

高速公路互通式立交设计探讨

郭腾峰, 刘建蓓, 王 蒙

(中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710068)

摘 要: 通过互通式立交设计工作的实践, 结合路线与立交设计软件的应用, 探讨互通式立交设计的基本方法、流程和注意事项, 以及在高速公路互通式立交总体设计、线形设计和软件应用等方面的一些心得体会。

关键词: 高速公路; 互通式立交; 方法; 流程; 三维道路 CAD 软件

高速公路互通式立体交叉(以下简称互通式立交或立交)设计是高速公路设计的重要内容。若将公路设计比作“带”状设计的话, 那么互通式立交设计则是这些“带”上一个个结点的综合设计。互通式立交设计除了具有路线设计的一般特点外, 还受小区域行驶轨迹的多向性、线形元素的多元化且相互关联的影响, 因而在技术上具有更为广泛的复杂性, 甚至在某些情况下直接关系到大范围公路路线总体方案的取舍。

随着我国高速公路建设步伐的加大, 高速公路互通式立交设计也经历了约 20 余年的发展, 已经从简单的满足交通转换到主动地适应交通量增长与发展需要, 从单一的考虑交通功能发展到融入环境与景观等因素, 从机械的人工计算绘图发展到集成化、智能化的计算机辅助设计, 从两维的平、纵、横剖面的经验化设计发展到全三维关联优化设计, 而且每一次飞跃都与计算机等高新技术的发展与应用紧密相关。

1 互通式立交设计的内容和流程

1.1 各设计阶段的内容

结合高速公路立项与勘测设计的不同阶段, 可以把互通式立交的设计工作分为 3 个阶段, 即: 预、工程可行性研究阶段; 初步设计阶段; 施工图设计阶段。

(1) 预、工程可行性研究阶段。

这一阶段与高速公路项目总体交通组织与规划相配合, 主要研究立交的设置位置、数量、间距和功能, 适当考虑立交的规模和型式, 同时提供估算工程数量以满足指导下阶段工作的要求。

(2) 初步设计阶段。

本阶段工程设计的重点在于立交采用的技术标准、型式、方案和工程规模, 互通式立交方案的可行性、合理性和经济性决定着整体规模。围绕这一中心, 在互通式立交位置和型式确定后, 设计的主要任务是匝道平、纵面线形的设计和工程量的概略计算与统计, 进而为互通式立交方案的比选服务, 为方案的推荐和决策提供可靠的依据。

在本阶段, 一般互通式立交都要进行至少 2 个方案的同深度设计, 以便进行方案比选。设计工作先从对工程可行性研究阶段互通式立交方案的研究开始, 同时结合上级或项目主管部门的审查或批复意见进行立交选型; 进而结合地形等条件进行比较详细准确的平面布线和接线设计——立交匝道平面设计; 最后对逐条匝道进行初步的纵断面纵坡与竖曲线设计(通常可能需要根据纵断面的设计情况再回头调整平面布线, 完成后重新进行纵断面调整设计)。

设计时要考虑地形、地物及工程地质条件, 以及立交范围内桥梁的桥型方案、收费站场和车道数等, 最后结合立交综合设计资料, 统计相关桥梁、路基、路面、排水、绿化、占地和拆迁等各专业的工程数量, 编制并输出所有相关图纸、表格, 编写方案论证说明, 提出推荐方案。

(3) 施工图设计阶段。

根据初步设计评审结果和意见, 对确定的互通立交方案进行详细的平面布线设计(包括加、减速车道设计)、纵断面设计、横断面设计、连接部设计(路

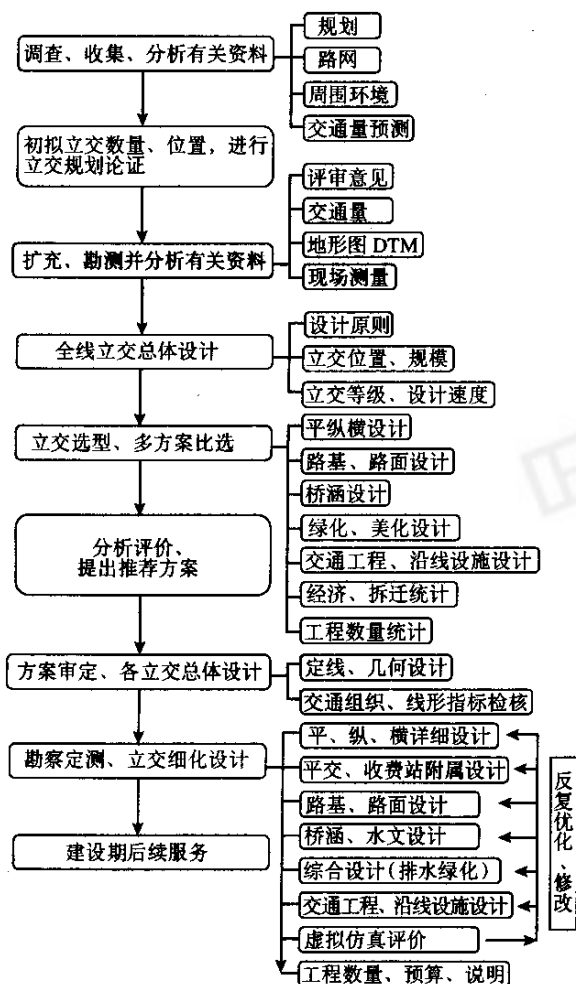
面标高设计)、收费站场设计、桥梁等构造物设计、路面与路基的防护与排水设计以及绿化设计等。绘制并输出所有相关的详细施工图纸、统计详尽的各专业工程数量表格,编写全面的设计说明。

对于复杂的大型枢纽型立交,有时还要针对设计难点或施工难点进行技术设计,以确保设计和建设过程的合理性与安全性。

1.2 互通式立交设计的一般流程

无论哪个设计阶段,对互通式立交设计都应遵循“宏观—微观—宏观”这一基本流程。所谓宏观,即做好总体设计,把握好设计理念、设计原则和总体布局,为分项设计的统一和协调打下基础。然后进行分项乃至微观的设计,待分项设计完成后,再回到宏观上,全面评审各分项设计和其相互的联系及最终设计成果。必要时,重新调整分项设计。

其常规设计流程如图 1 所示。



万方数据

图 1 互通式设计流程

2 互通式立交设计应注意的一些问题

互通式立体交叉的布局、型式选择及设计的合理与否,对交叉口通行能力和道路功能的提高、保证交通安全以及节省行驶时间均有很大影响。它不仅关系到主线的整体规划,还关系到道路的经济价值及周围环境等因素。因此,在互通式立交设计中应把握并处理好以下问题。

2.1 设计前应准备的相关资料

下面以施工图设计为例,说明为了做好互通式立交设计,在工作开展之前一般需要收集和准备的一些相关资料和数据:

- (1) 前阶段(如工程可行性研究阶段)的研究成果和资料;
- (2) 主管上级部门对上一阶段研究成果的审查、批复意见;
- (3) 立交附近区域的城镇、道路的规划资料;
- (4) 结点处(拟建互通式立交)远景交通量和转向交通量分布资料(图和表);
- (5) 立交范围附近主线所有相关资料(标准、等级、路幅宽度与断面组成,以及平、纵面详细设计数据或图纸资料);
- (6) 被交道路的所有相关资料(同主线的内容);
- (7) 多比例尺的地形图和数字地面模型;
- (8) 立交附近主线上的桥梁、隧道等构造物设置资料;
- (9) 设计规范和标准,以及对它们的掌握与理解。

2.2 互通式立交位置(即高速公路结点位置)的选择

互通式立交位置(即高速公路结点位置)的确定是高速公路总体设计主要考虑的内容之一(重要组成部分),设计者应根据项目的功能、被交道路的情况,互通式立交附近的地形、地貌和地质条件,项目区域的城镇规划,区域交通规划与组织,以及收费制式等因素综合考虑后确定结点位置,往往结点位置的确定影响到整条路线方案的优劣甚至取舍。在地形等条件严重受限的情况下,如果无法直接在主线与被交路相交处设置的,也可能还会考虑移位、合并或分离设置等情况。

2.3 互通式立交等级确定

互通式立交等级主要根据相交道路等级、所在地区位置、交通规划、互通式立交功能与规模等结合路线设计规范而确定。互通式立交的主要等级分类

可参见我国现行的《公路路线设计规范》(JTJ 011—94)。

2.4 互通式立交型式的选择与设计

立交型式的选择合理与否关系着立交本身及几条公路的通行能力是否能达到要求,它是互通立交设计成败的关键。

选型的重要依据是公路路网规划状况、公路结点的交通流量与转向流量、立交功能、地形以及工程地质条件等。

(1) 立交适用功能和收费制式。

从互通式立交适应的功能上一般分为枢纽互通立交(或高速公路互通式立交)和出入口型互通立交。前者主要解决高速公路间交通流的快速转换功能,其选型中没有收费站设置等限制,型式较多,设计者可发挥的空间也相对较大,主要有苜蓿叶型、菱型、涡轮型、全定向型以及组合变化型等;后者一般服务于城镇或地方道路的交通流上、下高速公路,因常常需要封闭收费,所以其型式也相对有限,常规的有单喇叭型、部分苜蓿叶型、双喇叭型、“Y”型或组合变化型等。

(2) 立体交叉的设计交通量与通行能力。

道路立体交叉的主要目的是为了提高交叉路口的通行能力,减少交叉时交通的干扰,从而保证道路交叉处的交通安全与快速通行。因此,相交道路的交通流量和交叉口的通行能力是立交选型考虑的主要因素。

(3) 匝道设计速度。

匝道设计速度的确定,关系到立交的几何形状和各组成部分的尺寸,以及视距、超高等因素。合理地确定匝道设计速度是充分发挥匝道功能的关键因素之一。

(4) 相交道路等级及立交等级。

相交道路的等级和立交设计交通量决定了立交的等级。互通式立交的等级划分,国内外遵循的原则有所不同,但都是考虑了连接道路的设计车速及交通量等因素。

(5) 立交的服务水平。

互通式立交服务水平是立交选型的又一重要因素。服务水平是描述交通流之间的运行条件及其对汽车驾驶者和旅客感觉的一种质量测定标准,其反映的要素是速度、行驶时间、驾驶自由度、交通间断、舒适、方便以及安全等。

总之,一座立交型式的确定并不是一个简单的

过程,它同时要涉及到许多制约因素,且需要协调这些因素相互关系。

2.5 线形设计时注意动态地分析车速,灵活、合理地采用设计指标

汽车在匝道上行驶的速度是在不断变化的,这是设计者在平、纵面设计过程中应随时注意把握的特点,以速度为尺度,来确定选用平、纵面指标。在速度较高处,采用较高的平、纵面指标,例如在匝道与主线的衔接处附近,特别是在加、减速车道上;而在收费站附近或平交附近,可以采用较低的平、纵面指标,因为在这些区域,汽车的速度是较低的。应用上述理念,在完全满足功能和安全的前提下,可以很好地控制立交规模,适应地形等控制条件,减少用地并节约造价。

实际的动态行车速度概念就应该是“运行速度”的概念。

2.6 宏观与微观结合,注意立交整体绿化和排水设计

设计者往往习惯于一接到设计任务马上埋头于互通式立交详细设计中的各种细节问题上,特别关注如何使用软件进行平曲线组合、如何处理超高过渡、怎样进行连接部设计以及路面标高数据图的设计绘图等方面,而忽略了一些更为重要的问题。如:方案是否合理可行、立交型式是否适应主交通流方向的需要、与被交路的衔接方式以及交叉处桥梁等净空是否满足需要等。导致在很费心地做了许多详细设计和绘图工作之后,却因为其他宏观上的、方案上的问题变化出现返工或重新设计。所以,设计者不能只局限于细节设计工作,还需更多地注意许多宏观的问题,例如互通式立交方案设计、整体绿化、系统排水和行车安全等。

2.7 设计时尽量顺应地形,与周围环境相协调

立交几何设计时要适应地形,要避让环境敏感点,减少或避免高填、深挖路段对环境、景观的破坏。除合理运用技术指标,常规的植树、绿化以诱导视线外,可采用增加桥长(降低填土高度)、放缓边坡坡度、坡面修护、采用自然的防护形式以及采用暗埋式排水设施等都是比较好的方法。总之,在互通式立交设计中应处处遵循“安全、环保、舒适、和谐”的设计理念,并在“精心设计”上倍下功夫,使得设计作品不仅满足车流畅通、安全这一基本功能的要求,还能使之与所处的环境和谐协调,甚至起到美化环境、改善生态和点缀大地风景的作用。

3 利用计算机辅助设计软件(CAD)进行互通式立交设计

纬地三维道路CAD系统是集勘察和设计为一体的专业工程软件,互通立交设计是其中的核心功能之一。该软件运用曲线线元法理论,能够动态可视化地进行立交平、纵面设计,自动搜索确定楔形端(鼻端)位置,批量化完成平、纵、横和立交连接部图及路面标高图等的绘制工作,大大提高立交设计工作的质量、效率和精度。

3.1 曲线线元特性和一般匝道线形组成

互通式立交详细设计的第一步是平面线位设计,但在设计之前首先要对一般匝道线形元素的组成胸有成竹,特别是要深刻掌握曲线线元如缓和曲线(一般采用回旋曲线)的几何特性。

3.1.1 匝道元素的组成

组成匝道线形的元素有3种:直线、圆曲线和缓和曲线。符合汽车行驶轨迹、线形美观、并达到舒适和安全等要求的匝道线形,其几何性质必须满足轨迹连续、光滑且每一点曲率均连续等条件。匝道的线形元素组合一般包括:基本型(直—缓—圆—缓—直)、S型(圆正向—缓—缓—圆反向)、卵型(圆—缓—圆)、复合型(缓同向—缓同向—圆)、特殊型(凸型、C型)或以上几种型式的组合。

在立交匝道平面线形布设时,设计者首先要根据立交型式对每一条匝道平面线形可能的组成做到心中有数,然后才能应用软件去逐条布设。同时,应注意在满足地形、功能等条件下尽量简化曲线元素的组成,过于零碎的线形组合往往会降低匝道的技术指标。

3.1.2 深刻理解缓和曲线的几何特性

目前,我国公路和互通立交设计中采用的缓和曲线主要是回旋曲线。当直线与圆曲线间、半径相差较大的圆曲线间需要过渡时,都要插入缓和曲线以顺应汽车行驶轨迹的变化。但在实际设计中只有深刻掌握其几何特性,才能灵活恰当地应用缓和曲线。图2中所示的几种情况下要插入一段缓和曲线来进行过渡,往往看似合理,但实际上是不可能的。

(1) 图2(a)所示情况是企图在2个半径相等的圆曲线间插入一段缓和曲线,这不符合回旋线曲率半径从直线($R=\infty$)到某一半径(R)的曲率连续过渡,即曲率半径连续变化的条件。

(2) 图2(b)所示情况是希望在2个半径不等且相交的圆曲线($R_1 > R_2$)间插入一段缓和曲线,这同

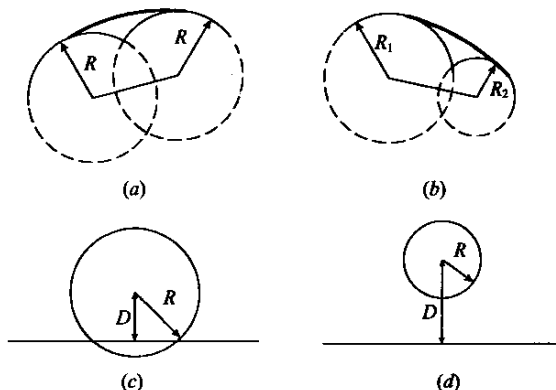


图 2

样不符合回旋线的几何特性,即曲率半径所形成的圆曲线的包含关系(这里小圆应包含在大圆之内)。

(3) 图2(c)和图2(d)所示情况是希望在直线与圆曲线相交、相割或相离较远的情况下插入一段缓和曲线,也是不能实现的,因为圆曲线与直线只有在相离且距离较近的情况下才可能以缓和曲线相顺接。

3.2 平、纵面的设计顺序

掌握从主到次、从内到外及从控制到非控制的设计顺序。

在详细的立交平面布线、纵面设计中,应掌握一定的设计流程顺序,因为在互通立交中往往匝道之间的平、纵面都是相互关联和互相影响的,所以,在设计时应遵循从主到次、从内向外及从控制匝道到非控制匝道的设计顺序。例如:对于单喇叭型立交(图3),其主要控制元素和控制点是图中所示的交叉位置和交叉角度,在主要控制点定下来后,再进行其他匝道的设计;对于苜蓿叶型(及其演变型)互通立交(图4),如果先设计外围的右转直接匝道,再去布置内环匝道的话,当发现内环匝道纵面指标紧张、纵坡较大而需要将内环半径加大时,先行设计的外围右转匝道必将随之发生调整或重新设计;而对于组合型立交(图5),也是要按从内向外、由控制到非控制的设计顺序进行。

纵面设计除掌握上述控制方法外,在同一匝道的设计中,还应从受地形、受主线构造物等控制的一侧开始设计,先满足控制一端要求的条件,再根据实际情况进行不受控制一侧的布设。

3.3 不要遗漏控制元素

除了主线、被交路与匝道的连接部以及上跨下穿处作为标高设计的主要控制点之外,还要特别注

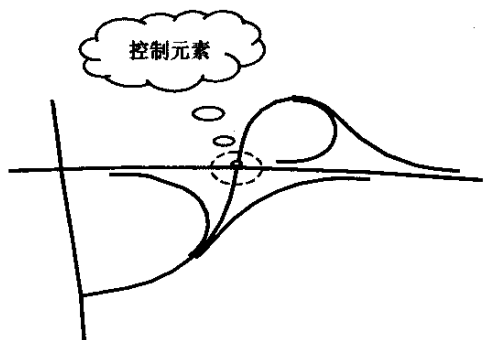


图 3

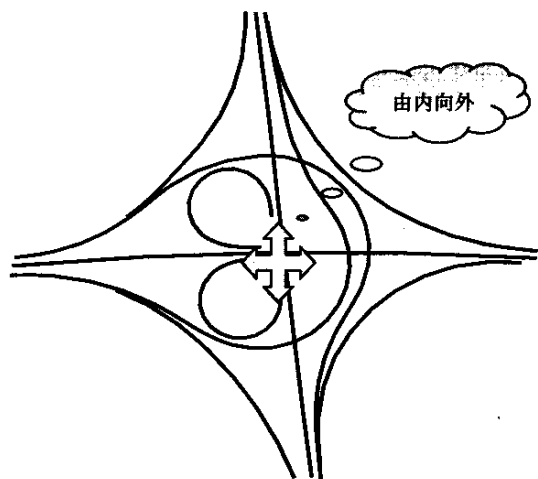


图 4

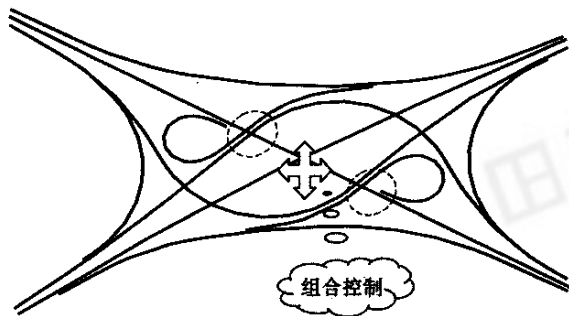


图 5

意不要遗漏其他控制元素,例如匝道间的分流点、合流点。因为同向匝道分流、合流常常导致 2 个匝道纵面变化较大,一个要上跨主线,而另一个可能要顺接主线甚至要下穿主线,在较短的距离内高差变化较大且又相互影响,其位置、标高、坡度、超高和断面的设置就成了立交设计中重要的控制元素。

3.4 突破一些习惯的设计思路和方法

早前在互通式立交平面线形设计中,因为只能使用计算器等工具手工计算、绘图,曾出现为了使线

形变化流畅和适应地形的需要,而采用 3 段圆曲线 ($R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3$, 其中 $R_1 > R_2 > R_3$) 相接的线形,称为“三心圆法”。也曾在实际设计中为避免复杂的计算问题,在互通式立交范围内主线上采用直线的做法。目前,互通式立交设计软件已经完全解决了立交复杂平面线形的精确计算问题,所以上述情况已经不再是设计者要考虑的因素了。

3.5 熟练使用软件的互通式立交设计专项功能

熟练掌握设计软件中专门的互通式立交设计功能,如立交平面布线和终点智能接线功能、设计向导、连接部和路面标高图功能等,配合软件中有特色的“立交标准设计数据库”功能,可方便快捷地进行立交平面线位设计、超高加宽设计、自动搜索确定连接部楔形端(分流鼻)位置和自动搜索计算立交匝道连接部的横向宽度变化,同时完成批量出图,使互通式立交设计工作事半功倍。

3.6 要把安全设计放到首位

立交设计不能仅仅局限于纯几何设计方面(如线形组合或单纯的软件应用)更应该综合考虑各种因素。注意线形组合、平纵配合的合理性,注意上跨下穿的净空要求、不同位置不同运行速度时合适的选用超高以及积雪冰冻地区最大纵坡的取值等,并要有足够的行车视距等等。

3.7 利用立交仿真模型对设计进行检核

当立交进行平纵横、路基、路面、桥涵、排水、防护和绿化各分项设计时,如果有条件,可利用软件的仿真分析功能建立虚拟环境,对连接部、匝道等设计细部的线形组合、行车视距、路容、排水和景观等设计成果模型进行检查,如有不足应返回重新优化调整,做到精心、精细设计。

3.8 灵活运用 CAD 软件,但不能只依靠软件

互通式立交设计的成败主要取决于其交叉方案是否满足交通组织和交通量增长的需要、立交型式是否适宜周围环境以及整体造价是否合理可行等方面,而这些问题的确定都是 CAD 软件所不能解决的,只能依靠于设计人员凭借实际工程经验发挥主观能动性,发挥设计者的聪明才智。虽然目前进行互通式立交设计不可能离开软件去手工计算或绘图,但不能完全依靠软件,软件也不可能完全取代设计者的工作。因为,每一座互通式立交都有其特点和不同之处,软件开发不可能为各种特殊情况均开发专门的处理功能,这就需要设计人员通过对专业知识的深刻理解,结合每个项目的实际情况去灵活运用软件,

文章编号: 0451—0712(2005)02—0124—04

中图分类号: U416. 217

文献标识码: B

多年冻土地区沥青混凝土路面的设计与施工

章金钊, 汪双杰, 台电仓

(中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710068)

摘要: 青藏公路多年冻土地区海拔高、气温低,裂缝是青藏公路沥青混凝土路面的主要破坏类型,沥青混合料设计首先应考虑沥青和沥青混合料的低温抗裂性,其次是抗冻水稳性、抗老化性能和疲劳耐久性,高温性能是较次要的。矿料选择时,需要考虑矿料的强度、抗冻性、级配和酸碱性,对于酸性矿料,应适当添加抗剥落剂,使集料与沥青的粘附性不小于4级。沥青混凝土路面施工时应特别注意沥青用量、温度控制、保温措施、接缝和施工季节等,以确保沥青混凝土路面的施工质量。

关键词: 多年冻土; 沥青混凝土路面; 设计; 施工

青藏公路多年冻土地区海拔高度均在4 500 m以上,系独特的中、低纬度高寒地区,具有气温低、空气稀薄、大气干洁及太阳辐射异常强烈的特征。公路沿线最低月平均气温为-14.5℃~-17.4℃,最高月平均气温为6.8~8.1℃,年平均气温为-2.0~-7.0℃,极端最高气温为20.8℃,极端最低气温为-39.7℃(五道梁)。气温呈南北高中间低、日升温降温迅速的特征。

青藏高原的降水量受地形、地理位置和环境系统的影响,年降水量从拉萨的500 mm左右,向北逐渐减少,到格尔木年降水量减少至30 mm。雨量集中在每年的5月~9月,一般占全年总降水量的90%左

右。降雪集中在唐古拉山以南地区,北部高原地带雪量极少,降水日变化十分明显,降雨率达50%~60%,降水以雷雨及固态降水为主,冰雹、雪等固态降水任何季节都可出现。

目前,大多数国家采用马歇尔法设计沥青混合料,但大量实践证明,马歇尔试验指标与沥青混合料的路用性能相关性不理想,主要是由于该法的沥青混合料试件成型方法和力学图式与沥青混凝土路面的实际状况有较大差别。沥青混凝土路面出现的病害与当地的气候环境有很大的关系,特别是在寒冷地区,则多出现开裂病害等;在多雨地区,易出现松散、坑槽等水损害现象。本文根据在青藏公路多年的

收稿日期: 2004—11—10

解决处理好各方面的问题,做出优秀的设计。

4 结语

目前,高速公路互通式立交设计已经形成了与我国交通流特征和驾驶习惯等相适应的理论和方
法,但是随着公路设计理念的进一步提升,对公路设计的水平、手段和方法提出了更高要求,这些不仅需要设计人员在实践中不断学习提高、全面掌握道路、桥梁和隧道等相关专业技术,而且还要熟练掌握并深刻理解和领会技术标准与设计规范,更为重要的是要积极研究、开发计算机辅助设计等相关高新技术,真正实现从静态经验型设计到三维动态优化设

计的飞跃。

参考文献:

[1] JTG B01—2003,公路工程技术标准[S].
[2] JTJ 011—94,公路路线设计规范[S].
[3] 公路工程基本建设项目编制办法[M]. 北京:人民交通出版社,1996.
[4] 霍明,等. 山区高速公路勘察设计指南[M]. 北京:人民交通出版社,2003.
[5] 张雨化,朱宏照. 道路勘测设计[M]. 北京:人民交通出版社,1997.
[6] 郭腾峰,王蒙. 道路三维动态可视化几何设计[M]. 北京:中国电力出版社,2002.