

智能制造检测技术的特点和发展跟踪

□ 上海大众动力总成有限公司 朱正德
北京奔驰汽车有限公司 刘 攀

测量技术，尤其是配置于生产现场的在线检测技术，已经成为汽车制造企业里一种重要的质量监控手段，在“智能化制造”逐渐为企业接受并推行的大背景下，导致了其发展走向发生了更为深刻的变化。



自21世纪以来，融入了众多先进技术的“智能化制造”已逐渐成为越来越多的企业所接受并予以践行。与人们耳熟能详的“机械化、自动化”，智能化制造所追求的目标并非仅减轻劳动强度、提高生产效率等较单一的技术，而是出于最大程度地适应、满足不断变化的市场和消费者的需求，通过转变企业的运行模式（如采取多品种混线的柔性化生产方式等），并尽量地符合可持续发展和绿色制造的基本原则，而测量技术这一要素则占据了其中的重要位置。现今，测量技术，尤其是配置于生产现场的在线检测技术，已经成为汽车制造企业里一种重要的质量监控手段，在“智能化制造”逐渐为企业接受并推行的大背景下，导致了其发展走向发生了更为深刻的变化。

适应汽车柔性化生产方式的检测技术

智能化生产的鲜明特征之一就是要把监控产品质量的重点转移到生产过程中的制造质量，以及提高对柔性化生产方式的适应程度。这就决定了坐标测量机必须作为一种工序检测手段进入车间现场。为了迎合这一趋势，一些富有远见和前

瞻性的仪器供应厂商在主流汽车企业的配合下，不断提出开发新技术、推出新产品，以及新的检测理念，为提升智能化制造的应用做出了重要贡献。如不久前（德）蔡司（ZEISS）公司推出的一款全新悬臂式机型CARMET（见图1），就是个典型例子。

众所周知，“悬臂式”是一种

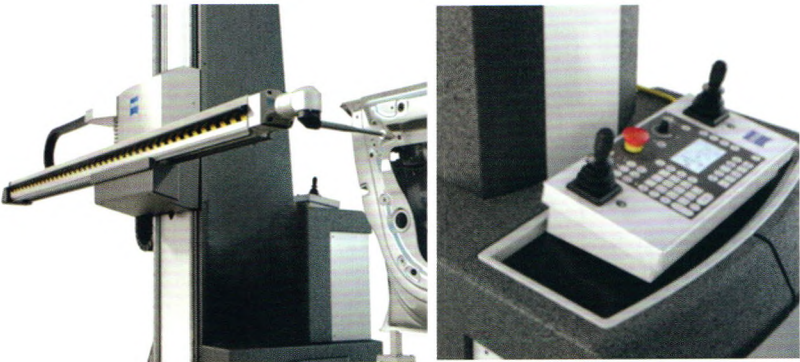


图1 新机型CARMET正在工作

技术上相当成熟的坐标测量机，已在汽车车身和覆盖件等类零件的测量中得到了广泛的应用，被称为测量多面手的新机型CARMET在多方面都有所创新和突破：

(1) 更强的通用性。(2) 严密的安全保护措施。(3) “集成控制系统”的应用。(4) 软件的兼容性。(5) 在采取了不少创新技术和简洁、实用的措施后，降低了制造成本，且该机器经久耐用、便于维护。对于以汽车厂为主的用户来讲，不但降低了初次采购时的投入，因日常维护和更换易损件很容易，至使整个维修时间非常短，使这台设备的使用寿命成本大大降低。



图2 两种类型的集成控制系统

此外，通过配备了灵活多变、适应性很强的夹具系统（见图3），其有如下特点：（1）检测中的测量点将更容易触及。（2）采用模块化设计，整体组成和布局合理，可以更快、更有效地配合主机完成不同的测量任务。（3）该套夹具系统中还包含了所有的紧固件和用于紧固的工具，故装备一套夹具后即可实现所有拆装、重组功能。

（4）由于系统的很多组件能在不使用工具的前提下灵活调整，更易于自由搭配以实现个性化的测量需求，使这套新夹具系统拥有更好的扩展性。



图3 ZEISS的模块化夹具系统

虽然各种类型的高性能光学测量仪器已越来越多地进入了以汽车行业为代表的现代制造业，但客观地说，迄今在广大企业担当着主体检测责任的仍然是三坐标测量机这些设备。为了更好地发挥它们的作用，除了通过上述技术途径，还可以在更核心的检测装置方面采取的措施，有效地提升其功能。

高效、环保光学测量技术

1. 智能制造对尺寸测量的要求

随着智能化制造的理念逐步为国内主流汽车企业所接受并推行，原来的一些用于质量监控的传统方式的不足也越来越多地反映出来。在车身和覆盖件这类总成和零部件测量方面，为进一步满足现代汽车厂随着智能化制造水平的提升而对尺寸测量提出的要求，在检测方面还做了如下的提升。（1）在保证足够精度前提下提高测量效率。

（2）从之前的只对部分特征点的检测扩展到通过图像色差分析实现

对整个被测区域的监控。（3）立足于为车间现场的产品制造质量服务的宗旨，快速提供清晰、直观的检测结果（报告）。（4）为迎合汽车厂用户越来越短的生产准备时间、投放周期，必须缩短设备的安装、调整周期。（5）出于当前社会上技能型工人欠缺，希望整个测量过程中尽量减少对操作人员的依赖。

智能化的工艺配置也在尺寸检测方面提出了诸多要求，必须得以妥善、有效地解决。它们包括：（1）测量系统必须融入智能化加工生产线，且无须人工参与。

（2）在保证足够精度的前提下提高测量效率。（3）测量系统需要具备多功能多用途，它将不仅仅是位置尺寸测量，最好能涵盖轮廓及粗糙度等微观形状尺寸测量。

（4）测量系统需要更加柔性化，尽量降低投资成本并追求绿色、环保。

2. 激光测量、白光测量的应用

正是一切来自企业实际生产的需求，促使了光学测量——激光测量、蓝光测量和白光测量（WLS）等方式，也渐渐地成为现代汽车制造企业的主流检测手段之一。

光学测量有多种形式，就媒介物质而言可分为激光、白光、蓝光等几类，而检测方法则既有利用便携式仪器进行的手动测量，又有设置在生产线中（旁）的拱门（固定）式和机器人的通用式自动化测量等几种方法。虽然国内光学测量、特别是其中的激光传感器已在车身、冲压件检测中有所应用，但由于其优越性尚未真正显露，故而

范围相当有限。现今，像知名的海克斯康公司生产的各类以光学测量为基础的检测设备，已被广泛地配置在国内众多的合资、国营和民营企业中。尤其需指出的一点是，海克斯康往往还会根据不同用户的具体情况和需求，帮助制订检测规划乃至测量方案，使该企业所购置的设备在产品质量的监控中能最大程度地发挥出积极的作用。

3. 高性能光学测量系统的推出及实际应用

当然，在国内制造业，尤其是汽车行业，应用光学测量，包括配有光学测头的坐标测量机在内的检测系统正在不断扩大。但在显示出众多优点的同时，一些局限性也渐渐地暴露出来。其中，与接触型的测量方式相比，其检测精度较差则是主要的一项。不过近年来，这种情况已发生了相当大的变化。

图4所示的O-INSPECT复合式扫描测量机就是一个范例。该机配备了蔡司Discovery V12光学变焦镜头系统，可实现高倍率快速影像测量，其独到的远心技术则可满足其



图4 O-INSPECT测量机

中高精度尺寸要求。通过提供独到的整体解决方案，具有对复杂工件及其中微细结构尺寸进行全面分析评价的能力。

另一种有代表性的高性能光学测量系统是由海克斯康公司研发的“HP-O探测系统”。该光学测量装置利用位于红外区间(1550nm)的不可见光为工作光束，而以可见的红色激光作为瞄准和编程中辅助观察之用。基本的测量原理是：通过反射光 and 低频的调制原始光进行干涉，其频率差异和原始光之间成一定的比例。图5为高精度干涉法测量原理图。

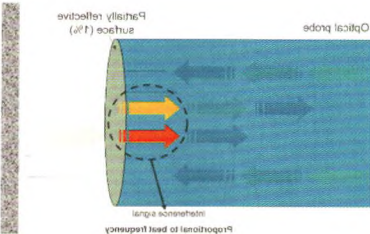


图5 高精度干涉法测量原理图

它成功地解决了长期以来困扰测量用户的“检测精度偏低”的短处。上述非接触式的高精度干涉法距离测头（传感器）可达到亚微米级的分辨率，几乎与PMM-C或SIRIO-688等高精度坐标测量机上的电感型接触式测头处于同一水平。事实上，这个系统的特点之一也就是上面两种传感器可用于同一测量程序中，根据需要测头随时实现自动更换。总之，其使用方法与接触测头接近，但又具有众多的优势：（1）探针小(直径3~5mm、长度100mm)，测量效率高、扫描速度达到350mm/s，接收角度高达30°（漫反射），厘米级的测量工作距离；（2）对环境光没有限制

要求，可以使用特制的漫反射球进行校验，被测面为敏感表面（例如铜，铅等金属表面、抛光面或镜面等）时无须喷涂，可在标准的三坐标测量机工作环境中使用。因此，很适合测量哑光和高亮的叶片一类工件（见图6）；对于一些有特别测量要求的零部件，象整体叶盘，其结构并非很复杂，被测参数的精度指标也没有定得过高。

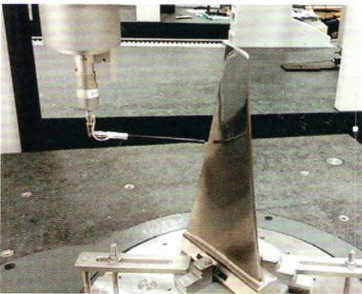


图6 HP-O系统测量哑光叶片示意图

但众所周知，对整体叶盘（见图7a）上那么多叶片的叶尖跳动，以及它的内腔空间的测量，是一件非常困难的任务。即使借助高性能坐标测量机也很不容易，不仅效率低，而且难以测准。可一旦拥有了HP-O探测系统，情况就发生了根本的变化，利用其非接触式光学探头进行叶尖的连续扫描，不仅测得准，且相比传统方法，耗用的时间减少了90%。至于在测量内腔空间

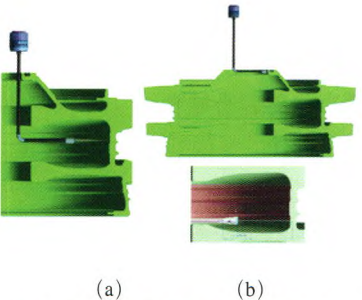


图7 HP-O系统测量整体叶盘示意图
(a) 整体叶盘 (b) 内腔空间

尺寸时，接触探针基本上无法达到内腔要求的位置，而配备了上述新颖检测手段后，这些难题均迎刃而解。

“三丰”公司近年也推出了几款新的仪器产品，体现了他们在提升光学检测技术水平领域的作为和取得的业绩。以下是有代表性的两项：

(1) 用于坐标测量机的非接触式线性激光测头系列SurfaceMeasure。

(2) 用于坐标测量机的自动测量程序生成软件MiCAT Planner。

前者已是一款系列化的成熟产品，借助于它，就能方便地完成对各种材质零件的高精度、高效率的测量。尤其是以往的激光测头需要调节激光强度和相机的感光度，以适应不同的工件材质和符合工作环境的要求，而SurfaceMeasure系列具有自动调节功能，能更加简便、快捷地完成对被测物的激光扫描，测量过程中也无需考虑工件表面的色调和光泽度。

随机测量技术和在线检测技术

“智能化制造”的特征之一就是生产模式的变化，期间所融入的众多先进制造工艺，包含了与生产模式的演变相适应的在线检测体系的完善和实施。关于这一点，可以从汽车发动机那些主要零部件的制造过程中得到印证。现今，高柔性、高效能的加工手段已渐渐占据主流地位，如对于缸体、缸盖、罩壳等箱体类零部件，广泛采用了加工中心；而对于曲轴、凸轮轴、驱动轴等轴类零件，则越来越多地应

用了先进的CBN砂轮跟踪磨削技术。值得注意的一点是，在那些充分体现了所采用的先进制造工艺的新机床设备上，往往还同时配备了新颖的随机测量仪器和相应的数据处理及控制系统。借此，以及与所执行先进制造工艺的机床设备的有机结合，才能有效地推动智能化生产过程的实现，通过曲轴这一发动机中的至关重要零件在现代汽车动力总成工厂的生产过程，即可清楚地认识到这一点。此时，在曲轴生产线的磨削工序，主轴颈和连杆颈的精加工采取了高速高效随动/跟踪磨削技术，只需经过一道装夹就可完成对主轴颈和连杆颈的磨削加工。采用砂轮能实现随动、跟踪的CNC磨床，是曲轴精加工技术一次很大的提升。一方面通过对CNC控制程序的调整，可以灵活地应用于不同类型工件的加工，即具有很好的柔性，而由于执行一次装夹即能完成全部主轴颈、连杆颈的磨削，有效地降低了由此引起的制造误差，提高了精度。另一方面，因为采用了CBN砂轮后，大大地增加了砂轮的耐用度，提升了生产率，并结合先进的随机测量和数据处理系统进一步改善、提高了工件的尺寸和形状精度。提升了生产率，并结合先进的随机测量及数据处理系统，进一步改善、提高了工件的尺寸和形状精度。

一般可采用以下这两种方式：

(1) 借助设置于车间现场的生产测量室中的Adcole1200仪器对工件轴颈的圆度测得的数据，在输出磨床的控制系统之后，通过修正、补偿，即能有效地改善轴颈的制造质量。

(2) 无论是国外的知名的专业磨床生产商（象德国的Junker公司）、还是国内如上海机床厂这样的历史悠久的国内著名品牌企业，更的地还是采取了利用挂钩式外径主动测量仪来完成对被磨削轴颈轮廓的随机测量，并根据自动检测的结果，进而通过即时的数据反馈修正，以实现对被加工轴颈轮廓的控制。其过程大致如下：构建了以专用的曲轴在线测量装置为核心的测量系统，满足对曲轴连杆颈和主轴颈的随机检测，测量过程由机床自动控制，以实时高速采集到的数据为误差补偿，提供最新的样本；建立轴颈误差补偿模型和补偿规则，需要强调的是，不仅要尺寸的实测值予以修正、补偿，更需对圆度进行动态修正、补偿。据此来确定高效的自动在线补偿策略及工艺方法，从而保证工件加工的高效率和高精度。

作为执行这一先进制造工艺的直接效果，曲轴的轴颈圆度由原先的磨削工艺只能控制在 $4 \sim 4.5 \mu\text{m}$ ，提高到可以控制在 $2 \mu\text{m}$ 以内。正因为如此，不仅提高了整个曲轴磨削加工工序的柔性，与此同时还减少了生产线上设备的配置数量，包括那些必不可少的在线检测器具的配备数量。也正因为如此，在采用了柔性化的曲轴加工方式后，整条生产线的在线检测的规划理念、即在工序间配备检测器具的方式和思路也发生了显著的变化，呈现出智能化、简约化和柔性化趋势。原来在整个磨削工段共配置了3台不同检具，分别对应3台磨床（一台用于主轴颈，而另二台用于连杆轴颈），且均为多参数半自动综合

性检具。采用动态（回转）测量方式，不但能测出尺寸参数，还能检查圆度、凸度、锥度、跳动等形位公差。

而在采取了新的磨削技术后，由于精度、特别是形位公差基本上都可以由工艺来保证。在这种的状况下，新线配置的检具由原来的动态改为静态，所有的形位公差都不再用检测，对轴颈也只需要测量一个截面，而不再是原来的3个。故整个工序仅配置了一台由多个单参数手持式检测装置组成的简单检具。两者相比，无论是从先期投入、其后的维修成本，还是在占有工作场地上，都有大幅度的降低。在这种基本上可以由工艺保证的状况下，新线的在线检具由原来的动态改为静态，类似原因，其他所有形位公差都不再检测，对轴颈则只需要测量一个截面，而不再是原来的三个。表1显示了两条曲轴生产线的磨削工段所配检测手段的差别，至于对箱体类零件，在工序间检测装置的规划上则出现了越来越多地将三坐标测量机作为在线检具，配备在车间现场的情况。事实上，随着坐标测量机用于生产现场的技术日臻成熟，已有越来越多的测量机被置于生产现场作为工序间

在线检测的重要手段，甚至串接于生产线中成为一个工位，不过国内外的企业多数还是采取更简单的半开放形式。

若将两者的使用效果相比较，前者的优势主要是由坐标测量机的通用化、柔性化程度远高于多参数综合检具而带来的，因此它们无疑更适应于当代汽车工业的多品种混线生产方式。那么，两者比较，前者的优势主要体现在：

（1）由于坐标测量机的柔性化程度远高于一般的多参数综合检具，因此它们无疑更适应当代汽车工业的多品种混线生产方式。相比老线仅三种被测件，它应对的将多达八、九种。

（2）检具一般只适用某道工序，在上例中以综合检具为主体的检测工位是用于终检的。但对类似缸盖、罩壳那样的复杂零件，往往还需监控某几道中间工序，测量机能同时为3道工序服务。

（3）坐标测量机进入车间现场的意义还在于：它将与“生产测量室”——现代汽车发动机厂质量监控体系的另一个重要组成——相配合，为企业提供更可靠、高效、经济的检测手段。

由Zeiss（蔡司）公司开发的

DuraMax（见图8a），即是一种适用于生产现场环境的机器，并已在不少企业获得了成功应用。其特点如下：

（1）结构紧凑，占用空间小。

（2）能够适应生产现场条件下温度变化较大的工作环境。

（3）装载被测工件能从上、左、中、右四个方向进入测量机，十分便捷。

（4）无论是从操作者的角度还是与生产工序的配合，都十分适合。

（5）具有相当高的测量精度。对于一台中等规格的机器，其 $MPE\ max=2.4\ \mu\ m+L/300$ 。而图8b则是不久前由海克斯康推出的一款功能相似的名为Tigo的产品。无疑，相比于通用型的Global机器，这类适用性更好的设备的价位更高些。



(a)



(b)

图8 适合于在车间使用条件下正常工作的两种新颖坐标测量机

表1 两类曲轴生产线的磨削工序所配检测手段的比较

线别	老线（2004）	新线（2011）
工序	主轴承、连杆轴颈（1~4档）精磨	
加工设备	分别磨主轴颈、连杆轴颈共三台	共有4台完全相同的、采用跟踪磨削的机床
生产节拍	58s	46s
检具	分别对应三台机床，共有三台不同检具	共用一台检具
检具特点	均为动态多参数半自动综合性检具； 可以测量尺寸参数和形位公差	由多个单参数手持式检具组成，采用静态测量。 只测关键的尺寸参数

网络技术与测量技术的创新融合

1. 创新的背景

近年来伴随着汽车制造技术的迅猛发展,测量技术得到了广泛普及,其监控范围涵盖了生产的各个环节,包括冲压件、白车身、整车及采购件的测量,对产品尺寸精度的改善起到了极大的促进作用。但传统三坐标测量的技术原理却带来了一定的局限性。通常,三坐标测量技术以独立工作站为基础,每个工作站拥有一台(单臂)或两台(双臂)测量机,测量工作站之间没有物理联接,各工作站又广泛分布在生产车间的各区域。数据的安全性由于分散存放而又缺乏统一的管理受到了严峻的挑战,各独立工作站的工作质量难以被有效审核、系统难以维护、数据冗余等问题随之而来。

网络技术的发展为传统测量技术的优化提供了技术可能。网络技术已经深入到汽车生产厂的各领域,网络化、智能化、信息化在生产领域的应用方兴未艾,PDM生产数据管理系统正迅速参与到生产控制、质量优化等各个环节,发挥越来越重要的作用。如何将网络技术、PDM系统与测量技术相结合,通过网络技术提高测量数据安全性、可靠性及维护性,本项目进行了深入的探讨与研究,在“互联网+”与测量技术融合的领域做出了先行探索。

(1) 加强数据安全性的需要。

如图9所示,传统测量方式中每台测量机仅与本地的工作站发生

设备操控及数据处理关系,通过运行安装在本地电脑的控制软件进行测量,开展测量结果评估。此方式决定了产品的设计数模需要直接下载在本地电脑并开展测量前的预处理,包括辅助测量元素的生成、格式的转换等。此模式对新产品的设计数据安全构成潜在危险,个别主机厂为确保数据的安全性将终端设备的USB的接口屏蔽,但效果并不理想。如何能在不影响测量的前提下确保数据的安全性是急需解决的问题,网络技术的应用为此课题的解决提供了新的思路。

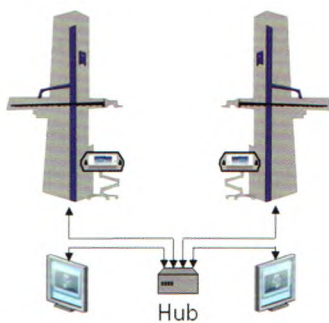


图9 传统测量系统

(2) 提高数据可靠性的需要。

测量结果的可靠性是进行产品尺寸优化的前提。传统的测量方式中由于测量室分布于厂区的不同车间,测量工位相对分散,主管工程师无法全方位的协助不同测量工位,审核各区域的测量流程。因此,测量过程是否符合规范、测量程序编写是否合理,在很大程度上取决于各测量工位操作人员的技能水平。特别对于开展根本原因分析的三坐标分析测量,由于无固定的测量程序可以遵循,操作人员的技能水平与其分析策略在很大程度上影响到测量效率及分析结果的准确

性。通过网络技术在测量领域的应用,将不同测量工位进行系统整合,通过“Top Down”的模式规范测量流程,提高主管工程师的工作效率,为降低不同从业人员测量水平差异,对测量结果准确性的影响提供了可能性。

(3) 优化系统维护性的需要。

整车厂中测量部门通常以单个独立的工位为基础,决定了日常工作中数据的存储与维护无法从系统整体角度开展,造成数据冗余、利用率低、系统维护困难,难以开展后续的数据SPC分析及结果追踪。例如在开展分析测量工作时,如不同的测量工位需使用同一零部件的设计数模开展测量,传统的测量方式无法实现数模的共用,相关数模需要单独存储于每台测量机的工作站,长此以往极易产生数据冗余,影响设备效能,增加测量过程中的程序运行异常的可能性。因此,出于系统可靠性的需要,需对其加以改进提升。

2. 创新的内涵和创新点

(1) 创新的内涵。

以科技驱动提升测量工作的管理水平,将区域分散的工作站进行系统的集成与整合,通过集约化的管理模式让测量资源发挥整体优势,全面提高数据的安全性,报告的可靠性和系统的可维护性。落实精益生产和精益管理的要求,为产品尺寸精度的优化提供可靠保障。

(2) 创新成果的创新点

1) 通过IT技术实现了网络技术与测量技术相结合,远程控制与本地操作相结合。

传统的测量技术以光栅技术为基础,集成了精密控制步进电机、高精度导轨、测量传感器等设备,整个系统以机械构件为主,电气控制柜仅用于实现数字设备的控制以及测量数据的采集处理,系统独立工作,无法发挥集约效应形成整体优势,给测量管理工作带来一定的困难。以网络技术升级后的测量系统改变了独立工作的模式,通过IP寻址,联机组网,实现了远程控制与本地操作相结合,将分布广泛的测量机进行系统组网,实现了集成管理,最大限度地发挥了系统优势,将原本分散的管理模式转换为系统管理,集约管理,在考核测量及分析测量领域均提高了管理效率,降低了管理成本。

2) 通过防火墙技术确保了产品数据模型的安全性。

网络技术与测量技术的相结合保证了产品数据模型的安全性,其中防火墙是确保系统正常工作与数据安全的重要手段,为避免数据分散于各测量工作站带来的安全隐患,采用远程数据终端的方式将PDM数据库与本地测量工作站相分离,通过防火墙开放系统通信制定的8080端口,在测量过程中数据包的传送通过制定的端口进行通信,非系统确认的数据要求将被防火墙屏蔽,从而确保了数据通信的同时实现了数模的最大限度安全性。

3) 通过联机组网减少了数据冗余,提高管理效率。

分散系统的最大弊端是不便于测量工作的集成管理,各自为战,工作效率难以统计,测量结果难以审核。通过网络技术实现了不同测量机之间的联机组网,将原本独立

的各个测量系统通过IP寻址的方式组成完整的测量体系,实现了程序与数模的互通共用,改变了即使同一工件在不同测量工作站开展测量时均需使用本工作站程序的局面,极大的减少了数据冗余,减少了独立工作站开展系统清理与维护的时间,提高了测量系统运行的可靠性,强化了测量系统的管理水平。

(4) 提高了工程师的审核效率,确保数据准确可靠。

传统独立的测量工作站,其工作水平高度依靠各工作站测量员的业务水平,不同的操作人员在设备使用,参数设置,操作手法上均有差异,往往会造成测量结果的不同。为确保测量结果的准确性,负责工程师需要花费大量的时间用以操作员的业务培训,开展测量过程的审核,以及测量结果的放行工作。完成集成的测量系统,实现了工程师的高效审核,通过在任何办公地点登录远程测量系统,可方便地完成数模的准备工作确认,测量程序的放行及测量结果的评估,将工程师从每日奔波往返于各测量室的工作中解放出来,极大提高工作效率的同时,确保了测量数据的可靠性。

3. 创新的主要做法

(1) 网络技术结合测量技术的设计原理

通过若干个远程数据工作站将分散的测量工位进行组网,测量设备控制模块与远程工作站之间通过网络接口及IP寻址的方式实现了测量软件对设备的远程控制、数据传输及测量结果评定。防火墙技术确保了所有的产品设计数模将只能保

留于远程工作站而无法下载至本地电脑,不同的用户权限确保了对数模使用的合理性。同时通过在远程工作站之间建立公共存储区域实现了数据的统一存放、分类管理。

每台测量设备在远程都对应一台数据终端服务器,保证每个测量工作站工作的相对独立性,同时通过终端服务器的组网及公共存储区域的建立,将原本孤立的工作站物理单元组成有机整体。通过远程登录软件,操作员可依据需要登录不同的终端服务器,最大限度地实现数据的共享。与此同时,通过设置不同的登录权限,将系统管理员、测量工程师及操作员加以区分,实现了系统构架专人维护,测量工作专人审核,日常操作互联互通。

(2) 改善后测量系统的构建

进行测量系统的物理构建时,需将传统测量系统中通过HUB联机的本地通信方式更改为网络端口的寻址联机方式,同时对测量设备控制柜及本地机IP地址进行修改。在系统测试过程中需重点验证数据包是否存在丢失,避免由于数据通信方式的修改导致测量结果失真。相关的测量系统软件将由传统的安装于本地电脑转换为安装于远程的数据工作站。测量工作开始前操作人员仅需通过本地电脑登陆远程工作站,即可使用PDM数据库完成数模的前期准备工作,完成准备工作的数模及测量程序将存储于公共文件夹的指定文件目录。测量主管人员的办公电脑可以通过登陆远程工作站的公共文件夹,复查完成处理的数模准确性及测量程序的可靠性。测量过程中测量软件通过IP寻址联机实现远程工作站对测量机的远程

控制及数据传输，直至完成测量结果评定及测量报告的输出。此全部的测量工作流程将仅发生于安装有PDM系统的远程工作站，确保了产品数据的安全性、测量结果的可靠性及系统的维护性。

(3) 软件平台的搭建

在系统的物理构建完成后，为确保系统能顺利开展，需要搭建相应的软件平台。网络技术与测量系统相结合后，其系统涉及到的软件可依据不同的使用工作性质分为三类，分别是：远程联机软件、PDM产品数据库管理软件、数据格式转换软件、测量评估软件。

区别与传统的测量方式，通过网络技术优化后的测量系统实现了远程控制，本地操作，此操作模式决定了操作员在每次系统登录前需要将IP地址输入远程联机软件，确认用户权限后登录终端服务器，开展相应的测量及其准备工作。

数据模型是所有测量工作的前提，通过将PDM系统与远程的终端服务器相结合，实现测量数据的安全存放，减少了单个测量工作站的数据冗余。完成系统登录后，操作员可运行PDM产品数据管理软件，通过检索零件号的方式将所需的数模以CADPart格式下载至公共存储区域。

CADPart格式的数模包含完整的数据信息，但其本身并不能直接用于测量系统的软件，数据格式转换软件的作用即通过高质量的数据处理方式，将数模格式转换为测量软件所能识别的通用格式，从而确保在数据转换过程中无信息丢失，烂面等情况发生，确保测量的准确性和可靠性。

传统的测量系统将测量软件安装于本地工作站的服务器上形成封闭系统。通过网络技术改进后的测量系统将所需的测量软件安装于远程终端服务器，测量指令及测量完成后的数值反馈将往返于远程终端与本地系统之间。测量软件在运行过程中同样通过IP地址对本地的测量机进行远程控制。8080端口是测量数据的基本通信接口，防火墙在进行参数设置时需将其打开，以保障测量参数的顺利读取，同时在进行系统测试是需重点考察通信过程中是否有数据包丢失的情况发生，避免因通信数据包的丢失导致系统控制失效或测量结果的是真。

如图43所示是软件系统平台，各软件的无缝连接和密切配合，确保了整个测量系统工作的顺利开展。

4. 创新的实施效果实例

在传统的三坐标测量技术领域置入新兴的网络技术，以技术创新对原测量系统固有的弊端进行优化与革新，极大地提高了数据的安全性、可靠性及维护性，改善了测量

工作的管理模式，将分散设备的单点管理通过系统化，集成化，实现了集约效应，极大的提高了管理效率。

结语

由上可见，在“智能化制造”已逐渐为企业接受并推行的大趋势下，在汽车制造业中广泛应用的测量技术，特别是用于生产现场的在线检测技术，正发生着深刻的变化。其一是更加突出了企业在用坐标测量类检测设备的通用性、多功能、低成本和操作的便捷，而不再是片面强调高精度等传统指标。而另一方面，不断发展和推出的先进测量技术，诸如激光、白光等先进的非接触式计量设备，正是它们所具有的高效、环保、可持续利用等诸多特性，才使它们拥有了强大的生命力。此外，以新颖随机量仪和相应的数字控制系统为代表的主动测量技术在先进的磨削加工工艺中的应用，则从另一个角度反映了对实现智能化生产过程的推动作用。

AUTO1950



本文节选自《汽车先进制造技术跟踪研究（2016）》，购买此书的读者请扫描二维码。