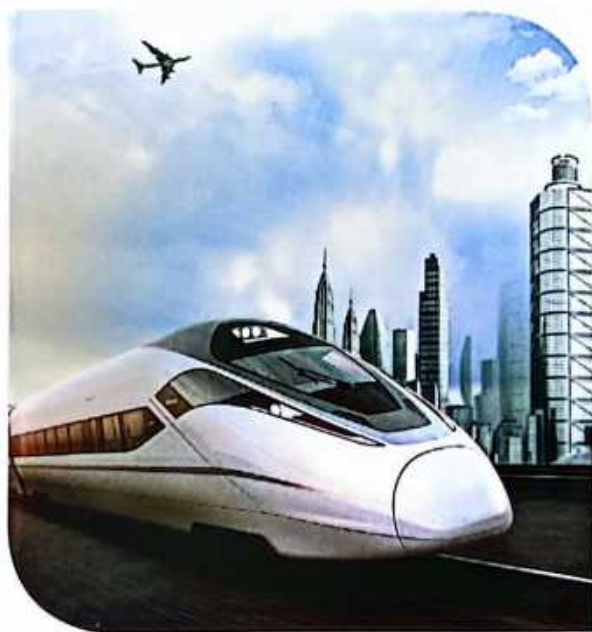


◆ 轨道交通系列创新型精品教材

城市轨道交通概论

主编◎ 宋以华 熊 律 任佳兴



 电子科技大学出版社
University of Electronic Science and Technology of China Press



CS 扫描全册

前言

随着我国城市化进程的加快，城市轨道交通发展迅速，不仅建成运营的线网规模大，而且规划里程庞大。截至2020年9月30日，中国内地累计有41个城市开通城轨交通线路7141.55公里。2019年底，在建线路总长6902.5公里，在实施的建设规划线路总长7339.4公里。可见城市轨道交通行业发展处在高峰期，技能人才需求量较大。

基于城市轨道交通运营企业生产运营实践，结合教材编写队伍的地铁工作和教学实践经验，本教材整合了城市轨道交通概述、城市轨道交通规划建设、城市轨道交通运营筹备、城市轨道交通线路与场站、城市轨道交通车辆、城市轨道交通信号系统、城市轨道交通通信系统、城市轨道交通供电系统、城市轨道交通机电设备、城市轨道交通运营管理共十个章节的内容。本教材可作为中高职院校城市轨道交通类专业学生教材或教学参考书，也可供企业技术管理人员阅读和参考。

城市轨道交通行业对人才的需求有着基础理论扎实、动手操作能力强的特点，“城市轨道交通概论”是城市轨道交通群专业基础课程，为满足城市轨道交通类专业教学需求，作者联合广州地铁集团有限公司和广州城市轨道交通培训学院一起编制本教材。

本教材由宋以华、熊律和任佳兴担任主编，由广东交通职业技术学院宋以华负责全书统稿工作。另外，广州地铁集团有限公司林沙、广州城市轨道交通培训学院卞科、广东交通职业技术学院丛丛等给教材内容提出建议并修订教材内容。

由于编者的水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2020年10月





目录

第一章	城市轨道交通概述	/1
第一节	城市轨道交通分类及特性	/2
第二节	世界及我国城市轨道交通发展	/4
第二章	城市轨道交通规划建设	/11
第一节	城市轨道交通项目申报标准	/12
第二节	城市轨道交通前期规划和设计	/13
第三章	城市轨道交通运营筹备	/19
第一节	城市轨道交通运营筹备概述	/20
第二节	城市轨道交通运营筹备工作	/22
第四章	城市轨道交通线路与场站	/27
第一节	城市轨道交通线路分类	/28
第二节	城市轨道交通线路结构	/33
第三节	城市轨道交通车站	/43
第四节	城市轨道交通车辆段	/51
第五章	城市轨道交通车辆	/55
第一节	车辆类型	/56
第二节	车辆机械结构	/61
第三节	车辆电气构造	/65
第四节	车辆选型	/72
第六章	城市轨道交通信号系统	/79
第一节	信号基础设备	/80
第二节	联 锁	/85
第三节	闭塞法	/86
第四节	ATC系统	/88
第五节	CBTC系统	/92
第六节	无人驾驶系统	/92



第七章	城市轨道交通通信系统	/97
第一节	传输系统	/98
第二节	无线通信系统	/99
第三节	公务、专用电话系统	/103
第四节	闭路电视监视系统	/104
第五节	广播系统	/106
第六节	乘客信息系统	/108
第七节	时钟系统	/110
第八章	城市轨道交通供电系统	/113
第一节	供电系统概述	/114
第二节	供电设备	/117
第三节	接触网	/121
第四节	车站动力与照明系统	/123
第九章	城市轨道交通机电设备	/125
第一节	电梯系统	/126
第二节	屏蔽门系统	/129
第三节	火灾自动报警系统	/135
第四节	环境控制系统	/138
第五节	自动售检票系统	/140
第十章	城市轨道交通运营管理	/145
第一节	城市轨道交通运营组织架构	/146
第二节	城市轨道交通行车组织	/149
第三节	城市轨道交通乘务组织	/152
第四节	城市轨道交通客运组织	/160
第五节	城市轨道交通票务组织	/166
第六节	城市轨道交通安全管理	/171
参考文献		/179



1

第一章

城市轨道交通概述

本章内容，从服务的空间范围、路权模式、运输能力、最高运行速度和系统制式等概述了城市轨道交通的分类及特性；从运营规模、客流规模角度分析世界城市轨道交通发展现状，从发展历史、运营现状及规划建设角度概述我国城市轨道交通发展概况。





第一节 城市轨道交通分类及特性

根据团体标准《城市轨道交通分类》，城市轨道交通分类宜按照服务的空间范围、路权模式、运输能力、最高运行速度和系统制式进行分类。

(1) 按照其服务的空间范围，分为市域（区域）轨道交通和市区（城区）轨道交通两类，其主要特征应符合表1-1的规定。

表1-1 按服务的空间范围划分的城市轨道交通分类及其主要特征

分类名称	主要特征
市域（区域）轨道交通	主要服务于城市市域或都市圈（通勤圈）范围的公务、通勤（学）、旅游休闲等多种出行目的。通勤圈的空间范围可涉及两个或多个行政区
市区（城区）轨道交通	主要服务于城市城区的通勤（学）、公务、购物、餐饮、文体娱乐、旅游休闲等多种出行目的

(2) 按照路权模式，分为全封闭系统、部分封闭系统和开放系统三类，其主要特征应符合表1-2的规定。

表1-2 按路权模式划分的城市轨道交通分类及其主要特征

分类名称	主要特征
全封闭系统	与其他交通方式以物理方式完全隔离，不受其他交通方式的干扰，具有独立路权
部分封闭系统	在线路的部分区段采用物理措施与其他交通方式隔离，另一部分线路区段不实行物理上的隔离，与其他交通方式混行
开放系统	不实行物理上的封闭，与其他交通方式混行

(3) 按照运输能力，分为大运能系统、中运能系统和小运能系统三类，其主要特征应符合表1-3的规定。

表1-3 按运能等级划分的城市轨道交通分类及其主要特征

分类名称	主要特征
大运能系统	运输能力 $\geq 30\,000$ 人/小时
中运能系统	$10\,000$ 人/小时 $\leq$ 运输能力 $< 30\,000$ 人/小时
小运能系统	运输能力 $< 10\,000$ 人/小时

(4) 按照最高运行速度，分为快速系统（快线）和普速系统（普线）两类，其主要特征应符合表1-4的规定。

城市轨道交通的最高运行速度宜在60千米/小时、70千米/小时、80千米/小时、100千米/小时、120千米/小时、140千米/小时、160千米/小时、200千米/小时八个速度等级中选用。





表1-4 按列车最高运行速度划分的城市轨道交通分类及其主要特征

分类名称		主要特征
快速系统(快线)	A	最高运行速度>120千米/小时
	B	100千米/小时≤最高运行速度≤120千米/小时
普通系统(普线)		最高运行速度<100千米/小时

(5) 按照系统制式,分为市域快轨系统、地铁系统、轻轨系统、单轨系统、自导向轨道系统、磁浮交通系统、有轨电车系统七类,其主要特征应符合表1-5的规定。

表1-5 按系统制划分的城市轨道交通分类及其主要特征

分类名称		主要特征及技术指标					
		运输能力/(万人/小时)	最高速度	旅行速度	路权模式	敷设方法	车辆
			/(千米/小时)				
市域快轨系统		≥10 000	140~200	>60	全封闭	高架或地面	市域快轨专用车辆(交流)
			100~120	45~60		地下(城区)或高架或地面	市域快轨专用车辆(直流/交流)
地铁系统		≥25 000	100~120	45~60	全封闭	地下或高架	A、As、B、Lb型车(直流)
			80	30~40			
轻轨系统		10 000~30 000	70~80	25~35	全封闭或部分封闭	地下≤30%	C、Lc型车、70%低地板车辆
单轨系统	跨座式单轨	10 000~25 000	100~120	45~60	全封闭	高架	跨座式单轨专用车辆
			80	30~40			悬挂式单轨专用车辆
	悬挂式单轨	6000~12 000	60~80	15~35			
自导向轨道系统		10 000~20 000	60~80	25~35	全封闭	高架	自导向轨道专用车辆
磁浮交通系统	中低速磁浮	10 000~25 000	100~120	45~60	全封闭	高架	中低速磁浮专用车辆
			80	30~40			
有轨电车系统	钢轮钢轨有轨电车	6000~12 000	60~70	15~30	开放或部分封闭	地面≥70%	100%、70%低地板车辆或高地板车辆
	虚拟轨道胶轮电车					地面(路面)	胶轮专用车辆
	导轨式胶轮电车			60~80	15~35	开放或部分封闭或全封闭	地面或高架





第二节 世界及我国城市轨道交通发展

一、世界城市轨道交通的发展

1. 线网规模

截至2019年底,全球共有75个国家和地区的520座城市开通城市轨道交通,运营里程超过28 198km。其中,59个国家和地区的167个城市开通地铁,总里程达15 622.61km;21个国家和地区的55座城市开通轻轨,总里程达1396.21km;58个国家和地区的416座城市开通有轨电车,其中有240座城市的有轨电车总里程达11 179.28km。2019年,欧洲总计8个国家的有轨电车里程有所增加,总增量为197.5km(2018年波兰卡托维兹299.7km有轨电车里程数据统计缺失,故不计入增量),其中德国有轨电车里程增加99km,占总增量的50.1%,位列第一;瑞典有轨电车增加67km,占总增量的33.9%,位列第二。

表1-6展示了2019年世界各大洲城市轨道交通总体线网规模(注:俄罗斯的全部城市划入欧洲计算)。总体上看,欧亚大陆总运营里程占全球的90.11%,其中欧洲总运营里程最长,为14 710.962km。分制式看,亚洲地铁和轻轨里程最长,各占全球地铁和轻轨里程的60.02%和65.59%;欧洲有轨电车里程最长,占全球有轨电车里程的96.16%。排除统计数据缺失等因素,相较于2018年,全球城市轨道交通总里程增加1776.3km,其中亚洲增加1392.23km,占总增量的78.4%,中国增加968.77km,占总增量的54.5%。

表1-6 2019年世界各大洲城市轨道交通运营里程汇总(单位:km)

大洲	地铁	轻轨	有轨电车	总计
亚洲	9377.05	915.75	405.63	10 698.43
欧洲	3620.355	340.157	10750.45	14 710.962
南美洲	1054.6	11.2	-	1065.8
非洲	96.4	-	23.2	119.6
大洋洲	36	-	-	36
北美洲	1438.2	129.1	-	1567.3
总计	15 622.605	1396.207	11 179.28	28 198.092

表1-7展示了已开通城市轨道交通的国家和地区线网规模情况。总体上看,中国大陆总运营里程排名世界第一,占全球总里程23.92%;德国以3615.1km的里程排名第二。分制式看,中国的地铁和轻轨里程均排名世界第一,各占全球地铁和轻轨里程的37.78%和30.22%;德国的有轨电车里程达3214.4km,排名世界第一,占全球有轨电车里程的28.75%。2019年,中国澳门、卡塔尔和印度尼西亚拥有了本国或地区的首条城轨线路。





表1-7 2019年世界各国（或地区）城市轨道交通运营里程汇总（单位：km）

国家或地区	地铁	轻轨	有轨电车	总计	国家或地区	地铁	轻轨	有轨电车	总计
中国	5902.64	422	405.63	6730.27	智利	140	-	-	140
德国	400.7	-	3214.4	3615.1	泰国	113.59	23	-	136.59
美国	1296.7	35.1	-	1331.8	芬兰	35	-	96	131
俄罗斯	590.7	10	522.2	1122.9	希腊	84.7	-	27	111.7
波兰	32.1	-	1057.4	1089.5	斯洛伐克	-	-	91.5	91.5
法国	267.5	89.9	724.7	1082.1	丹麦	-	35.9	44	79.9
日本	790.6	96.2	-	886.8	埃及	77.9	-	-	77.9
韩国	803.9	57.3	-	861.2	卡塔尔	76	-	-	76
英国	479.5	44.4	317.7	841.6	委内瑞拉	63.6	11.2	-	74.8
西班牙	440.925	59	271.6	771.525	阿联酋	74.6	-	-	74.6
乌克兰	112.8	-	622.9	735.7	克罗地亚	-	-	66.2	66.2
印度	635.77	11.7	-	647.47	阿根廷	56.7	-	-	56.7
意大利	156.8	66.327	374.3	597.427	菲律宾	13.75	36.55	-	50.3
罗马尼亚	71.4	-	432.7	504.1	塞尔维亚	-	-	43.5	43.5
荷兰	141.8	-	290.5	432.3	哥伦比亚	42.1	-	-	42.1
奥地利	83.3	-	315.7	399	爱尔兰	-	-	42.1	42.1
捷克	65.2	-	333.6	398.8	阿尔及利亚	18.5	-	23.2	41.7
比利时	39.9	-	341.9	381.8	爱沙尼亚	-	-	39	39
巴西	374.1	-	-	374.1	巴拿马	36.8	-	-	36.8
瑞典	108	-	221.5	329.5	阿塞拜疆	36.7	-	-	36.7
伊朗	280.2	-	-	280.2	乌兹别克斯坦	36.2	-	-	36.2
中国台湾	201.2	77.5	-	278.7	澳大利亚	36	-	-	36
墨西哥	258.5	-	-	258.5	秘鲁	34.6	-	-	34.6
土耳其	217.83	34.63	-	252.46	多米尼加	31	-	-	31
挪威	85	-	160.1	245.1	格鲁吉亚	27.1	-	-	27.1
加拿大	141.5	94	-	235.5	波黑	-	-	22.9	22.9
瑞士	5.9	-	224.65	230.55	朝鲜	22	-	-	22
匈牙利	39.4	-	190.9	230.3	沙特阿拉伯	18.1	-	-	18.1
拉脱维亚	-	-	213.9	213.9	波多黎各	17.2	-	-	17.2
葡萄牙	44.1	-	158.2	202.3	印度尼西亚	15.7	-	-	15.7
新加坡	119.1	79.5	-	198.6	亚美尼亚	13.4	-	-	13.4



续表

国家或地区	地铁	轻轨	有轨电车	总计	国家或地区	地铁	轻轨	有轨电车	总计
保加利亚	40	-	154	194	哈萨克斯坦	11.3	-		11.3
中国香港	174.7	11.2		185.9	中国澳门	-	9.3	-	9.3
白俄罗斯	37.3	-	129.4	166.7	卢森堡	-	-	6	6
马来西亚	51	91.5	-	142.5					

注：①空格表示无数据来源，“-”表示无该制式；②另有埃塞俄比亚、摩洛哥、尼日利亚、突尼斯、阿鲁巴、以色列无数据来源；③中国大陆的市域快轨暂时并入地铁统计。

2. 客流规模

根据中国城市轨道交通协会和维基百科的客流数据统计和计算，2018年全球地铁和轻轨累计运送客流681.29亿人次，有客流数据城市的总运营里程为16 274.02km，城市平均客运量3.92亿人次，平均负荷强度1.15万人次/(d·km)（无客流数据城市不纳入计算）。全球城市轨道交通客流量和负荷强度排名前十的城市如图1-1、1-2所示。中国北京超越日本东京成为全球城市轨道交通客流量排行第一名的城市。上海、广州、深圳、香港四个城市在客流量排行中分列3、5、7、8位，中国香港进入负荷强度前十排名。

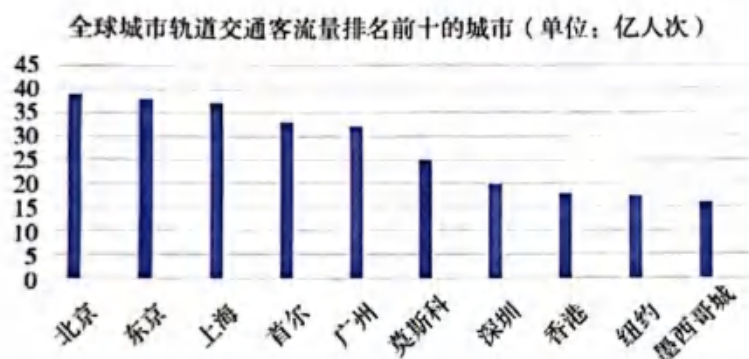


图1-1 全球城市轨道交通客流量排名前十的城市

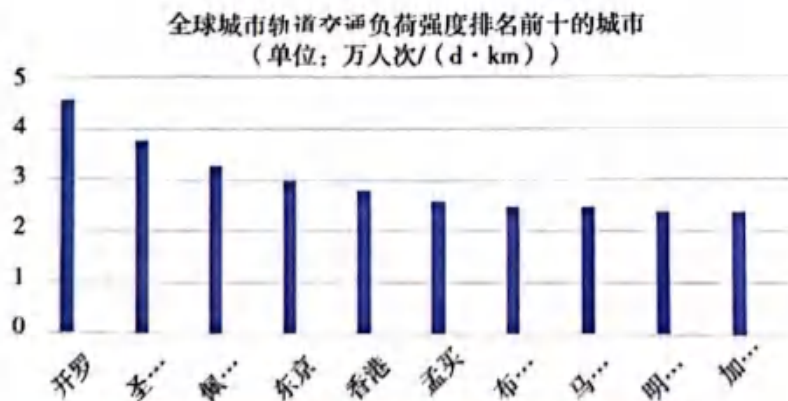


图1-2 全球城市轨道交通负荷强度排名前十的城市





二、我国城市轨道交通的发展与现状

1. 我国城市轨道交通的发展历程

(1) 起步阶段。

从20世纪50年代开始,我国筹备地铁建设,规划了北京地铁网络。1965—1969年,建设了北京地铁一期工程。当时地铁建设的指导思想更注重人防功能。随后建设了天津地铁(现已拆除重建)、哈尔滨人防隧道等工程。

(2) 建设阶段。

1965年,我国开始修建内地第一条城市轨道交通系统——北京地铁一期工程,1969年建成通车。20世纪70年代,天津修建了7.4km的地铁。从20世纪80年代末至90年代中期,以上海地铁一号线(21km)、北京地铁复八线(13.6km)、北京地铁一号线改造和广州地铁一号线(18.5km)建设为标志,我国真正以交通为目的的地铁项目开始建设。随着上海、广州地铁项目的建设,大批城市包括沈阳、天津、南京、重庆、武汉、深圳、成都、青岛等开始上报建设轨道交通项目,纷纷要求国家进行审批。

(3) 调整整顿阶段。

1995—1998年,城市轨道交通建设发展迅猛,部分地方不考虑地区经济的承受能力和社会发展的需要,城市轨道交通建设带有很大盲目性。针对当时工程造价很高、轨道交通车辆全部引进、大部分设备大批引进、城市地铁每千米造价1亿美元左右等问题,1995年国务院办公厅60号文件通知,除上海地铁二号线项目外,所有地铁项目一律暂停审批,并要求做好发展规划和国产化工作。这期间近3年国家没有审批城市轨道交通项目,从1997年年底开始,国家计委研究城市轨道交通设备国产化实施方案,提出以深圳地铁一号线(19.5km)、上海明珠线(24.5km)、广州地铁二号线(23km)作为国产化依托项目于1998年批复3个项目立项,轨道交通项目又开始启动。

(4) 蓬勃发展阶段。

从1999年至今,一是随着国家积极财政政策的实施,国家从建设资金上给予有力支持;二是通过技术引进,国际先进制造企业同国内企业合作,实现了城市轨道交通车辆、设备本地化,使城市轨道交通建设造价大大降低。国家先后批准了深圳、上海、广州、重庆、武汉、南京、杭州、成都、哈尔滨等10多个城市轨道交通项目开工建设,并投入40亿元国债资金予以支持,建设进入高速期。根据国民经济和社会发展以及城镇化进程加快的需要,城市及城际轨道交通已处于网络规模扩展、完善结构、提高质量、快速扩充运输能力、不断提高装备水平的大发展时期。到2020年,我国已建成几千千米城市和城际轨道交通系统,基本形成布局合理功能完善、干支衔接、技术装备优良的城际、城市轨道交通网,实现城际客运专线、城市轻轨、城市地铁同铁路客运专线之间的有机衔接,方便旅客换乘,更好地为人民群众服务。

2. 线网规模

根据中国城市轨道交通协会的统计,截至2019年底,中国内地开通城市轨道交通城市共40座,运营线路208条,运营里程达6730.27km。其中,地铁运营线5180.6km,占比76.9%;其他制式城轨交通运营线路1555.6km,占比23.1%。2019年中国内地共新增温州、济南、常州、徐州、呼和浩特5个城轨交通运营城市;另有27个城





市有新增线路（段）投运，当年新增运营线路长度974.8km。我国城市在地铁和轻轨的里程排行中均有不少城市跻身世界前列，但无城市拥有相当规模的有轨电车系统。我国城市轨道交通运营里程排名前十的城市见表1-8。

2019年全年共完成建设投资5958.9亿元，同比增长8.9%，在建项目的可研批复投资额累计46 430.3亿元，在建线路总长6902.5km，在建线路规模稳步增长，年度完成建设投资额创历史新高。

表1-8 我国城市轨道交通运营里程排名前十的城市

排名	城市	线路条数	里程/km
1	上海	17	706.3
2	北京	22	699.3
3	广州	15	493.3 (514.8)
4	南京	10	378.3
5	武汉	9	338.8
6	重庆	8	329.8
7	深圳	8	303.4
8	成都	7	301.4
9	香港	11	265.8 (229.6)
10	天津	6	231.9

3. 客流规模

2018年中国内地城市轨道交通客流量和负荷强度排名前十的城市分别如图1-3、1-4所示。北京、上海、广州城市轨道交通客运量位居前三位，中国客运量排名前十的城市客运量全部超过世界平均水平，且有8座城市的负荷强度超过世界平均水平。西安负荷强度达到1.91万人次/（d·km），超越广州成为全国负荷强度最大的城市。哈尔滨、南宁、长沙等处于城轨网络化初期的城市有着较大的负荷强。从图1-4来看，线网平均客运强度超过1万人次/（d·km）的有10个城市，依次为西安、北京、广州、深圳、上海、成都、杭州、哈尔滨、南宁、长沙。西安市日均客运量达1.91万人次/（d·km），居全国首位。

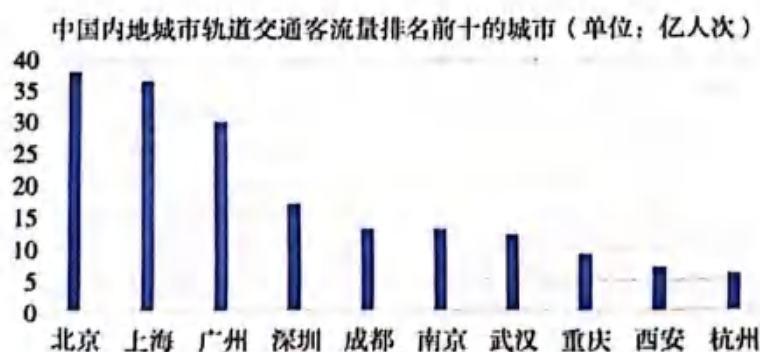
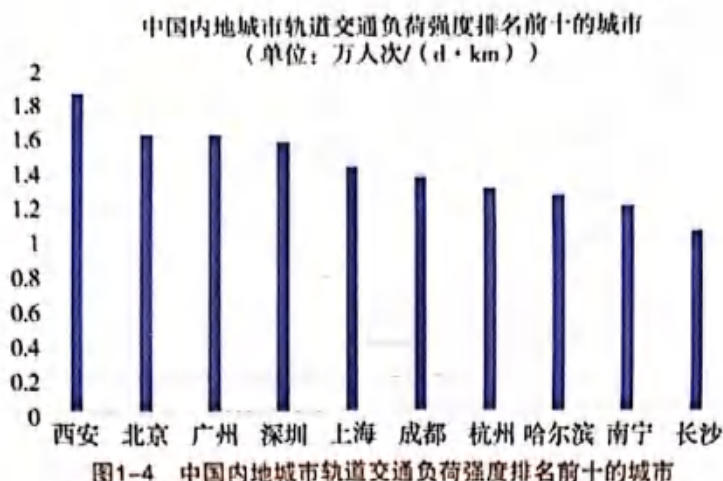


图1-3 中国内地城市轨道交通客流量排名前十的城市





4. 建设规划

截至2019年底,共有65个城市的城轨交通线网规划获批(含地方政府批复的21个城市),其中,城轨交通线网建设规划在实施的城市共计63个,在实施的建设规划线路总长7339.4公里(不含已开通运营线路)。2019年当年,4个城市新一轮建设规划或规划调整获国家发展改革委批复。

其中,市域快轨的发展颇为引人关注。市域快轨又称市域铁路、市域快线、市郊铁路等,名称虽然不一,但本质上并无太大差别,从服务范畴上来说则更接近城市轨道交通,在各地,目前也大多纳入城市地铁管理。

市域铁路的发展对于当前各地正大力打造的都市圈具有重要意义。国家发改委2019年2月发布的《关于培育发展现代化都市圈的指导意见》(简称《意见》)提出,到2022年,我国都市圈同城化取得明显进展;到2035年,现代化都市圈格局更加成熟,形成若干具有全球影响力的都市圈。《意见》着重提及,要大力发展都市圈市域(郊)铁路,通过既有铁路补强、局部线路改扩建、站房站台改造等方式,优先利用既有资源开行市域(郊)列车;有序新建市域(郊)铁路,将市域(郊)铁路运营纳入城市公共交通系统。

【复习题】

- (1) 简述城市轨道交通的类型。
- (2) 简述当前我国城市轨道交通发展概况。
- (3) 分析所在省份的城市轨道交通建设规划概况。





第二章

城市轨道交通规划建设

在职业教育过程中相对较少涉及城市轨道交通规划建设内容，本着全面性、系统化的原则，本教材在编制过程中完善了从规划、建设、运营筹备及运用管理的全过程。本章节，根据城市轨道交通项目申报、规划及建设的阶段介绍了城市轨道交通规划建设的各个环节。





第一节 城市轨道交通项目申报标准

2003年9月,国务院办公厅印发《关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》(国办发〔2003〕81号),81号文件提出,申报发展地铁的城市应达到下述基本条件:地方财政一般预算收入在100亿元以上,地方生产总值达到1000亿元以上,城区人口在300万人以上,规划线路的客流规模达到单向高峰小时3万人次以上;申报建设轻轨的城市应达到下述基本条件:地方财政一般预算收入在60亿元以上,地方生产总值达到600亿元以上,城区人口在150万人以上,规划线路客流规模达到单向高峰小时1万人次以上。

2008年,在总结近十多年发展经验的基础上,结合当时我国经济社会发展实际情况提出,申报地铁城市的地方财政一般预算收入在300亿元以上,地方生产总值达到3000亿元以上,市区常住人口在300万人以上,拟建线路的初期客运强度不低于每日每公里0.7万人次,远期客流规模达到单向高峰小时3万人次以上;申报轻轨城市的地方财政一般预算收入在150亿元以上,地方生产总值达到1500亿元以上,市区常住人口在150万人以上,拟建线路的初期客运强度不低于每日每公里0.4万人次,远期客流规模达到单向高峰小时1万人次以上。

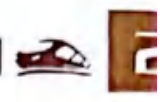
2018年,为了防范和化解重大风险,促进城市轨道交通规范有序发展,调整了城市轨道交通项目申报标准。城市轨道交通系统,除有轨电车外均应纳入城市轨道交通建设规划并履行报批程序。地铁主要服务于城市中心城区和城市总体规划确定的重点地区,申报建设地铁的城市一般公共财政预算收入应在300亿元以上,地方生产总值在3000亿元以上,市区常住人口在300万人以上。引导轻轨有序发展,申报建设轻轨的城市一般公共财政预算收入应在150亿元以上,地方生产总值在1500亿元以上,市区常住人口在150万人以上。拟建地铁、轻轨线路初期客运强度分别不低于每日每公里0.7万人次、0.4万人次,远期客流规模分别达到单向高峰小时3万人次以上、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。

城市轨道交通项目申报标准对比统计表如表2-1所示。

表2-1 城市轨道交通项目申报标准对比统计表

项目	2003年轨道交通项目申报标准		2008年轨道交通项目申报标准		2018年轨道交通项目申报标准	
指标	地铁	轻轨	地铁	轻轨	地铁	轻轨
城区人口	≥300万人	≥150万人	≥300万人	≥150万人	≥300万人	≥150万人
地方生产总值	≥1000亿元	≥600亿元	≥3000亿元	≥1500亿元	≥3000亿元	≥1500亿元
地方财政一般预算收入	≥100亿元	≥60亿元	≥300亿元	≥150亿元	≥300亿元	≥150亿元
客流规模	初期客运强度 ≥0.7	初期客运强度 ≥0.4	初期客运强度 ≥0.7万人次/ (d·km)	初期客运强度 ≥0.4万人次/ (d·km)	初期客运强度 ≥0.7万人次/ (d·km)	初期客运强度 ≥0.4万人次/ (d·km)
	单向高峰小时 ≥3万人次	单向高峰小时 ≥1万人次	单向高峰小时 ≥3万人次	单向高峰小时 ≥1万人次	单向高峰小时 ≥3万人次	单向高峰小时 ≥1万人次





第二节 城市轨道交通前期规划和设计

城市轨道交通项目投资高、工期长、影响大，如果能够合理安排工作进度计划，深入了解分析各阶段的工作内容，就能提高工作效率。《城市轨道交通建设项目建设管理规范》（GB 50722—2011）规定：按照国家的基本建设程序，城市轨道交通建设项目按照工作顺序可以划分为线网规划、建设规划、工程可行性研究、勘察设计、施工、系统联调、试运营等阶段。各个阶段均应取得相关政府授权部门的许可和审批。城市轨道交通建设项目阶段划分见图2-1。

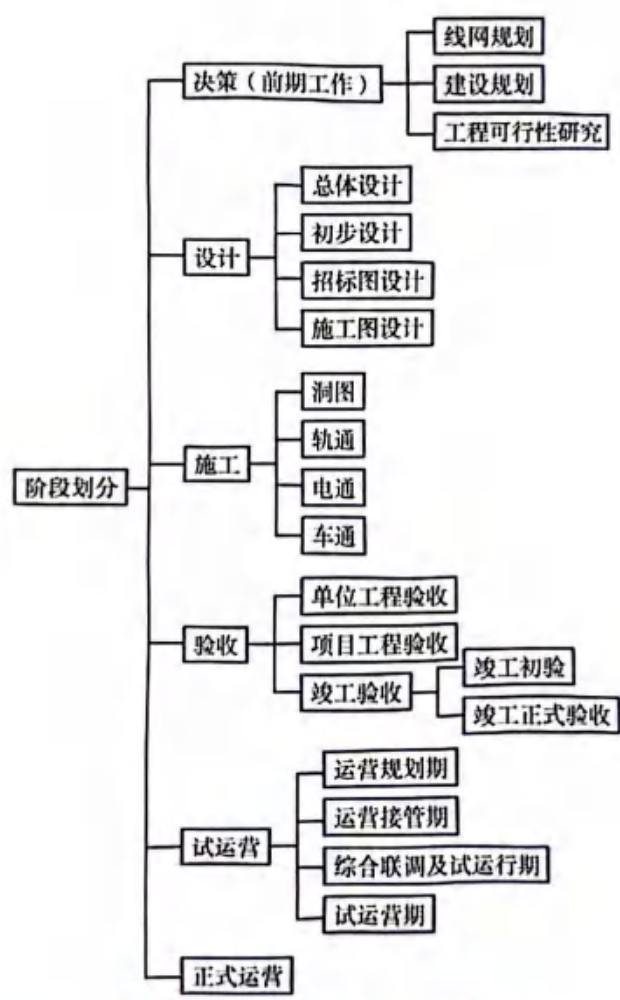


图2-1 城市轨道交通建设项目阶段划分

城市轨道交通前期工作内容主要包括线网规划、建设规划和工程可行性研究（以下简称：工可）。项目经过审批立项之后就进入了正式的设计阶段，主要包括项目总体设计、初步设计、招标图设计和施工图设计。如果工程比较复杂，需要进行试验段工程研究，该段工程要在总体设计的指导下进行。





1. 城市轨道交通线网规划内容

城市轨道交通线网规划是城市总体规划和城市综合交通规划的重要组成部分,是城市发展轨道交通的纲领和蓝图,对一个城市的规划和发展都有重要的影响。

根据《住房和城乡建设部关于加强城市轨道交通线网规划编制的通知》(建城〔2014〕169号)要求,编制线网规划应当依照城市总体规划和综合交通规划等上位规划的相关内容,同时与区域规划、城市交通相关专项规划以及重大的交通基础设施规划等衔接起来,经过政府部门批复的线网规划可以将成果纳入城市总体规划中、城市总体规划获得国务院批复之后,城市轨道交通线网规划也就具有了法定效力。城市轨道交通线网规划报批流程见图2-2。

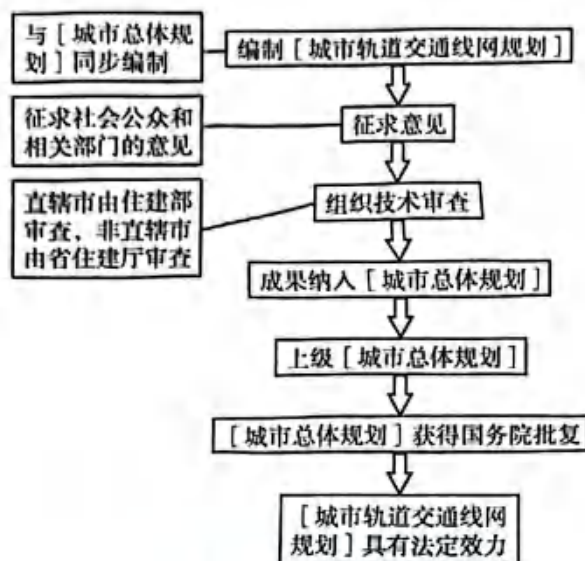


图2-2 城市轨道交通线网规划报批流程

(1) 主要工作的内容:

- ①根据城市总体规划和交通发展规划,对城市以及交通情况进行分析,对城市客运交通需求进行预测;
- ②对城市轨道交通建设的必要性进行论证;
- ③对城市轨道交通发展的要求和目标进行详细的分析;
- ④对线网规模进行匡算,得出一个比较合理的线网规模;
- ⑤通过对线网结构的研究,确定线网规划方案;
- ⑥综合评价线网规划方案;
- ⑦对城市轨道交通建设用地提出要求进行控制;
- ⑧对车辆基地的规模进行分析,得出车辆基地的布局规划。

(2) 相关配套专题研究:

- ①《城市轨道交通线网规划客流预测》;
- ②《轨道交通线网规划沿线土地利用规划》;
- ③《城市轨道交通线网规划环境影响评价》。





2.城市轨道交通建设规划内容

城市轨道交通建设规划要结合城市经济发展、交通需求和近期建设目标,以线网规划为指导,对该项目的建设必要性、建设时序和建设规模等提出的项目实施规划,是开展工可的依据。建设规划是审批级别最高、部门最多、层次最多的项目之一,是轨道交通建设的开端和遵循的基本原则纲领。其主要工作内容和需要开展的专题如下。

(1) 主要工作内容:

- ①通过对城市总体规划、线网规划及客流预测的研究来确定近期建设项目,尽快组成基本骨架网络;
- ②对近期建设项目的建设范围、建设时序、建设时机、建设规模和工程筹划进行深入研究;
- ③根据建设规划提出的建设标准和工程方案估算出工程造价,对资本金筹集方式进行确定、对债务资金筹集落实、对资金平衡方案、工程投资计划等进行深入研究分析,得出结论;
- ④对建设用地进行落实,制定好拆迁安置和运营补亏方案,对建设管理体制进行明确。

(2) 相关配套专题研究:

- ①《城市轨道交通建设规划客流预测》;
- ②《近期轨道交通沿线土地利用规划》;
- ③《社会稳定风险分析报告》;
- ④《城市轨道交通建设规划环境影响评价》;
- ⑤《文物保护专题报告》;
- ⑥《城市综合交通一体化研究报告》;
- ⑦《近期轨道交通建设资金筹措方案》。

3.工程可行性研究内容

工程可行性研究(以下简称“工可”)是在建设规划的指导下,深入落实各层面的城市发展条件和建设的内外部环境,对工程建设标准和工程技术方案进行深入落实。工可是前期工作的收尾阶段,是开启建设项目设计工作的起始阶段,在城市轨道交通项目整个规划建设过程中起重要的衔接作用。其主要工作内容和匹配的专题如下。

(1) 主要工作内容。

按照《国家发展改革委关于加强城市轨道交通规划建设管理的通知》(发改基础〔2015〕49号)对工可的要求进行研究报告的编制和相关评估工作。工程可行性研究重点研究项目建设的必要性,客流预测和行车组织、运营管理;限界及轨道;线站位方案和车站建筑、区间结构;机电设备系统和控制中心;车辆段及停车场;车辆及机电设备国产化;环保与节能、文物保护及影响分析;防灾与人防工程;工程筹划、投资估算、资金筹措和经济评价等内容。

(2) 必备专题。

①客流预测报告。

客流预测报告是工可重要的支撑性专题报告,应该委托具备相应资质等级的单位对客流预测报告进行编制。





②地形图测绘。

地形图是工可设计必要的基础资料，工可地形图比例一般情况采用1：2000即可。

③岩土勘察报告。

对相关的勘察资料进行搜集，必要时可以适当进行勘探工作，编制工程勘察文件，作为工可的必要专题报告。

④节能评估报告。

该报告可以和工可报告同期委托具有相应等级资质的单位进行编制，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会第44号令《固定资产投资项目节能审查办法》第5条，国家发展改革委核报国务院审批以及国家发展改革委审批的政府投资项目，建设单位在报送项目可行性研究报告前，需取得省级节能审查机关出具的节能审查意见。

⑤安全预评价报告。

该报告可以和工可报告同期委托具有相应等级资质的单位进行编制，根据中华人民共和国应急管理部的要求，地铁安全预评价报告采取抽查制，由建设单位组织专家评审并向中华人民共和国应急管理部备案。

工程可行性研究报告编制过程中的文件组成如图2-3所示。

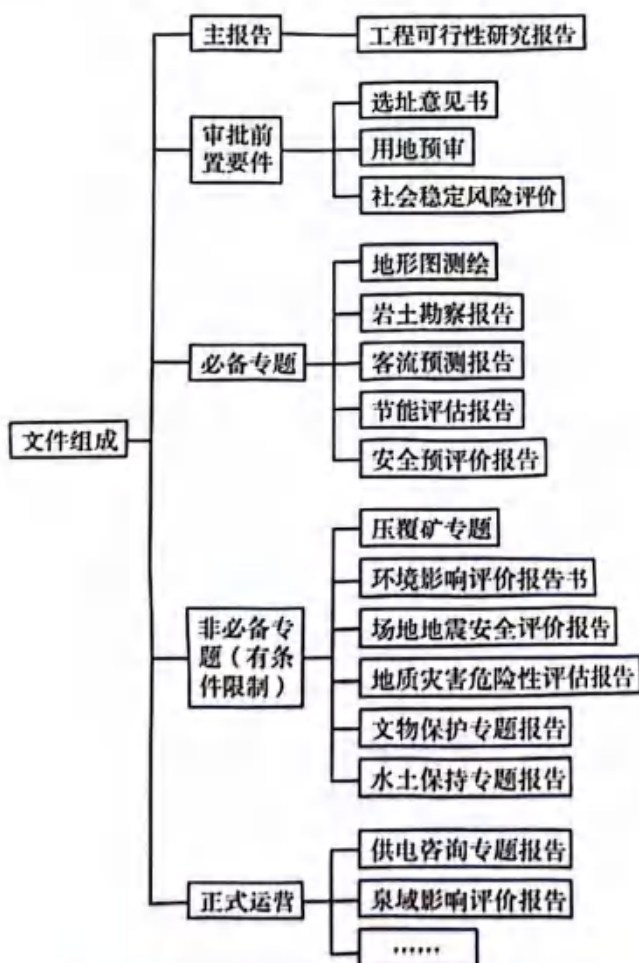


图2-3 工程可行性研究报告编制过程中的文件组成





4. 总体设计工作内容

总体设计并不是国家有关规定中的必要设计阶段，但是通过总体设计可以有效地实现工可和初步设计的衔接，更好地稳定边界条件，保证初步设计工作顺利开展。总体设计在工可评审意见基础上，进一步统一和确定工程主要技术标准、设计原则，确定工程建设方案和规模，明确专业接口关系，理清外部条件、优化线路站位；明确横向接口、理顺纵向系统；控制投资总额、合理筹划工期，形成最终的设计文件，为下阶段进行初步设计提供依据。

5. 初步设计工作内容

初步设计应当稳定线站位走向、设计原则和技术标准、建设规模、主要工程和材料数量、设计方案、施工组织并编制总概算，初步设计文件经过修改审查后可以作为控制建设规模 and 投资的依据，能够满足业主采购设备、征地拆迁以及进行各种施工准备的需要。初步设计文件由以下4部分组成，分别为说明书、图纸、设备及材料表以及概算书，编制深度要满足住建部《城市轨道交通工程设计文件编制深度规定》（建质〔2013〕160号）中的相关要求。

6. 施工图设计工作内容

施工图设计作为工程实施验收的依据，要根据初设评审意见为施工提供必要的设计说明和图表，依据施工图工程数量编制投资检算。文件中应当详细说明施工过程中的各项要求以及相关的注意事项，运营管理中的注意事项及安全措施。施工图检算应当按照章节来编制施工图预算，前提要经过相关建设单位的审查。

【复习题】

- (1) 简述我国城市轨道交通项目申报标准变迁。
- (2) 城市轨道交通建设项目按照工作顺序可以划分为哪些阶段？
- (3) 列举出所在城市或省份的城市轨道交通线网规划内容框架。
- (4) 描述所在城市或省份的城市轨道交通工程可行性研究内容包括哪些？





第三章

城市轨道交通运营筹备

城市轨道交通新线运营筹备工作是城市轨道交通运营管理的重要组成部分，在运营管理中占用重要的分量。一直以来运营筹备工作缺乏系统性的总结，缺乏相关的理论和实践指导。在中高职教学过程中，相对较少涉及该部分内容，本教材本着开放思路、引导学习的原则，借鉴了部分书刊内容，尝试编制该章节供学习。该章节，第一节中介绍了城市轨道交通运营筹备的概念、必要性分析、运营筹备的特性及节点；在第二节，介绍了城市轨道交通运营筹备的主要工作内容划分、按时序的工作内容及按照阶段筹备的具体工作内容。



第一节 城市轨道交通运营筹备概述

新线试运营筹备旨在为新建城市轨道交通线路制定全面、系统的筹备计划，并付诸实施，完成人员、物资、规章、技术、管理的筹备措施，确保新线在既定的预估时间内顺利开通投入试运营的过程。

运营筹备是指在工程建设阶段，为了使建设工程和相应设备顺利移交给运营单位，进而实现线路安全、及时、有序开通运营所做的一系列筹划和准备工作。国内城市轨道交通新线运营筹备，按筹备件分为首条线运营筹备和后续线运营筹备两种情况。

新建城市首条线运营筹备相对于后续线路运营筹备，往往要经历筹备思路从模糊到清晰，人员准备从核心骨干到位到全员到位，建章立制从草拟基础规章到建立制度体系，参与建设从纸质参建到现场参建等一系列需要解决的问题，难度相对较大，是国内各新建地铁运营公司的一项重点工作。

一、运营筹备的必要性

城市轨道交通是为城市居民提供高效的交通出行服务的一项庞大的交通基础设施系统。轨道交通的建成交付只是作为系统的基础硬件完成，但要真正给乘客提供服务，尚需要运营单位一系列软件筹备，才能使提供的服务产品和发挥的服务功能，与乘客需求相匹配。

(1) 运营筹备工作是轨道交通项目特点的客观需要。

城市轨道交通项目不同于其他城市基础设施项目的特点，除投资大、建设周期长之外，还有建成后需投入有序的运营的特点。为保证项目建设和运营的良好衔接，在项目建设同时开展运营筹备工作是项目特点的客观需要。

(2) 运营筹备工作是安全运营的前提。

新线开通运营前，无论是设备、人员、管理等各方面，均需要统筹、整合，城市轨道交通运营管理的重要任务是确保运营组织的安全性。由于城市轨道交通项目系统复杂、专业繁多，为确保安全运营的三要素（即人、机、环境）的有序运转，必须提前进行扎实的运营筹备工作，提前把未知风险和隐患消除，使得各方面具备开通运营条件。

二、运营筹备的特性

1. 前瞻性

试运营筹备的组织者在筹备的初期，要充分预想筹备全过程的进展时序、重点工作及其相互影响，从战略的高度设计分阶段的筹备目标和工作内容，并排定主要工作的实施计划。

2. 复杂性

城市轨道交通运营管理是多专业、多工作的复合型技术管理，涵盖了10多个系统30多个专业。在筹备阶段，各设备子系统在建设、安装、调试不同阶段均相互关联，技术管理难度较高。





3.协调性

试运营筹备涉及的范围广,工作周期长,各重点工程间相互制约,子系统的安装、调试、验收对其他的相关子系统的影响等等,这些都有可能导致试运营开通时间节点延后。需要有一个强有力的组织和工作机制,花大量的时间和精力去组织和协调各专业工程进度、系统调试及人员间的配合。

4.阶段性

与开通试运营后的日常运营管理不同,试运营筹备的组织和管理具有明显的阶段性,筹备工作的开展时间及程度与线路的土建工程完成情况、系统调试、演练等方面直接相关。不同的筹备阶段,所需投入的人力、物力、财力和后勤保障不同,对安全保障、技术管理和规章制度等方面的要求也有所不同。

三、运营筹备的节点

城市轨道交通从设计建设到正式运营,其过程基本可分为三个阶段:工程建设阶段(包括规划决策、设计、建设施工、单位工程验收及移交)、试运营阶段(包括系统联调、试运行、运营演练等试运营筹备工作,以及试运营、项目竣工验收)及正式运营阶段。

1.按照“三权”接管关系分节点

城市轨道交通试运营筹备阶段的核心,即是从轨道交通工程建设后期运营单位正式介入对工程验收接管进行管理开始,至轨道交通投入载客试运营之前的时期。以“三权”(即属地管理权、调度指挥权、设施设备管理权)移交为标志,可具体分为以下两个时期:

(1)“三权”移交前:该时期运营单位的重点工作为工程建设配合以及试运营筹备的前期准备工作,包括试运营筹备管理体系的策划和运营管理资源的筹备;

(2)“三权”移交后:该时期需要开展系统联调、综合演练、试运行,以及开通试运营的组织管理。

2.按照筹备计划分节点

运营筹划应包含筹备规划期、运营接管期、综合联调及试运行期、试运营期4个阶段,不同阶段的开始节点如图3-1所示。

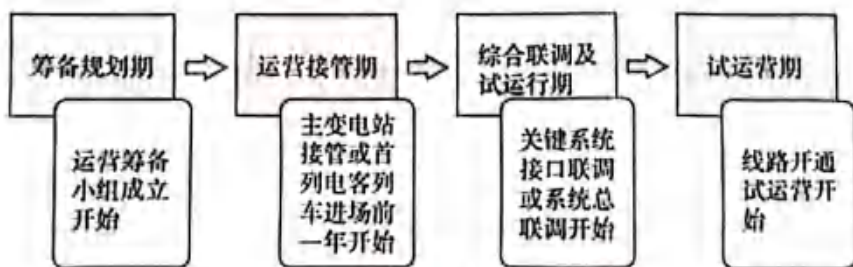


图3-1 按照筹备计划分4个节点

3.广州地铁运营筹备阶段划分

(1)筹备接管阶段。

即从开始新线筹备至“三权”接管前的这段时间。此阶段的工作目的就是为接管阶段的工作做准备的,如人员到位与培训、规章文本的编写、物资资源到位等等。



(2) 接管阶段。

此阶段的工作内容有线路的限界检查、冷/热滑、验收接管等，因这几项工作集中在“三权”接管这段时间进行，且相互之间环环相扣、联系紧密，故将其全部归为接管阶段工作。

(3) 筹备开通阶段。

即“三权”接管后至开通前，此阶段的工作内容主要为综合联调、运营演练等，其中也包含各项施工管理组织、工程整改等。

第二节 城市轨道交通运营筹备工作

一、运营筹备工作内容划分

城市轨道交通运营工作，是通过多部门、多专业、多工种的联合协作，开展运营筹备工作。根据全面管理的内容来分类城市轨道交通运营筹备工作，从“人、机、物、法、环”五个因素开展运营筹备工作，见图3-2。

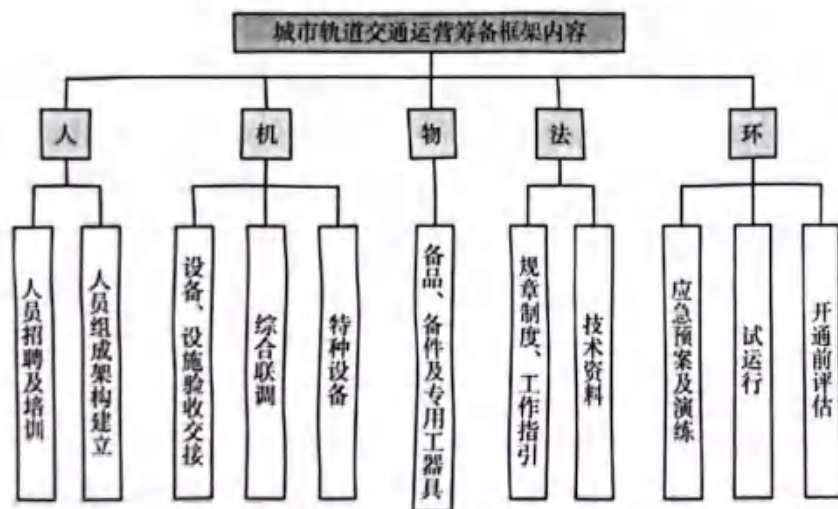


图3-2 城市轨道交通运营筹备框架内容

(1) 人，这一环节包括了人员组织架构的建立以及人员的招聘和培训，需要根据新线开通及运营工作的需要，合理地新增岗位需求并通过招聘、内部调动，选择合适的人员到合适的岗位上，并提供充分、有效的培训，使人员能够满足运营管理的需要。

(2) 机，指运营筹备过程中，所有的设备、设施在开通前具备正常使用条件。在运营筹备阶段做好设施、设备的验收及交接工作，进行综合联调，并针对特种设备执行有效的管理，是运营质量管理的一项重要工作。

(3) 物，指物资、物料、备件、工具等。设备的良好运作、人员办公的正常开展、运营管理工作的顺利执行，都需要充足的物料作为保障。所以在质量管理的工作中，亦需要充分考虑物资的配备和管理，特别是备



品、备件和专用工器具，是设施设备正常运作、维修工作开展的重要基础和保障。

(4) 法，指工作指引、程序流程等需要遵守的各项规章制度。对于新线而言，由于引入了新的设备、新的工作环境的变化、人员岗位的变动，需要修订和新增一系列的文本规章，同时有完善的技术资料支持，来作为运营质量管理工作的准则。

(5) 环，指工作环境。新线工作环境与人员、设备、物资和文本规章的匹配程度，开通运营前需评估运营筹备阶段的质量管理成果能否满足运营管理的需求。

二、按照工作时序的工作内容

根据广州地铁新线运营筹备工作计划（见表3-1），介绍具体工作目标。

表3-1 工作目标的筹备计划

序号	工作目标	备注
1	人员筹备参与新线建设	从筹备启动到“三权”接管
2	人力资源管理筹备	人员“三权”接管前到位，培训综合联调前完成
3	资金与物资管理筹备	试运营开通前4个月全部物资到位
4	后勤保障管理筹备	筹备全过程（含外部协调与宣传）
5	技术管理筹备	专题研究、技术手册、应急预案、运输组织等
6	工程验收与“三权”接管筹备	根据建设工期验收，接管前一个月发布接管方案
7	综合联调和演练管理筹备	“三权”接管前发布方案，试运营前开展3~6个月的综合联调
8	试运行筹备	试运营前开展3个月试运行
9	安全管理筹备	筹备全过程
10	开通试运营筹备	试运营开通前半个月至1个月完成
11	竣工验收筹备	开通试运营至竣工完成

1. 人力资源管理筹备

人力资源管理筹备包含人员招聘子计划和人员培训计划。

人员招聘子计划要根据新线运营筹备策划目标，依据设定的组织架构定岗、定编要求编制计划，并明确拟招聘各岗位人员的素质要求、招聘方法和到位时间，要求所有岗位人员在新线“三权”接管前全部到位。

2. 资金与物资管理筹备

资金与物资管理筹备包含资金筹备子计划、物资采购与到位子计划。

资金筹备子计划主要对试运行、综合联调费的应用进行整体安排，以及对运营新线筹备中所涉及的设备设施所需的备品备件、设备维修用工器具和仪器仪表、营销与服务、车站相应服务设施等资金需求进行整体安排，因此要求该子计划提前1年完成。

3. 后勤保障管理筹备

后勤保障贯穿于整个新线筹备过程，包含办公设施与家具安排子计划、对外宣传与公关服务子计划、汽车与膳食安排子计划等。



4. 技术管理筹备

技术管理是运营单位系统开展新线筹备工作、确保顺利实现筹备目标的基础,包含规章与文本编制子计划、专题研究子计划、运输组织子计划等。

5. 工程验收与“三权”接管筹备

该筹备计划包含工程验收管理子计划、新线“三权”接管管理子计划。工程验收管理子计划要根据建设工期安排提前完成。工程验收是运营单位参与工程建设必需的、最重要的阶段。新线“三权”接管管理子计划根据建设工期安排编制,重点关注车辆段、控制中心、车站与区间以及各系统设备接管方案的编制,同时还需要关注新线进行“三权”接管的流程、各接管的组织安排以及核查接管范围。

6. 综合联调和演练管理筹备

综合联调和演练是运营单位在完成新线“三权”接管后,对行车系统设备自主进行联合调试、演练,主要是为检验设备功能的稳定性,磨合相关系统设备的互容互控,并进行现场人员运作与操作培训,是保障顺利开通试运营的重要准备工作。

7. 试运行筹备

试运行,是指城市轨道交通主体工程完工后,按照试运营模式进行系统试运转、安全测试的非载客运行,是全面检验城市轨道交通情况。

8. 安全管理筹备

安全是贯穿整个新线筹备过程的重要工作。安全检查子计划要重点关注新线“三权”接管、联调演练、试运行、试运营开通等阶段的安全检查。

三、按照阶段筹备具体工作内容

1. 筹备规划期的主要工作

筹备规划期一般从开始配备运营筹备人员开始,至首列车到货前1年结束。其工作重点包括运营介入建设、确定运营和维保模式、人力资源规划等。

(1) 运营介入建设。

运营介入建设一般在城市轨道交通线路设计和工程建设阶段,主要参与由建设方牵头的线路设计联络、方案评审、设备选型和招投标、设备安装与调试等方面工作。运营介入建设的目的:一是运营筹备人员可以及时从运营需求角度向建设方提出意见和建议;二是在介入建设的各阶段,运营筹备人员能渐进地了解继而熟悉工程现场和设备安装状态,在运营接管后有能力开展联调及演练。

(2) 城市轨道交通运营、维保模式的确定。

城市轨道交通运营管理模式的确定,对于人力资源规划及各相关专业筹划有非常重要的意义。主要包括两方面:一是与各岗位运营人员相关的排班制度,如“四班二运转”“五班三运转”等;二是设备维护保养及委外管理的相关制度,包括委外管理的专业及委外程度等。

(3) 人力资源规划。

运营筹备组织要经历从无到有,吸取运营人员以壮大管理队伍和技术队伍,逐步演变成为运营管理单位的





过程。人力资源规划一般在筹备初期开始筹划,为新线开通提供了人员保障和管理保障,是筹备的重点。包括组织架构、工作职责划分、定岗定编、薪酬体系、人员招聘与培训。

2.运营接管期的主要工作

运营接管期一般从首列车到货的前1年开始,至全线系统总联调开始前结束。运营筹备期的重点是运营业务筹备,完成所有专业施工和单体调试验收部分运营场所的接管验收,以及分阶段人员招聘、培训上岗、编写企业管理规章等。

(1) 设备单体调试。

单项设备系统安装、调试应由建设单位组织设备供应商、设备安装单位、监理单位完成,运营单位予以参与。不同的设备单体要按照设备特征和功能需求逐项进行调试。

(2) 运营分阶段接管。

运营筹备初期,运营单位应编制运营接管的最基本要求。根据建设的进度与运营接管的最基本要求,运营单位与建设单位共同商定分阶段接管的计划,以利于建设进度的安排和运营单位筹备工作有序开展。

3.综合联调及试运行期的主要工作

综合联调及试运行期一般从全线系统正式开展总联调开始,至试运营开始前结束,重点是完成所有运营管辖区域的接管验收,涵盖了开展设备系统的接口调试、全线系统总联调、运营演练、全线试运行、修改完善规章制度等方面工作。

(1) 设备系统接口调试。

设备系统接口调试主要是指具有接口联系的设备系统进行联合调试,包括相关接口功能测试、相关设备系统联动测试两方面。

(2) 全线系统总联调。

在行车相关设备系统联调运营结束后进入全线系统总联调阶段,目的是验证整个城市轨道交通系统的功能、系统能力、规章制度的安全性及可操作性。

(3) 全线试运行。

全线试运行历时3个月,列车按照列车运行图不载客试运行。运营单位在明确开通试运行的基本条件和运营服务水平的情况下,模拟新线开通试运营后行车指挥、调度指挥、车站客运组织、车场组织、设备维护与管理等方面的各项工作要求。

【复习题】

- (1) 城市轨道交通运营筹备的含义。
- (2) 城市轨道交通运营筹备的节点划分有哪些?
- (3) 城市轨道交通运营筹备总体上管理内容包括哪几个方面?
- (4) 从时间序列角度分析运营筹备期间的主要工作内容。





第四章

城市轨道交通线路与场站

城市轨道交通线路与场站章节主要包括三个部分，分别是轨道线路（包括线路的分类和结构）、车站、车辆段内容。城市轨道交通线路内容，介绍了线路按照敷设方式、运营作用的分类，线路的桥隧结构、路基及道床，线路从钢轨到轨枕的上部结构等；车站内容阐述了车站的分类、车站的功能组成及布局、车站站点设置影响因素分析等；车辆段内容，介绍了车辆段的分类、车辆段的功能及车辆段设计等。



第一节 城市轨道交通线路分类

城市轨道交通线路是城市轨道车辆运行的基础。线路是列车所行驶的轨道式通道，按照敷设形式可以分为地下线路、地面线路和高架线路；按照线路的作用可以分为正线、配线、车场线等。

一、按敷设方式分类

城市轨道交通线路空间设置有地下、地面和高架三种方式。

1. 地下线路

这种方式常用于地下铁道系统，线路置于地下隧道中，如图4-1所示。

其优点是与地面交通完全分离且不占城市地面空间，基本不受气候影响。

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，完善的环控、防灾措施与设备。在建设过程中仍会影响地面交通，运营成本较高，改造调整与线路维护均较困难。



图4-1 地下线路

2. 地面线路

这种方式一般采用独立路基的方式，减少与地面道路交通的互相干扰，如图4-2所示。

其优点是造价最低，施工简便，运营成本低，线路调整与维护较容易。

其不足之处是运营速度难以提高（有轨电车线路有部分信号控制的平面交叉点），占地面积较多，破坏城市道路路面，使城市道路交叉口复杂化，容易受气候影响（如雨水、雾、台风等），乘车环境难以改善，有一定的污染负效应（如噪声、景观等）。

3. 高架线路

这种方式线路设在高架工程结构物上，如图4-3所示。

其优点是与地面交通无干扰，造价介于地下与地面之间。施工、维护、管理、环控及防灾诸方面都比地下线路方便。

其不足之处是要占用一定的城市用地，并且有光照、景观、噪声等负效应，也受气候变化的影响。



图4-2 地面线路



图4-3 迪拜地铁、重庆轨道高架线路

在同一条轨道交通路线上,上述三种不同的空间布置方式可组合采用。较为理想的是在市中心人口、建筑密集、土地价值较高的区域,采用地下隧道方式设置轨道交通线路,也可适当布置为高架方式;而在城市边缘区或郊区,则宜采用地面独立路基或一般路面路基。如果要提高轨道交通的效率与安全可靠性,则宜采用高架或半高架、高路堤方式。

二、按照在运营中的作用分类

城市轨道交通运营管理的首要任务,是保障列车运行的安全性、准时性、捷达性和经济性,合理的线路设计可提高运行质量,保证列车运行畅通安全。地铁线路应按其运营中的功能定位,分为正线(干线与支线)、配线和车场线。

1. 正线

正线是指供载客列车运行的线路,包括区间正线、支线、车站正线及站线。城市轨道交通正线是独立运行的线路,一般按双线设计,采用右侧行车制,称为“双线单侧靠右行车”。正线,在运营中有上、下行之分;在设计中有左、右线之别;大多数线路为全封闭,与其他交通线路相交处,一般采用立体交叉。

2. 配线

配线是为保障正线正常运营状态而设置的列车运行的线路,在故障条件下为组织临时运营而设置的线路,配线通常不载客。为保证正线运营而设置的不载客运行的辅助性线路称为辅助线。配线包括折返线、渡线、停车线、车辆段(场)出入线、联络线、安全线等。

(1) 折返线。

城市轨道交通线路中,全线各区段客流分布一般不均匀,通常需要列车根据行车线路的要求,在终点站、



中间车站等位置改变列车运行方向。折返线是供列车改变运行进路或方向的线路，除此之外，折返线还可以起到临时停放列车的作用，折返线的形式还要满足折返能力的要求。

根据列车折返作业过程与站台的相对位置，折返线形式可分为站后折返线形式（见图4-4）、站前折返线形式（见图4-5）和混合折返线形式（见图4-6）。我国地铁线路，通常使用站后折返与站前折返的结合形式作为终点站的折返方式。在地铁线路设计过程中，折返线的设计方式根据实际情况灵活应用和调整，以满足预算、用地及折返能力需求等。

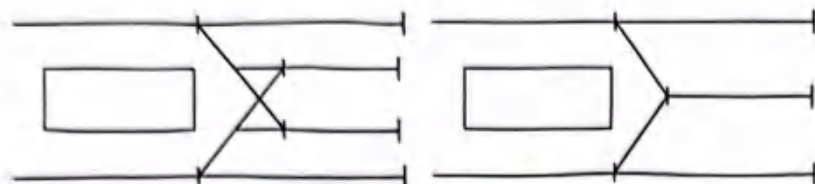


图4-4 站后折返线形式

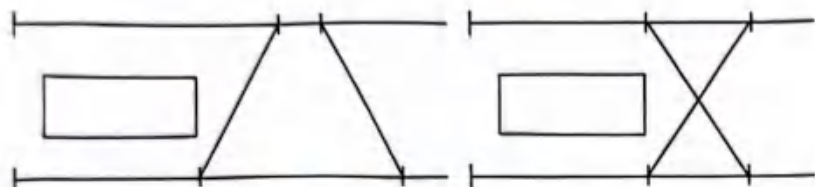


图4-5 站前折返线形式

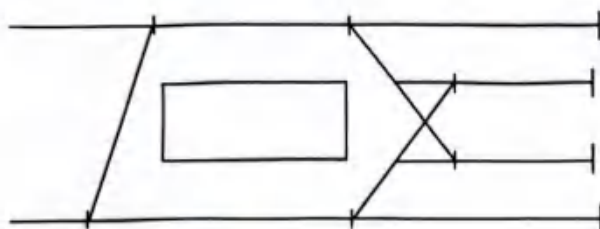


图4-6 混合折返线形式

（2）渡线。

渡线也可满足列车改变行进方向或列车路线的需要。渡线折返的优点是工程量少、投资少，但是列车在中间站利用渡线进行折返时，需占用正线进行作业，对行车组织要求十分严格。在非正常情况下，对列车运行间影响较大，导致线路通行能力下降。中间站单渡线时常作为小交路行车组织等非正常情况下使用；交叉渡线在终点站可做折返用，比如广州地铁5号线滘口站交叉渡线。常见的渡线形式如图4-7所示。

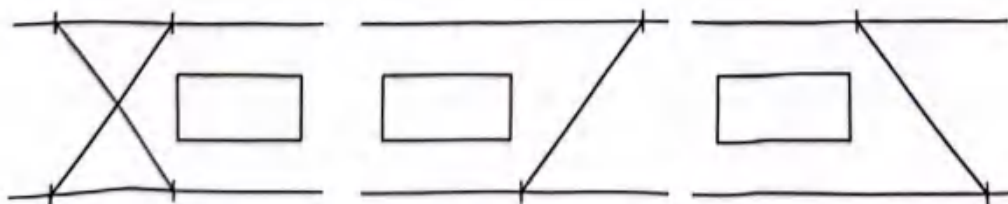


图4-7 常见的渡线形式



（3）停车线。

停车线一般设置在终点站或线路中间站，供列车停放使用。停车线的设置目的包括：均衡全线收发车时间，供列车夜间使用（需配备临时检修设施设备）；备用车临时停放；在快慢车组合运营线路，为满足快车越行，供慢车临时避让使用；在非正常情况下，可使故障列车及时退出正线运营，供故障列车的临时停放，部分停车线可供折返使用，如图4-8所示。

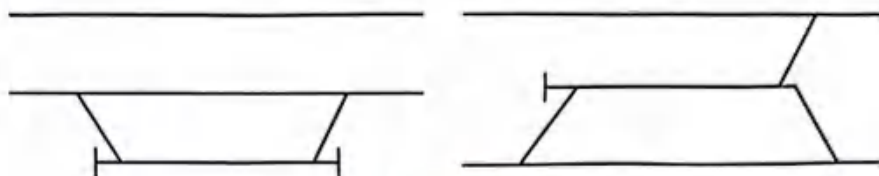


图4-8 停车线

（4）车辆段（场）出入线。

车辆段（场）出入线是车辆段与运营正线之间的连接线。车辆段（场）出入线可以设计为单线或双线，平交或者立体交叉线路，车辆段（场）出入线应尽量与正线在车站接轨，其通过能力应与远期正线行车密度相适应，具体方案还要根据具体地理条件综合确定。车辆段（场）通常位于线路的中间或一端，其出入段线的设计有着较大的差异，如图4-9、图4-10所示分别为广州地铁5号线出入线段和青岛地铁3号线出入线段。

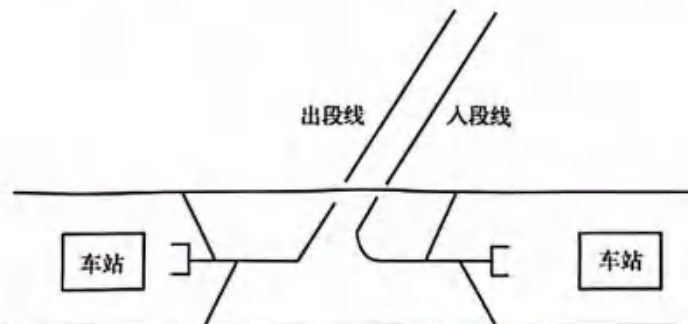


图4-9 广州地铁5号线出入段线

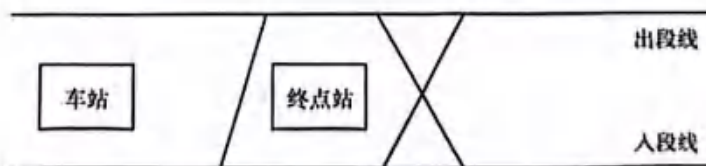


图4-10 青岛地铁3号线出入段线

（5）联络线。

联络线可分为路网联络线和国铁联络线，如图4-11所示。设置联络线的目的包括：为列车转线提供通道，满足路网车辆资源共享的需要；供检修车或工程车转线使用；两线间的联络线可实现不同线路的跨线运营需要；同线联络线主要用于车辆及其他大型设备的运输，必要时也可作为车辆转线之用；在紧急情况下，还可以作为救援通道使用。



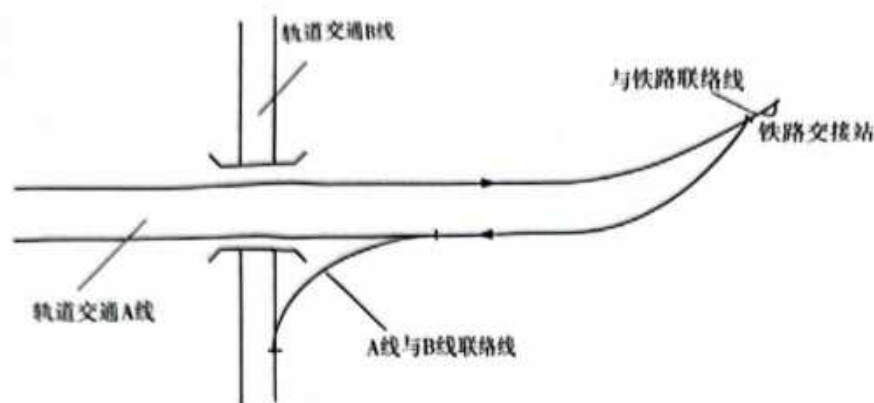


图4-11 联络线

(6) 安全线。

安全线是列车运行的隔开设备之一，其他隔开设备还包括脱轨器、脱轨道岔等。设置安全线的目的是为了
防止在车辆段（场）出入线、折返线、停车线和岔线（支线）上行驶的列车未经允许进入正线与其他正线列车
发生冲突，从而保证列车安全正常的运行。如图4-12所示，即为车辆段（场）出入线上停车信号机至警冲标之
间距离小于制动距离而设置的安全线。现阶段的地铁线路设计，对于安全线的设置有一定争议。

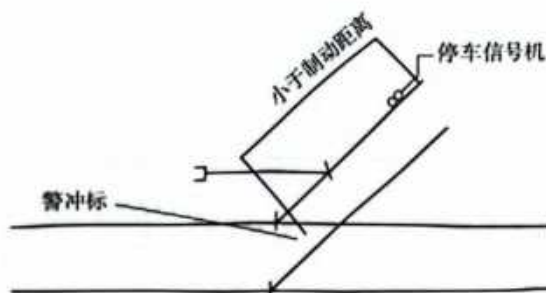


图4-12 安全线

3. 车场线

车场线是车辆基地内完成车辆运用和检修作业的线路。车场线包括：运用和检修库线、洗车库线、吹扫库
线、镟轮库线、试车线、调机及工程车库线、平板车停放线、待修车和修竣车存放线、材料线、走行线、牵出
线和回转线等。





第二节 城市轨道交通线路结构

一、线路结构工程

1. 隧道

隧道是修筑在地层内的建筑物。铁路隧道大多建筑在山中,用以避免开挖很深的路堑,或修建很长的迂回线,开凿隧道往往会改善线路条件、提高运输效率、节省运营费用。此外,还有建筑在河床、海峡或湖底以下的水底隧道和建筑在大城市地下的地下铁道。

铁道隧道按长度可分为一般道(其长度小于2000m)、长隧道(其长度为2000~5000m)和特长隧道(其长度大于5000m);按所在位置和埋藏条件又可分为傍山隧道、越岭隧道、地下铁道;按洞内行车线路的多少还可分为单线隧道、双线隧道及多线隧道等。

隧道一般由洞身、衬砌、洞门和避车避人洞几部分组成,见图4-13。洞身是隧道的主体部分,是列车通过的通道,为保证行车安全,洞身应具有一定的净空,按规定的隧道建筑限界确定横断面。

港珠澳大桥海底隧道出入口、地铁隧道如图4-14所示。



图4-13 隧道



图4-14 港珠澳大桥海底隧道出入口、地铁隧道



在隧道内,除了通过特别坚硬的石层以外,一般还要用砖、石、混凝土或钢筋混凝土等材料作为内部衬砌,内部衬砌指沿隧道周边用石料、混凝土等砌筑的支撑结构。它的作用是用来承受地层压力,阻止坑道周围地层的变形,防止岩石的风化以及四周岩层塌落、变形和渗水,以保证行车安全。

2. 高架桥梁

(1) 高架桥设计原则。

①高架桥梁主要承重结构正常使用设计年限为100年,钢结构防腐体系使用年限为20年。

②高架结构的施工必须考虑到对既有城市交通的影响,应尽可能将影响减少到最低限度。

③高架桥梁结构在满足使用功能的前提下,结构设计应遵循安全适用、经济合理、美观耐久、施工简洁的原则,高架结构设计按现行铁路桥涵设计规范执行。

④高架区间结构应构造简洁、力求标准化、定型化、制造工厂化、施工机械化,以便控制整体质量,缩短施工周期,利于维修保养。

⑤高架结构须满足耐久性、列车安全运行和乘客乘坐舒适度要求。地铁高架结构作为城市建筑物,其建筑形式应首先考虑城市景观的要求,高架桥需进行适当的建筑艺术处理,使结构与周边环境协调,力求造型美观。

⑥城市高架在结构形式、材料及设计方面,采用隔声壁及吸声等措施,并从高架结构和轨道结构本身着手,减少结构自身对振动和噪声的音箱效应,达到减振降噪的目的。

⑦高架桥的设计与施工应采取有效措施,控制混凝土的收缩徐变和基础的后期沉降,以满足整体道床无缝线路的要求,保证桥面轨道的线形满足行车要求。

⑧高架桥与公路、铁路立交或跨越河流时,桥下净空应满足行车、排洪、通航的要求,充分考虑地面、地下已有或规划建筑物、管线,尽量避免或减少对建筑物、管线的不良影响。

⑨高架结构除满足行车功能的要求外,还应考虑设置电力、通信、声屏障等的支撑设备,防止落梁设备,在规定地段设置防止列车脱轨设备等。

(2) 城市轨道高架桥选型。

城市轨道高架桥梁部结构形式:①槽形梁的桥梁建筑高度低,便于城市道路间立体交叉,它压低线路标高,节约总投资,两侧主梁可起到防噪声作用,景观程度较好,见图4-15(a);②下承式脊梁的桥梁建筑高度以挑臂板的厚度计,因而其建筑高度低,易于线路的线形布置,建筑高度低便于压低线路标高,节约总投资,见图4-15(b);③“T”形梁的桥梁建筑高度为目前高架桥梁部结构形式中最高的一种,但不便于城市道路立体交叉,见图4-15(c);④空心板梁桥梁建筑高度较低,便于压低线路标高,利于轨道交通线路轨道调高要求,见图4-15(d);⑤箱梁桥梁建筑高度适中,由于其抗扭性能好,适用于斜桥和曲线梁桥,见图4-15(e)。

墩台。墩台基础除应有足够的强度和稳定性,避免在荷载作用下的过大位移外,其造型应能使上下部结构协调一致,轻巧美观,与城市环境和谐、匀称。墩台选型一般服从梁部形式,此外,也受占地、道路、通视等的限制。墩台的类型通常有“T”形墩、倒梯形墩、“Y”形墩、单柱墩、双柱墩等基本形式及其变形,见图4-16。



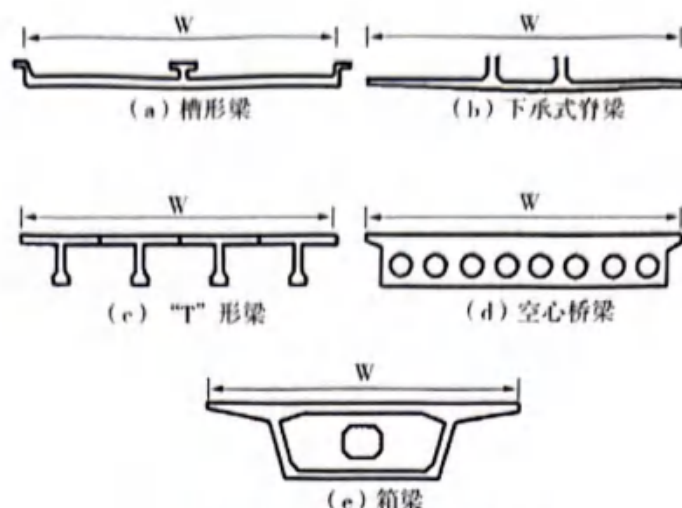


图4-15 高架桥梁结构形式

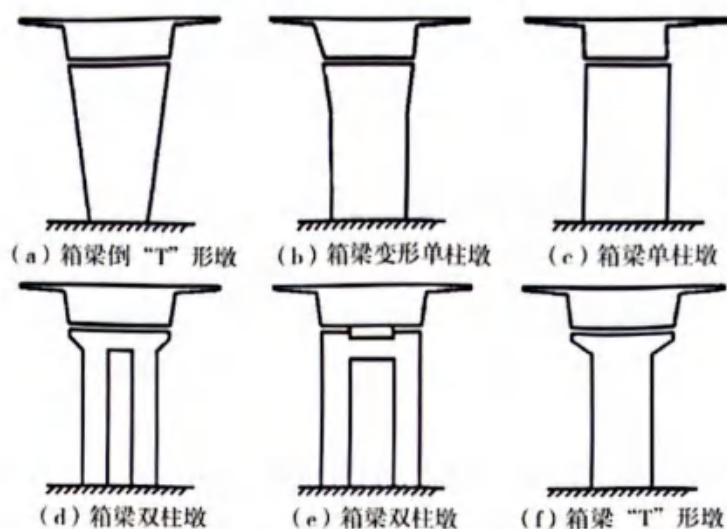


图4-16 墩台的类型

(3) 城市轨道交通高架桥优缺点。

其优点是与地面交通无干扰，造价介于地下与地面之间。施工、维护、管理、环控及防灾诸方面都方便。其不足之处是要占用一定的城市用地，并且有光照、景观、噪声等负效应，也受气候变化的影响。

二、路基结构

1. 整体道床结构

城市轨道交通中多采用无砟道床（整体道床）结构，主要用于地下隧道与高架线路。最为普遍的是混凝土整体式道床，就是将道床路基轨枕结合组成钢筋混凝土整体结构的轨下基础，如图4-17所示。

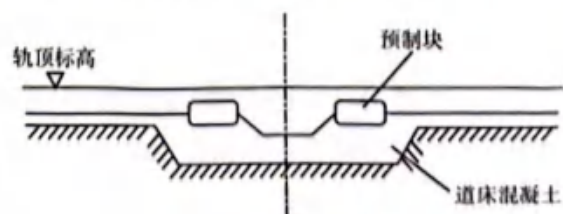


图4-17 整体道床结构





2. 传统铁路下部基础

传统铁路线路下部基础由路基、道床等组成。

(1) 路基。路基是铺设轨道的基础。它直接承受轨道的压力，并将其传递到地基。路基状态如何直接关系到线路的质量，影响行车速度及行车安全。

路基的组成：在地面线路中，路基是由填筑或开挖而形成的直接支承轨道的结构，也叫作线路下部结构。

路基依其所处的地形条件不同，有两种基本形式：路堤和路堑。轨道路基为使路线平顺，在自然地面低于路基标高处要填筑成路堤，在自然地面高于路基标高处要开挖成路堑。路堤各部分名称分别为：路基顶面、边坡、护道等，见图4-18(a)。路堑各部分名称分别为：路基顶面、边坡、侧沟、隔离带等，见图4-18(b)。

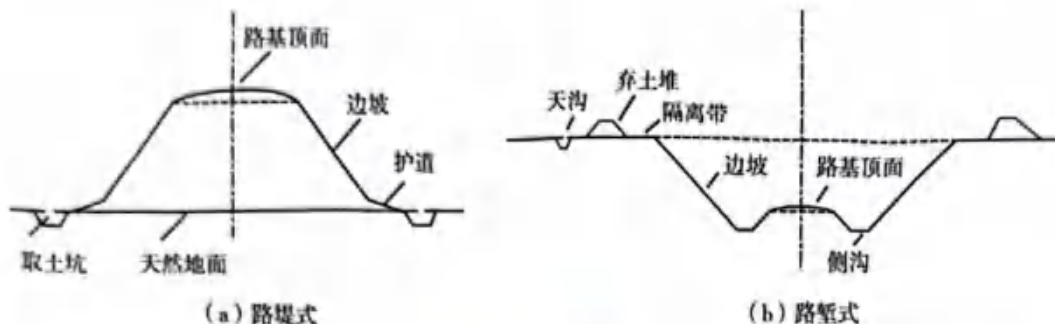


图4-18 路基形式

在各种路基形式中，为了能按照线路设计要求铺设轨道而构成的部分，称为路基本体。在路基断面中，路基本体由路基面、路肩、边坡、路基基底和基床组成。

①路基面。

路基面是指路基本体中为形成轨道铺设条件和确保线路正常运营而构筑的构造面。在路堤中，路基面即为路堤堤身的顶面，也称路堤顶面；在路堑中，路基面即为堑体挖开后形成的构造面。

②路肩。

路肩是指路基面两侧自道床坡脚至路基面边缘的部分。路肩有以下作用：支护轨道以下的路基土体，防止其在列车运行产生的振动作用下侧向挤动；防止路基面边缘部分的土体稍有塌落时，影响轨道道床的完整状态；在线路养护维修作业中，它是线路器材存放处和辅助工作面。在线路设计中，路基的设计标高以路肩边缘的高程表示，称为路肩标高。

③边坡。

在路堤的路肩边缘以下和在路堑路基面两侧的侧沟内，因为填挖而形成的斜坡面称为路基边坡。边坡的坡形常修筑成单坡形、折线形和阶梯形。

④路基基底。

在路堤中，堤身的填筑、竣工后铺设轨道、运行列车等都会在地基内形成附加压力。在路堑中，路堑的基底为路堑边坡土体内和堑底路基面以下的地基内产生应力变化的部分，这部分土体的性能及状态可对路堑本体的稳定及堑体变形起重要作用。





⑤基床。

路基面以下受到列车动荷载作用和受水文、气候四季变化影响的深度范围为基床。基床的作用有：防止基床破坏、避免道床压入基床、施工阶段承受施工机具重量；避免过大的不均匀沉降，保证行车安全性和舒适性；防止路基浸水软化，避免翻浆冒泡；防止路基土冻胀。

⑥路基设备。

路基设备是路基的组成部分，是为确保路基本体的稳固性而采用的必要的经济合理的附属工程措施。它包括排水设备和防护、加固设备两大类。

路基的排水设备分地面排水设备和地下排水设备两种。地面排水设备用以拦截地面径流，汇集路基范围内的雨水，并使其畅通地流向天然排水沟谷，以防止地面水对路基的浸湿冲刷。地下排水设备用以拦截、疏导地下水和降低地下水位，以改善地基土和路基边坡的工作条件，防止或避免地下水对地基和路基本体的有害影响。

因地形不同，路基断面形式可具体分为路堤、路堑、半路堤、半路堑、半堤半堑及不填不挖六种，见图4-19。路基是按照路线位置和一定技术要求，用土或石料修筑而成的线形结构物。根据地质条件及填料构成的不同，路基可分为土质路基和石质路基两种。路基的作用是在路基面上直接铺设轨道结构。因此，路基是轨道的基础，它承受本身的岩土自重和轨道重力，即静荷载，同时承受由轨道传递而来的行车荷载，即动荷载。

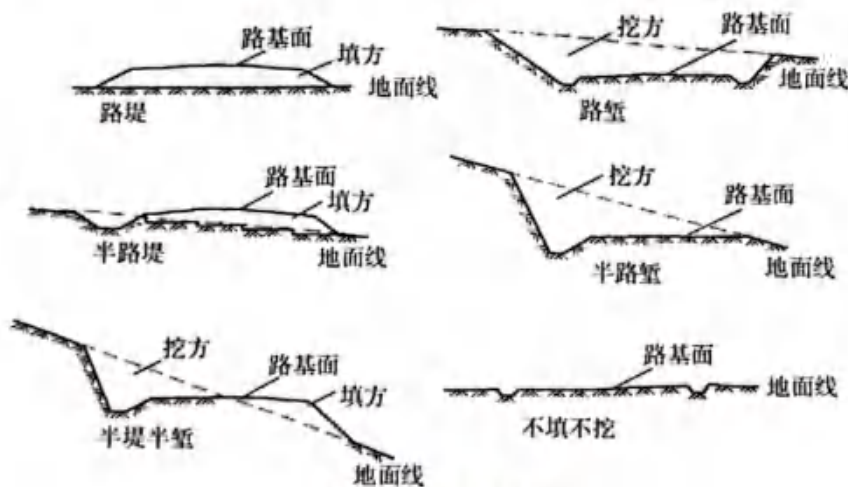


图4-19 路基断面形式

(2) 道床。

道床是指铺设在路基上的道砟层，它的主要作用是均匀地传布轨枕压力于路基上，并保持轨枕的位置，且使轨道有足够的弹性，以减缓列车的冲击振动，便于排水。道床主要有以下类型。

①碎石道床结构：采用碎石道床，具有良好的弹性、排水性能，造价低，维护简单易行，防噪声性能也较好，见图4-20。但其强度较低，且需要经常维护保养，不太适合地下隧道及市区高架结构线路。早期修建的地铁，如巴黎、纽约等城市都采用这种碎石道床轨道，但因其自重大、不易保持轨道的几何形态、维修工作量大、易脏污的缺点，新建的轨道线路已不采用碎石道床。





②整体道床结构：将道床路基轨枕组合形成钢筋混凝土整体结构的轨下基础，见图4-21。主要用于地下隧道与高架结构布置方式的地铁、轻轨等线路。



图4-20 碎石道床



图4-21 整体道床

道床的作用：

- 承受来自轨枕的压力并均匀地传递到路基面上；
- 提供轨道的横向阻力，保持轨道的稳定；
- 提供轨道弹性，减缓和吸收轮轨的冲击和振动；
- 提供良好的排水性能，以提高路基的承载能力及减少基床病害；
- 便于轨道养护维修作业，校正线路的平纵断面。

三、轨道结构

城市轨道交通采用整体道床结构时，只需将钢轨用弹性扣件安装在整体道床上即可。而采用传统铁路方式时，其上部建筑由钢轨、轨枕、联结零件等组成。

(1) 钢轨。

钢轨是轨道结构的重要组成部分，是轨道的基本承重结构，它用于引导城市轨道交通车辆的行驶，并将所承受的载荷传到轨枕、道床及路基上，也为车轮滚动提供最小阻力的接触面。

钢轨要求有足够的承载能力、抗弯强度、断裂韧性、稳定性及耐腐蚀性，其断面形状为“工”字形，由轨头、轨腰和轨底三部分组成，如图4-22所示。



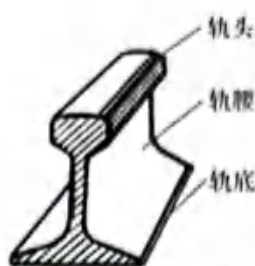
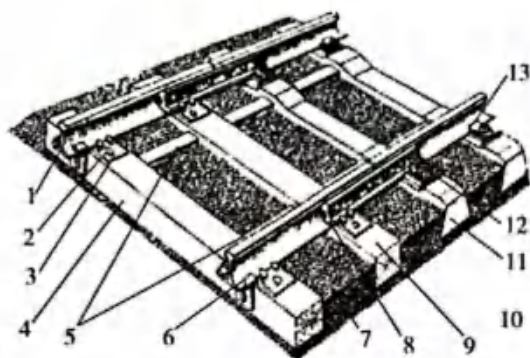


图4-22 钢轨结构

钢轨的类型是按每延米的重量来区分的,我国现行的主要钢轨类型有38kg/m、43kg/m、50kg/m、60kg/m、70kg/m等,60kg/m以上为重型钢轨。钢轨的标准长度为25m和12.5m。在《地铁设计规范》(GB 50157—2003)中规定“正线及辅助线钢轨应依据近、远期客流量,并经技术经济综合比较确定,宜采用60kg/m钢轨,也可采用50kg/m钢轨。”如图4-23所示为传统铁路轨道的组成。



1—钢轨; 2—普通道钉; 3—垫板; 4、9—木枕; 5—防爬器; 6—防爬撑; 7—道床; 8—鱼尾板;
10—螺栓; 11—钢筋混凝土轨枕; 12—扣板式中间联结零件; 13—弹片式中间联结零件。

注: 图中画出了多种类型的扣件是为示图之用,并非现场线路的实际使用情况。

图4-23 轨道结构

无缝线路又称焊接长钢轨线路,是一种把普通钢轨焊接起来不留轨缝的线路,焊接钢轨每根长不少于200m,实际应用的一般为800~1000m或更长一些。长轨是在规定温度范围内铺设并固定在轨枕上的。长轨端部有轨缝,而中间部分不能随温度升降而伸缩。钢轨中段在夏季将产生很大的温度压力,在冬天将产生很大的温度拉力,需要采用强大的线路阻力来锁定轨道,限制了钢轨的自由伸缩。在我国是采用高强螺栓、扣板式扣件或弹条扣件等对钢轨进行约束。实验表明,直径24mm的高强螺栓和六孔夹板接头可提供40~60t的纵向阻力。

无缝线路大量减少了钢轨接头,减少了车轮通过接头时对钢轨的冲击,据统计,与普通线路相比,无缝线路至少能节省15%的日常维修费用和延长25%的钢轨使用寿命。新建的城市轨道多采取这种新技术,如北京昌平线和大兴线等。

(2) 轨枕。

轨枕是轨下基础的部件之一。它用于支承钢轨,保持轨距和方向,并将钢轨对它的各向压力传递到道床





上。因此,轨枕要有一定的坚固性、弹性和耐久性,除了便于固定钢轨,抵抗轨道框架结构的纵向和横向位移外,还应具有价格低廉、制造简单、易于铺设养护的特点。

轨枕是轨道轨下基础的重要部件。轨枕承受来自钢轨的压力,并传递给道床,同时,有效地保持轨道的几何形状,特别是轨距和方向。轨枕按使用目的分为:普通轨枕、岔枕、桥枕;按材料分为木枕、混凝土枕、钢筋混凝土宽枕;按构造及铺设方法分为横向轨枕、纵向轨枕、短枕。轨枕间距与每公里配置的轨枕根数有关。我国铁路规定,一般木枕轨道每公里最多为1920根,混凝土枕轨道每公里最多为1840根,每公里最少均为1400根,轨枕的级差为每公里80根。



图4-24 木枕(右图为百年京张铁路木枕)

轨枕最初采用木材制造,经过防腐处理的木枕,使用寿命在15年左右,见图4-24。普通木枕标准长度为2.5m,木岔枕为2.6~4.85m。但随着森林减少和环保意识的增强,从20世纪50年代起,人们开始普遍生产钢筋混凝土轨枕。

混凝土枕长度为2.3~2.7m,一般均采用2.5m。混凝土枕按使用部位分为普通混凝土枕、混凝土岔枕、混凝土桥枕;按结构形式分为整体式、组合式、半枕;按配筋方式分为普通钢筋混凝土枕、预应力混凝土枕。

混凝土枕使用寿命长,稳定性高,养护工作量小,损伤率和报废率比木枕要低得多。在无缝线路上,混凝土枕比木枕的稳定性平均提高15%~20%。混凝土轨枕因应用范围不同,长度也不同,见图4-25。在我国,普通混凝土轨枕长度为2.5m,道岔用的混凝土岔枕和钢桥上用的混凝土桥枕,长度有2.6~4.85m多种。



图4-25 混凝土轨枕





混凝土宽枕（简称：宽枕）是一种预制的混凝土板，与混凝土枕外形相似，又称轨枕板，见图4-26。其制造工艺与混凝土枕基本相同。宽枕长度与普通混凝土枕长度相同，而宽度约为后者的两倍。宽枕由于宽度较大，直接铺设在预先压实的道床面上，在制造中对其厚度的控制要求较严格。混凝土宽枕在道床上是密排铺设，每公里铺1760块，每块枕上安装一对扣件，由钢轨传来的力处于宽枕轴线的对称位置，可避免荷载的偏心。宽枕由于宽度较大，在纵横两个方向上都有弯矩作用，是一块支承在弹性基础上的板。



图4-26 混凝土宽枕

（3）联结零件。

联结零件分为接头联结零件和中间联结零件，见图4-27。

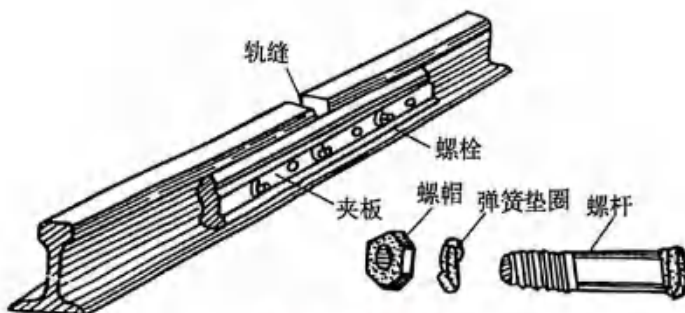


图4-27 联结零件

（4）扣件。

钢轨扣件就是轨道上用以联结钢轨和轨枕（或其他类型轨下基础）的零件，又称中间联结零件，见图4-28。其作用是将钢轨固定在轨枕上，保持轨距和阻止钢轨相对于轨枕的纵横向移动，包括道钉、轨下垫板以及弹性或刚性的扣压件等，扣件应能长期、有效地保持钢轨与轨枕的可靠联结，并能在动力作用下充分发挥其缓冲减震性能，延缓轨道残余变形积累。因此，要求其应具有足够的强度、耐久性和一定的弹性，还应构造简单，便于安装和拆卸。此外，对预应力混凝土轨枕来讲，扣件还应具有足够的扣压力和轨距、水平调整量。





图4-28 扣件

(5) 道岔。

道岔是机车车辆从一股道转入或越过另一股道的线路设备，是轨道的一个重要组成部分，也是轨道的薄弱环节之一。道岔由转辙部分、连接部分和辙叉部分组成，如图4-29所示。

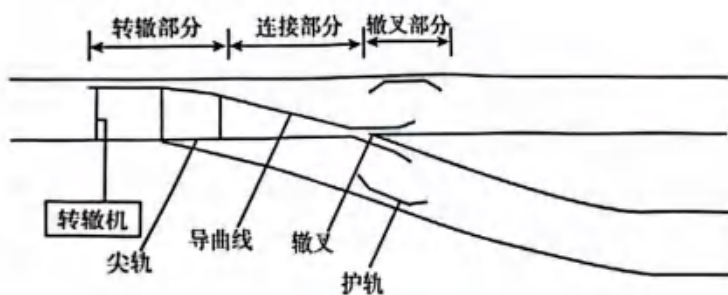


图4-29 道岔结构

①转辙部分由尖轨、基本轨、连接零件（包括连接杆、滑床板、垫板、轨撑、顶铁、尖轨跟端结构等）转辙机械组成。

②连接部分由导轨、基本轨组成，它将转辙部分和辙叉部分连成一组完整的道岔。

③辙叉部分由辙叉心、翼轨、护轨等组成。道岔按用途及平面形状分为单开道岔、对称道岔、三开道岔交叉道岔4种。其中单开道岔将一条线路分为两条，主线为直线方向，侧线由主线向左侧或右侧岔出，如图4-30所示。线路连接中较多采用单开岔道。

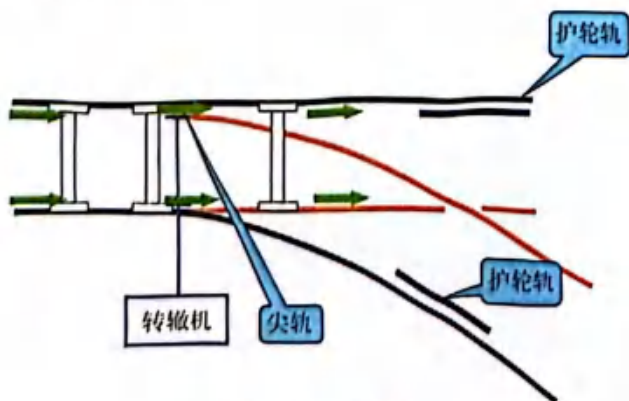


图4-30 单开道岔





道岔号数，道岔辙叉角的余切值叫道岔号数或辙叉号码。

地铁线路常用的标准道岔有7号、9号12号，正线及折返线上统一采用9号道岔。为了行车安全平稳，列车过岔速度应有一定的限制。其中，车辆段内基本为7号道岔，其侧向通过最高速度为25km/h，见表4-1。

表4-1 通过道岔限速值

辙叉号	7	9	12
速度/(km/h)	25	30	50

第三节 城市轨道交通车站

城市轨道交通系统中，车站是系统运行的主要设施，也是系统运营过程中不可缺少的组成部分。轨道交通系统车站的选址、布置、规模等对运营效果具有决定性的意义。作为旅客乘降的场所，城市轨道交通车站一般应设置在客流量大的集散点以及其他线路交会的地方，车站间的距离要根据实际需要确定。一般，市区车站间距应在1km左右，郊区在2km左右。

一、城市轨道交通车站分类

1. 按车站与地面的相对位置分类

根据车站内线路与地面的高低关系，可以将车站分为三种形式：地下站、地面站和高架站，其示意图如图4-31所示。

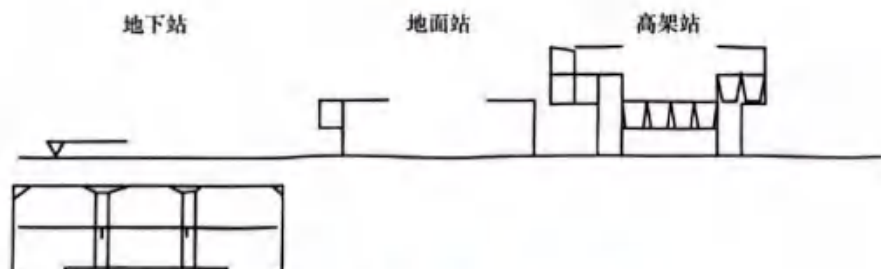


图4-31 地下站、地面站、高架站示意图

(1) 地下站：线路平面在地面以下的车站，见图4-32。城市轨道交通地下站点一般都分布于城市人流密集区，商业发达的区域和换乘枢纽站，站点的建立会对周边商业带来更大的拉动，所以站点在规划建设过程中应该充分地考虑未来站点周边的结构规划。

(2) 地面站：线路平面在地面的车站，见图4-33。其特点是造价比较低，但会对轨道交通线路所经过的区域造成分割，一般修建在用地面积不受限制的区域（如市郊地区）。在城市中心区范围，由于已有的地面建筑往往难以改变，地面空间资源十分有限，所以一般不采用地面站的形式。





图4-32 地下车站



图4-33 地面车站

(3) 高架站：线路平面在地面以上的车站，见图4-34。高架车站多采用双层设计，站台层在上方，站厅层在下方，也可以将高架桥的站外广场设置为站厅层。



图4-34 高架车站

城市轨道交通站点在地面和高架上的一般都是在较空旷的或者土地资源不紧张的地域，这些站点的周边相对于地下站点并不具备高度发达的商业和客流量。而综合商业中心与地区活动广场相衔接，组成了一个区域性的交通枢纽和公共活动中心。

2.按地下车站埋深分类

按地下车站埋深的不同可分为浅埋车站和深埋车站。

(1) 浅埋车站：车站轨顶至地表距离在20m以内，一般采用明挖法或盖挖法施工。通常为矩形断面，分为单跨、双跨、三跨及多跨框架结构，一般分为两层。

(2) 深埋车站：车站轨顶至地表距离在20m以上，一般采用暗挖法施工。按横断面形式分为单拱、双拱、三拱及多拱式，一般设置二至三层，最多四层。深埋式车站通常受到周围环境影响和线路走向等条件的制约，必须建于地下较深处，一般设在稳定地层或坚固地层内，技术难度大、土方量及投资量大。

3.按车站运营性质分类

(1) 中间站（一般站）：仅供乘客上、下车之用，是轨道交通线路中最常见的一种车站，尤其适用于轨道交通路网建设初期，线路交叉点数目不多的时候。与车辆段或停车场相连的中间站应有联络线路。有的中间站设有折返设备可供列车折返和进行列车运行调整，以便在相邻区段上组织密度不同的行车和恢复正常的列车





运行秩序,轨道交通路网中的车站大多属于中间站。

(2) 区域站(折返站):当轨道交通线路在地域上表现客流不均衡时,为了满足乘客乘车需求的同时提高营运效率,可按客流量安排行车密度,中间设置区域站,使列车在站内折返或停车,也称为折返站。有了区域站就可以在与之邻接的两个区段上组织不同密度的行车,一般至市中心区段密度较高,而至郊区区段密度较低。

(3) 换乘站:能够使乘客从一线转乘另一线的车站。它除了配备供乘客上下车的站台,楼梯或电梯之外,还要配备供乘客由一线站台至另一线站台的设施,如天桥等。

(4) 枢纽站:位于城市轨道交通两条或多条线路交叉的地方,可以在两个或多个方向上接车和发车,用于多条线路间的换乘和轨道交通与其他交通方式间的换乘。

(5) 起(终)点站:线路两端的车站,除供乘客上、下车外,还能供列车折返、停留和临时检修用。为便于列车运营组织安排,终点站除布设折返线路外,一般还有存车线,以备列车暂时存放;与停车场或车辆端相连的终点站还有出入段或出入停车场的联络线。如果线路需要延长时,则终点站可作为中间站或区域站来使用。

4.按车站站台形式分类

(1) 岛式站台车站:站台位于上、下行线路之间,其示意图和车站分别如图4-35和图4-36所示。

由于两侧上、下行方向上的乘客可以同时利用站台,可以有效地调节客流,避免上、下行客流的不均衡导致站台利用效率低下或客流过度聚集的状况,因此岛式站台具有方便乘客使用、站台面积利用率高的优点。但是,使用岛式站台的车站规模一般较大,造价较高,不易压缩,所以,岛式站台一般适用于客流量较大的车站。

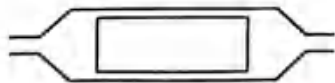


图4-35 岛式站台车站示意图



图4-36 岛式站台车站

(2) 侧式站台车站:站台位于上、下行线路的两侧,其示意图和车站分别如图4-37和图4-38所示。

侧式站台一般将站台设置在轨道交通上、下行线路的两侧,供每一次对应列车开行方向的乘客上下车。在客流量较大的站点,会专门针对一个方向的列车设置侧式站台,列车到达车站后开启两侧车门,上、下车客流分离,缩短列车停站时间,提高运行效率。侧式站台造价较低,施工难度小,但是一般站台面积较大,且面积利用效率不如岛式站台。





侧式站台根据环境条件可布置成平行相对式〔见图4-37 (a)〕、平行交错式〔见图4-37 (b)〕、上下重叠式即上下错开式〔见图4-37 (c)、图4-37 (d)〕。

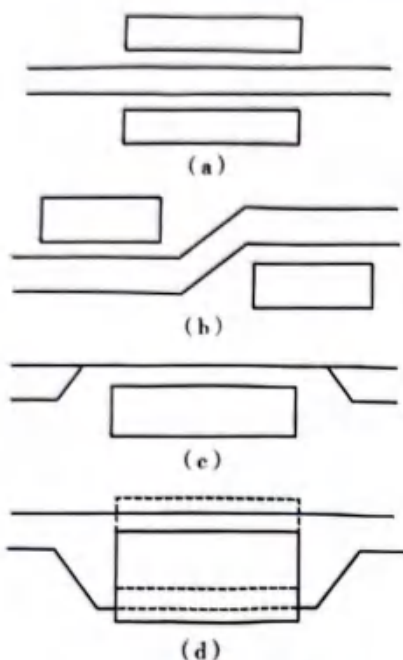


图4-37 侧式站台车站示意图



图4-38 侧式站台车站

(3) 岛—侧混合式站台车站：将岛式站台和侧式站台同设在一个车站内，乘客可同时在两侧的站台上、下车，也可适应列车中途折返的需要，见图4-39。

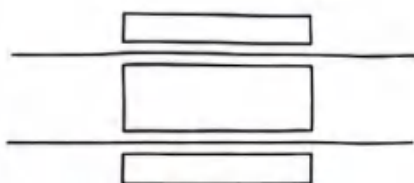


图4-39 岛—侧混合式站台示意图

5.按车站结构横断面形式分类

按照车站结构横断面形式来分，一般可分为矩形断面、拱形断面和圆形断面，依次见图4-40。

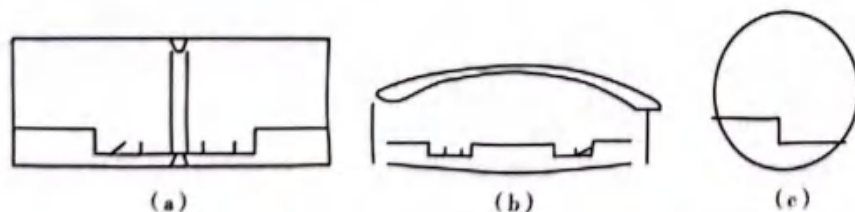


图4-40 矩形断面、拱形断面、圆形断面示意图

二、城市轨道交通车站的功能组成及布局

城市轨道交通车站是一个复杂的系统，其构成为：车站主体、出入口及通道、通风道及风亭（地下）和其他附属建筑物，见图4-41。



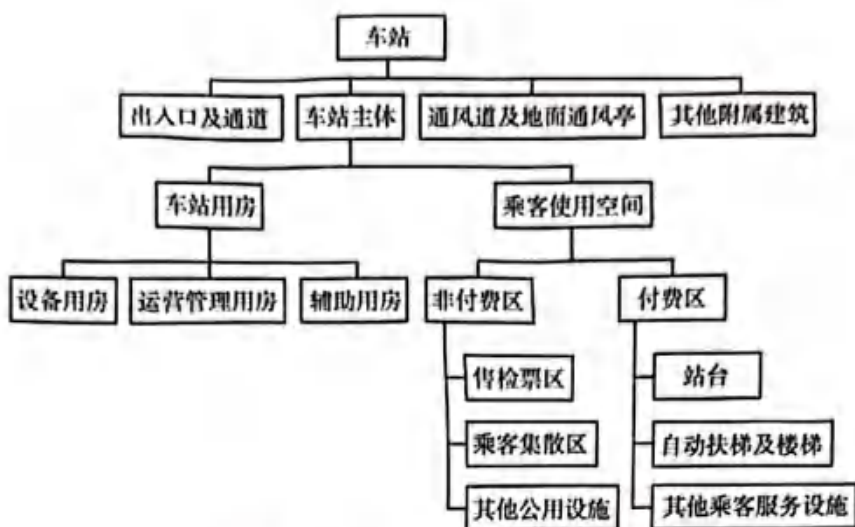
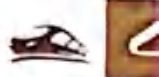


图4-41 城市轨道交通车站组成结构图

1. 车站主体

车站主体是轨道交通最重要的组成部分，列车到站停放的地方就是车站主体。就乘客而言，车站主体为乘客提供上下车服务、候车服务；就轨道交通运营企业而言，车站主体是企业处理业务和设置运营设备的场所。按功能分类，车站主体分为车站用房和乘客使用空间。

（1）车站用房。

车站用房由运营管理用房、辅助用房和设备用房组成。

①管理用房。

管理用房是车站工作人员的办公用房，包括车站控制室、AFC票务室、站长室（轴心站）、广播室、会议室公安保卫室等。

②辅助用房。

辅助用房是为保证车站内部工作人员正常工作生活所设置的，主要包括党政通信室、更衣室、等候室、休息室、卫生间、备品库、垃圾间、储藏室以及清扫工具间等。

③设备用房。

设备用房是为安置保证列车正常运行、保证站内良好环境条件和灾害情况下乘客安全所需要的各类设备，并进行日常维修及保养设备的场所。主要分为车站计算机房、票务维修室、民用通信机房、车站通信设备室、信号机械室、弱电综合电源室、环控配电室、照明配电室、低压配电室、蓄电池室、环控机房、气瓶间、污水泵房、混合风室、风机房、电缆井、屏蔽门控制室、电梯机房、变电所控制室、动力变压器室、变电所储藏室、高压开关柜室、低压开关柜室、整流器柜及直流开关柜室等。

（2）乘客使用空间。

乘客使用空间分为站厅层和站台层。

①站厅层：是换乘列车的中转层，其主要作用是集疏客流，为乘客提供售、检票等服务。按其用途分为公共区和设备区，车站站厅层公共区是供乘客完成售检票到达乘车区及出站的区域；设备区主要设有设备用房和



管理用房。站厅层公共区分为付费区与非付费区,以购票进入闸机作为间隔,乘客在轨道车站集散区域,工作人员检票区域,以及其他车站修建的公用设施为非付费区,非付费区内根据场地大小分别布置了公用电话、自助银行、触摸式咨询系统、自动售卖机、售票机房、银行、商铺等,布置原则基本以不影响乘客出行为首要条件。

②站台层:是最直接体现车站功能的层面,其主要作用是供列车停靠、乘客候车及上、下列车之用。站台也分公共区和设备区,两端为设备区,中间为公共区。设备区设有设备用房和管理用房。站台公共区的主要功能就是乘客上下车、候车。所以站台的公共区布置较为简单,主要有乘客座椅、消防设施、站台电话、时钟、乘客信息牌、紧急停车按钮、导向标识等。

2. 出入口及通道

地铁车站出入口和通道是人流大量通行的场所。

(1) 出入口设置。

车站出入口是连接地铁和城市的纽带,出入口设置卷帘门,在非运营时间关闭。地下站及半地下站出入口须有防洪和防台风设施,避免地面积水涌入地下车站。每个车站至少保证有一个出入口设置垂直电梯,专为残疾人和行走有困难的乘客服务。车站出入口与站厅相连的通道,从安全角度考虑,通道内置安装一定数量的摄像头,并设有有一定数量和类别的导向标志引导乘客的出行。

出入口设置交通疏散功能,经济引导功能,还要考虑在紧急状态下,对人员安全疏散和救援实施的影响。依据布置方式,可将地铁出入口分为以下三类:

第一类为有明确边界条件,明确的客流走向或地面位置非常重要,此类型必须在该位置布置出入口,如在主干道靠近十字路口的两侧;

第二类位置可在一定的范围内摆动,完全由地面建筑物吸引程度来确定如出入口,如可连接到就近商厦的地层;

除以上两类出口外,其他的出口均可划为第三类。对第三类出入口应谨慎分析各个可能位置的优劣性,并应精心设计,强化在紧急状态下发挥其排烟散热、救援与疏散的特殊功能。对第三类出入口,在设置时还应遵循以下原则:车站出入口一般都应设置在客流密集、与地面交通衔接较好的位置,出入口前需有合适的空间容量,满足乘客进站、出站的空间要求。

此外,出入口造型影响着人们对城市轨道交通的印象,其设计形式,风格应与周围环境融为一体。出入口是乘客进入城市轨道交通系统的起点,应具有很好的可视性和可达性。

(2) 通道。

通道是乘客进出车站的必经之路。通道的数量和宽度不仅要满足乘客出入车站的便捷性和高峰小时的乘客通行需求,还要满足紧急情况下的乘客快速疏散,同时还要兼顾与城市公路的立交功能。通道主要由楼梯、自动扶梯和步行道构成。

3. 风亭和冷却塔

风亭是主要为车站提供换风的设施。快捷和舒适是地铁作为现代交通工具的特点之一,地铁车站和区间





是通过通风空调环控系统来控制并保持适宜的温度、湿度,为乘客、列车提供舒适的候车环境和良好的运行环境、保证火灾状况下烟气的排除、新鲜空气的输送。而地面风亭作为地铁通风环控系统的一部分,也是地铁车站和区间与外界进行空气交换的端口。风亭的设置一般遵循与城市环境结合原则,如图4-42所示为武汉地铁风亭设计图。



图4-42 武汉地铁风亭设计图

冷却塔是主要为中央空调提供散热的设备,能间接消除车站的余热,为乘客创造一个舒适的过渡性环境。

三、城市轨道交通车站站点设置影响因素分析

一般情况下,影响车站分布的因素有城市规模大小、城市地貌及建筑物布局、建设成本、大型客流集散点、城市轨道交通路网及城市道路网状况、线路长度、出行需求、城区人口密度、对站间距的要求等。

1. 城市规模及布局形态

城市规模由已建设完毕城区和规划城区两部分组成。如城区人口稀疏,城区面积小,乘客的乘距短,搭乘城市轨道交通的客流量较小,城市轨道交通车站宜密集分布以期服务更多人口。反之,城市轨道交通车站分布宜稀疏一些。

规划轨道车站时,一般在医院、住宅区、公园等人口密集的客流集散中心应设站;相反,在城市人口稀疏的地区可以不设车站。大型客流集散点往往人流量集中,给交通带来很大压力,在该点设置车站显得尤为有必要。

2. 线路长度及沿线人口密度

根据国内外车站布设经验:线路长度一定程度影响车站布设的疏密程度,通常线路短适合密集布设轨道车站,吸引短距离出行乘客;线路长则适合稀疏布设轨道车站,吸引长距离出行乘客。受轨道交通线路走向影响,城市轨道交通沿线人口密度也不尽相同,人口密度越大,发生交通客流量越大,车站分布宜密集一些;反之则稀疏一些。

3. 城市轨道交通出行需求

城市轨道交通出行需求是指居民为完成某一目的,耗用一定的时间,从出发地点经某一路径到达目的地的位移过程中派生的对轨道交通的需求。轨道交通出行需求是影响车站分布的重要因素。城市轨道交通出行需求主要受居民的性别、年龄、职业、家庭规模和人员的构成、收入等的影响。



4.城市轨道交通与其他交通方式的衔接

大城市根据城市条件,应逐步建立以公交为主体,轨道交通为骨干,各种交通方式相结合的多层次、多功能、多类型的城市综合交通体系。在确定轨道交通线路上的车站时,实现旅客便捷地与其他交通方式换乘也是重要的考虑因素。

(1)与公交的衔接。

城市大型客运站点由城市轨道交通线网连接,形成城市交通主体路网,公交主要负责将城市轨道交通乘客疏散到各目的地,形成城市交通支线路网。

(2)与地面铁路车站的衔接。

轨道交通与地面铁路车站的换乘方式常见的有以下几种:

①在修建有一定年限的火车站的地下修建轨道交通车站,实现乘客疏散,如广州火车站;

②对于新建的火车站,则将轨道交通与火车站作为一个整体,在地下设置轨道车站,实现旅客快速换乘,如广州南站;

③以高架形式或地上修筑轨道车站,实现客流的归一化集散。

(3)与其他城市轨道交通线路的衔接。

城市中轨道交通线路数量大多数情况下不止一条,当轨道交通线路交汇时,经常通过设置换乘站的方式方便乘客转乘其他轨道线路。

(4)与私人小汽车、自行车等的衔接。

在大型轨道交通车站设置停车场,大大有助于实现轨道交通与私人交通工具的换乘。

5.站间距对车站布局的影响

在布设城市轨道交通车站时,大型客流集散点在确定线路走向时往往被预先确定为起点站或终点站,换乘站也受轨道线网的控制,因此该类站点布设受站间距影响不大;但其他中间站点受站间距影响颇大。站间距应视具体情况而定,距离太短虽能方便旅客上下,但会降低列车运行速度,从而增加出行时间。较长的站间距虽然对行车速度有了保证,但由于乘客到站距离的增大也会引起客流量的减少。

6.站间距对线路建设成本的影响

当轨道线路的站点站间距较小时,车站的数量相应地就会多,导致了线路建设成本的上升,虽然由于乘客乘坐轨道交通到站时间较少而吸引了更多的客流量,但是由于线路站点过密,列车频繁的加速、减速、停车,会使车辆与轨道的磨损严重,使线路的运营成本升高。

当轨道线路的站点站间距较大时,其车站的数量相应地就会少,虽然节省了建设费用,但是乘客到站时间增加,降低了线路的吸引范围,使单个车站的负荷量会有所增加,车站的建设规模也随之增大。



第四节 城市轨道交通车辆段

一、车辆段类型

1. 车辆段和停车场定义

车辆段 (Depot)：是具有配属车辆，以及承担车辆的运用管理、整备保养、检查工作和承担较高级别车辆检修任务的基本生产单位，见图4-43。停车场 (Stabling Yard)：是具有配属车辆，以及承担车辆的运用管理、整备保养、检查工作的基本生产单位。



图4-43 地铁车辆段

2. 车辆段和停车场区别

车辆段必须配备相应修程的各种检修设备和设施，包括检修库和各种检修线路、各种辅助生产车间和设备以及为车辆检修服务的各种设施，如试车线、镟轮线、给水设备、供电设备和污水处理设备等。停车场往往只配备停放车辆的股道和一般车维修整备设备，仅能完成车辆的运用管理、清洁整备、列车安全检查和月检等日常维修保养工作。简单的停车场也可不承担月检任务，其月检设施可设于相关车辆段内，在设计中应根据实际情况灵活运用。

3. 车辆段和停车场的设置

为充分利用设备、便于管理、节约基建投资，通常将停车场和车辆段合并设置在一起，统称为车辆段。独立设置的停车场只是在线路太长或车辆段用地面积受限制，或运营的特殊需要等情况下才设置。为便于运营管理，独立设置的停车场应隶属于相关车辆段。

二、车辆段功能

1. 车辆段主要业务

由于车辆段的业务范围比停车场业务范围更广，车辆段的主要业务有：

- (1) 列车在段内调车、停放、日常检查、一般故障处理和清扫洗刷；
- (2) 车辆的技术检查、月修、定修、架修和临修试车等作业；

- (3) 列车回段折返乘务司机换班;
- (4) 内设备和机具的维修及调车机车的日常维修工作;
- (5) 紧急救援抢修队和设备。

如图4-44所示为在车辆段整装待发的列车。



图4-44 在车辆段整装待发的列车

2. 车辆段的基本功能

车辆段与综合基地作为地铁系统的运用、检修、材料/后勤保障和培训基地,其功能应体现在为整个地铁系统服务,因此,车辆段与综合基地应具备以下基本功能。

(1) 车辆停放及日常保养功能——地铁车辆的停放和管理;车辆的外部洗刷、内部清扫及定期消毒;驾乘人员每日出、退勤前的技术交接;对运用车辆的日常保养(包括列检和双周检、三月检)及一般性临时故障的处理等。

(2) 车辆检修功能——依据地铁车辆的检修周期,定期完成对地铁车辆的计划性修理(包括定修、架修和大修)。

(3) 列车救援功能——列车发生事故(如脱轨、颠覆)或接触网中断供电时,能迅速出动救援设备起复车辆,或将列车牵引至邻近车站或地铁车辆段,并排除线路故障,恢复行车秩序。

(4) 系统设备/设施的维护、保养和检修功能——对地铁各系统,包括供电、环控、通信、信号、防灾报警、综合监控、自动售检票、给排水、自动扶梯等机电设备和房屋建筑、轨道、隧道、桥涵、车站等建筑设施进行维护、保养和检修等。

(5) 材料物资供应功能——负责地铁系统在运营和检修过程中,所需各种材料、设备器材、备品备件、劳保用品以及其他物资的采购、储存、保管和供应工作。

(6) 技术培训功能——负责对地铁各系统的工人、技术和管理人员进行培训。

3. 车辆段的作业范围

- (1) 列车管理和编组工作;
- (2) 列车停放、列检、双周/三月检及清扫洗刷、定期消毒等日常维修保养工作;
- (3) 段内配属列车的乘务工作;
- (4) 车辆的定修、架修和大修等定期检修及检修后的列车试验;



(5) 车辆的临修；

(6) 段内设备、机具的维修和调车机车、工程车等的整备及维修。

三、车辆段设计

(1) 设计规模。

保证所有车辆停放的需求（可以考虑在线路上设有停车线的车站上停放部分列车，减少车库停车线数量），设计依据为线路车辆保有量，即线路运营所需的车辆总数。

(2) 停车库线路。

①检车线：停车库出/入门布置的临时停车线，股道有效长为列车长度+8m，配有调车信号机，可以进行简单的维护保养作业。

②停车线：停车库内专门用于停车的线路。停车线需配置雨棚、站台，便于简单维护保养，降低车辆的自然破损（常用封闭式车库），设有出入库调车信号机。

③洗车线：设置于停车库与运行线路之间，专门用于车辆清洗的线路，设有洗车设备、污水处理设施、调车信号设备。

④列检线：专门用于一般检查的停车线。

（注：洗车线与列检线构成检车区，完成清洗和日常保养检修作业。）

⑤调度室和信号工区。

其地铁线路车辆段整体线路布置如图4-45所示。

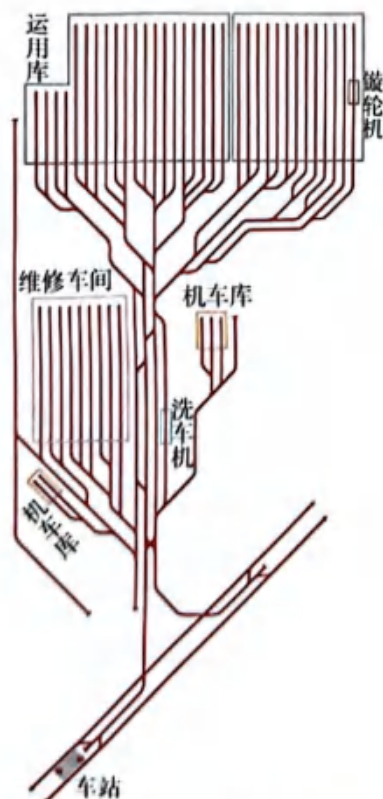


图4-45 某地铁线路车辆段整体线路布置图



停车库与正线车站之间列车进出频繁（由于有高峰、低谷、平峰不同时段不同数量用车且列车按规定每天需进行一次日常维护保养），因此，需要设置专门的调度室协调调度正线车站与车库之间的调车作业。由信号工区负责维护检修与列车出入库相关的信号设备，保障作业安全与高效，包括停车库与检修库之间的各种基地内部调车作业。

检修库是专门用于车辆检修作业的车库，配有检修设备。

应用管理部门负责对车辆的应用实施调度、管理、组织工作。

管理与服务部门负责经营管理、生活服务、物资供应等业务，通常包括加工区（各种加工设备、厂房）、生活区（宿舍、食堂、浴室、俱乐部、托儿所等）和行政管理区。

【复习题】

- (1) 线路按照敷设方式、运营作用分为哪些类型？
- (2) 列举地铁高架、隧道线路，并尝试分析高架、隧道线路的优缺点。
- (3) 路堤的常见的形式有哪些，并画出轮廓图？
- (4) 道床的常见形式有哪些？
- (5) 钢轨的形状及结构？
- (6) 道床的主要结构组成？
- (7) 车站的主要类型包括哪些？
- (8) 车站的建筑组成包括哪些？
- (9) 分析车站付费区和非付费的区别？
- (10) 车辆段的分类有哪些？
- (11) 车辆段的主要功能有哪些？

