

文章编号:1671-251X(2016)09-0043-05 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.09.010
王晨升,苏芳.掘锚交叉综掘工艺工业性试验研究[J].工矿自动化,2016,42(9):43-47.

掘锚交叉综掘工艺工业性试验研究

王晨升, 苏芳

(大同大学 煤炭工程学院, 山西 大同 037003)

摘要:针对传统巷道掘进工艺存在掘进快、支护慢的难题,塔山煤矿引进了锚杆钻车,开发了掘锚交叉综掘工艺,并对其进行了工业性试验研究。通过对工艺实施过程相关参数进行监测,得出结论:巷道开挖支护60 d后,左右围岩日收敛速率小于0.1 mm/d,说明巷道收敛已经趋于稳定,最大锚杆受力为206 kN,最大锚索受力为305 kN,均在安全范围,锚固力大为提高,离层得到有效控制。该工艺实现了减员10%,支护效率提高41%,掘进工效提高33.3%,可以推广应用。

关键词:掘锚交叉;综掘工艺;锚杆钻车;支护;矿压观测

中图分类号:TD263 文献标志码:A 网络出版时间:2016-09-02 10:13

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160902.1013.010.html>

Study on industrial test of fully mechanized fast excavation technology of
alternating with advancing or bolting

WANG Chensheng, SU Fang

(School of Coal Engineering, Datong University, Datong 037003, China)

Abstract:In view of problems of fast excavation and slow supporting in traditional roadway excavation technology, anchor drill rig was introduced in Tashan Coal Mine, fully mechanized fast excavation technology of alternating with advancing or bolting was developed, and industrial test of the technology was studied. Through monitoring related parameters in technique implementation process, the following conclusions was obtained: convergence rate of around surrounding rock is less than 0.1 mm/d after roadway excavation support 60 d, explains that roadway convergence is stabile, the maximum rock bolt stress is 206 kN, anchor cable force is 305 kN, all are in the range of security. The conclusion shows that the technology can greatly improve anchoring force and control abscission layer. The technology achieves 10% attrition, improve 41% support efficiency and 33.3% drivage efficiency, which can be popularized and applied.

Key words:alternating with advancing or bolting; fully mechanized fast excavation technology; anchor drill rig; support; mine pressure observation

0 引言

中国大部分煤矿以井工开采为主,掘进、支护工程量较大,巷道开拓主要采用综合机械化掘进机与手持式单体锚杆钻机相配套,施工速度缓慢,存在掘进快、支护慢的问题,采掘接续紧张^[1-3]。因此,实现

锚杆支护的快速施工是提高煤矿成巷速度的有效措施^[4-6]。

塔山煤矿是一个千万吨级矿井,为尽快投产带来效益,综采采区先投入生产,而盘区准备的回采巷道的掘进一直难以跟上,造成了采掘难以正常接替、通风路线长、巷道维护成本高等问题^[7]。为此,必须

收稿日期:2016-03-24;修回日期:2016-05-18;责任编辑:张强。

基金项目:同煤集团项目基金资助项目(HTGJZB-TM150510)。

作者简介:王晨升(1985—),男,山西大同人,讲师,硕士,现主要从事矿山机械方面的研究工作, E-mail:15835218961@163.com。

加快接替工作面回采巷道的掘进速度,而掘进速度又在很大程度受支护速度限制,所以,提出掘进与锚杆锚索支护交叉作业的掘锚交叉综掘工艺^[1],这样掘进机与锚杆钻车在掘进工作面快速交叉掘进与支护,可以达到较高的掘进速度和较好的支护效果。为了研究该掘锚交叉综掘工艺的应用效果,在塔山煤矿 2108 掘进工作面进行了工业性试验。

1 试验巷道的地质条件

为确保工业性试验的成功,成立了井下试验小组,负责试验的记录工作,将钻车整机通过副平硐运入 2108 掘进工作面,然后开始组织试验。

2108 掘进工作面煤层结构复杂,为块状及碎块状,由暗煤及亮煤组成,半亮型,玻璃光泽。利用厚度为 10.85~15.05 m,平均厚度为 12.72 m,煤层倾角为 3~5°。煤层中含有 6~8 层夹矸,夹矸厚度为 1.05~2.7 m,平均厚度为 1.96 m,夹矸单层厚度为 0.01~0.55 m。夹矸岩性为灰褐色高岭岩、灰白色高岭质泥岩、灰黑色炭质泥岩、灰色砂质泥岩、泥岩,局部夹有深灰色粉砂岩。试验巷道的地质条件说明详见表 1、表 2。

表 1 2108 掘进工作面概况

煤层	走向长度/m	巷道宽度/m	水平名称	工作面标高/m	面积/m ²
3 号—5 号	2 173.5	5.50	一盘区	1 006~1 034	19.8

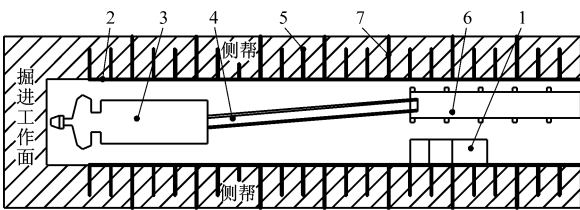
表 2 2108 掘进工作面掘进地质条件

参数	数值
涌水量	最大 0.07 m ³ /min,正常 0.034 m ³ /min
瓦斯	相对瓦斯涌出量为 1.66 m ³ /t,绝对瓦斯涌出量为 78.6 m ³ /min
煤尘	具有爆炸危险性,爆炸指数为 37%
煤的自然发火期	自然发火期为 68 d
地温	无高温热害区,地温梯度为 2.41 °C/100 m

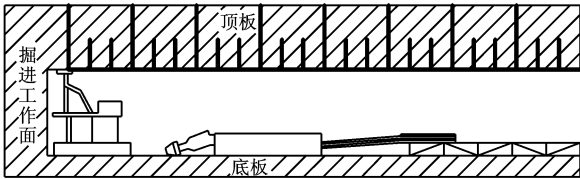
2 掘锚交叉综掘工艺工业性试验

2.1 掘锚交叉综掘工艺作业过程

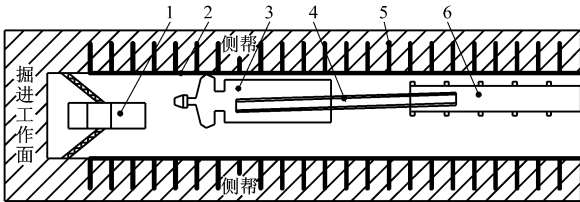
掘锚交叉综掘工艺作业过程如图 1 所示。具体施工工艺:掘进机完成一次割煤循环作业后,后退 8 m 贴帮停放,锚杆钻车行驶到掘进工作面,锚杆钻车司机打开钻臂,支护工在操作平台上将钢带和金属网铺设在支架上,再用前探顶起护网并支撑顶板,钻臂操作工调整钻臂角度,按“一掘两支”



(a) 掘进机工作示意



(b) 锚杆钻车打顶帮示意



(c) 锚杆钻车打侧帮示意

1—护网;2—掘进机;3—桥式转载机;4—锚杆;
5—锚索;6—带式输送机;7—锚杆钻车

图 1 掘锚交叉综掘工艺作业过程

支护方式从顶到帮依次钻孔和进行支护作业,每个支护排距为 0.9 m,完成 1.8 m 支护循环后,降下前探,收回钻臂,退出工作面^[8]。

2.2 巷道矿压效果测试

通过测试巷道围岩位移和锚杆受力,可比较全面地了解采用锚杆钻车进行锚杆支护后的工作状态。根据围岩变形特征,对锚杆钻车钻臂的扭矩进行及时调整,从而使巷道趋于稳定安全状态。

2.2.1 围岩表面位移测试结果

观测方法:采用巷道断面十字交叉法观测巷道表面位移,如图 2 所示,分别测量同一断面上巷道两帮位移量及顶底板位移量。



图 2 顶底板、两帮位移量测点布置方法

测点布置:在巷道两帮钉木楔布点,测点距底板 1 m,顶板岩石无法钉木楔时采用油漆喷点。

首先在巷道工作面处设置一排测点,向巷道后方向隔 15 m 设置一排测点,以后随巷道的掘进每隔 15 m 设置一排测点,每个巷道内共设置 4 组观测点。2108 掘进巷道共布置 4 个测站,测站布置如

图 3 所示。1 号测站布置在距掘进工作面 10 m 处(已掘巷道),2 号测站布置在掘进工作面处,随着巷道不断向前推进,每隔 15 m 布置一处测站。

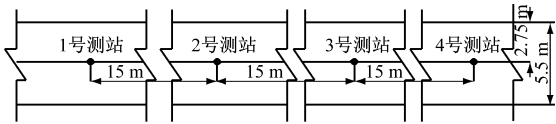
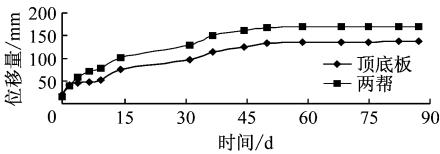
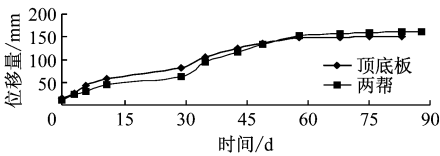


图 3 测站布置

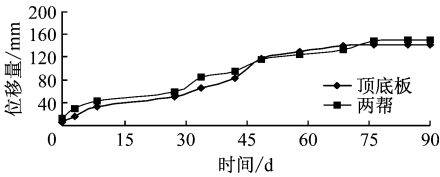
连续对各测点进行了 90 d 的监测,各测站处巷道顶底板和两帮位移量测试结果如图 4 所示。



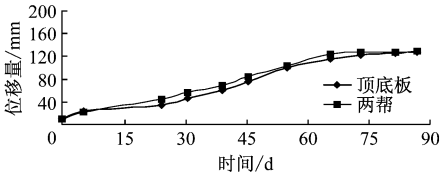
(a) 1 号测站的顶底板与两帮位移量测试结果



(b) 2 号测站的顶底板与两帮位移量测试结果



(c) 3 号测站的顶底板与两帮位移量测试结果



(d) 4 号测站的顶底板与两帮位移量测试结果

图 4 各测站处巷道顶底板与两帮位移量测试结果

由图 4 可以看出,在采用锚杆钻车进行锚杆锚索永久支护后,在 90 d 观测期内,巷道顶底板最大位移量为 161.3 mm,出现在 4 号测站处;两帮最大位移量 172.4 mm,出现在 1 号测站处。巷道开挖支护后 60 d 左右围岩变形趋于稳定,围岩总体收敛量不大。后期的日收敛速率:顶底板平均为 0.08 mm/d,两帮平均为 0.09 mm/d,说明巷道收敛已经趋于稳定,锚杆钻车支护的稳定性与安全性得到保证。

2.2.2 巷道顶板离层测试结果

采用 WYJ-1 型多点位移计监测巷道顶板离层。

巷道围岩深部基点位移测试结果如图 5 所示。从图 5 可以看出,顶板 1 m 测点的最大位移量为 49.3 mm,3 m 测点的最大位移量为 37.2 mm,5 m 测点的最大位移量为 24.6 mm。顶板所形成的锚固体梁 1 m 深处的位移为 48 mm,3 m 深处的位移为 38 mm,5 m 深处的位移为 24 mm,在锚固系统所允许的范围之内,锚固体是稳定的。由此可见,锚杆锚固范围内的顶板离层值小于锚杆锚固范围外的顶板离层值,锚杆支护效果良好。测站布置范围内顶板整体下沉量不大,离层值均小于矿方要求的指标设计值,巷道层位的选择和支护参数满足要求,而且锚杆钻车支护顶板预紧力得到了保证,离层得到有效控制。

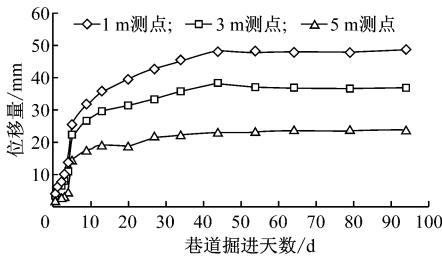


图 5 巷道围岩深部基点位移测试结果

2.2.3 锚杆受力监测结果

锚杆受力采用 MCS-400 型锚杆测力计测量,测量量程为 0~400 kN(允许过载 25%),测量误差为 $\pm 4.0\%$ (F. S.),工作电压为 DC3.6 V。与锚杆一起安设,反映锚杆在不同时期的受力情况。其安设位置在相应的测站附近,观测频率同表面位移观测。帮锚杆、顶板锚杆和顶板锚索分别安置锚杆液压枕来监测锚杆、锚索受力状况,共安设 6 套,安装锚杆、锚索要施加一定的预紧力。锚杆受力观测是巷道矿压观测的重要内容,通过观测锚杆轴向力大小,可全面地了解锚杆工作状态,判断锚杆是否发生屈服和断裂,评价巷道围岩的稳定性与安全性。锚杆(索)受力随时间变化曲线如图 6 所示。

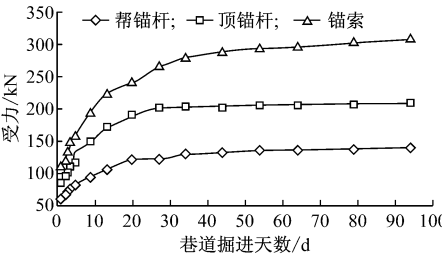


图 6 锚杆(索)受力随时间变化曲线

从图 6 可以看出,锚杆受力在掘进工作面后方

30 m 左右范围内增加最快,然后增加趋缓,最大 206 kN;锚索受力与锚杆类似,最大为 305 kN,均在安全范围之内。锚杆受力只代表巷道表面锚杆支护的托锚力,随着时间的延长,锚杆托锚力逐渐增加,但速率较小,为 0.4 kN/d。从锚杆受力来看,托锚力的大小与围岩变形并不十分一致,表明巷道变形稳定后有蠕变倾向。

2.3 巷道掘进效果测试

掘锚交叉作业方式指掘进机后配套锚杆钻车支护的作业线施工方式。传统综掘作业方式指掘进机与单体锚杆钻机配套作业线施工方式。

2.3.1 掘锚交叉作业与传统作业工序内容

掘锚交叉作业的主要工序:交接班、安检、施工准备→综掘机割煤、出煤→掘进机后退→钻车开进→临时支护→支护顶锚杆和锚索→铺帮网支护帮锚杆→钻车收臂退出→掘进机开进→进行新一轮循环掘进和支护。

传统综掘作业的主要工序:交接班、安检、施工准备→综掘机割煤、出煤→掘进机后撤→敲帮问顶→上前探梁→铺顶网、加固前探梁临时支护→搬进锚杆钻机→接风水管线→打顶部锚杆孔并安装锚杆→打侧帮锚杆孔并安装锚杆→打锚索孔并安装锚索→搬出锚杆钻机→掘进机开进→进行新一轮循环掘进。

2.3.2 2 种作业方式施工效果对比

(1) 用工对比。掘锚交叉作业方式与传统综掘作业方式用工对比见表 3。

表 3 掘锚交叉作业方式与传统综掘作业方式用工对比人

掘锚交叉作业方式			传统综掘作业方式		
支护工	其他	合计	支护工	其他	合计
12	42	54	18	42	60
4	14	18	6	14	20
4	15	19	6	15	21
4	13	17	6	13	19
12	42	54	18	42	60

从表 3 可看出,采用传统综掘作业方式,掘进队一天需要 60 人,而采用掘锚交叉作业方式,掘进队一天只需要 54 人,每天少用工 6 人,减员 10%。

(2) 工效对比。在掘进断面、净断面和煤硬度相同的条件下,掘锚交叉作业方式与传统综掘作业方式工效对比见表 4。

采用掘锚交叉作业方式时,锚杆钻车在 2108 工作面使用期间,支护一根 2.5 m 锚杆用时 3 min,支护一根 8.3 m 锚索用时 10 min,完成 2 排支护用时 75 min,比传统综掘作业方式节省 40 min,在工人操作不熟练的情况下完成进尺 540 m,与该队 5208 工作面平均进尺 378 m 相比,效率提高 42.8%。

表 4 掘锚交叉作业方式与传统综掘作业方式工效对比

作业方式	循环进 度/m	日进 度/m	月进 度/m	掘进工 效/(m/工)
掘锚交叉作业方式	1.8	18	540	0.31
传统综掘作业方式	0.9	12.6	378	0.21

由表 4 可知,采用传统综掘作业方式,掘进队掘进工效为 0.21 m/工,而采用掘锚交叉作业方式,掘进队的掘进工效为 0.31 m/工,掘进工效提高了 33.3%。

(3) 安全性对比。使用传统单臂锚杆钻机,开始支护和铺网时人员都在空顶下作业,很容易发生顶板伤人事故,而锚杆钻车操作人员站在钻车平台上,利用钻车超前支架将网和钢带托起,支护时操作人员在上一循环永久支护下作业,彻底杜绝了空顶作业。

使用传统单臂锚杆钻机时,工作面人员集中,巷道帮支护只能滞后,片帮增大,巷道成型差,工人面对煤壁作业随时会发生危险。使用锚杆钻车支护时,工作面人员少,能够实现帮锚杆及时支护到工作面,并且工人在远离煤壁 1.5 m 的位置,通过操作锚杆车手臂完成,杜绝了片帮伤人,保证了巷道成型。

单臂锚杆钻机扭矩小,锚杆紧固力一次不能达到设计的 200 N·m,工作面空间狭小,往往在下一个循环作业时再由人工二次紧固。使用锚杆钻车后,通过调整液压参数设定压力,能一次达到设计预紧力,2 种支护手段工程质量对比见表 5。

表 5 2 种支护手段工程质量对比

支护 手段	锚杆施工质量				锚索施工质量	
	平均角 度/(°)	平均锚固 力/kN	平均预紧 力/(N·m)	平均外 露/mm	平均角 度/(°)	平均外 露/mm
锚杆钻机	<80	>60	95	40	<80	400
锚杆钻车	>85	>60	200	30	>85	310

塔山煤矿由于煤质疏松、结构复杂、成帮部成型差,帮锚杆安装完全依靠人工操作,钢护板与煤壁不

能紧密贴合,造成在锚杆紧固时锚杆螺扣外露长,甚至无扣,既不符合标准,又达不到预紧要求,而锚杆钻车钻孔、安装锚杆,紧固、卸帽、预紧完全依靠设备完成,通过钻臂液压油缸使钢护板紧贴煤壁,彻底解决了锚杆外露长和预紧力不够的弊端,同时有效地控制了钻孔深度和锚杆的排间距,从而提高了安装质量。

单臂锚杆钻机对锚杆初次预紧完全是通过人与钻机反作用力完成,操作时钻柄极易伤人。锚杆钻车在使用中,只需操作液压阀,安全、简单、快捷。单臂锚杆钻机在使用过程中,工人来回抬钻,劳动负荷极大,顶部的钢梁固定、金属网铺设、锚杆的预紧都大大增加了劳动强度。上述工序在锚杆钻车使用中则不存在,钢带固定、金属网铺设都由钻车的前探支护完成。

(4) 开机率对比。利用锚杆钻车支护掘进机退后,可以保证机组检修时间,保证了机组完好,大大提高了开机率。

(5) 管理方式对比。采用传统综掘作业方式时,掘进机每割1刀便要退出,然后搬进锚杆钻机,开始永久支护。这种作业方式的主要弊端是掘进机频繁地开进退出,锚杆钻机依靠人工频繁搬动,由于工序频繁转换,管理难度和工人劳动强度大,工时利用率低,空顶时间较长,对安全十分不利。而采用掘锚交叉作业方式就克服了上述缺陷,锚杆钻车临时支护装置能够有效实现对掘进工作面前方空顶破碎区的及时支护,同时仅需2人就可以操作钻车,2个钻臂同时钻锚杆锚索眼,避免了工序的频繁交接,管理简单,减小了空顶时间,对顶板的合理维护十分有利。

3 结语

针对传统巷道掘进工艺存在掘进快、支护慢的难题,塔山煤矿引进了锚杆钻车,开发了掘锚交叉综

掘工艺。通过对锚杆钻车支护过的巷道进行矿压观测可得知,在采用锚杆钻车进行锚杆锚索永久支护后,在观测期内,巷道顶底板最大位移量为161.3 mm,两帮最大位移量为172.4 mm。巷道开挖支护后60 d左右,围岩变形趋于稳定,日收敛速率小于0.1 mm/d,说明巷道收敛已经趋于稳定,锚杆钻车支护的稳定性与安全性得到保证。顶板整体下沉量不大,离层值均小于矿方要求的指标设计值,锚杆钻车支护顶板预紧力得到了保证,锚固力大为提高,离层得到有效控制。

相对于传统巷道掘进工艺,掘锚交叉综掘工艺在安全、效率、作业环境方面都有很多优点。在顶板情况不太理想的塔山煤矿,巷道掘进作业过程中减员10%,支护效率提高了41%,掘进工效提高了33.3%,安全性得到保证,实现了杜绝空顶、支护到位、及时预紧、操作方便、减少隐患、减人提效、降低劳动强度、改善作业环境、提高开机率等目标。

参考文献:

- [1] 苏芳,王晨升,武维承,等.掘锚交叉综掘工艺应用及研究[J].煤矿开采,2014,19(6):74-76.
- [2] 王金华.全煤巷道锚杆锚索联合支护机理与效果分析[J].煤炭学报,2012,37(1):1-7.
- [3] 王虹.我国综合机械化掘进技术发展40 a[J].煤炭学报,2011,35(11):1816-1820.
- [4] 赵宏伟.我国煤矿岩巷快速掘进技术现状及展望[J].煤炭科学技术,2012,40(1):5-7.
- [5] 孔建军,陆幼鲁,卢孟学,等.综合机械化快速掘进装备技术与探索[J].煤炭技术,2006,25(2):50-52.
- [6] 王国法.煤矿高效开采工作面成套装备技术创新与发展[J].煤炭科学技术,2010,38(1):63-68.
- [7] 牛福龙.塔山矿松软煤层中特大硐室掘进与支护技术[J].煤炭科学技术,2008,36(11):31-32.
- [8] 马有财.塔山矿全液压锚杆钻车的开发与应用[J].煤炭工程,2011,43(1):31-32.