

靖安煤矿石门支护及过煤层技术

吴开红¹, 张有山¹, 曹运江²

(1. 云南东源昭通煤业有限公司, 云南 昭通 657000;

2. 湖南科技大学 煤炭资源清洁利用与矿山环境保护湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要:通过分析靖安煤矿风井回风石门围岩的岩性及其物理力学特征, 得出风井回风石门的支护形式为锚网梁+锚索支护, 基于围岩松动圈理论, 确定了风井回风石门支护参数. 运用这一技术对靖安煤矿风井回风石门进行支护控制, 其结果表明: 锚网梁+锚索支护形式运用在靖安煤矿风井回风石门中, 不仅能够有效地控制巷道围岩变形, 保持巷道围岩的稳定性; 而且能取得很好的经济效益, 相比以往的工字钢架棚支护, 在180 m长的巷道支护中, 仅材料费一项就节省了8万元. 因此, 锚网梁+锚索支护是一种支护效果好、耗材低的支护形式, 可在靖安煤矿石门支护中推广应用, 为其他煤矿类似地质条件下的石门支护提供参考.

关键词: 锚网梁; 锚索; 支护形式; 支护材料; 实施方案; 支护效果

中图分类号: TD353.6

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2015)02-0001-05

On rock cross – cut support and coal seam technology in Jing’ an coal mine

WU Kaihong¹, ZHANG Youshan¹, CAO Yunjiang²

(1. Dongyuan Zhaotong Coal Industry Co., Ltd. of Yunnan Province, Zhaotong 657000, China;

2. Hunan Province Key Laboratory of Coal Resources Clean – utilization and Mine Environment Protection, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: It is concluded that the downcast cross – cut support forms are anchor net and anchor cable by analyzing the property and physical mechanical characteristics of surrounding rock in the return airway’s crosscut of Jing’ an coal mine. Based on the surrounding rock loose circle theory, the supporting parameters of downcast crosscut is determined. Using this technology to control the supporting of Jing’ an coal mine downcast crosscut, the results show that the forms of anchor net and anchor cable used in Jing’ an coal mine downcast crosscut can not only effectively control deformation of roadway surrounding rock, maintain the stability of the roadway surrounding rock, but also obtain good economic benefits, compared with the previous shaped shed support, in the 180 m long roadway support, and the cost of raw materials has saved 80 000 yuan. As a result, the forms of anchor net and anchor cable are good, low consumables support forms, they can be applied in the crosscut Jing’ an coal mine supporting widely, which provides a reference for other coal mines in similar geological conditions.

Key words: bolting mesh and beam; anchor cable; support form; support material; implementation scheme; support effect

收稿日期: 2014-06-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41172275); 国土资源部资助项目(201511045-2); 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心资助项目(12120113010800); 湖南省国土资源厅软科学研究计划资助项目(2011-04); 湖南省科技厅计划资助项目(2012SK311)

通信作者: 吴开红(1967-), 男, 云南安宁人, 工程师, 研究方向: 采矿与通风安全. E-mail: 732319687@qq.com

国内外对地下软岩巷道支理论的研究已经较为成熟,如国外的新奥法、能量支护、应力控制、应变控制、最大水平应力等理论,国内的围岩恢复加固、改性、联合支护、松动圈、主次承载区支护、软岩工程力学支护、锚杆支护的扩容稳定等理论.研究的支护技术方法主要有内外支护技术、联合支护技术等^[1-4].

煤矿基岩的稳定性千差万别,压力大、巷道变形严重、垮冒顶事故多发、巷道的维修量巨大,支护成本提高,严重影响煤矿的安全生产^[5].靖安煤矿为搞好支护改革,提高其工程质量标准化工作水平,大力推广新工艺支护,由安全生产技术部带队考察学习锚网梁支护技术^[6,7];并组织队伍在回风石门成功进行了锚网梁+锚索支护试验.在支护参数的运算过程中采用了锚杆支护的组合梁理论计算确定参数,在施工中采用的却是直墙半圆拱断面,理论上不用再增加锚索支护就可达到预期的支护效果^[8,9].待围岩性质、机理特性及力学参数确定后,就可以选定支护方式.本次技术实践主要是依据复杂地质条件及围岩机理特性,合理地运用成熟支理论,而采取的联合支护方式^[10].靖安煤矿采用何种支理论计算确定支护参数及施工方法^[11],对于类似矿区的支护也具有一定的参考价值.

1 巷道支护参数及支护形式

1.1 地质条件

靖安煤矿风井回风石门为穿层石门,担负着回风大巷以上区域的通风、排水、供电、煤炭及设备运输.该区域地质条件非常复杂,巷道从煤底板穿过,必过4~5层不可采煤层.巷道设计,净宽3.4 m,净高2.8 m,为圆弧断面,总长160 m.巷道围岩为砂质泥岩,并试验测得该砂质泥岩的抗压强度为34.8 MPa,抗拉强度为1.75 MPa.

1.2 锚杆长度的计算

1)按组合梁理论计算

锚杆长度 L ,按照式(1)计算:

$$L = L_1 + L_2 + L_3. \quad (1)$$

式中, L_1 :锚杆外露长度,0.1 m; L_3 :锚固端长度,取0.3 m; L_2 :组合梁支撑厚度,即岩体厚度,m.

组合梁上部受均布载荷作用,具体采用式(2)获取:

$$q = \gamma H. \quad (2)$$

式中, q :岩体单元的自重应力,MPa; γ :上覆岩层重度,kN/m³; H :上覆岩体单元的厚度,m.

靖安煤矿穿层石门的上覆岩层重度 γ ,在这里取24 kN/m³,上覆岩层厚度按照满足顶板最底部岩层外表面抗拉强度条件确定, H 则为9.2 m,此时计算得到巷道顶部的均布荷载为0.22 MPa.

固支梁(穿层石门)中点表面拉应力最大,其计算为

$$\sigma = 0.25 \frac{qB^2}{L_2^2}. \quad (3)$$

式中, B :巷道跨度(宽),m.

最顶部岩层抗拉强度 σ_1 计算后取1.48 MPa,则顶板稳定时应满足式(4)和式(5):

$$K_1 \sigma \leq \sigma_1; \quad (4)$$

即:

$$L_2 \geq 0.5B \sqrt{\frac{K_1 q}{\sigma_1}}. \quad (5)$$

式中, K_1 :安全系数,一般取 $K_1 = 3 \sim 5$.

考虑岩层蠕变的影响,引入蠕变安全系数 ζ ($\zeta = 1.204$).再考虑顶板各岩层间摩擦作用对梁应力和弯曲的影响,引入随岩层数变化的惯性矩折减系数 η ,则锚杆有效长度的表达式为

$$L_2 = 0.602B \sqrt{\frac{K_1 q}{\eta(\sigma_t + \sigma_h)}} \quad (6)$$

式中: σ_h :原岩水平应力分量,0.52 MPa; η :岩层数为1,2,3时, η 分别取1.00,0.75,0.70;岩层数 ≥ 4 时, $\eta = 0.65$,此处取0.75; K_1 :与施工方法有关的安全系数,爆破法掘进取3~5,巷道受回采动压影响5~6,此处取5.

依据式(2)~式(6)可计算出 L_2 为1.75 m,则由(1)可知: $L = 0.1 + 0.3 + 1.75 = 2.15$ m,据此取 $L = 2.2$ m.

2)按经验法计算

$$L \geq K(1.1 + B/10). \quad (7)$$

式中, B :巷道高度或跨度(宽),按本次技术实践措施,其标准高度为2.8 m或宽度为3.4 m; K :巷道围岩的稳定系数,可取 $K = 1.2$.

由此可得,顶板锚杆长度: $L_{\text{顶}} = 1.2(1.1 + 3.4/10) = 1.728$ m,两帮锚杆长度: $L_{\text{帮}} = 1.2(1.1 + 2.8/10) = 1.656$ m.

3)依据靖安煤矿回风石门围岩的岩性及其物理力学特征,直接确定该巷道围岩松动圈变化范围为1.0~1.4 m.然而由相关理论可知,此1.0~1.4 m的松动圈,穿层石门稳定性受到影响,其锚杆长度在巷道顶部应取2.2 m,两帮应取1.8 m,才能起到较好的支护效果.

按照回风石门实际支护的可靠程度,参考上述3种不同的计算成果,大胆地选择2.2 m作为锚杆的支护长度.

1.3 锚杆直径和排间距确定

锚杆长度定好后,就需要确定锚杆直径.具体须从以下2方面进行考虑:一方面,安全生产角度,锚杆支护阻力及其强度;另一方面,技术手段上要求先进,经济上注意合理.按照早期锚杆使用经验,取锚杆直径 $d = 16$ 或18 mm.

选取锚杆的排间距相等,则锚杆的锚固力应满足式(8):

$$F_{\text{min}} \geq D^2 \times L_2 \times \gamma. \quad (8)$$

式中, F_{min} :锚杆的最小锚固力,实测为70 kN; γ :围岩容重,取24 kN/m³;K:安全系数取1.5.

计算得到锚杆的排间距 D 为0.86 m,取 $D = 800$ mm.

1.4 支护形式及材料选择

综合分析上述计算结果,靖安煤矿回风石门赋存条件一般采用锚、网、梁、喷、加锚索进行支护.锚固体体系所涉及到的参数如表1所示.

表1 支护形式及材料选择

锚固体体系	尺寸大小	具体特征
锚杆使用长度	2 200 × Φ 18 mm	左旋无纵筋螺纹钢等强锚杆
锚杆锚固剂		采用CK2850或K2850
铁托板	120 × 120 × 10 mm ³	与锚杆连接,共同起支撑作用
梯子梁	Φ 10 mm	钢筋焊接而成,宽度为50 mm,长度与巷道宽度相一致
金属网格	5 × 0.9 mm ²	使用10#铁丝编织的菱形金属网
顶板锚索钢绞线长度	5 m	通过外端固定,另一端锚固在潜在结构面以内的稳定岩体中穿过潜在结构面的预应力钢绞线,使结构面处于压紧状态,以提高围岩体的整体性
锚索托板使用20#槽钢	长度400 mm	中间加焊150 × 150 × 10 mm ³ 钢板,中间孔径为17 mm,使用锚具锁紧
锚索锚固剂		采用CK2350, K2350, Z2350树脂药卷

2 施工技术要求

巷道严格按中线施工,每班打眼前,值班队长必须将中腰线延伸至迎头,并画好轮廓线。锚杆排、间距严格按措施要求控制,即排、间距均为0.8 m,允许误差 ± 50 mm,且必须成排成行布置,外露长度为30~50 mm。

施工时严格按照要求做到“三径”匹配,即钻头直径、药卷直径、锚杆直径必须匹配。必须严格控制好打眼的深度,锚杆眼深控制为2.1 m。

锚杆锚固力值必须大于14 MPa(相当于56 kN),初锚力大于100 kN;锚索安装初锚力值必须大于25 MPa(相当于100 kN),锚固力大于200 kN。平时的检测,以扳手扭不动锚杆为准,顶板锚杆的塑料压力圈必须达到变形。

锚网必须铺平整,紧贴岩壁并用梯子梁压紧,每排的搭接处必须连接好压紧。

巷道必须严格按光面爆破的要求组织施工,严格控制好周边眼的眼距、位置和装药量,以减少放炮震动对岩壁的破坏。

3 过煤层或泥质页岩技术要求

施工必须采用浅眼爆破施工方式,支护参数的选择采用加密锚杆排距,防止软岩、破碎岩石及煤层漏顶。锚杆排间距适当缩小,选择排距为0.5 m,间距为0.7 m较为安全可靠,锚杆长度2.2 m,每眼锚固剂1卷(型号CK2350),锚固力设计为7 t,锚索每3 m 2根,锚索长度5 m,锚固剂CK2350, K2350, Z2350(3卷),安装锚固力设计10 t。喷浆厚度100 mm。

技术要求:顶板锚杆必须使用锚杆钻机打眼、装药、安装,树脂锚固剂为超快速型(CK2350),搅拌时间为15~30 s。

锚索支护,锚杆机打眼、装药、安装,其打眼深度必须打到砂质泥岩层位。每眼锚固剂3卷,锚固剂配比是超快速、快速、中速3种由里至外依次安装,锚固长度1.5 m,搅拌时间为1 min。

4 施工工艺及生产组织

施工工艺:放炮-初喷-超前支护-锚网加锚索支护-切煤眼-吊迎头出矸。

生产组织:生产一班打眼放炮,施工进度1.0 m,放炮后初喷1次毛浆。生产二班进行超前支护,画好中腰线及巷道轮廓线,巷道拱形部分,要求间距0.3 m打1个眼(深度为1.8 m),然后用2.2 m的管式锚杆插入眼内,锚杆露出部分(0.4 m)要紧靠巷道拱壁。待这些工作做好后,用锚杆机对巷道拱形进行打锚杆、上网联合支护。打拱形周边切眼,每眼间距0.2 m,切眼不准装药、放炮,然后,吊迎头、出矸。生产三班对已支护好的迎头进行喷浆。

以上各个工序逐步进行,当班没有完成的工作,下班继续做。严格做到“先支后掘、控制进度、喷浆紧跟迎头”。

5 效益比较

回风石门在2009年11月施工中采用新工艺取得了质量、数量的双丰收,降低了施工成本。按以往同类巷道为例计算,15 m巷道需要架棚22架,每架棚子周长8.5 m(25.7 kg/m),工字钢市场价3 800元/t,混凝土背板42块(5.9元/块),夹板39付(15元/付),22架棚子总计为19 095元。

锚网喷支护^[7]:锚杆每套25元,锚固剂每卷3.8元,梯子梁每根20元,金属网18元/m²,15 m巷道设计锚杆270根(6 750元),锚固剂270卷(1 026元),梯子梁90根(1 800元),金属网90 m²(1 620元),锚索每套90元,需要10根,共计900元,总计材料费12 096元。相比之下,锚、网梁支护比架棚支护节约材料

费7 809元,回风石门180 m可节约材料费83 988元。

6 问题讨论

在锚杆支护设计中,锚杆长度、直径,间排距等是常规参数,应能够得到相应地重视,同时也必须重视对锚固方式的常规选择和详细说明。在复杂地质环境条件下,锚固方式直接制约着支护的成败。如果锚固方式选择不当,支护回风石门穿煤层地段时,出现顶板大面积垮冒可能性很大。

一般来说,树脂锚固剂的锚固性能与“三径”匹配关系密切。如果“三径”匹配合理,锚固力则较可靠;地层岩性不同,锚固力变化也较大。如果锚固长度为300 mm,从软弱煤体到砂岩段,锚固力可达20~60 kN。同时,选择强锚+长锚等不同的锚固方式,可满足不同的支护设计要求。

局部成形较差,超挖欠挖严重,不能保证锚网梁紧贴两帮。为保证巷道两帮煤壁平直、稳定,其工艺技术原则是爆破预留,手镐成形。另外,如果锚杆露出太长,达不到锚固有效长度。这是因为锚杆机气压低、气腿推力小、钻机偏离锚杆孔、使用了不合适的树脂药卷等原因而不能将锚杆顶推和安装到位。

参考文献:

- [1] 唐辉雄,赵伏军,王国举,等.八一井砌碛巷道修复加固方案的优化及实践[J].矿业工程研究,2013(2):16-19.
- [2] 康红普.煤矿深部巷道锚杆支护理论与技术研究新进展[J].煤矿支护,2007(2):1-8.
- [3] 王其胜.深部软岩巷道矿压特征与支护技术研究[D].长沙:中南大学,2008.
- [4] 韩春东.煤矿掘进支护技术研究[J].民营科技,2014(3):35.
- [5] 吴开红,蒋绍军.安全性原则在采矿工程过程中的应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2014(10):85.
- [6] 张清,李军.袁店一矿构造破碎区锚注支护技术研究[J].科技信息,2010(29):375.
- [7] 赵立超,马海峰,杨明.袁店一矿软岩巷道支护技术研究[J].陕西煤炭,2010(6):16-18.
- [8] 白朝晖,罗勇.袁店一矿101轨道石门支护技术研究[J].科技资讯,2011(30):50.
- [9] 赵凤权.赵各庄矿轨道石门支护方案研究[J].能源与节能,2012(6):17-18.
- [10] Derman D. Depth estimates for slingram electromagnetic anomalies from dipping sheet-like bodies by the normalized full gradient method[J]. Pure and Applied Geophysics, 2005,162(11):2179-2195.
- [11] 杨海明.综采工作面收尾支护技术研究[J].科技情报开发与经济,2011,21(26):217-218.