

# 边坡滑坡工程治理的地质勘察及防治策略分析

蒋崇玉 向光鹏

四川省内江水利电力勘察设计院有限公司 四川 内江 641000

**摘要:** 随着水利水电事业的快速发展, 边坡滑坡问题日益凸显, 成为影响工程安全和人民生命财产的重大隐患。对边坡滑坡工程进行有效的地质勘察和采取科学的防治策略, 是确保工程顺利进行和长期稳定运行的关键。以德达水电站相关小型滑坡为研究对象, 深入分析其地质特征和治理方法, 对于类似工程具有重要的借鉴意义。

**关键词:** 边坡滑坡; 地质勘察; 防治策略; 工程安全

## 1 德达水电站滑坡概况

### 1.1 德达水电站工程简介

德达水电站位于甘孜州巴塘县境内, 采用引水式开发。电站主要建筑物有低溢流坝、引水系统和地面厂房等。工程区交通方便, 现有国道公路318相通。

### 1.2 滑坡体基本情况

#### 1.2.1 位置及规模

电站工程区共分布有一个滑坡体, 位于规划河段下德达沟与曲呷龙支沟之间, 距北线方案一级厂址直线距离约440m, 二级坝址直线距离约180m。滑坡体体积庞大, 约300万立方米, 是一个显著的滑坡灾害隐患。

#### 1.2.2 地形地貌特征

德达滑坡平面上呈扇形展布, 后缘高程3800m, 前缘高程3554m, 前后缘高差达245m左右。前缘由于修建老318国道时开挖形成人工边坡, 地形坡度50~80°, 中后部平均地形坡度24°。

## 2 滑坡形成条件和成因机制分析

### 2.1 地质构造因素

滑坡区位于查龙一然布断层西侧, 距断层最近距离约1.0km。受断层影响, 岩体中主要发育一组陡倾X节理, 其产状分别为 $N15^{\circ}\sim 30^{\circ}W\angle 55^{\circ}\sim 86^{\circ}NE$ 、 $N35^{\circ}E\angle 40^{\circ}\sim 85^{\circ}NW$ , 裂隙间距10~100cm, 延伸数十厘米到十数米不等, 面多平直光滑。下伏基岩为逆向坡, 岩层产状为 $N236^{\circ}W\angle 37^{\circ}NE$ , 层面与坡面交角较大, 属堆积体滑坡可能性大, 其规模、滑动破坏受堆积体的厚度、地形坡度控制<sup>[1]</sup>。

### 2.2 降雨因素

该区降雨量不丰, 年降雨量一般在600mm左右, 且强降雨不集中, 基本不发生暴雨, 该滑坡体受强降雨诱发引起的可能性小。

### 2.3 地震因素

区内地震活动影响比较强, 历史上多次地震对该地

都有不同程度的影响。1870年巴塘7 $\frac{1}{4}$ 地震对该地影响烈度为Ⅷ度, 1989年巴塘蛇年6.7级地震对该地影响烈度小于Ⅵ度, 1996年巴塘、理塘间5.5级地震对该地影响烈度Ⅵ~Ⅶ度。汶川“5.12”特大地震对该地影响烈度小于Ⅵ度。历史地震也是滑坡形成的触发因素之一。综上所述, 该滑坡主要为覆盖层与基岩接触面滑坡, 初步推测认为该滑坡体可能是由于1870年巴塘7 $\frac{1}{4}$ 地震作用形成。

## 3 地质勘察在边坡滑坡治理中的作用

### 3.1 确定滑坡的性质和规模

通过工程地质测绘、勘探等方法, 明确滑坡类型为大型堆积体滑坡, 测量滑坡范围和深度。了解滑坡体的前后缘高程、纵向主轴长度、顺河长等参数, 为后续治理提供准确的基础数据。分析滑坡体的地形地貌特征, 包括前缘人工边坡坡度、中后部平均地形坡度等, 评估滑坡的稳定性和潜在风险<sup>[2]</sup>。

### 3.2 分析滑坡的成因机制

综合考虑自然因素和人为因素, 确定滑坡的主要诱发因素。在德达水电站滑坡案例中, 地质构造、地震活动是主要的自然因素, 而修建老318国道时的开挖活动可能是人为因素之一。通过对地质构造的勘察, 了解岩体中的节理发育情况、岩层产状等, 分析其对滑坡形成的影响。同时, 结合地震历史记录和降雨量等因素, 深入探讨滑坡的成因机制。

### 3.3 评估边坡稳定性

采用合适的稳定性分析方法, 如极限平衡法、数值分析法等, 对德达水电站滑坡体进行稳定性评估。确定安全系数, 判断滑坡在不同工况下的稳定状态。考虑地震、降雨等不利因素的影响, 评估滑坡体在极端情况下的稳定性, 为制定防治策略提供依据。

### 3.4 为治理方案提供依据

根据地质勘察结果, 选择合适的治理措施。针对德达水电站滑坡体的特点, 可以考虑排水法、削坡法、人

工加固法等多种方法的综合应用。确定工程参数,如排水系统的设计参数、削坡的坡度和高度、人工加固设施的尺寸和强度等。地质勘察提供的岩土性质、地下水位等信息,对于合理确定工程参数至关重要。

#### 4 边坡滑坡的防治策略

##### 4.1 避让措施

在工程选址阶段,尽量避开滑坡区域。如果无法完全避开,可以调整线路规划,减少滑坡对工程的影响。在德达水电站工程中,对滑坡体与工程建筑物的位置关系进行详细分析,确定了、一级厂址和二级坝址与滑坡体的安全距离。对于已经确定存在滑坡风险的区域,可以采取避让措施,如改变建筑物的布局、调整施工方案等。

##### 4.2 排水措施

###### 4.2.1 地表排水

地表水主要为地表径流水,为防止外围地表水进入滑坡区,可在滑坡边界修截水沟,在坡面修筑排水沟。要注意截水沟的深度和质量,力求做到滑坡体外的水不再渗入滑坡体内。在德达水电站滑坡治理中,应根据地形地貌和降雨量等因素,合理设计地表排水系统,确保排水畅通。

###### 4.2.2 地下排水

地下水从地表很难看出,除非附近有泉等地下水出露点。为了防止地下水渗入滑坡体内,常在滑坡边界四周设置截水槽、截水盲沟,将地下水拦截在滑坡体之外。通过地下排水措施,可以降低滑坡体的地下水位,减少水对滑坡体的软化和润滑作用,提高滑坡体的稳定性<sup>[3]</sup>。

##### 4.3 削坡法

对于具有连锁反应的浅层滑坡,可以采用“削坡”的方法。即削除上部边坡岩土体,降低底部荷载,减小自重应力。在德达水电站滑坡治理中,根据滑坡体的地形坡度和稳定性分析结果,确定削坡的范围和高度。削坡的同时可以加固滑坡体坡脚,增加其摩擦力。工程中最常用的方法是将上部削下的土体反压在坡脚,从而一举两得,达到稳定滑坡的目的。

##### 4.4 人工加固法

###### 4.4.1 设置挡土墙护坡

在滑坡体前缘或边坡上设置挡土墙,可以增加边坡的稳定性。挡土墙的类型和尺寸应根据滑坡体的规模、地形地貌和岩土性质等因素进行设计。在德达水电站滑坡治理中,可以考虑采用重力式挡土墙、悬臂式挡土墙等不同类型的挡土墙。

###### 4.4.2 设置锚固抗滑桩

锚固抗滑桩是一种有效的人工加固方法,可以提高

滑坡体的抗滑力。抗滑桩的设计应考虑桩的长度、直径、间距等参数,以及锚固深度和预应力大小等因素。在德达水电站滑坡治理中,可以根据地质勘察结果和稳定性分析,确定抗滑桩的布置方案和设计参数。

#### 4.5 监测预警措施

##### 4.5.1 监测内容与方法

对边坡滑坡进行监测是及时发现潜在风险、评估治理效果的重要手段。监测内容包括滑坡体的位移、变形、地下水位、降雨量等。监测方法可以采用全站仪、GPS、测斜仪、水位计等仪器进行实时监测,也可以定期进行人工巡查和测量。

##### 4.5.2 预警系统的建立

建立边坡滑坡预警系统,当监测数据超过设定的阈值时,及时发出预警信号,以便采取相应的应急措施。预警系统可以采用自动化监测设备和软件,实现实时监测和预警功能。同时,应制定应急预案,明确应急响应流程和责任分工,确保在滑坡发生时能够迅速采取有效的救援措施。

#### 5 实际工程案例——德达水电站滑坡治理

##### 5.1 工程概况

德达水电站坐落于甘孜州巴塘县境内,采用引水式开发模式。在其工程区域内,分布着一个小型滑坡体,犹如一颗潜在的“定时炸弹”,给工程建设和运行带来了不可忽视的风险。该水电站地理位置独特,周边自然环境复杂多变。其所在区域的地形地貌、气候条件以及地质构造等因素,共同决定这个小型滑坡体的存在对水电站的重要影响。德达水电站作为当地重要的能源基础设施,其安全稳定运行至关重要。一旦滑坡体发生滑动,可能会对水电站的建筑物、引水系统以及地面厂房等造成严重破坏,不仅会影响电力生产,还可能危及周边居民的生命财产安全<sup>[4]</sup>。因此,对这个小型滑坡体进行有效的治理,是确保德达水电站顺利建设和长期稳定运行的关键任务。

##### 5.2 地质勘察结果

为了全面了解滑坡体的情况,工程团队采用多种先进的地质勘察方法,包括工程地质测绘、勘探以及岩土测试等。经过详细勘察发现,该滑坡为大型堆积体滑坡,主要是覆盖层与基岩接触面发生滑动所致。综合分析各种因素,初步推测这个滑坡体可能是由于1870年巴塘7¼地震作用形成。这场强烈的地震对当地的地质结构造成了巨大冲击,使得覆盖层与基岩之间的稳定性受到破坏,从而形成了这个大型滑坡体。勘察结果还表明,虽然目前滑坡体整体稳定性较好,但在地震等不利因素

的影响下,仍然存在一定的风险。例如,在遭遇强烈地震时,滑坡体可能会再次发生滑动,对水电站造成严重破坏。通过岩土测试等方法,确定了滑坡体的岩土性质、地下水位等关键参数。这些参数为后续治理方案的制定提供了重要依据,使得治理措施能够更加科学、合理地针对滑坡体的具体情况进行设计和实施。

### 5.3 防治策略实施

#### 5.3.1 排水措施

在滑坡边界修建了截水沟和排水沟,形成了一道坚固的防线,阻止地表水进入滑坡区。截水沟的设计充分考虑了当地的地形地貌和降雨量等因素,确保其能够有效地拦截外围地表水,防止其渗入滑坡体。排水沟则沿着坡面合理布置,将滑坡区内的地表水迅速排出,避免积水对滑坡体造成软化和侵蚀。为了拦截地下水,降低地下水位,还设置截水槽和截水盲沟。截水槽深入地下,截断地下水的流动路径,将地下水引导至安全区域<sup>[5]</sup>。通过这些排水措施的综合运用,大大减少水对滑坡体的不利影响,提高了滑坡体的稳定性。

#### 5.3.2 削坡法

根据滑坡体的地形坡度和稳定性分析结果,工程团队精心确定了削坡的范围和高度。削坡是一种有效的治理方法,通过削除上部边坡岩土体,可以降低底部荷载,减小自重应力,从而提高滑坡体的稳定性。在实施削坡过程中,工程人员严格按照设计方案进行操作,确保削坡的精度和质量。同时,为了进一步增加滑坡体的摩擦力,将削下的土体反压在坡脚。这种方法不仅可以利用削下的土体,减少土方运输成本,还可以有效地增强坡脚的稳定性,起到一举两得的作用。在反压土体的过程中,注重土体的压实度和稳定性,确保其能够真正发挥增加摩擦力的作用。

#### 5.3.3 人工加固法

为了进一步提高滑坡体的稳定性,工程团队采用人工加固法。在滑坡体前缘设置挡土墙,是一种常见的加固措施。挡土墙可以有效地阻挡滑坡体的滑动,增加边坡的稳定性。在设计挡土墙时,充分考虑了滑坡体的规模、地形地貌以及岩土性质等因素,选择了合适的挡土墙类型和尺寸。例如,可以采用重力式挡土墙、悬臂式挡土墙等不同类型的挡土墙,根据具体情况进行合理选择。考虑设置锚固抗滑桩,以提高滑坡体的抗滑力。锚固抗滑桩是一种深入地下的加固设施,通过桩身与周围岩土体的摩擦力以及桩端的承载力,抵抗滑坡体的滑动。在设计锚固抗滑桩时,需要考虑桩的长度、直径、间距等参数,以及锚固深度和预应力大小等因素。

#### 5.3.4 监测预警措施

为了及时掌握滑坡体的动态变化,确保工程安全,建立了一套完善的边坡滑坡监测系统。通过安装全站仪、GPS、测斜仪、水位计等先进的监测设备,实现了对滑坡体的全方位监测。当监测数据超过设定的阈值时,监测系统会及时发出预警信号,以便工程人员能够迅速采取相应的应急措施。预警系统的建立,为工程的安全提供了有力的保障。同时,制定了详细的应急预案,明确了应急响应流程和责任分工。在滑坡发生时,能够迅速组织救援力量,采取有效的救援措施,最大限度地减少损失。

### 5.4 治理效果评估

通过对比治理前后的监测数据,可以直观地判断滑坡体的稳定性是否得到提高。例如,对比位移监测数据可以看出,治理后滑坡体的位移量明显减小,说明滑坡体的稳定性得到了增强;确保治理措施不会对生态环境造成不良影响,是工程建设的重要目标之一。在治理过程中,注重生态环境保护,采取一系列措施减少对周边植被和土壤的破坏。例如,在施工过程中尽量减少土方开挖,避免破坏周边的生态环境。通过对德达水电站滑坡治理工程的总结,可以为类似工程提供宝贵的参考经验。在治理过程中,综合运用多种防治策略,根据滑坡体的具体情况针对性的设计和实施,取得良好的治理效果。

### 结束语

边坡滑坡问题对工程安全和人民生命财产安全构成重大威胁,通过对德达水电站滑坡的研究,深刻认识到地质勘察在边坡滑坡治理中的关键作用以及科学防治策略的重要性。从排水措施到削坡法、人工加固法以及监测预警措施,每一步都为确保边坡稳定贡献力量。在未来的工程实践中,应不断总结经验,创新技术,提高地质勘察的精度和防治策略的有效性,为水利水电事业的稳定发展和人民的安全福祉提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]谢燕光.边坡滑坡工程治理的地质勘察及防治策略[J].资源信息与工程,2018,33(03):158-159.
- [2]姚平,张伟.论边坡滑坡工程治理的地质勘察与防治方法[J].冶金与材料,2018,38(03):29-30.
- [3]罗伟平.地质灾害工程中边坡稳定及滑坡治理方法探析[J].住宅与房地产,2019(06):256.
- [4]高大坚.地质灾害治理工程施工中边坡稳定问题及滑坡治理方法[J].世界有色金属,2018(22):230+232.
- [5]徐永波.何谐.邓力中.浅析矿山工程施工中地质灾害边坡稳定问题及滑坡治理方法[J].世界有色金属,2019(23):218+220.