

城市轨道交通职业教育系列教材——城市轨道交通运营管理

城市轨道交通运输设备

(第二版)

主 编 刘婉玲

副主编 鲁宝安 吴明华

主 审 翟士述

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城市轨道交通设备 / 刘婉玲主编. —2 版. —
成都: 西南交通大学出版社, 2015.11
城市轨道交通职业教育系列教材. 城市轨道交通运营
管理
ISBN 978-7-5643-4355-2

I. ①城… II. ①刘… III. ①城市轨道交通 - 交通运输工
具 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 250327 号

城市轨道交通职业教育系列教材——城市轨道交通运营管理

城市轨道交通设备

(第二版)

主编 刘婉玲

责任编辑	孟苏成
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	13
字 数	326 千
版 次	2015 年 11 月第 2 版
印 次	2015 年 11 月第 5 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4355-2
定 价	32.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

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

再版前言

城市轨道交通是城市建设史上最大的公益性基础设施，它的建设可以带动城市沿轨道交通廊道的发展，促进城市繁荣，形成郊区卫星城和多个副中心，从而缓解城市中心人口密集、住房紧张、绿化面积小、空气污染严重等城市通病，对城市的全局和发展模式将产生深远的影响。城市轨道交通的建设与发展有利于提高市民出行的效率，节省时间，改善生活质量。

城市轨道交通具有较大的运输能力、较高的运行速度和正点率、较高的舒适性和安全性、能充分利用地下和地上空间、运营费用较低、对环境低污染的优势。因此，随着城市化进程的加快和经济的发展，我国城市轨道交通发展迅速。公开资料显示，至2013年末，我国共有36座城市获准修建城市轨道交通线路，其中19座城市的87条线路已经开通运营，总运营里程达2 539 km。其中，地铁2 074 km，占81.7%；轻轨192 km，占7.6%；单轨75公里，占3.0%；现代有轨电车100 km，占3.9%。根据我国《“十二五”综合交通运输体系规划》，结合当前各地城市轨道交通建设现状，预计到2020年，全国城市轨道运营里程将达到6 000 km。行业发展带来相应的人才需求，目前我国城市轨道交通行业在设计、施工、运营管理领域，存在大量的人才缺口，因此也带来了高等院校相关专业的蓬勃发展，各高职院校近几年相继开设了城市轨道交通运营管理专业，并有更多院校在相关专业中开设了城市轨道交通类课程。同时，高职教育改革正在逐步深化，专业建设、课程建设、教材建设、培养模式面临较大变化，国家示范校重点建设专业和教改试点专业也正不断推动专业向前发展。为全面加强高职城市轨道交通运营管理专业建设及教材建设，切合深化职业教育教学改革、提高高职院校办学水平和办学质量的需要以及高职院校的实际需求，从而推动该专业的教育水平提升，培养出适应新时期企业需求的新型人才，2009年5月中国职业技术教育学会轨道交通委员会在西南交通大学出版社组织召开了《21世纪高等职业技术教育规划教材——城市轨道交通运营管理》编写研讨会，本教材就是根据这次会议精神编写的。第二版教材仍保留了第一版教材的基本结构，对第一版中的部分内容进行了适当的修订，增加了近几年来国内部分城市轨道交通在运输设备方面的新技术，内容更加新颖。

城市轨道交通系统一般包括地铁和轻轨，以及现代有轨电车，通常由轨道线路、车站（场）、车辆、供变电、信号及其他设备组成，这些设备是城市轨道交通正常运营的物质基础和技术基础。本教材主要介绍以上各种设备的作用、组成、基本原理和使用方法，其中信号设备单独成书。

本教材由辽宁铁道职业技术学院刘婉玲任主编，鲁宝安、吴明华任副主编，由辽宁铁道职业技术学院翟士述主审。全书分为城市轨道交通线路及站场、城市轨道交通车辆、城市轨道交通牵引供电系统、城市轨道交通车站设备和城市轨道交通其他设备共5章。编写分工如下：第一章第一~第五节由辽宁铁道职业技术学院刘婉玲编写，第六、第七节由西安铁路职业技术学院王静编写；第二章由辽宁铁道职业技术学院吴明华编写；第三章由辽宁铁道职业技术学院鲁宝安编写；第四章第一、第三节由广州铁路职业技术学院张治文编写，第二节由广州铁路职业技术学院吴静编写；第五章第一、第二节由湖南铁路科技职业技术学院朱文浩编写，第三节由湖南交通工程职业技术学院高双喜编写。

由于我国城市轨道交通正处于迅速发展阶段，设备制式纷杂，而且新设备不断推出，很难将所有资料搜集齐全；另外，也受编者水平所限，教材中难免有不当和疏漏之处，敬请各位同行及读者批评指正，我们将努力改进，使教材水平不断提高，为我国城市轨道交通职业教育事业的发展尽绵薄之力。

编 者

2015年11月

目 录

第一章 城市轨道交通线路及站场	1
第一节 路 基	1
第二节 轨道结构	6
第三节 道 岔	19
第四节 线路的平面和纵断面	32
第五节 站 场	38
第六节 桥隧建筑	51
第七节 车站建筑	62
复习思考题	68
第二章 城市轨道交通车辆	69
第一节 城市轨道交通车辆概述	69
第二节 城市轨道交通车辆的机械部分	77
第三节 城市轨道交通车辆的电气牵引传动系统	110
第四节 直线电机车辆	116
第五节 跨坐式单轨铁路车辆	117
复习思考题	119
第三章 城市轨道交通牵引供电系统	120
第一节 概 述	120
第二节 变电所的电气主接线及运行方式	125
第三节 牵引网及供电方式	129

第四节 电力监控系统和杂散电流监控系统	144
复习思考题	149
第四章 城市轨道交通车站设备	151
第一节 自动售检票设备	151
第二节 屏蔽门系统及紧急停车按钮	173
第三节 电、扶梯系统	178
复习思考题	187
第五章 城市轨道交通其他设备	189
第一节 环控系统	189
第二节 灾害防护系统	191
第三节 给排水及照明系统	198
复习思考题	201
参考文献	202

第一章 城市轨道交通线路及站场

具有大运量、快捷、准时、舒适、低污染特点的地铁、轻轨交通，是国内外广泛采用的城市轨道交通形式，近年来我国大城市的地铁、轻轨建设快速发展，对解决城市地面交通拥挤、堵塞问题和促进城市建设可持续发展起到了重要作用。

城市轨道交通线路铺设方式可分为地下、地面（含路堑、路堤）和高架三种。地铁、轻轨正线应为右侧行车的双线线路。

一、地下线

这种方式的线路置于地下隧道中，与地面交通完全分离，且不占城市地面与地上空间，是线路在交通繁忙路段和市区内繁华地段主要采用的线路铺设形式，也是对城市环境影响最小的一种线路铺设方式。

地下线埋置深度应根据地质情况和地下构筑物情况而定，选线时要探明地下市政管线，合理确定线位和站位，尽量减少管线拆迁改移；当线路经过有桩基的建筑物时，要探明桩基类型和深度，以确定采用的施工方法和安全距离，并根据建筑物性质采用合理的加固保护措施，确保工程安全。另外，隧道体不要侵入道路两侧的地块，避免影响两侧土地的开发利用。

二、高架线

这种方式的线路设在高架桥梁上，与地面交通无干扰，桥梁净空一般由沿线所跨越的道路通车高度及河流的通航高度的要求来确定。

高架线的突出特点是运营噪声大，在线路距离楼房较近的地段，可考虑设置隔声屏，并采用减振效果好的道床。

三、地面线

这种方式的线路采用与普通铁路相似的路基作为轨道基础的线路形式，也是造价最低的一种铺设方式。地面线一般设计成封闭线路，防止行人与车辆进入，与城市道路相交时一般应采用立交的形式。

地面线的缺点是隔断线路两侧的交通，使线路两侧难以沟通，不利于两侧土地的商业开发利用，同时运营时噪声较大。此外，地面线的沉降变化较大，多采用碎石道床，运营后的养护维修工作量较大，因此不宜设置在市区内，多在偏远市郊路段采用这种形式。

第一节 路 基

地铁及轻轨线路一般由上部建筑和下部基础组成，下部基础主要指路基、桥梁及隧道，上部建筑则是指轨道部分。

路基是铺设轨道的基础，直接承受轨道和列车的荷载，并将其传递至地基，它的状态如何直接关系到线路的质量，并会直接影响到列车运行的速度和行车安全。路基必须具备足够的强度、稳定性和耐久性。

一、路基横断面形式

垂直于线路中心线的路基断面，称为路基横断面。路基主要有路堤和路堑两种形式，如图 1-1 和图 1-2 所示。

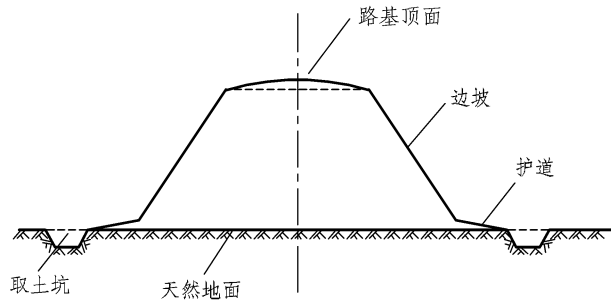


图 1-1 路堤

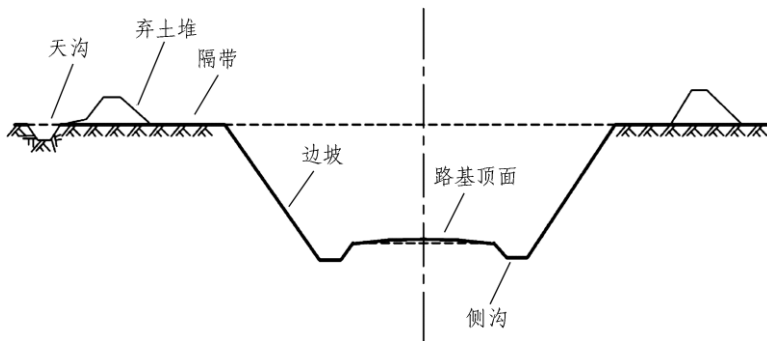


图 1-2 路堑

地铁和轻轨的路基以路堤更为常见。

二、路 肩

路肩是指路基顶面两侧无道砟覆盖的部分，其作用是增强路基的稳定性，防止道砟滚落至路基面外，设置有关设备，便于人员避车，暂放维修材料和机具等。《地铁设计规范》(以下简称《设规》)规定：当路肩埋有设备时，路堤及路堑的路肩宽度不得小于 0.6 m，无埋设设备时不得小于 0.4 m。

当线路通过地下水位高或常年有地面积水的地区，路堤过低容易引起基床翻浆冒泥等危害，路肩设计高程应高出线路通过地段的最高地下水位和最高地面积水水位，并应加毛细水强烈上升高度和有害冻胀深度或蒸发强烈影响深度，再加 0.5 m。若采取降低水位、设置毛细水隔断层等措施，可不受此限制。

滨河、河滩、水库路堤路肩设计高程应高出设计水位(洪水频率标准 1/100)加波浪侵袭高加壅水高，再加 0.5 m，并符合《铁路路基设计规范》有关规定。

三、路基顶面形状

路基顶面即铺设轨道的工作面，按形状可分为有路拱和无路拱两种形式。路拱的作用是迅速排除道床下的积水，以保持路基顶面的干燥。

路基顶面应根据基床填料的种类确定是否需要设置路拱。不易渗水的填料必须设置路拱，路拱的形状为三角形，由中心向两侧按大约 4% 的排水坡确定，单线路拱高 0.15 m，双线路拱高 0.2 m，底宽等于路基面宽度。渗水性好的填料能较快地向下渗水，故不需要设置路拱，即渗水土和岩石（年平均降水量大于 400 mm 地区的易风化泥质岩石除外）的路基面为平面。

四、路基顶面宽度

路基顶面宽度应根据正线数目、配线情况、线间距、轨道结构尺寸、路基面形状、曲线加宽、路肩宽度等计算确定。《设规》规定区间曲线地段的路基面宽度，单线应在曲线外侧、双线应在外股曲线外侧按表 1-1 的数值加宽，加宽值在缓和曲线范围内应线性递减。

表 1-1 曲线地段路基面加宽值

曲线半径/m	路基面外侧加宽值/m
$R \leq 600$	0.5
$600 < R \leq 800$	0.4
$800 < R \leq 1\ 000$	0.3
$1\ 000 < R \leq 2\ 000$	0.2
$2\ 000 < R \leq 5\ 000$	0.1

1. 单线非渗水土路基顶面宽度（见图 1-3）

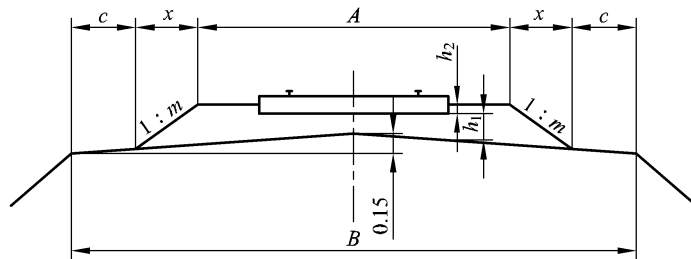


图 1-3 单线非渗水土路基顶面宽度

B —路基顶面宽度； A —道床顶面宽度； c —路肩宽度； m —道床边坡坡率；
 h_1 —钢轨处轨枕下道床厚度； h_2 —轨枕埋入道床深度

当采用混凝土枕碎石道床（厚度 0.45 m，路肩宽 0.6 m、砟顶面宽按无缝线路 3.3 m）时，路基顶面宽度为 7.0 m。

非无缝线路地段，由于其道床顶面宽度减小 0.2 m，故路基顶面宽度可相应减小。

整体道床地段的单线路基顶面宽度根据整体道床断面宽度（一般 2.4 m）加两侧路肩宽度计算确定，双线地段再加线间距。

2. 单线岩石、渗水土路基顶面宽度（见图 1-4）

图中各符号含义同图 1-3 所示。

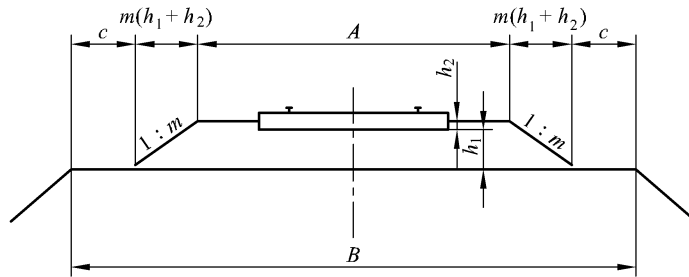


图 1-4 单线岩石、渗水土路基顶面宽度

当采用混凝土枕碎石道床（厚度 0.3 m，路肩宽 0.6 m，砵顶面宽按无缝线路 3.3 m 计算）时，路基顶面宽度为 6.2 m。

3. 双线非渗水土路基顶面宽度（见图 1-5）

地铁正线多为双线，其线间距常因布置道岔需要有所不同，常用线间距的直线地段双线路基顶面宽度如表 1-2 所示。

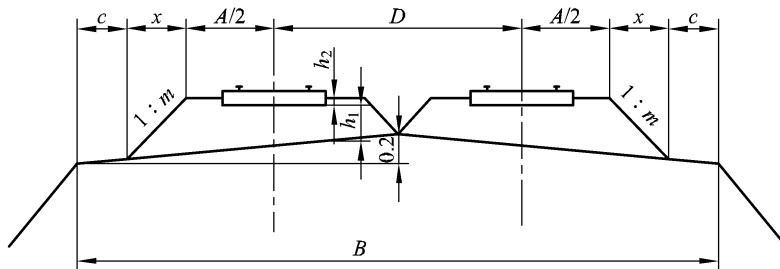


图 1-5 双线非渗水土路基顶面宽度

D —双线的线间距，其值不应小于 3.6 m； h_1 —靠路基中心的钢轨处轨枕下道床厚度

表 1-2 直线地段双线路基顶面宽度

轨道类型	线间距/m	道床厚度/m	非渗水土路基	道床厚度/m	岩石、渗水土路基/m
混凝土碎石道床无缝线路	3.6	0.45	10.8	0.30	9.8
	3.8		11.0		10.0
	4.0		11.2		10.2
	4.3		11.4		10.5
	4.6		11.7		10.8
	4.8		11.9		11.0
	5.0		12.1		11.2

双线岩石、渗水土路基顶面宽度为单线岩石、渗水土路基顶面宽度加 D 。

五、路基边坡

路基边坡即路肩边缘外两侧的斜坡，其作用是增强路基的稳定性。路基边坡的坡度应根据填料或土质的物理力学性质、边坡高度、列车荷载和地基工程地质条件确定。地铁地面线路一般多为低路堤，其边坡坡度一般取 1/1.5。

六、路堤护道

护道是指路堤坡脚与取土坑（或排水沟）之间的部分，其作用是保持路基边坡的稳定，防止雨水冲刷坡脚造成边坡塌方。地铁路堤护道宽度不小于 1.0 m，并应向外做成规定坡度的排水坡。

七、路基排水

地铁全线应有完善的排水系统，并宜利用市政排水设施。排水设施应布置合理，当与桥涵、隧道、车站等排水设施衔接时，应保证排水畅通。地面线路基排水必须使降水能顺利排走，同时阻止路基范围外的地表水流入路基，确保路基干燥稳固。

路堤应在护道外设置单侧或双侧排水沟。路堑应于路肩两侧设置侧沟，堑顶外应设单侧或双侧天沟，天沟内侧边缘至堑顶距离不宜小于 5 m。

排水沟的横断面应按流量及用地情况确定，并确保边坡稳定。排水沟断面形式一般采用梯形，两侧边坡根据土质及边坡高度确定，黏性土一般采用 1/1 ~ 1/1.5 的坡度，底宽采用 0.4 m 或 0.6 m，深度采用 0.6 m。地铁路基的纵向排水坡不应小于 2‰，单面排水坡段长度不宜大于 400 m。

对路基有危害的地下水，应根据地下水类型、含水层的埋藏深度、地层的渗透性等条件，设置暗沟（管）、渗沟、检查井等地下排水设施。

八、路基防护

对受自然因素作用易产生损坏的路基边坡坡面，应根据边坡的土质、岩性、水文地质条件、边坡坡度与高度以及周围景观等，选用适宜的防护措施。

地铁地面线路地处城市外围、郊区，大多地形平坦，线路路基一般为 2~5 m 的土质低路堤，坡面防护可选用铁路路基常用的一般防护措施。

一般地段，在适宜于植物生长的土质边坡上应优先选用植物防护，如采取种草或喷植草、铺草皮、种植灌木等防护方式，同时也可绿化环境、美化路容。

沿河地段路堤的坡面防护工程常用类型有植物防护，如铺草皮、种防护林，干砌片石护坡，浆砌片石护坡，混凝土护坡。线路穿过郊区水塘、鱼塘的常年浸水路堤，一般采用浆砌片石护坡。

第二节 轨道结构

轨道结构是地铁和轻轨交通的重要组成部分，一般由钢轨、轨枕、连接零件、道床、道岔及其他附属设备组成。

一、钢 轨

1. 基本要求

不管城市轨道交通采用何种类型、何种形式的轨道结构，钢轨都是其重要的组成部分。钢轨与机车车辆的车轮直接接触，钢轨质量的好坏直接影响到行车的安全性和稳定性。为了使线路能按照设计速度保证列车运行，钢轨必须具备以下几方面的功能：

(1) 为车轮提供连续、平顺及阻力最小的滚动面，引导机车车辆前进。

车辆要求钢轨表面光滑，以减小轮轨阻力；而机车要求轮轨之间有较大的摩擦力，以发挥机车的牵引力。

(2) 钢轨要承受来自车轮的巨大垂向压力，并以分散的形式传给轨枕，在轨面要承受极大的接触应力，即除垂向压力外，钢轨还要承受横向力和纵向力。在这些力的作用下，钢轨要产生弯曲、扭转、爬行等变形，轨头的钢材还要产生塑性流动、磨损等。因此，要求钢轨有足够的强度、韧性及耐磨性。

(3) 兼作轨道电路，为轨道电路提供导体。

如上所述，钢轨既要有足够的强度，以延长其使用寿命，又要具有一定的塑性，以防脆性折断；钢轨需要有一定的硬度以增加其耐磨性，又要有适当的韧性；要有相当的刚度，抵抗挠曲，又要有可挠性，以减轻轮轨冲击；钢轨踏面应粗糙，以增加轮轨间的黏着力，又要光滑，以减少行车阻力。以上矛盾使钢轨的设计及制造成为一个非常复杂的问题。

通常可以把钢轨视为弹性地基上的连续梁，作用于其上的力主要为垂直力，其结果是使钢轨挠曲，而抵抗挠曲的最佳截面为工字形。因此，一般将钢轨截面设计成工字形，由轨头、轨腰和轨底三部分组成。我国的钢轨标准断面如图 1-6 所示。

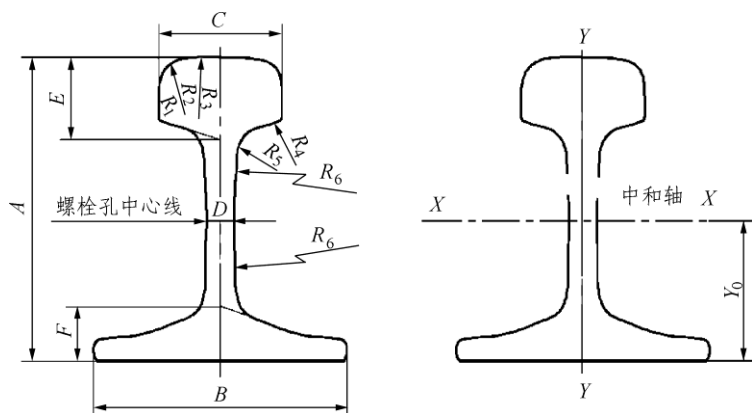


图 1-6 钢轨断面

轨头宜大而厚，并具有与车轮踏面相适应的外形，以改善轮轨接触条件，提高抵抗压陷的能力，同时具有足够的支撑面积，以备磨耗。

轨腰必须有足够的厚度和高度，具有较大的承载能力和抗弯能力。

轨底直接支承在轨枕顶面上，为保持钢轨稳定，应有足够的宽度和厚度，并具有必要的刚度和抗锈蚀能力。

2. 钢轨类型

钢轨的类型是按每延米大致重量来区分的，我国现行主要钢轨类型有 38 kg/m、43 kg/m、50 kg/m、60 kg/m、70 kg/m 等，60 kg/m 以上为重型钢轨。钢轨的标准长度为 25 m 和 12.5 m。钢轨的主要形式尺寸见表 1-3 所示。

表 1-3 钢轨的主要形式尺寸

钢轨类型/(kg/m)	75	60	50	43	38
钢轨高度 <i>A</i>	192	176	152	140	134
轨底宽度 <i>B</i>	150	150	132	114	114
轨头宽度 <i>C</i>	75	73	70	70	68
轨腰厚度 <i>D</i>	20	16.5	15.5	14.5	13.0
轨头高度 <i>E</i>	55.3	48.5	42	42	39
轨底厚度 <i>F</i>	32.3	30.5	27	27	24
轨头侧坡	1:20	1:20	—	—	—
$R_1-R_2-R_3$	15-80-500	13-80-300	13-300	13-300	13-300
R_4-R_5	7-17	8-25	5-12	5-10	7-7
R_6	450	400	350	350	350

3. 钢轨的选型

目前在国内尚无城市轨道交通的钢轨选型标准，现行城市轨道交通系统的设计一般可参考国家铁路的钢轨选型标准，即“年通过总重量在 15~30 Mt 时，采用 50 kg/m 钢轨；在 30~60 Mt 时，采用 60 kg/m 钢轨（Mt 为百万吨）”。

国内外城市轨道交通有选用重型钢轨的趋势，从技术性能上分析，60 kg/m 钢轨重量只比 50 kg/m 钢轨增加 17.7%，而允许通过的总重量可增加 50%。重型钢轨不仅能增加轨道的稳定性，减少养护维修工作量，而且还能增加回流断面，减少杂散电流。

表 1-4 是根据有关资料整理的 60 kg/m 钢轨与 50 kg/m 钢轨的性能比较。

表 1-4 60 kg/m 钢轨的性能

性能指标	与 50 kg/m 钢轨比较
钢轨抗弯强度	+ 34%
弯曲应力	- 28%
使用年限	+ 50% ~ 200%
疲劳破坏造成的更换率	- 83.3%
列车冲击振动	- 10%

综上所述，城市轨道交通在经济条件允许时，无论地面线、地下线或高架线，运营正线都宜选用重型钢轨。对车场线来说，由于主要是供空车运行且速度又低，考虑到经济性，选用 50 kg/m 或 43 kg/m 钢轨均是可行的。《设规》规定：正线及配线钢轨宜采用 60 kg/m 钢轨，车场线宜采用 50 kg/m 钢轨。

道岔是轨道的薄弱环节，其钢轨强度不应低于一般轨道的标准，《设规》规定：正线上道岔的钢轨类型应与相邻区间的钢轨类型一致，并不得低于相邻区间钢轨的强度等级及材质要求。

二、轨 枕

轨枕是轨下基础的部件之一。它的功能是支承钢轨，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，轨枕除要有一定的坚固性、弹性和耐久性，应能便于固定钢轨，抵抗轨道框架结构的纵向和横向位移，还应具有价格低廉、制造简单、易于铺设养护的特点。

轨枕依其构造及铺设方法分为：横向轨枕、纵向轨枕、短轨枕和宽轨枕。横向轨枕与钢轨垂直间隔铺设；纵向轨枕沿钢轨方向铺设；短轨枕是在左右两股钢轨下分开铺设，常用于混凝土整体道床上；宽轨枕底面积比横向轨枕大，减少了对道床的压力和道床的永久变形。

轨枕按其使用部位可分为：用于区间线路的普通轨枕、用于道岔上的岔枕及用于无砟桥上的桥枕。

轨枕按材质不同可分为：木枕、预应力钢筋混凝土轨枕（简称混凝土枕）及钢枕等。

轨枕类型随轨距、道床种类、使用处所不同而异。地铁正线隧道内线路一般采用短轨枕或无轨枕的整体钢筋混凝土道床；车场线采用普通预应力钢筋混凝土轨枕，在道岔范围内少数区段采用木枕；高架轻轨线适合采用新型轨下基础，这种新型的轨枕结构不同于传统的道砟道床上铺设木枕或混凝土的轨下基础，而是以混凝土道床为主的构造形式。如上海明珠轻轨高架线，其采用的是承轨台、支撑块整体式道床。

三、连接零件

连接零件分为接头连接零件和中间连接零件两种。

（一）接头连接零件

接头连接零件由夹板、螺栓和垫圈等组成，如图 1-7 所示，通过它们把钢轨连接起来，使钢轨接头部分具有与钢轨一样的整体性，以抵抗弯曲和移位，并满足热胀冷缩的要求。

夹板是用来夹紧钢轨的。目前，我国标准钢轨采用斜坡支承双头对称型夹板（简称双头式夹板），如图 1-8 所示。

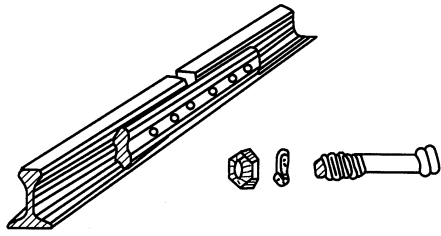


图 1-7 接头连接零件

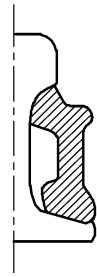


图 1-8 双头式夹板

这种夹板的优点，是在垂直荷载作用下具有较大的抵抗弯曲和横向位移的能力。夹板上、下两面的斜坡能楔入轨腰空间，但又不贴住轨腰，当夹板稍有磨损连接松弛时，可以重新拧紧螺栓，保持钢轨连接的牢固。每块夹板都要用 4 枚或 6 枚螺栓上紧，且为防止车轮在接头部位脱轨时，车轮轮缘将所有的螺栓剪断，螺栓帽的位置在钢轨的内外侧相互交错。

在城市轨道交通中已基本采用了无缝线路结构，接头连接零件的数量大大减少，但在无缝线路的缓冲区、轨道电路的绝缘区、有道岔的线路区段中，接头连接零件还是不能缺少的。

钢轨接头按其在两股钢轨上的相互位置分为对接和错接，如图 1-9 所示；按其与轨枕的位置分为悬接和垫接，如图 1-10 所示。目前我国铁路上均采用悬接又对接的形式，这种形式可减少列车对钢轨的冲击次数，改善运营条件，受力条件较好，又便于维修。城市轨道交通正线、辅助线的钢轨接头常采用对接，而辅助线和车场线半径等于及小于 200 m 的曲线地段的钢轨接头应采用错接，错接的距离不应小于 3 m。

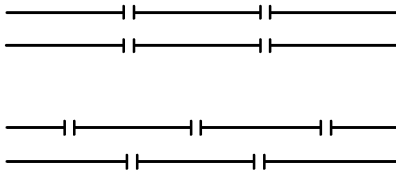


图 1-9 对接、错接

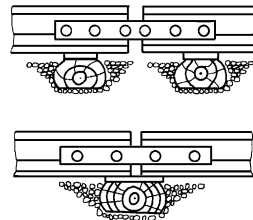


图 1-10 悬接、垫接

当前后两根钢轨的类型不同时，应采用异型接头。异型接头使用的是异型夹板，异型夹板的一半应与该端钢轨断面吻合，另一半应与另一端钢轨断面吻合，且应使两钢轨作用边及顶面相互对齐，如图 1-11 所示。

在自动闭塞区段及电力牵引区段的钢轨接头处，为了传导信号电流或作为牵引电流的回路，应采用导电接头。钢轨接头处的轨间导电装置为两根直径 5 mm 左右的镀锌铁丝，铁丝两端插入截头锥形的镀铅插销中，插销则插入轨腰上的圆孔中，如图 1-12 所示。

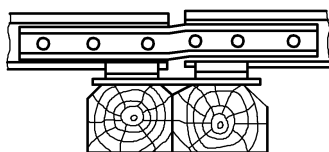


图 1-11 异型夹板

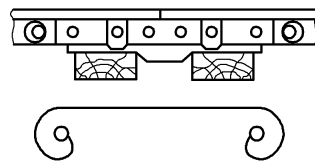


图 1-12 钢轨导电接头

在自动闭塞分区两端的钢轨接头处，用来保证轨道电流不能从这一闭塞分区传到另一闭塞分区，应采用钢轨绝缘接头。图 1-13 为绝缘接头断面，在夹板与螺栓间、钢轨螺栓孔四周及两根钢轨的接缝处，均使用绝缘材料隔断电流。

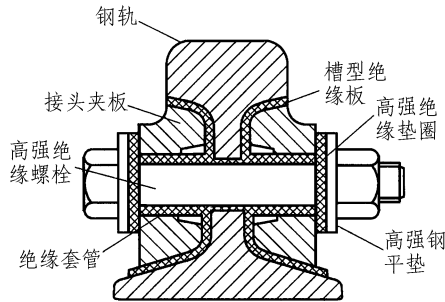


图 1-13 钢轨绝缘接头

(二) 中间连接零件

中间连接零件又称轨枕扣件，扣件是钢轨与轨枕或其他轨下基础连接的重要联结件，它的作用是把钢轨与轨枕或其他类型的轨下基础连接在一起，固定钢轨的正确位置，阻止钢轨纵向和横向位移，防止钢轨倾覆，还能提供适当的弹性，起到缓冲和减振作用，并将钢轨承受的力传给轨枕或道床承轨台。

1. 对扣件性能的要求

(1) 扣件应具有足够的强度和扣压力。

(2) 扣件应具有良好的弹性，以减小列车荷载的冲击，使钢轨承受的荷载能均匀地传递到道床上，特别是整体道床因其刚度大更需要高弹性扣件，以求更好地减振降噪，使减振性能相当或超过有砟轨道。

(3) 扣件应具有适量的轨距、高低调整量，高架桥上整体道床的扣件需较大的调整量，以适应预应力梁的徐变和桥墩的不均匀下沉。

(4) 扣件应具有良好的绝缘性能，以减少杂散电流，其绝缘部件工作电阻应大于 $10^8 \Omega$ 。

(5) 扣件结构力求简单，尽量标准化，通用性好且造价低，便于安装和拆卸，养护维修量小。

(6) 扣件金属部件应作防腐处理。

2. 扣件的类型

扣件按不同的分类方式可有不同的形式，如按其与钢轨、轨枕的连接方式，可分为不开开式和分工式两种：不开开式扣件是用道钉将钢轨、垫板同时连接于轨枕上；分工式扣件是把钢轨与垫板、垫板与轨枕分别连接。

按扣件的弹性性能分为：全弹性扣件(垂直和水平方向都具有一定弹性)；半弹性扣件(仅考虑垂直方向的弹性)。

按混凝土枕有无挡肩又可分为有挡肩扣件和无挡肩扣件。

按轨枕的类型可分为木枕扣件和混凝土枕扣件。

下面对其中的几种进行介绍。

(1) 木枕扣件。

木枕扣件主要由道钉、垫板组成，如图 1-14 所示。

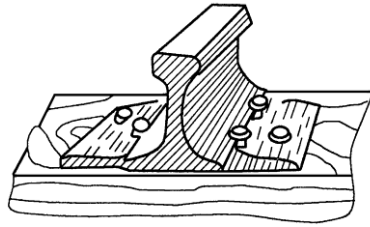


图 1-14 木枕扣件

垫板为钢轨与木枕间插入的钢板，它可将钢轨传来的压力传递给较大的木枕支撑面，减少对木枕的压力，从而有效地防止轨底切入木枕的支撑面而引起的机械磨损，延长木枕的使用寿命。同时，垫板的双肩抵住轨底侧面，可以使钢轨两侧道钉共同起抵抗横向力的作用，确保轨距稳定和防止钢轨向外侧倾斜。垫板上设有向线路中心倾斜的坡度，使钢轨形成 1 : 40 的轨底坡，以保持钢轨中部受力。

道钉扣件的缺点是扣压力不足，也易于松动。

(2) 预应力混凝土枕（简称 PC 轨枕）扣件与无砟轨道道床扣件。

PC 枕扣件经历了扣板式扣件、拱形弹片式扣件、I 型弹条扣件、II 型弹条扣件及 III 型弹条扣件的发展阶段。

扣板式扣件由螺纹道钉、螺母、平垫圈、弹簧垫圈、扣板、铁座、橡胶垫板（绝缘缓冲垫板）、垫片及衬垫等零件组成。用硫黄锚固法把螺旋道钉固定在轨枕上预留的孔内，再装上扣板，拧上螺帽，使扣板压紧轨底。轨底与轨枕之间设有绝缘缓冲垫板，用以增加轨道弹性和作为绝缘垫层，如图 1-15 所示。

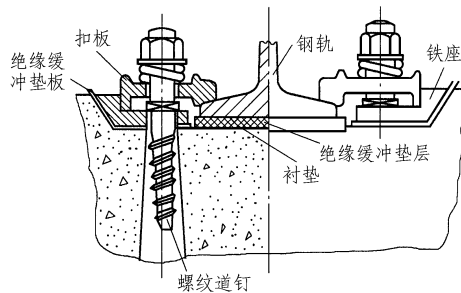


图 1-15 扣板式扣件

螺纹道钉用硫黄水泥浆锚固在 PC 轨枕预留的孔中，这是我国独创的一种工艺流程，螺纹道钉的抗拔力可达 588 kN 以上，耐久性也很好。

扣板式扣件与弹条 I 型扣件的不同之处在于扣板是刚性的，所以又称为刚性扣件。这种扣件因弹性较差，故只适用于 50 kg/m 及以下的钢轨。

弹条式扣件与扣板式扣件基本相同，只是用弹条代替了扣板，改善了钢轨与混凝土枕连接的弹性，增强了扣压力，如图 1-16 所示。

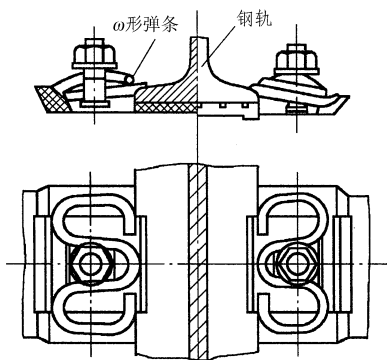


图 1-16 弹条式扣件

随着运量和速度的提高，扣板式扣件和拱形弹片式扣件已不能满足使用要求，正在逐渐被淘汰。

弹条 I 型扣件由 ω 弹条、螺旋道钉、轨距挡板、挡板座及弹性橡胶垫板组成：① 弹条是用来弹性地扣压钢轨，应具有足够的扣压力。② 轨距挡板用来调整轨距和传递钢轨承受的横向水平力；挡板座用来支撑轨距挡板，保持和调整轨距并将轨距挡板承受的横向水平力传递至轨枕的挡肩上，它应具有足够的强度，此外，还应具有一定的绝缘性能以防止漏电。③ 橡胶垫板是缓冲轮轨间的振动冲击作用和提供垂直弹性的主要零件，垫板的弹性靠压缩变形而获得。

I 型弹条分 A、B 两种，A 型用于 50 kg/m 钢轨，B 型用于 60 kg/m 钢轨。轨距挡板的作用是传递横向力和调整轨距，所以也有多种号码，以满足轨距调整的需要。

弹条 II 型扣件除采用新材料重新设计外，其余部件与 I 型弹条扣件通用。弹条 II 型扣件具有扣压力大、强度安全储备大、残余变形小等优点，适用于 II 型和 III 型混凝土枕的 60 kg/m 钢轨线路。

弹条 III 型扣件为无挡肩扣件，适合于重载大运量、高密度的运输条件。弹条 III 型弹条扣件由弹条、预埋铁件、绝缘轨距块及橡胶垫组成，具有扣压力大、弹性好等优点，特别是取消了混凝土挡肩，消除了轨底在横向力作用下发生横向位移导致轨距扩大的可能性，因此具有较强的保持轨距的能力。又由于该扣件采用无螺栓连接，大大减小了扣件的维修养护工作量。

我国已建和在建的城市轨道交通线路上，使用的扣件类型较多，除天津地铁 1 号线既有段原铺设刚性扣板式扣件外，其余均铺设弹性扣件，基本上是在国铁弹条扣件的基础上设计的。地铁扣件的选型按《设规》应符合表 1-5 规定。

表 1-5 扣件类型

道床形式	扣件形式	扣压件	与轨枕连接方式
一般整体道床	弹性分开式	有螺栓弹条、无螺栓弹条	在轨枕预埋套管
高架桥上整体道床		有螺栓弹条、小阻力	
混凝土枕碎石道床	弹性不分开式	有螺栓弹条、无螺栓弹条	轨枕内预埋螺栓或铁座
木枕碎石道床	弹性分开式	有螺栓弹条、无螺栓弹条	采用螺纹道钉
车场库内整体道床、检查坑			在轨枕或立柱内预埋套管

道岔上应采用弹性分开式扣件，以增强道岔的稳定性和弹性，增加轨距、水平调整量，有利于道岔的养护维修。

地铁扣件铺设数量应符合表 1-6 的规定：

表 1-6 扣件铺设数量 (对/km)

道床形式	正线、试车线、出入线		其他配线	车场线 (不含试车线)
	直线及 $R > 400\text{ m}$ 、 坡度 $i < 20\text{‰}$	$R \leq 400\text{ m}$ 或坡度 $i \geq 20\text{‰}$		
无砟道床	1 600 ~ 1 680	1 680	1 600	1 440
混凝土枕有砟道床	1 600 ~ 1 680	1 680 ~ 1 760	1 600 ~ 1 680	1 440
无缝线路混凝土枕 有砟道床	1 680 ~ 1 760	1 760 ~ 1 840	—	—
木枕有砟道床	1 680 ~ 1 760	1 760 ~ 1 840	1 680	1 440

四、道 床

(一) 道床的功能

道床是轨道框架的基础，它的主要功能是：

(1) 机车车辆的荷载通过钢轨、轨枕传递给道床，道床将荷载扩散，然后传给路基，从而减小路基面上的荷载压强，起到保护路基顶面的作用；

(2) 提供抵抗轨道框架纵、横向位移的阻力，保持轨道稳定和正确的几何形位，保证行车安全；

(3) 具有良好的排水作用，减少轨道的冻害和提高路基的承载能力；

(4) 提供轨道弹性，起到缓冲、减振、降噪的作用；

(5) 调节轨道框架的水平 and 方向，保持良好的线路平纵断面，为轨道几何尺寸超限的维修保养提供便利条件。

道床一般有碎石道床（有砟）和整体道床（无砟）两种类型。地下线、高架线、地面车站宜采用无砟道床；地面线、车场库内线宜采用有砟道床。

(二) 碎石道床

为了满足道床功能，道砟应质地坚硬、有弹性、不易压碎和捣碎、排水性能良好、吸水性差、不易风化、不易被风吹走或被水冲走。

1. 碎石道砟标准

道砟材料有碎石（花岗岩、大理石、石灰岩）、筛选级配卵石、天然级配卵石、粗砂、中砂及熔炉渣等。目前，我国铁路的道砟分为面砟和底砟。

面砟的材料一般为级配碎石。我国《铁路碎石道砟》标准中将道砟质量划分为一级和二级（见表 1-7），并规定在特重型、重型轨道地段应优先采用一级道砟。

表 1-7 碎石道砟标准

性能	参数	特级道砟	一级道砟	二级道砟	评价方法	道砟的最终等级以①②③中的最低等级为准。并满足④⑤⑥三项的性能要求
①抗磨损、抗冲击性能	洛杉矶磨耗率 LAA/% 标准集料冲击韧度 IP 石料耐磨硬度系数 K	≤20 ≥100 >18	≤27 ≥95 >18	27≤LAA < 32 80 < IP≤95 17~18	若 3 个指标分属 2 个等级，则以 2 个指标为准；若 3 个指标分属 3 个等级，则划分为中间等级	
②抗压碎性能	标准集料压碎率 CA/% 道砟集料压碎率 CB/%	<9 <18	<9 <18	9~14 18~22	若两个指标分属 2 个等级，则定为低等级	
③渗水性能	渗透系数/(10 ⁻⁶ cm/s) 石粉试磨件抗压强度 σ/MPa 石粉液限/% 石粉塑限/%	>4.5 <0.4 >20 >11	>4.5 <0.4 >20 >11	3~4.5 0.4~0.55 16~20 9~11	4 个指标中，以其中 2 个指标最高的等级为准，若这 2 个指标的等级不在同一级别，则定为低一级	
④抗大气压腐蚀破坏	硫酸钠溶液浸泡损失率 /%	<10	<10	<10		
⑤稳定性能	密度/(g/cm ³) 干密度/(g/cm ³)	>2.55 >2.50	>2.55 >2.50	>2.55 >2.50		
⑥软弱颗粒	饱和单轴抗压强度/MPa	≤20	≤20	≤20	含量少于 10% (质量比)	

2. 道砟级配标准

碎石道砟属于散粒体，其级配是指道砟中不同大小粒径颗粒的分布。道砟级配对道床的物理力学性能、养护维修工作量有重要的影响。现有的道砟级配标准如表 1-8 所示。

表 1-8 道砟级配标准

方孔筛边长/mm	16	25	35.5	45	56	63
过筛质量百分率/%	0~5	5~15	25~40	55~75	92~97	97~100

道砟颗粒形状对道床质量也有较大的影响，一般要求道砟颗粒棱角分明，近于立方体。针状、片状颗粒容易破碎，使道床强度和稳定性下降。颗粒长度大于平均粒径 1.8 倍的称为针状，厚度小于平均粒径 0.6 倍的称为片状。我国道砟标准规定针状和片状指数均不大于 50%。道砟中的黏土团或其他杂质、粉末都直接影响道砟的排水、板结等，要求黏土团或其他杂质的含量不超过 0.5%，粒径 0.1 mm 以下粉末含量的质量不超过 1%。

底砟的功能是隔离面砟层的颗粒与路基面直接接触，截断地下水的毛细管作用，并降低地面水的下渗速度，防止雨水对路基面的侵蚀。我国《铁路碎石道床底砟》规定：“底砟材料可取自天然砂、砾材料，也可由开山石或天然卵石、砾石经破碎、筛选而成。”底砟材料的粒径级配应符合表 1-9 的规定，且 0.5 mm 以下的细集料中通过 0.075 mm 筛的颗粒含量应小于或等于 66%。

表 1-9 底砟颗粒级配

方孔筛边长/mm	0.075	0.1	0.5	1.7	7.1	16	25	45
过筛质量百分率/%	0~7	0~11	7~32	13~46	41~75	67~91	82~100	100

3. 碎石道床铺设规定

(1) 铺设地段。地面正线宜采用混凝土枕碎石道床；地面的出入线、试车线和库外线宜采用混凝土枕碎石道床或木枕碎石道床。

(2) 道床厚度。碎石道床厚度应符合表 1-10 要求。

表 1-10 碎石道床厚度

路基类型	道床厚度/mm		
	正线、配线		车场线
非渗水土路基	双层	道砟 250	单层 250
		底砟 200	
岩石、渗水土路基、混凝土结构	单层道砟 300		

桥梁上道砟槽内碎石道床厚度不应小于 250 mm，与两端的道床厚度差应在桥台外不小于 10 m 范围内递减。

(3) 道砟材质。

① 正线、辅助线、出入线和试车线应采用一级道砟，车场线可采用二级道砟。

② 碎石道床材料应符合现行铁路标准中有关铁路碎石道砟和铁路碎石底砟的规定。

(4) 道床肩宽及边坡。

道床宽出轨枕两端的部分称为道床肩宽，适当的肩宽及边坡可保持道床的稳定，并提供一定的横向阻力。

① 正线无缝线路地段有砟道床的肩宽不应小于 400 mm，有缝线路地段道床肩宽不应小于 300 mm。无缝线路曲线半径小于 800 m、有缝线路曲线半径小于 600 m 的地段，曲线外侧道床肩宽应增加 100 mm。道床边坡均为 1 : 1.75。

② 车场线有砟道床肩宽不应小于 200 mm；半径小于 300 m 的曲线地段，曲线外侧道床肩宽应增加 100 mm，砟肩应堆高 150 mm。道床边坡均应为 1 : 1.5。

③ 无缝线路砟肩应在碎石道砟上堆高 150 mm，堆高道砟的坡度为 1 : 1.75。

(5) 道床顶面高度。

混凝土枕碎石道床顶面应与轨枕中部顶面平齐，木枕碎石道床顶面应低于木枕顶面 30 mm。

(6) 道床过渡段。

正线、出入线和试车线的无砟道床与有砟道床间应设轨道弹性过渡段，长度不宜短于车辆的全轴距。

同一曲线地段宜采用同一种道床形式，使同一曲线轨道弹性一致，有利于行车，保持轨道的稳定性，减少维修工作量。

有砟道床的优点是结构简单，减振、降噪性能较好，造价低，是一般铁路最常用的道床。

但因其轨道建筑高度较高，需要增加隧道的开挖量，增加结构投资，同时轨道维修量大，隧道内捣固道砟粉尘影响作业人员健康，所以新建地铁和轻轨交通隧道内不宜采用有砟道床，应采用整体道床。

(三) 整体道床

整体道床一般分无枕式和轨枕式两种。

1. 无枕式整体道床

无枕式整体道床亦称整体灌注式道床，用施工机具把联结扣件的玻璃钢套管按设计位置预埋在道床内，上面做成承轨台，然后再安装钢轨和扣件。此种道床施工方法繁琐，机具复杂，进度也慢，承轨台抹面精度不易保证，难以达到设计要求，国内很少采用。

2. 轨枕式整体道床

这种整体道床又可分为短枕式和长枕式两种。

(1) 短枕式整体道床。

这种道床轨道建筑高度一般为 550 mm 左右，轨枕下道床厚度一般不小于 160 mm，一般设中心排水沟，见图 1-17。短轨枕在工厂预制，内布钢筋，底部外露钢筋钩，以加强与道床混凝土的联结。

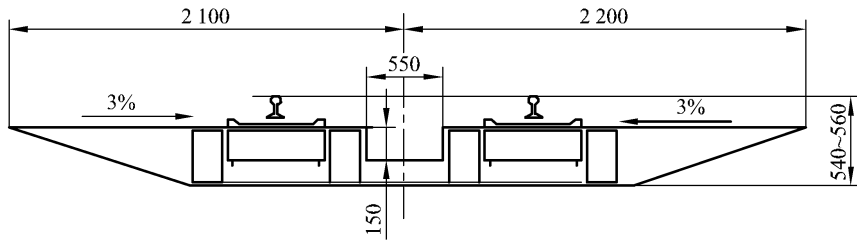


图 1-17 短枕式整体道床

这种道床稳定、耐久，结构比较简单，造价较低，施工方法简单，进度较快，是地铁和轻轨交通最常采用的道床形式。

(2) 长枕式整体道床。

这种道床如图 1-18 所示，设侧向排水沟。一般长轨枕预留圆孔，让道床纵筋穿过，加强了与道床的联结，使道床更坚固、稳定和整洁美观。这种道床适合于软土地基隧道，它可采用轨排法施工，进度快，施工精度也容易保证。

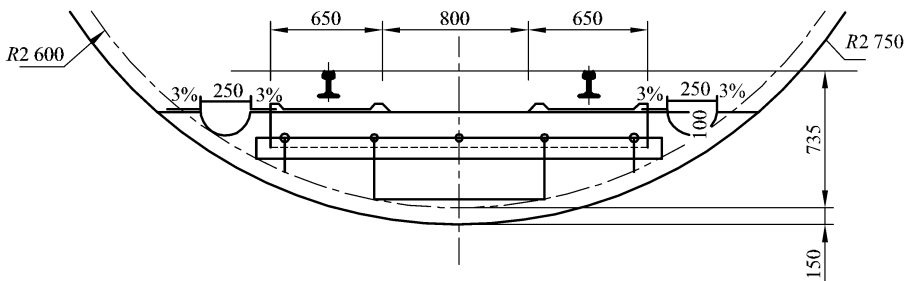


图 1-18 长枕式整体道床

(3) 其他形式整体道床。

为减少振动和噪声，整体道床还有几种形式，如弹性短枕式、塑料短枕式、短木枕式、浮置板式、纵向浮置板式、弹性整体道床等，都具有较好的减振降噪效果，对防振、防噪有严格要求的地段可选铺这几种形式的整体道床。

隧道内和高架桥上的道岔区宜采用短枕式整体道床，以使轨道弹性一致并增强道岔区轨道的强度。车场线因行驶空车，速度也低，其道岔区宜采用碎石道床，以节省工程投资。

整体道床的优点是道床整体性好，坚固稳定、耐久；轨道建筑高度小，减小隧道净空，节省投资；轨道维修量小，适应地铁和轻轨交通运营时间长、维修时间短的特点。

五、轨道的几何形位

轨道的几何形位是指轨道各部分的几何形状、相对位置及基本尺寸，是保证列车按规定速度安全平稳运行的重要条件之一。

轨道的几何形位要素主要有轨距、水平、高低、方向及轨底坡。各种轨道的几何形位都存在一定的偏差，但不得超过其容许值，即轨道几何尺寸的容许偏差。

(一) 轨 距

1. 直线地段轨距

轨距为两股钢轨头部内侧与轨道中线相垂直的距离。因为钢轨头部外形由不同半径的复曲线组成，钢轨底面设有轨底坡，钢轨向内倾斜，车轮轮缘与钢轨侧面接触点发生在钢轨顶面下 10~16 mm 处，所以我国《铁路技术管理规程》(简称《技规》)规定轨距测量部位在钢轨顶面下 16 mm 处。

我国城市轨道交通线路直线地段的轨距均采用 1 435 mm。《技规》规定线路、道岔轨距的静态允许最大偏差为 +6 mm 和 -2 mm。

轨距用道尺或轨检车进行测量。前者测得的是静态的轨距，后者则可以测得列车通过时轨距的动态变化。

为使轨道交通车辆能顺利通过轨道，轨道的轨距必须略大于轮对宽度。当轮对的一个车轮轮缘与钢轨贴紧时，另一车轮轮缘与钢轨之间应留有一定的空隙。此空隙称为游间(δ)，如图 1-19 所示。

游间计算方法：

$$\delta = S - q$$

式中 S ——轨距，mm；

q ——轮对宽度，mm。

若 S_0 为标准轨距， q_0 为正常轮对宽度，则正常轮轨游间 δ_0 为：

$$\delta_0 = S_0 - q_0$$

轨距和轮对宽度均规定有容许的最大值和最小值。若轨距最大值和最小值为 S_{\max} 、 S_{\min} ，而轮对宽度的最大值和最小值为 q_{\max} 、 q_{\min} ，则游间最大值和最小值分别为：

$$\delta_{\max} = S_{\max} - q_{\min}$$

$$\delta_{\min} = S_{\min} - q_{\max}$$

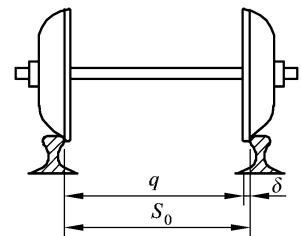


图 1-19

游间的大小对列车运行的平稳性和轨道的稳定性有重要的影响。如果游间太大，则列车运行时的蛇行幅度加大，作用于钢轨上的横向力也增大，会加剧轮轨磨耗和轨道变形，严重时将引起列车脱轨；如果游间太小，则增加行车阻力和轮轨磨耗，严重时还可能卡住轮对，挤翻钢轨或导致爬轨事故。

2. 曲线地段轨距

当车辆进入曲线轨道时，因惯性作用仍然要保持原来的行驶方向，当前轴外轮碰到外轨，受到外轨引导时，才沿着曲线轨道行驶。这时车辆的转向架与曲线在平面上保持一定的位置和角度。车辆运行在曲线上可能会出现三种情况：① 当轨距足够宽时，只有前轴外轮的轮缘受到外轨的挤压力或导向力，后轴则居于曲线半径方向，两侧轮缘与钢轨间有一定的间隙，行车阻力最小；② 当轨距不够宽时，后轴的内轮轮缘也将受到内轨的挤压，产生第二导向力，行车阻力较前者大为增加；③ 轨距更小，前后轴均同时受到内外轨挤压，车轮被楔在两轨之间，不仅行车阻力大，甚至可能把钢轨挤开。

因此，在小半径曲线上的轨距必须加宽。确定轨距加宽的原则是保证最常用的车辆转向架能以第一种情况自由通过曲线，并保证轴距较长的多轴列车能以第二种情况通过，而不至于出现第三种情况。

根据国产地铁和轻轨车辆的资料，当曲线半径 $< 250\text{ m}$ 时，应按表 1-11 规定的数值对轨距进行加宽。

表 1-11 曲线地段轨距加宽值

曲线半径 R/m	加宽值/mm	
	A 型车	B 型车
$250 > R \geq 200$	5	—
$200 > R \geq 150$	10	5
$150 > R \geq 100$	15	10

轨距加宽值应在缓和曲线范围内递减，无缓和曲线或其长度不足时，应在直线地段递减率不宜大于 2‰，困难地段不应大于 3‰。

(二) 水平

水平是指线路左右两股钢轨顶面的相对高差。为保证列车运行平稳，并使两股钢轨均匀受力，在直线地段上两股钢轨顶面应保持在同一水平面上。

水平可用道尺或轨检车进行测量。直线地段正线的水平容许误差按《技规》规定为 4 mm。

(三) 前后高低

前后高低是指轨道沿线路纵向的竖向平顺情况，即轨面的上下起伏。

轨道前后高低不平顺，会引起轮轨间的振动和冲击，加速道床变形，进而扩大不平顺，进一步加剧轮轨的动力作用，形成恶性循环。

经过维修或大修的轨道，要求目视平顺，一股钢轨前后高低偏差用 10 m 弦测量最大矢度值，按《铁路线路维修规则》规定正线不应超过 4 mm。

（四）方 向

轨道的方向是指轨道中心线在水平面上的平顺性，又称轨向。

按照行车平稳与安全的要求，直线应当笔直，曲线应当圆顺，否则会引起列车蛇形运动。相对轨距来说，轨道方向往往是行车平稳性的控制因素。按《铁路线路维修规则》规定正线上的正矢不应超过 4 mm。

（五）轨底坡

因车轮踏面的主要部分为 1:20 的斜坡，为使轮轨接触集中于轨顶中部，提高钢轨的横向稳定性，避免或减小钢轨偏载，减小轨腰的弯曲应力，减轻轨头不均匀磨耗，延长钢轨的使用寿命，在直线上，钢轨不应竖直铺设，而要适当地向内倾斜。钢轨的这种内倾度称为轨底坡，也叫内倾度，即钢轨底面对轨枕顶面的倾斜度。

《设规》规定：正线、辅助线和车场线上的钢轨，应设置 1/40 或 1/30 的轨底坡，但在无轨底坡的两道岔间不足 50 m 的地段不应设置轨底坡。

在曲线地段，由于超高的存在，内股钢轨的轨底坡要适当调整才能保证其不向轨道外方倾斜。

轨底坡设置得是否正确，可根据钢轨顶面有车轮踏面碾磨形成的光带位置判断，一般情况下要求光带宽度一致，并稍偏向轨头中心内侧。如光带偏向钢轨中心内侧较多，则说明轨底坡不足；如偏向外侧过多，则说明轨底坡过大。

北京、上海地铁运营实践表明，小半径曲线地段钢轨磨耗较严重，光带偏离轨顶中心向内，说明 1/40 轨底坡偏小，设置 1/30 或 1/20 轨底坡较为适宜。

第三节 道 岔

道岔是机车车辆从一股道转入或越过另一股道时必不可少的线路设备，是轨道的一个重要组成部分。

根据道岔的用途及几何形式，道岔可有多种类型，常见的有普通单开道岔、对称道岔、三开道岔、交分道岔、交叉设备等。近年来，地铁、轻轨还设计和铺设了部分专用道岔。

城市轨道交通布设在城市内，基本采用双线线路，线路中间站通常不设配线，两个方向线路在区段内也很少有交叉存在。在城市轨道交通线路中，道岔设备的主要作用是：设有渡线和折返线的车站，通过设置道岔来实现车辆的转线；在车场、车辆段内，股道通过道岔将停车线、检车线等与走行线连接。

一、单开道岔

在所有类型的道岔中，用得最多的是单开道岔。

单开道岔是将一条铁路线分为两条，主线为直线，侧线由主线的左侧或右侧岔出。站在道岔前部面向尖轨尖端，凡侧线由主线左侧岔出的称为左开道岔，侧线由右侧岔出的称为右开道岔。

单开道岔主要由转辙器部分、连接部分、辙叉及护轨部分组成，如图 1-20 所示。

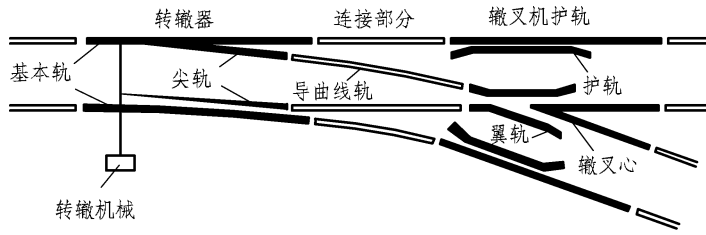


图 1-20 单开道岔的组成

1. 转辙器部分

转辙器部分是由一对基本轨、一对尖轨、各种连接零件（拉杆、连接杆、顶铁、滑床板、轨撑、辙前垫板、辙后垫板）及转辙机械等组成，如图 1-21 所示。

基本轨位于尖轨外侧，其作用除承受车轮的垂直压力并经垫板将其传递于岔枕上外，还与尖轨共同承受车轮的横向水平推力，并保持尖轨位置的稳定。基本轨一般多用 12.5 m 或 25 m 标准长度的钢轨制成，由于尖轨与基本轨密贴时，产生一个转辙角，因此转辙器部分的轨距必须加宽，以满足机车车辆固定轴距和车轮与钢轨良好接触的需要。

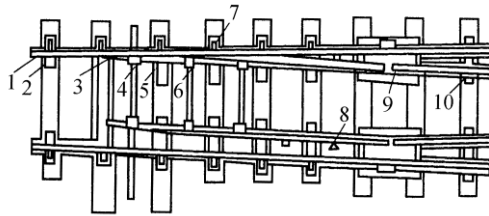


图 1-21 转辙器部分的组成

1—基本轨；2—辙前垫板；3—尖轨；4—拉杆；5—滑床板；6—连接杆；
7—轨撑；8—顶铁；9—尖轨跟部；10—辙后垫板

尖轨是用与基本轨同类型的标准钢轨或特种断面钢轨（AT 型钢轨）刨制而成的，目前我国地铁和轻轨上铺设的道岔几乎都是 AT 型尖轨。

对尖轨的要求是当一根尖轨与邻近基本轨密贴时，另一根尖轨必须与邻近的基本轨分开规定的距离，两根尖轨分别被称为密贴尖轨和斥离尖轨。通过尖轨与基本轨的密贴和分离达到引导车轮按不同线路运行的目的。

尖轨按其平面状态分为直线型尖轨和曲线型尖轨两种，如图 1-22 所示。直线型尖轨左右开道岔可通用，加工制造简单，尖轨尖端刨削部分短，横向刚度大，尖轨动程与跟端轮缘槽小。曲线型尖轨左右开道岔不能通用，加工较复杂，但与同号直线型尖轨道岔相比，可缩短道岔长度，增大导曲线半径，提高列车侧向过岔速度。目前我国地铁和轻轨上铺设的尖轨既有直线型也有曲线型。

为了保证尖轨能够在平面上左右摆动，与基本轨密贴或分离，尖轨跟端结构要求以跟部为轴，保证尖轨由一个位置扳动至另一个位置时摆动灵活。常见的有间隔铁式尖轨跟端结构与弹性可弯式尖轨跟端结构。

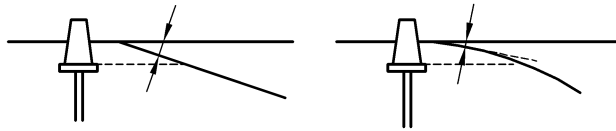


图 1-22 直线型、曲线型尖轨

(1) 间隔铁式尖轨跟端结构，如图 1-23 所示。

它由间隔铁、夹板、辙跟轨撑以及用于联结的套管、螺栓等组成。间隔铁可保持尖轨跟端处与基本轨有固定的间隔宽度，保证车轮能够正常通过。夹板与螺栓相配合可保证跟端连接牢固和尖轨摆动灵活。辙跟轨撑可固定跟端结构的位置。

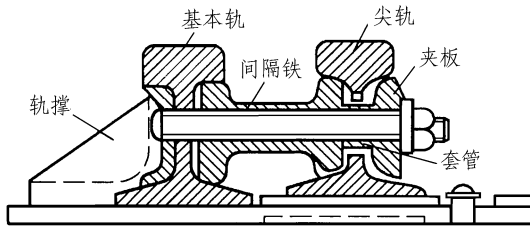


图 1-23 尖轨跟端结构

这种跟端结构简单、零件少、尖轨转动灵活，但稳定性较差、易发生病害，一般用在辙岔号数较小的道岔上。

(2) 弹性可弯式尖轨跟端结构是在尖轨跟端前 1.5~2.0 m 处，把尖轨轨底两侧边缘切掉，使之与钢轨头部宽度相同，形成柔性点，尖轨可绕该处弹性弯曲，如图 1-24 所示。

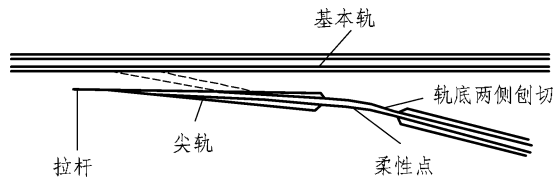


图 1-24 弹性可弯式尖轨

这种跟端结构坚固、稳定、简单，易于保养，我国很多地铁和轻轨线路上的道岔都采用了这种尖轨。

连接杆是将两根尖轨连接成一个框架式整体一起摆动，同时保持两尖轨在平面上的相对位置，一般设 2~3 根。安装在尖轨最前面与转辙机械相连的一根为拉杆，用以转换尖轨位置。随着列车速度的提高，道岔的号数越来越大，尖轨的长度越来越长，为保证尖轨与基本轨的密贴，一些道岔的尖轨需要由多台转辙机械共同完成尖轨的转换，而且两根尖轨需要分别扳动，这样的道岔被称为分动道岔。分动道岔的两根尖轨不再需要连接杆。

由于尖轨经过了刨切，横断面面积减小，强度被削弱，设于尖轨轨腰处的顶铁的作用就是将尖轨与邻近基本轨连成一个整体，使基本轨与尖轨共同承受车轮的横向作用力。顶铁的长度应按安装顶铁处的尖轨与邻近基本轨工作边的支距计算确定，保证尖轨尖端与邻近基本

轨密贴时，顶铁正好顶在邻近基本轨的轨腰上。

滑床板设在尖轨长度范围内的轨枕上，其作用是支承尖轨和基本轨，保证尖轨在滑床板顶部的滑床台上能左右平滑摆动。为此，对滑床台要经常清扫并涂抹润滑剂。

轨撑设于基本轨外侧，以阻止基本轨横向移动并保持基本轨与尖轨之间的轨距。通常基本轨始端第二根岔枕至跟端前一根岔枕范围内每根岔枕上的基本轨外侧都安设轨撑。

辙前垫板又称轨撑垫板，设于尖轨尖端前部一段基本轨下面，用以固定轨撑的位置，并与轨撑共同防止基本轨向外横向移动。辙后垫板设于尖轨跟后一段长度内，用以保持尖轨跟后导曲线支距的准确。

转辙机械用于扳动尖轨到不同的位置，使道岔能准确地开通直线或侧线。常用的转辙机械有手动和电动两大类：手动转辙机械多用于非集中操纵的道岔上，电动转辙机械用于集中操纵的道岔上。

2. 辙叉及护轨

辙叉设于道岔中两根钢轨相交处，由翼轨和心轨及连接零件等组成，如图 1-25 所示。

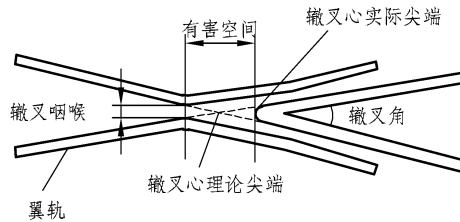


图 1-25 辙叉示意图

辙叉心轨两工作边所成的夹角称为辙叉角 α ，其交点称为辙叉理论尖端。由于制造工艺的缘故，实际上的辙叉尖端有 6~8 mm 的顶面宽度，叫辙叉实际尖端。

两翼轨相距最近处，称为辙叉咽喉。从辙叉咽喉至辙叉实际尖端之间有一段轨线中断地带，车轮有失去引导误入异线而发生脱轨事故的可能，所以此处被称为有害空间。为保证车轮在有害空间处进入正确的翼轨轮缘槽，防止进入异线，通常在辙叉两侧相对应位置的基本轨内侧设置护轨。护轨用普通钢轨经过刨切弯折而成，并用间隔铁、螺栓等零件与基本轨连接。

我国单开道岔上常用的辙叉有锰钢整铸式辙叉、钢轨组合式辙叉和可动心轨辙叉。

锰钢整铸式辙叉是用含锰量 10%~14% 的高锰钢把心轨和翼轨铸成整体的辙叉，如图 1-26 所示。此种辙叉整体性、稳定性好，而且使用寿命长，维修工作量小，得到了广泛的使用。

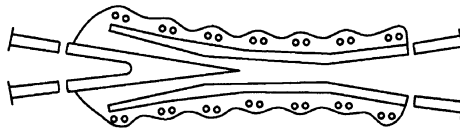


图 1-26 整铸式辙叉

钢轨组合式辙叉是由长心轨、短心轨以及用普通钢轨经弯折、刨切加工而成的翼轨，用不同尺寸的间隔铁和螺栓连接拼装紧固而成的辙叉。这种辙叉由于零件数量多，容易松动，维修量较大，所以在主要线路上很少用到。

可动心轨辙叉是由长心轨、短心轨拼装成的可动心轨和翼轨、叉跟基本轨、帮轨等组合而成的，如图 1-27 所示。这种辙叉利用心轨可摆动与翼轨密贴的特征，消除了有害空间，不仅避免了车轮对心轨和翼轨的冲击，而且还提高了列车直向过岔速度，广泛用于高速行车的线路上。

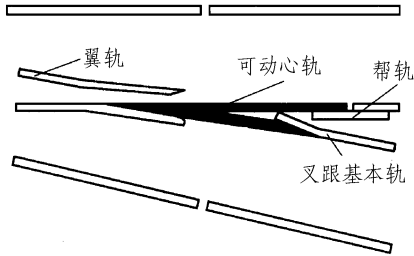


图 1-27 可动心轨辙叉

3. 连接部分

连接部分的作用是将转辙器部分与辙叉及护轨部分连接起来构成一组完整的道岔。连接部分主要由主线上的两根直线钢轨和侧线上的两根曲线钢轨组成，两根曲线轨称为道岔导曲线。导曲线一般采用圆曲线，其半径的大小取决于道岔号数的大小及列车侧向过岔速度的要求。单开道岔的导曲线，一般不设外轨超高和轨底坡，而且为保持导曲线的位置和圆顺，在导曲线部分大多铺设垫板、轨距杆、轨撑及防爬设备。

二、对称道岔

对称道岔是单开道岔的一种特殊形式，它的结构和单开道岔基本相同，只是连接部分没有直轨，而只有导曲线轨，如图 1-28 所示。

当对称道岔的辙叉号数与单开道岔的相同时，其导曲线半径将比单开道岔的约大一倍；当对称道岔的导曲线半径与单开道岔的相同时，对称道岔比单开道岔的长度要短。

三、三开道岔

图 1-29 为对称三开道岔。这种道岔有两对尖轨（一长一短为一对），其连接部分有两根直轨，两对导曲线轨；辙叉及护轨部分有三副辙叉、四根护轨，后辙叉无法在主线内设护轨，因此主线行车速度受到限制。

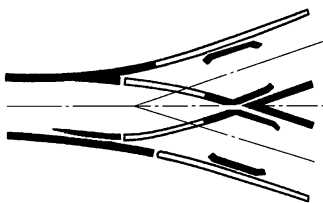


图 1-28 对称道岔

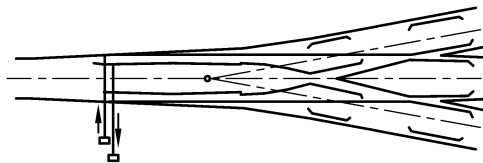


图 1-29 对称三开道岔

四、菱形交叉

当一条线路与另一条线路平面相交时，为了使机车车辆能由一条线跨越另一条线运行，所设置的连接设备称为菱形交叉。菱形交叉由两组相同角度的锐角辙叉和两组相同角度的钝

角辙叉组成，如图 1-30 所示。

锐角辙叉结构与单开道岔基本相同，钝角辙叉分为固定型和可动心轨型两种，如图 1-31 和图 1-32 所示。

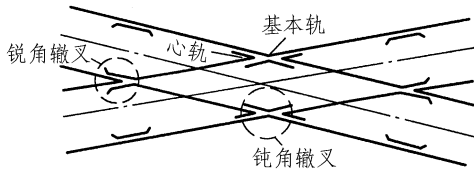


图 1-30 菱形交叉

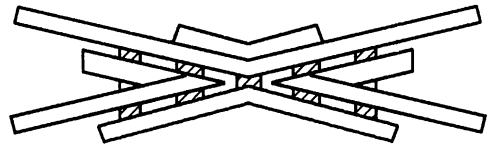


图 1-31 固定型钝角辙叉

五、交叉渡线

交叉渡线是由四组类型及号数相同的单开道岔、一副菱形交叉和连接钢轨组成，用于平行股道之间的连接，如图 1-33 所示。

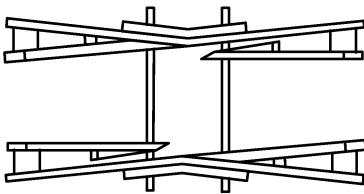


图 1-32 活动型钝角辙叉

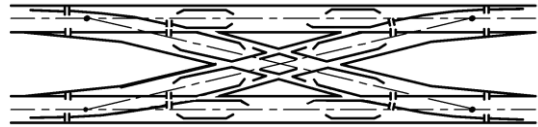


图 1-33 交叉渡线

地铁常用于终端站的站前和站后正线折返，用交叉渡线连接上、下行正线，也常在地铁区段折返站或端部折返站的双折返线上，用交叉渡线连接两股折返线（或其中一股用作列车停留线）。

六、交分道岔

在菱形交叉一侧增添两副转辙器和一对连接曲线，即构成单式交分道岔；在菱形交叉两侧各增添一对连接曲线和转辙器，则构成复式交分道岔。一组复式交分道岔相当于两组对向铺设的单开道岔，可以开通四个方向八条通路。复式交分道岔又可分为固定式和活动式两种，如图 1-34 和图 1-35 所示。

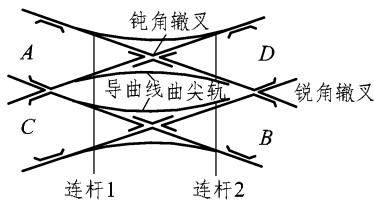


图 1-34 固定式交分道岔

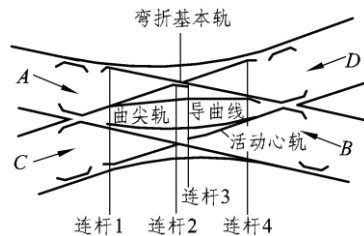


图 1-35 活动式交分道岔

七、道岔辙叉号数

辙叉号数 N 也称为道岔号数，我国规定以辙叉角 α 的余切值来表示，如图 1-36 所示。

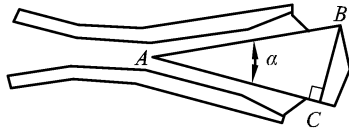


图 1-36 辙叉号数表示图

辙叉号数 N 和辙叉角的关系如下：

$$N = \frac{AC}{BC} = \cot \alpha$$

正线道岔是控制行车速度的关键设备，道岔铺设后再变更改造难度很大，道岔整体道床改造难度更大，并影响地铁正常运营，故道岔型号应满足远期运营的需要。《设规》规定：正线、辅助线和试车线应采用不小于 9 号的各类道岔，车场咽喉区应采用不大于 7 号的各类道岔，并宜采用 AT 尖轨、高锰钢辙叉和可调试护轨，以增强道岔的稳定性和减少道岔的维护工作量。地铁常用道岔号数为 12、9、7 号。

八、道岔的几何要素及中心线表示法

如图 1-37 所示， o 表示道岔中心； a 表示道岔前部实际长度（基本轨始端轨缝中心至道岔中心的水平距离）； b 表示道岔后部实际长度（道岔中心至辙叉后跟轨缝中心的距离）； L_q 表示道岔全长（道岔基本轨始端轨缝中心至辙叉后跟轨缝中心的距离）； a_0 表示道岔前部理论长度（尖轨始端至道岔中心的距离）； b_0 表示道岔后部理论长度（道岔中心至辙叉心理论尖端的距离）； q 表示尖轨前基本轨长（道岔基本轨始端轨缝中心至尖轨始端的距离）； m 表示辙叉跟长（辙叉心理论尖端至辙叉后跟轨缝中心的距离）。

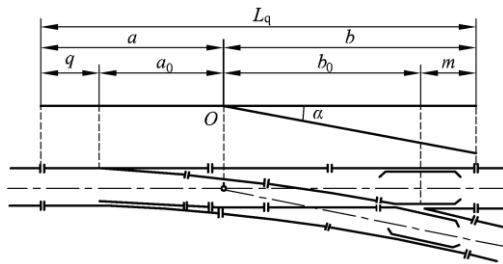


图 1-37 道岔几何要素

在已知道岔两线路中心线的交叉点和辙叉号数、道岔类型时，可按选定的比例尺用单线把道岔表示出来。

例如，画 9 号左开单开道岔时，可在主线的中心线上，先确定两线路中心线交点的位置，然后从交点沿主线线路中心线画等于辙叉号数的 9 个等分线段，并在最后一个线段末端画一等分线段，使其垂直于主线的线路中心线，将垂直线段的终点与道岔中心连接，即得支线方向，如图 1-38 所示。

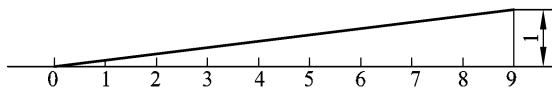


图 1-38 9 号单开道岔的中心线表示法

如画对称道岔，只需将垂直于主线线路中心线的线段平分于中心线两侧，然后把线段两端的终点与道岔中心相连接即可。图 1-39 表示的是 6 号对称道岔。

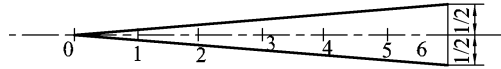


图 1-39 6 号对称道岔的中心线表示法

九、道岔限速

道岔是轨道的薄弱环节，列车通过道岔的容许速度按道岔的侧向及直向分别考虑。影响侧向过岔速度的因素很多，主要限制因素是由于导曲线半径较小，且一般不设超高和缓和曲线，列车未被平衡的离心作用大，同时机车车辆由直线进入道岔侧线时，在开始迫使车辆改变运行方向的瞬间，必然发生车轮与钢轨的撞击，从而影响乘客舒适度和道岔结构的稳定，故必须将列车侧向过岔速度限制在容许范围之内。

1. 侧向过岔速度

《铁路过岔的容许通过速度》(TB/T 2477—1993)规定，导曲线为单圆曲线时，由外轨超高控制的导曲线通过速度应满足下式：

$$v = 2.75\sqrt{R}$$

式中 v ——旅客列车通过速度，km/h；

R ——导曲线半径，m。

国内已建成、在建的部分地铁（轻轨）线路铺设道岔采用的限制过岔速度见表 1-12 所示。

表 1-12 地铁轻轨道岔限速

铺设线路	深圳地铁 广州地铁	天津 天津滨 轻轨	深圳地铁 广州地铁	上海 明珠 轻轨	南京地铁 北京地铁 八通线 天津地铁	上海 地铁	上海 轻轨	北京地铁 八通线 南京地铁 天津地铁 深圳地铁
轨型	60	60	60	60	60	60	50	50
道岔号数	12	12	9	9	9	9	7	7
导曲线 半径/m	350	350	180	180	180	200	150	150
尖轨特征	60AT 弹曲	60AT 弹曲	60AT 直尖	60AT 弹曲	60AT 直尖	60AT 弹曲	50AT 曲尖	50AT 曲尖
道岔 限速	正向	80	100	80	80	80	80	80
	侧向	50	45	30	30	30	35	25

2. 直向过岔速度

关于直向过岔速度，目前尚无简便而成熟的统一计算方法，只是根据道岔类型、道岔结构、道岔号数、道岔尖轨锁闭的可靠性综合分析确定。根据我国运营实践，结合一定的理论分析，直向过岔速度一般可限制为同等级区间线路允许速度的 80%~90%。我国《铁路线路维修规则》规定了道岔直向允许过岔速度，如表 1-13 所示。

表 1-13 直向允许通过速度

14 钢轨/ (kg/m)	尖轨类型	辙叉类型	道岔号数				
			9	12	18	30	38
43	普通钢轨尖轨	固定型	85	95			
50	普通钢轨尖轨	固定型	90	110	120		
50	AT 弹性可弯尖轨	固定型		120			
50	AT 弹性可弯尖轨	可动心轨		160			
60	普通钢轨尖轨	固定型	100	110			
60	AT 弹性可弯尖轨	固定型		120			
60	AT 弹性可弯尖轨	固定型(提速道岔)	140	160			
60	AT 弹性可弯尖轨	可动心轨		160/200	160/200	160/200	200

十、新型轨道交通道岔

1. 跨座式单轨交通道岔

跨座式单轨交通道岔区的轨道梁同时也是道岔的部件，称道岔梁。道岔主要由道岔梁、梁间回转轴、移动台车、驱动装置、锁定装置、控制系统等组成。

跨座式单轨交通的道岔从结构上可分为关节型道岔和关节可挠型道岔两大类型。

关节型道岔为几节钢制轨道梁铰接组成的折线形道岔，如图 1-40 所示。由于车辆通过折线部位时冲击力较大，故一般只用于车辆低速运行的车场线路和辅助线。

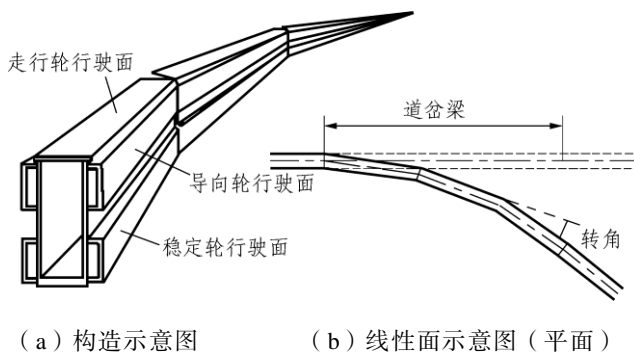
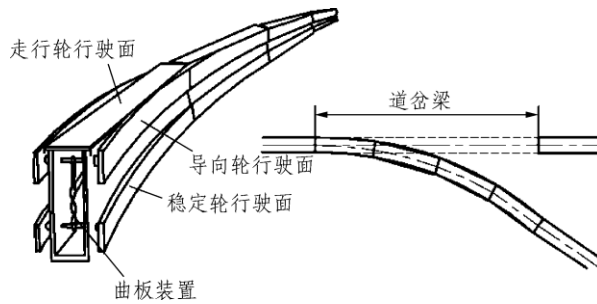


图 1-40 关节型道岔构造示意图

关节可挠型道岔由几节钢制短轨道梁、并在梁两侧的导向轮和稳定轮走行面配一套曲板装置铰接组成的曲线形道岔，如图 1-41 所示。这种道岔构造相对复杂，但车辆可在较圆滑的曲线上通过，运行平稳、舒适性好，适用于车辆载客行驶的正线。



(a) 构造示意图 (b) 线性面示意图 (平面)

图 1-41 关节可挠型道岔构造示意图

跨座式单轨交通道岔的基本形式有单开、双开、三开及五开等几种，根据需要组合成单渡线、交叉渡线等多种不同的形式，如图 1-42 ~ 图 1-45 所示。

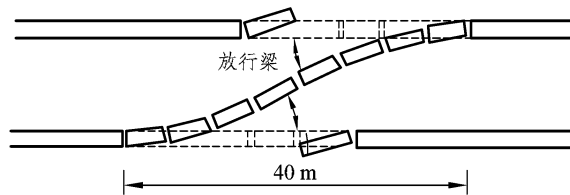
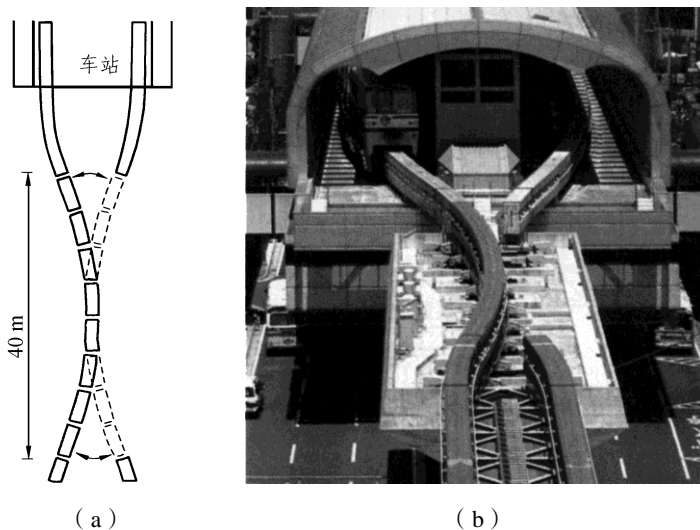


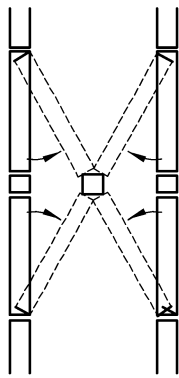
图 1-42 单渡线道岔示意图



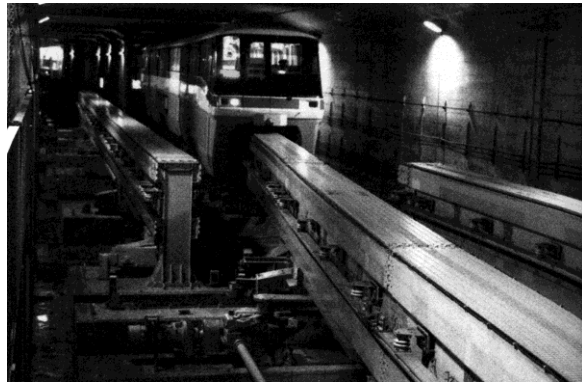
(a) (b)

图 1-43 交叉渡线示意图 (一)

用于上下行的线交通渡线处，中间两节短道岔梁为固定式，另有两组活动道岔梁，通过不同组合连接，可构成 4 条通路。道岔区长约 40 m，列车通过速度为 25 km/h。



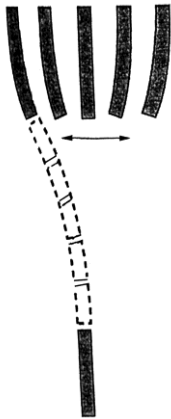
(a)



(b)

图 1-44 交叉渡线示意图 (二)

用于上下行线交叉渡线处，在上下行线及线间中部为固定梁，另有 4 组活动道岔梁，通过不同连接可构成 4 条通路。道岔区长约 72 m，列车通过速度可达 35 km/h。



(a)



(b)

图 1-45 五开道岔示意图

用于车场内行车线与多条停车线的连接，根据连接线路的多少，采用单开、双开、三开或五开形式，道岔区长度一般为 20 ~ 30 m。

2. 自动轨道交通道岔

自动轨道交通道岔主要有垂直沉浮式、平面移动式和第二导向系统几种形式，平面移动式由于水平移动的方式和构造不同又可分为几种不同的形式。

垂直沉浮式道岔的导向方法是当车辆需要转行至另一条轨道线路上时，道岔区的直线导轨沉落入地，曲线导轨由地下浮出衔接另一线路，反之直线导轨浮出地面直接岔区外导轨，曲线导轨落入地下，如图 1-46 所示。由于这种立体型道岔比水平转换的平面道岔构造相对复杂，后期建设的自动轨道交通很少采用。

水平移动道岔的导向方法是当车辆行驶至道岔区前时,拨岔机根据控制指令拨动导向板,使车辆导向轮沿拨动后的导向板直行或弯转至另一条轨道线路运行,如图 1-47 所示。

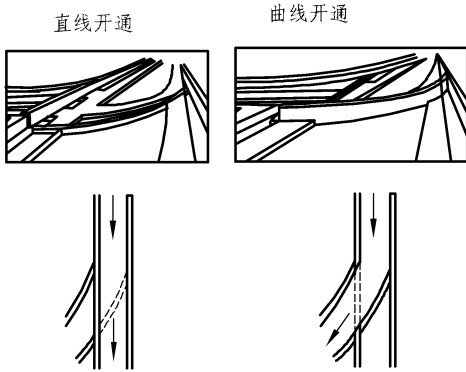


图 1-46 沉浮式道岔

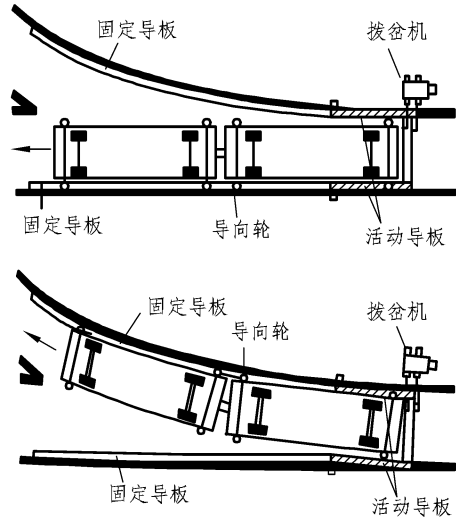


图 1-47 水平移动道岔

整体回转式道岔是拨岔时导轨与轨道一端整体原地转动,另一端整体移动接至列车要驶入的线路,如图 1-48 所示。

因为在道岔区位于轨道侧面的导轨被中断,车辆的导向将由装置在转向架中央底部的一个导向滚轮(转辙轮)完成,沿着在线路中心线位置设置的由两条平行钢轨构成的沟槽导向行驶。两钢轨头部的间距约为 5 cm,钢轨的轨面与轨道面为同一水平面。车辆转换行车线路时,由控制系统按指令水平移动可动的导向轨使车辆沿原线路直行或转至另一条线路行驶。这就是第二导向系统,如图 1-49 所示。

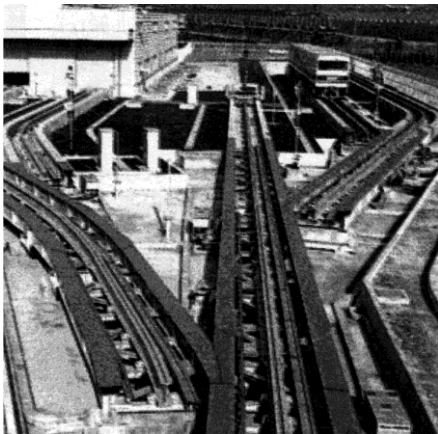


图 1-48 整体回转式道岔



图 1-49 道岔区中央导轨

3. 索轨道交通道岔

索轨道交通道岔一般采用硬轨制成特定的弯曲形式，通过分开和对接，使行驶的车辆改变运行的线路。道岔形式按其分开和对接的转换方式分为摆动、平移和旋转式等几种。道岔主要由硬轨、传动机构、导向机构、驱动装置、锁定装置、控制系统、电力系统组成。

摆动式道岔结构紧凑，传动和驱动机构比较简单，可用于站后折返线上，如图 1-50 所示。

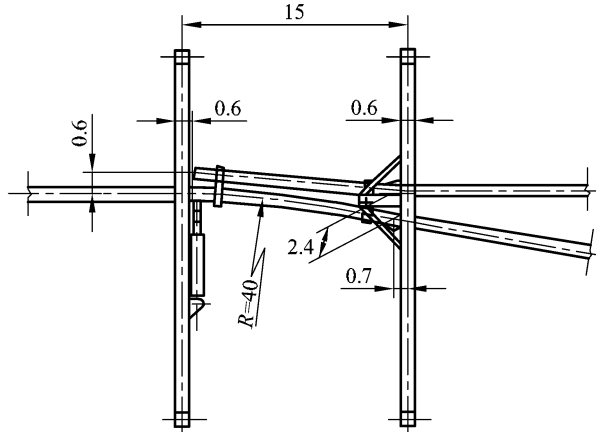


图 1-50 摆动式道岔示意图

平移式道岔采用道岔硬轨平行移动，实现运行线路转换，但占地较多，宜用于折返线和车场中，如图 1-51 所示。

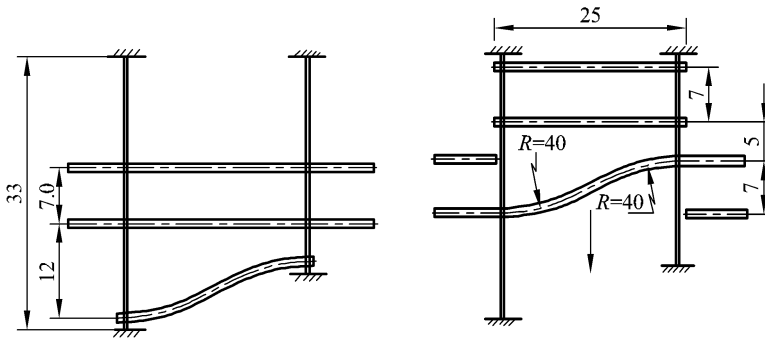


图 1-51 平移式道岔示意图

旋转式道岔比较复杂，各段道岔以同心圆旋转，实现运行线路转换，这种道岔占地较少。如图 1-52 所示。

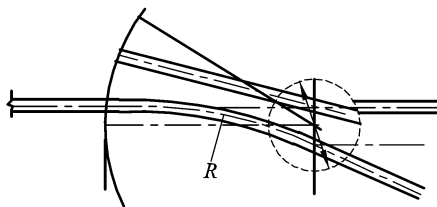


图 1-52 旋转式道岔示意图

第四节 线路的平面和纵断面

一、线路的平面

线路中心线在水平面上的投影，叫线路平面。它表明线路的曲、直变化状态。

在线路平面设计时，为缩短线路长度和改善运营条件，应尽可能设计较长的直线。但为了满足线路选线要求、适应地形变化（地面线方式）、避让障碍物（地面、地下、高架方式）等，应设置曲线。

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。

（一）圆曲线

线路在转向处所设的曲线通常为圆曲线，其半径的大小，反映了曲线弯曲度的大小。圆曲线半径越小，弯曲度越大。一般情况下，曲线半径越大，行车速度可以越高，但工程费用也越高。城市轨道交通系统应根据其运行特征及车辆性能等要素选择一个统一适合的最小曲线半径值，以便于设计与施工。

地铁最小圆曲线标准半径应符合表 1-14 的规定。

表 1-14 圆曲线最小曲线半径（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
出入线、联络线	250	150	200	150
车场线	150	—	150	—

车站站台宜设在直线上，当设在曲线上时，其站台有效长度范围的线路曲线最小半径应符合表 1-15 的规定。

表 1-15 车站曲线最小半径（m）

车 型		A 型车	B 型车
曲线半径	无站台门	800	600
	设站台门	1 500	1 000

折返线、停车线等宜设在直线上，困难情况下，除道岔区外，可设在曲线上，并可不设缓和曲线，超高应为 0~15 mm，但在车挡前宜保持不少于 20 m 的直线段。

圆曲线的最小长度在正线、联络线及车辆基地出入线上，A 型车不宜小于 25 m，B 型车不宜小于 20 m；困难情况下不得小于一节车辆的全轴距，车场线不应小于 3 m。

轻轨尚无专用设计规范，其他类型的城市轨道交通相似工程的设计可参照《设规》执行。

（二）曲线外轨超高 h

由于任何物体在做圆周运动时都会受到离心作用的影响，这种影响会使列车在通过曲线时产生强烈的摇摆和晃动，使乘客感觉不适，并产生外轨偏载，磨损加剧。通常以设置

外轨超高的办法，使列车自身的重力产生一个向心的水平分力，以抵消惯性离心作用的影响，达到内外两根钢轨受力均匀和垂直磨耗均匀，以满足旅客的舒适感，提高线路的稳定性和安全性。

曲线外轨超高值按下式计算：

$$h = \frac{11.8v^2}{R} \quad (\text{mm})$$

式中 v ——列车经过曲线时的平均运行速度，km/h；

R ——曲线半径，m。

铁路曲线外轨超高通常按 5 mm 的整数倍取值设置。

1. 超高限值

根据地铁行车速度、车辆性能、轨道结构稳定性和乘客舒适度要求等，《设规》规定曲线外轨的最大超高为 120 mm，当设置的超高值不足时，一般可允许有不大于 61 mm 的欠超高，困难时不应大于 75 mm；车站站台有效长度范围内的欠超高不应大于 15 mm。

2. 设置方法

(1) 隧道内。

隧道内及隧道外 U 形槽结构内的整体道床地段的曲线超高，宜采用外轨抬高超高值的一半、内轨降低超高值一半的办法设置，这样可不增加隧道净空，节省结构的投资。

(2) 高架线、地面线。

高架线、地面线的曲线外轨超高，宜采取外轨抬高超高值的办法设置，以避免为保证内轨轨枕下最小道床厚度而增加轨道结构高度，从而增大桥梁荷载、影响桥梁结构。对于地面线碎石道床，这种设置方法有利于保持轨道几何尺寸，便于维修。

(3) 超高顺坡。

曲线外轨超高值应在缓和曲线地段内递减，无缓和曲线时，应在直线段递减。超高递减顺坡率不宜大于 2‰，困难地段不应大于 3‰。

(三) 缓和曲线

缓和曲线的特征为：从缓和曲线所衔接的直线一端起，它的曲率半径由无穷大逐渐减小到它所衔接的圆曲线半径。

由于离心作用的影响与车辆运行速度平方成正比，与曲线半径成反比，当列车由直线（圆曲线）向圆曲线（直线）运行时，由于缓和曲线曲率半径是逐渐减小（增加）的，因此，离心作用的影响也是逐渐产生和消失的，这样可避免造成列车强烈的横向摇摆。

缓和曲线的另一个作用是满足曲线地段轨距加宽和外轨超高过渡的需要，因此，缓和曲线应具有足够的长度，地铁缓和曲线长度应根据曲线半径、列车通过速度，以及曲线外轨超高设置等因素，按表 1-16 的规定选用。

地铁、轻轨的缓和曲线线型采用我国铁路常用的三次抛物线型，以便于测量、养护维修和缩短曲线长度。

表 1-16 缓和曲线长度

R	v	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
3 000	L	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—
	h	40	35	30	30	25	20	20	15	15	10	10	10	5	5
2 500	L	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—
	h	50	45	40	35	30	25	25	20	15	15	10	10	10	5
2 000	L	45	40	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—	—
	h	60	55	50	45	40	35	30	25	20	20	15	10	10	5
1 500	L	55	50	45	35	30	25	20	20	20	20	20	—	—	—
	h	80	70	65	60	50	45	40	35	30	25	20	15	15	10
1 200	L	70	60	50	40	40	30	25	20	20	20	20	20	—	—
	h	100	90	80	70	65	55	50	40	35	30	25	20	15	10
1 000	L	85	70	60	50	45	35	30	25	20	20	20	20	20	—
	h	120	105	95	85	75	65	60	50	45	35	30	25	20	15
800	L	85	80	75	65	55	45	35	30	25	20	20	20	20	20
	h	120	120	120	105	95	85	70	60	55	45	35	30	25	20
700	L	85	80	75	75	65	50	45	35	25	20	20	20	20	20
	h	120	120	120	120	110	95	85	70	60	50	40	35	25	20
600	L	80	75	75	70	60	50	40	30	25	20	20	20	20	20
	h	—	120	120	120	120	110	95	85	70	60	50	40	30	25
550	L	—	—	750	75	70	65	55	40	35	25	20	20	20	20
	h	—	—	120	120	120	120	105	90	75	65	55	45	35	25
500	L	—	—	—	75	70	65	60	45	35	30	25	20	20	20
	h	—	—	—	120	120	120	115	100	85	70	60	50	40	30
450	L	—	—	—	—	70	65	60	50	40	30	25	20	20	20
	h	—	—	—	—	120	120	120	110	95	80	65	55	40	30
400	L	—	—	—	—	—	65	60	55	45	35	30	20	20	20
	h	—	—	—	—	—	120	120	120	105	90	75	60	50	35
350	L	—	—	—	—	—	—	60	55	50	40	30	25	20	20
	h	—	—	—	—	—	—	120	120	120	100	85	70	55	40
300	L	—	—	—	—	—	—	—	55	50	50	35	30	25	20
	h	—	—	—	—	—	—	—	120	120	120	100	80	65	50
250	L	—	—	—	—	—	—	—	—	50	50	45	35	25	20
	h	—	—	—	—	—	—	—	—	120	120	120	95	75	60
200	L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	45	40	35	25
	h	—	—	—	—	—	—	—	—	—	120	120	120	95	70

注：表中 R ——曲线半径 (m)； v ——设计速度 (km/h)； L ——缓和曲线长度 (m)； h ——外轨超高。

(四) 圆曲线间的夹直线

两相邻曲线转向相同，称为同向曲线；转向相反则称为反向曲线。

线路上两条相邻的曲线不应该直接相连，而应在两条相邻的曲线间设置一定长度的直线，以保证列车运行的平稳。这条直线称为夹直线。

车辆运行在同向曲线上，因相邻曲线半径不同，超高高度不同，车体向内的倾斜度也不同；车辆运行在反向曲线上，因相邻曲线超高方向不同，车体时而向左倾斜，时而向右倾斜。这两种情况都会造成车体摇晃震动，夹直线长度越短，摇晃震动越剧烈。

《设规》规定：两曲线间的夹直线的长度（不含超高顺坡及轨距递减段的长度），A型车不宜小于25m，B型车不宜小于20m，在困难情况下不得小于一个车辆的全轴距；车场上的夹直线长度不得小于3m。

地铁各类车型主要技术规格见表1-17。

地铁线路还不宜采用复曲线，有充分技术经济依据时在困难地段方可采用。当两圆曲线的曲率差大于 $1/2500$ 时，则应设置中间缓和曲线，其长度根据计算确定，在困难条件下不得小于20m。

表 1-17 地铁各类车型主要技术规格

序号	项目名称		A型车	B型车	C型车		
			四轴车	四轴车	四轴车	六轴车	八轴车
1	车辆基本长度/m		22	19	18.9	22.3	29.5
2	车辆基本宽度/m		3	2.8	2.6		
3	车辆高度/m	受流器车/m（加空调/无空调）	3.8/3.6	3.8/3.6	3.7/3.25		
		受电弓车/m（落弓高度）	3.8	3.8	3.7		
		受电弓工作高度/m	3.9~5.6				
4	车内净高/m		2.10~2.15				
5	地板面高/m		1.1		0.95		
6	车辆定距/m		15.7	12.6	11	7.2	
7	固定轴距/m		2.2~2.5	2.1~2.2	1.8~1.9		
8	车轮直径/mm		φ840		φ760		
9	车门数（每侧）（个）		5	4	4	4	5
10	车门宽度/m		≥1.3				
11	车门高度/m		≥1.8				
12	定员人数/人	单司机室车	295	230	200	240	315
		无司机室车	310	245	210	250	325
13	车辆轴重/t		≤16	≤14	≤11		
14	站立人员标准	定员/(人/m ²)	6				
		超员/(人/m ²)	9				
15	最高运行速度/(km/h)		≥80		≥70		
16	起动平均加速度/(m/s ²)		≥0.9		≥0.85		
17	常用制动减速度/(m/s ²)		1.0		1.1		
18	紧急制动减速度/(m/s ²)		1.2		1.3		
19	噪声/[dB(A)]	司机室内	≤80		≤70		
		客室外	≤83		≤75		
		车外	80~85（站台）		≤82		

(五) 曲线附加阻力

当列车通过曲线时，由于离心作用的影响，外侧车轮轮缘紧压外轨，使其磨耗增大；又由于曲线外轨比内轨长，外轮在外轨上产生滑行等原因，运行在曲线上的列车所受到的阻力比其在直线上所受到的阻力大，两者之差即为曲线附加阻力。

曲线附加阻力与列车重量之比，称为单位曲线附加阻力，用 $w_{\text{曲}}$ 表示。 $w_{\text{曲}}$ 的大小通常采用试验公式来计算：

① 当列车全列均受到曲线附加阻力影响时：

$$w_{\text{曲}} = 600/R \quad (\text{N/kN})$$

② 当列车只有一部分受到曲线附加阻力影响时：

$$w_{\text{曲}} = \frac{600}{R} \times \frac{l_{\text{曲}}}{L_{\text{列}}} \quad (\text{N/kN})$$

式中 R ——曲线半径，m；

$l_{\text{曲}}$ ——列车受到曲线附加阻力影响的长度，m；

$L_{\text{列}}$ ——列车全长，m。

当列车同时运行在几个曲线上时的 $w_{\text{曲}}$ ，可分别按列车只有一部分受到曲线附加阻力影响时的计算方法计算列车在各条曲线上所受到的曲线附加阻力，然后加总即可。

列车所受到的曲线总阻力 $W_{\text{曲}}$ 可按下式计算：

$$W_{\text{曲}} = 10 w_{\text{曲}} Q_{\text{列}} \quad (\text{N})$$

式中 $Q_{\text{列}}$ ——经过曲线的列车的总重，kN。

综上所述，曲线附加阻力与曲线半径成反比，即曲线半径越大，曲线附加阻力越小，对运行越有利；而曲线半径越小，曲线附加阻力则越大，给运营工作带来的不利影响越大。下面列举的是曲线附加阻力与运营工作的关系：

1. 限制列车运行速度

因为离心作用的影响与曲线半径成反比，而与列车运行速度的平方成正比。曲线半径越小、列车运行速度越大，则离心作用的影响越大，若速度大到一定程度，列车就有可能在离心作用的影响下，向曲线外侧翻倒造成事故。曲线半径越小对列车通过曲线的速度影响就越大。

2. 增加轮轨之间的磨耗

由于曲线半径越小，离心作用的影响越大，外轮对外轨的挤压越严重，磨耗也越严重。

3. 增加轨道设备

为防止列车外轮对外轨的挤压而引起轨距扩大，以及防止钢轨带动轨枕在道床上横向移动，在有砟轨道上，对小半径曲线地段的轨道一般应增加轨枕数量，加设轨距杆和轨撑。

4. 增加轨道养护维修费用

小半径曲线地段的轨距、水平、方向都很容易发生变化，其养护维修工作量也会更大，因此养护维修费用也会增加。

在轨道交通运量大、密度高的情况下，上述缺点将会更加突出。但是另一方面，曲线半径越小，线路适应地形和避让障碍物的能力也会越强。

地铁线路往往受城市道路和建筑物的控制，只能设置较小半径的曲线，但是小半径曲线仍应尽可能少用，并应有一定的限制。

二、线路的纵断面

线路中心线在垂直平面上的投影称为线路纵断面（单轨铁路以轨道梁中心线为准），它表明线路的坡度变化。

线路的纵断面由平道、坡道及设在变坡点处的竖曲线组成。

（一）坡道

坡道的特征用坡段长度和坡度值来表示。

① 坡段长度为该坡段前后两个变坡点之间的水平距离 L_i (m)。坡段长度不宜小于远期列车长度，使一列车范围内只有一个变坡点，避免变坡点附加力的叠加影响和附加力的频繁变化，以保证列车行车的平稳。同时应满足两相邻竖曲线间的夹直线长度不宜小于 50 m 的要求，使竖曲线不互相重叠，并相隔一定距离，以利于线路维修养护和保持行车的平顺性。

② 坡度值 i 为该坡段两端变坡点间的高差 H_i 除以坡段长度 L_i ，以千分数表示，即：

$$i = \frac{H_i}{L_i} \times 1000\%$$

坡度值上坡时取正，下坡时取负。

（二）竖曲线

在线路纵断面上，若各坡段直接连接成折线，列车通过变坡点时，产生的车辆振动和局部竖向加速度增大，乘客舒适度降低。同时车辆处在最不利位置时，可能导致车轮脱轨或相邻车辆脱钩，影响行车安全。因此必须在变坡点处用竖曲线把折线断面平顺地连接起来，以保证行车安全、平顺和乘客乘坐的舒适度。

1. 竖曲线设置规定

（1）当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。

（2）车站站台计算长度内和道岔范围内不得设置竖曲线，竖曲线离开道岔端部的距离不应小于 5 m。

（3）碎石道床线路竖曲线不得与平面缓和曲线重叠；不设平面缓和曲线时，竖曲线不得与超高顺坡重叠，否则立面轨顶超高顺坡与平面缓和曲线曲率渐变将形成复杂的空间曲线，施工中很难做成设计形状，运营中碎石道床也难以保持。

2. 竖曲线半径

竖曲线半径大小与速度有关，速度愈高，要求半径愈大。根据地铁实际行车速度，《设规》规定地铁竖曲线半径应符合表 1-18 的规定。

表 1-18 竖曲线半径

线 别		一般情况/m	困难情况/m
正 线	区 间	5 000	2 500
	车站端部	3 000	2 000
联络线、出入线、车场线		2 000	

（三）坡道附加阻力

当列车在上坡道上运行时，所受到的阻力比在平道上运行时所受到的阻力大，两者之差即为坡道附加阻力。

坡道的坡度值越大，坡道附加阻力也越大。城市轨道交通线路的坡度在满足排水及标高控制要求的前提下应尽可能平缓，其坡度的取值规定如下：

（1）正线最大坡度不宜大于 30‰，困难地段可采用 35‰，联络线、出入线的最大坡度不宜大于 40‰（均不考虑各种坡度折减值）。

（2）车站坡度。

地下车站站台计算长度段线路坡度宜采用 2‰，以防止车辆溜动，也便于站内线路排水；困难条件下不大于 3‰。

地面和高架桥上的车站宜设在平道上，以利于列车在车站停车平稳；困难地段不大于 3‰，便于停车和启动。

车站站台计算长度段线路应设在一个坡道上，以简化设计、施工，也便于排水处理；有条件时车站宜设置在纵断面的凸形部位上，并设置合理的进、出站坡度，即进站上坡，出站下坡，这有利于节省列车制动和启动时的能耗。

车场线宜设在平道上，困难时库外线不大于 1.5‰，以防止溜车。

（3）道岔宜设在不大于 5‰的坡道上，困难地段不大于 10‰。

（4）折返线和停车线宜布置在面向车挡的下坡道上，隧道内的坡度宜为 2‰，地面和高架线上的折返线、停车线，其坡度不宜大于 1.5‰，以防止溜车，确保停车安全，同时又保证必要的最小排水坡度。

第五节 站 场

一、车站的分类

城市轨道交通车站按其所处位置、埋深、运营性质、结构横断面形式、站台形式和换乘方式的不同可进行不同分类。

（一）按车站与地面的相对位置分类

按车站与地面的相对位置分类可分为地面车站、高架车站和地下车站。

（二）按车站埋深分类

按车站埋深分类可分为浅埋车站（轨顶至地表距离小于 15 m）、中埋车站（轨顶至地表距离为 15~25 m）和深埋车站（轨顶至地表距离大于 25 m）。

（三）按车站的运营性质分类

1. 中间站（即一般站）

仅供列车停靠和乘客上、下车之用，功能单一，是城市轨道交通路网中数量最多的车站。

2. 区域站（即折返站）

设在两种不同行车密度交界处的车站，设有折返线和折返设备，区域站兼有中间站的功能。

3. 换乘站

位于两条及两条以上城市轨道交通线路交叉点上的车站。它除了具有中间站的功能外，更主要的是它还可以从一条线路上的车站通过换乘设施转换到另一条线路上。

4. 枢纽站

位于城市轨道交通线路分岔的地方，可以接发两条线路上的列车。

5. 联运站

指车站内设有两种不同性质的列车线路进行联运及客流换乘，联运站具有中间站和换乘站的双重功能。

6. 终点站

设在线路两端的车站，就列车上、下行而言，终点站也是起点站（或称始发站），设有可供列车全部折返的折返线及设备，也可供列车临时停留检修。当线路远期延长后，则此终点站即变为中间站。

各种车站分类如图 1-53 所示。

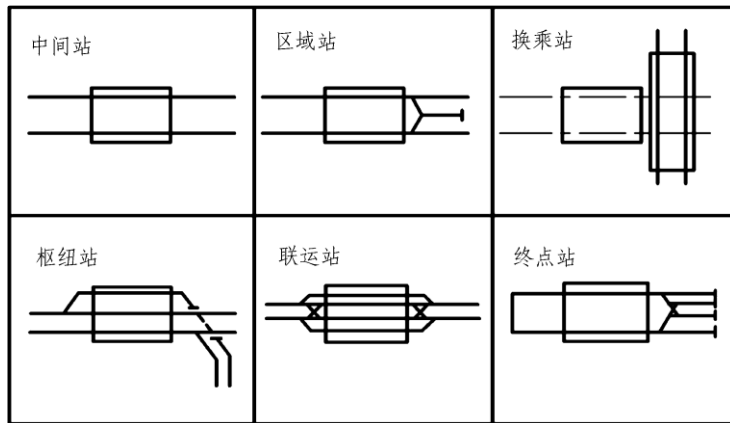


图 1-53 车站分类示意图

（四）按地下车站结构横断面形式分类

分为矩形断面、拱形断面、圆形断面车站。

（五）按车站站台形式分类

1. 岛式车站

站台位于上、下行行车线路中间，这种站台布置形式称为岛式站台，具有岛式站台的车站称为岛式站台车站（简称岛式车站）。岛式车站是常用的一种车站形式，具有站台面积利用率高、能调剂客流、乘客中途改变乘车方向方便、车站管理集中、站台空间宽阔等优点，因此，一般用于客流量较大的车站。

2. 侧式车站

站台位于上、下行行车线路的两侧，这种站台布置形式称为侧式站台，具有侧式站台的车站称为侧式站台车站（简称侧式车站）。侧式车站站台上、下行乘客可避免相互干扰，正线和站线间不设喇叭口，造价低，改建容易，但是，站台面积利用率低，不可调剂客流，中途改变方向须经过地道或天桥，车站管理分散，站台空间不及岛式宽阔。因此，侧式站台多用

于两个方向客流量较均匀（或流量不大）的车站及高架车站。

3. 岛、侧混合式车站

将岛式站台及侧式站台同设在一个车站内，具有这种站台形式的车站称为岛、侧混合式站台车站（简称岛、侧混合式车站）。岛、侧混合式车站主要用于两侧站台换乘或列车折返。岛、侧混合式站台可布置成一岛一侧式或一岛两侧式。

车站站台形式如图 1-54 所示。

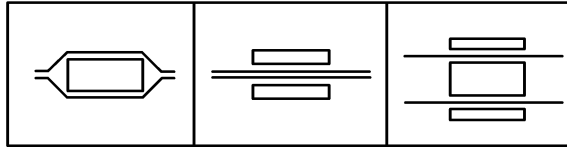


图 1-54 车站站台形式分类示意图

（六）按乘客换乘方式分类

1. 站台直接换乘

乘客在站台通过楼梯、自动扶梯等换乘到另一车站的站台。这种换乘方式线路短，换乘高度小，换乘时间短，换乘方便。

2. 站厅换乘

乘客由某车站站台经楼梯、自动扶梯到达另一车站站厅付费区，再经楼梯、自动扶梯到达站台。这种换乘方式线路较长，换乘高度较大，换乘时间较长。

3. 通道换乘

两个车站不直接相交，相互之间可采用单独设置的换乘通道进行换乘。这种换乘方式线路较长，又费时，对老弱孕残幼多有不便，且通道长，投资大。

二、车站线路的分类及设置

城市轨道交通线路按其在运营中的作用，可分为正线、辅助线和车场线。

（一）正 线

贯穿所有车站，区间供列车日常运行的线路，称为正线。城市轨道交通系统的正线均采用上下行分行，一般实行右侧行车制。

（二）辅助线

辅助线包括折返线、联络线、车辆段出入线、安全线、停车线、试车线等。

1. 折返线

地铁线路起、终点站为机车车辆能折返运行（称大交路）必须设置折返线。当线路较长或因客流分布和行车组织需要，采取分区段运行（称小交路）时，在折返站也需设置折返线或渡线，其折返能力应与该区段的通过能力相匹配。

折返线布置方式一般分站前、站后折返两种：站前折返对正线行车有干扰并影响折返能力；站后折返不影响正线行车，折返能力大，设计时常采用。

折返线的有效长度按《设规》规定宜为远期列车长度加 40 m（不包括车挡长度）。

常用折返线的布置形式有：

(1) 尽头式折返线，又可分为单线折返和双线折返等不同的布置方法。

① 单线折返，如图 1-55 所示。

单线折返能力和灵活性稍差，折返与存车不能兼顾，一般多单独用作存车线。

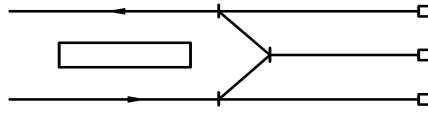


图 1-55 单线折返

② 双线折返，如图 1-56 所示。

设于列车的区段折返站上或端部折返站上，折返能力可大于 30 对/时，当折返列车对数少时，可以留出一条线作为存车线。在端部正线继续延伸后，仍可作为折返线或存车线，没有废弃工程，是最常用的一种折返线形式。

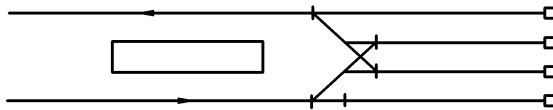


图 1-56 双线折返

在站前加设渡线，可以增加另一方向列车折返的灵活性，在终点站可增加列车的存放位置。

利用尽头式折返的办法，使端点站既可有效组织折返(如双折返线可明显降低折返时间)，又可备有停车线供故障停车、检修、夜间停车等作业使用。对于线路延伸也十分方便，比较适合于地下结构的端点站以及线路较长或有延伸可能、土地不宜多占用的情况。

(2) 渡线折返，如图 1-57 所示。

图中 (a)、(b) 分别为站前和站后渡线折返，作为正常列车运行的折返，只适用于终端站上。若采用站后折返，车站可用侧式站台，渡线短，节省折返时间；若采用站前折返，车站一般采用岛式站台，方便乘客乘车。

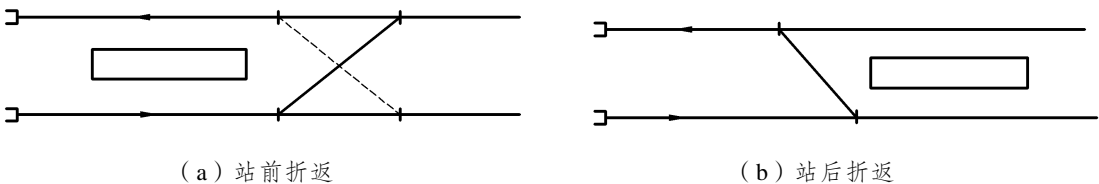


图 1-57

采用渡线做折返线，需要修建的线路量少，节省建设资金，然而列车进出车站与折返作业有严重的干扰。尤其是在区间站利用渡线进行区间列车折返，需占用正线进行作业，故对运营管理要求十分严格。且列车运行间隔时间受其制约需放大，导致线路通行能力下降，安全可靠存在隐患。另外，正线延伸后，其正常运营列车难以折返，需另设折返线车站。所以，在列车运行速度较高、运行间隔时间较短(即发车频率较高)、运量较大的线

路上不宜采用。

(3) 侧线折返, 如图 1-58 所示。

侧线折返线是一种比较简便经济的区段列车折返线形式, 主要用在高架线上。需要折返的列车利用正线折返, 后续前进列车在高峰时间内, 可以通过侧线越行; 在平峰时间内, 后续列车仍可沿正线运行。

(4) 综合折返, 如图 1-59 所示。

综合折返线是集折返、乘客上下车、列车越行、列车出入车场以及列车转线联络等功能中的两项或多项的折返线形式。图中折返线集列车折返(双向)、乘客上下车、列车越行三项功能于一体, 使用灵活、功能多, 但车站规模大、效率较低。

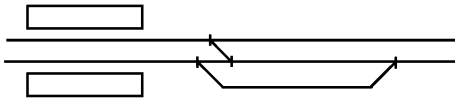


图 1-58 侧线折返

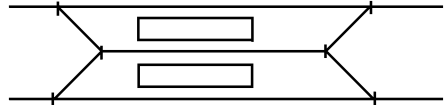


图 1-59 综合折返

(5) 环线(俗称灯泡线)折返, 如图 1-60 所示。

环形折返线是将端点折返作业转化为沿一个环形单线区段运行的作业, 实质上取消了折返过程, 变为区间运行, 有利于列车运行速度发挥, 消除了因折返作业而对通过能力的影响, 环形折返线的折返能力可与正线匹配, 是一种对提高运营效率有利的折返方法。

环线折返的问题在于环线占地面积较大, 折返距离长, 增加了运用列车数量, 尤其是在地下修建难度更大, 投资较高; 环线折返丧失了一端停车维护保养检查的机动线路, 对车辆技术状态和运行组织要求更高, 线路机动性下降, 线路延伸的可能性甚微, 一般只适用于线路较短、线路延伸可能较小且该端点站又往往在地面的情况。

2. 联络线

联络线是轨道交通线路之间为调动列车等作业而设置的连接线路, 如图 1-71 所示。

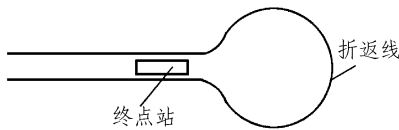


图 1-60 环形折返

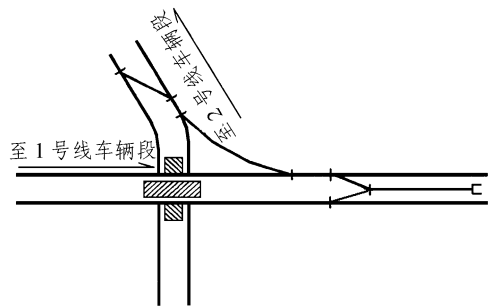


图 1-61 联络线示意图

联络线因所连接的轨道交通线往往不在一个平面上, 因此, 有较大的坡道和较小的曲线半径, 列车运行速度不可能很高。如果在地下建设, 施工难度较大, 投资也随之加大。

另外, 地铁在建设和运营期间需要运进车辆、建设器材及大型设备, 因其重量、体积或长度很大, 由道路运输困难很多, 甚至会受到运输线路上桥梁载重或净空的限制。因此考虑地铁车辆、大型设备运输的实际需要, 有条件时地铁通过地面车辆段设置联络线与地面铁路

衔接，提供便捷、经济的直接运输途径。地面联络线一般采用单线，设置地点按路网规划研究统一安排。设置位置即设在两交叉线的哪一象限，应根据工程简单、施工干扰小、拆迁量少等原则选择。地面联络线的使用频率很低，在正常情况下，一般每月仅使用 1~2 次。

3. 停车线

列车在运行过程中难免会出现这样那样的故障，当故障对高密度、高速度的列车运行产生影响，或对乘客的安全和舒适度不利时，故障列车就要被安排下线就近进入停车线，或送回临近维修基地进行检查和修理。在这个过程中，故障列车的运行速度是受到严格控制的，这种情况一旦发生就会打乱全线列车的运行秩序，使系统运行产生混乱。因此应尽量减少故障列车进入停车线的时间，即减小故障列车对地铁运行产生的影响。《设规》规定：每隔 3~5 个车站约间隔距离 5 km 左右，设置一处故障列车停车线，个别区段加设停车线困难时，可加设渡线。

停车线布置形式如图 1-62 所示。

渡线设置形式如图 1-63 所示，区间一般设单渡线；终端站一般在站后设八字形双渡线，当站后地段紧张时，亦可将这两条渡线设置成交叉渡线，如图中虚线所示。

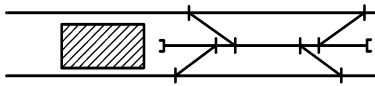


图 1-62 停车线布置形式

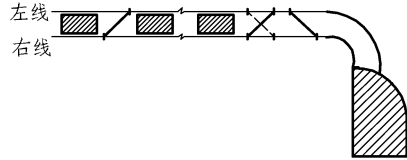


图 1-63 渡线布置形式

在车辆段内拥有众多的专用停车线，提供夜间停止运营后的列车停放。需要进行检修作业的停车线设有地沟。

4. 出入线

车辆段和停车场应设置双线或单线出入线，尽端式车辆段出入线宜采用双线，贯通式车辆段可在车辆段两端各设一条单线，停车场规模较小时，出入线可采用单线。

车辆段出入线的布置形式按满足通过能力、节省工程费用的原则选择，图 1-64 是出入线的三种典型布置形式。

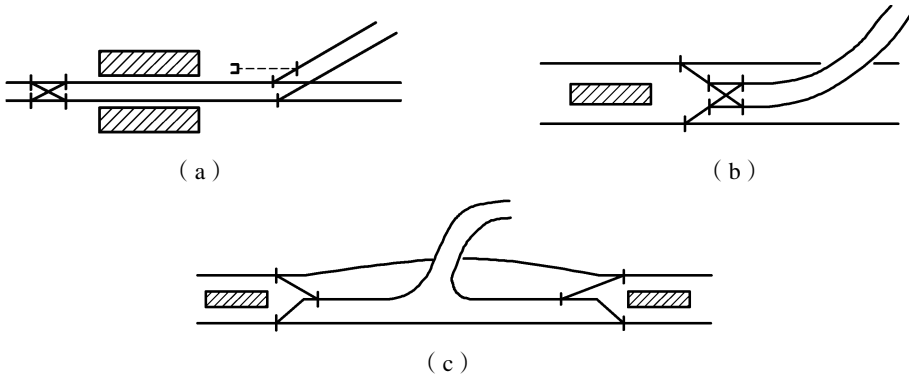


图 1-64 车辆段出入线布置形式

(a) 中的出入线与正线平面交叉, 连接简单, 渡线短, 造价低。它的主要缺点是平面有敌对进路, 车辆段向正线取送列车的能力低, 因此采用时要验算通过能力。

(b)、(c) 中的出入线与正线为立体交叉, 出入段列车与正线运营列车无敌对进路, 取送列车能力大, 使用灵活。通常将出入线与折返线合并设置, 则使用更为方便, 但工程较复杂, 造价较高。(b) 中出入线从一车站端的折返线上引出, 适用于尽端式车辆段, (c) 中出入线从两车站端分别引出, 既适用于贯通式也适用于尽端式车辆段。

5. 安全线

在车辆段出入线、折返线、停车线和岔线(支线)上, 当遇到下列情况时, 宜设置安全线或其他隔开设备。

(1) 当出入线上的列车进入正线前需要一度停车, 且停车信号机至警冲标之间小于列车制动距离时, 宜设安全线, 如图 1-65 所示。

警冲标是防止停留在一条线上的机车车辆与邻线的机车车辆发生侧面冲撞而设在两条线路交叉处适当位置的一种信号标志, 机车车辆必须停在警冲标内方。

(2) 当折返线末端与正线接通时, 宜设置道岔隔开设备, 如图 1-66 所示。

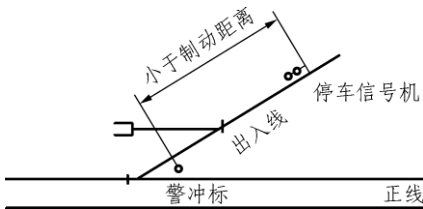


图 1-65 出入线接正线形式

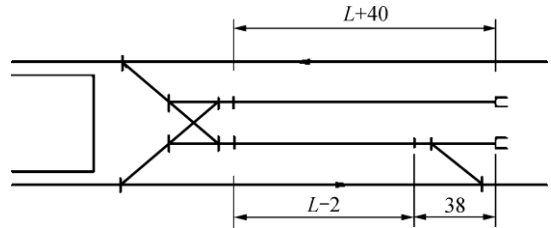


图 1-66 折返线末端接正线形式

(3) 当岔线(支线)在站内接轨, 岔线与正线间为岛式站台, 且站台端至警冲标间的距离大于或等于 60 m 时, 可不设列车运行隔开设备, 如图 1-67 所示; 若为侧式站台, 宜设道岔隔开设备, 如图 1-68 所示。

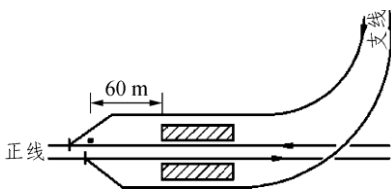


图 1-67 岛式车站岔线接轨形式

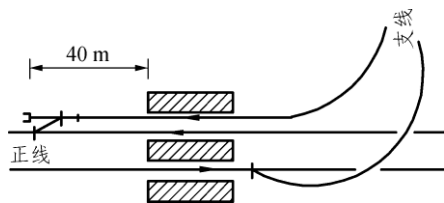


图 1-68 侧式车站岔线接轨形式

安全线的长度一般不小于 40 m。

(三) 车场线

当一条线路长度超过 20 km 时, 在适当位置应增设停车场, 车场线为场区作业线路。

三、车辆段

车辆段的设置应根据城市轨道交通线网规划统一考虑, 按具体情况可以一条线建一座或者几条线路合建一座车辆段。

按车辆段与车站的联系线路布置方式可分为尽端式车辆段和通过式车辆段两种，如图 1-69 所示。

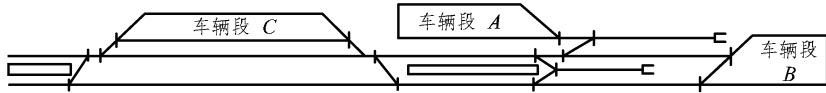


图 1-69 车辆段布置形式

图中 A 和 B 为尽端式车辆段，C 为通过式车辆段。

车辆段由停车库、检修库、运用管理部门和管理与服务部门组成。

1. 停车库

停车库一般设在地面或建在高架结构上，主要用于夜间收车后停车作业以及停放备用车辆，可以对车辆进行简单的维护保养作业。

停车库内主要设置以下线路：

(1) 检车线：停车库出入门布置的临时停车线，有效长为列车长度 + 8 m，配有调车信号机，可以做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，便于简单维护保养和降低车辆的自然破损，应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，主要设有洗车设备、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。

洗车线与列检线构成检车区，完成清洗、日常保养检修作业。

2. 检修库

检修库专门用于车辆检修作业，配有检修设备。检修库内主要设置以下线路：

(1) 车体整修线：完成分解车体、喷丸除锈、结构整修、车体组装等作业的线路。

(2) 试车线：完成定修、架修、大修等修程的车辆进行试车检测的线路。为达到必要的运行速度，试车线需有一定的长度和平纵断面特点。

(3) 镟轮线：当轮对磨耗不对称时（圆度、斜面不等），进行镟轮作业的线路。

(4) 检修线：设在各检修库内的线路。

(5) 其他线路：调车用的牵出线、与地面铁路的联络线、内燃机车线、材料线等。

四、限 界

限界是指列车沿固定的轨道安全运行所需要的空间尺寸。为保证列车运行安全，各种建筑物及设备均不得侵入限界范围。城市轨道交通工程地下隧道的断面尺寸及高架桥梁的宽度都是根据限界确定的。限界越大，安全度越高，但工程量及工程投资也随之增加。因此，合理限界的确定既要考虑保证列车运行安全，又要考虑系统建设成本。

限界一般是按平直线路的条件进行制定的。对曲线和道岔区的限界，一般应在直线地段限界的基础上根据车辆的有关尺寸以及曲线半径、超高、道岔类型，再分别考虑适当的加宽和加高。

(一) 限界的种类

根据城市轨道交通系统的构成和设备运营要求，限界分为车辆限界、设备限界、建筑限界和接触轨或接触网限界。受电弓限界或受流器限界是车辆限界的组成部分，接触轨限界属于设备限界的辅助限界，它们是根据车辆外轮廓尺寸及技术参数、轨道特性、各种误差及变形，并考虑列车在运动中的状态等因素，经过科学的分析计算后确定的。

1. 车辆限界

车辆限界是车辆在正常运行状态下形成的横截面的最大尺寸轮廓线。直线地段车辆限界分为隧道内车辆限界和高架或地面线车辆限界，高架或地面线车辆限界应在隧道内车辆限界的基础上，另外加上当地最大风荷载引起的横向和竖向偏移量。

2. 设备限界

设备限界是为保证城市轨道交通系统的列车等移动设备在运营过程中的安全，而为线路周围所有固定设备以及土木工程的部分规定的不得侵入的最小尺寸轮廓线。一般说来，设备限界要在车辆限界的基础上，考虑轨道出现不良状态而引起的车辆偏移和倾斜。此外，还要考虑适当的安全预留量。

3. 接触轨与架空接触网限界

接触轨与架空接触网限界应根据受流器的偏移、倾斜和磨损、接触轨安装误差、轨道偏差、电间隙等因素确定。

4. 建筑限界

建筑限界是指在设备限界的基础上，再考虑其施工误差、测量误差、结构变形等因素，为满足固定设备和管线安装的需要而必需的限界。换言之，建筑限界以内、设备限界以外的空间主要是各类误差、设备变形和其他管线所需要的空间。

建筑限界分为隧道建筑限界、高架线及地面线建筑限界等。

(二) 区间直线地段的限界

1. 地面线建筑限界

图 1-70 为区间地面直线地段建筑限界。

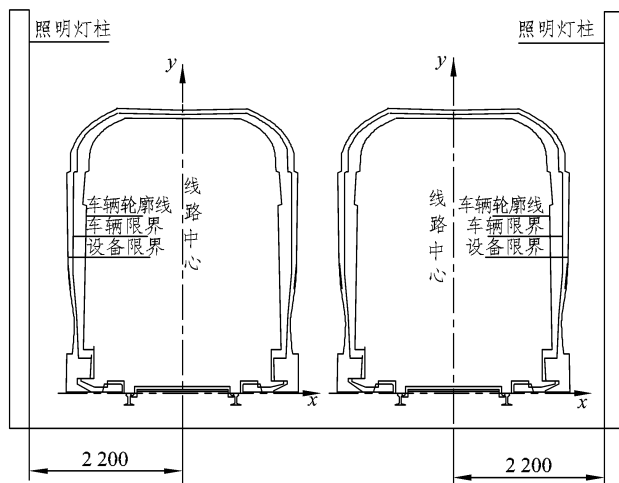


图 1-70 区间地面直线地段建筑限界

2. 隧道限界

隧道限界是在既定的车辆类型、施工方法及结构形式等基础上确定的隧道横截面的最小尺寸轮廓线。隧道限界可以分为矩形隧道限界、圆形隧道限界、马蹄形隧道限界三种类型。

(1) 矩形隧道限界。一般地铁明挖施工方法下形成矩形隧道，图 1-71 为区间直线地段矩形隧道限界。

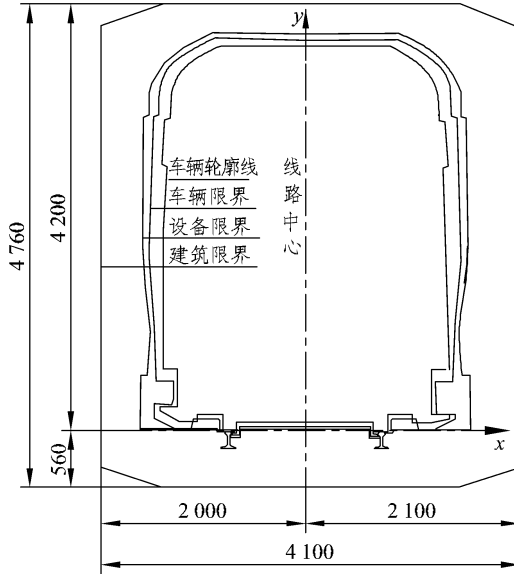


图 1-71 区间直线地段矩形隧道限界

(2) 圆形隧道限界。盾构施工的圆形隧道，不论在直线还是曲线地段，只能采用同一直径的盾构，所以只有按最小曲线半径选用盾构进行施工，才能满足圆形隧道的建筑限界要求。当线路最小平面曲线半径为 300 m 时，圆形隧道建筑限界的直径宜为 5 200 m。图 1-72 为区间直线地段圆形隧道限界。

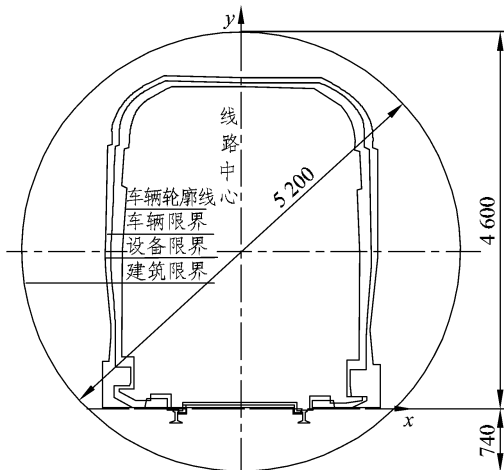


图 1-72 区间直线地段圆形隧道限界

(注：各限界控制点坐标值详见《设规》)

(3) 马蹄形隧道限界。矿山法施工的浅埋暗挖隧道，多采用马蹄形断面，图 1-73 为区间直线地段马蹄形隧道限界。

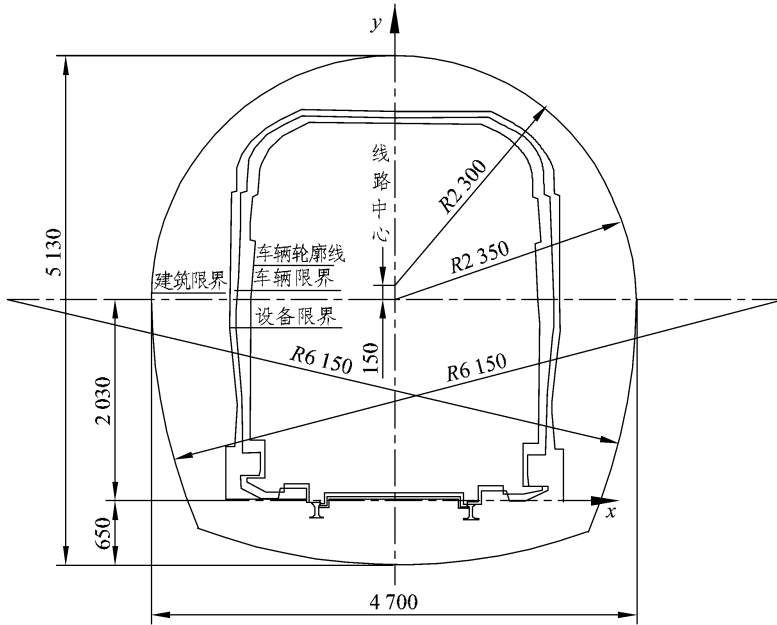


图 1-73 区间直线地段马蹄形隧道限界

3. 高架桥建筑限界

在城市地区，有时会在城市轨道交通线路上设计高架的人行通道。为保证安全，这种高架的人行桥需要给城市轨道交通列车及设备留有适当的空间，这就是高架桥建筑限界。

高架桥面建筑限界宽度一般为 8 600 mm。线路中心至防护栏内距离为 2 400 mm，侧向人行道宽度为 750 mm。如两线之间设接触轨受电，线路间距宜为 3 800 mm。侧式车站桥面建筑限界的总宽度与选用的车辆宽度和侧站台的宽度有关，如选用车辆宽 2 800 mm，侧站台的宽度为 4 000 mm，其建筑限界的总宽度宜为 14 600 mm。

(三) 曲线地段及道岔区建筑限界

车辆在曲线上运行时，由于车辆纵向中心线是直线，而轨道中心线是曲线，故车辆产生平面偏移。此外，在曲线地段，轨道一般都需要设计一定的外轨超高，这将引起车辆的竖向中心线发生偏移。因此，对曲线或道岔地段而言，运行中的车辆在平面和立面上都产生一定的偏移量，故其建筑限界应进行加宽和加高。曲线加宽应分内侧加宽和外侧加宽，加宽量可计算确定。

(四) 车站建筑限界

车站建筑限界的确定：

(1) 直线站台有效长度范围内，其边缘至线路中心线的距离，应根据车厢宽度进行确定，一般站台边缘与车厢外侧之间的空隙设置以不大于 100 mm 为宜。

(2) 直线地段站台面的建筑高度，应受车厢地板面至轨顶的垂直距离所控制，一般站台面低于车厢地板面 50 ~ 100 mm 较为合适。

(3) 站内线路中心线至隧道边墙内侧面的距离，如无特殊要求，一般都与区间相一致。

(4) 车站建筑限界的高度，一般与区间相同就能满足设备限界的要求。但由于建筑装修和有些设备及管线安装的需要，车站建筑限界的高度都比区间大。

(5) 站台有效长度两端以外的所有用房的外墙面距线路中心线的距离宜不小于 1 800 mm，且外墙面不允许安装任何设备和管线。

五、线间距

两线路中心线之间的距离简称线间距。

(一) 区间并行地段线间距

1. 地下线路盾构施工法线间距

《设规》规定采用盾构法施工平行隧道间的净距，应根据工程地质条件、埋置深度、盾构类型等因素确定，且不宜小于隧道外轮廓直径。当因功能需要或其他原因不能满足上述要求时，应在设计施工中采取必要的措施。

区间盾构圆形隧道建筑限界为直径 5 200 mm 的圆，按已有的设计、施工经验，综合考虑隧道轴线施工误差 100 mm（其中包括线路拟合误差、测量误差在内），隧道后期不均匀沉降 ± 50 mm，则隧道的内径定为 5 500 mm；如采用单层装配式钢筋混凝土 350 mm 厚衬砌环衬砌，则隧道的外径定为 6 200 mm，上海地铁 1 号线和天津地铁 1、2、3 号线按此设计；广州地铁二号线盾构内径按 5 400 mm 设计，隧道衬砌采用 300 mm 厚 C50 防水钢筋混凝土预制单层管片，隧道外径为 6 000 mm。

在满足最小净距的前提下，车站两端线路线间距宜采用车站（岛式）地段线间距，这样可免设反向曲线恶化线路平面条件。当车站地段线间距过大时，可利用站端曲线或加设两反向曲线减小区间线路的线间距。

2. 地下线路明挖施工法线间距

明挖法施工的地铁区间隧道结构通常采用矩形断面，双线并行地段一般采用设中隔墙（或中柱）的双跨框构型式。其线间距离为下列诸项之和，即：按矩形隧道建筑限界要求的左右线路中心线分别至中间墙（柱）外缘按建筑限界要求的距离 + 中墙（柱）横向宽度 + 施工误差富余量之和。天津地铁 1 号线设计中隔墙厚 0.35 m，采用线间距 4.3 m。曲线地段按规定加宽。

3. 地面、高架线路线间距

区间并行地面、高架线路线间距离为两个车辆限界与两线相向不限速会车要求的安全间隔距离之和，该安全间距铁路规定为 350 mm。另外，地铁《设规》规定：“相邻的双线，当两线间无墙、柱及其他设备时，两设备限界之间的安全距离不得小于 100 mm”。通过计算，按不限速会车安全间距要求的最小线间距略大于按设备限界控制要求的最小线间距，考虑留有适当余量，当采用 B 型车时，地面高架线最小线间距为 3.6 m，如天津地铁 1 号线和深圳地铁等均采用 3.6 m；当采用 A 型车时，最小线间距离为 3.8 m，例如上海地铁 1 号线等。曲线地段按规定加宽。

(二) 车站地段线间距

1. 地下岛式车站

两正线之间距离=右线线路中心线至站台边缘的距离+站台设计宽度+左线线路中心至站台边缘的距离。线路中心线至站台边缘的距离根据车辆类型及站台边缘距车辆轮廓之间要求的间隙确定。《设规》规定,站台计算长度内的站台边缘距线路中心线的距离,应按车辆限界加 10 mm 安全间隙确定,但站台边缘与车辆轮廓线之间的间隙,当采用整体道床时不应大于 100 mm,当采用碎石道床时不应大于 120 mm。曲线车站站台边缘与车辆轮廓线之间的间隙不应大于 180 mm。站台计算长度外的边缘距线路中心线的距离宜按设备限界另加不小于 50 mm 的安全间隙确定。

2. 地下侧式车站

地下侧式车站通常采用明挖法施工。当邻接的区间线路亦采用明挖法施工时,车站两正线之间的距离同区间地面线路间距相同。当站端区间线路采用单洞盾构或其他暗挖施工方法时,一般应在站外改变线间距离,使站台地段两正线间设计为最小线间距。

3. 地面、高架车站线间距

为节省工程投资和减少对地面交通的干扰,地面、高架站通常设计为侧式车站,并采用最小线间距,当采用 B 型车时,一般为 3.6 m;当采用 A 型车时,一般为 3.8 m。

(三) 道岔地段线间距

地铁车站两端常因铺设单渡线、交叉渡线、车辆停留线、交路折返线及部分区间设渡线的需要,须铺设道岔,根据其布置形式,对线间距有相应要求。

1. 交叉渡线地段

如设置交叉渡线,两平行正线的线间距宜按下列规定确定:12 号道岔采用 5 m;9 号道岔可采用 4.6 m 或 5 m;6、7 号道岔可采用 4.5 m 或 5.0 m。小于规定标准的应予特殊设计。

2. 单渡线地段

如设单渡线时,两平行线的线间距根据道岔构造尺寸及两反向单开道岔之间要求的插入短轨长度计算确定(如图 1-74)所示:

$$D=AB\sin\alpha\approx AB\tan\alpha=(2b+f)/\text{道岔号}$$

因 α 较小, $\sin\alpha\approx\tan\alpha$ 。

式中 AB ——两岔心间距离;

f ——插入短轨长度;

D ——线间距;

设计通常取 0.1 m 的整倍数。

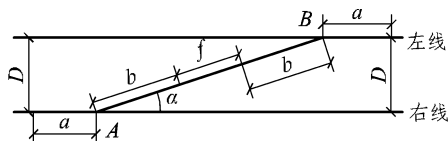
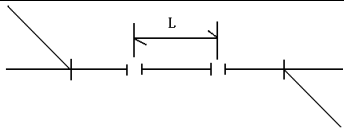
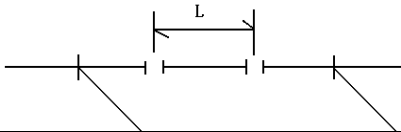
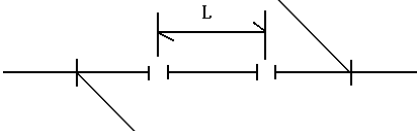


图 1-74 单渡线示意图

为使两相邻道岔间轨距变化平缓,减小列车对道岔的冲击,使列车运行平稳,两组道岔之间

应设置直线段钢轨连接，根据地铁特点及运营实践，其钢轨长度不应小于表 1-19 的规定。

表 1-19 道岔间插入钢轨长度

道岔布置相对位置		线 别	插入钢轨长度 L (按轨缝中心)	
			一般地段	困难地段
两组道岔前端 对向布置		正、配线	12.5	6.0
		车场线	4.5	3.0
两组道岔前后 顺向布置		正、配线	6.0	4.5
		车场线	4.5	3.0
两组道岔根端 对向布置		正、配线	6.0	6.0
		车场线	4.5	3.0

3. 停留线、折返线地段

车站停留线、交路折返线地段为便于使用和节省工程，一般设置在岛式车站紧靠站台端部的左右正线之间，两正线线间距同站台段线间距。

六、曲线线间距计算

曲线线间距计算以右线法线方向为准。曲线地段因涉及左右线曲线半径、缓和曲线长度、两圆是否同心、两端直线段线间距是否相同以及两线平行与否等诸多因素，曲线地段线间距是变数，铁路传统沿用三角分析法、坐标法两种主要方法计算，人工计算繁杂，效率低，现已有多种电子计算机软件可供选用，可便捷地计算出曲线地段各种步长或其中任意特征点的线间距。

第六节 桥隧建筑

城市轨道交通系统进入城区后，可以随着城市地势的变化或城区建筑群的不同，或从空中走，形成高架桥梁；或进入地下，形成隧道。桥隧建筑物包括桥梁、隧道、涵洞等。

一、桥 梁

(一) 高架结构工程的特点

高架结构工程是城市永久性建筑的一部分，结构寿命应按 50 年以上考虑，因而城区高架结构可以作为城市景观的一部分，与城市的其他建筑相协调。另外在城区施工，要求速度快，对现有的交通干扰小。

高架桥上应考虑管线设置或通过要求，并设有紧急进出通道、防止列车倾覆的安全措施，

及在必要地段设置防噪屏障，还应设有防水、排水措施。

高架桥一般有以下结构形式：

(1) 槽形梁结构：跨度 $L=10、20、30、35$ m，建筑高度 $0.35 \sim 0.5$ m。

(2) 脊梁结构：跨度 $L=25、30、35、40$ m，建筑高度 $0.5 \sim 0.6$ m。

(3) 超低高度板结构： $L=10$ m，建筑高度 $0.44 \sim 0.8$ m； $L=15$ m，建筑高度 $0.54 \sim 1.00$ m； $L=20$ m，建筑高度 $0.66 \sim 1.40$ m。

目前城市高架桥大都采用预应力或部分预应力混凝土结构。

(二) 高架槽形梁结构

槽形梁一般是预应力混凝土结构，属下承式桥梁，由车道板、主梁和端横梁 3 部分组成，如图 1-75 所示，各部分结构见图 1-76 所示。下面分别介绍槽形梁 3 个主要组成部分的设计、构造和施工要点。

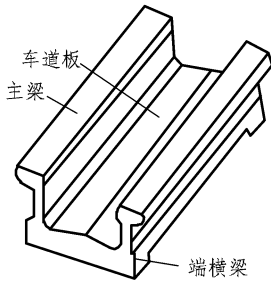


图 1-75 槽形梁的组成

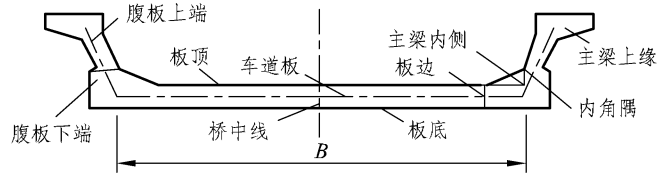


图 1-76 槽形梁结构部分

1. 车道板

车道板位于梁体下翼缘，在预应力和竖向荷载作用下，不仅会产生双向弯曲和扭转，而且作为主梁截面的一部分，会产生拉伸（竖向荷载作用下）或压缩（纵向预应力作用下）。车道板是直接承受车辆荷载的部分，当桥的长宽比 L/B 较大时，车道板按单向板考虑，荷载主要通过车道板传给主梁，再由主梁传到支座。只有接近桥梁两端的荷载是经由车道板传给端横梁，再由端横梁传到支座。当桥的长宽比较小（ $L/B < 2$ ）时，车道板作为双向板考虑，荷载一部分通过主梁，一部分则通过端横梁传到支座。

由于列车在车道板上通行，所以车道板的宽度较大，当单线不设检修道，取宽度 $B = 3.8$ m（主梁净距 3.5 m）；设检修道（宽 $0.5 \sim 0.6$ m）时， $B = 4.3$ m（主梁净距 4.0 m）。双线桥 $B = 8.2$ m（主梁净距 7.8 m，检修道宽 1 m，设在两车道中央）。车道板厚度，单线可取 $0.3 \sim 0.35$ m，双线可取 $0.50 \sim 0.55$ m。若将检修道设在主梁上翼缘处，由于板宽减小，可做得更薄些，单线可用 $0.25 \sim 0.30$ m，双线可用 $0.45 \sim 0.50$ m。

槽形梁的车道板和主梁内侧交接处常设置斜率小于 $1:3$ 的内角隅，一方面可以减小截面突然变化引起的应力集中，另一方面内角隅构造有利于横向预应力筋弯起布置。

车道板作为主梁主翼缘的一部分，在竖向荷载作用下承受纵向拉应力。在板宽方向，该拉应力自板边向中线逐渐降低，即所谓剪应力滞现象，它影响了车道板作为主梁翼缘有效宽度值，在设计中为了简化计算，取一定宽度的车道板作为主梁翼缘，该宽度即为“计算宽度”。根据国内外资料，板的计算宽度可采用下列 3 项的最小值：

(1) 梁梗每侧取计算跨度的 $1/L$ ，当梁梗两边伸出的板为对称时，合计为跨度的 $1/3$ ；

(2) 梁梗每侧取两相邻轴线间距离的一半；

(3) 自梗肋以外每侧再加 6 倍板厚。当单线桥跨度 12 m 以上，双线桥跨度 22 m 以上，可取车道板全宽作为主梁翼缘。在预加应力作用下可取车道板全宽作为主梁翼缘进行计算，不受上述 3 项规定的限制。

槽形梁的纵向必须设置预应力筋，一般情况下，车道板内还应设置横向预应力筋，单线时可不设预应力筋，但需增配较多的非预应力筋。双线槽形梁必须设置横向预应力筋。

车道板的计算跨度 B 取主梁腹板中线与车道板中面交点间的距离。荷载取上部列车的最大轴重，横向预应力按计算跨度 B 的简支梁计算。

2. 主 梁

主梁是主要的承重结构，由上翼缘、腹板和车道板的一部分宽度作为下翼缘组成，其高度约为 $h = L/10 \sim L/14$ 。上翼缘是主要的受压构件，其横向稳定是依靠腹板与车道板组成的 U 形半框架来保证的，在梁端由加厚的腹板与端横梁形成刚度较大的结构，对上翼缘起侧向支撑作用。当上翼缘宽度不小于跨度 L 的 3% 就不会失稳。它的厚度一般可取 $0.15 \sim 0.2 h$ 。

主梁腹板厚度有薄腹板和厚腹板两种。薄腹板能减轻梁的自重，但要设竖向预应力筋，施工难度较大。厚腹板为普通钢筋混凝土结构，跨中厚度单线为 0.3 m，双线为 0.4 m，端部增加到 0.4 ~ 0.55 m，箍筋间距为 0.1 ~ 0.15 m。

3. 端横梁

端横梁是槽形梁的重要组成部分之一，在施工和养护维修时起顶梁的作用，并为车道板的两端提供支承，保证车道板的整体作用，并为上翼缘的横向稳定起支撑作用。

端横梁的高度和宽度一般为 $h_2 = (1.6 \sim 2.0)h_1$ ， $b_2 = (1.0 \sim 1.3)h_1$ ， h_1 为车道板厚度。

端横梁的计算按简支梁考虑。

4. 施 工

槽形梁在设计中一般要进行：抗弯强度、抗剪强度、变形、抗裂性和裂缝宽度以及运营阶段混凝土及钢筋应力等一系列的验算，各项验算必须满足相应的规范要求。

槽形梁的施工一般采用装配式方案，该方法又分为纵向分块和横向分块两种。

① 横向分块，每块为一完整的 U 形截面，横向预应力在预制时已实施完成。施工时在桥头路堤上串联成整体，然后用纵移法移到桥孔，落梁就位。

② 纵向分块是将两侧主梁预制成两大块，主梁之间的车道板和端横梁可以预制，也可以在主梁架设就位现浇。预制的车道板，端横梁和两侧主梁的连接必须采用湿接缝。在工地上要施加横向预应力和纵向预应力。

横向分块的每块重量可以做得很小，运输方便。块件连接可以设干接缝，用环氧树脂砂浆粘，然后在工地上施加纵向预应力，张拉锚固，压浆，封端，纵移落梁，架设就位。

纵向分块运输不便，且湿接头难度较大，唯一的优点是可以利用工地现有的架桥机，将预制主梁直接架设就位，无须设置临时便梁及纵移就位。

(三) 高架脊梁式结构

脊梁式结构分上承式和下承式两种。上承式是在单箱梁的上部带大悬臂挑臂结构，下承式是在脊梁的下底板位置带大悬臂挑臂结构，如图 1-77 所示，一般城市轨道交通大多采用后

者。这种结构主要靠脊梁来承受纵向弯矩，挑臂板作为行车道板，同时将列车荷载传到脊梁上，挡墙主要是防止噪声和作为防护车辆倾覆的保护体，也可作为结构的一部分，起边梁作用，改善挑臂的受力。

下承式脊梁结构具有以下优点：

(1) 建筑高度低。其建筑高度为挑臂板的厚度，脊梁高度的改变对挑臂板的厚度无影响，而跨度的改变只影响脊梁的高度，这对城市高架结构的线型布置非常有利。

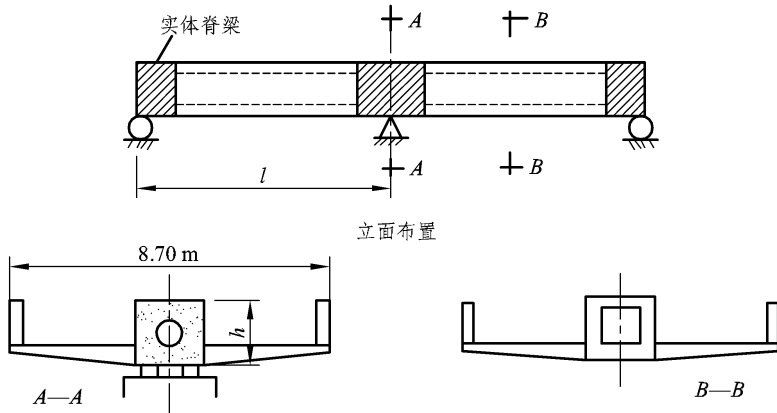


图 1-77 脊梁结构形式

- (2) 施工方便。可以选用预制构件拼装法，先吊装脊梁，然后拼装挑臂翼板，施工便捷。
- (3) 结构上需要的部分可供做它用，即边缘和脊梁顶面可作检修道等。
- (4) 脊梁和边梁构成一个防噪体系。
- (5) 外形美观。

下承式脊梁翼板式结构的横断面由脊梁、大挑臂翼板和端加劲边梁或称挡板 3 部分组成。

脊梁一般为单箱，宽为 1.6 ~ 2.3 m，由于脊梁除了提供纵向抗弯刚度之外，还要提供抗扭刚度，一般壁厚取 0.25 ~ 0.42 m，在支承区，由于约束扭转，结构的剪力相当大，所以常设置一段实体脊梁。

挑臂板的结构形式可采用纵向连续板、空心板或者用多根悬臂梁代替，如图 1-88 所示。从施工、防振、隔振、防噪性能和美观上综合考虑，以实体板为好。

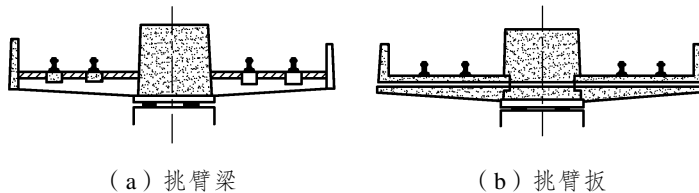


图 1-78 挑臂形式

悬臂行车板的计算方法较多，结果差异很大，总的说来这些计算方法可以归结为以下两类假定：

- (1) 不考虑主梁变形影响，即把悬臂板的根部看作固定端。

(2) 近似考虑主梁截面畸变影响, 即将悬臂板的根部简化为弹性系数为 K 的转角弹簧约束。第一种假定偏于保守, 第二种假定更接近实际情况。

(四) 超低高度板式结构

超低高度板式结构实际上是低高度梁或厚板, 亦称为板梁, 一般由于结构的建筑高度要求做得小, 刚度是设计的控制条件。超低高度板梁结构形式如图 1-79 所示。

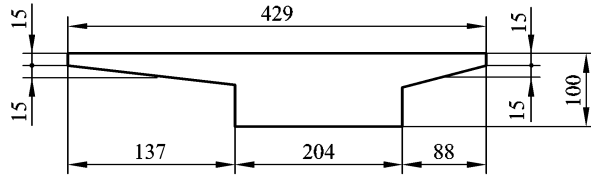


图 1-79 轻轨板梁横截面图

板梁的配筋与预应力度 λ 有关, λ 的定义为:

$$\lambda = \frac{m_0}{m}$$

$$m_0 = Q_h w_0$$

式中 m_0 ——消压弯矩;

Q_h ——弯构件在预应力作用下受拉边缘的有效预应力, MPa;

w_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩, m^3 ;

m ——使用荷载短期组合作用下控制截面的弯矩, $MN \cdot m$ 。

在设计中应进行以下各项计算:

- (1) 承载能力计算。
- (2) 使用荷载下应力、变形及裂缝计算。
- (3) 施工荷载下应力、变形及裂缝计算。
- (4) 对承受重复荷载的构件必要时进行疲劳强度计算。

若设计成部分预应力时, 在构件的受拉边外侧应当布置一定数量的非预应力筋。当 λ 较高时, 非预应力筋宜用小直径及较密间距。当 $\lambda < 0.3$ 时, 可按钢筋混凝土构件的构造规定布置。

部分预应力板梁的最小配筋率应满足:

$$\frac{m_p}{m_f} \geq 1.2$$

式中 m_p ——破坏弯矩, $MN \cdot m$;

m_f ——开裂弯矩, $MN \cdot m$ 。

部分预应力板梁的最大配筋率应满足:

$$x \leq 0.40H_y$$

式中 x ——构件破坏时混凝土受压区高度；
 H_y ——预应力筋重心至构件受压边缘的距离。

(五) 墩台形式

高架桥的墩台除具有足够的强度和稳定性以承受荷载外，还需要考虑美观，并与城市环境和谐、匀称、协调。一般有如下几种形式：

1. 倒梯形桥墩

倒梯形桥墩构造简单，施工方便，受力合理，具有较大的强度、刚度和稳定性，对于单箱单室箱梁和脊梁来说，选用倒梯形桥墩在外观和受力上均较合理。倒梯形桥墩如图 1-80(a)所示。

2. “T”形桥墩

“T”形桥墩自重小、节省圬工材料、能减少占地面积，墩身可做成圆柱、矩形、六角形等，具有较大的强度和刚度，其与上部结构的轮廓线过度平顺、受力合理。如图 1-80(b)所示。

3. 双柱式桥墩

双柱式桥墩体积小，透空空间大，稳定性好，结构轻巧，所适用的上部结构较灵活。双柱形桥墩如图 1-80(c)所示。

4. “Y”形桥墩

“Y”形桥墩与“T”形桥墩一样，体积小、省圬工、占地少、外观简洁、桥下透空大。但其结构相对来说较复杂，施工也较麻烦。“Y”形桥墩如图 1-80(d)所示。

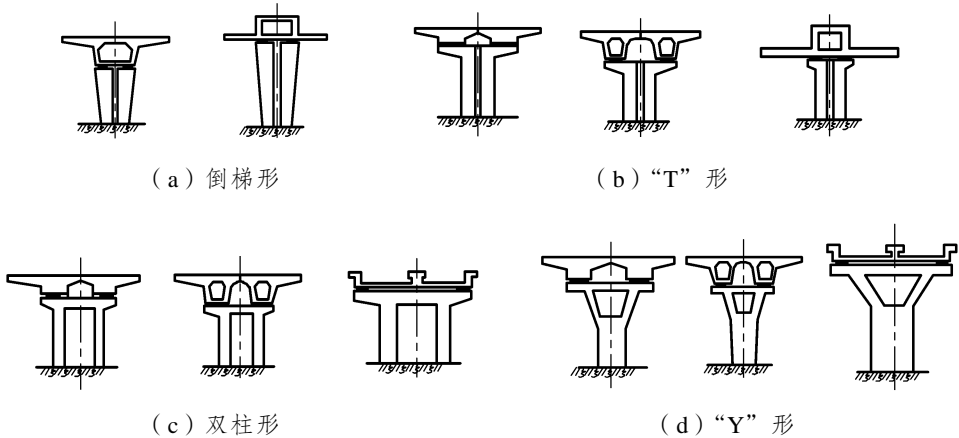


图 1-80 桥墩形式

二、隧 道

在城市轨道交通中占有较大比重的应当数地下铁道。地下铁道由于在地下运行，对地面上的其他交通工具无干扰，其运输能力不受气候影响，也避免了地面轻轨和高架交通所产生的噪声对城市的污染，在战争期间还可作为民用防空设施，所以地下铁道的优点非常明显，但是地下铁道造价昂贵，应充分进行技术经济比较后，分区段确定线路方案。

(一) 区间隧道的特点

地铁的地下线路铺设在隧道中，连接两个地铁车站之间的隧道称为区间隧道。区间隧道的走向和埋深，受工程地质和水文地质条件、地面和地下环境、施工方法等因素制约，直接

关系到造价的高低和施工的难易。

地铁区间隧道结构包括行车隧道、渡线、折返线、地下存车线、联络线以及其他附属建筑物。

区间隧道的开挖大多沿闹市区的街道下面，开挖必然引起地面沉降，如何控制地面沉降量，不致影响既有建筑物的安全，是城市地下铁道施工所面临的一大课题。

当列车在曲线隧道中运行时，隧道的内净空也需要进行加宽，理由如下：

(1) 由于曲线外轨超高引起车体内倾，车体中线由原来的竖直变为向内倾斜。如图 1-81 所示，隧道建筑限界上方控制点向内偏离线路中线，水平距离为 $d_{\text{超内}}$ ：

$$d_{\text{超内}} = \frac{H}{150E}$$

式中 E ——外轨超高，cm；

H ——隧道建筑限界控制点至轨顶面的高度，cm。

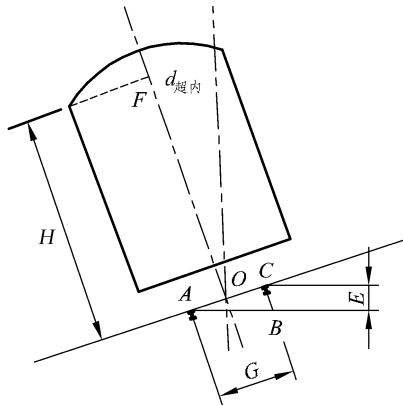


图 1-81 车体内移

(2) 由于车体行经曲线时，车辆两端中线偏移线路中心外侧 $d_{\text{外}}$ ，车辆中部向线路中心内侧偏移 $d_{\text{曲内}}$ ，如图 1-82 所示。

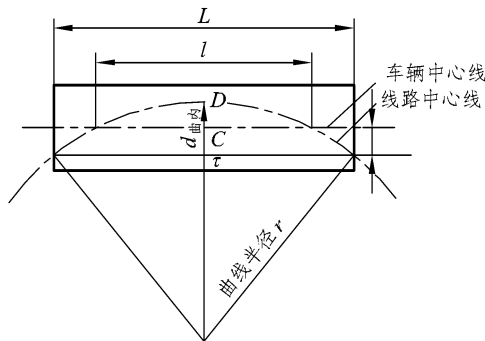


图 1-82 车体倾斜

$$d_{\text{外}} = L^2 - \frac{l^2}{8\gamma}$$

$$d_{\text{曲内}} = \frac{l^2}{8\gamma}$$

式中 L ——车辆长度，m；

l ——车辆前后两转向架中心间距，m。

于是，曲线隧道内净空的加宽值为：

$$d = d_{\text{外}} + (d_{\text{超内}} + d_{\text{曲内}})$$

(二) 区间隧道的断面形式

根据地下空间结构在土中的埋深，分为浅埋和深埋地下结构。

1. 浅埋式地下铁道

浅埋式地下铁道一般采用矩形断面，如图 1-83、图 1-84 所示。

2. 深埋式地下铁道

深埋式地下铁道根据施工方式不同，可以设计为矩形断面（如地下连续墙施工方法），也可以采用圆形断面（如地下盾构掘进施工方法），也有采用椭圆形断面的，如图 1-85 所示。

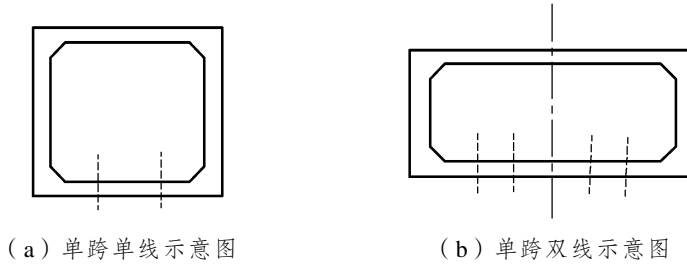


图 1-83 单跨单线和双线示意图

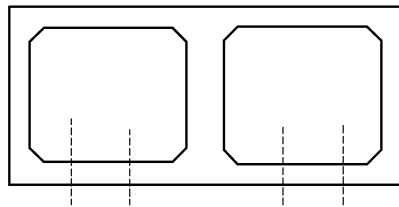


图 1-84 双跨双线示意图

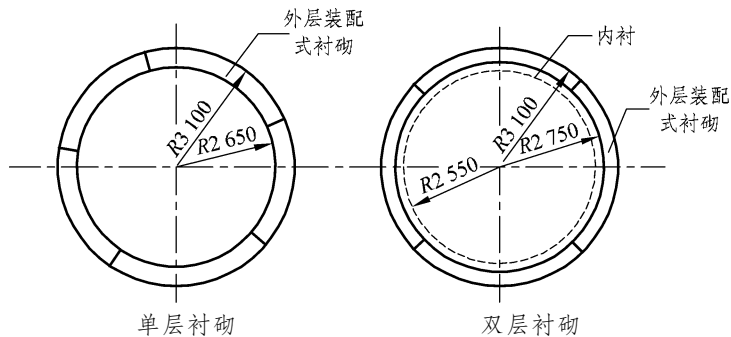


图 1-85 地下铁道隧道圆形断面图

1—外层装配式衬砌；2—内衬

(三) 地下隧道施工方法简介

1. 明挖法

明挖法是从地表开挖基坑或堑壕，修筑衬砌后用土石进行回填的浅埋隧道的施工方法。只要地形、地址条件适宜和地方建筑物条件许可，便可采用明挖法施工。明挖法的优点是施工条件有利、速度快、质量好且安全。缺点是干扰地面交通，拆迁地面建筑物，以及需要加固、悬吊、支托跨越基坑的地下管线。

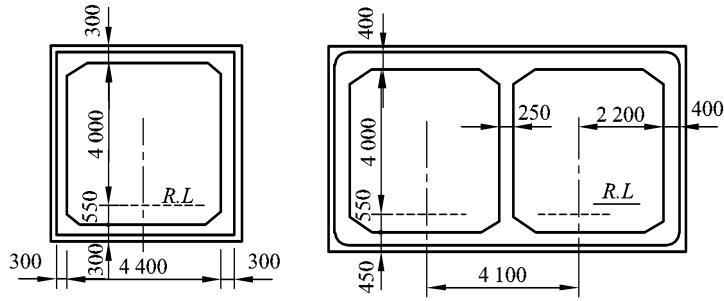


图 1-86 明挖法修建的整体式衬砌结构形式

当城市地面空间足够时，可以采用放坡大开挖法修筑隧道，如图 1-86 所示。放坡率可以根据地质情况确定，对应的区间隧道一般采用框架结构，上部设计荷载以回填土重加路面荷载来考虑，侧面荷载考虑侧土压力。

2. 暗挖法

当埋深超过一定限度后，明挖法不再适用，而要改用暗挖法，即不挖开地面，采用在地下挖洞的方式施工。

(1) 盾构法。

盾构法是暗挖法施工中的一种全机械化施工方法。它是将盾构机械在地中推进，通过盾构外壳和管片支承四周围岩防止发生往隧道内的坍塌。同时在开挖面前方用切削装置进行土体开挖，通过出土机械运出洞外，靠千斤顶在后部加压顶进，并拼装预制混凝土管片，形成隧道结构的一种机械化施工方法。

盾构是松软地层中修建隧道的专门机具，盾构沿其长度可分为 3 部分：前部叫切口环，中部叫支撑环，后部叫盾尾，如图 1-87 所示。其断面形式有：圆形或椭圆形、半圆形、马蹄形、箱形。大多数盾构为圆形。

盾构既是一种施工机具，又是一种强有力的临时支撑结构，其开挖和衬砌工作均在盾壳保护下进行。切口环是为了保护开挖面的稳定和作业空间的安全而设置的。支撑环连接着切口环和盾尾使盾构构成整体，是盾构结构的重要组成部分，在其周边内装有一组盾构千斤顶。在盾尾中设有组装机，主要用于组装预制衬砌管片。

盾构依其断面形状、开挖方式、前部结构的不同可分为很多类，下面介绍几种比较特殊的机械开挖盾构。

① 泥水加压盾构。这种盾构的旋转切削头后面有一个用隔板密封起来的泥浆室，其中充

满加压泥浆，泥浆的压力比开挖面的地下水压力略高，从而保持开挖面的稳定。弃渣与泥浆混合后由输泥管抽出洞外进行渣泥分离处理。

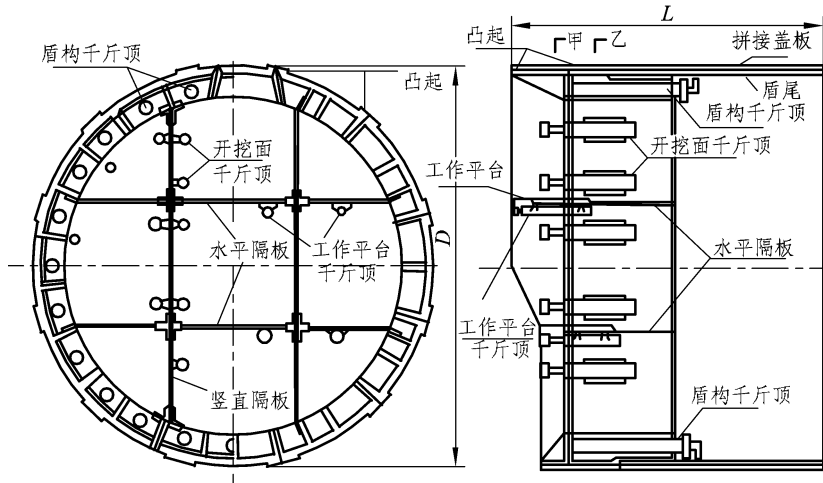


图 1-87 盾构的组成

② 土压平衡盾构。土压平衡盾构是为了在松软粉砂层和松散砂层中进行开挖而研制的。在机械开挖盾构的前部设置一个土壤密封室，排土采用螺旋式输送机。以回转刀盘开挖下来的土壤经常填满于密封室及螺旋输送机中。通过控制螺旋输送机排出的土量和盾构推进的速度来保持开挖面的土压平衡和稳定。

③ 插刀盾构。插刀盾构推进时不需要已安装好的管片环作为千斤顶支承后座，它由许多插刀组成，可组合成不同的断面形状和尺寸，自由选择衬砌类型。插刀盾构的推进是用设在插刀和支承框架之间的液压缸，将插刀以单刀或成组插刀的方式进行，当所有的插刀都推进一个行程的距离时，再由所有的液压缸同步收缩，把支承框架向前拖动。

(2) 矿山法。

矿山法指的是用开挖地下坑道的作业方式修建隧道的施工方法。矿山法是一种传统的施工方法。它的基本原理是，隧道开挖后受爆破影响，造成岩体破裂形成松弛状态，随时都有可能坍塌。基于这种松弛荷载理论依据，其施工方法是按分部顺序采取分割式一块一块的开挖，并要求边挖边撑以求安全，所以支撑复杂，木料耗用多。

矿山法施工主要包括：全断面法、台阶法、下导坑漏斗棚架法及上下导坑先拱后墙法等。我国现有的铁路隧道大部分采用矿山法修筑而成。由于矿山法施工的理论基础是传统的

结构力学，其基本假定与实际隧道的工作状态相差甚远，另外在施工中需要大量的钢材和木材作为临时支撑，工人的劳动强度大，施工环境差，因而近年来已逐渐被新奥法所取代。

(3) 新奥法。

新奥法是新奥地利隧道施工法的简称，指充分利用围岩的自承能力和开挖面的空间约束作用，采用以锚杆和喷射混凝土为主要支护手段，及时对围岩进行加固，约束围岩的松弛和变形，并通过对围岩和支护结构的监控、测量来指导地下工程的设计与施工。它的基本观点

是：围岩既是隧道结构的荷载，又是承受岩体压力的承载体的一部分，即围岩本身具有承载能力；围岩自承能力只有通过围岩的变形才能发挥出来，因而隧道开挖后允许围岩发生变形，同时也要限制围岩的变形量，不致由于变形过大而使岩体松弛甚至坍塌，所以最理想的支护结构应当是能随围岩共同变形的柔性支护，在实践中证明这种柔性支护为喷混凝土和锚杆支护。由于允许围岩发生变形，为了掌握围岩和支护的实际工作情况，在施工的各个阶段，应进行现场量测监护，及时反馈位移或应力等信息，以指导施工和修改设计。

铁路部门将新奥法的基本原则扼要概括为：少扰动，早喷锚，勤量测，紧封闭。新奥法施工的理论基础建立在现代岩体力学的基础上。

新奥法施工按其开挖断面的大小及位置，基本上可以分为：全断面法、台阶法、分部开挖法 3 大类及若干变化方法。

① 全断面法。全断面法是将隧道设计轮廓线一次钻爆成型，优点是工序少，相互干扰少，便于组织施工和管理；工作空间大，便于采用大型施工机具。

② 台阶法。台阶法施工如图 1-88 及图 1-89 所示，将开挖断面分成两步或多步，又可根据台阶的长短划分为长台阶法（台阶长度大于 5 倍洞跨）、短台阶（台阶长度大于洞跨）和超短台阶法（台阶长度小于洞跨）。

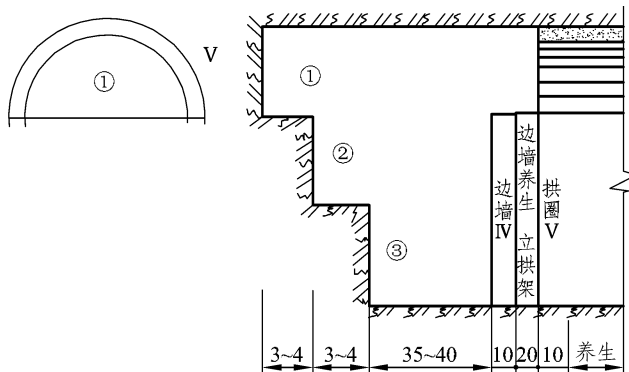


图 1-88 台阶法（单位：m）

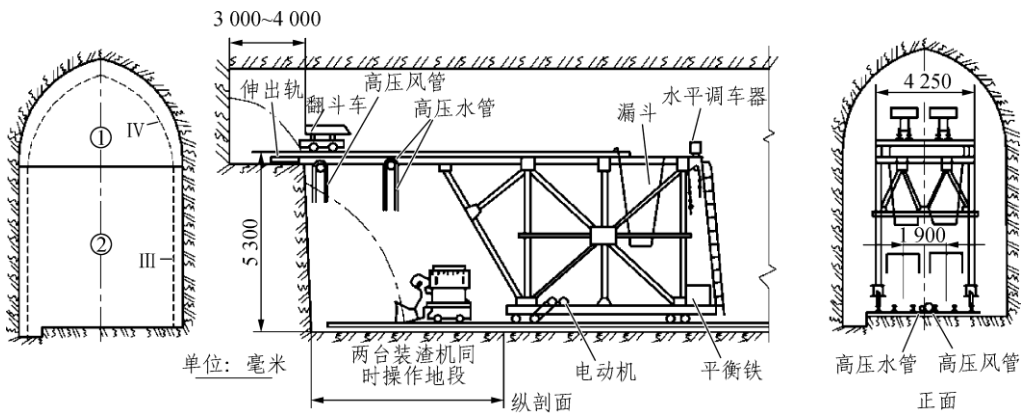


图 1-89 台阶法施工简图

三、涵洞

涵洞是设在路堤下部的填土中，用以通过水流或行人的一种建筑物。

涵洞主要由洞身（由若干管节所组成）、基础、端墙和翼墙所组成，如图 1-90 所示。管节埋在路基之中，它具有一定的纵向坡度（从进口向出口），以便排水。端墙和翼墙的作用是便于水流进出涵洞，同时还可以保护路堤边坡，使它不受水流的冲刷。

按照建筑材料的不同，涵洞有石涵、混凝土涵、钢筋混凝土涵、铁涵等多种。涵洞的截面有矩形、圆形、拱形等不同形式。涵洞的孔径一般是 0.75 ~ 6.0 m。

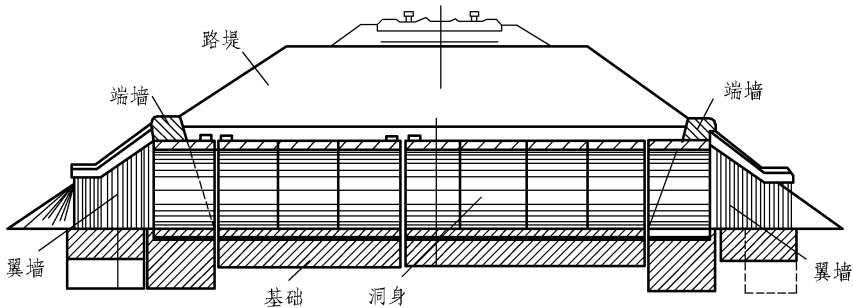


图 1-90 涵洞的组成

第七节 车站建筑

车站是城市轨道交通线的重要组成部分，又是吸引客流和疏散客流为旅客乘车服务的基本设施。车站的选址、布置、规模等不仅影响运营效益，而且影响城市文明建设和市容观瞻。车站往往又是连接其他交通的枢纽，交通的方便必然促进城市的发展。

一、车站设计原则

1. 站址选择

站址的选择应满足轨道线路设计及运营的要求，并且应符合城市规划、城市交通规划、环境保护和城市景观的要求，妥善处理好与地面建筑、城市道路、地下管线、地下构筑物及施工时交通组织之间的关系。

因此，需要轨道交通的主管部门、城建管理部门以及设计部门互相协调，使站间距适宜。

地下铁道的车站在整个城市轨道交通系统中，就土建投资而言，所占的比重较大，同时又是客流汇集场所，要求具有良好的通风、照明和卫生设施，所以要合理设计好车站。

2. 车站规模

车站规模应根据设计客流量、行车密度和车站本身行车管理、设备用房的需要来控制。设计客流按初、近、远期预测客流对应其行车密度分别进行核算，取最大值，并考虑高峰小时内乘客的不均匀性，计入超高峰系数，取超高峰系数 1.1 ~ 1.4。

一般车站在高峰期 1 h 内，集中了全日乘降人数的 10% ~ 15%，但由于车站所在地区的不同，如居民区、商业区等，其乘降人数的集中程度不相同，所以在规划时要充分做好预测工作，并考虑轨道交通启用后客流分布所发生的变化。重要换乘车站、小交路折返站、位于重要客流集散点附近突发客流较大的车站视实际情况可适当调整。

3. 车站布置

车站布置应合理组织各种客流，减少相互交叉干扰，方便乘客使用，能迅速进出站，并且要有良好的通风、照明、卫生、防火等设备条件，以提供旅客安全和舒适的乘降环境。车站的站厅、站台、出入口、通道、人行楼梯、自动扶梯、售检票口（机）等部位的规模和通过能力应相互匹配。

另外，车站应统一考虑无障碍设计，设无障碍电梯、无障碍专用厕所及残疾人坡道、盲道等设施。车站至少应有一处出入口设置无障碍电梯，如确实无法设置，则必须设置轮椅牵引机，以满足无障碍设计要求。

4. 建筑设计

地面、高架和地下车站所处的位置不同，其建筑设计应各具特色，因地制宜地考虑建筑风格，力求与城市景观相协调。在设计时，应力求规范化和标准化，充分采用新技术、新工艺和新材料。

车站建筑应以安全、适用、美观为总原则，以速度、秩序、通畅、易识别体现快捷性交通建筑的特点，力求简洁、明快、经济。

二、车站平面布置

车站布置的原则是力求紧凑，能设于地面的设备，应尽量设于地面，以降低造价。

车站原则上由站台、站房、站前小广场、垂直交通及跨线设备等组成。其中站台是最基本的部分，不论车站的类型、性质有何不同，都必须设置。其余 3 部分，一般情况下都设置，但在某些特殊的情况下，在满足功能要求的前提下，其中的某些部分可能被简略。城市轨道交通乘客的构成比铁路、公路简单，乘客在车站停留时间短，且没有行李寄存与货物运输等问题。在一般车站中旅客运送方向也基本上是往返方向。因此，在车站乘客活动而形成的流线、服务设施都比较简单。在换乘站中客流流线就比较复杂些，大型枢纽站更应认真仔细分析旅客活动流线。

车站总体布局应按照乘客进出车站的活动顺序，合理布置进出站的流线，使其不发生干扰，要求流线简捷、通畅，为乘客创造便捷、舒适的乘降环境。图 1-91 为一般车站的旅客进、出站活动流线。

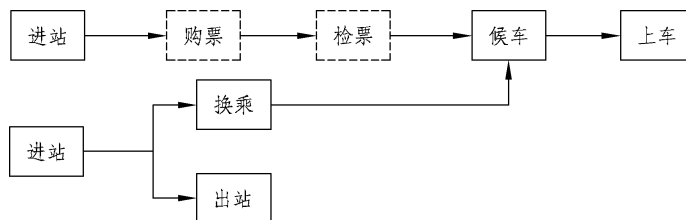


图 1-91 旅客进、出站活动流线

三、站 台

站台是乘客乘车及上、下车的地方。

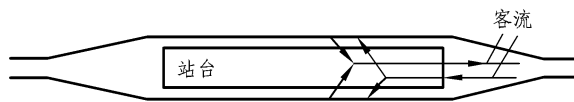
(一) 站台形式

站台形式有岛式站台、侧式站台和混合式站台 3 种，如图 1-92 所示。

1. 岛式站台

站台位于上下行行车线路之间，这种站台布置形式称为为岛式站台，如图 1-92 (a) 所示。岛式站台具有站台面积利用率高、能灵活调剂客流、乘客使用方便、管理集中等优点。缺点是乘客有乘错车的可能，造价相对较高。因此，一般常用于客流量较大的车站。

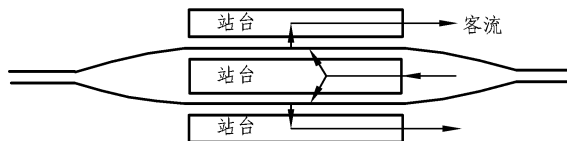
如果车站有改扩建的需要，岛式站台在改建时，延长车站很困难，技术复杂。



(a) 岛式站台



(b) 侧式站台



(c) 混合式站台

图 1-92 地铁站台布置

2. 侧式站台

站台位于上下行行车线路的两侧，这种站台布置形式称为侧式站台，如图 1-92 (b) 所示。侧式站台面积利用率、调剂客流、站台之间联系等方面不及岛式站台，站厅分设时，管理分散，联系不方便。但是乘客不易乘错车，造价也相对较低。因此，侧式站台多用于客流量不大的车站及高架车站。

如果车站有改扩建的需要，侧式站台在改建时，延长车站比较容易。

3. 混合式站台

将岛式站台和侧式站台同设在一个车站内，这种站台布置形式称为混合式站台，如图 1-92 (c) 所示。可同时在两侧的站台上、下车，也可适应列车路途折返的要求。

(二) 站台长度

站台长度应采用远期车辆编组长度加停车误差。考虑到停车位置不准确和车站值班员、

司机确定信号的需要，一般需预留 4 m 左右。

计算如下：

$$L = nl + 4$$

式中 L ——站台长度，m；

l ——车辆长度，包括车钩长度，m；

n ——车辆的编组数。

（三）站台宽度

确定站台宽度的主要依据是高峰小时的客流量。在高峰小时内车站汇集了全日乘客人数的 10% ~ 15%。在高峰小时内客流也不均匀。

1. 侧式站台的宽度

侧式站台需要面积计算如下：

$$A = pa$$

式中 A ——站台需要面积， m^2 ；

P ——高峰时间每侧站台到达的乘客量，人；

a ——人均占有面积（ m^2 /人，一般取 $a=0.33 \sim 0.75$ ）

侧式站台宽度：

$$b = \frac{A}{L_{ii}} + b_0 + 0.45 + c$$

式中 b ——侧式站台宽度，m；

L_{ii} ——列车全长减去车头到第一门及车尾到最后门的距离，m；

b_0 ——考虑乘客沿站台纵向流动宽度，一般 $b_0 = 1.0 \sim 1.5$ m；

c ——柱宽，m；

0.45——站台安全防护宽度，m。

2. 岛式站台的宽度

$$B = 2b + b_0$$

式中 B ——岛式站台宽度，m；

b_0 ——考虑岛式站台纵向客流流动宽度，一般取 $2 \sim 2.5$ m。

（四）站台高度

站台高度指站台到轨顶面的高度，与车型有关。站台与地板面同高，称为高站台；站台比车厢地板面低一、二个台阶，称低站台。我国生产的轻轨样车，车厢地板面到轨顶面的高度为 950 mm，车辆第一踏面距轨面 650 mm，所以站台高度 900 mm 为高站台，650 mm 或

400 mm 为低站台。采用高站台时，考虑到由于车辆弹簧的挠度，在最大乘车效率时，车厢地板下沉的范围在 100 mm 以内，故高站台高度宜低于车厢地板面 50~100 mm 为宜。

（五）轨道中心到站台边缘距离

从轨道中心到站台边缘的距离由车辆的建筑限界决定，还应考虑站台的施工误差，一般施工误差为 10 mm。针对样车，车体宽为 2.6 m，把轨道中心到站台边缘的距离定为 1.4 m。当车站设在曲线上时，应适当加宽，此时轨道中心到站台边缘距离为：

$$L = l_1 + E + 0.8c$$

式中 l_1 ——轨道中心到建筑限界边的距离，加施工误差 10 mm。

E ——曲线总加宽，曲线内侧有站台， E 为“+”；曲线外侧有站台， E 为“-”。

c ——线路超高值。

四、站 房

车站站房的组成，应根据运营管理的要求决定。如果运营管理上采用上车自动售票，车站为无人管理方式，而以集中监视的闭路电视系统提供保证时，车站可以不设站房，而只设风雨棚，否则应设售票房。

五、跨线设备及垂直交通

1. 跨线设施

由于城市轨道交通列车的速度快、密度高，要求整个线路封闭程度较高。考虑乘客候车安全，侧式站台上、下行线间加防护栏杆隔开，所以有上下行越线问题。岛式站台乘客进站也有越线问题，而且行人过街也同样有越线问题。

对地面站来说，除了客流量小，一般均需设跨线设施。地面站的跨线设施可以是天桥或地道两种方案。天桥方案较经济，施工方便，对交通干扰少，应优先采用。

地下站跨线设施可以在地下站内解决。

高架站的跨线设施如在高架桥上再设天桥，对于乘客来说会加重负担，安全感差，又占用较多高架站台面积，增加高架站结构的复杂性，提高了造价，也影响景观。因此，通常应该尽量利用高架桥面以下的结构空间解决跨线功能，也可以在解决高架站的垂直交通时，同时解决跨线问题。但要注意避开道路的交会路以满足道路上空的限高要求。

2. 垂直交通

高架站和地下站与地面的联系必然通过垂直交通来疏导旅客，天桥或地道跨线设施也需要垂直交通。垂直交通的设计要求位置适宜、路线便捷、合理通畅的宽度。

高架站的垂直交通布置，通常有两种方式：一种为街道两侧布置垂直交通，经天桥进入高架车站，即天桥进出方式，如图 1-93 所示。

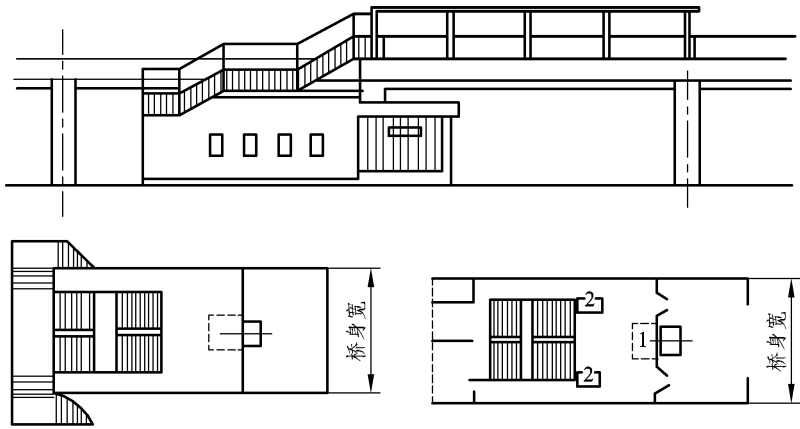


图 1-93 某高架车站天桥进出方案

1—售票处；2—检票处

另一种是利用桥下空间，由楼梯通向休息平台，再通向两侧高架站台或通向岛式站台，即为桥下进出方式。

地下车站的出入口位置应根据车站位置的地形、地势等具体条件，并满足城市规划和交通的要求，设在人行道、街道拐角、街道中心广场和街心花园处，建筑物内和建筑物边，如图 1-94 所示。

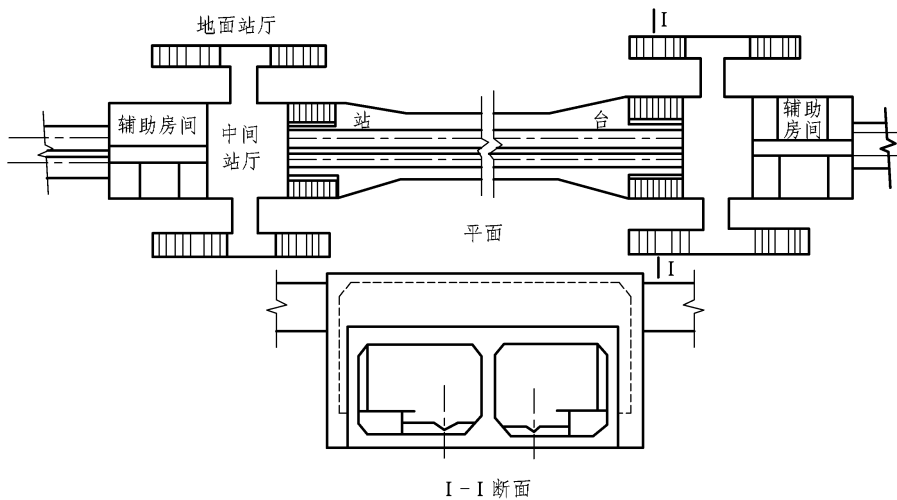
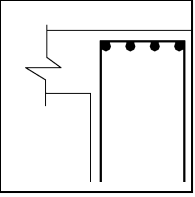


图 1-94 双跨地下侧式车站平面断图（浅埋地铁车站）

地下铁道车站的出入口及通道的数目和宽度应根据该地区的具体条件和客流量确定，并考虑紧急情况下，站台的乘客和停在列车内的乘客必须在 6 min 内全部疏散出地下站并上到地面。

出入口及通道宽度应根据高峰小时客流量计算确定，采用宽度一般不小于 2 m，最小不得小于 1.5 m。地下通道净高一般为 2.5 m 左右。



复习思考题

1. 城市轨道交通线路铺设方式有哪几种?
2. 路堤和路堑主要由哪些部分组成?
3. 轨道由哪几部分组成?
4. 轨道的几何形位指什么? 其要素主要有哪些?
5. 单开道岔由哪几部分组成? 各部分有何作用?
6. 什么是道岔的辙叉咽喉和道岔的有害空间?
7. 什么是道岔的辙叉号数? 辙叉号数与辙叉角、导曲线半径、允许过岔速度有怎样的关系?
8. 线路平面由哪几部分组成?
9. 为何要设置曲线外轨超高? 如何计算取值? 怎样设置?
10. 缓和曲线有何作用? 有何特征?
11. 小半径曲线对运营工作的不利影响有哪些?
12. 为什么要设置竖曲线?
13. 城市轨道交通车站是如何分类的? 车站类型有哪些? 各有什么特点?
14. 城市轨道交通车站线路分为哪几类?
15. 城市轨道交通限界分为哪几类?
16. 城市高架桥梁结构的形式与特点有哪些?
17. 高架槽形梁结构由哪几部分组成?
18. 高架脊梁式结构有什么特点?
19. 高架桥的墩台形式有哪些, 都有什么特点?
20. 超低高度板式结构有什么特点?
21. 区间隧道结构有什么特点?
22. 区间隧道的内净空进行加宽的原因是什么?
23. 区间隧道的断面形式有哪些? 各有什么特点?
24. 地下隧道施工方法有哪些? 各有什么特点?
25. 涵洞由哪些部分组成? 涵洞的类型有哪些?
26. 城市轨道交通车站设计原则是什么?
27. 城市轨道交通车站平面布置有哪些要求?
28. 车站站台形式有哪几种? 各有什么特点?
29. 车站站台长度、宽度如何计算? 站台高度、轨道中心到站台边缘距离如何计算?
30. 车站跨线设备及垂直交通的设计要求是什么?