

瀑布沟水电站坝区崩塌体研究

刘 旭 荣

(水利电力部成都勘测设计院)

提 要 本文据大渡河瀑布沟水电站勘探资料,揭示了坝址区边坡发生的塌滑和潜在崩滑危险体的地形、地质条件,并以此实例阐述了潜在崩滑危险体的发展趋势及其对坝址选择和水工建筑物安全运行的影响。旨在引起工程界的广泛重视并加强对这方面的研究工作。

关键词 瀑布沟 塌滑 潜在崩滑

(一)自然地质概述

大渡河瀑布沟水电梯级工程,地处青藏高原向四川盆地过渡的山麓斜坡地带,海拔多在2500—4000米之间,相对高差达1000米以上。具中高山峡谷地貌特征;两岸山高坡陡,地势险峻,平均谷坡达 40° — 45° 。谷底除见有零散的一级阶地和边滩相堆积物外,几乎全为河水所占据,枯水期河面宽仅70—100米,水面高程为670—678米。河道在坝区弯曲呈“L”型;谷底覆盖层厚度65—75米,由于水流条件和岸坡塌滑堆积物的影响,其组成物质和结构比较复杂,物理、力学和渗透性不够均一。

坝址区干热少雨,属亚热带气候区,具有气温年差小,日差大,高山温凉、河谷湿热,冬春季多晴、少雨多风等气候特点。年均降水量730毫米,其中5—10月降雨占全年的81—92%,平均蒸发量为1077毫米。多年平均气温 17.9°C ,最高气温 40.3°C ,最低气温零下 3.3°C 。

坝址处平均流量1370立方米/秒,设计最大流量为12100立方米/秒(2000年重现)。多年平均悬移质输沙量为2850万吨,推移质为53万吨。

库坝区地处川滇南北向构造带的北段东侧,近坝库区位于由次级活动性断裂所围限的瓦山断块西侧,出露地层主要为震旦系下统苏雄组的火山熔岩和开建桥组的火山碎屑岩以及侵入其间的澄江期花岗岩。组成岩石分别为流纹斑岩、凝灰质流纹岩、玄武岩、基性脉岩等(即前人所称的富林杂岩)。

岩层分布和岩体结构基本受 F_1 和 F_2 两条花岗岩的边界断层所控制,断层的产状分别为北 50° — 70° 东、北西 $\angle 65^{\circ}$ — $\angle 70^{\circ}$;北北西、北东 $\angle 75^{\circ}$ — $\angle 80^{\circ}$,前者具有右旋压扭性,后者属左旋压扭性,从两条断层的交切关系和力学属性分析,坝区构造应力场方向应为北东东至东西向。

坝区岩体经过多次构造运动的影响和破坏,构造形迹展布和变动性质比较复杂,构造体系归属难以确认,按构造断裂展布方向大致可归纳为近东西、北西、北东和近南北

向四组。上坝址以近南北(F_2)向和北西向构造为主,而中坝址则以北东东向构造(F_1)最有代表性。 F_1 和 F_2 断层的上盘由花岗岩体组成,并分布于大渡河河弯的凸岸(即左岸,图1)。

(二)边坡工程地质特征

大渡河左岸,走向近东西,平均坡度45°左右,相对高差500—800米,组成的岩石为中一粗粒花岗岩。

边坡表(浅)层,由于受卸荷及风化作用的影响,岩体多呈松弛的板块状,岩体中的裂壁风化明显,属弱风化上带;地震P波速度小于3000米/秒,岩体蠕变拉裂比较明显易于滑塌。边坡深部为致密块状花岗岩,岩体具裂面风化特征,局部呈微风化状态,属于弱风化下带,该部位岩体卸荷风化较轻微,P波速度可达

3000—4000米/秒,岩体坚固性及抵抗变形能力强,一般不易形成崩塌体。

岩体结构面的性质,大致可分为断层面,脉岩接触面和构造裂隙三类,前两者具有延伸长、结构面的联结强度低等特点,而后者与前两者相反。根据岩体中构造软弱结构面的力学性质和展布方向,断层和脉岩应属于 F_1 断层的伴生构造和沿伴生构造侵入的岩脉,这两组结构面,应属于 F_1 断层形成早期的一对平面“×”扭性断裂,倾角一般均 $>60^\circ$ 。由于断裂和脉岩的相互切割及不同组合,所形成的结构体的形状和大小各异,就崩塌体的分布地带而言,岩体多具有巨厚的板块构造。

松弛块状的花岗岩分布地带,岩体一般富水性很差,常年处于干燥状态,据崩(塌)滑体下部的探洞资料分析,在洞深100—150米范围内,洞内基本无地下水的出溢现象;有关钻孔揭露地下水位亦与河水位相近,水力坡降很缓(约2—5%),水位变化关系表明,在枯水期,地下水补给河水,而在洪水期则出现反向补给现象。

(三)塌滑体的形成条件

1. 形态与分布

塌滑体分布于中坝址Ⅳ勘探线上游的左岸,组成岩石为松弛而又具板块状构造的花岗岩,边坡呈近东西向延伸,倾南,平均坡度40°—45°,坡高在500米以上。塌滑体以 f_7 断层为后缘,长度为400—600米,宽200—250米,推测厚度为35—40米,平面分布呈条带状(见图1),前缘的堆积物在河床以下呈扇状,总体积约350—400万立方米。据河床钻探资料,塌滑堆积物已越过河水主流线,目前在河床部位的残余堆积物厚度达

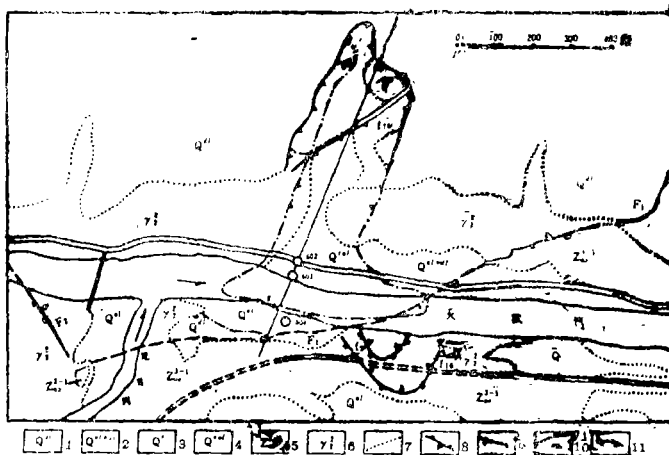


图1 崩塌区地质示意图

Fig.1 Geologic map showing the collapse area

1. 冲积物; 2. 冲坡积物; 3. 人工堆积物; 4. 塌滑堆积物;
5. 苏雄组流纹斑岩; 6. 花岗岩; 7. 地层界线; 8. 断层; 9.
- 古塌滑体范围; 10. 可能不稳定岩体; 11. 潜在崩滑体范围

37 米, 最大块径可达 10 米以上, 其上覆盖着河床冲积层(图 2)。据堆积物取样的年代测定, 该塌滑体形成于全新世早期, 距今大约有 1 万年左右。

2. 形成条件分析

塌滑体的形成、发展和演变是内外动力地质综合作用的结果。高陡边坡不仅为浅层岩体的卸荷、蠕变提供了应力重分布条件, 而且为变形岩体的破坏提供了堆积的空间。据河谷地貌和第四纪地质资料分析, 在大渡河谷形成发展过程中, 伴随着地壳的间歇性升降运动, 至少有 2—3 次的快速而强烈的下切阶段, 而最后一次深切则应在中更新世末或晚更新世初, 下切深度相当于现代河谷堆积物的底部, 与此同时, 处在孕育阶段的塌滑岩体便开始向塌滑破坏阶段转化。

岩体结构面的力学性质及其组合是控制边坡变形方式和破坏类型的关键因素, 根据边坡岩体结构的赤平投影解析(图略), 塌滑破坏的边坡具有单滑面控制型不稳定结构, 塌滑体的后缘以 f_{70} (北 60° — 64° 东, 北西 $\angle 40^{\circ}$ — $\angle 63^{\circ}$) 为边界, 组成该断层的构造岩体松散破碎, 抗拉强度基本可以忽略不计, 塌滑体的两侧分别以近南北向的陡倾角裂隙和冲沟为割切面, 其滑控面为北 40° — 60° 西, 南西 $\angle 35^{\circ}$ — $\angle 45^{\circ}$ 的顺坡向扭性构造裂隙面, 不难看出产生塌滑条件是比较充分的。上述条件表明, 导致边坡岩体塌滑是由于岩体的压剪应力所导致的一种破坏现象, 其破坏的过程具有由下而上逐次牵引的特点, 目前正处在孕育崩塌破坏的边坡上部岩体, 正是由于其下部岩体业已塌滑而使其稳定性逐渐减小。

(四) 潜在崩滑体的形成及稳定性分析

边坡的变形和破坏, 基本包括了前面所论述的古塌滑体和目前正处在孕育阶段的潜在崩滑体两部分组成, 已产生塌滑破坏的边坡前面已经论述, 下面论述的潜在崩滑体是属于前面所介绍的塌滑体的残存部分, 其基本地质条件和岩体结构特征与前者相近, 故不予重叙。

潜在崩滑体由东西两部分组成, 分布于 f_{70} 断层的上盘, 高程介于 1090—1200 米之间, 比河水面高 400—500 米, 总体积达 25—30 万立方米。崩滑体的后壁追踪北 30° — 40° 西, 北东 $\angle 70^{\circ}$ — $\angle 80^{\circ}$ 和北 $\angle 75^{\circ}$ 东, 南东 $\angle 80^{\circ}$ 两组构造裂隙发生发展, 由于卸荷和沿滑控面的蠕变作用, 目前后壁已形成宽达 80 厘米的拉裂缝, 缝内无充填。前缘(即塌滑体的后壁)以 f_{70} 断层为分界, 由于下部边坡岩体的塌滑临空, 从而形成了高达 30 米

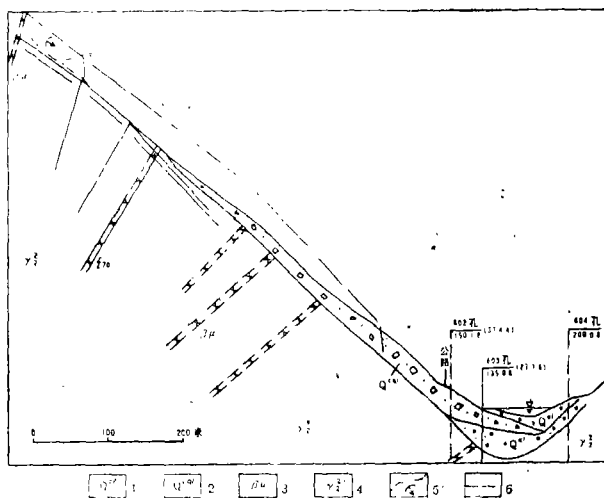


图 2 崩塌体地质纵剖面

Fig. 2 Geologic longitudinal Profile of Collapse mass

1. 冲积物; 2. 塌滑堆积物; 3. 辉绿岩脉; 4. 花岗岩;

5. 潜在崩滑体及推测边界; 6. 原始地面线

的断崖,崖底部即为北 70° 西,南西 $\angle 35^{\circ}$ 的滑动控制软弱面。潜在崩滑体具有与古塌滑体形成的一切边界条件和岩体结构特征,赤平投影解析成果也同样说明,该处岩体是不稳定的。由于不稳定岩体处于边坡的高陡部位,故其破坏的方式主要是崩滑而不是塌滑,一旦岩体破坏其巨冲能量比较大。

(五)危害性分析及处理方案设想

分布在中坝址左岸的潜在崩滑体,对于瀑布沟水电站设计方案的影响可概括以下几个方面:

1.从选坝址的角度分析,虽然潜在崩滑体位于中坝址的上游侧,但由于上中坝址相距不到1公里,且上坝址布置的尾水、泄洪、导流建筑物的出口均位于崩滑体的坡脚附近,尽管影响程度不同,但为了水工建筑物的运行安全都需要对潜在崩滑体做妥善处理。

2.河床中分布的塌滑堆积物,埋藏于现代河床冲积层之下,不仅堆积物的厚度变化大,而且物质组成和结构十分复杂,物理力学性质很不均一,对于拟修建在深厚河床覆盖层上的高土石坝基础均一变形和渗透稳定性有不利影响,故应采取有效的基础处理措施。

3.潜在崩滑体分布于上中坝址之间的边坡高陡部位,不仅规模较大而且具备产生巨冲性崩滑的地形地质条件,对上中坝址的水工建筑物运行安全的影响是明显的,若进行加固或采取支挡措施处理,不仅需要大量的加固支挡经费,而且效果不一定可靠,而采取爆破清除方案,既可一劳永逸,又可为堆石坝体增添筑坝的块石材料。

DISCUSSION ON COLLAPSE MASSES IN THE DAM REGION OF PUBUGUO HYDROELECTRIC POWER STATION

Lui Kuirong

(Chengdu Survey Design Institute, the Ministry
of Water and Electric Power)

Abstract

Based on the surveying data of the Pubuguo Hydroelectric Power Station, the landform, geologic conditions of the collapse on the slope and the latent slump masses were discussed, as well as the evolution tendency of the slump masses and its effects in the selection of dam site and for safely running of the hydraulic structures were dealt with. The author suggests to pay a full attention in the engineering circles, and then to strengthen the study on these problems.

Key words Pubu guo, collapse, latent slump