

# Research on Efficient Machining Process Method for Scraper Conveyor Connection Seat

Dacheng Hu Hongming Xiang Guoxu Niu

Ningxia Tiandi Benniu Industrial Group Co., Ltd., Shizuishan, Ningxia, 753001, China

## Abstract

The scraper conveyor (hereinafter referred to as the scraper) is one of the most critical pieces of equipment in coal mining machinery, the connecting seat used in conjunction with the scraper conveyor is a key component. It is mainly used to connect various parts of the scraper conveyor and bears the enormous load the underground coal mining process. With the development of the company's coal mining equipment towards larger sizes, in order to ensure the strength of the connecting seat parts, forgings are used for processing and heat treatment is performed. Currently, the incoming materials are all square forging blanks, with large processing quantities and significant material removal rates processing is completed. When the machining center processes deeper and more complex cavities, the milling tool diameter is small, the overhang is long, and the rig is poor, leading to large tool vibrations, low processing efficiency, and short tool life. Each machine can only process a small number of parts per shift, severely production progress and becoming a bottleneck in production that urgently needs to be addressed.

## Keywords

scraper conveyor; connecting seat; machining center; program; tool; optimization

## 刮板输送机联接座类零件高效加工工艺研究

胡大成 向红明 牛国旭

宁夏天地奔牛实业集团有限公司, 中国·宁夏·石嘴山 753001

## 摘要

刮板输送机是煤矿井下采煤机械中的关键设备之一, 联接座类零件是刮板输送机的一个关键零件, 主要用于刮板输送机的机头架和过渡槽等之间的连接, 承受着井下采煤过程中的巨大负荷, 随着公司采煤设备向大型化发展, 为保证联接座类零件强度, 需要采用锻件并经热处理调质后加工。目前来料毛坯均为四方自由锻件, 毛坯加工量很大, 每年加工数量多, 加工完成后材料去除率多, 采用加工中心加工较深的复杂型腔时, 铣削刀具直径较小、悬伸长、刚性差、刀具振动大, 存在加工效率较低、刀具寿命低等问题。单台机床每班加工数量少, 严重影响生产进度, 是生产的瓶颈问题, 急需进行高效加工工艺研究解决。

## 关键词

刮板输送机; 联接座; 加工中心; 程序; 刀具; 优化

## 1 引言

根据国家“十四五”规划以及“中国制造 2025”要求, 要大力发展先进制造业, 推进装备制造向高端智能化转型, 淘汰落后技术和产能, 推动向数字化、智能制造方向转型, 进而提高产品质量、提高效率、降低成本<sup>[1]</sup>。

联接座类零件(图1), 是公司采煤设备刮板输送机的重要联接零件, 承受着井下采煤过程中的巨大负荷。随着公司采煤设备向大型化发展, 为保证联接座类零件强度, 采用锻件并经热处理调质后加工。

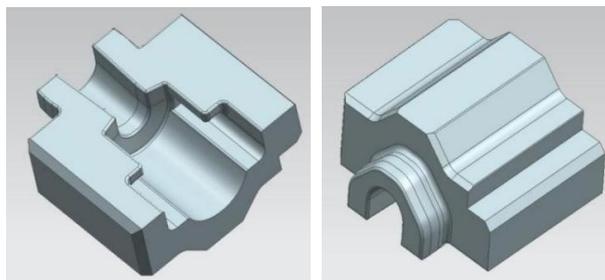


图1 联接座类零件

目前毛坯来料均是四方自由锻件, 400~600件/年, 毛坯加工量很大, 加工完成后材料去除率达65%~70%, 采用加工中心加工较深的复杂型腔时, 铣削刀具直径较小、悬伸长、刚性差、刀具振动大, 导致加工效率较低、刀具寿命低等问题。单台机床每班只能加工1.5~2件, 每批约30~50件,

【作者简介】胡大成(1971-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事机械制造与数控加工研究。

占用2台加工中心长达7~15天,是生产的瓶颈问题,急需解决。

## 2 刮板输送机联接座零件高效加工工艺方法研究

为提高联接座类零件的加工效率,保证加工质量,降低生产成本,开展了以下5个方面的研究及加工试验,最终解决了这个影响生产的瓶颈问题,取得了较好的效果和成果。

### 2.1 分析影响提高联接座类零件加工效率的主要因素

目前加工设备为BT40主轴的加工中心,精度较高,适合中小零件的精加工和半精加工,但是主轴及刀柄直径相对较小、刚性较差、扭矩小、重切削能力较差,在联接座类零件需要大量铣削去除材料时,不能采用大的切削参数,效率不高<sup>[2]</sup>。

分析联接座类零件的加工状况,以及不同的切削参数(转速、切削深度、切削宽度、走刀量等)和切削振动、刀具寿命等,总结出影响联接座类零件加工效率的主要因素如下:

①不同类型数控刀具选择及其切削的轻快性、刀具寿命、加工效率等。

②刀具直径及悬伸,直接影响刀具刚性、刀具切削性能、刀具寿命。

③切削参数(包括转速、切削宽度、切削深度、走刀量等),对加工效率和刀具寿命也有较大影响。

④如何优化三维软件生成的刀轨,减少多余刀轨长度,去除刀轨中多余和不合理刀轨,减少多余空行程等,可以有效地提高加工效率。

### 2.2 数控刀具优化选型

选择3家品牌刀具厂商的4种数控铣削刀具,进行切削参数(转速、铣削宽度、铣削深度、走刀量等)和加工效率、刀具寿命等对比试,分别是山高(SECO)的凸三角高进给铣刀、住友(SUMITOMO)圆弧刀片铣刀、泰珂洛(Tungaloy)的四方形高进给铣刀和逆正角三角形双面刀片铣刀(图2)。

对上述4种刀具进行切削对比试验,包括切削参数、切削振动、刀具寿命、加工时间等。最终选择山高凸三角高进给铣刀及泰珂洛四方形高进给铣刀。



(a) 山高凸三角高进给铣刀 (b) 住友圆弧刀片铣刀 (c) 泰珂洛四方形高进给铣刀 (d) 泰珂洛逆正角三角形双面刀片铣刀

图2 4种数控铣削刀具

### 2.3 编程方式采用粗加工人工编程+精加工三维软件编程的混合编程方式,消除空行程及多余导轨,提高加工效率

联接座类零件用三维软件生成的加工刀轨(图3),有多余导轨、空刀轨以及可优化刀轨,消除和减少不必要的空行程及空刀轨,合并及优化加工刀轨,可以有效缩短加工时间,提高加工效率。

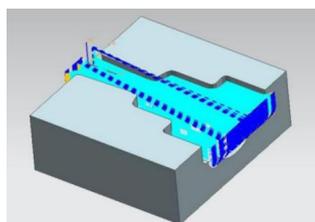
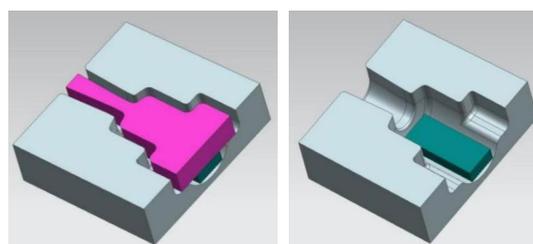


图3 三维软件生成的粗、精加工刀轨

为有效消除空刀轨及多余刀轨,将复杂型腔分成上下两部分,分别建立2个粗加工模型及区域,这2个区域采用

人工编程及层铣方式,消除多余刀轨,减少空刀轨,将斜向及圆弧走刀改为直线走刀缩短刀轨长度<sup>[3]</sup>。粗加工人工编程如图4所示,三维软件生成的粗加工单层刀轨如图5所示,人工用CAD二维软件绘制的粗加工单层刀轨如图6所示。

可以减少多余刀轨、空刀轨、圆弧刀轨,缩短刀轨长度,提高加工效率。三维软件生成周边精加工刀轨进行最终精加工如图7所示。



(a) 上层区域 (b) 下层区域

图4 粗加工人工编程

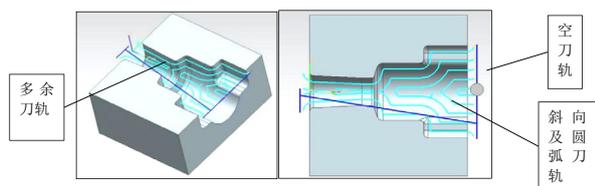


图5 三维软件生成的粗加工单层刀轨

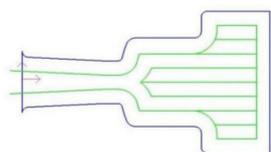


图6 人工用CAD二维软件绘制的粗加工单层刀轨

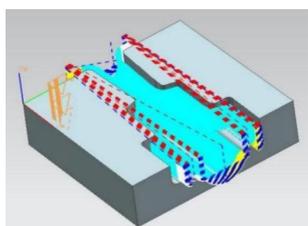


图7 三维软件生成周边精加工刀轨进行最终精加工

经分析、测量、计算、对比，粗加工时每层人工编程刀轨长度和三维软件编程刀轨长度相比，以及实际加工时间测量，人工编程的刀轨比三维软件编程的刀轨，加工时间可减少10%~15%。

由于粗加工时每层切削深度0.5mm，总加工深度在130~160mm左右，切削层数量多达260~320层，每一层缩短10~20s的加工时间，加工总时间节省相当可观，因此粗加工采用人工编程可以有效提高加工效率<sup>[4]</sup>。

#### 2.4 切削参数优化，包括转速、铣削深度、铣削宽度、进给量等

经过多次不同切削参数试验，对比加工效率、刀具寿命、刀具切削振动等加工状况，对于山高凸三角高进给铣刀及泰珂洛四方形高进给铣刀，找到一组在BT40主轴机床上较为合理的切削参数：加工深度≤80mm时铣削深度0.65~0.7mm，铣削宽度24~25mm，进给量4600~5000mm/min，提高加工效率58%；加工深度≥80mm时铣削深度0.5~0.55mm，铣削宽度21~22mm，进给量4400~4700mm/min，提高加工效率29%，总体加工效率得到较大提高。

#### 2.5 采用分层铣削方式，可以有效针对不同刀具悬伸长度，采用不同的切削参数，最大限度地提高不同深度的加工效率

深度≤80mm采用标准铣刀头，深度≥80mm中间增加刀具加长杆，这样可以在80mm加工深度内，采用较高的切削参数提高加工效率，有效避免刀具过长、刚性低导致的铣削振动大、加工效率低等问题，提高切削参数及加工效率<sup>[5]</sup>。数控铣削刀具如图8所示。



(a) 深度≤80mm采用 (b) 深度≥80mm增加刀具加长杆标准铣刀

图8 数控铣削刀具

### 3 加工效果实际验证

经过上述5个方面的优化措施，完成联接座类零件的高效率加工优化研究，经实测加工时间，优化前为3小时56分，优化为2小时49分，单件缩短加工时间67分钟，加工效率提高28.4%，优化后的加工见图9。



图9 联接座类零件

### 4 总结及经济效益

①联接座类零件的高效加工工艺研究，先后经历5个方面不断改进及优化，最终较大地提高了加工效率，平均加工效率提高25%~30%，较好地达到了提高加工效率、降低了生产成本要求，单台机床每班从只能加工1.5~2件，提高到2.5~3件，较好地解决了生产瓶颈问题。

②节省实际加工时间，降低生产成本：优化后单件平均缩短加工时间60~70min，按每年400件计算，每年可节省加工费用2.2万元。

③较大节省刀具费用：优化前使用φ32山高长方形刀片立铣刀（每组4刀片，每片2刀尖，80元/片），每组刀片干1个零件；优化后采用山高凸三角高进给铣刀（每组3刀片，每片3刀尖，110元/片），每组刀片干2.5~3个工件，按每年加工400件计算，每年可节约刀具费用约7.5万元。

#### 参考文献

- [1] 唐民.煤矿带式输送机设计与制造[M].北京:中国矿业大学出版社,2013.
- [2] 徐灏.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2000.
- [3] 翟瑞波.数控加工工艺与编程[M].北京:中国劳动社会保障出版社,2021.
- [4] 张彦青.UGNX6.0中文版基础教程[M].北京:清华大学出版社,2010.
- [5] 尹成湖.机械切削加工常用基础知识手册[M].北京:科学出版社,2008.