

Discussion on the Key Points of Highway Alignment Design in Hydropower Station Reservoir Area

Jingtang Guo

Southwest Survey and Planning Institute of State Forestry and Grassland Administration, Kunming, Yunnan, 650031, China

Abstract

The paper explores the key points of highway alignment design in the hydropower station reservoir area, analyzes the layout principles of alignment design, emphasizes the optimization of route direction by fully considering terrain and geological conditions, hydrological characteristics of the reservoir area, and stability analysis of the reservoir bank, reasonably setting up tunnels, bridges and other structures to ensure the safety and reliability of the project, and paying attention to the coordination between the project and the surrounding environment. The research results can provide reference for the design of road alignment in the hydropower station reservoir area, and have practical significance for improving the quality and efficiency of road alignment engineering in the reservoir area.

Keywords

reservoir area road; linear design; key points for discussion

水电站库区公路线形设计要点探讨

郭景堂

国家林业和草原局西南调查规划院, 中国·云南 昆明 650031

摘要

论文探讨了水电站库区公路线形设计的关键要点, 分析了线形设计的布置原则, 强调在充分考虑地形地质条件、库区水文特征以及库岸稳定分析来优化路线走向, 合理设置隧道、桥梁等构造物, 确保工程的安全度和可靠度, 并注重项目与周边环境的协调。研究结果可为水电站库区公路线形设计提供参考, 对提高库区公路选线工程质量和效益具有实际意义。

关键词

库区公路; 线形设计; 要点探讨

1 引言

水电站建设是国家能源战略的重要组成部分, 而库区公路作为水电工程的重要配套设施, 其设计质量直接影响工程建设和后期运营。库区公路线形设计面临诸多挑战, 如复杂的地形地质条件、水位变化的影响、生态环境保护要求等, 这些因素使得传统公路设计方法难以完全适用。近年来, 随着中国水电事业的快速发展, 库区公路建设规模不断扩大, 其设计水平亟待提高。然而, 目前国内外关于库区公路线形设计的专门研究相对匮乏, 实践中往往依赖工程经验, 缺乏系统的理论指导^[1]。因此, 深入探讨库区公路线形设计要点, 对于提升设计质量、优化工程方案、降低建设成本具有重要意义。

2 水电站库区公路线形设计要点探讨的意义

深入探讨水电站库区公路线形设计要点具有重要意义。通过优化设计, 可以全面提升工程质量, 实现安全、经济、环保的多重目标。这不仅有利于水电工程的顺利建设和长期运营, 还能为类似复杂环境下的公路设计提供有益借鉴, 推动相关技术的进步与创新。

2.1 提高工程安全性和可靠性

水电站库区公路线形设计直接关系到工程的安全性和可靠性。合理的线形设计可以有效应对库区复杂的地形地质条件和水文环境, 减少地质灾害风险, 提高公路的抗灾能力和使用寿命。

在沿澜沧江水电站库区公路的设计中, 沿江高边坡地段, 设计者采用了“上高下低”的线形布置原则。公路主线避开不稳定高边坡, 布置在相对稳定的山体中上部, 而在坡脚设置保护道路, 既保证了主线安全, 又便于边坡监测和维护。这种设计显著降低了地质灾害对公路的威胁, 提高了工

【作者简介】郭景堂(1976-), 男, 中国云南昆明人, 本科, 高级工程师, 从事公路工程的规划、咨询及设计研究。

程整体安全性。此外,在库区跨河段的桥梁设计中,充分考虑水位变化和泥沙淤积等因素,合理确定桥梁跨度和墩台位置,可以有效提高结构可靠性。

2.2 优化工程经济性和施工可行性

科学合理的线形设计可以在满足功能要求的前提下,有效降低工程造价,提高经济效益,良好的线形设计也能够提高施工的可行性,减少施工难度和工期。

以黄登水电站库区公路为例,设计团队通过优化线形,合理设置隧道和桥梁,有效减少了大填大挖工程量。在一处地形特别复杂的峡谷段,原方案需要修建多座高墩大跨桥梁,造价高昂。经过反复论证,最终采用了长隧道方案,虽然隧道投资较大,但比原桥梁方案节省了近2亿元,同时还缩短了工期,提高了冬季施工的可行性^[2]。另一个典型案例是溪洛渡水电站库区的巴塘至理塘高速公路。该路段地形十分崎岖,海拔落差大。设计团队通过精心布置线形,合理利用地形,设置多处长大隧道和高架桥,有效降低了纵坡,减少了土石方工程量。其中,全长13.3km的海子山隧道穿越了青藏高原东缘的横断山脉,不仅克服了高海拔、高地应力等技术难题,还大幅缩短了行车距离,体现了线形设计对工程经济性和可行性的重要影响。

2.3 促进生态环境保护和可持续发展

水电站库区往往位于生态敏感区域,公路线形设计需要充分考虑环境保护要求,最大限度减少对自然生态系统的破坏,促进区域可持续发展。

以白鹤滩水电站库区公路为例,设计团队在线形布置时,特别注重对珍稀动植物栖息地的保护。在一段穿越国家级自然保护区的路段,通过优化线形,采用隧道和高架桥等方式,最大限度减少了对地表植被和野生动物活动的影响。同时,在关键节点设置了生态廊道,保证了动物迁徙通道的连通性^[3]。另一个值得关注的案例是小湾水电站库区公路。该项目在沿江段采用了生态型护坡设计,选用当地植物进行边坡绿化,不仅增强了边坡稳定性,还实现了与周边自然环境的和谐统一。在跨越重要支流时,桥梁造型与周围山水相协调,最大限度减少了视觉污染。

3 当前水电站库区公路线形设计所存在的问题

水电站库区公路线形设计是一项复杂的系统工程,需要全面平衡安全、经济、环保等多方面因素。通过深入研究和总结经验教训,不断改进设计方法和技术,才能更好地应对挑战,提高工程质量和效益。

3.1 地质灾害风险评估不足

水电站库区地质条件复杂,易发生滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害。然而,当前部分库区公路线形设计中,对地质灾害的风险评估不够全面和深入,导致后期运营中面临安全隐患。

以某西南地区的水电站库区公路为例,在初期设计阶

段,由于地质勘察不充分,低估了库水浸泡对岸坡稳定性的影响。公路通车后不久,遇到强降雨天气,导致多处边坡失稳,引发大规模滑坡,造成交通中断和巨大经济损失^[4]。事后分析发现,如果在线形设计阶段充分考虑库水浸泡效应,采用更保守的线形布置或增加防护措施,可以大大降低灾害风险。

另一个典型案例也是沿澜沧江水电站某段公路,设计时未充分考虑库水升降对河岸软弱地层的影响。蓄水后,由于水位周期性变化,导致公路沿线多处出现缓慢蠕动变形,不仅增加了维护成本,还影响了行车安全。这凸显了库区公路线形设计中地质灾害长期风险评估的重要性。

3.2 水文条件变化适应性不足

水电站蓄水后,库区水文条件发生显著变化,如水位大幅上升、岸线改变、局部水流速度变化等。部分库区公路线形设计未能充分考虑这些变化,导致适应性不足。

以某中型水电站库区公路为例,设计阶段未充分考虑蓄水后的回水影响。结果是,在汛期高水位时,部分路段出现了严重的积水问题,影响交通安全。此外,由于未预留足够的防洪余地,个别路段在遇到特大洪水时甚至面临被淹风险。这反映出线形设计中对水文条件长期变化考虑不足的问题^[5]。

另一个案例是某大型水电站库区的跨江大桥。桥梁设计时低估了水库蓄水后的泥沙淤积效应,导致桥墩周围出现严重淤积,影响了桥梁的安全性和耐久性。这表明在库区公路线形设计,特别是跨河构造物布置时,需要更全面地考虑水文条件的长期变化。

3.3 生态环境保护措施不到位

水电站库区往往生态环境敏感,然而一些公路线形设计中,生态环境保护考虑不足,导致对环境的负面影响较大。

以某山区水电站库区公路为例,线形设计过于追求直线化,导致大量高填深挖,严重破坏了原有植被和地貌。特别是在穿越一处珍稀动物栖息地时,由于缺乏必要的生态通道设计,对当地野生动物活动造成了显著阻隔效应。这反映出线形设计中对生态系统整体性考虑不足的问题。

另一个值得关注的案例是某水电站库区的沿江公路。设计中过分强调景观效果,在临水侧设置了大量观景平台和停车区。然而,这些人工设施不仅增加了工程造价,还对河岸生态系统造成了不必要的干扰。特别是在鱼类产卵期,人类活动的增加对水生生物造成了显著影响。这说明库区公路线形设计需要在功能需求和生态保护之间寻求更好的平衡^[6]。

4 水电站库区公路线形设计的有效策略

水电站库区公路线形设计的有效策略应该是多方面的综合考虑。通过灵活多样的线形组合,可以更好地适应复杂地形,减少工程量;通过与水文条件的协调设计,可以提高公路的安全性和耐久性;通过强化生态保护和景观协调,可

以最大限度减少对环境的影响,实现可持续发展。

4.1 采用灵活多样的线形组合方案

水电站库区地形复杂,传统的单一线形难以满足要求。有效的策略是采用隧道、桥梁、高填深挖等多种形式灵活组合,以适应复杂地形并最大限度减少对环境的影响。

以三峡库区的巫山至巫溪公路为例,设计团队面对峡谷地形的挑战,创新性地提出了“桥隧相连、以隧减桥”的设计理念。在一段约10km的路段内,设计了4座特大桥和5座隧道交替布置。其中,香溪特大桥全长1170m,跨越深V型峡谷;紧接着的望霞隧道长2680m,穿越岩溶发育区。这种组合不仅避开了地质条件差的地段,还大大减少了土石方工程量,降低了对生态环境的影响^[7]。

另一个典型案例是溪洛渡水电站库区的金沙江大桥及连接线。设计团队创新性地采用了“桥隧一体化”设计,将跨江大桥与两岸的长隧道有机结合。大桥采用三塔四跨悬索桥方案,主跨1386m;两岸分别设置了长度超过5km的隧道。这种设计不仅克服了大跨度过江和两岸陡峭地形的双重挑战,还最大限度地保护了沿江的自然景观^[8]。

4.2 注重与水文条件的协调

水电站库区水文条件复杂多变,线形设计需要充分考虑水位变化、泥沙淤积、岸坡稳定等因素,确保公路长期安全运营。

以白鹤滩水电站库区公路为例,设计团队创新性地提出了“柔性适应”的设计理念。在预测水位变化范围内的路段,采用了可调式路基结构。该结构由预制混凝土块件组成,可根据水位变化进行高程调整。这种设计不仅适应了水位变化,还便于后期维护和更新,大大提高了公路的适应性和耐久性。

另一个值得关注的案例是乌东德水电站库区的金沙江大桥。设计团队通过详细的水文分析和泥沙研究,创新性地采用了“高墩深基础”方案。桥墩高度达到200m以上,基础采用超大直径钻孔灌注桩,深入基岩30m以上。这种设计不仅有效应对了水位变化和泥沙冲刷,还考虑了地震作用,确保了大桥的长期安全^[9]。

4.3 强化生态环保和景观协调

水电站库区往往生态敏感,线形设计需要最大限度减少对环境的影响,并与周围自然景观协调统一。

以龙滩水电站库区公路为例,设计团队提出了“生态选线”的创新理念。在穿越一处国家级自然保护区时,通过优化线形,采用了长大隧道方案,有效避开了珍稀植物集中分布区。隧道出入口处,采用了仿生态设计,使用当地植物进行景观恢复,最大限度减少了对生态系统的干扰。

另一个典型案例是小湾水电站库区的沿江公路。设计团队创新性地提出了“依山就势、顺势而为”的设计理念。在线形布置上,充分利用地形,减少大填大挖;在边坡处理

上,采用生态型护坡和植被恢复技术,如喷播植草、植生袋等,既确保了边坡稳定,又实现了与自然环境的和谐统一。特别值得一提的是,在一处临江观景路段,设计了悬臂式观景平台,既满足了观景需求,又最大限度减少了对河岸生态的影响。此外,溪洛渡水电站库区公路在跨越金沙江支流时,创新性地采用了“透明桥”设计理念。桥梁采用全透明的ETFE膜结构作为防雨棚,不仅减轻了结构自重,还最大限度保留了原有景观视线,实现了工程与自然的和谐统一^[10]。

5 结论

综上所述,水电站库区公路线形设计在满足工程安全、经济效益、生态环保等多重目标的过程中具有重要意义。通过优化平面、纵断面和横断面布置,合理设置隧道和桥梁等构造物,有效应对复杂的地形地质条件和水文变化,提升公路的安全性和耐久性。防洪、排水、边坡防护等技术措施的采用,进一步确保了工程的可靠性。此外,注重生态环境保护,促进可持续发展,有助于减少对自然生态系统的破坏,实现与周边环境的协调。整体而言,科学合理的库区公路线形设计能够提升工程质量与效益,为类似环境下的公路建设提供有益的借鉴。

参考文献

- [1] 陈校宁,李国兵.水库库区复建公路总体设计方案比选及设计要点——以泸定水电站国道318复建工程为例[J].四川水泥,2023(2):77-79.
- [2] 杨群,谢立广,沈习文.双江口水电站库区G317线复建公路深挖路基稳定性[J].公路交通科技(应用技术版),2018,14(9):146-147.
- [3] 刘顺.水电站库区复建公路路线方案确定研究[D].西安:长安大学,2018.
- [4] 樊宇,周柯帆.浅析枕头坝一级水电站库区S306线复建公路工程的移交[J].四川水力发电,2015,34(6):76-78.
- [5] 刘运龙.水电站库区公路隧道合同能源管理项目实践与体会[J].科技资讯,2015,13(18):152-153.
- [6] 伍勇吉,昌盛,欧阳智子.库区公路高挡墙软弱地基处理方法浅析[C]//中国水力发电工程学会水库专业委员会,水电水利规划设计总院,水利部水利水电规划设计总院,水利水电工程建设征地移民安置论文集2016,中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司,2016:3.
- [7] 伍勇吉,欧阳智子,欧阳慧子.浅析旋挖桩在库区公路高挡墙软弱地基处理中的应用[J].山东工业技术,2016(3):85.
- [8] 俞谦,周鹏.基于线形设计一致性公路线形研究[J].运输经理世界,2024(15):13-15.
- [9] 邹小龙,牛圣宽,郑璐,等.乌东德水电站右岸对外交通安全评价[J].交通世界,2019(32):133-134.
- [10] 郭贵宾.水电站厂内交通专用公路路基高边坡防护技术[J].时代农机,2019,46(12):71-72+75.