



模块

1

城市轨道交通运营管理概述



学习目标

- (1) 了解城市轨道交通运营的特性。
- (2) 熟悉城市轨道交通运营管理的內容。
- (3) 了解城市轨道交通运营管理中存在的问题,并熟悉其对应的完善思路。
- (4) 了解城市轨道交通运营管理模式的分類。
- (5) 掌握城市轨道交通运营管理模式的选择。



学习重点

- (1) 城市轨道交通运营管理的內容。
- (2) 城市轨道交通运营管理的問題。
- (3) 城市轨道交通运营管理的模式。

1.1 城市轨道交通运营的特性

城市轨道交通是一个庞大而复杂的技术系统,其专业涵盖土建、机械、电机电气、自动控制、运输组织等技术范畴。

1.1.1 系统联动性

为乘客提供快速、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、安全舒适地乘车、快速准确地到达目的地,完成整个乘客运输过程,是城市轨道交通系统建设和运营的目的。要想完成这个目的,需要行车工作安全、正点地按设定的列车运行图执行,并为乘客提供良好的服务。

安全运营和优质的服务基础是:城市轨道交通各专业系统同时正常协调地运行,保障城市轨道交通各项不同的专业设施、设备每天 24 小时正常而协调地运行。

可以说,在列车运行时,各种设施、设备之间环环相扣,共同保证列车正常运行和服务的



良好,任何一环出现故障均会不同程度地影响列车的正常运行,严重者甚至会造成列车停运。这些设施、设备系统在建设阶段和停运检修时是各自独立的个体,一旦建成或修复投入运行,它们就像链轮和链条,共同维持城市轨道交通的正常运行。

1.1.2 公益性

城市轨道交通的建设目的是提高城市交通的效率,改善城市环境。其使用者大多是不特定的公众,而公众利用城市轨道交通又与其自身的福利和利益有直接关系,所以城市轨道交通更注重社会效益。城市轨道交通的公益性集中体现在票价的制定必须受到政府的严格监控,通过价格听证、指导价等方式受控,使票价保持在一个较低的水平,绝大部分公众能够承受,确保城市轨道交通能为公众提供普遍化的服务。

1.1.3 运营网络性

随着城市轨道交通规模的不断增加,以及技术的不断进步,我国部分城市逐步由单线独立运营管理向多线综合运营管理的方向发展。伴随着管辖线路里程和线路数量的不断增加,城市轨道交通系统将由简单的单线系统逐步形成网络化系统,由目前单线运作模式逐步迈入网络化运营管理新时代。

但网络化运营带来新改变的同时也带来了诸多问题,如网络化运营管理体制的建立、换乘枢纽的管理、系统的互联互通、设施设备资源的共享、线路间的运力协调、不同线路行车方案之间的协调配合等。同时,这些新问题也带来了如下变化:

- (1)经营管理主体多元化,即有多家企业参与运营管理。
- (2)轨道交通形式、功能和制式呈现出多样化。
- (3)路网结构复杂化。
- (4)列车运行方式多样化。
- (5)其他交通方式衔接需求的多重性。
- (6)客运需求呈现出高增长和波动性趋势。

1.1.4 调度统一性

城市轨道交通系统的正常运行需要多专业、多工种联合运行,对于时间、空间概念要求非常高,需要严格的、高效的统一指挥。

控制中心(调度所)就是为行车工作的统一指挥而设置的。调度所一般设城市轨道交通线路的中部。调度所内的设备包括信号系统(ATC)、供电系统(SCADA)、环控系统(FAS、BAS)、主机及显示屏、通信系统等设备。列车运行时,由行车调度员、电力调度员、环控调度员分别担任行车系统、供电系统及环控系统的调度指挥。

正常情况下,现代城市轨道交通的自动化系统均由系统主机按设定的模式运行,列车在驾驶员的监护及必要的操作下正常行驶。同时运行的信息(如列车位置、列车间隔及是否偏离设定的运行图、供电及环控系统的运行状态)在显示屏上实时显示,调度员可随时监视、掌握列车及有关系统的运行状况。调度员还可以利用有线及无线通信系统随时与有关人员(列车驾驶员及行车、供电、环控等系统运营值班人员)通话,了解有关情况。

发生一般的问题,如列车晚点、供电设备故障,系统设备自动调整运行或自动进行设备切换运行。遇有重大事故,如列车故障停运或牵引供电设备故障停运等,则由各专业调度员按照预案或紧急抢修方案有步骤地指挥有关的列车驾驶员、车站行车值班员、牵引变电所值班员、环控值班员、事故现场抢修人员等,采取必要的措施迅速进行抢修。有关车站按照规定进行客运组织工作,在确保乘客安全的前提下,尽快恢复设备和列车的正常运行;必要时一边抢修,一边组织行车作业,缩小事故影响范围,并疏散滞留乘客。这一切操作的顺序及内容均是以带编号的调度命令下达指挥执行的。

因此,严格地说,运营决策机构和调度所的有机结合形成了城市轨道交通运营的统一指挥中心。

1.1.5 管理规范性

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,才能使城市轨道交通系统有序、安全而高效地运转;反之,系统运转就会受到阻碍,从而降低生产效率,甚至导致事故,造成严重后果。

企业规章制度是有层次的,如具有“企业宪法”性质的《技术管理规程》(简称《技规》)。其规定城市轨道交通的运营宗旨、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、客运服务、检修保障三大系统的生产活动。随着运营规模、运营技术、社会环境的发展,《技规》应及时修改,使其符合运营实际,以保持其统领和规范作用。

1.1.6 安全可靠

城市轨道交通系统每天要面对数万甚至上百万的乘客,并负责将他们从出发站运送到目的站,使每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行的宗旨。因此,运营企业必须在每一环节均为乘客提供优良的服务。

首先,在线运行的列车必须按照运行图的规定安全、准时地运行,以保证乘客顺利地出行。这是城市轨道交通运行系统人员应完成的首要任务,可以说是优质服务的最根本环节。

其次,根据市场需求和客流规律及其变化,制定不同的运行图,以使运能适应运量的需求,至少使乘客能够及时乘车而不感到太拥挤。

1.2 城市轨道交通运营管理的内容、问题及完善思路

现阶段,城市轨道交通已经成为城市居民出行的重要方式,城市轨道交通的正常运营关系着整个城市的发展。虽然我国城市轨道交通的建设和管理已经取得了重大进步,但是仍存在很多问题。因此,应从人员、市场、管理等方面采取措施,实现我国城市轨道交通运营的和谐化、规范化,确保运营管理质量,服务广大群众。

1.2.1 城市轨道交通运营管理的内容

城市轨道交通运营管理的内容包括行车管理、站务管理、票务管理、车站设备管理等。



1. 行车管理

行车管理是城市轨道交通运营管理体系的核心内容,具有极其重要的地位。行车管理通过列车运行组织将客运服务和轨道交通设备联系在一起,是完成城市轨道交通系统运营组织和管理的全过程。

按生产、组织、管理流程,行车管理包括运输计划(客流计划与全日行车计划)的编制、车辆配备计划、列车牵引计算、列车运行图的编制、列车交路计划、运输能力计算、列车运行与行车调度指挥等内容。

2. 站务管理

城市轨道交通站务管理是指密切注意车站乘客动态,发现危及行车和乘车安全的情况,及时与有关人员联系,进行处理。站台工作人员还需与乘务人员密切配合。站务管理是全线行车指挥和车站行车组织的必要支持和补充,以确保列车运行安全和乘务安全。

3. 票务管理

票务管理主要包括票制、票价的确定和自动售检票系统及其运用、管理。由车站组织售检票工作,并负责设备的养护维修和运用管理,并根据客流情况对售检票系统(设备)的设置进行调整。由公司票务管理部门对全线的运量、运营指标等进行统计和财务、经济核算、评价。

4. 设施设备管理

设备运营管理包括车站服务设施系统、通信及信号系统、售检票系统、供电系统、环控系统、通风机排烟系统、防灾系统、给排水及消防系统、自动扶梯及电梯运载系统等设施设备的日常运用和养护维修管理。设施设备的运用一般可分为正常状态下的日常运用、非正常情况(故障运行)下的运用及紧急情况下的运用。

1.2.2 城市轨道交通运营管理中的问题

1. 人员方面

操作人员的专业能力对城市轨道交通运营质量有着重要影响,具有精湛操作技术的操作人员可以及时排查城市轨道交通的安全隐患。但是,操作人员的不安全行为也可能导致运营系统的瘫痪,造成交通事故。操作人员的心理与生理状态、操作行为、反应灵敏度及职业道德都会对城市轨道交通运营质量产生重要影响。我国近期内的城市轨道交通事故很多都与操作人员的不安全行为有关。

2. 市场方面

首先,由于政府部门在城市轨道交通行业的严重垄断,导致我国城市轨道交通对政府财政补贴具有依赖性,运营的效益较低。其次,我国城市轨道交通的建设和管理费用一般由国家承担,这在一定程度上增加了政府部门的财务负担。最后,由于运营权、归属权不够清晰,一些经营者不负责城市轨道交通资产的保值与增值,在经营中服务态度差、运行效率低。因此,有必要引入市场竞争机制来提高轨道交通运营的效率。

3. 管理标准及制度方面

我国的城市轨道交通运营管理标准不统一,管理制度不全面。各城市的经济承受能力

和投资渠道不同,因而在轨道交通方面的管理标准也不同。一些城市的轨道交通运营管理粗放,各种管理资源浪费严重。城市轨道交通运营管理制度不健全,往往在问题变得严重后才对其进行补救,没有一套完整的运行、管理、维护体系,局限性很大。

4. 投资方面

当前我国城市轨道交通建设的资金来源由政府投资、国外银行贷款、发行债券及专项基金四部分组成,不能够有效地吸引民间投资,从而使得我国城市轨道交通的投资、融资等渠道单一化。投资渠道单一也是引起城市轨道交通运营效益偏低的重要原因。

1.2.3 城市轨道交通运营管理的完善思路

1. 人员培训

城市轨道交通涉及土建、供电、通信等各个方面,需要不同行业人员的共同参与,他们的质量意识、安全意识关系着轨道交通系统的运行质量。政府应就安全管理、组织领导、责任落实等方面加强对工作人员及管理人員的培训,提高其安全责任感和安全意识。

2. 管理改革

目前,我国城市轨道交通的运营管理多由政府控制。我国随着社会经济水平的飞速发展,人们的收入、生活、支付能力等有了很大改善,各城市轨道交通公司的实力也有了很大提高,政府可根据现状适当地将城市轨道交通票价的制定权交给城市轨道交通公司。可通过城市轨道交通公司提议、听证会审核通过的方式来制定城市轨道交通的票价。此外,还要合理引入市场竞争机制,在轨道交通运营管理上落实综合开发、多元化投资、一体化规划策略。

3. 多元投资

在城市轨道交通运营管理中,可实施综合一体化的规划,进行城市轨道交通建设和资源的综合开发。同时,还可吸引资质过硬的企业将资金投入城市轨道交通建设、管理中,吸引并控制社会企业的参与幅度,在缓解政府资金压力的同时实现城市轨道交通运营的多元化。

4. 竞争机制

当前,我国各城市的轨道交通运营多是由国有公司垄断,而这恰恰是产生诸多运营管理问题的根源。针对此,政府有必要对城市轨道交通建设实施市场化经营,引进市场竞争机制,充分吸收社会资本、个人资本,打破垄断。这一方面能够拓宽城市轨道交通建设的资金来源,另一方面也能够增强市场参与,提高轨道交通的运营效率。

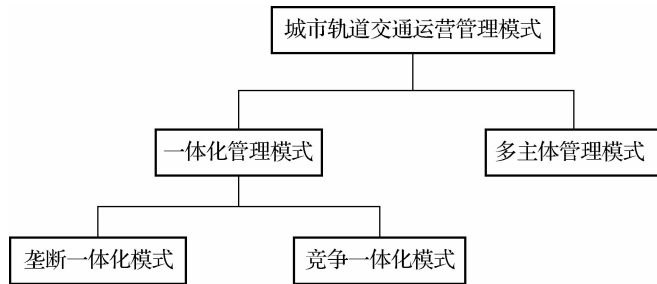
1.3 城市轨道交通运营管理模式

1.3.1 运营管理模式分类

从城市轨道交通管理的角度分类,运营管理模式有一体化管理模式和多主体管理模式。一体化管理模式是由1个法人单位统一实施城市轨道交通投融资、建设、运营、资源开发等



管理工作；多主体管理模式是指由多个法人单位分别实施城市轨道交通的投融资、建设、运营、资源开发等业务的管理。下图所示为城市轨道交通运营管理模式的分类。



城市轨道交通运营管理模式的分类

从城市轨道交通线网的角度出发，一体化管理模式可分为垄断一体化模式和竞争一体化模式。垄断一体化模式由 1 个法人单位负责整个城市轨道交通线网的投融资、建设、运营、资源开发工作。竞争一体化模式由多个法人单位分别负责城市轨道交通线网 1 条线或多条线的投融资、建设、运营、资源开发工作。多主体管理模式在城市轨道交通线网条件下，可由 1 个或数个主体单位负责城市轨道交通所有线路建设管理，1 个或数个公司负责城市轨道交通所有线路的运营，1 个或数个公司负责城市轨道交通所有线路的资源开发，等等。一个城市的城市轨道交通线网可采用一体化和多主体相结合的管理模式，1 条线路采用一体化管理模式，其他线路采用多主体管理模式。

1. 一体化管理模式

一体化管理模式是城市轨道交通运营管理的常用模式，我国已运营轨道交通的城市在起始阶段几乎均采用一体化管理模式。一体化管理模式在我国投资主体单一的国情下，在城市轨道交通线网投融资、建设、运营、资源开发各环节的协调方面，决策快、掣肘少，具有无可比拟的成本优势。在纷繁复杂的城市轨道交通工程中，一体化管理模式可以从全局观念出发、综合协调、整体推进、集中资源处理随时出现的各类问题。在线网规划、设计、运营互联互通、票务清分、资源共享、应急救援、突发事件处理的实施方面，在建设期枢纽站及换乘站的建设方面，在建设为运营创造条件及交接方面，在运营为建设反馈需求及工程质量把关方面，在建设为资源开发创造条件及运营拓展资源开发收益方面，均具有较低的协调成本。

同时，一体化管理模式更便于城市轨道交通的建设资金的跟踪和效益分析，便于对运营资产进行全寿命的分析和管理。但是，一体化管理模式使城市轨道公司缺乏竞争和成本控制的动力，投资效益得不到有效提高，机构庞大、臃肿，存在着管理不细、粗放式经营的趋势，容易滋生凡事推诿、官僚作风严重的风气。在我国有些城市采用了竞争一体化模式，引入了不同主体间在线路建设、运营方面的竞争关系，不同主体间存在着建设进度、质量、安全、投资、成本方面的竞争，这有助于城市轨道交通的管理体制创新和服务创新。但竞争一体化模式的缺点很明显，即不利于技术标准的统一、不利于线网的互联互通、不利于线网资源的统一规划和调配，需要市政府统一建设标准，对不同主体的行为进行规范。

2. 多主体管理模式

多主体管理模式是一种基于竞争和专业化管理的模式，建设公司专注于工程建设，运营

公司专注于轨道交通的运营。在多线建设的情形下,可由两家或多家公司承担建设任务;在多线运营的情形下,可由两家或多家运营公司从事运营任务;工程建设融资也可由专门的公司承担。

多主体管理模式对主体单位具有较强的激励作用,促使其加强管理、降低成本、提高效率。同时可以鼓励更多的社会公司投身城市轨道交通的建设、运营当中,使城市轨道交通的市场更具活力和创新;有更多的社会资金流入城市轨道交通行业,使城市轨道交通后续线路的建设和运营有充分的资金保障,有助于打破单纯政府投资的现状。但是,该模式由于各主体单位的目标不一,特别是融资主体、建设主体、运营主体的目标甚至相左,使相关接口之间的协调困难。建设主体之间在枢纽建设、客流衔接等方面也存在协调难度大问题。运营主体之间存在着票务清分、资源调配、应急指挥等方面的协调问题。

1.3.2 不同管理模式下的运营管理

1. 一体化管理模式下的运营管理

在一体化管理模式下,总公司负责运营政策、服务指标的制定、运营计划的审批、运营业务的监管和负责主要管理人员的任免。该模式适用于运营筹备或运营阶段,该阶段的特点是运营架构基本成型、人员基本到位及业务基本展开。

运营管理在城市轨道交通公司的定位可分为职能部、事业部、分公司三种不同形式。职能部属于公司组织机构体系的一个部门,一般适用于运营筹备的前期阶段,业务主要集中在前期调研、策划文件的编制;事业部的职能及自主权大于职能部,运营业务可以独立开展,组织机构根据需要设置,独立核算成本和利润,人事、财务管理可以独立进行,也可由公司派遣机构完成;分公司的职权与事业部相当,可以在工商局注册成立非法人单位的营业执照,可实行独立核算,运营业务、人员招聘、财务预算可独立进行,适用于轨道交通单线或线网运营。

2. 多主体管理模式下的运营管理

在多主体管理模式下,运营管理一般由具有独立法人资格的公司承担,依照企业管理的原则运作,运营公司具有独立的决策权、人事权。该模式适用于轨道交通单线或线网运营。运营公司的确定包括产权人自行成立、产权人委托专业公司、产权人租赁专业公司及专业公司特许运营四种方式。

在我国在建城市轨道交通的城市中,大多采用一体化管理模式,而较少采用多主体管理模式。多主体管理模式更适宜在城市轨道交通线网已成规模时采用。这两种管理模式各有优缺点,在轨道交通管理的演变中,一些新的管理模式逐步出现。有的城市在一体化管理模式的基础上,成立城市轨道交通集团公司,下设建设、运营、资源、融资等子公司或控股公司,吸纳多主体管理模式的优点。有的城市在多主体管理模式的基础上,由市政府成立独立的线网公司负责整个城市的整体规划、线网管理和各建设、运营单位之间关系的协调,规避多主体管理模式的缺陷。

1.3.3 运营管理模式的选择

影响运营管理模式的因素众多,一般包括当地社会经济状况、城市轨道交通自身的属



性、城市轨道交通公司的演化历史等。其中,当地社会经济状况和城市轨道交通自身的属性起决定性作用。

1. 当地社会经济状况

当市场经济发达、市场竞争充分、资源配置主要由市场来决定时,城市轨道交通建设运营市场化的呼声应最高,社会资源进入的压力最大。城市轨道交通管理模式应存在一体化管理模式向多主体管理模式转变、垄断向竞争一体化转变的趋势;运营模式应存在职能部向事业部、事业部向分公司、分公司向公司制的转变趋势。

2. 城市轨道交通自身的属性

城市轨道交通自身具有的公益性、外部性特性对运营管理模式的选择存在潜在性的影响。城市轨道交通的公益性是指城市轨道交通具有公共产品的属性,同城市道路、照明、绿化、公园一样,属于政府财政负责为社会公众提供的产品和服务。它的建设、运营成本巨大,远非市政府财政所能长期负担。

城市轨道交通的各项成本不能完全由使用者负担,否则,高昂的票价将导致城市轨道交通无人使用,城市道路拥堵和空气污染问题也得不到解决。因此,由政府为主提供建设资金和运营补贴是各城市的不二选择。城市轨道交通的外部性是指城市轨道交通带来的效益,不仅仅体现在运营单位的票务收入和为公众提供的便捷、快速、舒适服务上,而且体现在城市轨道交通沿线的物业、商贸和土地的升值上,体现在城市环境质量的提高上。这部分升值并不能回馈到城市轨道交通的内部财务报表,所以城市轨道交通具有很好的社会效益和较差的内部财务报表的特性。城市轨道交通的公益性和外部性特性导致各城市的城市轨道交通一般由政府投资兴建,而社会投资的积极性不高。城市轨道交通的管理模式由政府决策,政府如需引进社会投资,则需要选择相应的管理模式及提供优惠政策。

3. 城市轨道交通公司的演化历史

城市轨道交通公司的发展一般要经过创始期、成长期、成熟期。在不同的阶段,公司面临的环境、承担的使命、组织机构均不一致,需要根据公司所处的阶段和面临的环境,随时进行调整。城市轨道交通公司需要根据业务的发展和网络运营的形成,调整自身的组织机构和运行机制。在城市轨道交通从单线到网络的形成过程中,管理模式一般遵从一体化到多主体管理模式的转化,从垄断一体化到竞争一体化的转化。运营管理模式一般遵从职能部、事业部、分公司、公司的转化。具体到某个城市,运营管理模式则由于城市的社会文化、经济、政策法规、初始选择的不同而出现差异。上述的转化顺序也未必表明转化后的模式优于前者,采用何种模式,主要视各城市的具体情况来确定。

在我国已开通城市轨道交通运营的各主要城市中,北京、上海轨道交通管理采用的是多主体管理模式,广州、香港采用的是垄断一体化模式,深圳采用的是竞争一体化模式。在运营管理的定位方面,北京、上海成立运营公司负责城市轨道交通的运营,广州地铁采用事业部制,深圳采用分公司制。选择城市轨道交通管理模式和运营模式时,首先要清楚每种模式的优缺点、适用范围、影响因素、演化进程,然后才能结合本城市的发展定位、特点,找出适合本城市的管理模式。

学习评价

本模块学习完成后,请根据自己的学习所得,结合下表所列内容进行打分评价。

模块1 学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自 评	小组评议	教师评议	
课前预习本模块相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解城市轨道交通运营特性				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉城市轨道交通运营管理的内容				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解城市轨道交通运营管理中存在的问题,并熟悉其对应的完善思路				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解城市轨道交通运营管理模式的分类				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握城市轨道交通运营管理模式的选择				A. 充分 B. 一般 C. 不足
参加教学中的讨论和练习,并积极完成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度、完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				



思考与练习

1. 填空题

- (1) 为乘客提供快速、安全、准时、舒适便利的运输服务,使乘客能够____、____、____,完成整个乘客运输过程,是城市轨道交通系统建设和运营的目的。
- (2) 伴随着管辖线路里程和线路数量的不断增加,城市轨道交通系统将由简单的____逐步形成____,由目前单线运作模式逐步迈入网络化运营管理新时代。
- (3) 调度所内的设备包括信号系统(ATC)、____(SCADA)、____(FAS、BAS)、主机及显示屏、通信系统等设备。
- (4) 城市轨道交通运营管理的内容包括____、____、____、____等。
- (5) 城市轨道交通的____是指密切注意车站乘客动态,发现危及行车和乘车安全的情况,及时与有关人员联系,进行处理。

2. 简答题

- (1) 城市轨道交通运营的特性有哪些?
- (2) 简述城市轨道交通运营管理的内容。
- (3) 现阶段,城市轨道交通运营管理中存在哪些问题?
- (4) 城市轨道交通运营管理的模式有哪些?
- (5) 如何选择城市轨道交通的运营管理模式?



模块

2 城市轨道交通运输计划



学习目标

- (1) 了解客流的概念和特征,熟悉客流计划的概念和表示形式。
- (2) 了解客流预测的内容和模式,掌握客流预测方法和客流调查方法。
- (3) 熟悉全日行车计划的编制依据,掌握全日行车计划的编制依据。
- (4) 熟悉列车编组方案、列车交路方案和列车停站方案的相关知识。
- (5) 掌握车辆配备计划的相关知识。
- (6) 熟悉车辆运用计划和列车交路计划的相关知识。



学习重点

- (1) 客流及客流计划。
- (2) 全日行车计划。
- (3) 车辆配备计划
- (4) 车辆运用计划和列车交路计划。

2.1 客流及客流计划

客流是规划城市轨道交通线网及线路走向、选择城市轨道交通制式及车辆类型、安排城市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,也是城市轨道交通安排运力、编制开行计划、组织日常行车和分析运营效果的基础。

2.1.1 客流

1. 客流的概念和分类

客流是指在单位时间内城市轨道交通线路上乘客流动人数和流动方向的总和。客流的概念既表明了乘客在空间上的位移及其数量,又强调了这种位移带有方向性和具有起讫



位置。

(1)根据客流的时间分布特征,城市轨道交通客流可分为全日客流、全日分时客流和高峰小时客流。全日客流是指每日城市轨道交通线路输送的客流量。全日分时客流是指一天内城市轨道交通线路各小时输送的客流量。高峰小时客流一般是指城市轨道交通线路早、晚高峰及节假日高峰小时内输送的客流。

(2)根据客流的分布特征,城市轨道交通客流可分为断面客流和车站客流。断面客流是指通过城市轨道交通线路各区间的客流,车站客流是指在城市轨道交通车站上、下车和换乘的客流。

(3)根据客流的来源,城市轨道交通客流可分为基本客流、转移客流和诱增客流。基本客流是指城市轨道交通线路既有客流加上按正常增长率增加的客流。转移客流是指由于城市轨道交通具有快速、准时、舒适等优点,使原来经常由常规公交和自行车出行转移到经由城市轨道交通出行的这部分客流。诱增客流是指城市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。

2. 客流特征

客流可以是预测客流,也可以是实际客流。客流是动态流,随天、时、地的变化而改变,这种变化是城市社会经济活动、生活方式在轨道交通系统的反映。客流的特征主要体现在空间分布和时间分布两个方面。

(1)空间分布特征。

①各条线路客流不均衡。沿线土地利用状况的不同是各线路客流不均衡的决定因素,而轨道交通线网的通达性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体现为不同线路的客流量差异和客流分布的差异。

②各个方向客流不均衡。在轨道交通线路上由于客流的流向不同,各条线路的上下行方向最大断面客流通常是不相等的。在放射状的轨道交通线路上,早、晚高峰小时的各个方向客流的不均衡最为明显。

③各个断面客流不均衡。在轨道交通线路上由于各个车站乘降人数不同,必然存在线路单向各个断面的客流不均衡现象。

④各车站乘降人数不均衡。在城市轨道交通线路上,全线各站乘降量总和的大部分往往集中在少数几个车站上。新的居民住宅区、新的轨道交通线路投入运营、商业中心分布变化,都会使车站乘降量发生较大的变化,引发不均衡的加剧或新的不均衡。

(2)时间分布特征。

①一日内各小时的客流变化。小时客流随人们的生活节奏和出行规律的变化而变化。白天时段客流有多次变化起伏,一般清晨与夜间的乘客最少,早晨上班和上学的时段客流达到最高峰,高峰过后渐渐进入低谷,傍晚下班和放学时段客流进入次高峰。同时,客流在高峰小时内分布也是不均衡的,往往还存在着 20 min 左右的超高峰期。

②一周内每日客流的变化。全日客流量在一周之内呈现规律性变化。在以通勤客流为主的线路上,在工作日内,通常会出现早、晚两个高峰。双休日出现的早、晚两次高峰并不明显,全日客流往往也有所减少。

③季节性或短期性客流的变化。客流还存在着季节性变化的特点。例如,每年的梅雨

季节和学生迎考时期,客流通常是全年的低谷。在旅游旺季,城市中流动人口的增加会使轨道交通线路的客流也随之增加。短期性客流的激增通常是因举办重大活动或遇天气骤变引起的。

2.1.2 客流计划

1. 客流计划的概念

客流计划是指计划期间城市轨道交通线路客流的规划,也是编制其他计划的基础和依据。对新线,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。

2. 客流计划的表示形式

最基本的站间客流资料可以用二维矩阵来表示,二维矩阵也称为站间交换量 OD(Original Destination,O表示客流和车流的总出发地节点,D表示客流和车流的总目的地节点)矩阵。表 2-1 所示为某五站间的交换量 OD 矩阵,右下角为全线客流总量。

根据表 2-1 可以统计各站上下车人数,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 2-2 所示为北京地铁车站流量。

表 2-1 某五站间的交换量 OD 矩阵

单位:人

站 号	1	2	3	4	5	合 计
1	—	3 260	22 000	1 980	1 950	29 190
2	2 100	—	21 900	2 330	6 530	32 860
3	5 800	4 900	—	3 220	4 600	18 520
4	5 420	4 100	3 200	—	4 390	17 110
5	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 2-2 北京地铁车站流量

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



线路断面客流也可以用图 2-1 表示。

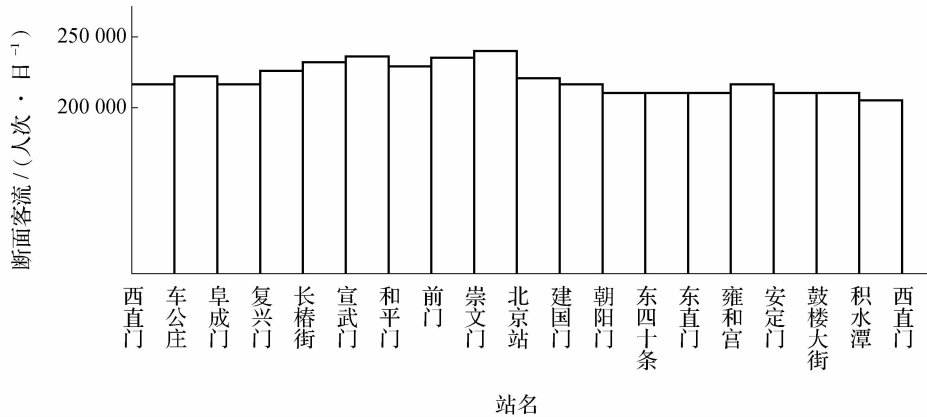


图 2-1 线路断面客流

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分布统计。图 2-2 给出了模拟的某城市客流全日出行分布。

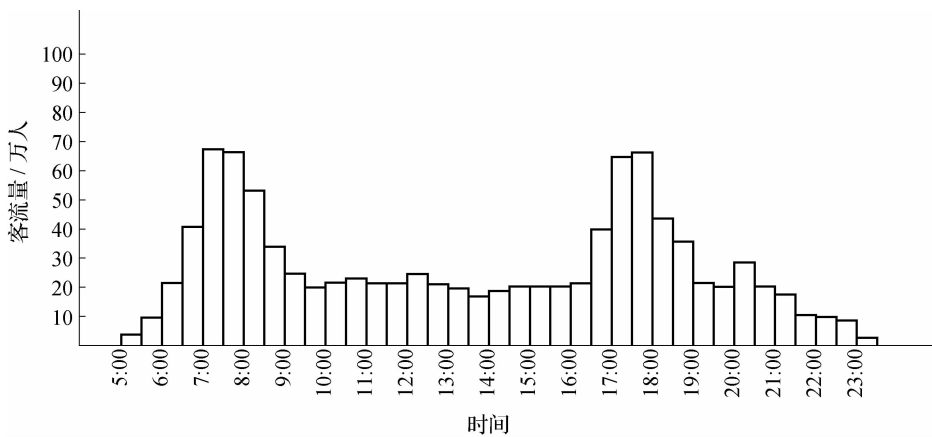


图 2-2 模拟的某城市客流全日出行分布

2.2 客流预测

客流预测就是通过预测模型,在分析现状交通情况的基础上,对各年限内轨道交通线路的客流规模、分布特征等进行预测,为确定轨道交通线网布局、建设规模、系统规模选择、系统建设效益分析等提供依据,预测结果的可靠与否直接关系到城市轨道交通的运营效率和经济效益。

2.2.1 客流预测的内容和模式

1. 客流预测的内容

根据实际运用经验,在城市轨道交通系统中,从系统功能要求出发,在城市总体规划和轨道交通线网规划的前提下,按设计年限,客流预测的基本内容归纳如下:

(1)全线客流预测。全线客流预测的内容包括全日客流量和各小时段的客流量及列车数。

①全日客流量是表现和评价运营效益的直观指标,也是进一步评价线路负荷强度的重要指标。

②各小时段的客流量及列车数为全日行车计划提供依据,在保证运营能力和服务水平的前提下,合理安排行车间隔,提高列车满载率及运营效益。

(2)车站客流预测。车站客流预测的内容包括高峰小时时段的站间最大单向断面流量,全线早、晚高峰小时的站间断面流量,各车站早、晚高峰小时的上下车客流量及相应的超高峰系数。

①高峰小时时段的站间最大单向断面流量是决定建设轨道交通的必要性和确定系统运量规模的基本依据,由此选定交通制式,车型,车辆编组长度、行车密度及车站站台长度。

②全线早、晚高峰小时的站间断面流量是全线运行交路设计的基本依据,由此确定区域折返交路、折返列车数量、折返车站位置及配线形式,并计算运用车辆配置数量。

③各车站早、晚高峰小时的上下车客流量及相应的超高峰系数是各车站规模设计的基本依据,由此计算站台宽度,楼、扶梯宽度,售、检票机数量,车站出入口的总宽度,等等。其中,晚高峰小时客流量对地下车站的空调设置、通风量计算具有控制性作用。

此外,必要时应对车站客流进一步分析,预测到达本车站的客流所采用的各种交通方式的分类和比例。

(3)分段客流预测。分段客流预测的内容包括站间交换量 OD 矩阵、平均运距及各级运距的乘客量。据此数据,可进行分段客流统计,制定票制和票价,最终对建设投资、运营成本做财务分析,分析社会经济效益,提出项目效益评价意见。

(4)换乘客流预测。换乘客流预测的内容包括各换乘站分向换乘客流量。这项数据对线路主客流方向的评价很重要,并为换乘形式设计和换乘车站间的换乘通道或楼梯的宽度计算提供了依据。

(5)出入口分向客流预测。根据每座车站确定的出入口分布位置,对每个出入口做分向客流预测,并做波动性分析,为每个出入口宽度计算提供依据。

2. 客流预测的模式

目前,城市轨道交通客流预测有如下几种模式:

(1)四阶段客流预测模式。四阶段是指交通的产生、交通的分布、交通方式的分配和交通在相关网络中的分配。交通的产生是确定各发点的总发送客流和各到点的总到达客流;交通的分布是确定各到发点间的客流;交通方式的分配是确定轨道交通网络分摊的客流;交通在相关网络中的分配是确定轨道交通系统各线路的客流。这是一种在现状调查及未来城



市发展规划、土地利用基础上,定量预测城市远期客流的预测模式,能较好地反映城市客流与城市发展的关系,但当城市未能按发展规划实现时,预测的客流与将来的实际客流会存在较大差异。

(2)趋势外推客流预测模式。趋势外推是指根据道路交通量和公共汽车线路的现状客流量资料,按时间序列采用数学方法,利用有关参数求出轨道交通线路的客流。这是一种基于现状的预测方法,能较好地反映近期交通量的增长情况,但在轨道交通系统建成后的城市交通分布变化上,预测的结果可靠性较差。

(3)车站吸引区域客流预测模式。车站吸引区域是以车站为圆心、一定的到达车站时间或到达车站距离为半径的圆来确定的。到达车站的时间或距离又可以按步行、骑自行车和乘公共汽车三种方式进行分类。因此,车站吸引区域客流预测模式又称为三次吸引客流预测模式。这种客流预测模式认为在合理确定车站吸引区域的前提下,能借助有关公式计算出通过上述三种方式到站乘车的人数。这种客流预测模式不以线路为单位,而以车站吸引区域范围半径及吸引区域内土地利用的性质对客流的影响来预测客流。

2.2.2 客流预测方法与客流调查

1. 客流预测方法

客流预测的方法有很多,按客流预测方法属性,可分为定量预测和定性预测两大类。

(1)定量预测。定量预测可分为时间序列客流预测和因果关系客流预测两种。

①时间序列客流预测。该方法的基本思路是:将时间作为自变量,根据客流从过去到现在的变化规律来预测未来的客流。该方法的主要优点是数据相对较少、运用简便,只要采用时间段的统计客流数据变动趋势没有大的异常波动,预测结果一般较好;该方法的主要缺点是无法反映客流变动的原因,因而不能指明在影响客流的因素发生变化时客流变化的趋势与结果。

常用的时间序列客流预测方法有如下几种:

- 移动平均法。该方法借助移动平均数来修匀原始客流时间序列的变动,以达到准确地描述客流变化趋势和进行客流预测的目的。所谓移动平均,就是按原始客流时间数列的一定项数(跨越期数)计算移动平均数,逐项移动,边移动边平均,得出一组移动平均数,由这组移动平均数构成新的客流时间序列。新的客流时间序列可以把原始客流时间数列中的某些不规则变动,特别是周期性变动,加以修匀,从而显示出客流长期变化的基本趋势。为了取得较好的客流预测结果,通常还在一次移动平均的基础上对一次移动平均数进行二次平均。

- 指数平滑法。指数平滑法也称时间数列的指数平滑法,是通过修匀历史数据中的随机成分来预测未来。它所使用的修匀方法与移动平均法不同,它引入一个人为确定的系数以体现不同时期因素在整个预测期中所占的权数。

- 自回归法。自回归法是对原始客流时间序列中的各期数据(用 Y_t 表示)与前一期数据(用 Y_{t-1} 表示)进行回归分析,通过 Y_{t-1} 的变动来预测 Y_t ,从而进行客流预测的一种方法。自回归法以 Y_{t-1} 为自变量, Y_t 为因变量,按线性或指数曲线回归方程拟合,建立数学

模型。当原始客流时间序列中各期数据相互间具有较高的相关性时,可以使用自回归法进行预测。

②因果关系客流预测。由于客流的变动与某些因素之间存在着密切的关系,并且这些因素之间又都是相互影响的,因此可以通过研究影响客流的因素来预测未来的客流。

因果关系客流预测与时间序列客流预测的区别在于,前者的自变量是时间,而后者的自变量是除时间以外的其他因素。因果关系客流预测方法的主要优点是能够考虑较多的对客流可能产生影响的因素,揭示引起客流变化的原因,在数据量足够多的情况下,常能得到较好的预测精度;主要缺点是由于自变量的选择、有关参数的确定带有主观性,导致预测的准确性会受到影响。

常用的因果关系客流预测方法有如下几种:

- 回归预测法。回归预测法是通过回归分析,建立一个合适的因变量和自变量之间的函数关系,来近似地表达客流和影响客流因素之间的平均变化关系。它包括一元线性回归预测、一元非线性回归预测、多元线性回归预测和逐步回归分析预测等方法。

- 引力模型法。在研究地区间人的流动问题时,研究者发现人的流动数量似乎都是正比于地区人口的总数而反比于地区间的距离的,这种现象正如物体之间的引力关系,于是提出了引力模型来预测客流。

引力模型既考虑了对地区间客流有影响的人口等各种吸引因素,又考虑了对地区间客流有影响的距离阻力因素。引力模型简单易懂,但在利用该模型进行客流预测时,参数的确定往往比较困难。

- 乘车系数法。乘车系数法是一种以总人口和人均乘车次数来预测乘客发送量的方法。乘车系数是一定吸引范围内乘客发送量与总人口的比值,可根据历年资料和可能发生的变化进行确定。这种方法的局限性是乘车系数本身的变动有时难以预料。此外,在计算总人口时,间接吸引范围的人口确定也比较复杂。

(2)定性预测。定性预测不采用数学模型,主要依赖预测人员的专业知识和实际经验。定性预测方法中使用较多的是德尔菲(Delphi)法。

德尔菲法又称专家预测法,在历史客流数据较少的情况下,德尔菲法借助预测者的专业知识和实际经验,并综合考虑多种影响因素对客流进行预测。德尔菲法的一般程序如下:

- ①确定预测主题。

- ②选择专家。专家人数要适当,有一定的代表性。

- ③设计预测调查表,并提供有关背景材料。

- ④逐轮资讯和信息反馈,组织者将表格寄给专家,征询他们的意见,在收到专家的意见后,将专家的意见进行归纳汇总,匿名反馈给专家,再次征询意见,如此反复几轮,当专家的预测意见逐步趋于一致时,预测的结果基本形成。

- ⑤采用统计分析法对专家预测进行定量评价,确定预测结果。

2. 客流调查

(1)客流调查种类。根据不同的情况和不同的需要,城市轨道交通的客流调查种类主要有全面客流调查、乘客情况抽样调查、断面客流调查、节假日客流调查。



①全面客流调查。全面客流调查是对全线客流的综合调查,通常包含乘客情况抽样调查。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,能对客流现状及客流规律有一个全面且清晰的了解。

全面客流调查有随车调查和站点调查两种调查方式。随车调查是在车门处对全天运营时间内所有运行列车的上下车乘客进行调查;站点调查是在车站检票口对全天运营时间内所有在车站上下车乘客进行调查。城市轨道交通系统的全面客流调查一般采用站点调查。

全面客流调查一般应连续 2~3 天,在运营时间内,调查全线各车站所有乘客的下车地点和票种情况,并将调查资料以 5 min 为间隔分组记录下来。

②乘客情况抽样调查。乘客情况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用问卷方式进行,内容包括乘客构成情况和乘客乘车情况。

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

·乘客乘车情况调查。该调查可在特定的地点进行,内容包括年龄、性别、职业、家庭住址和收入、日均乘车次数、上车站和下车站、到达车站的方式和时间、下车后到达目的地的方式和时间、乘坐轨道交通后节省的出行时间,以及对现行票价的认同度,等等。

③断面客流调查。该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。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,城市居民生活方式的变化,等等。该项调查一般通过问卷方式进行。

(2)客流调查统计指标。客流调查结束后,对客流调查资料应认真整理,或列成表格,或绘成图表,采用适当的统计方法来汇总计算各项指标,进行正确的分析处理。城市轨道交通系统全面客流调查后,应汇总计算的主要指标如下:

①乘客人数。乘客人数包括分时各站上下车人数、全日各站上下车人数、分时各站换乘人数、全日各站换乘人数、全线全日乘客人数、全线高峰小时乘客人数。

②断面客流量。断面客流量包括分时各区间断面客流量、全日各区间断面客流量、分时最大断面客流量、全日最大断面客流量、高峰小时最大断面客流量。

③运送距离。运送距离包括本线乘客乘坐不同站数、人数及所占百分比,跨线乘客乘坐不同站数、人数及所占百分比,乘客平均运距。

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;车站分别按年龄、居住地和出行目的等统计的乘客人数及所占百分比;车站吸引乘客人数及所占百分比;从不同距离,以三种不同方式到达车站的乘客人数及所占百分比;居住城市各区域乘客人数及所占百分比。

⑤车辆运用。车辆运用包括客车公里、客位公里、客流密度、平均满载率、高峰小时最大客流断面满载率。

2.3 全日行车计划

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,是编制列车运行图和确定车辆运用的基本资料。

2.3.1 全日行车计划的编制依据

全日行车计划的编制依据有以下几点:

(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,与城市居民的出行特点、文化背景和习惯有关。目前,世界上大多数城市轨道交通系统的营业时间都为18~20 h。

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

(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后完成。分时行车计划中的列车开行对数可按式(2-1)计算。

$$n_i = \frac{P_{\max,i}}{c_p \beta} \quad (2-1)$$

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

全日列车开行对数应为

$$N = \sum n_i \quad (2-2)$$

式中, N 为全日列车开行对数。

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 。

$$I_i = 60/n_i \quad (2-3)$$

或

$$I_i = 3\ 600/n_i \quad (2-4)$$

2.3.2 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计划确定各时段开行的列车数,并确定列车发车间隔。



2.4 列车开行方案

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。

2.4.1 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,如轨道交通列车采用6辆或8辆编组的情形。

(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辆编组的情形。

(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,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辆编组或4/6辆编组的情形。采用大小编组方案时,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,当线路的分时客流比较均衡时,大小编组方案将失去比选的必要性;当客流已经接近远期设计客流量时,小编组方案将失去实施的可能性。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

为满足一定的客流需求,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,当车辆选型一定时,列车编组与列车间隔成正比关系;当列车间隔一定时,列车编组与车辆定员成反比关系,如表2-3所示。

表 2-3 列车编组与车辆选型、通过能力的关系

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·小时 ⁻¹)	18 000			

由此可见,影响列车编组方案比选的主要因素是客流、车辆选型和列车间隔。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。

(1)客流。客流因素主要是指高峰小时最大断面客流量与分时客流不均衡程度。高峰小时最大断面客流量越大,需要的小时列车运能也越大。在车辆选型和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量成正比关系,即客流较大时列车编组也较大。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量较大且列车间隔已无法进一步压缩的情况下,列车编组只能选择大编组方案;在高峰小时最大断面客流量不大,但分时客流不均衡程度较大的情况下,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量不小于3万人的情况下应采用A型车和B型车,车辆定员分别为310人和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,则列车编组可相应较小。

(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,但列车间隔的压缩又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。当用小编组方案替代大编组方案时,应验算列车间隔与通过能力是否相适应。当客流量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,因而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,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,但随着列车中动车比例的增加,车辆的平均价格也呈增加趋势。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。

2.4.2 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统称为特殊交路。

(1)常规交路。常规交路又称为长交路,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2-3(a)所示。采用常规交路方案时,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的不均衡程度较大,则会造成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 2-3(b)所示。采用衔接交路方案,可以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,需要设置中间折返站。短交路列车在中间折返站是双向折返,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,长短交路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 2-3(c)、图 2-3(d)、图 2-3(e)、图 2-3(f)所示。采用混合交路方案,可提高长交路列车满载率,加快短交路列车周转,但部分乘坐长交路列车的乘客的候车时间会增加,以及需要设置中间折返站。

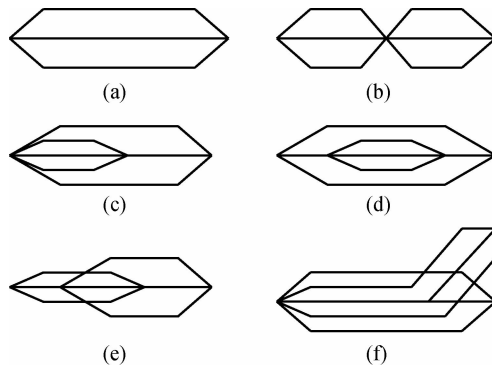


图 2-3 不同类型的列车交路

长短交路的组织方案,既能满足运输需求,又能提高运营效益。因此,在线路各断面客流量不均衡的情况下,可以采用以长交路为主,短交路为辅的列车交路计划,组织列车在线路上按不同的密度行车。同理,当高峰期间客流在空间分布上比较均匀,而低谷期间客流在空间分布上相差悬殊时,可以在低谷时间采用长短交路列车运行方案,组织开行部分在中间站折返的短交路列车。

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比选的前提条件或必要条件。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、通过能力的适应性和运营组织的复杂性等。

(1)客流的空间分布特征。只有在线路各区段断面客流分布不均衡程度较大的情况下,才有必要对常规交路方案和特殊交路方案进行比选。当断面客流分布为阶梯形时可选用混合交路方案或衔接交路方案,当断面客流分布为凸字形时可选用混合交路方案;而当断面客流分布比较均衡时,一般应选用常规交路方案。

(2)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仅是采用特殊交路方案的必要条件,而不是充分条件。当采用混合交路方案时,部分乘长交路列车的乘客会增加候车时间;当采用衔接交路方案时,跨区段出行的乘客需要在中间折返站换乘。鉴于上述情况,采用特殊交路方案会使部分乘客增加出行时间,从而引起乘客服务水平的下降。特殊交路方案对乘客服务水平的影响程度,取决于乘坐长交路列车或跨区段出行乘客的数量及其所占比例。如果乘客出行时间增加得较多,一般不宜采用特殊交路方

案。但应指出的是,在特殊交路方案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。

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

(4)通过能力的适应性。当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。单向折返时,短交路列车的折返作业与长交路列车的到发作业有可能产生进路干扰;双向折返时,两个方向短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,线路的折返能力,甚至最终通过能力均有可能降低。因此,通过能力适应是采用特殊交路方案的充分条件之一。

(5)运营组织的复杂性。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,因此特殊交路方案的运营组织要比常规交路方案的运营组织复杂。此外,当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,以及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。

2.4.3 列车停站方案

1. 列车停站方案的种类

(1)站站停车方案。站站停车方案即列车在全线所有车站均停车,如图 2-4 所示。线路上开行列车的种类简单,不存在列车越行,乘客无须换乘,也无须关注站台上的列车信息显示。当跨区段、长距离出行乘客所占比例较大时,站站停车方案在车辆运用与服务水平方面均不能达到最佳状态。

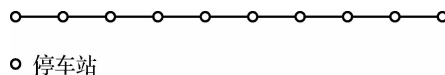


图 2-4 站站停车方案

(2)区段停车方案。区段停车方案在长短交路情况下采用,长交路列车在短交路区段外每站停车,但在短交路区段内不停车通过;而短交路列车则在短交路区段内每站停车,短交路列车的中间折返站同时又是乘客换乘站,如图 2-5 所示。与站站停车方案相比,区段停车方案中的长交路列车在短交路区段内不停车通过,列车停站次数的减少使长交路列车的停站时间及起停车附加时间的总和也相应减少,提高了列车运行速度,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,减少车辆运用和降低运营成本。但是,区段停车方案也存在若干问题,如在行车量较大的情况下,有可能会产生列车越行情况,需要在部分中间站修建侧线;会增加在不同交路区段间上下车乘客的换乘时间,会延长在短交路区段内上下车乘客的候车时间。

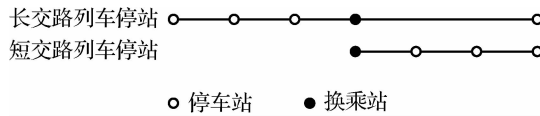


图 2-5 区段停车方案

(3) 跨站停车方案。跨站停车方案在长交路的情况下采用,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 4 个或 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;B 类列车在 B、C 类车站停车,在 A 类车站通过,如图 2-6 所示。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 两类车站上车的乘客的候车时间有所增加;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,会增加换乘时间及带来不便。因此,跨站停车方案比较适用于 C 类车站上下车客流较大,并且乘客乘车距离较远的情形。

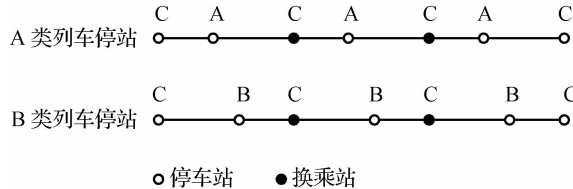


图 2-6 跨站停车方案

(4) 部分列车跨多站停车方案。部分列车跨多站停车是指线路上开行两类长交路列车,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,而在其他站不停站通过,如图 2-7 所示。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,做到既提高运营经济性,又不降低对乘客的服务水平。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的开行对数。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间隔时间。

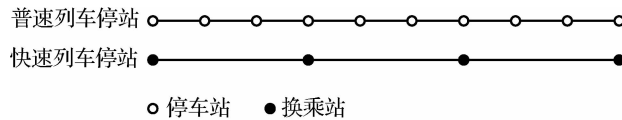


图 2-7 部分列车跨多站停车方案

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和降低运营成本,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,而另一部分乘客增加了候车时间或换乘时间的情况,乘客节约时间的总和是否大于增加时间的总和取决于站间 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的复杂性等。

(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较大的情况下,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。当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,也会出现一部分乘客增加换乘时间或候车时间的情形。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与候车时间。一般而言,如果乘客节约时间的总和大于增加时间的总和,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。当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,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时,必须对列车越行等相关问题(如列车越行判定条件、越行站设置数量及位置等)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,车站土建与轨道等费用的增加会引起车站造价的提高。

(5)运营组织的复杂性。由于各类列车的停站安排不同及列车在中间站越行,控制中心、车站控制室对列车运行的监控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的运营组织复杂。

2.5 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计划。车辆保有数计划的内容包括车辆运用数、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,可得出所需车辆运用数;在修车辆数需根据车辆运用数、综合维修能力和修程修制取得,一般为车辆运用数的 10%~15%;备用车辆数按照车辆运用数的 10%取得。

2.5.1 车辆运用数

车辆运用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。它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

$$N = n_{\text{高峰}} \theta_{\text{列}} m / 60 \quad (2-5)$$



式中, N 为车辆运用数; $n_{\text{高峰}}$ 为高峰小时开行的列车对数; $\theta_{\text{列}}$ 为列车周转时间; m 为平均每列车编成的辆数。

考虑到城市轨道交通车辆有时是以动车组形式编组的, 此时车辆运用数的计算公式为

$$N = n_{\text{高峰}} \theta_{\text{列}} L / 60 \quad (2-6)$$

式中, L 为每列车内动车组组数。

式(2-5)和式(2-6)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, 包括列车在区间内的运行时间、列车在中间站的停留时间及列车在折返站作业时的停留时间。

$$\theta_{\text{列}} = \sum t_{\text{运}} + \sum t_{\text{站}} + \sum t_{\text{折停}} \quad (2-7)$$

式中, $\theta_{\text{列}}$ 为列车周转时间(min); $\sum t_{\text{运}}$ 为列车在线路上往返一次各区间运行时间之和; $\sum t_{\text{站}}$ 为列车在线路上往返一次各中间站停站时间之和; $\sum t_{\text{折停}}$ 为列车在折返站停留时间之和。

2.5.2 在修车辆数

由于运营过程中的损耗, 车辆需要定期检修, 以预防故障或事故的发生。在修车辆是指处于定期检修状态的车辆。

车辆检修计划包括车辆检修级别和车辆检修周期。它们是根据车辆的设计性能、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(如走行公里数等)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)修六类, 可相对应地设置检修周期。表 2-4 给出了某地铁系统车辆检修周期计划。

表 2-4 某地铁系统车辆检修周期计划

检修级别	检修周期	走行公里数	检修停时
日检	1 天	—	—
双周检	2 周	4 000	4 h
双月检	2 个月	20 000	48 h
定修	1 年	100 000	10 天
架修	5 年	500 000	25 天
厂(大)修	10 年	1 000 000	40 天

在修车辆数的确定可以根据表 2-4 中的检修周期来推算。

2.5.3 备用车辆数

备用车辆是为城市轨道交通系统适应可能的临时或紧急运输任务、预防车辆故障发生而准备的技术状态良好的车辆。一般来说, 备用车辆可控制在 10% 左右。不过, 对于投产不久的新线来说, 由于车辆状态较好, 客流量不大, 备用车辆数可适当减少, 以节约投资。

2.6 车辆运用计划和列车交路计划

2.6.1 车辆运用计划

城市轨道交通系统是一个复杂的、技术密集的公共交通系统,具有高度集中、协调联动的特点。车辆运用组织系统作为这个大系统中的重要组成部分之一,在上级运营指挥部门的统一指挥下,按照列车运行图完成日常的车辆运用工作。

1. 列车出车

列车出车工作流程分为制订发车计划、出乘作业和发车作业三个部分,从制订发车计划开始到列车发出结束。制订发车计划可分为编制、下达发车计划,检修交车、确认计划两个环节。出乘作业可分为驾驶员出勤、出车前检查、列车出库三个环节。列车出车工作流程如图 2-8 所示。

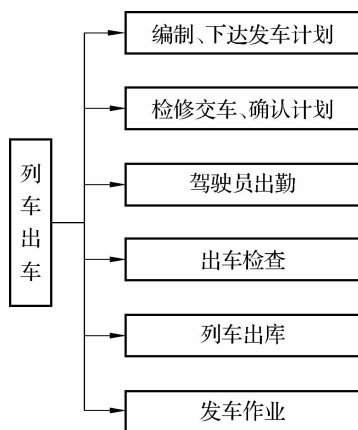


图 2-8 列车出车工作流程

2. 列车正线运行

列车正线运行主要由乘务员(电客车驾驶员)来完成,主要工作内容包括正线运行中的信息交流和正线交接班作业。

(1) 正线运行中的信息交流。

①正线列车或其他列车设备发生故障时,驾驶员应及时报告行车调度员故障车次、故障时间、故障现象及处理结果。

②列车调度员将故障车次/车号、故障情况及其他相关信息通报维修部门。

③驾驶员除向行车调度员汇报有关故障信息,还应将故障信息在报单上记录备案。

④运营中列车因故障而导致下线时,行车调度员应及时通知运转值班员。

(2) 正线交接班作业的有关规定。

①驾驶员在正线交接班时,应提前 20 min 至有关地点出勤,出勤方式按部门制定的相应规定执行。



②驾驶员在途中交接班时必须向接班人员说明列车的运行技术状态及有关行车注意事项,并填写在驾驶员报单上,其内容包括制动性能、故障情况、线路情况、当前有效调度命令及执行情况,以及其他必须交接的情况。

3. 列车收车工作

列车收车工作分为接车作业和回库作业。其中,回库作业可分为列车入库、回库检查及收车、驾驶员退勤三个环节。列车收车工作流程如图 2-9 所示。

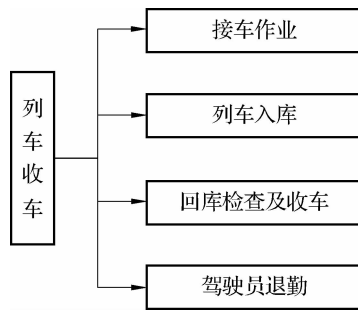


图 2-9 列车收车工作流程

2.6.2 列车交路计划

1. 列车交路计划的确定

列车交路计划的确定应建立在对线路各断面客流量进行统计分析的基础上,充分考虑行车组织、客运组织与技术设备的条件,进行可行性研究后加以确定。

首先,断面客流分析是列车交路计划确定的主要因素之一,也就是对客流在时间上、空间上所表现出的不均衡性加以研究分析,作为列车交路计划确定的依据。

其次,行车条件决定了列车交路计划实现的可能性,由于城市轨道交通的运营特点,不可能在每个车站设置具备调车作业功能的线路,交路的实现只能在两个设有折返线路的车站之间进行,同时还必须注意列车交路是否会影响到行车组织的其他环节,如是否会影响行车间隔、后续列车的接车等。

最后,客运组织是列车交路计划确定的必要客观条件,由于列车交路计划的实现可能导致列车终到站的变化,相关车站的乘客乘降作业、列车清客、客运服务工作都会随之不断地被调整,对客运组织水平的要求比较高,如果客运组织不力,将会直接影响列车运行图的执行情况。因此,确定列车交路计划时应考虑客运组织的条件加以考虑。

2. 列车折返方式

在城市轨道交通中,通过列车在连接多个车站的固定线路上的往返运行,完成运输乘客的任务。列车需要在线路的两端站完成换驾驶端和转换线路的作业。列车通过进路的改变和道岔的转换,经由车站的调车进路,改变运行方向,由一条线路运行至另一条线路的方式称为列车折返。具有列车折返设施的车站称为折返站。折返作业时驾驶员驾驶列车到达终点站或折返站,车站行车人员及驾驶员按有关规定完成折返操作的程序与步骤。根据折返线布置的不同,列车折返可分为不同的方式,具体如下:

(1)站前折返方式。站前折返方式是列车在中间站或终点站利用站前渡线进行折返作业的方式。

①站前折返方式的优点。

- 由于渡线设置在站前,缩小了车站的建筑规模,所以可以在一定程度上减少项目的建设投资。

- 利用区间运行时间完成列车折返,缩短了列车的走行距离,相应缩短了折返时间。

- 在同一个站台同时上下车,列车无空车走行。

②站前折返方式的缺点。

- 上下车乘客同时上下车,在客流量大的情况下,站台秩序会受到影响。

- 出发列车和到达列车存在进路交叉,对行车安全保障要求较高。

- 列车进出站需通过道岔区段,列车运行速度受到影响,乘客舒适度会降低。

- 到发作业产生的交叉干扰降低了折返效率。列车折返的过程中会占用区间线路,从而影响后续列车的闭塞。

在城市轨道交通行车组织中较少采用站前折返方式,尤其是在行车密度高、列车运行时间间隔短的情况下,一般不采用站前折返方式,特别是单渡线的站前折返。

(2)站后折返方式。站后折返方式是列车在中间站、终点站利用站后渡线进行折返作业的方式。

①站后折返方式的优点。

- 接发车采用平行作业,不存在进路交叉,保证了行车安全。

- 列车进出站速度快,有利于提高列车的运行速度。

- 列车进出站不需要通过道岔区段,乘客无不适感。

- 当利用尽端线折返设备进行折返时,折返线既可供列车折返,又可供列车临时停留检修。

②站后折返方式的缺点。站后折返方式的主要缺点是列车折返时间较长,空行距离较长。

(3)混合折返方式和环形线折返方式。

①混合折返方式。混合折返方式是将站后折返方式和站前折返方式混合布置。采用混合折返方式的目的是提高列车折返能力与线路通过能力。混合折返兼有站后折返与站前折返的特点,有利于行车组织的调整,适用于对折返能力要求较高的终端站。

②环形线折返方式。环形线折返方式是一种特殊的站后折返方式。它的优点是:因为没有道岔,所以能保证最大的通过能力,节约了设备费用与运营成本。但它也存在一些缺点,如由于列车在小半径曲线上运行而造成单侧钢轨磨耗,折返线不能停放检修列车且难以进一步延长,以及若用明挖法施工会增大开挖范围,等等。因此,环形线折返方式不常被采用。

学习评价

本模块学习完成后,请根据自己的学习所得,结合表 2-5 所列内容进行打分评价。



表 2-5 模块 2 学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自 评	小组评议	教师评议	
课前预习本模块相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解客流的概念和特征,熟悉客流计划的概念和表示形式				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解客流预测的内容和模式,掌握客流预测方法和客流调查方法				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉全日行车计划的编制依据,掌握全日行车计划的编制依据				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉列车编组方案、列车交路方案和列车停站方案的相关知识				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握车辆配备计划的相关知识				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉车辆运用计划和列车交路计划的相关知识				A. 充分 B. 一般 C. 不足
参加教学中的讨论和练习,并积极完成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度、完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				

思考与练习

1. 填空题

- (1) 根据客流的来源,城市轨道交通客流可分为_____、_____和_____。
- (2) 客流计划的主要内容包括沿线各站到发客流数量、_____、全日分时断面客流分布、全日分时最大断面客流图等。
- (3) _____是指交通的产生、交通的分布、交通方式的分配和交通在相关网络中的分配。
- (4) 客流因素主要是指_____与分时客流不均衡程度。
- (5) _____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。

2. 简答题

- (1) 什么是客流? 客流有哪些特征?
- (2) 什么是客流计划?
- (3) 简述客流预测的内容。
- (4) 简述全日行车计划的编制步骤。
- (5) 画出列车出车工作流程图。



学习目标

- (1) 了解列车运行图的含义,熟悉列车运行图的表示形式。
- (2) 了解列车运行图的意义和符号表示。
- (3) 能够识别列车运行图的分类,并牢记车次规定。
- (4) 熟悉列车运行图的组成要素。
- (5) 掌握列车运行图的编制。
- (6) 认知列车运行图的检查与指标。



学习重点

- (1) 列车运行图的意义和符号。
- (2) 列车运行图的分类及车次规定。
- (3) 列车运行图的编制。
- (4) 列车运行图的检查与指标。

3.1 列车运行图的含义及表示形式

列车运行是一个复杂的过程,要求各部门、各工种、各项作业之间相互协调配合,这样才能保证列车安全并提高运输效率,而对保证各部门之间配合、协调起统领作用的就是列车运行图。

3.1.1 列车运行图的含义

列车运行图是利用坐标原理对列车运行时间、空间关系(列车运行状况)的图解表示,横坐标是时间轴,纵坐标是车站轴(或者横坐标是车站轴,纵坐标是时间轴),运行线代表列车的运行轨迹,时刻表是列车运行图的文本表示形式。

列车运行图规定了各次列车占用区间的次序,列车在区间的运行时分,在车站的到达、

出发或通过时刻,在车站的停站时间和在折返站的折返时间,以及列车交路和列车出入车辆段时刻等信息。

3.1.2 列车运行图的表示形式

列车运行图以横轴表示时间,以纵轴表示距离,如图 3-1 所示。

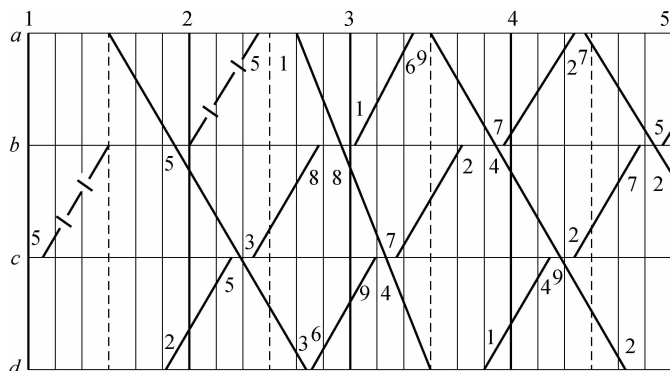


图 3-1 列车运行图

图 3-1 中的水平线表示各车站的中心线,水平线和水平线之间的间隔表示站间的距离;垂直线表示时间;斜直线表示列车的运行,称为列车运行线;图中数字为列车在车站的停车时分,填记在列车运行线与站名线相交的钝角内。

根据垂直线等分横轴的时间单位不同,列车运行图主要有以下四种格式:

(1)一分格运行图。一分格运行图的横轴以 1 min 为单位进行等分。一分格运行图是地铁、轻轨采用的列车运行图格式。

(2)二分格运行图。二分格运行图的横轴以 2 min 为单位进行等分。二分格运行图是市郊铁路编制新图时的列车运行图格式。

(3)十分格运行图。十分格运行图的横轴以 10 min 为单位进行等分,半小时格用虚线表示。十分格运行图是铁路日常使用的列车运行图格式,图 3-1 所示为十分格运行图。

(4)小时格运行图。小时格运行图的横轴以 1 h 为单位用竖线加以划分。小时格运行图是编制乘客列车方案图、机车周转图或客车周转图采用的格式。

3.2 列车运行图的意义和符号

列车要实现安全、正点,必须按图行车,因此编制一张经济合理的列车运行图,对于充分利用轨道交通设备的能力,满足各时期、各时段乘客运输的要求,使运能与运量很好地结合,既能方便乘客出行的需要,又能使企业获得最佳的经济效益,具有十分重要的意义。

3.2.1 列车运行图的意义

列车运行图起着使各部门紧密配合、协调动作的重要作用。它能有效地把各单位组织



起来,使其都按列车运行图的需要制订各自的生产计划,并按一定的程序进行工作。列车运行图不仅规定了列车的运行,而且规定了轨道交通技术设备(线路、站场、电动车辆、通信信号、机电、供电)的运用,同时也规定了所有与行车有关单位的工作任务。综上所述,列车运行图是轨道交通运输工作的基础,是轨道交通运输生产的综合计划。

(1)列车运行图规定了各次列车占用区间的顺序,列车在各个站的到达、出发时刻及各个区间的运行时分和在站的停车时分等。这样就能保证行车安全和有条不紊地运输工作。

(2)列车运行图可以把整个轨道交通的生产联系成为一个统一的整体。列车运行图是运输生产的综合计划,是行车组织工作的基础。

(3)列车运行图不仅是日常指挥列车运行的依据,而且是轨道交通运输工作贯彻国家方针、政策,为广大乘客服务、为战备人防、为社会主义经济建设服务的重要工具。

(4)列车运行图是确保轨道交通运输安全,改善轨道交通技术设备的运用和更新,加速车辆周转,不断提高轨道交通通过能力的重要手段和体现。

(5)列车运行图能充分体现轨道交通的管理水平,而且列车运行图能起到促进和提高运营管理水平,有效地使用现有的运输能力,挖掘运输潜力的作用。

3.2.2 列车运行图的符号

列车运行图是记录列车运行实际情况的图标,它采用不同的线条和符号表示列车运行的有关信息,国内部分城市轨道交通一般采用如下表示方法:

(1)列车运行图上的列车运行线如表 3-1 所示。

表 3-1 列车运行图上的列车运行线

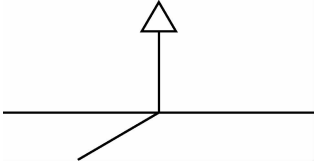
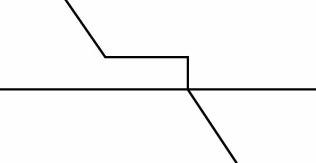
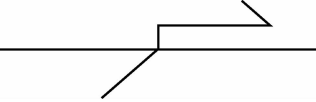
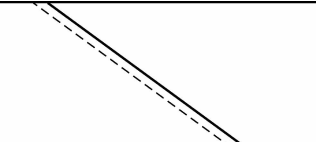
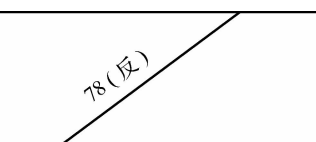

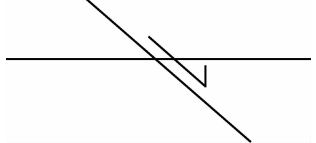
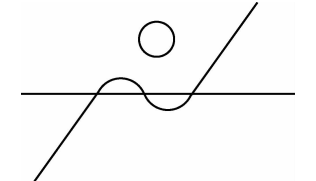
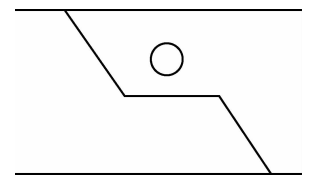
列车种类	符 号	说 明
客运列车		红色实线
临时加开列车		红色虚线
专运列车		红色实线加箭头
排空列车		红色实线加圆圈
救援列车		红色实线加叉
调试列车		蓝色实线
施工列车		黑色实线

(2)列车运行图上的表示符号如表 3-2 所示。

表 3-2 列车运行图上的表示符号

符 号	说 明
	列车始发

(续表)

符 号	说 明
	<p>列车终到</p>
	<p>列车由邻线转来</p>
	<p>列车开往邻线</p>
	<p>列车合并运行时,在红色实线下方加红色虚线</p>
	<p>列车反方向运行时,在反方向运行区间的运行线上填写车次及“反”字</p>
	<p>列车折返</p>
	<p>列车不停站通过时,在列车运行线上方加带箭头的红色短实线</p>
	<p>列车停站超时时,图解实际站停时间,并在圆圈处注明原因</p>
	<p>列车在区间停车时,图解停车时间,并在圆圈处注明原因</p>



3.3 列车运行图的分类及车次规定

3.3.1 列车运行图的分类

根据不同的分类标准,可对列车运行图可以进行不同的分类,常用的有按区间正线数目的不同分类、按各种列车运行速度的不同分类、按上下行方向列车数目是否相同分类、按同方向列车是否追踪运行分类等。

1. 按区间正线数目的不同分类

按区间正线数目的不同,可以将列车运行图分为单线运行图、双线运行图和单双线运行图三种。

(1)单线运行图。单线运行图是指在列车运行图上,上下行列车都在同一正线上运行,上下行方向列车交会必须在车站进行。单线运行图如图 3-2 所示。

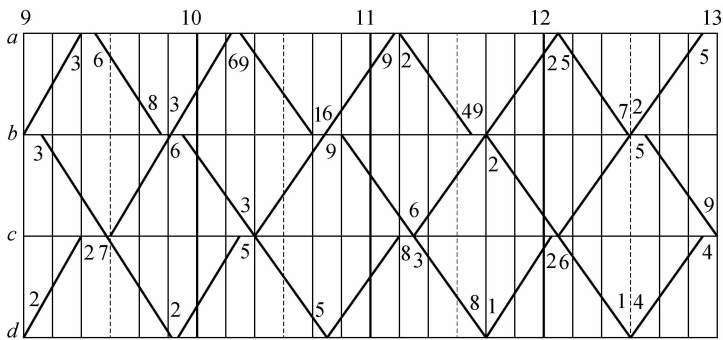


图 3-2 单线运行图示意

(2)双线运行图。双线运行图是指在列车运行图上,上下列车各自在正线运行,上下行方向列车交会可在区间或者车站进行。双线运行图如图 3-3 所示。

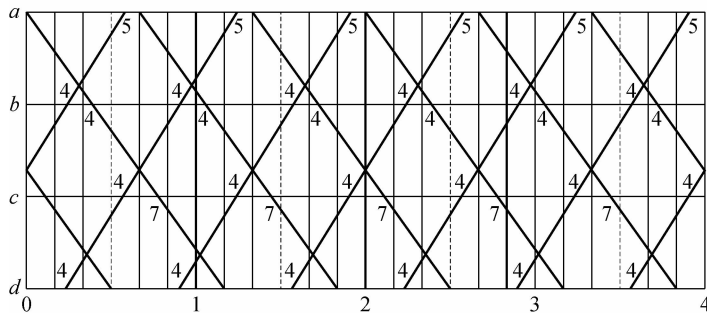


图 3-3 双线运行图示意

(3)单双线运行图。单双线运行图兼有单线运行图和双线运行图的特点,列车在单线区间和双线区间分别按照单线运行图和双线运行图运行。单双线运行图如图 3-4 所示。

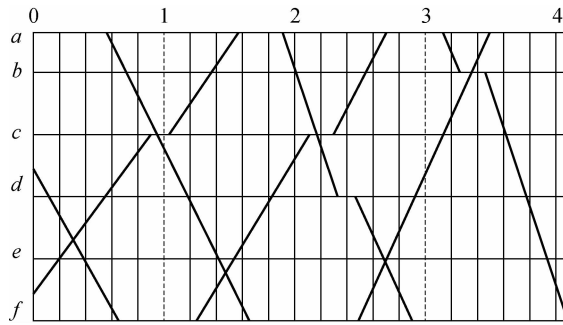


图 3-4 单双线运行图示意

2. 按各种列车运行速度的不同分类

按各种列车运行速度的不同,可将列车运行图分为平行运行图和非平行运行图两种。

(1)平行运行图。平行运行图是指在列车运行图上,同方向列车的运行速度相同。平行运行图如图 3-5 所示。

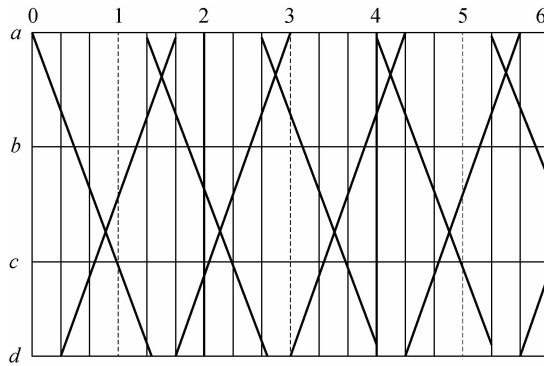


图 3-5 平行运行图示意

(2)非平行运行图。非平行运行图是指在列车运行图上,同方向列车的运行速度不同。非平行运行图如图 3-6 所示。

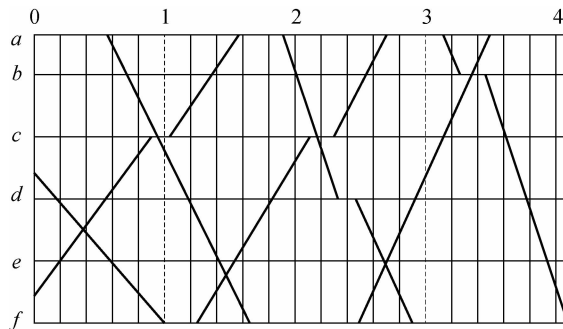


图 3-6 非平行运行图示意



3. 按上下行方向列车数目是否相同分类

按上下行方向列车数目是否相同,列车运行图可分为成对运行图和不成对运行图两种。

(1)成对运行图。成对运行图是指在列车运行图上,上下行方向列车数目相同。成对运行图如图 3-7 所示。

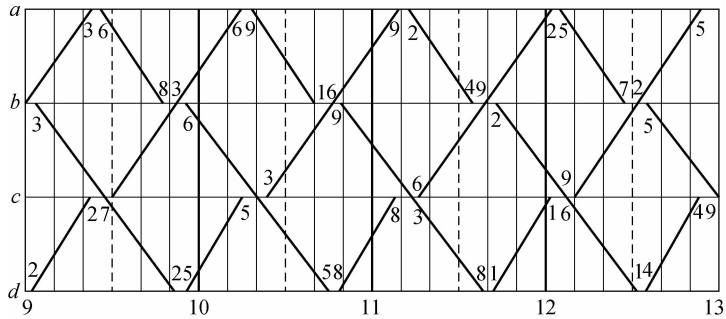


图 3-7 成对运行图示意

(2)不成对运行图。不成对运行图是指在列车运行图上,上下行方向列车数目不相同。不成对运行图如图 3-8 所示。

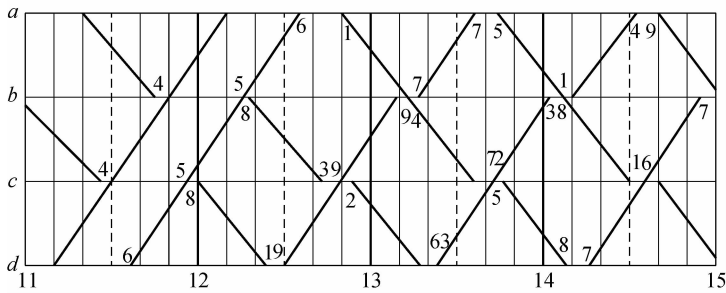


图 3-8 不成对运行图示意

4. 按同方向列车是否追踪运行分类

按同方向列车是否追踪运行,列车运行图可分为追踪运行图和非追踪运行图两种。

(1)追踪运行图。在追踪运行图中,同方向列车的运行是以闭塞分区为间隔的,一个站间区间内允许几列同向列车同时运行。追踪运行图如图 3-9 所示。

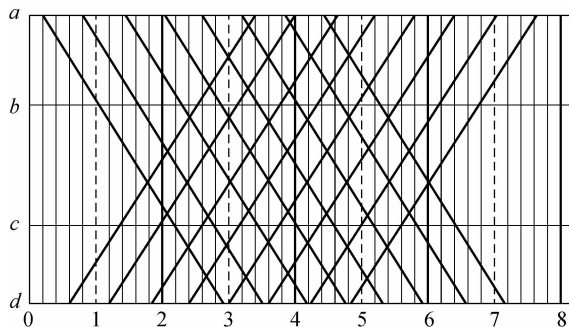


图 3-9 追踪运行图示意

(2)非追踪运行图。非追踪运行图又称为连发运行图,如图 3-10 所示。在这种运行图中,同方向列车的运行是以站间区间为间隔的。在单线区段采用此运行图时,在连续发出的一组列车之间不能铺画对向列车。

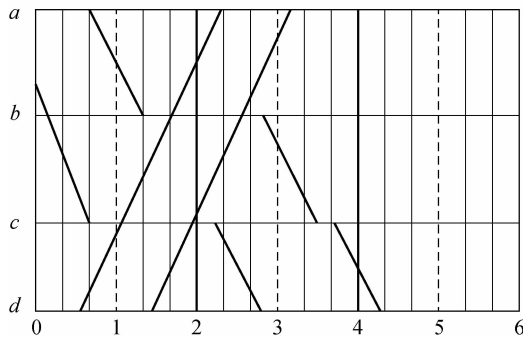


图 3-10 非追踪运行图示意

3.3.2 车次规定

在列车运行图上,每辆列车均有不同的车号和车次。列车一般按发车顺序编列车车次,上行采用双数,下行采用单数。同时按不同的列车类别规定代号与列车号,如专运列车、客运列车、工程车等。表 3-3 列出了不同的车次号所代表的含义。

表 3-3 不同的车次号所代表的含义

车次号	含义	车次号	含义
001~099	专运列车	701~799	工程车
301~599	客运列车	801~899	
601~699	回空列车	901~999	救援列车

列车运行图中站名线的确定方法有以下两种:

(1)按区间里程的百分率确定,即按正规区段内各车站间实际里程的百分率来画横线,每条横线即表示一个车站的中心线。采用这种方法时,运行图上站名线间的距离能明显地反映出站间距离的大小。但由于各区间线路的平面和纵断面情况不一,列车运行速度有所不同,列车在整个区段上的运行线往往是一条斜直线,这样既不整齐,又不容易发现铺画中的错误,所以一般不采用这种方法。

(2)按区间运行时分百分率确定,即按整个区段内下行(或上行)列车在各区间运行时分(当上下行运行时分差别较大时,可加以调整)的百分率来画横线。采用这种方法时,可以使列车在整个区段的运行线基本上是一条斜直线,既整齐美观,又便于发现运行时分上的问题,所以多采用此方法。



3.4 列车运行图的组成要素

根据列车运行图的特殊性,可以将列车运行图分为不同的种类。而列车运行图的共性则是组成列车运行图的各项基本要素。

城市轨道交通列车运行图组成要素在内容上有三类,即时间要素、数量要素和其他相关要素。

3.4.1 时间要素

时间要素主要包括区间运行时分、停站时间、折返作业时分、列车出入停车场的作业时间、车站间隔时间、追踪列车间隔时间、运营时间等。

1. 区间运行时分

列车区间运行时分是指列车在两个相邻车站或线路所之间的运行时间标准,它由机务部门采用牵引计算和实际试验相结合的方法进行查定。

列车区间运行时分按车站中心线或线路所通过信号机之间的距离计算。当到发场中心线与车站中心线不一致时,按到发场中心线计算。

由于乘客列车和货物列车的运行速度各不相同,上下行方向的线路平面、纵断面条件和列车重量也不相同,所以列车区间运行时分应按各种列车和上下行方向分别查定。此外,列车区间运行时分还应根据列车在每一区间两个车站上不停车通过和列车到站停车两种情况分别查定。列车不停车通过两个相邻车站所需的区间运行时分称为纯运行时分。列车到站停车的停车附加时分和停站后出发的启动附加时分,应根据机车类型、列车重量及进出站线路平面与纵断面条件查定。

2. 停站时间

停站时间主要是指列车停站作业(包括减速、加速、开关车门等)、乘客上下车所需时间的总和。其具体计算应从列车停稳开始,包括列车开门时间、乘客上下车时间、确认站台情况时间、关门时间等。

列车停站时间的长短取决于乘客乘降的需要,它与车站客流的大小、客车车门数的多少、车站的疏导和管理有关。

为了乘客的安全,在车辆处于停妥状态时才能开关车门。车门开关的时间依据车辆的不同而略有不同,开门时间为5 s左右,关门时间为3~5 s。当站台上装有屏蔽门时,还应考虑屏蔽门与车门开关的不同步所产生的时差。乘客的上下车时间与高峰小时每列车的上下车人数,车辆的车门数和宽度,站台的疏导、管理密切相关,具体可以通过计算来确定。

3. 折返作业时分

折返作业时分是指列车到达终点站或在中间站进行折返作业的时间总和。折返作业时分包括列车在车站开关门时间、乘客上下车时间、确认信号时间、出入折返线时间、驾驶员换

岗时间等。折返作业时受折返线的折返方式、列车长度、列车制动能力、信号设备水平、驾驶员操作水平等诸多因素影响。

4. 列车出入停车场的作业时间

列车出入停车场的作业时间是指列车从车辆停车场到达与其衔接的车站正线或返回的作业时间,可以采用查表的方式确定。

5. 车站间隔时间

列车在车站的间隔时间称为车站间隔时间,是指车站办理两个列车的到达、出发或通过作业所需要的最小间隔时间。车站间隔时间在市郊铁路、城际铁路等轨道交通系统中使用。在地铁、轻轨等系统中,只在运行调整、线路或者信号设备不完善的情况下使用。在查定车站间隔时间时,应遵守有关规章的规定及车站技术作业时间标准,保证行车安全和更好地利用区间通过能力。

常用的车站间隔时间包括不同时到达间隔时间、会车间隔时间、连发间隔时间、同方向列车不同时发到及不同时到发间隔时间等。车站间隔时间的长短与车站邻接区间的行车闭塞方法、信号和道岔的操纵方法、车站类型、接近车站的线路平面和纵断面情况、机车类型、列车载重量、列车长度等因素有关。

6. 追踪列车间隔时间

在自动闭塞区段,一个站间区间内同方向可有两列及以上列车,以固定或非固定的闭塞分区间隔运行,称为追踪运行。追踪运行列车之间的最小间隔时间称为追踪列车间隔时间。追踪列车间隔时间取决于同方向列车间隔距离、运行速度、信号、联锁和闭塞设备类型。

(1)固定闭塞追踪列车间隔时间。固定闭塞将线路划分为固定的区段,前后列车的位置间距都是用固定的地面设备来检测的。列车定位是以固定区段的长度为单位的,如闭塞分区长度较长,且一个分区只能被一列列车占用,则不利于缩短列车运行间隔时间。固定闭塞追踪列车间隔时间又可分为以下两种类型:

①三显示自动闭塞区段追踪列车间隔时间。在使用三显示自动闭塞的区段,追踪列车之间的间隔通常情况下需要相隔3个闭塞分区。这样可以保证后行列车经常能看到绿灯显示,使列车保持高速运行。当列车在长度长、坡度大的坡道上运行时,由于运行速度较低,追踪列车间隔时间也可以按照前后列车间隔两个闭塞分区的条件来确定。

②四显示自动闭塞区段追踪列车间隔时间。通过色灯信号机显示红、黄、绿黄、绿四种灯光信号的自动闭塞为四显示自动闭塞。

(2)准移动自动闭塞追踪列车间隔时间。准移动自动闭塞是预先设定列车的安全追踪间隔距离,根据前方目标状态设定列车的可行车距离和运行速度,是介于固定闭塞和移动闭塞之间的一种闭塞方式。准移动自动闭塞对前行列车的定位仍采用固定闭塞的方式,而对后续列车的定位采用连续的或移动的方式。

(3)移动自动闭塞追踪列车间隔时间。移动自动闭塞是在确保行车安全的前提下,以车站控制装置和列车控制装置为中心的、使追踪列车间的间隔时间最小的闭塞控制系统。在这一系统中,列车的准确定位是关键性技术。区间内运行的每一列列车均与前方站的中心



控制装置周期性地保持高可靠度的通信联系;车站中心控制装置接到列车信息后,根据列车牵引特性曲线及区间相关参数计算出每一列追踪列车的最大允许运行速度并发送给列车,而对于接近进站的列车,则根据调度命令发出允许该列车进站及进入股道等信号。采用移动自动闭塞系统,可以有效地压缩追踪间隔时间,提高区间通过能力。

7. 运营时间

运营时间即城市轨道交通运营线路运送乘客的时间。它一般与该城市的工作时间及生活习惯有关。一般来说,各国城市轨道交通系统均有一定的夜间时间(2~6 h 不等)作为设备、设施的维修和保养时间。

3.4.2 数量要素

数量要素主要包括全日分时段客流分布、列车满载率、出入库能力、列车最大载客量。

1. 全日分时段客流分布

按客流的时间分布进行预测、调查分析,确定高峰、低谷时段的客流量,从而对列车编组数或列车运行列数等相关因素进行合理安排,并作为开行不同形式列车的主要依据,如区间列车、连发列车等。全日分时段客流分布主要取决于城市轨道交通的运能、车站所处的交通位置及周围客流的交通需求。

2. 列车满载率

编制列车运行图时,既要保证一定的列车满载率,使运输能力得到充分的利用;又要留有一定的余地,以应付某些不可预测的因素带来的客流量波动,同时要考虑乘客的舒适度。

3. 出入库能力

单位时间内通过出入库线进入正线运营的最大列车数称为出入库能力。因为车辆基地与接入车站之间的出入库线有限,加之出入库列车进入正线受正线通过能力的影响,所以出入库能力是编制列车运行图的一个重要因素。

4. 列车最大载客量

列车最大载客量即一个编制列车按列车定员计算允许装载的最大乘客数,分为定员载客量和超员载客量。列车最大载客量主要与采用的车辆类型及编组辆数有关。

3.4.3 其他相关要素

其他相关要素如下:

1. 与城市其他交通方式的衔接

城市轨道交通应与其他交通方式实现有效衔接,包括大交通方面的铁路车站、港口、机场、公路交通枢纽,城市交通方式的公交系统、自行车交通、其他交通(如私家车)等,给乘客换乘提供尽可能多的方便。

2. 与其他城市公共设施的衔接

城市中有大量客流聚集的公共设施,如大型体育场、娱乐场所、商业中心、大型工矿企业

等,这些场所经常会有短时间的大量突发客流,给城市轨道交通的正常运营带来了一定的考验,造成了一定的运力和人力的紧张。

3. 列车试车作业

对检修完毕的车辆,应首先在车辆检修基地的试验线上进行试验,各项指标合格后才能投入运营。有时某些项目的测试需要到正线上才能完成,此时,需要在列车运行图上做调整。

4. 列车检修作业

经过一定时间的运营后,对车辆需要进行定期的维修和保养,因此需要合理安排列车运行时间和检修时间,以保证每辆列车都有日常的维护和保养时间,又能使各列车的走行公里数接近,以达到各列车的均衡使用。

5. 驾驶员作息时间安排

驾驶员的作息时间与列车交路、交接班地点、途中用餐、工时考核等因素有关,应均衡安排驾驶员的休班和工作时间。

6. 车站的存车能力

城市轨道交通中大部分车站不设配线,没有存车能力,只在区间个别车站或终点站设有停车线,可以存放一定数量的列车,可做日常维护用或作为备车。各车站夜间可作为停车线,以减少列车的空驶,均衡早晨的发车秩序。

7. 投运列车数目

列车是城市轨道交通运营的主要行车设备,是唯一的载客工具。增加投运列车数目是提高运营能力的主要措施,但绝非投运列车数目越多越好。作为城市轨道交通运营企业,首先要考虑运营成本,要做到运能和运量之间很好的配合,经济合理地安排列车的数量,如此才能取得较好的社会效益和经济效益。

3.5 列车运行图的编制

随着城市轨道交通客运量的不断增长,尤其是当轨道交通形成网络之后,客运量的增长日益显著,同时运输市场不断发展变化,各项新技术、新设备投入使用和运输组织工作不断得到改进,列车运行速度得到不断提高。因此,每经过一定的时期,就要重新编制一次列车运行图。

3.5.1 编制列车运行图的原则和要求

1. 编制列车运行图的原则

为了使列车运行图能满足实际客运需要,编制列车运行图应遵循以下原则:

(1)在保证安全可靠的前提下,提高列车的运行速度,缩小列车的运行时分。列车运行速度高是城市轨道交通系统的主要优势,在安全得到保证的前提下,通过提高列车运行速



度、压缩折返时间、减少出入库作业时间等,可提高系统的运行效率和服务水平。

(2)尽量方便乘客。城市轨道交通系统是城市公共交通的重要组成部分,编制列车运行图时,在满足运行技术的前提下,列车发车间隔应尽量选择最小值,从而减少乘客的候车时间。在安排低谷运行时,最大的列车运行图间隔不宜过大。如果能改变列车编组,保持较小的列车间隔,则为一种节省运能并减少乘客候车时间的良策。

(3)充分利用线路的能力和车辆的能力。通常情况下,折返站的折返能力是限制全线能力的关键,因此必须对折返线的折返作业时间进行精确计算,尽可能安排平行作业。当车辆周转达不到运营要求时,要合理安排车辆,解决高峰客流组织问题。

(4)在保证运量需求的条件下,运营列车编组辆数达到最少。综合考虑高峰时段列车运行速度、折返时间、列车开行方式等要素,在保证运量需求的条件下,使运营列车数量达到最少,从而降低城市轨道交通系统的车辆保有量与运营成本。

2. 编制列车运行图的要求

编制列车运行图应符合以下要求:

(1)确保行车安全。列车运行图应符合各种行车规章的有关规定,严格遵守行车作业程序和时间标准。

(2)合理运用设备。应充分利用线路的通过能力,达到运力与运量的匹配,在满足客流需求的同时,注意提高列车满载率和运行速度。

(3)优化运输产品。应根据客流的特点开行运行间隔、编组数量、站停次数和运行速度不同的列车,以吸引客流。列车运行图应合理规定列车的到达、出发时刻,合理规划停站时间,缩短乘客出行时间。另外,应注意与其他交通运输工具的衔接配合。

(4)配合站段工作。列车运行图应合理安排列车,使其均衡、交错到达换乘站,使车站作业能力比较均衡。

3.5.2 编制列车运行图的准备资料与步骤

1. 编制列车运行图的准备资料

在编制列车运行图之前,需要准备以下资料:

- (1)线路通过能力和车站折返能力。
- (2)车站的换乘能力。
- (3)追踪列车间隔时间。
- (4)列车区间运行时分。
- (5)列车停站时间标准。
- (6)列车在折返站停留时间标准。
- (7)列车出入车辆段作业时间标准。
- (8)能够提供的运用车辆数。
- (9)列车编组辆数。
- (10)轨道交通运营时间。
- (11)全日分时行车量。

- (12) 列车交路计划。
- (13) 车辆连续运用圈数和乘务工作制度。
- (14) 供电部门停送电时间。
- (15) 现行列车运行图完成情况的分析。

2. 编制列车运行图的步骤

在新线开通或线路客流量、技术设备和行车组织方式发生变化时,都需要编制列车运行图。其编制步骤如下:

- (1) 按要求和编制目标确定编图的注意事项。
- (2) 收集编图资料,对有关问题组织调查研究和试验。
- (3) 修改列车运行图时,应总结、分析现行列车运行图的完成情况和存在的问题,提出改进意见。
- (4) 确定全日行车计划。
- (5) 计算所需运用列车数量。
- (6) 征求调度部门、行车部门、客运部门和车辆部门的意见,对行车运行方案进行调整。
- (7) 根据列车运行方案制定详细的列车运行图、列车运行时刻表和编制说明。
- (8) 对列车运行图的编制质量进行全面的检查,并计算列车运行图的指标。
- (9) 将编制完毕的列车运行图、列车运行时刻表和编制说明报有关部门审核,经批准后执行。

3.5.3 实行新列车运行图之前的准备工作

列车运行图经批准后,为了保证能够正确、顺利地实行新列车运行图,必须进行以下准备工作:

- (1) 发布实行新列车运行图的命令。
- (2) 印刷并分发新列车运行图和列车时刻表。
- (3) 拟定执行新列车运行图的技术组织措施。
- (4) 组织有关人员学习新列车运行图。
- (5) 根据新列车运行图的规定组织各站段修订《行车工作细则》。
- (6) 做好车辆和司乘人员的调配工作。

3.6 列车运行图的检查与指标

3.6.1 列车运行图的检查

编制完列车运行图后,必须对列车运行图的编制质量进行全面的检查,所需检查的主要内容如下:

- (1) 上下行首、末端载客列车在始发站的开车时间是否符合运营时间的规定。



- (2)运行图上铺画的列车数和折返列车数是否符合要求。
- (3)列车运行线的铺画是否符合规定的各项时间标准。
- (4)列车在车站折返时,同时停在折返线上的列车数是否超过该车站现有的折返线数。
- (5)换乘站的列车到发密度是否均衡。
- (6)列车乘务员的工作和休息时间是否符合规定的时间标准。

3.6.2 列车运行图的指标

在检查并确认列车运行图完全满足规定的要求后,就可以计算列车运行图的各项指标了,具体如下:

(1)列车列数和折返列车数。

(2)乘客输送能力。乘客输送能力的计算公式为

$$\text{乘客输送能力} = \text{乘客列车数} \times \text{列车定员}$$

(3)高峰小时运用列车数。高峰小时运用列车数按早高峰和晚高峰分别计算。

(4)全日车辆总走行公里。全日车辆总走行公里是轨道交通车辆为运送乘客在运营线路上所走行的里程,包括图定的车辆空驶里程和由于某种原因列车在中途清人或列车在少数车站通过后仍继续载客的车辆空驶里程。其计算公式为

$$\text{全日车辆总走行公里} = \sum (\text{列车数} \times \text{列车编成辆数} \times \text{列车运行距离})$$

(5)车辆日均走行公里。车辆日均走行公里也称为日车公里,即每一运用车辆每日平均走行公里数。其计算公式为

$$\text{车辆日均走行公里} = \frac{\text{全日车辆走行公里}}{\text{全日车辆运用数}}$$

(6)车辆全周转时间。车辆全周转时间的计算公式为

$$\text{车辆全周转时间} = \frac{\text{全日营业时间} \times \text{运用车组数}}{\text{全日开行列车对数}}$$

(7)车辆周转时间。车辆周转时间与车辆全周转时间指标的区别在于:车辆在运营线路上完成一次周转所消耗的时间中不包括回库检修等时间。

(8)技术速度。技术速度是列车在运行线路上运行(不包括列车各站的停站时间)的速度。它包括列车在各区间运行的时间,即列车启动加速、在区间纯运行、慢行及制动停车的时间,但不包括列车在运营线路上的停站时间和列车在线路两端的折返停留时间。

(9)旅行速度。旅行速度即运送速度。旅行速度可根据列车在营业时间内所消耗的列车小时及走行列车公里数来计算。

(10)满载率。满载率是客运周转量与客运千米之比,表示车辆客位的利用程度,如前所述,也可以使用实际载客量与列车定员数来计算。其计算公式为

$$\text{满载率} = \frac{\text{客运周转量}}{\text{客运千米}} \times 100\%$$

学习评价

本模块学习完成后,请根据自己的学习所得,结合表 3-4 所列内容进行打分评价。

表 3-4 模块 3 学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自 评	小组评议	教师评议	
课前预习本模块相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解列车运行图的含义,熟悉列车运行图的表示形式				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解列车运行图的意义和符号表示				A. 充分 B. 一般 C. 不足
能够识别列车运行图的分类,并牢记车次规定				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉列车运行图的组成要素				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握列车运行图的编制				A. 充分 B. 一般 C. 不足
认知列车运行图的检查与指标				A. 充分 B. 一般 C. 不足
参加教学中的讨论和练习,并积极完成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度、完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				



思考与练习

1. 填空题

- (1)根据垂直线等分横轴的时间单位不同,列车运行图主要有以下四种格式:_____、_____、_____、_____。
- (2)列车运行图起着使各部门_____的重要作用。
- (3)按照区间正线数目的不同,可以将列车运行图分为_____、双线运行图和_____三种。
- (4)_____是指在列车运行图上,同方向列车的运行速度相同。
- (5)在新线开通或线路客流量、技术设备和行车组织方式发生变化时,都需要编制_____。

2. 简答题

- (1)简述列车运行图的含义。
- (2)简述列车运行图的意义。
- (3)列车运行图可以分为哪些类别?
- (4)简述编制列车运行图的原则。
- (5)列车运行图的指标包括哪些?