

# 浅谈“智能制造”背景下中国测试测量仪器行业的发展策略与路径

汪晓东

## 1 前言

中国北方的许多城市是在雾霾中迎来2017年新年的钟声。中国测试测量行业的发展也如同雾霾天气一样，在全球经济环境疲软的大背景下，显得扑朔迷离。然而，当你有机会穿越迷雾，飞上高空，湛蓝的天际尽在眼前。就如同我们面对雾霾所采取的态度与行动，中国测试测量行业的发展策略和路径需要跳出仪器仪表本身，换个角度来思考，如何在“智能制造”背景下取得成功并不断前行。

在过去的5年，中国测试测量仪器行业的发展取得了长足的进步，尤其是某些高端测量仪器和分析仪器的技术指标已经达到甚至超过国外同类产品的水平，例如示波器、射频微波信号发生器、PXI模块化测量仪器、高灵敏荧光检测器等。这主要得益于市场上关键芯片与器件、模块化组件的整体水平和普及程度都有了很大提高，国内测量仪器厂商将主要精力集中在提升仪器本身体系结构的设计水平，同时采用新的测量方法实现关键技术的突破，然后采用模块化组合方式设计出高水平的测量仪器和分析仪

器。与此同时，国内关键芯片与器件的技术指标和产品质量也获得了提升。

但是，就国产测量仪器的稳定性、可靠性、测量的一致性方面而言，与国外同类产品还有着一定的差距，而这正是需要通过“智能制造”来解决的问题。同时，测量仪器也是实现“中国制造2025”国家战略目标的核心保障工具，中国测量仪器的发展水平将直接影响到中国制造产业升级的长期动能。

反观国外同类厂商，他们将研究重点放在新的半导体材料的使用、高端专用芯片的研发和全新测量方法的研究上，力图继续保持领先优势。从这个角度而言，中国测试测量的整体行业与国外同行相比也存在不小的差距。这需要国家战略层面的支持与引导，即原材料基础研究与应用、半导体工艺的研究与生产、核心测量算法的研究与应用等。

测试测量仪器与分析仪器属于高端、小众市场，要想保持领先优势，需要大量的研发投入和优秀人才的培养。

国内测试测量仪器行业如何缩小与国外同行的差距，笔者以自身20多年从事测试测量行业的经验，包括产品策划、产品设计、制造流程、市场营销、销售渠道、技术支持、客户管理、人才培养等多方面，针对在“智能制造”背景下中国测试测量仪器行业的发展策略与路径分享一些观点与读者探讨。

## 2 “工业4.0”对中国测试测量仪器行业带来的影响与机遇

第4次工业革命的观点始于21世纪初，其最大的特点是互联网，尤其是移动互联网的普及与应用。传感器在体积变得更小的同时，性能变得更加强大，而成本在不断降低；与此同时，人工智能和机器学习也崭露锋芒，尤其是最近一段时期AlphaGo和Master对围棋大师们的挑战，让公众对人工智能有了更加直观的认识。所有这些都预示着一个明显的趋势，即软件技术驱动的数字技术将会彻底改变整个世界。

在德国，关于“工业4.0”的探讨越来越热烈。而第4次工业革命就是通过推动“智能制造”的发展，通过工

程数字化技术,在纵向将制造系统网络化并进行集成,在横向将价值链网络进行集成,极大地推动并最终实现产品生产的定制化,催生新的运营模式。

第4次工业革命将促进物理、数字和生物领域的融合与互动,“工业4.0”解决方案的核心优势是缩短新产品,尤其是高度智能化的复杂产品的市场投放时间;提高生产的灵活性,即柔性产线满足各种市场需求和个性化批量生产;提高能源和资源的利用效率,提高生产力,从而提升竞争力。这也是“智能制造”所需要实现的目标。

其中,在“工业4.0”解决方案中,起着关键质量检测 and 故障诊断作用的测试测量仪器的使用量呈上升趋势,并在整个测量方法与测试策略上,必须要满足柔性产线的需求。同时,还呈现出下列几个重要的发展趋势:

1) 网络化能力及模块化结构成为“智能制造”领域测量仪器的主要特点和能力,测量仪器可以灵活重组,实现资源的重新配置,以满足不同市场、不同用户的个性化与定制化需求所带来的测量系统定制化需求,以最优的成本实现最佳的质量检测。同时,通过网络将测量数据与工程数据相融合,以最优的测试策略提升资源的利用效率,提升故障诊断的覆盖率,进而提升整个产线系统的生产力。

2) 由第4次工业革命所引发的

一系列深度变革将影响甚至改变人类的生活方式,例如:可植入技术、数字化身份、可穿戴设备联网、便携式超级计算机、视觉成为新的交互界面等。在产品层面凸显了数字、物理和生物几大领域高度融合的特质,因此,必将产生跨学科的数据相互印证与交叉分析,测量仪器及测量系统将更加智能化。以人工智能为核心的产品生产,也将催生出以人工智能为核心技术的满足“智能工厂”需求的测量系统。

3) 由于产品的高度智能化所带来其结构体系和功能的高度紧凑和复杂性,从而产生出庞大的工程数据和测量数据。因此,基于云平台的大数据分析与计算,将是“智能工厂”的另一个主要特征。专注于“智能制造”的测量仪器将不可避免地成为这个高度网络化数据链中重要的系统网络节点。其本身的输入输出数据,必须要适应云平台系统的要求,要满足数据的一致性要求,提升数据质量。同时,各类测量数据可以长期保存并作为“智能制造”大数据的核心要素之一。工程数据与测量数据的高度融合,其大数据分析结果再反馈到“智能工厂”的制造流程的各个环节之中,实现快速的故障定位,实现预防性维护,通过数据以及数据分析技术改变了资产的保养方式。

4) 由此引发的“智能工厂”的数字化系统升级已经成为行业的热点。而软件技术无疑是推动这一进程的主

要力量,测试测量行业也不例外。在此之前,测量软件往往依附于测量硬件,尤其是被测量行业技术领先的企业所左右,其软件先进性和适应性通常伴随企业自身硬件产品的发展需求而进行升级。然而,在“智能制造”的背景下,产品的复杂性和多样性,以及定制化需求,要求柔性产线采用更加灵活的方式来重新配置资产,很难有单一厂家的测试仪器可以适用于所有环节、所有场景。因此,测量软件要满足“智能制造”的需求,必须要走开发式平台的道路,同时,应用于“智能工厂”的测量仪器也将走上开放式体系架构的发展之路。

面对上述发展趋势,可以预见,“智能工厂”需要大量的具备网络化能力、可以被灵活配置、基于开放式体系架构的模块化测量仪表,同时,测量数据、工程数据及管理数据的大数据在以开放式软件为基础的云平台上相互融合,从而构成“工业4.0”测量解决方案。

### 3 “智能制造”背景下中国测试测量仪器行业的发展策略和实现路径

面对中国当前测量仪器和分析仪器的现状,尤其在用于科学研究和设计验证的高精度测量仪器的核心芯片和关键器件上,与国外同类产品还存在不少差距,赶上并超过国外同类产品还需要走相当长的道路。

然而,“智能工厂”中的产品是已经通过了严格的设计验证,柔性

产线所需要重点关注的是如何建立最优的测试策略和配置测量仪器,实现测试覆盖最大、测试时间最短、测试成本最低。因此,产线更需要一系列模块化、分布式、网络互连、测试参数和测试项目适度、测量精度适中的智能测量仪器。而实现这一目标所需的相关元器件和核心芯片,其市场普及程度已相当高,并且,得益于全球“工业4.0”进程的推进,其性能指标将越来越好,而成本会越来越低。这将使得设计并制造出高水平且价格适中的、满足“智能制造”的产线用测量仪器的可实现性大大提高。中国测试测量企业应当抓住这个契机,大力发展“智能制造”过程中所需要的测量仪表。这样,既拓宽了中国测量仪器的市场,又通过使用过程中的不断完善,从而积累经验,不断提升产品质量和精度。

因而,对于中国测试测量企业而言,在“智能制造”的产线用测量仪器的研发、生产、销售、使用和维护方面,将大有可为。跟随“中国制造2025”国家发展战略,中国用于“智能制造”的测量仪器可以逐步发展成为国际测试测量行业相关应用领域的技术领先产品,从而改变测试测量行业的格局,同时,也将进一步成为“中国制造2025”战略目标实现的有力支撑,也将伴随“一带一路”发展战略,将产线用测量仪器推广到全球制造行业,建立中国品牌。

要在产线用测量仪器的研发、制

造和使用方面取得大的突破,可以遵循下面的路径来逐步实现:

1) 针对“智能制造”产线测试需求,制定出完整的测试测量策略,数据互补、测试覆盖率最大、软件定义与控制为基本原则,确认产线用测量仪器的精确定义和定位,从而策划并设计出合适的测量仪器。同时,将重点放在测量方法和算法的研究和应用上,利用软件等方面的优势来提升测量仪器整体的技术水平和测量精度。通过加强软件能力,配合适当的测量精度降低仪器实现的难度和成本。

2) 提升传感器的测量精度,并集成具备初级信号处理与分析功能的芯片,增加网络功能,使传感器变得更加智能化,从而成为测量功能专注的简单测量仪器。

3) 设计并生产出基于开放式、模块化硬件结构的测量仪器,可以是模块化仪器,或者是基于网络化平台的独立仪器。通过软件定义功能,实现仪器模块的灵活组合,以适应不同产品的生产测试需要,并完成相对复杂的综合测试。

4) 设计并使用开放式测试软件平台,可重点关注开源软件为基础的平台开发工具,从而让更多的仪器厂商可以参与其中,专注各自的测量专长,瞄准“智能工厂”柔性产线的测量特点和需求,开发出兼容性更强的测试子程序,便于模块化测量系统的集成与运行。

5) 开发云端数据处理平台:将产

品全生命周期中的测量数据,包括研发时的设计验证数据、生产中的在线测量数据、返修后的故障分析数据、使用中的现场工作数据和故障数据,与整个柔性产线的工程数据和管理数据相融合,实现产线测量数据、工程数据以及产品全生命周期测量数据价值的最大化。

6) “智能工厂”是完整的生态系统,需要对产线设备等资产进行长期监控。基于工程大数据和测量大数据的数据分析技术改变了资产的保养方式。资产自带的感应器具备分析功能,让资产始终处于被监控状态,便于主动式保养。利用基于传感器提供的数据(该数据可以通过算法监测),利用嵌入式仪器,实时/在线检查设备的性能指标是否在正常范围之内,一旦设备异常,即刻报警。通过分析长期积累的数据,当发现有指标变差的趋势时,主动进行更换与维修。

要实现上述发展路径需要突破一些关键瓶颈,包括工作流程管理、供应链管理、人才培养和核心技术突破。

#### 4 “智能制造”背景下中国测试测量行业所必须解决的关键问题和实现方法

工信部定义的“智能制造”(中国制造2025)的评估KPI指标包括以下几个主要内容:

- 1) 运营成本降低20%;
- 2) 新产品开发周期缩短20%;

3) 生产率提升20%;

4) 故障率降低10%。

要实现上述KPI指标,需要解决3个核心问题。

#### 4.1 新产品导入与针对性设计策略

很长一段时间,中国的不少企业,包括制造企业普遍认为,提高产品质量,最主要是提升制造工艺。但是纵观国内的生产线,很多情况下,流水线上的设备都很先进,但有不少产品的质量和性能稳定性却不尽人意。反观国外知名公司的产品生产线和国内著名的代工厂,产线上使用类似的设备,但产品质量和性能稳定性却要好很多。究其原因,主要是这些国外企业和著名的代工厂,非常注重针对性设计策略,具体而言,他们十分注重3个重要的设计环节:包括可测试性设计(design for test, DFT)、可生产性设计(design for manufacturing, DFM)、可靠性设计(design for reliability, DFR)。因为制造是一个需要众多工程技术人员共同协作的高复杂度流程,整个团队包括产品设计师、电路板布线师、设计验证测试工程师、产线操作工、产线测试工程师等,分别由不同的人员,甚至是不同公司、不同国家的工程师来共同协作实现。所以,在设计阶段,必须要重视DFT、DFM和DFR,保持相关数据的一致性和可追溯性。只有这三项设计做好了,生产线才能有针对性地制定测试策略,发现故障,精确定位,不断修正,最终生产出质

量优秀且性能稳定的好产品。因此,可以说,产品的质量首先是设计出来的,其次才是制造出来的。

对于中国测试测量企业而言,面向“智能制造”的测量仪器要具备很强的市场竞争力,不能重复“比拼价格”的老路,而这正是多年来中国测试测量企业很难长足发展的症结之一:测量仪器的市场相对集中,存在技术门槛和元器件门槛,在过往的产品设计研发过程中,国内测量仪器厂商缺乏充分科学的市场需求调研和细致的行业竞争分析,因而缺乏产品清晰的市场定位和准确的产品策划,导致生产出的产品同质化严重,最后只有依靠低价策略来争夺客户,造成企业的盈利不足,研发新产品缺乏后劲。对比国外同行,中国企业最缺乏的核心人才首先就是产品策划师。产品策划师比国内一些企业的产品经理要高一个层次,是由具备深厚且丰富的产品设计、市场营销、产品销售、产品应用和行业应用的知识与经验的一小群精英构成的金字塔尖的团队,一个企业是否有核心竞争力,优秀的产品策划师是首要的考核指标。

在当今的市场环境下,性能优良的通用元器件、芯片和模组很容易获取,很多芯片和模组厂商都提供了参考设计,大多数中国的设计师所接受的基础教育和实践能力与国外设计师相比没有太大的本质差别,因此,单就产品设计能力而言,中国的设计师不输于国外的设计师。这从国外厂

商在中国开设的研发中心的实际成果就可以看到。那么,针对同类产品,国内和国外厂商的差距,除了一些特殊专用芯片的因素之外,主要反映在中国的大多数企业没有一支产品策划精英团队,主要的问题也是出在没有准确的产品策划与产品定义。中国的许多企业的产品是由研发部门负责产品策划的,其人员知识和经验的局限性,导致了产品的市场同质化。

因此,中国的测试测量企业要真正借助“中国制造2025”国家战略实现质的飞跃,首先就要培养并建立一支产品策划师精英团队。

#### 4.2 生产制造全生命周期管理及测试策略

当产品的DFT、DFM和DFR完成之后,产品就进入制造环节。产品的成本是产品市场竞争力的另外一个核心要素。而在这个环节里,测试测量所起到的关键作用,可以有效地降低投资风险,越早发现故障,越准确快速地定位故障,就越能对生产工艺和生产过程进行修正,降低返修成本,进而降低产品的制造成本。而测试本身也是一种成本,需要通过制定以最优的成本,发挥不同测试技术的优势,构建互补的最优测试策略,实现测试和故障诊断的最大覆盖。

就电子产品的生产制造流程举例,常见的测量系统和测试技术包括人工目检(MVI)、光学自动检测(AOI)、X光自动检测(AXI)、在线测试(ICT)、功能测试(FCT)。每

一种技术都有其最擅长和最独有的故障诊断和故障定位能力,需要根据产线的实际情况来制定最优测试策略,亦或在产线的各个环节采用不同的测试系统,亦或根据产线设备的技术指标有针对性地选取几个测试系统,从而降低测试成本。关于各种技术的测试能力和适用范围,相关产品的世界知名测量仪器厂商都有各自详细的技术及产品介绍,不再赘述。

需要着重强调的是,上述技术和测试系统能够发挥出最大效能的前提条件是被制造产品的DFT、DFM、DFR是否在设计阶段就已经做好,DFT直接影响到产品制造过程中故障检测覆盖率和故障定位的精度,从而直接影响返修的效率和制造流程的修正效率。DFM直接影响到产品在制造过程中是否流畅,减少甚至避免操作工人的误操作,实现零缺陷生产。所以这些都影响到产品制造的总体成本。DFR直接影响到产品的维护成本和返修成本。关于DFT、DFM和DFR的相关工具,在市场都有一些成熟的工具软件。比如流行的CAD设计及电路板布线软件中都有相应的功能模块,实现DFT。相关工具产品的厂商和世界知名测量仪器厂商都有相应的培训课程,也不再赘述。

“中国制造2025”的核心目标之一,是提升制造产业的核心竞争力,提升产品的质量,生产过程中加强测试,是必由之路。对于中国的测试测量企业而言,这正是很好的机遇和市

场机会。而这些企业本身的产品,首先要在正确的产品策划和准确的产品定义之后,加强产品的DFT、DFM和DFR,进而让自身产品的质量有切实的保障。优秀的产品质量永远是产品的核心竞争力,同时也是最有效地降低产品总成本的利器。

#### 4.3 供应链管理及库存管理

“智能工厂”的日常管理需要关注并考核5个关键指标:安全,质量,发货,库存,生产率。需要创造可视化的考核矩阵,发现问题,找出原因,确认改进措施,不断改进。

其中,供应链管理和库存管理尤为重要。需要有严格的供应商选拔流程和供应商的绩效考核流程(包括技术、质量、响应、交货、成本、环保、财务状况等),从而建立稳定可靠的供应链和完善的供应商管理系统。“智能工厂”还将实现基于供应链的库存管理模式,通过将供应链中企业的库存数据进行融合,共同实施“协同计划、预测与补货方案”,即:协同规划、预测与补货(collaborative planning, forecasting, and replenishment, CPFR),强调供应商及零售商的协同合作流程及资讯分享,并借由所共享的资讯适当补货以减少库存、物流及运输成本,使供应链之流程更有效率,进而提升供应链价值。

优秀的供应链管理和库存管理,可以大大提升企业的市场竞争力。关于这一点,从几个世界知名的代工厂

就可以看到效果。从另一角度来讲,也给中国测试测量仪器的厂商提供了榜样,增强了信心。对于国内测量仪器厂商而言,所使用的原材料,包括元器件、核心芯片、印刷电路板等,相对于消费类电子产品,用量相对小但质量要求高,尤其需要建立良好的供应链管理系统和库存管理系统。同时,作为管理者需要建立并关注业务流程的可靠性,即产品的可靠性设计,供应商的质量管理,生产过程控制和客户服务与支持,通过跟踪客户实时的反馈,持续完善并保持业务系统的高效运行。

为实现“中国制造2025”战略目标,实现KPI指标,除了需要解决上述3个核心问题之外,对于中国测量仪器企业,尤其是电子测量仪器企业来讲,还有一个技术瓶颈,阻碍着绝大多数企业的发展,那就是测试软件平台。

仅以中国电子测量企业为例,大多数还采用国外测量软件,自身开发的软件各自为战,全行业缺乏统一的标准,从而导致在支持“智能工厂”的测量系统构建时,仪器或系统的兼容性存在很大问题,这极大地制约了国内企业的产品和系统竞争力。而这些测量仪器厂商的公司体量、营业额和利润水平,又不足以支撑开发一套完整的、被全行业所认同的测试软件平台。因此,走开放式软件平台之路,是中国电子测量企业赶上国外同类企业水平的一条必由之路。

构建开放式软件平台,最好是选

用开源编程语言,这样,底层编程语言的平台更加开放和稳定,测试测量企业可基于这样的开源编程语言,将重点放在设计符合自身产品和所涉及应用领域的功能软件,通过众多的厂商不断丰富功能软件群,从而充分发挥开源的力量,构建测试软件的生态圈。在这个过程中,通过市场化手段,强强联合,最终形成符合“中国制造2025”需求的测试软件平台和相应的功能软件生态圈,让中国的测试测量行业实现质的飞跃。

目前,市场上有不少中国企业,以C#编程语言,.net编程环境做工具,开发出很多基于自身测量仪器在内的测试软件平台。也有一批用户发起了基于这样的开源编程语言为基础的开源测试软件联盟。笔者认为,这是一个很好的、大胆的尝试,如果更多的中国测试测量厂商都认同这条路径,共同努力,相信在不久的将来,将诞生属于中国测试测量行业自己的测试软件平台,这也将有力地支持“中国制造2025”向前稳步迈进。

## 5 2017年要将测试测量仪器的发展提升到“中国制造2025”的战略核心层面

“中国制造2025”国家战略为中国的测试测量行业带来了新的发展机遇,整个仪器仪表行业,包括测量仪器、分析仪器等在内的全线产品是保障中国制造产业升级的核心要素,提升产品质量离不开测试测量,同时,测量仪器和相关技术整体的高水平也是国家科技水平

达到一定高度的标志之一。任何产品都需要有检测标准,而实施检测的工具就是测试测量仪器。

因此,必须把提升中国测试测量行业水平上升到“中国制造2025”国家战略核心层面,成为战略目标中必须要落实的一个关键项目。只有测试测量产品有中国自己的核心技术和知识产权,中国才能成为真正意义上的制造强国。

要提升中国测试测量行业的整体水平,除了国家出台相关的产业支持政策和解决上述核心问题之外,还需要做好下面两件事情:

1) 加强对测试测量行业 and 技术的科普宣传

目前,广大公众对测试测量行业本身的理解还仅仅停留在一些名词层面,人们对测试测量的关注多来自出现某些产品质量的公共事件之后。而在学术界,长期以来,有一种观点认为,测试测量技术仅仅是其他学科的辅助学科,完全忽略了测试测量技术和测量仪器作为评价科研成果、衡量产品质量的标尺作用。这些实际情况,间接导致了从事测试测量行业的基础人才群体的缺失,举例而言,在大学招生的时候,许多家长和学生就不能很清楚的理解测试测量技术、学科和行业的内涵及重要性,造成就业很好,但招生却不容易的尴尬局面。因此,开展广泛的测试测量技术和知识的科学普及宣传工作,首先要面向高中学生、大学一年级学生还有广大

的家长群体,要在高中教育和大学招生的过程中进行广泛的科普宣传,吸引优秀的人才从事测试测量行业。

2) 加强测试测量行业的人才培养

测试测量行业的人才培养包括两个层面:首先是面向高校相关专业的学生,其次是面向在职工程师。

对于高校学生,需要根据其不同的学习阶段进行不同的课程设计和实践设计,从下面4个维度培养学生的工程思维和实践动手能力:

① 技术应用的广度

刚进入大学,需要培养学生对行业的感性认识,对技术的初步认识,对相关企业和用户的初步印象。最好的实践方式就是多参加各种高水平的行业展览会,开阔眼界。就考核角度而言,通过提交参观报告与行业、技术、应用分析报告,来对所学知识进行梳理,找出兴趣点,找到想继续深入探究的领域。

② 技术应用的深度

在校学习了两年之后,学生已经具备了基本的理论知识,需要通过实践和指导对所学知识进行深化,需要对关键技术指标在行业应用场景中是如何体现的有深入理解,需要对关键技术难题及解决方法有深入的理解。最好的实践方式是听行业领先企业的技术讲座,去深入理解技术内涵和应用解决方案。在此之后,需要动手参与实际的设计工作和验证测试,体会测量仪器的使用方法。就考核角度而言,老师需要鼓励学生进行开放式命

题（不是设定好的实验流程和设计流程）的独立设计，让学生在实践过程中充分参与、体验、体会、验证所学的知识和方法，通过实践真正理解并不断探究技术应用的深度。

这样的本科毕业生就具备了企业所需的理解力和动手能力均达到一定水平的人才条件，便于企业进行深入培训，迅速进入角色。

### ③工程应用的维度

当学生进入硕士研究生阶段，已经对技术应用的广度和深度有了相对完备的知识和一些实验经验，此时，就已经具备了从事真实产品设计的的基本能力。在这个阶段，需要培养学生对真实产品设计时要考虑到，包括采用的元器件、设计方法、测试验证方式、DFT、DFM、DFR等，涉及成本、操作、验证、使用等多个维度的工程问题。最好的实践方式就是设计一个真正的产品中的一个部件，并进行设计验证测试，通过实践达到对热门应用所涉及的理论和技术在产品的设计、生产和使用层面的具体实现过程有深入的理解，并能够熟练使用关键测量工具。就考核方式而言，要求学生独立完成某个真实产品部件的全过程设计、样品调试、设计验证的全过程。这同时也是考验老师的指导水平，因材施教，但一定要是真实的产品，这将直接来源于企业的项目，这也有助于学生更早地接触实际真实的工程问题，深入体会并践行以工程维度的思维和方法进行产品设计和验证。

### ④工程应用的难度

任何产品的成功上市，都源于良好的团队合作。从另一个角度讲，不是由一个人就能够完成的任务。因此，要让学生在研究生毕业阶段，就要深刻体会到工程应用的难度，学习通过团队合作实现完整产品的设计、验证、生产、使用、甚至销售的全过程。最好的实践方式就是组成合作小组，对真实项目所涉及的全部内容和全过程进行深入细致的分析，对关键技术难题提出可行的解决方案，通过团队合作实现项目关键环节的技术突破，做出真实的、完整的产品，也可以是完成项目中的关键环节。而考核的重点，是考验学生是否能够通过密切的团队合作，以制造真正产品为第一目标，解决关键问题，并总结经验，从中体会工程应用的难点，体会团队合作的重要性，培养团队合作精神。

当学生走上工作岗位之后，就能够快速融入团队，成为优秀的一份子，解决实际工程问题，很好地完成产品的设计、验证、生产、使用等各项工作任务。

对于在职工程师而言，需要重点选拔并培养产品策划师、核心产品设计师、项目管理师或流程管理师（包括供应链管理和生产流程管理）。而这3类人才是实现“中国制造2025”战略目标所缺乏的关键人才。因篇幅有限，不再一一赘述，有关上述方面的细节内容，笔者愿意与有志于提升核心竞争力的相关企业进行深入探讨。

“中国制造2025”为中国的测试

测量行业创造了极好的发展机遇。然而，市场也是残酷的，如何能够在竞争中发展，抓住机遇提升产业水平，进而真正实现“中国制造2025”的战略目标，需要国家从战略层面予以高度重视，并配套产业支持政策；需要中国科协加大对测试测量学科和技术的科学普及工作的力度；需要高校在教学实验的过程中去培养学生的工程意识和实践能力；需要企业从市场策略、产品策划、流程控制和人才培养方面，借助“工业4.0”的成果，认真思考，定向投入，不断创新，勇于开拓，大力发展适用于“智能工厂”的产线用测试测量产品，跟随“中国制造2025”发展进程，逐步设计并生产出适用于制造领域应用的技术领先产品，改变国际测试测量行业的格局，建立中国品牌，并逐渐成为支撑全球“智能制造”行业的测量仪器主流供应商，为“中国制造2025”战略目标的实现提供有力支撑。

以上观点仅是笔者基于从事测试测量行业20多年经验基础上的浅见，愿与读者进行探讨。

新年伊始，谨以此文感谢广大读者对本刊的长期支持。在2017年，本刊将针对，包括“智能制造”在内的行业和技术发展的热点专题进行组稿与报道，欢迎广大学者、专家和技术人员踊跃投稿，共同推动中国测试测量行业的发展。祝各位读者和作者在鸡年吉祥如意！祝企业生意兴隆！祝各位事业顺利，身体健康！



## 作者简介

汪晓东，工学硕士，中国仪器仪表学会理事、中国电子学会高级会员、电子与仪器科技期刊集团CEO、中国仪器仪表学会学术产业战略研究院执行副院长。曾任航天部运载火箭研究院某研究所重点实验室主任。1996~2016年，历任中国惠普有限公司电子仪器部市场高级工程师、渠道及合作伙伴业务经理，安捷伦科技公司亚太区市场业务发展经理、电子仪器集团全球战略市场策划经理、测量系统事业部全球战略市场策划经理及全球业务经理，Keysight Technologies Singapore (Holdings) Pte Ltd. 测量系统事业部全球业务经理。2016年3月，出任北京方略博华文化传媒有限公司副总经理。

汪晓东对HP/Agilent/Keysight电子测量全线产品及相关市场具备测量理论、行业应用、研发设计与管理、制造管理、国际市场营销、销售和渠道管理，以及用户实践等方面有长达20多年的丰富经验。

E-mail: wxddaily15@yahoo.com

# 测量不是目的

——从测量分析到评估决策

沈松

北京东方振动和噪声技术研究所

## 1 测量和分析

北京东方振动和噪声技术研究所（以下简称东方所）自1985年成立以来，采用软硬件紧密结合、共同发展的路线，专注于动态测试和信号处理技术，从软件、硬件、算法和系统等方面，为工程领域的用户提供振动噪声测量分析的完整解决方案。

在软件上，经过30余年的积累，已经可提供6大方面的几百项测量分析手段。这6个方面分别为：动态信号测试分析、模态测试和动力学分析、声学测量分析、旋转机械测试分析、振

动台控制和试验分析、土木桥梁和轨道应用测试分析。

在硬件上，从早期的PC板卡形式，历经了USB便携式、CPCI集中式、LAN网络分布式。基于ARM、FPGA和DSP的多嵌入式系统设计，实现了智能硬件思路的互联网测量仪器。

在算法上，近十几年来，系统发展了精密动态测试和模态试验技术，包含了超高精度频率计、双核超量程、超低频快速测量、AVD、传函反演、VTB、PolyIIR、CXI等十几项创新技术，将动态测量的精度提升至精

密级。

在系统上，通过软件系统和硬件系统的统一设计，基于云计算和嵌入式技术，发展了领先的云智慧测试技术，将动态测试从实验室转至云计算。

对于工程现场测试，虽然还有各种具体的问题需要解决，但是基本的软硬件已经非常齐全，分析手段已经非常丰富，如图1和图2所示。东方所一直努力将测量分析变得更加精确、方便、智能、可靠，同时也沉浸于不断创新带来测试技术进步的喜悦中。