

山区公路工程地质勘察要点与路线优化设计研究

何欢 周科禹

中榕规划设计有限公司 湖南长沙 410000

摘要: 山地地形陡峭、地质情况复杂, 岩土体稳定性低、地质灾害多发, 对公路工程地质勘探以及路线规划造成很大困难。山区公路的勘探水平直接影响着路线设计合理程度以及安全性, 不合理的设计不但会导致施工难度加大、成本上升, 而且还会导致边坡坍塌、路基下沉等问题发生, 危及到公路运行安全和平稳性。本文以山区公路一线工程项目为基础, 在避免空泛理论堆砌的基础上, 从实际出发介绍了工程地质勘探重点内容以及常见操作问题, 探讨了不同地质条件下路线优化设计方案, 通过对比表格形式呈现数据信息, 提出了切实可行、具有可操作性的勘探与路线优化建议, 目的是提高山区公路勘探设计质量, 减少施工及后期维护费用支出, 防范地质灾害事故的发生, 为一线山区公路工程勘探设计工作提供借鉴经验。

关键词: 山区公路; 工程地质勘察; 路线优化设计; 地质灾害; 实操要点

引言

随着我国公路建设不断向山区推进, 山区公路的建设原来越多。由于山区地势起伏较大, 往往有滑坡、崩塌、泥石流等不良地质现象发生, 岩土体种类繁多并且性质各异, 再加上山区气候多变、水文情况复杂, 对公路工程的地质勘探以及线路规划提出了极高的要求^[1]。目前有些山区公路工程项目存在勘察不到位、忽略一些潜在的地貌风险点、路线设计生搬硬套标准、脱离实际地形地貌等情况, 造成后期施工出现返工、成本增加, 通车后病害频发。因此有必要针对一线工程建设实践进行总结归纳, 进一步探讨山区公路工程地质勘察重点内容及合理有效的路线优化设计方案, 这对于促进相关行业的健康发展具有十分重要的指导作用和应用价值。

一、山区公路工程地质勘察核心要点及常见实操问题

(一) 勘察核心要点

我国地理环境十分复杂, 山区面积广大, 且有大量的人群在山区生活。另外, 山区也存在着丰富的资源, 基于山区资源的外运和山区人们生活的改善, 强调交通建设势在必行。自改革开放以来, 我国大力发展经济, 并不断地改善各地区的基础条件, 使各地区得到显著发展, 其中最为突出的成效便是建设了各大山区通向外界的高速公路。确定勘察范围及深度, 根据山区公路路线走向、地形坡度以及地质复杂情况而定, 一般情况下

勘察范围要大于路线两侧各6米以上, 在重要地段则要达到10米左右; 勘察深度要穿透不稳定岩土体进入下伏稳定岩层至少2米, 在有滑坡、崩塌威胁的地方, 勘察深度还要达到滑面以下3米左右, 以便充分了解岩土体分布规律以及地质隐患分布情况。准确勘探岩土体性质, 在现场取样基础上着重测定岩土体抗剪强度、抗压强度、含水量、孔隙比等一系列主要参数, 划分出粘性土、碎石土、风化岩层等多种类型岩土体所占比例, 重点查明软弱夹层、断层破碎带等地质不良构造体的存在与否及其影响程度, 这都是影响到路线走向选择以及路基防护措施的重要因素^[2]。调查地质灾害隐患, 针对山区特有的自然条件, 着重进行滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷等各种常见地质灾害的勘查工作, 查明其具体位置、规模大小以及成因机制, 评估它们给工程建设带来的潜在危害等级, 为路线绕避或者防护工程的设计施工提供参考依据。四是探测水文气象状况, 仔细观察地下水种类、埋藏深度、补给来源和排泄途径, 研究地下水对岩土体稳定性以及道路基础坚固程度的作用效果; 结合当地夏季暴雨、冬季暴雪等恶劣气候特征, 观测地表径流走向, 预测降雨量对道路基础结构和山坡坡脚的影响程度。配合施工现场开展补充勘探, 在一些地势险峻、地质条件复杂的路段, 加大勘探点布设数量, 使用地质雷达、无人飞行器倾斜摄影等方式获取更加详尽的信息资料, 防止由于勘探点布置不足造成遗漏隐患的情况发生。

（二）常见实操问题

基于一线工程经验，山区公路工程项目中最常见的地质勘察问题就是操作性差、遗漏隐患以及数据失真。第一是勘察布孔不合理，简单按照最低要求布置勘察点位，在地势陡峻、地质复杂地段如边坡、峡谷等地段未加密勘察点位造成软弱夹层、小型滑坡等被忽略，在后期路线设计及施工过程中埋下安全隐患；第二是取样检测不科学，由于山地岩土体易受扰动，一些勘察人员取样时不使用专用取土器造成样品被扰动，检测出来的岩土体参数与实际不符从而误导路线设计；第三是忽略对地质灾害隐患进行勘察，只注重岩土体参数而忽视了山区的具体情况如地形地貌、水文条件进行全面排查滑坡、泥石流等问题，使设计方案避开危险区成为可能，在施工过程中发生地质灾害事故；第四是勘察成果报告形式化严重，脱离实际状况，只是堆砌了一堆数据加上一些规定的内容，缺少有效的针对性意见，不能够为优化道路方案提供帮助；第五是没有考虑到施工的可实施性，在勘察时忽略了山区施工机械进入现场、物料运送等因素，使得勘察的数据脱离了施工的实际需要，导致路线的设计方案无法实现^[9]。

二、山区公路路线优化设计核心原则及常用方案对比

（一）核心设计原则

基本原则注重“接地气、可操作”，第一是安全第一的原则，路线设计尽可能避开滑坡、崩塌等地质灾害严重地段，无法避开的情况下应有相应防护措施保证路基、边坡稳定；第二是因材施宜的原则，根据山区地势起伏

程度以及岩土性质确定路线走向及纵坡，尽量减少开挖或填方工作量以减轻对山体的影响；第三是经济合理的准则，在符合安全和使用需求的基础上优先考虑施工简便、造价低廉、工期较短的线路方案，同时兼顾工程质量与经济效益之间的平衡；第四是生态适应性原则，线路规划要尽量减少对山区植物群落以及水源地造成破坏，防止出现水土流失现象，做到建设过程中的环境保护；第五是便于实施的原则，充分考虑到山区实际状况后进行线路布置，使得机械设备能够顺利进入施工现场并且运输物资方便快捷，从而降低施工难度。

（二）常用路线优化设计方案及对比

基于山区公路一线实践，根据不同的地层、地形情况，常用的路线优化设计方案有绕避式设计、切坡减载式设计、隧道穿越式设计、填方放缓式设计四种类型，在各种方案的应用场合以及各自的优势劣势和操作注意事项上有着很大的区别，下表1为具体的对比分析表：

三、山区公路工程地质勘察与路线优化设计协同优化策略

（一）勘察优化策略

一是规范勘察程序，针对山地地形特征，制定相应勘察措施，合理布设勘察点位，在地质情况较差、隐患较多地段加密勘察点间距，使用地质雷达、无人机倾斜摄影等方式提高勘察精度；二是严格取样及试验工作，采取薄壁取土器取样，防止岩土体样本受到破坏，主要测定重要力学性能参数，同时加大现场原位测试力度保证检测结果真实有效；三是加强地质灾害隐患勘察，根据山区地质灾害特点进行全面调查滑坡、崩塌等地质灾

表1 具体对比

路线优化设计方案	适用地质地形条件	核心优点	主要缺点	一线实操要点
绕避式设计	存在大型滑坡、崩塌、泥石流隐患，岩土体极不稳定路段	从根源规避地质灾害风险，运营安全性高，减少后期运维成本	路线里程可能增加，造价略有提升，需结合地形合理规划走向	结合勘察数据，精准定位隐患边界，绕避路线尽量贴合山体走势，减少挖填
切坡减载式设计	边坡较陡、岩土体稳定性较差，无重大地质灾害隐患路段	施工难度小、造价低，可有效降低边坡下滑力，提升边坡稳定性	切坡过程中易产生岩土体扰动，需配套边坡防护措施，避免引发小型崩塌	切坡坡度控制在30°以内，分层切坡、分层碾压，同步设置锚杆防护
隧道穿越式设计	高山峡谷、山体陡峭，绕避难度大，需缩短路线里程路段	缩短路线里程，避免大规模挖填，减少对山体生态的破坏	施工难度大、造价高、工期长，对勘察精度要求极高	精准勘察隧道穿越区域岩土体特性，设置合理的隧道断面，做好防水排水设计
填方放缓式设计	地形平缓、岩土体稳定性较好，需填方路段，无地下水浸泡隐患	施工简单、工期短，造价低，可有效提升路基承载力和稳定性	需大量填方材料，易受雨水冲刷，需配套排水和防护设施	填方坡度放缓至1:1.5，分层填方、碾压密实，设置纵向排水盲沟

害隐患，查明其规模、成因等，提出绕避或者防护意见；四是健全勘察报告，围绕一线施工需要，着重阐述地质情况对路线设计、施工带来的影响，给出合理的路线设计方案建议，杜绝空话套话；五是勘察人员到工地现场，掌握施工机械进场、物资运输等情况，使勘察成果能够满足施工要求^[4]。

（二）路线优化设计优化策略

一是精准适配地质条件，在勘察基础上优选岩土体稳固、无重大地质灾害隐患路段作为线路走向，绕不开隐患地段则采取相应防护措施如滑坡路段用抗滑桩加锚杆加固，泥石流地段修建拦石墙及排水沟等；二是优化路线几何要素，根据山区地势起伏情况合理设定纵坡和平曲线半径，盘山公路纵坡不超过8%，平曲线半径不低于30米，杜绝急转弯或陡峭路段以保证行车安全；三是尽量减少开挖和回填工程量，尽可能使道路沿山体自然形态布设，避免大范围开挖山体或者堆土作业，从而保护山林绿化并减轻水土流失问题；四是加强排水设施的设计工作，针对山区降雨量大的特点而设置纵向与横向排水系统，在路边安装截水沟以及排水沟，在路基底部铺设透水垫层来防止雨水渗透到路基内部造成路基塌陷或者冲刷边坡的现象发生；五是兼顾施工期及后期维护需求，在规划路线时要考虑到施工机械进入现场以及运送建筑材料的问题，对施工便道进行优化设计，还要为今后的养护预留一定空间，降低以后的维修费用。

（三）勘察与设计协同联动策略

勘察与设计的有效衔接是提高山区公路勘察设计水平的重要手段，在于一是建立勘察-设计联动制度，勘察人员与设计人员同时进场，及时交流勘察情况，根据勘察资料完善路线设计方案；二是设计人员认真研读勘察报告，准确掌握地质状况及隐患点位，防止生搬硬套标准，使路线设计符合实际情况；三是施工过程中适时修正，勘察人员全程参与施工，遇到实际地质情况与勘察报告不符的情况，立即进行补充勘察，设计人员同步调整路线设计方案；四是总结一线实践经验，归纳不同类型地层条件下勘察与设计的重点问题，制定统一的标准程序，供以后山区公路勘察设计借鉴。此外，加强信息化技术的应用是勘察与设计良好衔接的重要支撑。利

用地质遥感、三维建模、BIM协同平台等方式进行数字化处理，可以做到勘察数据及时共享、地质情况直观展示，从而降低信息传递误差率，提高方案优化速度。建立健全全过程质量管理措施，对勘察精度以及设计责任划分做出明确规定，防止出现由于勘察不到位或者设计脱节造成的后续变更问题发生。培养一批高素质的专业人才队伍，在此基础上组织定期勘察设计一体化培训活动，使员工之间相互学习交流，增强其综合素质水平。从多个方面入手，切实做好山区公路勘察设计工作使其更加科学合理、安全经济，为工程建设顺利推进及长久稳定运营提供坚强保障。

结语

山区公路工程地质勘察及路线优化设计是保证山区公路安全、稳定、经济运行的基础性工作，而做好这项工作的关键是“精准勘察、科学设计、贴合实操”。本文通过对山区公路一线工程建设进行调研总结出工程地质勘察的主要内容以及常出现的问题，在此基础上对四种常用的路线优化设计方案进行了比较分析并提出了相应的建议。在实际工作中要根据不同的山区地质情况选择合适的勘察方式和路线优化方案，及时总结经验教训改进设计方法提高工作效率，确保勘察质量和设计水平，防范地质灾害的发生，减少路基边坡病害的发生率，节约施工养护费用等支出。将来随着勘察技术和设计理念的进步，可以利用智能化勘察技术提高山区地质勘察精度，研究更加便捷环保经济合理的路线优化设计方法，促进山区公路建设高质量发展。

参考文献

- [1] 孙艺嘉. 山区高速公路工程地质勘察中的问题及其对策分析[J]. 运输经理世界, 2023, (32): 28-30.
- [2] 张本涛, 刘栋, 蔚晓亮. 地质调绘在山区公路路线方案设计中的重要性[J]. 公路, 2022, 67(05): 128-131.
- [3] 黄星. 复杂地质条件下山区公路工程勘察实践[J]. 山西建筑, 2022, 48(05): 54-57+60.
- [4] 程美星. 公路工程地质勘察要点分析[J]. 运输经理世界, 2021, (31): 62-64.