

高原山区公路路线方案选择方法研究

兰涛 任伟平*

中远交科设计咨询有限公司

摘要: 公路路线方案选择是公路勘测设计中重要内容,是依据地形特点选择路线方向并确定路线的空间位置过程,直接关系到整条公路质量、造价和公路建成后的适用性、使用寿命和安全可靠性。而高原山区公路的修建更加复杂,本文在分析高原山区公路路线方案选择特殊性基础上,提出了高原山区公路路线设计的原则和步骤,研究了山区公路的选线方法,并通过具体工程实例对高原山区公路路线方案选择方法进行了案例分析。

关键词: 高原山区; 公路设计; 路线方案

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.06.061

引言

公路路线方案选择是公路勘测设计中重要内容,是依据地形特点选择路线方向并确定路线的空间位置过程,直接关系到整条公路质量、造价和公路建成后的适用性、使用寿命和安全可靠性。相对于平原地区的公路路线方案,高原地区公路选线过程中面临无法逾越的山腰线和越岭线,复杂多变的地形条件和构造体系也对形成明显差异的路线方案,给高原山区公路选择带来很大难度^[1]。当前关于高原山区公路路线设计的相关研究较少,本文通过自身工作经历探讨提出了一些高原山区公路路线设计的方法和建议。

一、高原山区公路路线方案选择特殊性

(1) 特殊性

路线纵面指标决定了高原山区公路的路线方案,是确定高原山区公路路线方案的基础和前提。在高原山区修建的公路面临十分复杂的地理环境,比平原区面临更多的山腰线和越岭线,这些都是高原山区公路路线选择过程中无法逾越的部分。

(2) 复杂性

高原山区的公路工程会面临复杂多变的地形条件和构造体系,多变的立体性气候和切割剧烈会产生相对高差等自然环境,使得整条高原山区会划分为不同特点的路段单元,不同路段的路线方案也会有很大差异性。同时,在国土空间规划中,高原山区通常存在较大范围的生态空间,进一步增加了路线方案选择的复杂性。

(3) 反复性

基于高原山区水文地质条件的特殊性和复杂性,使得人们对高原山区的水文地质条件会形成一个逐渐认识过程,而不是一蹴而就的,随着人们对高原山区水文地质条件等因素认知的不断深入,会面对反复变化的环境条件,甚至相互否定,给高原山区公路选择带来很大难度。

二、高原山区公路路线设计的原则和步骤

通常情况下,公路路线设计要综合考虑功能安全、保护环境、技术合理、成本最优等总体原则,在此基础上依据公路路线的基本要求,依据设计原则进行路

线选择设计。本文重点从走廊带选择和路线选线两个方面进行分析:

(一) 走廊带选择的原则

走廊带的选择合理与否直接关系到公路功能目标是否实现,在选择走廊带过程中会受到很多因素影响,应该坚持以下几个原则:

(1) 统筹规划走廊带体系内部的运输体系构成、分工和配合,对运输体系进行合理的布局规划,提高公路综合效益。

(2) 走廊带选择过程中应该综合考虑地质因素,避免不良地质对公路建设造成的不利影响,同时也要避免对原始自然生态系统的破坏,考虑公路对沿线经济的促进拉动作用。

(3) 应该通过深入调查分析和论证选择走廊带和主要控制点,将土地占用情况作为走廊带选择的重要参考,尽量减少对农业用地、生态用地的占用。

(4) 高原山区公路走廊带的选择应该综合考虑区域经济整体发展,将公路建设作为促进沿线经济发展的重要手段。

(5) 高原山区公路走廊带选择要兼顾建设成本和运营成本两个方面,在确保工程造价节省的情况下,考虑到后期的运营效率和效益,也要确保线路运营安全。

(6) 走廊带选择决定了高原山区公路的基本建设方案,要将其与所在区域的城镇规划结合起来,通过合理布局尽量满足城镇发展需要,两者之间相互促进和协调发展。

(7) 避免走廊带对区域自然资源和历史文化产生破坏,在无法避免同时应该做好穿越工作,尽可能最大限度保护原有生态环境。

(二) 路线选线原则

(1) 高原山区路线选择应该服从地区的整体路线统筹规划安排,符合路网规划、城镇规划、社会环境和自然环境的要求。

(2) 高原山区公路经常会面临较多的连续纵坡路段,在该路段的路线选择时应该确保平纵指标的均衡、连续,选取合适的平纵指标,尽可能控制下坡段中上部行车速度。

(3) 充分考虑到地形地质条件进行路线选线设计,依据地形地质特点合理设置桥隧构造物,减少边坡开挖及对环境的破坏。

(4) 合理确定路线起止点、中间主要控制点,以此实现对高原山区公路路线基本走向的合理控制。

(5) 在路线选线过程中落实“地质超前”的基本理念,综合考虑路线区域,尽量避免不良地质路段的影响。

(6) 做好路线方案比选,对不同路线方案的安全、适用、经济、美观和环保等指标进行综合比选和优化。

（三）公路选线的步骤

高原山区公路选线一般要从整体到局部。从浅层到深入、从平面到路线逐渐实现，具体要经过全面布局、逐段安排、具体定线和因素分析模型等几个步骤。全面布局是指合理确定公路路线的起终点、主要控制点和基本走向；逐段安排是在确定路线基本走向基础上，依据规范标准和结合地形地质特点细化设计，确定公路走廊带；具体定线是公路平面、纵面和横断面综合设计基础上确定道路中线；因素分析是综合考虑社会、经济、技术和经济因素基础上，对公路选线因素进行分析。

三、高原山区公路的选线方法

（一）地形选线

高原山区经常面临山高谷深、坡陡流急的复杂地形条件，但清晰的山脉水系可以给高原山区公路选线提供方向依据，可以结合地形地质特点参考以下方法进行路线选择：

（1）高原山区公路路线选择过程中要合理布线，利用路线充分克服高差，当面对较大高差障碍时尽量用足平均坡度进行线路展线，而不是按照短直方向定线^[2]。

（2）如果在长距离情况下持续用足平均纵坡会对后期公路运营工作带来不利影响，需考虑结合地形地质条件，设置缓和坡段。

（3）除特殊情况下，尽量不要使用反向坡度设计方案，减少克服高度造成的线路展长，控制工程规模。

（4）考虑到垭口部位难以顺利展线，因此地形选线应该尽量从困难地段作为起点，逐渐向平易地段展线。

（二）地质选线

地形选线可以确保公路线路和地形相协调，对环境保护和降低造价都有明显作用，但是，如果不充分考虑沿线区域的地质问题，将造成不良地质条件对公路的破坏性影响，因此，应将地质选线作为高原山区路线方案选择的重点。

（1）尽量避免区域性大断层对公路选线的影响，这种不良地质条件会造成岩石出现挤压、拉张，从而破坏建成后的公路路基。同时，高原地区可能存在的地下水、地下水也会对路基边坡和桥隧构造产生破坏作用。

（2）尽量避免在褶皱的核部上部建设大型桥隧构造物^[3]。

（3）公路选线应该避免穿过不稳定的山体区域，比如泥石流、采空区等，这种不良地质条件需要专项整治后才能稳定。而对于不太严重的不良地质可以进行改造，并与可以选取的路线改线方案进行方案比选，从而选择最优方案。

（4）对于区域内存在的崩塌和滑坡等特殊地质条件，可以利用已有的治理技术进行专项治理，但要考虑到治理方案的经济成本，如果面临较高的治理费用时可能会增加较高成本，应该尽量避免这种方案。

（三）安全选线

高原山区公路的建设会产生更多的安全威胁，在选线过程中应该进行专门的安全检查和评价，预防后期运营过程中安全隐患问题。

（1）要充分考虑到公路选线区域的地形地质条

件，公路等级和交通量等因素，依据规范标准确定设计速度参数。

（2）参考规范标准和设计速度，确定缓和曲线最小长度和半径，竖曲线最小半径、坡度等技术指标。

（3）利用专业软件确定平纵设计参数，同时需要结合公路区域环境特点进行综合考虑。重要的是需要对确定的平纵指标进行相互分析，检查其是否能够满足安全要求，如果不能满足则需要重新确定。

（4）计算单曲线的运行速度值，通过计算速度差值指标进行安全检查，确定线路是否满足规范要求的安全范围，如果未达到规范要求需要重新调整^[4]。

（5）计算停（超）车视距、最大（小）超高值是否满足规范要求的安全要求，如果未达到规范要求需要重新调整。

（6）利用三维模型，绘制路线透视图对公路线路方案进行安全检查。

（四）生态选线

环境保护是公路路线选择应该坚持的基本原则，也是容易被忽视的标准要求之一。生态环境保护要求在公路选线过程中持续对自然环境的保持力度，加大生态环境保护意识，坚持生态选线布局，在充分考虑到公路选线的安全技术和经济效益指标基础上，同时实现公路选线的生态效益。

（1）要合理确定公路研究区域，公路选线方案应该满足环境评价要求，界限清晰，且不应该仅限定在路线走廊带，而是针对公路所在全部区域环境影响。

（2）研究分析公路与环境的影响关系，调研过程中应该充分收集与环境影响相关的信息，覆盖公路建设至后期运营整个阶段的长期环境影响，邀请多领域专家进行协作调查分析，通过地理信息系统进行信息展示。

（3）考虑不同因素对环境的影响权重，对专题地图进行叠加，探寻对环境的影响最小的走廊带。

（4）基于上述确定的走廊带设计多种路线方案并进行比选，综合线形、安全和经济等多方面因素分析各方案的优缺点，找到对环境的影响最小，与环境协调性最佳的选线^[5]。

四、案例分析

（一）项目基本情况

X1和X2为西部某地的两个县，受地形条件限制，没有直接连接两县的等级公路，两县间的公路交通出行，需经由周边区、县转换。根据最新路网规划，拟对连接两县的一条地方公路进行升级改造，改造后作为省道纳入普通省道公路网管理。项目区域地势东北高西南低，河流多发源于北部和东部，向西南流走，切割强烈，峰峦重叠，地势起伏大，属于典型的高山峡谷地貌。路线走廊带地形标高为2148.95m~4543.89m，高差2394.94m，两县交界处往起点及终点方向呈连续下坡状。路线走廊带内地质构造复杂，褶皱及裂隙发育，岩体破碎，完整性较差，沿线崩塌现象较为普遍，此外，区域内降雨集中，具备滑坡、泥石流形成的地形和地质条件，因此，项目区主要不良地质主要表现为滑坡、泥石流、崩塌。

（二）路段线路比选

该项目工程可行性研究阶段，拟定了以利用现有地

方公路为主的改建方案。初步设计阶段,结合工程可行性研究报告拟定了全线贯通的K线方案,同时结合地形、地质条件拟定了局部路段改线的方案,与K线方案进行同等深度研究。其中,项目K32+720~K32+930段左侧,存在经勘探查明存在的滑坡,拟建公路位于坡脚位置,近滑坡前缘部位。

为减少该段地质病害对本项目建成后公路正常通行的影响,初步设计阶段设计提出了沿既有道路进行改建的K线方案与避让该段滑坡的C线方案进行同深度比选。路线方案示意图见图1,两个方案的技术经济指标见表1。

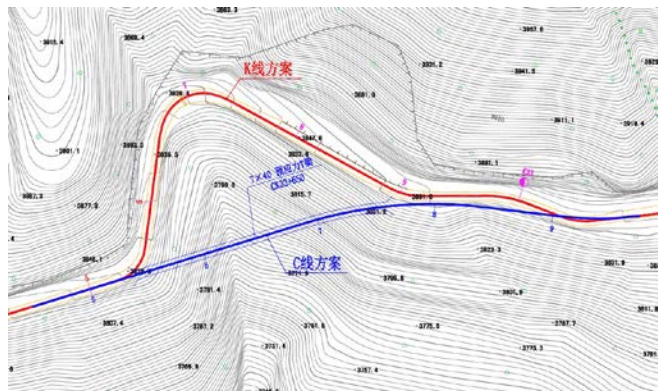


图1 路线方案比较图

表1 K线和C线主要技术经济指标

指标	K线方案	C线方案
线路长度 (m)	643.181	522.779
平面线最小半径 (m/个)	35/1	260/1
最大纵坡 (%/处)	6.2/1	7.5/1
路基土石方 (m ³)	4023	3347
路基防护 (m ³)	4087	3052
滑坡段 (m)	210	0
桥梁 (座)	0	280/1
涵洞 (道)	2	1
占地 (亩)	35.25	24.04
新增占地 (亩)	4.75	19.76
工程造价 (万元)	2725	3416

从主要技术指标对比来看, K线方案比C线方案长120.402m, 曲线最小半径接近极限最小半径, 路基土石方、防护均大于C线方案, 但是由于C线方案采用短直方向定线的方案, 且设置大型桥梁后需对桥梁段纵坡进行控制, 造成C线方案路基段的最大纵坡达到7.5%, 纵面指标低于K线方案。综合考虑工程建筑安装工程费、新增占地补偿费等, 两个线路的工程造价比较结果是K线方案比C线方案低691万元, K线方案虽然路线较长, 但K线方案的经济指标优于C线方案。

(三) 安全选线分析

该段滑坡为浅~中层土质滑坡属中型滑坡, 坡面沟壑发育, 自然边坡坡面裸露, 滑坡由于近期表层已滑

动, 现状边坡已不稳定, 在土体自身重力作用以及暴雨工况之下, 边坡极易沿不利滑面再次滑动, 危及公路行车及行人的安全。K线方案对既有滑坡治理的K线方案, 以路堑挡土墙+锚杆框架+截排水治理为主的综合治理措施。主要措施包括坡脚设置5.0m高路堑挡土墙, 防止坡脚坍塌; 坡面设置锚杆/锚索框架梁, 防护坡面滑动及防冲刷; 坡顶设置50cm×80cm截水沟, 引排坡顶汇水。按设计要求设置防护措施后, 考虑最不利工况、安全系数1.1情况下, 剩余下滑力为-83.725kN, 抗滑力大于下滑力, 满足稳定要求。C线方案采用新建桥梁避让滑坡的方案, 但桥梁桥墩仍处于滑坡影响范围内, 滑坡落石高差较大, 对桥墩安全影响较大。此外, 本路段属于连续上坡路段中的一段, 存在连续上坡(下坡)平均纵坡超标的问题, 局部路段截弯取直将进一步恶化连续上坡(下坡)平均纵坡指标, 会降低行车安全性。因此, 从安全选线角度进行分析, K线方案优于C线方案。

(四) 生态选线分析

该路段途径区域在项目改建前已划为某自然保护区试验区, 路侧土地类别别为主要为林地。本项属于非污染生态项目中的公路项目, K线方案主要在原有道路红线的范围内的路面进行改造提升, 新增占地主要为挖方边坡, 并采用了植草灌绿化的措施, 对现有滑坡的彻底治理也能减少滑坡产生的水土流失, 符合生态保护的要求。C线方案主要以新建方案避让既有滑坡土体, 通过与国土空间规划专题图套合对比, 新增占地中存在较大数量的一级林地, 同时考虑桥梁施工的影响, C线方案对生态环境的影响较大, K线方案更符合生态选线的要求。

结语

公路路线方案选择时公路勘测设计中重要内容, 本文分析了高原山区公路路线方案选择特殊性, 确定了高原山区公路走廊带选择和路线选线的基本原则和步骤, 从地形选线、地质选线、安全选线和生态选线分析了山区公路的选线方法。以某高原山区公路局部路段路线选择为例, 对提出的K线方案和C线方案进行技术经济比选, 结果显示K线方案的经济指标明显优于C线方案, 并对公路安全选线和安全生态选线进行了分析, 进一步论证了K线方案的合理性。

参考文献

- [1] 刘旭伟, 张硕. 高原山区高速公路勘察设计理念与路线方案选择方法分析[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(5): 26-27.
- [2] 李兴元. 山区高速公路的线路选型与线路总体设计研究[J]. 华东公路, 2021(5): 42-43.
- [3] 吴达. 复杂环境下的山区公路线路设计[J]. 交通世界, 2019(19): 30-31.
- [4] 要海亮. 山区高速公路线路设计的常见问题及解决对策[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(4): 47-48.
- [5] 徐龙. 基于技术安全和人文环保理念的山区公路线路设计研究[J]. 华东公路, 2021(6): 123-124.

作者简介: 兰涛(1982-), 男, 汉族, 本科, 高级工程师, 从事公路及城市道路设计工作。

通信作者: 任伟平(1978-), 男, 汉族, 工学博士, 高级工程师, 从事道路与桥梁设计和科研工作。