

文章编号: 1006-6616 (2013) 01-0113-04

# 洼东煤矿软岩巷道支护方式选择

王德斌, 曹思云

(洼东煤矿有限公司, 山东 龙口 265714)

**摘要:** 结合山东龙口洼东煤矿软岩巷道支护实践, 通过主要含煤地层的物理力学性质分析和软岩岩层的工程地质特征研究, 指出随着开采深度的增加, 巷道围岩应力和变形量明显增大、返修率高, 成为影响巷道层位及其支护方式选择的主要因素, 应采取符合围岩工程地质特征和力学机制特点的联合支护方法取代单一支护。研究结果对软岩巷道支护具有一定的指导意义。

**关键词:** 软岩巷道; 支护方式; 洼东煤矿; 黄县煤田

**中图分类号:** TU457

**文献标识码:** A

## 1 问题的提出

山东龙口洼东煤矿煤系地层为新生代古近纪软岩层, 主要由含油泥岩、黏土岩、泥质砂岩、砂岩, 炭质泥岩和煤等岩性组成, 是一个典型的软岩矿井。由于古近纪岩层的成岩程度差、强度低、蠕变性强、抗风化能力差, 具有易软化、崩解、膨胀变形等特征, 因而巷道支护困难。随着开采深度的增加, 巷道围岩应力和变形量明显增大, 成为影响生产发展的主要因素之一<sup>[1~2]</sup>。经过三十多年井巷工程支护的实践, 该矿在第一水平(-160 m)上山采区和部分下山巷道所采用的锚杆、锚喷和钢棚支护(顶板破碎处)等支护方式在生产中发挥了重要作用。但随着开采进入二水平(-300 m)下山采区, 由于巷道围岩受深度、岩性与构造等因素的影响, 上述支护体显现出变形大、前掘后返、进度慢、难支护等困难局面, 影响了矿井安全生产和正常的接续。因此, 要达到软岩巷道支护的良好效果, 必须采取符合围岩工程地质特征和力学机制特点的联合支护方法, 取代单一方法支护。

## 2 矿井岩性特征及巷道层位选择

洼东煤矿位于黄县煤田中部及东南部边缘, 矿区地层为第四系覆盖下的古近系黄县组, 含有可采煤层2层(煤<sub>1</sub>、煤<sub>2</sub>), 其余均不可采。煤<sub>1</sub>平均厚度1.86 m, 全区稳定可采; 煤<sub>2</sub>平均厚度1.12 m, 与煤<sub>1</sub>平均间距为14.8 m, 为部分可采的不稳定煤层。煤<sub>1</sub>顶板为含油泥岩, 平均厚度8.13 m, 煤<sub>1</sub>底板为油页岩、含油泥岩, 平均厚度1.78 m; 煤<sub>2</sub>顶板岩性随沉积环境变化有所差异, 西北部主要为泥岩或砂质泥岩, 煤<sub>2</sub>底板为泥岩和砂岩。

矿区内黄县组由泥岩、页岩、砂泥岩等不同岩性构成, 其工程地质特征具有明显的分段性, 并对矿井生产巷道层位的布置具有一定的影响。根据不同岩性段的工程地质特征, 由上

收稿日期: 2012-10-25

作者简介: 王德斌(1967-), 男, 工程师, 从事煤矿地质及生产安全技术管理工作。E-mail: 670130.happy@163.com

至下可将该煤系地层分为4段(见图1)。

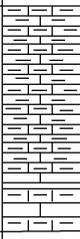
地层分段	地层岩性	柱状图	层厚/m	累厚/m	煤岩层特征简述
第一段	钙质泥岩		15.0	15.0	主要岩性为灰绿色钙质泥岩, 夹泥岩、泥灰岩。该段岩层为海相沉积, 岩石坚硬, 不易冒落
			30	45	钙质泥岩至煤 <sub>1</sub> 之间的岩层。岩层层理不发育, 胶结程度差, 岩石破碎, 强度较低, 上部夹两层炭质页岩
第二段	泥岩		1.24	46.24	煤岩类型以光亮型为主, 含琥珀颗粒。物理性质: 褐黑色, 沥青光泽、贝壳状断口、阶梯状节理。性脆、条带状结构、层状构造、裂隙发育, 并被方解石充填
			0.28	46.52	油页岩呈灰白色, 无光泽, 韧性大, 裂隙较发育, 具有水平层理, 抗压强度为11.3 MPa, 局部含裂隙水
			0.4	46.92	以暗淡型和半暗淡型为主
煤(夹油页岩)					煤 <sub>1</sub> -煤 <sub>2</sub> 之间的岩层, 为灰褐色油页岩、灰黑色页岩等, 该段岩层层理发育, 胶结程度好, 结构致密, 强度适中, 但其蒙脱石含量为39.63%~42.76%, 岩石膨胀势较大, 属于强膨胀岩石
第三段	次油页岩、页岩		13	59.92	煤 <sub>1</sub> 的煤岩类型和物理性质与煤 <sub>1</sub> 相同, 含微量裂隙水
			1.35	61.27	煤 <sub>2</sub> 底板以下岩层, 为灰白色砂岩、泥岩、砂质泥岩等。砂岩松散胶结差, 泥岩软弱、遇水软化成泥, 但蒙脱石含量低, 只有13.91%, 岩石几乎无膨胀性
第四段	砂岩泥岩		8.0	69.27	

图1 洼东矿区工程地质岩组分段

Fig. 1 The engineering geologic lithodeme in Wadong mining area

第一段(钙质泥岩段): 主要岩性为灰绿色钙质泥岩, 夹泥岩、泥灰岩。该段岩层为海相沉积, 岩石坚硬, 不易冒落, 底部距主采煤层煤<sub>1</sub>为30 m左右, 在其中施工的巷道变形量较小(六采区东大巷锚喷支护段即在本段岩层中施工), 但由于距煤层较远, 离泥灰岩含水层较近, 巷道一般不宜布置在本段岩层中。

第二段(泥岩段): 钙质泥岩至煤<sub>1</sub>之间的岩层。岩层层理不发育, 胶结程度差, 岩体破碎, 强度较低。特别是上部夹2层炭质页岩, 在其中施工巷道变形严重。

第三段(次油页岩、页岩段): 煤<sub>1</sub>-煤<sub>2</sub>之间的岩层, 为灰褐色次油页岩、灰黑色页岩等。该段岩层层理发育, 胶结程度好, 结构致密, 强度适中, 但其蒙脱石含量为39.63%~42.76%, 岩石膨胀势较大, 属于强膨胀性岩石。

第四段(砂岩泥岩段): 煤<sub>2</sub>底板以下岩层, 为灰白色砂岩、泥岩、砂质泥岩等。砂岩松散胶结差, 泥岩软弱、遇水软化成泥, 但蒙脱石含量低, 只有13.91%, 岩石几乎无膨胀性, 巷道按要求施工, 基本不发生变形。在本段岩层中施工的巷道变形较小。

### 3 巷道支护形式及其影响因素

洼东煤矿地层成岩期短、岩石强度低（普氏系数0.2~1.2）、抗风化能力差，特别是泥质岩含有蒙脱石等膨胀性矿物（蒙脱石含量一般为8.61%~42.76%），具有易软化崩解、易膨胀变形等特征，因而巷道支护困难<sup>[3]</sup>。随着开采深度的增加，巷道围岩应力和变形量明显增大、返修率高，成为影响生产的主要因素之一。

#### 3.1 煤层回采巷道支护

为了研究巷道变形的一般规律，本文对洼东煤矿的四采区轨道巷进行了支护实验。该巷道原设计沿煤<sub>1</sub>施工，支护形式为 $D=3.2$  m的料石圆碛。为了改善支护施工效果，结合煤<sub>1</sub>及其顶底板的特征，支护形式改为锚网联支，即锚网、钢带、喷浆联合支护，轨面以上为半圆拱，轨面以下为料石反底拱，拱深500 mm，巷道宽度3.0 m，巷道净高度3.0 m。采用随掘随喷的施工工艺，先施工轨面以上部分，施工20 m后，集中分段挖底砌反底拱，巷道成型较好。当巷道施工长度达380 m后，巷道施工停滞一个月。该段巷道底板标高为-240~-286 m，以-250 m为界，上下形成鲜明对比：上部巷道局部喷层破碎，经及时进行修整加以复喷后，不再发生变化；-250 m以下，巷道底鼓，顶板下沉，喷层破碎、钢带压弯，多处钢丝拉断，严重变形处托盘被钢带挤压碎裂，支护失效。重新采用砌碛施工后，隧道基本稳定。

通过本次支护实验，结合一系列矿压观测，掌握了巷道变形的一般规律：

①随着巷道埋深的不断增加，地压增大，矿压显现强烈，主要表现为围岩自稳时间短，变形速度加快，变形量增大。-250 m以上的浅部巷道可以采用锚喷支护。例如，在巷道设计时，在-150 m以上的3103面、4101面、4103面、3101面试验选用了小断面、锚杆甩浆支护形式，经回采验证，该支护形式既满足了生产需要又减少了支护成本，效益显著。

②围岩表层位移、浅部位移明显小于深部位移，随着巷道埋深增加，围岩流变性能更为显著，变形量加大。统计发现，喷层94.9%属挤压冲剪破坏，仅有5.1%属膨胀破坏，喷层破坏处揭露出来的钢带95.9%处于挤压拱曲状态，只有4.1%的钢带处于拉伸状态。

③煤层顶底板多为泥质岩，局部为砂岩。砂岩中含有孔隙水，黏土岩遇水泥化，巷道变形严重，给工作面巷道施工造成极大的不便。以往在煤<sub>2</sub>开采过程中，回采巷道施工时出现不少因围岩膨胀变形引起的工程问题，经过总结研究煤<sub>2</sub>及其顶底板岩性特征，采用了料石砌碛全断面封闭围岩的支护方式，先后施工了4205、4203、6204等工作面回采巷道，取得了较好的效果。

#### 3.2 开拓巷道支护

开拓巷道常穿越不同的地层岩性<sup>[4]</sup>。以洼东煤矿二水平皮带反上山巷道为例，该巷道穿越煤<sub>1</sub>与煤<sub>2</sub>之间的次油页岩及页岩，这部分岩层虽然结构致密、强度适中，但岩石具强膨胀性。在该段巷道施工过程中，采用了二次成巷施工工艺，拖后迎头10~15 m开始送底，结果由于没有充分卸压，造成一昼夜间巷道底鼓平均达80 cm，长度约50 m。鉴于上述经验教训，在二水平皮带反上山上部的巷道施工过程中加以改进。同样采用二次成巷工艺，但拖后送底时间改为30 d，施工完成后，巷道成型稳定。

## 4 结论

洼东煤矿地层成岩期短、岩石强度低、蠕变性强，具有易崩解、膨胀变形等特征，成为

影响生产发展的主要因素之一。

针对不同岩性,宜采取不同的施工和支护形式。在砂岩中,可采用大断面施工,先拱后底,不用卸压或轻微卸压即可。在钙质泥岩中施工,可一次成巷,料石圆碇支护,但断面不宜过大。

沿煤<sub>1</sub>施工的开拓巷道,应采用底板卸压法,即采取二次成巷。沿煤<sub>1</sub>施工的回采巷道,在-250 m以上,煤层顶板条件较好,正常地段可采用钢棚反拱支护,但断面不宜过大;在-250 m以下,由于煤层埋藏较深,顶板条件相对较差,可采用料石圆碇支护或钢棚反拱再喷浆封闭支护形式。

在煤<sub>1</sub>与煤<sub>2</sub>之间的岩层中施工,应采用二次支护形式,即先采用小断面掘进、柔性支护进行第一次施工,待18~20 d后再进行巷道扩刷,进行永久支护。

### 参 考 文 献

- [1] 许国安,靖洪文. 煤矿巷道围岩松动圈智能预测研究[J]. 中国矿业大学学报, 2005, 34(2): 152~155.  
XU Guo-an, JING Hong-wen. Study on intelligent prediction of broken rock zone thickness of coal mine roadways [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2005, 34(2): 152~155.
- [2] 张永双,曲永新,刘国林,等. 硬土-软岩工程地质信息管理分析系统及其应用[J]. 地球学报, 2001, 22(3): 277~282.  
ZHANG Yong-shuang, QU Yong-xin, LIU Guo-lin, et al. The hard clay-soft rock engineering geological information management and analysis system and its application [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2001, 22(3): 277~282.
- [3] 高谦,刘福军,赵静. 一次动压煤矿巷道预应力锚索支护设计与参数优化[J]. 岩土力学, 2005, 26(6): 859~864.  
GAO Qian, LIUFu-jun, ZHAO Jing. Prestressed anchor supporting design and parameters optimization for a coal tunnel affected by first mining [J]. Rock and Soil Mechanics, 2005, 26(6): 859~864.
- [4] 张永双,曲永新,胡绍祥,等. 断陷盆地层滑带的发育特征及矿山开发条件下的再变形分析[J]. 工程地质学报, 1999, 7(2): 154~160.  
ZHANG Yong-shuang, QU Yong-xin, HU Shao-xiang, et al. Development characteristics of seam-sliding zone in faulted basin and analysis of its repeated reformation in underground mining [J]. Journal of Engineering Geology, 1999, 7(2): 154~160.

## SELECTION OF SOFT ROCK ROADWAY SUPPORTING METHODS IN THE WADONG COAL MINE

WANG De-bin, CAO Si-yun

(Wadong Coal Mine Limited Corporation, Longkou 265714, Shandong, China)

**Abstract:** Combining the practices from soft rock roadway supporting in Wadong Coal Mine, with analysis on the physical mechanic properties of the main coal-bearing layers and the engineering geological characteristics of the soft rocks, the authors pointed out that along with the increasing of exploitation depth, stress and deformation of adjacent rock of roadway obviously increased, which was the main factors influencing the selection of roadway layer and related supporting patterns. Therefore, an associated supporting pattern accord with the engineering geological characteristics of the adjacent rock should be selected.

**Key words:** soft rock roadway; supporting method; Wadong coal mine; Huangxian coalfield