

王清峰, 陈航. 基于路径规划的大容量钻杆自动输送系统研究[J]. 矿业安全与环保, 2020, 47(1): 1-6.

DOI: 10.19835/j.issn.1008-4495.2020.01.001

特约专栏

基于路径规划的大容量钻杆自动输送系统研究

王清峰^{1,2}, 陈航^{1,2}

(1. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039;

2. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400037)

摘要:针对现有煤矿钻机钻杆自动输送系统容量小, 需要人工频繁补充钻杆的问题, 开发了大容量钻杆自动输送系统。以钻杆一般输送路径规划和多列多层钻杆起点归一化方法为基础, 结合 ZYWL 全方位自动钻机总体结构方案, 利用钻杆箱侧下方的空间, 设计了升降输送路径方案, 降低了钻机整体高度。基于路径方案设计了钻杆箱、转运器、主机械手和副机械手等执行机构, 并根据具体结构对输送路径进行了适应性调整, 避免了输送装置与钻机主机结构发生运动干涉。理论验算与样机试验表明, 大容量钻杆自动输送系统路径设置合理, 可准确实现钻杆的自动输送。

关键词:自动钻机; 钻杆自动输送; 输送路径; 路径规划; 升降输送路径; 机械手; 大容量钻杆箱

中图分类号: TD41

文献标志码: A

文章编号: 1008-4495(2020)01-0001-06



Research on automatic conveying system of large-capacity drill pipe based on path planning

WANG Qingfeng^{1,2}, CHEN Hang^{1,2}

(1. CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China;

2. State Key Laboratory of the Gas Disaster Detecting, Preventing and Emergency Controlling, Chongqing 400037, China)

Abstract: In order to solve the problem that the capacity of automatic conveying system of the existing drill pipe and drill rig is insufficient and manual replenishment of drill pipe is required frequently, an automatic conveying system of large-capacity drill pipe is developed. The lifting conveyor path plan combined with the overall structural design of ZYWL multidirectional automatic drill rig designed based on the general conveying path plan and the starting point normalization method for the multi-row and multi-layer pipes. This plan is helpful to reduce the height of the drill rig because of using the space below the side of the drill pipe box. Operating mechanisms are designed, including the drill pipe box, the transferring device, the main and the deputy manipulator. According to the mechanism structural plan, the conveying path is adjusted adaptively to avoid structure and moving interference between the conveying system and the drill rig. It is verified by both the theoretical calculation and the model machine test that the pipe conveying path of automatic conveying system of large-capacity drill pipe is set properly and the drill pipe can be delivered automatically and accurately.

Keywords: automatic drill rig; automatic transmission of drill pipe; conveying path; path planning; lifting conveyor path; manipulator; large-capacity drill pipe box

收稿日期: 2019-11-15; 2019-12-23 修订

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC0808000); 重庆市创新专项重点研发计划项目(CSTC2017ZDCY-ZDYFX0050); 重庆市“科技创新领军人才支持计划”项目(CSTCCXLJRC201709)

作者简介: 王清峰(1968—), 男, 山东郑城人, 博士, 研究员, 中国煤炭科工集团首席科学家, 主要从事煤矿安全装备及工艺研究工作。E-mail: wqf518@aliyun.com。

传统的煤矿钻机上、下钻杆完全依靠人力, 劳动强度大, 施工效率低, 存在较大的安全隐患^[1-4]。近年来, 随着对自动钻机的研究和应用不断深入, 作为其重要配套装置的钻杆自动输送系统也在不断创

新。国外智能化凿岩台车和矿山取芯钻机领域率先出现了钻杆自动输送系统。凿岩台车一般用于施工岩巷爆破炮眼,成孔直径小、深度浅,携带长度为 20 ~ 30 m 的小直径钻杆即可满足需求^[5]。取芯钻机虽然采用了较大直径的取芯钻杆,但一般钻进深度浅,通常采用单根钻杆半自动输送的方式,即人工将单根钻杆放入指定装置,再由该装置输送给钻机主机实施钻进。由于凿岩台车和取芯钻机的工况条件与煤矿井下瓦斯抽放、防冲卸压、探放水等工程钻孔施工存在较大差异,因此凿岩台车和取芯钻机的钻杆自动输送系统无法应用于煤矿自动钻机。现有的煤矿钻机钻杆自动输送系统以开放框架式和旋转式为主^[6-10],虽然较好地适应了钻杆直径大和粉尘污染严重的现场工况条件,但是都存在着钻杆容量小的明显缺陷。在钻孔施工过程中,需要人工多次添加钻杆,限制了自动钻机减人提效作用的发挥,成为煤矿钻机自动化水平进一步提升的瓶颈。

为解决现有煤矿钻机钻杆自动输送系统存在的问题,在分析、规划与分解钻杆输送路径的基础上,研发了大容量钻杆自动输送系统,该系统能够实现钻杆大容量存储和精确自动输送。

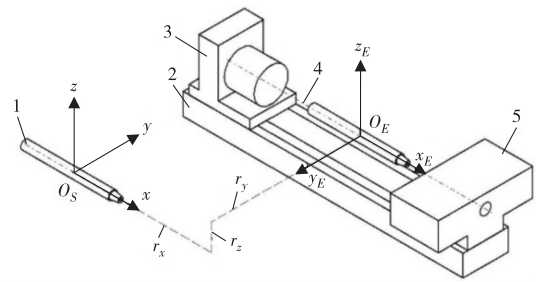
1 钻杆输送路径规划

1.1 单根钻杆一般路径规划

根据自动钻机的工作特点,钻杆输送路径的起点为钻杆箱内某一特定位置,终点必然与钻机动力头、夹持器之间的钻进轴线重合。

由于钻杆材质密度的均匀性和结构的对称性,可取其重心作为起点、终点坐标系的原点。因此,定义起点位置的钻杆重心为基准坐标系 $\{O\}$ 的原点,沿钻杆轴线指向钻进方向为 $+x$,垂直指向钻机主机方向为 $+y$,竖直向上为 $+z$,且钻杆的起点坐标系 $\{S\}$ 与基准坐标系重合。类似地,定义钻杆终点位置的重心为终点坐标系 $\{E\}$ 的原点, $+x_E$ 与 $+x$ 同向, $+z_E$ 与 $+z$ 同向, $+y_E$ 与 $+y$ 反向。要实现钻杆由钻杆箱到钻进轴线的输送,即在保持钻杆姿态不变的情况下,在基准坐标系中完成起点坐标系原点到终点坐标系原点的位置变换,钻杆的输送路径即为这两点间的坐标移动轨迹。

为使钻杆输送路径的规划具有一般性,假设在基准坐标系 $\{O\}$ 中,起点坐标系原点 $O_S(x_{SO}, y_{SO}, z_{SO})$ 与终点坐标系原点 $O_E(x_{EO}, y_{EO}, z_{EO})$ 的 3 个分量均不相同^[11-16]。单根钻杆坐标系建立与一般输送路径如图 1 所示。



1—钻杆;2—机架;3—动力头;4—钻进轴线;5—夹持器。

图 1 单根钻杆坐标系及输送路径示意图

由图 1 可知,需将钻杆沿基准坐标系的 3 个坐标轴分别进行平移。平移的路径向量为:

$${}^E_S \mathbf{r} = (x_{EO}, y_{EO}, z_{EO}) - (x_{SO}, y_{SO}, z_{SO}) \quad (1)$$

即钻杆在直角坐标系中 3 个方向的位移分别为:

$$\begin{cases} r_x = x_{EO} - x_{SO} \\ r_y = y_{EO} - y_{SO} \\ r_z = z_{EO} - z_{SO} \end{cases} \quad (2)$$

1.2 多列多层钻杆起点归一化方法

为满足煤矿井下深孔钻进的需求,钻杆箱内需存储多根钻杆。按照易取出、易回收、大容量的原则,设计钻杆摆放方式为多列多层方式,并按列竖直向上取出,如图 2 所示。

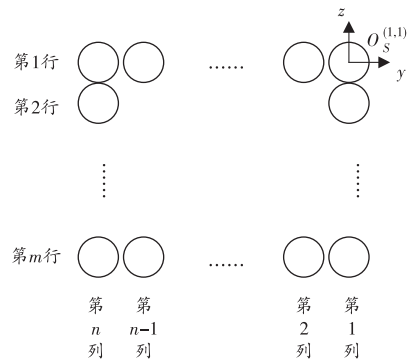


图 2 多列多层钻杆起点归一化示意图

假设钻杆摆放为 n 列、 m 层(行)的矩形,借鉴矩阵的原理,定义离钻机主机最近一列为第 1 列,最上面一行为第 1 行,位于该位置的钻杆为 $g^{(1,1)}$,其起点为 $O_S^{(1,1)}(x_{SO}^{(1,1)}, y_{SO}^{(1,1)}, z_{SO}^{(1,1)})$,其余钻杆以此类推。显然,所有钻杆在向主机输送的过程中都必须经过 $g^{(1,1)}$ 位置,即从此处开始,所有钻杆输送的路径均重合。因此,将 $g^{(1,1)}$ 的起点坐标系原点 $O_S^{(1,1)}$ 作为所有钻杆输送的起点。对比 $g^{(1,1)}$ 单根钻杆的输送路径,只需先进行其他钻杆起点坐标系原点到点 $O_S^{(1,1)}$ 的初始化处理即可,即沿 y 轴和 z 轴的平移。任意钻杆 $g^{(p,q)}$ 平移至 $g^{(1,1)}$ 的路径矢量为:

$${}^{(1,1)}_{(p,q)} \mathbf{r} = (x_{SO}^{(1,1)}, y_{SO}^{(1,1)}, z_{SO}^{(1,1)}) - (x_{SO}^{(p,q)}, y_{SO}^{(p,q)}, z_{SO}^{(p,q)}) \quad (3)$$

式中: p 为钻杆列代码, $1 \leq p \leq n$; q 为钻杆行代码, $1 \leq q \leq m$ 。

此时 x 方向无移动, 并假设基准坐标系与 $g^{(1,1)}$ 的起点坐标系重合。结合图 2 可得, 3 个方向的分量为:

$$\begin{cases} {}^{(1,1)}_{(p,q)} r_x = 0 \\ {}^{(1,1)}_{(p,q)} r_y = y_{SO}^{(1,1)} - y_{SO}^{(p,q)} \\ {}^{(1,1)}_{(p,q)} r_z = z_{SO}^{(1,1)} - z_{SO}^{(p,q)} \end{cases} \quad (4)$$

1.3 输送路径方案设计

根据钻杆路径一般性的假设, 以及多列多层的摆放方式, 制订了钻杆顶部输送和升降输送 2 套路径总体规划方案。

1.3.1 顶部输送路径方案

钻杆顶部输送路径方案如图 3 所示。该方案可分解为起点归一化、对正调节、平移输送 3 个阶段, 共有 $A_1 \sim A_5$ 段子路径:

1) 起点归一化: 经过子路径 A_1 和 A_2 , 将任意待输送钻杆 $g^{(p,q)}$ 的起点移动至 $g^{(1,1)}$ 的起点 $O_S^{(1,1)}$;

2) 对正调节: 经过子路径 A_3 和 A_4 , 分别使钻杆 $g^{(p,q)}$ 在 z 轴和 x 轴方向上与钻进轴线对齐;

3) 平移输送: 经过子路径 A_5 , 使钻杆 $g^{(p,q)}$ 沿 y 轴向钻进轴线移动, 并最终与之重合。

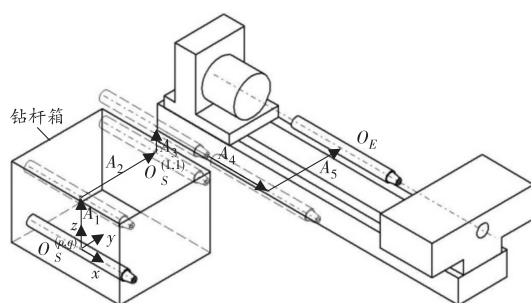


图 3 钻杆顶部输送路径方案

该方案非常接近单根钻杆一般路径, 路径较为简单, 充分利用了钻杆存储设备上方的空间, 有助于减小钻杆输送装置在水平面内沿 x 、 y 轴方向的尺寸。但是, 该方案对 z 轴方向 (即钻机高度方向) 的空间需求较大, 可能会增加钻机整体高度, 减弱钻机的通过性。

1.3.2 升降输送路径方案

钻杆升降输送路径方案如图 4 所示。该方案可分解为起点归一化、下降移动、对正调节、平移输送 4 个阶段, 共有 $B_1 \sim B_6$ 段子路径:

1) 起点归一化: 经过子路径 B_1 和 B_2 , 将任意待输送钻杆 $g^{(p,q)}$ 的起点移动至 $g^{(1,1)}$ 的起点 $O_S^{(1,1)}$;

2) 下降移动: 经过子路径 B_3 , 将钻杆移动至钻

杆箱侧面下方;

3) 对正调节: 经过子路径 B_4 和 B_5 , 分别使钻杆 $g^{(p,q)}$ 在 x 轴和 z 轴方向上与钻进轴线对齐;

4) 平移输送: 经过子路径 B_6 , 使钻杆 $g^{(p,q)}$ 沿 y 轴向钻进轴线移动, 并最终与之重合。

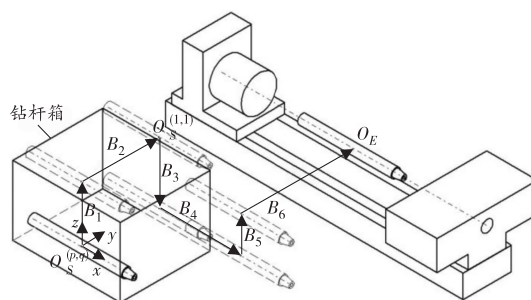
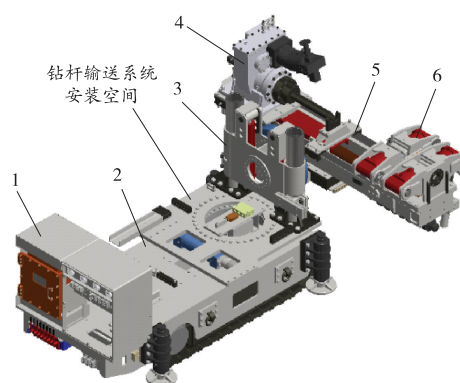


图 4 钻杆升降输送路径方案

该方案在一般路径的基础上, 通过一个升降往返路径 (B_3 和 B_5), 将钻杆沿 x 轴方向的移动调整到钻杆箱的侧下方, 有助于降低钻杆输送装置和钻机整机的高度, 但有可能增加输送系统的执行动作数量。

1.3.3 方案选择分析

具体钻杆输送路径的选择应充分结合钻机总体设计方案及适用工况条件。ZYWL 全方位自动钻机总体布局方案如图 5 所示。



1—控制系统; 2—履带车; 3—姿态调节装置; 4—动力头;
5—机架; 6—双夹持器。

图 5 ZYWL 全方位自动钻机总体布局方案示意图

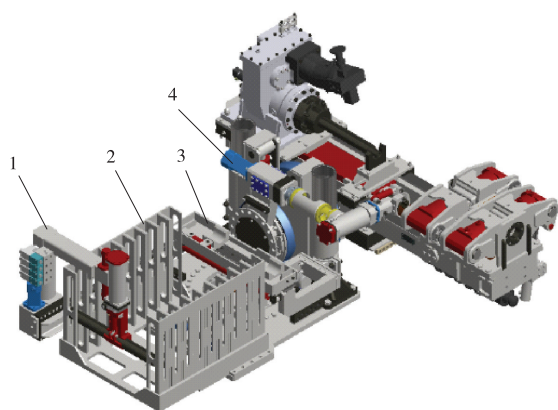
该方案的最大特点是将机架横向外置, 大幅降低了钻机开孔高度和整机高度, 同时扩展了钻孔倾角和方位角范围, 可同时满足工作面端头与两帮大倾角钻孔需求。因此, 根据降低钻机高度的整体设计理念, 采用升降输送路径方案。

2 大容量钻杆自动输送系统结构设计

2.1 总体方案

根据升降输送路径方案, 拟设计与钻机主机相

对固定的钻杆箱;子路径 $B_1 \sim B_3$ 由同一执行机构完成,且 B_1 、 B_3 应由同一个移动副往复执行; B_4 由另一个移动副完成; B_5 、 B_6 由同一执行机构的 2 个移动副完成,且该执行机构应同时具备随机架调整倾角的转动副。所设计的大容量钻杆自动输送系统如图 6 所示。

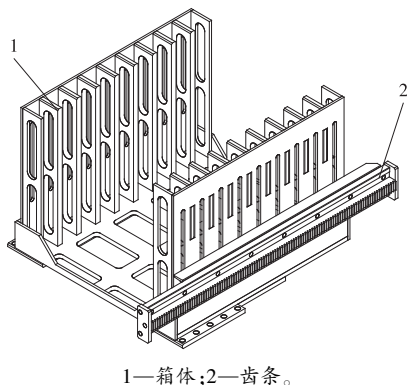


1—副机械手;2—钻杆箱;3—转运器;4—主机械手。
图 6 大容量钻杆自动输送系统总体方案

该系统由钻杆箱、转运器、主机械手和副机械手组成。钻杆箱是存储钻杆的设备,根据需要最多可存储近 100 根钻杆;转运器实现钻杆与钻机沿 x 轴对齐,即执行子路径 B_4 ;副机械手实现钻杆从钻杆箱到转运器的输送,即执行子路径 $B_1 \sim B_3$;主机械手实现钻杆从转运器到钻进轴线的输送,即执行子路径 B_5 、 B_6 。

2.2 钻杆箱

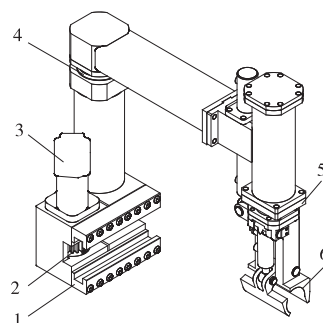
钻杆箱主体为竖直多列、顶部开口的框架式箱体,所有钻杆均从顶部开口取出,保持了钻杆输送路径的一致性。可根据现场需求通过增减列数或高度,调整钻杆箱容量,样机设计为 9 列 8 行,容量为 72 根钻杆。为便于全方位自动钻机方位角调整,钻杆箱与回转平台固定连接,相对钻机主机始终水平固定放置。钻杆箱结构如图 7 所示。



1—箱体;2—齿条。
图 7 钻杆箱结构示意图

2.3 副机械手

副机械手具有 2 个伸缩和 1 个平移共计 3 个自由度,由手爪、伸缩关节 I、伸缩关节 II 和平移关节等构成,如图 8 所示。手爪为油缸驱动的单边钳式结构,执行钻杆夹持动作;平移关节为液压马达驱动的齿轮齿条机构,带动钻杆沿 y 轴平移,执行子路径 B_2 ;伸缩关节 I 和 II 均为油缸驱动的移动副,组合执行子路径 B_1 、 B_3 。伸缩关节 I 使钻杆沿 y 轴移动时高于钻杆箱,避免被干扰;伸缩关节 II 带动钻杆在钻杆箱内沿 z 轴升降。

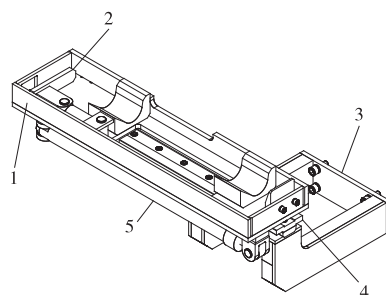


1—滑块;2—齿轮;3—液压马达;4—伸缩关节 I;
5—伸缩关节 II;6—手爪。

图 8 副机械手结构示意图

2.4 转运器

转运器由箱体、调宽机构、对正油缸和导轨等组成,如图 9 所示。箱体为钻杆输送容器,在对正油缸的驱动下沿导轨在 x 轴方向来回运动,使钻杆对齐钻进轴线或钻杆箱,执行子路径 B_4 。调宽机构由油缸驱动,可调节转运器的钻杆放置宽度,提高钻杆对正精度,并使转运器可适应不同长度的钻杆。



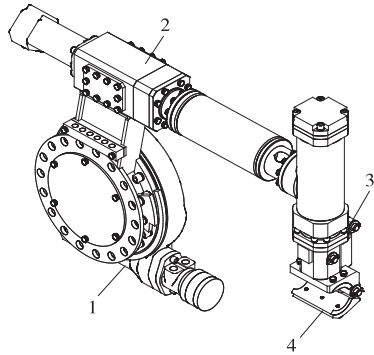
1—箱体;2—调宽机构;3—安装座;4—导轨;5—对正油缸。

图 9 转运器结构示意图

2.5 主机械手

主机械手具有倾角调节、回转和伸缩 3 个自由度,由倾角关节、翻转关节、伸缩关节和手爪等构成,如图 10 所示。倾角关节以液压马达驱动的回转式减速器为执行机构,实现主机械手 $-90^\circ \sim +90^\circ$ 倾角调节,保持钻杆与钻机主机倾角同步。翻转关节采

用液压马达直驱的回转轴结构,以回转方式实现钻杆沿 z 轴移动(即子路径 B_5),同时完成到子路径 B_6 的过渡。该关节的最大优点是重复利用转运器上方的空间,减小钻机 x 、 y 方向的尺寸,同时避免钻杆与机架、姿态调节装置发生干涉。手爪、伸缩关节的功能和结构均与副机械手类似,通过伸缩关节的带动,钻杆沿子路径 B_6 靠近或远离钻进轴线。



1—倾角关节;2—回转关节;3—伸缩关节;4—手爪。
图 10 主机械手结构示意图

3 理论验算与样机试制

3.1 理论验算

3.1.1 钻杆实际输送路径

钻杆的实际输送路径如图 11 所示。

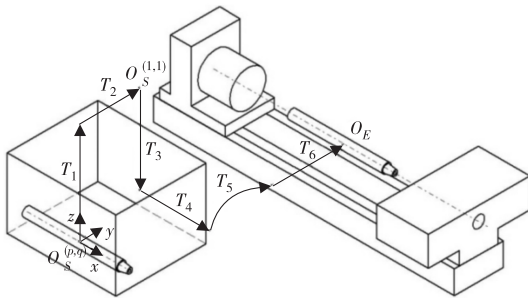


图 11 钻杆实际输送路径示意图

钻杆实际输送路径的子路径 $T_1 \sim T_4$ 与设计方案的子路径 $B_1 \sim B_4$ 相同,考虑到钻机布局、避免干涉等方面的原因,实际输送路径与设计存在以下差异:

1) 起点归一化时,钻杆实际起点 $O_s^{(1,1)}$ 位于钻杆 $g^{(1,1)}$ 正上方,确保钻杆从钻杆箱内取出;

2) 采用翻转子路径 T_5 实现钻杆沿 z 轴移动,同时完成到子路径 T_6 的过渡。实际执行中, T_5 、 T_6 可同时执行,以提高输送效率。

3.1.2 起点、终点坐标验算

以钻杆实际起点 $O_s^{(1,1)}$ 为基准坐标系原点,以输送路径最远的钻杆 $g^{(9,8)}$ 为例进行验算。根据钻

机结构尺寸测得钻杆起点坐标和终点坐标为:

$$\begin{cases} (x_{SO}^{(9,8)}, y_{SO}^{(9,8)}, z_{SO}^{(9,8)}) = (0.0, -824.0, -677.5) \\ (x_{EO}, y_{EO}, z_{EO}) = (576.0, 1\,336.0, -68.0) \end{cases} \quad (5)$$

钻杆输送过程各机构的动作及参数如表 1 所示,仅列出与钻杆输送路径相关动作的参数值。

表 1 钻杆输送过程动作参数

机构	动作	方向	动作参数值/mm	变量	路径
副机械手	伸出	$-z$			T_1
	抓杆				T_1
	缩回	$+z$	677.5	z_1	T_1
	平移	$+y$	1 056.0	y_1	T_2
	伸出	$-z$	274.5	z_2	T_3
转运器	平移	$+x$	576.0	x_1	T_4
	抓杆				T_5
主机械手	倾角				T_5
	翻转	$+y$	781.0	y_2	T_5
		$+z$	206.5	z_3	T_5
	伸出	$+y$	323.0	y_3	T_6

将表 1 中沿相同坐标轴移动的参数值与钻杆起点坐标相加,正向取“+”号,负向取“-”号,可得:

$$\begin{cases} x^{(9,8)} = x_{SO}^{(9,8)} + x_1 = 576.0 \\ y^{(9,8)} = y_{SO}^{(9,8)} + y_1 + y_2 + y_3 = 1\,336.0 \\ z^{(9,8)} = z_{SO}^{(9,8)} + z_1 - z_2 + z_3 = -68.0 \end{cases} \quad (6)$$

对比式(5)和式(6)可知,所规划的路径实现了钻杆起点与终点的重合。

3.2 虚拟样机干涉检查

采用 Inventor 的干涉检查功能,分别对副机械手与钻杆箱、副机械手与转运器、主机械手与转运器、主机械手与姿态调节装置进行检查,结果均为无干涉,表明各机构可在给定行程内任意运动,完成整箱钻杆的输送与回收。

3.3 样机试制

根据钻机总体结构设计方案和钻杆输送路径方案进行加工图纸设计,试制了采用大容量钻杆自动输送系统的 ZYWL-2000Y 型全方位自动钻机样机,并对钻杆自动输送系统进行了试验调试。调试过程中,钻杆输送路径与设计路径一致;输送系统各机构动作执行到位,运动过程无干涉,且留有适当空间距离,可设计并行动作提高输送效率。样机调试现场如图 12 所示。



图 12 样机调试现场

4 现场应用效果

从 2019 年 10 月开始,采用大容量钻杆自动输送系统的 ZYWL-2000Y 型全方位自动钻机,在神东锦界矿进行了探放水钻孔施工,钻孔设计倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$,深度 120 ~ 140 m。之前采用传统钻机施工钻孔,劳动强度大,每台钻机单班需配备 4 人;操作人员在近孔口位置,劳动环境较差。

采用自动钻机后,钻孔施工全过程为全自动钻进、全自动上下钻杆,人员只需向钻杆箱内添加 2 ~ 3 次钻杆。因此,单班只需配备 2 人,且操作人员可远距离遥控钻机,大幅减轻了劳动强度,改善了劳动环境。

5 结论

1) 借鉴矩阵原理对钻杆输送路径进行归一化处理,使得全部钻杆路径可进行统一设计,有利于简化输送路径方案和输送机构设置;

2) 升降输送路径方案将钻杆沿 x 轴方向的调节机构(转运器)设于钻杆箱侧下方,满足了全方位自动钻机降高度的整体要求;

3) 按照路径与运动副对应关系,设计了由钻杆箱、转运器、主机械手和副机械手等组成的大容量钻杆自动输送系统结构方案,并根据结构方案对输送路径进行了适应性调整,使其更加符合钻机总体布局需求,避免结构干涉;

4) 理论验算与样机试验表明,大容量钻杆自动输送系统的路径简单合理,各机构执行准确可靠,自动输送钻杆高效安全。

参考文献:

- [1] 辛德忠. ZYW-4000G 高转速钻机研制及试验研究[J]. 矿业安全与环保, 2016, 43(4): 27-30.
- [2] 辛德忠, 龚宪生, 王清峰. 基于负载自适应的煤矿用钻机卡盘动态夹紧理论[J]. 煤炭学报, 2013, 38(3): 498-504.
- [3] 吕晋军, 辛德忠. ZYWL-4000SY 智能遥控自动钻机的设计[J]. 煤矿机械, 2019, 40(3): 4-6.
- [4] 张锐, 姚克, 方鹏, 等. 煤矿井下自动化钻机研发关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(5): 59-63.
- [5] 刘聪. 全液压凿岩台车钻臂动态分析及仿真研究[D]. 西安: 西安工业大学, 2018.
- [6] 陈航. 遥控智能钻机自动上、下钻杆流程优化[J]. 煤矿机械, 2018, 39(12): 102-104.
- [7] 罗华. 自动钻机六自由度换杆机械手运动学分析及仿真[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(11): 107-113.
- [8] 蒲剑. 自动上下钻杆装置的比较选型[J]. 煤矿机械, 2018, 39(1): 84-85.
- [9] 陈航. ZYW-3200 钻机旋转式钻杆输送装置的设计[J]. 煤炭技术, 2017, 36(4): 260-262.
- [10] 刘小华. 基于 AMESim 的 ZKL-4000SY 自动钻机机械手倾角调节系统研究[J]. 矿山机械, 2016, 44(10): 9-13.
- [11] 黄金凤, 孙佳涛, 李占贤, 等. 袋装水泥装车机械手轨迹规划与运动仿真[J]. 机械设计与制造, 2019(增刊 1): 69-72.
- [12] 郭建根, 双丰, 阚宏林. 基于 ROS 的六关节机器人运动规划研究[J]. 安徽工程大学学报, 2019, 34(1): 36-45.
- [13] 王红星, 李瑞峰, 葛连正, 等. 高冗余类人双臂移动机器人运动规划[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(8): 12-17.
- [14] 肖振楠, 申燧, 倪辰旂. 六自由度机械手的运动轨迹规划与仿真[J]. 机床与液压, 2018, 46(15): 58-63.
- [15] 吴长征, 岳义, 韦宝琛, 等. 双臂机器人自碰撞检测及其运动规划[J]. 上海交通大学学报, 2018, 52(1): 45-53.
- [16] 杨超, 张铭钧, 秦洪德, 等. 水下机器人—机械手姿态调节系统研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2018, 39(2): 377-383.

(责任编辑: 陈玉涛)