

车铣插磨 新一代复合加工中心 及其应用

New Generation of Machining Center Combined With Turning/Milling/
Broaching/Grinding and Its Application

瑞士宝美技术公司 刘福林



刘福林

瑞士宝美技术 (BUMOTEC) 公司中国区销售总监。毕业于上海交通大学机械工程学院, 曾任大连第二电机厂总工程师办公室工程师, 负责新产品开发、外贸等工作; 后任新大洲摩托车股份有限公司广东区销售经理。

如今, 在航空、航天等高科技行业中, 企业请客户、供应商、小型专家企业和独立承包商参与新产品创新已成为日常工作。企业外部人员提供有助于影响产品开发的洞见, 而企业通常控制创新流程。

现在, 技术使企业能够将创新工作外包给合作的商业伙伴, 从而赋予

瑞士宝美技术 (BUMOTEC) 公司就是为企业高附加值零件产品提供整体解决方案的机床制造商。新一代 S-191 Linear 功能更加强大, 结合了插削和磨削的功能, 并且可以刀具内冷高压 $80 \times 10^6 \text{Pa}$ 进行枪钻深孔加工。宝美这几项高端机床制造技术, 在世界范围内都是比较领先的。

外部企业实质性的控制权——实现本质上的共同创造。通过价值链的分散式创新, 企业可以削减成本, 并通过消除全面控制所造成的瓶颈, 引导产品更快地上市。只有当企业将技术与新的经营方式相结合时, 它们才能创造真正的财富。

瑞士宝美技术 (BUMOTEC) 公司就是为企业高附加值零件产品提供整体解决方案的机床制造商。宝美创立于 20 世纪 60 年代, 直接开始生产数控精密机床, 1997 年瑞士首家成功开发出双主轴双刀塔车铣中心, 双 Y 轴, 八轴数控、各四轴联动; 2002 年推出第一代铣车复合加工中心 S-192FT, 七轴五联动, 一次装夹完成零件所有工序的加工; 2007 年第二代 S-191 Linear 铣车复合加工中心在 CIMT 北京展出, 独特的副主轴可以立卧转换。最近

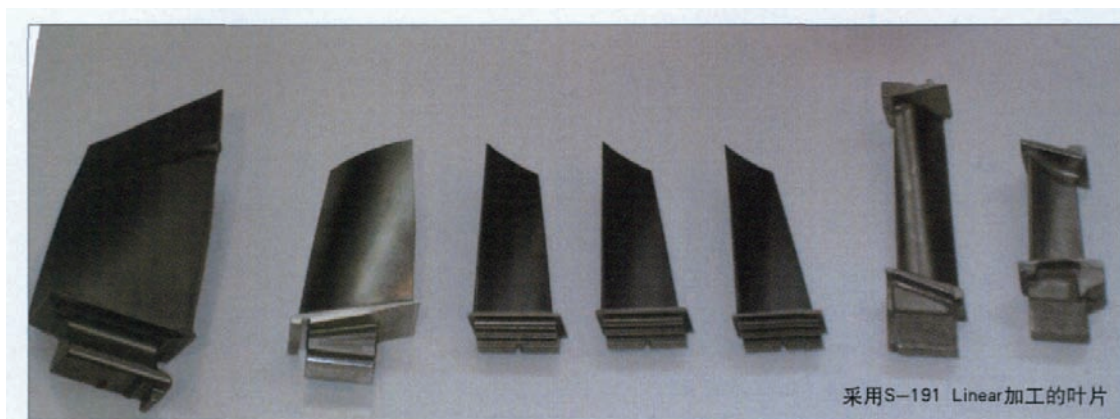
在北京 CIMT2009 最新推出的新一代 S-191 Linear 功能更加强大, 结合了插削和磨削的功能, 并且可以刀具内冷高压 $80 \times 10^6 \text{Pa}$ 进行枪钻深孔加工。宝美这几项高端机床的制造技术, 在世界范围内都是比较领先的。

S-191 Linear 结构布局

通常方形类零件被视为六面体, 有以下 2 种加工方法:

一是零件的五面加工, 是指除底面为安装定位面外, 其余 5 个面能进行全自动加工。箱体类零件就是一个典型例子, 如汽车的缸体、缸盖以及机床的主轴箱、进给箱等等, 铣头立/卧转换的卧式加工中心以及可换铣头的龙门式加工中心是这类零件理想的工艺装备。

二是零件的六面体加工, 即指零



2h,对零件精度的影响也是微乎其微的,而滚珠丝杠驱动的设备就会有较明显的精度漂移。3根旋转轴都是扭矩马达直接驱动的,精度更高,尺寸稳定性更好,反应速度更快,而且消除了反

件经2次装夹后,其6个面都可自动加工下来。为了更简洁地予以说明,特以S-191 Linear车、铣、插、磨复合加工中心为例进行阐述。

这款机床主要用于复杂异形件的精密加工,其应用领域为军工、航空航天、医疗器械等,尤其值得一提的是其加工航空航天等国防工业关键件的能力。但因为这些零件精密复杂的形状和特殊的材质,使其加工具有一定难度。而如果有了六面体车铣插磨复合加工中心,这些难题就能迎刃而解了。

这是一款用于加工棒料六面体零件的典型高效机床,通过夹具快换系统,也非常适合多品种零件的批量加工。它的布局为紧凑型动柱式床身结构,床身材料为整体高强度抗振铸铁。

卧式安置的2根车床主轴相对装于床身的正面,左面是固定的正主轴,右侧为副主轴,它可沿45°斜面进行立卧转换。由于任何机床的主轴轴线均称之为Z,因此围绕Z轴转

动的功能称为C(同理,围绕X、Y直线轴转动的坐标轴的功能为A和B),这2根正副车主轴均具有C轴回转功能,而当副主轴转到立式位置时,其自转轴坐标就定为A了,同时副主轴又可沿床身左右运动,为了将其区分于Z轴运动,故将它命名为W轴运动。

从右图中还能看到:

(1)床身的斜面上安装有一个滑台,滑台沿床身导轨作左右Z向直线运动;

(2)安置在滑台上的立柱,可前后作Y向运动;而安装在立柱上的装刀主轴箱,则可上下作X向运动;

(3)该装刀主轴还具有B轴回转功能,能作 $-30^{\circ} \sim +115^{\circ}$ 连续回转。

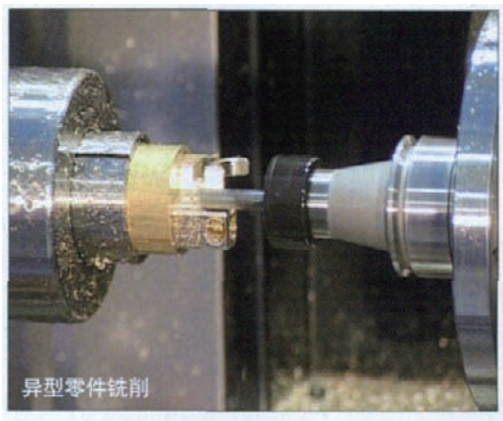
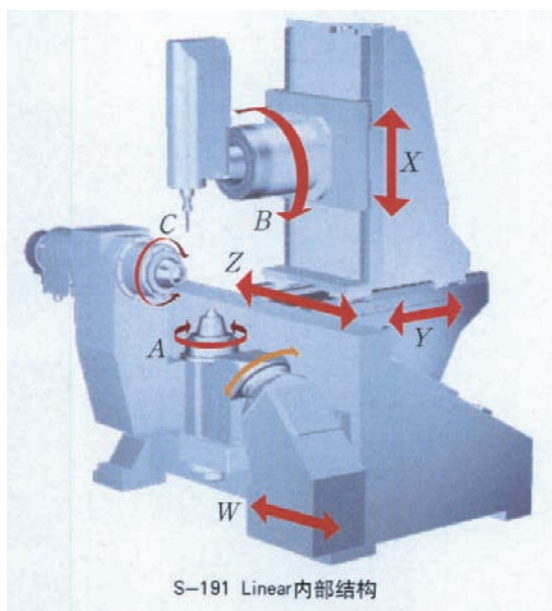
车铣插磨的融合体

S-191 Linear是五轴联动加工中心和双主轴车床及精密磨床的完美融合体,零件的正反面都可以

五轴联动加工。Y和Z轴直线电机水平面驱动,与滚珠丝杠驱动设备相比,精度更高,热稳定性更好,速度更快,无需预热,无磨损,几年使用后仍然保持如新的状态,而滚珠丝杠在几年使用后就会有磨损,导致精度受损。在此台设备上加工零件,即使中途停机1~

向间隙。

这台设备的测量系统精度为 $0.01 \mu\text{m}$,机床各直线轴的分辨率都是 $0.1 \mu\text{m}$,各旋转轴的分辨率都是 0.0001° ,动柱式结构使得Y轴行程比传统的斜床身结构车铣复合中心大1倍;独特的副主轴可以立卧转换,在卧式和立式位置上都能加工,工艺上更加灵活方便;全闭环设计



以及独立的机床恒温冷却装置,即使放置在没有空调环境下,对其零件加工精度影响也不大,无须预热,使得机床的加工精度更出色,零件一致性可以维持在 $3 \mu\text{m}$ 位置精度内。

作为可以插削的加工中心,宝美S-191 Linear特殊的主轴刀柄锁紧机构,使得夹紧车刀、插刀等固定刀具时,受力向主轴外壳发散而主轴陶

瓷轴承不受力，再加上油雾润滑，大大加强了主轴刚性，延长寿命。此外，在 S-191 Linear 机床上，刀库里的任何一个位置都可放置车刀，而且没有数量上的限制。车刀是每 45° 定位，同一把车刀可在主轴上直接旋转 45° 到另一个位置进行再加工，而无需换刀。这是一台加工复杂异形件的精密加工理想设备，可以完成车削、铣削、插削、磨削等工艺，满足钛合金、高温合金、不锈钢、钴铬钼、高分子聚乙烯、陶瓷包括烧结后的氧化锆以及 PEEK 等多种材料的加工，在 S-191 Linear 设备上可以直接装砂轮，进行磨削加工。

S-191 Linear 机床功能强大，为了能让用户更好地发挥机床的功能并更好地操作设备，宝美公司还开发了许多软件。举例来说，如果操作者忘了对刀，在执行加工程序时，机床调到此把刀具时就会自动对刀，然

后再加工；加工过程中后台程序模拟加工比实际加工快一个节拍，能够及时发现并且避免撞机。

S-191 Linear 关键附件

本机床由于适用于批量零件的加工，因此几个关键附件也值得一提。

一是自动棒料送料机。

在机床的左侧，可加装进料系统，根据零件不同形状及大小，选择合适的棒料送料机，便可自动将棒料送入车削第一主轴进行加工。如果批量较大，还可以选用自动上下料系统及产品输送带，这样就可大大降低操作工的劳动强度。

二是自动检测装置。

该机床内置英国 RENISHOW 公司的机内对刀仪，测量刀具在 3 个直线轴上的数值，然后自动将数值传回数控系统与原始设定数据进行比

较，一旦发生偏差或检测到刀具破损断裂就能自动报警。此外，该机床还加装在线测量装置，也是采用 RENISHOW 的红宝石接触式精密探头，可在加工过程进行自动检测及自动误差补偿。



采用复合加工技术加工的火箭推进涡轮

主要参数如下：

行程：

$X=410\text{mm}$ ；

$Y=200\text{mm}$ ， $Z=400\text{mm}$ ；

$W=310\text{mm}$ ， $C\&A=360^\circ$ ；

$B=+115^\circ/-30^\circ$ 。

分辨率：

直线轴 $X-Y-Z-W$: 0.0001mm；

旋转轴 $A-B-C$: 0.0001°；

主轴通棒料直径: 32/50/65mm；

刀具电主轴最高转速: 30000r/m；

刀库容量: 30/60 把；

数控系统: FANUC 31i 尖端纳米级。

S-191 Linear 应用领域及优势

航空航天等国防工业有些关键的加工件越来越呈现出了“钟表化”趋势，这与瑞士精密机床业的理念是一致的，如飞行控制陀螺仪、空对空导弹惯导零件、航空航天连接器等仪表电器零件、飞机发动机喷嘴、飞机发动机中小异型零件、涡轮叶轮、叶片和导弹引信等，都适合用 S-191 Linear 进行加工，有些零件与钟表有异曲同工之处，比如引信，选择钟表机芯式控制，定好时间后按定制好的



S-191 Linear 复合加工中心

时间爆炸。

随着复合材料越来越广泛的使用,一些航空航天推进系统,如飞机发动机喷嘴会用陶瓷涂层增加耐高温强度,但同时把加工难度提高到了极致,必须要车铣磨同时进行加工才能保证精度。在加工陶瓷及烧结过的氧化锆等材料的零件时,对于超硬的材料硬车没问题,但是1mm以内的孔和槽,因受限于刀具的强度,铣削和钻削就出现了问题,此时S-191 Linear 复合磨削可以解决这个问题,直接把砂轮放在刀库里,同时宝美凭着丰富的工艺经验协助客户选择合适的刀具及切削参数,例如根据材质选择合适的刀具涂层等。对于薄壁变形、应力变形等比较棘手的问题(如一些飞控和远程打击精密件),对于小于0.1mm壁厚零件的变形问题,考虑真空吸盘及冷冻工作台等装夹方式来解决;S-191 Linear 双主轴同步夹持工件车削,中间部分最细可以车到0.274mm,这是用其他方法做不到的。

以上这些零部件都有小型、复杂精密的特点,原来加工这些工件,需要一条生产线,并多次装夹,精度及一致性难以保证。而宝美最新的复合加工中心S-191 Linear 具有车、铣、插、磨带枪钻功能,一台即可一次装夹,一次完成。

瑞士宝美一直走在复合加工技术的前沿,现已有车、铣、插、磨复合加工中心S-191 Linear,适合各种

材料的复杂精密加工,刀具和夹具的快换系统能够完全满足多品种不同批量的加工,大大提高客户的创新和接单能力。

同时,它还是一个柔性加工平台,用户有技术创新、零件设计、变



瑞士宝美上海技术中心

动、升级等新需求时,不必购置新机床,原有机床即可满足。比如采用铣车复合加工中心加工航空发动机喷嘴、惯性导航零件、远程精密控制零件等,宝美公司目前居领先地位。

宝美在国内该规格复合加工中心市场中的占有率最高,已经陆续有10几台设备投入使用,很多客户都是2次购买。在2008年的最后一个月,宝美公司一举中标3台铣车复合加工中心,完全未受全球经济危机影

响,2家航空发动机客户分别是沈阳黎明航空发动机集团和西安航空动力控制公司;另外一家是上海手术器械厂,专做高端微创手术器械,其产品目前已达到世界先进水平,此次购买的是第二台设备。

结束语

作为中航集团优秀供应商,宝美公司将一如既往地坚持“产品创新、服务用心”原则,注重创新,使其向高机械化、高精密化、高集约化发展。创新是全方位的,这涉及到刚性、精度、效率、自动化、柔性等各个方面,而不只是在一两个方面进行创新。购买机床前后,公司的服务始终伴随在客户的周围。

2007年,底瑞士宝美在上海成立亚太首家技术展示中心,放置了最先进的机型,为客户提供试件加工、培训、配件中心、调研等就在客户身边的服务。目前,瑞士宝美已经全面参与了部分单位的研发项目和工艺、零件的试制,这些可以在瑞士总部及上海技术中心同时展开,客户最终购得的不仅仅是机床,而是整体解决方案。

(责编 淡蓝)



采用复合加工技术加工的M16步枪零件