

山区道路设计与地质灾害防治措施

余逸

中国瑞林工程技术股份有限公司深圳分公司

摘要：针对山区道路地质灾害发生率高、事故产生的损失及影响大的问题，本文以山区道路建设项目为例，探讨如何在山区道路设计中采取工程措施预防地灾的发生或降低其影响。本文提出在道路设计方面，应充分研究地形和地质条件，制定安全、经济、合理的道路设计方案。同时，针对山体崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害问题，本文结合工程实践经验，提出相应的防治措施。

关键词：山区道路；道路设计；地质灾害；防治措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.097

引言

山区道路设计中控制因素较多，尤其是复杂地形条件对路线方案的影响大。道路路线设计时应根据地形条件，制定合理的设计方案，进而在满足道路通行功能的基础上，减小对自然环境的破坏。同时，山区道路设计中还要特别注意地质灾害的影响，采取相应的防止措施，保证道路安全运行。

一、山区道路设计难点分析

由于山区道路建设所在地区地形条件比较复杂，部分区域地势起伏明显，地貌呈现出多样化的趋势，地质情况复杂，路线设计中控制性因素多。具体如下：

(1) 山区地形复杂。由于山区道路所处地区地势复杂多变，在现场进行路段开挖时，对现状山体结构造成破坏，极易导致崩塌、滑坡等地质灾害的出现。因此，应特别注意深挖方路段的边坡设计，采取必要的工程措施确保边坡的稳定性。(2) 不良地质多。经过对山区道路工程项目现场地质勘查资料发现，地质灾害发生率比较高，尤其是泥石流、滑坡等发生率较高，这使得地质条件比较恶劣。在山区道路路线选择时尽量避免不良地质条件影响，如果无法规避不良地质条件，需采取合理处理措施，提高道路工程建设效果，满足道路通行的要求。(3) 生态环境保护。山区地带道路工程规划设计中必须考虑到生态环境保护方面，避免造成严重的生态环境恶化现象。由于山区道路所处地区周边区域分布较多风景区，线路设计中尽可能降低对周边自然环境的影响，保护生态自然环境，不会给人们的生活造成破坏影响。(4) 社会影响。道路规划设计应尽可能的减少拆迁量，尽量降低给周边居民的日常生活产生的影响。如果不得不进行道路拆迁，则需在路线设计中合理规划安置设施，防止二次拆迁而引发严重的社会矛盾。

(5) 隧道工程弃渣处理。山区道路建设中隧道建设规模较大，如果随意的处置弃渣，容易导致严重环境污染

问题。基于此，针对工程项目的建设情况合理设置弃渣厂，采取有效处理措施，避免造成地质灾害或者环境污染的影响。

二、山区道路路线设计要求

山区道路设过程中，要想使得道路工程路线行设计达到科学、合理的要求，设计开始前由设计人员进入现场进行全面考察，掌握路线分布具体情况，防止道路沿线存在桥梁、建筑等影响设计效果。基于此，道路工程路线线形设计中考虑的内容如下：(1) 降低道路对沿线建筑的影响。道路路线设计开始前，设计人员应对现场的环境、建筑物进行全面考察，分析不同的路线方案，减小拆迁量，降低道路建设对山区居民的影响。

(2) 提高道路景观性。山区道路应作为山区自然环境的一部分，道路线形应与山区地形相结合，并采用适宜的景观设计将其融入自然环境中。(3) 提高道路行驶的舒适度。道路作为重要的交通设施，通行舒适度是首先考虑的设计因素，路线线形设计要满足规范要求，提高通行效率。

三、山区道路设计要点

(一) 路线设计方案

山区道路设计中路线方案定线尤为重要，设计人员应对现场进行充分踏勘，了解路线可能经过区域的现状场地情况。路线设计工作进行中，对路线方案的选择应进行多方案比选，选择最合适的路线设计方案。在路线设计中，针对现场实际情况采取如下方案对比措施：

(1) 针对不良地质条件进行路线方选择时确定最佳设计方案，尽量避免不良地质条件的干扰影响。工程项目中可选择如下两种路线设计方案：路线1采用明线从山梁中绕过路线；路线2设置两座长度较短的隧道从山体中穿越。经过上述两种方案对比，虽然路线1建设规模比较小，但容易受到泥石流、滑坡等地质灾害影响，极易引发安全事故。路线2建设规模相对较大，但通过隧道方式可规避不良地质条件影响，运营阶段风险性比较低。通过上述综合对比，最终选择使用路线2作为设计方案。(2) 对于穿越城镇地区的设计方案对比，合理布置线路设计方案从城镇中穿越，尽可能降低对居民的生产生活影响。路线1采用高架桥方式，从南侧沟谷上穿越；路线2使用隧道方式从山体中穿越。上述两种方案对比后发现，路线2的建设规模比较大，但能尽可能降低对城镇居民的生产生活影响，选择路线2作为施工方案。(3) 控制性工程方案比选，主要从穿越山体方面进行方案对比。路线1设置特长隧道穿越山体结构；方案2为减少隧道长度，先在沟谷中通过桥梁穿越村

庄，再建设长度隧道穿越山体。对比来说，方案2建设规模比较小，但容易给周边村庄产生较大影响，增大拆迁量，再加上特长隧道施工时进口段需设置连续纵坡。而方案1拆迁规模小，解决连续纵坡的问题，选择方案2作为本项目的设计方案施工。

（二）路线线形设计

山区道路路线设计的过程中，应注重道路平纵横的精细化设计，形成最优的平面、竖向组合方案。设计的过程中根据现场实际情况合理分析路线方案。

1. 平面设计

道路路线设计方案确定后，应尽可能的和原有地形地势走向相融合，充分利用当地地形条件，采取最佳路线选线设计方案。工程项目设计中线路分布在河谷内，属于沿溪线，有些河谷位置尺寸比较小，两侧山体角度比较大。此外，在路线设计中不能过度提升设计指标，否则容易造成项目成本升高，也会给项目施工效果产生危害。

2. 纵面设计

平纵线形组合设计一方面是行驶力学上的要求，反映在行车安全和舒适条件上；另一方面是视觉和心理上的要求，反映在驾驶员的舒适感上。最小值往往不满足视觉心理要求，而最大值又与工程经济相矛盾。为了使平纵线形的组合设计经济合理。

纵断面设计应在视觉上能自然地诱导驾驶员的视线，并保持视觉的连续性，取得舒畅的驾驶节奏。其技术指标应大小均衡，使线形在视觉上，心理上保持协调，亦关系到工程运营的经济性。纵断面还应根据路面排水和汽车行驶力学安全的要求，选择组合得当的合成坡度。平曲线与竖曲线应相互重合，且平曲线应稍长于竖曲线。最好做到平曲线与竖曲线一一对应起来，若有困难时应经过透视图检查线形是否连续流畅。

山区地带路线平面设计中进行纵断面分析尤为重要，需要注意与自然环境的配合。优美的线形组合景观对驾驶汽车可以起到观赏悦目的作用，以减轻高速驾驶的疲劳感；同时适宜的景观设计还起着诱导视线的作用。尤其是考虑到控制性水位、道路净空、通航河道、隧道进出口等方面，还要根据现场情况合理设置互通立交。山区道路设计中地势变化较为明显，采用逐渐升高或者逐渐降低的方式，设置陡坡与缓和坡段相结合。部分路段无法避免连续性纵坡，所以设计中通过适当调整平面或者降低隧道洞口标高的方式解决问题，可减小平均纵坡值，进而提高道路设计的线形条件。

3. 横断面设计

横断面设计应满足交通需求，根据交通量预测及相关规划确定的技术标准及工程规模，结合交通需求分析研究机动车系统、人行系统对道路断面的基本需求。同时结合地形、地貌、气象、水文、地质等自然条件、道路征地和建筑物拆迁条件、路基填挖情况以及施工、养护、营运等因素、因地制宜地综合进行横断面设计。在

满足功能要求的前提下，合理压缩横断面宽度，减少不必要的拆迁，节省工程投资。

（三）路基设计

路基设计是山区道路设计的重点，它不仅影响道路建设的质量，也关系到后期运行安全和对自然环境的影响。为避免因路基不稳定影响道路行驶安全，设计中应注意以下几点：（1）处理好路线设计与路基设计的关系，路堤为陡坡路堤时，应进行设置挡墙或采用桥梁形式的方案比选，结合分离式路基、台阶式路基和整体式路基的综合设计，寻求合理的断面形式，降低边坡高度，增加边坡稳定。同时，应注意半填半挖路段的新老路基衔接，铺设土工格栅，加强路基整体稳定。（2）路基的强度及稳定性与路基排水密切相关，因此路基设计应注重排水设计，尤其是山区道路，地表植被覆盖率高，地质情况复杂，气候多变，且地势险峻，容易引发山洪，这些都是影响路基稳定的不利因素。设计前应开展详细调查研究，查明现状水系和地质条件，落实路基排水与桥涵排水相结合、路面排水与路基排水相统筹的原则。填方路段的路基排水应设置坡脚的排水沟和边坡平台边沟，排水沟坡度应与道路纵坡一致，并与沿线的涵洞、沟渠或河道相衔接。挖方路段应设置边沟及坡顶截水沟，并与填方路段的排水沟连接，沟底纵坡较大地段修筑急流槽或跌水沟过渡，并与排水系统顺接。

四、道路沿线地质灾害防治措施

（一）崩塌灾害防治措施

1. 削坡

对于岩石边坡坡度较陡的情况，按设计规定的坡度对危险斜坡岩体采取爆破开挖方案，主要目的是减小斜坡岩石负重，提高边坡稳定性。同时，该措施可以将坡体表面松散的岩石清理干净，使坡面整体稳固，避免碎石掉落影响行车安全。

2. 锚固

对于路基边坡可能存在的危石问题，使用锚固方案可以提高边坡的稳定性，并减小施工对周边环境造成的影响。但该方案造价较高，需结合现状边坡调查情况制定具体方案，避免不必要的投资浪费。

3. 喷射混凝土

喷射混凝土是预防边坡崩塌的常用措施，该方案实施范围广泛，机械化程度高，工期短，地形适应能力强，且经济效益良好，在很多山区道路工程建设中都有应用。对于边坡地质灾害较为频发的地区，使用喷射混凝土方式对坡面进行封闭处理，可有效防止地表水渗透引起的边坡失稳问题，同时为提高道路的景观效果，可通过在坡面种植爬藤植物使道路与周边环境相协调。

（二）滑坡灾害防治措施

分析山区道路工程项目沿线滑坡地质灾害的发生特点以及类型，根据滑坡的类型、规模、地形、地貌等确定最佳防治措施。滑坡灾害防治的过程中，主要选择如下两种防治措施：

1. 直接阻止滑坡的发育

直接阻止滑坡发育的方式主要有设置抗滑挡墙、抗滑墩、预应力锚固等方式提高坡体结构的稳定性,避免出现严重的滑坡地质灾害。随着近年来滑坡防治技术的发展,抗滑桩应用广泛,可采用打入桩、静压桩、灌注桩等施工工艺,应根据地勘资料采取具体的设置方案。

2. 改变滑带土的性质

改变滑带土的性质措施主要是利用灌浆处理方式(如灌注水泥浆、石灰浆等)提高边坡结构的稳定性,预防滑坡灾害。除此之外,也可选择采取化学处理的方式,如利用化学反应方式提高滑带土的强度等。

(三) 泥石流防治措施

山区地带道路工程建设中,泥石流灾害对道路工程的破坏性较为严重,也容易引发严重人员伤亡事故。针对道路泥石流灾害防治应采取如下措施:首先,选择适宜的道路工程施工方案,如在堆积区域或者谷口流通区域使用控制泥石流堆积和流通的措施,提高结构稳定性。其次,分析现场地质条件,研究以往发生地质灾害事件的相关情况,掌握泥石流灾害的发生条件,确定相应的泥石流防治措施,尽可能降低灾害的发生率。

1. 引水措施

山区地带如果出现突降暴雨的情况,容易造成严重的水流冲刷作用,对区域的道路运行以及人民生命安全造成影响。因此,在山区道路规划设计中选择合适引水设施,比如设置截流坝或者引水渠道等,减小水流冲刷作用,也能有效控制泥石流灾害的发生。

2. 排导措施

排导措施主要是通过设置排导通道,使泥石流能够顺畅地经通道进入主流河道或者预定排放地点,避免给道路工程产生破坏性影响。排导设施主要包括急流槽、明洞渡槽等。

3. 林业措施

林业措施是泥石流灾害防治的重要措施。根据山区道路工程建设要求,采用林业措施时应优先选用本地生植物,结合现状自然环境,营造出水源涵养林,进而提高山体土壤的稳定性,防止发生泥石流灾害,也能有效降低道路工程建设对山区地带产生的环境影响。

4. 拦挡坝措施

拦挡坝是防治泥石流灾害的常用工程措施,在设计 and 建设拦挡坝时,综合考虑泥石流的流量、流速、固体物质含量以及沟道地形等因素。一般选在泥石流沟道的中下游,且需要确保坝址的稳固性和地质条件良好。同时,拦挡坝的设计应能够有效拦蓄泥石流中的固体物质,降低泥石流的流动速度和破坏力。拦挡坝的施工过程按照基坑开挖、模板安装、混凝土浇筑方式作业。基坑开挖时边坡稳定需具备,避免坍塌;模板安装要严密平整,保证混凝土浇筑质量;混凝土浇筑则需控制浇筑速度和厚度,保证混凝土强度。

(四) 道路塌陷防治措施

道路塌陷是山区道路工程建设中比较普遍的灾害形式,设计阶段应对道路沿线地区进行充分调研、勘察,掌握矿区以及采空区分布情况,施工阶段注意可能由于破坏现状土体引起坍塌事故。道路塌陷防治措施主要包含如下几种方式:

1. 开挖回填法

开挖回填法将塌陷区全部挖除,再选择合适材料回填处理,使其结构稳定性达到要求。该方案适用于开采深度小、规模小采、空区影响范围小的地带,回填材料可就地取材,施工方案较为简单,回填结束后可采用重锤的方式进行夯实,使地基结构具备较高的稳定性,避免形成塌陷。

2. 桥跨法

桥跨法主要使用在山区道路的采空区不稳定性地段,道路采用桥梁形式跨越采空区,将桥梁墩台设置在稳定的岩体结构内,使道路主体避开地质不稳定路段,防止塌陷事故的发生。

3. 注浆法

注浆法主要是通过液压、气压或者化学原理将合格的浆液注入到地基结构内,和原有土体结构充分融合,进而提高地基结构的稳定性以及承载力。该方式施工工艺简单,但注浆体材料需进行充分的室内实验、现场实验以达到满足要求的效果。

结语

综合上述分析,山区道路在设计阶段,要根据现状地形做好路线以及路基路面各项设计,结合地质勘察报告采取相应的地质灾害防治,降低地灾事故发生率。本文对山区道路设计以及地质灾害防治措施进行了探讨,由于不同的地区在道路设计方面的适应性存在一定的差异,因此,在设计实践中应做好地区标准、规定的充分收集和研究,因地制宜地确定路线方案,在后续阶段的设计中,根据地勘资料进一步研究地质灾害防治方案的可行性,为山区道路工程项目顺利实施奠定基础。

参考文献

- [1] 谭福官. 山区市政道路路基边坡设计研究[J]. 运输经理世界, 2023, (13): 14-16.
- [2] 陈雍春, 赵建新, 黄捷, 等. 基于规划设计协同山区城市道路建设要点分析——以贵阳市花冠路南段为例[J]. 城市道桥与防洪, 2022, (03): 12-15+9.
- [3] 苑博深. 论道路安全理念在山区公路设计中的运用[J]. 林业科技情报, 2021, 53(01): 101-103.
- [4] 杨波. 山区道路工程地质灾害类型分析及防治技术研究[J]. 运输经理世界, 2021, (03): 23-24.
- [5] 郝健, 杨军, 贺群. 某道路滑坡地质灾害调查分析与治理研究[J]. 四川建筑, 2023, 43(03): 124-125+129.

作者简介: 余逸, 男, 1988年9月, 汉族, 湖南, 本科, 高级工程师, 研究方向: 道路工程、交通工程设计。