



轨道交通线路设计

主编 叶霞飞 顾保南

主审 郑其昌

GUIDAOJIAOTONG
XIANLUSHEJI



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

轨道交通线路设计

主编 叶霞飞 顾保南

主审 郑其昌



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

前言

长期以来,“铁路选线设计”作为一门面向土木工程专业(铁道工程方向)本科生的传统主干专业课程,对培养我国铁路选线设计专业人才发挥了非常重要的作用。近年来,我国铁路领域的发展重点已经由普通铁路为主进入到高速铁路为主的时代,根据国务院批准的《中长期铁路网规划》,到2020年我国铁路将建成快速客运专线1.2万km,客货共线快速线路2万km。与此同时,我国大城市也正在全面进入大规模发展城市轨道交通的历史阶段,北京、上海、广州等几十座大城市正在建设或准备建设城市轨道交通网络系统。现有教材《铁道线路工程》中的线路设计内容已经难以完全适应上述高速铁路与城市轨道交通发展的实际需要,为此我们编写了《轨道交通线路设计》一书,试图将普通铁路、高速铁路以及城市轨道交通线路设计的内容融合在一起,以满足我国高速铁路与城市轨道交通发展对线路设计人才培养的需求。

本书的主要特点如下:全面覆盖了普通铁路、高速铁路以及城市轨道交通的线路设计基本理论与方法,重点阐明了普通铁路、高速铁路以及城市轨道交通线路设计之间的内在联系与区别;加强了车站分布原理和方法的内容;从拓宽学生知识面和有利于未来设计工程师更好把握设计规模的角度,增加了铁路与城市轨道交通客货运量需求预测、线路区间和车站通过能力的影响因素分析等方面的内容;为弥补既有教材中辅助线及车辆段线路设计内容的空白,增加了辅助线设计及车辆段线路设计的相关内容。

本书由同济大学叶霞飞、顾保南教授共同主编,由同济大学郑其昌教授主审。全书分为7章,第1章、第2章的2.1节和2.2节、第4章、第6章和第7章由叶霞飞编写,第2章的2.3节和2.4节、第3章、第5章由顾保南编写,刘丽波编写了第5章中的“中间站平面计算”。

本书参考了大量国内外铁路与城市轨道交通线路设计的相关规范、著作和论文,并在书末列出了主要参考文献目录,在此对这些作者表示衷心的感谢。在本书编写过程中,同济大学交通运输工程学院城市轨道与铁道工程系刘丽波讲师、王治讲师及研究生张宁、况丽娟、司耀旺、钟鸣、贺腊妮、郭长弓、柴小艳、高飞、钱卫力等参加了部分资料的整理和文字校对等工作,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平,缺点和错误在所难免,恳请读者提出批评和指正。

编者

2010年1月

目 录

前言

1 绪论	(1)
1.1 轨道交通的定义及基本类型	(1)
1.1.1 轨道交通的一般定义	(1)
1.1.2 轨道交通的基本类型	(1)
1.2 轨道交通基本建设程序	(3)
1.2.1 铁路基本建设程序	(3)
1.2.2 城市轨道交通基本建设程序	(4)
1.3 轨道交通线路设计的基本任务	(5)
1.4 轨道交通线路设计中应遵循的规程和规范	(5)
1.4.1 铁路线路设计中应遵循的规程与规范	(5)
1.4.2 城市轨道交通线路设计中应遵循的规程与规范	(6)
2 运输需求与能力	(7)
2.1 线路设计的运量参数与设计年限	(7)
2.1.1 线路设计的运量参数	(7)
2.1.2 设计年限	(9)
2.2 运量预测方法	(9)
2.2.1 货运量的预测方法	(11)
2.2.2 客运量的预测方法	(14)
2.2.3 高速客运专线的诱发客流量模型	(31)
2.3 运输能力	(32)
2.3.1 运输能力	(32)
2.3.2 区间通过能力的计算	(32)
2.3.3 普通铁路输送能力的计算	(35)
2.3.4 高速客运专线通过能力的计算	(36)
2.3.5 城市轨道交通通过能力的计算	(39)
2.4 影响运输能力的主要因素	(42)
2.4.1 影响列车容量的主要因素	(42)
2.4.2 影响区间通过能力的主要因素	(43)
2.4.3 影响车站通过能力的主要因素	(47)
3 牵引计算	(50)
3.1 概述	(50)
3.2 作用于列车上的力	(50)
3.2.1 牵引力	(50)

3.2.2	阻力	(54)
3.2.3	制动力	(57)
3.3	列车运动方程式	(60)
3.3.1	列车运动状态分析	(60)
3.3.2	列车运动方程式	(60)
3.4	牵引质量与功率的计算	(61)
3.4.1	牵引质量计算	(61)
3.4.2	牵引净载、牵引辆数及列车长度计算	(62)
3.4.3	高速列车的功率计算	(63)
3.5	运行速度与运行时间	(64)
3.5.1	单位合力	(64)
3.5.2	运行速度与时间的计算公式	(65)
3.5.3	行车速度与行车时分的近似计算公式	(65)
3.5.4	利用均衡速度法计算运行时分	(66)
3.5.5	制动距离	(69)
3.6	能耗计算	(70)
3.6.1	电力机车的耗电量计算	(70)
3.6.2	内燃机车燃油消耗量计算	(72)
4	选线设计	(73)
4.1	线路走向选择	(73)
4.1.1	客货列车共线铁路的线路走向选择	(73)
4.1.2	高速客运专线的线路走向选择	(77)
4.1.3	城市轨道交通的线路走向选择	(80)
4.2	区间线路平面设计	(85)
4.2.1	圆曲线	(86)
4.2.2	缓和曲线	(94)
4.2.3	缓和曲线间夹直线和圆曲线的最小长度	(97)
4.2.4	线间距	(98)
4.3	区间线路纵断面设计	(106)
4.3.1	线路的最大坡度	(107)
4.3.2	坡段长度	(115)
4.3.3	坡段连接	(117)
4.3.4	客货列车共线铁路线路最大坡度的折减	(123)
4.4	车站正线平面和纵断面设计	(127)
4.4.1	站坪长度	(127)
4.4.2	站坪的线路平面	(128)
4.4.3	站坪的线路纵断面	(129)
4.4.4	站坪两端的线路平面和纵断面	(130)
4.5	桥涵、隧道、路基地段的平纵断面设计	(131)

4.5.1	桥涵处的线路平纵断面设计	(131)
4.5.2	隧道处的线路平纵断面设计	(132)
4.5.3	路基对纵断面设计的要求	(132)
4.5.4	线路平面图和纵断面图	(132)
4.6	定线方法	(136)
4.6.1	客货列车共线铁路的定线方法	(136)
4.6.2	城市轨道交通线路的定线方法	(143)
4.7	车站分布	(152)
4.7.1	客货列车共线铁路的车站分布	(152)
4.7.2	高速客运专线和城市轨道交通线路的车站分布	(155)
5	站场	(165)
5.1	站场类型	(165)
5.1.1	铁路站场分类	(165)
5.1.2	城市轨道交通站场分类	(166)
5.2	客货共线铁路中间站设计	(167)
5.2.1	中间站类型	(167)
5.2.2	中间站的作业和设备	(167)
5.2.3	中间站设计	(168)
5.2.4	中间站平面计算	(174)
5.3	城市轨道交通中间站设计	(179)
5.3.1	中间站类型	(179)
5.3.2	中间站平纵断面设计	(179)
5.3.3	中间站设计	(180)
5.4	高速客运专线车站布置	(186)
5.4.1	高速站与既有站的位置关系	(186)
5.4.2	不同类型车站的布置	(187)
5.5	城市轨道交通换乘站布置	(193)
5.5.1	同站台换乘	(193)
5.5.2	结点换乘	(195)
5.5.3	站厅换乘	(197)
5.5.4	通道换乘	(198)
5.5.5	其他换乘方式	(199)
6	辅助线与车辆段线路设计	(200)
6.1	辅助线设置	(200)
6.1.1	折返线	(200)
6.1.2	停车线	(202)
6.1.3	渡线	(206)
6.1.4	联络线	(208)
6.1.5	存车线	(210)

6.1.6	安全线	(211)
6.1.7	车辆段出入线	(213)
6.2	车辆段线路设计	(215)
6.2.1	城市轨道交通车辆段线路设计	(215)
6.2.2	高速客运专线动车段线路设计要求	(221)
7	既有线改建技术	(223)
7.1	加强既有线能力的措施	(223)
7.1.1	提高区间通过能力的措施	(223)
7.1.2	增加列车质量的措施	(226)
7.1.3	运输能力加强措施的选择	(227)
7.2	既有线提速技术	(227)
7.2.1	国内外既有铁路列车提速概述	(227)
7.2.2	制约列车提速的线路因素与技术措施	(233)
7.2.3	武九铁路扩能提速工程案例分析	(241)
参考文献		(245)

1 绪 论

1.1 轨道交通的定义及基本类型

1.1.1 轨道交通的一般定义

(1) 狭义的轨道交通是指运送乘客或货物的车辆依靠动力驱动在敷设轨道的线路上运行的一类交通系统,主要包括国铁、地铁、轻轨等传统钢轮钢轨方式的轨道交通系统。

(2) 广义的轨道交通是指运送乘客或货物的车辆依靠动力驱动沿固定导轨运行的一类交通系统,除上述传统钢轮钢轨方式轨道交通系统外,还包括磁浮交通、新交通系统、独轨等轨道交通系统。

1.1.2 轨道交通的基本类型

从服务的区域范围来看,轨道交通可以分为城市间铁路和城市轨道交通,如图 1-1 所示。

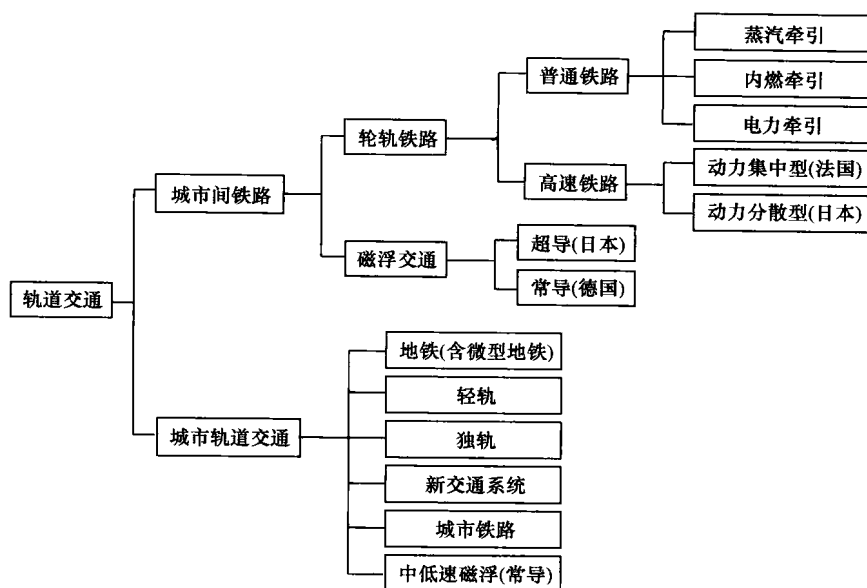


图 1-1 轨道交通系统的基本类型

城市间铁路从车辆与轨道的相互关系方面,可以分为轮轨铁路系统和磁浮交通系统。其中,轮轨铁路系统按列车运行速度高低可以区分为普通铁路和高速铁路。从列车动力方面来看,普通铁路又可以细分为蒸汽机车牵引铁路(1988 年我国国铁线上的蒸汽机车基本被淘汰,2005 年 12 月,世界最后一台蒸汽机车退役)、内燃机车牵引铁路和电力机车牵引铁路;高速铁路又可分为动力集中型高速铁路(以法国高速铁路为代表)和动力分散型高速铁路(以日本新干线为代表);而高速磁浮交通系统可分为超导型的高速磁浮交通系统和常导型的高速磁浮交

通系统。

(1) 普通铁路。主要承担城市间客货运运输功能。通常是指列车最高运行速度小于 120km/h 的铁路。

新建和改建铁路的等级,应根据其在路网中的作用、性质和近期的客货运量确定,并符合下列规定:Ⅰ级铁路,铁路网中起骨干作用的铁路,或近期年客货运量^①大于或等于 20Mt 者;Ⅱ级铁路,铁路网中起联络、辅助作用的铁路,或近期年客货运量小于 20Mt 且大于或等于 10Mt 者;Ⅲ级铁路,为某一地区或企业服务的铁路,近期年客货运量小于 10Mt 且大于或等于 5Mt 者;Ⅳ级铁路,为某一地区或企业服务的铁路,近期年客货运量小于 5Mt 者。

Ⅰ、Ⅱ级铁路旅客列车设计行车速度应符合下列规定:Ⅰ级铁路为 160km/h, 140km/h, 200km/h;Ⅱ级铁路为 120km/h, 100km/h, 80km/h。当列车最高运行速度达到 120~200km/h 时,也可称为快速铁路。

(2) 高速铁路。主要承担城市间客运交通功能或客货共运交通功能、列车最高运行速度大于 200km/h 的铁路。我国目前在建的客运专线铁路均为高速铁路。

(3) 高速磁浮交通。主要承担城市间客运交通功能,通过直线电机驱动使列车悬浮在轨道上运行、全封闭的非钢轮钢轨式高速轨道交通系统。以德国高速常导磁浮列车 transrapid 为代表的常导型磁浮交通系统,利用电磁铁引起的电磁吸力原理将列车悬起,悬浮的气隙较小,一般为 10mm 左右,速度可达 400~500km/h;而以日本 MAGLEV 为代表的超导型磁浮交通系统,利用超导磁体产生的电磁斥力将列车悬起,悬浮气隙较大,一般为 100mm 左右,速度可达 500km/h 以上。

城市轨道交通系统一般可以区分为地铁(含微型地铁)、轻轨、独轨、新交通系统、城市铁路、中低速磁浮交通系统等。

(1) 地铁。线路全部或大部分位于市区、能适应远期单向高峰小时客流量为 3 万~6 万人次、全封闭的轨道交通系统。而微型地铁是指线路主要位于市区、隧道断面较一般地铁小、依靠线性电机驱动、能适应大坡道和急曲线需要、中等运量、全封闭的轨道交通系统。

(2) 轻轨。线路全部或大部分位于市区、能适应远期单向高峰小时客流量为 1 万~3 万人次、基本上为全封闭的轨道交通系统。

(3) 独轨(又称单轨)。车辆沿架空的单根轨道上运行的轨道交通系统,输送能力与轻轨相当。轨道可以有钢梁、钢筋混凝土梁等形式。按车辆运行形式可分为车辆悬挂在轨道上的悬挂式独轨和车辆骑跨在轨道上的跨座式独轨。

(4) 新交通系统。通常是指具有特殊导向、自动驾驶功能的胶轮车辆单车或数辆车编组运行在专用轨道梁上的中、小运量运输系统。通常用于连接新开发区与附近的铁路车站或交通枢纽。

(5) 城市铁路。在城市区域内主要承担城市客运交通功能、线路主要位于地面以上的铁路系统。市郊铁路(仅服务于城市郊区)、区域快速铁路(服务于城市市区及郊区)或通勤铁路(主要服务于中心城与卫星城之间的通勤交通)都是其特殊的服务形式。

(6) 中低速磁浮交通。主要承担城市区域内客运交通功能、通过直线电机进行驱动、使列车悬浮在轨道上运行的轨道交通系统,如日本的 HSST-100 中低速磁浮交通系统。

^① 年客货运量为重车方向的货运量与由客车对数折算的货运量之和。每天 1 对旅客列车按 1.0Mt 年货运量折算。

1.2 轨道交通基本建设程序

1.2.1 铁路基本建设程序

铁路基本建设程序,指铁路建设项目从决策、设计、工程实施到竣工验收以及后期评价,整个工作过程中的各个阶段及其先后次序。

1. 铁路基本建设程序各个阶段的主要任务

根据 2003 年 7 月 31 日铁道部令第 11 号公布的《铁路建设管理办法》,铁路基本建设程序各个阶段的主要任务如下:

(1) 立项决策阶段。依据铁路建设规划,对拟建项目进行预可行性研究,编制项目建议书;根据批准的铁路中长期规划或项目建议书,在初测基础上进行可行性研究,编制可行性研究报告。项目建议书和可行性研究报告按国家规定报批。工程简易的建设项目,可直接进行可行性研究,编制可行性研究报告。

(2) 设计阶段。根据批准的可行性研究报告,在定测基础上开展初步设计。初步设计经审查批准后,开展施工图设计。工程简易的建设项目,可根据批准的可行性研究报告,直接进行施工图设计。

(3) 工程实施阶段。在初步设计文件审查批准后,组织工程招标投标、编制开工报告。开工报告批准后,依据批准的建设规模、技术标准、建设工期和投资,按照施工图和施工组织设计文件组织建设。

(4) 竣工验收阶段。铁路建设项目按批准的设计文件全部竣工或分期、分段完成后,按规定组织竣工验收,办理资产移交,至此基本建设阶段结束。

铁路建设项目由验收机构组织验收,验收机构按国家规定设立。验收包括初验、正式验收和固定资产移交。限额以下项目和小型项目可一次验收。具体程序如下:

① 建设管理单位确认建设项目达到初验条件后提出申请初验报告,验收机构认为达到初验标准后,组织对项目进行初验;初验合格后,方可交付监管运营。

② 正式验收原则上在初验一年后进行。验收机构认为建设项目达到正式验收标准后,组织验收。验收合格后交付正式运营。

③ 建设项目正式验收合格后,按规定办理固定资产移交工作。

(5) 后期评价阶段。在铁路运营若干年后,由建设单位会同有关部门对立项决策、设计决策、设计质量、施工质量、技术经济指标、投资 and 经济效益等进行后评估,以总结经验,提高决策水平。

2. 立项决策和设计阶段的主要工作内容

(1) 预可行性研究。预可行性研究文件是铁路建设项目立项的依据,应按铁路建设的长远规划,充分利用国家和行业资料,经调查踏勘后编制。在预可行性研究中,要从宏观上论证项目的必要性,为项目建议书提供必要的基础资料。主要工作内容包括:系统地研究建设项目在路网中的意义和作用,论证项目的必要性;解决拟建规模、线路起讫点和线路走向方案;提出主要技术标准、各项主要技术设备设计原则的初步意见和主要工作内容;对相关工程和外部协作条件作初步分析;提出建设时机及工期、主要工程数量、投资估算、资金筹措设想;初步进行经济评价;从宏观上分析对自然和社会环境的影响。

(2) 可行性研究。可行性研究文件是项目决策的依据,应根据已批准的项目建议书,从技术可行性、经济合理性上进行全面深入的论证,采用初测资料编制。主要工作内容包括:解决线路方案、接轨点方案、建设规模、主要技术标准和各项主要技术设备的设计原则;进一步落实各设计年度的客货运量,提出主要工程数量、主要设备概数、主要材料概数、用地及拆迁概数、建设工期、投资估算、资金筹措方案及外资使用方案、建设及经营管理体制的建议;深入进行财务评价和国民经济评价;阐明对环境与水土保持的影响和防治的初步方案,以及节约能源的措施。

(3) 初步设计。初步设计文件是项目建设的主要依据,应根据已批准的铁路可行性研究文件,采用定测资料编制。主要工作内容包括:解决各项工程设计原则、设计方案和技术问题;提出工程数量、主要设备数量、主要材料数量、用地拆迁数量、施工组织设计及概算。初步设计文件经审查、修改、批准后,作为控制建设项目总规模和总概算的依据,应满足工程招标承包、设备采购、征用土地和进行施工准备的需要。初步设计概算(静态)与国家批复的投资估算(静态)差额不应大于10%。

(4) 施工图设计。施工图设计文件是工程实施的依据,应根据已审批的初步设计文件和补充定测资料进行编制。施工图设计的目的是提供各项工程全套详细尺寸的设计图与设计的说明、施工所需的各项资料表与施工单位要求补充的大样图以及施工注意事项。

铁路建设项目完成上述各设计阶段的工作后,申请列入年度投资计划,其中,大中型投资计划由国家发展和改革委员会(以下简称发改委)批准,小型项目按扩权规定,分别由铁道部和铁路局批准。

1.2.2 城市轨道交通基本建设程序

(1) 线网规划阶段。编制城市轨道交通线网规划,完成后报市政府审批。

(2) 近期建设规划阶段。根据已经批准的城市轨道交通线网规划,组织编制城市轨道交通近期建设规划,完成后上报发改委;发改委委托中国国际工程咨询公司(以下简称中咨公司)组织专家对城市轨道交通近期建设规划进行评估;中咨公司根据专家评估意见撰写评估报告上报发改委;发改委根据该评估报告提出是否同意审批的意见,并上报国务院审批。

(3) 工程可行性研究阶段。根据国务院批复的城市轨道交通近期建设规划,组织编制城市轨道交通工程项目可行性研究报告,完成后上报发改委;发改委将委托中咨公司等具有评估资质的单位组织专家对城市轨道交通工程项目可行性研究报告进行评估;组织评估单位根据专家评估意见撰写评估报告上报发改委;发改委根据该评估报告提出是否同意审批的意见,并上报国务院审批。

(4) 工程设计阶段。根据国务院批复的城市轨道交通工程项目可行性研究报告,组织城市轨道交通工程初步设计,完成后由业主组织专家审查批准后,开展城市轨道交通工程施工图设计。

(5) 工程实施阶段。在初步设计文件审查批准后,组织工程招标投标,并依据批准的建设规模、技术标准、建设工期和投资,按照施工图和施工组织设计文件组织建设。

(6) 竣工验收阶段。城市轨道交通工程建设项目按批准的设计文件全部竣工或分期、分段完成后,按规定组织竣工验收,办理资产移交,至此基本建设阶段结束。

工程可行性研究阶段和工程设计阶段的主要工作内容与铁路建设项目相应阶段的内容类似。

1.3 轨道交通线路设计的基本任务

轨道交通线路的空间位置由线路平面和纵断面决定。线路平面是线路中心线在水平面上的投影,线路纵断面是沿线路中心线展直后的路肩标高(或轨顶标高)在铅垂面上的投影线。

轨道交通线路设计的任务是在规划路网的基础上,按不同的设计阶段,对拟建的轨道交通线路走向及其平面、纵断面和横断面位置,逐步由浅入深,进行研究与设计,最终确定最合理的线路三维空间位置。同时,还需与其他各专业共同研究,确定各种建筑物(如车站、桥梁、隧道等)与设备在线路上的位置,为单项设计提供依据。

单项设计是在轨道交通线路设计的基础上,对建筑物(如车站、桥梁、隧道等)及设备(机车、车辆、供电、通信信号等)进行具体设计,为编制施工组织设计与概(预)算提供资料。

线路设计的基本要求是保证行车安全、平顺,并且使整个工程在技术上可行,经济上合理。

1.4 轨道交通线路设计中应遵循的规程和规范

1.4.1 铁路线路设计中应遵循的规程与规范

《铁路技术管理规程》(以下简称《技规》)是为铁路各部门、各工种安全、迅速、准确、协调地进行生产活动而制定的基本法规。所有铁路工作人员都必须严格遵守执行。《技规》内容包括技术设备、行车组织、信号显示和对铁路运输工作人员的要求等4部分。《技规》是我国广大铁路职工长期生产实践经验的总结,随着技术装备的更新和科学技术的发展,内容也在不断更新和完善。

铁路线路设计应符合《技规》的规定。某些线路设计标准就是根据《技规》的要求制订的。

《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)(以下简称《线规》)适用于铁路网中客货列车共线运行、旅客列车设计行车速度等于或小于160km/h、货物列车设计运行速度等于或小于120km/h的Ⅰ、Ⅱ级标准轨距铁路的设计。Ⅲ、Ⅳ级铁路按照相应设计规范执行。《线规》是中、低速铁路线路设计的依据,内容包括总则、术语和符号、线路的平面和纵断面、车站分布、铁路与道路交叉等5部分。《线规》将随着铁路技术装备的更新和行车组织方式的改进,而不断地加以修订和完善。从事城市间铁路选线设计工作的人员应掌握制订标准的理论基础,创造性地运用《线规》。

《新建时速200km客货共线铁路设计暂行规定》(铁建设函[2003]439号)(修订版)。本暂行规定适用于新建客货列车共线运行、旅客列车设计行车速度200km/h、货物列车设计行车速度120km/h铁路的设计,它是新建时速200km客货共线铁路设计的依据,内容包括总则、线路平面和纵断面、正线轨道、路基、桥涵、隧道、站场、牵引供电、通信、信息、信号、电力、机务、车辆检修及运用设备、铁路固定设备检测与维修、给水排水、环境保护等。

《新建时速200~250km客运专线铁路设计暂行规定(上、下)》属于国家标准(铁建设[2005]140号)。本暂行规定适用于旅客列车设计最高行车速度200~250km/h的标准轨距客运专线铁路设计,它是新建速度200~250km/h客运专线铁路设计的依据,内容包括总则、线路、路基、正线轨道、桥涵、隧道、站场等技术内容。

《新建时速 300~350 公里客运专线铁路设计暂行规定(上、下)》属于国家标准(铁建设[2007]47 号)。本暂行规定适用于旅客列车设计最高行车速度 300~350km/h 的标准轨距客运专线铁路设计,它是新建速度 300~350km/h 客运专线铁路设计的依据,内容包括总则、术语和符号、线路、路基、轨道、桥涵、隧道、站场等 8 部分。

上述暂行规定将随着速度 200km/h 客货共线铁路和客运专线建设实践经验的积累,而不断地加以修订和完善。从事速度 200km/h 客货共线铁路和客运专线设计工作的人员应掌握制订暂行规定的理论基础,创造性地运用暂行规定。此外,还有铁道部颁布的车站、信号、桥涵、隧道、路基等设计规范,以及《列车牵引计算规程》,在设计工作中均应遵守。

1.4.2 城市轨道交通线路设计中应遵循的规程与规范

《地铁设计规范》(GB 50157—2003)是城市轨道交通线路设计的依据。内容包括:总则,术语,运营组织,限界,线路,轨道,路基,车站建筑,高架结构,地下结构,工程防水,通风、空调与采暖,给水与排水,供电,通信,信号,电梯、自动扶梯与自动人行道,自动售检票系统,防灾与报警,环境与设备监控系统,运营控制中心,车辆段与综合基地,环境保护等 23 部分。

《城市轨道交通工程项目建设标准》(建标 104—2008)。本建设标准适用于城市轨道交通的高运量、大运量、中运量钢轮钢轨系统的新建工程项目,是编制、评估和审批城市轨道交通“建设规划”和“可行性研究报告”的重要依据,是审查工程项目初步设计、监督检查整个建设过程、建设标准和项目后评价的尺度。内容包括:总则,建设规模与项目构成,总体布局与线路工程,车辆与限界,运营组织与管理,车站建筑与结构工程,机电系统与设备,车辆基地及配套工程,安全防护、环保和节能,主要技术经济指标等 10 部分。

从事城市轨道交通线路设计工作的人员应掌握制定规范和建设标准的理论基础,创造性地运用上述规范和建设标准。

2 运输需求与能力

2.1 线路设计的运量参数与设计年限

2.1.1 线路设计的运量参数

1. 普通铁路线路设计的运量参数

普通铁路是指客货列车共线运行、旅客列车设计行车速度等于或小于 160km/h、货物列车设计行车速度等于或小于 120km/h 的标准轨距铁路。我国普通铁路一般以货运为主,在线路设计时通常以重点满足货运需求为目标。因此,线路设计的运量参数主要是与货运量相关的指标。

1) 货运量

货运量是设计线(或区段)一年内单方向需要运输的货物吨数,应按设计线(或各区段)分上行和下行方向分别计算。单方向的年货运量计算公式如下:

$$C_x = C_{zt} + C_c + C_r + C_q \quad (2-1)$$

式中, C_{zt} , C_c , C_r , C_q 分别表示单方向一年的直通、运出、运入及本段装卸的运量(t/a)。

2) 货物周转量

货物周转量是设计线(或区段)一年内所完成的货运工作量,它是一项综合指标,用货运量与其相应运距的乘积表示,即

$$C_{hz} = C_{zt}L + C_cL_c + C_rL_r + C_qL_q \quad (2-2)$$

式中, L 为设计线全长,即直通货运量通过设计线的运距(km); L_c , L_r , L_q 为与 C_c , C_r , C_q 在本段内相应的运距(km)。

3) 货运密度

货运密度是设计线(或区段)每年每公里的平均货物周转量,计算公式为

$$C_m = \frac{C_{hz}}{L} \quad (2-3)$$

4) 货流比

货流比是设计线轻车方向的货运量与重车方向货运量的比值,以 λ 表示,其值小于 1。

5) 货运波动系数

货运波动系数是设计线一年内最大月货运量与全年月平均货运量的比值,以 β 表示,其值大于 1。设计线应保证完成运量最大月份的运输任务。因此,在计算铁路能力时,应考虑货运波动系数的影响。

6) 列车对数

在普通客货混运铁路上运行的列车种类一般包括直通货物列车、零担列车、摘挂列车、快运货物列车和旅客列车。设计线需要通过的各种列车数量,根据调查与预测的客货运量分别通过分析确定。

(1) 直通货物列车是通过设计线全线的货物列车,其列车对数根据直通货运量确定。对

直通货运量中的大宗货物,还要根据其流向及流量确定直达列车数。

(2) 零担列车是为运送地方零星货物所组织的列车。货物装卸作业一般在中间站的到发线上办理。这种列车一般都是在在一个区段的范围内运行,其列车对数需根据地方运量确定。

(3) 摘挂列车是为运送地方整车货物所组织的列车。货车的摘挂作业在设有货物线或货场的中间站办理。这种列车一般都是在在一个区段的范围内运行,其列车对数需根据地方运量确定。

(4) 快运货物列车是专为运送鲜活易腐货物等所组织的快速运输列车。

(5) 旅客列车数根据汇总的客运量,按每列车的定员数估算,也可以比照与设计线条件相近的既有线拟定。

2. 客运专线和城市轨道交通线路设计的运量参数

客运专线和城市轨道交通以满足客运需求为目标,线路设计的运量参数是与客运量相关的指标。

1) 线路客流量

线路客流量是指设计线在单位时间内单程或往返运送的实际或预测乘客人数,一般包括全日客流量(万人/d)和每小时段的客流量(万人/h)。全日客流量是表明和评价运营效益的直观指标,同时,也是进一步评价线路客流强度(指每年经由每公里双线线路的旅客总数)的重要指标;每小时段的客流量是为全日行车组织计划提供依据的,在保证运输能力和服务水平的前提下,应合理安排行车间隔,提高列车满载率及其运营效益。

2) 车站客流量

车站客流量是指设计线各车站在单位时间内上下车的实际或预测乘客人数,一般包括全日、早、晚高峰小时的上下车客流量(万人/d 或万人/h)。对于城市轨道交通线路而言,在高峰小时中的某一段时间内往往存在客流高度聚集现象,所以,在车站设计中的高峰小时上下车客流量需要考虑一个取值不超过 1.4 的超高峰系数。各车站早、晚高峰小时的上下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、车站出入口宽度等,其中,晚高峰小时客流量对地下车站的空调、通风量计算具有控制性作用。

3) 高峰小时站间断面客流量

高峰小时站间断面客流量是指设计线在高峰小时时段内通过各站间断面的乘客人数(万人/h)。全线早、晚高峰小时时段的站间最大单向断面客流量,是决定轨道交通建设必要性和确定系统运量规模的基本依据,由此选定轨道交通制式、车型、车辆编组长度、行车密度及车站站台长度;全线早、晚高峰小时的站间断面客流量,是全线运行交路设计的基本依据,由此确定列车交路长度、折返列车数量、折返车站位置及配线形式,并计算运用车辆的配置数量。

4) 站间 OD 客流量、平均乘距和客运周转量

站间 OD 客流量是指设计线在单位时间内任意站与站之间的乘客人数(万人/h),一般包括全日、早、晚高峰小时的站间 OD 客流量(万人/d 或万人/h)。

平均乘距是指设计线在单位时间内每位乘客一次乘行的平均距离,一般包括全日、早、晚高峰小时的平均乘距。

客运周转量是指设计线在单位时间内所完成的客运工作量,它是一项综合指标,用客流量与其相应运距的乘积表示。

上述 3 个指标是进行分段客流统计、制定票制和票价、开展财务评价与社会经济效益分析的基本依据。

5) 换乘客流量

换乘客流量是指设计线在单位时间内各换乘站内轨道交通线路之间分方向的换乘乘客人数(参见表 2-9),一般包括全日、早、晚高峰小时的分方向换乘客流量(万人/d 或万人/h)。它是换乘方案设计和换乘通道(或楼梯)宽度计算的基本依据。

6) 出入口分向客流量

出入口分向客流量是指设计线在单位时间内各车站每个出入口的进出站乘客人数(参见表 2-13),一般包括全日、早、晚高峰小时的出入口分向客流量(万人/d 或万人/h)。它是每个出入口宽度计算的基本依据。

2.1.2 设计年限

为了满足国民经济发展对轨道交通日益增长的运输需求,轨道交通建筑物和设备的能力应与客货运量相适应。因此,设计线应具有与某一设计年度的客货运量相适应的设计能力。

1. 城市间铁路线路

《铁路线路设计规范》、《新建时速 200~250km 客运专线铁路设计暂行规定》(上、下)和《新建时速 300~350 公里客运专线铁路设计暂行规定》(上、下)均规定:铁路的设计年度分为近期和远期,近期指交付运营后第 10 年,远期指交付运营后第 20 年。近、远期客货运量均采用预测运量。

铁路建筑物和设备,应根据设计年度的运量分期加强,使铁路设施的能力与运量的增长相适应。这样,既能满足日益增长的运输需要,又可节约铁路建设初期的投资。为此,《铁路线路设计规范》、《新建时速 200~250km 客运专线铁路设计暂行规定》(上、下)和《新建时速 300~350 公里客运专线铁路设计暂行规定》(上、下)均规定:对于铁路线下基础设施和不易改、扩建的建筑物和设备,应按远期运量和运输性质设计,并适应长远发展要求;对于易改、扩建的建筑物和设备,可按近期运量和运输性质设计,并预留远期发展条件;机车、车辆、动车组及变压器等可随运输需求变化而增减的运营设备,可按交付运营后第 5 年运量进行设计。

2. 城市轨道交通线路

城市轨道交通线路一经建成运营,无论其线路敷设方式是地下、地面还是高架,线路位置的改变都十分困难。即使是地面线路因建成后周围建筑、道路等的建设,其改建也会引起很大的拆迁工程,并破坏多年来逐渐形成的环境。因此,城市轨道交通的设计年限相对于城市间铁路的设计年限稍长一些。

《地铁设计规范》和《城市轨道交通工程项目建设标准》均规定:城市轨道交通线路的设计年限一般分为初期、近期、远期共 3 期。初期按建成通车后第 3 年要求设计,近期按建成通车后第 10 年要求设计,远期按建成通车后第 25 年要求设计。

城市轨道交通的建设规模、设备容量以及车辆段和停车场等的用地面积,应按预测的远期客流量和列车通过能力确定。对于可分期建设的工程和配置的设备,应考虑分期扩建和增设。

2.2 运量预测方法

运量预测是轨道交通建设项目可行性研究、初步设计、施工设计的重要内容和确定轨道交通建设项目技术标准的主要依据,也是确定站场和站房规模以及机车、车辆等运营设备配置及行车编组方案的重要依据。

由于经济增长规律的不确定性和难预见性,特别是由于路网规模的扩充和综合运输方式的协调发展,以及投融资体制的不完善,加之一些人为因素,在过去的一些建设项目中,对运量预测存在着运量规模偏低或偏高的现象,由此导致建设项目的标准偏低或偏高。现以城市轨道交通建设项目为例,对轨道交通线路客流预测结果偏差较大的主要原因分析如下:

(1) 预测年限较长,积累资料不足,预测技术尚须改进完善。城市轨道交通项目,从工程立项开始至建成通车,一般需要5年,然后再预测通车后25年的远期客流规模,总共要预测30年的客流。时间跨度大、收集积累资料不易。同时,由于运量预测科学尚在不断研究之中,积累资料不足,数学模型和预测技术尚未定型,需要不断改进完善,从而在对预测数据的把握以及评价标准上,都有很大的难度。

(2) 城市发展过程中的规划背景难以稳定。客流预测必须以城市发展规划为依据。城市范围和结构形态、用地分布性质、人口分布数量、居民和流动人口的出行量等,均为预测的基础数据,这些数据都是来自城市总体规划。而城市规划一般只做10~20年的近期和远期建设规划;虽然也做远景规划,却是长远性和宏观性的规划。经验表明,城市发展过程中的政策、经济 and 人们活动的规律由于不确定因素太多难以控制,规划不等于实施,往往是规划超前于实施;但也有规划落后于实施的情况。这些现象主要决定于国民经济发展水平和财政支持能力。这说明城市规划总是要不断地进行调整修改,属于动态规划。因此,客流预测依靠城市发展过程中难以稳定的规划为工作背景,必将造成预测结果与将来的实际有一定差异,这种差异是难以估计的。

(3) 票价的竞争性和敏感性造成客流量的波动性。乘客的消费观念和对票价的承受能力是难以控制的变动因素。尤其在市场经济条件下,城市交通中各种交通方式的存在,必定会与轨道交通形成竞争局面。对于乘客来说,需要在时间与票价之间进行权衡和选择,当前的关键还是在于票价。将票价定位在乘距为多长、薪水属于哪个阶层的客流对象上,与运营的经营政策密切相关。但是,在客流预测时,可以从需求进行预测,但很难对票价进行正确定位;也很难对客流量的竞争性和敏感性进行数量级的准确分析,这需要长年在运营中不断积累和探索。从国内外运营经验证明,票价对客流具有较大的敏感性,同时也说明票价对客流具有可调节性和可控性。这一点需要引起人们的重视。

(4) 线网规划不完整,线路总体规模不明确。城市轨道交通线网规划工作仅仅是在最近几年才有一个比较全面的认识。虽然线网规划总是随城市总体规划动态变化,有时候也会发生局部调整,但一般来说,由于城市中心区建设的形态和规模是比较稳定的,对于城市远景发展规模也是相对稳定的,这为城市轨道交通线网规划提供了基本条件。事实上,有些城市对于线网规划还缺乏深层的研究,线网规划内容还不完整,对城市结构形态发展认识不足,造成各条线路建设的起终点和走向有很大的随意性。单条线路和整体线网关系缺乏协调,往往造成线网规划不稳定。线网总体规模不明确,有时会造成各条线路之间的关系变化不定,尤其对已建线路的客流影响很大,使原预测的客流量值在量级上发生“质”的变化。这种情况已在国内发生多例,应引起重视。

综上所述,由于客流预测是一门新生的预测学,而且它对城市规划有极大的依赖性,对乘客的思维和行为又只能规划导向而不可强制,对客流量也只能从合理需求的角度进行预测,淡化未来的票价政策及其影响。因此,客流预测成果很难做到准确性,只能做到在预定的城市规划条件下,具有相对的精度,也就是说存在一定的风险,故在实际工作中,对预测结果应采取十分谨慎的态度,并加强定性、定量的综合分析论证,以谋求提高客流预测结果的精度。