

金属非金属矿山上向中深孔一次爆破成井技术探讨与实践

陈 杰 李甲恒

铜冠矿山建设股份有限公司 安徽 铜陵 244000

【摘 要】：在天溜井掘进过程中，传统的掘进方式多为浅孔爆破施工法，反井钻机法施工。浅孔爆破法即进行多次凿岩、爆破形成天井，费工费时，作业面通风不良，且施工安全条件差，存在的危险因素较多，主要有炮烟中毒、高处坠落、冒顶片帮、物体打击、机械伤害、触电等。反井钻机法施工对于辅助条件和场地条件要求都较高，尤其供电条件，需要布设专用电缆，还要施工钻机硐室，反井钻机转场难度大，成本高。对于中短型天井对于中短型天井掘进，最经济实用的方法是爆破一次成井。爆破一次成井有作业条件好，工效高，速度快，安全性高，节约材料等一系列优点。

【关键词】：矿山工程；天溜井施工；深孔爆破；一次成井

1 上向中深孔一次爆破成井工艺特点及原理

1.1 工艺特点

(1) 一次爆破成井采用环状布孔。

(2) 采用 T100 潜孔钻机开凿上向深孔，施工简单，安全，高效。

(3) 采用多孔粒状乳化铵油，BQF-100 型装药器进行一次装药爆破，以形成切割天井，为后续爆破提供补偿空间。

1.2 工艺原理

采用中深孔掏槽。根据直孔掏槽破岩机理，直线掏槽中岩石的破碎，主要是通过应力波与爆轰气体的综合作用，其主要分为三个过程，分别为炸药爆炸破碎周围岩体、爆生气体膨胀并与岩石形成两相流、抛渣。当装药孔爆炸后，强大的冲击波使装药孔周围的岩石形成压碎带及裂隙区。由于空孔距装药孔较近，因此爆炸应力波遇空孔后，产生很强的反射拉伸波，从空孔边缘向装药孔方向形成强烈片状破裂，当装药孔与空孔间距合适时，两孔之间的破碎岩石相互贯穿。同时由于爆轰气体的静压很高，可将破碎岩石以剪切方式冲进空孔，使之膨胀为更松散的岩渣，随后被抛出槽腔，然后为周边孔爆破提供了自由面。

2 中深孔一次爆破成井施工流程

下文以铜陵有色沙溪铜矿深部采场切割井施工为例，岩石 F 系数为 8~10，要完成施工的切割天井井高 11.3m，直径 2m。

2.1 施工工艺流程

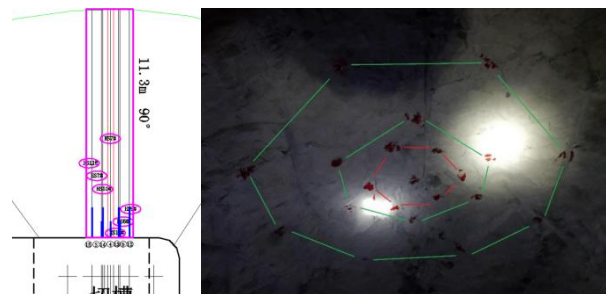
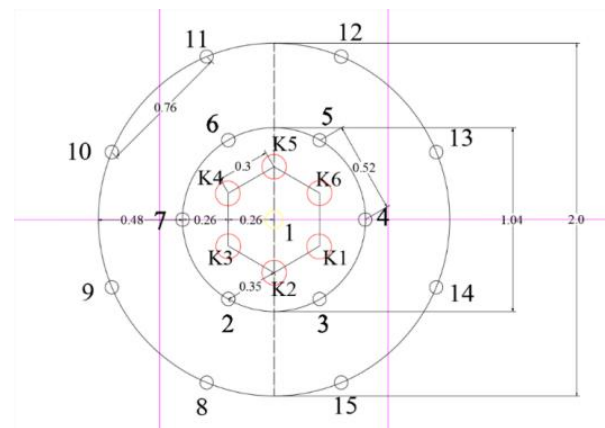
爆破方案设计→测量放线→凿岩→炮孔验收→爆破

2.2 操作要点

2.2.1 测量放点

第一圈为六个直径 140mm 孔深 11.3m 的空孔 (K1~K6)，分布在正六边形的六个角上，第二圈为六个直径 76mm 孔深

11.3m 的周边孔 (2~7)，均匀分布在直径 1040mm 的圆周上，第三圈是 8 个直径 76mm 孔深 11m 的周边孔均匀分布在直径 2000mm 的圆周上 (8~15)，圆心处为一个直径 100mm 孔深 11.3m 的掏槽孔，布孔如下图所示。



现场放点图

2.2.2 凿岩

根据布孔设计图进行测量放线后，开始凿岩。

在凿岩过程中，有以下几个要求：

- (1) 开孔前钻机必须严格按照放点要求进行孔口位置确定；
- (2) 严格按照设计孔深、角度等要求进行施工；
- (3) 凿岩结束后，对于验收不合格的孔要进行补孔。



现场成孔效果图

2.2.3 爆破

凿岩结束后,对炮孔进行验收,合格后进行爆破。先确定采场温度,通风情况,然后确认顶帮板是否存在安全隐患,施工前,需要准备的材料: BQF-100 装药器、风管、输药管、柴油、木板、支架、找顶钎、钢筋钳、矿用防爆照明灯、胶带等。

具体操作步骤如下:

(1) 进入爆破采场后,首先通过气体检测仪进行空气检测,确认安全。

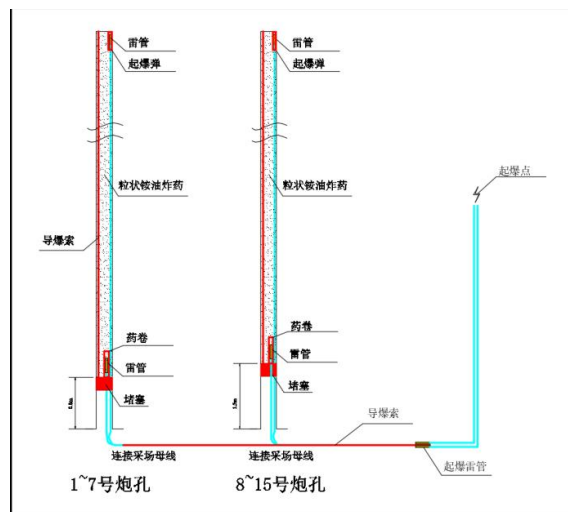
(2) 使用木板、支架搭设好装药平台,人员佩戴好保险带对孔口有锚网阻碍装药的,使用钢筋钳剪断。

(3) 将风管、装药器、装药管连接好,等待炸药运达现场。

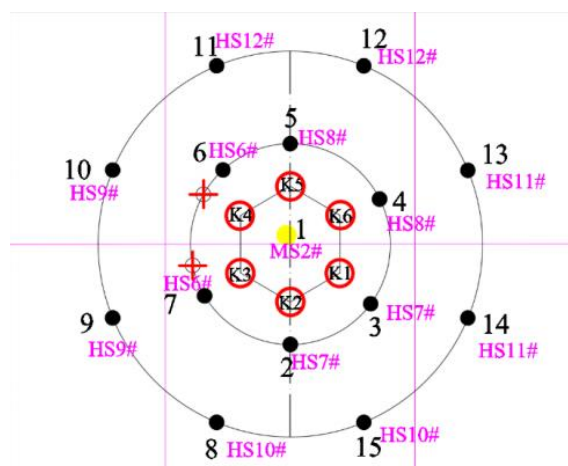
(4) 炸药到达现场后,将导爆索、导爆管、起爆弹和填塞炮孔的乳化炸药发放到装药地点 25m 以外的安全地点。

(5) 雷管到达现场后,制作起爆弹和填塞孔口的药包,传统中孔爆破制作的起爆弹是将雷管管壳插入起爆弹中,然后使用胶带固定,该工艺制作的起爆弹加入一根和孔深等长的导爆索,然后使用胶带固定,制作好起爆弹和炮头后即可进行现场装药。

(6) 在装药器中倒入多孔粒状铵油炸药,根据炸药粘度可加入适量柴油,使用装药管将起爆送入孔底即可打开装药器开关,风压会把粒装铵油炸药打入孔内,1~7 号孔的孔口预留 0.8m 装填炮头,8~15 号孔的孔口预留 1.5m 装填起爆药包,装药结构如下图:



掏槽孔起爆,矿石完全抛出后,为周边孔创造出足够的自由面和补偿空间,所以需要考虑矿石被完全抛出的时间,雷管段次如下图。



掏槽眼使用毫秒 2 段雷管,延期时间为 25ms,周边孔使用半秒 6 段至 12 段,半秒 6 段延期时间为 2.5s,所以掏槽眼起爆后,崩落的矿石有充足的时间被抛出。

2.2.4 爆破效果

在沙溪铜矿多次应用后,经观察现场爆破效果发现,掏槽区域可以形成较好的切割槽空区,空区深度较深,且爆破块度较均匀,大块率较小,掏槽爆破效果好,切割天井成井效果好,成井深度达到 12 米左右,成井直径 1.9m~2m,井壁规整,能够为后续中深孔爆破提供充足的自由面及补偿空间。



爆破效果图

3 工期对比

3.1 上向中深孔一次爆破成井法

现场作业环境勘察 1 个小班, 爆破方案研究确认 1 个小班, 施工准备测量放线 1 个小班, 凿眼作业 4 个小班, 炮孔验收装药连线、起爆 1 个小班, 爆破效果验收 1 个小班, 共计 9 个小班 (一小班为 8 小时)。

3.2 普通法成井

需四个掘进循环, 每个掘进循环在 4 个左右, 加上前期准备工作, 后期拆除平台时间, 共计 18 个小班 (一小班为 8 小时)。

3.3 反井钻机法施工

反井钻机硐室形成 6 个小班, 反井钻机就位 1 个小班, 导孔 3 个小班, 扩孔 10 个小班, 装备退场 1 个小班, 共计约 21 个小班 (一小班为 8 小时)。

通过工期对比, 中深孔爆破一次成井在节约工期方面有着较大的优势。

4 成本对比

4.1 采用上向中深孔爆破一次成井

(1) 凿岩成本

本次 $\Phi 100\text{mm}$ 中孔 1 个, $\Phi 140\text{mm}$ 扩孔 6 个, 合计 87.5 米, 计算成本 239 元/m; $\Phi 76\text{mm}$ 中孔 14 个共 175 米, 计算成本 51.5 元/m。因此总凿岩成本为 29980 元。

(2) 火工耗材成本

铵油炸药单价取 7000 元/t, 25m 脚线雷管单价为 7.5 元/发, 火工耗材成本共计 5840 元。

本次凿岩及火工耗材成本共计 35820 元。

4.2 采用人工天井

(1) 凿岩成本

$\Phi 40\text{mm}$ 孔 50 个共 600 米, 计算成本 51.5 元/m, 因此凿岩成本为 30900 元。

(2) 火工耗材成本

乳化炸药单价 9000 元/t, 5m 脚线雷管单价为 3 元/发, 火攻材料成本共计 28650 元。

人工天井还需使用大量木材价格约为 30000 元, 最后总成本约为 89550 元。

4.3 反井钻机法施工天井

(1) 机器转场费用

以 AT2000 型反井钻机为例, 转场费用大概在 25000 元左右。

(2) 措施工程费用

采用反井钻机法施工需要对钻机施工位置进行挑顶并进行临时支护, 同时需要浇筑机器底座地坪, 估算费用为 10000 元。

(3) 天、溜井反井施工费用

根据围岩性质和井筒深度的不同施工每米井筒费用不同, 根据本文中天井井深与围岩性质, 井筒施工约为 5500 元/米。井筒施工费用约为 62150 元。

最后总成本约为 97150 元。

通过成本对比, 中深孔一次爆破成井在节约费用上面有着较大的优势。

5 从上向中深孔一次爆破成井技术推广运用到矿山建设阶段的措施溜井施工

矿山建设过程中, 往往根据矿山设计、施工方法、施工进度需要, 在施工中需要设置大量措施溜井, 例如为满足竖井转入平巷施工沟通多中段、水平施工能力的措施出矸溜井, 长距离独头施工的斜坡道或运输平巷解决下部中段 (水平) 的措施通风溜井, 这些措施溜井在矿山建设过程中对于施工摆布、进度影响、安全保障起着相当大的作用, 且这些措施溜井的特性大多是功能重于技术规格要求, 且一般情况下是不需要对井壁进行支护, 因此上向中深孔一次爆破成井方法尤其适合此类溜井, 在施工中可以安全、快速、低成本的形式尽快形成此类功能溜井, 形成二期平巷开拓多水平同时施工能力、形成多中段水平联合式通风条件, 将加快建设期的进度, 保障建设期施工安全。因此在矿山建设过程中对本技术研究和使用的意义。

6 结语

现在矿山安全管理的重视程度越来越高, 天井施工的普通法, 以及吊罐法、爬罐法, 安全风险点多, 且属于受限空

间作业，人员高坠风险、有害气体中毒风险、物体打击风险较大，在安全管理上难度大，现代化矿山建设的宗旨以人为本，生命安全重于一切的理念，这些工艺逐步将成为落后工

艺、淘汰工艺，而上向中深孔爆破一次成井在安全、工期、成本上都有着较大的优势，值得再深入研究、实践和推广。

参考文献：

- [1] 杜强.利用中深孔爆破形成切割天井[J].矿冶工程,2011,(31):131-132.
- [2] 李启月,李夕兵,范作鹏,张瑞化.深孔爆破一次成井技术与应用实例分析[J].岩石力学与工程学报,2013,32(4):664-670.