维普资讯 http://www.cqvip.com

2007年第26卷 第2期219～227页 云南地质 CN53－1041/P ISSN1004－1885

云龙县红土田电站地质灾害防治

段家能，孙德瑜

（云南省有色地质三一〇队，大理 671005）

摘 要：通过项目区环境地质条件及地质灾害特征发析，地质灾害危险性评估，结合工程技术经济条件和山区地质灾害发育特点，提出地质灾害防治方案，供工程设计和施工参考。

关键词：地质环境条件；地质灾害；灾害防治；红土田电站；云龙 云南

中图分类号：P694.42 **文献标识码**：A **文章编号**：1004-1885(2007)02--

红土田电站工程拟建于云龙县西北部怒江左岸支流孙足河中游，属引水式无调节径流电站，装机容量18 000kw，总投资8 281万元。采用低坝无压取水，坝顶高程1 082m；引水渠道全长3 474m，渠道底坡为1/1 000，设计引用流量16m^3/s；前池高程1 071.5m，通过管径2m，长255.666m压力钢管引水至厂房发电。厂房地面高程918m。电站建设对改变山区居民贫困面貌可发挥重要作用。

1 地质环境条件

（1）项目区位于岗底斯－念青唐古拉褶皱系碧江－怒江断褶带（图1），属地壳次稳定区。地处中山深切割侵蚀－溶蚀峡谷地带，大陆性暖温带高原季风气候。

（2）项目区出露中侏罗统勐嘎组（J_2m）内陆河湖相砂泥岩，中三叠统河湾街组（T_2h）滨海至浅海相碳酸盐岩，上石炭统卧牛寺组（C_3w）杏仁状、致密状火山喷出玄武岩，上石炭统丁家寨组（C_3d）河湖相至浅海相砂岩夹生物灰岩，陡坡、陡崖山麓地带分布有第四系坡积崩积层（Q_4^{al+pl}），河谷分布有冲洪积层（Q_4^{dl+col}）。

（3）地层褶皱破碎明显，岩土层强度及稳定性受风化剥蚀作用及断层构造破坏程度控制。第四系堆积层边坡稳定性差，易产生崩塌、滑坡，其中红粘土具有遇水力学强度急剧降低，失水则力学强度变高的特征。

（4）地下水以碳酸盐岩岩溶水、碎屑岩裂隙水和松散堆积层孔隙水为主，为低矿化度淡水；地下水补给及排泄条件好；环境水对砼具溶出型腐蚀。水文地质条件复杂程度中等。

（5）项目位于云贵高原山区，地质环境脆弱，崩滑流地质灾害发育。居民垦荒种地、采伐、放牧及宅基建房等活动日益加剧，电站、“金六”二级公路及乡村便道建设，使森林覆盖率减少，地质环境进一步脆弱，向地质灾害易发区转变。地质灾害分布有泥石流（D）沟4条，塌岸（B）1段，小滑坡（L）1个，不稳定斜坡（H）2个，小崩塌（R）2个，

收稿日期：2006-07-02

作者简介：段家能（1973～），男，云南文山人，从事水工环地质及矿产勘查工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

幼年期冲沟（G）2条。地质灾害具继发性，对电站工程有不同程度的危害。

综评地质环境条件复杂程度为复杂。

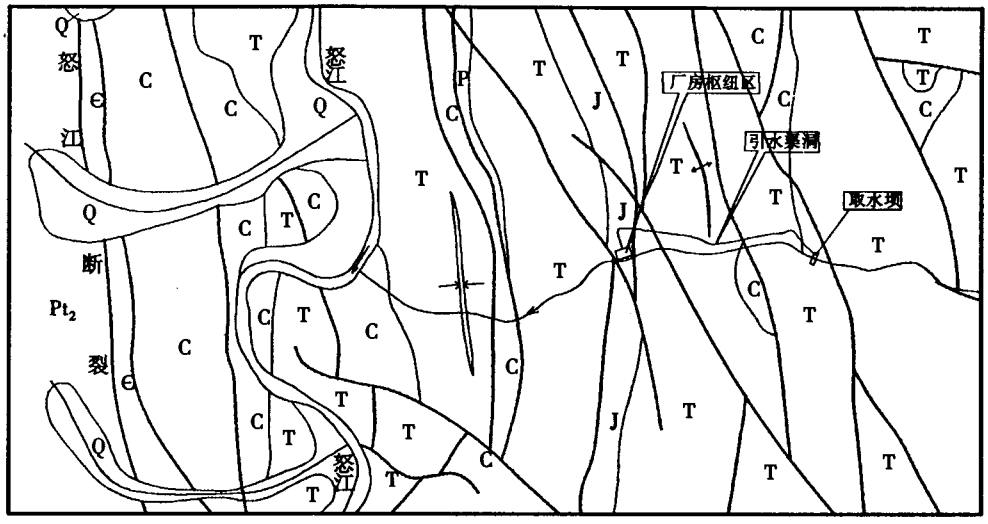


图1 电站区构造纲要图

Fig.1 Strucure Outline Map

图例：Q 第四系；J 侏罗系；T 三叠系；P 二叠系；C 石炭系；∈ 寒武系；Pt_2 中元古界；断层；地质界线；背斜；向斜；0 1km

2 地质灾害发育特征

项目区地质灾害中等至强烈发育，主要有泥石流、滑坡（包括不稳定斜坡和塌岸）、崩塌三类，具有山区地灾发育特点。坝址区白华林箐为老泥石流沟（D_1），约100年前突发；河床东段有500米的塌岸（B_1），该段发育有滑坡1个（L_1）、崩塌1个（R_1）；右岸山坡发育冲沟1条（G_1）、小型岩石崩塌1个（R_2）；河床西段左岸有老泥石流沟2条（D_2、D_4）；隧洞出口阿拉山箐泥石流沟（D_3）。发生周期约30年，2005年雨季突发，沟下游右岸分布有不稳定斜坡1个（H_1）；压力管道中下段发育1个不稳定土质斜坡（H_2）；厂区上游左岸发育1条冲沟（G_2）。泥石流、滑坡及崩塌灾害特征列于表1、表2及表3，冲沟特征列于表4。

3 地质灾害危险性评估

项目区崩滑流灾害发育，危害程度小至中等，继发对工程建设造成一定程度危险。

3.1 泥石流

（1）白华林箐泥石流（D_1）。约在100年前发生，冲毁民房一间，冲走耕牛两头，至今沟口尚堆积有大小不一的块石，最大块径达1.5m左右。地质灾害危害程度中等，拟建取水坝、沉砂池、明渠及沟口一带田地和河道受到泥石流威胁，危险性中等至大。

（2）阿拉山箐泥石流（D_3）发生周期约30年，2005年雨季突发，沟谷内有多处小规模残坡积土崩塌及滑坡，下游近沟口左岸发育不稳定斜坡（H_1），造成较严重水土流失。目前对两岸耕地造成轻微危害，危害程度小，对流域内地质环境、土地及河道潜在危害，对隧

维普资讯 http://www.cqvip.com

洞出口至前池明渠工程形成威胁，危险性中等。

表1　泥石流灾害特征

Tab. 1　Characteristics of Mud-Rock Flow Disaster

编号	沟名	位置	流域特征	物源补给类型	主要诱发因素	发育情况
D_1	白华林箐	取水坝下游25m右岸	沟长5km，流域面积3.5 km^2，V型切割，沟床坡降500‰	崩坡积补给	暴雨	衰退
D_2	下白岩箐	取水坝下游1km左岸	沟长9km，流域面积20 km^2，V型切割，沟床坡降200‰	崩坡积补给	暴雨	衰退
D_3	阿拉山箐	厂房上游400m右岸	沟长4km，流域面积3 km^2，V型切割，沟床坡降400‰	崩滑补给	暴雨	发育
D_4	公明山箐	厂房下游225m左岸	沟长8km，流域面积12 km^2，V型切割，沟床坡降200‰	崩滑补给	暴雨	衰退

表2　滑坡灾害特征

Tab. 2　Characteristics of Slide Disaster

编号	类型	位置	特征	主要诱发因素	稳定性
L_1	滑坡	取水坝下游800m右岸	B1陡壁土质滑坡，发育于Q_4^{al+pl}地层。轴向165°，高30m，宽6m，厚约1.5m，体积约250m^3，规模小型	卸荷应力河流冲刷降水	不稳定
H_1	不稳定斜坡	厂房上游400m右岸	发育于D_1下游近沟口右岸山坡残坡积土层，下伏J_2m砂岩、泥岩。轴向74°，高50m，宽80m，厚约2m，体积约8 000m^3，规模小型。后缘发育横向卸荷张裂隙，对山坡及耕地潜在危害	卸荷应力降水	不稳定
H_2	不稳定斜坡	压力管道中下部山坡	发育于残坡积土层，斜坡上部处于蠕动变形阶段，见地表塌滑。轴向192°，高120m，宽25m，厚约2.5m，体积约7 500m^3，规模小型	卸荷应力降水	不稳定
B_1	塌岸	取水坝下游350~850m河岸	发育于T_2h^1灰岩岸坡，长500m，河流下切深度10~50m，岸坡陡壁坡度60°~90°，前缘发育拉长裂隙，形成R_1、L_1等多处小规模塌滑，边岸再造	卸荷应力河流冲刷降水	不稳定

维普资讯 http://www.cqvip.com

表3 崩塌灾害特征

Tab. 3 Characteristics of Collapse Disaster

编号	位置	规模				特 征
		宽度（m）	高度（m）	厚度（m）	体积（m^3）	
R_1	取水坝下游 400m B_1 左岸	10	20	1	200	河岸陡壁倾倒式岩石崩塌，小型。岩性为（T_2h^1）灰岩，裂隙发育，在重力、地表水浸润等综合作用下发生崩塌。
R_2	取水坝下游 1000m 右岸	5	3	3	45	陡崖倾倒式岩石崩塌，小型。岩性为（T_2h^1）灰岩，裂隙发育，在重力卸荷崩塌，崩落高差达30m左右，碎石滚落于长约90m山坡上。

表4 冲沟特征

Tab. 4 Characteristics of Gulch

编号	位置	地层	轴向	长度（m）	切口宽（m）	切深（m）	沟底坡度	发展阶段	对工程影响
G_1	取水坝下游 600m 右岸山坡	T_2h^1	165°	350	2～3	1	35°	幼年期	对工程无直接影响，对下游2户居民潜在危害
G_2	厂区上游 100m 左岸山坡	J_2m	354°	80	1～2	0.5～1	35°	幼年期	对工程无直接影响，对下游潜在危害

（3）下白岩箐泥石流（D_2）及公明山箐泥石流（D_4）。为老泥石流沟，沟口堆积大小块石。地质灾害中等发育，危害程度小。两条泥石流沟均位于河流左岸，对右岸电站工程无直接威胁，对流域内地质环境及房屋、田地及河道潜在危害，危险性小。

3.2 滑 坡

（1）滑坡 L_1. 导致河岸再造及河床淤积，对后缘山坡稳定性存在不利影响，具继发性，现状危害程度小，对拟建电站工程无直接影响，危险性小。

（2）塌岸 B_1. 使该河段河岸再造并产生一定程度河床淤积抬升，对耕地造成局部破坏，对两岸上方山坡稳定性潜在危害，具进一步发展趋势，目前危害程度小，对拟建电站工程无直接危害，危险性小。

（3）不稳定 H_1 斜坡. 对耕地造成轻微危害，发展趋势不稳定。灾害中等发育，危害程度小，对后缘山坡稳定性及拟建引水渠、溢流冲砂道及前池潜在危害，松散物汇集于沟谷成为泥石流的固体物质来源，危险性中等。

维普资讯 http://www.cqvip.com

（4）不稳定 H_2. 斜坡，目前处于蠕动变形阶段，后缘土体塌滑，出现拉长裂缝，前缘抵于地形平缓的河流一级阶地上，在不遭受剧烈扰动条件下变形缓慢，发展趋势不稳定，危害程度小，对压力管道及厂区潜在危害，危险性中等至大。

3.3 崩 塌

R_1、R_2 崩塌及其它地段零星小塌滑体目前危害程度小，对河床、山坡稳定性潜在危害，对拟建电站工程无直接影响，危险性小。

3.4 环境地质问题

（1）项目区“非”字形水系发育，沟谷处于壮年期，切割强烈，地形陡峻，土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主，水土流失严重。

（2）电站建设过程中，扰动地面将新增水土流失，特点有三：一是对地面扰动类型多；二是弃土石数量大；三是水土流失区点多面散。初步测算红土田电站建设过程中可能造成水土流失面积共约 11.49 公顷。

4 地质灾害危险性预测

4.1 工程建设引发或加剧危险性预测

工程建设将在一定程度及范围内对岩土体造成扰动，产生较大数量的弃土石，加剧水土流失。同时对地质环境造成强烈破坏，使岩土体原有的力学平衡状态改变，可能引发崩塌、滑坡、河岸坍塌等地质灾害，引水工程建设可能加剧 D_1、D_3 泥石流、H_1 不稳定斜坡灾害，厂区枢纽建设可能加剧 H_1 不稳定斜坡灾害，建筑材料场不合理开采可能引发崩塌、危岩坠落、滑坡灾害，工程弃土不合理堆放可能引发滑坡、泥石流灾害。地质灾害对工程及周围地区造成危害，危险性中等至大。

4.2 工程建设遭受危险性预测

（1）取水坝、沉砂池及引水工程东端可能遭受白华林箐泥石流（D_1）冲击和淤埋危害；引水工程西端明渠可能遭受阿拉山箐泥石流（D_3）冲击及淤埋危害，危险性中等至大。

（2）压力管道及厂区可能遭受 H_2 不稳定斜坡危害；溢流冲砂道可能遭受阿拉山箐泥石流（D_1）及不稳定斜坡（H_1）危害，危险性大。

（3）取水坝及厂区工程可能遭受孙足河洪水、泥石流冲击及淤埋危害，危险性大。

5 地质灾害危险性综合分区

根据地质灾害危险性评估，项目区可划分出重点防治区 A，次重点防治区 B 及一般防治区 C 三区（图 2）。

厂区枢纽至引水隧洞出口、取水枢纽至引水隧洞进口建设场地为地质灾害危险性大区，区段地质环境条件复杂，灾害强烈发育，分布有泥石流沟 2 条、不稳定斜坡 2 个，灾点危害程度小，危险性小至中等，预测地质灾害危险性中等至大，建设用地适宜性差，为地质灾害重点防治区（A）。

引水渠道东段、石料厂及便道等工程建设用地及其主要影响地段为地质灾害危险性中等区，区段地质环境条件复杂，灾害中等发育，分布有老泥石流沟 2 条，滑坡 1 个，崩塌 2 个，河流塌岸 1 段，幼年期冲沟 2 条，灾点危害程度小，危险性小至中等，预测地质灾害危

维普资讯 http://www.cqvip.com

险性中等，建设用地适宜性基本适宜，为地质灾害次重点防治区（B）。

建设用地外围部分为地质灾害危险性小区，区段地质环境条件复杂，，地质灾害弱发育，与工程建设无直接联系，危害程度小，危险性小，预测地质灾害危险性小，建设用地适宜性适宜，为地质灾害一般防治区（C）。

6 地质灾害防治措施

地质灾害的防治，应贯彻“以防为主，防治结合”的原则，以达到保护地质环境，避免和减少灾害损失的目的。对于危害程度大，难以治理或治理措施不经济的灾害，工程布置应采取绕避原则；受经济、人为、地形要素控制，工程建筑必须通过地质灾害区，则应采取避重择轻，尽量减少其影响和根据不同灾种选择有利的通过位置和合理的通过方式，并应在采取必要的防护治理措施后进行建设的原则。

A区内，对H_2、H_1不稳定斜坡及D_3、D_1泥石流沟建议工程避让；若在现址建设，必须采取工程措施重点治理，保证工程建设的稳定和安全。B区内，L_1滑坡、B_1河流塌岸及D_2、D_4泥石流沟对工程无直接威胁，采取适当工程措施结合生物措施进行防治，恢复地质环境。C区地质灾害弱发育，对工程建设无直接影响，采取生物措施保护地质环境。

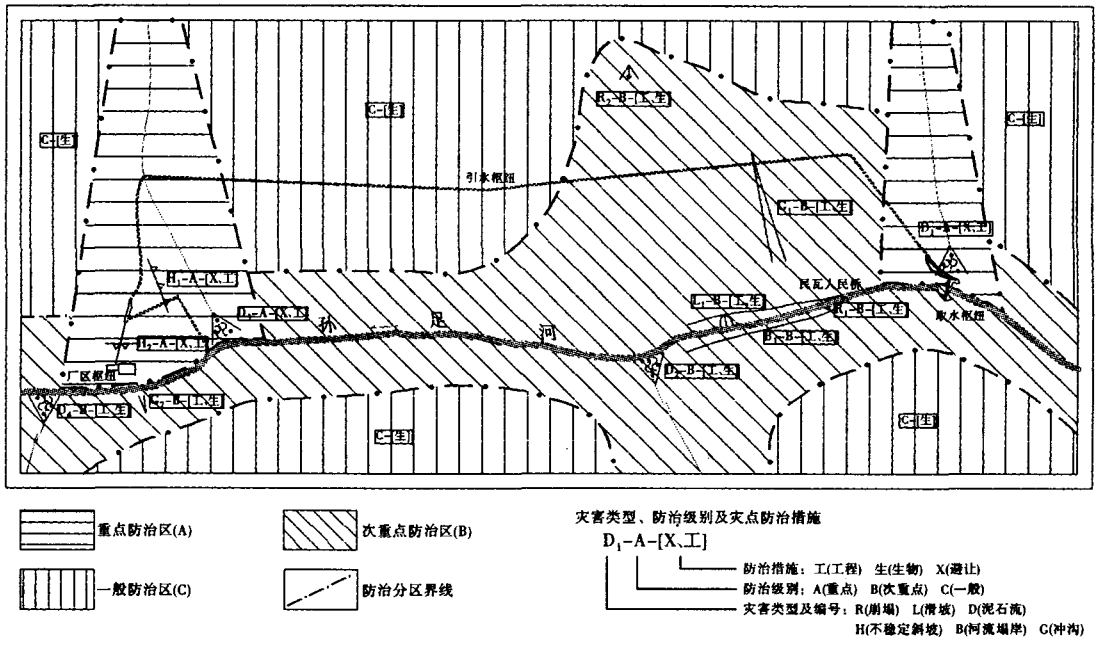


图2 红土田电站建设场地地质灾害防治分区

Fig. 2 Distribution Map of Karst Areas in Yunnan

根据项目区内不同灾种和危险性提出相应的防治措施。

（1）泥石流防治

在D_1、D_3泥石流专项勘察基础上，结合高原山区特点，设计施工稳拦排导、护沟、护坡及支挡等工程措施，积极采取监测及生物措施，采用封山、育林与合理耕收相结合的方

维普资讯 http://www.cqvip.com

法，通过控制地表径流，防止坡面侵蚀，达到根除泥石流灾害的目的。同时，建议对通过泥石流沟的沉砂池、引水工程及溢流冲砂道，夯实地基，采取暗埋或设桥涵处理，避免泥石流危害。禁止随意乱堆乱弃，特别是严禁在主沟槽内堆弃土石，以防止工程弃碴增大泥石流量。尽量少占压河床，并加强导流工程；水上建筑物要加强防护。对 D_2、D_4 两条老泥石流沟，以生物措施为主，辅以必要工程措施和防范预警措施，以达到避免其复发的目的。

（2）滑坡（含不稳定斜坡）防治

① 对 H_2、H_1 不稳定斜坡治理，建议在进行专项勘察基础上，设计防治工程，按设计施工防治工程，在确保滑坡防治工程达到预期治理效果的基础上，才能开展工程建设。应避免在施工中扰动坡体，采取必要的防范预警措施和工程措施，积极采取生物措施进行防治。

② 溢流冲砂道陡槽下段通过 H_1 不稳定斜坡，因此应对斜坡采取必要的支挡稳固措施，进行坡面防护，下设挡墙、脚墙工程，辅以生物措施，维护坡体稳定。同时，保证地基基础稳固，防止渗漏对坡体稳定造成不利影响，采用箱涵结构设计，保证工程安全。

③ 施工斜坡挖方地段，由于构造节理及岩层倾向等不利因素，施工中或工程建成后仍可能产生边坡失稳，引发滑坡与崩塌等地质灾害，其规模和危害程度与切坡高度有关。

④ 在高、中危险度的工程高边坡段，应采用设台阶及适当放缓边坡坡度、全断面边坡防护，或采用下挡上护措施，必要和有条件时可采用预应力锚索加固手段；在低危险度的低边坡段，可采用坡面防护，下设挡墙、脚墙的防护措施；同时上述地段尚应做好防、排水工程，避免地表水渗入岩土体内。斜坡地带，在坡积层上填方加载时，可能会导致坡积层沿下伏基岩面滑动，可采取路堤挡土墙、路肩墙进行防治，挡墙基础宜置于基岩中一定深度。对边坡有危岩、危石分布的隧道进、出口地段，应视情况采取预先清除、支护、加固、锚固、网固和拦、挡等措施。

⑤ 对于路线通过的滑坡地段，首先应消除和减轻水对滑坡的危害，即采取拦截或引排措施将影响斜坡稳定性的地表水、地下水引、排出滑坡体外，必要时采取支撑渗沟和排水隧洞引排埋藏较深的地下水。其次是在必要时采取支与挡、减载与反压等措施改善滑坡体力学平衡条件，减小下滑力，增大抗滑力，确保滑坡稳定而不危害工程。在施工过程中，严格按照施工程序施工。

⑥ 对现状稳定性一般或较差的边坡及开挖边坡必须设置必要的变形监测点，以便对边坡的变化趋势做出准确判断。

（3）崩塌、危岩、落石等灾害防治

① R_1、R_2 崩塌对工程建设无直接威胁和危害，宜采取适当的支护措施和生物措施进行防治，恢复地质环境。

② 对工程建设活动中，应积极采取刷坡清除、镶补勾缝、加固支档、修筑拦石墙和排水等措施，严格控制爆破用药量，分级开挖及时支护，发现危石及时清除或支撑加固，对影响斜坡稳定性的岩体空洞、裂隙及时进行镶补勾缝、拦截疏导斜坡地表水和地下水。

（4）塌岸及洪水等灾害的防治措施

① 对 B_1 塌岸段采取适当的支挡工程，防止发生大规模塌岸而阻塞河道造成危害。

② 厂区工程及取水坝工程，应在目前防洪设计的基础上，沿河岸砌筑坚实河堤，修筑重力式防洪墙，做好防范上游突发洪水及泥石流危害的工作；取水坝水库随运营时间的推

维普资讯 http://www.cqvip.com

移，会形成淤积，应做好清淤工作。

③ 在边坡防护设计中，应采用干砌片石护坡、挡墙、抛石或干砌片石与挡墙相结合的库岸防护或路基防护措施。对有农田分布的地段，采取防护堤等工程措施和生物措施，同时禁止一切破坏岸坡的人类工程活动。

（5）地质环境保护建议

① 在冲沟发育地段，以生物措施为主，根据实际需要修筑支挡工程护坡固土，防止松散物进入河床，分段抬高侵蚀基准，削弱地表水流侧蚀、底蚀能力，使冲沟趋于稳定，逐步恢复地质环境。

② 避免大面积的土石方开挖，引发边坡失稳。固定施工便道，尽量减少对边坡及植被的破坏，严禁乱砍乱伐、乱烧地表植被。

③ 按设计弃土场堆放土石，堆放形式上应做到堆放一层压实一层，并留有适当的安全坡度或砌有挡土墙和拦石埂，堆场四周要修建截洪沟及排水沟，防止地质灾害。箐沟内弃渣场必须筑坝堆放，并结合泥石流防治工程同时建设。

④ 在工程建设及其影响范围内，积极采取生物措施，实施工程措施及监测预警措施，防治地质灾害。

⑤ 按水土保持方案及环境评价报告结论，做好水土保持及环境保护工作。

7 结 语

（1）红土田电站建设场地地质环境条件复杂，崩滑流地质灾害中等至强烈发育，灾害危险性小至中等，地质灾害危险性预测中等至大。厂房、取水坝二区危险性大，建设场地适宜性差，建议避让地质灾害，在现址建设必须对地质灾害实施治理工程；引水渠道沿线地质灾害危险性小至中等，建设场地适宜性为基本适宜，可以采取工程及生物措施防治灾害。

（2）红土田电站是云南省小水电工程建设中崩滑流山区地质灾害典型发育的项目之一，地质环境脆弱，灾害易突发和群发，在适宜条件下甚至能构成灾害链，对工程建设及人民生命财产造成重大损失，因此，贯彻落实科学发展观，实施经济效益与环境效益并重的可持续发展战略，建设环境友好型社会，是摆在我们面前的必然选择。

参 考 文 献

[1] 云南省地矿局区域地质调查队三分队［R］. 1:20万碧江幅、泸水幅地质及矿产区调报告. 北京：地质出版社，1985.

[2] 云南省地质灾害研究会. 地质灾害防治管理法规文件汇编［C］. 2005.

[3] 孙家齐. 工程地质（第二版）［M］. 武汉理工大学出版社. 2003

维普资讯 http://www.cqvip.com

THE PREVENTION AND TREATMENT OF GEOLOGICAL DISASTER OF HONGTUTIAN POWER STATION OF YUNLONG

DUAN Jia-neng SUN De-yu

(*Yunnan Nonferrous Geological Team* 310, *Dali* 671005)

Abstract: According to the analysis of environment geological conditions and geological disaster characteristics of this area, the risk evaluation of geological disaster and in combination with the engineering technological economic conditions and development characteristics of geological disaster in mountainous area, we put forward the prevention and treatment plan of geological disaster for the reference in engineering design and construction.

Key Words: Geological Environment Condition; Geological Disaster; Disaster Prevention and Treatment; Hongtutian Power Station