



# 面向航天装备制造的数字化工厂集成平台建设项目

基于涉密信息系统研发标准的企业级工业互联网平台

基于首航机械数字化工厂建设的总体目标，选择总装事业部作为数字化工厂标杆工厂进行打造。总装事业部以运载火箭总装为主，任务逐年翻倍增长，交付节点紧，零缺陷要求严格，基于产品质量管控的要求，生产过程需严格落实工艺质量文件一体化，并做到系统有效防呆控制，全业务链条的信息追溯。首航机械的数字化工厂集成平台建设项目是源自国防军工企业的一站式数字化工厂整体解决方案，是基于涉密信息系统研发标准的企业级工业互联网平台。

## 一、项目概况

### 1. 项目背景

#### (1) 运载火箭装备制造痛点

首航机械主营业务为项目制的单发火箭生产任务，产品完全定制，主要表现在以下几点：

①订单高度定制：订单客制化程度高，批量小，种类多；订单信息量大，特殊参数要求和标准繁多，项目制。②技术工艺与供应链高度复杂：零部件多达两万多种，BOM 结构复杂；工艺标准和工艺路线多样化；③生产制造高度离散：工序集群孤岛式分布；加工工序流转多样化；生产任务、人员、物料、设备信息高度离散，计划管理困难。④生产制造高度离散：设备化程度相对较高，但联网利用率低；⑤产品品质要求高（生命周期长）：产品在客户端使用后，售后品质

问题需要“归零”追溯与处理；对于品质“零容忍”，品质的高度拉长生命的长度。

以上痛点造成管理协同难、品质不稳定、交期不可控的问题。

### (2) 集成平台建设需求与“双重”信息孤岛之间的矛盾

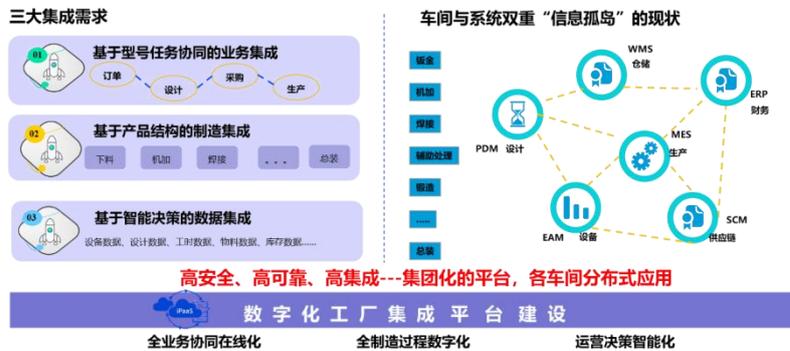


图 1 集成需求与信息孤岛之间的矛盾

①基于订单协同的业务集成：通过业务集成解决订单，销售、技术、采购、生产各业务部门进度不透明，多部门协同管理难的问题。②基于产品结构的制造集成：通过制造集成，解决产品结构复杂，生产制造过程高度离散的问题，实现制造过程数据的精准采集与追溯。③基于智能决策的数据集成：整个装备制造过程生命周期长，涉及到大量的数据，通过数据集成搭建数据汇聚和分析的数据集成应用平台，解决品质不稳定、交期不可控等问题。

因为航天装备制造行业的特殊性，同时还具有高安全、高可靠、高集成的要求；但是，现状却面临着车间与系统的“双重信息孤岛”；集成平台建设需求与“双重信息孤岛”是系统建设要解决的根本问题。

## 2. 项目简介

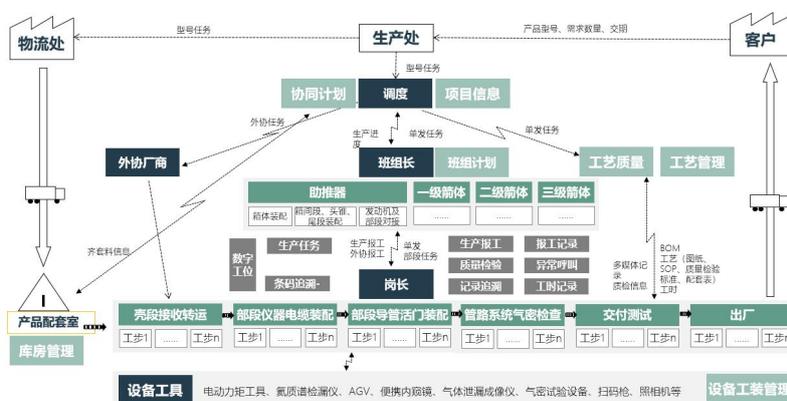


图 2 价值流图

运用价值流工具对全业务流程进行梳理,火箭总装数字化转型的现状与需求主要体现在以下几个方面:

(1) 基于装配网络计划图建设项目制装配网络计划,构建适合单元式生产与脉动式生产相结合的生产计划体系,实现数字化协同制造,提高生产效率。

(2) 建立工业物联网(IIoT)平台,实现设备互联互通与数据自动采集,实现全过程质量检测数据、数字化工具反馈数据和多媒体记录数据的数字化采集、回传和关联融合,通过工艺数字化、制造过程数字化、质量数字化实现全面质量数据的追溯管理。

(3) 基于工艺一体化建设,搭建工艺管理平台,实现工艺维护、工艺规程传递以及生产过程数据的自动传递与归集。

(4) 以数字工位为抓手,建立制造运行管理平台(MOM)系统,工艺、生产、仓储、检验各环节数据实时同步与控制,实现各业务流程的数字化协同。

### 3. 项目目标



图3 项目目标

## 二、项目实施概况

基于首航机械现有的信息化系统,打造一个以型号任务为源点的一体化数字化工厂集成平台系统,为企业搭建工艺管理、项目制计划统筹、生产制造、设备智能化、智能物流仓储、工业物联网平台等全业务场景的数字化工厂应用平台。

## 1. 项目总体架构和主要内容

### (1) 整体功能架构

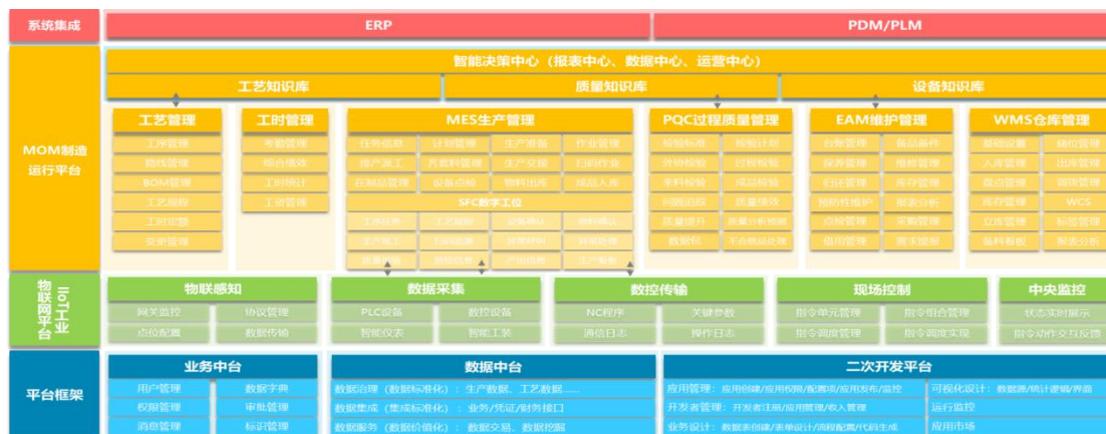


图4 项目总体功能架构

首航机械火箭总装数字化工厂建设按照平台化的架构进行系统功能架构，平台框架以业务中台、数据中台和二次开发平台为基础，搭建 IIoT 工业物联网平台、MOM 制造运行管理平台、工艺管理平台等包含 100 多个功能应用与服务，满足不同业务场景需求，帮助首航机械总装事业部实现横向与纵向全方位数据集成。

### (2) 技术架构

由于密级和网络隔离限制，平台智能应用层系统和采集、控制层系统分层分网络部署，智能应用层系统服务器接入涉密网，控制层系统服务器接入工控网，涉密网与工控网之间通过网闸实现文件形式的数据交互，工控网牵扯到的涉密数据通过字段转换实现保密脱敏，保障信息安全。

### (3) 安全架构

平台建设基于涉密信息系统研发标准，从应用安全、数据安全、网络安全等方面，充分考虑企业信息安全需求，从三员管理、访问控制、入侵检测、加密传输与存储等各个方面入手，提供军工标准的安全可靠性防护。

## 2. 具体应用场景和应用模式

### (1) 工艺管理

通过建立基于知识体系建构的工艺管理平台，以数字化工厂集成平台的统一平台和统一架构为系统基础，以工艺知识库为系统核心，将工艺结构化、工艺标

准化、工艺模型化、工艺流程化、工艺参数化以及工艺知识化和可复用性，作为本系统的主要设计理念，同时兼顾工艺管理系统的与外部系统和工具的集成性、可扩展性，打造自主可控的涵盖航天装备制造的重大专业领域（机加、焊接等）的工艺管理平台系统。

通过一体化文件平台的建设，主要实现以下基本目标：实现一体化文件的编辑、更改、审批、发布、使用及归档等全过程化的管理，确保产品技术状态受控；实现零件、装配及总装测试操作的文件一体化和内容精细化管理；实现基于知识、流程、模型等工艺管理，提升工艺设计的质量和效率；实现数据的完整、规范和统一，为 Smart Team、MES、ERP、QMS 等重要平台系统的建设提供可靠的数据基础，支撑企业数字化工厂建设和智能制造转型。

## （2）项目制装配网络计划管理

以单发产品的生产作为项目，通过单发总装过程模型为网络计划控制主线，并贯穿于项目管理的整个过程；基于物料一物一码的标识编码原则，从项目的立项开始到项目结束的全过程，其工艺文件发布、物料齐配套、设备工装配套、生产进程等方面实现项目的全方位管理，使单发产品在总装过程中信息化、透明化，可视化，从而实现总装生产的脉动式和单元式的灵活切换，达到进度可控、风险提前预警的管理要求，真正做到存在即可追溯。

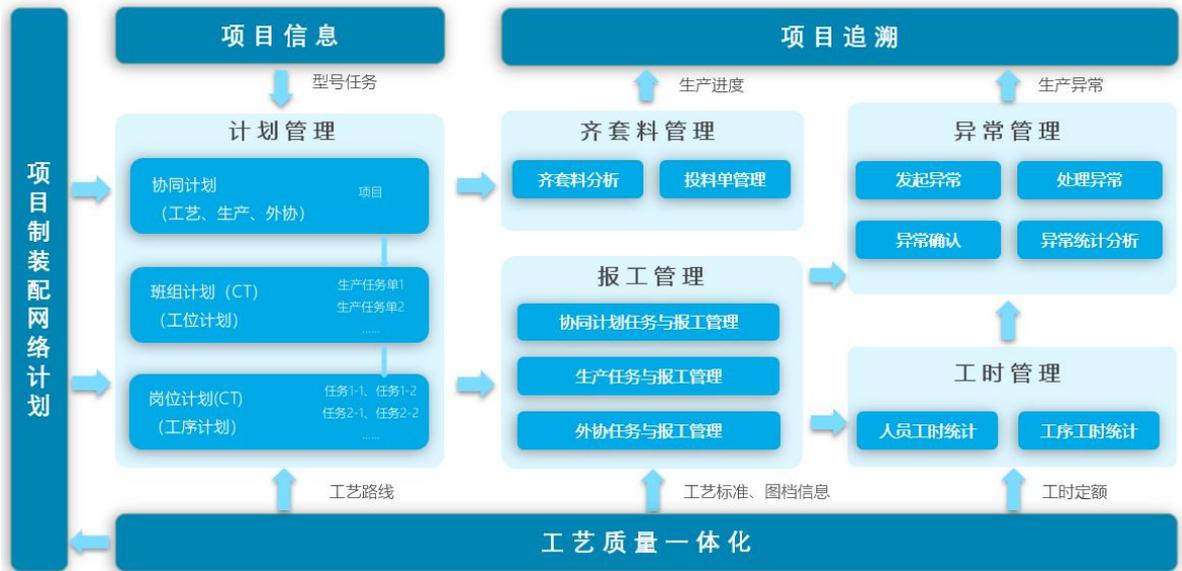


图 5 项目总体功能架构

### (3) 以数字工位为抓手的 MOM 生产管控平台

集成工艺管理平台和制造运营管理系统信息，通过在各生产单元一体机终端建立数字工位（HMI），作为生产管控平台在现场的执行抓手，包含生产准备、生产报工、质量检验、异常处理等现场执行操作业务模块。

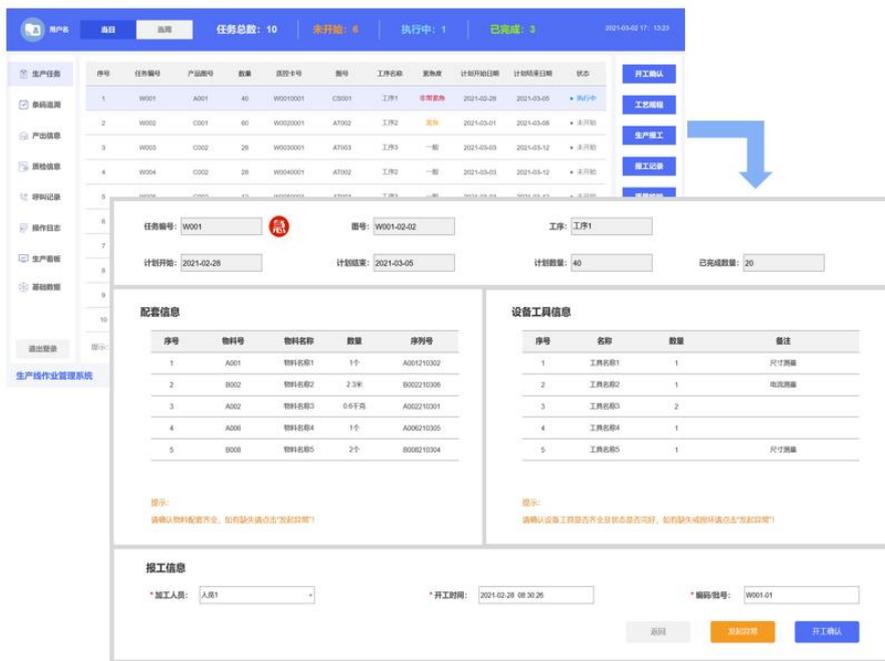


图 6 数字工位建设

### (4) 智能物流仓储管理

搭建智能物流仓储平台，基于 5G 通讯网络，集成应用 RFID、AGV、智能立体库、协作机器人搬运等技术，用智能化、自动化、信息化的手段辅助解决企业物料出入库、物料精准推送的难题，优化配料路线及配料准确性，整体提高物料周转效率。

智能物流仓储管理围绕物资的“进、出、用”环节进行科学管理，实现航天装备制造各车间与部门对物资的赋码、入库、出库、调拨、盘点、报废、信息监控等各项日常业务的信息化管理。同时实现与其他业务系统和智能硬件的信息交互与对接，以及对物资的全业务流程的追溯管理。帮助航天装备制造更有效、更全面地管理生产物资，最终实现资源合理配置，并为决策提供数据依据。

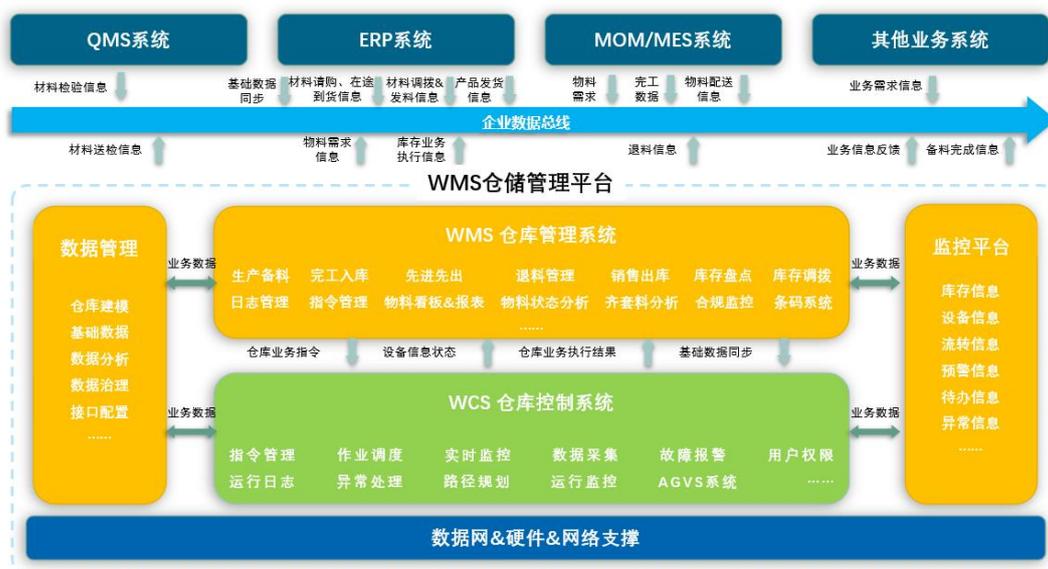


图7 智能物流仓储管理平台数据流

### (5) IIoT 工业物联网系统

运用物联网、边缘计算、工业控制等先进互联网技术，建立 CA-IIoT 工业物联网平台，实现设备组网、数据采集、数控传输、现场控制、中央控制功能；基于 5G 通讯技术实现生产线业务层人、机、料、法、环、测各要素的数据连接、数据感知、数据采集、数据传输、数据存储以及控制指令的下发。



图8 设备物联及工业控制结构图

①设备组网：基于工业以太网接口，通过工业智能网关（或工业一体机）对现场设备工装进行组网连接，实现设备协议的解析、采集点位的配置、采集网关的监控、采集数据的有序传输。

②数据采集：通过对航天装备生产线各组装单元设备工装通讯协议的解析以及采集点位地址配置，进行设备通讯；根据采集参数的点位地址实现需求数据的定向精准采集。

③数控传输：面向通过程序控制实现动作的设备和工装，例如扭力工具扭矩程序的传输与管理：基于工艺规程，定义扭矩加工程序编号，加工程序存储在扭力工具控制器内，平台基于生产任务需求对程序进行点对点的指令（程序编号指令）调用与执行。

### （6）数据统计与可视化

以业务为导向、数据为核心、可视化产品为依托，为航天装备制造全过程提供面向各业务场景的数据统计与可视化解决方案，将数据形象化、直观化、具体化的展示出来。对生产执行、异常统计、质量统计等相关数据进行统计分析与应用，实现全方位可视化 KPI 管理，辅助智能决策。

## 3. 其他亮点

首航机械数字化工厂的建设，遵循国际、国家和行业标准，包括 ISA95 标准与 GB/T20720《企业控制系统集成》。整体项目是在首航机械数字化工厂平台规划的基础上，基于总装事业部场景进行建设。建设思路按照整体规划，分部部署的方式执行，如下图，本项目数字化车间的建设主要聚焦在 L1、L2、L3 三层。

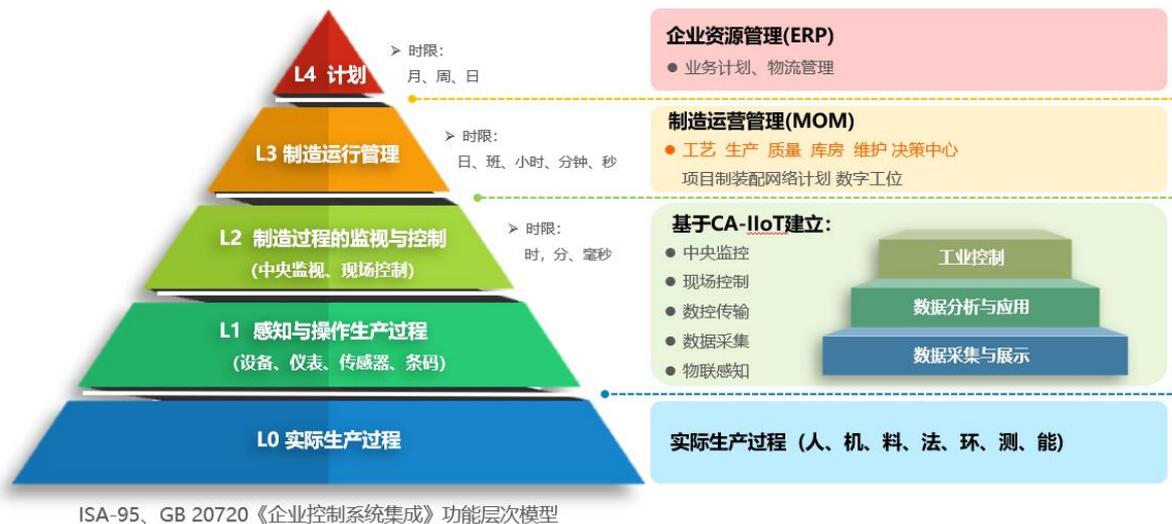


图9 ISA-95、GB 20720《企业控制系统集成》功能层次模型

## 三、下一步实施计划

---

### 1. 工艺管理平台知识库搭建

基于工艺管理平台，通过对机加、焊接、钣金、锻造、部装、总装等各专业领域工艺知识的沉淀，建立工艺知识库；实现工艺结构化、工艺标准化、工艺模型化、工艺流程化、工艺参数化以及工艺知识化和可复用性，为航天装备制造提供工艺知识积累。

### 2. 数字化集成平台向上下游进行延伸

以数字化工厂平台为基础，以总装为起点，向机加、辅助处理、部装等制程辐射，实现航天装备制造全业务流程、全价值链的数字化协同。

### 3. 建立航天装备制造行业的数据共享赋能平台

以航天装备数字化为标杆，为高端装备制造企业打造工具化、低成本、一站式的数字化升级产品生态；打造装备制造产业数据获取、数据汇聚、数据赋能的工业大数据应用创新平台；形成装备制造业智能化升级、服务化转型、创新性设计的新一代信息技术创新应用共享服务平台，助力我国装备制造业技术融合与产业升级。

## 四、项目创新点和实施效果

---

### 1. 项目先进性及创新点

#### (1) 创建高端装备工业机理模型库

本项目同时参与申请了《国家工业互联网创新发展工程》的工业机理模型库项目，创新性的阶段研制出包含航天装备理论模型、设计机理模型、仿真机理模型、工艺规划机理模型、制造执行机理模型、故障诊断机理模型在内的航天装备工业机理模型库，同时建立与之适应的包括开发环境在内的工业互联网平台，最终实现机理模型库在航天领域的成功应用与推广。

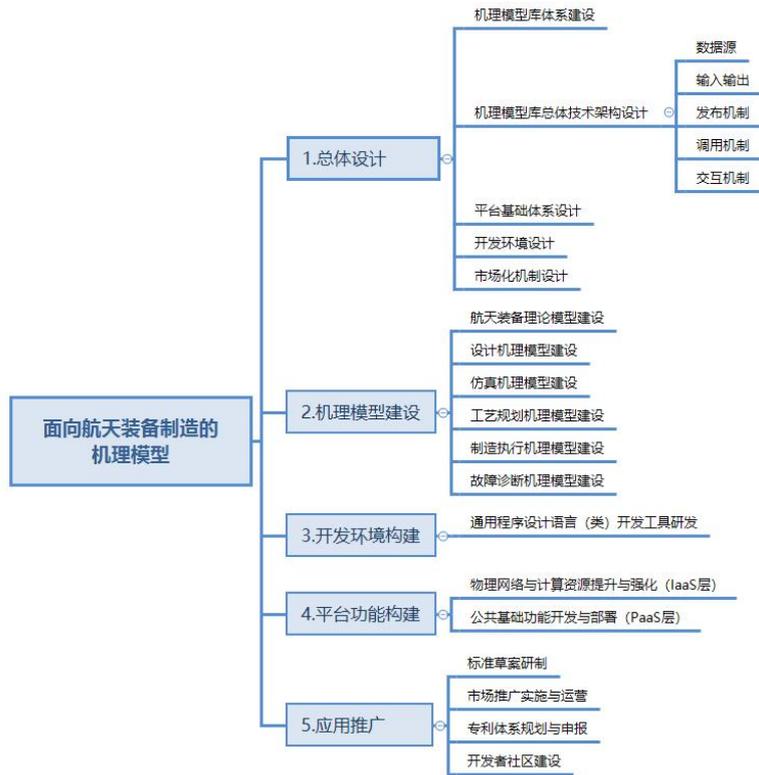


图 10 工业机理模型库建设

(2) “工业乐高模式” 适合不同工业场景

结合工业机理模型库项目，通过机理模型应用模式的探索和研究，建立“工业乐高模式”面向不同工业场景的工业 APP 进行快速的解耦重构与功能迭代，满足装备制造企业品种多、批量小的个性化定制场景需求。

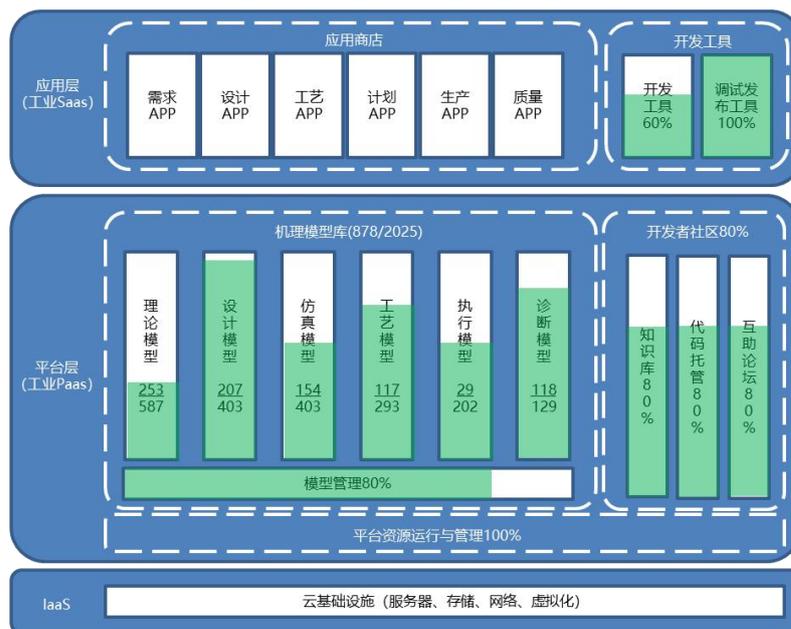


图 11 “工业乐高” 模型

## 2. 实施效果

基于涉密信息系统研发标准的企业级工业互联网平台项目预期实施效果如下：

(1) 基于工艺管理平台、通用 MES 平台和 WMS 系统，建立项目制装配网络计划管理、生产执行过程控制与管理监控，实现各部门工作的数字化系统，生产进度透明化管理；保证生产计划的有效执行与落地，预计可缩短产品交期 24%；

(2) 建立异常管理模块，质量数据实时提报与采集，通过一物一码的全面数字化标识体系建立，实现全面的数字化质量追溯管理。通过数字化控制体系，全过程质量追溯和完整性，使返工率预计降低 19.2%；

(3) 各工厂业务环节协同管理，总装车间组装效率提升。实现订单-研发设计-制造-供应链，全业务协同；实现基于产品结构的制造协同；实现通过数字工位、自动化设备与 IIoT 平台应用集成，实现人机交互的高效协同；整体组装效率提升 13.3%。