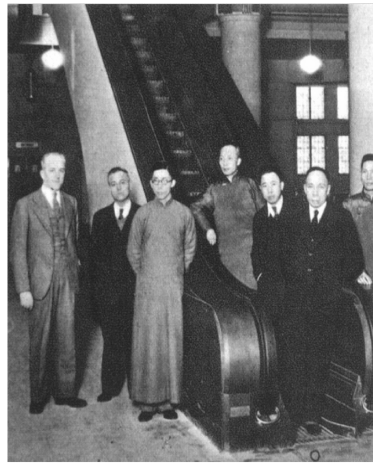


图 1-1-2　1935 年安装在上海大新百货公司的自动扶梯

自动扶梯是开放式的运输设备，其梯级与梯级之间、梯级与楼层板之间、梯级与裙板之间 3 个地方存在相对运动的间隙。据统计，超过 50% 的扶梯意外伤害事故，均由间隙造成。经过长期的努力和持续的改进，技术人员提出了很多防止或减少间隙夹物的安全设计。例如，梳齿板的发明，梳齿能与梯级凹槽啮合，降低了上下端出入口处异物被夹住的危险；梯级踢面由最初的弧形光面发展成带齿槽的设计，减少了相邻梯级因相对运动令异物被夹住的可能；裙板毛刷的发明，是为了防止乘客过于靠近裙板边而发生鞋子或衣物被夹住的风险。

自动扶梯控制系统在经历了早期的继电器式控制之后，随着电子技术的飞速发展，步入了可编程序控制器（PLC）和微处理器时代，使得引入复杂的安全监控系统成为了可能。有很多的安全监控和辅助部件已被大量应用在自动扶梯产品上，可以将自动扶梯的速度、方向、扶手带的速度、链条的工作状态等都要纳入安全监控之中。这使自动扶梯的安全性能得到更大的提升。

三、国内外使用与生产情况

1940 年以前，自动扶梯只有美国奥的斯等少数生产制造厂商在生产。第二次世界大战之后，由于自动扶梯需求量的增加以及新技术的应用，出现了很多新的生产制造商。

到 1970 年之后，自动扶梯产品发展成较为标准的产品，全球市场的竞争开始变得激烈。国际上较为著名的自动扶梯厂商有美国奥的斯，瑞士迅达，德国克虏伯蒂森，法国 CNIM，芬兰通力（并购德国 O&K，美国 Montgomery 等公司），日本日立、三菱等。

1959 年，中国上海电梯厂生产了第一批双人自动扶梯，并用于北京新火车站。

20 世纪 80 年代，随着中国的改革开放，通过引进国外先进技术，国内成立了多家合资电梯制造公司：如中国迅达、上海三菱、日立（中国）、中国奥的斯等。

20 世纪 90 年代之后，中国的扶梯生产再跃上一个新的台阶，不但拥有众多的国际合资品牌生产厂家，还涌现出大量的民族品牌自动扶梯制造厂商，其中年产量达千台规模的就有数十家。

目前，由于中国经济的高速发展，全球自动扶梯的最大消费市场转移到了中国，与此同时众多的生产厂家积聚了巨大的生产能力，使中国成为了全球最大的扶梯生产基地，这不仅能满足国内的巨大市场需求，还能大量出口到世界其他地区。

据不完全统计，当前中国拥有在用自动扶梯 25 万台以上，自动扶梯的年产量在 5 万台以上，约占全世界自动扶梯产量的 90% 以上，其中 1/3 用于出口。

第二节　自动扶梯的分类

自动扶梯可以按载荷能力以及适用场所、安装位置、机房的位置、护栏的种类、不同的倾角以及特殊自动扶梯和自动人行道加以区分。

一、按载荷能力以及适用场所分类

自动扶梯可以按载荷能力以及适用场所分为：普通型自动扶梯、公共交通型自动扶梯、重载型自动扶梯。这是一种扶梯的基本分类，也称是自动扶梯的梯种。

其中重载型自动扶梯在我国地铁等大客流公交场所已广泛使用，它在结构、性能、寿命等方面与普通扶梯和公共交通型扶梯有明显区别的一个梯种。

1. 普通自动扶梯

普通自动扶梯也称为商用扶梯，一般安装在百货公司、购物中心、超市、酒店、展览馆等商用楼宇内，是最大量使用的自动扶梯。普通自动扶梯的载客量一般都比较小，因此又称为轻载荷自动扶梯。

商业场所每天的营业时间通常为 12h 左右。因此在设计中，一般对普通自动扶梯做这样的设定：每周工作 6 天，每天运行 12h，以 60% 左右的制动载荷作为额定载荷，主要零部件设计工作寿命为 70 000h（关于制动载荷的概念见本章第五节）。

图 1-2-1 是安装在商场的普通自动扶梯。

2. 公共交通型自动扶梯

在 GB 16899—2011《自动扶梯与自动人行道制造与安装安全规范》中，对公共交通型自动扶梯的定义是，适用于下列情况之一的自动扶梯：

1）公共交通系统包括出口和入口处的组成部分。

2）高强度的使用，即每周运行时间约 140h，且在任何 3h 间隔内，其载荷达 100% 制动载荷的持续时间不少于 0.5h。

公共交通型自动扶梯主要应用在高铁、火车站、机场、过街天桥、隧道及交通综合枢纽等人流较集中、且使用环境较复杂的场所。公共交通型自动扶梯的载荷要大于普通型自

需要全本请访问 www.ertongbook.com



图 1-2-1　安装在商场的普通自动扶梯

动扶梯的载荷，但又小于重载型自动扶梯的载荷。

在这些公交场所，扶梯每天需要工作 20h 或以上。因此在设计中，一般对公共交通型自动扶梯有这样的设定：每周工作 7 天，每天工作 20h，以 80% 左右的制动载荷作为额定载荷，主要零部件的设计工作寿命为 140 000h。

图 1-2-1 是安装在过街天桥上的公共交通型自动扶梯。



图 1-2-2　安装在过街天桥上的公共交通型自动扶梯

3. 重载型自动扶梯

一般认为，当自动扶梯的载荷强度达到：在任何 3h 间隔内，其载荷达 100% 制动载荷的持续时间在 1h 以上时，自动扶梯就应在公共交通型自动扶梯的基础上作重载设计。因此重载型自动扶梯又称为公共交通型重载自动扶梯。这种扶梯主要用于以地铁为代表的大客流城市轨道交通中。

中国人口众多，且当前正处于城市化进程之中，地铁车站需要面对大量客流，自动扶梯必须具有承受超高强度载荷的能力。在上下班高峰时段持续重载运行时间一般都在 1 ~ 2h。载荷强度远高于 GB 16899—2011 对公共交通型自动扶梯的描述。

在这种大客流的公交场所，自动扶梯每天需要工作 20h 或以上。在设计中，一般对重载型自动扶梯有这样的设定：每周工作 7 天，每天 20h，以 100% 的制动载荷作为额定载荷，主要零部件的设计工作寿命为 140 000h。

图 1-2-3 是安装在我国南方某城市地铁站的重载型自动扶梯。



图 1-2-3　安装在我国南方某城市地铁站的重载型自动扶梯

二、按安装位置分类（图 1-2-4）

1. 室内型自动扶梯

只能在建筑物内部工作的自动扶梯。使用最广泛，其设计不需要考虑日晒雨淋和风沙的侵袭。

2. 室外型自动扶梯

能在建筑物外部工作的自动扶梯。室外型扶梯可以细分为全室外和半室外两种类型。

（1）全室外型扶梯　它安装在露天的场所，具有抵御各种恶劣气候环境侵蚀的能力，

能承受直接作用在扶梯上的雨水、飘雪、冰冻、高温、湿度、盐雾、沙尘、紫外线等自然界的各种不利因数。全室外型扶梯通常根据实际的安装使用地点的气候状况，配备防水、加热防冻、防尘、防锈等保护措施以延长扶梯的使用寿命。



a)　　b)　　c)

图 1-2-4　自动扶梯以安装位置的分类

a）室内型扶梯　b）全室外型扶梯　c）半室外型扶梯

（2）半室外型扶梯　它安装在室外，但其上部盖有檐篷，可部分遮挡雨、雪、阳光等不利因素的直接侵蚀作用，配备的气候保护措施相对全室外型扶梯要低一些。

普通自动扶梯、公共交通型自动扶梯以及重载型自动扶梯，都可以按室内或室外加以设计。但室外型自动扶梯部件的工作寿命会明显低于室内型自动扶梯，特别是在露天工作的全室外型，机件的磨损和报废都会比较快，维修费用会相当高，因此自动扶梯一般不主张作露天布置。

三、按机房的位置分类

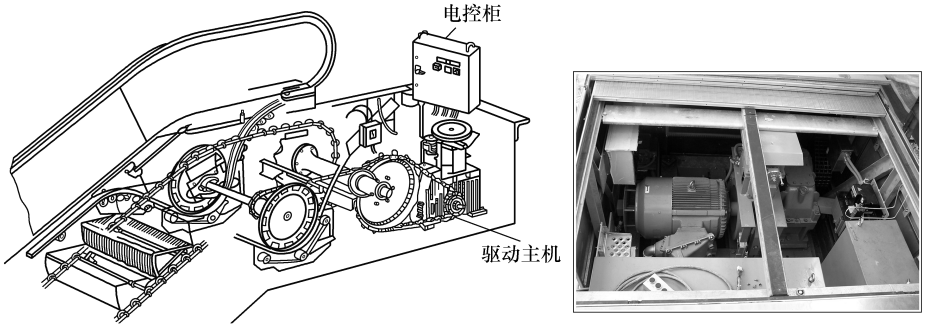
机房是安装驱动装置的地方。按机房的位置，自动扶梯可分为机房上置式自动扶梯、机房外置式（分离机房）自动扶梯和中间驱动式自动扶梯。

1. 机房上置式自动扶梯

机房设置在扶梯桁架上端部水平段内。

图 1-2-5 是上置式机房示意图。从图中可以看到驱动主机和电控柜均安装在桁架上端部水平段内。

驱动装置和电控装置都安装在机房内，具有结构简单、紧凑的优点，是自动扶梯最为常见的机房布置方式。但这种结构的扶梯机房内空间会显得比较窄，为了方便检修，有的扶梯将电控柜做成可移动式的，必要时可以将电控柜提拉到地面检修。如图 1-2-5a 所示，



a) b)

图 1-2-5　上置式机房示意图

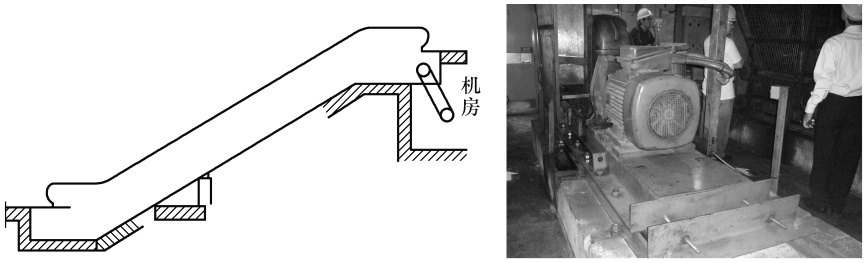
电控柜可以向上抽起。

2. 机房外置式自动扶梯

驱动装置设置在自动扶梯桁架之外的建筑空间内，因此又称为分离式机房。分离式机房的结构、照明、高度和面积等都需要符合专门的要求。

对于大提升高度扶梯，由于驱动装置较大，机房通常安置在桁架的外面，这样可以减少桁架的受力和振动，且方便检修；对于室外型扶梯，机房的外置还具有保护机房设备不受外界环境干扰的优点。但采用分离式机房会增加建设投资，所以一般在地铁等大客流或大提升高度的场所才有所使用。

图 1-2-6a 是机房外置式自动扶梯的机房布置示意图，从图中可以看到机房是在桁架下部的建筑空间内。



a) b)

图 1-2-6　机房外置式自动扶梯

图 1-2-6b 是机房实景。人员可以进入机房工作，并不影响自动扶梯的正常工作。

3. 中间驱动式自动扶梯

中间驱动式自动扶梯的驱动装置，被安装在自动扶梯桁架的倾斜段内。这种结构的自动扶梯以多级齿条代替传统的梯级链条，以推力驱动梯级，减少动力损耗。由于可以将扶梯做成标准节，每个节配置一个标准的驱动装置，按高度需要加以组合，而不需要将桁架

和驱动装置做得很大，因此又称为多级驱动式自动扶梯。这种驱动方式在大高度传动中有一定的优势。但也存在结构较复杂，驱动装置的调试和维修保养不方便，以及存在摩擦传动等缺点。

图 1-2-7 是中间驱动式自动扶梯。

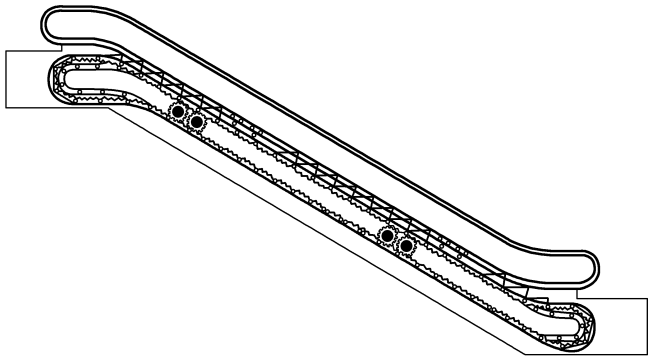


图 1-2-7　中间驱动式自动扶梯

图 1-2-8 是中间驱动式自动扶梯的驱动装置和驱动齿条。电动机与减速箱之间用三角带传动，采用蝶式制动器，用特制的履带式驱动链驱动齿条。

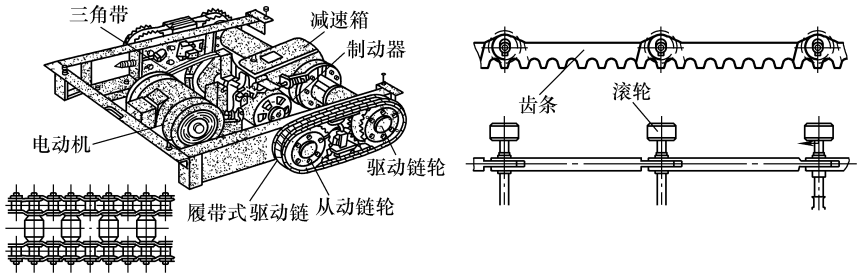


图 1-2-8　中间驱动式自动扶梯的驱动装置和驱动齿条

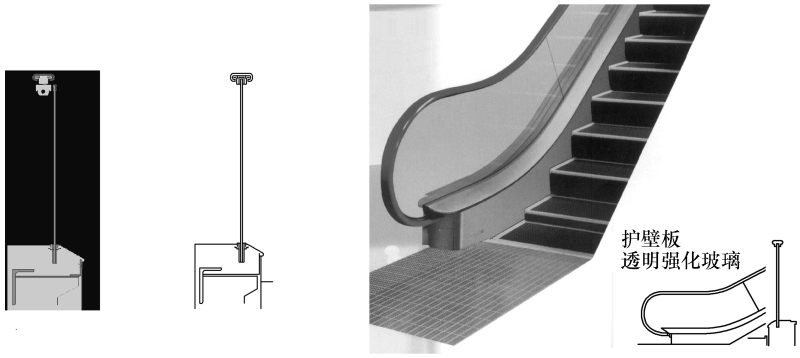
四、按护栏种类分类

按护栏种类，自动扶梯可分为玻璃护栏型和金属护栏型两种。

1. 玻璃护栏型自动扶梯

护栏的主体（护壁板）采用玻璃制造，如图 1-2-9 所示。

普通自动扶梯一般都采用玻璃护栏型。根据需要，玻璃板可采用全透明和半透明工



a) b) c)

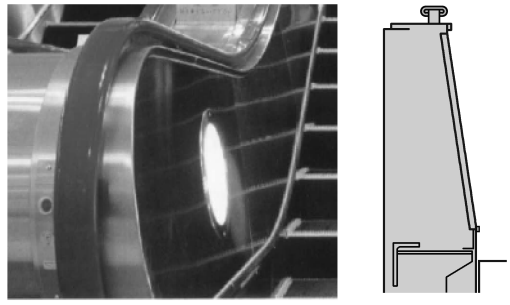
图 1-2-9 玻璃护栏型自动扶梯

a）有灯光型 b）苗条型 c）整体示意图

艺，还可以采用不同的颜色。此外，还可以在扶手带下加装照明和其他的灯光装饰。近代广泛采用的苗条型（无灯光）结构显得更加简洁、明快和美观，适合购物中心、酒店等商业建筑场所使用。

2. 金属护栏型自动扶梯

护栏的主体采用金属板材制造，如图 1-2-10 所示。



a) b)

图 1-2-10 金属护栏型自动扶梯

a）实物图 b）侧面示意图

公共交通场所的自动扶梯多采用金属护栏结构。原因是金属护栏的强度高，防破坏的能力强。护壁板多采用不锈钢板制作，其牢固的结构适合交通复杂且客流密集的公共交通场所，特别是地铁站的环境。另外，室外型扶梯也多采用金属护栏。

五、按倾角分类

自动扶梯的常用倾角有 30°、35°和 27.3°三种。

需要全本请访问 www.ertongbook.com