



项目

1

铁路概述



学习目标

- (1) 了解现代交通运输方式的种类,了解现代交通运输的作用。
- (2) 熟悉世界铁路发展的各个时期。
- (3) 掌握我国铁路的规划,了解我国铁路的发展。

1.1 现代交通运输方式和作用

交通运输是人类社会的一种不能缺少的需求,它使人和物发生所在位置的变化,是人类社会生产、生活的一个重要环节。交通运输是经济发展的基本需要和先决条件,是现代社会的生存基础和文明标志,更是社会经济的基础设施和重要纽带。

随着社会生产力的发展,交通运输工具也发生着相应的变革。人类从开始利用体力、兽力进行搬运,逐步发展到利用各种水上、陆上和空中的交通运输工具进行运输。各种现代化交通运输方式的出现,是人类社会生产力高度发展的结果。

1.1.1 现代交通运输方式

现代交通运输方式主要有公路运输、铁路运输、水路运输、管道运输和航空运输 5 种。这 5 种运输方式在技术上、经济上各有特点和适用范围。

1. 公路运输

公路运输是现代化运输的主要方式之一,它的主要特点是机动性和灵活性强,对不同的客运量和货运量具有很强的适应性。与其他几种运输方式相比,公路运输投资少、投资回收期短,且技术改造比较容易。

(1) 公路运输的优点。

① 机动灵活,适应性强。由于公路运输网一般比铁路网、水路网的密度大十几倍,分布面也广,因而公路运输车辆可以做到“无处不到、无时不有”。

②在时间方面的机动性也比较强,车辆可随时调度、装运,各环节之间的衔接时间较短。汽车的载重吨位有小(0.25~1 t)有大(200~300 t),既可以单个车辆独立运输,又可以由若干车辆组成车队同时运输,这对抢险、救灾工作和军事运输具有特别重要的意义。

③可实现“门到门”直达运输。由于汽车体积较小,中途一般也不需要换装,除了可沿分布较广的路网运行外,还可离开路网深入到工厂企业、农村田间、城市居民住宅等地,即可以把旅客和货物从始发地门口直接运送到目的地门口,实现“门到门”直达运输。这是其他运输方式无法比拟的一个特点。

④在中、短途运输中,运送速度较快。在中、短途运输中,由于公路运输可以实现“门到门”直达运输,中途不需要倒运、转乘就可以直接将客、货运达目的地,因此与其他运输方式相比,其客、货在途时间较短,运送速度较快。

⑤原始投资少,资金周转快。公路运输与铁路、水路、航空运输方式相比,所需固定设施简单,车辆购置费用一般也比较低,因此,投资兴办容易,投资回收期短。据有关资料表明,在正常经营情况下,公路运输的投资每年可周转1~3次,而铁路运输则需要3~4年才能周转1次。

⑥掌握车辆驾驶技术较容易。相比火车司机或飞机驾驶员的培训要求来说,汽车驾驶技术比较容易掌握,对驾驶员各方面素质的要求也相对较低。

(2)公路运输的缺点。

①运量较小,运输成本较高。由于汽车载重量小,行驶阻力比铁路大9~14倍,所消耗的燃料又是价格较高的液体汽油或柴油,因此除航空运输以外,就属汽车运输的成本最高。

②运行持续性较差。据有关统计资料表明,在各种现代运输方式中,公路的平均运距是最短的,运行持续性较差。

③安全性较低,环境污染较严重。据不完全统计,自汽车诞生以来全世界死于交通事故的人数已经超过了3 600万,特别是自20世纪90年代开始,死于汽车交通事故的人数急剧增加,平均每年达50多万人。这个数字超过了艾滋病、战争和结核病人每年的死亡人数。汽车所排出的尾气和产生的噪声也严重威胁着人类的健康,是城市环境污染的最大污染源。

2. 铁路运输

铁路运输适合大宗、笨重货物的中长距离运输,要求准时到达的远距离客、货运输,容易死亡、变质和易腐货物的中长距离运输。

(1)铁路运输的优点。

①准确性和连续性强。铁路运输几乎不受气候影响,一年四季可以不分昼夜地进行定期、有规律、准确的运转。

②速度比较快。我国普速旅客列车的运行速度一般为80~160 km/h,高速动车组列车的运行速度可达200~300 km/h,铁路货物列车的运行速度可达100 km/h左右。铁路运输的速度远远高于海上运输的速度。

③运输能力大。一般每列客车可载旅客1 800人左右,一列货车可装2 000~3 500 t货物,重载列车可装20 000多吨货物;单线单向年最大货物运输能力达 18×10^6 t,复线单向年最大货物运输能力达 55×10^6 t;运行组织较好的国家,单线单向年最大货物运输能力达 40×10^6 t,复线单向年最大货物运输能力超过 1×10^8 t。

④铁路运输成本较低。铁路运输费用仅为汽车运输费用的几分之一到十几分之一,运

输油耗约是公路运输的 1/20。

⑤火车运行比较平稳,安全可靠。

(2)铁路运输的缺点。

①资本密集,固定资产庞大,需要大量的资金和金属。铁路投入建设的大都是固定的资产,不可移作他用,固定资产比例较大。据统计,我国目前每修建 1 km 铁路,需要投资 400 万元以上,消耗 120~150 t 重的钢轨、零部件等金属。

②货损较高。列车在行驶过程中振幅比较大,容易造成货物的损坏,且中转站较多,货物遗失率较大。据不完全统计,美国铁路运输的货损比例高达 3%。

③营运缺乏弹性。铁路运输缺乏灵活性,不能随货源或客源的变化而改变路线,往往会有空车返回的现象,导致营运成本增加。

④设备庞大,不易维修,且战时容易遭到破坏。铁路运输的整个过程依赖于所有设施的协同合作,铁路运输是一个十分庞大的体系。

3. 水路运输

水路运输是利用船舶和其他水上工具在河流、湖泊和海洋中来回移动运送客、货的运输方式。水路运输适合大宗、笨重、远程和非急需货物的运输。

(1)水路运输的优点。

①运能大,能够运输数量巨大的货物。

②通用性较强,客、货两宜。

③可越洋运输大宗货品,连接被海洋分割的大陆。远洋运输是发展国际贸易的强大支柱。

④运输成本低,能以最低的单位运输成本提供最大的货运量,尤其在运输大宗货物或散装货物时采用专用的船舶运输,可以获得较好的技术、经济效果。

⑤平均运输距离长。

(2)水路运输的缺点。

①受自然气象条件因素的影响大。由于受季节制约的程度较大,因而一年中中断运输的时间较长。

②营运范围受到限制。如果没有天然航道则无法运输。

③航行风险大,安全性低。

④运送速度慢,准时性差,经营风险高。

⑤搬运成本和装卸费用高。水路运输的运能最大,所以装卸作业量最大。

4. 管道运输

管道运输是随着石油和天然气产量的增长而发展起来的,目前已成为陆上油、气运输的主要运输方式。近年来用于输送固体物料的管道,如输煤、输精矿管道,也得到了很大的发展。

(1)管道运输的优点。

①运输量大。国外一条直径为 720 mm 的输煤管道,一年可输送煤炭 20×10^6 t,几乎相当于一条单线铁路单方向的输送能力。

②运输工程量小,占地少。由于管道运输只需要铺设管线,修建泵站,因而其土石方工

程量比修建铁路小得多;而且在平原地区管道大多埋在地下,不占农田。

- ③能耗小。管道运输的能耗在各种运输方式中是最低的。
- ④安全可靠,无污染,成本低。
- ⑤不受气候影响,可以全天候运输,送达货物的可靠性高。
- ⑥可以走捷径,运输距离短。
- ⑦可以实现封闭运输,损耗小。

(2)管道运输的缺点。

- ①专用性强,只能运输石油、天然气及固体料浆(如煤炭等)。
- ②管道运输量与最高运输量之间的幅度小,因此在油田开发初期采用管道运输有困难时,应以公路、铁路、水路运输作为过渡。

5. 航空运输

航空运输是随着社会、经济的发展和技术的进步而发展起来的,其发展又促进了全球经济、文化的交流与发展,促进了物资流通和经济生产的增长,推动了人类社会的文明进步。

(1)航空运输的优点。

①运输速度快,节约其他费用。航空运输的运输速度在各种运输方式中最高,这是航空运输的最大特点和优势,其时速为 1 000 km 左右,且距离越长,所能节省的时间越多,快速的优势也越显著。因此,航空运输适用于中长距离的旅客运输、邮件运输和精密、贵重货物、鲜活易腐物品的运输。由于采用航空运输方式可使货物在途时间短、周转速度快、企业存货少,因而可以节约包装、保险、利息等费用。

②机动性强,限制少。飞机在空中运行,受航线条件限制的程度相对较小,可跨越地理障碍将任何两地连接起来。航空运输的这一优点使其成为执行救援、急救等紧急任务时必不可少的手段。

③舒适、安全、可靠。现代民航客机平稳舒适,客舱宽敞、噪声小,机内有供膳、视听等设施,旅客乘坐的舒适程度较高。随着科技的进步和管理的不断改善,航空运输的安全性比以往有了很大的提高。

④基本建设周期短、投资少。发展航空运输的设备条件是添置飞机和修建机场。这与修建铁路和公路相比,具有建设周期短、占地少、投资省、收效快的优点。

(2)航空运输的缺点。

①运输成本费用高。航空运输是运输方式中费用最高的。

②对大件货物或大批量货物的运输有一定的限制。在 5 种运输方式中,水路运输的吨位是最大的,航空运输次之。

③有些货物禁用航空运输。现实中有很多不适合航空运输的物品,甚至在航空运输中是违禁品。这些物品中既有危险性显而易见的各类化工产品,也有日常生活中常见的公众容易忽视其危险性的物品,如香水、药品、汽车、电器,还有经过特殊手段保鲜的水产品,甚至某些动物和水果在特殊情况下也具有一定的危险性。随着社会的不断发展,危险物品的种类还在不断增加。

④航空运输的安全容易受恶劣气候的影响。恶劣天气可能造成飞机延误和偏航,甚至在运输中遇到寒流侵袭时还会有一定的危险。

1.1.2 现代交通运输的作用

1. 运输生产是社会再生产过程中的重要环节

各地区、各部门、各生产领域、各企业之间有着广泛而紧密的经济联系,需要及时地将原材料、燃料、成品和半成品送往加工企业及消费地,以保证社会生产有计划地进行;否则,经济发展就要停止,社会生产也无法正常进行。

2. 交通运输推动现代工业的发展

交通运输不仅可以通过不断扩大人与物空间位移的规模去刺激流通,而且可以通过本身产生的巨大需求去刺激其他部门(如建筑业、煤炭和石油工业、采矿和冶金工业、机械加工工业等)扩大生产,使它们得到迅猛发展,推动工业和科技的进步。

3. 交通运输业的发展是经济发展的先决条件

交通运输业的发展对经济的重大潜在作用主要表现在促进资源开发和扩大市场上,许多国家,尤其是发达国家都在工业发展初期把对运输业的政策倾斜作为发展经济的一项基本国策。例如,1953—1958年,日本政府用于运输通信设施的投资占该时期公共投资的19.2%;1960—1970年,这一比例高达44.6%。正是由于这种政府支持下的大规模交通运输投资,到20世纪80年代,日本已经基本形成了高度现代化的交通运输体系,这也为日本的经济起飞提供了重要的基础保障。

4. 交通运输业的超前发展是经济发展的标志

国内外的许多事实表明,交通运输是经济发展的先行者。众所周知,德国的经济体系在第二次世界大战后几乎是在废墟上重新建设的。这个只有几千万人口的国家,之所以能在很短的时间内迅速摆脱战争大规模破坏困境的原因之一就是其具有一贯重视交通运输的传统思想。同样,事实证明,美国的经济和社会发展是以交通运输的超前发展为标志的;由于交通运输的超前发展,美国的经济和社会发展的速度也大大加快了。

5. 交通运输在国防建设与防护方面有着不可低估的作用

交通运输具有半军事性质,是国家战斗实力的重要组成部分,在国防建设与防护方面有着不可低估的作用。

6. 交通运输是国际交流的重要桥梁和纽带

交通运输可以促进各国之间进行物资交换和发展经济,可以促进人们之间的友好往来,是经济全球化的重要保证。

1.2 世界铁路的发展

百余年来,世界铁路已经有了很大的发展,大致可以分为开创时期、发展时期、成熟时期和新发展时期。

1.2.1 开创时期

一般认为1825—1850年为世界铁路发展的开创时期。这个时期正值产业革命后期,钢

铁工业、机器制造业等已达到一定水平,同时工业发展又有原材料和产品的输送问题需要解决,这就促使铁路迅速地兴起。在英国于 1825 年建成第一条铁路后,美国、德国等国家也相继开始修建铁路。截至 1850 年,世界上有 19 个国家建成铁路并开始营业。

1.2.2 发展时期

一般认为 1850—1900 年为世界铁路的发展时期。在这个时期内,有 60 多个国家和地区建成铁路并开始营业。这个时期,工业先进国家的铁路已渐具规模,俄罗斯修建的西伯利亚铁路和美国开发西部修建的铁路都长达数千千米。此外,这个时期在铁路建筑技术和铁路机车制造技术方面也获得了新的发展。例如,在铁路隧道开凿技术方面,1872—1881 年建成的圣哥达隧道(长 15 km)首次采用上导坑先拱后墙法施工;在铁路机车制造方面,蒸汽机车的性能日趋完善,同时电力机车和内燃机车先后于 1879 年和 1892 年研制成功。

1.2.3 成熟时期

一般认为 1900—1950 年为世界铁路发展的成熟时期。在这个时期内又有 28 个国家和地区建成铁路并开始营业。这些新建铁路大部分建在非洲和中东地区,而且大多建成于第二次世界大战以前。在这个时期内,公路和航空等运输方式与铁路运输方式展开了激烈的竞争,从而促使铁路提高了行车速度和改进了铁路客、货运输的服务设施,开始采用内燃机车和电力机车来代替落后的蒸汽机车。但由于铁路运输难以同公路运输的方便和航空运输的快速相竞争,因而逐渐出现了萧条景象,如美国在 1920—1950 年拆除了长度超过 9×10^4 km 的铁路。

1.2.4 新发展时期

一般认为 1950 年至今为世界铁路的新发展时期。在这个时期内,原来是殖民地的国家纷纷独立,取得了修建铁路的自主权。铁路的技术改造也获得了重大进展,如美国、英国、法国、日本和苏联等国家的铁路,其牵引动力几乎全部采用内燃机车和电力机车,这些新型机车的优点是能源省、污染少。随着铁路能源形势的变化及各种新技术的采用,铁路的经济效益有了显著的提高。20 世纪 60 年代后期,各国铁路建设又呈现出走向兴旺的趋势。1960—1980 年,世界各国共建成新铁路约 4×10^4 km;1980—1981 年又有 9 800 km 的铁路通车营业,此外还有 45 000 km 的铁路正在进行设计施工,形成了铁路发展的新局面。

20 世纪 60 年代初期,日本建成专门用于行驶旅客列车的东京大阪间的东海道新干线,其最高行车速度达到 210 km/h。此后,法国、英国、美国等国家和联邦德国都开始修建行驶高速列车的高速铁路。在高速铁路出现的同时,世界上一些有大宗煤炭或其他矿产货物运输任务的国家也开始修建重载铁路,在这种铁路上行驶的列车称为重载列车。早在 20 世纪 20 年代,美国重载铁路就曾行驶由轴重达到 30 t 的货车组成的总重超过万吨的重载列车。20 世纪 60 年代以后,加拿大、巴西、澳大利亚等国也开始陆续修建适于行驶重载列车的重载铁路,美国也扩大了重载列车的运营。到 20 世纪 80 年代初,最重的列车总重已达到 2×10^4 t 以上。重载铁路主要用于货运。

世界上大多数国家的铁路仍然是客运和货运兼顾的常规铁路。高速铁路、重载铁路和常规铁路虽然基本形式相同,但在技术方面(包括机车和车辆、线路和轨道及列车的编组和

运行)却各不相同,因此各国应根据各自的具体情况,采用不同的技术修建或改造本国的铁路。铁路运输的这些发展成为铁路新发展时期的突出特点。

1.3 我国铁路的规划与发展

我国的铁路建设始于晚清时期,铁路建设对我国社会的发展产生了深远的影响,并在经济、军事等方面起到了重要的作用。

1.3.1 我国铁路的规划

我国铁路的总体规划目标是建立省会城市及大中城市间的快速客运通道,以及环渤海地区、长三角地区、珠三角地区3个城际快速客运系统。我国《中长期铁路网规划(2008年调整)》指出,以扩大西部路网规模为主,形成西部铁路网骨架,完善中东部铁路网结构,提高对地区经济发展的适应能力;规划建设新线约 4.1×10^4 km,形成西北、西南进出境国际铁路通道,西北至华北新通道,西北至西南新通道,新疆至青海、西藏的便捷通道,完善西部地区 and 东中部铁路网络。

1. 发展目标

铁路网要扩大规模,完善结构,提高质量,快速扩充运输能力,迅速提高装备水平。到2020年,全国铁路营业里程达到 12×10^4 km以上,其中客运专线达到 1.6×10^4 km以上。复线率和电化率分别达到50%和60%以上,主要繁忙干线实现客货分线,基本形成布局合理、结构清晰、功能完善、衔接顺畅的铁路网络,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。

2. 规划原则

(1)贯彻国家总体发展战略,统筹考虑经济布局、人口和资源分布、国土开发、对外开放、国防建设、经济安全和社会稳定的要求,并体现主体功能区规划明确的促进区域协调均衡发展的方向。

(2)根据国家综合交通发展总体要求、线网布局、枢纽建设与其他交通运输方式优化、衔接和协调发展,提高组合效率和整体优势。

(3)增加路网密度,扩大路网覆盖面,繁忙干线实现客货分线,经济发达的人口稠密地区发展城际快速客运系统。

(4)加强各大经济区之间的连接,协调点线能力,使客货流主要通道畅通无阻。

(5)节约和集约利用土地,充分利用既有资源,保护生态环境。

3. 规划方案

规划方案要在路网总规模扩大的同时,突出客运专线、区际干线和煤运系统的建设,提高路网质量,扩大运输能力,形成功能完善、点线协调的客货运输网络。

(1)客运专线。为满足快速增长的旅客运输需求,建立省会城市及大中城市间的快速客运通道,规划“四纵四横”等客运专线及经济发达和人口稠密地区城际客运系统。

具体建设内容如下:

①“四纵”客运专线。

- a. 北京—上海客运专线,贯通京津至长江三角洲东部沿海经济发达地区。
- b. 北京—武汉—广州—深圳客运专线,连接华北和华南地区。
- c. 北京—沈阳—哈尔滨(大连)客运专线,连接东北和关内地区。
- d. 上海—杭州—宁波—福州—深圳客运专线,连接长江、珠江三角洲和东南沿海地区。

②“四横”客运专线。

- a. 徐州—郑州—兰州客运专线,连接西北和华东地区。
- b. 杭州—南昌—长沙—贵阳—昆明客运专线,连接西南、华中和华东地区。
- c. 青岛—石家庄—太原客运专线,连接华北和华东地区。
- d. 南京—武汉—重庆—成都客运专线,连接西南和华东地区。

同时,建设南昌—九江、柳州—南宁、绵阳—成都—乐山、哈尔滨—齐齐哈尔、哈尔滨—牡丹江、长春—吉林、沈阳—丹东等客运专线,扩大客运专线的覆盖面。

③城际客运系统。在环渤海、长江三角洲、珠江三角洲、长株潭、成渝以及中原城市群、武汉城市圈、关中城镇群、海峡西岸城镇群等经济发达和人口稠密地区建设城际客运系统,覆盖区域内的主要城镇。

(2)完善路网布局和西部开发性新线。

①新建中俄通道同江—哈鱼岛段,中吉乌铁路喀什—吐尔尕特段,改建中越通道昆明—河口段,新建中老通道昆明—景洪—磨憨段,中缅通道大理—瑞丽段等,形成东北、西北、西南进出境国际铁路通道。

②新建太原—中卫(银川)线、临河—哈密线,形成西北至华北新通道。

③新建乌鲁木齐—哈密—兰州、库尔勒—格尔木、龙岗—敦煌—格尔木、喀什—和田、日喀则—拉萨线,研究建设和田—狮泉河—日喀则线,形成新疆至甘肃、青海、西藏的便捷通道。

④新建兰州—重庆、哈达铺—成都线,研究建设张掖—西宁—成都、格尔木—成都线,形成西北至西南新通道。

⑤新建拉萨—林芝、大理—香格里拉线,研究建设成都—波密—林芝、香格里拉—波密线,形成四川、云南至西藏的便捷通道。

⑥新建太原—侯马—西安—汉中—绵阳线,研究建设郑州—重庆—昆明线,形成华北、中原至西南新通道。

⑦新建重庆—贵阳、乐山—贵阳—广州、南宁—广州线,形成西南至华南新通道。

⑧新建向塘—莆田(福州)、合肥—福州、阜阳—六安—景德镇—瑞金—汕头线,形成内陆腹地至东南沿海地区新通道。

⑨新建北京—张家口—集宁—呼和浩特—包头线,形成北京至内蒙古呼包鄂地区便捷通道。

⑩新建内蒙古中西部、山西中南部煤运铁路,形成“三西”地区煤炭外运新的大能力通道。

⑪新建乌鲁木齐—富蕴—北屯、哈密—若羌、二连浩特—锡林浩特—乌兰浩特、正蓝旗—虎什哈、昭通—攀枝花—丽江、昆明—百色、柳州—肇庆、南宁—河池等铁路,研究建设安康—恩施—张家界等铁路,完善西部地区铁路网络。

⑫新建哈尔滨—佳木斯、青岛—连云港—盐城、南通—上海—宁波、广州—湛江—海口—三亚、上海—江阴—南京—铜陵—安庆、怀化—衡阳—赣州、九江—景德镇—衢州、浦

城—建宁—龙岩等铁路和福州—厦门货运线,完成东中部地区铁路网络。

(3)加强网络既有有线技术改造。加强既有路网技术改造和枢纽建设,提高路网既有通道能力。

①在建设客运专线、完善路网布局和西部开发性新线的基础上,对既有有线进行扩能改造,在大同(含蒙西地区)、神府、太原(含晋南地区)、晋东南、陕西、贵州、河南、兖州、两淮、黑龙江东部等10个煤炭外运基地和新疆地区,形成大能力煤运通道。重点强化“三西”地区煤炭下海和铁路直达中南、华东内陆地区通道及新疆地区煤炭外运通道等。

②结合客运专线、完善路网布局和西部开发性新线的建设,对“五纵五横”综合运输大通道内既有铁路干线进行复线建设和电气化改造。

③按照综合交通枢纽布局和城市发展规划,加强主要客货枢纽建设,注重与城市轨道交通等公交系统及公路、民航和港口等其他交通方式的衔接,实现旅客运输“零距离换乘”、货物换装“无缝衔接”和交通运输一体化。以北京、上海、广州、郑州、武汉、成都、重庆、西安等枢纽为重点。

④建设集装箱中心站,改造集装箱运输集中的线路,开行双层集装箱列车。

1.3.2 我国铁路的发展

我国铁路的发展大体上经历了以下几个阶段:

1. 清朝晚期(1865—1911年)

我国是自19世纪起,继日本和印度之后第三个修建铁路的亚洲国家。1865年,我国的国门在鸦片战争中被英国以“炮舰外交”打开后,英国人为了向清政府宣传铁路的优越性,在北京宣武门外修建了0.5 km长的一段“展览铁路”。

我国第一条真正营运的铁路是1876年由英国怡和洋行擅自铺设的吴淞铁路(上海—吴淞),全长14.5 km。因为当时无论是清政府还是普通民众对铁路的态度都十分保守,所以通车营运1年后就被清政府以285 000两白银赎买后拆除。

我国的第二条铁路也是第一条清政府主张兴建的官办铁路、中国的标准轨距铁路——1881年由直隶总督李鸿章下令铺设的唐胥铁路(今河北省唐山—胥各庄),全长9.2 km。为了将唐山附近开滦煤矿的煤运出去,经清政府批准,聘请英国人金达为总工程师,由开平矿务局集资修筑唐胥铁路。唐胥铁路于1886年延伸至芦台,1888年又延伸至塘沽和天津(唐津铁路)。唐津铁路又于1890年、1892年、1893年分别延伸至古冶、滦州和山海关,改为津榆铁路。

八国联军侵华后,我国面临民族危机,国内要求保卫路权、自修铁路的呼声越来越高,清政府终于决定自行兴建第一条完全由中国人自行设计、施工的铁路——京张铁路,中国首位铁路工程师——詹天佑作为京张铁路的总工程师,创造性地运用人字形铁路完成了在崇山峻岭中修建铁路的艰巨工程。

2. “中华民国”时期(1911—1949年)

1912年“中华民国”建立后,继续在清代既有铁路的基础上持续建设铁路。1928年,国民政府完成北伐统一中国后,努力开展铁路建设,同年10月在行政院之下成立交通运输部,并颁布了中国第一部铁道法规——《铁道法》,还制定了一系列与铁路建设、发展相关的法律法规,其主要涉及铁路运输、财政、组织等各个方面,另外又开创了以中外合作方式筹集资金的先河。

1927—1937年,国民政府共修建铁路3 793 km(不包括同时期东北三省修建的4 500 km),全国铁路里程已达12 000 km。1945年抗战胜利后,国民政府规划进行新一波的铁路建设,但随之而来的内战令国民政府无暇兼顾铁路建设,也令铁路运输时常中断、意外频发。

3. 中华人民共和国时期(1949年至今)

1949年中华人民共和国成立时,我国大陆已经建成23 500 km以上的铁路,但其中有近一半的铁路因战争的破坏而处于瘫痪状态,能够维持通车的铁路仅有11 000 km。1949年1月,在内战尚未结束之际,中共中央组织成立了中国人民革命军事委员会交通部。1949年10月,新中国成立时中央人民政府交通部正式成立。1952年8月,青岛四方机车车辆工厂生产了第一台完全由我国独立制造的蒸汽机车“八一号”。1954年9月,中央人民政府交通部改名为中华人民共和国交通部。

自1953年开始,我国开始实施第一个五年计划,我国铁路进入了有计划的大规模建设时期。1966—1980年,我国相继建成为开发西南、西北地区的贵昆铁路、成昆铁路、川黔铁路、襄渝铁路、兰新铁路、焦枝铁路和太焦铁路等,以及为增强中部及东部地区运输能力的京通铁路、京承铁路、皖赣铁路、鹰厦铁路等铁路干线和支线100多条,全国铁路营运里程增加到49 940 km。在铁路技术装备方面,我国也形成了自己的铁路机车、车辆、通信、信号、轨道、工程机械等工业。至20世纪80年代末,主要干线上的客运列车已经全面使用内燃机车牵引。

随着改革开放的实施,人口流动日趋频繁,经济发展不仅令铁路的运输压力日益增加,而且推动着铁路的发展。20世纪90年代末,我国先后建成京九线、南昆线、大秦线、宝中线、侯月线等一批铁路干线,以及包括京广铁路衡广段、兰新铁路在内的复线电气化工程,全国铁路的营业里程已达66 428 km。除了扩大铁路网外,我国铁路也以“提速”为发展战略。1994年,我国铁路旅客列车平均运行速度只有48.3 km/h,远远落后于发达国家。1997年4月1日,我国实施了第一次铁路大面积提速,从此拉开了我国铁路大提速的序幕。至2007年4月10日,10年间我国经历了6次铁路大提速,尤其是第六次铁路大提速,在主要干线上开行时速达200 km及以上动车组、大面积开行5 000 t级货物列车,使我国铁路在高速、重载方面开启了新的篇章。

学习评价

本项目学习完成后,请根据自己的学习所得,结合下表所列内容进行打分评价。

项目1学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
课前预习本项目相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解现代交通运输方式的种类				A. 充分 B. 一般 C. 不足

(续表)

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
了解现代交通运输的作用				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉世界铁路发展的各个时期				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握我国铁路的规划				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解我国铁路的发展				A. 充分 B. 一般 C. 不足
参加教学中的讨论和练习,并积极完成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度和完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				

思考与练习

- (1) 现代交通运输方式有哪些?
- (2) 简述现代交通运输的作用。
- (3) 世界铁路的发展经历了哪几个时期?
- (4) 我国铁路有着怎样的规划?



项目

2

铁路轨道



学习目标

- (1) 了解铁路的等级,熟悉铁路的主要技术标准。
- (2) 熟悉铁路线路的平面及立面图,了解铁路线路的纵断面及纵断面图,能识别铁路线路的标志。
- (3) 熟悉铁路轨道的组成,熟悉铁路限界的相关规定。
- (4) 掌握铁路线路养护与维修的相关规定。

2.1 铁路轨道概述

铁路轨道是列车机车车厢和列车运行的基础,它直接承受机车车辆轮对传来的压力。为了保证列车能按规定的最高速度安全、平稳和不间断地运行,使铁路运输部门能够保质保量地完成客货运输任务,铁路轨道必须经常保持完好状态。

2.1.1 铁路等级

我国《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)规定,新建和改建铁路(或区段)的等级,应根据其在铁路网中的作用、性质、旅客列车设计行车速度和客货运量按表 2-1 的规定确定。

表 2-1 铁路等级及相关标准

等 级	铁路在铁路网中的意义	近期年客货运量/Mt
I 级铁路	在铁路网中起骨干作用	≥ 20
II 级铁路	在铁路网中起联络、辅助作用	< 20 且 ≥ 10
III 级铁路	为某一地区或企业服务	< 10 且 ≥ 5
IV 级铁路	为某一地区或企业服务	< 5

注 1:近期是指交付运营后第 10 年。

注 2:年客货运量为重车方向的货运量与由客车对数折算的货运量之和。1 对/天旅客列车按 1.0 Mt 货运量折算。

2.1.2 铁路的主要技术标准

铁路的主要技术标准是指对铁路运输能力、工程造价、运营质量及选定的其他有关技术条件有显著影响的基本标准和设备类型。《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)中明确规定下列内容为各级铁路的主要技术标准:正线数目、限制坡度、最小曲线半径、到发线有效长度、牵引种类、机车类型、机车交路、闭塞类型、牵引质量。这些技术标准是确定铁路能力大小的决定因素。一条铁路的能力设计实质上是选定主要技术标准,这些技术标准对设计线的工程造价和运营质量有重大影响,是确定设计线一系列工程标准和设备类型的依据。

1. 正线数目

正线数目是指连接并贯穿车站的线路的数目。按正线数目可把铁路分为单线铁路、双线铁路和多线铁路。单线铁路和双线铁路的通过能力悬殊。单线半自动闭塞铁路的通过能力为42~48对/天,双线自动闭塞铁路的通过能力为144~180对/天。双线铁路的通过能力远远超过两条单线铁路的通过能力,而双线铁路的投资比两条平行单线铁路的投资少约30%,双线铁路的运行速度比单线铁路的运行速度高约30%,运输费用少约20%。可见,对于运量大的线路,修建双线铁路是比较经济的。

2. 限制坡度

限制坡度是设计线单机牵引时限制列车牵引质量的最大坡度。它不仅影响线路走向、线路长度和车站分布,而且直接影响行车安全、行车速度、运输能力、工程投资、运营支出和经济效益,是铁路全局性技术标准。

3. 最小曲线半径

最小曲线半径是设计线采用的曲线半径最小值。最小曲线半径不仅影响行车安全、旅客舒适等行车质量指标,而且影响行车速度、运行时间等运营技术指标和工程投资、运营支出、经济效益等经济指标。最小曲线半径应根据铁路等级、路段旅客列车设计行车速度和工程条件比选确定,且不得小于《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)的规定值。

4. 到发线有效长度

到发线有效长度是车站到发线能停放货物列车而不影响相邻股道作业的最大长度。它对货物列车长度(牵引吨数)起限制作用,从而影响列车的对数、运能和运行指标;对工程投资、运输成本等经济指标也有一定的影响。

5. 牵引种类

牵引种类是指机车牵引动力的类别。牵引种类应根据路网与牵引动力规划、线路特征和沿线自然条件及动力资源分布情况,结合机车类型合理选定,并应优先采用电力牵引。我国铁路的牵引种类主要有电力牵引和内燃电传动牵引。

6. 机车类型

机车类型是指同一牵引种类中机车的不同型号。机车类型应根据牵引种类、牵引质量、列车设计行车速度等运输需求,按照与线路平面、纵断面技术标准相协调的原则,结合车站分布,经技术经济比选确定。

7. 机车交路

铁路上运转的机车都在一定区段内往返行驶。机车往返行驶的区段称为机车交路,其长度称为机车交路距离。机车交路两端的车站称为区段站。区段站都设置一定的机务设备。机车交路的距离会影响列车的运行时间和直达速度。

8. 闭塞类型

铁路为了保证行车安全,提高运输效率,利用信号设备等来管理列车在区间上运行的方法,称为闭塞方式。单、双线铁路的闭塞类型宜分别采用半自动闭塞和自动闭塞。当旅客列车设计行车速度大于 120 km/h 时,双线区段应采用速差式自动闭塞,单线区段宜采用自动闭塞或自动站间闭塞,一个区段内应采用同一种闭塞类型。

9. 牵引质量

牵引质量应根据运输需求、限制坡度及机车类型等因素,经技术经济比选确定,并宜与相邻线牵引质量相协调。

由于铁路的主要技术标准是铁路建筑物和设备的类型、能力和规模的基本标准,对铁路能力、运营安全、运输效率、投资规模、经济效益和社会效益有重要影响,而且主要技术标准之间联系密切、相互影响,因此,主要技术标准应根据远期运量或国家要求的年输送能力、客车对数和确定的铁路等级在设计中综合考虑,经技术经济比选后确定,以保证其技术上先进、经济上合理、标准间协调。

2.2 铁路线路的平面及纵断面

线路中心线在水平面上的投影叫作铁路线路的平面,线路中心线(展直后)在垂直面上的投影叫作铁路线路的纵断面。

2.2.1 铁路线路的平面及平面图

1. 铁路线路的平面

铁路线路的平面能够表明线路的直、曲变化状态。在进行铁路线路平面设计时,为了缩短线路长度和改善运营条件,应尽可能地设计较长的直线段;但当线路遇到地形、地物等障碍时,为了减少工程造价和运营支出,还应适当地设置曲线。为了使列车由曲线到直线或由直线到曲线运行平稳,还应设置缓和曲线。所以,铁路线路的平面由直线、曲线及连接直线与曲线的缓和曲线组成。这里重点介绍曲线与缓和曲线。

(1) 曲线。

① 圆曲线。铁路线路在转向处所设的曲线为圆曲线,其基本组成要素有曲线半径 R 、曲线转

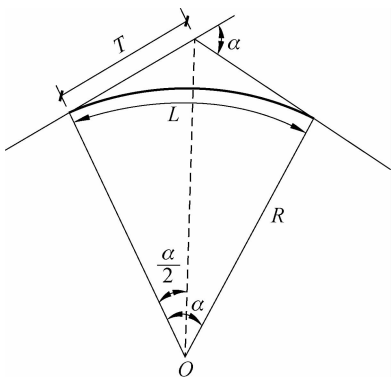


图 2-1 圆曲线的基本组成要素

角 α 、曲线长 L 、切线长度 T ,如图 2-1 所示。

在线路设计时,一般是先设计出 α 和 R ,再按式(2-1)和式(2-2)计算出 T 及 L :

$$T=R \tan \frac{\alpha}{2} \quad (2-1)$$

$$L=\frac{\pi}{180} R \alpha \quad (2-2)$$

曲线半径越大,行车速度越高;工程量越大,工程费用越高。

在设计铁路线路平面时,必须根据铁路所允许的旅客列车的最高运行速度,由大到小地选用曲线半径。为了测设、施工和养护的方便,曲线半径一般应取 50 m、100 m 的整倍数。为了保证线路的通过能力,并有一个良好的运营条件,《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)对区间线路平面的最小曲线半径做了具体的规定,如表 2-2 所示。

表 2-2 最小曲线半径

路段旅客列车设计行车速度/(km·h ⁻¹)		160	140	120	100	80
最小曲线半径/m	工程条件					
	一般地段	2 000	1 600	1 200	800	600
	困难地段	1 600	1 200	800	600	500

注:特殊困难条件下,在列车进、出站等必须减、加速地段有充分技术经济依据时,可采用与行车速度相匹配的曲线半径。

列车在曲线上行驶的速度越快,所产生的离心力也就越大,为了保证列车运行的安全、平衡和舒适,必须限制列车通过曲线时的速度。

②夹直线。两相邻曲线,若转向相同,则称为同向曲线;若转向相反,则称为反向曲线。两条相邻曲线间应设置一定长度的直线(夹直线),以保证列车运行平稳。当车辆运行在同向曲线上时,因两相邻曲线的半径不同,超高高度不同,故车体内的倾斜度不同;当车辆运行在反向曲线上时,因两相邻曲线超高方向不同,故车体时而向左倾斜,时而向右倾斜。这两种情况都会造成车体摇晃振动。夹直线越短,摇晃振动越大。

根据运营实践,为保证旅客舒适,夹直线的长度应保持 2~3 辆客车长度;在困难条件下,也不应短于 1 辆客车的长度。因此,《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)规定圆曲线或夹直线的长度不应小于表 2-3 规定的数值。

表 2-3 圆曲线或夹直线最小长度

路段旅客列车设计行车速度/(km·h ⁻¹)	160	140	120	100	80
圆曲线或夹直线最小长度/m	130	110	80	60	50
	(80)	(70)	(50)	(40)	(30)

注:括号内的数值为特殊困难条件下,经技术经济比较后方可采用的圆曲线或夹直线最小长度。

③曲线附加阻力。

- 基本阻力。列车在空旷地段沿平、直轨道运行时所受到的阻力,称为基本阻力。基本阻力包括车轴与轴承之间、轮轨之间以及钢轨接头对车轮的撞击阻力等。基本阻力在列车运行时总是存在的。

- 附加阻力。列车在线路上运行时受到的额外阻力,称为附加阻力,如坡道阻力、曲线

阻力、起动阻力等。附加阻力随列车运行条件或线路平、纵断面情况而定,阻力方向与列车运行方向相反。

- 曲线附加阻力。当列车通过曲线时,由于惯性力的作用,外侧车轮轮缘紧压外轨,使其磨损增大;又由于曲线外轨长于内轨,外轮在外轨上的滑行等原因,运行中的列车所受阻力比在直线上所受阻力大,两者之差称为曲线附加阻力。

(2)缓和曲线。为保证列车安全,使线路平顺地由直线过渡到圆曲线或由圆曲线过渡到直线,以避免离心力的突然产生和消除,常需要在直线与圆曲线之间设置一个曲率半径变化的曲线,这个曲线称为缓和曲线。图 2-2 所示为设有缓和曲线的铁路曲线。

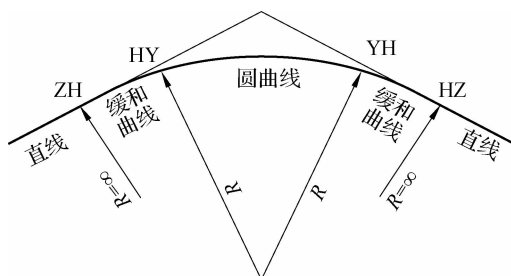


图 2-2 设有缓和曲线的铁路曲线

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 ρ 由无穷大逐渐减小到它所衔接的圆曲线半径 R ;它可以使离心力 F 逐渐增加或减小,不致造成列车强烈的横向摇摆,如图 2-3 所示。

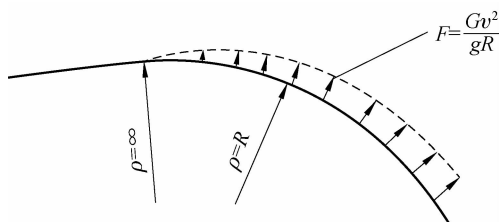


图 2-3 离心力变化

缓和曲线的长度与所衔接圆曲线的半径及路段旅客列车设计行车速度有关,路段旅客列车设计行车速度越大,缓和曲线的长度越大,圆曲线的半径就越大,所需衔接的缓和曲线的长度越小。

2. 铁路线路平面图

用一定的比例尺将线路中心线及其两侧的地面情况投影到水平面上,就是铁路线路平面图。图 2-4 所示为铁路线路局部平面图。

在铁路线路的各个设计阶段,都要编制要求不同、用途不同的平面图。从平面图上可以看到线路的中心线和里程标,以及沿线车站、桥隧建筑物等的数量和位置;同时还可以看到用等高线(地面上高程相等各点的连线)表示的沿线地形和地物等情况。

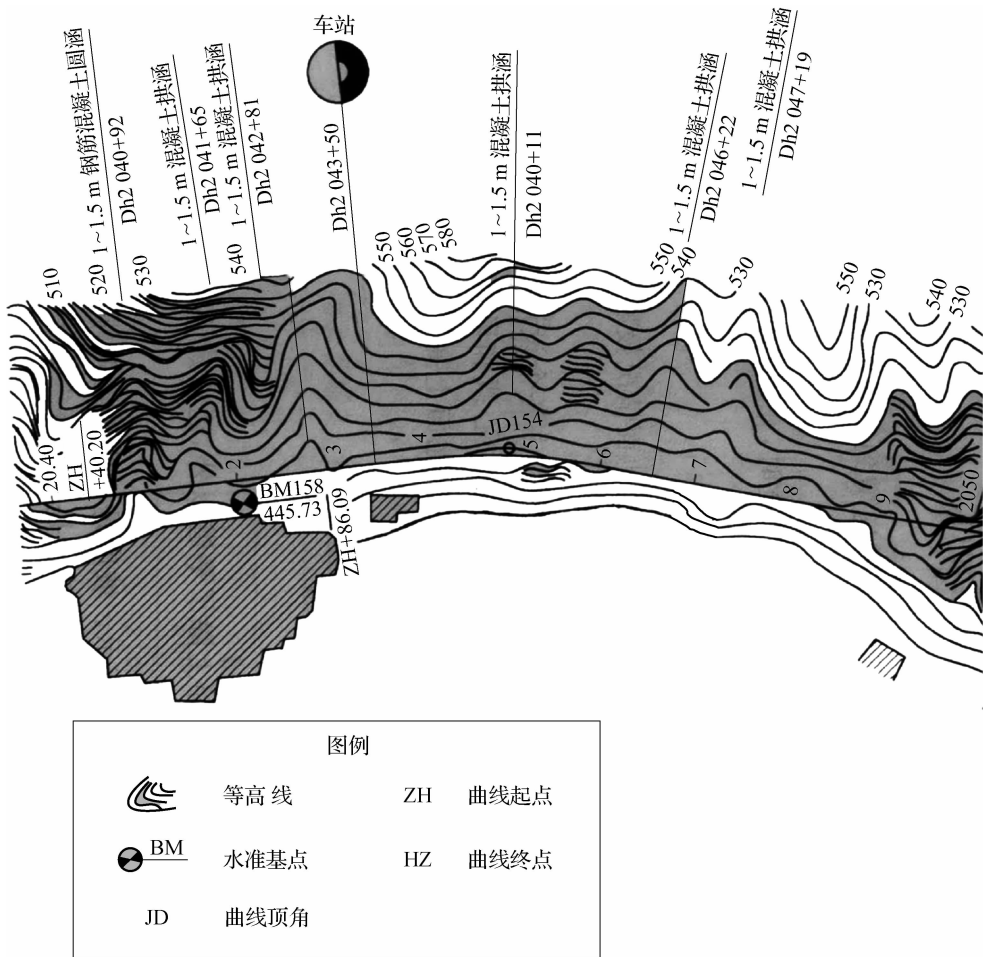


图 2-4 铁路线路局部平面图

2.2.2 铁路线路的纵断面及纵断面图

为了适应地面的起伏,铁路线路上除了平道以外,还修成不同的坡道。铁路线路纵断面由平道、坡道及设于变坡点处的竖曲线组成。

1. 坡道的坡度

坡度是一段坡道两 endpoints 的高差 h 与水平距离 L 之比,用 $i(\%)$ 表示,如图 2-5 所示。

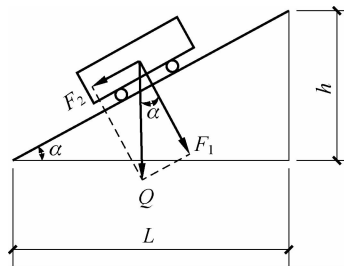


图 2-5 坡道的坡度

铁路线路坡度的大小可用式(2-3)表示:

$$i = \frac{h}{L} = \tan \alpha \quad (2-3)$$

式中, i 为坡度值; α 为坡道段线路中心线与水平线的夹角。

铁路线路根据地形的变化, 有上坡、下坡和平道。上、下坡是按列车运行方向来区分的, 通常用“+”号表示上坡, 用“-”号表示下坡, 平道用“0”表示。例如, +4‰表示线路每 1 000 m 的水平距离升高 4 m; -4‰表示线路每 1 000 m 的水平距离降低 4 m。

2. 变坡点和竖曲线

铁路线路纵断面上坡度的变化点, 称为变坡点。相邻变坡点间的距离, 称为坡段长度。从运营角度来看, 纵断面坡段应尽量长些, 以利于行车平顺和减少变坡点, 但也应考虑地形条件及工程量的大小。一般情况下, 纵断面坡段的长度不短于远期列车长度的一半, 使一个列车长度范围内不超过两个变坡点, 以减少变坡点附加力的叠加影响所引起列车运行的不平稳。

车辆经过变坡点时, 将产生振动和竖向加速度, 引起旅客不舒适; 同时由于坡度变化, 车钩会产生一种附加应力, 车辆经过凸凹地点时, 相邻车辆处在不同坡道上, 易使车钩上下错移。当相邻坡段的坡度差过大, 附加应力过大, 两车钩上下错移量过大时, 列车可能发生断钩、脱钩等事故。因此, 当相邻坡段的坡度差超过一定数值时, 为保证列车运行平稳, 防止脱钩、断钩事故的发生, 应在相邻坡段间用一圆顺曲线进行连接, 使列车顺利地由一个坡段过渡到另一个坡段, 这个纵断面上变坡点处所设的曲线, 叫作竖曲线。

车辆经过变坡点的状态如图 2-6 所示。

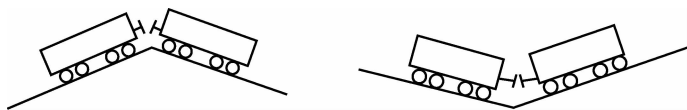


图 2-6 车辆经过变坡点的状态

《铁路线路设计规范》(GB 50090—2006)规定, 当相邻坡段的坡度差符合下列条件时, 应以圆曲线形竖曲线连接:

- (1) 当路段设计速度为 160 km/h, 相邻坡段的坡度差大于 1‰时, 竖曲线半径应采用 15 000 m。
- (2) 当路段设计速度小于 160 km/h, 相邻坡段的坡度差大于 3‰时, 竖曲线半径应采用 10 000 m。

3. 铁路线路纵断面图

铁路线路纵断面图是用一定的比例尺(水平方向为 1 : 10 000, 垂直方向为 1 : 1 000)和规定的符号, 把平面图上的线路中心线展直后投影到铅垂面上, 并注有线路平面和纵断面有关资料的图, 如图 2-7 所示。

注意: 铁路线路平面图和纵断面图是铁路勘测设计、施工和运营的重要文件。

铁路线路纵断面图由图和资料两部分内容组成。

图的部分表示线路纵断面概貌和沿线主要建筑物的特征。图中的细实线为地面线, 粗实线为设计线。设计线的上方数字为路基填方高度, 下方数字为路基挖方深度。路基填挖

高度等于地面标高与路肩设计标高之差。图上还用符号和数字注明各主要建筑的位置、类型和有关尺寸。

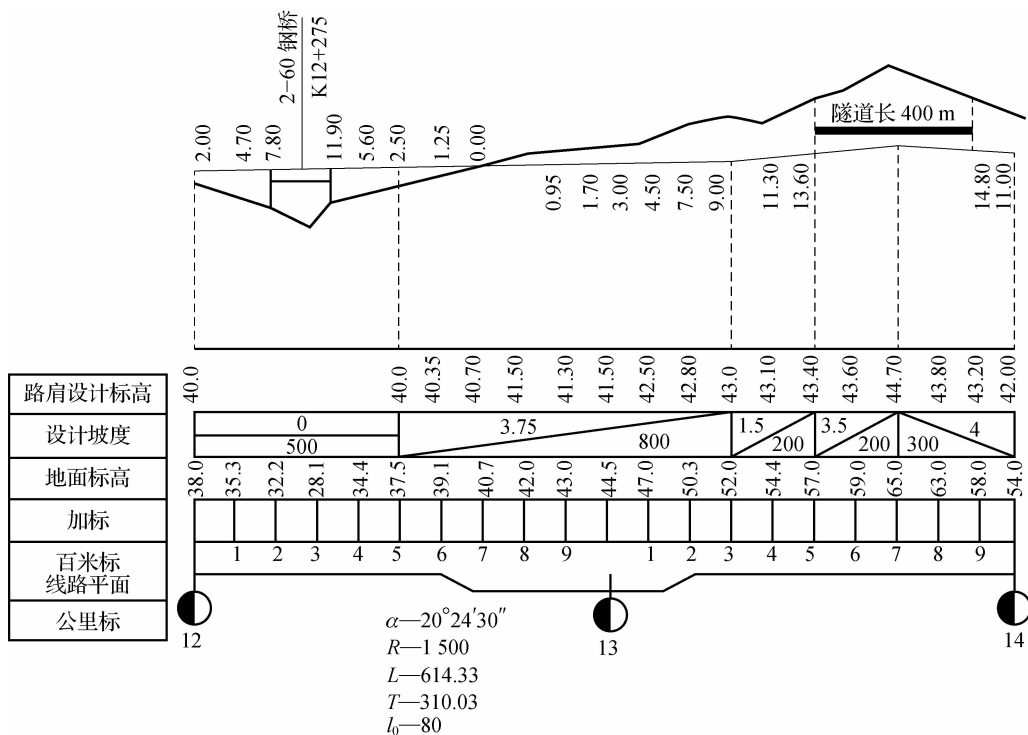


图 2-7 铁路线路纵断面图

(1)连续里程。连续里程一般以线路起点车站的旅客站房中心为零起算,在每一整千米处注明里程。

(2)线路平面。线路平面是表示线路直、曲变化的示意图。凸起部分表示右偏角曲线,凹下部分表示左偏角曲线。曲线要素应注于曲线内侧。两相邻曲线间的水平线为直线段。从纵断面图上可看出曲线所在处的坡度情况。

(3)百米标及加标。在两公里标之间的整百米处标注百米标数。在百米标之间、地形突变点处应标注加标,其数字为距前百米标的距离。

(4)地面标高。在百米标和加标处标注地面标高。

(5)设计坡度。竖直线表示变坡点,两竖直线间向上或向下的斜线、水平线分别表示上坡或下坡和平道。线上所注数字为坡度值(%),线下所注数字为坡段长度(m)。

(6)路肩设计标高。在各变坡点、百米标、加标处标注路肩设计标高,精度为 0.01 m。

(7)工程地质特征。扼要填写沿线各路段重大不良地质现象、主要地层构造等情况。

2.2.3 铁路线路的标志

为满足行车和线路养护维修的需要,在铁路沿线设有许多用来表明铁路建筑物及设备位置和技术状态的标志。线路标志应设在线路里程增加方向的左侧机车车辆限界以外,距钢轨头部外侧不小于 2 m 处。曲线标等不超过钢轨顶面的标志,为不妨碍某些特种车辆(如

除雪车、底开门车等)在工作状态时顺利通过,可设在距钢轨头部外侧不小于 1.35 m 处。

常见的铁路线路标志有公里标、半公里标、百米标、曲线标、圆曲线与缓和曲线的始终点标、桥梁标、坡度标、管界标及隧道(明洞)标等。

1. 公里标

公里标是线路的里程标。公里标从铁路线路起点开始,每隔 1 km 设置一个,如图 2-8 所示。

2. 半公里标

半公里标也是线路的里程标,设于线路的半公里处,如图 2-9 所示。



图 2-8 公里标

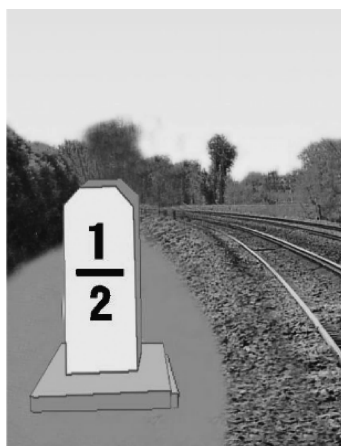


图 2-9 半公里标

3. 百米标

与公里标和半公里标一样,百米标也是线路的里程标,设于线路的每百米处,如图 2-10 所示。



图 2-10 百米标

4. 曲线标

曲线标主要标明曲线的有关要素,如曲线长度、缓和曲线长度、曲线半径、外轨超高值和曲线加宽值,如图 2-11 所示。曲线标设置于圆曲线的中部。



图 2-11 曲线标

5. 圆曲线与缓和曲线的始终点标

圆曲线与缓和曲线的始终点标设置在直缓、缓圆、圆缓和缓直各点处,呈三棱柱形,侧面标有“直”“缓”“圆”字样,表明列车即将进入的路段分别为直线、缓和曲线及圆曲线,如图 2-12 所示。

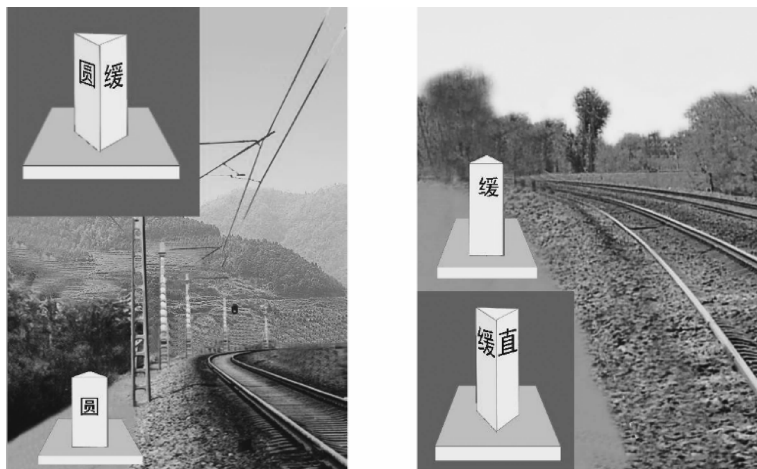


图 2-12 圆曲线与缓和曲线的始终点标

6. 桥梁标

桥梁标设在桥梁中心里程(或桥头)处,标上标明桥梁编号和中心里程,如图 2-13 所示。

注意:桥梁标一般设置在列车行进方向的左侧。



图 2-13 桥梁标

7. 坡度标

坡度标设在线路坡度的变坡点处,其两侧各标明其所进入路段的上、下坡状况及坡度,箭头向上为上坡,箭头向下为下坡,横线为平道;侧面标有变坡点里程,如图 2-14 所示。

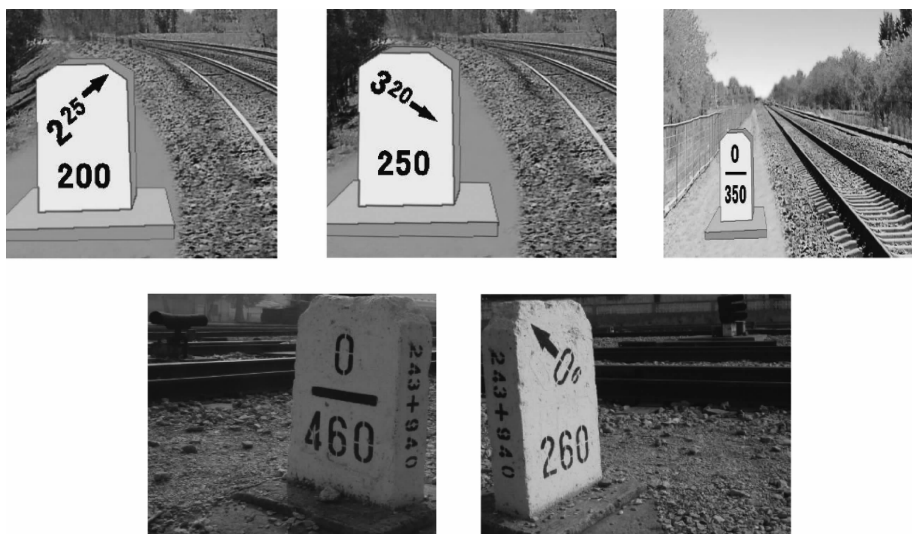


图 2-14 坡度标

8. 管界标

管界标设在铁路局、工务段、领工区、养路工区、供电段、电力段管辖地段的分界点处,标的两侧标明所向的单位名称,如图 2-15 所示。

9. 隧道(明洞)标

隧道(明洞)标直接标注在隧道(明洞)两端洞门的端墙上,标注内容包括隧道号或名称、中心里程和长度,如图 2-16 所示。



图 2-15 管界标



图 2-16 隧道(明洞)标

2.3 铁路轨道的组成

铁路轨道是指处于路基面以上、车轮以下部分的铁路线路建筑物,它由钢轨、轨枕、道床、联结零件、防爬设备和道岔等主要部件组成。它起着机车车辆运行的导向作用,直接承受由车轮传来的巨大压力,并将该压力传给路基或桥隧建筑物。

2.3.1 钢轨

钢轨的作用是直接承受车轮的巨大压力并引导车轮的运行方向,因而它应当具备足够的强度、稳定性和耐磨性。

为了使钢轨具有最佳的抗弯性能,钢轨的断面形状采用工字形,如图 2-17 所示。

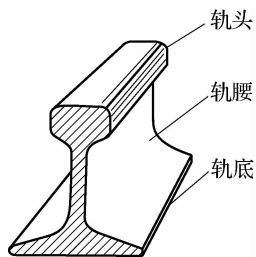


图 2-17 钢轨断面

由图 2-17 可知,钢轨由轨头、轨腰和轨底组成。在我国,钢轨的类型或强度以每米长度的大致重量(kg/m)表示,现行的标准钢轨类型有 75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m 和 43 kg/m。新建、改建铁路正线应采用 60 kg/m 钢轨的跨区间无缝线路(重载线路可采用 75 kg/m 钢轨轨道结构)。

钢轨的长度长一些,可以减少接头的数量,使列车运行平稳并减少零件和线路的维修费用。但是,受加工条件和运输条件的限制,一根钢轨的轧制长度是有限的。目前,我国钢轨

的标准长度有 25 m 和 12.5 m 两种,对于 75 kg/m 的钢轨只有 25 m 一种。此外,还有专供曲线地段铺设内轨用的标准缩短轨。

2.3.2 轨枕

轨枕的作用是支承钢轨,并将钢轨传来的压力传递给道床,保持钢轨的位置和轨距。轨枕应具有必要的坚固性、弹性和耐久性,并且要求造价低、制作简单、铺设和养护方便。

轨枕按照制作材料可分为钢筋混凝土枕和木枕两种,如图 2-18 所示。



图 2-18 轨枕

(a)钢筋混凝土枕 (b)木枕

钢筋混凝土枕使用寿命长、稳定性高、养护工作量小、材料来源较广,所以在我国铁路上得到了广泛采用。钢筋混凝土枕不仅可以节省大量木材,而且有利于提高轨道的强度和稳定性。

木枕具有弹性好、形状简单、加工容易、重量轻、铺设和更换方便等优点;其主要缺点是消耗大量木材,使用寿命较短。经过防腐处理的木枕,一般可用 15 年左右,最多不超过 30 年。为了保持生态平衡和保护森林资源,木枕的使用将越来越受到限制。

我国普通轨枕的长度为 2.5 m,但道岔上用的轨枕和钢桥上用的桥枕的长度为 2.6~4.85 m。

每千米线路上铺设轨枕的数量,应根据运量及行车速度等运营条件确定,一般为 1 520~1 840 根。轨枕根数越多,轨道强度越大。

2.3.3 道床

道床是轨道框架的基础,通常指的是铁路轨枕下面、路基面上铺设的石砟(道砟)垫层,其主要作用是支撑轨枕,把轨枕上部的巨大压力均匀地传递给路基面,并固定轨枕的位置,阻止轨枕纵向或横向移动,减少路基变形,缓和机车车辆轮对对钢轨的冲击,方便排水。

道床的材料应当具有坚硬、不易风化、富有弹性且有利于排水的特点。道床常用的材料有碎石、卵石、粗砂等。其中以碎石为最优,我国铁路一般都采用碎石道床,如图 2-19 所示。

整体道床就是用碎石加水泥浆或混凝土、钢筋混凝土直接在路基面上筑成坚固的轨道基础,用以代替通常的碎石道床,如图 2-20 所示。



图 2-19 碎石道床



图 2-20 整体道床

整体道床是一种刚性轨下基础,线路的强度高、维修工作量小,适合于高速运行,目前我国主要应用于隧道内、大桥上和高速铁路线上。

2.3.4 联结零件

在铁路线路上,钢轨要与轨枕连成一体铺在道床上。钢轨与轨枕的联结主要依靠联结零件。联结零件包括接头联结零件和中间联结零件两类。

1. 接头联结零件

接头联结零件用来联结钢轨与轨枕间的接头,它包括夹板、螺栓、螺帽和弹性垫圈等。钢轨接头处必须保持一定的缝隙,这一缝隙叫作轨缝。当气温发生变化时,轨缝可以保证钢轨的自由伸缩。钢轨接头是线路最薄弱的环节,它使行车阻力和线路维修费用显著增加,因此它是线路维修工作中的重点对象。

2. 中间联结零件

中间联结零件(扣件)的作用是将钢轨紧扣在轨枕上。中间联结零件因轨枕的不同,有木枕用扣件和钢筋混凝土枕用扣件两种。

木枕用扣件包括普通道钉和垫板。垫板置于轨底与木枕之间,其目的在于增加木枕与轨底的接触面积,使木枕经久耐用;同时,由于它的顶面被做成 1:40 的斜度,使线路上的钢轨具有适当的内倾度(轨底坡),有利于防止和减轻轮对的“蛇行运动”。

钢筋混凝土轨枕与钢轨间必须设置弹性垫层以减少冲击力,其联结零件有扣板、弹片及弹条等,用螺栓连接。钢筋混凝土枕用扣件的形式有扣板式、拱形弹片式和 ω 形弹条式三种。由于 ω 形弹条式扣件不仅比前两种使用的零件少、结构简单,而且弹性好、扣压力最大,因此在主要干线上被大量采用。

2.3.5 防爬设备

在列车运行所产生的纵向力的作用下,钢轨会产生纵向移动,有时还会带动轨枕一起移动,这种现象叫作轨道爬行。轨道爬行常出现在单线铁路的重车方向上、双线铁路的行车方向上,以及长大下坡道和进站前的制动距离内。

轨道爬行往往会引起轨缝不匀、轨枕歪斜等线路病害,对轨道的破坏性极大,严重时还会危及行车安全,因此必须采取有效措施加以杜绝,通常的做法是增大钢轨与轨枕间的扣压力和道床阻力,设置防爬器和防爬撑。常用的防爬器为穿销式防爬器。

在钢轨底部加设防爬器,夹紧钢轨;在轨枕之间安装防爬撑,顶住轨枕,通过两者的共同作用防止钢轨爬行。

2.3.6 道岔

道岔是一种使机车车辆从一股道转入另一股道的线路连接设备,通常在车站、编组站大量铺设。道岔可以充分发挥线路的通过能力。即使是单线铁路,铺设道岔,修筑一段大于列车长度的叉线,也可以对开列车。

1. 道岔的类型

由于道岔具有数量多、构造复杂、使用寿命短、限制列车速度、行车安全性低和养护维修工作量大等特点,因此与曲线、接头并称为轨道的三大薄弱环节。道岔的基本形式有三种:线路连接、交叉、连接与交叉的组合。常用的线路连接有各种类型的单式道岔和复式道岔,交叉有直交叉和菱形交叉,连接与交叉的组合有交分道岔和交叉渡线。

(1)普通单开道岔。普通单开道岔简称单开道岔,是我国最常见的道岔类型,其主线为直线,侧线由主线向左侧(称左开道岔)或右侧(称右开道岔)岔出;其数量占各类道岔总数的90%以上。单开道岔的构造相对简单,具有一定代表性,了解和掌握这种道岔的基本特征,对进行各类道岔的设计、制造、铺设和养护有十分重要的意义。单开道岔如图 2-21 所示。



图 2-21 单开道岔

(2)对称道岔。对称道岔是单开道岔的一种特殊形式,整个道岔对称于主线的中线或辙叉角的中分线,列车通过时无直向及侧向之分。当尖轨长度相同时,尖轨作用边与主线方向所成的交角约为单开道岔的 $1/2$;当导曲线半径相等时,对称道岔的长度要比单开道岔短,若其他条件相同,则导曲线半径约为单开道岔的两倍;当曲线半径和长度保持不变时,可采用比单开道岔更小号数的辙叉。因此,在道岔长度固定不变的条件下,使用对称道岔可获得较大的导曲线半径,提高过岔速度;在保持相同过岔速度的条件下,对称道岔能缩短道岔长度,从而缩短站坪长度或增加股道的有效长度。对称道岔的这些特点使它在驼峰下、三角线上

获得应用,并被用于工业铁路线和城市轻轨线中。对称道岔如图 2-22 所示。



图 2-22 对称道岔

(3)三开道岔。三开道岔又称复式异侧对称道岔,是复式道岔中较常用的一种形式。它相当于两组异侧顺接的单开道岔,但其长度远比两组单开道岔的长度之和短,因此常用于铁路轮渡桥头引线、驼峰编组场及地形狭窄又有特殊要求的地段。三开道岔的运行条件较差,非十分困难时不建议采用。三开道岔如图 2-23 所示。

(4)交分道岔。交分道岔有单式和复式之分。复式交分道岔相当于两组对向铺设的单开道岔,实现不平行股道的交叉,具有道岔长度短、开通进路多及两个主要行车方向均为直线等优点,因而能节约用地,提高调车能力并改善列车运行条件。交分道岔由菱形交叉、转辙器和连接曲线等部分组成。菱形交叉一般是直线与直线的交叉,由两副锐角辙叉、两副钝角辙叉和连接钢轨组成。交分道岔如图 2-24 所示。



图 2-23 三开道岔



图 2-24 交分道岔

(5)交叉渡线。交叉渡线由四组类型、号数相同的单开道岔和一组菱形交叉及连接钢轨组成,用于平行股道之间的连接,仅在个别特殊场合下使用,如图 2-25 所示。



图 2-25 交叉渡线

2. 道岔号数

道岔因其辙叉角的大小不同而有不同的道岔号(用 N 表示),道岔号数表明了道岔各部分的主要尺寸。对于道岔号,我们习惯用辙叉角(用 α 表示)的余切值来表示(见图 2-26),按照式(2-4)计算:

$$N = \cot \alpha = \frac{FE}{AE} \quad (2-4)$$

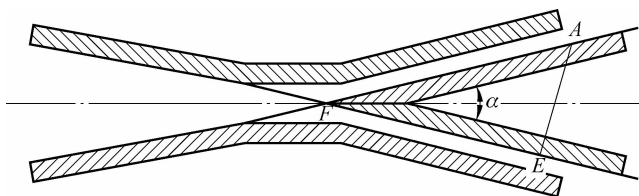


图 2-26 道岔号数计算

由此可见,辙叉角 α 越小, N 值越大,导曲线的半径也就越大,机车车辆侧线通过道岔时越平稳,允许的侧线过岔速度也就越高。所以,采用大号码道岔对于列车运行是有利的。然而,道岔号数越大,道岔全长越长,铺设时占地就越多,因此采用几号道岔来连接线路,需要根据线路的用途来决定。

道岔按号数分类有 6 号、7 号、8 号、9 号、12 号、18 号及大号码(如 30 号、38 号、42 号等)。主要运营铁路干线常用的单开道岔有 9 号、12 号和 18 号,客运专线以 18 号道岔为主。大号码道岔主要用于要求侧线通过速度较高的联络线,6 号、7 号和 8 号等道岔主要用于工矿企业的专用线或货运站场。

在我国,常规铁路线路上的道岔辙叉号数应符合下列规定:

- (1)用于侧向通过列车,速度为 80 km/h 以上至 140 km/h 的单开道岔,不得小于 30 号。
- (2)用于侧向通过列车,速度为 50 km/h 以上至 80 km/h 的单开道岔,不得小于 18 号。
- (3)用于侧向通过列车,速度不超过 50 km/h 的单开道岔,不得小于 12 号。
- (4)用于侧向接发停车旅客列车的单开道岔,不得小于 12 号。
- (5)用于侧向接发停车货物列车并位于正线的单开道岔,在中间站不得小于 12 号,在其他站不得小于 9 号。

2.4 铁路轨道的结构

铁路轨道的结构从总体上可分为两类：一类为传统的有砟轨道，另一类为无砟轨道。实践表明，两种轨道结构均可保证高速列车的安全运营。但由于两类轨道的结构在技术经济方面存在差异，因而各国应根据自己的国情、铁路的特点合理选用，以取得最佳的技术经济效益。

2.4.1 铁路轨道结构的一般规定

1. 正线轨道

(1) 正线及到发线轨道应按一次性铺设跨区间无缝线路设计。

(2) 正线轨道结构类型应根据线路速度等级和线下工程条件，经技术经济论证后合理选择，轨道结构宜采用无砟轨道。无砟轨道与有砟轨道应集中成段铺设，无砟轨道与有砟轨道之间应设置轨道结构过渡段。

(3) 无砟轨道的结构形式应根据线下工程、环境条件等具体情况，经技术经济比较后合理选择。同一线路可采用不同的无砟轨道结构形式，同一形式的无砟轨道结构应集中铺设。

(4) 轨道结构部件及所用工程材料应符合国家和行业的相关标准要求。

(5) 无砟轨道主体结构应符合不少于 60 年设计使用年限的要求。

(6) 轨道结构设计应考虑减振降噪要求。

(7) 轨道结构应设置性能良好的排水系统。

2. 站线轨道

(1) 正线为轨道时，与正线相邻的两条到发线宜采用无砟轨道，其他站线可采用混凝土宽枕有砟轨道；高架车站或站台范围内设架空层的车站到发线区段宜采用无砟轨道。

(2) 站线采用有砟轨道时，轨道结构设计应符合下列规定：

① 到发线应采用 60 kg/m 无螺栓孔新钢轨，其他站线宜铺设 50 kg/m 钢轨。

② 到发线应采用混凝土轨枕，每千米铺设 1 667 根；当铺设混凝土宽枕时，每千米铺设 1 760 根。其他站线每千米铺设 1 440 根。

③ 站线应采用一级碎石道砟。到发线的道床顶宽为 3.4 m，道床厚度为 0.35 m，道床边坡为 1 : 1.75；其他站线的道床顶宽为 2.9 m，道床厚度为 0.25 m，道床边坡为 1 : 1.5。

④ 站线混凝土轨枕宜采用弹条 II 型扣件。

2.4.2 有砟轨道

1. 钢轨

正线轨道应采用 100 m 定尺长的 60 kg/m 无螺栓孔新钢轨，其质量应符合相应速度等级钢轨的相关要求。

2. 轨枕

正线有砟轨道采用 2.6 m 长混凝土轨枕，每千米铺设 1 667 根。道岔区段铺设混凝土岔枕。

3. 配件

有砟轨道采用与轨枕配套的弹性扣件,其轨下弹性垫层的静刚度宜为 $(60\pm 10)\text{kN/mm}$ 。

4. 道床

(1)采用特级碎石道砟,道砟的物理力学性能应符合有关规定。道砟上道前应进行清洗,清洁度应满足有关要求。

(2)道床顶面低于轨枕承轨面不应小于 40 mm,且不应高于轨枕中部顶面。

(3)路基地段单线道床顶面宽度为 3.6 m,道床厚度为 0.35 m,道床边坡为 1:1.75,砟肩堆高为 0.15 m。双线道床顶面宽度分别按单线设计。石质路堑地段采用弹性轨枕或铺设砟下弹性垫层。

(4)桥上的道床标准与路基地段相同,应采用弹性轨枕或铺设砟下弹性垫层。砟肩至挡砟墙之间以道砟填平。

(5)隧道内的道床标准与路基地段相同,应采用弹性轨枕或铺设砟下弹性垫层。砟肩至边墙(或高侧水沟)间以道砟填平。

(6)线路开通前,道床密度不应小于 1.75 g/cm^3 ,轨枕支承刚度不应小于 120 kN/mm ,纵向阻力不应小于 14 kN/枕 ,横向阻力不应小于 12 kN/枕 。

2.4.3 无砟轨道

无砟轨道是以混凝土或沥青混合料等取代散粒道砟道床而组成的轨道结构形式。

1. 无砟轨道的优点

与有砟轨道相比,无砟轨道具有以下优点:

(1)轨道稳定性好,平顺性高,舒适性好。无砟轨道结构的几何形位能持久保持,横向阻力较大,轨道稳定性较好,保证了运营的安全性;无砟轨道长波不平顺小,平顺性高;无砟轨道可通过轨道刚度的合理匹配,提高旅客乘坐的舒适度,尤其是通过不同结构物过渡段和道岔区的舒适度。

(2)养护维修工作量少,使用寿命长。随着列车运行速度的不断提高,有砟轨道道砟粉化及道床累积变形的速度加快,为了满足高速铁路对线路高平顺性和稳定性的要求,必须通过轨道结构的强化及频繁的养护维修来保持轨道的几何状态;与有砟轨道相比,无砟轨道的养护维修工作量小,结构耐久性好,轨道使用寿命长。

(3)初期土建工程投资相对较小,节省工程总造价。无砟轨道在圆曲线地段可实现超出有砟轨道 25% 的超高,这就有可能在保持规定速度的情况下选择较小的曲线半径,同时无砟轨道可以采用较大的线路纵坡,提高线路平纵断面对地形、地物的适应性,减少对景观的破坏,缩短桥梁、隧道结构物的长度,减少投资;结构高度低,自重轻,可减少桥梁二期恒载,降低隧道净空,从而降低工程总造价。

(4)整洁美观,利于环保。无砟轨道道床整洁美观,解决了有砟轨道在列车高速运行下道砟飞溅带来的一系列问题,利于环保。

2. 无砟轨道的缺点

无砟轨道具有以下缺点:

(1)初期建设投资相对较大。

(2)基础变形要求高,必须建于坚实、稳定、不变形或有限变形的基础上;无砟轨道的高低调整能力有限(主要通过扣件系统),一旦下部基础变形下沉超出其调整范围,或导致上部轨道结构裂损,其修复将十分困难。

(3)道床面相对平滑,轮轨产生的辐射噪声较大。

3. 无砟轨道的铺设范围

基于无砟轨道的特点,无砟轨道的铺设范围主要有以下几个:

(1)基础变形相对较小、维修作业困难的长大桥梁和隧道区段。

(2)维修作业频繁、路基基础坚实的道岔区段。

(3)减振降噪与环境要求高的区段。

(4)优质道砟短缺、人工费用较高的国家和地区。

4. 无砟轨道的应用

由于无砟轨道的结构具有一系列的优点,因而在国内外的高速铁路上获得了广泛应用,如日本铺设的无砟轨道已经达到 2 700 km;德国 2002 年 8 月 1 日正式投入运营的科隆—法兰克福线路,全长 177 km,线路最大纵坡达 40‰,其中在运营速度不小于 200 km/h 的 155 km 地段上铺设了无砟轨道(包括 44 组无砟轨道道岔);中国台湾台北—高雄高速铁路全长约 345 km,全线(包括高架车站道岔区)均采用无砟轨道,其中,区间采用框架式板式轨道,道岔区采用 Rheda2000 型无砟轨道,高铁路线最大坡度为 25‰。此外,我国已经运营的京津城际铁路、沪宁城际铁路、武广高速铁路、郑西高速铁路、沪杭城际铁路、京沪高速铁路和石武高速铁路都采用的是无砟轨道。

2.5 铁路限界

为了确保机车车辆在铁路线路上运行的安全,防止机车车辆撞击邻近线路的建筑物和设备,而对机车车辆和接近线路的建筑物、设备所规定的不允许超越的轮廓尺寸线称为限界。铁路基本限界可分为机车车辆限界和建筑接近限界两种。

2.5.1 机车车辆限界

所谓机车车辆限界,就是指机车车辆横断面的最大极限。具体来说,机车车辆限界就是当机车车辆停留在平直铁道上,车体的纵向中心线与线路的纵向中心线重合时,其任何部分不得超出规定的极限轮廓线。所以,机车车辆不是造得越高越宽越好,尽管高而宽的车辆可以装载更多的货物和运载更多的旅客。

机车车辆限界规定了机车车辆不同部位的宽度、高度的最大尺寸和底部零件至轨面的最小距离,如图 2-27 所示。机车车辆的任何部位,在任何情况(除特殊情况外)下都不得超出机车车辆限界规定的尺寸。由于机车车辆限界与桥梁、隧道等限界相互制约,因此即使机车车辆在满载状态下运行,也不会因为产生摇晃、偏移等现象而与桥梁、隧道及线路上的其他设备相碰撞,保证了行车安全。

机车车辆的中心最大高度为 4 800 mm,因此,机车车辆顶部的任何装置都应在

4 800 mm 以内,以防机车车辆的顶部与桥梁、隧道的上部相撞。

机车车辆在钢轨水平面上部 1 250~3 600 mm 内的宽度为 3 400 mm;但为了悬挂列车尾部的侧灯,在 2 600~3 100 mm 内允许两侧各加宽 100 mm。

在钢轨水平面 1 250 mm 以下,机车车辆宽度逐渐缩减。

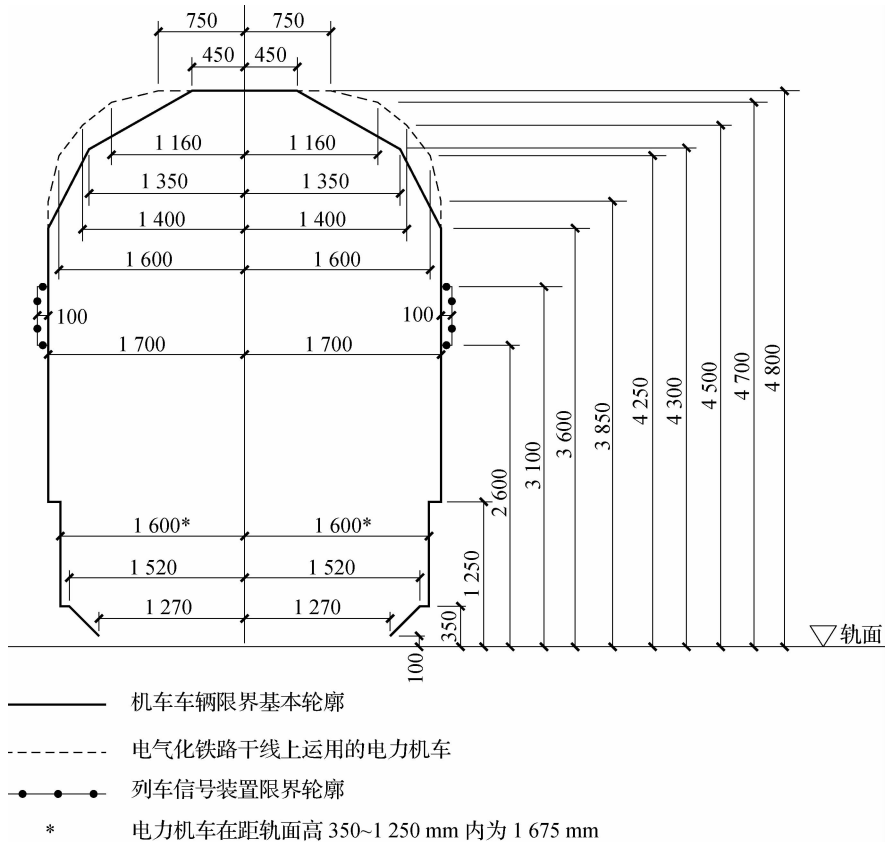


图 2-27 机车车辆限界

2.5.2 建筑接近限界

为了确保行车安全,线路附近的各种建筑物和设备在修建和安装时,规定距轨面最低和线路中心线最窄的标准而组成的轮廓线,称为建筑接近限界。

规定建筑接近限界的目的是保证机车车辆通过桥梁、隧道、天桥或接近线路的其他建筑物和设备时,不致使机车车辆或建筑物和设备受到损害。同时规定在建筑接近限界内除机车车辆本身及与机车车辆有直接接触的设备(脱轨器、车辆减速器、路签授受机、电力接触网等)外,其他各种建筑物及设备均不得侵入该限界。建筑接近限界如图 2-28 所示。

建筑接近限界与机车车辆限界之间留有的一定空隙,称为安全空间。留有安全空间的目的有两个,一是适应运行中的列车横向晃动偏移和竖向上下振动,防止与邻近的建筑物或设备发生碰撞;二是组织超限货物列车运行。

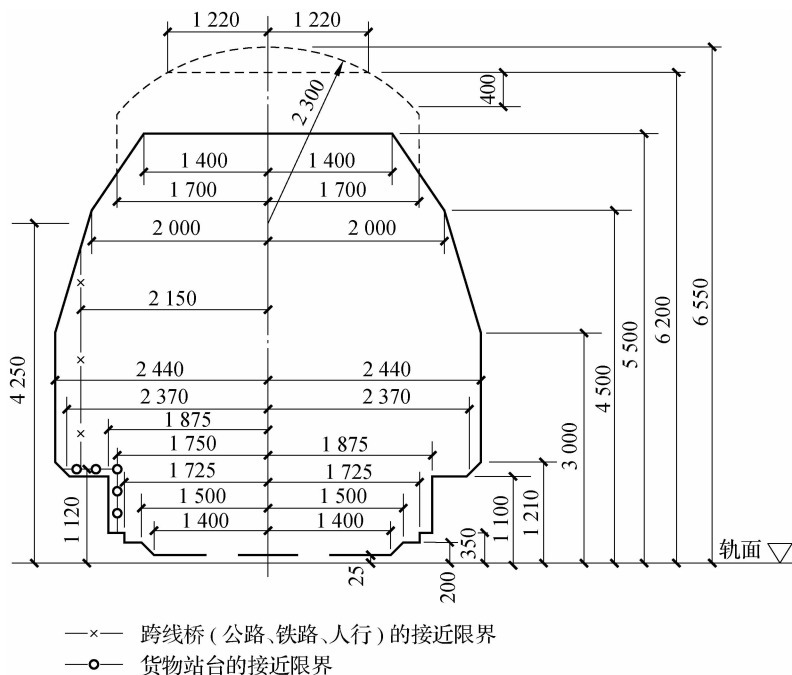


图 2-28 建筑接近限界

2.6 铁路线路的养护与维修

在列车不间断运行和自然条件作用下,铁路线路会发生各式各样的变形和损坏。为了确保列车能按规定的最高速度安全、平稳和不间断地运行,以及延长线路各组成部分的使用寿命,必须加强线路的养护和维修工作,使线路设备经常保持完好状态,这是铁路工务部门的基本任务。

2.6.1 铁路线路的经常维修

铁路线路经常维修的基本任务是经常保持线路状态的完好,使列车能以规定的速度安全、平稳和不间断地运行,并尽量延长设备的使用寿命。铁路线路的经常维修工作包括综合维修(计划维修)、紧急补修、重点病害整治和巡道工作。

1. 综合维修

综合维修是指按周期对线路进行综合性修理,以改善轨道弹性,调整轨道几何尺寸,整修和更换设备零部件,恢复线路完好的技术状态。我国铁路规定所有正线、到发线、道岔和主要站线、专用线每年必须做一遍综合维修。

综合维修的基本作业包括起道、拨道、改道、捣固等。起道是指矫正线路的纵断面,即将钢轨和轨枕向上抬至必要高度。拨道是指矫正线路的平面,即将钢轨和轨枕一起横移至规定位置。改道是指改正轨距。捣固是指将钢轨底部轨枕下的道砟捣压密实。

2. 紧急补修

紧急补修是指在计划维修之外的个别地点,由于出现超过容许误差的线路质量问题而必须立即进行的紧急修理工作。

3. 重点病害整治

重点病害整治是指彻底消除线路上在较长时期内存在的工作量大的某些病害,如全面整治接头,整治线路爬行,彻底整治路基翻浆冒泥,等等。

4. 巡道工作

巡道工作是保证线路状态完好,维护行车安全所必须采取的重要措施。巡道工人的任务是在其管辖范围内负责巡视钢轨、道岔及轨道联结零件等的状态;察看路基是否有沉陷、塌方、水害、雪害等问题,以及信号和线路标志是否完好;等等。此外,巡道工人还应对所发现的不良现象尽力做好处理工作。

2.6.2 铁路线路的中修和大修

1. 线路中修

线路中修的目的是消灭上次线路大修以后由于列车运行而积累下来的,但又不是通过经常维修所能消除的病害。线路中修的主要工作是加强道床,解决道床不洁及厚度不足的问题;更换失效轨枕,整修钢轨,使线路的质量基本上恢复到或接近于原来的标准。线路中修的工作量较小,标准较低。线路中修是在两次线路大修之间的修理,是延长线路大修周期的重要手段。

2. 线路大修

当线路磨损或变形达到一定程度时,就必须进行线路大修。线路大修的主要工作是矫正并改善线路的平面和纵断面;全面更换或抽换、修理钢轨;更换或补充轨枕;清筛和更换道床,补充道砟,全面起道并捣固、改善道床端面;整治路基和安装防爬设备;等等。

线路经过大修后,其质量标准应符合设计要求或得到提高。

2.6.3 铁路线路作业的机械化

铁路线路作业是一项既费时费工又极为繁重的体力劳动,它需要占用大量的人力、物力和财力。为了改变人工作业的落后面貌,提高维修质量和作业效率,节约劳动力和维修费用,世界各国都在努力研制各种养路机械。

目前,养路机械已由小型到大型、由低级到高级、由单机到联合机械,逐步发展到采用先进技术设备的大型、高效、多功能的机械。例如,大型起道、拨道、捣固联合作业机,每小时可以捣固线路 1 000 m 以上;清筛机每小时可清筛道砟 800 m³ 左右;线路大修列车能完成拆卸旧轨排到铺设新轨排的全部作业,每小时的作业进度为 300 m 以上;等等。各国的实践证明,由于实现了维修作业机械化,而使线路质量和作业效率大为提高,维修费用和人力得到大量节省。

我国铁路线路作业的机械化程度也大为提高。在工务段普遍设立了机械化工队和养路工区,配备了以单项、小型为主的养路机械,如电动捣固机、扒砟机、边坡回填机和液压起道

机等,从而减轻了劳动强度,提高了作业效率。

随着铁路速度、轴重的不断增加,养护和维修标准的不断提高,我国铁路已不满足于使用小型机械进行养护和维修。20世纪80年代,我国通过引进、消化、吸收、再创新,实现了部分大型养路机械的国产化,已生产出具有自主知识产权的大型养路机械,如连续式三枕捣固车(见图2-29)、道床稳定车(见图2-30)、配砟整形车、全断面清筛机(见图2-31)、边坡清筛机(见图2-32)、钢轨道岔打磨车、大修列车(见图2-33)、道岔铺换设备(见图2-34)、大型养路机械牵引车、时速为120 km的线路检测车、钢轨探伤车及大型养路机械附属车辆等。



图 2-29 连续式三枕捣固车



图 2-30 道床稳定车



图 2-31 全断面清筛机



图 2-32 边坡清筛机



图 2-33 大修列车



图 2-34 道岔铺换设备

随着客运专线、高速、重载铁路的快速发展,对行车安全和线路质量的要求也在不断提高。以动态监测、静态检测为基础的公务信息化管理已逐步取代传统的管理方法和手段。公务信息化开始于1984年,最早用于曲线拨移和桥梁检定计算等。随着数据库技术的广泛应用,建立了设备静态数据库管理。除此之外,利用综合检查车、轨检车、车载式线路检查仪、轨道检查仪等先进的检查检测设备,对线路进行检查和检测。在客运专线上还安设了雨量、风速、异物侵限等防灾预警系统。运用网络技术对线路进行不间断的检查和监控,并应用计算机进行科学分析,指导养护维修作业,以最快捷的方法消除病害和灾害对行车安全造成的影响,保证列车运行的安全。

机械化维修机具比较笨重,综合作业时占用线路的时间比较长,往往需要封闭线路,这对运输繁忙的线路来说困难较大。在复线区段,一般可采用封闭一条区间正线的方法进行作业;而在繁忙的单线铁路上,则应由工务部门和运输部门共同做出安排,进行线路维修作业,以保证作业的安全及减少对列车运行的影响和干扰。

学习评价

本项目学习完成后,请根据自己的学习所得,结合表 2-4 所列内容进行打分评价。

表 2-4 项目 2 学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
课前预习本项目相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解铁路的等级				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路的主要技术标准				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路线路的平面及平面图				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解铁路线路的纵断面及纵断面图				A. 充分 B. 一般 C. 不足
能识别铁路线路的标志				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路轨道的组成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路限界的相关规定				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握铁路线路养护与维修的相关规定				A. 充分 B. 一般 C. 不足

(续表)

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
参加教学中的讨论和练习,并积极完成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度和完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				

思考与练习

- (1) 铁路等级是如何划分的?
- (2) 铁路的主要技术标准有哪些?
- (3) 铁路线路的标志有哪些? 其分别表示什么含义?
- (4) 简述铁路轨道的组成。
- (5) 简述铁路轨道的结构。
- (6) 什么是机车车辆限界? 该限界是如何规定的?
- (7) 什么是建筑接近限界? 该限界是如何规定的?



学习目标

- (1) 熟悉铁路路基的基本形式,掌握铁路路基的基本组成。
- (2) 熟悉铁路桥梁的组成,掌握铁路桥梁的分类。
- (3) 掌握围岩的概念,熟悉铁路隧道的主体建筑物和附属建筑物,了解铁路隧道施工。

3.1 铁路路基

铁路路基是轨道的基础,是经过开挖或填筑而形成的土工建筑物,其主要作用是满足轨道的铺设,承受轨道和列车产生的荷载,提供列车运营的必要条件。在纵断面上,路基必须保证线路需要的高程;在平面上,路基应与桥梁、隧道连接组成完整贯通的线路。

3.1.1 铁路路基的基本形式

1. 路基的常见形式

在铁路线路工程中,路基按所处的地形条件有两种常见的基本形式,即路堤和路堑。

(1) 路堤。当铺设轨道的路基面高于天然地面时,路基以填筑方式构成,这种路基称为路堤,如图 3-1 所示。

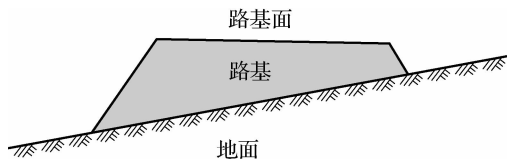


图 3-1 路堤

(2) 路堑。当铺设轨道的路基面低于天然地面时,路基以开挖方式构成,这种路基称为路堑,如图 3-2 所示。

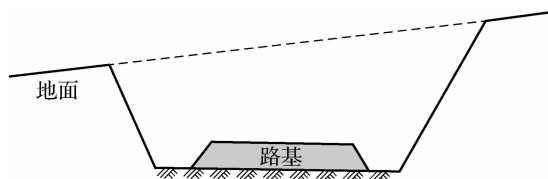


图 3-2 路堑

2. 路基的其他形式

除了以上两种常见的基本形式之外,路基还有半路堤、半路堑、半路堤半路堑和不填不挖路基等形式,如图 3-3 所示。

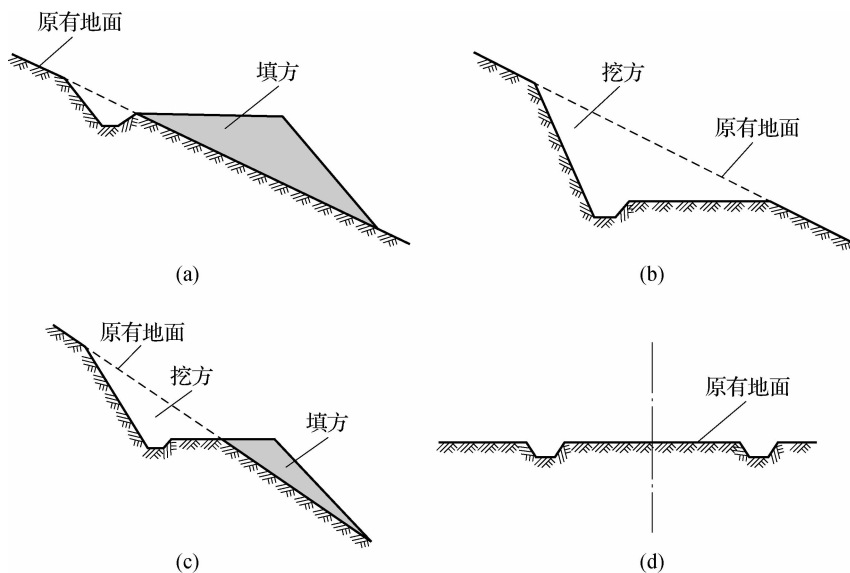


图 3-3 路基的其他形式

(a)半路堤 (b)半路堑 (c)半路堤半路堑 (d)不填不挖路基

3.1.2 铁路路基的基本组成

铁路路基由路基本体、路基的排水设施和路基的防护设施组成。

1. 路基本体

路基本体是指各种断面形式中的填挖部分,即直接铺设轨道结构并承受列车荷载的部分。路基本体主要由路基顶面、路肩和边坡组成,如路堤、路堑等承重主体结构构筑物(见图 3-4)。

路基顶面是指铺设轨道的工作面,其宽度为两侧路肩边缘之间的距离。路基顶面应设计成三角形路拱,由路基中心线向两侧设 4% 的人字形排水坡。

路肩是指路基顶面两侧无道砟覆盖的部分,用于增强路基的稳定性,防止道砟滚落至路基顶面以外。在路肩上设置线路标志和信号标志,便于人员避车及暂放维修材料和机具。

边坡是指路肩边缘两侧的斜坡,其作用是增强路基的稳定性。

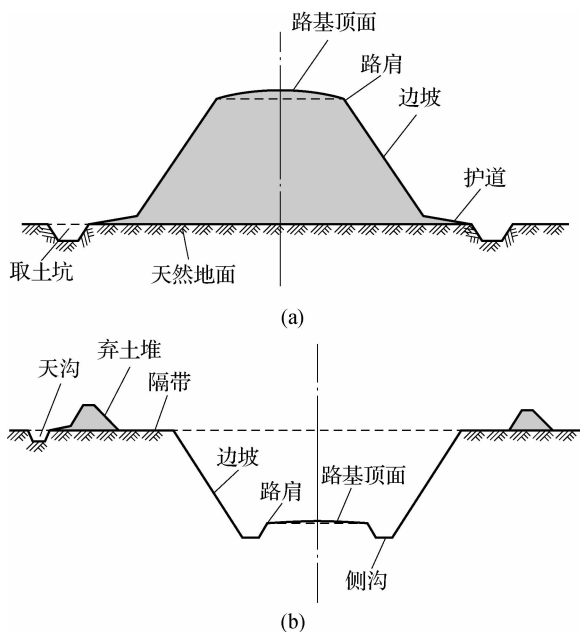


图 3-4 路堤和路堑
(a)路堤 (b)路堑

2. 路基的排水设施

为了保证路基的坚实和稳固,使路基经常处于干燥状态,路基上设有一套完整的排水设施,如纵向排水沟、侧沟、截水沟等都是为排泄地面水而设置的。

除了地面水以外,地下水也是破坏路基良好状态的一个重要原因(尤其是在路堑地段)。为了拦截、排泄地下水,降低地下水位来保持路基的干燥,通常采用渗沟、渗管等地下排水设施,如图 3-5 所示。地下水渗入渗沟以后,可通过渗管纵向排出路堑。

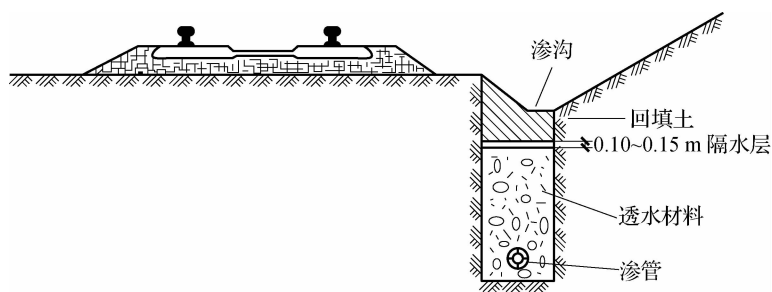


图 3-5 渗沟和渗管

3. 路基的防护设施

路基边坡是路基稳定的主要因素之一。边坡最容易受到自然因素的作用而遭到破坏,从而直接影响路基的稳固。因此,为了使路基不致因地表水流和气候变化而失稳,必须做好路基防护工作。常用的路基防护工程有种草、铺草皮、植树、喷浆、护面墙、砌石等,还可以设置挡土墙或其他拦挡建筑物。

3.2 铁路桥梁

铁路桥梁是铁路跨越河流、湖泊、海峡、山谷或其他障碍物,以及为实现铁路线路与铁路线路或道路的立体交叉而修建的构筑物。

3.2.1 铁路桥梁的组成

铁路桥梁由桥面、主梁(桥跨结构)和支座(墩台及基础)三部分组成。

1. 桥面

桥面是指供车辆和行人直接走行的部分。铁路桥面有钢轨和轨枕支承于纵、横梁系统的明桥面,道砟槽板、道砟、轨枕、钢轨组成的道砟桥面,钢轨直接联结于桥面板或主梁上的无碴无枕桥面。

2. 主梁

主梁是桥梁的主要承重结构,是桥梁上部结构的主体。铁路桥梁的主梁一般为两片,小跨度的主梁间距不大,桥面可直接铺在主梁上;也有采用多片主梁的。

3. 支座

支座是桥梁上部结构的支承部分。其作用是将上部结构的支承反力(包括竖向力和水平力)传递给桥梁墩台,并保证上部结构在荷载的作用和温度变化的影响下,具有设计要求的静力条件。支座有活动支座和固定支座两种,可用钢、橡胶或具有一定强度等级的钢筋混凝土制作。橡胶支座是一种新型支座,其具有质量轻、高度低、构造简单、加工制造容易、用钢量少、成本低廉及安装方便等优点。

3.2.2 铁路桥梁的分类

铁路桥梁的种类有很多,形式也多样,一般可按照桥梁的建造材料、桥梁长度、桥梁外形及桥梁跨越的障碍等进行分类。

1. 按建造材料分类

按建造材料分类,铁路桥梁可分为钢桥、钢筋混凝土桥和石桥等。

(1)钢桥。钢桥的质量轻、强度大、安装较方便,适合于建造跨度较大的桥梁。

(2)钢筋混凝土桥。钢筋混凝土桥具有造价低、节省钢材、坚固耐用、养护工作量和噪声小等优点,因而得到广泛的采用。在跨度为 20 m 以下的桥梁中,各国大量采用钢筋混凝土结构。

(3)石桥。石桥具有造价低,经久耐用,养护费用省,可就地取材,可节省大量钢材和水泥等优点,但是它的适用范围比钢筋混凝土桥要小得多。

2. 按桥梁长度分类

按桥梁长度分类,铁路桥梁可分为小桥(长度 $L < 20$ m)、中桥($20 \text{ m} \leq L < 100$ m)、大桥($100 \text{ m} \leq L < 500$ m)和特大桥($L \geq 500$ m)等。

3. 按桥梁外形分类

按桥梁外形分类,铁路桥梁可分为梁桥(见图 3-6)、拱桥(见图 3-7)和斜拉桥(见图 3-8)等形式。

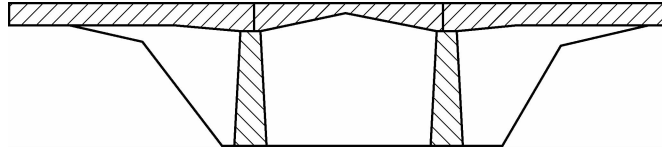


图 3-6 梁桥

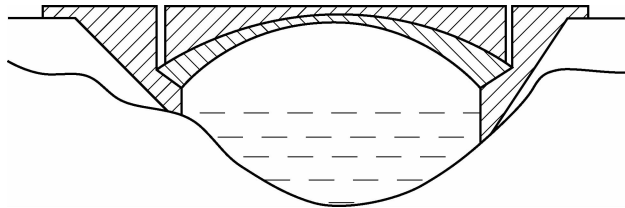


图 3-7 拱桥

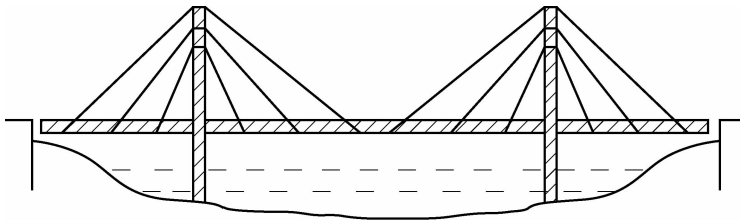


图 3-8 斜拉桥

4. 按桥梁跨越的障碍分类

按桥梁跨越的障碍分类,铁路桥梁可分为跨河桥、跨线桥和高架桥等。

(1)跨河桥。跨河桥是指跨越江河、湖泊的桥梁,如图 3-9 所示。



图 3-9 跨河桥

(2)跨线桥。跨线桥又称立交桥,是指铁路、公路相互交叉时所建的桥梁,如图 3-10 所示。



图 3-10 跨线桥

(3)高架桥。高架桥又称栈桥或旱桥,是指跨越宽谷、深沟的桥梁,如图 3-11 所示。

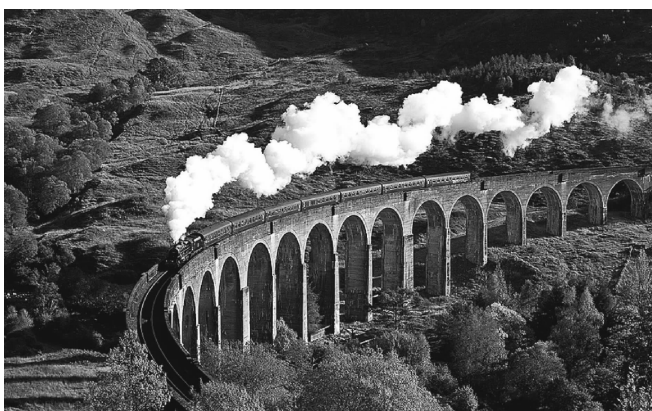


图 3-11 高架桥

3.3 铁路隧道

所谓隧道,通常是指修建在地层中的地下通道。在铁路上,隧道常用来穿越山岭和水流障碍;在城市交通运输中,隧道也常常被采用。它既可以使线路顺直,避免无谓的展线,缩短线路;又可以减小线路坡度,使运营条件得以改善,从而提高运输能力,取得理想的经济效果。

3.3.1 围岩

围岩是指隧道开挖后其周围产生应力重分布范围内的岩体(或土体),或指隧道开挖后对其稳定性产生影响的那部分岩体(或土体)。

隧道是地下工程,其稳定程度与周围岩体的性态有着密切的关系,所以要研究围岩的特

征。隧道的围岩特征状态是千变万化的,如从松散的流沙到坚硬的花岗岩、从完整的岩体到极破碎的断裂构造带等,都会因在其中修建隧道而表现出不同的稳定性(稳定性是指隧道开挖后在不加支护情况下其自身的稳定程度,稳定性可分为充分稳定、基本稳定、暂时稳定和 unstable)。

根据长期的工程实践,人们认识到各种围岩的物理性质之间存在一定的内在联系和规律,因而可将稳定性相似的一些围岩划归为一级,并将全部围岩划分为若干级,这就是围岩分级。

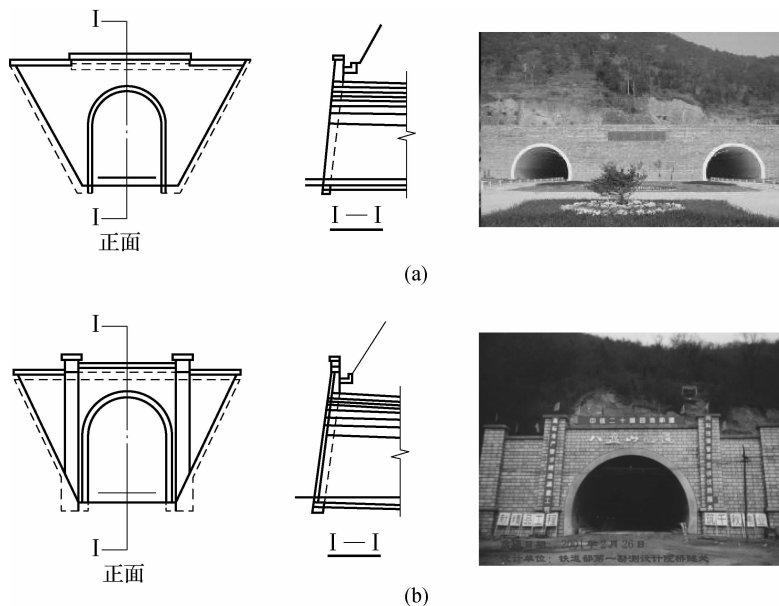
我国《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2005)明确规定了要采用以围岩稳定性为基础的分级法和按弹性波速度的分级法。该分级法主要考虑了围岩的结构特征及完整状态、岩石强度和地下水等工程地质条件中三方面的因素,按照围岩的稳定性将其由好到差分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ六级。

3.3.2 铁路隧道主体建筑物

铁路隧道建筑物总体上可分为主体建筑物和附属建筑物两大部分。主体建筑物有隧道洞门和隧道衬砌(简称衬砌)。隧道洞门用来加固隧道的出入口,阻挡落石。隧道衬砌用来加固隧道洞身,防止洞身周围地层发生风化剥落或坍塌。

1. 隧道洞门

隧道的进出口是隧道建筑物唯一的外露部分,也是整个隧道的薄弱环节。由于洞口所处的地质条件差(多为严重风化的堆积体),覆盖层的厚度较薄,若地形倾斜又易造成浅埋偏压,加之受地表水的冲刷等,容易造成山体失稳,产生滑动和坍塌,因此,隧道两端洞口处应设置洞门。铁路隧道洞门根据地形、地质,并结合衬砌类型及工作特点设计。常见的铁路隧道洞门有端墙式洞门、柱式洞门、翼墙式洞门和台阶式洞门等,如图 3-12 所示。



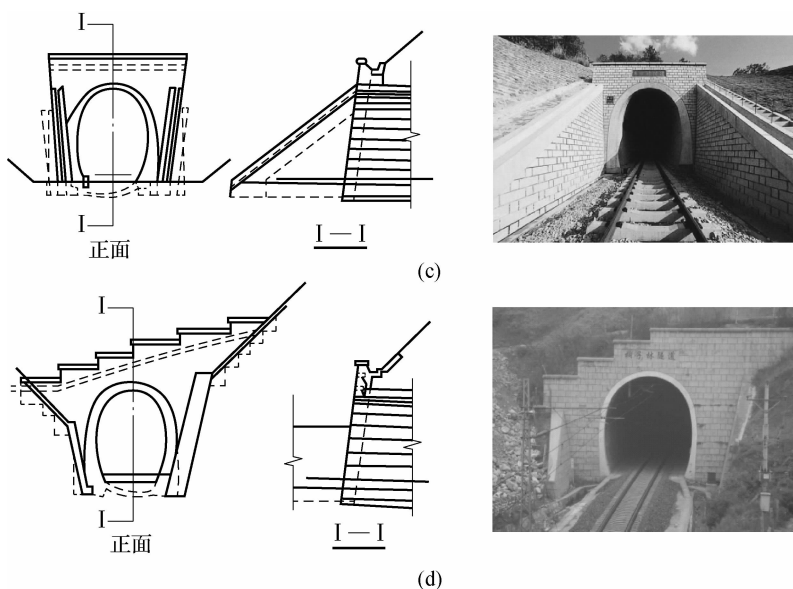


图 3-12 常见的铁路隧道洞门

(a)端墙式洞门 (b)柱式洞门 (c)翼墙式洞门 (d)台阶式洞门

隧道洞门的作用有以下几方面：

(1)减少洞口土石方的开挖量。洞口段范围内的路堑是依照地质条件按一定的边坡开挖的。当隧道埋深较大时,开挖量将很大。设置隧道洞门,可以起到挡土墙的作用,可以减少土石开挖量。

(2)稳定边坡和仰坡。由于边坡上的岩体不断受到风化,坡面松石极易脱落滚下。边坡太高,难以自身稳定,仰坡上的石块也会沿着坡面向下滚落,有时会堵塞洞口,甚至砸坏线路轨道,对行车造成威胁。修建隧道洞门可以减小引线路堑的边坡高度,缩短正面仰坡的坡面长度,从而使边坡及仰坡得以稳定。

(3)引离地表流水。地表流水往往汇集在洞口,如不予以排除,将会漫及线路,危及行车安全。修建隧道洞门可以把地表流水引入侧沟,保证洞口保持正常干燥状态。

(4)装饰洞口。洞口是隧道唯一的外露部分,是隧道正面的外观。修建洞门也可以算是一种装饰。对于城市附近或风景区的隧道,尤其应当配合当地的环境对隧道洞门进行艺术处理。

2. 隧道衬砌

隧道衬砌常采用由拱圈和边墙组成的拱形结构,在地质条件较差的情况下常设置仰拱而形成封闭式衬砌。隧道衬砌的构造与围岩的级别和施工方法密切相关。

(1)喷锚支护。采用混凝土喷射机将掺有速凝剂的混凝土干拌料和水高速喷射到清洗干净的岩石表面,使其凝结,当围岩不够稳定时,可加设锚杆或钢筋网而构成一种支护形式,简称喷锚支护。

采用喷锚支护可以充分发挥围岩的自承能力,控制围岩的变形,有效地利用洞内净空,提高作业安全性和作业效率,并能适应软弱地层和膨胀地层中隧道的开挖,还可用于整治塌方和隧道衬砌的破损。

(2)二次衬砌。依照不同的地质条件或按照不同的围岩级别,二次衬砌可分为直墙式和曲墙式两种形式。

①直墙式衬砌。直墙式衬砌适用于地质条件比较好,以垂直围岩压力为主而水平围岩压力较小的情况。直墙式衬砌主要适用于II、III级围岩,在个别情况下也适用于IV级围岩。IV级围岩的衬砌结构形式是以曲墙式为主的。个别情况是指在一座隧道内,大部分地段为IV级以下围岩,仅个别地段是IV级围岩。为施工方便,该地段也可采用直墙式衬砌。直墙式衬砌由上部拱圈、两侧垂直边墙和下部铺底三部分组合而成。图3-13所示为III级围岩单线电气化铁路隧道衬砌断面标准图的主要尺寸。

②曲墙式衬砌。曲墙式衬砌适用于地质条件比较差,有较大水平围岩压力的IV级及其以上的围岩。它由顶部拱圈、侧面曲边墙和底部仰拱(或铺底)组成。除在IV级围岩无地下水且基础不产生沉陷的情况下可以不设仰拱而只做平铺底外,一般均应设仰拱,以抵抗底部围岩压力和防止衬砌沉降,使衬砌形成一个环状的封闭整体结构,提高衬砌的承载力。图3-14所示为V级围岩单线电气化铁路隧道衬砌断面标准图,该铁路隧道内轮廓线由五心圆曲线组成。

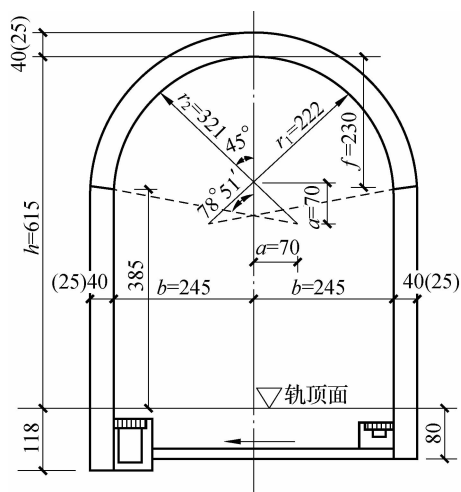


图3-13 III级围岩单线电气化铁路隧道衬砌断面标准图的主要尺寸(单位:cm)

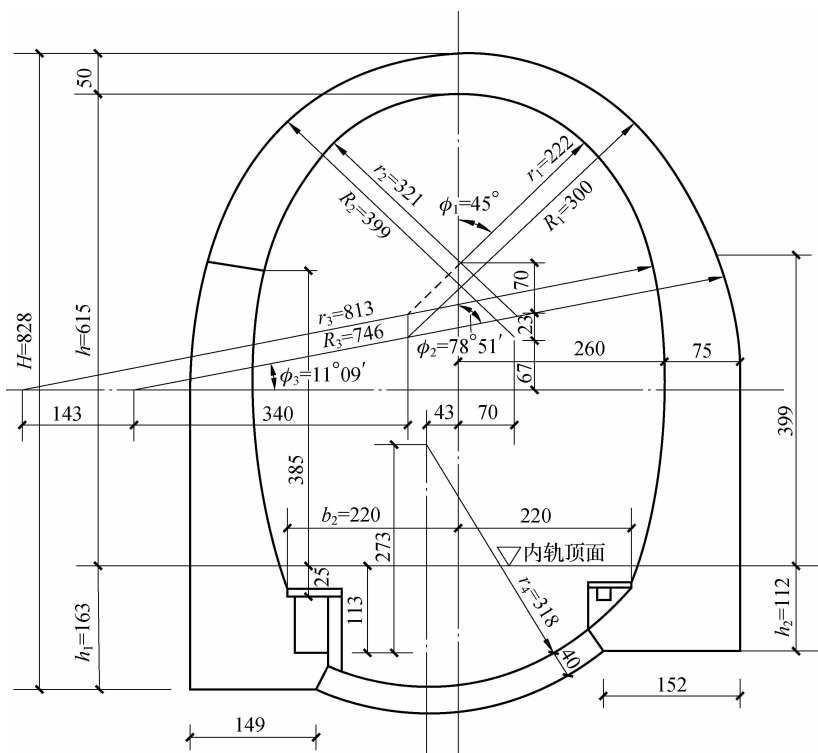


图3-14 V级围岩单线电气化铁路隧道衬砌断面标准图(单位:cm)

3.3.3 铁路隧道附属建筑物

为了使隧道能够正常使用,保证列车安全运行,铁路隧道除修筑主体建筑物以外,还要修建一些附属建筑物(包括避车洞、排水设施和电力及通信设施的安放设备等)。

1. 避车洞

避车洞分为小避车洞和大避车洞。小避车洞是为了保证隧道内行人和维修人员的安全而设置的。大避车洞是为了存放一些必要的维修材料、工具和轨道小车及避让列车而设置的。

在铁路隧道内,每侧相隔 30 m 布置一个小避车洞。在碎石道床的隧道内,每隔 300 m 布置一个大避车洞。在整体道床的隧道内,因人员行车待避较方便,且线路维修工作量较小,为此可每侧相隔 420 m 布置一个大避车洞。避车洞的平面布置如图 3-15 所示,其中图 3-15(a)适用于碎石道床,图 3-15(b)适用于整体道床。

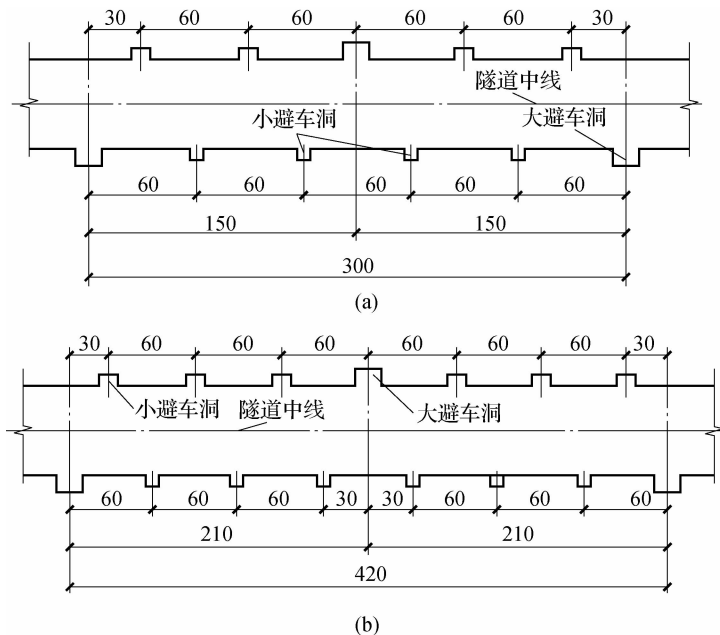


图 3-15 避车洞的平面布置
(a)适用于碎石道床 (b)适用于整体道床

2. 排水设施

排水是指将地下水引入隧道,然后经洞内水沟排出洞外。绝对堵死地下水是做不到的,如果不给地下水以出路,衬砌背后的地下水就会逐渐升高,以致给隧道衬砌施加很大的压力,故一般要“以排为主”。铁路隧道的主要排水设施有衬砌内的纵(横)向排水沟、衬砌背后的纵(横)向盲沟、塑料防水薄板或防水材料薄膜等。

(1)排水沟。隧道全长在 100 m 及以下(干旱地区为 300 m 及以下),且常年干燥,可不设洞内排水沟;除此之外,均应设排水沟。

排水沟有以下两种形式:

①侧式水沟,如图 3-16 所示。这种形式的水沟设在线路的一侧或两侧,视水量大小而定。双侧水沟隔一定距离设一条横向联络沟,以平衡不均匀的水流量。当地下水量小、隧道较短,并铺设碎石道床时,可设置单侧水沟。单侧水沟宜设在地下水来源一侧。

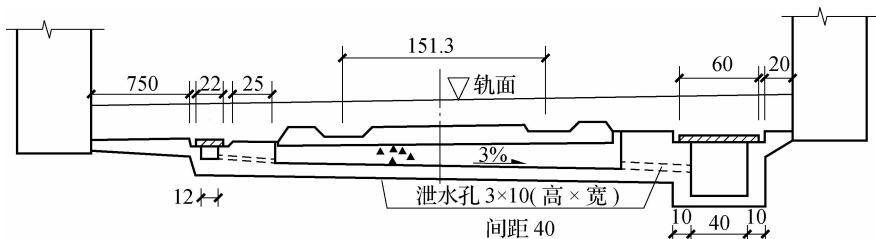


图 3-16 侧式水沟

②中心式水沟,如图 3-17 所示。隧道采用整体道床时,水沟宜设在线路中线的下方,或设于双线隧道两线路之间。

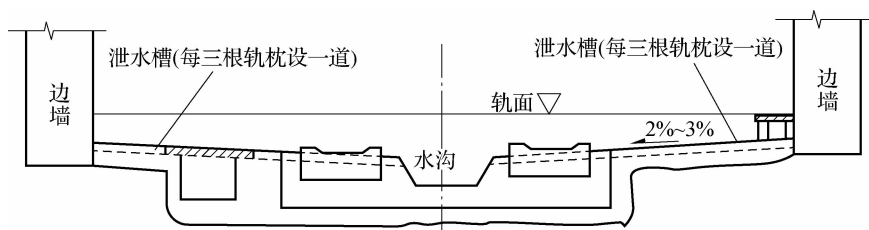


图 3-17 中心式水沟

(2)盲沟。盲沟是修建在衬砌背后的一种排水设施,沿出水点开沟,沟中用干砌片石、卵石等回填作为导水层,使地下水在衬砌背后能集中到沟内排入洞内水沟。

盲沟适用于Ⅳ级及以下的围岩、地下水发育地段。盲沟宜设置在节理发育、渗漏水较多的地方。盲沟之间的相隔距离可根据地下水的多少来确定,一般为 4~10 m。盲沟的断面尺寸应按照地下水量及洞身超挖情况来确定,一般厚度不小于 20 cm,宽度为 40~100 cm,内填干砌片石或卵石。当设置盲沟处的超挖小于 20 cm 时,应补挖,以满足断面尺寸。

为保证盲沟的排水效果,可根据工程地质及水文地质情况在盲沟处向周围地层钻孔,将附近围岩中的地下水引入盲沟。

(3)塑料防水薄板。随着新奥法(new Austrian tunneling method, NATM)的逐步推广和应用,隧道复合式衬砌在工程实践中的使用越来越多。在复合式衬砌中间设防水层是一种效果良好的防水措施,目前多采用铺设塑料防水薄板或喷防水材料薄膜的方法,它们的抗渗性能及抗腐蚀性能均较好。

目前使用的塑料防水薄板有聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)及聚乙烯(polyethylene, PE)两种,厚度均为 1.2~2.0 mm。铺设塑料防水薄板时应环向进行,不可绷得太紧,以免灌筑混凝土时将薄板胀破。拱部固定点的间距为 0.5~1.0 m,边墙固定点的间距为 1.0~1.5 m,固定点到塑料防水薄板的边缘应不小于 5 cm。塑料防水薄板环向搭接宽度宜为 10 cm 左右,焊缝宽不应小于 1 cm。在灌筑混凝土衬砌前,必须检查防水层的铺设质量并做好记录,发现问题及时处理。

3. 电缆槽

当铁路通信、信号电缆通过隧道时,为了避免电缆被损坏和腐蚀,保证通信、信号工作的安全,应在隧道内设置电缆槽。

通信、信号电缆既可以设在同一电缆槽内,也可以分设,但通信、信号电缆必须和电力电缆分槽铺设。如分槽铺设困难,电力电缆可沿隧道墙壁架设,但应有必要的防护措施。在地形困难区段,自动闭塞电力电缆可与通信电缆同槽铺设,但应将电缆的排列位置固定,两电缆间的最小距离不得小于 0.1 m,电力电缆应涂以标志颜色。

电缆在隧道内完成平面或竖向转变过渡时,其弯曲半径不应小于 1.2 m,对应折线的转折角不应大于 30° ,转折长度不应小于 0.6 m。电缆槽应设盖板,盖板顶面应与避车洞底面、水沟盖板顶面或道床顶面齐平。当电缆槽与水沟并行时,宜分设盖板。电缆槽的净空尺寸可由有关专业提供,一般当通信、信号电缆合槽设置时,主要干线电缆槽的净空尺寸为 25 cm(宽) \times 20 cm(高),非主要干线电缆槽的净空尺寸为 20 cm(宽) \times 20 cm(高);当通信、信号电缆分槽设置时,其净空尺寸可适当减小。为使电缆槽内不积水,应每隔 3~5 m 设一道流水槽。

4. 运营通风建筑物

隧道交付使用以后,列车往返通过时经常排出大量有害气体,同时还散发出许多热量;衬砌缝隙也不时渗透出某些天然地下气体和潮湿成分;维修人员在工作时不断呼出二氧化碳,这些都使得隧道内的空气变得污浊、炽热和潮湿。不良空气长时间积聚起来,浓度越来越大,将使人呼吸困难,健康受到威胁,工作效率降低,洞内线路也容易被腐蚀。因此,必须设法把隧道内积聚的有害气体和热量等排除出去,把洞外的新鲜空气引进洞来,使洞内空气达到无害的程度,使列车司机和洞内维修人员能舒适而高效地工作。

运营隧道的通风可以分为借助自然条件的自然通风和依靠人为条件的机械通风两种。自然通风是利用洞内的天然风流和列车运行所引起的活塞风来达到通风的目的。机械通风是在自然通风不能满足要求的情况下,通过设置一系列的通风机械送入或吸出空气来达到通风的目的。

3.3.4 铁路隧道施工

在山岭隧道施工中,坑道开挖后的支护方法目前大致可以分为钢木构件支撑和锚杆喷射混凝土支护两类。人们习惯上将采用钻爆开挖加钢木构件支撑的施工方法称为传统的矿山法,而将采用钻爆开挖加锚喷支护的施工方法称为新奥法。新奥法是奥地利学者腊布希维兹首先提出的,它是以喷射混凝土和锚杆作为主要支护手段,通过监测和控制围岩的变形,充分发挥围岩自承能力的施工方法。新奥法作为一种施工方法,已在世界范围内得到了广泛的应用。

1. 隧道爆破

隧道施工常用的掘进方式有钻眼爆破掘进、单臂掘进机掘进和人工掘进三种。一般山岭隧道施工最常用的是钻眼爆破掘进。钻眼爆破是用炸药爆破坑道范围内的岩体。

隧道开挖爆破的炮眼数目与隧道断面的大小有关,炮眼数目多在几十至数百范围内。炮眼按其所在位置、爆破作用、布置方式和有关参数的不同可分为以下几种:

(1)掏槽眼。在开挖断面的适当位置(一般在中央偏下部)布置几个装药量较多的炮眼,即布置掏槽眼。其作用是先在开挖面上炸出一个槽腔,为后续炮眼的爆破创造新的临空面。

(2)周边眼。沿隧道周边布置的炮眼称为周边眼。其作用是炸出较平整的隧道断面轮廓。周边眼按其所在位置的不同又可分为帮眼、顶眼和底眼。

(3)辅助眼。当周边眼与掏槽眼之间的距离过大时,应适当布置辅助眼作为扩大槽腔,为周边眼的爆破创造临空面。

隧道爆破开挖成败的关键首先是掏槽技术,其次是周边光面爆破。

2. 装碴运输

隧道开挖后,要把开挖出来的石碴运出洞外,还要把支护材料运进洞内,这种作业称为装碴运输。隧道用的装碴机又称为装岩机。装碴机械的类型有很多,按其扒碴机构的形式可分为铲斗式装碴机、蟹爪式装碴机、立爪式装碴机和挖斗式装碴机。铲斗式装碴机为间歇性非连续装碴机,有翻斗后卸、前卸和侧卸三种卸碴方式。蟹爪式装碴机、立爪式装碴机和挖斗式装碴机均为连续装碴机,均配备了刮板(或链板)转载后卸机构。

装碴运输作业按其所采用的运输机具和设备可分为两类,第一类是有轨运输,即在坑道内靠近工作面一段将石碴装在车辆内,编列成组,再用牵引机车沿着轨道运至洞外卸碴场;第二类是无轨运输,即在隧道施工中不铺设轨道,装岩机将石碴装在翻斗汽车内运至洞外卸碴场。此外,还可采用皮带运输机将石碴运出洞外,我国仅在斜井中试用过。

3. 初期支护

隧道开挖后,当围岩稳定能力不足时,须加以支护才能使其进入稳定状态,称为初期支护。在隧道工程中,一般都将喷射混凝土与钢拱支撑、锚杆、钢筋网等联合使用作为初期支护。

锚杆是用金属或其他高抗拉性能材料制成的一种杆状构件。使用某些机械装置和黏结介质,将锚杆安设在地下工程的围岩中。锚杆是利用围岩自身的强度来支撑围岩的,属于内部支护。

喷射混凝土是使用混凝土喷射机,按一定的混合程序将掺有速凝剂的细石混凝土喷射到岩壁表面,使其迅速固结成一层支护结构,从而对围岩起到支护作用。喷层和围岩就此组成了一个整体,共同承受围岩的压力,可使衬砌厚度大幅度减小。同时,喷射混凝土的细小颗粒将岩层缝隙填充黏结,使围岩的整体性得到提高,阻止了围岩向坑道的变形,围岩压力也大为减小,封闭围岩壁面防止风化,避免塌方落石。所以,喷射混凝土作用的实质是通过

对围岩的改造来达到稳定围岩的目的。这是一种积极主动的支护模式。

喷射混凝土施工时往往使用钢(丝)筋网以增强其整体性和承载能力,钢筋网由环向钢筋和纵向钢筋组成,环向钢筋为受力筋。钢筋网与锚杆应连接牢固。

在围岩软弱、破碎较严重、自稳性差的隧道地段(V、VI级围岩和IV级围岩中的软岩),坑道在开挖后必须进行早期支护,使其具有较大的刚度,以阻止围岩过度变形和承受部分松弛荷载。钢拱支撑就具有这样的力学性能,其整体刚度较大,可以提供较大的早期支护刚度;钢拱支撑不仅可以很好地与锚杆、钢筋网、喷射混凝土合理组合,构成联合支护,增强支护功能的有效性,而且受力条件较好,对隧道断面变形的适应性强。

4. 二次衬砌施工

复合式衬砌是由初期支护和二次衬砌组成的。初期支护是帮助围岩达成施工期间的初

步稳定,二次衬砌是提供安全储备或承受后期围岩压力。因此,初期支护应按主要承载结构设计;二次衬砌,对于Ⅲ级及以下围岩按安全储备设计,对于Ⅳ级及以上围岩按承载(后期围压)结构设计,并均应满足构造要求。

按照现代支护理论和新奥法施工原则,作为安全储备的二次衬砌是在围岩或围岩加支护稳定后施作的。二次衬砌多采用顺作法,即按由下到上、先墙后拱的顺序连续灌注。在隧道纵向上需分段进行。二次衬砌多采用模筑混凝土作为内层衬砌结构。灌注混凝土时应左右两侧对称分层,两侧同时或交替进行。当使用插入式软轴捣固器振捣时,分层厚度一般为30 cm,两侧灌注高差最大不超过50 cm。振捣时,捣固器应插入前一层内的一定深度。拱圈的灌注层面应呈辐射状,混凝土灌注应连续进行;若必须终止,则不应超过混凝土的初凝时间,否则应进行间歇灌注处理。

学习评价

本项目学习完成后,请根据自己的学习所得,结合下表所列内容进行打分评价。

项目3 学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
课前预习本项目相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路路基的基本形式				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握铁路路基的基本组成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路桥梁的组成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握铁路桥梁的分类				A. 充分 B. 一般 C. 不足
掌握围岩的概念				A. 充分 B. 一般 C. 不足
熟悉铁路隧道的主体建筑物和附属建筑物				A. 充分 B. 一般 C. 不足

(续表)

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
了解铁路隧道施工				A. 充分 B. 一般 C. 不足
参加教学中的讨论和练习,并积极完成				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度和完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				

思考与练习

- (1) 简述铁路路基的基本形式。
- (2) 铁路路基的基本组成是什么?
- (3) 简述铁路桥梁的组成。
- (4) 铁路桥梁有哪些类型?
- (5) 什么是围岩?
- (6) 铁路隧道主体建筑物包括哪几个部分?
- (7) 铁路隧道附属建筑物包括哪几个部分?