

第 1 章 总 论

1.1 道路运输的特点和国内外道路发展概况

1.1.1 道路运输的特点

交通运输是国民经济的基础产业，是社会扩大再生产和商品经济发展的先决条件，对促进国民经济持续、快速、健康发展和社会、文化的进步具有重要作用。随着社会主义市场经济体制的逐步建立，沿海、沿江、沿边对外开放的进一步扩大，随着产业结构的调整，农业结构的转变，区域经济的发展，人民生活水平的提高和消费结构的转变，对运输的需求更加旺盛。为适应社会主义市场经济体制的需要，对交通运输提出了更高的要求。

现代交通运输系统是由铁路、道路、水运、航空及管道等 5 种运输方式组成。这 5 种运输方式在技术、经济等方面各有特点，各自适应一定的运输要求及自然、地理等条件。它们在国民经济发展计划统筹安排下，合理分工、协调发展、取长补短、相互衔接，形成了完整的综合运输体系。

道路运输在综合运输体系中占有极重要的位置。它具有面的性质，它可以进行“门对门”的直达运输，也可以与其他运输方式相配合，起到客货集散、运输衔接等作用。其主要特点有：

(1) 适应性强 道路网分布面宽，密度大，其分布区域比铁路、水运要大十几倍，而且它能深入工矿和山村，中转环节少，货运损失也较少。

(2) 机动性好 汽车运输可以随时调动、装卸、起运，可以运送少量客货，也可以运送大量客货，可以单独运行，也可以组队运输，这对国防和山区建设有重要意义，特别是在农村经济发展中占有优先的地位。

(3) 速度快捷 在中、短途运输中，特别是在高等级道路上运行，比铁路运输更快。随着人民生活水平的提高，旅游事业的发展，客货运输中的中、短途运输增加很快，它可以减少货物积压，加快资金周转，改善经营管理，提高经济效益，特别对特殊货物及鲜货等的紧急运输有重要意义。

(4) 投资较少 道路建设原始投资较少，车辆购置费也较低，资金周转快，社会效益也较显著。

(5) 运输费用较高 与铁路和水上运输相比，道路运输的费用较高，特别在低等级道路上长途运输，车速低，运输成本相对较高。此外，汽车行驶中发动机的废气含有害成分，特别在车辆密度大的区域会造成环境污染。

1.1.2 我国道路发展概况

建国以来，我国道路事业发展很快，技术上也有很大进步。建国初期，我国可通车的公路里程仅 8.07 万 km，1985 年通车里程达 94 万 km，到 1999 年底就达到 133.6 万 km，其中高速公路 11000 km。同时我们也看到，我国道路建设还严重滞后于交通需求：公路数量少，

等级低 路况差 混合交通严重 至今还没有一条贯通我国东西或南北的高等级公路 国道网中平均昼夜交通量超过设计能力上限的路段占国道网总里程的一半以上, 约 3 万 km 的国道主干线交通量超过通行能力 1 倍以上。因此“九五”规划将进一步提高公路网的密度和通达深度 同时将重点实施“两纵两横”国道主干线及 3 条重要路段。两条纵干线是: 同江—三亚(含长春—珲春支线)及北京—珠海; 两条横干线是: 连云港—霍尔果斯及上海—成都(含万县—南充—成都支线); 3 条重要路段是: 北京—沈阳, 北京—上海及重庆至北海西南出海通道。以上约 1.8 万 km 其中 70% 采用高速公路标准建设, 并将联结我国主要经济区域一百多个省会和中心城市, 基本贯通国道主干线, 重要港口和陆上主要口岸的干线公路的混合交通和拥挤状况将有明显改观。公路质量也有所提高, 500 车次/日以上等级公路基本实现高级或次高级路面。规划到 2020 年将基本建成“五纵七横”国道主干线 除上述的“二纵二横”还有三条纵干线是北京—福州(含天津—塘沽支线和泰安—淮阴连接线)二连浩特—河口及重庆—湛江 五条横干线是 绥芬河—满州里、丹东—拉萨(含天津—唐山支线) 青岛—银川、上海—瑞丽(含宁波—杭州—南京支线)及衡阳—昆明(含南宁—友谊关) 还要建成 45 个公路主枢纽。我国城市道路发展也很快 北京、上海、天津及广州等大城市已修建了快速干道和各种互通式或分离式立体交叉和高架桥等。

1.1.3 国外道路发展概况

相比之下, 国外的道路运输比我国要发达得多。早在第二次世界大战以后, 道路运输首先在几个发达的国家迅速地发展起来。由于道路运输对环境的适应能力很强, 道路上可以行驶不同的车辆, 旅客和货物等可以直接由起点运到终点, 在距离不很长的情况下, 效率很高, 表现出很强的竞争能力。因此在竞争中道路的运输量大幅度上升, 而原来运输量大的铁路客货运输量却大幅度下降。表 1-1、表 1-2 的统计数字即表明了这一点。

发达国家交通方式所占的比例表 表 1-1

国名	年度	道路(%)	海运(%)	铁路(%)	合计(百万吨公里)
法国	1986	67.1	3.7	29.2	164000
	1987	69.2	3.5	27.2	172000
	1988	70.3	3.7	25.9	195600
原联邦德国	1986	55.0	20.8	24.2	250000
	1987	57.1	19.2	23.7	249500
	1988	57.6	19.9	22.5	266400
英国	1985	64.2	26.2	9.6	159100
	1986	60.5	29.9	9.6	172000
	1987	61.3	29.3	9.4	184800
美国	1985	32.3	20.3	47.4	3036000
	1986	33.0	20.4	46.6	3092000
	1987	33.0	21.3	46.9	3330000
日本	1985	47.5	47.4	5.1	433893
	1986	49.7	45.5	4.8	434685
	1987	50.5	44.9	4.6	408585

发达国家全国道路里程覆盖国土面积比例表

表 1-2

国 名	高速公路里程 (km)	主干线公路里程 (km)	国土面积 (km ²)	高速公路里程/国土面积 (km/10 ³ km ²)	主干线公路里程/国土面积 (km/10 ³ km ²)
美 国	84361	733601	9372614	9.00	78.27
原联邦德国	8970	39814	248694	36.61	160.09
英 国	3100	15406	299988	10.33	51.36
法 国	7100	35070	551000	12.88	63.65
意大利	6216	51862	301277	20.63	172.14
日 本	4661	50941	377801	12.33	134.84

从以上数据可以看到 发达国家 除美国外 的道路在交通运输中都占有较大的比例 其原因就在于发达国家不仅是道路路线长,而且高等级公路占的比例大,道路网布局密度大,道路交通占全国交通总量的比例大,在交通运输中起着重要的作用。以原联邦德国为例:至1988年时的近30年中,其汽车客运能力增加了15%,铁路客运能力仅增加了5%,公路货物运输增加了85%而铁路货物运输几乎未增加。

1.1.4 道路测设新技术的发展概况

(1)利用电子计算机技术使道路工程设计中 CAD 技术的应用环境不断改善和提高

计算机辅助设计(CAD)在我国的发展已有近20年的历史。多年来在我国政府及有关主管部门的高度重视和大力支持下,这一技术的推广、应用、普及已经取得了很好的成绩。许多工程设计单位装备了国际先进水平的CAD系统,具备了用CAD技术完成勘察设计全过程的能力,并且培养了一批既有丰富工程经验又能进行软件开发的综合人才,形成了一支上万人的CAD技术骨干队伍,为我国工程设计技术的腾飞奠定了基础。CAD技术以其高效、精确和工程效益最佳成为推动我国工程设计改革、促进技术进步、提高设计质量、降低工程造价、发挥投资效益的一项重要措施,成为中国工程设计水平的重要标志之一。

我国大规模CAD技术的应用开始于80年代后期,至今已在全国几乎所有的高等级道路上采用,其内容涉及到道路路线、互通式立交、桥梁、涵洞等的分析计算和图表绘制应用计算机技术改变了过去人画手算的传统作业方式,使设计图纸面貌一新,更重要的是它实现了快速优化设计,大幅度地提高了设计质量。实践表明:计算机优化纵断面设计,可降低工程造价5%~10%;道路路线设计系统的应用替代了以往70%~90%的设计计算工作量和60%~70%的出图工作量,它将整个道路设计水平向前推进了一大步。计算机三维实体造型技术的实现,改变了以往对设计目标的几何检查仅靠设计人员对设计图纸进行仔细的复核审核来确保其在几何上的正确性和相容性的做法,而是直接采用通过道路全景透视图、复合透视图或动态透视图的办法来全面真实地反映拟建道路在竣工后的概貌。

(2)利用计算机技术对道路工程地质进行遥感解译

利用电子计算机结合道路工程地质遥感解译的技术来进行道路勘测设计,是一种先进的测设方法和重大的综合应用技术,它的研究和应用是对道路传统测设方法的一场革命,是对道路规划、勘测和设计的变革,有着划时代的意义。目前我国遥感技术在道路工程地质中的应用及研究主要包括:1)区域地质;2)地质构造和不良地质;3)水文地质(地表水、地下浅水范围);4)古河道、软土等几个方面的解译,尤其是应用遥感资料在区域地质情况比较复杂的地区进行道路工程地质的遥感解译,具有明显的解译效果。对道路可行性研究阶段的初步设计,用于路线方案比选、指导工程勘探等方面可以收到事半功倍的效果。可见,通

过航测遥感图像的解译。能获取道路工程设计所需的主要工程地质资料，可使道路路线线形布置在结合地形、地质、水文、筑路材料等自然条件的合理位置，达到合理利用地形，避免或最小限度地接触不良地质地段、道路沿线的水文条件良好、筑路材料料场接近路线的走廊范围，尽可能地选用较高的技术指标，从而提高道路的测设和使用质量。

(3)利用计算机技术与航空摄影测量技术相结合进行地形图测绘和形成数字化地模

(4)利用计算机技术与全球卫星定位系统(GPS)进行快速控制测量和其他高精度测量

全球卫星定位系统(GPS)是一个世界范围的、全天候的卫星导航系统，它由卫星部分、地面控制部分和用户接收机三部分组成。

卫星部分由均匀分布在6个相对于赤道的倾角为 55° 的近似圆形轨道上的24颗卫星组成。轨道面的夹角为 60° ，轨道平均高度为20200km，12恒星时绕地球一周，这样的布局可以保证全球任一测站在任何时刻均能收到4颗以上卫星的信号。

每一个工作的GPS卫星给用户不同的信号，当用户能同时看到4颗卫星时，就可以测定未知位置的接收机到已知卫星的4个瞬间距离。利用常规的三边测量技术，就可以确定用户在四维坐标中(即一个三维坐标和一个时间值)的位置。

用户接收机由主机、电源和天线组成。主机的核心为微电脑、石英振荡器及输出设备，在专用软件控制下进行对GPS工作卫星的选择、数据采集、加工、传输、处理和存贮，并对设备系统状态进行检查、报警，对部分非致命故障的排除和承担整个接收系统的自动管理。天线一般采用全方位型的，能采集来自各个方位的卫星信号。

目前GPS的观测方法基本为多普勒法、伪距法、干涉法、载波相位法等4类，国外约有百余厂家生产不同观测及处理方法的接收机。从总的趋势来看，接收机的体积越来越小，操作越来越简单，耗电越来越省，而处理能力则越来越强。

GPS全球卫星定位系统特别适合于勘探测量、工程放样、碎部测量等。它可以迅速地实时测定大批点位的坐标成果，并且对所测的控制网或导线点没有通视的要求，因此，它大大地减少了测量时的外业工作量，生产效率和测量精度均显著提高。

近年来，国内已对高等级道路实施GPS控制测量和部分导线测量(如石家庄—太原、宁通、乌鲁木齐—奎屯、徐州—连云港、海口—文昌、平罗—青铜峡等高速公路或一级公路均采用了GPS进行控制测量)取得了速度快、精度高、经济效益显著的效果。目前，利用GPS进行高等级道路的测量已经在全国范围内全面展开。

1.2 道路的基本组成及作用

按道路所在位置、交通性质及其使用特点，道路可分为公路、城市道路、厂矿道路、林区道路及乡村道路等。公路是连接城市、农村、厂矿基地和林区的道路。城市道路是城市内道路。厂矿道路是厂矿区内道路，林区道路是林区内道路，它们在技术方面有很多相同之处。下面主要介绍公路和城市道路。

1.2.1 公路的组成及作用

公路是线形结构物，它包括线形和结构两个组成部分。

1. 线形组成

公路线形是指公路中线的空间几何形状和尺寸。这一空间线形投影到平、纵、横三个方

向而分别绘制成反映其形状、位置和尺寸的图形 就是公路的平面图、纵断面图和横断面图 公路设计中 平、纵、横三方面是相互影响 相互制约 相互配合的 设计时应综合考虑。

平面线形由直线、圆曲线和缓和曲线等基本线形要素组成。纵断面线形由直线（直坡段）及竖曲线等基本要素组成。公路线形设计时必须考虑技术经济和美学等的要求

2. 结构组成

公路的结构是承受荷载和自然因素影响的结构物 它包括路基、路面、桥涵、隧道、排水系统、防护工程、特殊构造物及交通服务设施等。不同等级的公路在不同的条件下其组成会有所不同，如汽车停车场在汽车行驶数量少的公路就不必设置。

(1)路基 是行车部分的基础 它承受路面传递下来的行车荷载 它是由土、石按照路线位置和一定技术要求修筑成的土工带状体。

(2)路面 是用各种筑路材料铺筑在公路路基上供车辆行驶的构造物。它直接承受行车荷载和自然因素的作用，供车辆在上面以一定车速安全而舒适的行驶。

(3)桥涵 桥梁是为公路、城市道路等跨越河流、山谷等天然或人工障碍物而建造的建筑物。涵洞是为宣泄地面水流而设置的横穿路堤的小型排水构造物。在低等级道路上 当水流不大时可修筑用大石块或卵石堆筑的具有透水能力的透水路堤和通过平时无水或水流很小的宽浅河流而修筑在洪水期间允许水流漫过的过水路面。在未建桥的道路中断处还可设置渡口、码头等。

(4)排水系统 为了防止地面水及地下水等自然水浸蚀、冲刷路基 确保路基稳定，需设置排水构造物 除上述桥涵外 还有边沟、截水沟、排水沟、跌水、急流槽、盲沟、渗井及渡槽等。这些排水构造物组成综合排水系统，以减轻或消除各种水对道路的危害。

(5)隧道 隧道是为道路从地层内部或水底通过而修筑的建筑物。隧道可以缩短道路里程并使行车平顺快速。

(6)防护工程 在陡峻山坡或沿河一侧的路基边坡修建的填石边坡、砌石边坡、挡土墙、护脚及护面墙等可加固路基边坡保证路基稳定的构造物。在易发生雪害的路段可设置防雪栅、防雪棚等。在沙害路段设置控制风蚀过程的发生和改变沙粒搬运及堆积条件的设施 沿河路基可设置导流结构物如顺水坝、格坝、丁坝及拦水坝等间接防护工程。

(7)特殊构造物 在山区地形、地质复杂路段 可修建悬出路台、半山桥及防石廊等以保证道路连续和路基稳定的构造物。

(8)交通服务设施 为了保证公路沿线交通安全、管理、服务及环境保护的一些设施 如照明设备、交通标志、护栏、中央分隔带、隔音墙、隔离墙、加油站、停车场、食宿站及绿化和美化设施等

1.2.2 城市道路的组成及作用

城市道路将城市的主要组成部分如居民区、市中心、工业区、车站、码头及其他部分连接起来 形成完整的道路系统 通常其组成如下：

(1)机动车道和非机动车道。

(2)人行道（包括地下人行道及人行天桥）。

(3)交叉口、步行广场、停车场、公共汽车站。

(4)交通安全设施 人行地道、人行天桥、照明设备、护栏、标志、标线等。

(5)排水系统 街沟、雨水井、窨井及雨水管等。

(6)沿街设施 照明灯柱、电线杆、邮筒及给水栓等。

(7)地下各种管线 电缆、煤气管及给排水管道等。

(8)绿化带。

(9)大城市还有地下铁道、高架桥等。

道路工程的主体是路线、路基(包括排水系统及防护工程等)和路面三大部分。在道路设计中它们是相互联系、相互影响的。路线设计中要有经济合理的线形,还应充分考虑通过地区的自然与地貌等因素,以保证路基的稳定性。路基设计要求具有足够的强度和稳定性,以保证路面结构的整体强度和稳定性,保证行车安全和快速。

1.3 道路的等级划分

1.3.1 公路的等级划分

按交通部部颁《公路工程技术标准》(JTJ001—97)以下简称《技术标准》根据使用任务、功能和适应的交通量分为高速公路、一、二、三、四 5 个等级。

(1)高速公路 具有 4 个或 4 个以上车道,设有中央分隔带,全部立体交叉并具有完善的交通安全设施与管理设施、服务设施 全部控制出入,专供汽车分向、分车道高速行驶的公路。一般能适应按各种汽车(包括摩托车)折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 25000 辆以上 具有特别重要的政治、经济意义。

(2)一级公路 它与高速公路设施基本相同,只是部分控制出入,一般能适应按各种汽车 包括摩托车 折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 15000~30000 辆 是连接高速公路或是某些大城市的城乡结合部、开发区经济带及人烟稀少地区的干线公路

(3)二级公路 一般能适应按各种汽车(包括摩托车)折合成中型载重汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 3000~7500 辆,为中等以上城市的干线公路或者通行于工矿区、港口的公路。

(4)三级公路 一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 1000~4000 辆,为沟通县、城镇之间的集散公路。

(5)四级公路 一般能适应按各种车辆折合成中型载重汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 双车道 1500 辆以下 单车道 200 辆以下,为沟通乡、村等地的地方公路

公路等级应根据公路网的规划和远景交通量的发展,从全局出发结合公路的使用任务、性质等综合决定。远景设计年限为 高速公路、一级公路为 20 年 二级公路为 15 年 三级公路为 10 年 四级公路一般为 10 年,也可以根据实际情况适当缩短。

车辆折算系数,以中型载重汽车为标准的车辆折算系数参考表 1-3。

车 辆 折 算 系 数

表 1-3

车 型	中型汽车	小客车	拖挂车	摩托车	大中小型拖拉机	畜力车	人力车	自行车
折算系数	1.0	0.5	1.5	0.5	1.0	2.0	0.5	0.1

公路的技术标准是法定的技术准则,它是指公路线形和构造物的设计、施工在技术性能、几何尺寸、结构组成方面的具体规定和要求。它是在根据汽车行驶性能、数量、荷载等方面的要求和设计、施工及使用的经验基础上,经过调查研究和理论分析制定出来的。各级公路主要指标汇总如表 1-4。

表 1-4

各级公路主要指标汇总表

公路等级	高速公路				一				二				三				四			
	平原	微丘	重丘	山岭	平原	丘陵	重丘	山岭	平原	微丘	重丘	山岭	平原	微丘	重丘	山岭	平原	微丘	重丘	山岭
计算行车速度(km/h)	120				100	80	60	60	100	60	80	40	60	30	40	20				
车道数	8	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1或2					
行车道宽度(m)	2×15	2×7.5	2×7.5	7.5	7.0	2×7.0	2×7.0	2×7.5	25.5	22.5	9.0	7.0	6.0	3.5或6.0						
路基宽度(m)	一般值	42.5	35.0	27.5或28	26.0	24.5	22.5	22.5	25.5	22.5	12.0	8.5	7.5	6.5						
	变化值	40.5	33.0	25.5	24.5	23.0	20.0	20.0	24.0	20.0	17.0			4.5或7.0						
曲线半径(m)	极限最小值	650				400	250	125	125	400	125	250	60	125	60	15				
	一般最小值	1000				700	400	200	200	700	200	400	100	200	65	100	30			
中间带宽度(m)	不设超高最小值	5500				4000	2500	1500	1500	4000	1500	2500	600	1500	350	150				
	中央分隔带宽度	3.0(2.0)				2.0	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5									
路肩宽度(m)	左侧路缘带宽度	0.75(0.5)				0.75	0.5	0.5	0.5	0.50	0.5									
	中间带宽度	4.5(3.0)				3.5	2.5	2.5	2.5	3.0	2.5									
路肩宽度(m)	硬路肩宽度	3.25或3.5(3.0)				3.0	2.75	2.5	2.5	3.0	2.5									
	土路肩宽度	0.75				0.75	0.75	0.5	0.5	0.75	0.5	1.5	0.75	0.75	0.75	0.50或1.50				
停车视距(m)	210				160	110	75	75	160	75	110	40	75	30	40	20				
最大纵坡(%)	3				4	5	5	5	4	6	5	7	6	8	6	9				
桥涵设计车辆荷载	汽车——超20级				挂车——120				汽车——超20级				汽车——20级				汽车——10级			

注:1.表中括号内数值,当受条件限制时采用;

2.如中央分隔带下埋设管线等设施时,其宽度不得小于2.0m;

3.受地形条件或其他特殊情况限制时,经技术论证,最大纵坡可增加1%。

1.3.2 城市道路的等级划分

《城市道路设计规范》(CJJ37—90)按城市道路系统的地位、交通功能和对沿线建筑物的服务功能分为四类。

(1)快速路 主要为城市长距离交通服务,其技术要求为:

- 1)至少要有四个车道,中间设分车带,有自行车通过时应在两侧加设自行车道。
- 2)进出口采用全控制或部分控制。

3)大部分交叉口采用立体交叉,与次干道可采用平面交叉,与支路不能直接相交。过路行人集中点要设置过街人行天桥或地道。

(2)主干路 是城市道路网的骨架,它联系城市各主要分区、港口与车站等。自行车多时可采用机动车和非机动车分流的断面形式。

(3)次干路 它配合主干路组成城市道路网,连接城市各部分和集散交通。它是城市交通干路 兼有服务功能 可设置停车场。

(4)支路是一个地区(如居住区)内的道路,也是与干路的联系道路,它解决局部地区交通,以服务功能为主。部分支路可用以补充干道网的不足。

城市道路的分类和分级及主要技术指标可参考表 1-5。

城市道路的分类和分级及主要技术指标

表 1-5

项目类别	级别	计算车速(km/h)	双向机动车车道数(条)	机动车道宽度(m)	分隔带设置	横断面采用形式
快速路		60、80	≥ 4	3.75	必须设	双、四幅路
主干路	I	50、60	≥ 4	3.75	应设	单、双、三、四
	II	40、50	3~4	3.75	应设	单、双、三
	III	30、40	2~4	3.5~3.75	可设	单、双、三
次干路	I	40、50	2~4	3.75	可设	单、双、三
	II	30、40	2~4	3.5~3.75	不设	单
	III	20、30	2	3.5	不设	单
支路	I	30、40	2	3.5	不设	单
	II	20、30	2	(3.25~)3.5	不设	单
	III	20	2	(3.0~)3.5	不设	单

注:1. 各类道路依城市规模、交通量、地形分为:I、II、III级 大城市采用 I级 中等城市采用 II级 小城市采用 III级;
2. 设计年限规定 快速路、主干路为 20年 次干路为 15年 支路为 10~15年。

复习思考题

- 1-1 道路运输与其他运输方式的区别在何处?
- 1-2 道路(公路、城市道路)的组成、各部功能及要求是什么?
- 1-3 道路划分等级的依据及其功能是什么?

第 2 章 道路平面设计

道路是一个三维空间实体，是带状的空间结构物。其设计主要包括路线走向和线形设计两方面的问题，它们是密切联系又相互制约的。

路线设计应合理利用地形，正确运用技术标准，保证线形的均衡性。道路线形应在平、纵、横三方面进行综合设计，保持各元素之间的协调一致。这三方面的组合不仅要满足汽车动力性能的要求，而且还要满足驾驶员视觉和心理等方面的要求，这对保证汽车行驶安全舒适具有极其重要的作用。

道路平面线形是指道路中线投影到平面的几何形状和尺寸。平面线形设计时如受地形、地物等障碍的影响而发生转折，就需要设置圆曲线，为保证行车的舒顺与安全，在直线圆曲线间或不同半径的两圆曲线之间要插入缓和曲线，圆曲线与缓和曲线合称为平曲线

路线设计应妥善处理远期与近期、整体与局部的关系 结合地形、地物、地质、水文、气象、筑路材料等自然条件 充分考虑农业、环保等方面的要求 注意与铁路、航运、空运、管道等运输的配合协调，通过综合研究分析，认真进行方案比选，不同的路线方案应对其工程造价及对自然环境和社会环境的影响进行充分论证和分析，达到技术经济、环境效益相统一

2.1 选线 与 定线

2.1.1 选线的一般原则

道路路线是道路的骨架，道路选线是整个道路勘测设计的关键，它对道路的使用质量和工程造价都有很大的影响，所以需要综合考虑多种因素，妥善处理好各方面的关系，其基本原则如下：

(1)应根据道路使用任务和性质，综合考虑沿线国民经济发展情况和远景规划，正确处理好远期和近期的关系，使路线在路网中能起到应有的作用；

(2)选线应在保证行车安全、舒适、迅速的前提下 做到工程量小、造价低、营运费用省、效益好及有利于施工和养护；

(3)应注意与农田基本建设相配合，做到少占耕地，且尽量避免占用经济作物田或穿过经济林园等；

(4)应注意选择地质稳定、水文地质条件较好的地带通过；

(5)应重视环境保护，注意由于道路修建、汽车交通运行产生的影响和污染；

(6)充分利用有利地形 正确运用技术标准 搞好路线平、纵、横三方面的结合 力求平面短捷舒顺、纵面平缓均匀及横断面经济稳定。

运用上述选线原则选择路线时对不同的地形条件、不同等级的道路，会有不同的侧重

2.1.2 各种地形条件下路线走向的选择

1. 平原微丘区选线

平原区地面起伏变化微小，有时有轻微的起伏和倾斜。平原地区除泥沼、盐渍土、河谷

漫滩、草原、戈壁、沙漠等外，一般多为耕地，居民点分布较密，在天然河网湖区，还有湖泊、水塘、河汉多等特点。

平原区选线，地形对路线的制约不大，平、纵、横三方面的几何线形容易达到较高的技术标准，但往往会受当地自然条件和地物的影响，路线布置时应注意如下几点：

(1)根据平原区地形条件和地物分布的特点，路线布置应尽可能顺直短捷，一般采用较长直线，较大半径的曲线及中间加入缓和曲线的线形；

(2)路线布置要注意支援农业，少占农田，紧密与农田水利建设相结合，使路线既不片面求直而占用大片良田，也不片面强调不占农田而使路线弯曲过多，造成行车条件恶化；

(3)路线穿越城镇居民区时，要做到靠城不进城，利民不扰民；

(4)平原区河渠湖泊较多，桥涵工程量大，路线在跨越水道时，无论在平面或纵断面上，都要尽可能不破坏路线的平顺性。

2. 山岭重丘区选线

山岭地区山高谷深，坡陡流急，地形地质条件复杂，山脉水系清晰，气候上暴雨多、山洪急，溪流水位变化幅度大，路线方向明确，不是顺山沿水就是横越山岭，顺山沿水的路线按线位所在部位不同，又可分为沿河线、山腰线、山脊线等。在一条相当长的路线中，往往不是一种形式的路线，而是由几种形式的路段相互交替组成。这里只重点介绍沿河线、越岭线的选线要点。

(1)沿河线

沿河线是沿山谷溪流两岸布置的路线。一般地面纵坡较缓，纵面受制约小，由于溪谷较窄，溪流又多曲折，路线平面受制约较大，所以沿河线的布置主要应处理好对岸的选择、线位高低和跨河岸地点三者之间的关系：

1)河岸选择 路线应选在台地较低、支沟小且少和水文地质条件较好的一岸；在积雪冰冻地区，应选在阳坡和迎水的一岸，除高等级公路外，一般路线可选择村庄居民点较多、人口较密一岸，以方便群众；

2)跨河换岸地点 跨主河桥与河岸选择相互依存，互相影响，跨支流桥应服从路线走向。所以要处理好桥位和桥头布置问题，可采用斜、直桥等以适应线形设计的要求；

3)线位高低 线位高低应综合考虑地形、地质、水流情况、路线的技术等级和工程经济而定。一般采用低线位，但必须做好洪水调查，把路线放在设计洪水位的安全高度上，以保证路基稳定和安全。

(2)越岭线

越岭线是在适当地点穿越垭口，走向与山脉方向大致垂直的路线。其特点是需要克服很大的高差，路线的长度和平面位置主要取决于纵坡的安排。因此越岭线的选线以纵断面设计为主导，布线时主要处理好垭口的选择、过岭标高和垭口两侧路线展线方案三者之间的关系：

1)垭口选择

垭口是决定越岭线方案的重要控制点，在符合路线总方向的前提下，应综合地质、气候、地形等条件，从可能通过的垭口中，选择标高较低和两侧利于展线的垭口。对于垭口虽高、但山体薄窄的分水岭，采用过岭隧道方案有可能成为最合适的越岭方案。

2)过岭标高

过岭标高应结合路线等级、地质情况、两侧山坡展线方案和过岭方式等因素，经过技术经济比较后选定，通常高等级公路采用隧道，低等级公路采用路堑。采用路堑形式时，深挖可使路线平顺；浅挖使土石方数量减少，但路线较曲折。当深挖超过 25~30m 以上时，采用隧道往往比路堑经济。

3) 垭口两侧展线方案

越岭线两侧展线时中间各控制点的地形、地质条件可采用如下三种形式：

- A. 自然展线 是以适当坡度顺着自然地形，利用绕山嘴、侧沟来延展距离、克服高差；
- B. 回头曲线 是指当中间控制点的高差较大，靠自然展线无法取得必需的距离以克服高差时，路线可利用地形设置回头曲线进行展线；
- C. 螺旋展线 当路线受限制很严，需要在某处提高或降低某一高度才能充分利用有利地形，而且无法采用其他展线方式时，可考虑采用螺旋展线的方法。

2.1.3 定线

定线是根据既定的技术标准和路线方案，结合地形、地质条件，综合考虑平、纵、横三方面的合理安排，具体定出道路中线的确切位置。要求在平面上定出路线的交点和平曲线半径，在纵断面上定出变坡点及设计坡度，在横断面上定出中心填挖尺寸和边坡坡率。定线是道路设计中很关键的一步，它不仅要解决工程、经济方面的问题，而且对如何使道路与周围环境相协调，满足驾驶人员视觉和心理反应要求，以及道路本身线形的美观问题都要在其过程中充分考虑。

影响定线的因素很多，涉及的知识面也很广，因而应当吸收桥梁、水文、地质等专业人员参加，发挥各种专业人员的才能和智慧，使定线成为各专业组协作的共同目标。道路定线质量在很大程度上还取决于采用的定线方法，常用的有纸上定线、实地定线和航测定线三种方法。

1. 纸上定线

纸上定线是在大比例尺地形图上具体确定道路中线的位置。

(1) 准备工作

在地形图上标绘各个控制点、应避让的地段和区域。

(2) 根据地形和地物初定路线的位置

在相邻控制点之间，根据所经过的不同地形和地物分布情况，参照准备工作所标绘应避让的地段和区域，满足一定标准和要求，选择合适的路线位置，沿着前进方向加密中间控制点。

(3) 定线

定线必须满足技术标准的有关规定，同时又要参照初拟的路线位置进行。根据不同地形特点，定线方法有“直线型定线法”和“曲线型定线法”。直线型定线法是先定出与地形相适应的一系列直线，然后用适当的曲线把相邻的直线连接起来的传统定线方法。曲线型定线法是借助弯尺先定出圆曲线，然后用缓和曲线相互连接的以曲线为主的定线方法。

确定平面线形是一个反复试定、检查和调整的过程，直到找出符合标准的最佳路线后，再进行下一步工作。

(4) 纵断面设计

路线的平面线形确定以后，可按照规定要求设置中桩，绘制路线的纵断地面线，进行纵

断面设计。

(5) 最佳横断面修整

在路线的平面和纵断面基本确定以后，应绘制出地面横坡较陡地段以及其他可能高填深挖处的横断面，找出最佳横断面位置，由此修整平面或横断面设计线形。

(6) 现场核对

在室内利用地形图进行纸上定线后的平、纵、横断面的成果，应再到现场进行实地核对检查。

2. 实地定线

实地定线即直接在现场确定中线，此法常用于技术标准较低和地形等条件简单的公路

3. 航测定线

航测定线是利用航空测量资料（航摄像片、航测地形图等）借助航测仪器来建立立体模型进行定线，再到实地放线。如此可将大量野外工作移到室内，能扩大视野，不受气候和自然地理环境的限制。

2.2 道路平面线形

2.2.1 直线、平曲线

1. 直线

直线是平面线形设计的基本要素之一，是平原区道路的主要线形，具有距离短、易布线等特点。但直线条形缺乏灵活性，不易与地形、地物等自然环境相协调，应用受到限制。如直线路段过长 景色单调和公路环境缺少变化 易引起驾驶员的疲倦、注意力难以集中 对行车安全不利。所以长直线路段应根据地形、地物、驾驶员的心理状态及保证行车安全等合理布设。

直线的最大与最小长度应有所限制，其与曲线长度的比例应合理。直线的最大长度及其在曲线间最小长度可参考表 2-1。

直线最大长度及其在曲线间最小长度

表 2-1

公路等级		高速公路				一级		二级		三级		四级	
计算行车速度(km/h)		120	100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
直线最大长度(m)		2400	2000	1600	1200	2000	1200	1600	800	1200	600	800	400
直线最小长度(m)	同向曲线间(m)	720	600	480	360	600	360	480	240	360	180	240	120
	反向曲线间(m)	240	200	160	120	200	120	160	80	120	60	80	40

2. 平曲线

在道路平面图中，道路沿线平曲线的平顺程度不一样，要受到曲线敷设处技术条件的限制。平曲线技术标准主要有圆曲线半径和平曲线最小长度技术指标。

(1)圆曲线半径计算的一般公式

汽车在曲线道路上行驶时，除受重力外，还要受到离心力的影响。离心力使汽车产生向

外侧滑和倾覆。因此，圆曲线半径值的确定即依汽车行驶横向稳定性而定。

圆曲线上道路横断面如图 2-1:

当汽车在半径为 R 的曲线外侧行驶时，汽车上的作用力有：

$$\text{离心力 } P = \frac{mv^2}{R} = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$\text{重力 } G = mg$$

汽车在曲线上行驶时所受的横向力 X ：

$$X = P \cos \alpha - G \sin \alpha = \frac{mv^2}{R} \cdot \cos \alpha$$

$$- mg \sin \alpha \approx \frac{mv^2}{R} - mgi_1$$

式中 α ——路面横坡角 ($^\circ$)；

(当 α 角很小时 $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx i_1$)

i_1 ——路面横坡；

v ——汽车行驶速度 (m/s)。

为准确反映汽车在曲线上行驶的稳、定、安全和舒适程度，常用单位车重所受的横向力表示，即

$$\frac{X}{G} = \frac{v^2}{gR} - i_1$$

令横向力系数 $\mu = \frac{X}{G}$ ，则：

$$\mu = \frac{v^2}{gR} - i_1 \quad (2-1)$$

由上式可以看出，半径愈大， μ 愈小，汽车在曲线上行驶的稳定性和舒适性愈好。可得出圆曲线半径的计算公式为：

$$R = \frac{v^2}{g(\mu - i_1)} \quad (2-2)$$

当车速 v (m/s) 换算为 V (km/h) 可写成式：

$$R = \frac{V^2}{127(\mu - i_1)} \quad (2-3)$$

按上述原理可推导出汽车行驶于曲线内侧时，曲线半径为：

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i_1)}$$

由此可以得出圆曲线的半径公式为：

$$R = \frac{V^2}{127(\mu \pm i_1)} \quad (2-4)$$

汽车在具有超高的平曲线上行驶时，曲线半径为：

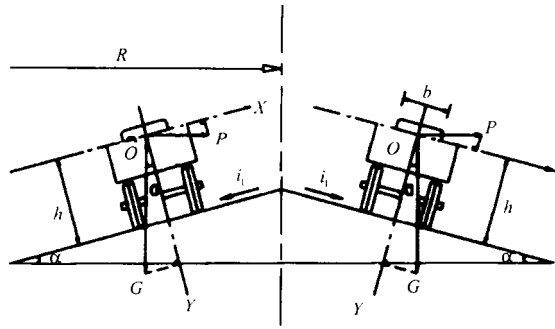


图 2-1 汽车在曲线上行驶的横向力
(a) 内侧；(b) 外侧

$$R = \frac{V^2}{127(\mu + i_B)} \quad (2-5)$$

式中 i_B ——平曲线超高横坡度。

当设计车速一定时 曲线半径与横向力系数和超高横坡度有关,《技术标准》规定 高速公路、一级公路的超高横坡度不应超过 10% 其他各级公路不应超过 8% 在积雪寒冷地区,最大超高横坡度不宜大于 6%。曲线半径 R 与横向力系数 μ 的关系密切相关。

横向力系数 μ 的合理取值与下列因素有关:

1) 汽车的横向倾覆稳定性

如图 2-1 汽车出现横向倾覆的极限条件为横向力引起的倾覆力矩等于车重所产生的稳定力矩。

倾覆力矩为 Xh

稳定力矩为 $(G \cos \alpha \pm F \sin \alpha) \frac{b}{2}$

由两者平衡得出,

$$Xh = (G \cos \alpha \pm F \sin \alpha) \cdot \frac{b}{2} \approx (G \pm \frac{mv^2}{R} \cdot i_1) \cdot \frac{b}{2}$$

忽略 $F \sin \alpha$ 则

$$Xh = \frac{b}{2} \cdot G \text{ 即}$$

$$\mu = \frac{b}{2h} \quad (2-6)$$

式中 b ——车轴的轮距 (m);

h ——汽车重心高度 (m)。

由式 (2-6) 可得到汽车不产生倾覆的稳定条件为:

$$\mu \leq \frac{b}{2h} \quad (2-7)$$

现代汽车设计中轮距一般为车重心高的 2 倍 因此,

$$\mu \leq 1.0$$

道路设计中所使用的横向力系数值远小于 1.0 因此 平曲线上汽车的倾覆稳定性是可以保证的。

2) 汽车的侧滑稳定性

路面与轮胎之间的横向摩擦系数为 f 汽车与路面之间的抗滑力为:

$$F = f \cdot G = f \cdot mg \text{ 即}$$

$$f = \frac{F}{G} = \frac{F}{mg}$$

导致汽车横向侧滑的力是横向力系数,由此可得出保证汽车不出现横向侧滑的条件为:

$$\mu \leq f$$

$$\text{或 } R \geq \frac{V^2}{127(f \pm i_1)} \quad (2-8)$$

横向摩擦系数与路面潮湿程度、路面类型及车速等有关,其中与路面的潮湿程度关系最大。

一般水泥混凝土路面 f 值为 0.4~0.6 沥青路面为 0.4~0.8 ,路面冰冻积雪时为 0.2~0.3 在平滑的冰雪路面上 若不加防滑链 , f 小于 0.2。所以 f 值取 0.10~0.15 时, 在干燥与潮湿路面均可以较高车速安全行驶。

3 按行车舒适性确定

横向力系数 μ 值的大小对乘客的承受能力及舒适感有很大影响, 具体如下:

$\mu < 0.1$ 时 乘客感觉舒适;

$\mu = 0.15$ 时, 乘客感到不适;

$\mu = 0.2$ 时 行车不平稳 乘客有不安全感。

所以从舒适感出发, f 值取 0.10~0.15 也是比较安全的。随着车速的增大 f 值应逐渐减小。

燃料消耗和轮胎磨耗与 μ 值关系

表 2-2

μ	燃料消耗(%)	轮胎磨耗(%)
0	100	100
0.05	105	160
0.10	110	220
0.15	115	300
0.20	120	390

4)按运营经济性确定

μ 值不同, 燃料消耗和轮胎磨耗也不同, 因此, 从运营经济出发, μ 值应不超过 0.15。燃料消耗和轮胎磨耗与 μ 值的关系见表 2-2。

(2) 平曲线最小半径

平曲线最小半径包括极限最小半径, 一般最小半径和不设超高的最小半径 《技术标准》规定的各级公路的平曲线最小半径值见表 2-3 城市道路规定值见表 2-4。

各级公路最小平曲线半径

表 2-3

公路等级	高速公路				一级		二级		三级		四级	
	120	100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
计算行车速度(km/h)	120	100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
极限最小半径(m)	650	400	250	125	400	125	250	60	125	30	60	15
一般最小半径(m)	1000	700	400	200	700	200	400	100	200	65	100	30
不设超高最小半径(m)	5500	4000	2500	1500	4000	1500	2500	600	1500	350	600	150

城市道路圆曲线最小半径

表 2-4

计算行车速度(km/h)	80	60	50	40	30	20
计算行车速度(km/h)	80	60	50	40	30	20
不设超高最小半径(m)	1000	600	400	300	150	70
设超高的一般最小半径(m)	400	300	200	145	90	40
设超高最小半径(m)	250	150	100	70	40	20

公路线形设计时, 应根据沿线地形等情况, 尽量选用较大半径。在受地形条件或其他特殊情况限制时, 方可采用表列极限最小半径。

1) 极限最小半径

极限最小半径是平曲线半径采用的最小极限值。道路平曲线半径为极限最小半径时, 应设置最大超高。

《技术标准》在计算极限最小半径时采用的超高及横向摩阻系数见表 2-5 代入公式 2-5) 计算 将计算结果取整数 即得出《技术标准》规定的极限最小半径值。

例如 某山岭重丘区四级公路, $V = 20(\text{km/h})$ 该路极限最小半径为:

$$R_{\text{极限}} = \frac{V^2}{127(f + i_B)} = \frac{20^2}{127(0.16 + 0.08)} = 13.1\text{m} \text{ 标准规定为 } 15\text{m}$$

极限最小半径的 i 及 f 值

表 2-5

计算行车速度(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
f 值	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
i 值	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

2) 一般最小半径

一般最小半径值是指在通常情况下采用的最小半径, 介于极限最小半径与不设超高最小半径之间, 其超高值随半径增大而按比例减小。它与计算行车速度、路面类型、自然条件有关。《技术标准》规定在计算一般最小半径时采用的超高及横向摩擦系数见表 2-6 代入公式 (2-5) 计算 将计算结果取整数 即得出《技术标准》规定的一般最小半径值。

一般最小半径的 i 及 f 值

表 2-6

计算行车速度(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
f 值	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
i 值	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06

例如 某山岭重丘区四级公路, $V = 20\text{km/h}$ 该路一般最小半径为:

$$R_{\text{一般}} = \frac{V^2}{127(f + i_B)} = \frac{20^2}{127(0.05 + 0.06)} = 28.6\text{m} \text{ 标准规定为 } 30\text{m}$$

3) 不设超高最小半径

不设超高最小半径是指道路平曲线半径较大、离心力较小时, 汽车沿双向路拱外侧行驶的摩擦力足以保证汽车行驶安全稳定所采用的最小半径。

《技术标准》规定不设超高最小半径是: 取用 $f = 0.035$ 、 $i = -0.015$ 代入公式 (2-4) 计算, 将计算结果取整数而得的。

例如, 某山岭重丘区四级公路, $V = 20\text{km/h}$ 该路的不设超高最小半径为:

$$R_{\text{不设}} = \frac{V^2}{127(\mu + i)} = \frac{400}{127(0.035 - 0.015)} = 354\text{m} \text{ 标准规定为 } 350\text{m}$$

选用的圆曲线半径最大不超过 10000m。

当曲线半径小于《技术标准》所列不设超高最小半径时 应在平曲线上设置超高。

在城市道路建设区, 由于两侧建筑已形成, 如设超高与两侧建筑物标高不易配合, 因此, 城市道路可适当降低标准。

(3) 平曲线最小长度

汽车在道路平曲线上行驶时, 驾驶员因操作方向盘频繁而紧张, 在高速行驶的情况下是非常危险的。同时, 如曲线长度过短, 离心加速度变化率较大, 乘客心理状态非常不好而且转角 $< 7^\circ$ 时, 曲线长度会显得比实际短, 引起曲线半径小的感觉, 对行车安全不利。因此, 要保证必要的曲线长度。

1) 按 6s 确定平曲线最小长度

汽车在较短的曲线上行驶时感到操作困难, 根据经验, 应最小按 6s 通过时间设置曲线

长度。以这样的曲线长度作为由两条缓和曲线组成的平曲线不会使人体感到不适，因此平曲线长度为：

$$L = vt = \frac{V}{3.6} \cdot 6 = 1.67V(\text{m})$$

如受地形条件限制，汽车在圆曲线上行驶至少有 3s 时间，因此圆曲线最小长度为：

$$L = vt = \frac{V}{3.6} \cdot 3 = 0.84V(\text{m})$$

各级公路平曲线、圆曲线最小长度规定值见表 2-7。

各级公路平曲线、圆曲线最小长度

表 2

公路等级 曲线长度(m)	高速公路(km/h)				一级(km/h)		二级(km/h)		三级(km/h)		四级(km/h)	
	120	100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
平曲线最小长度	200	170	140	100	170	100	140	70	100	50	70	40
圆曲线最小长度	100	85	70	50	85	50	70	35	50	25	35	20

城市道路平曲线、圆曲线最小长度规定值见表 2-8。

城市道路平曲线、圆曲线最小长度

表 2-8

计算行车速度(km/h)	80	60	50	40	30	20
平曲线最小长度(m)	140	100	85	70	50	40
圆曲线最小长度(m)	70	50	40	35	25	20

2) 按离心加速度变化率确定平曲线最小长度

离心加速度变化率为：

$$p = \frac{v^2}{Rt}$$

式中 p —— 离心加速度变化率 (m/s^3)；

R —— 曲线半径 (m)；

v —— 计算行车速度 (m/s)；

t —— 汽车在曲线上的行驶时间 (s)。

$$L = 2vt = 2v \cdot \frac{v^2}{pR} = 2 \frac{v^3}{pR} = \frac{2V^3}{(3.6)^3 pR}$$

式中 V —— 计算行车速度 (km/h)。

3 按视觉的要求确定平曲线最小长度

当曲线转角 $< 7^\circ$ 时，曲线长度会被误认为比实际曲线短，给驾驶员造成急转弯的错觉。为避免造成视觉错误、保证行车安全，在进行平面线形设计时尽量不采用此种曲线。当受条件限制时 转角 $< 7^\circ$ 的曲线必须设置成足够的长度，其规定值见表 2-9。