

【珩磨设备】

模块式珩磨设备越来越重要



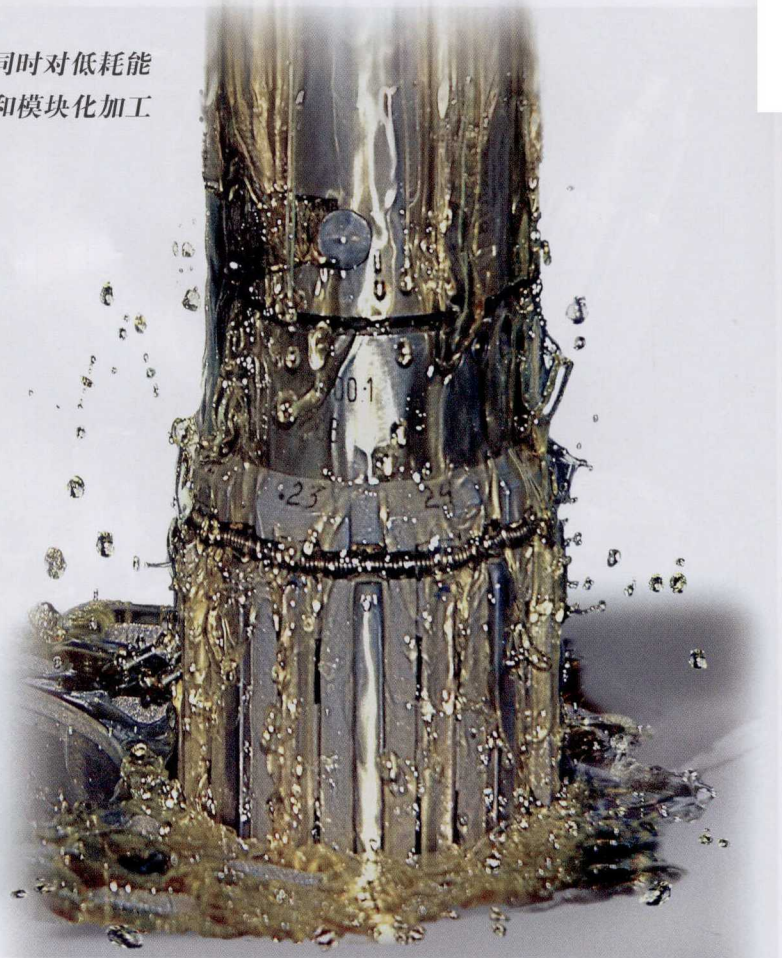
由于对内燃机部件的要求越来越高，同时对低耗能与低排放的设备的需求，创新型加工设备和模块化加工技术方案得到重视。

文 / Tobias Abeln, Gerhard Flores, Ulrich Klink

通过目前对 CO₂ 排放问题的大讨论，内燃机缸体钻孔的最优化技术方案的宏观形式越来越显出其重要性。今天升降活塞内燃机的缸体钻孔将在极小的误差范围内以理想的圆柱体形式接受加工。但是，对总装后的内燃机的研究表明，在作业温度下，缸筒的形状会在很大程度上偏离了圆柱筒形状。因此可以从中得出结论，无论是装配引起的缸筒过度卡紧，还是内燃机工作时动力或温度引起的变形，需通过对缸筒的特殊非圆加工，加以克服。

在目前的系列加工中，缸体采用所谓的珩磨架进行夹持，以便可以通过缸头来调整装配的变形。研究表明，通过这种方式，作业中所产生的变形量会很小。此外，需要用到珩磨支架的搬运和安装设备，由此也会加大作业成本。

另一种可选用的加工方法便是在缸体钻孔上预先设定轮廓线。这并非要求在珩磨心轴下方夹持整个缸体曲轴箱，而是要通过智能型的设备和刀具技术，达到在珩磨时直接设定相应的超前轮廓线。珩磨就是为这种加工工艺而设定的，因为这是缸体镜面加工



Powertrain 珩磨单元的升降速度可以达到 60 m/min，反向加速度可以达到 3g，其很高的动力性能通过现代化驱动技术而得以实现

环节的最后一个步骤，由此既要确定出钻孔的微观形状（表面特性），也要确定出宏观形状（圆柱形状）。

自由形状加工的基础是 钻孔的外形轮廓

对在珩磨机上加工特定的非圆形状的要求为刀具技术和控制技术设定了新的尺度。自由形状加工的基础一直是通过模拟或试验而获得的待加工钻孔的外形轮廓。例如（图 1）a 中便是此类的一种外形轮廓，它反映出各个测

量平面上的圆度测量和 3D 测量（图 1b）。

在采用常规的珩磨刀具时，所有的珩磨条托架需要同时径向进给，以达到尽可能圆的钻孔；但在自由形状加工时，情况则完全不同，这时需要用到一种自由度更高的刀具。因此，所有的珩磨支架必须依据基本的外形轮廓数据和珩磨支架的各自位置，在钻孔的范围内，单独实施进给。在外形轮廓和钻孔壁都已给定的情况下，自由形状加工的主要参数有局部径向进给行程和珩磨支

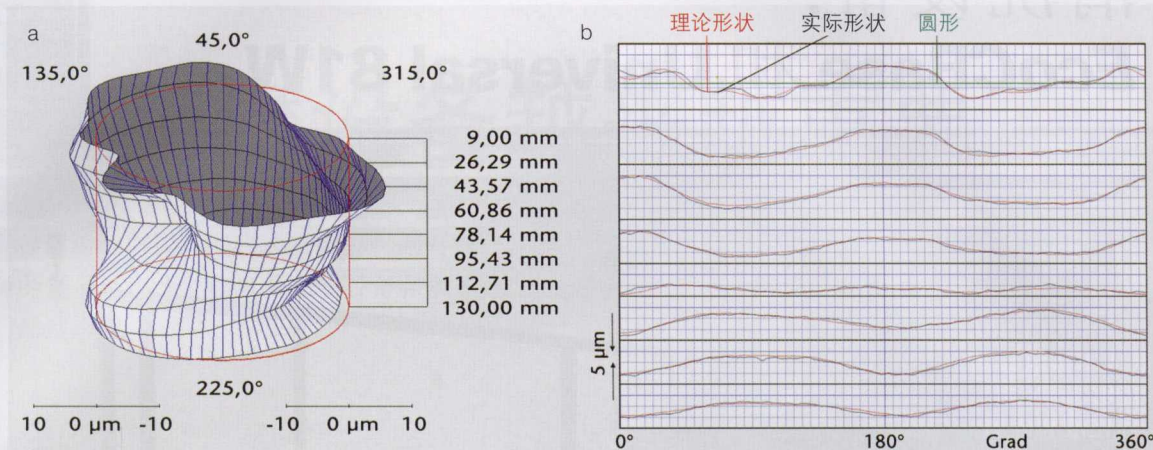


图1 圆柱形孔自由形状珩磨的测量记录 (a-可描述八个测量面的3D测量;b-在八个面上展开相应的圆度测量)

架的压靠力。通过这两个参数的变动，局部的磨削即可被控制。

对于整个流程的动力性来说，可达到的加速度和运行速度是至关重要的，在此条件下，进给压力和径向进给量会因主轴转速和行程速度的变动而变动。短轴外形轮廓的可描述性也通过进给系统的动性能力反映出来（图2）。

除了硬件之外，智能加工策略也向此类系统的控制和调节提出了极高的要求。对此设立了一个接口，可以把轮廓数据转变到各个进刀策略里。钻孔的外表面被展开并被转换到可以反映出各珩磨条托架的进给压力随其在孔里位置变动而变动的高度卡上。

定位珩磨集精密钻孔和初珩磨功能于一身

另一种工艺便是已获得专利的定位珩磨。它兼备了对圆柱孔进行精密钻孔和初珩等功能。采用这种工艺时，圆柱孔的最终加工不受影响，它只涉及上游的加工步骤，由此可以对所有已知的圆柱孔最终加工工艺进行整合。对以往诸如精密镗孔和粗珩等单个加工步骤的相关加工参数（如很高的材料切削率和精密镗孔时的位置公差以及粗珩磨时的表面

与形状公差等），现在必须要在一个工序里并以小于30 s的常见加工节奏可靠而匀质地加以实现。除了这种对刚性主轴与刀具的要求之外，尤其是在直径上高达0.8 mm的磨削，还需要整体珩磨单元的全新方案。为了使先进的加工生产线在规定节奏时间内达到上述比传统粗珩高10~15倍的切削率，则需要极高的切削速度和抬升速度。因此从试验中得知，切削率几乎受到切削速度的线性影响。

通过加大主轴驱动功率和抬升速度，可以达到定位珩磨所需的以前精密加工工艺无法达到的切削效率。除了切削率之外，工艺面临的挑战还在于是否能达到

舍去工序的整体质量参数和刀具的经济性使用效果。

珩磨刀具与主轴的直接对接

通过短形刚性的珩磨刀具直接与主轴的对接，可以实现位置的校正功能（图3）。但是，特别是所需的质量参数，对于后续的珩磨工序和切削器械发展来说最为重要。如定位珩磨之后的圆柱形和最大的表面珩磨深度，这两种数值都必须保持在一定的参数范围之内，以便在没有辅助加工步骤情况下，实现直接的中间珩磨工序。

因此，在选择定位珩磨的加工参数和切削器械的配置时，一方面必须达到很高的切削量，另一方面也要实现很小的外形变化

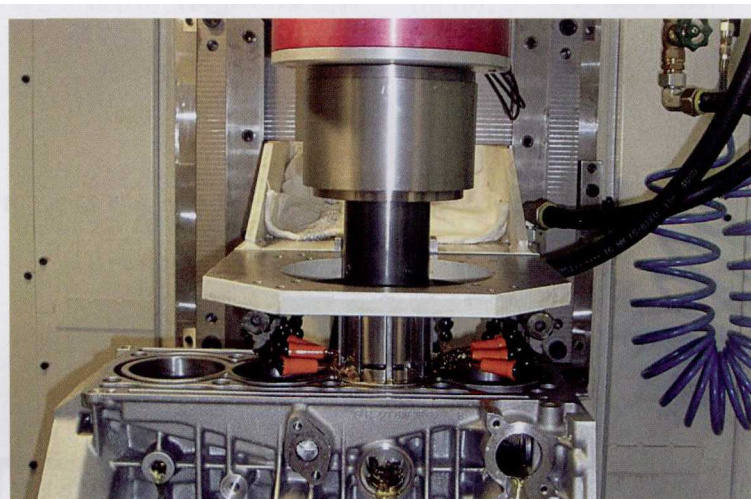


图2 自由形状珩磨的高动力进给单元

量和很小的表面数值。此外，珩磨刀片也不得低于最低服务年限，这样，两种工艺步骤的结合无论在工艺技术上，还是在作业的经济性上都能有意义。在配套使用新型的模块式设备方案和很高的抬升速度的情况下，新研发的切削刀片既可以达到很高的切削效率和很好的加工质量，同时也可以实现很长的使用寿命。

由于加工工艺多种多样，刀具的技术方案和加工的策略也各有不同，加上用户所要求的节奏时

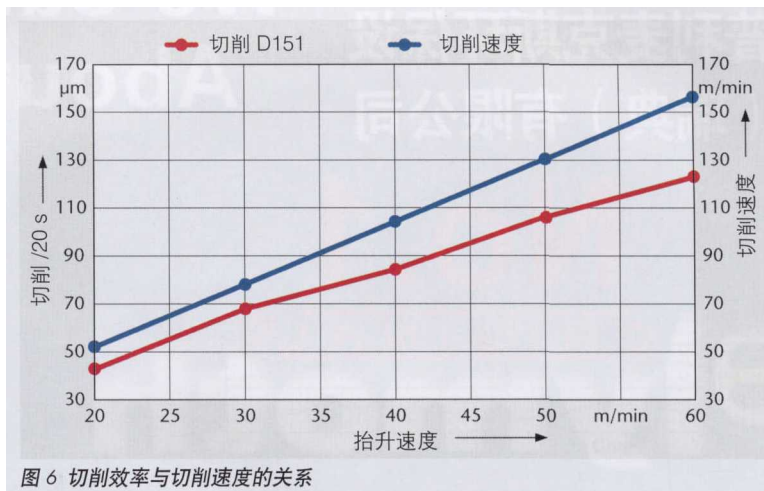


图6 切削效率与切削速度的关系

间越来越短，加工效益越来越高和设备的灵活性也越来越强，因此需要厂家开发出新的设备方案。新的设备系列 Powertrainhone 非常适合于对汽车发动机的加工。现代生产技术的各种不同目标可以通过模块化和可相互替代的设备系统来实现。这种设备既可以链接成一条加工输送线，也可以以多道工序进行自主整体加工。图4所示各个珩磨中心的可能的链接状况。

此外，所有已知工艺的实施也可以引用到单个型号的设备上。通过刀具更换自动化，在一台设备上即可实现这个目标，例如在单台设备上既可实现定位珩磨，也可进行传统的阶梯珩磨。

对此，需要满足对加工工艺的加工动力性的迫切要求。为了达到较高的加工效益，就需要珩磨单元较高的切削速度和抬升速度。通过向现代化驱动系统的转换，可以达到迄今为止抬升速度60 m/min 和反向加速度3 g 的珩磨单元的动力性。另外，由于省去了液压系统，因此也可以节省费用和空间（图5）。

线性电机首次采用

除了最高负荷等级中的滚珠丝杠传动之外，也首次在大型珩

磨设备上采用了线性电机。通过使用新型驱动技术，加工速度可以得到极大提高，珩磨的生产效率和单位切削量可以得到成倍的增长。因此，在切削器械设计相同（金属金刚石复合切削晶体）时，切削率达到了前所未有的水平。

图6所示试验中测得的针对特定刀片的切削速度和切削率之间的相互关系。在试验中，珩磨单元的抬升速度和刀具的圆周速度以相同的程度提高，从而在钻孔内构成相交角度。切削速度和切削率之间的线性关系是显而易见的。通过珩磨作业的特殊动力性和刀具在钻孔中的重叠传递式及旋转式的运动，可以生成典型的珩磨角度。所达到的抬升速度决定着切削速度。由于珩磨角度在大多数情况下均为特定值，因此刀具的圆周速度只能在很小的范围进行选择。由此，可以实现比传统珩磨设备高将近3倍的抬升速度和2.5倍的切削率。

在确保珩磨的稳定质量的条件下，加工速度提高了，即可挖掘出节省成本的潜力。珩磨主轴的数量可以视工件的情况得以减少，或者在相同主轴数量的情况下，整体设备的产出量可以得到极大的提高。[11]



图3 珩磨刀具通过法兰直接对接的定位珩磨主轴



图4 各个珩磨模块的相互链接



图5 Powertrain 珩磨中心样机