

轨道装备制造业质量管理数字化探索

李彦林 董绪琪 李艳

(中车青岛四方机车车辆股份有限公司)

摘 要: 轨道装备制造业面临着供应链协同管控难度大、生产过程质量控制复杂、产品质量追溯缺乏支撑等挑战。如何通过数字化技术来推动轨道装备制造业质量管理转型,是增强企业高质量发展和提升核心竞争力的重要手段。本文以青岛中车四方机车车辆股份有限公司为例,就轨道装备制造业质量管理数字化所面临的问题和主要的做法进行了探索。研究从规范数据结构、生产质量控制与运维、质量检测检验和数据赋能4个方面展开,探讨了质量管理数字化的主要方向和做法,为轨道装备制造业质量管理数字化提供了借鉴。

关键词: 质量管理, 数字化, 质量追溯

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.01.018

Study on Quality Management Digitalization of the Rail Equipment Manufacturing Industry

LI Yan-lin DONG Xu-qi LI Yan

(CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd.)

Abstract: The rail equipment manufacturing industry is facing challenges such as difficult supply chain collaborative control, complex production process quality control, and lack of support for product quality traceability. How to promote the quality management transformation of the rail equipment manufacturing industry through digital technology is an important means to drive the high-quality development of enterprises and increase their core competitiveness. This paper explores the problems and main practices of the digitization of quality management in the rail equipment manufacturing industry. This paper takes CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd. as an example, and explores the main directions and practices of digital quality management from four aspects: standardizing data structure, production quality control and operation maintenance, quality inspection and inspection, and data empowerment. It provides enterprise experience for digital quality management in the rail equipment manufacturing industry.

Keywords: quality management, digitalization, quality traceability

作者简介: 李彦林, 首席质量工程师, 教授级高级工程师, 研究方向为质量管理。

0 引言

产品质量对于企业生存具有重要的战略意义^[1,2],是企业的立足之本,发展之源,更是轨道交通装备制造企业的生命线。因此企业必须牢固树立“质量第一”的发展理念,运用现代化的管理理论、使用更有效的方法和手段提升企业管理软实力。现代管理理论已经在朝着信息化、数字化、智能化的方向发展,同时许多企业实践已经证明,企业导入数字化技术可以有效解决企业管理难题,显著提高生产效率,在降本增效方面起到巨大的推动作用。目前,轨道装备制造企业在质量管理方面面临着巨大的挑战,包括供应链协同管控难度大、生产过程质量控制复杂、产品质量追溯缺乏支撑等。企业急需通过数字化技术来实现轨道装备制造企业质量管理转型,应用数字技术实现质量管理的数字化转型,以数字化质量管理保证产品高质量生产、保障企业高质量发展、提升企业核心竞争力。

1 轨道装备制造企业质量管理面临的挑战

1.1 业务数据采集方面

轨道装备制造企业是离散型、由订单驱动的制造业。随着高铁和标准动车组等高端轨道交通装备产品的发展,轨道装备主营业务从产品变为了产品+服务。这意味着现有的轨道装备制造企业不仅需要掌握产品生产过程的各项业务数据,更要采集在产品交付后的使用过程的各项数据,保障产品全生命周期的质量。同时,随着轨道装备制造企业在行业内的深耕,许多企业已经形成以本公司为核心的产业集群。以中车青岛四方为例,公司已经形成了以四方为核心的轨道交通装备制造产业集群,拥有完善的轨道交通装备生产体系和先进的高速列车产业基地,其业务涉及多个国家地区,产品远销海外。

业务规模的扩大虽然带来了企业体量和业绩的提升,同时也使企业的供应链路更加分散多元、产业链更长。技术能力的不断突破和提升也使产品的制造过程更加复杂,在现有产品+服务的业务模

式下,企业更需提高对产品质量的溯源能力以保障企业服务水平。企业规模扩大和技术突破所带来的种种质量问题对企业管理能力提出了新的挑战,企业的质量管控能力亟待提升。因此,如何在现有硬件资源下,以较小的投入实现制造过程质量状态显性化、质量数据即时化、质量改进高效化和关键零部件/原材料全生命周期可追溯,是企业推进数字化工厂建设的关键环节^[3]。

1.2 数据互联互通方面

目前制造业企业都面临着信息壁垒、数据壁垒的问题,在轨道交通装备制造业尤甚。供应链、制造链、技术链、服务链是目前企业的四大支柱链条,在目前的制造业企业中,企业内部各链条运行状态的良好并不意味着多链条之间的相互配合的良好,链与链之间的数据交流可能存在一定的壁垒,各链条间数据的转化、传输、应用需要更加贯通。在企业的扩张之路上,供应链、制造链、技术链和服务链各自扩张,使得各链路之间无法无缝传递和共享,造成了信息流的分割。由于缺乏全流程打通,企业系统化的质量问题跟踪变得困难;由于企业缺乏系统化数据互通管理办法,企业的质量分析精确性受到影响,质量问题定位也出现一定的困难。

这样的情况给企业带来了更大的挑战,企业需要将自己的信息流、实物流、服务流三流程链路融合,做到“三流合一”,以三流带动企业四链路贯通,提升企业数据系统性,实现质量问题精准快速定位、质量问题动态跟踪、质量分析精准可靠,显著提升发现质量问题的及时性。

1.3 数据分析利用方面

获取数据的数量和效率的提升并不代表数据利用效率随之增高,面对各链路和流程中获取的大量质量数据,企业的质量数据管理与分析工作也受到一定的挑战。对于企业来说,如何在已有的海量质量数据中有效识别重要的质量数据、如何深度挖掘质量数据价值是企业亟待解决的重要难题。除此之外,企业的质量管理决策和质量管理工作制定都依赖于企业基于海量质量数据的数据分析结果。但目前,很多企业在质量管理决策、预防性

质量管理模式推进和主动式质量改进模式上,尚未建立更有效的基于数据分析的方法。

2 轨道装备制造业质量管理数字化对策

2021年,中共中央、国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》中提及,要深化交通运输与相关产业融合,提高产业链支撑能力,推进产业智慧发展。为满足智慧发展需求,轨道装备制造业各企业均展开数字化、智能化探索。在质量管理领域如何推进数字化进程一直是个较为棘手的问题,中车青岛四方机车车辆股份有限公司在企业质量管理数字化推进过程中进行了有益探索,取得卓著成效。

公司依据ISO/TS 22163等先进质量标准要求,将“强过程、提品质”贯穿生产经营全过程,建立三层四驱双循环质量管理模式,坚持“质量优先”的质量理念和“匠心铸魂”的工匠精神,以“市场、技术、精益、数字”驱动企业内部需求引导、代际开发、精益生产和全时运维为代表的价值链高效循环迭代,同时拉动供应链与公司共同发展,实现公司与供应链的需求共析、协同共创、产品共造、服务共享,内循环与外循环相互关联、相互促进,构建了高速列车的“政-产-学-研-用”全资源协同创新模式,实现了从基础前沿技术研究到产品实现全链条的协同创新,形成了重大产品创新带动关键技术发展,新技术工程应用推动产品持续创新的螺旋式发展模型,着力打造绿色发展的良性产业生态,助推我国轨道交通装备行业自主可控产业链和供应链的绿色、高质量发展,在支撑国家重大战略的实现的同时,为世界轨道交通行业发展做出新的贡献。

公司依据已有的质量管理模式,积极融合企业质量管理业务流程,通过管理理念、方法、手段的突破,结合工业互联网平台建设,建立数字化质量管理体系,通过将质量管理业务数字化,实现从采购、物流、制造、检测、服务等全流程数据贯通,覆盖供应链、技术链、制造链和服务链全过程、全要素质量管控,将产品实现全过程的质量数据在线化

记录、自主化分析和全生命周期追溯,确保产品质量安全,推动技术优化、管理精细化和产品创新迭代,推动各项业务持续改进。

2.1 规范数据结构,促进数据共享、效率提升

公司依托4DL+云链四方工业互联网平台深化数字化转型,依据已有的质量管理(QM)、项目质量保证(QA)及产品质量控制(QC)3层架构,融合产品数据管理系统(PDM)、企业资源计划系统(ERP)、制造执行系统(MES)、质量管理体系(QMS)、产品运维系统(MRO)五大核心系统,建立质量、采购、制造、生产、物流十大指挥中心,针对各层级管控要素,建立了涵盖体系审核、首件检验、进货检验、过程检验、不合格品处置、质量数据分析等业务模块,嵌入了管控节点的会签审批、问题闭环、申请进展、正反向追溯、变更记录、证据传递等流程的整体解决方案,实现了履历信息实时查询,从首件检验、入库、制造、运营各环节的结构化检索。

布局未来,公司很早就提出通过“互联网+”模式提升企业数字化能力,并建立了4DL+四方数字化精益工业云平台,在3层质量管理结构中也着重强调了数字化的作用。在实现质量管理数字化的结构化检索后,公司已经打通了数据间的信息壁垒。借助系统实现了各类质量问题/信息的准确收集、快速查询、规范分析和持续改进。除此之外还建立了“一车一档”管理功能,实现列车及列车部件全生命周期的各方面履历信息的可追溯,以实现按部件序列号追溯装车号,根据装车号查询全部部件号的功能。结构化检索的实现使信息综合查询效率明显提高,信息查询实时应用,显著提升了质量追溯能力,进一步提升了质量改进效率。

2.2 生产质量控制与运维

在生产制造各环节,以提升制造核心竞争力为目标,公司开展精益载体建设覆盖全部53条生产线,在产项目全部纳入数字化项目管理平台管控。在生产环节的质量管理数字化实践中,企业建立了点对点的质量检测机制,将精益理念融入生产全过程。由于生产数据的结构化检索功能、实时抓取实时评估的实现,公司根据实时抓取的质量检测信

息状态,融合零部件采购和产品运用等相关信息,通过工业互联网平台的实时数据分析,进行智慧决策,实现产品生产质量的动态控制,实现质量问题的精准判定、动态跟踪和持续改进。同时为将质量管理前置,预防质量问题的发生,公司已形成轨道交通装备故障预测模型300余个,平均年预防故障隐患300余件,极大地降低了公司产品的百万公里故障率指标。

为保证车辆安全、顺畅运行,公司基于以质量管理数字化为主要路线,建立了动车组智能运维平台,在每列运行的动车组设有数千个数据测点,传感器实时采集列车的运行状态数据、监测运行状况,每10秒向地面发送一次。在运维过程中,运维平台融合产品运用信息,动态监控产品运维过程中的质量状态,以BOM结构为主线,搭建面向全寿命周期的配置管理能力,实现产品信息的一站式掌控,系统性提升公司运维管理水平、强化问题追溯能力。

2.3 质量检测检验

轨道交通装备制造业的特殊性之一就是零配件众多、关键零部件需要通过外部采购获取,因此供应链的质量管控是目前轨道交通装备制造业各企业面临的关键问题之一。因此,在供应商质量管控检验方面,公司搭建了QMS(质量管理体系)和SRM(供应商管理平台)两大系统,构建集成化供应链体系,推动外部供应链集成,利用信息化手段,实现从供方准入到供方评价的全流程信息化管控。在流程方面公司开展进货检验流程再造,打通与供应商之间的技术资料传递、质量问题处置、变更等业务流程和数据互通,实现质量证明文件、产品复验及首件检验信息化,所有供应商信息数据的集成,实现了供应链与制造链的有效融合,进一步提升产业链合作效率,用数字化手段管控供应商质量检测的有效性和实时性,使产品质量检测前置,提高了公司生产质量管控能力。

在产品质量监测方面,得益于公司工业互联网建设,使得产品数据互联互通。数字化质量管理的推动,让各产品数据不再独立,借助链上数据互联互通和公司结构化检索能力,公司建立多维数据

分析平台,综合各项数据实现多维度质量检验的统一分析,借助公司云上平台大数据分析功能对可能的质量问题进行建模和检验,实现质量检验的智能化判定,确保不良品能得到及时有效的识别和判定,针对不良品出现的原因进行分析,细致判责提升检验效率。除此之外,公司定期对不良品出现率较高的部分进行归因分析,建立质量问题预防机制以降低产品不良率。

2.4 数据赋能

质量问题的处理能力决定了质量工作效率,质量管理能力决定了质量问题处理能力。本公司通过数字化联通各链路,依托公司整体质量管理模式的有效推行,赋能质量管理,夯实了企业的质量管理基础,提高了质量管理效能。公司建立了以五大核心系统为基础的信息化架构,覆盖质量策划、质量控制、质量保证和质量改进等过程,以数据赋能公司全流程,实现全流程的信息化、智能化和网络化。

在质量业务数字化方面,通过质量管理体系(QMS),实现了质量体系全过程数据获取、问题跟踪、结果评价的规范化、主要质量指标的可视化以及质量改进过程的自主化,确保质量策划、质量控制、质量保证等全流程的数据贯通,推动了产业链整体管理效能提升。

在质量管理智慧化方面,通过质量指挥中心(QCC),对重点管控要素和项点设立时间类、指标类、趋势异常类、超限类等预警值,实现公司自制产品制造过程质量参数和业务数据的可视化以及现场质量异常的及时报警,日均质量异常报警降幅达到93.3%。同时,对供应商、系统部件精准抓取产品数据,采用SPC控制图、边界分析、变异系数等分析工具,建立了百余组PQM分析模型,评价同一供应商不同时间段产品质量稳定性及不同供应商同一产品质量一致性。

在产品全生命周期管理数字化方面,通过智能运维平台,围绕列车全生命周期“新造、运营、检修、服务”四大业务场景,以“数字车辆”“数字场段”“数字管理”为核心,结合PHM、MRO、SGO等数智化平台,构建车辆全生命周期业务生态链、数据生态链,实现车辆安全运营和检修提质增效。

PHM实现了预警报警、健康诊断及检修维护支撑服务；MRO实现了关键零部件全寿命周期追溯、故障处置作业效率提升、产品设计改进以及上下游供应链数据协同；SGO实现了配件需求可预测评估，指导仓库储备，大幅提升仓库的技术装备水平和管理效率，实现配件领料套餐化、无人化和精准化。

在质量成熟度管理数字化方面，通过质量管理健康度评价（QHM）信息化系统，收集评价数据、落实评价机制、开展健康度评价，精准定位公司质量管理体系总体、各板块及过程间的优势和不足，实现公司质量管理体系水平的动态监控；同时通过数据沉淀形成系统化的研究方法论和经验，为公司质量体系评价、质量改进和决策提供支撑。

公司基于工业互联网平台能力，面向质量问题处理过程的基本属性和迭代式闭环管理的要求，对过程管理要求进行细化、优化，将质量问题处理流程分为问题描述、问题分析、问题处置和问题

改进四大环节，根据每个过程环节的特性构建相应的数据分类体系，以数字赋能质量业务、质量管理、产品全生命周期管理和质量成熟度管理，确保产品质量问题定位清晰、定位快速、定位精准，同时以数据驱动质量改进工作，实现质量管理的良性循环。

3 结语

轨道交通装备制造业作为复杂离散装备制造的典型代表，其制造过程具有关键零部件复杂，集成技术要求高、产品运用复杂等特点。本文在供应链、技术链、制造链和服务链全要素质量管控体系方面进行了探索与研究，具有典型的从体系到产品实物质量的全要素管控，因而具有较强的普适性，对其他离散装备制造业等行业具有显著的可平移和推广的价值。

参考文献

- [1] 詹姆斯·埃文斯, 威廉·林赛. 质量管理与卓越绩效[M]. 中国质量协会编译. 北京: 中国人民大学出版社, 2022.1.
- [2] 温德成. 追求卓越—解读2019–2020美国卓越绩效评价准则[M]. 北京: 中国标准出版社, 2020.12.
- [3] Decheng Wen, Xiaojing Sun, Dongwei Yan. The Quality Movement: Where are we going? Past, Present and Future[J]. Total Quality Management & Business Excellence, 2020,33(1): 1–21.