主流：适用性好性价比高的在线检测设备

上海大众汽车有限公司 （201805） 朱正德

（编者按）当前，适用性好性价比高的在线检测设备已成为国内汽车制造业发展生产时所考虑的一项重要需求，也是企业所置备的测量器具的主体。编者特邀上海大众汽车有限公司朱正德先生对此做一针对性的介绍。

一、实施现场监控的手段不断完善

众所周知，高质量的产品从根本上讲是通过制造过程实现的。现代化企业，特别是以批量生产为特点的汽车厂的质量保证体系均以生产现场为重点，通过对动态工序的监控，既反映（产品）零部件生产中的波动状况，又能预测工序、指导工序，特别是通过采取及时的调整措施，把质量隐患解决在未形成产品之前。而配置在生产现场的在线检测设备，正是实施对制造过程控制的主要技术手段。因此，今天，连那些昔日深藏不露的测量仪器，如三坐标测量机（CMM）、圆度仪、粗糙度测量仪和光学分度头等也纷纷进入生产现场，成为直接监控产品制造质量和工序质量的重要手段。

粗糙度是评价工件制造质量的重要指标。今天，用户对适用于车间现场直接监控产品表面状态的便携式以及某些针对性较强的专用测量仪很是青睐。图 1 所示为一典型例子，它的驱动器、放大显示器可合二为一地使用，也可在测孔和某些特殊场合下分离使用。若与专用控制器相联，还能做各种统计处理，并将结果打印和以曲线形式表达。它不但能检测多种常用参数，而且用户还可方便地通过编码开关任意设定四种常用标准之一，即 JIS、ISO、DIN 和 ANSI。仪器内藏的可充式电池可保证连续工作 7h。



图 1

另一种不久前推出的激光非接触式粗糙度仪，则完全是为现场使用而开发的。它无可动部件，也不要预先设置，由于无探针，在距离被测表面 2.5mm 处进行非接触测量，测量时间又仅为 0.5s，因此可实现粗糙度的快速在线检测。除作为便携式仪器如图 1 般使用外，更可与机床、自动线配合，以对精加工的工件表面进行动态测量或对自动线上零部件的指定位置做 100% 的自动检测。图 2 即为这种新款仪器及其工作示意。

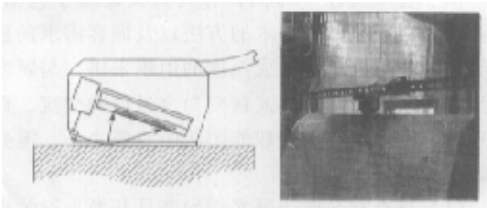


图 2

在生产现场对圆度、圆柱度等参数实施精密、快速测量的便携型圆度仪见图 3。该仪器保留了半径法的测量方式，其核心是一个由电机驱动回转的电子塞规，按用户需要可在塞规上配置 1～6 个测头，即最多能同时测六个截面。图 3 是采用手动方式检测缸体的示意图，之前端面上需先放置一块固定板，塞规插入缸孔的深度由支承在板上的前后两个撑脚决定。为保护被测孔表面不受损伤，塞规母线方面镶有六条工程塑料，而测头平时是缩进塞规体内的，当进入孔中开始测量前才由相关机构带动伸出来。这台仪器的主轴回转精度达 0.5μm，在无需做任何调整的情况下，被测孔径允许有 ±1mm 的变动，在很方便地更换测杆后，可增大到 8mm。这台便携式仪器效率很高，工作节拍小于 30s，且具备很强的测量能力和数据处理、统计分析功能。

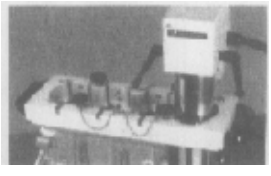


图 3

目前，越来越多的汽车发动机厂、柴油机厂在生产线上配备了高性能的凸轮轴测量仪，以满足对凸轮升程规律、相位角、键槽与第一凸轮夹角等重要参数的现场监测。而这些棘手的问题，过去都是由计量室、精测室中的光学分度头配以阿贝头后解

决的，前者的精度比后者高得多，效率相差10多倍，在数据处理能力上更是无法相比。图4所示为有代表性的一种，该机在中心线两侧共设置了四套光栅式阿贝头，还配备了一套叉式双测点电感测头。因此，仪器同时有几组测量装置进行工作，包括装卸料等辅助时间，效率仍达到50件/h。



图 4

二、适应信息化生产的需求

在线检测设备的主体是适用于制造过程的不同场合，满足不同要求的专用设备和器具。为了通过对产品的监测，实现对动态工序的控制，就需借助检测装置所获取的质量信息。因此，现在的企业不再满足以往检测器具单一的读数、判断功能，而更多地对具有信息处理能力的检测设备提出了需求。

配置在生产线上作为工序间或最终检测的专用器具/设备，虽然还有不少是较简单的手持式电子量规（卡规、塞规、环规等）或检验夹具，但在一些较重要的场合，它们的输出信号已不再仅作为显示之用，而是进入具有统计分析功能的计算机辅助测量仪，组成了生产现场的实时监控系统。图5所示是一个实例，被测曲轴支承在一个台式检具上，在检具测量若干项工件轴向参数的同时，操作工人又用手持式电子卡规测量其轴颈，所有的检测结果



图 5

都输入旁侧的具有统计分析功能的计算机辅助测量系统。在屏幕上不但能显示实测值，而且能反映经数据处理后的各种统计量，以及有关的曲线、图形。通过切换画面，不但可方便、迅速地获取丰富的信息，更能利用数据网络把信息送至车间，甚至企业的质量控制中心。

计算机辅助测量系统已逐渐成为一类有很强通用性的产品，它同时具有为适应综合检测而必须具备的数据处理功能和进行实时监控所需具有的统计分析功能。后者可对某一项或几项被测参数，通过预置的方式进行统计分析，给出评价工序运行状态的质量信息。近年来，随着信息化生产的发展，用于统计工序分析的仪器的商品化程度进一步提高，品种较多，可适应不同应用场合的需要。它们所完成 $\bar{x}-R$ 图、$x-S$ 图、单值移动极差图、中值极差图、直方图、C_p 分析图、CUSUM 图等，对加工工序提供了充分的监控手段。在实际应用时，可根据需要调用各种评价方法，并打印和显示出不同的内容。

为在更大范围内帮助各国的汽车制造业实现选择面更宽、功能更丰富的质量管理、生产过程控制，德国 Q-DAS 公司（数据处理及系统技术公司）推出了商品化软件，它除了具备对生产过程的监控、统计分析能力外，还拥有对测量系统、制造设备和产品的评价功能。Q-DAS 软件现已得到了包括中国汽车制造企业在内的众多国外汽车厂的欢迎。事实证明，它在促进批量生产条件下信息化制造过程的实现和完善，发挥了很大的作用。

三、把经济性、实用性摆在重要位置

不同工序对零部件制造质量的不同要求，决定了在生产现场配置的检测手段所呈现的多样性，这是企业出于经济性和实用性考虑所作出的合理选择。虽然随着质量控制方式的发展，具有获取数据信息的检测装置逐渐成为主流，传统的极限刚性量规、通用量具和单纯指示式检验夹具呈减少的趋势。但上述这些检测器具在粗加工过程中，以及在某些场合下的使用价值依然存在，只是其结构、形态和工作方式已有了很多变化，出现了不少颇具有特色的测量器具。

图6所示（对粗镗后连杆的大头孔进行测量）的内孔量规就是一例，由于插入工件的头部制成塞规状，故不但操作简便、快捷，而且精度也比使用通用的内径量表有所提高。把这种量具用于精加工之前工序的现场检验十分实用。至于显示的方式，既可以是千分表，也可以选数显表，由用户自选。

但这种结构对直径大于 ϕ120mm 的孔就不合适，于是又出现了如图 7 所示的适合 ϕ130 ~ ϕ500mm 内孔测量的量具。上述塞规型高效量具还有很多变型，如专用于盲孔、特别小的孔的测量等。

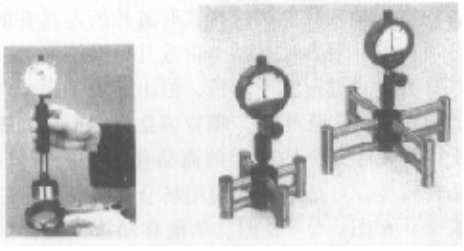


图 6　　图 7

传统的螺纹量规迄今还在包括汽车制造在内的各行各业广泛使用，但随着对质量要求的提高，除控制螺纹尺寸外，对螺孔深度也提出了要求。通用的方法是在塞规的通端削出两个缺口，作为评定深度的标识，但这种方法在（螺孔相同）深度不同时就只能通过制造一组螺纹量规以满足用户之需要，成本高，管理不便。为此近年开发了一种新颖的读数式螺纹量规（见图 8），在检测螺孔时，利用微分筒直接测出深度，不但提高了测量精度和效率，而且大大减少了量规的数量，从而节省了生产成本。



图 8

同样以显示为主的浮标式气动量仪、电子柱式量仪也还在生产线上被大量应用，虽然所占比例近年已有下降，但以电子柱量仪为例，在丰富、改进测头系列的同时，量仪的功能也在不断完善，通过增添功能模块的方式来提高用户的满意度。

另一方面，市场经济的特点决定了产品的多样化和更新换代速度的加快，也带来了对工艺装备所提出的柔性要求。就检测设备而言，在面对多参数综合测量场合，更显得突出。毫无疑问，三坐标测量机具有最好的柔性，且越来越多地以各种新的形态进入了生产现场，但这并不能改变各专用测量设备（器具）迄今仍在在线检测领域的主体地位。只是近年来它们的功能、结构和应用范围也在发生变化，突出表现为适应多品种生产方式和提高效率、缩短生产准备时间以及逐步往系列化、标准化方向发展。在已形成的多种具有柔性的检测设备中，图 8 是一种用于轴类工件的快速重组式检测装置。它以若干标准组件为基础，可根据用户的需要，而组合成适用于各种轴类零件的模块式工作台。由于重组十分方便，因此，即使批量较小，也能提供相应的专用检测器具。被测工件范围可很宽，达直径 ϕ5 ~ ϕ100mm，长度 20 ~ 750mm。

系统采用的测量模块宽度只有 12mm，使狭小的空间也能布置多个测量点。图 9 所示的检测设备采用一台计算机辅助测量系统，如果把前者中的电感测头换成百（千）分表，就是一台机械工检验夹具了。

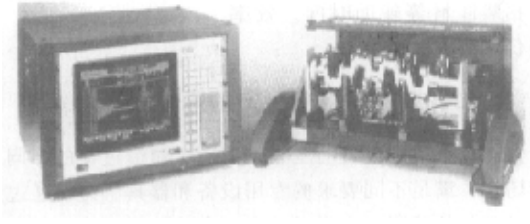


图 9

四、通过提高产品的性能价格比来赢得用户

既要确保制造质量，又要尽量降低生产成本，企业的这一经营理念随着市场竞争的日益加剧而变得十分强烈。体现在规划、选购工艺装备时，优先挑性能价格比高的产品。这就促使量仪制造厂商把开发性价比高的新产品作为重要目标。

国内外三坐标测量机厂商近年推出了大量高性价比的产品。如 Brown & Sharp 公司联合旗下四个厂设计开发了的 Global 系列机型，由于采用创新设计，提高了性能，价格却下降了。其中的高精度计量型 Reference 与昔日同类机型相比，精度相同，速度提高，价格还要低 30%。而 Giddings & Lewis 公司的 Discovery，由于机身采用聚合混凝复合材料和表面硬化处理的线性导轨，不需压缩空气，底座还带有滚轮便于移动。通过温度补偿测量精度完全满足绝大多数用户的需要，但价格却比同类产品低。国内有的三坐标测量机厂则灵活地采取由它提供给用户主机，但配用 Renishow 的测头和另一家国外厂商的成熟软件，从而组成一个既有很强的价格优势，性能又上乘的高性价比产品，对此用户也十分满意。

在国内汽车制造业的在用和正规划的各种专用检测设备中，国产量仪所占比重的稳定提高也反映了这一趋势。实际使用效果表明：除了多参数综合

（下转第 32 页）

光栅测量仪、上位计算机和现场传感器等组成。

（1）可编程控制器（PLC） 曲轴中心孔修正机控制系统中可编程控制器（PLC）是曲轴中心孔修正机控制系统的核心部分，选用西门子公司的S7－300系列产品，具备性能高、速度快及组态灵活的特点，S7－300通过Profibus－DP现场总线与伺服控制系统、上位计算机、S7－200从站构成了网络系统，S7－300作为整个网络的主站对作为从站的伺服控制系统、上位计算机、S7－200发送命令和进行数据交换，光栅测量仪通过FM350－1专用计数模块将现场信号输入控制系统，现场I/O信号通过数字量输入输出SM321、SM322模块输入输出控制系统。

（2）伺服系统 控制系统中伺服控制系统由四台1FT6伺服电机及611U系列伺服控制器组成，通过Profibus－DP现场总线由S7－300主站向从站伺服控制器传送伺服电机的参数，四台1FT6伺服电机分别完成下列功能。

①驱动曲轴旋转伺服电机 在第一工位，驱动被测工件曲轴旋转，系统通过检测机构和光栅测量仪，自动检测曲轴第四主轴颈的最大偏心距，并使检测到的最大偏心距的点旋转到水平位置的正前方。

②工作台伺服电机 它的作用是在第一工位上检测到最大偏心距及相应的偏心角，并通过驱动曲轴旋转伺服电机将其旋转到水平位置的最前方后，由工作台伺服电机将曲轴平移至第二工位，需要被修正的曲轴从第一工位移至第二工位之间距离随曲轴偏心距的大小而变化，伺服电机驱动工作台从第一工位移至第二工位，使曲轴主轴颈的中心线与第二工位曲轴动力头的中心线之间的距离为$\frac{\Delta e}{2}$，其中Δe为在第一工位检测出的曲轴主轴颈的最大偏心量。

③驱动左右动力头滑台伺服电机 它的作用是当工作台将需要修正的曲轴送到第二工位后，系统首先启动左右动力头的镗削主电机，然后启动驱动滑台的伺服电机，进行曲轴定位中心孔修正。

（3）光栅测量仪 控制系统共有三支光栅测量仪，其中两支分别安装在左右动力头一侧，是增量式测长仪，当它接触到曲轴端面时，因为被压缩会发出计数脉冲，PLC系统可以根据此脉冲数计算出测长仪被压缩的距离，它随着动力头镗削钻头一起进刀，可在镗削过程中实时检测出镗削孔的深度，使得重新修正的中心孔定位精度的误差小于±0.03mm；另一个安装在偏心检测机构中，用于检测曲轴最大偏心距。

（4）上位计算机 该曲轴中心孔修正机是人机合一的专用机床，操作人员可以通过上位计算机向曲轴中心孔修正机发出各种动作命令，并且通过上位计算机可实时显示曲轴中心孔修正机的各种工作状态及设备发生故障时的故障信息，以方便操作及维修人员。

5. 结论

曲轴是汽车发动机的重要零件之一，在曲轴加工过程中，中心孔作为加工轴的定位基准，它的位置精度和几何精度决定曲轴的成品率，曲轴在精加工前进行淬火处理后，各段轴径变形，相对轴中心孔定位基准出现偏差，加工余量不能保证精加工正常进行，造成曲轴废品率很高。本设备是针对出现偏心的曲轴进行中心孔修正，提高产品合格率。

（收稿日期：20030626）

（上接第12页）

检测装置这类要求和复杂程度较高的设备，国内产品与国外知名厂商的相比尚存在相当差距外，其他如主动量仪，气、电指示型量仪，可读式检验夹具和专用量规等，在技术水平上已比较接近，能满足大多数用户的需要，而价格往往只有同类进口量仪的几分之一。即使是多参数综合测量设备和计算机辅助测量仪，国内产品也已有一席之地，在保持价格上很强的竞争力的同时，功能和质量都在不断提高。“中原”和“爱锡”这两家目前国内实力最强的专业量仪厂在2002年订单应接不暇就是极好的注解。见图10是“中原”开发的轿车制动盘综合测量仪；图11是“爱锡”生产的MDG系列计算机辅助测量仪）。

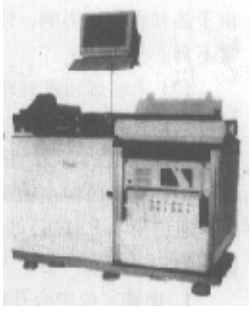


图 10

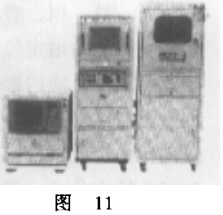


图 11

（收稿日期：20030604）