

刀具

向加工要效益

隶属于中国航天科技集团公司第五研究院的北京卫星制造厂，创建于1958年，是中国第一颗人造地球卫星“东方红一号”和中国第一艘飞船“神舟一号”的诞生地。经过多年的努力，北京卫星制造厂已经发展成为专门从事航天器制造的国有大型企业，掌握国内领先的大型金属结构数控加工、精密加工、复合材料结构制造、大型薄壁金属结构焊接及管路焊接、表面涂层、无损检测和星上二次电源研制、机电一体化产品研制和电子装联等具有鲜明航天特色的核心技术。

文 | 瓦尔特（无锡）有限公司

“十五”期间，不少军工企业引进了大量高档数控机床，但由于当时工艺技术落后，基础技术及配套和管理跟不上，部分企业的数控设备使用效率不高，严重制约了高速机床性能的发挥。为了提高高速机床的加工效率和利用率，国防科工委在国防基础科研计

划中安排了高效切削工艺技术专项，开展技术攻关和示范应用，并在全行业开展国防科技工业千台数控机床增效工程，全面推广应用先进数控技术和数字化集成制造技术。北京卫星制造厂（以下简称卫星厂）作为航天科技集团的技术支持单位，率先开展这项工作，通过优化

切削工艺向加工要效益，收到了很好的成效。

可转位刀具助力增效降本

在铝合金工件的粗加工中，卫星厂使用可转位刀具替代传统的硬质合金刀具，实现了效率和成本的双赢。可转位刀具在提高铝合金工件粗加工到半精加工的效率方面发挥了重要作用。可转位刀具设计精巧，加工中刀具发生磨损时只需更换刀片而无需从机床上拆卸刀体，从而大大缩短了机床的停机时间。卫星厂机电产品事业部副部长张加波从事机加工多年，他对此感受颇深：以前，卫星厂使用硬质合金刀具加工型腔类零件，刀具磨损严重，且需要经常更换刀具进行修磨。不仅如此，完成一个型腔的加工至少要30 min的时间。而采用瓦尔特的可转位刀具后，一个型腔的加工只需5 min就可完成，而且刀具成本也显著下降。例如，加工航天器上的陀螺支架，需要在一个长方体的铝合金材料上加工出多个繁杂的腔体，材料去除率高达80%~90%。采用硬质合金刀具加工该工件时，刀具的长径比大（ >10 ），工艺系统刚性差，刀具易产生振动，加工效率



图1 创建于1958年的北京卫星制造厂，是中国第一颗人造地球卫星“东方红一号”和中国第一艘飞船“神舟一号”的诞生地



图2 北京卫星制造厂机电产品事业部副部长张加波

低下，加工一个工件需要2周的时间。采用瓦尔特的可转位刀具后，卫星厂对工艺路径进行了优化，现在5~6天就可完成一个工件的加工。

可转位刀具的刀体寿命极长，分摊到单个工件上的加工成本可忽略不计，且更换刀片的成本比修磨焊接刀具的成本低得多，因此，使用成本低于传统的硬质合金刀具。此外，涂层刀片的磨损非常小，互换性强，存在可优化空间。

经济的高精、高效车削加工

航天器中的大量机构关节类零件的加工精度要求极高，达到 $2\sim 3\mu\text{m}$ 。为确保这些轴、盘类回转体零件的加工精度，卫星厂在先进的肖不林车床上采用硬质合金刀具进行加工。实践证明，万能的刀具是不存在的。最初，卫星厂为了方便刀具管理，在车削加工中也全部使用硬质合金刀具。由于车刀的刀片角度并不是真正意义上的“尖”，而是带有一定的弧度，且这个弧度在刀具的修磨过程中非常难以控制，尽管北京卫星厂拥有自己的刀具修磨车间，但车刀的使用成本仍然一直居高不下。为此，卫星厂决定尝试进行改变，选用一种更为经济的加工方式。

更长的刀具寿命、流畅的切屑排除和更短的加工时间是车削加工中十分重要的指标。经过对多家产品的综合比较后，卫星厂决定采用“肖不林车床+瓦尔特车刀”的组合，加工这些轴、盘类回转体零件。实践证明，瓦尔特在车削加工方面的优势十分突出，其车刀产品性能优异，具有很好的性价比。同时，瓦尔特的车削专家还帮助北京卫星厂规划并优化了整个加工流程，找出薄弱环节，从而提升了肖不林机床的加工能力。

非标刀具解决加工瓶颈

品质高、精度高、批量小及加工难度大，是航天器零件的典型特征。如果加工过程中出现质量问题，那么整个工件都将报废，从而影响到航天器的制造周期和成本。此外，航天器上的很多部件形状独特，结构复杂，普通标准刀具无法满足加工要求，只能采用特制的非标刀具。例如，在航天器舱体的组合加工中需要将刀具伸到工件背面进行加工，这是普通刀具无法实现的。为了解决这一瓶颈问题，卫星厂采用了由刀具制造商瓦尔特生产的T型槽铣刀。Protostar N12系列T型槽铣刀由优质高速钢制成，可用于T型槽成型铣削，也可以用来反铣工件背侧平面，实现普通铣刀无法满足的应用需求。该刀具的特点是设计精

巧，稳定性好，加工精度高，能够满足使用要求，且交货速度快。

在实际生产中，因加工导致尺寸超差的质量问题一直是困扰提高加工效率的关键问题，这也是很多生产企业引进欧洲先进机床却达不到预期效能，成本居高不下、生产效率上不去的主要原因。对此，南京航空航天大学机电学院李亮教授的观点十分明确，先进刀具技术的应用一定要建立在实际使用的基础上，不能照搬国外的经验。而非标刀具必须根据实际应用情况为用户定制，这对刀具供应商提出了更高的要求，必须有一支专业化的销售和技术服务团队进行支持。目前，卫星厂使用的刀具中非标定制的比例高达30%~40%。因此，在选择刀具供应商时卫星厂十分慎重，可靠的产品固然重要，而可靠的服务和技术支持也是必须的。

工欲善其事，必先利其器

在机加工过程中，刀具的选择和参数的确定十分重要，决定了机床设备的加工性能和加工效率。无论机床设备多么先进，如果没有先进适用的刀具支持，那么其优异性能也是无法正常发挥出来的。

以卫星制造厂的经验来看，虽然机床的更新换代周期很长，但切削技术的革新却在日新月异，这对提升机加工的效率和质量具有重大意义。刀具的选用需要结合实际加工情况，先进适用的刀具加上合理的加工参数，才能最大限度地发挥高速机床的性能，降低加工成本。此外，生产一线的技术人员也需要不断进行知识更新，以及对现有的加工方式及使用刀具进行调整。

在为用户提供刀具产品的同时，瓦尔特更加关注如何让用户更好地应用其刀具提高生产效率。正如张加波副部长所谈及的，每个优秀的刀具品牌都有着自己的特点和特长，生产企业只有根据自身的设备条件和加工要求正确选择和使用刀具，才能获得理想的回报。与瓦尔特的合作，让卫星厂受益匪浅。MM



图3 瓦尔特 Protostar N12 系列T型槽铣刀系列按涂层不同有两大类，无涂层的因比较锋利，适合加工铝合金材料；TiCN涂层的适合加工钢件，可延长刀具寿命