

工程软件高速加工实例详解



UG NX7.0

数控高速加工 实例详解

李万全 高长银 黎胜容 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



基础知识够用
实例丰富，讲解透彻，可借鉴性强
学习后可轻松实现从入门到精通



加工实例详解

UG NX 7.0 数控高速加工 实例详解

李万全 高长银 黎胜容 主 编



机械工业出版社

本书基于UG NX 7.0 环境平台,通过专业技术和工程实例相结合的形式,详细介绍了UG NX 高速数控加工的原理、方法和典型应用。全书共包括9章,第1~4章为基础技术,主要介绍了高速加工的专业知识、UG NX 7.0 平面铣高速加工、UG NX 7.0 型腔铣高速加工、UG NX 7.0 曲面轮廓铣高速加工,使读者对UG 高速加工的常用技术进行了解和熟悉;第5~9章为高速加工典型实例,从专业的角度,本着循序渐进、由浅入深的原则,分别介绍了薄板支架高速加工、车轮曲面高速加工、喇叭玩具凹模高速加工、鼠标凸模高速加工以及发动机叶轮高速加工。这些实例全部来自于一线实际项目,代表性和实践性强,读者学习后可举一反三,迅速上手和提高,实现从入门到精通的质的飞跃。

本书语言简洁、层次清晰、图例丰富、步骤详细,讲解方式由点及面、深入浅出、化难为简,无论读者是否具有数控基础,都可以轻松入门、掌握精髓,最终学以致用。本书含光盘一张,包括书中所有素材源文件及实例操作视频,方便读者使用。

本书适合企业数控加工人员使用,同时也可作为大中专院校相关专业学生的理想教材,是读者学习高速加工的必备参考书。

图书在版编目(CIP)数据

UG NX 7.0 数控高速加工实例详解/李万全,高长银,
黎胜容主编. —北京:机械工业出版社,2011.6

(工程软件高速加工实例详解)

ISBN 978-7-111-34322-6

I. ①U… II. ①李… ②高… ③黎… III. ①数控
机床—计算机辅助设计—应用软件, UG NX 7.0 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第076200号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 王治东

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷

2011年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·18.75印张·365千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34322-6

ISBN 978-7-89451-946-7(光盘)

定价:38.00元(含1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010) 88379733

社服务中心:(010) 88361066

网络服务

销售一部:(010) 68326294

门户网:<http://www.cmp1book.com>

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

1. 本书创作背景

高速加工是一门先进的切削技术。与普通加工技术相比，高速加工具有非常快的切削速度和进给速度，不仅可使用户提高加工效率、缩短加工时间，而且还可获得较高的加工精度。因此，随着制造业技术的不断发展，高速加工逐渐得到了广泛的应用。市场上关于高速加工的同类书比较少，为了弥补这种不足，本书基于常用的 UG NX 7.0 平台，结合大量典型实例讲解高速数控加工编程的方法与应用技巧。

2. 本书内容导读

全书内容共分为 9 章，具体内容如下：

第 1 章为高速加工的专业知识，简要介绍了高速加工的特点和应用、机床结构与分类、加工刀具材料和结构以及高速加工工艺。读者通过学习，将对高速加工技术有一入门性的了解，熟悉和掌握高速加工的机床结构、工具选用以及加工工艺。

第 2~4 章介绍了 UG NX 7.0 数控高速加工的主要技术，包括平面铣高速加工、型腔铣高速加工和轮廓铣高速加工。重点讲解了这些技术的加工原理、操作方法和参数设置。读者通过学习，将具备扎实的操作技术，为后面的实例学习打下基础。

第 5~9 章介绍了高速加工典型实例，包括薄板支架高速加工、车轮曲面高速加工、喇叭玩具凹模高速加工、鼠标凸模高速加工以及发动机叶轮高速加工。实例类型涵盖模具、航天零件等，代表性和指导性强，学习后可举一反三，实现从入门到精通。

3. 本书主要特点

归纳起来，本书的主要特点有：

(1) 内容安排 专业理论→UG NX 高速加工技术→典型应用实例，技术理论为辅，工程实践为主，集专业性和实用性于一体。

(2) 讲解方式 由点及面、化难为简、深入浅出,无论读者是否具有高速加工基础,都可以轻松入门与提高,最终学以致用。

(3) 本书光盘 提供全书所有实例素材源文件和视频操作演示,手把手指导读者练习和温习巩固,物超所值。

4. 本书读者对象

本书面向数控行业的初、中级用户,既适合企业数控加工人员使用,又可作为大中专院校相关机械专业学生的理想教材,是读者学习高速加工技术与应用的案头宝典。

5. 本书作者队伍

本书由李万全、高长银、黎胜容主编,参加编写的有黎双玉、马龙梅、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、闫延超、董延、郭志强、毕晓勤、贺红霞、史丽萍、袁丽娟、刘汝芳、夏劲松。

由于作者水平有限,书中难免会有一些错误和不足之处,欢迎广大读者及业内人士予以批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 高速加工的专业知识	1
1.1 数控高速加工基础	1
1.1.1 高速加工的特点和应用	2
1.1.2 高速加工机床的结构与分类	4
1.1.3 高速加工刀具材料和结构	17
1.2 数控高速加工工艺	27
1.2.1 高速加工的工艺特点	27
1.2.2 高速加工切削用量的选择	29
1.2.3 高速加工路径规划	34
1.3 本章小结	37
第 2 章 UG NX 7.0 平面铣高速加工	38
2.1 平面铣加工的特点	38
2.2 平面铣加工边界	38
2.2.1 铣削边界的类型	38
2.2.2 铣削边界的创建	40
2.3 平面铣加工参数与操作	43
2.3.1 切削模式	44
2.3.2 切削步长	48
2.3.3 切削层	50
2.3.4 切削参数	52
2.3.5 进给和速度	63
2.3.6 机床控制	63
2.3.7 非切削移动	66
2.4 本章小结	77

第3章 UG NX 7.0 型腔铣高速加工	78
3.1 型腔铣高速加工原理与特点	78
3.1.1 型腔铣的加工原理	78
3.1.2 型腔铣加工的特点	79
3.2 型腔铣加工几何体	79
3.2.1 指定部件	79
3.2.2 指定毛坯	80
3.2.3 指定检查	80
3.2.4 指定切削区域	81
3.2.5 指定修剪边界	81
3.3 型腔铣高速加工操作参数	82
3.3.1 切削模式	82
3.3.2 切削步长	86
3.3.3 切削层	88
3.3.4 切削参数	91
3.3.5 进给和速度	95
3.3.6 机床控制	96
3.3.7 非切削移动	98
3.4 本章小结	109
第4章 UG NX 7.0 曲面轮廓铣高速加工	110
4.1 曲面轮廓铣加工原理	110
4.2 曲面轮廓铣驱动方法	110
4.2.1 曲线/点驱动方法	111
4.2.2 螺旋式驱动方法	113
4.2.3 边界驱动方法	114
4.2.4 区域铣削驱动方法	121
4.2.5 曲面驱动方法	123
4.2.6 流线驱动方法	128
4.2.7 刀轨驱动方法	128
4.2.8 径向切削驱动方法	129
4.2.9 清根驱动方法	131

4.2.10 文本驱动方法.....	139
4.3 曲面轮廓铣操作参数.....	139
4.3.1 切削参数.....	139
4.3.2 非切削移动.....	148
4.4 本章小结.....	158
第 5 章 UG NX 7.0 薄板支架高速加工实例	159
5.1 加工方法分析.....	159
5.2 加工流程与效果图.....	160
5.3 具体操作步骤.....	161
5.3.1 初始化加工环境.....	161
5.3.2 创建加工父级组.....	161
5.3.3 内腔平面铣粗加工.....	165
5.3.4 内腔平面铣精加工.....	171
5.3.5 凹槽平面铣精加工.....	175
5.4 实例总结.....	181
第 6 章 UG NX 7.0 车轮曲面高速加工实例	182
6.1 加工方法分析.....	182
6.2 加工流程与效果图.....	182
6.3 具体操作步骤.....	184
6.3.1 初始化加工环境.....	184
6.3.2 创建加工父级组.....	185
6.3.3 型腔铣粗加工.....	188
6.3.4 等高轮廓铣半精加工.....	195
6.3.5 固定轴曲面轮廓铣精加工.....	201
6.3.6 刀轨操作.....	207
6.4 实例总结.....	211
第 7 章 UG NX 7.0 喇叭玩具凹模高速加工实例	212
7.1 加工方法分析.....	212
7.2 加工流程与效果图.....	212
7.3 具体操作步骤.....	214
7.3.1 初始化加工环境.....	214

7.3.2 创建加工父级组	215
7.3.3 型腔铣粗加工	218
7.3.4 分型面型腔铣精加工	223
7.3.5 固定轴曲面轮廓铣精加工	230
7.4 实例总结	236
第 8 章 UG NX 7.0 鼠标凸模高速加工实例	237
8.1 加工方法分析	237
8.2 加工流程与效果图	237
8.3 具体操作步骤	239
8.3.1 初始化加工环境	239
8.3.2 创建加工父级组	240
8.3.3 型腔铣粗加工	244
8.3.4 等高轮廓铣半精加工	249
8.3.5 固定轴曲面轮廓铣精加工	254
8.3.6 陡峭面等高轮廓铣精加工	260
8.3.7 分型面型腔铣精加工	262
8.4 实例总结	267
第 9 章 UG NX 7.0 发动机叶轮高速加工实例	268
9.1 加工方法分析	268
9.2 加工流程与效果图	268
9.3 具体操作步骤	270
9.3.1 初始化加工环境	270
9.3.2 创建加工父级组	271
9.3.3 创建流道加工曲面和刀轴线	273
9.3.4 流道加工	275
9.3.5 左叶片侧面精加工	284
9.3.6 右叶片侧面精加工	290
9.3.7 旋转阵列操作	290
9.4 实例总结	291
参考文献	292

第 1 章 高速加工的专业知识

高速加工是相对于常规加工而言的一种技术。对高速加工的描述，国内外机构各有不同，分别如下：

① 国际生产工程学院CIRP切削委员会在1978年提出，线速度在500~7000m/min的切削加工为高速加工。

② 德国 Darmstadt 工业大学生产工程与机床研究所 PTW 提出，以高于普通切削速度5~10倍的切削加工为高速加工。

③ 对铣削加工而言，从刀具夹持装置达到平衡要求时的速度来定义高速加工，ISO1940 提出主轴转速超过8000r/min 为高速加工。

④ 从主轴设计的角度，以沿用多年的主轴转速特征值 DN 值来定义高速加工，DN 值在 $(5\sim15)\times10^5\text{mm}\cdot\text{r/min}$ 时为高速加工。

⑤ 从主轴和刀具的动力学角度来定义，它取决于刀具振动的主模式频率，在ANSI/ASME 标准中用来进行切削性能测试时选择转速范围。

本章将首先介绍高速加工的专业知识，包括高速加工的特点、高速加工机床、高速加工刀具以及高速加工工艺，使读者对高速加工有一个基础性的了解。

1.1 数控高速加工基础

高速加工与普通加工有很大的不同，具体如表 1-1 所示。

表 1-1 高速加工与普通数控加工的区别

项 目	普通数控加工	高 速 加 工
主轴转速	一般不超过 6000r/min	约 10000r/min 以上
进给速度	一般不超过 10m/min	30~100m/min
加工余量	小于刀具半径	(0.1~0.2) 刀具半径
切削力	大	小
运动传递方式	轴、齿轮	电主轴
刀具材料	普通刀具材料	超硬刀具材料
加工质量	一般	较好 (Ra0.4)

(续)

项 目	普通数控加工	高 速 加 工
加工时间	长	短
机床	普通机床（国产）	高速切削机床（进口）
机床价格	较低	较高
工艺流程	粗、半精、精、清根加工	粗、精加工

高速加工英文全称 High Speed Machining (HSM) 或 High Speed Cutting (HSC)。一般认为，高速加工是指采用比常规切削速度和进给速度高得多（一般要大于 5~10 倍）的速度来进行高效加工的先进制造技术。高速加工一般采用高的主轴转速、高的进给速度、较小的背吃刀量，其切削速度伴随刀具材料的超硬耐磨性的发展而不断提高。现阶段，一般把主轴转速在 10000~20000r/min、进给速度在 30~100m/min 范围的切削归纳为高速加工。

1.1.1 高速加工的特点和应用

1. 高速加工的特点

高速加工的特点主要有下面四点：

(1) 减少机加工时间，获得高的加工效率 高速加工提高了切削速度和进给速度，使单位时间内金属材料的切除率增大，减少了加工时间。高速加工的精加工材料去除速度是常规加工的 4 倍以上；高速加工的粗加工材料去除率也可达到 45cm³/min 左右。此外，高速加工一般只需要进行粗、精加工，半精加工和清根加工可以省略，简化了工艺方案，机加工设备种类也有所减少。常规铣加工不能加工淬火后的材料，淬火变形必须人工修整或通过放电加工解决。高速加工可以直接加工淬火后的材料，省去了放电加工工序，消除了放电加工所带来的表面硬化问题，减少或免除了人工光整加工。由于高速加工采用极小的背吃刀量和小的切削宽度，所以可使更小的刀具加工细小的凹圆角和精细结构，从而免除了其他加工工序，减少了钳工的修整工作。在模具制造工业，高速加工为修模工作带来极大方便，以前只能由放电加工解决的修模工作，现在可以由高速加工利用原有的 NC 程序来准确无误地直接完成，不需要再编程。

(2) 获得高的加工精度和表面质量 高速加工可以得到高质量的加工表面。由于高速加工采用极小的背吃刀量和小的切削宽度，因此可以得到高质量的加工表面，节省人工修光工序和放电加工工序。

1) 高速加工时，背吃刀量很小，对同样的切削层，表现为切削力下降，工件变形减小。

2) 由于高速加工的切削速度高，对工件的切削时间短，大量的切削热来不

及传导,就随切屑排出,切削温度下降,工件的热变形小,仅受一次热冲击,工件表面损伤轻,使得表面粗糙度值降低,可保持良好的表面力学性能,呈压应力状态。

3) 高速加工时,与主轴转速相关的激振频率远远高于工艺系统的固有频率,对切削加工的不利因素,如振动等被削弱。

(3) 高速加工可以加工薄壁零件 由于高速加工采用极小的背吃刀量和切削宽度,因此切削力较小,可以加工细长零件和薄壁零件。此外,高速加工时,随着切削速度的提高,切削剪切区温度升高,工件材料软化,材料屈服强度降低,使得单位时间切削力下降。因此,高速加工在航空工业中可成功切削厚度为 0.1mm 的铝薄壁件。

(4) 加工环境友好 在一些精密加工中,如模具制造,型面加工多采用电加工。由于电加工会产生一些有害气体和烟雾,生产效率也不高,这同目前低能耗、与环境协调的绿色加工的发展方向不一致,所以用高速铣削加工来代替特种加工是模具制造业的一个发展方向。高速加工可以获得较好的表面质量(表面粗糙度值 Ra 可达到 $0.4\mu\text{m}$),这不仅可省去电火花加工后的磨削、抛光等工序,而且在工件表面上可形成压应力,提高模具的寿命。

2. 高速加工的应用

高速加工是一项高新技术,它的基本特征为三高:高效率、高精度和高表面质量,因此在航空工业、汽车工业、模具工业和精密制造业等行业中的应用比较多。下面逐一介绍。

(1) 航空工业 航空工业是高速加工的主要应用行业,例如飞机上的一些零件为了提高可靠性和降低成本,采用整体制造法,将原来由多个铆接或焊接而成的部件改成整体实心材料制造。有些整体构件的材料去除率高达 90%,而其中许多零件为薄壁、细肋结构,有的厚度甚至不到 1mm,由于刚度差,不允许有很大背吃刀量,因此高速切削成为此类零件加工工艺的唯一选择。采用高速切削加工可大大提高生产效率,降低成本。

此外,对于飞机材料中的难加工材料(如钛合金、高温合金及高强度合金),它们的切削加工性能差,普通加工只能采用低速切削,制造和应用都受到限制。采用高速加工后,切削力减小,切削热大部分都被切屑带走,工件温度不高,制造难度下降。

(2) 汽车工业 现在汽车产品的样式越来越多样化,汽车产品的换型越来越快,由原来单一工件的大批量生产变成了多种工件较小批量叠加成的大批量生产。在汽车制造业占统治地位的组合机床自动线虽然效率高,但却无法满足汽车行业快速更新的现实;而以高速加工技术为基础的敏捷柔性自动生产线被越来越多的国内外

汽车制造厂家所采用,如美国 GM 发动机总成工厂的高度柔性自动生产线、福特汽车公司和 Ingersoll 机床公司合作研制以 HVM800 卧式加工中心为主的汽车生产线。大批量生产的汽车行业面临产品快速更新换代而形成的多品种生产线来代替组合机床生产线,高速加工中心则将柔性生产的生产速度提升到组合机床生产线水平。

(3) 模具工业 在模具行业高速切削采用的是典型的高转速、高进给、低切削量,可以取代传统的磨削加工、电火花加工以及光整加工,减少加工时间,缩短工艺流程,提高生产率。根据研究统计,采用高速加工可以使模具的制造周期缩短 30%~80%。

(4) 精密制造业 在精密机械或光学仪器的制造中,尺寸精度、加工稳定性等往往要求较高。而采用高速加工时,激振频率很高,工作平稳,容易获得较高的尺寸精度。图 1-1 所示为汽车远光灯反光杯手板的数控高速加工。

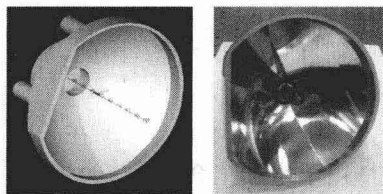


图 1-1 汽车远光灯反光杯手板的数控高速加工

1.1.2 高速加工机床的结构与分类

高速加工机床与普通加工机床存在很大不同,它必须能够提供高切削速度。在介绍机床结构与分类之前,首先对高速加工机床特点做一归纳。

1.1.2.1 高速加工机床特点

高速加工机床特点主要有:

(1) 高速主轴单元及驱动系统 高速主轴系统是高速切削技术最关键的技术之一。高速主轴系统不仅要提供高的转速,而且要有高的同轴度、高的传递力矩和传动功率、良好的散热或冷却装置,并具有动平衡精度。主轴部件的设计要保证具有良好的动态和热态特性,具有极高的角加、减速度,来保证在极短的时间内实现升降速和在指定位置上准停。

高速加工机床与普通机床主轴单元的不同之处表现在:主轴转速一般为普通机床主轴转速的 5~10 倍,机床的最高转速一般都大于 10000r/min,有的高达 60000~100000r/min;主轴的加、减速度比普通机床高得多,一般比常规数控机床高出一个数量级,达到 (1~8) g 的加速度,通常只需 1~2s 即可完成从起动到选定的最高转速(或从最高转速到停止);主轴单元电动机功率一般高达 20~80kW,以满足高速、高效和重载荷切削的要求。

(2) 高速进给系统和数控伺服驱动系统 在高速切削加工中,高速机床进给速度和其加、减速度也必须大幅度提高,同时,机床空行程运动速度也大大提高。

现代高速加工机床进给系统执行机构的运动速度要求达到 $40\sim 120\text{m/min}$, 进给加速度和减速度同样要求达到 $(1\sim 8)\text{g}$ 。因此, 机床进给驱动系统的设计必须突破一般数控机床中的旋转伺服电动机+普通滚珠丝杠的进给传动模式。结构上采用的主要措施有:

1) 大幅度减轻进给移动部件的重量, 在结构上实现零传动, 即直接采用直线电动机驱动。

2) 采用多头螺纹行星滚珠丝杠代替常规钢球式滚珠丝杠; 采用无间隙直线滚动导轨, 实现进给部件的高速移动和快速准确定位。

3) 采用快速反应的伺服驱动 CNC 控制系统。

(3) 高刚体的床体结构 高速加工机床在高速切削状态下, 一方面产生的切削力一般作用在床体上; 另一方面因速度很高, 还会产生较大的附加惯性力作用在床体上, 因而机床床身受力较大。设计时, 要求其具有足够高的强度、刚度和阻尼特性。此外, 高刚性和阻尼特性也是高速加工中保证质量和提高刀具寿命的必备条件。

(4) 热态特性和静动态特性优良 高速切削加工情况下, 单位时间内其移动部件间因摩擦产生的热量较多, 热变性较大, 机床结构设计必须保证其在内部热源和外部热源的作用下, 不产生较大的热变形。因此, 高速切削加工机床一般要采取特殊的冷却措施来冷却主轴电动机、主轴支撑轴承、直线电动机、液压油箱、电气柜等, 有的设置冷却主轴箱、横梁、床身等大部件。由于高速切削加工下的动态力(惯性力、切削力、阻尼力)和静态力(夹紧力)较大, 机床各支撑部件和其总体必须要有足够的动、静刚度, 不致产生较大的变形, 保证零件的加工精度、加工安全和可靠性。

(5) 换刀装置方便可靠 随着切削速度的提高、切削时间的不断缩短, 对换刀时间要求也逐渐提高。缩短换刀时间对于提高加工中心的生产率就显得更加重要, 也成为高水平加工中心的一项重要指标。自动换刀装置的高速化也是高速加工中心的重要技术内容。新型换刀结构的设计要保证高速切削加工下换刀方便、可靠、迅捷, 换刀时间短。

(6) 冷却系统高效快速 在高速切削加工条件下, 单位时间内切削区域会产生大量的切削热, 如果不能及时将这些热量迅速地从切削区域散出, 不但妨碍切削工作的正常进行, 而且会造成机床、刀具、工具系统的热变形, 严重影响加工精度和动刚度。高速电主轴结构设计时, 冷却系统设计也是不可忽略的一个重要方面。为了防止主轴部件在高速运转过程中出现过热现象, 支撑轴承必须考虑采用有效的强制冷却方法。

(7) 安全装置和实时监控系統 高速加工过程中若有刀具崩裂, 飞出去的刀具碎片如同子弹出膛一般, 易于造成人身伤害。因此, 机床工作时必须用足够厚的钢板将切削区域封闭起来, 同时还要考虑便于人工观察切削区状况。此外, 工

件和刀具必须保证夹紧牢靠,必须采用主动在线监控系统,对刀具磨损、破损和主轴运行状况等进行在线识别和监控,确保操作人员和设备安全。

1.1.2.2 高速加工机床结构

高速加工机床与传统机床有很大的区别,主要包括高速主轴系统、高速进给系统、高速数控系统和高速加工监测系统等。下面分别阐述。

1. 高速主轴系统

高速主轴在结构上大都采用交流伺服电动机直接驱动的集成化结构,取消了齿轮变速机构,采用电气无级调速,并配备强力的冷却和润滑装置。集成电动机主轴的特点是振动小、噪声小、体积紧凑。集成电动机主轴是把电动机转子与主轴做成一体,即将无壳电动机的空心转子用过盈配合的形式直接套装在机床主轴上,带有冷却套的定子则安装在主轴单元的壳体中,形成内装电动机主轴,简称为电主轴,如图 1-2 所示。电主轴电动机的转子就是机床的主轴,机床主轴单元的壳体就是电动机座,从而实现了变频电动机与机床主轴的一体化。这种传动方式把机床主传动链的长度缩短为零,实现了机床的零传动,有机结构紧凑、易于平衡、传动效率高等特点。

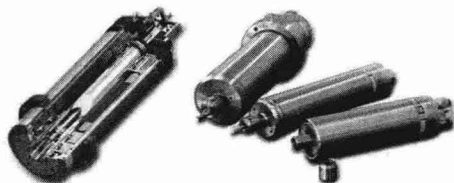


图 1-2 高速加工电主轴

(1) 电主轴结构 高速电主轴的结构如图 1-3 所示。电主轴交流伺服电动机的转子套装在机床主轴上,电动机定子安装在主轴单元的壳体中,采用自来水或油冷循环系统,使主轴在高速旋转时保持恒定的温度。电主轴的基本参数有套筒直径、最高转速、输出功率、转矩等,其中,套筒直径为电主轴的主要参数。目前,国内外专业的电主轴制造厂可供应几百种规格的电主轴,其套筒直径为 32~320mm,转速为 10000~150000r/min,功率为 0.5~80kW。

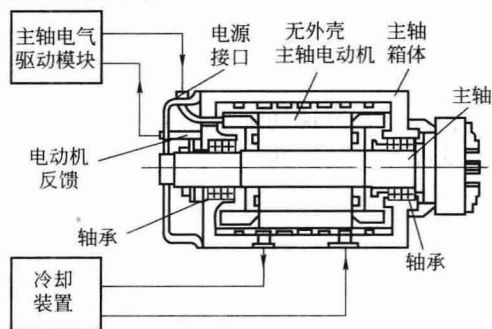


图 1-3 电主轴的结构

在电主轴中,电动机内置会带来不少问题,但在高速加工中,采用该措施几乎是唯一的选择,也是最佳的选择,原因如下:

1) 如果电动机不内置, 仍采用电动机通过带或齿轮等方式传动, 则在高速运转条件下, 由此产生的振动和噪声等问题很难解决, 势必影响高速加工的精度、加工表面粗糙度, 并导致环境质量的恶化。

2) 高速加工的最终目的是为了提高生产率, 相应地要求在最短时间内实现高转速的速度变化, 即要求主轴回转时具有极大的角加、减速度。达到这个严酷要求的最经济的方法是将主轴传动系统的转动惯量尽可能减至最小, 而只有将电动机内置, 省掉齿轮、带等一系列中间环节, 才能达到这个目的。

3) 电动机内置主轴两支撑之间, 与用带、齿轮等作为末端传动的结构相比, 可以较大地提高主轴系统的刚度, 也就提高了系统的固有频率, 从而提高了其临界转速值。这样, 电主轴即使在最高转速运转时, 仍可确保低于临界转速, 保证高速回转时的安全。

4) 由于没有中间传动环节的外力作用, 主轴高速运行没有冲击而更为平稳, 使得主轴轴承寿命相应得到延长。

(2) 电主轴的冷却和轴承的润滑 电主轴最突出的问题之一就是内装式高速电动机的发热问题, 这与一般主轴部件不同。因为电动机安装在主轴的两支撑轴承的中央, 所以电动机的发热会直接影响主轴轴承的工作精度, 即影响主轴的工作精度。解决的办法之一就是在电动机定子的外面加一带螺旋槽的铝质冷却套。机床工作时, 冷却油-水不断地在该螺旋槽中流动, 从而把电动机放出的热量及时带走。冷却油-水的流量可根据电动机放出的热量计算确定。图 1-4 所示为电主轴的油-水热交换系统。

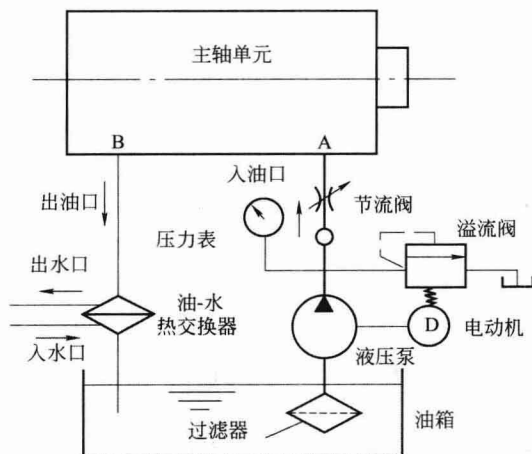


图 1-4 电主轴油-水热交换系统

另外, 还必须解决主轴轴承的发热问题。由于电主轴的转速高, 所以对主轴轴承的动态和热态特性要求十分严格。除个别超高速电主轴采用磁悬浮轴承或液体动

静压轴承外,目前,国内外绝大多数高速电主轴都采用角接触的 Si_3N_4 陶瓷滚珠轴承。为了降低主轴轴承的温升,电主轴轴承采用了油-气润滑系统,如图 1-5 所示。它利用分配阀,对所需润滑的不同部位按照其实际需要,定时、定量地供给油-气混合物,以保证轴承的各个不同部位既不缺润滑,又不会因润滑过量而造成更大的温升,并可将油雾污染降至最低程度。

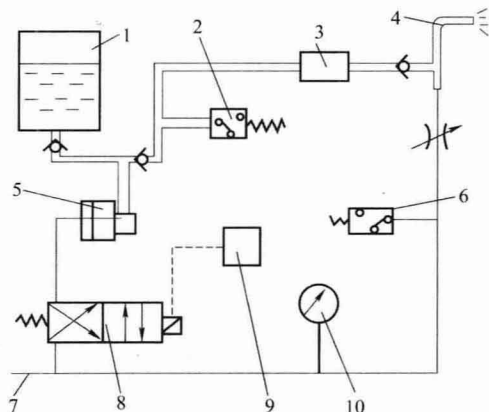


图 1-5 电主轴轴承油-气润滑系统

1—润滑油箱 2、6—压力开关 3—定量分配器 4—喷嘴 5—泵 7—压缩开关
8—电磁阀 9—时间继电器 10—压力表

2. 高速进给系统

高速进给系统是高速数控机床的关键部件之一。目前,对高速机床进给系统的要求包括以下几项:

(1) 高速度 由于高速机床的主轴转速比常规机床的要高得多,并且还有继续上升的趋势,因此,为了保证高速切削的顺利进行和减少空程时间、提高数控加工效率,要求进给系统必须提供足够高的进给速度。目前,高速机床对进给速度的基本要求为 60m/min ,特殊情况可达到 120m/min ,甚至更高。

(2) 高加速度 由于大多数高速机床加工零件的工作行程范围只有几十毫米到几百毫米,如果不能提供很大的加速度来保证在瞬间达到高速和在高速行程中瞬间准停,高速度是没有意义的,因此,对高速机床进给运动的加速度也提出了很高的要求。目前,一般高速机床要求进给加速度为 $(1\sim 2)g$,某些高速机床要求加速度达到 $(2\sim 10)g$ 。

(3) 高精度 精度是机床的关键指标,高速机床对精度的要求尤为突出。在高速运动情况下,进给驱动系统的动态性能对机床加工精度的影响很大,在设计高速机床进给系统时必须予以充分重视。此外,随着进给系统的不断提高,各坐标轴的跟踪误差对合成轨迹精度的影响将变得越来越突出,因此在开发新型高速