

空区激光自动扫描系统(CALS)的研究与应用

张新光¹, 张金龙¹, 朱和玲²

(1. 洛阳栾川钼业股份有限公司, 河南 栾川县 471542;

2. 中南大学 资源与安全工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要:地下采空区的存在严重威胁着露天开采作业安全。分析了采空区带来的安全隐患和主要危害,总结了当前采空区探测中使用的主要方法和手段。并以河南栾川三道庄钼矿为例,运用空区激光自动扫描系统(CALS)对以前地采留下的采空区进行了详细、系统的探测,基本查明了采空区的分布、大小和贯通关系,为该矿由地下生产转入露天开采的空区处理提供了相对可靠的决策依据。

关键词:空区激光自动扫描系统(CALS);地下采空区;空区探测

长期以来,我国的许多矿山采用空场法、留矿法等开采方法形成大量的采空区,特别是自20世纪80年代以来的民采群空区,更是大小不一、形态各异、层位复杂,而且由于设计资料不全、丢失或不足,很多采空区无法确定其位置和边界。这些未经处理的采空区,受地压、岩石风化及爆破震动的影响,致使矿山开采条件恶化,引起矿柱变形,相邻作业区采场和巷道维护困难,井下大面积冒落、岩移及地表塌陷等,更为严重的是空区突然垮塌的高速气浪和冲击波造成的人员伤亡和设备破坏,成为影响目前矿山安全生产的主要危害源之一^[1],如广西大厂矿区、甘肃厂坝铅锌矿、铜陵狮子山铜矿、云南兰坪铅锌矿、广东大宝山矿、湖南柿竹园矿等许多矿山都存在大量的采空区。鉴于此,科学地探明地下采空区的即时状态和空间性状,为空区安全治理和资源回采提供准确的设计依据已成为矿山、工程建筑和交通领域的迫切需要^[2]。

目前,国内外关于采空区的探测方法尚无成熟的技术与经验可供参考。在实际工作中,通常是首先收集相关资料和进行现场调查,然后利用各种物探方法进行探测,最后以钻探方法来验证,这种方法不但成本高昂,而且只能给出地下钻孔处的离散数据;近年来发展起来的地球物理方法显示出较强的地层信息揭示能力,主要有高密度电阻率法^[3,4]、地震波法、探地雷达法^[4]和激光3D法^[5,6]等。本文作者通过总结上述空区探测方法与经验,在生产实践中运用空区激光自动扫描系统(CALS)这一新技术,精密探测空区的空间性状和形态,目前已在栾川三

道庄钼矿进行了现场试验,测试效果良好,为地下空区的低成本、快速、准确探测提供了可能。

1 矿山概况

洛阳栾川矿区是我国四大钼矿床之一,也是世界上钼金属储量在500 kt以上的6个特大型钼矿床之一,钼金属储量为2060 kt;而三道庄矿区探明的钼金属量在600 kt以上。经过多年开采后,至2002年底,三道庄矿区保有钼金属储量仍然有近600 kt。三道庄钼矿区的开采已有30多年的历史,20世纪70年代至80年代初期,先以小规模地下开采;80年代中后期出现无序地下民采;90年代形成以乡镇和集体企业为主的乱采乱挖现象。根据现有地采空区图纸资料,截止2004年底,地下开采已形成的空区总体积为12213.6万m³,已采出矿量27618 kt,钼地质品位为0.205%。地采空区主要分布在1160~1364 m标高,1400 m和1420 m标高水平也有大面积的空区分布。这些空区严重威胁着露天矿的安全生产,如何安全有效地处理这些空区成为公司亟待解决的问题^[7,8]。

2 采空区探测新技术

2.1 空区激光自动扫描系统

一般来讲,探测方法的选择除考虑其准确性外,还应考虑其可行性和适用性;事实上,任何一种方法的测试效果均受到实际地形、地质条件及矿岩介质的基本物理力学性质的限制和影响。栾川钼矿残留的采空区由于年代久远,受岩石风化与破坏作用的

影响,采空区界限大多发生了变化,原有的采矿通道大多已不能直接进入进行勘测,而掘进新巷与清理废旧巷道的成本高,施工不安全。对现有空区探测方法进行技术经济比较,发现空区激光自动扫描系统(CALS)具有以下独特的优势。

(1) 直径仅为 50 mm,所以可通过钻孔进行配置用于地下空隙和洞穴勘测,可测量空隙的三维形状,同时也可以测量地面反射率(见图 1)。

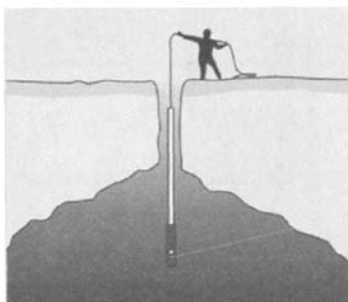


图 1 探测示意

(2) 能利用“飞行时间”激光测量技术来测量从岩石地面到其他地面等,无需在目标上放置反射器。这样能对某些不可接触区域,如对放矿溜道和洞穴处进行精确测量。

(3) 电动双轴扫描头可确保全方位 360°扫描覆盖高达 150 m 范围内的整个空间。数据捕捉率可达每秒 200 点,而精确度为 ± 5 cm。

(4) 带有扫描头的 CALS 系统装有一个数字指南针,以及纵倾和横摇传感器。这样,在仪器扫描时就可以精确地确定其本身的定位和朝向,并确保所产生“点云”内的每个点都能被正确地定位。

(5) CALS 系统可装配一个可选红外线钻孔摄像头,能精确测量轴环和钻孔“断层”点之间的距离和检查钻孔的状态。

(6) 数据遥测系统能将所有测得的数据传回地面控制设备,此设备与 CALS 控制软件的手提电脑相连接,可远程控制设备,而 ModelAce 软件能处理由 CALS 控制软件产生的原始扫描资料和 Boretrak 文件,对其进行编辑、查看并且导出到第三方建模和 CAD 套件。

针对三道庄矿区采空区分布特征与地质地形条件,经过综合技术比较,最终确定采用空区激光自动扫描系统(CALS)探测空区。

2.2 探测原理与技术

CALS 最初于 1996 年引进市场,它是世界上第

一款能通过地上钻孔对地下空间进行扫描的装置,该项技术已在很多条件恶劣的地下测量实践中得到了验证,并在全世界得到广泛使用。空区激光自动扫描系统(CALS)主要由硬件部分和软件部分组成。硬件部分包括探头、钻孔摄像头、标准加长件、两节加长件、地面装置、电缆、Boretrak 探杆、三脚架、绞车、电线导线以及搬运箱等,其中 Boretrak 探杆是专门为了在磁性区域配置 CALS 而设计的,因为在磁性区域禁止使用指南针来决定探头车朝向,在磁性环境下 Boretrak 探杆将提供最精确和稳定的 CALS 定位方式,CALS 系统探头见图 2。软件部分主要指与 CALS 系统配套的控制软件 CALS - Control Software,其操作界面见图 3。

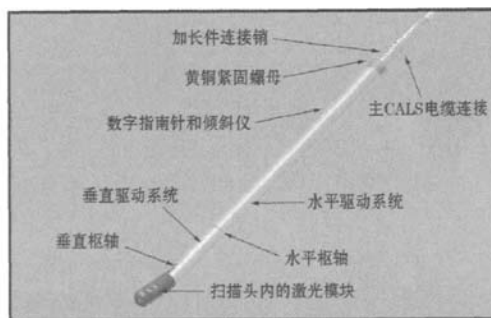


图 2 CALS 系统探头

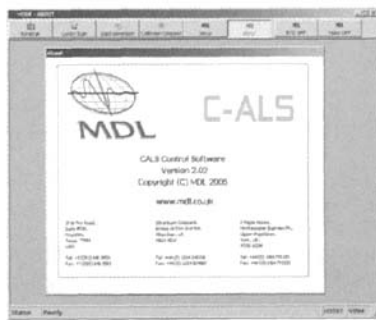


图 3 CALS 控制软件

CALS 系统探头的工作原理就是依靠激光定位,光线从光源发射到前面的某个目标就反射回来,用高速电子电路测定其间经历的时间,并以此来测定光源至目标的距离。空区激光自动扫描系统(CALS)依靠遥控装置控制探头测定数据,通过电缆等传输设备输入到控制软件中进行数据转换,生成空区三维模型,也能将数据导入到 SURPAC、VULCAN、AutoCAD、DATAMINE 等软件中,进行采矿设计和稳定性分析,其工作流程见图 4。

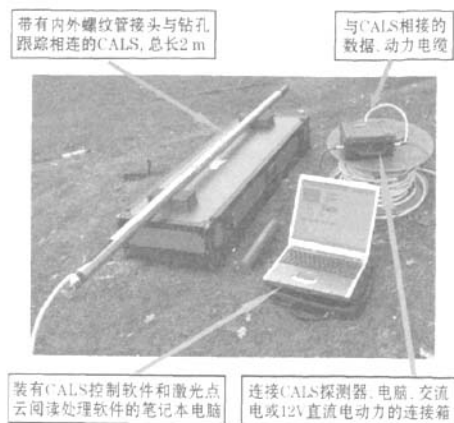


图4 CALS 系统工作流程

3 现场试验

中南大学资源与安全工程学院和三道庄矿相关人员于2006年8月对洛钼集团三道庄矿区露天坑底下的部分采空区进行了演示性的探测。为了验证空区自动激光扫描系统的有效性,选择从4个不同位置的钻孔进行探测。钻孔1、钻孔2、钻孔3布置在露天坑底,钻孔4布置在露天境界外的地表。其中:钻孔1打至地下采空区,孔深60 m;钻孔2打至一裂隙,孔深20 m;钻孔3仅是一钻孔,孔深8 m;钻孔4打至地下采空区,孔深40 m。在探测过程中,空区自动激光扫描系统靠其前端内置的红外摄像机准确的指出钻孔2和钻孔3的情况。图5为导入SURPAC中的钻孔1下的采空区,该空区是矿山常规开采留下的比较规范的采空区,长、宽大致相当,水平方向上最远两端相距61 m,高约10 m,是三道庄矿以前地下开采所留的典型的采空区形状。

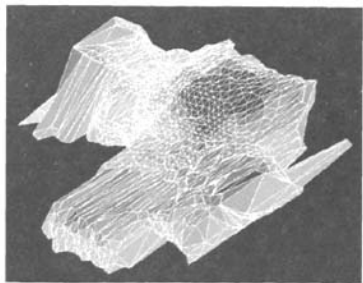


图5 SURPAC中1号钻孔下的采空区

图6为在空区自动激光扫描系统激光点云编辑软件中显示的钻孔4下的采空区,此空区是乱采滥挖留下的不规则空区,竖直方向上最远两端相距约8 m,水平方向上最远两端相距约42 m,在空区自动

激光扫描系统激光点云编辑软件中可以很清晰的看到空区内的凹凸状况。通过上述4个钻孔的探测,充分验证了空区自动激光扫描系统非常适合对三道庄钼矿地下采空区进行精密的三维探测。



图6 软件中4号钻孔下的采空区

4 结 语

一年多来,运用空区激光自动扫描系统(CALS)探测三道庄矿露天矿地下采空区,获得了地下一定深度的采空区三维图像,表明用CALS方法能实现复杂地质和无水条件下矿床内采空区的精确定位,能克服其他探测方法存在的安全性差、劳动强度大、速度慢、成本高、探测不准等弊端。同时,也结束了靠打大量的探测孔来推测空区大小的时代,为空区处理提供了可靠、直观的数据,提高了矿山生产安全性,为企业创造了巨大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 李庶林. 论我国金属矿山地质灾害与防治对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4): 44~48.
- [2] 刘敦文, 古德生, 徐国元. 地下矿山采空区处理方法的评价与优选[J]. 中国矿业, 2004, 13(8): 52~55.
- [3] 李夕兵, 李地元, 赵国彦, 等. 金属矿地下采空区探测、处理与安全评判[J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(1): 24~29.
- [4] 黄仁东, 徐国元, 刘敦文. 金属矿隐患空区探测技术综合分析[J]. 矿业研究与开发, 2006, 26(S2): 82~86.
- [5] 过江, 古德生, 罗周全. 金属矿山采空区3D激光探测新技术[J]. 矿冶工程, 2006, 26(5): 16~19.
- [6] 罗周全, 刘晓明, 等. 采空区精密探测技术应用研究[J]. 矿业研究与开发, 2006, (S2): 87~90.
- [7] 李发本, 刘志祥, 石志纯. 地下转露天空区探测研究[J]. 采矿技术, 2006, 6(2): 53~54.
- [8] 石志纯, 赵国彦, 李发本. 地下复杂采空区的探测[J]. 采矿技术, 2005, 5(4): 103~104.

(收稿日期: 2008-07-16)

作者简介: 张新光(1982-), 男, 湖南永州人, 助理工程师, 从事采矿与安全工程技术研究, Email: zxxg-1219@163.com。