

概念设计在山区高速公路选线设计中的应用

王慧¹ 王慧恩²

(北京交科公路勘察设计研究院有限公司 北京 100191)

摘要:文章基于多个山区高速公路勘察设计项目的分析总结,首次在公路选线设计中提出概念设计,将错综复杂的抽象方案比选问题简化为排列组合对比问题,利用等效代换法通过与公路造价站大数据融合,可简化造价比选难度,系统的实现路线方案定量比选,极大的提高山区高速公路选线效率和勘察设计质量。将来通过借助计算机沙盘模拟或数模建立等技术,利用概念设计和等效代换法可实现公路智能选线,对山区高速公路勘察设计工作意义重大。

关键词:山区高速公路;概念设计;等效代换法;选线设计

1. 引言

在国家交通强国战略指引下,随着国家高速公路网的逐步完善和东西部协调均衡发展要求,改善落后山区交通运输状况迫在眉睫,山区复杂地形高速公路项目也日趋增多。山区高速公路由于要克服艰难地形、复杂地质条件和避让沿线诸多控制因素,所以研究范围广,平纵面控制因素多,方案复杂多变,方案比选工作错综复杂,文章首次在公路设计行业提出概念设计和等效代换法进行公路选线设计,将有效提高高速公路选线效率和设计质量,对山区高速公路勘察设计工作意义重大。

概念设计首次是在产品设计行业提出,这一名词出自于1984年Pahl&Beitz编著《Engineering Design》一书中,将概念设计定义为:“在确定任务之后,通过抽象化,拟定功能结构,寻求适当的作用原理及其组合等,确定出基本求解途径,得出求解方案,这一部分设计工作叫做概念设计”^[1]。Frence在其书中将概念设计定义为:“概念设计首先是要弄清设计要求和条件,然后生成框架式的广泛意义上的解”^[2]。在公路勘察设计行业,可将概念设计定义为:“以实现公路功能为出发点,通过对区域内杂乱无章的控制因素分析,通过归纳研究,变为一系列选线边界的约束条件,通过由主要到次要、由粗到精、由模糊到清晰、由抽象到具体,并不断深化比选的设计方法”。

概念设计以“抓关键的少数和目标导向”为原则,从面到线,从线到点,抓主要因素,理清思路;以实现目标为原则,能定性不定量,能定量不同深度,逐级深化比选的方法;具有操作便捷高效等优点。

2. 概念设计和等效代换法在高速公路选线设计中的应用

概念设计在高速公路选线设计中的应用可分为八个步骤。

(1) 基于高速公路项目功能定位和技术标准,调研区域内相关因素,如影响功能定位类的因素(区域社会经济发展规划、综合交通运输体系、交通量需求及沿线城镇产业规划),建设条件类因素(地形地貌、地质水文气候条件、城镇产业规划、生态保护区、水源保护区、森林公园、基本农田、军事设施、文物和沿线铁路、公路、管线等)和施工难易、投资效益三大类。

(2) 将三大类因素分为正面因素和负面因素。

正面因素是指对发挥公路功能起到积极作用的因素,如影响功能定位类因素,在满足基本功能的条件下,我们希望高速公路尽可能达到带动沿线地方经济发展,吸引交通量和路网均衡的效果;和部分可利用建设条件类因素,如较好的走廊带及可利用地形地貌设置互通服务区等工点,与铁路、管线交叉可利用点,与公路衔接点和筑路材料较丰富区域。

负面因素是指对公路建设起到制约性因素,如大型不良地质路段,地形水文,城镇化征拆,基本农田,生态保护区,矿产和军事文物等,我们希望高速公路选线尽可能减少对此类因素的干扰,和施工难易程度及投资等。

(3) 依据重要程度,利用德尔菲法、头脑风暴法或专家评分法将受控因素划分等级。将正面因素由重要程度划分为重要、次要和一般类,将负面因素根据协调难易程度划分为不可协调因素,较难协调因素及一般因素。客观合理划分受控因素等级是实现概念设计的关键,也是定性比选转定量比选的纽带。

因素等级划分,应基于对项目的充分调研和相关部门的意见沟通,立足项目实际情况客观得出,可利用德尔菲法、头脑风暴法和专家评分法实现。各省有各省的特点,不同时期有不同的要求,随着时空不同,均会有所变化。原则上是将影响项目实施的因素作为重要因素,影响方案成立的因素作为不可协调因素,不影响项目实施但对项目功能效益发挥有积极促进作用的因素作为次要因素,不影响方案成立但工程实施难度大,工程规模增加且投资影响大的因素作为可协调因素,对充分发

挥项目附属功能的因素或协调难度不大的因素作为一般因素。

如建设项目在投资可承受范围内,那造价可作为一般因素;若投资超出财务和经济评价可行范围,那造价就成为不可协调因素。正面因素若成为满足高速公路基本功能因素,那应为重要因素,若是锦上添花,可作为次要因素。某些控制因素虽然可以协调,但若协调周期赶不上工程实施进度,则应为不可协调因素。

表1 高速公路控制因素等级划分表

序号	因素分类	因素等级	内容	措施	备注
1	正面因素	重要	交通量需求	基本功能需求	
2			战略功能		
3			连接市区及重要产业规划区		
4		次要	路网均衡通达	追求功能和效益最大化	
5			县镇及产业规划		
6			较好的走廊带或工点位置		
7			与铁路管线交叉可利用位置		
8		一般	区域经济	适度追求高速公路的内涵及外延品质	
9			文旅融合		
10			人文交通		
11	负面因素	不可协调	大型不良地质,如滑坡,活动断裂带、泥石流、地下暗河等	严格避让	
12			一级水源保护区		
13			国家级或省级生态保护区的核心区		
14			国家级或省级不可移动文物		
15			国家级或省级公益林及森林公园		
16			重要军事设施		
17			大型或重要矿产		
18			用地指标,及基本农田总指标		
19			500KV及以上超高压线路		
20			国民经济和财务分析可行性		应满足
21		行洪专题要求	严格按照要求执行		
22		通航专题要求			
23		涉铁专题要求			
24		文物专题要求			
25		现行路线规范指标和技术标准			
26	较难协调		地形地貌	应避让或避免	

27			中型不良地质和较难处置的不良地质				
28			二级水源保护区				
29			生态保护区的缓冲区				
30			可移动文物				
31			一般军事设施				
32			可协调的矿产				
33			重要的天然气或输油管线				
34			敏感性城镇化拆迁				
35			地下水位和水库等				
36			投资增加较大				
37			一般因素			小型不良地质和较易处置的不良地质	宜避让
38						生态保护区的实验区	
39						200KV 及以下电力线、通讯线等	
40	改路、改河、改渠						
41	一般拆迁						

(4) 充分发掘定值,以重要的正面因素和较难协调的负面因素为约束条件,争取次要正面因素的同时,尽量避让较难协调的负面因素,在区域内进行走廊带比较,有条件可进行沙盘模拟或数学建模。

充分发挥正面因素,降低负面因素,双向引导,将更多的不确定性因素转化为确定性因素。充分发掘重要正面因素的内涵,如从必须经过的市、重要产业规划区或起终点等的大致标高或通过设置连接线后的标高,可得出线位高程走廊带,通过对区域地形的分析,得出走廊带标高和范围,以合理确定采用高、中、低线位。从不可协调的负面因素,快速排除不成立的方案,以缩小研究范围。从正面因素得定值,负面因素排除不可行的方案,是实现概念设计的核心。

(5) 将局部路线走廊,通过可行的桥隧等特殊结构物,进行有效的关键节点连接,可有效缩小比选范围。

保证连接关键节点方案的可实施性是保证走廊方案可行的前提条件。局部路线走廊连接关键节点方案由于具有工程规模大、实施难度大和投资高等特点,故应结合国内项目参考类比法,论证其可行性,切实保证方案合理可行,必要时可将连接方案纳入概念设计控制因素进行综合比选。如果关键节点连接方案不成立,则局部路线走廊无法实现互联互通,以满足公路基本功能需求,即可否定局部路线走廊。

(6) 通过综合比选筛选有价值的比较方案,利用等

效代换法简化造价比选难度。

从对地方经济带动作用、项目或路网功能、协调难易程度、对三区三线的影响、工程规模、用地、建设难易程度等多方面,建立指标评价体系。为便于计算机智能选线,将评价指标利用专家打分法进行量化,并通过各方面所在权重,得出综合指标,从而进行综合比选,筛选出有价值的方案。其中,等价代换法将造价指标化繁为简,在精度可控范围内有效量化。

等效代换法:通过对项目周边或省内类似高速公路的指标分析,结合项目特点进行修正后,把路线桥隧方案依据全寿命周期造价相当的原则等效为路基长度,利用等效路基长度与路线长度的比值评价方案的优劣,比值越接近1,则方案造价越优。等效代换法重视差异或差值,弱化绝对值,化繁为简,比较得出正确结论。如一般山区高速公路桥梁造价指标是路基路面的1.7倍左右,隧道造价指标是路基路面的2.7倍左右。随着比较深度的不同,等效代换法的造价指标倍数精度也应随之提高,可通过已建成类似项目统计分析或经验得出,必要时可利用工可估算指标或概算指标进行测算或修正。

(7) 随着有价值的走廊带逐渐明晰,要进一步争取一般正面因素,已发挥项目效益最大化;进一步避让一般负面因素,以降低项目协调难度。随着比选方案的逐步深化,抓住关键的少数因素,可定一动一或定多动多因素进行组合比选,优缺点相当的无法通过概念设计比

选的，可纳入同深度方案比选。

(8) 概念设计由抽象到具体，由重要到次要，由面到线，由线到点，固定约束条件和排除不可行方案同时进行，从定性到定量，从定量再到同深度比较，逐级深化比选论证，从而找出最优路线方案。

3. 概念设计和等效代换法在计算机智能选线中的应用前景

概念设计首次在公路选线设计中将抽象的问题具体化，通过对高速公路影响区域内的控制因素进行分析研究，分类赋值量化为选线约束条件后，将规范选线规则纳入程序，在规则允许的条件下进行自由组合分析，并通过综合量化指标评价体系进行路线方案比选。其中，等效代换法就是通过大数据分析统计，将造价量化的一个重要造价评价指标。

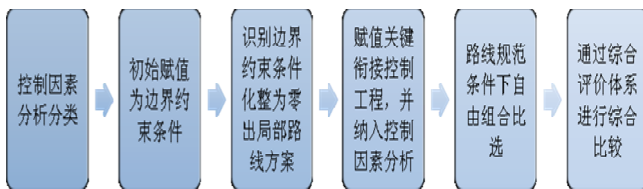


图1 高速公路智能选线流程图

概念设计可通过设计人员对区域内控制因素的准确赋值，作为智能选线的边界条件或约束条件，除重要的正面因素和不可协调的负面因素进行坚决执行，次要的正面因素和较难协调的负面因素也可根据情况设定，充分利用有限的定值来大幅缩小研究范围，其他因素都可利用软件程序化优势，在路线规范规则条件下，进行排列组合，为便于计算机智能选线，可利用专家打分法量化指标体系，进行综合比选。

概念设计智能选线的核心关键就是通过重要正面因素或不可协调的负面因素合理确定路线高程范围，再通过高速公路设计速度最大或最小平均纵坡，就可以得出有效的走廊带。再通过次要正面因素，争取更多的定值。如充分利用走廊内可利用地形，通过线元法尽量拟合地形，降低工程规模和施工难度；充分利用可利用的交叉

或工点衔接位置。通过较难协调的负面因素有效缩小路线研究范围。最终通过规范选线、工程规模最优或土石方平衡等综合评价体系，选出有价值的路线方案。

对于没有初始定值的特殊项目，可通过设计人员的经验，拟定初始定值，通过工程试算法，找出最优定值。必要时可根据可能的起终点位置高程或必经点来拟定初始定值。

整个智能选线过程是一个化整为零，目标导向，化繁为简，集零为整的过程，利用计算机的程序化，和规则下的自由组合进行比选，通过专家打分法等量化指标评价体系，得出最优路线方案。

在具体的方案比选中，可通过等效代换法简化造价比选难度，减少路线设计人员的困惑。等效代换法可借助与造价站大数据的融合，分析得出分项平均指标或众值指标，去除时空因素，同条件进行比选，重视差值，弱化绝对值进行比选，从而快速有效地得出正确的造价结论。

4. 结语

通过对概念设计和等效代换法的定义、原则和应用的详细论述，得出两种选线设计方法，不但在山区高速公路选线设计中有很好的应用效果，对于其他高速公路或其他等级公路选线设计也有一定的借鉴作用。

概念设计将抽象的问题具体化，有效的将设计人员的经验和计算机程序的高效性相结合，利用沙盘模拟或数模正向选线等技术，可实现高速公路智能选线，从而大幅提高高速公路设计效率。

等效代换法以目标导向，通过与造价站大数据融合，简化造价比选难度，屏蔽了公路造价系统专业，便于路线设计人员操作，极大的提高了路线比选效率。

参考文献：

[1]Pahl G., Beitz W.Engineering Design.London:The Design Council,1984。
[2]French M.J.conceptual Design for Engineers Second Edition.London:The Design Council,1985。