维普资讯 http://www.cqvip.com

2006年第25卷 第3期303～308页 云南地质 CN53-1041/P ISSN1004-1885

红河干流大黑公水电站地质灾害危险性分析

段乔文，何成红，何 伟，李林涛

（云南地质工程勘察院红河分院，云南 泸西 652400）

摘 要：大黑公水电站坝址及库区处于红河深大断裂带，面临诸多工程地质灾害地质问题，把研究区分为大、中、小三级5个不同地质灾害危险性区段，研究为电站建设预可研阶段工作提供指导性意见。

关键词：地质灾害；地质环境条件；受控激发；危险性区段；大黑公水电站 红河

中图分类号：P694 **文献标识码**：A **文章编号**：1004-1885(2006)03-303-06

拟建大黑公水电站工程（简称拟建工程）位于红河中下游河段，最大坝高110m，为大（2）型水利工程，处于云南省地质灾害高易发区。

拟建电站库区流域（河段）山高坡陡，为中山峡谷地貌，地层岩性复杂，且处于红河断裂带，地质环境条件复杂。破坏地质环境的人类工程活动及地质灾害强烈，地质环境质量脆弱。电站建设不仅面临坝址和库岸稳定性和库区淤积等诸多工程地质问题，还将诱发、加剧地质灾害的危害。本文拟对现状地质灾害的危害性及自然发展趋势作出客观评价，对拟建工程引发新的地质灾害可能性和危险性进行评估，综合分为危险性大、中、小三级及相应的五个区段。研究成果为电站建设预可研等工作提供参考。

1 地质灾害发育程度及其危害性

1.1 密度大、类型多

拟建坝址以下2km至库区回水位以上2km，全长48km范围内，库岸两边第一斜坡（泥石流沟至一级分水岭）范围内，发育滑坡19个、崩塌3个、泥石流沟11条，不稳定斜坡3处，活动性冲沟16条，平均密度达0.12个/km^2，其中红河县城周围地段发育密度高达1个（条）/km^2，近枢纽区发育密度0.21个（条）/km^2，崩塌、滑坡、不稳定斜坡沿河岸的平均线变形密度为0.52个/km^2，与国内崩滑发育的山区河流相比，发育强度属强烈[3]。

1.2 分布集中、活动性强

区内滑坡分布于元江-河口公路沿线，崩塌和不稳定边坡分布于红河干流岸坡，泥石流和活动性冲沟除红河干流外，还集中分布于红河一级支流七星河左岸红河县城周围。崩塌、滑坡及不稳定斜坡，以中、小型、不稳定者占绝对多数，泥石流也以中、小型易发者占主导（表1）。

收稿日期：2006-04-24

作者简介：段乔文（1967～），男，云南泸西县人，工程师，从事水工环基础地质调查研究。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1 地质灾害规模及活动性一览表

Tab. 1 Scale and Activity of Geological Hazard

类型名称	规模/比例（%）			稳定性/比例（%）		
	大	中	小	稳定	基本稳定（中等易发）	不稳定（易发）
滑坡	1/5.2	6/31.6	12/63.2	2/10.5		17/89.58
崩塌		3/100		1/33.3	1/33.3	1/33.3
潜在不稳定斜坡	2/66.7	1/33.3				3/100
泥石流		4/36.4	7/63.6		2/18.2	9/81.8

除崩塌、滑坡和泥石流外，区内冲沟极多，且红河右岸较左岸发育。红河干流发育密度1～3条/Km，猛龙河及大黑公河支流密度可达3～5条/km。由于地势陡峻，冲沟多高角度交于主流。红河干流上的冲沟多短小，长度多小于5km，源头一般低于1200m高程夷平面，其它支流的冲沟则相对较长（除猛龙河左岸冲沟外），可达10km以上。本次调查主要冲沟16条，按纵坡降大于200‰、200～100‰及小于100‰大小，结合沟岸稳定性等特征分为幼年期、中年期和老年期冲沟。区内14条冲沟处于幼年期，2条为中年期，无老年期。除活动性相对较强的冲沟外，区内N及Pt地层中的细沟和纹沟侵蚀极为严重，其活动性较为强烈。

1.3 危害性严重

地质灾害使公路沿线滑坡多次造成交通阻塞、中断，甚至公路改道，滑坡与泥石流形成的灾害链更为严重。元江-红河-河口公路多段（处）受到滑坡、不稳定斜坡危害、威胁。此外，崩、滑、流等地质灾害还造成严重水土流失，坝址以上控制流域面积28 057km^2[1]，年平均流量为247m^3/s，多年平均悬移质输砂量4 220万吨，多年平均推移质输沙量295万吨，多年平均悬移质含沙量5.42kg/m^3，最大年平均悬移质含沙量11.9kg/m^3，最小年平均悬移质含沙量2.78kg/m^3。

2 地质灾害危险性分区

综合前述地质环境条件和地质灾害特征，结合拟建工程可能引发、加剧和遭受的地质灾害的危险性，将研究区地质灾害危险性分为大中小三个等级五个区段，即危险性大区2个（$Ⅰ_1$、$Ⅰ_2$），中等区1个（$Ⅱ_1$）和小区2个（$Ⅲ_1$、$Ⅲ_3$）（图1）。

$Ⅰ_1$区：包括坝址下游大黑公河入口至库区约11.5km地段，北（左岸）至最低一级红河剥夷面，高程1 000m左右。南至大黑公河与七星河地表分水岭，西至库区七星河段淹没区外围，面积55.15km^2。

地质环境条件：构造侵蚀深切割中低山－峡谷。北部地层为T_1、T_2及J_1f夹$P_1\beta$和C_1d，岩体结构为层状结构硬质岩夹软质岩组，局部夹层-块状结构坚硬岩组；南部地层为J_1f及E、N，岩体结构为层状结构软质岩岩组和散体结构，红河支断裂F_2^1和F_2^2纵贯该区，岩土

维普资讯 http://www.cqvip.com

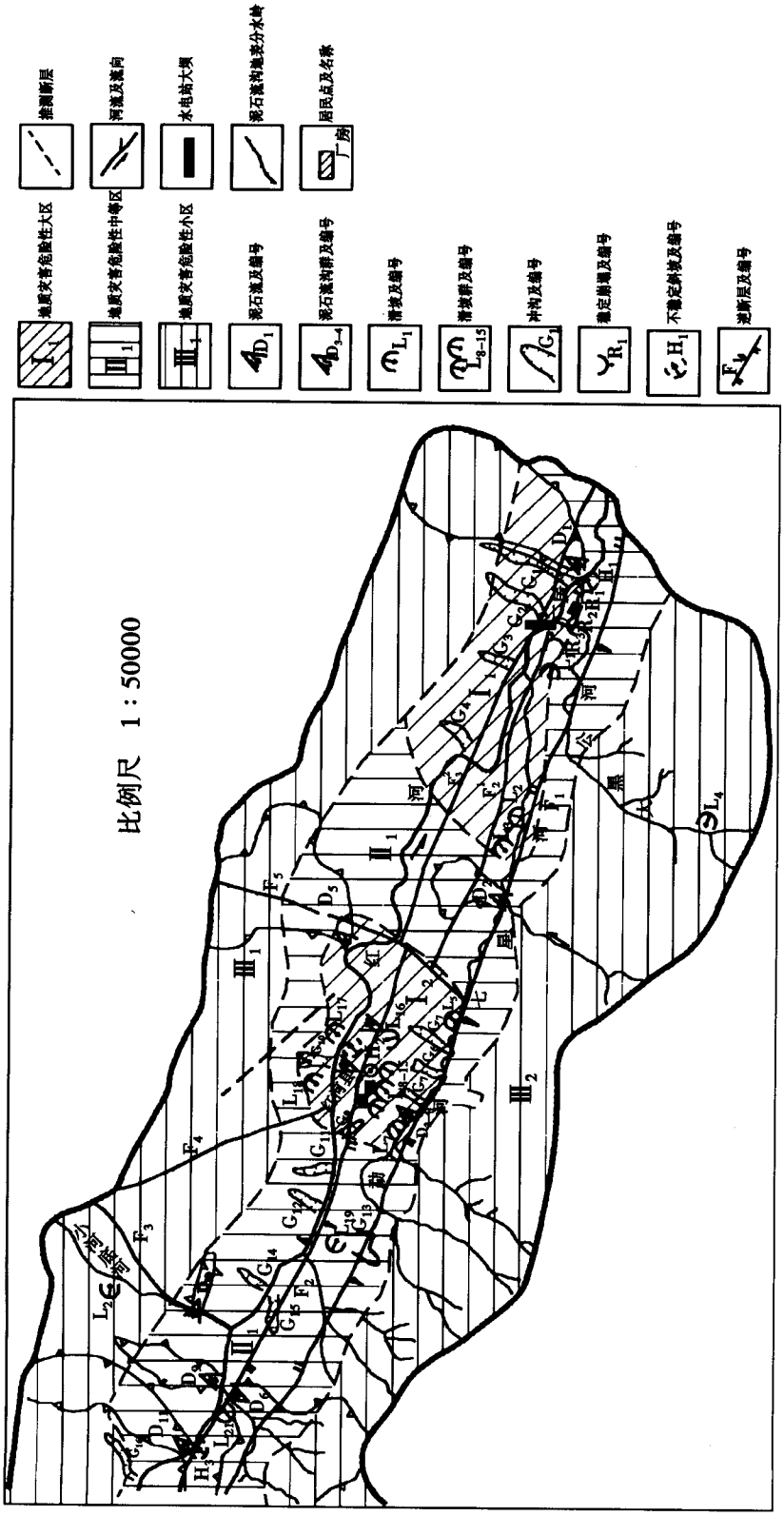


图1　地质灾害分区示意图

Fig 1. Division of Geological Hazard

维普资讯 http://www.cqvip.com

体工程地质和水文地质条件不良，地质灾害发育强烈，发育崩塌、滑坡、不稳定斜坡及泥石流和活动性冲沟等多种地质灾害，地质环境条件复杂。

地灾评述：现状地灾发育3个崩塌、3个滑坡、1个不稳定斜坡，1条泥石流及4条活动性冲沟，地灾发育密度0.21个（条）/km^2。现状危害造成严重水土流失。

拟建工程大坝、厂房、导流洞均布设于本区，坝肩开挖不当。厂房切坡不合理或过度破坏现有稳定坡比，将诱发R_1失稳。导流洞进出口开挖不当可诱发斜坡坍滑，掘进方向多顺层（J_1f走向或J_1f与E接触接口）延伸，可能诱发冒顶、片帮等危害。

拟建工程建设和营运期间，大坝将遭受由F_2^1结构控制的倾倒式崩塌（或坐落）危害，以及坝基、坝肩渗漏危害。厂房发电机组设置过低，雨季时将遭受淹没或浸没危害。导流洞出口将遭受G_1冲沟危害。区内库岸段稳定性较差，但坍岸主要发生于松散层中，对岸边居民无实质性危害。G_2、G_3、G_4冲沟和L_1滑坡，主要危害淤积库区。L_1远期可能威胁上方万年青村安全。H_1坡脚为进场公路必经之地，人工切坡过度将诱发斜坡坍滑而遭危害。

I_2区：研究区中部红河县至虾洞一带，面积40.85km^2。

地质环境条件：构造溶蚀侵蚀高中山—峡谷区，相对高差700m，红河左岸多凹形坡和直线坡，右岸多直线坡和凸形坡，右岸较左岸陡峻，为不对称“V”型谷。红河县城南坡为陡（$\beta>65°$）缓（$\beta<25°$）结合的阶梯状地形，红河沿岸出露地层为D_1t、P_1m、$P_1\beta$，红河县城至猛龙河出露P_1f和N，岩组以散体结构和碎裂结构占主导，近库岸为层状-块状结构坚硬岩组，红河断裂从该区南部穿过，岩土体工程地质条件不良，工程水文地质条件较差，地质灾害强烈，破坏地质环境的人类工程活动强烈，类型主要为城镇及道路建设。总体地质环境条件复杂。

地灾评述：现状地灾有13个滑坡、5条泥石流沟、1处不稳定斜坡，不良地质作用为5条活动性冲沟和1处岩溶管道（暗河）。地灾发育密度1个（条）/km^2。不稳定斜坡（H_2）坡体现已明显开裂变形，前缘部份堆积物已进入红河，除造成严重水土流失外，尚造成红河县城多处房屋开裂变形，红河-河口公路改道，仅1994年7月5日一次地灾爆发便造成L_7滑坡导致公路改道，坡造成直接经济损失500万元。

现有滑坡对拟建工程无直接危害，但对红河县城的长远威胁极大，L_8、L_9、L_{10}和L_{11}、L_{12}、L_{13}、L_{14}、L_{15}已分别与D_4和D_3构成灾害链，与北坡的L_{16}、D_6、D_7及H_2、G_8、G_9对红河县城构成“合围”之势，若不加以有效遏制，这种趋势定会愈演愈烈。D_6、D_7及G_8、G_9直接汇入红河造成淤积危害，D_3、D_4及G_6、G_7则直接汇入猛龙河造成间接淤积危害。

该段库区库岸岩性为$P_1\beta$玄武岩及P_1m、C_1～C_3碳酸盐岩，库岸稳定性好－较好，水库蓄水后虽会对局部玄武岩全－强风化层引发坍岸，但引发大规模岩体滑坡的可能性小；蓄水后，库水（水位340m）将淹至H_2和L_{17}中部，加剧L_{17}失稳及H_2滑动，造成库区淤积危害；库水将淹没岩溶暗河出口，虽对暗河水动力条件不会发生根本改变，但对今后暗河的开发，带来更大难度。

红河县城处于拟建库区中段右岸迤萨梁子，水库蓄水后虽会引发浅层坍岸，但下伏基岩为P_1m和$P_1\beta$层块状较硬至硬质岩组，淹没高程附近岩体现状稳定，由蓄水引发岩体失稳危及县城安全的可能性小—中等。

II_1区：分布于红河左岸1 200m高程以下，右岸至红河断裂带南侧，面积186.15km^2。

维普资讯 http://www.cqvip.com

地质环境条件：红河干流为构造侵蚀中低山－峡谷，七星河支流段为构造侵蚀堆积中低山一宽谷，库岸出露地层为 N 和 P_f，前者为散体结构，后者为碎裂结构。红河深大断裂 F_1、F_2 纵贯全区，P_f 节理、裂隙极为发育，岩土体工程水文地质条件不良，破坏地质环境的人类工程活动强烈，类型主要有公路建设、乡集镇建设、矿山开发及水利建设；地质灾害发育中等。地质环境复杂程度为复杂。

地灾评述：现状发育 2 个滑坡、5 条泥石流沟及 6 条活动性冲沟，地质灾害点及活动性冲沟发育密度 0.06 个（条）/km^2。滑坡均分布于元江～红河公路边，曾造成公路阻塞多次。

水库蓄水后对 L_{19} 的活动性无直接影响，但会加剧，造成路基局部坍塌、沉陷危害。蓄水后库区水流变缓，将明显遭受现有泥石流沟及活动性冲沟的淤积危害。

$Ⅲ_1$ 区：分布于红河左岸高程大于1 200m 的地区，面积 174.75km^2。

地质环境条件：该区为岩溶高中山—中山，相对高差约1 000m，分布有红河Ⅰ、Ⅱ级剥夷面，斜坡呈阶梯状。地层主要为 C_1～D_3 碳酸盐岩，东部夹碎屑岩及 $P_1\beta$ 玄武岩。岩性稳定，岩相变化不大，岩体主要为层—块状坚硬岩组。F_4、F_5 及细小断裂发育，地质构造较复杂，岩溶发育以管道为主，兼有洼地、漏斗、落水洞、溶沟（槽）等多种岩溶形态，工程水文地质条件较差。破坏地质环境的人类工程活动强度一般，主要为陡坡耕植，次为公路切坡。

地灾评述：现状发育 L_{20} 滑坡，并处于 D_1、D_5、D_9、D_{11} 水源补给区及左岸 9 条活动性冲沟的上游。L_{20} 为大型滑坡，现状危害小河底河电站引水渠约 300m，泥石流及冲沟现状主要造成水土流失危害。

拟建工程建设和营运后，直接诱发区内地灾的可能性小，L_{20} 短期内难于稳定，其滑体物进入小河底河后将间接造成库区淤积；除 D_1 和 G_1 外，泥石流沟和冲沟堆积物将直接进入库区，造成库区淤积，本区主要为水源补给区，相对而言，危害程度轻。

$Ⅲ_2$ 区：分布于研究区南部，高程大于1 000m 的地区，而积约 177.45km^2。

地质环境条件：本区为侵蚀剥蚀低中山，地形高差约 700m，出露地层主要为 $P_t a^a$、$P_t a^b$，岩性体为层状结构变质岩坚硬岩组，表层风化为碎裂结构甚至散体结构，岩土体工程及水文地质条件较差，破坏地质环境的人类工程活动主要为公路建设及陡坡耕作，强度一般。

地灾评述：现状分布 L_4 滑坡，D_6 泥石流沟上游水源区大多分布于本区。本区是研究区内细沟、纹沟侵蚀最严重地区，细沟发育强度高达 5 条/km^2 以上。L_4 滑坡为中型滑坡，现威胁帮干村近 10 户居民财产，但对拟建工程无影响。D_6 泥石流沟对拟建工程可能造成淤积危害。

区内强烈发育的细沟和纹沟侵蚀，将成为七星河段库区淤识的另一主要来源，推测其物源量不低于七星河左岸 $Ⅰ_1$、$Ⅰ_2$ 和 $Ⅱ_1$ 区对七星河段淤积量的五分之一。

4 结　论

（1）拟建红河干流大黑公水电站库区一级岸坡范围内及首部枢纽地段滑坡、崩塌、泥石流及不稳定边坡发育，并以发育密度大、中小规模为主、活动性强、集中分布为特征。

维普资讯 http://www.cqvip.com

（2）区内地质灾害的发育严格受地质构造、地层岩组、地形地貌，、构造运动、降雨及人类工程活动的控制，其中红河断裂带的影响及地层的展布、地貌形态是主控因素，修建公路、矿山开采及城市建设是人为诱发因素，降雨是自然激发因素。

（3）拟建电站工程的建设和运营存在着严重的地质灾害隐患，既会引发新的地质灾害，加剧原有的部分地质灾害，还面临遭受严重的库区淤积及坝址稳定性问题和厂房区原有地质灾害的危害。

（4）基于研究区现状地质灾害特点及地质环境条件，结合拟建工程特性，综合评估了研究区地质灾害的危险性，分为地质灾害危险性大、中、小三级五个区段。

（5）拟建坝址至厂区一带，地处红河断裂的支断裂 F_{21} 上，地质灾害发育集中，预可研时应与上游段约4km处进行坝址比选。

（6）研究区雨水多，降雨成为地灾的主要激发因素。基于省内部份水利工程建设对气候条件的改变明显影响地灾活动性这一事实，建议对水库建成后对红河流域气候的改变及对地灾的影响关系进行专题研究，以期做好超前预测、趋利避害。

参 考 文 献

[1] 地矿部编写组. 长江三峡工程库岸稳定性研究 [M]. 北京：地质出版社. 1988.
[2] 张帆宇，刘高. 国道212线福津河段滑坡发育特证及成因分析 [J]. 地质灾害与环境保护，2005，16 (2).
[3] 云南省地质局. 建水幅 1：20万区域水文地质普查报告 [R]. 1978.
[4] 云南省地质局. 元阳幅、大马鹿幅 1：20万区域水文地质普查报告 [R]. 1979.

AN ANALYSIS OF THE RISK LEVEL OF GEOLOGICAL HAZARD OF DAHEIGONG HYDROPOWER STATION ON RED RIVER

DUAN Qiao-wen, HE Cheng-hong, HE Wei, LI Lin-tao

(*Honghe Branch, Yunnan Institute of Engineering Geological Exploration, Luxi* 652400)

Abstract: The dam and reservoir of Daheigong hydropower station are on the Honghe deep fault zone, which face many engineering geological problems. The study area can be divided into 5 different risk-level blocks of high, medium, low geological hazard order. According to this study, we have proposed the guideline for the preliminary feasibility study of the hydropower station construction.

Key Words: Controlled Excitation; Risk division; Geological ? Environ – ment Condition; Geological Hazard