

普通高等院校土建类应用型人才培养系列规划教材

道路工程

主 编 李丽民 冯浩雄 肖 明

前言

交通运输是国民经济发展的动脉，是社会发展的基础产业。目前，我国已进入全面建成小康社会、加快推进社会主义现代化的新阶段，这对道路建设及其科学技术发展提出了更新更高的要求。本书基于道路工程最新相关规范和发展以及学生实践能力的培养，突出最新、实用和专业的特点，使学生全面掌握道路工程的基础理论和知识及道路工程设计方法和施工技术，为学生今后从事相关工作打下坚实基础。

本书采用任务驱动式教材模式，以工程应用和学生的能力培养为导向，密切结合应用型本科人才培养目标要求和最新规范，采用学习要点、能力训练、任务自测等形式，尽可能体现理论与实践相结合的特点，突出学生能力的培养。本书概念清楚，层次分明，覆盖面广，重点突出。

本书系统地介绍了道路路线设计理论和方法、道路交叉及排水设计、路基设计理论和施工方法、路面设计理论和施工方法及道路养护与管理等内容。本书可作为高等学校土木工程、交通工程等专业本科生教材，也可作为其他有关专业选修教材，还可作为从事道路工程设计、施工与监理的工程技术人员培训的参考资料。

本书由湖南科技学院李丽民，湖南城市学院冯浩雄、肖明担任主编。具体编写分工为：李丽民编写绪论、任务一、任务二、任务三、任务四、任务七、任务八，冯浩雄编写任务五，肖明编写任务六。全书由李丽民负责制订编写大纲并统稿。

在本书的编写过程中，编者参考了相关书籍，并从中引用了部分例题和习题，在此向相关作者表示感谢。

由于编写时间仓促，书中不妥和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

绪 论	1
0.1 道路工程特征及国内外道路发展概况	1
0.2 道路分类与分级	9
0.3 道路设计与施工	12
0.4 本课程主要内容与学习方法	22
任务一 道路平面设计	24
1.1 道路平面线形与定线	24
1.2 平曲线设计	33
1.3 弯道的超高和加宽	46
1.4 平曲线视距与线形组合	50
任务二 道路纵断面设计	63
2.1 概述	63
2.2 道路纵断面设计	64
2.3 道路平、纵线形组合设计	77
2.4 爬坡车道设计	83
2.5 纵断面设计方法和成果	85
任务三 道路横断面设计	93
3.1 道路横断面组成	94
3.2 横断面各组成部分几何设计	97

3.3	车行道路拱的形式及选择	105
3.4	路基土石方计算与调配	106
任务四	道路交叉设计	115
4.1	概述	115
4.2	平面交叉设计	120
4.3	立体交叉设计	128
任务五	路基设计与施工	138
5.1	概述	138
5.2	一般路基设计	149
5.3	路基边坡稳定性设计	155
5.4	挡土墙设计	168
5.5	路基施工技术	213
任务六	路面设计与施工	223
6.1	概述	223
6.2	沥青路面设计	229
6.3	水泥路面设计	253
6.4	路面施工技术	272
任务七	道路排水设计	290
7.1	概述	290
7.2	路基排水设计	291
7.3	路面排水设计	299
任务八	道路养护与管理	312
8.1	概述	312
8.2	道路养护	314
8.3	道路状况调查与评价	316
8.4	路面养护决策	325
参考文献		330



绪 论

0.1

道路工程特征及国内外道路发展概况

道路是供各种车辆和行人等通行的工程设施。道路工程则是以道路为研究对象而进行的规划、设计、施工、养护与管理工作的全过程及其工程实体的总称。

0.1.1 道路的特点与功能

1. 道路的特点

近百年来,汽车运输的迅速发展和道路及其运输所具有的一系列特点是分不开的。与其他交通运输相比,道路具有以下属性及特征:

(1)道路的基本属性。道路建设与道路运输是物质生产,因而,它必然具有物质生产的基本属性,即有生产资料、劳动手段和劳动力及作为物质产品而存在的道路,同时,它又具有其本身特有的基本属性。

1)公益性。道路分布广、涉及面宽,能使全社会受益,同时,也受到社会各方面的关注和支持。特别是近年来,道路运输在促进社会商品经济发展方面发挥了巨大的作用,使道路受到社会的重视。

2)商品性。道路建设是物质生产,道路是产品,必然具备商品的基本属性,它既具有商品价值,又具有使用价值。这一属性是目前发展商品化道路(也称收费道路)的基本依据。

3)超前性。道路的超前性主要是指道路的先行作用。道路是为国民经济和社会发展服务的,它作为国家连接工农业生产的链条和经济腾飞的跑道,其发展速度应当高于其他部门的发展速度。这就是通常所说的“先行官”作用。

4)完备性。道路运输是资金密集型和技术密集型的产业,属于国家基本建设项目。道路的建设不仅要满足其现行通行能力的要求,还要考虑今后一段时间内通行能力增长的要求,即要有一定的储备能力。这就要求建设道路之前,必须要进行统一的规划、可行性论证、周密的经济和交通调查、加强交通预测以及精心设计等工作,以满足远景发展的需要。

(2)道路的经济特征。道路作为一种特殊的物质产品,还具有以下经济特征:

1)道路产品是固定在广阔地域上的线形建筑物,不能移动。道路是线形工程,与一般的工业生产和建筑业相比,道路建设的流动空间更大,工作地点更不固定,受社会和自然环境影响较大,具有更强的专业性。

2)道路的生产周期和使用周期长。通常,一条上百公里的道路建成需要花费两三年的时间,高等级道路还需要更长的时间;投入使用后一般使用年限为10~20年。在使用过程中,还需要进行经常性的养护、维修和管理工作的。

3)道路虽然是物质产品,但不具有商品的形式。在商品经济中,一般的产品,都采取商品交换形式,出售后进入消费。而道路建成后,不能作为商品出售,也不存在等价交换的买卖形式,只提供给社会使用。其投资费用以收费(使用道路的收费和养护管理费)和运输运营收费形式来补偿。

4)道路具有特殊的消费过程和消费方式。一般的商品生产与消费在时间和空间上都是分离的,即商品必须成型后,才能运送到市场进行交换和消费;而道路则可以边建设,边使用,并在使用过程中进行养护、维修与改造;生产与消费不可分割,在时间和空间上是重复的。道路的消费形式不是一次性,而是多次消费。这就对道路的质量提出了特别高的要求,以确保其在多次重复性使用(消费)中保证车辆行驶的安全、快速、经济和舒适。

5)道路作为一个完整的系统发挥其作用,为社会和经济服务。一条道路由路线、路基、路面、桥涵等各部分组成完整的系统。而一个区域的道路网,则是由许多条道路组成一个有机的网络系统,这个系统又成为交通运输系统中的一个子系统,这就要求各条道路的修建要统筹规划,相互协调,密切配合,从整体的角度为社会和经济服务。

另外,道路运输与其他运输相比,也存在一些弱点,如运量小、运输成本高、油耗和环境污染较大等。

2. 道路的功能

(1)公路的功能。

- 1)主要承担中短途运输任务(短途运输为50 km以内,中途运输为50~200 km)。
- 2)补充和衔接其他运输方式,担任大运量运输(如火车及轮船运输)的集散运输任务。
- 3)在特殊条件下,也可以独立担负长途运输任务,随着高速公路的发展,中长途运输的任务将逐步增多。

(2)城市道路的功能。

- 1)联系城市各部分,为城市内部各种交通服务,并担负城市对外交通的中转集散的任务。
- 2)构成城市结构布局的骨架,确定城市的格局。
- 3)为防空、防火、防地震及绿化提供场地。
- 4)是城市铺设各种公用设施的主要通道。
- 5)为城市提供通风、采光,改善城市生活环境。
- 6)划分街坊,组织沿街建筑,表现城市建设风貌。

0.1.2 道路交通特性分析

1. 交通要素特性

交通工程学是一门研究人、车、路及周围环境相互影响的学科。道路交通要素就是人

(驾驶员、行人等)、车(客车、货车、非机动车等)、路(公路、城市道路、道路出入口及设施等)。

道路是汽车交通的基础、支撑物。道路必须符合其服务对象——人、货、车的交通特性,满足交通需求。道路服务性能的好坏体现在量、质、形三个方面,即道路建设的数量是否充分,道路结构能否保证安全,路网布局、道路线形是否合理。另外,附属设施、管理水平是否配套,也可以体现出道路服务性能的好坏。

(1)路网密度。路网密度是衡量道路设施数量的一个基本指标。路网密度(γ)=道路总长/总面积。一般路网密度越大,路网总容量、服务能力越大,但这不是绝对的。路网密度的大小应与一定的经济发展水平相当,与所在区域交通需求相适应,应使道路建设的经济性和服务水平,以及道路系统的社会效益、经济效益、环境效益得到兼顾和平衡。城市路网密度、间距的选取应考虑:路网密度、间距与不同道路的功能、要求相匹配;路网密度、间距与城市不同区域的性质、人口密度、就业密度相匹配。

(2)路网布局。道路的规划、设计不能仅仅局限于一个点、一条线,还应当着眼于整个路网系统。路网布局的好坏对整个运输系统的效率有很大影响,良好的路网布局可以大大提高运输系统的效率,增加路网的可达性,节约大量的投资,节省运输时间和运输费用,具有良好的经济效益、社会效益与环境效益。不同的区域、城市,不存在统一的路网布局模式,因此,路网布局必须考虑所在区域的自然、社会、经济情况。

2. 交通量基本特性

(1)交通量。交通量是指在一定时间间隔内,各类车辆通过某一道道路横断面的数量。观察、研究交通量变化规律是十分重要的,它是道路规划与设计、交通规划与管理的重要依据。交通量随时间变化,通常用某一时间段内的平均值作为该时间段的代表交通量。

1)日平均交通量(ADT):

$$ADT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (0-1)$$

式中 Q_i ——各规定时间段内的日交通量(辆/d);

n ——各规定时间段内的天数。

2)年平均日交通量(AADT):

$$AADT = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} Q_i \quad (0-2)$$

3)月平均日交通量(MADT):

$$MADT = \frac{\text{一个月的日交通量总和}}{\text{本月天数}} \quad (0-3)$$

4)周平均日交通量(WADT):

$$WADT = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 Q_i \quad (0-4)$$

其中,年平均日交通量是确定道路等级的控制性指标,其他平均交通量可以用于交通量统计分析。

(2)行车速度特性。行车速度既是道路规划设计中的一项重要控制指标,又是车辆运营效率的一项评价指标,对运输的经济、安全、迅捷、舒适具有重要的意义。了解和掌握各

道路上行车速度及其变化规律是正确进行路网规划、设计、运营、管理的基础。

行车速度(简称车速)是车辆在道路上行驶的距离 L 与所需时间 t 的比值,即 $v=L/t$ 。在车速的计测过程中,根据不同需要, L 和 t 取值不同,可以定义不同的车速。

1)地点车速。地点车速是指车辆通过某一点或某一断面的瞬时速度,观察时 L 尽可能短,通常以 20~25 m 为宜。地点车速主要用于道路设计、交通管制和规划等。

2)行驶车速。行驶车速是指车辆通过某一区间所需时间(不包括停车与损失时间)与该区间距离求得的车速。其用于评价该路段的舒适性和通行能力,也可以用于计算道路使用者的费用和效益。

(3)临界车速。临界车速是指道路理论通行能力达到最大时的车速,对选择道路等级具有重要的作用。

(4)设计车速。设计车速是指在道路交通与气候条件良好情况下仅受道路条件影响时,具有中等驾驶技术的驾驶人员能够安全舒适地驾驶车辆的车速。用作道路线形几何设计的标准。

设计车速的确定考虑了汽车行驶的实际需要和经济性,是汽车行驶要求与经济性平衡的结果。汽车的行驶要求表现为汽车的最高时速,即汽车的机械性能所能达到的最高速度。公路的设计车速不可能也没有必要达到这一速度,但应当尽量满足汽车机械性能的发挥。汽车行驶的经济性要求表现为汽车的经济时速,即汽车的机械损耗和燃油消耗为最小的车速。汽车行驶时越接近经济时速,费用越低,但考虑到时间效益,通常驾驶员不会追求以经济时速行驶。

3. 交通安全特征

(1)交通拥堵问题与特征。交通拥堵是指某类交通流因某种原因在某时间和空间位置上出现了一定程度的排队或延误现象。因此,交通拥堵问题特征随交通流的构成、拥堵原因、拥堵时间和空间不同而不同。交通流的构成主要有行人交通流、非机动车交通流和汽车交通流(包括小汽车与公共汽车等),导致其拥堵的基本原因是交通供需的矛盾。

1)通行能力不足型交通拥堵。

①交叉口进口道通行能力不足问题。一般地,交叉口进口道可能的通行时间必然较其上游路段少,特别是信号控制交叉口。因此,适当地增加进口道数和优化车道功能,可以提高交叉口进口道的通行能力。但当受资源条件所限或资源不能被充分利用时,将导致交通拥堵。

因此,在进行交叉口交通设计时,应当特别考虑各类交通流通行能力的基本要求,对交叉口的通行空间包括车道数、车道功能与组合、人行横道与非机动车道宽度等和通行时间如信号周期等做出优化设计。

②交叉口出口道通行能力不足问题。交叉口出口道设计车道数通常与下游路段车道数相同,特别是交叉口受道路红线的限制,往往只能通过压缩出口车道(宽度或车道数)来增加进口车道数,从而致使出口道通行能力不足。车流不能顺畅地流出而滞留在交叉口内部,进而可能导致整个交叉口的交通拥堵甚至堵死。

因此,交叉口出口道车道数,应当基于汇入进口道的车道及其信号控制方案,以最不利汇入条件为约束加以确定。若难以满足汇入条件,则只能以流出条件为约束,对流入车道数及其信号控制方案进行优化。同时,为了预防阻塞,还应当要求出口道的通行能力与

其下游路段通行能力相匹配。

③城市主干路交叉口间距不当问题。我国城市的大部分主干路普遍存在三个典型特征，即交叉口间距较短、主干路相交道路等级过低、道路沿线路侧开口密集。形成这三个特征的原因如下所述：

a. 主干路交通流的通行常被频繁干扰，无法达到其设计车速，导致功能降低。

b. 主干路相交的道路等级缺乏合理性，很多支路直接与主干路相交，使得原本承担长距离出行的主干路，还要同时为大量的短距离出行提供服务，从而降低了主干路的功能，降低其通行能力与运行速度。

c. 主干路沿线常有大量的路侧开口，其进出交通严重地影响主干路车流的通行。

2)通行能力不匹配型交通拥堵。

①连续流与间断流衔接部通行能力不匹配问题。连续流与间断流衔接部是指城市快速路出入口或进出匝道与普通道路结合部。连续流出口与所衔接普通道路通行能力的不匹配，将导致出口车流滞留甚至排队延伸到快速路主线。同时，快速路出口所衔接的普通道路通行能力与其下游交叉口通行能力的不匹配，将进一步导致更大范围的交通拥堵。我国城市快速道路的进出口与普通道路的衔接部普遍靠近交叉口，如上海市内环高架路的上匝道进口多位于地面交叉口的出口道附近，而下匝道出口则距离地面交叉口进口道停车线较近(有的不足 150 m)。所以，常因连续流与间断流通行能力的不匹配，而发生各类严重的交通拥堵。

②交织区通行能力不匹配问题。在立交的合流交织区、快速路进出口与主线的合流及分流交织区，因汇入或分流的车道数不匹配，以及交织段或加减速车道长度不足，而出现通行能力不匹配的情况，从而导致不同程度的交通拥堵。

③跨河(路)通道两端衔接设施通行能力不匹配问题。对于跨越河流的桥梁或者跨越道路的跨线桥，桥梁上桥处通行能力大，下桥处通行能力小，会导致车流在下桥处拥挤，产生严重的交通拥堵。

(2)交通事故与特征。交通事故是指车辆驾驶人、行人、乘车人以及其他在道路上进行与交通有关活动的人员，因违反相关法律和规章的行为，过失造成人员伤亡或财产损失的事故。交通安全问题分析通常从交通事故发生的时间、空间、主体、肇事类型四个方面进行。交通事故的引发涉及五个关键因素，即人、车、路、环境、规则。其中，人的行为不当是引发交通事故的主要原因。

1)车辆运行速度过高型交通事故。

①非高峰时段交通事故多发；

②城市主干路与快速路交通事故多发；

③机动车驾驶人肇事比例大及危害程度严重。

2)潜在交通事故问题。

①无信号控制交叉口与交通事故；

②混合交通与交通事故。

3)高速公路交通安全。

①在顺畅的线形上道路条件突然变坏。顺直路段前遇到较窄桥梁或隘口，长下坡路段前遇上急转弯等都属于这种情况。此时，驾驶员由于长距离在舒适状态下行驶易产生麻痹

思想，或是出于连续下坡的加速作用，以较高速度临近危险地点而不减速，道路条件变化时驾驶员没有及时改变行驶状态，事故往往由此产生。当前面遇上急转弯时，需要驾驶员用较大的力气旋转车轮，并以较大的角速度转弯，这些都使驾驶员工作难度增加，并且在汽车转向时时间有限，往往因此引起道路交通事故。

②路段前面的视距不足，视野不畅。弯道内侧的边坡阻挡、绿化过量，以及凸型竖曲线与平曲线配合不当，都会造成视距不足或视野不畅。纵断面上引起的视距不足往往更容易忽视，它较平面线形上视距不足更容易引起交通事故。如果在前视方向不能看到纵断面线形上的凹处，只有在最后靠近该凹处时才能看得见在凹处的汽车或其他特殊事物，则常会造成措手不及。如在凹型竖曲线上方有跨线桥，视距则不可避免地会因跨线结构物的限制而受到影响。

在长下坡道上因车速提高而需要更长的刹车距，在前面遇到线形欠佳等阻碍时要注意需要更长的安全视距作为保证。在气象条件较差的地区，要注意多雨、雾、雪等特殊情况可能造成的视距和视野欠佳。在高速公路两侧有进出口道时需要有良好的视距和视野。

③在平、纵、横各个不同剖面上或各个不同路段上所能保证的车速不相适应或过多变化。大半径平曲线路段的纵面上设置小半径竖曲线，顺直路段上出现不规则的横断面或过窄的路肩都属于这种情况。为更好地检查线形的质量，最好能够绘制沿线的运行车速图。这种车速图可以根据线形平、纵、横的各要素按照专门测定的研究成果预估营运车速值绘成。道路事故集中的地点往往就是相应于营运车速变化比较大的地点，这是某一路段的某一剖面要素不当而造成的。因而在设置线形时，应当消灭营运车速特低的路段，或是使路段之间的车速尽可能地均衡。从原则上讲，要求平面和纵面线形上的要素作这样的配合，即驾驶员只要通过松开油门踏板就能降低至合适的行车速度而不需要换挡或刹车。

④线形容易使驾驶员迷失方向，或被某些假象所迷惑。由于不适宜的交通岛或高出路面的路缘石、挡土墙等沿路设施，无法看到清晰导向的路面上的路缘带，如沿线护栏不规则、中央分隔带的突然变化等。这些情况可以在连续的透视图上仔细观察，对容易迷惑驾驶员的任何因素都应当予以改进。

竖曲线和平曲线的组合不当往往也会造成某些假象而迷惑驾驶员。例如，在凸型竖曲线的顶部设反向平曲线的拐点，线形将失去诱导视线的作用，除有挖方边坡情况外，犹如行车闯入空中一样。驾驶员感到不安，而且到达顶点附近才会发现线形向相反方向转弯，此时，急打方向盘往往会造成危险。

⑤在小半径弯道上合成坡度过大，路面滑移，造成行车不安全。为了防止汽车的横向滑移，应当将设置超高的曲线半径与纵向坡度控制在适当范围内，特别在冰雪严重地区，必须加以复核，着重注意下坡道上的危险性，要尽可能排除陡坡与小半径平曲线的组合。

⑥回旋曲线和竖曲线重叠，促使在汽车上产生复杂的动力作用，导致较高的事故率。由回旋曲线产生的横向加速度，随行驶时间变化而有所增减；同时，在纵断面竖曲线部分上行车，加速度也同样时刻变化。如果回旋曲线和竖曲线重叠起来，则当高速行驶时，横向和纵向加速度是在时刻变化的，动力作用较为复杂，容易引起事故，设计时应当尽量避免这种组合。

20 世纪 80 年代中期以后,一些国家的道路安全工程师开始将注意力集中到事故的“预防”上,即从道路的规划设计开始直到通车运营,全过程考虑道路安全,从而在规划设计时给道路用户提供一个安全的道路系统,达到“防患于未然”的效果,这就是道路安全评价。

0.1.3 国内外道路工程的发展

0.1.3.1 国外道路工程的发展

国外道路工程的发展大致经历了以下三个阶段。

1. 1886—1920 年,道路发展的早期阶段

这一时期,汽车数量不多,多数公路由原来的马车道改造而成。一方面,由于车辆少、交通密度小、汽车速度低,汽车与马车在车道上混合行驶,因而公路的技术标准很低。另一方面,由于铁路的迅速发展,当时世界的铁路总里程已达 127 万 km,因此,铁路是当时陆上交通的主体,公路运输仅是铁路、水路运输的辅助手段。世界铁路大发展的局面,使这一时期在交通运输史上被称为铁路运输时代。

2. 1920—1945 年,道路发展的中期阶段

两次世界大战期间,公路建设发展迅速,其主要原因是:第一,第一次世界大战结束,一些资本主义国家把军事工业转向民用工业,使汽车工业得以迅速发展,同时,工业机械化生产的发达使市场劳动力过剩,有更多的劳动力投入到公路建设中;第二,一些国家出于军事目的,对公路建设进行了较大投入,使公路得以发展。这一时期公路运输开始普及,干线公路标准有很大提高,欧美各国已初步形成了国家的公路干线网,畜力车相继被淘汰。在整个交通运输体系中,汽车的优越性得以发挥,在各种运输方式的竞争中,公路运输的地位和作用日益提高和扩大。公路运输不仅是短途运输的主力军,而且在中长途运输中崭露头角,与铁路、水运竞争抗衡。铁路运输垄断的地位开始改变和下降,铁路运输的比重开始大幅度下降,在美、英、法等国出现了拆铁路而改修公路的现象。

在该阶段,道路发展史上有两件大事:一是高速公路的出现;二是一门新型的学科——交通工程的产生。高速公路和交通工程的出现把公路发展推向了现代道路的新阶段。交通工程这一新兴学科的出现对道路交通规划、提高道路的通行能力、减少交通事故和交通公害有着十分重要的作用,并为现代高速公路的发展奠定了理论基础。1919 年德国出现了世界上第一条叫作 AVUS 的高速公路。高速公路是一种新型的交通设施,它的修建从根本上保证了汽车行驶的快速、安全、舒适,为公路事业的进一步发展开辟了广阔的前景。

这一时期公路发展较快的国家主要是美国、德国和一些经济发达国家。公路发展的主要特征为:路面铺装率大大提高,在 1915 年路面铺装率只有 10%,而到这一时期铺装率已达到 70%;公路运输在交通运输中的比重大大提高,公路运输已开始在各种交通运输中起主导地位。

3. 20 世纪 70 年代以后,国外道路运输进入大发展时期

20 世纪 70 年代以后,发达国家的公路网体系,包括高速公路网骨架已经基本建成。这些国家的道路部门除继续将部分精力放在道路建设上外,已将相当精力放在道路的使用功能与车流安全和行车舒适性上,以及改善道路对周围环境、人文景观影响方面。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，已经全面进入道路的运营管理阶段，道路网和汽车流已渗透到社会生活各个方面，在社会中产生很大的影响。

0.1.3.2 国内道路工程的发展

20 世纪初，汽车进入我国，公路开始发展，但发展缓慢，至 1949 年，全国通车的公路长为 8.07 万 km，集中在东南沿海地区。新中国成立后，公路建设迅速发展，至 1978 年年底，公路通车里程达 88 万 km，截至 2014 年年底，公路总里程达 446.39 万 km，居世界第一。农村公路建设也稳步推进。新中国成立初期，我国农村公路只有 59 万 km，截至 2014 年年底，全国农村公路(含县道、乡道、村道)里程达 388.16 万 km，99% 以上的乡镇和建制村通了公路。我国从 20 世纪 70 年代开始研究规划高速公路，从 1988 年第一条高速公路沪嘉高速公路建成通车以来，在经济增长的带动下，高速公路获得了快速发展，如图 0-1 所示。特别是 1997 年以来进入了跨越式发展的阶段，以年均 7% 左右的速度增长，至 2014 年年底全国已经形成了 11.19 万 km 的高速公路网络，位居世界第一，已形成以首都为中心的 7 条放射线、11 条南北纵线、18 条东西横线，以及地区环线、并行线、联络线组成的中国高速公路网。

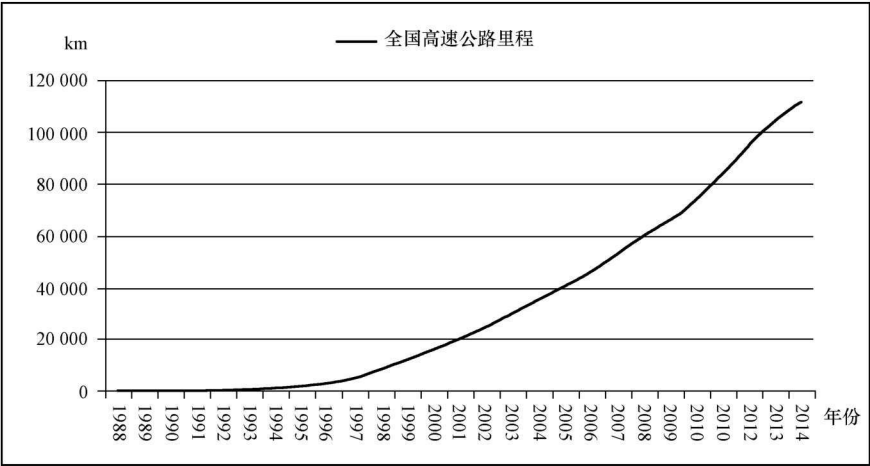


图 0-1 我国高速公路里程发展

但同时我们也看到，与发达国家相比，我国公路建设仍严重滞后，公路数量少、等级低、路况差，混合交通严重，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过能力一倍以上。国家高速公路网仍有 1.8 万 km 的未贯通路段，早期修建的高速公路交通拥堵；普通国道中还存在 3.5 万 km 的四级路、等外路和未贯通路段；全国还有 400 个乡镇、3.9 万个建制村不通硬化路。主要表现为以下几个方面：

- (1)公路路网密度低。目前，我国公路密度为每万人 13.1 km、每百平方千米 18.3 km，分别为美国的 5.8% 和 26.9%、日本的 14.3% 和 5.8%。
- (2)公路网等级低、高等级公路少、路面质量差、标准低。
- (3)发展不平衡。东西部差距较大，平原区与山区差别大。
- (4)通行能力低。未形成通行能力大、运营效益高的公路主骨架。

(5)服务水平低。公路运输服务不满足要求。

为完成全面小康总目标，公路交通仍然存在很多问题和挑战。“十三五”期间及未来公路交通的发展应当加快高速公路建设，基本贯通国家高速公路，推进繁忙通道的扩容改造，打通落后地区对外的运输通道；提高普通国省道等级水平、服务水平，加快低等级路段提级改造，完善城际干线公路网络，推进沿线便民服务设施建设；进一步提高农村公路的发展质量和服务水平，建制村通硬化路，对农村公路进行达标改造，有序完善农村公路网络；到2020年，建成“安全可靠、便捷高效、绿色智能、服务优质”的公路交通运输网络，使公路发展质量和效益明显提升，在综合交通运输体系中的基础地位和主体作用显著增强，以适应全面建成小康社会的需要。

0.2

道路分类与分级

0.2.1 道路的分类

道路按照使用特点分为公路、城市道路、专用道路等。

1. 公路

公路是指连接城市、乡村，主要供汽车行驶的具有一定技术条件和设施的道路。按照其重要性和使用性可分为国道、省道、县道和乡道。

(1)国道是在国家干线网中，具有全国性的政治、经济、国防意义，并经确定为国家级干线公路。

(2)省道是在省公路网中，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)县道是具有全县性的政治、经济意义，并经确定为县级的公路。

(4)乡道是指修建在乡村、农场，主要供行人及各种农业运输工具通行的道路。

2. 城市道路

城市道路是指在城市范围内，供车辆及行人通行的具有一定技术条件和设施的道路。

3. 专用道路

专用道路是由工矿、农林等部门投资修建，主要供该部门使用的道路，如厂矿道路、林区道路等。

(1)厂矿道路是指主要为工厂、矿山运输车辆通行的道路。通常分为厂内道路和厂外道路及露天矿山道路。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。

(2)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，其技术要求应当按照专门制定的林区道路工程技术标准执行。

各类道路的位置、交通性质及功能均不相同，所以，设计时的依据、标准及具体要求也不相同。因此，必须按照相应的技术规范(标准)进行设计与施工。

0.2.2 公路的分级与技术标准

1. 公路分级

为了适应不同地区经济发展的需要,充分满足路网规划和建设功能的要求,公路必须分等级规划和建设。交通部2014年颁布的《公路工程技术标准》(JTGB01—2014)(以下简称《标准》),根据功能和适应交通量将公路分为五个技术等级。各个等级又根据地形规定了不同的计算速度及相应的工程技术标准。

(1)高速公路。高速公路为专供汽车分方向、分车道行驶,全部控制出入的多车道公路。高速公路的年平均日设计交通量宜在15000辆小客车以上。

(2)一级公路。一级公路为供汽车分方向、分车道行驶,可根据需要控制出入的多车道公路。一级公路的年平均日设计交通量宜在15000辆小客车以上。

(3)二级公路。二级公路为供汽车行驶的双车道公路。二级公路的年平均日设计交通量宜为5000~15000辆小客车。

(4)三级公路。三级公路为供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道公路。三级公路的年平均日设计交通量宜为2000~6000辆小客车。

(5)四级公路。四级公路为供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道或单车道公路。双车道四级公路的年平均日设计交通量宜在2000辆小客车以下。单车道四级公路的年平均日设计交通量宜在400辆小客车以下。

公路技术等级选用应根据路网规划、公路功能,并结合交通量论证确定;主要干线公路应选用高速公路;次要干线公路应选用二级及二级以上公路;主要集散公路宜选用一、二级公路;次要集散公路宜选用二、三级公路;支线公路宜选用三、四级公路。

2. 公路技术标准

公路技术标准是指在一定的自然环境条件下,能够保持车辆正常行驶所采用的技术指标体系。具体是指在设计和施工时对公路路线和构造物的几何形状、结构组成及技术性能上的要求,将这些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。它反映了我国公路建设的技术方针,是公路设计和施工的基本依据和准则,是法定的技术要求,必须遵守。各级公路的技术标准是由其技术指标体现的,见表0-1。八车道及以上公路在内侧车道(内侧第1、2车道)仅限小客车通行时,其车道宽度可以采用3.5m;以通行中小型客运车辆为主且设计速度为80km/h及以上的公路,经论证车道宽度可采用3.5m;设置慢车道的二级公路,慢车道宽度应当采用3.5m。表0-1中一般值是指正常情况下采用的值;在设爬坡车道、变速车道及超车道路段,受地形、地物等条件限制路段以及多车道公路特大桥,可论证采用最小值。高速公路和一级公路应当在右侧硬路肩宽度内设右侧路缘带,其宽度为0.5m。八车道以及以上高速公路宜设置左侧硬路肩,其宽度不应小于2.5m,左侧硬路肩宽度包含左侧路缘带宽度。

表 0-1 各级公路主要技术指标

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 ⁻¹)	车道数量/条		120		100		80		100		80		60	80	60	40	30	20				
			8	6	4	8	6	4	8	6	4	6	4	2	2	2	2	2	1			
车道宽度/(m•条 ⁻¹)		3.75																				
路基宽度/m	一般值	45	34.5	28	44	33.5	26	32	24.5	44	33.5	26	32	24	23	12	10	8.5	7.5	3.0	3.5	
	最小值	42		26	41		24.5		21.5	41		24.5		24.5	20	10	8.5			6.5	4.5	
圆曲线最小半径/m	极限值	650						250						250		125	250	125	60	30	15	
	一般值	1 000						400						400		200	400	200	100	65	30	
超高/m	不设路拱≤2%	5 500						2 500						2 500		1 500	2 500	1 500	600	350	150	
	超高路拱>2%	7 500						3 350						3 350		1 900	3 350	1 900	800	450	200	
竖曲线凸形最小半径/m	一般值	17 000						4 500						4 500		2 000	4 500	2 000	700	400	200	
	极限值	11 000						3 000						3 000		14 000	3 000	140	450	250	100	
凹形半径/m	一般值	6 000						4 500						3 000		1 500	3 000	1 500	700	400	200	
	极限值	4 000						3 000						2 000		1 000	2 000	1 000	450	250	100	
竖曲线最小长度/m		100						85						70		50	70	50	35	25	20	
最大纵坡/%		3						5						5		6	5	6	7	8	9	
最小坡长/m		300						250						200		150	200	150	120	100	60	
行车视距/m	停车	210						160						110		75	110	75	40	30	20	
	会车															220	150	80	60	40		
	超车															550	350	200	150	100		
汽车荷载等级		公路—Ⅰ级						公路—Ⅱ级						公路—Ⅰ级、公路—Ⅱ级			公路—Ⅱ级		公路—Ⅱ级			
服务水平		二级						二级或三级						三级								

0.2.3 城市道路分级

《城市道路工程设计规范》(CJJ 37—2012)(以下简称《规范》)规定:城市道路应按照道路在道路网中的地位、交通功能以及对沿线的服务功能等,分为快速路、主干路、次干路和支路四级。快速路、主干路设计年限应当为 20 年;次干路应当为 15 年;支路宜为 10~15 年。

(1)快速路。快速路应中央分隔、全部控制出入、控制出入口间距及形式,应实现交通连续通行,单向设置不应少于两条车道,并应设有配套的交通安全与管理设施。快速路两侧不应设置吸引大量车流、人流的公共建筑物的出入口。

(2)主干路。主干路应连接城市各主要分区,应以交通功能为主。主干路两侧不宜设置吸引大量车流、人流的公共建筑物的出入口。

(3)次干路。次干路应与主干路结合组成干路网,应以集散交通的功能为主,兼有服务功能。

(4)支路。支路宜与次干路和居住区、工业区、交通设施等内部道路相连接,应解决局部地区交通,以服务功能为主。

0.3

道路设计与施工

0.3.1 道路基本组成

1. 公路基本组成

公路是线形结构物,包括线形和结构两个组成部分。

(1)线形组成。线形是指道路中线在空间的形状。道路中线是一条平面有曲线、纵面有起伏的立体空间曲线。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。在公路设计中,平、纵、横三个方面是相互影响、相互制约、相互配合的,设计时应当综合考虑,如图 0-2 所示。

平面线形由直线、圆曲线和缓和曲线等基本线形要素组成;纵面线形由直线(直坡段)及竖曲线等基本要素组成;横断面由行车道、路肩、分隔带、路缘带、人行道、绿化带等不同要素组合而成。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。公路是承受荷载及自然因素影响的交通工程构造物,包括路基、路面、桥涵、排水系统、隧道、防护工程、特殊构造物及交通服务设施等。

1)路基。路基是公路的重要组成部分,它是按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物,承受由路面传来的荷载,是行车部分的基础。其断面形状一般包括路堤、路堑、半填半挖等。

2)路面。路面是用各种筑路材料或混合料分层铺筑在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地行驶。通常

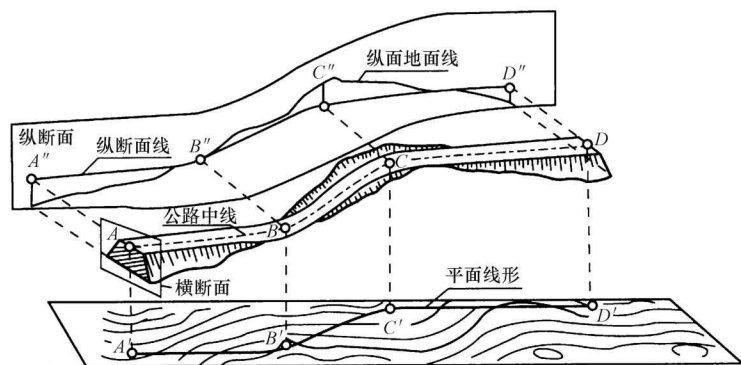


图 0-2 道路的横、纵断面及平面关系

由面层、基层、垫层等组成。路面是公路上最重要的建筑物，行车的安全、舒适和经济与否均取决于路面的质量。因此，通常以路面的质量来评价整条公路的质量。

3)桥梁、涵洞。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，如图 0-3 和图 0-4 所示；涵洞是为宣泄地面水流而设置的横穿路基的小型排水构造物。在低等级道路上，当水流不大时，可以修筑用大石块或卵石堆筑的具有透水能力的透水路基和通过平时无水或水流很小的宽浅河流而在洪水期间容许水流漫过的过水路面。在未建桥的道路中断处还可以设置渡口、码头等。

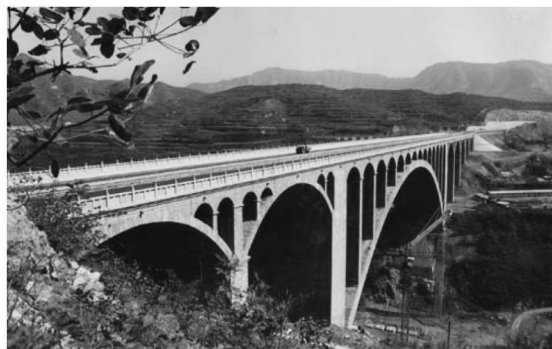


图 0-3 山区公路桥梁



图 0-4 城市桥梁

4)排水系统。为了防止地面水及地下水等自然水侵蚀、冲刷路基，确保路基稳定，需要设置排水构造物。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，如图 0-5 所示。隧道可以缩短道路里程并使行车平顺迅速。

6)防护工程。防护工程是指为保证路基的强度和稳定或行车安全所修筑的工程设施，如在陡峻山坡或沿河一带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，可以加固路基边坡保证路基稳定的构造物如图 0-6 和图 0-7 所示。沿河路基可以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，如图 0-8 所示。