以变速器装配为研究对象，在对变速器装配工艺和装配特点分析的基础上，提出了变速器装配 MES 功能需求，提升装配质量，使生产进程透明化、可视化，可追溯到批次。本文研究的系统现已成功应用于 DCT 变速器自动化产线。

麦格纳（江西）传动有限公司 赵江英 芦杰 蔡安旭

智能工厂装配线 MES 系统的开发与应用

随着信息化技术的升级，数字化转型开始成为企业工业 4.0 的重要部署，传统生产制造车间由于生产效率低、物流订单没有可视化、生产数据难追溯、产品质量难监控，已逐渐无法满足当前生产装配需求。

制造执行系统 (Manufacturing Execution System，MES) 的目的是通过搭建适合生产的车间监控调度系统，全面控制生产流程，结合先进的管理方法，实现管理水平的提高，改善生产不良环节。

因此，每个 MES 系统的开发都需要考虑企业的实际需求，综合比较供应商综合实力和产品类型。专业的汽车变速器装配线能实现工艺布局合理，性能、自动化程度优良，并匹配科学合理的信息追溯系统、健全的防错、信息预警等。

企业只有选择行业性通用性强的 MES 产品来保证系统稳定性，然后 MES 对企业需求进行针对性的开发，才能提高变速器的装配质量，提升生产效率，降低成本，实现多品种共线装配，提高异常响应速度及后期工程的产品可追溯性，MPJ 上线实施了工厂系统 MES。

本文以 DCT 变速器装配过程为例，结合实际装配设计和工艺流程，分析装配流程，总结装配工艺的特点，并根据变速器装配线体布局，为变速器装配过程提供理论和技术基础。

整体方案

智能生产制造车间装配线 MES 系统（图 1）从功能主要分两大模块：MES 看板平台和 MES 通信与业务处理平台。

MES 看板平台为 MES 软件界面显示和操作部分，主要用于生产装配指导、质量查询与显示、设备状态监控、ANDON 呼叫与复位、条码扫描采集、设备保养计划等功能，MES 看板平台包括 MES 工作站（网页版）、MIS 监控系统（网页版）、手机 / IPAD（App 客户端），通过 MES 看板大大地提高了装配线的工作效率。

1. 装配线 MES 系统的网络架构

设备自动化控制系统通过 PLC 定义的标准接

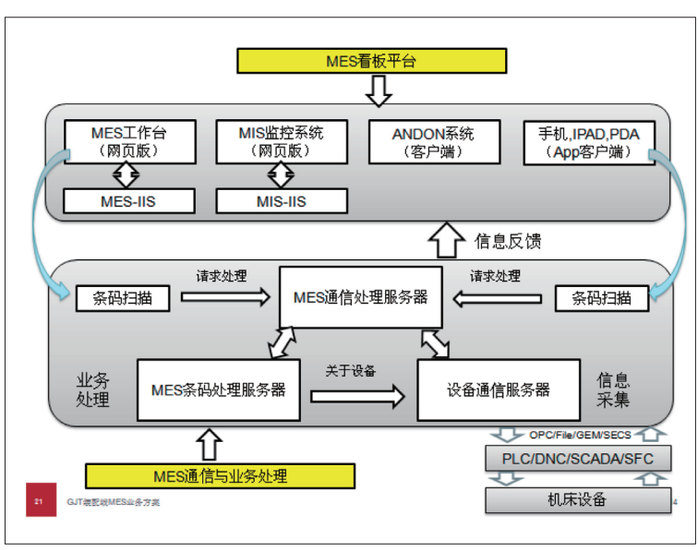

图 1 装配线 MES 系统功能框架

10-35 智能制造.indd 32 2023/11/24 17:22:59

口协议（OPC 协议）及接口定义进行通信，实现 MES 与 PLC 之间的工件到位、保存数据、保存完成、验证完成四个信号交互，其他信息通过 PLC 或者 MES 实时地写入定义好的 DB 地址，由 PLC 或者 MES 到标准的 DB 地址获取对应的信息，实现数据采集、设备监控、生产控制等相应的功能。系统定义如图 2 所示。

2. 装配线 MES 的系统架构

如图 3 所示，装配线 MES 通过与工厂 MES 标准数据接口定义实现系统集成。工厂 MES 将排序工单、物料配送、生产工艺、工序组件物料等信息传递到装配线 MES，装配线 MES 将实时采集数据、生产异常、工单完工等生产过程信息及执行结果传递到工厂 MES，通过工厂 MES 实现与 SAP 集成。

系统模块设计

1. 工单接收通知

装配线 MES（图 4）接收到生产订单后，根据生产订单计划开始时间（区分部装开始时间和总装开始时间）通知到对应的装配线的各个工位准备订单生产。在工位的 PC 机上通过滚动字幕的方式显示订单生产通知。

对于不带辊道的部装工位或者上线工位，需要在装配 MES 中手动选择订单，选择订单根据实际的生产需求和订单完工的信息进行选择，同时系统支持无订单生产，若选择了无订单生产或者订单完工超出了订单计划时或者工厂 MES 未下达生产订单时，系统给出相应的提示和警示信息。

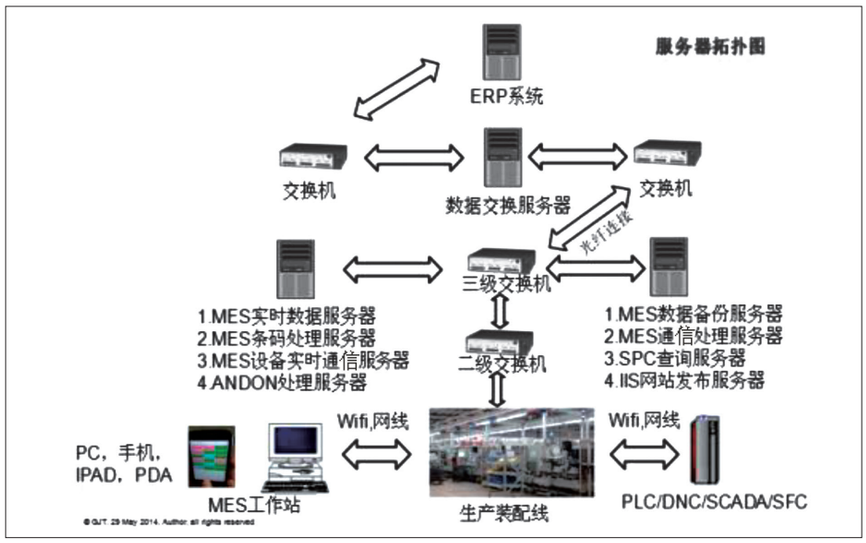

图 2 网络架构图

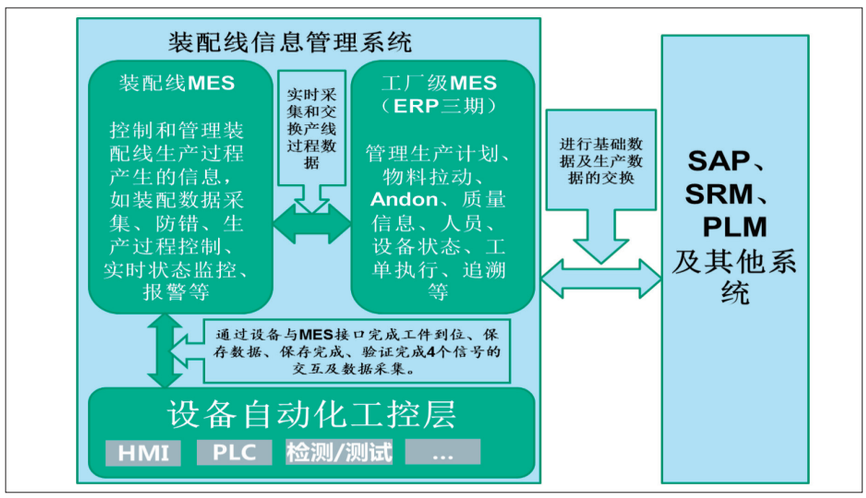

图 3 装配线 MES 系统架构

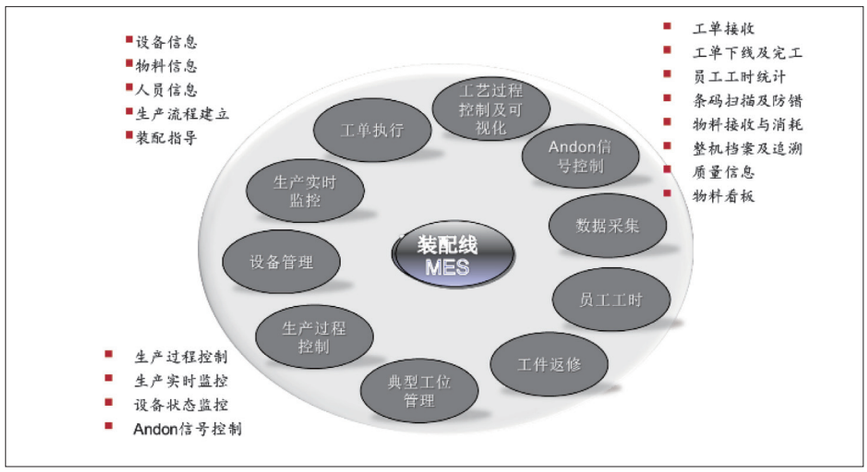

图 4 系统功能图

10-35 智能制造.indd 33 2023/11/24 17:22:59

在MES界面上选择订单完工（图5），系统切换到工位订单管理界面，在订单状态区域可以选择无订单生产，选择无订单生产时需要设定相应的权限，同时显示当前订单状态（无订单生产、正常订单生产、订单未下达、订单需切换）。

系统自动采集和统计订单完工的信息，并可在装配线MES系统上查看当前启动的生产订单的完工信息，根据订单的完工信息，及时地掌握实际的生产情况，进而可做相应的调整。

图5 工单接收图

2．物料批次信息追溯

装配线MES根据操作工扫描的料箱标签/看板卡条码拆分出批次和供应商信息，将批次和供应商信息保存绑定到对应的总成条码上，同时支持单箱批次追踪、多箱批次追踪、返修批次追踪以及批次防漏扫等，为后续批次追溯提供基础数据。

图6 装配指南

3．库存盘点

由于设备、人为操作失误等原因可能造成订单生产完毕，但库存中还有几台订单上的物料剩余，通过库存盘点功能，可以将库存内剩余的物料消耗到指定订单中，当确认消耗时，装配MES系统会对订单需求信息以及卡片总数量进行检验，卡片消耗数量大于卡片配送数量或者该物料订单需求数量小于消耗数量，系统都会报错。

4．显示装配指南

装配指南（图6）显示装配工艺、指导图片以及装配物料。系统通过人工选择机型的方式或者直接读取托盘当前工件的机型等信息，系统根据不同的机型显示对应的装配工艺、装配物料以及指导图片，对于压装工位、拧紧工位以及检测工位，系统同时显示对应的压装、拧紧、检测位置。

5．合格/不合格下线工位

工件到位后，MES信息系统读取托盘中的工件信息，系统根据工件信息打印合格/不合格条码，用于数据追溯；同时MES系统会自动检测质量数据、物料数据的完整性；在合格下线工位，MES系统会自动检测质量数据是否全部合格，如果出现不合格时，系统显示不合格质量数据信息（图7）；当下线工位机型切换时，系统提示操作工更换物料下架料架，防止

10-35 智能制造.indd 34 2023/11/24 17:22:59

总成入库时放错料架。

6. 质量数据采集

工件装配质量数据实时采集通过装配线 MES 及 PLC 采集质量数据。采集的质量数据范围包括以下方面：压装数据（曲线数据和结果数据）、拧紧数据、试漏数据、台架及测试数据、照相数据（合格 / 不合格 / 图片）、称重数据、FTT 数据及以加油 / 抽油 / 残油量数据，每工位工件过站信息、传感器（空档开关 / 倒档开关等）检测数据、防错检测数据及所有装配工艺涉及的质量数据等。

对于拧紧工位，当某工件到达当前拧紧工位后，装配线 MES 通知 PLC 指导设备进行拧紧工作，同时装配线 MES 将相应的机型信息、套筒信息传递给 PLC，PLC 控制设备进行拧紧工作。

每次拧紧过后，PLC 将采集的质量数据传递给装配线 MES，每次拧紧结束后装配线 MES 站都将会将这些数据上传到信息系统数据库。

这些质量数据同时实时显示在装配线 MES 界面上，并通过颜色区分拧紧结果是否合格（合格为绿色，不合格为红色）。对于不合格的螺栓，可以在装配线 MES 界面上选择重新拧紧或继续拧紧下一个螺栓，直到所有螺栓拧紧完毕。

通过装配线 MES 与 PLC 的信息交互，可以控制整个螺栓装配工艺过程，并采集装配过程的质量数据。

系统实施效果

工厂 MES 的实施，实现了

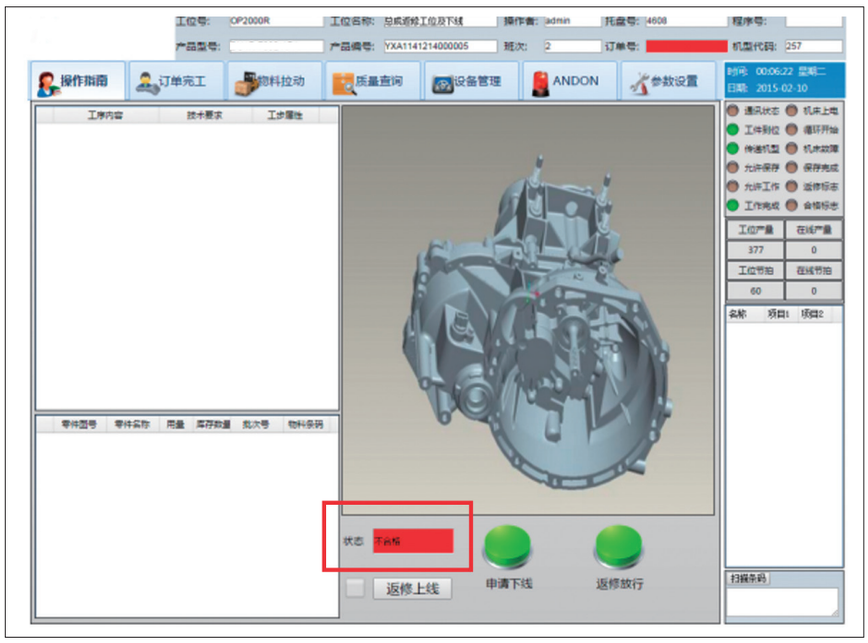

图 7　不合格品下线

图 8　MES 应用实景

从需求到最终成品发货的全业务流程系统管控（图 8）。通过工厂需求计划、生产计划、拉动生产的系统化管理，在系统中进行生产计划的编制、下达和滚动；生产现场则通过系统获取每日的生产计划与排序，通过系统化的平台进行计划的下达、执行结果的反馈与滚动，保障生产计划的有序高效，在提高制造部门管理效率的同时，提升整个制造业务对客户计划变动快速反应的应变能力。

结束语

本文针对智能生产制造车间 MES 的数据采集与状态监控功能需求，从总体设计和软件架构方面开展基础研究，设计并开发了一套 DCT 变速器智能生产制造的 MES 系统，可以实现自动报工、质量数据收集、不合格品自动识别、装配在线指南等功能，有效降低了在制品库存。使生产进程透明化、可视化，现已成功应用于 DCT 变速器自动化产线。

本系统能够有效地帮助工厂进行生产管理，提高生产效率，为后续的智能生产奠定了研究基础。 AI

10-35 智能制造.indd 35　2023/11/24 17:23:00