

航空发动机质量监督数字化研究与实践

Digitalization of Aero Engine Quality Supervision

■ 刘洁 叶忠宇 同更强 徐易 王静 冀望婵 / 中国航发西航

随着工艺设计、产品制造、全面质量监控及综合管理等业务的信息化、数字化技术应用的不断深入，传统的顾客质量监督模式已不能适应新形势下装备建设要求。为此，中国航发西航在数字化检测及多业务系统集成应用的基础上，开发了数字化条件下顾客验收模式的建设方案，并进行了初步验证，实现了顾客验收流程自动管控、项目软件线上验收及记录、审签等。

航空发动机产品质量监督是为了促使承制单位的产品质量满足规定和潜在的要求，主要包括产品实现过程质量监督和产品质量验收。随着顾客质量监督工作的不断深入，顾客的产品验收涵盖入厂验收、生产过程各个阶段的监督和验收，业务涉及面广、验收形式多样。受限于企业信息化发展水平，顾客验收一直采用线下人工管控模式，存在验收要求多样、无自动防错措施，需要手动记录验收数据、审签质量文件，验收记录纸质归档，查询、管理不便等痛点，信息化、数字化管控手段亟待加强。生产管控(MES)、质量管理(QMS)、数字化检测(DMS)等多业务系统的应用，为数字化顾客验收建设及快速推广应用奠定了坚实的基础。在此背景下，通过多系统协同构建，打通了顾客产品验收的数字化管控流程，促进顾客验收业务的规范化，全面提升质量闭环管理的能力。

顾客验收业务场景和工作流程

根据顾客对质量管理体系运行的监督要求，产品验收涵盖了对发动机制造全过程的监督，以信息化和数字化相融合的模式可实现与上级机

关管控系统的联通和数据共享。

发动机制造过程顾客验收包含原材料入厂复验过程、零部件加工过程、部件/整机装配过程、发动机

试车/封包过程、备件/部件/整机出厂交付过程，如图1所示。顾客验收完成后，产品验收数据与上级机关管控系统进行数据交互共享。顾客

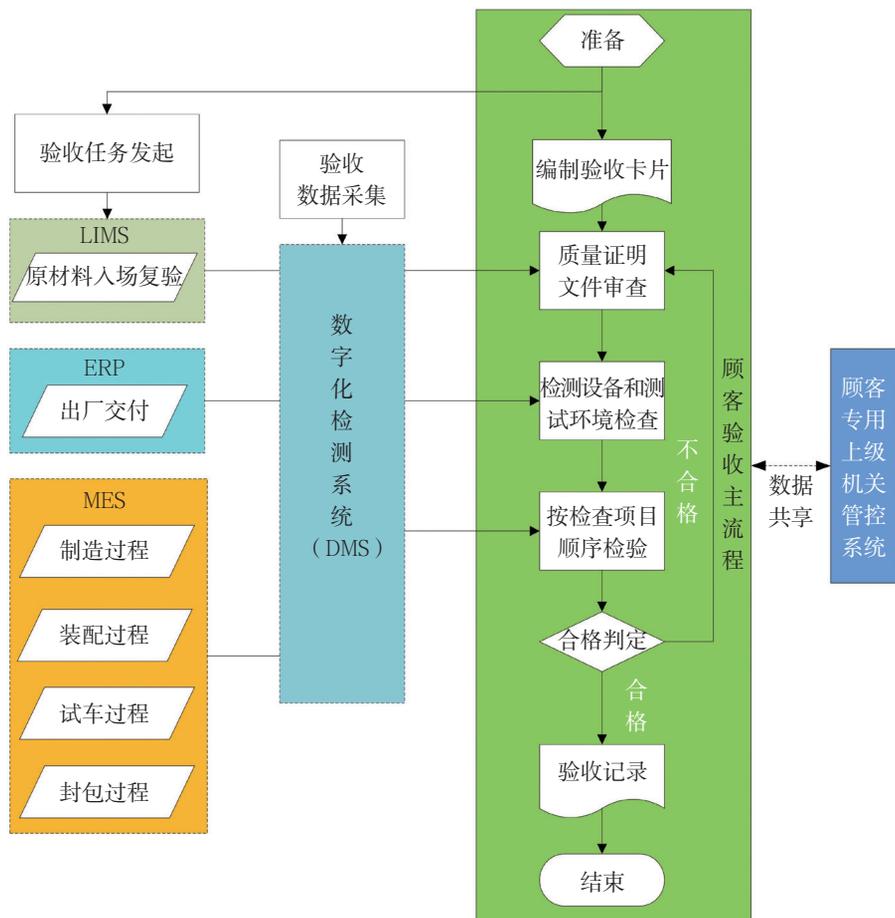


图1 顾客质量监督应用场景

验收是对承制单位提交的产品进行质量合格与否的判定，凡交付的产品都必须经过检验、验收合格，以确保装备质量符合规定要求，不合格的产品不予接受。实施顾客验收一般包括：产品实物质量应符合规定的要求，质量档案完整、齐全、可追溯。

顾客验收工作流程包括验收项目管理、验收卡片管理、产品质量验收、档案归档等，如图2所示。

建设方案

以顾客质量监督平台为主线，QMS、

MES、DMS和企业资源规划（ERP）等系统按业务域分工协作，分别实现相关业务功能，再通过系统集成打通顾客验收业务流和数据流，顾客验收流程由线下转为线上，充分发挥信息化协同办公在顾客验收业务中的作用，提高为顾客服务的信息化水平。在顾客验收过程的关键环节进行系统防错设置，规范验收过程，实现系统自动把关和自动管控，有效防止顾客验收任务的错检和漏检。

验收项目管理

结构化顾客验收目录是验收

任务形成的必要条件。为了便于顾客验收项目在制造过程得到有效控制，避免发生错检和漏检，须在QMS中建立结构化顾客验收目录，包含技术文件和质量保证文件中规定的验收项目。结构化的验收项目信息能够实现对验收项目清单的有效性管理、能被MES、ERP有效调用，并与MES中指定产品的生产任务或ERP中的交付计划建立关联，形成验收任务。验收项目的下达有多种方式，如以零组件号形式、以工艺规程编号形式和以制造阶段形式等。

验收卡片管理

按照顾客验收目录在DMS中编制验收卡片，包括检验内容、检验方法、检验工具等要求。

同一产品交付的顾客并不是唯一的，不同的顾客会提出差异化的验收要求，因此需要针对不同顾客编制相应的验收卡片。在MES中按照不同顾客设定不同的虚拟验收工序，例如，用户A设定验收工序号No9999，用户B设定验收工序号为No8888，在不同的工序下编制不同的验收卡片，以满足不同用户的定制化需求。

验收内容包含质量文件审理项目和实物质量特性验收项目，这些验收项目是顾客指定的验收内容，也可以根据顾客的需求进行变更，验收卡片实行版本控制，对变更内容进行管理。

验收任务执行

检验人员从MES或ERP中发起产品验收任务，调用DMS，按验收卡片进行预验收后提交顾客进行验收，系统推送待办事项到质量监控平台。顾客登陆质量监控平台，通

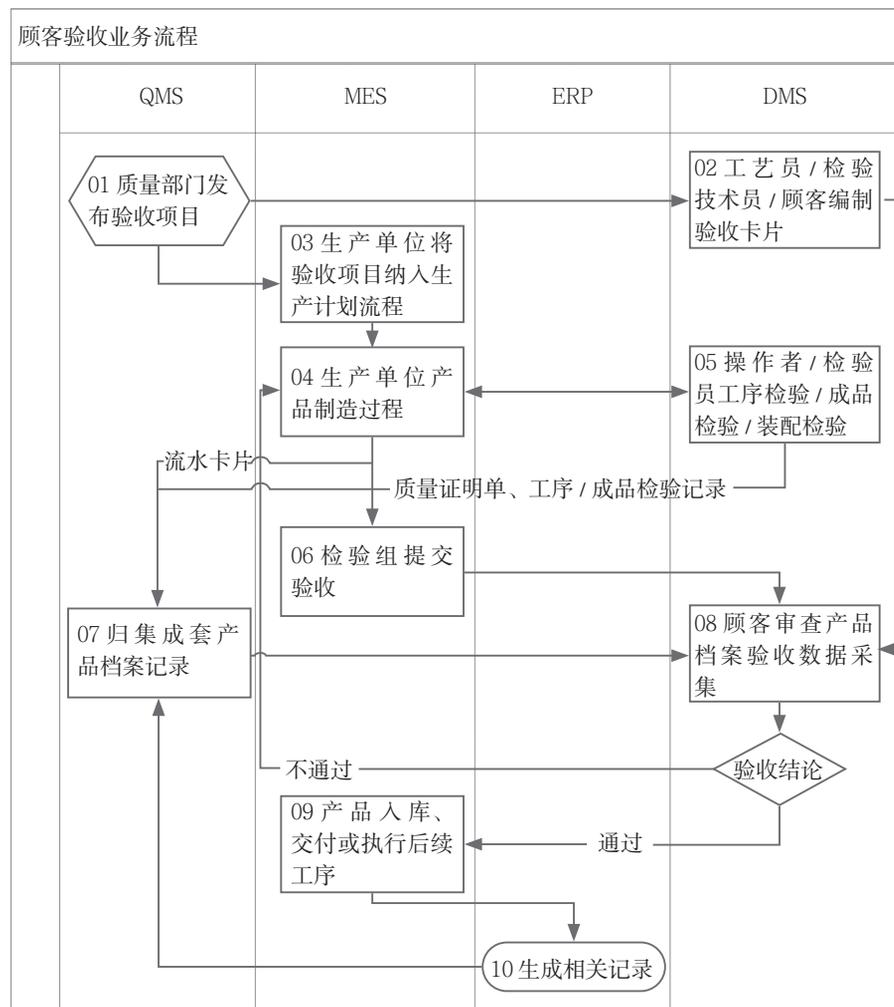


图2 顾客验收业务流程



图3 远程目击应用场景

过待办事项进入DMS，依据验收卡片调取质量证明文件进行在线审理，对产品实物进行远程目击检查，给出验收结论。根据顾客验收结论，完成顾客验收流程及验收意见签署，实现产品制造全过程的线上验收。

质量文件线上审理的对象包括配套单、流水卡片、检验记录、质量证明单、关键工序控制记录、装配质量控制卡、合格证、不合格审理单、材料代用审理单、返工返修单等表单，分别由MES、DMS、ERP、QMS系统生成。顾客在DMS中点击质量文件的验收内容，系统会自动通过验收卡片定义表单种类和链接地址自动调用对应的表单，顾客可以在线预览、审理质量表单文件，并签署审签意见。

实物质量验收包括产品外观、包装、标记、几何特性，以及顾客关注的其他质量特性。验收方式可以是顾客到生产现场对产品实物质量进行检查验收，也可以通过系统对产品质量进行远程目击检查验收。系统支持远程推送视频、图片和调用成品检验数据功能。与作业现场进行视频、音频互联后，通过在线直接查验产品实物视频和联网试验设备实施监控两种形式，远程目击

查验产品实物质量，实现检验/试验过程的在线验收，如图3所示。

验收流程的网络贯通

以实现顾客线上验收为目标，梳理验收流程对生产、质量、检验等业务系统的数据交互需求，开展多系统集成测试，将顾客管控要求融入生产制造流程，所搭建的数字化顾客验收平台IT架构如图4所示。

顾客质量监控平台中展现的待办事项数据来源于多个应用系统，

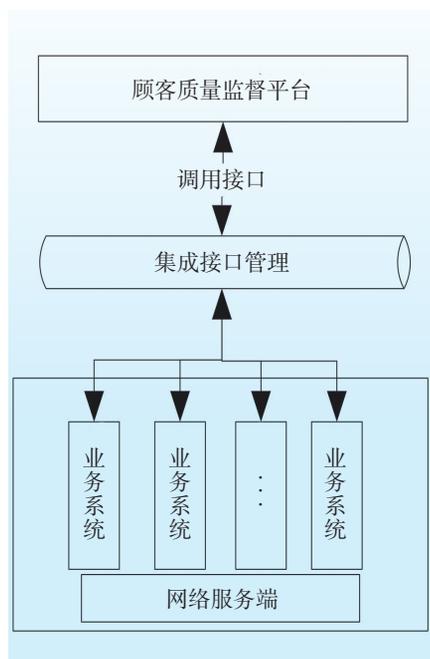


图4 平台IT架构简图

顾客质量监控平台采用被动方式来获取各应用系统的待办事项。各业务系统通过调用网络服务把产生的待办事项信息发送到统一待办处理平台，平台的待办事宜列表再通过数据访问接口对各个系统发送的信息进行综合展示，如图5所示。

通过顾客质量监控平台全方位展现用户需办理的各类业务，平台中以超链接的形式进行展现，不需要用户再从各业务系统中进行访问。数据来源于各应用系统关键的业务操作，实现方式具体为：各业务系统为顾客质量监控平台提供用户常用业务模块数据的网络接口，并根据用户角色和权限范围过滤用户的业务数据；各业务系统通过网络服务方式把接口服务发布到应用集成平台上，顾客质量监控平台从应用集成平台查询并通过网络接口获取对应的数据；各业务系统开发完网络接口服务后，只需要把网络接口服务的描述语言（WSDL）文件提供给应用集成平台，然后由应用集成平台对网络服务进行发布并提供网络接口服务的查询和访问地址。

网络架构如图6所示，网络运行环境依托于园区网，支持TCP/IP协议。

示例验证

产品的零组件加工、部件装配、备件检验出厂过程数字化顾客验收线上流程已贯通，并在试点件号上验证，实现了数字化顾客验收的各项功能应用。

通过试点应用，顾客验收过程由原来的人工通知方式改进为系统自动推送验收任务，规避了验收漏项的风险；现场顾客验收改进为远

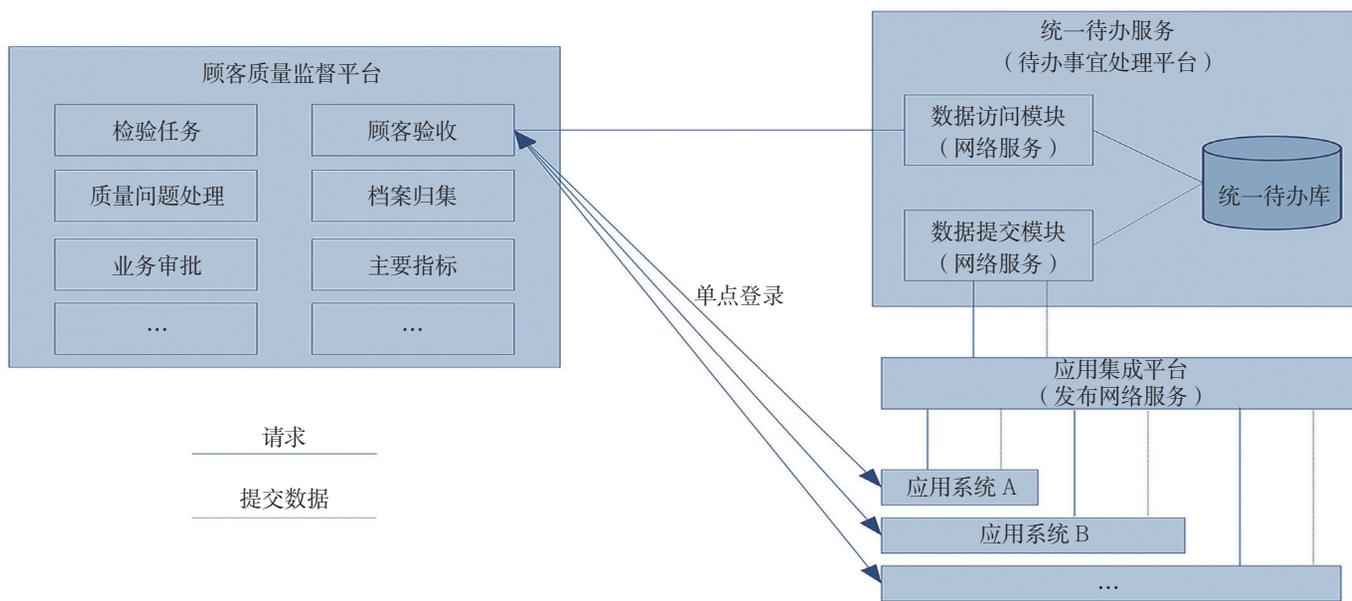


图5 顾客质量监督平台集成关系

程在线验收，大大缩短验收周期，减少工作量；验收流程结束系统自动完成顾客签章确认，防止顾客漏签字的风险；系统集成将分散至各业务系统的零散数据集中展示推送，顾客的验收工作由繁变简，顾客验收工作效率明显提高。

结束语

中国航发西航在各业务信息系统基础上，提出数字化顾客验收建设整体方案，通过系统集成应用，开发相关功能模块，实现验收项目管理、验收卡片的编制，验收项目与生产任务绑定、提前预警，验收流程自

动管控、验收档案自动归档等功能，达到了规避风险、降本增效的效果。现有开发的模块及线上流程管控的实现为进一步深入推进数字化顾客验收建设工作奠定了坚实的基础，对数字化质量管控模式的探索具有一定的参考价值 and 借鉴意义。

航空动力

（刘洁，中国航发西航，高级工程师，主要从事航空发动机制造、检验研究）

参考文献

- [1] 鲁立, 刘颂. 基于数字化校园的协同办公平台的研究与应用[J]. 电脑知识与技术, 2013(31).
- [2] 黄媛媛, 李瑜. 浅析基于协同管理的数字化校园平台建设[J]. 湖南邮电职业技术学院学报, 2014(3): 45-49.
- [3] 阎春平. 数字化企业的一种描述模型及总体框架[J]. 重庆大学学报, 2008, 31(4): 382-386.
- [4] 张大斌, 李玉海, 陈绪君. 数字化校园的办公自动化系统开发研究[J]. 现代教育技术, 2005, 15(1): 69-73.

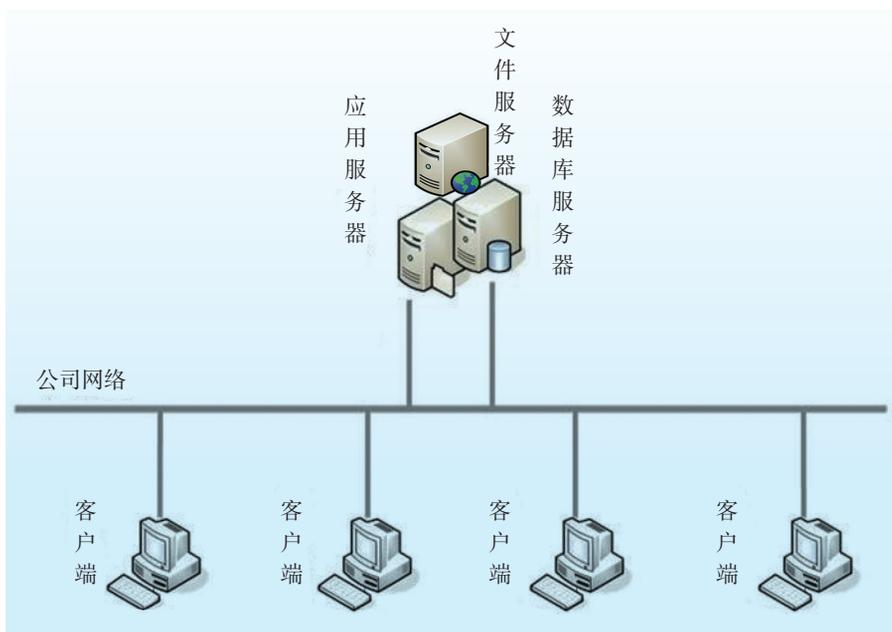


图6 顾客质量监督平台运行网络架构