

锚索在大直径深孔采矿法采场顶板加固中应用

An application of anchor bolts for the roof strengthening of the large diameter long hole stoping process

许爱荣(新疆哈巴河阿舍勒铜业股份有限公司,新疆维吾尔自治区 哈巴河县 836700)

摘要:阿舍勒铜矿为进行安全高效开采,运用高阶段大直径深孔采矿方法,通过调查围岩岩层特征及潜在冒落形式,采用长锚索对采场顶板进行支护设计。现场试验表明,受地质条件影响顶板存在两种潜在冒落风险,冒落形式为从中部向两侧,从下往上。同时确定了锚索的支护形式并通过经验公式计算了锚索支护参数,其主要参数为长度10~12 m、间排距2 m及钻孔直径约为锚索直径的2~3倍。通过现场工业试验表明使用长锚索对顶板进行加固,不仅能够使采场顶板得到控制,同时大大增加了支护经济效益。

关键词:长锚索;方案设计;大直径;深孔采矿法;采场顶板

中图分类号: TD862 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)03-0020-03

Abstract: To achieve safety and high efficiency, the high-level large diameter long hole stoping process is adopted in Ashele Copper Mine. After investigating the country rock conditions and the potential forms of roof falling, long anchor bolts were adopted for the roof support design. Field testing revealed two types of falls, which are from the middle to sideways, and from down upwards. The form of anchor bolt support and support parameters were then determined: anchor bolts are 10-12 m long, row intervals are at 2 m, drill hole diameter 2-3 times as long as the anchor bolt diameter. Field pilot tests showed such support not only provides good control of the roofs, but significantly boosts economic benefits as well.

Key words: long anchor bolts; support scheme design; long diameter; long hole stoping; stope roof

1 前言

阿舍勒铜矿地下采矿主要以大直径深孔空场嗣后充填采矿法和中深孔分段空场嗣后充填采矿法为主。17线矿体是矿山一期开采后期新增的可观资源,但该矿走向长度短,采场布置极其有限,原有的大孔采场结构参数采切工程量大,准备周期长,采场布置困难。随着二期生产接替的临近,一期主开采区域资源基本回采殆尽,同时一期各采区生产能力将逐步下降,面对日益艰难的生产条件,新增17线矿体的能否高效开采,成了稳定生产及完成后期生产任务的关键因素。因此,急需一种适用于当前条件的采矿方法,而高阶段大直径深孔可以在提高采场生产能力与采矿作业效率的同时极大提高了采矿作业的安全性。

1975年加拿大国际镍公司Levack矿首次采用大直径深孔VCR采矿方法成功进行了矿块回采^[1]。随后,经过30多年的推广,在国内凡口铅锌矿、矿铜陵狮子山铜矿、凤凰山铜矿等金属矿山也得到了大量成功使用^[2-5]。但是受地质采矿条件影响,大直径深孔采矿技术支护方式仍处在探索阶段,近几年锚索加固支护逐渐被认可并大量应用。邹贤季^[6]等通过使用废弃竖井钢丝,在优化黏贴树脂胶配后对顶板进行支护,效果较好。郭利杰^[7]运用数值模拟试验了锚索加固对大直径深孔采矿采场顶板的支护效果,结果表明锚索加固能够得到较为理想结果。尽管有试验结果表明,使用锚索对顶板进行加固能够取得预期效果,但支护参数选择、支护组合形式等关键技术仍未攻克,本文就此开展深入研究,以期为相似条件矿山提供可靠科学指导。

2 围岩岩层特征及潜在冒落形式

2.1 采场岩层特征

本次试验采场主要分布在500~600 m中段,段

[作者简介] 许爱荣(1987-),男,甘肃人,汉族,采矿工程师,副处级主办,从事金属矿开采技术、采矿施工项目管理方面研究。

[引用格式] 许爱荣. 锚索在大直径深孔采矿法采场顶板加固中应用[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(3): 20-22+29.

高 100 m。以 500 m 中段 1303# 采场为例分析得到采场岩层主要特征如下。

(1) 上盘似层状岩层, 存在潜在冒落风险。上盘岩层为黄铁矿, 岩层厚度为 3 ~ 6 m, 岩层厚度较薄。上盘岩层与凝灰岩接触, 凝灰岩岩体质量为 IV 级, 岩体较差。在结构面上的抗剪切强度值较低, 且在垂直成层方向上, 抗拉伸强度值近似等于零。采场顶板的暴露空间往往过大, 似层状顶板岩层就极易因应力集中而脱离上覆岩层, 导致顶板发生弯曲变形、断裂甚至冒落。

(2) 矿体变化大, 局部下盘变上盘。凝灰岩为矿体的下盘围岩, 该岩组内节理、裂隙较发育, 整体稳定性较差, 遇水容易软化、泥化、崩解、膨胀。

2.2 潜在冒落形式

当回采空间形成后, 原岩应力平衡被打破, 似层状顶板岩层会出现明显的弯曲、下沉带, 在采场中间位置出现拉应力集中。由于岩石的抗拉强度一般较低, 在采场中间位置易出现拉伸破碎, 形成裂缝, 裂缝扩展贯通造成采场中部似层状顶板大面积冒落, 若某一分层的似层状顶板中部结构破坏, 则对该层似层状顶板的整体性都会有严重影响, 容易导致似层状顶板, 似层状顶板冒落如图 1 所示, 从中部向两侧, 从下往上冒落形式, 其形成的冒落区域内再进行二次支护就较为困难。

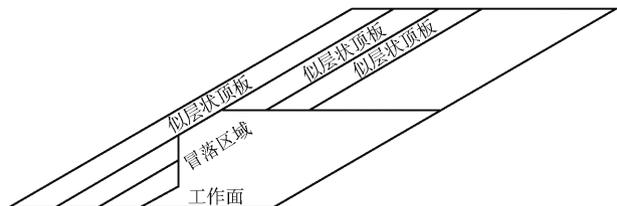


图 1 似层状顶板冒落形式示意图

3 锚索加固支护方案设计

3.1 设计原则

根据阿舍勒铜矿相关研究报告, 大直径深孔采场在采场宽度 12 m 不变的情况下, 当段高为 100 m 时, 采场最大长度应不超过 40 m。同时依据矿体赋存条件及采场特点, 采用大直径深孔采矿方法时对顶板及上、下盘围岩支护。使用锚索对顶板进行加固支护时设计应遵循以下方案。

1) 锚索网联合协同支护

针对采场回采过程中, 采场上盘似层状岩层存在潜在的冒落, 通过长锚索预控, 对似层状岩层潜在冒落进行提前加固, 保持岩层的稳定, 实现锚索网协

同支护, 达到控制围岩变形和岩层控制的目的。

2) 多维度长锚索预控支护

预应力长锚索支护方式可以改变似层状顶板支护安全性结构, 提高该类型顶板支护结构的整体性和承载能力, 起到预控顶作用。锚索设计依据所在中段不同和围岩条件不同, 分别设置上向和下向长锚索, 实现多维度支护, 从三维立体角度改善岩层应力状态, 提高其自承载能力, 以达到控制顶板、围岩变形的目的。要求是长锚索的长度应大于顶板冒落最大高度。

3.2 支护参数设计

1) 锚索长度

锚索长度为

$$L = L_a + L_b + L_c + L_d \quad (1)$$

式中: L ——锚索总长度, m;

L_a ——锚索深入到较稳定岩层的锚固长度, 取值 1.5 m;

L_b ——需要悬吊的不稳定岩层厚度, m;

L_c ——上托板及锚具的厚度 (一般 ≥ 0.1 m), m;

L_d ——需要外露的张拉长度 (一般 ≥ 0.2 m), m。

上盘黄铁矿岩层厚度为 36 m, 从凿岩硐室进行下向支护, 斜长约 8 ~ 10 m, 因此锚索长度为 10 ~ 12 m, 具体长度应根据岩层厚度和锚索位置确定。

2) 锚索布置

为获得最佳悬吊效果, 锚索以垂直巷道顶板岩层层面安装最为有利, 同时垂直布置也便于施工操作。根据现场前期锚索施工经验, 锚索的间距和排距为 2 m。

3) 锚索钻孔直径

钻孔直径不仅与锚索的直径有关, 还应考虑排气管、注浆管的直径, 以满足三者的要求。根据经验, 钻孔的直径一般为锚索直径的 2 ~ 3 倍。

4 工程实践

4.1 采场试验

1) 500 m 中段长锚索设计

500 m 中段是该采场的底部结构, 设计有共设计有 2 对即 4 条出矿进路。本阶段的长锚索均为上向扇形长锚索。其主视图如图 2 所示。

2) 550 m 中段长锚索设计

550 m 中段为该采场的中间段, 不但要保证顶

板安全而设置长锚索孔,还需要保证底板安全而设置下向长锚索,长锚索主视图如图3所示。

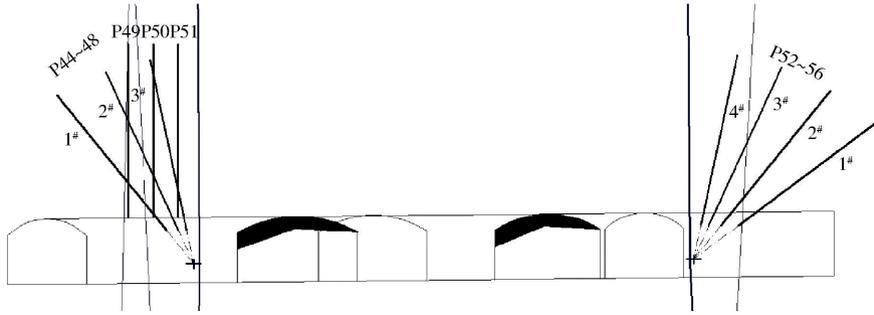


图2 500 m 中段 1303#采场长锚索主视图

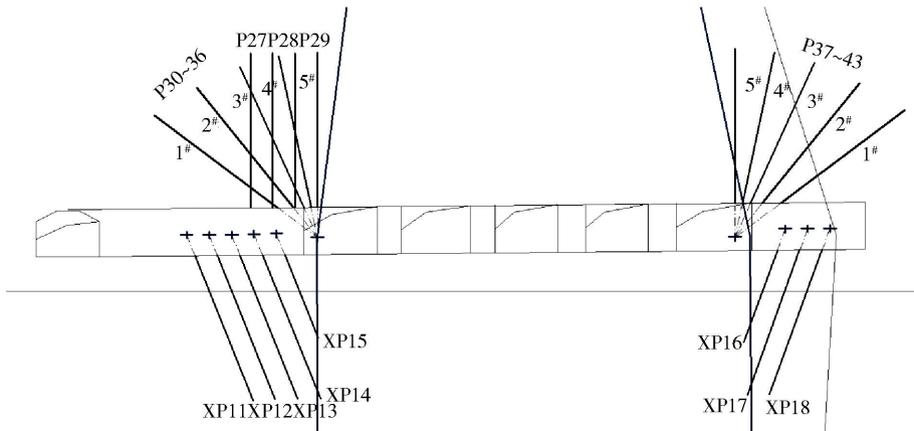


图3 550 m 中段 1303#采场长锚索主视图

3) 600 m 中段长锚索设计

600 m 中段为回采的第二分层,既要控制顶板

安全,也要控制底板安全,所以需要设置上向/下向长锚索。600 m 中段长锚索孔主视图如图4所示。

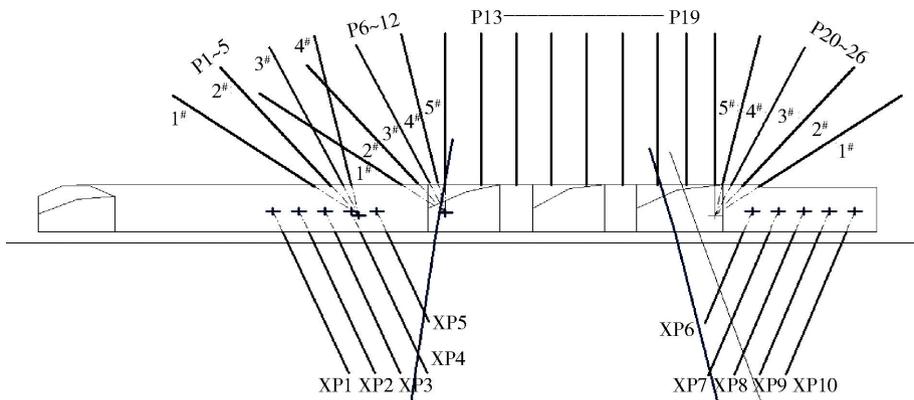


图4 600 m 中段 1303#采场长锚索主视图

4.2 应用效果

1) 采场控制效果

通过长锚索顶板预控制技术,提前加固了采场顶板,对似层状岩层可能冒落区域进行了提前加固,岩层稳定性大大提高。同时通过设置上、下向预应力长锚索,从多维度使岩层应力状态得到了改善,使支护结构性得到了提高,增强了其自承载能力,达到了控制顶板、围岩发生大变形的目的。

2) 支护经济效益

通过长锚索支护控制顶板,减少了一个分层中深孔爆破,减少采矿成本约 2.9 万元。同时避免了在残矿堆中掘进,提高掘进作业安全性,减少了工字钢和超前杆支护,减少支护成本 22.5 万元。减少采场准备周期,减少采准工程 80 m,减少掘进费用约为 95.4 万元。

(下转第 29 页)