

文章编号:1673-0062(2009)01-0041-04

某铜矿二次应力场的监测与分析

张 雯, 曹 平

(中南大学 资源与安全工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要: 岩体的应力测量包括岩体初始地应力量测和洞室围岩应力量测, 是现代岩体力学研究的重要组成部分, 可为了解岩体稳定程度提供重要参数, 为地下工程开挖提供设计参数. 以某铜矿为例, 首先测定原岩应力, 矿区属中等级别的应力区; 再采用光弹应力计监测岩体二次应力, 结合观测数据, 找出二次应力变化导致采场应力集中的部位, 采取措施, 使应力局部得到部分释放, 再进行施工, 以保证生产的安全进行, 提高劳动生产率.

关键词: 原岩应力; 二次应力; 铜矿

中图分类号: TU459+.4 **文献标识码:** B

Monitoring and Analysis of the Secondary Stress of Copper Mine

ZHANG Wen, CAO Ping

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

Abstract: The rock mass stress measurement includes the rock mass initial stress gauging and the secondary stress gauging on the wall rock of grotto. It is the important component of the modern rock mechanics research. And it may provide the key parameter for understanding the rock mass stable degree, so as to provide the design variable for the understructure work excavation. Taking the copper mine as an example, first of all, we measured the rock stress. Mine is a medium - stress zone. Then the secondary stress was monitored by the photo - elastic stress gauge; combined with the observation data, we can discover the spot where the secondary stress changes so as to induce the stope stress concentrate, and take measures to release the partial stress. The safety in production can be guaranteed, the productivity of labor can be raised.

Key words: the initial stress; the secondary stress; copper mine

围岩二次应力测量包括对某一相对稳定时期的围岩应力量测和围岩应力变化量测. 矿山井下生产形成采空区, 大爆破以及巷道的开挖, 都会造成原来岩体稳定状态的改变, 对工程岩体造成一

定程度的扰动, 这样必然使围岩应力状态重新分布; 对工程岩体受扰动前后的应力状态进行监测, 了解围岩应力的重新分布情况, 可以为围岩稳定性的分析提供依据. 目前常采用的围岩应力量测

收稿日期: 2008-10-23

作者简介: 张 雯(1984-), 女, 安徽淮北人, 中南大学硕士研究生. 主要研究方向: 岩土工程、岩石力学.

可分为两类:测量原岩应力时普遍采用应力解除法;应力恢复法常用于洞壁表面量测受开挖扰动的次生应力场^[1]。

某铜矿矿体埋藏深,水文条件复杂,加上采场回采周期加长,采场区暴露时间增加,采场稳定性变差,围岩与矿体的原始应力就会重新分布,这将产生不同程度的应力集中,从而导致岩体产生变形、位移和崩塌等地质现象;而应力过度集中是造成矿山岩体破坏的根本原因。因此,在采矿生产中,应进行不断加强岩体二次应力监测工作。本文以该矿山为例,提出一套适用矿山围岩二次应力测量的监测技术,为了解岩体稳定程度进而开挖井下工程提供重要设计参数,改善恶劣的开采环境,减少地质灾害事故的发生并优化采掘设备参数,最大限度地减少矿产资源的损失,确保安全生产。

1 二次应力监测

根据岩石(体)力学理论,埋藏在地下的矿体和围岩在开采前是处于自然平衡状态的(或称相对平衡状态)。当在围岩及矿体内进行掘进或开采,形成了不同深度水平方向延伸的各种井巷、采场的时候,这种自然平衡状态就会受到扰动,原有的平衡状态就会有不同程度地破坏。在岩体自重应力、构造应力、地温、地下水和人为采掘活动等诸因素的作用下,围岩与矿体的原始应力就会重新分布,这将会产生不同程度的应力集中,从而导致工程体产生变形、位移和崩塌等地质现象;而应力过度集中是造成地下工程岩体破坏的根本原因^[2]。

岩体受到扰动后,新出现的应力场称为次生应力场。次生应力场将引起岩体变形、破坏和移动。在采矿生产中,应不断进行应力监测工作,确保安全。岩体的应力测量是现代岩体力学研究的重要组成部分,自从1969年国际岩体应力测量会议以后,几乎所有国家的岩体力学研究机构、高等院校都非常重视研制和使用有效的岩体应力测量手段。经过精心的研究,取得了卓有成效的成果,如B. A. madei于1982年提出了岩石各向异性情况下应力量测的计算方法,并于1983年系统阐述了岩石各向异性线弹性理论。我国学者颜荣贵等经过多年研究,建立了针对横观各向同性的各向异性体应用三轴应变计套孔应力解除求解测点原岩应力的量测方法与计算公式体系,从而使目前国内通用的各向同性岩体中套孔应力解除的原

岩应力量测成为特例。但这些理论基本只适用于横观各向同性的各向异性岩体,并不适用于所有类型的各向异性岩体,所以仍然不符合自然界岩石的真实情况,因而充分考虑岩石的非线形、非均质和不连续性,建立起适合岩体非线性弹性和线粘弹性的分析方程,以提高岩体应力量测的精度是今后岩体应力量测理论研究的发展方向。

根据监测的目的和内容以及该铜矿岩体的岩石力学特性以及铜矿历史和现在的实际生产中的地压显现情况,本次围岩应力监测选择以光弹应力计为主,空芯包体三轴应变计、压磁应力计、振弦应力计配合使用的监测方法。由江西理工大学研制的光弹应力计^[3]是一种测量岩体应力变化的元件,它是一个具有反射层的玻璃中空圆柱体,使用时,借助于砂浆或其它粘结材料,粘结在岩体的钻孔内,使它的外圆周界面与孔壁紧密接触。光弹应力计作为围岩应力变化的一种转换元件,能显示出明显的应力条纹(等差线图),用光弹应力计可进行观测,再对照标准条纹图,可计算出岩体二次应力变化情况。光弹应力计在矿山常规监测中应用多年,技术成熟,数据分析可靠安全,并且在实际应用中有很成熟的经验;经过多年的应用,应用光弹应力技术测量该铜矿岩体的二次应力变化情况在技术上是可靠的,在经济上是合理的。

2 工程实例

2.1 监测范围

该铜矿位于“淮阳山字型构造”前弧的东翼,北面临“郟庐断裂带”,南近沿江破碎带,矿区外围属“洪镇帚状构造”的一部分,受其控制,向北撇开,向南收敛,区域构造以旋卷运动为特征。矿区构造简单,规模较小,主要形成燕山期后,包括龟形山背斜和F1断层等压性构造,构造线走向 $N10^{\circ} \sim 15^{\circ}W$,显示燕山期后矿区地质体东西向承压的特点^[4]。总之,根据矿区构造的剖析,矿区最大主应力的方向应是近东西向的。

该铜矿采用大直径深孔采矿嗣后充填采矿法开采1号矿体,回采矿房用胶结充填,回采矿柱用水砂充填。矿区矿房矿柱布置见图1。监测对象为铜矿1号矿体某一矿柱,根据试验采场的实际的开采情况和具体开采方案,监测范围上下为-460 m中段水平至-619 m中段水平。再根据前期地压研究成果和围岩二次应力分布规律,开采过程中采场岩体二次应力变化的影响范围大小约在60~70 m左右;而矿柱两侧根据深部矿体回采

的进度情况,布点进行监测^[5].

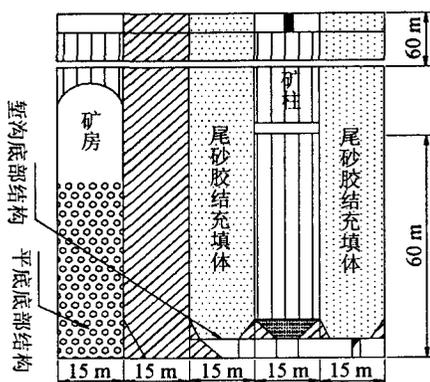


图 1 矿区矿房矿柱布置图

Fig. 1 The arrangement diagram of the rooms and jamps of diggings

2.2 原岩应力场

岩石中的应力,按开挖前后划分为初始应力和次生应力.初始应力也称为原岩应力,它来源于地幔对流、岩体自重等.目前,原岩应力测量方法很多,但适合矿山应力测量的主要方法之一是空心包体应力法^[6].这种方法在一次套心测量中可以获得三维应力状态.本次铜矿地应力测量使用的就是空心包体应力法.

根据测量结果来看,该矿区的原岩应力场在量级、方向上主要受区域地质构造控制.地应力以水平应力为主,水平应力大于铅直应力.在-580 m中段,最大主应力的量级约为 24 MPa,最大主应力方向由 NE 到近 EW 向,最大主应力在-280 m平面近东西向,与水平面呈小角度相交,在-400 m平面有了一定变化,以北东-南西向为主,与水平面的交角也有所增加,最大主应力的量级在 12~18 MPa 之间,测量结果与地质构造推断的区域构造应力场比较吻合.该矿区属中等级别的应力区^[4].

2.3 二次应力监测

矿柱回采时的岩体二次应力的监测^[7],根据位置和精度要求的不同,采用国产光弹应力计为主要监测手段,国产空芯包体三轴应变计和振弦式单轴应力计配合使用,以保证测量精度和不同的测量要求.在该矿区的-619 m、-580 m、-560 m、-510 m中段由某一矿柱开始,向西在相邻第一个矿柱布置一条穿脉测线,再由该矿柱向东在相邻两个矿房各布置一条穿脉测线,每条测线分别在采场上下盘各布置一个光弹应力计测点,在穿脉测线内布置一个振弦应力计测点:振弦应力

计测点孔深为 20 m,埋设 1 个探头.在-619 m中段和-580 m中段采用光弹应力计进行观测.在-560 m、-510 m中段该矿柱凿岩洞室中线布置一条测线,每条测线分别在上下盘布置一个光弹应力计或空芯包体应力计测点,空芯包体应力计测点孔深 10 m;在测线内布置 1 个空芯包体应力计测点,配以单轴振弦式应力计,测量岩体三维应力,测点测孔深 10 m.

测试频率:在该矿柱凿岩洞室,出矿巷道掘进前和采场每次大爆破前,对采场或洞室所在终端机上部中段的相邻两个矿房进行一次应力测量.在该矿柱凿岩洞室、出矿巷道成狂吼和采场每次大爆破后的第 1~2 天内,对采场或洞室所在中段及上部中段的相邻两个矿房进行一次应力测量.此后一个月内,每周对采场或洞室所在中段及上部中段的相邻两个矿房进行一次应力测量.每月对所有应力测点进行一次观测^[5].

3 应力计测点监测结果分析

根据观测结果和分析曲线图可以很明显的看出:初期,-580 m中段该矿柱上盘位置的 2 号测点应力变化较大,由 0.41 MPa 上升到 2.17 MPa.而当其他测点应力大幅度上升,由 0.82 MPa 上升至 2.67 MPa 时,上盘 2 号测点则在此期间缓慢上升,由 2.17 MPa 上升至 2.96 MPa,见图 2.

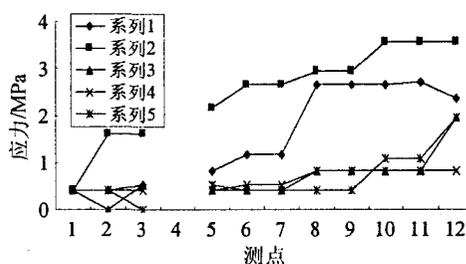


图 2 -580 m中段应力计测点计算结果分析曲线图

Fig. 2 The analyze curve of the result of the stress apparatus at the -580 m middle segment

监测中期起,-560 m中段布置在该矿柱上下盘的 4 号、5 号测点应力变化不大,在相邻矿房上盘的 3 号测点在爆破上采到-580 m前,应力变化也不大.之后,应力迅速上升,由 0.54 上升到 7.11,见图 3.这表明,由于上采,采空区扩大,采场西帮上盘岩体应力集中.另外,凿岩洞室内布置的 4 个测点应力变化也较大,其中一个测点在第一次爆破后,应力迅速上升,但在爆破前,应力略有下降,破顶后,应力急剧上升,出现应力集中.同

时,在破顶后,布置硐室间点柱上的另一个测点应力也迅速上升.这表明,采场顶板中部岩体随着爆破出矿,采空区高度的增加,应力集中程度增大,破顶后,顶板下盘岩体应力集中.

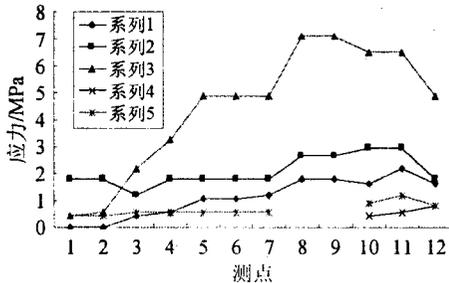


图3 -560 m中段应力计测点计算结果分析曲线图

Fig. 3 The analyze curve of the result of the stress apparatus at the -580 m middle segment

监测后期,大部分测点应力值逐渐上升,这与该矿柱大量出矿,采空区逐渐增大有关.后略微有些下降,这表明随着局部应力的释放,应力集中区开始向深部转移;由此可见在采场大量出矿阶段,采场底部应力变化不大,仍为高应力区,采空区两帮为卸载区,采空区顶部仍为应力集中区,若顶板应力变化不大,则岩体尚属稳定,若顶板应力在出矿阶段急剧上升或下降,则又可能发生冒顶.在生产当中,应加强地压得监测工作^[5].采场顶板中部岩体随着爆破出矿,采空区高度的增加,应力集中程度增大,破顶后,采场顶板下盘和西帮上盘岩体应力集中,采场底部自采场回采以来,一直为应力集中区.

4 结论

1) 采场回采是引起岩体二次应力变化的主要原因.随着采场的上采,采场底部围岩出现应力集中,尤其是在底部的下盘,应力急重程度更高;而采空区上部岩体应力则随着采空区的扩大,爆破空区顶板位置的上移,逐渐变升高,即在采空区顶板附近出现应力集中区,应力变化速度较快,且在距采空区顶板位置约20~30 m左右的区域内,应力变化明显.

2) 在采场大量出矿阶段,采场底部应力变化不大,仍为高应力区.采空区两帮为卸载区,采空区顶部仍为应力集中区,若顶板应力变化不大,则岩体内部尚属稳定,若顶板应力在出矿阶段急剧上升或下降,则有可能发生冒顶.

3) 采场在充填期间,其底部仍为应力集中

区,应力变化不大,岩体一般较为稳定,采场两帮仍为卸载区,而采场顶板则由于矿石放空后,采场两帮和顶板的应力变化不会很大,应力状态将有所改善^[8-10].

根据以上分析,笔者认为:

1) 爆破出矿阶段和大量出矿阶段,应采用控制爆破技术,减少爆破振动对岩体的破坏;

2) 加大采矿强度,强采强出,缩短采空区岩体的暴露时间.

3) 在高应力区(如局部出现轻微岩爆现象等症),应采取的措施(如采用超前钻孔释放应力或向工作面岩壁上喷水等措施),使应力局部得到部分释放,再进行施工,以保证生产的安全进行.

4) 在充填阶段,应尽早开始充填,并在保证充填质量的前提下,加大充填强度,以缩短采空区岩体的暴露时间,改善采空区围岩应力状态,维护围岩体稳定.

另外,目前应力测量方法基本只适用于横观各向同性的各向异性岩体,并不适用于所有类型的各向异性岩体,所以仍然不符合自然界岩石的真实情况,因而要充分考虑到岩石的非线性、非均质和不连续性,建立起适合岩体非线性弹性和线粘弹性的分析方程,以提高岩体应力量测的精度是今后岩体应力量测理论研究方向.

参考文献:

- [1] 董 诚,王连捷,杨小聪,等. 安庆铜矿地应力测量[J]. 地质力学学报, 2001, 7(3): 259-264.
- [2] 王文星. 岩体力学[M]. 1版. 长沙: 中南大学出版社, 2004.
- [3] 王连捷. KX-81型空心包体式地应力测量计[C]//地质力学书刊编辑部. 地质力学文集第八集. 北京: 地质出版社, 1988.
- [4] 张子海. 安庆铜矿的地应力测量与研究[J]. 有色矿山, 1996(6): 16-19.
- [5] 安庆铜矿. 安庆铜矿达产达标总结报告[M]. 安庆: 安徽铜都铜业股份有限公司安庆铜矿, 2001.
- [6] 王连捷, 潘立宙, 廖椿庭. 地应力测量及其在工程中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [7] 靳晓光, 王兰生. 地下工程围岩二次应力场的现场测试与监测[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(5): 651-653.
- [8] 祝禄发. 人工壁柱房柱法采场地压的发展及控制[J]. 金属矿山, 1994(12): 26-30.
- [9] 李俊平. 缓倾斜采空场处理新方法及采场地压控制研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(2): 356-356.
- [10] 李通林, 谭学术, 刘传伟. 矿山岩石力学[M]. 1版. 重庆: 重庆大学出版社, 1997.