

排山楼金矿采空区地质环境治理的实践^{*}

周宏清, 曹艳妮

(辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 辽宁 鞍山 114038)

摘 要:地下采空区是地下矿山开采活动遗留下来的一种地质产物,是矿山地质灾害最主要诱发因素之一。地下采空区对矿山的正常生产和周边人民群众的生命安全、生产生活都造成了严重的影响。排山楼金矿经过二十余年的高强度开采,其地下采空区总面积达 45 470 m²,最大空场高度达 68 m,存在着极大的安全隐患。作者结合工程实际,通过对排山楼金矿的采空区地质特点进行分析,提出了 VCR 辅助下的逐步充填的技术方案,消除了采空区对安全生产的严重威胁,同时对我国采空区的治理工作具有一定的参考价值。

关键词:排山楼金矿;采空区;治理

中图分类号:X171.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0076(2015)02-0063-04

DOI:10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2015.02.015

The Governance of Gob Geological Environment in Paishanlou Gold Mine

ZHOU Hongqing, CAO Yanni

(The Geology Exploration Research Institute of Metallurgical Geology Exploration Bureau, Anshan 114038, Liaoning, China)

Abstract: The underground gob is a kind of geological legacy of mining activity and one of the most important factors of mine geological disasters. At same time, the gob caused a serious impact to living and production activities around it. After twenty years high-intensity exploitation, the total empty area of Paishanlou gold mine is up to 45 470 m², of which the highest up to 68 m. Based on the analysis of geological characteristics of the gob, the author put forward the VCR-assisted gradual-filling technical scheme, which can eliminate the serious threat to safety production.

Key words: Paishanlou gold mine; gob; governance

1 矿山采空区的主要安全隐患

采用空场法开采的地下矿山,往往会形成巨大的地下采空区,而当采空区面积达到一定数量时,就有可能发生大规模突然冒落等地质灾害,造成人员和财产的重大损失^[1]。矿山企业存留的大面积采空区,已是当今公认的矿山三大危害之首,因采空区突然冒落而造成的事故,屡见不鲜^[2]。

自 20 世纪末以来,我国矿业开采秩序较为混

乱,非法无序的乱采滥挖在一些矿山及其周边留下了大量的采空区,这是影响目前矿山安全生产的主要危害源之一。如河南栾川钼矿、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,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流和冲击波造成的人员伤亡和设备破坏,

^{*} 收稿日期:2015-03-22

作者简介:周宏清(1969-),男,本科,高级工程师,主要从事有色金属找矿和矿山水文地质、工程地质及矿山环境地质和治理恢复等研究。

这些都给矿山安全生产构成严重威胁,并造成环境恶化、矿产资源严重浪费^[3]。

采空区的主要危害如表 1。

表 1 采空区危害种类、发生原因、影响范围^[3]

	序号	危害形式	发生原因	影响范围
直接 影响	1	冲击气浪	采空区垮落急剧压缩采空区内空气	全矿地下作业人员和设备、设施
	2	矿震	采空区垮落岩石造成机械冲击和冲击气浪及岩爆的复合作用	全矿地下作业人员和设备、设施
	3	突水	采空区内积水突然涌出	全矿或局部地下作业人员和设备、设施
	4	自燃	采空区内氧化反应热量得不到及时扩散	全矿地下作业人员和设备、设施
	5	串风	部分新鲜空气流进入采空区	地下局部作业人员和设备、设施
	6	岩爆	采空区存在加剧应力集中	地下局部作业地点工作人员和设备、设施
	7	其他	重物打击、夹钻、空间高度减小	
间接 影响	8	地面塌陷	采空区垮落或顶板变形发展到地表	采空区上方人员和设施
	9	滑坡	采空区垮落或顶板变形发展到地表	采空区上方山体

由于地下采空区具有隐伏性强、空间分布特征规律性差、采空区顶板冒落塌陷情况难以预测等特点,因此准确的对地下采空区的分布范围、空间形态特征和采空区的冒落状况等进行量化评判,合理确定采空区处治对策,科学高效的对采空区进行治理,一直是地质环境治理行业广大工程技术人员研究的主要方向之一。

2 排山楼金矿简介

位于阜新市境内的排山楼金矿始建于 1996 年 9 月,1997 年 7 月建成投产,1998 年 8 月通过了原国家经贸委黄金管理局组织的峻工验收。排山楼金矿自建设之初设计、生产均为露天开采,生产能力为 2 000 t/d。露天开采主要对象为 T1、T4、T5、T6 号矿体上部,2004 年末露天采场已经验收闭坑,最终露天采场的底部最低标高为 300 m,顶部标高 380 m,相对高差 80 m。露天采场底部已垫上黄泥,铺就了防渗土工膜,今后专门用于排放尾矿砂和井下开采产生的废石。

矿山井下目前采用主副井(明竖井)开拓。主井为箕斗井,主井井筒为圆形断面,净直径 3.5 m,单箕斗提升,箕斗容积 3.21 m³。主井井口标高 393 m,井底标高 93 m,井深 300 m(含粉矿回收部分)。副井井筒为圆形断面,净直径 4.0 m,井口标高 380 m,井底标高 105 m,井深 275 m。主井负责提升矿石,副井提升人员、材料和废石。主井服务至 175 m 中段,副井服务至 125 m 中段。矿山采矿综合回采率 90%,贫化率 8%^[4]。

排山楼金矿露天转地下开采后,应用有底柱空场法开采露天境界外矿体,露天坑作为尾矿库堆存。

随着回采工作面的下降,顶板围岩悬空形成了规模较大的不连续的复杂采空区。为了便于控制空区之下品位较低矿石的回采指标,原用监控强采与适时诱导冒落的方法处理采空区,后因深部开采设计中需要继续利用露天坑作为尾矿库,从而使尾矿库存放高度超过空区冒顶的影响范围^[5]。这些采空区,严重威胁着矿山的正常生产和矿区周边居民生命财产安全,是重大的安全隐患。

3 矿区采空区现状

3.1 采空区地面塌陷地质灾害隐患

随着井下开采工作的深入,由于顶板围岩滞后冒落,形成了规模较大的不连续的采空区,其中 +225 m 水平之上形成的采空区的总面积达 45 470 m²,采空区内最大空场高度达 68 m。为防治采空区冒落危害和地面塌陷地质灾害隐患,排山楼金矿于 2008 年 7 月与东北大学合作,双方成立科研组,开展了空区安全危害防治新技术的研究工作。为观察空区顶板围岩断裂线的形成状况,科研组于 2009 年 5 月,在露天坑北帮 407 m 的台阶上,分别在 X 线与Ⅷ线的位置,钻凿了两个直径 110 mm 的钻孔,利用东北大学的 RG 井下钻孔电视系统,对空区顶板岩层进行照相观测。

根据科研组观测,采空区主要分布在 VI~XVI 线之间,其中 +225 m 水平之上形成的采空区的总面积达 45 470 m²,采空区规模达 331 333.3 m³。从 2009 年 6 月开始,科研组用 RG 跟踪监测空区顶板的变化过程,直至 2010 年 1 月监测,空区顶板未发生任何冒落现象。但在 2010 年 3 月监测时,发现 X

线测孔冒落了 13.3 m。于是在采空区之下 225 中段 T4 - 13 采场进行大爆破,采用多分段起爆,同段起爆的炸药量不超过 2t。爆破后几分钟内,从进风井扑出岩石粉尘,表明空区顶板再次发生大批量冒落。2010 年 4 月用 RG 跟踪监测,X 线钻孔在前次冒落基础上又冒落 15 m,同时 VIII 线钻孔(位于 X 线钻孔东北侧)冒落了 8 m。计算得出,在剖面线方向,X 线钻孔端部的斜面倾角为 1.1°,VIII 线钻孔端部的斜面倾角为 23.5°,此时 X 线顶板的剩余高度仅为 46.7 m,VIII 线顶板高度为 56.4 m。

X 及 VIII 线测孔冒落线位置见图 1。

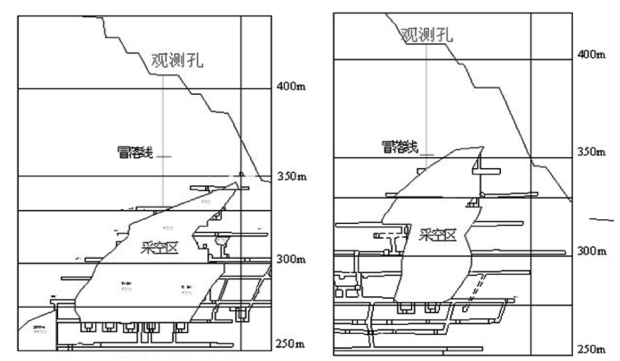


图 1 X 及 VIII 线测孔冒落线位置

因此,位于原有露天采坑北侧治理区内规模最大的采空区(沿矿体延深方向最大跨度约 186 m,沿矿体走向方向最大跨度约 221 m),若不及时进行治理将发生采空区顶板冒落。并且该采空区空场最大高度达 68 m,远大于采空区顶板覆岩厚度,采空区顶板冒落势必会导致大面积采空区地面塌陷地质灾害的发生。

4 采空区治理方案

矿山开采已经在 VI 线附近留下了 15 m 宽度矿柱,将空区划分为南北两个空区后,将采空区沿走向的长度减小近半,大大增强了采空区的稳定性。北侧采空区由于埋深较大、面积较小而稳定性相对较好,而南侧空区则因埋深较小和面积较大而稳定性较差,因此本次治理工程主要治理情况更加危急的南侧采空区。经过监测观察、分析计算,南侧采空区采用在监控状态下逐步充填的技术方案。

南侧采空区治理要点是:沿矿体走向从稳定性较好部位向稳定性较差部位依次打井充填,每个充填井都用充填料最大限度地充填空区;前一充填井

充填完毕后,将后一充填井部位的冒落风险降低到不妨碍安全生产的程度时,再施工后一充填井。在充填井的施工与充填过程中,用钻孔监测空区冒落状况,建立报警系统,确保施工安全。

为了合理确定监测孔的布置方位,需要确定采空区冒透地表的部位。图 1 表明,在 2010 年 3 月发生的冒落过程中,空区顶板冒落线具有由南向北扩张的趋势。这是由于大爆破地点位于空区北侧的缘故。但从整个空区形状来看,西南侧的空区跨度大于东北侧的空区跨度,因此,如果空区发生大冒落,南侧空区在 X ~ XII 之间率先冒透地表的可能性最大。监测孔需布置在冒透地表可能性最大的一侧,根据空区形态,确定由 VIII 线附近部位施工南 1 井进行充填,利用 X 线钻孔制作报警系统,保障施工安全。

报警系统采用两种方式进行。第一是在前一井进行爆井和充填过程中每周在监测孔位置利用测绳测量顶板剩余厚度,及时反映顶板变化情况,为施工中的充填井提供安全保障。第二是在施工期间每个月利用 RG 井下电视系统对顶板裂隙发展情况进行监测,及时反映顶板岩体完整性变化情况。一旦监测报警系统发现顶板异常变化情况,立即停止施工进行更详细的勘察。

南侧采空区第一个充填井南 1 井设计在 VIII 线附近位置,井深 56.4 m。该充填井直径为 4 m,用 VCR 法施工,自下而上分层爆破成井,采用 11 孔方案实施,孔径 150 mm,基于倒置爆破漏斗现场试验,得到药包埋深与漏斗体积的关系特征曲线,如图 2 所示。

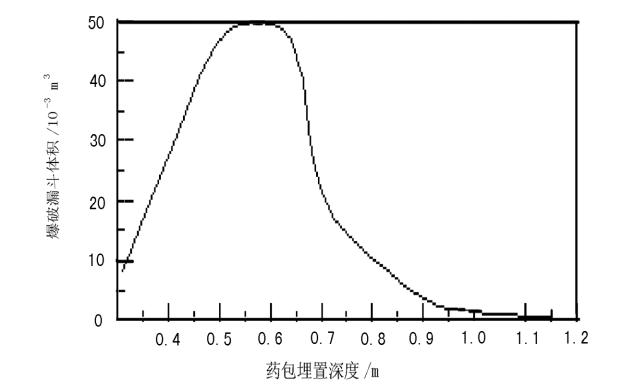


图 2 漏斗试验体积与埋置深度关系曲线

根据利文斯顿原理,确定乳化炸药药包的最佳埋置深度为 0.6 m,装药比 1 : 6,装药密度控制在 1 002.5 kg/m³。为保障作业人员的安全,在充填井

施工期间,从观测孔每天量测空区顶板的厚度变化,当发现空区顶板处于冒落活动状态时,充填井的施工人員需配带一端固定于Ⅷ线方向的安全绳进行作业,以确保施工安全。

南 1 充填井形成后,从 407 m 台阶立即采用废石进行充填。该充填井对空区的充填程度见图 3、图 4。

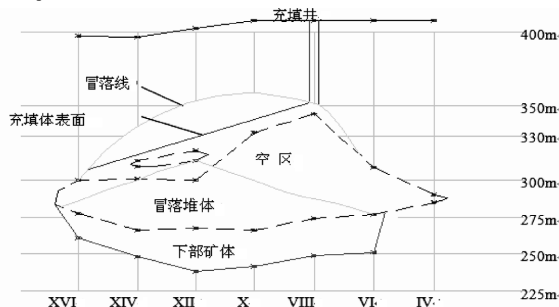


图 3 南 1 充填井充填范围剖面图—沿走向方向

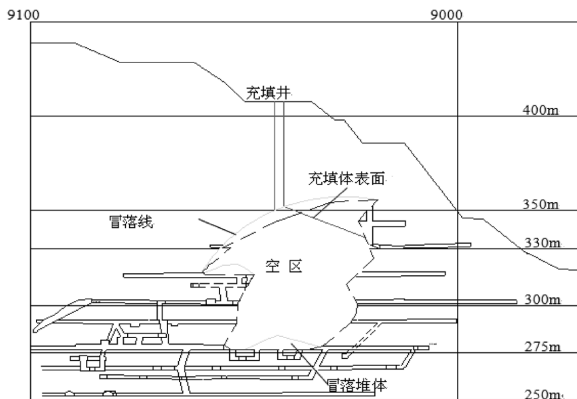


图 4 南 1 充填井充填范围剖面图—垂直走向方向

在Ⅷ线充填井南 1 井施工与充填期间,利用 X 线钻孔建立采空区冒落监测与报警系统,以保障施工安全。在Ⅷ线充填井南 1 井充填结束后,在 X 线监测孔附近开掘第二个充填井即南 2 井,南 2 井深 46.7 m,充填期间利用设计南 3 井位置钻孔建立采空区冒落监测与报警系统。同样采用 VCR 法依次开掘南 3 井和南 4 井,南 3 井和南 4 井井口直径与南 1 井和南 2 井相同均为 4 m,11 孔施工方案,孔径 150 mm,井深分别为 62.5 m、59.7 m。通过布置在南侧采空区的 4 个充填井完成整个南侧采空区的废石充填工作,之后再依次用碎石混凝土接顶。废石回填充满后自然沉实两个月,然后再用碎石混凝土胶结充填接顶。

废石充填主要利用矿山东侧的排岩场内废石,将废石进行初步破碎处理,破碎后回填废石粒径不

大于 5 cm,然后利用装载汽车运输倒入充填井中。利用碎石自然松散堆积角 36° 可将空区基本充满。经测算充填后的采空区在充填井间的剩余部分,最大顶板剩余高度为 5.4 m。根据采空区覆岩破坏“三带”高度和整体弯曲带岩层厚度计算结果,地表不具备塌陷条件。

经计算,井下采空区回填总量为 20 万 m^3 ,其中废石充填量占填充总量的 99.9%,经过现场检验测算,对回填废石 30% 需要进行破碎,方可达到回填废石粒径要求,因此废石破碎量为 5.8 万 m^3 ;回填结束后对回填井进行碎石混凝土封井,封井长度 5 m,经计算封井充填量为 251 m^3 。

采用 VCR 法爆破充填井,南区需开掘 4 个充填井,井深分别为 56.4、46.7、62.5、59.7 m。每个充填井需要钻孔 11 个,孔径 150 mm,钻孔总长度为 2 478.3 m。

排山楼黄金矿业有限公司的矿山地质环境治理项目,于 2012 年 9 月 20 日动工,坚持边生产、边治理的原则,共投资 1 500 余万元,先后完成治理区总面积 41 395 m^2 。现已顺利通过辽宁省国土资源厅组织的竣工验收。

5 结论

排山楼金矿地下采空区具有面积大,地质情况复杂等特点。结合 VCR 辅助,通过对地下采空区地质条件详细的勘查,制定了监控状态下逐步充填的技术方案。排山楼金矿地下采空区通过此次工程处理后,不但消除了井下老采空区的地面塌陷隐患,防止了大范围的地质灾害隐患,而且保证的矿山正常的生产作业,维护了矿区周边居民的生命财产安全。

参考文献:

- [1] 罗毅莎,姚振玟.采空区安全处理的对策措施研究[J].采矿技术,2010(4):65-67.
- [2] 刘冬峰.矿区采空区监测与治理[J].新疆有色金属,2010(S1):103-104.
- [3] 郑怀昌,李明.地下采空区危险性及其分析[J].矿山压力与顶板管理,2005(4):127-129.
- [4] 任玉凤,等.排山楼金矿采空区充填技术研究[J].中国矿业,2012(1):72-74.
- [5] 林泉,卫星.排山楼金矿矿山建设项目地质灾害危险评价[J].山西建筑,2012,38(9):59-60.