维普资讯 http://www.cqvip.com

广西蒙山县油麻冲铅锌矿地质灾害分析及其防治措施

施国栋　冯佐海　汪恕生　谭仕敏　王娟娟
(1.桂林工学院资源与环境工程系　广西桂林　541004;
2.安徽建筑工业学院土木工程学院　安徽合肥　230601;
3.中国地质大学(武汉)　湖北武汉　430074)

摘　要：本文进行了蒙山县油麻冲铅锌矿地质灾害现状论述以及对崩塌、滑坡、采空区地面沉陷、塌陷、泥石流和地下水污染等地质灾害进行了预测研究，并在此基础上提出了切实可行的防治措施，对今后的蒙山县油麻冲铅锌矿地质灾害防治工作具有一定的参考价值。

关键词：地质灾害　灾害预测　赤平投影　防治措施
中图分类号：TD85　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1673-0534(2007)06(c)-0072-02

蒙山县油麻冲铅锌矿位于广西梧州市蒙山县陈塘镇。矿区中心地理坐标为东经：110°35′22″，北纬：23°53′43″，矿区面积2.5208km²。矿区主要有2个矿段，即垌拾矿段和文离矿段，垌拾矿段主要开采4#矿脉，文离矿段主要开采32#和45#矿脉[1]。本文针对该区地质灾害的现状以及对崩塌、滑坡、采空区地面沉陷、塌陷泥石流和地下水污染等地质灾害的预测，提出了地质灾害的具体防治措施，对今后该矿区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 气象水文条件

本区属南亚热带季风湿润气候区，四季分明，雨量充沛。年平均气温19.7℃，年平均降雨量约1738mm，降雨量多集中夏季，期间多暴雨。区内有界板冲、吃水冲、利四冲、文离冲等四处主要冲沟，在黄屋汇合处的年平均流量为0.5133m³/s。

1.2 地形地貌

本区属构造剥蚀低山地貌，总体地势西高东低，地形起伏较大，冲沟发育，断面多呈“V”型，山体天然坡度15°～30°。

1.3 地质背景

1.3.1 出露地层

本区出露的地层主要有寒武系黄洞口组下段(ϵh^1)和小内冲组(ϵx)砂岩、粉砂岩夹页岩、泥岩，加里东期花岗($\gamma\pi$)斑岩，以及第四系含碎石粉质粘土(Q_4^{el+dl})和腐殖土(Q_4^{pd})等。

1.3.2 地质构造

本区位于高山脚复式向斜轴部和北翼，该向斜分布于高山脚－牛屎坪一带，轴线呈北东东－南西西向，轴部地层为寒武系黄洞口组，翼部为小内冲组，翼部地层多为北东东走向，倾角较大，一般为40°～70°。高山脚复式向斜内次级褶皱较发育，轴面近直立。区域内断层主要有北东东向和北东向两组。其中，以北东东向最为发育，有F3、F4、F5、F6、F7、F32、F44、F45、F46等断层，主要分布在垌拾－吃水冲一带，表现为压扭性，破碎带宽一般0.5～15m，本组断层是矿区的主要导矿及容矿构造。本区地震动峰值加速度小于0.05g，相当于地震基本烈度为Ⅵ度。

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，水量不大，主要靠地表径流补给，雨季时则主要由大气降水补给。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 本区地质灾害现状及其特征

根据实地调查，区内现有H1~H4滑坡4处，规模288.0~188.0m³，均为现代小型土质滑坡。从引发因素看，属于工程滑坡。H1滑坡是因采矿堆积废渣失稳沿原山坡面下滑形成；H1、H2和H3滑坡均是因矿山修建运矿公路切坡或填土导致边坡上覆土体滑动而成。以H4滑坡最为典型，该滑坡位于5#窿北40 m运矿公路外侧，成围椅状产出，滑坡前缘标高444.6m，后缘标高449m，滑动面倾角75°，滑坡长12.1m，宽8.2m，厚1.5m，体积约148m³，主滑方向70°；滑体主要由含碎石粉质粘土组成，坡度约40°，且滑体结构松散，后缘发育宽约3~10cm的张裂隙，显示其处于不稳定状态。

3 本区地质灾害预测研究

3.1 矿山建设引发的地质灾害预测

根据矿山建设特点和地质环境条件综合分析，预测本矿山建设可能引发的地质灾害为崩塌、滑坡、采空区地面沉陷、塌陷、泥石流和地下水污染，可能加剧的地质灾害为滑坡。

3.1.1 引发崩塌、滑坡地质灾害预测

在矿区各采矿窿口处的排渣场、矿坪、选厂、生活区等处，因堆放矿渣、平整场地或修建选厂切坡形成了P1～P15高3～20 m，坡度35°～75°的15处人工边坡。新华选厂P7边坡和6#窿生活区P11边坡两处为岩质边坡，其余为堆土边坡，这些边坡是崩塌、滑坡的潜在发生区，在暴雨或爆破、机械震(振)动等因素影响下，边坡易失稳产生崩塌、滑坡地质灾害，边坡的稳定性决定着此灾种发生的可能性。对于岩质边坡，应考虑该边坡上节理的发育情况，对于多组节理切割的边坡稳定性是由其中任意两组节理组成的楔形体的稳定性决定，在赤平投影图中，假定两节理面的摩擦角相同，若两条节理面的交线落在边坡面与摩擦圆组成的阴影区域内(如图1所示)，边坡不稳定，否则，边坡处于稳定状态[2]，现利用赤平投影原理[3]对P7、P11两处岩质边坡稳定性进行分析。

P7边坡产状60~70°∠66~70°，边坡高5~20 m，宽约65m，因修建新华选厂切坡形成，边坡下部为寒武系粉砂岩、砂岩，裂隙率0.3~0.4%，抗压强度约为60~118MPa，摩擦角30°[1]；上部由腐殖土和含砾粉质粘土组成；覆盖层厚1.0~1.5m。发育在该边坡上的三组节理是J1节理175°∠70°；J2节理280°∠42°；J3节理125°∠45°。据此绘制的赤平极射投影图如图1所示，图中表示了三组节理J1、J2、J3同时与P7边坡面组合状态的赤平投影，节理J1与J2、J2与J3的组合交线(图中依次为L1、L2)落在图中的阴影区域以外，则由J1与J2、J2与J3组合形成的楔形体呈稳定状态，而J1与J3的组合交线(图中为L_3)落在图中的阴影区域内，则由J1与J3组合形成的楔形体呈不稳定状态，故P7边坡由J1与J3两组节理组合切割使其处于不稳定状态。

另外通过连接图中吴尔福圆圆心O与J1与J3组合交线L_3，所作的OL方向即为J1与J3组合形成的不稳定楔形体的滑动崩塌方向，方向得出为106°。通过该边坡的走向线和J1与J3组合交线L_3作一圆弧AL_3A虚线，根据其在赤平极射投影图中所表示的倾角可知边坡P7的稳定边坡角为51°。

P11边坡产状约78°∠88°，边坡高5～8m，宽12m，因人工修建6#窿生活区切坡而成，边坡下部为寒武系砂岩，该处岩石摩擦角35°，上部由少量的腐殖土和含砾粉质粘土组成。发育在该边坡上的三组节理是J1节理180°∠62°，J2节理 60°∠80°，J3节理 338°∠85°。同理分析作图如图2所示，节理J1与J3的组合交线(图中为L3)落在图中的阴影区域以外，则由J1与J3组合形成的楔形体呈稳定状态；而J1与J2、J2与J3的组合交线(图中依次为L1、L2)落在图中的阴影区域以内，故P11边坡由节理J1与J2、J2与J3的组合切割使其处于不稳定状态。

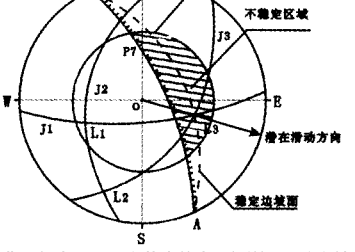


图1　节理与边坡P7组合状态的赤平投影图和稳定性判析

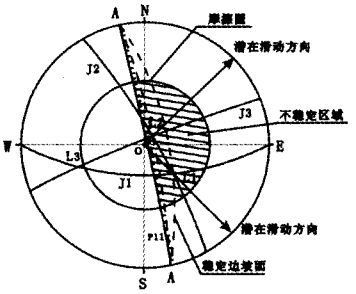


图2　节理与边坡P11组合状态的赤平投影图和稳定性判析

维普资讯 http://www.cqvip.com

另外同样可作出由J1与J2、J2与J3组合形成的楔形体的滑动崩塌方向，方向得出分别为46°和135°；过L_1、L_2的圆弧AL_1A、AL_2A虚线在赤平极射投影图所表示的倾角分别为69°和82°，从而知P11边坡的稳定边坡角为69°。

本区内的十多处不稳定边坡在暴雨以及矿山建设、生产过程中的爆破和机械振(震)动等作用下易引发新的崩塌、滑坡地质灾害。崩塌、滑坡地质灾害主要危害进矿公路、窿口、矿坪及其附近作业的人员、机器设备和生活区等。评估区植被茂密、覆盖层厚度不大，加之矿山建设规模为小型，因此所产生的崩塌、滑坡应以小型为主。预测其发生崩塌、滑坡的可能性大。

3.1.2 引发采空区地面沉陷、塌陷地质灾害预测

区内的矿体大面积采空后，矿体顶板岩层失去支撑，上部土岩体原有平衡条件被破坏，容易产生弯曲、塌落，导致地表相应下沉变形。矿区内4#、32#和45#各矿脉的平均采深、平均倾角、矿体平均厚度等数据见表1。

计算方法[4]如下：

由式$n_1=D_1/H>1.4$，$n_2=D_3/H_0>1.4$，可判断4#、32#和45#各矿脉均为超充分采动，预测矿区采空后，运用的计算公式为：

最大下沉值：$W_{max}=M\eta\cos\alpha$ (1)

最大倾斜值：$i_{max}=W_{max}/r$ (2)

最大曲率值：$K_{max}=1.52W_{max}/r^2$ (3)

最大水平移动值：$\varepsilon_{max}=b\cdot W_{max}$ (4)

最大水平变形值：$U_{max}=1.52bW_{max}/r$ (5)

垮落带高度：$H_m=M/(K-1)\cos\alpha$ (6)

式中：M为矿体厚度；η为下沉系数，按浅孔留矿采矿法取$\eta=0.65$；α为矿体平均倾角；r为采空区主要影响半径，$r=H/tg\beta$，其中H为平均采深，β为移动角，参考国内同类矿山经验和岩体的工程地质性质，选取岩石移动角上盘为65°；b为水平移动系数，按$b=0.3(1+0.0086\alpha)$计算，α为矿体倾角。

根据以上公式(1)~(6)，鉴于采空区范围内的的地形高差较大，铅锌矿体开采后，上覆岩层虽然要发生变形和移动，但地表通常不会出现规整的移动盆地，仅考虑最大的移动和变形。按照各矿段及采空区的地质条件和上述参数，采空区变形值估算结果见表1。

由表1可以看出，铅锌矿体的开采将在其上方相应的地表造成一定量的变形和移动，特别是4#矿脉开采引起的地表水平变形值最大，可引发采空区地堑式地面塌陷[5]。根据开采设计方案，依据矿体围岩特征、矿山已建井巷现状及所选用的采矿方法，参考国内同类矿山经验和岩体的工程地质性质及选取的岩石移动角，从矿体最低边界点或最突出部位起，按所选定的移动角上划至地表相交点并将这些点连接起来，则可以圈出矿体开采所影响的地表岩石移动范围。预测其发生采空区地堑式地面塌陷可能性中等。

3.1.3 引发泥石流地质灾害预测

区内的尾矿库和各排渣场(堆放体积1500 m^3~10000m^3)一般位于天然冲沟中，在长时间暴雨和特大暴雨的情况下，汇水面积可达到约10km^2，若是防洪不及时或是防洪措施不当时，上游山体表面汇集的雨水直接顺冲沟而下，从排渣场、尾矿库上通过，引发泥石流地质灾害。且在矿区尾矿库等处，尾矿、废石等可能溢出拦砂坝或造成溃坝，尾矿、废石直接向下游排泄，在下游平缓宽阔处堆积，目前部分窿口前的排渣场并未进行有效的防护措施。威胁新华选厂尾矿坝所在沟谷下游约300m沟口山坡上的10多户居民(约80余人)。预测废石场、尾矿库引发泥石流地质灾害的可能性中等。

3.1.4 引发地下水污染地质灾害预测

本矿山为铅锌矿床，矿坑水中含有Pb、Zn、Cu等重金属及其离子。区内存放于尾矿库的大量的尾矿、废水，SS含量较高。尾矿库底部、坝体均未做任何防渗处理。随着采矿工程的进行，尾矿库的废水、尾矿会逐渐增多，尾矿库底部为寒武系砂岩夹页岩，基岩及坝体(特别是堆砌坝)均不具备天然的防渗性，尾矿库有害尾矿、废水可能向下游渗漏，污染下游地下水(地表水)。另外，在特大暴雨或长时间降雨时，若是防洪不及时或是防洪措施不当，冲沟两侧斜坡上大量雨水汇集于尾矿库，尾矿库的尾矿、废水可能溢出尾矿库，扩大污染范围。有害废水渗漏会对尾矿库下游约300m处有居民居住和部分农田造成危害。鉴于评估区各窿口前和两尾矿库坝前都建有净化池，渗出的废水经过沉淀澄清后排放。预测采矿引起地下水污染可能性中等。

3.2 矿山建设可能加剧的地质灾害预测

区内H1、H2滑坡尚可见有少量砂岩的碎块从滑坡后缘陡壁上滚落，H3、H4滑坡后缘发育有3~10cm的张裂隙，显示4处滑坡仍处于不稳定状态。在运矿车辆及采矿爆破震(振)动下以及暴雨作用下有可能导致滑坡的土体内聚力下降使H1、H2、H3和H4滑坡规模进一步扩大。

4 本区地质灾害防治措施

地质灾害的防治必须坚持以预防为主、避让与治理相结合和全面规划、突出重点的原则，因势利导，因害设防，各种防治技术相结合，以达到减灾的目的。为此提出以下防治对策：

(1)对于区内4处滑坡进行监控；其中，对H2、H3滑坡应先予以清除，同时作好坡顶坡面的防、排水工作；对H4滑坡应填土稳固其所在运矿公路路基，以确保其稳定性。

(2)区内现有的人工边坡(P1~P15)均属潜在崩塌、滑坡地质灾害潜在发生区段。对于堆土边坡，应及时做好边坡的支挡和削坡，在暴雨季节，做好坡顶、坡面的截水防渗工作，并因地制宜的在边坡前缘设置挡土墙；岩质边坡，应按将边坡坡角削至稳定边坡角范围以内，P7边坡稳定角51°，P11边坡稳定角69°，采用挡土墙按预测可能发生崩塌滑动方向的垂直方位处进行支护，防止边坡失稳产生崩塌、滑坡地质灾害。一旦发现有危及矿区的崩塌、滑坡地质灾害及其隐患时，应先组织人员撤离。

(3)为预防采空区地面沉陷、塌陷，可利用废弃石方对采空区进行回填。应合理控制矿床开采的爆破炸药用量，以减少采空区地面沉陷灾害的发生。禁止任何单位和个人在预测的岩石移动范围内进行各类工程施工。

(4)排渣场、尾矿库下方的坝体要加高加固；并维护和进一步完善排渣场、尾矿库所在冲沟上边坡及两侧的排水沟，防止山坡上部的雨水汇入排渣场、尾矿库，最大可能的减少发生泥石流地质灾害。为保证矿区内矿坪和排渣场的安全，应尽量减少矿区内矿石及废渣的堆放量，并在矿坪和排渣场的上方设置截水沟，在下部修筑阶梯式砰砌石或浆砌石拦砂坝，并进行有效的维护和监管，以减少地表水对沿坡堆放废(矿)石冲刷，降低泥石流地质灾害发生的概率。闭矿后，应及时对矿山进行修整和复垦绿化工作，防止发生水土流失。

(5)在尾矿坝下设尾矿、废水收集池、监测池。废水尽量循环使用，若要排放，需经过化学处理，充分沉淀达标后才能排放，避免污染下游地下(表)水质。

5 结语

本文进行了该区地质灾害现状论述以及对崩塌、滑坡、采空区地面沉陷、塌陷、泥石流和地下水污染等地质灾害的进行了预测研究，并在此基础上提出了切实可行的防治措施，对今后的蒙山县油麻冲铅锌矿地质灾害防治工作具有一定的指导意义。

表1 主要矿脉开采的采空区变形值及塌陷程度估算一览表

矿脉名称	D_1(m)	D_3(m)	H(m)	n_1	n_3	α(°)	M(m)	W_{max}(mm)	i_{max}(mm/m)	K_{max}(10^{-3}/m)	ε_{max}(mm)	U_{max}(mm/m)	H_m(m)
4#	350	600	150	2.30	4.0	58	0.95	330	4.72	0.103	148.38	3.224	2.24
32#	350	238	200	1.75	1.2	68	0.75	180	1.93	0.032	85.58	1.857	2.50
45#	70	176	40	1.75	4.4	75	0.60	160	8.58	0.699	78.96	1.713	2.90

D_1、D_3：采空区沿倾斜方向和走向方向的长度；H：平均采深；n_1、n_3：倾斜方向和走向方向的采动系数；α：平均倾角；M：矿体平均厚度；W_{max}：最大下沉值；i_{max}：最大倾斜值；K_{max}：最大曲率值；ε_{max}：最大水平移动值；U_{max}：最大水平变形值；H_m：垮落带高度。

参考文献

[1] 广西贺州市平桂设计院.广西蒙山县陈塘油麻冲矿区铅锌矿开采设计说明书[R].广西贺州：广西贺州市平桂设计院，2006：1~2.