

# 工业互联网 APP 发展白皮书

## (2018 年)



**中国工业技术软件化产业联盟**  
**(中国工业 APP 联盟)**

2018 年 6 月

# 编写说明

新时代工业转型升级离不开新动能，信息时代的工业发展离不开工业软件。

工业互联网 APP（以下简称工业 APP）是基于工业互联网，承载工业知识和经验，满足特定需求的工业应用软件，是工业技术软件化的重要成果。

随着制造业与互联网融合发展的纵深推进，制造业数字化、网络化、智能化转型步伐加快，APP 从消费领域向工业领域快速渗透。世界主要发达国家正在加快布局工业互联网平台，大力部署工业 APP，通过激活工业数据和知识资源，赋能工业提质增效和转型升级。

在全球工业进入新旧动能加速转换的关键阶段，工业 APP 将推动工业生产模式和商业模式的加速变革，为我国重塑制造业体系，实现制造业换道超车提供重要手段。

为贯彻落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》和工业和信息化部《工业互联网 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）》，推进百万工业 APP 培育工程，在工业和信息化部信息化和软件服务业司的指导下，工业技术软件化产业联盟组织团队专家力量，调研不同类型的企业，汇总了多方面的需求，编写了本白皮书。

本白皮书共有七部分内容。第一部分描述工业 APP 是什么，定义了工业 APP 的基本概念，第二部分阐述工业 APP 的国内外发展历史及现状，第三部分提出了工业 APP 的体系框架和基本分类；第四部分介绍了工业 APP 的开发方法特别是安全与质量控制；第五部分论述了如何建设工业 APP 生态，并提出了与此有关的确权、交易、流通等内容，第六部分展望了工业 APP 的未来发展和巨大市场潜力，第七部分给出了若干工业 APP 开发与应用案例。

本白皮书的编写受到社会各界专家、企业及科研单位的关注和大力支持，在此特别感谢工业和信息化部信息化和软件服务业

司谢少锋司长、李冠宇副司长、商超处长对白皮书的悉心指导，特别感谢赵敏、郭朝晖、郑治等专家对白皮书架构把控、观点提炼和内容补充所做的贡献；特别感谢宁振波、王叶忠、刘爱军、陶剑、刘斌、冯军、宋铁牛、张卫善、杨大明、王晓明、林雪萍、吴金海、王建、刘巍、刘江平、兰小平、胡虎、朱铎先、赵强、王国新、刘默、李天辉、崔强、张盼、张浩、朱星、何迪江、张定平、李南、袁琦等专家提出的真知灼见和宝贵修改意见；在白皮书编写过程中，陈立辉、李义章、王蕴辉、孙文龙、阎丽娟、杨春晖、周平等联盟领导和专家在白皮书成稿过程中也提出了许多建设性意见；在此一并致谢。

工业 APP 是工业软件未来发展的新形态，是一个需要长期培育和开发的发展过程。因此，本白皮书的制定仅仅是一个非常初始的、阶段性的描述和框定，其中必定还有很多未及深入研究、清晰阐述和完整论述之处，期待能够得到各方面的意见与建议，不断更新和完善本白皮书，在持续深入研究的基础上适时修订和发布新版报告，共同把工作做扎实，做深入，做持久。

## 指导单位

工业和信息化部信息化和软件服务业司

## 组织单位

中国工业技术软件化产业联盟（中国工业 APP 联盟）

## 编写单位（排名不分先后）

工业和信息化部电子第五研究所

北京索为系统技术股份有限公司

航天云网科技发展有限公司

走向智能研究院

中国电子技术标准化研究院

中国信息通信研究院

国家工业信息安全发展研究中心

中国电子信息产业发展研究院

金蝶软件（中国）有限公司

北京数码大方科技股份有限公司

阿里云计算有限公司

中国航空工业集团有限公司

中国电子科技集团公司第三十六研究所

中国航发商用航空发动机有限责任公司

中国兵器工业集团有限公司

中国航天科工集团第二研究院  
北京凯尔京能源环保科技有限公司  
中国科技自动化联盟  
中国邮电报社  
北京大学  
北京理工大学  
中国工程物理研究院  
北京联讯动力咨询有限公司  
北京兰光创新科技有限公司  
北京东方国信科技股份有限公司  
宜科(天津)电子有限公司  
北京云道智造科技有限公司  
英诺维盛(北京)新技术发展有限公司  
江苏徐工信息技术股份有限公司  
南京维拓科技股份有限公司  
深圳市汇川技术股份有限公司  
沈机(上海)智能系统研发设计有限公司

**编写人员:**

熊腾飞	谢克强	王振华	何 强	王 战	向华安
卞孟春	罗 银	刘奕宏	周力力	李 冬	杨东裕

# 前 言

当前，以智能为标志的新一轮科技革命风起云涌，全球范围的工业体系变革与经济发展方式转变成历史性交汇，国际产业分工格局正在重塑。信息技术加速与工业领域融合，智能制造在信息时代正迎来一个崭新的工业革命篇章。

为了在上述变化中取得先机，我国颁布实施了一系列重大政策，大力推进工业化与信息化向深度融合发展。国务院先后出台了《中国制造 2025》（国发〔2015〕28 号）和《国务院关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》（国发〔2016〕28 号，简称《指导意见》）等文件，全面部署推进制造强国与网络强国战略实施。

新的时代正在推动制造业加速向数字化、网络化、智能化方向延伸拓展，软件定义、数据驱动、平台支撑、服务增值、智能主导的特征日趋明显。智能制造成为两化融合的主攻方向，工业互联网加速智能制造推进，工业互联网平台让工业软件以全新架构为工业提供服务。

《指导意见》提出“强化软件支撑和定义制造业的基础性作用”，从战略和全局的高度指出了新时期软件在制造业的地位与作用。工业软件在工业革命中的地位日渐凸显。原本在工业深处各个环节安身或隐身的工业技术与知识，在数字化、网络化的放大与赋能下，以工业软件形式现身，在工业发展中显现出越来越重要的作用。实践证明，如果没有工业软件，就没有今天的新型工业装备，假如抽掉软件，改革开放 40 年以来信息化的一切成果都将不复存在。

尽管工业软件已经成为新工业革命的核心竞争力，但是传统形态的工业软件的缺点也逐步显现，如体系庞大、架构复杂、价格昂贵、功能高度耦合、开发周期长、更新维护不易等。目前很多企业中的“信息孤岛”，与传统工业软件的上述缺点不无关系。

伴随新工业革命逐渐加速的脚步，工业技术软件化从悄然发

生变成了业界共识，工业互联网为工业 APP 的发展带来了强大的活力和增长机遇，基于全新架构和理念开发出来的工业 APP，为工业软件的研制、应用与发展提供了更好的技术路径与应用实践。工业 APP 数量、效果、用户下载量目前已经成为工业互联网平台是否成功的关键指标要素。

2017 年 11 月，《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》发布，文件提出实施百万工业 APP 培育工程：“到 2025 年，形成 3~5 个具有国际竞争力的工业互联网平台，培育百万工业 APP，实现百万家企业上云，形成建平台和用平台双向迭代、互促共进的制造业新生态”。2018 年 5 月，《工业互联网 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）》印发，文件在系统研究制约工业 APP 培育的基础性和系统性问题的基础上，提出了未来三年工业 APP 培育的总体要求、主要任务和保障措施，明确了工作推进时间进度。

本白皮书指出了工业 APP 的发展过程，认为工业 APP 主要是工业技术软件化的结果。本白皮书将工业 APP 大致分为三种模式，个体自有、企业自有、商用公有。其相互关系与发展演变路径是：工业技术与知识→工业软件→工业 APP（个体自有、企业自有）→工业互联网 APP（商用公有）。因此，企业对工业技术和工业知识的认识辨别、收集梳理、开发应用等具有特别重要的意义。

工业技术和工业知识，是工业化发展成熟的结果，是开发工业软件的必备素材。在工业软件部署与发展方面，国外企业已经走在了前面，占据了有利的技术高地，垄断了几乎所有的门类。在工业软件遍布壁垒和禁区的市场竞争态势下，工业软件的新形态——工业 APP 无疑为我们打开了一扇门，让我们多了一条通往新工业化道路的出口，多了一个“换道超车”的路径。我们要抓住这个稍纵即逝的历史机遇，高度重视工业互联网给我们带来的以工业 APP 形式发展工业软件的契机，在大力建设和发展工业互联网的同时，把工业软件的短板补齐，把工业 APP 的建设推向高潮。

中国工业技术软件化产业联盟是推动工业技术与软件技术深度融合发展的重要平台，也是工业 APP 白皮书的主要发起者。相信通过联盟成员的共同努力，必将更加扎实地贯彻落实国家相关战略部署，推进工业技术软件化进程，促进制造业与互联网融合发展，建立工业 APP 产业生态，壮大工业互联网产业。

由于工业 APP 尚属于新的概念、新的领域，所以各行各业急需对工业 APP 的概念和相关问题进行解释和说明。本白皮书致力于在这些方面有所说明，尝试系统性地回答工业 APP “是什么”“为什么”“干什么”“怎么干”“未来如何”等一系列重大问题。这对我们编写组来说，无异于是一次全行业对我们的考核与考验。在经历了数月的不懈努力与艰苦付出之后，一个并不令人满意但是尚可发布的白皮书版本就要与大家见面了。我们期待各界对该白皮书的点评、批评与建议，希望在不断的修订与完善中，不负工业和信息化部领导和业界同仁的重托，给出一个越来越符合国情、企情，易学易懂，便于操作的白皮书，让我国工业 APP 的建设，在通往新工业化道路上疾速前行。



# 目 录

编写说明 .....	I
前 言 .....	V
目 录 .....	VIII
<b>1 概 念 .....</b>	<b>1</b>
1.1 工业 APP 的形成 .....	1
1.2 工业 APP 的特征 .....	3
1.3 工业 APP 的形式 .....	4
1.4 工业 APP 与工业互联网平台 .....	6
<b>2 工业 APP 的演变与现状 .....</b>	<b>8</b>
2.1 工业 APP 的建设意义 .....	8
2.2 工业 APP 的发展演变路径 .....	11
2.3 工业 APP 的典型应用 .....	14
2.4 国外发展扎实先进 .....	15
2.5 国内发展起步前行 .....	19
<b>3 工业 APP 的体系框架 .....</b>	<b>23</b>
3.1 体系概述 .....	23
3.2 工业维 .....	24
3.3 技术维 .....	26
3.4 软件维 .....	28
<b>4 工业 APP 的开发 .....</b>	<b>31</b>
4.1 工业 APP 开发路线图 .....	31
4.2 工业 APP 关键技术 .....	33
4.3 开发平台 .....	35
4.4 开发质量控制 .....	37
<b>5 建设工业 APP 生态体系 .....</b>	<b>40</b>
5.1 工业 APP 生态体系概述 .....	40
5.2 工业 APP 关键环节 .....	42

5.3	工业 APP 支撑体系 .....	47
5.4	工业 APP 培育 .....	51
<b>6</b>	<b>工业 APP 的发展展望 .....</b>	<b>53</b>
6.1	工业 APP 是大势所趋 .....	53
6.2	工业 APP 道路漫长 .....	53
6.3	工业 APP 发展态势预测 .....	54
<b>7</b>	<b>工业 APP 开发与应用案例 .....</b>	<b>56</b>
7.1	索为 SYSWARE 平台 .....	56
7.2	航天云网 CMSS 环境 .....	60
7.3	东方国信 CLOUDIP 平台 .....	63
7.4	云道智造仿真安卓 .....	66
7.5	宜科 IoT HUB 平台 .....	70
7.6	徐工 XREA 平台 .....	72
7.7	数码大方工业云 .....	75
7.8	金蝶微服务 .....	77
7.9	南京维拓科技 .....	80
7.10	汇川技术 .....	82
7.11	阿里巴巴云效 .....	84
7.12	沈机智能 .....	86
	缩略语表 .....	<b>87</b>
	参考文献 .....	<b>89</b>

# 1 概念

工业互联网 APP（以下简称工业 APP）是基于工业互联网，承载工业知识和经验，满足特定需求的工业应用软件，是工业技术软件化的重要成果。

工业 APP 是面向工业产品全生命周期相关业务（设计、生产、实验、使用、保障、交易、服务等）的场景需求，把工业产品及相关技术过程中的知识、最佳实践及技术诀窍封装成应用软件。其本质是企业知识和技术诀窍的模型化、模块化、标准化和软件化，能够有效促进知识的显性化、公有化、组织化、系统化，极大地便利了知识的应用和复用。

相对于传统工业软件，工业 APP 具有轻量化、定制化、专用化、灵活和复用的特点。用户复用工业 APP 而被快速赋能，机器复用工业 APP 而快速优化，工业企业复用工业 APP 实现对制造资源的优化配置，从而创造和保持竞争优势。

在工业互联网平台环境下，有利于推进工业 APP 的开发、应用及共享，形成生态环境，促进知识的传播与复用，把知识经济推向新的时代。

## 1.1 工业 APP 的形成

**知识承载方式的变迁。**知识最初只存在于人脑，后来人与知识分离，知识以文字和图片等方式外化于竹简、布帛和纸张上。直到计算机出现，诸如机械、电子物理、化学等领域专业知识，工业生产实践经验及诀窍，基于已知工业机理构建的各类模型，逐步进入了计算机，形成早期的工业软件。

工业 APP 的出现促进了工业技术沉淀、传播和应用效率的极大提升。目前知识的形成方式有两种。大量的工业知识靠人形成，

保存在人脑、图文文献等载体中。这种方式不利于传承，不利于持续改进，不利于知识管理。要解决这些问题，不仅要把人脑中的隐性知识外化为显性知识，还要将知识标准化、代码化，固化在软件中。

还有大量的知识隐藏在数据之中，需要通过统计、分析、机器学习等方法对现有的工业大数据的分析与挖掘，找到故障模式、缺陷特征、最佳工艺参数等人难把握的知识，将其固化在软件中。

封装了工业知识的智能工业 APP，对人和机器快速高效赋能，突破了知识应用对人脑和人体所在时空的限制，最终直接驱动工业设备及工业业务，在赛博空间（Cyberspace）形成强大数字劳动力，极大地促进社会生产力的发展。

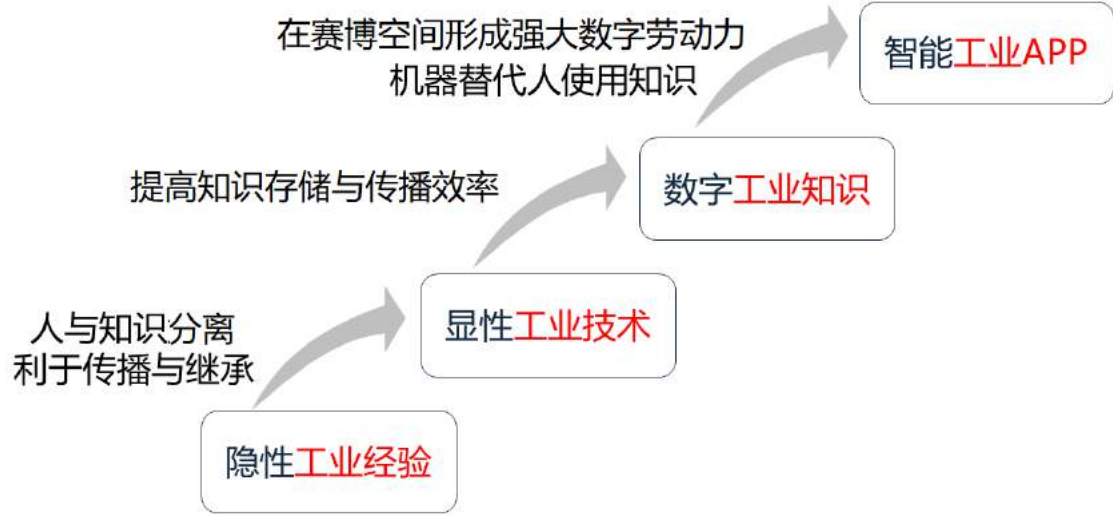


图 1-1 工业技术应用范式的升级过程

从早期的人与知识分离，到未来在赛博空间形成强大的数字劳动力，以机器替代人来使用知识，工业技术应用范式经历了如图 1-1 所示的升级过程。

## 1.2 工业 APP 的特征

工业 APP 作为一种新型的工业应用程序，一般具有以下 6 个典型特征。

### （1）完整地表达一个或多个特定功能，解决特定问题

每一个工业 APP 都是可以完整地表达一个或多个特定功能，解决特定具体问题的工业应用程序。

### （2）特定工业技术的载体

工业 APP 中封装了解决特定问题的流程、逻辑、数据与数据流、经验、算法、知识等工业技术，每一个工业 APP 都是一些特定工业技术的集合与载体。

### （3）小轻灵，可组合，可重用

工业 APP 目标单一，只解决特定的问题，不需要考虑功能普适性，相互之间耦合度低。因此，工业 APP 一般小巧灵活，不同的工业 APP 可以通过一定的逻辑与交互进行组合，解决更复杂的问题。工业 APP 集合与固化了解决特定问题的工业技术，因此，工业 APP 可以重复应用到不同的场景，解决相同的问题。

### （4）结构化和形式化

工业 APP 是流程与方法、数据与信息、经验与知识等工业技术的进行结构化整理和抽象提炼后的一种显性表达，一般以图形化方式定义这些工业技术及其相互之间的关系，并提供图形化人机交付界面，以及可视的输入输出。

### （5）轻代码化

工业 APP 的开发主体是具备各类工业知识的开发人员。工业 APP 具备轻代码化的特征，以便于开发人员可以快速、简单、方便地将工业技术知识进行沉淀与积累。

## （6）平台化可移植

工业 APP 集合与固化了解决特定问题的工业技术，因此，工业 APP 可以在工业互联网平台中不依赖于特定的环境运行。

### 1.3 工业 APP 的形式

工业 APP 关注对工业数据建模与模型持续优化，关注对工业技术知识的提炼与抽象，将数据模型、提炼与抽象的知识结果通过形式化封装与固化形成 APP。

工业 APP 强调标准化与体系化，标准化关注数据模型和工业技术知识的重用及重用效率，通过标准化使得工业 APP 可以被广泛重用，并且可以让使用者不需要关注数据模型和知识本身，而进行直接使用；体系化关注完整的工业技术体系的形成。

工业 APP 既可以安装、部署和运行在诸如工业大数据平台、工业通用设计软件平台、生产管控平台等系统平台上，也可以单独使用在电脑单机上。用户可以根据使用需求安装、使用、相互调用、流通、卸载或更换，操作快速、方便、灵活。

**工业 APP 基于工业互联网平台和传统工业软件而发展。**传统工业软件正在加快云化改造迁移，实现工具平台化。工业 APP 同时向工业互联网平台发展，最终都将汇聚于工业互联网平台。传统工业软件即 CAX、ERP、MES、项目管理等研发设计工具、运营管理软件和组织协同软件以及嵌入式软件。（即《工业互联网平台白皮书》中的软件企业的工业互联网平台化路径）。

人们利用 CAX、ERP、MES、项目管理等工具平台或引擎，生成、管理、复用工业知识，包括工业机理/模型知识、工艺知识等，以及关于如何使用这些工具的知识。工业 APP 在传统工业软件的基础上，实现工业知识的封装、共享、交易和复用。

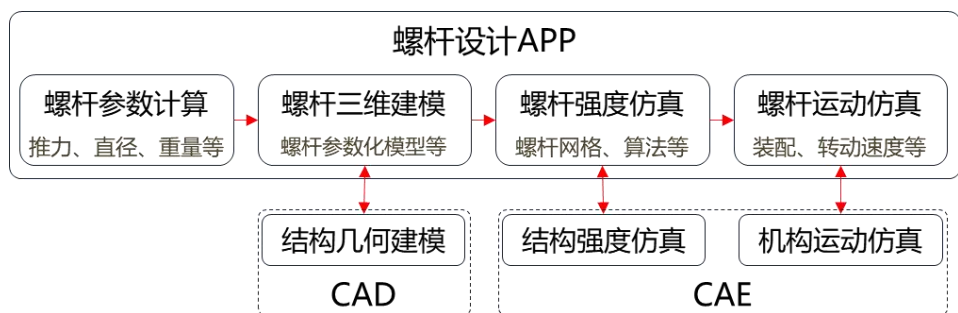


图 1-2 工业 APP 与传统工业软件的联系示例

如图 1-2 所示的一款螺杆设计阶段使用的 APP，包含了行业特有的推力计算和转动仿真等知识。在三维建模过程中，调用了 CAD 软件绘制几何模型；在强度和运动仿真过程中，调用了不同 CAE 软件进行物理仿真。所以，一方面传统工业软件是基于通用设计软件的设计知识封装为工业 APP 的基础；另一方面，工业 APP 使传统工业软件更好地服务于工业活动，两者在未来较长时间内相互配合，长期共存，功能强大的传统工业软件和日益丰富的工业 APP 协同作用，可以形成高效生产力。

工业互联网带来工业数据的爆发式增长，大数据与机器学习方法正在成为工业互联网平台的标准配置。工业 APP 可由工业大数据驱动，调用大数据与机器学习微服务或能力，替代人工积累经验，并自动发现知识，实现自诊断、预测与优化、决策支持。

**工业 APP 可采用微服务架构实现灵活构建。**微服务是一个新兴的软件架构，就是把一个应用程序分解为功能粒度更小、完全独立的微服务组件，这使得它们拥有更高的敏捷性、可伸缩性和可用性。工业 APP 可采用微服务技术，并通过工业互联网平台实现网络化调用，形成了一种可重复使用的微服务组件，推动工业技术、经验、知识和最佳实践的模型化、软件化与再封装。基于微服务架构松耦合、易开发、易部署、易扩展等特点，工业 APP 可以实现灵活组态、持续更新和快速部署，从而发展成工业软件的新阶段。

# 1.4 工业 APP 与工业互联网平台

工业互联网平台定位于工业操作系统，是工业 APP 的重要载体，工业 APP 则支撑了工业互联网平台智能化应用。

工业互联网平台通过构建应用开发环境，借助微服务组件和工业应用开发工具，帮助用户快速构建定制化的工业 APP。工业 APP 在工业互联网平台上运行，产生了大数据，随后对大数据进行机器学习和深度学习，最后数据经过提炼、抽取、处理、归纳后形成了数字化的工业知识，数字化的工业知识最终进一步完善工业 APP。

工业 APP 是实现工业互联网平台价值的最终出口。面向特定工业应用场景，激发全社会资源形成生态，推动工业技术、经验、知识和最佳实践的模型化、软件化和封装，形成海量工业 APP；用户通过对工业 APP 的调用实现对特定资源的优化配置。工业 APP 基于工业互联网平台，进行共建、共享和网络化运营，支撑制造业智能研发、智能生产和智能服务。



图 1-3 工业 APP 开发及应用参考架构图



对照《工业互联网平台白皮书》中图 1 所给出的工业互联网平台功能架构，工业 APP 开发及应用参考架构（图 1-3）的主要差别点包括：

（1）明确了标准体系、质量体系、安全体系三大支撑体系。推动工业 APP 的规模化开发及应用，构建工业 APP 开发及应用生态，促进工业 APP 的商品化流通及共享应用，既是工业互联网平台向创新引领阶段、生态构建阶段演进的技术路径，又是工业 APP 培育工程的技术路径。工业 APP 的标准体系、质量体系、安全体系是核心支撑体系，缺一不可。

（2）在平台层中提出了软件管理和开发平台。建立一套基于中间件的工业技术与工业资源之间的解耦机制。企业或个人通过图形化、交互式的开发环境，借助微服务组件和工业应用开发工具开发工业 APP；运行 APP 时，通过软、硬件适配器，实现对基础工业软件的调用、执行及对设备的驱动，从而满足特定场景的应用需求。

（3）在应用层中细化了工业 APP 供需两端的具体业务内容。平台层中工业 APP 的应用模式可以按照供、需两端分为工业 APP 的开发及运营、工业 APP 的工业应用两大类别。工业应用端重点围绕工业产品全生命周期开发与管理的的需求，聚焦研发设计、生产制造、运营服务、经营管理等特定场景的需求，独立应用或组合应用工业 APP；开发与运营端重点围绕工业 APP 全生命周期开发与管理的的需求，聚焦需求、开发、测试、认证、交易、应用、演进、安全等过程或特性，开发和管理工业 APP。

## 2 工业 APP 的演变与现状

### 2.1 工业 APP 的建设意义

#### 2.1.1 智能制造需要新的知识载体

工业技术是现代工业的灵魂，代表着制造业先进生产力，也是国家制造业竞争力根本所在。当前全球制造业正从设备自动化时代向数据自动化时代转变。以软件为驱动的数据自由流动是解决智能制造中的不确定性，驱动企业创新的关键。各个国家正积极发展新一代工业软件与工业互联网平台，助推本国制造业的不断升级。在工业软件以及工业知识体系的建设方面，我国和发达国家相比还有明显差距。

知识逐步取代资源成为当前企业竞争的核心竞争力。在当前世界走向开放、共享的时代，传统资源型企业将逐步没落或转型，科技型企业不断引领经济发展方向，知识经济成为时代特征。企业的知识占有量决定着企业的竞争力。

企业可以按照工业 APP 构建自有技术体系。工业技术必须相互支撑、形成体系才能发挥强大作用。工业 APP 通过将行业工业技术结构化、数字化和模型化，可以建立各种工业技术之间的有序关联，形成覆盖工业产品研发、生产和运维全过程的完整知识图谱。借助工业 APP 的可存储、可计算和可升级，不断地促进着企业知识的更新换代。通过以工业 APP 为载体的知识与以工业 APP 驱动的智能硬件相结合，可以打造形成智能化的制造体系。

将制造领域的知识形成工业 APP，有助于推动中国迈入制造强国行列。工业 APP 成为了支撑制造业数字化、网络化、智能化转型升级的一种新型工业软件，有助于实现数据的自由流动与知识工作的自动化，从根本上改善制造业的设计、生产、运维管理和质量保障模式，重建我国自主工业技术和知识体系，为智能制

造发展奠定基础。

制造模式在升级过程之中，抛弃的是老旧物理设备，继承的是无形知识。从原材料冶炼到高端零部件制造，从航空航天产品研发到车辆船舶生产，都应该将各行业已有技术知识进行提炼与升级。依据工业技术升级换代、螺旋递进的特征，在快速掌握国内外已有先进技术的基础上，不断开展新一代工业技术研发与创新，快速跟进，进而在未来赶超国外形成制造强国（图 2-1）。

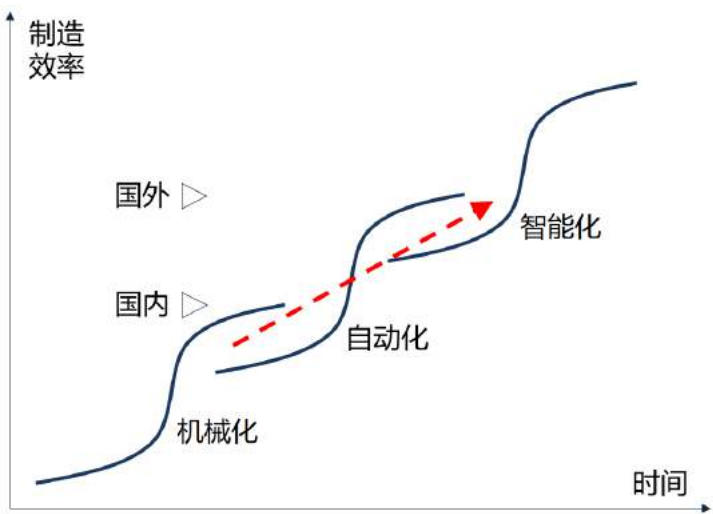


图 2-1 以知识驱动创新建设制造强国

2.1.2 “平台+APP” 形成生态发展

在移动互联网上，海量移动 APP 作为“平台（iOS 或 Android）+APP”模式的重要组成，既推动了移动互联网爆发式发展，也成为衡量移动互联网成熟度与活跃度的重要标志。以生态为核心的产业竞争正从消费领域向制造业拓展。随着制造业与互联网融合发展的纵深推进，制造业数字化、网络化、智能化转型步伐明显加快，世界主要国家正在加快布局工业互联网平台，通过开放平台功能和数据、体系化和规模化部署工业 APP、提供开发环境与工具等方式，广泛汇集工业 APP 开发资源，构建新型制造业生态，赋能工业提质增效升级。

工业 APP 是以“工业互联网平台+APP”为核心的工业互联网生态体系的重要组成，是工业互联网应用体系的主要内容和工业互联网价值实现的最终出口。比如，提升大型企业工业互联网创新应用水平，需要数据集成应用、协同制造类工业 APP 发挥数据分析、智能决策、资源整合的作用；加快中小企业工业互联网应用普及，需要研发设计、生产管理和运营优化类工业 APP 发挥降低成本、提升效率的作用；建设和推广工业互联网平台，需要数据采集、网络管理、集成开发类工业 APP 发挥数据融合、资源配置、创新研发的作用。工业 APP 的发展将成为推动工业互联网发展的重要手段。正如移动 APP 带来移动互联网生态的爆发，工业 APP 也正在引领工业互联网生态的快速发展。

### 2.1.3 提升工业人才自我价值

智能制造需要解决的问题之一，是让人从系统回路中逐渐退出，而让系统承担更多的人体、人脑工作，由此而提升工业人才的自我价值。在我国，相当多的工业从业人员从事着重复、低端、枯燥乃至危险的研发、操作、检测和检修等工作。智能制造的实施将让这部分从业人员的工作形式和工业内容发生根本性转变，逐渐离开生产一线，从而享有更好的工作岗位与劳动环境。



图 2-2 工业 APP 提升个体劳动价值

创造是人类特有的工作特征。将已有的工业技术转换为工业 APP，人的工作将从复杂地直接控制机器和生产资源转为轻松的通过工业 APP 控制机器，甚至是由工业 APP 自治控制机器。人的

劳动形式将由体力劳动工作逐步转变为更有意义的知识创造工作，从而大大提高个体劳动价值（图 2-2）。

## 2.2 工业 APP 的发展演变路径

工业 APP 的发展过程，主要是工业技术软件化的结果，其发展演变路径是：工业技术或知识→工业软件→工业 APP→工业互联网 APP。

工业 APP 的形式根据其发展历程和分享范围可以分为以下三种模式。

### 2.2.1 个体自有模式

个体自有模式是一种完全私有化的工业 APP，即该 APP 仅供个人或少数人群在单台电脑或平板设备上小范围使用，通常没有进入企业局域网。这是工业技术软件化早期的结果形式之一，即软件开发将某些特定的工业技术或诀窍类知识进行显性化与积累之后，出于有利于本人或小团队知识复用的目的开发而成。但往往不对外使用。当前，工业互联网平台发展迅速，有些平台也能提供工业 APP 的开发共享环境，个体可以这种开发共享环境下开发自有的工业 APP。

### 2.2.2 企业自有模式

企业自有模式是指当企业具有了一定数量的个体自有 APP，同时解决了软件所有权和利益分配问题之后，仅在企业内部局域网中布署、使用的工业 APP，通常也称企业自用（in house）软件。例如波音 787 研制过程使用超过 8000 款工业软件，其中只有 1000 多款工业软件为商业软件，另有 7000 多款为波音自主研发、非商业化的工业 APP。波音通过几十年积累下来的各种飞机设计、优化以及工艺的工业技术和工程经验都集中在这 7000 多款工业 APP 中，由此而形成了波音的一种核心竞争能力。

作为企业的重要的知识资产，以及出于竞争的考虑，企业对该类自用工业 APP 有着极其严格的管理与控制，仅供企业内部用户使用。根据业务性质的不同，数据敏感的、核心业务的 APP 会部署在企业内网或私有云上，而需要外部引用的、创新的业务会部署到企业外部网络或某个工业互联网平台上供企业自己使用。

该工业 APP 形式是工业技术软件化进入规模化发展的主流结果形式，未来多数的工业 APP 将以此类形式出现。

### 2.2.3 商用公有模式

商用公有模式是用于工业互联网平台的工业 APP，是进入了商业范围、可以开放给所有工业互联网上用户使用的工业 APP，可以视为工业 APP 发展的高级阶段，即基于生态、真正的工业互联网 APP。

商用公有模式工业 APP 和企业自有模式的区别是，它是某些企业发布的，可供其它企业调用使用，可以是收费或免费模式。

工业互联网 APP 主要来源于工业软件的解构与重构以及工业技术软件化所形成的微服务。加强微服务的开发，建设庞大的微服务池，将会极大地促进工业 APP 增长。

商用公有工业 APP 数量和种类的多寡，标志着工业 APP 生态的建成与成熟与否，是工业互联网真正在企业得到广泛而深入应用的重要判断标准。在工业 APP 发展初期，该类工业 APP 的数量可能会比较少。

有关行政部门出台相应的激励政策，明确的确权判据与保障，以及清晰的利益分享规则，将会极大地促进网络化商业公有 APP 的健康发展，在恰当的时机呈现出爆发式增长。

### 2.2.4 相关软件比较

传统工业软件一般承载几何建模实施、力学计算知识、生命

周期知识等通用科学知识，提供人们应用工业知识、实践经验与规律的支撑框架，是通用工业原理、基础建模、计算、仿真、控制与执行等要素的集合，不以提供特定具体的工业技术知识为主。工业软件面向各种各样的应用场景，具有普适性，是一种相对更抽象的工业应用程序。工业 APP 更多是承载行业机理模型、工艺参数、经验规则等行业特定知识，面向特定场景，解决特定问题，满足特定需要，是一种更为具体的应用程序。

参考图 1-1 工业技术应用范式的升级过程,本白皮书指出了工业 APP 的发展过程，认为工业 APP 主要是工业技术软件化的结果。工业 APP 的相互关系与发展演变路径是：工业技术与知识→工业软件→工业 APP（个体自有、企业自有）→工业互联网 APP（商用公有）。

关于工业软件与工业 APP、工业互联网 APP 的特点比较，请参见表 2-1。

严格地说,工业 APP 是工业互联网 APP 发展的一个前期阶段，是企业目前最有可能实现的 APP 形式，因此将工业互联网 APP 简称为工业 APP 有三个目的，一是体现了工业 APP 是工业互联网 APP 发展过程中最重要、最常见、最务实的阶段，事关企业自身利益，必须予以高度重视，二是强调开发工业 APP 的最终目的是工业互联网 APP，事关国家与行业利益，企业应该积极参与生态建设，三是与相关文件术语描述保持一致。

表 2-1：工业软件与工业 APP、工业互联网 APP 比较

	传统工业软件	工业 APP	工业互联网 APP
部署方式	本地部署	本地局域网部署	云端部署
系统层级	ISA95，五层架构	ISA95，五层架构	扁平化

	传统工业软件	工业 APP	工业互联网 APP
软件架构	紧耦合单体架构	松耦合多体化架构	微服务架构
开发定位	面向流程或服务的软件系统	面向过程或对象的应用软件	面向角色的 APP
开发方式	基于单一系统开发	基于单一系统开发并兼容多系统	基于 PaaS 平台多语言开发
开发主体	软件企业为主	制造企业为主	各类相关组织与个体的海量开发者为主
系统集成颗粒度	大系统与大气系统	小系统与小系统	微系统与微系统
系统集成技术路线	通过专用接口或中间件集成	通过中间件集成	基于 API 调用
系统集成程度	大系统高度集成	小系统局部集成	全局集成

## 2.3 工业 APP 的典型应用

工业 APP 是面向工业场景的应用软件。工业 APP 都具有面向不同工业场景的特征。用户可以根据产品制造需求的不同，围绕工业场景分析、建模、开发和使用工业 APP。工业 APP 以解决问题为导向，承载单点应用落地。工业 APP 目前已在多个场景应用，其中在研发环节融合创新能力较强，典型应用场景如下。

研发设计阶段：索为系统为航空发动机用户将设计的流程、方法、数据、工具软件及各种应用系统进行有效管理和集成，开发航空发动机总体、流道、结构、控制系统、机械系统、外部与短舱系统专业工具包，使研发过程规范受控、工作效率提升、大量的数据可视化和满足管理部门审定要求。



生产制造阶段：西门子结合深度学习算法，为格林机床提供刀具寿命预测 APP。根据历史数据预测刀具磨损状态，并对刀具提前更换做出提醒，优化制造过程备件采购和库存策略。

质量检测阶段：某钢厂与英特尔合作开发钢材质量检验的 APP，即通过对生产线可视化，用机器学习的方法识别其中的划痕、酸洗来替代人工检测，提高了检测成功率，并降低了人工成本。

预测服务阶段：美国初创企业 Uptake 利用工业 APP 进行推荐预测服务，如流程优化、故障预警、任务管理等，这类工业 APP 主要是基于历史数据对企业工作流程进行优化，预测各类设备的使用寿命，并可以根据结果反馈不断提升预测和推荐的准确度。

售后服务阶段：北京天泽智云与某高铁研制单位共同研发高铁故障预测与健康管理系统，将基础特征和选定的原始数据传输到数据中心进行知识挖掘、模型开发和决策支持，通过工业 APP 为高速轨道交通系统的不同部门提供服务来优化协同、提高效率，准确率高达 90%。

## 2.4 国外发展扎实先进

### 2.4.1 新模式重构生产关系

在过去几年内，伴随着工业 4.0、工业互联网、数字孪生和虚拟制造环境等新概念，国外企业和组织纷纷发布了新的模式和方案。西门子 PLM 公司提出了基于数字化软硬件结合的信息物理系统解决方案，法国达索系统公司推出虚拟化协同交互环境，GE 发布了工业互联网服务，美国国防高级预研局（DARPA）则借助自适应运载器制造 AVM 项目挑战复杂产品制造模式。

美国 DAPRA 的口号是“重新发明制造业”，目标是通过彻底变革和重塑装备制造业，将武器装备研制周期缩短到现在的五分之一、成本减少为现在的五分之一。AVM 的核心思想：一是将工

程技术以模块形式软件化，使产品研制过程像搭积木一样完成；二是基于模型进行研发制造，使产品设计、仿真、试验、工艺、制造等活动，全部都在数字空间完成，待产品迭代成熟后再进入工厂一次制造完成，从而大幅度缩短研制周期、降低研制成本；三是采用网络化设计制造云平台，使设计、仿真、试验、工艺、制造厂商基于互联网实现大规模协作，提高行业整体协作效率和资源利用率。AVM 验证项目 2013 年取得成功，随后转入美国智能制造国家创新网络计划。AVM 实质是“软件化的工业技术 + 软件定义生产体系 + 优化重构的生产关系”，是现有防务产品开发模式的一种突破。AVM 虽然没有像工业互联网、工业大数据那样被大规模宣传，但是 AVM 所代表的是工业技术的平台化和体系化发展，是工业技术软件化的进一步升级，这才是美国政府制造业复兴计划、新型工业生态体系建设中最核心的东西。

## 2.4.2 工业 APP 打造企业核心竞争力

以美国 NASA、国防部、波音公司、洛克希德等武器装备和航空航天公司为代表企业，深知工业软件的价值，积极探索和应用新的信息化体系，同时进行大规模开发和使用工业 APP，并在长期应用过程中取得了大量收益。

美欧等国际领军企业围绕“智能机器+云平台+工业 APP”功能架构，整合“平台提供商+应用开发者+海量用户”等生态资源，抢占工业数据入口主导权、培育海量开发者、提升用户粘性，不断建立、巩固和强化以平台为载体、以数据为驱动的工业智能化新优势，抢占新工业革命的制高点。

例如美国 GE 公司围绕构建航空发动机、大型医疗设备等高端装备产品的全生命周期管理服务体系，打造工业互联网平台 Predix，面向全球用户提供应用开发环境以及各类应用软件和服务，构建以开发者平台和工业 APP 为核心的产业生态体系。GE 公司打造了一个在线知识与技术资源的共享平台—GE 商店。GE 商

店集合了 GE 在全球各领域的专家智慧，GE 所有业务部门都能共享技术、知识等资源。跨领域的技术共享将成为 GE 运行的核心。2017 年 10 月，苹果公司和 GE 宣布合作发布众多工业 APP，从而方便 iPhone 和 iPad 用户使用 Predix 上的预测数据和分析资料。

以西门子、博世、ABB 等为代表大型制造业企业和工业 APP 解决方案提供商，依据工业 4.0 的体系标准，结合实际应用需求，研发、推广各类工业 APP，加快实现工业 4.0 体系建设。例如西门子以 MindSphere 为契机，封装工业 APP，切实切入工业数字化服务领域。MindSphere 是西门子以开放生态系统为理念设计，可为制造业企业提供数字化服务，如预防性维护、能源数据管理及工厂资源优化等。通过 MindSphere，实现一体化工厂管理理念，涵盖工厂生命周期各环节，提供一体化数据模型解决方案。在 2017 年 4 月 24 日举办的汉诺威工业博览会上，西门子展示了自身及其合作伙伴开发的约 50 种 APP，包括降低安全风险，提升互联设备和工厂的可用性等功能。这些 APP 与手机上的 APP 软件类似，只不过是当前大多由工业企业从“工业版应用商店”MindSphere 上下载，用途诸如监视能源消耗、分析能效等等。

### 2.4.3 为工业技术插上软件翅膀

工业软件源于工业，服务于工业。通过将工业中各种机理模型和工程技术转换为工业软件，之后再反馈给工业促进工业发展。借助近百年工业文明的快速发展，国外工业软件已经占据了当前工业软件的主要份额（图 2-3）。当前国外工业软件业仍在快速发展。一些大牌工业软件服务商和传统的工业产品实体制造企业都参与到这场巨大的未来工业市场竞争中。

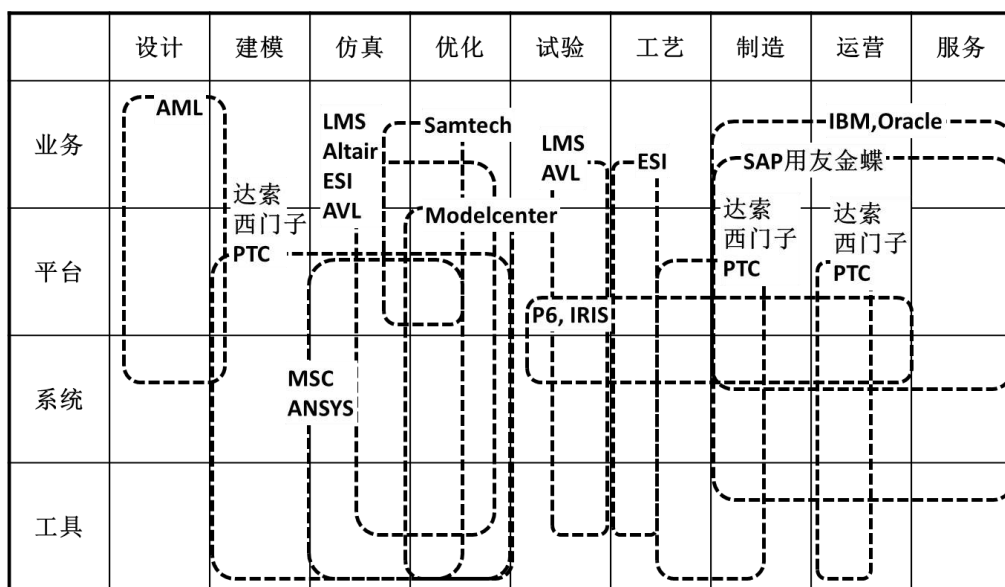


图 2-3 制造业工业软件技术和市场版图

洛马、波音等工业企业不断在进行的软件化，并非要成为微软那样的 IT 公司，也不是要研发传统的工业软件以及中间件/数据库/操作系统等，而是要将工业技术（如 GE 公司在航空、医疗、照明、发电、能源、石油化工等领域的技术）转化为工业 APP，从而为工业技术插上软件的翅膀。

GE 预测 2020 年工业 APP 市场将超过 2250 亿美元。然而由于各行各业的技术差异性，导致国外企业一直未能大量涉及与业务相关的工业 APP 领域。目前，GE 在 Predix 平台应用商店中已发布 9 款自主开发的工业 APP，同时正积极将 APM、OPM、FES 等现有工业解决方案转化为平台应用。西门子与埃森哲、Evosoft、SAP、微软、亚马逊和 Bluvisio 等合作伙伴在汉诺威展上展示了约 50 种工业 APP。ABB 正将其面向 20 多个工业领域的 180 余项工业解决方案向 Ability 平台迁移。所以从总量上看，当前工业 APP 远远无法满足工业需求。在业务及平台相关的工业软件领域，特别是与工业产品紧密相关的工业 APP 范畴，尚处于基本空白区域。这为中国工业 APP 的发展，留下了一定的追赶空间。

## 2.5 国内发展起步前行

### 2.5.1 市场态势开局良好

国内工业 APP 市场发展有如下几个特点：

工业 APP 市场空间巨大。我国作为全世界唯一拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家，工业应用场景众多。工业全流程涉及研发设计、生产制造、运营维护、经营管理等多个环节，存在多种业务需求。此外，网络化协同、个性化定制、服务化延伸、智能化生产等制造业新模式不断发展，这些均为工业 APP 发展提供了巨大的潜在市场空间。因此，领军企业竞相布局成为了当前的突出特征。

发展工业 APP 的基础深厚。我国制造业数字化、网络化、智能化程度不断提高，积累了大量数据资源、知识资源，软件等相关产业综合实力持续增强，大数据、人工智能等前沿领域发展势头强劲，为我国工业 APP 发展奠定了数据基础和技术基础。此外，我国工业互联网平台建设不断推进，工业 APP 的承载基础不断夯实。

当前工业 APP 发展开局良好。工业 APP 在我国主要作为设计工具、关键生产环节控制和生产过程管理等重要环节的增强手段。对于一些大中型企业而言，工业 APP 成为大型产品研制和大型制造系统运行的重要辅助手段。工业互联网与智能制造战略成为企业战略规划的重要方向，工业 APP 的开发和投入已成为企业投资的重要内容。

领军企业竞相布局。我国部分领军企业竞相围绕工业 APP 尝试进行布局。中航工业集团积极推进“基于模型的系统工程建设”，以工业 APP 为具体抓手，持续将飞机研制技术、经验、知识总结积累，形成结构化、软件化模型库，大幅度提升了型号研制的协同工作效率。商业发动机行业在过去五年里，基于工程中

间件平台，开发了 600 余个工业 APP，即将在新型号研制中全面使用。中国商用飞机领域也开发了大量专用 APP，依据飞机的各种结构、功能、生产和保障等特点形成个性化定制软件，在 2017 年成功首飞的国产大型客机 C919 研发过程中发挥了重要作用。基于这些专用 APP，可以进一步的抽象总结，形成通用的大型客机通用 APP，甚至形成客机、飞机、飞行器通用的航空 APP。索为建设了“众工业”工业云平台，通过构建云+端的模式，让企业内部的技术变成 APP 上云，再将不同行业、不同类型的云平台通过众工业云平台互联互通。东方国信基于工业互联网平台 Cloudiip，具备近 200 个可复用的微服务，包括高铁云、工业锅炉云、冶金云、水电云、风电云、空压云、能源管理云、资产管理云、热网云等 10 个工业互联网子平台，形成工业 APP 数百个。航天云网基于构建的工业互联网云平台——INDICS 面向航天科工内部应用及第三方工业互联网应用，建设统一的环境与标准，为其提供设备接入，运行时环境、数据分析、工业 APP 接入等服务。海尔积极推进 COSMO 平台建设，遵循系统模块化、功能组件可复用、平台可配置的原则，开发与工业技术相对应的功能模块及工业 APP，实现在云平台上灵活配置形成定制化智能工厂解决方案。此外，三一重工、徐工、华为等国内制造业标杆企业纷纷布局工业 APP 发展战略重点，培育工业 APP 应用生态圈，以期获得未来行业竞争中的主导地位。

### 2.5.2 供给能力总体较弱

我国工业 APP 发展仍处于初级阶段。基础工业软件供给能力依然较低，尽管部分企业在行业软件平台开发中取得了一定成绩，但由于投入较少、规模较小，对提高我国工业 APP 发展水平作用有限。国外龙头工业互联网平台正在加速建设和推广，对我国发展工业 APP 带来竞争压力。当前，我国面向工业 APP 的供给能力依然不足，推进体系有待完善、生态体系有待优化、质量与安全保障体系有待强化，存在数量不多、质量不高、开源社区建

设滞后、商业模式不清、技术能力不成熟等问题，培育百万工业 APP 任重道远。

当前存在的主要问题：

工业 APP 数量不多。根据航天云网、海尔、树根互联、东方国信、用友、索为、清华紫光等国内领先工业互联网平台企业公开的数据，据不完全统计，我国工业 APP 数量不超过 10000 个，并且这 10000 个工业 APP 中，很多是传统软件云化而来或者基于 Windows 系统开发，真正依靠工业互联网平台开发出来的工业 APP 屈指可数。

工业 APP 质量不高。工业 APP 在不同行业、不同产品、不同生命周期阶段存在巨大的不均衡。目前主要还是局限在航空航天等高端装备制造业，由于投入不足，主要在一些局部专业领域开发和应用，未能大规模推广。状态监测、故障诊断类工业 APP 多，预测预警类尤其是智能决策类工业 APP 少。基于单一数据源开发的工业 APP 多，基于设备和业务系统等多源异构数据开发的工业 APP 少。

开源社区建设滞后。当今时代，软件开源已成为大势所趋，开源社区在推动软件发展中起到了不可替代的作用。掌控开源生态，将成为全球工业 APP 产业的焦点。GE、西门子、PTC 等领先工业互联网平台企业均已建立开源社区，平台拥有上万名开发者。在我国，工业 APP 开源社区建设尚处于空白，开发者规模和能力与国外相比差距显著，严重制约了工业 APP 的发展，工业 APP 开发能力亟需提升。

技术能力尚不成熟。工业 APP 缺少统一的开发和测试的方法、标准与规范等，工业 APP 开发缺乏成熟的可大范围推广的工程化路径。技术和产业支撑能力不足，工业 APP 质量和安全保障技术能力有待加强，面向工业 APP 可用性、可靠性、安全性等的测试评估、分析处置服务能力较弱。

商业模式尚不清晰。流通交易体系缺失，面向承载工业技术和知识的工业 APP 的交易机制、知识产权认定与保护机制等尚需深入研究。实现工业企业、软件企业、互联网企业等多方主体合作共赢的合作模式以及推动工业 APP 可持续发展的“造血机制”尚需探索。

我国工业 APP 发展总体水平与发达国家相比仍存在差距。综合来看，工业 APP 发展机遇与挑战并存。



# 3 工业 APP 的体系框架

## 3.1 体系概述

工业 APP 体系庞大，涉及到的工业技术很多。不同行业的工业技术不同，工业 APP 不同；不同产品生命周期的工业技术不同，工业 APP 不同；不同企业管理模式、质量管理手段和用户需求等不同，工业 APP 也不同。所以工业 APP 体系中 APP 个性化强，对象众多，关系非常复杂。

当前尚没有工业技术体系标准，也没有工业 APP 参考体系架构。依据过去十几年工业 APP 策划、开发和应用经验，参考工业产品制造模式的一些典型特征和参考架构模型，本白皮书给出了工业 APP 体系框架（图 3-1）。依据这些框架可以有层次、有联系地认识各种工业 APP，从而更加有目的地开展工业 APP 规划、开发与应用。

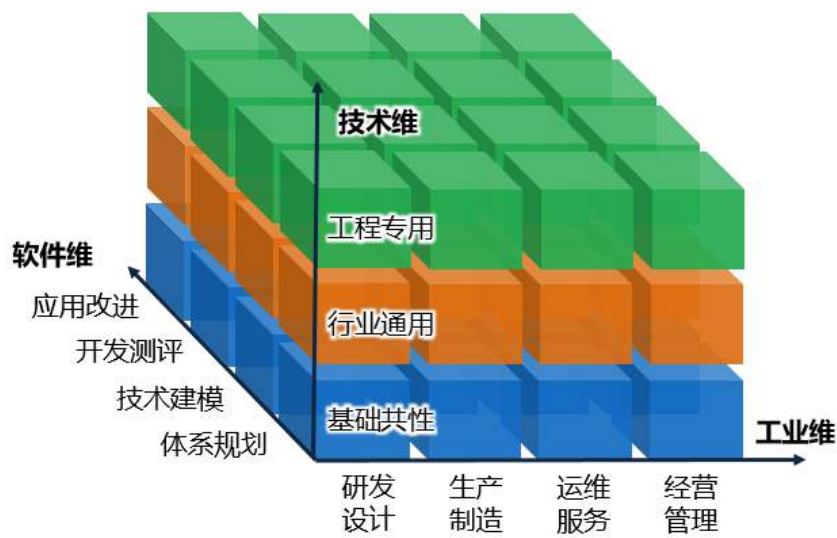


图 3-1 工业 APP 体系框架

工业 APP 体系框架是一个三维体系，包含了工业维、技术维和软件维三个维度。三个维度彼此呼应，和谐地构成和体现了“工业·技术·软件（化）”的工作主旨。

工业维：一般工业产品及相关生产设施从提出需求到交付使用，具有较为完整的工业生命周期。该维度涉及到研发设计、生产制造、运维服务和经营管理四大类工业活动，在每一个工业活动中，都可以细分为若干小类的活动，都可以开发、应用到不同技术层次的工业 APP。

技术维：开发各类工业产品需要不同层次的工业技术。根据工业产品体系的层次关系，并映射形成工业 APP 的三大层级结构，即由机械、电子、光学等原理性基础工业技术形成了基础共性 APP；航空、航天、汽车和家电等各个行业的行业通用工业技术形成了行业通用 APP；企业和科研院所产品型号、具体产品等特有的工业技术形成了工程专用 APP。

软件维：按照工业技术转换为工业 APP 的开发过程以及参考软件生命周期，该维度分为体系规划、技术建模、开发测评和应用改进四大阶段的软件活动，每个软件活动可以细分为更具体的软件活动。

任何工业 APP 都可以按照工业 APP 体系框架来分解和组合，同时可具有多个维度的属性，例如螺栓机加工工艺仿真 APP 的应用，既属于基础 APP，同时也属于生产 APP，还属于应用改进环节。

## 3.2 工业维

按照生命周期进行 APP 的划分是一种最为常见的划分方式。一般工业产品及相关生产设施的通用生命周期包括设计、生产、运行、退役几个过程，其中运行和保障过程一般是同步进行的。很多产品退役的过程较短，常常可以忽略。本白皮书将工业维上的生命周期分为研发设计、生产制造、运维服务和经营管理四大类工业活动。每一类活动都需要与之对应的不同的工业 APP。

### 3.2.1 研发设计 APP

研发设计主要用于创造新的产品或产品制造工艺，所以研发

设计 APP 主要用于提升研发设计效率的应用软件。广义上，研发设计 APP 包括产品设计 APP、工艺设计 APP、运营服务设计 APP、经营管理设计 APP 和制造系统设计 APP；狭义上，研发设计 APP 主要指研发 APP、产品设计 APP、仿真 APP、工艺设计 APP 等。

### 3.2.2 生产制造 APP

生产制造 APP 是用于生产相关过程的应用软件，也具有多种含义。广义上，生产制造 APP 包括生产工艺设计、生产过程管控、车间和生产线设计与管理、生产设备和生产工具的设计与运行维护管理、产品质量检测和生产相关仓储与物流管理等各种工业 APP；狭义上，生产制造 APP 主要是生产过程管控为主，也包含生产系统管理与产品质量检测。

### 3.2.3 运维服务 APP

运维服务 APP 是用于产品运行和对外服务过程的应用软件。运维服务 APP 主要包含两个方面，其一是辅助产品对外提供服务的相关工业 APP，如智能冰箱相关食物冷藏管理 APP 主要是为了保证食物保留更好的品质；其二为产品提供维护保障的相关工业 APP，如风力发电机的健康监控 APP 主要用于保障发电机处于健康运行状态，并实现预防性维修。前一种工业 APP 常常也被视为产品设计的一部分，后一种工业 APP 则是当前运维服务 APP 领域热门发展方向，包括远程监控、故障检测、预警分析、备件管理和能效优化等。

### 3.2.4 经营管理 APP

经营管理 APP 用于企业产品制造、营销和内部管理等各种活动，可以提高制造企业经营管理能力和资源配置效率。由于经营管理覆盖范围非常广泛，除了与工业产品制造相关的一些管理活动之外，还有一般企业通用的经营活动，所以此处经营管理 APP 重点关注前一种 APP，如企业决策支持、产品质量管理、制造风险管控、产业链协同和供应链管理等。管理与管理对象需要紧密

结合，所以经营管理 APP 需要与全生命周期研发设计 APP、生产制造 APP、运维服务 APP 之间开展统筹规划、合理选配、协调设计与协同应用，才可以避免形成管理和执行两层皮。

### 3.3 技术维

行业不同、工业产品不同、工业技术不同，导致工业 APP 各不相同。工业技术覆盖了基础工业、采矿、食品加工和工业产品制造等各种相关技术知识。其中基础性、共用类工业技术软件化为基础共性 APP，行业通用的工业技术软件化为行业通用 APP，企业型号和产品专用的工业技术软件化为工程专用 APP。

由于基础技术是行业技术和产品技术的源头，所以基础共性 APP 在工业领域发挥着基础作用，单个基础共性 APP 适用范围最广；由于行业通用技术在各行业中可以广为应用，所以高质量行业通用 APP 可以大大促进行业的进步，造成行业通用 APP 总体市场非常庞大；由于专业技术是各企业核心竞争力所在，在特定领域价值更高，造成开发单位 APP 功能的收益最高，并且成为企业在全局化竞争中取得胜利的关键。

#### 3.3.1 基础共性 APP

基础共性 APP 常常是基于自然科学、社会科学进行改造世界的一般通用性技术软件化形成的应用软件。这些工业技术一般不形成特定的工业产品，但是却常常通用于多种工业产品的研发、生产和保障等过程之中。如摩擦轮传动、带传动、链传动、螺旋传动和齿轮传动等各种机械传动技术，依据的是多种自然科学知识。它们可以使用在大量的工业产品之中，是一种典型的技术科学。依据这些传动技术，可以形成摩擦轮传动 APP、带传动 APP、链传动 APP、螺旋传动 APP 和齿轮传动 APP 等各种机械传动 APP。

《GB/T 13745-2009 学科分类与代码》中描述了部分技术科学，常见的技术科学包括测绘科学技术、材料科学、矿山工程技

术、冶金工程技术、机械工程、动力与电气工程、能源科学技术、核科学技术、电子与通信技术、计算机科学技术、化学工程、纺织科学技术、食品科学技术、土木建筑工程、水利工程、交通运输工程、航空航天科学技术、环境科学技术、资源科学技术和安全科学技术等。这些技术科学都可以发展相应的基础共性 APP。

### 3.3.2 行业通用 APP

行业通用 APP 是依据技术科学形成的工业 APP。行业通用 APP 按照不同的顶层行业进行划分，包含冶金 APP、非金属产品 APP、机械 APP 和交通工具 APP 等。顶层行业较粗，可以根据子行业进行细分，如交通 APP 分为航空 APP、航天 APP、铁路 APP、汽车 APP 和船舶 APP 等，并进一步细分为飞机 APP、航空发动机 APP、卫星 APP、火箭 APP、高铁 APP 和舰船 APP 等。

在国家统计局的官方网站中，工业指“从事自然资源的开采，对采掘品和农产品进行加工和再加工的物质生产部门。具体包括：(1)对自然资源的开采，如采矿、晒盐等(但不包括禽兽捕猎和水产捕捞)；(2)对农副产品的加工、再加工，如粮油加工、食品加工、缫丝、纺织、制革等；(3)对采掘品的加工、再加工，如炼铁、炼钢、化工生产、石油加工、机器制造、木材加工等，以及电力、自来水、煤气的生产和供应等；(4)对工业品的修理、翻新，如机器设备的修理、交通运输工具(如汽车)的修理等。”。

《GB/T 4754—2017 国民经济行业分类》对国家经济行业进行细致的划分，是行业通用 APP 划分的重要依据。《GB/T 7635—2002 全国主要产品分类与代码》是与上述标准匹配的产品目录，包含了大量的工业产品，可以作为行业通用 APP 的主要分类依据。此外，工业还包含国防科技工业，所以行业通用 APP 还包含各种武器装备和国防产品的研制 APP。

不同行业均需要不同的行业通用 APP，所以行业通用 APP 的数量非常庞大。

### 3.3.3 工程专用 APP

工程专用 APP 是也是依据工程技术形成的工业 APP，它是面向特定场景，针对特定产品线、产品型号甚至单个产品的应用软件，根据特定对象所具有的工业技术的不同，形成各自不同的 APP。

一般而言，针对产品线、产品型号的工程专用 APP 较多，针对单个产品的工程专用 APP 较少。如飞机型号研制一般跨越几年到十几年的时间，而每一种型号服役时间也长达几十年的时间，所以研制某种飞机型号专用的工业 APP 就显得非常必要。对于一些特定型号的机床、风力发电机、高铁轮毂等等，都可以由相关企业开发相应的专用 APP。此外，对于一个海上石油钻井平台而言，具有个性化的产品结构和独特的外部环境，所以可以开发产品专用的工业 APP。

## 3.4 软件维

软件维描述了工业技术软件化的软件演进过程。围绕工业产品研发制造和运行过程，一般都具有一个庞大的工业技术体系，所以工业 APP 的开发首先需要进行相应的体系规划，然后有序地按照目标方向进行知识梳理和软件化。由于工业技术是人脑基于自然规律并根据工业产品需求形成的一种改变世界的知识，所以工业技术最初产生于人脑中。因此，工业技术首先要人脑中的隐性知识形成显性知识，然后再形成工业 APP。在形成工业 APP 之后，还需要根据工业技术体系的发展进行及时变更，从而不断地满足工业发展需求。

综上，工业技术软件化的生命周期过程包括工业 APP 体系规划、工业 APP 技术建模、工业 APP 开发测评和工业 APP 应用改进四个过程。

### 3.4.1 体系规划

按照行业、企业或组织等的战略目标及相关运营规划，建立相应的工业技术发展规划，并形成工业 APP 体系规划。

按照一般工业 APP 体系内容，需要围绕企业的产品线，建立产品线 APP 体系；围绕产品的制造和运行，建立产品设计 APP、生产 APP、保障 APP 和退出 APP 体系；围绕系统工程过程，建立需求 APP、执行 APP 和验证 APP；围绕质量过程建立质量相关 APP；围绕管控模式，建立管理 APP 和工作执行 APP 体系。

### 3.4.2 技术建模

工业技术常常以技术文献、档案、数据库、软件系统、电子文档和专家经验等方式散布在企业内部各个位置，并且各种工业技术呈现不完整、不深入、冗余重复冗长、新旧混杂、不成体系等各种情况，难以有效实施知识管理。所以需要对已有工业技术按照工业技术体系和工业 APP 体系需求进行梳理。

技术建模需要对一般工业技术进行抽象，使一般性知识形成更为通用的知识，并形成模型。由于很多工程技术必须依赖技术科学和基础科学，所以工程专用 APP 需要依赖行行业通用 APP、基础共性 APP 乃至通用工业软件，随即必须与相关软件的格式、规范和协议等进行匹配，如遵循三维建模 CAD 的图形规范。对于仅包含工业产品相关技术模型，可以自定义格式。如果具有相关国际、国家、行业、上下游企标和企业内部标准等，则应该按照相应标准进行建模。

### 3.4.3 开发测评

在已梳理的工业知识的基础上，综合考虑成本、效率和工业 APP 集成应用等因素，开展工业 APP 开发工作。在技术模型的基础上，可以按照一般软件工程过程进行设计、开发和测试，形成相应的数据库、应用模块和交互界面。

在工业 APP 开发完成之后还需要进入工业 APP 应用评估环境，基于社会化评估的方式，评估工业 APP 在工业场景中的应用效能，是否能够在功能和效果上有效解决工业特定环节的问题。

质量形成于过程，软件开发的经典模型——W 模型指出软件测试与开发之间存在并行关系，软件测试应该贯穿整个工业 APP 开发过程才能保障工业 APP 质量。工业 APP 的开发过程需要进行严格的质量管理和控制工作，具体内容见 4.4 节。

#### 3.4.4 应用改进

工业 APP 必须进行演进。一方面从软件工程学的角度来看，没有绝对完善的软件，针对不断变化的客户需求和工业应用场景，需要对工业 APP 持续进行改进性设计或性能优化；另一方面，也是更为重要的一方面，则是工业技术本身是变化的，随着产品运行环境和制造条件等相关因素的变化，需要对已有工业技术进行修改或进化，由此需要改进工业 APP。

工业 APP 体系通常需要进行定期或不定期重新规划和修正，以满足行业、企业或组织的产品发展战略需求。



## 4 工业 APP 的开发

### 4.1 工业 APP 开发路线图

#### 4.1.1 开发路线图

目前，国内工业 APP 的开发尚无统一的路径，本白皮书给出一个参考路线（图 4-1）。

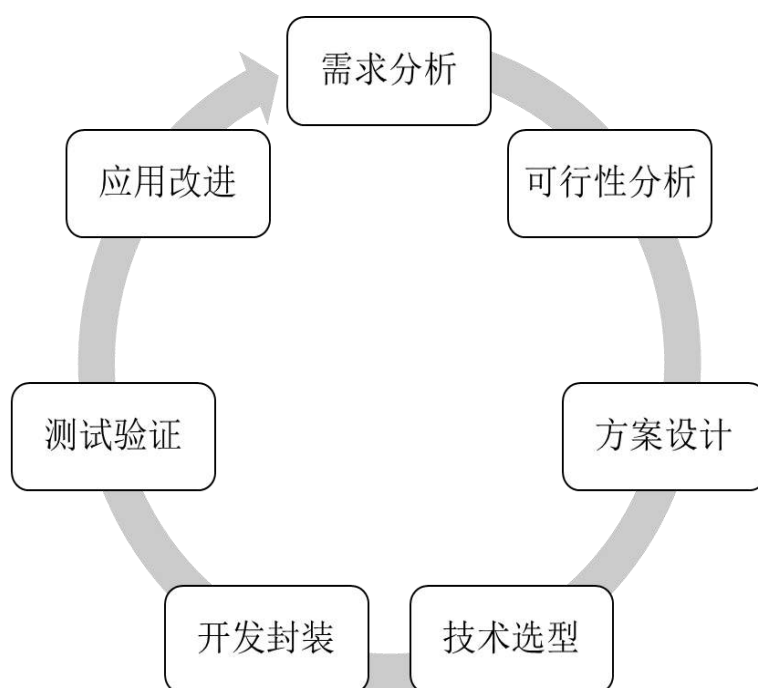


图 4-1 工业 APP 开发参考路线

**需求分析：**根据工业应用场景进行需求梳理、需求分析，实现需求定义、价值定义、功能定义。

**可行性分析：**主要从业务、经济、技术等方面分析工业 APP 的可行性。

**方案设计：**对涉及的工业知识进行梳理，建立工业知识体系，形成工业 APP 体系规划；设计业务架构、系统架构和平台架构；规划商业模式。

技术选型：对工业知识进行抽象形成模型，并根据开发平台、部署和运行平台，结合互操作和可移植，选择开发及一体化集成等技术。与一般软件开发比较这是工业 APP 开发特有的一个环节。

开发封装：根据软件架构模式开发形成相应的数据库、应用模块和交互界面等，并进行集成封装。

测试验证：采用全生命周期、全过程的质量保证，对工业 APP 进行测试，并对工业 APP 进行技术验证和标准符合性验证，并进行效益评估及定价，进行产品上线。

应用改进：根据技术和环境的变化，从质量提升、功能创新等方面对工业 APP 进行迭代升级与优化。

工业 APP 是面向特定应用场景的应用软件，目前工业 APP 开发应当注重需求导向，设计合理的商业模式，进行充分的可行性分析；建立能力完整的团队，包含需求、业务、软硬件设计、试验验证等各方面人才，优化资源整合。

4.1.2 工业 APP 架构模式

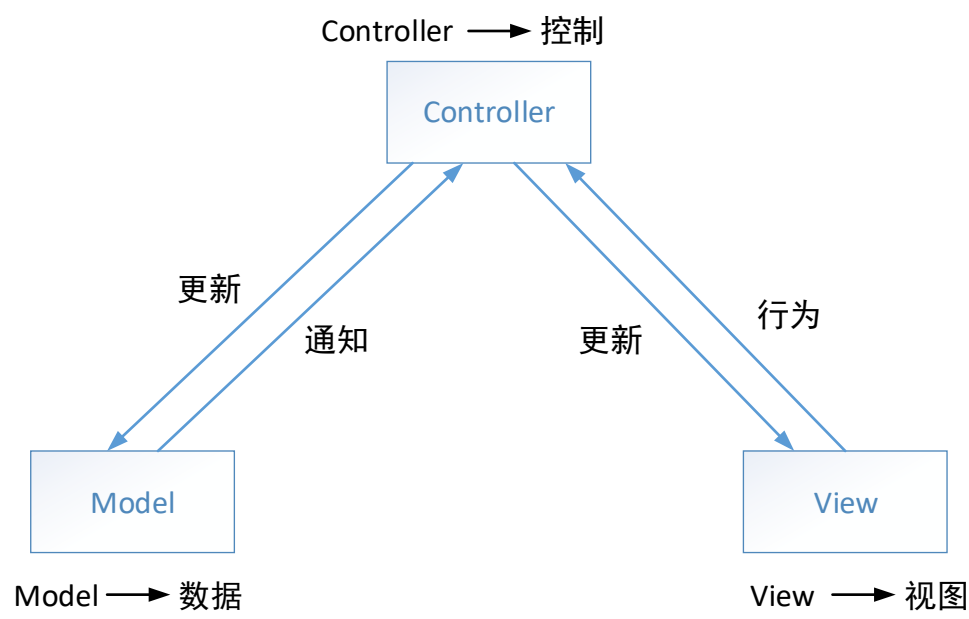


图 4-2 工业 APP 架构模式

目前，国内开发工业 APP 多采用 MVC 架构模式（图 4-2），主要从 M（Model）：数据模型与业务逻辑，V（View）：视图定义，C（Controller）：协调控制三个层面来考虑。

Model 封装了工业 APP 应用的一系列数据，并定义了操作、处理这些数据的逻辑和计算规则。View 将应用模型对象中的数据显示出来，并允许用户编辑该数据。Controller 负责用户视图和业务逻辑的协调控制。不同的工业 APP 在架构模式上一般是一致的，只是在数据模型与业务逻辑上有许多内置的工业领域相关的已有组件，这些组件是包含有特定的工业知识，具有工业特色。

## 4.2 工业 APP 关键技术

### 4.2.1 工业 APP 建模技术

复杂的工业技术内部包含大量更为具体的工业技术或科学知识，这些技术方法常常可以通过技术流程有序组成完整的工业技术。在工业产品制造和运行过程中，通过驱动各种工业技术涉及的技术流程，从而有序地调用具体技术和方法，进而达到支撑设计、试验、生产和保障等各种目标。

在面向技术流程形成工业 APP 的过程中，需要建立各种方法之间的关联，这个过程就是技术流程建模，建模的结果是流程模板。技术流程建模需要处理技术流程中不同技术方法之间的数据串行、并行等形式，同时也需要根据不同技术流程的使用方式实现连续驱动或断点驱动。

### 4.2.2 工业技术封装技术

技术方法是工业技术的构成要素，是被技术流程串接的基本单元。技术方法同样也是一项工业技术，根据其内部复杂性不同，可以继续细分，理论上任何工业技术可以细分到各种技术规则或基础科学领域。

为了充分利用其他已有工业软件，特别是成熟、广泛应用通用工业软件，可以将面向特定领域的工业技术细分到可以采用其他工业软件（或其中一部分，例如解算器）为止。此时，可以采用软件化方法将细分后的方法和相关工业软件进行封装，从而形成新的工业 APP。在封装过程中，如果这些方法及工业 APP 之间关系非常紧密，具有高度内聚性，则可以采用代码、脚本等方式封装；如果较为简单，则可以采用技术流程封装。

### 4.2.3 工业 APP 数据管理

各种工业技术的输入和输出都包含大量的技术数据，所以工业 APP 开发平台需要对技术数据进行统一管理，并可以被流程模板和方法模块调用。

技术数据管理需要按照工业技术的特点，首先对数据进行建模，并组织各种数据模型之间的相互关系。之后，很多工业技术需要依赖各种材料数据库、型号数据库、零部件数据库等，所以需要建立相应的基础数据库。最后，在工业 APP 运行过程中，流程模板和方法模块都会产生大量新的数据，这些数据需要按需进行管理。

### 4.2.4 技术对象集成

工业技术的运行具有大量的使用环境，包括其他的工业软件、工业硬件以及相关具有数据交互的其他对象。在技术方法封装过程中，需要与这些对象开展集成。

技术对象集成一般采用适配器的方式完成。适配器具有两个方向的接口，一个接口面向技术对象，可以基于个性化的数据交换规范实现集成；另一个接口面向平台，可以采用规范性的数据模型进行表达和通讯，从而针对同类技术对象采用相同或类似的数据交换规范，进而使平台上运行的各种工业 APP 无需了解不同技术对象的个性化集成规范要求。

常见的技术对象集成是在封装过程中，如果已有相应国内外标准参考，尽量基于标准开发适配器；如果没有，则常常需要针对不同厂商开发的工业软件或硬件研制相应的适配器。

## 4.3 开发平台

工业 APP 作为软件的一种，其开发也需要各种软件开发工具实现。当前软件行业开发工具很多，既有针对不同编程语言的通用开发系统，也具有适用于不同目标或环境的开发平台。一般而言，通用开发系统适用面更广，但开发效率低，开发人员既需要了解业务知识，也需要灵活使用各种软件开发方法。由于工业 APP 涉及专业领域产品类型多、范围广，如果完全采用编码的方式，则需要一一针对不同底层工业软件和硬件集成，一方面开发量大，另一方面对开发人员要求极高。

工业 APP 开发平台主要是面向工业领域工程师使用的软件开发平台，可以提供丰富的通用工业软件和硬件接口、更适用于表达工业技术特征的软件功能、以及更加便捷的操作方式。面对特定领域的业务，可以通过便捷的操作和快速的指令，轻松完成面向业务内容的开发，其对软件开发知识一般要求较小。工业 APP 开发平台主要包括工业 APP 建模环境、工业 APP 模板库、技术对象资源库和工业 APP 测试环境。

### 4.3.1 工业 APP 建模环境

工业 APP 建模环境是开发平台的核心模块，负责工业 APP 的流程和数据建模。工业 APP 建模环境一般通过图形化封装界面，以拖拉拽等方式，可以方便工程师按照工业场景内各种工业要素的相互关系，将其背后的工业技术转化形成应用软件背后的程序逻辑和数据对象。同时构建工业 APP 应用过程中的交互界面，并建立当前工业 APP 对外的开放接口。除此之外，建模环境一般也提供便捷的代码封装方式，将一些复杂的逻辑关系以代码编程的

方式融入到图形化封装的软件模块中。

#### 4.3.2 工业 APP 模板库

工业 APP 模板库是减轻工业 APP 重复开发的支撑模块。模板库一般包括大量在工业 APP 开发过程中常用的工程中间件、具有一定共性的工业 APP 半成品，以及大量开源的工业 APP 等模板。这些模板已经具有了一些基础或通用的工业技术、共性流程和数据模型。工业 APP 可以在这些模板上面面向新的场景，封装一些个性化的工业技术，从而减少了大量的重复封装工作。模板库一般可以按照行业、产品、阶段、模板类型等不同维度进行分类，并提供快速检索等功能。此外模型库常常与工业互联网平台开源社区等网络模型库进行交互，实现模块的快速更新和可控共享。

#### 4.3.3 技术对象资源库

技术对象资源库是连接各种工业软件和硬件资源的关键模块。由于工业 APP 常常基于适配器与外部技术对象进行数据交互，所以资源库中一般管理有不同技术对象的适配器，如各种 CAX 软件适配器、EPR 等软件系统适配器、办公软件适配器、数控设备适配器和网络系统适配器等。对于相同类型的技术对象而言，它们的适配器可能是通用的；但是对于很多技术对象而言，适配器常常是专用的。所以，资源库需要准确管理技术对象和适配器之间的匹配关系。如同工业 APP 模板一样，技术对象资源库常常也需要分门别类、快速检索，并与开源社区进行交互。

#### 4.3.4 工业 APP 测试环境

工业 APP 测试环境是开展快速调试的工业 APP 质量控制模块。工业 APP 测试是在工业 APP 交付前的重要质量环节。测试环境需要与建模环境进行深度集成，从而方便工程师在开发过程中，及时针对内部流程、数据模型、外部接口和使用交互等各项内容进行全方位测试，全面提醒软件缺陷位置，并在一定范围内提供修改建议。工业 APP 测试不仅仅需要保障不存在软件开发

bug、软件安全缺陷等项目，更需要测试工业 APP 是否满足于工业场景的功能应用需求。

## 4.4 开发质量控制

### 4.4.1 过程质量控制

工业 APP 作为一类面向工业领域的应用软件，同样具有一般软件的特点，并且在软件性能上对质量可靠性和安全性有更严格的要求。质量控制的核心要义是验证和确认（V&V）。工业 APP 开发过程中存在的典型问题主要有：

（1）管理方面。缺少规范和切实可行的软件研发管理体系，过程管理无章可循；计划过程粗略，开发执行控制不力；缺乏需求基准；需求变更控制不力；配置管理缺失，文档和代码版本控制混乱；过程质量数据收集欠缺等。

（2）技术方面。需求分析不到位，未确切理解 APP 的应用场景或用户要求；软件设计方法落后，模块化不足；代码编写规范性不足，可读性和可维护性差；测试不足，软件潜在的缺陷较多等。

软件质量是指与软件产品满足明确或隐含需求的能力有关的特性。软件质量形成于过程，工业 APP 开发过程的质量控制可从软件测试、阶段评审、第三方质量保障等方面着手。

（1）软件测试。验证和确认的手段就是测试。目前已有的软件测试技术和方法也适用于工业 APP 测试，但工业 APP 直接应用于工业企业的设计、生产、运维和管理过程，对质量、可靠性和安全性的要求更高。从测试内容的角度来说，工业 APP 测试需要关注其场景符合性和适应性，同时也要重点关注工业 APP 的安全性，以及对非法操作、异常情况下的处理能力。对工业 APP 测试，企业一方面要建立内部的测试体系，规范整个工业 APP 的测试过程和测试要求，同时也要充分借助和依托外部第三方检测机

构的专业技术资源，全方位开展工业 APP 的测试工作，提高工业 APP 的质量水平。

(2) 阶段评审。工业 APP 开发过程的阶段评审，主要包括需求规格说明评审、设计规格说明评审、代码评审、测试方案、测试用例和测试报告评审。

(3) 第三方质量保障服务。第三方检测机构有着天然的专业优势，可以从总体和全过程层面提供相关的质量保障服务。工业 APP 需方、供方、管理方应充分利用和发挥好第三方检测的专业价值和作用，为工业 APP 的高质量、高安全发展提供支撑。

#### 4.4.2 安全设计技术

工业 APP 用于工业生产环境，容易受到干扰或干扰别的设备，且执行错误的后果不仅仅是数据错误而是有可能导致不可估量的灾难，对工业 APP 的质量，尤其是安全性有更高的要求。特别是在安全性方面，普通 APP 往往关注信息安全，而工业 APP 不仅要重视信息安全，更要重视功能安全。国内外因为软件的功能安全而造成重大财产损失、严重人员伤亡的实例屡见不鲜。以 2011 年中国温州南甬温线动车追尾事故为代表的安全事故背后的原因都是安全相关系统的功能失效。

国际电工委员会（IEC）率先为促进安全攸关产品的安全性水平提升，国际上电气和电子工程师协会于 2000 年发布了首个产品安全性标准——IEC 61508-1:1998《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全要求》，该标准从研发过程管理、安全保障技术等多个方面对安全相关产品（含软件）提出了要求。该标准对功能安全的定义是指受控装备和受控装备控制系统整体安全相关部分的属性，其取决于电气/电子/可编程系统功能的正确性和其他风险降低措施。

软件安全性问题已经成为软件开发中的关键问题。工业 APP 在设计 and 使用时，对安全性的考虑直接响应到工业系统或工业产



品的安全性，因此，应针对工业 APP 开展安全风险分析和安全性设计。

在对工业 APP 开展安全分析时，应用于功能安全领域的常用风险分析方法主要有 HAZOP 方法；信息安全领域的风险分析方法包括层次分析方法、模糊综合评价分析方法、德尔菲分析方法等。

工业 APP 进行安全设计时，安全性设计规范一般来自于系统规定的安全要求与软件体系结构的要求两方面。

在对工业 APP 进行安全设计时，应在整个研发周期中尽早的建立相关的组织和规则，对软件开发周期中的各种活动加以规范，主要包括与系统的接口、软件规格、既有软件、软件设计规划、编码等方面的内容。

几种典型的工业 APP 安全性设计方法包括防御性编程、故障检测与诊断、纠错码、安全袋技术。其中防御性编程是设计可以检测其执行期间产生的异常控制流、数据流或数据值的程序，并以预定和可接受的方式对这些流程作出反应；故障检测是检查系统错误状态的过程；安全袋用于防止软件执行错误对系统安全产生不利的影响。

## 5 建设工业 APP 生态体系

### 5.1 工业 APP 生态体系概述

在工业 APP 生态中，存在着不同的利益相关方，在产业链条上各司其职又互相影响，形成有规律的共同体，在产业、技术发展的外部环境下，相互制约、价值共享、互利共存。

坚持开放共享、价值共创，引导大量工业企业、平台运营商、软件开发商、系统集成商和其他开发者等，建设以工业 APP 与工业用户之间相互促进、双向迭代为核心，资源富集、创新活跃、多方参与、高效协同的工业 APP 开放生态体系（图 5-1），为产业发展提供源源不断的前进动力。

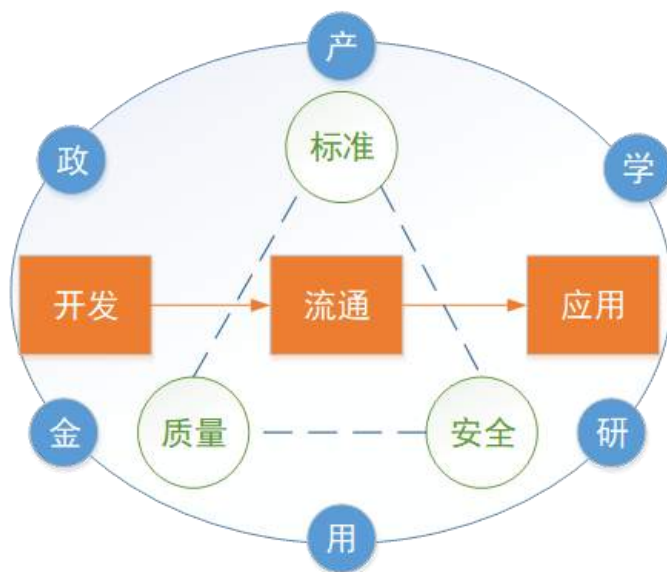


图 5-1 工业 APP 开放生态体系

（1）建立一条工业 APP 产业链。以工业 APP 的开发、流通、应用为主线，打通工业 APP 产业链的上中下游，在工业 APP 全生命周期内的各环节促进资源综合利用，提升效益惠及各个产业链成员，实现价值共创。

（2）汇聚“政产学研用金”六大主体。工业 APP 发展需要整合各方力量，推进各项行动实施，形成凝聚合力、协同推进的格局。在工业 APP 生态体系内应充分发挥以下六大主体的作用：

政：政府总揽全局、统筹协调，运用行政手段出台政策与法规，规范工业 APP 的规划和监管，提高工业 APP 的发展质量。

产：企业是生态的主体，是工业 APP 产业链的主要参与者。创新需求与研发实践来源于企业。前期“平台运营者+平台客户”作为工业 APP 开发的主要参与者，后期则演进为海量第三方开发者为主。

学：高校推动基础理论研究，培养并输出具备工业知识与软件知识，能够开发工业 APP 的人才。

研：科研院所主导工业 APP 标准、质量、安全、知识产权等研究，促进研究成果产业化，对工业 APP 生态起引导和支撑作用。

用：是工业 APP 的主要应用者，是成果转化以及落地应用的主力军。能够提供应用需求反馈，刺激产业提高供给能力，催生创新，形成双向迭代、互促共进，引爆增长，为生态体系创造价值，促进高质量工业 APP 的研发。

金：发挥多层次资本市场的作用，建立工业 APP 基金等市场化、多元化经费投入机制，引入风投、创投等资金推动企业的创新，由社会资本参与工业 APP 产业发展。

（3）协同标准、质量、安全三大体系。通过在生态体系内部构建支撑保障体系，实现工业 APP 产业的高质量发展。三个体系相互渗透，互为支撑，互为动力，标准为先导，质量为目标，安全为保障，驱动工业 APP 生态发展。

## 5.2 工业 APP 关键环节

### 5.2.1 工业 APP 开发

在工业 APP 发展初期,应用开发往往是平台运营商自行完成,随着企业数量增多,应用需求扩大,平台自有服务能力很难满足多样化需求,将应用开发开放给第三方开发者是工业 APP 生态发展的必然途径。尤其在细分领域,特定场景的应用,应用开发需要大量不同行业和领域的人才,建立开发者社区成为必不可少的一环。

工业 APP 的开发需要构建更多主体参与的开放生态,围绕多行业、多领域、多场景的应用需求,开发者通过对微服务的调用、组合、封装和二次开发,将工业技术、工艺知识和制造方法固化和软件化,开发形成工业 APP。通过用与用、需求与需求之间的双向促进和迭代,逐渐形成开放共享的工业生态。基于这样的生态体系下,制造业体系将发生革命性变革,工业企业不再全程参与应用开发,而是专注于自身特长领域,第三方开发者与信息技术提供商专注为工业企业开发工业 APP,通过平台合作机制实现价值共创。

工业 APP 的开发涉及制造企业、平台运营商、第三方开发者,通过构建开发者社区,形成工业 APP 开发生态。

#### (1) 制造业企业

信息化水平高的制造业龙头企业自主开发工业 APP,以此作为工业 APP 开发生态的原始驱动,用示范效应和龙头企业本身强大的生态资源聚集能力来吸引用户和数据资源,提高工业 APP 的供给能力。

#### (2) 平台厂商

工业互联网平台商,基于自身平台开发工业 APP。同时工业

互联网平台厂商开放共享算法工具、开发工具等共性组件，扩展开发伙伴圈，引导第三方开发者开发面向重点行业的新型工业 APP，宣传并奖励优秀第三方开发者基于平台开发的工业 APP。

### （3）第三方开发伙伴

第三方开发者包括专业的软件开发企业也包括专业工程师、行业专家、学生、创客等海量的个体开发者。第三方开发者将是工业 APP 开发的主力军。

由此建立开源的开发者社区，形成创新生态圈。仿效开源软件社区的建设过程，营造良好的技术分享和交流的社区氛围，打造完整的工业 APP 与微服务开发环境及技术分享社区，吸引并鼓励第三方开发者进行应用开发及技术经验交流共享，推动社区完善人才培养、认证、评价体系，积极培育工业 APP 开发者队伍。

### 5.2.2 工业 APP 流通

在工业 APP 的流通生态环境中，互联网运营企业、行业学会/协会、行业龙头企业、大型企业、政府等是主要的运营主体。建议政府完善工业 APP 知识产权保护制度和工业 APP 上线审查制度，行业协会健全工业 APP 交易规则和服务规则，工业互联网平台商与技术服务商提供商建立工业 APP 交易平台和运营平台，互联网应用商店提供专业化的工业 APP 上线和下载购买服务。

本白皮书认为工业 APP 知识产权保护是工业 APP 流通的先决条件。依照国家《计算机软件保护条例》，工业 APP 的软件著作权是指 APP 软件的开发者或者其他权利人，依据有关著作权法律的规定，对于软件作品所享有的各项专有权利。

本白皮书建议工业 APP 的开发者或者其他权利人及时向有关部门进行软件著作权的登记，在获得著作权证书后，著作权人享有该工业 APP 的发表权、开发者身份权、使用权、使用许可权和获得报酬权。

由此，在工业 APP 离开企业管理范畴，进入公开的商业流通环节时，需要征得著作权人的书面同意，并对由此而产生的经济效益向著作权人支付必要的报酬。

工业 APP 不同于一般的产品，必须重新构建一个完整的流通交易价值链条，重点环节包括：工业 APP 的验证管理、工业 APP 的评估认证管理、工业 APP 的交易管理等。

工业 APP 的验证管理：工业 APP 作为可交易的商品，其本身的质量和性能将直接影响到消费者和用户的工作质量和效率，甚至关系到财产和生命安全，因此，对所有用于交易的工业 APP 要进行严格的测试与验证。

工业 APP 的评估认证管理：工业 APP 的评估认证管理是工业 APP 实现流通交易的前提。首先必须明确工业 APP 认证的权威机构，对工业 APP 知识产权进行有效确认，并对工业 APP 的价值进行评估；其次要建立工业 APP 认证的技术手段，保证工业 APP 在流通交易环境中的身份唯一性；再次要建立有效的工业 APP 全生命周期管理体系，确保工业 APP 的引入、成长、成熟和退出等过程闭环管理。

工业 APP 的交易管理：工业 APP 是工业技术软件化后形成的知识产品，只有通过市场化交易才能最大化发挥其存在的价值。工业 APP 的交易管理应建立工业 APP 市场的供需匹配、知识产权管理、市场管理、应用评价等机制。

工业 APP 的交易模式是流通环节的核心。根据其技术和应用方面的特点，可以建立以下几种交易模式：

#### （1）直接交易模式

这是最基础的流通模式。开发者制作工业 APP，然后通过工业 APP Store、与工业相关的平台与 SNS 等销售给使用者。在这种模式中，交易平台需要具有较高的流量、专业度和知名度，才能

给在其上面发布的工业 APP 产品具有一定的交易量。

比较典型的案例是 APP Store，这是一个由苹果公司为 iPhone 和 iPod Touch 创建的服务，允许用户从 iTunes Store 浏览和下载一些为了 iPhone SDK 开发的应用程序。用户可以购买或免费试用，让该应用程序直接下载到 iPhone 或 iPod touch。APP Store 是苹果战略转型的重要举措之一。APP Store+iPhone 是增加苹果收益的关键路径之一。苹果公司推出 APP Store 的主要原因可以从两方面来解读：一是苹果公司由终端厂商向服务提供商转型的整体战略定位；二是苹果公司拟通过 APP Store 增加终端产品 iPhone 的产品溢价，从而实现以 iPhone 提升苹果公司收益的战略意义。

## （2）代为开发模式

这种模式在中高端工业 APP 交易流域更为适合。需求方可以在线发布其需求信息，开发者可以发布其能力信息，一旦双方进行充分沟通后达成交易意向，开发者就可以帮需求方代为开发工业 APP，并从需求方那里获取开发收入。

比较典型的案例是 APICloud，这是一个跨平台应用开发生态系统，服务 APP 开发者和具有移动化定制需求的企业，为企业解决业务 APP 上线慢、不同 APP 碎片化无法形成移动战略合力的问题。在 APICloud 移动平台上，积累了大量成熟的 APP 功能模块，开发者在开发 APP 时，可一键调用无需另外开发，将 APP 开发周期从 6 个月缩短为 2 个月。同时，APICloud 与 100 多家主流的第三方优质云服务提供商建立合作，聚合更丰富的 APP 功能模块，如支付、IM、直播、识别、地图等，满足各类 APP 的开发需求。

## （3）使用付费模式

这种模式可以在各种层次的工业 APP 交易领域适用。一般情况下，需求方可以免费下载，只要使用者持续使用，需要根据使用时间、使用流量等进行付费。

比较典型的案例是阿里的“云市场”，类似大数据、云计算领域的苹果应用商店 APP Store。目前细分为基础软件、企业应用、建站推广、服务&培训、云安全、数据及 API、解决方案七大类目。中小企业可以在上面找到所需的各类企业应用和服务，并通过线上的方式实现快速的交易与交付，其中很多的交易都是通过使用付费模式进行。

#### (4) 内容授权收费模式

这种模式比较适合工业领域的高附加值知识产品。一般情况下，工业 APP 也可以免费下载。内容与信息不一定要由开发者自己产生，可以以取得授权的方式与产生知识的内容方合作，并通过向使用者的收费获得运营收入。

目前比较典型的案例来源于互联网知识收费领域。第一种是“得到”的专栏付费订阅模式。得到的商业模式是，自己找人、找资源策划制作高质量专栏售卖，然后，收入分成。这个模式的好处是，不需要太依赖专家等资源，尤其不需要一直维护他们，让他们在平台上保持活跃；第二种是知乎 live 的线上沙龙内容付费模式，知乎 live 的主要商业模式是，各行业专家入驻平台后，可以自主就某一话题发起一场 live，然后设置简介和内容大纲，以及开始时间、参与票价，用户看到后，如果感兴趣可以支付报名；第三种是分答的付费问答模式。分答的商业模式，主要是专家入驻平台，自行设置回答问题的费用，然后，用户可以通过支付相应的费用向喜欢或者想咨询的专家发起提问（文字形式），专家收到提问后，以语音的形式回答。

### 5.2.3 工业 APP 应用

在工业 APP 的应用生态环境中，广大工业企业、平台运营商、运营服务提供商是主体。大量工业企业在平台运营商提供的工业互联网平台上应用工业 APP，运营服务提供商为工业 APP 的应用过程提供保障。广大制造企业使用工业 APP，并将应用需求、实



际评价，反馈至开发者，形成双向促进与迭代。

工业 APP 的运营管理是实现工业 APP 高效应用的必要条件之一。工业 APP 的运营管理首先要建立工业 APP 应用过程的故障、问题反馈机制；其次，要建立工业 APP 的运维保障专业化团队，解决工业 APP 在工业领域应用过程中遇到的专业化问题；再次，要建立闭环的解决方案制定、工业 APP 升级、工业应用效果反馈的闭环机制。

## 5.3 工业 APP 支撑体系

### 5.3.1 标准体系

标准作为引导和规范行业发展的重要途径，有助于推动行业建立共识，促进技术的积累融合和关键技术攻关，加快技术成果的应用，完善产业生态，是构建工业 APP 生态体系必不可少的手段。

我国在信息技术标准化方面已有多年的经验和方法积累，有广大的软件开发企业在供给侧提供软件能力保障，一批工业 APP 的行业先行者也在应用实践中积累了相当多的经验，这对开展工业 APP 标准工作提供了有力支撑。

工业 APP 标准体系的构建是基于综合标准化的理论思想。首先确定标准化对象，从问题出发，梳理标准化对象有待解决的问题，形成标准化需求。针对工业 APP 这个对象，围绕如何培育开发工业 APP，如何集成应用工业 APP，如何规范工业 APP 服务，以及如何保障安全五个目标问题，可分别构建基础类、开发类、应用类、服务类和质量类五类标准。其中：

基础标准是认识、理解工业 APP 的基础，开展工业 APP 培育的方法论，为其它标准的研究提供支撑；工业 APP 开发标准围绕工业 APP 的全生命周期，重点解决共性关键技术问题，来指导 APP 研发过程；工业 APP 应用标准围绕工业 APP 间的协调集成，重点

解决集成方法和平台的问题，指导 APP 间的集成过程；服务标准围绕成熟工业 APP 对外提供的服务，重点解决运维、测试、流通等典型服务的规范问题，指导 APP 服务；质量标准围绕工业 APP 面临的质量与安全问题，解决基础共性问题，实现工业 APP 的质量与安全保证。

标准生态体系构建从标准的研发、试点验证、宣贯培训和咨询评估四个方面顺序开展。在标准研发方面，由政府指导，产业联盟标准组牵头，组织标准院所、工业企业、软件企业、专家、开发者推进标准研发工作；在试点验证方面，以龙头企业为主要试点对象，由地方政府、行业协会、联盟、科研院所来辅助推进；在宣贯培训方面，除了地方政府、行业协会、联盟、培训机构的工作，行业龙头企业也有义务组织标准的宣贯培训；在咨询评估方面，第三方机构和软件企业开展开发工具箱、解决方案和符合性评估，工业企业则进行自我评估和能力提升。

### 5.3.2 质量体系

筑建多方参与的开放工业 APP 质量生态体系是保证工业 APP 质量的有效方式。在整个生态体系中政府部门出台政策法规，建立工业 APP 上线审查制度，规范产业运行管理机制；行业联盟等制定标准规范，为质量管理提供行动指南；第三方机构依据政策法规以及标准规范，形成测试认证评估能力，以质量管理服务为手段从管理体系认证、产品测试、持续服务能力评价、运行维护监管等方面对整个产业链进行全方位的质量管控。

**从产品层面建立工业 APP 全生命周期质量管理体系。**软件全生命周期过程对工业 APP 仍然适用。工业 APP 全生命周期质量管理实际上是工程化管理，它的主要任务是使工业 APP 活动规范化、程序化、标准化。工业 APP 的全生命周期质量管理体系围绕工业 APP 的需求分析、可行性分析、方案设计、技术选型、开发封装、测试验证、应用改进进行构建。根据相关标准规范，通过质量管

理计划、文档管理、缺陷管理、过程质量数据收集分析等对工业 APP 的各个过程进行规范化的管理、协调、监督和控制；建立组织机构，通过开发计划、任务管理、进度管理、评审控制、变更控制等进行项目过程管理；通过专业人才队伍进行全局的配置管理，形成有机统一的管理体系。

**从企业层面建立工业 APP 软件化成熟度等级认证体系。**通过成熟度等级认证体系提供一个基于过程改进的框架图，指出一个工业 APP 开发企业在工业 APP 开发方面需要做的工作及这些工作之间的关系，从而使工业 APP 开发组织走向成熟。通过帮助开发工业 APP 的企业建立和实施过程改进计划，致力于工业 APP 开发过程的管理和工程能力的提高与评估；指导企业如何控制工业 APP 的开发和维护过程，以及如何向成熟的工业 APP 工程体系演化，并形成一套良性循环的管理文化，进而可持续地改进其工业 APP 生产质量。

**从产业层面建立工业 APP 质量服务平台。**由第三方建立工业 APP 质量服务平台，开展工业 APP 的质量管控、供需对接、能力认证、测评服务。提供对工业 APP 质量数据的广泛收集、脱敏处理、深度分析，形成质量数据地图，实现对工业 APP 的质量监控、质量预警、质量评价。基于监控、预警和评价分析得到信息，提供模型进行实时决策，提升对工业 APP 行业质量实时监测、精准控制和产品全生命周期质量追溯能力。促使质量技术、信息、人才等资源向社会共享开放，打造质量需求和质量供给高效对接的服务站，为产业发展提供全生命周期的技术支持。通过制定认证服务规范，对工业 APP 产业链上下游的企业从技术、产品、体系进行能力认证。围绕工业 APP 功能、性能、可靠性、可移植性、安全性等测试需求，广泛汇聚测试开发者与测评服务提供商，推动测评能力开放与共享，形成“众创、共享”的测评研发创新机制。

### 5.3.3 安全体系

安全是工业 APP 能健康发展的保障。消费类 APP 存在的信息安全问题都有可能在工业 APP 应用过程中出现。发展工业 APP 需要建立覆盖设备安全、控制安全、网络安全、软件安全和数据安全的多层次工业 APP 安全保障体系。

建设工业 APP 安全靶场，提升攻击防护、漏洞挖掘、态势感知等安全保障能力。建立工业 APP 数据安全保护体系，加强数据采集、存储、处理、转移等环节的安全防护能力。研究院所与企业联合建设工业 APP 应用安全管理体系，建立健全工业 APP 信息安全测评机制，形成工业 APP 信息安全性测试和评估的长效机制。

综合工业 APP 的安全需求，需要推进相关技术服务能力建设，保障工业 APP 信息安全。

#### (1) 信息安全监测与预警服务能力建设

建立工业 APP 信息安全漏洞数据库，进行监测预警，组织工业 APP 信息安全态势及风险通报，

#### (2) 信息安全咨询与培训能力建设

信息安全咨询与培训能力建设包括对工业 APP 安全体系咨询、研究项目合作咨询、测评技术培训等。针对工业企业的现场管理流程和规范，对相关人员提供培训服务，提升工业现场人员的信息安全管理能力和技术能力，构建信息安全知识体系。

#### (3) 安全解决方案能力建设

以工业 APP 实际运行情况为基础，参照国际和国内的安全标准和规范，充分利用成熟的信息安全理论成果，为工业 APP 设计出兼顾整体性、可操作性，并且融策略、组织、运作和技术为一体的安全解决方案。建立一套可以满足和实现这些安全要求的安全管理措施。安全管理措施包括适用的安全组织建设、安全策略

建设和安全运行建设。安全管理措施与具体的安全要求相对应，在进行安全管理建设时，针对各系统现状和安全要求的差距选择安全管理措施中对应的安全管理手段。

#### （4）渗透测试服务能力建设

根据工业 APP 信息安全保障需要，组织工业 APP 渗透性测试能力建设，以保障工业 APP 配置、系统漏洞、数据等方面的安全。所涉及到的技术不仅仅包括消费类 APP 安全渗透测试技术还有工业控制系统渗透测试技术。

### 5.4 工业 APP 培育

培育工业 APP 是通过工业技术软件化手段，借助互联网汇聚应用开发者、软件开发商、服务集成商和平台运营商等各方资源，提升用户粘性，打造资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的工业互联网应用生态，是推动工业互联网持续健康发展的重要路径。

**技术支撑，夯实工业 APP 发展基础。**一是建设工业 APP 标准体系。加快研制工业 APP 接口、协议、数据、质量、安全等重点标准，推动行业建立共识，引导和规范工业 APP 培育。二是建设通用的工业 APP 开发环境。整合主流工业系统和平台的各种 API，开发适用于多种框架、语言、运行环境的开发环境插件，从而保证开发人员快速、便捷的实现功能。三是推动开发工具的开发和共享。提供强化的实现功能，包括对运行环境进行仿真的开发沙盘、资源管理工具等。四是加快建设工业知识库。推动制造业工业知识关键技术研发，鼓励大型企业围绕产品设计、制造、服务等各生产周期，以及工业数据采集、传输、处理、分析等各数据周期提炼专业工业知识，进行软件化、模块化，并封装成可重复使用的标准模块。五是建立工业 APP 测评认证体系。围绕协议异构、数据互通、应用移植、功能安全、可靠性等测试需求，建设

工业 APP 测试平台，提供在线测试认证等服务。

**生态引领，优化工业 APP 发展环境。**一是发挥联盟纽带作用，有效整合政产学研用金各方资源，建立政府、企业、联盟协同工作体系和工业 APP 发展咨询评估服务体系，开展各项产业化工作，推动我国工业 APP 产业发展。二是建立工业 APP 交易配套制度、信用评价体系、知识产权保护制度及知识成果认定机制，保障 APP 交易生态的顺利运行，支持“众包”、“众创”等创新创业模式参与工业 APP 研发，形成工业 APP 开发、流通、应用的新型网络生态系统。三是构建开源的开发者社区，形成创新生态。打造完整的开发环境及社区，通过向开发者提供丰富的 API、开发模板、开发工具、微服务等多种方式，吸引并鼓励开发者进行应用开发及技术经验交流共享。四是拓宽校企、院企等人才培养合作渠道，建立复合型人才培养基地，建设国家级高水平工业 APP 规划、开发、评测的专家团队，提升产业人才供给能力。五是广泛吸引社会资本成立产业投资基金，探索引导和组织国内产业链上下游企业以资本为纽带，集中力量共同开发和推广工业 APP，构建产业生态体系。六是举办工业 APP 开发者大赛，甄选并落地一批工业 APP 优秀解决方案，挖掘并培育一批富有活力的工业 APP 设计开发人才队伍，筛选并扶持一批具备潜力的工业 APP 创新型企业，营造有利于工业 APP 培育的环境，推动工业互联网平台应用生态建设。

## 6 工业 APP 的发展展望

### 6.1 工业 APP 是大势所趋

工业 APP 是工业技术的化身，承载着人类在工业领域过去、现在和未来发展的各种人类智慧。随着信息技术的快速发展，当前已有的大数据技术、人工智能技术、云计算技术和区块链技术等都将极大地促进工业技术显性化、模型化和软件化，形成分布在各行各业的工业 APP。未来信息技术的进步将进一步加快工业 APP 发展步伐。工业 APP 的形成与规模化应用，也必将促进工业的快速发展。工业 APP 与工业本身的深度互动，最终使工业 APP 成为工业的基本组成部分。工业产品也将日益丰富，在满足人类的物质生活的同时，也将不断地满足人类日益增长的精神追求。最终，随着工业 APP 日益成为世界工业的核心生产力，工业 APP 将成为工业获取人类社会对物质资料需求的纽带，也成为工业产品服务人类社会的桥梁。

### 6.2 工业 APP 道路漫长

尽管传统架构的工业软件将会逐渐转化成工业 APP，但是我们必须清醒地认识到，工业技术软件化是一项非常艰苦、细致和长期的工作，工业知识的收集、梳理、管理与重用往往是一个与企业当前重点工作经常发生时间冲突和价值冲突的任务；传统架构的工业软件不断解构和重构，向工业 APP 过渡，也是一个漫长的发展历程。因此，无论是藉由工业技术软件化，或者藉由传统工业软件转型变身，都不可能突飞猛进，一蹴而就。各个行政管理部门、企业和开发群体，对此要有足够的思想准备。

传统架构的工业软件与基于工业互联网架构的工业 APP 长期共存，是未来很长一段时间的常态。

## 6.3 工业 APP 发展态势预测

随着世界纷纷开展智能制造和工业 4.0 的推进与实践，工业 APP 将迎来快速发展时期。回望过去的 30 年、50 年、100 年和 200 年，工业界实际发生的变化总是超出了当初人类的各种想象空间。在这一轮新的科技革命浪潮中，工业 APP 的发展速度将超过历史工业动力、能源、自动化和软件等技术的发展，并迅速与工业实现激烈碰撞，最终深入工业内部和外部的场景实在难以预估。

为了更好地发展工业 APP 环境与生态，为此对工业 APP 的未来发展进行了尝试性地展望（图 6-1）。这个展望是基于当前智能制造的态势和工业 APP 已有的发展趋势做出的，所以仅仅代表着一种看法。未来，随着相关发展过程日益显现，可以更为精准地预测其发展轨迹和过程特征。

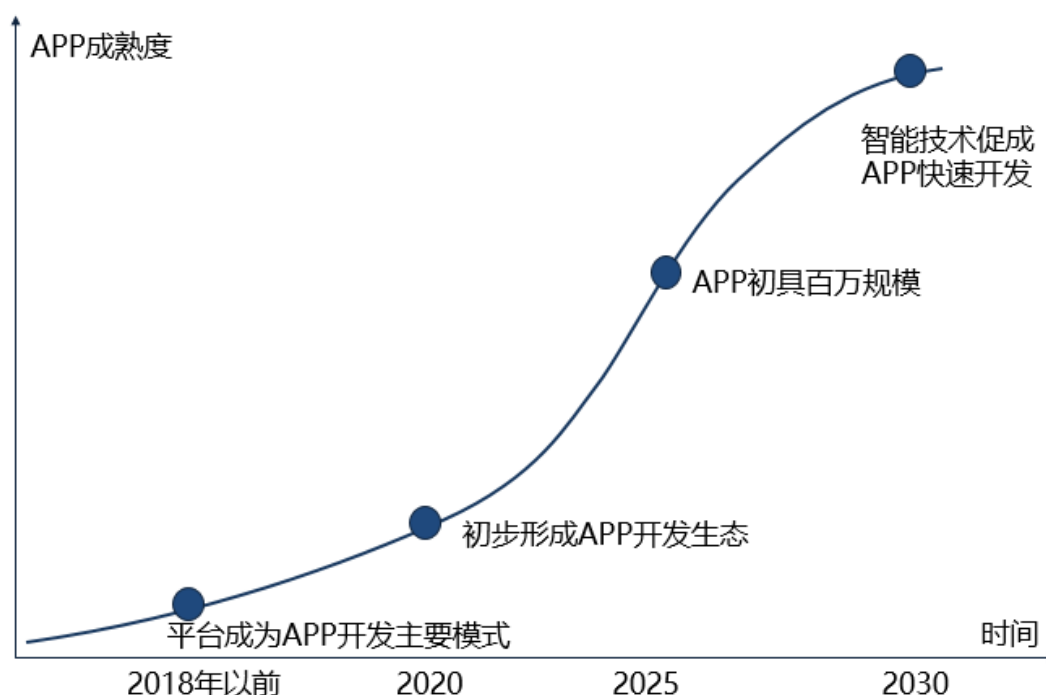


图 6-1 工业 APP 的未来发展展望

截止到 2017 年，工业 APP 刚刚走过萌芽阶段。航空、航天、



船舶、兵器、电子和汽车等多个高端制造行业开展了大量试点，并形成了众多企业通用 APP 和专用 APP。在此期间，工业 APP 的开发逐步从早期的基于代码的开发模式转为基于平台的开发模式。

预计到 2020 年，工业 APP 开发生态初步形成。随着各行业对工业 APP 的认识和投入的显著增强，工业 APP 相关开发标准、接口标准和应用标准等标准体系初步形成，专职从事工业 APP 开发的新行业形成，各行业涌现大批工业 APP 典型应用示范。

预计到 2025 年，工业 APP 初具百万规模。基础工业 APP 大量开发完成，基本完全覆盖了工业各个基础行业。与此同时，随着通用工业 APP 开发企业和开发者的涌入，历史积累的大量国内外工业技术快速转化形成工业 APP，促使通用工业 APP 规模迅猛发展，成为工业 APP 的主要组成部分。届时，工业 APP 规模预计达到百万水平，有力地助推中国从制造大国向制造强国的转变。

预计到 2030 年，智能技术促成工业 APP 快速开发。工业 APP 的快速发展，成为一个重要的经济市场。以神经网络、深度学习等人工智能技术的发展，人工智能技术从当前简单的生产过程管控等应用，转为对工业复杂系统的大规模、网络化和动态性的建模、仿真、优化与控制。工业 APP 开发和应用过程都将被人工智能技术颠覆，从而使工业 APP 在工业内无处不在。

## 7 工业 APP 开发与应用案例

### 7.1 索为 SYSWARE 平台

#### 7.1.1 平台介绍

北京索为系统技术股份有限公司主要面向国防军工和高端装备制造业等军民领域提供工程研发和智能制造解决方案。十几年来，一直以知识自动化和工业技术软件化作为战略方向，坚持核心技术攻关和自主软件研制，先后推出支撑行业和通用工业 APP 开发的集成平台——SYSWARE，以及支撑工业 APP 运行和流通的工业互联网平台——众工业。

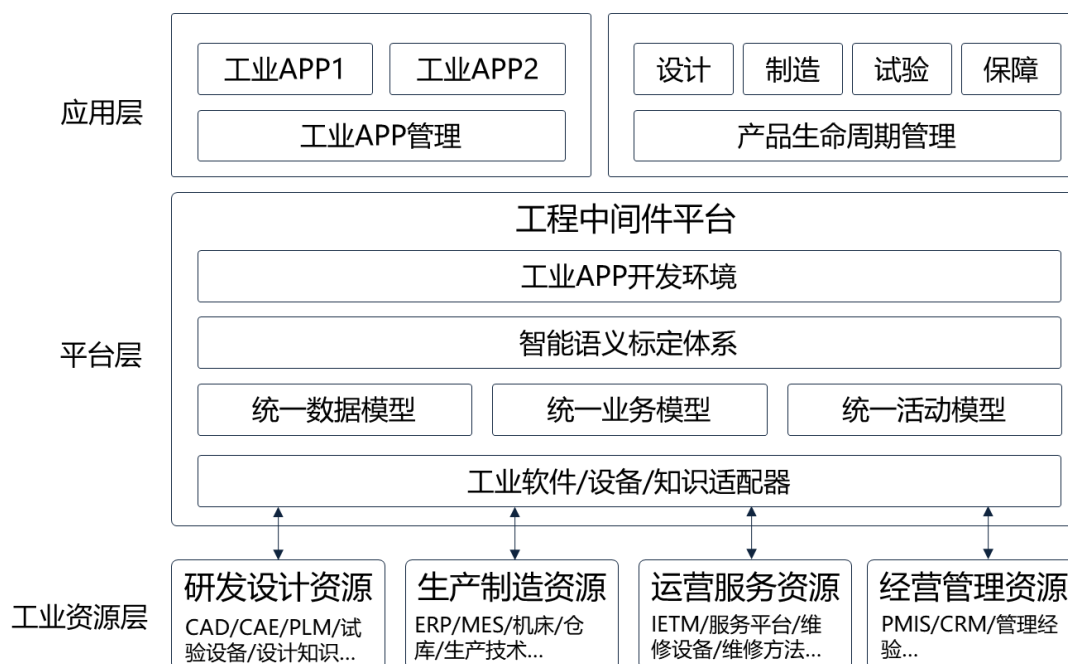


图 7-1 索为 SYSWARE 平台架构

索为 SYSWARE 平台既包含研发、设计、制造、运维与管理领域的工业软件资源，也涵盖了工业物联网领域的硬件资源，还包括覆盖各行各业的知识资源；平台提供工程中间件、工业 APP 运行/开发、智能语义标定体系以及各类工业软件/设备适配器等，

通过模型化、组件化、软件化形成可重用的、可执行的工业 APP；构建工业 APP 生态环境，支撑不同行业企业产品开发与管理，为工业技术融合化建设、复杂工程产品开发提供保障和服务。

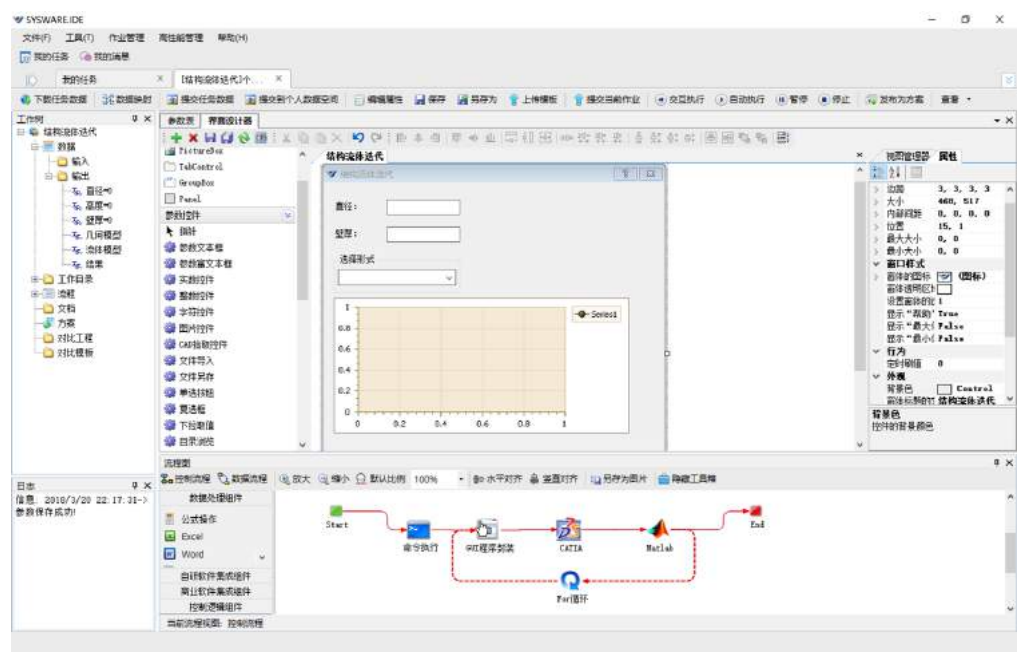


图 7-2 索为工业 APP 开发界面

Sysware 平台提供面向工业应用领域的轻代码化的工业 APP 开发环境，通过简单的拖、拉、拽等简单的操作，利用各种机理模型、微服务组件等，将各种工业技术知识封装成具有人机交互界面的工业 APP，通过 APP 组合实现复杂的应用，帮助工业技术人员完成知识的沉淀与固化、重用，提升工业技术知识价值。

企业可以利用工业互联网平台构建的工业 APP 生产，基于微服务、基础工业 APP、行业专用 APP、企业专用 APP 进行组合，形成更大的专业业务 APP，基于业务 APP 完成产品的快速设计，基于经过验证的工业技术 APP，得到高可靠的设计分析结果，提升产品研发设计效率与质量。进一步可以将研发、制造与运维 APP 融合，形成以研发为核心，研发-制造-运维融合的生命周期闭环。

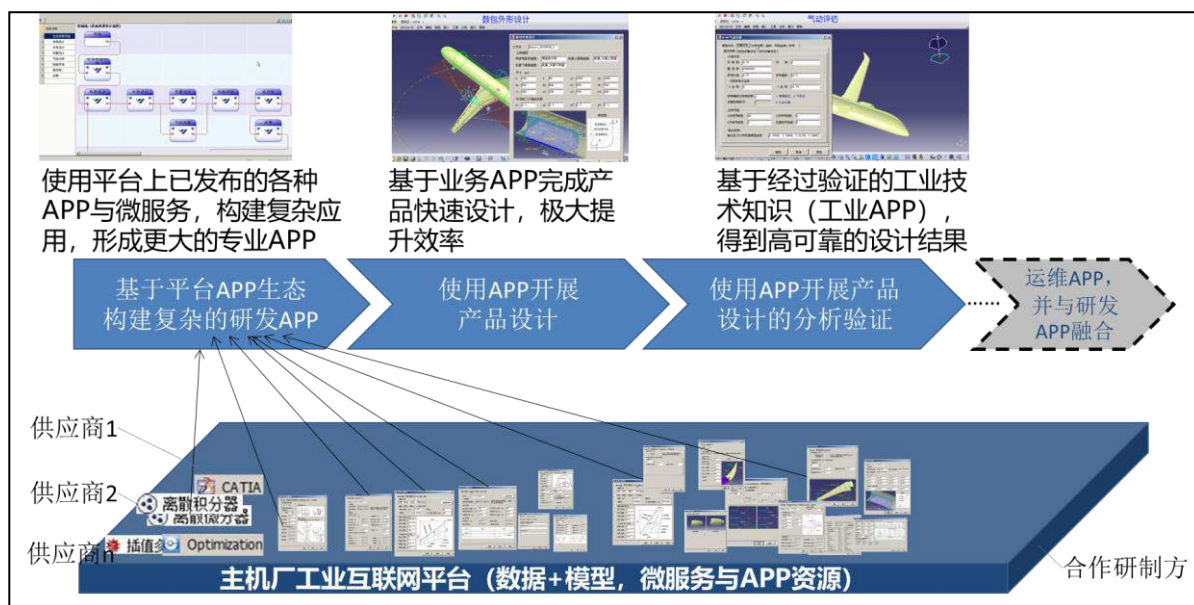


图 7-3 微、基、通、专工业 APP 组合研发应用

### 7.1.2 应用案例

索为公司陆续在 SYSWARE 平台上建立了飞机总体设计、飞机结构强度设计、导弹和飞行器设计、发动机集成设计、航电集成研发、机载软件集成研发、齿轮设计、三维工艺设计等核心技术系统，形成了上千个工业 APP，覆盖结构、工业电子、嵌入式软件三大领域。目前这些工业 APP 已经用于航空、航天、兵器、船舶、原子能、发动机、电子、机车和基础机械等众多领域型号产品研制中得到应用，显著地加快了研制进度，减少了研制反复，确保了研制质量。

图 7-4 列举了飞机总体布局设计的工业 APP 应用，飞机总体布局设计需要多轮迭代，每一轮的设计中，有大量重复性的设计与操作，尤其各种控制面、剖面的定位与定义，大量重复、繁琐并频繁的操作工具软件，效率低下，附加值不高，造成每一轮迭代周期都很长。通过飞机总体布局 APP 组合多个基础 APP 应用，将外形、机体、翼面、结构、剖面等大量布局设计中的知识封装在不同的 APP 中，由 APP 直接完成对 CAD 工具的驱动，完成自动建模、计算、仿真分析等工作。



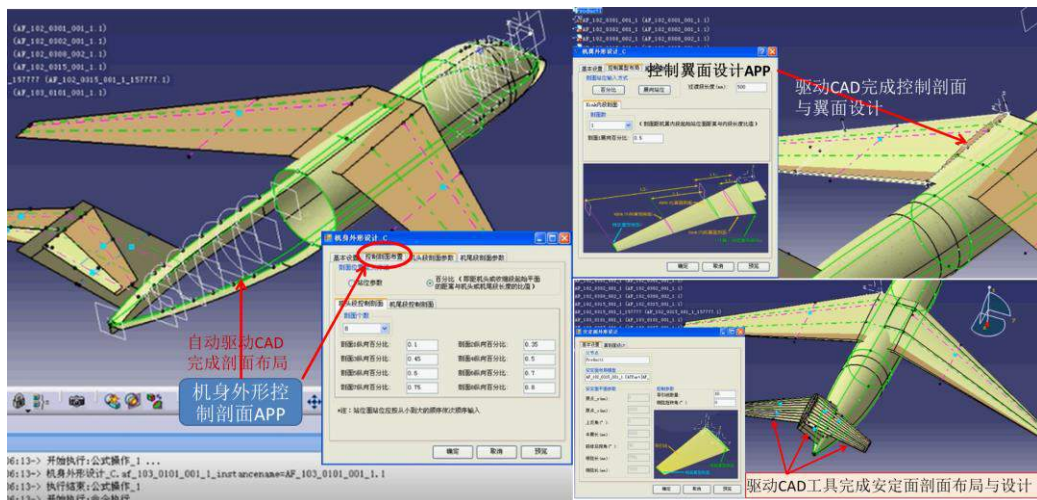


图 7-4 飞机总体布局设计 APP 应用

通过工业 APP 将飞机总体布局设计每一轮迭代周期缩短 80%，极大地提升工作效率，并且保证设计质量；重复性事务性工作由机器完成；工程师不直接操作 CAD，由 APP 驱动；充分调动企业内工程师的积极性，企业知识得到有效沉淀；知识重用率提高 3 倍以上。



图 7-5 退休专家通过 APP 沉淀知识

图 7-5 展示了某船舶研究所设计专家，在退休后利用 Sysware 平台将自己头脑中的船舶工业技术知识封装成 150 多个工业 APP，实现工业技术知识的传承与积累。

## 7.2 航天云网 CMSS 环境

### 7.2.1 环境介绍

CMSS 基于 INDICS 云平台为工业应用提供统一的集成和协同环境。CMSS 建设的核心内容是 5C（CCO 云协作、CPDM 协同设计引擎、CRP 资源调度引擎、CMES 制造管理引擎、COSIM 云工厂）的建设。CMSS 支持云制造模式下企业/工业应用服务的动态集成与协同，实现基于区块链制造服务动态集成和基于虚拟样机的业务智能协同，支持将工业软件和模块按不同的价值快速组合在一起。CMSS 的建设进一步承载 APPS 生态应用体系，支撑智慧研发、精益制造、智能服务、智慧企业、生态应用等企业全生命周期应用，支撑智能化改造、协同制造和云制造三种制造模式。



图 7-6 INDICS+CMSS 体系架构

CMSS 的核心功能由开放的智能协同类工业 APP 构成，包括跨企业协同设计、制造资源调度与生产排产、制造过程执行与智能管控、跨地域/跨学科/跨专业虚拟仿真、跨企业供需精准对接与服务动态协同等。同时，CMSS 还集成了智慧研发 APP、精益制造 APP、智慧服务 APP、智慧管控 APP 和生态应用 APP，共同形成了以软件服务为核心的 CMSS 云制造支撑架构体系。

### 7.2.2 应用案例

贵州航天电器股份有限公司的主营业务为连接器、微特电机、继电器等产品的研制生产和技术服务，其生产模式具备多品种、小批量、定制化需求高的特点，且研制周期长、多事业部异地协同，客户对产品质量、可靠性要求极高。因此，需要形成异地协同、柔性生产的云制造模式，并满足精密电子元器件产品设计、工艺、制造、检测、物流等全生命周期的智能化要求。

传统软件如 ERP、PDM 等，存在成本高、部署运维费时费力、集成困难等问题。航天云网提供 CMSS 系列云化 APP，实现了用户企业内各部门、各环节的打通，更能实现跨企业的业务协同，达成价值链横向/纵向/端到端无缝集成的目的。

利用 CRP 云资源计划管理 APP，实现自动接收订单需求、生成销售订单和有限产能计划排程，实现产能约束的车间级优化排程，平衡产能，自制计划推送 MOM，驱动执行生产。实现了 CRP-MOM-TIA-智能产线纵向集成的打通，促进优化排产管理、客户关系管理、供应链管理系统的推广应用，完成集团管控、设计与制造、产供销一体、业务和财务衔接等关键环节集成，实现智能管控；借助 CPDM 云设计工艺协同系统 APP，实现了项目管理、产品数据管理、审签管理及 BOM 管理功能。为异地事业部提供同构的数据管理平台，提供统一的结构化管理平台，提高协同研发效率及质量。支撑航天电器与供应商、客户协同，提供基于三维可视化技术文件传递、管理平台，提高与上下游协同研发的质量；

借助工业大数据分析应用，实现了生产现场实时设备数据采集、质量工艺优化分析、产线设备管理、关键设备预防性维护、运营分析等功能，为工艺优化，设备及工装预防性维修维护，企业计划、销售、采购等提供优化决策依据。

项目实施完成后，航天电器精密电子元器件产线自动化率提升 60%，生产效率提升 50%，产品研制周期缩短 33%，产品不良品率降低 56%，运营成本降低 21%。



### 7.3 东方国信 Cloudiip 平台

### 7.3.1 平台介绍

东方国信基于多年的大数据技术积累和工业大数据建模分析优势，建成了工业互联网平台 Cloudiip。目前 Cloudiip 横跨 29 个工业大类。Cloudiip 平台的开发环境支持 19 种常用开发语言，并且提供多语言离线 SDK 开发包和在线多语言开发环境 WEB-IDE（图 7-7）。

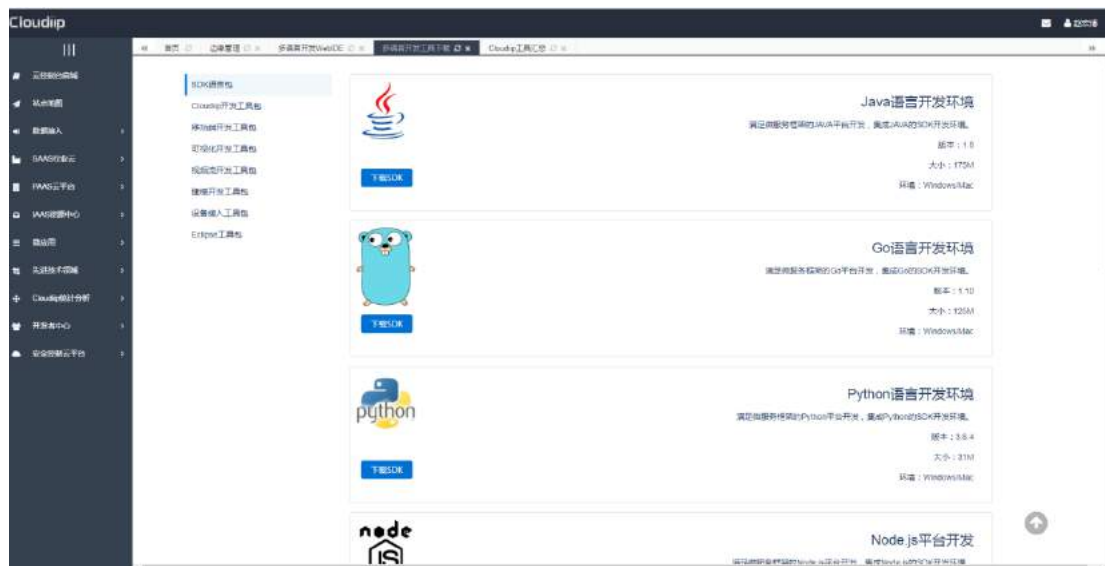


图 7-7 多语言开发 SDK 和在线开发 WEB IDE

基于 Cloudiip 平台开发了支持 116 种工业协议的智能网关 Cloudiip-Link，此外开发了多种边缘计算算法和边缘智能模型，沉淀了大量的标准件数字化模型、工业机理模型和微服务组件。

Cloudiip 平台支持从数据采集、数据治理、数据存储、数据建模、数据可视化、数字孪生构建到工业 APP 发布、订阅及服务的全生命周期在线开发，提供相应的工业 APP 开发工具，并且基于大量开发工具的研发集成，支持“拖拉拽”式的轻代码化甚至无代码化工业 APP “自助式”开发，培育了上千个云化工业软件和工业 APP。

工业APP开发服务能力：全流程图形化开发

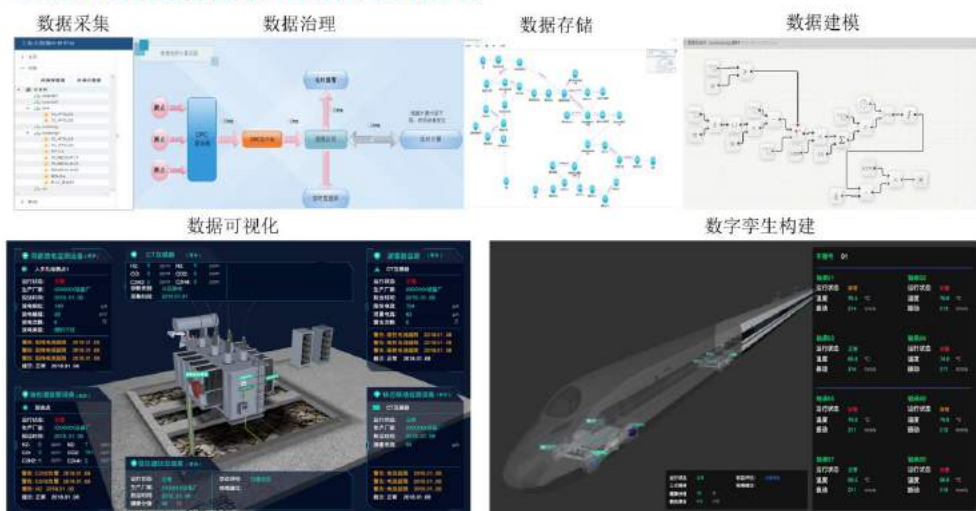


图 7-8 支持工业 APP 全流程图形化“拖拉拽”式开发

### 7.3.2 应用案例

围绕重点行业特定场景应用需求，Cloudiip 平台汇聚工具集、模型库、数据库和知识库，在此基础上结合物联网、大数据、人工智能等技术的集成创新应用，形成面向生产制造全过程、全产业链和产品全生命周期的工业 APP。



图 7-9 面向制造全生命周期各环节的工业 APP

Cloudiip 平台是跨行业跨领域的工业互联网平台，其工业 APP 已应用于流程和离散行业，能源管理、资产管理等领域，覆盖了高耗能、高产值、高危、新能源等多类型设备。以炼铁云为例说明工业 APP 应用及效果。



图 7-10 炼铁云工业 APP 应用示例

炼铁云由数百个炼铁工业 APP 集合实现的行业垂直深耕，应用场景涵盖设备管理优化、研发设计优化、运营管理优化、生产执行优化、产品全生命周期管理优化。实现行业级远程诊断、大数据智能对标以及对“黑箱”反应器的工艺优化。目前平台已接入高炉 210 座，行业覆盖率超 20%，拥有两个实现单体 5000 万营收的杀手级工业 APP，获评《世界金属导报》“2017 年十大钢铁技术进展”，实现了单座高炉降本增效 2400 万/年。预期全行业推广可降低成本百亿元，减排 CO<sub>2</sub> 千万吨。为年产值近千亿元的酒钢集团建立了炼铁大数据平台，实现了炼铁高炉的安全生产、智能生产、能耗优化、成本降低，累计创效超亿元。

## 7.4 云道智造仿真安卓

### 7.4.1 仿真安卓介绍

北京云道智造科技有限公司专注于开发工业软件平台，提出了“仿真平台+仿真 APP”的模式，基于该模式独立开发了具有完全自主知识产权的业界首款第三代仿真软件系统——仿真安卓（SimDroid）。仿真安卓通过搭建仿真开发环境、管理平台和 APP 商店，将设计流程、方法、参数等工业技术和知识固化为平台上的仿真 APP，实现了仿真 APP 从开发到上传、分享、交易、下载、使用的生态闭环，可实现专家经验、仿真流程的固化和仿真知识的传播，大大降低仿真技术的使用门槛。

仿真开发环境是仿真安卓的基础，包括仿真环境和 APP 开发环境。仿真环境实现了通用有限元分析软件的功能，求解器包含电磁、结构、流体和热四大物理场。仿真工程师可在仿真环境完成各种模型、不同物理场、针对不同工程问题的仿真分析工作。APP 开发环境实现了仿真 APP 的可视化开发，允许仿真工程师基于仿真环境中的分析工作，通过鼠标拖拽的方式简单便捷的定制 APP 界面，控制 APP 的输入和输出，生成仿真 APP。

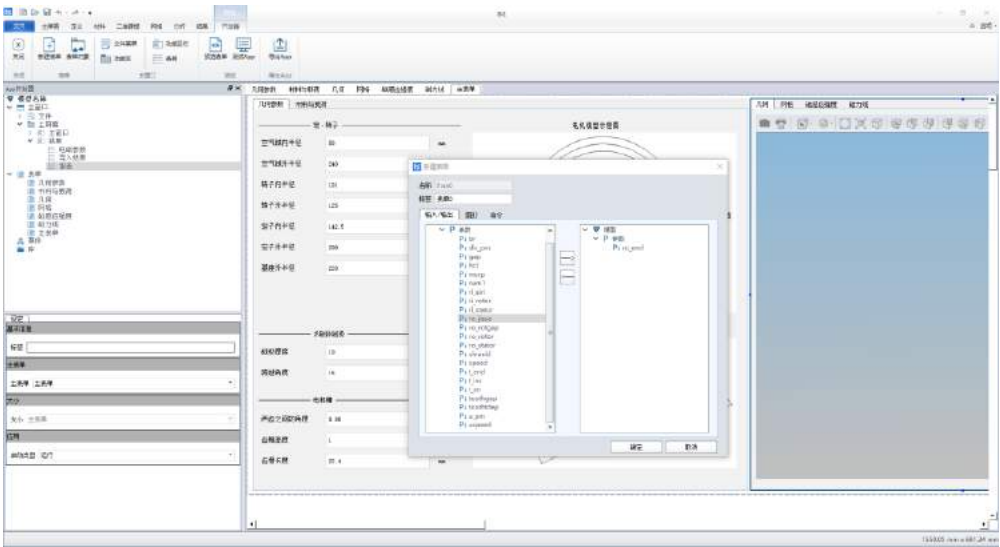


图 7-11 APP 开发环境



管理平台对下载到本机的仿真 APP 进行统一管理和调用。通过管理平台可任意启动已有仿真 APP 对相应问题进行计算分析。

APP 商店则为仿真 APP 提供了分享、交易的平台。仿真工程师可将开发完成的仿真 APP 上传 APP 商店,在互联网上对仿真 APP 进行分享、交易。设计工程师可以通过 APP 商店下载、购买需要的仿真 APP,并在本地对其进行管理和运行。通过仿真 APP 和 APP 商店,可将少数仿真工程师的专业技能扩展到涉及设计、制造过程的每一个人,有效提高产品设计和工艺。



图 7-12 仿真安卓应用模式

### 7.4.2 应用案例

目前仿真安卓平台上完成的工业仿真 APP 共计 160 多个,覆盖电磁、结构、流体和热四大物理场问题,涵盖电力、家电、汽车、医疗等多个行业。

#### 案例一：搅拌器流场仿真 APP

搅拌器的搅拌效率,即将两种或几种特定的介质搅拌混合充分所需的时间,是搅拌器设计、桨叶组合型式选择的重要依据。搅拌器搅拌过程的变量很多,如设备内压力、温度,设备的直径、

挡板的尺寸，介质的粘度、密度，搅拌器型式、尺寸、数量等。现阶段通常采用实验的方法获取搅拌器的搅拌效率，实验成本很高，而且实验通常也是制备小模型来做，极易产生误差。

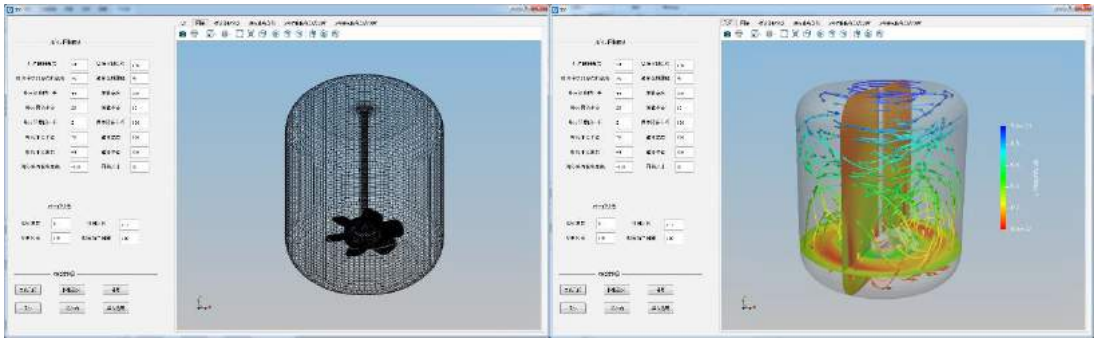


图 7-13 搅拌器流场仿真工业 APP 界面

搅拌器流场仿真 APP 是基于仿真安卓平台为某机械制造厂商开发的专用仿真工具。在该 APP 中可改变多个变量，计算不同搅拌器的搅拌效率，进而对多种桨叶型式进行比较筛选，实现最优设计。该仿真 APP 极大的降低了设计成本，缩短了研发周期，是一款专业、准确、高校、易用的工业仿真 APP。

案例二：管道推制工艺仿真 APP

大尺寸厚壁弯头是核电管路系统中重要的管件之一。在管路系统中，弯头起着改变管线方向、缓冲外部因素导致的直管拉压应力和扭矩载荷。因此弯头管件的质量非常重要。

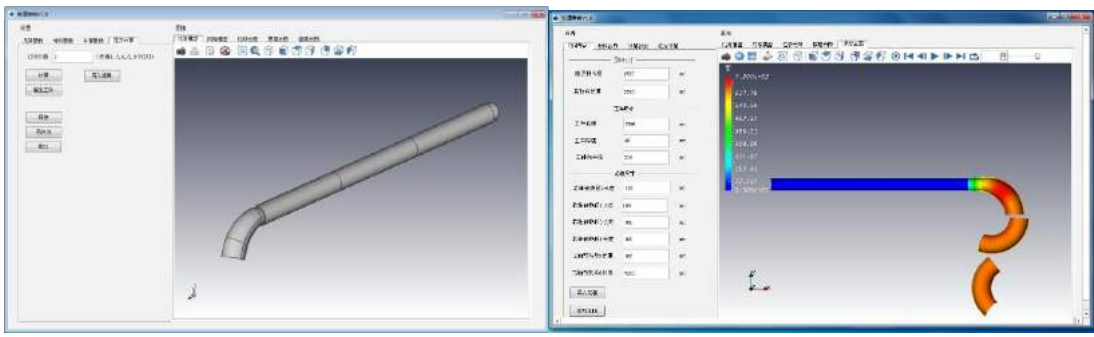


图 7-14 管道推制仿真 APP 界面

现阶段，热推成形是大尺寸厚壁弯头的重要成形方法。热推

成形采用的芯棒模具形状和工艺参数直接影响弯头管件的成形质量。因此对热推成形的工艺仿真极为重要。

基于仿真安卓平台为国家电网下属某大型企业定制的管道推制仿真 APP 采用瞬态动力学的有限元计算方法，模拟管件热推成形的工艺过程，计算获得管件最终的成形质量。APP 计算结果与试验对比误差为 3.6%，极大的降低了设计成本，缩短了研发周期，是一款专业、准确、高校、易用的工业仿真 APP。

## 7.5 宜科 IoTHub 平台

### 7.5.1 平台介绍

IoT Hub 平台是一款多功能高效快捷的工业互联网接入及配置管理平台，宜科公司面向多种类型用户的工业互联网应用提供增值服务。

IoT Hub 提供 OPC UA、XML 文件等标准协议及文件格式，能够作为数据中心（涵盖 Edge）实现底层终端数据接入企业 ERP、MES（MOM）、Andon、Scada 系统，便于企业内部数据管理应用；IoT Hub 内置 Web 及工业 APP 开发工具，以及内部逻辑编辑器，可以有效帮助客户快速搭建平台或移动端应用，并提供各个接入控制器的互动逻辑控制应用，实现整体工业互联网智能应用。

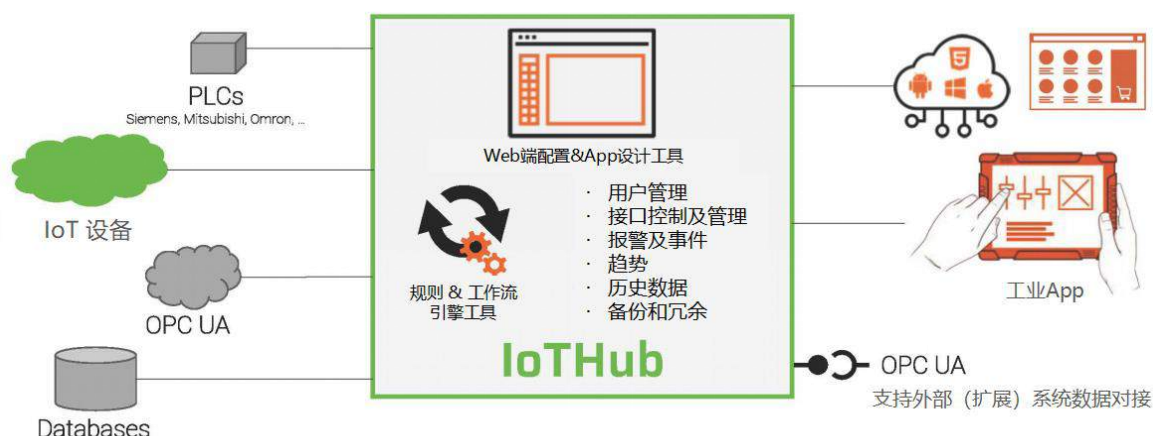


图 7-15 IoT Hub 平台

### 7.5.2 工业 APP 快速生成工具

宜科 WorkBench 是一个基于工业互联网，面向工业现场的轻量化快速工业 APP 生成工具，具有跨平台，使用简便，接口齐全等特点，具有广泛的应用性，例如设备可视化，设备管理，远程运维等。



该工具可以让非专业开发人员轻松快速的开发工业 APP 界面，通过 APP Cloud 在云端进行编译部署，不需要您关心构建及维护基础设施，通过集成的工业 APP 商店进行 APP 的下载与分发，为 APP 整个生命流程提供服务，节省开发成本，提高开发效率。

### 7.5.3 应用案例

该项目应用背景是因为大型设备需要多个本地的 HMI，过程中有些工位是需要人为操作的(转换，物料再存储等)，一个大型设备需要多个机器操作员，现场数据很难收集。

基于 WorkBench 开发工业 APP。工业 APP 通过整合不同面板的数据到一台机器，通过 OPC UA 和 S7 协议采集过程变量的实时数据，数据通过 Wifi 传输，在移动端分析展示各种 KPI 信息、获取报警信息，使用推送服务及短信服务进行消息推送通知。

工业 APP 将所有机器的数据的整合汇总，当机器出现故障时的及时反馈与快速响应，不同设备的信息不需要在不同的 HMI 之间来回切换，因此减少节省固定的 HMI 数量，从而也节省了大量的投资。

# 7.6 徐工 Xrea 平台

## 7.6.1 平台介绍

Xrea 工业互联网平台，是基于徐工 10 多年的物联网和大数据技术应用经验，研发的高性能、高可用、易扩展、易开发、易管理的一体化工业互联网产品。具备强大的设备联网连接与整合能力，丰富的大数据分析能力，推动价值链整合与业务创新的 PaaS 层能力，完备的安全保障能力。为开发者提供工业 APP 所需的部署资源与配套资源监管服务，以及辅助开发及应用的开发工具、工业机理模型、微服务。同时为行业用户提供成熟的工业 APP、边缘计算终端、以及云化软件。



图 7-16 Xrea 平台架构

Xrea 工业互联网平台接入设备数量超过 60 万台，覆盖了工程机械、建筑施工、电力、新能源汽车等行业的 20 种以上设备类型。搭建了设备远程运维、智能化生产运营、产品全生命周期管理、预测性维护与物联网金融创新等多应用场景的工业互联网平台环境，支持泛设备多协议接入、异构数据管理、大数据建模分析与微服务应用快速开发。

### 7.6.2 应用案例

设备联网 APP，是基于 Xrea 工业互联网平台，为设备生产及制造企业提供设备生产、研发、销售、制造、售后服务等环节的全生命周期管理平台。

面向设备生产制造企业：为企业提供设备监控、远程控制、故障预警、工时分析、以及历史数据查询等服务，帮助企业提高设备利用率、降低生产设备故障率，从而提高生产效率、降低成本。

面向企业最终用户：为最终用户提供设备监控、故障远程诊断、以及预测性维护等服务，帮助用户提高生产效率，降低产品不良率。



图 7-17：设备联网 APP

互联设备的数据接入，支持 RS232、RS485、CAN、LORA、Modbus、Profibus、Profine、PPI、MPI、CC-Link、melsec、FOVAS、工业以太网等通讯接口，支持 Modbus、TCP、UDP、BACNet、OPCUA、MQTT 等传输协议，设备可以通过 4G、2G、ADSL、WIFI、NB-L0T

等方式进行联网。

通过 Xrea 工业互联网以及设备联网 APP，实现面向工业现场的生产过程优化、面向企业运营的管理决策优化、面向社会化生产的资源优化配置和协同、面向产品全生命周期的管理和 service 优化、以及面向产品/设备的智能化。

## 7.7 数码大方工业云

### 7.7.1 平台介绍

数码大方是国内领先的工业软件和工业互联网公司。大方工业云是全国性的工业互联网服务平台，整合了云计算、物联网、移动互联网以及创新设计与协同制造等技术，建成了以工业大数据为基础的“统一平台+区域+行业入口”的全国性工业云服务网络。形成基于 SaaS 模式的产品创新云设计、云制造、云协同、云资源、云社区五大板块服务模式，并全部自行研制开发了方便中小企业基于移动应用的工业 APP。

大方工业云围绕工业产品全生命周期的典型应用场景和角色需求，为广大企业提供系列 SaaS 软件服务以及面向场景和角色的工业 APP 服务，帮助企业实现设计、制造、服务等核心业务上云。SaaS 服务包括 2D、3D、CAPP、PDM 等。工业 APP 服务包括营销相关的“3D 空间、微销协同”，设计和设计协同相关的“二维 CAD 服务、三维 CAD 服务”，供应协作相关的“供应协同”，生产制造相关的“制造协同”等。



图 7-18 大方工业互联网平台

### 7.7.2 应用案例

北京好利阀业有限公司是专业从事高性能阀门研究生产的专业化企业。做为传统阀门行业的龙头，如何面对市场恶劣竞争环境和用户日益增多的个性化需求，怎样整合内外资源，用互联网模式重构整个产业生态链，才能扭转阀门行业无序现状，形成企业良好有序的循环和发展，是好利阀业一直在思考的问题。

利用数码大方的工业云平台技术、资源及整合能力和好利的行业经验，从协同设计云服务入手，支撑好利的营销和设计体系的平台化应用，帮助好利构筑协同设计的平台，开发工业 APP。提升好利的销售效率、沟通效率、设计效率和协同效率。最终帮助好利实现：一是实现优化组织，聚合产品，聚合服务，聚合供应商，聚合能力；二是延伸了产业链条，打通用户和供应商之间的壁垒，实现生产透明，制造透明；三是推动了供应商产品质量、技术工艺地提升；四是开展跨界、跨区域合作，实现向服务化制造和个性化服务方向转型的需求，创造了阀门行业的互联网品牌。

## 7.8 金蝶微服务

微服务是一个新兴的软件架构，就是把一个应用程序分解为更小、完全独立的组件，这使得它们拥有更高的敏捷性、可伸缩性和可用性。一个微服务的策略可以让工作变得更为简便，它可扩展单个组件而不是整个的应用程序堆栈，从而满足服务等级协议。

金蝶的微服务组件主要包括：表单服务、报表服务、流程服务、消息服务、身份认证服务、会计引擎服务、单据转换服务、打印服务、安全日志服务等等。

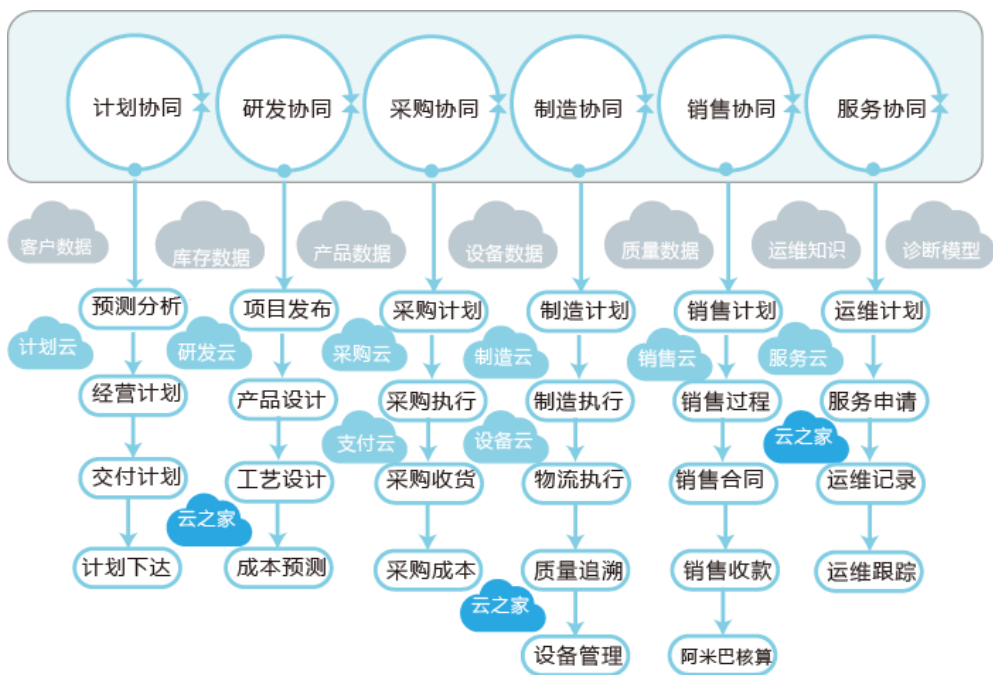


图 7-19 金蝶工业 APP 微服务

基于微服务架构的金蝶工业 APP 有以下特点：

### （1）场景即价值

在订单协同、计划协同、设计协同、采购协同、制造协同、销售协同等方面，与传统制造模式相比，从集中控制制造走向分



布式制造，最大限度的利用了共享的制造资源和服务，在每个具体的业务场景中实现了弹性计划、弹性生产、弹性交付，从而节约了成本、提升了效率。

## **（2）平台即商业**

金蝶云平台支持企业建立持续创新的制造服务平台支撑、平台创新能力。基于制造云应用平台，企业可以随需为下属企业、产业链伙伴或其他制造企业打造制造云服务平台，同时，对企业的制造云服务平台进行弹性化管理。金蝶云平台也支持任意产品通过平台开放起能力，通过标准的 API 面向其他产品和客户提供服务，实现人人互联、物物相连，构建起一个智能的商业系统。

## **（3）IT 即业务**

金蝶云 ERP 应用服务平台是为金蝶云应用服务（SaaS 服务）的开发、部署、运行及运营提供支撑服务及管理工具，金蝶云 ERP 应用服务平台包括：微服务组件、开发服务、运行服务、服务管理服务、API 服务框架、动态领域模型、云支撑服务及管理运维服务等。

应用服务平台是以高效、规范构建企业级云应用服务为核心，通过动态领域模型、微服务组件、开发服务、服务管理服务及服务运行服务等快速构建企业级应用服务，满足企业基于互联网的企业信息化管理需求及个性化需求，IT 和业务高度融合。

## **（4）模型+数据**

动态领域模型需要实现包括数据模型、报表模型、表单模型及流程模型等四大类模型的动态建模工作。数据模型：主要用于描述云服务产品所需要使用的数据的组织、数据域及其关系的信息等。报表模型：主要描述报表的风格及关键组成元素。表单模型：主要是描述表单界面的布局风格和模式。流程模型：主要用于描述流对象、连接对象（将流程对象连接起来组成业务流程的



结构)、甬道（用以区分不同的功能和职责）、描述对象（提供额外的上下文描述和解释目的）。通过动态领域模型，可快速建立企业业务流程，满足个性化用户需求。

### **（5）数据即资产**

金蝶数据采集服务（Kingdee Data Collection Service, KDCS）是面向互联网时代大数据采集的需求，针对拟采集数据数量多、速度快和多样化等特点，提供的一款数据采集云服务。采集后的数据存储在金蝶云平台，并能够利用云平台上的其他服务进行存储和处理。

## 7.9 南京维拓科技

### 7.9.1 技术框架

南京维拓科技的技术框架采用了数字化模型参数驱动技术、动态模拟与仿真知识和技术、知识结构化表达与描述、知识库自注册与服务管理技术、服务抽象与封装、数据库管理和访问技术、Web Services 技术、基于 J2EE 的 Struts 技术、Velocity 技术等关键技术。

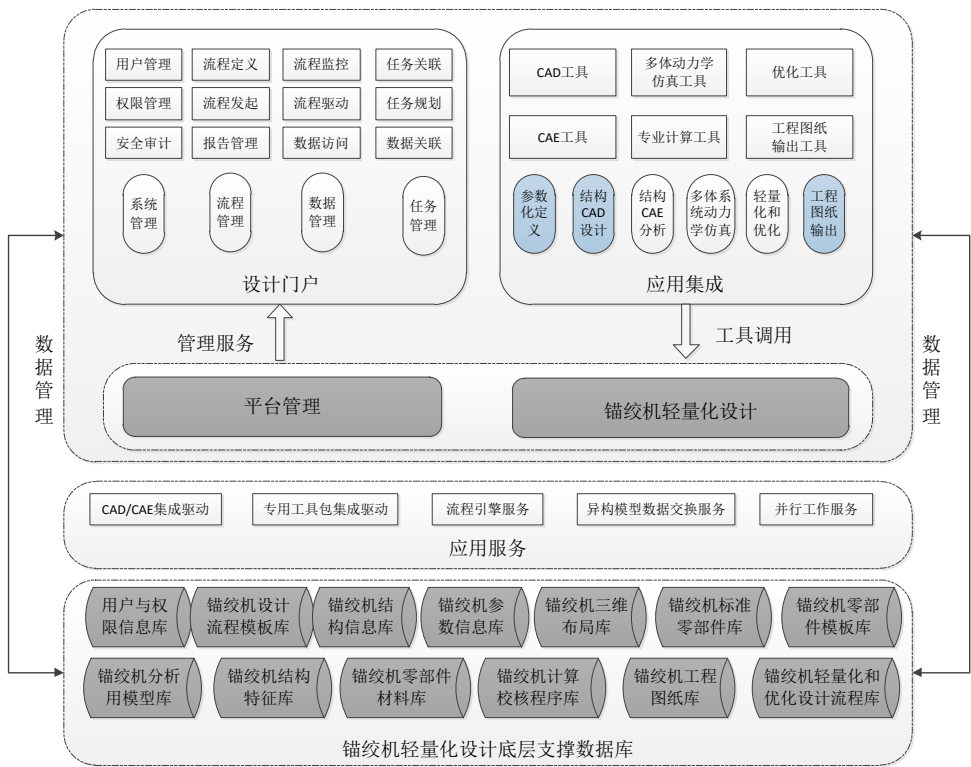


图 7-20 工业 APP 技术框架

### 7.9.2 应用案例

船舶锚绞机智能设计 APP 致力于为船用锚绞机提供快速设计、智能仿真、数据和权限管理为一体的设计系统，使设计出来的锚绞机达到轻量化、高效节能、减振降噪的要求。着力解决结构设计与产品优化分析方面的诸多问题。

船舶锚绞机智能设计 APP 包括一组工业 APP，如任务管理、流程管理、模型设计和仿真、数据管理和资源数据库管理等。

根据锚绞机设计的特点，对设计过程进行高度抽象，总结出设计过程的知识 and 特性，采用结构化的、自描述的、自注册的知识汇聚管理，将设计知识、流程知识显性化，并应用面向对象的软件设计方法对设计任务进行微服务封装，并集成于任务模板库，供协同设计平台调用。

按照锚绞机设计的实际业务工作流程，通过流程建模工具定义好流程中各活动的执行顺序关系、逻辑关系及数据传递关系，实现设计过程的流程化，并将标准化的设计流程，按照调度引擎，实现相关微服务接口。

承担具体设计任务和流程的工程师，接收任务并应用设计工具，进行具体的三维模型的向导式、自动化或半自动化式的模型设计、装配和仿真工作。

整组工业 APP 实现基于知识驱动、基于模型驱动、基于微服务的船舶锚绞机智能设计协同与管理：锚绞机机械及其液压系统的向导式、半自动化的产品设计、仿真管理；系统地构建企业标准件、外购件，通用件库，提高了基础数据可重用性、设计质量和设计效率；锚绞机设计流程和数据的管理工作优化与提升。

## 7.10 汇川技术

### 7.10.1 技术框架

工业 APP 技术框架采用前后端分离的方式实现协同开发。服务端开发主要使用自研即插即用的微服开发框架 JazminSuite，主要包含基础类、服务类、驱动类三类组件。基于 JazminSuite 可以将应用配置成 Web 服务器、RPC 服务器、消息服务器、监控服务器、WebSocket 服务器等，并内置了强大的服务治理功能。客户端开发主要基于 H5 和 Vue.js 框架，通过封装提供了前端开发脚手架 Huicli。技术上实现微应用级别的单点登录与单点注销，统一的、灵活可扩展的数据权限和操作权限管理，秒级的服务节点弹性扩容与缩容，API 级别的分布式服务治理，从微应用编码到部署监控的全生命周期管理与自动化 CI/CD 等。

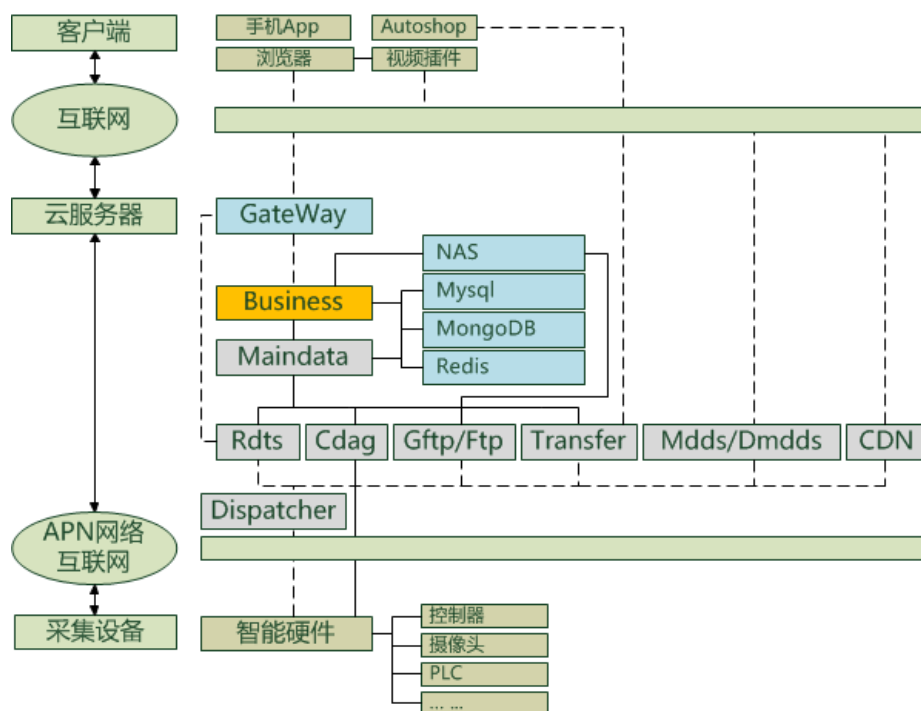


图 7-21 工业 APP 技术框架

基于 JazminSuite 框架，开发了集群管理、配置管理和应用发布工具 JazminDeployer，并通过和 Jenkins 的整合实现了开发、

测试和生产环境的隔离和持续集成的自动化，统一的应用层和网络层安全防护，保障所有后端应用程序的安全性。

7.10.2 应用案例

围绕工业设备远程维护需求，打破系统与设备的技术壁垒，实现人与工业设备的直接通讯，实现工业设备状态监控、实时定位、远程控制、异常预警、故障报警、工况采集、远程升级等诸多功能。构建工业设备远程运维系统，发现问题早、定位问题准、解决问题快，提升运维效率；基于工业设备数据，帮助客户更深入了解产品，开展定制化服务或优化整改，提升产品质量和服务。

该类工业 APP 针对工业设备，提供智能服务。主要实现对工业设备上传数据进行有效筛选、梳理、存储与管理，并通过数据挖掘、分析，向用户提供日常运行维护、在线检测、故障预警、诊断与修复、运行优化、远程升级等服务,并通过数据的积累和工业机理的结合，实现预测性维护、质量改善等服务。

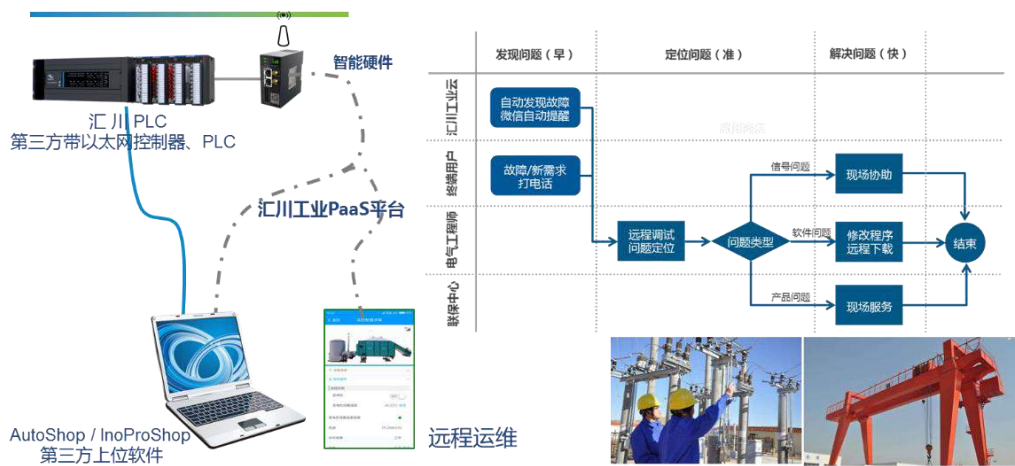


图 7-22 工业 APP 应用

该类工业 APP 基于 Uweb 开发平台开发，当前已有各类应用超过 100 个，实现超过 40 个行业的应用。

## 7.11 阿里巴巴云效

云效是新型企业级一站式协同研发平台，源于阿里巴巴多年先进的管理理念和工程实践，提供从“需求->编码->测试->发布->运维->运营”端到端的协同服务和研发工具支撑。云效将战略规划、敏捷研发、持续集成、持续交付、DevOps 等理念引入钢铁、化工、民航、金融等大型企业和互联网初创企业，助力企业产品快速创新迭代和研发效能升级。



图 7-23 云效协同研发平台

云效产品涵盖了项目协作域、研发域、测试域以及运维域。项目协作域包括项目管理和指挥部，研发域包括代码管理、配置管理、应用管理、交付管理等，测试域包括单元测试持续集成、测试环境管理、测试数据中心、性能压测自动化、WebUI 自动化、前端测试自动化、接口测试自动化、集成测试自动化、测试管理等，运维域包括资源管理、发布部署、作业平台、P2P 文件分发、堡垒机、运维通道、账号权限管理、智能监控等。

通过云效的支持，可以让各种层次的工业 APP 开发者以标准的项目管理及研发测试流程进行工业 APP 产品的研发，形成标准化的工业 APP 开发体系，从而降低工业软件研发的准入门槛以及工业技术、行业知识向软件体系的转化难度，保障工业 APP 的质

量并促进 APP 市场的繁荣发展。同时，通过云效平台的数据沉淀，也可以构建起工业行业的研发知识库，避免过程性信息化数据资产在研发过程中的流失和废弃，让工业 APP 的研发可以形成更好的生态环境。

## 7.12 沈机智能

目前，机加工行业在对特征相对简单的产品进行数控加工时多采用手动编程，即根据实际工件尺寸以及加工工艺要求手动编写数控加工程序，过程繁复，容易出错，因此对操作人员的能力要求也较高。而在法兰加工行业，由于具有一定经验的工艺编程人员普遍较为匮乏，该问题给行业带来的影响尤为突出。

法兰自动编程(FlangeGuide)APP正是在此背景下应运而生。使用该APP可大大减低加工编程难度，操作人员只需根据图形化引导界面填写待加工工件相应尺寸、工艺参数即可生成程序，无需拷贝直接加工。从而将操作人员从繁重的手动编程中解放出来，提高了加工程序正确率，降低了对操作人员的技术要求，有助于降低行业生产成本，提高生产效率。

法兰自动编程APP的操作流程包括选择产品类型、新建程序名、编辑尺寸和工艺参数、生成程序并跳转至执行页等几个步骤。全程通过引导界面来指导操作人员进行相关操作。

在产品类型页，根据实际加工零件情况，选择对应的产品类型（根据市场需求可持续添加）。后根据需要命名即将生成的程序。进入尺寸、工艺参数填写步骤时每个填写项都有相应的图片示意，增加可读性，提高信息填写正确率。在填写过程中还设置了自动检查，很大程度上避免了填写错误。在以上模块填写结束后可一键生成完整的法兰加工程序，并进入数控加工主APP，直接执行加工。此外，在程序调用界面根据程序名调用已编辑过的程序时，会自动填充相关尺寸、参数信息。



## 缩略语表

缩写	英文全称	中文全称
3D	3 Dimensions	三维
ABB	Asea Brown Boveri	ABB 集团
API	APPLication Programming Interface	应用编程接口
APM	APPLication Performance Management	应用性能管理
APP	APPLication	应用软件
AVM	Adaptive Vehicle Make	自适应车辆制造
BI	Business Intelligence	商业智能
CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CAE	Computer Aided Engineering	计算机辅助工程（也称工程仿真）
CAM	computer Aided Manufacturing	计算机辅助制造
CRM	Customer Relationship Management	客户关系管理
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	美国国防高级研究计划局
ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划
FES	Functional Execution System	功能执行系统
GE	General Electric Company	通用电气公司
HAZOP	Hazard and Operability Analysis	危险与可操作性分析
IBM	International Business Machines Corporation	国际商业机器公司
IEC	International Electrotechnical Commission	国际电工委员会
IM	Instant Messaging	即时通讯
INDICS	Industrial Intelligent Cloud System	工业智能云系统

缩写	英文全称	中文全称
MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
NASA	National Aeronautics and Space Administration	美国国家航空航天局
OPM	Business Performance Management	企业绩效管理
PDM	Product Data Management	产品数据管理
PLM	Product Lifecycle Management	产品生命周期管理
PTC	Parametric Technology Corporation	美国参数技术公司
SAP	Systems, APplications & Products in Data Processing	SAP 公司
SCM	Supply Chain Management	供应链管理
SDK	Software Development Kit	软件开发工具包
SDM	Simulation Data Management	仿真数据管理
SNS	Social Networking Services	社交网络服务
TDM	Test Data Management	试验数据管理

## 参考文献

1. 《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，2017.11.
2. 《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》（国发〔2016〕28号），2016.5.
3. 《工业互联网 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）》，2018.5.
4. 工业互联网平台白皮书(2017),工业互联网产业联盟,2017.11
5. 工业互联网平台标准化白皮书（2018），中国电子技术标准化研究院，2018.1
6. IEC 61508-1:1998《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全要求》
7. 《GB/T 13745-2009 学科分类与代码》，国家标准委，2009
8. 《GB/T 4754—2017 国民经济行业分类》，国家标准委，2017
9. 袁晓庆. 培育百万工业 APP，加快工业互联网平台生态建设. 2018.3
10. 王宇霞,许亚倩. 促进工业 APP 发展，推动制造业升级. 2018.6



## 联系我们

中国工业技术软件化产业联盟 秘书处

地址：北京市海淀区万寿路 27 号院 1 号楼 211 室

电话：010-68200758