·技术经验·

网壳锚喷支护技术在软岩动压巷道中的应用

王万冬① 王海波
(山西焦煤集团公司西山技术中心、杜儿坪矿)

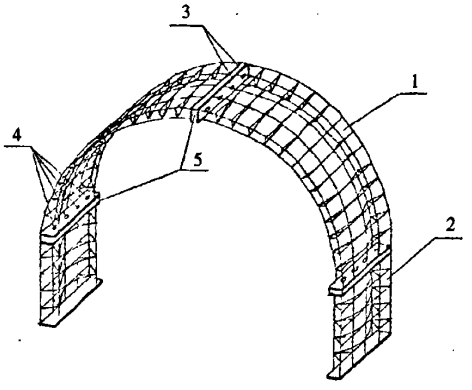
摘 要 针对西山煤电集团公司杜儿坪矿南大巷破碎变形严重难以返修的150 m巷道,应用网壳结构锚喷浇注支护新技术,有效地控制了巷道围岩的严重变形,实现了软岩动压巷道长久稳定支护,取得了明显的经济技术效益和社会效益。

关键词 网壳结构;锚喷支护;浇注;软岩动压巷道;应用

中图分类号:TD353.9 **文献标识码**:B **文章编号**:1672-0652(2009)02-0001-04

西山煤电集团公司杜儿坪矿始建于1956年,为国有大型煤炭企业,自1957年至今历经多次改扩建,矿井原设计生产能力为300万t/年,2005年开始进行500万t环节能力的改扩建施工,2007年矿井煤炭生产能力提升到年产500万t。杜儿坪矿南大巷担负着矿井南翼的运煤、运料、运人等任务,是矿井的主要运输大巷,巷道全长6 850 m,其中5 100~5 400 m段位于向斜构造底部,且穿过无炭柱及2#、3#煤层,并受两边工作面采动影响,处于Ⅳ及Ⅴ类软弱围岩中,该段大巷原设计支护形式为砌碹,后经过加槽钢拱架并喷浆加固整修,虽经多次整修,巷道变形均未能得到有效控制,巷宽由原来的4.5 m变形为3.6 m,高度由原来的3.95 m变形为3.2 m,严重影响了南大巷的运输,并且存在重大安全隐患,难以满足5 t侧底卸式矿车对安全距离的要求。为了确保矿井安全生产,畅通大巷运输,与安徽理工大学合作,采用了安徽理工大学研究的新型网壳锚喷支护结构发明专利新技术,对南大巷破碎带150 m范围内变形严重的巷道进行试验研究,取得了明显的支护效果。

钢筋网壳支架的结构形式见图1,几块拱壳形的构件用螺栓联结起来,便形成一架支架,其承载特性比一般金属支架优越。



1-弧板型网壳构件 2-平板型网壳构件
3-联结板 4-螺栓 5-木垫板

图1 钢筋网壳支架结构

1 工程应用

1)地质条件。杜儿坪矿南大巷破碎变形严重段主要是5 100~5 300 m处,该段大巷处于2#和3#煤层中,具体岩性特征为:2#煤顶板为0.2 m页岩,上面是2.3 m泥岩,属软岩,极易冒落,下面是3.5 m的2#煤,2#与3#层间距为2.73 m的细砂岩,其下是2.87 m的3#煤层。

2)巷道断面。整巷前断面:大巷断面是不规则

① 作者简介:王万冬 男 1956年出生 1980年毕业于西山矿务局职工大学 高级工程师 太原 030053

万方数据

的拱形断面，宽度3.6 m，净高3.2 m，断面积11.17 m^2。整巷后断面：净宽4.4 m，墙高1.7 m，净高3.9 m的半圆拱断面，断面积15.03 m^2。

3）生产条件及劳动组织。大巷整修段所在盘区为南八盘区，有综采和掘进两个生产队组，大巷整修必须在保证人员安全和生产队组正常生产的条件下进行。所以，整巷时不能造成冒顶事故，以确保大巷运输的畅通。这样，破碹前的临时支护显得尤为重要，有效地控制碹体是整巷的关键。因此，采取了相应的安全技术措施，使得整巷工程顺利完工。

为了保证两个生产队的正常生产，采用两班整巷，即乙班和丙班两个生产班，每班6小时工作制，丁甲班即大夜班停止整修，要求丙班收工时必须清除货渣，畅通轨道，打好临时支护，保证采煤和掘进生产班的拉运正常。

4）施工工序。安全检查—打眼、放炮—敲帮问顶（安全确认）—临时支护—打注锚杆—出矸—上网壳结构支架—帮浇注砼、顶喷浆。

2　网壳支架设计及施工技术措施

2.1　网壳喷层支架的结构特点与支护性能

普通金属支架都是棚式支架，钢材用量多，重量大，架与架之间仅用少数几根拉杆联结，支架稳定性差。钢筋网壳支架完全不同于普通金属支架，其构件是在地面焊接成的钢筋网壳结构，外表面自成一层钢筋网，可承托围岩表面，内部是立体纵横交叉的钢筋网架支撑着外层钢筋网。每片构件的两端焊接着带有螺栓孔的联结板，每架支架由3～5片构件对头拼装，用螺栓联结而成，对接处可以嵌入一定厚度的木垫板，这样除支架本身在径向具有柔性让压性能外，整体支架在环向也有一定的可缩性。工程中，既可用它代替棚式支架，支护较不稳定的岩石巷道，也可用它作为喷层的钢筋骨架，与锚杆、喷射混凝土共同组成网壳锚喷结构，支护高地压软岩及动压巷道。

钢筋网壳支架结构见图1，几块拱壳形的构件用螺栓联结起来，便形成一架支架，其承载特性比一般金属支架优越。其承载性能也比一般钢筋网喷层优越：a）混凝土被许多小跨度双曲钢筋网壳分片包围着，钢筋的弯曲变形被混凝土所削弱，混凝土所受的拉剪内力被网壳所削弱，两者相互加强，可大幅度提高薄层衬砌的承载能力。b）支架构件接头处的可缩垫板使喷层也有了一定的可缩性。这样，网壳配筋喷层也能承受较强的变形地压。如果在施作喷层之前，安设少量锚杆把网壳分段与围岩锚在一起，以削弱网壳的不均匀变形，则网壳配筋喷层的承载能力可提高，能达到甚至超过锚网喷一型钢支架联合支护的功能，施工工艺得到简化，支护费用大幅度降低。

2.2　支架设计

根据南大巷150 m严重破碎段地质条件与地压显现特点，网壳支架结构设计为直墙半圆拱，支架结构见图2。

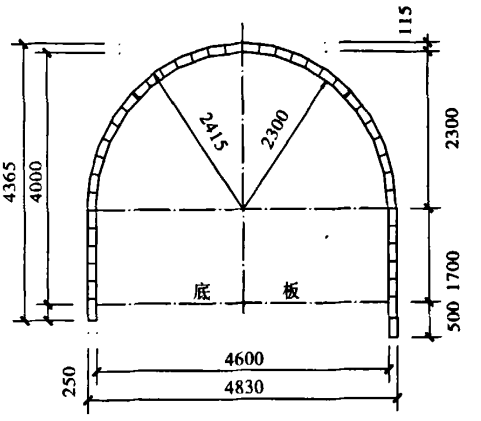


图2　支架结构图

2.3　施工技术措施

1）临时支护。

a）破碹前临时支护。破碹前5 m范围内采用3.5 m的单体支柱及弧形槽钢梁以1.0 m×0.8 m的间排距作为超前临时支护（通车侧丙班临时下班时拆除），拱顶正中5 m范围内，采用长3.5 m、直径200 mm的圆木或3.8 m高的单体支柱，以0.8 m间距打超前支护。点柱必须穿鞋带帽打在实底上，上用木楔背紧。对放炮崩倒、崩坏的点柱或单体必须及时更换和修复。

b）破碹后临时支护。破碹后，若无漏顶预兆时，采用不少于5块的圆木或板梁，一端放在碹顶上，另一端放在钢架结构上，中间用刹杆密接顶作为拱部的临时支护。破碹后，若发现下一架拱顶有漏顶预兆时，当班跟班队长必须组织工人采用1.5 m长的寸半铁管斜插入拱顶上方或以300 mm间距打超前锚杆，然后用圆木或板梁、刹杆接顶进行临时支护。

万方数据

c) 工作面最大最小控顶距:工作面掘进循环 800 mm,最大控顶距 1.2 m,最小控顶距 0.4 m。

2) 打眼放炮。打眼时必须派专人观察顶板,发现问题及时处理。破碹采用打浅眼、少装药,逐段爆破的方法,每眼装药量不得超过 75 g,并用炮泥封严封实,每次破碹长度不得超过 1.2 m。

3) 网壳结构支护。网壳结构采用 d20、d16 的钢筋焊接而成,由拱顶、两帮 3 部分组成。网壳结构厚 200 mm,宽 800 mm。安装网壳结构时,由专人观察顶帮,几人协同作业,网壳结构要栽在实底上,左帮基础深 500 mm,右帮基础深 300 mm。应先安装上拱顶,再安装两帮,当安装拱部网壳结构时,采用矿设计的起降装置(主要是由折叠架、伸缩油缸和上部平台组成),起到了快速、稳定、安全的作用。操作起降装置时,必须缓慢起降,网壳结构必须与起降装置捆绑牢固,由不少于两人扶住网壳结构,以防在起降过程中倾倒伤人。待升至合适位置后用卡子与前一架网壳结构固定好,此时操作工不得松开起降装置。上帮安装网壳结构时,应先上一帮,再上另一帮。一侧上好后,必须及时用卡子与前一架网壳结构连接固定好,以防网壳结构倾倒伤人。所有网壳结构上好后,用卡子每隔 300 mm 把帮顶网壳结构固定牢固,并用刹杆、木楔与墙壁背牢背实。每架网壳的外缘必须与围岩保持接触,不允许架空,若支架与围岩间隙过大,可用矸石木楔等充填密实,避免喷层过厚和支架受力不均匀。使用 2.0 m 锚杆对支架的底脚与拱肩进行加固,即在每侧网壳的下部各打一根倾斜向下 45°的锚杆,在每侧拱肩接头部位的上及下方各安设 1 根锚杆。锚杆的长度均为 2.0 m,采用端部锚固锚杆,锚固力不低于 6 t。用锚杆托板承托网壳构件两端的中部纵骨筋,以降低每块构件两端承受的剪力,并使底脚与拱肩的内移量有所削弱。网壳架好以后,须检查断面尺寸是否满足设计要求,必要时调整位置,检查合格后才可复喷,要求喷层厚度达到覆盖支架所有钢筋即可。

3　浇注喷浆

当网壳结构架设 10 架时停止破碹,采用集中浇注,网壳结构两帮 3.0 m 以下的高度部分采用整体砼浇注,浇注时必须用风动振动棒,每浇注 1 m 振动一次,严禁出现蜂窝状。砼体浇注后,每天定期洒水养护一次,养护时间不少于 7 天。拱顶采用喷浆料充填。喷浆料的配比:水泥: 沙子: 石子(体积比)是 1: 2: 2,速凝剂掺量为水泥重量的 2.5% ~4%,喷浆料采用潮喷,并搅拌均匀,保证质量。

4　网壳支护监测与分析

1) 监测内容及量测仪器。杜儿坪南大巷钢筋网壳锚喷支护段内围岩条件复杂多变,矿压显现十分明显,为了搞清钢筋网壳锚喷支护与地压分布规律,进行了围岩压力、支架收敛的测试,用以分析支护结构的力学性能参数,为今后同等条件使用钢筋网壳支架优化支护结构提供可靠的依据。采用隧道 ZW -3 型收敛计对巷道周边收敛量进行测量。采用精度高、抗干扰性强、防爆安全的 MYJ 型液压式传感元件进行量测巷道支护受力状况。

2) 监测结果分析。网壳结构受力和巷道表面收敛见图 3、图 4。

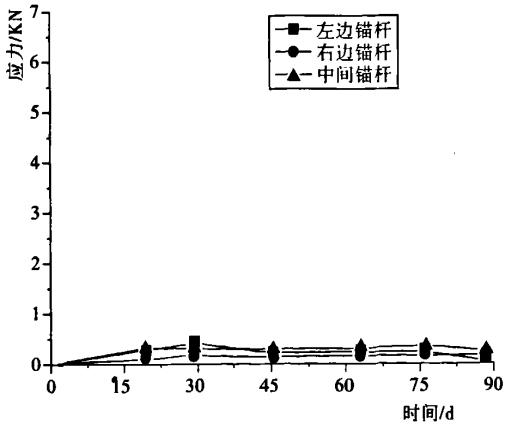


图 3　网壳支护结构受力示意图

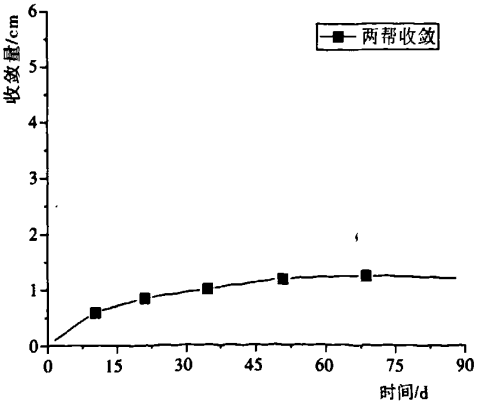


图 4　巷道两帮表面收敛示意图

从图 3、图 4 中可以看出,南大巷钢筋网壳支护

万方数据

段,网壳支架收敛变形和围岩压力值都很小,说明围岩变形基本稳定,支护结构具有足够的强度和安全储备,建议在类似巷道中使用网壳锚喷结构时,可以减少钢筋用量,对现有网壳结构进行优化。

5 应用效果

该工程于2006年11月施工,2007年6月完工。针对杜儿坪矿南大巷处于Ⅳ及Ⅴ类软弱围岩变形严重难以返修的150 m巷道,采用新型网壳锚喷支护代替锚网喷、U型钢支架联合支护,一次成形,无需修复,取得了满意的支护效果。迄今,试验段已经历了2年时间的考验,巷道已基本无变形,并已完全稳定,支护完好无损,未发生喷层破损掉皮现象。而在未采用网壳锚喷支护及钢筋混凝土衬砌区段,采用锚网喷、29U型钢支架联合支护段,巷道发生较大变形。对比可见,网壳锚喷支护及钢筋混凝土衬砌具有很强的支护功能,满足了软岩及动压巷道的支护需要。

经工业应用及矿压监测表明,该整修巷道段网壳支架收敛变形和围岩压力值都很小,表面规整,支护效果良好。该支护方式安全、可靠,技术上是可行的。网壳支架有效地控制了巷道围岩的严重变形,解决了软弱、破碎巷道支护难题,取得了明显的经济技术效益和社会效益,它在高地压软岩及动压巷道中有推广应用价值。该支护结构有如下优点:

1)网壳结构实现了支架轻型化、立体化、连续化,使支架的整体稳定性大大增强,可承受变形地压及采动荷载,同时降低了支架成本,简化了安装作业。加喷层后,支撑能力大幅度提高,可实现一次支护成功。

2)钢筋网壳支架突破了传统棚式支架结构形式,使支架的力学性能得到很大改进,构件的重量大大减轻,钢材用量比型钢棚子降低50%以上,本次修复巷道采用网壳(d20 mm、d16 mm钢筋焊接)、锚喷、浇注浆联合支护,与"29U"型钢支架、锚喷联合支护或一次钢筋网锚喷支护相比:虽总费用有所增加,但低于逐次维修巷道费用,具有可观的经济效益。

3)网壳喷层是主要承载结构,锚杆间距可比普通锚网喷支护增大,节省钢材。

4)网壳结构新颖、合理、巷道成形美观、断面规格标准,满足了5 t底侧卸式矿车井下煤炭运输能力的要求。

收稿日期 2008-12-23

Application on Shell Bolting and Shotcreting Support Technology in Soft Rock Dynamic Pressure Tunnel

Wang Wandong Wang Haibo

Abstract In connection with 150 m tunnel which serious breakup and deformation, repairs with difficulty in south roadway of Duerping coal mine of Xishan coal electricity group company, applies the new technology of reticulated shell structure and bolting and shotcreting pouring support, has controlled effectively serious distortion of the tunnel wall rock, realizes long-time stable supports of the soft rock dynamic pressure tunnel, obtains obvious economical technical benefits and social efficiency.

Key words Reticulated shell structure; Bolting and shotcreting support; Pouring; Soft rock dynamic pressure tunnel

万方数据