

# 工业 4.0 和认知制造

架构模式、用例和 IBM 解决方案

*Serge Bonnaud, Christophe Didier 和 Arndt Kohler*

## 图表

- 04 简介
- 14 边缘分析
- 16 车间中间件:工厂服务总线
- 19 企业级
- 21 三个层级的实例
- 25 工业 4.0 安全性
- 28 部署模式
- 28 交付方式
- 33 总结
- 34 附录和用例
- 38 作者

## 术语

|              |            |
|--------------|------------|
| <b>AI</b>    | 人工智能       |
| <b>CMMS</b>  | 计算机化维护管理系统 |
| <b>DL</b>    | 深度学习       |
| <b>EAM</b>   | 企业资产管理     |
| <b>ERP</b>   | 企业资源规划     |
| <b>ESB</b>   | 企业服务总线     |
| <b>ICP</b>   | IBM 私有云    |
| <b>IoT</b>   | 物联网        |
| <b>IIoT</b>  | 工业物联网      |
| <b>IT/OT</b> | 信息技术/运营技术  |
| <b>KPI</b>   | 关键绩效指标     |
| <b>MES</b>   | 制造执行系统     |
| <b>ML</b>    | 机器学习       |
| <b>MVP</b>   | 最小化可行产品    |
| <b>OEE</b>   | 整体设备效率     |
| <b>PLC</b>   | 可编程逻辑控制器   |
| <b>PoC</b>   | 概念验证       |
| <b>PSB</b>   | 工厂服务总线     |
| <b>SCADA</b> | 监控与数据采集    |
| <b>SIEM</b>  | 安全信息和事件管理  |
| <b>SOC</b>   | 安全运营中心     |



## 前言



Hubert Lalanne

**IBM 杰出工程师**

**欧洲区工业领域技术主管**

**IBM 技术学院成员**

本人非常高兴能为首版《工业 4.0 和认知制造》撰写前言：架构模式、用例和 IBM 解决方案

工业 4.0 通常被认为是第四次工业革命。也有人认为，工业 4.0 是全球数字革命引发的工业世界转型，而这场革命已影响了许多其他行业。

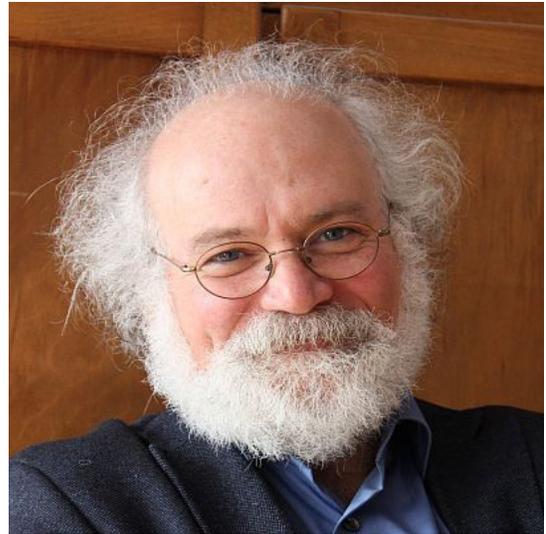
根据麦肯锡 2015 年的一项研究（工业 4.0：如何为制造业的数字化保驾护航），前几次工业革命所创造的大部分价值来自于制造业资产的升级。本次全新革命的愿景是通过在与主要机械升级无关的工业领域引入颠覆性技术，提高生产率，打造新的商业模式。

本次革命创造的价值在于“数字线程”的端到端优化，即更好地利用信息，逐渐减少因功能、站点和公司接口信息损失所致的低效。

为实现这一愿景，我们应该将数字技术的网络世界与运营工业技术的实体世界相融合，跨来源、跨公司集成和分析数据，跨价值链共享成果，并确保将数字技术与实体生产资产的集成。

工业 4.0 引入了一些全新的概念，如数字线程 (Digital Thread) 确保从最初产品设计到寿命结束和回收的有效信息；数字映射 (Digital Twin) 将分散的数据元素转化为一致的无形资产；信息物理系统 (Cyber Physical System) 使分散的、自控系统和流程成为可能。

多种颠覆性技术使得这种转型在计算能力领域成为可能：云、大数据、区块链的出现；物联网互联；机器学习和人工智能的高级分析；移动和可穿戴技术的人机交互；增强现实和虚拟现实，或认知 HMI；利用先进的机器人技术或 3D 打印技术实现数字到物理的转换。



John Cohn

**IBM 研究中心研究员**

我强烈推荐您阅读这篇由 Serge Bonnaud, Christophe Didier 和 Arndt Kohler 撰写的工业 4.0 文档。本文档对工业 4.0 的描述简洁全面，可以快速地将读者从概念带到实现，并为读者提供实用的建议。

文中选取的用例非常可靠，将读者从车间、工业机器人和 PLC 带到分析领域，再到影响业务的云中高级解决方案。文中也提出了很多独到的见解，并结合客户实例进行说明，清晰易懂，值得您细细品读。非常感谢 Serge、Christophe 和 Arndt 对撰写此文所付出的努力！

## 简介

提高生产系统的生产率一直是每一次工业革命的核心。第四次工业革命提高了生产和管理系统的生产力。

从商业视角来看，第四次工业革命的目标是能够以大量成本制造个性化产品。为实现这一目标，创新生产工具，为工厂带来更多的自动化和生产力非常重要，同时，也要改善供应链、工程以及销售与运营之间的协作。

从 IBM 视角看来，我们正迈进第四次工业革命（认知制造时代），一个与过去截然不同的崭新时代。

生产流程的数字化转型为实现先前不可能实现的生产力和专业化水平创造了新的机遇。

为真正为工业 4.0 及后续发展铺平道路，制造业必须发展成一个以信息技术（IT）为基础的数字化工厂的概念——认知制造。制造业必须在工厂内部实现认知能力，尤其是围绕两个关键问题：生产质量洞察和生产优化。

通过生产质量洞察和生产优化来改造和提高制造业，通过工业物联网（IIoT）平台的概念来实现认知制造。本文将尝试解释 IIoT 平台原理，并探讨相关用例。

## IIoT 平台的概念

### 车间制造的多样性

许多工厂拥有大量跨多个时代和世代的设备、布局和流程，遗留设备、传感器、系统和应用。

此外，其中许多设备或系统可能依赖于不同的运营技术（OT）供应商来提供机械、设备线和机器人技术。工厂主要由 OT 机器、设备线和并非总是连接到 IT 网络的机器人组成。

可编程逻辑控制器（PLC）、监控与数据采集（SCADA）和制造执行系统（MES）可编排生产流程，并在提高性能程度方面具有良好的记录。

制造业的趋势是使车间更加以 IT 为基础；OT 和 IT 的融合为实现一个包含多个维度的全球通用架构创造了更多的机会：设备、边缘、车间和云端。

在这样的背景下，IIoT 平台最近成为制造业的一种新型创新概念。IIoT 平台由包括分析、大数据、行业特定内容以及近期从人工智能中兴起的认知学科在内的技术支持。

作为中央系统，IIoT 平台可用于收集数据、提供分析并向内部业务部门、合作伙伴和制造运营商展示新服务。IIoT 平台需要通过连接层或工厂服务总线（PSB）连接至操作员、产品或设备。本文稍后将会继续讨论该主题。

### 工业革命时间线

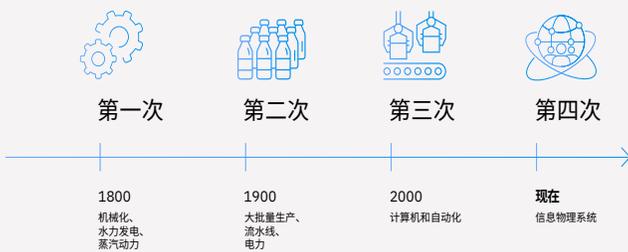


图 1: 工业革命时间轴。

数据和更为重要的分析正在改变我们看待机器、流程、产品和运营的方式。结合大数据进行分析的方法可以识别数据中的模式，发现设备的模型行为，并预测故障或产品质量问题。

这些功能被称为预测性维护和质量，由工业 4.0 技术实现，在公司的战略中占有重要地位。随着越来越多的工厂和设备使用物联网（IoT）和互联设备，数据将持续积聚。

随着数据的大量涌入和分析的复杂性不断上升，传统计算将难以扩展。计算必须在车间级处理、分析和优化信息时具备认知功能。

## 系统关系图

下方的系统关系图从汽车制造流程(包括焊接、车身装配和喷漆设备生产线)的角度说明 IIoT 平台所依赖的人员和服务。由于行业间的大多数概念基本相通,因此此关系图可轻松应用于其他制造流程。



## 工业物联网生态系统中的主要生产人员



图 2: IIoT 生态系统中的关键制造人员。

## 人员和痛点

制造业有不同的角色,角色之间明确分工,各司其职,协作提高全球生产绩效和质量。角色此处指重要人员。重要人员是系统(IIoT 平台)的利益相关者,负责确保达成 KPI。人员和痛点表可以在下一页找到。

| 重要人员            | 角色   | KPI   | 痛点  |
|-----------------|--|---|---|
| 工厂经理            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 监督和组织制造工厂和类似工作场所的日常运营。</li> <li>· 监督员工行为、生产过程和生产效率,以确保工厂顺利、快速、高效而安全地运行。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 设备综合效率</li> <li>· 预算</li> <li>· 安全</li> <li>· 创新</li> <li>· 生产力</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 缺少技能人才</li> <li>· 协同交互</li> <li>· 供应商关系</li> <li>· 频繁更改和计划严苛</li> <li>· 人性化的信息获取途径</li> </ul>    |
| 维护经理<br>(定期维护)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 确保基础设施、设备布局 and 机械装备以最大效率和产出进行运转。</li> <li>· 这包括全员预防性维护和管理机械、电力和机器人设备故障(包括软件编程)。</li> <li>· 包括人员管理和预算/成本汇报。</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 预算</li> <li>· 完成待办事项</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 完成维护任务时间有限</li> <li>· 成本压力(最佳成本效益)</li> </ul>  |
| 维护工程师<br>(操作维护) | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 确保维护组织结构处于最佳状态。</li> <li>· 分析重复出现的设备故障。</li> <li>· 预估维护成本和对备选方案进行评估。</li> <li>· 评估是否需要更换设备,确定设备到期时的更换计划。</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· OEE 稼动率</li> <li>· 预算</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 使用多种系统导致诊断所需时间过长</li> <li>· 备用零部件丢失</li> <li>· 管理和分析导致停工时间变长</li> <li>· 获取支持信息的过程十分耗时</li> </ul> |
| 技术人员            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 协助安装新的制造设备。</li> <li>· 定期检查和测试设备和机械。</li> <li>· 响应警告和操作消息,根据《标准作业程序》和维护方案执行矫正程序和维修作业。</li> <li>· 根据内部和外部方案和程序,用文件清楚地记录日常检查和必要维修作业。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 活动持续时间</li> <li>· 合规</li> <li>· 安全</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 经常承受压力(高效工作、提高质量)</li> <li>· 在诊断阶段缺少协助</li> <li>· 文件记录复杂不易理解</li> <li>· 缺少专业知识共享</li> </ul>      |
| 生产操作员           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 在执行工作订单前配置生产设备和日常用品。</li> <li>· 安全高效地操作设备以进行生产加工。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 工作质量和绩效水平</li> <li>· 安全</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 经常承受压力(高效工作、提高质量)</li> <li>· 缺乏专业知识</li> <li>· 事故发生时缺乏援助</li> <li>· 信息不足无法报告</li> </ul>          |

## 当前制造架构

下图描述了车间活动的当前组织方式。我们从逻辑架构的角度涵盖了主要的构建区块。

## 基于 MES、PLC 和 SCADA 系统的工厂简化视图

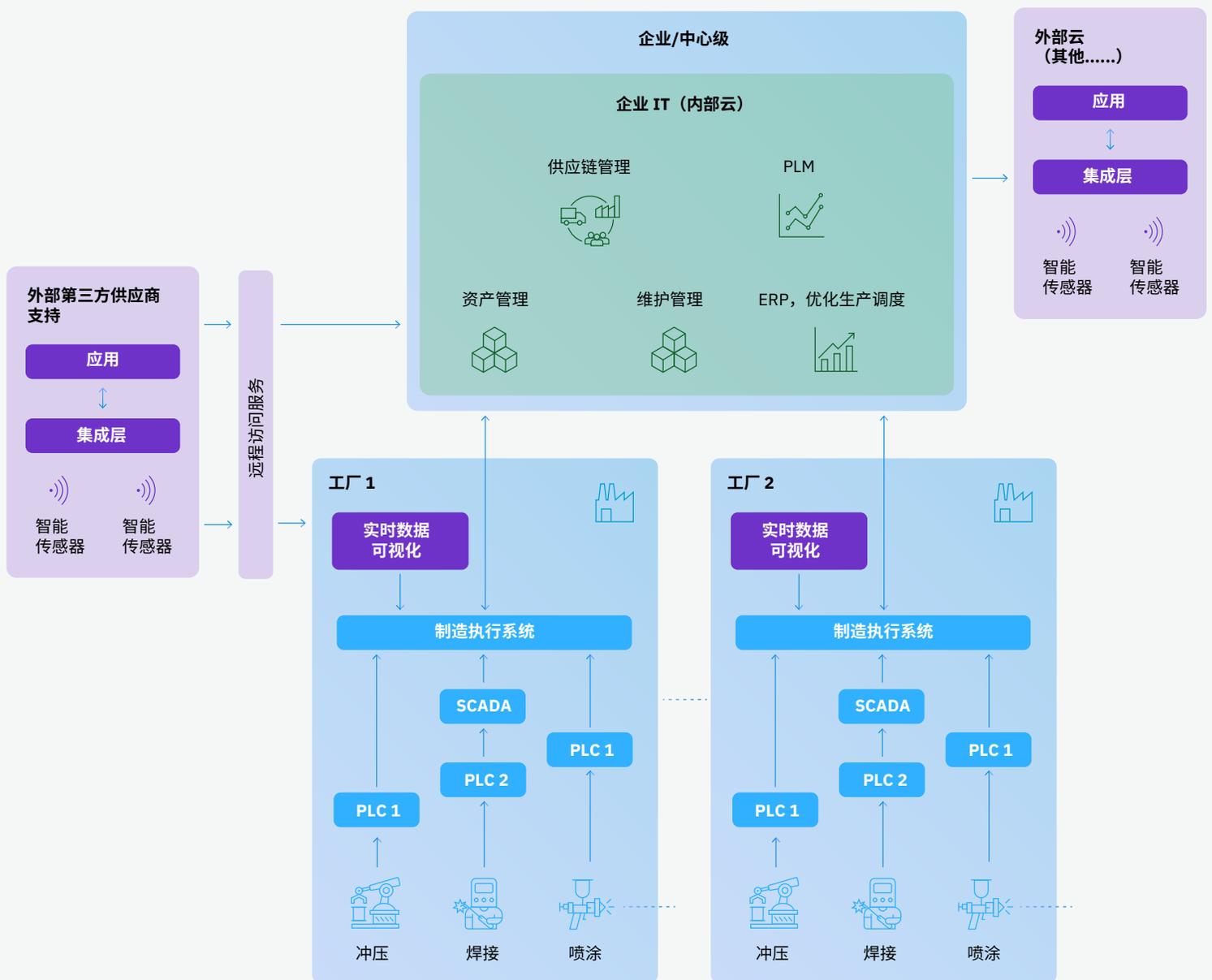


图 3: 基于制造 MES、PLC 与 SCADA 的工厂简化视图。

各工厂均配备了来自不同 OT 供应商的生产线和装配线。生产线由一组工作站组成,工作站则由机器人、一系列设备和机器组成。操作员执行预定义的、有序的任务,这些任务通常通过基于传统文档格式的书面指示来正式化。

可编程逻辑控制器 (PLC) 或可编程控制器是工业加强型数字计算机,适用于控制生产线、机器人设备或任何需要高可靠性控制、易于编程和流程故障诊断的活动。

监控与数据采集 (SCADA) 是指工业控制系统 (ICS),用于控制和跟踪水和废弃物控制、电信、能源、运输以及油气提炼等行业的设备或工厂。SCADA 是操作员用于收集、分析和显示实时数据的计算机系统。此外,该系统有时可控制后台设备。如果情况发展成危险状况,SCADA 会自动发出警报通知。

制造执行系统 (MES) 是用于制造业的计算机化系统,用于跟踪和记录原材料到成品的转化。MES 提供有助于制造决策者了解如何优化工厂当前状况的信息,以提高产量。

有些 MES 可实时操作,以便能够控制生产流程中的多个元素(例如,输入、人员、机器和支持服务)。达索系统 (Dassault Systems)、SAP、西门子 (Siemens) 和 ABB 等公司提供了一些知名的 MES。

实时数据可视化是其中重要组件,它可以收集原始数据和遥测数据,执行数据预处理,并通过图形和直观的概要将来自多个来源的大量时间序列数据可视化,供所有操作人员 and 系统使用。

执行数据可视化组件可连接多个接口,并从多种格式或协议收集数据。该组件既可基于时间序列,也可基于事件,包括多个系统,如 PLC、SCADA、网关、设备和传感器。

与 SCADA 和 MES 类似,实时数据可视化组件帮助操作员从被动决策转向主动决策。该领域的一些知名组件由 OSIsoft 或 Wonderware 公司提供。

资产管理包括用于跟踪公司资产工作并有效利用这些资产来获得价值的活动和实践。资产管理帮助识别和确定特定资产所需工作的优先级,不仅有助于资产的 ROI,而且有助于对其他商机上的工作进行战略分析和协调。

维护管理是使用智能计算机软件更好地跟踪您的业务资源(如劳动力、材料和设备)。在维护管理中使用计算机化的维护管理系统 (CMMS) 可确保公司的设备始终处于最佳工作状态,从而防止意外维修和操作停机。

虽然维护管理和资产管理在技术方面不同,但仍相互关联,并出色地融合在一起。维护管理有助于有效地指导维护设备和活动的物理性能,而资产管理有助于分析资产本身需要执行的工作的所有数据。

## 通过价值分级的逻辑步骤将 IoT 引入制造业

使用及时、有序的路线图覆盖四个逻辑步骤来确保价值是通过 IIoT 平台进行数字化制造的前提。

- **数据收集:**数据可来自企业资产管理 (EAM) (后续章节中会更详细的描述 EAM)、企业资源规划 (ERP) 和 MES 等系统。也可以直接来自设备/机器人/传感器。
- **模式可视化:**可通过仪表盘、用户界面和其他图表来查看数据。
- **分析驱动的洞察力开发:**可包括预测分析、说明性分析和行业特定分析模型。
- **认知:**涉及处理非结构化信息的新方法,包括图像、视频和音频,以及机器学习算法。

## 四步走路线图

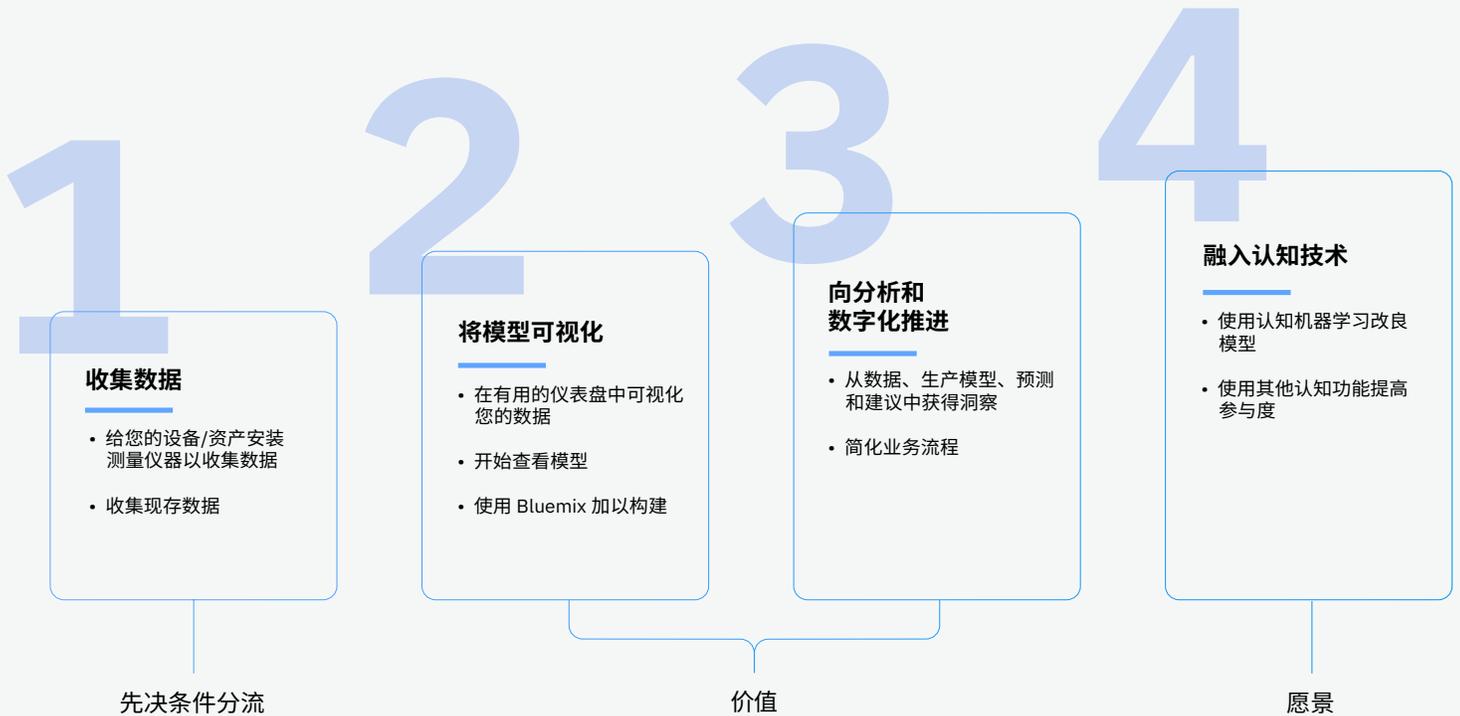


图 4: 四步路线图。

四步路线图的优势如下：

- **生产率提高:** 此方式带来更高的吞吐量和效率, 减少非增值活动。
- **故障预防:** 该路线图可让整体设备效率 (OEE) 达到最高, 避免返工、报废, 停机和劣质产品。
- **灵活性:** 其他优势包括隐藏复杂性、低配置和重新配置工作、即插即用功能以及避免技术差距。

## 采用三层、分层方式扩展当前制造体系架构

在工业制造和工业 4.0 中, 最佳做法是采用三层分布式架构。一个出色的架构模型考虑每个生产站点的自主性和自给自足的需求, 并平衡不同层级 (边缘、工厂和企业) 之间的工作负载。

为了在解决方案中实现良好的体系架构模型, 解决垂直和水平方向的集成问题是重中之重。

图 5 显示集成问题在制造环境中的典型情况。

在设备层级, 信息被隔离在控制层, 可以通过各种特定于行业的协议 (例如, 操作计划和控制 (OPC)、OPC 统一架构 (OPC-UA)、Skid、Bacnet、Profibus 和 Ethernet-IP) 访问, 也可包含在文件系统或生产数据库中。

# 支持 IBM 功能的扩展工厂：架构概览

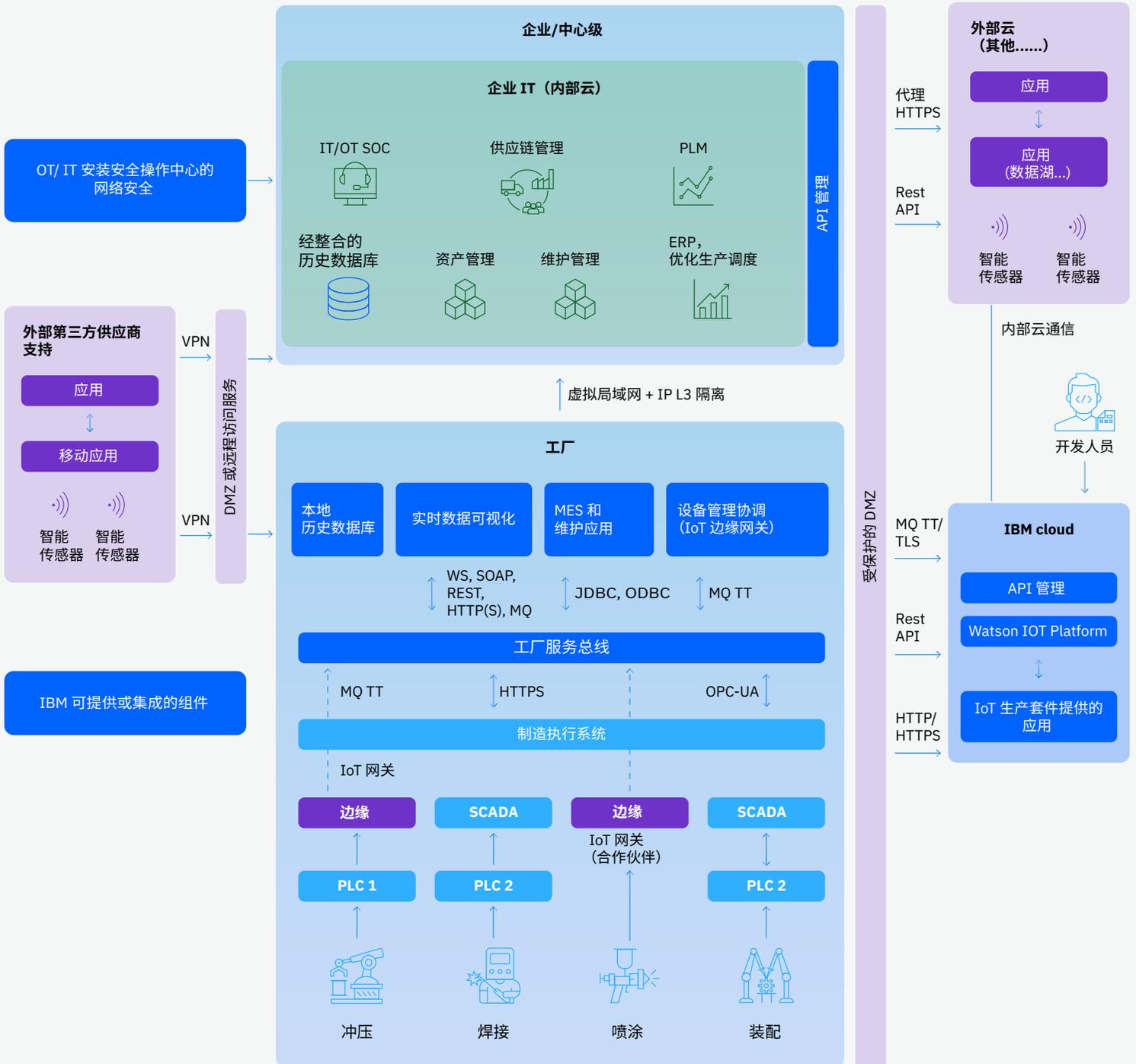


图 5: 支持 IBM 功能的扩展工厂: 架构概述。

在大多数情况下,可能需要新的仪器(例如机器人上的声学传感器或设备上的 RFID 标签)。为解决此集成问题,最佳做法是将集成技术与来自不同提供商的边缘/网关设备结合起来。

因此,下面描述的保留架构模式提出了基于三个层级的解决方案:

- 边缘级
- 工厂或车间级
- 企业或后端级

在工厂层级,最佳做法是在每间工厂中部署一条服务总线,通常称为工厂服务总线(PSB),以管理本地活动和与物理环境的连接(例如,PLC、SCADA、Skid、OPC、边缘)。

除服务总线外,我们还建议在边缘级部署嵌入式分析软件技术。物理边缘是允许 OT 网络连接到 IT 网络盒(网关、集线器、连接盒、等),并将 PLC/SCADA 发出的信号和事件转换为 IT 网络上可见的安全数字数据。

在企业级,部署企业或行业特定的应用程序以满足各种需求(例如,资产管理、维护管理、整体设备效率控制和预测性维护)。有些应用程序可能需要在车间级安装其解决方案的本地配件。

支持这些应用程序的基础架构可能由混合模型中不同云模型和本地信息技术的组合来支持。混合程度必须在项目早期确定。

混合程度被广泛认为是企业约束、管理和操作考虑、延迟和性能需求、数据隐私约束、成本(数据保留成本)之间的权衡和平衡。

## 全面可延伸的三层架构

部署车间中间件并将技术组件纳入考虑后,企业就可将重点放在解决方案的业务组件。

业务组件可通过特定应用程序得以实现,这些应用程序有助于提高生产力、延长正常运行时间、缩短停机时间以及提高灵活性,实现动态重新配置车间设备。

IBM 推出的 EAM 解决方案套件为工业企业提供商业洞察力,帮助企业优化生产运作和提高生产质量。这些解决方案通过在工业运作中利用分析、IoT 及 AI 的强大功能以降低风险和成本以及提高效率。





该套件涵盖两个互补的领域, IBM 为每个领域提供了解决方案:

- **生产质量洞察:** IBM 解决方案不仅可以通过更快、更精确发现最微小的缺陷来提高生产质量, 而且可减少对人工检测的依赖, 更早发现质量缺陷并实时响应。

了解更多详情, 请点击[此处](#)。

为提高产品和流程质量, 更快发现质量问题以及减少错误警报, 避免损失, IBM 提供值得信赖的警报, 只需采用极少数据点, 就可让您迅速采取行动。通过 IBM Prescriptive Quality on Cloud 解决方案, 我们采用规范性分析提高制造流程、物料、组件和产品的质量。

- IBM 在您的检测过程中引入 AI, 更快识别可视缺陷和更准确发现故障点, 以便您持续不断地改进。通过 IBM Visual Insights 解决方案, 我们利用机器学习、边缘处理、图像捕捉以及人类专业知识来改变视觉检测和降低生产成本。

- 为更高效且更有效地识别、发现质量缺陷和设备故障, IBM 将声响数据、机器学习和 AI 技术这三者结合。通过 IBM Acoustic Insights 解决方案, 我们采用 AI 算法实时识别声响, 尽早发现设备老化。

- **生产优化:** 利用先进分析和 AI 技术, 帮助企业优化生产流程。通过 IoT 将工厂物联化时, 可用数据将激增。在数字工厂中, 操作员可透过数据洞察识别潜在生产损失, 采取行动维护质量、成本以及产量之间的平衡。

了解更多详情, 请点击[此处](#)。

- 核心企业资产管理 (EAM)
  - 核心 EAM 是指软件、系统和服务的整合, 企业利用这些在物质、技术和人力资源方面实现跨业务单元和跨地理位置的控制和优化。我们的 Maximo 解决方案全面结合这些功能。

了解更多 IBM EAM 解决方案, 请点击[此处](#)。

- 资产绩效管理
  - 资产绩效管理在改善设备运作方面举足轻重。针对该领域, IBM 提供以下解决方案:
    - IBM Maximo APM – 资产状况洞察
    - IBM Maximo APM – 预测性维护洞察
    - IBM Maximo APM – 设备维护助手

了解更多 IBM 资产绩效管理解决方案, 请点击[此处](#)。

- 维护、维修及运营 (MRO) 库存优化
  - 优化 MRO 库存可显著降低与库存有关的成本, 缩短资产停机时间。IBM 推出的 MRO 解决方案称为 IBM Maximo MRO Inventory Optimization

了解更多详情, 请点击[此处](#)。

## 各构件的其它注意事项及建议

根据我们的经验和研究, 以下为其它视角和最佳做法:

- **工厂服务总线 (PSB):** PSB 是十分重要的构件, 其作用为监测、协调和管理工厂内部以及企业和工厂间的衔接。在工厂和企业系统以及流程和人员之间的跨工厂集成层面上, PSB 扮演关键角色, 提供信息路由、转换、协调、配置及 workflow。人们期待高效的 PSB 可以提供 OT/IT 适配器和网关功能以实现功能、集成逻辑、集成和基于规则的外部化配置映射。IBM PSB (IBM Integration Bus 和 Manufacturing Pack) 允许即时数据过滤、计算、聚合、压缩以及为下一步处理做准备。必须在项目早期阶段部署 PSB 并且因此将其视为部署数据可视化、分析和认知应用程序之前的强有力先决条件。
- **企业服务总线 (ESB):** 为管理工厂与中央 IT 之间的制造流程, ESB 经常自动应用。从功能角度上看, ESB 与 PSB 角色相同, 并且可能由同个解决方案支持。
- **IoT 平台:** IBM Cloud 托管的 IoT 平台允许以更低成本创建数据湖、创建新工业仪表盘、集成客户分析模型、管理应用程序接口 (API) 生命周期以及向外部合作伙伴公开数据。该平台支持多种数据源, 如数据湖、后端应用程序、合作伙伴或其它云供应商 (如: Azure) 数据。
- **边缘分析:** 边缘分析与在边缘部署服务 (流程绩效可能有所影响)、在云端评估事件以及将操作返回至边缘/工作单元有关。当生产单元事件的发生频率极高时, 我们使用边缘部署的分析与评分服务。快速评估异常事件以启动拦截, 以及从生产线上消除潜在问题至关重要。我们还在视觉图像评分和分类中使用边缘服务, 尤其是以高速检测组件时采用 (如, 当时间为关键点的缺陷识别)。当聚合或过滤大量遥测数据且该数据可以整合成更小事件时, 我们还会考虑使用边缘服务以减少网路负载和降低传输大量数据的成本。利用边缘功能的典型业务应用为视觉检测解决方案以及其分析与评分服务。总而言之, 必须集中思考哪种服务的应用最能支持边缘部署的计算节点。市场上有几种实施边缘分析的潜在技术 (如 SDK 和 Execution Engine)。
- **本地制造执行系统 (MES):** 多数情况下, 该组件已应用于生产调度和优化中。人们经常在集成项目中将其视为工作设想以及最终解决方案中不可或缺的部分。MES 或工厂维护应用程序可能连接至 PSB。通过管理数据流转换和协议互连, PSB 有助

于降低整体架构的耦合度。中央 IT 层通常设有一 MES 实例, 为所有工厂编制调度批处理指令。在车间级或其它层级上也是一样, 加强对连接层部署的需求以降低耦合度以及管理和监测企业级和工厂级间的衔接。

- **工业应用程序 (如视觉检测、声响洞察、AI 助手等):** 这些是工业应用程序的示例, IBM 为工业企业提供的 IoT 和 Watson AI 解决方案套件涵盖了这些工业应用程序。详情可查看本书中“工业 4.0 安全”章节。
- **整体设备效率 (OEE):** OEE 组件十分重要。通过分析机械控制器、传感器和交易系统生成的数据, 提供当前或预测的可见性, 了解造成 OEE 损失的因素, 以此解决生产力限制。它预测设备故障、流程故障以及生产线减速的统计概率。与此同时, 它量化该等潜在故障对工厂或生产 OEE 的影响, 接着识别出根本原因并提供优化维护方案。

OEE 定义: 可用性、质量和性能约束

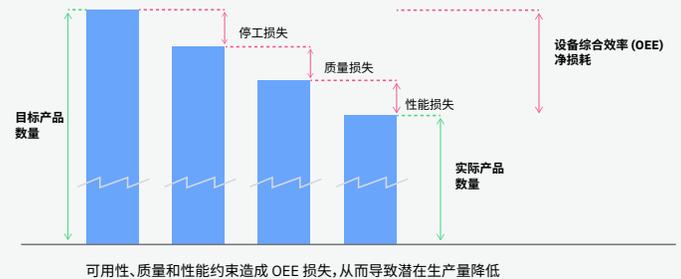


图 6: OEE 定义: 供应、质量与绩效限制。

- **IoT 项目合作:** 我们发现, 现今的趋势是令制造生产系统更加开放, 使向合作伙伴的生态系统安全公开数据/服务这一过程更加便捷。考虑到每家制造公司与多个商业伙伴合作, 最佳做法是使用应用程序接口 (API) 组合。API 通常受特定应用程序监管, 该应用程序管理不同策略规则和相关服务级别协议 (SLA)。为提高安全等级和流量监控, 可在 ESB 或 PSB 层级上公开 API。

- **API 管理(内部)**:另一后续演进及附加值组件将部署此应用,该应用与端到端 API 生命周期解决方案有所关联。在强大的内置安全机制和管理下,可支持自动创建 API、简化记录系统的侦察以及允许内部和第三方开发者自助访问。
- **API 管理(外部)**:另一延展自然是向外部合作伙伴公开 API,其公开范围与内部系统 API 相同。通过促进信息的访问扩大客户群,甚至将数据或流程货币化来实现价值的产生。

## 边缘分析

越来越多的客户选择一项 IIoT 策略且该策略在网关、网络和设备领域完全不可知。能够与所有关键参与者合作以确定未来互操作性、最大化选择及灵活性十分重要。这些互操作性和灵活性目标只能通过本书中详细描述的全局架构模型得以实现。我们推荐一种面向服务的方法,其通过 API 和微服务方式覆盖边缘、车间和企业级。每一层面必须能够公开清楚、具备文档记录、可实例化、可操作的单个接口(API)。虽然 IBM 的主要市场并非适配器和物理边缘设备,但 IBM 拥有很多从事物联网和工业 4.0 的合作伙伴。它们包括 ABB、KUKA、Enocean、Intel、思科、Schneider、Hilscher、Minitec、泰科电子、Softing、PRO、ALPHA 和 Sigfox。

## 在边缘分析和计算领域与 IBM 合作



在边缘启动认知 IoT

启动边缘分析 - 路由到云端



在边缘层我们可以做些什么?

- **预处理数据**, 避免堵塞网络。
- 给视频影像或声音评分并归类。
- **执行本地业务逻辑** (聚合、过滤、帧填充、帧定时、单个计算.....)。
- **快速检查部件**, 因为缺陷识别需要争分夺秒。
- **聚合或过滤**大量的遥感信号。

图 7: IBM 合作进行边缘分析和计算

## IBM 边缘分析解决方案内部原理



- IBM Edge Analytics Agent 将在我们的合作公司所生产的 IoT 网关设备上运行。
- IBM 与 Cisco 以及其他网关供应商合作。

图 8: 渗入了解 IBM 边缘分析解决方案

**思科:** IBM 和思科系统在多个领域拥有逾 7 年的坚实合作关系，并共同致力于业务转型、解决方案和服务的提供。思科和 IBM 能提供端对端平台，该平台通过使用沃森物联网技术在网络边缘或云端实现物联网分析的混合方法。凭借此通用解决方案可实现在数据收集点对业务表现进行分析从而让我们能够更加严密地监测并控制环境、资产及人员的任务表现。我们的技术采用基于已定义的业务规则的分析评估从而为您推荐纠正措施。边缘级分析可用来完善云中的性能模型，不断学习并改善运行状态模型。在网络边缘进行的分析减少了存入云端的数据量，释放了传输容量并降低了远程监控的通讯成本。

**KUKA 工业机器人:** IBM 已和 KUKA 通力合作，使用自适应机器人改善生产操作及流程。

您可在[此处](#)找到更多信息。

**Apache Edgent:** Apache Edgent 是一款可植入网关和小型边缘设备的编程模型及微内核风格的运行时，它可以对来自各种

装备、设备及传感器的持续不断的数据流进行本地化的实时分析。此处为开源技术利用边缘分析的示例。

您可在[此处](#)找到更多信息。

**司亚乐 Legato® 平台:** 该平台结合了基于 Linux 操作系统的发行版、板级支持包 (BSP)、自定义开发工具和通过平台服务提供的强大 API，以支持物联网设备上的软件开发。

您可在[此处](#)找到更多信息。

**IBM 位于慕尼黑的 IoT 中心:** 这所与生产相关的工业实验室利用 Project Intu 中间件、6D 视觉认知、机器及深度强化学习展示了认知工业机器人。它也采用沃森语音到文本、沃森翻译和沃森自然语言分类器为机器人加入认知语音和认知维护的功能。

**Hilscher (基于 Hilscher netIOT 规则网宇实体系统的数字映射):** 一种在 IBM 工业 4.0 架构框架中基于规则的集成和信息物理系统的结合。它是一种利用 IBM Visual Insights 对物理设备及其数字表象进行的双向集成。

**Sigfox:** Sigfox 是世界领先的物联网提供商之一,为全球提供低功耗的广域网服务。Sigfox 降低了将物联网传感器安全连接至云端所需的成本和能耗。Sigfox 的解决方案让您能够轻松为持久目标收集并传输信息。Sigfox 网络兼容 IBM 沃森 IoT 平台。Sigfox 和 IBM 已在最近的一些合作中成功实现多个用例,包括资产管理与追踪、基础架构监测与维护及设施管理。

**ABB:** ABB 已宣布和 IBM 进行战略合作,将 ABB 的数字化解决方案、ABB AbilityTM 与 IBM 沃森物联网的认知能力相结合从而加速工业人工智能的运用。您可在[此处](#)找到有关此次合作的更多信息。

**SmartFactoryKL:** 一家针对 IMB 及其工业 4.0 技术的学习和展示工厂,SmartFactoryKL 致力于解决 IBM 工业 4.0 参考架构的所有问题。IBM 主要的贡献包括所有不同机器的弹性集成、IT 系统和应用、通过 IBM 的分析和物联网技术实现全生产线的数字映射以及对基于沃森技术的认知工厂能力进行演示。

通过连接边缘及设备,PSB 对边缘和设备层以及车间部件之间的通信(协议管理、中久流、监测和 API 公开)进行了标准化规范。PSB 可使生产操作减少点对点连接数量,同时通过降低整体耦合水平来更新并保持全局解决方案。

## 车间中间件： 工厂服务总线

IBM PSB 是一款软件组件,可用在车间和 IT 之间实现工厂级集成层。它可以在机器、系统、流程和人与人之间实现以服务为导向的模块化和无障碍连接。它可以根据不同的活动提供路由、转换、中介、配置及工作流等服务。它还能根据与设备无关的数据模型和车间数据模型为基地提供厂内微服务。



- **转换和连接:**是指用于系统和机器解耦集成的经典服务总线功能,该等系统和机器掌管着集成逻辑、系统/机器以及特定集成的逻辑的释放,并使维护和释放管理更加标准化。PSB 支持各种 OPC 标准以及 Modbus 和其他标准。
- **规则配置管理和组合:**是指位于车间、集成层及机器级的弹性配置,它源自于已在自然语言中进行定义的规则,并由生产计划(非物联网)工作人员进行验证和部署。它使得变更管理更加精简,并且可实现即插即用。

## 在 PSB 级部署的生产规则逻辑



图 9:PSB 级的生产规则逻辑部署。

## PSB 架构概览

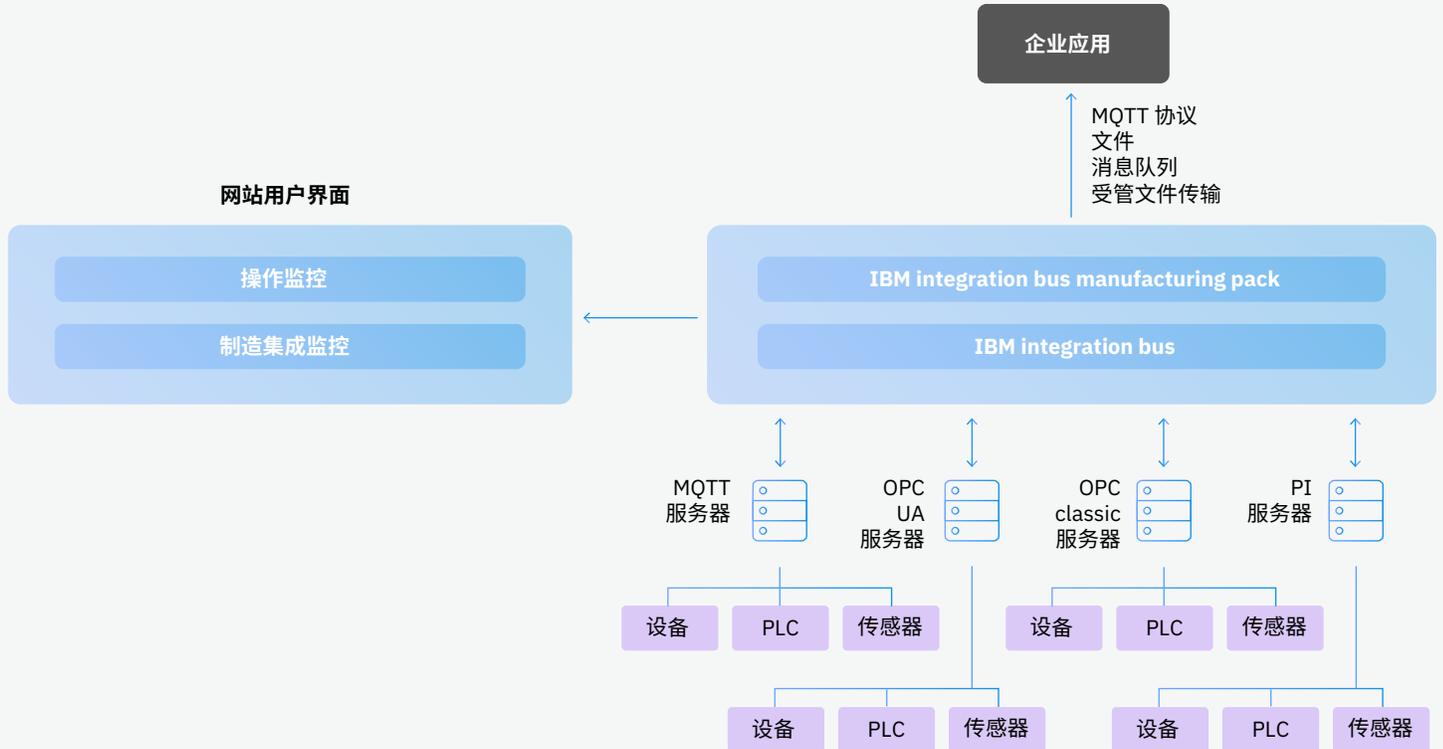


图 10:PSB 架构概览。

PSB 允许其用户创建可在集成服务器中执行的业务规则 (图 14)。业务规则为业务线用户管理政策以决定如何频繁地自动制定决策提供了一种自然方法。

复杂业务自动制定决策这一功能可广泛应用在生产上,例如:数据转换、协议路由、协议转换、消息验证或充实及动态行为控制等。

点击[此处](#)开始。

IBM® Integration Bus Manufacturing Pack 依托 IBM Integration Bus 为制造业提供应用支持。

IBM Integration Bus Manufacturing Pack 提供以下功能:

- 将您的 **OPC 服务器与 IBM Integration Bus 的应用进行集成。**
- 通过使用 **PI 服务器**将数据源和 **IBM Integration Bus 应用进行集成。**
- 使用消息队列遥测传输 (**MQTT**) 连接协议实现发布/订阅服务。
- 可查看有关已部署的消息流的状态信息。
- **PSB 能够实现生产流程和系统连接的数字化转型,并提供可使速度和效率分别提升 30% 和 25% 的车间系统。可加速流程的自动化,省去 95% 以上的人工操作及 90% 的定制应用程序。**

## 企业级

企业级解决方案可分析低层级提供的所有信息，并可视化和分析提供信息储存。对于企业级解决方案，IBM 会与合作伙伴一道提供现场协议、实时高清的室内本地化解决方案及高级标签功能来扫描机器并展示与增强现实的互动信息。

IBM 的工业企业 EAM 解决方案套件包括一系列设备和工业分析解决方案，作为应用程序提供给最终用户。它们主要面向多个部署模型中的生产及工业用例。

该套件将通过分析来自 workflow、背景和环境的各种信息以降低整个工厂的成本和运作效率，并提升质量，增强运作和决策能力。

工业应用程序主要的适用人群是生产总监、工厂经理、OEE 经理、操作员、现场工程师或技术人员。

该解决方案套件通过生产 - 质量洞察及生产优化来实现制造转型：

- 生产-质量洞察采用物联网和认知功能来感知、传达并自行诊断问题，以便企业不断优化绩效并减少不必要的停机时间。
- 生产优化通过分析来自 workflow、背景和环境的各种信息为企业带来了更多的确定性，同时提升质量，改善 OEE，增加正常运作时间并增强运作和决策能力。

### IBM 的 EAM 解决方案套件



图 11:IBM 的 EAM 解决方案套件。

### 适用于 IoT 和 AI 解决方案的 IBM 套件



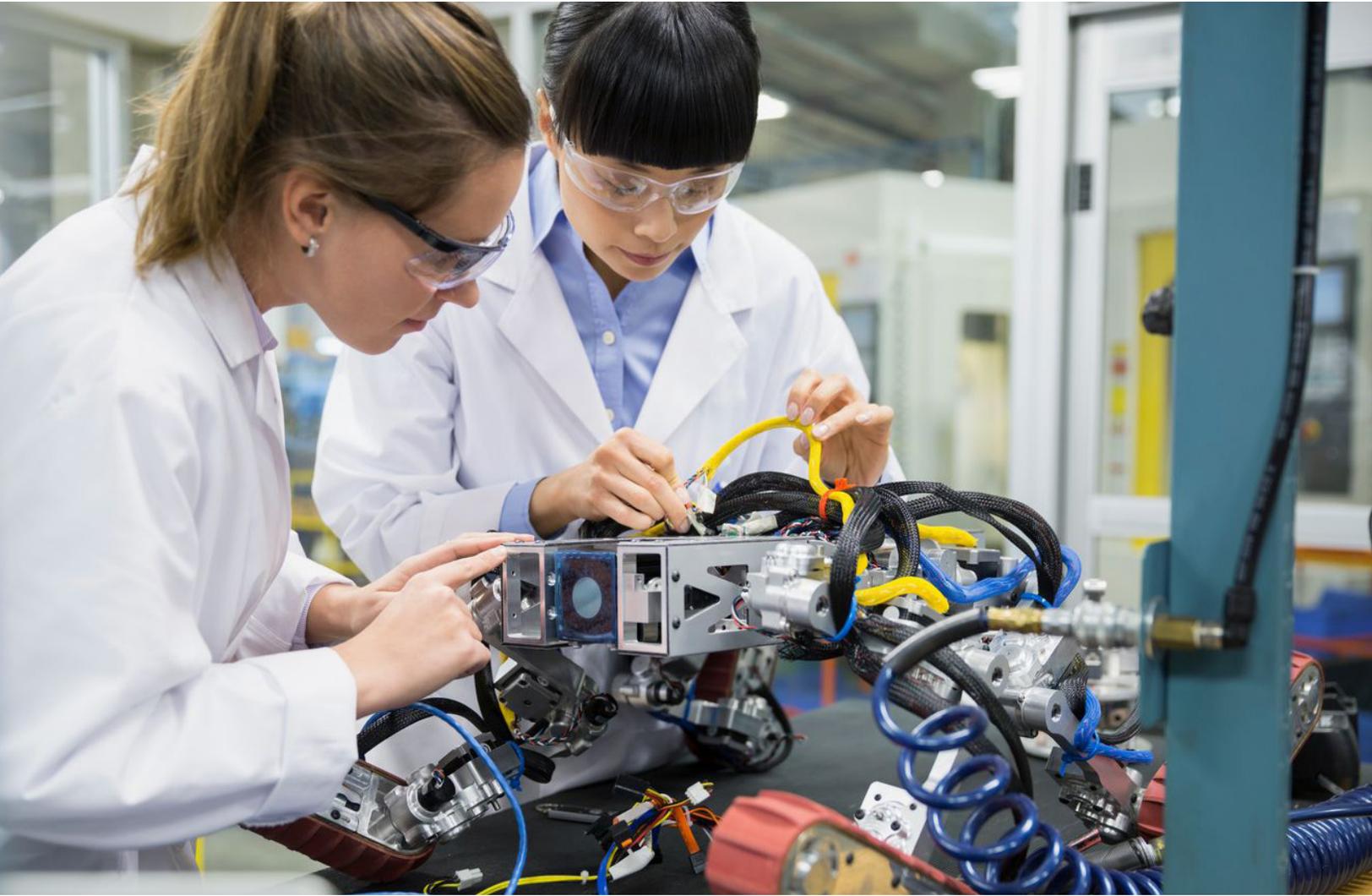
图 12:IBM 的 IoT 和 AI 解决方案。

IBM 的 EAM 解决方案都利用了不同类别的分析：

- 机器学习 (ML) 自动建立分析模型。它使用的方法来自神经网络。普通应用程序包括图像和语音识别。
- 图像分析依靠模式识别和深度学习来辨识图片或视频中的内容。机器在处理、分析和理解图像时能实时捕捉图像或视频并说明它们周围的环境。
- 声学分析允许企业使用工厂及机器运作音效来自动检测异常和缺陷并确定产品质量问题。
- 文本分析就是从非结构化的文本中提炼出高质量的结构化数据。之所以使用文本分析，是因为文本分析可以从非结构化的数据源中提取有关产品、设备及工业过程描述的额外数据。

IBM 和红帽也可以为工业 4.0 提供一个混合多云平台。

IBM 工业 4.0 通过清晰定义边缘、工厂和企业这三个层级能有效解决目前的挑战和未来的需求并可实现在这三个层级中部署和移动功能。此外，假设架构有可能需要现场部署今天的功能，但是该功能会随着时间的推移逐渐演变为专有或公共云。



从企业级而言，部署特定的企业或工业应用程序可满足各种需求，例如：资产管理、维护管理、OEE 控制及预测性维护。部分功能可能需要在车间级安装此解决方案的本地组件。

可能需要采用不同云模型和本地 IT 相结合的混合模型来为企业级应用程序的基础架构提供支持。请务必在项目早期确定混合程度。

IBM 和红帽公司联手打造了下一代混合多云平台。通过将红帽强大灵活的开放式混合云技术与 IBM 丰富深厚的创新和行业专业知识相结合，任何参与工业 4.0 项目的公司都可以享用这两家公司的顶级工具和人才。

正如前文所述，确定混合程度需要权衡企业限制、管理和运营考量、时延和性能要求，以及数据隐私限制，还可能会涉及数据存储等事项的成本问题。

就云部署模型而言，IBM 提供很高的灵活性。除了安装在边缘或车间(本地)的组件外，我们的云策略还将采用 Open Shift、Docker 和 Kubernetes 技术，使用户可在任何位置部署客户端和 IBM 组件，不仅仅是在 IBM Cloud 中部署。

IBM Cloud Private (ICP) 和 OpenShift 是用于开发、部署和管理本地或云端容器化应用程序的开源容器应用程序平台。这种用于管理容器的集成环境包括 Kubernetes 容器协调器，以及私有镜像库、管理控制台和监控框架。

如前所述，大多数组织都在向混合云方案迁移。搭载 OpenShift 技术的 IBM Cloud Private 这一类解决方案能够解决这一需求。此外，IBM 和红帽宣布他们将齐心协力加速应用现代化和云原生开发进程。

## 三个层级的实例

### 工厂级实例： 声学分析用例

生产线需要及时维护，且维护费用十分高昂。知道何时维护资产，使它保持最佳性能，是非常重要的。借助声学分析，我们可以倾听设备快速检测故障，并推荐维修。这被应用于设备运营的许多领域，从风车、火车、电梯、升降机到主要工业机械等各个领域。

声学分析能够“倾听”工厂设备，然后通过检测噪音中的异常来确定是否存在故障。

IBM 的这款认知声学应用程序在 Watson IoT Platform 平台作为一项服务提供。机器学习能够构建声音知识库，来检测异常。与坚固的移动解决方案结合，机器学习使服务功能能够用于车间级场所。

### 边缘级实例： 视觉检查用例

机器学习还使视觉检查可应用于汽车门把手装配过程。如今，制造商在复杂视觉检查活动方面面临着高风险挑战。每个制造商都需要大量的人类检查员、操作员和工程师；他们需要承担大量的重复性工作来查找成百上千个缺陷。这是工厂主要劳动力成本的来源，同时也导致了检查准确度和一致性问题、员工培训需求，和在危险区域进行检查时的潜在健康问题。

IBM IoT 慕尼黑总部展示的这款工业产品由 IBM 与 BMW 和 KUKA 联手设计。

原则如下：

- 从设备线采集数据并获得实时洞察和得分。
- 借助准确的预测和早期预警，在问题出现之前采取预防措施。
- 遵照详细的维修指导提高性能。
- 应用推理和学习系统不断优化设备的使用。

视觉检查系统是以机器学习算法为基础，利用多种视觉检查模式（例如：杂质/高对比度区域检查、几何检测和验证、异常纹理和区域检测以及颜色/亮度特征提取和验证）来确认质量缺陷。（例如，该系统可以检测的缺陷包括：制动钳缺陷、车身车间和喷涂车间缺陷或损坏、零件变形、零部件凸起和汽车仪表盘刮痕。）

IBM 解决方案套装的视觉检查功能会集成到设备线和机器人内部。在这个展示中，我们检查了多辆新款 BMW 5 系列汽车的门把手，使用 Watson Visual Recognition 服务检查制造缺陷。

我们还想确保机器人具有较高的运营可用性，从而不会影响生产。操作员通过设备状况计分卡（使用预测性维护统计模型计算机器人的状况得分）控制整个流程。

在此流程的最后一个步骤中，服务技术员会通过移动应用收到预测性维护警报。使用基于车间文档的自然语言处理和内容分析的会话会引导技术员想出解决方案。

## Watson IoT 边缘 AI 计算监视和监听工具

### 监视工具

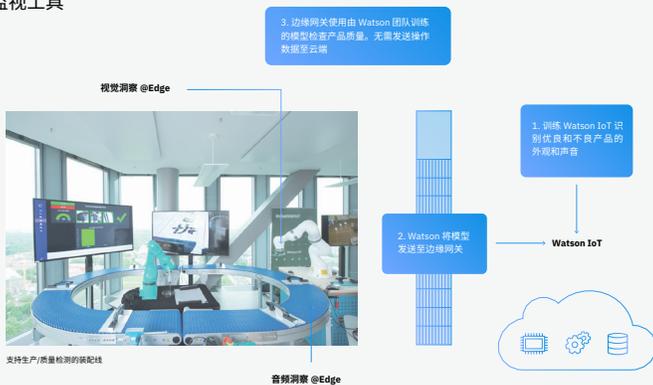


图 13: Watson IoT 边缘 AI 计算专用“眼镜”和“耳朵”

## 车间级实例： Heartbeat Car Manufacturing 用例

Heartbeat Car Manufacturing 是为 OEM 开发的一个资产和 IP 示例，它使我们能够从全球多个工厂监控车辆制造活动。该应用程序的基础是一组随制造过程状态而动态调整的 KPI。

它使我们能够管理位于多个国家的装配制造工厂，并显示安全风险、执行问题和 OEE 偏差的典型原因。借助它的深入分析功能，工厂或生产经理能够找出偏差的原因，并找到修复问题的方案。

### 可联网的生产心跳包应用

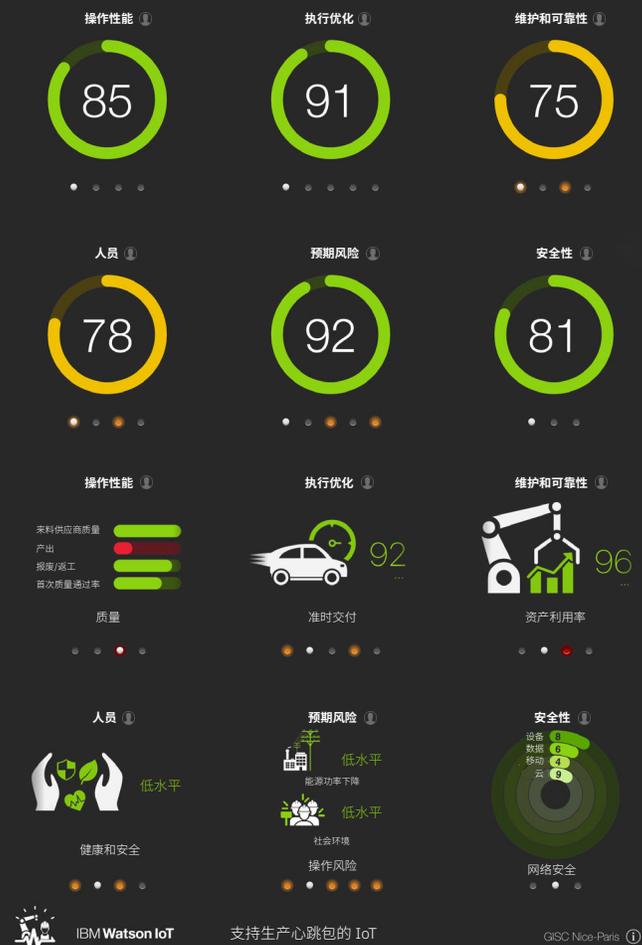


图 14: 可联网的生产心跳包应用

## 企业级实例:增加 OEE 用例

在这个架构中,OEE 组件能够帮助工厂充分发挥吞吐量潜能。借助该应用程序,工厂经理、工程师、维护工程师/主管、过程工程师和质量工程师能够获得独特有用的预测性和规范性洞察,从而协助他们实现工厂的目标。

- 工厂经理负责确保工厂实现目标产量。他们需要了解导致生产力损失的因素,且能够了解对下游业务的潜在影响。
- 维护工程师确保及时完成维护任务,从而使工厂不会中断运行。OEE 组件会预测机器问题,优化维护任务并推荐最佳维修时间。因此,它会帮助维护工程师准时执行必要的维护任务。
- 过程工程师关注不同过程的产量以及它们的效率和相对变化。他们尤其关注不同过程和机器的 OEE 组件过程参数、过程周期和 KPI,他们可以对这些数据进行比较和分析。
- 质量工程师的任务是减少报废和返工。OEE 组件会提供有关过程变异和质量故障的预警,从而帮助质量工程师规避问题并减少报废和返工。

请查看下一页的图 15。

## 面向重要生产人员的 IBM 企业级解决方案的优势

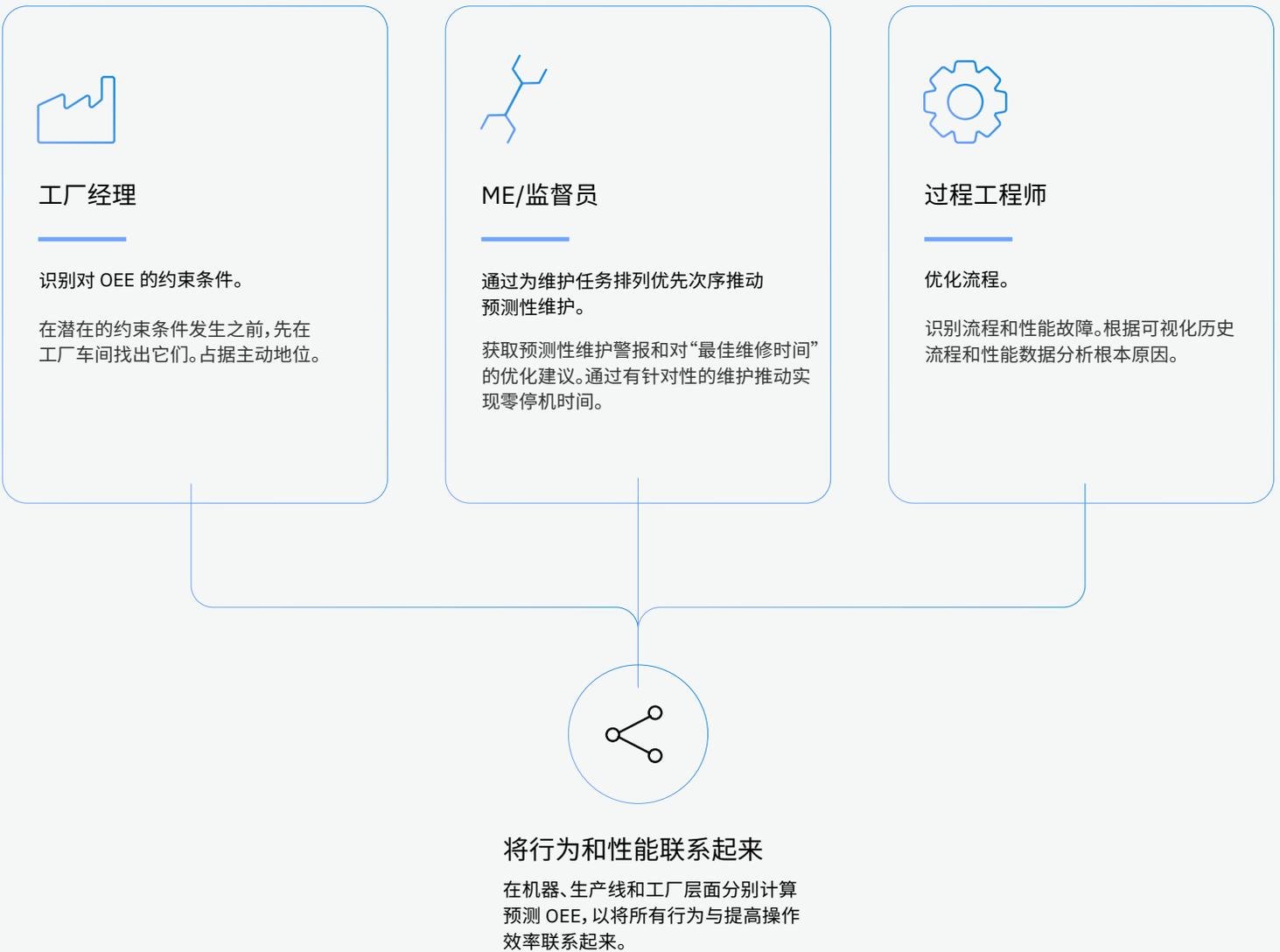


图 15:面向主要工作人员的 IBM 企业级解决方案的优势

借助 OEE, 我们能够应用不同的维护策略。当应用到正确的设备时, 每个策略都有其独特的优势; 反之, 当应用到错误的设备时, 就会产生高昂的成本。

- 被动式维护主要是通过更换或修理故障部件和组件, 使它们恢复到正常运行状态, 来修复故障设备。
- 预测性维护主要是按时 (例如: 在使用后过了一定的天数或小时数, 或者按照一定的周期) 进行检查 (检测、测量、调整、记录劣化和部件更换)。不会考虑被维护资产的实际使用情况。
- 基于状况的维护会考虑资产的实际状况, 要求只有当特定指标显示性能降低或即将出现故障时, 才进行维护。可通过定期或持续 (如机器带有内部传感器) 进行的无损测量、视觉检查、性能数据和检测, 来获得状况数据。
- 预测性维护运用先进的算法查找设备使用方式的模式以及运行环境, 然后将传感器获得的信息与已知的过去出现的故障相关联。

当预测性维护奏效时, 只会在需要时 (即将出现故障之前) 进行维护。在确定是否应用某个维修策略时, 必须要对多个资产重要性标准进行评估。一般而言, 设备对于顺利开展生产和优化维护成本越重要, 它需要通过预测性维护保留的业务价值就越高。

一旦建立了相关的分析模型, 便需要重新获取该维护方法规范。分析结果可帮助确定特定资产的维护情况。

对特定设备分析模型的评估显示:

- **更改为预测性指标来安排维护并不能带来即时效益;**
- **模型已足够精确, 能够减少维护成本和计划外停机时间 (使用预测性指标安排维护的合理性已得到证实);**
- **数据不充足。**



## 工业 4.0 安全性

制造过程安全性会受到多种因素影响。一方面,与 OT 连接的 IT 可能并不是为应对网络威胁而设计的。另一方面,集成在工业物联网上的制造设备可能并不是依据安全原则而设计的,或者并不配有安全控件。在制造过程中使用支持物联网的设备会扩大客户端 OT 基础架构受攻击的范围并增加相关风险,而这些都是难以判断的。图 16 进一步详细地展示了威胁和潜在安全方法。

## OT 环境中的安全性

通常,车间可看做是混合了 IT 和多厂商制造设备的场所。ISA95 控制层级模型显示各个系统之间存在互相依赖的关系:模块化和成品元素相结合。与数据中心相比,这些系统中只有少量,甚至没有任何安全控件,且不存在与 ISO 27001 相当的标准。

## ISA-95 标准下的企业控制系统阶层

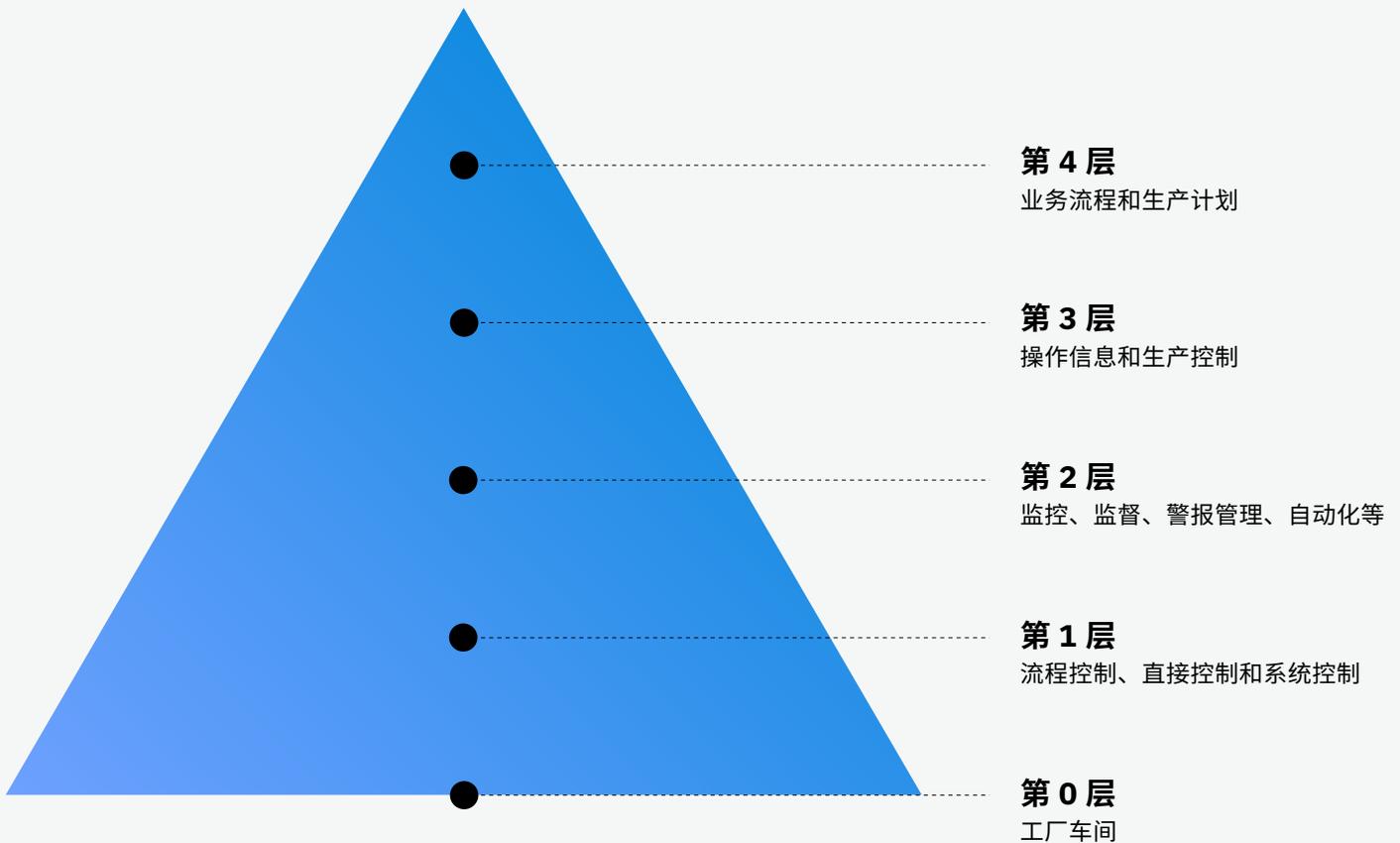


图 16:ISA95 控制层级。

威胁局势由 OT 设备和工业网络、设备操作人员、与 OT 连接的 IT 和支持物联网的设备组成。漏洞管理、身份及权限控制和未使用的功能是开始建立安全性和获得 OT 基础架构安全洞察的用例。第一层的专用安全设备允许访问工业互联网；安全信息和事件管理 (SIEM) 系统启用了监督功能,从而帮助提高系统成熟度 (见图 17)。

如适用,也可以在 IT 环境中使用更多的安全控件。对人员和设备进行身份和访问权限管理、控制层级分离、功能操作中的设备或与功能操作一致的数据保护都有可能应对网络威胁并规避风险。无论如何,OT 安全性都是制造单位和 IT 安全部门常采取的措施。

### 支持 IT/OT 的 SIEM QRadar

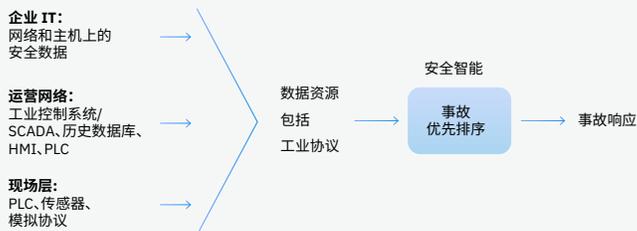


图 17:适用于 IT/OT 的 SIEM QRadar。

## 工业 4.0 中的安全性

工业 4.0 是工业革命的下一个阶段,它遵循不同的设计原则,例如:互操作性、信息透明、技术协助、自主性和分布式决策。它引入了灵活的系统,它们的功能并不与硬件绑定,而是分散在整个基础架构中。在这些新系统中,可以跨架构层级观察内部通信 (见图 16:ISA95 控制层级)。

### IT/OT 演变为工业 4.0

首要安全目标:

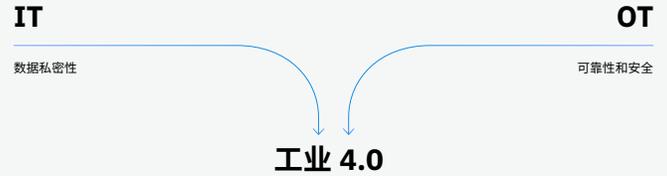
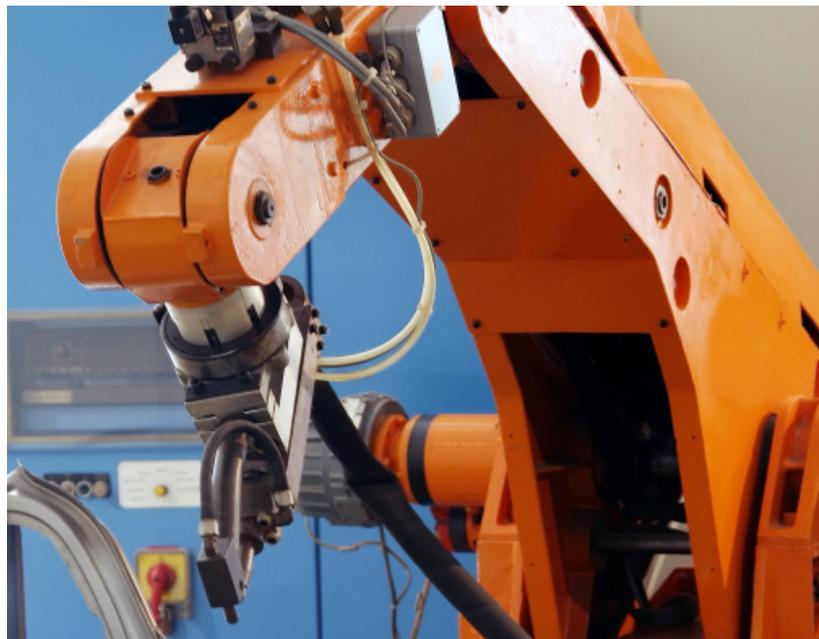


图 18:IT/OT 发展为工业 4.0

工业 4.0 将终端用户和机器数据相结合,支持机器对机器通信,以便各组件能够自主管理生产过程。

与 OT 环境相比,工业 4.0 带来了更多的挑战。首先,安全操作需要从设备转移到过程视图,后者反映了更加广泛的需求,要求在整个架构中设置相当的安全控件 (例如:身份和访问权限管理)。分布式和互操作工业 4.0 架构创建了额外的连接点,加大了监控力度。现有的遗留系统、易损组件或不安全的协议都会危及安全操作。

一般而言,分布在跨国设施中的工业 4.0 基础架构面临着大量的网络威胁。IBM Security 认为工业控制系统、IoT 网关、传感器和执行器都是非常重要的。鉴于攻击的影响非常大,轻则导致生产中断,重则对设备和人员造成严重损害,因此这个话题值得我们高度关注。



保护工业 4.0 基础架构的最佳做法结合了策略、组织和技术等多个方面。以下列举了几种精心挑选的最佳做法。

## 工业 4.0 安全的最佳实践

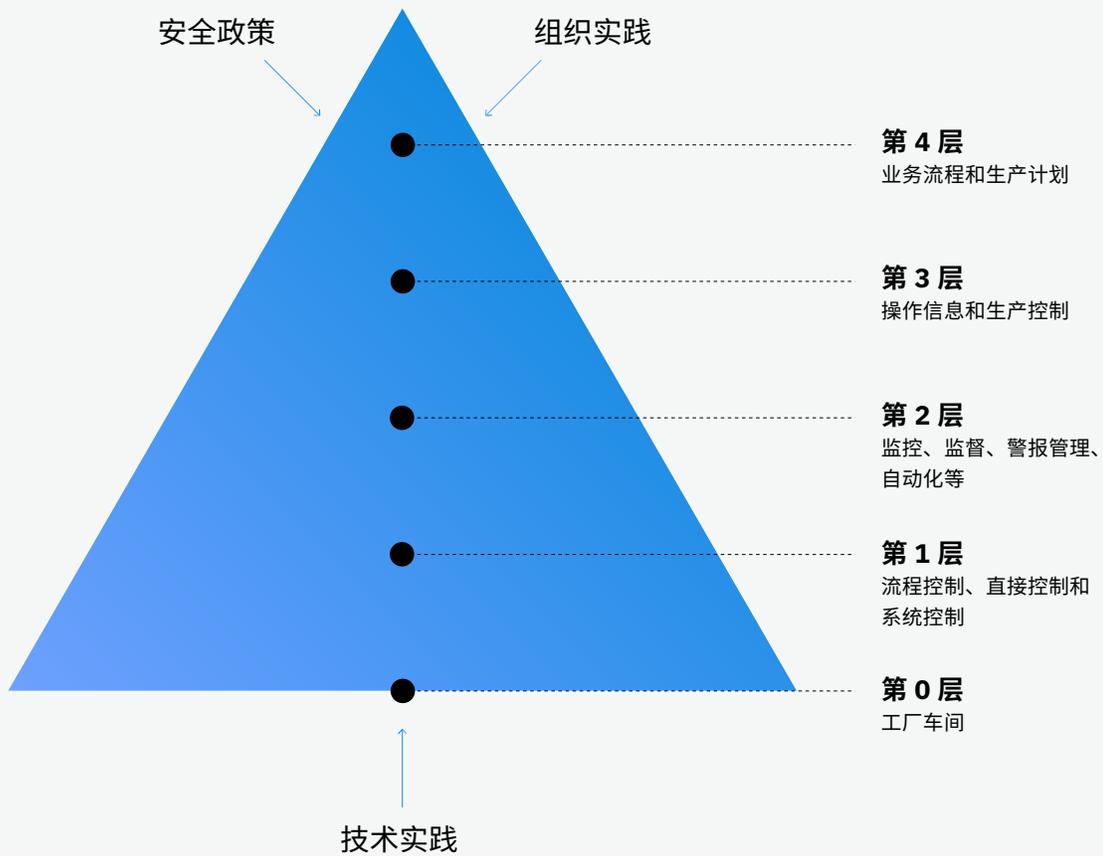


图 19: 工业 4.0 安全的最佳实践

## 策略

- 威胁和风险评估:持续分析网络威胁和相关制造风险
- 安全设计:必要指导原则

## 组织

- 生命周期管理:管理有不同第三方生产的使用年限不同的多个设备
- 事件处理:随时准备好处理难免会出现的事件
- 漏洞管理:管理和修复工业 4.0 基础架构中的漏洞

## 技术

- 以下安全控件在 IT 系统中十分常用,但整体而言,它们对工业 4.0 基础架构却并没有用。
- 安全监控
- 数据安全
- 基础架构安全
- 身份和访问权限管理
- 软件/配置管理

当今,解决工业环境中 OT 安全问题的公司,将会从那些有工业 4.0 安全需求经验的公司中受益良多。IBM 是推进安全性最佳实践的工业 4.0 安全工作小组的一员。

## 部署模式

这些组件必须可部署在边缘、车间和中央 IT 或 IBM Cloud。就 IBM Cloud 而言,我们提供平台即服务 (PaaS) 并开发工具链,方便在 IBM IoT Platform 上搭建、运行和管理应用程序。它采用 Cloud Foundry 和 Docker 开源技术,开发人员无需处理底层基础架构即可在此快速创建、部署和管理云中的应用程序。在任何情况下,都需要根据功能性和非功能性需求来确定云混合的程度。架构的物理部署始终要在成本(例如:储存、容量、SLA)和功能之间进行权衡。

由于我们采用了市场认可的关键基础架构技术,因此 IBM 在云部署模式方面非常灵活。除了安装在边缘或车间(本地)的组件,我们的云策略还采用 Open Shift、Docker 和 Kubernetes 技术来促进客户端和 IBM 组件在任何地方(不仅是在 IBM Cloud 中)的部署。由于我们的许多客户都在转向混合云,因此 IBM 私有云 (ICP) 采用了 Docker 和 Kubernetes 技术。

## 交付方式

### 从设计思维和 Garage 方法快速入手

IBM Cloud Garage 方法是 IBM 提出的一种方法,能够让业务部、发展部和运营部不断从边缘到工厂再到中央层级设计、交付和验证解决方案。从一开始,这些实践、架构和工具链就横贯整个产品生命周期,一直到获取并响应用户反馈。

通过结合行业标准、制造领域的专门分析、交付服务和设计思维方法等资源,IBM Cloud Garage 方法已多次成功应用于向数字化制造转型。IBM Cloud Garage 方法与快速交付首次概念验证 (PoC) 有关。

### 开发首个最小化可行产品 (MVP) 或试点产品

首个 MVP 或试点产品必须由最高优先级的用例和数据准备活动的结果(即:ITOT 策略审查、数据源评估和安全问题)所驱动。

任何 MVP 必须建立于扎实的架构基础。为实现这一目标,IBM 建议采用自下而上的方式:在开始开发任何用例之前,先在车间和边缘分析级安装和部署全部的中间件。这一步必须作为先决条件。

采取这一方式必须保持敏捷,使用增量和迭代过程,该过程可能从生产可视化、数据建模或第三方集成等用例开始。我们帮助客户通过路线图和经过衡量的项目计划对用例进行排序。如果要实施最小化可行产品或试点产品,IBM 建议客户采用我们的 MVP 产品方法。

# 构建最小化可行产品方法概览

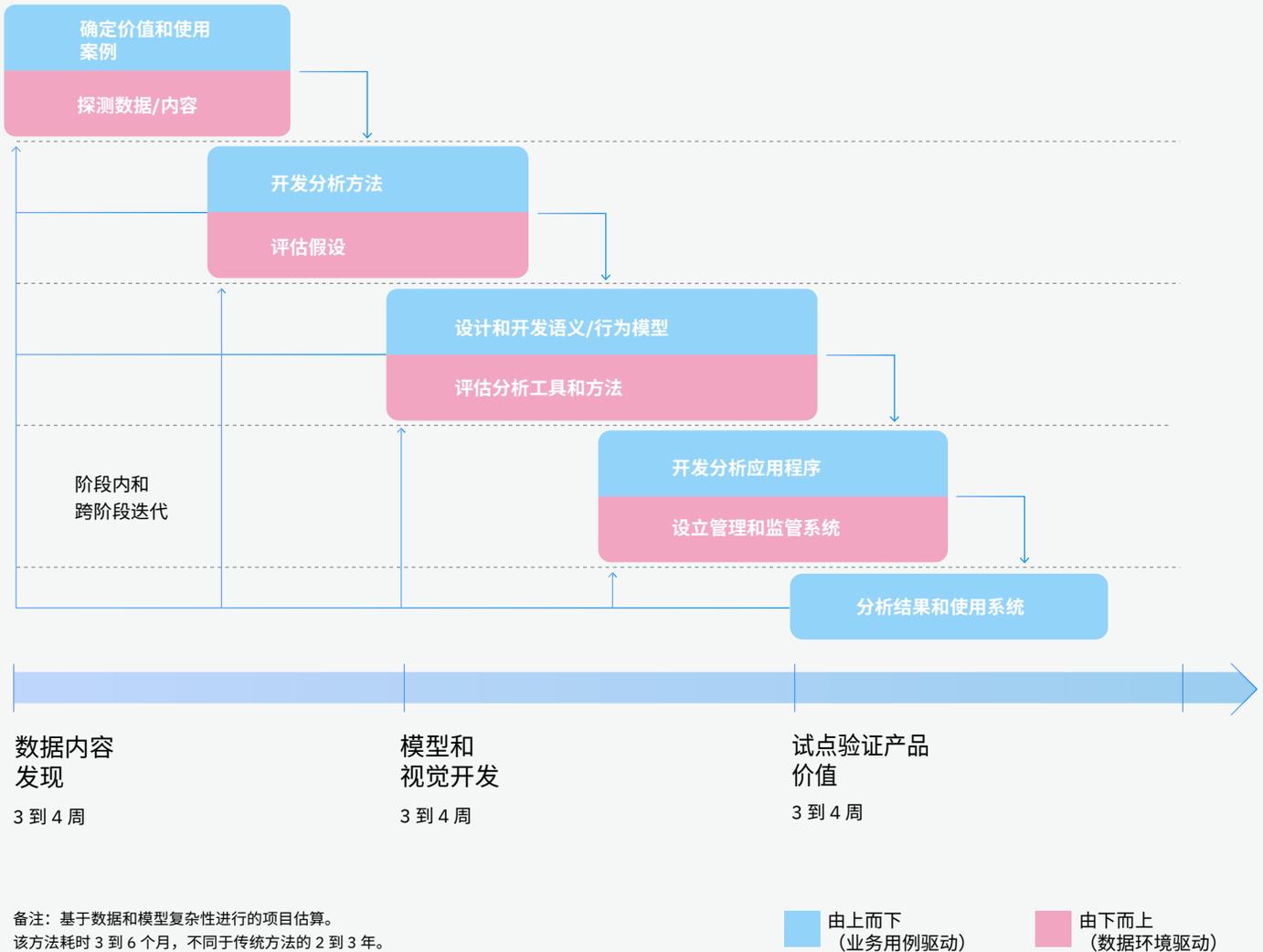


图 20:最小化可行产品方法概览。

一旦中间件与首个 MVP 准备就绪,就必须开始分析每个用例并评估:1) 设计数据流转换的复杂程度;2) 算法建模的复杂性;以及 3) 开发仪表盘的困难程度。

为加快这些活动进程,IBM 建议采用 IBM 物联网套件中的行业应用程序以及专为工业企业制定的 Watson AI 解决方案,并评估它们的覆盖范围,从而确定要实施的用例。



在实施首个 MVP 期间还必须进行非功能性需求分析,以尽快确定开发计划。该分析至关重要,因为它对在边缘、工厂和企业级的不同部署场景的决策过程起到支持作用。

因此,我们要考虑:

- 可用性高的弹性架构级别;
- 相连车间的安全标准;以及
- 是选择在工厂级别进行低延迟的本地工厂/制造分析,还是功能更强大的中央级别(数据湖)。

## 设计路线图:项目部署方法

在实施并交付首个 MVP 后,核心架构基础(即:可扩展性和性能管理评估)应该准备就绪。主要架构决策应经过验证并记录在案。

因此,IBM 认为,生产可视化、数据建模和第三方集成这三个用例是在实施首个 MVP 期间搭建架构的关键信息。

至少,从最终用户的角度来看,该架构必须能够:

- 监测设备和系统的健康状况;以及
- 将数据可视化,并警示操作员。

从解决方案的角度来看,它必须能够:

- 从输出设备获取高质量的数据;
- 具有功能强大的传感器以及性能优势;
- 确保流量通过 PSB;
- 展露第一组最小化产品在边缘、工厂和中央 IT 之间的标准化接口;以及
- 理想情况下可通过一种可执行的基于模式的方式进行操作,从而加快开发进程。

之后,可以在后续阶段实施其他用例,并对其他用例进行排序。图 21 提供了路线图和项目部署方式的示例。

## 路线图：说明性项目部署方法

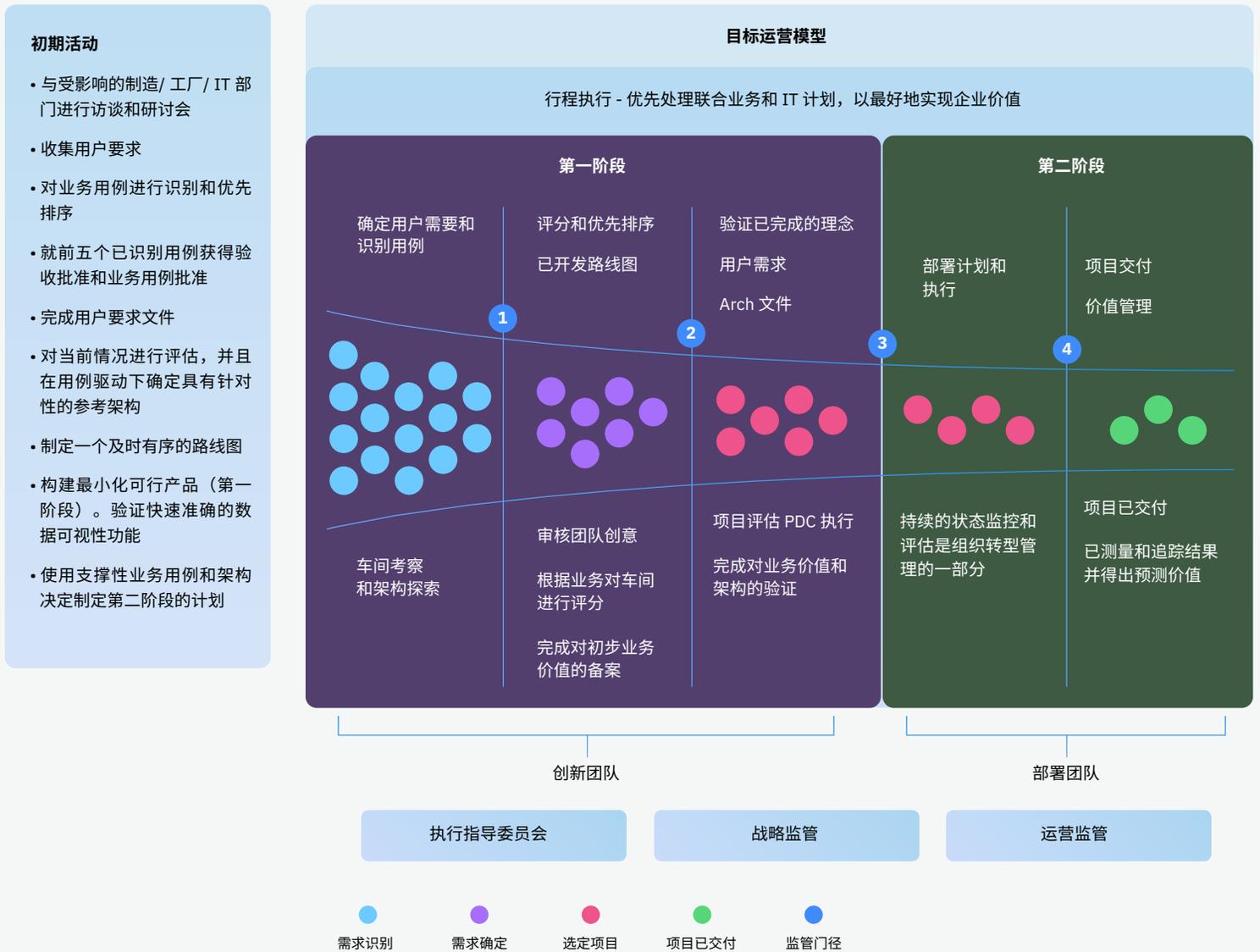


图 21:路线图:图示项目部署方法

## 探索与创新： 以用户为中心的设计和 DevOps 工厂

### 探索与创新：以用户为中心的设计和 DevOps 工厂

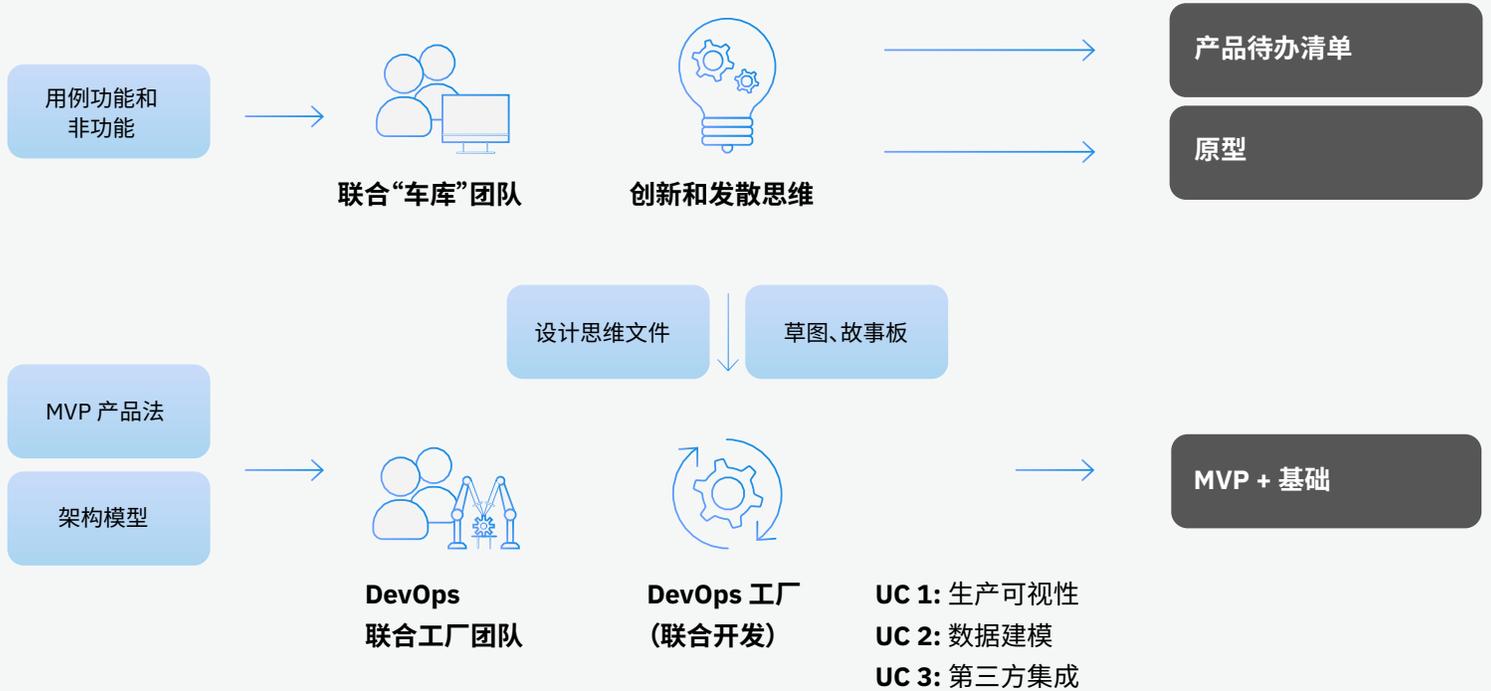


图 22: 探索与创新: 以用户为中心的设计和 DevOps 工厂

在 Garage 环节, IBM 专注于通过三个关键组件确定用户故事和原型: 方法、设计师和设施。

- 我们的设计思维方法可以有效地确定用户故事、角色服务、用例和原型。
- 经验丰富的工程师、设计师和用户体验专家与各行业专家进行磋商, 以制定各自领域的用户故事和原型。
- 我们的特定设施区域可有效地开展设计思维研讨会以及与原型相关的冲刺开发。

不同的项目团队和专家将使用 Garage 进行头脑风暴、思考和开发, 进而罗列出产品待办事项。

## IBM 架构中心

为了加快架构精化和设计过程, IBM 建议利用它特定的知识产权资产之一。

IBM 架构中心提供了我们的专家团队与客户的互动后所搭建的参考架构。每种架构中的解决方案和示例提供了构建、扩展和部署应用程序的路线图。点击[此处](#), 了解有关 IBM 架构中心的更多详情。

参考架构是使用一系列实践、服务和工具的解决方案模板。参考架构利用客户用例, 并基于开放的行业标准。这些实施方案展示了如何通过使用所建议的服务、工具链和工具来扩展、构建、部署和管理代码样本。

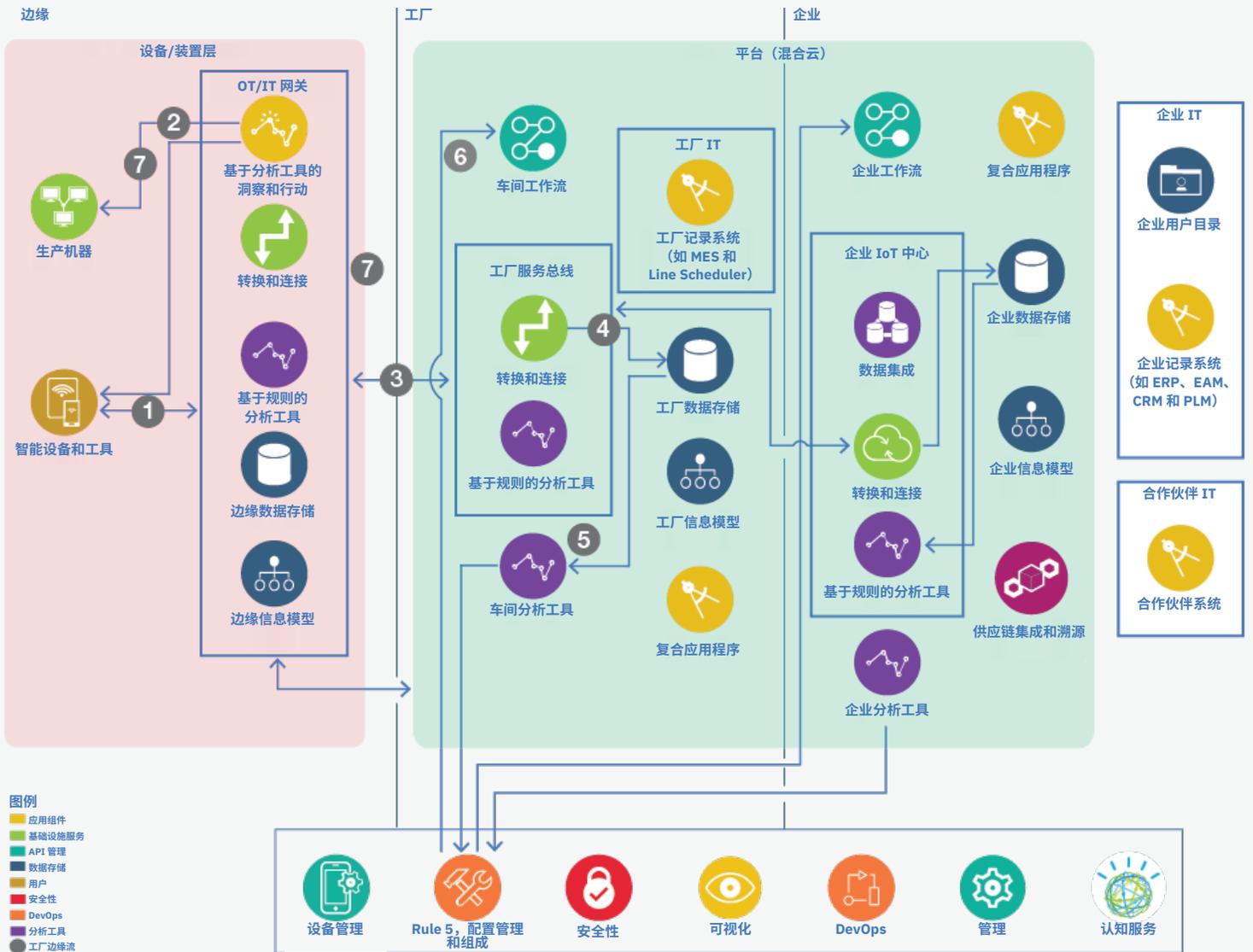


图 23: 工业 4.0 架构模式。

## 总结

IBM 具备一切所需的能力、参考资料、方法和功能性/技术专长，以确保工业领域的客户能够最好地实施工业 4.0 技术。

最佳 IBM 实践是建议建立长期的战略合作伙伴关系，在此伙伴关系中，IBM 及其客户将在未来几年内共同交付项目和程序，并提供托管运营服务。

从解决方案来看，IBM 将确保其解决方案可以在各种物理设备和制造系统跨平台使用并保持中立；IBM 已经证明，它可以帮助市场规范化已经部署的各种系统、设备和供应商。

在工业市场环境中，IBM 可以成为战略合作伙伴，提供行业领先的解决方案和专业知识，管理复杂的合作伙伴生态系统，并为全球和本地客户旅程的每个环节提供支持。

## 附录和用例

### 案例研究:虚拟车间改造

一家我们称之为 Smart ManDevFactory 的虚拟公司已经收购了一个计划,该计划将利用数字化转型的组件来提升制造性能和效率。它将利用大数据、分析和认知技术等一系列颠覆性技术来实现这一目标。

贯穿整体计划的是创建一个新的企业项目——称作“数字工厂工业 4.0”。制造领域的数字化转型的主要目标是确定一家可以在全球范围内支持路线图的每一环节的主要供应商。

Smart ManDevFactory 希望协调流程和最佳实践,确保业务活动的安全性,并在它全球范围的生产设施中传播创新程度最高的技术。

为了敏捷地开始这一旅程,IBM 和 Smart ManDevFactory 进行了一场设计思维研讨会。研讨会的部分内容包括创新和创意环节,旨在向 Smart ManDevFactory 成员介绍分析和认知解决方案方面的最新市场趋势,包括 IBM 的观点和最新进展。

研讨会上展示了几种解决方案,针对 Smart ManDevFactory 行业以及仍能鼓舞参与者的附属行业。研讨会之后的活动是交互式练习,该活动的重点是通过利用角色扮演方法以及 IBM 从设计思维框架中选择的练习来展示 Smart ManDevFactory 的痛点。



图 24:设计思维空间。

为了达成快速见效和可量化的业务成果, Smart ManDevFactory 决定推出三种从企业级识别的一系列数字车间产品中提取的 MVP (最小化可行产品)。

MVP 代表着 Smart ManDevFactory 期望使用统一的 IIoT 解决方案(工业物联网)解决的典型用例。

Smart ManDevFactory 预期将提出一个基于独特平台的技术方案,该平台能够适用于当前和未来的用例,并通过安装本地中间件的可能性来满足车间的需求。

除了在 Smart ManDevFactory 车间的 IT 环境中添加新的工具链之外,我们还要将 Smart ManDevFactory 现有信息系统环境中流畅简单的解决方案与 Smart ManDevFactory 工厂的自动化方面以及它们的 MES (制造执行系统,如 Delmia Apriso) 和 ERP (企业资源计划系统,如 SAP)集成。

因此,IBM 提出了一种基于以下三个层级的解决方案:边缘(车间)级、工厂级和企业级。

### 1. 边缘(车间)级

这是工厂最实体的部分,这一级别与产品相关的活动由操作员、工人和技术人员执行。对于创新项目来说,在这一级将 OT (运营技术)和 IT (信息技术)联系起来是关键。工业网关或数据采集与

监视控制系统 (SCADA) 将通过现场协议 (Modbus、ProfiNet 等) 将两个世界与 IT 标准配置 (MQTT/JSON、REST API 等) 相连,从可编程逻辑控制器 (PLC) 管理计算机实时获取大部分信息。如果建议尽可能靠近源执行活动时,可以在边缘执行第一级的转换、筛选或分析。

### 2. 工厂级

在每个工厂内,服务总线(工厂服务总线或 PSB)通过 IIoT 网关或 SCADA 通信管理本地活动和与物理环境的连接。因此,PSB 在两个方面 (OT 和 IT) 都具有可见性,可通过本地应用程序、MES 或制造过程中涉及的任何应用程序来丰富信息。

### 3. 企业级

**IBM Maximo APM Predictive Maintenance Insights** 是 IBM EAM 解决方案套装内的一个模块,可分析低层级所提供的信息。此部件为可视化和分析提供信息存储。由于此项目不仅面向“虚拟数字化”IT,因此 IBM 已选择三家合作伙伴来完成端到端解决方案:**Hilscher** (合作伙伴 1) 通过 MQTT 网关 (Modbus、EtherNet/IP、ProfiNet) 提供现场协议;**Arenzi** (合作伙伴 2) 部署实时高清室内本地化解决方案;**Ubleam** (合作伙伴 3) 提供先进的标记功能,用于扫描机器和显示具有增强现实功能的交互式信息。**Sigfox** 网络在部分特定用例下,直接用于传感器和物联网平台。

## 工业 4.0 架构

三层

- 车间层
  - 工厂
  - 云
- 开源标准
  - 安全和可扩展
  - 微服务
  - 与合作伙伴一起拓展业务

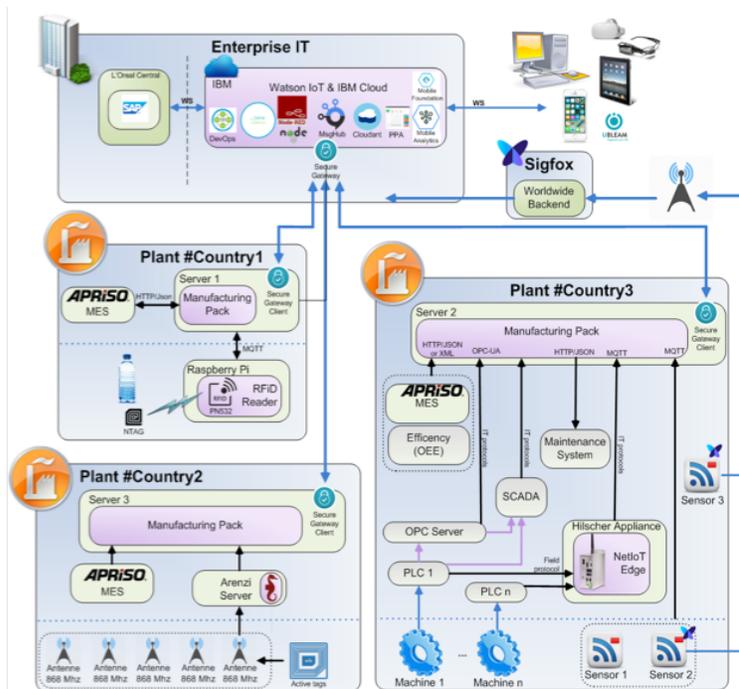


图 25:工业 4.0 典型架构。

## 1.用例简介

如前几节所述,工业 4.0 不仅仅是将计算机连接到云,还注重与“工厂活动”相联系。首先,这种方法意味着要专注于产品、机器和人力。

制造和生产终端产品无疑是工厂的目的。然而,工厂要实现这一目的,工厂的机器必须是高效的,也就是说,它们必须有合适的原材料输入、合适的输出带宽、合适的温度、合适的压力等等。除了机器之外,还要配备操作员、技术人员和管理人员来执行他们的工作并最大限度地提高全球效率。

实现这一目标的方法便是增强所有相关实体的能力,以使他们拥有更高的效率和生产率,同时减少失误、中断和故障出现,且对所有信息能有更好的理解。

## 2.用例 1 – 附加产品

Smart ManDevFactory 专注于为终端客户带来更多价值并进行敏捷运营,它可以提高产品(从供应链到销售点)的可追溯性,简化零售活动并依托客户经验。

目标:此用例主要针对于营销目的。它将用于验证解决方案的技术能力——从产品标识捕获到存储和信息显示,再到最终客户(例如:有针对性的推广)。

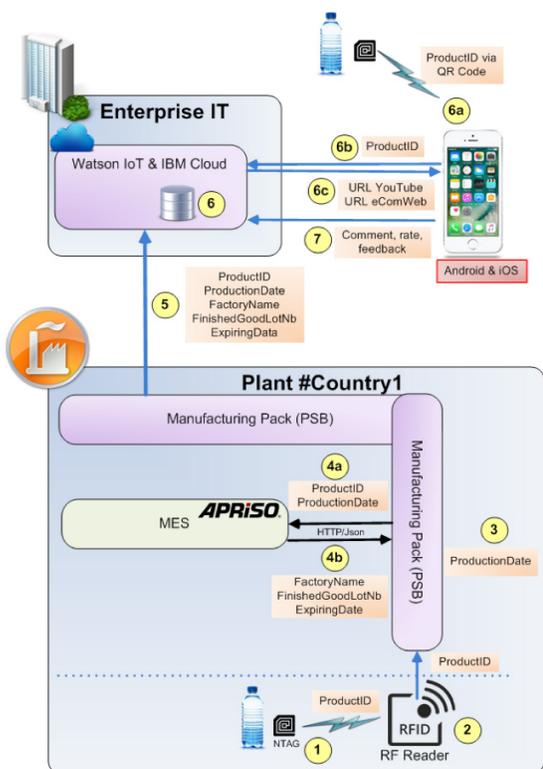


图 26:用例 1:延伸产品

保持独一无二的产品编号至关重要。该图示中的解决方案是基于链接至产品的独特近距离通信 (NFC) 标签。IBM 还可以演示基于二维码或条形码的解决方案。

这三种互可替换的方案应该在设计思维和架构研讨时受到挑战。此独特编号可根据业务需求和业务量用于产品编号或批次号。

## 3.用例 2 – 增强设备

此用例的目标是从机器收集数据,并借助实时仪表盘和分析将它们用于优化试验过程和性能。

目标:此用例将展示以下各项能力:连接 PLC、收集数据、将数据公布到实时仪表盘上并利用分析、相关分析、根本原因和预测性维护对数据进行处理。

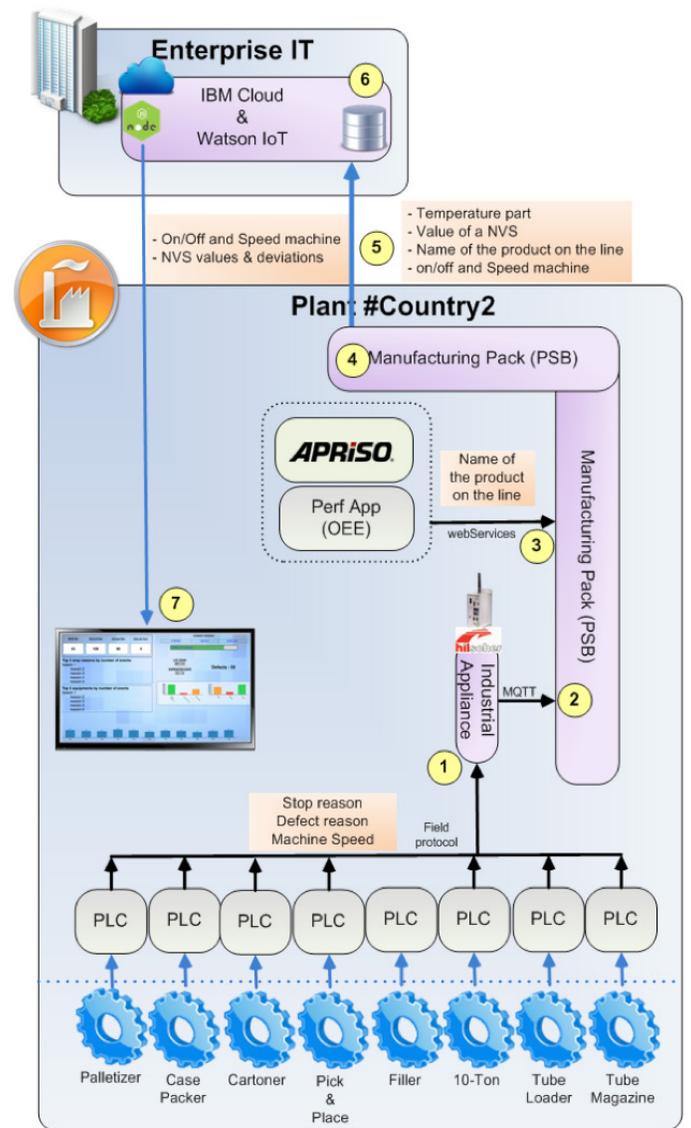


图 27:用例 2:增强设备。

## 4.用例 3 – 增强操作员的能力

此转化用例将帮助包装线操作员遵循 Smart ManDevFactory 环境健康安全 (EHS) 标准和执行标准执行转换任务。此用例着重于当操作员从产业链 A 转移到 产业链 B 时。

有许多活动需要运行“清洁产品 A”任务,然后运行“清洁产品 B”任务。然而要达到目标质量基准,这两个任务活动不能合并。

例如:这些操作可以是插入/拔出管道、清洁、消毒和更换包装。

所有操作取决于之前生产了什么以及之后必须生产什么。此阶段可持续几个小时。如果效率最低的操作员执行的效率可以达到与效率最高的操作员接近,那么这将会对产线的生产效率带来巨大影响。

目标:在保证质量的同时,提高短时间生产和更换已生产的快成品的敏捷性。

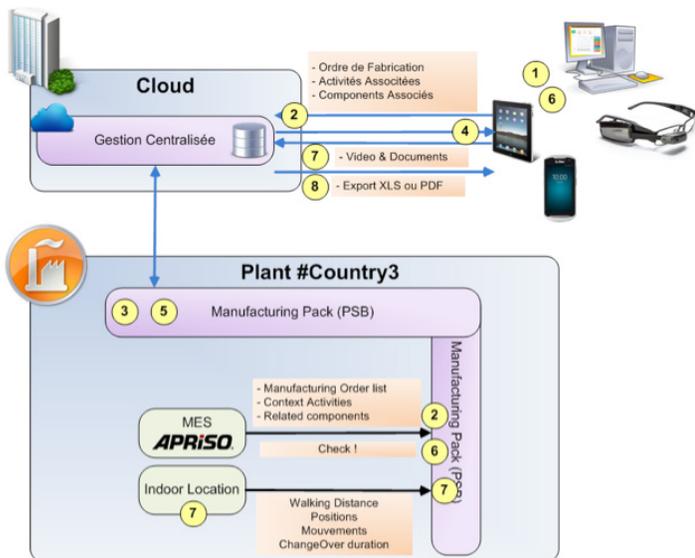


图 28:用例 3:增强操作员能力。

使用 IBM Cloud 提供的用于识别对话或图像的 Cognitive API, 认知助手可以帮助提高用例的效率。在 IBM 设计思维阶段, 对最适合操作员用于日常活动的设备是什么提出质疑是非常重要的:它可以是手机、平板、大屏或增强现实设备。

## 5.其他考虑用例

前面三个用例可考虑作为 MVP 优秀候选方案,以在仅仅几个月内运用、理解、检查和验证工业 4.0 方法。

除此之外,还有其他选择,如以下方案:

- 无人机使用图像识别检查建筑
- 创建温度和湿度管理
- 用水效率
- 追踪站点之间的连接部分
- 认知助手以支援维护技术人员
- 深度学习以更好地理解方法和处理故障
- 人工智能以全面提高设备综合效率 (OEE)

随着每天都在运用这些用例的人员(例如:在工厂内工作的人员)的广泛参与,用于工业 4.0 数字化转型的许多用例得以经过测试并实施。设计所有事物的一开始就考虑到一系列工种(操作员、技术人员、管理者、主管、IT 人员、制造人员、顾问和业务利益相关方),这一点至关重要。

## 作者

### Serge Bonnaud

#### IBM 欧洲区技术主管(工业领域)

自 1998 年以来, Serge 就已经从事软件开发和系统工程领域。随着医疗数据分析系统的发展或医药活动的自动化, 他还涉足医疗护理行业。

在从事于 Verilog、CSEE、Rational Software 和 Thomson Software Products 后, 他于 2004 年加入 IBM。Serge 作为一名架构师参与了各种使用大数据和分析技术的物联网 (IoT) 项目。

他还参与了 IBM Watson IoT for Automotive 汽车行业物联网的部署工作, 这是 IBM 为互联车辆提供的解决方案。自 2016 年以来, 他一直担任 IBM 欧洲工业领域的技术主管。

领英 <https://fr.linkedin.com/in/serge-bonnaud-97b1527>;  
推特 [@serge\\_bonnaud](https://twitter.com/serge_bonnaud)

### Christophe Didier

#### IBM 法国物联网技术总监

Christophe 在过去 20 年里一直作为“集成、移动和智慧城市”领域的专家、技术项目经理、架构师和行业专家, 从事复杂的集成项目。

他在 IBM 全球业务咨询服务部工作了 16 年, 主要分析 EAI、SOA、BPM 和智慧城市问题, 同时还为工业和公营机构的客户设计和实施创新解决方案。

2013 年, 他被任命为执行架构师, 并且他还是 IBM 法国物联网技术总监。

他拥有人工智能硕士学位(法国高等信息工程师学院 (EPITA)) 和工商管理学硕士学位(英格兰华威商学院)。

领英 <https://www.linkedin.com/in/christophe-didier-bb9b425/>;  
推特 [@ChristofDidier](https://twitter.com/ChristofDidier)

### Arndt Kohler

#### IBM 欧洲区物联网安全主管

自 1995 年以来, Arndt 一直活跃于 IBM 的多个环境中的系统集成和解决方案开发(例如: 移动性、射频识别、统一通信和安全)。他是一名认证执行顾问和建筑师, 并已被任命为合伙人。

在过去几年内, Arndt 开发了 IBM 的物联网安全投资组合和实践, 并担任欧洲区物联网安全主管, 专注于工业产品、汽车和建筑物联网安全。

领英 <https://www.linkedin.com/in/arndt-kohler-227590151/>;  
推特 [@SecurityIoT](https://twitter.com/SecurityIoT)



- 04 图 1:**工业革命时间轴。
- 05 图 2:**IIoT 生态系统中的关键制造人员。
- 07 图 3:**基于制造 MES、PLC 与 SCADA 的工厂简化视图。
- 09 图 4:**四步路线图。
- 10 图 5:**支持 IBM 功能的扩展工厂:架构概述。
- 13 图 6:**OEE 定义:供应、质量与绩效限制。
- 14 图 7:**IBM 合作进行边缘分析和计算。
- 15 图 8:**渗入了解 IBM 边缘分析解决方案。
- 17 图 9:**PSB 级的生产规则逻辑部署。
- 18 图 10:**PSB 架构概览。
- 19 图 11:**IBM 的 EAM 解决方案套件。
- 19 图 12:**IBM 的 IoT 和 AI 解决方案。
- 21 图 13:**Watson IoT 边缘 AI 计算专用“眼镜”和“耳朵”。
- 22 图 14:**可联网的生产心跳包应用。
- 23 图 15:**面向主要工作人员的 IBM 企业级解决方案的优势。
- 25 图 16:**ISA95 控制层级。
- 26 图 17:**适用于 IT/OT 的 SIEM QRadar。
- 26 图 18:**IT/OT 发展为工业 4.0。
- 27 图 19:**工业 4.0 安全的最佳实践。
- 29 图 20:**最小化可行产品方法概览。
- 31 图 21:**路线图:图示项目部署方法。
- 32 图 22:**探索与创新:以用户为中心的设计和 DevOps 工厂。
- 33 图 23:**工业 4.0 架构模式。
- 34 图 24:**设计思维空间。
- 35 图 25:**工业 4.0 典型架构。
- 36 图 26:**用例 1:延伸产品。
- 36 图 27:**用例 2:增强设备。
- 37 图 28:**用例 3:增强操作员能力。

© Copyright IBM Corporation 2019

IBM Corporation  
New Orchard Road  
Armonk, NY 10504

美国出品  
2019 年 9 月

IBM、IBM 徽标、ibm.com、Action OI、CareDiscovery、Cloudant、Cognos、DataProbe、DB2、Digital Reinvention、IBM Cloud、IBM iX、IBM Spectrum、IBM Watson、InfoSphere、Market Expert、MarketScan、Micromedex、OpenScale、Optim、Phytel、PureData、SPSS、StoredIQ、Watson 和 Watson Health 是 International Business Machines Corp. 在全球许多司法管辖区注册的商标。其他产品和服务名称可能是 IBM 或其他公司的商标。

网址 [ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://ibm.com/legal/copytrade.shtml) 的“Copyright and trademark information”部分提供了 IBM 商标的最新列表。

Adobe 是在美国和/或其他国家或地区注册的 Adobe Systems 的注册商标。

本文档为自最初公布日期起的最新版本，IBM 可能会随时对其进行更改。IBM 并不一定在开展业务的所有国家或地区提供所有这些产品或服务。

文档中引用或描述的所有客户示例都是为了说明某些客户使用 IBM 产品的方式以及可能取得的结果。实际环境成本和性能特征可能因不同客户的配置和条件而异。联系 IBM，了解我们可以提供哪些帮助。评估和验证任何其他产品或程序与 IBM 产品和程序一起运行的情况，则由用户自行负责。本文件中的信息是“按原样”提供的，不带有任何明示或暗示的担保，包括任何适销性保证、就某一用途的适用性保证和任何非侵权的保证或条款。IBM 产品是根据产品提供协议的条款和条件进行担保的。

客户应遵守适用的法律和法规。IBM 不提供法律建议，也不表示或保证其服务或产品将确保客户遵从任何法律或法规。

良好安全措施声明:IT 系统安全包括通过预防、检测和响应来自企业内外的不当访问来保护系统和信息。不当访问可能导致信息被更改、毁坏、盗用或滥用，或可能导致系统损坏或滥用(包括用于攻击他人)。任何 IT 系统或产品都不应被认为是完全安全的，任何单一的产品、服务或安全措施都不能完全有效地防止不当使用或访问。IBM 系统、产品和服务旨在遵循合法、全面的安全举措，这必然涉及额外的操作程序，并可能要求其他系统、产品或服务尽可能有效。IBM 不承担任何系统、产品或服务免受，或使您的企业免受任何一方的恶意或非法行为的影响。

M8J5BA6R

