复合型软岩非均匀管式高压注浆加固和预置锚索支护技术

孙本魁
（安徽恒源煤电股份有限公司，安徽 淮北 235162）

［摘 要］ 介绍了恒源公司矿井二水平下部车场等复合型软岩强烈变形特点，在常规支护难以确保围岩安全的情况下，采取了非均匀管式高压注浆加固和预置锚索支护技术。阐述了此项技术的基本原理、设计参数、施工工艺、技术要求和支护效果。

［关键词］ 复合型软岩；注浆加固；预置锚索；支护
［中图分类号］ TD353 ［文献标识码］ A ［文章编号］ 1006-6225（2008）04-0050-03

Technology of Reinforcement by Non-uniform Pipe-style Grunting and Supporting by Preset Bolting Rope for Combined Soft Rock

SUN Ben-kui
(Anhui Hengyuan Coal & Power Co. Ltd., Huaibei 235162, China)

Abstract: Violent distortion characteristics of combined soft rock located at under-part station of the 2nd Level in Hengyuan Company were introduced in this paper. Under the circumstance that traditional supporting could not ensure safety of surrounding rock, reinforcement technology by non-uniform pipe-style grunting and preset bolting rope were adopted. The basic principle, design parameters, construction technique, technical requirement and supporting effect were expounded as well.

Key words: combined soft rock; reinforcement by grunting; preset bolting rope; supporting

安徽恒源煤电股份有限公司矿井现开采二水平-600m。根据二水平下部车场（包括二水平轨道石门、等候室、三角带、变电所、大泵房、水仓等）处在特殊的复合型软岩区，具有强烈变形的特点，采用非均匀管式高压注浆加固和预置锚索支护技术，成功地解决了巷道在复合软岩中的强烈变形难题，促进了安全生产，保证了公司二水平按计划开拓，满足了公司生产接替的需要。

1 巷道地质条件及工程概况

由于地质条件的显著变化，二水平轨道下部车场坐落于6煤层顶板上25m的泥岩、粉砂质泥岩和含铝质泥岩中，该部位又发育1条落差9m的缓倾角逆断层。经鉴定围岩泥质含量高达80%，强度小于40MPa；围岩裂隙特别发育，平均密度达5条/m；围岩应力强，垂直应力15.4MPa，水平构造应力达25.3 MPa。综上所述，二水平下部车场围岩属高应力节理化复合软岩。

二水平下部车场所有巷道初期支护形式均为锚梁网喷支护。采用ϕ20mm，长2000mm螺纹钢锚杆，间排距900mm×900mm，布设钢筋梁，挂金属网，初喷砼厚30mm，终喷砼厚100mm。巷道施工2~3个月出现不同程度的变形，尤其是大泵房，断面大，变形尤为剧烈，两帮移近量达800mm，顶底移近量达600mm，后经锚杆注浆和部分砼砌墙仍未凑效，为此采用非均匀深孔管式高压注浆加固和预置锚索支护同步实施。

2 巷道周边应力分布及围岩变形规律

巷道周边应力分布与原岩应力分布（大小）、巷道的形状（竖向轴与横向轴比）很有关系。巷道断面在拐角的地方有较大的应力集中，在直长边则容易出现拉应力（图1为矩形孔周围的应力分布）。理论和实践都证明巷道在周边应力和掘进施工影响下，巷道围岩发生不同程度的破坏、变形。

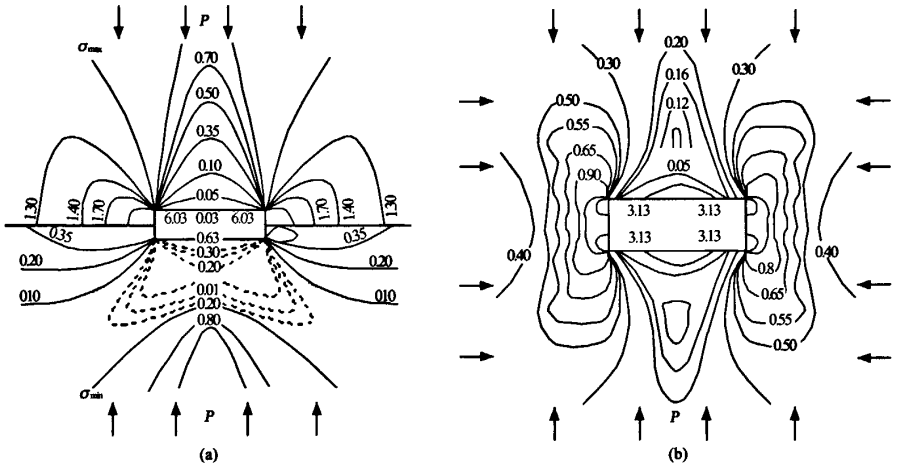
软岩巷道在周边应力作用下产生变形，其变形有以下特点：

（1）变形具有明显的时间效应，初始变形速度大，变形趋向稳定后仍以较大速度产生流变，持续时间很长；

（2）软岩巷道多表现为环向受压，且为非对称性。不仅顶板变形易冒落，底板也产生了强烈底鼓，并引发两帮破坏（折帮）和顶板坍塌；

（3）软岩巷道围岩变形在不同的应力作用下，具有明显的方向性；

［收稿日期］ 2008-03-17
［作者简介］ 孙本魁（1962-），男，安徽怀远人，高级工程师，从事煤矿安全生产管理工作。



（a）正应力；（b）切向应力

图 1　矩形孔周围应力分布

（4）软岩巷道围岩变形与埋深有关，存在一个软化临界深度，超过此深度变形量急剧增加。

3　巷道围岩注浆加固机理

提高岩体强度　利用压力将浆液充压到围岩体的各种裂隙中去，改善了弱面的力学性能，提高裂隙的黏聚力和内摩擦角，增大岩体内部岩块间相对位移的阻力，从而提高围岩的整体稳定性。

形成承载结构　对巷道的破裂松散围岩实施注浆加固，可以使破碎岩块重新胶结成整体，形成承载结构，充分发挥围岩的自稳能力，与巷道其他支护共同作用，承担载荷。

改善围岩赋存环境　巷道破碎围岩注浆后，浆液固结封闭裂隙，阻止水、气浸入岩体内部，防止水害和风化，保持围岩力学性质长期稳定。

4　设计方案

基于二水平下部车场复合型软岩特点，和前期锚梁网喷支护的失败教训，加深了对软岩支护的理解，设计巷道总体上以较大的孔深（断面上不同部位深浅不同），较大的注浆压力，管式注浆加固巷道围岩，在巷道顶部拱形区注浆孔内预置全长锚索，注浆锚固一周后张拉锚索，安装垫板和锚具。

4.1　锚索的设计

在注浆孔内预置锚索，注浆凝固后形成全长锚固锚索，有关参数设计如下：

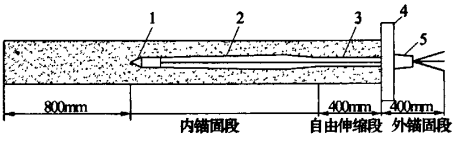
材料：选用 1×7-ϕ15.24mm 低松弛钢绞线。

长度：取 L=7.6m。

结构：锚索结构如图 2 所示。

锚固力：每根锚索预应力不小于 100kN。

间排距：间距为 2～2.5m，排距为 3m。



1—导向帽；2—钢绞线；
3—注浆固结体；4—垫板；5—外锚

图 2　锚索结构

4.2　管式注浆设计

预置锚索的巷道顶、肩部注浆孔，按锚索间排距设计要求，垂直于巷道断面布孔，孔深 8m，孔径 ϕ55mm；两帮腰线位置各布置 1 水平直孔，孔深 5m，孔径 ϕ55mm；底板两边角以倾角 60°向外各布 1 倾斜孔，孔深 6m，孔径 ϕ55mm；底板中部布置 1 垂直孔，孔深 5m，孔径 ϕ55mm。如图 3。

注浆管选用直径 ϕ50mm，厚度 4mm 无缝钢管加工成马牙扣形注浆管，末端焊接带丝扣的直径 ϕ25mm，长 150mm 钢管。注浆管的内端在马牙上钻 ϕ5mm 花眼，外端在马牙上缠麻丝，打入孔内，外口使用快硬水泥封实。

注浆材料选用 42.5 普通硅酸盐水泥，按水灰比 2∶1～1∶1 配置浆液，注单液水泥浆。

巷道围岩注浆压力主要取决于围岩的渗透性能和浆液性能，以及设计的渗透范围、孔口管的埋设方式等。注浆压力高有利于浆液渗透扩散，提高注浆效果，减少注浆孔数量，但有可能破坏围岩的整

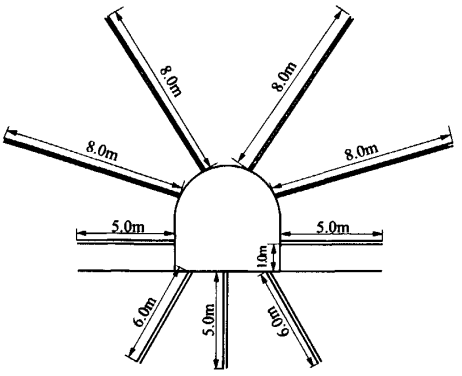


图3　注浆钻孔布置断面

体结构，易出现漏浆、跑浆现象。注浆压力低难以充分注入浆液，加固效果不好。为此，在现场进行了注浆压力试验，依据试验结果和以往经验，确定注浆终压为3MPa。

注浆量，巷道围岩不同部位的破裂程度，裂隙分布等情况是不一样的，因此，单孔注浆量波动很大，但只要取值比较合理，计算估计量对注浆施工仍有较大指导意义。根据理论估算，预计单孔注浆量为0.1854m^3。

钻探设备选用石家庄煤矿机械厂生产的TXU-75型钻机，注浆设备选用葫芦岛市高压注浆泵厂生产的2TGZ-120/105型注浆泵。

5　施工工艺和技术要求

5.1　施工工艺

施工工艺包括设备及工艺系统准备，升降基台制作，钻孔，注浆管制作安装，锚索组装，预置锚索，注浆，锚索张拉等施工过程的有序安排。

5.2　技术要求

（1）严格按设计点眼、放孔、钻孔。孔间排距误差≤100mm，方位角及倾角误差＜±1°，钻孔深度不小于设计深度。

（2）注浆管按设计制作，砸入有力，孔口捣实封好，外露长度误差小于20mm。

（3）锚索预应力不小于100kN，多余钢绞线切掉，外露长度为100mm。

（4）严格按设计要求注浆，注重控制过程，置锚索的注浆孔应注实封好。

6　支护效果

二水平大泵房、变电所大断面巷道采用复合型软岩非均匀管式高压注浆加固和预置锚索支护技术后控制了巷道变形，经整修后又浇灌了1层砼，通过1年多的观察，巷道不变形；其它巷道采用了复合型软岩非均匀管式高压注浆加固和预置锚索支护技术，巷道也未见明显变形，巷道正常使用。

7　结束语

恒源公司二水平下部车场巷道及相关硐室的复合型软岩，普通支护形式难以凑效。探索采用了复合型软岩非均匀管式高压注浆加固和预置锚索支护技术，有效地解决了复合型软岩巷道支护难题，积累了经验，具有推广应用价值。

[参考文献]

[1] 钱鸣高，石平五．矿山压力与岩层控制［M］．徐州：中国矿业大学出版社，2003.

[2] 张　农．巷道滞后注浆围岩控制理论与实践［M］．徐州：中国矿业大学出版社，2004.

［责任编辑：林　健］

（上接73页）

4　结论

优化设备配套，采取有效的防倒防滑措施和采煤工艺方法，加强管理，提高工作面装备的整体稳定性提高工作面设备整体可靠性，提高开机率，加快工作面推进，减少顶板运移干扰是大倾角综采工作面实现安全高效开采的重要措施。大倾角液压支架通过优化结构，减小配合间隙，提高支架稳定性和对顶板的适应性，确保安全可靠。同时，在保证支架可靠性的条件下，应尽量减轻支架重量，方便调架。默勒二矿在采取合理的技术措施后，采用放顶煤综采可以实现矿井的安全高效开采。

[参考文献]

[1] 伍永平，贠东风，张森丰．大倾角煤层综采基本问题研究［J］．煤炭学报，2000，25（5），465-468.

[2] 林忠明，陈忠辉，谢俊文，谢和平．大倾角综放开采液压支架稳定性分析与控制措施［J］．煤炭学报，2004，29（3）：264-268.

[3] G. F. Wang & J. F. Liu . Compatibility design of equipment & its practice for fully mechanized coal working face with a larger dip. Proceedings of the 5th International Symposium on Mining Science and Technology. 2004（10）：809-812.

[4] 庞矿安，刘俊峰，董德彪．大倾角放顶煤液压支架稳定性动态分析［J］．煤矿开采．2005（6）：1-3.

［责任编辑：邹正立］