

# 水利工程遭遇地质滑坡后的工程设计变更思考

李琦韵

(四川水发勘测设计研究有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要** 本文采用理论分析与工程实践相结合的方法, 针对某水利工程遭遇地质滑坡后工程设计变更问题展开研究, 首先系统分析了设计变更的成因机制, 在此基础上提出了变更方案的比选方法和实施要点, 并指出了水利工程设计变更具有显著的综合性、技术性、复杂性特征, 需综合考虑设计变更的原因, 规范流程和方法, 并对设计变更后的影响进行有效处理, 才能保障工程的综合效益。研究结果表明, 水利工程遭遇地质滑坡后的工程设计变更要综合考虑地质条件、滑坡特性、工程安全及施工可行性等多方面因素, 以确保工程的稳定性和安全性。

**关键词** 水利工程; 地质滑坡; 工程设计变更; 方案比选

**中图分类号**: TV51

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.15.034

## 0 引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分, 对于防洪、灌溉、供水、发电等方面具有不可替代的作用。然而, 由于水利工程往往跨越复杂的地质区域, 在施工过程中可能会遇到各种地质灾害, 其中地质滑坡是较为常见且危害较大的一种, 一旦发生地质滑坡, 原有的工程设计可能不再适用, 需要进行及时有效的设计变更, 以确保工程的安全和功能。因此, 研究水利工程遭遇地质滑坡后的工程设计变更具有重要的现实意义。

## 1 案例分析

某水库位于四川某县城东河三级支流中游, 是一座以灌溉为主、兼顾乡镇供水及农村饮水等综合利用的中型水利工程, 距四川某县城约 80.0 km。坝址以上控制集水面积 21.3 km<sup>2</sup>, 多年平均来水量 957×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 总库容 1 147×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 兴利库容 763×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 多年平均城市供水量 908×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 设计灌溉面积 8.15 万亩。

## 2 设计变更的原因

就案例水利工程而言, 其中的一条渠线从获得初步设计批复开始到如今招标建设, 中间已经过去了 10 年时间, 在自然环境和人类活动多重因素的联合影响下, 沿线地形地貌已经发生了大幅度改变, 新建了大量建筑物, 包括民房、道路、蓄水池等。该渠线于 2022 年 3 月, 应建设单位的要求, 开展了招标建设工作。设计单位组织专业的技术人员深入现场进行勘察, 以平面地质测绘和勘探为主, 对渠道两侧 100~200 m 范围进行全方位勘察, 勘察结果显示, 该渠线 1# 倒虹

管的出口到 2# 倒虹管出口段渠线穿越了崩坡积堆积体, 地表之上孤石林立, 杂乱无章, 地形坡度和岩石产状都在 11°~15° 之间, 边坡属于是缓倾同向结构顺层边坡, 原本该边坡在初步设计阶段判定处于基本稳定状态, 但过去 10 年, 在自然环境和人类生产生活活动多重影响下, 加之最近几年的暴雨, 发现渠线附近村民新建的房屋普遍出现了蠕滑现象, 甚至部分房屋出现了较为严重的拉裂问题, 新建公路的排水沟也出现了较为明显的拉裂破坏问题, 充分表明此处滑坡正处于欠稳定状态, 若再次受到较大暴雨的侵袭可能会出现较为严重的滑坡问题。

针对此段已经出现并且发生拉裂的问题, 设计单位进行了更加细致的勘察钻探工作, 结果显示: 渠道沿线崩坡积堆积体已经发展成了滑坡, 共计形成了两个滑坡, 一个是向家岩 1 号滑坡, 另一个是向家岩 2 号滑坡, 两个滑坡的纵向长度约为 1.1 km, 横向宽度约为 450~500 mm, 滑坡体的厚度在 3~10 m 之间, 属于大型基岩古滑坡。考虑到周围居住了不少百姓, 继续修建渠道开挖动工会对原本就不稳定的边坡产生新的扰动, 为保障百姓生命和财产安全, 需对此段路线进行调整, 最终考虑以隧洞方式从该滑坡体下方通过。

## 3 工程设计变更面临的问题

### 3.1 地质条件复杂

地质滑坡的发生通常伴随着复杂的地质条件变化, 如岩土体结构的破坏、地下水位的波动等。在进行工程设计变更时, 需要对这些复杂的地质条件进行准确的勘察和分析, 但这存在一定的难度。比如: 就案例渠道所在区域的滑坡而言, 在深层滑坡的治理中, 由

于勘探手段的限制,难以准确获取地下深处的地质信息,给工程设计带来了很大的不确定性<sup>[1]</sup>。

### 3.2 设计方案选择

针对地质滑坡的工程设计变更方案有多种选择,但每种方案都有其优缺点和适用范围。在选择设计方案时,需要综合考虑工程的安全性、可靠性、经济性和施工可行性等因素,需要设计人员具备丰富的经验和专业知识<sup>[2]</sup>。比如:就案例所在的渠滑坡段而言,是直接治理滑坡,还是绕开滑坡范围于距离坡脚更远的地方修建渡槽或者倒虹管,还是利用隧洞方式从山体穿过滑坡段,治理滑坡是采用抗滑桩还是锚索加固,或者是两者联合使用,绕开滑坡范围修建渡槽的话高差是否便于施工,隧洞爆破对滑坡体是否会有影响,需要根据具体的地质条件、滑坡规模和工程要求等进行综合比较和分析。

### 3.3 设计方案调整难度大

水利工程遭遇地质滑坡后的工程设计变更方案调整难度大主要体现在两个方面:一方面是方案论证难度大,比如:需要对原设计方案进行全面的分析和论证,考虑滑坡对工程结构、稳定性、安全性等方面的影响,制定出合理的设计变更方案。但在论证过程中,可能存在对滑坡影响认识不足、考虑因素不全面等问题,导致设计变更方案不合理或存在安全隐患。另一方面是与原设计的衔接问题,设计变更方案需要与原设计进行有效的衔接,确保工程的整体性和连贯性<sup>[3]</sup>。但在实际操作中,可能会出现新老设计之间的矛盾和冲突,如结构形式、尺寸、材料等方面的不匹配,需要进行大量的协调和调整工作。

## 4 工程设计变更方案比选

### 4.1 原设计方案分析

拟变更段原初设方案位于 1# 倒虹管出口至 2# 倒虹管出口之间,设计桩号为补 7+335.80 ~ 补 9+785.85,总长度 2 450.02 m。原方案为 1# 倒虹管沿着南偏西 53° 方向出口后,先接第一段明渠沿西南方向继续行进,再接 2# 倒虹管沿正南方向跨沟,之后再接第二段明渠沿着南偏西方向继续推进。拟变更范围共明渠两段,长度分别为 1 819.17 m 和 146.85 m;倒虹管一座,长度为 484 m。

### 4.2 工程设计变更方案拟定

结合案例水利工程所在区域的地质水文条件和设计变更时存在的问题,以及遭遇地质滑坡后的工程设计变更的要求,排除了渡槽和边坡治理的方案,拟定

了三个工程设计变更方案进行对比,以选择出最佳的工程设计变更方案。三个设计变更方案都是以隧洞方式从距离滑坡体下方平均深度 40 m 的山体内穿过滑坡体,以降低渠道修建对滑坡体稳定性造成的影响。

方案一:长倒虹管方案,由连接暗渠+隧洞+长倒虹管+连接暗渠组成。总长度为 2 239.13 m,比原设计方案减少了 210.89 m。

方案二:短倒虹管+傍山箱涵方案,由连接暗渠+隧洞+倒虹管+箱涵组成。总长度为 2 350.03 m,比原设计方案减少了 99.99 m。

方案三:短倒虹管+傍山明渠方案,由连接暗渠+倒虹管+明渠组成。总长度为 2 344.69 m,比原设计方案减少了 102.33 m。

### 4.3 工程设计变更方案的最终确定

三种工程设计变更方案各有优缺点,在选择具体的设计方案时,还需进行有针对性的比选,比选内容包括:工程布置、地质条件、施工条件、移民征地、投资估算等。

1. 工程布置:从工程设计变更方案工程布置的角度来看,方案二长度最长,其次是方案三,方案一长度最短。虽然方案一倒虹管的长度比较长,但管线坡比整体比较缓,全线都可以实现良好的回填。而方案二和方案三都需要开挖傍山渠道,方案二箱涵单位长度土石方开挖量更是达到 25.5 m<sup>3</sup>/m,方案三则达到 33.9 m<sup>3</sup>/m,局部渠段开挖高度在 25 ~ 30 m 之间,施工工程量大,且后期维护难度大,成本高。

2. 地质条件:方案二和方案三渠道走向和岩层的走向近乎平行,岩层缓倾向坡外,属于缓倾向同结构顺层边坡,这就使得在进行渠道开挖施工中,容易发生土层沿着基岩卧坡滑动的情况,存在较为严重的安全隐患。而方案一倒虹管比较长,则可解决方案二和方案三施工中存在的不足。

3. 施工条件:方案一倒虹管虽然长度较长,但整体坡比更缓,对比方案二、三倒虹管,在施工开挖难度、管道吊装、沟槽的回填、后期运行管理难度方面,较缓对的坡比更有优势;方案二、三后半段开挖傍山渠道,原始地形条件较差,边坡较陡,外侧为陡岩,施工条件较差,难度较大,部分渠段边坡开挖高度较高,范围较大,会截断原有便民道路,且没有回填条件<sup>[4]</sup>。

4. 移民征地:方案二与方案三中新建箱涵及明渠傍山而行,没有回填条件,属于永久征地,且边坡陡峭,开挖范围较大,工程占地相对较大。各方案中,方案三所涉及的实物相对最多,方案一所涉及的实物相对

最少。从各方案补偿投资概算来,方案三补偿投资相对最多,方案一补偿投资相对最少。

5. 投资估算:方案一要比原设计审批的概算投资多出约260.25万元,方案二要多出312.39万元,方案三要多出253.62万元,方案一和方案三投资估算相近。

对比分析三个工程设计变更方案,都是以隧洞穿滑坡体下部基岩的方式来避开此段滑坡段,以最大限度上降低渠道施工对滑坡体造成的影响和扰动。但方案二地表建筑的长度最长,其次是方案三,方案一最短。虽然方案二和方案三倒虹管的长度短,但开挖傍山渠道,费时费力,且原始地形地貌条件差,缺乏回填条件。此外,在进行渠道开挖时,不可避免地会导致土层沿着基层卧坡滑动,容易发生安全隐患<sup>[5]</sup>。综合对比三种工程设计变更方案,方案一施工难度最小,且不存在后期运行管理时相对复杂繁琐的永久渠道,整体投资也比较小,可有效避开滑坡体的影响,施工风险最小,对既有建筑和周围居民生活生产造成的影响也比较小,因此,选择方案一作为此案例工程设计的变更方案。

## 5 设计变更对工程的影响分析

### 5.1 对工程任务与规模的影响

本次变更对案例设计流量参数进行了复核,变更后沿线的控灌面积没有变化,经过对比分析可以确认灌区的灌溉面积及流量与最初设计阶段的数据保持一致,因此,工程的规模无需进行任何调整,相应渠道的设计流量也将维持与初设阶段相同的参数。

### 5.2 对工程安全及工期的影响

在案例的变更方案中,通过重新规划线路,成功避开了滑坡段以及其他可能对施工造成不利影响的因素,从而显著提升了整个工程的施工安全性。在变更之前,案例段的施工工期原定为17个月<sup>[6]</sup>。然而,变更后,施工的关键控制性建筑部分转移到了变更隧洞。根据变更隧洞的斜线进度表,新的施工工期为25个月。尽管工期有所延长,但这一时间仍然符合整个工程36个月的总施工工期要求,确保了工程进度的合理性和可控性<sup>[7]</sup>。

### 5.3 对生态环境的影响

#### 5.3.1 环境敏感区生态安全影响分析

案例变更方案经过复核,不会触及生态保护红线,表明变更后的设计方案不会影响到国家公园、自然保护区、自然公园以及饮用水水源保护区等环境敏感区域。此外,变更内容也不涉及其他被明令禁止开发的区域<sup>[8]</sup>。因此,此次工程设计的变更方案并不存在任

何环境制约性因素,不会对周边环境造成负面影响。

#### 5.3.2 国土资源生态安全影响分析

在变更方案的施工过程中不可避免地会对原有的地貌造成一定程度的破坏,这会导致原有的土地和植被被扰动,从而引起轻微的水土流失问题。此外,施工场地内堆放的各种建筑材料和弃渣,同样容易成为引发新的水土流失的源头。但与初步设计阶段相比,本次提出的变更方案在工程施工的临时占地面积方面有所减少,同时,土石方的开挖量以及产生的弃渣量也得到了相应的降低<sup>[9]</sup>。因此,通过实施这一变更方案,相较于初设报告,将能够有效地减缓项目建设对国土资源生态安全所带来的不利影响。

## 6 结论

本研究结合理论实践,分析了水利工程遭遇地质滑坡后的工程设计变更思考,分析结果表明:水利工程遭遇地质滑坡后的工程设计变更具有很强的复杂性、技术性,影响最终工程设计变更的因素多。通过对工程设计变更的原因、面临的问题及应对策略的分析可知,加强前期地质勘察与研究、优化工程设计变更方案,并做好设计技术创新是应对这一问题的关键措施,也只有充分认识到地质滑坡对水利工程的危害性,采取科学合理的设计变更方案和有效的应对策略,才能确保水利工程的安全稳定运行和效益发挥。

## 参考文献:

- [1] 孙迪. 水利水电工程设计变更的应对措施研究与分析[J]. 黑龙江水利科技, 2022,50(08):85-88.
- [2] 赖成联. 任山水库工程施工导流方案优化设计变更[J]. 广西水利水电, 2022(01):57-59.
- [3] 张航. 蒋家窑则水库工程地质分析及坝址比选[J]. 中国水能及电气化, 2021(10):56-62,34.
- [4] 王宏举. 水利工程项目建设中设计变更处理方法思考[J]. 黑龙江水利科技, 2021,49(06):239-240.
- [5] 刘杨威. 工程地质条件对坝址比选的影响:以天星水库工程坝址选择为例[J]. 甘肃水利水电技术, 2021,57(03):34-37,62.
- [6] 唐宏军. 水利工程渠道滑坡成因与防治[J]. 湖南水利水电, 2020,(01):5-6,17.
- [7] 张丽萍. 基于层次分析法的水利工程滑坡体稳定性评估方法分析[J]. 水科学与工程, 2020(04):75-79.
- [8] 杜菊梅. 丘陵地区水利工程渠道滑坡原因与治理[J]. 长江技术经济, 2020,04(S2):79-80,111.
- [9] 高向前, 史丽敏. 水利工程中边坡稳定性分析:以彭家湾渠段滑坡为例[J]. 四川水泥, 2021(04):172-174.