

# 第一章 绪论

## § 1.1 概 论

英国首都伦敦于 1863 年出现了世界上第一条长 6.4 km 的地下铁道,时至今日作为大容量快速轨道交通体系,它在城市公共交通中起到了越来越重要的作用,尤其是在特大型城市,更是如此。诸如莫斯科、东京、香港、巴黎和伦敦等城市都拥有完善而高效的城市轨道交通网,从而在组织城市公共交通中发挥了重要作用;而在北京、上海、广州等国内大城市在利用城市轨道交通体系解决城市公共交通方面也开始尝到了甜头,同时却又因为城市轨道交通体系还未形成网络或运营里程还未能满足城市公共交通的需要而必须加快城市轨道交通体系建设,以提高城市轨道交通体系所能够带来的城市公共交通的有效性。经过多年的建设与运营,各种适合于不同运量需求、不同城市形态的新型城市轨道交通系统正在不断涌现,构成了以地铁、轻轨为代表的完整的城市轨道交通体系。

与此同时,各个城市的轨道交通正从单线向区域网络发展,以实现城市轨道交通运营的规模效应,例如上海规划到 2005 年基本实现十字型加环型的初级城市轨道交通运营网络(即地铁一号线、地铁二号线、轨道交通明珠线)。如图 1—1 所示是世界上最具规模的俄罗斯莫斯科地铁网和我国上海、北京地铁线路图,从中可看出城市轨道交通体系的发展趋势。

有关世界各国城市轨道交通的修建情况如表 1—1 所示。

表 1—1 世界各国城市轨道交通体系建设一览表

城市(国家)	开始通车年代	现有人口(万人)	线路条数	线路长度(km)		车站数目	轨距(mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压(V)
伦敦(英国)	1863	670	9	408	167	273	1 435	第三轨	630

续上表

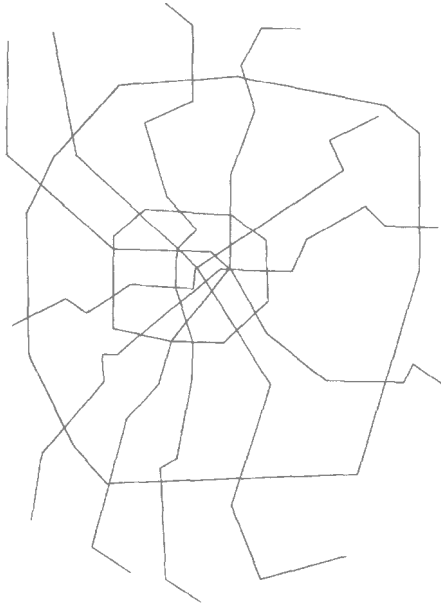
城市(国家)	开始 通车 年代	现有 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压(V)
纽 约(美国)	1867	730	29	443	280	504	1 435	第三轨	600 650
芝 加 哥(美国)	1892	370	6	174	18	143	1 435	第三轨	600
布达佩斯(匈牙利)	1896	210	3	27.1	23	30	1 435	第三轨	750
格拉斯哥(英国)	1897	75.1	1	10.4	10.4	15	1 220	第三轨	600
波 士 顿(美国)	1898	150	3	34.4	19	39	1 435	第三轨	600
维也纳(奥地利)	1898	150	3	34.4	19	39	1 435	第三轨	750
巴 黎(法国)	1900	210	15	199	175	367	1 440	第三轨	750
柏 林(德国)	1902	320	10	134	106	132	1 435	第三轨	750
费 城(美国)	1905	170	4	62		76	1 435	第三轨	600 700
汉 堡(德国)	1912	160	3	92.7	34.3	82	1 435	第三轨	750
布宜诺斯艾利斯 (阿根廷)	1913	290	5	39	36	63	1 435	架空线	600 1 100
马 德 里(西班牙)	1919	320	10	112.5	107	154	1 445	架空线	600
巴塞罗那(西班牙)	1924	170	6	115.8	68.7	129	1 674 1 435	第三轨 架空线	1 200、 1 500 1 200
雅 典(希腊)	1925	300	1	28.8	3	23	1 435 1 435	第三轨	600
东 京(日本)	1927	1 190	10	219	182	207	1 067 1 372	第三轨 架空线	600 1 500
大 阪(日本)	1933	260	6	99.1	88.6	79	1 435	第三轨 架空线	750 1 500
莫 斯 科(俄罗斯)	1935	880	9	246	200	143	1 524	第三轨	825
斯德哥尔摩(瑞典)	1950	66.3	3	110	62	99	1 435	第三轨	650 750
多 伦 多(加拿大)	1954	220	2	54.4	42	60	1 495	第三轨	600
克利夫兰(美国)	1954	57.3	1	30.6	8	18	1 435	架空线	600
罗 马(意大利)	1955	280	2	25.5	14.5	33	1 435	架空线	1 500
名古屋(日本)	1957	210	5	66.5	58	66	1 067 1 435	第三轨 架空线	600 1 500
里斯本(葡萄牙)	1959	90	3	16	12	24	1 435	第三轨	750
基 辅(乌克兰)	1960	210	3	32.7		29	1 524	第三轨	825
横 滨(日本)	1972	320	2	22.1	22.1	20	1 435	第三轨	750
旧 金 山(美国)	1972	71.5	4	115	37.4	36	1 676	第三轨	1 000
纽 伦 堡(德国)	1972	47.5	2	21.4	15.9	29	1 435	第三轨	750
平 壤(朝鲜)	1973	183	2	22.5		15	1 435	第三轨	825

续上表

城市(国家)	开始 通车 年代	现有 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压(V)
圣 保 罗(巴西)	1974	1 060	2	40.3	18.4	38	1 600	第三轨	750
汉 城(韩国)	1974	1 020	4	116.5	93	102	1 435	架空线	1 500
布 拉 格(捷克)	1974	120	3	35	19	36	1 435	第三轨	750
圣地亚哥(智利)	1975	430	2	27.3	21.9	37	1 435	第三轨	750
华 盛 顿(美国)	1976	64	4	112	52.8	38	1 435	第三轨	750
布鲁塞尔(比利时)	1976	110	3	39		51	1 435	第三轨	900
阿姆斯特丹(荷兰)	1977	69.1	2	24	3.5	20	1 432	第三轨	750
马 赛(法国)	1977	87.4	2	19	15.5	22	1 435	第三轨	750
神 户(日本)	1977	140	2	22.6	14	16	1 435	架空线	1 500
里 昂(法国)	1978	120	3	16.5	14	22	1 435	第三轨	750
里约热内卢(巴西)	1979	580	3	21.6	13	19	1 600	第三轨	750
亚特兰大(美国)	1979	120	2	52.3	7	29	1 435	第三轨	750
香 港(中国)	1979	550	3	43.2	34.4	38	1 435	架空线	1 500
布加勒斯特(罗马尼亚)	1979	220	2	46.2	37	30	1 432	第三轨	750
新 堡(英国)	1980	28.1	4	55.6	6.4	46	1 435	架空线	1 500
天 津(中国)	1980	540	1	7.4	7.4	8	1 435	第三轨	750
福 冈(日本)	1981	120	2	18	17	19	1 067	架空线	1 500
京 都(日本)	1981	150	1	9.9	9.9	12	1 435	架空线	1 500
赫尔辛基(芬兰)	1982	49	1	15.9	4	11	1 524	第三轨	750
加拉加斯(委内瑞拉)	1983	350	2	40		35	1 435	第三轨	750
巴的摩尔(美国)	1983	80	1	22.4	12.8	12	1 435	第三轨	700
里 尔(法国)	1983	110	2	25.3	9	34	2 060	第三轨	750
迈阿密(美国)	1984	170	1	34.5		20	1 435	第三轨	750
加尔各答(印度)	1984	730	1	16.4	15.1	17	1 674	第三轨	750
累 西 腓(巴西)	1985	120	2	20.5		17	1 600	架空线	3 000
贝洛奥里藏特(巴西)	1985	220	1	12.5		7	1 600	架空线	3 000
新西伯利亚(俄罗斯)	1985	130	2	12.9	12.9	10	1 524	第三轨	825
阿雷格里港(巴西)	1985	130	1	27.5		15	1 600	架空线	3 000
釜 山(韩国)	1985	320	1	21.3	15	20	1 435	架空线	1 500
温哥华(加拿大)	1986	120	1	21.4	1.6	15	1 435	第三轨	600
仙 台(日本)	1987	90	1	14.4	11.8	16	1 067	架空线	1 500
米 兰(意大利)	1964	150	2	56	36	66	1 435	第三轨 架空线	750 1 500
奥 斯 陆(挪威)	1966	45	8	100	15	110	1 435	第三轨 架空线	750 600

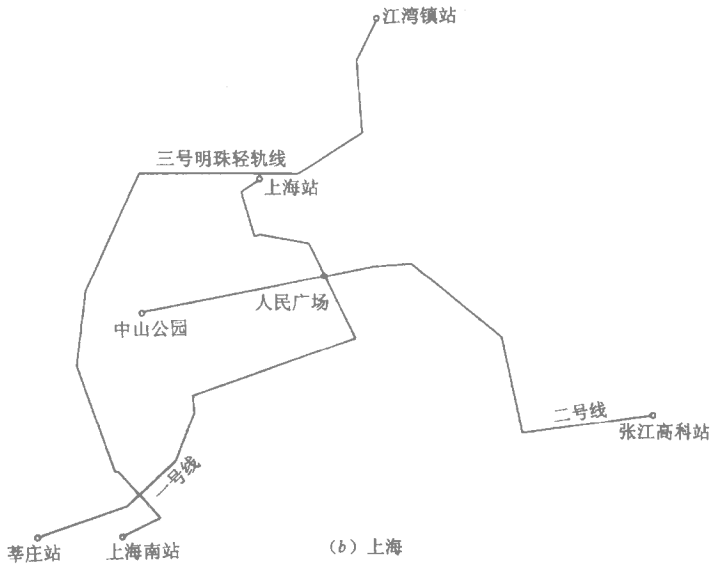
续上表

城市(国家)	开始 通车 年代	现有 人口 (万人)	线路 条数	线路长度 (km)		车站 数目	轨距 (mm)	牵引供电	
				全长	地下			方式	电压(V)
蒙特利尔(加拿大)	1966	190	4	65	53	65	1 435	第三轨	750
法兰克福(德国)	1968	62	7	57	12	77	1 435	架空线	600
鹿特丹(荷兰)	1968	56.7	2	42	11.5	39	1 435	第三轨	750
北 京(中国)	1969	600	2	40	40	29	1 435	第三轨	750
墨西哥城(墨西哥)	1969	2 000	8	141	71	125	1 435	第三轨	750
慕 尼 黑(德国)	1971	130	6	56.5	43	63	1 435	第三轨	750
扎 幌(日本)	1971	160	3	39.7	28.6	33	2 150 2 180	第三轨 架空线	750 1 500
新 加 坡(新加坡)	1987	260	2	67	18.9	42	1 435	第三轨	750
开 罗(埃及)	1987	830	1	5	4.5	6	1 435	架空线	1 500

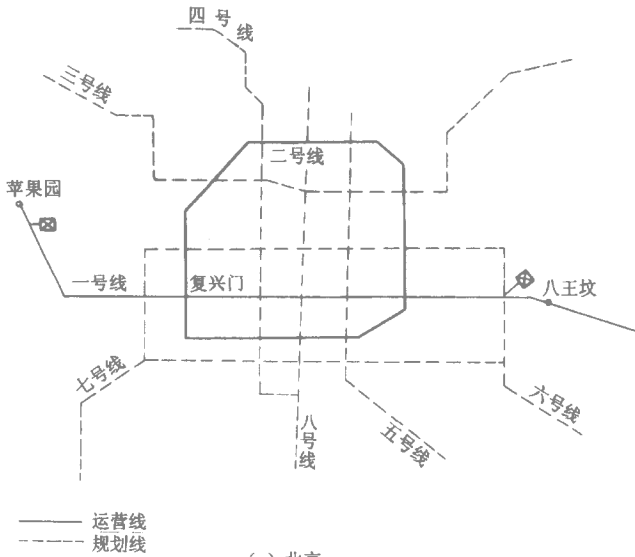


(a) 莫斯科

图 1-1



(b) 上海



(c) 北京

图 1-1 莫斯科、上海、北京轨道交通网络图

## § 1.2 轨道交通车站

城市轨道交通运营系统是由多个分别完成不同功能的子系统所构成的,包括车辆、线路、车站三大基础设施和电气、运行和信号等控制系统,如图 1—2 所示,而车站在这一系统中处于一个核心的位置,它既是轨道交通系统的对外提供客运服务的窗口,又是系统内部最主要的生产基地;它是城市轨道交通客运服务的起始点,也是客运服务的终止点(如图 1—3 所示)。

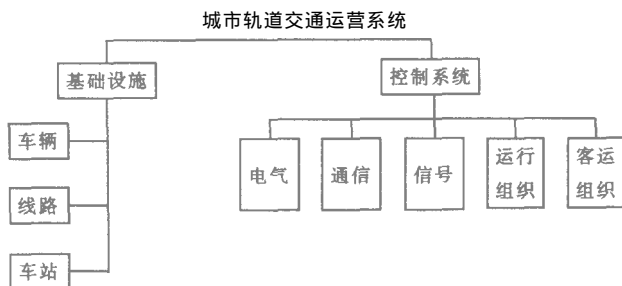


图 1—2 城市轨道交通运营系统构成

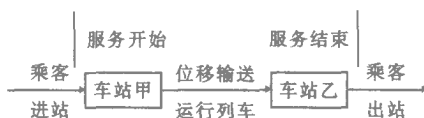


图 1—3 城市轨道交通系统服务起始点

一般来说城市轨道交通车站是供乘客上下车和换乘、候车的场所,包括供乘客使用、运营管理、安装技术设备和提供生活辅助设施和服务的场所等四大组成部分,其中供乘客使用的部分主要有地面出入口和站厅、地下中间站厅、售票厅、检票处、自动扶梯等。无论是车站运营管理还是车站设备配备,都应以满足乘客出行需求为基本条件。一般城市轨道交通车站可分为如下几个主要功能区:

(1) 出入口:吸引和疏解客流。它是车站的门面,其规模与出

人口的总设计乘客流量有关，一般以原始超高峰每小时的客流量乘以 1.1~1.25 的不均衡系数来确定。出入口一般布置在街道交叉口 以便能大范围地吸引和疏解客流 如图 1—4 所示。

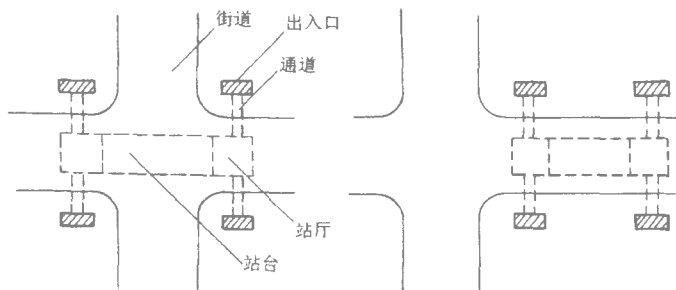


图 1—4 地铁车站出入口布置示意图

(2)站厅：用于售票、检票，布置部分服务与控制设备的场所，其布局方式主要取决于车站的售、检票方式（人工、半自动和自动售、检票）。一般应使站厅有付费区和非付费区的功能区别，同时检、售票系统应设在有利于乘客进、出站方便的地方，尽量压缩乘客在站内停留时间。有些地铁的站厅还可考虑与地下商业街连接在一起布置，如上海地铁一号线人民广场站。

(3)候车厅 主要由站台组成 提供乘客上下车的平台 是分散上下客流，供乘客乘降的场地。站台的形式与其设计宽度、长度和车站的规模、单位时间上下客流等因素有关，图 1—5、图 1—6 所示为候车厅与站台的主要布置形式。

(4)车站控制室：车站运营与管理的中心，一般应设在便于对售票、检票楼梯和自动扶梯口等部位进行监视的地方。另外车站强弱电设备应分开控制，有噪声源的设备用房应远离乘客活动区。

(5)综合开发区：现代城市轨道交通项目建设特别强调车站及沿线的综合开发能力，对车站来说，就是通过合理的功能划分和安排，使车站满足乘客出行服务要求的同时，能进行一定的服务功能与规模的延伸，包括车站与城市其他交通方式的结合，与地下市

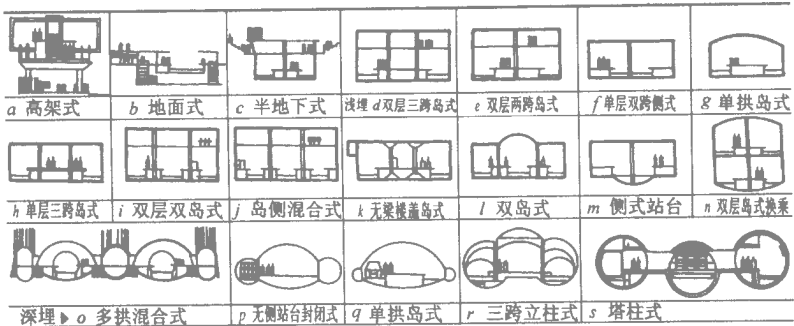


图 1—5 车站断面一般形式

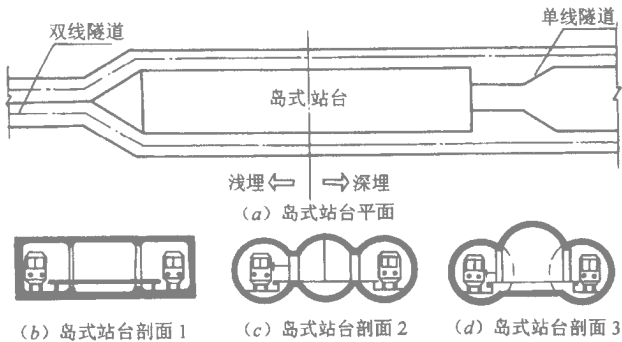


图 1—6 岛式车站及其结构形式

政公共设施的结合，与商业、服务设施的结合，与民防工程设施的结合等。例如在上海地铁一号线火车站站，地铁与大铁路的出入通道相互贯通，使两种交通方式的乘客可以做到不出站换乘，对双方互为有利；上海地铁一号线人民广场站与迪美购物中心、香港名品街等大型商业中心连接在一起，保持了大量稳定的客流。而在地铁的早期建设阶段，其功能一般都较为单一，如北京地铁车站。车站综合开发区的布置如图 1—7 所示。

为保证城市轨道交通系统车站上述各功能区能进行正常的运营，需要相应的基建设备和服务设备配套，以满足各功能区向乘客

提供满意服务的要求，包括基础设施、服务设施和后勤保障设施等，如售票、检票系统、自动扶梯、环境控制与保护系统、车站动力供应系统、应急救援系统。

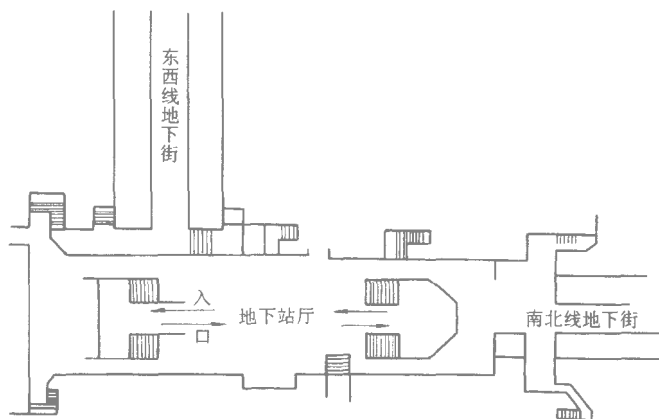


图 1-7 地下车站综合开发区示意图

### § 1.3 车站设备配置原则

城市轨道交通车站的设备配置首先要满足面向乘客的服务要求，其次要强调设备配置的能力匹配与经济性，最后要体现出轨道交通服务方式在各类城市公共交通服务模式中的先进性，具体表现为：

#### (1) 实用性

车站的设备配置要符合车站服务的特点，即服务的短暂性和高频率。轨道交通车站主要解决乘客在该服务系统中汇聚与疏散，有很强的时效性，乘客的基本要求是在短暂的移动过程中充分享受到车站所提供的舒适服务。因此设备的实用性是车站首先考虑的问题，如车站的自动扶梯、先进的售检票系统、车站的空气调节系统等设备都是城市轨道交通车站完成其优质服务功能所不可缺少的。另外作为现代文明城市的代表窗口，无障碍通行走廊（系

统的设置也是必不可少的,为行动不便的乘客提供最大的出行方便。

### (2) 功能匹配

由于轨道交通系统投资巨大,城市轨道交通车站的设备配置既要满足乘客所需的服务要求,同时也要防止出现设备能力闲置,降低设备的使用效率以及系统运营的经济效益(不包括正常的设备能力储备),即车站设备服务能力与乘客所需服务容量的匹配。另一方面车站设备配置的能力匹配,还包括各设备之间的容量与能力匹配。如列车运营密度对站厅候车能力、疏散能力、自动扶梯服务容量、售检票能力等都提出了相应的配套要求。这一要求首先就是车站各配置设备之间的能力协调。

### (3) 先进性

城市轨道交通系统作为先进的大容量、快捷交通运行工具,同时也是个复杂的运营系统。高技术、高智能化是其基本特征,而要体现这一高技术、高智能化特征,构成这一系统的诸设备必须有相当的先进性,就目前而言应以计算机技术和信息技术和控制技术为主要应用对象,提高车站设备的技术和应用层次。

### (4) 经济性

在满足乘客乘降需求的前提下,本着提高设备利用率的原则。车站内所配置的相关设备必须有一个符合经济性的问题,即从设备的等级、规模、先进的程度等方面出发体现出够用的原则,从而使车站建设的投资恰到好处。

### (5) 安全性

与其他各类交通工具一样,城市轨道交通系统的运营也十分强调其运营的安全性,它是所有被考虑因素中的第一位要素。而安全运营的实现除了依靠严格而又科学的运营管理以外,所属设备的运行可靠程度也是一个决定因素。对于车站设备的配置来说,要从所配置设备的安全可靠性上严格把关,同时还要配备必要的应急设备,以防万一,如车站的供电系统。

## 思 考 题

1. 车站城市轨道交通系统中的作用和地位如何，试分析之。
2. 试参照图 1—5 画出上海地铁一号线某车站平面布置图。
3. 试结合上海地铁实际情况分析车站设备配备原则。

## 第二章 自动扶梯

### § 2.1 自动扶梯构造与组成

在城市轨道交通车站中，自动扶梯的用途主要是解决乘客的快速疏散，即列车到达后，大量的乘客从候车站台向地面站厅疏散。由于车站的候场站厅一般离开地面 5~7 m(浅埋式)，甚至 7~10 m(深埋式)，乘客的上下只能依赖于楼梯，而自动扶梯则提供了一种自动输送乘客的能力，满足了乘客对乘降舒适度的要求。自动扶梯是由一台链式输送机和两台胶带式输送机组合而成的升降传送系统，用于在建筑物的不同楼层间连续运载人员上下。由于其结构特殊，无论从造型还是从工作特性上都与单一的链式或胶带式输送机有很大的区别。

与一般电梯不同的是，自动扶梯具有连续输送功能，能够在较短时间内输送大量乘客，其主要优缺点是：

(1) 输送能力大 生产效率高 能连续运送乘客 特别适合于有大量人流汇集与疏散的场所 如商店、车站、机场、码头等 对地下车站尤其是如此；

(2) 自动扶梯能逆转，上下行都能运转，同时近来又出现了旋转式和平行式等新型自动扶梯，以满足不同场所的需要，甚至可以实现在车站从候车站台到地面出入口的连续输送；

(3) 与一般电梯不同，当停电或重要零件损坏需停车时，它又可用作普通扶梯；

(4) 自动扶梯构成中有水平区段，产生附加的能量损失，同时提升高度较大时，乘客在自动扶梯上停留时间较长；

(5) 造价较高。

对自动扶梯一般要求其运行安全、平稳、结构紧凑、可靠程度高，同时为提高自身的运行效率(运营的经济性)自动扶梯应该有

智能控制的功能。

自动扶梯的构造如图 2—1 所示。它可分成四大部分，即：

(1) 供乘客站立并能连续提升的梯路，包括梯级、牵引构件和梯路导轨系统；

(2) 动力驱动装置，完成梯路的提升和连续循环运转；

(3) 框架结构，用于自动扶梯各零件的组合和定位，以及在现场的定位安置；

(4) 控制与安全装置。

梯路由以下三部分组成：

### 1. 梯级

如图 2—2 所示，梯级是一种具有特殊结构的四轮小车，包括两个主轮和两个辅轮。主轮的轮轴与牵引链条铰接在一起，全部梯级沿着按一定规律布置的导轨运行，其基本的运行规律是：

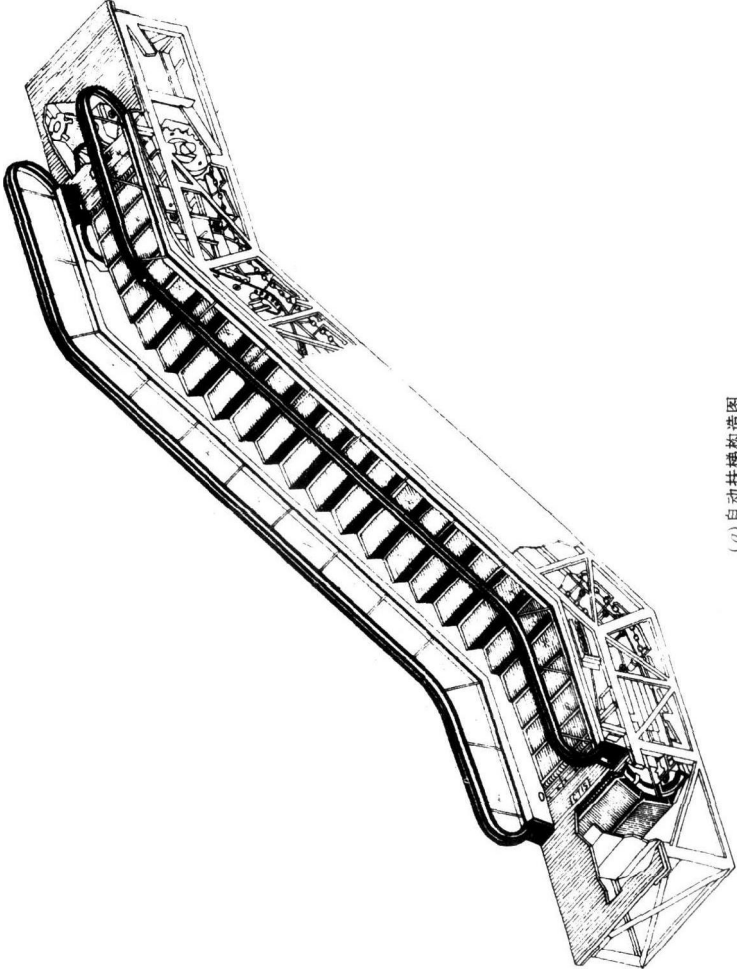
(1) 在自动扶梯上分支的梯级保持水平，以保证乘客站立；

(2) 在自动扶梯下分支的梯级处于倒挂位置，以完成梯级的循环运行。

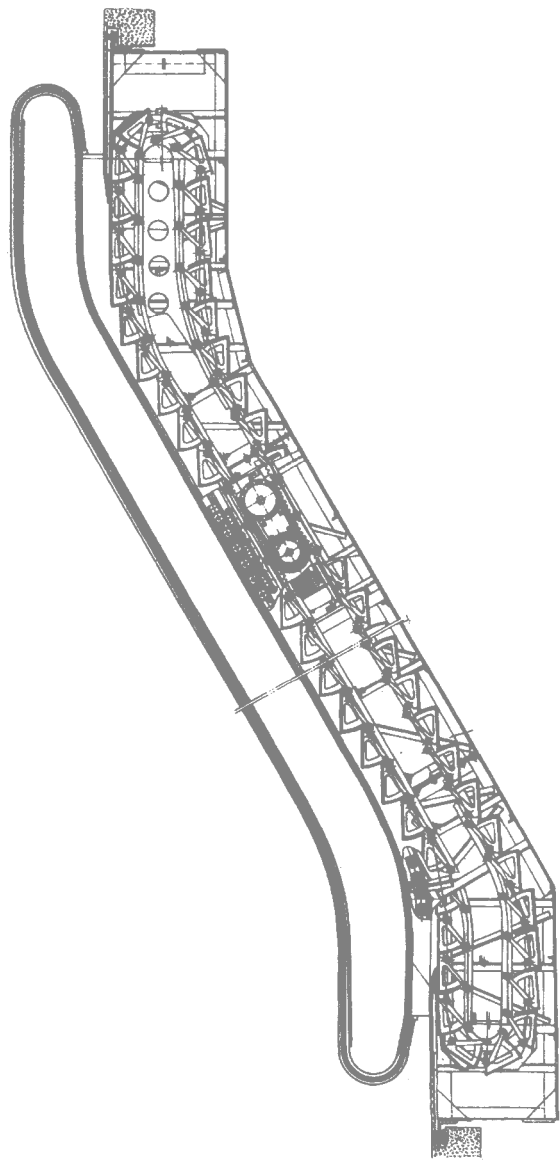
在一台自动扶梯中 梯级是数量最多的部件，一台小提升高度的自动扶梯约需 50~100 只梯级，而大提升高度的自动扶梯的梯级可达 600~700 只梯级。

从梯级的构成看，可分为分体式与整体式两类。分体式梯级由踏板、踢板和撑架等部分零件拼装组成 而整体式梯级则是把三者形成一体压铸而成，整个梯级通过前辅轮与自动扶梯的其他结构部件组合起来，完成自动扶梯的乘客输送功能。

踏板是供乘客站立的平台 其表面应有足够的粗糙度 通常踏板表面采用众多凹槽平行布置 以防乘客在踏板上滑动失重 造成危险 同时它使梯级通过扶梯上下出入口时 能嵌在梳板齿中以保证乘客安全上下。踏面板一般做成圆弧面 且做成齿状 使后一个梯级踏板后端的齿嵌入前一个梯级踏板的齿槽内，从而使各梯级间可以进行相互导向 保持各梯级间的运行平稳性 消除梯级在传输过程中的左右晃动。梯级撑架是梯级的支承结构，包括两侧撑



(a) 自动扶梯构造图



(b) 中间驱动自动扶梯

图 2—1 自动扶梯的构造图

架和横向连系杆件组 撑架上面固定踏板,下端装有轴套 以便安装主辅轮。

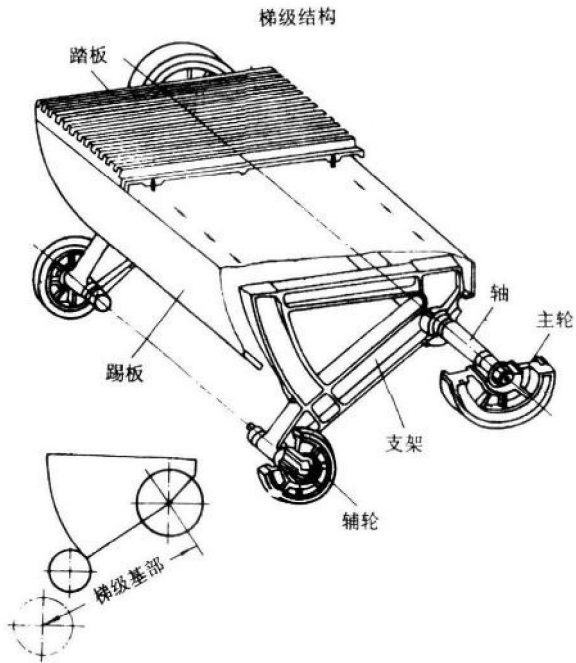
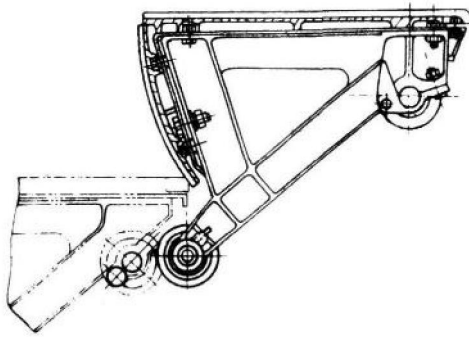


图 2—2 梯级构造

一只梯级有四个车轮，两只铰接于牵引链条上的为主轮，两只直接装在梯级撑架短轴上的为辅轮。自动扶梯的梯级车轮一般采用橡胶、塑料或压制织物制成，其中橡胶车轮可使梯级运转平稳，减少噪声。目前采用较多的是氨基甲酸橡胶。自动扶梯梯级车轮的工作转数不高，为 $80\sim 140\text{ r/min}$ ，但其工作荷载很大，同时外形尺寸受到限制，因此对轮系材料的单位容许荷载提出了很高的要求。车轮最大许用轮压的标准是：

车轮转速  $n < 100\text{ r/min}$ ,  $[P] = 50\text{ N/cm}^2$  ；

车轮转速  $n > 100\text{ r/min}$   $[P] = 45\text{ N/cm}^2$  。

## 2. 牵引构件

牵引构件是传递牵引力的构件，目前常用的有两种形式，一种是采用牵引链条，这时驱动装置装在上分支水平直段区段的末段（端部驱动式）；一种是牵引齿条，其驱动装置装在倾斜直线区段上，下分支的当中（中间驱动式）整台自动扶梯一般有两根构成闭合环路的牵引链条（牵引齿条）来完成传递牵引力的任务。

牵引链条一般为套筒滚子链，由链片、小轴和套筒等组成。为安装与检修的方便起见，牵引链条多为可拆式，即在一定的分段长度处可进行链条拆装。牵引链条是自动扶梯主要的传递动力构件，其质量直接影响自动扶梯的运行平稳性和噪声大小。如图 2—3 所示的机构，梯级主轮的安置有内、外测和中间两种，前者对主轮的尺寸无严格限制，如采用较大直径的主轮，可承受较大的轮压荷载。

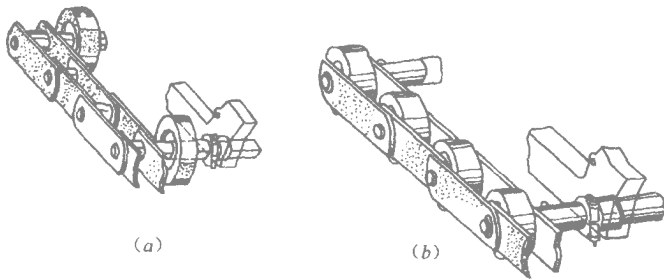


图 2—3 牵引链条构成