

doi: 10.7690/bgzd.2014.09.009

深孔沟槽拉削工艺及装备

陈昌金¹, 尹健¹, 王体泮²

- (1. 中国兵器工业第五八研究所机械电气技术部, 四川 绵阳 621000;
2. 中国兵器工业第五八研究所数控技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对深孔沟槽加工难度大的问题, 提出数控拉削加工的新工艺方法。介绍深孔沟槽拉削工艺, 简述专用数控深孔拉床的研制过程, 并通过 Pro Engineer 软件完成建模、机构运动和动静态分析的产品设计过程。结果表明: 该方法能提高产品性能, 大大降低设计过程中试制的时间和成本。

关键词: 深孔沟槽; 拉削; 工艺; 虚拟样机

中图分类号: TP205 **文献标志码:** A

Broaching Technology and Its Equipment of Deep Hole Slot

Chen Changjin¹, Yin Jian¹, Wang Tipan²

- (1. Department of Mechanical & Electrical, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China;
2. Department of CNC Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

Abstract: It is difficult to manufacture deep hole slot, a new CNC broaching technology is presented. It introduces broaching technology of deep hole slot and development process of the special CNC machine tool. Meanwhile, use Pro Engineer software to realize product design process, which including model establishment, mechanism motion and dynamic state and static state analysis. The results show that the method can improve product performance, and greatly reduce time and cost of trial production.

Keywords: deep hole slot; broaching; technology; virtual prototype

0 引言

深孔指孔深(L)与孔径(d)之比大于 5 的孔^[1]。深孔沟槽指在深孔内表面各形式的沟槽, 主要包括等导程沟槽、变导程沟槽、变导程变深度螺旋沟槽和变深度直沟槽等。沟槽的截面也存在多种形式, 主要包括矩形槽、梯形槽、渐开线槽和内摆线槽。

机械传动、石油钻采、军事装备等行业的大量零件都具有深孔沟槽特征, 这些深孔沟槽的加工难度大, 是机械加工行业的关键工序之一。常见的深孔沟槽加工方法有拉削、电解和插削等, 相对电解加工的能耗高、投入大、加工过程有污染等问题而言, 拉削是一种高效、绿色、经济的加工方法; 相对插削而言, 拉削是一种更适于深孔的加工方法。因此, 笔者对深孔沟槽拉削工艺及装备进行分析。

1 深孔沟槽拉削工艺

简单的深孔沟槽(花键槽、直导向槽等)可采用传统的成型塔式拉刀+单轴拉床实现, 但在对深孔变深度直沟槽、变导程螺旋槽和变导程变深度螺旋槽(如图 1 所示)进行加工时, 普通的拉床就无法实

现。加工上述特殊深孔沟槽就需要刀具具有 2 个以上的运动: 沿工件轴线作直线运动(以下简称“Z 轴”), 沿工件轴线作旋转运动(以下简称“C 轴”)和沿工件径向作直线运动(以下简称“X 轴”), 一般来讲, 只需实现 Z、C 或 Z、X 联动即可完成常规深孔沟槽的加工, 只有加工变深度斜沟槽才需要 Z、X、C 三轴联动。

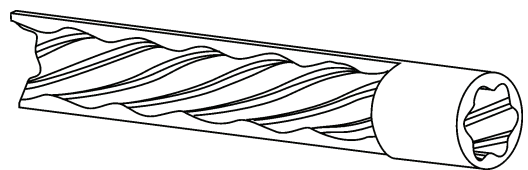


图 1 某深孔螺旋沟槽结构

另外, 与加工简单深孔沟槽不同的是, 两轴或三轴联动拉削特殊深孔沟槽时的拉削工艺更复杂。不仅拉削速度较小, 且需要齿升量较小的反复拉削, 拉削过程中需对状态实时控制。典型的根据加工材料的不同, 拉削工艺参数也各不相同, 刀具单刃的齿升量一般为 0.015~0.050 mm, 拉削速度一般为 2~6 m/min, 空回速度可根据实际需要进行设置, 一般不大于 18 m/min。

收稿日期: 2014-06-07; 修回日期: 2014-07-05

作者简介: 陈昌金(1977—), 男, 四川人, 硕士, 高级工程师, 从事专用数控装备设计研究。

2 深孔沟槽拉削专用装备

2.1 专用数控深孔拉床

如前所述，专用数控深孔拉床一般都具有 3 个进给轴：X、Z 和 C，机床一般采用卧式拉床布局，国外也有采用立式深孔拉床的布局方式。

我单位开发的专用数控深孔拉床(如图 2 所示)3 个进给轴都采用伺服电机驱动，并用光栅尺作

为位置检测元器件，形成位置全闭环的控制方式。机床的最大行程和额定拉力根据加工产品的不同可进行定制。其中，Z 轴根据行程以 4 000 mm 为界限，一般大于 4 000 mm 采用齿轮齿条传动，反之采用丝杠传动；C 轴采用伺服电机+齿轮/蜗轮蜗杆副的传动方式；X 轴则采用“重心驱动”原理的结构形式，保证刀具进给具有良好的快速响应性和工件加工面具有良好的粗糙度。

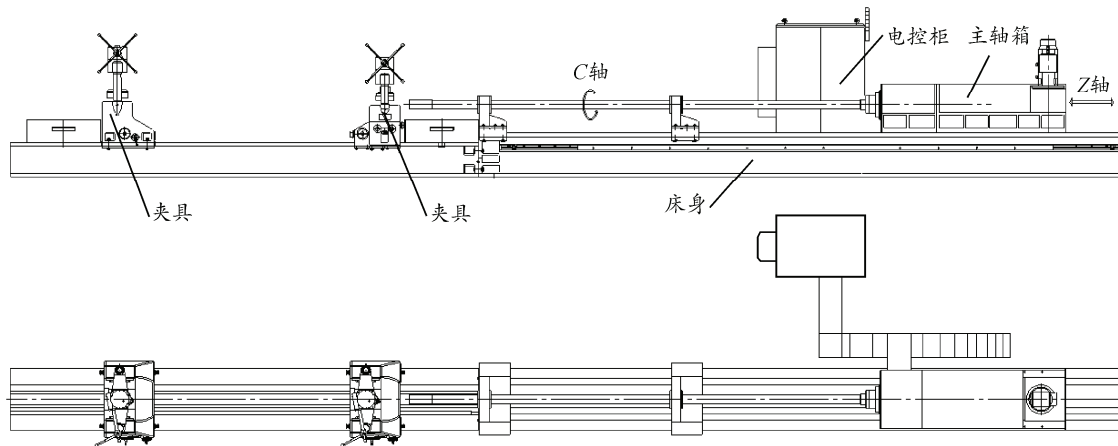


图 2 专用数控深孔拉床总体布局

2.2 深孔拉削刀具

刀具是深孔拉削加工技术中极其重要的一个环节。为降低刀具的制造难度和成本，深孔沟槽(等深度直沟槽除外)拉削刀具一般采用刀片形式，每次拉削的齿升量由数控系统控制。刀具的形状需要根据沟槽的尺寸进行特殊设计，特殊的沟槽还需要进行多种刀具组合才能完成加工。

2.3 冷却液

冷却液是保证拉刀寿命的重要因素之一，分强性冷却液和润滑性冷却液。冷却液性质不仅对刀具的寿命有很大的影响，而且对加工表面的粗糙度也有很大影响。根据工件材料和刀具材料的不同，冷却液的形式也不尽相同。根据笔者的经验，在实际深孔沟槽拉削加工中，采用润滑性冷却液的情况更多一些。

2.4 数控系统

针对前述特殊深孔沟槽的拉削加工，如果采用通用数控系统来优化改进，如 Siemens 公司的 840D 或者 Fanuc 公司类似系统。虽然功能相对更强大，但是由于国外技术保密以及高端系统的禁售规则，无法有效使专用数控深孔拉床满足加工要求。因此，

我单位独立自主开发了专用数控系统，其内嵌深孔沟槽拉削工艺，可根据曲线轨迹实现参数化编程，接刀功能，实时采集、存储拉削数据功能和拉削加工力矩保护功能。

3 校核优化

笔者所述的数控深孔拉床均为非标专用设备，采用传统的设计方法不仅设计周期长，而且需通过多次试制过程。随着虚拟样机技术的发展，采用 Pro Engineer 软件完成机床的建模、机构运动、静力和动态分析等可有效解决前述问题^[2]。PDM 系统可以提高团队设计的协调性，可有效组织机床从需求到方案及后续的设计生产过程^[3]。

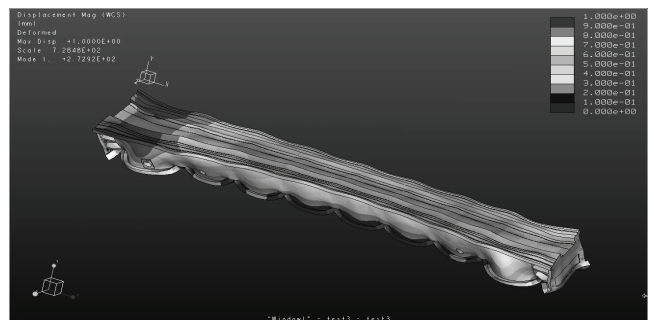


图 3 机床某阶振型