大雁二矿高应力软岩巷道底臌变形机理与支护的研究与实践

张德栋
（辽源职业技术学院，吉林 辽源　136201）

摘　要：软岩巷道变形是软岩矿区影响煤矿安全生产的主要危害之一，大雁二矿二水平（+250m）高应力软岩巷道失稳变形的主要因素是底臌，文章对引起巷道底臌的原因以及底臌变形规律进行了分析，提出了针对现场切实可行的防治措施。

关键词：软岩巷道；巷道变形；底臌
中图分类号：TD322⁺.1　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1671－0959(2008)10-0062-03

Research and practices on floor heave deformation mechanism and support of high stress soft rock roadway in Dayan No. 2 Mine

ZHANG De－dong
(Liaoyuan Vocational and Technical College, Liaoyuan, 136201, China)

Abstract: The deformation of mine soft rock roadway was one of the main dangers affected to the mine safety production of the mining area with soft rock. The main factor of the lost stable and deformation in the No. 2 level (+250m) high stress soft rock roadway of Dayan No. 2 Mine was the floor heave. The paper analyzed the floor heave cause and heave deformation law of the roadway and provided the practical and feasible prevention and control measures.

Keywords: mine soft rock roadway; roadway deformation; floor heave

大雁二矿设计生产能力 150 万 t/a，开采到二水平（+250m）时，随着深度的增加，矿山应力不断加大，加之巷道广泛地接触松软岩层，巷道开凿后在高应力作用下变形破坏严重，巷道出现多次翻修，维护日趋困难，支护问题越来越多。巷道翻修率达到全矿井在籍巷道的 50% 以上，部分采准巷道出现三、四次翻修，严重影响了矿井的正常安全生产和经济效益。传统的石料碹、锚杆支护以及 U 形钢可塑性支架，均不能有效地防治巷道底臌变形。据现场矿压观测资料数据分析，底臌量比顶板下沉量大一倍以上，底臌对矿井深部软岩巷道稳定性影响特别明显，是引起巷道变形的主要原因。

1　水对软岩巷道底臌变形破坏的影响

大雁二矿深部巷道揭露出来的围岩其岩性主要为砂岩、泥岩、砂质泥岩等，属于典型的软岩，其岩石的主要矿物成分和岩石物理力学性能见表 1 和表 2。

表 1　岩石矿物成分表

岩石名称	高岭石	蒙脱石	伊利石	长石	石英	有机质	碳酸盐	蛋白质
泥岩	9.25	6.13	8.75	6.25	22.62	2.88	4.12	
粉砂质泥岩	16.5	39	7.5	2	12.5	2.5	3.5	7.5
泥质粉砂岩	17	27	10	2	20	3	3	

岩石节理裂隙发育，胶结程度低，软岩弱面夹层和泥化夹层十分发育，巷道开挖后自稳时间短，支护体往往沿着夹层的走向成线性裂缝破坏。根据 X－衍射矿物分析结果可知，泥岩中含 9.25% 的高岭石，14.88% 的伊利石和蒙脱石，6.25% 的长石（表 1），属中等强度膨胀性岩石。岩石在自然含水和饱和含水状态下，力学性质发生了很大的变化。由于岩石中伊利石和蒙脱石含量高，岩石吸水性强，遇水膨胀，使岩石强度大大降低，大部岩石样品在含水未

收稿日期：2008－08－11

作者简介：张德栋（1965－），男，吉林通化人，辽源职业技术学院资源工程系系主任、副教授，1988 年毕业于中国矿业大学煤田地质与勘探专业。

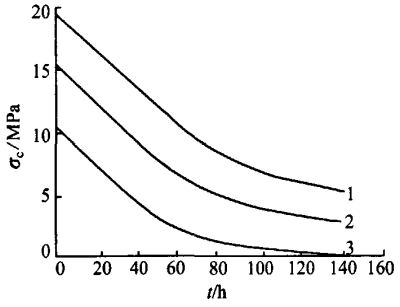
万方数据

达到饱和的情况下就已经崩解(表 2)。图 1 为岩石浸水时间与强度变化特性曲线，表明岩石在长时间水侵后，其强度大大降低。图 2 为泥质岩自然含水和饱和含水状态下的全应力——应变曲线。泥岩处于自然含水状态时，σ_c = 8.91MPa；处于饱和水状态时，σ_c = 2.8Mpa，岩石强度降低了 68%[1]。

表 2　岩石物理力学性能表

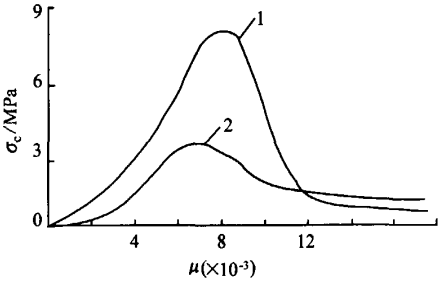
岩石名称	含水率 /%	自然容重 /kg·m^{-3}	空隙率 /%	单向抗压强度/MPa 自然	单向抗压强度/MPa 饱和	软化系数	单向抗拉强度/MPa	抗剪试验 /MPa	膨胀率 /%
泥岩	21.39	1716	37.67	8.91	2.8	0.94	0.19	1.375	
砂质泥岩	21.87	1817	38.24	6.62	2.59	0.55	1.90	1.53	1.45
砂岩	22.64	1922	35.67	1.04			0.04		11.39
粉砂岩	19.45	1784	38.24	6.37			0.11	0.70	0.43
煤	36.57	1338	41.55	12.75		0.75	0.47	1.80	0.24

注：大部分岩样未饱和即崩解。



1—粉砂岩；2—砂质泥岩；3—泥质砂岩

图 1　岩石强度与其侵水时间的关系



1—自然含水状态；2—饱和含水状态

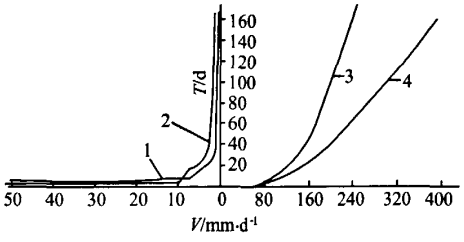
图 2　泥质砂岩的全应力－应变曲线

这样，当岩石流变性能超过其抗拉强度极限时，底板会出现竖向裂隙，发生底臌，遇水侵蚀底臌更加严重，引起岩巷道变形破坏。

2　高应力软岩巷道围岩底臌变形规律

大雁二矿浅部一水平(+470m)巷道应力小，主要巷道底臌量仅有 37mm，巷道主要以架棚，砌碹和锚杆支护为主，变形较小，自巷道开拓至今，翻修量很小。但矿井进入深部开采(+250m)以后，主要巷道改用以下三种支护方式，即外锚内砌、外锚内架 U 形可缩棚和外锚内砌再套 U 形可缩棚，仍不能使巷道稳定，巷道破坏率很高。翻修率达到全矿在籍巷道的 50% 以上。

实测发现，底臌是造成巷道失稳破坏的主要因素，巷道开凿后，由于施工方法和工艺限制，一般往往不注重底拱封闭时间和施工质量，底板封闭又属于隐蔽工程，造成质量低劣、间隔时间长，巷道受力后多先在底板处失稳，然后向上扩展。当永久水沟形成时，由于排水的影响，更容易造成底板围岩强烈变形和应力的重新分布，最后导致巷道严重变形或破坏。图 3 是在大雁二矿 +25m 主要运输大巷经观测得到的顶、底板 V－T、S－T 曲线。



1—顶板下沉速度；2—底臌速度；3—顶板下沉量；4—底臌量

图 3　+25m 水平巷道 V－T、S－T 曲线

该巷道采用外锚内架 U 形可缩棚支护。巷道开挖 156d 后，底臌量达 441mm，占顶底板移近量的 63%。156d 后，底板仍以 1.813mm/d 的速度变形，对巷道的支护及稳定造成直接威胁。

3　深部软岩巷道底臌机理

研究表明，软岩巷道底臌既与岩石自身性质即强度、变形模量、粘结力、内磨擦角、膨胀性等因素有关，也与地应力、地质构造、支护方式、震动、水等外部因素有关[2]。大雁二矿 +250m 水平岩石巷道自重应力已达 19.6MPa，而巷道围岩抗压强度较小(均小于 10MPa)，巷道围岩稳定性差，裸露自稳时间短，岩体松软破碎，孔隙率大。目前，深部巷道仍用传统的施工工艺，湿式打眼，光面爆破，二次成巷。为了降低岩尘，放炮前后，洒水冲刷 20m 范围内巷道，扒矸机使用前，洒水浸透岩石堆，放炮前先开喷雾器，这样使巷道底板长期大量积水。

大雁二矿(+250m)水平深部巷道，在高应力的作用

万方数据

煤巷掘进穿越老峒矿山压力规律探讨

田福民
（开滦荆欢矿业公司政策研究室，河北 唐山　063000）

摘　要：文章介绍了老峒附近压力分布规律及其计算方法，为掘进巷道穿越老峒安全施工提供了技术基础。类似掘进巷道穿越老峒工程可以借鉴应用。

关键词：煤巷掘进；穿越老峒；矿压规律
中图分类号：TD322　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1671－0959(2008)10-0064-02

1　概　述

唐山矿业分公司是一座具有 130 多年开采历史的老矿，巷道掘进过程中经常遇到穿越老峒的问题。巷道穿越老峒时，矿压显现非常明显，顶板一般难以有效控制，往往伴有抽冒现象发生，给巷道施工和安全管理带来一定的困难。

$T_1$392 工作面位于唐山矿业公司南翼十三水平，为 8、9^S 煤层工作面，煤层平均厚度为 11.2m。开采深度为：－770m；该工作面北与 T1391 工作面相邻；南与 $T_1$492 工作面相邻；西与西翼十三、十四水平本煤层工作面相邻，并均已回采完毕。其上北为 5^S 煤层的 7453 采空区；南为 5^S 煤层的 T1353 采空区；西为 5^S 煤层的 8451 采空区；东为 5^S 煤层的 T1352 采空区，这四个 5^S 煤层的工作面均已于 1999 年前回采完毕，其剩余的煤柱已形成了孤岛煤柱。$T_1$392 回风巷和 $T_1$392 辅助风道施工过程中将分别穿越 8060、8490、8491 和 8493 四条老峒。$T_1$392 回风巷将在 8060、8490 和 8491 下方穿过，与 8493 掘透。$T_1$392 辅助风道与 8060 和 8490 掘透。

下，巷道开挖使两帮围岩产生应力集中。当应力超过围岩的强度极限时，围岩产生裂隙直至剪切破坏，形成有规则的破裂岩石带，在垂直压力作用下，产生水平压力，并挤压底板岩石，当巷道底板岩石产生剪切破坏，在水平力的挤压作用下，形成塑性流动，必然涌向巷道空间，产生底臌。巷道底板积水将沿着底板中的孔隙、裂隙进行非承压渗流，使岩石产生不可逆的物理、化学变化，强大的地应力与水耦和，使岩石进一步受到“软化”，强度、弹性模量明显降低，粘结力几乎丧失，围岩进一步从底板鼓起。

4　防治措施

以上对大雁二矿深部巷道底臌变形机理的分析可知，巷道变形主要是由于巷道两侧的围岩应力大、从而造成两侧和底板岩石破裂首先形成底臌引起的。此外，水的影响成分占很高的比重。针对大雁二矿深部底臌量较大的巷道，在选用支护形式时，应考虑将卸压与复合支护综合应用，具体措施如下：

1）巷道开挖后，应立即喷射混凝土，以封闭围岩，确保围岩处于强度最大的自然含水状态下，底板为膨胀软岩的地段设置底拱和打底描杆。

2）向巷道围岩顶部、底角及两侧打锚杆。锚杆具有主动支护与加固围岩、保持围岩完整、减少围岩位移和支护价格低廉等优点。在围岩暴露后，没有产生大面积的松动破坏和片帮冒顶的情况下，使用较好。

3）在巷道底板采用钻爆法造成裂隙带，使之卸除岩层应力，并灌注水泥之后，使底板岩石形成结实的整体结构，能够有效地经受住岩体的大载荷。

4）内架 U 形钢可缩性封闭式支架，拉杆连接，使之既能适应围岩的变形，又能对围岩提供一定的支护抗力。为提高支护受力的均匀性，应进行壁后充填。

采取以上措施后，对控制围岩变形与防止巷道底臌起到了良好的效果，如上述＋250m 的主要巷道，采用这种卸压与复合支护方式后，效果很好，巷道变形量很小，使用多年翻修量很小。不足之处是其工艺复杂，并要求有较高的技术与施工管理水平，另外，初期投资大，成本高，但对矿井主要巷道而言，若支护二次性完成，不需或减少翻修工程量，技术、经济效益是很好的。

参考文献：

[1]　郭富利，等. 地下水和围压对软岩力学性质影响的试验研究[J]. 岩石力学与工程学报，2007，26(11)：2324～2332.
[2]　武继森. 软岩巷道底臌形成机理与治理[J]. 山东煤炭科技，2005，(1)：11～12.

（责任编辑　潘启新）

收稿日期：2008－06－03
作者简介：田福民（1968－），男，河北唐山人，工程师，1991 年毕业于河北煤炭建筑工程学院采矿专业，现为开滦荆欢矿业公司政策研究室主任。

万方数据