

项目一

公路设计基础知识

工作任务一 分析公路建设的现状及前景

学习描述

任务目标 结合公路设计文件,认知现代交通运输方式的特点及相关内容。本项工作任务的目的明确我国公路发展的现状及前景、国外高速公路发展的现状及规划。

学习目标

- (1)了解现代交通运输体系的特点和公路发展的现状。
- (2)了解公路建设的远景规划。
- (3)熟悉我国高速公路网的规划。
- (4)了解国外高速公路的发展情况。

学习单元一 公路建设的现状认知

交通运输是国民经济的重要组成部分,是国民经济的命脉。它把国民经济的各领域和各个地区联系起来,担负着国家建设中原材料与产品的集散、城乡间的物质交流运输任务,并满足人们在物质文化生活上的需要,是联系工业和农业、城市和乡村、生产和消费的纽带。因此交通运输在国家的政治、经济、军事、文化建设中,在社会物质财富的生产和分配过程中,在广大人民的生产生活中都具有重要的作用。

1. 交通运输体系

随着社会的进步,人类对交通的需求迅速增长,从而形成了由多种运输方式组成的现代交通运输系统。现代交通运输是国民经济的大动脉,是国民经济的“先行官”。

按照运输线路和运载工具的不同,综合交通运输体系涵盖了五种运输方式,即铁路运输、公路运输、水路运输、航空运输及管道运输。

- (1)铁路运输远程客货运量大、运输速度较快,一般不受气候和季节的影响,连续性较

强、成本较低,但建设周期长、投资大、定点运行、需中转。

(2)公路运输机动灵活、中转少、直达门户、批量和时间不受限制、货物送达速度快、覆盖面广,可自成运输体系,是其他运输方式无法比拟的,是一种最活跃的运输方式。但因为汽车的燃料较贵、单位运量小、污染大,故以中短途运输为主。

(3)水路运输运量大、耗能少、运输成本低、投资省、劳动生产率高、一般不占农田,但因为受通航水道与航线的制约,受气象因素的影响,故连续性较差、速度慢。

(4)航空运输速度快、两点间运距短,对于运送旅客、紧急物资及邮件起到重要的作用,其基建周期短,但运量小、成本高。

(5)管道运输是利用封闭管道以重力或气压动力连续运送特定货物的运输方式。它具有运量大、连续性强、运距短、占地少、成本低、沿程无噪声、无污染、安全性好、损耗少的优点,但其仅适用于油、气、水等货物的运输。

上述不同的运输方式,由于它们的经济特征不同而各有所长,各自适应一定的条件和运输需要。它们通过合理分工、协调配合、取长补短,组成了一个综合的交通运输体系,为社会生产和消费服务。

我国的交通运输发展以铁路为骨干,公路为基础,充分利用内河、沿海和远洋运输的资源,积极发展航空事业,形成了具有不同功能、远近结合、四通八达、全国统一的综合交通运输网络体系。

2. 我国公路发展的历史和现状

衣、食、住、行是人类社会生活的基本内容,这些都离不开道路。可以说,道路的历史就是人类社会的发展史。

我国的道路建设最早可以追溯到商朝,从西周的“周道如砥,其直如矢”,一直到清代修建了长约 1.5×10^5 km 的“邮差路线”。我国对道路的建设已有 2 000 多年的历史,但是作为公路建设的起步阶段,即真正按一定标准修建公路,是 1913 年修建的长沙—湘潭公路。此后,我国各省、市(西藏除外)先后动工建设公路。但是由于当时我国受到经济落后和战乱的影响,公路的发展十分缓慢。截至 1949 年,全国仅有公路 8.07×10^4 km,而且分布极不合理,大部分集中在东南沿海地区,缺桥少渡,路况极差,绝大部分达不到现在最低的技术标准等级,铺筑沥青类或水泥路面的公路长度总计不超过 300 km,无法满足公路运输的需要。交通的不便,不仅制约了经济的发展,也给人民群众的生活带来了极大的不便。

新中国成立以后,我国公路发展得很快,特别是 1978 年以来的 30 多年是我国公路事业发展最快、建设规模最大、最具活力的时期。我国高速公路的建设起步于 1984 年,最早开工的是沈大高速公路,全长为 375 km,连接辽宁省的沈阳与大连;首条全程通车的高速公路为沪嘉高速公路,全长为 20.5 km,连接上海市区与卫星城嘉定。截至 2012 年年底,我国高速公路的通车里程已达到 9.6×10^4 km,比 2011 年新增 1.1×10^4 km,超越了美国的洲际高速公路(长度为 9.2×10^4 km),拥有世界上规模最大的高速公路系统(不含各国的地方高速公路)。

我国的公路建设虽然得到了快速的发展,但是仍然不能完全适应国民经济发展对公路运输的要求,而且与世界发达国家相比仍存在较大的差距,主要表现在以下几个方面。

1) 公路网等级低、密度低、标准低、质量差

从通车里程看,我国仅为美国的 1/4。美国人口约占世界的 5%,而公路里程却占世界

的 28%；我国人口约占世界的 25%，而公路里程仅占世界的 7%。我国的公路不仅密度低，而且等级偏低，多为三、四级公路，此外还有达不到技术标准的“等外路”，且路面质量很差；还有些公路的防护设施不全，抗灾能力很差。

2) 高速公路的建设布局不合理

从高速公路在我国各地区的分布情况看，东、中、西各地区高速公路的总量及其所占比例都存在较明显的差异。

3) 公路测设和施工技术水平比较落后

近年来，我国在公路测设和施工方面已经开始使用一些新技术、新工艺、新设备，取得了很大的进步。但是在整个公路测设和施工过程中，劳动强度仍然比较大，施工进度比较慢，技术装备不足；在一些测设新技术（如航测与遥感技术、计算机线性优化、测量信息自动化技术）和施工机械化程度方面仍落后于发达国家。

4) 服务水平低、交通运输经营管理技术落后

目前，我国交通自动控制管理和运输经营管理的电子技术虽然已在一些地区使用，但是尚未普及，多数地区的管理方法还比较落后，使得一些地区运输紧张、堵车严重、事故增多，导致道路的服务水平较低、运输成本较高，公路运输的优越性没能被很好地发挥出来。

因此，在今后相当长的时期内，加快公路网的新线建设，对原有公路进行技术改造，逐步提高技术标准和通行能力，仍然是我国公路建设的主要任务。

学习单元二 公路建设的前景分析

交通运输业是国家的基础性产业，它是联系其他各产业的桥梁和纽带，其发展与社会经济的发展密不可分，也可以说，交通运输业的发展是国民经济发展的助推剂。正因为如此，自改革开放以来我国一直致力于发展交通运输业，并根据行业发展各个阶段的不同特征分别制定了不同的战略规划。

改革开放以来，我国先后出台了 3 个国家级干线公路网规划，分别是 1981 年原国家计委、国家经委、交通部联合颁布的《国家干线公路网（试行方案）》，也就是我们通常所说的普通国道网；1992 年原交通部出台的《国道主干线系统规划》；2004 年国务院批准的《国家高速公路网规划》。在这些规划的指导下，我国干线公路快速发展，总体上由过去的“瓶颈制约”发展到现在的“基本适应”，显著提高了公路交通的发展水平，对于提升我国的综合国力和竞争力、增强经济社会发展活力、提高国民生活质量、保障国家安全等都做出了突出贡献。

但是，随着经济社会的快速发展和公路网络规模结构的不断发展变化，既有的国家干线路网出现了以下一些不适应的情况。

(1) 覆盖范围不足。我国还有 900 多个县没有实现国道连接，有 18 个新增的城镇人口在 20 万以上的城市和 29 个地级行政中心未实现与国家高速公路的连接，这与我国城镇化的发展要求不相适应。

(2) 运输能力不足。部分国家高速公路通道运能紧张、拥堵严重，不能适应交通量快速增长的需要。

(3) 网络效率不高。干线公路网本身还不完善，一些普通国道路线不连续、不完整，国家公路与其他运输方式之间、普通国道和国家高速公路之间的衔接协调不够，网络效益和效率难以发挥。

为保障公路交通的可持续发展,迫切要求以更加全面、长远的发展视野谋划未来我国公路网的合理架构,加快推进国家级干线公路网的战略性布局。2013年6月20日,交通运输部在国务院新闻办举行的新闻发布会上正式公布了《国家公路网规划(2013年—2030年)》(以下简称《规划》)。这是我国改革开放以来出台的第4个国家级干线公路网规划,目前已经国务院批准实施。《规划》是对普通国道网的调整和补充,对《国家高速公路网规划》的完善,是一个功能完善、覆盖广泛、能力充分、衔接顺畅、运行可靠的国家干线公路网络,对于支持全面建成小康社会和实现社会主义现代化的宏伟目标,促进区域城乡协调发展,推进综合运输体系建设,保障我国公路交通可持续发展等具有重要意义。

《规划》提出构建“两张网”:一是普通国道网,包括12条首都放射线、47条北南纵线、60条东西横线和81条联络线,覆盖全国所有县,总规模约为 26.5×10^4 km,提供普遍的、非收费的交通基本公共服务;二是国家高速公路网,由7条首都放射线、11条北南纵线、18条东西横线以及地区环线、并行线、联络线等组成,总规模约为 11.8×10^4 km,提供高效、快捷的运输服务。

1. 普通国道网

1) 首都放射线(12条)

北京—沈阳、北京—抚远、北京—滨海新区、北京—平潭、北京—澳门、北京—广州、北京—香港、北京—昆明、北京—拉萨、北京—青铜峡、北京—漠河、北京环线。

2) 北南纵线(47条)

鹤岗—大连、黑河—大连、绥化—沈阳、烟台—上海、秦皇岛—深圳、威海—汕头、乌兰浩特—海安、二连浩特—浙川、苏尼特左旗—北海、满都拉—防城港、银川—榕江、兰州—龙邦、策克—磨憨、西宁—澜沧、马鬃山—宁洱、红山嘴—吉隆、阿勒泰—塔什库尔干、霍尔果斯—若羌、喀纳斯—东兴、东营—深圳、同江—哈尔滨、嘉荫—临江、海口—三亚(东)、海口—三亚(中)、海口—三亚(西)、张掖—孟连、丹东—东兴、饶河—盖州、通化—武汉、嫩江—双辽、牙克石—四平、克什克腾—黄山、兴隆—阳江、新沂—海丰、芜湖—汕尾、济宁—宁德、南昌—惠来、正蓝旗—阳泉、保定—台山、呼和浩特—北海、甘其毛都—钦州、开县—凭祥、乌海—江津、巴中—金平、遂宁—麻栗坡、景泰—昭通、兰州—马关。

3) 东西横线(60条)

绥芬河—满洲里、珲春—阿尔山、集安—阿巴嘎旗、丹东—霍林郭勒、庄河—西乌珠穆沁旗、绥中—珠恩嘎达布其、黄骅—山丹、文登—石家庄、青岛—兰州、连云港—共和、连云港—栾川、上海—霍尔果斯、乌鲁木齐—红其拉甫、西宁—吐尔尕特、长乐—同仁、成都—噶尔、上海—聂拉木、高雄—成都、上海—瑞丽、广州—成都、瑞安—友谊关、瑞金—清水河、福州—昆明、广州—南宁、秀山—河口、连云港—固原、启东—老河口、舟山—鲁山、洞头—合肥、丹东—阿勒泰、萝北—额布都格、三合一—莫力达瓦旗、龙井—东乌珠穆沁旗、承德—塔城、天津—神木、黄骅—榆林、海兴—天峻、滨州港—榆林、东营港—子长、胶南—海晏、日照—凤县、大丰—卢氏、东台—灵武、启东—那曲、上海—安康、南京—德令哈、武汉—大理、察雅—萨嘎、利川—炉霍、台州—小金、张家界—巧家、宁德—福贡、南昌—兴义、福州—巴马、湄洲—西昌、东山—泸水、石狮—水口、佛山—富宁、文昌—临高、陵水—昌江。

此外包括81条联络线。

普通国道网保留原国道网的主体,优化路线走向,恢复被高速公路占用的普通国道路

段;补充连接地级行政中心和县级节点、重要的交通枢纽、物流节点城市和边境口岸,增加可有效提高路网运行效率和应急保障能力的部分路线;增设沿边沿海路线,维持普通国道网的相对独立。调整后的普通国道总规模由 10.6×10^4 km 增加到 26.5×10^4 km,增加的约 16×10^4 km 路线主要是由原省道或县乡道组成,真正需要新建的里程不到 10 000 km。

2. 国家高速公路网

国家高速公路网,保持原国家高速公路网规划总体框架基本不变,在西部地区增加了两条南北向的通道,由“7、9、18”变成了“7、11、18”,也是在考虑欠发达地区交通基础设施怎样适度超前以促进区域经济的协调发展,真正起到经济带动的先行作用。此次将原来国家高速公路里程由 8.5×10^4 km 调整至 11.8×10^4 km。新增的 3.3×10^4 km 国家高速公路的待建部分大多集中在西部地区,很多位于山区、戈壁、荒漠,这主要是从以下 4 个方面考虑的:①补充连接新增 20 万以上城镇人口城市、地级行政中心、重要港口和重要国际运输通道;②在交通繁忙的通道上,为了缓解拥堵,增设了平行路线;③为了增强区域间联系,增加了一部分贯穿多个省区的重要通道;④为了优化路网衔接,增设了少量联络线。

1) 首都放射性(7 条)

北京—哈尔滨、北京—上海、北京—台北、北京—港澳、北京—昆明、北京—拉萨、北京—乌鲁木齐。

2) 北南纵线(11 条)

鹤岗—大连、沈阳—海口、长春—深圳、济南—广州、大庆—广州、二连浩特—广州、呼和浩特—北海、包头—茂名、银川—百色、兰州—海口、银川—昆明。

3) 东西横线(18 条)

绥芬河—满洲里、珲春—乌兰浩特、丹东—锡林浩特、荣成—乌海、青岛—银川、青岛—兰州、连云港—霍尔果斯、南京—洛阳、上海—西安、上海—成都、上海—重庆、杭州—瑞丽、上海—昆明、福州—银川、泉州—南宁、厦门—成都、汕头—昆明、广州—昆明。

此外包括 6 条地区性环线以及若干条并行线、联络线等。

国家高速公路网另规划远期展望线约为 1.8×10^4 km,其主要分布在我国西部地区。对于西部地区而言,目前尚不需要由高速公路来支撑,但是从区域经济发展和西部地区开发的角度考虑,需要按照适度超前的原则规划出一些高速公路与该地区连通。在实际建设过程中, 1.8×10^4 km 线路将按照市场原则,当某些地区达到需要高速公路支撑的交通水平后,相关部门会及时启动项目;也可能根据交通量的增长情况,初期先建设一条二级公路或一级公路,后期再升级为高速公路;也不排除有些线路被一级公路甚至二级公路替代的可能。

《规划》首次研究了我国未来公路网的总体规模和层次结构,提出未来我国公路网的总规模约为 5.80×10^6 km,其中国家公路约为 4.01×10^5 km,约占总规模的 7%、省级公路占 9%、乡村公路占 84%。根据《规划》,到 2030 年将建成布局合理、功能完善、覆盖广泛、安全可靠的国家干线公路网络,实现首都辐射省会、省际多路连通、地市高速通达、县县国道覆盖。届时,1 000 km 以内的省会间可当日到达,东中部地区省会到地市可当日往返,西部地区省会到地市可当日到达;区域中心城市、重要经济区、城市群内外交通联系紧密,形成多中心放射的路网格局;沿边沿海公路线路贯通,国家边防建设能力显著增强;有效连接国家陆路门户城市和重要边境口岸,形成重要国际运输通道,与东北亚、中亚、南亚、东南亚的联系更加便捷。我国的公路交通必将呈现一个崭新的局面。

学习单元三 国外高速公路的现状与发展规划

1886年,第一辆汽车在德国问世,开始了汽车运输的新纪元。到1905年,全世界拥有汽车400多万辆。当时由于汽车少、车速低,多数公路均由马车道稍加改善,再铺上一层砂石而成。

据传,公元前3000年—前2000年,印度文化遗迹摩亨佐·达罗城的城市中央就有9m宽的南北大道,东西修建成街道。市区街道均为5m、4m、3m宽的铺砖路面,并设有较完善的排水设施。

国外的道路发展也很快,自20世纪70年代以来,国外道路运输进入大发展时期,到1971年止全世界拥有汽车2.5亿辆,并向大型化、高速化方向发展,一般时速已达60~80km。公路网布局合理、密度提高,并广泛进行以改善路面为中心的技术改造。这时,现有发达国家的公路网体系包括其中的高速公路网骨架已基本形成,全世界公路总里程已达18 725 318 km,高级路面铺筑率达23.3%。这些国家的公路部门除继续将部分精力放在公路建设上外,已将相关精力放在公路的使用功能与车流安全和行车舒适性,以及改善公路对周围环境、人文景观影响的方面。可以说,发达国家大规模的公路建设时期已经结束或即将结束,已全面进入公路的运营管理阶段,公路网和汽车流已渗透到社会生活的各个方面。除前述国家及我国以外,还有日本、加拿大、法国、英国、西班牙、荷兰、南非、比利时、韩国、墨西哥、奥地利、澳大利亚等。在20世纪末建成的环欧高速公路,始于波兰的拉格夫,穿过捷克斯洛伐克、奥地利、匈牙利、南斯拉夫、罗马尼亚、意大利、希腊等国家,终点在土耳其和伊朗交界处的戈尔布拉克。世界上最长的高速公路在美国,是纽约至洛杉矶的高速公路,全长为4 556 km。

高速公路的产生和发展改变了世界交通运输的宏观格局,进一步显示出公路运输便捷灵活、速度快、门到门的优势,带来了巨大的经济效益和社会效益,有力地促进了世界各国经济社会的发展。

1. 国外高速公路的历史及现状

1) 美国

美国是世界上路网最发达的国家。美国于1937年开始修筑宾夕法尼亚州收税高速公路(长度为257 km),目前高速公路的总长度为 9.2×10^4 km,已完成以洲际为核心的高速公路网,其总里程约占世界高速公路总里程的1/2,连接了所有5万人以上的城镇,其高速公路系统承担了全美国公路运输任务的21%以上。

美国的高速公路建设有一套评估、规划立项、投融资以及维护管理的机制,每个项目的认证至少要2年时间。高速公路建设资金投入的比例为州政府19.6%、地方县市77.4%、联邦政府3%,平时的维护费用主要由州政府负责。

美国高速公路系统除较好地解决了国防需要外,还较好地解决了美国交通运输问题,如提高了运输速度,降低了产品运费,改善了交通安全和增加了车流量等。高速公路系统在美国交通史上占据了重要的地位。但是在城市中心地区,由于车流量往往会超过高速公路的通行能力,使汽车无法高速行驶,因而降低了高速公路的效能,再加上噪声和空气污染等问题,对当地环境也会产生一些副作用。

2) 德国

德国是修建高速公路最早的国家,建于1928—1932年的波恩—科隆高速公路是世界上第一条高速公路。德国的高速公路与世界上其他国家的高速公路一样是拥有多车道、双向分离行驶、完全控制出入口、全部采用两旁封闭和立体交叉桥梁与道口以及容许高速行驶的道路。

目前,德国拥有仅次于美国、中国和加拿大的高速公路网络。德国的公路系统由联邦远程公路、州级公路、县市级公路和乡镇级公路组成,公路总里程约为 6.5×10^5 km,公路面积约占国土面积的4.8%,其中约1.8%为高速公路,高速公路总里程约达 1.17×10^4 km。

德国在高速公路管理中运用了许多先进的技术手段,如智能交通诱导系统、应急通信系统、隧道安全监控系统、GPS全球定位系统、GIS地理信息系统、交通网络控制系统、交通信息发布查询系统等,这些先进的交通通信信息技术手段为交通管理提供了有效可靠的技术保证和为道路使用者提供了优质的服务。

3) 意大利

意大利的高速公路建设始于20世纪20年代,真正大规模的建设和发展则是从20世纪50年代开始的。意大利的高速公路已成为该国交通运输的主动脉,在公路运输中占主导地位。意大利的高速公路中80%为四车道,20%为六车道。由于意大利80%的国土是山地丘陵,因此为了达到高速公路的技术标准和有利于环境保护,高速公路建设时大量采用高架桥和隧道通过的方式,其工程量之大、耗资之多,在世界上是少见的。据不完全统计,平均每1 km就有一座桥梁式高架桥,每10 km就有一座隧道,每12 km就建有互通式立交。由于意大利高速公路的建造标准高,因此运转至今仍能满足需要。

4) 其他

加拿大高速公路网的建设在世界上居第三位,共修建了 1.65×10^4 km的高速公路,因为不征收车辆通行费,所以路上没有收费站、检查站。法国目前拥有10 000 km的高速公路,由于其采用了大量吸收民间投资的方法,因此加快了高速公路的建设速度,拥有了全世界最发达的公共交通系统。高速公路面积密度最大的国家是荷兰,每1 000 km²面积中有高速公路43.9 km。

2. 国外高速公路的设施和营运情况

高速公路的运输流量较大,为了保证运输的高速、重型化,达到行车安全、舒适和保护环境的要求,应对车流实行分车道专用化行驶。高速公路一般为4车道或6车道。大多数国家将行车速度规定为80 km/h、100 km/h、120 km/h等,有的国家的高速干线的行车速度达到140 km/h。

高速公路的路面结构有统一的标准,路面设计规范化、标准化,施工机械化。路面绝大多数是高等级路面,路面断面结构标准高。路线几何设计标准高、要求严,特殊工程多,如修建隧道、高架桥、立交等,满足路线平顺畅通的要求。公路沿线交通设施和附属服务设施齐全,用现代化手段进行交通控制。设有防护栏、防眩标志、照明、修理、事故处理站等服务设施。交通控制普遍采用电子计算机和信号自动化系统。

高速公路使汽车承担的运输量比例大幅度提高,因此其在公路运输中占有举足轻重的地位。美国的高速公路仅占公路总里程的1.1%,但却承担了全国公路交通量的21.3%;占英国公路总里程0.81%的高速公路承担了全部交通量的30%,在载重汽车的行驶里程中,

有 25% 是在高速公路上运行的;法国全部公路交通量的 20% 是由占公路总里程 0.91% 的高速公路承担的。公路网连接了大中城市,并与周边城市之间交通量大的区域相互沟通,还与国际交通通道连接成网,形成国际性交通干道,使得公路的通达程度得到很大的提高。

3. 国外高速公路的技术动态

虽然高速公路极大地提高了道路的通行能力,但续建道路的空间通行能力以及智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)是一个比较理想的发展趋势。ITS 是一种从系统的观点出发把车辆和道路综合起来考虑,运用各种高新技术系统解决道路交通问题的思想。1991 年美国国会通过法案拨款 6.6 亿美元支持 ITS 的开发、利用。欧盟和日本等发达国家也都争相投巨资研究和开发 ITS 技术。

ITS 是将先进的信息技术、数据通信传输技术、控制技术以及人工智能技术等有效地综合运用于整个交通管理体系而建立起来的一种在大范围内、全方位发挥作用,实用、准确、高效的运输综合管理系统。ITS 与高速公路有关的主要项目有交通管理自动化、驾驶者信息系统、车辆控制系统、车辆自动导航和控制、交通信息实时跟踪与提供等。同时在高速公路的其他方面也采用了高科技,如利用 GPS 采集公路测试原始数据,利用先进、完善的交通监控系统对路网的交通流进行全天候的监视与疏导等。

4. 国外高速公路的发展趋势

(1) 形成国际高速公路网。相邻国之间合作修建高速公路,以促进国际高速公路网的形成,这将成为高速公路发展的大趋势。为了更好地发挥高速公路的效益,加强国际之间的公路运输联系,一些发达国家正在把主要的高速公路连接起来,构成国际高速公路网。

(2) 卫星检测及控制系统将得到广泛利用。随着信息时代的到来,各类检测手段及检测系统被普遍使用,交通控制中心将充分利用卫星地面系统转发的交通信息,并按新的交通流理论指挥汽车按最优路线行驶,这样既能节约时间,又能创造最大利益。

工作任务二 公路设计准备工作

学习描述

任务目标 本项工作任务的目的是结合公路设计文件,认知公路等级划分及其结构组成,并通过对公路设计各阶段任务及相关内容的理解,掌握公路设计文件的主要内容。

学习目标

- (1) 了解道路的分类。
- (2) 熟悉公路分级及公路分级的依据。
- (3) 熟悉《公路工程技术标准》(JTG B 01—2003)的主要技术指标。
- (4) 熟悉公路建设程序与公路设计各阶段的内容。
- (5) 掌握公路设计的基本依据,即交通量、设计速度与设计车辆的含义。

学习单元一 道路分类与技术标准

1. 道路分类

道路是供各种车辆(无轨)和行人等通行的工程设施。由于目前我国有各种不同的道路管理机构,因此道路分类处于多样化的状态。按其使用特点分为公路、城市道路、厂矿道路、林区道路及乡村道路等,其中国家对部分道路颁布了相应的技术标准。

1) 公路

公路是指连接城市、乡村和工矿基地等,主要供汽车行驶、具备一定技术和设施的道路。公路按其重要性和使用性质又可划分为国家干线公路(简称“国道”)、省干线公路(简称“省道”)、县公路(简称“县道”)及专用公路等。

(1)国道是指在国家干线网中,具有全国性的政治、经济、国防意义,并经确定为国家干线的公路。

(2)省道是指在省公路网中,具有全省性的政治、经济、国防意义,并经确定为省级干线的公路。

(3)县道是指具有全县性的政治、经济意义,并经确定为县级的公路。

(4)专用公路是由工矿、农林等部门投资修建,主要供部门使用的公路。

在城市、厂矿、林区、港口等内部的道路都不属于公路范畴,但穿过小城镇的路段仍属于公路。

2) 城市道路

在城市范围内,供车辆及行人通行的、具备一定技术条件和设施的道路称为城市道路。城市道路除了把城市各部分联系起来为城市各种交通服务外,还起着构成城市结构布局的骨架,提供通风、采光,保持城市生活环境空间及为防火、绿化提供场地的作用。

3) 厂矿道路

厂矿道路是指主要为工厂、矿山运输车辆通行的道路,通常分为厂内道路、厂外道路及露天矿山道路。其中,厂外道路为厂矿企业与国家公路、城市道路、车站、港口相衔接的道路或厂矿企业分散的车间、居住区之间连接的道路。

4) 林区道路

林区道路是指修建在林区,主要供各种林业运输工具通行的道路。由于林区地形及运输木材的特征,其技术要求应按专门制定的林区道路工程技术标准执行。

5) 乡村道路

乡村道路是指修建在乡村、农场,主要供行人及各种农业运输工具通行的道路。由于乡村道路主要为农业生产服务,因此一般不列入国家公路等级标准。

各类道路由于其位置、交通性质及功能均不相同,因此在设计时的依据、标准及具体要求也不相同,要特别注意。

2. 公路分级与相关技术标准

1) 公路的等级划分

为满足经济发展、规划交通量、路网建设和功能等的要求,公路必须分等级建设。按照《公路工程技术标准》(以下简称《标准》)的规定,公路根据功能和适应的交通量分为以下 5

个等级。

(1)高速公路,为专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的多车道公路。四车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量为 25 000~55 000 辆;六车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量为 45 000~80 000 辆;八车道高速公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量为 60 000~100 000 辆。

全部控制出入的高速公路应符合的条件是:必须具有 4 条或 4 条以上的车道,必须设置中间带,必须设置禁入栅栏,必须设置立体交叉。

(2)一级公路,为供汽车分向、分车道行驶,并可根据需要控制出入的多车道公路。四车道一级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量为 15 000~30 000 辆;六车道一级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量为 25 000~55 000 辆。

(3)二级公路,为供汽车行驶的双车道公路。双车道二级公路应能适应将各种汽车折合成小客车的年平均日交通量为 5 000~15 000 辆。

(4)三级公路,为主要供汽车行驶的双车道公路。双车道三级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 2 000~6 000 辆。

(5)四级公路,为主要供汽车行驶的双车道或单车道公路。双车道四级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量 2 000 辆以下;单车道四级公路应能适应将各种车辆折合成小客车的年平均日交通量为 400 辆以下。

以上 5 个等级的公路构成了我国的公路网。其中,高速公路、一级公路为公路网骨干线,二、三级公路为公路网内基本线,四级公路为公路网的支线。

2)公路设计交通量预测

(1)高速公路和具有干线功能的一级公路的设计交通量应该按照 20 年预测;具有集散功能的一级公路,以及二、三级公路的设计交通量应该按照 15 年预测;四级公路可根据实际情况确定。

(2)设计交通量预测的起算年应为该项目可行性研究报告的计划通车年。

(3)设计交通量的预测应该充分考虑走廊地带范围内,远期社会、经济的发展和综合运输体系的影响。

3)公路等级选用的基本原则

公路等级的选用应该根据公路功能、路网规划、交通量,并充分考虑项目所在地区的综合运输体系、远期发展等,经论证后确定。

(1)一条公路可分段选用不同的公路等级或同一条公路等级不同的设计速度和路基宽度,但是不同公路等级、设计速度、路基宽度间的衔接应协调,过渡应该顺适。

(2)当预测的设计交通量介于一级公路与高速公路之间时,若拟建公路为干线公路,宜选用高速公路;若拟建公路为集散公路,宜选用一级公路。

(3)干线公路宜选用二级及二级以上公路。

4)确定公路用地范围的原则

公路建设应该切实贯彻保护耕地、节约用地的原则,在确定公路用地范围时,应符合以下规定。

(1)公路用地范围为公路路堤两侧排水沟外边缘(无排水沟时为路堤或护坡道坡脚)以外,或路堑坡顶截水沟外边缘(无截水沟为坡顶)以外不小于 1 m 范围内的土地;在有条件的

地段,高速公路、一级公路不小于 3 m,二级公路不小于 2 m 范围内的土地。

(2)在风沙、雪害等特殊地质地带设置防护设施时,应根据实际用地需要确定用地范围。

(3)桥梁、隧道、互通式立体交叉、分离式立体交叉、平面交叉、交通安全设施、服务设施、管理设施、绿化、料场及苗圃等用地,应根据实际需要确定用地范围。

5)公路工程的技术标准

公路的技术标准是指把公路路线、构造物的设计和施工在技术性能、几何形状和尺寸、结构组成上的具体尺寸和要求用指标和条文的形式确定下来,即形成公路工程的技术标准。各级公路的技术指标是根据路线在公路网中的功能、规划交通量、交通组成和设计速度等因素确定的。《标准》规定的各级公路的主要技术指标见表 1-1。

表 1-1 各级公路的主要技术指标

公路等级		高速公路、一级公路								
设计速度/(km/h)		120			100			80		60
车道数		8	6	4	8	6	4	6	4	4
行车道宽度/m		2×15.00	2×11.25	2×7.50	2×15.00	2×11.25	2×7.50	2×11.25	2×7.50	2×7.00
路基宽度/m	一般值	45.00	34.50	28.00	44.00	33.50	26.00	32.00	24.50	23.00
	最小值	42.00	—	26.00	41.00	—	24.50	—	21.50	20.00
圆曲线最小半径/m	极限值	650			400			250		125
	一般值	1 000			700			400		200
停车视距/m		210			160			110		75
最大纵坡/%		3			4			5		6
车辆荷载		公路 I 级								
公路等级		二级公路、三级公路、四级公路								
设计速度/(km/h)		80	60	40	30	20				
车道数		2	2	2	2	2 或 1				
行车道宽度/m		7.50	7.00	7.00	6.50	6.00(单车道时为 3.50)				

续表

路基 宽度 /m	一般值	12.00	10.00	8.50	7.50	6.50(双车道)	4.50(单车道)
	最小值	10.00	8.50	—	—	—	
圆曲 线最 小半 径/m	极限值	250	125	60	30	15	
	一般值	400	200	100	65	30	
会车视距/m		220	150	80	60	40	
最大纵坡/%		5	6	7	8	9	
车辆荷载		公路Ⅱ级					

公路工程的技术标准大体可以归纳为三类,即线形标准、载重标准、净空标准。对路线来说关键是线形标准。由于我国幅员辽阔,各地的地理位置和自然条件各不相同,故对《标准》应该视具体情况,在满足基本要求的前提下结合工程实际灵活选用。

6) 技术标准的运用

在公路设计中,掌握和运用技术标准要注意以下 3 点。

(1) 运用《标准》要合理。采用《标准》要避免走极端,既不要轻易采用极限指标,影响公路的服务性能,也不应不顾工程数量,片面追求高指标,使投资过大、占地增加。

(2) 确定指标要慎重。在确定指标时,要深入实际,先进行踏勘调查,征询各方面意见,掌握第一手资料;然后根据任务书的要求,结合目前和远景的使用要求,通过比较慎重确定。如指标定的不当,会直接影响公路的使用效果、工程造价及工期。

(3) 在不过分增加工程量的条件下,尽量采用较高的指标,创造较好的运营条件,缩短里程,减少运输成本。

学习单元二 公路的组成及功能分析

公路是设置在大地球表面供各种车辆行驶的一种线形带状结构物,因此,公路是由线形和结构两部分组成。

1. 线形组成

路线是指公路的中线。线形是指公路中线在空间的几何线形和尺寸。由于受自然条件和现状地物的限制,在平面上有转折,在转折点两侧相邻直线处,为了满足车辆行驶顺适、安全和速度的要求必须用一定半径的曲线连接。可见,公路中线是一条三维空间曲线,路线在平面上由直线和曲线组成。

公路线形设计是从平面线形、纵面线形和空间线形(又称为平、纵组合线形)三个方面来研究的。

2. 结构组成

公路的结构组成主要包括路基、路面、桥涵、隧道及沿线设施等。

1) 路基

(1) 路基的定义。路基是按照路线的位置和一定的技术要求修筑的路面基础的带状构造物。路基一般由土、石按照一定的结构尺寸要求构成,承受由路面传递下来的行车荷载。路基使公路连续,构成车辆及行人的通行部分。

(2) 路基横断面的组成。用一个法向切面通过道路中线剖切路基得到的图形称为路基横断面。路基横断面由行车道、中间带、路肩、边沟、边坡、截水沟、碎落台、护坡道等部分组成,如图 1-1 所示。

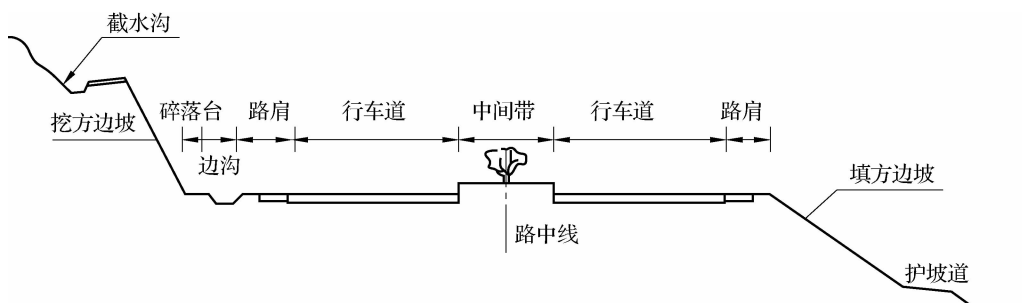


图 1-1 路基横断面的组成

(3) 路基横断面的形式。路基横断面的形式通常有路堤、路堑、半填半挖路基 3 种基本形式,如图 1-2 所示。

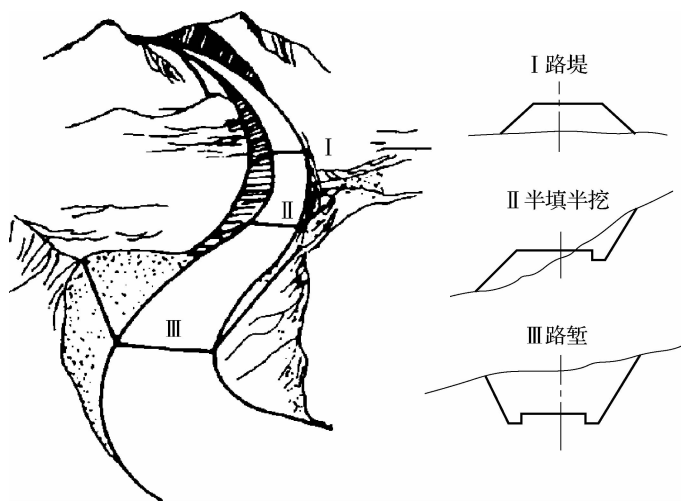


图 1-2 路基横断面的形式

路堤是指路基顶面高于原地面时,在原地面上进行填筑构成的路基。路堑则指路基顶面低于原地面时,将原地面下挖而构成的路基。在一个断面内,部分为路堤、部分为路堑的路基称为半填半挖路基。路基结构必须稳定、坚实并符合规定的尺寸,以承受汽车和自然因素的作用。

(4)路基防护。路基防护是指在横坡较陡的山坡上或沿河一侧路基边坡受水流冲刷威胁的路段,为保证路基的稳定,加固路基边坡所修建的构造物。常见的路基防护工程有填石路基(如图 1-3 所示)、砌石护坡(如图 1-4 所示)、挡土墙(如图 1-5 所示)、护脚(如图 1-6 所示)及护面墙(如图 1-7 所示)等。

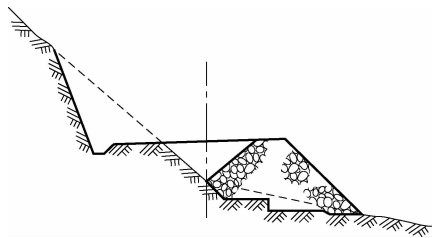


图 1-3 填石路基

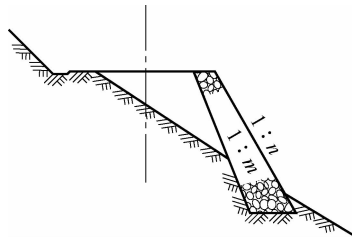


图 1-4 砌石护坡

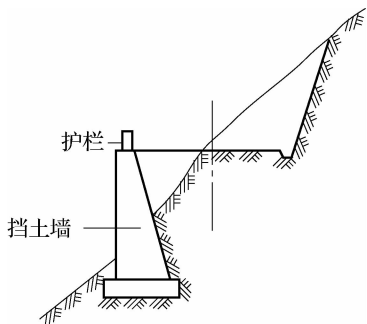


图 1-5 挡土墙

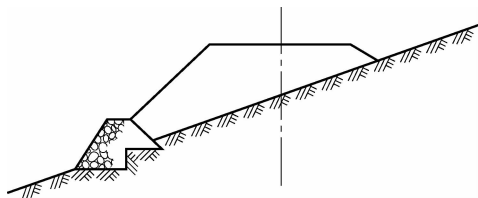


图 1-6 护脚

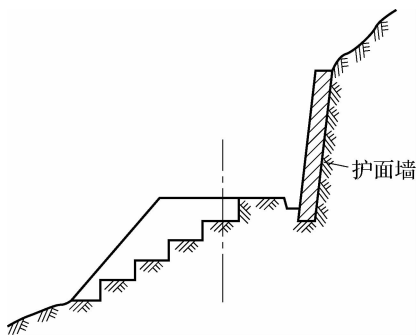


图 1-7 护面墙

(5)路基排水。为保持路基稳定而设置的地面和地下排水设施称为公路排水系统。公路排水系统按其排水方向可分为纵向排水系统和横向排水系统。

纵向排水系统常见的有边沟、截水沟、排水沟等,横向排水系统常见的有路拱、桥涵、透水路堤、过水路面、急流槽、渡水槽(桥)等,示例如图 1-8 所示。

排水系统按其排水位置不同又分为地面排水和地下排水两部分。地面排水是用于排除危害路基的雨水、积水及外来水等地面水。在地下水位较高的地段还应设置地下排水系统,盲沟是常见的地下排水结构物。



图 1-8 公路排水系统

2) 路面

路面是在路基表面用各种材料分层铺筑的结构物,以供车辆在其上以一定速度安全、舒适地行驶。其主要作用是加固行车部分,使之具有一定的强度、平整度和粗糙度。路面按其使用性能、材料组成和结构强度可分为高级、次高级、中级、低级路面;按其力学性能可分为柔性路面和刚性路面两大类。常用的路面材料有沥青、水泥、碎(砾)石、砂、黏土等。路面结构层的构成如图 1-9 所示。

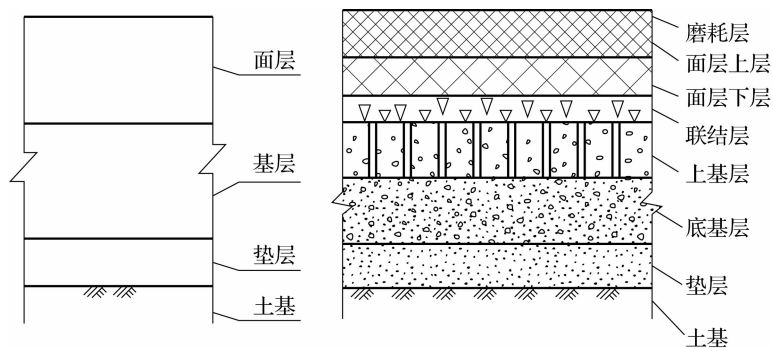


图 1-9 路面结构层的构成

3) 桥涵

道路在跨越河流、沟谷和其他障碍物时所使用的构筑物称为桥涵。当桥涵的单孔跨径 $L_0 \geq 5$ m、多孔跨径总长 $L \geq 8$ m 时称为桥梁；反之则称为涵洞，如图 1-10 和图 1-11 所示。

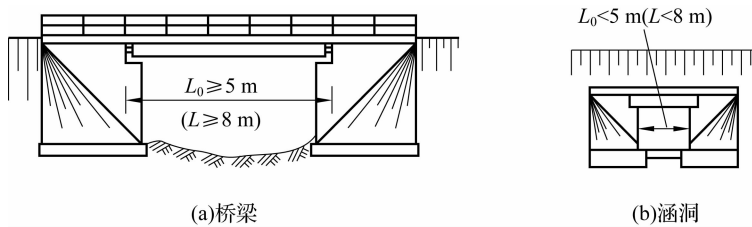


图 1-10 桥梁与涵洞结构图



图 1-11 桥梁与涵洞实体图

4) 隧道

公路穿越山岭、置于地层内的结构物称为隧道。隧道能避免翻山越岭，可缩短里程，保证行车的快捷，是山区公路中采用的特殊构造物之一，如图 1-12 和图 1-13 所示。

隧道按施工方法分为明洞和暗洞。其中，明挖岩(土)体后修筑棚式或拱式洞身再覆土建成的隧道称为明洞，如图 1-14 所示。明洞常用于地质不良或土层较薄的地段。

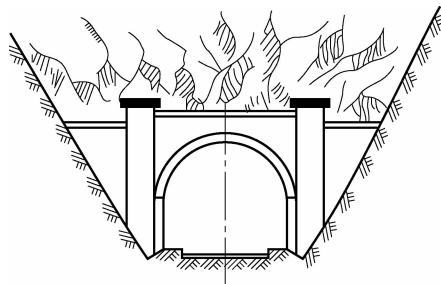


图 1-12 隧道



(a)隧道出入口

(b)隧道内部

图 1-13 隧道实景

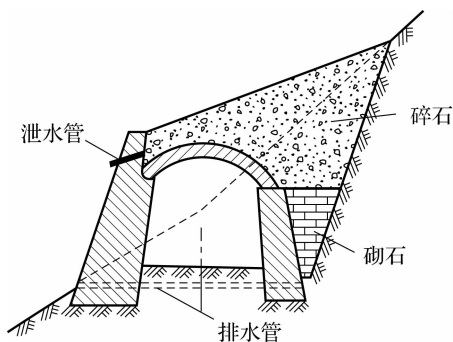


图 1-14 明洞

5) 沿线设施

为保证行车的安全、舒适和增加路容美观,公路除设置基本构造物和特殊机构物外,还需设置各种沿线设施。沿线设施是公路沿线交通安全、管理、服务、环保等设施的总称。

(1)交通安全设施。为保证行车与行人安全和充分发挥公路的作用而设置的设施称为交通安全设施。这些设施包括:人行地下通道、人行天桥、标牌、标线、交通信号灯、护栏、防眩板、隔音墙、防护网、反光标志、照明等设施,如图 1-15 所示。

(2)交通管理设施。为保障良好的交通秩序、防止事故发生而设置的各种设施称为交通管理设施。这些设施包括:公路标志(又可分为指示标志、警告标志、禁令标志、指路标志等)、路面标线、路面标志、紧急电话、公路情报板、公路监视设施、交通控制设施等。

(3)防护设施。为防治公路上的塌方、泥石流、坠石、滑坡、积雪、雪崩、积砂、水毁等病害而设置的各种设施和构造物称为防护设施,如抗滑坡构造物、防雪走廊、防沙棚、挑坝等。

(4)停车设施。为了方便旅客和保证安全,在公路沿线的适当地点设置的停车场、汽车站、回车道等设施称为停车设施。

(5)渡口码头。三、四级公路跨越较大河流、湖泊、水库,当交通量不大而暂时不能建桥所设置的船渡设施称为渡口码头。渡口通常包括引道、码头、渡船及附属设施等部分。

(6)路用房屋及其他沿线设施。包括养护房屋、营运房屋、收费站、加油站等设施。

(7)绿化。它是公路不可缺少的部分,有稳定路基、隐蔽路面、美化路容、增加行车安全

和发展用材林木之功能。有一些地区还能减轻积砂、积雪、洪水等对公路的危害。



(a)护栏



(b)防眩板



(c)隔音墙

图 1-15 各种交通安全设施

学习单元三 公路勘测设计的依据及程序

1. 公路设计依据

公路设计的控制要素和依据很多,但是最基本的是与汽车性能有关的因素和反映车辆这些特性的要求和条件,即设计车辆、设计速度、交通量。

1) 设计车辆

设计车辆是指道路设计时所采用的具有代表性的车辆。道路上行驶的车辆主要是汽车,对于混合交通的道路还有一部分非机动车。汽车的行驶性能、外廓尺寸以及行驶于道路上不同种类车辆的组成对于道路的几何设计具有决定性作用。例如,确定路幅组成、车道宽度、弯道加宽、纵坡大小、行车视距等都与设计车辆有密切关系。因此选择有代表性的车辆作为道路设计的依据是必要的。

道路上行驶车辆的种类很多,按使用目的、结构或发动机的不同可分成各种类型,作为道路设计依据的车辆可分为小客车、载重汽车、鞍式列车三类。其外廓尺寸见表 1-2,示意图如图 1-16 所示。

表 1-2 设计车辆外廓尺寸

单位:m

车辆类型	总长	总宽	总高	前悬	轴距	后悬
小客车	6	1.8	2	0.8	3.8	1.4
载重汽车	12	2.5	4	1.5	6.5	4
鞍式列车	16	2.5	4	1.2	4+8.8	2

注 1:前悬是指车体前面到前轮车轴中心的距离,轴距指前轮车轴中心到后轮车轴中心的距离。

注 2:后悬是指后轮车轴中心到车体后面的距离。

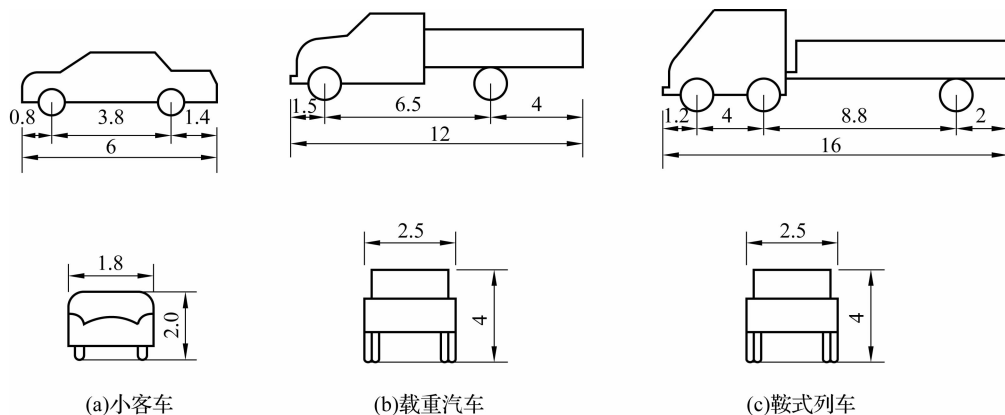


图 1-16 公路设计车辆外廓尺寸(单位:m)

2) 设计速度

(1) 设计速度的概念。设计速度是指当气候条件良好、交通密度小、汽车运行只受道路本身条件(几何要素、路面、附属设施等)的影响时,中等驾驶技术的驾驶者能保持安全顺适行驶的最大行驶速度。

设计速度是决定道路几何形状的基本依据。道路的曲线半径、超高、视距等直接与设计速度有关,同时也对车道宽度、中间带宽度、路肩宽度等指标的确定产生影响。

汽车在道路上行驶时,驾驶者根据道路沿途的地形条件、道路条件、交通条件以及自身的驾驶技术实际采用的速度称为行驶速度。根据定义,行驶速度与设计速度并非一致,在实际行驶过程中,驾驶者往往不是以设计速度行驶的,而是选择适合的行驶速度驾驶汽车。在设计速度较低的路段,当路线本身的几何要素超过安全行驶的需要,交通密度、地形、气候等外部条件又较好时,实际行驶速度常接近或超过设计速度,设计速度愈低,出现这种可能性的几率就愈高。考虑上述特点,同一等级的道路按不同的条件可以采用不同的设计速度。《标准》对各级公路规定了不同的设计速度。在公路设计中应根据公路的功能、等级及交通组成,结合沿线地形、地物、地质状况等,经论证后确定合适的设计速度。《标准》规定的各级公路的设计速度见表 1-3。

表 1-3 各级公路设计速度

公路等级	高速公路			一级公路			二级公路		三级公路		四级公路
设计速度 /(km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	30	20

(2)设计速度的相关规定。公路设计速度的选用应符合下列要求。

①高速公路作为国家及省属干线公路,或位于地形、地质良好的平原、丘陵地段时,经技术经济论证其设计速度宜采用 120 km/h 或 100 km/h;当受地形等自然条件限制时,经论证可选用 80 km/h;个别特殊困难地段因修建公路可能诱发病害时,经论证并报主管部门批准,其局部路段可采用 60 km/h 的设计速度,但其长度不宜大于 15 km 或仅限于相邻互通式立体交叉之间的路段。

②一级公路作为国家及省属干线公路,且纵、横向干扰小时经技术经济论证,其设计速度宜采用 100 km/h 或 80 km/h,同时必须采取确保较高运行速度和安全的措施;当作为大、中城市城乡结合部混合交通量大的集散公路时,应结合平面交叉的数量、安全措施等进行论证,其设计速度可采用 80 km/h 或 60 km/h,且应设置相应设施以确保通行能力和安全。

③二级公路作为国家及省属干线公路或城市间的干线公路时,设计速度可选用 80 km/h;作为城乡结合部混合交通量大的集散公路或位于地形等条件受限制的路段时,其设计速度宜选用 60 km/h。

④三级公路作为干线公路时,设计速度可用 40 km/h;作为县乡公路或位于地形等条件限制路段时,设计速度宜选用 30 km/h。

⑤地形、地质等自然条件复杂的山区,或交通量很小的路段,可采用设计速度为 20 km/h 的四级公路。

3) 交通量

交通量是指单位时间内通过公路上某一横断面处的往返车辆数,其单位为:辆/日或辆/小时。交通量的大小与社会经济发展速度、气候、物产、文化生活水平等多方面因素有关,且随着时间、地点的不同而随机变化。其具体数值可通过交通调查和交通预测确定。

(1)年平均日交通量。交通量通常用年平均日交通量(annual average daily traffic volume, AADT)来表达,即一年 365 天观测到的交通量的平均值,其表达式为

$$N = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} Q_i \quad (1-1)$$

式中, N 为年平均日交通量,辆/日; Q_i 为一年内日交通量,辆/日。

(2)设计交通量。规划交通量(也称设计交通量)是指拟建道路到预测年限时所能达到的年平均日交通量(辆/日),其值要根据历年交通观测资料预测求得,目前多按年平均增长率计算确定。其表达式为

$$N_d = N_0 (1 + \gamma)^{t-1} \quad (1-2)$$

式中, N_d 为规划交通量,辆/日; N_0 为起始年平均日交通量,辆/日; γ 为年平均增长率,%; t 为预测年限,年,按公路等级确定。

预测年限规定:国家及省属重要干线公路的规划交通量应按 20 年预测;国家及省属干线公路的规划交通量应按 15 年预测,但对于国家及省属干线的高速公路和一级公路应按 20

年预测；县公路的规划交通量宜按 10 年预测。另外，规划交通量的预测起算年应为该项目可行性研究报告中的计划通车年；当提交可行性研究报告年到公路通车年超过 5 年时，在编制初步设计前应对规划交通量予以核对。

规划交通量对确定道路等级、论证道路的计划费用或各项结构设计等有重要作用，但不宜直接用于道路几何设计。因为一年中的每月、每日、每小时的交通量都在变化，在某些季节、某些时段可能高出年平均日交通量数倍，所以不宜作为具体设计的依据。

(3)设计小时交通量。小时交通量(辆/小时)是以小时为计算时段的交通量，是确定车道数和车道宽度或评价服务水平的依据。大量交通统计表明，在一天以及全年期间每小时交通量的变化是相当大的。如果用一年中最大的高峰小时交通量作为设计依据会造成浪费，但如果采用日平均小时交通量则不能满足交通需求，造成交通拥挤或阻塞。因此，为使设计交通量的取值既能保证交通安全畅通，又能使工程造价经济、合理，可借助一年中每小时交通量的变化曲线来指导确定合乎设计使用的小时交通量。具体方法如下。

将一年中所有 8 760 小时交通量(双向)按其与年平均日交通量的百分数大小顺序排列起来并画成曲线，如图 1-17 所示。由图可知在 20~40 位小时交通量附近，曲线急剧变化，其右侧曲线明显变缓，而左侧曲线的坡度较大。显然设计小时交通量的合理取值范围应在第 20~40 位之内。如果以第 30 位小时交通量作为设计依据，则意味着在一年中只有 29 个小时的交通量超过设计值，会发生拥挤，占全年小时数的 0.33%，也就是说，全年 99.67% 的时间能够保证交通畅通。目前，包括我国在内的世界上的许多国家一般都采用第 30 位小时交通量作为设计时的依据，当然也可根据当地调查结果采用第 20~40 位小时之间最为经济合理的时位。

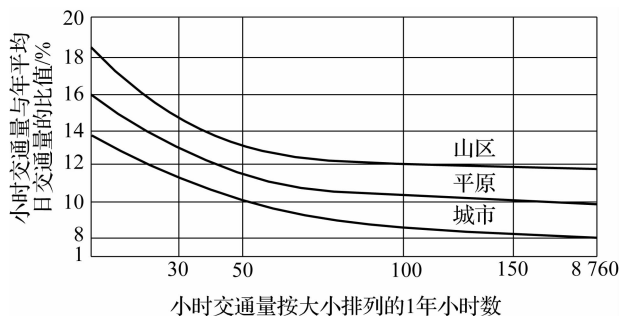


图 1-17 年平均日交通量与小时交通量的关系曲线

在确定设计小时交通量时，应根据平时的观测资料绘制各条路线交通量的变化曲线，没有观测资料的路段可参考性质相似、交通情况相仿的其他道路的观测资料确定。

设计小时交通量的计算公式为

$$DDHV=AADT \cdot D \cdot K \quad (1-3)$$

式中， $DDHV$ 为主要方向设计小时交通量，辆/小时； $AADT$ 为规划交通量，辆/日； D 为方向不均匀系数，一般取 $D=0.5 \sim 0.6$ ； K 为设计小时交通量系数，%。

(4)交通量换算。道路上行驶的车辆种类较多，其速度、行驶规律以及占用道路的净空差异较大，但作为道路设计时的交通量应折算成某一种标准车型。我国《标准》规定标准车型为小客车，用于道路规划与技术等级划分的车辆折算系数规定见表 1-4。对于非机动车占

较大比重的混合交通道路,自行车、行人、畜力车等作为横向干扰因素不再参与交通量折算。三、四级公路上行驶的拖拉机当每小时大于 10 辆时,每辆拖拉机可折算为 4 辆小客车。

表 1-4 各汽车代表车型与车辆折算系数

汽车代表车型	车辆折算系数	说 明
小客车	1.0	不大于 19 座的客车和载质量不大于 2 t 的货车
中型车	1.5	大于 19 座的客车和载质量大于 2 t 且不大于 7 t 的货车
大型车	2.0	载质量大于 7 t 且不大于 14 t 的货车
拖挂车	3.0	载质量大于 14 t 的货车

注 1:畜力车、人力车、自行车等非机动车,在设计交通量换算中按路侧干扰因素计。

注 2:一、二级公路上行驶的拖拉机按路侧干扰因素计;三、四级公路上行驶的拖拉机每辆折算为 4 辆小客车。

注 3:公路通行能力分析所要求的车辆折算系数应针对路段、交叉口等形式,按不同的地形条件和交通需求,采用相应的折算系数。

2. 公路勘测设计程序

1) 公路工程基本建设程序

公路建设应该按照一定的程序进行,我国《公路工程基本建设管理办法》规定,公路工程基本建设程序如下。

- (1) 根据长远规划或项目建议书,进行可行性研究。
- (2) 根据可行性研究,编制计划任务书(也称设计计划任务书)。
- (3) 根据批准的计划任务书,进行现场勘测,编制初步设计文件和概算。
- (4) 根据批准的初步设计文件,编制施工图和施工图预算。
- (5) 列入年度基本建设计划。
- (6) 进行施工前的各项准备工作。
- (7) 编制实施性施工组织设计及开工报告,报上级主管部门审批。
- (8) 严格执行有关施工的规程和规定,坚持正常施工秩序,做好施工记录,监理技术档案。
- (9) 编制竣工图表和工程决算,办理竣工验收。

2) 公路勘测设计的技术依据

公路勘测设计主要的技术依据有如下两个。

- 《公路工程技术标准》(JTG B 01—2003)。
- 《公路路线设计规范》(JTG D 20—2006)。

公路勘测设计相关的技术依据有如下 3 个。

- 《公路勘测规范》(JTG C10—2007)。
- 《工程测量规范》(GB 50026—2007)。
- 《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)。

公路勘测设计其他的技术依据有如下两个。

- 《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》。
- 《公路环境保护设计规范》(JTG B 04—2010)。

3) 公路工程可行性研究

可行性研究是基本建设前期工作的一项重要内容,是建设程序的组成部分,是建设项目决策和编制计划任务书的科学依据,可定义为“论证工程(或产品)项目技术上的可能性和经济上的合理性,并论证何时修建及分期修建,提供决策依据,保证工程的经济效果”。

公路建设必须严格遵守国家规定的基本建设程序。所有大中型项目应根据批准的项目建议书(或委托书)进行可行性研究,可行性研究工作完成后应进行评估。

公路可行性研究一般包括下列内容。

(1)总论(或概述)。论述建设项目的任务依据、历史背景和研究范围,提出可行性研究的主要结论。

(2)现有公路技术状况的评价。调查及论述建设地区综合运输网的交通现状和建设项目在交通运输网中的地位与作用,论述现有公路的工程技术状况及适应程度等。

(3)发展预测。进行全面的交通调查和经济调查,论述建设项目所在地区的经济特征,研究建设项目与经济联系的内在联系,预测交通运输量的发展情况。

(4)公路建设标准和规模。论述项目建设规模和采用的等级及其主要技术指标。

(5)建设条件和方案选择。调查建设项目所处地理位置的地形、地质、地震、气候、水文等自然特征,建筑材料的来源及运输条件;进行路线方案的比选,提出推荐方案的走向和主要控制点;评价建设项目对环境的影响,并编制环境影响报告书。

(6)投资估算与资金筹措。包括主要工程数量、公路建设用地和拆迁、单价拟定、投资估算及资金筹措等。

(7)工程建设实施计划。包括勘测设计和工程施工的计划及要求、工程管理和技术人员的培训等。

(8)经济评估。包括运输成本等经济参数的确定,建设项目的直接经济效益和费用的估算,进行经济评价敏感性分析,建设项目的间接经济效益分析。收费公路还需做财务分析,经过综合分析,提出投资少、效益好的建设方案。

可行性研究工作是交通建设综合管理的手段,必须从运输生产的目的出发。研究技术可行性必须与经济效益相结合,研究经济效益必须考虑采用新技术的可能,重视运输领域的综合效益。

可行性研究应附有必要的图表,其中包括路线方案(及比较方案)图、历年工农业总产值与客货运量统计表、公路客货运量、交通量预测表、效益计算表等。

在进行可行性研究时,应对环境影响进行分析,即根据工程性质、路线位置、资源利用、环境影响等对工程进行宏观分析,确定项目是否成立。在计划任务书下达,进行初步设计的同时应编制环境影响评价书,即根据预测工程对环境的影响提出对环境污染和破坏的防治措施。

4) 计划任务书

公路勘测设计工作是根据批准的计划任务书进行的。设计任务书一般由提出计划的主管部门下达或由下级单位编制后报批。计划任务书应包括下述内容。

(1)建设的依据和意义。

(2)路线的建设规模和修建性质。

(3)路线的基本走向和主要控制点。

- (4) 工程技术等级和主要技术标准。
- (5) 勘测设计的阶段划分及各阶段的完成时间。
- (6) 建设期限,投资估算,需要钢材、木材、水泥的数量。
- (7) 施工力量的原则安排。

计划任务书经上级批准后,如对建设规模、期限、技术等级标准及路线走向等重大问题有变更时,应报原批准机关审批同意。

5) 设计阶段

(1) 设计阶段的划分。《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》(2007年10月01日原交通部批准)规定,公路工程基本建设项目可以采用一阶段设计、两阶段设计或三阶段设计。

一阶段设计即施工图设计,适用于技术简单、方案明确的小型公路工程。即进行一次详细的定测,据以编制施工设计和工程预算。

两阶段设计即初步设计和施工图设计,适用于一般建设项目。

三阶段设计即初步设计、技术设计和施工图设计三个阶段,适用于技术复杂、基础资料缺乏和不足的建设项目或建设项目中的个别路段、特大桥、互通式立体交叉、隧道等。

(2) 各设计阶段的主要内容。设计文件是公路勘测设计的最后成果,经审查批准后成为公路施工的依据。其组成、内容和要求随设计阶段的不同而不同。

① 初步设计。两阶段和三阶段设计中的初步设计应根据批准的可行性研究报告、设计任务书(或测设合同)和初测资料编制。初步设计阶段的目的是确定设计方案,主要内容包括拟定修建原则、选定设计方案、计算工程数量和主要材料数量、提出施工方案、编制设计概算、提供文字说明及图表资料。初步设计在选定方案时,应对路线的走向、控制点和方案进行现场核查,征求沿线地方政府和建设单位的意见,基本落实路线布置方案。一般应进行纸上定线,赴实地核对,落实并放出必要的控制线位桩。对复杂困难地段的路线、互通式立体交叉、隧道、特大桥、大桥的位置等,一般应选择两个或两个以上的方案对同深度、同精度的测设工作和方案进行比选,提出推荐方案。

初步设计文件由总说明、总体设计、路线、路基路面及排水、桥梁涵洞、隧道、路线交叉、交通工程及沿线设施、环境保护、渡口码头及其他工程、筑路材料、施工方案、设计概算共13篇及附件组成。

② 技术设计。三阶段设计中的技术设计应根据批准的初步设计和定测资料编制。技术设计阶段的目的是对重大、复杂的技术问题进一步落实设计方案。其主要内容包括通过科学试验、专题研究,加深勘探调查及分析比较,解决初步设计中未解决的问题,落实技术方案,计算工程数量,提出修正的施工方案,修正设计概算。

③ 施工图设计。一阶段施工图设计应根据批准的可行性研究报告、设计任务书(或测设合同)和定测资料编制;两阶段设计中的施工图设计应根据批准的初步设计和定测资料编制;三阶段设计中的施工图设计应根据批准的技术设计和补充定测资料编制。

施工图设计阶段的目的是对批准的推荐方案进行详细设计以满足施工的要求。其主要内容包括对审定的修建原则、设计方案进行具体的设计,确定各项工程数量,提出文字说明和图表资料以及施工组织计划,并编制施工图预算,满足施工要求。

施工图设计文件由总体设计、路线、路基路面、桥梁涵洞、隧道、路线交叉、交通工程及沿

线设施、环境保护与景观设计、渡口码头及其他工程、筑路材料、施工组织设计、施工图预算共 12 篇及附件(基础资料)组成。其表达形式有文字说明、设计图和设计表格三种。



工程实例

海南保亭县城至七仙岭道路工程,根据调查设计起始年交通组成及数量为:小汽车 200 辆/日,载货汽车 1 500 辆/日,其中东风 EQ140 为 3%,解放 CA10B 为 88%,黄河 JN150 为 9%,交通量预测年平均增长率为 4%,交通量预测年限 15 年。

则设计起始年平均日交通量

$$N_0 = 200 + 1\,500 \times 3\% \times 2.0 + 1\,500 \times 88\% \times 2.0 + 1\,500 \times 9\% \times 3.0 = 3\,335 (\text{辆/日})$$

$$N_d = N_0 (1 + \gamma)^{t-1} = 3\,335 \times (1 + 0.04)^{(15-1)} = 5\,775 (\text{辆/日})$$

根据《标准》,公路等级确定为三级公路。



学习效果反馈

根据本项目,完成如下问题。

一、填空题

- 公路设计的基本设计依据为 _____、_____、_____ ;设计车辆分 _____、_____、_____ 三种。
- 公路按技术指标分为 _____、_____、_____、_____、_____ 五个等级。
- 公路两阶段设计是经过初步测量编制 _____ 和 _____,经过定线测量编制 _____ 和 _____。

二、选择题

- 对于技术复杂且又缺少经验的建设项目或建设项目中的个别路段、特殊大桥、互通式立体交叉、隧道等,必要时采用()。
 - 一阶段施工图设计
 - 两阶段施工图设计
 - 三阶段施工图设计
 - 初步设计
- 对于技术简单、方案明确的小型建设项目,可采用()。
 - 一阶段施工图设计
 - 两阶段施工图设计
 - 三阶段施工图设计
 - 初步设计

三、名词解释

路堤 路堑 设计速度 交通量

四、简答题

- 各种运输方式的特点及其适用性是什么?
- 我国高速公路网的规划内容有哪些?
- 道路是如何分类的?
- 我国公路是如何分级的?其主要技术指标有哪些?
- 简述公路的结构组成。
- 简述公路工程基本建设项目各设计阶段的主要内容。

五、计算题

根据以下资料,试计算设计交通量,并论证公路等级。

广西南宁某地区拟修建一条公路,根据调查,近期(起始年)交通组成及数量如下:

小汽车为 400 (辆/日、年平均、下同)。

载重汽车为 3 500。

载重汽车中:

东风 EQ140 占 10 %;

解放 CA10B 占 80 %;

黄河 JN150 占 10 %。

预测各种机动车年平均增长率为 6.5 %;

初定设计年限为 15 年。

六、文件认知题

施工图设计文件共有几部分? 顺序如何?

项目二

公路的平纵横设计

工作任务一 平面设计

学习描述

任务目标 平面线形设计是指确定路线中线的平面位置,实质上与汽车行驶轨迹有关。因此,完成本项工作任务首先应从熟悉汽车行驶轨迹出发,掌握选择三种平面线形的原则和方法,考虑三种线形选择的关联因素后,能够正确理解平面线形设计的基本要点,最后提交平面设计成果等相关内容。

学习目标

- (1)了解平面线形的组成。
- (2)熟悉最小圆曲线半径的含义及《标准》中提出的有关要求。
- (3)掌握缓和曲线的几何意义及相应计算。
- (4)掌握平面线形组合及半径的选择。
- (5)掌握平面设计成果的编制及识读。

学习单元一 路线平面线形组成分析

1. 公路线形

公路是一个三维的空间带状构造物。一般所说的路线,是指公路中线的空间位置。为研究方便和直观起见,借鉴三面视图的思路对道路进行投影。路线在水平面上的投影称作路线的平面,如图 2-1 所示;沿公路中线竖直剖切后展开的是路线的纵断面;中线上任意一点的法向切面是公路在该点的横断面。路线的平面、纵断面和横断面是公路的几何组成部分。

公路路线设计主要是确定路线的空间位置和各部分的几何尺寸。为研究与使用的方便,将路线设计分解为路线的平面、纵断面和横断面的设计,三者既要相互配合,又要与地

形、地物、环境、景观相协调。

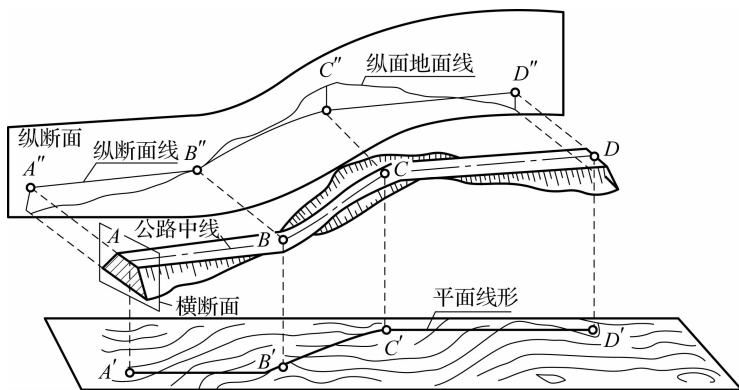


图 2-1 路线的平面、纵断面、横断面

公路中线的平面位置受到社会经济、自然地理和技术条件等因素的制约,在设计的顺序上,一般是在尽量顾及纵断面、横断面的前提下,先定平面,沿着公路中线进行高程测量和横断面测量,取得地面线和地质、水文及其他必要资料后再设计纵断面和横断面。为尽量均衡线形、减少土石方数量及节省构造物,必要时再修改平面,这样经过几次反复调整,即可得到一个满意的结果。路线设计的范围,仅限于路线的几何性质,不涉及公路的结构设计。

2. 汽车行驶轨迹与平面线形要素

道路的主要服务对象是汽车,所以必须研究汽车的行驶规律,只有道路线形与汽车行驶轨迹相适应,才能使行驶中的车辆不致“脱轨”,从而确保行车安全。

汽车在行驶过程中,车轮在路面上所留下的痕迹可以粗略地看成是汽车的行驶轨迹。在交通繁忙的道路上,由于车辆漏油或废气、轮胎等的污染,在路面的车道上可以清晰地看到一条条黑色的轮迹带;在薄层的积雪上,车辆驶过时也会留下明显的轮迹。通过观察可以发现,对于一辆正常行驶的汽车,无论是直行还是转弯,都会留下一条光滑连续的优美的线形轨迹。研究表明,行驶中的汽车的重心的轨迹在几何性质上有以下特征。

- (1) 轨迹是连续的而且是圆滑的。
- (2) 轨迹的曲率是连续的,即轨迹上的任一点不会出现两个曲率值。
- (3) 轨迹曲率的变化率是连续的,即轨迹上的任一点不会出现两个曲率变化率值。

通过对汽车行驶轨迹的研究,能够了解公路平面线形的几何构成。理想的公路平面线形是行车道的边缘与汽车的前外轮和后内轮的轮迹线完全符合或相平行。随着汽车交通量的增加和行车速度的提高,研究发现早期由直线和圆曲线构成的道路平面线形仅仅符合汽车行驶轨迹特性的第(1)条,满足了车辆直行和转向的要求,但在直线和圆弧相切处却出现了曲率的不连续(直线上曲率为0,圆曲线上曲率为 $1/R$),如图 2-2 所示,与汽车的行驶轨迹之间有较大的偏离,因此现代公路在直线和圆曲线之间引入了一条曲率逐渐变化的“缓和曲线”,使整条线形符合汽车行驶轨迹特性的第(1)条和第(2)条,保持线形的曲率连续,如图 2-3 所示。

实践证明,道路,特别是高等级道路,由于设置了缓和曲线,在视觉上线形更加平顺,能更好地诱导驾驶者的视线,路线也更容易被驾驶者追踪。因此,现代道路平面线形由直线、

圆曲线和缓和曲线构成,通常将直线、圆曲线和缓和曲线称为“平面线形三要素”,道路平面线形设计就是从线形的角度去研究这三个要素的选用和相互间的组合等问题。

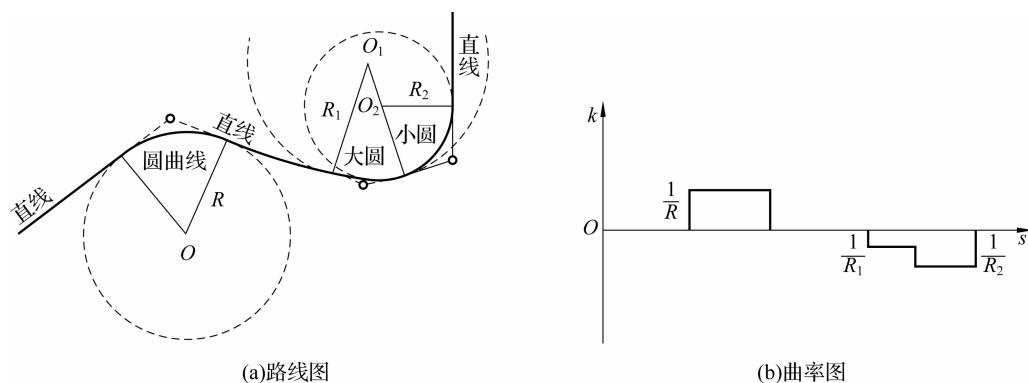


图 2-2 曲率不连续的路线

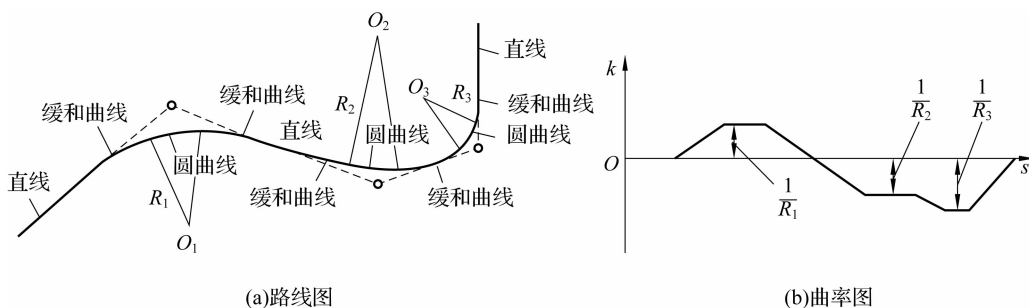


图 2-3 曲率连续的路线

3. 路线平面设计的内容

道路平面线形设计是根据汽车行驶的力学性质和行驶轨迹的要求,合理地确定各线形要素的几何参数,保持线形的连续性和均衡性,避免采用长直线,并注意使线形与地形、地物、环境和景观等协调。由于线形几何要素的确定是以设计速度为依据的,因此对于车速较高的道路,线形设计时还应考虑汽车行驶美学及驾驶者在视觉和心理上的要求。本工作任务将重点讨论这些要素。如圆曲线半径、缓和曲线长度以及直线、曲线的合理配置等。

学习单元二 直线设计

作为平面线形要素之一的直线在道路设计中的使用最为广泛。因为两点之间直线最短,所以一般在定线时只要地势平坦、无大的地物障碍,定线人员都应首先考虑使用直线通过。

1. 直线条形的优缺点

直线条形的优点如下。

- (1) 直线以最短的距离连接两目的地,路线短捷、里程短,在直线上设构造物更具经济性。
- (2) 直线具有视距良好、行车快速、易于排水等特点。

(3)由于已知两点就可以确定一条直线,因而直线线形简单、容易测设(用简单的方法就可以精确量距、放样等)。

(4)直线的路线行车方向明确,驾驶者操作简易。

(5)笔直的公路给人以简捷、直达、刚劲的良好印象,在美学上直线也有其自身的视觉特点。

直线线形的缺点如下。

(1)过长的直线,线性呆板、行车单调,在交通量不大且景观缺乏变化时易使驾驶者感到单调、疲倦,产生急躁情绪,也更容易造成超车和超速行驶。因此,过长的直线行车的安全性较差,同时也较容易发生车祸。

(2)在直线上行车时驾驶者难以正确估计车间距离,容易把长直线估计得过短。

(3)夜间在直线上行车时,双方车辆容易产生眩光。

(4)在地形有较大起伏的地区,特别是在山岭区、重丘区,直线线形大多难以与地形相协调,易产生高填深挖路基,破坏自然景观,若长度运用不当,不仅会破坏线形的连续性,也不便达到线形设计自身的协调。

2. 直线的最大长度、最小长度

在公路平面线形设计时,一般应根据路线所处地带的地形、地物条件,驾驶者的视觉、心理感受以及保证行车安全等因素,合理地布设直线段,对直线的最大与最小长度应有所限制。

1) 最大直线长度

从理论上讲,合理的直线长度应根据驾驶者的心理反应和视觉效果来确定,这是一个需要深入研究的课题。各国普遍从经验出发,根据调查分析的结果来规定直线的最大长度。例如,日本和德国一般规定最大直线长度不超过 $20v$ (以m计, v 为设计车速,以km/h计),美国则规定为3 mile(约为4.83 km)。

我国地域辽阔,地形变化万千,对直线长度很难做出统一的规定,另外,在混合交通的道路上超车、会车、错车以及避让非机动车和行人的机会很多,司机的感觉与国外大不相同。因此,我国目前的《标准》对直线长度未做出明确的规定,而在《公路路线设计规范》(JTG D 20—2006)(以下简称《规范》)中仅规定“直线的长度不宜过长”,给设计人员留下足够的空间去分析、判断,以使设计更加符合实际。总的原则是:公路线形应该与地形相适应、与景观相协调,即根据地形、地物、自然景观以及经验等来判断和决定直线的最大长度。既不能强求长直线,也不能硬性去掉直线而设置不必要的曲线。我国已建成的高速公路大多数位于平原微丘区,在长直线的使用上参照了国外的规定并允许稍有增长。如京津塘和济青高速公路的直线长不超过3.2 km;沈大高速公路多处出现了5~8 km的长直线,最长达13 km。经过对不同路段以及行驶车速为100 km/h时驾驶者和乘客的心理反应和感受进行调查,得出如下结论。

(1)位于城市附近的道路,作为城市干道的一部分,由于路旁高大建筑和多彩的城市风光,无论路基高低均会被纳入人的视线范围,因此驾驶者和乘客无直线过长希望驶出的不良反应。

(2)位于乡间平原区的公路,随季节和地区的不同驾乘人员会有不同的反应。北方的冬季,植物枯萎,景色单调,太长的直线会使人的情绪受到影响;夏季稍许会改善一些,但驾驶者加速行驶希望尽快驶完直线的心理普遍存在。

(3)位于大戈壁、大草原的公路,直线长度可达数十千米,司乘人员极度疲劳,车速通常会超过设计速度很多。但在这种特殊的地形条件下,除了直线别无其他选择,因为人为设置弯道不但不能改善其单调性,反而会增加路线的长度。

由此看来,直线的最大长度,在城镇及其附近或其他景色有变化的地点大于 $20v$ 是可以接受的,在景色单调的地点最好控制在 $20v$ 以内;而在特殊的地理条件下应特殊处理,若做某种限制是不现实的。

但是必须强调,无论是高速公路还是一般公路在任何情况下都要避免追求长直线的错误倾向。

当不得已而采用了长直线时,应注意其对应的纵坡不宜过大。当两侧的地形过于空旷时,宜采取种植不同树种或设置一定建筑物等技术措施予以改善;定线时应注意把能引起兴趣的自然风景或建筑物纳入驾驶者的视线范围之内。在长直线尽头设置平曲线时,除曲线的半径、超高、视距等必须符合规定要求外,还必须采取设置标志、增大路面抗滑能力等安全防护措施,以确保行车安全;并且长直线尽头的平曲线的半径应尽量大一些,以长直线与大半径凹形竖曲线组合为宜,这样可以使生硬呆板的直线得到一些缓和。

2) 最小直线长度

考虑到线形的连续和驾驶的方便,相邻两曲线之间应有一定的直线长度,这个直线长度是指前一个曲线的终点(缓直 HZ 或圆直 YZ)到后一曲线的起点(直缓 ZH 或直圆 ZY)之间的长度。

(1) 同向曲线间的最小直线长度。同向曲线是指两个转向相同的相邻曲线之间连以直线而形成的平面线形,如图 2-4(a)所示。其中间的直线长度是指前一曲线的终点到后一曲线的起点之间的距离。这种线形,当直线较短时在视觉上容易形成直线与两端曲线构成反弯的错觉;当直线过短甚至把两个曲线看成是一个曲线时破坏了线形的连续性,形成了所谓的“断背曲线”。因此《规范》规定:当设计速度不小于 60 km/h 时,同向曲线间的最小直线长度(以 m 计)以不小于设计速度(以 km/h 计)的 6 倍为宜;而对于低速道路($v \leq 40 \text{ km/h}$)则有所放宽,参考执行即可。在受到条件限制时,宜将同向曲线改为一条大半径曲线或将两曲线做成凸形曲线、卵形曲线、复曲线或 C 形曲线。

(2) 反向曲线间的最小直线长度。反向曲线是指两个转向相反的相邻曲线之间连以直线所形成的平面线形,如图 2-4(b)所示。由于两弯道的转弯方向相反,考虑到其超高和加宽缓和的需要及驾驶者操作的方便,应对其间的最小直线长度予以限制。《规范》规定:当设计速度不小于 60 km/h 时,反向曲线间的最小直线长度(以 m 计)以不小于设计速度(以 km/h 计)的 2 倍为宜;当设计速度不大于 40 km/h 时,可以参照执行。在特别困难的山岭区,对三、四级公路设置超高时,中间直线长度不得小于 15 m 。若反向曲线间已经设置了缓和曲线,则在受到条件限制的地段也可以将反向曲线首尾直接相连构成 S 形曲线。

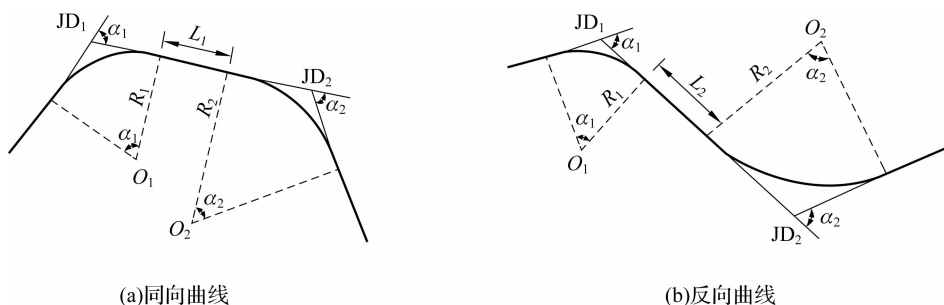


图 2-4 曲线间的直线

(3)相邻回头曲线间的最小直线长度。回头曲线是指山区公路为克服高差在同一坡面上回头展线时所采用的曲线,如图 2-5 所示。

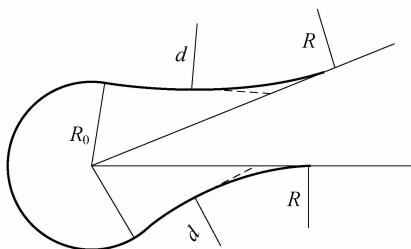


图 2-5 回头曲线

两相邻回头曲线之间应争取较长的直线。由一个回头曲线的终点至下一个回头曲线的起点间的直线长度在二、三、四级公路上应分别不小于 200 m、150 m 和 100 m。

3. 直线的运用条件

当公路平面线形采用直线线形时必须注意线形与地形的关系,并应符合上述最大直线长度和最小直线长度的要求;在运用直线线形并决定其长度时必须慎重考虑,一般不宜采用长直线,但在下述路段时可采用直线。

- (1)路线完全不受地形、地物限制的平坦地区或山间的宽阔河谷地带,如戈壁滩、大草原等。
- (2)城镇及其近郊道路,或规划方正的农耕地区。
- (3)过长过大的桥梁、隧道等构造物路段。
- (4)路线交叉点及其附近路段。
- (5)双车道公路提供超车的路段。

学习单元三 圆曲线设计

1. 圆曲线的线形特征

圆曲线是平面线形中常用的线形。在路线平面线形中常用的单曲线、复曲线、回头曲线等一般都包含圆曲线。在路线改变方向的转折处(即交点处)往往可插入与两端直线相切的圆曲线来实现路线方向的改变。按照地形条件选用不同大小的圆曲线使其能更加适应地形和驾驶者的视觉心理。

圆曲线作为公路平面线形具有以下主要特点。

- (1)曲线上任意点的曲率半径 $r = \text{常数}$, 曲率 $1/r = \text{常数}$, 故测设和计算比较简单。
- (2)曲线上任意一点都在不断地改变着方向,比直线更能适应地形的变化,尤其是由不同半径的多个圆曲线组合而成的复曲线,对地形、地物和环境有更强的适应能力。
- (3)汽车在圆曲线上行驶时要受到离心力的作用,而且往往要比在直线上行驶多占用道路宽度。
- (4)汽车在小半径的圆曲线内侧行驶时视距条件较差,视线受到路堑边坡或其他障碍物的影响较大,因而容易发生行车事故。

2. 圆曲线半径的计算

汽车在曲线上行驶时,除了受到重力作用以外,还受到离心力的作用。正是由于离心力的作用,使在曲线上行驶的汽车容易发生两种横向不稳定的危险:一是汽车向外滑移,二是汽车向外倾覆。在曲线上行驶的汽车受到离心力 F 的作用,如图 2-6 所示,其计算公式为

$$F = \frac{Gv^2}{gR} = \frac{GV^2}{127R} \quad (2-1)$$

式中, G 为汽车所受重力,N; R 为圆曲线半径,m; g 为重力加速度, $g=9.81 \text{ m/s}^2$; v 、 V 为汽车的行驶速度,分别以 m/s 、 km/h 计。

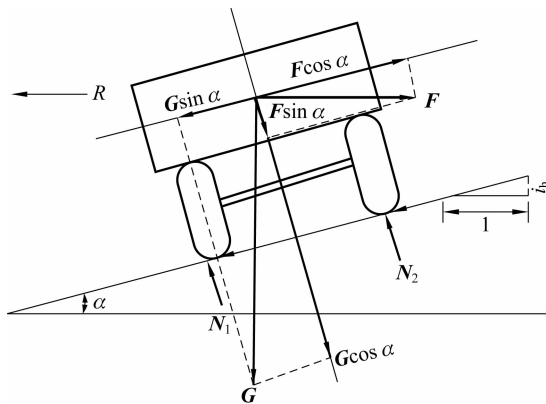


图 2-6 曲线上汽车的受力分析

为了减小离心力的作用,保证汽车在平曲线上行驶的稳定,常把路面做成外侧高内侧低的单向横坡形式,即超高。汽车在具有超高的平曲线上行驶时,重力的水平分力可以抵消一部分离心力的作用,其余部分可以由横向摩擦力来平衡。

沿着平行于路面的横向力 X 和垂直于路面的竖向力 Y 对离心力 F 和汽车重力 G 进行分解,可得

$$\begin{aligned} X &= F \cos \alpha - G \sin \alpha \\ Y &= F \sin \alpha + G \cos \alpha \end{aligned}$$

由于路面的横向倾角 α 一般很小,故 $\sin \alpha \approx \tan \alpha = i_h$, $\cos \alpha \approx 1$,其中 i_h 称为横向超高坡度(也称超高率),因此,可以得到

$$X = F - Gi_h = \frac{GV^2}{127R} - Gi_h = G \left(\frac{V^2}{127R} - i_h \right)$$

在汽车行驶过程中,横向力 X 是一个不稳定的因素,为了表示汽车所受横向力的程度,采用单位车重所受横向力这个概念,称为横向力系数 μ ,即

$$\mu = \frac{X}{G} = \frac{V^2}{127R} - i_h \quad (2-2)$$

对式(2-2)进行变形得到圆曲线的半径公式为

$$R = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_h)} \quad (2-3)$$

式中, μ 为横向力系数; i_h 为超高横坡度(也称超高率); V 为行车速度, km/h ; R 为圆曲线半径,m。

由式(2-3)可以看出,在车速 V 一定的条件下,曲线的最小半径取决于允许的最大横向力系数 μ_{\max} 和该曲线的最大超高率 $i_{h(\max)}$ 。因此,首先应对这些因素进行讨论,然后再进行曲线半径的计算。

1) 横向力系数 μ

横向力的存在会对行车产生种种不利影响, μ 越大越不利,主要表现在以下三个方面。

(1) 行车安全分析。汽车能在曲线上行驶的基本前提是轮胎不在路面上滑移,这就要求横向力系数 μ 要低于轮胎与路面之间所能提供的横向摩擦系数 φ ,即

$$\mu \leq \varphi$$

φ 与车速、路面种类及状态、轮胎状态等有关。一般在干燥路面上 φ 为 0.4~0.8,在潮湿的黑色路面上 φ 降低到 0.25~0.40,当路面结冰和积雪时 φ 降到 0.2 以下,在光滑的冰面上 φ 可降到 0.06(不加防滑链)。同时,在横向力的作用下弹性的轮胎会产生横向变形,使轮胎的中间平面与轮迹前进的方向形成一个横向偏移角 δ (如图 2-7 所示),该角的存在增加了汽车在方向操纵上的困难,特别是在车速较高时,当横向偏移角超过 5° 时司机一般就不易保持驾驶方向上的稳定。

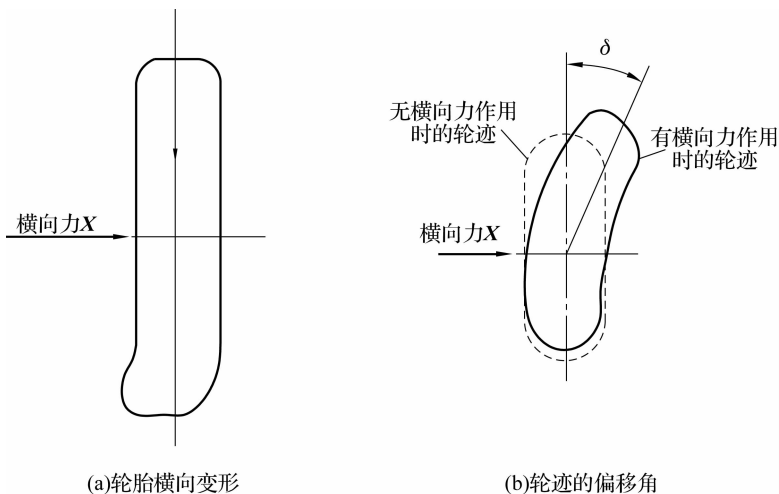


图 2-7 汽车轮胎的横向偏移角

(2) 经济性分析。在平曲线路段上,由于横向力系数 μ 的存在,使车辆的燃油消耗和轮胎磨损较直线路段都有所增加,表 2-1 是实测的燃料消耗和轮胎磨损情况增加百分比。

表 2-1 实测的燃料消耗和轮胎磨损情况

横向力系数 μ	燃料消耗/%	轮胎磨损/%
0	100	100
0.05	105	160
0.10	110	220
0.15	115	300
0.20	120	390

(3)舒适性分析。 μ 值过大,汽车不仅不能连续稳定行驶,有时还需要减速。在曲线半径小的曲线上行驶时驾驶者要尽量大回转,以避免离开行车道发生事故,当 μ 超过一定数值时,驾驶者就要注意采取增加汽车稳定性的措施,这一切都增加了驾驶者在曲线行驶中的紧张感。对于乘客来说, μ 值的增大也会使其感到不舒适。试验表明,乘客随 μ 的变化其心理反应如下。

- ①当 $\mu < 0.10$ 时,不感到有曲线存在,很平稳。
- ②当 $\mu = 0.15$ 时,稍感到有曲线存在,尚平稳。
- ③当 $\mu = 0.20$ 时,已感到有曲线存在,稍感不稳定。
- ④当 $\mu = 0.35$ 时,感到有曲线存在,不稳定。
- ⑤当 $\mu \geq 0.40$ 时,非常不稳定,车辆有倾覆的危险。

综上所述, μ 值的采用关系到行车的安全、经济与舒适,因此必须确定一个合理的界限。在计算最小平曲线半径时应在考虑各方面因素后采用一个合适的 μ 值。研究认为,0.10~0.16 是一个比较合理的范围,设计中可根据公路等级的不同而采用不同的数值。

2)最大超高横坡度 $i_{h(\max)}$

在车速较高的情况下为了平衡离心力要采用较大的超高,但道路上行驶车辆的速度并不一致,特别是在混合交通的道路上不仅要照顾快车,也要考虑到慢车的安全。对于慢车以及因故暂停在弯道上的车辆,其离心力接近于 0 或等于 0。如超高率过大,超出轮胎与路面间的横向摩擦系数,则车辆有沿着路面最大合成坡度下滑的危险。

确定最大的超高率,除了考虑公路所在地区的气候条件,还应该充分考虑驾驶者和乘客的心理反应。我国《标准》明确规定:超高横坡度按计算行车速度、半径大小,结合路面类型、自然条件和车辆组成等情况确定。高速公路、一级公路的超高横坡度不大于 10%;其他各级公路不大于 8%;对于积雪冰冻地区,最大超高横坡度不大于 6%;当超高横坡度计算值小于路拱横坡时,应该设置等于路拱横坡值的超高。

3)圆曲线最小半径的计算

(1)极限最小半径。极限最小半径是指各级公路在采用允许最大超高和允许的横向力系数情况下,能保证汽车安全稳定行驶的最小半径。我国《标准》提出的极限最小半径就是考虑我国的具体情况并参考国外资料,在规定的设计速度情况下按式(2-4)确定的。

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(\mu_{\max} + i_{h(\max)})} \quad (2-4)$$

式中, R_{\min} 为极限最小半径; μ_{\max} 为极限最小半径对应的横向力系数,见表 2-2; $i_{h(\max)}$ 为最大超高横坡度,见表 2-2。

表 2-2 极限最小半径横向力系数及最大超高横坡度

设计速度 (km/h)	120	100	80	60	40	30	20
μ_{\max}	0.10	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16	0.17
$i_{h(\max)}$	8	8	8	8	8	8	8

极限最小半径是平面线形设计中的极限值,是在特殊困难条件下不得已才使用的。

(2)一般最小半径。一般最小半径是指各级公路在采用允许的超高和横向力系数时,能

保证汽车以设计速度安全、舒适行驶的最小半径。我国《标准》中的一般最小半径值是按式(2-5)计算取整得来的。

$$R_{\text{一般}} = \frac{V^2}{127(\mu + i_h)} \quad (2-5)$$

式中, $R_{\text{一般}}$ 为一般最小半径; μ 为一般最小半径对应的横向力系数, 见表 2-3; i_h 为路拱超高横坡度, 见表 2-3。

表 2-3 一般最小半径横向力系数及路拱超高横坡度

设计速度 /(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
μ	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
i_h	6	6	7	8	7	6	6

一般最小半径是在通常情况下推荐采用的最小半径, 其一方面考虑了汽车在这种曲线上以设计速度或以接近设计速度行驶时, 乘客有充分的舒适感, 另一方面考虑到在地形比较复杂的情况下也不会增加过多的工程量。

(3) 不设超高的最小半径。当平曲线半径大于一定值时离心力的影响较小, 路面摩阻力可以保证汽车有足够的稳定性, 此时可以不设超高而允许设置与直线上相同的双向横坡的路拱形式。不设超高最小半径是指不设置超高时就能满足行驶稳定性的最小半径。对于行驶在外侧车道的车辆, 其 i_h 为负值, 大小等于路拱横坡。从舒适度和安全性的角度考虑, 此时 μ 的取值比极限最小半径时所用的 μ 值小得多。《标准》中的不设超高最小半径是按式(2-6)计算取整得来的。

$$R_{\text{免}} = \frac{V^2}{127(\mu - i_1)} \quad (2-6)$$

式中, $R_{\text{免}}$ 为不设超高最小半径; μ 为不设超高最小半径对应的横向力系数, 一般取 $\mu = 0.035 \sim 0.06$; i_1 为路拱横坡度, 二级及以上等级公路, 取 $i_1 = 0.01 \sim 0.02$, 二级以下公路, 取 $i_1 = 0.03 \sim 0.04$ 。

根据公式计算并结合我国具体情况, 《标准》规定了各级公路圆曲线的最小半径, 见表 2-4。

表 2-4 各级公路圆曲线最小半径

设计速度/(km/h)		120	100	80	60	40	30	20
极限最小半径/m		650	400	250	125	60	30	15
一般最小半径/m		1 000	700	400	200	100	65	30
不设超高的 最小半径/m	路拱 $\leq 2\%$	5 500	4 000	2 500	1 500	600	350	150
	路拱 $> 2\%$	7 500	5 250	3 350	1 900	800	450	200

3. 圆曲线最小半径的运用

在选定半径时既要满足技术合理的要求, 又要注意经济适用; 既不能盲目采用高标准

(大半径)而过分增加工程量,也不能仅考虑眼前通行要求而采用低标准。在运用圆曲线最小半径时应遵循如下原则。

(1)平面设计时,应根据沿线地形、地物等条件,按《标准》给出的极限最小半径、一般最小半径和不设超高最小半径,尽量选用较大的半径,以便于行驶的安全舒适。

(2)在地形条件许可时,应力求使半径尽可能接近不设超高最小半径;一般情况下宜采用极限最小圆曲线半径的4~8倍;在地形有所限制时,应尽量采用大于或等于一般最小半径以提高公路的使用质量和公路等级;只有在自然条件特别困难或受其他条件严格限制不得已时,方可采用极限最小半径。

(3)选用曲线半径时,还应注意前后线形的协调,使之构成连续、均衡的平面线形。小半径平曲线应设在视觉开阔处;长直线或线形较好路段,应避免连续采用极限最小半径;从地形条件好的区段进入地形条件差的区段时,线形的技术指标应逐渐过渡,防止突变。

(4)在桥位处两端设置圆曲线时,应大于一般最小半径;当隧道内必须设置圆曲线时,应大于不设超高的最小半径。

(5)如前所述,在与地形条件相适应的前提下应尽量采用较大的圆曲线半径,但是当半径大到一定程度时其几何性质与直线已无太大差别,此时容易使驾驶者做出错误判断而造成不良后果,同时也不便于测设及公路的养护维修。所以,《规范》规定,选用圆曲线半径时,其最大半径值一般不应超过10 000 m。

学习单元四 缓和曲线设计

1. 缓和曲线的线形特征

缓和曲线是公路平曲线形要素之一,是设置在直线与圆曲线之间或半径相差较大的两个转向相同的圆曲线之间的一种曲率连续变化的曲线。

《标准》规定,除四级公路可不设缓和曲线外,其余各级公路,当圆曲线半径小于不设超高的最小半径时,都应该按照要求设置缓和曲线。在现代高速公路上,有时缓和曲线所占的比例超过了直线和圆曲线,成为平面线形的主要组成部分。

从满足行车要求来看,缓和曲线具有以下特征。

(1)缓和曲线曲率渐变,当设于直线与圆曲线间时其线形符合汽车转弯时的行车轨迹,从而使线形缓和,消除曲率突变点。

(2)由于消除了曲率突变点,使道路线形顺适美观,产生良好的视觉效果和心理作用。

(3)在直线与圆曲线间加入缓和曲线后使平面线形更加灵活,线形自由度的提高更能与地形、地物及环境相适应、协调、配合,使平面线形布置更加灵活、经济、合理。

(4)与圆曲线相比,缓和曲线的计算与测设相对比较复杂。

2. 缓和曲线的作用及性质

1) 缓和曲线的作用

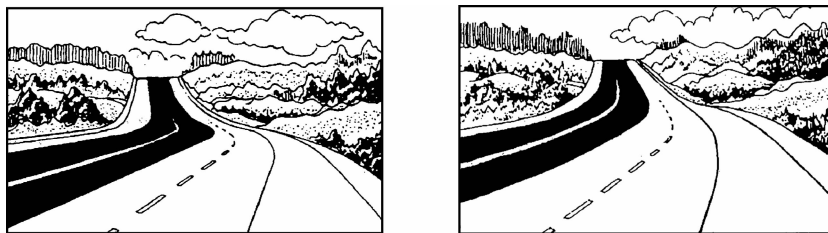
(1)曲率连续变化,便于车辆遵循。汽车在转弯行驶的过程中存在一条曲率连续变化的轨迹线,无论车速高低这条轨迹线都是客观存在的,它的形式和长度随着行驶速度的快慢、曲率半径的大小和驾驶者转动方向盘的快慢而定。在低速行驶时,驾驶者尚可利用路面的富余宽度在一定程度上将汽车保持在车道范围之内,此时缓和曲线似乎没有必要存在。但

在高速行驶时,汽车则有可能超越自己的车道驶出一条很长的过渡性的轨迹线。此时从安全的角度考虑,则有必要设置一条驾驶者易于遵循的路线,使车辆在进入或离开圆曲线时不致侵入邻近的车道。

(2)离心加速度逐渐变化,乘客感觉舒适。汽车在曲线上行驶时产生离心力,离心力的大小与曲线的曲率成正比。汽车由直线驶入圆曲线或由圆曲线驶入直线时,由于曲率的突变会使乘客有不舒适的感觉,因此应在曲率不同的两条线之间设置一条过渡性的曲线以缓和离心加速度的变化。

(3)满足超高、加宽在缓和段上的逐渐过渡,更利于平稳行车。当行车道从直线上的双坡断面过渡到圆曲线上的单坡断面和由直线上的正常宽度过渡到圆曲线上的加宽宽度时,一般情况下是在缓和曲线的长度内完成的。为了避免车辆在这个过渡处行驶时急剧地左右摇摆,设置一定长度的缓和曲线也是必要的。

(4)与圆曲线配合,增加线形美观。圆曲线与直线径相连接时在连接处会出现曲率突变,在视觉上有不平顺的感觉。设置缓和曲线以后,线形连续圆滑,增加了线形的美观,同时驾驶者也会感到安全,如图 2-8 所示。



(a)不设缓和曲线感觉路线扭曲

(b)设置缓和曲线后路线变得平顺美观

图 2-8 直线与曲线的连接效果

2)缓和曲线的性质

当汽车逐渐由直线驶入圆曲线时,为简化计算可做两个假定:一是汽车匀速行驶;二是驾驶者操纵方向盘做匀角速转动,即汽车的前轮转向角由直线上的 0° 均匀地增加到圆曲线上的 α 值,如图 2-9 所示。

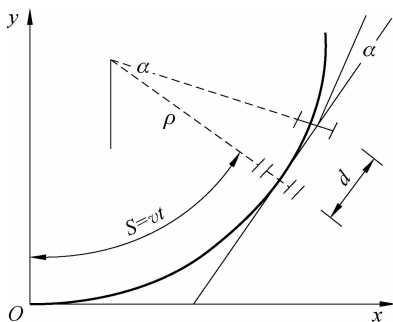


图 2-9 汽车行驶轨迹

通过理论推导得出弧长和曲率半径的关系为

$$S = \frac{d}{k\omega} \cdot \frac{v}{\rho} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d}{k\omega} v$$

式中, S 为汽车从曲线起点行驶至所求点的距离, m ; k 为系数, 小于 1; ω 为方向盘转动的角速度, rad/s ; d 为汽车前后轮距, m ; v 为汽车匀速行驶速度, m/s ; ρ 为曲线上所求点处的曲率半径, m 。

因 d 、 ω 、 k 均为常数, 可令

$$\frac{d}{k\omega} v = A^2$$

则得到

$$S = \frac{A^2}{\rho} \quad (2-7)$$

式中, S 为汽车从曲线起点行驶至所求点的距离, m ; A 为参数; ρ 为曲线上所求点处的曲率半径, m 。

式(2-7)为汽车转弯时的理论轨迹方程, 从中可以得出两个结论: 一是该曲线上任一点的曲率半径与该点至曲线起点的距离成反比, 这符合汽车在道路上的行驶轨迹; 二是汽车行驶轨迹的弧长与曲线曲率半径乘积计为参数 A , 对某一曲线来说, 这是一个常数, 但对整个公路线形而言, 其实质相当于一个放大的系数, 能够适用不同的情况, 这一性质与数学上的回旋线正好相符。

3. 回旋线作为缓和曲线

1) 回旋线的基本方程

从回旋线的数学定义可知, 其曲率半径随曲线上某一点至该曲线起点的距离成反比(即是曲率半径随长度增长而减小的曲线)。其基本公式为

$$rl = A^2 \quad (2-8)$$

式中, r 为回旋线上某点的曲率半径, m ; l 为回旋线上某点到原点的曲线长, m ; A 为回旋线参数。

由于 rl 的单位是长度的二次方(m^2), 为了使量纲一致令轨迹曲线中的常数 $dv/k\omega = A^2$, A 表征回旋线曲率变化的缓急程度。在回旋线的任意点上 r 是随 l 的变化而变化的, 但在回旋线的终点处, $l = L_s$, $r = R$, 则有

$$RL_s = A^2 \text{ 或 } A = \sqrt{RL_s}$$

式中, R 为回旋线所连接的圆曲线半径, m ; L_s 为回旋线长度, m 。

2) 回旋线的几何要素计算

(1) 如图 2-10 所示, 回旋线上任一点 P 相应的计算公式为

$$\left. \begin{aligned} \text{切线角: } \beta &= \frac{l^2}{2A^2} = \frac{l^2}{2RL_s} \\ \text{长切线长: } T_L &= x - y \cos \beta = \frac{2}{3} L_s + \frac{11L_s^2}{360r^2} \\ \text{短切线长: } T_K &= \frac{y}{\sin \beta} = L_s + \frac{l^3}{126r^2} \\ \text{P 点的弦长: } a &= L_s - \frac{L_s^3}{90r^2} \end{aligned} \right\} \quad (2-9)$$

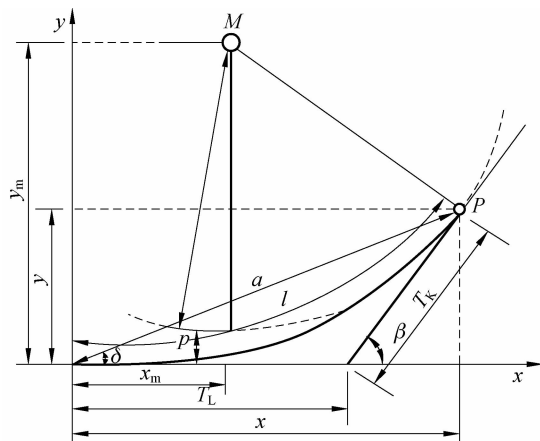


图 2-10 回旋线要素

(2)有回旋线的公路平曲线的几何元素。《标准》规定,当平曲线半径小于不设超高的最小半径时必须设置回旋线,如图 2-11 所示。带有回旋线的平曲线几何要素的计算公式为

$$\left. \begin{aligned}
 q &= \frac{L_s}{2} - \frac{L_s^3}{240R^2} \\
 p &= \frac{L_s^2}{24R} - \frac{L_s^4}{2384R^3} \\
 \beta_0 &= \frac{180L_s}{R\pi} \\
 T &= (R+p) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + q \\
 L &= (\alpha - 2\beta_0) \frac{\pi}{180} R + 2L_s = \frac{\pi}{180} \alpha R + L_s \\
 E &= (R+p) \operatorname{sec} \frac{\alpha}{2} - R
 \end{aligned} \right\} \quad (2-10)$$

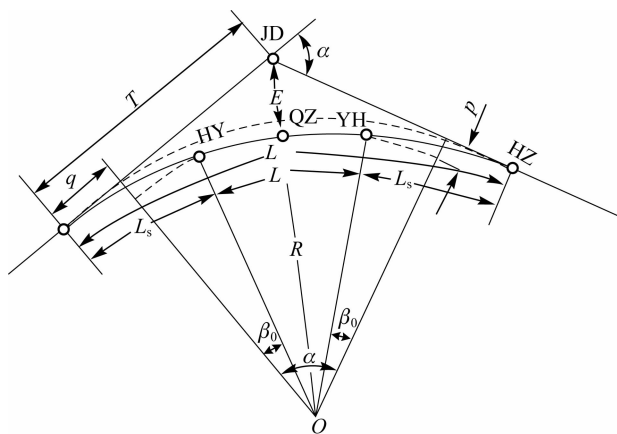


图 2-11 按回旋线敷设缓和曲线

(3)回旋线的相似性。回旋线的曲率是连续变化的,而且其曲率的变化与曲线长度的变

化呈线性关系。为此,可以认为回旋线的形状只有一种,只需改变参数 A 就能得到不同大小的回旋曲线, A 相当于回旋线的放大系数。回旋线的这种相似性对于简化其几何要素的计算和编制曲线表很有用处。

$A=1$ 时的回旋曲线叫单位回旋曲线。根据相似性,可由单位回旋曲线要素计算任意回旋曲线的要素。在各要素中又分长度要素(如切线长、曲线长、内移值、直角坐标等)和非长度要素(如回旋线角、弦偏角等),它们的计算方法为

$$\begin{aligned} \text{回旋线长度要素} &= \text{单位回旋线长度要素} \times A \\ \text{回旋线非长度要素} &= \text{单位回旋线非长度要素} \end{aligned}$$

4. 缓和曲线的设计

1) 缓和曲线的最小长度

由于车辆要在缓和曲线上完成不同曲率的过渡行驶,因此要求缓和曲线有足够的长度保证道路线形的美观流畅,也可使驾驶者能从容地操纵方向盘,使乘客感觉舒适,圆曲线上的超高和加宽的过渡也能在缓和曲线段内比较合理地完成。所以,应规定缓和曲线的最小长度。为此,可从以下 3 个方面考虑。

(1) 从行车安全考虑。在行车安全方面主要考虑缓和曲线功能和曲率变化需要的最小长度,包括控制离心加速度变化率、方向盘操作最短时间和控制超高渐变率等方面。

① 从控制离心加速度变化率考虑。汽车在缓和曲线上行驶时,其离心加速度随缓和曲线曲率的变化而变化,如果变化过快会使乘客受到横向的冲击。为保证乘客乘车的舒适性,离心加速度变化率应该控制在一定的范围内。

在缓和曲线起点

$$\begin{aligned} \rho &= \infty \\ a_1 &= 0 \end{aligned}$$

在缓和曲线终点

$$\begin{aligned} \rho &= R \\ a_2 &= \frac{v^2}{R} \end{aligned}$$

由离心力产生的离心加速度在 t (s) 时间内的变化率为

$$a_s = \frac{a_2 - a_1}{t} = \frac{v^2/R}{t} \quad (2-11)$$

假定汽车等速行驶,则有

$$t = l/v = \frac{L_s}{v} \quad (2-12)$$

将式(2-12)代入式(2-11),整理得

$$L_s = \frac{v^3}{Ra_s} = \frac{V^3}{47Ra_s} \quad (2-13)$$

式中, V 为计算行车速度,km/h; R 为圆曲线半径,m; a_s 为离心加速度平均变化率, m/s^3 ,在 0.5~0.6 范围内取值。

离心加速度平均变化率 a_s 采用的值各国不尽相同,对于一般高速路,英国采用 0.3,美国采用 0.6。我国在制定缓和曲线设计标准时,参照日本经验将离心加速度的变化率取值控

制在 $0.5 \sim 0.6 \text{ m/s}^3$ 的范围。将 $a_s = 0.6$ 代入式(2-13)可得缓和曲线最小长度 L_{s_1} 的计算公式为

$$L_{s_1} = 0.035 \frac{V^3}{R} \quad (2-14)$$

②从驾驶者操纵方向盘最短时间考虑。不管缓和曲线的参数如何都不能使车辆在缓和曲线上的行驶时间过短,过短会使驾驶者操作不便,甚至造成驾驶操纵的紧张和忙乱。试验表明,汽车在缓和曲线上行驶时驾驶者的操纵时间 t 至少为 3 s ,于是有

$$L_{s_2} = vt = \frac{V}{3.6} t = \frac{V}{1.2}$$

式中, V 为计算行车速度, km/h 。

③从控制超高渐变率考虑。由于在缓和曲线上设置有超高过渡段,因此如果过渡段太短则会因路面急剧地由双坡变为单坡而形成一种扭曲的表面,这对行车和路容均不利。

在超高过渡段上路面外侧逐渐抬高,从而形成一个“附加纵坡度”,当圆曲线上的超高值一定时,这个附加坡度就取决于过渡段的长度,附加纵坡度(即超高渐变率)太大,会使行车左右剧烈摇摆;太小又对排水不利,因此应加以控制。此时,缓和曲线的最小长度为

$$L_{s_3} = \frac{B\Delta i}{p}$$

式中, B 为旋转轴至行车道(设路缘带时为路缘带)外侧边缘的宽度, m ; Δi 为超高坡度与路拱坡度代数差, $\%$; p 为超高渐变率,即旋转轴线与行车道外侧边缘线之间的相对坡度。

综上所述,根据相应等级公路的设计速度,综合考虑影响缓和曲线长度的各项因素可以计算出最小回旋线长度,见表 2-5,其具有重要的参考作用,设计时应首先保证

$$L_{s_{\min}} = \max\{L_{s_1}, L_{s_2}, L_{s_3}\}$$

表 2-5 回旋线最小长度

设计速度/(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
回旋线最小长度/ m	100	85	70	60	35	25	20

(2)从景观协调角度考虑。按离心加速度变化率或超高渐变率计算的缓和曲线长度,随着曲线半径的增大而逐渐减小,但从视觉上却希望随着曲线半径的增大,缓和曲线能相应增长,尤其是高等级的公路,应尽可能利用缓和曲线线形使地形与景观协调,保证视觉舒顺。

(3)从视觉上考虑。根据跟踪驾驶者的视觉发现,当缓和曲线角 $\beta < 3^\circ$ 时,曲线极不明显,在视觉上容易被忽略;当缓和曲线角 $\beta > 29^\circ$ 时,曲线过于弯曲,很难与相接的圆曲线顺接。经过长期实践研究,当 $\beta = 3^\circ \sim 29^\circ$ 或 $A = R/3 \sim R$ 时,可以使线形舒顺协调,获得良好的视觉效果,如图 2-12 所示。

2) 缓和曲线的省略

在直线和圆曲线之间设置缓和曲线后,圆曲线产生了内移值 p ,在 L_s 一定的情况下, p 与圆曲线半径成反比,当 R 增大到一定程度时 p 值甚微,即使直线与圆曲线径相连接,汽车也能完成缓和曲线的行驶,因为在路面的富余宽度中已经包含了这个内移值。所以《规范》规定,在下列情况下可不设缓和曲线(即回旋线)。

(1)在直线与圆曲线间,当圆曲线半径大于或等于“不设超高的最小半径”时,四级公路

可以将直线和圆曲线径相连接,在圆曲线两端的直线上设置超高缓和段、加宽缓和段。

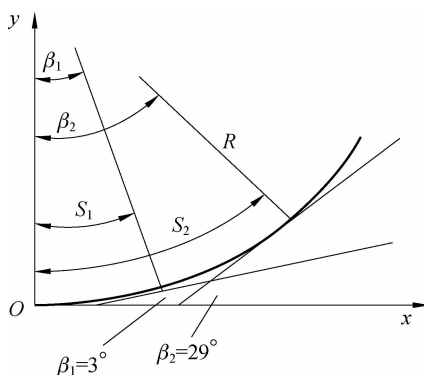


图 2-12 按视觉要求的回旋线长度范围

(2) 半径不同的同向圆曲线间,当小圆半径大于或等于“不设超高的最小半径”时。

(3) 小圆半径大于表 2-6 中所列的临界圆曲线半径,且符合下列条件之一时。

① 小圆按最小回旋线长度设回旋线时,其大圆与小圆的内移值之差不超过 0.10 m。

② 设计速度不小于 80 km/h,大圆半径(R_1)与小圆半径(R_2)之比小于 1.5。

③ 设计速度小于 80 km/h,大圆半径(R_1)与小圆半径(R_2)之比小于 2。

表 2-6 小圆临界圆曲线半径

设计速度/(km/h)	120	100	80	60	40	30
临界圆曲线半径/m	2 100	1 500	900	500	250	130

学习单元五 平曲线超高设计

1. 超高及其作用

为抵消车辆在平曲线路段上行驶时所产生的离心力,将路面做成外侧高内侧低的单向横坡形式,称为平曲线超高。

合理地设置超高可以全部或部分抵消离心力,提高汽车在曲线上行驶的稳定性与舒适性。当汽车等速行驶时圆曲线上所产生的离心力是常数时,超高横坡度应是和圆曲线半径相适应的全超高。而在缓和曲线上曲率是变化的,其离心力也是变化的,因此,在缓和曲线上超高应是逐渐变化的。

2. 超高率的确定

由汽车在曲线上行驶的力的平衡方程式,可得超高率的计算公式为

$$i_h = \frac{V^2}{127R_h} - \mu$$

只要将相应的车速 V 、半径 R_h 和横向力系数 μ 代入上式,即可求得路面超高率 i_h ,具体计算结果见表 2-7。

表 2-7 圆曲线半径与超高率

设计速度 /(km/h)		120			100			80			60			
		10	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	4
超 高 率 /%	2	5 500 (7 550) ~ 2 950	5 500 (7 550) ~ 2 860	5 500 (7 550) ~ 2 730	4 000 (5 250) ~ 2 180	4 000 (5 250) ~ 2 150	4 000 (5 250) ~ 2 000	2 500 (3 350) ~ 1 460	2 500 (3 350) ~ 1 410	2 500 (3 350) ~ 1 360	1 500 (1 900) ~ 900	1 500 (1 900) ~ 870	1 500 (1 900) ~ 800	1 500 (1 900) ~ 610
	3	2 950 ~ 2 080	2 860 ~ 1 990	2 730 ~ 1 840	2 180 ~ 1 520	2 150 ~ 1 480	2 000 ~ 1 320	1 460 ~ 1 020	1 410 ~ 960	1 360 ~ 890	900 ~ 620	870 ~ 590	800 ~ 500	610 ~ 270
	4	2 080 ~ 1 590	1 990 ~ 1 500	1 840 ~ 1 340	1 520 ~ 1 160	1 480 ~ 1 100	1 320 ~ 920	1 020 ~ 770	960 ~ 710	890 ~ 600	620 ~ 470	590 ~ 430	500 ~ 320	270 ~ 150
	5	1 590 ~ 1 280	1 500 ~ 1 190	1 340 ~ 970	1 160 ~ 920	1 100 ~ 860	920 ~ 630	770 ~ 610	710 ~ 550	600 ~ 400	470 ~ 360	430 ~ 320	320 ~ 200	—
	6	1 280 ~ 1 070	1 190 ~ 980	970 ~ 710	920 ~ 760	860 ~ 690	630 ~ 440	610 ~ 500	550 ~ 420	400 ~ 270	360 ~ 290	320 ~ 240	200 ~ 135	—
	7	1 070 ~ 910	980 ~ 790	—	760 ~ 640	690 ~ 530	—	500 ~ 410	420 ~ 320	—	290 ~ 240	240 ~ 170	—	—
	8	910 ~ 790	790 ~ 650	—	640 ~ 540	530 ~ 400	—	410 ~ 340	320 ~ 250	—	240 ~ 190	170 ~ 125	—	—
	9	790 ~ 680	—	—	540 ~ 450	—	—	340 ~ 280	—	—	190 ~ 150	—	—	—
	10	680 ~ 570	—	—	450 ~ 360	—	—	280 ~ 220	—	—	150 ~ 115	—	—	—

续表

设计速度 /(km/h)		40				30				20			
最大超 高率/%		8	6	4	2	8	6	4	2	8	6	4	2
超 高 率 /%	2	600 (800)	600 (800)	600 (800)	600 (800)	350 (450)	350 (450)	350 (450)	350 (450)	150 (200)	150 (200)	150 (200)	150 (200)
		~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	470	410	330	75	250	230	150	40	140	110	70	20	
	3	470	410	330	—	250	230	150	—	140	110	70	—
		~	~	~	—	~	~	~	—	~	~	~	—
	310	250	130	—	170	140	60	—	90	70	30	—	
	4	310	250	130	—	170	140	60	—	90	70	30	—
		~	~	~	—	~	~	~	—	~	~	~	—
220	150	70	—	120	80	35	—	70	40	15	—		
5	220	150	—	—	120	80	—	—	70	40	—	—	
	~	~	—	—	~	~	—	—	~	~	—	—	
160	90	—	—	90	50	—	—	50	30	—	—		
6	160	90	—	—	90	50	—	—	50	30	—	—	
	~	~	—	—	~	~	—	—	~	~	—	—	
120	60	—	—	60	35	—	—	40	15	—	—		
7	120	—	—	—	60	—	—	—	40	—	—	—	
	~	—	—	—	~	—	—	—	~	—	—	—	
80	—	—	—	40	—	—	—	30	—	—	—		
8	80	—	—	—	40	—	—	—	30	—	—	—	
	~	—	—	—	~	—	—	—	~	—	—	—	
55	—	—	—	30	—	—	—	15	—	—	—		

注:括号中的值为路拱大于2%时的不设超高最小半径。

3. 超高过渡段

从直线上的双向横坡渐变到圆曲线上的单向横坡的路段,称作超高过渡段。四级公路不设回旋线,但曲线上若设有超高,从构造的角度也应有超高过渡段。

1) 超高的过渡形式

超高在超高过渡段上的过渡形式应根据地形、公路等级、车道数、中间带宽度而定。超高率应根据有利于路面排水、路面与地面或构造物的协调以及路容美观等因素而定。

(2)有中间带公路(高速公路、一级公路)的超高过渡。

①绕中间带的中心线旋转。先将外侧行车道绕中央分隔带边缘旋转,待达到与内侧行车道构成单向横坡后,整个断面一同绕中心线旋转直至超高横坡度值。此时中央分隔带呈倾斜状,如图 2-17 所示。当中间带宽度较窄(不大于 4.5 m)且具有中等超高率时可采用此法。

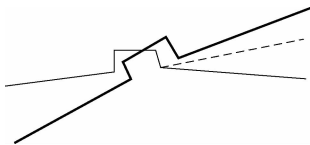


图 2-17 绕中间带的中心线旋转

②绕中央分隔带边缘旋转。将两侧行车道分别绕中央分隔带边缘旋转,使各自成为独立的单向超高断面,此时中央分隔带维持原水平状态,如图 2-18 所示。各种宽度的中间带都可以采用此法。

③绕各自自行车道中线旋转。将两侧行车道分别绕各自的中心线旋转,使各自成为独立的单向超高断面,此时中央分隔带两边缘分别升高与降低成为倾斜断面,如图 2-19 所示。车道数大于 4 的公路可采用此法。

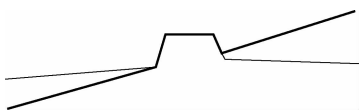


图 2-18 绕中央分隔带边缘旋转

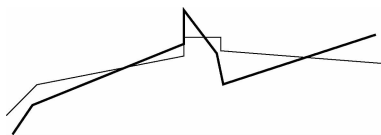


图 2-19 绕各自自行车道中线旋转

分离式断面的道路由于其上、下行车道是各自独立的,因此其超高的设置及过渡可按两条无分隔带的道路分别处理。

2) 超高过渡段的长度

为了保证行车的舒适、路容的美观和排水的通畅,必须设置一定长度的超高过渡段,超高的过渡是在超高过渡段的全长范围内进行的。双车道公路最小超高过渡段长度为

$$L_c = \frac{B\Delta i}{p} \quad (2-15)$$

式中, L_c 为最小超高过渡段长度,m; B 为旋转轴至行车道(设路缘带时为路缘带)外侧边缘的宽度,m; Δi 为超高横坡度与路拱横坡度的代数差,%; p 为超高渐变率,即旋转轴线与行车道(设路缘带时为路缘带)外侧边缘线之间的相对坡度。

超高渐变率是指在超高缓和段上由于弯道外侧路基抬高,使外侧路缘纵坡与原来设计纵坡增加了一个附加纵坡。在考虑超高过渡段长度时,应将超高渐变率控制在一定的数值范围内。若超高渐变率太高,则路容不美观,乘客不舒适;若超高渐变率太低,则纵向排水困难。其最大值见表 2-8。

表 2-8 最大超高渐变率

设计速度/(km/h)	超高旋转轴位置	
	中 轴	边 轴
120	1/250	1/200
100	1/225	1/175
80	1/200	1/150
60	1/175	1/125
40	1/150	1/100
30	1/125	1/75
20	1/100	1/50

根据式(2-15)计算的超高过渡段长度,应凑成 5 m 的整倍数,并不小于 10 m 的长度。

为了行车的舒适,超高过渡段应不小于按式(2-15)计算的长度。从利于排除路面降水考虑,横坡度由 -2% (或 -1.5%)过渡到 2% (或 1.5%)路段的超高渐变率不得小于 $1/330$,即超高过渡段不能设置得太长。所以,在确定超高过渡段长度 L_c 时应考虑以下几点。

(1)一般情况下,在确定缓和曲线长度时已经考虑了超高过渡段所需的最短长度,故一般取超高过渡段 L_c 与缓和曲线长度 L_s 相等,即 $L_c=L_s$ 。

(2)若计算出的 $L_c>L_s$,则应修改平面线形,使 $L_s\geq L_c$ 。当平面线形无法修改时,可将超高过渡段起点前移,即超高过渡在缓和曲线起点前的直线路段开始,路面外侧以适当的超高渐变率逐渐抬高,使横断面在 ZH(或 HZ 点)渐变为向内倾斜的单向路拱横坡(临界断面)。

(3)若 L_s 大于计算出的 L_c ,只要超高渐变率 $P\geq 1/330$,仍可取 $L_c=L_s$ 。

(4)在高等级公路设计中,因照顾线形的协调性,在平曲线中一般配置较长的缓和曲线。为了避免在缓和曲线全长范围内均匀过渡超高而造成路面横向排水不畅,超高过渡可采取以下措施。

①超高的过渡仅在缓和曲线的某一区段内进行。即超高过渡起点可从缓和曲线起点($R=\infty$)至缓和曲线上不设超高的最小半径之间的任一点开始至缓和曲线终点结束。

②超高过渡在缓和曲线全长范围内按两种超高渐变率分段进行。即第一段从缓和曲线起点由双向路拱横坡以超高渐变率 $1/330$ 过渡到单向路拱横坡,第二段由单向路拱横坡过渡到缓和曲线终点处的超高横坡。

(5)四级公路不设缓和曲线,但若圆曲线上设有超高,则应设置超高过渡段,超高过渡段在直线和圆曲线上各分配一半。

4. 超高值的计算

平曲线上设置超高以后,路基中线和内、外侧边线与设计标高之差 h 称为超高值,对该值应予以计算并列于“路基设计表”中,以便于施工。

1) 不设中间带的公路

不设中间带的公路超高值的计算公式列于表 2-9 和表 2-10 中,超高过渡方式如图 2-20

所示。

表 2-9 绕内边线旋转的超高值计算公式

超高位置		计算公式		备注
		$x \leq x_0$	$x > x_0$	
圆曲线上	外缘 h_c	$b_j i_j + (b_j + B) i_h$		(1) 计算结果均为与设计高之差 (2) 临界断面距过渡段起点:
	中线 h'_c	$b_j i_j + \frac{B}{2} i_h$		
	内缘 h''_c	$b_j i_j - (b_j + b) i_h$		
过渡段上	外缘 h_{cx}	$b_j (i_j - i_G) + [b_j i_G + (b_j + B) i_h] \frac{x}{L_c}$ (或 $\approx \frac{x}{L_c} h_c$)		$x_0 = \frac{i_G}{i_h} L_c$ (3) x 距离处的加宽值: $b_x = \frac{x}{L_c} b$
	中线 h'_{cx}	$b_j i_j + \frac{B}{2} i_G$	$b_j i_j + \frac{Bx}{2L_c} i_h$	
	内缘 h''_{cx}	$b_j i_j - (b_j + b_x) i_G$	$b_j i_j - (b_j + b_x) \frac{x}{L_c} i_h$	

表 2-10 绕中线旋转的超高值计算公式

超高位置		计算公式		备注
		$x \leq x_0$	$x > x_0$	
圆曲线上	外缘 h_c	$b_j (i_j - i_G) + (b_j + \frac{B}{2}) (i_G + i_h)$		(1) 计算结果均为与设计高之差 (2) 临界断面距过渡段起点:
	中线 h'_c	$b_j i_j + \frac{B}{2} i_G$		
	内缘 h''_c	$b_j i_j + \frac{B}{2} i_G - (b_j + \frac{B}{2} + b) i_h$		
过渡段上	外缘 h_{cx}	$b_j (i_j - i_G) + (b_j + \frac{B}{2}) (i_G + i_h) \frac{x}{L_c}$ (或 $\approx \frac{x}{L_c} h_c$)		$x_0 = \frac{2i_G}{i_G + i_h} L_c$ (3) x 距离处的加宽值: $b_x = \frac{x}{L_c} b$
	中线 h'_{cx}	$b_j i_j + \frac{B}{2} i_G$ (定值)		
	内缘 h''_{cx}	$b_j i_j - (b_j + b_x) i_G$	$b_j i_j - \frac{B}{2} i_G - (b_j \frac{B}{2} + b_x) \frac{x}{L_c} i_h$	

表中, B 为路面宽度, m; b_j 为路肩宽度, m; i_G 为路拱坡度; i_j 为路肩坡度; i_h 为超高横坡度; L_c 为超高过渡段长度(或回旋线长度), m; b 为路基坡度由 i_j 变为 i_G 所需的距离, 一般可取 1.0 m; x_0 为与路拱同坡度的单向超高点到超高过渡段起点的距离, m; x 为超高过渡段中任一点至起点的距离, m; h_c 为路肩外缘最大超高值, m; h'_c 为路基中线最大超高值, m; h''_c 为路基内缘最大超高值, m; h_{cx} 为 x 距离处路基外缘超高值, m; h'_{cx} 为 x 距离处路基中线超高值, m; h''_{cx} 为 x 距离处路基内缘超高值, m; b 为圆曲线全加宽值, m; b_x 为 x 距离处路基加宽值, m。

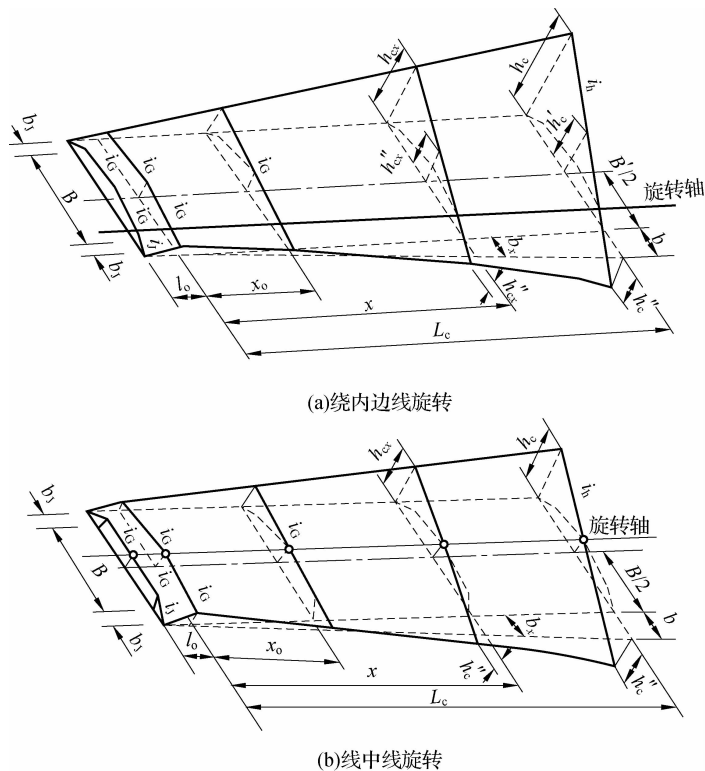


图 2-20 超高过渡方式

2) 设有中间带的公路

设有中间带公路的超高方式有 3 种,即绕中央分隔带边缘旋转、绕各自行车道中心旋转、绕中间带中心旋转。在实际设计中应用较多的是绕中央分隔带边缘旋转,即在超高过程中,内外侧同时从超高缓和段起点开始绕各自旋转轴旋转,外侧逐渐抬高,内侧逐渐降低,直至达到全超高。计算公式见表 2-11,设分隔带公路路面超高值计算如图 2-21 所示。

表 2-11 绕中央分隔带边缘旋转超高值计算公式

超高位置	超高值计算公式			
	行车道外边缘 h_1		硬路肩外边缘 h_2	土路肩外边缘 h_3
双坡阶段 $x \leq x_0$	曲线内侧	$h_{i1} = -(b_1 + b_x) i_1$	$h_{i2} = h_{i1} - b_2 i_2$	$h_{i3} = h_{i2} - b_3 i_3$
	曲线外侧	$h_{o1} = (2 \frac{x}{x_0} - 1) b_1 i_1$	$h_{o2} = (2 \frac{x}{x_0} - 1) (b_1 + b_2) i_1$	$h_{o3} = h_{o2} - b_3 i_3$
旋转阶段 $x \geq x_0$	曲线内侧	$i_x \leq 3\%$	$h_{i1} = -(b_1 + b_x) i_x$	$h_{i2} = h_{i1} - b_2 i_x$
		$i_x > 3\%$		$h_{i3} = h_{i2} - b_3 i_x$
	曲线外侧		$h_{o1} = b_1 i_x$	$h_{o2} = h_{o1} + b_2 i_x$
全超高阶段	曲线内侧	$i_h \leq 3\%$	$h_{ih} = -(b_1 + b) i_h$	$h_{i2} = h_{ih} - b_2 i_h$
		$i_h > 3\%$		$h_{i3} = h_{i2} - b_3 i_h$
	曲线外侧		$h_{oh} = b_1 i_h$	$h_{o2} = h_{oh} + b_2 i_h$

续表

超高位置	超高值计算公式		
	行车道外边缘 h_1	硬路肩外边缘 h_2	土路肩外边缘 h_3
中间变量	x_0	$x_0 = \frac{2i_1}{i_1 + i_h} L_c$, 当 $p_1 = \frac{2i_1 b_1}{x_0} \leq 0.003$ 时 $x_0 = \frac{2i_1 b_1}{p_1} = \frac{2i_1 b_1}{0.003} = 660 i_1 b_1$	
	i_x	$i_x = \frac{x}{L_c} i_h$, 当 $p_1 = \frac{i_G B}{x_0} \leq 0.003$ 时, $i_x = i_G + \frac{i_h - i_G}{L_c - x_0} (x - x_0)$ (同时适用于 $p_1 > 0.003$)	
	b_x	高次抛物线过渡: $b_x = (4k^3 - 3k^4)b$, 其中 $k = \frac{x}{L_c}$	

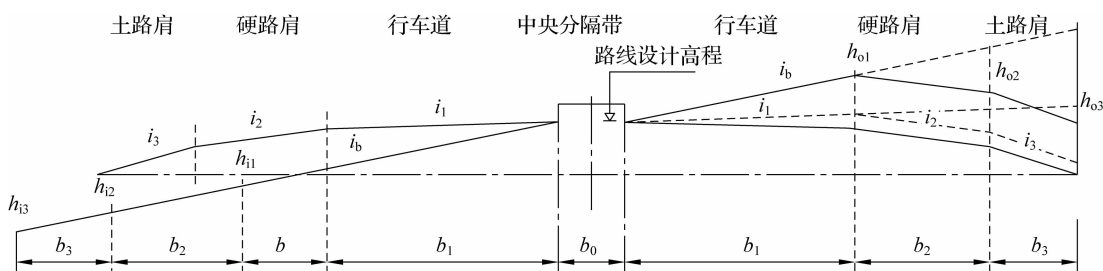


图 2-21 设分隔带公路路面超高值计算

5. 超高方式图

超高方式图是指路面横坡度沿路线纵向的变化图。该图是以旋转轴为横坐标轴,用以表征超高沿路线的过渡;纵坐标为横坡度,用以表征道路横坡度(路拱坡度与超高坡度)的变化及超高渐变率的变化。为使超高更加清晰,纵坐标是被夸大的,如图 2-22 所示。作图步骤如下。

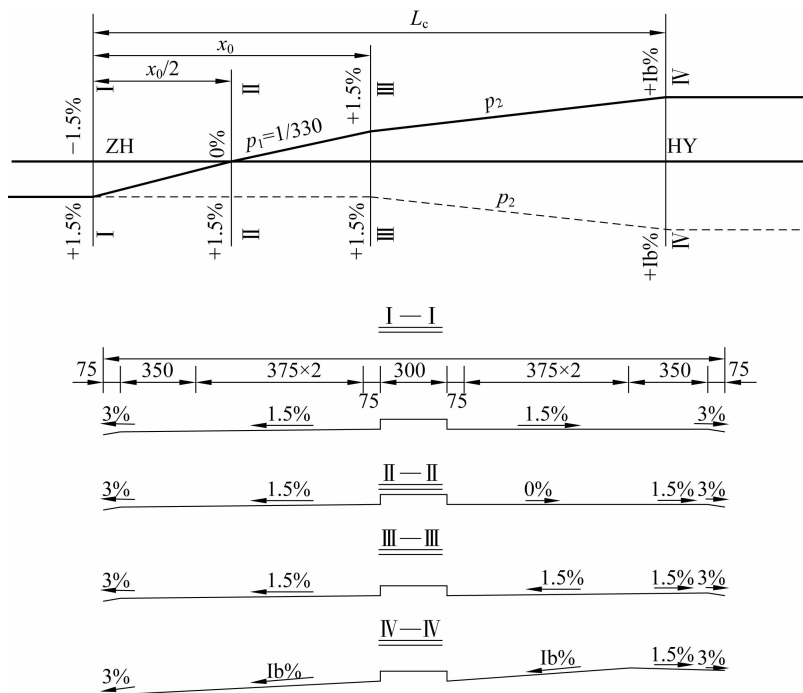


图 2-22 超高方式

(1)按比例绘制一条水平基线代表路中心线,并认为基线的路面横坡度为零。

(2)绘制两侧路面边缘线。用实线绘出路线前进方向右侧路面边缘线,用虚线绘出左侧路面边缘线。若路面边缘高于路中线,则绘于基线上方,反之,绘于下方。路边缘线离开基线的距离代表横坡度的大小(比例尺可不同于基线)。

(3)标注路拱横坡度。向前进方向右侧倾斜的路拱坡度为正,向左倾斜为负。

学习单元六 平曲线加宽设计

1. 设置加宽的原因

《标准》规定,平曲线半径等于或小于 250 m 时应在平曲线内侧加宽,原因有以下两点。

(1)汽车在曲线上行驶时,每个车轮走过的轨迹是不一样的。后轴内轮行驶轨迹的半径很小且偏向曲线内侧,前轴外轮的轨迹半径最大。因此,汽车在曲线上行驶要比在直线上行驶多占用一部分宽度,这个多出的宽度就是加宽值。为了保证汽车在曲线上和在直线上具有同样的富余宽度,弯道上的路面部分必须要加宽,如图 2-23 所示。

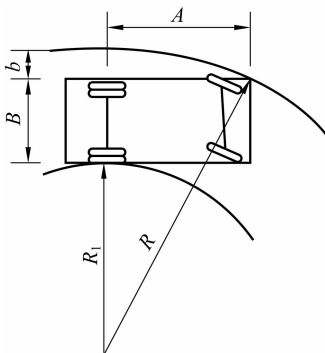


图 2-23 普通车的加宽

(2)汽车在曲线上行驶时有较大的横向摆动偏移。

2. 加宽值的计算

假定汽车从圆曲线起点到圆曲线终点的车轮转角是保持不变的,那么在圆曲线上路面的加宽值就是一个定值。从弯道需要加宽的两个原因可知,加宽值与圆曲线半径、车型及行车速度等有关。

1)不考虑车速影响时汽车所需加宽值

(1)普通车。普通汽车的加宽值可由图 2-23 所示的几何关系求得

$$b = R - (R_1 + B)$$

而

$$R_1 + B = \sqrt{R^2 - A^2} = R - \frac{A^2}{2R} - \frac{A^4}{8R^3} - \dots$$

故

$$b = \frac{A^2}{2R} + \frac{A^4}{8R^3} + \dots$$

上式第二项以后的数值极小,可省略不计,故一条车道的加宽值为

$$b_{\text{单}} = \frac{A^2}{2R}$$

式中, A 为汽车后轴至前保险杠的距离, m ; R 为圆曲线半径, m 。

对于有 N 个车道的行车道, 加宽值为

$$b = \frac{NA^2}{2R} \quad (2-16)$$

(2) 半挂车。半挂车的加宽值由图 2-24 所示的几何关系求得

$$b_1 = \frac{A_1^2}{2R}$$

$$b_2 = \frac{A_2^2}{2R}$$

式中, b_1 为牵引车的加宽值; b_2 为拖车的加宽值; A_1 为牵引车保险杠至第二轴的距离, m ; A_2 为第二轴至拖车最后轴的距离, m ; 其余符号见图 2-24。

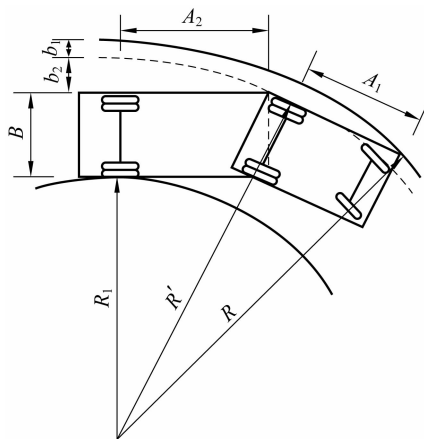


图 2-24 半挂车的加宽

由于 $R' = R - b_1$, 而 b_1 与 R 相比甚微, 故可取 $R' \approx R$, 于是半挂车的加宽值为

$$b = b_1 + b_2 = \frac{A_1^2 + A_2^2}{2R}$$

令 $A_1^2 + A_2^2 = A^2$, 上式仍可归纳为式(2-16)的形式。

2) 不同车速时汽车摆动偏移的加宽值

据实测, 汽车转弯时的加宽还与车速有关。

一个车道摆动加宽值的计算经验公式为

$$b' = \frac{0.05V}{\sqrt{R}}$$

多车道摆动加宽值的计算经验公式为

$$b' = N \frac{0.05V}{\sqrt{R}}$$

式中, V 为汽车转弯时的速度, km/h 。

3) 总加宽值

考虑车速的影响,曲线上路面的加宽值为

$$b=N\left(\frac{A^2}{2R}+\frac{0.05V}{\sqrt{R}}\right)$$

根据 3 种不同的标准车型轴距,其轴距加前悬的长度分别为 5 m、8 m 和(5.2+8.8) m,分别计算并对结果进行整理,可得出不同半径所对应的 3 类加宽值。《规范》规定的双车道路面加宽值见表 2-12。

表 2-12 双车道路面加宽值

单位:m

加宽类型	汽车轴距加前悬	圆曲线半径								
		250~200	<200~150	<150~100	<100~70	<70~50	<50~30	<30~25	<25~20	<20~15
1	5	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.8	2.2	2.5
2	8	0.6	0.7	0.9	1.2	1.5	2.0	—	—	—
3	5.2+8.8	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	—	—	—	—

四级公路和设计速度为 30 km/h 的三级公路采用第 1 类加宽值;其余各级公路采用第 3 类加宽值;对不经常通行集装箱运输半挂车的公路可采用第 2 类加宽值。

单车道路面加宽值按表列数值的 1/2 采用。由 3 条以上车道构成的行车道,其加宽值应另行计算。对于分道行驶的公路,当圆曲线半径较小时其内侧车道的加宽值应大于外侧车道的加宽值,设计时应通过计算确定其差值。

各级公路的路面加宽后,路基也应相应加宽。当四级公路路基采用 6.5 m 以上宽度时,若路面加宽后剩余的路肩宽度不小于 0.5 m,则路基可不予加宽;若小于 0.5 m,则应加宽路基以保证路肩宽度不小于 0.5 m。

3. 加宽过渡段

当路面从直线上的正常宽度过渡到圆曲线上设置加宽后的宽度时,需要设置一段加宽过渡段使路面完成加宽的逐渐变化。

1) 加宽过渡段的长度

对于设置有缓和曲线的平曲线,加宽过渡段应采用与缓和曲线相同的长度。对于不设缓和曲线,但设置有超高过渡段的平曲线,可采用与超高过渡段相同的长度对于既不设缓和曲线,又不设超高的平曲线,其加宽过渡段应在 ZY(或 YZ)点前的直线上按 1:15 的渐变率确定,且长度不小于 20 m 并是 5 m 的整倍数。对于复曲线的大圆和小圆之间设有缓和曲线的加宽过渡段也可以按上述方法处理。

2) 加宽过渡方法

在加宽过渡段上路面具有逐渐变化的宽度。加宽过渡的设置应根据道路的性质和等级采用不同的方法。

(1) 比例过渡。在加宽过渡段全长范围内按其长度成比例逐渐加宽,如图 2-25 所示。加宽过渡段内任意点的加宽值为

$$b_x = \frac{L_x}{L}b$$

式中, L_x 为任意点距过渡段起点的距离, m; L 为加宽过渡段长, m; b_x 为圆曲线上的全加宽, m。

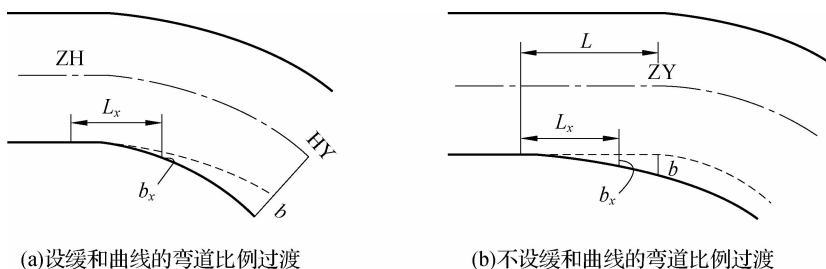


图 2-25 比例过渡

比例过渡简单易作,但经加宽后的路面内侧与行车轨道不符,过渡段的起终点出现破折,也不利于路容的美观。这种方法可用于二级、三级、四级公路。

(2)高次抛物线过渡。在加宽过渡段上插入一条高次抛物线,抛物线上任意点的加宽值为

$$b_x = (4k^3 - 3k^4)b$$

式中, $k = L_x/L$ 。

用这种方法处理以后的路面内侧边缘圆滑、美观,适用于对路容有一定要求的高速公路和一级公路。

(3)回旋线过渡。在过渡段上插入回旋线后,不但使中线上是回旋线,而且加宽后的路面边线也是回旋线,这样会与行车轨迹相符,保证行车的顺适与线形的美观。该方法适用于高速公路和一级、二级公路的下列路段。

- ①位于大城市近郊的路段。
- ②桥梁、高架桥、挡土墙、隧道等构造物处。
- ③设置各种安全防护设施的路段。

上面介绍的 3 种方法有的对线形的顺滑美观有利,但计算和测设比较繁琐,有的则相反。需强调的是,对高等级公路和人工构造物的地段应尽量采用对线形有利的方法,因为这些地方即使增加计算的工作量也是值得的。尤其是当今社会对计算机和光电类测量仪器的普遍使用,使得测设和计算变得容易,故不论是高等级公路还是低等级公路都宜优先考虑采用有利于线形的加宽过渡方法。

学习单元七 行车视距

在本学习单元中主要阐述平面视距,对于纵断面视距将在工作任务二中讲述。

为保证行车安全,驾驶者应能随时看到汽车前面相当远的一段路程,一旦发现前方路面上有障碍物或迎面来车时能及时采取措施避免相撞,这一必需的最短距离称为行车视距。行车视距是否充分直接关系到行车的安全与迅速,它是道路使用质量的重要指标之一。

公路上可能存在如下视距不良的地段。

(1)在平曲线的暗弯处(处于挖方路段的弯道与内侧有障碍物的弯道),包括具有中央分隔带的公路弯道外侧超车车道上的视距,如图 2-26(a)所示。

(2)平面交叉口前后。

(3)纵断面的凸形竖曲线处,如图 2-26(b)所示。

(4)如果高速公路及城市道路的跨线桥、门式交通标志及广告宣传牌等正好处在凹形竖曲线上方,则可能会影响驾驶者的视线,如图 2-26(c)所示。

(5)在夜间行车时,若凹形竖曲线半径过小,前灯照射距离过近,会影响行车的速度和安全,如图 2-26(d)所示。

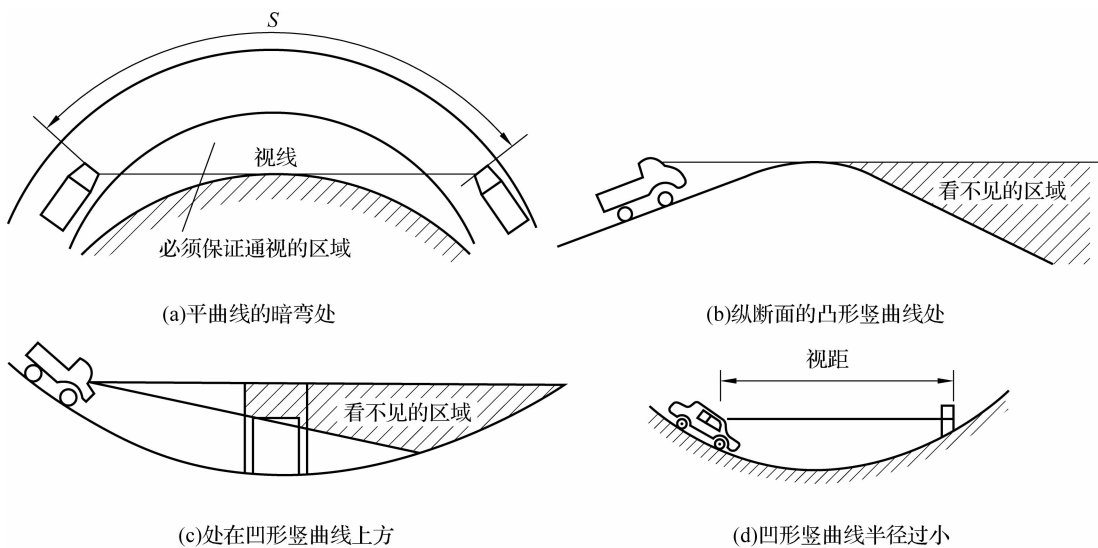


图 2-26 影响行车视距的地段

1. 行车视距的类型

驾驶者发现前方路面上有障碍物或迎面来车时,根据其采取措施的不同,行车视距可分为以下 4 种类型。

(1)停车视距。汽车行驶时,从驾驶者发现前方障碍物时起至障碍物前能够安全制动停车所需的最短距离。

(2)会车视距。在同一车道上,两对向行驶的汽车从相互发现同时采取制动措施至双双安全停车,避免碰撞所需的最短距离。

(3)错车视距。在无明确划分车道线的双车道公路上两对向行驶汽车相遇,从相互发现对方同时采取减速避让措施至安全错车所需的最短距离。

(4)超车视距。在双向行驶的双车道公路上,后车超越前车时从开始驶离原车道,到可见逆行车并能完成超车后安全驶回原车道所需的最短距离。

在上述 4 种视距中,前 3 种属于对向行驶,第 4 种属于同向行驶。因第 4 种需要的距离最长,故须单独研究。前 3 种中以会车视距最长,约为停车视距的 2 倍,因此只要能保证会车视距,则停车视距和错车视距也就可以得到保证。

2. 视距的计算

计算视距时首先要明确“目高”和“物高”。

目高是指驾驶者眼睛距地面的高度,规定以车体较低的小客车为标准,据实测采用 1.2 m。

物高不仅要考虑安全和经济方面的因素,还要考虑汽车底盘离地的最小高度(变化范围

为0.14~0.20 m),故规定物高为0.10 m。

1) 停车视距

停车视距由3部分组成,如图2-27所示,包括反应距离(S_1)、制动距离(S_2)和安全距离(S_3),即

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3$$

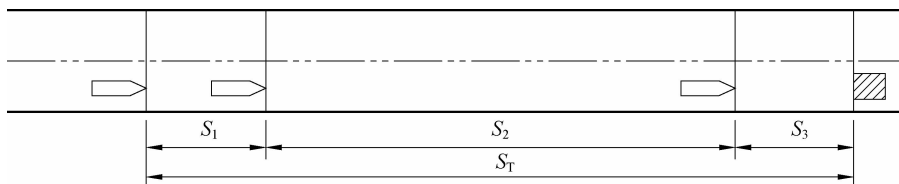


图 2-27 停车视距

(1) 反应距离。它是指当驾驶者发现前方的障碍物开始,判断是否采取制动措施,到制动真正开始生效的反应时间内汽车所行驶的距离。根据实测资料,在设计上采用反应时间1.5 s,制动生效时间1.0 s是比较合适的,也就是总的反应时间 t 是2.5 s,在这个时间内汽车行驶的距离为

$$S_1 = \frac{Vt}{3.6}$$

式中, S_1 为反应距离,m; V 为各级公路的设计速度,km/h; t 为反应时间,一般取1~2 s。

(2) 制动距离。它是指汽车从制动生效到汽车完全停住的时间内所走的距离。制动距离的大小与汽车的制动性能、车速有关,同时,也与汽车的质量、驾驶者的技术高低等有关,因此,还需要考虑汽车制动系数,其计算公式为

$$S_2 = \frac{KV^2}{254(\varphi \pm i)}$$

式中, S_2 为汽车制动距离,m; V 为设计速度,km/h; φ 为纵向摩阻系数; i 为公路纵坡,以小数计; K 为制动系数,一般取1.2~1.4。

(3) 安全距离。汽车停车后应有一定的安全距离以保证在障碍物前安全停下而不至于冲到障碍物上。安全距离 S_3 一般取5~10 m。

综上所述,停车视距的计算公式为

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 = \frac{Vt}{3.6} + \frac{KV^2}{254(\varphi \pm i)} + S_3$$

我国《标准》充分分析了决定汽车制动的各种因素,结合国内外的基本情况确定了各级公路的停车视距,见表2-13。

表 2-13 各级公路停车视距

设计车速/(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
停车视距/m	210	160	110	75	40	30	20

高速公路、一级公路应满足停车视距的要求;其他各级公路应满足会车视距的要求。

2) 超车视距

为了超车的安全,驾驶者必须能够看到前面足够长度的车流空隙,以便保证超车时的交

通安全。超车视距的全程可分为4个阶段,如图2-28所示,包括汽车加速行驶的距离(S_1)、超车汽车在对向车道上行驶的距离(S_2)、超车完成时超车汽车与对向汽车之间的安全距离(S_3)、超车时间内对向汽车所行驶的距离(S_4)。

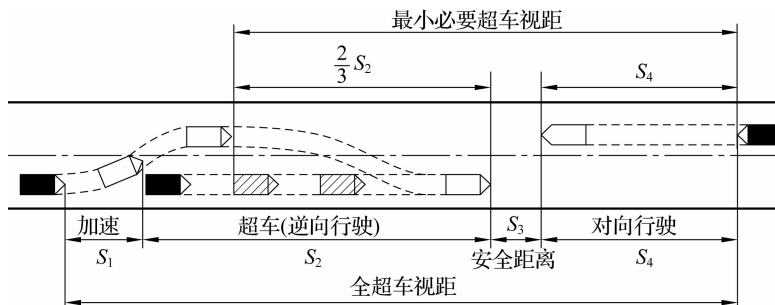


图 2-28 超车视距

全超车视距

$$S_c = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

(1)汽车加速行驶的距离。当超车的汽车经判断,认为有超车的可能时就加速行驶移向对向车道,在进入对向车道前所行驶的距离为

$$S_1 = \frac{V_0 t_1}{3.6} + \frac{1}{2} a t_1^2$$

式中, V_0 为被超汽车匀速行驶的速度,km/h; t_1 为加速时间,s; a 为平均加速度, m/s^2 。

(2)超车汽车在对向车道上行驶的距离为

$$S_2 = \frac{V t_2}{3.6}$$

式中, V 为超车汽车的速度,km/h; t_2 为在对向车道上的行驶时间,s。

(3)超车完成时超车汽车与对向汽车之间的安全距离。这个安全距离应根据不同等级公路上的设计速度不同而采用不同的数值,一般取 $S_3 = 15 \sim 100$ m。

(4)超车汽车从开始加速超车到完成超车的过程中,对向汽车所行驶的距离为

$$S_4 = \frac{(t_1 + t_2)V}{3.6}$$

以上4个过程之和是比较理想的全超车过程,但距离较长,在地形比较复杂的地段很难实现。在实际的超车过程中,当超车汽车加速追上被超汽车之后,一旦发现对向来车而距离不足时还可以回到原来的车道。这个时间一般可大致取超车汽车在对向车道上行驶时间的2/3,在确定对向来车的行驶时间时只需考虑超车汽车进入对向车道后的时间就能够保证交通安全,所以保证行车安全的最小超车视距为

$$S_c = \frac{2}{3} S_2 + S_3 + S_4$$

我国《规范》充分考虑了超车时的各种因素,确定了二、三、四级公路的超车视距,见表2-14。

表 2-14 二、三、四级公路超车视距

设计车速/(km/h)		80	60	40	30	20
超车视距/m	一般值	550	350	200	150	100
	最小值	350	250	150	100	70

3. 视距采用的标准

停车视距、超车视距和会车视距应根据公路等级和具体条件采用,对此我国《标准》和《规范》规定如下。

(1)高速公路和一级公路应满足停车视距的要求。其原因是高速公路和一级公路均有中间分隔带、无对向车,因此不存在会车问题;高速公路和一级公路的车道均在4条以上,快慢车画线分隔行驶,各行其道,因此也不存在超车问题。

(2)二、三、四级公路一般应满足会车视距的要求。在工程特别困难或其他条件受限制的地段可采用停车视距,但必须采取分道行驶的措施,比如设分隔带、分道线、分隔桩或设两条分离的单车道。

(3)二、三、四级公路除应符合停车视距的规定外,还应在适当的间隔内设置满足表 2-14 所列超车视距“一般值”的超车路段。当有地形及其他原因限制时,超车视距长度可适当缩短,最小不应小于表 2-14 所列的“最小值”。二级公路宜在 3~4 min 的行驶时间内提供一次满足超车视距要求的超车路段。一般情况下,超车路段不小于路线总长度的 20%。

4. 行车视距的保证

为了保证汽车在弯道上行驶的安全性,应保证平面视距的区域内通视,即应对这个区域内的障碍物进行清除。平面视距的检查方法有两种:最大横净距法、视距曲线法。

1) 最大横净距法

在弯道各点的横断面上,驾驶员视点轨迹线(汽车行驶轨迹线)与视线之间的最大距离叫最大横净距。驾驶员的视点距路面高度为 1.2 m,距未加宽的路面外边缘 1.5 m,如图 2-29 所示。

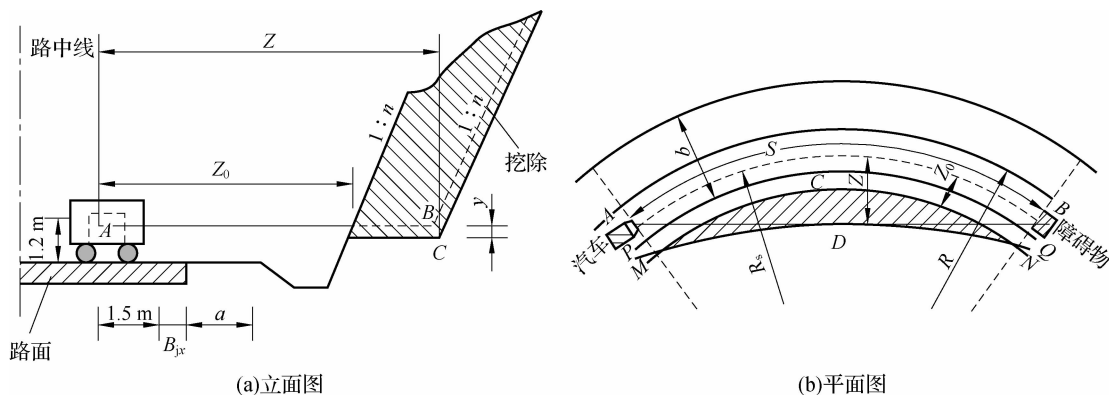


图 2-29 平面视距

设汽车行驶轨迹线至司机视线间的距离为 Z ,障碍物线至行驶轨迹线之间的距离为 Z_0 ,

S 为平面视距长度,图 2-29 中阻碍驾驶者视线的阴影部分为清除范围。

由图 2-29 可知:

当 $Z < Z_0$ 时,视距能保证。

当 $Z > Z_0$ 时,视距不能保证,应将障碍物清除。

Z 可根据视距 S 和弯道的曲线长度 L_s 、行驶轨迹的曲线半径 R_s 算出,而 Z_0 的值可在公路横断面图上量取,如图 2-29 所示。

(1) 无缓和曲线时的横净距计算。

① 当视距 S 小于曲线长度 L_s 时,由图 2-30(a)可知

$$Z = R_s - R_s \cos \frac{\alpha}{2} = R_s \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

式中, R_s 为汽车行驶轨迹半径,为路面未加宽前内侧边缘加 1.5 m 的半径, m ; α 为视距 S 对应的曲线圆心角($^\circ$), $\gamma = \frac{180S}{\pi R_s}$ 。

② 当视距 S 大于曲线长度 L_s 时,由图 2-30(b)可知

$$Z = Z_1 + Z_2 = R_s \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{S - L_s}{2} \sin \frac{\alpha}{2}$$

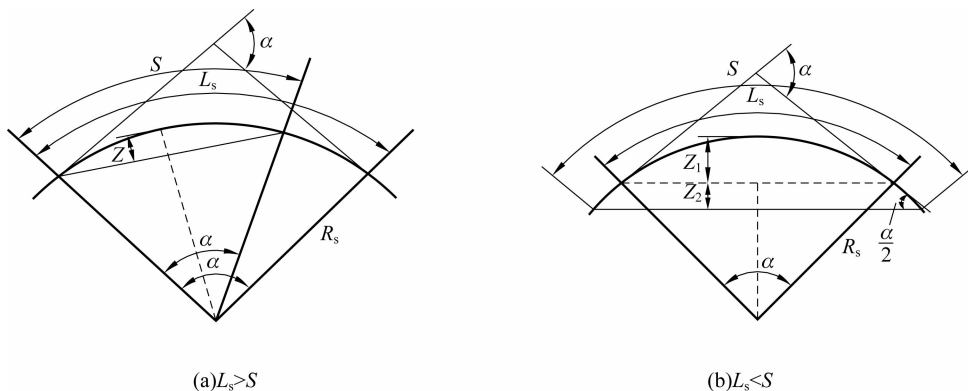


图 2-30 不设缓和曲线时的最大横净距计算

(2) 有缓和曲线时的横净距计算。

① 当视距 S 小于主圆曲线长度 L_s 时,和不设缓和曲线时相同,即

$$Z = R_s \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

② 当圆曲线长 $L'_s \leq S \leq L_s$ 时,如图 2-31(a)所示。

$$Z = Z_1 + Z_2 = R_s \left(1 - \cos \frac{\alpha - 2\beta}{2} \right) + (l_h - l_0) \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \delta \right)$$

$$\delta = \arctan \left\{ \frac{1}{6} \frac{l_h}{R_s} \left[1 + \frac{l_0}{l_h} + \left(\frac{l_0}{l_h} \right)^2 \right] \right\}$$

式中, β 为缓和曲线的切线角, rad ; l_h 为缓和曲线长度, m ; l_0 为汽车计算位置 (M 或 N) 到缓和曲线起点的距离, m , $l_0 = (L_s - S)/2$, 其中 L_s 为行车轨迹线上的平曲线长度, m 。

③ 当 $S > L_s$ 时,如图 2-31(b)所示。

$$Z = R_s \left(1 - \cos \frac{\alpha - 2\beta}{2} \right) + l_h \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \delta \right) + \frac{S - L_s}{2} \sin \frac{\alpha}{2}$$

式中符号意义同前。

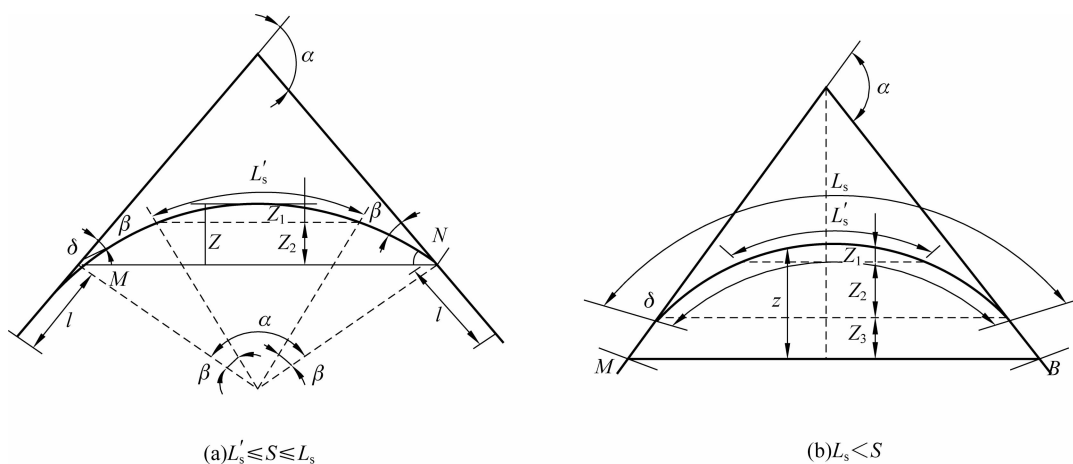


图 2-31 设缓和曲线时的横净距计算

2) 视距曲线法

如图 2-32 所示, AB 是行驶轨迹线, 从汽车行驶轨迹线上的不同位置(图中的 1、2、3、……)引出一系列视线(图中的 1—1'、2—2'、3—3'、……), 它们的弧长都等于视距 S , 与这些线相切的曲线(包络线)称为视距曲线。在视距曲线与轨迹线之间的空间范围是应保证通视的区域。

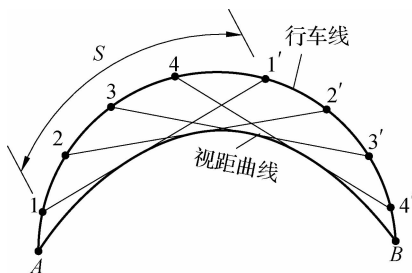


图 2-32 弯道内侧应保证通视的区域

绘制视距曲线及确定视距清除范围的具体方法如下。

- (1) 按一定比例绘制弯道平面图, 并标示出行驶轨迹线的位置。
- (2) 确定视线半径 R_s 及视距 S 。
- (3) 在平面图上的曲线从起、终点分别向直线方向量取视距 S 长, 得 A 点及 B 点。
- (4) 在 AB 长度范围内取若干点 1、2、3 等。
- (5) 由图中的 1、2、3、……引出一系列视线(图中的 1—1'、2—2'、3—3'、……), 它们对应的弧长都等于视距 S , 与这些线相切的包络线(内切曲线)即为视距曲线。
- (6) 量出相应断面位置的横净距, 即可按上面的方法确定相应断面上的视距切除范围。

学习单元八 平面线形设计

1. 平面线形设计的原则

(1) 平面线形应平直、连续、顺适,与地形、地物相适应,与环境相协调。在地势平坦开阔的平原微丘区,路线平直舒顺,故在平面线形三要素中直线所占比例较大,但随着汽车车速的不断提高,对线形流畅性的要求也更高,曲线在整个公路平面线形中所占的比例会越来越大,公路线形设计也逐渐趋向于以曲线为主。特别是在地势有很大起伏的山岭和重丘区,路线多弯曲,曲线所占比例较大。如果在没有任何障碍物的开阔地区(如戈壁、草原)故意设置一些不必要的曲线,或者在高低起伏的山地硬拉长直线都将给人以不协调的感觉,因此,路线要与地形相适应,这既是美学问题,也是经济问题和保护生态环境的问题。直线、圆曲线、回旋线的选用与合理组合取决于地形地物等具体条件,片面强调路线要以直线为主或以曲线为主,或人为规定三者的比例都是错误的。

(2) 保持平面线形的均衡与连贯。为使一条公路上的车辆尽量以均匀的速度行驶,应注意保持各线形要素的连续性而不出现技术指标的突变。以下两点在设计时应充分注意。

①长直线的尽头不能接小半径曲线。长的直线和长的大半径曲线会导致较高的车速,若突然出现小半径曲线,则会因减速不及而造成事故,特别是在下坡方向的尽头更要注意。若由于地形所限而必须采用小半径曲线时,则应在直线和小半径曲线之间插入中等曲率的过渡性曲线,并使纵坡不要过大。

②高、低标准之间要有过渡。同一等级的公路由于地形的变化在指标的采用上也会有所变化,或同一条公路不同设计速度的各设计路段之间也会有技术标准的变化。遇有这种高、低标准变化的路段,除应满足有关设计路段在长度和梯度上的要求外,还应结合地形的变化使路线的平面线形指标逐渐过渡,避免出现突变。不同标准路段相互衔接的地点应选在交通量发生变化处,或者驾驶者能够明显判断前方需要改变行车速度的地方。

(3) 应避免连续急弯的线形。连续急弯的线形会给驾驶者造成不便,给乘客乘车带来不良影响,故设计时可以在曲线间插入足够长的直线或回旋线加以过渡。

(4) 除满足汽车行驶力学上的基本要求外,还要满足驾驶者和乘客在视觉和心理上的要求。线形设计的要求与内容应随公路等级和设计车速的不同而不同。

对高速公路、一级公路及设计速度不小于 60 km/h 的公路应注重立体线形设计,尽量做到线形连续、指标均衡、视觉良好、景观协调、安全舒适。设计速度越高,线形设计时要考虑的因素就应越周全。

对于设计速度小于 40 km/h 的公路,在保证行车安全的前提下,可以采用平面线形要素的最小值,但是在条件允许且不过多增加工程量的情况下,应力求做到各种线形要素的合理组合,并尽量避免和减少不利组合以便充分发挥投资的效益。

(5) 在路线交叉前后应尽可能采用技术指标较高的线形,以保证行驶安全和提高公路的通行能力。

(6) 应解决好线形与桥、隧道轴线之间的关系。原则上对于特大桥、大桥或隧道以路线服从为主,即尽可能采用直线线形,但也应视具体情况及其他条件选用适当的曲线线形,并

应满足视距要求。

(7)平曲线应有足够的长度。汽车在公路的曲线路段上行驶时,如果曲线长度过短,驾驶者就必须很快地转动方向盘,这在高速行驶的情况下是非常危险的。同时,如果不设置足够长度的曲线使离心加速度变化率小于一定数值,从乘客的心理和生理感受来看也是不好的。当公路转角很小时,即使设置了较大的半径也容易把曲线长度看成比实际的要短,造成急转弯的错觉。因此,平曲线必须具有一定的长度。

为了解决上述问题,最小平曲线长度一般应根据下述条件确定。

(1)汽车驾驶者在操纵方向盘时所需的时间。平曲线一般由前后回旋线和中间圆曲线共3段曲线组成。根据经验,在每段曲线上驾驶者操纵方向盘不感到困难至少需要3s,全长需要9s;如果中间的圆曲线长度为零,会形成凸形曲线,则至少也需要6s的行程。因此按6s的通过时间来设置最小平曲线长度是适宜的。

$$L \geq \frac{V}{3.6t}$$

式中, L 为平曲线最小长度,m; V 为设计速度,km/h; t 为适宜的操作时间,一般取6s。

即使受条件限制,也要求汽车在曲线上的行驶时间不少于3~4s。我国《规范》规定的各级公路平曲线最小长度见表2-15。

表 2-15 各级公路平曲线最小长度

设计速度/(km/h)		120	100	80	60	40	30	20
平曲线 最小长度/m	一般值	600	500	400	300	200	150	100
	最小值	200	170	140	100	70	50	40

注:“一般值”为正常情况下的采用值;“最小值”为条件受限制时可采用的值。

(2)使回旋线上离心加速度的变化率不超出定值。平曲线在一般情况下应能设置回旋线(超高、加宽过渡段)和一段圆曲线。《规范》在規定最小回旋线时,已经考虑了离心加速度的变化率要求,因此,当平曲线是由两段回旋线组成的凸形曲线时,平曲线的最小长度应取该最小回旋线长度的2倍。

(3)小偏角平曲线的长度。当路线转角 $\alpha \leq 7^\circ$ 时,为了使驾驶者感到是和 7° 以上转角同样程度的曲线而不至在视觉上产生急弯的错觉,应设置较长的平曲线。设计计算时,为保证小偏角平曲线有足够的长度,应采用 $\alpha < 7^\circ$ 和 $\alpha = 7^\circ$ 时曲线外矢距 E 相等时的曲线长为最小平曲线长。其长度应大于表2-16中规定的数值。

表 2-16 公路转角 $\alpha \leq 7^\circ$ 时的平曲线长度

设计速度/(km/h)		120	100	80	60	40	30	20
平曲线 长度/m	一般值	$1400/\alpha$	$1200/\alpha$	$1000/\alpha$	$700/\alpha$	$500/\alpha$	$350/\alpha$	$280/\alpha$
	低限值	200	170	140	100	70	50	40

注: α 为公路路线转角值($^\circ$),当 $\alpha < 2^\circ$ 时,按 $\alpha = 2^\circ$ 计算。

2. 平面线形要素的组合类型

平面线形由直线、圆曲线和回旋线 3 个几何要素组成,由这 3 种基本线形要素可以得到很多种平面线形的组合形式。就公路平面线形设计而言,主要有简单型、基本型、S 形、卵形、凸形、复合型和 C 形 7 种。

1) 简单型

当平面线形由直线和圆曲线组合而成时称为简单型,即按照直线—圆曲线—直线的顺序组合,如图 2-33 所示。

简单型组合在 ZY 和 YZ 点处有曲率突变点,对行车不利。当半径较小时,该处线形也不顺适,一般仅限于四级公路采用。在其他等级公路中,当平曲线半径大于不设超高的最小半径时,省略回旋线也可以构成简单型。

2) 基本型

如图 2-34 所示,当平面线形按直线—回旋线—圆曲线—回旋线—直线的顺序组合而成时称为基本型。当两回旋曲线的参数值 A 相等,即 $A_1 = A_2$ 时,叫对称型基本型;当 $A_1 \neq A_2$ 时,叫非对称型基本型;当 $A_1 = A_2 = 0$ (即不设回旋线)时,即为上述的简单型。

在进行基本型设计时,为使线形协调, A 值的选择最好使回旋线、圆曲线、回旋线的长度之比为 $1:1:1 \sim 1:2:1$,并注意满足设置基本型曲线的几何条件

$$2\beta \leq \alpha$$

式中, α 为路线转角; β 为回旋线切线角。

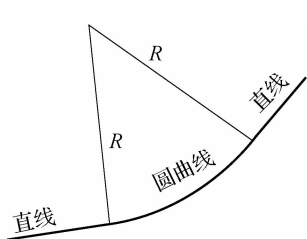


图 2-33 简单型

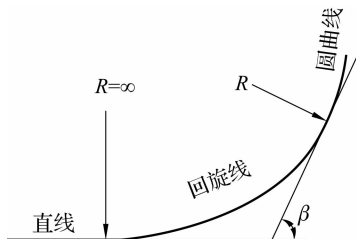


图 2-34 基本型

3) S 形

如图 2-35 所示,两个反向圆曲线用两段反向回旋线连接的组合形式,称为 S 形。从行驶力学和线形协调、超高过渡上考虑,S 形曲线相邻两个回旋线的参数值 A_1 和 A_2 宜相等;若采用不同的参数,则 A_1 与 A_2 之比应小于 2.0,有条件时以小于 1.5 为宜。

S 形的两个反向回旋线以径相连接为宜。S 形中两圆曲线的半径之比也不宜过大,一般应控制在

$$\frac{R_1}{R_2} \leq 2$$

式中, R_1 为大圆半径, m ; R_2 为小圆半径, m 。

4) 卵形

如图 2-36 所示,用一个回旋线连接两个同向的圆曲线,即按直线—回旋线—圆曲线—回旋线—圆曲线—回旋线—直线的顺序组合而成的线形称为卵形。

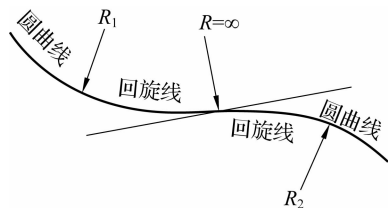


图 2-35 S形

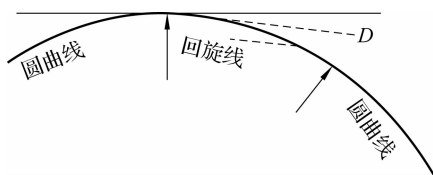


图 2-36 卵形

要求大圆能完全包住小圆,且不是同心圆。如果大圆半径为无限大,那么它就是直线,属于基本型。所以,可以认为卵形曲线是具有基本型的一般线形,只不过卵形的回旋线不是从原点开始的,而是曲率从 $1/R_1$ 到 $1/R_2$ 的一段。

卵形曲线用一个回旋线连接两个圆曲线,其公用回旋线的参数 A 宜控制的范围为

$$\frac{R_2}{2} \leq A \leq R_2$$

式中, R_2 为小圆半径, m。

两圆曲线半径之比应控制的范围为

$$0.2 \leq \frac{R_2}{R_1} \leq 0.8$$

两圆曲线的间距宜控制的范围为

$$0.003 \leq \frac{D}{R_2} \leq 0.03$$

式中, D 为两圆曲线间的最小间距, m。

5) 凸形

如图 2-37 所示,两段同向回旋线之间不插入圆曲线而径相连接的组合形式(圆曲线长度为零),称为凸形。

凸形的回旋线最小参数及其连接点处的曲率半径值,应分别符合容许最小回旋线参数 (A 值)和圆曲线一般最小半径的规定。

凸形在两回旋曲线衔接处曲率发生突变,对行车不利,因此,在平面线形设计中一般情况下最好不采用凸形,只有在路线受到地形条件限制的山嘴或特别困难情况下才可考虑使用。

6) 复合型

如图 2-38 所示,将两个以上的同向回旋线在曲率相等处相互连接的线形,称为复合型。

复合型的相邻两个回旋线参数之比以小于 $1:1.5$ 为宜。复合型中的回旋线在中途是变化的,所以驾驶者中途要变更速度以适应变化后的回旋线,这是行驶中所不希望的。除互通式立体交叉匝道线形设计外,复合型仅在受地形或其他特殊原因限制时使用。

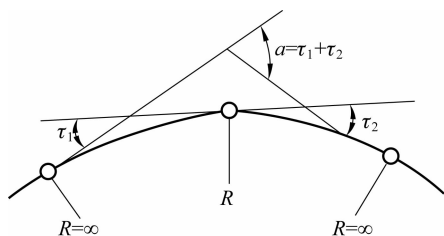


图 2-37 凸形

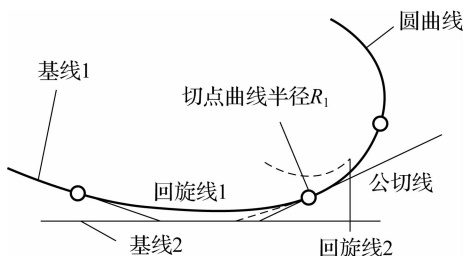


图 2-38 复合型

7) C 形

如图 2-39 所示,两同向回旋线在曲率为零处径向连接的组合线形,称为 C 形。其连接处曲率为 0,相当于两基本型的同向曲线中间的直线长度为零,这种线形对行车不利。因此,C 形曲线只有在特殊地形条件下才会采用,两个回旋线的参数值既可相等,也可不等。

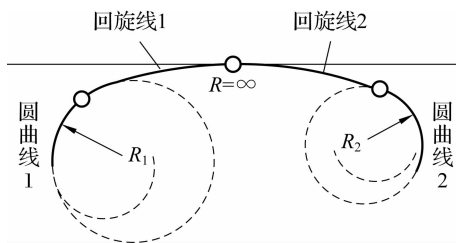


图 2-39 C 形

3. 选择平曲线半径

无论采用何种形式的曲线均要涉及曲线半径的选择。前面所述的半径计算公式是在分析汽车横向行驶稳定的基础上得出的半径限值(既要保证汽车转弯时行车安全又要保证行车有一定的舒适性),也就是《标准》规定的 3 个最小半径。但在实际工作中,曲线半径既不能直接用公式计算,也不能直接采用技术标准规定的最小值。具体做法是先按控制要求试算出一个半径,然后对照标准确定曲线的最终半径和形式。

1) 平曲线初选半径

初选半径时一般依据公路等级、技术标准、地形条件、地物控制、导线布设、特殊要求等进行反算。试算时,先不考虑曲线形式,一律按简单型曲线考虑,把上述的各种条件与曲线元素公式或切线支距、偏角公式建立联系进行试算。

(1) 依据地形、地物条件初算半径。

① 单项控制条件下反算曲线半径。如图 2-40 所示,某山岭重丘区高速公路的路线经过地区曲线角分线方向上有一处水井,实测得到交点 JD 到水井的距离为 E_M ,则试定曲线半径的控制因素 $E_{控}$ 为

$$\left. \begin{aligned} E_{控} &= E_M - E_N - E_Q \\ R &= \frac{E_{控}}{\sec \frac{\alpha}{2} - 1} \end{aligned} \right\}$$

② 多项控制条件下反算曲线半径。某曲线路段经过的实地地形条件如图 2-41 所示。路线拟从楼房和河间穿越并适当绕避悬崖,经过技术经济初步比较,各自的权重为:挤占河岸 0.5,拆楼 0.3,劈崖 0.2。在进行曲线半径选择时应使河岸处的路线部分不进入河道,并留出半个路基宽度和附属设施宽度,因此,应以河岸作为主要控制因素;曲线所经过地段有一处楼房,尽量不拆迁以降低工程造价。此处的路线可能是两项控制都符合的理想线位,也可能只满足一个,若不拆楼房,路线可能向外摆,挤占河道,导致河岸个别处需要做防护。权衡二者利弊,并根据经济和特殊要求,尽量使路线不上悬崖,以节省工程数量。因此,本段路线应分别按照河岸、悬崖、楼房等控制曲线形式、曲线半径及回旋线长度。河岸和楼房的主要控制要素皆为外距方向的 E 值,悬崖位于曲线前半段起点处,控制要素为切线方向某点的 y 值。

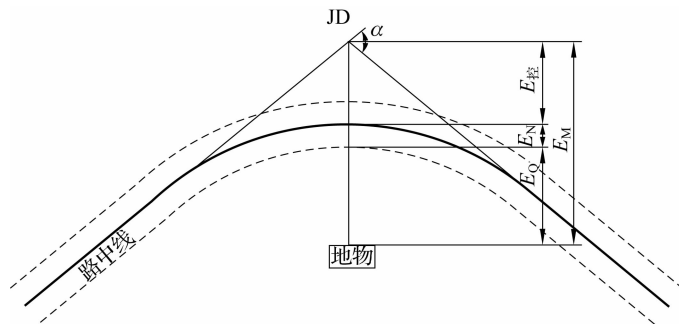


图 2-40 单项条件控制反算半径

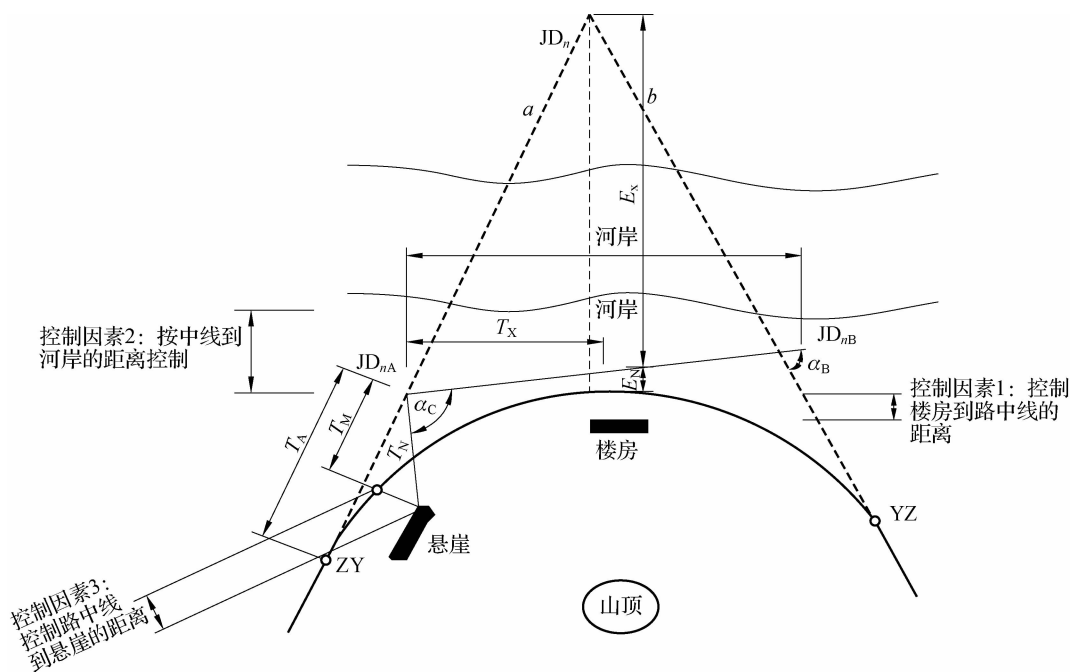


图 2-41 多项条件控制反算半径

a. 按外矢距控制要素, 试算半径。河岸和楼房均位于曲线外距方向, 先不考虑楼房, 暂按河岸控制要素初选半径, 检查与楼房的距离。

设 $JD_n \sim JD_{nA}$ 间距为 a , $JD_n \sim JD_{nB}$ 间距为 b , 路线转角分别为 α_A, α_B , 则

$$\left. \begin{aligned} E_x &= \frac{a \sin \alpha_A}{\sin \left[180 - \left(\frac{\alpha_A + \alpha_B}{2} \right) - \alpha_A \right]} \\ E_{\text{控}} &= E_x + E_N \\ R_1 &= \frac{E_{\text{控}}}{\sec \left(\frac{\alpha_A + \alpha_B}{2} - 1 \right)} \end{aligned} \right\}$$

式中, E_x 为角分线与基线交点到虚交点 JD_n 间的距离; E_N 为公路半个建筑限界; $E_{\text{控}}$ 为控制外距。

b. 用切线方向 y 值试算验证初选半径。设从 JD_{nA} 到曲线 ZY 点的距离为 T_A , 悬崖处切线点到 JD_{nA} 的距离为 T_M , JD_{nA} 到悬崖的控制距离为 T_N , 实测控制悬崖处到路线 JD_{nA} 连线与基线夹角为 α_C , 则由图中的几何关系可列出关系式

$$\left. \begin{aligned} T &= R \tan \frac{\alpha_A + \alpha_B}{2} \\ T_A &= T - a = T - \frac{T_{AB} \sin \alpha_B}{\sin(\alpha_A + \alpha_B)} \\ x &= T_A - T_M = T_A - T_N \cos(\alpha_A + \alpha_C) \\ y &\approx \frac{x^2}{2R} \\ y &= T_N \sin(\alpha_A + \alpha_B) \end{aligned} \right\}$$

解上列方程组可得第二次试算半径

$$R_2 = T_{AB} \sin \alpha_B \left[2 \sec \frac{(\alpha_A + \alpha_B)}{2} - \cos \frac{(\alpha_A + \alpha_B)}{2} \right]$$

比较 R_1 和 R_2 , 确定最终控制因素。

(2) 根据导线布设方式试算半径, 如图 2-42 所示。

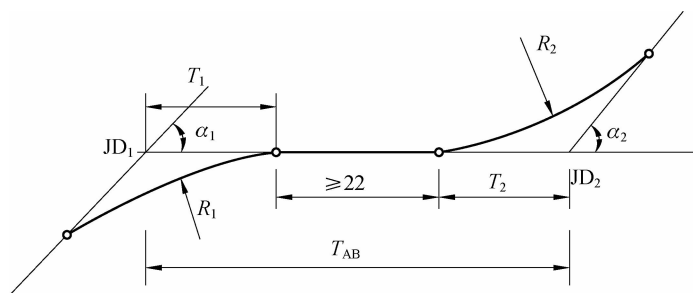


图 2-42 根据导线布设方式试算半径

对同向或反向复曲线来说,“顺路导线”对曲线形式的控制较严,下面以两个相邻交点分别预设单曲线为例进行说明。 JD_1 与 JD_2 间用全站仪测得的距离为 T_{AB} , 各自的路线转角分别为 α_1 与 α_2 , 已知 JD_1 处的曲线半径为 R_1 , 曲线形式为简单型曲线, 回旋线长为 L_s , 现确定 JD_2 处的曲线半径。 JD_2 处的曲线半径受 JD_1 处切线长、基线总长和中间直线段长度等条件限制无法取太大值, 同时又因受技术标准限制不能取值太小, 因此, JD_2 处可用的最大曲线半径 R_2 为

$$\left. \begin{aligned} R_2 &= \frac{T_{AB} - 2V - T_1}{\tan\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)} \\ T_1 &= R_1 \tan \frac{\alpha_1}{2} \end{aligned} \right\}$$

式中, V 为设计速度, km/h。

(3) 根据曲线最短长度控制半径。当已知交点偏角且其他条件不受限制时, 如果平曲线

半径选的过小,则曲线长度必然太短,对行车不利。此时,应用平曲线的最短长度来控制半径,其计算公式为

$$R = \frac{180L}{\alpha\pi}$$

式中, L 为要求的平曲线长度,m; α 为曲线转角, $(^\circ)$ 。

2) 确定曲线最终的半径与形式

列出公路等级采用的平面设计标准,根据 R_{\min} 、 $R_{\text{一般}}$ 、 $R_{\text{免}}$ 试算半径,取百米或十米整数倍(取定时要注意符合控制要求)。将初步取定的平曲线半径与技术标准的3个最小半径对比,如果 $R_{\text{试算}} < R_{\text{免}}$,则可以设置为基本型曲线,否则应设置为简单型曲线。复曲线主曲线半径的选定与单曲线相似。主曲线选定的半径值既要符合控制条件,又要符合技术标准且应为百米或十米整数倍;而复曲线的副曲线半径不一定能够取整,有时会使主、副曲线不能够对接,所以一般应保留两位小数。

学习单元九 路线平面设计成果整理

路线平面设计的技术成果主要包括图纸和表格两部分。其中,图纸有路线平面设计图、路线平面总体设计图、道路用地图、路线交叉设计图、纸上移线图;表格有直线、曲线及转角表,逐桩坐标表,路线交点坐标表(或含在“直线、曲线及转角表”中),路线固定表,总里程及断链桩号表(或含在“直线、曲线及转角表”中)等。各种图纸和表格的样式可以参见交通运输部颁布的相关示例,这里仅就主要的表格“直线、曲线及转角表”“逐桩坐标表”和主要的图纸“路线平面设计图”予以说明。

1. 直线、曲线及转角表

“直线、曲线及转角表”是路线平面设计的重要成果之一。它集中反映了公路平面线形设计的成果和数据,是施工放线和复测的主要依据。只有在完成“直线、曲线及转角表”以后,才能据此填写“逐桩坐标表”和绘制“路线平面设计图”。此外,在作路线的纵断面、横断面设计和其他构造物设计时都要使用该表的数据。表中应列出交点号、交点坐标、转角值、曲线各要素值、曲线位置、直线长度及方向、断链等,其中“交点坐标”一栏,视公路等级和测设情况取舍,具体见表 2-17。

2. 逐桩坐标表

逐桩坐标表是高等级公路平面设计成果之一,是公路中线放样的重要资料。高等级公路的线形指标高,表现在平面上的圆曲线半径较大、回旋线较长,因此在测设和放样时须采用坐标法以保证其测量精度。逐桩坐标表示例见表 2-18 和表 2-19。

表 2-17 直线、曲线及转角表

第 页 共 页

S2—4

某公路某段

交点号	交点坐标		交点桩号	转角值	曲线要素值						校正值
	X	Y			半径	回旋线长度	切线长度	曲线长度	外距	桩号	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
起点	41 808.204	90 033.595	K0+000.000	—	—	—	—	—	—	—	
2	41 317.589	90 464.099	K0+652.716	右 35°55'25.0"	800.00	0.000	256.777	496.934	40.199	16.620	
3	40 796.308	90 515.912	K1+159.946	左 57°32'52.0"	250.00	250.00	162.511	301.100	301.100	23.922	
4	40 441.519	91 219.007	K1+923.562	左 34°32'06.0"	150.00	150.00	66.753	130.412	130.412	3.091	
5	40 520.204	91 796.474	K2+503.273	右 78°53'21.0"	200.00	200.00	187.380	320.375	320.375	54.385	
6	40 221.113	91 898.700	K2+764.966	左 51°40'28.0"	224.130	224.130	128.667	242.140	242.140	15.191	
7	40 047.399	92 390.466	K3+271.313	左 34°55'51.0"	150.000	150.000	67.323	131.449	131.449	3.197	
8	40 190.108	92 905.941	K3+802.980	右 22°25'25.0"	600.000	600.000	118.932	234.820	234.820	3.044	
终点	40 120.034	93 480.920	K4+379.175	—	—	—	—	—	—	—	

交点号	曲线位置			直线长度及方向			测量断链		备注		
	第一缓和曲线起点	第一回旋线终点或圆曲线起点	曲线中点	第二回旋线或圆曲线终点	第二缓和曲线起点	直线长度 /m	交点间距 /m	计算方位角或计算方向角		桩号	增减长度 /m
1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
起点	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	K0+395.939	K0+644.406	K0+892.873	—	395.939	652.716	174°19'25.0"	—	—	—
3	K0+997.435	K1+047.435	K1+147.985	K1+248.535	K1+298.535	104.562	523.850	116°46'33.0"	—	—	—
4	K1+856.809	K1+896.809	K1+922.015	K1+947.221	K1+987.211	558.274	787.538	82°14'27.0"	—	—	—
5	K2+315.893	K2+360.893	K2+476.081	K2+591.268	K2+636.268	328.672	582.805	161°07'48.0"	—	—	—
6	K2+636.299	K2+676.299	K2+757.369	K2+838.439	K2+878.439	0.031	316.078	109°27'20.0"	—	—	—
7	K3+203.995	K3+243.995	K3+269.720	K3+269.444	K3+335.444	325.556	521.546	74°31'29.0"	—	—	—
8	—	K3+684.048	K3+801.458	K3+918.868	—	348.604	534.859	96°56'54.0"	—	—	—
终点	—	—	—	—	460.307	579.239	—	—	—	—	—

设计:

复核:

审核:

表 2-18 逐桩坐标表 1

某公路某段

S2—14

第 页 共 页

桩号	X	Y	桩号	X	Y
QDK0+000.000	42 520 669.711 0	4 858 224.387 0	+460.000	42 520 395.500 5	4 858 564.555 7
+020.000	42 520 651.485 2	4 858 232.622 3	YHK0+474.510	42 520 395.104 1	4 858 579.051 8
+040.000	42 520 633.259 4	4 858 240.857 7	+480.000	42 520 395.388 6	4 858 584.534 3
+060.000	42 520 615.033 7	4 858 249.093 0	+500.000	42 520 398.034 7	4 858 604.348 2
ZHK0+065.101	42 520 610.385 3	4 858 251.193 4	+520.000	42 520 402.226 7	4 858 623.902 1
+080.000	42 520 596.827 7	4 858 257.372 0	HZK0+524.510	42 520 403.255 5	4 858 628.292 9
+100.000	42 520 578.844 6	4 858 266.121 0	+540.000	42 520 406.797 5	4 858 643.372 8
HYK0+115.101	42 520 565.620 0	4 858 273.406 9	+560.000	42 520 411.370 6	4 858 662.842 9
+120.000	42 520 561.427 5	4 858 275.941 4	+580.000	42 520 415.943 8	4 858 682.313 0
+140.000	42 520 544.901 9	4 858 287.195 5	+600.000	42 520 420.516 9	4 858 701.783 2
+160.000	42 520 529.4162	4 858 299.842 2	+620.000	42 520 425.090 0	4 858 721.253 3
QZK0+172.622	42 520 520.231 8	4 858 308.497 4	+640.000	42 520 429.663 2	4 858 740.723 5
+180.000	42 520 515.087 3	4 858 313.786 1	+660.000	42 520 434.236 3	4 858 760.193 6
+200.000	42 520 502.023 5	4 858 328.921 7	ZYK0+660.643	42 520 434.383 3	4 858 760.819 4
+220.000	42 520 490.323 6	4 858 345.134 6	+680.000	42 520 438.827 7	4 858 779.659 5
YHK0+230.142	42 520 484.940 2	4 858 353.729 4	+700.000	42 520 443.458 0	4 858 799.116 1
+240.000	42 520 480.063 8	4 858 362.295 7	+720.000	42 520 448.127 1	4 858 818.563 4
+260.000	42 520 471.010 9	4 858 380.126 9	+740.000	42 520 452.835 2	4 858 838.001 4
+280.000	42 520 462.587 3	4 858 398.266 1	QZK0+746.865	42 520 454.460 1	4 858 844.670 9
HZK0+280.142	42 520 462.528 1	4 858 398.395 7	+760.000	42 520 457.582 1	4 858 857.429 9
+300.000	42 520 454.271 1	4 858 416.455 2	+780.000	42 520 462.367 9	4 858 876.848 8
+320.000	42 520 445.955 0	4 858 434.644 2	+800.000	42 520 467.192 5	4 858 896.258 2
+340.000	42 520 437.638 8	4 858 452.833 3	+820.000	42 520 472.056 0	4 858 915.657 8
+360.000	42 520 429.322 6	4 858 471.022 3	YZK0+833.086	42 520 475.259 2	4 858 928.346 1
+380.000	42 520 421.006 4	4 858 489.211 4	+840.000	42 520 476.955 8	4 858 935.048 3
ZHK0+392.068	42 520 415.988 3	4 858 500.187 1	+860.000	42 520 481.864 0	4 858 954.436 7
+400.000	42 520 412.702 4	4 858 507.405 9	+880.000	42 520 486.772 2	4 858 973.825 1
+420.000	42 520 404.906 9	4 858 525.821 1	+900.000	42 520 491.680 4	4 858 993.213 5
+440.000	42 520 398.789 3	4 858 544.849 5	+920.000	42 520 496.588 6	4 859 012.601 9
HYK0+442.068	42 520 398.303 7	4 858 546.860 2	+940.000	42 520 501.496 8	4 859 031.990 3
QZK0+458.289	42 520 395.658 1	4 858 562.852 1	ZYK0+944.350	42 520 502.564 4	4 859 036.207 4

设计:

复核:

审核:

表 2-19 逐桩坐标表 2

某公路某段

S2—14

第 页 共 页

桩号	坐标/m		方向角	桩号	坐标/m		方向角
	X	Y			X	Y	
K1+500.00	40 632.336	90 840.861	116°46'33.0"	K2+140.00	40 471.158	91 436.529	82°14'27.0"
K1+540.00	40 614.316	90 976.527	116°46'33.0"	K2+160.00	40 473.858	91 456.346	82°14'27.0"
K1+570.00	40 600.801	90 903.355	116°46'33.0"	K2+180.00	40 476.558	91 476.463	82°14'27.0"
K1+600.00	40 587.286	90 930.139	116°46'33.0"	K2+200.00	40 479.258	91 495.980	82°14'27.0"
K1+630.33	40 573.623	90 957.216	116°46'33.0"	K2+220.00	40 481.959	91 515.797	82°14'27.0"
K1+669.00	40 556.202	90 991.561	116°46'33.0"	K2+240.00	40 484.659	91 535.613	82°14'27.0"
K1+680.00	40 551.246	90 991.740	116°46'33.0"	K2+260.00	40 487.359	91 555.430	82°14'27.0"
K1+700.00	40 542.236	91 019.416	116°46'33.0"	K2+280.00	40 490.059	91 575.247	82°14'27.0"
K1+720.00	40 533.226	91 037.272	116°46'33.0"	K2+300.00	40 492.759	91 595.064	82°14'27.0"
K1+750.00	40 519.711	91 064.055	116°46'33.0"	ZH+315.00	40 494.905	91 610.809	82°14'27.0"
K1+780.00	40 506.196	91 090.838	116°46'33.0"	K2+340.00	40 497.902	91 634.730	84°05'26.5"
K1+800.00	40 497.186	91 108.694	116°46'33.0"	HY+360.00	40 499.302	91 655.568	88°41'08.7"
K1+820.00	40 488.176	91 126.549	116°46'33.0"	K2+380.00	40 498.828	91 674.665	94°09'37.3"
K1+840.00	40 479.166	91 144.405	116°46'33.0"	K2+400.00	40 496.383	91 694.506	99°53'23.8"
ZH+856.31	40 471.593	91 159.412	116°46'33.0"	K2+420.00	40 491.969	91 714.005	105°37'10.3"
K1+870.00	40 465.708	91 171.216	115°56'42.1"	K2+440.00	40 485.631	91 732.965	111°20'56.7"
HY+896.81	40 455.191	91 195.860	109°08'09.7"	K2+460.00	40 477.431	91 751.198	117°04'43.2"
K1+900.00	40 454.177	91 198.885	107°55'03.1"	QZ+476.00	40 469.544	91 765.206	121°41'06.9"
QZ+922.01	40 448.963	91 220.253	99°38'19.1"	K2+500.00	40 455.794	91 784.761	128°32'16.2"
K1+940.00	40 447.061	91 238.126	92°38'19.1"	K2+520.00	40 442.573	91 799.757	134°32'16.2"
YH+947.00	40 446.902	91 245.344	89°52'50.9"	K2+540.00	40 427.920	91 813.357	139°59'49.1"
K2+960.00	40 447.413	91 258.112	85°46'43.6"	K2+560.00	40 411.983	91 825.427	145°43'35.6"
K1+980.00	40 449.567	91 277.993	82°29'23.3"	K2+580.00	40 394.921	91 835.845	151°27'22.1"
HZ+987.22	40 450.531	91 285.148	82°14'27.0"	K2+591.27	40 384.857	91 840.947	154°41'05.3"
K2+000.00	40 452.257	91 297.811	82°14'27.0"	K2+600.00	40 376.910	91 844.518	156°56'35.0"
K2+010.00	40 453.607	91 307.719	82°14'27.0"	K2+620.00	40 358.262	91 851.740	160°17'15.4"
K2+030.00	40 456.307	91 327.536	82°14'27.0"	GQ+636.27	40 342.893	91 857.077	161°07'48.0"
K2+050.00	40 459.007	91 347.353	82°14'27.0"	K2+650.00	40 329.916	91 861.563	160°31'48.6"
K2+070.00	40 461.707	91 367.170	82°14'27.0"	K2+670.00	40 311.219	91 866.655	157°30'02.7"
K2+100.00	40 465.757	91 396.895	82°14'27.0"	K2+700.00	40 284.324	91 881.898	149°57'30.4"
K2+120.00	40 468.459	91 416.712	82°14'27.0"	—	—	—	—

设计:

复核:

审核:

1) 中桩坐标的计算步骤

“逐桩坐标”即各个中桩的坐标,其计算和测量方法是按“从整体到局部”的原则进行的。具体计算步骤如下。

(1) 计算导线点坐标。对采用两阶段勘测设计的公路或一阶段设计但遇地形困难的路段,一般都要先进行平面控制测量。路线的平面控制测量多采用导线测量的方法,在有条件时可优先采用全球定位系统(global positioning system, GPS)的测量方法。导线测量的方法有经纬仪导线法、光电测距仪法和全站仪法。其中,全站仪法可以直接读取导线点的坐标,其他方法可以在测得各边边长及其夹角后用坐标增量法逐点推算其坐标。用 GPS 定位技术进行观测,则可在测站之间不通视的情况下高精度、高效率地获得测点的三维坐标。

(2) 计算交点坐标。当导线点经平差后的精度满足要求时,即可展绘在图纸上。直接定线时,以导线点为依据在现场直接测得路线各交点的坐标。直接定线的交点坐标若是用全站仪测量则可以很方便地获得。纸上定线的交点坐标可以在图纸上量取。

(3) 计算各中桩坐标。中桩坐标的计算步骤如下。

- ① 计算交点坐标并根据交点坐标计算路线转角,再结合 L_s 和 R 计算曲线元素。
- ② 计算曲线起(ZH 或 ZY)、终(HZ 或 YZ)点的坐标。
- ③ 计算直线或曲线上任意点的坐标。

2) 中桩坐标的计算原理及其公式

当计算 JD 坐标和曲线起、终点坐标时,一般是在同一坐标系内进行的,如图 2-43 所示,设 P 点的坐标为 X_P 、 Y_P ,则在 Q 点的坐标 X_Q 、 Y_Q 为

$$X_Q = X_P + S \cos \alpha \quad (2-17)$$

$$Y_Q = Y_P + S \sin \alpha \quad (2-18)$$

式中, S 为 P 、 Q 点之间的距离; α 为方位角。

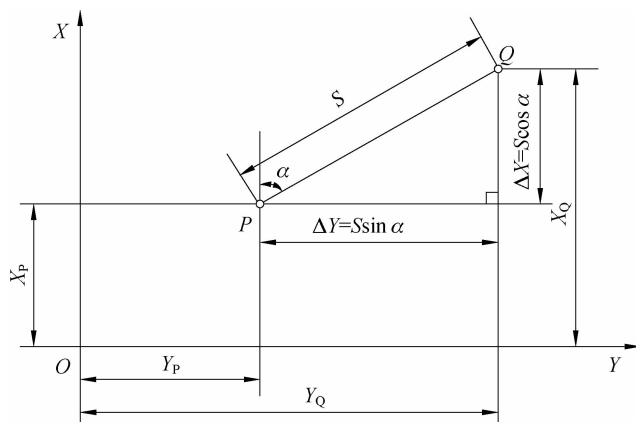


图 2-43 相同坐标系内点坐标计算

根据式(2-17)和式(2-18)可列出表 2-20 中的计算公式,在现场和室内设计或施工放线时可套用计算。

表 2-20 公路曲线大地坐标计算公式

计算桩点或 计算段落			坐标计算公式	
			横 坐 标	纵 坐 标
导线点和曲线起终点	交点	JD	$X_{\text{本}} = X_{\text{后}} + S_{\text{后} \sim \text{本}} \cos \alpha_{\text{后} \sim \text{本}}$	$Y_{\text{本}} = Y_{\text{后}} + S_{\text{后} \sim \text{本}} \sin \alpha_{\text{后} \sim \text{本}}$
	曲线起终点	ZH	$X_{\text{ZH}} = X_{\text{本}} + T_{\text{本}} \cos \alpha_{\text{本} \sim \text{后}}$	$Y_{\text{ZH}} = Y_{\text{本}} + T_{\text{本}} \sin \alpha_{\text{本} \sim \text{后}}$
		HZ	$X_{\text{HZ}} = X_{\text{本}} + T_{\text{本}} \cos \alpha_{\text{本} \sim \text{前}}$	$Y_{\text{HZ}} = Y_{\text{本}} + T_{\text{本}} \sin \alpha_{\text{本} \sim \text{前}}$
直线段	前直线		$X_{\text{前}} = X_{\text{本}} + (T_{\text{本}} + \text{ZH} - L_X) \cos \alpha_{\text{本} \sim \text{后}}$	$Y_{\text{前}} = Y_{\text{本}} + (T_{\text{本}} + \text{ZH} - L_X) \sin \alpha_{\text{本} \sim \text{后}}$
	后直线		$X_{\text{后}} = X_{\text{本}} + (T_{\text{本}} + L_X - \text{HZ}) \cos \alpha_{\text{本} \sim \text{前}}$	$Y_{\text{后}} = Y_{\text{本}} + (T_{\text{本}} + L_X - \text{HZ}) \sin \alpha_{\text{本} \sim \text{前}}$
曲线段	$X = X_0 + x \cos \delta - y \sin \delta \quad Y = Y_0 + x \sin \delta + y \cos \delta$ <p>式中, X_0、Y_0 为曲线起点或终点在大地坐标系中的坐标; X、Y 为曲线上的点在大坐标系中的坐标; α 为起算点与计算点连线的方位角; x、y 为曲线上的点在小坐标系中的坐标, 在计算左转曲线的前半个曲线及右转曲线的后半条曲线时, y 取负, 其他条件时, x 和 y 均取正; δ 为两坐标系坐标轴所夹的锐角, 顺时针为“+”, 逆时针为“-”</p>			

3. 路线平面设计图

公路路线平面图是指包括道路中线在内的有一定宽度的带状地形图。

路线平面设计图是公路设计文件的主要内容之一, 它综合反映了路线的平面位置、线形和几何尺寸, 还反映了沿线人工构造物和重要工程设施的布置及公路与周边环境、地形、地物和行政区划的关系等, 是设计人员设计意图的重要体现。平面设计图对提供有关部门审批、专家评议、日后指导施工、恢复定线等方面都有重要作用。

1) 公路路线平面设计图的比例尺和测绘范围

在工程可行性研究阶段、初步设计方案研究与比选阶段, 可采用 1:5 000 或 1:10 000 的比例尺测绘(或向国家测绘部门和其他工程单位搜集), 但是作为初步设计、施工图设计的设计文件的组成部分, 一般常用的比例是 1:2 000, 在平原微丘区可用 1:5 000, 在地形特别复杂的地段或重要设计路段(大中桥、大型交叉)可用 1:500 或 1:1 000。

路线带状地形图的测绘宽度一般为路中线两侧各 100~200 m。对 1:5 000 的地形图, 测绘宽度每侧应不小于 250 m。若有比较线, 则应将比较线包括进去。

2) 公路路线平面图的内容及绘制方法

在路线平面图中应标示出: 沿线的地形、地物; 路线位置及里程桩号、断链、平曲线主要桩位、控制桩位置及有关数据; 结构物及与其他交通路线的关系; 沿途地名及重要地理位置; 水准点、导线点及坐标网格或指北图式; 平曲线要素和导线、交点坐标表; 图标、角标、说明等。

在高等级公路设计文件中除了要绘制上述路线平面图外, 还应增绘公路平面总体设计图。在公路平面总体设计图中除应绘制路线平面图外, 还应给出路基边线、坡脚或坡顶线、

路线交叉的方式及平面形式,标示出服务区、停车场、收费站等。

(1)纸上定线导线及道路中线的展绘。

①平面图的布图。在展绘导线或中线以前,需按图幅的合理布局绘出坐标方格网。坐标网格尺寸采用 5 cm 或 10 cm,要求图廓网格的对角线长度和导线点间的长度误差均不大于 0.5 mm。然后按导线点(或交点,下同)坐标 X 、 Y 精确地点绘在相应位置上。每张导线图展绘完毕后,用三棱尺逐点复核各点间距,再用半圆仪校核每个角度是否与计算相符。复核无误后,再按“逐桩坐标表”提供的数据展绘曲线,并注明各曲线主要点以及公里桩、百米桩、断链桩的位置。对导线点、交点逐个编号,注明路线在本张图中的起点和终点里程等。

路线一律按前进方向从左至右画,在每张图的拼接处画出接图线。

②控制点的展绘。各种比例尺的地形图均应展绘和测出各等级三角点、导线点、图根点、水准点等,并按规定的符号表示。

③各种构造物的测绘。各类建筑物、构筑物及其主要附属设施应按相关测量规范的规定测绘和表示。各种线状地物,如管线、高、低压电线等应按实测示出其支架或电杆的位置。地下管线应详细测定其位置并标示出。公路及其附属物应按实际形状点绘。涵洞应注明洞底高程。公路交叉口应注明每条公路的走向,注记路面类型。公路与铁路交叉口应注明轨面高程。

④水系及其附属物的测绘。应注明海洋的海岸线位置、水渠顶边及底边高程、堤坝顶部及坡脚高程、水井井台高程、水塘塘顶及塘底的高程。河流、水沟等应注明水流流向。

(2)实地定线路线平面图的测绘。

①导线或公路中线的展绘。根据“直线、曲线及转角表”或“逐桩坐标表”展绘路线导线的方法有两种:一是坐标展绘法,按导线点(或交点)坐标 X 、 Y 精确地点绘其位置;二是正切展绘法,偏角按正切法绘出,即取 10 cm 作为横坐标,用偏角的正切值乘以 10 cm 作为纵坐标确定偏角方向,导线点(或交点)位置按比例绘出。

②平曲线敷设。一般采用切线支距法绘制平曲线。

③测绘带状地形图。收集一次定测得到的中平和基平资料及横断资料,作为现场测图时的参考依据。

利用展绘的导线,在现场以平板仪和经纬仪联合测图或者全站仪独立测图等方法测绘沿路线中线两侧各 150 m 左右的带状地形图。测图时,一般是以展绘的导线点作为测站点,当测站不足时可以在现场用支导线增设测站。

④勾绘等高线。根据实测资料在室内或现场整理带状地形图,并勾绘等高线。地物采用国家规定的符号标记。

⑤整理平面图。路线平面图上的路中线应布置在图幅中央的位置,每页起、终点宜位于同一条水平线上。路中线用宽为 0.9 mm 的笔加粗(包括直线段和曲线段),等高线中的计曲线和地物轮廓线用宽为 0.6 mm 的笔加粗,其余可用宽为 0.3 mm 的笔勾画线条。在地形图上除要表示中线(标注里程桩)及其两侧的地形、地物外,还应有曲线表、水准点的位置及高程、桥涵的位置及桩号、指北针等数据或者图符。

路线平面设计图如图 2-44 所示。