综采工作面出架空间锚网索支护技术的研究与应用

张斌

大同煤矿集团有限责任公司煤峪口矿

DOI:10.32629/gmsm.v3i2.644

[摘要] 孤岛工作面停采撤退是煤矿安全生产的一个难题,如何有效解决这一难题成为矿井生产必须面临的一个现实,煤峪口矿经过对孤岛工作面停采支护设计进行分析,形成了一套完整的多煤柱下近距离煤层开采技术,在实践中应用后取得了巨大成功,取得了良好的社会和经济效益。

[关键词] 孤岛; 停采; 锚网索支护; 出架空间

煤峪口矿核定生产能力为1.53Mt/a。井田位于大同煤田东北部边缘,北接忻州窑井田,南邻永定庄井田,西北与云岗矿井田和四台矿井田相邻,整个井田东西长约10.5公里,南北宽1.8公里,面积15.1514平方公里。可供开采储量4186.8万吨,可采出煤量约2000万吨。现开采煤层14#煤层。

1 工作面概况

1.1 81010工作面设计开采煤层为14#煤层,工作面区域内煤层厚度1.20~3.30m,平均2.47m。

1.2 81010工作面为孤岛工作面。上覆11~12#层81010工作面于2010年8月开采结束,低位放顶煤一次采全高,采高7.55m,与14#层层间距1.9~10.3m,平均5.16m;上覆3#层81012、81014及81016工作面于1988年至1992年综采结束,采高2.65m,与14#层层间距约147.6m。14#层410盘区21010巷左上方(面朝回采方向)有11~12#层81010与81012工作面之间的煤柱,宽约19.5m,距离21010巷左帮约21.5m;14#层410盘区51010巷右上方(面朝回采方向)有11~12#层81008与81010工作面之间的煤柱,宽约22.8m,距离14#层51010巷右帮约12m。

2 停采出架空间支护设计方案

2.1 设计思路。支护强度是控制巷道围岩剧烈变形的关键因素。理论上,只要煤层顶板有一定的自稳能力和完整性,通过高强度的预拉力锚杆均可以有效地加强支护,减少变形,防止出现离层,确保巷道的安全使用。在现有的技术条件下,绝对控制巷道变形量是十分困难地,需要很强的支护强度,支护材料及相关费用投入大,适当让压,允许一定的围岩变形量,可以大大缓解支护难度,取得技术经济双赢,有利于顶板控制,为回收支架打好基础^[1]。

2.2 支护机理。81010综采工作面出架空间支护采用锚杆+锚索+金属网联合支护形式,其支护机理主要有以下四点:

(1) 锚杆、锚索在支护体系中起加固组合作用,对锚杆、锚索施以较强的预紧力将出架空间上方较薄的煤、岩体组合加固为整体性较强的组合岩梁。

(2) 锚杆、锚索在支护体系中还起到“减跨”作用,降低了顶板岩层的弯曲应力和挠度,提高了顶板的稳定性。

(3) 金属网通过阻止煤、岩块垮落,达到减小组合岩梁软弱层变形破坏的目的,而在金属网上挂钢丝绳,则能有效提高金属网的强度,降低破网漏矸的可能。

3 停采后出架空间顶板压力分布情况

3.1 顶板支撑体系。综采工作面液压支架回撤前,工作面形成“采空区冒落矸石→液压支架→组合岩梁→前方煤壁”的支撑体系共同支撑上覆岩层,在工作面车里液压支架的过程中,应力重新分配,经历了原支撑体系变形到失稳垮落的过程,而原支撑体系的横向变形失稳则从液压支架上方顶板开始逐渐过渡到组合岩梁,纵向失稳破坏则从液压支架回撤后开始。液

压支架回撤后顶板支撑体系变为“采空区冒落矸石→木垛→组合岩梁→前方煤壁”,但随着前方液压支架的陆续回撤,此支撑体系频繁发生平衡、失稳、最终破坏,顶板岩层垮落^[2]。

3.2 支护参数计算。

(1) 锚杆支护参数设计。根据采矿工程设计手册(2003)表6-1-88,锚杆支护单体锚杆悬吊作用计算。

① 锚杆长度的确定

$$L=L_1+L_2+L_3$$

式中:

L_1 —锚杆外露长度;取30mm;

L_2 —潜在冒落拱高度;

L_3 —锚杆锚入稳定岩层的深度,取经验值0.6m;

$$L_2 = \sum P_n = \frac{2500}{2 \times 16} = 78.125 \text{ mm}$$

式中:

B—巷道跨度,取2500mm;

f—普氏岩石坚固性系数,取细粒砂岩普氏系数为16;

锚杆长度: $L=L_1+L_2+L_3=30+78.125+600=708.125 \text{ mm}$

设计锚杆长度2000mm,符合要求。

② 按锚杆杆体承载力与等抗拉拔力强度原则确定锚杆直径d

锚杆锚固力Q等于锚杆杆体承载力P

$$P=I_{n2} = 0.7 \times \frac{343 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 1200 \times 0.7} = 165(A), \text{ 由 } P=Q \text{ 得:}$$

$$I_d = \frac{U_e}{2 \sqrt{(\sum X)^2 + (\sum R)^2}}$$

式中: Q—锚杆锚固力125KN;

σ_t —杆体抗拉强度, Mpa

按照《同煤集团回采巷道锚网索支护技术规范与支护手册(试行)》MG400型左旋无纵筋锚杆的杆体抗拉强度为400MPa,锚杆的锚固力取125KN。

则 $d=1.13 \times 0.01767=0.019 \text{ m}=19 \text{ mm}$

设计选用20mm,符合要求。

③ 顶锚杆间、排距

$$\sum R = \frac{R_1}{K_b} + R_b + R^2$$

式中:

a —锚杆间距, m;

Q —锚杆锚固力, 要求125kN;

k —锚杆安全系数, 一般取 $K=1.5\sim 1.8$, 取最大值1.8;

γ —岩石容重, kN/m^3 , 取25;

L_2 —锚杆有效长度。

$$\partial < \sqrt{125000 / 1.8 \times 2.56 \times 10000 \times 0.6} = 2.12\text{m}$$

由于本公式计算所得为间、排距相等情况, 所以工作面机道选用 $\phi 20\text{mm} \times 2000\text{mm}$ 左旋无纵筋螺纹钢锚杆, 间排距为 $1000\text{mm} \times 2000\text{mm}$, 可以满足顶板支护要求。

(2) 锚索参数设计。

①锚索长度的确定。为了加强锚固体的强度, 减少煤岩顶板冒落, 采用预应力锚索作加强支护, 采用低松弛、高强度锚索, $\phi 17.8\text{mm}$ 锚索的最低破坏荷载为355kN, 应用悬吊理论进行参数计算。

$$L = L_1 + \sum h + L_2 + L_3$$

式中:

L —锚索总长度, m;

L_1 —需要外露的张拉长度, m;

$\sum h$ —需要锚固的不稳定岩层厚度, m;

L_2 —锚索锚入到较稳定岩层的锚固长度, m;

L_3 —锚索托板厚度, m;

$L_1=0.25\text{m}+0.055\text{m}=0.305\text{m}$

由于直接顶厚度为1.7m, 故取 $\sum h=1.7\text{m}$

则 $L=0.305+1+3+0.1=4.405\text{m}$

设计选用5.0m长锚索, 符合要求。

为保证工作面在最终变形后能够满足回收和安全的需要, 工作面断面以满足变形为要求, 设计距停采线5m以内采用直径 $20 \times 2000\text{mm}$ 型金属锚杆, $L=5\text{m}$ 锚索对顶板进行维护。

图1 81010工作面停采出架空间支护示意图

3.3 施工方案及支护参数

①距停采线6—3.5m段, 在工作面内顶板打两排锚杆。锚杆间距1.5m,

排距2.5m, 矩形布置。

②距停采线4.75m时, 与前一排锚杆间隔1.25m平行布置一排锚索, 锚索间距4.5m, 每个锚索施工于对应支架顶梁中部。

③距停采线3.5—0.5m, 不再进行移架时, 锚杆间距缩小为1m, 排距1m, 交错布置, 并安装金属网及钢丝绳。

④距停采线1.5m时, 与前一排锚杆间隔1m平行布置一排锚索, 锚索间距3m。

⑤工作面推到停采线时, 采煤机最终停在工作面尾, 在72#支架至尾端头切壁处, 规格为 $15 \times 1 \times 2.2\text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。当72#支架至尾端头范围内宽度达到3.5m时, 在新割出的机道上方顶板施工一排锚杆、锚索, 锚杆、锚索交替布置, 间距1m。

⑥顶锚杆设计扭矩不低于100N/m, 锚索预紧力不低于8—12吨, 保证锚杆、锚索支护质量, 达到护顶作用。

⑦机道扩完后, 在头、尾端头支架侧, 前、后立柱之间, 架设井字型木垛, 木垛与顶板刹严背实。木垛打好后, 在工作面头、尾安全出口处, 分别采用5m锚索配合3m吊梁进行支护, 吊梁平行于巷道架设, 共需架设八根吊梁, 吊梁距外煤帮1m, 距支架外侧0.5m, 吊梁支护范围为木垛至工作面煤壁^[3]。

3.4 与传统停采出架空间支护方案理论对比。

(1) 采用未采前不打锚杆, 存在以下缺点:

①支护阻力低, 特别是液压支架前梁超过2m的情况下。停采时, 支架顶梁收到的集中应力大, 就会发生支架前梁弯曲或折断现象。

②被动承载, 支架载荷增加缓慢, 不利于未采期间设备长时间存放。

③支架载荷不均匀, 顶梁只有两处载荷最大, 其余地方小, 降低了支架的承载能力。

(2) 采用锚网索联合支护后。

①锚杆支护工作面设备理论存放数月顶板无较大变形。

②锚杆支护安装, 可节省了回收工程时间, 节省坑木消耗。

③采用锚杆支护配合锚索加固, 增大锚固强度, 能够有效地将锚杆的加固作用和锚杆的悬吊作用有机结合, 通过施加较大预紧力, 使顶板形成组合拱梁, 帮部形成组合拱墙, 从而提高承载能力。

④采用锚杆支护工作面可减少因顶板下沉或底鼓造成的起底工程, 减少了单体、工字钢梁、坑木等的使用, 实现高产高效。

4 结语

锚网索联合支护出架空间, 支护工序简单, 顶板稳定易控制, 作业空间开阔, 减少工人的劳动强度, 工序之间影响少, 可实现综采面的快速回收, 安全效果好。促进矿井安全生产, 减小煤峪口矿工作面接替时间, 产生巨大的经济、社会效益, 具有广阔的推广应用前景。

[参考文献]

[1] 马骥, 邓磊. 基于矿压显现监测的深部高应力煤巷支护参数优化[J]. 煤矿安全, 2016, 47(7): 204—207.

[2] 王转平. 大屏幕显示系统为新安煤矿护航[J]. 矿业装备, 2012, (4): 28.

[3] 蔡辉. 软岩回采巷道锚杆支护研究[J]. 山东煤炭科技, 2014, (9): 2.

作者简介:

张斌(1990—), 男, 山西省大同市人, 汉族, 本科, 助理工程师, 从事煤炭资源开采研究。