

第一章 绪论

第一节 我国公路交通事业的发展概况

交通运输事业是国民经济的重要组成部分，是国民经济的命脉。它担负着国家建设中原材料与产品的集散、城乡间的物资交流、战备物资运输任务，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，它在国家的政治、经济、军事、文化建设中具有重要作用。我国实现现代化，必须实现交通运输现代化。

现代交通运输有铁路、公路、水运、航空及管道等方式，这些运输方式在经济技术上各有其不同的特点。铁路运输适于运量大、运程远的货物及旅客运输；水路运输成本低，但速度慢，并受到航道的限制；航空运输速度快，但成本也高，适于运送旅客、紧急物资及邮件；管道运输由于受管线的限制，仅适于液态、气态及散装粉状材料的运输。公路运输与其它运输方式比较，具有如下特点：

(1) 机动灵活，能迅速集中和分散货物，做到直达运输，不需中转，可以实现直接“门”到“门”的运输，节约时间和费用，减少货损。

(2) 受交通设施限制少，是最广泛的一种运输方式，可伸展到任何山区、农村、机关、单位，在交通运输网中是其它各种运输方式联系的纽带，担任着“面”的运输任务。

(3) 适应性强，服务面广，时间上随意性强，可适于小批量运输和大宗运输。

(4) 公路运输投资少，资金周转快，社会效益显著。

(5) 与铁路、水运比较，公路运输由于汽车燃料价格高，服务人员多，单位运量小，所以在长途运输中，其运输成本偏高。但随着高等级公路的迅速发展，汽车制造技术的不断改进，运输管理水平的不断提高，这些不足正在逐步得到改善。

由于公路运输的这些特点，使公路得以快速发展。到 20 世纪 70 年代，经济发达国家大多改变了一个多世纪以来以铁路运输为中心的局面，公路运输在各种运输方式中起了主导作用，特别是现代高速公路的出现，使公路运输在经济建设中发挥更加重要的作用，并显示出广阔的发展前景。

我国是一个历史悠久的文明古国，道路业发展较早。但是，旧中国由于封建主义的束缚和反动统治者的腐败政治，加之近代帝国主义的压迫和掠夺，致使我国经济极端落后，公路运输发展也极端落后。从 1902 年上海输入第一辆汽车、1913 年修建第一条公路（长沙至湘潭公路）1918 年建立第一个专业汽车运输公司（张库运输公司）到解放前，全国仅有汽车 5 万辆，公路通车里程仅 8 万 km。公路不仅数量少，而且质量差、标准低，分布也不合理，大部分集中在东部沿海地区和中心地带，占国土面积三分之二的山区和边远少数民族地区几乎没有公路。

新中国成立 50 年来，公路事业发展很快。解放后不久，原有公路即全部恢复通车，新建公路的重点是西南、西北及其它山区和少数民族地区。经过三年恢复时期，全国公路通车

里程比解放前夕增加了 5 万多 km。1954 年底举世闻名的川藏、青藏公路全线通车，在公路建设史上谱写了光辉灿烂的篇章。20 世纪 60 年代中期，许多省、区已初步建成地方公路网，省区之间的干线公路也基本沟通。到 1976 年底，全国公路通车里程比新中国成立时增加了 18 倍；沥青路面铺筑里程为解放初期的 300 多倍。到 20 世纪 80 年代，形成了贯通各省、市、自治区大中城市、连接重要工矿基地、各大港口的运输枢纽，并与铁路、水运、航空等配合，伸向广大农村地区，全国 90% 的乡镇通了公路。

改革开放以来，特别是近十年来，我国公路建设飞速发展，在公路里程不断增加的同时，公路的技术标准和质量也不断提高。截止 1997 年底，公路总里程已达 122.6 万 km，其中高速公路从无到有，里程已达 4 771km。建国 49 年公路里程增加了 14 倍以上，公路密度由建国初的 $0.008\text{km}/\text{km}^2$ 提高到了 $0.128\text{km}/\text{km}^2$ 。全国所有的县、98.5% 的乡镇 86% 的行政村都通了公路。

20 世纪 80 年代初期，中国大陆还没有高速公路，为适应国民经济和社会发展的需要，“七五”期间，建成了沈阳~大连高速公路 522km；“八五”期间，又相继建成了京津塘、济南~青岛、成都~重庆等高速公路 1 619km，年均建成高速公路 324km；“九五”期间，已有石家庄~太原、上海~南京、长春~四平等一批高速公路相继竣工通车。近两年来，我国公路建设事业的发展更是突飞猛进，高速公路以平均每年 1 300km 的速度增加。目前，在我国公路路网总里程中，二级以上公路里程已占 10.7%，高级、次高级路面公路里程近 46.7 万 km 约占公路总里程的 38%。公路客货运量已分别占总运量的 90.6% 和 75.6%，客、货周转量分别占总周转量的 53.7% 和 13.5%。公路运输在综合运输体系中所占比重有了进一步的提高。

近年来，我国公路设计和施工技术有了很大提高。解放初期，我国公路测设、施工及交通运输经营管理技术非常落后。勘测设计工作主要靠技术人员现场实地定线测量，人工设计计算，测量精度低，设计计算速度慢，工作量大。施工单位设备差，技术落后，难于保障工程质量和施工进度。近年来，随着交通事业的发展，我国公路勘测设计及施工技术设备不断改善：测量上利用计算机技术与全球卫星定位系统（GPS）进行控制测量，速度快，精度高，经济效益显著。设计上，许多工程设计单位装备了具有国际先进水平的计算机辅助设计（CAD）系统，具备了用 CAD 技术完成勘察设计全过程的能力，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，为我国工程设计技术的腾飞奠定了基础。应用 CAD 技术进行公路路线、互通式立交、桥梁、涵洞的分析计算和图表绘制，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。更为重要的是，它实现了快速优化设计，大幅度提高了设计质量。公路工程施工改变了旧的经营管理体制，实行招投标制，施工企业进入市场竞争，自主经营，自负盈亏。企业在施工过程中，积极推广新技术、新工艺、新结构、新材料、新设备，提高了工程质量，缩短了施工周期，也获得了良好的经济效益。

我国公路建设虽然取得了很大成就，但还不能满足社会经济发展和人民生活的需要，与世界发达国家相比还有很大差距。美国与我国国土面积相近，但公路总里程为 630 多万 km。从公路网密度看 中国是美国的 $\frac{1}{5}$ 、日本的 $\frac{1}{24}$ 、印度的 $\frac{1}{5}$ 。到 1997 年底，我国的高速公路仅占总里程的 0.39%；二级以上公路只占总里程的 10.7%，等级较低的三、四级公路占总里程的 72%；还有近 23 万 km 等外路，占总里程的 20% 左右，50% 的国道上交通量已超出设计通行能力，有些路段上交通拥挤，交通事故频频发生，严重威胁着人民的生命财产安

全，制约着国民经济的发展。

为使我国公路逐步形成与国民经济发展格局相适应，与其它运输方式相协调，建立起快速、高效、安全的国道主干线系统，使公路通行能力在总体上适应国民经济和社会发展的需要，我国制定了国道主干线发展规划和“九五”（1996~2000）建设计划。国道主干线规划的主要内容是：从1991年开始，用30年左右的时间，建成12条长度约3.5万km的“五纵七横”国道主干线，将全国重要城市、工业中心、交通枢纽和主要陆上口岸连接起来，逐步形成一个与经济发展相适应的，主要由高速公路、一级公路组成的快速、高效、安全的国道主干系统。“五纵”全长约15590km，包括同江~三亚、北京~福州、北京~珠海、二连浩特~河口、重庆~湛江；“七横”全长约20300km，包括绥芬河~满州里、丹东~拉萨、青岛~银川、连云港~霍尔果斯、上海~成都、上海~瑞丽、衡阳~昆明。“九五”期间，我国将重点建设公路主骨架中的“两纵两横和三条重要路段”（即同江~三亚、北京~珠海、连云港~霍尔果斯、上海~成都以及北京~沈阳、北京~上海、重庆~北海），形成几条通过能力大、规模效益好的公路运输大通道。“两纵两横和三条重要路段”总长约17000km，到“九五”期末或更长一点时间，将全部贯通。公路事业发展的大好形势，也为我国广大公路工作者提供了一个施展才华的极好机遇，我们应该珍惜时光，努力学习，积极工作，为加快公路建设的步伐，促进我国交通事业的发展，做出新的贡献。

第二节 公路的组成与技术标准

一、公路的基本组成

公路工程主要是一种线形构造物，其基本组成主要包括路基、路面、桥梁、涵洞、隧道、排水工程、防护工程、路线交叉工程及路线沿线设施。高等级公路为进行交通组织，保障交通安全，提高服务质量，发挥公路效能，还设置了较完善的公路安全设施、管理服务设施、通信系统、监控系统、收费系统、供电照明系统、环境绿化工程等。

1. 路基

路基是公路的重要组成部分，是线形构造物的主体。它贯穿公路全线，与桥梁、隧道相连，构成公路的骨架。路基是路面的基础，它与路面共同承受车辆荷载的作用，所以路基必须具有足够的强度和整体稳定性。由于路基通常由天然土石材料填筑而成，因此要求路基应具有足够的水稳定性。路基在公路建设项目中，工程数量大，占用土地多，特别是工程量集中，水文、地质条件复杂的地段，施工更复杂，常常是决定路线方案的主要因素。为保证路基稳定，路基工程还包括必要的排水设施和防护支挡工程。路基构造的基本型式如图1-1。路基横断面按填挖情况可分为路堤、路堑、半填半挖路基三种基本型式，如图1-2所示。

2. 路面

路面是公路与汽车车轮直接接触的结构层，主要承受车轮荷载和磨耗，同时不断经受自然气候的侵蚀和影响，因此要求路面应具有足够的强度、稳定性、平整度

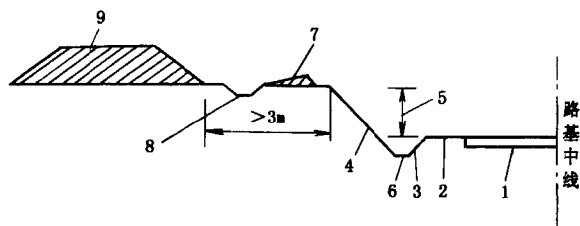


图 1-1 路基构造基本型式

1-路面；2-路肩；3-内侧边坡；4-外侧边坡；5-边坡高度；6-边沟；7-土埂；8-截水沟；9-弃土堆

和粗糙度。路面通常用力学性能较好的材料铺筑而成。路面工程质量直接影响到公路的使用性能和服务质量。较完整的路面结构按各结构层的层位和作用可分为上面层、下面层、基层、底基层、垫层等。路面按其使用性能及材料组成可分为高级路面、次高级路面、中级路面和低级路面；按其力学性能可分为刚性路面、柔性路面和半刚半柔性路面；按其所用材料不同可分为沥青路面、水泥混凝土路面、碎（砾）石路面等。

3. 桥梁、涵洞

公路上用来跨越河流、山谷的建筑物叫做桥梁。此外，当公路跨越铁路或公路跨越公路或其它道路时，也常设置跨线桥形成立体交叉。桥梁主要由上部构造、下部构造和附属设施组成。按桥梁主要承重构件的受力情况，桥梁可分为梁式桥、拱桥、刚架桥、吊桥和组合体系桥。按上部结构所用材料可分为木桥、钢筋混凝土桥、圪工桥、钢桥等。按桥的长度和跨径大小可分为特大桥、大桥、中桥、小桥和涵洞。有特色的桥梁往往成为一种景观。涵洞是修建在路基中，用来渲泄水流或作交通之用的构造物。涵洞和桥梁的区别在于，当单孔跨径小于 5m，多孔跨径总长小于 8m 时叫涵洞，否则即为桥梁。圆管涵和箱涵不论管径或跨径大小，孔数多少，均称为涵洞。

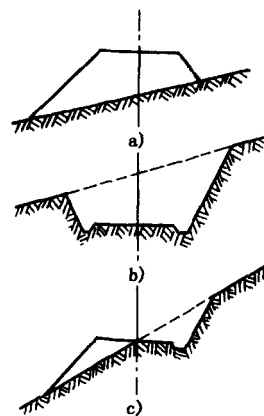


图 1-2 路基横断面基本型式
a)路堤;b)路堑;c)半填半挖路基

4. 隧道

山区公路，路线往往要翻越垭口或穿越山梁，为了获得较高的路线线形标准，减小过大的土石方开挖工程量，往往以隧道方式通过。隧道在施工技术和工程造价上比一般路基要高一些，但它可以避免路线在平面上绕越，改善平面线形，减缓纵坡，缩短路线里程，提高路线标准，降低运输成本。山区高等级公路常常选取隧道方案。

除上述各种基本结构物外，为了保证行车安全、舒适及公路美观，公路的组成还包括交通安全设施、交通管理设施、防护设施、停车设施、渡口码头、公路养护和营运房屋等设施及公路绿化等。

二、公路分级与技术标准

1. 公路分级

公路等级是反映公路上汽车的通行能力和公路的服务水平、技术水平的指标，它应与政治、经济、军事、文化等各方面的要求和路线所处地区的自然条件相适应。一般讲，公路等级愈高，适应的交通量和车辆荷载愈大，允许汽车安全行驶的速度愈高，公路的服务水平和技术水平愈高。我国《公路工程技术标准》(JTJ 001—97)(以下简称《标准》)中根据使用任务、功能和适应的交通量将公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路五个等级。

高速公路为专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的干线公路，按行车道数量有四车道、六车道和八车道。

四车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 25 000~55 000 辆；

六车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 45 000~80 000 辆；

八车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 60 000~100 000 辆。

一级公路为供汽车分向、分车道行驶的干线公路，一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 15 000~30 000 辆。

二级公路为干线公路，一般能适应按各种车辆折合成中型载货汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 3 000~7 500 辆。

三级公路为沟通县、城镇之间的集散公路，一般能适应按各种车辆折合成中型载货汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 1 000~4 000 辆。

四级公路为沟通乡、村等地的地方公路，一般能适应按各种车辆折合成中型载货汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为：双车道 1 500 辆以下；单车道 200 辆以下。

2. 公路工程技术标准

《标准》是根据公路的任务、功能及公路上行驶的汽车的动力性能、交通量、汽车荷载等级等方面的要求，在总结公路设计、施工、养护和汽车运营管理经验的基础上，经调查研究、理论分析制定出来的。它反映了我国公路工程建设的方针、政策和技术要求，它是科学的、先进的，是公路设计和施工的基本依据和必须遵守的准则。

《标准》分总则、一般规定、路线、路基、路面、桥涵、车辆及人群荷载、隧道、路线交叉、沿线设施等十章计七十条，以及附录 A、附录 B 和一个附件即公路工程技术标准条文说明。各级公路主要技术指标汇总如表 1-1。

各级公路主要技术指标汇总简表

表 1-1

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
车道数		8	6	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1 或 2	
行车道宽度(m)		2×15.0	2×11.25	2×7.5	2×7.5	2×7.5	2×7.5	2×7.0	9.0	7.0	7.0	6.0	3.5 或 6.0		
路基宽度(m)	一般值	42.50	35.00	27.50 或 28.00	26.00	24.50	22.50	25.50	22.50	12.00	8.50	8.50	7.50	6.50	
	变化值	40.50	33.00	25.50	24.50	23.00	20.00	24.00	20.00	17.00				4.50 或 7.00	
极限最小半径(m)		650			400	250	125	400	125	250	60	125	30	60	15
停车视距(m)		210			160	110	75	160	75	110	40	75	30	40	20
最大纵坡(%)		3			4	5	5	4	6	5	7	6	8	6	9
车辆荷载	计算荷载	汽车—超 20 级					汽车—超 20 级 汽车—20 级		汽车—20 级		汽车—20 级		汽车—10 级		
	验算荷载	挂车—120					挂车—120 挂车—100		挂车—100		挂车—100		履带—50		

公路工程路线及各种构造物的技术指标中，基本指标有交通量、计算行车速度、车辆荷载标准和设计车辆。设计车辆的外廓尺寸是公路几何设计的依据。《标准》根据我国主要车型及发展方向将设计车辆分为小客车、载货汽车和半挂车三种，同时还规定了自行车的外廓尺寸。

计算行车速度是指在良好的气候条件、适当的交通密度条件下，驾驶员能够安全舒适地以最高速度行驶的速度。计算行车速度是决定公路几何线形的基本要素，它直接决定汽车行驶的曲线半径、超高、视距等几何线形要素，同时又与公路的重要性、经济性有关，是用来体现公路等级的一项指标。从工程难易、工程量大小及技术经济合理的角度考虑，一~四级

公路的计算行车速度按地形分为两类：平原微丘地区的一、二、三、四级公路的计算行车速度分别为 100km/h、80km/h、60km/h、40km/h；山岭重丘地区的一、二、三、四级公路的计算行车速度分别为 60km/h、40km/h、30km/h、20km/h。高速公路在设计、施工、运营管理上与一般公路有所不同，其计算行车速度分为四档，即 120km/h、100km/h、80km/h、60km/h。高速公路的计算行车速度不与地形直接挂钩，设计人员应结合交通需求的变化，考虑技术经济的合理性，更好地与地形景观相配合，做出更加合理的设计。一般情况下应选用 120km/h 的计算行车速度。当受地形、地物、工程造价等条件限制时，交通量又相对的小一些，可选用 100km/h 甚至是 80km/h 的计算行车速度；对于条件特殊困难地段，经技术、经济论证可选用 60km/h 的计算行车速度。

车辆荷载大小关系到汽车运输效率和营运经济效益，也是公路桥涵设计、路面设计及其它人工构造物设计的依据。公路上通行的车辆类型很多，且其轮轴数量、各部尺寸、装载质量也各不同。为便于应用，必须拟定一套既能概括目前国内车辆状况，又适当照顾到将来发展的全国统一车辆荷载标准，作为公路设计的依据。经过对我国车辆的状况及其在公路上的运行情况调查，《标准》中规定路面设计标准轴载为 100kN。设计桥涵或受车辆影响的其它构造物所用的车辆荷载，分为计算荷载和验算荷载两种。计算荷载以汽车车队表示，验算荷载以履带车、平板挂车表示。计算荷载的汽车车队分为汽车—10 级、汽车—15 级、汽车—20 级、汽车—超 20 级四个等级；验算荷载分为履带—50、挂车—80、挂车—100 和挂车—120 四级。设计桥涵或受车辆影响的构造物所用的车辆荷载等级，根据公路的使用任务、性质和将来的发展，参照《标准》确定。

3. 公路等级的选用

公路等级应根据公路网的规划和远景交通量，从全局出发，结合公路的使用任务、性质综合确定。《标准》规定，新建公路必须按《标准》执行。确定一条公路建设标准的主要因素是交通量，因此，确定公路技术等级，首先要做好可行性研究，掌握公路各路段的远期、近期交通量，以长远的、发展的眼光确定公路建设标准，避免标准低不适应发展的需要或标准太高增加投资造成浪费的现象。《标准》规定各级公路远景设计年限：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；四级公路一般情况下为 10 年，也可根据实际情况适当调整。

对于不符合《标准》规定的已有公路，应根据需要与可能的原则，按照公路网发展规划，有计划地进行改建，提高通行能力及使用质量，以达到相应等级公路标准的规定。采用分期修建的公路，必须进行总体设计，使前期工程在后期仍能充分利用。

一条公路应根据各路段的交通量及地形条件采用不同的设计车速，但设计车速变化不要频繁，各路段长度不宜过短。高速公路路段长度不宜小于 15km，一级公路、二级公路不宜小于 10km。各级公路通过不同地形地区需要改变计算行车速度时，应设置过渡段，以保持计算行车速度的连续性，防止突变。过渡段应配合环境设置，选择在能使驾驶员明显判断情况发生变化的地点，并应设置相应的标志。

第三节 高等级公路的概念

《标准》根据公路适应的交通量和使用任务、功能将公路划分为五个等级。通常，将符合《标准》要求的公路称为等级公路，达不到《标准》要求的公路称为等外公路。高等级公

路可包括高速公路、一级公路和二级公路等干线公路。

高速公路是专供汽车高速行驶的公路。由于高速公路有一个发展过程，而且各国的情况也不一样，目前，还没有一个国际上公认的关于高速公路的定义。《标准》规定，高速公路是专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的干线公路。《辞海》1979年版对高速公路的解释是：“高速公路，供汽车高速行驶的公路。一般能适应120km/h或更高的速度。要求路线顺滑，纵坡较小。路面有4~6车道的宽度，中间设分隔带，采用沥青混凝土或水泥混凝土高级路面。在必要处应设坚韧的路栏。为了保证行车安全，应有必要的标志、信号及照明设备。禁止行人和非机动车在路上行驶。与铁路或其它公路相交时完全采用立体交叉。行人跨越则用跨线桥或地道通过。”1962年11月，联合国欧洲经济委员会运输部长会议对高速公路作了这样的定义：“所谓高速公路，是利用分离的车行道往返行驶交通的道路。它的两个车行道用中央分隔带分开；与其它任何铁路、公路不允许有平面交叉；禁止从路侧的任何地方直接进入公路；禁止汽车以外的任何交通工具出入。”

由上可知，高速公路有下列一些特点：

- (1) 高速公路是只供汽车行驶的汽车专用公路；
- (2) 高速公路设有中央分隔带，将往返交通完全隔开；
- (3) 高速公路与任何铁路、公路都是立体交叉的，不存在一般公路上平面交叉口的横向干扰；
- (4) 高速公路沿线是封闭的，是控制出入的；
- (5) 高速公路采用较高的标准和完善的交通安全及交通管理设施；
- (6) 基于上述特点，高速公路行车速度快，通行能力大，交通安全，运输费用少，营运效益好。

高速公路沿线封闭和控制出入的含义是指：

- (1) 只准汽车在规定的一些交叉口进出高速公路；不准任何单位或个人将其它道路接入高速公路；
- (2) 除全定向互通式立体交叉处外，汽车进入或驶出高速公路时必须是向右转行驶，不许左转出入，在高速公路本线上汽车没有平面交叉；
- (3) 在高速公路上行驶的汽车必须符合规定要求（车速、车高、轴重及车况等）；
- (4) 高速公路两侧任何单位及个人不得使有害气体或光线等进入高速公路，以免影响车辆的正常运行。例如不准在高速公路两侧树立与高速公路及汽车行驶无关的广告牌、宣传标语牌等。

由于高速公路的这些特点，为汽车的大量、快速、安全、舒适、连续地运行创造了条件，提高了汽车的运营效益。

高速公路是社会经济发展的必然产物，它的产生和发展，与整个社会的政治、经济、军事的发展相关。

德国是最早修建高速公路的国家。1909年德国成立了汽车交通与试验公路公司，开始把汽车与公路结合起来研究，并在柏林修筑一条9.8km长的试验路，1921年完工。这是世界上最早使用的往返分离式公路，为高速公路的发展奠定了基础。从1933年到1939年，德国共建成了3440km的高速公路。

意大利也是修建高速公路较早的国家，1924年建成米兰至瓦雷泽汽车专用公路。1932年又修建了米兰至都灵汽车专用公路，长达126km。美国是高速公路最多、路网最发达、设

备最完善的国家，高速公路总里程几乎占世界总里程的一半，有 8 万多 km。

二次世界大战后，随着经济的复苏，许多工业发达国家的汽车生产及拥有量大幅度增长，对公路的需要量随之急剧增加。于是各国相继制定了新的较长远的高速公路建设计划，从此高速公路进入了高速发展时期。不仅工业发达国家，而且不少发展中国家也开始修建高速公路。这一阶段，高速公路不仅里程增长快，而且标准也越来越高，设施日益完善。对高速公路的设计不仅考虑行车，还考虑由行车带来的其它问题，如环境公害、景观设计、休息服务设施等。尤其是高速公路的控制与交通管理设施，如通信系统，事故处理、信息搜集与传输设施以及为交通安全考虑的各种设施受到重视，不断完善。

一级公路是供汽车分向、分车道行驶，连接高速公路或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。它有两种不同的任务和功能：一种是干线功能，部分控制出入；另一种是可以采用平交的距离不长的连接线。《标准》要求一级公路与交通量大的其它公路交叉，宜采用立体交叉，在影响通行能力不大的局部地方，允许修建少量的平面交叉，但应有完善的交通安全设施和交通管理设施，以保证使用效果。一级公路要求设置中央分隔带，并应尽量在其上设置防护栏及在公路用地外缘设置隔离栅。公路两侧的防护栏应视路堤高度及边坡坡度确定是否设置。全部控制出入路段的其它工程设施，在有条件时应与高速公路相同。

高速公路、一级公路建成时，应有与之配套的交通管理和安全设施。交通安全设施包括护栏、隔离设施及视线诱导设施等。交通管理设施包括：标志、标线；通信设施，如建成时不设紧急电话，可采用巡逻车、服务区电话及紧急电话号码标志牌；如后期采用有线通信时，应预留通信管路；监控设施；交通流检测设备；收费设施，当确定为收费公路时，应按收费制式设置收费站；当公路上实测的各种汽车折合小客车的年平均昼夜交通量大于 35 000 辆时，应增加特殊路段的防眩设施；根据需要设置紧急电话、业务电话、指令电话及数据、图像传输系统；特殊路段增设闭路电视，可变限速标志，按路网情况设可变情报板等。当交通量趋于饱和时，应对交通管理及交通安全设施进一步补充、完善，实现对高速公路、一级公路的高效管理和高水平服务。

二级公路为中等以上城市的干线公路或者是通往大工矿区、港口的公路，它在公路运输中起着重要的作用。二级公路的平面交叉，根据需要应设转弯车道、变速车道、交通岛或加铺平缓的转角。与铁路交叉，应采用立体交叉。二级公路上应设置齐全的交通标线，按实际需要可设置简易的服务设施。

第二章 高等级公路的几何设计

第一节 概述

一、路线设计的基本要求

公路是建筑在地球表面的一种带状工程结构物，由于公路不可避免地会遇到高山、深谷、河流、工矿企业、居民区等障碍物，使得公路在大地平面和高程方面的变化必须与地面起伏情况及障碍物的分布情况相适应，这样公路就是一条带状的三维空间实体。

在进行公路路线设计时，我们利用三轴正投影来表示公路的几何形状和各部分的尺寸。公路的中线是一条空间曲线，它的几何形状代表了公路的几何形状。公路中线及沿线地貌、地物在水平面上的投影称为公路路线的平面图，简称为公路的平面。沿着公路中心线竖直剖切，用展开剖面法将剖切断面展开成直面所作的竖向剖面图称为公路路线的纵断面图，简称公路的纵断面。中线上任意一点处垂直于路线中线方向的剖面图称为公路路线的横断面图，简称公路的横断面。公路的平面、纵断面和横断面是公路的主要几何组成。公路路线设计主要研究公路平面、纵断面和横断面的设计原理与方法。

路线设计应在公路建设项目工程可行性研究报告所选定的路线走向与主要控制点的基础上，先做出总体设计，再结合主要技术指标的运用，进行路线方案论证、比选，确定合理的设计方案。

路线设计应根据公路的使用任务、性质，合理利用地形，正确运用技术标准，保证线形的均衡性。设计中应妥善处理远期与近期、整体与局部的关系，结合地形、地质、水文、筑路材料等自然条件，通过综合研究分析，认真进行方案比选。在条件许可时，应论证地选用较高的技术指标，以提高公路的使用质量。

公路的平、纵、横三方面应进行综合设计，做到平面顺适、纵坡均衡、横面合理。线形设计，应考虑车辆行驶的安全舒适，驾驶人员的视觉和心理反应，引导驾驶人员的视线，保持线形的连续性，注意与当地环境和景观相协调，并避免采用长直线。为保证和提高公路使用质量，对高速公路和一级公路以及风景区公路的必要路段，应采用透视图法进行检验。

越岭路线应根据技术、经济比较采用隧道或展线方案。当采用展线方案时，应充分利用地形布线，确需采用回头曲线时，应尽量避免在同一山坡上布置较多的回头曲线。

路线设计时应应对工程地质和水文地质进行深入勘测，查清其对公路工程的影响。一般情况下路线应尽量避免穿过地质不良地区。当必须穿过时，应选择合适的位置，缩小穿越范围，并采取必要的工程措施。

公路穿越城镇，对公路的通行能力和行车安全影响极大，设计时应注意公路网与城镇交通规划之间的联系，避免相互干扰。原则上干线公路应避免穿过城镇。

路线设计应少占田地，少拆房屋，方便群众，不损坏重要历史文物，并重视环境保护。

二、路线设计的基本依据

路线设计是按国家有关条令和勘测设计程序、已批准的设计任务书及现行《标准》等进行的。无论是新建公路还是改建公路，都应有充分的技术经济依据，其最基本的设计依据是设计车辆、交通量和计算行车速度。

1. 设计车辆

在我国现有交通条件下，常在公路上行驶的车辆主要可分为汽车、其它机动车和非机动车三大类。这些车辆同时在各种公路上行驶，由于其平面尺寸各不相同，对公路的使用性质提出了不同的要求。我们在进行路线几何设计时就要考虑到不同类型车辆的特点，规定出设计所采用的车型的尺寸，路线几何设计就是以设计车型为设计依据之一进行设计的。

在研究公路路幅组成、弯道加宽、交叉口设计、纵坡及视距时，都与车辆的外廓尺寸及性能有关。随着经济的发展，公路上大型集装箱车辆及汽车拖挂车日益增多，因而还应将拖挂车及集装箱的各项技术指标作为高速公路、一级公路和经常有大型集装箱车辆运行的公路的设计依据。鉴于汽车的物理特性和车辆的大小在公路几何设计中是一个重要的控制因素，《标准》将设计车辆分为三种类型：小客车、载货汽车、鞍式列车。其设计车辆外廓尺寸见表 2-1。设计车辆各项指标见图 2-1。

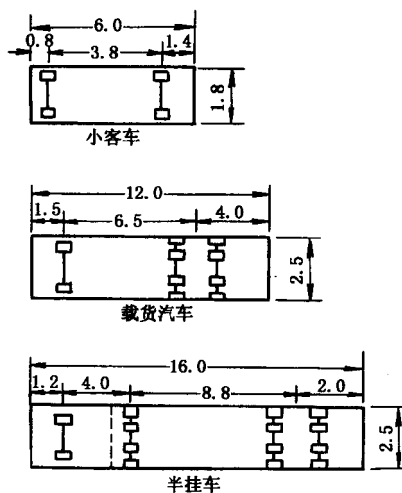


图 2-1 设计车辆各项指标

2. 交通量

公路的交通量是指在一定的时间内（每小时或每昼夜）通过公路上某一横断面的往返车辆总数。它是公路分级和确定公路等级的主要依据。

交通量是一个观测值。目前，我国的公路交通虽然以汽车为主，但大多数公路为混合交通，其它机动车和非机动车仍占有很大比重，而且在以汽车为主的公路上，各种汽车的类型也不同，

为了将观测的交通量化为有统一尺度的交通量，我国根据各类车辆的车速、行驶规律性、在车道上所占面积、影响通行能力的程度等因素，把观测到的车辆分类交通量按某一种标准车折算称为折算交通量。现行《标准》中，高速公路和一级公路的交通量是以小客车为折算标准的，二、三、四级公路是以中型载货汽车为折算标准。以中型载货汽车为标准的车辆折算系数见表 2-2。

设计车辆外廓尺寸（单位：m） 表 2-1

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 货 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：自行车的外廓尺寸采用宽 0.75m，高 2.00m。

各级公路通用的车辆折算系数

表 2-2

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
换算系数	1.0	0.50	1.5	0.5	1.0	2.0	0.5	0.1

交通量的统计数值在任何一条道路的不同时段和不同路段总是变化不定的。交通量可以用各种调查统计方法和仪器测定。《标准》采用“年平均昼夜交通量”，即全年观测的交通量总和除以全年天数的平均值作为设计公路的依据之一。

3. 计算行车速度

计算行车速度是决定公路几何线形的基本要素。它作为技术指标，直接决定汽车行驶的曲线半径、超高、视距等几何线形要素，同时又与公路的重要性、经济性有关，是用来体现公路等级的一项指标。

各级公路的计算行车速度如表 2-3

各级公路计算行车速度

表 2-3

公 路 等 级	高速公路				一		二		三		四	
计算行车速度 (km/h)	120	100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20

高速公路一般选用 120km/h 的计算行车速度，当受条件限制时，可选用 100km/h 或 80km/h 的计算行车速度。对个别特殊困难路段，允许采用 60km/h 的计算行车速度，但应经过技术经济论证。

在平原微丘区的一级、二级、三级、四级公路的计算行车速度应分别采用表 2-3 所列 100km/h、80km/h、60km/h、40km/h；山岭重丘区的一级、二级、三级、四级公路的计算行车速度分别采用表列 60km/h、40km/h、30km/h、20km/h。

按不同计算行车速度设计的各路段长度不宜过短，高速公路不宜小于 15km；一级、二级公路不宜小于 10km。一般情况下，高速公路、一级公路不小于 20km；二级公路不小于 15km；三级公路不小于 10km；四级公路不小于 5km。

为了保证线形的连续性，避免线形突变，在各级公路需要改变计算行车速度时，应设置过渡段。从驾驶员的视觉要求考虑，计算行车速度变更点的位置，应选择在驾驶人员能够明显判断路况发生变化而需要改变行车速度的地点，如村镇、车站、交叉路口或地形明显变化等处，并应设置相应的标志。

计算行车速度与行车速度是不同的。行车速度是指汽车在公路上的实际行驶速度，它受气候、地形、交通密度以及公路本身条件的影响，同时与驾驶员的技术和心理状态也有很大关系。而计算行车速度是指在气候和交通量正常，汽车运行只受公路自身条件（几何要素、路面状况、附属设施等）影响时，一般驾驶员能保持安全和舒适行驶的最大速度。当行车条件比较好时，行车速度能够达到或超过计算行车速度。在计算行车速度较低的公路上，这种超过计算行车速度的实际行车速度是常见的；相反，如果公路上行车条件较差，则行车速度大多低于计算行车速度。各级公路的技术指标就是在保证安全行驶的条件下，考虑了行车速度与计算行车速度之间的关系后作适当调整而规定的，这样的计算行车速度作为各级公路的技术指标的各项依据是合理的。

第二节 平面线形设计

由于对公路的使用要求不同且受自然条件主要是地形、地质、地物的限制公路从起点

至终点在平面上不可能是一条直线，而是由许多直线段和曲线段组合而成。平面线形设计的任务就是着重解决公路线形在平面上的布置问题，即在符合政府的有关方针政策的原则下，既满足行车要求，又结合自然条件正确地确定路线的平面位置。怎样把直线和曲线连接起来？如何保证汽车在平面上尤其是弯道上能安全、迅速、经济地行驶？平面线形各几何元素的合理配置与计算公路行车速度的关系是怎样的？这些原理和方法，就是平面设计的主要内容。

一、圆曲线半径

假定汽车在圆曲线上行驶时做的是等速圆弧运动。汽车转弯时，坐在车厢里的人会感到往弯道外侧倾倒，由物理学可知，这是离心力引起的。

离心力对在弯道上行驶的汽车来说，是一个很大的威胁，它可能使汽车向外侧滑移或倾覆。要使汽车平稳地通过弯道，就必须靠向内侧倾斜的横坡度和路面对车轮的附着力求提供稳定因素。由此可知，汽车在做等速圆弧运动时，作用在汽车上的力除水平方向的离心力（以 F 表示）外，还有汽车的重力（以 G 表示）和轮胎与路面间的横向摩擦力（即附着力），汽车在弯道内侧行驶时的受力分析如图 2-2 所示。

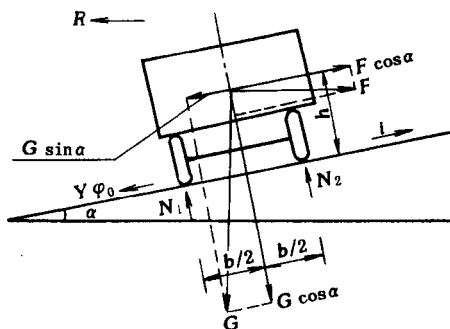


图 2-2 汽车在弯道内侧行驶时的受力图

当汽车在弯道上做匀速圆弧运动时，其切向加速度为零，而法向加速度（ a_n ）为一常量，大小为：

$$a_n = \frac{v^2}{R} \quad (2-1)$$

式中： v ——汽车行驶速度（m/s）；

R ——圆曲线半径（m）。

由力学基本原理可知：物体产生加速度的原因是由于力作用的缘故，且加速度的大小与力的大小有关，即离心力为：

$$F = \frac{Gv^2}{gR} \quad (2-2)$$

式中： F ——离心力（N）；

G ——汽车的重力（N）；

v ——汽车的行驶速度（m/s）；

R ——圆曲线半径（m）；

g ——重力加速度（ m/s^2 ）。

由式（2-2）可以看出：离心力 F 的大小与行车速度 v 的平方成正比，与圆曲线半径 R 成反比，即速度越快，离心力就越大；半径越大，离心力就越小。

在图 2-2 中，可以将作用于汽车上的离心力 F 和汽车重力 G 分解为垂直于路面的分力和平行于路面的分力。平行于路面的分力的代数和称为横向力。横向力是不稳定因素，但只用横向力的大小来反映汽车的稳定性还不确切，因为同样大小的横向力作用在不同质量的汽车上时其危险程度是不同的。为了反映汽车在圆曲线上行驶时的稳定、安全和舒适程度，我

们采用横向力系数来表示，其意义为单位车重的横向力，即

$$\mu = \frac{v^2}{gR} \pm i$$

车速 v 的单位为 m/s ，将 v 的单位化为 km/h ，并以 u 表示车速，则

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

式中： u ——汽车行驶速度（ km/h ）；

R ——圆曲线半径（ m ）；

i ——路面横坡度（或称路拱坡度）；“+”表示汽车在弯道外侧行驶；“-”表示汽车在弯道内侧行驶。

从式（2-3）可以看出：车速愈大，横向力系数就愈大，表示单位车重上受到的横向力也愈大，汽车在圆曲线上行驶时的稳定性愈差；而半径愈大， μ 就愈小，表示汽车在圆曲线上行驶时的稳定性愈好。同时，从式（2-3）还可看出，汽车在圆曲线内侧的路拱横坡度上行驶时，对汽车的稳定性是有利的。

由式（2-3）可推导出圆曲线半径的通用公式为：

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

式中： u ——各级公路的计算行车速度（ km/h ）；

μ ——横向力系数；

i ——路拱横坡度，对于双向横坡度的路面，在圆曲线外侧行驶时，公式中取“-”，在圆曲线内侧行驶时取“+”。这里应注意正负号的取用与公式（2-3）相反。

由式（2-3）可知，圆曲线半径愈大，横向力系数就愈小，汽车就愈稳定。所以从汽车行驶稳定的角度出发，圆曲线半径越大越好。但有时因受地形、地质、地物等因素的影响，圆曲线半径不可能很大，往往会采用小半径的圆曲线，这时如果半径选用的太小，就会使汽车行驶不稳定，甚至翻车。所以必须综合考虑行车安全、迅速、舒适和经济，并兼顾美观来求出合理的最小半径，以保证满足某种程度的行车要求。这种最起码的半径数值，就是圆曲线的最小半径的限制值。我国《标准》根据各级公路的不同要求，规定圆曲线最小半径有三类：极限最小半径、一般最小半径和不设超高的最小半径，如表 2-4 所列。

各级公路最小平曲线半径

表 2-4

公路等级	高速公路				一		二		三		四	
	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

由式（2-4）可知， μ 值的大小影响着半径 R 计算值的大小，同时也影响着汽车行驶的稳定性、乘客的舒适感，燃料消耗和轮胎磨损以及其它方面，所以确定 μ 值的大小是很重要的。

在确定极限最小半径时，汽车转弯时的离心力较大，要使汽车在弯道外侧行驶达到与内侧行驶同样的安全平稳程度，就必须将外侧的路面横坡度做成与内侧路面横坡度相同的形状，这时内外侧的横坡度大小相等，方向相同，称为单向坡，即超高横坡度。

在进行路线设计时，往往存在着只求合法、不求合理的现象。在有条件选用大一点的半径布设路线的地方，单纯考虑眼前的节约投资，仍然采用极限最小半径或接近极限最小半径的半径值，这对整个线形的协调和将来提高公路等级都有不利影响。为了尽量避免这种不合理的现象，《标准》又规定了一般最小半径的数值。每一级公路的一般最小半径的数值是为满足公路等级提高一级后的极限最小半径打下基础的。

当 μ 取用最有利的数值， z 又是双向路拱横坡，如果能保证汽车在此双向坡的弯道外侧，以计算行车速度安全、经济、舒适地通过，这时的弯道可以不设超高。能达到上述要求的弯道的最小半径，称为不设超高的最小半径。

在具体确定圆曲线半径时，应注意以下几点：

(1) 为了线形的顺适，各级公路不论转角大小均应设置圆曲线。圆曲线半径的大小应与计算行车速度相适应，在适应地形的情况下应选用较大的曲线半径，但圆曲线最大半径不宜超过 10 000m。

(2) 一般情况下宜采用极限最小平曲线半径的 4~8 倍或超高为 2%~4% 的圆曲线半径。

(3) 地形条件受限制时，应采用大于或接近于一般最小半径的圆曲线半径。

(4) 地形条件特殊困难而不得已时，方可采用极限最小半径。

(5) 改建公路工程中利用现有公路路段，山岭、重丘区二级公路的极限最小半径可采用 50m；山岭、重丘区三级公路的极限最小半径可采用 25m。

(6) 路线前后线形的曲线半径值要协调，使之构成连续、均衡的曲线线形。

(7) 应同纵面线形相配合，必须避免小半径平曲线与陡坡相重合。

二、公路超高

1. 超高横坡度

当圆曲线半径小于不设超高的最小半径时，为了使汽车能安全、稳定、满足计算行车速度和经济、舒适地通过圆曲线，必须将圆曲线部分的路面做成向内侧倾斜的单向坡，此单向坡称为超高横坡度。其目的是为了汽车在圆曲线部分行驶时能获得一个指向圆曲线内侧的横向分力，用以克服离心力，减小横向力。由于从圆曲线起点至圆曲线终点的半径是不变的，所以在一定的车速时，其离心力也是不变的，故超高横坡度从圆曲线起点至圆曲线终点也是一个不变的定值，这个圆曲线上的超高定值称为该圆曲线的全超高横坡度，如图 2-3。

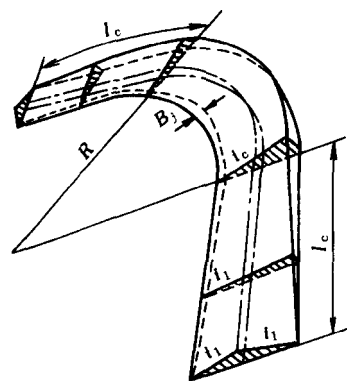


图 2-3 曲线上的超高设置

超高横坡度按公路等级、计算行车速度、圆曲线半径、路面类型、自然条件和车辆组成等情况确定。考虑到在圆

各级公路圆曲线部分

最大超高横坡度 表 2-5

公路等级	高速公路			
	一	二	三	四
一般地区 (%)	10		8	
积雪冰冻地区 (%)	6			

曲线上行驶的车辆可能以低速行驶，甚至完全停止在圆曲线上，如果这时全超高横坡度太大，汽车就有向内侧滑移的可能，特别在冬季结冰的公路上这种可能性更大，所以圆曲线上超高值不能太大。各级公路圆曲线部分最大超高横坡度规定如表 2-5。

表 2-6

圆曲线半径与超高值

公路等级 半径 (m)	高速公路						一级公路						二级公路						三级公路						四级公路					
	$u = 120\text{km/h}$		$u = 100\text{km/h}$		$u = 80\text{km/h}$		$u = 60\text{km/h}$		$u = 100\text{km/h}$		$u = 80\text{km/h}$		$u = 60\text{km/h}$		$u = 40\text{km/h}$		$u = 60\text{km/h}$		$u = 30\text{km/h}$		$u = 40\text{km/h}$		$u = 20\text{km/h}$							
	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区	一般 情况	积雪冰 冻地区						
2	<5500 ~3240	<5500 ~1940	<4000 ~1710	<4000 ~1550	<2500 ~1240	<2500 ~1130	<1500 ~810	<1500 ~720	<4000 ~1710	<4000 ~1550	<2500 ~1240	<2500 ~1130	<1500 ~810	<1500 ~720	<600 ~390	<600 ~360	<1500 ~780	<1500 ~720	<350 ~230	<350 ~230	<600 ~390	<600 ~360	<150 ~105	<150 ~105						
3	<3240 ~2160	<1940 ~1290	<1710 ~1220	<1550 ~1050	<1240 ~830	<1130 ~750	<810 ~570	<720 ~460	<1710 ~1220	<1550 ~1050	<1240 ~830	<1130 ~750	<810 ~570	<720 ~460	<390 ~270	<360 ~230	<780 ~530	<720 ~460	<230 ~150	<230 ~130	<390 ~270	<360 ~230	<105 ~70	<105 ~70						
4	<2160 ~1620	<1290 ~970	<1220 ~950	<1050 ~760	<830 ~620	<750 ~520	<570 ~430	<460 ~300	<1220 ~950	<1050 ~760	<830 ~620	<750 ~520	<570 ~430	<460 ~300	<270 ~200	<230 ~150	<530 ~390	<460 ~300	<150 ~110	<150 ~80	<270 ~200	<230 ~150	<70 ~55	<70 ~55						
5	<1620 ~1300	<970 ~780	<950 ~770	<760 ~550	<620 ~500	<520 ~360	<430 ~340	<300 ~190	<950 ~770	<760 ~550	<620 ~500	<520 ~360	<430 ~340	<300 ~190	<200 ~150	<150 ~90	<390 ~300	<300 ~190	<110 ~80	<110 ~80	<200 ~150	<150 ~90	<55 ~40	<55 ~40						
6	<1300 ~1080	<780 ~650	<770 ~650	<550 ~400	<500 ~410	<360 ~250	<340 ~280	<190 ~125	<770 ~650	<550 ~400	<500 ~410	<360 ~250	<340 ~280	<190 ~125	<150 ~120	<90 ~60	<300 ~230	<190 ~125	<80 ~60	<80 ~60	<150 ~120	<90 ~60	<40 ~30	<40 ~30						
7	<1080 ~930	<650 ~560	<650 ~560	<400 ~350	<410 ~350	<280 ~230	<280 ~230	<125 ~90	<650 ~560	<400 ~350	<410 ~350	<280 ~230	<280 ~230	<90 ~60	<120 ~90	<60 ~50	<230 ~170	<125 ~90	<60 ~50	<60 ~50	<120 ~90	<60 ~50	<30 ~20	<30 ~20						
8	<930 ~810	<560 ~500	<560 ~500	<350 ~310	<350 ~310	<230 ~200	<230 ~200	<90 ~60	<560 ~500	<350 ~310	<350 ~310	<230 ~200	<230 ~200	<60 ~40	<90 ~60	<50 ~30	<170 ~125	<125 ~90	<50 ~30	<50 ~30	<90 ~60	<50 ~30	<20 ~15	<20 ~15						
9	<810 ~720	<500 ~440	<500 ~440	<310 ~280	<310 ~280	<200 ~160	<200 ~160	<60 ~40	<500 ~440	<310 ~280	<310 ~280	<200 ~160	<200 ~160	<40 ~30	<120 ~90	<60 ~50	<125 ~90	<125 ~90	<60 ~50	<60 ~50	<120 ~90	<60 ~50	<15 ~10	<15 ~10						
10	<720 ~656	<440 ~400	<440 ~400	<280 ~250	<280 ~250	<160 ~125	<160 ~125	<40 ~30	<440 ~400	<280 ~250	<280 ~250	<160 ~125	<160 ~125	<30 ~20	<90 ~60	<50 ~30	<125 ~90	<125 ~90	<50 ~30	<50 ~30	<90 ~60	<50 ~30	<10 ~7	<10 ~7						

半径介于最小半径与不设超高的半径之间的曲线，其超高横坡度按表 2-6 选用。

当计算超高横坡度小于路拱坡度时，应设置等于路拱坡度的超高。

当通过市镇或与市镇连接而作为城市街道使用的公路，按规定设置超高有困难，且市区对车速有所限制时，可按表 2-7 规定设置超高。

市区路段超高值表 2-7

计算行车速度 (km/h)	80	60	40、30、20
超高值 (%)	6	4	2

2. 超高缓和段长度计算

全超高横断面设置在圆曲线范围内。当由直线段的双坡横断面变为圆曲线段的单坡横断面时，为了行车的平顺和线形的美观，中间需要设置一段逐渐过渡段，称为超高缓和段。

在超高缓和段上设置超高时，路面是绕一条固定不动的轴线向前推进并旋转变化的。由于在超高缓和段上逐渐超高，引起行车道（设路缘带时为路缘带）外侧边缘线或内侧边缘线的纵坡度逐渐增大或减小，使边缘线纵坡与旋转轴线设计纵坡（即原路线设计纵坡）不一。这个由于超高而引起的旋转轴线与行车道（设路缘带时为路缘带）外侧边缘线之间的相对坡度称为超高渐变率。超高渐变率的大小对线形的美观、驾驶员和乘客的舒适程度及路线纵向排水都有一定影响，其数值应控制在一定范围内。各种计算行车速度下的超高渐变率如表 2-8。

超高渐变率 表 2-8

计算行车速度(km/h)	超高旋转轴位置		计算行车速度(km/h)	超高旋转轴位置	
	中 线	边 线		中 线	边 线
120	1/250	1/200	40	1/150	1/100
100	1/225	1/175	30	1/125	1/75
80	1/200	1/150	20	1/100	1/50
60	1/175	1/125			

超高缓和段的长度与最大超高值、超高的过渡方式及渐变率有关。双车道公路超高缓和段长度可按下式计算：

$$L_c = \frac{b' \Delta i}{p} \quad (2-5)$$

式中： L_c ——超高缓和段长度（m）；

b' ——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 ——超高坡度与路拱坡度代数差（%）；

p ——超高渐变率。

根据上式求得的超高缓和段长度，应凑整成 5m 的整数倍，并不小于 10m 的长度。

3. 超高过渡方式

1) 无中间带的公路

(1) 超高横坡度等于路拱坡度时，将外侧车道绕路中线旋转，直至超高横坡值。

(2) 超高横坡度大于路拱坡度时，可分别采用以下三种过渡方式：

绕内边缘旋转：将路面未加宽时的内侧边缘线保留在原来位置不动，也称内边轴旋转。这种旋转形式首先在超高缓和段之前，将两侧路肩的横坡度 i_0 分别同时绕内外侧路面未加宽时的边缘线旋转，使 i_0 逐渐变为路面的双向横坡度 i_1 ，这一段旋转过程的长度为 L_0 ，一般取 1m~2m，但不计入超高缓和段的长度内（因为路面尚未旋转）。这时内外侧的路肩与路面均为双向路面横坡度 i_1 ，然后将外侧路面（连同外侧路肩）的 i_1 绕中轴旋转同

时向前推进，直至使外侧 i_1 逐渐变为内侧路面的 i_1 ，这时内外侧的路面和路肩均与内侧路面的 i_1 相同，成为 i_1 的单向横坡度，在此旋转阶段中，所需长度为 L_1 。最后将内外侧的路面和路肩的单向横坡度 i_1 整体绕路面未加宽时的内侧边缘线旋转，同时向前推进，直至使单向坡 i_1 逐渐变为全超高横坡度 i_b 为止，在此旋转阶段中，所需长度为 L_2 。所以绕内侧轴旋转的超高缓和段全长 $L_c = L_1 + L_2$ 。一般新建公路应采用此种方式，如图 2-4 所示。

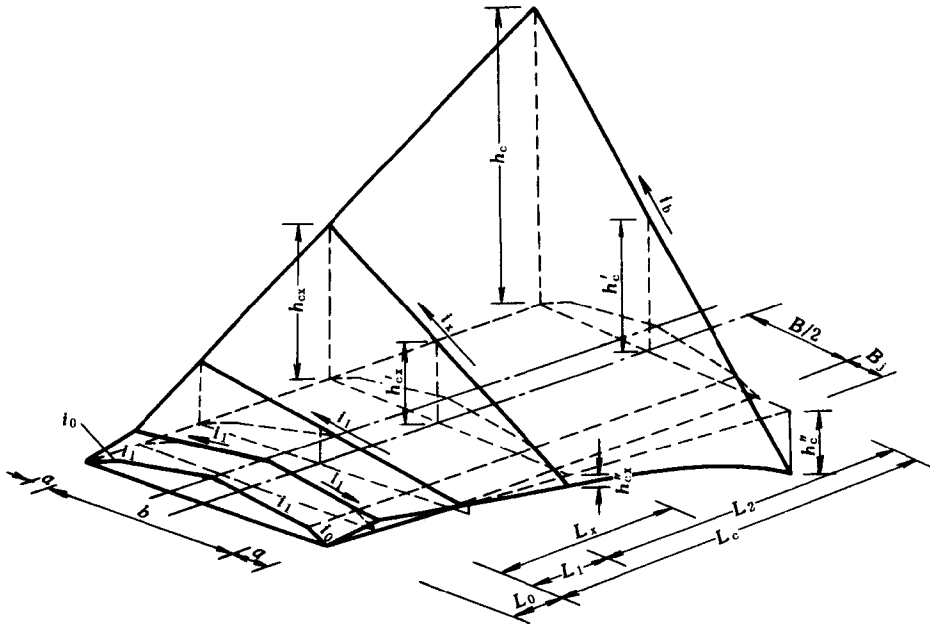


图 2-4 绕内边缘旋转的超高过渡方式

在超高缓和段内每个断面上各特征点的超高值可按表 2-9 所列公式计算。

绕内边缘旋转的超高值计算公式

表 2-9

超高值	计算公式		备注
	$0 \leq x \leq L_1$	$L_1 \leq x \leq L_c$	
h_c	$ai_0 + (a+b)i_b$		各超高值均与设计标高比较， h'_c 和 h''_c 为降低值 $L_1 = \frac{i_1}{i_b} L_c$ $B_{jx} = \frac{x}{L_c} B_j$
h'_c	$ai_0 + \frac{b}{2}i_b$		
h''_c	$ai_0 - (a+B_j)i_b$		
h_{cx}	$a(i_0 - i_1) + [ai_1 + (a+b)i_b] \frac{x}{L_c}$ 或 $h_{cx} = \frac{x}{L_c} h_c$		
h'_{cx}	$ai_0 + \frac{b}{2}i_1$	$ai_0 + \frac{b}{2} \times \frac{x}{L_c} i_b$	
h''_{cx}	$ai_0 - (a+B_{jx})i_1$	$ai_0 - (a+B_{jx}) \frac{x}{L_c} i_b$	

表(图)中：

- b ——路面宽度 (m)；
- a ——路肩宽度 (m)；