

中深孔台车在塔矿项目中的应用

李 超

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610036)

摘 要:随着金属非金属地下矿山开采技术水平的不断提高、采矿设备的创新与发展,现代大型地下矿山施工机械化水平越来越高。介绍了山特维克 DL2710 型全自动机械化电动-液压中深孔凿岩台车,在塔吉克斯坦阿尔登-拓普坎铅锌地下矿山中的应用情况,相较于传统的中深孔施工机械,该设备的引进使塔矿项目中深孔采矿法施工效率得到明显的提升。

关键词:塔吉克斯坦;地下矿山;中深孔台车;采矿;塔中矿业

中图分类号:TD4;TD8

文献标志码: B

文章编号:1001-2184(2023)增 2-0069-04

Application of the Medium-deep Hole Drilling Jumbo for in Tajikistan Mine Project

LI Chao

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

Abstract: With the continuous improvement of metal and non-metal underground mining technology and the innovation and development of mining equipment, the mechanization level of modern large-scale underground mine construction is getting higher and higher. This article introduces the application of Sandvik DL2710 fully automatic mechanized electric-hydraulic medium-deep hole drilling jumbo in the Arden-Topkan lead-zinc underground mine in Tajikistan. Compared with traditional medium-deep hole construction machinery, the introduction of equipment has evidently improved the construction efficiency of the medium-deep hole mining method in Tajikistan Mine Project.

Key words: Tajikistan; Underground mine; Medium and deep hole rock drilling rig; Mining; Tajik—China Mining Co., Ltd

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-托普坎塔中矿业有限公司铅锌矿区,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。该项目拥有派-布拉克、阿尔登-托普坎、北阿尔登-托普坎(以下简称北阿矿)、恰拉塔矿等 4 座铅锌多金属矿采矿权,以及巴雅尔别克、别列瓦尔、乌茨卡特雷等 3 座铅锌多金属矿探矿权,保有矿石资源储量约 1.1 亿 t,属于超大型铅锌矿。

目前主要开采的是阿尔登-托普坎铅锌矿与北阿尔登-托普坎铅锌矿两个矿区。矿体主要分布在距离地表 400~900 m 深处,绝对高程为 1 440.00~845.00 m,主要采用“平硐+竖井+斜坡道”开拓的地下开采方式进行开采。矿山现有的采选能

力已达 300 万 t/a,至今已采出的矿石量超过 3 000 万 t。该项目的采矿方法主要为浅孔留矿法、分段中深孔凿岩留矿崩落法。其中采用分段中深孔凿岩留矿崩落法施工的中深孔采场主要分布于Ⅵ—Ⅶ中段(+1 295 m~+1 220 m),开采急倾斜厚大Ⅷ—1 矿体,矿床类型主要为矽卡岩型,其赋存于花岗闪长斑岩岩脉与石灰岩接触处。矿床开采技术条件属中等-复杂类型,岩石硬度系数 $f=8\sim12$ 。分段中深孔凿岩留矿崩落法中深孔凿岩设备采用 YGZ-90 型钻机,钻孔直径为 65 mm,孔深 5~20 m。该中深孔凿岩设备为传统施工设备,在中深孔凿岩过程中设备故障率高、施工效率低下、施工成本高、劳动强度大、职业危害高。当钻孔深度超过 15 m 后,其凿岩速度明显下降。为此,该项目引进了山特维克 DL2710 型中深孔台车,该设备具有高度自动化、机械化特

收稿日期:2023-08-20

点,施工效率得到了明显的提升。

2 中深孔凿岩留矿崩落法

采用分段中深孔凿岩留矿崩落法回采矿体,其采场长度一般为 50~60 m,宽度为矿体厚度,高度为分段高。其分段凿岩巷道一般沿矿体布置,采准工程一般布设在下盘围岩中,包括脉外运输巷道、人行通风天井、凿岩巷道、出矿进路等。切割工程一般布设在矿体厚大处,包括切割天井、切割平巷、切割槽^[1]。对于天井、巷道的掘进主要采用 YT-28 型手持气腿式凿岩机,而对于切割槽、正排则采用中深孔台车或 YGZ-90 钻机施工上向扇形孔,作业面配局扇风机加强通风。

分段中深孔凿岩留矿崩落法采用分段凿岩、阶段放矿,从采场内靠切割槽的一侧向另一侧后退式回采。回采时,在分段凿岩巷道内施工上向扇形中深孔,以切割槽作为自由面和补偿空间,使用多孔粒硝铵散装炸药爆破落矿,每次爆破排位为 3~4 排,出矿 1/3~2/3,将预留矿石作为覆盖层以防止上下盘围岩垮落保证采出矿作业的安全,最后在下一中段底部大量放矿。对于崩落的矿石采用 3 m³ 铲运机装 15 t 运矿卡车将其运输至矿石溜井。

3 中深孔山特维克台车的基本理论

山特维克 DL2710 中深孔台车是一款全自动化紧凑型电动液压顶锤式中深孔台车,适用于 3.2 m×3.2 m 及以上尺寸巷道的中深孔作业,能够凿钻垂直和倾斜排面扇形孔、单个深孔及平行深孔,孔径为 64~89 mm,最大孔深达 38 m,钻孔总成能够 360°回转,钻臂能够大幅度摆动和

前后俯仰,满足项目施工要求。

(1)中深孔台车冲击钻孔的原理:液压系统带动凿岩机冲击活塞产生的冲击能量通过钻杆和钻头传递到岩石上。台车单循环进度快,同时可以根据不同的岩石特征通过调节液压凿岩控制系统参数使凿岩机的扭矩、回转速度、冲击压力以及推进压力等达到最佳凿岩性能^[2]。

(2)中深孔台车配备 HL710S 液压凿岩机、LFRC700 钻孔总成、FR10 深孔钻臂、VIC 控制系统、遥控钻孔控制台以及 FOPS 防落石安全顶棚,使该台车具有高效的钻孔能力、良好的钻孔精度和良好的安全性。

(3)中深孔台车采用柴油-电力驱动,行驶过程中由柴油机驱动液压传动装置;凿岩时,由 380 V-50 Hz 电动机驱动液压泵系统提供工作油压。该液压凿岩机能量利用率高,输出功率大,噪音小,工作面废气污染小。

(4)中深孔台车采用液压系统,性能稳定、可靠,特别是在冲击、回转、推进回路中应用了“自动防卡钎”监测冲洗水流的旋转压力,若钻头堵塞则启动“自动防卡钎”功能自动恢复操作,从而达到最佳的凿岩性能^[3]。

(5)中深孔台车的信息显示屏可以帮助操作手监测机器的运行状态,使操作手能够高效、经济地使用和调整机器,减少故障和停机风险,提高工作效率。

(6)中深孔台车的定位定向控制系统可以帮助操作手方便快捷地确定排位、机高及对中,由此提高台车的定位速度,控制钻孔的精度。中深孔台车的操作情况见图 1。

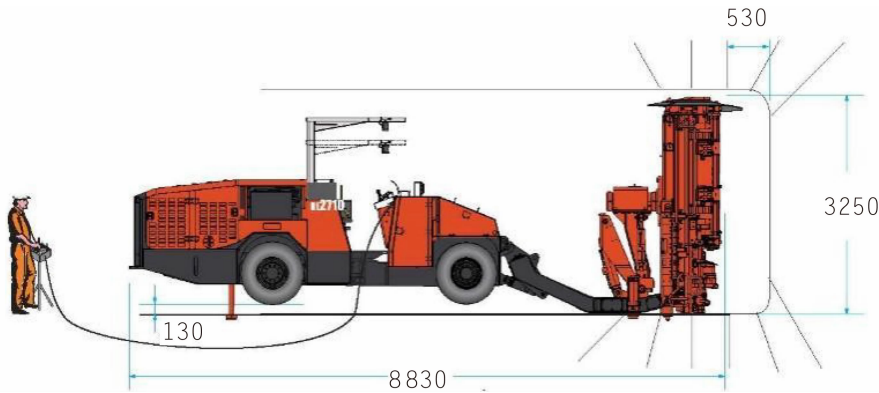


图 1 中深孔台车操作示意图

4 中深孔台车在塔矿项目中的应用

阿尔登-托普坎铅锌矿区Ⅶ中段Ⅷ-1 矿体使

用分段中深孔凿岩留矿崩落法开采,该矿体从系统勘探到补充勘探,以 30 m×30 m 的网度探求了 B 级储量,以 60 m×60 m 的网度探求了 C1 级储量,其走向长度近 200 m,延伸近 100 m,最大厚度近 40 m,倾角大于 60°,为急倾斜厚大矿体,矿体延续性较好,品位较高^[4]。

高程 1 276 m~3 202 采场的长度约为 50 m,最大宽度为 27 m,高度为 19 m,切割天井布置在切割槽端部,天井尺寸为 2 m×2 m,长度为 15 m。该矿体底部结构已形成,凿岩巷沿矿体布置,出矿进路间距为 10 m。采场中深孔凿岩采用中深孔台车施工,孔径为 76 mm,孔深 5~25 m,正排炮孔以切割槽为自由面,往两侧布置扇形孔,最小抵抗线为 1.8 m,孔底距为 2.4~2.6 m,单排炮孔数为 12~15 个,底孔倾角不小于 35°;切割槽炮孔以切割天井为自由面,排间距为 1.1~1.2 m,采用单凿岩中心,单排炮孔数为 2~5 个。设计总炮孔米数为 6 647 m,崩矿量为 56 815 t,延米崩矿量为 8.5 t/m,单位炸药消耗量为 0.53 kg/t。使用一台中深孔台车,采取一天两班制,每班工作时间平均为 8 h,累计施工 39 班次,凿岩速度约为 340 m/d/台,炮孔验收合格率达 98%以上。

高程 1 276.00 m~3 402.00 采场长度约为 48 m,最大宽度为 23 m,高度为 19 m,切割天井布置在切割槽中部,天井尺寸为 2 m×2 m,长度为 15 m。矿体底部结构已形成,凿岩巷沿矿体布置,出矿进路间距为 8 m。采场中深孔凿岩采用 YGZ-90 钻机施工,孔径为 65 mm,孔深为 5~20 m,正排炮孔以切割槽为自由面往两侧布置扇形孔,最小抵抗线为 1.5 m,孔底距为 1.8~2 m,单排炮孔数为 9~16 个,底孔倾角不小于 35°;切割槽炮孔以切割天井为自由面,排间距为 1.1 m,采用多凿岩中心,单排炮孔数为 3~4 个。设计总炮孔米数为 7 833 m,崩矿量为 47 532 t,延米崩矿量为 6.1 t/m,单位炸药消耗量为 0.55 kg/t。使用两台 YGZ-90 钻机,采取一天两班制,每班工作

时间平均为 8 h,累计施工 80 班次,凿岩速度约为 98 m/d/台,炮孔验收合格率达 87%以上。中深孔台车应用实例对比情况见表 1。

从表 1 中可以看出:中深孔台车采用大孔底距、大孔径降低了钻孔米数,增大了延米崩矿量,极大程度降低了操作手的劳动强度,其施工速度为传统设备的 3.5 倍,炮孔合格率提高了 9%,达到了项目预期的目标。

5 中深孔台车与 YGZ-90 钻机施工情况对比

5.1 凿岩参数的对比

(1)采用传统 YGZ-90 钻机凿岩,孔径为 65 mm,孔深为 5~20 m,正排炮孔以切割槽为自由

表 1 中深孔台车应用实例对比表

项目	高程 1 276.00 m ~3 202.00 采场	高程 1 276.00 m ~3 402.00 采场
凿岩设备	中深孔台车	YGZ-90 钻机
孔径 /mm	76	65
最小抵抗线 /m	1.8	1.5
孔底距 /m	2.4~2.6	1.8~2.0
设计最大孔深 /m	25	20
设计炮孔米数 /m	6 647	7 833
设计崩矿量 /t	56 815	47 532
延米崩矿量 /t·m ⁻¹	8.5	6.1
炸药单耗 /kg·t ⁻¹	0.53	0.55
凿岩速度 /(m/d/台)	340	98
炮孔合格率 /%	98	87

面往两侧布置上向扇形孔,最小抵抗线为 1.4~1.6 m,孔底距为 1.8~2.0 m,靠近切割槽布置加强排,炮孔间距为 0.8 m,单排炮孔数为 9~16 个不等,边孔倾角不小于 35°;切割槽炮孔排距为 1.0~1.2 m,单排炮孔数为 2~5 个,上向扇形孔。

(2)采用中深孔台车凿岩,孔径为 76 mm,孔深 25~38 m,正排炮孔以切割槽为自由面往两侧布置上向扇形孔,正排最小抵抗线为 1.7~1.9 m,孔底距为 2.4~2.8 m,靠近切割槽布置加强排,炮孔间距为 1.0 m,单排炮孔数为 7~15 个不等,边孔倾角不小于 35°;切割槽炮孔排距为 1.1~1.2 m,单排炮孔数为 3~4 个,上向垂直孔。中深孔台车与 YGZ-90 钻机凿岩参数对比情况见表 2。

表 2 中深孔台车与 YGZ-90 钻机凿岩参数对比表

设备	孔径 /mm	排距 /m	孔底距 /m	最大孔深 /m	回转角度 /°	延米崩矿量 /t·m ⁻¹	炸药单耗 /kg·t ⁻¹
中深孔台车	76	1.7~1.9	2.4~2.8	38	360	8.5	0.53
YGZ-90 钻机	65	1.4~1.6	1.8~2.0	20	±55	4.5	0.55

5.2 施工速度对比

塔矿项目中深孔凿岩采用每天两班制施工,

每班平均工作时间为 6~8 h。使用 YGZ-90 钻机进行中深孔凿岩的速度约为 80~120 m/d;项目自引进中深孔台车后,中深孔的凿岩速度为 300~400 m/d。中深孔台车的施工速度比传统 YGZ-90 钻机凿岩一排炮孔的速度快 70%~80%,为 YGZ-90 钻机工作效率的 3.5 倍。

5.3 施工质量对比

中深孔施工过程中,炮孔的方位、倾角、孔深及偏斜率直接影响到采场损失及贫化率,进而影响到采出矿石的品位。传统 YGZ-90 钻机中深孔凿岩工作时,由于设备自身的原因(工作机构的定位、控制、运动精度不足等),岩层的裂隙、岩层的变化或其他原因容易导致钻头跑偏而造成钻杆弯曲、凿岩成孔偏斜,进而降低了钻机的凿岩精度^[5]。

在项目引进中深孔台车后,由于中深孔台车采用了独特的底架式落地支撑、坚固的大臂和前后顶尖上下支撑,其推进梁的推进力高达 31 kN,使用了更利于提高钻孔精度的 T45-MF 钻杆,使台车的钻孔精度大大提高。传统的 YGZ-90 钻机在施工中深孔前,要求台车的操作手做好凿岩的准备工作,按照中深孔设计图纸和测量人员施放的中深孔排位标记。使用中深孔台车施工中深孔时可以采用两侧安装的红外线光笔确定施工排面的排位和机高,利用上部安装的红外线光笔确定中深孔台车凿岩机的位置是否居中,由此可以更方便快捷地精准确定凿岩排位、机高及对中^[6]。中深孔施工过程中,操作手可以根据中深孔台车的信息显示屏实时监控炮孔施工的方位、倾角、孔深等情况,及时采取降低推进压力、改进钻杆结构等措施以降低中深孔的施工偏斜率,提高凿岩精度^[7]。

5.4 小结

在中深孔采场设计过程中,由于所使用的中深孔台车施工的炮孔直径增大使得中深孔排位间距、孔底距加大,延米崩矿量提高,从而减少了钻工的工程量,进而降低了现场作业人员的劳动强度。YGZ-90 钻机的最大孔深约为 20 m,而中深

孔台车的最大孔深可达 38 m,其回转角度为 360°,更适用于厚、大型矿体的开采。

在中深孔采场施工过程中,中深孔台车的转场相比 YGZ-90 钻机更加方便、灵活。中深孔台车采用柴油机驱动四轮可以方便地实现自行行走转场,单人即可操作;而传统的 YGZ-90 钻机则需要装载机配合移动机器设备、人工牵设高压风管、人工校准机芯位置、手动更换增添钻杆等,导致其施工效率低,作业人员劳动强度大。

6 结 语

为了提高中深孔采场的钻孔施工效率和施工质量,塔矿项目引进了中深孔台车,使该项目中深孔凿岩施工速度大大提高,炮孔合格率提高了 9%,施工效率、施工质量得到了明显的提升,满足了项目施工要求,为操作手的工作环境带来了极大程度的改善,实现了中深孔施工的自动化和机械化作业,降低了现场人员的劳动强度。所取得的经验可为类似地下金属非金属矿山中深孔施工提供参考。

参考文献:

[1] 张明峰,姜仁义,苏建军.阿尔登-拓普坎铅锌矿采矿方法的选择[J].金属矿山,2012,41(11):49-51,55.
[2] 刘温泉.Boomer 281 凿岩台车在紫金山金铜矿的应用[J].现代矿业,2015,32(10):191-194.
[3] 杨光照,栾洪海,赵洪岩.正确设置凿岩台车的工作参数[J].煤矿机械,2015,30(7):74-76.
[4] 周叶.塔吉克斯坦阿尔登-托普坎矿区地质特征和储量估算[J].有色金属,2010,64(4):122-125.
[5] 何小平,李东明,闫杰.潜孔钻机深孔凿岩偏斜率控制技术研究[J].采矿技术,2013,13(2):78-80.
[6] 赵立群.凿岩台车定向定位自动控制系统[J].冶金自动化,2006,31(1):56-58.
[7] 王小林,陈永祺,程国华.镜铁山矿提高 Simba 1354 台车中深孔凿岩精度试验研究[J].金属矿山,2018,37(4):63-66.

作者简介:

李 超(1986-),男,河南浚县人,项目总工程师,副高级工程师,学士,从事工程建设施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 45 页)

[4] 熊淑刚.水利水电工程土石方施工技术[J].河南水利与南水北调,2019,48(9):51-52.
[5] 王晓艳.露天煤矿土石方剥离施工技术研究[J].建筑技术开发,2019,46(18):42-43.

作者简介:

张国平(1976-),男,四川乐山人,项目副经理,副高级工程师,一级建造师,注册安全工程师,从事工程项目管理工作;
徐 晶(1979-),女,四川眉山人,工程师,从事工程项目管理工作;
李鑫越(1998-),男,四川遂宁人,项目安全环保部副主任,助理工程师,学士,从事工程项目管理工作。

(责任编辑:李燕辉)