



基于统一信息模型的数字孪生与大数据优化

引言/导读

山东润通齿轮集团有限公司（以下简称润通公司）是一家专业制造汽车变速箱和传动轴齿轮的生产企业，公司拥有近 2000 名员工，各种机器 3000 多台，2019 年工业产值 6.5 亿。润通公司在 2014 年引入 ERP 进、销、存软件管理企业。

企业的困扰：

- 1、ERP 软件无法满足企业的生产管理过程需要，企业只好建立一个统计团队，用人工 EXL 表格来统计收集生产过程的数据，两套系统不在一个数据平台上，企业管理效率低下。
- 2、全公司的销售、采购、生产各自建立自己的统计表格，不仅软件开发平台不统一，信息模型也不统一，造成各种信息孤岛。
- 3、产品从毛坯到成品，各分厂、工段、仓储使用自己的编码各自管理，无法向主机厂提供生产过程数据，也无法追溯产品质量。
- 4、随着工厂的技术改造，企业采购了各种新设备自带系统软件，但由于各种软件数据接口不统一，企业无法汇集设备与生产过程数据，更无法分析、预测、管控生产过程。

为此，山东润通齿轮集团有限公司 2018 年 12 月与联合智造(北京)科技发展有限公司合作，采用统一信息模型技术，重构润通公司信息化系统，提升润通公司的质量和效益。

项目目标：构建软件对生产管理过程百分之百的贴身服务，通过对生产管理过程的感知、预测、优化，构成闭环，提升企业产品质量与经济效益。

- 1、采用统一信息模型，构建数字孪生体，对生产过程的各个环节在数字空间进行统一的描述、认知，并对其变化实现实时的响应。
- 2、在统一数据平台上（工业互联网 PAAS 平台），开发带有业务逻辑和统一信息模型的微服务功能模块，调用这些模块，构建能够跟随企业生产管理过程同步变化的信息化软件集成系统，让企业的生产过程在信息系统中同步呈现虚拟映射（数字孪生）。
- 3、通过信息模型中统一的标识对全部的生产过程形成关联，构成数字孪生的生产过程场景数据链，自动进行知识学习，积累大数据，形成操作标准，让测试床有能力根据输入的

产品结构数据，按操作标准自动匹配出相应的工艺路线，输出解决方案，管控生产过程和产品质量。

4、通过信息模型中统一的 API 接口，在工业互联网平台上，为企业构建各种数字孪生的工业应用解决方案，通过企业内部的工业互联网和 5G 网络全面感知企业、人、机、料、法、环、测各项业务的实时数据，用大数据排产模型进行数据挖掘，将优化方案通过可视化系统传递到各个科室、车间、工段指导操作，从而构成大数据对工厂生产管理过程从感知到管控的闭环优化。

一、 关键词

统一信息模型、包括统一标识代码、统一 API 接口

二、 测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

联合智造（北京）科技发展有限公司	总经理	路东	18510997752
山东润通齿轮集团有限公司	副总经理	姜勇	17553861199

2.2. 合作公司

联合智造（北京）科技发展有限公司

公司成立于 2016 年，由国内的数字化专家、软件工程师、供应链经济师发起，联合国内软件开发公司、工业制造设备制造公司、物联网设备研发公司、大数据研究公司，共同为中国金属加工及零部件企业数字化转型提供技术路径与行业解决方案。公司的技术团队有来自于原欧洲-中国企业家联合会的数字化工作团队，拥有意大利数字制造、德国工业 4.0、欧盟数字单一市场等创新科技知识和实施经验，对欧洲数字技术的发展历史及趋

势有深刻的研究，20 年来，曾经为中国引入了欧洲大量的技术与工业制造项目，包括：汽车、飞机、高铁与机床工业技术的合资合作以及技术引进。

公司也有来自于国际汽车行业数字化供应链的资深专家，拥有世界各国汽车公司对零部件供应链、组织、检测、品质管理等方面的丰富经验，我们还有潜心于中国工业信息化的数字软件工程师团队，拥有 20 年工业信息化软件的开发经验，深入工厂十几年，靠自己团队的力量编写代码，研发中国自己的工厂生产管理集成系统。

公司的技术团队对于机械制造行业数字化有丰富的工作经历，对于智能制造的技术路径有深入的研究，对于行业解决方案和实施有着多年的实践经验。2018 年开始，我公司受山东省工信厅省中小企业局邀请，开始在山东推广采用统一信息模型技术对山东制造业进行智能化技改，并受聘山东新泰市政府智能制造顾问单位，在新泰市成立中国第一个县级工业互联网创新中心。

山东润通齿轮集团有限公司有限公司

公司成立于 2006 年 10 月，现有职工 2000 多人，注册资本壹亿元，是一家集铸造、锻造、齿轮加工为一体的综合性国家级高新技术企业，专业制造重型卡车用各型精密齿轮，为中国重汽、一汽集团、东风公司等国内大型商用车及零部件企业的战略供应商，是德国戴姆勒-奔驰公司二级供应商。润通公司现已发展成为全国最大的商用车齿轮生产基地，进入全国齿轮制造行业的前三强，通过 GB/T24001/ISO14001 环境管理体系认证和 IATF16949 质量体系认证。

2018 年山东润通齿轮集团有限公司开始智能化技改，斥资 2.6 亿，购入 15 条自动化齿轮生产线，并与联合智造（北京）科技发展有限公司合作，采用统一信息模型技术，构建 5G+工业互联网集成管控系统，提升企业生产过程管控能力。

三、测试床项目目标

一、测试床目标：

1、测试床系首次利用统一的信息模型，实现对产品图号、工程技术、工艺开发、业务管理、生产计划、产品制造、仓储物流各个环节的统一描述，让各个科室、车间、工段信息系统数据流通无障碍、无歧义，构建信息系统对企业生产管理过程的虚拟映射与数字孪生，实时感知企业生产过程数据。

2、测试床通过采用统一数据平台，解耦企业资源管控软件和生产过程软件的各项功能，通过统一信息模型技术开发具有业务逻辑的各种微服务通用和定制功能模块，在统一的平台上调用这些模块构建对企业生产过程 100%的贴身服务，（形成对生产过程的数字孪生）让企业所有生产管理功能都感知和汇聚在同一个平台上，实现跨业务间的数据共享，将企业的生产过程的实时信息，提供给企业各级生产管理人员，提升企业的生产管理效率。

3、测试床将通过对企业人事、物料、设备、仓储、产品、工艺采用统一的标识编码，实现产品信息模型对每个生产管理环节的识别，从而在产品生产管理过程中，自动构建数字孪生的产品生产过程场景数据链，自动进行知识学习，大数据积累，并输出操作标准解决方案，管控产品生产质量。

4、测试床将通过嵌入在统一信息模型和算法模型中的统一 API 接口，可以调用各种机理模型和算法模型，在统一的数据平台上搭建企业生产管理的各种解决方案，形成信息系统与物理过程完全融合的数字孪生体，通过企业内部的工业互联网和 5G 网络，实时感知企业、人、机、料、法、环、测数据，利用大数据排产模型，对历史数据和实时数据进行数据挖掘，输出优化解决方案，并通过企业可视化系统传递到相关科室、车间、工段，指导操作，构成闭环，持续优化企业生产资源配置与生产计划调度，提高企业的效益。

二、测试床提出的背景

两化融合的目标是实现企业多年积累的工业知识和生产管理流程与信息化系统的融合，在过去的 30 年的信息化时代（工业 3.0 时代），由于数字技术受到算法和算力的约束，信息化软件（ERP、CRM、WMS 等信息化软件）只能通过对某一局部的历史数据的研究，建立信息模型去尽量仿真物理世界。然后应用这种软件，实现数字世界对物理世界的管理。虽然这些软件建立了一些局部的规范化工业应用、解决了数字化管理的部分问题，但它无法跟随物理世界变化做出实时的反映，也无法对整个产品的生产过程进行全面的

我们采用统一信息模型技术，探索信息系与物理系统同步变化，**通过构建生产管理过程的数字孪生，形成对物理系统数据的变化实时感知，自动进行知识学习，把对工业技术的认知和业务目标、业务逻辑结合起来，通过大数据排产模型进行数据挖掘，形成最佳的业务决策解决方案，从而构成大数据优化生产过程的闭环。**在这个闭环当中，信息系统 IT 的数据流动需要与物理系统 OT 的运作流程完全一致，才能实时地感知物理系统的状态，自动进行分析预测，然后对物理系统进行实时调整，这就要求信息系统必须对物理系统的实时映射。

三、用实际数据说明存在的难题和挑战

目前 90%企业普遍使用的 ERP、CRM、WMS 等信息化软件。都是从最底层开始，配置服务器和操作系统，配置数据库，它们都是垂直搭建而且相当封闭性的应用，是信息化时代的产物。它们是开发者尽可能仿真过去的生产过程而开发出来的局部优化软件系统。而且为了软件稳定，它们是封闭的，是无法适应每个企业的个性化和实时变化需求的。

为了适应每个企业的生产管理运作流程，实施者只能另外建立一套信息化系统来开发各种解决方案，（比如 MES）系统。然后通过接口或总线，将各个信息软件的数据进行定期对接（大约每天一次到 3 次）。

因此，它无法实现把企业的实时数据在正确的时间，以正确的方式发送给正确的人和系统节点，达到信息系统 IT 与物理系统 OT 的融合，这是过去 30 年来一直存在的工业化与信息化融合的难题。

四、测试床计划解决哪些问题

我们在润通公司建设的 FB-CL 生产过程管控系统测试床，是为了打破传统的垂直封闭架构形成的信息孤岛，通过建立信息系统统一的规范与标准，实现数据在企业内部的自由流动。

我们基于统一的信息模型，包括统一的标识代码、统一的 API 接口的技术，尝试在统一的数据库和开源平台上，将过去信息化时代的各种信息孤岛软件的功能解耦打碎，开发微服务的通用和定制功能模块，按照企业的业务需求和管理目标，重构水平架构的生产过程管控数据集成系统，实现信息系统与生产管理过程完全融合。

通过建立润通公司测试床，验证使用统一信息模型技术构建软件对齿轮生产过程服务。

- 1、现信息系统对企业生产管理过程的虚拟映射与数字孪生，降低管理成本 10%。
- 2、实现实时感知生产过程数据，并自动进行工业知识学习与大数据积累，形成操作标准，自动管控生产过程，提升产品质量 10%
- 3、通过大数据排产模型进行数据挖掘，不断优化操作，并通过可视化系统构建闭环，全面管控齿轮生产过程，优化企业资源配置，提升企业综合效益 15%-25%。

为后续整个基础零部件行业，包括：轴承、齿轮、弹簧、链条、紧固件、冲压、锻造、铸造、机加工行业智能化技术改造探索实施路径。

四、测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

本测试床主要应用于齿轮金属加工生产管理过程的管控，工艺场景包括：人员管理、设备管理、物料管理、工艺管理、环境管理、检测管理。

也就是说本测试床包括了工厂、人、机、料、法、环、测全部的工厂生产管理场景，将会对整个金属加工行业的数字化转型起到示范作用。因为它是通过新一代数字技术的深入运用，构建一个全感知、全联接、全场景的数字世界，进而通过大数据技术优化再造物理世界的操作标准，对传统企业的管理模式、业务模式、商业模式进行创新和重塑，实现从人脑管理到人工智能管控企业的时代跨越。

目前国内大多数企业是依靠人工统计来完成信息化软件不能满足的生产过程管理需求，即便是投入人力、物力开发了 MES 系统，但由于信息孤岛，也只能在下班之后完成 ERP 与 MES 系统的数据对接，其结果与 EXCEL 表格统计结果相同，所以大部分企业干脆就用人工统计，更加可靠，没有 BUG。

润通公司通过测试床项目首先构建了软件对生产管理过程的贴身服务，测试床可以通过手机 APP 连接感知全厂从毛坯入库、到领料报工、产品检测的全部生产管理过程中的实时数据，并自动进行数据运算、输出实时的人、机、料、产品、半成品、统计结果，通过可视化系统即时推送给各级生产管理部门。

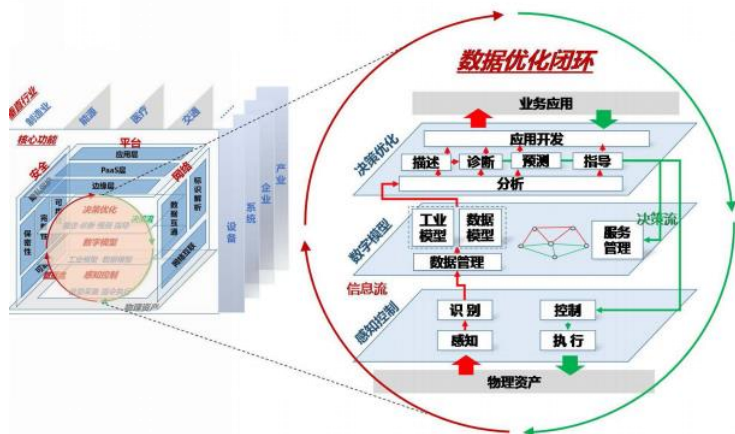
比起过去每天使用大量统计人员统计成百上千张工人填写的报工单，将成千上万条生产数据输入电脑，下班后才能打印当日报表，且月底还要将几十万数据汇总、与仓库物料数据反复对账，这个管理效率提升了成百倍。

更重要的是，我们已经进入物联网的人工智能管控物理系统的时代，要实现人工智能的自感知、自分析、自决策、自执行，企业必须要构建信息与物理系统百分之百融合的数字孪生体。润通公司 FB-CL 测试床的实践，通过统一信息模型、统一标识代码、统一 API 接口，构建出产品生产过程数字孪生的场景数据链，让企业信息化系统自动学习工业知识，自动沉淀企业 KNOW HOW、自动形成操作标准，从而构成人工智能去分析、预测产品的生产过程与结果，并且通过大数据技术不断完善操作标准，通过可视化系统指导操作，来管控产品质量和优化企业资源配置。这对于从事金属加工产业的广大零部件企业具有非常实用的智能化改造示范意义。

4.2. 测试床架构

一、测试床与 AII 总体架构的关系

AII 体系架构 2.0 模型提出用工业互联网平台技术，构建大数据闭环优化，感知、预测、优化企业经营



本测试床基于统一信息模型技术在统一的数据平台上：

- 1、建立系统集成感知管控层（对应 AII 感知控制层），通过构建数字孪生体，感知企业生产管理过程中人、机、料、法、环实时的状态数据，管控生产过程。

- 2、建立知识学习层（对应 AII 数字模型层），通过构建数字孪生的生产过程场景数据链，进行制造过程知识学习，预测分析、大数据积累，管控产品质量。
- 3、建立大数据挖掘层（对应 AII 决策优化层），通过对企业生产管理过程中，人、机、料、法、环、测各种历史的数字孪生数据链的学习与记忆，进行大数据挖掘，将这些历史数据与生产过程中感知的实时数据进行分析，输出优化的生产计划和资源配置方案，并通过企业各级可视化系统将这些实时的解决方案传递到各相应的科室、车间、工段、仓库，实时调整企业资源配置和产品质量控制，从而构成大数据的闭环优化，提升企业的产品质量和经济效益。

二、说明本测试床重点测试的新技术/新架构

（一）、目前的工业软件

采用的主要是源于 90 年代的五层架构技术，做法是从最底层开始，配制服务器和操作系统，建立垂直的五层架构，包括：企业规划层、工厂管理层、流程控制层、设备控制层、现场层，配制数据库，连接设备，采集数据，建模型，实现业务的逻辑，这基本上是垂直搭建封闭性的应用。如果我们把生产现场从应用的领域，包括工艺、质量、设备等方面的轴线，和不同的工序的轴线所构成的平面上，可以看到有一系列大大小小烟囱式应用。它们的问题是：

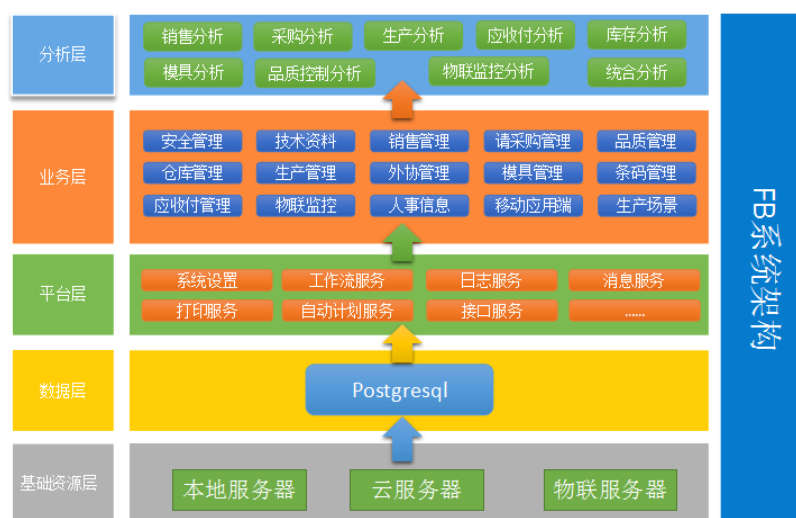
- 1、层级封闭生产过程数据和设备状态在各个层级的专业信息系统中封闭，难以流通。
- 2、垂直固化垂直架构模式：（服务器，操作系统，数据库，应用）
- 3、紧密藕合设计：数据，算法和业务逻辑，缺乏功能共享，开发困难。

（二）、FB-CL 测试床打破五层架构，改为微服务集成的水平架构平台模式

A、采用统一的关系数据库，实现数据库集群操作，保证系统内部数据的一致性。

我们的工厂大脑集成系统（FB-CL）采用 PostgreSQL 数据库，它是一种关系数据库管理系统，关系数据库将数据保存在不同的表中，而不是将所有数据放在一个大仓库内，这样就增加了速度并提高了灵活性。同时对数据库的所有表可建立不同的表空间，让数据库运行时可以分布在不同的服务器上，实现数据库集群操作；PostgreSQL 采用标准的 TSQL

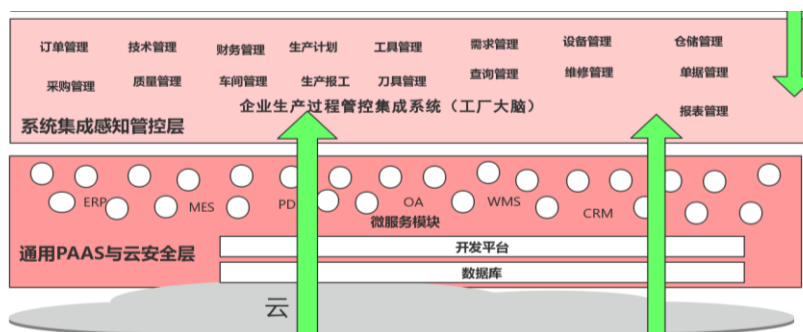
语法，并作局部的调整，让 SQL 语句更简单，运行效率更高，并提供 SQL 效率测试工具，提高 SQL 运行效率；同时，PostgreSQL 也有许多的维护工具的插件，让数据库更安全，依据使用场景进行有效的参数化调整，让数据库运行更流畅，满足不同企业的不同业务的需要；而且 PostgreSQL 是公开，免费的数据库，可以大大降低总体成本；支持 Ubuntu, Windows, Mac OS, Linux 等多种操作系统，支持多线程，充分利用 CPU 资源。PostgreSQL 支持双机热备，让主机和备机数据库实现数据同步操作，为主服务器提供必要的灾备，减少企业的损失；



B、采用统一的数据平台，构建微服务组成的水平信息化架构，实现跨业务间的信息共享。

FB-CL 测试床在统一的数据平台上，对各种紧耦合的工业软件功能进行解耦，开发出包括统一信息模型和业务逻辑的微服务通用功能和专用功能模块，建立微服务功能模型库，这个模型库中的模型和与主数据库的历史数据和其它数据是关联耦合的。企业生产过程的状态在不断地改变，数据上传之后，会在主数据库中保存，确保数据的一致性。

FB-CL 测试床在这个平台上，调用各种微服务的功能模块，根据企业的业务需要和目标，开发企业销售管理、采购管理、技术管理、生产管理、仓储管理、车间管理、设备管理、物料管理、人事管理等应用功能，这些应用功能通过通用模型库与主数据库的关联，构成系统内部数据的一致性，实现跨业务间的信息共享。



C、采用统一的信息模型，构建数字孪生体，实现信息系统与物理系统的融合，感知、预测、优化生产过程

FB-CL 测试床采用了统一的信息模型，包括统一的标识代码和统一的 API 接口构建各种应用服务来描述、认知、响应产品设计，工艺与工程，以及产品制造过程中的人、机、料、法、环、测等各生产环节与要素；通过下面这个信息模型我们可以看到：

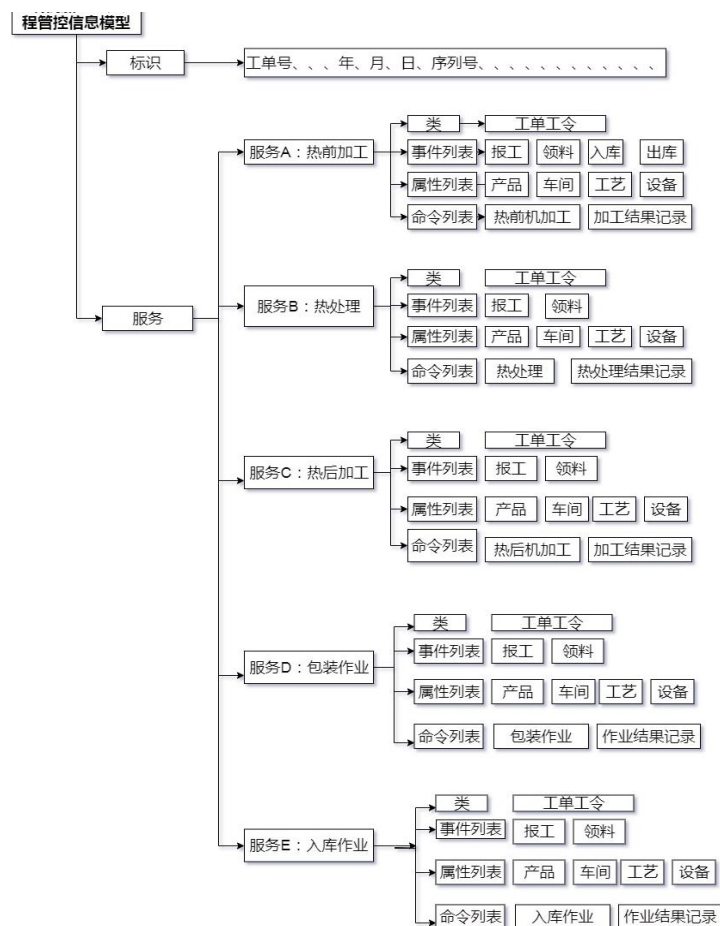
信息模型的标识是统一的

信息模型的内部规则是统一的

信息模型将生产过程的所有场景都用统一的格式包括在内

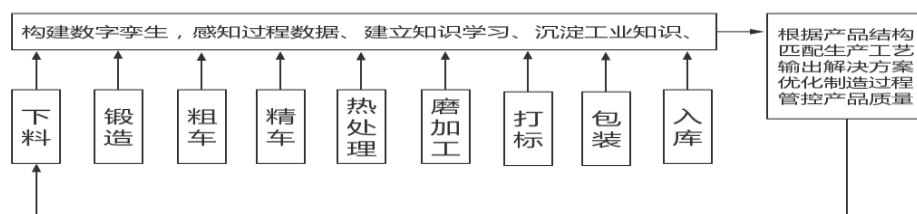
信息模型通过执行不同的命令，自动感知生产过程中某场景的实时数据

在生产过程中，通过统一的标识，可以将模型感知的不同生产场景关联起来构成数据链



从而通过统一信息模型内部的数据模型和算法模型，以及调用的服务接口，可以在具体生产环境中建立形成虚实对应的数字孪生体孪生。

比如机加工信息模型，FB-CL 测试床在产品的生产过程中，将这种虚实对应的数字孪生结构连接起来，就构成产品生产过程的数字孪生的场景数据链，我们把这个数据链建立反馈，构成闭环，就可以对产品的生产过程的技术工艺知识进行自动学习、认知分析、预测调整，从而管控产品的生产质量。



总之，我们的 FB-CL 测试床，利用工业互联网的技术在平台层对传统的工业 IT 架构进行功能解耦，开发包括统一信息模型和业务逻辑功能的微服务模块。基于这样一个水平架构搭建起来的企业信息化集成系统，各种应用不需要重复垂直的采集数据，企业数据通过信息系统与物理系统的融合的数据感知层，自动感知企业生产经营数据。也就是说 FB-CL 测试床利用工业互联网的平台技术来实现对生产环境 IT 架构的重构与解耦，解决垂直架构和孤岛的应用开发瓶颈。

FB-CL 测试床通过统一信息模型构建的数字孪生体来系统地感知与描述物理世界的实体，使得我们更容易地开发各种工业应用解决方案，通过大数据挖掘，对实时数据和历史数据进行分析，优化生产操作，提升企业的资源配置能力和经济效益。

4.3. 测试床方案

一、测试床整体方案：

本测试床是按照 AII 总体架构 2.0 模型建设，采用企业、边缘、设备三层结构。

云上的感知管控部分包含有四个层：1、通用 PAAS 与云安全防护层

2、系统集成感知与管控层

3、数字孪生、知识学习层

4、数据挖掘与大数据优化层

FB-CL 测试床在产品的生产过程中，通过统一信息模型，按时序将虚实对应的数字孪生结构连接起来，构成产品生产过程数字孪生的场景数据链，我们把这些每天在生产过程中产生的数据链作为历史数据，与生产管理过程中的实时数据一起进行大数据分析，就可以对产品的生产过程的技术工艺和人、机、料资源、进行预测分析与优化调整，从而优化企业的产品质量和资源配置。

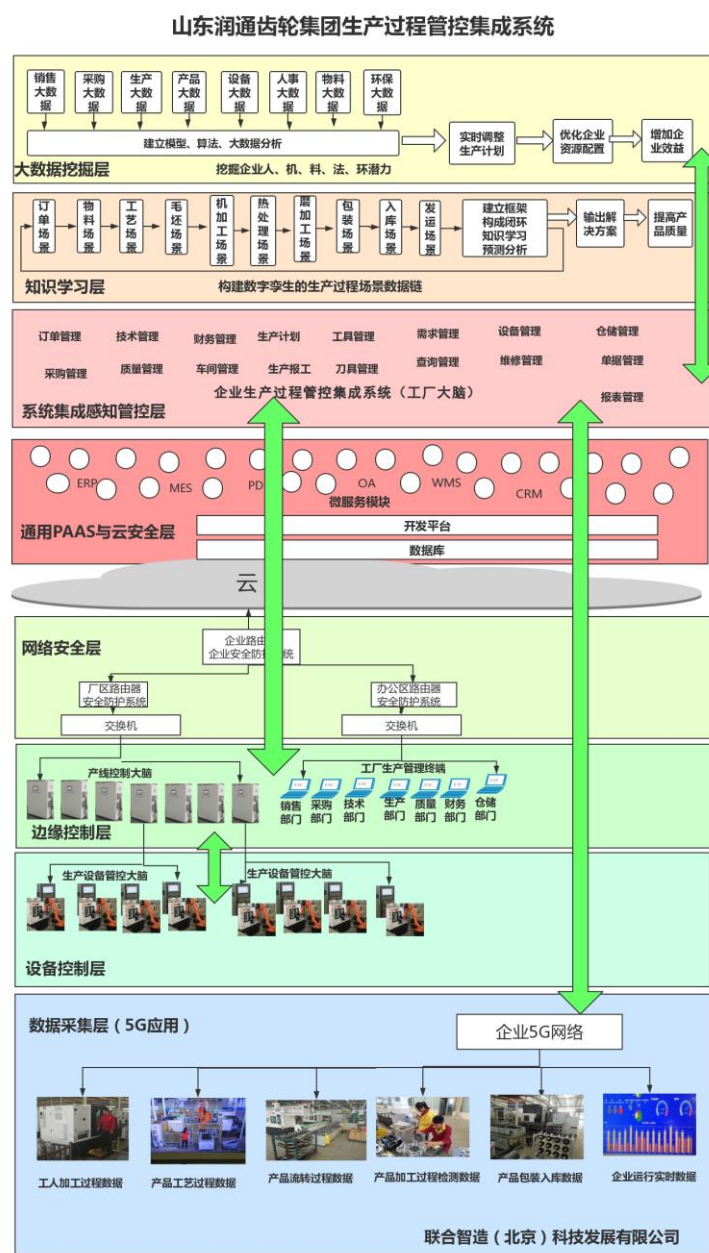
云下 4 层分别是：网络安全层、边缘管控层、设备管控层、数据采集层(5G 应用)。

1、网络安全层：按照工业互联网体系架构 2.0 模型构建，包括两层安全防护，企业设立路由器，采用华为 AR6300+400 路由器，附带双主控软件防火墙，两个工厂分别采用华为 AR6140-16G*4*G 路由器和防火墙。

2、边缘层：测试床的所有自动化产线的控制柜（产线大脑），和工厂的所有管理部门位于边缘层，工厂的所有管理部门与企业层工厂大脑相互操作，管控工厂的的运转，边缘层产线大脑与企业层工厂大脑之间相互操作，按订单要求进行生产。

3、设备层：设备层的设备大脑（控制柜）与产线大脑（控制柜）互操作，配合各种机械，完成制造过程。部分设备装有实时调整系统，可实现对生产过程的自检测、自分析、自决策、自执行，实时调整加工数据，保证产品生产质量。

4、数据采集层：建立企业 5G 网络，利用 5G 网络部署灵活，覆盖范围大，满足工业场景对网络带宽、时延、可靠性、连接范围等需求，将工厂生产过程的人、机、料、法、环、测实时数据，通过 5G 网络的连接起来，包括全厂 1500 多工人的操作数据，每天上万产品的检测数据，齿轮生产过程物料流转数据、产品生产过程的工艺加工数据，产品包装入库数据等生产过程实时数据直接传到云端企业生产感知与管控功能层、进行感知、预测、优化操作，实现提质增效。



4.4. 方案重点技术

一、过去的信息化软件

由于采用了不同平台、不同信息模型、不同标识代码、不同接口且构成封闭型软件，去解决各种局部的生产管理问题，形成了一个信息孤岛，为了实现全局的优化，需要进行数据的集成。

一种方法是，采用一条数据总线，每天一次至 3 次将各软件中的数据抽取出来。汇总成为当日的数据链。因此，它集成的数据不是实时数据。

另一种方法是，为了满足企业需求，通常是 ERP 软件公司会找本地代理商或由 MES 开发商来实施。但 ERP 软件的原开发平台、原代码、原模型、ERP 软件代理商和 MES 开发商是不知道的，于是，代理商或 MES 开发商就用自己的数据库和平台、模型、代码编个解决方案来满足企业的需求。然后做一个接口，跟 ERP 软件接上。代理商和 MES 开发商的各种解决方案、就通过接口接到 ERP 软件上，因为它们属于不同的数据库，不同的数据平台，不同的数据模型，不同的标识代码，不同的 API 接口，因此无法实现数据无障碍的自由流动。

这两种方法都不能实现信息系统对物理系统的实时感知、分析预测、实时调整，数字化转型对企业驾驭新技术提出了极大挑战。

二、FB-CL 测试床与现有国内外技术对比

1、跨业务间的数据集成与共享技术是近年来的创新技术，它采用工业互联网平台，解耦与重构过去 90 年代发明的各种碎片化的工业软件功能，消除信息孤岛，实现信息技术 IT 与工业技术 OT 的融合。

2、FB-CL 系统测试床采用统一信息模型，包括统一标识代码、统一 API 接口，在统一的数据平台上，开发具有业务逻辑的各种基础零部件企业生产管理通用功能微服务模块和企业专用的定制功能微服务模块，然后根据零部件企业需求调用通用功能和定制功能模块，搭建企业生产过程管控信息集成系统，实现企业生产管理过程在信息化系统中的虚拟映射（数字孪生），进行知识学习，并通过大数据优化管控生产。

3、统一信息模型属于系统集成的核心技术，2015 年之后欧盟信息总司推广的 FI-WARE 未来互联网、德国工业 4.0 推出的纵向、横向、端到端的集成、跨平台的 OPC-UA，都采用了统一信息模型技术。

4、FB-CL 测试床的探索，尝试利用统一信息模型技术，探索通过对生产管理过程构建 100%的软件服务，实现对零部件制造过程的数字孪生与大数据优化。

三、FB-CL 测试床的重点技术

我们采用的统一信息模型技术不仅能够让企业生产过程通过统一的信息模型进行描述、认知和响应，还可以让信息化系统自动感知学习和掌握生产管理工艺技术，积累数据，进而通过大数据挖掘，持续优化企业的生产管理过程和产品质量。

（一）统一数据平台，通过软件对零部件企业生产管理过程 100%的贴身服务，构建生产过程的数字孪生

1、建立应用功能层

在通用 PAAS 平台上，采用开源数据库和开源数据平台，采用统一数据模型，包括统一标识代码、统一 API 接口技术，将过去紧耦合的信息化软件进行解耦，开发具有业务逻辑的企业运行通用功能和专用功能模块，建立水平架构的微服务模块功能层。

2、建立系统集成层

我们的 FB-CL 测试床，在统一的数据平台上，调用统一信息模型技术开发的各种通用功能模块和定制功能模块，根据企业的生产管理流程，建立算法和匹配规则，构建符合企业需求的各种解决方案，并通过统一的 API 接口搭建企业的生产管理集成系统，让企业所有的解决方案都集成在同一个数据平台上，实现跨业务间的数据共享。

3、建立企业内部的工业互联网（包括 5G 网络），

我们的 FB-CL 测试床，通过建设企业内部的工业互联网

A、将工厂控制系统 FB-CL（工厂大脑）层与边缘操作层全面连接，包括销售、采购、技术、生产、仓储、财务部门和生产车间、工段，感知企业管理运行过程的全部操作数据。

B、将工厂控制系统 FB-CL（工厂大脑）与边缘控制的所有自动化生产线的控制系统连接，实时感知企业生产设备状态数据、设备运行数据、设备生产数据。

C、将工厂控制系统 FB-CL（工厂大脑）通过 5G 网络与企业 1500 多现场操作工人、生产调度人员，产品检测人员、仓库管理人员相连，实时感知产品加工过程的工艺、数量、质量及出入库数据。

在统一的数据平台上，调用主数据库通用功能和专用功能微服务模块，根据润通公司的生产管理需求，构建满足企业实际的生产管理流程的软件服务，实现信息化系统对生产过程的实时映射，探索对生产过程构建数字孪生。

(二) 统一信息模型，通过模型在数字空间对过程数据的描述、认知、感知企业生产过程，构建数字孪生体

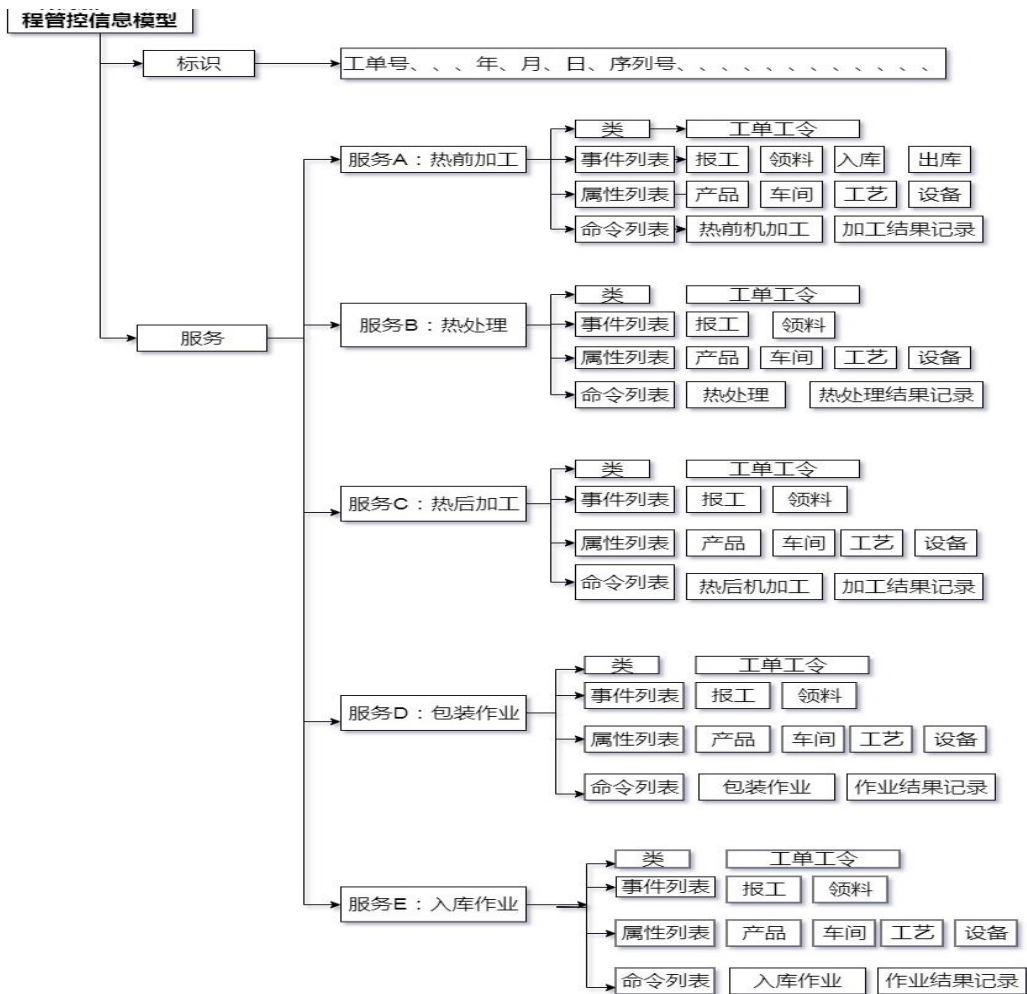
采用统一的信息模型，包括统一的 API 接口和统一的标识代码构建各种应用服务，来描述产品设计，工艺与工程，产品制造过程中的人、机、料、法、环等各要素的特征；并且对生产过程中的实时变化做出响应，根据企业的生产管理的每个环节构建数字孪生体，在数字空间描述、认知、响应企业生产过程，构成虚拟与现实的映射。

由于企业的所有业务活动都建立了统一信息模型的数字孪生体，信息化系统可以感知企业所有业务的实时数据变化。通过下面这个信息模型我们可以看到：

信息模型的标识是统一的；信息模型的内部规则是统一的；

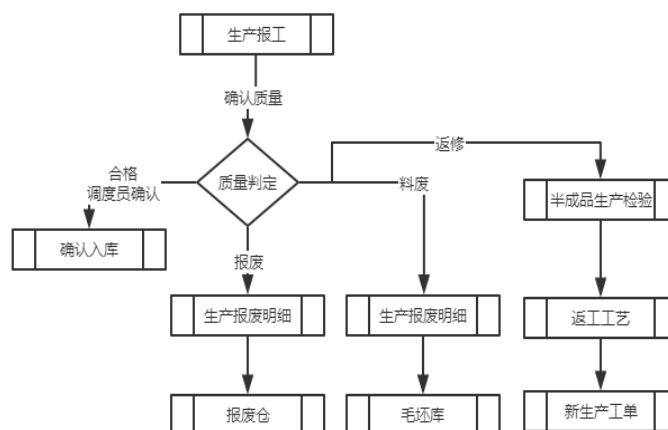
信息模型将生产过程的所有场景都用统一的格式包括在内；

信息模型通过执行不同的命令，自动感知生产过程中某场景的实时数据；



测试床构建报工数字孪生体

采用统一数字模型技术，通过统一代码标识，统一 API 接口，根据报工的生产场景表构建服务，用软件建立虚实对应的数字孪生体，在数字空间述生产现场的实时状态。



生产报工解决方案

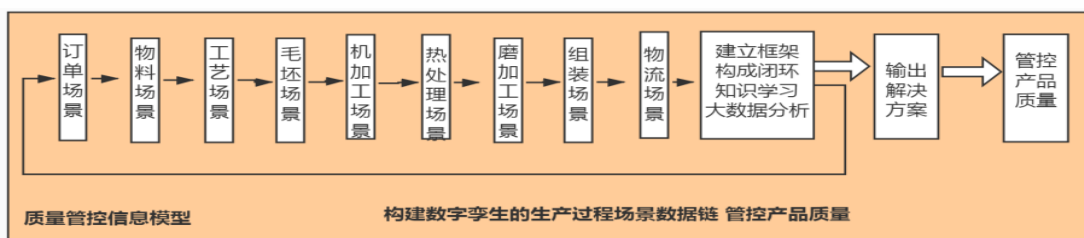
- (1) 操作者现场使用手机 APP 进行报工，提交报工数据后由现场质量人员进行检测确认数量及合格情况；
- (2) 合格的产品数据由调度员手机 APP 进行确认，完成工序报工和流转；
- (3) 不合格产品数量由质检人员手机 APP 确认不良原因，进行不合格判定。

所有的现场数据通过手机 APP 进入生产管控集成系统、软件通过数字孪生体感知生产现场实时数据。

（三）统一标识代码，通过对生产过程数据的自动关联，构建数字孪生过程数据链实现工业知识的自动学习与沉淀，提升产品质量。

通过对企业人事、物料、设备、工艺采用统一的标识代码，实现产品信息模型对每个生产管理环节的识别，从而在产品生产管理过程中，自动按照时序将产品生产过程关联，构建数字孪生的产品生产过程场景数据链，并建立反馈，构成闭环，自动进行制造知识学习，积累沉淀生产管理人员大脑中的各种制造 KNOWHOW，形成操作标准，构建人工智能来分析，预测产品的生产过程与结果，输出解决方案，管控产品质量。

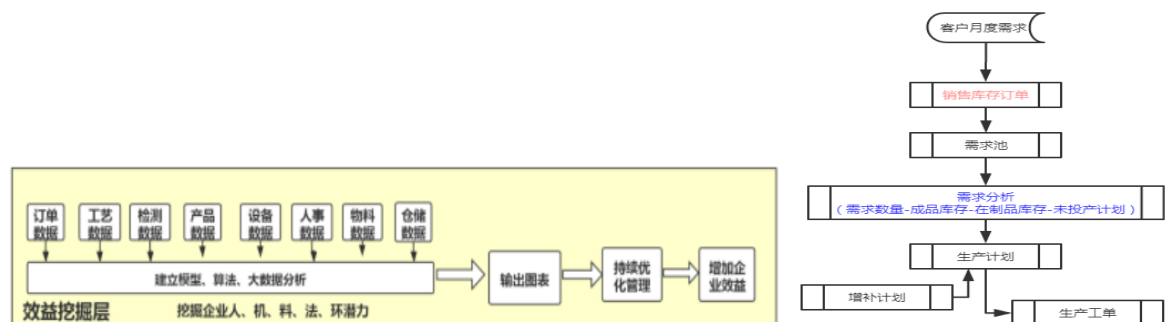
如图所示：



（四）利用统一 API 接口技术，搭建企业生产管理的各种解决方案的感知与管控集成系统，构成闭环，持续优化企业资源配置

通过嵌入在统一信息模型和算法模型中的统一 API 接口，调用各种机理模型和算法模型，搭建企业生产管理的各种解决方案集成管控平台，并通过企业内部的工业互联网（包括 5G 网络），实现信息系统与物理系统的融合，构建起生产管理各个环节的数字孪生体，实时感知企业人、机、料、法、环、测数据。

利用大数据模型，分析企业实时数据与历史数据，输出各种优化解决方案，利用可视化系统指导科室、车间、工段操作，实现从感知到管控调整的闭环，提升企业各项资源的配置能力，降低企业的生产成本。提高企业经济效益。



4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

一、技术创新性及先进性

提质增效是企业追求的唯一目标，数字经济时代，企业实行的所有数字化技术改革，都是围绕这一目标。但到目前为止，我国的工业软件基本上管理软件和生产过程解决方案软件是相互之间独立的，这是因为在信息化时代，工业软件是由 IT 工程师编写的，受技术条件和算法算力的约束，工业软件只能是 IT 工程师对工业管理和工艺流程碎片化的理解而编写出来碎片化的软件。

在信息化的初期阶段，信息化的革命性作用是替代了纸面的信息传递，达到了对生产管理过程的局部优化。

然后由管理者利用这些各个局部的优化，提高企业的管理水平，换句话说，第三次工业革命（工业 3.0 时期）实现的是人脑利用电脑来管理企业。

第四次工业革命，企业通过新一代 ICT 技术的深入运用，提升产品和服务的竞争力，以实现企业自身的跨越式发展。对传统的市场规则和边界产生冲击，打破传统企业几十年积累的运营优势，对各行各业带来了颠覆性冲击。

统一信息模型技术是第四次工业革命颠覆性的创新，是统一技术通过新一代数字技术的深入运用，构建一个全感知、全联接、全场景的数字世界，进而优化再造物理世界的业务，对传统管理模式、业务模式、商业模式进行创新和重塑，实现 IT 与 OT 的融合，让企业从人脑管理跨越到人工智能管控配置企业的资源和产能，获得企业竞争能力。

因此，联合智造（北京）科技发展有限公司与山东润通齿轮集团有限公司合作，建立这个 FB-CL 测试床，测试：

1、通过测试床：**利用统一信息模型建立数字空间与现实的物理过程的实时映射，探索构建对生产管理过程的数字孪生。**

2、通过测试床：**实现从生产过程的建模仿真，到工业知识自动学习的创新。**

3、通过测试床：**实现基于统一信息模型构建大数据闭环优化的创新，测试床通过统一信息模型包括统一 API 接口，调用各种机理模型和算法模型，构建各种解决方案集成系统，使用大数据模型对企业生产能力的不断挖掘，持续优化企业的各种生产资源的配置。**

4、通过建立 FB-CL 测试床，让我们体会到，统一信息模型技术可以通过构建信息 IT 与物理 OT 世界融合的数字孪生体对离散工业的生产过程进行感知与管控，是否能够对流程工业进行感知与管控，甚至对工业、农业、商业、交通、医疗、治安、智慧城市的运行过程全面进行感知，能否通过构建过程场景数据链、进行知识学习、认知分析、推理预测、能否通过大数据模型的深入挖掘，实现人工智能优化管控物理世界。**希望工业互联网同行都来探索技术路径。**

4.6. 方案安全风险控制

本测试床是按照 AII 总体架构 2.0 模型建设，采用企业、边缘、设备三层结构。

云上的感知管控部分包含有四个层：1、通用 PAAS 与云安全防护层

2、系统集成感知与管控层

3、数字孪生、知识学习层

4、数据挖掘与大数据优化层

云上安装了防 DDOS 攻击防护系统，保障云上数据的安全

云下 4 层分别是：1、网络安全层、

2、边缘管控层、

3、设备管控层、

4、数据采集层(5G 应用)。

网络安全层，按照工业互联网体系架构 2.0 模型构建，包括两层安全防护，企业设立路由器，采用华为 AR6300+400 路由器，附带双主控软件防火墙，两个工厂分别采用华为 AR6140-16G*4*G 路由器和防火墙。

五、测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

本测试床 2019 年开始建设，预计 2023 年结束。

（一）目前测试床已经基本完成第一期建设，并且开始上线运行

1、FB-CL 测试床可根据生产过程需要，调用 FB 平台上的各种带有工业制造知识的微服务模块，用软件构建满足企业生产管控需要的服务，**实现测试床软件服务制造过程，消除信息孤岛的系统集成功能。**

2、FB-CL 测试床可通过对某批次产品的制造过程，**实现统一信息模型对生产过程数据跨业务的传递功能。**

3、FB-CL 测试床可根据每个生产环节工人报工和检验员评估质量的需要，构建软件服务，**实现测试床基于统一信息模型，构建数字孪生体的功能。**

4、FB-CL 测试床可根据输入端产品生产现场工人手机的报工数据，测试企业信息化系统对企业从毛坯入库到机加工、热处理、磨加工、等生产过程的感知能力，**实现测试床对生产过程的实时映射功能。**

5、FB-CL 测试床根据对生产过程的实时映射，**证明通过统一信息模型，可以构建对生产管理过程的数字孪生。**

（二）测试床的下一步建设实施（预计 2021 年实现），

FB-CL 系统测试床下一步的建设目标，是通过统一的标识代码，构建的金属零部件行业数字孪生的生产过程数据链，积累包含制造知识的生产过程大数据。

1、FB-CL 测试床将根据生产过程需要，构建软件服务，让产品生产过程中的所有数据，自动按生产时序，构成数字孪生的生产管理过程场景数据链，实现**知识学习功能**

2、FB-CL 测试床将根据输入端产品订单的规格差异，测试系统自动匹配制造工艺，输出解决方案的能力，实现**测试床对外部环境的变化响应，及预测分析功能**。

3、FB-CL 测试床将根据生产过程场景数据链，通过从毛坯入库到机加工、热处理、磨加工、等所有生产过程数据的分析，找出影响产品质量的节点，并予以改进，实现**测试床对产品质量及生产过程的管控能力**。

（三）测试床最终的建设目标（预计 2023 年实现），

FB-CL 测试床最终的目标，是通过统一的信息模型，感知企业生产管理过程的所有数据，并进行关联，构建生产过程场景数据链，通过大数据模型，持续优化金属零部件生产过程中的企业资源配置。因此测试床将在实现知识学习的基础上，继续探索大数据功能。

1、研究和探索企业生产过程大数据模型。

2、通过生产过程场景数据链积累过程大数据

3、构建可以关联人、机、料、法、环、测各种因素的大数据分析模型

4、构建可以将优化后的生产计划方案，按需求自动发送给各生产环节，指挥各车间的按计划生产的应用模型，

5、FB-CL 测试床最终目标是根据输入端客户对产品交期要求的变化，测试系统实时调整生产计划，并通过可视化系统指导生产运行操作能力。**实现测试床大数据闭环优化配置企业人、机、料、法、环资源的功能**。

5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

项目实施公司联合智造公司成立于 2016 年，由国内的数字化专家、软件工程师、供应链经济师发起，联合国内软件开发公司、工业制造设备制造公司、物联网设备研发公司、大数据研究公司共同为中国金属加工及零部件企业数字化转型提供技术路径与行业解决方案。公司的技术团队有来自于原欧洲-中国企业家联合会的数字化工作团队，拥有意大利数字制造、德国工业 4.0、欧盟数字单一市场等创新科技知识和实施经验，对欧洲数字技术的发展历史及趋势有深刻的研究，20 年来，曾经为中国引入了欧洲大量的技术与工业制造项目，包括：汽车、飞机、高铁、与机床工业技术的合资合作以及技术引进。

也有来自于国际汽车行业数字化供应链的资深专家，拥有世界各国汽车公司对零部件供应链、组织、检测、品质管理等方面的丰富经验，我们还有潜心于中国工业信息化的数字软件工程师团队，拥有 20 年工业信息化软件的开发经验，深入工厂十几年，靠自己团队的力量编写代码，研发中国自己的工厂生产管理集成系统。

1、我们为企业提供的服务能力（基于大数据闭环优化的生产过程管控）

测试床是基于联合智造的 FB 开发平台，为金属加工和基础零部件企业构建软件对生产管理过程的贴身服务。既调用 FB 平台上的微服务模块根据企业需求搭建生产管理集成系统，实现企业内部数据无障碍的自由流动。

我们是根据统一的信息模型在 FB 平台上构建生产、管理、工艺、仓储、物流等各种解决方案 APP。通过调用 FB 平台上的数字孪生体为企业构建生产过程数字孪生场景数据链，从而实现工厂大脑对工业制造过程的知识的学习，和对产品生产质量和交付时间的分析与预测。

利用 FB 集成系统构建的数字孪生的工业 APP 全面感知人力资源数据、物料资源数据、模具夹具工艺资源数据、生产设备资源数据、产品资料数据、仓储包装资源数据、以及生产过程数据，并采用大数据技术对上述数据进行分析处理，实时优化配置企业人、机、料、法资源，实现人工智能管控企业生产管理过程，提升企业的产品质量和经济效益。

2、我们的应用实施能力

2018 年开始，我公司在工信部信息化服务司和山东省工信厅省中小企业局支持下，开始在山东省推广统一信息模型技术，并在山东省新泰市建立中国第一个县级工业互联网

APP 创新中心，2019 年开发出 FB-CL001 齿轮生产过程管控 APP 和 FB-ZZ001 铸造生产过程管控 APP. 此外，我们在其他省市实施的 FB-JGJ002 紧固件生产管控集成系统（紧固件工厂大脑）FB-JGJ003 紧固件生产过程管控集成系统也在全国紧固件行业引起重视，成为近年来紧固件行业年会上的智能化技术改造示范案例。

5.3. 测试床实施的自主可控性

1、联合智造专业从事研究中国自主知识产权的金属加工企业生产过程管控集成系统：

我们主要研究的是离散制造和金属基础零部件的行业解决方案，行业包括：齿轮、轴承、弹簧、链条等通用零部件。以及铸造、冲压、锻造、机加工、热成型、冷成型等金属加工行业的数字化、智能化改造。

2、我们的技术资源（FB 开发平台）：

我们已经基于统一信息模型、统一标识代码、统一 API 接口技术开发出完全自主的工业互联网大数据闭环优化开发平台 FB，平台上拥有 400 多个企业通用微服务模块和金属加工各细分行业专用模块，我们基于这些模块已经开发出基础零部件行业销售、采购、生产、计划、设备、能源、模具、仓储、工艺各种应用 APP，并在 FB 平台是构建了操作系统。我们目前有能力在我们的开发平台上为金属零部件加工企业开发各种 100%贴身服务企业生产管理需要的生产管控集成系统（工厂大脑）。

六、测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

1、FB-CL 测试床可通过在手机 APP 输入生产领料、报工入库，验证测试床对生产管理过程的实时感知，既虚拟与现实的实时映射与数字孪生功能，降低了企业的运行成本 10%。

测试床在统一的数据平台上，调用统一信息模型和业务逻辑的各种通用功能模块和定制功能模块，根据企业的生产管理流程，建立算法和匹配规则，构建符合企业需求的各种解决方案，并通过统一的 API 接口搭建企业的生产过程感知与管控集成系统，实现信息系统的各项应用功能与企业的工作生产管理过程一致，构成相互映射(数字孪生)。

山东润通齿轮集团有限公司通过建设企业内部的工业互联网，将企业应用功能层与边缘层全面连接，连接企业的销售、采购、技术、生产、仓储、财务部门和生产车间、工段，连接生产设备、产线、连接现场工人、调度与检测人员，构成对企业生产管理过程的全面连接。各部门可以在一个统一界面的数字平台上完成从订单到交付所有操作。

测试床目前已经实现了从客户订单到订单分析、仓库查询、物料采购、技术管理、生产计划、原料发放、车铣加工、半成品入库、热、表处理、自动化产线精加工、包装入库、物流发运数据全过程在信息化系统中的虚拟映射，既数字孪生，替代了企业的统计团队，不仅提高了生产管理效率，也降低了企业的运行成本。

2、FB-CL 测试床可根据输入产品订单的规格差异，验证 FB 系统知识学习，预测分析功能，产品不合格率降低 10%以上。

FB-CL 测试床通过统一信息模型，构建各个生产环节的数字孪生体，通过统一的标识代码，在产品生产过程中，自动构建出产品生产过程的数字孪生生产场景数据链，对工业制造工艺过程进行知识学习，沉淀 KNOW HOW，自动形成操作标准。测试床可以实现根据系统订单输入的产品结构数据，自动解析生产订单，自动匹配工艺路线，自动输出相应的操作方案，实现测试床知识学习，预测分析，管控产品质量。

3、FB-CL 测试床可根据输入端产品交期的变化，测试系统大数据优化管控企业功能，企业综合经济效益可提升 15%-25%。

FB-CL 测试床通过标准的 API 接口，把企业内部的数据和平台上的算法模型，提供给统一的数据平台上的各式各样的应用功能调用，构建出各项业务的解决方案。通过统一信息模型，建立各种信息与物理设备对应的数字孪生体，感知企业生产过程的实时数据，实现跨业务的数据共享。并通过大数据排产模型进行数据挖掘，根据输入端的客户要求变化，

测试床输出优化生产解决方案，通过可视化系统指导相应的车间与部门进行操作，构成闭环，提升企业各项生产资源配置效率，企业综合经济效益可提升 15%-25%。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

一、测试床商业价值

1、润通公司采用统一信息模型技术构建的生产管理信息集成系统，已经替代了过去的信息化软件 ERP，实现了企业资源、业务需求、生产管理过程的集成管控，企业通过统一的信息模型，构建数字孪生的信息集成系统，可以在正确的时间，把正确的信息、用正确的方式、发送给正确的人和系统节点，并感知生产管理过程的人、机、料、法、环、测、各项数据，通过大数据技术持续企业优化资源配置，提高产品质量和经济效益。

2、润通公司所在的中国通用零部件工业协会齿轮分会有 1000 多家齿轮生产制造公司，通用机械零部件协会有上万家各种机械零部件制造企业，在过去 30 年信息化时代，大都采用了 ERP，有的还采用 CRM、MES、OA、WMS、PDM 等 6、7 种软件，由于这些软件来自不同的供应商，相互之间形成了信息孤岛，给企业管理造成很大经营管理的困扰。近年来，作为零部件制造商，企业面临主机厂降低成本的要求，每年必须将产品价格降低 3—5%，这倒逼企业必须将企业的人、机、料、法、环、测统一管控起来，挖掘潜力，去降低成本。

3、本测试床由于采用了统一信息模型的集成技术，在统一的数据库和数据平台上，专门按照零部件细分行业的需求，开发带有算法和业务逻辑的各通用功能模块和根据行业特定需求开发的定制功能模块，组合搭建的企业生产过程管控集成系统，实现了系统内部数据无障碍自由流动，提高优化了企业资源配置能力，减低了生产成本。

4、测试床通过企业内部的工业互联网，将企业所有数据都汇聚在 FB-CL 生产管控集成系统平台上，形成了企业信息化系统对企业生产过程，产品制造状态的感知与优化，**测试床的探索，推广到整个零部件制造业，将会导致整个产业链感知和资源配置效率的提升，从而降低整个产业链的生产成本，提高竞争力，扩大中国机械和汽车产业的市场份额。**

5、中国的金属加工和零部件企业数以十万计，产值高达数万亿，如果全部采用统一信息模型技术构建大数据闭环优化的智能工厂，可普遍提高企业效益 15%-25%，也就是每年能够创造数以千亿计的商业价值。

二、测试床经济效益

1、掌握了企业生产过程的人、机、料数据，降低了企业的运行成本 10%

过去企业的生产管理管理、需要大量的管理员，统计员每天对上万个数据进行统计，作出报表。FB-CL 建立在统一的数据库平台上，通过企业内部的工业互联网和 5G 网络，直接感知企业生产过程的各种实时数据，测试床可以根据需要自动推送各种实时的统计报表，供管理人员参考。减掉了专职的统计人员，消除了生产管理中各种人为的误差，企业运行成本降低 10%以上。

2、降低企业的能源消耗 15%

FB-CL 测试床统一协调企业人、机、料，保障产线需求，掌控了设备运行与健康状态以及设备利用率等数据，不断优化企业资源配置，提高工厂的生产效率，减少停机浪费与维护时间，节约能源，全厂能耗可降低 15%。

3、产品不合格率降低 10%以上

FB-CL 测试床将生产、管理、仓储物流系统无缝连接起来，形成从客户、订单、到交付纵向的数据自由流动，实现对产品生产全过程的质量检测与追踪，生产过程数字孪生模型不断的对生产过程进行自主学习与优化。产品不合格率降低 10%以上。降低了企业的质量成本。

4、企业综合经济效益可提升 15%-25%

由于企业安装了 FBCL 生产过程管控集成系统，企业所有人、机、料、法、环、测数据都汇聚在 FB-CL 系统测试床平台上，通过建立大数据排产模型进行持续的大数据挖掘，持续的优化企业的各项管理和流程，消除生产过程的呆滞物料，预计测试床建设成功之后，企业的综合经济效益至少提升 15%，而且以后会持续挖掘，不断的提升。

润通公司 2019 年产值 6.5 亿，2020 年的产值翻番，达到 13 亿人民币，2021 年预计可达 20 亿，以企业毛利 15% 计算，是 3 亿元，如果效益提升 15%，2021 年预计可为企业挖掘 4500 万经济效益，几乎等于润通公司对测试床的投入的 10 倍。且以后会逐年提升。

6.3. 测试床的社会价值

一、FB-CL 系统将会改变零部件企业智能化改造的模式（从企业适应软件转向软件服务企业生产过程）

测试床将会产生金属零部件生产过程管控集成系统通用模型，根据这个通用模型进行 2 次开发将会衍生出轴承、齿轮、弹簧、链条、法兰、紧固件、冲压、锻造、铸造、等金属加工几十个细分行业的应用模型（工业 APP），可提供给中国数以百万的零部件企业参照，通过软件对各种零部件生产管理过程的贴身服务，构建数字孪生与大数据优化的智能工厂。

二、FB-CL 测试床探索改变目前大中型企业信息化的实现方式，（探索取消接口或总线连接孤岛软件的传统方式）

测试床采用统一信息模型技术，在统一数据平台上开发和定制企业需求的功能微服务模块，调用微服务构建企业跨业务的生产过程管控集成系统，消除企业的信息孤岛，实现企业内部数据无障碍的自由流动，实时感知企业生产过程的人、机、料、法、环、测数据，并通过大数据闭环优化，提升企业产品质量和经济效益，这将替代目前 ERP+MES 或总线集成的数据联通方式。

三、FB-CL 系统测试床通过统一信息模型技术，把数字孪生推进到生产过程孪生，探索大数据应用。

测试床采用统一信息模型技术，将数字孪生技术从过去的三维孪生推进到生产过程孪生，探索大数据闭环优化在零部件行业的管控。是否也可以对流程工业进行感知与管控，甚至对工业、农业、商业、智慧城市进行感知，通过构建过程场景数据链、进行知识学习、认知分析、推理预测、通过算法和配置规则，实现人工智能管控物理世界，需要大家共同探索。

6.4. 测试床初步推广应用案例

我们目前有能力在我们的开发平台上为金属零部件加工企业开发各种 100%贴身服务企业生产管理需要的生产管控集成系统（工厂大脑）：

FB-JGJ002 山东九佳紧固件股份有限公司生产管控集成系统（紧固件工厂大脑案例）

FB-JGJ003 北京金兆博公司紧固件经营及生产管控集成系统（紧固件工厂大脑案例）

FB-CL001 山东润通齿轮集团有限公司齿轮生产过程管控集成系统（齿轮工厂大脑案例）

FB-ZZ001 新泰鑫盛铸造有限公司铸造生产过程管控集成系统（铸造工厂大脑案例）

还有铝合金、铸造、锻造、机加工、热处理等项目正在洽商与实施。

七、测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

1、2020 年测试床一期验收：验证 FB-CL 采用统一信息模型，构建虚拟与现实映射的数字孪生功能。

一期工程验收标准：实现企业从订单、到工艺、到生产、到毛坯、到机加工、到热处理、到磨加工、到打标、到清洗、到包装的全部生产过程在企业信息化系统中呈现的虚拟映射（数字孪生），验证全面感知企业实时的生产过程数据，提升企业管理效率。

2、2021 年底二期工程交付：验证 FB-CL 测试床数据关联、知识学习，预测分析功能。

二期工程验收标准：根据输入系统的产品结构数据，测试床输出相应的工艺和解决方案，验证 FB-CL 系统通过构建生产管理过程的数字孪生场景数据链，进行生产制造工艺自动学习，形成操作标准，自动管控企业生产。实现测试床知识学习、预测分析功能。

3、2023 年底三期工程交付：验证 FB-CL 大数据优化功能。

三期工程验收标准：根据输入端客户对供货交期的变化，验证测试床输出解决方案，实时调整企业资源配置。

FB-CL 测试床通过对企业的人、机、料、法、环、测实时数据的感知，采用大数据模型对企业潜力进行深度挖掘，按照客户或企业需求，输出新的交货和生产计划，并通过可视化系统传递到企业各科室、车间和生产岗位指导操作，及时调整企业的资源配置，完成交付，实现测试床大数据闭环优化功能。

7.2. 测试床成果验证方案

（一）测试床第一期成果验证

测试床第一期已经上线运行，通过几个月的运行数据，可以证明

1、FB-CL 测试床运行中感知的企业生产过程数据，是测试床根据生产过程需要，通过调用 FB 平台上的微服务，构建的企业生产管控集成系统对生产过程的感知，**它验证了测试床软件服务制造过程，和系统集成功能。**

2、FB-CL 测试床的运行结果证明，任何批次的产品订单，可以无障碍的从销售、传递到生产计划、物料仓库、工艺控制、生产车间、产品仓库、物流发运，**验证了统一信息模型对生产过程数据跨业务的传递功能。**

3、FB-CL 测试床的运行，系统能够感知每个企业员工报工和检验员对产品质量评估原因的各种数据，**验证了基于统一信息模型，测试床能够对生产环节构建数字孪生体，感知制造环节的实时数据。**

4、FB-CL 测试床根据全厂 1500 工人的报工数据，检验员的产品检测数据，仓库的出入库数据，实现了信息化系统对企业从毛坯入库到机加工、热处理、磨加工、等每个生产环节的感知，**验证了测试床对生产过程的实时映射功能。**

5、FB-CL 测试床目前每天对生产过程一万多出入库数据、产品加工数据、产品质量数据在企业生产管控平台上的实时映射，**验证了通过统一信息模型，可以构建数字孪生，消除信息孤岛，全面感知企业实时数据。**

（二）测试床第二期成果验证方案

FB-CL 系统测试床下一步的建设目标，是通过统一的标识代码，构建的金属零部件行业数字孪生的生产过程数据链，积累包含制造知识的生产过程大数据。因此，我们制定的测试床第二期成果验证方案是：

1、FB-CL 测试床将根据统一的标识，让产品在生产过程的所有数据，自动按生产时序，构成数字孪生的生产管理过程场景数据链，**验证测试床知识学习，沉淀 KNOW HOW，积累工业制造大数据的功能。**

2、FB-CL 测试床将通过对企业生产管理过程的知识学习，能够根据输入端产品订单的规格差异，自动匹配制造工艺，输出解决方案，**从而验证测试床对外部世界变化的响应能力及预测分析功能。**

3、FB-CL 测试床将根据生产过程场景数据链，通过从外协毛坯入库到本厂机加工、热处理、磨加工、等所有生产过程数据的分析，找出影响产品质量的节点，并予以改进，**验证测试床对产品质量及生产过程的管控能力。**

（三）测试床未来的成果验证计划方案

FB-CL 系统测试床最终的目标，是通过统一的信息模型，感知企业生产管理过程的所有数据，并进行关联，构建生产过程场景数据链，通过大数据模型，持续优化金属零部件生产过程中的企业资源配置与产品质量。

由于本测试床是第一次对统一信息模型技术的探索，我们将会在未来的目标是在生产过程的数字孪生，虚拟映射的基础上，继续探索基于统一信息模型的数字孪生构建的知识学习与大数据积累，但我们对于最终测试床要实现大数据闭环优化只有一个初步模型，因此，在完成测试床第二期目标的基础上，我们大概还要：

- 1、研究和探索企业生产过程大数据模型，
- 2、通过生产过程场景数据链积累过程大数据
- 3、构建可以关联人、机、料、法、环、测各种因素的大数据分析模型
- 4、构建可以将优化后的生产计划方案，按需求自动发送给各生产环节，指挥各车间的按计划生产的模型。
- 5、FB-CL 测试床最终的结果是根据输入端客户对产品交期要求的变化，实时调整生产计划，并通过可视化系统指导生产运行操作能力。**从而验证测试床大数据闭环优化配置企业人、机、料、法、环资源的功能。**

八、与已存在 AII 测试床的关系

本测试床为首创，之前合作双方未申请过此类测试床。

九、测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

一、测试床一期：

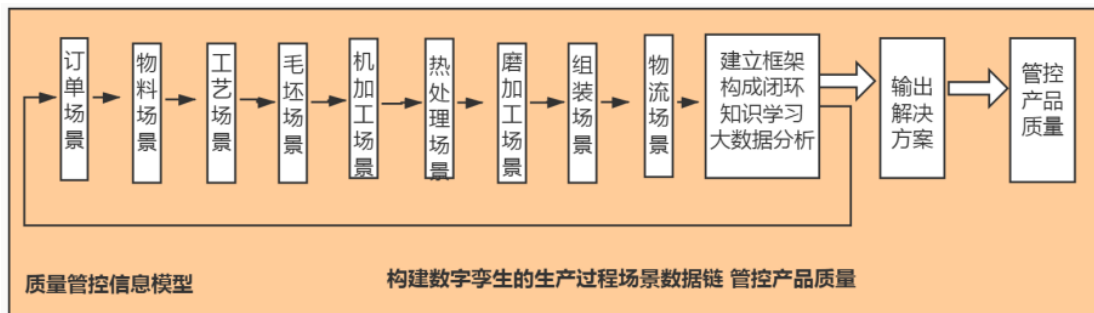
FB-CL 测试床一期工程目标：实现 IT 与 OT 融合即虚拟与现实的映射（数字孪生）

一期工程交付：交付 FB-CL 数字孪生的生产过程感知功能。

一期工程验收标准：实现企业从毛坯、到机加工、到热处理、到磨加工、到打标、到清洗、到包装全生产过程数据无障碍自由流动，并在企业信息系统中生成对生产管理过程的虚拟映射（数字孪生），全面感知生产过程数据。

二、测试床二期：

二期工程目标：实现数据关联、知识学习、预测分析。



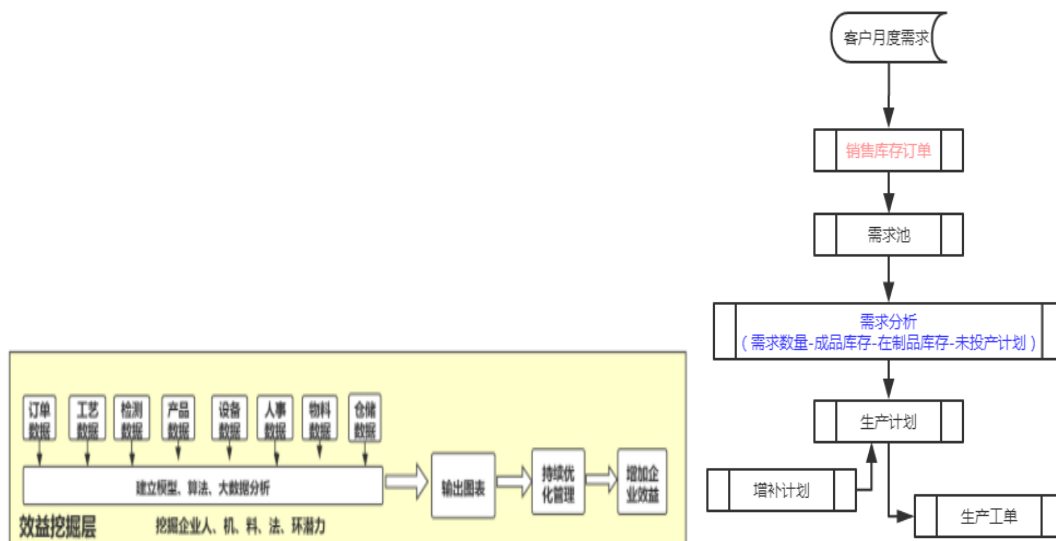
二期交付：交付 FB-CL 对产品订单的预测分析功能

二期工程验收标准：根据系统输入的订单产品结构数据，输出相应的工艺路线与解决方案，验证系统通过构建生产过程数字孪生场景数据链，自动学习工业知识、沉淀企业 KNOW HOW，形成操作标准，自动管控生产过程和产品质量。

三、测试床三期：

三期工程目标：实现大数据闭环优化的智能工厂

构建企业效益挖掘层，用大数据模型挖掘企业潜力，提高企业经济效益。



三期交付 FB-CL 大数据挖掘功能，

三期工程验收标准：根据输入客户对供货交期的变化，测试床实时调整生产计划，输出解决方案，优化配置企业资源。

测试床通过统一信息模型构建的各种数字孪生体，感知企业人、机、料、法、环、测实时数据，结合历史数据按大数据排产模型挖掘数据，输出解决方案，通过可视化系统指导操作，构成闭环，持续优化调整资源配置，提升经济效益。

我们推荐工业互联网 2.0 模型将云上四层作为工业互联网企业层模型的标准平台架构，因为：

一、统一信息模型技术发挥了工业互联网平台，水平集成的作用，

统一信息模型消除了传统烟囱式垂直架构的工业软件形成的信息孤岛，通过开发微服务模块，搭建企业生产管理集成平台，让企业在统一的平台上完成生产管理业务，实现了工业互联网提升企业生产管理效率的功能。

二、统一信息模型技术发挥了工业互联网数据+模型的深化应用作用，通过统一信息模型，和嵌入在模型内部的统一 API 接口和算法模型，可以在具体生产环境中建立形成虚实对应的数字孪生体孪生体，这些数字孪生体通过工业互联网对企业各部门，各车间、设备、仓储、物流的连接，可以感知生产管理过程中的实时数据，实现跨业务间的数据共享。并通过大数据分析挖掘，实现了工业互联网全面优化企业资源配置，提升综合效率的功能。

三、统一信息模型技术还可以发挥工业互联网模式创新、服务优化、组织生态协同发展的作用。通过统一标识代码，实现信息模型对生产管理过程的识别，从而伴随着产品的生产管理过程，按照产品生产过程的时序，在信息系统中构建出数字孪生的生产过程场景数据链，实现信息化系统替代人脑对工业生产过程的自动感知与自动学习，将企业管理人员大脑中的工业 KNOW HOW 沉淀在了企业信息化系统中，从而实现工业互联网知识标准化和抽象化的作用，将工业生产知识封装成为工业 APP，配置给广大中小企业使用，将会全面提高我国中小企业生产管理效率和质量经济效益，提升我国工业在全球产业链的竞争优势，实现了工业互联网行业整体价值提升的功能。

9.2. 测试床可复制性

我们目前有能力在我们的 FB 开发平台上为金属零部件加工企业开发各种 100%贴身服务企业生产管理需要的生产管控集成系统（工厂大脑）

包括：齿轮、轴承、弹簧、链条等通用零部件。以及铸造、冲压、锻造、机加工、热成型、冷成型等金属加工行业的数字化智能化改造。

目前我们已经在 FB 平台上已经开发的有：

FB-JGJ002 山东九佳紧固件股份有限公司生产管控集成系统（紧固件工厂大脑）

FB-JGJ003 北京金兆博公司紧固件经营及生产管控集成系统（紧固件工厂大脑）

FB-CL001 山东润通齿轮集团有限公司齿轮生产过程管控集成系统（齿轮工厂大脑）

FB-ZZ001 新泰鑫盛铸造有限公司铸造生产过程管控集成系统（铸造工厂大脑）

还有铝合金、铸造、锻造、机加工、热处理等项目正在洽商与实施。

9.3. 测试床开放性

本测试床是联合智造（北京）科技发展有限公司受山东省新泰市政府聘请，在山东新泰市建立的全国第一个县级工业互联网 APP 创新中心的试点项目，是我们首次采用统一信息模型在采用 FB 开发平台上，对金属零部件行业构建生产过程管控的试点项目，在项目进行过程中，

- 1、我们邀请了洛阳开远智能精机有限公司参与测试床数控机床设备数据采集工作站系统的调研、设计、研发、实施。
- 2、我们邀请了青岛前哨检测设备工程公司参与测试床质量工程建设的调研、设计、研发、实施。
- 3、我们联合了湖南东创智能装备有限公司参与测试床工厂大脑 FB 与产线大脑（自动化机床生产线控制系统）之间的数据传递工程的调研、开发、实施。

十、其他信息

10.1. 测试床使用者

本测试床是联合智造（北京）科技发展有限公司与山东润通齿轮集团有限公司共同建设的金属零部件生产过程管控集成系统测试床，有关金属加工的基础零部件生产过程管控的集成系统，经过与润通公司签订合作协议，可以在本测试床进行测试。

10.2. 测试床知识产权说明

本项目的建设、运营知识产权归联合智造（北京）科技发展有限公司所有，山东润通齿轮集团有限公司拥有使用权。

FB-CL 测试床，是国内首次采用统一信息模型技术构建数字孪生和大数据优化，尽管测试床一期已经上线运行，每天已经开始感知上万的生产过程数据，但技术仍在探索中，大数据积累需要时间，在系统能够实现大数据闭环优化后，联合智造将申请知识产权或专利。

10.3. 测试床运营及访问使用

本测试床部署在电信云上，采用 B/S 系统，有关人经授权都可以访问和操作。

10.4. 测试床资金

本测试床软件系统目前预算投入资金 600 万人民币，预计由山东润通齿轮集团有限公司投入 210 万元，联合智造（北京）科技发展有限公司投资 390 万元。

10.5. 测试床时间轴

本测试床 2019 年开始建设，预计 2022 年结束。

目前测试床一期工程已经验收，并开始运行，企业生产过程数据已经在测试床系统上实现实时映射，数字孪生。

2020 年 12 月开始 2 期工程建设，目标是实现知识学习，分析预测。

2021 年建设 3 期工程，目标是实现大数据闭环优化。

10.6. 附加信息

中国拥有庞大的零部件制造和金属加工企业，据我们调查数量有百万之多，此测试床包含了完整的离散制造和金属加工工艺路线。

1、对于大中型企业，此测试床的生产过程管控系统可以作为基础零部件行业内所有金属加工企业的生产过程管控的通用参考模型，在此基础上对每个企业需求进行部分定制开发，可以节约开发费用 50%以上，仅此一项，就可以为国家节约上千亿的智能化技术改造资金。

2、对于中小企业，如果将这套系进行二次开发，可以封装成为各种基础零部件细分行业生产过程管控 APP，让中小型企业直接或经过微小的调整使用，其使用成本大约是定制开发的 10%-15%。可以从 300 万降低到 30 万至 45 万，达到中小企业可以承受的费用水平，这将会极大的推进中小企业实现数字化、网络化、智能化的进程。

3、**测试床采用统一信息模型技术，通过构建信息与物理世界融合的数字孪生体对离散工业的生产过程进行感知与管控，是否可以对流程工业进行感知与管控，是否可以对工业、农业、商业、交通、医疗、治安、智慧城市全面进行感知，是否通过构建行为过程场景数据链、进行知识学习、认知分析、推理预测、实现人工智能管控物理世界。希望工业互联网业内同行共同探索智能化时代实现赛博物理系统和数字孪生的关键技术，探索数字技术从虚拟仿真到虚拟现实的飞跃，探索人工智能管控物理世界的技术路径。**