

突破国产机床发展瓶颈

■ 西安交通大学教授 赵万华

编者按：2015年11月26～27日，“第28届中国机床工具行业发展论坛暨2016年运营形势研讨会”在重庆永川举行，本文根据郑万华在会议上的主题报告录音整理而成。



“熬”和“恒心”，国内机床企业崛起的两大要诀

2015年5月19日，国务院正式印发了《中国制造2025》，并明确提出优先发展的十大重点领域。其中，智能机床、智能装备、3D打印及机器人等方面均有涉猎。近两年的国际大形势下，中低端的机床市场下滑很多，但是高端市场在增长。这说明机床市场还是有很大的需求空间，我们的衣食住行、国防、军工及安全等领域都离不开制造业。

然而我们需要思考的是，为什么机床的高端市场在增长，但

这些国内市场却被很多外企所占领？我们自己的机床企业为什么竞争不过外企？

近年来，我国开始在某些方面限制进口，引导高端用户使用国产机床，这样政策的出台给国内机床企业带来了机遇。我们该如何抓住机遇，在机床领域有所进展和突破？就是要有耐心，即一个“熬”字，还要有恒心。面对竞争压力，我国很多机床企业计划要走转型升级之路，升级应是企业生存永远的追求，但是转型一定要慎重，一定要经过充分的论证。

弥补差距，机械、伺服和数控系统必须统筹兼顾

机床是随着其功能和性能的提升而发展的，伴随着的是其动力技术的进步或革新。从古代手摇动力的机床，到现在广泛使用的伺服电动机数控机床，动力技术决定了机床的功能和性能。在伺服电动机出现之前，机床基本上都是单独进给的。如果要加工复杂一些的零部件，基本上要靠复杂的传统机构来实现简单的

联动，最典型的是齿轮加工的专机。数控机床诞生后，可以实现简单的刀具通过联动运动加工出复杂的部件，因为其采用的动力是伺服。从单一的数控机床，逐步发展到加工中心，再发展到铣车、铣磨等复合机床，是一种技术发展的必然。这是因为机床的发展不停在追求质量和效率，而有关研究也集中在如何解决这两者之间的矛盾，例如，在复合机床中经常提及的增减材复合成形制造，就是为了解决精度和效率之间的矛盾。

国产数控机床与进口数控机床的差距主要体现在功能和性能上，其中精度保持性及可靠性的差距很大，其最大问题是与进口机床“形”似“神”不似。

“形”一般是指机床的结构布局和基本性能指标，如静刚度、几何精度、定位与重复定位精度及轴数等。而“神”指的是什么？高档数控机床的“高档”体现在高速和多轴联动层面上，其“神”是多方面的，从精度层面理解，主要是联动精度、运动下的联动精度和有切削力干扰时运

动下的联动精度。

(1) 在整机的结构布局方面,国内机床的整体机械结构与国外差距不大,但在关键的功能部件方面有短板,如高速主轴、转摆头及转摆台等。例如,两个轴耦合不仅有运动的几何约束,其结构之间的耦合也会导致运动之间的耦合,在设计和制造机床时如何解决这些结构和运动的耦合问题,是需要仔细思考的。

再举一个例子,对于导轨滑块和工作台面的接触状况,基本上都是用单惯量和双惯量的PID控制其机械直线运动,在低速和精度要求不高的情况下是没有问题的,但是各轴在联动的时候,其单惯量和双惯量不能够完全表征运动下的精度,这就需要在结构设计上考虑。

再比如,五轴机床的转摆台是常用的“3+2”结构的功能部件。通过对台湾地区典型结构的转摆台做性能测试,发现其在一个方向回转时,另外一个方向的回转特性在变化,转摆头在不同位置时其响应特性也在发生变化,这就造成实际加工时参数稳定域的变化。

以上提到的这些问题如果不加注意,都会直接影响到零件加工的一致性,造成产品质量缺陷,这就要求在机床结构设计、装备和使用时一定要对这些因素综合考虑。

(2) 再来看伺服环节。额定功率、转速及转矩等都是伺服电动机十分重要的静态参数。对于伺服参数的调试,在数控机床里不应该把电动机简单看成一个线性能量的转换器或放大器,这里

存在谐波的作用,也存在机电的耦合,这种机电的耦合会导致运动过程发生变化。

力矩电动机存在耦合,由于其转子存在于回转部件,所以回转的精度直接影响到动子和定子的工作状态,这种耦合会使电动机自身的谐波成分又复加出更多的谐波,其作用于传动系统,就会引起运动的波动。

直线电动机在高速机床上应用广泛,但是直线电动机本身也有谐波成分,直接作用到单轴的直线和回转运动,会引起运动精度的下降,在联动的时候需要特别注意。直线电动机如果设计、安装不合适,会存在诸多因素导致机电耦合,而其在原来电动机本身性能的基础上,复加各种谐波成分,这种谐波成分会作用到直线机构上。因为直线电动机没有传动系统,所以切削力的扰动是直接的。这就是为什么在调试完毕后加工不同工件时精度仍然会相差很多。

因此,在设计、选用及使用伺服电动机时,要注意考虑谐波成分的作用,合理地选择和制定伺服参数,以抑制谐波效应。

(3) 数控系统是实现联动的关键。机床从单轴发展到多轴,实际上就是在伺服电动机的基础上实现联动。通过联动,才能通过简单工具形成复杂曲面。但是目前,我们缺乏对联动精度定义、测试和评价的系统,对于联动的理解还有待于进一步加强。

如上文所述,在切削过程中,机床在联动时会有切削力的扰动。多轴联动数控机床是通过联动的控制来形成复杂的轮

廓,获得复杂的曲面,但是对于联动过程,除了机械特性、伺服特性外,还要考虑切削力的连续扰动,这就必然涉及伺服控制。在加工不同零件、不同位置时,整个传动系统的机械特性是变化的。要认清机床在实际加工时的变化,不仅要有几何约束的插补,还应知道基于机械特性和运动精度的路径规划或者做一些补偿。例如,如果两轴在低速情况下或一级带宽范围内联动加工一个圆,其协调性会非常好;但如果这两个轴在联动的时候,一个轴的特性发生了变化或是冲出了一级带宽范围,其联动出来的圆必然存在缺陷,这就要从伺服控制上想办法。

再如,在五轴机床上应用很多的转摆头,其机械运动的变化造成了稳定阈的变化,进而影响加工质量。可以通过使用修整参数或自适应的切削参数,克服、避开共振点,以获得好的表面质量。在控制方式上,在机床使用的过程中要注意上述这些特性。

对于高档数控机床,可以理解为:机床+切削=合格零件。这里只有机床肯定不行,机械、伺服和系统一定要统筹考虑,在切削过程中要做到工序规划、路径规划和参数优化,最终才可获得合格零件。

校企合作,国内机床企业发展壮大的内在动力

校企合作已在国内倡导多年,想必大家并不陌生。很多国外优秀机床企业的快速发展也是和其与重点研究所、高校的紧密合作是分不开的。但是我国校企

合作的效果不是很好，企业是生产面向市场的各类产品，高校是做学术研究，如何找到两者的结合点？

应该从技术层面入手，如机械特性的各种变化、电动机的各种谐波成分及加工过程中的耦合轴力等，都只有研究透彻才能形成保证机床设计制造及使用过程中性能的工具软件或工艺规范，这些内容适合高校来做。

对于校企合作，寻找技术层面的结合点是关键。不仅高校持续开展有用的学术研究是必要的，校企之间相互信任也很重要，然后是开展深度持续的合作。在近几年的校企合作中，一些高校已取得多项专利，搭建了



很好的整机试验台、各类功能部件的性能测试试验台和各种机床关键性能指标的测试仪器。

结语

智能机床、智能加工、智能生产线和智能工厂是技术提升的必然趋势，因为在追求质量的同时，一定是追求效率，减轻工人的劳动强度。如何做到这一点？

就是要打好基础、踏实积累、专心做事。另外，伺服、系统和进给电动机必须实现国产自主，才可打破国外的捆绑式销售。高端制造的核心技术只能靠自主研发，要实现这一点，机械、伺服、数控系统和加工工艺必须要统筹考虑，校企合作必然需要进一步加强。MW

(收稿日期：20151231)

祝邦® 北京祝邦新技术研究所 (高新技术企业)

替代汽油、柴油高效清洗机械零件

金属材料零件用水基清洗剂试验方法依据权威部门HB-5227-82部颁标准检测分为4级(0、1、2、3)，0级最优。本所清洗剂被评为0级。

特征：

- 弱碱性、不伤皮肤，不加温清洗机械零件重油污。
- 除污能力强：本品1公斤加40-200倍清水搅匀，相当40公升汽油的除污能力。
- 无污染，连续使用勿需排放，不足可补充

实例：

- 清洗机床、汽车、拖拉机零件油污。
- 清洗采油钻井平台以及沙滩原油。
- 清洗航空发动机涡轮叶片燃烧残存油污。
- 清洗运输原油罐车阀门。
- 清洗石油天然气设备及家用抽油烟机黏油，洁净不粘手。



金属填补胶

早在上世纪70年代中期国家有关部门为降低我国铸件废品率确定金属填补胶研制项目，由本所所长刘俊邦高工（国家有突出贡献专家、北京市劳动模范、市科技先进工作者）课题组承担，1981年曾参加联合国在波兰召开的金属填补胶技术交流会，经多年的研制与应用实践，于1983年获得成功，并获部级科研成果奖。这一实用技术经多年广泛应用，形成ZB200金属填补胶系列产品。主要用于修补金属铸件的砂眼、气孔铸造缺陷；修复机床导轨划伤及汽车缸盖缺陷和缸体裂纹；修复水泵壳体、气轮机密封环的穴蚀；修补金属容器、管道、水暖器材的跑冒滴漏。该胶室温操作无需加热，固化后粘接牢固，可高温125℃~200℃使用，修补处软硬适度，耐磨、减摩性好，并可进行车、铣、刨、磨、锉、钻孔套扣等切削加工。

化锈防锈液

本品系酸性溶液，是去除金属锈斑专用清洗剂。其突出特点：

- 去除金属锈斑彻底，除锈能力强。除锈后的金属表面形成磷化钝化保护膜，不易生锈。
- 对钢材不产生氢脆，无过腐蚀现象。
- 可用浸泡、涂刷、喷等方式除锈，操作简便。
- 废液易处理，可连续使用，无毒不燃，不污染环境，接触皮肤无伤害，使用安全。

◆广告 查询编号：1948

地址：北京市西城区育新街清芷园10A-301 (100054)
电话：010-83502255、83502521

http://www.bjzhubang.com E-mail: zb-llc@sohu.com
联系人：刘立晨 手机：13801024443