信息化技术

基于 XQBOM 的航天离散制造业全面质量管理系统

程 辉 张 健 吴清华 刘 宽
（上海航天设备制造总厂，上海 200245）

摘要：提出了基于全生命周期 QBOM 的航天离散制造业全面质量管理集成模型，以此实现航天复杂离散制造业全生命周期、全过程质量管理。以航天复杂产品全生命周期质量数据为基础，建立全生命周期 XQBOM 参考模型，改进了航天制造质量管理工作流程，并开发相应的质量业务组件及原型系统。通过在某航天总装企业生产应用，验证方法的可行性和系统的可用性。

关键词：质量 BOM；全生命周期；质量管理；软件系统

Aerospace Discrete Manufacturing Total Quality Management System based on XQBOM

Cheng Hui Zhang Jian Wu Qinghua Liu Kuan
(Shanghai Aerospace Equipment Manufacture, Shanghai 200245)

Abstract: Aerospace discrete manufacturing total quality management integrated model is proposed to realize the quality management in the whole lifecycle and processes. XQBOM model is built based on product quality data of the whole lifecycle, and then the management process is improved. A prototype system of quality management system is developed and used to a aerospace equipment manufacturer.

Key words: Quality BOM; product lifecycle; quality management; software system

1 引言

早在 1987 年，Dessouky 和 Kapoor 等人[1]首次提出了集成质量系统（Integrated Quality System, IQS）的概念，将质量管理融入到集成化制造系统环境中，应用计算机及网络技术通过闭环质量控制器将企业中质量相关的技术、人员和过程有机地集成在一起，以协调质量体系的各项活动。

这一概念随即得到迅速发展，时至今日，集成质量系统已成为质量管理技术研究和应用的重要方向之一。Geoff Beckworth[2]提出了过程质量管理系统（Process Quality Management System, PQMs），提出了完整的质量分析架构及相关属性，并建立了过程质量的评估指标。Sangyoon Chin 等人[3]基于 ISO9000:2000，建立了过程管理系统信息模型并开发了 ISO9000 质量管理信息系统。陈盛照等人提出了集成质量系统的集成模式、体系结构和框架[4, 5]，开发与业务过程集成的质量体系审核算法，从而实现对质量体系运行的实时审核和监控。邓军[6]以过程为核心，面向产品全生命周期进行全面质量管理系统建模和系统。此外，国内外先进的研究机构和专业化公司对计算机辅助检验规划（Computer Aided Inspection Planning, CAIP）、质量功能配置（Quality Function Deployment, QFD）等单项技术进行了较深的研究和开发，并逐渐形成了

上海市信息化发展专项资金项目（201201001）
作者简介：程辉（1979-），博士，工业工程专业；研究方向：企业信息化、工业工程。
收稿日期：2014-03-21

系统进行计算机辅助质量信息管理系统开发和服务的公司。但是，这些研究或软件产品对航天离散制造的适应性不强，无法满足航天复杂产品质量管理需求，对整个系统的柔性考虑不足，其动态调整、过程资源配置能力严重不足。

2 航天离散制造业质量管理中的突出问题

航天复杂产品的质量管理涉及从产品设计到制造、采购，到检验、服务等产品全生命周期的各个环节，由于产品的复杂性使得其质量同样涉及到多个专业、多种异构信息，这些都大大增加了其质量管理的难度。

2.1 质量追溯/质量分析难

装备产品在服役过程中，航天复杂产品制造企业内每天将产生体量庞大的质量信息数据，分别来自MES、ERP、PDM等信息系统以及纸质制造过程卡，目前这些数据无法不同系统间自动传递，需要人工进行数据移植，造成了企业整体质量信息的孤岛和断层现象（信息无法共享）。一旦产品出现异常或故障，需要进行质量追溯时，无法快速获取有效的质量信息，很难实现高效、快速的质量分析和质量追溯。

2.2 产品全生命周期质量管控能力差

航天产品质量信息的收集、整理、传递，主要以手工纸质操作为主，信息采集渠道不宽，人为干预严重，质量信息的时效性、准确性及系统性均存在问题，导致航天产品全生命周期中各个阶段均存在质量问题：图纸、工艺文文不一致、产品不合格等现象；质量问题的处理意见、产品返修结果、不合格品审理结论未传递至检验员；信息反馈单、不合格品处理单长时间没有闭环，从而出现产品检验已完成，但由于信息反馈单、不合格品处理纸质单据处理不及时导致无法完成工序检验或完成终检的现象，导致产品进度拖延。

2.3 外购、外包产品采购质量控制能力较弱

目前航天制造企业涉及的外购器材和外包产品数量可观，其质量直接影响产品的交付进度和最终产品质量。但由于质量信息是分散汇总，定期整理，主要采取的是到货检验的质量管理概念和控制手段，缺乏主动的预防和控制，缺乏对供应商的科学管理和动态评价。

2.4 检测仪器设备将凸显为新一类型的信息孤岛

随着航天产品的复杂性不断增加，企业检测技术能力的快速发展，航天企业大多具有大量先进检测设备，而传统的依靠生产过程卡记录传递数据的方式，无法准确记录传递这些个体检测设备产生的大量现场检测或判读数据，无法实现质量闭环控制和工序质量实时监控，并制约企业检测能力快速释放。

针对上述现状，本文提出了基于全生命周期质量BOM（QBOM, Quality Bill of Material）的航天离散制造业全面质量管理集成模型，建立 QBOM 模型，通过 QBOM 关联产品制造过程中所有相关信息，做到信息分布采集、集中管理，实现航天复杂产品全生命周期、全过程质量信息及相关资源的共享，实现产品质量信息资源整合可追溯。并通过系统性的电子质量管理业务流程，优化基础质量管理工作的规范性、标准化，以保证质量体系的有效运行，全面发挥质量系统的监督和控制作用。通过质量统计分析的应用，对物资、生产过程、外协外包过程的质量波动情况、制造过程能力、产品质量和功能特性、产品使用情况和质量问题等进行信息化系统分析，实施自我评价、找出问题和薄弱环节，实现持续改进，为企业质量成本管理和质量管理分析决策提供有效支持。

3 基于 XQBOM 的集成质量体系

基于以上问题，本文将航天离散制造企业的质量信息管理系统定义为：基于现代质量管理理念，运用计算机、网络、数据库等信息技术手段实现对产品全生命周期质量数据管理和全过程质量管控的信息系统，对质量信息进行采集、分析、传递、处理、存储和综合利用，借助于对质量信息的高效管理实现企业全面质量管理（全企业、全生命周期、全员）过程的监控、改进与优化的质量管理。

3.1 系统模型

2000 版 GB/T19000 质量管理标准运用过程方法对企业质量管理体系的过程模型进行了一般性描述，如图 1 所示[7]。但是，航天产品结构复杂、零部件数量庞大，并涉及机械、电子、新能源、光学等多个学科优化，同时产品型号繁多，各型号甚至同一型号之间零部件和相应质量数据变化较大，导致航天离散制造企业质量数据庞大、过程管理与过程方法的复杂性与动态性增加。面向航天离散制造企业的质量信息管理系统提出了改进的质量管理体系模型，通过增加BOM（Bill of Material）数据维来提高航天产品制造过程中各阶段、各部门以及不同学科领域之间质量数

据的关系，保证质量数据的唯一性、正确性和可追溯性，达到从横向（全生命周期）和纵向（全过程）管理产品质量。

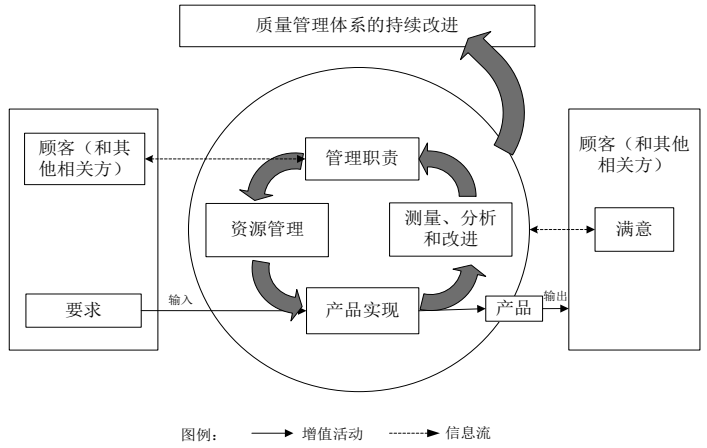

图 1　基于过程方法的质量管理体系过程模型

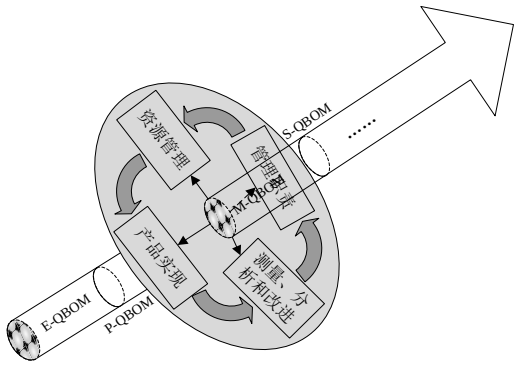

图 2　基于 QBOM 的全过程质量管理模型

面向航天离散制造企业的全面质量管理模型以 QBOM 为数据组织核心，以企业统一产品信息模型为主线，贯穿产品全生命周期的全过程质量管理平台，如图 2 所示模型。QBOM 数据来源于设计、制造和服务等产品制造各个阶段质量数据，以此关联质量管理过程中的产品实现过程、资源管理活动、测量分析和改进活动以及管理职责活动，并随着产品实现过程持续完善质量管理体系和 BOM 数据。

3.2　航天产品 XQBOM 模型

航天产品从设计到制造、采购到维护等各个阶段均围绕着 BOM 展开，在产品研制的不同阶段不同的职能部门使用并管理着不同形式的 BOM。其中质量 BOM 也是围绕着产品全生命周期不断完善形成的，在产品的设计、制造生产各阶段都会产生与质量相关的信息，随着产品的实现过程最终汇总成完整的 XQBOM，所以本文以树形结构表示产品结构，将航天产品制造过程各阶段的质量信息进行整合，形成 QBOM，并以此为基础形成产品全生命周期、全过程质量管理系统。

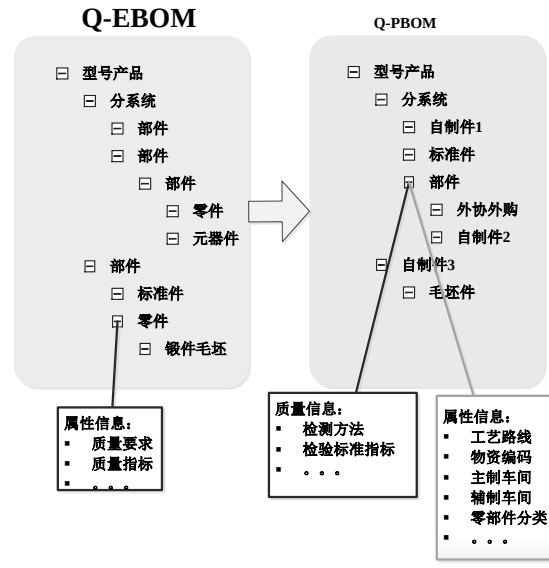

图 3　Q-EBOM 转化为 Q-PBOM

QBOM 的生成步骤如下：

a. 构建 BOM 结构。按照功能和产品结构关系搭建产品设计 BOM，以树形结构表示；在工艺和制造阶段以 EBOM 为基础，根据企业工艺装备特点、装配关系，编制产品的装配件、零部件和最终产品的制

造方法，删除 EBOM 中的虚拟件，增加中间件和外协件，同时关联加工设备、工装夹具、刀具、辅具等工艺信息；维修 BOM、计划 BOM、采购 BOM 均采用 MBOM 结构，并增加相应信息。

b. 添加各阶段需求属性。根据每个阶段需求，相应部门增加其属性，如设计阶段的质量、尺寸和设计要求，工艺制造阶段的物资编码、主制车间、辅制车间等，以及其他所需财务信息、供应商信息等。

c. 添加各阶段质量属性。质量属性包括两部分：产品型号公共质量信息和每批次产品特有的质量信息。其中产品型号公共质量信息是指同一型号的所有航天产品所拥有的基本信息，包括型号产品基本质量指标、检测方法和规程、检验标准等；批次产品特有的质量信息指由于发射、运载的产品不同，同一型号的不同产品有其特有的质量信息需求，如零部件的合格证、检验信息，部件的装配检验记录、关重件的履历表等。

d. 此外，随着产品的制造过程 QBOM 不断完善，如设计阶段 Q-EBOM 为在 EBOM 上添加产品和零部件的设计质量要求属性；工艺阶段 EBOM 转化为 PBOM，同时 Q-PBOM 在 PBOM 结构基础上增加检测方法手段、检验标准指标等信息，到制造阶段则需要添加现场采集的质量检验数据，同时会关联质检员、质检设备等信息；在零件使用过程中会增加零部件报废信息、故障发生机处理数据等，最终产品数据与产品制造过程结合起来组成最终的 XQBOM，如图 3 示例。

3.3 质量管理系统功能模型

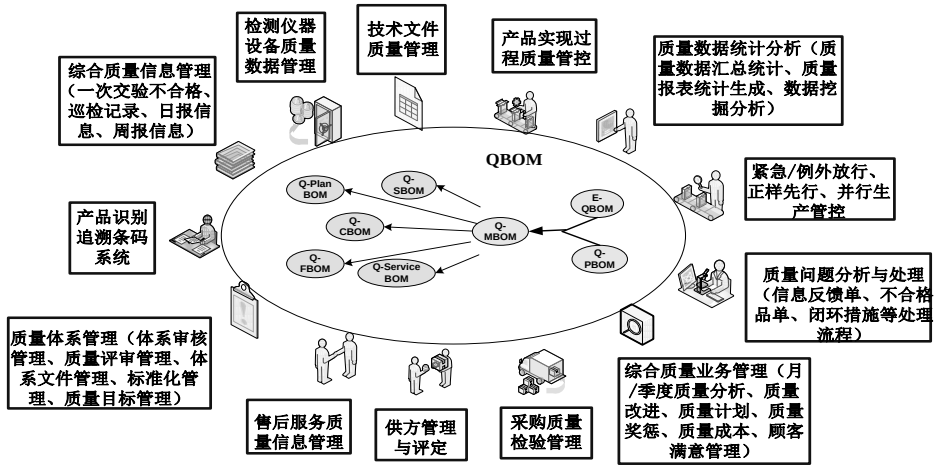

图 4 基于 BOM 的全过程质量管理系统

建立基于 BOM 的全过程质量管理系统，其功能如图 4 所示，主要包括：质量 BOM 管理、生产过程质量检验、质量追溯、采购质量管理、检验标准和规范、外包管理、器材试验过程管理、物资供方管理等。

a. 质量 BOM 管理实现质量 BOM 的创建、添加、修改、删除等管理，并管理产品制造和质量各过程。

b. 物资供方管理实现外包供方动态管理和合格供方名录的管理，包括：合格供方评定、供应商信息、临时供方评定、合格供方信息等功能。

c. 采购质量管理主要实现原材料、元器件、外包产品等的检验过程管理，包括采购到货检验优化、库存复验超期复验、周期复验等功能。

d. 检验标准与规范包括紧固件标准、金属材料标准、非金属材料标准、元器件标准和检验规范等标准的管理和升级，在需要升级时，能够提出按照升级后的新技术条件复验的录入，最终复验完成后，可补充新的技术条件，并记录复验的理化试验信息。

e. 外包管理是对外协产品制造过程的质量控制。

f. 生产过程质量管理实现产品原材料信息与成品关联性（包括实现部件与零件的关联、实现总装与部件、零件的关联、电子元器件与机械零部件的关联）的建立，生产过程中产生的各类审理流程的记录结果，包括物资进厂检验，整件外协检验，工序外协检验，产品制造过程检验，最终检验，外协出入库检验等各个环节的过程质量管理。

g. 质量追溯能够实现产品从原材料入厂到制品最终出库的各类信息的汇总，从而减少质量师的重复工作量，包括质量问题计划展开。

4 基于过程控制的集成质量系统应用系统

基于上述方法，针对某航天产品制造企业需求，本文建立了基于 QBOM 的航天离散制造业全面质量管理系统，系统采用 oracle 数据库，基于 Java2 平台企业版（Java 2 Plat form Enterprise Edition, J2EE）和 B/S 模式的三层架构实现，包括数据库层、业务逻辑层和应用层，在应用层用户通过 Web 浏览器实现和查看所有功能。

系统实现了质量 BOM 管理、供应商管理、采购质量检验、检验标准和规范、外包管理、生产过程质量检验、器材试验过程管理、质量追溯等功能，图 5 为系统实现的生产过程管理过程图。

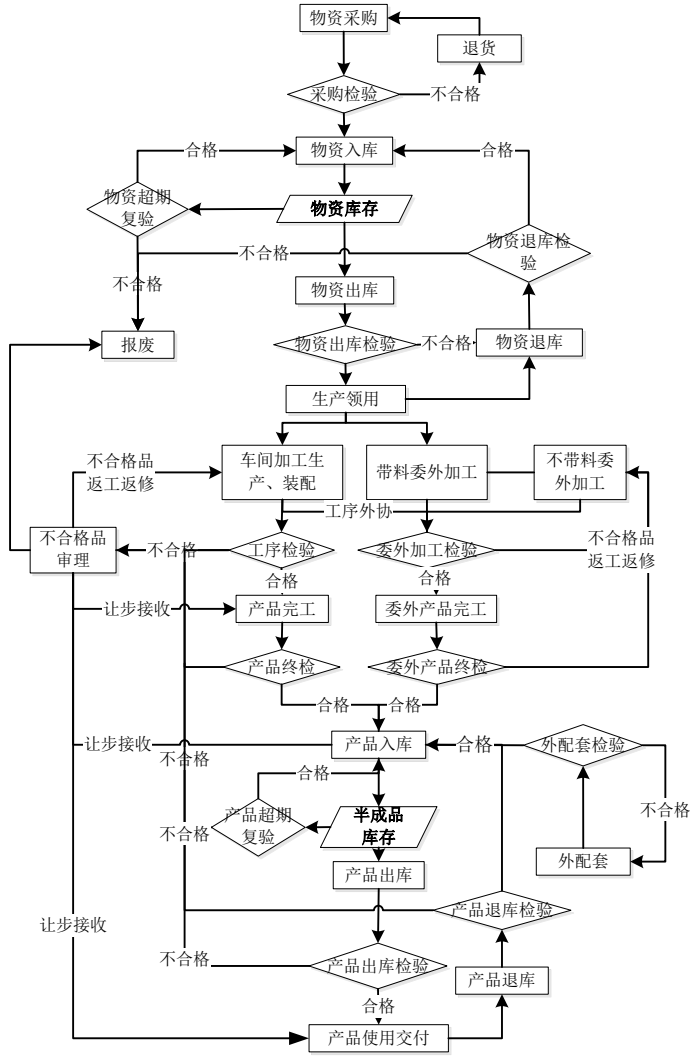

图 5 全面质量管理系统生产过程质量管理流程

5 结束语

航天复杂产品具有客户需求复杂、产品组成复杂、产品技术复杂、涉及学科专业复杂、制造流程复杂、试验维护复杂、项目管理复杂、工作环境复杂等特点，对产品质量要求非常严格，为实现航天产品制造过程质量的全面跟踪和管控，本文提出了基于全生命周期 QBOM 的航天离散制造业全面质量管理模型。通过建立 QBOM，管理航天复杂产品研制过程中所有质量信息，并串联质量管理全过程，包括外协供应商制造过程管理，实现航天复杂产品全生命周期、全过程质量信息及相关资源的共享，实现产品质量信息资源整合可追溯。从而保证质量体系的有效运行，全面发挥质量系统的监督和控制作用，并且通过质量统计分析，对物资、生产过程、外协外包过程的质量波动

（下转第 58 页）