

数字化技术背景下 质量管理发展路在何方（上）

◆夏明 / 文

摘要：本文旨在通过对质量管理发展历史进程的总体回溯和阶段分析，研究技术进步在质量管理发展各个时期中所处的水平、发挥的功能和扮演的角色，找寻质量管理与技术进步之间交联耦合、影响促进的内在规律和活动模式，对以数字化技术为核心的新兴技术背景下，面对严峻挑战和重大机遇，质量管理如何开展管理对象的识别和界定、理念模式的创新和开拓、方法工具的优化和提升、机构人员的定位和迁移，以实现适应性转型和超越性变革，进行大胆假设和有益探索。

关键词：数字化技术；质量；四个维度；橄榄核模型

序言

纵观历史长河，可以清晰地发现，人类的生产活动与科学技术这两条线一直交织前行、螺旋上升。人类对物质水平的追求使得对生产活动的管理和控制要求越来越高。这些不断提升的要求有的来源于人类懵懂的感知，有的是人类刻意的追求，但都是人类随着对科学技术的认知不断发展、又借助其不断深化而产生和实现的。与此同时，它又是科学技术进步的源动力，一直持续影响、推动并有力牵引着科学技术的不断发展。不断进步的科学技术

一直为人类生产活动的设想实现、领域扩展、效率提高、质量提升等提供着层出不穷的新思路、新理念、新方法、新工具。

如果将时间压缩映射，以科学技术发展进步的重要节点和主要阶段为参照维度，就会发现人类生产活动的项目管理、质量控制要求和水平在与科学技术发展进步之间的关联耦合、交互推动的规律作用和特征效果，尤其是生产活动“质量管理”的需求起源、发展萌芽、健全丰富直至形成体系，与科学技术发展两者间明显呈现出“合久必分、分

久必合”趋势。

一、质量管理与科学技术关联发展的脉络

（一）原始化生产中的质量懵懂

新石器时代前后的很长一段时间，人类对自然世界的物理认知还处于懵懂甚至空白状态，对食物、居所、衣物、交通工具等物质产品的追求还出于动物本能。在这样一个科学技术低认知、生产活动低水平的时期，人类尚未有追求质量的前提和基础，也就谈不上利用科学技术在生产活动中开展质量管理。偶尔极其简单的生产活动，其目的和是否成功全凭本能、全靠天意，此时人类尚无追求质量的个体能动和主观意识。

（二）手工化生产中的质量初始

随着生产力水平和科学技术的开蒙起步，人类逐渐开始为了一定的主观目的，去学习利用或制作简单的

工具进行生产活动,并在此过程中逐步简单总结出一些科学原理,有意识地传承下一些成功的生产技术和控制工艺。另外,随着物质需求愈盛、需要批量生产,且由于生产资料确实来之不易、成本较高,人们开始对金属冶炼、炼丹炼药、建造房屋、制陶制瓷等生产活动的成功率、工艺水平、质量水平甚至是追溯要求有了潜意识、主观性的追求;逐步出现了以经验丰富的优秀生产者制造的产品作为同类产品的合格标杆或优良标准,并以此衡量和验收其他生产者的产品质量和工艺水平,甚至一些“老师傅”、“名匠”在生产过程中的工艺控制经验成为产品质量控制的标准工艺要求。因此一部分生产人员的职责逐渐转变为专司从事产品的检验、评价、分类和定级,车同轨、书同文、度量衡统一等质量管理初始理念开始萌芽与发展,甚至出现了兼具采办和质量检验验收的机构,如政府船舶司、皇宫大内的造办处等。质量管理逐渐从生产过程中突出、独立出来,具有专门目标、专用理论、专项技术的质量控制方法

和模式开始出现,专业的质量机构、部门、队伍开始显现雏形。

(三) 机械化生产中的质量发展

人类进入十八世纪以来,科学技术蓬勃发展,牛顿定律、爱因斯坦相对论等重要科学原理不断被人类发现、突破和掌握,电灯、电话、汽车、飞机等影响现代人类生产生活的产品陆续出现,人类的物质生活随着科学技术的突飞猛进而日益丰富。生产活动日益呈现出产品批量越来越大,通用度、一致性、标准化要求越来越高的特点,对质量合格率提出了更高的要求。尤其是二战前后,由于战争需要和战后建设需要,质量管理迎来了黄金发展期,理论研究、方法创新百花齐放、百家争鸣。许多对现行质量管理理论起到奠基作用、至今还在发挥巨大影响和作用的质量经典理论与方法都出现在这个时期。质量管理借助新的科学技术、数理理论、统计方法和模型工具等,逐渐从生产制造中脱离独立,形成了一套具备清晰管理目标、完整理论体系、独有方法模

式和有效手段工具的科学学科,质量管理部门、质量专业人员已经成为政府、行业、企业等组织中明确的组织单元和人力资源。

(四) 数字化生产中的质量蜕变

自21世纪以来,信息技术的高速发展使新产品的出现、发展、完善、应用和升级换代呈现爆炸式、几何式发展。当前阶段,是一个由机械化生产向信息化制造、网络化制造、智能化制造过渡的时期。数字化技术已经广泛运用于科研生产活动,智能工厂已初见端倪;少量领先行业的高精尖领域已经逐步摒弃了传统机械化制造业形态,逐渐呈现出网络化、智能化制造的雏形。据美国公布的《2016-2045年新兴科技趋势报告》指出,在2045年,保守预测会有超过一万亿台的设备将会连接在互联网上,这些设备包括移动设备、可穿戴设备、家用电器、医疗设备、工业探测器、监控测量摄像头等,这些设备创造并分享的数据将会给我们的生产、工作和生活带来新的信息革命。人们可以利用这些信息数据来加深对世界以及自己生产生活的了解,并且做出更加合适的管理、控制和决定。与此同时,联网设备也将把目前如监视测量、管理控制以及维修保养等许多需要人力的工作实现自动化。物联网、数据分析以及人工智能这三大技术之间的结合将会创造出一个巨大的智能机器网络,在不需大量人力介入的情况下帮助实现科研生产的质量管理工作。新的质量管理也逐渐呈现出无人化、自动化、数据化、实时化、可视



化和远程化等新特征。

处在这个关键的转折过渡期，我们才需要对过去质量管理和技术发展的变化规律予以总结和分析，对不断涌现、势不可挡的新技术发展趋势予以研判和评估，对下一阶段基于技术发展尤其是数字化技术突飞猛进背景条件下的质量管理发展形态、方向、模式进行分析和预测，并顺应趋势，提出质量管理创新发展的方向、重点和策略，从而正确应对科学技术的革命性和跳跃式发展对质量管理的挑战。

二、质量管理与科学技术交互发展形态和规律分析

纵观质量管理发展历史，空间距离、时间延滞、知识局限、成本掌控等成为人们对产品质量主要的疑虑点和关切点，如何消除和降低这些不信任、不确定、不一致、不经济也成为质量管理发展的原始动力。时至今日，数字化技术迅猛发展，新技术产品在空间、时间、知识、成本四个维度上让产品使用者产生的不确定、不信任感不断增加、更加严重，质量管理面临的创新压力激增；但恰恰又是科学技术发展为产品设计制造以及维修服务的全生命周期的过程管控提供了新的解决措施和更好的控制方法。

（一）数字化技术为质量管理发展提供了新的“无限拓展空间”

由空间距离带来的信任危机是质量管理发展的初始根源。人类生产初始时期，受活动范围所限，产品由制造地到使用地的空间距离很短，基本上“谁需求、谁使用、谁

制造”，对产品的质量和性能也无须二次确认，因此不存在太多信任危机。但是随着活动范围的扩展、国家疆域的形成、种族之间开始接触，伴随着科技进步，产品被极大丰富，地域、种族、国家之间的交流互通也愈发频繁，空间上的物理距离所导致的产品购买者、使用者对产品形成过程不可见，会产生对产品形成过程控制和管理的不信任。于是，人类逐渐出现了如何在不自控制 and 现场验证的前提下，还能够确保获得期望的产品的思考。伴随着这种思考，各类检验、试验测试的理论、方法、手段如雨后春笋般出现，包括顾客认定、第三方机构认证等在内的对生产单位的评价方法；国际检测与校准实验室认可、授权等检测单位的认可方式；ISO/IEC系列标准等对产品技术要求、工艺要求等管理水平和技术能力的确认和认可方法；等等。但是，随着数字化技术的发展，尤其是互联网、物联网、虚拟现实和

增强现实（VR/AR）的远距离视频通讯、沉浸式体验和感知的出现，远程、实时、全程的监控、感受、体验甚至检验操作均能够实现。例如，部分制造业企业已基本实现生产设备在线监测，关键工序控制过程实现重要客户远程在线可见。空间上的距离在网络中已经不再是“距离”，现行的认证、认可和评定管理理念必须随之变化，甚至当前的一些强制性的计量检定测量溯源方式和途径也将发生深刻变化。通过数字化信息技术，不须经过目前的派驻监督、现场检验和亲自确认等主流做法，不在现场亲身验收也能在某种程度上确认和保证即将获得的产品就是想要的或符合期望的产品。当然，这些要求可以提前在需求沟通、合同谈判、订单下达之前获得确认，并在生产过程中得到精细化落实；当需要或确有必要时，顾客能够在地球上的任何角落远程获取产品形成全过程状态信息、实施远程实时



图1 数字化技术带来的风险和造就的机遇

监控。空间距离带来的质量信任危机将得到有效化解和逐渐排除。

（二）数字化技术为质量管理发展提供了新的“时间切片粒度”

时间跨度带来的潜伏隐患是质量管理发展的外在压力。在人类发展早期，受科技水平所限，产品构造不复杂也不精细，从生产形成到使用全过程的时间间隔不长，这就导致无须也不必监督生产过程，而是直接关注产品的成品质量水平来实现基本的控制。随着科学技术和工业生产的不断发展，生产过程的时间切片愈来愈细，尤其火箭、宇宙飞船、人造卫星等大型、精密、复杂的产品出现后，设计生产过程中、存储周期内和使用过程、维修阶段直至报废之间的时间间隔，导致使用者对产品全寿命质量稳定性形成重点关切。比如，从质量阶段递进控制和成本管控的角度出发，需要在科研生产过程中设置停止点、检验点、评审点以确认阶段的符合性，并以此决策后续安排。但随着装备的复杂度与日俱增，这种“暂停”式的质量核查确认模式愈发不可行，成本代价愈发高昂得无法接受，尤其是自动化流水线、无人化智能制造等模式下，除了对产品技术性能和功能等“物理性”指标的检验检测外，对产品的通用质量特性（如可靠性、维修性、保障性、测试性、安全性、环境适应性）等要求也越来越高，但这些特性具有随着时间推移才能逐渐显现的“滞后”特质，时间延滞带来的矛盾较为突出。当前质量管理采用的事先确认和保证、过程节点检验等管理方式，以及质量检验统计分析、

预计评估等质量管理方法已经难以满足要求。随着互联网、物联网技术的发展，尤其是实时监控与自动检测技术、大数据分析技术和辅助决策等新技术的使用，已经可以实现对生产过程时间无限细微的“切片颗粒度”下的精细监视、实时数据精确测量、海量信息精准分析、自动实施精密控制等，而且如有必要，无限细化从技术上已无明显的瓶颈制约。因此，时间带来的潜在质量风险已经可以有效避免甚至完全避免，不必再采用过程中设置关键点或重大停止点进行转阶段确认、开展增强或加速度试验暴露早期缺陷、实施中断式测试以确认过程受控性，也不需要采取抽样甚至破坏性检验证明质量合格等方式进行控制。原理上，只要预先设计的过程控制要求经过验证确认正确无误，且经过虚拟的模拟仿真等方法进行验证后就可以确认整个生产过程在完全实现预定工况、预定要求运行后，能够很大甚至大概率地得到具有预期质量水平的产品。时间跨度带来的质量潜伏隐患将得到提前化解并逐渐消失。

（三）数字化技术为质量管理发展提供了新的“知识迁移能力”

专业上的差异带来的认知误差是质量管理发展的重要推力。科学技术萌芽时期，产品的制造者基本就是产品的使用者，同时也是产品的检验者，且由于技术水平有限，产品构成简单，所涉及的专业门类也有限，因此这三者从专业角度上讲是统一、延续的，知识是重叠、覆盖的。但是随着科学技术的进步，专业

知识门类划分越来越细，产品的技术集成度、密集度越来越高，性能、功能及其工艺要求也愈加复杂，产品制造者和使用者也逐渐从空间、时间上分离得越来越明显。作为使用者，很多情况下都不是产品制造相关技术的专业人士，对于如何制造产品是门外汉，只管使用，知识上的狭隘和局限使得产品使用者、购买者、拥有者对产品技术质量水平产生不确定、担忧甚至疑惑。如何评判产品的技术水平、质量水平、适用水平，需要具备产品相关专业和相应水平的知识和经验，具有与产品制造者无利益关联的独立立场，具有相对于制造者更加专精和先进的检测理论方法和设施设备的专业检测机构、人员，实施专业性评价、检测、认可。于是自然而然的，三方认证、检测、校准和实验机构等专业机构，监理、监造、船检师、司法鉴定等专业人员就应运而生，可靠性、环境适应性、全面质量管理、质量管理体系标准等专业理论、方法和标准也相继问世，以支撑专业人员实施的专业活动。但是，随着人工智能、机器学习、传感器与控制系统、人机交互、深度学习超级计算机、偏离预测、自我进化网络、大数据分析、云计算等信息技术的高速发展，产品使用者与产品制造者之间的知识范围、结构、内容可以实现全部转移、保真转移，可以把各种技术要求和各种应用工况无缝对接起来，实现无隔阂的交流；各类专业知识可以实现实时准确共享，顺畅地实施知识转移、分享、传递和应用，从某种程度上能够实现专业知识与能力的“迁移”。

例如,已经出现的智能翻译、AI律师等。而且,随着数字化技术让人类沟通实时通畅和便捷准确,对产品的专业检测检验、试验仿真技术以及质量管理理论和标准要求,由产品制造者和使用者共同提出的倾向愈加明显;传统专业机构和人员在两者之间提供的质量管理、检验检测、计量校准、评价评估、认证认可等服务从专业性、必要性上受到影响和冲击,必须向智能化、智慧化方向发展,逐渐要向体验提供、经验获得、知识迁移等转变,专业上的差异带来的质量认知和评价误差将逐渐趋向于无。

(四) 数字化技术为质量管理发展提供了新的“成本控制思路”

成本上的考量带来的效益风险是质量管理发展的重要动力。从成本与价格的管理立场、审视视角和评估周期的不同导致产品生产者、购买者对产品的质量成本控制和价格费效比十分关注。二战之前,由于产品结构相对简单,质量管理和

控制在整个生产过程所占比例较小,主要是减少废次品,当时最经济的方法是依靠质量检验的专业化队伍,按照既定质量技术标准进行事后检验和质量把关,以及时发现和提前剔除废次品。二战期间,科学技术与军事工业快速发展,这种质量管理方法既费工又费时,且远不能满足生产需要。于是,出现了以美国电话公司工程师休哈特为代表,采用数理统计和概率的方法,对产品质量进行“抽样检验”和对废次品进行“预防性”的事前控制,省时省工、效果明显;以道奇罗米格为首,采用统计方法,解决了只能通过破坏性试验下控制质量现状,从而减少质量损失的难题。这两大突破促进了更为经济的质量管理方法的形成,并在此后很长一段时期中成为实现产品性价比的有效手段和方法。如今,随着以数字化技术为代表的新技术的快速发展,现代企业进行成本控制的关键是要结合企业本身的实际,找出包括供应链健壮

性在内的影响产品质量成本的关键和深层次因素,并针对存在的问题,利用行之有效、充分适宜的过程控制方法,在不断提高技术与质量水平的同时控制成本、降低价格,增强市场竞争力,创造出最佳的经济效益和良好的社会效益。当前,大数据分析、辅助决策等新技术的应用已经初见端倪,一方面为企业利用数字化充分设计、智能化精微管控无限趋于“合格率达到100%”提供有力保证和技术可能,另一方面也为企业科研、生产、销售、售后等与质量相关的各个环节快速分析存在问题、选取最经济解决方法提供了管理资源和技术支持,也为新型质量管理的理论发展、模式创新、范围拓展、方法优化奠定了基础。成本上的考量带来的质量投入风险经综合量化和科学权衡后必将得到明显、有效的化解。☑

(未完待续)

(作者单位:海军装备部标准化办公室)

