

城市轨道交通

线路与站场

主 编 张厚红

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城市轨道交通线路与站场 / 张厚红主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2021.9
ISBN 978-7-5643-8250-6

I. ①城… II. ①张… III. ①城市铁路—轨道交通—
铁路线路—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 183507 号

Chengshi Guidao Jiaotong Xianlu yu Zhanchang
城市轨道交通线路与站场

主编 张厚红

责任编辑	周 杨
封面设计	何东琳设计工作室 西南交通大学出版社
出版发行	(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	8.75
字 数	197 千
版 次	2021 年 9 月第 1 版
印 次	2021 年 9 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-8250-6
定 价	29.80 元

课件咨询电话：028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

P R E F A C E

前 言

随着我国国民经济的飞速发展和城市化进程的快速推进，城市人口迅速增加，城市交通压力越来越大，城市道路交通拥堵和道路交通带来的环境污染越来越严重。为解决日益严重的城市交通问题，国内众多城市建设或开通了城市轨道交通。城市轨道交通系统正逐步成为许多大城市交通发展战略中的骨干，我国的城市轨道交通行业也步入了跨越式发展的新阶段。

城市轨道交通的建设与发展，亟需大批城市轨道交通相关专业人才。而“城市轨道交通线路与站场”作为城市轨道交通运营管理专业重要的基础课程，一直没有适用的教材。本书根据高职教育的特点，采用项目—任务式编写体例，力求做到资料数据新，突出实用性，文字简洁明了，图文并茂，通俗易懂。全书分为六个项目，通过本课程的学习，学生可了解城市轨道交通线路规划和设计的基本知识，掌握城市轨道交通线路、车站及车辆基地的组成和功能，并学习站场设计的基本方法。

本书由南京铁道职业技术学院张厚红负责总体框架结构和统稿工作。参与编写工作的还有南京铁道职业技术学院陈瑜、张苏敏，南京地铁运营公司吴倩影。具体编写分工为：张苏敏编写项目一、项目三，陈瑜编写项目二，吴倩影编写项目四，张厚红编写项目五、项目六。本书由南京铁道职业技术学院常治平主审。

本书在编撰过程中，得到了南京铁道职业技术学院运输管理学院领导与老师的大力支持，也得到了上海、南京、厦门等地铁有限责任公司的领导及多位专家的帮助，才能使得本书能够顺利完成，在这里表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和不妥之处，恳请广大读者不吝批评指正，以便及时修正。

编 者

2021年6月

CONTENTS

目 录

1	项目一 城市轨道交通线路规划设计	1
	任务一 城市轨道交通线路定义与分类	1
	任务二 城市轨道交通线路网规划	7
	任务三 城市轨道交通线路设计	13
2	项目二 城市轨道交通线路	27
	任务一 地下隧道、高架结构及路基	27
	任务二 轨道结构	36
	任务三 道 岔	50
	任务四 轨道结构的几何形位	63
	任务五 限 界	68
	任务六 线路维修及无缝线路	72
3	项目三 城市轨道交通车站	78
	任务一 车站概述	78
	任务二 城市轨道交通车站的组成	82
	任务三 换乘站	90
	任务四 车站机电设备	97
4	项目四 车辆基地	105
	任务一 车辆基地概述	105
	任务二 车辆段设置	109

5 | **项目五 站场基础知识** 114

- 任务一 城市轨道交通线路分类..... 114
- 任务二 两相邻道岔中心间的距离..... 120
- 任务三 线路连接形式 123
- 任务四 线路有效长 128

6 | **项目六 城市轨道交通线路站场综合实训** **错误!未定义书签。**

参考文献 **错误!未定义书签。**

项目一

城市轨道交通线路规划设计

在现代城市化发展的历程中，城市的经济发展使得城市人口增加迅速。而随着城市人口的增加，城市的交通、环境、资源及住房等问题相继凸显。解决城市化进程中遇到的交通、环境问题，是现代城市发展的重中之重。

城市轨道交通是城市公共交通的骨干，具有节能、省地、运量大、全天候运营、无污染（或少污染）又安全等特点，属于绿色环保交通体系，特别适应于大中城市。其线网的规划不仅在很大程度上决定了线路建设工程的投资大小和难易程度、系统运营的效率与服务水平，更是直接影响城市的总体布局形态，进而影响城市的社会经济发展和人们的生活方式。因此，城市轨道交通线网规划是城市轨道交通建设中至关重要的环节。

任务一 城市轨道交通线路定义与分类

城市轨道交通是一种在城市中利用轨道列车进行人员运输的方式。根据《城市公共交通分类标准》（CJJ/T 114—2007）中的定义，城市轨道交通为采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统，依据城市交通总体规划的要求，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，以列车或单车形式，运送相当规模客流量的公共交通方式。

城市轨道交通按系统运输能力划分为高运量、大运量、中运量和低运量四个量级系统。

- （1）高运量系统：单向运输能力为 4.5 万~7 万人次/小时。
- （2）大运量系统：单向运输能力为 2.5 万~5 万人次/小时。
- （3）中运量系统：单向运输能力为 1 万~3 万人次/小时。
- （4）低运量系统：单向运输能力小于 1 万人次/小时。

《城市公共交通分类标准》中明确城市轨道交通包括：地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统和市域快速轨道系统。此外，随着交通系统的发展已出现其他一些新交通系统。

城市轨道交通系统的选择，主要应根据城市规模、建设目的、远期的预测客流量、交通特征和工程技术经济等情况并结合城市规划进行。

1. 地铁系统

地铁的原始意义是修建在地下隧道中的铁路，是一种大运量的轨道运输系统，采用电力牵引、轮轨导向，轴重相对较重。随着地下铁道的发展，其线路布局已不仅仅局限在地下隧道，而是根据需要可以布置在地面或采用高架的方式修建，但城区内的线路还是以地下为主。

地铁技术水平要求较高，可靠性和安全性要求也高，因此有建设成本高、建设周期长的弊端，但地铁也具运量大的优势，其单向小时输送能力可达 3 万~7 万人次（根据线路客运规模的不同，可分为高运量地铁和大运量地铁）。根据地铁的技术经济特点，主要适用于经济较发达、人均收入水平较高且客源充足、具有强大客流方向的城市市区和近郊区，可成为城市交通线网的主干线和大通道。



图 1-1 南京市轨道交通三号线

地铁系统的车辆基本车型为 A 型车、B 型车和 L_B 型车。列车编组通常由 4~8 辆组成，列车长度为 70~190 m，最高行车速度不应小于 80 km/h。

2. 轻轨系统

轻轨系统是一种中运量的轨道运输系统，亦采用轮轨体系，主要在地面或高架桥上运行，遇繁华街区也可进入地下或与地铁接轨。轻轨的原始意义是其线路采用的钢轨较轻，其整体的技术标准也低于地铁。轻轨系统既可在技术上自成体系，也可采用地铁技术制式，几乎与地铁难以辨别。随着轻轨线路的相关技术标准与地铁接近，其运输能力也相应得到了提高。轻轨主要适用范围为单向小时客流量在 1 万~3 万人次的城区和郊区。

轻轨车辆包括 C 型车和 L_C 型车。采用 C 型车的列车编组通常由 1~3 辆组成，最高行车速度不应小于 60 km/h。



图 1-2 上海轨道交通 6 号线

3. 单轨系统

单轨系统是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道交通系统，轨道梁不仅是车辆的承重结构，同时也是车辆运行的导向轨道。独轨系统的线路通常采用高架结构，车辆则大多采用橡胶轮胎，振动与噪音大为减少，但橡胶轮与轨道梁摩擦会产生粉尘，对环境有轻度污染。城市独轨铁路从构造形式上大致可分为两种，即跨座式和悬挂式。跨座式是车体位于走行轨道的上方、车辆跨骑在走行轨道上行驶的型式。悬挂式是车体位于走行轨道下方、车辆悬挂在走行轨道下行驶的型式。单轨系统施工比较简单，爬坡能力强，每小时可运送乘客 1 万 ~ 3 万人次，适合于在地面起伏较大的城市修建。



(a) 重庆市跨骑式独轨系统



(b) 开封市悬挂式独轨系统示范段

图 1-3 单轨系统

单轨系统的列车通常为 4~6 辆编组，列车长度在 60~85 m，最高行车速度不应小于 80 km/h。

4. 有轨电车

有轨电车是一种在城市道路上修建轨道并采用空中架设输电系统的城市轨道交通系统。有轨电车通常采用地面线，有时也有隔离的专用路基和轨道，隧道或高架区间仅在交通拥挤的地带才采用。有轨电车系统的建设投资较小，见效较快，但运输能力也相对较小，每小时可运送乘客在 1 万人次以下。旧式的有轨电车由于共用路权，运行受干扰多，速度慢，一度接近废弃边缘。但近年来随着人们环保意识的增强，有轨电车在不少城市有复苏的迹象。

现代有轨电车与轻轨已很接近，只是车辆尺寸稍小一点，可以单车运行也可连挂运行，运营速度接近 20 km/h。我国备受瞩目的有轨电车系统是天津泰达现代有轨电车项目。



图 1-4 天津有轨电车系统

5. 磁浮系统

磁浮系统是一种运用“同性相斥、异性相吸”的电磁原理，依靠电磁力使车厢悬浮并行走的轨道运输方式。磁浮列车相对能耗低、易拐弯、能爬坡、选线灵活、适应能力强、噪音小、无污染。磁悬浮高速线路所要求的转弯半径比传统铁路要小得多，且具有最高 10% 的爬坡能力。这使磁悬浮线路能够更灵活地适应地形，可以减少造价。由于无轮轨间的摩擦，在相同速度下，磁悬浮列车的噪音低于传统的轮轨铁路。

磁悬浮列车通过电磁力实现列车与轨道之间的无接触的悬浮和导向，再利用直线电机产生的电磁力牵引列车运行。目前，磁悬浮系统主要有两种类型，一种是高速磁悬浮列车，其最高行车速度可达 500 km/h 以上，适合远距离交通；另一种是中低速磁悬浮列车，其最高行车速度可达 100 km/h。我国第一列磁悬浮列车（购自德国）于 2003 年 1 月开始在上海磁浮线上运行，最高运营速度 430 km/h。2016 年 5 月 6 日，中国首条具有

完全自主知识产权的中低速磁悬浮商业运营示范线——长沙磁浮快线通车试运营，设计最高速度为 100 km/h。该线路也是世界上最长的中低速磁浮运营线。



(a) 上海市磁浮线



(b) 长沙磁浮快线

图 1-5 磁浮系统

6. 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统是车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的一种中小运量旅客运输系统，其列车沿着特制的导向装置行驶，可实现全自动化和无人驾驶技术，在繁华市区线路可采用地下隧道，市区边缘或郊外宜采用高架结构。

自动导向轨道系统完全由计算机控制，行车密度范围可以根据乘客的多少随时调整，能够以高密度的行车组织方式运行，使用灵活，方便快捷。这种系统黏着力大，爬坡能力强，还可以通过小半径曲线，对于复杂的地形适应性好，因此主要用于穿梭式或环形式乘客运输、大型机场的登机厅与机场主楼之间的旅客运输、游乐场所以及大型社区范围内的旅客运输等，通常采用点对点运营，必要时中间可设少量停靠站。

广州 APM 线（全称广州市珠江新城核心区市政交通项目旅客自动输送系统，Zhujiang New Town Automated People Mover System，简称 APM 线）是广州第一条使用

胶轮路轨系统的路线，于 2010 年 11 月 8 日开通并试运行。列车采用两节编组、橡胶轮胎、第三轨供电，全程无人驾驶。



图 1-6 广州 APM 列车

7. 市域快速轨道系统

市域快速轨道交通系统是一种大运量的轨道运输系统，客运量可达 20 万~45 万人次/日（一般不采用高峰小时客流量的概念）。市域快速轨道交通系统适用于城市区域内重大经济区之间（通常在 100 km 以内）的客运系统。市域快速轨道列车主要在地面或高架桥上运行，必要时也可在隧道内行车。当采用钢轮钢轨体系时，标准轨距亦为 1 435 mm，由于线路较长，站间距相应较大（一般为 2~5 km），必要时可不设中间车站，可根据不同区域情况配备速度在 120~160 km/h、不同供电制式的地铁车辆或专用市域快轨车辆。

市域快速轨道交通系统极大拓展了城市的空间，降低了城市中心区的密度，减缓了市内交通拥挤，提高了都市的生活质量。它将城市内部的轨道交通影响范围拓展到城市之外，将地铁、轻轨等交通方式结合在一起，形成了一个庞大便捷的环都市圈交通网络。

图 1-10 为市区和郊区间短途通勤客运的 CRH6 型动车组的内部座椅设计。



图 1-7 CRH6 型动车组座椅

不同类型的轨道交通系统有不同的特点，它们的运输能力、占地面积、造价等均不同，这就决定了不同规模、不同特征的城市应根据自身实际情况合理选择，比如特大城市优先选择地铁、轻轨；大中型城市优先选择高架或地面轻轨、单轨；山城和沿海城市优先选择单轨，同时也应考虑城市的经济承受水平。

任务二 城市轨道交通线路网规划

城市轨道交通是建设周期最长、投资最大的交通基础设施。由于城市轨道系统建设要求高、施工难度大、设备技术标准高，每千米线路的修建往往需要几亿元的投入。而且城市轨道交通线路一般是永久性结构（如地下隧道、高架结构），建成后几乎无调整的可能性。

2018年7月13日，国务院发布了《关于进一步加强城市轨道交通规划建设管理的意见》，（以下简称《意见》），明确城市轨道交通建设应遵循量力而行、有序推进、因地制宜、经济适用的基本原则，并严格规定了建设申报条件：城市轨道交通系统，除有轨电车外均应纳入城市轨道交通建设规划并履行报批程序。地铁主要服务于城市中心城区和城市总体规划确定的重点地区，申报建设地铁的城市一般公共财政预算收入应在300亿元以上，地区生产总值在3000亿元以上，市区常住人口在300万人以上。引导轻轨有序发展，申报建设轻轨的城市一般公共财政预算收入应在150亿元以上，地区生产总值在1500亿元以上，市区常住人口在150万人以上。拟建地铁、轻轨线路初期客运强度分别不低于每日每千米0.7万人次、0.4万人次，远期客流规模分别达到单向高峰小时3万人次以上、1万人次以上。以上申报条件将根据经济社会发展情况按程序适时调整。《意见》还强调了规划衔接提高建设规划质量。

城市轨道交通线网的布局是否合理，直接关系到轨道交通能否在城市公共交通中发挥重要的作用，直接关系到基本建设费用能否合理降低造价、节约经费，也关系到能否有利于城市各项设施的建设以及方便、有效地为居民生活服务。如果轨道交通线网的规划不够合理，那么就会直接影响到城市的建设和长远的发展。由于线网的规划与城市用地规划紧密相关，因此在轨道线网建设中必须对线网规划做到心中有数。城市轨道交通线网布局合理与否，将决定城轨交通能否最有效地吸引运输客流。而且，国内外的经验证明，轨道交通的建设只有在形成一定的线网规模时才可以吸引更大的客流。

一、线网规划设计原则

城市轨道交通线网是指多条轨道交通线路通过换乘车站衔接组合而形成的线网系统。轨道交通线网规划包括线网结构和线网方案两个研究阶段。线网结构研究的主要任

务是确定轨道交通线网的基本结构；线网方案研究的主要任务是确定轨道交通线网的规划布局，原则确定各条线路的敷设方式。线网规划应根据城市交通需求的特征，划分城市轨道交通线网的功能层次，提出不同层次线网的服务水平指标。线网规划应进行多方案比较和研究，通过对轨道交通线网规划方案的评价，研究确定较优方案。线网规划应考虑系统安全保障要求，线网方案应有利于自然灾害防范。

自 1863 年 1 月 10 日世界上第一条地铁在伦敦建成通车后，世界上已有 100 多个城市建有轨道交通系统，其中伦敦、巴黎、柏林、纽约、东京、莫斯科等早已形成线网，我国的北京、上海、香港、广州等城市轨道交通亦初步形成线网规模。所以我们在线网规划设计时，应借鉴国内外轨道交通线网规划的经验，遵循以下原则。

1. 线网的规划要与城市客流预测预测相适应

通过对城市主要交通干道的客流预测，定量地确定各条线路单向高峰小时客流量，也就可以确定每条线路的规模。规模确定后，就可以确定其为高容量、大容量、中容量还是小容量的轨道交通。大城市修建轨道交通的最主要目的是方便出行，为居民提供方便、快捷的交通服务，尤其是对中、远程乘客，城市轨道交通应是最能满足出行要求的交通方式。居民每天出行的交通流向与城市的规划布局有密切关系，轨道交通只有沿城市交通主客流方向布设，才能最大限度满足居民快速、方便的出行需要，并能充分发挥城市轨道交通运量大功能，对提高城市的社会效益、经济效益以及企业内部的经济效益都是非常有益的。

2. 线网规划必须符合城市的总体规划

城市轨道交通规划必须依据城市总体规划和城市交通规划编制，城市轨道交通规划也是城市总体规划的重要组成部分。交通引导城市发展是一条普遍规律。我国城市发展大都是围绕老城，呈现一种摊大饼式的发展模式。这种发展模式与发达国家在 19 世纪末的发展模式相类似。城市轨道交通的发展改变了大都市地区的发展形式，使城市沿轨道交通走廊轴向伸展，而小汽车及高速公路的飞速发展则带来了城市蔓延和郊区中心的出现。如上海市新一轮总体规划中确定城市发展的四个伸展轴，无不依附于相应的城市轨道交通干线。

城市轨道交通的规划和建设，还可带动沿线住宅和商业区的开发和升值。国际上成功的做法是：先修路、后建房，政府修路，商家建房。政府可以通过规划建设轨道交通，促进沿线城市发展，带动土地升值，土地升值带来的效益又可以用于新的市政建设，从而使城市的发展走上良性循环的道路。

城市轨道交通线网规划要与城市的远景规划相结合，具有前瞻性。巴黎市郊快速轨道发展规划是在巴黎城市总体规划和土地使用规划的基础上，结合巴黎市远期发展制定的。在巴黎从单中心向多中心转变的过程中，巴黎的规划部门已经预见到由此带来的客流潜力，及时规划和建设了地区快速轨道交通线，从而在转型发展期间成功地疏散了大

量客流。交通的便捷也能反过来促进各中心区经济迅速发展，从而使城市步入良性发展的轨道。

3. 规划线路要尽量沿城市主干道布设

城市轨道交通线网应联系城市主要客流集散设施，交通线路应贯穿连接城市交通枢纽对外交通中心（如火车站、飞机场、码头和长途汽车站等）、商业中心、文化娱乐中心、大型的生活居住区等客流集散数量大的场所，以减少线路的非直线系数和缩短居民的出行时间。这样规划的轨道交通线，可以满足城市居民由于工作、学习或购物等原因外出换乘需要，最大限度地吸引客流，使经济效益和社会效益显著提高。另外，沿城市主干道布置的轨道交通线，可以减少动迁拆除费，大型主干道路面宽阔，便于工程施工的开展，减少对城市居民生活的干扰。

4. 线网中线路布置要均匀

线路密度要适量，乘客换乘要方便，换乘次数要少。乘客出行对距离的远近不是主要问题，而最关心的是一次出行在旅途中要花多少时间。线网密度、换乘条件及换乘次数同出行时间关系极大，并且直接影响着吸引客流大小的问题。根据国内外的经验，两平行网线间的距离在市区一般以 1 400 m 左右为宜，同时要与街道布局相配合，除特殊情况外，两线间距离最好不少于 800 m 且不大于 1 600 m。在市郊两线间距离可以适当增大，若乘客必须换乘时，除在设计中创造方便的换乘条件之外，最好经一次换乘就能达目的地，最多不要超过两次。

5. 大城市的交通组织一定要构成立体交通体系

大城市的发展以城市轨道交通为骨干，常规的公共交通为主体，辅之以其他交通方式，构成多方位、多层次立体交通体系。居民出行时间由步行时间、候车时间、换乘时间和乘车时间四部分组成。城市轨道交通是城市大运输量交通系统，因投资巨大、建设周期长，短时间无法形成密度适中的线网。为了减少乘客出门换乘轨道的不便，城市轨道交通应做好与城市其他交通形式如公共汽车、小汽车和自行车等的衔接。一般城市公共交通应服务到门，如与主干道上的快速轨道变通的车站换乘联系甚至联运，这样可减少居民出门步行时间。

6. 线网中各条规划线路上的客运负荷量要尽量均匀

要避免个别线路出现负荷过大或过小的现象。注重考虑线路吸引客流能力，穿越商业中心、文化政治中心、旅游点、居民集中区次数要均衡。居民出行可达性要好，乘客平均乘距与线路长度的比值要大，并且越大越好。

7. 在考虑线路走向时，应考虑沿线地面建筑情况

要注意保护重点历史文物古迹和保护环境。要先考虑地形、地貌和地质条件，尽量避开不良地质地段和重要的地下管线等构筑物，以利于工程的施工和降低造价。线路位置应考虑与地面建筑、市政工程相结合及综合开发的有利条件，充分开发利用地上、地下空间资源，以利于提高工程实施后的经济效益和社会效益。

8. 尽可能利用城市旧有的铁路设施

上海市轨道交通3号线充分利用了旧有的淞沪、沪杭两条铁路线。规划中的南京地铁8号线也拟充分利用市内的宁芜铁路旧线，这样既可以减少地面拆迁费用，又解决了困扰广大市民铁路道口交通通行的难题，该工程可使既有铁路的多处平交道口得以解脱，从而大大改善了地面公共交通的拥挤堵塞状况。

9. 规划好车辆段的位置和用地范围

车辆段（厂）是城市轨道交通的车辆停放和检修的基地，在规划线路时，一定要同时规划好其位置和用地范围。另外还要规划好设备维修、维修材料供应和人才培训基地的用地等。该基地最好和车辆段（厂）规划在一起，若条件不允许时可单独设计。这些基地占地面积较大，在寸土寸金的大城市里，规划设计一定要做到合理用地。一般车辆段、检修厂设置在一条线路的两端郊区，这样可以方便地面铁路运输的轨道交通车辆、设备与材料等经由车辆段（厂）进入轨道交通的地下和高架线路。在网线之间为便于线路调用车辆，还要设置联络线。

10. 规划好环线的布设

一个城市轨道环线的布设要在客流预测的基础上，经过分析比较、优化组合确定，不可生搬硬套，要做到因地制宜。环线的主要作用是为了减少不必要到市中心换乘的客流，并使沿环线乘行的乘客能直达目的地，提高其可选性，以起到疏散市中心客流的作用。所以，环线除方便乘客换乘和减少市中心客流压力外，一定要保证在环线上日常有足够的客流，不然环线客流负荷强度太小，会影响其运营效率和企业的经济效益。

11. 规划好各线路的修建顺序

在确定线路规划网中的各条线路修建程序时，要与城市建设和旧城改造计划相结合，以保证城市轨道交通工程建设计划实施的可能性和连续性以及工程技术和经济的合理性。

二、线网的结构形式

根据城市规划现状与规划情况编制的线网中各条线路组成的几何图形一般称为线

网的结构形式，其形式一般要与城市道路网的结构形式相适应。

虽然世界各国城市轨道交通线网结构形式千差万别各有特色，但从几何形状区分，主要归纳为星形结构、树状结构（条带形）、栅格网状结构（棋盘式）、放射形结构、设置环线的线网结构等，如图 1-8 所示。

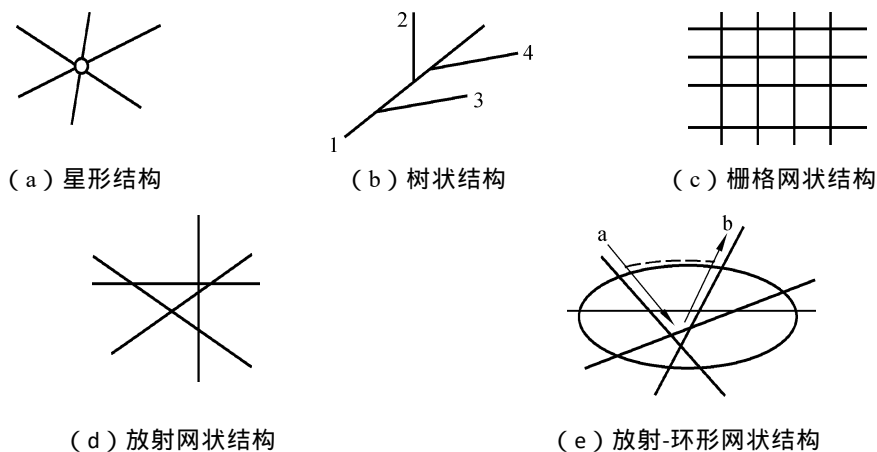


图 1-8 线网几何结构图形

1. 星形结构

星形结构是指线网中所有的线路只有一个交点（换乘站）的结构，如图 1-8（a）所示。其唯一的换乘站一般都位于市中心的客流集散中心。这种线网结构中所有线路间都可以实现直接换乘，但换乘站上的客流量大，换乘客流相互干扰也大，常易引起混乱和拥挤。此外，换乘车站设计与施工的难度也大，一般要采用分层换乘，这使得车站埋深加大，车站建设费用增加，乘客换乘时间延长，车站通风、排水及运营费用也会有所增加。由于所有线路都通达市中心，并且由一条线路到另一条线路只要一次换乘就可以实现，但是市郊之间联系不便，必须经过市中心的换乘站。所以，在两条以上放射线相交时，要尽量避免出现这种结构。

2. 树状（条带形）结构

树状结构是指 N 条线路有 $N - 1$ 个交叉点（换乘站），且在网络中没有网格结构，形如树枝状，如图 1-8（b）所示。这种结构适合于沿江或沿山谷条带状发展的城市地域。这种结构连通性差，线路间换乘不方便，两条树枝线间至少要换乘两次才能实现互通。此外，线路上客流分布不均，同一线路上两个换乘站之间的路段因担负着大量的换乘客流，客流量较换乘站外侧路段显著增加，给线路的行车组织带来困难。

3. 栅格网状结构（棋盘式）

栅格网状结构是指由若干线路（至少四条）大多呈平行四边形交叉，所构成的线网

多为四边形线网结构。这种线网最大的缺点是二次换乘多，如结合城市主干道线网必须采用这种结构形式时，应尽量将分叉点布置在大的客流集散点上，以减少换乘次数、方便乘客。从目前已经建成的这种线网形式的大阪和墨西哥城两个城市的情况来看，这种结构在内城区分布比较均匀，但线路深入市郊的不多。由于存在回路，这种结构连通性好，乘客换乘的选择较多。其线路多为平行分布，方向简单，一般只有纵横两个方向，能提供很大的运输能力，线路和换乘站上的客流分布也比较均匀，但由于没有通达市中心的径向线路，市郊到市中心出行不便。

4. 放射网状结构

放射网状结构指线路（至少三条）多为径向线，且线路交叉所成的网格多为三角形的线网结构。从目前已经采用这种结构且发展比较成熟的几个城市系统情况来看，多数线路都在中心区发生三角形交叉，市中心区线路和换乘站密集而均匀，线网连通性好，乘客换乘方便。在规模不大的情况下，任意两条线路间都可以实现直接换乘，线网中交织成网的部分影响范围较小，但深入市郊的射线很长。这种线路由于各方向都有线路通达市中心，市郊到市中心的出行方便，市中心区对市郊的经济辐射距离较远。其缺点是市郊区之间发生联系必须到市中心区的换乘站换乘，会导致乘客走弯路。

5. 设置环线的线网结构

环线常见于一些规模很大的城市，设置环线可加强中心区边缘各客流集散点的联系，并可以通过换乘分流外围区之间的客流，减轻中心区的交通压力。由于环线 and 所有经过径线可以直接换乘，整个线网连通性好，方便了环线上的直达乘客和相邻区间需要换乘的乘客，而且能有效地缩短市郊乘客利用轨道交通出行的总里程和时间，还可以起到疏散市中心客流的作用。环线是否能串联足够规模的客流集散点，这些客流集散点在环线方向上是否能承担庞大的出行量是设置环线成败的关键。

世界上轨道交通网络规模较大的城市大都采用这种结构，如莫斯科、巴黎、东京、上海、北京等。环线结构一般在城市中心城区布置一条轨道交通环线（可以是地铁或市区地面铁路），市郊铁路的终点站均可位于该环线上，与地铁系统在此构成换乘，实现市内轨道交通与郊区铁路的一体化。

实际上，大多数城市的轨道交通线网因时就势，形态往往比较复杂，而不是简单地呈现单一的特征结构。他们往往是由多种单一线网结构有机结合而成的一个完整的线网形式。

图 1-9 为 2020 年的北京城市轨道交通线网图。

北京城市轨道交通线网图 Beijing Rail Transit Lines

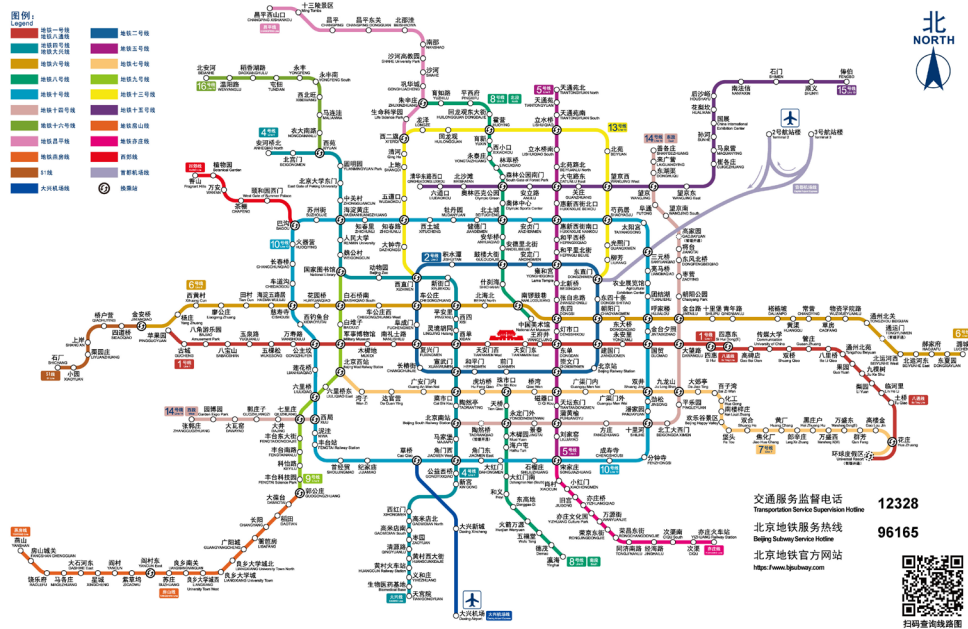


图 1-9 北京城市轨道交通线网图

任务三 城市轨道交通线路设计

线路设计阶段的任务是在规划线网和预可行性研究的基础上，对拟建的城市轨道交通线路的平面和竖向位置，通过不同的设计阶段，逐步由浅入深，不断比较线路平面、纵剖面 and 坡度、线路与车站的关系，最后得到城市轨道交通线路在城市空间中的准确位置。

线路的设计阶段一般可分为四个阶段，即可行性研究阶段、总体设计阶段、初步设计阶段和施工设计阶段。

(1) 可行性研究阶段主要是通过线路多方案比选，完善线路走向、路由、敷设方式，确定车站、辅助线等的分布，提出设计指导思想、主要技术标准、线路平纵剖面及车站的大致位置等。

(2) 总体设计阶段是根据可行性研究报告及审批意见，通过方案比选，初步确定线路平面位置、车站位置、辅助线形式、不同敷设方式的过渡段的位置，提出线路纵剖面的初步标高位置等。

(3) 初步设计阶段是根据总体设计文件及审查意见,完成对线路设计原则、技术标准等的确定,确定线路平面位置、基本稳定车站位置及右线纵剖面设计。

(4) 施工图设计阶段是根据初步设计文件及审查意见,有关专业对线路平纵剖面提出的要求,对部分车站位置及个别曲线半径等进行微调,对线路平面及纵剖面(包括左线)进行精确计算和详细设计,提供施工图纸说明文件。

一、城市轨道交通线路的空间布置

城市轨道交通线路按空间布置方式不同,可分为地下线路、高架线路、地面线路,应根据城市总体规划和地理环境条件因地制宜地选择。

1. 地下线路

地下线路铺设于地下隧道内,轨下基础常为带枕浇筑式的整体道床。其优点是与地面交通完全分离,且不占城市地面与空间,基本上不受气候影响;其不足之处在于需要较大投资、较高的施工技术、较先进的管理以及完善的环控、防灾措施与设备,建设过程仍会影响地面交通,运营成本较高,改造调整与线路维护均较困难。

2. 高架线路

高架线路铺设于高架结构物上,轨下基础为支撑块式的整体道床。高架线路与地面交通无干扰,造价介于地下与地面之间,施工、维护、管理、环控、防灾等诸方面都较地下线路方便;但要占用一定的城市用地并有光照、景观、噪声等负效应,也受气候变化的影响。

3. 地面线路

地面线路的上部结构保留了铁路线路的特点,轨下基础常采用传统的碎石道床。其优点是弹性好、造价低、施工简便、运营成本低、线路调整与维护较易;不足是不稳定,在列车碾压和冲击下几何尺寸较易变形,必须进行经常性的养护和矫正;占地面积较多,线路封闭给地面带来的隔离影响,破坏城市道路路面,使城市道路交通复杂化,容易受气候影响,乘车环境难改善,有一定的污染负效应(如噪声、景观等)。

在同一条轨道交通路线上可采用上述三种不同的空间布置方式。城市中心区的建筑密集、道路狭窄、交通拥挤、人口众多,为减少建设中的困难和消除噪声、振动等对城市的有害影响,城市轨道交通线路一般设在地下,也可适当布置为高架方式。进入地面建筑稀少、路面宽阔的城市边缘区及郊区,可考虑设在高架线或地面线以降低工程造价。由正线通往车辆段/停车场时,线路由地下或高架延铺至地面。

地面线路和高架线路对乘客来讲比地下线路安全感好,噪音小、豁亮通畅,可饱览市容,乘车比较舒服,而对沿线居民产生的影响就不同了。所以,在定时时一定要充分

考虑行车、维修产生的振动、噪声，以及乘客视线对居民生活的影响；同时要防止建筑物内废弃物投掷到线路上影响行车安全；在建筑结构、供电设计中更要处理好景观对城市的影响。地面线路和高架线路距建筑物的距离，应根据行车安全、消防、减振、降噪、景观和保护居民隐私等相关要求，以及采取相应的防范措施等因素，经综合比较后确定。由于根据相关规范要求所采取的防范措施不同，线路离建筑物的距离也不相同，但最小距离不得小于防火规范的要求。当地铁与地面建筑合建时，除满足防火规范的要求外，还要从结构、轨道等方面加强减振、降噪措施，并要防止因建筑设计不当而影响行车安全。

二、地铁线路设计的一般规定

(1) 地铁线路按其在运营中的作用不同，应分为正线、配线和车场线。配线包括折返线、渡线、联络线、停车线、出入线、安全线等。

(2) 地铁线路的选定应根据城市轨道交通线网规划进行。

(3) 地铁的线路敷设方式，应根据城市总体规划和地理环境条件因地制宜地选择，一般在城市中心地区宜采用地下线，其他地区条件许可时宜采用高架线或地面线。

(4) 地铁的线路平面位置和高程应根据城市现状与规划的道路、地面建筑物、管线和其他构筑物、文物古迹保护要求、环境与景观、地形与地貌、工程地质与水文地质条件、采用的结构类型与施工方法，以及运营要求等因素，经技术经济综合比较后确定。

(5) 地铁的线路宜按独立运行模式进行设计。根据客流需要并通过论证，线路可按共线运行设计，但其出岔站汇入方向的线路应设平行进路。地铁线路之间应根据线网规划需要设置联络线。联络线应采用单线，但近期阶段性兼作运营线的联络线应设双线，有条件时宜按正线标准设计。

(6) 地铁的线路之间及与其他轨道交通线路之间的交叉处应采用立体交叉。两线接轨应避免造成双向敌对进路。

(7) 地铁车站应设置在交通枢纽、地铁线路之间及与其他轨道交通线路交会处、商业、居住、体育、文化中心等大的客流集散点。车站间的距离应根据现状及规划的城市道路布局和客流实际需要确定，一般在城市中心区和居民稠密地区宜为 1~2 km，在城市外围区应根据具体情况适当加大车站间的距离。

(8) 地面线路和高架线路距建筑物的距离，应根据行车安全、消防、减振、降噪、景观和居民隐私等相关要求，以及采取相应的防范措施等因素，经综合比较后确定。根据防火要求，线路路肩边缘和高架结构外缘与民用建筑间的最小距离，应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)的规定。当地铁与地面建筑合建时，应加强防火、减振、降噪和结构安全措施。

三、线路平面设计

轨道交通线路中心线在水平面上的投影称为线路平面，它表明线路的直、曲线变化状态。

线路中心线是路基横断面上距外轨半个轨距的铅垂线与路肩水平线的交点 O 的纵向连线，如图 1-10 所示。

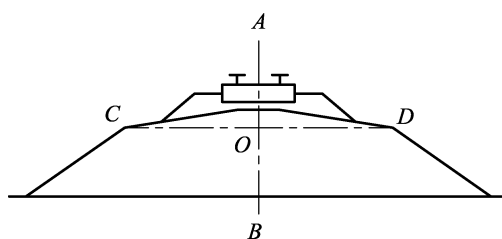


图 1-10 线路横断面

线路平面不但确定了线路在平面上的位置，同时也为直线、曲线及车站等其他设备的设置提供了依据。

线路平面由直线、圆曲线以及连接直线与圆曲线的缓和曲线组成，三者的相互位置如图 1-11 所示。线路平面设计的主要要素有最小曲线半径、最小圆曲线长度、缓和曲线线型及长度、夹直线长度等。

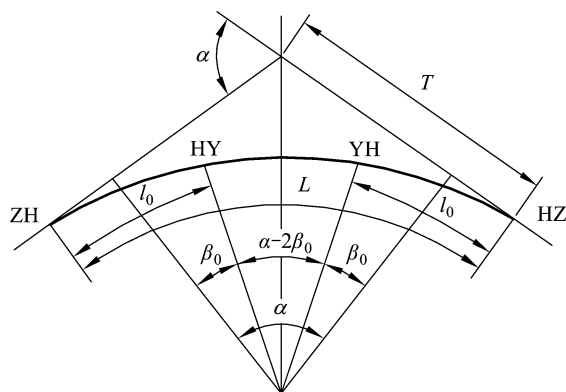


图 1-11 线路平面组成

1. 圆曲线半径与长度

不设置缓和曲线时，线路在转向处所设的曲线为圆曲线。圆曲线的要素有曲线半径 R 、曲线转角 α 、曲线长度 L 、切线长度 T ，如图 1-12 所示。

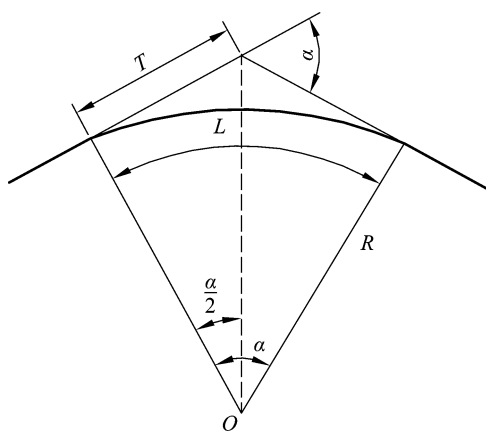


图 1-12 圆曲线要素

线路设计时，一般先设计出 α 和 R ，再按公式计算出 L 和 T 。

$$T = R \cdot \tan(\alpha / 2) \text{ (m)}$$

$$L = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180 \text{ (m)}$$

曲线转角的大小由线路走向、绕过障碍物的需要等因素确定。曲线半径应根据车辆类型、列车设计行车速度、沿线地形、地物等条件因地制宜由大到小合理选定。地铁线路往往受城市道路和建筑物控制，曲线半径选择自由度小，常须设置较小半径曲线。《地铁设计规范》规定：地铁线路平面曲线半径应根据车辆类型、列车设计运行速度和工程难易程度经比选确定。线路平面的最小曲线半径不得小于表 1-1 的数值，实际工作中，最大半径一般不超过 3 000 m。

表 1-1 最小曲线半径

单位：m

线路	A 型车		B 型车	
	一般地段	困难地段	一般地段	困难地段
正线	350	300	300	250
联络线、出入线	250	150	200	150
车场线	150	-	150	-

联络线、出入线一般为不载客运行线路，而且通过的列车对数较少，行车速度较低，应比正线的最小曲线半径标准略低。

车场线的最小曲线半径，是根据道岔的导曲线半径及车辆构造允许的最小曲线半径等因素确定的。

车站的站台段应设在直线上。若车站站台段线路设在曲线上，司机和车站管理人员瞭望条件差，会增加管理上的难度，对行车安全不利。另外曲线半径太小，列车停靠时车辆与站台间的缝隙过大，会对乘客安全不利，因此，车站站台计算长度段线路宜设在直线上。设在曲线上时，无站台门时 A 型车半径不应小于 800 m，B 型车半径不应小于 600 m；有站台门时 A 型车半径不应小于 1 500 m，B 型车半径不应小于 1 000 m。

圆曲线长度短，对改善瞭望条件、减少行车阻力和养护维修有利。但当圆曲线长度小于车辆的全轴距（全轴距指一节车辆第一位轴至最后位轴之间的距离）时，车辆将同时跨越在三种不同的线型上，会危及行车安全，降低列车的平稳性和乘客的舒适度。因此，我国《地铁设计规范》（GB 50157—2013）规定：正线及辅助线的圆曲线的最小长度，A 型车不宜小于 25 m，B 型车不宜小于 20 m，在困难情况下不得小于一个车辆的全轴距，车场线不少于 3 m。

2. 缓和曲线

为了保证列车运行的平顺，满足曲率过渡、轨距加宽和超高过渡的要求，保证乘客舒适安全，线路平面曲线与直线之间应根据曲线半径、超高设置及设计速度等因素设置缓和曲线。缓和曲线的特征是：从缓和曲线所衔接的直线一端起，它的曲率半径 ρ 由向圆曲线半径 R 过渡变化，从而使离心力逐渐增加（从圆曲线过渡到直线时，离心力逐渐减小）。

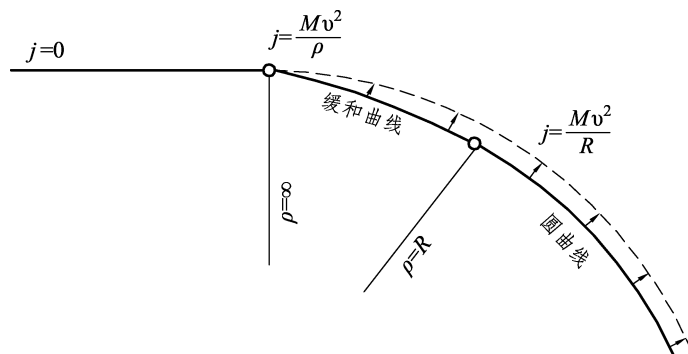


图 1-13 缓和曲线离心力变化示意图

我国《地铁设计规范》（GB 50157—2013）规定：在正线上当曲线半径等于或小于 3 000 m 时，圆曲线与直线间应根据曲线半径及行车速度按表 1-2 的规定设置缓和曲线。缓和曲线线型可以是放射螺旋形或三次抛物线型。

车场线上由于运行速度低，可不设缓和曲线和超高。

表 1-2 缓和曲线长度

$v/(km/h)$ l_0/m R/m	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
3 000	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—
2 500	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—
2 000	45	40	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—	—
1 500	55	50	45	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—
1 200	70	60	50	40	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—
1 000	85	70	60	50	45	35	30	25	25	20	20	20	20	—
800	85	80	75	65	55	45	40	35	30	25	20	20	20	20
700	85	80	75	75	65	50	45	35	30	25	20	20	20	20
600		80	75	75	70	60	50	40	30	25	20	20	20	20
550			75	75	70	65	55	40	35	25	20	20	20	20
500				75	70	65	60	45	35	30	20	20	20	20
450					70	65	60	50	40	30	25	20	20	20
400						65	60	55	45	35	30	20	20	20
350							60	55	50	40	30	25	20	20
300								55	50	50	35	30	25	20
250									50	50	45	35	25	20
200										50	45	40	35	25

3. 夹直线

夹直线指两相邻曲线间的直线。当两相邻曲线距离较近时，可能会出现两曲线（有缓和曲线时指缓和曲线，无缓和曲线时指圆曲线）相邻端点间的夹直线过短的情况。夹直线过短会引起车辆左右摇摆，影响行车平稳性；也不易保持直线方向，增加养护困难。

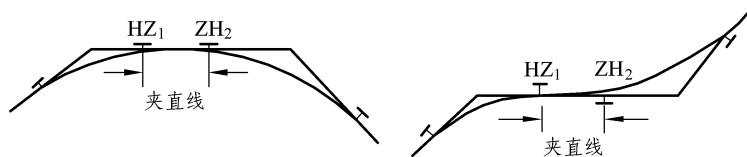


图 1-14 相邻曲线间的夹直线

因此，我国《地铁设计规范》(GB 50157—2013)规定：正线及配线上相邻曲线间夹直线长度，一般情况应大于等于 $0.5V$ (V 为列车通过夹直线速度)，困难情况下 A 型车不短于 25 m，B 型车不短于 20 m。车场线上的夹直线不得小于 3 m。

4. 线路平面图

线路平面图用一定的比例尺 (1:2000 或 1:10000) 和规定的符号，把线路中心线及两面的地形、地物投影到水平面上绘出的图。在线路平面图上，应标明线路里程标、百米标、曲线要素以及起、终点里程。图 1-15 为某地铁线路的局部线路平面图。

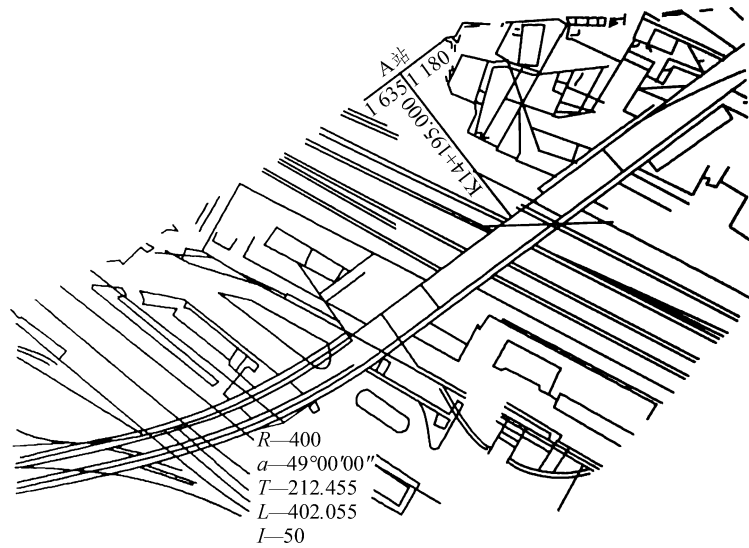


图 1-15 地铁线路平面图 (局部)

四、线路纵断面设计

线路中心线展直后在垂直平面上的投影称为线路纵断面，它表明线路的坡度变化。

线路纵断面由坡段和设在变坡点处的竖曲线组成。坡段特征用坡段长度和坡度值来表示。

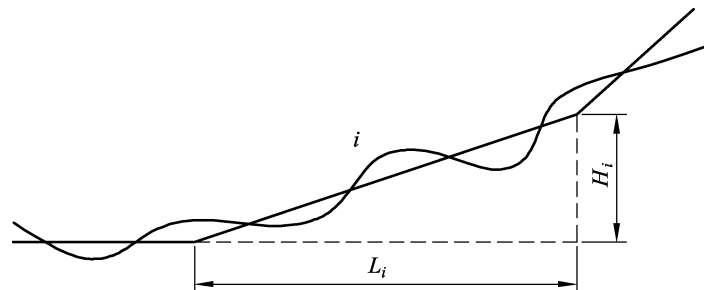


图 1-16 坡道坡度

坡道坡度 i 为该坡段变坡点的高程差 H_i (m) 除以坡段长度 L_i (m), 其值以千分数表示, 即

$$i \text{ ‰} = \frac{H_i}{L_i} \times 1000 \text{ (‰)} = \tan \alpha$$

坡段长度 L_i 为该坡段前后两个变坡点之间的水平距离 (m)。

上坡坡度值取正值, 下坡取负值, 平道为 0。上下坡是按列车运行方向来区分的。例如坡度值为 +10‰, 表示每千米高程升高 10 m, 坡度值为 -10‰, 表示每千米高程降低 10 m。

城市轨道交通线路纵断面设计的主要技术要素有坡度、坡段长度和坡段连接。

1. 坡 度

(1) 正线最大坡度是线路的主要技术指标之一, 对线路的埋深、工程造价及运营都有较大的影响。城市轨道交通由于载重量小、运距短, 坡度已不是限制列车牵引质量的主要因素。但在设计纵断面时, 线路坡度在满足排水及标高控制要求的前提下应尽可能平缓。正线允许的最大坡度值主要受行车安全 (与制动设备性能有关)、乘客舒适度、运营速度三方面影响, 从保证行车安全出发, 要求列车在失去部分 (最大可达一半) 牵引力的条件下, 仍能用另一部分牵引动力将列车从最大坡道上起动, 因此最大坡度阻力与各种附加阻力之和不宜大于列车牵引力的一半。

我国《地铁设计规范》(GB 50157—2013) 规定: 正线上最大坡度宜采用 30‰, 困难地段可采用 35‰。在山地城市的特殊地形地区, 经济技术比较有充分依据, 可采用 40‰。联络线、出入线的最大坡度宜采用 40‰, 但均未包括各种坡度的折减值。

(2) 隧道内和路堑地段的正线最小坡度主要为了满足纵向排水需要, 一般情况下线路的坡度与排水沟坡度相一致, 隧道内线路坡度一般不宜小于 3‰, 困难条件下不小于 2‰。地面和高架桥上正线最小坡度在采取了排水措施后不受限制。

(3) 车站站台线路应在一个坡道上, 最好为平坡, 考虑到纵向排水沟的坡度, 站台计算长度段线路坡度宜采用 2‰, 困难条件下不大于 3‰。车站线路应尽量接近地面, 这样不仅可以减少工程量, 节约工程造价, 也可以方便乘客进出车站。同时, 应尽量将车站布置在线路纵剖面的凸形部位上, 这样车辆进站上坡, 出站下坡, 有利于列车的起动和制动。

(4) 隧道内折返线和存车线的坡度最好为平坡, 以满足停放车辆和检修作业的要求, 但为解决排水问题, 最大坡度可以达到 2‰, 并朝车挡方向为下坡。地面和高架桥上的折返线、停车线, 其坡度不宜大于 1.5‰。

(5) 为了便于道岔的养护与维修, 道岔应铺在较缓的坡道上, 一般规定设在不大于 5‰的坡道上, 困难条件下可设在不大于 10‰的坡道上。

(6) 车场内的车库宜设在平道上。库外停放车的线路坡度不应大于 1.5‰, 咽喉区道岔坡度不宜大于 3‰, 较大的坡度停车不稳, 易发生溜车事故。

2. 坡段长度

在列车通过变坡点时要产生附加离心力和附加加速度，为了确保行车平稳性，宜设计较长的坡段。但为了适应线路高程的变化，坡段也不能太长，否则将引起较大的工程量，给施工带来困难，因此应综合考虑两者的影响来确定最短坡段长度。

一般情况下，当线路纵向最小坡段小于列车长度时，可以使一列车长范围内只有一个变坡点，以避免变坡点附加力叠加及附加力频繁变化的影响，保证行车平稳。

坡段长度还应使相邻竖曲线不相互重叠，且能相隔一段距离。线路坡段长度不宜小于远期列车长度，并应满足相邻竖曲线间夹直线长度的要求，两竖曲线间夹直线长度不小于 50 m，以利于列车运行和线路的维修。

3. 竖曲线

列车通过变坡点时，车钩产生附加阻力，会导致列车运行不顺，如图 1-17 所示，为此，在变坡点应设置竖曲线。

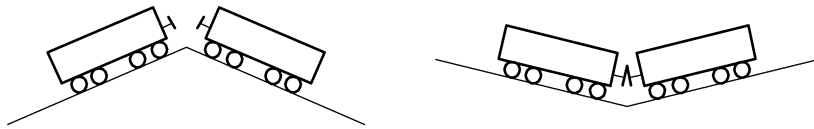


图 1-17 车辆经过变坡点的状态

两相邻坡段的坡度代数差等于或大于 2‰时，应设圆曲线型的竖曲线连接。《地铁设计规范》(GB 50157—2013) 规定城市轨道交通竖曲线半径如表 1-3 所示。

表 1-3 城市轨道交通竖曲线半径

单位：m

线 别		一般情况	困难情况
正线	区间	5 000	3 000
	车站端部	3 000	2 000
辅助线、车场线		2 000	

竖曲线不得侵入车站站台范围，以保证站台的平稳。

道岔范围内不得设置竖曲线，竖曲线离开道岔端部的距离：正线不小于 5 m；车场线不小于 3 m。

4. 线路纵断面图

用一定的比例尺（水平方向为 1 : 10 000，垂直方向为 1 : 1 000）和规定的符号，把平面图上的中心线展直后投影到铅垂面上，并注有线路平面和纵断面有关资料的图。

图 1-18 为某地铁线路的一段线路纵断面图。

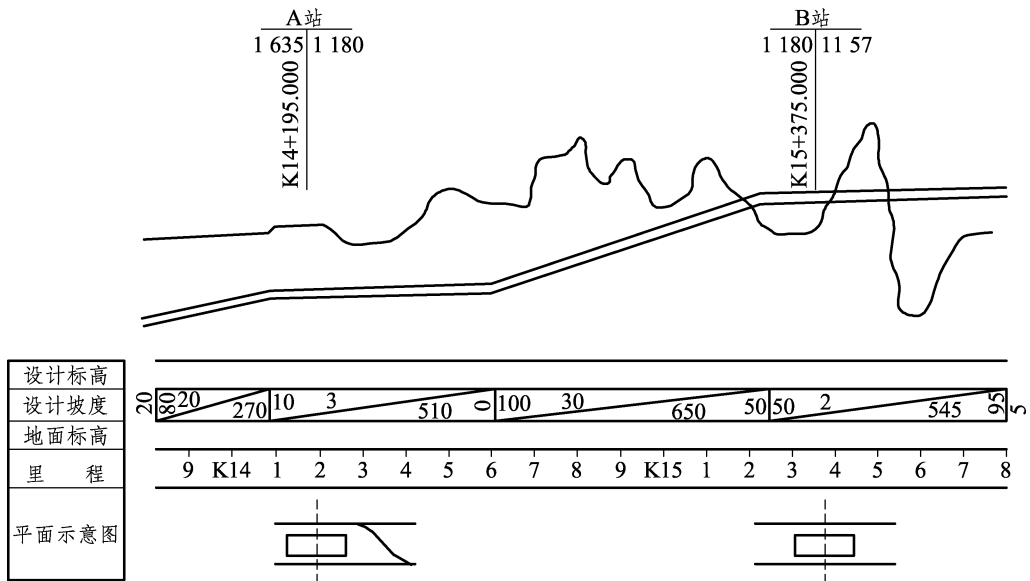


图 1-18 地铁线路纵断面图

5. 合理纵断面

城市轨道交通由于部分线路埋设在地下隧道或设置在高架结构上，又因车站与区间的埋深或高差不尽一样，在设计地下铁道线路纵断面时，须注意保持合理纵断面。

合理纵断面应既满足有利于列车运行提高效率、降低消耗安全可靠的要求，又能满足兼顾降低施工量、减少施工难度、加快施工进度需要。

如图 1-19 所示，由于区间隧道轨道面标高低于车站轨道面标高，因此，列车在运行过程中处于出站下坡与进站上坡的有利状态，有利于列车起动加速与进站减速制动，即与列车运行牵引要求一致。合理纵断面使列车运行的耗电量下降，附加制动力减少，从而降低了运行成本及设备损耗。

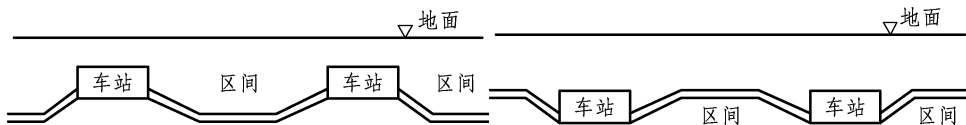


图 1-19 合理纵断面示意图

图 1-20 不合理纵断面示意图

图 1-20 所示的纵断面往往会出现在地下隧道且采用明挖法施工建设的系统，由于片面强调减少施工挖掘土方，而未先明确列车运行特征及运营后的成本费用问题，以及受地质条件、地下结构等原因的影响导致出现不合理纵断面，且因地下线路无法改造调整，只能成为永久性遗憾。

地下盾构等施工方式比较容易解决线路走向选择，且无施工量多少的问题，理当不应出现上述不合理纵断面。

同样，高架线路车站也应选择合理纵断面位置。

五、线路标志

为满足行车和线路养护维修的需要，在城市轨道线路应设置线路标志。线路标志包括百米标、公里标、曲线要素标、圆曲线和缓和曲线始终点标、坡度标、竖曲线始终点标、道岔编号标、水准基点标、桥梁标、涵洞标、水位标等。

1. 百米标、公里标

百米标、公里标设在一条线路自起点计算每一百米、每一整公里处，如图 1-21 所示。



图 1-21 百米标、公里标



图 1-22 曲线要素标

2. 曲线要素标

曲线要素标设在曲线中点处，白底黑字，标明曲线长度、缓和曲线长度、曲线半径、外轨超高和轨距加宽，侧面标有曲线中部里程，如图 1-22 所示。

3. 桥梁标、涵洞标

桥梁标、涵洞标设在桥梁、涵洞两端处，表明桥梁、涵洞编号、中心里程和长度，如图 1-23 所示。



图 1-23 涵洞标

4. 圆曲线和缓和曲线始终点标

圆曲线和缓和曲线始终点标设在直缓、缓圆、圆缓、缓直各点处，标明所向方向为直线、圆曲线或缓和曲线，如图 1-24 所示。

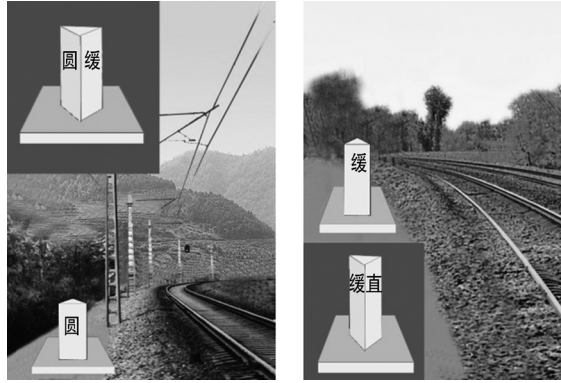


图 1-24 曲线始终点标

5. 坡度标

坡度标设在线路坡度的变坡点处，两侧各标明其所向方向的上、下坡度值及其长度，侧面标明变坡点的里程，如图 1-25 所示。



图 1-25 坡度标

除线路标志外，线路一侧还要设置限速标、停车位置标、警冲标等信号标志，如图 1-26、图 1-27 所示。



图 1-26 限速标

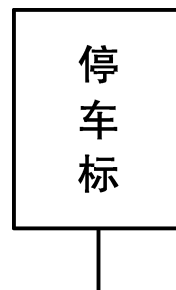


图 1-27 停车标

为了司机瞭望清晰，百米标、公里标、坡度标、限速标、停车位置标、警冲标等标志宜采用反光材料制作，并安装在司机易见的位置上。所有标志不得侵入设备限界。

复习思考题

1. 城市轨道交通线网规划的原则有哪些？
2. 城市轨道交通线网的结构形式有哪几种？请举例说明。
3. 城市轨道交通系统有哪些类型？
4. 什么是线路的平面？由哪几部分组成？
5. 何谓缓和曲线？其特征和作用是什么？
6. 什么是线路的纵断面？由哪几部分组成？
7. 城市轨道交通坡度是怎么规定的？
8. 线路标志有哪些？
9. 了解你所在城市的轨道交通线网规划，并说明其特点。