



中国工业技术软件化产业联盟



工业互联网产业联盟  
Alliance of Industrial Internet

# 工业 APP 白皮书（2020）

（征求意见稿）

2020 年 12 月



---

征光集

---

## 编写说明

工业 APP 是基于松耦合、组件化、可重构、可重用思想，面向特定工业场景，解决具体的工业问题，基于平台的技术引擎、资源、模型和业务组件，将工业机理、技术、知识、算法与最佳工程实践按照系统化组织、模型化表达、可视化交互、场景化应用、生态化演进原则而形成的应用程序，是工业软件发展的一种新形态。

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技术发展司的指导下，中国工业技术软件化产业联盟、工业互联网产业联盟联合组织专家力量，通过深入调研工业互联网平台、工业企业以及各地域工业 APP 的发展与应用情况，汇集多方视角和数据，编写了本白皮书。

本白皮书共有六部分内容。第一部分描述工业 APP 的概念与内涵，给出了工业 APP 的定义、特征和参考体系架构，厘清工业 APP 与其他相关概念的关系；第二部分介绍工业 APP 发展概况，从整体上描述了我国工业 APP 的发展与分布情况、体系建设情况以及不同行业发展的概述；第三部分描述了工业 APP 开发与发展情况，从工业 APP 开发的角度，阐述了工业 APP 开发技术架构、开发关键技术趋势以及工业 APP 开发趋势；第四部分介绍了工业 APP 的应用与发展，重点结合国内各工业互联网平台和工业企业的工业 APP 应用与推进，尝试对工业 APP 应用模式和应用推进路径进行了分析提炼；第五部分从工业 APP 生态体系建设的角度描述了政策指导、知识型组织和分享文化建设、人才培养、技术转化以及标准与安全等生态要素的建设与发展情况；第六部分论述了工业 APP 发展中存在的一

---

些问题，并针对这些问题提出了一些建设性意见。

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技术发展司谢少锋司长，杨宇燕副司长，王威伟处长，冯伟处长，傅永宝调研员（正处级），贾超等领导对白皮书的悉心指导，特别感谢杨学山（原工信部副部长）、李伯虎院士、刘永才院士、唐晓青（原北航副校长）、高新民、宫琳、宁振波、董景辰、赵敏、郭朝晖、高星海、孙践知、王健、舒孟炯、王湘念、刘江平、耿建光、赵宏博、柴旭东、朱铎先、魏鸿、王晨、夏良盛、兰小平、杨超英、田洪川、薛智峰、刘棣斐、张敬彩、梁敬锋、郎燕、吴建明、陈刘杰、史晓凌、陈善德、王叶忠、龙舟、侯庆坤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；特别感谢专家们提出的真知灼见和宝贵修改意见；在白皮书编写过程中，工业互联网产业联盟余晓晖秘书长，工业技术软件化产业联盟陈立辉，王蕴辉，李义章，杨春晖，阎丽娟等联盟领导在白皮书成稿过程中也提出了许多指导性意见，在此一并致谢。

本白皮书是在《工业互联网 APP 发展白皮书（2018）》基础上的修订编写。在此基础上，2020 版进一步明确了工业 APP 的定义，精炼了工业 APP 的特征，强调了工业 APP 依托平台的特性，讲清楚了工业 APP 是什么，又通过“结构化描述-系统化组织-模型化表达-可视化交互”的工业技术软件化路径讲清楚了工业 APP 从哪里来，还通过工业 APP 应用模式和推进路径描述了工业 APP 到哪里去。

白皮书明确了四组概念，回答了工业 APP 与消费 APP、工业 APP 与传统工业软件、工业 APP 与平台、工业 APP 与组件和微服务之间的关系。

本白皮书对工业 APP 参考体系架构做了进一步扩展。从 2018 版架构

---

强调工业 APP 开发，扩展到开发、应用、平台三个维度，既有对原架构的继承，又有发展。

本白皮书还对自 2018 年以来，我国工业 APP 总体分布与发展情况，工业 APP 的开发与发展情况，工业 APP 的应用情况，工业 APP 生态发展情况进行了初步分析，并对工业 APP 发展中的问题与不足进行梳理，给出了一些建设性的意见与建议方向。

由于编写人员对工业 APP 认识上的不足，以及相关数据和信息收集的限制，白皮书中还有很多不足之处，期待能够得到各方面的意见与建议，不断更新和完善。

---

## 指导单位

工业和信息化部信息技术发展司

## 组织单位

中国工业技术软件化产业联盟

工业互联网产业联盟

## 编写单位（排名不分先后）

中国信息通信研究院

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

北京航空航天大学

中国科技自动化联盟

走向智能研究院

北京工商大学

中国航空制造技术研究院

北京东方国信科技股份有限公司

太极计算机股份有限公司

浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司

中国工业互联网研究院

国家工业信息安全发展研究中心

中国航发商用航空发动机有限公司

中国航天三江集团公司

---

中国船舶集团有限公司  
中国兵器工业集团信息中心  
中国商飞上海飞机设计研究院  
中航工业成都飞机设计研究所  
北京神舟航天软件技术有限公司  
海尔卡奥斯物联生态科技有限公司  
用友网络科技股份有限公司  
江苏徐工信息技术股份有限公司  
航天云网科技发展有限责任公司  
富士康工业互联网股份有限公司  
瀚云科技有限公司  
台达智能科技（北京）有限公司  
格创东智（深圳）有限公司  
南京维拓科技股份有限公司  
天津开发区精诺瀚海数据科技有限公司  
北京理工大学  
北京大学  
华为技术有限公司  
浙江省智能制造专家委员会  
北京亚控科技发展有限公司  
清华大学  
河北工业大学  
鼎捷软件股份有限公司

---

北京研华兴业电子科技有限公司  
中天科技股份有限公司  
北京优也信息科技有限公司  
朗坤智慧科技股份有限公司北  
北京兰光创新科技有限公司  
北京工业互联网技术创新与产业发展联盟  
中关村科创智慧军工产业技术创新战略联盟  
联合智造(北京)科技发展有限公司  
广州中望龙腾软件股份有限公司  
北京凯尔京能源环保科技有限公司

## 编写人员

何 强 赵翰林 田洪川 周彦飞 班帅帅 张丽静 李 南  
张吕炯 曹哲铭 刘 晶 王逢春 卞孟春 金风明 何渝君  
杨宝刚 丁 亮 梁继超

---

# 前言

## 目的

本白皮书旨在描述清楚工业 APP 是什么，厘清工业 APP 与其他相关概念的关系；从工业 APP 开发、应用与生态建设等方面描述工业 APP 的发展现状和路径，促进百万工业 APP 培育工程实施落地，推动工业 APP 在企业中应用落地，促进工业 APP 生态建设。

## 阅读对象与适用范围

本白皮书适用于工业 APP 生态的各个主体，包括：各级政府、工业企业、平台企业、一般的社会化人才、高校与科研机构、金融机构。各级政府可以从白皮书中借鉴到如何体系性规划，服务企业并促进经济建设的思路；工业企业可以了解头部企业在工业 APP 开发、应用、技术转化等方面的经验；平台企业可以从白皮书中归纳分析出自己平台的发展方向与应用推进路径。各主体都能够从本白皮书中找到如何让工业 APP 应用落地的抓手，推进工业 APP 生态建设与发展。

# 目 录

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 编写说明 .....                          | II        |
| 前 言 .....                           | VIII      |
| 目 录 .....                           | IX        |
| <b>1 工业 APP 的概念与内涵 .....</b>        | <b>1</b>  |
| 1.1 工业 APP 发展的背景 .....              | 1         |
| 1.2 工业 APP 的概念 .....                | 2         |
| 1.2.1 工业 APP 的定义 .....              | 2         |
| 1.2.2 工业 APP 的内涵 .....              | 4         |
| 1.2.3 工业 APP 的典型特征 .....            | 5         |
| 1.3 工业 APP 参考体系架构 .....             | 7         |
| 1.4 概念辨析 .....                      | 9         |
| 1.4.1 工业 APP 与消费 APP 的区别 .....      | 10        |
| 1.4.2 工业 APP 与工业软件的关系 .....         | 11        |
| 1.4.3 工业 APP 与平台的关系 .....           | 15        |
| 1.5 工业 APP 的意义与价值 .....             | 16        |
| 1.6 工业 APP 的分类与标识 .....             | 19        |
| 1.6.1 工业 APP 分类体系 .....             | 19        |
| 1.6.2 工业 APP 标识 .....               | 22        |
| <b>2 工业 APP 发展概况 .....</b>          | <b>24</b> |
| 2.1 工业 APP 发展与分布状况 .....            | 24        |
| 2.2 工业 APP 体系建设蓬勃发展 .....           | 26        |
| 2.3 离散行业龙头企业基于优势打造行业工业 APP 体系 ..... | 30        |
| 2.4 流程行业 APP 发展现状 .....             | 31        |
| 2.4.1 钢铁冶金工业 APP 发展现状 .....         | 31        |

|          |                                 |           |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 2.4.2    | 石油化工行业工业 APP 发展现状 .....         | 33        |
| 2.4.3    | 能源电力行业工业 APP 发展现状 .....         | 35        |
| 2.5      | 解决方案优势企业深耕领域打造专业化工业 APP .....   | 37        |
| <b>3</b> | <b>工业 APP 开发与发展 .....</b>       | <b>40</b> |
| 3.1      | 工业 APP、组件、微服务的关系 .....          | 40        |
| 3.2      | 工业 APP 开发技术路径——工业技术软件化 .....    | 41        |
| 3.3      | 工业 APP 开发技术架构 .....             | 43        |
| 3.4      | 工业 APP 开发关键技术 .....             | 44        |
| 3.4.1    | 便捷化开发技术 .....                   | 44        |
| 3.4.2    | 混合 APP 开发技术 .....               | 45        |
| 3.4.3    | 部署运维标准化技术 .....                 | 46        |
| 3.5      | 工业 APP 开发趋势 .....               | 47        |
| 3.5.1    | 线下定制向线上模式转变 .....               | 47        |
| 3.5.2    | 开发者社区成为工业 APP 开发主要推动力 .....     | 47        |
| 3.5.3    | 开源为工业 APP 提供基础、部署和技术支持 .....    | 48        |
| 3.5.4    | 工业企业逐渐成为工业 APP 开发一大主体 .....     | 48        |
| 3.5.5    | 结合 APP 所产生的大数据实现应用优化 .....      | 49        |
| 3.5.6    | 传统工业软件微服务化重构 .....              | 49        |
| <b>4</b> | <b>工业 APP 应用与发展 .....</b>       | <b>51</b> |
| 4.1      | 工业 APP 应用架构 .....               | 51        |
| 4.2      | 工业 APP 应用模式 .....               | 52        |
| 4.2.1    | 面向高附加值产品的应用模式 .....             | 52        |
| 4.2.2    | 面向高重复度连续工业改善“1%”应用模式 .....      | 52        |
| 4.2.3    | 依托工业软件平台和领域 APP 的知识驱动应用模式 ..... | 53        |
| 4.2.4    | 特定领域深耕应用模式 .....                | 54        |
| 4.3      | 工业 APP 应用推进路径 .....             | 54        |
| 4.3.1    | 依托共性平台面向行业的应用推进路径 .....         | 55        |

|          |                                |           |
|----------|--------------------------------|-----------|
| 4.3.2    | 依托庞大客户群的应用推进路径.....            | 55        |
| 4.3.3    | 面向地域特色产业的应用推进路径.....           | 56        |
| 4.3.4    | 依托生态的应用推进路径 .....              | 56        |
| <b>5</b> | <b>工业 APP 生态体系建设与发展 .....</b>  | <b>58</b> |
| 5.1      | 工业 APP 生态体系模型 .....            | 58        |
| 5.2      | 中央政策布局，地方行动跟进.....             | 59        |
| 5.3      | 构建企业知识型组织.....                 | 60        |
| 5.4      | 工业 APP 的人才培养和开发者社区建设 .....     | 61        |
| 5.5      | 技术溢出和技术转化.....                 | 64        |
| 5.6      | 工业 APP 的标准建设和安全防护 .....        | 65        |
| 5.7      | 可持续发展商业模式.....                 | 67        |
| <b>6</b> | <b>工业 APP 发展存在的问题与建议 .....</b> | <b>69</b> |
| 6.1      | 当前存在的主要问题.....                 | 69        |
| 6.2      | 建议.....                        | 72        |
|          | <b>术语 .....</b>                | <b>75</b> |
|          | <b>缩略语表.....</b>               | <b>76</b> |
|          | <b>参考文献.....</b>               | <b>77</b> |



# 1 工业 APP 的概念与内涵

## 1.1 工业 APP 发展的背景

从发达国家的实践经验看，繁荣的工业软件和工业 APP 生态体系是通过将工业技术知识与最佳工程实践转化为工业应用软件的过程实现的。图 1-1 揭示了工业发展与 IT 进程带来的工业软件与工业 APP 生态发展。

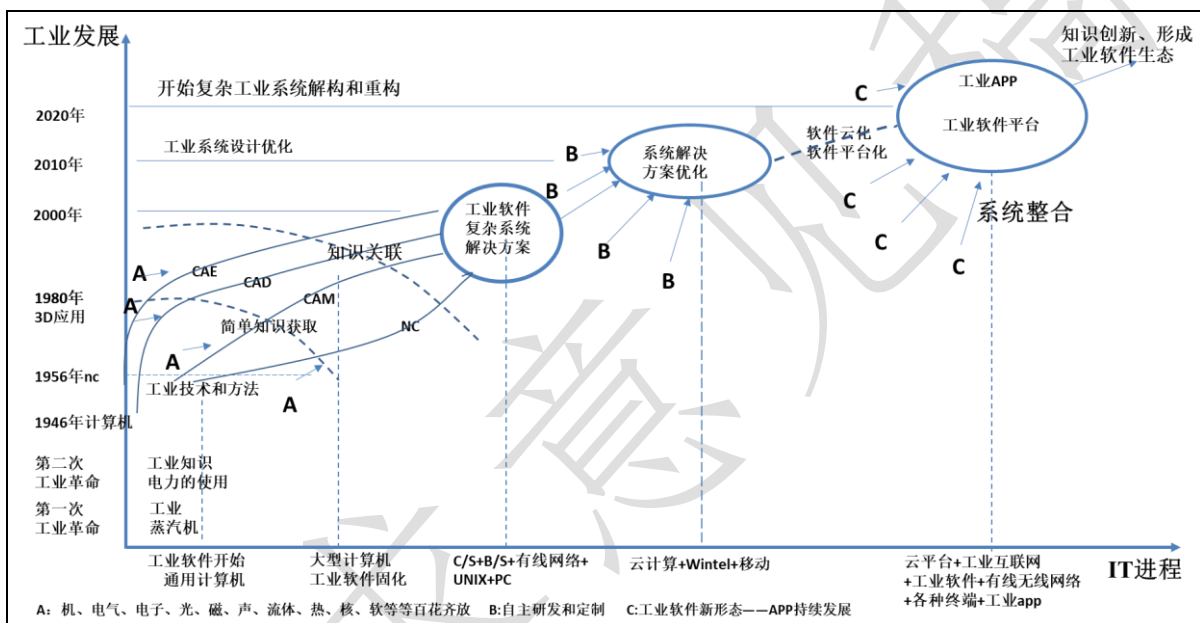


图 1-1 工业发展与 IT 进程带来的工业软件与工业 APP 生态发展

以美国 NASA、波音公司、洛克希德等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，面向全球用户提供应用开发环境以及各类应用和服务，构建以开发者平台和工业 APP 为核心的产业生态体系。提供涵盖医疗、发动机、核电、石油化工等设备资产管理等领域超过 150 种 APP 应用。日本东京风电公司基于这些应用提高发电量 2%。

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。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，包括预测维护，流程优化、零部件监控。ABB 将其面向 20 多个工业领域的自动化设备数据采集能耗优化等 180 余项工业解决方案向 Ability 平台迁移。

PTC 提出“平台+APPs+生态”布局，ThingWorx 平台包含针对制造企业研发、制造、服务各领域的标准 APP 套件。如针对研发领域的 Navigate，针对制造领域的 Manufacturing Apps、Operator Advisor，以及针对服务领域的 Asset Advisor 等。提供按行业划分的 APP，有基于离散型制造业，比如数字化工厂套件；有基于流程行业，比如某些饮料提供商或者资料提供商的生产线或设备监控等。同时，在 ThingWorx APP 市场 Marketplace 中有超过 600 个 APP 覆盖不同行业和功能领域，帮助客户快速开发与部署工业互联网解决方案。

## 1.2 工业 APP 的概念

### 1.2.1 工业 APP 的定义

在两化融合的大背景下，随着工业互联网等新技术的出现，企业边界不断模糊，在工业技术软件化理念的推动下，企业需要通过软件化方式积累沉淀工业技术知识以获得创新能力，共享共用需求持续凸显。在此背景

下，借鉴消费领域 APP 的说法，针对工业领域应用提出了工业 APP 概念。那么，什么是工业 APP 呢？本白皮书集合工业应用方、平台方、工业软件企业、高校与科研机构等多方视角和观点，给出了以下工业 APP 定义。

工业 APP 是基于松耦合、组件化、可重构、可重用思想，面向特定工业场景，解决具体的工业问题，基于平台的技术引擎、资源、模型和业务组件，将工业机理、技术、知识、算法与最佳工程实践按照系统化组织、模型化表达、可视化交互、场景化应用、生态化演进原则而形成的应用程序，是工业软件发展的一种新形态。

工业 APP 所依托的平台，可以是工业互联网平台、公有云或私有云平台，也可以是大型工业软件平台，还可以是通用的操作系统平台（包括用于工业领域的移动端操作系统、通用计算机操作系统、工业操作系统和工业软件操作系统等）。

工业 APP 是为了解决特定的具体问题、满足特定的具体需要而将实践证明可行和可信的工业技术知识封装固化后所形成的一种工业应用程序。工业 APP 只解决具体的工业问题，而不是抽象后的问题。例如，齿轮设计 APP 只针对某种类型的齿轮设计问题，而不是将齿轮设计抽象成面向一般几何体设计的点、线、面、体、布尔运算等设计问题。而后者是一般工业软件解决的问题。

工业 APP 可以让工业技术经验与知识得到更好的保护与传承、更快地运转、更大规模地应用，从而放大工业技术的效应，推动工业知识的沉淀、复用和重构。

工业 APP 是一种特殊的工业应用程序，是可运行的工业技术知识的载体，工业 APP 中承载了解决特定问题的具体业务场景、流程、数据与数据流、经验、算法、知识等工业技术要素，工业 APP 承载这些技术要素，每一个工业 APP 都是一些具体工业技术与知识要素的集合与载体。

### 1.2.2 工业 APP 的内涵

#### 1) 工业 APP 开发的三类主体

工业 APP 开发包含三类主体：IT 人、工业人、数据科学家。工业人与 IT 人是两类传统的主体。新技术条件下，工业 APP 开发的主体将越来越向工业人倾斜，工业人利用各种低代码化手段快速将自身所掌握的工业技术知识开发成工业 APP。

随着大数据技术的应用与发展，数据科学家基于对海量工业数据的处理分析和数据建模，形成数据驱动的工业软件，成为一种新的开发主体。

#### 2) 工业 APP 承载的六类工业技术知识对象

工业 APP 是一种承载特定工业技术知识的软件形式的载体，其所承载的客体对象包括以下几类工业技术知识：

- (1) 各种基本原理、工业机理、数学表达式、得到验证的经验公式；
- (2) 业务逻辑（包括产品设计逻辑、CAD 建模逻辑、CAE 仿真分析逻辑、制造过程逻辑、运行使用逻辑、经营管理逻辑等业务逻辑）；
- (3) 数据对象模型、数据交换逻辑；
- (4) 领域机理知识（包括工业领域航空、航天、汽车、能源、电子、冶金、化工、轨道交通等行业原理与机理知识，机械、电子、液压、控制、热、流体、电磁、光学、材料等专业知识，车、铣、刨、磨、镗、热、表、铸、锻、焊等工艺制造领域的知识，人-机-料-法-环、配方、配料、工艺过程与工艺参数知识，以及故障、失效等模型，还可以是人对设备操作与运行的逻辑、经验与数据，企业经营管理基本原理、知识与经验等）；
- (5) 数据建模模型（经过机器学习和验证的设备健康预测模型、大数据算法模型、人工智能算法模型、优化算法模型等）；
- (6) 人机交互。

### 1.2.3 工业 APP 的典型特征

工业 APP 借鉴了消费 APP 方便灵活的特性，又承载了工业技术软件化的理念，作为工业软件的新形态又具有软件的特性，同时依托平台具有生态化的特征。因此工业 APP 具有六方面典型特征：特定工业技术知识载体；面向特定工业场景的特定适应性；小轻灵，易操作；可解耦/可重构；依托平台；集群化应用等特征。



图 1-2 工业 APP 典型特征

#### 1) 特定工业技术知识载体

工业 APP 是某一项或某些具体的工业技术知识的软件形态的载体，这是工业 APP 的本质特征。工业 APP 所承载的工业技术知识只解决具体的问题，而不是抽象后的问题。正如前面所列举的例子，齿轮设计 APP 只承载解决某种类型的齿轮设计问题的具体工业技术知识。一般的工业软件虽然也承载工业技术知识，但这些工业技术知识通常是抽象后的通用机理，如几何建模技术与知识，解决的是一大类工业问题。

#### 2) 特定适应性

每一个工业 APP 承载解决某项具体问题的工业技术知识，表达一个或多个特定的功能，解决特定的具体问题，具有典型的特定适应性。例如，某类齿轮设计 APP 只完成该类型的齿轮设计，更换齿轮类型后就不适用了。

### 3) 小轻灵，易操作

每一个工业 APP 只解决某一些或几项具体的问题，功能单一，并且工业 APP 的开发运行都依托平台的资源，每一个工业 APP 不需要考虑完整的技术引擎、算法等基础技术要素，因此工业 APP 的体量相对较小。

工业 APP 是富集的工业技术知识载体，通过知识封装和驱动，让一般人也可以使用专家的知识，通过简便的操作，完成过去需要专家才能完成的工作。只有这样，工业 APP 才能广泛地推广使用。

### 4) 可解耦/可重构

每一个组件化的工业 APP，边界明确，接口明确。使得工业 APP 可以不被紧耦合约束到某一个具体的应用软件中，与其他的应用程序或 APP 通过接口交互实现松耦合应用。

### 5) 依托平台

工业 APP 从概念提出到开发、应用，以及生态的构建与形成，都是基于平台开展的。每一个工业 APP 只解决特定的具体问题，这就要求工业 APP 必须具备一个庞大的生态来支撑。生态的建设需要社会化力量共同努力，平台既可以提供工业 APP 生态快速建设的基础，又可以减少每一个 APP 开发过程中重复地进行基础技术开发和基础资源构建，降低工业 APP 开发的门槛，还可以通过平台来统一规范与标准，实现工业 APP 的广泛重用。

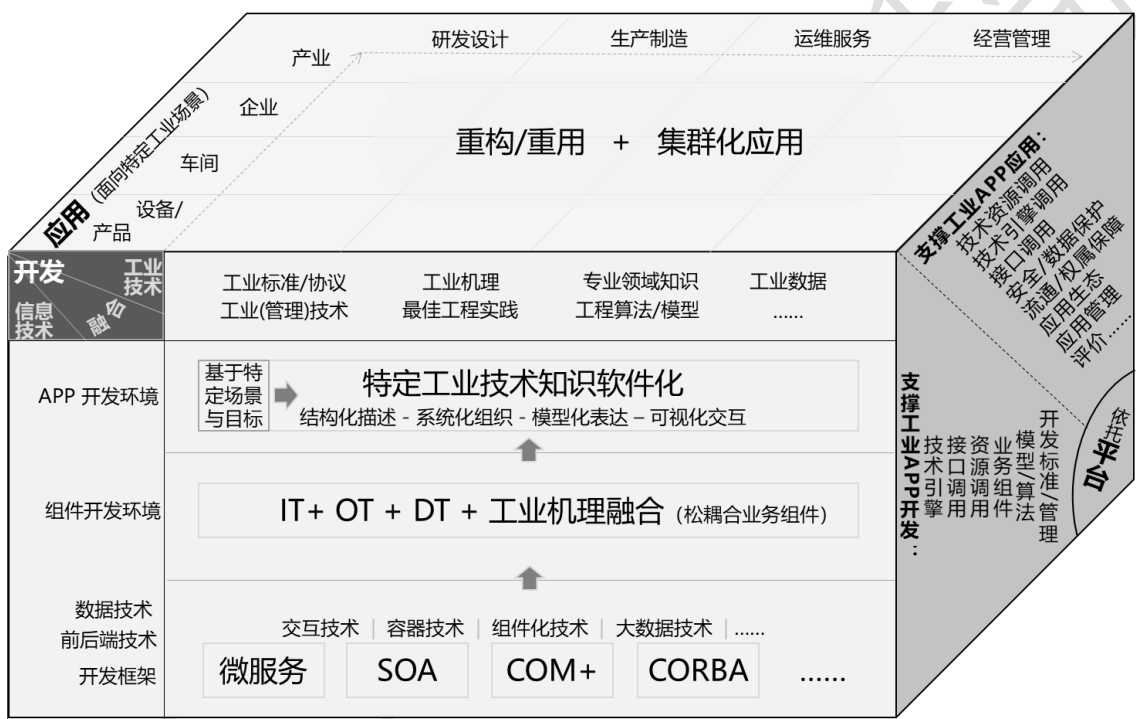
### 6) 集群化应用

每个工业 APP 只解决特定问题，对于一些复杂的工业问题，可以通过问题分解将复杂问题变成一系列单一问题，每一个单一问题由对应的工业 APP 来解决，通过多个边界和接口明确的工业 APP 按照一定的逻辑与交互接口进行系统性组合，利用工业 APP 集群可以解决更为复杂的系统性问题。例如，索为的飞行器总体设计 APP，将飞行器总体设计分解为数百个

小问题，通过超过 300 个工业 APP 的集群化组合应用，实现了飞机这个复杂系统的总体设计应用。

1.3 工业 APP 参考体系架构

工业 APP 既具有工业属性，也具备软件属性，是工业技术知识与最佳实践的软件形态载体，其核心是工业技术知识，是工业技术与信息技术的融合。图 1-3 描述了工业 APP 的参考体系架构。



架构必须全面涵盖和体现所描述对象的特征。工业 APP 参考架构从开发、应用以及平台三个维度充分体现了工业 APP 的六方面典型特征。

工业 APP 是特定工业技术知识的载体，通过结构化描述、系统化组织、模型化表达、可视化交互等过程，利用 IT、OT、DT 与工业机理融合形成松耦合业务组件，将特定的工业技术知识软件化，形成针对特定目标和特定工业应用场景的、具有确定边界和接口的松耦合工业 APP，因此工业 APP 具有特定适应性；通过重构/重用和集群化应用，将具有特定适应性的

多个工业 APP 重构和集群化组合解决从产品/设备，到车间、企业以至产业的多层级工业应用，完成产品的研发设计、生产制造、运维服务与经营管理；工业 APP 依赖平台所提供的技术引擎、技术资源、接口等，甚至是足够数量的工业 APP 应用生态来完成开发和应用，每一个工业 APP 都可以利用平台提供的资源，因而小轻灵，知识的富集，尤其是针对特定问题的专业知识的富集，使得解决特定问题的能力突出，操作使用简便。

工业 APP 参考体系架构涵盖了开发、应用、平台三个维度，开发工业 APP 的目的为了应用，将工业技术知识更好的应用到工业场景中，平台提供工业 APP 开发和应用所需要的各种资源，并提供开发-应用-流通等管理支撑。

#### 1) 工业 APP 开发维度

工业 APP 的开发过程是将工业技术与信息技术融合的过程，通过工业技术软件化的技术途径实现两者的融合。基于特定工业场景和应用目标，将特定的工业技术知识软件化，通过结构化描述，系统化组织，模型化表达，可视化交互等过程完成软件化过程。

工业 APP 对工业技术与信息技术的融合使得工业 APP 同时具有工业属性和软件属性，工业 APP 承载了特定的工业标准、工业机理、专业领域知识、工业（管理）技术、最佳工程实践以及算法模型等。这些工业技术知识以软件形态得以封装与承载。基于特定的 IT 架构和 IT 技术，采用组件化思想，将 IT、OT、DT 与工业机理融合，开发形成的各种松耦合业务组件，利用工业 APP 开发环境，通过对松耦合业务组件的组合调用，构建面向特定应用场景解决特定问题的工业 APP。

#### 2) 工业应用维度

工业 APP 面向特定工业应用场景，从横向可以应用到产品研发设计、生产制造、运维服务以及经营管理等多工业环节，从业务纵深可以应用于产品/设备-车间-企业-产业等多层级、多工业场景。例如，在产品/设备层

级的设计、仿真、验证、设备监控与 **PHM** 健康管理；在车间层级的工艺布局、工艺工装、生产管控、远程运维监控、数据采集，以及效率、质量、能耗改善等管理应用；在企业层级的设计制造一体化、资源、计划、排程，以及服务、人、财、物等管理应用；在整个产业层面的云化应用、产业协同、供应链管理、营销等经营管理应用。工业 **APP** 在不同层级和不同工业场景中的应用，将根据工业领域的特性不同，形成不同的工业 **APP** 应用模式。

具有特定适应性的工业 **APP** 之所以能够在多工业环节、多层级、多工业场景应用，是通过工业 **APP** 重用、重构以及集群化组合应用方式来实现的。工业 **APP** 可以直接重用解决同一类型的具体问题，也可以通过重构、组合以集群化的方式，解决复杂问题，应用于复杂场景。

### 3) 平台维度

小轻灵的工业 **APP** 需要依托平台提供技术引擎、资源、模型、组件、接口，以及相应的管理功能才能实现其开发与工业应用。平台对工业 **APP** 的支撑主要体现在开发和工业应用两方面。

平台对工业 **APP** 开发的支撑体现为：平台提供开发所需要的技术引擎、接口调用、技术资源、业务组件、模型/算法、标准、以及开发管理。

平台对工业 **APP** 工业应用的支撑体现为：平台提供工业 **APP** 工业应用所需要的技术资源、技术引擎调用、工业软件资源、工业数据资源、接口调用、安全/数据保护、工业 **APP** 的流通与共享、评价、权属保护、应用管理，同时为工业 **APP** 在面向复杂问题和复杂应用场景是组合重构以及集群化组合应用的 **APP** 生态。

## 1.4 概念辨析

工业 **APP** 借鉴了消费 **APP** 的说法，作为工业软件的一种新形态，具有很多工业软件的属性，但又不同于一般工业软件，工业 **APP** 的开发、应

用与生态建设都需要依托平台，多种属性的交叉融合容易造成概念混淆。那么，工业 APP 与消费 APP 有什么不同，与工业软件、与平台是什么关系呢？

#### 1.4.1 工业 APP 与消费 APP 的区别

工业 APP 借鉴了消费 APP 的概念，在单纯 APP 的特征方面，工业 APP 在体量小轻灵，易操作、易推广重用等方面充分借鉴了消费 APP 的特性。但是工业 APP 与消费 APP 两者具有明显的区别。表 1 列举了工业 APP 与消费 APP 之间的区别与关系。

表 1 工业 APP 与消费 APP 的区别

| 消费 APP                                       | 工业 APP                 |
|----------------------------------------------|------------------------|
| 小轻灵，易操作                                      | 继承小轻灵，易操作特征            |
| 基于信息交换                                       | 基于工业机理                 |
| to C                                         | to B                   |
| 用户是消费者<br>(非专业用户)                            | 用户是产品设计生产经营者<br>(专业用户) |
| 服装、食品等消费品工业，工业 APP 与消费 APP 分别支撑产业链前后端，二者需要整合 |                        |

消费 APP 是基于信息交换的；但是工业 APP 是必须有机理的。工业应用有因果关系，这些表达因果关系的工业技术知识常常通过机理模型，经验模型、数据模型等等承载，是企业重要的数据资产和核心价值。

消费 APP 针对个人用户 (to C)，解决个体的通用需求，多应用在流通、服务等环节，面对非专业用户，提供流通和服务过程中的流程、信息、资金、评价等应用。举例来说，这些非专业用户可能很会买衣服、穿衣服，但不会设计衣服、生产衣服。

工业 APP 针对企业用户 (to B)，解决工业问题，多应用在工业产品的研发设计、制造、维修服务与企业经营管理等环节，面对专业用户，提供企业产品设计、制造、维修等专业应用。因此，这些专业用户是设计产

品、生产产品的。工业 APP 承载的也是设计、生产产品等专业领域的工业技术知识。

工业 APP 与消费 APP 也不是完全没有关系，在某些工业领域，如食品工业、服装加工业等，由于产品的最终用户是一般消费者，通常会将面向用户（一般消费者）的消费 APP 与面向企业的工业 APP 打通，形成产业链上的应用闭环。

简单来说，对于工业 APP 和消费 APP 的区别，可以看 APP 所针对的使用对象是终端消费者还是研发生产经营者，通常前者是消费 APP，后者是工业 APP。

1.4.2 工业 APP 与工业软件的关系

在工业软件中既包含了传统的工业软件，也包括云化工业软件，还包括工业 APP 这种新形态的工业软件。工业 APP 与工业软件是从属关系，两者的关系如图 1-4 所示。

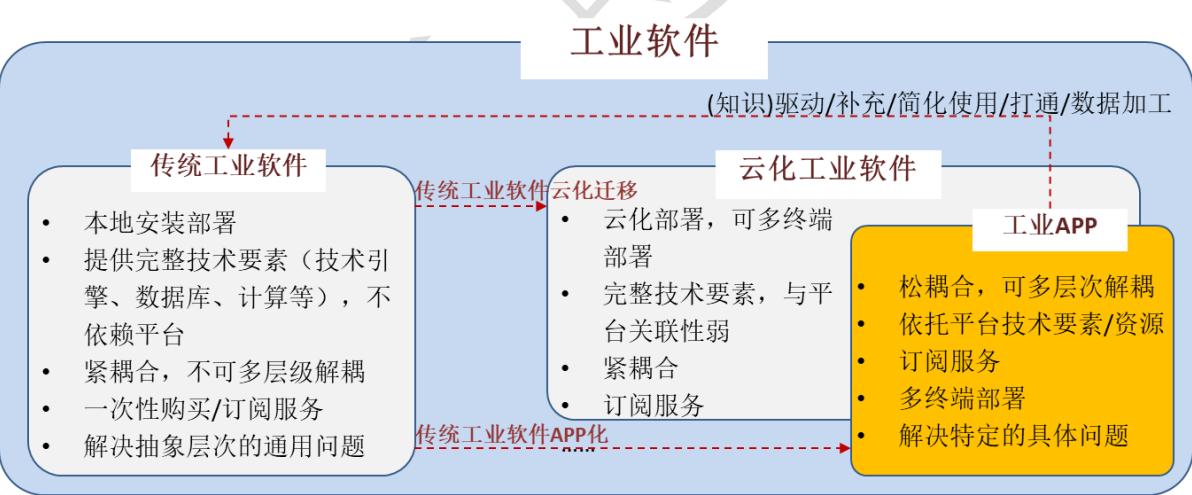


图 1-4 工业 APP 与工业软件的关系

传统工业软件与工业 APP 既有区别，两者同时还具有紧密的关系。传统工业软件可以通过云化迁移成为云化工业软件，也可以通过 APP 化成为工业 APP 集合。通常情况下，大多数工业 APP 通常都会依托平台（包括

工业互联网平台与云平台)运行,实践中也还有相当一部分工业 APP 在个人计算机由个人私有,或者依托大型工业软件运行,因此工业 APP 与云化工业软件有交叉。传统的工业软件不仅可以通过 APP 化形成工业 APP 集,工业 APP 也可以通过多种方式促进传统工业软件的应用,图 1-4 描述了工业 APP 从四方面对传统工业的促进作用。

### 1) 工业 APP 与传统工业软件的区别

工业 APP 与传统工业软件在部署方式、工业软件要素完整性、体量及操作难易程度、解耦以及解决问题的类型等方面存在明显的区别,二者的区别如表 2 所示。

表 2 工业 APP 与传统工业软件的区别

| 工业 APP                      | 传统工业软件                       |
|-----------------------------|------------------------------|
| 多种部署方式                      | 通常本地化安装部署                    |
| 必须依托平台提供的技术引擎、资源、模型等完成开发与运行 | 包含完整工业软件要素,如技术引擎、数据库等        |
| 小轻灵,易操作                     | 体量巨大,操作使用复杂,需要具备某些专业领域知识才能使用 |
| 可以多层次解耦                     | 可以分模块运行,不可多层级解耦              |
| 只解决特定的具体的工业问题               | 解决抽象层次的通用问题                  |

传统的工业软件如 CAD、CAE、CAM、PLM、ERP、MES 等通常本地化安装部署;每一个传统的工业软件都提供完整工业软件要素,如几何引擎、求解器、业务建模引擎、数据库等,每一个传统工业软件都是一个独立的整体,可以不依赖其他平台独立运行;传统工业软件通常体量巨大,操作使用复杂,通常都需要具备某些专业领域知识才能使用;由于所采用的技术架构等原因,传统工业软件通常是紧耦合的,虽然可以分模块运行,但几乎不可多层级解耦;传统工业软件一般解决抽象层次的通用问题,例如,CAD 软件提供面向几何建模的高度抽象的功能应用,具有专业领域知识的使用者可以操作 CAD 软件用来完成不同种类产品的几何建模与设计。

对于工业 APP 来说，可以有多种部署方式，但是工业 APP 必须依托平台（包括工业互联网平台、云平台、大型工业软件平台、工业操作系统等）提供的技术引擎、资源、模型等完成开发与运行；由于采用微服务技术架构和组件化技术等，工业 APP 可以多层次解耦直到基本业务组件为止；工业 APP 只解决特定的具体的工业问题，体量小，操作使用方便，可以降低使用门槛。

2) 工业 APP 与传统工业软件及企业现有信息系统的关系

工业 APP 与传统工业软件虽然存在很大区别，但两者既不互斥，也不相互孤立的。工业 APP 不是要替代传统工业软件或者企业现有的信息系统，两者是可以相互促进。

传统的工业软件不仅可以通过 APP 化形成工业 APP 集，工业 APP 也可以通过多种方式促进传统工业软件的应用，图 1-5 描述了工业 APP 从四方面对传统工业的促进作用——知识驱动、简化使用、异构集成、数据挖掘。

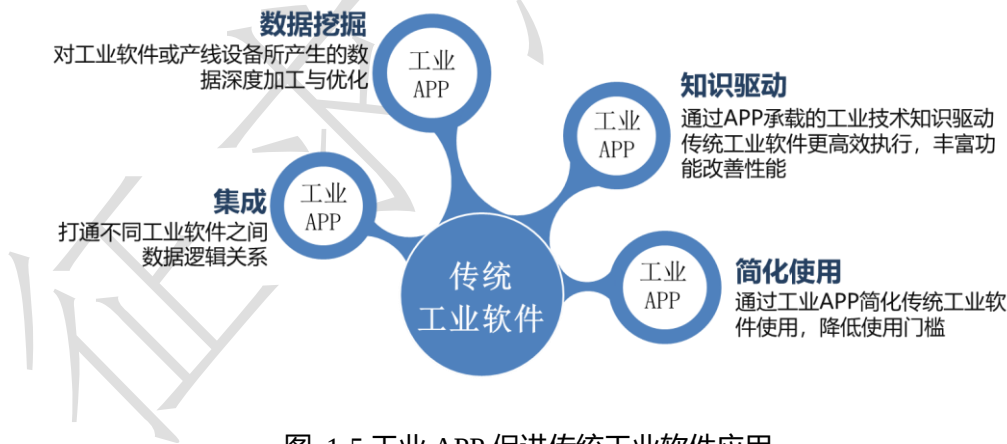


图 1-5 工业 APP 促进传统工业软件应用

（1）知识驱动传统工业软件高效率执行任务。工业 APP 作为针对特定工业场景和问题的富集工业技术知识载体，可以以“知识驱动”的方式高效率地驱动传统工业软件完成特定的任务。工业 APP 与传统工业软件结合，可以进一步丰富、强化和提升传统工业软件的功能和性能。例如，索

为的飞行器总体设计 APP 可以将过去使用传统工业软件完成飞行器总体布局方案的周期从几周大幅度缩短到几天完成。

(2) 简化传统工业软件使用。工业 APP 简化传统工业软件的使用过程与步骤,降低传统工业软件使用的技术门槛。例如,索为的舵机设计 APP,采用统一的工作环境,以拨叉的结构设计和有限元分析为例,可以将结构建模的 17 个步骤与有限元建模 16 个步骤简化为 3 步完成;过去传统的软件使用者必须懂得有限元知识。而通过工业 APP,一般设计人员在 2 分钟内就可以完成结构建模和仿真全部工作。

(3) 集成整合异构工业软件。使用工业 APP 打通和集成企业现有的各种异构工业软件之间的集成与数据传递。工业领域中有大量的工业软件应用于不同的工业应用场景和环节,使用工业 APP 可以帮助打通不同工业软件的数据与逻辑关系,实现异构工业软件、数据与模型的集成。例如,海尔互联工厂从用户定制下单到设计、生产、然后通过物流发货给用户,并提供后续服务的整个过程,使用了订单处理、CAD/CAE、工厂仿真、APS、MES、MRP、设备监控、WMS、SCM 等大量不同的工业软件,不同工业软件之间需要传递订单信息、计划排程信息、成品数据、物料信息、采购信息、物流信息、成品数据、设备状态信息等大量数据与逻辑,通过工业 APP 实现互联工厂内的横向打通。

(4) 数据挖掘深化工业软件应用效果。使用工业 APP 对工业软件或产线设备所产生的数据进行深度加工,从而优化业务过程。工业数据已经是企业一项越来越重要的资产,如何处理并利用好这些由工业软件或产线设备所产生的数据,是企业要重点面临的课题。使用工业 APP 可以完成从数据的获取采集、分析处理、优化决策等多方面应用。例如,用友使用工业 APP 对采购软件所产生的工业数据进行深度挖掘,帮助用户获得更优的采购业务应用效果。

### 1.4.3 工业 APP 与平台的关系

工业 APP 需要依托平台所提供的技术引擎、计算资源、数据库等基础技术要素完成工业 APP 的开发与应用。这种分工将技术引擎、计算资源等这些需要长时间高投入的部分下沉到平台，既有利于利用社会化人才资源可以快速实现工业 APP 开发，避免重复开发和建设基础技术资源；同时，基于平台所提供的资源和统一标准，也有利于工业 APP 的标准统一，实现广泛重用。此外，平台还提供工业 APP 在权属、流通、重用、接口调用、资源管理，数据资产处理、存储与保护等方面的功能支撑。

从工业应用的角度来看，技术引擎尤其是建模引擎对于工业 APP 非常关键，工业 APP 需要对工业对象进行精准描述，但是又不可能每一个 APP 都自带一个建模引擎，因此，平台提供统一的建模引擎就至关重要。特别是对于产品开发设计环节，由于当前我国在基础领域研究的差距，绝大多数工业互联网平台都只聚焦于经营管理、生产制造、数据采集、设备监控、能耗管理等领域，不能提供用于产品开发设计的建模引擎，满足不了企业在产品研发设计领域的应用需求。因此，本白皮书中才特别对平台的范围进行扩展，增加了包括大型工业软件平台、工业操作系统平台等内容。

从世界范围的技术发展趋势看，大型工业软件平台与工业互联网平台将逐渐趋于统一，未来的工业互联网平台将能够提供从研发设计、生产制造、维修服务、经营管理以及跨产业链协同应用的不同技术引擎和技术资源服务。

在当前我国的技术条件下，工业互联网平台在边缘层实现设备的接入和数据采集，在平台层实现对不同工业软件与工具软件的整合，通过工业互联网平台整合不同的工业软件和工业数据，让不同形态的工业软件以全新的架构为工业提供基础技术服务，结合特定领域的工业技术知识，利用可视化工业应用开发环境，构建面向产品研发设计、工艺设计与优化、能耗优化、运营管理、设备监控、健康管理、质量管控、供应链协同等不同

种类的工业 APP。

工业 APP 在新工业革命中的地位日渐重要，图 1-6 描述了工业 APP 在工业互联网平台参考体系架构 2.0 的定位与重要性。



图 1-6 工业互联网平台参考体系架构 2.0 的工业 APP 定位

工业互联网平台参考体系架构 2.0 明确了工业 APP 的关键定位：边缘层是基础，平台层是核心，工业 APP 应用层是关键，实现最终工业价值。

工业 APP 在工业互联网平台中的定位，凸显工业 APP 在整个工业互联网产业的重要性。平台的特性、性能以及最终价值都会通过工业 APP 的应用得到体现。工业 APP 是工业互联产业发展的关键，工业互联网平台最终都会聚焦于工业 APP。

1.5 工业 APP 的意义与价值

工业 APP 的价值可以从国家宏观层面的对制造业发展的促进、对地方经济发展的促进、企业数字化转型与效益提升、个人价值体现等 5 个方面得到体现，图 1-7 描述了工业 APP 在上述 5 个方面的价值体现。

1) 工业 APP 是我国发展工业软件的新路径，可提高制造业发展起点

在工业软件发展的传统路径上，尤其是在产品研发设计领域的工业软件，我国与国外已经形成了比较大的差距，这种差距的弥补需要在一个比较长的时间内，通过持续积累和努力才能慢慢缩小。

工业 APP 作为工业软件的一种新形态，代表今后工业软件发展的一种新趋势和新方法。针对这种新形态工业软件的发展，可以聚合我国庞大的工业人才基数，通过对工业机理和工业“Know-how”的高度凝练与抽象，将工业技术和知识通过系统化、模型化软件化形成工业 APP，从而获得中国发展工业软件的一种新路径。

工业 APP 的发展，可以带动工业技术知识的积累，积累越多，企业的核心竞争力越强，制造业的发展起点就会越来越高。

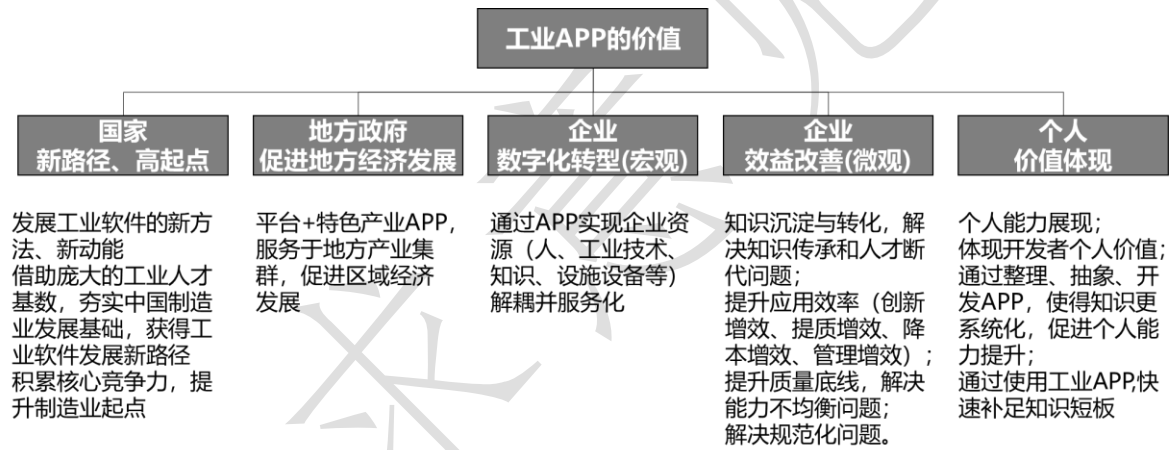


图 1-7 工业 APP 的价值体现

2) 工业 APP 可以促进地方经济发展

通过“平台+特色产业 APP”模式，服务地方特色产业集群，促进区域经济发展。这种区域性平台+工业 APP 模式促进地方特色产业集群经济转型升级。通过扶持地域性工业互联网平台，开发针对地方特色产业（集群）的工业 APP，服务当地经济发展。尤其是服务于地方中小企业，既可以让地方中小企业减少软硬件资源投入，避免中小企业在人才（尤其是研发人才）上的短板，利用特色产业工业 APP，可以让地方中小企业在产品研发

设计、产品质量、经营管理等多方面快速提升，从而促进地方经济发展。

### 3) 工业 APP 是促进企业数字化转型的有效手段

工业 APP 可以将企业的资源，包括人、工业技术、知识、设施设备等工业要素，在数字化的基础上，通过解耦和软件化，并面向整个价值链提供服务，将企业内部业务链融入到整个价值链中，通过对内的数字化与对外服务化，获得企业在整个产业链的价值定位和体现，实现企业的数字化转型。

### 4) 工业 APP 的应用可以改善企业效益

工业 APP 在企业中应用后，可以解决企业知识传承与人才断层问题，解决企业知识积累的问题；工业 APP 承载经过实践验证的可信工业技术与知识，通过使用工业 APP 可以提升产品质量水平；通过工业 APP 的知识共享，让一般员工可以使用专家知识和技能，解决能力不均衡问题；工业 APP 统一了标准，提升了规范化和质量稳定性水平。基于上述四个方面，工业 APP 的应用可以实现企业基于知识积累的创新增效、基于可信知识的提质增效、基于知识复用的降本增效、基于规范化的管理增效。

### 5) 工业 APP 可以实现个人价值

工业 APP 的开发，是个人在某项特定工业领域的能力体现，开发出对企业或对行业有用的工业 APP，可以充分体现出个人对企业、对社会的贡献与价值；为了开发出满足特定工业需求的工业 APP，需要对知识系统地整理、抽象和反复思考，往往也是对个人知识系统化的提升，也可以促进个人能力的发展。

通过对工业 APP 的使用，可以借鉴和学习工业 APP 所承载的知识，在使用中快速补足自身知识的短板。

## 1.6 工业 APP 的分类与标识

### 1.6.1 工业 APP 分类体系

工业 APP 分类是工业 APP 开发、共享、交易、质量评测和应用，以及构建工业 APP 标识体系等各项活动的基础。主要从业务环节和适用范围两个维度构建如图 1-8 所示的工业 APP 分类体系。

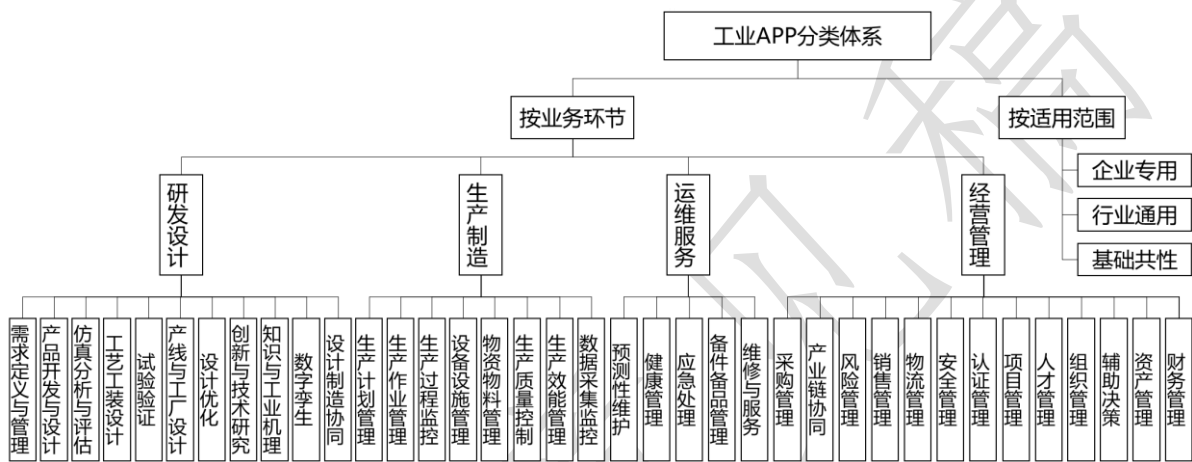


图 1-8 工业 APP 分类体系

1) 按照业务环节分类，工业 APP 分为研发设计工业 APP、生产制造工业 APP、运维服务工业 APP、经营管理工业 APP 四大类。

(1) 研发设计类工业 APP， 包含 11 个子类：

- 需求定义与管理子类；
- 产品开发与设计子类；
- 仿真分析与评估子类；
- 工艺工装设计子类；
- 试验验证子类；
- 产线与工厂设计子类；

- 设计优化子类；
- 创新设计与技术研究子类；
- 知识与工业机理子类；
- 数字孪生子类；
- 设计制造协同子类；

(2) 生产制造类工业 APP，包含 8 个子类：

- 生产计划管理子类；
- 生产作业管理子类；
- 生产过程监控子类；
- 设备设施管理子类；
- 物资物料管理子类；
- 生产质量监控子类；
- 生产效能管理子类；
- 数据采集子类。

(3) 运维服务类工业 APP，包含 5 个子类：

- 预测性维护子类；
- 技术状态与健康管理子类；
- 应急管理子类；
- 备件备品管理子类；
- 维修与服务子类；

(4) 经营管理类工业 APP，包含 13 个子类：

- 采购管理子类；
- 产业链协同子类；
- 风险管控子类；
- 销售管理子类；
- 物流管理子类；
- 安全管理子类；
- 认证管理子类；
- 项目管理子类；
- 人才管理子类；
- 组织管理子类；
- 辅助决策子类；
- 资产管理子类；
- 财务管理子类。

2) 按照适用范围分类，工业 APP 分为基础共性工业 APP、行业通用工业 APP、企业专用工业 APP、以及其他工业 APP。

(1) 基础共性工业 APP，面向关键基础材料、核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、产业技术基础等“工业四基”领域的工业 APP，以各种基础的自然科学知识形成的工业 APP。该类工业 APP 在工业应用领域发挥着基础作用，适用范围广；

(2) 行业通用工业 APP，面向具体行业及其细分子行业的工业 APP，

例如：汽车、航空航天、石油化工、机械制造、轻工家电、信息电子等，以各种行业通用知识形成的工业 APP。该类工业 APP 适用于特定行业，在行业相关的领域和活动中发挥作用；

（3）企业专用工业 APP。基于企业专业技术、工程技术等形成的工业 APP。该类工业 APP 是企业核心竞争力，在企业内部发挥作用，适用范围有限。

### 1.6.2 工业 APP 标识

工业 APP 标识是工业 APP 标识解析体系的核心之一，工业 APP 标识以编码形式呈现，是通过特定字符串实现唯一识别工业 APP 身份的符号，类似于工业 APP“身份证”。工业 APP 标识可以通过标识解析系统查询工业 APP 的名称、适用产品、适用环节、适用范围、所在位置、接口特征和其他信息的系统装置，是对工业 APP 进行唯一性的定位和信息查询，是实现工业 APP 互操作以及工业 APP 与物理实体融合的基础。

工业 APP 标识体系的建设，有利于推进工业 APP 生态体系的快速发展。工业 APP 标识的建立，提供了对工业 APP 长效的、权威的、可靠的唯一性确认手段，将有利于健全工业 APP 开发、管理和运行体系，可以为工业 APP 全生命周期提供可靠的标识服务。通过对工业 APP 标识体系的建设，有利于为工业 APP 分类体系、管理体系和运行体系提供有力的管理手段，增强工业 APP 层级间、体系间的相互关联，为工业 APP 的精细化管理和控制提供手段。

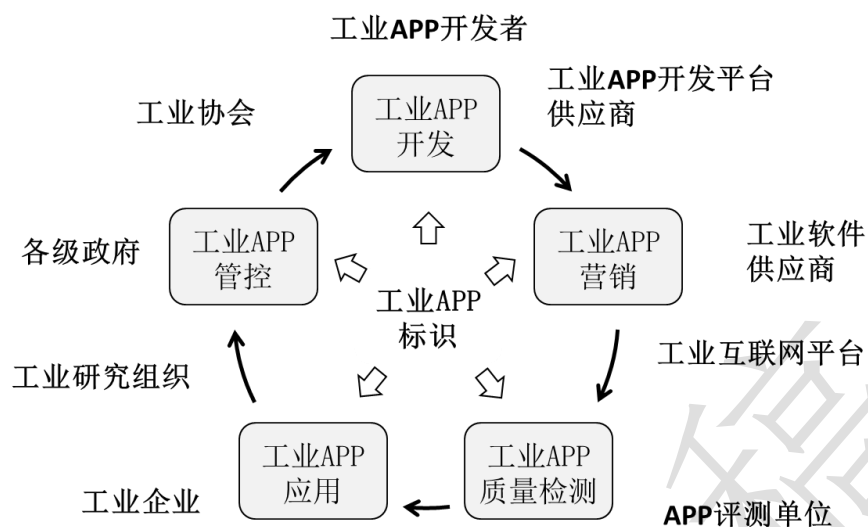


图 1-9 工业 APP 标识体系

通过工业 APP 标识的建立，可以为不同工业行业、工业流水线 and 活动及时提供最佳的工业 APP，可以为个性化定制、供应链管理等场景提供准确的工业 APP 支持。在此情况下，各种工业 APP 的相关参与者，包括社会化的工业 APP 开发者、工业 APP 开发平台供应商、工业软件供应商、工业 APP 评测单位、工业企业、工业研究组织、各级地方政府和协会等都可以积极参与该生态中，基于统一的权威的一致性语言，共同开展相关合作。

工业 APP 标识应基于统一的工业 APP 标识管理服务平台，采用统一的工业 APP 标识规则和规范，通过统一标识赋码方式，结合工业 APP 标识递归解析手段，实现工业 APP 在产业链不同环节、不同工业互联网平台和不同企业制造过程中的相互识别和互操作。

## 2 工业 APP 发展概况

### 2.1 工业 APP 发展与分布状况

根据调查获得的数据分析<sup>1</sup>，截至 2020 年 4 月，重点工业互联网平台的平均工业 APP 数量为 2329 个，其中，由平台自己开发的工业 APP 平均数为 622 个，由其他企业或用户上传的工业 APP 平均数为 1707 个；一般平台的工业 APP 平均数量为 132 个，其中，由平台自己开发的工业 APP 平均数为 99 个。如图 2-1（a）所示。

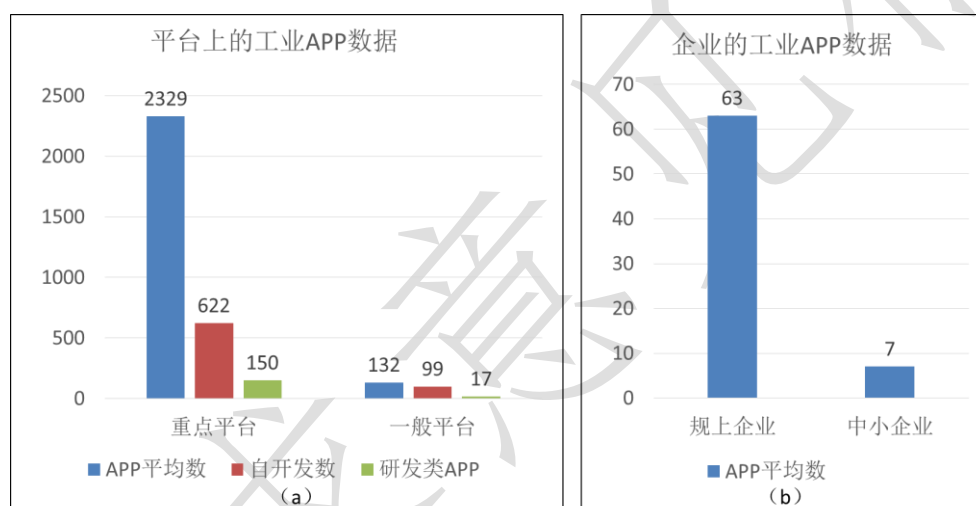


图 2-1 工业互联网平台和工业企业的工业 APP 数据

为了说明工业互联网平台对工业 APP 的聚集效应，在这里采用平台上非自研 APP 数与自研 APP 数的比值作为聚集效应的初步评估，比值越大，聚集效应越强。重点平台的工业 APP 聚集效应达到 2.7；一般平台的工业 APP 聚集效应为 0.33。

根据以上数据分析得出，从当前的情况来看，重点工业互联网平台具

<sup>1</sup>本次白皮书编写过程中，通过问卷星发布了在线调查问卷，分别对平台和工业企业的 APP 数量进行了调查。共回收问卷 286 份，其中有效问卷 178 份，有效率 62%。在有效问卷中，回收平台类型问卷 36 份，包含了工信部所认定的 10 个重点平台中 7 个平台，回收企业类型问卷 142 份。

有比较明显的工业 APP 聚集效应，而一般的工业 APP 平台主要以平台企业所擅长领域自主开发的工业 APP 为主，服务特定工业领域。

如图 2-1（b）所示。规模以上工业企业工业 APP 平均数为 63 个，中小企业工业 APP 平均数量为 7 个。工业企业的 APP 数量明显偏少。

在工业应用环节分布上，产品设计类工业 APP 占比 11.97%，工艺工装类工业 APP 占比 9.69%，生产制造类工业 APP 占比 19.15%，设备监控类工业 APP 占比 8.93%，产品运维类工业 APP 占比 8.87%，经营管理类 APP 占比为 35.62%。各应用环节工业 APP 的分布比例如图 2-2 所示<sup>2</sup>。

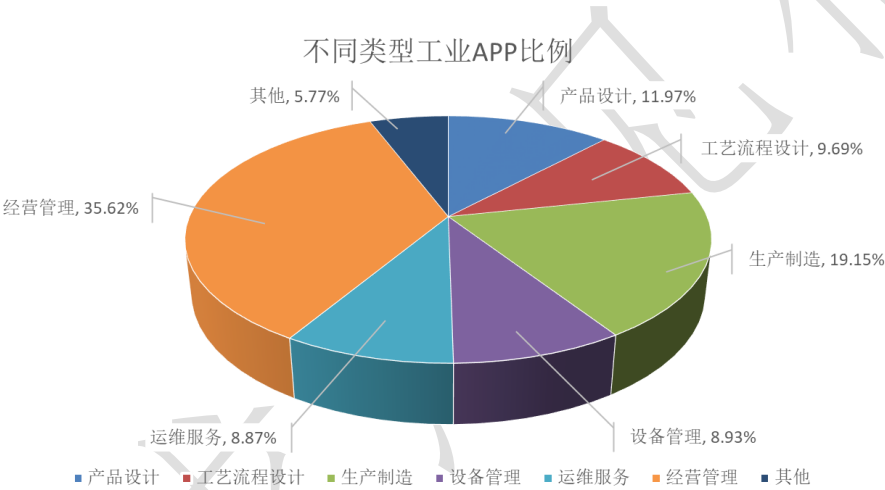
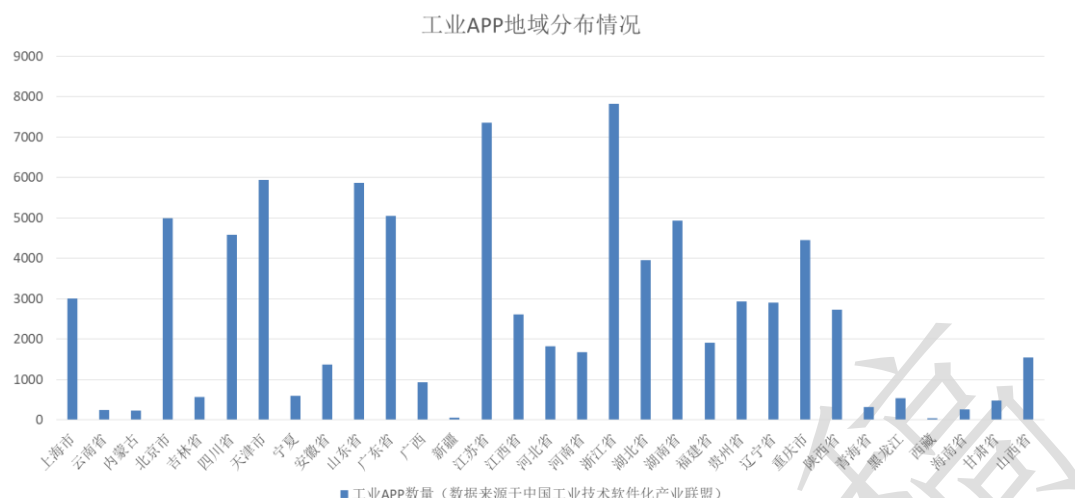


图 2-2 不同环节的工业 APP 比例

从上图的数据可以看出来，工业 APP 在经营管理环节的比例比较高，生产制造环节次之，其他业务环节还有待加强。

根据中国工业技术软件化产业联盟提供的数据，截止 2019 年 12 月，各省工业 APP 分布如图 2-3 所示，从图表数据看，浙江、江苏、山东、天津等工业大省的工业 APP 发展态势良好。其中工业互联网平台线上工业 APP 数据为 39.89%，线下企业工业 APP 数为 60.11%。

<sup>2</sup>由于不同的平台或企业，在工业 APP 的分类细项上不尽相同，但基本都在分类体系范围内。在回收的调查表中，由于设备监控以及工艺工装两个子项的工业 APP 数量较多，所以在汇总过程中将这两类独立列出了。

图 2-3 各省市工业 APP 分布情况<sup>3</sup>

2020 年 9 月 17 日在国新办举行的记者会上，工业和信息化部新闻发言人谢少锋介绍，目前全国有影响力的工业互联网平台已经超过 70 个，连接的工业设备数量达到了 4000 多万台(套)，服务的工业企业数量超过 40 万家，工业 APP 数量超过 25 万个。

## 2.2 工业 APP 体系建设蓬勃发展

地方政府针对工业 APP 的体系规划与布局已经基本完成。当前各级政府通过政策引导，推动工业 APP 培育生态体系加速形成。目前，发展工业 APP 的专门规划文件如表 3 所列。

表 3 发展工业 APP 的专门规划文件

| 发布日期       | 发布单位   | 文件名                                      |
|------------|--------|------------------------------------------|
| 2018-05-11 | 工信部    | 工业 APP 培育工程方案（2018-2020 年）               |
| 2018-06-27 | 江苏省工信厅 | 江苏省落实<工业 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）>的推进计划 |
| 2018-10-25 | 青岛市经信委 | 青岛市落实工业 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）行动计划    |
| 2019-04-03 | 湖南省工信厅 | 湖南省工业 APP 培育三年行动计划(2019-2021 年)          |

<sup>3</sup>根据各地汇总情况绘制，数据来源于中国工业技术软件化产业联盟，数据截止于 2019 年 12 月

江苏省工信厅提出：“到 2020 年，培育 3 万个面向重点行业、重点应用场景的工业 APP，力争覆盖研发设计、生产制造、运营维护和经营管理等制造业关键业务环节的重点需求，覆盖高支撑价值、基础共性、行业通用、企业专用（高、基、通、专）等满足不同应用需求的重点方向。以江苏省工业技术软件化创新中心为依托，强力整合各方力量与资源，初步形成工业 APP 培育与应用生态，争创国家级创新中心。工业 APP 应用快速积极推进，在先进制造业产业集群相关企业中率先应用工业 APP，创新应用企业关键业务环节工业技术软件化率达到 60%。”

青岛市经信委提出：“突破一批工业技术软件化共性关键技术，培育一批骨干工业 APP 企业和技术标准，到 2020 年，培育 3000 个面向特定行业、特定场景、全面覆盖制造业关键环节重点需求的工业 APP，工业 APP 大规模开发应用体系基本形成。工业 APP 应用取得积极成效，创新应用企业关键业务环节工业技术软件化率达到 60% 以上，工业软件促进制造业提质增效和转型升级的支撑作用初步显现。形成工业软件产业集聚，建成国内领先的工业软件化产业示范基地。”

湖南省工信厅提出：“到 2019 年底，面向重点行业、重点应用场景的工业 APP 规模达到 1 万个。推动成立湖南省工业技术软件化创新中心。针对行业共性问题，组织一批关键共性技术攻关。形成一批优秀的工业技术软件化解决方案。工业 APP 创新应用企业的关键业务环节工业技术软件化率达到 30%。到 2020 年底，面向重点行业、重点应用场景的工业 APP 规模达到 1.5 万个，工业 APP 创新应用企业关键业务环节工业技术软件化率达到 40%。到 2021 年底，培育 2 万个包括高、基、通、专等各类工业 APP。拥有一批关键共性技术突破成果。拥有一批国内领先的工业 APP 软件企业，工业 APP 培育与应用生态初步形成。工业 APP 创新应用企业的关键业务环节工业技术软件化率达到 50%。”

### 工业互联网推进计划中的工业 APP 规划

目前，在中央部委和各地方政府出台的工业互联网推进政策中，发展

工业 APP 的相关内容都被赋予了重要的位置。相关的中央政策和地方政策如表 4 所列。

表 4 包含发展工业 APP 内容的地方规划

| 发布省 | 发布日期             | 名称                                          |
|-----|------------------|---------------------------------------------|
| 北京市 | 2018 年 11 月 29 日 | 北京工业互联网发展行动计划（2018-2020 年）                  |
| 天津市 | 2018 年 4 月 9 日   | 天津市人民政府关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的实施意见          |
| 天津市 | 2018 年 9 月 17 日  | 天津市加快工业互联网创新应用推动工业企业“上云上平台”行动计划             |
| 天津市 | 2018 年 9 月 28 日  | 天津市工业互联网发展行动计划（2018-2020 年）                 |
| 河北省 | 2018 年 4 月 4 日   | 河北省人民政府关于推动互联网与先进制造业深度融合加快发展工业互联网的实施意见      |
| 山西省 | 2018 年 8 月 21 日  | 山西省人民政府关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的实施意见          |
| 辽宁省 | 2016 年 5 月 27 日  | 辽宁省工业互联网发展行动计划（2016-2020 年）                 |
| 吉林省 | 2018 年 4 月 23 日  | 吉林省人民政府关于深化工业互联网发展的实施意见                     |
| 上海市 | 2017 年 1 月 26 日  | 上海市工业互联网创新发展应用三年行动计划（2017-2019 年）           |
| 上海市 | 2018 年 7 月 9 日   | 上海市工业互联网产业创新工程实施方案                          |
| 江苏省 | 2018 年 7 月 2 日   | 关于组织实施江苏省工业互联网创新发展“365”工程的通知                |
| 江苏省 | 2019 年 1 月 28 日  | 江苏省落实《工业 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）》的推进计划    |
| 浙江省 | 2018 年 8 月 13 日  | 浙江省人民政府关于加快发展工业互联网促进制造业高质量发展的实施意见           |
| 安徽省 | 2018 年 4 月 2 日   | 安徽省人民政府关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的实施意见          |
| 福建省 | 2018 年 4 月 20 日  | 福建省人民政府关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的实施意见          |
| 福建省 | 2018 年 7 月 26 日  | 福建省工业互联网专项工作组关于印发 2018 年工作计划的通知             |
| 河南省 | 2018 年 4 月 18 日  | 河南省智能制造和工业互联网发展三年行动计划（2018-2020 年）          |
| 河南省 | 2018 年 4 月 18 日  | 河南省支持智能制造和工业互联网发展若干政策                       |
| 湖北省 | 2018 年 6 月 7 日   | 湖北省工业互联网发展工作计划（2018-2020 年）                 |
| 湖南省 | 2019 年 1 月 15 日  | 2019 年湖南省升级工业互联网平台建设计划                      |
| 广东省 | 2018 年 3 月 20 日  | 广东省支持企业“上云上平台”加快发展工业互联网的若干扶持政策（2018-2020 年） |
| 广东省 | 2018 年 9 月 5 日   | 广东省工业互联网产业生态供给资源池优秀供应商培育工作方案                |

|         |                  |                                                 |
|---------|------------------|-------------------------------------------------|
| 重庆市     | 2018 年 5 月 17 日  | 重庆市深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网实施方案                     |
| 重庆市     | 2018 年 9 月 5 日   | 重庆市推进工业互联网发展若干政策                                |
| 贵州省     | 2018 年 8 月 8 日   | 贵州省推动大数据与工业深度融合发展工业互联网实施方案                      |
| 云南省     | 2018 年 11 月 22 日 | 云南省工业互联网发展三年行动计划（2018-2020 年）                   |
| 青海省     | 2018 年 5 月 30 日  | 青海省人民政府关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网（2018-2020 年）的实施意见 |
| 宁夏回族自治区 | 2018 年 8 月 26 日  | 宁夏回族自治区人民政府关于加快“互联网+先进制造业”发展工业互联网的实施意见          |

例如：

在《制造业设计能力提升专项行动计划（2019-2022 年）》的“专栏 1 关键设计软件迭代工程”中提出“支持工业技术的转化与应用。引导企业广泛汇集设计类经验、知识、算法等，形成工业技术，封装设计组件，研发工业 APP。围绕复杂设计等领域开展攻关，在相关行业领域开展基于模型的系统工程实施应用。鼓励将工业软件相关知识产权与论文、专利等同等纳入人才评定标准。”

在《北京市加快科技创新发展软件和信息服务业的指导意见》的“推动智能制造构建新优势”中提出：“大力推进工业技术软件化。支持软件企业联合工业企业，将工业技术、经验和知识显性化、数字化、系统化，增强工业技术软件化产品研发能力和技术支撑能力；加快自主研发应用工业 APP，推进传统工业软件产品向云平台迁移；鼓励龙头企业建设基础共性软件平台、新型工业 APP 库和工业 APP 共享交易平台，构建工业技术软件体系。”

在《浙江省人民政府关于加快发展工业互联网促进制造业高质量发展的实施意见》规划了未来一个阶段浙江省工业互联网发展的总体框架，将进一步推动浙江省发展先进制造业，推动传统产业改造升级和中小企业提质增效。计划到 2020 年，将培育形成 1 个具有国际水准的基础性工业互联网平台和 10 个以上国内领先的行业级工业互联网平台，开发集成 3 万款以上工业应用程序(APP)，服务 10 万家以上工业企业。

在《天津市软件和信息技术服务业发展三年行动方案（2018-2020）》中设置了发展“工业 APP 软件 and 平台”的重点项目，提出“结合我市工业发展的需要，瞄准国家百万工业 APP 实施战略的发展目标，重点支持工业智能控制软件、工艺过程分析模拟和优化软件、供应链管理软件的研发与推广应用。建立以机器人控制系统和数字化工厂为核心的示范应用。重点推动工业技术软件化发展，提高基础工业软件及相关服务供给能力，支持建立工业技术软件化共性基础平台、重点行业通用平台及面向业务应用的工业 APP。建设符合开放标准的嵌入式软件开发平台、嵌入式操作系统和智能通信软件。着力研发支持装备智能化、机电一体化、工业自动化的工业嵌入式软件。到 2020 年，工业 APP 和平台收入达到 200 亿元。”

### 2.3 离散行业龙头企业基于优势打造行业工业 APP 体系

行业巨头企业基于深耕自身行业的多年经验，挖掘行业特性，将知识封装成工业 APP 解决企业自身问题，同时赋能同行业的其他企业，即由企业专用到行业通用。行业巨头企业基于行业和领域优势，提供研发设计、生产制造、经营管理和运维服务等全生命周期的工业 APP，为行业解决方案提供支持。

中国航发集团商发公司基于民用航空发动机研发设计体系，将工业 APP 作为今后企业数字化转型的关键，构建了完整的民用航空发动机研发 APP 体系，经过几年的积累，已经开发出航空发动机研发设计不同专业领域的 600 多个工业 APP 支撑发动机研发设计。

郑州机械研究所作为齿轮行业的龙头企业，开发了齿轮系列工业 APP，覆盖了齿轮研发的全流程设计、校核及分析等业务，利用参数化的设计，避免了反复查找各种手册进行设计计算的繁琐过程，同时参数化的建模设计 APP，无须用户在 CAD 软件中一步步进行制图，只需要输入相关参数，即可得到复杂的三维模型；参数化的有限元分析，把复杂、难学的有限元技术通过参数化输入，即可得到分析结果，从而提升产品质量，一系列的

工业 APP，可面向齿轮设计行业提供应用，改变传统的齿轮研发方式，提升齿轮研发效率及产品质量。

航天云网基于多年来在航天领域的积累和央企的技术优势，积极完善工业 APP 生态，目前形成涵盖研发设计、生产制造、经营管理和运维服务等全生命周期 2000 多款工业 APP。

## 2.4 流程行业 APP 发展现状

大多数流程型企业都是通过优化资产利用率、增加产量、提高运营效率、实行最优定价等改善运营和财务的措施，进而实现利润的持续增长。钢铁冶金、石油化工、能源电力等行业通过不断使用工业软件及工业 APP，帮助用户在研发设计、工艺配方配料，生产运行控制、设备监控、能源消耗等方面持续改善，实时掌握生产设备运行的真实情况，使生产设备总是运行在高效平稳的状态，大幅提升投资回报率。

### 2.4.1 钢铁冶金工业 APP 发展现状

钢铁冶金行业的 APP 应用可以推广普及到很多环节，产品设计和优化环节是重点的拓展方向，其次是采购供应、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等环节。在 2002 年，宝钢就从工程实践中提炼总结出 228 个模型，通过软件化形成工业 APP，其数学模型推进小组，经过系统培训、定期交流、领导重视、全员参加，经过 20 年发展，工业 APP 已经可以覆盖所有业务环节。东方国信也基于炼铁云平台孵化了炼铁行业相关工业 APP 超过 264 个。

(1) 研发设计优化类 APP。钢铁冶金行业的研发设计类工业 APP 既可以针对高炉内部的炉料运动、受力、布料等情况进行建模计算与仿真，实现高炉内部真实冶炼状态的可视化，也可以针对将液态钢水变成固态钢坯过程中的若干关键工艺参数进行计算与优化。如图 2-5 所示的连铸工艺计算 APP、图 2-4 所示的力学性能预报 APP。

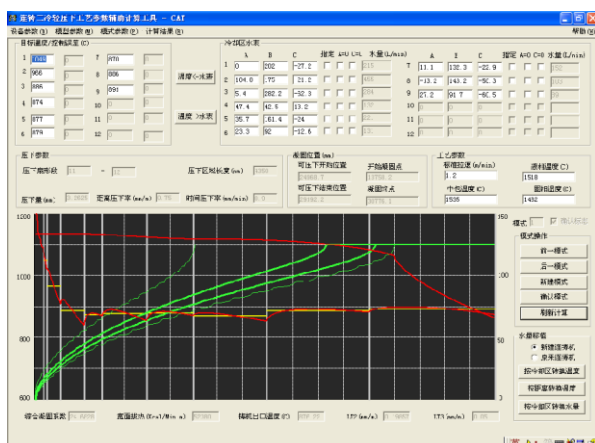


图 2-5 连铸工艺参数辅助计算 APP



图 2-6 热轧带钢力学性能预报 APP

目前钢铁行业的大多数高端设备都依赖进口，而被打包销售进来的这些高端设备背后所隐藏的工业技术知识（通常以软件形式存在）并不会对我们开放，因此，总结行业领域知识，形成符合企业实际情况的各种工业 APP，是打破技术壁垒和突破封锁的关键。

(2) 设备管理优化 APP。利用工业以太网网络、边缘侧实时数据库，平台端分布式数据库、智能推理机、大数据挖掘以及机器学习等技术开发出一套针对炼铁设备综合管理、故障分析、监视和报警的设备优化管控应用，对减少设备故障、提高设备稳定运行率、降低检修率、提高产量有很大的帮助。

通过准确的数据报警、设备报警、工艺模型报警，结合设备预测性维护 APP，综合报警的准确率均达到 95%，降低设备故障 20%，减少检修率 10%，应用效果显著。

(3) 运营管理优化 APP。通过平台运营管理优化，实现工序生产一体化，从分厂“分散管控”到公司“集中管控”的转变。同时采用供产销协同一级计划管制模式，推行质量一贯制，生产集中管控管理，从而实现精细化生产管理，业务财务一体化的成本核算。可以降低生产成本，提高生产效率；更好的实现产品交货、生产效能、库存能力的综合管理，实现生产效益的最大化。

(4) 生产制造优化 APP。钢铁冶炼生产工序协同优化主要是打通烧结—球团—高炉间的信息传递通道，实现工序间知识共享和信息流通，从而实现整个工序的联动优化。通过对烧结机尾断面温度场的实时监控和红火层面积占比，实现烧结矿 FeO 和转鼓变化趋势的实时监控，通过基于机

器视觉技术的高炉入炉料粒度识别系统，实现高炉入炉料在线粒度分布监控。实现冶炼工序协同优化。

#### 2.4.2 石油化工行业工业 APP 发展现状

石化行业是资产密集型行业，具有设备价值高、工艺复杂、产业链长、危险性高、环保压力大的行业特征。面临设备管理不透明、工艺知识传承难、产业链上下游协同水平不高、安全生产压力大等行业痛点，急需加快基于工业互联网平台的工业 APP 应用，推进数字化转型步伐，全面提升设备管理、生产管理、供应链管理、安全管理、节能降耗等环节的数字化水平。石化行业的工业 APP 应用主要包括设备管理、炼化生产、供应链协同和安全巡检等四类典型应用场景及实践。

##### 1) 设备管理

设备管理 APP 应用包括设备状态监测、远程故障诊断、预测性维修等方面。

(1) 设备状态检测。通过对设备的几何形状、功能、历史运行数据、实时监测数据进行数字孪生建模，实时监测设备的各部件的运行情况。例如，中石油青海油田对 10 万台口油气水井和 3000 余座场站的采油设备的运行数据自动采集，远程实时监测设备运行状态，实现了边远油田派遣人数和人工成本大幅下降。

(2) 远程故障诊断。将设备的历史故障与维修数据、实时工况数据，与故障诊断知识库相连，利用机器学习和知识图谱技术，实现设备的故障检测、判断与定位。例如，中油瑞飞对中石油海外油田设备提供了跨国油田远程技术支持服务，结合专家远程诊断和工人维修指导，实现了 50% 以上的问题无需设备服务商到场解决非现场解决。

(3) 预测性维护。构建设备数字孪生体，实时采集各项内在性能参数，提前预判设备零部件的损坏时间，主动、及时和提前进行维护服务。例如，燕山石化建立了调节阀故障模型，通过对炼化装置流量控制阀进行

数据分析和诊断，实现了对控制阀的预测性维护，降低无效维修 50%以上，创造直接经济效益近 5000 万元。

## 2)炼化生产

炼化生产 APP 应用主要包括工艺优化、质量管控、节能降耗等环节。

(1) 工艺优化。在实际炼化生产前，对原油原料、工艺流程、炼化设备进行数字孪生建模，对工艺配方、工艺流程等全方位模拟仿真，优化原料配比参数和装置优化路径，得出最优的炼化生产方案。例如，中石油云南石化对开工原油的炼化工艺流程进行模拟分析，明确各项操作参数，从而指导生产操作，实现了常减压装置 1 次开车成功，制氢联合装置核心设备投产 1 次成功。

(2) 质量管控。实时采集和分析油品炼化全流程的质量数据，对各项质量指标进行在线动态分析和预测预警，实现炼化全流程质量跟踪及自动控制。例如，中石化九江石化在炼化生产过程中，对各项质量指标进行实时监测和动态分析，实现了油品炼化质量的大幅提升，吨原油除成品油率提高到 82%，产出率提升 7 个百分点。

(3) 节能降耗。通过对关键耗能设备和高耗能加工流程的数据采集，结合大数据、人工智能算法和专家知识库，分析耗能的关键因素，找出能耗最低的工艺参数来指导实际生产，提高关键耗能设备的维护精度。例如，恒逸工业大脑通过对历年锅炉燃烧数据的深度学习，推算出最优的锅炉燃烧参数，燃煤发电效率提升 2.6%，在节煤方面增加了数千万元收入。

## 3)供应链协同

(1) 企业内供应链协同。实时采集和分析供应链运行情况，识别资源配置低效的环节，提出改进方案，提高企业内部资源配置效率。例如，中石化镇海炼化将原油采购、资源配置、装置运行、产品结构、销售物流等进行全流程建模，系统分析供应链协同的重点难点和优化潜力点，测算

了各类优化方案 637 个，累计创效 3.9 亿元。

(2) 企业间的供应链协同。以工业互联网平台为连接枢纽，打通石化上游原油供应、中游炼化生产、下游产品销售各环节，优化全产业链资源配置。例如，新冠疫情期间，镇海炼化、恒力石化进行生产动态优化调整，提高防疫所需原材料的供给能力，同时与口罩、防护服生产企业实时对接、协同排产，实现了上下游医卫用品资源配置的动态优化，提升产业链协同效率。

#### 4)安全巡检

(1) 生产安全监控。实时采集的炼化生产过程中的各类安全数据，结合安全生产监控模型，对生产异常状态和安全风险实时报警。例如，中石化茂名石化基于工业互联网平台汇聚厂区内外的安全信息，结合安全风险诊断模型，实现了异常状态和安全风险的实时报警，发现并消除了 1800 多项生产异常问题避免了多起突发事件。

(2) 管道智能巡检。在油气管道内外利用传感器、智能阴保桩、管道巡检机器人、无人机等数据采集工具，以及连接地理、气象等环境数据，实现管道内外运行状态的全面感知和实时监测，对管道异常状况(如泄漏)快速定位。例如，中石化西北油田开展了原油管线泄漏视频智能识别应用，通过训练卷积神经网络，实现视频数据实时分析处理，巡检视频识别效率提高 70%以上。

### 2.4.3 能源电力行业工业 APP 发展现状

在能源电力行业为例，当前企业应用到生产领域的工业软件主要以运营管理类和售后服务类为主。随着工业互联网建设的不断扩大，以生产运行监控为主的工业 APP 不断涌现出来。

1) 火力发电总量约为全国发电总量的 73.32% (2018 年数据)，占据着绝对的主导地位。为了保证火电机组能够长时间正常运行，根据火电机

组生产运行情况，当前已知的火电领域工业 APP 种类包括在线监测、故障诊断和运行优化等，初步统计数量在 200 个左右。

例如，机组运行特性分析 APP，此应用针对火电汽轮机热力系统设备性能进行实时监测及趋势分析，同时对锅炉受热面、锅炉部件的状态监测和寿命评估和诊断，对发电机、主变和断路器等电器设备的实时运行监测，最终基于微服务的方式，形成火电机组运行特性分析结果，辅助电厂人员实时掌握机组运行状态，促进电厂生产管理效益的提升；火力发电中脱硫系统吸收塔烟气反应是一个大滞后、慢动态的典型化工过程，在实际运行过程中，锅炉负荷及烟气量、煤质中硫份、烟气温度等各种因素交互影响，传统基于 PH 值的 PID 控制，无法实现出口 SO<sub>2</sub> 排放的闭环控制，当前基于大数据、机器学习等技术形成了初步闭环的脱硫优化 APP，每年为企业节约石灰石原料成本可达百万元。

2) 水力发电行业具备发电成本低、水电站设备比较简单和运行工况复杂等特点，根据上述特点，水电领域的工业 APP 分别从三个角度来帮助电力生产提高效率。首先，从保证发电设备安全运行的需求出发，实现对发电设备的安全预警；其次，从提高水能利用率和设备可用率的角度来看，实现发电设备运行的优化调度，最终提升发电总量；最后，从保障机组安全运行，降低发电设备故障率的角度进行构建，实现对发电设备故障的诊断，辅助专工进行设备维护。当前水电工业 APP 包括水轮机及引水机构故障监测、发电机故障分析和轴系故障诊断等，初步统计数量在 200 个左右。

3) 风力发电具有清洁环保、可再生、基建周期短和装机规模灵活等特点，当前已知的风电应用涉及到风机监控、运行调度和运维检修，其中风机监控实现了风功率预测、能量管理、性能优化、故障预警和监控评估等，运行调度和运维检修则倾向于风机运行维护、调度等管理方面。

当前风电 APP 既有针对单台风力发电机的故障预警和运行优化类应用，也有针对整个风电场发电效率提升的运行优化类的 APP 应用，初步统

计数量约 100 个左右。

例如，基于数字驱动技术的风电机组出力性能评估及优化智能应用，将大数据技术与迁移学习应用到风机故障监测和性能评估的过程中，建立完备的故障智能分析诊断系统，洞察设备的健康状态，预警即将发生的故障，以及结合人工智能和机器学习技术在线优化风机控制策略，动态评估风电场运营效率，实现了风电资产的智能化整体升级。

## 2.5 解决方案优势企业深耕领域打造专业化工业 APP

领域优势企业基于多年来自身领域的技术和实践经验，不断打造领域工业 APP 产品，赋能到同领域的企业。

1) 研发设计优势企业积极打造涵盖设计、仿真和分析等产品体系。索为系统基于自身在研发设计领域的优势，依托 Sysware 平台将设计流程、方法、数据、知识、工具软件及各种应用系统封装，形成航空发动机总体、流道、结构、控制系统、机械系统、外部与短舱系统专业 APP 集，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适航审定要求；维拓科技的产品三维模型智能设计 APP 将图形识别算法、业务规则、实践经验融入到企业的研发设计，固化企业业务流程，逐步实现标准化、模块化、自动化、智能化，并且可维护、可配置、可扩展、可学习，为产品研发提供行业专家经验，提升产品质量，缩短研发时间，节省企业成本；云道智造基于在 CAE 仿真网格剖分、热、电磁、流体、结构等领域核心求解算法，后处理应用等专业领域积累，通过平台+仿真 APP 模式，为广大企业解决 CAE 仿真的贵和难的问题；安世亚太依托多年来的仿真经验积累。

2) 生产制造解决方案商积极构建多行业制造领域工业 APP 产品体系。

例如，东方国信基于在制造解决方案的领域优势，打造钢铁、风电、能源、水电等行业制造领域的工业 APP 产品；石化盈科基于在石油化工领

域的优势，打造石油化工设备管理、炼化生产、安全巡检、供应链协同等方面的工业 APP 体系；台达电子基于在面板、PCB、半导体领域的长期积累，开发出自动缺陷分类（ADC）APP，应用人工智能高效、精准、智能的进行缺陷检测；智能云科基于数字化制造的优势，推出了涵盖车间管理、生产排程、检验、仓储、设备管理、企业运营等八大应用的 iSESOL WIS APP 应用簇；共享智能基于对铸造行业的知识积累，开发全流程虚拟铸造 APP；鼎捷软件通过水晶球系列工业 APP，通过智能设备盒网关采集常见离散行业 PLC、CNC 设备数据，并集成 ERP、MES 数据融合，构建离散行业机理与数据模型，提供设备异常预警、设备稼动率分析、生产进度分析、设备异常原因分析、数据驱动点检作业等功能；维拓科技面向电动工具行业提供智能制造解决方案，构建集异常管理、质量管理、计划管理、生产管理、设备监控管理、能源管理、预测性生产、AR 远程维护为一体的工业 APP 智造平台，助力企业在质量控制、设备 OEE 管控、产能释放等方面的技术能力得到显著提升，生产效率得到明显改善。

3) 经营管理解决方案提供商积极开拓企业经营管理、供应链管理、销售管理等工业 APP 产品，透过数据应用，为企业创造收入、降低企业运营成本及有效管控经营风险。

例如，鼎捷软件依托在企业经营管理领域的积累，开发出企业运营管控 APP，完成从追溯、监控、检测、洞察、商机挖掘、准确预测，让经营能力“可视化”、“透明化”，让数据驱动决策，增强其应对商业变化的敏锐洞察力；用友基于在企业经营管理领域的积累，形成了 578 个经营管理类的工业 APP，帮助企业在运营管理、经营决策、仓储物流、生产、采购、营销等多个领域的数字化、智能化；研华科技依托在资产管理领域的积累开发资产绩效管理 APP，协助客户提升资产管理效率，提高资产可靠性和可用性；斯诺物联基于在工业供应链领域的专业理解，自主研发货准达企业物流智能 APP，解决制造企业物流业务中信息不对称、流程不透明、标准不规范等影响物流高质量发展的问题，创建物流新体验。

#### 4) 运维服务开发商提供设备监控、故障诊断、预测性维护等工业 APP。

例如，富士康通过边缘数据采集刀具生产设备中关键有效微观纳米的生产信息，通过人工智能，机器学习，大数据分析等技术，为刀具制造商提供从设计-制造-应用等一系列刀具全生命周期的服务；徐工信息基于设备监控和分析的丰富积累，开发设备画像工业 APP，广泛应用于机械加工、纺织、化工、机械、核心零部件制造等行，少设备异常损失，优化生产过程及售后服务效率；太极风电机组性能评估及优化 APP 可降低新能源企业生产成本、提高运营效率，带动相关企业提升发电量 2~5%左右；太极水电主设备指标监测 APP 通过覆盖水电主设备全过程评价指标体系，并依靠工业互联网平台强大的运算能力，实现对设备指标与状态评价数据的整理、分析、最终构建水电主设备全过程评价指标体系和设备故障预警模型，实现设备检测、指导管理等诸多效益；瀚云科技工厂生产管理 APP 针对车间内部设备运行状态、生产过程监控以及人员排单绩效等实现信息化、智能化管理；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；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，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%；朗坤智慧通过大数据模型与机理模型相结合的创新模式，为设备提供“主动式”远程状态监测服务，为电力、矿山等行业提供设备管理、安全生产、能耗优化方面的应用，保障设备寿命提升 20%，检修费用降低 15%。

### 3 工业 APP 开发与发展

#### 3.1 工业 APP、组件、微服务的关系

在工业 APP 开发过程中，经常会出现几个关键词，工业 APP、组件、微服务，关于工业 APP 的颗粒度、工业 APP 与微服务的关系等等问题一直困扰着大家。从工业 APP 的开发与技术实现的角度来看，工业 APP 开发至少包含图 3-1 所示的三个层次。



图 3-1 工业 APP 开发与实现的三层要素

第一层是 IT 实现层。包括传统的 SOA、CORBA、COM+ 等技术，以及微服务技术架构。IT 实现层主要关注各种 IT 实现技术，是 IT 技术的集中汇聚与应用。

第二层是工业技术与信息技术融合的组件层。这是工业 APP 开发的关键，体现了 IT 技术与运行技术 (OT)、数据技术 (DT)、工业机理的融合，组件层的开发需要既懂得工业技术、又懂 IT 技术的人来完成。组件层也是工业 APP 开发平台的核心。

第三层是面向工程技术人员的 APP 开发层。工业 APP 开发层主要面

向工程技术人员使用各种组件，通过低代码化方式，快速完成工业 APP 开发。

工业 APP 的最基本构成应该具有明确输入输出、可视化交互功能和完整业务逻辑，基于业务组件构建的基本应用。业务逻辑的颗粒度决定了工业 APP 的颗粒度，如果将一个相对复杂的业务逻辑整体封装，其结果仅是一个工业 APP；如果将这个复杂业务逻辑分解成多个子逻辑后分别封装，然后再组合应用，则每一个子逻辑的封装结果是一个工业 APP，对多个工业 APP 组合的应用又是另外一个工业 APP。

此外还要注意区分工业机理模型和工业 APP，机理模型可以是工业 APP 所包含业务逻辑的核心组成，但模型不是 APP。例如，工业 APP 可以封装某一个机理模型解决某一工业问题。使用该机理模型解决某问题的过程是业务逻辑，与明确的输入输出、可视化交互界面一起封装后，就成为一个工业 APP。

### 3.2 工业 APP 开发技术路径——工业技术软件化

工业 APP 的开发过程从获取与掌握工业技术知识并结构化描述开始（包括已经认知清晰和未知领域的知识或数据），通过系统化组织与建模过程、软件化过程、场景化应用与数据挖掘形成闭环，经历获取/掌握与描述工业技术、系统化与模型化、软件化、应用及数据挖掘 4 个过程。图 3-2 描述了基于“工业技术软件化”理念的工业 APP 开发技术路径。

#### 1) 3 类主体 4 个过程的工业 APP 开发闭环逻辑

工业 APP 开发的 3 类主体——工业人、IT 人、数据科学家，将围绕工业 APP 开发的 4 个过程中利用不同的工具与技术，将工业技术融合到软件载体中，投入不同应用，应用所产生的数据在通过大数据处理分析与人工智能技术，实现对未知领域的趋势预测与机理还原的完整闭环逻辑。

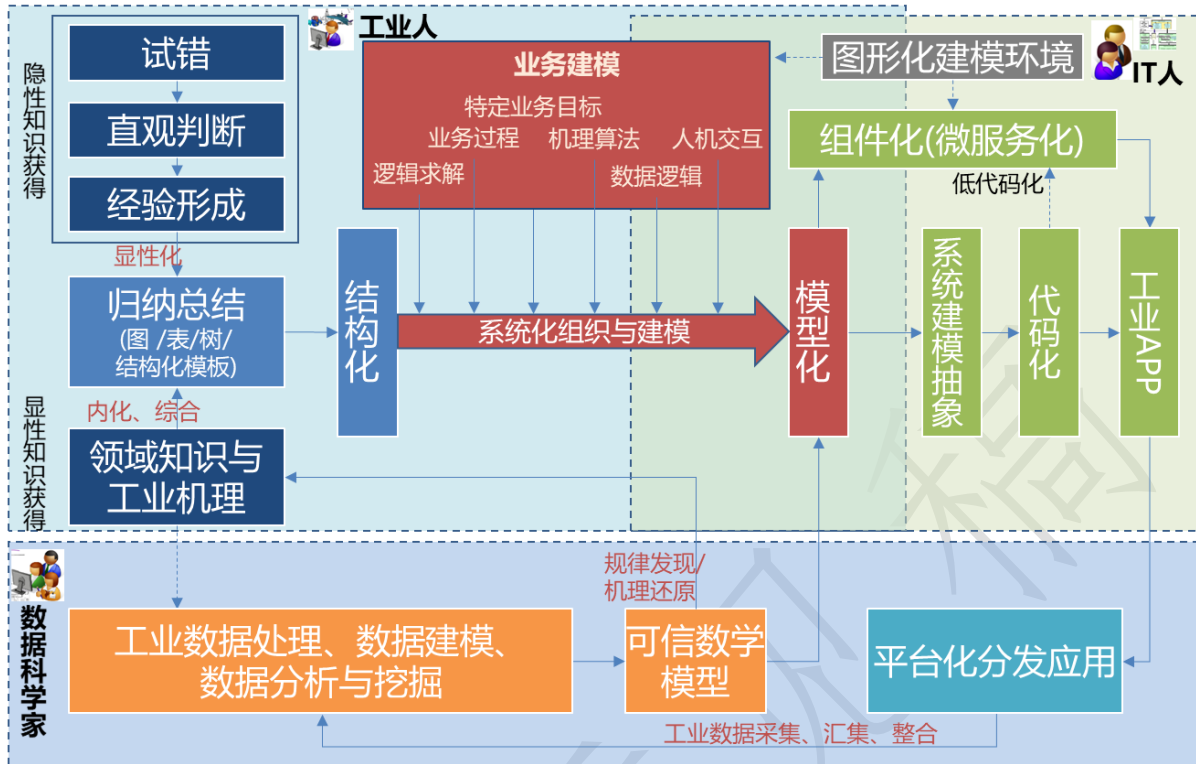


图 3-2 工业 APP 开发技术路径

## 2) 两条逻辑主线

基于认知闭环，可以将工业 APP 开发的技术路径分解为两条主线，第一条主线是基于已有工业技术知识的软件化转化形成工业 APP 的主线；另一条主线是基于工业应用数据，通过数据分析与挖掘形成可信数据模型、探索事物运行趋势规律及机理还原，并将其软件化得到的工业应用。两条主线形成完整的认知闭环。

### (1) 基于已有工业技术知识的软件化开发工业 APP

通过对隐性知识的显性化、显性知识的内化，采用归纳、总结、简化、还原等方法，利用图、表、树以及结构化模板，将这些工业技术知识进行结构化描述。

基于特定业务目标，对相关的工业技术知识进行系统化组织与建模，利用图形化建模环境，完成业务过程建模、业务逻辑建模、机理算法建模、

数据逻辑建模以及人机交互界面封装建模等工作，实现对工业技术知识的模型化表达。

在将模型化表达的工业技术知识进行软件化转化过程中，可以采用多种技术途径实现转化。可以采用传统软件工程路径，也可以利用组件化技术或微服务化技术，使用低代码化方式形成工业 APP。

(2) 基于工业大数据分析挖掘的软件化

工业 APP 或其他形态工业软件投入工程实践应用，产生的工业数据，通过数据采集、汇集、整合，形成工业数据集，数据科学家借助各种不同的算法开展数据分析，开展数据建模，基于工业数据样本完成模型训练和进化，形成可信数学模型。将可信数学模型通过图形化建模环境，完成模型封装形成数据驱动的工业 APP，同时，也可以将可信数学模型用于规律发现和机理还原，形成领域知识和工业机理增量。

3.3 工业 APP 开发技术架构

工业 APP 开发实现了工业技术与信息技术的融合。其开发技术架构如图 3-3 所示。

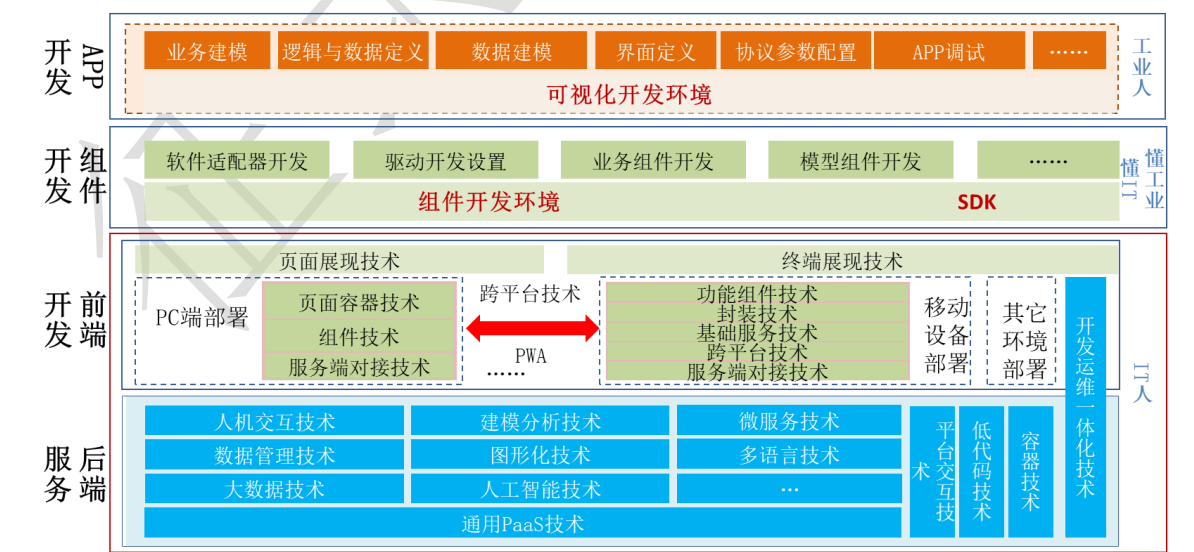


图 3-3 工业 APP 开发技术架构

工业 APP 同时具备工业属性和软件属性的双重属性。将前端开发和后端服务等纯 IT 技术，通过组件化开发环境和开发工具包，实现基于前后端开发技术的工业软件接口与适配器组件开发、驱动器开发、业务组件开发、模型组件开发等业务组件开发，实现工业技术与信息技术的融合，并基于业务组件提供面向工业人的可视化低代码工业 APP 开发环境，实现工业技术知识快速转化为工业 APP。

### 3.4 工业 APP 开发关键技术

#### 3.4.1 便捷化开发技术

微服务、低代码、开发运维一体化、容器化等技术的使用，降低了工业 APP 开发门槛，让工业人可以快速地将工业技术、知识开发成工业 APP。

##### 1) 微服务技术

微服务促进工业 APP 敏捷开发。微服务是一种“松耦合”的架构，单个微服务是独立的、可部署的业务单元。多个微服务通过服务发现、服务注册、服务通信和 Api gateway 等实现微服务间的调用。依托微服务组件进行组合和高效配置，实现工业 APP 的敏捷开发。例如，富士康的 BEACON 平台基于 Service Mesh 微服务技术提高平台功能解耦和组件的有效配置管理，基于多个微服务的灵活组合，加速应用开发的敏捷度。用友畅捷通基于阿里云 EDAS 通过 Spring Cloud 技术体系建立的微服务应用对原有的 IT 系统进行微服务化改造，可以在不改动任何代码的情况下实现平滑。

##### 2) 低代码技术

低代码技术降低了工业 APP 开发专业难度。自动生成代码技术降低工业 APP 开发专业难度，通过拖拉拽方式帮助工业人快速开发特定场景应用，提升企业工业 APP 开发能力。低代码开发技术可以有效解决 IT 和 OT 融合的工业难题。例如，西门子低代码开发工具 Mendix，通过模型驱动自动生成代码的方式，降低工业 APP 开发难度，实现工业技术与信息技术人

员融合，提升低代码应用开发范畴。PTC 依托 Mashup Builder 促进工业人参与开发，PTC ThingWorx 平台集成 Mashup Builder 低代码开发环境，平台通过预置 60 多款可视化组件，以托拉拽的方式快速构建应用，降低开发难度，促进工业人参与开发，解决需求难题。

3) 丰富的 API 接口和 SDK 包，降低工业 APP 开发工作量。丰富的 API 接口和多种开发语言环境的 SDK 包，提高编码的复用率，降低工业 APP 创新开发重复性工作，实现高效率开发和快速集成。例如，机智云 Gizwits IOT Enterprise 平台为用户提供应用 API 和多种语言 SDK 包，通过扩展服务组件提升工业 APP 应用开发效率。华为 OceanConnect IoT 平台的应用开发使能层，通过提供丰富的 Restful API 和多种语言 SDK 包提升工业 APP 应用开发集成能力。

### 3.4.2 混合 APP 开发技术

混合 APP 开发技术促进跨平台应用。

1) 工业 APP 的运行平台逐步从 PC 端走向多种移动终端，支持多终端操作系统（Windows、Linux、Android、IOS、微信小程序等）的跨平台混合开发技术有效降低企业开发、测试、运维成本。

2) 低代码技术标准化优势，有助于打破云端孤岛。低代码技术的标准化优势，助力实现平台单点登录、数据库集成和 Web API 集成，强化工业 APP 的跨平台集成、调用、移植能力，打破“云端孤岛”促进信息和数据流通。

企业信息化过程中由于引入不同厂商的应用，导致内部不同应用之间相互独立，生产信息和数据等均无法互通，特别是不同云服务商的工业应用，导致形成“云端孤岛”，给企业的信息系统管理和数字化转型升级带来严重困扰。通过 SYSWARE.IDE 为工程师打造统一的开发工作环境，将工业领域数据、知识、技术进行模型化、组件化的封装和定义，并基于平台统一的连接和驱动机制，通过统一入口查看工业 APP 执行历程、执行数据

以及工业 APP 之间的调用关系，为企业提供产品设计、仿真、工艺优化、运维等服务，实现工业 APP 的可重用、跨平台。

低代码实现数据库集成。基于低代码开发的应用可利用其他业务。系统的数据库完成建模，直接进行读写，实现数据互通；低代码促进 Web API 集成。低代码借助可视化 POST 数据命令和前后端编程接口实现不同厂商、参数和认证等 Web API 的集成；低代码助力单点登录。依托低代码构建单点登录设置融合程序接口实现系统间免登陆认证和用户/权限/组织机构数据同步功能。例如，西安葡萄城自主研发的活字格低代码开发技术，通过单点登录、数据库集成和 Web API 集成能力，帮助实现工业 APP 集成，打破“云端孤岛”。

低代码快速开发平台是未来软件开发的主流模式，美国有数据预测，到 2021 年 75% 的软件应用都将在低代码开发平台中完成，到 2025 年这个数据将会变成 90%。

象国外的 OutSystems、Mendix 或者国内最新自主研发的 XJR 快速开发平台等等，都可以开发 OA、ERP、CRM、HR、进销存等各种企业管理应用，并无缝集成打通其他软件系统，实现各系统间的互联互通。

### 3.4.3 部署运维标准化技术

1) 平台的技术发展与应用推广促进工业 APP 与服务端对接更加标准化；同时，《工业互联网综合标准化体系建设指南》也将加速工业 APP 对接标准化。例如，COSMOPlat 平台和雪浪云平台都打造了开发运维一体化工具，实现工业 APP 的开发、测试、发布全生命周期管理，在提升开发运维效率的同时，降低了企业成本。海澜智云平台 and 瀚云工业互联网平台都提供节能管理服务，虽然应用场景有差异性，但影响能耗的关键要素相似，部分要素已成为节能服务必须分析的要素。Cloudiip 和 INDICS 平台都基于功能齐全的 PaaS 平台提供统一数据接入、UI 框架、开发框架等开发环境，企业和第三方开发者能以低成本、高质量快速完成行业、领域工业 APP

开发，构建工业互联网生态。

2) DevOps 技术从研发工程实践、研发价值流、技术运营、应用设计、安全合规和技术运营等六方面途径推动工业 APP 运维开发一体化，促进工业 APP 标准化同时降低使用运维成本。例如，IBM 的 IoT 平台借助平台自身的 DevOps 工具的版本自动化、快速开发、测试自动化和应用生命周期管理实现运维开发一体化。

### 3.5 工业 APP 开发趋势

传统架构的工业软件与基于新型架构、基于微服务的工业 APP 将长期并存。根据目前工业 APP 发展基础、发展主体和发展模式来看，工业 APP 发展将呈现五方面的趋势：从线下到线上的工业 APP 开发模式变化、开发者社区助推工业 APP 开发、开发主体逐渐转变、工业 APP 与大数据结合、传统工业软件微服务化重构等。

#### 3.5.1 线下定制向线上模式转变

线下定制开发的模式向“平台+软件”的线上模式转变。随着工业互联网平台、软件开发平台以及智能制造云服务平台正在不断推广，软件产品开发模式也将由线下定制向“平台+APP”的线上模式转变。

海尔 COSMOPlat 以大规模定制为主线构建的工业 APP 开放生态体系，涵盖了贯穿 APP 和用户体验的全生命周期，包括门户、开发者平台、应用市场、开源社区和 APP 用户自主配置中心 CUBA，全流程赋能工业 APP 开发、流通和应用，屏蔽底层复杂性，使开发者更聚焦业务和工业应用的开发创新，实现 APP 用户和开发者零距离交互。

#### 3.5.2 开发者社区成为工业 APP 开发主要推动力

海量的第三方开发者将成为工业 APP 发展的主要推动力。软件开发平台、工业互联网平台微服务框架推广应用，大大降低了工业 APP 开发的难度和门槛，大量的开发者都可以参与到工业 APP 的开发中，软件开发将

不再局限于平台的运营者和平台客户，有限、封闭的软件开发方式将向海量的、开放的第三方开发方式过渡。

COSMOPlat 工业 APP 生态体系已经聚集了海尔内部 IT 人员、服务商、外部企业 IT 人员和个人开发者等各类数千名开发者，数千个工业 APP 应用，已成为了工业 APP 开发者的双创空间。

### 3.5.3 开源为工业 APP 提供基础、部署和技术支持

目前我国整体开源产业较弱，核心技术企业主要为国外把控，国外企业主导工业 app 开发开源技术，工业 APP 常用的开源产品包括：Cloud Foundry 助力实现快速部署应用基础框架，Openshift 快速部署应用基础框架，Kubernetes 管理多个主机上容器化应用，Docker 轻量虚拟化和快速部署，Spring 简化应用初始搭建以及开发过程，Service Mesh 框架下开源项目 istio、linkerd 可支持微服务治理，Eclipse 开源集成开发环境，Linux 开源操作系统等。

目前，国内企业开始探索布局，开源意识逐渐增强，传统优势企业和创新性企业加快开源布局。例如，阿里依托技术优势积极构建开源社区，阿里依托在开发技术的方优势，积极构建开源社区 Alibaba Open Source，推动我国软件开源；涛思数据打造创新性开源大数据平台，涛思数据开发的物联网、车联网、工业互联网等大数据开源平台 Tdengine，借助开源力量，不断提升产品能力。

### 3.5.4 工业企业逐渐成为工业 APP 开发一大主体

工业企业将成为工业 APP 培育的一大主体。制造业企业的信息化意识越来越强，智能制造的理念不断深入，制造业企业开始用深厚的制造知识沉淀，逐渐培育信息化团队、规划软件研发能力，有计划地自主开发工业 APP，将自身的制造经验、技术和知识采用软件的形式作用于工业过程，从而将成为工业 APP 培育中的骨干和先锋。

通过调研，目前，我国规模以上工业企业的工业 APP 平均数约为 63 个。上海飞机设计研究院已经连续两年在企业内部举办工业 APP 大赛，2019 年共收集到来自企业内部工程技术人员开发的 140 多个工业 APP；中国航发集团商发公司经过 4 年积累，已经开发出航空发动机研发设计工业 APP 达 600 多个，有效支撑了发动机研发设计。

天瑞集团以精智工业互联网平台为基础，结合水泥行业的特点和需求，进行针对性改造，开发出一系列适用于客户的工业 App，并将平台部署于混合云上，实现了对水泥行业的赋能。

### 3.5.5 结合 APP 所产生的大数据实现应用优化

随着工业大数据的积累以及对工业大数据的挖掘，未来的工业 APP 必然会跟大数据紧密结合，基于数据分析结果对工业过程进行优化，提高工业生产效率。随着人工智能的发展，针对不同工业生产的工业行为会更好地被机器理解并且学习，封装成工业微内核服务，使工业 APP 具备一定的人工智能，实现真正的智能化生产。

例如，用友基于其采购、供应链 APP 所产生的海量数据，通过大数据分析，帮助企业实现采购和供应链优化；东方国信利用 Cloudiip 提供的五类大数据计算引擎和 6 类数据治理工具，通过对各种非线性、时变、耦合、时滞，干扰大和不确定因素的复杂控制过程优化，叠加大数据和智能算法，开展企业多工况工艺参数优化，实现企业稳定高效的生产。

### 3.5.6 传统工业软件微服务化重构

传统的工业软件，如 CAD、CAE、ERP、MES、设备管理、绩效管理、工业软件，通过微服务化改造，形成由一系列工业 APP 集组成的可解耦工业软件，成为工业 APP 开发的一种新趋势。

例如，用友畅捷通对原有的 IT 系统进行了大量的微服务化改造，SaaS 化企业管理云服务，适应互联网大型应用快速迭代以及频繁发布的需求；

研华科技将传统的资产绩效管理系统通过微服务改造，同时支持 **cloudfoundry** 和 **kubernetes** 平台下的部署及运行，以 **consul** 作为服务注册于发现组件，在高并发场景下 **APM** 通过 **nginx** 实现负载均衡，同时使用 **etcd** 实现分布式任务协同及调度，保证 **APM** 服务可靠性，准确性；航天云网与南京优倍合作，对企业 **PDM** 和 **MES** 系统的云化，设计人员可以在线使用产品资料，生产人员可以在线跟踪产品进度，管理人员可以在线使用一体化的看板了解企业应用的模式。

## 4 工业 APP 应用与发展

### 4.1 工业 APP 应用架构

工业应用是将工业 APP 开发成果纵向多层次与横向多环节应用到工业领域，工业 APP 应用架构如图 4-1 所示。

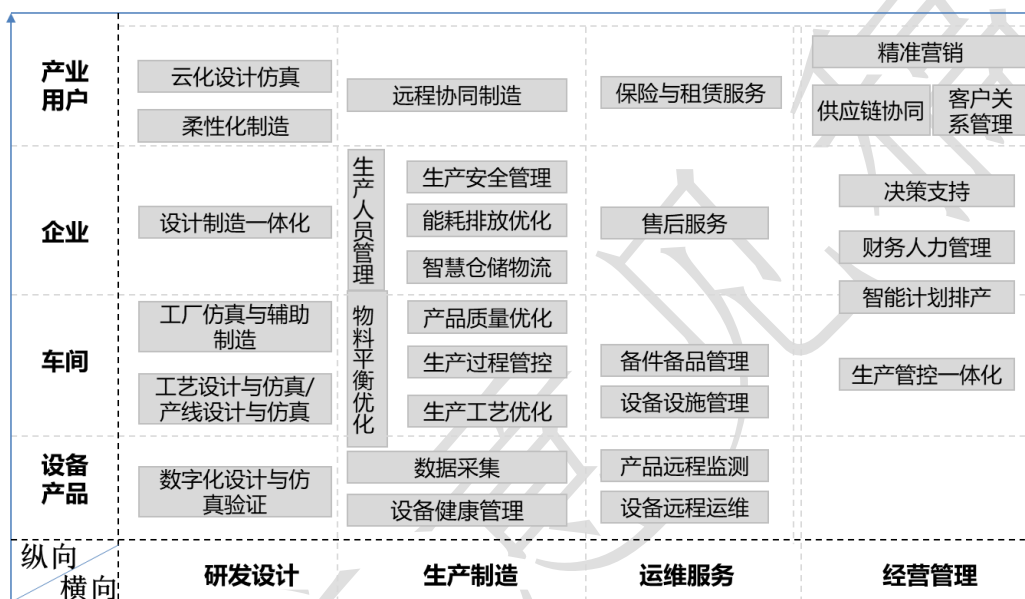


图 4-1 工业 APP 应用架构

工业 APP 应用覆盖了离散行业和流程行业，多品种小批量、小品种大批量以及兼具型特点的业务应用。从横向可以应用到产品研发设计、生产制造、运维服务以及经营管理等多工业环节，纵向可以应用于产品/设备-车间-企业-产业等多层级、多工业场景。例如，在产品/设备层级的设计、仿真、验证、设备监控与 PHM 健康管理；在车间层级的工艺布局、工艺工装、生产管控、远程运维监控、数据采集，以及效率、质量、能耗改善等管理应用；在企业层级的设计制造一体化、资源、计划、排程，以及服务、人、财、物等管理应用；在整个产业层面的云化应用、产业协同、供应链管理、营销等经营管理应用。工业 APP 在不同层级和不同工业场景中的应用，将根据工业领域的特性的不同，形成不同的工业 APP 应用模式。

## 4.2 工业 APP 应用模式

由于工业领域本身的复杂性，工业 APP 的应用也随着领域复杂性和企业特性与应用环境的变化，呈现出多种多样的使用形态与应用方式。而且工业 APP 本身也在随着各种技术的发展不断变化中，梳理工业 APP 的应用模式存在一定困难。本白皮书尝试基于客户价值、使用数量、快速复制与推广能力等维度，从能否形成明确的应用需求、足够的市场空间支撑应用模式的合理运转等方面因素考虑，梳理出一些工业 APP 的典型应用模式。

### 4.2.1 面向高附加值产品的应用模式

高端装备制造业，如轨道交通、航空航天、能源电力等行业，产品数量少，但单台装备价值极高，安全性及风险等方面影响极大。为了保证这些高价值产品能更安全、更有效地完成设计生产与运维活动，企业有意愿加强针对这些产品的工业 APP 应用投入，这为面向高附加值产品工业 APP 应用提供了明确应用需求和市场空间。由于工业 APP 对高附加值产品带来的高价值，企业愿意为定制的工业 APP 支付相关费用，从而形成完整的价值链和典型的应用模式。

例如大型水电机组主设备指标监测应用，飞机发动机技术状态与健康管理应用、高铁转向架的健康监测应用，针对飞行器设计的专用工业 APP 应用等，都属于这类模式。

### 4.2.2 面向高重复度连续工业改善“1%”应用模式

“1%”的改善既可以是提高效率获得利润增长，也可以是通过降低持续的消耗转化利润。每一个 1% 的改善与节约，意味着过去大量被消耗的成本将被转化为企业的利润。如果中国未来 15 年燃气发电机组能耗降低 1%，约 80 亿美元燃料费将被节省，利润将增加 80 亿美元；铁路网络的运输行业运营效率提高 1%，又能省下 20 亿美元燃料成本。对于高重复度连续工业来说，1% 的改善带来的持续利润让企业有足够的动力去应用这些工业

APP，因而也能形成一种典型的应用模式。

例如，太极风电机组性能评估及优化 APP 可降低新能源企业生产成本、提高运营效率，带动相关企业提升发电量 2~5%左右；宝钢在 2002 年前就开发出热轧带钢力学性能预报 APP，材料专家利用 APP，大胆地对几十个产品的成分和工艺进行了优化，每年降低的成本达到 2000 万元以上。减速机行业排头兵企业泰隆减速机，通过设备画像 APP 在 3.6%基础上又提升 2%的设备利用率。

#### 4.2.3 依托工业软件平台和领域 APP 的知识驱动应用模式

工业软件平台+领域模型是一种典型的知识驱动应用模式，是工业 4.0 背景下的一种制造业新模式。将领域工业技术、知识和最佳实践通过工业 APP 进行封装后，由工业 APP 所承载的工业技术知识驱动工业软件平台，完成特定领域和工业场景的应用。这种知识驱动型应用所带来的企业核心知识积累的价值、专家知识带来产品质量提升的价值、高效率与质量稳定性带来的利润增长，可以牵引广大企业为这类工业 APP 的应用提供足够的投入，从而形成一种典型应用模式。

SAP 的“知识机器人”、北京索为公司的“知识自动化”等都属于领域知识驱动工业软件平台的知识驱动型应用。

索为公司的 Sysware 平台通过整合集成各种 CAD、CAE/CFD 工业软件平台，针对不同的专业领域应用，将专业领域的工业技术知识与最佳实践封装开发成跟特定工业软件解耦的工业 APP。例如针对通用的 CAD 设计软件，基于 Sysware 工业 APP 开发平台，将飞机设计的流程、技术、知识与最佳实践封装后，就成为飞机设计的工业 APP，可以驱动通用 CATIA、NX、Creo 或者不同的 CAE 软件完成飞机总体或零部件的设计与仿真工作。如果封装的是船舶设计的工业技术知识，那么就得到了船舶设计与仿真的工业 APP。这些工业 APP 不是工业软件平台的二次开发，跟特定的人和工业软件解耦，可以驱动不同的工业软件平台完成设计仿真工作。云道智造

仿真分析 APP 封装，以及联合制造基于通用 ERP 和 MES 系统，开发出针对标准件生产企业的领域模型都属于这一类型。

#### 4.2.4 特定领域深耕应用模式

特定领域深耕应用模式主要针对掌握某细分领域核心关键工业技术的企业的一种有效应用模式。通过将企业在该细分领域所掌握的核心工业技术进行封装，形成解决领域问题的应用利器。通常，这种细分领域一方面要具有足够的企业数量，形成足够的市场空间；另一方面，这些企业要面临相同或相似的共性问题。工业 APP 在该细分领域的同类企业中可以被广泛使用，从而支撑一种应用模式的形成。

例如，浙江陀曼结合企业在轴承领域的核心关键技术，构建面向轴承企业的领域细分工业 APP 应用；杭州优海基于企业在汽车零部件领域的优势技术积累，使用 APP 对汽车零部件企业进行生产过程管理管控，协助企业提升工艺、产品能力，形成面向汽车零部件细分领域的典型应用模式。

精诺智能熔炼 APP 聚焦铸造行业的金属熔炼的关键环节，提供 127 种合金钢个性化配料模型解决熔炼合金原料成分配比问题，完成质量最优化和原材料成本控制，形成面向金属熔炼细分领域的典型应用模式。

中天科技开发面向汽车线缆领域应用的工业 APP，解决线缆生产的全流程管控，实现线缆生产关键环节控制和生产过程管理，生产效率提升率 30%，综合利用率提升 25%，企业综合运营成本降低 15%，不良品率减低 15%。

### 4.3 工业 APP 应用推进路径

工业 APP 的应用与推进目前还在发展过程中，对于不同工业领域与不同工业 APP 类型的应用与推进存在变化多样的路径，本白皮书尝试从不同的视角归纳一些相对比较明确的工业 APP 应用推进路径，以供工业 APP 拥有者或平台在工程实践中推动工业 APP 的应用。通常，一种应用模式可

以对应多种应用推进路径。

#### 4.3.1 依托共性平台面向行业的应用推进路径

在每一个行业领域或者细分领域，都可以通过对本行业本领域业务的分析和梳理，构建其面向整个行业的共性技术和知识的工业 APP，形成面向行业或细分领域的工业 APP 共性平台，依托共性平台面向企业进行应用推进，减少本行业企业在研发生产类似产品过程中的重复建设，提升产品的质量，提升产品研制的规范性。

例如，索为公司通过构建飞机航电共性平台，将航电系统的研发设计技术和知识、适航规范与规则等封装成面向飞机航电系统和机载设备的共性应用，可以有效减少在产品设计研发的重复性、合规性等方面的问题。在航空发动机领域，不论军机和民机都存在很多共性的技术和知识，通过构建发动机共性 APP 平台，推动航空发动机行业的技术、知识、人员的共享，以及研发设计的协同。在机械装备领域，通过构建基础零部件协同创新共性平台，面向装备制造业提供基础零部件共性 APP，推进其在装备制造行业的应用。

#### 4.3.2 依托庞大客户群的应用推进路径

对于在过去积累有庞大用户群的企业，可以利用用户的使用惯性和客户粘性，将工业 APP 潜移默化地渗透到客户的设计生产经营中。同时，基于工业互联网平台还可以给客户带来更好的用户体验，在老客户群众推进应用工业 APP。

象用友、金蝶、浪潮、阿里、华为等这些企业都积累有庞大的客户群，在这些老客户群中推进新形态的工业 APP 具有很多的便利条件，是一种有效的应用推进路径。例如，浪潮 30 多年企业信息化服务积累的 60 万家企业客户，基于浪潮工业互联网平台整合这些用户资源，为“中国中小机床之都”滕州打造了“机械机床智能制造”云平台，开发了三维协同设计、智慧机床管理、智慧能源管理、整机及备件物流、订单协同等一系列工业 APP，

向企业推进 APP 应用，帮助企业降本增效，助力滕州转型升级为“中国机床装备服务之都”。

#### 4.3.3 面向地域特色产业的应用推进路径

面向地域特色工业的推进路径，通常立足发展地方经济，通过政府扶持，建立面向本地域特色经济领域的工业互联网平台，推动工业 APP 开发和应用。这种模式本质上与依托共性中心的模式比较类似，是一种面向地方行业共性中心应用。

例如，浙江省立足传统行业优势突出、块状经济发达等特点，在国内率先提出打造具有浙江特色的“1+N”工业互联网平台体系，其中“1”作为基础性平台，“N”作为面向特性行业的共性平台，构建共性 APP，推进地方特性经济领域应用。

索为系统“众工业”平台围绕“需求侧”“供给侧”两端发力，持续为制造企业提供“工业互联网+工业 APP”新工业模式和服务。目前与北京、重庆、汕头、山东等地方政府联手构建的区域服务平台、展示中心和创新中心纷纷落地，分别针对区域特色形成开放、自适应、生态型的新型协同研制生态体系。

#### 4.3.4 依托生态的应用推进路径

对于有影响力的企业，或者拥有庞大伙伴群或用户群的头部企业，可以基于自身的行业影响力，构建行业生态，依托生态完成大格局布置与应用推进。例如，华为、案例这类型的企业，企业本身的研发创新能力强，能提出新技术、新理念引领技术潮流，振臂一呼应者云集，产业链完整，合作方众多，因此比较适合构建生态。阿里云工业互联网平台聚集的近 4000 家各行业服务商，沉淀了 400 多款工业 APP，构建了近 20 万人的开发者社区，开放 ET 工业大脑平台，开放了 3 大行业知识图谱、19 种业务模型、7 个行业数据模型及 20 多个行业算法模型，吸引生态合作伙伴在该平台上编程，将行业知识、大数据能力、AI 算法便捷地融合在一起，为工

业企业量身定制工业 APP。这就是一种典型的基于生态的推进路径。

工业互联网生态

5 工业 APP 生态体系建设与发展

5.1 工业 APP 生态体系模型

工业 APP 生态模型主要从开发、基于可持续发展商业模式的应用与使能要素三方面考虑，将工业技术知识开发成工业 APP 是源头，而可持续发展的商业模式是推动工业 APP 成功应用的基础，是驱动工业 APP 生态健康发展的动力，生态使能要素则提供了工业 APP 生态建设的重要保障。工业 APP 生态体系模型如图 5-1 所示。

|                                                                                                                                            |                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>知识型企业组织与分享文化</li><li>开发技术与开发模式</li><li>开源/开发者社区</li><li>工业企业技术溢出与技术转化</li><li>传统工业软件微服务化重构</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>可持续的盈利模式</li><li>优秀工业APP来源</li><li>平台-企业-开发者价值模型</li><li>足够的增量市场空间</li><li>市场和价值驱动的良好循环机制</li></ul> |
| 组织文化与开发模式                                                                                                                                  | 可持续发展商业模式                                                                                                                                 |
| 使能要素                                                                                                                                       |                                                                                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"><li>政策引导</li><li>工业互联网平台</li><li>人才培养</li></ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>知识产权保护</li><li>标准规范</li><li>安全防护</li></ul>                                                          |

图 5-1 工业 APP 生态体系模型

组织文化与开发模式关注工业 APP 开发相关的模式、开源与开发者社区、工业企业的技术溢出与技术转化、以及企业的组织文化要素；可持续的盈利模式，持续的优秀工业 APP 来源，平台、用户企业与开发者相互促进的合作模式与价值模型，足够的增量市场空间等是可持续发展商业模式的重点；政策、工业互联网平台、标准规范（开发、评价、质量等）、知识产权保护、安全防护等方面生态使能要素提供了生态建设基础保障，支撑工业 APP 开发和工业应用，闭环推动工业 APP 生态发展。

## 5.2 中央政策布局，地方行动跟进

为落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，加快培育工业 APP，2018 年 5 月 11 日，工信部印发了《工业 APP 培育工程实施方案(2018-2020 年)》，提出未来三年工业 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。

实施方案中明确指出在未来三年将通过政策保障、资金支持培育出 30 万个工业 APP，构建工业 APP 标准体系，创新应用企业工业技术软件化率达 50%，并能初步发挥对工业互联网平台应用生态、促进工业提质增效和转型升级的支撑作用。实施方案指出，到 2020 年工业互联网平台培育 30 万个面向特定行业、特定场景的工业 APP，全面覆盖研发设计、生产制造、运营维护和经营管理等制造业关键环节。

实施方案确定了面向国内制造业重点项目的安全可靠工业 APP、面向关键基础材料的基础共性 APP、面向汽车航空航天等领域的行业通用工业 APP、面向制造企业个性化需求的企业专用工业 APP 四大重点方向，并提出未来三年将通过夯实工业技术软件化基础、推动工业 APP 向平台汇聚、加快工业 APP 应用创新、提升工业 APP 发展质量层层推进工业 APP 建设。

实施方案提出未来三年(2018-2020)，在国家制造强国建设领导小组的领导下，鼓励地方政府出台政策，并整合行业协会、产业联盟、科研院各方力量，形成协同推进工业 APP 的格局。同时，充分发挥财政资金导向作用，鼓励地方政府设立专项资金并引导社会资本，多元化渠道加强对工业 APP 的资金投入，到 2019 年 12 月，力争将工业 APP 规模扩大至 10 万，工业 APP 创新应用企业的工业技术软件化率达 30%；到 2020 年 12 月，工业 APP 规模达 30 万，工业 APP 创新应用企业的工业技术软件化率达 50%。

实施方案出台后，各地方政府及时进行了政策跟进，在制订工业互联网发展规划时将工业 APP 培育作为工业互联网平台应用的重要方面。江苏、湖南、福建等省份出台了专门的工业 APP 培育实施方案，青岛市制定

了落实工业 APP 培育方案的行动计划。

### 5.3 构建企业知识型组织

#### 1) 构建知识型组织，沉淀和转化企业知识

工业 APP 的培育机制，应该与企业中的卓越中心（COE）和能力中心（COC）建设等知识型组织构建措施形成互动。COE 是企业里负责产品研制工作的组织，而 COC 是企业是用来进行知识沉淀、知识转化和整理的一个新的组织。COE 和 COC 分立是企业架构设计、业务模块化及知识管理发展到较高水平的组织设计产物，波音、空客、罗-罗等先进航空工业企业在 21 世纪初即建立了一批以“能力中心”、“卓越中心”、“创新中心”冠名的能力中心。我国先进的高端装备制造企业近年来也开始了这方面的论证与试点。工业企业通过能力中心 COC 与工业 APP 市场互动，然后通过工业 APP 市场给工程中心的型号研制工作提供完整的能力，这是一个良性的互动机制。

这种机制在大企业的应用效果更加明显。大企业的上下游产业链很长，通过把供应商的产品 APP 化，让每个 APP 里包含产品的相关信息，上游企业在做供应商选型、产品选型的时候，就可以更加方便高效地去进行不同厂商、不同产品的装配、计算和决策。比如船舶的设计，过去设计一条船，需要把船上的每个东西都设计出来，工作量非常大；现在把供应商的产品 APP 化以后，将来设计船的工作量会大幅地降低，也减少了在建造过程中的返工次数。将来产品研制出来交付给下游客户时，除了可以交付一条物理船，还可以交付一条数字船，这就是一套新的以工业 APP 为基础的应用模式。

#### 2) 追溯工业 APP 源头，培育企业共享文化

工业 APP 的实质性内容来自工业知识和技术。其中的显性知识是目前工业 APP 开发的主要素材，但还有更多的工业知识和技术是以隐性知识的

形式存在于工程师的脑中。当前通行无形资产会计办法不能准确反映隐性知识及隐性知识显性化的价值，不但不能为工程师共享知识开发工业 APP 提供正向的激励与预期，也难以覆盖隐性知识及其转化的成本。如果不能解决这个问题，就难以逆转专业工程师“劳而无获、为人作嫁”的扭曲现实。

工业 APP 的应用场景绝大多数是由工业企业的业务部门定义的。目前，工业互联网主要是依靠 IT、互联网公司以及工业企业的管理层推动的，以战略规划、管理咨询和 IT 服务为主要业务形态，工业企业的业务部门并没有真正参与进来。因此，虽然已经有很多工业企业以设计服务、仿真服务、预测性维修服务等业务模式驱动工业 APP 的开发，但是从总体上看，工业 APP 的发展仍然面临着缺乏应用场景的不利局面。如果不能解决这个问题，工业 APP 产业就是无根之木、无源之水。

## 5.4 工业 APP 的人才培养和开发者社区建设

### 1) 通过培训培养工业 APP 人才

工业互联网产业联盟举办了两届 APP 大赛，先后在 32 所工科院校，40 多场次进行工业 APP 培训，数千人参加培训。工信部人才中心已经连续几年开展工业互联网、工业 APP 培训；最近 3 年，浙江、长沙、山东、宁夏、重庆、汕头地方政府多次组织工业 APP 人才培训，国防科技工业局也连续两年在 CIO 培训班组织工业互联网/工业 APP 培训。

### 2) 通过工业 APP 开发赛事，汇聚工业 APP 开发团队

发展工业 APP，一是要充分发挥平台提供商的主力军作用，建设跨行业跨领域工业互联网平台企业；二是充分发挥海量第三方开发者的生力军作用，促进工业 APP 开发和海量用户双向迭代、互促共进的良好格局；三是要构建开源的开发者社区，形成创新生态圈。各种类型的工业 APP 开发大赛已经成为调动开发者积极性，汇聚开发者团队的重要窗口。

通过 APP 创新应用大赛等有偿征集形式，遴选企业内外优秀的工业

APP 产品，挖掘创新人才，激发企业或个人参与工业 APP 培育的热情。

- 中国工业技术软件化产业联盟工业 APP 创新大赛

由工业和信息化部、天津市人民政府主办，天津市工业和信息化局、中国工业技术软件化产业联盟联合承办的工业 APP 创新应用大赛”自 2018 年以来，已成连续举办 3 届，累计超过 3000 企业和团队报名参赛，汇聚了全国范围内各行业优秀的工业 APP 9534 个，凝聚了一批行业龙头企业，集结了全国一流的高校、科研院所专家资源，已发展成为工业技术软件化领域重要产学研用对接交流平台。

辽宁省先进装备制造业基地建设工程中心、航天云网联合主办首届“航天杯”辽宁工业 APP 软件大赛，主要从业务流程（智能研发、精益制造、智能服务及智慧管控相关 APP）及细分行业（汽车制造、能源、电力、化工、通信、装备制造及智能制造）两个维度展开，旨在激发参赛者利用社会资源开发工业 APP，发掘创新人才及团队；

2018 年 11 月 28 日，长沙市人民政府、树根互联技术有限公司、中国信息通信研究院和长沙智能研究总院联合主办“根云杯”全国首届工业 APP 大奖赛，以“根植中国，云上制造”为主题，直击工业企业普遍关注的刚需和痛点，面向企业、团队及个人公开征集基于 IoT 的新型工业 APP 或算法模型。

2020 年 9 月 17 日，由工业和信息化部与湖南省人民政府共同主办的 2020 年全国工业 APP 和信息消费大赛正式启动。大赛以“聚智新生态赋能新经济”为主题，聚焦工业 APP 和信息消费，设置工业 APP 命题赛、工业 APP 新意赛、信息消费技术创新、信息消费产品创新、信息消费应用创新等五个赛项。以响应实际业务需求，解决复杂工业问题为出发点，鼓励企业投入工业 APP 应用开发，加快推动工业技术软件化发展。

航天科工组织举办集团公司首届智慧企业运行平台应用 APP 大赛，面向全集团开展智慧企业运行平台应用 APP 有偿征集活动，鼓励广大员工基

于航天云网 AOP 平台开发满足智慧企业需要的各类应用工具。

上海飞机设计研究院连续两年通过在企业内部举办工业 APP 大赛，发掘出数百个工业 APP，培养了一大批工业 APP 开发队伍。

### 3) 融入自主软硬件生态建设，推动开发者与平台共同成长

在国家大力投入和政策扶持下，国内 IT 产业得到了长足的发展。从底层的芯片、操作系统，到整机、服务器，再到上层的应用软件，各环节的 IT 国产化比率也在不断提升，国产基础软硬件产品也从过去的“不可用”迭代到“可用”，甚至是“好用”的状态，国产软硬件产业生态即将进入到爆发点。工业 APP 开发者有望搭乘软硬件国产化的春风，与新的软硬件生态共同成长。

以华为云为例，鲲鹏产业生态除了提供基础软硬件领域核心产品的开源开放之外，还提供分析扫描工具、代码迁移工具、性能优化工具和编译器等开发套件，协助行业应用厂家以及应用软件开发把应用快速迁移到鲲鹏计算平台，全面形成一个覆盖端、边、云的开放产业生态。

在推动工业 APP 发展方面提供核心技术及诸多支撑工作。华为云 DevCloud 通过云服务的方式对外开放，提供一站式、全流程、安全可信的 DevOps 平台。覆盖软件交付的全生命周期，打造全云化研发场景，开发、测试、部署、运维、运营等一起研发活动都在云中完成，全面支撑落地 DevOps。

在人才培养方面，以 DevCloud 为底座，面向人工智能、大数据、云计算、DevOps 软件工程等领域提供一站式教学与实践平台，覆盖教学、实践、人才市场对接场景，建设 100+优质课程，包括软件工程类，基础编程类，软件平台应用类，系统体系类等四大类型课程形式，覆盖 C，Java 等 8 种编程语言，6000+自动判题题库。

## 5.5 技术溢出和技术转化

### 1) 工业企业的技术溢出和技术转化

大型集团型公司尤其是有成熟技术的工业企业充分利用自身优势，紧跟市场需求，完善相应体制机制，从企业实际出发制定资金扶持相关政策，推动技术溢出，催生新技术、孵化新产业，促进成果向产品转化，项目经济向产业经济转变。

以航天科工集团为例，其依托集团公司专有云众创空间平台，大力开展工业 APP 等创新项目产业孵化，深入贯彻落实国家创新驱动发展战略，推进“大众创业、万众创新”深入发展。在国家、集团公司政策有力支撑下，集团公司、二院、206 所三级联动推进，探索“双创”转化新模式和实施途径，通过对“双创”项目在产业化前景、商业价值等方面展开层层遴选，优选出工业 APP 项目作为集团公司企业化发展的“双创”试点。设备精灵 APP 成为首个试点。

航天三江依托九部的研发能力和索为公司的工业 APP 开发平台，打造新型航天动力研发体系，促进航天动力领域科技成果转化和产业化。在论证设计方面，完成了 7 项快速论证 APP 建设和 12 项标准建立，全面覆盖发动机总体及分系统设计，论证效率提升 50% 以上；在制造方面，开发了基于全要素的数字化质量管控 APP，用航天质量理念联通供应链，该 APP 获多项省部级奖励，并得到了央视《大数据时代》专题报道；在综合保障和管理方面，开发了基于技术成熟度的技术管理 APP，正基于创新技术开展固体发动机健康监测 APP 的研发。研发的工业 APP 获得了 2018 年中国工业 APP 创新应用大赛一等奖、获评 2019 年全国工业互联网 APP 优秀解决方案。九部将上述成熟的工业 APP 与索为公司联合实现科技成果转化，委托索为公司将“基于全要素的质量管控 APP”向相关企业进行推广销售。

### 2) 产学研通力合作，共同提升研发创新水平

目前我国很多大型企业投入大量资金用于与高校或科研机构合作，利

用其科研人员和基础设施，建立合作实验室、研发中心或培训中心等，开展多种形式的研发合作。企业与大学或科研院所开展的研发合作，不仅使大学与科研机构取得了最新的创新成果，还潜移默化学习到企业所特有的研发思路与方法，还可以使来自不同工作背景下的思维模式相互碰撞，产生更多的创新思维，这对双方的发展至关重要，可以在短时间内较快的提升研发创新水平，刺激溢出效应的产生。大学与科研机构还可以把这些经验，通过与更多企业的合作溢出到其他企业，从而达到了提高整体创新能力的目的。

比如 iSESOL 工业互联网平台的算法模型主要是通过与诸如同济大学、上海交大等高校合作研发；石化盈科与工信部电子工业标准化研究院、华为、清华大学、华东理工大学、中科院软件所、中科院沈阳自动化研究所等高校、研究机构深入合作，联合开展石化行业工业互联网平台研发与创新应用，共同打造工业互联网生态圈。

大型企业除了与高校或科研机构合作外，也会将一些研发任务外包给其他企业。通过技术外包与合作交流的形式，大型企业可以降低产品研发成本，而中小企业也可以获得丰富的技术信息，提升研发实力，技术创新的溢出在这个过程中源源不断地产生，大幅提高了双方企业的创新能力。

## 5.6 工业 APP 的标准建设和安全防护

### 1) 标准化助力工业 APP 高质量发展

工业 APP 开发方面,我国工业 APP 标准制定滞后,工业 APP 微服务组件颗粒度难以界定,工业 APP 开发进程缓慢,远远难以满足企业上云需求。标准的建立有利于工业 APP 的开发、应用、评估、质量控制、流通交易等工作的开展，可以指导各地、各行业开展工业 APP 培育和统计认定工作，对促进工业 APP 良性发展、丰富工业互联网应用具有深远意义。

2019 年 1 月，中国电子工业标准化技术协会发布了《工业 APP 培育

指南》团体标准。为支撑工业 APP 认定和评估评价工作，中国电子工业标准化技术协会于 2019 年 7 月发布了《工业 APP 分类分级和测评》团体标准，从“解决工业问题的能力”、“工业知识”、“软件质量”、“软件应用效果”等方面给出两类 19 项工业 APP 产品要求，并逐项规定了 1-5 级测评的指标要求。

2019 年 7 月 19 日，中国电子技术标准化研究院建设的工业 APP 汇聚平台在第十五届南京软博会开幕式期间发布上线。平台以工业 APP 的培育和汇聚为主线，为供方提供宣传展示和第三方测评等服务，帮助需方实现工业 APP 需求的精准匹配和降本增效，利用平台数据协助相关政府部门进行决策支撑，从而集合多方力量共同营造向上发展的工业 APP 生态。

## 2) 全方位测评工业产品安全，为工业 APP 安全保驾护航

安全性是工业 APP 建设中必须强化的环节，《工业 APP 培育工程实施方案（2018-2020 年）》中对工业 APP 的安全问题作了强调“从政府角度出发，对企业培育工业 APP 给出相应的指南，指导企业落实工业 APP 的信息安全责任，强化工业 APP 安全保障。”上海工业控制系统安全创新功能型平台主推的工业 APP 安全检测云平台可提供工业产品全面安全测评，包括提供主动式工控设备安全检测、工业移动应用软件安全检测、分布式性能测试、工业软件源代码安全检测、兼容性测试、互联互通测试等服务。针对典型的工业互联网应用软件进行安全测评和风险评估，并在测评数据分析的基础上提出有效的整改建议。工业 APP 安全检测云平台适用于各行业产品全面安全测评，为工业互联网应用软件的安全保驾护航。

## 3) 建设工业 APP 质量标准体系，助力企业转型升级

高质量是对工业互联网平台和工业 APP 的关键性要求。没有高质量，工业企业就没有信心去应用。在推动工业 APP 发展进程中，要始终将加速工业互联网平台和工业 APP 质量提升放在重要位置，为工业企业的应用提供信心保障，进而助力企业实现转型升级，促进我国工业互联网产业实现

高质量发展。

工信部电子五推出的“赛宝质云”平台，为装备全生命周期通用质量特性管理、协同设计、分析评价提供工业软件服务，汇聚了上百个工业 APP，实现了创新性的“工业互联网+质量工程”服务模式。赛宝质云平台依托中国赛宝实验室工业产品质量与可靠性设计中心这一国家级工业设计中心，贴近企业面临的痛点问题和转型升级方向，以质量大数据、人工智能、微服务、工业 APP 为支撑，帮助企业上云用云，助力实现质量强国和制造强国。

赛宝质云还推出了工业互联网平台的质量服务平台，面向工业互联网平台全生命周期的质量瓶颈以及特定质量需求，结合工业领域应用现状，联接行业资源，研究制定工业互联网平台质量标准体系，建立覆盖边缘层数据采集、IaaS、PaaS、SaaS 四大层级的安全性、可靠性、兼容性、实时性能等测试试验能力，建成“开放、共享、共赢”模式的质量服务平台，以知识库、案例库、开源社区、质量数字地图等形式开展工业互联网平台和工业 APP 的质量服务。

## 5.7 可持续发展商业模式

可持续发展商业模式是工业 APP 生态建设的核心驱动力，如图 5-2 所示，可持续发展商业模式包含了五大关键要素：持续的盈利能力，持续的优秀工业 APP 来源，工业互联网平台-用户企业-工业 APP 开发者三者之间的价值模型，足够的增量市场空间，市场和价值驱动的良好循环机制等。

从当前工业 APP 的发展情况来看，由于发展时间较短，归纳成熟的商业模式还存在一定困难，按照图 5-2 所描述的可持续发展商业模式的五大关键要素，在某些领域已经存在商业模式的雏形，比如，依托自身庞大需求带动工业 APP 可持续发展的内循环模式。

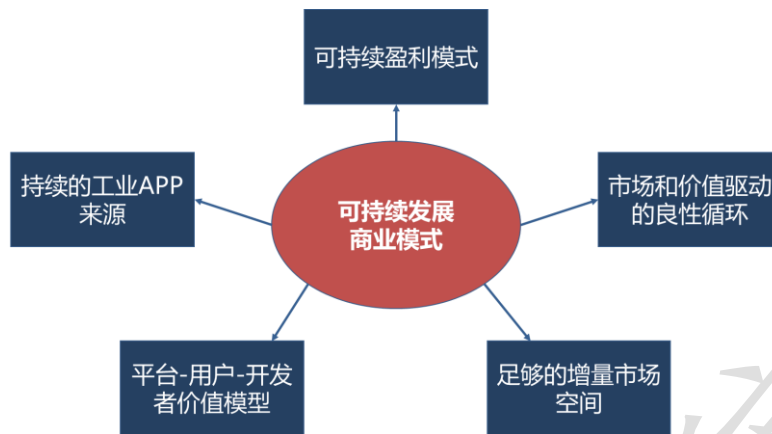


图 5-2 可持续发展商业模式

依托自身庞大需求带动工业 APP 可持续发展的内循环模式，主要在大体量企业内部开展有效循环，例如富士康、航天云网、徐工等这类型企业。这种模式需要企业具有足够的体量和持续不断的需求来支撑。

富士康在整个集团范围内，具有改善制造环节业务的持续需求，每一个工业 APP 的应用都会为整个集团某项制造业务的改善带来足够的利润，这为开发工业 APP 提供了足够的动力；在制造业务领域的多年积累，也给富士康提供了大量的优秀工业 APP 的来源；自己开发、自己使用、自己提供平台运营，形成了一个正向驱动的内循环，关键是富士康本身的体量足够大，为这种内循环模式提供了持续发展的足够空间。

## 6 工业 APP 发展存在的问题与建议

### 6.1 当前存在的主要问题

工业 APP 是工业互联网下一步发展的重点，也是难点。平台的特性、性能以及最终价值都会通过工业 APP 的应用得到体现。从目前工业 APP 发展的情况来看，还存在很多问题，主要表现在工业企业的参与度、基础共性 APP 数量、有价值的工业 APP 数量、技术转化、开源社区、技术成熟度、商业模式以及在不同业务环节的工业 APP 分布比例等方面。

#### 1) 工业企业参与度不够

工业互联网的主要参与者是 IT、互联网公司以及少数工业企业的 IT 团队，很多工业企业的业务部门并没有真正参与进来。缺乏应用模式吸引工业企业深度参与，企业对于工业互联网平台和工业 APP 的参与度还是不够。AII 联盟连续几年的工业 APP 案例征集工作中，62 个案例，仅有 4 个 APP 是由工业企业提交的。

从国外传统工业软件发展与 APP 发展情况，工业企业尤其是头部工业企业的积极参与，对于工业技术软件化有极大的推动作用。而从我国工业软件的发展情况看，仅有沪东中华造船船舶设计 SPD 系统、中航工业强度所 HAJIF、紫瑞 CAE 等有限的几个软件是从工业企业发展而来的。好在工业 APP 的开发工业企业参与比较多，这从另一方面说明了工业 APP 通过低代码化方式方便工业人转化工业技术知识，是工业软件发展的新路径。

#### 2) 基础共性工业 APP 严重不足

全行业缺乏基础共性工业 APP 库和行业通用工业 APP 库，导致企业开发工业 APP 时缺乏强大地基，低水平重复劳动，不成体系。

基础工业 APP 和行业通用 APP 数量太少，这导致很多企业要做工业 APP 都需要从基础的 APP 开发入手，影响了工业 APP 开发的效率。缺少

专注于工业 APP 基础培育的投入，不管是跨行业跨领域还是面向垂直行业，都普遍存在工业组件不多，模型化程度不高的问题，未能有效降低工业 APP 开发的门槛。

3) 真正高质量可以为企业带来价值的工业 APP 数量不多。由于工业需求的个性化特点，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。

4) 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 开源社区建设处于刚起步，开发者规模和能力与国外相比有较大差距，制约了工业 APP 的发展，工业 APP 开发能力急需提升。

5) 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。

#### 6) 工业 APP 发展缺乏系统性和有序技术转化

在顶层设计方面，缺少能够清晰呈现基础共性体系和行业通用体系的蓝图与指南，各个行业的工业 APP 开发非常零散，不成体系。企业自研软件虽然数量比较多，但缺乏系统性，也缺乏有效技术转化，很难从自研软件变成商业工程软件，难以形成产业和自我造血能力，缺乏持续推动工业技术转化为工业 APP 的动力。

企业对于工业技术共享的认识还不到位。一方面是在掌握技术的一方不愿意共享技术，另一方面，尤其是在大型国有企业中，很多工程师不愿意使用其他人共享的技术。这其中有技术本身的成熟度和使用习惯问题，但更多是所谓的拒绝同业/同行矮化。宁愿自己重新做一个不好的，也不愿意使用同行业的兄弟企业的工业 APP，害怕被人为“矮化”。受制于项目执行过程中的各种创新或报奖需要，所有人都特别热衷于“重复再造一个轮子”。这些都造成了企业 APP 开发的无序化和技术转化的不足。

#### 7) 缺乏成熟的商业模式

商业模式尚不清晰。由于工业需求的个性化、专业性等特点，在工业 APP 体系不完善并且缺乏足够的面向不同应用的工业 APP 的情况下，象消费 APP 那样的共性“爆款”很难出现，工业 APP 的商业模式也难以定式。此外，流通交易体系不完善，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利益共赢的合作模式以及推动工业 APP 可持续发展的正向促进机制尚需不断探索。

8) 面向产品研发设计环节的工业 APP 少。从整体上来说，工业 APP 在产业研发设计、生产制造、运维服务、经营管理等不同业务环节的比例不均衡，面向产品研发设计环节的工业 APP 数量较少，参与产业研发设计环节工业 APP 开发与经营业务的企业更是极为缺乏。同时，现有的工业互联网平台也缺乏能够支撑产品研发设计的基础技术引擎、算法与模型。制造业的强大需要大量由 0 到 1 的创造性设计，对研发设计环节关注不足，会导致制造业创造力不足，这种情况不利于中国制造业转型升级，促进中国制造业由大变强。

## 6.2 建议

为克服工业 APP 产业发展中存在的问题，加速工业 APP 培育，需要在加强工业企业参与度、推进国家-行业-企业共建体系、构建公共服务能力、构建开放生态体系、加强工业 APP 向平台汇聚、推进工业 APP 深化应用等方面做出更多努力。

第一，鼓励工业企业深度参与到工业 APP 开发与应用中。

尤其是对于大型国有企业要提出有效的机制，鼓励将工业技术软件化转化为工业 APP 甚至是成熟商业软件。通过推动“企业算产值、领导算业绩、工程技术人员算职称指标”等机制，鼓励企业各层级积极参与到工业 APP 开发应用中。

推进科研成果评价体系和人才评价体系的变革，将工业 APP 列入职称评定的指标项，根据工业 APP 的使用价值、使用范围与重用等因素，基于工程技术人员奖励，鼓励研发设计人员将知识技术封装为工业 APP，促进知识共享、技术转移、技术转化；同时评估工业 APP 的价值作为各级部门领导的业绩，企业总的 APP 价值计算企业的产值。通过这种机制，来提高企业各层级的积极性，从上到下在企业形成工业技术转化的有效机制，同时也有助于企业核心技术体系的形成。

第二，构建工业 APP 的国家、行业、企业共建体系。

工业技术是非常复杂的体系，任何企业都不可能独立完成整个体系。目前的现状是各个企业、行业互相独立地在开展工业技术软件化相关工作，缺乏共享机制，导致整体水平不高，重复建设突出。通过产业政策引导国家、行业和企业多层次一致行动来建立整个工业 APP 体系。

国家大力支持对基础研究的投入，支持在产品研发设计类工业 APP 开发生态建设的投入，发展符合中国国情的工业技术软件化体系。对基础技术引擎，基础共性工业 APP 等基础领域，由于涉及面广，周期长，成本回

收困难，难以完全依靠市场化机制来实现。可以设立专项资金，支持并大力投入基础共性工业 APP 开发，作为国家基础设施向各行业开放使用。引导央企、行业龙头企业开发行业通用工业 APP 库，提升行业整体技术水平。引导企业加大向产品研发设计类工业 APP 的投入。同时，还应该要求企业优先使用国产的、自主创新的工业软件和工业 APP，不要一味地为创新而创新，“重复发明轮子”重复投入。

### 第三，加快公共服务能力建设。

加快构建工业 APP 标准测试体系、质量评价体系、通用工业 APP 开发环境、工业 APP 标识管理体系，建设工业 APP 集成测试验证环境，推动工业 APP 开发、标准、质量、安全、标识管理等公共服务平台建设，为工业 APP 健康发展提供产业支撑。

### 第四，构建工业 APP 开放生态体系。

完善工业 APP 的知识产权、交易和服务规则等，以保证工业 APP 的市场化流通。引导工业企业、工业互联网企业、软件开发商、系统集成商和开发者，建设以开发—流通—应用为主线，资源富集、创新活跃的工业 APP 开放生态体系。

第五，推动工业 APP 向平台汇聚，持续汇聚并向企业提供真正有价值的工业 APP。

工业互联网平台是工业 APP 生态体系的基础，平台上汇聚的工业 APP 数量越多，越能向企业提供更好的服务。在工业企业手中有大量的各种自研软件、算法、模型等工业技术知识，一方面，工业企业要出台积极的技术转化机制，鼓励成熟工业技术溢出；另一方面，平台企业要向工业企业提供快捷有效的工业 APP 开发环境，提供有效的知识产权保护技术手段，提供有竞争力的工业技术转化方案，通过买断（针对比较成熟的工业 APP）、收益保底（针对有潜力的工业 APP）、收益分成（使用范围广的工业 APP）等方式保护开发者的收益。

第六，推进工业 APP 深入应用，持续改进工业 APP 的技术成熟度。

要避免开发出工业 APP 而没有人使用的局面，也要杜绝企业中“为开发而开发工业 APP”的情况。加强工业 APP 的体系化管理和标识管理，严把工业 APP 评审和发布关，一方面通过查重避免相似工业技术知识的重复封装，对于重复封装的工业 APP 不予发布和标识认证；另一方面，对于工业 APP 的评价要以应用效果和产生的价值为基础，通过支持测试床或购买服务等方式鼓励达到一定成熟度的工业 APP 在企业中应用，在应用中发现并提升工业 APP 的成熟度。

## 术语

| 术语      | 描述                                                                                                                                                |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工业 APP  | 工业 APP 是基于松耦合、组件化、可重构、可重用思想，面向特定工业场景，解决具体的工业问题，基于平台的技术引擎、资源、模型和业务组件，将工业机理、技术、知识、算法与最佳工程实践按照系统化组织、模型化表达、可视化交互、场景化应用、生态化演进原则而形成的应用程序，是工业软件发展的一种新形态。 |
| 工业软件    | 工业软件指专用于或主要用于工业领域，以提高工业企业研发、制造、管理水平和工业装备性能的软件。                                                                                                    |
| 传统工业软件  | 通常指采用传统架构应用在工业领域研发设计、生产制造、运维保障、经营管理环节的工业软件，一般指采用传统技术架构的 CAD、CAE、CAM、PLM、ERP、MES 等工业软件                                                             |
| 云化工业软件  | 对传统工业软件进行云化迁移，部署在云端的工业软件。                                                                                                                         |
| 基础工具软件  | 传统工业软件中的工具类软件，如传统架构的 CAD、CAE、CAM 等，不包括传统管理软件。                                                                                                     |
| 工业互联网平台 | 工业互联网平台是在传统云平台的基础上叠加物联网、大数据、人工智能等新兴技术，实现海量异构数据汇聚与建模分析、工业经验知识软件化与模块化、工业创新应用开发与运行，从而支撑生产智能决策、业务模式创新、资源优化配置和产业生态培育的载体。                               |
| 工业机理模型  | 工业领域对象、生产过程的内部机制或者物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。                                                                                                            |
| APP 联盟  | 中国工业技术软件化产业联盟（简称 APP 联盟）                                                                                                                          |
| AII 联盟  | 工业互联网产业联盟（简称 AII 联盟）                                                                                                                              |

缩略语表

| 缩写    | 英文全称                                          | 中文全称         |
|-------|-----------------------------------------------|--------------|
| APP   | Application                                   | 应用           |
| IT    | Information Technology                        | 信息技术         |
| OT    | Operational Technology                        | 运行/运营技术      |
| DT    | Data Technology                               | 数据技术         |
| NASA  | National Aeronautics And Space Administration | 美国国家航空航天局    |
| CAD   | Computer Aided Design                         | 计算机辅助设计      |
| CAE   | Computer Aided Engineering                    | 计算机辅助工程      |
| CFD   | Computational Fluid Dynamics                  | 计算流体动力学      |
| PLM   | Product Lifecycle Management                  | 产品生命周期管理     |
| ERP   | Enterprise Resource Planning                  | 企业资源计划       |
| MES   | Manufacturing Execution System                | 制造执行系统       |
| SOA   | Service-Oriented Architecture                 | 面向服务架构       |
| CORBA | Common ObjectRequest Broker Architecture      | 公共对象请求代理体系架构 |
| PaaS  | Platform as a Service                         | 平台即服务        |
| SaaS  | Software as a Service                         | 软件即服务        |
| IaaS  | Infrastructure as a Service                   | 基础设施及服务      |
| API   | Application Programming Interface             | 应用程序接口       |
| SDK   | Software Development Kit                      | 软件开发工具包      |
| IOT   | Internet of Things                            | 物联网          |
| CRM   | Customer Relationship Management              | 客户关系管理       |
| HR    | Human Resource                                | 人力资源管理       |
| OA    | Office Automation                             | 办公自动化        |

## 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》[EB]. 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)[EB]. 2016.05.
3. 工业互联网产业联盟.工业互联网平台白皮书（2017）[EB].2017.11
4. 中国工业技术软件化产业联盟.工业互联网 APP 发展白皮书（2018）[R].2018.6
5. 何强 李义章.《工业 APP：开启数字工业时代》[M].机械工业出版社, 2019.5
6. 国家标准委.《GB/T 13745-2009 学科分类与代码》[S].2009
7. 国家标准委.《GB/T 4754—2017 国民经济行业分类》[S].2017