

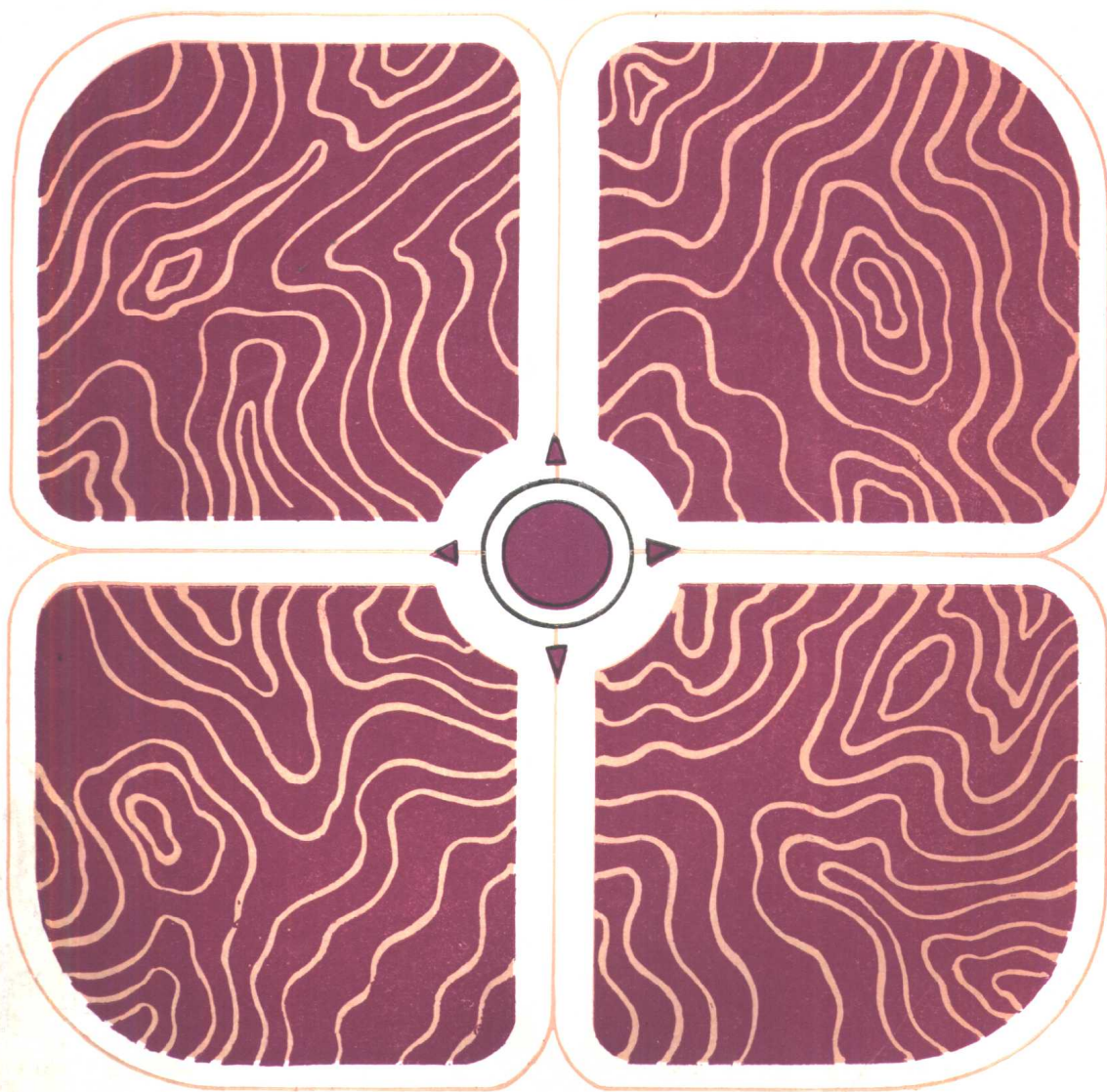
高等学校试用教材

公路勘测设计

第二版

（公路与城市道路工程专业用）

张雨化 主编



人民交通出版社

高等学校试用教材

公路勘测设计

Gonglu Kance Sheji

第二版

(公路与城市道路工程专业用)

张雨化 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍公路路线几何设计的理论基础与基本方法，并扼要地介绍公路交叉设计以及高速公路设计的要点。附录部分系统地介绍了公路勘测设计的实用方法，可作为野外勘测实习及毕业设计的技术指导。

本书为公路与城市道路工程专业教材，也可供公路与城市道路勘测设计、科研人员学习参考。

高等学校试用教材

公路勘测设计

第二版

(公路与城市道路工程专业用)

张雨化 主编

责任编辑 卢仲贤

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092_{1/32} 印张：16.25 字数：382千

1980年12月 第1版

1986年12月 第2版 第8次印刷

印数：9,501—21,500册 定价：2.70元

修 订 说 明

本修订版系在1980年出版的《公路勘测设计》试用教材（周楫主编，西安公路学院、重庆交通学院、河北工学院、福州大学等共同编写）的基础上改编的。对其中的第一、二、三、四、七章进行了改写，第六章增加了“航测定线”一节，对附录和其他部分做了校订和删节。

全书改编工作由西安公路学院张雨化、张乃苍、王文锐、张发贵、李宝昌完成，同济大学朱照宏教授主审。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国公路的现状和发展规划.....	1
第二节 公路设计的技术标准和设计阶段.....	2
第三节 路线设计的依据.....	4
第四节 本课程在公路设计中的任务.....	7
第二章 路线的平面设计	9
第一节 概述.....	9
第二节 圆曲线半径.....	11
第三节 缓和曲线.....	15
第四节 平面设计中应注意的问题.....	27
第五节 视距的要求.....	30
第三章 纵断面设计	35
第一节 概述.....	35
第二节 汽车行驶性能和纵坡.....	36
第三节 竖曲线.....	49
第四节 纵断面设计要点及与平面的配合.....	55
第四章 横断面设计	67
第一节 公路类型与路幅的构成.....	67
第二节 弯道平面设计.....	70
第三节 弯道超高设计.....	78
第四节 视距的保证.....	88
第五章 选线	91
第一节 路线方案选择.....	91
第二节 平原地区选线.....	95
第三节 山岭区选线.....	97
第四节 丘陵区选线.....	114
第六章 定线方法	119
第一节 纸上定线和实地放线.....	119
第二节 直接定线.....	126
第三节 纸上移线.....	131
第四节 航测定线.....	134
第七章 路线交叉	139
第一节 交叉口设计概述.....	139
第二节 平面交叉口设计.....	144

第三节	交叉口的立面设计	152
第四节	立体交叉设计	159
第五节	公路与其他线路交叉	168
第八章	高速公路	171
第一节	高速公路的特点及其发展概况	171
第二节	高速公路的几何设计标准	174
第三节	高速公路的沿线设施	179
附录一	路线勘测的外业工作	181
一、	路线勘测的目的、任务与要求	181
二、	路线详测的工作内容与外业分工	182
三、	选线组作业	184
四、	量角组作业	191
五、	中桩组作业	195
六、	水平组作业	204
七、	横断面组作业	206
八、	地形组作业	211
九、	桥涵组作业	215
十、	调查组作业	219
十一、	内业组作业	227
附录二	路线勘测的内业设计	229
一、	内业设计的内容与要求	229
二、	路线平面设计	230
三、	路线纵断面设计	233
四、	路线横断面设计	237
五、	人工构造物设计要点与工程量计算	249

第一章 绪 论

第一节 我国公路的现状和发展规划

一、我国公路的现状和发展公路交通的必要性

交通运输系统包括铁路、公路、航空、水运和管道运输。它们各具特点，各自分工，但彼此又相互联系。公路运输是这个综合交通运输系统中的重要组成部分，是国民经济赖以发展的基本设施之一。公路运输与其它运输方式相比，公路运输具有机动灵活的特点，它可以深入到城市、工厂、矿山、村庄，做到“送货上门，取货到家”，实现“门到门”的直接运输。

目前，我国的公路运输网已经具有一定规模，尤其是国民经济的调整和城乡经济体制的改革更加促进了公路运输事业的发展。由于公路分布面广，能适应各种地形，较之于铁路，投资少、见效快，因此农村经济发展所必需的交通运输将主要是公路。在城市改革方面，由于扩大企业自主权，将使企业具有充分的活力。为了提高经济效益，必须缩短商品的生产周期，加快资金周转，减少运输中的损耗，在这方面公路运输较其它运输方式明显地占优势。

但是，目前我国公路的现状，还远远不能满足新形势下对公路运输的要求。归纳起来，我国的公路交通存在以下几方面的问题：

第一，数量少。目前的通车里程，无论是按我国的面积摊还是按人口摊，在发展中国家中都是较低的，更不能与发达国家相比了。第二，质量差。在通车里程中，尚有一部分属于达不到技术标准的“等外路”。有的公路没有路面铺装，防护设施不全，抗自然灾害的能力很差，常因雨雪而中断交通。已建成的公路干道，在人口稠密地区的路段，也往往受混合交通的影响，使其通行能力得不到发挥。特别是大、中城市、港站枢纽、工矿基地的进出口公路，交通量增长很快，有的超出通行能力的数倍，经常发生交通阻塞，事故日益增多。

造成公路少、质量差的原因是多方面的，其中很重要的一点是我们对公路在综合运输网中的作用缺乏足够的认识。公路建设的资金短缺，各级领导对公路不够重视，加之我国汽车工业的落后，于是形成了目前这种公路交通与国民经济发展极不相适应的落后状况。这种状况如果不迅速改变，那么将给国民经济、国防建设及旅游事业的发展带来更大的困难。

发展我国的交通运输事业，首先要从指导思想明确调整运输结构的重要性，从国家的计划安排上加强公路建设，多渠道寻求建设资金。重视公路交通科学新技术的研究和开发，加速培养公路建设人才。在公路勘测设计中，应大力研究和推广使用航测与遥感技术，测量信息处理技术，线形优化和自动绘图系统，发挥计算机辅助设计的功能。这样，可以较大地提高公路勘测设计的质量，加快设计进度，减轻野外勘测的劳动强度。同样，在公路的施工、管理、检测等方面都要逐步更新装备和手段，以加快公路建设的步伐。

二、公路建设规划

1. 加速对原有公路的技术改造

随着交通量和汽车速度的增大，对原有公路不断加以技术改造，是世界各国公路交通适应国民经济发展的主要措施和必然趋势。工业先进国家近十几年以至几十年来公路里程增长并不多，而每年的大量投资多用在原有公路的技术改造上，包括把中、低级路面改造为高级、次高级路面，以及大力修建高速公路网。我国各地交通部门在修建公路新线的同时，也对已有公路进行了改造。十几年来，改善线形、铺筑油路十几万公里，新建、改建桥梁二百多万延米，大大方便了行车，提高了运效。在今后相当长的一段时间里，加速公路的技术改造仍然是各级公路部门的迫切任务。

2. 提高公路网密度

从总的趋势看，我国的经济体制改革将促进公路交通事业的大发展。在广大农村，将改变当前交通闭塞的现象，基本上达到乡乡通公路，路网的密度要有较大的提高。城市之间的干线公路，经过技术改造也将有显著的提高，会有相当数量的一、二级公路，并出现若干条高速公路。城市公路的出入口应是改善的重点，它对缓解城市交通紧张状况将起促进作用。当然，由于我国幅员广大，财力有限，各地区经济发展很不平衡，在短时期内不可能使公路交通普遍实现现代化。在发展水平上，是一种先进与落后并存的局面，公路网密度与先进国家比仍然是低的。

第二节 公路设计的技术标准和设计阶段

一、公路设计的技术标准

公路在开始修建或技术改造之前都要经过勘测设计。

一条公路的任务、性质及它的起点、终点和中间主要控制点（也称为据点）是公路网规划所规定的，而公路路线具体位置的确定则是公路设计任务中最重要的一个环节。公路设计必须符合国家颁发的技术标准。技术标准决定于下列因素：

- (1) 路线在公路网中的任务、性质；
- (2) 远景交通量及交通组成；
- (3) 地形和其它自然条件；
- (4) 设计速度(或称计算行车速度)。

设计速度是技术标准中最主要的指标，对工程费用和运输效率的影响最大。设计速度是由前三个因素根据技术政策制定的。和其它因素一样，路线在公路网中具有重要经济、国防意义者、交通量较大者、地形平易者，则规定较高的设计速度；反之则规定较低的设计速度。这样，较高的设计速度虽然工程费用高，但能较好地满足国民经济发展的需要或能从运输上较快地得到补偿。

1981年5月22日交通部颁发的《公路工程技术标准 JTJ1—81》(以下简称“标准”)把公路按其任务、性质和交通量分为五个等级，各个等级的公路又按地形情况规定了不同的计算行车速度。

高速公路，一般能适应的年平均昼夜汽车交通量为25000辆以上，为具有特别重要的政治、经济意义，专供汽车分道高速行驶并全部控制出入的公路。

一级公路，一般能适应的平均昼夜汽车交通量为5000~25000辆，为连接重要政治、经济中心，通往重点工矿区，可供汽车分道行驶并部分控制出入、部分立体交叉的公路。

二级公路，一般能适应按各种车辆折合成载重汽车的年平均昼夜交通量为2000~5000

辆，为连接政治、经济中心或大工矿区等地的干线公路，或运输任务繁忙的城郊公路。

三级公路，一般能适应按各种车辆折合成载重汽车的年平均昼夜交通量为2000辆以下，为沟通县及县以上城市的一般干线公路。

四级公路，一般能适应按各种车辆折合成载重汽车的年平均昼夜交通量为200辆以下，为沟通县、乡、村等支线公路。

各级公路的主要技术指标汇总表

表1-1

公路等级	高速公路		一		二		三		四		
	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	
计算行车速度 (km/h)	120	80	100	60	80	40	60	30	40	20	
行车道宽度 (m)	2×7.5	2×7.5	2×7.5	2×7.5	9	7	7	6	3.5		
路基宽度 (m)	26	23	23	19	12	8.5	8.5	7.5	6.5		
最大纵坡 (%)	3	5	4	6	5	7	6	8	6	9	
平曲线最小半径 (m)	极限值	650	250	400	125	250	60	125	30	60	15
	一般值	1000	400	700	200	400	100	200	65	100	30
停车视距 (m)	210	110	160	75	110	40	75	30	40	20	
桥涵设计车辆荷载	汽车—超20级， 挂车—120		汽车—超20级， 挂车—120 汽车—20级， 挂车—100		汽车—20级， 挂车—100		汽车—20级， 挂车—100， 汽车—15级， 挂车—80		汽车—10级， 履带—50		
桥面车道数	4		4		2		2		2或1		

二、公路勘测设计程序

施工前的勘测设计工作按交通部颁发的《公路工程基本建设管理办法(试行)》(1973年3月23日批准)和《公路基本建设工程设计文件编制办法(试行)》(1973年7月17日批准，1974年1月1日起试行)规定的程序进行，简单介绍如下：

(一) 勘测设计阶段

1. 计划任务书

公路设计单位应根据批准的计划任务书和有关标准、规范进行勘测设计。计划任务书由提出计划的主管部门下达或下级单位编制后按规定上报审批。计划任务书包括以下基本内容：

- (1) 建设依据和意义；
- (2) 路线的建设规模和修建性质；
- (3) 路线基本走向和主要控制点；
- (4) 工程技术标准和主要技术指标；
- (5) 按几阶段设计，各阶段的完成时间；
- (6) 建设期限和投资估算，分期修建的应提出每期的建设规模和投资估算；
- (7) 施工力量的原则安排；
- (8) 附路线示意图，工程数量、钢材、木材用量和投资估算（工程数量、三材、投资等只在上报任务书时列入，以供审批时参考；上级下达任务时可不列入）。

计划任务书经批准后，如建设规模、技术标准、路线基本走向等主要内容有变更时，应经原批准机关同意。

2. 设计阶段

公路工程建设项目一般应按两阶段设计(即初步设计、施工图)；对于修建任务紧急和方案明确、技术比较简单的项目及一般小型项目，可采用一阶段设计。

(1)两阶段设计：根据批准的计划任务书的要求，一般应通过踏勘测量，编制初步设计；根据批准的初步设计，通过详细测量，编制施工图。当技术方案较少或方案问题采取适当措施可以解决时，也可以通过详细测量，编制初步设计；根据批准的初步设计，通过补充测量，编制施工图。

对于大型的、复杂的建设项目，可通过勘测先提设计方案，经主管部门审查后再编制初步设计。

(2)一阶段设计：根据批准的计划任务书的要求，进行一次详细测量，据以编制施工图。

不论采用哪一种阶段设计，在勘测前要进行视查。

(二)设计文件的组成和内容

设计文件有两阶段公路初步设计、两阶段公路施工图；一阶段公路施工图等几种。

两阶段公路初步设计为报送主管部门审批的文件，批准后，作为进行详细测量、编制施工图以及控制投资的依据，由说明书、设计图表、施工方案和设计概算四部分组成。

两阶段公路施工图为经审批后交付的施工文件，由总说明、路线、路基路面、桥梁涵洞、隧道及沿线设施、筑路材料、施工组织计划、施工预算等八篇组成。

一阶段施工图设计为报送审批后交付施工单位施工的文件，其组成和内容与两阶段公路施工图相同，但总说明书及分篇说明应参照初步设计说明书内容编制，并补充必要的比较方案图表、施工方案和设计概算。报送主管部门审批的可检送施工图设计的一部分文件，其内容应参照初步设计办理。编制施工图设计的同时，须编制设计概算和施工预算。

第三节 路线设计的依据

无论是在进行公路网规划的初期或是在具体确定一条公路的类型、线型的全过程中，都必须以公路所经地区的自然条件和交通资料为根据。在设计中要用到的交通数据包括：设计车辆的物理特性和轮廓尺寸、汽车的计算行车速度以及远景年度的交通量。所有这些数据和地形资料一起，决定了道路应该采用什么等级，在线形设计中，计算诸如宽度、曲率、纵坡等路线几何元素时也要以这些数据为根据。它与桥梁设计中的“荷载”一样，是需要设计人员在设计之前就要把它确定下来的。

一、设计车辆

在公路上行驶的车辆主要是汽车。我国公路大多是混合交通，除汽车和其它机动车辆外，还有一部分非机动车。但作为设计控制的应该是标准型号的汽车，这就是“设计车辆”。

汽车的种类很多，按使用目的、结构或发动机的不同分成各种类型，而作为公路设计依据的汽车分为三类，即：小客车、载重汽车、半挂车。各类汽车的外廓尺寸和轴距见图1-1。

国家标准 GB1589—79对汽车的外廓尺寸作了限制性的规定：

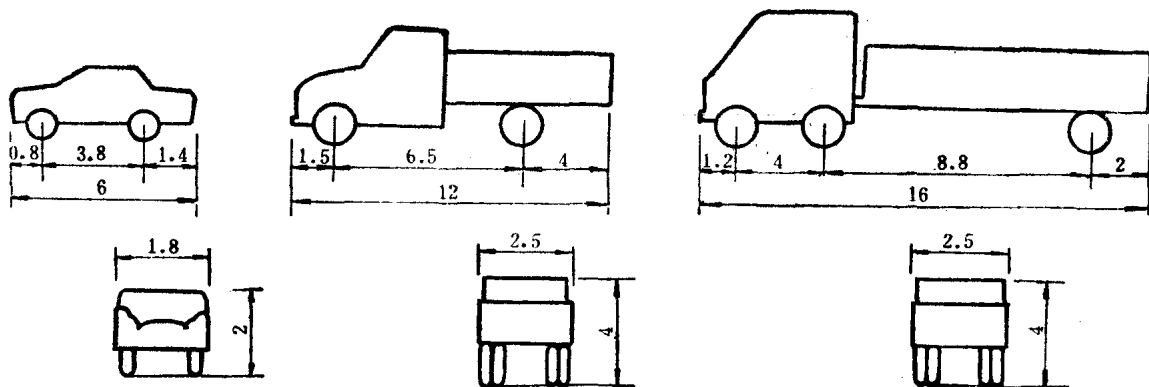


图1-1 设计车辆外廓尺寸

总高		4m
总宽		2.5m (不包括后视镜)
总长	载重汽车	12m
	公共汽车	12m
	铰接式公共汽车	18m
	牵引车拖半挂车	16m
	汽车拖挂车	20m

汽车拖挂车的车身较长(20m)，不列入设计车辆。半挂车适用于大型集装箱运输，可作为高速公路、一级公路和有大型集装箱营运的公路的设计依据。

根据国家标准GB1413—78，我国集装箱重量系列采用5t、10t、20t、30t四种，相应的型号为5D、10D、1CC及1AA。

汽车的最小机械转弯半径：小汽车为6m，普通汽车（载重汽车和半挂车）为12m。

汽车的输出功率与其重量之比：小汽车3.75kW/kN，载重汽车0.75kW/kN，半挂车0.525kW/kN。在设计时，小汽车由于其功率与重量之比值较大，不作为控制因素，而半挂车比值太低，为避免工程的浪费也不宜采用。在一般公路上决定纵坡度和坡段长度时应以输出功率与载重之比为0.75kW/kN的汽车作为主要控制，但受半挂车影响大的特殊公路，在计算纵坡长度和设置爬坡车道时，则要适当考虑半挂车。

自行车在大城市近郊和居民点密集的地段，数量较多而且有发展的趋势，在设计时应充分注意。自行车的外廓尺寸为宽0.75m，长2.00m，载人以后的高为2.00m。

二、设计速度

“设计速度”是指在气候正常，交通密度小，汽车运行只受公路本身条件（几何要素、路面、附属设施等）的影响时，一般驾驶员能安全顺适地行驶的最大车速。驾驶员往往不是以设计车速而是按地形和沿线条件选择各自适应公路线形的驾驶速度。就是说在设计车速低的路段，当路线本身几何组成要素超过安全行驶的需要，外部条件（交通密度、地形、气候等）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，出现这种现象的几率愈大。考虑上述特点，同一等级的公路按不同的条件采用不同的设计速度是合适的。“标准”规定的各级公路的计算行车速度，如表1-2。

各级公路计算行车速度

表1-2

公路等级	高速公路		一		二		三		四	
	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘
计算行车速度 (km/h)	120	80	100	60	80	40	60	30	40	20

设计速度是确定公路几何线形的基本依据，如弯道半径、缓和曲线长度、超高率、最短视距等技术指标的确定都与设计速度有直接关系，路幅设计也与设计速度有密切关系。

在一条公路上应尽量采用高的、同一的设计速度。在地形和其它条件发生变化的地方，可以改变某些路段的设计速度，但应设过渡段。变更设计车速给驾驶工作带来很多不便，所以变更设计车速的位置，原则上应选在交通量发生较大变化处，或驾驶员能明显地判断情况发生变化而需要改变行车速度处。

三、交通量

交通量是确定公路等级的主要根据，同时，它与诸如路面宽度、线形、纵坡等几何指标的确定也有直接或间接的关系。

1. 年平均日交通量

这是一条公路普遍采用的交通量计量单位，它是用全年总交通量除以365，即年平均日交通量(简称ADT)。年平均日交通量用来确定公路等级、评定运输费用等有重要作用，但直接用于公路几何设计却不适宜，因为在一年中的每一月、一月中的每一天、一天中的每一小时交通量都会有变化。在运输的旺季和一日中的高峰小时交通量可能会高出它的数倍，而在一年中的大部分时间里，交通量则比较小。

2. 高峰小时交通量

如果以小时为单位去观测交通量，会发现在一年中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的依据，会是一种浪费，但如果采用平均小时交通量则不能满足实际需要。设计中采用的小时交通量应该是一个适中数值。为此，将一年中所有每小时交通量按其占年平均日交通量的百分数的大小顺序排列起来并画成曲线(图1-2)，中间较粗的曲线为所有调查地点的平均值，象征着一公路的交通量的一般变动情况。

考察这些曲线得出的结论是：设计上采用的每小时交通量以一年中第30个高峰小时最为

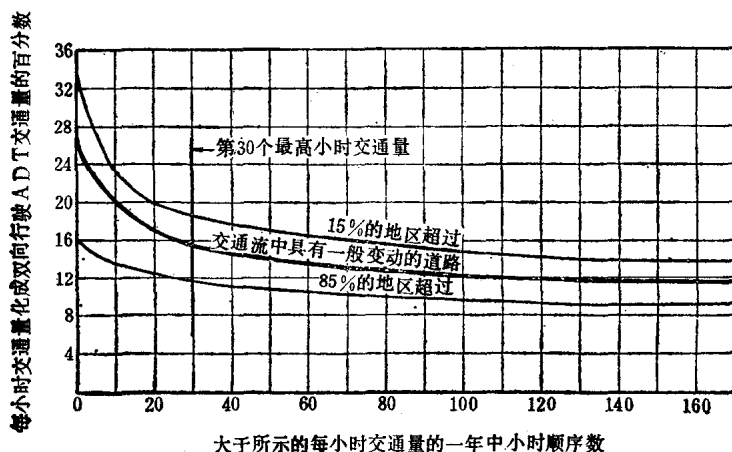


图1-2 高峰小时交通量与年平均日交通量的关系

小
5
-
适宜。理由是：它的大小比较适中，第30个高峰小时交通量这一点左边的曲线急剧上升，右边的曲线趋向平缓；从第30个小时与年平均日交通量的关系来看，不管年平均日交通量有多么显著的变化，第30小时高峰交通量对于年平均日交通量的百分数却变动很小。从图中可以看到，这个百分数约为15%。根据这样的关系，可以根据某一公路远景年度的年平均日交通量来推算第30个小时交通量，即：

$$\text{设计小时交通量} = (1 + 0.5) \times \text{年平均日交通量}$$

上述关系适用于大部分普通公路，但有些公路的交通流量受异常的或季节性的影响，其变化幅度很大，如国防公路、旅游公路等，这些公路在平时交通的淡季，交通量很小，如果设计小时交通量仍采用与一般公路相同的办法，则在高峰小时期间可能会造成交通阻塞。因此，在设计时要根据实际情况分析研究而定。

3. 远景年度交通量

公路的新建或改善都不应只根据现时的交通量进行设计，一条公路的交通量会因经济的发展和路况的改善而增加，同时还会吸引一部分新的交通量。所以正确的作法应当根据公路在合理养护下的使用期限内可能出现的交通量来进行设计。

设计交通量的年限，一级公路一般采用20年，二级公路为15年，三、四级公路为10年，四级公路视具体情况可适当缩短。

远景交通量是由现行交通量和选择的设计年限末期预计的交通量增加数推算而得到的，具体计算方法在《交通工程》课中有详细的介绍，不赘。

4. 交通量的折算

二、三、四级公路一般是混合交通，非机动车占的比重较大。非机动车辆行驶速度低，行驶规律性差，从而影响机动车辆的正常行驶。在机动车和非机动车混合行驶的公路上，其交通量是将公路上行驶的各种车辆折合为普通载重汽车的数量来表示的；在设置慢车道实行分道行驶的路段，其交通量应按汽车交通量和非汽车交通量分别计算。

各种车辆的折算系数与车辆的行驶速度和该车在车道上所占的面积有关，如何定量，目前尚在研究之中。1972年《公路工程技术标准(试行)》曾提出过如下的换算系数，可供参考：

载重汽车 = 1.0 (包括：大客车、重型载重汽车、三轮车、胶轮拖拉机带挂车)；

带拖挂的载重汽车 = 1.5 (包括大平板车)；

小汽车 = 0.5 (包括吉普车、摩托车)；

兽力车 = 2.0；

架子车 = 0.5 (包括人力车)；

自行车 = 0.1。

第四节 本课程在公路设计中的任务

公路是一种带状的空间三维结构物，包括路面、路基、桥涵、隧道等工程实体。公路设计是从几何和结构两大方面进行研究的。

在结构方面，对上述路面、路基、桥涵、隧道这些工程设计总的要求是：用最少的投资，尽可能少的外来材料以及合理的养护力量，使它们能在自然破坏力和由汽车行驶所产生的各种力的作用下，在设计年限内保持使用质量。

这些工程都分别开设课程学习研究。

公路设计的几何方面，则属于本课程研究的范围，主要研究汽车行驶与公路各个几何元素的关系，以保证在设计速度、预计交通量以及地形和其他自然条件下，行驶安全、经济、旅客舒适以及路容美观。因此，实际上我们要涉及的是人、车、路、环境的相互关系。驾驶者的心理，汽车运行的轨迹、动力性能以及交通流量和交通特性都和公路的几何设计有着直接关系，要做好公路设计也必须研究这些问题。但因篇幅所限，书中只略加论列或直接引用已有的研究结论。此外，公路修建和汽车交通对于环境的影响今后也必须加以注意。

对于空间三维体的公路，设计时既要作为整体来考虑，也要把它剖解为路线的平面、纵断面和许多横断面来分别研究处理。本书先把平、纵、横这三个基本几何组成分别讨论，以明确各自的需要，然后再在各章节结合地形以及其他自然条件作综合考虑。

本课程除了阐明几何设计理论和实践之外，还把几何设计和前面所述的结构设计及其有关的调查勘测结合起来。所以本课程是具有综合性的一门课程。为了使学生初步掌握综合设计和勘测的方法、加深对理论的理解，纸上定线的课程作业和野外测设的实践环节是必不可少的。因此，在附录部分汇编了路线详测阶段的有关测设、勘查的现行方法，作为实习以及毕业设计的技术指导。

第二章 路线的平面设计

第一节 概 述

一、路线的平面、纵断面和横断面

道路是一个三维空间的实体。它的中线是一条空间曲线。中线在水平面上的投影称为路线的平面，如图 2-1a)。沿着中线竖直剖切，再行展开就成为纵断面。中线各点的法向切面是横断面。道路的平面、纵断面和各个横断面是道路的几何组成。设计一条道路，对于平、纵、横三个面，既要综合考虑，又需分别处理。

中线的位置，是根据当地的自然条件（地形、地质、水文、地物等）和该路所采用的技

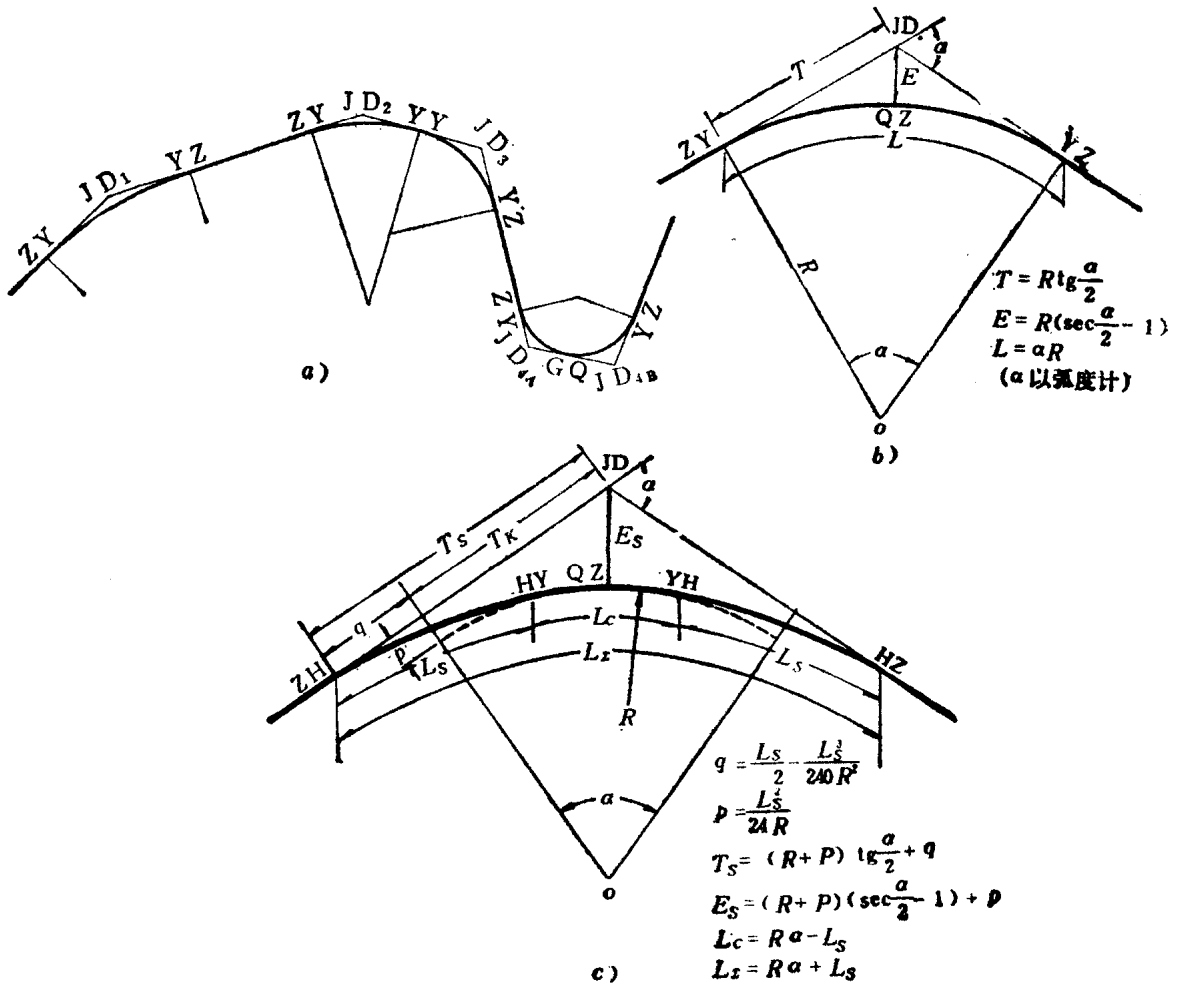


图2-1 路线的平面

a)路线平面图, b)直线与圆曲线直接衔接的弯道中线, c)设有缓和曲线的弯道中线

术标准，经过对平、纵、横的综合考虑，反复修正才确定下来的。对中线的桩志进行纵断面和横断面地面线的测量，取得了这些资料以及其它必要的资料之后，再做纵断面和横断面的设计。

二、汽车行驶轨迹与路线的平面线形要素

汽车在行驶过程中所留下的痕迹可以粗略地看成是汽车的行驶轨迹，如在交通频繁的道路，由于车辆漏油和废气对路面的污染，可以清楚地看到一条黑色的带子，薄层的积雪，会被驶过的车辆留下明显的轮迹。此外，夜间将照相机固定在高处对行驶着的汽车进行长时间曝光，汽车的灯光在底片上留下长长的光点也可以看到汽车的行驶轨迹。

通过以上观察，可以发现任何一辆正常行驶的汽车，无论直行还是转弯，留下的轨迹都是相当顺滑悦目，形成一条曲折有致的优美线形。对行驶轨迹的进一步研究和分析，可帮助我们去了解路线要素的几何构成，并为新建道路的设计和旧路的改善都能提供很好的参考。一些不合理的设计将会在行车轨迹的检验下被暴露出来。例如不圆滑的弯道，不规则的扭曲路面，太靠近行车道影响行驶的障碍物等，因为汽车在这些路段上行驶的轨迹与原设计都有较大的偏离。

最理想的路线平面是行车道的边缘能与汽车的前外轮和后内轮的轮迹线完全符合或相平行。但是，行车道的平面设计一向是不直接涉及轮迹问题，而是分成中线设计和沿中线的宽度两个问题分别处理。只要这两者处理得当，又结合得好，一般能得到令人满意的结果。在这一章里将重点讨论中线设计如何符合或接近汽车重心的轨迹。

研究表明，行驶中的汽车，其重心的轨迹在几何性质上有以下特征：

- (1) 这个轨迹是连续的而且是圆滑的；
- (2) 这个轨迹的曲率是连续的，即轨迹上任一点不出现两个曲率值；
- (3) 这个轨迹的曲率变化率是连续的，即

轨迹上任一点不出现两个曲率变化率值。

早期公路的几何要素是由直线和圆弧组成的，并使圆弧和直线相切，这样的线型满足了汽车行驶轨迹性质的第(1)条(图2-2a)，但在直线与圆弧相切的那一点上却有两个曲率值：直线上的曲率值为零，圆曲线上的曲率值为

$\frac{1}{R}$ 。后来，随着交通量增长和车速的提高，发现这种公路与汽车行驶轨迹之间有较大偏离，于是在直线和圆弧之间引入一条曲率逐渐变化的“缓和曲线”。大量的实践经验证明，公路特别是高速公路由于设置了缓和曲线，在视觉上线形变得平顺，路线更易于为驾驶者跟踪了。它和直线、圆曲线一样并列成为现代公路线形的主要线形要素。

这三种线形要素的组合，满足了行驶轨迹的(1)(2)条(图2-2b)，但在直线与缓和曲线

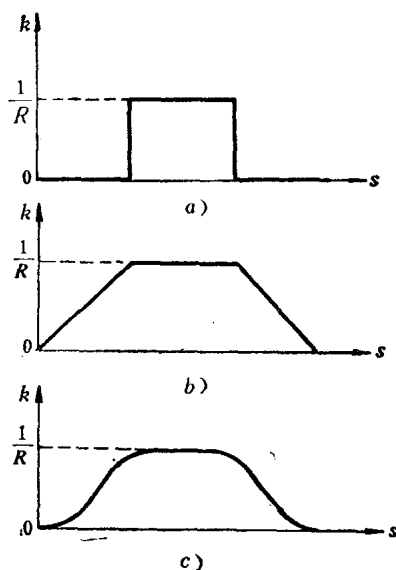


图2-2 各种线型组合的曲率图
a) 直线—圆曲线，b) 直线—三次曲线—圆曲线，
c) 直线—高次曲线—圆曲线

以及缓和曲线与圆曲线相接的点上, 曲率的变化率却不连续。要满足第(3)条的要求, 必须使 $\frac{dk}{ds}$ 连续(图2-2c)。关于这一点, 留在后面讨论。

三、路线平面设计的内容

公路中线的平面形状如图 2-1 所示。其中 b) 是直线与圆弧相切, c) 是在直线与圆弧之间插入回旋线型的缓和曲线。为设置缓和曲线, 需要把圆曲线向内移动一个距离, 其移距 p 是很小的数值, 在一般比例尺的平面图上看不出 b) 与 c) 之间的区别, 所以无论设与不设缓和曲线, 在路线平面图上往往看不出来。

平面设计的主要内容, 是根据汽车行驶的力学性质和行驶轨迹, 确定各线形要素的几何元素。在车速较高的公路上, 还应考虑美学上和司机视觉上的要求。路线的平面线形对汽车安全而又顺适地行驶具有重要的作用。各几何元素的确定是以设计车速为主要根据的。本章将重点讨论这些元素, 如圆曲线半径、缓和曲线长度以及直线、曲线的合理配置等与设计车速的关系。至于结合自然条件的具体路线设计将在以后有关章节中讨论。

第二节 圆曲线半径

一、汽车在弯道上行驶时力的平衡

任何“物体”作圆周运动时, 都会由于惯性而产生离心力。离心力的大小与物体的质量成正比而与曲线半径成反比, 其计算式为:

$$F = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R}$$

式中: F ——离心力(N);
 G ——汽车重量(N);
 v ——汽车行驶速度(m/s);
 R ——曲线半径(m);
 g ——重力加速度($\approx 9.81\text{m/s}^2$)。

离心力的作用点在汽车重心, 方向水平并背离圆心。

为了减小离心力的作用, 曲线上路面做成外侧高、内侧低呈单向横坡的形式, 这就是弯道超高。汽车行驶在具有超高的曲线上, 如图 2-3 所示, 其车重的水平分力可以抵消一部分离心力的作用, 其剩余部分, 由路面与轮胎之间的磨阻力与之平衡。

将离心力与汽车重力分解为平行于路面的横向力(X)和垂直于路面的竖向力(Y), 得

$$X = F \cos \alpha - G \sin \alpha$$

$$Y = F \sin \alpha + G \cos \alpha$$

由于路面横坡不大, 即 α 很小, 可以认为

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha = i_y, \quad \cos \alpha \approx 1$$

i_y 是路面的超高横坡度, 于是

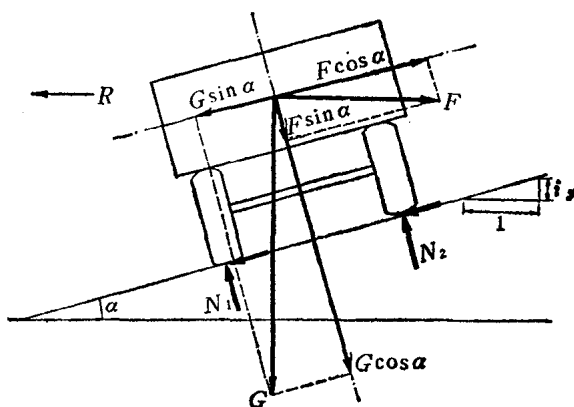


图2-3 汽车在弯道上行驶时力的平衡