齿轮制造技术创新及发展趋势思考与建议

扫码了解更多

宁夏天地奔牛实业集团有限公司　（石嘴山　753001）　乔燕芳

摘要：分别从齿轮制造技术总体发展趋势、国内齿轮制造技术及创新的发展状况等方面分析目前齿轮生产制造状况，最后对国内齿轮制造技术的发展提出了建议。



正高级工程师　乔燕芳

1.齿轮制造技术总体发展趋势

自20世纪80年代以来，随着一大批先进的制造技术和计算机技术广泛应用，我国的齿轮制造技术取得了突飞猛进的发展，一些技术达到甚至超过了发达国家的水平。从近两年来各地举办的国际机床展览、数控机床展览及工博会等各种专业展会及其他渠道获得的信息来看，现代齿轮制造技术及设备呈现出以下发展趋势和特点：

（1）数控化和高精度。无论是圆柱齿轮还是圆锥齿轮，目前所有的加工设备都实现了CNC控制和各轴联动的高度数控化，大质数齿轮加工已经不再是难题；同时，齿轮制造精度不断提高，一些低速重载硬齿面齿轮制造精度达到了国际标准5级。无论是软齿面、中硬齿面还是硬齿面齿轮，设备的数控化和产品的高精度几乎是整个齿轮制造行业不断追求的目标。

（2）高速高效。随着齿轮加工刀具材料及性能的提高，齿轮加工设备的高速、高效切削得到了飞速发展，且技术趋于成熟。传统的齿轮滚齿机逐步被主轴转速达到5 500r/min、工作台转速达800r/m的高效滚齿机取代，磨齿机大功率主轴系统使机床可使用直径和长度均较大的砂轮进行磨削，高效率的齿轮成形磨削技术已全面替代了展成磨削，基本消除了磨削裂纹缺陷，极大地提高了齿轮磨削品质。

（3）运动复合。由于一些多品种、小批量精密齿轮制造业务的需求，一些高精度的复合加工设备应运而生，其特点是在1台设备上或1次装夹中就可以完成齿轮的外形车、铣加工和齿形的加工以及其他多道工序，不但提高齿轮的加工效率，更重要的是避免了多次装夹造成的人为误差，从而提高了齿轮精度。通过这种高精度的复合机床实现了高品质人字齿轮无退刀槽的技术创新。

（4）智能制造技术飞速发展。随着“工业4.0”概念的提出及“中国制造2025”的重大决策和部署，智能制造、智能检测及机器人智能化已成为国内外制造业新的时代趋势。

2. 国内齿轮制造技术及创新的发展状况

尽管目前国内齿轮制造技术及设备取得了不菲的创新业绩，但是在国内一些有实力的制造企业生产现场，看到的几乎是清一色的进口设备，尤其是一些高精尖的制造技术，很难看到国产设备的身影。例如，齿轮制造技术含金量最高的磨齿和圆锥齿轮制齿技术方面，以德国Hofler公司为代表的圆柱磨齿技术和Klingelnberg公司的螺旋锥齿轮加工技术、美国的Gleason渐缩齿加工技术仍然占据了国内齿轮

制造领域的大部分江山，Hofler磨齿机、Klingelnberg切齿机及Gleason铣齿机几乎成为重载齿轮、汽车齿轮等行业的标配技术，一台进口设备动辄几千万元对许多企业来说只是一件奢侈品，先进的齿轮加工品质和稳定的设备性能使得拥有进口设备的数量成为国内企业对外宣传引以为豪的实力。这也从一个侧面证实了国内外齿轮尖端制造技术及制造设备的差距所在。

令人欣喜的是，从2005年底到现在，国内以曾韬教授为学术带头人的科研团队和中大创远公司等单位破解了国外齿轮设计理论，在螺旋锥齿轮数字化生产技术方面取得了重大突破。自主研发的螺旋锥齿轮专家系统包括设计计算软件、齿坯分析、切齿调整软件、测量中心、磨刀系统及齿面反调系统等，形成一个智能制造的闭环系统。他们生产的高端数控锥齿轮铣齿机（见图1）能够同时加工Gleason和Klingelnberg（见图2）两种齿制的产品，在CIMT2017国际机床展览会上，现场演示采用干切削方式生产一件模数m_n=10的锥齿轮产品，仅5min时间就完成了加工。机床的某些性能甚至超越了德国产品。

但是，国内能够取得如此创新成绩的企业依然是凤毛麟角。而且，国产螺旋锥齿轮制造设备在切齿刀盘研发质量上还需要进一步完善改进，虽然切齿效率达到赶超进口的水平，但机床配备的英寸制刀盘还沿用Gleason技术，与Klingelnberg切齿刀盘相比，存在的缺点是刀盘的通用性差，现场切齿调整工艺复杂。同时由于原理不同，加工出的齿轮产品不能与国外设备加工的同一产品互换，动摇了一些已配备国外同类机床用户的采购决心，市场竞争力还需要加强。

3. 对国内齿轮制造技术发展的建议

作为一名从业20多年的齿轮制造技术人员，笔者认为，国内的齿轮制造技术除了要在高性能、高精度及智能制造方面紧跟世界前沿技术，还应考虑国内的国情，从企业实际需求出发，在磨齿机、螺旋锥齿轮制齿技术、检测技术和设备等方面攻克技术难题，彻底打破国外企业在中国一枝独秀的局面，变跟跑为领跑，提高高端设备的国产化率。

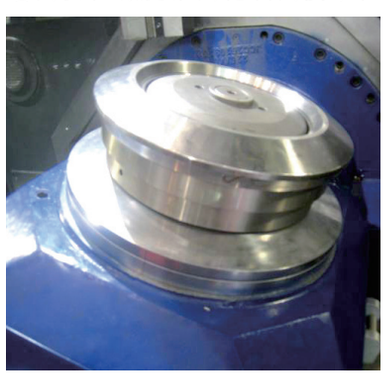




图1　国产数控锥齿轮铣齿机刀盘及齿轮装夹方式

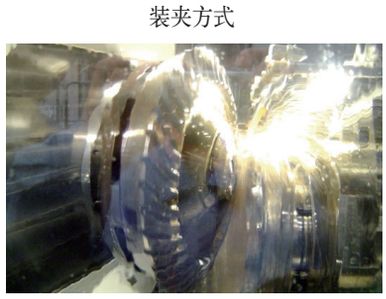


图2　Klingelnberg切齿机加工过程

据了解，国内的许多工程机械及重载设备领域，圆柱内齿轮的制造品质及效率一直是制约产品品质和效率的瓶颈。以笔者所在企业为例，大量的内齿轮制造需要传统的插齿技术实现。效率低、刀具成本高，部分产品因热处理变形的制约，精度受到限制且不稳定。制约了企业产品质量的进一步提升。广大企业迫切需要一种先进、高效的创新技术替代传统的插齿技术。目前，国内市场上已经出现了一些创新性的内齿铣齿、车齿技术，且刀具也已经实现了国产化，但是机床规格不全，只是考虑到了汽车齿轮等大批量生产领域，多品种、小批量生产的其他行业仍然无法实现效率和制造品质的全面提升。

车齿（又叫刮齿）工艺早在20世纪初就已经实现，Wilhelm von Pittler在1910年就已经注册了这项专利，但是该技术由于对机床控制和切削刀具具有非常高的要求，使得这项本身展现了生产力和灵活性的先进工艺在那个时代并不具有可行性。随着切削材料及涂层技术、机床设计及控制技术的不断提升，使得车齿工艺成为现代齿轮加工中一个有趣的替代工艺。可以湿式及干式条件下制造，环保高效。目前，国内的秦川机床集团等单位研发的车齿机（见图3），与同类型的插齿机相比，效率能够达到4～8倍甚至10倍的提高，且可以消除热处理变形对制造精度的影响。相信在





图 3　秦川机床集团生产的车齿机

不久的将来，这项创新性的先进工艺必将全面替代传统的插齿技术成为内齿加工及双联齿轮加工领域的新宠。

4. 结语

国内的齿轮制造技术及创新能力与德、日、美等发达国家相比，未来还有很长的一段路要走，相信在不久的将来，中国人一定能用自己的智慧，在世界齿轮制造尖端技术领域，赢得该有的世界地位。广大的企业技术人员，也期盼着能早一天用我们自己的国产设备，制造出一流品质的产品。

参考文献：

[1] 杨灿辉. 齿轮加工机床的绿色设计与制造技术 [J]. 现代制造技术与装备，2017（8）：83-84.

[2] 邓效忠，郭建松. 适合中国国情的等高齿锥齿轮制造技术 [J]. 汽车工艺师，2011（9）：62-63.

[3] 田沙，赵鹏举. 高精度硬齿面齿轮制造技术发展趋势 [C]. 数控机床与自动化技术专家论坛. 2013.

[4] 李少鹏，杜庆. 论齿轮加工精度提升措施探析 [J]. 工业，2017（2）：0252-00252.

MW（收稿日期：20180110）



◆广告 查询编号：1810