

高效球面数控铣削 加工技术研究

High-Efficient NC Milling Technology for Spherical Surface

中航工业沈飞技术中心工艺研究所 于冬梅 唐臣升 潘国华



于冬梅

中航工业沈阳飞机工业集团有限公司技术中心工艺研究所工程师。曾组织、参加多项型号预研和在研科研课题研究和攻关,获得公司科技成果一等奖,集团公司科技进步二等奖,参与过的项目荣获三项国家实用新型专利,获得国家、省、市级多项质量管理科技成果一等奖。主要研究方向:高效切削加工技术研究。

传统的球形曲面数控加工均是用等层环切或等距行切的点位插补的数控加工方法,应用该方法数控加工球形曲面的效率低、质量差。

为了解决传统的球形曲面数控加工效率低、质量差的问题,我们专

本文介绍了一种具有自主知识产权的高效球面数控铣削加工技术,该技术突破了球面无残余余量和最短切削路径的数控加工技术,并极大地提高了球形曲面的数控加工效率。

门进行了球形曲面包络法数控加工技术的研究。首先,收集了国内外关于球形曲面数控加工方面的技术资料;其次,对球形曲面数学模型及其加工方法进行系统的技术分析和研究;再次,确定球形曲面的包络法加工策略及其切削方式;最后,设计出球形曲面包络法数控加工控制软件。

本文介绍了一种具有自主知识产权的高效球面数控铣削加工技术,该技术突破了球面无残余余量和最短切削路径的数控加工技术,并极大地提高了球形曲面的数控加工效率。

球形曲面的几何特征^[1-2]

球形曲面是一种具有母线或包络线曲面。球形曲面的母线有无数条,其中,圆形母线(即等于球形曲面直径的半圆)是最常见的,而形成球形曲面的圆形包络线也有无数种,其中,圆形包络线的直径范围为

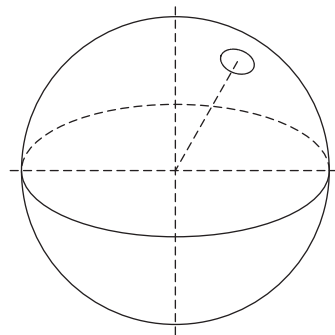


图1 形成球形曲面的圆包络线

$\phi 0 \sim \phi D$, 即最小的圆包络线为一点,最大的圆包络线是直径等于球形曲面直径的圆,如图1所示。形成球形曲面的母线对研究球形曲面绕其回转轴线旋转加工(如车削加工)方法是很重要的,而形成球形曲面的圆形包络线对研究球形曲面的铣削加工尤为重要,下面就球形曲面的铣削加工的研究进行进一步分析与阐述。

传统的球形曲面加工方法

传统的球形曲面(包括其他曲面)的数控铣削加工方法均采用点位插补法,亦即圆包络线的直径为0。显而易见,用点位插补法形成球形曲面是由有限个点而连成的有限个折线组成的,这种加工方法不但加工效率低,而且被加工球形曲面的粗糙度也很差,因此,要保证被加工球形曲面的质量,也就很难谈加工效率。

用点位插补法形成球形曲面的

增大(即Z向坐标值减小),而球形曲面的宽度值(即X或Y向坐标值)与Z不是线性函数关系,而是符合圆方程的三角函数关系,这样就导致了被加工球形曲面残余余量不均匀,即被加工球形曲面粗糙度差,尤其是在凸球的顶部,残余余量特别大(如图2所示);另一种则是应用参数化编程进行环切的方法,如图2中右半边所示,该方法应用了一个角度参变量($\Delta\alpha$),使得Z与X和Y坐标之间的函数关系是一个直径为球形曲面直径的圆,而且,采用的圆弧插补(G02

标数控加工的示意图。

包络法球形曲面数控加工方法^[3-5]

包络法加工技术打破了传统的点位插补数控加工方法,实现了“线动成面”的加工方法,因而,该技术解决了球形曲面无残余余量和五坐标最短切削路径的数控铣削加工技术,并极大地提高了其数控加工效率和质量。

如前文中所述,圆形包络线的直径范围为 $\phi 0 \sim \phi D$ 。当圆形包络线的直径为 $\phi 0$,即最小的圆包络线为一点时,适用于点位插补加工方法;否则,适合包络法加工。采用包络法加工球形曲面时,圆形包络线的直径越大,则加工效率越高,最大的圆包络线是直径等于球形曲面直径的圆,如图4所示。

刀具回转面与被加工球形曲面的切线即是一条球形曲面包络线,亦即刀具的直径越大,加工效率越高,刀具每环切一次所加工球形面积就越大,刀具与被加工球形曲面包络数控加工关系,如图5所示。

当刀具选定后,则可以根据刀具的直径、刀具的转接R以及球形表面的直径计算出刀具包络环切的初始位置、最终位置和每次环切的位置。如图6所示,刀具切削刃回转面(圆环)始终与被加工球形曲面相切,且切线为一个圆,亦即被加工球形曲面的一条母线。该母线每次圆弧插补包络环切加工出球形曲面的一个环形面,完后再圆弧插补进入下一次包络环切加工。

包络法球形曲面数控加工控制软件^[6-9]

应用 Visual Basic 6.0 软件设计语言,我们先后开发了参数化球形曲面包络法数控铣削加工 NC 程序设计软件,实现了球形曲面包络法五坐标数控铣削加工技术,达到了球形曲

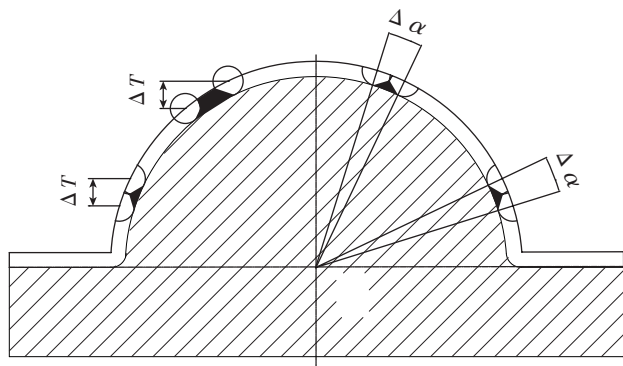


图2 点位插补法形成球形曲面

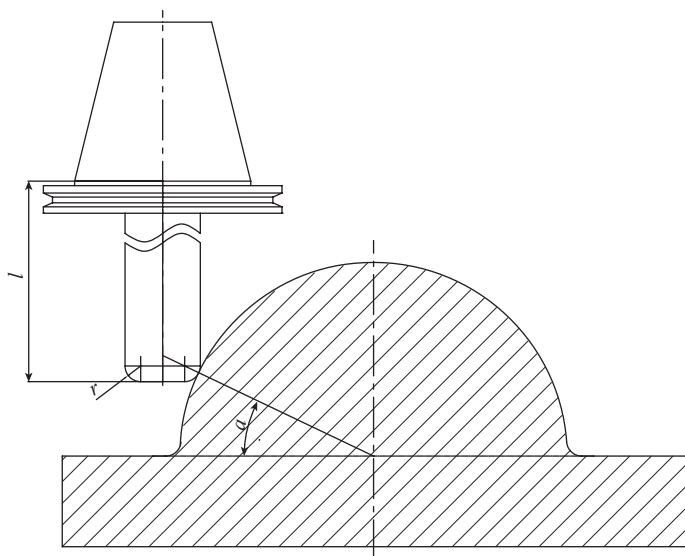


图3 球形曲面数控加工示意图

方法有可以分为两种,一种是应用传统编程软件UG、Pro_E、CATIA 等进行等行距环切或行切的方法,如图2中左半边所示,当采用等深度(ΔT)进行环切点位插补时,由于水球深度

或G03)替代了点位插补(G01),从而实现了球形曲面等残余余量加工以及三坐标最短切削路径的加工技术,极大地提高了被加工表面的质量和加工效率。图3是球形曲面三坐

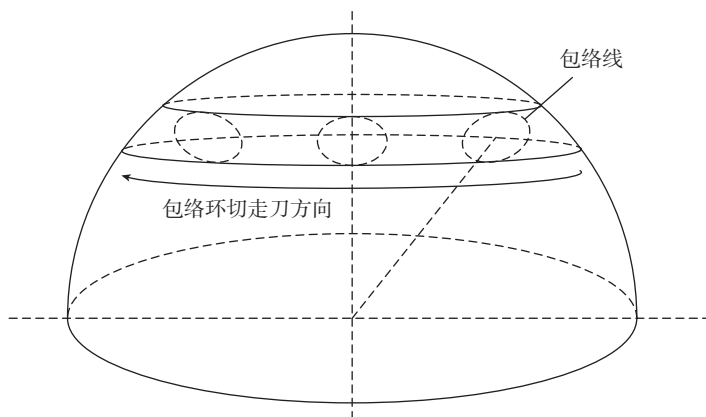


图4 球形曲面包络加工法示意图

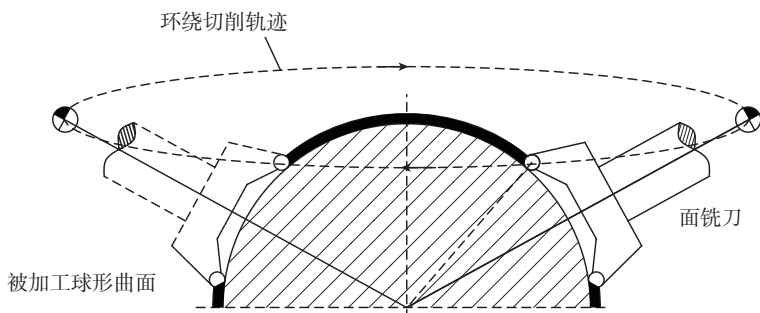


图5 刀具与被加工球形曲面包络数控加工关系

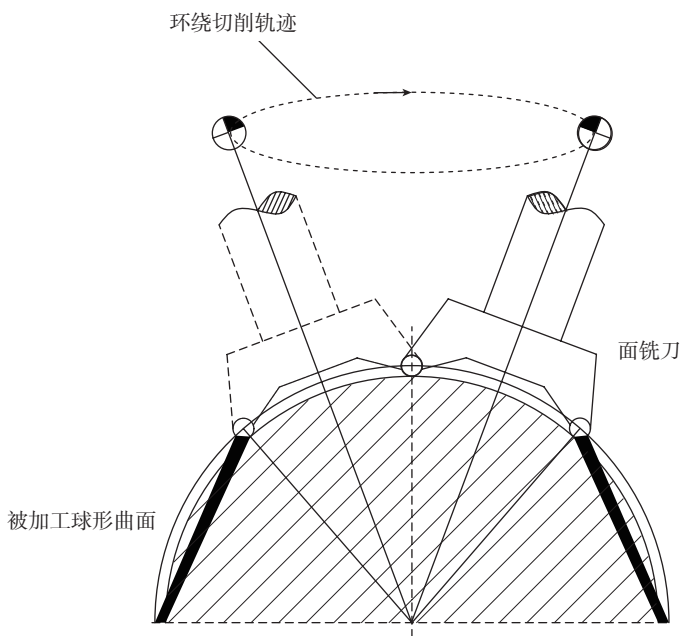


图6 刀具切削刃回转面与被加工曲面相切

面无残余余量与五坐标最短切削路径的数控铣削加工。该加工方法极大地提高了被加工球形曲面的质量和加工效率,使其粗加工效率至少提高1倍,而可以将其精加工效率提高

了至少几十倍。

球形曲面包络法数控加工技术的应用与推广

包络法加工技术打破了传统的

点位插补数控加工方法,实现了“线动成面”的加工方法,因而,极大地提高了加工效率和被加工表面质量。该技术已经成功地应用在飞机大型钣金拉伸曲面成型模具的加工,使其粗加工效率提高2~3倍,精加工效率提高几十倍。该技术可以推广应用到航天、航空精密球形曲面零件加工;汽车蒙皮拉伸模具制造;船舶、机床等制造业的球形曲面零件及模具的数控铣削加工,无论是加工精度还是加工效率都将有很高提升。

优质高效包络法数控加工技术展望

不断改进和优化数控加工切削方式与走刀路径是最有效的提高数控加工质量和效率的方法之一。该技术的推广应用无疑将给球形曲面的数控铣削加工带来一次技术革命。

同时,该技术也可以延伸推广到其他曲面的数控加工—基于包络法的数控加工,即刀具轴线与被加工表面法线始终保持最小的夹角,从而可以极大提高曲面的加工质量和效率。

参考文献

- [1] 高长才. 基于UG的螺旋立铣刀三维参数化设计系统的若干研究[D], 沈阳: 东北大学, 2006.
- [2] 张宏星, 赵勇. CAD技术及系统研究概述. 机械工程师, 2004(7): 7-9.
- [3] 程开举. 高速面铣刀设计及其系统的开发[D], 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2006.
- [4] 袁哲俊, 刘华明. 刀具设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1999: 402-403.
- [5] 刘杰华, 任昭蓉. 金属切削与刀具使用技术. 北京: 国防工业出版社, 2005: 213-214.
- [6] 张宏林, 周江林. Visual Basic 6.0 编程实例. 北京: 人民邮电出版社, 1999: 1-408.
- [7] 何斌, 王运坚. Visual Basic 6.0 应用指南. 北京: 人民邮电出版社, 1998: 258-341.
- [8] 高智勇. Visual Basic 6.0 实例教程. 北京: 航空工业出版社, 1999: 164-245.
- [9] 邓少鹏, 邓云佳. Visual Basic 编程实用大全. 北京: 中国水利出版社, 2005: 90-573.

(责编 深蓝)