

掘锚一体机直角拐弯施工技术

梁大海

我国煤炭开采技术与装备发展势态良好，特别是大采高综采技术，是我国厚煤层实现高产、高效的主要开采技术之一。

目前，我国大采高综采技术的一次开采高度已由3.5 m提高到8.5 m（液压支架高度8.8 m）。随着综采技术与装备不断向高产化、大型化方向发展，要求为综采工作面服务的“两巷一眼”（综采工作面运输巷、回风巷和开切眼）断面尺寸不断增大，在神府矿区，两巷断面宽度普遍在5.4~6.2 m，高度可达4.5~5.0 m，巷道长度达5 000 m以上，开切眼宽度可达8.0 m以上。近年来，综采技术的发展引领掘进技术的进步，随着掘进装备的发展，以掘锚一体机为代表的快速掘进技术成为长距离宽巷道掘进的重要方法，一方面，掘锚一体机集成了掘进和支护功能，实现掘、支平行作业，另一方面，一次截割成巷技术完全能够满足大宽度、大高度断面的施工要求；其中，由山西天地煤机装备有限公司生产的国产EJM340型掘锚一体机一次切割宽度可达6.2 m，截割高度可达5.0 m。以掘锚一体机为代表的大型掘进类装备，由于其机身整体体积大，在遇到联络巷、开切眼及机电硐室等空间需进行拐弯施工时，转弯半径如何在大型设备拐弯时实时减少拐弯处控顶面积，降低施工风险，成为大型设备掘进施工需考虑的重要因素。笔者以山西天地煤机装备有限公司生产的EJM340型掘锚一体机（标准型），通过巷道直角拐弯施工开切眼作为案例，研究大型机械设备直角拐弯施工技术。

EJM340 型掘锚一体机基本特点

EJM340型掘锚一体机集截割、装载、运输、行

走、锚护、喷雾除尘于一体，能够实现掘锚平行作业，可配套连续运输系统实现煤巷高效快速掘进。该掘锚一体机通过可伸缩滚筒实现左右伸缩250 mm，使滚筒一次性截割宽度达到标准的5 400 mm，滚筒缩回后宽度为4 900 mm。掘进机机尾左右45°摆动，摆动幅度为5 055 mm，EJM340型掘锚一体机外形尺寸如图1所示。EJM340型掘锚一体机截割时滚筒将自动伸出，进行全宽截割；停机后，伸出的滚筒自动缩回，在特殊条件下，调整控制系统后也可实现滚筒缩回后，一次性截割宽度为4 900 mm。

掘锚一体机直角拐弯施工工艺

掘锚一体机由巷道向开切眼直角拐弯施工时，为确保拐弯处顶板悬露面积最小，可在截割时缩回伸缩滚筒，调整机身至极限位置后，开始斜切进刀，循环进刀深度为1 m；截割到位后，重复调整机身使之达到极限位置，继续下个进刀循环。这种进刀方式，可以使掘进机机身以最短的扩帮长度实现机身调正（机身中心平行开切眼中心线方向），实现扩帮处悬顶面积最小。笔者以第5刀为例介绍掘锚一体机直角拐弯进刀方式，如图2所示。

从扩帮位置开始，按上述进刀方式重复进行，直至机身能够摆正，机身与开切眼中心线平行后，再根据巷道宽度扩帮至开切眼全宽，完成扩帮工艺。掘锚一体机在转弯抹角时，巷道侧扩帮长度为12.0 m，开切眼侧扩帮深度为6.5 m，呈不规则三角弧状，直角拐弯施工工艺（图3）具体步骤如下：

（1）掘锚一体机全宽沿巷道方向掘进，掘进至开切眼采空区帮。

（2）掘锚一体机缩宽退至开切眼采面帮12 m



掘锚一体机

处开始扩帮工作。首先需调整机身，使机身远端靠近巷道采空区帮，保证机身转动角度最大，然后进行扩帮，每循环进度为1 m。完成1 m扩帮后，继续通过履带转动机身，保证在下个1 m扩帮开始前，机身远端紧靠巷道采空区空帮；12 m后到开切眼采面帮，开切眼扩帮深度达6.5 m，整机机身调正至开切眼方向。

(3) 掘锚一体机缩宽退机后，滚筒全宽完成开切眼剩余煤柱的掘进。

(4) 掘锚一体机全宽切割开切眼剩余煤柱部分，把掘锚一体机调正至开切眼方向，完成直角拐弯扩帮工作。

掘锚一体机直角拐弯弧线形态研究

根据国家能源局印发的《煤矿智能化建设指南

(2021年版)》指导思想，推进煤炭产业高端化、智能化、绿色化转型升级，其中煤矿智能化快速掘进成为重要建设目标。煤矿智能化快速掘进根据智能化水平，分为智能化初级、中级和高级3个阶段。目前，煤矿掘进智能化水平处于中级水平，正向高级迈进。此外，判定快速掘进智能化高级水平的重要指标之一是实现掘进设备自主截割，即自主感知方向、位置、姿态以及自主纠偏；根据不同巷道断面自主决策，自动规划截割工艺路径，巷道自动成型与自主截割。因此直角拐弯弧线设计是实现掘锚一体机自动截割的重要基础之一，有必要对拐弯弧线的形态进行研究。

以巷道采面帮为X轴，以开切眼采面帮Y轴，建立XOY坐标系。根据上述的掘进施工方法，以起扩点(-12 000, 0)为准，每向前掘进1 000 mm记录1次数值，巷道采面帮位置记为X值，向煤体

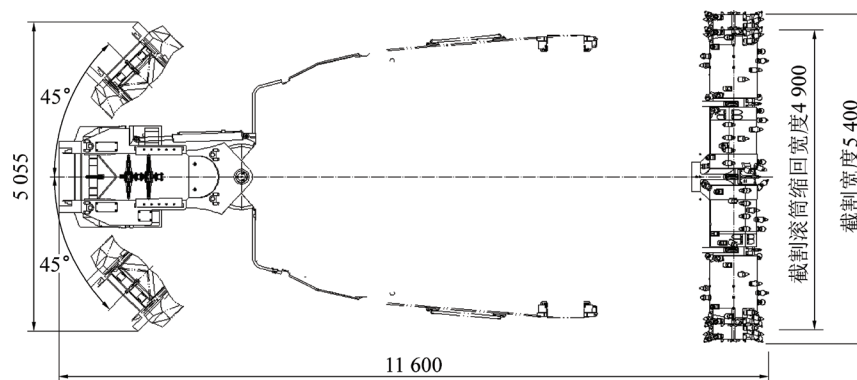
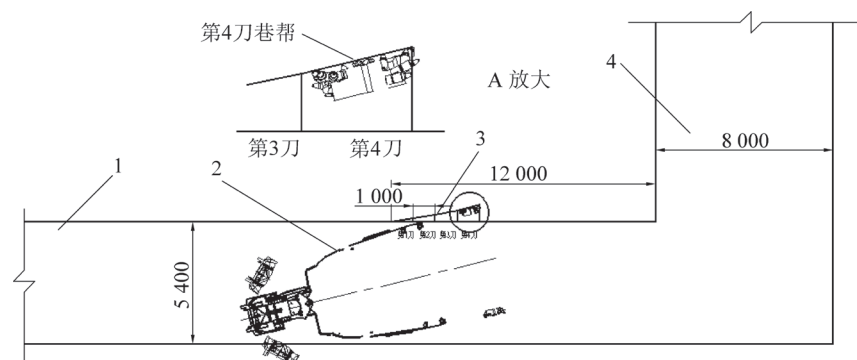
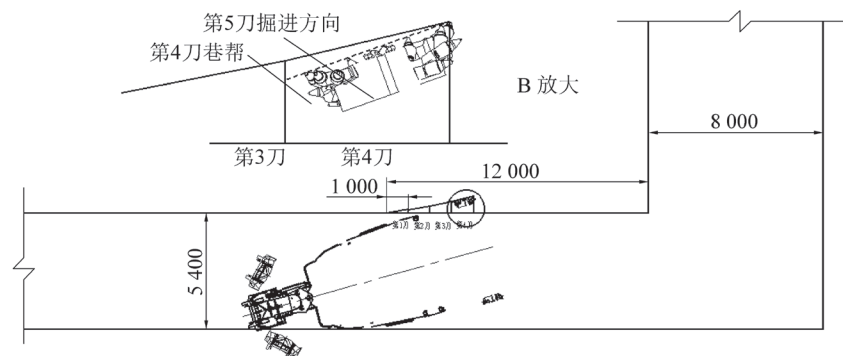


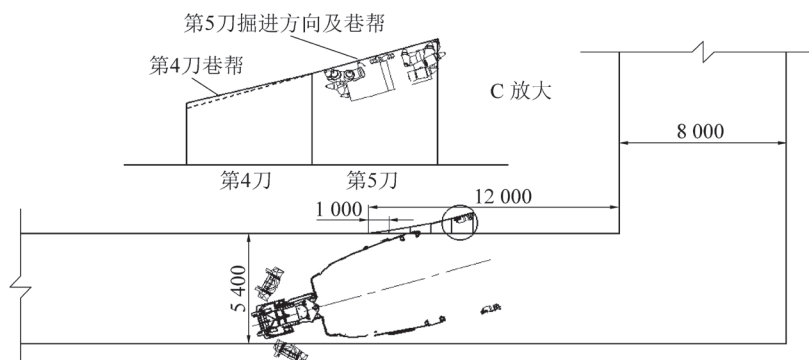
图1 EJM340型掘锚一体机外形尺寸示意



(a) 第4刀掘进后机身位置



(b) 第5刀掘进前机身调整后方向



(c) 第5刀掘进后机身位置

1—巷道； 2—掘锚一体机； 3—扩帮区域； 4—开切眼

图2 掘锚一体机直角拐弯进刀方式示意



- 1—巷道;
- 2—巷道采面帮;
- 3—掘锚一体机;
- 4—开切眼采面帮;
- 5—开切眼;
- 6—开切眼采空区帮;
- 7—巷道采空区帮;
- 8—扩帮区域

图3 掘锚一体机直角拐弯施工工艺

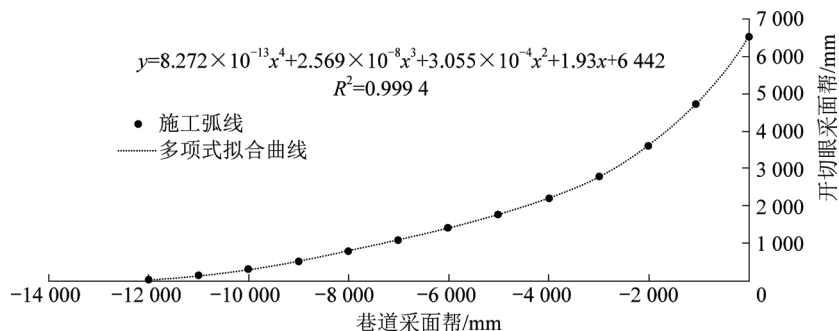
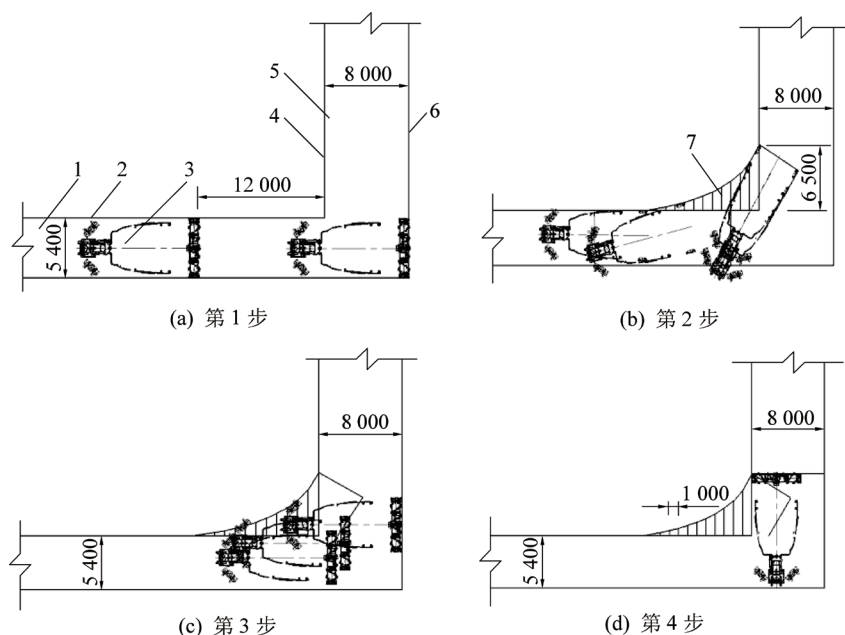


图4 掘锚一体机拐弯施工弧线与多项式拟合曲线

截深值记为Y值,共取13个点,用MATLAB的fit函数对采集到的13组数据执行多项式曲线拟合,所得拟合函数误差平方和为0.999 4,掘锚一体机拐弯施工弧线与多项式拟合曲线如图4所示。

掘锚一体机采用直角拐弯施工工艺后,扩帮处扩帮为22.3 m²,扩帮量最小,扩帮处最大跨度最小,施工风险同等条件下降为最低。

■ 责任编辑:李艾稣

结 语

按照掘锚一体机每次进刀时机身远端紧靠巷道而非采面帮的方式,掘锚一体机能够以最快的速度调正机身和开切眼中线方向平行,也就是拐弯扩帮面积最小。按照拟合曲线轨迹扩帮,可以保证掘锚一体机以最小的扩帮区域实现机身调正,而且为自动化智能切割控制奠定基础。

作者简介:

梁大海,高级工程师,硕士。Tel: 0351-7685547,
E-mail: tytnylldh@163.com

作者单位:中国煤炭科工集团太原研究院有限公司;
山西天地煤机装备有限公司

基金项目:山西天地煤机装备有限公司面上资助项目
(M2021-MS03);
山西天地煤机装备有限公司青年资助项目
(M2020-QN16; M2020-QN12)