

巷道工程

深部巷道支护技术研究与实践

孙广义, 林井祥

(黑龙江科技学院 资源与环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150027)

[摘要] 煤矿深部开采巷道与浅部巷道的主要差别是围岩存在破裂区, 也是深部巷道支护的重点之一。由于破裂区的存在, 巷道支护应以护为主, 防止围岩破裂范围扩大, 巷道失效。提出了深部巷道支护的7大设计原则。理论与实践证明巷道底角采用弧形, 加强巷道底角与肩部等关键部位的支护强度, 使巷道整体收缩变形, 可有效防止深部巷道的破坏。

[关键词] 深部巷道; 弧形底角; 护顶(帮); 破裂区

[中图分类号] TD353 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225(2010)01-0054-04

Research and Practice of Deep Roadway Supporting Technology

SUN Guangyi, LIN Jingxiang

(Resource & Environment Engineering College, Heilongjiang Institute of Science & Technology, Harbin 150027, China)

Abstract The main difference of deep mining roadway from shallow roadway is exist of cracked area in surrounding rock of deep roadway which is one of the key supporting areas. Because of cracked area, roadway supporting should be give priority to "support" for preventing cracked area from expanding and roadway instability. This paper put forward 7 design principles for deep roadway supporting. Theory and practice showed that making roadway whole in shrinking deformation might prevent deep roadway instability by applying arc base angle and increasing supporting intensity at roadway base corner and roadway shoulder.

Key words: deep roadway; arc base angle; supporting roof (wall); cracked area

深部巷道与浅部巷道的主要区别是巷道围岩存在破裂区^[1], 破坏裂隙区是巷道支护的重点, 防止围岩破裂范围的扩大, 是巷道支护的基础。

深部巷道围岩压力处于岩石力学试验曲线峰后的一段距离。巷道施工后, 岩体从三向应力状态突然变为两向应力状态, 释放一定的能量, 引起部分围岩破坏。受深部强大压力与施工的共同影响, 巷道围岩一定范围内产生新的裂隙, 新老裂隙相互贯通, 围岩表面形成了破裂区。破裂区的变形是由岩体结构面错位、原裂隙张开与新裂隙等组成, 并产生扩容变形, 属于不连续非线性变形, 是深部巷道主要支护的对象。

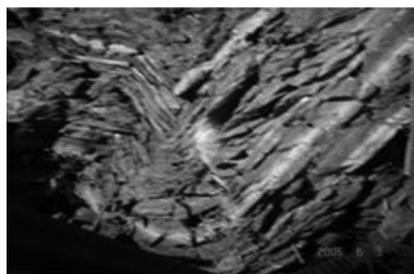
1 深部巷道破坏主要形式

1.1 巷道围岩变形量大而破坏

深部巷道破坏首先发生在围岩的表面破裂范围内, 即不连续非线性变形部分^[2]。如果不能及时把围岩破裂范围控制住, 围岩的破裂范围就逐步扩大, 使围岩变形严重, 最终使巷道破坏。很多深部巷道采用锚注支护原理主要是控制围岩破裂区, 改

变破裂区围岩力学性质, 防止破裂范围扩大。

根据井下观测, 典型的巷道围岩破裂形式如图1所示^[3]。



a顶板



b两帮

图1 巷道围岩破破裂隙状态

1.2 锚杆体失效破坏

[收稿日期] 2009-09-08

[基金项目] 黑龙江省攻关项目 (GC05A307)

[作者简介] 孙广义 (1957-) 男, 黑龙江鸡西人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事采矿工程教学, 矿压与控制研究工作。

目前，深部巷道一般采用锚杆与锚索等组合支护^[3-4]。如果锚杆锚索的支护参数合理，支护能力可满足要求。深部巷道锚杆体支护失效破坏并不是支护强度不够，而是巷道破裂区的漏顶（帮）引起锚杆体失效破坏。锚杆很少有被拉断、剪切的破坏状态，其占的比例较小。深部巷道支护体破坏主要是护帮（顶）效果差，使围岩表面破裂的岩体脱落，锚杆体不能有效支护，托盘失效而破坏，见图2所示。



a巷道两帮



b巷道顶板

图2 巷道围岩脱落失效

锚杆配合网、钢带与喷射混凝土支护，其主要原理是护住围岩破裂范围不漏顶（帮）等，防止脱落岩石范围扩大。

1.3 巷道底鼓破坏

由于巷道底板一般不支护，特别是巷道底角应力集中，使巷道底板破坏严重^[5-6]。巷道底鼓是深部巷道的主要特点之一，见图3所示。回采巷道一般距工作面100m以上就发生巷道底鼓现象，特别是在掘进过程中出现前掘后起底的情况。



图3 巷道底鼓

一般采用对巷道底角、底板加强支护的方法，

防止巷道底鼓。

2 深部巷道的支护设计原则

根据深部巷道破坏形式，支护设计原则如下：

护的原则 保护围岩破裂区的变形范围不扩大、不漏顶（帮）是深部巷道支护的主要原则。要有效地护住围岩，应采用及时支护，提高锚杆的预紧力，需要网、钢带与喷浆支护等联合支护，锚注支护等。

支护系统参数协调原则 锚杆、托盘、钢带、网等受力均衡、协调，力学参数一致，避免出现先后破坏的现象，影响整体支护效果。加大锚杆的长度，降低巷道支护成本与锚杆的密度。加大托盘的尺寸与刚度，有效护住围岩。提高杆体螺纹段的强度，防止此段的破坏。支护系统要有一定的柔性，为围岩变形、让压留有空间^[7]。

重点支护原则 在同一个巷道断面条件下，围岩的局部应力大，该处变形量也越大，须限制该处的变形，使巷道围岩局部应力大处与应力小处变形量基本相等。巷道围岩变形是全范围的收缩变形，即巷道顶底板、两帮等成比例的变形，保证巷道围岩的整体性，防止局部破坏大而失效。对巷道底角、肩部等关键部位加强支护，使围岩应力协调转移扩散，围岩整体受力均匀。

优化巷道断面原则 巷道底鼓是深部开采的主要特征之一，对巷道底角、肩部进行优化设计，减少该处应力状态。采用弧形底角的断面形式，理论与实践证明可以明显降低底角的应力。

大断面原则 在目前支护技术、成本条件下不可能完全控制深部围岩变形移动，要为围岩的内移、让压留有空间^[8]。

可操作性原则 提供的锚杆支护设计应具有可操作性，有利于井下施工管理和掘进速度的提高。

动态设计原则 经过理论分析和试验后，确定了巷道支护或维修方案。但是，井下条件复杂多变，支护设计参数要根据井下条件的变化及时修改，实施动态的支护设计，使方案符合实际条件。

3 实际应用

3.1 矿井概况

鸡西矿业集团东海煤矿开采深度达到1050m，其二水平五采区下山巷道破坏严重，采区车场附近巷道平均每年需要维修2.5次，特别是变电所因严重破坏而报废，影响矿井的安全生产。

新掘巷道断面宽3.4m，高3.5m。维修巷道断

面根据破坏情况可以采用三心拱或半圆拱型, 其中巷道宽度为 4.0~5.0m, 高度根据维修情况确定, 但最低不能小于 3.5m。

3.2 支护设计

巷道采用锚杆、锚索、网、钢筋梯子梁与喷浆组合支护。维修巷道破坏严重地段, 采用围岩注浆, 重新胶结破裂岩体。锚杆采用长 2200mm、直径 22mm 的左旋螺纹钢锚杆, 锚索长 6000mm。新掘巷道锚杆间、排距为 800mm×1000mm, 锚索间、排距为 1600mm×2000mm。维修巷道锚杆间、排距为 800mm×800mm, 锚索间、排距为 1600mm×1800mm。

锚杆托盘采用 300mm×400mm×8mm 的钢板制成, 使托盘同时起到护帮(顶)的作用, 锚索托盘用长 350mm 的 U₁₈ 型钢制作。采用钢筋梯子梁与金属网护顶(帮), 然后进行喷浆, 喷浆厚度 50mm。

3.3 断面优化设计

经分析研究断面形状采用拱形顶板、直墙、弧形底角。见图 4 所示^[8]。这种巷道断面形态, 能够改善巷道围岩的应力分布状态, 提高自身承载能力, 有利于巷道支护。

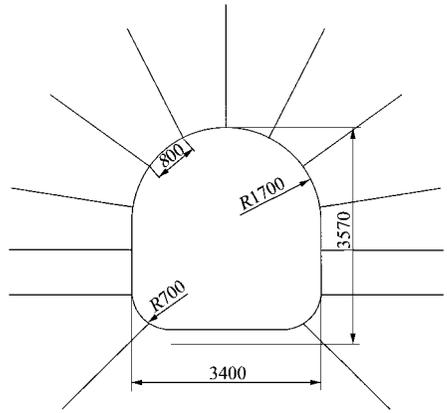


图 4 巷道弧形底角断面设计

采用数值模拟软件对巷道的应力、变形情况进行计算, 结果见图 5。

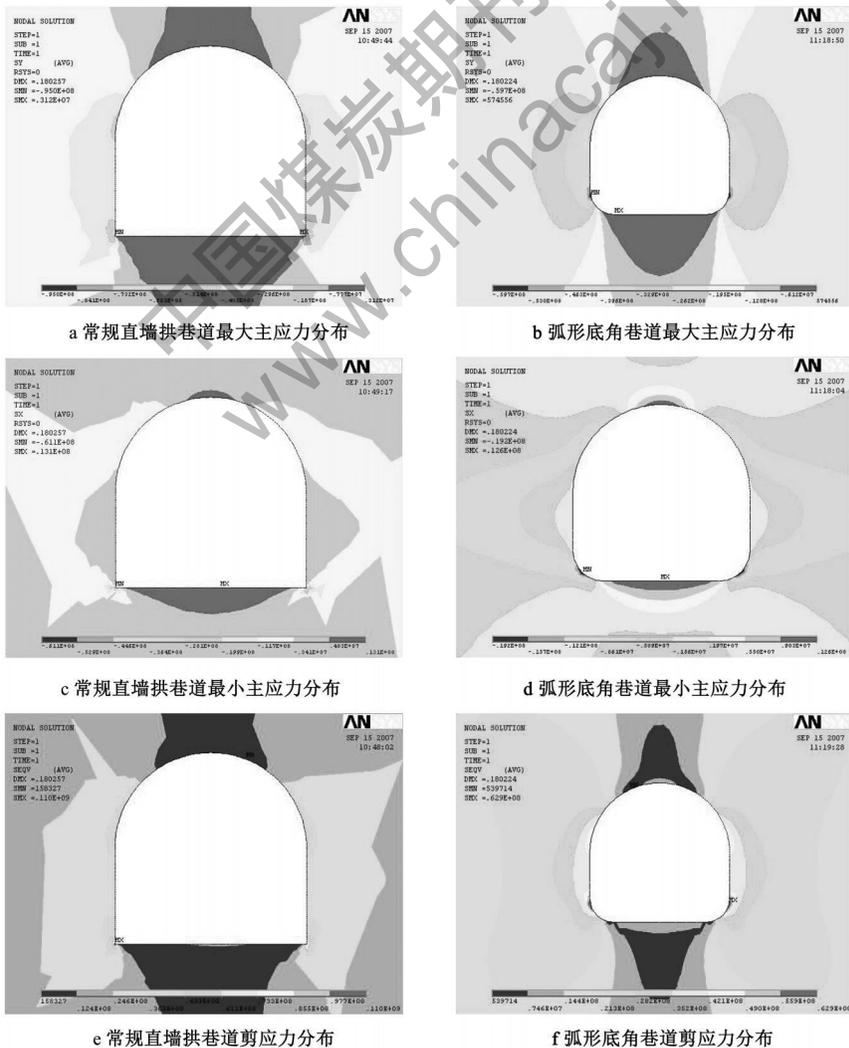


图 5 数值计算应力分布

巷道底角留设弧形以后，巷道围岩应力较底角为直角形的巷道有显著变化，由图5可见最大主应力减小43%，最小主应力减小69%，剪应力减少43%，顶板下沉量减少2%，底鼓量减少42%。

3.4 井下试验效果

为了对比分析，在该矿五采区回风下山设计采用弧形底角的巷道断面，运输下山巷道底角仍采用直角形。巷道支护参数与方法相同，设观测点对巷道变形量进行观测，其部分观测数据见表1，变形曲线见图6所示。

表1 直墙拱巷道及弧形底角巷道围岩变形相对位移

观测样本序号	直墙拱巷道		弧形底角巷道	
	两帮相对位移量/mm	顶底板相对位移量/mm	两帮相对位移量/mm	顶底板相对位移量/mm
1	0	0	0	0
2	0	1	1	0
3	1	4	0	1
4	3	6	1	0
5	5	7	1	0
6	8	15	1	1
7	9	18	1	2
8	14	20	1	1
9	15	21	5	4
10	17	24	6	6
11	17	20	7	9
12	16	22	9	8
13	18	23	9	9
14	20	26	11	16
15	23	30	16	14

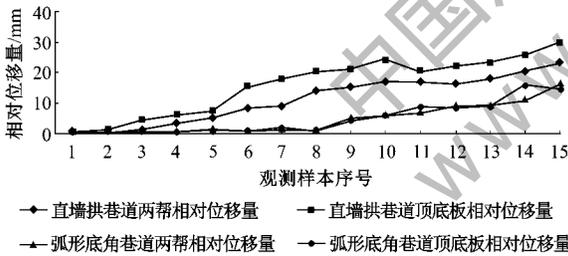


图6 直墙拱巷道及弧形底角巷道围岩变形量

观测结果显示弧形底角巷道比直角底角巷道顶底板移近量减少53%，两帮移近量减少30%。观测结果与模拟研究结论基本一致，证明了弧形底角巷道在深部巷道的优越性。

4 结论

(1) 深部巷道围岩破坏的主要方式是支护体失效，是由围岩表面破裂范围扩大而破坏。所以，支护设计应以护顶(帮)、降低围岩破裂范围为主。加大锚杆长度与关键部位的支护强度，可有效控制围岩破裂范围。

(2) 巷道留设弧形底角，不仅能够明显降低底角的应力集中状况，而且可减少顶底及两帮的相对移近量、降低巷道底鼓程度，对深部巷道的稳定起到重要的作用。

[参考文献]

[1] 康红普. 深部煤巷锚杆支护技术的研究与实践 [J]. 煤矿开采, 2008, 13(1): 1-5.
 [2] 康红普. 煤矿深部巷道锚杆支护理论与技术研究新进展 [J]. 煤矿支护, 2007(2).
 [3] 鸡西矿业集团, 黑龙江科技学院. 深部巷道非线性大变形机理研究科研报告 [R]. 哈尔滨: 黑龙江科技学院, 2008.
 [4] 刘红岗, 贺永年, 徐金海, 等. 深井煤巷钻孔卸压技术的数值模拟与工业试验 [J]. 煤炭学报, 2007, 32(1).
 [5] 姜耀东, 赵毅鑫, 刘文岗, 等. 深部开采中巷底底鼓问题的研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(14).
 [6] 高明中. 巷道压曲性底鼓的机理与控制 [J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2008, 28(1).
 [7] 石伟, 孙德林, 邹德蕴. 深井软岩巷道围岩二次支护新技术 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2003(1).
 [8] 孙广义, 陈刚, 于蒲喜. 深部巷道断面优化设计与应用研究 [J]. 煤炭工程, 2008(9).

[责任编辑: 林健]

(上接 103 页)

20442m³，施工顶板走向钻场 12 个，总长度 192m，钻场及钻孔总费用 600.82 万元。

如果设计采用抽排巷道进行瓦斯治理，需做抽采巷 1740m³，费用总计 1035 万元。

利用顶板走向钻孔抽采利用瓦斯量 4.49 × 10⁶ m³，按 0.3 元 / m³ 计算，可收入 134.7 万元。

因采取打钻替代抽排巷道抽排瓦斯，相应减少费用 568.88 万元。

4 结束语

采用顶板走向钻孔替代抽排巷道抽采瓦斯优点

是抽采量大且能抽到高浓度瓦斯，高浓度瓦斯的利用减少了对空气的污染，节省了巷道准备时间，成本降低，并为矿井的正常生产接替提供保障，确保瓦斯治理效果。特点：工期短，见效快，可以边采煤边在后方施工钻孔，同时作业，而利用高抽巷不能同时作业。

缺点是对钻孔施工层位要求非常严格，必须选择合适的硬岩层位，而且钻孔必须准确布置在工作面垮落带高度内；其次对钻孔的封孔要求很高，必须保证严密不漏气；在过钻场期间，要保护好钻场，以保证瓦斯抽采效果。

[责任编辑: 王兴库]