

# 四川沙湾区磨儿田塌陷群特征及防治措施研究

周洪福,王春山,徐如阁

(中国地质调查局成都地质调查中心,四川 成都 610081)

**摘要:**磨儿田塌陷群位于四川沙湾区轸溪乡双山村,塌陷群从 2004 年开始出现第一个塌陷坑,到 2012 年在 3 km<sup>2</sup> 范围内共发育近 20 个大小不等的塌陷坑,最大塌陷坑直径超过 30 m,深度达到 65 m. 严重威胁着塌陷区范围内 10 户共 30 人的生命财产安全. 在现场调查分析的基础上,针对塌陷群的特征,通过对塌陷群成因机制、稳定性以及未来变形趋势分析,提出塌陷群的防治措施:遵循“以防为主,防治结合”的总体原则,以监测为主要手段,科学论证矿山的开采,辅以必要的搬迁和工程处理措施,可有效减少塌陷对村民的威胁.

**关键词:**地面塌陷;成因机制;稳定性;防治措施

**中图分类号:**P642      **文献标识码:**A      **文章编号:**1672-9102(2013)04-0038-05

磨儿田塌陷群位于沙湾区轸溪乡双山村 3,4,5,6 组,距离轸溪乡政府直线距离约 2 km,地理坐标:东经 103°33'51.9",北纬 29°17'15.7". 塌陷群从 2004 年开始出现第一个塌陷坑,到 2012 年一共发育近 20 个大小不等的塌陷坑,最小塌陷坑直径约 1 m,最大塌陷坑直径超过 30 m,分布高程 850~900 m. 从现场调查结果可知,该塌陷群从 2004 年开始处于不断变形发展过程中,塌陷坑数量和规模不断扩大,严重威胁当地村民的生命财产安全.

## 1 地质环境背景

### 1.1 地形地貌特征

磨儿田塌陷群总体上属于构造、剥蚀切割低山河谷地貌(图 1),海拔高程 830~950 m,相对高差 120 m 左右. 地形坡度较缓,平均地形坡度在 20°以下,属于平台或缓坡地形. 塌陷群所在区域植被覆盖一般,植被覆盖率在 30% 左右,其余地方为农田.

### 1.2 地层岩性

磨儿田塌陷群所在区域地层岩性为嘉陵江组泥质灰岩夹白云质灰岩(图 2),地表有耕植土和残坡积碎块石土. 地层由新到老描述如下:



图 1 磨儿田塌陷群地形地貌特征  
Fig. 1 Topography in Moertian collapse

1) 耕植土:分布于地表表层,岩性为碎块石粘性土,灰色、褐色,厚度一般在 3 m 以内,块石含量一般在 20% 以下,透水性较好;

收稿日期:2013-01-04

基金项目:国家自然科学基金项目(40372127)

通信作者:周洪福(1980-),男,四川乐山人,博士,高级工程师,主要从事工程岩土体稳定性和地质灾害调查等方面的研究工作. E-mail:zhf800726@163.com

2) 残坡积层:岩性为碎块石土,灰黄、褐黄色,松散~稍密,稍湿,碎块石成份主要为灰岩,强~弱风化,棱角状,碎块石含量占45%~55%,粉质粘土充填,透水性较好;



图2 磨儿田塌陷工程地质平面图  
Fig.2 Engineering geological ichnography

3) 嘉陵江组:紫灰色薄-中厚层状生物碎屑灰岩、白云岩、白云质灰岩,细粒岩屑砂岩夹砂质页岩,底部为薄层灰岩夹钙质砂岩。

1.3 地质构造

磨儿田塌陷群位于四峨山复背斜西北翼(图2),受构造影响,塌陷群所在区域地层岩体较破碎,裂隙发育,有利于地下水的渗入、流通,而大量地下水的渗入和流通进一步促进了白云岩、灰岩岩溶的发育,为地面塌陷的形成提供了有利条件。

1.4 气象水文

磨儿田塌陷群地处中亚热带季风湿润气候区,在水平方向上,气候无显著性的区域差异.在垂直方向上,存在地带性差异.多年平均年日照时数为1 010.1 h;多年平均气温17.4℃,气温的年变化为“单峰型”,年内最高气温为7月,平均气温26.3℃;最低为1月,平均气温为7.2℃.区域内常年降水在920.7~1 899.9 mm之间,多年平均降雨量1 349.9 mm,年最大降雨量1 899.9 mm,月最大降雨量663.9 mm,日最大降雨量240 mm.降雨主要集中在5~9月,这5个月平均总的降雨量达到1 022.3 mm,占全年降雨量的75.7%.特别是在7,8两月,降雨量较大,常以大雨或暴雨形式集中降落,总的降雨量达到612 mm,占全年降雨量的45.3%,接近一半(图3).

受地质构造和地层岩性的影响和控制,磨儿田塌陷群所在区域地下水类型为碳酸盐岩类裂隙溶洞水.赋存于三叠系嘉陵江组的碳酸盐岩裂隙溶洞中,

主要富集于四峨山复背斜西北翼.由于以可溶岩为主,因此地表溶蚀洼地、落水洞、漏斗、溶洞乃至暗河十分发育.水量较丰富地区,泉、暗河溶洞流量可达100~1 000 L/s,岩溶水类型主要为重碳酸钙型,矿化度一般小于0.5 g/L.主要受大气降水补给,多呈大泉、地下暗河排泄。

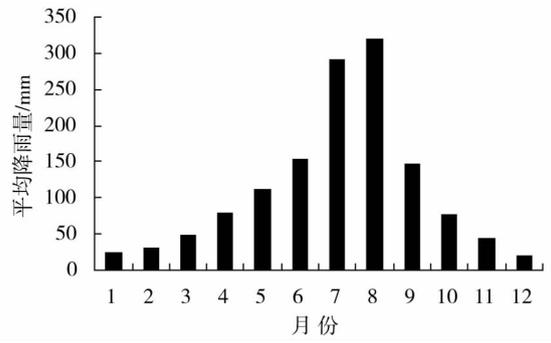


图3 沙湾区多年各月平均降雨量图  
Fig.3 Average rainfall of a month in Shawan

1.5 地震

根据《中国地震动峰值加速度区划图》,磨儿田塌陷群所在沙湾区地震动峰值加速度为0.10 g,对应的地震基本烈度为Ⅶ度。

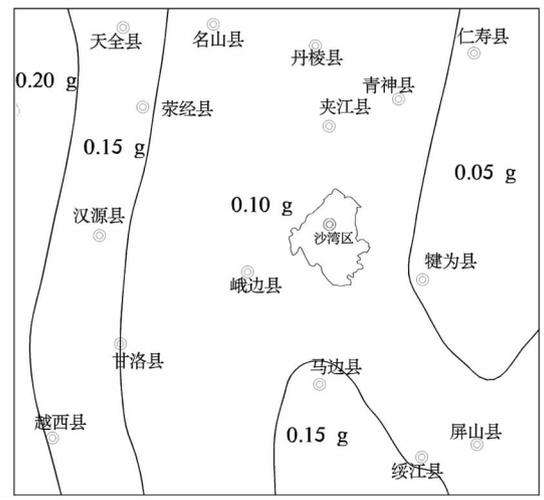


图4 沙湾及其邻近地区地震动峰值加速度区划图  
Fig.4 Seismic peak ground acceleration zonation map of Shawan and neighborhood

2 塌陷群特征

2.1 塌陷群发育史及规模调查

根据现场调查访问磨儿田塌陷群最早在2004年开始出现零星的塌陷,到2005年塌陷坑逐渐增多,进入盛发期.目前在磨儿田塌陷群分布面积约3 km<sup>2</sup>范围内,一共发育规模不等的塌陷坑近20个,这

些塌陷坑长列方向为 280°。最小的塌陷坑坑口直径 1.2 m,可见垂直高度 0.4 m,体积在 0.5 m<sup>3</sup> 以下(图 5);而最大的一个塌陷坑坑口直径达到 33 m,可见深度超过 30 m,体积超过 10 000 m<sup>3</sup>(图 6)。

另外现场调查还发现,在这些塌陷坑附近伴随有拉裂缝发育,拉裂缝间距从 0.5 m 到 10 m 不等,环绕在塌陷坑周围。最小的拉裂缝长 1 m,宽 2 cm,深度 5 cm;最大的拉裂缝宽 30 cm,深 50 cm,延伸长度达到 30 m。



图 7 磨儿田塌陷群最大塌陷坑

Fig. 7 The photo of the maximal collapse crater



图 5 规模最小的塌陷坑

Fig. 5 The minimum collapse crater

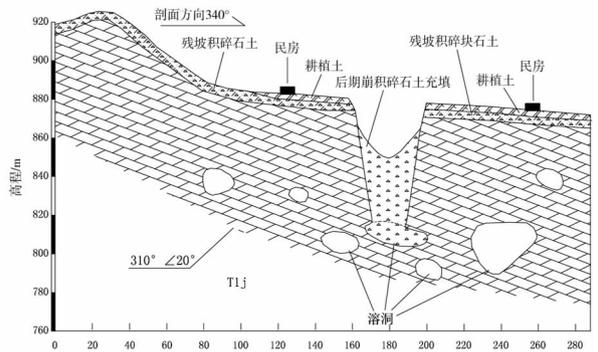


图 8 磨儿田塌陷群最大塌陷坑剖面图

Fig. 8 Section of the maximal collapse crater

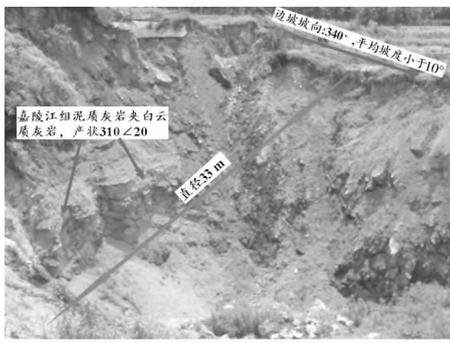


图 6 规模最大的塌陷坑

Fig. 6 The maximal collapse crater

现场调查塌陷坑基岩岩性为嘉陵江组泥质灰岩夹白云质灰岩,基岩产状 310°∠20°,边坡坡向 340°,基岩倾向与边坡坡向之间的夹角 30°,属于顺向斜坡。塌陷坑所在斜坡地形坡度较缓,平均坡度在 10°以下(图 6)。

### 2.3 磨儿田塌陷群成因机制分析

研究表明<sup>[1-3]</sup>,塌陷的形成必须具备以下几个条件:

1)要有开口面向覆盖层的溶洞、溶隙或断裂裂隙,即要有能容纳被水流带下的上覆岩土的场所空间。它不仅使上覆的盖层失去支撑,同时也是地下水及塌陷物质的储存与运输通道;

2)要有一定厚度和强度较低的覆盖岩土层,在地下水反复波动作用下,很容易脱离母体而被水流带走,从而形成塌陷的雏形;

3)要有地下水、特别是反复波动地下水的活动。塌陷形成的力学机制有 2 种:一种是推拉,另一种是剪切,这两种作用都是由地下水的流动引起的。

根据现场调查以及室内分析研究结果表明,磨儿田塌陷不仅具备上述几个塌陷形成条件,而且还有其它一些有利于塌陷形成的条件,主要表现在以下几点:

1)磨儿田塌陷群所在区域地层岩性为嘉陵江

## 2.2 塌陷群最大塌陷坑特征

磨儿田塌陷群最大的一个塌陷坑位于双山村张凤荣家房屋后,最早出现在 2011 年 1 月 12 日凌晨,出现时塌陷坑直径约 4~5 m。塌陷坑形成后一直不断变形垮塌,坑口也逐渐增大,到 13 日塌陷坑口直径也达近 20 m,深度 65 m 左右,边缘直逼张家房屋后墙(图 7)。

从塌陷坑形成以后,坑口周边岩体稳定性较差,在暴雨情况下常常发生崩滑掉落等现象,崩滑松散物质堆积在塌陷坑底部,导致塌陷坑坑口直径不断变大,到 2012 年 9 月,该塌陷坑坑口直径也达 33 m。但是可见深度不断减小,目前塌陷坑可见深度在 40 m 以内(图 8)。

组泥质灰岩夹白云质灰岩,丰富的地下水导致灰岩中形成规模不等的溶洞、溶隙,当溶洞发展到一定规模以后,上覆岩体在自重作用下发生垮塌,从而形成地面塌陷;

2)磨儿田塌陷群所在斜坡表部有厚度在3 m以内、强度较低的耕植土和残坡积层;

3)受地层和构造影响,磨儿田塌陷所在的嘉陵江组泥质灰岩地区地表溶蚀洼地、落水洞、漏斗、溶洞乃至暗河十分发育,地下水丰富;

4)降雨是磨儿田地面塌陷群的重要诱发因素.2010年沙湾区境内降雨丰沛,大量雨水顺着风化和构造裂隙进入斜坡内部,导致岩体强度降低、地下水位升高,进一步促成了塌陷的形成;

5)斜坡下部矿山开采形成的采空区以及放炮震动对塌陷的形成也有一定的促进作用.

综上所述,磨儿田塌陷群的形成与地质环境条件(地层、土体、地下水)、降雨和人类工程活动(采矿)有关.

### 3 稳定性分析及未来变形趋势

从2004年首次出现地面塌陷以来,磨儿田塌陷群从最初的一个地面塌陷坑发展到现在的近20个地面塌陷坑,塌陷坑数量在不断增加.并且塌陷坑口周边发育多条环绕坑口的拉裂缝,在暴雨情况下坑口周边岩体不断向坑底崩滑导致坑口不断扩大.这些调查结果都表明目前磨儿田塌陷群仍然处于不断变形发展过程中,稳定性较差.

根据磨儿田塌陷群的特征以及目前的变形发展趋势,未来除了塌陷坑数量将会继续增加以外,已经出现的塌陷坑规模也将不断增大,出现小塌陷坑逐渐演变为较大规模塌陷坑的变形发展趋势.当塌陷坑规模发展到一定程度以后,易演变为崩塌和滑坡等地质灾害,应引起足够的重视.

### 4 塌陷群危害及防治措施

磨儿田塌陷群目前仍然处于不断变形发展过程中,稳定性较差,直接威胁着塌陷群范围内10户30人生命财产安全以及大量土地树木,威胁财产200万,按照《滑坡、崩塌、泥石流详细调查规范》(DD2008-02)规定,灾害程度为较大(中)级.

大量研究成果表明<sup>[4-8]</sup>,对于地面塌陷的防治总体上可以分为主动防治和被动防治2种方法.主动防治主要包括回填、工程治理、疏干排水、改变地下水动力条件、改变人类工程活动等;被动防治措施主要包括搬迁避让、监测<sup>[9-10]</sup>等.针对磨儿田塌陷

群的特征、稳定性以及危害对象和危害程度,对塌陷群的防治应遵循“以防为主,防治结合”的总体原则,以监测为主要手段,科学论证矿山的开采,辅以必要的搬迁和工程处理措施:

1)在磨儿田塌陷影响较大、变形较严重区域选取2-3条测线进行地质雷达直接监测以及岩溶管道系统中水(气)压力的动态变化传感器自动监测.与此同时,对磨儿田塌陷区也发生和新发生的地面开裂、下沉和塌陷等情况进行经常性的调查访问和监测.

2)将也受到塌陷严重威胁、房屋出现较大变形破坏的居民进行搬迁避让,建立群测群防措施,制定防灾预案,进行定期目视监测.对影响较小但是房屋墙面和地面出现的拉裂缝进行修补,加固墙体,在每年汛期将影响范围内的居民临时避让搬迁,确保生命安全.

3)对也形成的塌陷坑根据规模、特点的不同进行分门别类用不同方法进行工程处理:对于较小的塌陷坑进行回填夯实处理;对于规模较大的塌陷坑进行打围封闭,在周边立警示牌,避免村民误入.

4)严格控制斜坡下部矿山的开采,在进行充分论证以后科学开采,并且对采空区进行回填处理.同时加强矿山坑道变形和地下水位变化监测,必要时建立地下截水帷幕,避免地下水位大幅度变化,可防止和减少塌陷的发生.

### 5 结论

1)磨儿田塌陷群位于沙湾区轸溪乡双山村,最早在2004年开始出现零星的塌陷,到2012年在3 km<sup>2</sup>范围内分布有大小不等的塌陷坑近20个,这些塌陷坑长列方向为280°.最小的塌陷坑坑口直径1.2 m;最大塌陷坑坑口直径达到33 m.

2)磨儿田塌陷群的形成与地质环境条件(岩溶地层、松散土体、丰富地下水)、降雨和人类工程活动(地下采矿)有关.

3)目前磨儿田塌陷群仍然处于不断发展变形过程中,稳定性较差,威胁着10户30人的生命安全,威胁财产200万,灾害程度为较大(中)级.

4)结合磨儿田塌陷群的特征和危害对象,对塌陷的防治应遵循“以防为主,防治结合”的总体原则,以监测为主要手段,科学论证矿山的开采,辅以必要的搬迁和工程处理措施.

### 参考文献:

[1] 万志清,秦四清,李志刚,等.土洞形成的机理及起始条件[J].

- 岩石力学与工程学报,2003,22(8):1377-1382.
- Wan Z Q, Qin S Q, Li Z G, et al. Formation mechanism and initial condition of soil cavity[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003,22(8):1377-1382.
- [2] 左文喆,董军义,刘善军,等.唐山市北部山区岩溶塌陷机制初探[J].工程勘察,2008,35(8):29-32.
- Zuo W Z, Dong J Y, Liu S J, et al. Mechanism of karst collapse in the hilly area of Northwestem Tangshan [ J ]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2008,35(8):29-32.
- [3] 韩宝平,马金荣,裴宗平,等.徐州市区岩溶塌陷机理研究[J].中国矿业大学学报,1996,25(3):33-37.
- Han B P, Ma J R, Pei Z P, et al. Study on mechanism of karst collapses in Xuzhou city[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1996,25(3):33-37.
- [4] 程鉴基.广州市地面塌陷特征与防治对策的研究[J].铁道工程学报,2012,28(1):1-5.
- Cheng J J. Research on ground collapse characteristics of Guangzhou and control countermeasures [ J ]. Journal of Railway Engineering Society, 2012,28(1):1-5.
- [5] 马国哲.煤矿采空塌陷的危险性预测评估与防治措施—以华亭矿区大柳矿井为例[J].煤田地质与勘探,2007,35(2):55-59.
- Ma G Z. Predictive evaluation and prevention on the ground - caved in with coal - mining;a case study from Daliu coal - mine, Huating mining area [ J ]. Coal Geology & Exploration, 2007,35(2):55-59.
- [6] 吴春寅,曹锋,朱嗣昭,等.山东省枣庄市十里泉、丁王庄一带地面塌陷的成因及防治对策[J].水文地质工程地质,1998,41(5):27-29.
- Wu C Y, Cao F, Zhu S Z, et al. Formation mechanism and prevention measures of Shiliquan and Dingwangzhuang in ZaoZhuang, Shangdong [ J ]. Hydrogeology & Engineering Geology, 1998,41(5):27-29.
- [7] 周治国.湖南娄底地区岩溶塌陷特征及防治探讨[J].水文地质工程地质,1993,36(3):18-20.
- Zhou Z G, Discuss on character and prevention measures of ground collapse in Loudi, Hunan [ J ]. Hydrogeology & Engineering Geology, 1993,36(3):18-20.
- [8] 母进伟,雷明堂,梁军林,等.岩溶路基病害与处置技术国内外研究现状[J].中国岩溶,2005,24(2):89-95.
- Mu J W, Lei M T, Liang J L, et al. Status quo of the study on subgrade diseases and the treatment techniques in karst area [ J ]. Carsologica Sinica, 2005,24(2):89-95.
- [9] 李瑜,朱平,雷明堂,等.岩溶地面塌陷监测技术与方法[J].中国岩溶,2005,24(2):103-108.
- Li Y, Zhu P, Lei M T, et al. Monitoring technique and methods of the karst collapses [ J ]. Carsologica Sinica, 2005,24(2):103-108.
- [10] 李瑜,雷明堂,蒋小珍.广西黎塘岩溶塌陷监测[J].中国岩溶,2006,25(4):341-346.
- Li Y, Lei M T, Jiang X Z. Karst Collapse monitoring in Litang, Guanxi [ J ]. Carsologica Sinica, 2006,25(4):341-346.

## Research on character and prevention measures of moertian ground collapse in Shawan, Sichuan

ZHOU Hong - fu, WANG Chun - shan, XU Ru - ge  
(Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** The Moertian ground collapse locates in Shuangshan village, Shawan, Sichuan. The first collapse crater form in 2004. To be 2012, there are 20 collapse craters in 3Km<sup>2</sup>. The diameter of the maximal collapse crater more than 30m and depth is 65m. The ground collapse threatens life and property safety of 30 villagers badly. Prevention measures were brought forward that keep to principle of prevention and cure combination aiming at the characters of the ground collapse base on the formation mechanism and stability and deformation trend. These measures that take the monitor as the primary measure and the engineering prevention and reasonable mine exploitation and relocation as the accessorial measure effectively reduce threaten to the villagers.

**Key words:** ground collapse; formation mechanism; stability; prevention measures