

玲珑金矿主运巷塌陷段锚注加固技术研究

Application of grouting and bolting methods to treat collapsed main transport opening in Linglong Gold Mine

蔡美峰 高永涛 李长洪 乔兰

(北京科技大学资源工程学院, 北京, 100083)

文 摘 介绍了玲珑金矿 255 m 水平主运输巷道塌陷破坏的成因、加固治理的难点和拱桥法锚注加固技术的要点与实施方案, 对该技术的加固力学机制和加固效果进行了系统分析。

关键词 玲珑金矿, 主运输巷道, 塌陷段, 锚注加固, 拱桥法, 加固力学机制, 加固效果

中图法分类 TD 265.4

作者简介 蔡美峰, 男, 1943 年生, 1967 年毕业于上海交通大学工程力学专业, 1981 年在北京钢铁学院获采矿专业硕士学位, 1990 年在澳大利亚新南威尔士大学获岩石力学专业博士学位。现任北京科技大学资源工程学院院长、教授、博士生导师; 兼任国际岩石力学学会教育委员会委员、中国岩石力学与工程学会教育工作委员会主任委员、中国金属学会采矿分会理事长。

Cai Meifeng Gao Yongtao Li Changhong Qiao Lan

(University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083)

Abstract Collapsing of main transport opening made the Linglong Gold Mine facing production stop and serious safety trouble. Because the rock surrounding the collapsed opening is extremely broken and loose, reinforcing of the opening is very difficult. This paper introduces a technique which combines the advantages of high pressure grouting and long rock bolting, and uses the principle of arch and bridge to make the collapsed opening stabilized. Reinforcing mechanism and effect of the technique are analyzed.

Key words Linglong Gold Mine, main transport opening, collapsing, reinforcing technique, engineering application

1 前 言

山东省玲珑金矿(原名招远金矿)是我国最大的黄金产矿山, 多年黄金产量位居全国第一。该矿由九曲、大开头、东山、西山和灵山五个坑口(分矿)组成。其中九曲、大开头和东山为玲珑金矿的东片, 该片的生产能力为 1 000 t/d, 黄金产量占全矿的 90%。1992 年新建的主井担负该片的矿石提升任务, 设计提升量为 3 000 t/d。255 m 水平主运巷是生产人员、风水电和材料通往主井的必经之路, 也是部分废石的出口通道。因而是东片的咽喉工程, 也是全矿的咽喉工程。255 m 水平旧主运巷开掘于 70 年代, 使用了近 20 年。在 1992 年新建主井时, 作为新主井的配套工程, 又开掘了一条新主运巷。新旧主运巷位于同一水平, 平行布置, 二者相距不足 10 m。

255 m 水平主运巷垂直穿过 10 号矿脉群。该脉群长 2 000 多 m, 宽 10~80 m, 主要由绢英岩化混合花岗岩、黄铁绢英岩化混合花岗岩、钾化绢英岩化混合花岗岩及碎裂状混合花岗岩构成脉体。10 号脉群于 80 年代初被开采, 其采空区位于 255 m 水平主运大巷的下方。当时为了保证主运巷的安全, 采矿时采用电耙道底部结构, 底柱高 6~7 m, 下部用溜矿法开采, 上部用

分层巷采法开采, 在主运巷与采空区之间留有 10 m 厚的顶柱, 作为保安矿柱。1992 年在开掘新主运巷时, 在此处遇到空区, 发现原保安矿柱已被民采采空。为了通过空区, 首先用毛石对空区进行了充填, 然后用钢筋混凝土梁跨过毛石充填区。

1995 年新旧主运巷在跨越 10 号矿脉处均出现急剧的整体下沉和变形破坏。至 1996 年, 旧巷最大下沉处达 0.6 m, 新巷最大下沉处达 0.5 m。巷道大规模片帮、垮落和冒顶, 围岩严重松动, 特别是顶板围岩已完全处于松散状态, 前期所作支架(包括钢支架和木支架)变形破坏严重。巷道断面大幅度收缩变形, 旧巷断面缩至不足原断面的 1/2, 电机车已不能通过(见图 1)。新巷靠钢架密集支撑和钢轨、钢板铺底, 也只能勉强维持电机车通行。旧巷塌陷区长约 43 m, 其中最严重的破坏段为 34 m。

由于 255 m 主运巷是全矿的咽喉工程, 在新旧巷道同时发生破坏的情况下, 为了维持正常生产, 矿方采取了一系列的支护加固措施, 如灌浆、钢支架、木架、铁轨钢板铺底等, 花费数百万元。但到 1996 年底, 巷道的变形破坏已达到了无法控制的极其严重的地步。若不采取断然的有效措施, 从根本上对塌陷段进行治理,

* 到稿日期: 1998



图1 主运巷塌陷破坏情况

Fig. 1 A photo of the collapsed main transport opening

整个东片将面临停产,造成的经济损失可达1.5亿元/a。而且还将可能引发重大的安全事故,后果极其严重。为此,玲珑金矿委托北京科技大学进行了255 m水平主运巷塌陷段加固技术的研究并负责工程施工。因为当时新主运巷是生产运输巷道,为了不影响正常生产,采取了先加固和恢复旧主运巷,待旧巷加固完毕后,再将运输线从新巷改到旧巷的方案。

2 加固治理难点

由上面的介绍可以看出,255 m水平主运巷的大面积塌陷和变形破坏是由于10号矿脉采空区的塌落引起的。特别是原采空区和主运巷之间留有的10 m厚的保安矿柱被民采破坏,更是引起主运巷塌陷破坏的最主要原因。近几年对主运巷下方和主运巷周围的采矿活动又进行了一些补充调查,发现在原采空区周围仍然有很多的民采采矿、出矿点,甚至原充填毛石也被民采村民扒走。民采点的具体位置、数量和规模一时无法查清。我们在加固过程中钻孔时,曾打透几个正在出矿的民采采场,其空区离主运巷仅2 m。面对如此大规模的塌陷和变形破坏,上部是松动区、松散体,下部是采空区,且采空区的位置和规模尚不很清楚,未知因素很多,对该工程进行加固治理,只采取局部的小修小补,采用常规的一般的加固技术,如注浆、喷锚网、长锚索、混凝土砌旋等方法都不能从根本上解决问题。其原因有三

(1) 该巷是已有工程,没有混凝土砌旋一类的衬砌层,加上原来因下向滑动所造成的许多次生裂隙,根本无法直接注浆。一是无法埋设孔口管;二是即使可以直接注浆,也会发生大面积跑浆现象,无法使浆液充分扩散而达到有效加固的目的。

(2) 巷道塌陷段已严重变形收缩,其断面已不能满足正常生产运输要求,需首先拆除临时支架(钢支架、

木棚子),将巷道断面扩至原设计大小。然后才能采取喷锚网、混凝土砌旋等加固措施。但由于该段顶板围岩已严重松动,一经拆除临时支架,顶板围岩就会立即塌落下来,而无法进行施工。

(3) 由于巷道上部是松动围岩,处于松散状态,下部空区也有充填散体存在,因而直接成孔十分困难。而无论采取哪种加固方法,成孔都是必要的前提条件。

因此,本项目需打破常规,采用新的技术和方法,采用整体加固的手段,包括新的散体成孔技术,才能达到从根本上治理加固塌陷段。为此,经过反复比较、论证,提出了拱桥法锚注加固的技术方案。

3 拱桥法锚注加固技术实施方案及其力学机制

3.1 实施方案

(1) 在塌陷段巷道两端砌止浆墙,砌墙之前,中间用废石、渣土填实,以对该段进行全面封堵。应尽可能将整个封堵段填实,不允许留有明显的空间。然后从注浆墙通过预埋的注浆管路,向封堵段注浆,将其充实,以保证在正式钻孔注浆时不向中间部位跑浆。

(2) 在止浆墙上按设计孔位向巷道四周打孔。钻孔成双排圆周形布置,内、外排孔与巷道轴线所成的角度为 9° 和 11° (见图2)。由于钻孔区域围岩已严重松动成似散体状态,打钻成孔十分困难,无法一次成孔,需采用笔者在实践中总结出的散体成孔技术才能实现。

(3) 每孔成孔后,随即插入两根 $\phi 25$ 的螺纹钢筋,然后封孔注浆。注浆前须在现场进行注浆材料的配比试验,律定出配比曲线,以指导现场施工。本次采用的是双泵双浆注浆技术,双浆为水泥浆和水玻璃浆。其中,水泥浆的水灰比为 $1:1\sim 1:0.6$,水玻璃浓度为 $35\text{Be}'$,即水与水玻璃之比为 $1:0.75$ 。混合液的水泥浆液与水玻璃浆液之比为 $1:0.3\sim 1:0.6$ (体积比)。浆液的凝结时间为几秒至几十分钟,须根据不同部位的注浆要求由调节配比和浓度来控制。如对巷道下方的处于部分充填状态的空区进行注浆,若凝结时间过长,则所有浆液将从空区流走;若凝结时间过短,则浆液未到达空区就凝固了。所以控制合理的凝结时间对保证注浆的成功是极其重要的。

(4) 完成全部注浆并经规定养护期后,即可将原封堵巷道掘开,并进行适当支护,使其恢复到原设计断面的形状和大小。本次采用了常规的喷锚网联合支护。

3.2 力学机制

拱桥法锚注加固技术的核心是从加固围岩入手,全面改善和加强围岩的强度,充分利用围岩自身的强

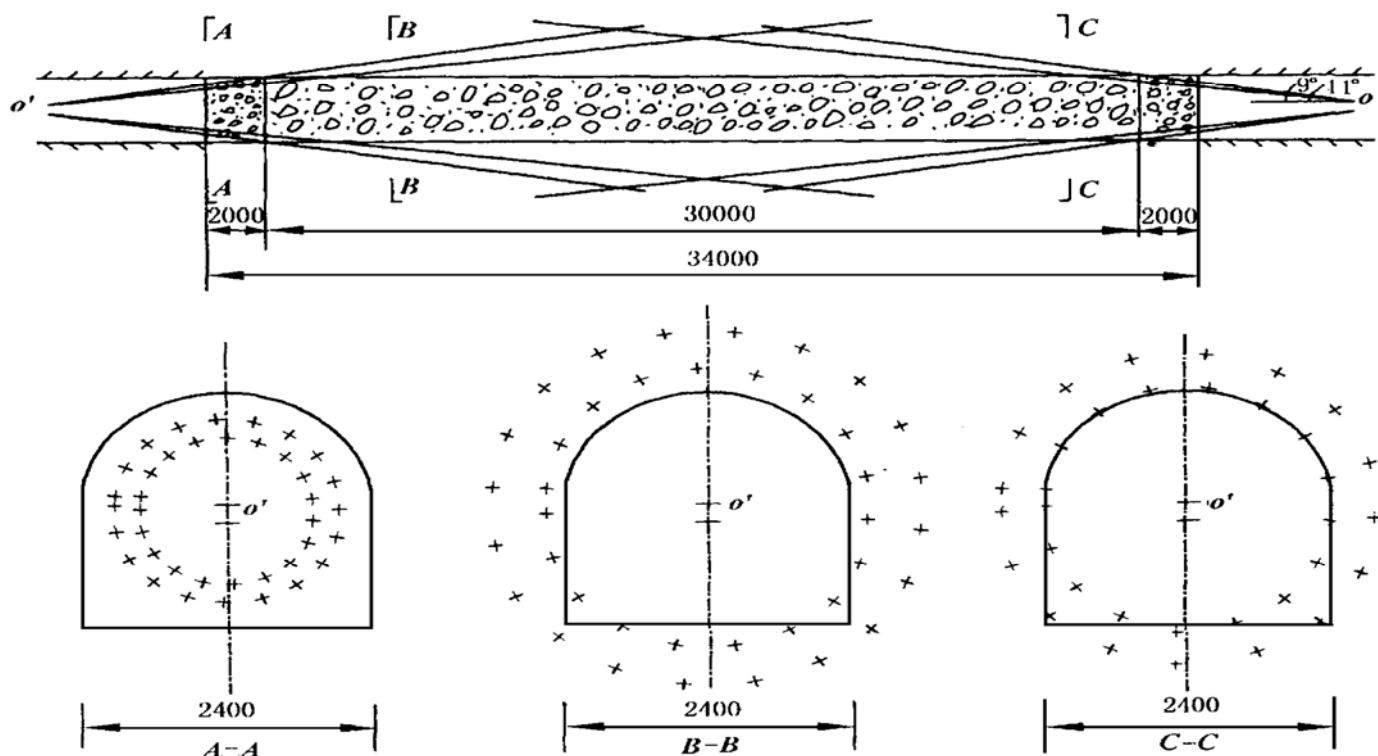


图2 拱桥法锚注加固钻孔示意图

Fig. 2 Arrangement of boreholes for bolting and grouting reinforcement

度达到巷道稳定的目的。这正是现代岩石力学的精髓之所在。

(1) 由于采用高压注浆技术, 每一个孔的浆液均可获得数米的有效扩散, 且每孔均有二根钢筋插入, 其本身就是一个微型灌注桩, 全部锚注孔连成一片, 就形成了一个整体化的灌注桩群, 它可以有效地保持巷道周边的稳定。

(2) 巷道顶部的左右钻孔在中间部位搭接, 并且在上向 10 m 的范围内形成一个拱形加固带, 其本身具有承载能力, 并且能使本来作用于巷道顶板的压力转移到两端稳定地段, 从而起到承压拱作用; 巷道下部的左右钻孔同样在中间部位搭接, 20 多 m 厚的加固层相当于在整个巷道塌陷段架设一座桥梁。这就是本技术“拱桥法”名称的含义。从上下左右整体上看, 可将加固段看成是在破碎带中形成的一个整体安全管状通道。

(3) 下部钻孔注浆后, 大量浆液流入空区内, 由于采用双泵双液注浆技术, 浆液的流动速度和时间可以加以控制, 使其不致从空区盲目流失, 而是停留在巷道下 20 m 以内的充填物内, 使充填物固化, 从而再次形成一个人工保安矿柱, 起到有效阻止岩体继续滑动的作用。

(4) 由于在巷道周边形成一个管状加固带, 这就等于在巷道周围形成一道隔水帷幕, 它将起到防水渗漏的作用, 阻止了围岩的风化、侵蚀, 从而有效地保持和

提高围岩的自身强度, 对维护巷道的稳定性起到重要作用。

4 加固效果

4.1 工程检验

(1) 在注浆施工过程中, 可以从相隔 10 m 的新主运巷观测到浆液的渗透情况。注浆完毕后, 新巷靠近旧巷一侧的围岩中的裂隙均有浆液充入, 虽有向新巷的跑浆现象, 但跑入的量很少。说明浆液既得到有效、充分扩散, 流动速度和扩散距离又得到合理控制。

(2) 在运用上述技术完成锚注加固后进行的巷道重新掘进过程中, 可以发现巷道周围的裂隙, 包括小断层, 原先冒顶、片帮的地方均被浆液结石体有效充填, 整个巷道围岩因此形成一个整体。掘进施工非常顺利。巷道的前 10 m 是边掘边支, 后 20 多 m 在掘完后一个多月才开始支护, 但在一个多月的时间内巷道没有发生任何变形和破坏。巷道重新掘进后采用了常规的喷锚网支护措施, 底部采取了混凝土钢筋铺底。巷道断面完全恢复到原设计的要求(参见图 3)。

(3) 1998 年初, 矿山已将生产运输线从新巷改到旧巷, 到目前为止, 巷道未发现任何变形破坏, 运输、生产完全正常。

4.2 现场位移监测

为了对加固后投入运输生产的旧主运巷的变形情况进行监测, 在原塌陷段的顶板和底板部位分别安设



图 3 锚注加固后重新掘开的巷道

Fig. 3 Re-driven main transport opening after reinforcement with bolting and grouting

了几个观测点,对顶板和底板的位移进行水平观测。

自 98 年初首次布点到目前为止,数据变化非常微小,说明巷道顶底板未发生明显变形,锚注加固后的原塌陷段巷道是稳定的。

5 结 论

拱桥法锚注加固技术是符合岩石力学原理的处理地下岩土塌陷工程的有效方法,在玲珑金矿 255 m 水平主运巷塌陷加固治理工程中取得了完全的成功。不但避免了 1.5 亿元/a 的经济损失,而且消除了重大安全事故的隐患。该技术可在类似的岩土工程中推广应用。

参 考 文 献

- 1 于学馥,刘怀恒,郑颖人,方正昌. 地下工程围岩稳定性分析. 北京:煤炭工业出版社,1983