徐庄煤矿大断面软岩巷道支护技术研究

王 岩

(上海大屯能源股份有限公司徐庄煤矿,江苏省徐州市,221611)

摘 要 介绍了徐庄煤矿二号轨道暗斜井上部车场大断面软岩巷道支护技术的研究情况,阐述了锚杆支护设计、施工组织、矿压监测等的实施过程。

关键词 软岩 巷道 锚杆支护 矿压 监测 研究

长期以来,大断面软岩巷道支护是煤矿开采等地下工程十分重视的课题,巷道的设计与施工不合理,将会使软岩巷道产生剧烈变形,严重影响矿井的正常生产。因此,研究软岩巷道的变形机理,进行有效合理的支护设计与施工是非常必要的。

岩石名称	柱伏图	厚度/m	岩性
煤泥互层		5	共发育4层煤线,泥岩节理发育,有滑动面,倾角不太正常
砂质泥岩		3.8	灰褐色,质脆,含砂量不均
杂色泥岩		32	呈灰绿、紫红、青色等,性脆裂隙发育,较破碎,具油腻感
中、粗砂岩		7.2	底部为砂砾,灰白色,厚层状,质硬,以石英长石为主,暗色矿物次之
杂色泥岩		15 0.5	一般为暗红色,松散泥岩石,油腻,裂隙发育,性脆较破碎,中间偶加薄砂岩入砂质泥岩,岩石遇水易碎
细砂岩		0.5	
泥浆		1.5	
细砂岩		1.5	

图1 2轨道暗斜井上部车场简易地层柱状图

软岩是软、弱、松散、膨胀、流变、强风化及受高地应力作用的岩体总称。根据软岩属性的不同,可把软岩分成3种基本类型:第1类,岩层在自然状态下强度很低,呈松散、破碎状,如果受到水和风化等作用,强度会进一步降低,巷道布置在该类岩层中维护困难;第2类,岩层在自然状态下强度并不低,但受到水和风化等作用,强度急剧降低,甚至泥化,体积膨胀,导致岩层松散、破碎;第3类,岩层在自然状态下强度较高,受水和风化等影响较小,只在高应力状态才表现出较大变形特征。徐庄煤矿2轨道暗斜井上部车场属于第一类和第二类的综合并以第二类为主,即巷道围岩主要在泥岩层中施工,泥岩呈松散、破碎状、胶结不好、易受风化和水等作用,巷道开掘后岩体强度降低、碎胀。属于设计和施工中应予充分重视的软岩巷道。

徐庄煤矿2轨道暗斜井上部车场巷道施工开窝处岩性为泥岩,依次揭露岩性为砂岩、泥岩、砂质泥岩、炭质泥岩及4条煤线(见图1)。该处总体为一单斜构造,2轨道暗斜井上部车场19m处将揭露一条落差1~2m正断层。由于巷道主要在泥岩中穿层施工,泥岩、煤线及断层附近岩层较破碎。

一、上部车场支护设计的总体思路

(一)巷道围岩破坏机理

从影响巷道围岩稳定性的因素看,巷道围岩的破坏是各种因素综合作用的结果,这些因素相互作用,相互影响。一般造成巷道破坏的主要因素有:围岩岩性及其力学性质、采动支承压力、围岩裂隙、水、风化作用及支护体的力学性能等。导致巷道围岩破坏的主要因素有以下方面:

1)围岩岩性及其力学性质对巷道围岩的稳定性影响较大。泥岩单轴抗压强度一般较低,由于掘进后压力重新调整的作用,围岩裂隙发育、碎胀,固岩自身承载能力降低,破碎区范围大。

2)采动支承压力的作用是巷道围岩破坏的一个重要因素。

3)巷道揭露后施工用水、地下水、潮解围岩,围岩承载能力降低,因此围岩裂隙发育和水对岩体强度的弱化是影响巷道稳定的一个重要因素。

4)合理选择巷道支护方式和支护参数是软岩巷道支护的一个重要内容。

5)施工质量因素。

(二)设计依据

本设计拟采用锚杆支护为主要支护形式。采用组合拱理论,认为在拱形巷道围岩的破裂区中安装预应力锚杆时,在杆体两端将形成圆锥形分布的压应力,如果沿巷道周边布置锚杆群,各个锚杆形成的压应力圆锥体将相互交错,形成一个破裂及扩展的承压拱。这个承压拱可以承受其上部破碎岩石施加的径向荷载。在承压拱内的岩石径向和切向均受压,处于三向应力状态,这部分围岩强度得到提高,其支承能力相应加大。因此,锚杆支护的关键是获取较大的承压拱厚度和较高的强度,且厚度越大,越有利于围岩的稳定和提高其支承能力。

(三)支护技术方案

1.断面形状的选择

由于巷道在软岩中掘进,应选择受力状况较好的封闭拱形断面。考虑施工方便,巷道上部为半圆拱,下部两帮为直墙。

2.锚杆+锚索形式的选择

采用树脂加长锚固高强度螺纹钢锚杆支护加小孔径预应力锚索作加强支护。使用螺纹钢锚杆应考虑以下因素：

1)加长锚固高强度锚杆支护系统能够提供较高的轴向和横向约束力，锚固区顶板具有更高的强度和刚度，有效约束顶板围岩破坏和变形，并对上部顶板下沉起到限制作用。

2)顶板锚杆通过钢筋梯子梁和金属网形成整体，防止破碎顶板冒落，共同约束锚固区内顶板的变形和破坏。

3)顶板采用高强度锚杆系统，减小两帮岩体的压力，提高巷道顶板及两帮的整体稳定性。

4)顶板采用高强度锚杆系统支护，可加大锚杆间排距，减小锚杆支护密度，提高巷道掘进速度。

5)使用预应力锚索是支护应力至深部稳定岩层的主动支护方式。

3.喷砼与网

巷道揭露后先进行第一次喷砼，其主要目的为封闭岩石，防止其受施工环境影响致使围岩弱化，喷砼需表面平整，使钢筋网、锚杆、锚索有一良好的预应力附着面。使用φ12mm建筑螺纹钢扎经纬网，钢筋曲度平滑，紧贴喷砼面，防止二次喷砼时钢筋网后空。锚杆锚索安装完毕后，二次喷砼，将钢筋锚杆锚头、锚索锁具埋入喷砼中，使金属结构与空气隔绝，防止锚杆等锈蚀。

以上总体方案的实施，使岩体形成一个组合拱，构成一个具有自稳能力的“似整体结构”，通过锚杆的轴向约束和径向约束，使锚固段的抗剪能力大大提高，锚索的悬吊、挤压加固作用弥补这个“似整体结构”的自稳能力相对于所受载荷的不足，并达到必要的安全裕度。“控顶先护帮”，通过帮的喷砼与锚网的有效施工，防止片帮的发生，从而控制两帮的松动、变形，使拱顶有坚实的“基础”。二次喷砼封闭金属结构后，可以保证巷道的长久安全使用。

二、巷道支护主要参数的设计与选择

1.锚杆材质

选择价格低廉的20MnSi螺纹钢制作锚杆，因其杆体表面具有凸凹纹理，不需做任何处理即能保证锚杆与锚固剂之间较高的粘结强度，杆体强度大大高于Q_{235}圆钢，故适合于全长或加长锚固。所需做的只是在杆体尾部加工螺纹，锚杆延伸率>15%。

2.锚杆直径

为有效地控制巷道围岩变形，锚杆必须给予围岩可靠的支护阻力。研究表明，在其它条件一定的情况下，锚杆支护阻力的大小与杆体直径成正比，也就是说，直径越大，支护阻力和锚杆支护系统刚度越大，对支护越有利；另一方面需考虑锚杆直径与钻孔径的合理匹配，根据实验研究成果，锚孔与锚杆直径相差6~12mm，锚固力较大。考虑经济因素，钻孔小，成本相应低，考虑施工机具因素，目前常用的锚杆钻孔孔径为28~32mm。根据现场情况，选用锚杆直径均为20mm，钻孔孔径均为29mm，能够满足高锚固力、节约材料、施工方便的要求。

3.锚杆长度

锚杆长度是锚杆支护的关键参数之一，就巷道支护整体结构而言，锚杆长度太短，在巷道围岩内形成的加固厚度较小，不利于巷道围岩的稳定，锚杆过长，施工困难、速度慢、费用高。依据地质条件、巷道维护状况

以及生产技术条件初步确定，锚杆长度取1.8~2.6m。

4.锚杆间排距

锚杆间排距也是锚杆支护的关键参数之一。就巷道支护整体结构而言，间排距过大，在巷道围岩内形成的加固厚度较小，甚至不能形成支护结构，不利于巷道围岩的稳定；间排距过小，施工速度慢、支护成本高，应合理确定锚杆间排距。依据地质条件和巷道维护状况以及生产技术条件初步确定，锚杆间排距取0.6~0.8m。

5.锚固剂及锚固长度

锚固剂采用树脂药卷，锚固方式分为全长锚固和加长锚固。

1)全长锚固。锚固剂、钻孔壁和锚杆三者之间全长粘结，围岩产生较小的变形，锚杆即能提供较大的支护阻力，因而锚固体强度、刚度较大；锚杆锚固力大、可靠，即使局部锚固失效，也不足以影响到整根锚杆的锚固力；另外锚杆受力状态好，锚杆中部受力大，两端受力小，锚杆尾部螺纹及钢筋梯子梁、锚杆附件不易破坏。

2)加长锚固。树脂药卷费用与端锚相比，增加不大，在围岩变形较大、完整性相对较差的巷道锚扦支护时可以使用加长锚固。

6.锚索参数基本要求

锚索一般采用钢绞线。钢绞线为一组钢丝以螺旋状形式沿同一根纵轴绕转而成，钢绞线是由7根φ5mm钢丝组成。考虑到岩性和施工等影响因素及安全系数，树脂药卷锚固最小锚固段>1.0m。锚索宜锚固在围岩内部较稳定的岩层中，可根据岩性和钻眼机具能力进行综合考虑，一般5~8m，锚杆端张拉长度不小于300mm。锚索间排距e和长度L一般满足$L:e \geq 2$。

三、巷道矿压观测效果

为观测巷道在掘进期间、掘后稳定期间围岩的活动规律、支护效果，为今后进一步改进和优化锚杆参数提供第一手材料，需在巷道掘进过程中设置相应的测站，对围岩表面位移、深部位移、顶板离层状况、锚杆载荷、锚杆锚固力等进行观测。

经过近3个月的巷道施工(160m)，所测得的数据如表1所示。

表1 观测数据

项目	1	2	3	4	5	6
锚固区内顶板离层值/mm	12	11	13	9	7	10
锚固区外顶板离层值/mm	17	18	16	20	21	19
两帮相对移近量/mm	34	33	39	30	45	40
帮锚杆载荷/MPa	42	40	42	38	44	41

四、结论

从观测数据看，设计的支护方案达到了预期目的，巷道变形量小，均在允许范围值内，完全能够满足生产需要。锚杆(索)的支护强度偏高，主要原因是本方案中没有考虑到钢筋与砼的支护强度。因此，应进一步开展这方面的研究。

参考文献

1 何满潮，袁和生等.中国煤矿锚杆支护理论和实践.北京：科学出版社，2004

作者简介

王岩(1968-)，男，1991年毕业于湘潭矿业学院，现为上海大屯能源股份有限公司徐庄煤矿生产技术科科长，长期从事生产技术管理工作。发表论文多篇。联系电话：13921797850；0516-89034387；电子邮箱：xzjsk211@163.com。