

采煤工作面顺槽过陷落柱加强支护技术研究与应用

张建林 刘攀

(山西兰花科创玉溪煤矿有限责任公司)

摘 要: 本文根据玉溪煤矿的实际情况,就1301首采工作面第一、二、三回风顺槽过陷落柱复式支护及后期巷道实际变化情况,并结合工字承重载荷,从理论上论证工字钢复式支护并非最优支护方式,探索一种新的锚梁联合支护,从安全和经济的角度分析锚梁支护的可靠性、合理性。

关键词: 锚梁支护;斜拉锚索;无腿钢棚;无水陷落柱;工字钢承重负荷;锚索支撑结构

1 工程概况

山西兰花科创玉溪煤矿位于山西省南部、樊庄普查区的东南部,井田面积29.79km²,设计生产能力为2.40Mt/a,主采3号煤层,服务年限50.7a。

矿井采用斜井开拓,工业场地布置主斜井、副斜井共2个井筒,主斜井井口标高+797.2m,井底标高+320m,斜长1731m,井筒倾角16°,净断面17.9m²。井筒内装备B=1200mm胶带输送机提升煤炭,另外装备架空乘人器担负矿井人员的上下井任务。副斜井井口标高+792.2m,井底标高+320m,斜长1380m,井

筒倾角20°,净断面17.0m²,井筒内铺设900mm轨距、43kg/m的双轨,装备1台Φ4m双钩绞车提升大件及日常材料。在玉溪村北部布置一对进、回风立井负责矿井初期的通风任务。

井下用一个水平开拓,水平标高+320m。

全井田共划分为2个盘区,首采盘区为井田南部的一盘区。

玉溪煤矿属于煤与瓦斯突出矿井,开采3号煤层厚度5.12~7.20m,平均5.85m。煤层顶板为泥岩、砂质泥岩、粉砂岩,局部为细粒砂岩;底板为泥岩。煤层结构简单,全区可采,为稳定型可采煤层。根据地勘及已揭露区域的测定结果,3号煤层坚固性系

数在 0.45~1.09 之间,煤层透气性系数 0.1032~26.58m²/MPa².d,最大原始瓦斯含量 25.59m³/t,最高原始瓦斯压力 2.90MPa。除了局部区域煤层存在软煤分层外,整体而言,3号煤层具有煤质硬、瓦斯含量高、瓦斯压力大、煤层透气性高等特点。

主要大巷布置在距3号煤层底板约25m的砂质泥岩中,井下利用布置在井田中央的南北向的一组煤层大巷开拓全井田。主要大巷按3条布置,分别为中央辅助运输、中央胶带输送机 and 中央回风大巷,三条大巷均布置在距离3号煤层底板约25m的砂质泥岩中。三条大巷水平间距为40m,为减少大巷和顺槽相联络时的揭煤次数,在3条主要岩石大巷的上方,经穿层钻孔对煤层消突后,在煤层中施工三条盘区辅助巷,分别为2条盘区瓦斯抽放巷和1条盘区回风巷。

大巷东西两翼工作面推进长度为2200~3000m,长度较为适中,布置首、准备工作面,在工作面顺槽侧下方布置底抽巷用于顺槽工作面区域防突。(盘区巷道布置平面图(如图1))

设计中矿井投产时在一盘区的东翼布置1个3号煤层大采高综采工作面,为1301首采工作面。在一盘区的西翼布置一个1302为准备工作面;

首采和瓦斯预抽工作面采用5条顺槽布置,工作面南部两条顺槽分别为辅助运输顺槽和胶带顺槽,工作面北部布置三条回风顺槽,分别为回风一巷、回风二巷、回风三巷。在掘进中三条回风顺槽在249米至少493米不同程度遇到DX32和DX33陷落柱,其中回风一巷穿过DX32陷落柱50米,穿过DX33陷落柱49米。回风二巷穿过DX33陷落柱31米;回风三巷穿过DX32陷落柱28米;在陷落柱区域及进出五米范围巷道进行了锚网索+矿用工字钢联合支护。随着巷道的掘进,回风一巷工字钢架棚段出现了横梁受力压弯现象。

2 陷落柱特点及影响分析

2.1 陷落柱特点

陷落柱是含煤地层中由岩溶引起的环形塌陷,岩溶是发育分布在石灰岩地层中,由流动的地下水进行长期的溶蚀作用而形成的。由于地下水的不断溶蚀、洞穴越来越大。在地质构造力和上部覆盖岩层的重力长期作用下,有些溶洞发生坍塌,这时覆盖在上部的煤系地层也随之陷落,于是煤层遭受破坏。由于这种塌陷呈圆形或不甚规则的椭圆形柱状

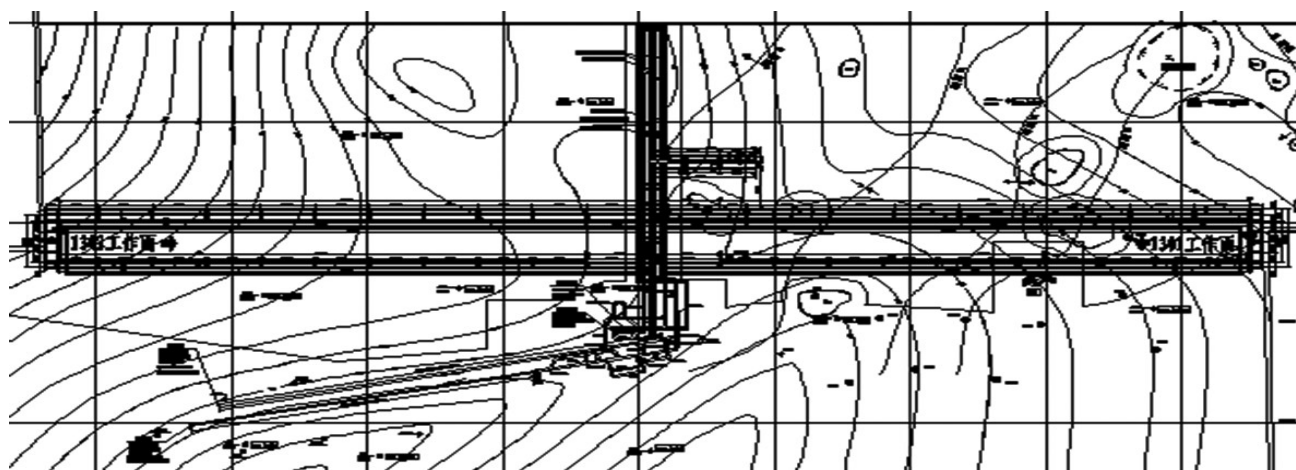


图1 盘区巷道布置平面图

体,因此叫陷落柱。陷落柱与围岩的接触界面多呈现出不规则的锯齿状,界线明显,接触面的角度是上大下小,一般在 50° — 85° 度之间, 75° 最常见,接触处的围岩产状基本正常,接触带的煤层以及顶底板一般无牵连现象,接近陷落柱3—5米时,岩层裂隙发育,煤层破碎,有时可以见到落差不大的小正断层,断层的走向与柱体相切,倾向柱体。在陷落区的边缘地带有的柱内干燥无水,有的有淋水头和小细流。瓦斯的涌出量一般增大,比正常的区域要高出2—3倍。陷落柱锥形的中心轴与岩层层面近似垂直。因此,在倾斜岩层里陷落柱也发生歪斜,在水平的投影图上,各煤层的陷落柱范围并不是完全地重叠。

2.2 主要影响

在陷落柱比较发育的地区,煤系地层中的煤层及其周围的岩石常遭到严重的破坏,给煤矿生产造成了很大的困难,主要表现在以下几个方面:

(1)破坏可采煤层,减少煤炭储量。由于陷落区的煤层遭到破坏而失去可采价值,使井田内的储量大大的减少。造成缩短矿井服务年限和巷道提前报废的严重后果。

(2)降低采掘效率,支护困难,提高生产成本。在开拓主要运输巷道时,如集中运输大巷,总回风巷,上山巷道,下山巷道时遇到陷落柱,为避免巷道拐弯,便于运输和通风,一般情况下按照原设计施工,直接穿过陷落柱,给巷道的维护和顶板的管理造成很大困难,同时也增加了巷道的维护费用。此外,在回采过程中遇到陷落柱时,一般先采用巷道摸清陷落范围,然后采取措施进行回采。这样不仅影响采煤工作的正常进行而且降低了生产效率,给工作面运输、顶板管理和通风造成很大困难。

(3)妨碍机械化采煤,影响正规生产。在陷落柱比较发育的地区,很难布置出内部无陷落柱的长壁

回采工作面,如果在长壁回采工作面内包藏几个陷落柱时,将使采煤机组和液压自移掩护体支架无法使用和通过。

玉溪井下所揭露的陷落柱大部分为无水陷落柱,仅在1302北底抽巷所遇DX13陷落柱时水比较大,造成巷道冒顶,对后期支护造成了很大困难,但在煤巷由于瓦斯钻孔提前预抽,揭露的陷落柱大部分为无水陷落柱。

3 原过陷落柱支护方案及后期结果

1301回风一巷首先在里程249为时遇到DX32并穿越50米过陷落柱,回风顺槽设计断面为矩形 $3800\text{mm}\times 5000\text{mm}$,正常条件支护设计为锚网索支护:顶、帮锚杆采用 $\Phi 22\text{mm}\times 2400\text{mm}$ 高强度左旋无纵筋螺纹钢锚杆,材质为专用锚杆HRB335钢材,杆尾螺纹M24;锚固方式为树脂加长锚固,锚固剂选用K2335、Z2360树脂药卷,每根锚杆各使用一支,锚固长度1208mm;锚杆配套使用 $150\times 150\times 10\text{mm}$ 的高强度拱形托盘,配合高强度球形垫圈和塑料减摩垫片。锚索采用 $\varphi 21.8\text{mm}$ 高强度低松弛预应力钢绞线锚索,长度为7300mm,锚固方式为树脂加长锚固,采用三支锚固剂,一支规格为K2335,两支规格为Z2360,锚固长度1971mm。非采帮及顶板网片采用10#铁丝编织的网格尺寸为 $50\times 50\text{mm}$ 的金属菱形网;采帮采用矿用阻燃塑料网,网片的具体尺寸可根据巷道尺寸裁剪。钢筋梯子梁采用 $\varphi 14\text{mm}$ 圆钢焊制而成,锚杆安装位置焊接两段纵筋。顶板梯子梁规格为宽80mm,长5400mm;非采帮纵向梯子梁长2400mm,宽80mm,横向梯子梁长2200mm,宽80mm;采帮使用长 \times 宽 \times 厚= $500\times 150\times 50\text{mm}$ 的木托盘以增大支护面积。支护参数:锚杆、锚索均为矩形布置。顶部每排6根,间排距: $1000\text{mm}\times 900\text{mm}$,靠

近帮的一根顶锚杆距巷帮 350mm;帮部每帮每排 4 根,间排距:1000mm×900mm,靠近顶板的一根锚杆距顶板 300mm,靠近底板的最后一根锚杆距底板 500mm;顶部锚索“三花”布置,排距:2700mm×900mm,每排两根、一根间隔布置。锚杆、锚索间排距允许误差为±100mm,托盘紧贴壁面,不松动,螺纹钢锚杆锚固力不小于 150KN;顶部锚杆预紧扭矩力不小于 200N·m,帮部锚杆预紧扭矩力不小于 150N·m。靠近巷帮的顶锚杆安设角度与垂线向外成 20°,其余与顶板垂直,巷帮最上部一根锚杆与水平线成 20°夹角,其余与巷帮垂直;锚杆外露长度 10-50mm;锚索预紧力不小于 300KN,外露长度 150-250mm。锚索安装完毕后及时安装锚索防射装置。网片要紧贴巷壁,搭接合理,网与网搭接不少于 100mm,每隔 100mm 用 14#铁丝双股连接,三花布置,绑扎牢固,扭结不少于 3 圈。采用金属网支护的巷道,每隔 200m 应设置全断面绝缘段,断网宽度 500mm,断网处采用矿用阻燃塑料网支护。首采工作面回风一顺槽断面(如图 2)

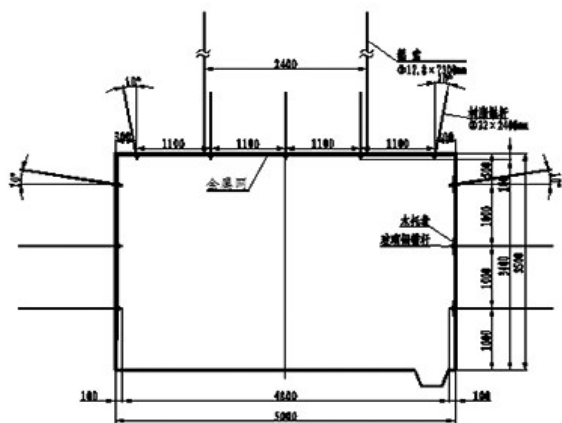


图 2 首采工作面回风顺槽断面

遇陷落柱加强支护方案为在原来锚网索支护基础上架工字钢棚,工字钢规格为矿用 11#工字钢,棚距 800mm,两棚间用直径 16mm 的拉杆进行固定,横梁设四要拉杆,两腿各两根拉杆,棚腿下有垫板,腿

与巷道水平呈 83°角,在棚与巷帮、梁与巷顶间用背板充实。(如图 3)

随着时间推移,回风一巷过陷落柱工字钢架棚段出现了不同程度的横梁受力压弯现象,当顶板下沉到一定程度,棚梁就会扭曲变形,棚腿倾斜造成事故,严重影响安全生产;另外玉溪煤矿工作面顺槽沿煤层顶板掘进,巷道下方有约 2 米厚的煤,工字钢腿一经受力就会下沉,起不到设计支护要求,根据工字钢承重负荷情况分析,11#工字钢承重远远不够,以下是工字钢承重负荷表。

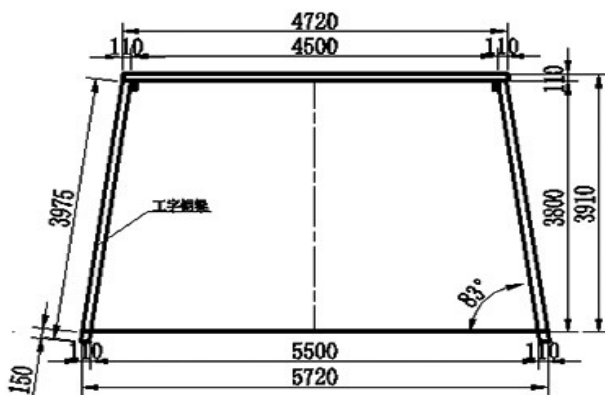


图 3 工字钢支护

从表中得出 11#工字钢在跨度 4 米情况承重 0.69 吨,在跨度 5 米情况承重几乎为零。即使是 25#工字钢在跨度 5 米情况承重仅仅为 4.5 吨,不足一根直径 22 锚杆的锚固力。且架棚支护为被动支护,一旦巷道来压,棚梁无法起到有效的支护作用,只是人们习惯思维上感觉架棚支护安全。

4 新的支护方案提出

根据玉溪煤矿井下煤巷顶板特点,煤巷所揭露的陷落柱大部分为无水陷落柱,陷落柱致密性好,胶结程度高,压实严密,在陷落柱施工的锚杆、锚索锚固力经检测均能达到要求;提出新的支护方案为:锚网+斜拉锚梁复合支护。具体如下:

工字钢承重负荷表

间支梁集中力		重型设备吊装手册 p 393									
热轧普通工字钢间支梁 GB 706-88		材料: Q 235-A 允许应力: 140MPa									
	$\sigma = M / W$										
间支梁集中力	$M_{max} = QL / 4$	间支梁的轴力 $N_{max} = Q * L / 8$									
$1400 = M / W = Q * L / 4 / W$											
$Q = 1400 * 4 * W / L \approx 5600 * w / L (kg)$											
工字钢型号	工字钢W值	支点间距(米)									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		容许荷重(吨) $Q = 56 * W / L / 1000$									
10	49	1.37	0.91	0.69							
12.6	77.6	2.2	1.4	1.1	0.87						
14	102	2.9	1.9	1.4	1.1	0.95	0.82				
16	141	3.9	2.6	2.0	1.6	1.3	1.1				
18	185	5.2	3.5	2.6	2.1	1.7	1.5	1.3	1.2		
20 a	237	6.6	4.4	3.3	2.7	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	
22 a	310	8.7	5.8	4.3	3.5	2.9	2.5	2.2	1.9	1.7	
25 a	402	11.3	7.5	5.6	4.5	3.8	3.2	2.8	2.5	2.3	
28 a	509	14.3	9.5	7.1	5.7	4.8	4.1	3.6	3.2	2.9	
32 a	692	19.4	12.9	9.7	7.8	6.5	5.5	4.8	4.3	3.9	
32 c	780	21.3	14.2	10.6	8.5	7.1	6.1	5.3	4.7	4.3	
36 a	875	24.5	16.3	12.3	9.8	8.2	7.0	6.1	5.4	4.9	
36 c	962	26.9	18.0	13.5	10.8	9.0	7.7	6.7	6.0	5.4	
40 a	1090	30.5	20.3	15.3	12.2	10.2	8.7	7.6	6.8	6.1	
40 c	1190	33.3	22.2	16.7	13.3	11.1	9.5	8.3	7.4	6.7	
45 a	1430	40.0	26.7	20.0	16.0	13.3	11.4	10.0	8.9	8.0	

对掘出的巷道先进行临时支护,临时支护的方式有机载临时支护;前探梁临时支护等方法,临时支护后进行正常的锚网支护,并对锚杆、锚索预紧力锚固力进行检测;然后进行锚梁补强支护,斜拉锚梁设计(如图4),工字钢在锚索间距点焊接400mm长的同型号钢梁,用于锚索锚固钢梁的支撑结构,支撑结构中间预留直径30mm的锚索孔。无腿锚梁设计主要是对巷道顶板的支护,巷道两帮采用原支护设计——锚网+钢筋梯子梁支护。

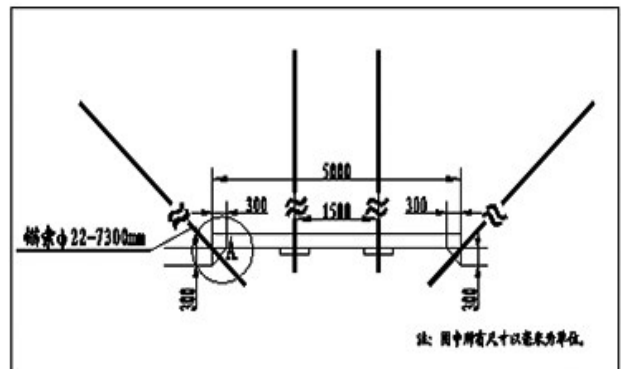


图4 斜拉锚梁复合支护

工字钢梁的两端斜拉锚索锚固,梁的两端用12mm钢板制作三角区并留有锚索孔用于斜拉锚索的锚固结构件,两端结构与梁焊接或高强螺栓连接(如图5),斜拉锚索的作用是,陷落柱区域使用斜拉锚索一是减少对顶板的悬吊压力的过分依赖,让斜拉锚索分解垂直方向对破碎顶板的拉力,二是锚梁作为斜拉索锚固结构,承受斜拉索的平衡水平力,增大工字梁横向方向的拉力;竖向分力全部通过悬吊

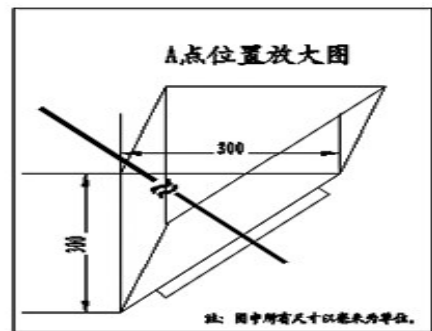


图5

锚索作用,斜拉锚索分解为竖直和水平方向的力,锚梁形成自身平衡,使得结构受力更明确。

5 方案比较

5.1 支护强度高

原加强支护方案中11#工字钢在跨度4米情况承重0.69吨,在跨度5米情况承重几乎为零,即使是25#工字钢在跨度5米情况承重仅仅为4.5吨;新支护方案中用两要竖直悬吊锚索和两根斜拉锚索(如图6),每根斜拉锚梁综合载荷在40吨以上,远远大于原来的支护设计,

斜拉锚梁垂直综合载荷计算: $F_{总}=F+F+2F\sin45^{\circ}=15+15+21.22=51.22$ 吨,相当于512.2KN;斜拉锚梁水平拉力10.61吨,相当于106.1KN.

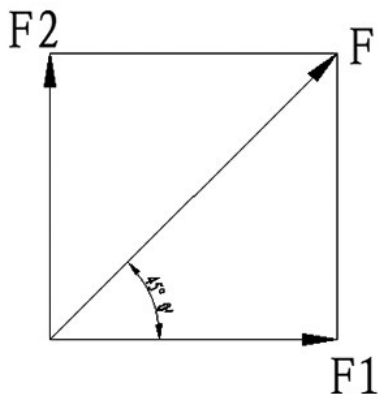


图6

5.2 支护成本降低

根据工程预算,如果用原支护方案:锚网索+工字钢棚,一架工字钢棚造价约10000元左右。如改用新的支护方案:锚网+锚梁支护复合支护,一米巷道造价约为6200元左右(减去重复支护的两套锚索),成本降低约40%。

5.3 工程量少,劳动强度低

新方案只对巷道顶板加强支护,两帮按原支护

执行(锚网+梯子梁)施工简单,劳动强度低,不但减少了棚腿施工工艺,还减少了大量的钢棚后木背板,施工速度快,辅助运输少,能提高至少三倍的工效。

6 施工工艺及注意事项

锚网+锚梁支护复合支护施工工艺:在陷落柱区域前后5米范围内进行加强支护,巷道掘进时先进行临时支护,在临时支护的情况下进行锚网支护,此时一定要短掘短支,掘一支一,紧跟进行锚梁支护,锚梁支护排距为900mm,布置在两排锚杆中间,梁由两根悬吊锚索、两根斜锚索和一根5000mm的11#工字钢组成。

此支护方案的前提是无水陷落柱,陷落柱致密性好,胶结程度高,压实严密,且经检测锚杆、锚索的锚力达到设计要求。

两帮支护采用原设计方案,施工时先顶后两帮,严格执行安全技术措施,不得空顶空帮。

7 结语

经过分析比较。在致密性好,胶结程度高,压实严密的无水陷落柱区域用锚网+锚梁支护复合支护施工工艺,可以保证安全、降低成本,降低工人劳动强度,提高工效,有效保证施工进度和建设工期。

参考文献:

- [1]《锚杆支护手册》,1992年煤炭工业出版社.
- [2]《回采巷道围岩控制理论及锚固结构支护原理》.
- [3]《煤矿深部岩巷稳定控制理论与支护技术及应用》,科学出版社,刘泉声,高玮,袁亮.