

发动机厂产品制造质量 现场监控模式

□ 上海大众动力总成有限公司/朱正德



本文从当今先进制造业的特点、需求和“智能化制造”逐渐为企业接受并推行的大背景出发，对现代汽车制造业中的典型代表——汽车发动机厂的产品制造质量的现场监控模式及其一些基本特征，如：制造过程信息化的实施、在机测量和工序间检测配置的变化、配备在车间现场的三坐标测量机和生产测量室等趋势，作了简要但较全面的说明。

自21世纪初以来，汽车行业融入了众多先进技术的“智能化制造”已逐渐为越来越多的企业所接受并予以实践。事实上，此时所追求的目标并非仅是减轻劳动强度和提高生产效率等较单一的考虑，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（如采取多种混线的柔性化生产方式等）。

众所周知，现今智能化生产的鲜明特征之一就是把质保体系的重点转移到确保制造过程运行的稳定、可靠和强化产品的制造质量，

以及对柔性化、混线生产方式的适应等诸多方面。这就决定了为此所建立的相应的产品制造质量现场监控模式必须具备一些基本特征，包括：制造过程信息化水平的提高、在机测量和工序间检测的变化、三坐标测量机和测量室的配置原则等。

提高制造过程的信息 化以确保产品质量

自20世纪90年代初起，随着对现代质量理念的理解和接受，企业逐渐改变了昔日以检验产品质量为主的传统模式，把质量控制的重

点转移到形成产品的生产过程中。正因为如此，应用数理统计方法对过程进行监测和分析，使之处于可接受并且稳定的水平的统计过程控制（SPC）在以批量生产为特征的汽车行业得到迅速的推广。尤其是进入新世纪以来，又有越来越多的企业应用互联网技术，把SPC数据分析系统经拓展后，形成了富有特色的产品制造质量信息数据网络，进一步提高了对生产过程的实时监控能力。图1是一个选取（德）Q-DAS公司企业版qs-STAT统计分析软件后建立的系统实例，应用在某

先进的汽车发动机厂。

但事实上，近年来企业也已日益深刻地认识到，决定产品最终质量和成本并不仅限于上述SPC所关注的现场采集的质量信息，还取决于来自生产、物流等整个制造过程的相关信息。

尤其在当前，众多汽车厂都面临着为了应对日趋激烈的市场竞争和满足消费者不同的需求，而必须彻底地从已习惯的大批量生产方式转变为按多品种、中小批量的柔性化模式来组织生产。显然，相比前者，此时的企业结构和对产品质量的影响因素较之过去更多、更复杂，例如：如何实现面向订单生产、缩短交付周期？为适应柔性化生产，提高操作和生产灵活性，以

及生产数据可靠、完整，易于实时监控，该采取什么措施？为提高设备维护的可预见性、减少可预见的停线时间，提高生产开动率，又需要怎样做？进而，为了增强零件的可追溯性，减少产品质量风险，必须加强过程管理，杜绝生产过程缺陷和一次下线合格率（FFT），又得执行哪些有效措施？怎样加强质量问题的现场控制，充分利用SPC分析手段，当一旦出现召回要求时，能从容应对，降低品牌风险？制造执行系统（MES）也正是在这种大背景下才日益被国内车厂看好，并在近几年获得了相当可观的应用。图2是一个具体案例，从图中可见该系统几乎覆盖了或涉及到整个制造过程的全部核心环节。

在机测量和工序间检测的演变

现今，鉴于高柔性、高效能的加工手段已渐渐占据主流地位，如对于发动机中的箱体类等零部件已广泛采用了加工中心，而对于轴类零件，则越来越多地应用了先进的CBN砂轮跟踪磨削技术。但另一方面，为适应这样的生产模式，在设备和现场所配的随机测量和工序间检测也发生了相应的变化。

通过曲轴这一实例即可清楚地认识到这一点。此时，在生产线的磨削工序，主轴颈和连杆轴颈均采取了高速高效随动/跟踪磨削技术，只需经过一次装夹就可完成全部的磨削加工。采用砂轮能够实现随动、跟踪的CNC磨床是曲轴精加工技术一次很大的突破，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，而且由于执行了一次装夹即能完成全部主轴颈、连杆颈的工艺后，有效地降低加工误差，提高精度。另外，因为采用了CBN砂轮后，大大地增加了砂轮的使用寿命，又提升了生产率。尤其是通过将先进的随机测量技术和数据处理系统相结合，能进一步改善、提高工件的尺寸和形状精度。

一般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，即得以有效地改善轴颈的制造质量。

（2）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（见图3左），并根据自动

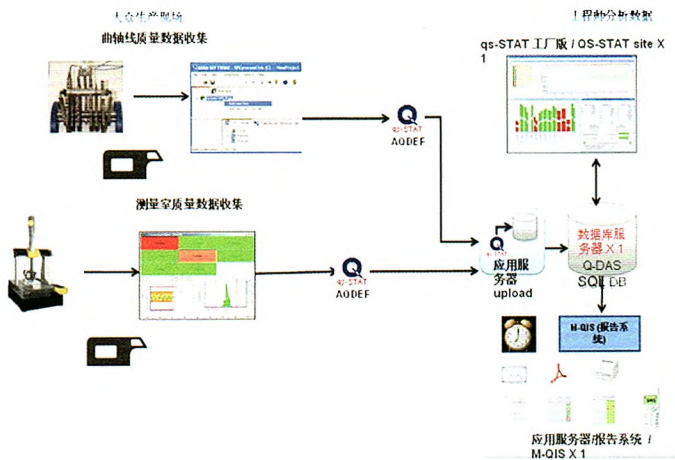


图1 经拓展后的制造质量信息数据分析系统示意

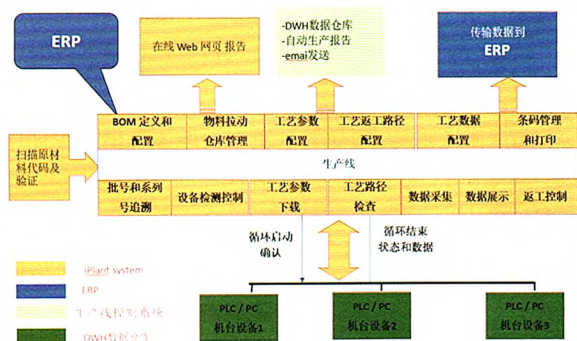


图2 一个几乎涉及到制造过程全部核心环节的MES系统

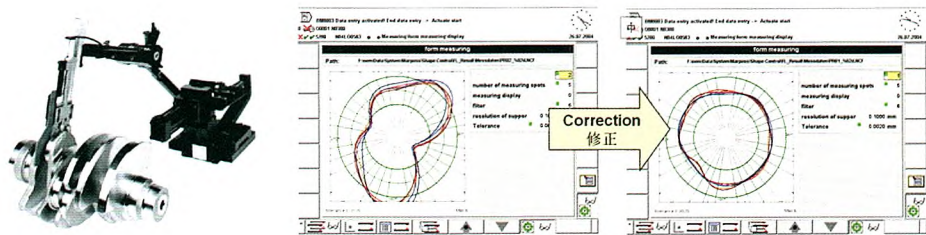


图3 通过修正、补偿方法来提升轴颈圆度的加工质量

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（见图3右）。具体来说，如轴颈的圆度将由按原磨削工艺生产时只能控制在4~4.5 μm，提高到2 μm以内。也正因为如此，在采用了柔性化的曲轴加工方式后，整条生产线工序间检测器具的配备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，分别对应于3台磨床（一台主轴颈和两台连杆轴颈），且均为多参数半自动综合性检具。利用动态（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、跳动等几何公差。而在采取了新的磨削技术后，由于精度、特别是几何公差基本上都可以由工艺来保证。在这种状况下，新

线配置的检具由原来的动态改为静态，所有的几何公差都不再检测，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（见图4）。两者相比，无论是从先期投入、其后的维修成本，还是占有工作场地上都有大幅度的降低。

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，下面将会着重介绍。

三坐标测量机和生产测量室的配置

1. 测量室在现代汽车制造业中的地位和作用

迄止20世纪八九十年代，在国

内不少汽车厂（包括总成厂、零部件厂）中还只设有计量室，而罕有“测量室”。事实上，计量室有两项职能，其一是履行“计量”的职责，即承担对企业内检测器具的检定和校准工作；其二是利用所拥有的一些较精密的仪器对其他部门送检的少量零部件进行测量。

虽然，对于任何一个工厂来讲上述工作都很重要，但现今随着改革开放、市场经济的不断进展，以及技术的发展，企业的生产管理模式也发生了不少变化。

（1）鉴于“计量”任务所具有的专业性和共性，自20世纪末、本世纪初起，已有很多汽车领域的相关工厂把这项工作采取“委外”方式进行。而包括地方的质量技术监督机构或机动车检测部门也十分乐意为企业提供这项服务。

（2）如前所述，质量意识的转变和技术的发展，使主要形成于生产现场的产品制造质量受到很大的关注。过去那些三坐标测量机一类只被放在计量室内的所谓的精密仪器已逐渐地被配置在车间现场，更全面地体现出了其自身的应用价值。

（3）原来计量室所需担负的一些测量功能还是无法推辞的，尤其是当今的产业特征决定了今后整车厂和总成厂中外购件的比例会越来越高，故对外购件的抽检工作量

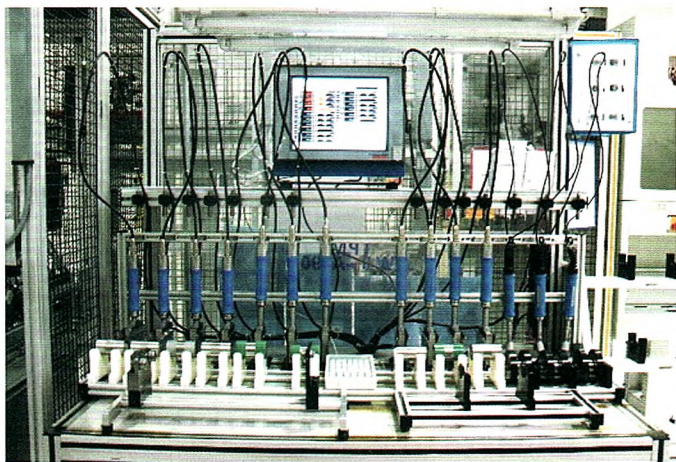


图4 由多个手持式单参数检具组成的智能化检测工位



图5 适合车间环境的半开放式坐标测量机的应用实例

将增加。然而如前面提到的，在企业普遍执行多品种混线生产和提高工艺水平的情况下，需要有功能更强、柔性更好的现场制造质量监控方式，有别于前一种“精测室”的“生产测量室”正是在此形势下出现并迅速推行的。

2. 坐标测量机走进生产现场渐成趋势

随着坐标测量机用于生产现场的技术日臻成熟，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，图5所示即是一种有代表性的配置方案。配备在一条不久前才建成的缸盖罩壳生产线旁的测量机的实况，选用的机型是海克斯康的Global。而在几年前的一条老线边，则是以一台多参数综合检具为主体的检测工位。两者相比较，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。

众所周知，使用寿命、多功能、低成本和操作的便捷是坐标测量机作为一种工序检测手段进入车

间现场应该具有的基本品质。为了迎合这一趋势，自20世纪90年代起，一些富有远见的仪器供应商，在若干世界级主流汽车企业的配合下，还在不断推出更适用的新产品。蔡司公司不久前推出的一款全新的悬臂式机型CARMET（见图6）即是一例。众所周知，“悬臂式”是一种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，但被称为测量多面手（the all rounder）的新机型CARMET仍然在多方面有所创新和突破：它有着新颖的结构，富有特色的测头和探针，因此能灵活地应对各种检测之需，从而有更强的通用性。为应对车间较恶劣的工作环境，通过采取多项有效措施，如将光栅尺安装于线性导轨之间，而导轨安装在Y轴

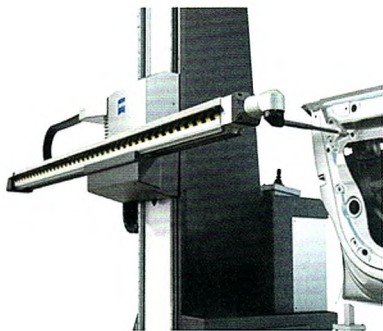


图6 新机型CARMET正在工作

下方，从而降低了碰撞危险，即使在Y轴经受碰撞时也能提供可靠防护。由于新机型CARMET采取了独特的摩擦驱动，不但降低了噪声，而且在保护测量机自身和机器操作员的安全方面也发挥了积极作用。

采用了集成可移动的显示、控制单元，使操作者能更方便地进行分析测量，并在编制测量程序时更靠近测量点，在节省体力的同时提高了效率。在采取了不少创新技术和简洁、实用的措施后，大大降低了制造成本，加之该机器甚为经久耐用、便于维护，对于用户来讲，不但降低了初次采购时的投入，且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，意味着这台设备的生命周期成本是很低的。

3. 生产测量室的建立和其作用的强化

所谓的生产测量室主要是指这样的一种专职职能机构：

（1）设立于车间现场，主要的任务是承担企业自制件的抽检。

（2）配备了通用性强，且精度高于在线检测器具（设备）的测量仪器，主要有三坐标测量机、轴类测量仪和表面粗糙度测量仪等。

（3）多数情况下由生产、制造部门领导，如由车间直接管辖。但也有一些企业仍把它纳入质量保证部管理，即类似于精测室（或人们习惯称的“计量室”），但其工作性质和内容则仍与第1点相同。图7是一个位于某先进的发动机厂联合厂房内的生产测量室，它所服务的对象有缸盖、缸体、缸盖罩壳和曲轴等四条生产线。配备了2台Leitz公司的Sirio 688型高速测量

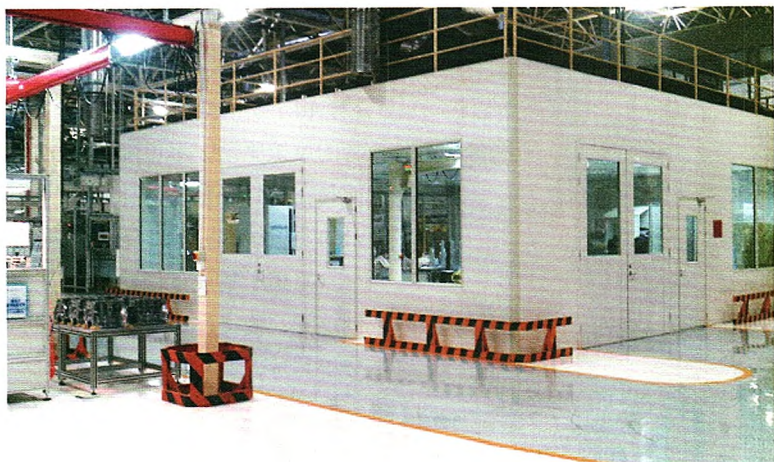


图 7

机器人和1台Adcole 1200轴类测量仪。近十年来，这一在线检测的模式作为一种质量监控理念，已逐渐被国内汽车行业所接受，越来越多的企业已在车间现场建起了生产测量室，其中既有独资、合资的，也

有国企和民企。而且，作为一种发展趋势，其作用还在强化。

结语

发动机厂作为现代汽车制造业的典型，其产品制造质量的现场

监控模式及其一些基本特征是有代表性的。事实上，经笔者的行业调研，文中涉及到的企业在制造过程信息化过程中SPC、MES的实施、关于在机测量和工序间检测配置的演变模式以及三坐标测量机和生产测量室配备在车间现场的趋势，除了在工序间检测器具的配置方面，各厂之间会稍有差别外，其他均呈现普遍性和一致性。 **AME**



朱正德
发动机制造专家
上海大众动力总成有限公司

引领前沿的切削技术
THE CUTTING EDGE

性能倍增的解决方案
Solutions for peak performance



高迈特·中国
E4馆
405展位