

doi: 10.7690/bgzd.2018.09.011

深孔拉削过程的掉电应急技术研究

王新科, 范华献

(中国兵器装备集团自动化研究所智能制造技术研发中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对深孔拉削过程中因突然掉电而影响产品加工质量的问题, 进行掉电应急处理技术研究。开展短时蓄能、跟随插补、掉电记忆、上电恢复等多技术环节研究, 进行掉电检测与信息保存、断点继续和特殊运动控制。实际应用结果表明, 笔者开发的 SKL3 专用数控系统实现了深孔拉削的安全加工。

关键词: 深孔拉削; 掉电; 应急处理

中图分类号: TP206 **文献标志码:** A

Emergency Technology Research for Power-fail in Deep Hole Broaching

Wang Xinke, Fan Huaxian

(Research & Development Center of Intelligent Manufacturing Technology, Automation Research Institute of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the product machining problems caused by power-fail in deep hole broaching, carry out the power-fail emergency technology research. Research on short time energy storage, follow the interpolation, power loss memory and power recover and so on. Carry out power-fail detection, information storage, breakpoint continuing, and special motion control. The application results show that the SKL3 special numerical control system can realize the safe machining of deep hole broaching.

Keywords: deep hole broaching; power-fail; emergency response

0 引言

深孔拉削一直属于金属机械加工行业的难点与重点, 而深孔螺旋拉削更是难中之难。军工企业曾长期采用旧式的机械靠模加工方式完成既定螺旋曲线的深孔拉削加工。这种传统靠模加工方式存在一定的问题, 已严重影响了军工企业对于深孔螺旋曲线产品的生产和科研试验。随着数控技术的发展与深度拓展应用, 如今国内各大军工企业的机械靠模拉床要么被数控化改造了, 要么被全新的深孔数控拉床所替代。新技术与新设备的应用, 并配合定制的深孔螺旋拉削工艺, 大大提高了军工企业螺旋曲线拉削的效率和科研试验的方便性。笔者针对特种深孔螺旋曲线加工过程中由于突然掉电引起产品质量问题进行研究。

1 深孔拉削掉电问题

深孔螺旋曲线如图 1。



图 1 深孔螺旋曲线

旧拉床的数控化或全新数控拉床的采用, 给深孔螺旋曲线的加工以及军工企业的科研带了极大的方便, 综合评估指数远优于旧式的机械靠模设备, 但机械靠模本身的一个重要优点也同时被丢掉了。

旧式的机械靠模如图 2 所示。从其工作原理来看, 实现螺旋曲线的 Z 轴与 C 轴, 一直由机械靠模保持着螺旋曲线轨迹的耦合关系, 无论是手动方式下, 还是自动方式下, 只要 Z 轴运动, C 轴则被靠模强制耦合旋转并保持联动关系, 加工过程中突然掉电, 均不会影响 Z/C 的联动关系; 另外, 在重新

收稿日期: 2018-06-11; 修回日期: 2018-06-20

基金项目: 四川省科技成果转化项目(2016CC0028); 省级知识产权专项资金支持项目(2017-ZY-00084)

作者简介: 王新科(1986—), 男, 陕西人, 工程硕士, 工程师, 从事智能产线及装备研究。

上电后，还可从当前位置开始继续加工，实现断点继续加工。

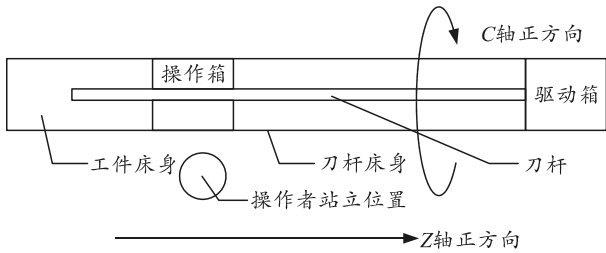


图 2 设备定义与组成

在采用数控技术后，形成螺旋曲线轨迹的 Z 轴与 C 轴，成为各自独立的运动单元。在手动方式下，Z 轴与 C 轴均可单独旋转，而在自动加工方式下，Z

轴与 C 轴则在数控系统的控制下进行插补运动，形成满足预定的螺旋曲线轨迹。如果在自动加工过程中突然掉电，如何保证 Z、C 轴在停下来之前，仍一直保持满足轨迹关系的联动。

2 问题的研究与解决

深孔拉削采用数控技术后，关于掉电应急处理涉及到多方面的技术内容，分述如下。

2.1 掉电检测与信息保存

一旦设备掉电，数控系统必须能检测到掉电信息，并能继续保持一段较短的时间，记录并保存断点信息以备恢复。掉电信息的检测原理如图 3。

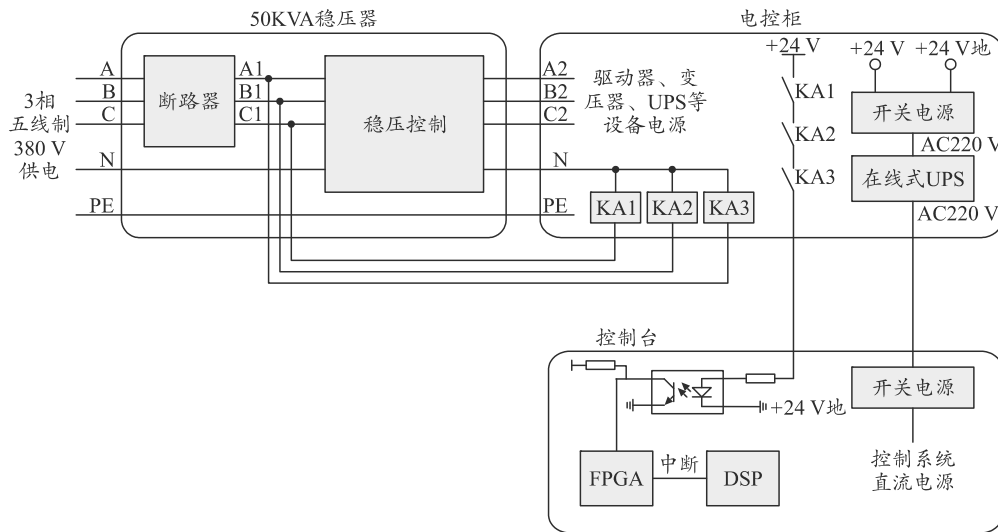


图 3 掉电检测原理

正常情况下，数控设备全由市电供电，并完成给在线 UPS 充电。当市电掉电后，由电气控制逻辑自动切换到 UPS，只为控制系统供电，并产生掉电中断信号。控制系统在接到掉电中断后，将完成当前所有加工线索信息的保存，在完成相关的后置处理后，实现自动安全关机。

掉电时保存的信息有：

- 1) 加工程序名；
- 2) 执行缓冲区中剩余轨迹数据(增量、斜率等)；
- 3) 轨迹数据指针；
- 4) 各轴的坐标数据(给定、反馈等)；
- 5) 设置掉电信息有效标记。

相应的数据结构抽象如下：

```
typedef struct
{
    char    cFileName[MaxLength];
    long    lTrackDataPointer;
    long    lInc_LeftInExeBuf_Z;
```

```
long    lSlope_LeftInExtBuf_Z;
long    lInc_LeftInExeBuf_C;
long    lSlope_LeftInExtBuf_C;
long    lToolFeedBase;
long    lGetCoor_Z,lGetCoor_C,lGetCoor_X;
long    lFbkCoor_Z,lFbkCoor_C,lFbkCoor_X;
bool    bPowerFailInfValid;
}POWERFAILINF;
```

这些信息储存到文件 PowerFail.Inf 中，以备下次上电后的自动恢复。

2.2 掉电后的断点继续

当正常上电启动系统后，数控系统将自动检测文件 PowerFail.Inf 中的内容，如果检测到保存信息中掉电信息有效，将自动启动断点继续功能，包括装载相应文件轨迹数据，数据指针定位到记录位置，预装上次剩余的轨迹数据，等待操作者确认而实现断点继续功能。其实现流程如图 4 所示。

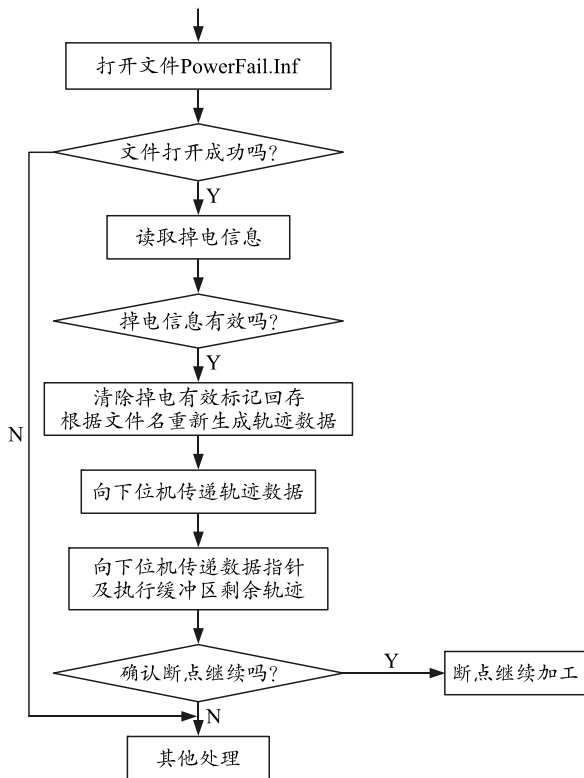


图 4 断点继续流程

当操作者确认不启动断点继续功能时，还可选择卡刀回退功能。在卡刀回退模式下，SKL3 控制系统将逐步提示操作者，按需完成整个过程：

- 1) 提示操作者沿轨迹回退的距离(使嵌入到工件中的刀片沿加工轨迹在 Z 向的回退距离，在此过程中 C 轴保持跟随联动)；
- 2) 选择卡刀退出的方向(默认为拉削方向，也可沿返程的方向)；
- 3) 设置卡刀退出的速度；
- 4) 启动退出过程，则 Z、C 轴将保持原轨迹关系，完成整个回退过程。

2.3 掉电时特殊的运动控制

从掉电检测原理可知，容量有限的在线 UPS 只为控制系统供电，不可能为运动机构提供电力。一旦出现掉电，如果没有特殊的控制处理，Z 轴与 C 轴都处于惯性运动状态，而不再按螺旋曲线轨迹运动，势必对螺旋曲线轨迹产生破坏，同时也会损坏刀具。

在 840D SL 系统中，有专用于掉电处理的模块与措施。它通过安装相应的电气模块(包括 20 mF 储能电容、40A UPS、SITOP battery 12AH、DC-LING VOLTAGE 适配器等)，并在 CNC 加工程序中设置掉电后相关轴的运动关系，利用掉电信号激活快速

响应联动命令，保障加工程序的快速插补响应以及工件轨迹的一致跟随性。

这种方式对于等螺距的螺旋曲线，在掉电异常中所设置的 Z、C 轴的联动关系为线性关系，从理论上可以满足异常掉电处理需求，但对于变螺距的螺旋曲线，Z、C 间的联动关系不再是线性的，无法通过一段程序来设定这 2 个轴的联动关系，则存在理论上的技术问题。

针对特种深孔螺旋曲线加工过程中由于突然掉电引起产品质量问题，中国兵器装备集团自动化研究所进行了掉电控制技术的研究，开发了 SKL3 系列深孔螺旋拉削专用数控系统。该数控系统在自动加工方式时，不再采用这种独立的时间插补关系，一旦自动启动，则系统自动切入到特殊的运动模式：以 Z 轴为主动轴，C 轴为从动轴，让 C 轴跟随 Z 轴而运动，在掉电时较短的时间内(通过控制系统的两级稳压器提供掉电时的短时供能)，控制系统持续给出二者的理论运动数据，使二者继续保持预定的联动关系，则均可满足变螺距或定螺距的螺旋曲线的轨迹需求。图 5 所示的 2 种螺旋曲线(展开后的)分别为等螺距和变螺距 2 种。

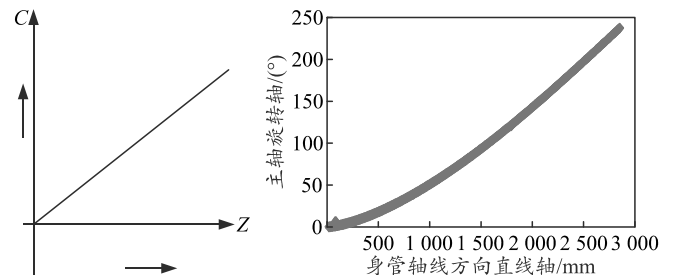


图 5 等螺距、变螺距曲线展开线

3 实施与验证

3.1 专用数控系统设计^[1-2]

SKL3 系列的专用数控系统采用 IPC+DSP+FPGA 的双 CPU 构架，上位机控制软件以 Visual Studio 6.0 为开发环境，利用 MFC^[4]编程，方便界面设计与数据处理；而下位机控制软件则以 CCS3.3 为开发环境，用 DSP 汇编语言^[5]编程，以提高代码执行效率，满足轨迹运动控制的实时性。上、下位机间通过几个高速 FIFO 完成各类数据信息的快速传递。该专用数控系统只针对这种 3 轴运动的深孔加工控制系统，并内嵌了深孔螺旋曲线的加工工艺。系统可以实现多种线型螺旋线的自动编程，轨迹插补、负载检测与保护、过程数据采集等功能。专用数控系统的原理框架如图 6 所示。

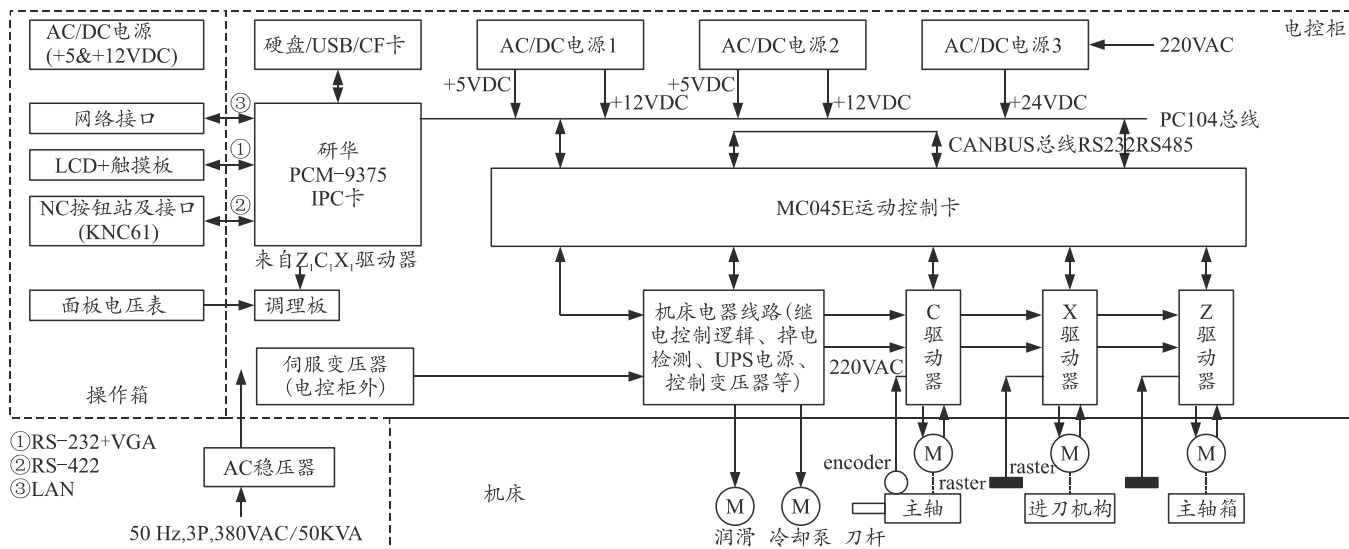


图 6 SKL3 专用数控系统原理

3.2 专用深孔数控拉床设计^[3-5]

1) 工件床身。

工件床身上安装有 3 个工件夹具，手动调整夹具使工件对中和定位，数控系统对工件安装和调整不作任何控制。根据工件长短，人为调整夹具位置，保证支承均匀、稳定。

2) 刀杆床身与进给机构。

数控拉床刀杆床身有双线性导轨，刀杆床身安装有斜齿条。床身后侧安装有 T 型槽及 Z 轴行程限位挡块和 Z 轴位置检测光栅、电缆和油管及其托板。刀杆床身导轨上安装有包括 Z、C、X 轴伺服电机及其减速机等主要部件的刀杆驱动箱和刀杆支撑架，如图 7 所示。

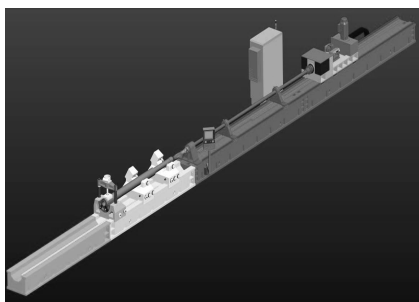


图 7 深孔螺旋曲线数控拉床

3.3 加工验证

笔者在具体项目中进行了充分实践，不但成功完成了多件深孔螺旋曲线产品的加工，而且掉电后的处理功能也得到了充分验证，尽可能地保证了工件不受损、刀具少受损，达到了预期的设计效果；同时，将机械靠模的优点应用在数控拉床设备中也

得到了实现。某军工企业现场加工的螺旋曲线如图 8 所示。

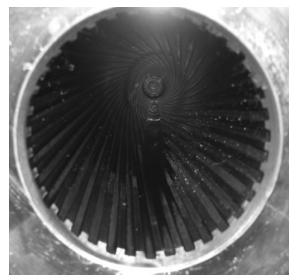


图 8 某军工企业现场加工的螺旋曲线工件

4 结束语

在短时蓄能、跟随插补、掉电记忆、上电恢复等多个技术环节，笔者开发 SKL3 系列专用数控系统，解决了深孔螺旋曲线加工过程中突然掉电引起的产品质量问题。该研究成果已经在多个军工企业得到实践验证，满足了深孔螺旋曲线加工的特殊要求。

参考文献：

- [1] Microsoft Visual C++ 6.0 类库参考手册：下[S]. 北京：北京希望电脑公司，1999.
- [2] TMS320F/C24X DSP Controllers CPU and Instruction Set Reference Guide[Z]. China, 2000.
- [3] 尹健，杨眉，陈昌金. 基于 Ansys Workbench 等壁厚螺杆菌钻具定子切削仿真分析[J]. 兵工自动化, 2016, 35(1): 55-57.
- [4] 陈昌金，尹健，王体洋. 深孔沟槽拉削工艺及装备[J]. 兵工自动化, 2014, 33(9): 31-32.
- [5] 陈昌金，尹健. 虚拟样机技术在数控深孔螺旋拉床整机设计中的应用[J]. 兵工自动化, 2008, 27(2): 65-67.