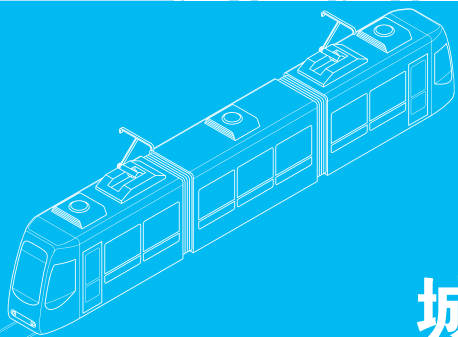




# 1

## 项目

# 城市轨道交通运营概述



### 项目任务

- 描述城市轨道交通系统不同的运营管理模式及其优缺点。
- 列举不同的城市轨道交通系统运营管理模式的代表城市。
- 说明城市轨道交通客运组织的特点与原则。
- 简要说明城市轨道交通运营企业管理工作的主要内容。



### 项目准备

国内外城市轨道交通运营企业的运营模式、运营状况等的相关案例,国内外城市轨道交通运营企业运营管理的具体内容、运营管理部门的具体管理工作资料等。

## 1.1 城市轨道交通系统及其运营特性

由城市轨道交通设施、设备的系统构成可知,城市轨道交通系统是一个庞大而复杂的系统,其技术专业门类覆盖广泛,从传统的土木建筑、机械、电机电器,到属于高新技术的电子产品、自动控制、信息传输等技术范畴均有涉及。从运营功能上看,其大体可分为列车运行及客运服务系统(涵盖隧道、站台、线路、车辆、牵引供电、信号、通信、控制中心、车站及其照明系统、售检票及计算中心、导向及预告措施、消防、环控系统、自动扶梯、电梯、车站服务等内容)和检修保障系统(为保障设备性能良好,能随时启动重新投入运行而具备的检修手段及检修能力等)。

城市轨道交通系统经历了长期的发展,由于技术成熟、安全可靠、形式多样、用途广泛,逐渐成为城市交通的骨干。与常规交通系统相比,其具有以下运营特性。

### 1.1.1 服务的优质性

城市轨道交通系统(网络)每天要面对数十万乃至数百万的乘客,并负责将他们从出发站输送到目的站,同时使每一位乘客在从购票乘车到下车出站的全过程中都感到满意,这是城市轨道交通运营的宗旨。因此,城市轨道交通运营企业必须在每一个环节为乘客提供优质的服务。

### 1.1.2 系统联动性

城市轨道交通系统建设和运营的目的是为市民提供快速、安全、准时、舒适、便利的运输服务,使乘客能够便利地进站购票乘车、安全而舒适地旅行、快速而准确地到达目的地。

安全运行和优质服务的基础是城市轨道交通系统同时正常、协调地运行。

如何保证城市轨道交通系统的30余项不同的专业设施、设备在每天18~24 h正常而协调地运行是摆在运营组织者面前的问题。解决的途径应该是从基础入手,以目标为依据,结合时间、空间等因素,寻找系统而协调的运营组织模式。

### 1.1.3 时空关联性

列车的运行是根据乘客的出行需要安排的,大中城市要求高速度、高密度的列车运行来为市民出行服务,因此,现代城市轨道交通的旅行速度在市中心一般设计为35~40 km/h,市郊高速可达到60 km/h以上,最小行车间隔(密度)为75 s。

城市轨道交通运营企业的产品是人的位移,因此时间和空间的概念就变得尤为重要。由于时间和其相对应的空间是城市轨道交通运营过程中不可存储的,一旦失去势必造成列车运行晚点,严重的还会造成事故。

下面举例说明时空概念的重要性。

某区间隧道内供水管道漏水,负责检修的单位派工作人员在甲站登记后进入隧道检修,登记的区间是甲站—乙站,时间是6:00—6:30。该员工在甲、乙区间内未发现漏水管道,出

于责任心继续前往乙—丙区间检查,直到 7:30 才在丙站出隧道。结果造成早班列车晚点 20 min。正常情况下,在一般企业,该员工因责任心强应受到表扬,但是在城市轨道交通运营企业中,由于他时空关联性观念淡漠造成了列车运营晚点,非但未获表扬,反而因造成列车晚点而受到了处分。

#### 1.1.4 调度指挥集中性

城市轨道交通系统是多专业多工种联合运行的巨型系统,对时间、空间的概念要求很高,一旦发生故障,造成的后果及对社会的影响都很严重。因此,城市轨道交通运营系统需要严格的一体化统一调度指挥。调度控制中心就是为此而设置的。

调度控制中心一般设于车辆段里。信号系统、供电系统、环控系统、主机及显示屏等均设于调度控制中心内,其中环控系统包括环境与设备监控系统(building automatic system, BAS)和火灾自动报警系统(fire alarm system, FAS);通信系统及自动售检票(automatic fare collection, AFC)系统一般也设于此。列车运行时由行车调度员、电力调度员、环控调度员等分别执行行车系统、供电系统及环控系统等的调度指挥工作。

#### 1.1.5 管理的严格性

对城市轨道交通运营企业而言,技术管理的核心是规章制度,它是规范人员生产活动的行为准则,各岗位人员只有严格执行规章制度才能使得规模庞大而技术复杂的系统有序、安全、高效地运转;否则,系统运转就会受到阻碍而使其效率降低,甚至会引起事故而造成严重后果。

企业规章制度也是有层次的,如具有“企业宪法”性质的是技术管理规程(简称技规),其规定了城市轨道交通的运营宗旨、企业精神、技术规范、服务要求、管理规则、指挥系统等运营系统的规则及带有规律性的问题,以统领和规范列车运行及客运服务、检修保障系统的生产活动。具有系统性规范性质的有行车组织规则、客运组织规则、调度规则、安全规则、事故处理规则,以及设备、设施的运行检修规则等。这些规则应该在技规原则的指导之下,在各系统设备技术基础上制定,以规范各系统的日常生产活动。此外还有更为具体的、详细的、针对性、操作性更强的有关技术管理方面的制度、工艺、办法等。

一系列的规章制度系统地涵盖了运营系统的每一个技术角落,使得日常的运营和故障的处理均有章可循,从而保证城市轨道交通这一庞大的联动运输机构正常运行,确保“城市动脉”的畅通和社会的发展。

总之,列车运行及客运服务系统、检修保障系统组成了一个整体,是一个联合运输的大系统,要坚持“安全第一,乘客至上”的宗旨。

## 1.2 城市轨道交通系统运营管理模式及其适用性

城市轨道交通系统运营管理模式在世界各国出现了多样化的趋势。由于世界各个城市发展城市轨道交通的历史条件和经营环境不同,便形成了各种各样的城市轨道交通系统运

营管理模式。按资产属性及运营企业性质划分,世界城市轨道交通的运营管理模式主要分为官办官营、官办民营、公私合营和民办私营四种模式,不同的模式具有各自不同的适用范围。

## 1.2.1 官办官营模式

### 1. 无竞争条件下的官办官营模式

(1)无竞争条件下的官办官营模式的特点。在无竞争条件下的官办官营模式下,线路为政府所有,由一家单位独家经营,或两家以上单位按行政区域划分经营范围。运营者由政府指定,政府给予相应的补贴。伦敦、纽约、广州、柏林、巴黎等地铁的运营管理都属于这种模式。

欧美国家多采用无竞争条件下的官办官营的管理模式,主要是因为欧美国家的城市轨道交通系统客流密度比较低,系统很少有赢利的可能性。这些城市一般由非营利性的公共团体代表政府管理城市轨道交通;票价带有极大的福利性,运营收入不能抵偿运营成本,主要靠补助金支持日常开销。

(2)无竞争条件下的官办官营模式案例。美国纽约的地铁系统在纽约大都会运输管理局(New York Metropolitan Transportation Authority, NYMTA)的管理之下。NYMTA 是纽约州政府的下属机构,负责管理纽约市内的公共交通系统。NYMTA 的董事会成员基本上都由纽约州政府指定,其余部分由纽约市市长或郊区各县的官员指定。纽约的城市轨道交通系统的资金补助主要来自市政府、州政府和联邦政府的拨款;运营费用占总拨款的 65%,不足的部分依靠政府补贴,用税收收入来补贴运营所需的资金。

### 2. 有竞争条件下的官办官营模式

(1)有竞争条件下的官办官营模式的特点。在有竞争条件下的官办官营模式下,线路为政府所有,两家或两家以上的运营单位通过招投标方式获得经营权。

有竞争条件下的官办官营是一种带有计划性质的市场竞争。在这种模式下,政府作为业主给企业的补助较为优厚;官办性质的企业不能过分重视赢利,所以票价带有福利性;但是由于这种模式创造了一定的竞争环境,客观上提高了企业的主观能动性。

(2)有竞争条件下的官办官营模式案例。韩国首尔的城市轨道交通系统由政府出资修建,并委托国有企业运营;在同一个城市内有两家以上的城市轨道交通运营企业,它们通过招投标的方式获得新线路的建设及经营权。

首尔地铁现由 9 家公司经营:1 号线至 4 号线由首尔地下铁公社负责运营;而 5 号线至 8 号线由首尔都市铁道公社负责运营;9 号线由首尔地下铁 9 号线株式会社负责运营;机场快线由仁川国际空港铁道株式会社负责运营;新盆唐线由新盆唐线株式会社负责运营;仁川地铁 1 号线由仁川交通公社负责运营;龙仁轻电铁由龙仁轻电铁株式会社负责运营;议政府轻电铁由议政府轻电铁株式会社负责运营;中央线、盆唐线、京义线、京春线、水仁线等由韩国铁道公社负责运营。此外,韩国铁道公社也参与 1 号线、3 号线、4 号线在首尔市外的部分运营工作。

首尔地铁从运输税务系统得到补助金,但每年仍有亏损。燃料税是运输税务系统资金的主要来源。为弥补亏损,市政府不得不注入额外的资金发行债券。地铁系统获得不动产

和注册方面是免税的,也不用上缴公司所得税、城市建设税和营业税。

## 1.2.2 官办半民营、官办民营模式

### 1. 官办半民营模式

(1)官办半民营模式的特点。官办半民营模式的特点是线路为政府所有,由政府股份占主导地位的上市公司经营。

(2)官办半民营模式案例。我国香港地区的地铁运营管理采用官办半民营模式。香港地铁公司是一家上市公司,它的第一大股东为香港特区政府。虽然是市场化运作,但是香港特区政府为地铁公司提供担保,从多个方面干涉地铁公司的经营。因此,香港地铁不能算是完全民营的模式,只能称作半民营。

政府委任有关人员组成香港地铁公司董事局后,让其按商业原则运作,政府主要靠法律手段规范市场主体的行为。2000年以来,香港特区政府又对地铁公司进行股份制改造,让高层主管及员工持股。

### 2. 官办民营模式

(1)官办民营模式的特点。在官办民营模式下,线路为政府所有,由民间股份公司占主导地位的上市公司经营。

(2)官办民营模式案例。新加坡快速城市轨道交通公司(Singapore Mass Rapid Transit Corporation, SMRT)负责新加坡地铁的运营,公司的最大股东为一家私人企业。新加坡国土运输局(Land Transport Authority, LTA)拥有城市轨道交通的所有权和建设权,并承担建设费用。

国土运输局是新加坡城市轨道交通系统的建设者和所有者,同时还是运输规则的制定者,以确保系统的正常运营,并负责养护维修等工作。LTA 通过与 SMRT 签订租借合同授予 SMRT 地铁线路的经营权,并对 SMRT 的运输行为进行约束。

新加坡地铁采用的是把建设和运营分开的管理模式,所有线路都由国土运输局建设完成,建成后交给运营公司使用。其主要特点有如下几个:

- ①地铁作为福利设施,由政府负担建设费用。
- ②淡化运营公司的职能,运营公司无线路的所有权,政府不干涉运营收入,也不对运营开支进行补贴。
- ③运营公司为民营,第一大股东为私人投资公司。
- ④由政府指定运营水平和规则,以保证城市轨道交通的公共福利性质。

## 1.2.3 公私合营模式

(1)公私合营模式的特点。公私合营模式是由多种经济成分构成的模式。在这种模式下,线路归政府和地方公共团体所共有,由政府和地方公共团体共同组织人员经营。

(2)公私合营模式案例。北京地铁 4 号线是一条引入社会资本投资建设,并引入社会运营者运营的轨道线路,同时也是国内第一条以公私合营模式建设的地铁线路。根据京港地铁和北京市政府签订的协议,北京地铁 4 号线工程总投资 153 亿元,其中 70%由北京市政府出资,30%由特许经营公司出资。

北京市政府授予京港地铁有限公司建设、投资运营地铁4号线的特许权,由其负责车辆、信号、通信等主要设备的投资建设任务,并在30年的特许经营期内负责运营和管理。运营期满后,京港地铁将项目设施无偿地移交给北京市政府。

### 1.2.4 民办私营模式

(1)民办私营模式的特点。在民办私营模式下,线路由私人集团投资兴建,由私人集团经营,政府无权干涉私人工作。这种模式能最大限度地激发私人投资者的兴趣,但在票价、线路走向等敏感问题上政府与私人投资者不可避免地会发生冲突,因此政府难以保证城市轨道交通作为公共福利事业的本质。城市轨道交通的投资回收期长,私人投资者要提前做好前几年亏损的情况下偿还贷款利息的心理准备。这种模式会激发私人投资者严格控制建设和运营的成本。

(2)民办私营模式案例。泰国曼谷轻轨的建设和运营由一家私人企业控股的公司——曼谷大众交通系统公共有限公司(Bangkok Mass Transit System Public Company Limited, BTSC)负责。泰国政府通过合同形式对轻轨的建设和运营,以及BTS的股本结构进行约束,如特许经营协议规定票价范围等。

总体而言,西方国家城市的城市轨道交通线路几乎都是归中央政府或所在市市政府所有,由政府机构直接运营或是交给公有性质的企业运营;而东方国家城市的城市轨道交通运营管理模式相对来说就比较复杂。

### 1.2.5 新型运营管理模式

#### 1. BOT 模式

BOT(bulid-operate-transfer)即建造—运营—移交。这种方式最大的特点就是將基础设施的经营权进行有期限的抵押以获得项目融资,或者说是基础设施国有项目民营化。在这种模式下,首先由项目发起人通过投标从委托人手中获取对某个项目的特许权,随后组成项目公司并负责进行项目的融资,组织项目的建设,管理项目的运营,在特许期内通过对项目的开发运营及当地政府给予的其他优惠来回收资金以还贷,并取得合理的利润。特许期结束后,应将项目无偿地移交给政府。在BOT模式下,投资者一般要求政府保证其最低收益率,一旦在特许期内无法达到该标准,政府应给予特别补偿。

#### 2. BT 模式

BT(build-transfer)即建设—移交,是基础设施项目建设领域中采用的一种投资建设模式,是指项目发起人与投资者签订合同,由投资者负责项目的融资、建设,并在规定时限内将竣工后的项目移交项目发起人,项目发起人根据事先签订的回购协议分期向投资者支付项目总投资及确定的回报。

#### 3. TOT 模式

TOT(transfer-operate-transfer)即转让—经营—转让,是一种通过出售现有资产以获得增量资金进行新建项目融资的新型融资方式,在这种模式下,首先私营企业用私人资本或资金购买某项资产的全部或部分产权或经营权,然后购买者对项目进行开发和建设,在约定的

时间内通过对项目经营收回全部投资并取得合理的回报,特许期结束后,将所得到的产权或经营权无偿移交给原所有人。

#### 4. TBT 模式

TBT 就是将 TOT 与 BOT 融资方式组合起来,以 BOT 为主的一种融资模式。在 TBT 模式中,TOT 的实施是辅助性的,采用它主要是为了促成 BOT。TBT 的实施过程如下:政府通过招标将已经运营一段时间的项目和未来若干年的经营权无偿转让给投资人;投资人负责组建项目公司去建设和经营待建项目;项目建成开始经营后,政府从 BOT 项目公司获得与项目经营权等值的收益;按照 TOT 和 BOT 协议,投资人相继将项目经营权归还给政府。实质上,是政府将一个已建项目和一个待建项目打包处理,获得一个逐年增加的协议收入(来自待建项目),最终收回待建项目的所有权益。

#### 5. PPP 模式

一般而言,PPP(public-private-partnerships)模式主要应用于基础设施等公共项目。首先,政府针对具体项目特许新建一家项目公司,并对其提供扶持措施,然后,项目公司负责进行项目的融资和建设,融资来源包括项目资金和贷款;项目建成后,由政府特许企业进行项目的开发和运营,而贷款人除了可以获得项目经营的直接收益外,还可获得通过政府扶持所转化的效益。

### 1.2.6 不同模式的适用性

通过上述分析,可以发现,城市轨道交通的运营管理模式在世界各国呈现出多样化的格局。不同的管理模式是在不同的社会环境下发展起来的,在具体选择时应立足城市实际情况,使设计和选择适应具体城市的管理模式,以有利于城市轨道交通持续、健康、稳定的发展。不同模式均存在自身的优势与不足,但各有自己的适应范围。

(1)强调城市轨道交通福利性质的城市如纽约、新加坡市,政府承担了过多的责任,都存在后续投资困难的危机;选择赢利性的城市如曼谷,难以保证城市轨道交通项目本身的有序发展;而在香港、东京、首尔,城市轨道交通发展已逐渐走上良性循环的道路,城市轨道交通的福利性和营利性得到了较好的融合,基本上能够自给自足,以线养线,政府的角色也在逐渐淡出。

(2)客流量和线路类型是影响城市轨道交通管理模式的重要因素。结合世界主要大城市轨道交通的客流密度进行分析,可以初步得出如下结论:

①当客流密度不大于  $1.5 \text{ 万人}/(\text{km} \cdot \text{d})$  时,城市轨道交通运输缺乏营利所需的必要客流,因此需要在政府的扶持下存活。这种类型的城市轨道交通系统适于采用官办官营的管理模式。

②当客流密度大于  $1.5 \text{ 万人}/(\text{km} \cdot \text{d})$  而不大于  $2.5 \text{ 万人}/(\text{km} \cdot \text{d})$  时,城市轨道交通运输系统基本具备维持运营成本所需的客流且能略有利润,因此可以考虑采用有竞争条件下的官办官营模式、公私合营模式、官办半民营模式。

③当客流密度大于  $2.5 \text{ 万人}/(\text{km} \cdot \text{d})$  时,可采用官办半民营、官办民营模式。

④当城市轨道交通系统的业主(政府)独自承担建设费用,而不从运营收入中抵扣,且客流密度大于  $1 \text{ 万人}/(\text{km} \cdot \text{d})$  时,可尝试采用官办民营模式。

⑤考虑到在市中心地区修建城市轨道交通的成本和物业开发的难度,市中心区城市轨

道交通线路不宜采用私办私营模式,必须有公共资本参与。私办私营模式最好用于市郊铁路。在市郊铁路的条件下,当客流密度超过 $1.7$ 万人/( $\text{km} \cdot \text{d}$ )时就可采用私办私营模式。

### 1.3 城市轨道交通客运组织的概念、特点和原则

城市轨道交通是为乘客出行服务的,因此,做好城市轨道交通客运组织对于安全顺利地运送乘客具有十分重要的作用。

#### 1.3.1 城市轨道交通客运组织的概念

城市轨道交通客运组织是在合理布置客运设备设施的前提下,通过运能及客流调查分析,掌握客流特点及变化规律,从而制定有效的方案,对客流进行分流、引导和控制,保证客流运送安全、有序的工作过程。

客运组织工作是城市轨道交通运营一个十分重要的组成部分,客运服务的质量直接反映了城市轨道交通运营企业的管理水平。客运组织工作必须遵循统一领导、分级管理的原则,控制指挥中心负责全线的客运组织工作,车站的客运组织工作由车站站长或值班站长负责。客运组织工作需建立健全各项工作制度,运营、乘务、维修等部门之间必须密切配合,共同维护好车站秩序,完善服务细节,提升工作效率和服务质量。

#### 1.3.2 城市轨道交通客运组织的特点

城市轨道交通客运组织具有以下三个特点:

- (1) 客运组织服务的对象是市内交通乘客,不办理行李包裹托运服务。
- (2) 全日客流分布在时间上有较为明显的高峰(一般为早、晚高峰)和低谷之分。
- (3) 全年客流分布在时间上按季、月、周、节假日有较大起伏。

#### 1.3.3 城市轨道交通客运组织的原则

城市轨道交通客运组织的原则包括如下几个:

- (1) 合理安排售检票岗位,各种客流流动线简单、明确,尽量减少客流交叉、对流。
- (2) 保证乘客换乘其他交通工具的便利性。
- (3) 完善导向系统,快速分流,减少客流聚集及拥挤现象。
- (4) 满足乘客换乘的方便性、安全性和舒适性等一些基本要求。

### 1.4 城市轨道交通客运组织的管理模式

#### 1.4.1 控制指挥中心的组织架构

控制指挥中心是城市轨道交通系统的核心,负责全线路的调度指挥工作,客运组织及设



施保障部门的运营组织生产工作必须以调度指挥中心的组织计划和组织命令为依据来开展。城市轨道交通系统由控制指挥中心统一指挥,通过各个部门的协调运作,保证列车安全、正点运行。控制指挥中心的组织架构如图 1-1 所示。

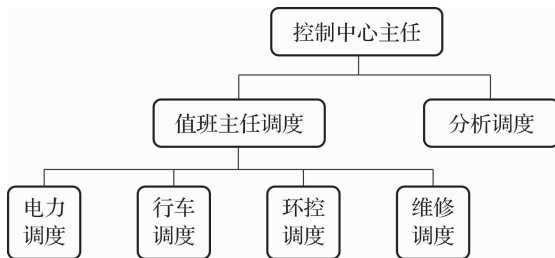


图 1-1 控制指挥中心的组织架构

### 1.4.2 车站管理模式

车站是城市轨道交通系统的重要组成部分,是企业与服务对象的主要联系环节。车站管理的核心任务是安全、迅速、方便地组织客流集散,并做好行车组织工作。随着城市轨道交通车站设备设施的不断发展变化,我国各大城市轨道交通车站的设备设施及岗位设置也不尽相同,各客运岗位的工作职责及作业程序也存在很大差异。一般来说,车站常驻人员有站务运营人员、保安人员、保洁人员、设备维修人员和地铁公安人员等。

城市轨道交通车站以安全、高效地运输乘客为宗旨,车站应该根据行车计划、施工计划及客运组织计划等生产任务的要求建章立制,合理设置岗位及组织排班,并有序安排各岗位员工履行职责,协调运作。城市轨道交通车站通常设置中心站站长、值班站长、值班员(行车、客运)和站务员等岗位。车站管理模式采用值班站长负责制,负责当班期间车站的行车安全、客运服务、票务、环境清洁、事件处理和人员管理等工作。在值班站长的指挥下,各岗位工作人员按照岗位职责和 workflow 开展工作。

除车站的站务工作人员外,城市轨道交通车站通常还有维修、商铺、公安等外单位(部门)驻站人员。车站日常运作以车站运输组织为核心,维修人员、商铺人员、公安人员等应以服务车站运输组织为前提开展工作。车站一般应成立由各个驻站单位(或与车站运作相关单位)参加的站内综合治理小组。综合治理小组的组织工作由站长负责。综合治理小组的主要任务是协调、解决车站的综合治理工作。综合治理小组的成员相互通报相关信息,尤其在重大节假日或大型活动前,车站应将有关运营服务信息及站内客运应急预案通报各单位。发生特殊情况时,由值班站长负责指挥处理,可以调动站内的危险处理人员、商铺人员和公安人员协助处理。

## 1.5 城市轨道交通运营管理工作

城市轨道交通运营企业不但要提供良好的乘车环境,而且要有配套完善的基础设施和保障机制。为了稳定有序地进行运输生产,在城市轨道交通运营过程中要求企业人员合理

分工、信息安全畅通、客源组织有序、运营计划和设备维修养护计划制订周详。城市轨道交通管理的目标就是通过对设施设备、人员、技术、信息进行有效的组织利用与管理,有序完成日常工作,并能根据客流需求变化,及时调整运营策略,获取最佳效能。城市轨道交通运营管理工作包括安全管理、人力资源管理、运营管理、财务管理、信息化管理和乘务管理等。

## 1.5.1 安全管理

### 1. 安全在城市轨道交通中的意义

所谓城市轨道交通安全就是指行车和客运不发生人身伤亡、火灾爆炸、设备设施故障等事故。安全在城市轨道交通中的意义重大。

(1)安全是城市轨道交通运营生产中的头等大事。在运输过程中必须保证运输对象安全无损,安全是运输产品的首要质量特性。因此,运输生产和经营的性质决定了安全是运输生产的头等大事。同理,城市轨道交通的安全也是运营生产的头等大事。

(2)安全是实现效益的保证。从城市轨道交通行业来讲,如果发生事故,不仅企业本身的经济效益会受损,同时企业的形象也会受损,也可以说是使其无形资产受损,由此造成的直接的或间接的经济损失将是很严重的,甚至影响到社会的稳定,所以从某种意义上说,没有安全就没有效益,因此安全是实现效益的保证。

(3)安全管理在有轨交通行业受到普遍重视。新加坡地下铁道设运营部、设备部、财务部、安全部四大部门,从机构的设置可见新加坡对安全工作的重视程度。日本东京地下铁道有专门的安全防灾研究室,北京地铁有安全监察室,上海地铁有运营安全部,安全管理在城市轨道交通行业都有常设机构或部门,名称虽各不相同,但职能大同小异。

### 2. 安全管理的途径

由于安全工作的特殊性和重要地位,必须加强安全工作的管理力度。一般来说,城市轨道交通行业都有专门机构从事安全管理,并且有相应的管理网络,在最高层设安全委员会,由行政最高领导担任委员会主任。例如,北京地铁、上海地铁都是由公司总经理担任委员会主任。

安全管理网络具有一定的层次性,每个层次的安全目标要依靠下一层次的共同努力来达到,层层分解,最后到基层单位、车间、班组,事实上由安全管理网络的形式表现出安全管理的途径是通过行政、经济、教育、法律等手段来实现的。

## 1.5.2 人力资源管理

### 1. 人力资源管理的基本过程

人力资源管理的目的就是吸引、挽留、激励和提高企业所需的人力资源。人力资源管理的过程就是依据这四个目的演化而来的,主要包括以下四个环节:

(1)获得。企业对组织成员进行招聘、选拔与委任。

(2)整合。建立和加强分散的组织机构中的不同层次、不同部门、不同岗位和不同地区的组织成员对组织目的的认识和相应的责任感。

(3)调控。企业通过考核组织成员的工作绩效,做出相应的升迁、降级、解雇等决策。

(4)开发。有针对性地对组织成员进行培养,奠定其日后进一步发展的基础,并指导其今后的发展方向和道路。

人力资源管理是对人力资源的获得、整合、调控、开发进行的综合管理。

## 2. 职位分析

职位分析是人力资源管理过程中的起点和核心。职位分析能确定企业每一个岗位所应有的权力和责任及任职资格,为人力资源的获得明确要求,为激励制定目标,为调控提供标准,为开发提供方向。

(1)职位分析的含义。职位分析是全面了解一项职务工作的活动,是对担任该项职务的人员的工作内容、应负责任,以及任职资格进行研究和描述,最终形成职务说明书的过程。

详细地说,职位分析就是对某种职务从六个方面,即工作内容(what)、工作人员(who)、工作岗位(where)、工作时间(when)、工作方法(how)、工作目标(why)进行调查研究,然后对该职务进行书面描述的过程。

职位分析是企业人力资源管理过程中起核心作用的要素,是人力资源管理工作的基础,只有做好了职务分析工作,才能顺利地进行人力资源管理。因此,职务分析一般应由企业高层领导、典型职务代表、人力资源部门代表、职务分析专家和顾问共同组成工作小组或委员会,协同完成此项任务。

(2)职位说明书实例如下。

### 职位说明书(值班站长)

本说明书适用于地铁车站值班站长。职务范围包括以下几点:

①加强班组管理,检查督促本班员工“两纪一化”(劳动纪律、作业纪律和标准化作业)的执行情况。

②执行分公司的相关规章制度,做到有令必行、有禁必止。

③掌握列车运行情况,安排车站行车组织工作。

④加强票务管理,负责车站的车票、现金安全及票款的解行。

⑤接待乘客的来访来电,做好车站客运服务工作,妥善处理各类服务纠纷。

⑥组织全站员工处理事故,恢复车站正常运作。

⑦负责本班组车站值班员、站务员的岗位实作及技能培训工作。

⑧正确规范填写车站的各类台账资料并及时上报。

⑨做好车站综合治理管理工作,并积极配合和协调各相关部门的关系。

⑩负责车站环控设备、车站计算机(station computer, SC)系统的操作。

⑪负责车站开、关站的工作。

⑫完成上级领导临时交办的工作。

## 1.5.3 运营管理

### 1. 调度指挥管理

调度指挥工作是城市轨道交通系统的核心,它由调度控制中心实施,实行调度集中,统一指挥,使各个环节协调运作,保证列车安全、正点运行。在调度机构内,设有行车调度、电力调度、环控调度、维修调度等调度工种。因国内各地管理模式不同,调度指挥的管理结构

也各不相同。

### 2. 车站管理

车站是城市轨道交通系统的重要组成部分,是企业与服务对象的主要联系环节。车站管理的核心任务是安全、迅速、方便地组织客流集散,并做好行车组织工作。车站管理模式采用值班站长负责制,值班站长负责当班期间车站的行车、客运、票务、卫生等工作。因国内各地管理模式不同,车站管理结构各不相同。

### 3. 票务管理

城市轨道交通运营收入主要是票款收入,做好票务管理工作有利于城市轨道交通发展进入良性循环的轨道。票务管理工作的核心是制定票制、票价和售票管理。城市轨道交通的票制有单一票价制、分段计程票价制和综合票价制。票价制定要根据城市轨道交通运营成本、其他交通方式的票价水平、城市经济发展和市民生活水平等因素综合考虑。售检票方式主要有人工售检票方式和自动售检票方式。人工售检票方式设备投资少,但需要较多人员。随着经济和技术的发展,越来越多的城市轨道交通采用了自动售检票系统。它不仅方便乘客、减少运营人员和运营成本,而且对客流组织、收入审核、决策分析起着重要作用。它已成为现代化城市轨道交通的一个标志。

### 4. 运营设备维修管理

运营设备维修管理是运营管理的重要组成部分。它的任务是保证各项设备系统以良好的状态投入运营。只有提高系统的可靠性,减少故障发生,保证运行畅通,才能充分发挥城市轨道交通安全、快捷的优越性。

(1)设备维修方式。设备维修方式是制定设备维修管理方法的基础。设备维修一般有全部外协、全部自修和部分外协三种方式。全部外协是指将设备系统所有级别修程的维护、检修委托给一个有经验的企业进行,自己只负责管理协调和监督。全部自修是指运营公司设置独立且较为完整的设备维修设施,所有设备维修任务均自行完成。部分外协是指将部分通用的设备委托给专业维修企业或制造厂进行维修和保养,或将设备系统较高等级的修程委托给专业企业进行;自己则建立一支精练的维修队伍,主要负责日常养护维修工作和解决临时性应急抢修工作。

(2)管理工作的开展。由于运营设备管理工作具有阶段性特征,在城市轨道交通设计过程中就要进行前期管理,这个阶段的主要内容包括设备的功能、操作方式、安装和维护要求等。因此,城市轨道交通运营管理部门的工作要向建设管理渗透,在工程建设的同时充分考虑运营管理的要求,以便为今后的运营管理打下良好的基础。

## 1.5.4 财务管理

城市轨道交通运营企业由于其特有的公益性,在资金筹集、票价制定、投资决策等方面受到一定的限制,不能以企业价值最大化为决策的主要依据。因此,城市轨道交通运营企业需要通过加强内部的财务管理来提高自身的生存和获利能力,使企业得以发展。其财务管理工作主要有以下几个基本内容。

### 1. 筹集资金的管理

为了组织企业的生产运营,首先必须筹集一定的资金,垫支于生产过程。资金的垫支持

点决定了筹集资金是企业财务活动的第一环节,是财务管理的首要内容。

### 2. 分配、运用和调度资金的管理

只有将资金实际运用到企业生产运营过程中去,城市轨道交通运营企业从外部筹集到的资金才能发挥其作用。然而,企业所筹集的资金,必须经过适当的分配,才能运用于生产过程的各个方面。

### 3. 资金补偿的管理

开始补偿资金的管理工作包括两方面:一是努力控制生产运营支出,节约资金,降低消耗水平,从而降低运营成本;二是要保证消耗的资金得到及时足额的补偿。前者的目的是提高所得与所费的比率,后者的目的是实现资金的正常良性循环。

### 4. 积累与集中资金的管理

对于企业在一定时期内实现的利润总额,首先应按税法计算和缴纳所得税,或上缴利润;再将扣除了应缴所得税或应缴利润后的净利润在企业内部进行分配。企业应该根据企业发展的需要和股利政策,来组织资金的积累,增加企业的自有资金。此外,企业为了加快发展速度,还应该适时地从外部集中资金。

## 1.5.5 信息化管理

### 1. 信息化管理的内容

城市轨道交通作为现代化交通行业,其车辆、通信、信号、票务等系统均有自己独立的计算机控制和管理系统。建立有效的网络信息系统,开发和利用网络信息资源,充分发挥各自系统的优点,有利于更好地进行企业管理,树立良好的企业形象,为企业带来巨大的经济效益。信息化管理的主要内容如下:

- (1)建立企业内部网,制订企业信息发布的计划和策略。
- (2)组织企业的信息资源,确立发布的信息资源结构。
- (3)建立企业信息基础设施。
- (4)建立信息资源管理标准,搞好信息组织工作。
- (5)按信息资源管理标准开发企业集成信息系统。

### 2. 信息资源与运营管理

信息资源管理的功能就是协调和控制信息的运动,以信息活动中的各要素(包括信息、设备、机构、技术、人员、资金、体制等)作为管理对象,以保证信息资源的合理运行,使有效信息被人们最大限度地利用。

## 1.5.6 乘务管理

### 1. 乘务管理的重要意义

城市轨道交通列车乘务员指的是电动列车驾驶员,他们处于城市轨道交通运营的第一线,肩负着行车安全的主要责任。因此,如何合理安排乘务员的作息时间、制定值乘方案、分配人员、进行教育培训及安全监督显得尤为重要。这些管理制度和措施的制定不仅要与实

际运营相结合,而且要有一定的科学依据做保障,做到在人员精简、高效的同时,还要确保运营的安全。

## 2. 乘务员值乘方式

(1)包乘制。包乘制是指列车的值乘乘务员固定,由若干个乘务员包乘包管。包乘制的特点如下:

- ①驾驶员对自己包乘列车的车况、性能比较了解,有利于驾驶员对列车的保养及维护。
- ②驾驶员与列车相对固定,便于管理和监督。
- ③要求运营列车相对固定,不宜频繁更换。
- ④作业人员增加,驾驶员配备比轮乘制多。
- ⑤对运营列车运行表的编排要有计划、有规律,备车和计划修车调配要求合理。

(2)轮乘制。轮乘制是指列车的值乘乘务员不固定,由各个乘务员轮流值乘。轮乘制的特点如下:

- ①驾驶员配置人数可减到最少。
- ②驾驶员值乘时一人工作,对驾驶员的要求较高。
- ③不利于列车保养,值乘人员对列车性能不熟悉,需制定措施强化值乘要求。

国内地铁目前常用的值乘方式基本上是轮乘制,目的是精简人员,提高效率。随着城市轨道交通的进一步发展,自动化程度的不断提升,更科学、更合理的值乘方式将不断出现。由于每条运营线路条件不同,所以电动列车驾驶员值乘方法可根据自己的实际情况进行调整设置。

## 3. 乘务员应具备的基本素质

乘务员应具备的基本素质如下:

(1)身体素质。由于乘务员为行车工作的一线工作人员,因此对其体力和脑力要求较高。要求乘务员裸眼视力在 1.2 以上,无色弱、色盲等视力症状,且无高血压、心脏病等易突发的疾病,并有相应的身高要求。

(2)技能素质。乘务员上岗前须经过专业培训,掌握基本行车规则、行车设备的基本知识、车辆构造、列车驾驶员操作方法、常见列车故障排除方法等技能,而且能在实际列车驾驶过程中合理运用,以保证行车安全。

(3)职业道德素质。列车运行的目的是安全、便捷、准点、舒适地运送乘客,因此要求乘务员具备高尚的职业道德修养,养成良好的驾驶习惯、文明的操作方式,达到“安全第一,服务至上”的职业要求。

## 4. 乘务员的培训与考核

电动列车乘务员是专业性强、技能要求高的工种,因此其培训要求也相当严格,乘务员的等级培训和考核方式如下:

(1)等级培训。各地对城市轨道交通列车乘务员有相应的等级要求,如上海市劳动局对城市轨道交通列车乘务员制定了初级、中级、高级三个不同的等级要求,每个等级都有其相应的培训要求。

①初级。通过初级培训学习,使学员了解电动列车车辆的基本构造,掌握行车安全知识和操作技能,并具有对相关电动列车车型的日常检查及简单故障的判断和排除能力,达到能

独立驾驶电动列车的要求。此等级是乘务员入门级培训,重点强化对车辆、行车规则及车辆基本操作的培训,而且需要一定的实际操作时间,让乘务员积累感性知识。初级培训周期较长,一般需 1 000 课时。

②中级。通过中级培训学习,使学员在城市轨道交通运营理论上有所提高,具有一定电动列车车辆故障判断及应急处理能力,能解决运行中的大部分问题,并且具有带教电动列车实习驾驶员的能力。

③高级。通过培训,使学员对车辆的机械结构、电气原理有进一步了解,有一定判断和处理车辆疑难故障的能力。另外,能较全面地掌握行车理论知识,且有能力制定一般列车运用及乘务管理的方案。

(2)考核方式。各类等级培训结束后都需进行考核,考核合格后方能取得相应等级资格。考核主要分两大类:一类是理论考核,以书面形式进行,内容包括车辆专业知识、技术规程和行业规程、列车驾驶安全等内容;另一类是实际操作考核,内容包括驾驶技术、规范操作、故障处理等。考核时设立专门机构对试卷及考题进行审核,并指派专业人员实施监考。



### 项目实施

(1)根据给定的城市轨道交通运营管理的基本资料,分析其运营管理模式并指出其优缺点。

实施:

①教师给定相关背景资料,如不同地铁运营公司运营管理的背景资料。

②学生根据所学理论知识及教师提供的背景资料,分析其运营管理模式及其优缺点,并提出相关改进措施。

(2)根据城市轨道交通运营企业的基本运营经济状况资料,分析其运营经济状况,并提出改进措施。

实施:

①学生自主收集不同城市轨道交通运营企业的运营经济状况资料,如总收入、收入构成、政府补贴等。

②学生根据所学理论知识及背景资料,分析不同城市轨道交通运营企业的运营经济状况,并提出相关改进措施。



### 拓展与提高

通过网络或其他途径了解国内外城市轨道交通运营企业运营管理的相关信息,思考并比较国内与国外城市轨道交通运营企业运营管理状况的异同点。



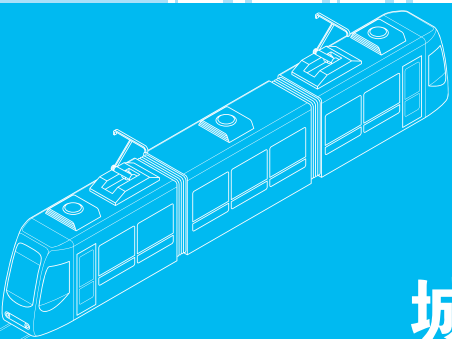
### 实践训练

组织学生去城市轨道交通运营企业进行现场参观与学习,并请企业管理人员讲解城市轨道交通运营管理的主要内容、组织结构等。

 学习检测

- (1)描述城市轨道交通系统不同的运营管理模式的特点,并列举代表城市。
- (2)简述城市轨道交通客运组织的概念。
- (3)简述城市轨道交通客运组织的特点和原则。
- (4)简述城市轨道交通客运组织的管理模式。
- (5)试述不同乘务员值乘方式的特点及其适用条件。





项目

2

## 城市轨道交通客流组织



### 项目任务

- 掌握客流的基本概念及不同的客流量概念。
- 简要说明影响客流的因素。
- 简要说明客流调查的基本内容。
- 描述客流预测模式。
- 能够分析客流在时间与空间上的分布特征。
- 能够根据实际情况提出换乘客流组织办法。



### 项目准备

国内外城市轨道交通运营企业客流调查、客流预测的相关案例，国内外城市轨道交通运营企业的客流资料等。

## 2.1 客流概述

客流是规划轨道交通线网及线路走向、选择轨道交通制式及车辆类型、安排轨道交通项目建设顺序、设计车站规模和确定车站设备容量、进行项目经济评价的依据,也是轨道交通安排运力、编制列车开行计划、组织日常行车和分析运营效果的基础。

### 2.1.1 客流的基础知识

#### 1. 客流的定义

客流指在单位时间内轨道交通线路上乘客流动人数和流动方向的总和。客流的定义既表明了乘客在空间上的位移及数量,又强调了这种位移带有方向性和具有起讫位置。客流可以是预测客流,也可以是实际客流。

#### 2. 客流的分类

根据不同的分类方法可将客流分为不同的类型。

(1)根据客流的时间分布特征,客流可分为全日客流、全日分时客流和高峰小时客流。

①全日客流。全日客流是指全日的总客流。

②全日分时客流。全日分时客流是指全日各小时的客流。

③高峰小时客流。高峰小时客流是指以小时为时间单位计算的高峰小时的客流。

(2)根据客流的分布特征,客流可分为断面客流与车站客流。

①断面客流。断面客流是指通过轨道交通线路各区间的客流。

②车站客流。车站客流是指在轨道交通车站上下车和换乘的客流。

(3)根据客流的来源,客流可分为基本客流、转移客流和诱增客流。

①基本客流。基本客流是指轨道交通线路既有客流加上按正常增长率增加的客流。

②转移客流。转移客流是指由于轨道交通具有快速、准时、舒适等优点,使原来经由常规公交和自行车出行转移到经由轨道交通出行的这部分客流。

③诱增客流。诱增客流是指轨道交通线路投入运营后,促进沿线土地开发、住宅区形成规模、商业活动繁荣所诱发的新增客流。

#### 3. 不同的客流量概念

(1)断面客流量。在单位时间内,通过轨道交通线路某一地点的客流量称为断面客流量。这里,单位时间通常是1 h或全日。显然,通过某一断面的客流量就是通过该断面所在区间的客流量。

断面客流量分为上行断面客流量和下行断面客流量,计算公式为

$$P_{i+1} = P_i - P_d + P_u \quad (2-1)$$

式中, $P_{i+1}$ 为第*i*+1个断面的客流量(人); $P_i$ 为第*i*个断面的客流量(人); $P_d$ 为在车站下车的人数(人); $P_u$ 为在车站上车的人数(人)。

(2)最大断面客流量。在单位时间内,通过轨道交通线路各个断面的客流量一般是不相等的,其中的峰值称为最大断面客流量。轨道交通线路上行、下行方向的最大断面客流量不

一定在同一个断面上。

(3)高峰小时最大断面客流量。在以小时为时间单位计算断面客流量的情况下,全日分时最大断面客流量一般是不相等的,其中的峰值称为高峰小时最大断面客流量。轨道交通的高峰小时一般出现在早晨和傍晚,分别称为早高峰小时和晚高峰小时。

高峰小时最大断面客流量是确定是否需要修建轨道交通、修建何种类型轨道交通,确定车辆型式、列车编组、行车密度、车辆配置数和站台长度等的基本依据。

(4)车站客流量。车站客流量包括全日、高峰小时和超高峰期在轨道交通车站上下车和换乘的客流量,以及经由不同出入口、收费区的进出站的客流量和不同方向的换乘客流量。超高峰期是指在高峰小时内一个15~20 min的上下车客流特别集中的时间段。

车站高峰小时和超高峰期客流量决定了车站设计规模,是确定站台、售检票设备、自动扶梯、楼梯、通道、出入口等车站设备容量或能力的基本依据,如站台宽度、售检票机数量、楼梯与通道宽度等。

#### 4. 客运需求与客流

需求是指人们对于某种物质或精神目标获得满足的愿望,在经济学意义上,对商品和服务的需求受到社会经济条件的制约,必须建立在有购买能力的基础上。城市客运需求是指人们在城市中实现位移的愿望,同样,它也应是建立在有能力支付交通服务价格的基础上的。因此,客运需求是位移需要和购买能力的统一。如果说客运需求是潜在的客流,那么客流就是实现了的客运需求。

客运需求具有以下四个特性:

(1)广泛性。与其他商品和服务的需求相比较,客运需求是一种广泛性的需求,城市的各项功能活动都不可能离开它而独立存在。

(2)派生性。客运需求是一种派生性需求,因为在绝大多数情况下,乘客实现位移的目的往往不是位移的本身,而是通过空间位移的完成来满足工作、生活或娱乐方面的需求。正是由于客运需求是一种非本源性的需求,这就决定了部分客运需求的满足在空间和时间上的弹性,以及可以被部分替代的特点,如乘客可以选择迂回路径或避开交通高峰期,现代通信手段的发展减少了城市中人员的流动等。

(3)时间性。客运需求在一周内的工作日和双休日、一天内的各个小时有规律地变化,客运需求的这种时间特性是城市公共交通系统规划设计和运输组织的基本依据之一。

(4)空间性。客运需求的空间性是指潜在的客流在方向上、线路上、车站间分布不均衡。这种不均衡主要是由城市各区域的土地使用和功能活动不同决定的。但城市交通网的布局、线路通过能力、交通服务价格与质量也是构成城市中的出行在空间分布上不均衡的原因。

### 2.1.2 影响客流的因素

影响客流的因素包括经济的和非经济的两方面因素,概括起来主要有土地利用、人口规模、客运服务及替代服务的价格与质量、轨道交通服务水平、政府的交通运输政策、交通网的规模与布局、私人交通工具的拥有量等。

#### 1. 土地利用

土地利用因素主要包括以下几个方面:

(1)土地的用途。其中涉及城市各区域功能的定位。

(2)在土地上建造的建筑类型。其中涉及在土地上进行的社会经济活动类型。

(3)土地的利用状况。其中涉及在土地上进行的社会经济活动的强度,如人口、就业、物产等。

土地利用与客流的关系是源与流的关系,城市各区域功能的定位决定了出行活动及出行流量、流向。此外,土地利用规划对城市布局发展模式有着重要的影响,在城市由单中心布局发展到单中心加卫星城镇布局,又进一步发展到多中心布局的过程中,通常伴随着客流的大幅增长。2000年,北京地铁有两条线路,客流年增长幅度并不大,当时日均客流量为120万人次。到2008年后,随着6条新线路的开通,沿线土地开发强度的增强,新市民纷纷迁入新建成的住宅区,商业、餐饮业也发展起来,日均客流量也随之快速增长。2008年的日均客流量为333万人次,2009年的日均客流量为390万人次。2014年,北京地铁公司所辖15条线路的日均客流量达790多万人次。截至2020年12月,北京市轨道交通路网运营线路总里程799.1 km,车站382座。2020年,北京市轨道交通年乘客量达到22.9亿人次,日均客流量为626.9万人次。

### 2. 人口规模

城市中的出行量与人口规模、出行率之间存在密切的关系,因此除了分析常住人口、暂住人口和流动人口的数量外,还应分析人口的年龄、职业、出行目的、居住区域等特征。根据出行调查资料,不同人群的出行率存在差异,一般规律是:常住人口中,中青年人群的出行率高于幼年与老年人群的出行率,上班、上学人群的出行率高于退休人群的出行率,市区人口的出行率高于郊区人口的出行率;暂住人口、流动人口中,旅游人群的出行率高于民工人群的出行率;流动人口的出行率高于常住人口的出行率等。

### 3. 客运服务及替代服务的价格与质量

票价是影响客流的重要因素,但票价对客流的影响与收入水平对客流的影响是综合产生作用的。票价与收入有四种可能的组合,其中低收入、高票价对客流的吸引最不利。市民的消费能力与收入水平直接相关,轨道交通的客源主要来自中、低收入人群,而中、低收入人群对票价的变动比较敏感,当轨道交通票价支出占收入水平的比例较大时,选择轨道交通方式出行的客流就会下降。

北京在2014年12月28日实施新地铁票价后,地铁客流量出现了下降现象。其中,2015年首个工作周的1月5日、6日,地铁全网每日截至20时的客流进、出站量分别为796万人次、833万人次,相比未调价前2014年12月22日、23日同期时间的949万人次、1001万人次,分别下降了153万人次、168万人次,降幅为16%左右。

在分析票价对客流的影响时,还应注意到乘客会权衡各种出行方式的票价高低及性价比来选择出行方式。在收入水平一定的情况下,只有在轨道交通的性价比高于其他出行方式或替代服务的性价比时,轨道交通才具有吸引客流的优势。

### 4. 轨道交通服务水平

评价轨道交通服务水平的指标主要有列车频率、运送速度、列车正点率、舒适便利和乘客安全等。在收入水平逐渐提高、可选择出行方式增多的情况下,服务水平成为市民选择出

行方式时主要考虑的因素。因此,服务水平是影响客流及潜在客运需求的关键因素。

### 5. 政府的交通运输政策

大城市确立以公共交通为主、个体交通为辅的交通运输政策,优先发展公共交通、大力发展轨道交通、控制自行车与私人汽车的发展,对引导市民利用公共交通与轨道交通出行有重要意义。而要实现这一交通运输政策,首先是加快公共交通设施的建设,如提高轨道交通线网的密度、建成大型换乘枢纽等;其次是优化现有交通资源的利用,如完善轨道交通与常规公交、自行车、私人汽车的衔接换乘,减少与轨道交通线路走向重复的常规公交线路等。

### 6. 交通网的规模与布局

多层次的轨道交通线网、合理的线路布局及走向和功能完善的换乘枢纽对实现城市中心区 45 min 交通圈、增大轨道交通对出行者的吸引力、提高轨道交通在公共交通中的运量分担比例具有重要的作用。此外,从土地利用与运输系统互动、运输需求与运输供给互动的角度,国外学者提出了通过建设交通运输走廊来推动车站周边地区土地开发利用的交通导向开发(transit-oriented development, TOD)规划模式。由于轨道交通具有运能大、速度快、能源消耗少和空气污染低的优势,TOD 规划模式在轨道交通建设领域得到了较多应用。国外的研究发现,根据车站附近地区的土地利用情况不同,TOD 规划模式可降低小汽车车流量 5%~20%,而轨道交通的客流则相应增加。

### 7. 私人交通工具的拥有量

在客运需求一定的情况下,利用私人交通工具出行的人数越多,则通过公共交通出行的人数就越少。长期以来,国内大城市的自行车出行比例达到 50%~60%,其原因一方面与出行距离较短有关,另一方面也与公共交通服务水平较低有关。大量的自行车与机动车争抢道路,加剧了道路交通的紧张局面。2020年2月28日,国家统计局发布2019年国民经济和社会发展统计公报。数据显示,2019年年末,全国民用汽车保有量为26150万辆(包括三轮汽车和低速货车762万辆),比上年年末增加2122万辆,其中私人汽车保有量为22635万辆,增加1905万辆。民用轿车保有量为14644万辆,增加1193万辆,其中私人轿车保有量为13701万辆,增加1112万辆。私人汽车拥有量的快速增长使道路交通因拥挤而处于行车难的状态。在发展个体交通还是发展公共交通的问题上,国外的经验教训值得思考。西方国家大城市过去曾经对私人汽车的发展不加控制,结果在破坏城市生态环境的同时,出现了严重的道路拥挤和出行难问题,最后不得不又转向发展公共交通和轨道交通。因此,从优化出行方式结构、提高公共交通的客运比例出发,应有序控制自行车与私人汽车的发展。作为一种辅助出行方式,短距离自行车出行仍会大量存在,但长距离自行车出行则应引导到公共交通出行上来。在出行的快捷、方便和舒适方面,私人汽车出行无疑要优于公共交通出行,但私人汽车的发展应考虑是否适应道路网能力,不能以降低大部分市民的快捷、方便和舒适为代价。对私人汽车的使用应通过经济杠杆进行适度控制,鼓励并创造条件让私人汽车使用者以停车-换乘方式进入城市中心区。

## 2.2 客流调查与预测

### 2.2.1 客流调查

为了掌握客流现状与变化规律,必须经常进行各种形式的客流调查,因此客流调查是城市轨道交通日常运营活动的组成部分。

客流调查涉及调查内容、地点和时间的确定,调查表格的设计,调查设备的选用和调查方式的选择,以及调查资料的汇总整理、指标计算和结果分析等多方面问题。

#### 1. 客流调查的种类

(1)全面客流调查。全面客流调查是对全线客流的综合调查,通常也包含了乘客情况抽样调查。这种类型的客流调查时间长、工作量大、需要配备较多的调查人员。但通过调查及对调查资料进行整理和统计分析,能对客流现状及变化规律有全面清晰的了解。

全面客流调查有随车调查和站点调查两种调查方式。随车调查是在列车车门处对运营时间内所有上下车乘客进行写实调查;站点调查是在车站检票口对运营时间内所有进出站乘客进行写实调查。轨道交通全面客流调查基本上都是采用站点调查。

全面客流调查一般应连续进行两三天,在运营时间内,调查全线各站所有乘客的下车地点和票种情况,并将调查资料以 5 min 或 15 min 为间隔分组记录下来。

(2)乘客情况抽样调查。抽样调查是用样本来近似地代替总体,这样做有利于减少客流调查的人力、物力和时间。乘客情况抽样调查通常采用问卷方式进行,调查的内容主要包括乘客构成情况调查和乘客乘车情况调查两方面。

①乘客构成情况调查。乘客构成情况调查一般在车站进行。调查内容包括年龄、性别、职业、家庭住址和出行目的等。该项调查的时间可选择在客流比较正常的运营时间段。

②乘客乘车情况调查。乘客乘车情况调查的安排根据调查对象及调查内容的不同而不同。调查内容除年龄、性别和职业外,还可包括家庭住址和家庭收入、日均乘车次数、上车站和下车站、到达车站的方式和所需时间、下车后到达目的地的方式和所需时间、乘坐轨道交通列车后节省的出行时间,以及对现行票价的认同等。

(3)断面客流调查。断面客流调查是一种经常性的客流抽样调查,根据需要,可选择一个或几个断面进行调查,一般是对最大客流断面进行调查,调查人员用直接观察法调查车辆内的乘客人数。

(4)节假日客流调查。节假日客流调查是一种专题性客流调查,重点对春节、元旦、国庆节、双休日和若干民间节日期间的客流进行调查。

节假日客流调查的内容包括机关、学校、企业等单位的休假安排,城市旅游业、娱乐业的发展程度,市民生活方式的变化等。该项调查一般是通过问卷方式进行。

#### 2. 客流调查统计指标

客流调查结束后,应对客流调查资料进行认真汇总整理,列成表格或绘成图表,计算各

项指标,并将它们与设计(预测)数据或历年调查数据进行比较,分析数据增减的比例及原因。轨道交通全面客流调查后应计算的主要指标如下:

(1)乘客人数。乘客人数包括分时与全日各站上下车人数、分时与全日各站换乘人数、各站与全线高峰小时乘客人数、各站与全线全日乘客人数、高峰小时乘客人数占全日乘客人数的比例。

(2)断面客流量。断面客流量包括分时与全日各断面客流量、分时与全日最大断面客流量、高峰小时最大断面客流量。

(3)乘坐站数与平均乘距。乘坐站数与平均乘距包括本线乘客乘坐不同站数的人数及所占百分比、跨线乘客乘坐不同站数的人数及所占百分比、平均乘车距离。

(4)乘客构成。乘客构成包括全线持不同票种乘客人数及所占百分比,不同车站按年龄、家庭住址和出行目的等统计的乘客人数及所占百分比,不同车站按三次吸引统计的乘客人数及所占百分比,从不同距离以三种方式到达车站的乘客人数及所占百分比,需不同时间以三种方式到达车站的乘客人数及所占百分比。

(5)车辆运用。车辆运用指标包括客车千米、客位千米、乘客密度、客车满载率和断面满载率。

## 2.2.2 客流预测

### 1. 客流预测模式

(1)非基于出行分布的客流预测模式。将相关公交线路和自行车出行的现状客流向轨道交通线路转移,得到虚拟的轨道交通基年客流。然后根据相关公交线路的客流增长规律确定轨道交通客流的增长率,并据此推算轨道交通的远期客流。这种客流预测模式又称为趋势外推客流预测模式。北京市的复兴门—八王坟(北京地铁1号线东段)地铁线路、上海市的上海南站—上海火车站地铁线路客流预测采用了此种预测模式。

趋势外推客流预测模式能较好地反映近期客流量的增长情况,但由于未考虑土地利用形态等客流影响因素,远期客流预测结果的精度较低,并且在预见未来出行分布变化上可靠性较差。该客流预测模式操作简单,常用于其他模式预测后的比较验证,或作为定性分析的辅助手段。

(2)基于出行分布的客流预测模式。以市民出行交通起讫点调查(origin-destination survey, OD调查)为基础,得到现状全方式出行分布,在此基础上预测规划年度的全方式出行分布,然后通过方式划分得到轨道交通的站间OD客流。这种客流预测模式包括出行生成、出行分布、方式划分与出行分配四个阶段,因此又称为四阶段客流预测模式或方法。上海市的轨道交通3号线、南京市的地铁南北线一期工程客流预测采用了此种预测模式。

四阶段客流预测模式以现状OD调查为基础,结合未来城市发展及土地利用规划预测,因此客流预测结果的精度较高。该客流预测模式对于基础数据的要求较高、操作复杂。此外,在城市发展未能按规划实现时,预测的客流分布就会存在较大的差异。近年来,国内许多城市的轨道交通客流预测采用了四阶段客流预测模式。但在实践过程中,各个建设项目在方式划分阶段的位置、预测模型及参数标定,以及交通规划软件选用等方面存在不同的

情形。

(3)三次吸引客流预测模式。三次吸引客流预测模式认为,可以确定一个轨道交通车站对客流的吸引范围,车站吸引范围是一个以车站为圆心,以合理的到达车站时间或到达车站距离为半径的圆形区域。在分析车站吸引范围内的土地利用性质,以及确定合理步行区与接运交通区的基础上,可以预测通过步行、自行车和常规公交三种方式到站乘车的人次,它们分别称为一次吸引客流、二次吸引客流和三次吸引客流,并在车站客流量的基础上进一步推算线路的断面客流量。西安市的轨道交通可行性研究项目中采用了此种客流预测模式。

采用该客流预测模式,需要确定轨道交通车站客流吸引范围。根据莫斯科地铁的一项研究,在中间站到站乘客总数中,步行到站乘客约占 58%,利用接运交通到站乘客约占 42%。因此,确定车站客流吸引范围主要是确定一次吸引的合理步行区与三次吸引的合理接运区。研究认为:到达轨道交通车站的合理步行区应是以车站为圆心、半径为 600~800 m 的区域;到达轨道交通车站的合理接运区应是以车站为圆心、半径为 2 500~3 000 m 的区域。在有快速公交线路接运的情况下,合理接运区半径可以超过 3 000 m。此外,研究还指出,轨道交通终点站的合理接运区半径一般要比平均值大 30%~50%,在终点站上车的乘客中,利用接运交通到站乘客的比例较高,达到 55%。

## 2. 四阶段客流预测的流程

四阶段客流预测的一般流程如图 2-1 所示,在实际应用中,还存在只有三个步骤的情形。

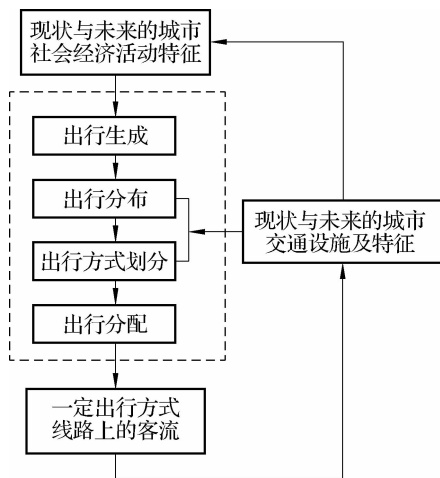


图 2-1 四阶段客流预测的一般流程

(1)出行生成。出行生成阶段的工作是预测每一交通小区的出行生成量和出行吸引量。出行生成预测的基础资料是城市的远景人口和就业岗位数等预测数据,而这些数据又需根据远景土地利用规划得出。土地利用规划规定了土地的居住、工业和商业等用途,决定了各种用地上发生的社会经济活动的强度。根据土地利用规划,可以把交通规划的区域划分成许多交通小区,如图 2-2 所示(图中数字为各交通小区的编号)。在已知各交通小区的居住人口数、就业岗位数,以及家庭人口、收入和私人交通工具拥有数量特征等数据的基础上,来预测各个交通小区的出行生成量和出行吸引量。



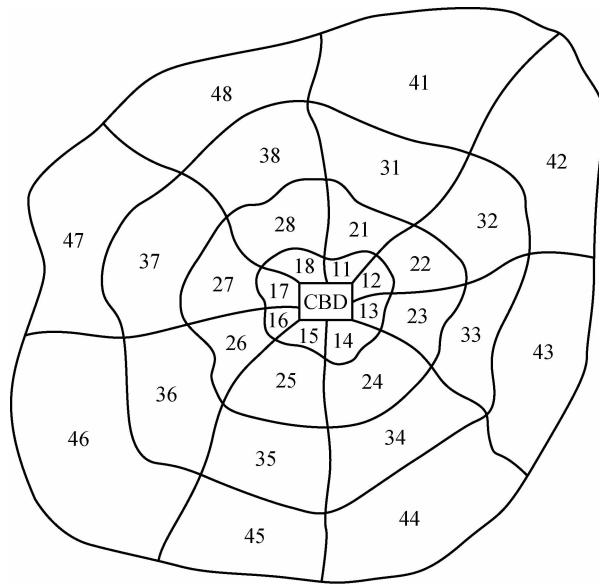


图 2-2 交通小区及其结构

(2) 出行分布。出行分布阶段的工作是预测各交通小区出行生成量的去向和出行吸引力的来源,即各交通小区间的出行生成与吸引分布。出行分布可用 OD 矩阵表来表示,见表 2-1。

表 2-1 出行分布 OD 矩阵表

OD	1	2	...	$j$	...	$n$	合 计
1	$T_{11}$	$T_{12}$	...	$T_{1j}$	...	$T_{1n}$	$O_1$
2	$T_{21}$	$T_{22}$	...	$T_{2j}$	...	$T_{2n}$	$O_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$i$	$T_{i1}$	$T_{i2}$	...	$T_{ij}$	...	$T_{in}$	$O_i$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$n$	$T_{n1}$	$T_{n2}$	...	$T_{nj}$	...	$T_{nn}$	$O_n$
合 计	$D_1$	$D_2$	...	$D_j$	...	$D_n$	$T$

注 1:  $T_{ij}$  表示从第  $i$  个交通小区出发到达第  $j$  个交通小区的客流量。

注 2:  $O_i$  表示从第  $i$  个交通小区出发的所有客流量,  $D_j$  表示到达第  $j$  个交通小区的所有客流量。

(3) 出行方式划分。出行方式划分阶段的工作是确定轨道交通、常规公交、自行车、步行、出租汽车和私人汽车等各种出行方式承担的交通小区间 OD 出行量的比例。

出行方式划分预测的基本思路为预测出行者对各种出行方式的选择率,用选择率乘以交通小区的出行生成量、吸引力或者交通小区间的 OD 出行量得到各种出行方式的运量分担比例。影响出行方式选择的因素主要有以下几个:

① 出行者的特性。如年龄、职业、收入水平、居住位置、私人交通工具拥有状况等。

②出行的特性。如出行目的、出行距离、出行时间限制、出行时段、对舒适与安全的考虑等。

③交通系统的特性。如票价、运送时间、运输能力、停车设施、服务水平(准时、安全、舒适、便利)等。

(4)出行分配。出行分配阶段的工作是将 OD 出行量按一定的规则分配到交通网中的各条线路上去。城市轨道交通网中的某个 OD 对间通常会有若干条线路,并且各个 OD 对间的线路存在部分路段重叠的情形,在 OD 出行量较小时,按最短路径进行出行分配通常是可行的,但在 OD 出行量较大时,仍按最短路径分配则会出现因部分线路或路段的能力限制而导致交通拥挤的现象发生。

## 2.3 客流分析

城市轨道交通的客流是动态流,它的分布与变化因时因地而不同,但这种不同归根结底是城市社会经济活动与生活方式,以及轨道交通本身特征的反映,因此客流的分布与变化是有规律的。对客流的分布特征与动态变化进行实时跟踪和系统分析,掌握客流的现状与变化规律,有助于经济合理地进行线网规划、运力安排与设备配置,对搞好日常行车组织与运营管理工作具有重要意义。客流分析的重点是客流在时间与空间上的分布特征、动态变化规律,以及它们与行车组织、能力配备的关系。

### 2.3.1 客流的时间分布特征分析

#### 1. 一日内小时客流分布特征

轨道交通一日内小时客流随人们的生活节奏和出行特点而变化。其通常是夜间少,早晨渐增,上班和上学时达到高峰,午间稍减,傍晚下班和放学时又是高峰,此后又逐渐减少,午夜最少。因此,轨道交通一日内小时客流通常是双峰型,这种规律在国内外的轨道交通线路上几乎都是一样的,只是程度不同而已。反映轨道交通线路分时客流不均衡程度的系数可按式(2-2)计算。

$$a_1 = \frac{P_{\max}}{\sum_{i=1}^H P_i / H} \quad (2-2)$$

式中, $a_1$  为单向分时客流不均衡系数; $P_{\max}$  为单向高峰小时最大断面客流量(人); $P_i$  为单向分时最大断面客流量(人); $H$  为全日营业小时数(个)。

单向分时客流不均衡系数值恒大于 1。 $a_1$  值趋近于 1 表明分时客流分布比较均衡, $a_1$  值越大表明分时客流分布越不均衡。当  $a_1 \geq 2$  时,表明分时客流的不均衡程度比较大。位于市区范围内的地铁、轻轨线路的  $a_1$  值通常为 2 左右,而通往远郊区市域轨道交通线路的  $a_1$  值通常大于 3。

在一日内小时客流不均衡程度较大的情况下,为实现运营组织的经济合理性,可考虑采

用小编组、高密度列车开行方案。小编组、高密度与大编组、低密度两种列车开行方案的分时列车运能不变,但在客流低谷时段,小编组、高密度列车开行方案具有既能提高客车满载率,又不降低乘客服务水平的优点。

应该指出,小编组、高密度列车开行方案只是在一定的客流条件下才是可行的。分时客流不均衡程度比较大是一个条件,线路的客流量较小、尚未达到设计客流量是另一个条件。在线路客流量较小的情况下,由于在客流低谷时段列车开行数较少,会使乘客候车时间延长,降低乘客服务水平;而如果为保持乘客服务水平,在客流低谷时段增加列车开行数,则又会使车辆满载率降低,产生运营不经济的情形。小编组、高密度方案的优点是既不增加列车运能,又能提高列车密度,从而解决了上述两个问题。但如果线路客流量已经较大,甚至接近设计客流量,采用小编组、高密度方案,在低谷时段增开列车问题不大,但在高峰时段增开列车则会受到线路通过能力的限制。

## 2. 一周内全日客流分布特征

由于人们的工作与休息是以周为循环周期进行的,因此这种活动规律性必然要反映到一周内全日客流的变化上来。在以通勤、通学客流为主的城市轨道交通线路上,双休日的客流会有所减少;而在连接商业网点、旅游景点的轨道交通线路上,双休日的客流又往往会有所增加。与工作日的早、晚高峰出现时间比较,双休日的早高峰出现时间往往推迟,而晚高峰的出现时间又往往提前。另外,星期一与节假日后的早高峰小时客流和星期五与节假日前的晚高峰小时客流都会比其他工作日的早、晚高峰小时客流要大。

根据全日客流在一周内分布的不均衡和有规律的变化,城市轨道交通运营部门常在一周内实行不同的全日行车计划和列车运行图,以适应不同的客运需求和提高运营的经济性。

## 3. 季节性或短期性客流分布特征

在一年内,客流还存在季节性的变化,如由于梅雨季节和学生复习迎考等原因,6月份的客流通常是全年的低谷。另外,在旅游旺季,流动人口的增加也会使轨道交通线路的客流增加。短期性客流激增通常发生在举办重大活动或遇到天气骤然变化的时候。对季节性的客流变化,可采用实行分号列车运行图的措施来缓和运输能力紧张的状况。当客流在短期内增加幅度较大时,运营部门应针对某些作业组织环节、某些设备的运用方案采取应急调整措施,以适应客运需求。

## 4. 车站高峰小时客流分布特征

车站高峰小时客流是确定车站设备容量或能力的基本依据。车站高峰小时客流分析,首先应确定进出站高峰小时的出现时间,其次才是分析客流量的大小。此外,还应分析客流的发展趋势。随着轨道交通新线的投入运营和既有轨道交通线路的延伸,高峰小时进、出站客流会发生较大的变化。而车站吸引区内住宅、商业和娱乐等方面的发展也会使高峰小时进、出站客流发生较大的变化。研究表明轨道交通车站高峰小时客流具有以下特征:

(1)车站客流的进、出站高峰小时出现时间与断面客流的高峰小时出现时间通常不

相同。

(2)各个车站客流的进、出站高峰小时出现时间通常不相同,见表 2-2。

(3)同一车站客流的进、出站高峰小时出现时间通常不相同,见表 2-2。

(4)同一车站工作日客流与双休日客流的进、出站高峰小时出现时间通常不相同,见表 2-2。

**表 2-2 进、出站高峰小时出现时间**

站名	工作日高峰小时出现的时间		双休日高峰小时出现的时间	
	进 站	出 站	进 站	出 站
徐家汇站	17:00—18:00	8:00—9:00	16:00—17:00	13:00—14:00
莲花路站	8:00—9:00	18:00—19:00	9:00—10:00	16:00—17:00
中山公园站	8:00—9:00	18:00—19:00	9:00—10:00	17:00—18:00

注:对进、出站高峰小时出现时间,工作日按某年 3 月 18—22 日统计数据平均数确定,双休日按某年 3 月 16 日、17 日、23 日、24 日统计数据平均数确定。

(5)工作日高峰小时进、出站客流通常大于双休日高峰小时进、出站客流,见表 2-3。

**表 2-3 工作日、双休日高峰小时进、出站客流**

单位:人

站名	工作日		双休日	
	进 站	出 站	进 站	出 站
徐家汇站	5 582	5 075	5 580	4 632
莲花路站	4 318	3 008	2 406	1 833
中山公园站	5 862	3 505	2 451	2 360

注:工作日客流为某年 3 月 18—22 日统计数据平均数,双休日客流为某年 3 月 16 日、17 日、23 日、24 日统计数据平均数。

### 5. 车站超高峰期客流分布特征

为了避免因超高峰期内特别集中的客流影响乘客顺畅地进出车站,甚至影响列车的正常运行秩序,在确定车站设备容量或能力时,有必要适当考虑车站客流在高峰小时内分布的不均衡性。车站超高峰期的客流强度可用超高峰系数来反映,它是单位时间内的超高峰期平均客流量与高峰小时平均客流量的比值。超高峰系数一般可取值为 1.1~1.4。对终点站、换乘站和客流较大的中间站通常取高限值,而其余车站则可取低限值。

表 2-4 为某站某年 5 月 14 日、15 日早高峰时间进站客流的现场调查数据,表 2-5 介绍了该站早高峰小时与超高峰期(15 min)的出现时间及其客流量的确定过程。计算超高峰系数时,单位时间取 1 min,计算结果为 1.22。

表 2-4 某站早高峰时间进站客流现场调查数据

单位:人

时 间	5月14日 进站人数	5月15日 进站人数	时 间	5月14日 进站人数	5月15日 进站人数
7:00—7:05	220	279	8:00—8:05	415	531
7:05—7:10	273	275	8:05—8:10	495	426
7:10—7:15	343	295	8:10—8:15	304	320
7:15—7:20	377	417	8:15—8:20	300	385
7:20—7:25	308	352	8:20—8:25	229	301
7:25—7:30	442	444	8:25—8:30	264	273
7:30—7:35	350	310	8:30—8:35	223	276
7:35—7:40	597	472	8:35—8:40	211	284
7:40—7:45	467	527	8:40—8:45	195	198
7:45—7:50	603	683	8:45—8:50	145	209
7:50—7:55	383	549	8:50—8:55	162	197
7:55—8:00	497	607	8:55—9:00	177	188

表 2-5 某站超高峰期(15 min)与早高峰小时的出现时间及其客流量的确定过程 单位:人

时 间	平均进站人数	按 15 min 统计的小时段	按 15 min 统计的小时客流量
7:00—7:15	843	7:00—8:00	5 036
7:15—7:30	1 170	7:15—8:15	5 439
7:30—7:45	1 362	7:30—8:30	5 145
7:45—8:00	1 661	7:45—8:45	4 477
8:00—8:15	1 246	8:00—9:00	3 355
8:15—8:30	876	超高峰期为 7:45—8:00,客流量为 1 661 人, 早高峰小时为 7:15—8:15,客流量为 5 439 人, 超高峰系数=(1661÷15)÷(5 439÷60)=1.22	
8:30—8:45	694		
8:45—9:00	539		

## 2.3.2 客流的空间分布特征分析

### 1. 各条线路客流分布特征

沿线土地利用状况的不同是各条线路客流分布不均衡的决定因素,而城市轨道交通线网与接运交通的现状也是各条线路客流不均衡的影响因素。各条线路客流的不均衡包括现状客流分布的不均衡和客流增长的不均衡两个方面,它们构成了整个城市轨道交通线网客流分布的不均衡。

## 2. 上下行方向客流分布特征

反映城市轨道交通线路上下行方向客流分布不均衡程度的系数可按式(2-3)计算。

$$a_2 = \frac{\max\{p_{\max}^u, p_{\max}^d\}}{(p_{\max}^u + p_{\max}^d)/2} \quad (2-3)$$

式中,  $a_2$  为上下行方向客流不均衡系数;  $p_{\max}^u$  为上行方向最大断面客流量(人);  $p_{\max}^d$  为下行方向最大断面客流量(人)。

上下行方向客流不均衡系数值恒大于 1。  $a_2$  值趋近于 1 表明上下行方向客流比较均衡,  $a_2$  值越大表明上下行方向客流越不均衡。当  $a_2 \geq 1.5$  时, 表明上下行方向客流的不均衡程度比较大。位于市区范围内的地铁、轻轨线路的  $a_2$  值通常小于 1.5; 而通往远郊区市域轨道交通线路的  $a_2$  值通常大于 1.5。

如图 2-3 所示, 上海地铁 9 号线某年部分车站早高峰小时两个方向的断面客流一大一小、相差悬殊, 上行松江新城站至徐家汇站方向的断面客流远大于下行徐家汇站至松江新城站方向的断面客流。经计算, 上下行方向客流不均衡系数  $a_2$  达到 1.60, 表明 9 号线上下行方向客流的不均衡程度很大。

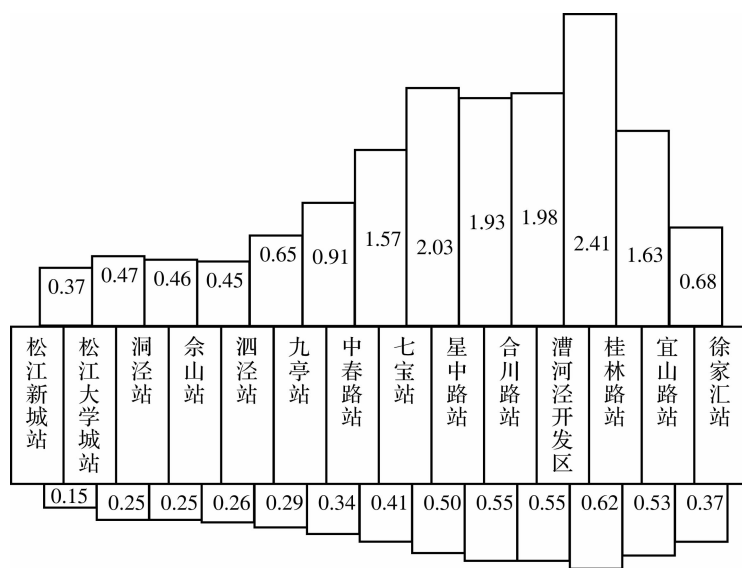


图 2-3 上海地铁 9 号线某年部分车站早高峰小时断面客流量图(单位:万人)

在上下行方向的断面客流不均衡程度较大的情况下, 在直线线路上要做到经济合理地配备运力比较困难, 无法避免断面客流较小方向因车辆满载率过低而引起的运能闲置现象; 但在环形线路上可采取内、外环线安排不同运力的措施, 避免断面客流较小方向的运能浪费。

## 3. 线路断面客流分布特征

在轨道交通线路上, 由于各个车站乘降人数不同, 线路上各区间的断面客流通常各不相同, 甚至相差悬殊。断面客流分布通常分阶梯形与凸字形两种情况, 前者是指线路上各区间的断面客流为一头大、一头小, 后者是指线路上各区间的断面客流为中间大、两头小。反映轨道交通线路单向断面客流不均衡程度的系数可按式(2-4)计算。

$$a_3 = \frac{p_{\max}}{\sum_{i=1}^K p_i / K} \quad (2-4)$$

式中,  $a_3$  为单向断面客流不均衡系数;  $p_{\max}$  为单向最大断面客流量(人);  $p_i$  为单向断面客流量(人);  $K$  为单向线路断面数(个)。

单向断面客流不均衡系数值恒大于 1。  $a_3$  值趋近于 1 表明断面客流比较均衡,  $a_3$  值越大表明断面客流越不均衡。当  $a_3 \geq 1.5$  时, 表明断面客流的不均衡程度比较大。位于市区范围内的地铁、轻轨线路的  $a_3$  值通常小于 1.5, 而通往远郊区市域轨道交通线路的  $a_3$  值通常为 2 左右。

在断面客流不均衡程度较大的情况下, 为了运营的经济性, 可考虑采用特殊交路列车开行方案。当断面客流分布为阶梯形时, 可采用大客流区段和小客流区段分别开行不同数量列车的衔接交路方案, 或在大客流区段加开区段列车的混合交路方案; 当断面客流分布为凸字形时, 可采用在大客流区段加开区段列车的混合交路方案。在列车密度较大的情况下, 采用特殊列车交路与加开区段列车对行车组织和折返设备都会提出新的要求, 此时线路通过能力与中间站折返能力是否适应是采用特殊列车交路与加开区段列车措施的充分条件, 因此必须进行能力适应性的验算。

#### 4. 站间 OD 客流分布特征

站间 OD 客流分析的重点是各个客流区段内和不同客流区段间的各站发到客流分布特征。在轨道交通线路较长, 并且各个客流区段的断面客流不均衡程度较大时, 大客流区段通常位于市区段, 小客流区段通常位于郊区段。站间 OD 客流分布特征可以用市区段内与郊区段内各站间发到客流分别占全线各站总发到客流的百分比, 以及在市区段与郊区段间各站发到客流占全线各站总发到客流的百分比来反映。

假设轨道交通的车站数为  $n$  个, 其中,  $1 \sim m$  站位于市区段,  $(m+1) \sim n$  站位于郊区段, 根据表 2-6, 市区段内各站间发到客流占全线总发到客流的百分比  $\varphi_1$  为

$$\varphi_1 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}} \quad (2-5)$$

郊区段内各站间发到客流占全线总发到客流的百分比  $\varphi_2$  为

$$\varphi_2 = \frac{\sum_{i=m+1}^n \sum_{j=m+1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}} \quad (2-6)$$

由市区段各站到郊区段各站的客流占全线总发到客流的百分比  $\varphi_3$  为

$$\varphi_3 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=m+1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}} \quad (2-7)$$

由郊区段各站到市区段各站的客流占全线总发到客流的百分比  $\varphi_4$  为

$$\varphi_1 = \frac{\sum_{i=m+1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}} \quad (2-8)$$

表 2-6 站间 OD 客流表

OD		市区段				郊区段			
		1	2	...	m	m+1	...	n-1	n
市区段	1		$P_{1,2}$	...	...	...	...	$P_{1,n-1}$	$P_{1,n}$
	2	$P_{2,1}$		...	...	...	...	$P_{2,n-1}$	$P_{2,n}$
	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	m	$P_{m,1}$	$P_{m,2}$	...		...	...	$P_{m,n-1}$	$P_{m,n}$
郊区段	m+1	...	...	...	...		...	...	$P_{m+1,n}$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
	n-1	...	...	...	...	...	...		$P_{n-1,n}$
	n	$P_{n,1}$	$P_{n,2}$	...	...	...	...	$P_{n,n-1}$	

当  $\varphi_1$  和  $\varphi_2$  较大,即线路上以同一客流区段内发到的短途客流为主时,站间 OD 客流分布一般比较均衡。此时,如果断面客流为阶梯形,可采用衔接交路、站站停车方案;如果断面客流为凸字形,可采用混合交路、站站停车方案。在  $\varphi_3$  和  $\varphi_4$  较大,即长距离出行乘客比例较大及某些发到站间的直达客流也较大时,为避免大量乘客换乘,不宜采用衔接交路方案,而应考虑采用混合交路、部分列车跨多站停车方案。如果在非高峰时间,通勤、通学的长距离出行乘客比例明显下降,则可停开跨多站停车的列车。

### 5. 各个车站乘降客流分布特征

在不少线路上,全线各站乘降量总和的大部分往往是集中在少数几个车站上。此外,车站乘降客流是动态变化的,新的居民住宅区形成规模,新的轨道交通线路建成通车,既有轨道交通线路延伸会使一些车站由中间站变为换乘站或由终点站变为中间站,列车共线运营也会使车站乘降量发生较大的变化和加剧不均衡或带来新的不均衡。

车站乘降人数的不均衡决定了各个车站的客运工作量、设备容量或能力的配置、客运作业人员的配备及日常运营管理的重点。

### 6. 车站内客流分布特征

通过分析轨道交通车站内乘客流向及行程轨迹,可见车站内客流在空间分布上也存在不均衡现象,其中包括经由不同出入口的客流不均衡、通过不同收费区的客流不均衡、通过同一收费区不同检票机的客流不均衡和上下行方向的乘降客流不均衡等。某车站工作日高峰小时通过出站检票机、收费区乘客数及其比例见表 2-7 和表 2-8。



表 2-7 某车站工作日高峰小时通过进站检票机、收费区乘客数及其比例

项 目	收费区 1				收费区 2					
	检票机编号	G31	G32	G33	G34	G35	G36	G37	G38	G39
通过检票机乘客数/人	173	339	536	745	468	413	483	640	817	968
通过收费区乘客数/人	1 793				3 789					
通过收费区乘客比例	32.1%				67.9%					

表 2-8 某车站工作日高峰小时通过出站检票机、收费区乘客数及其比例

项 目	收费区 1						收费区 2					
	检票机编号	G01	G02	G03	G04	G10	G11	G05	G06	G07	G08	G09
通过检票机乘客数/人	267	254	268	304	347	444	666	496	538	489	493	509
通过收费区乘客数/人	1 884						3 191					
通过收费区乘客比例	37.1%						62.9%					

进一步分析可以发现,通过各台进站检票机的客流按距离售票区域的远近呈现明显的阶梯状递减趋势,而通过各台出站检票机的客流则相对均匀。究其原因,进站客流是陆续到达,乘客为争取时间通常会选择最近的进站检票机进入;而出站客流是集中到达,乘客为避免排队通常会选择比较空闲的出站检票机走向出口。

掌握客流在站内的空间分布特征,对车站自动售检票设备等的合理配置与优化布局具有指导意义。

## 2.4 日常客流组织办法

城市轨道交通车站日常客流组织主要包括进出站客流组织、售票组织和监票组织、乘降组织和限流组织等内容。

### 2.4.1 进出站客流组织

#### 1. 进站客流组织

(1) 乘客经出入口、楼梯、自动扶梯(或垂直电梯),通过通道进入车站站厅层非付费区。

(2) 乘客到达车站站厅非付费区,在自动售票机(ticket vending machine, TVM)、客服中心或临时售票亭购票后检票通过进站闸机进入付费区,持储值票的乘客可直接检票通过进站闸机进入付费区。

(3) 持有车票的乘客经进站闸机验票进入站厅付费区后,再通过楼梯、自动扶梯(或垂直电梯)进入站台层候车。

(4)乘客到达站台后,应站在黄线内候车,通过导向标志和乘客资讯系统选择乘车方向和了解列车到发时刻。

(5)列车到站停稳开门后,乘客须按先下后上的顺序乘车,站台工作人员要注意防止乘客抢上抢下。

## 2. 出站客流组织

(1)乘客下车后到达车站站台,经楼梯、自动扶梯(或垂直电梯)进入站厅层付费区。

(2)出站乘客通过出站闸机(单程票出闸时将被收回,储值票被扣除相应票款),进入站厅层非付费区。

(3)车票车资不足(无效车票)或无票乘车的乘客到客服中心办理相关乘客事务后,方可出闸机。

(4)乘客通过导向标志找到相应的出口,经通道、出口出站。

## 2.4.2 售票组织和监票组织

### 1. 售票组织

(1)AFC 系统启动后,乘客购票时可选用半自动售票机(booking office machine, BOM)或 TVM 购票,在 BOM 前应组织乘客有序排队购票、充值。

(2)车站可利用导流带等设施组织排队,排队方向应以不影响其他乘客通行为宜。当排队乘客较多时,可引导乘客到自动售票机处购票。必要时,可使用空闲的 BOM 预制车票,提高售票速度,减小排队长度。

(3)在 TVM 前组织乘客购票时,要尽可能充分利用 TVM 分散购票,避免乘客大量集中于少量 TVM 处。当需要排队时,可利用站厅内客流较少的空间进行组织。

(4)单程票售票量较大的车站,可在低峰时段预处理车票,以便高峰时直接售票,缩短发售车票的时间。

### 2. 监票组织

(1)AFC 系统启用后,乘客进出车站时均需检票。在进行监票组织时,应遵循出站优于进站的组织原则。

(2)乘客进站时,应组织乘客由进站闸机进站,提示乘客注意进站闸机上方显示的标识设备正常的绿色箭头。

(3)乘客使用一卡通进站时,应指导乘客右手持卡,站在闸机通道外,顺序刷卡进站。

(4)对于无票乘客,先引导其至 TVM 或 BOM 购票,再检票进站。

(5)当大量乘客集中进站时,要组织乘客排队进入,避免在闸机前出现争抢现象,以及乘客因操作不正确或因车票问题无法通过而造成的拥堵现象。

(6)在乘客排队进站时,队伍不能阻挡出站通道和路径,以确保出站乘客能够顺利出站。

(7)乘客出站时,应组织乘客由出站闸机出站。当乘客使用一卡通时,指导乘客右手持卡通过。当乘客使用车票时,指导乘客右手持票将车票投入回收口,验票通过。当大量乘客集中出站时,要组织乘客有序出站,必要时可采取措施加快出站速度,对进站客流与出站客流共用区域的车站应减小进站客流对出站客流的负面影响。

(8)对于持有大件行李或行动不便的乘客,引导其由宽通道闸机通过。

(9)对于携带儿童的乘客,提示让儿童先于成人进入闸机通道。

(10)闸机分为进站闸机、出站闸机和双向闸机。进站闸机和出站闸机必须按照设定方向使用。双向闸机可根据客流状况进行调整,调整时须保证优先满足出站客流的需求,同时尽量减少进出站客流的交叉,提高通行能力。

### 2.4.3 乘降组织和限流组织

#### 1. 乘降组织

(1)当乘客到达站台后,应向乘客宣传根据车门标志线的位置排队等候。

(2)对于没有安全门的车站,应告知乘客站在黄色安全线以内候车,不要探身瞭望,以免发生危险。

(3)当列车进站时,应关注乘客安全。有安全门的车站,要防止乘客倚靠或手扶安全门,避免安全门开启时乘客被夹伤或摔倒。没有安全门的车站,要确保乘客站在黄色安全线以内,特别要注意站台车尾的位置,避免有乘客跳下或跌下站台,发生危险。

(4)列车门开启后,应组织乘客先下后上,请候车乘客站在车门两侧,待下车乘客下车后再上车,避免乘客拥堵,提高乘降效率。

(5)当关门提示铃响后,应阻止乘客抢上抢下,请其等待下次列车,防止车门夹伤乘客和影响列车正点发车。

(6)当车门关闭后,要观察车门关闭状况,当发现车门或安全门未正常关闭时,应分析原因,若是由于乘客或物品被车门夹住,则应协助取出并劝导乘客等候下次列车或征求乘客同意后帮其完全进入车厢;若为设备原因,则应按相关作业办理程序进行处置。

(7)对于楼梯边缘与站台边缘较近的情况,应尽量疏导乘客不要在此处滞留,保证足够的通行空间,防止因为拥挤而发生意外。

(8)加强对站台四角的巡视,防止乘客进入区间。

(9)要阻止乘客跳下站台捡、拾掉落的物品,及时使用工具为乘客提供捡、拾服务。

#### 2. 限流组织

(1)减缓进站速度。当采用减缓进站速度的限流方式时,站务员可将出入口或通道的使用宽度缩小,售票员可采取减缓售票速度等措施。

(2)分批放入。当采用分批放入的限流方式时,站务员应关闭出入口等控制点处的大门,在短时间内阻止乘客进站,并根据值班站长的指示,分阶段将乘客放入。

(3)出入口单向使用。当采用出入口单向使用的限流方式时,站务员在站厅或站台进行宣传组织,引导出站乘客由指定出口出站;同时,在只出不进的出入口外,阻止乘客进站,引导乘客到指定入口进站。

(4)封闭出入口。当采用封闭出入口的限流方式时,站务员应关闭各出入口的大门,阻止乘客进站,允许乘客出站,并向乘客解释车站状况,疏导乘客乘坐其他交通工具。

(5)换乘限流。当采用换乘限流方式时,站务员应到换乘通道两端阻止或限制乘客换乘,引导乘客由指定路径进行换乘或引导其出站。

## 2.5 换乘客流组织办法

乘客换乘虽是一个运营组织问题,但与规划设计密切相关。没有合理的换乘规划设计,良好的换乘就难以实现。因此,在线网规划及换乘站设计阶段充分考虑未来运营阶段的客流换乘优化是非常有必要的。

### 2.5.1 换乘客流组织的特点与原则

#### 1. 换乘客流组织的特点

换乘站的客流构成与特性区别于普通车站,往往是客流组织与地铁运营的重点和难点,具有如下特点:

(1)高集中性。换乘站除了具有普通车站的进出站客流外,还汇集有相交线路甚至全网多座车站之间的交换客流,由此造成换乘站客流集中,往往是普通车站客流量的数倍。

(2)客流流线复杂。由于进出站客流、换乘客流具有不同的出行目的和出行方向,即对应不同的出行路径,因而导致存在多股客流的交织,形成多个冲突点。

(3)具有方向不均衡性。同一时段、不同换乘方向的客流量存在较大的差异。

(4)具有短时冲击性。换乘站客流随列车的到达呈现脉冲式的分布规律,在短时间内对换乘设施会产生较大的冲击,当一批客流到达时,在换乘设施的端部形成拥堵和客流排队,当拥堵人数较多时,会带来较大的安全隐患。

#### 2. 换乘客流组织的原则

(1)随时掌握客流变化规律,经常统计分析客流量,监视客流的骤变,同时密切关注乘客的安全状况。

(2)合理设计乘客流向,在站台、楼梯和大厅处尽量减少客流交叉和对流,并设计标线,要求乘客在楼梯和扶梯上尽量靠右行走和站立,有序上下。

(3)在客流容易混行的区域,如大厅或楼梯等处,需设置必要的安全线或栅栏隔离,以免流向不同的乘客互相干扰。

(4)引导乘客在换乘通道单向流动,以免双方向大客流相互冲击。

(5)完善统一导向标识系统,准确快速地分散客流,避免乘客交叉聚集和拥挤。

(6)应尽量为乘客提供方便,缩短进出站和换乘的时间及距离。

(7)应有站内空气、温度调节设备,并设置无障碍通道。

(8)应建立完善的突发事件应急客流组织和统一指挥系统。

### 2.5.2 换乘客流组织的评价指标与优化

#### 1. 换乘客流组织的评价指标

(1)换乘行走距离。换乘行走距离是指乘客完成整个换乘过程行走的平均距离。换乘行走距离短,换乘效率高;换乘行走距离长,换乘效率低。

(2)换乘时间。换乘时间是指乘客在站内完成换乘所花费的平均时间,包括换乘步行时间和等候时间。

(3)干扰度。干扰度是指在换乘过程中各方向客流相互干扰的程度,反映站内交通组织水平。

(4)便捷度。便捷度是指用来衡量站内换乘的方便程度,可以用换乘时间占乘客出行总时间的百分比来计算。

(5)舒适性。舒适性可量化为人均换乘面积,衡量换乘设施容纳乘客的能力,反映换乘设施的拥挤程度。舒适性还体现在信息发布的及时性和诱导标识的完善性上。

(6)安全性。安全性是体现换乘站使用质量的指标,用来衡量客流组织是否满足乘客乘降的安全要求及枢纽内发生紧急事故时乘客的疏散措施是否有效等,可以用人均对冲点数的倒数来量化。

## 2. 换乘客流组织的优化

换乘客流组织的优化可以从内部设施布局和客流组织运行效率两方面来进行。

(1)内部设施布局的优化。对换乘站内部设施的布局进行优化时,可以采用功能布局优化法和引导法两种方法。

①功能布局优化法。功能布局优化法是通过调整自动售(检)票机及客服中心的位置,来实现合理的布局。在优化的过程中,结合车站运营的合理化管理和方便乘客出行的要求,进行 AFC 设备布局的设计和调整。乘客到达车站是一个随机过程,根据乘客的分布规律,合理设置售(检)票机的数量及位置,使乘客平均排队长度和等待时间在可以接受的范围内,并满足高峰时段客流通过的要求。另外,自动检票机的合理布局还能起到延时的作用,减小客流对其后设施(如楼梯、自动扶梯等)的通行压力。

②引导法。引导法主要依据服务信息和导向标志对客流进行引导。由于换乘站的衔接方向较多,因而应根据客流流向的需求,合理设置导向设备的位置。通过对进站客流、出站客流、换乘客流的明确指引,保证客流的顺畅流动。

(2)客流组织运行效率的优化。客流组织运行效率的优化可以通过物理切割法、提高流速法和源头控制法三种方法来实现。

①物理切割法。采用物理切割法可以将进出站客流和换乘客流在空间上进行分割,以减少对冲点。对冲点的减少可以降低干扰度及换乘时间,使换乘方案更优。物理切割法可以借助移动围栏或其他设施将客流在平面上进行空间隔离,从而理顺换乘站内各方向客流的行走秩序,解决乘客行走习惯与车站布局的矛盾。开辟新的换乘通道也可以作为物理切割法的一种。

②提高流速法。提高流速法是通过选用最短路径来提高乘客的行走速度,相对缩短乘客对车站设施、设备的占用时间,从而提高设备利用率和流线的流动速度。同时也可以利用站务员、车站公安人员维持各站台和通道的秩序,避免乘客长时间逗留,从而保持各区域畅通无阻。

③源头控制法。源头控制法是通过控制各种流线的流量以达到疏解流线交叉的目的,减小客流对冲的可能性。车站协调组织各线运营计划,依据各线高峰时段客流量确定各方向列车到发点,应尽量避免不同方向的列车同时到达,以避免乘客密集到达,缩短乘客换乘时间,提高换乘的舒适性和安全性。



### 项目实施

(1)根据给定的城市轨道交通客流的基本资料,分析客流的<sup>空间</sup>分布特征,提出相应的客流组织措施。

实施:

①教师给定相关背景资料,如城市轨道交通运营企业不同线路的客流资料。

②学生根据所学理论知识及教师提供的背景资料,分析客流的<sup>空间</sup>分布特征,提出相应的客流组织措施。

(2)根据收集的城市轨道交通客流的基本资料,分析客流的<sup>时间</sup>分布特征,提出相应的客流组织措施。

实施:

①学生自主收集不同城市轨道交通运营企业的客流资料。

②学生根据所学理论知识及背景资料,分析客流的<sup>时间</sup>分布特征,提出相应的客流组织措施。



### 拓展与提高

通过网络或其他途径了解国内外城市轨道交通运营企业历年的客流数据,分析并思考客流与城市轨道交通的形式选择,线路、站点等的规划设计,客流的组织管理工作之间的关系。



### 实践训练

组织学生在城市轨道交通站点进行实际的客流调查,并根据调查数据分析车站客流的<sup>时间</sup>与<sup>空间</sup>分布特征,得出相应的客流调查结果。



### 学习检测

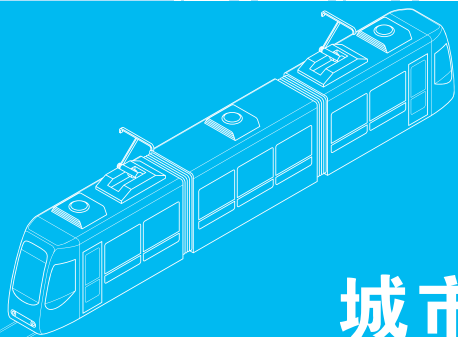
- (1)什么是客流?影响客流的因素有哪些?
- (2)客流调查的种类有哪些?客流调查的统计指标有哪些?
- (3)客流预测有哪几种模式?
- (4)试说明四阶段客流预测法的基本思想与主要内容。
- (5)客流的<sup>时间</sup>分布特征分析有哪几类?各有什么特点?
- (6)客流的<sup>空间</sup>分布特征分析有哪几类?各有什么特点?
- (7)简述进出站客流组织。
- (8)简述换乘客流组织的特点与原则。



# 3

## 项目

# 城市轨道交通的运输计划



### 项目任务

- ◎ 掌握城市轨道交通系统客流计划、全日行车计划的基本内容。
- ◎ 掌握列车开行方案的基本内容。
- ◎ 掌握城市轨道交通系统车辆配备计划的基本内容。
- ◎ 通过学习客流计划和全日行车计划的编制案例,练习编制全日行车计划。



### 项目准备

某一个或多个城市轨道交通运营企业的客流计划,全日行车计划,车辆配备、运用与检修计划的相关案例,实际练习编制全日行车计划的资料等。

## 3.1 客流计划

### 3.1.1 客流计划概述

客流计划是指计划期间城市轨道交通线路客流的规划,它也是编制其他计划的基础和依据。对新线来说,客流计划要根据客流预测资料来编制,对既有线路则可根据统计和调查资料来编制。

客流计划的主要内容包括沿线各站到发客流数量、各站分方向分别发送人数、全日分时断面客流分布、全日分时最大断面客流图等。

### 3.1.2 客流计划的表示方式

最基本的站间客流资料可以用一个二维矩阵来表示,此二维矩阵称为站间交换量 OD 矩阵。表 3-1 为某五站间的 OD 矩阵表,右下角为全线客流总量。

根据表 3-1 可以统计各站上下车人数,即每行之和为上车人数,每列之和为下车人数。如果要分方向,则还需要看车站的排列顺序。区间的断面流量可以在此基础上生成。表 3-2 为北京地铁部分车站流量表。

表 3-1 某五站间的 OD 矩阵表

单位:人

站名	A	B	C	D	E	合 计
A		3 260	22 000	1 980	1 950	29 190
B	2 100		21 900	2 330	6 530	32 860
C	5 800	4 900		3 220	4 600	18 520
D	5 420	4 100	3 200		4 390	17 110
E	1 200	4 320	7 860	3 420		16 800
合 计	14 520	16 580	54 960	10 950	17 470	114 480

表 3-2 北京地铁部分车站流量表

单位:人

站 名	西直门	车公庄	阜成门	复兴门	长椿街	宣武门
上车人数	29 160	23 358	19 459	84 011	14 728	16 252
下车人数	29 960	23 554	20 721	83 461	12 378	18 735
合 计	59 120	46 912	40 180	167 472	27 106	34 987



断面客流也可以用图 3-1 来表示。

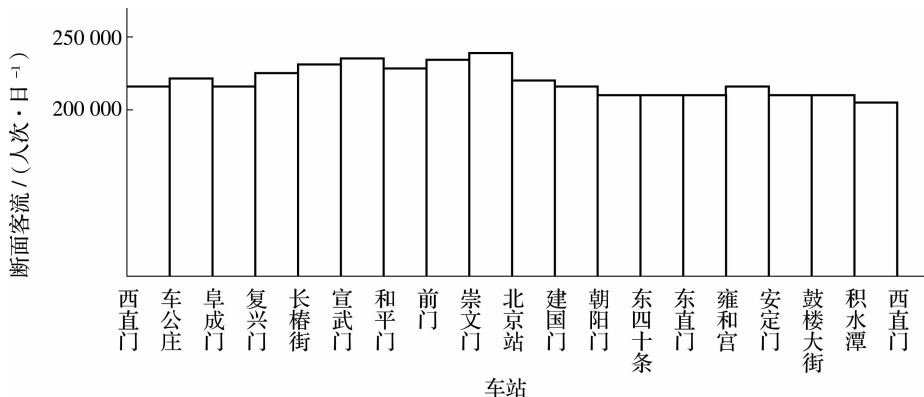


图 3-1 北京地铁 2 号线线路断面客流图

高峰小时的断面客流可以通过高峰小时的 OD 矩阵来推算。当没有高峰小时的 OD 矩阵时,也可以采用全日矩阵来推算,这时一般还需要有客流的全日出行分布统计。图 3-2 给出了模拟的某城市客流全日出行分布。

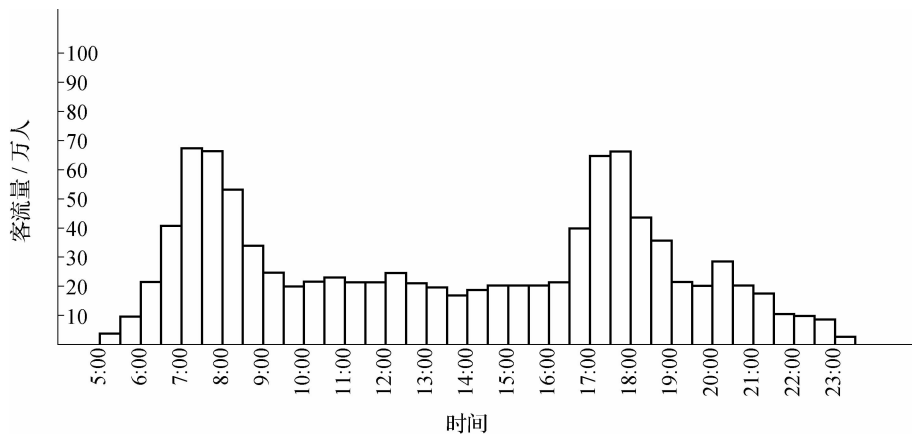


图 3-2 模拟的某城市客流全日出行分布

## 3.2 全日行车计划

### 3.2.1 全日行车计划的编制依据

全日行车计划是指城市轨道交通系统全日分阶段开行的列车对数计划。它决定着城市轨道交通系统的输送能力和设备(列车)使用计划,也是列车运行图(时刻表)编制的依据。

全日行车计划编制的依据如下:

(1) 营业时间计划。营业时间计划即城市轨道交通系统全日营业时间范围,它与城市居民的出行特点和文化背景、习惯有关。目前,世界上大多数城市轨道交通系统营业时间为

18~20 h, 停止营业的目的主要是维护和检修设备。

(2) 全日分时最大客流断面分布。可根据客流数据推算全日分时最大客流断面分布。

(3) 列车运载能力。列车运载能力涉及列车编组、车辆定员等数据。

(4) 满载率。满载率是指实际载客量与设计载客容量之比, 它反映着系统的服务水平。一般地, 满载率可取 0.75~0.90。

全日行车计划的编制一般要在分时行车计划编制完毕的基础上汇总完成。分时行车计划中的列车开行对数可按式(3-1)计算。

$$n_i = \frac{p_{\max,i}}{c_p \beta} \quad (3-1)$$

式中,  $n_i$  为某  $i$  小时内应开行的列车对数;  $p_{\max,i}$  为该小时最大客流断面乘客数量(人);  $c_p$  为列车的设计载客能力(人);  $\beta$  为列车满载率。

全日列车开行对数应为

$$N = \sum_{i=1}^n n_i \quad (3-2)$$

式中,  $N$  为全日列车开行对数;  $n_i$  为某  $i$  小时内应开行的列车对数。

在实际交通系统中, 经常需要用到另一个指标来评价行车计划, 即发车间隔  $I_i$ , 以分(min)计, 其计算式为

$$I_i = 60/n_i \quad (3-3)$$

若以秒(s)计, 则

$$I_i = 3\ 600/n_i \quad (3-4)$$

### 3.2.2 全日行车计划的编制步骤

全日行车计划的编制步骤如下:

(1) 根据各站上下车人数统计推算出各断面客流量。

(2) 推算出全日列车开行计划。

(3) 根据营业时间和全日分时行车开行计划确定各时段开行的列车数, 并确定列车发车间隔。

### 3.2.3 全日行车计划的编制案例

#### 1. 已知条件

(1) 站间客流 OD 矩阵表见表 3-1。

(2) 营业时间为 5:00—23:00。

(3) 全日分时最大断面客流分布比例。

(4) 列车编组为 6 辆, 定员为 260 人。

(5) 满载率: 高峰小时为 1.2, 其他时间为 0.9。

(6) 高峰小时为 7:00—8:00, 17:00—18:00。

#### 2. 编制步骤

(1) 根据站间客流 OD 矩阵表(见表 3-1), 推算出各站上下车人数, 见表 3-3。根据各站

上下车人数,再推算出各站上下行断面客流量,见表 3-4。

表 3-3 各站上下车人数统计

单位:人

下行上车人数	下行下车人数	站 名	上行上车人数	上行下车人数
29 190	0	A	0	14 520
30 760	3 260	B	2 100	13 320
7 820	43 900	C	10 700	11 060
4 390	7 530	D	12 720	3 420
0	17 470	E	16 800	0

表 3-4 各站上下行断面客流量

单位:人

下 行	区 间	上 行
29 190	A—B	14 520
56 690(早高峰小时最大断面客流量)	B—C	25 740
20 610	C—D	26 100
17 470	D—E	16 800

(2)根据以上条件,编制全日列车开行计划。根据各站上下行断面客流量(表 3-4)可知,早高峰小时最大断面客流量为 56 690 人。根据全日分时最大断面客流分布比例可计算出分时最大断面客流量,见表 3-5。

根据已知条件计算可知:

高峰小时每列车乘客人数: $260 \times 6 \times 1.2 = 1\ 872$ (人)

其他时间每列车乘客人数: $260 \times 6 \times 0.9 = 1\ 404$ (人)

根据式(3-1)和式(3-3),可计算出分时开行列车对数和发车间隔,见表 3-5。

表 3-5 全日列车开行计划

时 间	全日分时最大断面 客流分布比例/%	分时单向最大断面 客流量/人	分时开行列车对数	发车间隔
5:00—6:00	15	8 504	7	8'30"
6:00—7:00	50	28 345	21	2'50"
7:00—8:00	100	56 690	31	2'
8:00—9:00	70	39 683	29	2'5"
9:00—10:00	50	28 345	21	2'50"
10:00—11:00	40	22 676	17	3'40"
11:00—12:00	45	25 511	19	3'15"
12:00—13:00	50	28 345	21	2'50"
13:00—14:00	55	31 180	23	2'35"

续表

时 间	全日分时最大断面 客流分布比例/%	分时单向最大断 面客流量/人	分时开行列车数	发车间隔
14:00—15:00	60	34 014	25	2'25"
15:00—16:00	60	34 014	25	2'25"
16:00—17:00	70	39 683	29	2'5"
17:00—18:00	90	51 021	28	2'5"
18:00—19:00	60	34 014	25	2'25"
19:00—20:00	50	28 345	21	2'50"
20:00—21:00	30	17 007	13	5'
21:00—22:00	20	11 338	9	6'35"
22:00—23:00	15	8 504	7	8'30"

### 3.3 列车开行方案

列车开行方案包括列车编组方案、列车交路方案和列车停站方案三部分。在列车开行方案中,列车编组方案规定了列车是固定编组还是非固定编组,以及列车的编组辆数,列车交路方案规定了列车的运行区段与折返车站;列车停站方案规定了列车是站站停车还是非站站停车,以及非站站停车的方式。此外,列车开行方案还规定了按不同编组、交路和停站方案开行的列车数。

列车开行方案是日常运营组织的基础。列车开行方案的比选应遵循客流分布特征与运营经济合理兼顾的原则,以实现既能维持较高的乘客服务水平,又能提高车辆运用效率的目标。

#### 3.3.1 列车编组方案

##### 1. 列车编组种类

(1)大编组方案。大编组是指在运营时间内列车编组辆数固定且相对较多,如地铁列车采用6辆或8辆编组的情况。

(2)小编组方案。小编组是指在运营时间内列车编组辆数固定且相对较少,如地铁列车采用3辆或4辆编组的情况。

(3)大小编组方案。大小编组是指在运营时间内列车编组辆数不固定。大小编组有两种情形:一种是在客流非高峰时段编组辆数相对较少,而在客流高峰时段编组辆数相对较多,如在客流非高峰和高峰时段,地铁列车分别采用3/6辆编组、4/6辆编组或4/8辆编组的情形;另一种是在全日运营时间内采用大小编组,如地铁列车采用3/6辆或4/6辆编组的情形。在大小编组方案中,与4/6辆编组方案相比,3/6辆编组方案具有乘客服务水平较高,可根据客流量灵活编组,以及车辆维修周期一致等优点。

应该指出,离开一定的客流条件来讨论列车编组方案的比选是无意义的。例如,在线路的分时客流比较均衡时,大小编组方案失去了比选的必要性;在客流已经接近远期设计客流量时,小编组方案失去了实施的可能性。因此,只有在客流尚未达到远期设计客流量,并且分时客流不均衡程度较大的情况下,才有必要对列车编组方案进行比选。

## 2. 影响列车编组方案比选的因素

为满足客流需求,城市轨道交通必须提供一定的列车运能。小时列车运能既与小时内开行的列车数有关,也与列车编组辆数和车辆定员有关。假设小时列车运能应达到 18 000 人,在车辆选型一定时,列车编组辆数与列车间隔成正比关系;在列车间隔一定时,列车编组辆数与车辆定员成反比关系,见表 3-6。由此可见,影响列车编组方案选用的主要因素是客流、车辆选型和列车间隔(通过能力)。此外,在进行列车编组方案比选时,通常还应考虑乘客服务水平、车辆运用经济性和运营组织复杂性等影响因素。

表 3-6 列车编组与车辆定员、列车间隔的关系

方案序号	一	二	三	四
编组辆数/辆	3	6	4	6
车辆定员/人	300	300	300	200
列车间隔/min	3	6	4	4
列车运能/(人·h <sup>-1</sup> )	18 000			

(1) 客流。客流因素主要是指高峰小时最大断面客流与分时客流的不均衡程度。高峰小时最大断面客流越大,需要的小时列车运能也越大。在车辆选型、列车间隔一定的情况下,列车编组辆数与高峰小时最大断面客流成正比关系,即客流较大时,列车编组辆数也较大。从提供必要的小时列车运能出发,在高峰小时最大断面客流较大且列车间隔已无法进一步压缩时,列车编组只有大编组方案一种选择;在高峰小时最大断面客流不大,但分时客流不均衡程度较大时,选择小编组方案或大小编组方案有助于提高运营经济性和乘客服务水平。

(2) 车辆选型。车辆选型的依据是高峰小时最大断面客流量,在高峰小时最大断面客流不大于 3 万人时应采用 A 型车和 B 型车,车辆定员分别为 310 人左右和 230 人左右。在列车间隔一定的情况下,小时列车运能取决于列车定员,而列车定员又是车辆定员与列车编组辆数的乘积,如果车辆定员较大,列车编组可相应减小。

(3) 列车间隔。从提供必要的小时列车运能出发,在车辆定员一定的情况下,为适应小编组方案,列车间隔应相应压缩,但列车间隔的压缩受到线路通过能力和列车折返能力的制约。因此,采用小编组方案是有条件的,在用小编组方案替代大编组方案时,应验算其与线路的通过能力是否相适应。在客流已经接近远期设计客流量时,由于通过能力的利用接近饱和,无法进一步压缩列车间隔,小编组方案就失去了实施的可能性。

(4) 乘客服务水平。在进行列车编组方案比选时,应考虑不同编组方案的乘客服务水平,在客流量不大、列车密度较低的情况下,与大编组方案相比,采用小编组方案时的乘客候车时间较短。因此,采用小编组方案有助于提高乘客服务水平。

另外,在采用大小编组方案时,应在站台上设置乘客候车位置导向标志。

(5) 车辆运用经济性。采用小编组方案对提高列车满载率及降低牵引能耗具有积极意义,但随着列车中的动车比例增加,车辆的平均价格也呈上升趋势。此外,随着小编组列车

开行数的增加,乘务员的配备数也相应增加。

(6)运营组织复杂性。在进行列车编组方案比选时还应考虑运营组织的复杂性。与采用固定编组方案相比,在选用大小编组方案时,列车的编组与解体、高峰与非高峰时段的过渡及列车间隔的调整等均增加了运营组织的复杂程度。

### 3.3.2 列车交路方案

#### 1. 列车交路方案的种类

列车交路有常规交路、衔接交路和混合交路三种,其中,衔接交路和混合交路又统称为特殊交路。

(1)常规交路。常规交路又称为长交路。在这种交路模式下,列车在线路的两个终点站间运行,到达线路终点站后折返,如图 3-3(a)、(f)所示。与采用特殊交路方案相比,采用常规交路方案行车组织简单,乘客无须换乘、不需要设置中间折返站。但如果线路各区段断面客流不均衡程度较大,将会产生部分区段列车运能的浪费。

(2)衔接交路。衔接交路又称为短交路,是若干短交路的衔接组合,列车只在线路的某一区段内运行,在指定的中间站折返,如图 3-3(b)、(e)所示。与采用常规交路方案相比,采用衔接交路方案可提高断面客流较小区段的列车满载率,但跨区段出行的乘客需要换乘,而且需要设置中间折返站;与采用混合交路方案相比,衔接交路列车在中间折返站是双向折返,这就增加了折返作业的复杂性。

(3)混合交路。混合交路又称为长短交路,在这种交路模式下,列车在线路的部分区段共线运行,长交路列车到达终点站后折返,短交路列车在指定的中间站单向折返,如图 3-3(c)、(d)所示。采用混合交路方案可提高长交路列车的满载率、加快短交路列车周转,但会增加部分乘坐长交路列车乘客的候车时间,而且需要设置中间折返站。

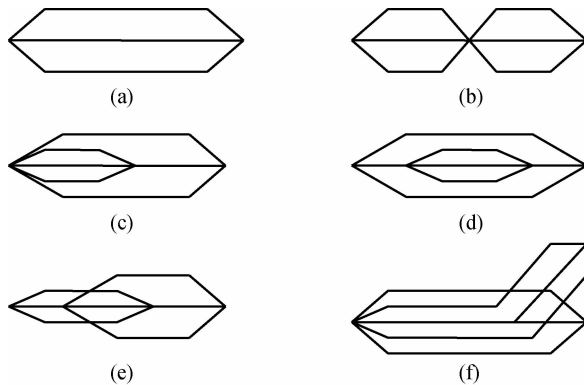


图 3-3 不同类型的列车交路方案

(a)、(f)常规交路 (b)、(e)衔接交路 (c)、(d)混合交路

#### 2. 影响列车交路方案比选的因素

符合客流的空间分布特征是列车交路方案选用的前提条件和必要条件。只有在线路各区段断面客流分布不均衡程度较大时,才有必要对常规交路和特殊交路方案进行比选。在断面客流分布为阶梯形时可选用混合交路或衔接交路方案,在断面客流分布为凸字形时可选用混合交路方案;而在断面客流分布比较均衡时,一般应选用常规交路方案。此外,影响

列车交路方案比选的主要因素还有乘客服务水平、运营经济性、通过能力适应性和运营组织复杂性等。

(1)乘客服务水平。在进行列车交路方案比选时,线路各区段断面客流分布的不均衡仅是采用特殊交路方案的必要条件,而不是充分条件。在采用混合交路方案时,部分乘常规交路列车的乘客会增加候车时间;在采用衔接交路时,跨区段出行的乘客需要在中间折返站换乘。鉴于上述情形的存在,采用特殊交路会增加部分乘客的出行时间,从而引起乘客服务水平的下降。采用特殊交路方案对乘客服务水平的影响程度取决于乘坐常规交路列车或跨区段出行乘客的数量及其所占比例。如果采用特殊交路使乘客出行时间增加较大,一般不宜采用这种方案。但应指出,在特殊交路与非站站停车方案结合选用时,乘客服务水平下降的情况可以得到改善。

(2)运营经济性。与采用常规交路相比,采用特殊交路能提高列车满载率、加快列车周转、减少运用车数,从而提高车辆运用经济性、降低运营成本。但由于采用特殊交路方案需要在中间站敷设折返线、道岔和安装信号设备,因此也会增加投资与运营费用。

(3)通过能力适应性。采用特殊交路方案时,部分列车在中间站单向折返,或全部列车在中间站双向折返。在单向折返时,衔接交路列车的折返作业与常规交路列车的到发作业有可能产生进路干扰;在双向折返时,两个方向衔接交路列车的折返作业有可能产生进路干扰。在产生进路干扰的情况下,线路折返能力,甚至最终通过能力均有可能降低。因此,适应通过能力是采用特殊交路方案的充分条件之一。

(4)运营组织复杂性。由于列车按不同的交路运行并在中间站折返,以及需要加强站台乘车导向服务,特殊交路方案的运营组织要比常规交路方案复杂。此外,在采用特殊交路方案时,中间折返站的选择也是运营组织中需要考虑的问题。中间折返站一般应选择在断面客流出现明显落差的车站,但如果这些车站的到达客流较大,乘客下车作业稍有延误就会造成列车出发晚点。因此,在选择中间折返站位置时,可考虑将不同列车交路的中间折返站错开设置,以避免中间站折返能力不足的问题;并可考虑将中间折返站位置选择在断面客流出现明显落差的前方车站,以缩短折返出发间隔时间。

### 3.3.3 列车停站方案

#### 1. 列车停站种类

(1)站站停车。站站停车指列车在全线所有车站均停车,如图 3-4 所示。与非站站停车相比,站站停车线路上开行的列车种类简单,不存在列车越行现象,乘客无须换乘,也无须关注站台上的列车信息显示。在跨区段、长距离出行乘客比例较大时,站站停车在车辆运用与服务水平方面均未达到最佳状态。

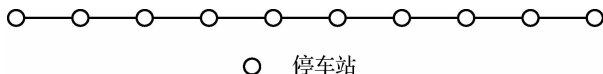


图 3-4 站站停车方案

(2)区段停车。在混合交路情况下采用区段停车,常规交路列车在衔接交路区段外站站停车,但在衔接交路区段内不停车通过;而衔接交路列车则在衔接交路区段内站站停车,衔接交路列车的中间折返站同时又是乘客换乘站,如图 3-5 所示。

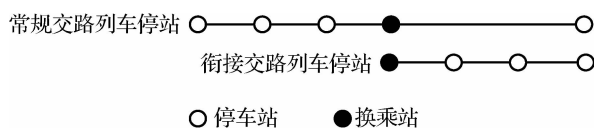


图 3-5 区段停车方案

与站站停车相比,区段停车方案中的常规交路列车在衔接交路区段内通过不停车,列车停站次数的减少使常规交路列车的停站时间及起停车附加时间总和也相应减少,提高了列车旅行速度,压缩了列车周转时间。因此,采用区段停车方案有利于压缩长距离出行乘客的乘车时间和减少车辆运用、降低运营成本。但是,区段停车方案也存在若干问题:首先,在行车量较大的情况下,有可能会产生列车越行情形,需要在部分中间站修建侧线;其次,在不同交路区段间上下车的乘客换乘时间会增加,而在衔接交路区段内上下车乘客的候车时间则会延长。

(3)跨站停车。跨站停车在常规交路的情况下采用,将线路上开行的列车分为 A、B 两类,全线的车站分为 A、B、C 三类,其中,A、B 类车站按相邻分布的原则设置,C 类车站可按每隔一定数量(如可以是 4 或 6 个)车站选择一个的原则设置。A 类列车在 A、C 类车站停车,在 B 类车站通过不停车;B 类列车在 B、C 类车站停车,在 A 类车站通过不停车,如图 3-6 所示。

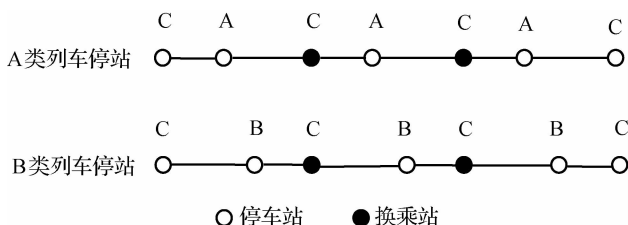


图 3-6 跨站停车方案

与站站停车方案相比较,跨站停车方案的优点类似于区段停车方案。但由于 A、B 两类车站的列车到达间隔加大,在 A、B 两类车站上车乘客的候车时间会有所增加;此外,在 A、B 两类车站间上下车的乘客需要在 C 类车站换乘,会增加换乘时间或带来不便。因此,跨站停车方案比较适用于 C 类车站上下车客流较大,且乘客乘车距离较远的情况。

(4)部分列车跨多站停车。部分列车跨多站停车是指线路上开行两类常规交路列车,即普速、站站停车列车和快速、跨多站停车列车,快速列车只在线路上的主要客流集散站停车,而在其他站则通过不停车,如图 3-7 所示。

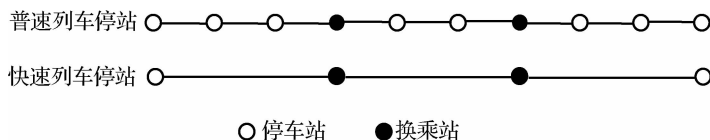


图 3-7 部分列车跨多站停车方案

该停车方案在提高跨多站停车列车旅行速度的同时,避免了跨站停车方案存在的部分乘客需要换乘的问题,做到了既能提高运营经济性,又不降低乘客服务水平。此外,该停车方案的运用比较灵活,运营部门可根据客流特征按不同比例确定快速列车开行对数。在线路通过能力利用率比较高的情况下,采用该停车方案通常会引起快速列车越行普速列车;如果不安排列车越行,则只能以损失线路通过能力来保证追踪列车的间隔时间。



## 2. 影响列车停站方案比选的因素

采用非站站停车方案通常有利于减少车辆运用与降低运营成本,但采用非站站停车方案也会出现一部分乘客节约了乘车时间,而另一部分乘客又增加了候车时间或换乘时间的情形。乘客节约时间总和是否大于增加时间总和取决于站间 OD 客流的空间分布特征。此外,由于轨道交通车站一般不设置侧线,采用非站站停车方案还会产生列车越行的问题。因此,影响列车停站方案比选的主要因素为站间 OD 客流特征、乘客服务水平、列车越行、运营经济性和运营组织复杂性等。

(1)站间 OD 客流特征。在长距离出行乘客比例较大及某些发到站间的直达客流也较大时,采用非站站停车方案通常是有利的。此时,区段停车方案比较适用于大部分乘客的乘车区间是郊区段各站与市区段终点站之间的通勤出行,如远郊区与中央商务区之间、远郊区车站与轨道交通环线换乘站之间的通勤出行;跨站停车方案比较适用于 C 类车站上下车客流较大,并且乘客乘车距离较远的情形。在线路上以同一区段内发到的短途客流为主时,不宜采用非站站停车方案。

(2)乘客服务水平。采用非站站停车方案,在压缩长距离出行乘客乘车时间的同时,也会出现增加一部分乘客换乘时间或候车时间增加的情形。因此,采用非站站停车方案是否可行应根据站间 OD 客流定量分析计算长途乘客节约的出行时间与部分乘客增加的换乘或候车时间。一般而言,如果乘客的节约时间总和大于增加时间总和,或者乘客的节约时间与增加时间基本持平,采用非站站停车方案是可行的,能提高或至少不降低乘客服务水平。

(3)列车越行。在采用列车非站站停车方案时,存在后行列车越行前行列车的可能性。如果后行列车越行前行列车,可通过调整列车追踪运行间隔来避免越行,但这是以降低线路通过能力来换取列车不越行的,难以适应大客流的线路或客流增加较快的线路。因此,采用非站站停车方案,必须对列车越行相关问题,如列车越行判定条件、越行站设置数量及位置等问题做进一步分析。

(4)运营经济性。与站站停车方案相比,非站站停车方案能加快列车周转,减少运用车数,从而降低运营成本。但采用非站站停车方案时,通常要在部分中间站增设越行线,这样车站土建与轨道等费用的增加会引起车站造价上升。

(5)运营组织复杂性。由于各类列车的停站安排不同及列车在中间站的越行,控制中心、车站控制室对列车运行的监控,以及站台上的乘车导向服务均应加强。因此,非站站停车方案的运营组织要比站站停车方案复杂。

## 3.4 车辆配备计划

车辆配备计划是指为完成全线全日行车计划所需要的车辆保有数量计划。车辆保有数量计划包括运用车辆数、在修车辆数和备用车辆数三部分。根据线路远期客流预测数据,测算远期运行行车间隔,可得出所需运用车辆数;在修车辆数需根据运用列车数量综合维修能力、修程修制取得,一般为运用车辆数的 10%~15%;备用车辆数按照运用车辆数的 10%取得。

### 3.4.1 运用车辆数

运用车辆数是指为完成日常运输任务所必须配备的技术状态良好的可用车辆数量。运

用车辆数与高峰小时开行的最大列车对数、列车旅行速度及折返站停留时间等因素有关,计算方法为

$$N = n_{GF} \theta_L m / 60 \quad (3-5)$$

式中,  $n_{GF}$  为高峰小时开行的列车对数(对);  $\theta_L$  为列车周转时间(min);  $m$  为平均每列车编成辆数(辆)。

考虑到地铁车辆有时是以动车组形式编组的,此时运用车辆数可用式(3-6)计算。

$$N = n_{GF} \theta_L L / 60 \quad (3-6)$$

式中,  $L$  为每列车内动车组组数(组)。

在式(3-5)和式(3-6)中,列车周转时间是指列车在线路上往返一次所消耗的全部时间。它包括列车在区间运行时间、列车在中间站停留时间及列车在折返站作业停留时间。

$$\theta_L = \sum t_Y + \sum t_Z + \sum t_{ZT} \quad (3-7)$$

式中,  $\sum t_Y$  为列车在线路上往返一次各区间运行时间之和(min);  $\sum t_Z$  为列车在线路上往返一次各中间站停站时间之和(min);  $\sum t_{ZT}$  为列车在折返站作业停留时间之和(min)。

### 3.4.2 在修车辆数

由于运营过程中的损耗,需要对车辆进行定期检修,以预防故障或事故的发生。在修车辆则是指处于定期检修状态的那部分车辆。

车辆检修概念包括车辆检修级别和车辆检修周期。它们是根据车辆设计的性能、各部件在正常情况下的使用寿命,以及车辆的运用环境和运用指标(如走行千米数等)来确定的。城市轨道交通系统车辆的检修级别通常包括日检、双周检、双月检、定修、架修和厂(大)修6类。在修车辆数量的确定可以根据检修周期来推算。

表3-7给出了某地铁系统车辆检修周期计划。

表 3-7 某地铁系统车辆检修周期计划

检修类别	时间间隔	走行千米数	检修停时
日检	1 天	—	—
双周检	2 周	4 000	4 h
双月检	2 月	20 000	48 h
定修	1 年	100 000	10 d
架修	5 年	500 000	25 d
厂(大)修	10 年	1 000 000	40 d

### 3.4.3 备用车辆数

备用车辆数是指城市轨道交通系统为承担可能的临时或紧急运输任务、预防车辆故障而准备的技术状态良好的车辆数。一般来说,这部分车辆可控制在运用车辆数的10%左右。不过,对于投产不久的新线来说,当车辆状态较好,客流量不大时,备用车辆数可适当减少,以节约投资。

## 3.5 调整日常运输计划

### 3.5.1 调整日常运输计划概述

途中运缓、作业延误或设备故障等原因会造成列车晚点现象,而城市轨道交通具有行车密度高、间隔小、对安全要求高等特点,因此便需要根据列车运行的实际情况,按照恢复正点和行车安全兼顾的原则,对日常运输计划进行调整。

列车运行是运输生产活动的重要环节,在日常运输生产活动过程中,为了保证列车运行安全和按图行车,需要设置专门人员调整运输计划,并应注意列车运行安全,兼顾恢复正点运行。

### 3.5.2 调整日常运输计划的主要方法

调整日常运输计划的主要方法有如下几个:

- (1)始发站提前或推迟发出列车。
- (2)根据车辆的技术性能、驾驶员操作水平和线路允许速度,组织列车加速运行以恢复正点。
- (3)组织车站快速作业,压缩停站时间。
- (4)组织列车通过某些车站。组织列车通过某些车站分为列车载客通过和列车放空通过两种情况。

①列车载客通过。列车载客通过车站应严格掌握,在一些客流较大的车站原则上不应组织列车通过,仅在由于车辆、设备发生故障,出现事故或因乘客滞留车站造成拥挤等原因引起运行秩序紊乱,或有特殊需要时,方准列车载客通过车站。安排列车载客通过车站应考虑越站乘客是否有返回乘坐的列车,但末班列车不能载客通过车站。

②列车放空通过。为了缓解客流压力或因列车晚点影响后续列车运行时,准许列车始发放空通过某些车站,但不宜连续放空两个列车。组织列车通过车站时,行车调度员要加强预见性和计划性,提前下达命令。驾驶员和车站有关人员应对乘客做好宣传解释工作,应维持车站秩序,组织好乘客乘降,保证乘客安全。

(5)变更列车运行交路,组织列车在具备条件的中间站折返。

(6)组织列车反方向运行。在双线线路上,如果一个方向列车密度较大,而另一个方向列车密度较小,为了恢复正点运行,可利用有道岔车站的渡线,将列车转到列车密度较小的线路上反方向运行。

(7)扣车。当一条线路的列车由于车辆、设备故障或其他原因不能正常运行,造成换乘站站台上乘客拥挤时,行车调度员应采取扣车措施,即将另一条线路的上下行列车扣在换乘站附近的各个车站,以缓解换乘站的压力。扣车时间一般应控制在 10 min 内,如果堵塞线路的列车在短时间内不能恢复正常运行,可组织扣下的列车在换乘站通过;同时,行车调度员应发布畅通线路各站停售跨线票的命令。另外,在一个区间内不准有三个及以上的列车运行,如出现这种情况,行车调度员应将第二列车后面的各列车扣在车站。

(8)调整列车运行时间间隔。当由于客流骤增造成换乘站作业困难时,行车调度员可根

据列车的运行情况,适当调整列车运行时间间隔,尽量避免各线列车同时到达换乘站。

(9)在环形线情况下,当一条线路运行秩序紊乱时,要尽力维持另一条线路的列车正常运行,并通知各站组织乘客乘坐畅通线路方向的列车。

(10)停运列车。当日常运输中有需要时可停运列车。

对列车运行调整方法的选择取决于列车运行的具体情况,而在实际工作中往往又可综合运用几种列车运行的调整方法。



### 项目实施

(1)根据给定的城市轨道交通的客流计划,编制全日行车计划。

实施:

①教师给定相关背景资料,如某地铁运营公司的 OD 客流表。

②学生根据所学理论知识及教师提供的背景资料,编制该地铁运营公司的全日行车计划。

(2)根据给定的城市轨道交通的相关资料,制订车辆配备计划。

实施:

①教师给定相关背景资料,如高峰小时开行的最大列车对数、列车运行速度及折返站停留时间等。

②学生根据所学理论知识及背景资料,制订车辆配备计划。



### 拓展与提高

通过网络或其他途径了解国内外城市轨道交通运营企业的运输计划,分析并思考运输计划与客流的关系、运输计划与客运组织管理的关系等。



### 实践训练

组织学生参观城市轨道交通运营企业的调度指挥中心,了解实际工作中运输计划的制订形成过程,以及运输计划在运营管理中的地位与作用。



### 学习检测

- (1)城市轨道交通的运输计划一般包含哪些内容?
- (2)简述城市轨道交通客流计划的主要内容。
- (3)简述城市轨道交通全日行车计划的主要内容。
- (4)简述城市轨道交通全日行车计划的编制步骤。
- (5)城市轨道交通列车开行方案主要包括哪些内容?
- (6)试分析不同的列车开行方案的比选因素。
- (7)简述城市轨道交通车辆配备计划的主要内容。