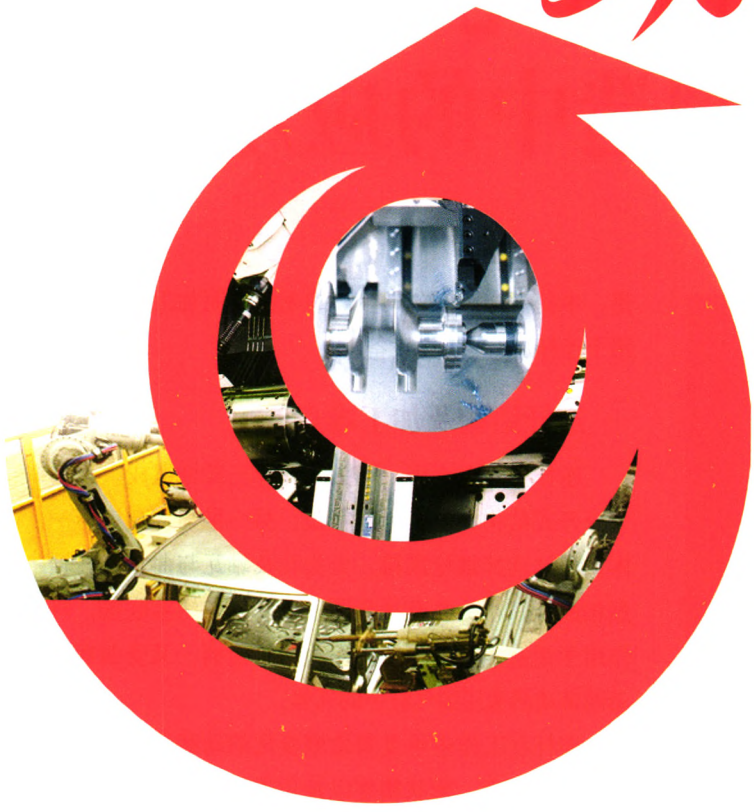
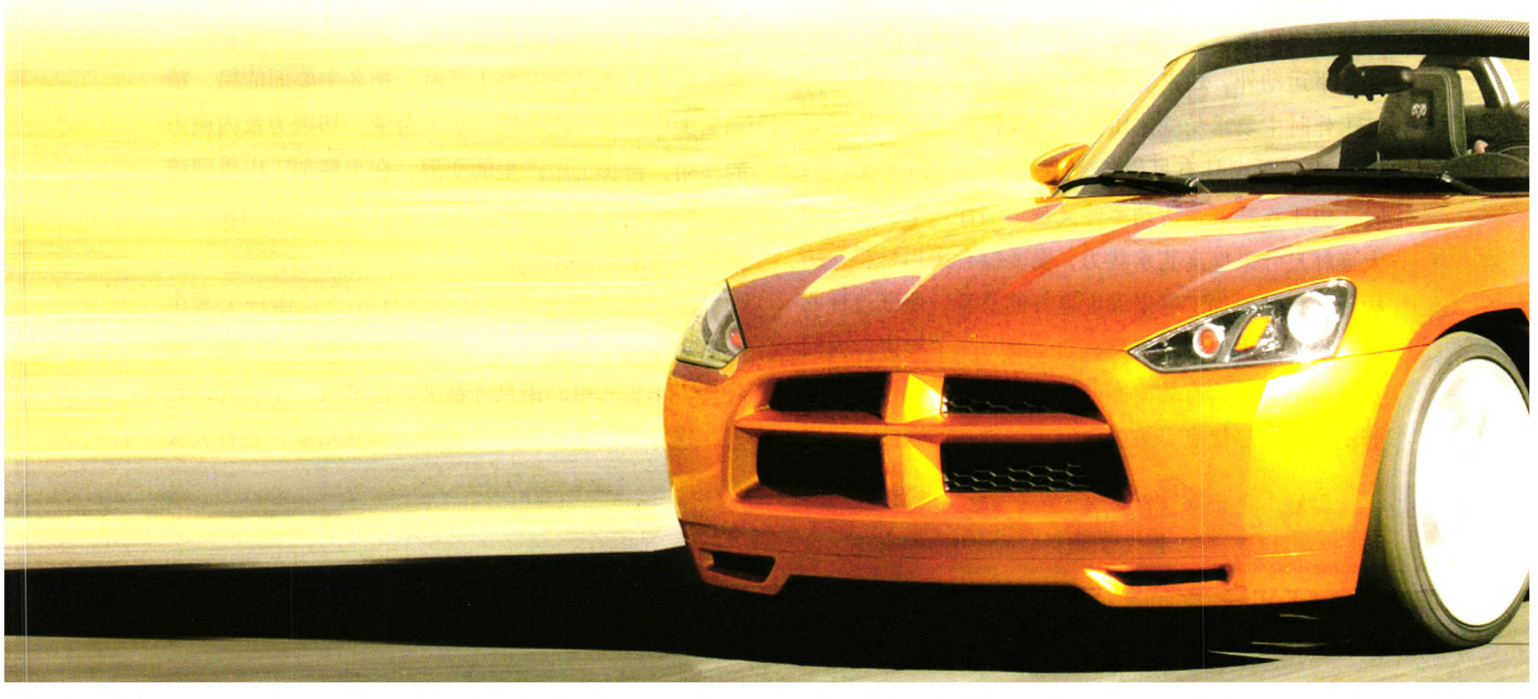
CIMT专刊2：先进装备助力汽车制造



汽车产业在全球经济中占有特殊的地位，素有制造业皇冠之称，更是中国国民经济的重要支柱产业。100多年来，汽车产业一直是科技创新和技术进步最活跃、最积极的领域之一，是吸纳和体现各种新技术、新材料、新工艺以及新装备的重要载体。

汽车产品的发展，必然伴随着装备的发展，汽车的水平和质量取决于装备水平。按照发展总战略，2020年我国将迈入汽车制造强国行列，其标志之一是，拥有先进的制造装备。可见，想要加快发展中国汽车产业，汽车制造装备首先要做强做大。值此CIMT2013开展之际，本刊特策划“先进装备助力汽车制造”专题，以飨业内广大读者。

策划：韩景春



■中捷机床有限公司/田立敏　杨济森
■海天国华（大连）精工机械有限公司/王智刚

龙门加工中心在汽车连杆制造中的应用

中捷机床有限公司田立敏

连杆是汽车活塞式发动机的主要传动件之一，它的作用是将活塞的直线运动转变为曲轴的旋转运动，并把作用在活塞组上的燃气压力传给曲轴，所以连杆除上下运动外，还左右摆动，做复杂的平面运动。连杆工作时主要承受气体压力和往复惯性力所产生的交变载荷，要求具有足够的疲劳强度和结构刚度。同时，由于连杆既是传动零件又是运动件，不能单靠加大连杆尺寸来提高其承载力，需要综合选用材料、结构设计、零件加工等来保证连杆的质量，所以连杆的加工质量是决定发动机整机质量的一个关键点。龙门加工中心由于具有效率高、精度高、自动化程度高和劳动强度低等优点，被国内外机械行业的企业广泛采用，中捷机床有限公司生产的龙门五面加工中心是应用于连杆加工的典型设备。

连杆结构及加工难点

连杆主要由大头、小头和杆身三部分组成。大头为分开式结构，一半为连杆盖，另一半与杆身连为一体，通过连杆螺栓联接，大头孔及轴瓦与曲轴连杆轴颈相配合，小头孔及衬套通过活塞销与活塞联接，将作用于活塞上的气体膨胀压力传给曲柄，又受曲柄驱动而带动活塞压缩气缸中的气体。

连杆在工作中承受着急剧变化的动载荷，所以连杆的尺寸精度、形状精度以及位置精度的要求都非常高，而连杆的刚性比较差，容易产生变形，这就给连杆的加工带来了很多困难。连杆大端和小端的中心面相对连杆杆身中心面的对称度要求也比较高。为了保证其对称度的加工精度，有些连杆设计成工艺凸台和中心孔，作为加工的辅助基准。连杆本身刚度较低，容易变形，所以在安排工艺时，把各主要面的粗、精加工工序分开，逐步减少加工余量、切削力及内应力的作用。粗加工中产生的变形，在半精加工中得到修正，半精加工中产生的变形，在精加工中得到修正，最后达到零件的精度要求。

反映连杆精度的参数主要有五个：连杆大端中心面和小端中心面相对连杆杆身中心面的对称度，连杆大、小头孔中心距尺寸精度，连杆大、小头孔平行度，连杆大、小头孔尺寸精度、形状精度，连杆大头

螺栓孔与接合面的垂直度。

下面以某发动机的连杆为例，针对连杆加工的其中一部分，来说明加工中心及传统设备在加工连杆上的应用。

如图1～图3所示，连杆两端面已完成半精加工，大、小头孔有预铸孔。图1为A工序，粗镗大、小头孔并钻中心孔；图2为B工序，铣工艺侧边和螺栓面；图3为C工序，精镗大、小头孔。

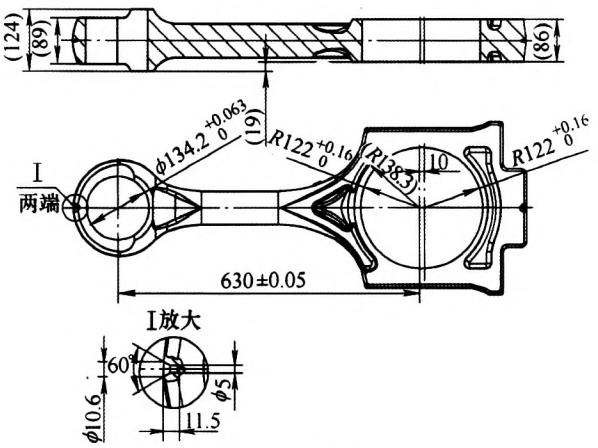


图1 粗镗大、小头孔并钻中心孔

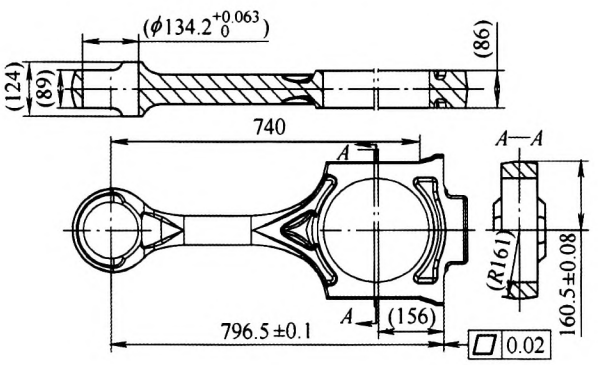


图2 铣工艺侧边和螺栓面

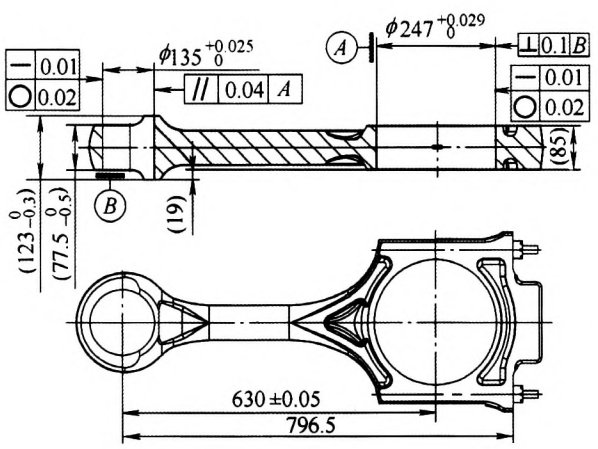


图3 精镗大、小头孔

传统设备工序分析

1）完成A工序加工需要两台设备，一是用普通镗床或专机，粗镗大、小头孔；另一台用钻床或钻中心孔专机，加工中心孔。若用钻床，需两次装夹，分别加工两端中心孔，需要做一个专用工装装夹工件。

2）B工序加工需要用普通铣床或普通镗床来完成，但要满足工艺侧面距大头孔中心（160.5±0.08）mm的尺寸要求，要做一个专用工装装夹工件，另外用检棒、仪表、量块等配合使用才能满足加工要求。

3）完成C工序加工，可以用一台专机来完成，用两个镗头，可以同时镗连杆大、小头孔，保证零件的精度要求。

加工中心加工连杆

如果使用加工中心加工该连杆，那么这三个工序可以在一台设备上加工完成，并且可以提高效率，保证连杆的精度要求。

1.工序分析

如果用卧式加工中心加工，需要用弯板或方箱作为工装，将工件立起，放在弯板或方箱上装夹，靠工作台的回转就可以完成三个工序的加工，但连杆的装夹有难度。如果用龙门加工中心就解决了连杆装夹的问题，连杆可以水平放在工作台台面上，但是连杆的中心孔和工艺侧面及螺栓面的加工就需要采用直角铣头来加工，由于工艺侧面和螺栓面要求比较高（见图2），工艺侧面距大头孔中心要求（160.5±0.08）mm，螺栓面的平面度要求0.02mm，如果选用一般的手动直角铣头根本满足不了精度要求，只能选用自动直角铣头，但机床自动换头也需要一定的时间。

2.加工中心设备

为了满足连杆三个工序的加工，我们为用户选择了龙门五面加工中心GMC1530r2。工作台规格为1500mm×3000mm，*X*轴行程3600mm，*Y*轴行程2700mm，*Z*轴行程1000mm，龙门宽度2100mm，主电动机功率37kW，三个工序的工件都可以放在一个工作台上，分别加工。

该设备由中捷机床有限公司通过引进、消化、吸收国外龙门五面加工制造技术而开发，设备外观如图4所示。该设备采用固定横梁式龙门框架结构，床身固定，双立柱与床身两侧螺栓联接的布局形式，工作台

在床身上作X向移动，滑枕在滑鞍上作Z向移动，滑鞍连同滑枕在横梁上作Y向移动。

图4　现场装配机床外观

该设备主要大件分别如图5～图8所示。床身、工作台、立柱、横梁、滑鞍、滑枕均采用三维计算机软件辅助优化设计，筋板布置合理，具有完善的热处理工艺过程来消除残余应力，保证整机具有足够的强度、刚性和高稳定性。

图5　机床床身

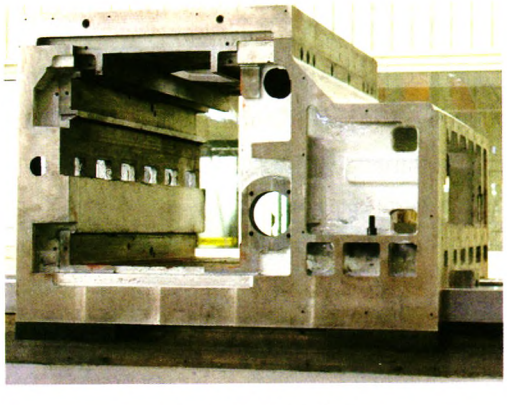


图6　机床主轴箱和横梁

图7　机床床身和两立柱

图8　机床滑枕

该设备主传动采用主轴交流伺服电动机作为动力源，通过自制变速箱，可实现低速大转矩和高速恒功率，同时满足粗加工和精加工要求。该设备吸收了国外龙门五面加工制造技术（国外龙门五面头设备见图9），具有实现零件五面加工的五面头，主轴头含有立、卧主轴，卧轴可5°×72转位，实现水平孔系及各面加工，立轴可实现垂直孔系及各面加工，主轴头与滑枕连接为端齿盘形式，分度准确，夹紧可靠，承受扭矩大，扩大了机床的加工范围，节省了换头的时间，保证了零件的加工精度。该设备还配备立卧转换刀库，如图10所示，立、卧轴都可以实现自动换刀，节省大量工装，提高效率。图11为立轴换刀图，图12为卧轴换刀图。

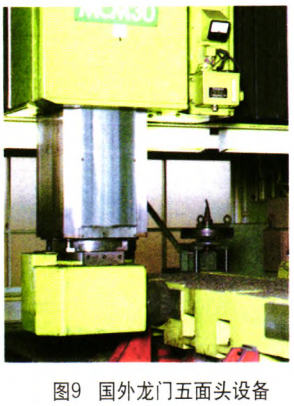


图9　国外龙门五面头设备

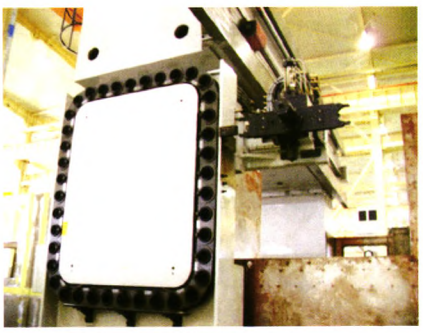


图10 立卧转换刀库

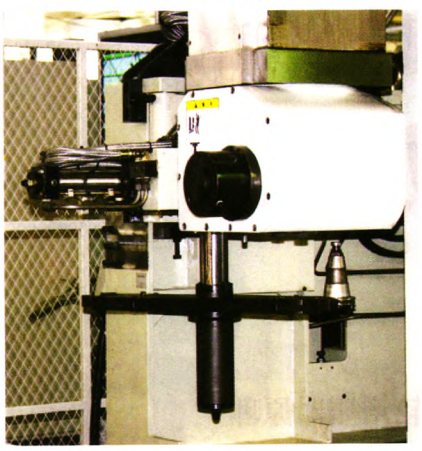


图11 立轴换刀

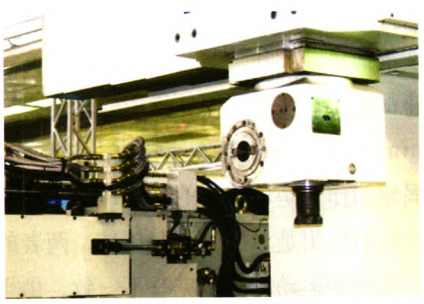


图12 卧轴换刀

图13是中捷机床有限公司展出的龙门五面加工中心，此产品受到世界各地有关人士的大力关注，得到了很高的评价。

图13 龙门五面加工中心

3.连杆装夹工装

使用连杆装夹工装将工件定位装夹，保证工件的定位精度及夹紧方式要求，工装首先应该满足三个工位的定位装夹要求。针对图1（A工序）、图2（B工序）、图3（C工序）的工序图，相应设计了三套工装，分别将工件定位夹紧。

（1）A工序 粗镗大、小头孔并钻中心孔的装夹工装，是以工件底面定位，大头孔设计一个对正用板，小头孔设为调整装置，上端面夹紧。

（2）B工序 铣工艺侧边和螺栓面的装夹工装，是以工件底面及大、小头孔定位（一面两销定位，大头孔用菱形销），上端面夹紧。

（3）C工序 精镗大、小头孔的装夹工装，是以工件底面及小头孔和大头孔的一个外端面定位，小头孔定位轴做成可拆卸装置，定位后小头孔外围用调整装置夹紧，然后将定位轴抽出，在大头孔的一个外端做成固定挡铁，另一端为调整装置，上端面夹紧。

4.数控加工工艺准备及切削加工

首先确定三个工序在使用加工中心之前零件的状态，确认所留加工余量能否满足加工要求；从工序安排上采用分序加工，先粗加工后精加工；然后选择刀具及加工程序的编制；为了满足连杆的精度要求，精加工的刀具全部选用进口刀具、夹具进行安装调试等。

调整好机床的各项精度，确定好机床坐标系和工件坐标系，刀具安装在刀库上，加工程序要进行多次运行，选择合适的切削参数，最后再进行切削。

结语

通过以上加工中心及传统设备在加工连杆上的工序分析，连杆三个工序的加工，如果采用传统设备，需要四台设备才能完成，而且加工时间比较长，连杆的精度也不太好保证，如果零件的尺寸有变化，专机就不能使用。如果采用龙门五面加工中心，只需一台设备就可以完成，并且能够保证零件的各项精度要求，另外，龙门五面加工中心属于柔性加工设备，不受零件的外形和各项尺寸限制（只要在加工范围内即可），零件的尺寸变化也不会影响龙门五面加工中心的加工。

通过在龙门五面加工中心上实际切削，连杆三个工序都出色完成，满足了连杆的各项精度要求，特别是五面头的使用，既保证了连杆的精度，又节省了资金。

关键词：龙门加工中心 连杆 应用 制造
（收稿日期20130205）