

汽车厂数字化赋能车辆品质提升

蒋伟^{1,2} 许诚^{1,2} 崔玉朋^{1,2} 金兴华^{1,2}

1. 长城汽车股份有限公司生产技术开发中心 2. 河北省汽车工程技术研究中心

摘要: 本文主要介绍了如何搭建汽车厂数字化质量平台, 充分发挥数据价值, 助力汽车厂实现从设计到生产再到售后服务的全流程质量控制。通过生产过程数据实时采集及 AI 分析模型搭建, 提前判断产品缺陷发生问题和趋势。品质人员和管理者通过质量管理驾驶舱及时发现并制定对策。实现问题车辆不制造、不传递以及不流出, 提高产品质量和客户满意度。

关键词: 数字化; AI 模型; 智能制造; 质量管理

0 前言

近年来, 中国制造的汽车越来越多地走向世界, 但不同国家法规对于产品质量追溯的要求不同, 尤其是美国和欧盟法规对于产品质量追溯的要求最严。发生车祸事故后, 要求生产制造企业必须提供产品质量合格的证据, 以证明事故中人员的伤亡与产品质量无关。其次, 随着数字化技术的不断发展, 越来越多的企业开始将数字化应用于生产制造过程。其中, 汽车厂作为制造业的代表, 也开始借助数字化技术提升生产效率和品质。

1 定义

数字化质量平台是指将传统的质量控制和管理方

式与数字化技术相结合, 实现生产过程中质量信息的自动化采集、处理、分析和管理的。通过质量平台, 汽车厂可以实现对整个生产过程的实时监控和管理, 发现问题并及时进行调整和改进, 从而确保每一辆车都能达到高品质标准, 以达到提高生产效率和产品质量的目的。

2 平台架构及介绍

数字化平台采用三层架构, 如图 1 所示。

(1) 数据源层: 源数据拥有者, 包括现场设备控制器 (PLC)、工控机、系统服务器以及其他边缘设备等。

(2) 数据采集层: 主要为数据采集和治理, 平台层集成当前主流设备数据传输方式, 包括 OPC、MQTT 和 FTP 等, 实现结构化和非结构化数据采集存储。根

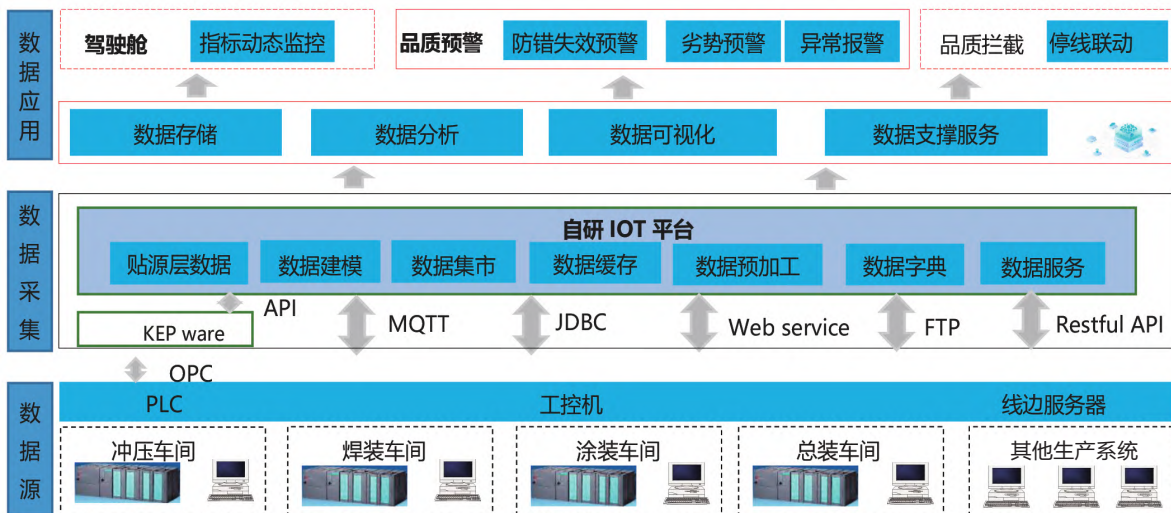


图 1 数字化平台架构

据数据合并关系和逻辑对数据进行治理，使数据具有统一标签，方便数据调取和应用。

（3）数据应用层：数据价值发挥层级，数据应用主要为三个方向。数据分析，通过分析预判质量趋势，提前应对；产线联动，拦截不合格车辆；数据可视化，通过指标监控辅助管理决策。

3 数据识别及采集

3.1 数据识别及分类

数据识别原则：根据销售目标国家法规要求及产品要求，识别影响产品、工艺特殊特性的数据，并根据风险和重要程度对数据进行划分，假设A级为关键数据，B级为重要数据，C级为一般数据，如表 1 所示。

表 1 数据重要等级划分	
数据特征	重要等级
法规相关	A
车辆安全性相关	A
工艺特性数据	A（直接影响质量）
	B（间接影响质量）
	C（不影响质量）
.....	

数据识别：数据识别一般由业务部门发起，如质量部门、工艺部门等，过程中需要生产、设备、物流、自动化及 IT 等多部门参与，明确各个相关方职责矩阵，如表 2 所示。业务部门主要职责为识别需采集的数据、数据来源及用途，自动化及 IT 部门参与研讨，保证数据可以采集到平台，实现数据治理和分析。

表 2 数据识别矩阵示例					
数据清单	R	A	S	I	C
...	质量部	质量总监	IT/ 工艺	生产 / 设备	

注：R- 主责；A- 批注；S- 支持；I- 通知；C- 咨询。

尤其重要的是，开始前需要搭建数据识别及数据变更体系流程或签发工作任务，保证数据识别的精准性和必要性，禁止数据随意变更。

数据分类：根据对生产过程数据需求目的不同，包括质量拦截、数据分析、质量追溯等，对数据进行分类，如表 3 所示。

3.2 数据采集方式

根据识别的数据清单确定数据载体（数据来源）及数据类型，如图 2 所示。自下而上地搭建数字化系统架构，确定数据清单中的数据全部可以采集到工厂数字化平台。

表 3 数据分类

类型	冲压	焊接	喷涂	组装	电池包
结果数据	各个人工或设备作业结果是否合格（OK/NOK）				
重要零部件	零部件相关信息（具有单独编号或流水号）				
重要零件	零部件相关信息（具有批次编号，不能精准追溯）				
紧固件	螺栓拧紧、连接件等数据				
过程数据	生产过程数据或检测数据，如 EE 数据				

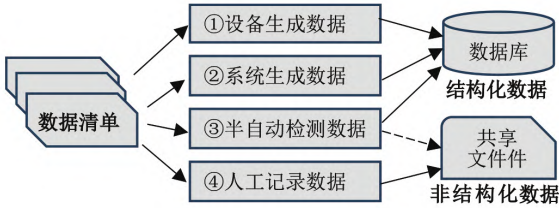


图 2 数据类型及存储方式

非结构化数据如：人工记录数据，扫描后通过计算机存储到共享文件夹；设备自动生成的报告，如蓝光检测、超声波通过计算机存储到共享文件夹。

结构化数据如：数据库数据，直接传输到数字化平台或相关系统，如设备工控机→MES。

4 平台功能应用

数字化平台质量管理涵盖原材料及零部件进货、物料配送上线、生产过程及车辆交付全业务流程，从生产过程保证质量、缺陷拦截和质量追溯三方面实现闭环管理，如图 3 所示。

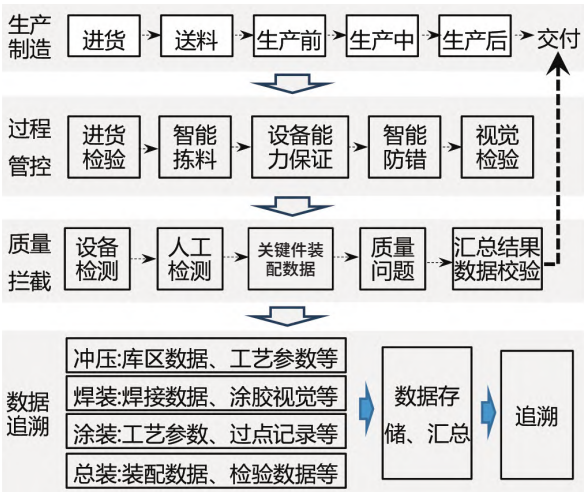


图 3 功能实现路径

4.1 过程质量管控

4.1.1 进货检验

针对到厂零部件和原材料进行检验，零部件包括冲压件、组装用零部件以及螺栓、卡扣等零件，原材

料包括冲压板料、漆、胶蜡等。依据后序工位使用情况不断完善原材料试验计划、零部件检验内容等。检验人员按照检验内容进行检验，检验不合格不予入库。结果录入 LES（或 WMS），检验数据与批次号（或零件号）绑定后上传到数字化平台，便于后期质量追溯。

4.1.2 智能拣料

物料配送环节需保证配送物料与车型对应，尤其是不同车型或不同款式车型所需的物料区别不大，在库区出货时很容易拿错物料。为防止物料拣选错误，需要数字化平台和物流区的智能拣料系统配合应用，保证物料的准确性。

以总装车间为例，数字化平台从 APS（或 MES）获取当天生产计划，同时获取 AVI 系统的车辆队列信息，在平台对计划和实际生产情况进行校验，确认无误后将主线生产队列信息和车辆配置、物料信息发送给库区的智能拣料系统，根据车辆队列及车辆配置信息，对应库区指示灯亮起，物流人员根据指示灯显示的位置和数量拿取物料放到物流车上，保证物料准确性，如图 4 所示。

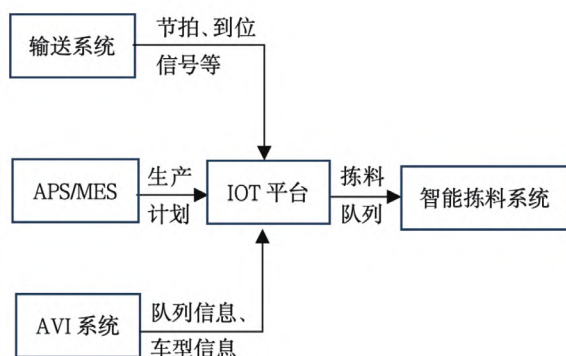


图 4 拣料防错实现方式

4.1.3 设备能力保证

设备性能是产品质量保证的基础，因此对于设备能力趋势和状态实时监控，避免生产过程中因设备问题造成产品质量缺陷。针对焊接、喷涂、拧紧等关键质量控制要点，实时采集设备数据，搭建设备 Cmk 分析模型。 Cmk 分析监控分为两部分： Cmk 值及趋势监控、正态分布曲线监控。分析模型参照 Cmk 计算公式和标准正态分布曲线公式搭建。

以焊机 Cmk 分析为例，针对关键因素，需要以焊机名称为标签对数据做一元化处理，设置计算相关策略，如图 5 所示，如计算数据源（电流）、采集样本数量、基准值等。

针对 50 组样本（可自定义）数据生成正态分布曲线，

图 5 模型参数设定

样本数据为实时（秒级）采集数据，正态分布曲线为动态曲线，因此可通过样本数据和曲线实时了解设备状态。

生成焊机 Cmk 数值之后，设定报警范围，对于设备能力状态实时监控，到达质量风险值时报警推送。对于运行在重点关注区间的设备，设备工程师需对设备进行维护保养，使设备状态恢复到运行良好区间，如图 6 所示。

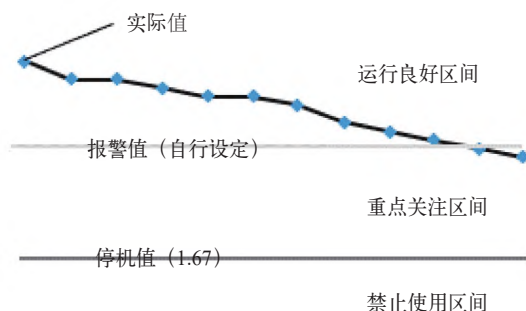


图 6 设备 Cmk 趋势监控图

4.1.4 智能防错

对于人员作业，整车厂往往会搭建防错系统，防止人为主观因素造成的错装、漏装问题，如关键零部件装配防错、物料拿取防错、拧紧防错等系统，但有时会发生线上操作人员为保证产量屏蔽防错系统功能以及与线体的联锁，一旦发生错漏极易流入市场，且追溯困难。为解决此类现场造成的品质问题，将防错系统数据接入数字化平台，实时监控现状人员作业结果状态，出现异常实时推送，如图 7、图 8 所示。

4.1.5 视觉检验

视觉检验主要用于产品质量的检验，当前主要应用场景包括涂胶视觉检测、发动机 / 底盘漏装视觉检测、外观视觉检测及 VIN 视觉检测等。检测装备配备工控机，通过以太网与数字化平台相连，将检测数据



图 7 拧紧异常信息推送

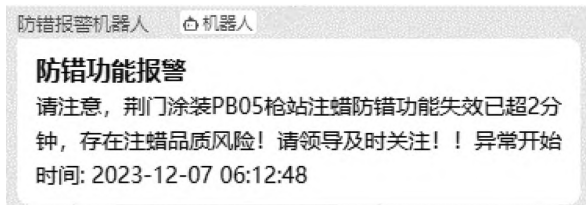


图 8 注蜡异常信息推送

发送数字化平台, 分析判断检测结果, 并将结果推送相关人员, 如图 9 所示。

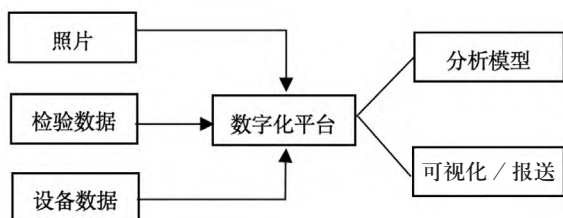


图 9 数字化视觉检验

4.2 质量缺陷拦截

基于产品质量及性能, 识别产品特性及关键要因, 将设备检测、质量检验、品质门检验、关键件装配及车联网等数据形成拦截清单, 将数据清单的确认嵌入各生产工序中, 并通过系统性采集、汇总、逻辑判定, 设定拦截点, 实现由生产过程各工序综合数据判断产品质量, 不合格不允许流入下一个制造车间, 如图 10 所示。

以总装车间为例, 通过数字化平台从设备、其他系统收集与产品质量相关的数据, 如加注数据、品质问

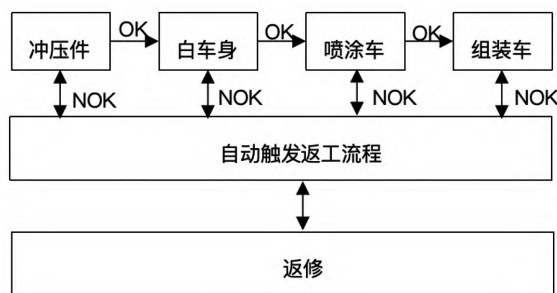


图 10 质量缺陷拦截示意

题、零部件装配结果及电器检测数据等, 生成检验清单, 将结果反馈到每条线体品质门工位, 发现数据不合格之后, 立即报警提示并联动线体停线, 与工位防错系统结合, 实现工位、线体的质量闭环管理。待品质技术人员对问题确认后进入下一步处理, 若需线下返修, 按照流程要求进入返修处理, 直至问题修复并关闭后方可流出总装车间。质量拦截执行流程如图 11 所示。

最终的检验结果与 3C 打印绑定, 如未检验或检验不合格不允许打印 3C 合格证及出厂, 最终实现质量缺陷的数字化拦截管理。系统拦截展示如图 12 所示。

4.3 数据追溯

通过零部件批次号 + 流水号 + VIN 串联整个生产过程, 关联生产过程所有需追溯的数据信息, 如表 4 所示。

在数字化平台对采集的数据进行标签化整理, 建立一车一档数据集, 便于过程数据快速查询及追溯, 实现生产过程全流程品质追溯。

追溯的应用主要分为正向追溯和逆向追溯。正向追溯为生产过程中发现某辆车存在质量缺陷问题, 由品质技术人员对问题进行分析, 确定问题严重程度及影响范围。如果发生在该车上的问题也可能出现在其他车辆时, 需要根据生产队列对此车的前 N 辆、后 N 辆进行同问题确认, 如果也同样存在此问题, 则需要

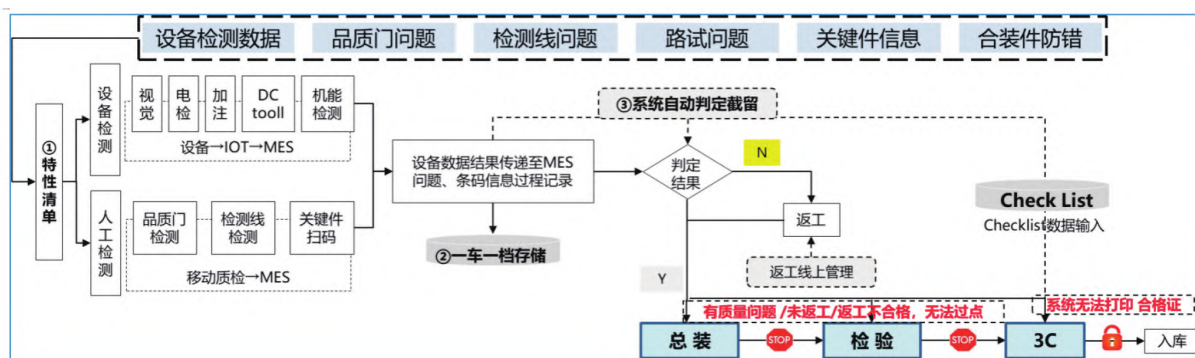


图 11 总装车间质量拦截流程

表 4 关联数据示例

类别	零部件数据	工艺结果数据	工艺过程数据
冲压	板料厚度、板料尺寸、油膜厚度、屈服强度、抗拉强度、粗糙度、材质……	制件抽检数据:孔径、毛刺、面品、开裂、起皱……、涂油量上、下侧点检结果、返工返修记录	拉延力 成型力 模具温度
焊装	——	超声波检测结果、剖解结果、VIN 打刻结果、扭矩检测结果、三坐标检测结果、返工返修记录、水滴包边检测结果、螺栓焊扭矩检测结果……	焊点电流、电压 拧紧力矩、角度 涂胶位置、宽度 ……
涂装	药剂信息、油漆信息……	膜厚、色差、橘皮 返工返修记录	喷涂机器人参数、性能检验数据、工艺参数环境参数
总装	零部件厂家、零部件参数……	轮胎拧紧结果、加注结果、内外装检查结果、关键螺栓打紧结果、电检结果、四轮定位评价结果、前照灯调整结果、转鼓测试结果、ABS 测试结果 返工返修记录等	轮胎拧紧数据、加注过程数据、玻璃涂胶数据、关键螺栓打紧数据、电检数据、四轮定位数据、转鼓测试数据等



图 12 质量缺陷拦截系统

增加确认数量，对前 N+M 辆、后 N+M 辆进行确认，直至确定该问题风险消除为止。

逆向追溯为市场反馈车辆存在问题后，如反馈安全带问题，则需要根据此辆车 VIN 确定应用的安全带编号，根据编号确认此零部件本批次涉及的所有零部件编号，并查到对应的车辆 VIN，对问题车辆进行召回管理。

5 结语

当前越来越多的制造企业加入数字化转型，意欲通过数字化手段提质、降本、增效，以提升产品竞争力。汽车厂的质量管控已经不再是仅仅依靠传统的管理手段，而是借助数字化平台掌握生产过程中的全面信息，提高了质量管控的效率和准确性，同时也为汽车厂管理者提供了更多数据分析和决策支持的能力。因此，通过数字化平台的赋能，汽车厂可以更好地控制生产流程，提高产品质量，提升客户满意度。未来数字化平台的发展将为汽车厂的质量管控带来更多的创新和突破。

参考文献

[1] 郑卫华，孙波，汪立昕.美国汽车召回管理相关法律与安全标准 [R].2008.

[2] 上海西信科技股份有限公司.西信信息助力企业实现全面数字化质量管控 [J].中国质量,2021.