

# 松散破碎软岩巷道耦合注浆技术的研究与应用

邢夏冰\*

(山西焦煤西山煤电,山西太原 030205)

**摘要:**马兰矿针对松软围岩受采动影响极易发生顶板破碎、两帮鼓出的问题,以该矿18508工作面为工程背景,设计提出了深浅注浆耦合加固技术,对巷道围岩进行控制。实践效果良好,采用耦合注浆技术,对破碎围岩产生的裂隙进行充填并粘结,使破碎松动围岩重新胶结成一个整体,提高了巷道支护结构强度,保证矿井安全生产。

**关键词:**松散破碎围岩;耦合注浆;围岩加固

**中图分类号:**TD265.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-5716(2024)08-0124-03

随着,矿井采掘深度的不断增加,为了解决由此所产生的在复杂地质高应力的工程环境下,围岩破碎松动,巷道产生开裂、大变形、极易发生冒顶的问题。马兰矿18508工作面巷道为松散破碎岩层,受相邻工作面采掘扰动影响,巷道变形非常严重,不得已进行了多次返修,主要采用钢筋混凝土与锚喷联合支护并对底板实行浇筑底拱后又套环形U型钢加固。但由于采动影响,巷道变形严重并进行了多次返修,巷道围岩已松散破碎,自持力和支撑力已基本消失,且钢筋混凝土硐体力的传递也不均衡。导致巷道的使用断面逐年减小,变形速度也逐渐加快,根据观测站数据显示,该巷道最大变化量为1.8mm/d,现巷道尺寸为宽2.8m、高1.8m,已无法满足正常使用,对巷道顶板注浆加固非常重要<sup>[1]</sup>。

## 1 矿井概况

马兰矿位于山西古交西南15km,井田面积为104.4km<sup>2</sup>,设计年生产能力400×10<sup>4</sup>t,主要开采山西组2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>煤层。18508综采工作面位于南五下组煤采区右翼,主要开采山西组8<sup>#</sup>煤层,工作面走向长1390m、倾向长276m,煤层平均厚度3.86m。18508工作面所在层位为松散破碎岩层,受相邻工作面采掘扰动影响,导致巷道围岩破碎,上覆岩层本身自持力和支撑力已基本消失,久而久之造成U型钢硐箍多数扭曲变形,2022年6月,已逐步开始对该处整修。现已整修约45m,整修后巷道毛断面规格为4.6m×3.4m(宽×高),净断面规格为4.2m×3.2m(宽×高)。整修时先采用锚网索支护然后再套39U型钢加强支护。由于围岩的松散破碎,导致

多数锚杆锚固力无法达到设计要求,且上覆岩层及围岩对U型钢结构的应力加大和着力不均,严重影响着巷道的使用年限。

## 2 巷道围岩变形破坏特征

### 2.1 上覆岩层压力

地壳内的岩体未经采动前处于原岩应力平衡状态,在地表深处的岩体单位面积上所承受的垂直压力为上部覆盖岩层的质量。当在地下开掘了各种巷道后,破坏了原岩的应力均衡状况,使巷道四周的岩体在一定区域内应力重新分布。马兰矿18508工作面位于区域向斜轴一侧,直接埋深达370m,地质构造较为复杂,区内有多条纵横交错的断层,断层走向为NE及NW向,落差0.3~2.8m,本区域实测地应力较大,达18MPa。巷道穿层布置,自2<sup>#</sup>煤顶板19m处到底板8m处。2<sup>#</sup>煤直接顶为复合顶板,夹有多层煤线,软硬互层,岩性大部分为砂质泥岩及粉细砂岩,层理极其发育,分层厚度为0.2~1.0m,且岩石结构松软,煤层顶板张性裂隙发育,岩石较破碎;煤层底板为黑色泥砂岩,泥质胶结,硬度较低。由于煤层顶、底板松软破碎,软硬互层交织,作为穿层巷道的西翼工程围岩条上覆岩层压力大,当支护结构不能承担该作用的载荷时,就会造成支护结构的破坏变形。

### 2.2 U型钢硐箍的破坏分析

18508工作面巷道经过多次整修,围岩变得松散破碎,同时对深部围岩也产生了扰动影响。现环形U型钢自身强度和承载外力较大,但对于地层深部的任何

\* 收稿日期:2023-03-01

作者简介:邢夏冰(1987-),男(汉族),山西临汾人,工程师,现从事煤矿生产技术管理工作。

构筑体,其自身的强度和承载上覆岩层的压力都显得微乎其微,只有构筑体的外力平衡才能保持其较长时间的稳定。环形U型钢为钢性结构并且为被动承载受力体。由于环形U型钢支设完毕后未与围岩体严密贴合,尤其是顶部有较大的孔隙,只有围岩变性破坏产生较大位移后才慢慢发挥作用,加上钢体周边与围岩表面呈不规则的点、线接触,使得钢体与围岩的相互作用产生变形和来压不均现象,这都是导致环形U型钢不均匀受力而产生破坏的主要原因。

3 耦合注浆加固机理

对于巷道破碎机理发育、松软破碎的围岩,高标水泥浆的注入能够明显改善松动围岩的物理力学性质;通过外力作用将高标水泥浆液充填到松动岩体的孔隙当中,将其重新胶结成一体,从而提高了巷道煤岩体的整体强度和稳定性。同时高标水泥浆的注入还可为锚杆、锚索提供可靠的着力基础,浆液将锚杆锚索与钻孔间隙、周围岩体的缝隙全部充填满,使锚杆、锚索对破碎围岩的锚固作用得以发挥,做到控制岩体变形和位移从而使岩体与支护同时达到新的平衡状态,避免了顶板离层、巷道冒顶事故的发生,就犹如大自然中树和根一样,根扎得越深根基越牢固,起到多重固结作用,使锚杆受力传递的可靠性和连续性得以充分保障,大大提高支护效果<sup>[2]</sup>。加固原理示意图1。

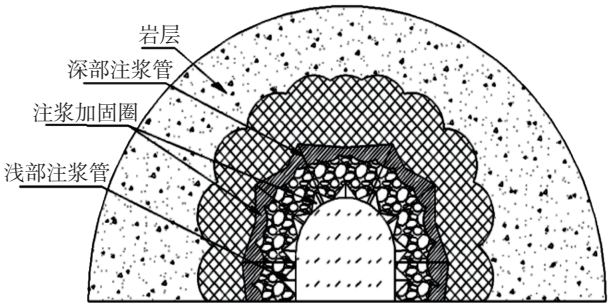


图1 加固原理示意图

(1)从围岩的物理力学性质角度来看,浆液的注入能够明显改善-560井底车场巷道;高标号的水泥浆液注入到巷道围岩体的孔隙之中,使破碎围岩体重新胶结粘成一体,以此提高了巷道围岩体的整体强度和稳定性。

(2)高标号的水泥浆液能够充分地将巷道围岩与锚杆接触,将杆体与钻孔之间的空隙、周围岩体的裂隙悉数充填满,就如同树木的主根和根须共同固结作用一样,构成所谓的“网络”效应,大大提高支护效果,从

而使巷道锚杆受力传递的可靠性和连续性得以充分保障。

(3)巷道围岩注浆完成后,隔断了杆体与地下水、空气三者之间的联系,其作用可以彻底阻止锚杆、锚索的锈蚀氧化反应,保证了锚杆、锚索的长期锚固能力,使巷道围岩支护体系的稳定性得到保证<sup>[3]</sup>。

4 耦合注浆技术方案

为保证注浆效果,对整修后的巷道先进行喷砼封闭,要求厚度不小于100mm。巷道顶板采用深浅孔交替注浆法在该处顶板中间以及两侧打孔安装注浆管:第一循环:由外向里安排布置浅孔注浆管,排间距为3000mm、1600mm,每排7个孔,垂直顶板布置。钻孔直径32mm,深度2500mm。由于壁后空隙较大,而且表层喷浆体抵抗力较弱,选定注浆压力不大于2MPa,且注浆量不超过1t。第二循环:沿-560井底车场由外向里a安排布置深孔注浆管,排间距为3000mm、1600mm,每排4个孔,垂直顶板布置。钻孔直径32mm,深度8500mm。注浆压力不大于6MPa。且注浆量不超过1t水泥<sup>[4]</sup>。顶板及两帮注浆孔布置图如图2所示,井底车场钻孔注浆布置图如图3、图4所示。

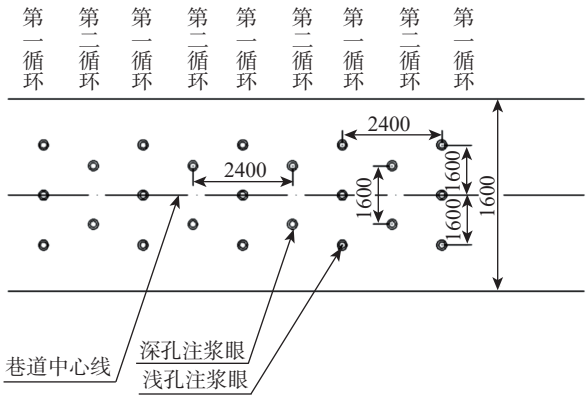


图2 顶板及两帮注浆孔布置图(单位:mm)

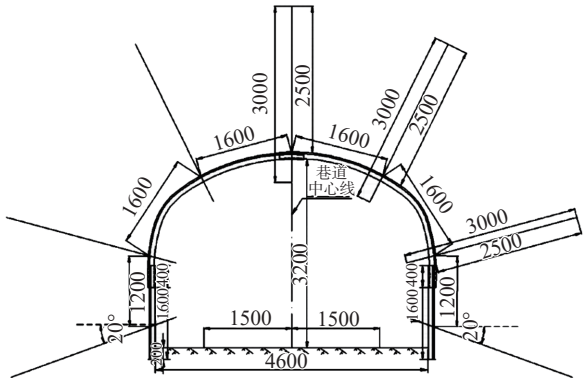


图3 浅孔注浆布置图(单位:mm)

