

模块化排屑过滤技术在柔性制造系统的应用

王忠财

(迈夫诺达机械设备(烟台)有限公司 山东 烟台 264000)

摘要: 在数控机床大量应用的今天,综合排屑、综合过滤、综合排屑过滤和综合恒温过滤排屑等多种适合不同环境、不同要求的排屑过滤技术应运而生。模块化排屑过滤技术在柔性制造系统的应用是针对当今机械加工行业的作业状况。文章结合国内外各大机床企业、汽车加工企业的生产工艺进行总结、归纳,将为数控机床主机配套的辅机模块化、系列化,满足不同加工场景要求。

关键词: 模块化排屑; 模块化过滤; 排屑过滤技术; 数控机床; 柔性制造系统

0 引言

现代数控机床生产企业都处在竞争十分激烈、需求多样化,以及多变的市场环境之中,企业能不能对市场环境变化做出相应灵敏的反应,将决定企业的发展前途和命运。因此,企业需要不断增强自己的技术水平、管理水平和人员素质等,才能在市场竞争中生存下来,并不断成长壮大。在这里,不得不提到一个名词:柔性制造系统(FMS)。柔性制造系统是一组数控机床和其他自动化的工艺设备,由计算机信息控制系统和物料自动储运系统有机结合的整体。柔性制造系统由加工、物流和信息流三个子系统组成,在加工自动化的基础上实现物流和信息流的自动化。根据数控机床市场调查反馈,柔性制造系统已然成为机械制造自动化发展的重要方向。

1 开发背景

现代高精度数控机床为保证零部件的精确度,不仅在刀具、数控程序上有着严格的精度要求,还必须配置相关的、辅助的排屑过滤设备来进一步提高加工工艺。有关辅助设备排屑过滤系统的种类,有许多划分方法。按使用方式的不同,可分为排屑系统、过滤系统、排屑过滤复合系统和配套系统,同时又可以根据加工材质的不同,对选用排屑过滤系统进行区分。排屑过滤系统的精细划分,更好地适应目前柔性制造系统自动线加工材质多样化、加工方式多样化、切屑类型多样化、过滤材质多样化和过滤精度要求高的使用现状,能满足目前不同柔性制造系统的加工要求,是新式柔性制造系统最佳的配套系统。

在深入落实新旧动能转化、节能减排增效的大背景下,模块化排屑过滤系统技术的应用为常规传统加工方式由原来的专机组合机床向柔性制造自动化系统的过渡提供了有力的保障。模块化的排屑过滤系统技

术应用于柔性制造系统不受多种工艺改变的限制,满足多种不同加工方法、加工精度对排屑过滤系统的要求,具有灵活、自主及适用面广等优点,满足目前各生产阶段加工的需求,检修方便、调整简易、使用高效、节能、降耗,充分实现高效自动化排屑过滤,更好地为柔性制造系统服务。

2 研究方法

为了实现数控机床行业客户的需求,设计研发团队从以下几方面着手:

(1) 根据传统排屑过滤装置反复改进和试验,并在客户工作现场经过长时间使用,得到用户认可,成为现在的最终产品;

(2) 根据用户不同的要求研制开发新产品,并逐步替代传统产品;

(3) 吸取和采纳国内外先进技术,并进行优化组合;

(4) 自主研发并采用新型材料(如无纺布、尼龙滤网和高性能磁性材料等);

(5) 由于现代数控机床组成的柔性制作系统已经超出传统的单一加工机床的功能,这就使得配套的自动排屑器必须具有复合性,才能满足最终用户的需求,达到使用效果(例如,链板式排屑机和刮板式排屑机复合使用,不但能排长团屑还能排碎屑,能满足多种机床使用);

(6) 产品在用户现场不能满足使用要求时,经过反复论证后开发新产品替代,针对不同材质和加工方法,选用最为适宜的切屑输送方式和冷却过滤手段以满足加工需要;

(7) 研究产品的模块化集成方案,便于选型、安装,尤其是现场需要对设备进行调整时,可快速高效地增减、更换、提高效率和原设备利用率;

(8) 积极引进新型传动机构,提高设备的工作稳定性,输送效率、美化外观。

3 主要创新点

模块化排屑过滤技术应用于柔性制造系统,其创新点主要是根据各生产工序的不同要求,实现单机排屑过滤或小组集中排屑过滤,适应灵活多变的加工方式要求。当数控机床需要调整加工方式时,可随时调整辅助排屑过滤设备的组合搭配,由计算机信息控制系统根据产品加工工序的启动、停止进度来进行独立控制,降低能耗,具有良好的节能性和环保性。同时,针对加工产品的不同材质,可以选用最为适宜的、模块化的废屑输送方式和冷却液过滤组合搭配,来满足柔性制造系统现场加工的要求。

3.1 模块化排屑过滤技术应用的主要创新点

模块化排屑过滤技术应用的主要创新点体现在以下几个方面:

(1) 模块化的排屑过滤系统应用于柔性制造系统生产线上,能满足所有生产线上加工单元的排屑和过滤要求,尤其能满足精过滤要求,大大提高加工精度。当冷却液的过滤精度达到 $\leq 20\mu\text{m}$ 时,在同等加工线速度下深孔加工刀具使用寿命大幅延长,这对昂贵的深孔加工刀具使用成本降低有着极其重要的作用。当生产需要扩展排屑过滤系统时,可以很容易扩展系统结构,增加模块化的设备,快速实现产品扩容。增加模块化的功能单元(包括涡旋分离装置、油水分离装置和磁性分离装置等),选用不同排屑过滤系统,可用于不同的设备、材料、工艺流程,来生产一系列产品。配合计算机信息控制系统的管路,可构成更大的排屑过滤系统处理能力。模块化的排屑过滤系统可由计算机集成管理和控制,将每一个模块化的设备定义为一个控制单元,能高效、快速的同时处理多个标准制造单元的排屑过滤任务。当柔性制造系统生产线扩容时,对应调整计算机集成管理和控制程序即可。

(2) 在通过模块化排屑系统实现固液分离(切屑和切削液的分离)的前提下,为提高切削液的使用寿命,利用设备现有系统资源进行循环,模块化的排屑过滤系统中的假日循环系统可以按照计算机信息控制系统的预设指令,在节假日期间低频次地启动、循环,切削液经过多级过滤,提升过滤精度,改善切削液的使用环境,延长切削液的更换周期和使用寿命。

(3) 过滤系统中安装油水分离装置,能清除冷却液表面的浮油,降低浮油对冷却液的腐蚀影响,提高了冷却液的使用寿命,减少了更换次数。半浸入式、亲油带式结构,与水箱液面直接接触,由于亲油带始终浸入在液面以下,不受液位的影响,能最大限度地吸附浮在水面上的油液,保证油水分离的效果。

(4) 排屑过滤系统设置多种保护结构及装置。排屑

系统主传动机构采用机械过载保护装置和电信号过载保护装置,有效地解除了因传动机械故障而造成的其他部件损坏。其中机械过载保护装置采用的是过载打滑摩擦片,电信号过载保护装置采用光电频次计数方案,二者保护装置均具有技术成熟、成本低的优点。水箱上设有液位报警装置,采用了上下限位结构,排除因液位波动幅度大而造成报警失灵,极大地提高了系统自动化运行、控制的稳定性。

(5) 采用反冲自清洗过滤器。此装置不是一个独立存在的功能部件,而是集成在下段排屑器内部。过滤滚筒与排屑器的下行输送链条啮合传动,随着排屑器的运转在不断地转动。反冲自清洗过滤器的圆周上安装高精度过滤网,反冲自清洗过滤器回转芯轴设计有若干个喷嘴,由设在主水箱上一个多级离心泵提供由内而外的喷淋清洗。在滚筒转动的过程中喷嘴喷洒出的切削液对滤网不断清洗,以实现滤网自清洗功能,防止过滤网被切屑堵塞,实现滤网免维护。此过滤器具有高精度、高效率,并且具有全自动清洗功能,满足冷却液过滤要求,完全满足机床主轴内冷和枪钻中央出水的高精度加工。

3.2 与国外相关领域对比的先进性

与国外相关领域对比的先进性主要体现在以下几方面:

- (1) 针对柔性加工的复杂性,提出模块化对策;
- (2) 针对柔性加工的切屑排送提出了多种应对手段,并固定每种定型手段为单一及复合模块进行有效应用;
- (3) 对柔性加工系统切屑液温度控制,实行集成处理、分路输送、模块分体、共同协调的办法,彻底有效地把切削液温度控制,分多路按压力输送进各加工需要工位,并及时回收;
- (4) 分种类收集,应用了以模块化排屑过滤为基础的处理设备,可以对有色金属切屑及碳钢切屑进行分类收集,有利于其回收后的再利用,提升废屑附加值。

4 具体应用及效果

综合上述模块化排屑过滤技术应用于柔性制造系统的创新点,可以通过图1所示的系统工作原理图来进一步说明。

图1所示为以主水箱为载体,搭配反冲自清洗过滤器、排屑系统、夹具冲屑泵、防护罩冲屑泵、刀具外冷泵、油水分离机、主水箱高低液位计等模块化设备的综合排屑过滤系统。主水箱高低液位计可以提供主水箱液位信号给计算机集成管理和控制系统,低液位报警信号保护水泵不干抽并让主水箱及时补液,高液位报警信号控制主水箱停止补液,防止切削液溢出。在反冲自清洗过滤器的初步过滤下使常规供液泵组工作,可以用于柔性制造系统内的夹具冲屑、防护罩冲屑和刀具外冷等工艺要

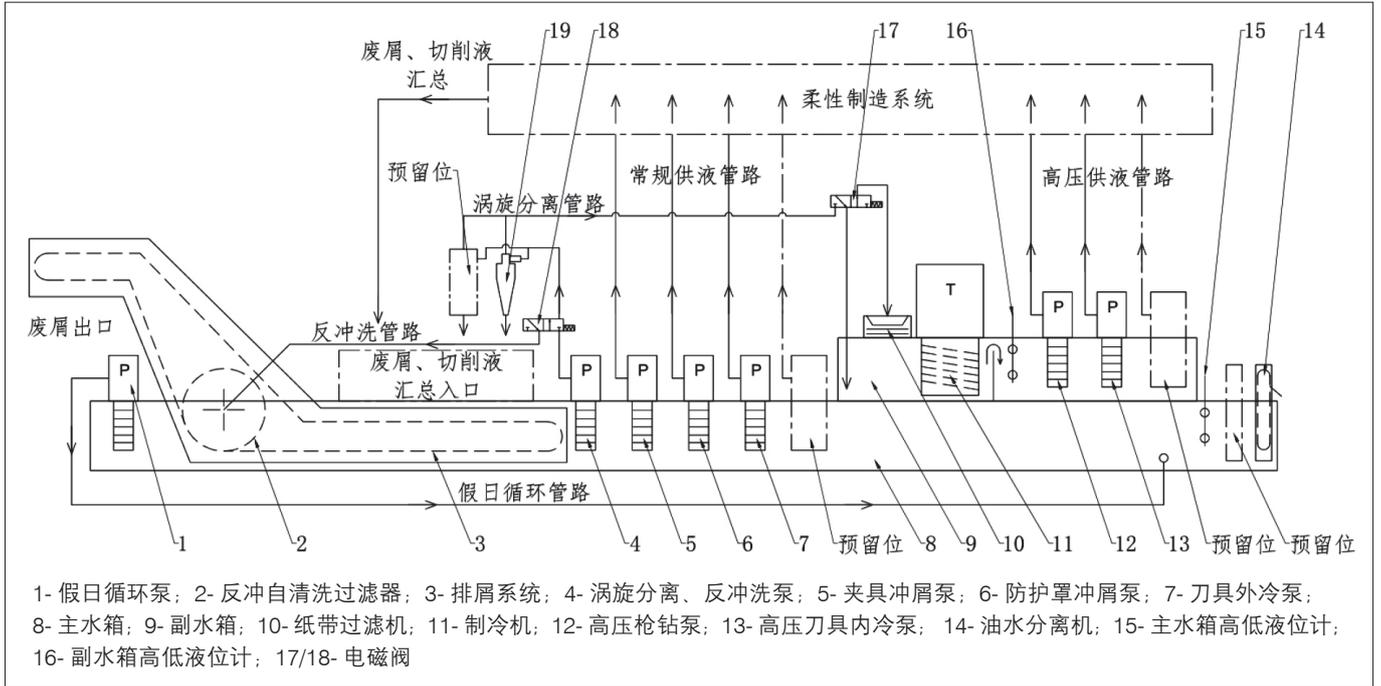


图1 模块化排屑过滤系统工作原理简图

求。为满足柔性制造系统中的高压枪钻加工需求，可以拓展加装副水箱，由涡旋分离、反冲洗泵经电磁阀二级供液，使得高压供液泵得到过滤精度较高的切削液而适应新的加工精度要求，在计算机集成管理和控制程序下，在电磁阀换向控制作用下，涡旋分离后的切削液可再经过纸带过滤机，搭配制冷机对专用刀具在加工过程中的切削液进行冷却、稳定，使得高压供液泵得到过滤精度更高、稳定性更好的切削液来满足高精度加工生产。如遇节假日，可启动假日循环泵，结合油水分离器，实现低频次启动、循环，避免切削液长期静置不使用而变质。所有预留位均可以后期拓展加装，满足未来柔性制造系统产能扩容的需求。

根据数控机床的功能不同，应用冷却液的部位也不同，所以冷却液的过滤精度要求也就不同。由于切屑和切削液是一同汇总到模块化排屑过滤设备入口的，因此切削液需要根据过滤精度要求，选择不同的过滤方式将切屑和冷却液进行分离。数控机床冷却系统在精密加工过程中应用越来越广泛，通过外冷对加工工件进行普通冷却或机床防护罩冲屑时，切削液过滤精度通常要求在 $160 \sim 200 \mu\text{m}$ 范围内即可，图2所示的反冲自清洗过滤器可满足柔性制造系统的加工要求。

对于需要外冷对加工工件的表面进行大面积冷却的情况，切削液过滤精度通常要求在 $40 \sim 80 \mu\text{m}$ 范围内即可，在此精度要求下，图3所示的涡旋分离器的设备过滤精度就能满足要求。

当需要内冷对专用枪钻刀具在加工过程中进行冷却、润滑，以保证零件的加工精度和刀具的使用寿命

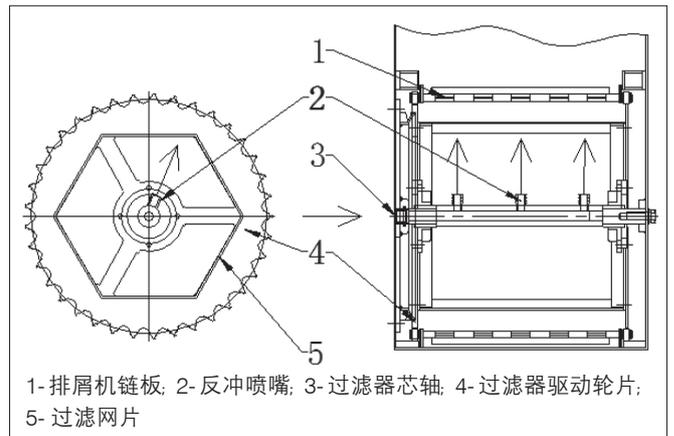


图2 反冲自清洗过滤器简图

时，切削液过滤精度通常要求在 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ 之间。在此情况下，在满足大面积冷却配置基础上，再进行一次过滤，一般情况下需要再增加图4所示的纸带过滤机进行超精过滤才能满足高精度加工要求。

根据对数控机床市场的预测，未来几年我国数控机床行业对机械加工制造设备需求的年均增速很大。同时，综合国内、国际的市场情况，汽车工业是数控机床产品的主要应用领域之一，中国汽车、摩托车行业产能和

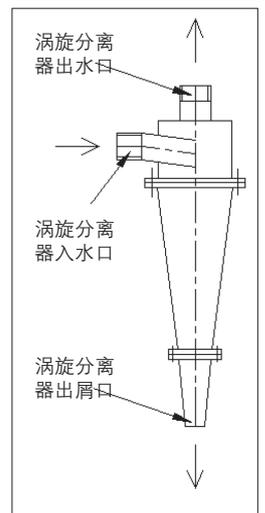


图3 涡旋分离器简图

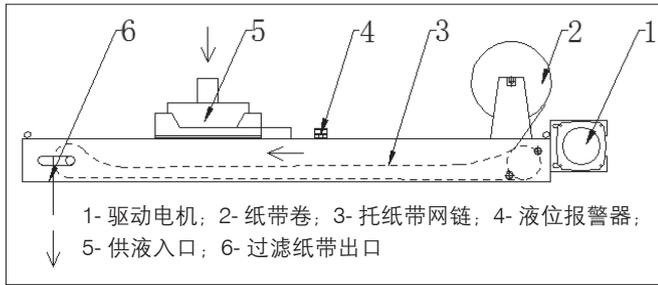


图4 纸带过滤机简图

场均有很大潜力，为数控机床的柔性自动加工生产线配线提供了潜在的客户资源。国防、尖端产品加工的需求数量小，但加工精度要求高，地位十分重要。

操作人员可以在不离开加工观察区域的前提下控制模块化排屑过滤设备，当机床并入 DNC 系统时，排屑器实现远程自动操作，可根据反馈的排屑量、过滤精度、切削液供给量、流速以及多方位信息监测数控机床的工作状态，实时优化改进工艺参考数据，从而提高柔性制造系统加工过程智能化的管控效率。该项目自立项以来，先后得到了湖南长丰猎豹集团、吉利汽车、奇瑞汽车、上海通用汽车、东风本田汽车、惠州本田汽车，以及亿达日平机床有限公司、沈阳机床集团、大连机床集团和济南机床集团等国内外汽车和机床行业的高度重视，专家考察组给予了高度评价。该技术可以批量制造生产，主体结构量化，搭配的设备模块化安装，替代昂贵的进口设备，满足数控机床企业的需求，客户使用后反映运行效果非常好。随着该产品的进一步推广，必将创造巨大的社会效益和经济效益。

5 结语

模块化排屑过滤技术应用于柔性制造系统采用先进的模块化设计理论，是多种技术集成创新的成果。通过这项新技术新工艺的应用，确保模块化排屑过滤技术适用于生产车间柔性制造系统自动线的多样性生产要求。

从整体的使用效果来看，模块化排屑过滤技术经受住了生产实践的考验，完全达到了设计要求，可以满足目前机械加工制造行业中柔性自动线配置机床高速发展的需求，满足用户现场使用的要求。此模块化排屑过滤技术在柔性制造系统中的应用，在过滤生产能耗、生产成本、输送形式、安装布局和使用寿命等方面具有很高的技术水平，其技术指标和机械性能均达到当今国内领先水平。

国家要发展非标准化、特殊化、柔性制造产业，必须先发展相关机床主机、辅机行业，而柔性制造系统自动加工生产线现场的布局、模块化排屑过滤技术的搭配使用，才能更好地发挥非标准化、特殊化及柔性制造产业的资源高效利用和降低能耗的作用，这是机械制造业发展的世界趋势。

参考文献：

- [1] 马同堂，何国峰，孙冠琳，何立军. 多功能复合型排屑过滤装置设计研究[J]. 制造技术与机床, 2018(07): 150-155.
- [2] 徐亚芬. 自动排屑冷却液循环系统装置[J]. 流体传动与控制, 2015(05): 56-57.
- [3] 孙冠琳，周志军，马同堂，等. 单机综合排屑过滤冷却系统的设计及应用[J]. 现代制造技术与装备, 2016(9): 77-78.
- [4] 王云平，刘永财，赵金鹏. 基于数控机床自动排屑过滤系统的技术研究[J]. 制造技术与机床, 2020(05): 136-139.
- [5] 周星兴，王维，刘卫鹏，尹作升，孙薇. 卧式加工中心机床排屑器及水箱设计选型与应用[J]. 机械设计, 2019, 36(S2): 143-146.

作者简介：王忠财(1983.06-)，男，汉族，山东烟台人，本科，工程师，研究方向：机械设计与创新研究，非标设备的应用与研发。