维普资讯 http://www.cqvip.com

广西蒙山县独峰水电站

地质灾害分析及防治对策研究

冯亮[1] 冯佐海[1] 郭俊刚[1] 鹿坤[2] 孟文文[1] 鲁学悟[1]
1. 广西桂林工学院资源与环境工程系 541004
2. 中国地质大学（北京）能源学院 100083

摘 要

本文进行了独峰水电站地质灾害分布情况的论述和未来发展趋势的预测探讨，并在此基础上提出了针对性防治对策，对今后独峰水电站的地质灾害防治工作具有一定的参考价值。

关键词

地质灾害；分布特征；发展趋势；防治对策

独峰水电站位于广西梧州市蒙山县陈塘镇。该电站装机容量3780kW，正常蓄水位71.6m时相应库容230万m³[1]。本文针对该区地质灾害的发育和分布特征，及对未来发展趋势的预测，提出了地质灾害的具体防治对策，对今后独峰水电站的地质灾害防治工作具有指导意义。

1 自然环境及地质概况

1.1 气象水文概况

本区属华南亚热带季风气候区，年平均降水量为1738mm，年平均温度为19.7℃。多年平均相对湿度80 %，多年平均最大风速10.8m/s。区内多年平均蒸发量为1361.7 m 。

独峰电站控制集雨面积 1455.25km²，所引用的湄江河水发源于广西来宾市金秀县的大瑶山脉，河流自北向南流，由蒙山县流经藤县，水力资源比较丰富。

1.2 地形地貌概况

独峰电站地处低山丘陵地貌区，河谷呈“U”形，河床宽约70.0～200.0m，两岸间有一级阶地断续分布。库区内岸坡总长约26km，其中土质岸坡长约22.5km，占岸坡总长的86%；岩土质岸坡长约3.1km，约占岸坡总长的12 %；岩质岸坡长约300～400m，占岸坡总长的2%。

1.3 地质背景概况

1.3.1 出露地层

本区出露的地层主要有寒武系水口群中亚群，第四系残坡积含砾粉质黏土、第四系冲洪积粉质黏土、卵石、腐殖土等。

1.3.2 地质构造

本区位于南华准地台桂中—桂东台陷中的大瑶山凸起区，高山顶—大水岭倒转复式背斜的北东翼，该背斜核部地层为水口群下亚群，翼部为中、上亚群。区域内断层主要有两组，第一组近EW向，第二组呈SN向。前者为三江—大黎断层，该断层错断泥盆系及寒武系，断层面倾向北；后者为陈塘—和平圩逆断层，断层错断寒武系至白垩系，断层面倾向东[2]。

1.3.3 地下水类型

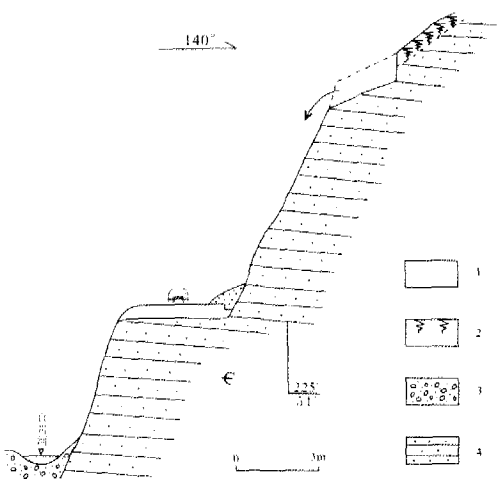
本区地下水类型主要为孔隙水和裂隙水。孔隙水主要赋存于第四系松散土层中，以山坡残坡积层和河流阶地、漫滩冲积层为主；裂隙水主要赋存于寒武系砂岩、泥页岩裂隙中。本区地下水富水性属中等，水位年变化幅度约为3.0～5.0m。

2 本区现有地质灾害主要类型及其特征

根据实地调查和资料收集结果，本区主要发生的地质灾害为崩塌、滑坡和河岸坍塌，共计40处，其中崩塌5处，滑坡22处，河岸坍塌13处。

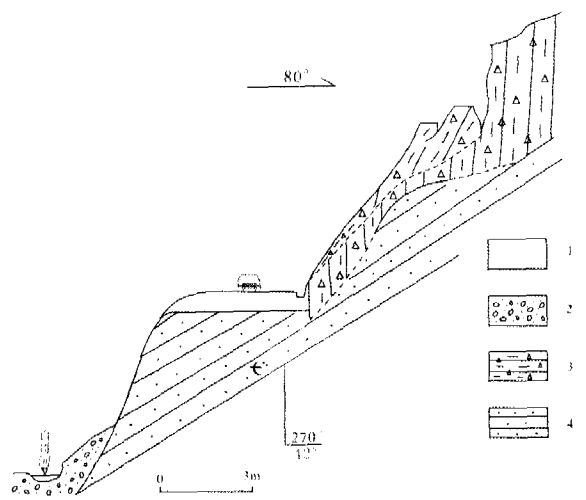
2.1 崩塌发育特征

崩塌主要分布于沿山脚修建、边坡开挖强烈的321国道公路沿线及库岸沿线的山间小路地段。崩塌体规模从1.0～370.0m³不等。其中较典型的为B3崩塌，该崩塌位于长滩村北约250.0m的321国道路边，崩塌体长1.8m，宽4.0m，厚0.4m，体积约2.9m³，主崩塌方向320°，崩塌体主要由强风化砂岩构成（图1）。



1－沥青路面；2－植被；3－卵石；4－寒武系砂岩

图1 B3崩塌剖面图



1－沥青路面；2－卵石；3－含碎石粉质粘土；4－寒武系砂岩

图2 H20滑坡剖面图

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.2 滑坡发育特征

滑坡分布地段与崩塌大体相同。其规模从4.9～3198.7m³不等。以H20滑坡最为典型。该滑坡位于把伞村南约200m公路边，滑坡平面上呈矩形，剖面呈上凹下凸状，滑坡长18.5m，宽49.4m，厚3.5m，体积约3200m³，滑动方向为260°，滑体主要由含碎石粉质黏土组成（图2）。

2.3河岸坍塌发育特征

河岸坍塌主要分布于湄江和百哥河凹岸遭受河水冲刷的地段。其规模从15.5～868.0m³不等。较典型的河岸坍塌为Ht10。该河岸坍塌位于南蛇村东约375m的湄江左岸，坍塌体长9.3m，宽5.3m，厚约2.6m，体积约128.2m³，主要由松散、干燥的含碎石粉质黏土组成，坍塌方向为210°（图3）。

3 现有地质灾害的成因条件分析

3.1崩塌滑坡的成因条件分析

3.1.1 地形地貌条件

本区由强风化砂岩、泥页岩组成的山体，经历多次构造运动的影响，裂隙、节理发育，在自然因素与人为因素的共同作用下，易产生崩塌、滑坡。

3.1.2 地层岩性条件

本区出露的地层主要为寒武系砂岩、泥质细砂岩，部分夹有泥页岩，岩石风化强烈，结构松散，特别是在砂岩夹页岩的地段，差异风化形成软硬相间地层，在一定的外界因素的影响下，也易于产生崩塌、滑坡。

3.1.3 地质构造条件

区内基岩节理裂隙面将岩体切割成大小不同的结构体，为地表水入渗和地下水径流提供了良好的条件，由于降水沿节理裂隙面或岩层层面入渗降低了岩土体抗剪强度，而导致崩塌、滑坡等灾害的发生。

3.1.4 降雨条件

降雨的发生，不但形成暂时性水流冲刷坡面，加速坡面风化岩石的剥蚀，而且由于雨水下渗降低了岩土体的抗剪强度，增加了斜坡岩土体的重量和下滑力，导致斜坡失稳发生崩塌、滑坡。

3.1.5 人为活动条件

人类活动中不适当的边坡开挖也是引发崩塌、滑坡的主要因素，削坡增大了坡角和坡高，在坡脚形成临空面，造成边坡上部岩体失去下部支撑，从而产生变形破坏，形成崩塌、滑坡。

3.2河岸坍塌的成因条件分析

流水不断对凹岸岸壁的掏蚀，使岸坡形成蚀槽，蚀槽逐渐扩大加深，破坏土体结构，最后也可导致河岸坍塌。另外，地表水的径流及沿岸公路上过往行人、车辆的碾压、振动，也可使岸坡体失去支撑而坍塌。

4 本区地质灾害发展趋势预测研究

4.1可能引发的地质灾害预测研究

4.1.1 崩塌、滑坡

区内321国道及岸坡公路沿线等处危岩较发育，电站大坝和厂房工程建设中的基坑开挖、施工爆破等活动会破坏场地自然坡体的稳定平衡条件及岩土体的结构强度，下游冲刷区由于泄水时对前部河流左岸造成直接冲刷、掏蚀，使岸坡底部的坍塌、掏空，上述因素都易引发崩塌、滑坡。

4.1.2 河岸坍塌

在水库蓄水后，库水波浪冲击、掏刷作用将改变岩土体的稳定状态，进而引发河岸坍塌。下泄主流对两岸冲刷严重，泄水将对冲刷区前部河流左岸造成直接冲刷、掏蚀，进而导致该岸底部产生河岸坍塌。

4.1.3 浸没

电站建成蓄水后，将形成6.5 km的回水线。库水以潜水的形式通过砂砾石孔隙使地下水壅高。本次浸没研究采用《水电工程地质勘察手册》推算的松散层库岸地下水壅高的水文地质计算公式进行河流堆积阶地地下水壅高计算（为了便于计算，将松散层水文地质条件概化为含水层单一，隔水层水平）：

$$Z1=\sqrt{h1^2+h3^2-h2^2}-h1$$

式中：Z 1 为地下水回浸相对壅高值（m）；

h 1 为蓄水前观测井地下水水位标高（m），本次评估利用民井代替；

h 2 为蓄水前河水水位标高（m）；

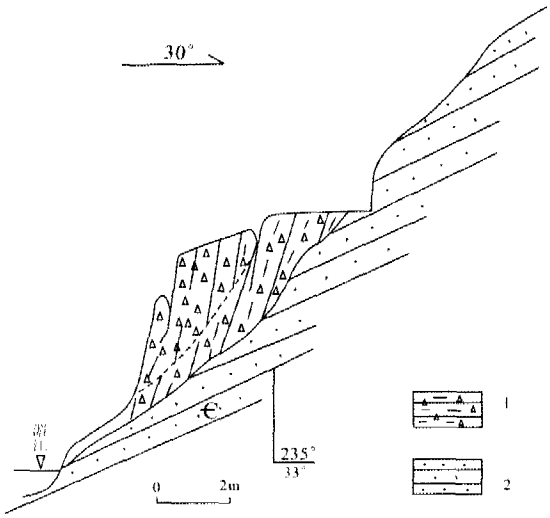
h 3 为水库正常蓄水水位标高（m）。

地下水浸没范围的确定，是取地下水回浸壅高水位埋深值为0.5m时作为浸没标准，即当地下水壅高水位埋深值为0.5m时，所处点位至库岸的距离为水库蓄水后浸没范围。

从计算结果可看出，独峰电站建成后产生的地下水浸没范围一般大于50m，其中独峰、社角、陈塘、下漂村部分地段超过当地堆积阶地的宽度，而达到砂、页岩坡脚，因此在这里以阶地宽度作为浸没范围，宽约30～400m，地下水回浸相对壅高0.54～3.73m（表1）。

4.1.4 坝基渗漏和绕坝渗漏

坝址区岩石节理裂隙较发育。坝址所在河床覆盖层厚0.8～3.2m,其下基岩上部强风化岩层厚1.2～12.2m，在电站建设过程中和建成使用后有可能产生坝基渗漏。大坝两肩均为河流一级阶地，阶地上部主要为粉质黏



1—含碎石粉质粘土；2—寒武系砂岩

图3 Ht10河岸坍塌剖面图

表1 独峰电站地下水浸没壅高值及范围计算

地段	独峰	陈村	社角	陈塘	下漂村
蓄水前民井地下水水位标高 h1（m）	65.50	68.10	68.20	68.01	72.20
蓄水前河水水位标高 h2（m）	68.00	69.65	70.02	70.03	73.38
蓄水后河水水位标高 h3（m）	71.60	71.95	72.04	72.05	73.91
观测点处壅高水位标高（m）	69.23	70.45	70.27	70.09	72.74
回浸相对壅高值 Z1(m)	3.73	2.35	2.07	2.08	0.54
观测点至库岸距离（m）	30	350	80	100	100
浸没范围宽度（m）	>100	>55	>60	>50	>40
阶地宽（m）	20~400	100~350	50~100	30~300	30~400
阶地标高（m）	64.50	73.60	76.50	72.50	80.50

维普资讯 http://www.cqvip.com

土，下部为砂砾石层，蓄水后易产生绕坝渗漏。

4.2 可能加剧的地质灾害预测研究

4.2.1 崩塌、滑坡

发生在湄江左岸的B 1崩塌及H 1 ~ H 8滑坡的前缘距河水的回水水位较近，独峰电站建成蓄水后，库水对岸坡的长期高水位浸泡、侵蚀，将加剧崩塌、滑坡的发展。

4.2.2 河岸坍塌

水库蓄水后，河流的冲刷作用变为库水波浪冲击、掏刷作用，岩土体原有的稳定状态随着自然条件的改变而丧失，已有河岸的坍塌会进一步加剧。

5 本区地质灾害防治对策

地质灾害的防治必须坚持“以防为主，防治结合”的原则，因势利导，因害设防，各种防治技术相结合，从而达到减灾的目的[3]。为此提出以下防治对策：

5.1. 边坡开挖后应及时采取工程防护措施，做好坝址施工区和坝下冲刷区的护岸护坡工程，保证电站主体建筑物的安全和岸坡的稳定。

5.2. 坝基应深挖至新鲜岩层，坝基与坝肩必须采用帷幕灌浆的防渗措施，防止产生坝基渗漏和绕坝渗漏。

5.3. 本区已发生的地质灾害应进行专项的勘查与治理工作，对于可能发生崩塌、滑坡及河岸坍塌的地段，应酌情采取必要的工程措施和生物措施。

6 结束语

本文基本查明了该区地质灾害的类型、发育特征及其成因条件，并进行了未来发展趋势的预测探讨。对各灾种提出了针对性的防治对策。对今后独峰水电站的地质灾害防治工作具有一定的参考价值。

[1]冯世金，江红等.广西蒙山县独峰水电站初步设计书[R]. 广西梧州水利水电设计院. 2005.10. 46~52.

[2] 1：20万桂平幅区域地质测量报告书[R]. 地质部广西壮族自治区地质局.1969.

[3] 周兆东. 广西地质灾害防治工作现状及对策[J]. 南方国土资源.2003，(2)：22~23

上接第16页

化是独立的，将系统状态变量视为各独立诸如功率变量的线性和，权重系数为灵敏度系数；并采用卷积运算和级数展开等方法获得状态变量的分布。

文献[10]鉴于传统直接法不能处理PV节点的缺陷，结合DG的特点，在直接法的基础上提出了一种基于灵敏度矩阵的补偿算法，在每一迭代过程中，根据灵敏度矩阵和PV节点电压幅值不匹配量对PV节点无功进行修正。其中灵敏度矩阵中由系统节点阻抗矩阵中的元素组成，故求取过程是十分方便的。

文献[12]为DG的不平衡潮流计算提出了一种基于网络结构的分布式平衡母线模型，在潮流计算中，反映网络结构参数、负荷位置以及发电容量的数量参与因数被用于分配不确定系统的有功功率损失。参与因数可以简单地加入三相潮流计算方程中去。文中将视为电压源转换器连接的DG作为PV节点建模并用牛顿拉夫逊法对其求取有功功率参与因数。同作者的另一文献[13]中使用上文中提出的计算方法对含有不同数量DG的配电系统潮流进行了计算比较。

2. 计及DG的配网潮流算法的研究方向

分布式发电作为国际上电力系统的一个前沿研究方向，对其研究的重点集中在对电力系统的影响上。计及分布式发电的配网潮流计算方法的研究主要集中在对不同种类不同形式的DG进行建模，使之能够统一到已有的计算方法体系中去。它未来的研究方向基本不会偏离配网潮流算法的主流方向：使算法对系统不同运行状态的处理能力更强、对含有不同组件特别是不同性能分布式电源系统的通用性更好、计算过程更高效。

3. 结论

本文介绍了计及分布式发电的配电网潮流计算技术研究的新进展。总的来看，随着电力系统规模的日益扩大、用户对电能需求的日益增大，分布式发电作为一种具有竞争力的发电方式必将在现代电力系统中占有越来越重要的地位。相应地，含分布式电源的配网潮流计算的广泛应用也是必然的。随着我国分布式发电技术应用的逐渐普及，含DG的配网潮流算法的研究的实用性也有望提高。

[1] 梁才浩，段献忠.分布式发电及其对电力系统的影响.电力系统自动化，2001，25 (12)：53~56.

[2] Puttgen H B,Macgregor P R,Lambert F C. Distributed Generation:Semantic Hype or the Dawn of a New Era, IEEE Power and Energy Magazine, 2003.1(1):22~29.

[3] Wang Cai-sheng,Nehrir M H.Analytical Approaches for Optimal Placement of Distribution Generation Sources in Power Systems,IEEE Trans on Power Systems,2004,19(4):2068~2076.

[4] 王志群，朱守真，周双喜.分布式发电对配电网电压分布的影响.电力系统自动化，2004，28 (16)：56~60.

[5] 王守相，王成山，刘若沁.基于模糊区间算法的配电网潮流计算.电力系统自动化，2000，24 (20)：19~22，40.

[6] 梁有伟，胡志坚，陈允平.分布式发电及其在电力系统中的应用研究综述，电网技术，2003，Vol. 27 No. 12：72~75

[7] FEIJOO A E,CIDRAS J.Modeling of Wind Farms in the Load Flow Analysis, IEEE Trans on Power Systems,2000,15(1):110~115

[8] Y.Zhu and K. Tomsovic,Adaptive Power Flow Method for Distribution Systems With Dispersed Generation,IEEE Transactions On Power Delivery,Vol. 17,No.13,July 2002:322~327.

[9] 王成山，郑海峰，谢莹华，陈恺.计及分布式发电的配电系统随机潮流计算.电力系统自动化,Vol.29,No.24,Dec 2005.

[10] 陈海焱，陈金富，段献忠.含分布式电源的配电网潮流计算.电力系统自动化.Vol.30,No.1,Jan 2006.

[11] Carol S.Cheng and Dariush Shirmohammadi,A Three-Phase Power Flow Method For Real-Time Distribution System Analysis,IEEE Transactions On Power Delivery,Vol.10,No.2,May 1995.

[12] Shiqiong Tong and Karen Miu,A Participation Factor Model for Slack Buses in Distribution Systems with DGs.IEEE2003

[13] Shiqiong Tong and Karen Miu,A Network-Based Distributed Slack Bus Model For DGs in Unbalanced Power Flow Studies, IEEE Transaction On Power Delivery,Vol.20,No. 2,July 2005.

[14] M.I. Marei, E.F. El-Saadany and M.M.A. Salama, An Intelligent Control for the DG Interface to Mitigate Voltage Flicker.IEEE2003, 180~183.

[15] Enrico Carpaneto,Gianfranco Chicco and Jean Sumaili Akilimali.Branch Current Decomposition Method for Loss Allocation in Radial Distribution Systems With Distributed Generation.IEEE Transactions On Power Systems.IEEE,2006.