

传统量检具如何实现数字化、信息化

□ 上海大众动力总成有限公司/朱正德

随着《中国制造 2025》和“工业4.0”的推出，已有越来越多的企业把提高企业自身的智能化制造水平作为追求和发展目标。这也为正处于不断推陈出新的传统机械量具指明了只有走信息化的道路，才是今后的发展方向。文章以应用最广泛的中、小孔的测量为例，联系实际，对这一专题进行了较全面的分析和说明。

踏进一座现代化汽车发动机的机加工车间，你在惊叹先进的自动化生产线和数字化在线检测设备的同时，也一定会发现相当数量的置于工序间、排列有序的专用量规（见图1）。这些用于工件粗加工、半精加工之后内孔、螺纹等相关参数测量的传统机械量具已存在很多年了，期间，虽然在线检测技术取得了迅速的发展，不少新颖量

仪已在实际生产中获得了越来越多的应用，但上述专用量规仍在企业（包括那些主流企业）占有一席之地。鉴于这类传统机械量具、尤其是螺纹量规简单、直观、可靠又价廉的特点，以及一些知名品牌的用于小孔测量的专用检具，在现场快速检测中所起的作用很大，因此，这些量检具的应用还会持续，但这并不意味着一成不变。

本文将介绍一些以测量螺纹和内孔为主的（专用）量规和检具，在结构上推陈出新的同时，如何实现数字化和信息化的。

读数式螺孔深度规

1.传统螺纹塞规的局限

工件经钻孔和攻螺纹后，必须对其深度进行控制，虽然其公差较大，一般都为几十微米甚至1mm以上，但测量很不方便。通常的做法是将专用量（塞）规通端的杆部部分铣扁，做出一台阶，形成孔深的控制界限。但在实际操作中，这种方式较难有效地发挥监控作用，尤其当工件上需检测的孔处于不易看清边界的位置时。为满足工艺上对深度的控制要求，国内外企业在进行钻孔、攻螺纹时往往普遍比额定值深10%甚至更多，从而消耗了



图1 位于生产线旁的带有一系列专用量规的数字化在线检测工作台

更多的成本。传统塞规的另一个局限是适应性差。即使零部件上的被测孔径或螺纹完全相同，只要深度各异，就得配备不同的量规，尤其对于箱体类零件，这种情况是很多的。因此为了满足生产之需，不得不准备大量的塞规，从而增加了投入和管理上的难度。以某一主流汽车发动机为例，其需要测量的螺孔为99个，但只有4种不同的螺纹规格，可对应的深度却有十多种。

2.传统螺纹塞规的突破

丹麦Leitech公司的专利产品是对传统螺纹塞规的一次突破，其最大的特点是能够方便地读出孔深的实测值，且能利用同一个量规检测不同深度的螺孔（前提是螺纹相同）。此系列产品也能方便地拓展，用于一般的光孔测量，最常见的就是配合螺纹孔的测量，检测工件的螺纹底孔。此外，这一产品具有组合式的特点，量规本体与螺纹测头呈分体结构，通过更换测头实现量规换型或更新。Leitech系列包括三种产品（见图2）。图2c其实只是传统量规的延伸，差别仅在于采用分体结构后，可借助更换螺纹测头方便地完成量规的变换，使同一个量规本体能适应不同的测量需求，给用户带来很大方便。图2b、图2a是读数式螺纹深度规，前者是普通型，后者是精密型，两者的工作原理相似：不同于传统量规，在螺纹测头和本体（手柄）之间有一个可滑移的刻度筒。测头固连在本体上，而在自由状态（非测量情况）下，经过校正、设置后的刻度筒的前端面将很接近测头的顶端。让量规的通端旋入被测螺孔，刻度

筒则渐渐地进入本体，在测头达到螺纹终点、无法再进入时，即通过刻度筒上的读数就能实时地反映出深度来。精密型（见图2a）与普通型的区别主要在于增加了一个读数细分机构，其工作原理与游标卡尺相同，借此该机构，深度读数值可以读到0.1mm，而普通型只能达到0.5mm。精密型的另一个特点是带有锁紧装置，即可以使刻度值锁定在被测后的位置，也可以在预设的刻度位置事先锁定。如前所述，工件上待测的螺孔往往在不易于检测和看清读数的位置，利用锁紧装置，可使测量结束，取出量规后才读数。



图2 Leitech生产的螺纹量规系列产品

1.接触（端）面 2.刻度筒 3.锁紧装置 4.本体（手柄）

3.量规的变换和校准

由于新颖的Leitech量规采用了分体构造，因此，在生产厂（用户）遇到变更测量对象时，只要换以相应的螺纹测头，并经过对通端的校准，即可投入使用。只要把Leitech公司提供的套筒套进螺纹测头的通端，将一螺母拧紧在测头上，并贴着套筒端面拧紧，再用扳手将测头拧出（见图3a）。然后用软面塑料锤将新的螺纹测头穿过刻度筒轻敲入量规本体内，这样就完成了测头的更换（见图3b）。对量规深度值的校准要利用该公司的专用器具：它是一个带校准盘的圆柱体，端面上制作有多个圆柱孔，对应不同的螺纹测头。旋转拨盘让其上的指针对准被校量规的螺距值，这就设定了一个精确的深度值（均定为10mm），之后先用小扳手松开止端一侧的锁紧螺钉，再将量规的通端（GO）放进校正器相应的孔中，捏紧并旋转量规的止端（NOT GO），让量规刻度筒上的刻线对准10mm位置（见图3c），即校正深度值一律选用10mm。最后再拧紧止端一侧的锁紧螺钉，从而完成了对螺纹量规深度值得校准（见图3d）。在操作熟练的情况下，完成上述过程仅需2~3min。但它的这项功能更多是用于更换新测头。这一种



图3 Leitech螺纹量规系列产品的变换和校准

工量具管理模式能大大降低成本，不但减少了报废、更新的投入，也减少了管理成本。

4.使用效果

这种新颖量规的优越性主要体现在：降低生产成本，包括工量具消耗；减少工序间检测时间；在量规数量减少的同时，降低了管理成本。以中小排量轿车发动机为例，其缸体、缸盖等关键零件的螺纹规格主要为M6、M8、M10和M12，但每个零件上螺孔的深度（包括螺纹底孔）却有十多种或更多。对于一个具有4种螺纹规格、逾百个螺孔的缸体，传统量规测量时间是71min，Leitech量规在大大减少了量规数量的同时，测量时间可缩短到39min。

螺纹参数的实时检测

1.概况

目前，国内外企业在生产现场对工件螺纹的检验大多采用极限量规，即分别利用螺纹环、塞规对外、内螺纹进行检测。这种定性方法的不足之处是无法获得那些与螺纹相关参数的实际值，而精测室中的投影仪、测长仪、工具显微镜，以及三坐标测量机等，又显然不适合于现场的快速测量。

例如，对内、外螺纹的测量中，螺纹中径是决定螺纹质量的最基本的一项参数。针对这一参数的测量，Johnson公司（美）开发了新颖、实用的螺纹测量仪系列产品，较好地解决了上述问题。

这一量仪系列主要有以下特点：

- (1) 能直接测出螺纹中径和作用中径的精确值。
- (2) 能测出螺纹自身的形状，如锥度、圆度，以及判定是椭圆形还是多棱形。
- (3) 可以定性地检测螺纹的螺距和牙形半角，准确地给出误差来源。
- (4) 能测出那些以螺纹为基准的相关参数，主要是几何公差，如：同轴度、跳动、锥度、（端面）垂直度等。

2.工作原理

为适用于批量生产的需要，Johnson螺纹测量仪也采用了比较测量原理，即相对于每一种螺纹参数相同的零件，会提供一个精确的标准件，量仪指示表上读出的是实际工件相对标准件的偏差值。图4给出了测量外螺纹的工作原理，其中的图4a反映了单扣中径的测量原理，图4b、图4c则为测量作用中径的工作原理。众所周知，螺纹中径是诸多螺纹参数中最重要的一项，通用仪器测出的都是一个牙的中径值，也可称为“单扣中径”，而对工件在螺纹的全长或一个区段的制造质量的综合评价则用作中径表示。从图4a可见，外螺纹单扣中径是借助3个圆周方向等分的盘形测头进行测量的，测头顶端呈梯形，其宽度为螺纹节距呈“品”字形布置，其中的2个固定在下方，构成类似“V”形架的态势，被测螺纹支于其上后，位于上方的测头降下，嵌入同一牙螺纹后即开始检测。

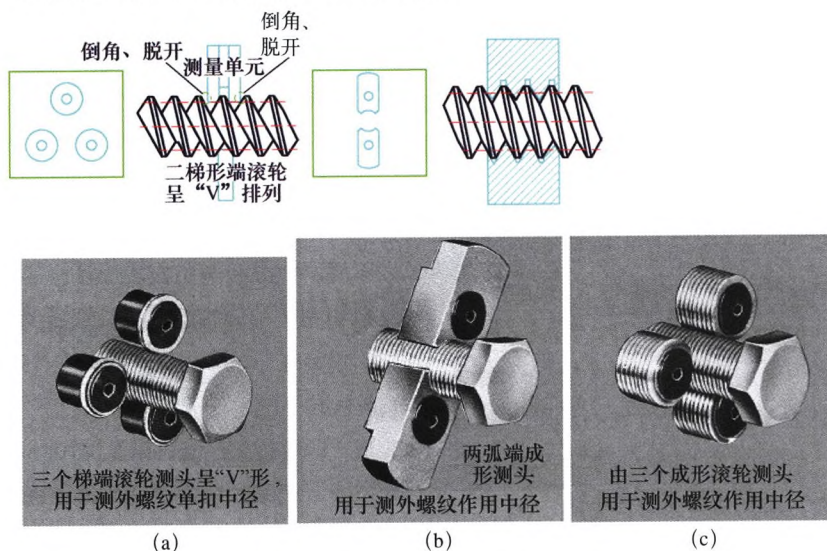


图4 测量外螺纹的单扣中径和作用中径的工作原理

3.应用

Johnson螺纹测量仪的种类很多，尤其是在运用相同工作原理的基础上，可根据用户的实际需求，提供最合适的形式。

按工作方式的不同，Johnson螺纹测量仪可以分成台式和手持式，根据检测对象的不同，Johnson螺纹测量仪又可以分为单一型和综合型。前面介绍的都属单一型，虽然通过回转工件或移动测头以改变测量截面，还可以

得到圆度、锥度的实测值，但主要还是用于测量螺纹中径。Johnson公司还开发了综合检具，用以检测那些以螺纹为基准的相关参数，主要是一些几何公差，如同轴度、跳动、（端面）垂直度等。

智能制造下的检测数据采集、传输和处理的机制

虽然与迄今多数企业仍采用的只能以“通、止”，或合格与否来表示检测结果的传统方式相比，上面提供的实例（采用的都是微分筒刻度和机械量表的方式来读数）已经有所进步了，然而随着智能制造理念的不断深入，检测测量技术也亟待实现数字化、信息化和智能化。目前成熟的方法是把前面提到的机械量表改成为带有输出接口的数显表，还可以实现数据的采集，并在输入计算机后进行各种统计分析以及打印存档。而且，近年来伴随着技术的不断发展，多数检测数据已通过无线的方式来发送，进而予以处理。

以知名的量具供应商Diatest公司（德）为例，该公司最有代表性的产品是以测中、小孔见长的塞规式纯机械测量装置，通过对原有产品的改造，其性能有了很大的提高。它一次可检测零件的多项参数，不但有尺寸，还具备对锥度、圆度等几何形状的测量能力；且因为检具采用比较法测量，其测量精度也很高， $\phi 100\text{mm}$ 的圆柱度达到 0.001mm ，全行程精度满足 0.0002mm 。而测量表 3mm 全行程精度可满足 0.0002mm 。又因它的重复性、再现性也相当高，均达

0.001mm ，所以能最大限度消除人为误差。

其次就是在线检测系统。图5是由Diatest为宝马汽车提供的位于缸体生产线工序间检测台的示例。从图中可清楚地看到，用于测量的主体均为具有无线传输数据功能的手持式检具，虽然抽检频次不高，但都具备了完善的数据处理能力。这种简约式的工序间检测台，代表了今后在线检测配置的一种趋势。

为了能够实现上述要求，Diatest根据现场的需求开发了多种新产品。首先是在原有机械量表的基础上，研制了两种可以输出信号的数显表，可采用有线或无线两种形式进行数据采集，无线通讯距离满足 200M ，通讯采用应答形式。测量软件根据零件属性扫描采集后，图像显示零件以及被测位置、使用的检具和编号进行测量数据上传，显示下一个被测位置直至整个工件测量结束。



图5 无线传输数据的手持式检具为主体的工序间检测台

采用这种工作模式解决了操作者漏检、重复检测的问题。当然，这些经测量采集的数据（包括经上述简单数据处理的）还可根据需要进行发送，发送给上一级的计算机，如西门子或q_DAS系统。这样处理数据的目的不仅是对被测参数的合格与否做出判断，而且可以作为前道加工设

备闭环控制中的一个环节，通过将（经处理后的）测量数据实时上传给加工机床，让机床按实测数据进行调整，从而发挥显示器的反馈、补偿作用。又可以借助q_DAS一类的成熟软件，根据对检测数据规范的处理，进而了解生产过程的能力状况，必要时可以通过相应的调整，进行有针对性的质量改进。

另外，Diatest在拓展了万分表和千分表的信息传输功能，配以显示器M3后，基本实现了测量数据数字化，若再与后续的含有统计功能专用软件的工业电脑相连，则向生产现场的信息化迈出了重要的一步。如将前面介绍过的经典纯机械式的塞规型小孔测量装置中只用于显示的量表，以数显表或笔式电感传感器取代，则又为Diatest推出具有很强柔性的多参数测量设备创造了条件：以一个通用机器人为主体的，可根据测量需要，自动在旁边的架子上选择经过改造的塞规型小孔测量头，从而就能方便地快速完成对复杂零件的综合检测。

结语

为了配合当代制造业、尤其是汽车行业，实现智能化制造的需求，文章列举了量检具厂商如何通过改进、升级，切实地提升自身产品的测量能力。可以看到，传统机械量具的功能拓展、推陈出新已在加速进行。传统机械量具的生命力主要取决于是否与当前制造业的发展趋势相吻合，同时还必须关注所选择的投入使用的新颖检量具，能否有效地降低质量成本。 **AUTO1950**