在实际生产中，由于设备故障的发生、人员效率的低下、车身质量缺陷的修复和能源消耗的损失都会影响实际产能，使其低于计划产能。本文通过大数据分析实验来验证预测和分析车身质量缺陷的可行性，即证明过程数据与车身质量的相关性。

上汽大众汽车股份有限公司 张渊奇 盛凡 李洪艳

用于油漆质量缺陷预测的大数据分析实验

如今，数据已经渗透了我们生活的方方面面。随着数据采集、处理分析等技术的发展，人类开始迈入大数据时代，而随着“工业 4.0”等概念的提出，制造业也开始了新一轮的变革。大数据在制造业中更高效、更透明、更智能和更精益的价值将越发凸显。

作为汽车行业的龙头产业汽车制造业也在积极探索着大数据的应用，其中四大工艺之一的油漆车间由于其自动化率高的特点，每天有成千上万的数据从底层设备采集到 MES（Manufacturing Execution System）中，如何更高效地利用这些数据从而改善设备运行能力，优化生产管理能力，降低投资成本，提高生产效率将成为焦点。本文主要介绍用于油漆质量缺陷预测的大数据分析实验。

实验目的

在实际生产中，由于设备故障的发生、人员效率的低下、车身质量缺陷的修复和能源消耗的损失都会影响实际产能，使其低于计划产能。本实验通过大数据分析来来验证预测和分析车身质量缺陷的可行性，即证明过程数据与车身质量的相关性。

当前，当工艺参数发生波动而影响车身质量的情况，常常因为寻找原因的复杂性、发现问题的滞后性，从而导致产生质量缺陷的车身积攒到一定数量才会被发现，如果通过所建立的大数据模型能及时发现工艺参数的变化，再通过手动或者自动的方式去修复，就能及时降低质量缺陷车身的数量。

如图 1 所示，在没有质量预测分析的情况下，车身质量在几个工艺参数变化的综合影响下产生缺陷，这些参数变化可能单个来看都在合理范围内，但是因为共同的作用却会导致质量缺陷，造成大量车身进入点修和返修，降低产能。如果有了质量预测分析模型，一旦有参数偏离模型，系统及时给出报警帮助修复，产生质量缺陷的车身就仅仅只有一辆，从而大大提高了生产效率。

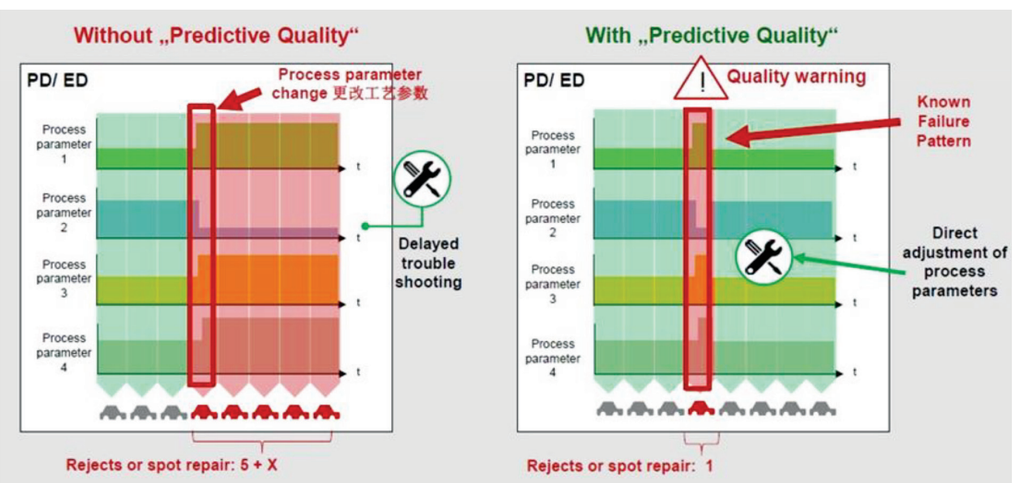

图 1 有无预测分析的比较

14-29 智能制造.indd 25 2023/1/31 10:53:04

实验框架

1. 实验对象

作为一个实验，由于数据处理的复杂性和手动操作的必要性，在现有的条件将整条油漆生产线都考虑进去是不现实的，所以我们以预处理、电泳和电泳线作为实验对象，这主要基于以下三点考虑：①工艺流程对于质量结果而言是完整的；②多数工艺参数基于现有的 E-MES 系统是容易访问到的，不需要另外的通信；③工艺不受前道工艺缺陷的影响。

2. 数据量

5 万台过预处理、电泳及电泳烘房的车身，以及生产期间所有的必要的数据。

3. 硬件配置

为了不影响现有系统的正常运行，额外配置了一台独立的服务器 E-MES Analytics Server（图 2），它配备了性能最佳的数据库“MongoDB”用于数据收集，每隔 1 s 就将整个车间的数据存档一次。其中部分数据是直接从现有的 PLC 上传而来，部分数据来自于现有的 E-MES 数据库，或通过其他用户接口。例如，用于工艺数据和质量数据采集的终端设备。

实验方法

1. 数据采集

所有 E-MES 中的数据都是通过底层的 PLC 上传至系统的，与预处理、电泳和电泳烘房相关的 PLC 有：预处理工艺 PLC、电泳工艺 PLC、电泳烘房 PLC、E-Schuttle 小车输送 PLC 及电泳烘房输送 PLC。

为了建立模型，必须采集、归档和统计大量的数据，这些数据包括了质量相关数据（工艺参数、车身数据、车身生产过程中的位置数据及生产状态数据）和车身质量缺陷数据。数据的获取见表所示。

（1）工艺数据

工艺数据有两种出处：

1）由 PLC 提供的工艺值并已由 E-MES 存档。目前，这些不同的工艺值的取样时间是不同的。但是对于质量分析而言必须要在统一的时间间隔内对数据存档。因此新的 E-MES Analytisc Server 会直接从 PLC 中获取数据，并将采集时间设置为 1 s。

2）由操作人员手工记录的工艺文档。工艺人员需要将一定时间内的工艺值和实验测试结果以书面的形式手动记录下来，由于这些数据对分析实验有很大意义，因此会有一个额外的用户界面将这些数据导入到 E-MES Analytics Server 中。

（2）生产状态数据

生产状态数据包括报警、警告、生产释放和用户状态等信息，这些数据可直接从现有的 E-MES 系统获取，并在 E-MES Analytics Server 中归档。

（3）位置数据

为了检测生产数据和质量缺陷的相关性，所有的过程值都要在执行过程中对应某辆车身，因此我们需要知道每个时间点的车身的确切位置，并对这些位置数据存档。因此需要对输送 PLC 额外加载数据包。它会不断地提供雪橇的当前位置。E-MES Analytics Server 每间隔 1 s 就会从这些数据块中检索信息，并计

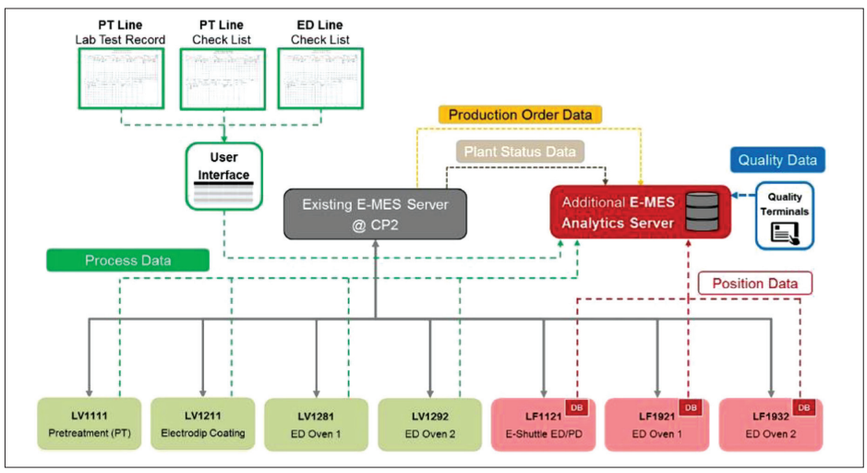

图 2 硬件配置及数据传输

表 数据类型

#	数据类型	描述	获取
A	工艺参数	温度，压力，电导率，发动机电流，速度等	绝大多数数据可以通过 E-MES 取得，额外的数据通过手动输入的方式集成在数据库内
B	生产状态数据	操作模式，报警，警告，生产释放，用户状态	可以通过 E-MES 取得
C	位置数据	每辆车的车身位置数据	需要额外的通过数据块传给 E-MES
D	车身数据	颜色，车型，配置	已经在 E-MES 系统中
E	质量数据	每辆车的缺陷数量，缺陷位置和缺陷种类	通过目前尚在调试的 E-WPK 系统由线上工人手动将质量缺陷及缺陷在车身上的位置输入到平板电脑内进行采集

14-29 智能制造.indd 26 2023/1/31 10:53:04

算输送设备的占位和车身的位置。随后，这些位置信息就会通过时间戳一并分配给相应的车身的工艺值中。

（4）车身数据

车身数据包括车身颜色、车型等信息，这些数据可直接从现有的 E-MES 系统获取，并在 E-MES Analytics Server 中归档。

（5）质量数据

质量数据是用于失效分析最重要的数据源，利用现有的质量数据采集终端，电泳打磨工位上的工人在界面上选择缺陷种类和缺陷位置，然后这些数据将会传到 E-MES Analytics Server 中。

当然，电泳缺陷有车身自身质量原因和预处理电泳工艺影响，由于该实验只涉及预处理电泳，因此要在质量数据采集终端的界面上区分这两种缺陷，以免对分析结果产生负面影响。如果在检查中能清楚地识别故障类型，可以定向做出选择，如果工人无法做出判断可以选择“无法识别”。预处理电泳质量检查表如图 3 所示。

随着自动化技术的进步和发展，将来还会有表面检测应用设备上线，可以自动地检测表面质量缺陷，如果这套设备能与该系统通信，将检测结果自动上传，将大大减少人工输入的时间，如图 4 所示。

2. 数据匹配和相关性分析

将所有采集到的数据，对应车身通过工艺线的时间，捆绑在相应的车身 ID 上。例如，仅在某车身通过槽体时将此槽体内的槽液温度值匹配给车辆。

如前文所说，这个实验是基于大数据分析的基础上，因此要分析所有质量相关的工艺数据与车身质量缺陷数据的相关性。数据关联如图 5 所示。

3. 建立模型

通过专业的数模专家（无汽车涂装专业背景），根据这些数据的离散性和相关性，初步建立一个质量分析模型，然后由具有专业汽车涂装背景的专业人士对细节进行评判，从而调整和修正这个基础模型。再将这个基础模型放到系统中运行，此时，通过模型分析出的质量相关工艺数据发生偏差时就会由中央控制系统 E-MES 给出报警，在手动或自动解除报警的同时，E-MES 将这些报警作为事件保留归档排序，并通过 E-MES 质量反馈系统将其反馈给这个模型进行自学习，随着数据量的越来越大，模型在自学习的过程中不断地修正和完善，最终稳定下来形成一个具有高准确性的预测分析软件。数据模型框架如图 6 所示。

当前应用

基于以上的实验，目前上汽大众 MEB 油漆车间正式上线了一套针对所有工艺线的质量分析应用系统 DXQplant.

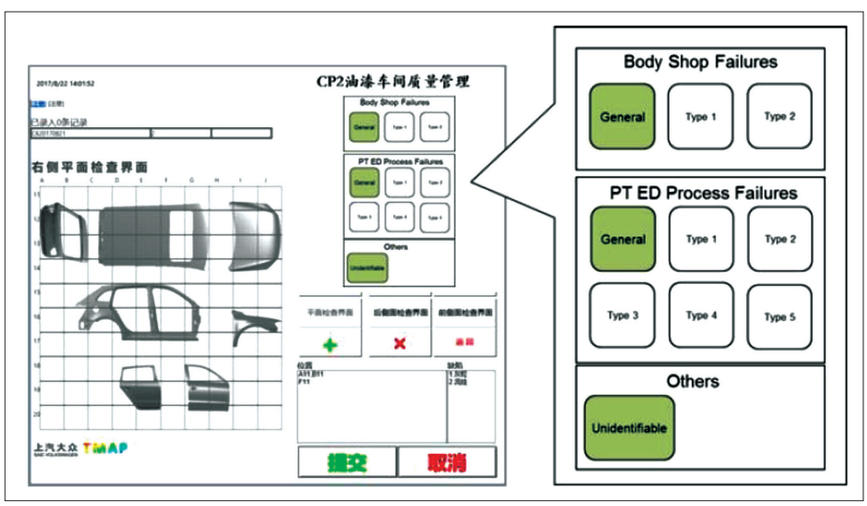

图 3 预处理电泳质量检查表

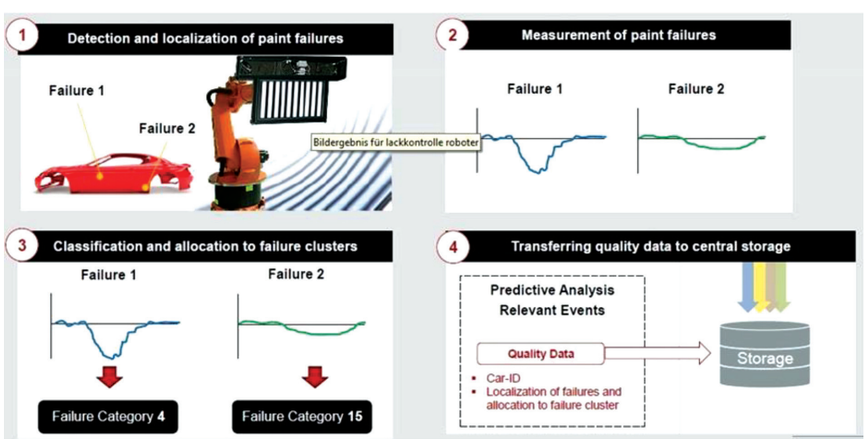

图 4 自动质量缺陷检测

14-29 智能制造.indd 27 2023/1/31 10:53:05

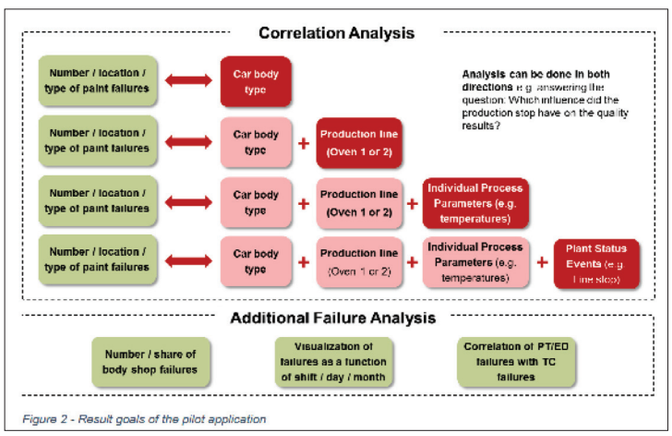

图 5 数据关联

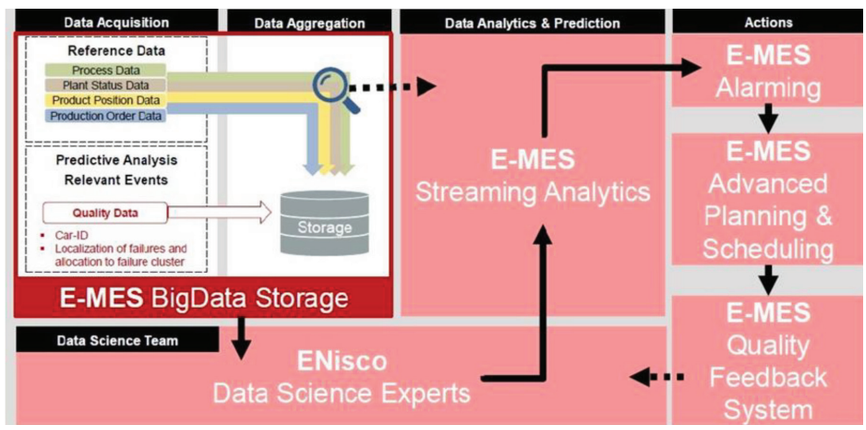

图 6 数据模型框架

analytics。通过全面的质量状态监控，从而提高设备效率，质量相关性指标和产品缺陷可及时被发现。可视化的界面提升了产品质量状态的透明度。AI 控制模式的识别算法可自动地发现质量缺陷和系统问题。使用图形工具，将质量缺陷可视化，并给出快速排除的提示。此外，还可创建报告和导出数据，以便应用于更多的数据分析。

结语

随着智能制造的不断发展，大数据分析将成为汽车制造的趋势，但是如何利用大数据，让大数据变得真正有意义，还是要从一个个小实验去论证和证明。从前文可见这个实验不仅投资小、成本低，而且不会影响生产。但是，当实验模型得到论证后，其意义将是重大的，因为它完全可以复制推广到其他工艺领域，为汽车制造开拓新的局面。AI

（上接第 24 页）

表 7 接口方案

序号	接口数据	描述	源系统	目标系统
1	控制计划文件	发送工艺控制计划文件至 MOM	DPS	MOM
2	作业指导文件	发送工艺作业指导文件至 MOM	DPS	MOM
3	工艺参数	工艺参数下发至 MOM	DPS	MOM
4	工艺变更	发送工艺变更至 MOM	DPS	MOM
5	MBOM	从 ERP 获取物料清单，包括工位	ERP	MOM
6	主生产计划	发动大纲计划和日整车顺序计划至 MOM	ERP	MOM
7	设备备件	发送设备备件信息至 MOM 系统	ERP	MOM
8	物料主数据	发送物料主数据至 MOM 系统	ERP	MOM
9	产线信息	车间产线工位基础信息发送至 MOM	DPS	MOM
10	库存信息	材料库、成品库库存和出入库信息	LES	MOM
11	计划信息	车间作业计划信息	MOM	LES
12	设备监测与诊断结果，重点是故障指标	发送设备监测与诊断结果（重点是故障指标）至 MOM	PHM	MOM
13	油液监测与诊断结果，重点是故障指标	发送油液监测与诊断结果（重点是故障指标）至 MOM	IOOMD	MOM
14	生产信息和停线信息	发送产线生产信息和停线信息至 MOM	产线中控	MOM

能提醒当前作业要点和质量问题，工艺参数自动采集和校正；通过 AI 算法，实现多约束规则计划排程；使用 RFID、二维码和 UWB 等技术，将生产任务、在制品、完工、模具及设备信息集成共享，实现生产管控降本增效；PAD 维护质量检查信息，质量数据全程线上数字化；模具维修知识库建设，赋能冲压制造。冲压智能制造运营系统架构、集成、接口、可视化、环节数据流及重点场景方案的开发和应用，融合创新突破的同时经济效益显著，为行业提供了强有力的解决方案。AI

14-29 智能制造.indd 28 2023/1/31 10:53:06