



工业软件标准化路线图

(2022)

主编单位：中国电子技术标准化研究院
全国信标委工业软件/APP 标准工作组

2022年4月



前言

当前，随着我国制造业数字化转型步伐日益加快，社会各界对工业软件的关注度持续提升，工业软件逐步成为制造业高质量发展的关键支撑。近年来，随着社会各界对我国工业软件产业愈加重视，上海、福建、重庆等10余省份相继出台了扶持性政策，有效激发我国工业软件产品的研发投入及应用推广，“政产学研用”多方协同的产业生态逐步完善。

2021年11月，工业和信息化部印发《“十四五”软件和信息技术服务业发展规划》，提出“重点突破工业软件”“完善软件产业标准体系”等重点工作任务。工业软件标准化既是凝聚工业软件产业共识、促进经验固化的有效手段，又是引领工业软件技术创新、推进规模化应用的重要抓手，对于加强工业软件产业健康发展、提升国际影响力具有重要意义。

为更好推动未来工业软件标准工作有序开展，全国信息技术标准化委员会工业软件/APP标准工作组集众多成员单位之力，联合业界主流工业软件厂商、典型行业用户、科研院所一同努力，通过梳理我国工业软件产业的现状、分析工业软件化标准化现存问题、构建工业软件标准体系，为我国工业软件标准化工作提出了相关建议，最终形成本版路线图。全书内容如下：

第1章介绍工业软件的基本情况，回答工业软件到底是什么？

第2章介绍工业软件产业的现状，回答工业软件为什么重要？

第3章提出工业软件标准体系框架，回答工业软件标准有哪些？

第4章给出工业软件标准使用建议，回答工业软件标准如何用？

第5章对工业软件产业和标准发展进行总结和展望，回答工业软件下一步如何发展？

附录总结了一批工业软件标准实践案例，回答工业软件标准有何价值？

下一步，我们将立足工业软件新发展阶段、贯彻国家新发展理念、构建标准化新发展格局，持续进行工业软件理论和技术研究，持续完善标准化顶层规划，持续开展应用探索，欢迎更多产学研用单位积极加入我们，共同推动我国工业软件高质量发展。

致 谢

本路线图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，在此特别感谢何积丰院士、宁振波、赵敏、王晨、朱铎先、田志峰、王湘念等专家对路线图编写提供的宝贵修改意见。同时，感谢华东师范大学、中国航空工业集团信息技术中心、走向智能研究院、清华大学、北京兰光创新科技有限公司、中国船舶集团公司第七〇二研究所、中国航空制造技术研究院等企业及科研单位为路线图编写做出的宝贵贡献。

工业软件标准化路线图（2022）

■ 编写单位（排名不分先后）

中国电子技术标准化研究院

中国船舶重工集团公司第702研究所

中国航空制造技术研究院

苏州浩辰软件股份有限公司

和利时科技集团有限公司

北京赛鼎科技有限公司

北京亚控科技发展有限公司

安世亚太科技股份有限公司

广州中望龙腾软件股份有限公司

苏州同元软控信息技术有限公司

北京云道智造科技有限公司

上海宝信软件股份有限公司

武汉开目信息技术股份有限公司

北京数码大方股份有限公司

华东师范大学

华为云计算公司

东风设计研究院有限公司

北京华胜天成科技股份有限公司

山东山大华天软件有限公司

工业软件标准化路线图（2022）

成都飞机工业（集团）有限责任公司

中国航空发动机集团有限公司

鸿之微科技（上海）股份有限公司

北京理工大学

北京中科蜂巢科技有限公司

江苏赛西科技发展有限公司

成都淞幸科技有限责任公司

大连理工大学

埃克斯工业（广东）有限公司

北京世冠金洋科技发展有限公司

飞腾信息技术有限公司

西安电子科技大学

南京大学

深圳华龙讯达信息技术股份有限公司

研祥智能科技股份有限公司

■ 版权声明

如需转载或引用，请注明“转自：全国信标委工业软件/APP标准工作组”

目 录

基础篇 工业软件到底是什么？

第一章 概述	1
1.1 工业软件的基本认识	1
1.2 工业软件的分类	3
1.3 工业软件形态的演进	5

进阶篇 工业软件为什么重要？

第二章 工业软件产业现状	9
2.1 工业软件产业生态	9
2.1.1 工业软件产业生态上游	9
2.1.2 工业软件产业生态中游	10
2.1.3 工业软件产业生态下游	10
2.2 产业重点提升方向	11
2.2.1 知识沉淀	11
2.2.2 技术研发	11
2.2.3 应用牵引	11
2.2.4 开发和测试工具	11
2.2.5 人才培养	12

宏图篇 工业软件标准有哪些？

第三章 工业软件标准体系	14
3.1 工业软件标准体系构建思路	14
3.2 工业软件标准体系	15
3.2.1 基础标准	15
3.2.2 通用标准	15
3.2.3 专用标准	16

用户篇 工业软件标准如何用？

第四章 标准的应用和解决的问题	19
4.1 工业软件需方	19
4.2 工业软件供方	20
4.3 工业软件第三方	22

远景篇 工业软件下一步发展？

第五章 总结与展望	25
-----------------	----

实践篇 工业软件标准的价值？

附录 工业软件标准应用实践	28
案例1：和利时—工业自动化软件标准应用案例	28
案例2：成都飞机工业(集团)—工业软件服务标准应用案例	28
案例3：中船第七〇二研究所—实验测试标准应用案例	29
案例4：苏州浩辰—CAD领域标准应用案例	29
案例5：中国航空发动机集团—工业APP标准应用案例	30
案例6：华胜天成—信息技术服务标准应用案例	30
案例7：广州中望龙腾—CAD领域标准应用案例	31
案例8：北京亚控科技—工业控制标准应用案例	31



工业软件到底是什么？

第一章 概述

1.1 工业软件的基本认识

目前，产业界对工业软件有多种界定和定义，可以归纳为以下几种：

一是从工业软件应用的环境和作用效果对其进行界定。《中国软件名城创建管理办法（试行）》（工信部信软〔2017〕11号）、CNAS-AL06《实验室认可领域分类》提出，“工业软件指专用于或主要用于工业领域，为提高工业企业研发、制造、生产管理水平和工业装备性能的软件”，从应用范围和效果对工业软件进行了界定。百度百科中将工业软件定义为“在工业领域里应用的软件”，从应用场景的维度对工业软件进行了简单定义和划分。此外，国外网站Techopedia.com提出通用定义“工业软件是一种可以帮助人们在工业规模上收集、操作和管理信息的应用程序、过程、方法和功能的集合”，该定义强调工业软件在人们生产活动中的工具属性。

二是从工业软件本身属性的维度进行定义。中航工业专家宁振波、走向智能研究院执行院长赵敏在《铸魂》一书中提出，工业软件是以工业知识为核心、以CPS形式运行、为工业品带来高附加值的、用于工业过程的所有软件的总称。安世亚太专家田锋在其著作《知识工程》中提出，工业软件一般指融合工业相关的基础学科原理、工业机理以及工业知识，用于工业当中的一类软件。这类定义更加强调了工业软件背后所融合的行业知识、机理和科学原理。

三是从实际工业生产过程出发进行定义。中国工程院院士孙家广在2018年提出，高端工业软件也称为制造业核心软件，是指支持制造业设计开发、生产制造、经营管理、运维服务和再制造等产品全生命周期和企业运行全过程集成及优化的支撑软件，是制造、信息和管理等技术交叉融合发展的产物，是工业软件的核心组成部分。该定义强调工业软件在制造业

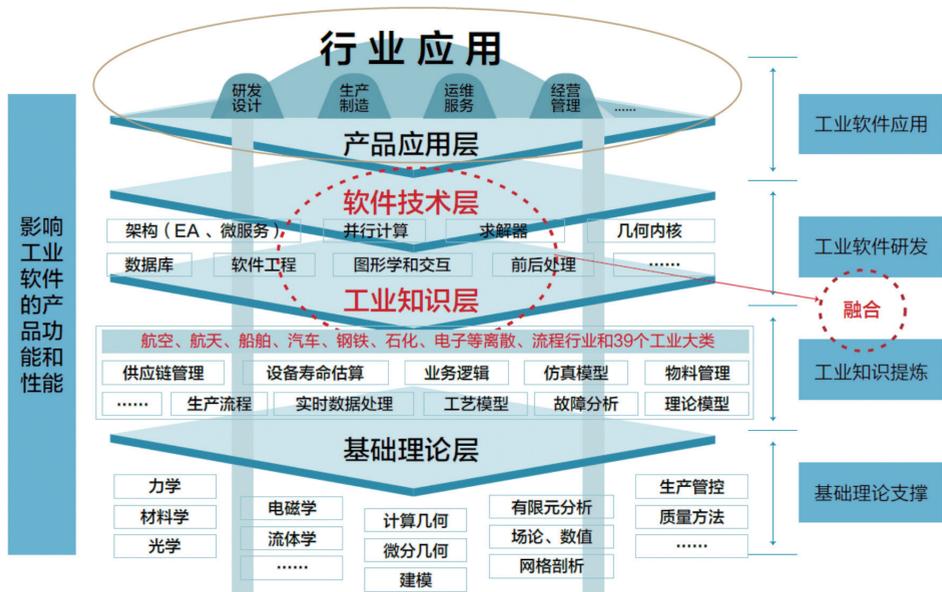


图1 工业软件的基本认识

实际生产各过程中的角色和作用。

综合各类对工业软件的认识和定义，本路线图从工业软件的应用场景、效果和自身属性角度给出综合定义“工业软件是承载了工业知识和经验，面向工业领域，解决研发设计、生产制造、运维服务、经营管理等场景需求的一类软件，信息资源贯穿着数据采集、分析、决策、执行等各个环节，形态上包含嵌入式软件、传统软件、工业APP、系统、平台等多种形式”。

如图1所示，对工业软件的认识可以从四个层面来理解：

基础理论层是工业软件的支撑。工业软件的研发需要基础理论的支持，包括几何、微分等多种计算理论和算法等数学基础，用于物理建模求解等对物理特性的开发与利用的物理基础，以及用于生产控制、运维和经营各类控制学和管理学的理论。

工业软件核心是工业知识，是对业务流程、经验的提炼和沉淀，经过

标准化、规范化、数字化形成算法、方法、模型来对物理世界的规律进行反应，而由于工业行业繁杂，不同行业工业知识差异较大，这也导致了工业软件体系格外复杂。

工业软件是一种应用软件，需要基于良好的软件架构、规范化管理，结合几何内核、求解器、前后处理、图像处理等相关技术，将工业知识封装，形成成熟的工业软件产品。

工业软件应用在不同工业领域，用于解决研发设计、生产制造、运维服务、经营管理等各环节的问题，并不断迭代更新。随着产业生态链向上下游的拓展，零散、个性化的工业软件需求不断挖掘，逐步出现了工业APP和云化工业软件等工业软件的新形态。

1.2 工业软件分类

按照工业软件存在形式，一般分为嵌入式软件和非嵌入式软件。嵌入式软件是指嵌入在控制器、通信、传感装置之中的采集、控制、通信等工业软件，非嵌入式软件是安装在通用计算机或者工业控制计算机之中的设计、工艺、监控、管理等工业软件。

按照工业软件适用范围，可以分为基础共性、行业通用、企业专用的工业软件。基础共性工业软件是指面向关键基础材料、核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺、产业技术基础等领域的工业软件，以各种自然科学知识为基础形成的工业软件，该类工业软件在工业应用领域发挥着基础作用，适用范围广。行业通用工业软件是指面向具体行业及其细分子行业的应用软件，例如汽车、航空航天、石油化工、机械制造等领域的行业通用应用软件。企业专用工业软件是指基于企业专业技术、工程技术等形成的工业APP，该类工业APP是企业核心竞争力，在企业内部发挥重要作用，但适用范围受局限。

按照管理和非管理类，工业软件可分为工业管理学软件和工业物理学



图2 工业软件分类

软件。其中，工业物理学软件可以按照企业的业务流程进行分解，大致可以分为厂房设计、产品研发设计（包括实验室）、制造过程和产品服务四大类。工业管理学软件则是用于流程管理、客户管理等范畴。

按照工业软件应用的业务环节，工业软件可以分为研发设计、生产制造、运维服务、经营管理以及新型工业软件等类型，分类情况以及相关产品信息如图2所示。

1) 研发设计类工业软件，是支持产品研发过程的软件，主要目的是提高产品开发效率、降低开发成本、缩短开发周期，提高产品质量，主要包括计算机辅助设计类软件（CAD）、计算机辅助分析类软件（CAE）、计算机辅助制造类软件（CAM）、计算机辅助工艺规划（CAPP）、电子设计自动化类软件（EDA）、设计过程管理（PLM、PDM）等软件。

2) 生产制造类工业软件，是支持产品制造过程管理和控制的软件，主要目的是提高制造设备利用率、降低制造成本、提高产品制造质量、缩短产品制造周期、提高制造过程管理水平等，主要包括制造执行系统

（MES）、计划排成（APS）、仓储物流管理（WMS）等制造运营管理类软件，以及可编程逻辑控制器（PLC）、数据采集与监视控制系统（SCADA）、分散控制系统（DCS）等现场管控类软件。

3) 运维服务类工业软件，是支持工业产品使用过程的运维和服务的软件，主要目的是提高设备利用率、降低运维成本，主要包括状态监测、故障预测、健康管理（PHM）、能效管理（EMS）、维护维修等软件。

4) 经营管理类工业软件，是支持企业经营管理和企业间协作的软件，主要目的是提高企业的经营管理水平，提高产品质量和客户满意度，提高企业间信息和物流协作的效率，降低企业管理成本、信息交流和物流流通成本，提升整个产品链价值，主要包括企业资源计划（ERP）、供应链管理（SCM）、客户关系管理（CRM）、企业资产管理（EAM）等软件，也包括定制化的企业应用集成平台系统、协同办公系统等。

5) 其它类软件，是支持企业内和企业间系统集成的平台类软件，以及支撑工业软件研发和测试的工具软件，主要目的是支持协同研发、智能生产和服务等能力。

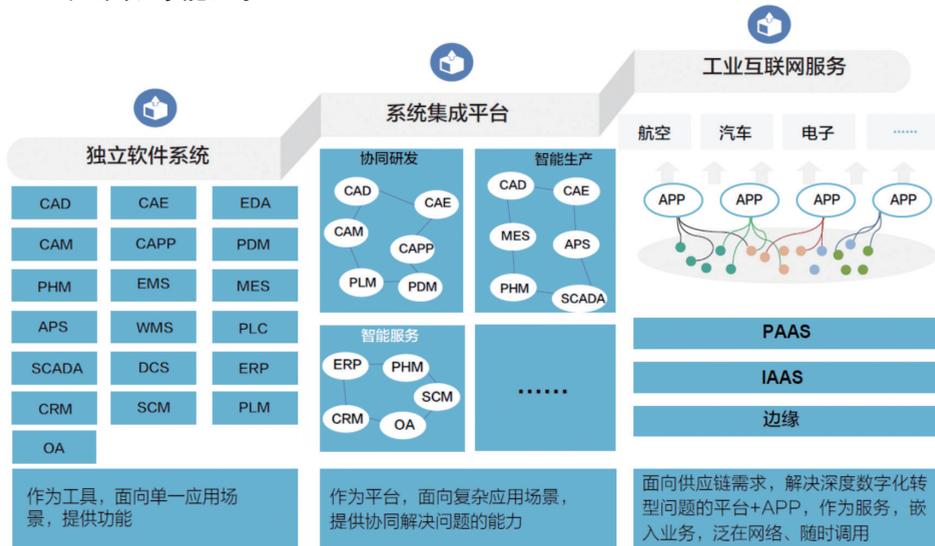


图3 工业软件形态的演进

1.3 工业软件形态的演进

1) 独立软件系统

在工业软件发展的早期，主要目的是满足单一工业场景需求，利用计算机的计算和存储能力解决数字化表达和复杂计算问题。该类型软件一般采用本地部署，通过供应商授权安装软件系统，部分系统可根据用户需求定制化开发，销售方式主要是以一次性许可（License）为主。

2) 集成系统平台

随着工业企业信息化水平不断提升，市场需求的变化对工业生产提出了更高的协同要求。生产过程各环节的信息系统需要进行改进以满足更多的需求，例如协同研发、智能化生产、智能化服务等。此时，面向单一场景的工业软件已经不能满足复杂业务场景需求，不同类型工业软件之间加速融合，各系统通过定制化接口相互集成，一些有实力的工业软件供应商开始整合自身产品线，提供集成化、平台化的整体解决方案。例如西门子在2019年将自己的工业软件命名为“数字工业软件平台（DISW）”，达索系统也推出了3D EXPERIENCE平台。

对用户而言，这一阶段除了关注软件产品自身功能以外，系统的集成和实施服务变得同样重要，也出现了软件提供商和集成实施服务商分离的情况。人们已经不再将工业软件看作单一的工具软件，多工业软件协同已被当作赋能企业降本增效的重要手段。

3) 工业互联网服务

随着云计算、物联网、5G、工业互联网相关技术的快速发展，打破了软硬件产品的技术边界，让更多的软硬件设备实现互联互通。依托底层技术的进步，数据、信息、知识得以在各个环节流转、应用。借助更大范

围的网络互联，不断扩展产业的横向供应链和纵向生产链。面对企业在数字化转型中的各类需求，工业互联网平台加速发展，用户可通过“云化平台+APP”的方式订阅、租赁服务，形成了工业软件的全新生态。早在2012年，Onshape 公司便提供了在线CAD服务；2018年CATIA推出了xDesign云化服务；达索也收购了云计算设施厂商，为其3D体验平台提供云部署的方案。我国工业软件企业同样迅速反应，如苏州浩辰、利驰等企业加强了线上CAD的应用；CAE领域的云道智造、上海数巧也在云化CAE软件上加速推进。

这一阶段的软件产品和实施服务集成于SaaS平台，用户利用泛在网络及时使用服务，数据、知识、算法、机理模型成为工业软件的软实力。



工业软件为什么重要？

第二章 工业软件产业现状

2.1 工业软件产业生态

工业软件产业按照价值链可划分为上中下三段，其中上游部分是工业软件发展的基础，包括人才知识储备和软、硬件技术基础两方面；中游部分主要是工业软件产品和服务的研发，利用上游提供的基础资源面向下游需求开发工业软件产品和服务；下游部分是工业软件的应用和服务市场。上中下游可看作一个小型生态，在循环中将下游应用反馈和需求不断向上游企业反馈，牵引整个工业软件产业生态向前发展。

2.1.1 工业软件产业生态上游

工业软件产业生态上游主要为工业软件研发提供软硬件、资金和人才等资源投入。其中，硬件主要是IT基础设备，厂商包括苹果、惠普、联想、戴尔、三星、神舟、华为、飞腾等企业。在软件方面，系统软件

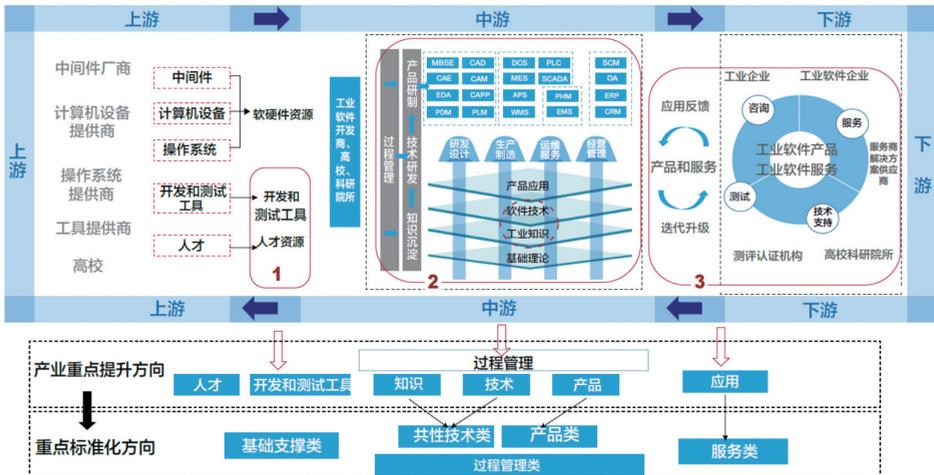


图4 工业软件产业生态

包括Windows、MacOS、Linux、BSD、ChromeOS、华为鸿蒙系统等；开发工具软件主要以微软、甲骨文、Genuitec、Eclipse等企业为主，也包含部分开源社区提供的软件；中间件方面，IBM、BEA、ORACLE、金蝶Apusic、东方通科技等企业布局相对成熟。

2.1.2 工业软件产业生态中游

工业软件产业生态中游主要包括从事工业软件研发的企业、高校和科研院所，为下游工业企业提供工业软件产品和服务。

一方面，国内工业软件在生产管理、运维服务和经营管理等领域借助本土化优势发展较好，而在研发设计、工程仿真等领域缺少长期工业化积累，缺少拳头产品。另一方面，国内工业软件在低端领域的市场占有率相对较高，高端领域发展不足，整体盈利能力有待提升。

2.1.3 工业软件产业生态下游

工业软件产业生态下游围绕着工业软件产品及服务创造价值，包括汽车、能源、电子、机械装备、航空航天等多个领域，并涵盖工业制造的多个要素和环节。随着我国新一代信息技术与制造业不断融合发展，工业企业已经从单纯的软件应用向共同研发转化。一方面，工业企业与工业软件企业合作，将多年来积累的行业需求、知识库等进行软件化，促进了工业软件更新换代，形成了更加实用的国产工业软件产品。另一方面，大型工业企业自行组建工业软件研发部门或公司，利用行业经验和影响力推出工业软件行业解决方案。

2.2 产业重点提升方向

2.2.1 知识沉淀

工业软件的本质是对工业知识的封装，是在长期研发、生产过程中积累下来的技术原理、行业知识、基础工艺、产品模型、研发准则，知识范围跨领域覆盖多学科。工业知识往往沉淀在一线操作人员、工程师、行业专家身上，隐藏在大量的工业数据背后，而因行业的数据来源和制式复杂，运行机理各有千秋，使得工业知识沉淀成为一项高复杂、高挑战性的工作。

2.2.2 技术研发

我国工业软件仍与国外厂商在多个方面还存在较大差距，工业软件产业多个环节存在技术薄弱和空白，需要各方共同努力开展技术攻关。例如在CAD、CAE和EDA等核心技术领域，仍需加强相关技术研发和产品迭代。

2.2.3 应用牵引

好的工业软件都是在应用中迭代出来的，应用是工业软件发展的重要环节，通过不断积累应用数据和市场反馈，工业软件才能不断的研发迭代走向成熟。

2.2.4 开发和测试工具

工业软件的研发需要工业技术和软件技术，对于研发人员要求较高。低代码开发平台、工业互联网平台的推广应用，目的就是为了降低开发的难度和门槛，让大量的工业工程师、软件工程师乃至数量更多的技术人员都能够依托各类开发工具进行自主开发。在2018年8月，制造业巨头西门

子以7亿美元收购了低代码开发平台Mendix，推出了Xcelerator，以Mendix作为前台，将其PLM、EDA、ALM、MOM进行整合，提供灵活、简单、易用的工业软件开发。

我国低代码开发平台在近几年也如雨后春笋般快速的发展起来，宣创科技、奥哲、轻流、简道云、APICloud如今都汇入了低代码赛道，巨头科技企业华为，阿里也都纷纷推出了自己的低代码开发平台。

2.2.5 人才培养

人才是工业软件产业发展的动力源泉，当前我国工业软件行业人才短缺现象依然严峻，原因主要是培养困难、高校培养方式单一、行业待遇相对较低等方面，亟需提升改进。工业软件人才需要同时掌握行业工业知识、工程经验和软件技术，这对人才的综合能力要求较高。目前大多工业人才只懂工业技术但不懂软件研发，而软件人才对工业技术又不了解，导致工业软件的研发较为困难。



工业软件标准有哪些？

第三章 工业软件标准体系

3.1 工业软件标准体系构建思路

经过对工业软件产业生态的梳理，可以看出工业软件产业生态建设是一项复杂的系统工程，涉及方方面面，相关方需要开展工业知识的梳理、软件架构的设计、工业知识的软件化和功能开发、软件接口的适配和集成，需要指导产品应用、提升产品和服务能力、做好人才培养工作等。目前我国工业软件标准纷繁复杂，较为零散难以形成合力，并且存在交叉重复现象。为更好的通过标准解决工业软件产业发展过程中面临的问题，本部分按照以下思路和原则构建工业软件标准体系：

一是工业软件标准体系建设目标。工业软件标准体系构建的目的是为了解决工业软件发展过程中的共性问题，降低技术研究、生产、使用、消费、维护服务乃至管理等过程的成本和风险度，使标准化工作发挥最佳效益。

二是整体性和重点性。本部分构建的工业软件标准体系强调整体性，覆盖工业软件产品全生存周期，标准之间相互联系、相互作用、相互约束、相互补充。同时标准体系根据工业软件产业生态的薄弱环节提出重点标准。

三是开放性和灵活性。本部分构建的工业软件标准体系并不是每个部分都要形成单独的标准，一项标准可以覆盖多个方面。标准体系部分内容可以参照和复用已有标准，可以在标准体系基础上进行细化形成国家标准、行业标准或者团体标准。

本部分依据第2.2节产业重点提升方向作为标准化需求，提出构建涵盖基础标准、通用标准、专用标准3类工业软件标准体系。其中，基础标准包括参考架构、分类分级等标准，通用标准包括共性基础标准和支撑保障标准，专用标准包括细分产品标准和行业应用标准。

3.2 工业软件标准体系

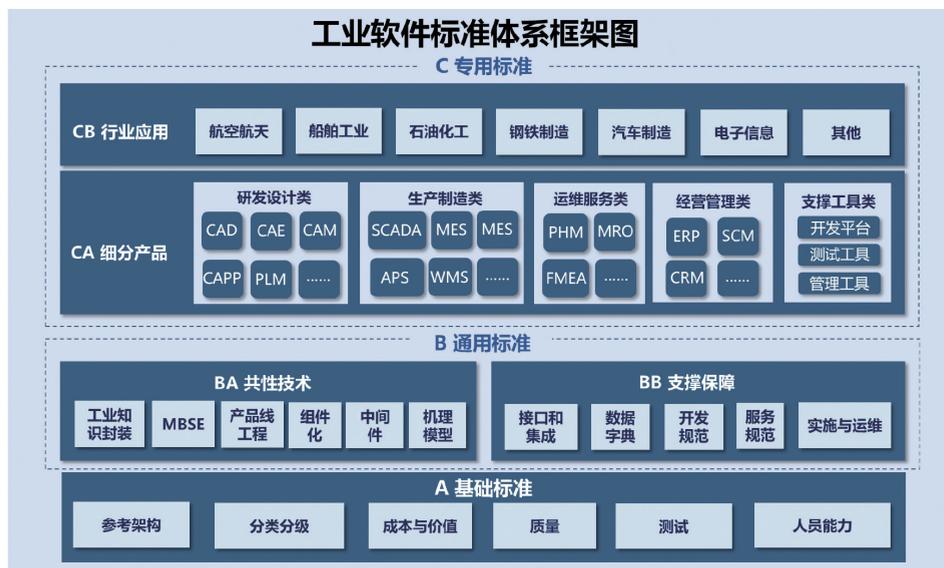


图5 工业软件标准体系

3.2.1 基础标准

基础标准是为认识和理解工业软件，解决工业软件各类基础问题，为其它标准制定提供支撑的共性、综合性标准。基础标准的制定应从工业软件产业发展全局出发，考虑工业软件开发、应用、认定和统计等方面的产业发展需求，主要包括参考架构、分类分级、成本与价值、质量、测试、人员能力等相关标准。

3.2.2 通用标准

通用标准是用于解决工业软件开发、部署、集成、运维过程中的各类问题，为工业软件产品研发落地提供技术支持和支撑保障的专业性标准。通用标准的制定应从工业软件通用需求出发，考虑工业软件产品从需求调研、开发设计、生存周期管理等各方面因素，主要包括工业知识封装、

MBSE、中间件等共性技术类标准以及接口、数据字典、实施运维等支撑保障类标准。

3.2.3 专用标准

专用标准是为深入理解产品特性，促进相关产品在各类行业中深耕应用的专业性标准。专用标准的制定应充分考虑不同产品在不同场景下的应用模式和特点，为产品研发及用户使用提供参考依据，主要包括研发设计、生产控制、运维服务等细分产品类标准和各类行业应用标准。

基于上述工业软件体系，按照已有标准、在研标准、规划重点标准梳理工业软件标准图谱，如图6所示。标准图谱展示了各类工业软件标准化现状，包括已有、在研和规划重点的相关标准。

3.3 工业软件标准图谱

C 专用标准	已有重点标准	在研重点标准	规划重点标准
<p>CB行业应用标准</p> <p>航空航天领域:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MH/T 6126-012 《城市轨道交通自动驾驶无人驾驶运营系统(含轨旁)系统方案要求》 <p>钢铁制造领域:</p> <ul style="list-style-type: none"> • YB/T 4804-2020 《钢铁行业高级计划排程系统 (APS) 规范》 	<p>汽车制造领域:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 38628-2020 《信息安全技术 汽车电子系统网络安全指南》 • GB/T 38628-2020 《信息安全技术 汽车电子系统网络安全指南》 <p>汽车制造领域:</p> <ul style="list-style-type: none"> • YB/T 4804-2020 《钢铁行业高级计划排程系统 (APS) 规范》 	<p>石油化工领域:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《炼油车辆 液化石油气系统要求》(国家标准, 20214645-T-339) • 《工业自动化系统与集成 流程工厂(包括石油和天然气生产设施) 生命周期数据模型》(国家标准, 20213919-T-604) <p>航空航天领域:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《5G网络与通信系统系统 航空气体系统系统软件系统》(国家标准, 20214558-T-469) 	<p>工业软件 行业应用服务指南</p>
<p>CA细分产品标准</p> <p>研发设计:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 1304-2005 《CAD通用技术第1部分: 数据交换》 • GB/T 17206-2017 《三轴CAD软件功能规范》 • GB/T 25108-2010 《三轴CAD软件功能规范》 • GB/T 39334 《机械产品制造过程数字化仿真》 <p>生产制造:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S/IT 11666 《制造执行系统 (MES) 规范》系列标准 <p>经营管理:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 25109 《企业资源计划》系列标准 • GB/T 26337 《供应链管理》系列标准 <p>开发平台:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 39406-2020 《工业机器人可编程序控制器 软件开发平台程序的XML交互规范》 	<p>开发平台:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业软件 工程中件平台通用要求》(国家标准, 20193193-T-469) <p>过程管理类:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《系统与软件工具 软件生存周期过程》(国家标准, 20194197-T-469) <p>测试工具:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《软件工具 软件测试工具能力》(国家标准, 20190837-T-469) 	<p>接口和集成:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 38557-1-2020 《系统与软件工程 接口和数据交换 第1部分: 企业资源计划系统与制造执行系统的接口规范》 • GB/T 19114 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》系列标准 • GB/T 19114 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》系列标准 • GB/T 19502 《工业自动化系统与集成 制造软件互操作性能力框架》系列标准 <p>数据字典:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 41302-2022 《工业产品数据字典通用要求》 	<p>工业软件 产品要求</p> <p>工业软件 服务能力</p>
<p>BB支撑保障标准</p> <p>开发规范:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 13281-2017 《可编程逻辑控制器 软件生存周期过程》 • GB/T 22032-2008 《系统与软件工具 软件生存周期过程 配置管理》 • GB/T 20158-2006 《信息技术 软件生存周期过程 配置管理》 <p>接口和集成:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 38557-1-2020 《系统与软件工程 接口和数据交换 第1部分: 企业资源计划系统与制造执行系统的接口规范》 • GB/T 19114 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》系列标准 • GB/T 19502 《工业自动化系统与集成 制造软件互操作性能力框架》系列标准 <p>开发工具:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 18234-2000 《信息技术 CASE工具评价和选择指南》 	<p>接口和集成:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业 APP 开放接口要求》(国家标准, 20203866-T-469) • 《工业互联网平台 异构协议适配规范》(国家标准, 20203866-T-469) <p>数据字典:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业互联网平台 平台互操作数据字典》(国家标准, 20203866-T-469) 	<p>工业知识封装:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/Z 31102-2014 《软件工程 知识体系指南》 • GB/T 8870 《自动化系统与集成 机床数控控制 程序格式和地址字格式》 • GB/T 18617 《技术互操作性 CAD模型的数据交换》 • GB/T 19114 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》 • GB/T 16656 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》 • GB/T 25275 《工业互联网数据交换》 • GB/T 18784 《CAD/CAM数据交换》 	<p>服务规范</p> <p>实施和运维</p>
<p>BA共性技术标准</p> <p>工业知识封装:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/Z 31102-2014 《软件工程 知识体系指南》 • GB/T 8870 《自动化系统与集成 机床数控控制 程序格式和地址字格式》 • GB/T 18617 《技术互操作性 CAD模型的数据交换》 • GB/T 19114 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》 • GB/T 16656 《工业自动化系统与集成 工业制管理数据》 • GB/T 25275 《工业互联网数据交换》 • GB/T 18784 《CAD/CAM数据交换》 	<p>工业知识封装:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业软件 数字组件与工业APP开发通用要求》(国家标准, 20193192-T-469) <p>产品线工程:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《软件与系统工程 产品线工程与管理参考模型》(国家标准, 20190646-T-469) 	<p>工业知识封装:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业软件 数字组件与工业APP开发通用要求》(国家标准, 20193192-T-469) <p>产品线工程:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《软件与系统工程 产品线工程与管理参考模型》(国家标准, 20190646-T-469) 	<p>工业软件知识体系</p> <p>MBSE</p>
<p>B通用标准</p> <p>质量与测试:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 25000.41-2010 《软件工程 软件产品质量模型与评价》 • GB/T 25000.41-2018 《系统与软件工具 系统与软件质量模型与评价: 方法、方法和立评价》 • S/IT 11666.8-2016 《智能制造执行系统 (MES) 规范 第8部分: 服务质量》 • T/CESA 1046-2019 《工业APP分类和评价》 	<p>质量与测试:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业软件 质量》(国家标准, 20193195-T-469) • 《工业APP 质量》(国家标准, 20194196-T-469) • 《工业软件 工业APP分类和评价》(国家标准, 20202626-T-469) 	<p>质量与测试:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业软件 质量》(国家标准, 20193195-T-469) • 《工业APP 质量》(国家标准, 20194196-T-469) • 《工业软件 工业APP分类和评价》(国家标准, 20202626-T-469) <p>参考架构:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 《工业APP 参考架构》(国家标准, 20193194-T-469) 	<p>人员能力</p> <p>新型开发工具与测试工具</p>
<p>A基础标准</p>	<p>质量与测试:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 25000.41-2010 《软件工程 软件产品质量模型与评价》 • GB/T 25000.41-2018 《系统与软件工具 系统与软件质量模型与评价: 方法、方法和立评价》 • S/IT 11666.8-2016 《智能制造执行系统 (MES) 规范 第8部分: 服务质量》 • T/CESA 1046-2019 《工业APP分类和评价》 	<p>质量与测试:</p> <ul style="list-style-type: none"> • GB/T 25000.41-2010 《软件工程 软件产品质量模型与评价》 • GB/T 25000.41-2018 《系统与软件工具 系统与软件质量模型与评价: 方法、方法和立评价》 • S/IT 11666.8-2016 《智能制造执行系统 (MES) 规范 第8部分: 服务质量》 • T/CESA 1046-2019 《工业APP分类和评价》 	<p>工业软件知识体系</p> <p>MBSE</p> <p>人员能力</p> <p>新型开发工具与测试工具</p>

图6 工业软件标准图谱



工业软件标准如何用？

第四章 标准的应用和解决的问题



图 7 当前各方问题及需求

4.1 工业软件需方

工业软件需方主要包括运用工业软件完成产品研发、生产制造、经营管理、服务运维等自身业务的各类企业，是产品类、服务类标准的主导方，并参与其它标准的研制。

(1) 产品类标准指导企业工业软件产品选型

企业应用的工业软件产品，存在大量不同厂商、软件版本混合使用情况，随着业务需求的不断发展，各个工业软件系统需要升级、替代、系统集成。为此，一套行业工业软件产品分类与选型标准，能够帮助需方企业快速、高效的完成相关决策，依托行业应用标准减少试错成本，快速匹配与业务和企业发展现状相适合的工业软件产品。

（2）评价类标准帮助开展工业软件能力测评

企业应用的大量工业软件产品，有些是随着先进装备和先进工艺一起引进，有些随着企业的发展需求定制研发，虽然可以满足企业当前需求，但对于企业工业软件的应用水平缺乏量化对比指标和评价体系。需方企业可应用一套行业统一的评价标准，对自身的工业软件应用水平、所用工业软件的技术成熟度和标准功能符合程度进行评价。一方面可以帮助企业完成工业软件应用水平的对标；另一方面，也促使企业寻找差距明确应用改进的方向。

（3）服务类标准指导工业软件项目实施效果监督

需方企业的工业软件实施工作往往借助供方和第三方企业来共同完成，对于供方和第三方企业的服务能力、服务标准化流程以及服务过程的成本控制标准缺少必要的了解，对于大型的实施项目，往往需要需方企业做大量的背景调查和多轮反复交流才能对相关企业的服务能力做出评价。工业软件服务类标准的推行，可以帮助简化这一过程，为供需双方及第三方在实施服务过程中各自的角色责任给予参考标准。

4.2 工业软件供方

工业软件供方，主要包括工业软件开发企业，以及高校、科研院所等工业软件研究机构，是共性技术类、过程管理类等标准的主导方，并参与其它标准的研制。

（1）基础支撑类标准指导产品自评和改进

近几年国内软件开发企业积极探索实践诸如IEC 61499、GB/T 13423-1992《工业控制用软件评定准则》等标准，对单一产品进行规范测试、评

估和迭代升级。随着工业软件复杂程度不断增加，上层应用的功能和性能在很大程度上依赖于所选择的基础软件组合，软件之间的竞争已经从单一产品的竞争逐渐转向体系之间的竞争。在标准化工作规划中有必要把工业软件作为一个整体进行通盘考虑，提供工业软件基础、共性、综合、通用性的体系标准，形成的标准不仅用于约束工业软件产品的研发，同样也用于指导应用系统的开发，从而保证应用与工业软件之间的互操作性。

（2）共性技术标准指导工业软件技术研发

在工业软件的研发设计过程中，供方急需规范采用的研发技术，以保障工业软件产品质量，使工业软件产品保持技术的先进性。通过制定实施建模和语言类标准、工业数据类标准、工业知识封装类标准，解决工业软件的数据、模型、知识的表达方式不一致的问题。此外，通过对标工业软件的质量要求和测试要求，供方在研发过程中就可以自查自纠，从而提高工业软件产品的稳定性和可靠性，使得工业软件体系健康发展。

（3）产品类标准指导产品研发

在供方产品开发过程中，缺乏正式的标准进行指导，例如针对相关相关的业务模型、功能架构、性能指标等方面缺乏相应的标准规范，影响与其他相关软件之间的互操作性，不利于技术成果在行业内的推广。应用产品类标准涵盖了不同行业的研发设计、生产制造、运维服务、经营管理等领域的工业软件标准。

（4）过程管理类标准指导提升产品研发能力

对于工业软件提供商，为保障产品研发和项目实施成功，过程管理类标准将管理体系与制度予以规范，明确规定需求开发、设计、编码、测试、集成等软件开发全过程的质量要求，同时对软件工程和产品质量进行

量化数据分析，最终通过量化反馈来优化管理过程，实现持续改进，提升产品综合研发能力。

（5）服务类标准指导提升服务能力

从工业软件产品供应方提供的服务出发，工业软件服务类标准主要用于明确运维、成本度量等相关的标准和规范，规定软件运维费用测算的方法及过程、软件研发成本度量的方法及过程，通过统一测算口径，使得费用测算更加科学化、合理化，从而为软件定价和服务定价提供重要依据，保障企业的信息化运维工作正常开展，同时提升工业软件供应方的服务能力。

（6）支撑工具类标准指导选择合适的开发、测试和管理工具

在工业软件研发过程中，采用何种开发和测试工具会极大影响整个研发项目的进度和效果，而不同的工业软件开发项目对工具有不同的需求。为了在前期选择合适的开发、测试和管理工具，可以应用如GB/T 18234-2000《信息技术 CASE工具评价和选择指南》和GB/Z 18914-2014《信息技术 软件工程 CASE工具的采用指南》等支撑类标准，对市场上的各类工具进行能力评估，并指导工具的选择。

4.3 工业软件第三方

第三方主要包括标准化测评机构，以及监管部门，是基础支撑类、支撑工具类等标准的主导方，并参与其它标准的研制。

（1）测评机构

拓展工业软件第三方测评和认证业务。我国工业软件产业蓬勃向上，国产工业软件在市场中的占比也在不断扩大，对第三方测评业务也会有更

多的市场需求。目前，国内测评机构大多依据GB/T 25000“系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE）”系列标准（由中国电子技术标准化研究院主导制定）开展软件测评，与工业软件相比缺少工业属性的相关要求。测评机构可依据工业软件产品要求、成熟度等标准建设自身的工业软件测评能力。例如，《工业软件分类和分级测评》标准给出了工业软件的测评指标和评估方法，各测评机构可依据该标准拓展工业APP的测评能力和业务。

（2）政府部门

产业统计和监测。政府部门作为工业软件产业的管理者和引导者，需及时掌握工业软件产品、企业等产业要素的相关信息，分类分级标准可有助于合理的梳理和管理现有产品、企业等情况，形成区域工业软件产业生态链。产品成熟度标准可帮助对产业发展质量水平进行衡量，筛选高水平、高质量的工业软件产品和企业。



工业软件下一步发展？

第五章 总结与展望

随着新一代信息技术与制造业不断融合发展，未来的工业软件形态、模式将产生丰富变化。未来，我国的工业软件产业生态也将逐步完善，制造业软实力也将不断提升。

展望一：新技术不断促进工业软件创新发展

当前制造业正处于工业革命深度发展阶段，智能制造、CPS、数字化转型等理念和方法不断深化，极大推进了工业软件技术、形态和模式的演变。以基于模型的系统统一设计、统一仿真、代码自动生成等成为加速工业软件变革的新兴技术，随着基于微内核、轻量化、灵活特性的工业APP快速发展，大型工业软件的开发不再是难题，成为工业知识提炼、汇聚和交易的最佳载体。机理模型、大数据、人工智能等新兴技术不断与工业软件融合，工业智能定将快速发展。

展望二：云化新型工业软件逐步成为工业软件新形态

工业软件未来将逐步趋于平台化、云化发展，实现数据资源的共建共享，建立全面的知识体系，也会有更加全面成熟的管理体系。未来工业软件可以对产品生产、加工、制造等各阶段以及系统物料流、能量流、信息流等数据进行更加科学的管理运用，更多的是面向产业集群，而不是某一特定领域。越来越多的成熟技术、成熟算法、科学理念运用于工业软件中，从推荐、选型、售后等维度为客户提供更加全面服务。

展望三：工业软件新模式新业态将不断显现

数据、算法、机理模型将是未来工业软件的核心，也是工业知识的全新封装形态，未来工业软件的价值将由其承载的工业知识价值来决定。随着区块链技术的普及，知识的创造、传播、利用的过程将变得可以被追踪，这也许会深刻的改变现有工业软件产业生态。其一，工业软件的上游机构所提供的数据、算法、模型、组件等基础构件，将会直接作为商品实现市场化流通；其二，工业软件中游厂商通过软件或服务为下游企业赋能，将模糊两者的业务边界，形成融合的全新业务领域。



工业软件标准的价值？

附录 工业软件标准应用实践

案例1：和利时—工业自动化软件标准应用案例

1. 基于《工业控制用软件评定准则》《工业控制计算机系统》《信息安全技术 工业控制系统信息安全分级规范》等标准，开发了面向过程控制的工业控制软件。

2. 在相关软件开发过程中，除遵循《工业企业信息化集成系统规范》《企业集成企业建模框架》等通用标准外，还广泛遵循了煤矿、电力、输配电、城市轨道交通等行业标准，如《煤矿安全生产监控系统通用技术条件》《能量管理系统应用程序接口标准》《配网管理系统接口标准》《地区电网调度自动化系统》《地区电网电力自动化监控设计技术规程》等。

案例2：成都飞机工业(集团)—工业软件服务标准应用案例

■ 企业建议：

1. 基于工程化的思想，深化软件工程理念在工业软件开发过程中的标准指导，规范软件研制的过程。

2. 在行业应用中，建立基于优势行业的硬件设备与工业软件的通信、指令、协议标准。

3. 建立“工业软件应用成熟度水平评价指标体系”，让企业选择工业软件产品时有据可依，促进工业软件的国产化推广。

4. 加强知识产权保护，鼓励工业软件版权交易，推进“工业软件知识产权价值认定及交易评价指标体系”建设。

案例3：中船第七〇二研究所—实验测试标准应用案例

基于《自动化测试标记语言标准》《工业大数据 工业产品核心元数据》《自动化及测量系统标准协会开放式数据服务》《检测和校准实验室能力的通用要求》《计算机软件产品开发文件编制指南》等标准，实现了试验数据标准化的采集、控制、传输、存储及后处理分析。

■ 企业建议：

1. 建立工业软件参考框架，便于建设方、应用方在软件研制过程中参考及遵循，实现不同工业软件之间的快速集成。
2. 建立工业软件之间的接口格式规范、应用规范、接口规范等，为开发接口的描述、应用提供统一的规范。
3. 建立工业软件与硬件设备之间的异构协议兼容适配标准，提炼统一消息以及统一接口规范，实现设备协议适配、数据转换、标识解析、安全传输等功能。

案例4：苏州浩辰—CAD领域标准应用案例

浩辰CAD依据《机械产品生命周期管理系统通用技术规范》开展产品接口开发，其他软件如参照此API接口，即可基于浩辰CAD机械软件进行图形数据审阅、管理、再加工、数据挖掘、数据分析等工作，极大提高便捷性。

■ 企业建议：

从目前浩辰实践过程看，随着工业互联网、新技术应用、协同合作越来越深入，可以通过工业软件相关标准对软件开放性、软件间集成调用做进一步规范，从而提高软件开发、集成的效率。

案例5：中国航空发动机集团—工业APP标准应用案例

基于工业APP开放接口规范，对载荷设计系统及自研程序之间的数据格式制定接口协议、报文格式标准化；使用工业APP接口辅助开发工具或自研方式改造载荷设计系统，开发符合规范的接口；使用工业APP接口标准化测试工具，测试接口及协议是否满足标准要求。

通过标准化的手段建立工业信息互联互通规范体系，利用参数描述文件，实现不同学科、不同专业、不同工具软件之间的数据传递，包括数据传递关系定义、仿真过程中数据自动传递、仿真过程执行中的自动初始化和自动取回仿真结果，实现数据共享。

案例6：华胜天成—信息技术服务标准应用案例

整个服务团队十分重视ITSS的相关合规性要求，从人员、技术、资源、过程各方面对服务进行考量，以确保服务的能力和质量。主要依据标准包括《信息技术服务 运行维护 第1部分：通用要求》《信息技术服务 从业人员能力评价要求》《信息技术服务 服务基本要求》《信息技术 云计算 云服务运营通用要求》《信息技术服务 质量评价指标体系》《信息安全技术 云计算服务安全指南》《ITSS 信息技术运营维护标准》。

案例7：广州中望龙腾—CAD领域标准应用案例

通过数据兼容模块提供多达20多种图形格式用于软件间数据交换，既支持横向软件间的数据交换，也支持上下游软件间的数据共享。中望3D软件的数据兼容模块遵从国际相关标准，实现了与其他软件间的几何和工程数据的数据共享，包括几何信息、拓扑信息、装配信息、制造信息等等。中望结构仿真软件采用了《机械产品结构有限元力学分析通用规则》标准，规范了软件的力学仿真分析的流程、要求、模型建立规则、结果输出等。

■ 企业建议：

1. 要实现产品全生存周期数据在软件间的无损共享，需要在不同的行业定义不同的行业数据标准，针对不同的行业制定该行业的产品全生存周期数据模型标准，实现产业生态上下游软件间的互联互通，打通全生存周期的数据通道。
2. 要提高我国工业软件的质量和能​​力，需要制定完善的工业软件质量评测标准。

案例8：北京亚控科技—工业控制标准应用案例

在过程监控层，亚控主要产品为设备采集软件、可视化监控软件、实时历史过程数据库软件产品、网页组态可视化产品，主要依据《过程工业中的报警系统管理》《工业控制用软件评定准则》《工业企业信息化集成系统规范》《工业控制计算机系统 软件 第4部分：工程化文档规范》《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》《石油化工工厂信息系统设计规范》《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》等标准。

中国电子技术标准化研究院

通信地址：北京市东城区安定门东大街 1 号
中国电子技术标准化研究院（100007）

路线图联络人：马欣

联系方式：010-64102838

邮 箱：maxin@cesi.cn

