

doi:10.3969/j.issn.1671-4172.2023.05.003

溜井垮塌分析与治理方案

李进华

(云南锡业股份有限公司大屯锡矿,云南个旧 661000)

摘要:主溜井系统是矿山重要的转运系统,是矿山的“咽喉”所在,主溜井的垮塌破坏,严重影响矿山的安全生产。针对大屯锡矿大马芦矿段现阶段使用的主溜井系统垮塌破坏情况,通过采用 SLAM 三维扫描仪扫描,准确获取了溜井的三维形态、垮塌空间位置 and 实际边界。结合溜井实际应用情况,综合研究分析溜井系统垮塌原因,有针对性地提出了修复溜井和新建溜井系统两个方案,从方案设计的可行性、投资成本、施工过程中的安全风险等多方面对两个方案进行对比分析论证,最终确定了新建溜井为最佳的经济可行技术方案。

关键词:主溜井;垮塌破坏;三维扫描;新建溜井;经济可行

中图分类号:TD853 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-4172(2023)05-0017-06

Collapse analysis and treatment scheme of chute

LI Jinhua

(Datun Tin Mine, Yunnan Tin Industry Co., Ltd., Gejiu Yunnan 661000, China)

Abstract: The main chute system is an important transfer system and the "throat" of the mine. The collapse and destruction of the main chute seriously affect the safety production of the mine. According to the collapse failure of the main chute system in the Damaru section of Datun Tin Mine, the three-dimensional morphology, collapse space position, and actual boundary of the chute are obtained accurately by using SLAM three-dimensional scanner. Combined with the actual application of the chute, the failure cause of the chute system is comprehensively studied and analyzed, and two schemes of repairing the chute and building a new chute system are put forward. From the feasibility of the scheme design, investment cost, safety risk in the construction process, and other aspects of the two schemes are compared and analyzed, and finally determined that the new chute is the best economic and feasible technical scheme.

Key words: main pass; collapse failure; 3D scanning; new pass; economically feasible

溜井是金属地下矿山开采中重要的矿石转运系统工程,是利用矿石自重从上部阶段往下部阶段运输水平溜放矿石的井巷工程,是地下采矿用于存储、溜放矿石的主要通道。作为地下金属矿山转运矿岩的“咽喉”工程,其稳定通畅与安全使用直接影响矿山的正常生产。在生产使用过程中,卸矿荷载不断冲击井壁,对井壁的冲击磨损较大^[1],再加上溜井管理不到位,储矿高度长时间没有达到管理要求,使用不合理,导致溜井井筒受损

严重。溜井最容易损坏的部位为分支溜井与主溜井连接部位,当溜井井筒局部出现片帮垮落后,会加速整个溜井的横向和纵向的垮塌破坏,不仅会有大块产生堵塞溜井,而且随着垮塌区域的不断增大,上部阶段的卸矿平巷会在下部垮塌区域的移动范围内,造成上部阶段卸矿平台存在安全隐患,严重威胁矿山的安全和生产。

大马芦矿段溜井系统已服务 13 年以上,经过多年使用,溜井井筒已出现了不同程度垮塌,结合大马芦矿段实际情况,经过综合研究分析,提出了两个技术方案,一个是采用混凝土回填的技术方案,另一个是新建一套溜井系统,为后续大马芦矿段安全生产提供保障。

收稿日期:2023-03-25

基金项目:国家自然科学基金地区基金资助项目(52164010)

作者简介:李进华(1985—),男,采矿高级工程师,主要从事采矿技术管理。E-mail:409099066@qq.com。

1 溜井使用现状

大马芦矿段矿岩从1 360中段运出,1 360至1 540中段有34#、35#、36#、37#溜井,1 540至1 720中段有28#、29#、30#溜井。28#、29#、30#溜井服务于1 600中段、1 630中段、1 660中段、1 690中段、1 720中段、1 758中段、1 795中段。28#溜井高度为150 m,井脚在1 540中段,井头在1690中段;29#、30#溜井高度为180 m,井脚在1 540中段,井头在1 720中段。34#、35#、36#、37#溜井服务于1 480中段、1 510中段、1 540中段、1 570中段。36#、37#溜井高度为180 m,井脚在1 360中段,井头在1 540中段;34#、35#溜井高度为210 m,井脚在1 360中段,井头在1 570中段。溜井直径均为2 m,储矿段在井脚,直径为4 m,高度为25 m。

2 工程地质

原溜井的围岩位于三叠系中统个旧组碳酸盐类工程地质岩组中,该岩组厚度巨大,大于1 000 m,其岩性主要由厚层状白云岩、灰质白云岩与白云质灰岩、灰岩等组成,局部可夹薄层状含泥质灰岩。该类岩石大部分已变质为细晶—微晶大理岩,呈致密块状,完整坚固,抗风化力强。岩石比重在2.73~2.88,抗压强度一般在34.5~66 MPa,属坚硬—半坚硬岩组,岩石稳固性较好,在此岩组中开拓的巷道、硐室,除局部风化破碎的泥质灰岩岩层外,一般不需支护。

3 溜井垮塌情况扫描

大马芦矿段在实际生产过程中,从溜井内矿(废)石存放块度等方面表明部分溜井内部发生了不同程度的磨损破坏,为了更好地掌握溜井内部的磨损破坏情况,采用SLAM三维激光扫描仪对破坏比较严重的28#、29#、30#、34#、35#、36#、37#溜井进行了扫描。通过对采集的数据进行了点云数据解算、坐标转换^[2],建立了溜井模型,模型建完后施工钻孔进行了再次验证,结果表明,工程建设直径2 m的溜井破损最严重位置的宽度已达21 m。

3.1 28#、29#、30#溜井垮塌现状

28#溜井井筒直径已从2 m平均垮塌至6.8 m,最大的垮塌宽度为12 m(图1),体积已从850 m³垮塌至5 450 m³;29#溜井井筒直径已从2 m平均垮塌至11.4 m,最大的垮塌宽度为14.7 m(图2),体积已

从850 m³垮塌至18 450 m³;30#溜井井筒直径已从2 m平均垮塌至8.4 m,最大的垮塌宽度为13.4 m(图3),体积已从850 m³垮塌至9 940 m³。

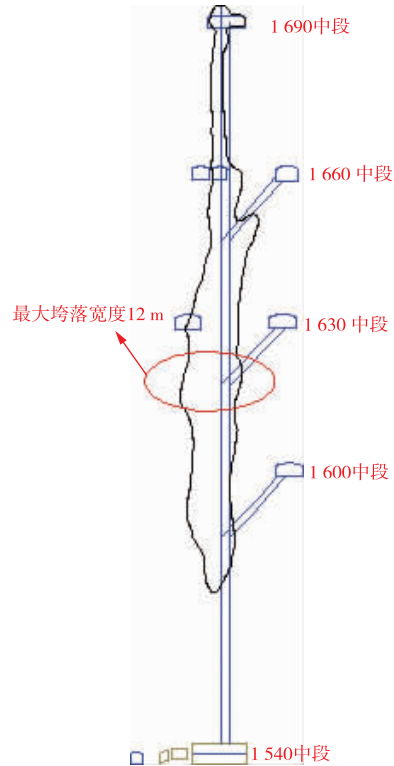


图1 28#溜井剖面图

Fig. 1 28# pass profile

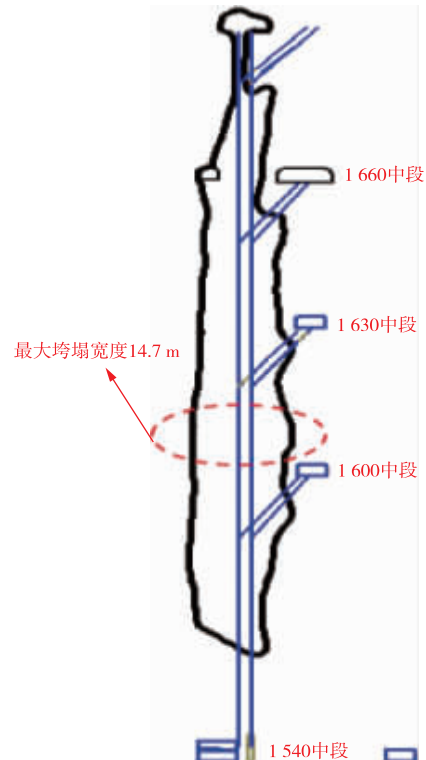


图2 29#溜井剖面图

Fig. 2 29# pass profile

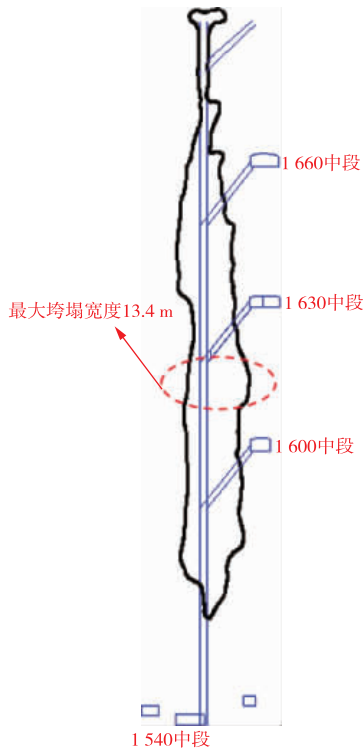


图 3 30 # 溜井剖面图
Fig. 3 30 # pass profile

3.2 34 #、35 #、36 #、37 # 溜井垮塌现状

34 # 溜井、35 # 溜井、36 # 溜井、37 # 溜井剖面图见图 4、5、6、7。34 # 溜井井筒直径已从 2 m 平均垮塌至 8.9 m,最大的垮塌宽度为 14.7 m,体积已从 940 m³ 垮塌至 12 980m³;35 # 溜井井筒直

径已从 2 m 平均垮塌至 11.1 m,最大的垮塌宽度为 15.9 m,体积已从 940 m³ 垮塌至 20 160 m³;36 # 溜井井筒直径已从 2 m 平均垮塌至 10.8 m,最大的垮塌宽度为 12.8 m,体积已从 850 m³ 垮塌至 16 510 m³;37 # 溜井井筒直径已从 2 m 平均垮塌至 13.8 m,最大的垮塌宽度为 18.9 m,体积已从 850 m³ 垮塌至 27 010 m³。

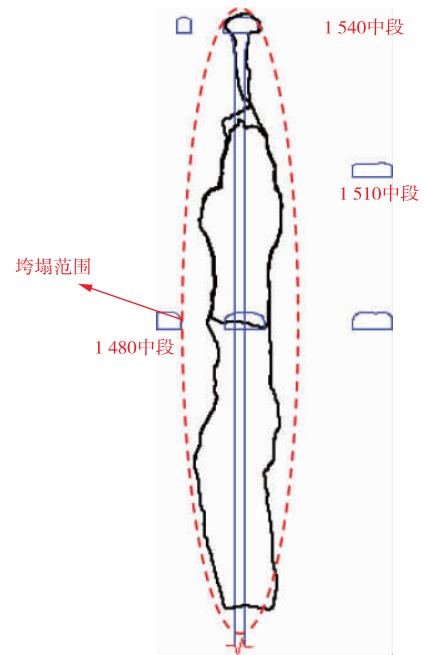


图 5 35 # 溜井剖面图
Fig. 5 35 # pass profile

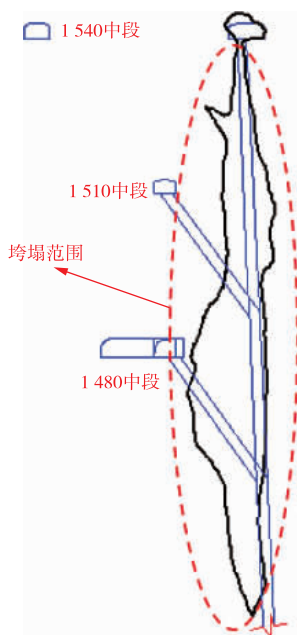


图 4 34 # 溜井剖面图
Fig. 4 34 # pass profile

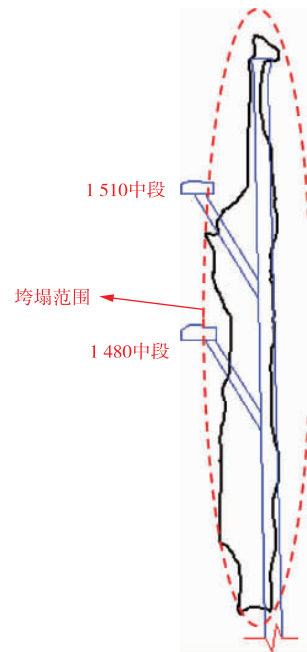


图 6 36 # 溜井剖面图
Fig. 6 36 # pass profile

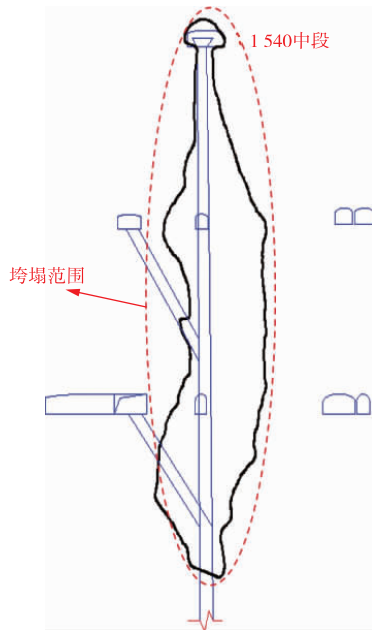


图 7 37#溜井剖面图
Fig. 7 37# pass profile

4 溜井垮塌原因分析

4.1 矿岩撞击井壁位置集中

碰撞位置没有设置缓冲层或者采取支护措施是井壁产生损伤破坏的根本原因,特别是碰撞点过于集中又加速了溜井破坏。分支溜井的倾角固定时,进入溜井的矿岩经过格筛后,块度相对固定,根据矿岩在溜井中的运动轨迹特征,矿岩在溜井井筒中运动产生的冲击力和摩擦力作用于井壁上相对固定的一个高度范围^[3],这个位置的井壁断面会不断扩大,当扩大到一定程度时,溜井井壁丧失稳定,则溜井就会出现大面积片帮塌方。

4.2 空井高度过高

溜井放矿使用过程中,不能满井放矿,是造成溜井井壁受冲击破坏的原因之一。28#、29#、30#溜井同时使用的中段为 5 个,34#、35#、36#、37#溜井同时使用的中段为 3 个。多中段的同时使用意味着储矿高度不能超过最低中段,28#、29#、30#溜井空井高度会超过 150 m,34#、35#、36#、37#溜井空井高度会超过 120 m,上部中段在卸矿过程中矿岩与井壁之间大概率会有多次来回碰撞冲击^[4],矿岩到达储矿段顶部位置时,冲击载荷通过作用在溜井中矿岩面,局部的冲击力被瞬间分散、扩展,通过矿岩颗粒间的接触撞击位置向四周、自上而下进行传递,最终传递在溜井侧壁上,造成溜井井壁反复磨损而失稳垮落。

4.3 矿岩块度得不到控制

矿岩块的块度越大,其质量越大,在溜井中下落时所具有的重力势能也越大,对溜井造成的冲击损伤也越大。采场在出矿过程中没有严格控制出矿块度,溜井格筛过大,是大块进入溜井的主要原因,大块矿石对溜井井壁的冲击能力非常大,破坏能力非常强。

4.4 爆破法处理堵塞

溜井井筒结拱堵塞后采用爆破法对溜井堵塞位置进行处理,用药量不能进行计算,只能凭经验使用炸药量,有时因用药量过多,产生较大的爆破地震和冲击波,对溜井井壁产生了较严重的破坏。有时因结拱高度较高,溜井堵塞的存矿过多,结拱矿石爆破处理后,大量矿石突然柱塞状向下急剧运用,产生巨大的压缩气流和摩擦力,井壁在压缩气流和摩擦力的作用下,也对溜井井壁造成了较严重的破坏。

4.5 通过总矿岩量

溜井的磨损与溜井中通过的矿岩量有很大关系,通过总矿岩量越大,对溜井的磨损也越大。经过统计分析后,通过量大的溜井磨损也相对比较严重。因此通过的矿岩量也是影响溜井服务年限的一个重要因素。

5 溜井方案选取和实施

5.1 溜井垮塌修复技术方案

1)低标号混凝土回填溜井。采用低标号混凝土对溜井进行充填,在充填混凝土前对各溜井所有巷道通口进行封闭,从每个溜井井头充填低标号混凝土,充填完的溜井要用相应的时间让混凝土达到相应强度要求,所有溜井充填完需要混凝土 110 500 m³。

2)天井钻机一次成井。在原溜井井头利用原硐室施工导向孔,施工到溜井井脚高度后拆下导孔钻头,安装扩孔钻头,从下往上扩直径为 3 m 的溜井。

3)采用高锰钢板对井壁加固^[5]。溜井井筒形成后,整个井筒井壁采用厚度为 16 mm 的高锰钢板进行加固,高锰钢板在进入溜井之前直接加工为圆形,进入溜井后在分段对接位置进行焊接,连接成一个整体。

5.2 新建溜井系统技术方案

5.2.1 溜井设计科学思路

1)最佳位置。溜井位置要选择在矿岩稳固性条件较好岩石中,同时要满足大马芦矿段三个生产区域的生产需求,而且总的运输工程要最小。

2)最佳技术指标。矿岩进入溜井时的初始运动方向对于矿岩块冲击井壁的位置影响较大,因此分支溜井的倾角^[6]、长度要合理。在原溜井2 m直径的基础上加大至3 m溜井直径,适当加大溜井直径,减少矿岩与溜井井壁的碰撞或者减少密集碰撞区域。

3)根据矿岩在溜井中的运动轨迹,矿岩从每个分支溜井进入主井与主井第一次碰撞的位置设置高度为6~8 m的缓冲坑^[7-8](见图8),在缓冲坑处采用高强材料进行加固,使其能够承受矿岩冲击,矿岩撞击至缓冲坑壁后落下或直接落至粉矿后,其动能被大幅减弱,第二次撞击时的破坏力将比较弱。

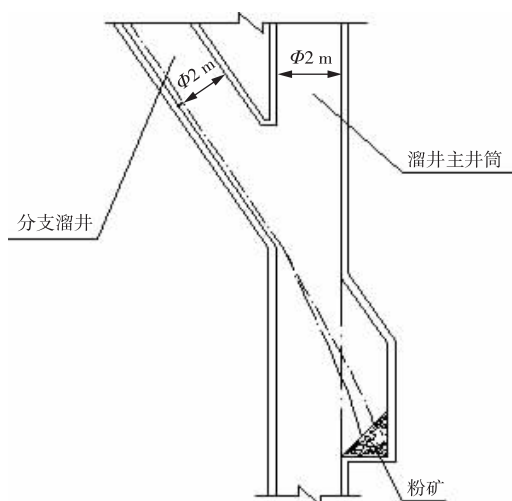


图8 缓冲坑示意图

Fig. 8 Sketch of buffer pit

5.2.2 溜井方案设计

根据大马芦矿段生产组织的需要,1 360-1 720中段溜井分为两段进行设计,其中1 360-1 540中段为一段,设计溜井3口,分别为61#、62#、63#,直径为3 m,高度为180 m,井脚和井头分别布置在三条巷道中,井脚在1 360中段;1 540-1 720中段为另外一段,设计溜井3口,分别为58#、59#、60#,直径为3 m,高度为180 m,井脚和井头分别布置在三条巷道中,井脚在1 540中段。1 360-1 540中段溜井中间用无轨开拓巷道连接1 480中段,1 540-1 720中段溜井中间使用有轨开拓巷道连接1 660和1 600中段,1 360、1 540和1 720中段都采用有轨运输的方式进行开拓。剩余的1 690、1 630以及1 510中段通过转换井的方式转运至1 660、1 600和1 480中段,然后再转运到上述6口主溜井中。

5.3 成本分析

修复方案投入:混凝土成本+天井钻机一次成井

成本+高锰钢加固成本。混凝土单价为500元/m³,混凝土成本为110 500×500=5 525万元;一次成井成本3 000元/m,成本为1 260×3 000=378万元;高锰钢加固成本,单价为5 880元/t,成本为69 791元,合计成本为5 910万元。新建方案投入:整个方案设计后工程量共有9 641 m(55 370 m³),投资3 036万元。修复方案的成本投入远远超过新建方案的成本投入,从成本角度考虑,新建方案为首选方案。

5.4 安全风险分析

修复方案由于溜井高度为150 m以上,溜井垮塌井壁松散,在溜井充填过程中,混凝土会存在离析,整个溜井中的混凝土不均匀,充填密实度和强度达不到设计要求。充填过程中井壁的围岩会混入混凝土,造成混凝土在井中充填不均匀,导致成井后井壁的稳定性得不到有效控制,在安装高锰钢钢板时,安装人员存在非常大的安全风险。

新建方案溜井建设过程中存在的安全风险非常小,建成后使用的时间非常长,在此期间不存在井筒维护带来的安全风险。

综合上述两种方案的优缺点以及结合具体情况,大马芦矿段采用新建一套溜井的技术方案。

6 结论

新建溜井系统方案的投资成本要小于溜井垮塌修复技术方案,新建溜井规避了修复方案的各种安全风险。高锰钢钢板虽然是耐磨材料,但是溜井中矿岩高频率的冲击、剪切和摩擦损伤,高锰钢钢板会磨透、滑落,后期维护会非常频繁,而且维护会非常困难。新建溜井选用最佳的分支溜井倾角、井筒直径,设计过程中设置了缓冲坑,溜井进矿和放矿过程设计了连锁闭锁装置,精确控制放矿,同时对原溜井垮塌原因进行分析总结,制定相应管理办法科学管理后,最大限度延长新建溜井的服务年限,让新建溜井系统创造最佳的经济效益。

参考文献

- [1] 殷越. 溜矿段矿岩运动规律及井壁破坏机理研究[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2020.
YIN Yue. Study on the motion law of ore-rock in the sliding section and failure mechanism of orepass wall[D]. Anshan: University of Science and Technology Liaoning, 2020.
- [2] 文兴, 朱青凌. 基于三维激光扫描的溜井测量与分析[J]. 有色金属(矿山部分), 2020, 72(3): 79-84.
WEN Xing, ZHU Qingling. Measurement and analysis of orepass based on 3D laser scanning[J]. Nonferrous Metals (Mining Section), 2020, 72(3): 79-84.

(下转第62页)