
基于富士康云平台 BEACON 的 5G+ 刀具智能生产应用

富士康工业互联网股份有限公司&富华科精密工业(深圳)有限公司
公司&中国联合网络通信有限公司深圳市分公司

1 概述

1.1 背景

5G 是最新一代的蜂窝移动通信技术，其最大的特征是推进人机物海量互联，具有大带宽、低延时、高可靠等特性，不只具有消费应用的前景，更能支持实体经济发展。工业互联网核心内涵是数字化、网络化、智能化。5G 赋能工业互联网，将催生全新工业生态体系，二者融合将推进制造业高质量发展。

但是如今的制造领域中的多数场景仍然采用有线通信技术，包括：专用工业以太网技术(如：serco®、PROFINET®和 EtherCAT®)和现场总线技术(如：PROFIBUS®、CC-Link®和 CAN®)。在现场级，工业现场总线被大量用于连接现场检测传感器、执行器与工业控制器。由于安全性、时延和可靠性要求较高，只是少部分场景使用无线通信技术。

1.2 实施目标

富士康工业互联网股份有限公司全力打造基于富士康云平台 BEACON 的 5G+ 刀具智能生产应用，依托富士康跨行业跨领域工业互联网平台，通过 5G+ 物联网技术连接设备提供海量工业实时数据，构建工业机理模型智库；通过研发设计、生产制造、

运营管理的高效协同，实现全要素资源优化配置；针对精密刀具行业普遍存在的新产品研发周期长、调机补正时间长、过度依赖人工经验、人工抽检效率低、刀具使用成本高、刀具寿命管理粗放等痛点问题。从而全面提升刀具生产效率和品质，打造刀具专业云精密机加工整体解决方案。

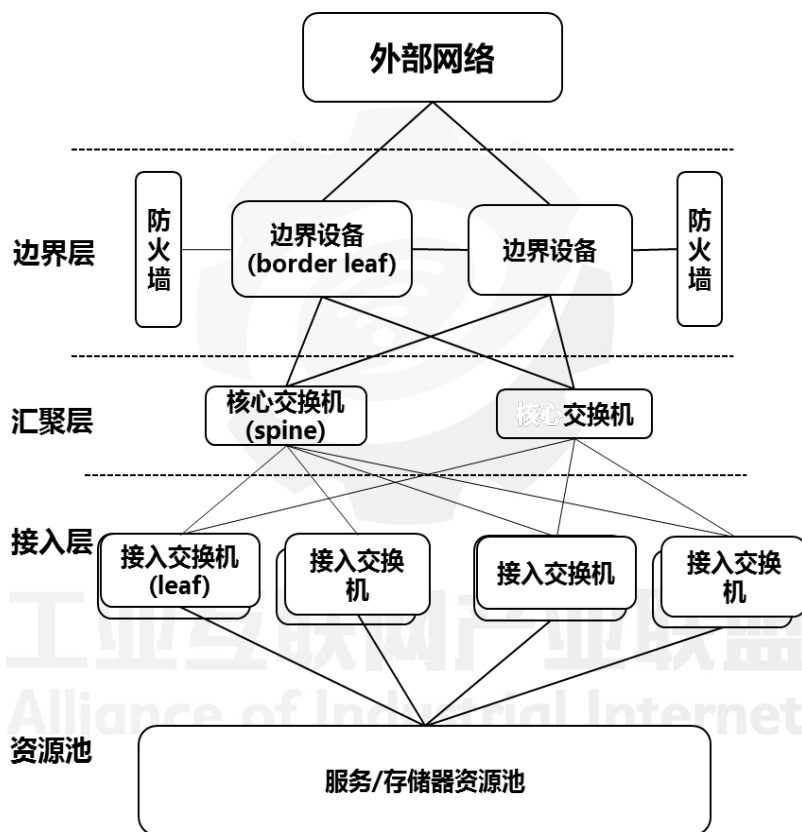


图 6-1 整体架构

1.3 适用范围

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用，以服务精密刀具加工行业数字化转型为出发点，目前已在基准精密工业等精密刀具生产加工企业进行了实际应用，预期未来三年会推广至全国 15%的刀具生产加工企业。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

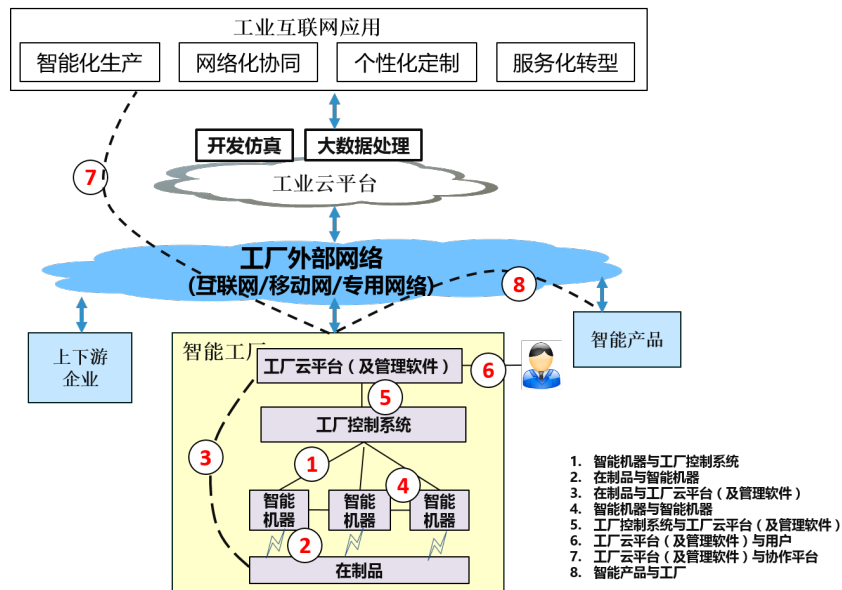


图 6-2 工业互联网互联示意图

本方案旨在利用低延时、高可靠的 5G 技术的引入，增强工业场景上行传输水平；降低工业数据传输时延与干扰；加强边缘运算效率，满足用户在计算、存储和网络资源数字化中对敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求；并且实现通信频谱的共享，降低生产制造流程中的干扰。这有助于加速推动智能制造的关键环节与产品全生命周期管理集结，加深信息化和工业化的有机融合，实现智能制造的国家级战略目标。

本方案涉及到从设备中采集数据及与云平台算法模型交互，符合以下工厂控制系统与工厂云平台交互范畴，对应工业互联网网络体系架构中的第五点。

2 需求分析

同类型解决方案商如 GE、西门子、PTC、施耐德等，在设备联网和数据采集方面过渡依赖新型数字化机台，与国内机台型号繁杂的实际情况并不相符。另外，在工业应用方面，国内外

刀具行业生产制程与工艺流程各不相同。富士康经过三十多年的生产积累，接触大量国内精密工具制造上下游供应链，沉淀了海量的刀具行业工业数据和工业机理模型，利用 5G 低延时，高可靠的优点，通过物联网技术将杂乱的数据格式标准数据上传到云平台，针对实际情况对症下药，直击国内刀具制造企业痛点。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用，采集刀具生产设备中关键有效微观纳米的生产信息，结合大数据的思维逻辑加以有效分析和充分应用，实现车间数据可视与智能应用决策功能，从而全面提升刀具生产效率和品质，打造刀具云精密机加工整体解决方案。刀具云整合富士康在超精密机加工领域数十年的刀具设计与使用经验，为客户提供定制化刀具设计、智能制造和刀具使用寿命智能优化的应用，包含自动出图、智能调机、寿命预测、加工参数优化等应用，降低企业的产刀用刀各方面成本。除此之外刀具云还提供精密加工过程中用到的优质原材、工具、装备以及耗材采购服务，协同办公服务等，打造以刀具为中心的全生态一站式服务。

3.1.1 5G 网络搭建原则

在建设结构合理、功能完整的网络系统的前提下，本方案从功能性设计、实施和运维几个方面考虑以下内容：

(1)、高可靠性设计：选用高可靠性设备，设计合理的网

络冗余拓扑结构，制订可靠的网络备份策略，提供可供实际业务使用的相对稳定的网络服务，保证网络具有故障自愈的能力。

(2)、可扩展性设计：所部署系统要具备扩容能力。

(3)、网络安全设计：从用户身份认证、设备合法性检查、传输信息加密等方面给出方案安全保障实施要点。

(4)、网络灵活设计：从对信号的控制，优化部署，人员接入便利性等角度优化网络，实现灵活易用。

(5)、可管理性设计：整个系统的设备应易于管理，易于维护，便于进行系统配置，在设备、安全性、数据流量、性能等方面得到很好的监视和控制，并可以进行远程管理和故障诊断。

3.1.2 5G 网络架构

5G 网络覆盖是本项目中最基础、最重要的方面。本项目采用 5G 室内分布系统和小基站系统两套系统来保证室内 5G 信号的连续覆盖。

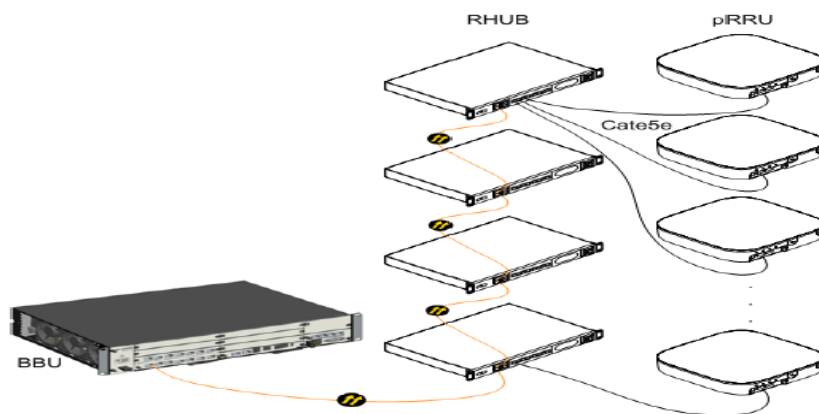


图 6-3 系统组网

系统组网连接如上图所示。RHUB 使用光电复合缆连接远端单元 RRU，RRU 含内置天线实现 5G 信号覆盖。

3.1.3 5G 小基站系统

针对不同区域的使用的不同终端需求不同，在覆盖方面尽量做到按需分配，使用包括 BBU、RHUB、RRU 等 5G 设备进行全覆盖。具体设备参数，及连接方式如图 6-4、6-5 所示。

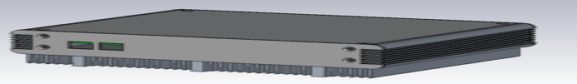
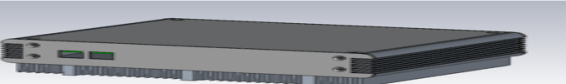

RRU	 FH RRU Physicals <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Inches</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Width</td> <td>10.0</td> <td>254.0</td> </tr> <tr> <td>Depth</td> <td>7.10</td> <td>180.3</td> </tr> <tr> <td>Height</td> <td>2.83</td> <td>72.0</td> </tr> </tbody> </table>		Inches	mm	Width	10.0	254.0	Depth	7.10	180.3	Height	2.83	72.0
	Inches	mm											
Width	10.0	254.0											
Depth	7.10	180.3											
Height	2.83	72.0											
RHUB	 Remote HUB Physicals <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Inches</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Width</td> <td>12.04</td> <td>306.0</td> </tr> <tr> <td>Depth</td> <td>10.93</td> <td>277.6</td> </tr> <tr> <td>Height</td> <td>2.83</td> <td>72.0</td> </tr> </tbody> </table>		Inches	mm	Width	12.04	306.0	Depth	10.93	277.6	Height	2.83	72.0
	Inches	mm											
Width	12.04	306.0											
Depth	10.93	277.6											
Height	2.83	72.0											
BBU	 BBU Physicals <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Inches</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Width</td> <td>17.2</td> <td>437.0</td> </tr> <tr> <td>Depth</td> <td>15.0</td> <td>381.0</td> </tr> <tr> <td>Height</td> <td>1.7</td> <td>43.0</td> </tr> </tbody> </table>		Inches	mm	Width	17.2	437.0	Depth	15.0	381.0	Height	1.7	43.0
	Inches	mm											
Width	17.2	437.0											
Depth	15.0	381.0											
Height	1.7	43.0											

图 6-4 5G 设备

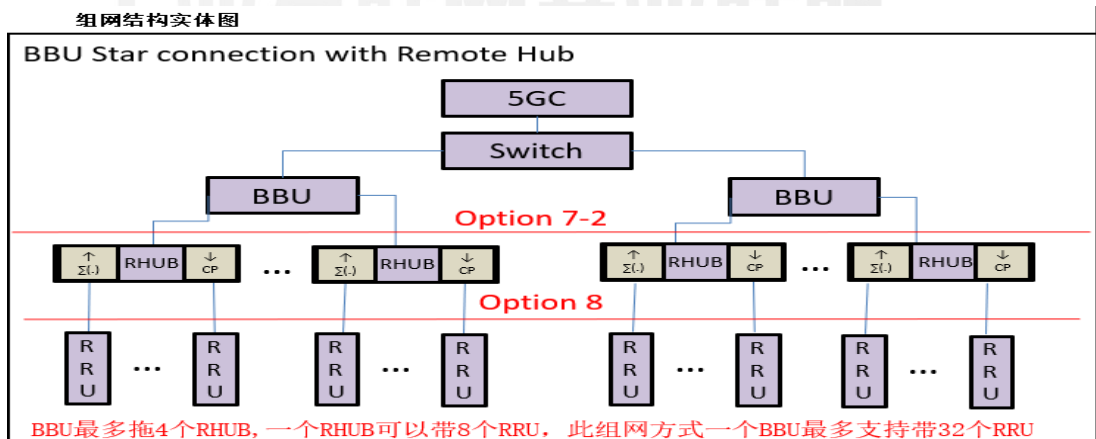


图 6-5 5G 设备组网方式

3.2 系统架构

如图 6-6 中所示，系统中的核心部件包括自主研发的 5G 工业小基站和核心网以及相关的网络管理软件。这个和基于 x86 的边缘计算平台通过有线或者无线的方式（如富士康自研的

WiGig 无线回传)。在边缘计算的平台上专注于各种工业应用场景的 APPs 模块在独立的容器里运行。

任何这套系统通过 5G 无线终端和不同的工厂设备连接。同时，边缘计算平台也可以和工厂里已有的工业互联网 PaaS 平台以及其他工厂软件系统如 MES, ERP 和 WMS 做对接。

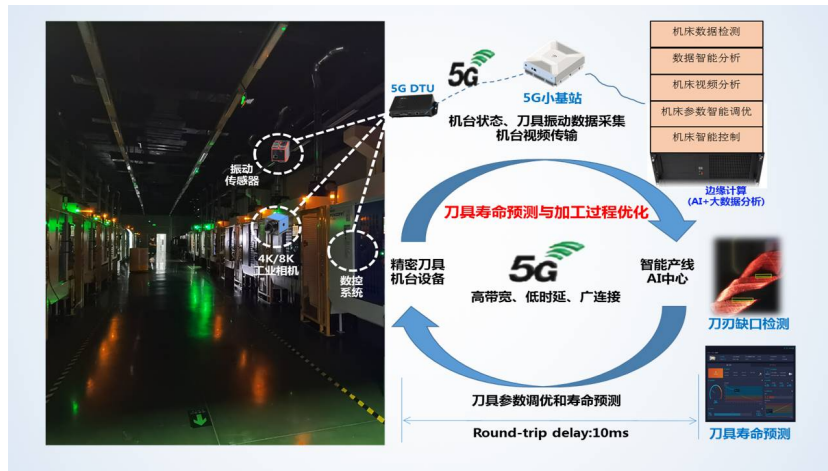


图 6-6 系统结构

3.3 功能设计

3.3.1 基于海量传感器接入的工厂监控

所有的传感器数据通过 5G 无线网络，发送到网络边缘节点，经过数据过滤和处理，进一步上传到云节点，并在云节点，基于生产数据进行大数据分析以及机器学习等，获取最优的管理规则和设备参数。最后将规则和参数下发回相关的边缘节点，在边缘节点处完成执行。

诊断维护是保障电子设备及生产线可靠稳定运行的重要措施。通常日常性的诊断维护工作，是由设备应用工程师在现场完成的。而对于重大、复杂的疑难问题，往往需要技术工程师深度参与，实施智能诊断维护。

智能诊断维护，是指利用大数据分析、机器学习和人工智

能等技术，通过对现有经验、知识的学习，对设备运行状态进行智能化监测、诊断与预测，并给出该设备的维修、维护和改进决策。它既包括对设备日常运行状态，进行监测，并给出维护及改进建议，也包括在异常发生之后，对异常原因、部位、程度等做出判断，并进行维修决策。

智能诊断维护的依据，还也可以是现场的实时情况，即：通过 AR 眼镜，将现场实时情况通过无线网络传输到云端，利用云端的人工智能算法和专家，进行分析处理，并做出决策。例如：根据采集的数据及以往的经验数据，判断设备的某零部件即将达到使用寿命，从而给出更换指令，或者将现场不具备处理能力的异常情况，通过 AR 眼镜实时传递给云端的人工智能系统，进行分析决策。

在电子信息制造领域，存在很多采用刀具对产品进行加工的环节。为了提升刀具的使用效率和生产效率，降低产品不良率和生产成本，生产线需要精准的在线监测或预测刀具的受损状态。刀具在实际使用过程中，通常存在：无受损状态、轻微受损状态、中度受损状态、重度受损状态四种状态。刀具在切削时，不同的受损状态产生不同大小的相对摩擦力，进而产生不同幅度和频率的振动。

3.3.2 工业 VR/A

远程协助和 AR 的结合也是我们在工厂环境中发掘的的另一个潜受欢迎的用例。它的理念是，能够通过视频流将你所看到的无线传输到另一个终端，以供其他人看到并指示相应的内容（例如：远程协助），或在边缘计算服务器上进行进一步的处理，

最终的结果被投射到视频流设备上。前者更容易实现，因为它只需要传输视频。另一方面，我们看到它在工厂环境中的普遍使用：初级工作者通常可能需要资深工作人员的帮助，而通过由初级工作者实时看到的内容可以让高级工作人员极大地帮助他们，这比传统的语音或文字交流更为快捷，此外，这种平台不要求高级工作人员现场支援初级工作人员，从而能够及时分配援助而提高工作效率。

AR 智能巡检可以大大减少巡检人力和时间投入。巡检时间、巡检线路可查可控，避免了巡检不到位的情况，提升巡检可靠性。巡检历史实时同步云端服务器，数据信息可随时调取，便于故障排查及处理。

3.4 网络安全

本解决方案基于富士康工业互联网平台提供安全测试场景、网络安全、安全漏洞检查、攻击监控、加密通讯、认证、验证码测试、认证错误码提示、锁定策略测试、认证绕过测试、找回密码测试、修改密码测试、不安全的数据传输、强口令安全测试、会话管理、身份信息维护方式测试、Cookie 存储方式测试、用户注销登录方式测试、会话超时时间测试、权限管理、横向测试、纵向测试、输入数据测试、SQL 注入测试、MML 测试、命令执行测试、跨站脚本攻击测试、GET 方式跨站脚本测试、POST 方式跨站脚本测试、自动化 Web 漏洞、AppScan application 扫描、AppScan Web Service 扫描、Fortify 代码安全规范检查、app 安全检查、绿盟安全扫描测试；方案具备备份、恢复机制可靠性。

安全防护措施如下图所示。

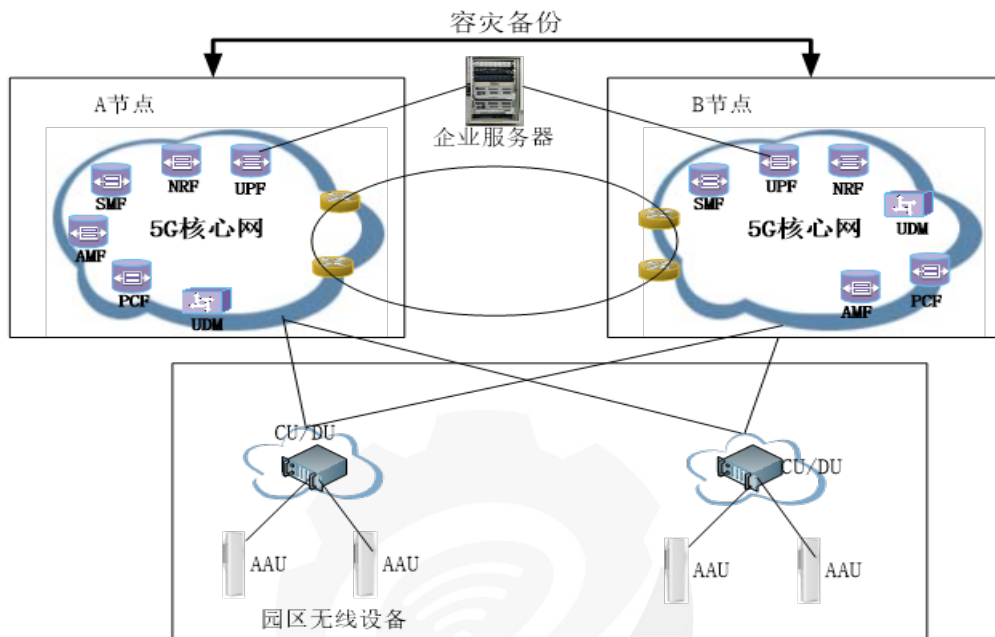


图 6-7 安全防护措施

3.5 技术先进性

3.5.1 大数据、机器学习技术驱动工业数据分析能力提升

工业互联网带来工业数据的爆发式增长，传统数学统计与拟合方法难以满足海量数据的深度挖掘，大数据与机器学习方法正在成为众多任务业互联网平台的标准配置。Spark、Hadoop、Storm 等大数据框架被广泛应用于海量数据的批处理和流处理，决策树、贝叶斯、支持向量机等各类机器学习算法，尤其是以深度学习、迁移学习、强化学习为代表的人工智能算法，正成为工业互联网平台解决各领域诊断、预测与优化问题的得力工具。该项目大数据实时计算平台专为海量数据实时处理而构建的提供基础计算能力的服务平台，从全流程的实时计算体系的角度看，整个 TRC 由核心的平台支撑层和扩展的应用层构成，支持流式数据的实时处理和分布式计算框架。随着数据量的增

长，可以通过线性扩展方式实现计算性能的线性提升。该框架可以实现低延迟响应，可以支持以 SQL 的方式提供计算服务，屏蔽流式计算中复杂技术细节，主要应用于实时数据仓库、实时 BI 报表及实时在线计算等场景。

3.5.2 基于边缘计算的信息物理系统（核心物联网平台 CorePro）

无论是工业 4.0、工业互联网、还是中国制造 2025，其实质都是以 CPS 物理信息系统为核心，通过信息化与生产设备等物理实体的深度融合，实现智能制造的生产模式。对企业来讲，将贵重的数控设备、机器人、自动化生产线等数字化设备，通过 OPC/PLC/IO/COM 等技术实现的设备联网、数据采集，无缝的链接生产设备、软件系统和操作人员，实现数字化生产设备的分布式网络化通讯、程序集中管理、设备状态的实时监控等。

作为边缘计算的具体表现形式，工业 CPS 在底层通过工业服务适配器，将现场设备封装成 web 服务；在基础设施层，通过工业无线和工业 SDN 网络将现场设备以扁平互联的方式联接到工业数据平台中；在数据平台中，根据产线的工艺和工序模型，通过服务组合对现场设备进行动态管理和组合，并与 MES 等系统对接。工业 CPS 系统能够支撑生产计划灵活适应产线资源的变化，旧的制造设备快速替换与新设备上线。

4 成功案例

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用成功实施，使智能系统的分析，优化产品设计方案，从而缩短开发周期 30%以上；对可能出现的不良情况进行预警，从而实现设备稼

动率提升 10%，直通良率提升至 99.5%，资源综合利用率提升 30%；降低生产现场对人的依赖，实现自动调机、自动化生产、无人化工厂，减少现场操作人员 50%。

表 6-1 项目实施前后效果对比表

对比项	项目实施前	2017 年实施情况	2018 年实施情况
自动化	项目实施前，平均每台设备需要 1 人操作，产品的运输、上下机等都需要人员操作。	完成了产品的上下机自动化改造，采用机器人代替人工，从而节省 20% 的人力。	实现车间无人化
设备补偿调整	加工过程中的补偿调整需要人工根据测量数据及经验手动输入。	完成数据采集模块的开发，并全面投入使用，用于收集加工、测试机台数据。	核心工艺智能制造系统自动根据系统中的测试数据结合智能分析对不同机台分别实现自动补偿调整。
设备维护	定期维护或设备出现明显异常时才停机维护。	收集并分析设备需要维护前的状态，完成了振动传感器的安装。	不定期维护，维护时间取决于智能主轴及振动传感器的监测情况，提前维护。

测试	人工测试，并且人工记录、分析测试数据，判断过程存在主观性。	确定了智能刀把的研究方向，明确了智能刀把的技术参数。	智能刀把自动记录测试过程，智能制造系统自动分析出测试结果。
部门协同	需要纸质档签核，无法监控各检核段得工作效率，且不利于系统化管理。	完成了网络办公改造，实现了全部业务文件的数字化。	电子化流程，KPI 智能管理。