



对于喷油嘴体和针阀体的磨削，无锡机床可提供解决方案。

——无锡机床股份有限公司 副总工程师蔡英

高精度数控中孔座面磨床

□ 无锡机床股份有限公司/ 蔡英

喷油嘴磨削难点

在柴油机高压共轨系统零部件中包含了多对精密偶件，这些精密偶件在高温高压条件下工作，开启时要在毫秒级的时间内准确定时定量的向发动机燃烧室喷油，保证发动机燃油的充分燃烧，以满足发动机高效低排放的性能要求。关闭时要将200MPa左右的高压燃油密封，因此燃油系统零件需要极高的几何精度，使组合起来的偶件有良好的滑动性和密封性。以图1喷油嘴偶件为例：这对偶件包括喷油嘴体和针阀两个零件。

对于针阀体而言，主要是磨端面、中孔和锥面三个部位，磨削的难点是：

(1) 磨削精度高，中孔圆度 $0.5\mu\text{m}$ ，圆柱度 $1\mu\text{m}$ ，锥面圆度

$0.5\mu\text{m}$ ，锥面对中孔轴线的跳动 $\leq 3\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $R_a \leq 0.05\mu\text{m}$ 。由于孔径小而深，这对机床的结构有很高的要求，这对机床的进给系统定位精度，重复定位精度都是很大的挑战，同时为保证磨削需要的线速度还要有100 000r/min以上的高速高精度电主轴。

(2) 小锥面位于孔的底端，磨削时砂轮的接杆需要很强的刚性和高转速状态下极好的动平衡，同时还要中孔出水冷却，因此砂轮接杆的设计与研制也是重要的难题之一。

(3) 磨削这样的小锥面需要X、Y滑台作直线插补以获得 60° 的锥角，这就要求滑台的进给精度和稳定性好，保证磨削后锥角母线的直线度和角度的准确性，从而保证偶件在配副后，内外锥角形成的密封凡尔线直径的精确稳定，这是影响喷油量和喷油时刻的重要参数。

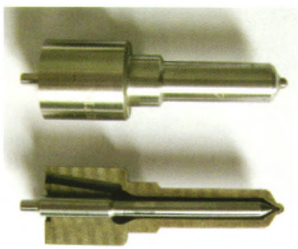


图1 喷油嘴偶件

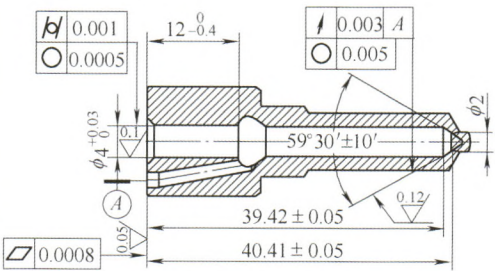


图2 喷油嘴体

(4) 磨削高要求的小直径中孔和锥面，要有一定的切削力，同时又要保证高的表面粗糙度要求，砂轮的选用和磨削参数的优化也很关键，需要做大量的工艺试验。

(5) 针阀体端面的磨削，也是难点之一。端面平面度 $\leq 0.9\mu\text{m}$ ；表面粗糙度 $R_a\leq 0.05\mu\text{m}$ ；这也是个具有挑战意义的指标。实际使用中平面要保证密封就需要在此平面度精度范围内略带内凹，在产品装配后形成一种线密封状态。所以这道工序对机床的精度，砂轮主轴的精度以及砂轮的选用都极高的要求。

关键设备

在高压共轨系统中有多对类似的偶件，按功能分需要以下几种磨床：

(1) 高精度数控外圆磨床，磨削精度要求是微米级，除了磨外圆，砂轮头架还要带B轴，可以磨削针阀的锥面，同时还要具备配磨功能。

(2) 高精度中孔内圆磨床，磨削精度也是微米级，要有数十万转的电主轴，高精度夹头，高精度高分辨率直线滑台，同时选配相应的砂轮、砂轮杆和定位夹紧装置。

(3) 高精度端面和内凹端面磨床。用于密封平面的超精磨削，加工精度也是微米级，加工过程中除了要控制进给速度外，还要控制加工压力以获得极高的表面粗糙度。

高端数控装备国产化进程与用户的长期应用有很大的关联。通过数控机床专项的实施，我国在高端数控机床、关键功能部件等方面取

得了长足的进步，样机精度指标与国际同类产品相当，但功能的稳定性、可靠性方面与国外同类机床还有一定的差距，这就需要高端客户的长期应用支持，才能得到持续改进。

高精度数控中孔座面磨床特点

无锡机床研发的精密数控中孔座面磨床是面向电控共轨柴油喷射系统关键零部件精加工技术需求开发研制的高端数控磨床。该机床可实现工件一次装夹完成中孔、端面、座面的复合精密加工，降低了重复装夹误差，提高了零件加工精度和效率。如图3所示。

本项目实施过程中取得了多项技术突破，有些技术还是首次在项目产品上应用，效果非常明显。

(1) 全闭式静压导轨与直线电动机组合的高刚性进给装置设计制造技术，具有传动效率高、响应灵敏、定位精度高、运动精度高、承载能力大、吸振性好、运动平稳等特点。但零件制造精度高，装配调整技术难度大，通过本项目的实施，在高精度静压导轨制造、直线电动机驱动、装配工艺等技术方面取得了较大进展，为技术的升级换代打下了良好的基础。导轨装配过程如图4所示。

(2) 高速电主轴（见图5）是中孔座面磨床的关键功能部件，要实现高精度深孔的精密加工，必须采用100 000r/min左右的高速专用电主轴。本项目根据针阀体的加工特点，开发了120 000r/min中空出水的高速高频电主轴，重点突破了陶瓷球轴承及其油气润滑、超高速

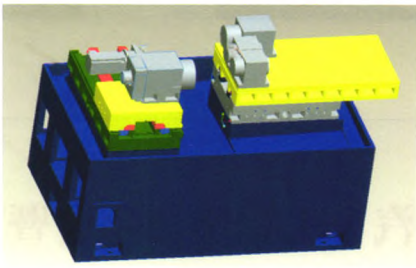


图3 中孔座面磨床



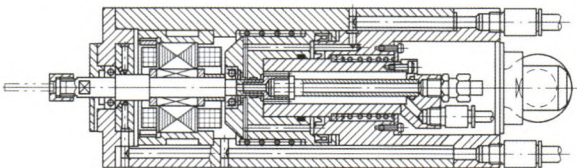
图4 导轨装配过程



(a) 电主轴



(b) 中孔高压出水试验



(c) 电主轴结构

图5 电主轴

内置电动机与变频调速、砂轮中心孔专用喷射冷却系统与气体密封、高频电动机水冷却系统等关键技术，实现了细长深孔的精密磨削。

重大收获

首先，通过国家科技专项的引导，无锡机床的高端数控磨床技术取得重大进展。这次针对电控共轨喷射系统关键零部件精密加工要求研发的高精密数控中孔座面磨床，突破了120 000r/min高速电主轴、全向闭式静压导轨、直线驱动等设计制造技术，研发的装备与国外同类产品水平相当，不仅有效地替代了国外产品的进口，同时提高了我国机床行业的制造水平。



其次，企业研发创新能力得到全面提升。产品研发不再采用传统的类比法、模拟仿制法，取而代之的是产学研用联合攻关，机床整机动、热态特性分析、刚度设计、温度场分析等现代设计技术贯穿产品研发全过程，同时完善了企业科研试验、检测条件，购置的研发仪器可实现社会共享，提高了社会化协作能力。

第三，通过国家科技专项的实施，提高了企业科技项目的管理能力。以往企业更多地专注于市场用户，用户要什么，我做什么。对研发项目的立项、实施、人才、财务等方面的管理缺乏，项目研发过程设计成本概念全无。而04专项的实施过程，让研发人员充分了解研发成本、研发节点、过程控制的重要性，提高了企业科技项目的管理能力。**AME**

2014中国汽车工程学会年会暨展览会在沪举行

2014年10月22日，以“面向未来的汽车与交通”为主题的2014中国汽车工程学会年会暨展览会在上海汽车会展中心开幕。国内外1500多名知名汽车零部件企业代表、科研院所学者和专家到会演讲交流。

中国汽车工程学会常务理事付于武在致辞中说：“当前以互联网为代表的信息技术作为主要推动力量，与新型的制造技术、可再生能源技术、生物技术等交叉融合、深度渗透，全球技术创新渐趋活跃，新技术、新产业、新业态、新模式层出不穷，呈现出新技术多点突破、融合互动的趋势。受这些因素影响，汽车产业也发生着颠覆性的转变，汽车整车企业与零部件生产企业之间的关系、大企业与中小企业的关系等都将随之变化。新技术的发展、新思维的出现，为越来越多的传统汽车产业外的企业进入汽车产业提供新的机遇和条件，汽车产业与其他产业间的既有界限也将被模糊化。”

当天，中国汽车工业界唯一科技大奖“中国汽车工业科学技术奖”同

时揭晓。中国第一汽车集团公司完成的红旗高级轿车系列产品自主研发与技术创新项目，与吉林大学、重庆长安汽车、广州汽车、东风汽车分别获得特等奖和一等奖。

此次年会为期3天，将采用高层访谈、全体大会、专题分会、技术展示等多种形式展开，并为国内外整车、零部件及制造设备企业开辟专属平台，用于展示全球前沿的节能环保汽车、发动机、变速器及汽车电子等产业链技术成果。

（详细报道请见2014年12期）