复合加工

车铣复合加工对机加车间交付能力的提升

现阶段，为了满足多品种、小批量和周期短等行业用户复杂化的需求，机加工车间普遍采用车铣复合加工，其在保证加工质量的基础上可提高加工效率。随着近几年智能工厂的兴起，要想实现自动化、无人化生产，采用先进的车铣复合机床与自动化加工技术相辅相成的生产方式，可进一步提升企业竞争力，为用户创造更大价值。

文 | 李亚东 赵利 中航光电科技股份有限公司

当前，车铣复合加工作为机械加工领域中主要的加工工艺，指的是将多种不同的加工工艺整合在一台机床上，兼具车削和铣削等多项功能。该机床可实现一次装夹，对工件的前后端面进行车削与铣削加工，不但可以保证加工质量，而且能够减少加工工序，缩短加工周期，大幅提高加工效率。

近年来，随着中航光电科技股份有限公司（以下简称：中航光电）的不断发展，中航光电的产品类型不断增加，新品及验证件层出不穷，对产品结构和质量的要求也日益提高，交付周期越来越短。

作为机加工车间的管理人员，我们非常关注产品的加工周期和产品质量的稳定性。现阶段，面对多品种、小批量和周期短等实际问题，中航光电一直探寻从多个方面提高产品加工效率，保证产品质量的方法。根据目前的生产现状与产品特点，相比传统的分工序加工，采用车铣复合合并工序加工，只需一道工序就能完成整个加工过程或完成大部分加工内容，加工质量和效率也可以得到显著提升。以下从车铣复合加工的优势特点出发，浅谈车铣复合加工对产品快速交付能力的提升，以及对中航光电发展的影响。

优势特点

为了进一步验证车铣复合加工的优势，我们从车间加工中选取几种具有代表性的加工产品。采用原来的分工序加工，一般都要经过车、铣、仿和钳等工序反复进行，大约需要 7、8 道工序；采用车铣复合加工，只需要一道工序。经过测算，采用车铣复合加工后，工序有所减少，辅助时间也大幅缩短，加工效率提升 50% 以上，交付周期缩短 60% 以上。

在加工某精密壳体上，车铣复合加工的优势尤为明显。精密壳体的工件尺寸较小、结构复杂，且公差要求严格。最初采用分工序加工时，不但加工效率低，而且尺寸经常超差，产品报废率一度达到 30% 以上，准时交付更是无法奢

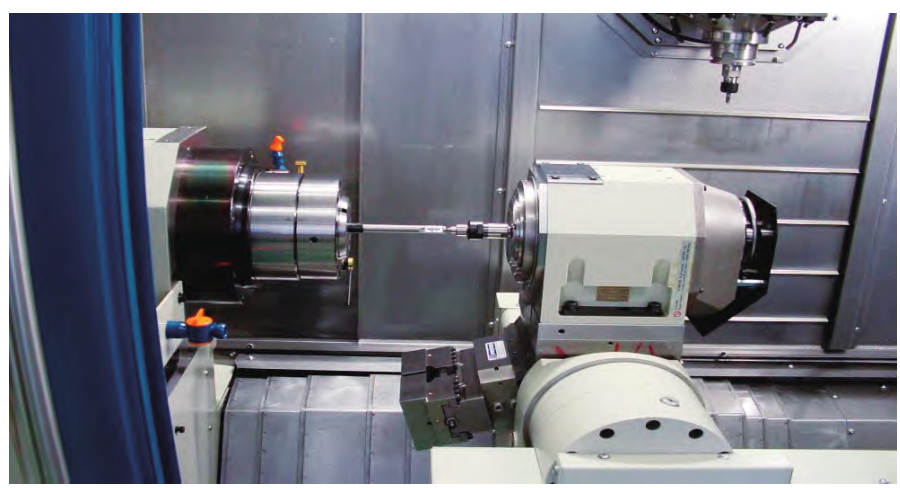
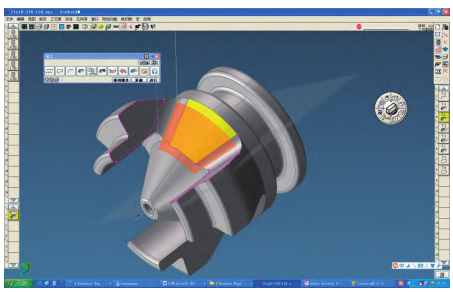


图 1 车铣复合机床



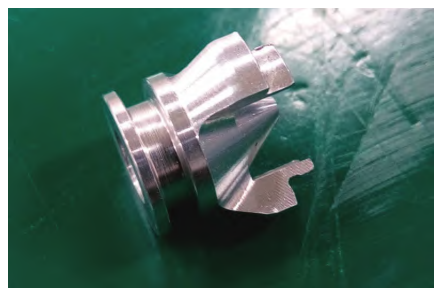


图 2 精密复杂壳体

求。后来改用车铣复合加工之后，新方案使用 EMCO 车铣复合机床一次加工出工件的所有外形和曲面，切断保总长，排除一切装夹和定位误差，工件尺寸完全满足要求，加工时间也减少了 20%。这一实例充分验证了采用车铣复合加工的益处，其是保证加工质量、提高效率的良好途径。

综上所述，车铣复合加工有效提高工艺有效性，零件在整个加工过程中只需一次装夹，不存在额外的装夹定位误差，加工精度高，大幅缩短了生产过程。因此，只需把加工任务交给一台机床，便可简化生产管理和计划调度过程，有效提高生产过程的透明度。无需复杂的生产组织协调，能够迅速解决生产任务。尤其工件越复杂，车铣复合加工相较于传统工序分散的生产方法，优势越明显。

应用现状

中航光电早期应用车铣复合加工的产品是表面带曲线槽，分工序加工效率低，产品质量不稳定，车铣复合的整体功能比较单一，加工能力未得到进一步扩展。

随后，中航光电引进几台 EMCO 车铣复合机床，其带独立 *Y* 轴，可实现四轴联动加工。刀具可以通过整个表面横向移动生成一个真正的表面，加工效果与加工中心相同，同时机床加工精度较高，可以满足精密零件的加工。应用新机床之后，大大拓展了工艺加工能力，很多工件都可以采用带 *Y* 轴车削中心加工，不但可以保证加工质量，而且效率也得到进一步提升。

目前，中航光电在车铣复合加工方面积累了良好的经验，基本解决了加工需求，但是在加工质量和加工效率方面还需要进一步提升。主要原因是采用的车铣复合机床是动力刀塔式车削中心，受机床功能限制，只能加工一些不太复杂的工件，如果工件结构特征复杂，使用刀具较多，加工精度需要再提升一个等级的话，动力刀塔式车铣加工会有很大的局限性，车铣复合应用也需要进一

图 3 动力刀塔式车削中心

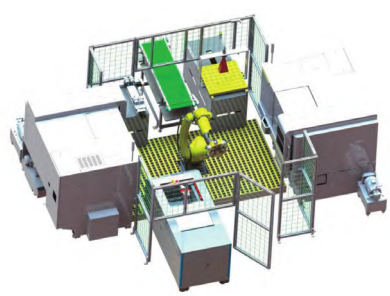


图 4 车铣复合自动化加工单元

步提升。

发展规划

随着近几年智能工厂的兴起，要求机床设备能够实现自动化、无人化生产，同时进一步提高加工质量和加工效率。根据中航光电的产品特点及生产需求，结合自动化和智能化的加工需求，在车铣复合应用方面的发展规划分享几点看法。

首先，进一步提高车铣复合加工的应用范围，将一些目前因机床功能受限分工序加工的产品，都采用车铣复合加工。动力刀塔式车削中心因受刀具数量及加工精度限制，下一步可以考虑引进双刀塔、双主轴车削中心，甚至可以考虑带 *B* 轴的车削中心，进一步提升车铣复合的加工能力，让工艺加工能力再上一个台阶。

其次，车削中心也要考虑自动化与智能化，采用工业机器人上下料，同时配合线边库、AGV 小车、管控软件，以及自动化物流装置，在提升加工能力的同时实现自动化、无人化加工。车铣复合带来的加工能力的提升，配合自动化加工技术，必将带来加工效率及成本的进一步优化，有效提升产品竞争力。

结束语

以上几点是从生产实践中总结的一些个人观点。车铣复合加工的优势有目共睹，而车铣复合加工的拓展应用，也就是后续发展，即：采用更先进的车铣复合机床 + 自动化加工技术。更先进的车铣复合机床代表工艺加工能力的提高，自动化技术代表精益管理思想的提升，二者结合必将进一步提高加工效率，降低生产成本，提升企业竞争力，达到企业与用户共赢的目的。MM