

重庆市某危岩治理研究浅析

史文兵^{1,2}, 张志斌², 覃菊清²

(1. 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003;

2. 重庆地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队, 重庆 401147)

摘要: 危岩治理应在充分调查分析其发育的地质环境条件基础上, 有针对性地采取各种治理措施, 确保危岩的稳定性, 同时要加强排水和监测工作。根据对重庆市某危岩特定地质环境条件的分析, 采取了清除、支撑、排水、充填、灌浆等措施成功地进行了危岩治理。

关键词: 危岩; 治理措施

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)02-0104-03

中图分类号: P642.2

A Brief Analysis of Unstable Rock Treatment in Chongqing City

SHI Wen-bing^{1,2}, ZHANG Zhi-bin², QIN Ju-qing²

(1. College of Resource and Environmental Engineering, Guizhou University,

Guiyang, Guizhou 550003, China; 2. Nanjiang Hydrological & Engineering Geology Company,

Chongqing Bureau of Exploration & Development of Geology & Mineral Resources, Chongqing 401147, China)

Abstract: Treatment of unstable rock should be based on a detailed analysis and investigation of its surrounding conditions of geology. Unstable rock should be controlled with effective methods so as to ensure stability and reinforce drainage and monitoring. After the analysis for surrounding conditions of a unstable rock in Chongqing City, the measures such as cleanup, support, drainage, filling and grouting are successfully adopted in treatment of unstable rock.

Keywords: unstable rock; treatment measures; surrounding condition of geology

重庆市的很多区县都位于三峡库区中心地带, 是三峡库区移民迁建的重点地区, 除一部分人员由国家帮助迁移其它省市定居外, 其它的均需向后迁建。本文研究的危岩就处于三峡库区移民迁建的重点城市——万州区。由于特定的自然地质环境, 万州区是国内有名的受危岩威胁较为严重的城市。按照国家的统一部署, 原万州老城区的机关、住民、企业等都要向后迁建, 在本文研究的危岩区域内, 就迁有机关、企事业单位 7 家, 商住楼 18 栋, 常住人口近 2×10^4 余人。据规划, 该区域居住人口将达 4×10^4 人, 20 多户企事业单位将陆续落户该地区。危岩区域内每年均有不同规模的危岩发生崩塌, 且一次比一次严重, 直接威胁着移民的生命财产安全, 致使机关、企事业单位、党政机关无法正常工作, 学校无法上课, 两条连接新老城区移民复建公路无法通行, 迫切需要治理。

危岩 (Dangerous Rock) 是指在陡峭的岩石边坡上, 存在一些不稳定的岩块。在某些因素影响下, 危岩将会坠落下来形成崩塌。危岩的发育有其特殊的地质环境条件, 是重力、地震、水等多因素共同作用的结果^[1]。目前国内在危岩治理上没有一个好的模

式可以参考, 整治方法五花八门, 多单纯的采用加固、拦截、清除等技术措施, 其治理措施的有效性和经济合理性有待商酌。由于危岩是受多种致灾因子的共同作用, 对其有效防治上必须采取综合治理措施, 预防与整治相结合, 同时加强排水与监测, 根据具体工程地质、水文等环境条件综合整治。

1 危岩发育的地质环境条件

危岩发育有其特殊的内外部条件, 包括地形地貌、地质构造、气象水文、地震、植被、水体等, 现根据勘探成果分别加以阐述。

1.1 地形地貌

该危岩区位于长江北岸, 属红层丘陵地貌, 平面形态近直角三角形。地形条件复杂, 总体上地形呈平台—陡崖—斜坡相结合。陡崖可分为三级: 第一级陡崖位于顶部平台之下, 坡度在 $70^\circ \sim 90^\circ$, 局部为负地形; 第二级陡崖高差约 30~40 m, 坡度在 $60^\circ \sim 80^\circ$; 第三级陡崖高差 15~20 m, 坡度在 $65^\circ \sim 76^\circ$, 仅在西南侧分布。危岩区内除三级陡崖外, 地形上看均为陡坡, 总体坡度在 $25^\circ \sim 35^\circ$ 。

1.2 地质构造

危岩区在区域地质构造上位于万州向斜NW翼近向斜轴部,走向 $N20^{\circ} \sim 75^{\circ}E$ 。场区内岩层产状 $150^{\circ} \angle 6^{\circ}$ 。区内及邻近区域无断裂构造,无构造破碎带,主要发育产状 $320^{\circ} \sim 340^{\circ} \angle 70^{\circ} \sim 85^{\circ}$, $200 \sim 240^{\circ} \angle 68^{\circ} \sim 85^{\circ}$, $150^{\circ} \angle 6^{\circ}$ 组裂隙,危岩主要受控于这3组裂隙。由于3组裂隙切割作用及砂、泥岩差异风化形成的岩腔的影响,局部岩体在卸荷裂隙切割下形成危岩。

1.3 地层岩性

该区危岩地层简单,主要由第四系及侏罗系上沙溪庙组地层组成。由浅灰、灰白色中粒巨厚层长石砂岩夹暗紫红色砂质泥岩及泥岩组成。陡崖间构成软弱基座的砂质泥岩和泥岩遇水易崩解、开裂和软化,形成一些风化槽而成为岩腔。岩腔的形成使其上的危岩更具危险性和破坏性。以紫红色粉质黏土为主的结构松散—密实崩坡积层(Q_4^{col+dl})主要分布在各层陡崖下斜坡地带;由紫红色、暗紫红色粉质黏土夹少量砂、泥岩碎块组成的残坡积层(Q_4^{st+dl})分布在顶部平台上。

1.4 气象水文

研究区属亚热带季风气候区,温暖潮湿,雨量丰沛。年平均气温 $18.1^{\circ}C$,多年平均降水量 1181.2 mm,历年最大降水量 1635.2 mm。降水多集中在每年的5—9月,约占每年降水总量的70%。历年最大月降水量 741.18 mm(1982年7月),日最大降水量 175 mm(1997年8月16日),最长连续降水16日。每年夏季多集中大雨、暴雨等降水过程,区内年最高气温 $42.1^{\circ}C$,最低气温 $-3.7^{\circ}C$ 。

1.5 水文地质概况

该研究区位于台状中丘坡顶斜坡地带,地表切割深达 200 m,地下水贫乏。地下水主要表现为第四系

土体中的上层滞水和基岩风化裂隙水,季节性变化大,受大气降水补给,径流路程短,排泄快。在第一级陡崖南段有泉点出露,以下降泉形式出露于厚层状砂岩底部卸荷裂隙内,其水源来自其内顶部平台上一储水池塘。

该区危岩的发育是以上各种内外因素共同作用的结果,其中地形陡峭,裂隙及岩腔极其发育,岩层软硬相间及差异风化等,是其发育的主要内在条件;区内雨量丰沛,温差较大(最大达 $46^{\circ}C$),风化(包括物理及化学风化)作用强,及水体活动等是危岩发育的主要外部条件。

除此之外,地震、暴雨、植物根劈作用等是危岩崩塌的主要诱发条件。因此,要成功治理危岩,必须依据上述影响其发育的内外条件,有针对性地采取各种治理措施。

2 危岩分布状况

研究区危岩主要分布于三级陡崖边缘,共发育危岩体219处,总方量 101908 m^3 。线密度 0.054 个/m,体积密度 25.16 m^3/m 。其中以第一级陡崖的危岩最为发育,发育危岩122处,总体积 78589 m^3 ;第二、三级次之,第二级陡崖发育危岩71处,总体积 22726 m^3 ,第三级陡崖发育危岩26处,总方量 4592.4 m^3 。在第一级陡崖中,又以其南侧陡崖段最为发育,发育危岩48处,总方量 41669 m^3 。

3 危岩失稳方式

危岩体失稳方式受多方面因素的影响,根据对危岩总体形态、发育规模、基底和边界特征及空间分布特征等分析,区内危岩的失稳方式可归纳为坠落式、倾倒式和滑塌式3种基本类型,如图1所示。

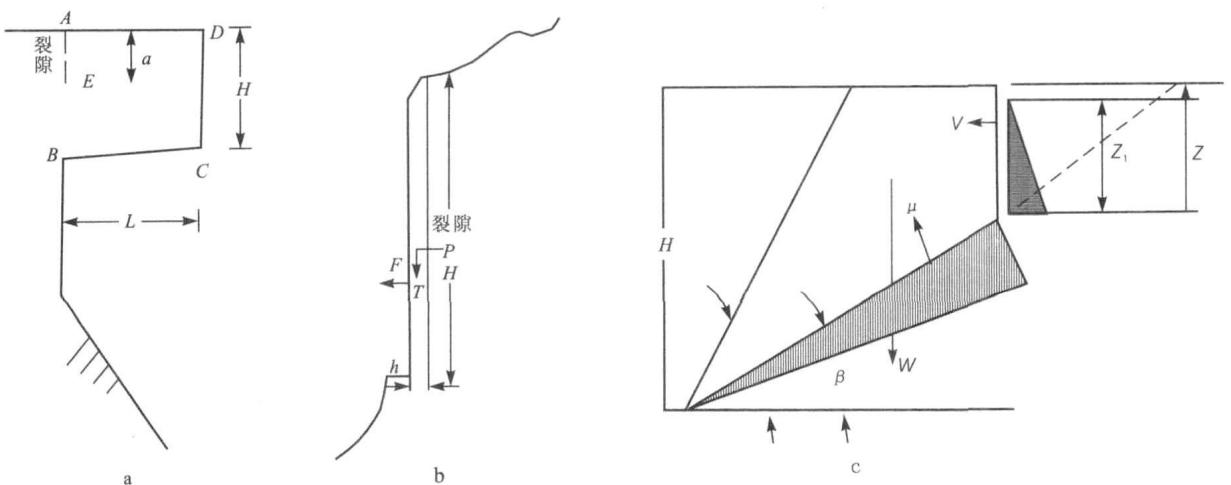


图1 三种危岩失稳方式计算模型

(1) 坠落式。受裂隙切割和下部岩腔影响,高悬于陡岩上端和岩腔顶部的危岩体,受裂隙切割脱离母体,危岩在重力作用下从母体突然脱离失稳产生崩塌。经调查,可能产生坠落式崩塌的危岩体共 129 处,总体积 $68\,075\text{ m}^3$,是区内危岩体破坏的主要方式(见图 1a)。

(2) 倾倒式。泥岩基座的差异风化和裂隙的切割使危岩体局部悬空,在变形破坏时,危岩体的顶部首先脱离母体,然后沿基座支点转动,从而发生倾倒式破坏。区内倾倒式危岩体有 57 处,总体积 $23\,452\text{ m}^3$ (见图 1b)。

(3) 滑塌式。危岩体附着于母岩上,在自重和地表水渗入裂隙等因素的作用下,沿母岩(或基座)发生剪切滑移破坏,此种破坏方式往往有渐变特征,临空高度越大,后果越严重,区内滑塌式危岩体共 33 处,总体积 $10\,381\text{ m}^3$ (见图 1c)。

4 危岩稳定性评价

影响危岩稳定性的因素较复杂,有降雨、地下水等水体的影响,也可能受三峡库区地震的影响,也有植物根劈作用和风化作用的影响,因此必须在充分考虑内外环境条件的情况下进行稳定性分析。该区危岩稳定性,主要采用野外定性判断为主,辅以室内计算的方式进行评价。根据危岩体的受力情况及最可能的破坏形式,选用滑塌、倾倒及坠落式 3 种基本模型进行计算。

4.1 危岩计算工况及评估标准

计算 3 种工况组合:① 自重+裂隙水压力(天然状态);② 自重+裂隙水压力(暴雨期间);③ 自重+裂隙水压力(暴雨期间)+地震力。其中裂隙水压力主要考虑静水压力,天然状态取 $1/3$ 裂隙水柱高,暴雨期间取 $2/3$ 孔隙水柱高。地震力主要考虑水平地震力。稳定性评价标准见表 1^[2]。

表 1 危岩稳定性评价标准

危岩破坏模式	不稳定	基本稳定	稳定
滑移式危岩	< 1.0	$1.0 \sim 1.3$	> 1.3
倾落式危岩	< 1.0	$1.0 \sim 1.4$	> 1.4
坠倒式危岩	< 1.0	$1.0 \sim 1.5$	> 1.5

注:表中数据为危岩稳定性系数。

4.2 稳定性评价方法与结果

根据相应技术规定、规范^[3-4],计算危岩体在不同工况下的稳定性。在工况①下,稳定性一般较好,处于基本稳定或稳定状态;在工况②,③下,危岩体处于失稳或极限平衡状态,稳定性差或较差。稳定性

差的危岩体,在暴雨等外界因素作用下发生破坏产生崩塌的概率很高,亟需治理;稳定性较差的危岩体,破坏结构面尚未完全形成,但受各种因素尤其是降水、人类活动等影响,必将产生大规模的崩塌,亦应进行治理。

5 危岩治理工程措施

根据危岩区的地形地貌、危岩体大小及其破坏模式,可采取多种工程措施进行危岩综合治理。治理时,应遵循以下原则:① 应充分查明危岩体的发育条件,制定有效的治理方案;② 若需清除危岩,应预先设置有效的防护措施,避免造成次生灾害;清除危岩后,应加强监测。危岩体若破裂严重,不宜采用清除方案;③ 应在充分排隔水的情况下进行治理,消除乃至减弱水体对危岩稳定不利影响;④ 预防与整治相结合,整理前后都应对危岩进行监测。

根据该区危岩的具体特点,并结合国内外实际工程经验,本工程采用清除、支撑、排水、充填、灌浆等措施进行了危岩治理,同时加强了危岩体的监测。

(1) 危岩清除。对已形成的危岩体进行清除是最彻底的治理方法,有条件清除的危岩尽量采用清除措施。清除主要针对与母岩完全或基本分离、方量相对较小(50 m^3 以下)的危岩体,且以不产生新的危岩为原则。必要时可采用人工清除。清除危岩施工用的脚手架须采用临时锚杆锚固于稳定母岩上,以保证施工安全。

(2) 排水工程。大气降水是该区危岩发育及破坏的重要原因之一,设置排水系统,是危岩治理中非常重要的措施。在一级崖顶平台设环形截水沟一道,主要拦截大气降水,使之不得入渗危岩裂隙;水沟截面尺寸应根据降雨汇水面积、降雨量及水力坡度计算确定,据计算,截面采用 $0.8\text{ m} \times 0.8\text{ m}$,厚 300 mm M10 浆砌片石砌筑的矩形或梯形断面,并沿二、三级陡崖设置横向排水沟,将雨水引入城市排水系统,排水沟截面尺寸与截水沟相同。同时将 PVC 管预埋于支撑墙或危岩体内,用于排除危岩体中裂隙水。

(3) 裂隙灌浆。对于危岩体后部卸荷裂隙及构造裂隙采用 M7.5 水泥砂浆进行封闭充填,以防雨水入渗。充填时应保证水泥砂浆与岩体充分接触。

(4) 充填支撑。充填支撑岩腔可阻止泥岩的进一步风化,而且对危岩面起到很好的嵌补及支撑作用。岩腔充填必须首先进行清面工作,充填采用 C25 砼。所有充填及支撑材料在距岩腔顶 500 mm 时,掺入适量膨胀剂,以保证与危岩底部密贴。

(下转第 127 页)

4 结论

(1) 黄河流域青海片总体上以低覆盖和高中覆盖草地为主, 景观不规则, 较为复杂且不稳定, 但景观相对完整, 无明显破碎化现象。

(2) 青海片内黄河源头区域果洛藏族自治州和玉树州藏族自治低覆盖和高中覆盖草地占总面积50%以上, 景观多样性相对较低, 景观弹性度相对较低, 流域生态系统健康状态相对较低。

(3) 青海片内黄河干流区域海南藏族自治州、黄南藏族自治州和海东地区行政公署景观多样性和均匀度相对较高, 景观弹性度相对较高, 流域生态系统健康状态也相对较高。

(4) 西宁市景观破碎度较高而景观弹性度较低, 受人为干扰较强。

[参 考 文 献]

- [1] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 535—539.
- [2] 张海峰. 青海省黄河流域生态环境的治理与可持续发展研究[J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 1999(2): 53—56.

- [3] 徐明. 改善青海生态刻不容缓[J]. 青海环境, 2000, 10(3): 125—129.
- [4] 吕一河, 陈利顶, 傅伯杰. 县域人类活动与景观格局分析[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1933—1938.
- [5] 傅伯杰, 陈利顶. 景观多样性的类型及其生态意义[J]. 地理学报, 1996, 51(5): 454—462.
- [6] 郑杰, 蔡平. 青海省三江源区生态保护与建设[J]. 青海科技, 2005(1): 9—12.
- [7] 刘耀. 青海省生态环境建设现状与对策[J]. 中国水利, 2003(6): 30—32.
- [8] 张耀生, 赵新全, 关定国. 青海省生态环境面临的问题与综合治理[J]. 青海科技, 2002(6): 12—15.
- [9] 朱晓原, 张学成. 黄河水资源变化研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1999. 54—71.
- [10] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 99—109.
- [11] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [12] 江源, 高清竹, 何立环. 基于 Landsat—TM 数据的农牧交错带景观结构研究——以内蒙古自治区兴海县为例[J]. 应用生态学报, 2002, 13(4): 403—408.
- [13] 刘建军. 基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态系统健康评价[D]. 中科院研究生院博士学位论文, 地球化学研究所, 2002. 33.

(上接第 106 页)

支撑主要用于陡崖下移民住宅密集, 清除措施风险较大, 而且单纯靠锚固措施难以准确控制的坠落式危岩体。支撑主要措施是采用 C25 砼修筑连续拱形墙。拱形墙净跨 3~4 m, 拱高 0.6~0.8 m。对于局部斜坡地形较陡的地段要增加支撑墙高度。为加强支撑墙自身的稳定性, 于墙身脚部设 @3.0m×3.0m 加固锚杆, 嵌入中风化基岩以内不少于 3.0m。为防止部分危岩可能发生倾倒破坏, 须对危岩进行抗倾锚固处理。

在危岩治理期间, 也对重点危岩进行了监测工作, 其益处就是能够及时反馈治理的效果和存在的问题, 为综合治理的有效实施提供资料。

6 结语

危岩治理首先要查明危岩区的地质环境条件, 认真调查分析影响危岩稳定性的因素, 在此基础上采用

各种措施进行治理, 并加强排水和监测工作, 可以较为成功地解决危岩的危害性。监测结果表明, 该危岩在从施工完毕到现在, 稳定性良好, 没有再出现崩塌事故。该危岩成功治理实践说明, 尽管危岩发育的环境条件各异, 影响因素众多, 但通过综合治理, 可以很好地保证危岩整体及局部稳定性, 为人民的安全生产、正常生活提供保障。

[参 考 文 献]

- [1] 陈洪凯, 欧阳仲春, 廖世荣, 等. 三峡库区危岩综合治理技术及应用[J]. 地下空间, 2002, 22(2): 97—107.
- [2] 陈洪凯, 唐红梅, 王蓉, 等. 三峡库区危岩稳定性计算方法及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(4): 614—619.
- [3] 重庆市国土资源和房屋管理局. 重庆市三峡库区滑坡与危岩防治工程设计技术规定(暂行)[S].
- [4] DB50/5029—2004. 地质灾害防治工程设计规范[S].