

金属非金属地下矿山采空区治理措施研究

廖文斌, 段雁飞, 段佳乐

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘要:采空区是存在于金属非金属地下矿山工程施工过程中的重大风险,其严重影响到金属非金属地下矿山开采施工的安全,因此,对采空区进行治理是金属非金属地下矿山必须采用的风险控制手段。对采空区治理采用的措施研究是金属非金属地下矿山施工的一个非常重要的课题。阐述了对金属非金属地下矿山采空区治理的实际过程,对采空区的危险性和影响其稳定性的因素进行了分析并提出了一些对采空区有针对性的治理措施。

关键词:金属非金属地下矿山;采空区;危险性和稳定性分析

中图分类号:TD7;TD8;TD1

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2023)增2-0091-03

Study on Treatment Measures for the Goaf Areas in Metal and Non-metal Underground Mines

LIAO Wenbin, DUAN Yanfei, DUAN Jiale

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: The goaf is a major risk in the construction process of metal and non-metal underground mines, which seriously affects the safety of metal and non-metal underground mining construction. Therefore, the treatment of goaf is a necessary risk control means for metal and non-metal underground mines. The study of goaf treatment is a very important subject in the construction of metal and non-metal underground mines. This paper expounds the actual process of goaf treatment in metal and non-metal underground mines, analyzes the risk and factors affecting stability, and puts forward some specific measures.

Key words: Metal and non-metal underground mine; Goaf; Hazard and stability analysis

1 概述

塔中矿业井巷工程位于塔吉克斯坦卡拉库姆市阿尔登-托普坎塔中矿业公司铅锌矿区,距离塔国首都杜尚别约400 km,距离塔国第二大城市胡占德(苦盏)约100 km。该矿区为前苏联时期塔吉克斯坦的一座大型铅锌矿,拥有派布拉克、阿尔登-托普坎、北阿尔登-托普坎、恰拉塔4个铅锌多金属矿采矿权,以及巴雅尔别克、别列瓦尔、乌茨卡特雷3个铅锌多金属矿探矿权,保有矿石资源储量约1.1亿t。该矿区于2006年由塔中矿业开始恢复生产,对阿尔登-托普坎、派布拉克、北阿尔登-托普坎3个铅锌矿区进行开采,采选能力已达400万t/a,至今已采出的矿石量超3000万t。

该矿区的矿床类型主要为矽卡岩型,主要含矿部位为层状与透镜状矽卡岩矿体,赋存于花岗闪长斑岩岩脉与石灰岩接触带。矿区水文地质类

别为中等,工程地质条件属中等复杂程度。巷道两帮、顶板以及矿体上下盘围岩多为花岗闪长岩、灰岩、变质砂岩和变质喷出岩,含矿岩石为矽卡岩,矿山中大面积区域的岩石受强烈构造破坏形成矿岩中的衰减带,导致矿山局部巷道内出现塌落和坍塌现象,其上、下盘围岩及含矿岩石一般属中等稳定岩石,局部构造带上的岩石稳定性较差。其岩石硬度系数分别为:矿石: $f=8\sim 12$;砂岩、矽卡岩: $f=10\sim 12$;灰岩: $f=6\sim 10$;花岗岩: $f=12\sim 14$ 。

金属非金属矿山的采空区具有隐蔽性,自身失稳造成的直接灾害及次生灾害种类繁多,危害极大^[1]。在金属非金属矿山中,由于地压的作用,采空区极易出现冒顶片帮,其为采空区动力失稳的主要表现。经过长时间的搁置,采空区的稳定性会越来越差,甚至可能诱发二次灾害,例如空气压缩流、岩体崩落、地表塌陷等,将造成人员和设备不可估量的损失。金属非金属地下矿山采空区

收稿日期:2023-09-20

可能导致的各类灾害情况见表1^[2]。

2 地下矿山采空区的形成及具有的特征

表1 采空区灾害主要类型归纳表

| 类别 | 危害形式 | 发生原因 | 影响范围 |
|----------|------|-----------------------|-------------------|
| 直接 影响 | 冒顶片帮 | 采空区围岩失稳 | 地下矿局部作业区域人员、设备 |
| | 冲击气浪 | 采空区坍塌急剧压缩空气 | 地下全矿的人员、设备与设施 |
| | 矿震 | 采空区坍塌造成机械冲击气浪及岩爆的复合作用 | 地下全矿的人员、设备与设施 |
| | 突泥突水 | 采空区内积水、泥浆突然涌出 | 地下全矿的人员、设备与设施 |
| | 自燃 | 采空区内氧化反应的热量无法消散 | 地下矿局部作业区域人员 |
| | 串风 | 部分新鲜风流进入采空区 | 地下全矿的人员、设备与设施 |
| | 岩爆 | 采空区加剧了应力集中 | 地下矿局部作业区域人员、设备与设施 |
| 间接 影响 | 地面坍塌 | 采空区坍塌或顶板变形发展至地表 | 采空区上方人员与设施 |
| | 滑坡 | 采空区坍塌或顶板变形发展至地表 | 采空区上方山体 |

2.1 采空区的概念及特征

目前对于采空区的定义并没有统一的规定。《矿山安全术语》GB/T 15259—2008中将采空区定义为“采矿以后不再维护的地下和地面空间”，而《采空区工程地质勘察设计实用手册》中则将采空区定义为“人们在地下大面积采矿或为了各类目的在地下挖掘后遗留下来的矿坑或洞穴”^[3]。采空区与地压关系密切，而地压通过采空区可以形成灾害，因此，采空区具有诱发地压灾害的风险。金属非金属地下矿山中所指的采空区侧重于矿体开采完成之后留下的空间。

金属非金属地下矿山采空区具有的特征：

- (1)在矿山采掘过程中形成，为作业之后遗留的空间；
- (2)具有诱发地质灾害的风险；
- (3)随开采作业变化。

2.2 采空区的分类及其具有的特性

采空区按照不同的分类标准可以分为以下不同的种类并具备相应的特性。

(1)按照采空区的大小分类可以分为独立采空区和采空区群。独立采空区在空间位置上相距较远，采掘作业对其扰动频次低。因此，独立采空区的稳固性一般较好，但需要注意其体积大小和顶板暴露时间的长短对其稳固性的影响。采空区群在空间位置上分布密集，甚至采空区之间相互贯穿或只间隔矿柱。采空区群中的采空区之间相互影响，采空区群的稳定性取决于各个采空区之间的相对稳定。新采空区的形成会破坏采空区群中的力学平衡而导致其应力重新分布。采空区群是近距离采掘作业的结果，

采掘过程不断扰动围岩，其扰动范围和程度远大于单个采空区扰动相加。

(2)按照采矿方法分类可将采空区分为空场法采空区、充填法采空区及崩落法采空区。空场法采空区又可分为房柱法采空区、浅孔留矿法采空区和阶段矿房法采空区。房柱法采空区往往体积和表露面积较大、放置时间久；浅孔留矿法采空区体积较小、易于观测、形态狭长、暴露时间长；阶段矿房法采空区体积巨大、倾角较大，对其应及时进行处理。充填法采空区的体积往往较小且存在时间较短，稳定性相对较好；崩落法采空区的体积和形态均无法控制和预测，其位置隐蔽，难以探测，围岩裂隙发育，稳定性差，极易引起地表塌陷。

(3)按照采空区形成的时间分类可将采空区分为老采空区、现采空区和未来采空区。老采空区与现在生产系统的关联性极小。很多老采空区都是历史遗留的，其相关资料少或无，形态不清，情况不明，边界不明，治理难度大；现采空区是矿山地压管理的重点，必须严格控制其暴露时间及面积，及时进行处理；未来采空区尚未形成，一方面，可以通过研究岩层的移动对采掘工程的影响合理规划回收保安矿柱；另一方面，可以通过计算地表移动和形变的特征值提前对受影响的建筑物采取保护措施。

(4)按照采空区的形态分类可将采空区分为房状采空区和矿体原型状采空区。房状采空区前期较为规整，其有矿柱相隔，顶底板稳定性较好；经过进一步采掘后大片采空区相连，极易发生严重的地压灾害。矿体原型状采空区是小规模矿体采掘之后形成的采空区，其形状和矿体基本一致，

应及时进行处理。

(5)按照其与地表联通的分类可将采空区分为明采空区和盲采空区。明采空区是指顶板在人为或自然塌陷的情况下与地表贯通的采空区;盲采空区是指未与地表联通的采空区,出现大面积冒顶片帮时可形成速度为每秒数千米、压力为每平方米数十千克的空气冲击波,对井下建筑、设备和人员造成不可估量的损失。

3 影响采空区结构稳定的因素

3.1 采空区的结构

(1)采空区围岩结构类型。围岩的结构主要由结构面和结构体组成,它们对围岩的物理力学性质和被破坏时的受力变形过程起着决定性的作用,是采空区围岩稳定的最基本要素。

(2)采空区的围岩质量。采空区的围岩破碎程度、侵蚀程度、是否连续是采空区稳定的内在因素。围岩质量的高低直接决定采空区的稳定性。

(3)采空区的形态。影响采空区稳定性的直接性因素是采空区的形态,采空区的形态包括采空区的跨度、倾角大小、规模及边界等。

3.2 采空区的埋藏条件

(1)采空区的埋深。采空区的埋深是影响采空区稳定的变化条件;埋深的增加会导致采空区的应力集中和释放程度增加;埋深越深其地质条件越差,岩石性质越会发生较大改变,从而影响采空区的稳定。但是,当采空区的深厚比大于 150 倍时,其影响非常小^[4]。

(2)作业过程影响。两个相距较近的采空区围岩地压要比合并成大跨度采空区之后的地压显示更强烈。同时,在作业过程中,频繁的爆破作业也会对采空区的稳定性产生不良影响。

(3)地下水及温度影响。地下水和温度除了能对采空区埋藏条件进行影晌外,还会影响岩石的质量,是影响采空区稳定性的重要因素。

4 对采空区治理采取的措施

4.1 采空区的治理措施

4.1.1 采空区的基本处理方法

(1)崩落法:系指采用崩落围岩的方法处理采空区,具体可分为自然崩落法和强制崩落法。

(2)充填法:系通过对采空区进行充填以达到阻止围岩移动、控制地压的目的。

(3)支撑法:系采用永久矿柱对顶板进行支撑

的方法。

(4)封闭隔离法:系将采空区与生产区域封闭隔离起来,防止空区冲击波对生产区域产生危害的方法。

4.1.2 采空区联合处理方法

已知的联合处理方法有 5 种,分别为:

(1)支撑充填法即采用废石充填框架内的采空区,旨在维护空区之间夹墙的稳定性,防止大规模空场倒塌,以保证矿床回采的顺利进行。

(2)崩落隔离法为封闭、隔断放顶崩落区域与开采系统之间联系的方法。旨在释放部分顶板的应力并避免人员误入、风路混入崩落区而造成危险和损失。

(3)矿房崩落充填法采用的是先崩落采空区顶板,再胶结充填;或先胶结充填,在料浆尚未固结前崩落矿房顶板;或按前述两种方法进行多次操作。其所形成的胶结体比一般充填料形成的胶结体强度高 25%~30%,但其比一般胶结充填法降低充填成本约 30%~60%^[5],且控制地压和岩石移动的效果较好。

(4)支撑片落法是用矿柱(人工、天然)支撑隔离采空区,变大空区为小空区并通过自然冒落形成废石垫层的空场处理方法。

(5)控制爆破局部切槽放顶的技术要点:采用控制爆破,在顶板应力最大的地方进行切槽放顶,强制引起顶板冒落并尽可能使冒落接顶,从而使采空区小型化并与生产区域隔离、将废石排入处理过的采空区以削弱自然冒顶发生的可能,消除不安全分布的应力,消除或削弱冲击地压。

5 塔矿项目采空区采取的处理措施

由于阿尔登-托普坎铅锌矿区及北阿尔登-托普坎铅锌矿区是前苏联时期遗留下来的矿区,许多技术资料已经丢失,包括以前采区及巷道的相关图纸,导致项目施工区存在许多老采空区,从而大大增加了采空区治理的难度。已探明的老空区如下:

(1)高程 970 m 分层 1104-1 空区及 1104-2 空区;

(2)高程 1 276 m 分层空区;

(3)高程 1 105 m 分层 8201-1 空区。

由于高程 970 m 分层 1104-1 空区及 1104-

(下转第 105 页)

合,既为一个混合生产管理体系,就是一个整体,都是混合生产管理部门的员工,按照部门规章制度办事,同心奋进,做好本职工作。(2)建立起行业内参建单位及从业人员的履约诚信体系,进行强有力的硬约束,促使其主动、严格、良好地履约,以保证实现各项项目管理目标^[4]。按照岗位职责划分,制定岗位标准,对各个岗位明确工作职责、工作内容,特别是新岗位与原岗位工作职责的区别,承包方负责人按岗位职责管理、安排工作,不能因个别人员个性突出就安排给其他人员,不利于工作的开展;对工作敷衍了事的员工,应定期组织会议让其在部门人员面前汇报工作完成的进度和质量情况,并适时提出其工作的不足项,促使其提高对待工作的责任心。(3)制定细致化、科学化的标准,严格按照标准流程实施,使各人员在工作中同标准并互补,让工作团队以最少的人力投入获得最大的成果^[5]。

4 结 语

通过混合生产管理模式,在缓解内地发电企

(上接第93页)

2空区、高程1276m分层空区及高程1105m分层8201-1空区暴露时间较长,且其受到施工震动的影响,该区域内的岩体已经出现部分破坏的前兆,经研究,项目部技术人员认为该区域具备实现自然崩落的条件。通过自然崩落法,释放采空区的岩石应力,且该采空区周围崩落的岩石能够对其进行充填。

但为了防治以上空区在崩落过程中产生的冲击气浪对该区域人员和设备造成伤害,同时为了减少井下新鲜风流的损失,项目部技术人员采取了设置岩石阻波墙和混凝土阻波墙的方式将以上空区与生产巷道隔离开,保证了该区域作业人员、设备和设施的安全。

通过采取崩落隔离法对以上采空区进行处理,项目部技术人员对该区域较理想地进行了地压控制,取得了良好的治理效果。

6 结 语

采空区一直是金属非金属地下矿山开采过程中潜在的巨大隐患,随时可能对现场作业人员的生命安全和作业现场的设备设施产生巨大的威胁,因此,对采空区采取合适的方法进行治理是一

业成本压力的同时,主要解决了藏区水电站自有生产准备人员和运维前期人员不足的问题,在工程进度、工程质量、投产进度、人员吸收和培训等方面都取得了明显成效,为转成自主运维管理更加规范化、标准化、流程化打下了坚实的基础,最终实现共同发展。

参考文献:

- [1] 牟联合,冯升学.水电工程勘探项目管理模式探索[J].水电站设计,2018,34(3):36-39.
- [2] 程星顺.水电站生产运行管理策略[J].江苏科技信息,2016(10):52-53.
- [3] 彭毅.水电站运行维护一体化管理模式分析[J].大科技,2021(39):48-49.
- [4] 陈云华.大型水电工程建设管理模式创新[J].水电与抽水蓄能,2018,4(1):5-10+79.
- [5] 竺强,李超云,周建新.水力发电,标准化工作流程在水电工程实物指标调查中的运用[J].2019,41(9):15-18.

作者简介:

青小勇(1986-),男,四川广安人,工程师,学士,从事水电站生产准备与生产技术管理工作。(责任编辑:吴永红)

个至关紧要的问题。同时,不同的采空区处理方法具有各自的优缺点,因此,根据各矿场的实际情况选择合适的采空区治理措施就显得尤为重要。只有选择了合适的治理措施才能达到既经济、高效,又能对采空区进行良好处理的效果。

参考文献:

- [1] 宋卫东,付建新,谭玉叶.金属矿采空区灾害防治技术[M].北京:冶金工业出版社,2015.
- [2] 付建新,宋卫东,杜翠凤,等.硬岩矿山采空区损伤失稳机制与稳定控制技术[M].北京:冶金工业出版社,2016.
- [3] 卢宏建,李示波,李占金.动态开挖扰动下采空区围岩稳定性分析与监测[M].北京:冶金工业出版社,2017.
- [4] 陈庆发,周科平.隐患资源开采与采空区处理协同技术[M].长沙:中南大学出版社,2011.
- [5] 李俊平,赵永平,王二军.采空区处理的理论与实践[M].北京:冶金工业出版社,2012.

作者简介:

廖文斌(1977-),男,四川攀枝花人,工程师,从事矿山工程生产技术与管理工作;
段雁飞(1995-),男,安徽阜阳人,助理工程师,学士,从事矿山工程安全技术与管理工作;
段佳乐(1997-),男,安徽阜阳人,助理工程师,学士,从事矿山工程机械技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)