

文章编号:1001-4179(2013)01-0038-04

金沙江特大桥桥址区主要工程地质问题研究

赵志明¹, 吴光¹, 王喜华², 寇川³

(1. 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031; 2. 西南石油大学 资源与环境学院, 四川 成都 610500; 3. 中铁二院工程集团有限责任公司, 四川 成都 610031)

摘要:金沙江特大桥是丽(江)-香(格里拉)铁路的关键控制性工程之一。通过对规划桥位工程地质条件的系统分析,采用赤平投影和 Sarma 法计算评价了两岸岸坡的工程稳定性。分析表明,香格里拉岸主要是卸荷裂隙以及由3组结构面切割的岩体稳定性问题;丽江岸主要问题有:滑坡、危岩落石、冰碛层稳定性、水库坍岸等。研究成果对金沙江特大桥桥址方案选择具有一定指导意义。

关键词:工程地质; 方案选择; 丽香铁路; 金沙江特大桥

中图分类号: P642 **文献标志码:** A

丽江至香格里拉铁路位于云南省西北部,南起在建的大丽铁路丽江(新建)车站,向北跨越金沙江,经小中甸至香格里拉,全长 160.95 km。线路连接在建的大理至丽江铁路,并通过该铁路和广大铁路与成昆铁路相联,是我国中长期铁路网规划中西部路网的重要组成部分。金沙江特大桥是丽香线的控制性工程,其地形、地质条件复杂。规划比选方案中,金沙江特大桥全长 910.35 m,主桥丽江端墩高约 140 m,香格里拉端墩高约 136 m,最大桥高约 251 m。

金沙江特大桥香格里拉岸涉及到的主要工程地质问题为卸荷裂隙所形成的3组结构面切割岩石块体的稳定性;丽江岸涉及到的主要工程地质问题有:滑坡、岩堆、蠕变体稳定性、隐伏断层影响、水库蓄水后冰碛层的整体稳定等。

1 桥址区工程地质条件

1.1 地形地貌

金沙江特大桥桥址区地处高中山区,地形高差大,江水湍急,金沙江在桥址区的流向为 NEE 向,河面宽约 100~220 m。香格里拉岸基岩裸露岸坡陡峭,植被相对发育,主墩位于悬崖上,存在外倾结构面(组合),

其倾角约 50°,缓于自然岸坡;桥墩下方存在一条平行等高线的卸荷裂缝,延伸约 60 m。丽江岸桥位地形较缓,岸坡大致可以分为两级,桥墩区地形坡度约 54°,桥台区约 36°,植被较发育且坡面上发育冰碛层,存在潜在滑坡,横向谷切割较深,多有常流水。居民分布于沟谷内或缓坡上,大型村庄一般有公路通达。

1.2 地层岩性

香格里拉岸岩性为三叠系薄-中厚层板岩、片理化玄武岩。片理面微风化、无充填,产状为 N67°W/55°SW,走向与坡面小角度相交,层理发育。局部地段节理将岩体切割成碎块状,块径约 0.3~0.8 m,岩体呈层状碎裂结构。勘察表明,强卸荷带深度约 10.5 m(从坡脚公路边计算),中度卸荷带深约 10 m,从 21 m 后卸荷裂隙已基本密闭,为弱卸荷带。香格里拉岸地层剖面见图 1 所示。

丽江岸主要分布厚达 50 m 冰碛层,冰碛角砾土层或碎石土层较紧密,局部呈半胶结状态,主要成分为碎石土、角砾土,石质多为强风化,约占 50%~55%,主要为玄武岩、板岩质、灰岩质,细粒部分主要为玄武岩、板岩全风化冰砾。局部地层以全风化冰砾为主,似土状,浸水后强度降低显著,在陡坡处有崩塌迹象;桥台

收稿日期:2012-08-09

基金项目:中铁二院工程集团有限责任公司专项科研项目“丽香铁路高墩大跨特大桥位及线路高陡边坡专项地质勘探与评价研究”(勘-09-丽香-13);中央高校基本科研业务费专项资金资助(SWJTU09BR033)

作者简介:赵志明,男,讲师,博士研究生,主要从事岩体边坡稳定性评价及治理工程设计研究。E-mail:zmzhao@swjtu.cn

处冰碛层厚达 40 ~ 50 m,沟水浸泡后,多见坍塌迹象。丽江岸地层剖面图见图 2。

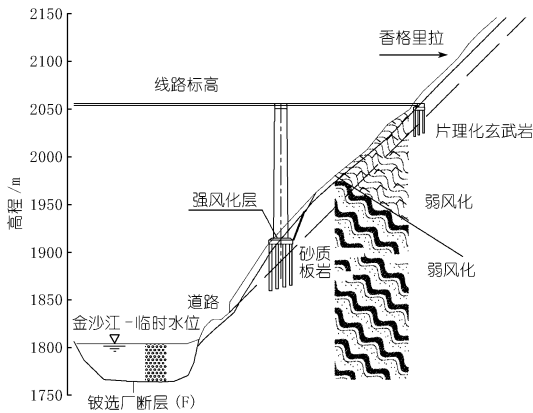


图 1 香格里拉岸地层剖面示意

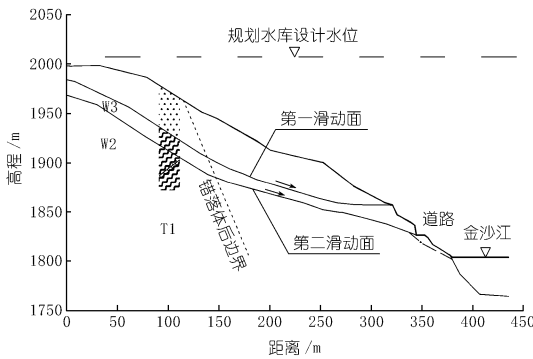


图 2 丽江岸地层剖面示意

1.3 地质构造

丽香铁路位于扬子准地台二级构造单元丽江台缘褶皱带、松潘 - 甘孜褶皱带二级构造单元中甸断裂带及唐古拉 - 昌都 - 兰坪 - 思茅褶皱系二级构造单元云岭褶皱带。

金沙江特大桥香格里拉岸桥址区受构造应力的作用,主要发育 3 组结构面,结构体形态主要为长方体、厚板体和块体。结构面产状及强度对岸坡稳定性起到决定性作用。

丽江岸断裂构造发育,但无活动断裂通过,构造稳定性较好。主要断裂构造有:F1、F2、F3、F4 断层等。

1.4 水文地质

桥址区位于中亚热带湿润区,属于冬干夏湿的高原季风气候。由于特殊的地理环境,悬殊的地貌差异,因而构成独特的“一山分四季”的立体气候。沿线降雨时间大部分集中在 5 ~ 10 月,尤以 7 ~ 8 月最为集中,每年 10 月下旬至次年 5 月为干风季节。

该段地下水类型主要有岩溶裂隙 - 管道(暗河)水、基岩裂隙水和孔隙潜水。经钻孔取水化验,该地段

地下水对混凝土无侵蚀性。

2 香格里拉岸主要工程地质问题及评价

香格里拉岸主要是发育结构面,以及陡峭岸坡上的卸荷裂隙,形成崩塌落石。

2.1 结构面发育概况

金沙江特大桥香格里拉岸桥址区受构造应力及卸荷作用,主要发育 3 组结构面:① 结构面 P1,产状 $315^\circ \angle 84^\circ$,延伸 0.5 ~ 3 m 不等,最小间距在 20 mm 左右,最大间距可达 1 m 以上,张开度 3 ~ 5 mm,节理面多数呈微起伏 - 起伏粗糙,少数平直,不存在充填物,无胶结。② 结构面 P2,产状 $174^\circ \angle 47^\circ$,较发育,延伸 1.0 ~ 3.0 m 不等,间距 0.2 ~ 0.8 m,张开度小于 1 mm,局部胶结,无充填物。局部地段节理将岩体切割成碎块状,块径约 0.3 ~ 0.8 m,岩体呈层状碎裂结构。③ 结构面 P3 为岩层片理,片理发育,片理面微风化、无充填、无锈染,产状为 $72^\circ \angle 61^\circ$,走向与坡面小角度相交,层理发育,张开度小于 1 mm,局部胶结,无充填物。勘察表明,强卸荷带深度约 10.5 m(从坡脚公路边计算),中度卸荷带深约 10 m,从 21 m 后卸荷裂隙已基本密闭,为弱卸荷带。结构体形态主要为长方体、厚板体和块体。结构面产状及强度对岸坡稳定性起到决定性作用。

2.2 稳定性分析

采用赤平投影对香格里拉岸起控制性作用的 3 组结构面和岸坡坡面组合进行稳定性分析。

岸坡赤平投影分析如图 3 所示。其中图 3(a)为岩体结构面赤平投影图,图 3(b)为边坡岩体稳定性分析图。香格里拉岸滑塌体的构成及稳定系数见表 1 所示。

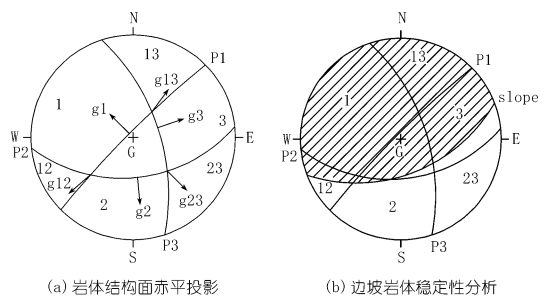


图 3 香格里拉岸岸坡赤平投影分析

2.3 结论

由图 3(b)可以看出,图中坡面投影区穿越了坠落体 G、单滑面 1、2、3 和双滑面 12、13,故不会在边坡临空面上形成滑塌体。而只有双滑面 23 的滑塌形式是在边坡临空面出露的滑塌体。从稳定性分析得知,双

滑面 23 的稳定性系数为 1.069,此分析结果表示在自然边坡临空面与结构面交切组合状态下该岩石边坡处于基本稳定状态。但是在工程施工过程中或地震情况下,香格里拉岸的岩体稳定性需要做进一步分析研究。

表 1 香格里拉岸滑塌体的构成及稳定系数

滑塌体	滑塌方向	构成滑塌体的结构面			构成滑塌体的棱边			稳定系数 K	
		P1	P2	P3	g12	g13	g23		
单滑面滑动	1	g1	上	下	下	g12	g13	-g23	0.074
	2	g2	下	上	下	g12	-g13	g23	0.653
	3	g3	下	下	上	-g12	g13	g23	0.388
双滑面滑动	12	g12	上	上	下	g12	-g13	-g23	2.066
	13	g13	上	下	上	g12	-g13	-g23	0.762
	23	g23	下	上	上	-g12	-g13	g23	1.069
坠落 G	g	g	下	下	下	g12	g13	g23	0

注:①“上”、“下”表示 P_i 面的上盘或者下盘;② g_{ij} 指向赤平面上方为(-),以下为(+);③单滑面 1、2、3 分别指被结构面 P1、结构面 P2、结构面 P3 所在平面所切割构成的块体;④双滑面 12 指结构面 P1 和结构面 P2 共同切割所形成的楔形体,双滑面 13 指结构面 P1 和结构面 P3 共同切割所形成的楔形体,双滑面 23 指结构面 P2 和结构面 P3 共同切割所形成的楔形体。

3 丽江岸主要工程地质问题及评价

丽江岸为冰碛层岸坡,桥址区河谷深切,构造运动强烈,发育滑坡、崩塌(岩堆)、蠕变体以及断层破碎带。该地区规划水电站开发蓄水将对其稳定性造成直接影响^[5]。

3.1 1号滑坡稳定性

1号滑坡分布于丽江岸左侧,主轴长约 270 m,横向宽 100~170 m,厚 10~30 m。滑坡周界明显,滑体物质主要为碎块石土,属基岩切层滑坡。目前,滑坡整体处于稳定状态。但是,规划水电站蓄水后中上部产生复活的可能性较大。

3.2 1号岩堆稳定性

1号岩堆位于丽江岸高程 2 010~2 205 m,主轴长约 280 m,横向宽 200~380 m,厚 10~30 m。岩堆物质主要为块石土,地表松林密布。岩堆覆盖于冰碛层上,规划水电站蓄水后冰碛层强度降低,可能导致冰碛层与岩堆体一起失稳,应进行加固措施,以防发生大规模的失稳滑动。

3.3 1号蠕变体稳定性

1号蠕变体位于金沙江丽江岸,基岩为千枚岩、炭质千枚岩夹板岩,质软,易风化,遇水易软化呈泥状。蠕变体主要特征是岩体呈碎裂状,常见拉张裂缝、空洞,岩层倾角较缓且产状紊乱,岩体极为破碎。蠕变体轴长约 300 m,横向宽 100~180 m,厚 40~60 m,山坡

稳定性极差。

3.4 隐伏断层影响

丽江岸冰碛层分布区存在隐伏断层,断层直接将完整的岩体破碎,对丽江岸的稳定直接造成威胁。勘察揭露,该区存在 F1、F2、F3 等多个隐伏断层。

F1 断层为一张性正断层,断层破碎带宽度 10~50 m,总体走向平行线路展布,桥址应避免 F1 断层。

F2 断层为一推测断层,断层走向为 N78°W,性质不明。断层破碎带宽 10~30 m,由断层角砾组成。该断层属后期活动中产生的次生断层,受 F3 断层限制,对桥址主墩设置影响较大。

F3 断层为性质不明断层,走向 N11°W,SW 盘为板岩(T₁),NE 盘为片理化玄武岩(T_β),公路边观察发现断层带压碎岩及岩层产状紊乱现象。该断层破碎带宽度约 20~40 m,断面近于直立。该断层发育受 F4 断层控制,断层对丽江端桥墩有一定影响。

F4 断层为正断层,断层形迹近于直线,斜跨金沙江,走向为 N20°E,倾 SE,倾角约 50°。上盘为片理化玄武岩(T)、砂质板岩夹钙质板岩及泥质板岩(T₁);下盘为片理化玄武岩(T)。

3.5 冰碛层整体稳定性

该地区规划水电站坝址位于金沙江大桥下游约 500 m,预计最高蓄水位为 2 010 m,考虑到水库回水的影响,冰碛层岸坡的稳定性对桥梁安全影响较大。因此除了考虑水库坍岸的情况,还应重点考虑规划水库蓄水后冰碛层在动水压力作用下的整体稳定性,即冰碛层沿基岩面滑动的可能性。

采用 Sarma 法对丽江岸进行了冰碛层的稳定性分析,在计算时考虑了地下水疏干率,即地下水排水程度,模拟水位升降条件。结果表明:滑动面 1(冰碛层)在不考虑地震条件下处于不稳定状态。如果水库达到设计蓄水高程,右岸岸坡将处于水位以下,岩土体处于饱水状态(对应疏干率为 0),丽江岸坡在不考虑地震时将失稳滑动,需要对丽江岸进行工程治理。

3.6 结论

丽江岸的主要工程地质问题为 1 号滑坡、1 号岩堆、隐伏断层以及冰碛层整体稳定性问题,规划水电站未蓄水前,丽江岸均为稳定状态,但按照预计达到最高蓄水 2 010 m 后,1 号滑坡中上部、1 号岩堆以及冰碛层均有可能复活并发生失稳滑动,同时 F1 和 F2 断层对岸坡稳定性影响也较大。

4 总体评价及工程措施建议

通过以上对大桥两岸工程地质问题的分析,得出

以下结论和工程治理建议。

(1) 金沙江特大桥香格里拉岸经赤平投影分析表明,除双滑面 23 外,均为稳定状态,因此,需对双滑面 23 进行治理加固,尤其是当地震或者开挖情况下,边坡岩体稳定性更应做进一步的分析。

(2) 丽江岸经 Sarma 法计算表明,在不考虑地震条件下,当水库达到设计蓄水位,桥基所在位置的冰碛层会产生滑动失稳。因此在蓄水前应对冰碛层岸坡进行治理加固措施。

(3) 丽江岸的 1 号滑坡中上部、1 号岩堆、1 号蠕变体在规划水电站蓄水条件下有可能复活并发生失稳滑动,建议进行加固治理。

(4) 丽江岸隐伏断层对其稳定性也将造成一定的危害,主墩设置宜避开 F1 和 F2 断层,基础宜深埋,建议加大基础埋深,宜大于 80 m。同时,在主墩西、北、

东三面进行深孔注浆,加固深度宜达到 100 ~ 120 m,加固范围宜扩大至基础周边 30 m,提高基础附加应力影响区的岩体强度。

参考文献:

- [1] 范基姣,李胜涛,张森琦,等. 青藏工程走廊昆仑山口 - 清水河段主要水害问题及水文地质机理[J]. 工程勘察,2012,(1):43 - 49.
- [2] 王启国,严应征,林仕祥,等. 王甫洲水利枢纽坝基主要工程地质问题及对策[J]. 人民长江,2009,40(5):80 - 83.
- [3] 王启国. 金沙江虎跳峡河段水电开发重大工程地质问题研究[J]. 岩土工程学报,2009,31(8):1292 - 1298.
- [4] 占艳平. 寺坪水电站主要工程地质问题研究[J]. 人民黄河,2009,31(11):95 - 96.
- [5] 罗红明,唐辉明,章广成,等. 库水位涨落对库岸滑坡稳定性的影响[J]. 地球科学,2008,33(5):687 - 692.

(编辑:赵凤超)

Research of major geological problems of Jinshajiang Bridge

ZHAO Zhiming¹, WU Guang¹, WANG Xihua², KOU Chuan³

(1. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. School of Resources and Environment, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 3. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Jinshajiang Bridge is one of the key controlling projects of Lijiang - Shangrila railway. Based on the systematic analysis of the engineering geological conditions of planned location of the bridge, the stability of banks is evaluated by stereographic projection and Sarma method. The results show that the unloading crack and the stability of the rock mass cut by three rock structure planes are the major engineering geological problems of Shangrila side; the geological problems of Lijiang side are landslide, rock fall, stability of the moraine layer and reservoir bank collapse etc. The results are helpful to the location selection of Jinshajiang Bridge.

Key words: engineering geology; scheme selection; Lijiang - Shangrila railway; Jinshajiang Bridge

(上接第 13 页)

Observation and analysis of water surface evaporation and effect factors

WEI Sujie¹, YU Wei², ZHANG Jun¹, LIU Jiahong¹, QIN Dayong¹

(1. Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Planning and Design Department of Reservoir Region, Department of Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: Evaporation is one of the important links of atmospheric and hydrological circulation. The major influential factors of water evaporation are temperature and wind velocity, however, the relationship among them is not clear. In-situ observation experiment of the influence of wind velocity on evaporation is designed in Daxing District, Beijing City, located in Haihe River Basin. On the basis of the experiment in 2010, the coupling effect mechanism of influence of temperature and wind velocity on evaporation is further researched. The characteristics and laws of radiation, humidity, precipitation, temperature, wind velocity and evaporation in the study area are analyzed. The relationship expression of temperature, wind velocity and evaporation is obtained by using SPSS. The result provides demonstration for explaining "evaporation paradox".

Key words: evaporation of water surface; temperature; wind velocity; coupling effect; evaporation paradox; Haihe River Basin