

# 玉溪煤矿主斜井井筒变形破坏治理方法的探讨

崔晋飞 赵向明

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

**摘 要:**玉溪煤矿主斜井由于矿井开采深度较深,煤层顶底板岩层较软,井底车场硐室布置密集、断面大,在井筒安装完工后,受井底车场施工影响,在由井底向上约160m左右范围内巷道先后出现不同程度的变形破坏,2013年底,对主斜井该变形段巷道进行了治理,自治理完工之后,巷道仍在变形破坏,巷道围岩发生形变、毁坏情况在一定程度上已经导致巷道的日常生产不能够安全开展。本文针对玉溪煤矿主斜井受破坏区段井筒治理技术进行深入研究,采用更加合理、科学的围岩加固措施进行支护、加固,从根本上解决类似进行过二次、甚至三次加固后仍在变形的情况,解决巷道出现前掘后修的问题,达到一次成巷的目的,保证巷道的有效服务期限满足矿井建设和生产的需要。

**关键词:**主斜井;巷道支护;注浆加固

## 1 工程概况

山西兰花科创玉溪煤矿采用斜井开拓。主斜井设计倾角 $16^{\circ}$ ,设计断面为半圆拱形:净宽5200mm、净高4000mm、净断面积为 $17.9\text{m}^2$ 。井筒内安装胶带输送机,铺设900mm轨距钢轨,设人车、水沟及人行台阶,通过设在巷道两帮的水平钢梁在拱顶部架设管缆。

玉溪煤矿主斜井于2012年开始建设,于2013年安装完工。井筒采用爆破掘进工艺施工,采用锚杆+锚索+喷射混凝土支护。由于矿井开采深度较深,煤层顶底板岩层较软,井底车场硐室布置密集、断面大,在井筒安装完工后,受井底车场施工影响,在由井底向上约160m左右范围内巷道先后出现不同程度的变形破坏,其中管子道口至井底一段约100m范围内巷道变形破坏比较严重。2013年底,由天地科技股份有限公司对该段巷道进行了治理,治

理主要采用对帮顶为浅深孔注浆+锚索支护方案,对底板为钻孔注浆加固。自治理完工至今已过去约1年时间,巷道仍在变形破坏,变形破坏程度已经影响到巷道安全、正常使用。

巷道变形破坏分上、下两段,呈现两种情况:上段(管子道口向上60m段),巷道帮顶和底板出现了轻微的变形;下段(管子道口至井底沉淀池),巷道部分帮顶、底板均出现了比较严重的变形破坏。

为了保证主斜井安全正常使用,拟对该段巷道进行返修加固,加固方案为:上段:变形破坏主要是由于下部材料库施工引起,变形较轻微,以底鼓为主,已基本稳定,只做返修处理。下段:以底板加固为主,以局部帮、顶返修加固为辅。底板采用注浆锚索+钢筋梯子梁+钢筋混凝土板联合治理方案进行治理;对巷帮和顶板变形破坏较严重段进行帮、顶返修并加固,采用锚杆、锚网+喷射混凝土联合支护方案进行治理。

## 2 底板返修与加固方案

主斜井井筒治理段上段为管子道口向上60m,以返修巷道底板为主;下段为管子道口至井底泥煤沉淀池,长约115.8m(主斜井井筒88米,落平至泥煤沉淀池27.8),采用注浆锚索+钢筋梯子梁+钢筋混凝土联合加固方案治理。

主斜井井筒管子道口向上60m巷道,由于受其下部材料车库施工影响,出现了底鼓现象。根据矿方提供资料,材料车库及附近相关巷道施工已结束,该段井筒变形已基本稳定。考虑巷道中部水沟附近底鼓量较大,水沟破坏较严重,返修主要是对巷道中部及轨道侧进行起底、重做底板和水沟,胶带输送机一侧不动。做底板前需拆除轨道,做完底板后重新

铺轨。管子道口至井底泥煤沉淀池:本段底板加固采用注浆锚索+钢筋混凝土底板+钢筋梯子梁加固方案进行加固。

为了减小对现有支护结构的影响和保证施工安全,开挖采用分段施工,每段施工长度以不超过3000mm为宜。开挖前,须对巷道底板上的设备采取措施:拆卸轨道、悬吊皮带等。底板开挖时,沿巷道断面全宽一次开挖,开挖深度为井筒设计底板向下650mm,并向井筒两帮各开挖加长200mm槽窝。

### 2.1 注浆锚索加固方案

#### (1) 注浆锚索参数

锚索规格:采用 $\Phi 22\text{mm}$ 、长5300mm,极限拉断力560kN,延伸率7%的锚索。

锚索托板:采用规格为 $300 \times 300 \times 16\text{mm}$ 高强度拱形可调心大托板,力学性能与锚索索体一致,为索体极限载荷的90%(500kN);

#### (2) 布置方式

锚索沿主斜井井筒断面垂直底板均匀布置三根,距设计巷道两帮800mm处各布置一根,中心线处布置一根,排距均为1300mm。具体方案见图0.1。

#### (3) 锚固方式

锚固方式:分次全长锚固。水泥端部锚固,端部采用水泥灌浆锚固。灌浆10L,灌浆锚固长度3000mm,预留第二次注浆张拉预紧段,灌浆完成七天后水泥注浆。

注浆材料:水泥浆。水灰比:使用XPM添加剂,水泥浆的水灰比 $0.6:1 \sim 1:1$ (根据现场注浆情况在小范围内调整)。添加剂配比:使用XPM添加剂,添加剂用量为水泥重量的8%~10%。

注浆压力:第一次灌注,锚固锚索底端,注浆压力0。张拉前第二次注浆,注浆压力2~3MPa。

锚索预紧力: $\geq 180\text{kN}$ 。

#### (4) 底板注浆锚索支护施工工艺

清理底板→标记钻孔位置→架设钻机①打孔②  
送水排渣③钻孔完毕,退出钻杆、钻头④插入底板锚  
索至孔底⑤插入6分塑料灌浆管、填入石粉→灌入  
水泥浆10L→抽出塑料灌浆管→棉纱加水泥浆封堵  
孔口→锚索预埋7天后⑥联单元钢筋底部网、安装  
钢筋梯子梁→取出棉纱⑦插入铝塑管(长度  
2500mm)⑧锚索和铝塑管外部套装封孔胶塞和止退  
钢管推入孔内⑨加装f20mm钢筋梯梁、拱形托盘⑩  
引出铝塑管⑪安装球垫、索具张拉预紧锚索→连接  
注浆系统,逐孔注浆至终压→弯折铝塑管阻止浆液  
倒流。

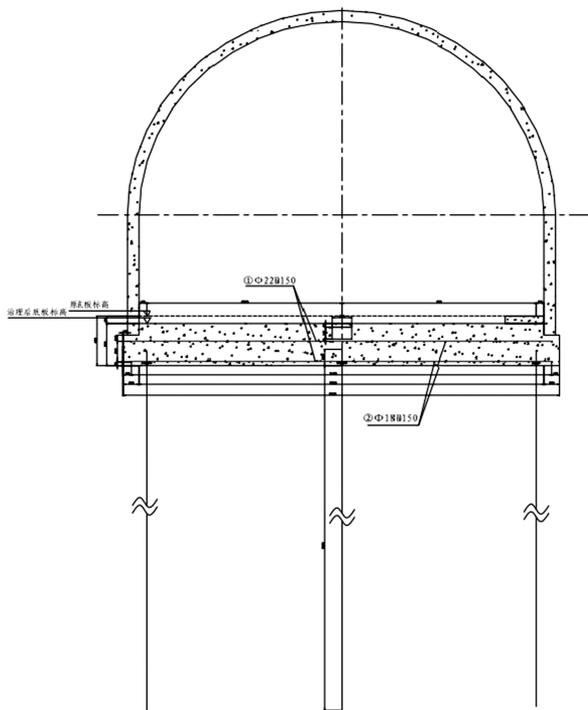


图1 锚索布置图

### 2.2 钢筋混凝土加固方案

#### (1) 钢筋混凝土设计

混凝土:根据底梁的抗压要求,选用C30混凝土。为了实现早支撑,在混凝土中添加早强剂。由于各地材料不同,早强剂添加需验证,一般来说为水

泥量的3%~6%,如添加0.05%的三乙醇胺和1.5%的硫酸钠。

弯矩设计值:

$$M_k = \gamma_0 M_{\max} = 1.2 \times 268 \text{ kN} \cdot \text{m} = 321.6 \text{ kN} \cdot \text{m} ;$$

$$\text{假定梁截面: } b \times h = 1000 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} ;$$

$$\text{保护层厚度: } c = 50 \text{ mm} ;$$

$$\text{混凝土 C30: } \alpha_1 = 1.0, \beta = 0.8,$$

$$f_c = 14.3 \text{ N/mm}^2, f_t = 1.43 \text{ N/mm}^2 ;$$

$$\text{钢筋 HRB400: } f_y = 360 \text{ N/mm}^2,$$

$$\xi_b = 0.518。$$

#### (2) 确定所需计算的参数

$$\text{选取 } \rho = 1\%, b = 1000 \text{ mm}$$

$$h_0 = 1.1 \sqrt{\frac{M_k}{\rho f_y b}} = 1.1 \sqrt{\frac{321.6 \times 10^6}{0.01 \times 360 \times 1000}} \text{ mm} = 329 \text{ mm}$$

假定钢筋单排布置,

$$a_s = c + d / 2 = 50 + 20 / 2 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{取 } a_s = 60 \text{ mm}$$

$$h = (329 + 60) \text{ mm} = 389 \text{ mm}$$

为了控制裂缝宽度,取  $h = 400 \text{ mm}$ , 于是

$$h_0 = (400 - 60) \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = \frac{M_k}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = \frac{321.6 \times 10^6}{1.0 \times 14.3 \times 1000 \times 340^2} = 0.195$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.195} = 0.219 \leq \xi_b = 0.52$$

(满足)

$$\gamma_s = \frac{1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s}}{2} = \frac{1 + \sqrt{1 - 2 \times 0.195}}{2} = 0.891$$

(3) 钢筋用量计算

$$A_s = \frac{M_k}{f_y h_0 \gamma_s} = \frac{321.6 \times 10^6}{360 \times 340 \times 0.891} \text{ mm}^2 = 2949 \text{ mm}^2$$

主筋选用 HRB400 级钢筋：7C22，

$$A_s = 2661 \text{ mm}^2 ;$$

(4) 验算配筋率

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{2661}{1000 \times 340} = 0.78\% ;$$

$$\rho \geq \max \left\{ \rho_{\min} \frac{h}{h_0} = 0.2\% \times \frac{400}{340} = 0.24\%, 0.45 \frac{f_t}{f_y} \cdot \frac{h}{h_0} = 0.45 \cdot \frac{1.43}{360} \cdot \frac{400}{340} = 0.21\% \right\}$$

$$\rho \leq \rho_b = \alpha_1 \xi_b \frac{f_c}{f_y} = 1.0 \times 0.518 \times \frac{14.3}{360} = 2.06\%$$

均为适筋梁。

钢筋布置：经计算，选用主筋为  $\phi 22$  的螺纹钢长 5400mm，横筋选用  $\phi 12$  的螺纹钢，通常配置。

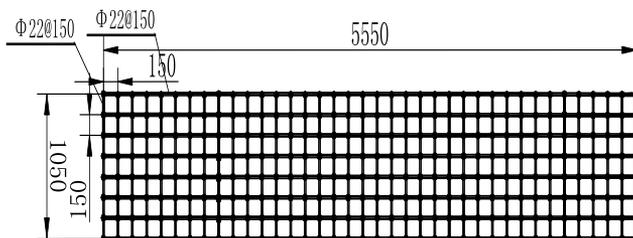
(5) 钢筋混凝土参数

纵筋选用  $\phi 22$  的螺纹钢长 5550mm；选用  $\phi 12$  的螺纹钢，长  $\times$  高 1050  $\times$  150mm。选用 C30 混凝土，为了实现早支撑，在混凝土中添加水泥量 3%~6% 的早强剂。

(6) 钢筋混凝土布置

主筋分两层布置成网状结构，间距 150mm，且上层距水沟底板留 50mm 的保护层，下层距开挖后底板留 50mm 的保护层，上层钢筋网沿井筒断面长 5550mm，其主要作用是防止底板中心线附近底鼓的作用力；下层钢筋网沿井筒断面长 5550mm，两端各伸入巷帮 200mm，其主要作用是将本方案的主要结构体与巷帮连接为一个整体，提升整体稳定性。其中，钢筋混凝土浇筑厚度为 300mm，以上为素混凝土浇筑，厚度为 250mm；加固段整体加固为 550mm，加

固段预留 100mm 变形空间，加固段底板比设计标高低 100mm (如图 2)。



钢筋布置平面图

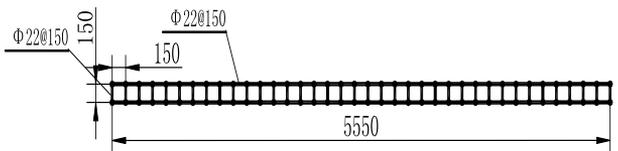


图 2 钢筋布置剖面图

2.3 注浆锚索与钢筋混凝土底板联结

联结方案：

本治理方案中对支护结构的基本要求是注浆锚索和钢筋梯子梁以及钢筋混凝土的下层钢筋网互为支点，形成一个整体，使得三者结合成为一个结构体来加强底板的稳定性。一套钢筋梯子梁控制三组钢筋网。钢筋梯子梁采用两根  $\phi 18$ mm、长 4350mm 的钢筋棍加工，两端口使用长 100mm 的钢筋将其封闭好，梯子梁中间间隔 540mm 用钢筋加工成两横梁 (图 3)。

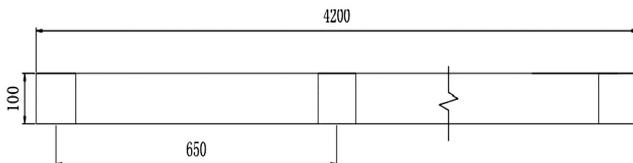


图 3 钢筋梯子梁大样图

鉴于注浆锚索为分段施工，所以三者之间的衔接也分段施工。在钢筋网最底层之上布置钢筋梯子梁，并将钢筋梯子梁与注浆锚索沿纵向衔接在注浆锚索的外露部分，用托盘固定，以两排锚索为一组施

工。注浆锚索与钢筋梯子梁以及钢筋网的有效联接,形成整体结构是其发挥加固作用的关键(见图4)。

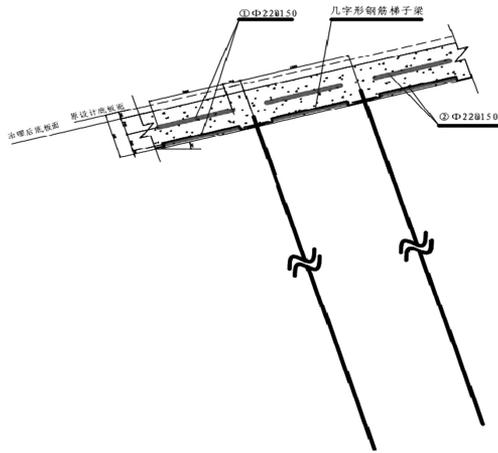


图4 联结方案剖面布置图

#### 2.4 化学注浆施工

在井筒变形破坏段下段,局部巷道两帮和顶板出现了比较严重的变形破坏,并导致设在巷道拱部两帮之间用于架设管缆的钢梁产生了严重的侧向弯曲变形,已经严重影响巷道的安全正常使用。管子道以下至落平点88米全部进行化学注浆(先期进行过深浅孔水泥注浆),化学注浆后进行局部巷道扩帮修复及二次锚网喷支护。只对巷道变形后不达设计要求的进行刷扩修复,二次巷道修复后确保巷道光滑平直。

现场施工化学注浆时,要求现场施工钻孔时严格按照设计要求的顺序施工。标记钻孔位置→架设钻机,调整角度 $\text{R}\Phi 42\text{mm}$ 钻头打孔 $\text{R}$ 钻孔完毕,退出钻杆、钻头 $\text{R}$ 压风排渣 $\text{R}$ 外径 $\Phi 20\text{mm}$ 的硬质塑料射浆管,插入6分孔口管无螺纹端→射浆管和孔口管插入钻孔→孔口管螺纹端外露150mm→棉纱和水泥封孔→24小时后 $\text{R}$ 安装孔口截止阀→连接注浆系统 $\text{R}$ 制备水泥浆 $\text{R}$ 开泵注浆 $\text{R}$ 注浆至终压稳定10min→停泵,关闭孔口阀→拆除注浆系统,移至下

一个注浆孔,单孔注浆结束。

注浆锚索的定位需准确,使得每排三根锚索沿纵向在一条直线上,以保证钢筋梯子梁的有效安装;钢筋梯子梁需布置在最下层钢筋网之上,两端与锚索外露部分连接,并用小托盘固定,以保证三者联合成为一个整体;浇筑混凝土为分段支模浇筑,浇筑时除水沟之外不留间隙,浇筑时间为下一段钢筋梯子梁连接完成之后,以保证每个浇筑段内的钢筋梯子梁两两连接。

#### 5 结束语

通过对支护效果进行观测、分析,玉溪煤矿主斜井井底巷道采用注浆锚索+钢筋梯子梁+钢筋混凝土联合加固、化学注浆加固方案+二次锚网喷等一系列措施以后,对控制巷道围岩的变形情况有很大的改观,同时也为新掘进大巷在掘进过程中遇到的前掘后修的问题提供宝贵的经验借鉴和技术保障,确保玉溪煤矿在今后的巷道施工过程中遇到类似情况,能够达到一次成巷的目的,减少不必要的返工,保证巷道的有效服务期限满足矿井建设和生产的需要。

#### 参考文献:

- [1] 锚杆支护巷道顶板稳定性动态可靠性分析[J]. 陈鑫源,朱永建,余伟健. 矿业工程研究. 2014(03).
- [2] 深部高应力软岩巷道底鼓锚注技术研究[J]. 李亚鹏,张百胜,刘臻保,姜精鹏,杨旭明. 煤矿开采. 2015(05).
- [3] 基于复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用[J]. 刘磊. 内蒙古煤炭经济. 2016(12).
- [4] 不同锚杆支护条件下大断面巷道围岩稳定性数值分析[J]. 何云. 兰州工业学院学报. 2017(01).