

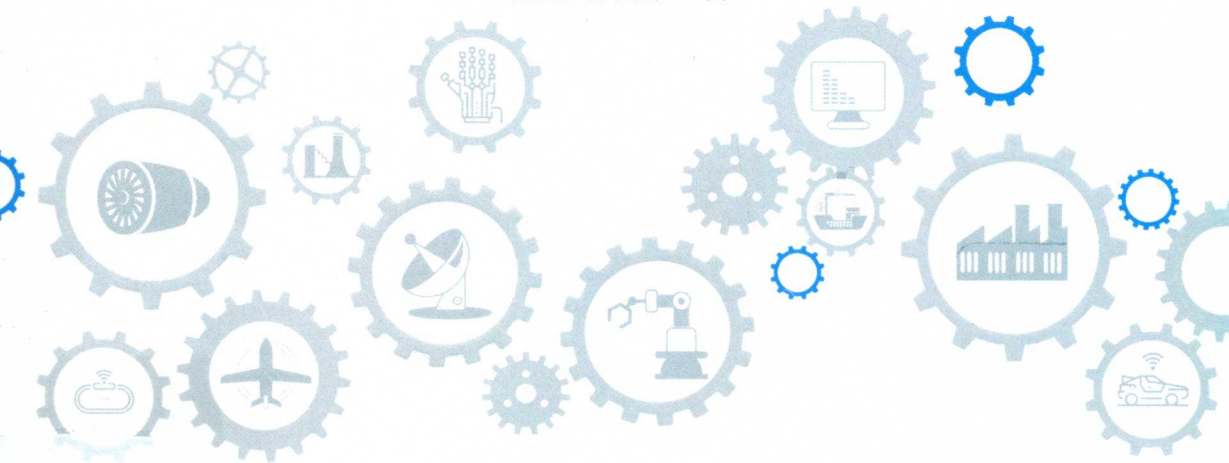


I n d u s t r y A P P

工业APP

开启数字工业时代

何强 李义章◎著



机械工业出版社
China Machine Press



I n d u s t r y A P P

工业 APP

开启数字工业时代

何强 李义章◎著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

工业 APP: 开启数字工业时代 / 何强, 李义章著. —北京: 机械工业出版社, 2019.4
(工业控制与智能制造丛书)

ISBN 978-7-111-62246-8

I. 工… II. ①何… ②李… III. 制造业 - 应用程序 - 程序设计 IV. T-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 049384 号

工业 APP: 开启数字工业时代

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 余洁

责任校对: 李秋荣

印刷: 中国电影出版社印刷厂

版次: 2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 170mm×230mm 1/16

印张: 18.25

书号: ISBN 978-7-111-62246-8

定价: 79.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

本书编委会

主 编：何 强

副主编：李义章

编 委：张卫善 阎丽娟 刘喜莹 阮彩霞

王振华 熊腾飞 雷 健 郭 瑜

王书恒 郭朝晖

序一

近年来，由于工业和信息化部的大力倡导和推动，工业 APP 逐渐受到工业领域相关各方的重视和关注，在我国的发展明显提速。本书的出版可谓春风吹来及时雨，无疑会对我国工业 APP 的健康发展产生非常积极的影响。

数字工业是传统工业数字化转型的目标，也是中国工业，特别是制造业，赶上全球先进水平的必由之路。作者提出：工业母机、工业软件与工业技术知识是数字工业的三大支柱，这是对发展数字工业实质的、清醒的认识和准确的把握。就此三大支柱而言，在工业母机和工业软件方面，中国因为起步较晚，“一步赶不上，步步赶不上”，与国际先进水平的差距很大，尚需经年累月地不懈努力，才有可能迈入先进行列。在三大支柱之中，唯独工业技术知识的数字化，或者说工业 APP，差距略小，中国或有可能赶上和引领潮流。本书给出的许多中国工业 APP 发展的实例可以说明这一点。

提到 APP，很多人马上会想到智能手机发明之后移动 APP 的爆炸性发展态势。因为免费或费用低廉、操作简便，APP 很受欢迎，亦随之成为应用软件发展的一种新形态。如本书所言，这类移动 APP 与本书所讨论的工业 APP 不是一个概念，即使后者也可能有移动版本。例如，通用（GE）公司与苹果公司早在 2017 年 10 月就签下了合作协议，要将 Predix 开发的工业 APP 移植到简单易用的 iPhone 和 iPad 平台上；华为公司也是 Predix 数字工业生态联盟

的成员之一。

什么是工业 APP？本书明确指出，工业 APP 是软件，又不是软件。说它是软件，因为它是工业技术和知识的软件（或数字化的）表现形式；说它不是软件，因为它的主要开发者不是软件工程师，而是工业人，其主要依赖的不是软件技术，而是工业人的专业知识和经验。20 世纪 80 年代，随着管理信息系统（MIS）的蓬勃发展，技术（包括 knowhow）和知识的数字化及其应用，就已经以专家系统（DSS）或知识管理（KM）的形式提了出来。然而，由于一直没有找到合适的知识管理技术手段，难以取得成功。经过近十年的努力，也受移动 APP 的启发，工业 APP 成为工业技术和知识软件化的一种比较成功的形式。

工业 APP 是应用于工业的软件，但是它又不是工业软件。本书对二者之间的区别做了详细的分析和讨论。可以认为，从接近服务对象（即最终产品的层级）来看，工业 APP 位于工业软件之上。因为，工业 APP 是将各种“软件化了的工业技术和知识（工业 APP 创新）”与相关的工业软件有机地集成在一起（集成创新），为完成某个特定产品的研发和设计服务的软件产品。本书展示了一个民用飞机总体设计案例，在这个案例中，需要对数百个工业 APP 以及 CAD、CAE 等各种工业软件进行集成组合，以调用大量不同的工业软件完成飞机总体设计各阶段、各相关领域的建模任务；另一个案例则是商用航空发动机的研制，其中，需要动用 60 个以上的工业软件，包括 CAD、CAE 及大量的专用工业软件，并与大量的设置规则规范、操作方法、知识、经验及特定格式的数据传递关系等融会贯通，集成于一体。这些工业 APP 的复杂性和设计难度，可能超出一般人的想象。虽然，随着应用的不同，不同工业 APP 的复杂程度差异很大，但是无论如何，工业 APP 的创新性不可低估。

本书对工业 APP 的定义和意义、典型特征、分类、参考架构做了比较全面和深入的分析；利用系统工程方法，按技术管理、技术、协议、使能 4 个流程组共 24 个流程，对工业 APP 的生命周期进行了详细规范化的描述；从建立工业 APP 生态模型出发，就政策、人才、生态基础层面，使能环境建设，以及工业 APP 培育策略三个方面，对我国工业 APP 的生态建设提出了很多中肯且重要的建议。全书既阐明了工业 APP 发展的理论基础和工业 APP 驱动制造业核

心价值向设计端迁移的重要性，又以航天、飞机发动机、航空及能源四个领域为例，说明了工业 APP 对于开启数字工业时代的重要意义，本书非常具有启发性和说服力。全书内容丰富，涉及的知识面很广；理论与实践交叉融合，条理清晰，对于工业 APP 的发展具有指导意义。

因此，无论对于在一线努力奋斗的工业人、从事相关领域的工程专家和技术人员、创新创业者，还是政府或公共部门的领导干部，本书都有很强的可读性，值得阅读。当然，由于工业 APP 本身还是一个新生事物，对于本书所讨论的各种问题，不同的读者从不同的体验出发，可能与作者有不同的见解，这不仅自然而且值得欢迎。因为正是有不同意见的碰撞，才有可能推动我国工业 APP 更好、更快地健康发展。

最后，在强调发展工业 APP 重要性的同时，我们还应该回到作者所强调的“工业母机、工业软件与工业技术知识是数字工业的三大支柱”这个关键点上，不能忽略工业母机、工业软件的重要性，以及这三大支柱的协调发展，因为缺少了这三大支柱中的任何一个，中国的制造业和数字工业都无法挺立于世界。

周宏仁

国家信息化专家咨询委员会常务副主任

2019年2月25日

序二

中国工业自 2010 年踏上世界规模第一的台阶，至今已经十年。然而，大而不强的事实还需要持续努力十几年甚至更长的时间才能改变，由大变强的任务还因为正在发生的制造业历史性变迁而变得更加沉重。这个历史性变迁的方向是数字化、智能化，而数字化、智能化形成和发展的载体、成果的结晶是工业软件。工业软件在中国工业由大变强的过程中扮演着基础和核心的角色。

但是，中国的工业软件还十分弱小。正如本书所指出的，“工业软件尤其是处于核心地位的研发软件基本被国外厂商控制”，“中国在制造业的数字化水平，尤其是高端装备制造业的数字化水平，几乎是建立在使用国外工业软件和品牌产品基础之上的”，“大飞机、高铁、智能手机、汽车，以及‘玉兔’‘嫦娥’‘蛟龙’和‘鲲鹏’们，它们的设计建模、仿真和制造都离不开这些工业软件的支撑。然而，在这些大国重器背后又有多少国产工业软件的影子呢？”按软件行业分类的工业软件，约 90% 依赖进口。

中国的工业软件弱小还体现于研制工业软件的人才、工具、路径、方法和经验的不足，有些领域甚至是空白。如何加快中国工业软件发展的步伐，为中国工业软件发展寻找一条可行的发展道路，为中国工业由大变强奠基？这既是本书的出发点，也是本书的重点。

本书明确指出，系统性地分析整理、抽象提炼工业技术知识，对它们进行

系统性整合，形成结合实际应用场景、可解决实际工程问题的应用程序（或应用软件），才是解决工业技术、知识和方法积累与有效应用的手段。这就是所谓的工业技术软件化。而工业 APP 开发则是符合我国国情的一条重要的工业技术软件化实现路径。

本书指出，工业 APP 是为了解决特定问题、满足特定需要而将工业领域的各种流程、方法、数据、信息、规律、经验、知识等工业技术要素，通过数据建模与分析，以及结构化整理、系统性抽象提炼后，基于统一的标准，封装固化形成的一种可高效重用和广泛传播的工业应用程序。

本书详细介绍了工业知识是什么，如何在产品开发设计、制造与其他环节中形成和积累工业知识，以及这些知识在工业软件研发中的作用。书中指出，工业软件基于传统的机械、电气等技术和理论的发展，随着工业产品功能和性能的持续改进，在这个过程中积累知识与方法。没有这样的工业发展基础，工业软件就是无本之木。本书系统介绍了工业 APP 的生命周期和一般开发方法，特别是对研发工业软件具有方法论意义的基于模型的设计（Model-Based Design, MBD）和基于模型的系统工程（Model-Based Systems Engineering, MBSE），以及数字化建模和仿真的作用。

本书系统介绍的工业 APP 开发的方法和模式，对所有有志于工业软件研发，特别是工业 APP 研发的工作者，以及相关的科研、教育、管理工作，具有重要的参考价值。

是以为序。

杨学山

工业和信息化部原副部长，北京大学教授

2019年1月28日

序三

中国制造业大而不强，面临从价值链的低端向中高端、从制造大国向制造强国迈进，在创新能力、质量、产业优化升级、工业基础、工业数字化水平等方面亟待提升。此外，中国制造业又受到两头挤压，发达国家目前提倡再工业化和制造业回归，新兴发展经济体又以低成本给中国制造业带来极大压力。与此同时，新一代的信息通信技术快速发展并且与制造业深度融合，给中国制造业升级带来了历史性机遇。工业 APP 正是信息技术与工业技术深度融合的重要手段，发挥着推动中国制造业升级的基础和关键作用。

本书明确指出，要创造一流的产品，必须以各专业领域的工业技术、知识和方法做支撑，它们才是企业的核心竞争力。工业 APP 是承载工业知识和经验、满足特定需求的工业应用程序，它将工业技术知识和方法模型化、模块化、标准化和软件化，高效地实现工业技术知识驱动产品的创新开发和制造。通过知识驱动来带动中国制造业升级，这是本书的基本出发点。

本书创造性地引入系统工程方法，应用系统思维来认识和研究工业 APP 以及工业 APP 生态，从工业 APP 的本质出发，详细阐述了工业 APP 的定义、特征，并对相关概念进行了详细辨析，这有助于我们清晰地认识和了解工业 APP。尤其是对工业 APP 生命周期流程的描述，第一次系统性地阐述了工业 APP 的开发、应用以及相关使能环境，对工业 APP 开发以及工业 APP 生态环

境建设具有重要的指导意义。工业 APP 需要比较完整的生态支撑才能发挥更大的价值，本书以政策牵引为核心，构建工业 APP 生态建设模型，在不同参与主体、生态基础建设、使能环境以及策略等方面，无不体现系统性思维，这为工业 APP 生态建设以及工业 APP 培育工程落地提供了最有价值的参考。

很欣慰能从本书的应用案例中了解到工业 APP 在航天、航空发动机等领域的应用，及其产生的重大、积极的效果和价值。就我所了解到的情况，航天领域的很多科研院所已经开展了多方面的工业 APP 的研发与应用，这些应用都带来了明显的价值。“知识驱动制造”一直是所有工程人员孜孜以求的，工业 APP 让“知识驱动设计”“知识驱动生产”“知识驱动管理”“知识驱动运维”成为现实。工业 APP 在工业领域的广泛应用将带来产品研制效率和质量的提升，更重要的是将更多的高技术、高技能人才从事务性和重复性的工作中解放出来，这必将带来一次基于知识创新的爆发，并带动中国制造业升级，完成由大到强的蜕变。

期望本书为推动我国工业 APP 技术、产业与应用的发展做出积极的贡献。

李伯虎

中国工程院院士

2019 年 1 月 31 日

前言

信息技术不断推动着工业领域的快速发展，现代工业正从自动化工业时代走向数字工业时代。工业母机、工业软件与工业技术知识已成为数字工业的三大支柱，其中尤以工业技术知识为基础的基础。而工业 APP 作为工业技术知识的载体，已成为数字工业时代的核心驱动力，是推动中国制造走向自主创新的关键。

李克强总理在 2017 年 10 月 30 日主持召开国务院常务会议，通过《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》(下文简称《指导意见》)，以促进实体经济振兴、加快转型升级。到 2020 年，我国要支持建设一批跨行业、跨领域的国家级平台，以及构建一批企业级平台，培育 30 万个以上的工业 APP (即工业应用程序)，推动 30 万家企业应用工业互联网平台；到 2025 年，形成 3~5 家具有国际竞争力的工业互联网平台，实现百万工业 APP 培育以及百万企业上云。

为落实《指导意见》，2018 年 4 月 27 日工业和信息化部发布《工业互联网 APP 培育工程实施方案(2018—2020 年)》。力争在 2019 年 12 月前，面向特定行业、特定场景的工业 APP 规模达到 10 万个，培育和部署一批具有重要支撑意义的高价值、高质量工业 APP。到 2020 年 12 月，培育 30 万个面向特定行业、特定场景的工业 APP，涌现出一批具有国际竞争力的工业 APP 软

件企业，对繁荣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初步显现，并在组织保障、政策引导、资金支撑三方面给予大力支持。

从当前情况看，业界对于工业 APP 的认识还有待统一与加强。工业界与信息技术界对工业 APP 存在不同的认知，不同行业、不同领域的人也对工业 APP 有着不同的理解，导致经常在技术交流与沟通中难以形成统一意见。为了解决这一问题，我们联合多家工业领域研究所与制造企业的一线专家、工业解决方案专家和 IT 专家，并在工业与信息化部有关领导的指导下，开展了本书的编撰工作。

作者所在的公司从 2006 年起就专业从事工业知识组件、工业技术软件化以及工业 APP 的理论探索、技术研究、平台开发和工程实施。十几年来，工业 APP 及平台化应用的相关理论、平台与工程应用已经遍及航空航天、电子、船舶、汽车、零部件、通用机械、发动机与核能等多个行业的研发、制造与运维领域，得到了行业的认可，并助推相关企业在工业数字化征程上大步前进——工业 APP 与平台化应用的理论得到了实践检验。在编写本书的过程中，作者充分地结合了工业 APP 的相关理论研究成果与实践应用。

在本书编写过程中，得到了来自航天、航空、电力、航空发动机、汽车、通用零部件等领域多位专家的支持。同时，也吸收了其他行业领域以及更多同行对工业 APP 的观点。

为了有效地整合多行业、多领域以及来自不同视角的观点，成书过程中，我们应用系统工程的流程与方法，并参考和借鉴系统工程相关标准，应用系统思维，将书中涉及的工业 APP、工业 APP 生态等作为系统对象进行研究，尽量从不同视角并考虑不同利益相关方的诉求，对工业 APP 进行描述。由于篇幅及主题的限制，关于工业 APP 生命周期流程的内容并没有全面展开。

作为工业技术知识的载体，工业 APP 是工业技术软件化的成果，以及工业化与信息化紧密融合的结晶。为了方便读者理解，书中引用了大量的工业应用案例，力求内容丰富、图文并茂、观点突出、行文简练，以便读者快速了解工业 APP，认识其价值，区分容易混淆的概念，并对工业 APP 开启数字工业时代以及生态建设等问题有清晰的认识。

但是，工业体系本身庞大复杂，工业技术博大精深，行业跨度广泛，应用场景千变万化。由于作者在知识积累、视角以及工业 APP 认知等方面的局限，书中内容难免存在错误，希望各位读者提出宝贵的意见和建议，共同推进工业 APP 的应用和发展，共同推进我国制造业的升级。

何强

2019 年 1 月

目录

序一
序二
序三
前言

第一章 | 数字工业时代 / 1

- 数字经济与数字中国 / 3
 - 美国的数字化进程 / 4
 - 数字中国新征程——从“消费驱动型”到“工业驱动型” / 10
- 数字工业时代来临 / 16
 - 数字技术改变工业 / 16
 - 工业数字化转型 / 20
 - 工业 APP 全面开启数字工业时代 / 26

第二章 | 工业 APP / 34

- 工业领域的四类模型 / 36
- 什么是工业 APP / 41
 - 工业 APP 概念研究 / 41
 - 工业 APP 的定义 / 46

工业 APP 的典型特征	/ 48
工业 APP 的本质	/ 50
工业 APP 的分类	/ 52
工业 APP 举例	/ 55
工业 APP 的参考架构	/ 61
工业品生命周期维度	/ 63
技术要素维	/ 66
软件化维	/ 68
应用维	/ 71
工业 APP 架构内涵	/ 74
工业 APP 与工业软件	/ 77
工业 APP 与移动消费 APP 的区别	/ 78
工业 APP 与工业软件的区别	/ 79
工业 APP 与专家系统的区别	/ 84
工业 APP 与工业互联网平台	/ 85
工业互联网和工业互联网平台	/ 85
工业 APP 赋能工业互联网平台	/ 86
工业互联网平台为工业 APP 提供工业操作系统	/ 87
工业互联网平台为工业 APP 生态提供载体	/ 88
工业 APP 的意义与价值	/ 89
工业 APP 对中国制造的价值	/ 89
工业 APP 对产业的价值	/ 90
工业 APP 对企业的价值	/ 91
第三章 工业 APP 生命周期流程	/ 97
概述	/ 99
工业 APP 的一般生命周期流程	/ 99
工业 APP 生命周期流程应用与裁剪	/ 101
技术管理流程	/ 104
顶层体系规划流程	/ 104
知识计量流程	/ 106
评估评价流程	/ 107

- 质量保障流程 / 110
- 技术流程 / 111
 - 知识特征化定义 / 112
 - APP 实现 / 118
 - 验证确认与交付 / 124
 - APP 应用 / 125
 - 优化迭代 / 135
- 协议流程 / 136
 - 众包流程 / 136
 - APP 分享流程 / 138
 - APP 交易流程 / 139
- 使能流程 / 141
 - APP 保护与促进流程 / 141
 - 质量管理流程 / 142

第四章 | 工业 APP 生态建设 / 143

- 百万工业 APP 培育工程 / 145
- 工业 APP 生态体系模型 / 147
- 参与主体及主要活动 / 149
 - 政策引导 / 150
 - 人才培养与“百万工业 APP 大讲堂” / 151
 - 工业 APP 的技术转化与认证 / 152
- 工业 APP 生态基础建设 / 154
 - 工业 APP 体系规划 / 154
 - 基础工业软件（工业建模引擎） / 162
 - 工业互联网平台 / 164
- 工业 APP 使能环境建设 / 165
 - APP 标准体系 / 165
 - 评估评价体系 / 168
 - APP 质量体系 / 169
 - 安全保护体系 / 171