

企业数字化转型技术发展趋势研究报告

(2023 年)

中国信息通信研究院泰尔终端实验室

北京元年科技股份有限公司

2023年3月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院和北京元年科技股份有限公司，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和北京元年科技股份有限公司”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

2021 年，我国发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四五年规划和 2035 年远景目标纲要》，提出以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革。在宏观层面上，伴随着新冠肺炎疫情、国际金融危机等一系列重大事件的冲击，我国数字化转型进程不断加速，新技术、新业态层出不穷。5G、人工智能、大数据、区块链等新一代信息通信技术不断涌现，在相关领域展现了一定优势的同时，亦给企业带来了诸多不确定性挑战。近年来，产业发展的规律性减弱趋势明显，复杂性、随机性、突发性的问题增多。数字技术与传统行业简单叠加，已经不能满足传统垂直行业的需求，企业数字化转型正在进入“深水区”。

目前，业界已经认识到数字化转型的重要性，数字化转型具有战略意义。对企业而言，数字化转型已然从提高效率的工具转为创新发展模式、强化发展质量的主动战略；从局部转型变为对全局乃至整个流程的优化；从单一领域、单一行业转变为对全行业、全生态的全面覆盖。

企业需根据实际情况和发展战略进行顶层设计和总体规划，并通过分领域、分阶段逐步实施。同时，企业数字化转型更应注重数字技术的发展趋势跟踪和适时导入，并注重评估应用效果。总体来说，企业应遵循以数字规划为起点，围绕核心业务建设基础设施；以数字化转型价值为导向，对内外提升效率和业务履约能力，构筑产业平台、云上平台的生态协作。

为了更好地引导企业数字化建设，高效推进数字化升级，帮助用户更好地获取数字化产品技术支持和应用服务，本报告从企业数字化转型技术的发展趋势、技术应用保障体系、技术转型路径需求、构建转型技术发展体系做了系统性论述，提出未来技术发展的五大趋势，并对每一项技术进行了深入详细的探讨，提出了应用解决方案和实现数字化转型的路径建议，为我国产业数字化转型提供有力支撑。

目 录

一、 企业数字化转型技术的发展趋势	1
二、 构建数字化转型技术应用保障体系	2
(一) 战略指导	2
(二) 基本原则	3
(三) 组织建设	3
(四) 技术部署	4
三、 企业数字化转型技术的发展路径	5
(一) 以数字技术提升企业基础能力	5
(二) 以泛在连接加速数据资产沉淀	20
(三) 以数据技术保障实现数据价值	32
(四) 以数据驱动提升企业决策能力	39
(五) 以人工智能挖掘拓展市场机遇	44
四、 企业数字化转型技术应用的实践场景	48
(一) 传承升级：以解耦架构激活核心 ERP 潜能	48
(二) 调度算法：APS 实现更广泛的计划和协同	56
(三) 解耦工具：低代码平台与 ERP 的融合与迁移	59
(四) 数据驱动：应用场景分析和企业实践	62
(五) 人工智能：可落地的多应用场景	65
五、 给企业的数字化转型建议	72
(一) 因企制宜制定个性化的数字化转型战略	72
(二) 优化升级打造全面覆盖的企业技术架构	74
(三) 循序渐进构建数据驱动的管理决策体系	75

图 目 录

图 1 数字化 PaaS 平台发展趋势	7
图 2 基于数字化 PaaS 平台的技术架构	8
图 3 Gartner 的 DevSecOps 持续交付流程	10
图 4 用户如何通过新浪微博的认证 Server 登录到有道云笔记	11
图 5 IDaaS 平台的三大模块	11
图 6 四种授权策略模型图	13
图 7 基于数字化 PaaS 平台的统一授权中心	13
图 8 数字化系统应用的安全保障	14
图 9 人机交互演进历程	15
图 10 智能语音助手	16
图 11 数据中台提升企业数据能力	17
图 12 数据中台助力数据资产化	18
图 13 统一的数据服务体系	19
图 14 数据中台是数字化转型的技术基础	19
图 15 全渠道供应链网络的六大基石	20
图 16 智能交易供应链体系	23
图 17 生产设备的网络连接	24
图 18 端到端流程	26
图 19 连接不同系统的端到端流程	26
图 20 端到端流程支撑价值链建模	27
图 21 价值链设计器	28
图 22 在线会议实现业务协同	29
图 23 基于对象推动精细化协同	30
图 24 共享是推动协同的有力手段	31
图 25 统一技术平台推动内外协同	31
图 26 企业决策的演进方向	40
图 27 预算管理的智能化系统闭环	40
图 28 企业风控逐步前置、量化、智能化	41

图 29 数智运营中心（IOC）成为企业智慧大脑	42
图 30 全球低代码&无代码市场规模及结构（百万美元）	45
图 31 ERP 发展趋势	49
图 32 智能化会计引擎	51
图 33 智能化会计引擎架构	52
图 34 ERP 时代的流程式协作	53
图 35 中台时代的平台式协作	53
图 36 ERP 融入企业中台架构	55
图 37 APS 的功能模块	57
图 38 低代码与 ERP 的融合	60
图 39 低代码带来系统性能力变化	61
图 40 低代码促进企业 IT 建设	62
图 41 数据驱动管理应用场景建设框架	63
图 42 客户管理数智化平台建设蓝图	64
图 43 智能量化风控应用流程	65
图 44 广告策略归因分析	66
图 45 图谱审单	67
图 46 合同要素提取	68
图 47 智能回款匹配	68
图 48 AI 中台基本组件-自然语言处理	69
图 49 AI 中台专用组件	69
图 50 RPA 产品在各行业的覆盖率	70
图 51 不同行业职能部门 RPA 应用情况	70

表 目 录

表 1 传统 ERP 与 SaaS ERP 各方面异同比较	50
-------------------------------------	----

一、 企业数字化转型技术的发展趋势

数字化转型是在大数据、移动互联网、云计算、物联网、区块链等新一代信息技术驱动下，企业商业模式、组织模式、管理模式都在迅速地转型，是社会生产力和生产关系的升级。

数字化转型已经成为企业的一道必答题，其本质内核是：建立内外部广泛的在线连接，产生大量实时数据，利用云端的算法和算力，让决策变得更实时更智能，从而提升企业的运营和管理效率，甚至产生全新的商业模式和管理模式。在未来 1-5 年内，驱动企业数字化转型的新技术应用将呈现如下趋势：

新一代数字技术是实现转型升级的重要支撑；企业数字化建设需要新一代的基础技术能力支撑，符合云原生架构，打破系统模块烟囱模式的边界，有效实现能力复用，以及数据、流程的拉通，以适应数字化时代对业务敏捷性、弹性及动态组合能力的要求。

建立在线连接能力是企业数字化转型的前提；数字化建设往往从市场、销售、渠道、采购、供应链、产品设计、制造流程的全面线上化开始的，企业内外部组织、人、设备的在线化是数字化转型的基础。

升级 ERP 架构是适应数字化转型的必然要求；ERP 作为信息化核心的基础能力是企业运营所必需的，但传统套装软件的封闭式架构制约着其与外部系统的有效集成，在实时处理大量业财数据方面存在先天障碍。ERP 系统将沿着核心能力服务化方向持续进化升级，不断加强流程和数据集成，提升大数据处理能力。

数据治理是提升企业智能决策能力的基础保障；数据治理水平反

映了企业数据采集、加工处理的能力；数据智能的应用则反映了数字化建设的水平，数据智能帮助企业更实时地探查出隐藏的问题，通过归因分析，匹配相应的运营策略和规则，实现运营决策的自动化、智能化，提升运营效率，促进商业模式转型。

AI 技术中台化应用全面提升企业智能化水平；随着企业数字化建设的深入，AI 技术的应用将持续普及。在很多行业已经取得初步成功应用的基础上，AI 应用将呈现中台化的特征。在数据中台和业务应用之间，提供无代码、低代码等快速构建、训练、上线 AI 模型的能力，形成对数据分析、决策人员的有效支撑。

二、 构建数字化转型技术应用保障体系

基于数字化转型对企业的战略价值和重要影响，构建围绕企业数字化转型技术应用保障体系就成为企业战略和日常经营的重要组成部分，与数字化转型目标、技术应用方案构成全面实施数字化转型战略的三大支柱。

（一） 战略指导

基于企业战略编制技术发展战略：编制技术发展战略是实施数字化转型工作的重要任务，也是实施企业整体发展战略的重要步骤和组成部分，技术发展战略必须服从企业发展战略，是对企业战略的细化和补充。

基于技术发展趋势积极导入应用：技术发展有其自身规律，企业应用也有不同的需求和场景，因此，企业在积极追踪各类数字技术发展趋势的同时，要主动结合自身实际，探索合适的应用方式，发挥各

项技术更大的应用价值。

（二）基本原则

在企业战略和技术战略指导下，严格遵循技术应用推广的工作原则，才能真正践行技术战略，获得预期收益。紧紧把握“以业务为核心”的原则，从业务需求出发选择合适的成熟技术进行大胆尝试和应用，以业务绩效作为选择技术应用的重要标准。和其他 IT 项目的实施原则一样，“总体规划、分步实施”依然是数字化转型技术应用的指导原则。既要站在总体视野规划技术应用的内容和步骤，又要按照不同阶段需求，循序渐进推进项目的实施落地。在总结分步项目不同应用效果的前提下，优化调整总体规划，使其更有效地指导其他项目的顺利落地实施。针对层出不穷涌现出来的新技术，技术团队必须抱着积极态度加以关注的同时，对新技术的特点、应用方式和效果进行仔细观察，并选择试点范围大胆进行尝试，一旦确认实施效果就可以进行大面积推广，以获得市场竞争的先发优势。

在成功进行试点建设之后，稳步推进应用范围，形成“点、线、面、体”四级推广阶段，不断扩展技术应用范围，不断总结应用规模和效果之间的逻辑规律，使企业获得更好的规模效用。

（三）组织建设

数字技术应用涉及的人员、部门较多，需要由企业进行统一规划和部署，完善在技术研发、产品设计、实施应用和市场推广不同领域实施落地的组织体系。利用数字技术建设和优化企业自身的技术研发平台是技术战略的重要内容之一，技术研发团队需要根据技术目标需

求，编制相应的组织机构，确保分工合理、目标一致，不断提高技术研发的协同效率。数字技术在产品研发领域已经有几十年的应用经验，可以根据不同的产品匹配相应的技术应用方式，并以此组建相应的设计团队、管理机构，确保产品设计的市场领先和运营成本优势。数字化营销已经成为今天企业的必备工具，也是数字技术应用程度更深、应用方式变化最大的一个领域。企业需要持续关注技术发展趋势，以及由此带来的市场推广渠道的重大变化，寻找满足用户在商品、价格、体验等各方面的诉求，不断提高企业的商业价值。数字技术在产品交付、服务升级方面有更多的升级拓展，推动企业采取更为积极的策略，尝试应用更加虚拟化、数字化的服务方式，给用户提供更精准、更及时的服务体验。不同行业的实施服务方式有所差别，但基于数据智能化应用而做出的服务升级体验是所有用户的共同诉求。

（四） 技术部署

随着数字技术的快速发展，数字化应用的应用环境、部署方式和应用模式都发生了巨大变化。企业需要综合评估不同技术在不同环境和不同应用模式下，所发挥的不同作用，采取更加合理有效的部署方式，才能获得最大效益。

云化部署是数字技术应用的一个大趋势，而基于对应用、数据、安全和合规等不同因素的考量，企业各类应用将部署在不同的云环境下，因此，融合各类公有云、私有云的混合多云环境是未来企业数字化应用常见的部署方式，满足企业移动化、精准化的应用需求。打造包括 PaaS 平台在内的、基于最新数字技术的新一代数字化技术底座

是企业技术部署的重要内容，更好地满足企业的灵活应用需求。

专业化应用协同同样重要；企业在销售、采购、生产、财务等各个领域都有非常专业化的应用系统方案，在技术部署上需要关注各个不同系统之间的数据标准、共享规则等协同应用的需求，发挥各个数字化系统的集成价值和系统效应。

三、 企业数字化转型技术的发展路径

（一） 以数字技术提升企业基础能力

1. 混合云将成为数字化集成设施的标准形态

公共算力不断增强，混合云支撑未来架构。2022 年 2 月 17 日，国家发改委、中央网信办等部门联合发文，利用“东数西算”工程构建国家级数字经济基础设施。企业获取云计算公共基础设施资源的便利性大大增强，在 IT 基础设施建设和运维上的成本将大幅降低。

随着语音识别、图像识别、位置计算、票税自动化、供应链在线交易、金融业务、电子合同、电子档案处理等各种开箱即用的 SaaS 化的公有云服务不断涌现，企业云原生的计算能力越来越强，外部连接生态更加丰富，为企业提供更多数字化资源。

标准的公有云应用无法完全匹配企业业务模式、运营模式和管理模式的个性化需求，无法体现企业差异化的竞争优势。企业将应用更多个性化流程和运营模式，对数据资产的私有化和安全诉求更加强烈，混合云成为构建数字化集成设施的标准形态。

混合云不是简单的公有云和私有云的叠加，但是兼顾了公有云的便捷与私有云的安全，整合不同云厂商的优势。混合云不仅提供了企

业所需的外部服务，还能更好地融入其个性化运营环境，无需暴露内部基础设施和数据，实现高效安全的应用和数据连接。

混合云需要有统一的管理平台，打通整合多个云环境，保持多云一致性的管理体验，以避免由于多云间的技术差异带来管理成本的增加。部署在多云间的应用和数据需要高速访问的通道，以免造成不同供应商间新的流程割裂和数据孤岛，跨云统一管理和高速集成是混合云成功应用的基础。

定制化的系统会被局限在少量创新型应用中，而基于 PaaS 平台和标准化 SaaS 的新型应用会越来越多，它们混合部署在公有云和私有云环境中，借助云原生、微服务的架构优势进行隔离和组合，降低平台和应用持续升级的成本，保障应用体验的持续提升，满足差异化竞争需求。

数据资产是企业未来的核心资产，数据安全是企业的重中之重。在混合云模式下，算力、算法、应用与数据的分离将随着数据价值的不断发掘而成为一种标准模式。应用多云和跨云部署必然会导致数据分布在不同的环境中，传统的数仓、数据湖、数据中台等技术在数据集成和治理过程中普遍采用数据搬运的方式，会带来较大的数据存储和时间成本。由于数据搬运带来的数据差异问题，也使得决策数据的实时性、准确性存在一定风险。

2. 数字化 PaaS 平台将支撑灵活多变的业务应用

利用数据编织等高效数据处理技术，数据的搬运将逐渐减少，数据处理的速度和实时性会越来越高，分布式的数据集成和整合是混合

云模式下数据中台的技术发展趋势。**PaaS** 平台是数字化的技术基础：以云原生、微服务理念为基础，元数据驱动、业务对象建模为核心的数字化 **PaaS** 平台日趋成熟，呈现以下五大发展趋势：



来源：中国信息通信研究院

图 1 数字化 PaaS 平台发展趋势

适配混合云架构是未来数字化 **PaaS** 平台发展的重要趋势。“数字化 **PaaS** 平台+SaaS 订阅+定制化服务”的全新在线服务模式支持在企业数据中心、私有云、公有云间的混合部署，让企业兼顾云服务的算力伸缩性和私有数据中心的安全私密性。

形成可组装的业务引擎。数字化转型痛点不仅仅在于业务流程无法重塑，还在于底层引擎能力分散在各个系统中，无法形成合力而支持构建数据驱动型的新业务应用。数字化 **PaaS** 平台在混合云架构的基础上形成统一的技术底座，在元数据层之上构建可以互联互通的低代码建模能力、大数据处理能力、多维分析能力、数据智能、AI 建模能力。

数字化 **PaaS** 平台内置 AI 建模能力，结合大数据处理、数据增强

分析技术形成解决方案，帮助企业落地大数据应用。由此，在 PaaS 平台上创建业务应用时，可以使用通用的引擎能力进行快速组装。



来源：中国信息通信研究院

图 2 基于数字化 PaaS 平台的技术架构

将各种底层能力内化、融合与打通，并在此基础上构造可拼装、可组合的能力组件，形成统一部署架构和运维机制，在混合云架构上持续成长是未来数字化 PaaS 平台的技术发展方向。

打造极致的用户体验。随着数字技术的发展和业务系统的完善，企业数字化转型的重心已经从注重交易转移到提升客户体验上。通过优化每个互动触点的使用体验，把用户从价值交换者转变为价值共创者。

数字化 PaaS 平台提供了客户自定义首页、表单页面设计、图表分析、社交化交互、数据增强分析等面向终端用户的能力，由 PaaS 平台制作而成的用户终端页面都是高度可配置，面向每个用户自定义其个性化视图与工作台。结合业务场景融入数据驱动，提升可配置可扩展的用户体验。

建设开放的生态平台。数字化 PaaS 平台具备“开放平台”特性，将企业自身数字化服务与外部生态相结合，将生态伙伴的 SaaS 服务

与自身 SaaS 服务相互融合，给企业再次深度创新创造条件，形成在线的数字化生态优势。

数字化 PaaS 平台作为数字化转型的核心，需要提供标准通用、易于接入的开放平台，既可以接入到社交化生态中，也允许商业合作伙伴通过标准开放平台更容易地实现到互联互通，紧密协作。

内置集成的多方系统。基于专业应用系统解决专业需求的原则，未来 IT 架构一定是由多个来源的专业服务共同协作构成的，一部分由外部接入，另一部分则是在企业数字化 PaaS 平台上自建而成。如何利用已经运行多年的 ERP 系统、多个系统之间的数据打通与集成都是企业数字化转型中非常现实的问题。

数字化 PaaS 平台中内置集成平台，可以快速配置数据映射、数据路由，在适当数据量的情况下，通过轻量级的部署进行实时的数据集成；在数据量大的情况下，利用大数据平台进行数据处理。由数字化 PaaS 平台创建的应用通过元数据层，拥有原生的数据集成能力，在实践中会大大减少数据集成的工作量与不稳定性，PaaS 平台中的集成平台会更多担任企业中数据总线的作用。

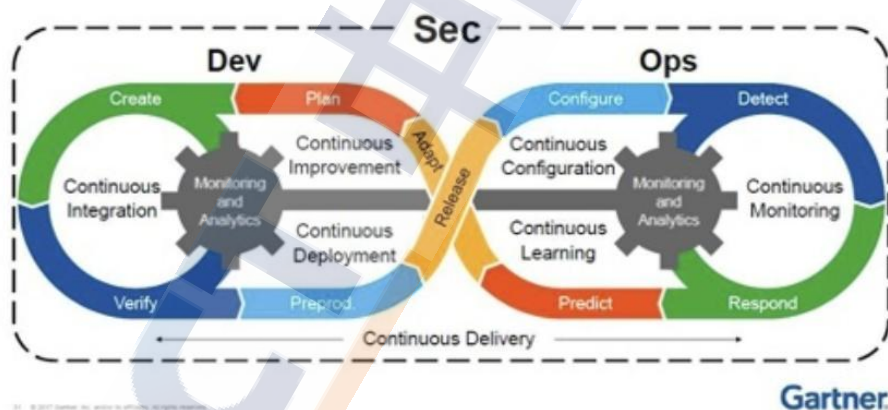
依托 PaaS 平台提升系统的安全性；在开发过程中，依托 PaaS 平台来设计提升系统安全性的解决方案是未来发展趋势。

3. DevSecOps 开发理念兼顾系统安全和灵活应用

DevSecOps 的全称是 Development Security Operations，在软件开发生命周期的每个阶段自动集成安全性 - 从最初的设计到集成、测试、部署直至软件交付。

数字化 PaaS 是所有应用程序的技术底座，应用程序在 PaaS 平台上被快速生产出来的同时，需要确保其安全性，因此，在研发 PaaS 平台的时候，就需要基于 DevSecOps 的思想来控制整个平台体系的安全性。

相比 SDL（Simple Direct Media Layer 开放源代码的跨平台多媒体开发库）的瀑布模型，DevSecOps 更偏向敏捷模型，不再是业务开发完成后进行安全测试，研发、测试和部署同时进行。在 DevSecOps 中，安全责任不再由团队来兜底，而成为每个人的责任。安全意识被柔性地嵌入到开发及运维流程中，安全自动化能力的提升解决了人员成本过高的问题，解放出来的人力专注于安全运营，处理在流程中遇到的问题。



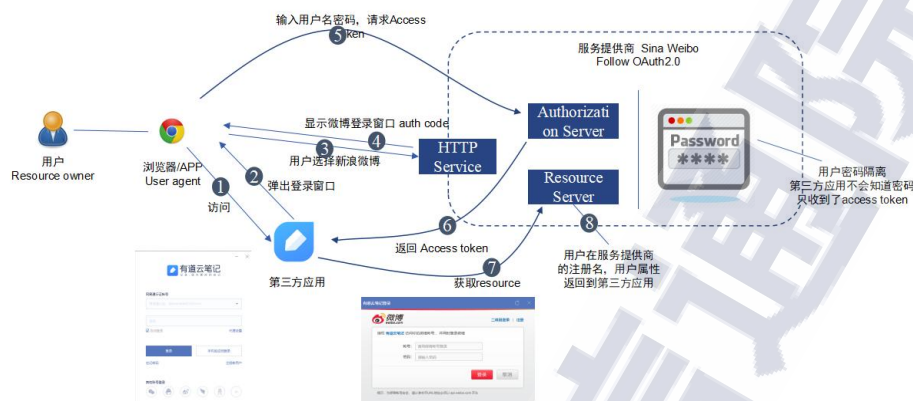
来源：Gartner

图 3 Gartner 的 DevSecOps 持续交付流程

企业必须高度重视安全措施，并融入到研发流程中。在 DevSecOps 理念指导下开发出的 PaaS 平台，才能保证运行在平台之上业务应用的安全性。

在信息化时代，单一登录是企业内部身份认证的主要场景。进入

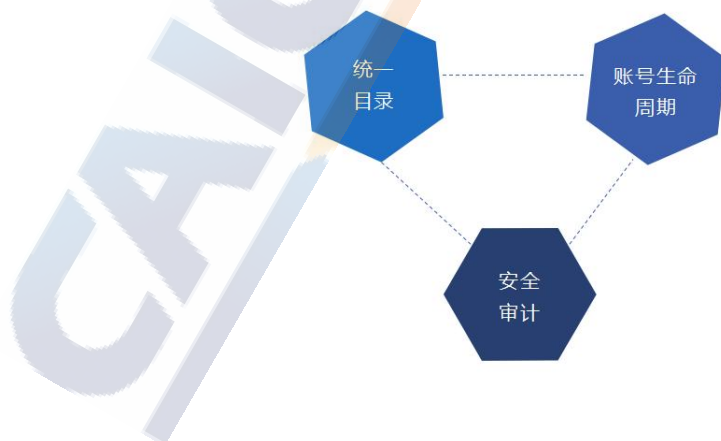
SaaS 时代，这个技术满足不了企业在混合云架构下所需的用户鉴权于授权分配的安全性，IDaaS 应运而生。



来源：中国信息通信研究院

图 4 用户如何通过新浪微博的认证 Server 登录到有道云笔记

IDaaS 就是云时代的身份和访问管理 (IAM)，它们之间的关系：IDaaS 等于 SaaS 和 IAM 两者的集合。提供 IDaaS 的公司既可以作为身份提供商 (IDP)，也可以作为服务提供商 (SP)。所以可以将 IDaaS 理解为是一个服务平台，客户使用提供 IDaaS 服务相关的产品，例如单点登录，智能多因素认证，来实现云时代所需的既安全又高效的身份和访问管理功能。



来源：中国信息通信研究院

图 5 IDaaS 平台的三大模块

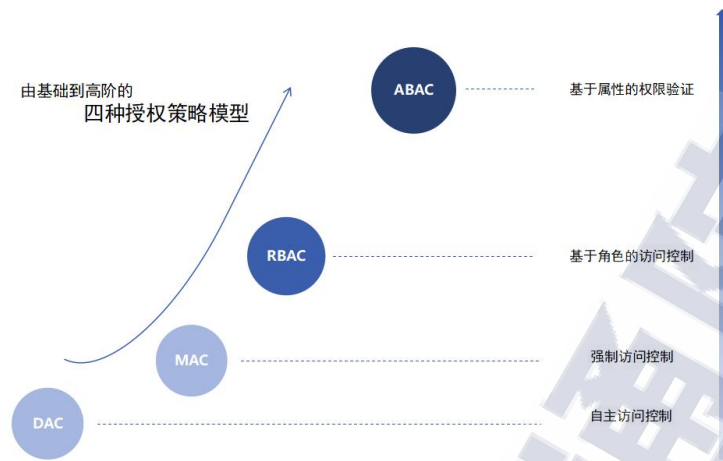
一个典型的 IDaaS 平台拥有统一目录、账号生命周期管理、安全审计三大模块共同作用，在混合云架构下部署，适配企业中复杂多样的既有应用和认证系统，打通企业用户认证与授权机制。对于企业内部关键的业务系统、财务、人事系统，权限控制更是至关重要。IT 系统中的授权模型，总体上可以分为四个层级：

DAC（自主访问控制）。最典型的就是微软的 NTFS 文件管理系统的权限设计。DAC 最大缺陷就是对权限控制比较分散，不便于管理，比如无法简单地将一组文件设置统一的权限开放给指定的一群用户。

MAC（强制访问控制）。就是按照密级来进行访问控制。MAC 非常适合机密机构或者其他等级观念强烈的行业，但对于类似商业服务系统，则因为不够灵活而不能适用。

RBAC（基于角色的权限控制）。该模型的核心是在用户和权限之间引入了角色的概念，这种设计取消了用户和权限的直接关联，改为通过用户关联角色、角色关联权限的方法来间接地赋予用户权限，从而达到用户和权限解耦的目的。

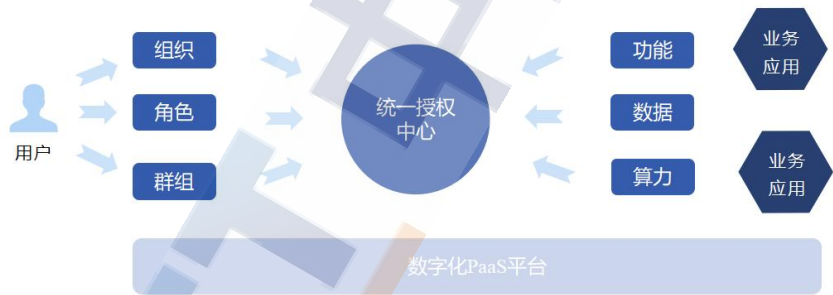
ABAC（基于属性的权限验证）。通过用户属性进行访问控制是最强大的权限策略，利用预定义的规则来决定用户能访问何种资源，而不是通过角色定义来转换。目前业内领先的权限管理系统都是由 RBAC 和 ABAC 策略相结合来实现的。



来源：中国信息通信研究院

图 6 四种授权策略模型图

统一授权中心：在 PaaS 平台上，将 RBAC 和 ABAC 的授权策略相结合，建立统一的授权中心，按照业务需求管理整个企业的所有资源（菜单，页面，数据，算力等），是未来权限发展的主要方向。



来源：中国信息通信研究院

图 7 基于数字化 PaaS 平台的统一授权中心

数字化 PaaS 平台提供统一授权中心的功能，在进行了统一用户身份认证之后，各个业务系统同样也不需要关注如何授权，统一授权中心可以控制系统内“资源”的访问权限。系统资源包括功能资源（菜单，页面，按钮，字段等）、数据资源（业务数据行，通过行级安全性控制数据资源）、算力资源（系统中可以调用到的批量处理，后台

程序，GPU 资源等）和其他系统资源，都可以在授权中心中进行管理和精细控制。

按照规则授权：基于 RBAC+ABAC 的设计思路，统一授权中心需要支持以属性来定义授权规则的方案。例如，用户 A 是某二级部门的负责人，此时根据系统预定义的数据权限规则，用户 A 可以访问此二级部门下的所有数据，包括属于这个二级部门下的三级、四级部门。

集团公司分级授权：对于集团型的公司，由于系统和组织的复杂程度，授权工作需要从多个维度展开。针对不同的组织视图，在不同级别上建立分级管理员的角色，不同分级管理员在不同的组织视图、组织层级上进行分公司级别的授权工作。

统一授权中心+IDaaS 平台，内置在高安全性的数字化 PaaS 平台，三者共同作用，满足企业数字化系统应用中的安全保障。



来源：中国信息通信研究院

图 8 数字化系统应用的安全保障

在 PaaS 平台上构建的业务应用安全性更高，这是因为 PaaS 平台本身的高安全性屏蔽了很多潜在威胁。结合 PaaS 平台内置的访问中

心和鉴权方案，企业用户在根据业务需求构建 IT 系统的时候，不用特别考虑安全问题。

4. 人机交互智能化将不断推高用户体验

智能化的用户体验：计算平台和技术的演进是人机交互方式最主要的推进要素之一。随着信息化、智能化水平的提高，人机关系发生了重大变化，同时也为产品用户体验的研究带来新的机遇和挑战。

科技推动人机交互体验从功能化、人性化到智能化方向发展，从代码化精准式 CLI（Command-Line Interface），到隐喻交互探索式 GUI（Graphic User Interface 图像化用户界面），再到直接交互自然式 NUI（Natural User Interface）的方向发展。



来源：中国信息通信研究院

图 9 人机交互演进历程

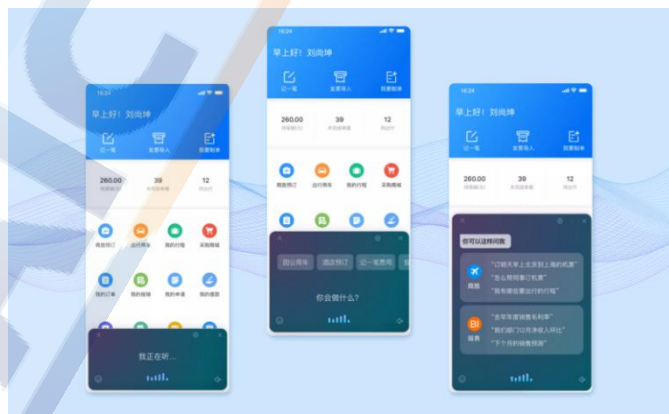
在传统的人机交互中，人与机器（包括基于计算技术的产品）之间的关系基本上是一种“刺激-反应”的关系，即两者间的“反应”按顺序地取决于另一方的“刺激”（输入或输出）。

基于 AI 等技术的智能系统具有不同程度的状态感知、实时分析、自主决策、精准执行、学习提升等能力。在人机融合中，人和机器的

关系则是合作的关系。这种合作表现在以人脑为代表的生物智能（认知信息加工能力）和以计算技术为代表的机器智能（人工智能）通过深度的融合来达到职能互补，人和机器在感知、分析、推理、学习、决策等多个智能水平上互相协同合作，从而实现系统的整体优势。

多端协同是指两个或以上设备发生联系并相互协作完成任务的方式。随着多终端的发展，随之而来的问题是我们如何将众多的设备有效协同，发挥各自优势，更好地为用户服务。基于场景和设备属性设计的多端协同将更加注重其合理性、体验性和高效性。

传统的界面交互一直是人与计算机交互的主要方式，但其与生俱来的缺陷在于必须依托可视化的界面与用户交互。设计隐喻的偏差、人机语言的差异和信息传输的延迟等都可能让界面交互变得不那么自然。伴随着物联网时代的来临，计算设备与环境逐渐融为一体，无界面交互成为人机交互的重要趋势之一。最常使用的多通道交互技术包括语音识别、图像识别、手势识别、视线跟踪、触觉通道、生物特征识别技术和人脸表情识别技术等。



来源：中国信息通信研究院

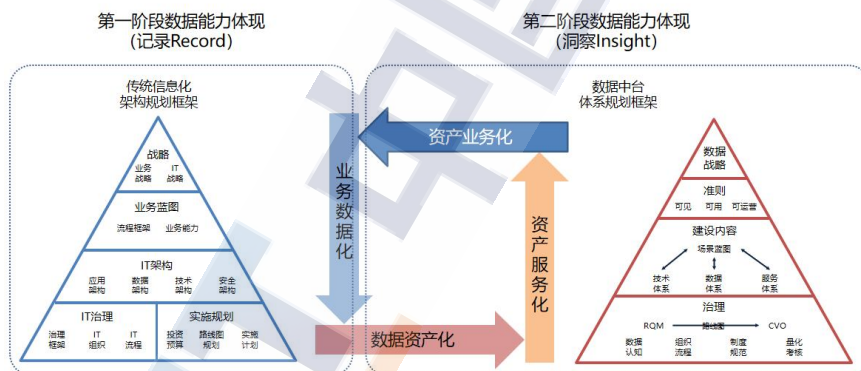
图 10 智能语音助手

在智能化趋势下，企业如何布局以及进行产品规划，进而提高产品用户体验，将是决定企业未来市场竞争力的核心要素。

5. 数据中台将成为激活业务价值技术平台

数据中台已经成为企业数字化转型的基础技术平台，将在夯实数字底座，支持灵活应用方面发挥更大作用。

以数据中台构建企业转型技术体系：在信息化建设过程中，企业建设了多样性的系统，产生了多源异构数据，导致“数据孤岛”、“数据烟囱”，底层数据无法产生连接；缺乏标准的数据资产体系，数据价值得不到释放。数据中台构建了一套高效可靠的数据资产化体系和数据服务能力，促进企业敏捷式创新。



来源：中国信息通信研究院

图 11 数据中台提升企业数据能力

数据中台是在企业数字化转型过程中，对各业务单元业务与数据的沉淀，构建包括数据技术、数据治理、数据运营等数据建设、管理、使用体系，实现数据赋能。作为支持企业多业态、全渠道、全终端，同时连接财务、生产、供应链等各种后台系统的数据中台，会先一步成为企业数字化建设的核心。

数据已经被公认为是企业最有价值的资产。企业不仅利用数据做出更明智和有效的决策，还能以此提供更好的产品和服务、降低成本、控制风险，获得竞争优势。数据中台则为数据资产管理提供支撑，实现“业务数据化、数据业务化”。

数据中台在帮助企业实现数据资产化的过程中，提供了丰富的功能，包括数据治理功能，如数据安全、数据标准、主数据管理、数据质量管理、数据标签管理、元数据管理等功能，提供了数据存储功能，比如数据资产门户，数据资产地图，数据资产管理等功能，提供了数据处理功能，比如离线计算、实时计算等功能。



来源：中国信息通信研究院

图 12 数据中台助力数据资产化

数据中台帮助企业建立统一的数据服务体系，统一管理所有的数据 API，通过数据服务将数据业务化，激活数据的业务价值。

服务管理平台使用RESTful API，通过规范化、标准化的API接口，降低系统间耦合，充分复用已有的数据资产，避免重复开发造成的资源浪费，快速对业务赋能。



来源：中国信息通信研究院

图 13 统一的数据服务体系

数据中台将企业的基础主数据、各系统业务数据、运营数据、用户行为数据、运维监控数据以及外部的互联网数据进行全域统一管理，通过数据集成、数据清洗、数据挖掘、数据服务等过程，为企业打造坚实的数据底座，形成企业的数据资产。通过业务数据化、数据资产化打破数据孤岛，降低使用数据服务的门槛，搭建技术与业务的沟通桥梁，推动数据与业务场景的融合，赋能业务创新发展。



来源：中国信息通信研究院

图 14 数据中台是数字化转型的技术基础

（二）以泛在连接加速数据资产沉淀

在线连接的交易与协同：更趋全球化的供应链增加了企业采购流程遭受冲击和破坏的风险，即使很小的失误和误判也会产生重大后果。新冠疫情让无数企业陷入动荡，严重影响了全球供应链的正常运行。企业采购和供应链管理部门该如何评估和处理潜在风险，并在不稳定的全球环境中持续保持供应链的灵活和弹性运行。

1. 打造全渠道的供应链网络体系

以客户为中心

以满足所有渠道的客户需求为设计全渠道供应链的起点。

渠道网络和生态系统

供应链网络提供所需的速度和灵活性，充分利用信息以及合作伙伴的资源 and 能力。

端到端(E2E)规划和信息流共享

关键信息流可在正确的时间、正确的地点、实时访问，以根据客户的期望灵活调整。



全渠道交易履行的节点运营

在管理复杂性的同时，确保具有竞争力的成本结构和可靠流程运营能力。

全链路数字化和过程自动化

利用端到端价值链上可用的全链路数据、分析和供应链系统的关键技术，包括生态系统合作伙伴。

风险控制 and 持续性

整合财务和运营分析，让教育链条具有可变应急计划和策略的网络集成。

来源：中国信息通信研究院

图 15 全渠道供应链网络的六大基石

制定以客户为中心的供应链战略就是将供应链管理与客户关系管理结合起来，让供应链服务商站在客户的角度思考问题，将客户视角融入供应链管理的方方面面，包括供应链战略目标、客户的期望和支持、产品组合和复杂性管理，以此推动实现卓越的供应链体系。

企业和供应商的互动方式主要是基于供应商管理和合同履行完成，缺乏真正的洞察力或平台集成。未来，企业不仅仅基于合同服务水平协议(SLA)提高与供应商的过程管理水平，还要确保有能力为终

端客户带来创新服务，从而建立更有成效的渠道网络和生态系统。

供应链的可见性和信息共享不仅仅指企业对自身供应链和发货信息的可见性，还意味着合作伙伴之间的可见性，使协作决策更贴近客户的需求。比如需求规划、库存管理、供应和补货计划、销售和运营控制、分布式订单管理等。

覆盖全渠道的交易履行节点运营是确保供应链健康运行的重要保障。如何在更复杂的环境中实现高效的仓库管理，利用自动化技术提高速度、质量和效率，如何以高效管理退货，优化整个订单逆向流程等等。

在信息丰富、连接比以往任何时候都更加重要的时代，大部分公司的供应链管理人员仍然将信息共享列为他们最大的管理挑战。尽管现在有了更多的信息，但有效获取、管理、分析信息，并提供给企业决策的时候依然捉襟见肘。需要部署基础软件、制定数据策略和分析策略、提高流程管理自动化水平。

风险管理成为企业的第二大挑战，超大体量的企业供应链风险甚至超过了客户需求对成本的挑战。大部分企业认同风险管理的重要性，但在方法上存在分歧，需要进一步沟通，达到共识，以确保业务的可持续性。

2. 实现更智能的在线交易与协同

弹性供应链网络将整个在线交易、供应链连接起来——不仅仅是客户、供应商和一般的 IT 系统，还包括零件、产品和其他用于监控供应链的智能装置，广泛的连通性将使全球供应链网络能够共同规划

和决策。

更智能的数字化协同能帮助企业对无数替代方案进行评估权衡，模拟各种行动过程。智能系统在没有人参与的情况下，自己学习和做出决定。当中断发生时，它可能会重新配置供应链网络。通过模拟交易过程获得生产、分销和运输等流程的评估预测，用于决策和分析。

更智能的供应链将在整个产品生命周期中与客户协同和互动——从研发、日常使用到产品报废，从源头获取需求信号——从货架上拿下来的商品、离开商店的产品或显示磨损迹象的关键部件。通过及时的数据分析，他们可以越来越精细划分客户群体，并相应地定制个性化的产品和服务内容。

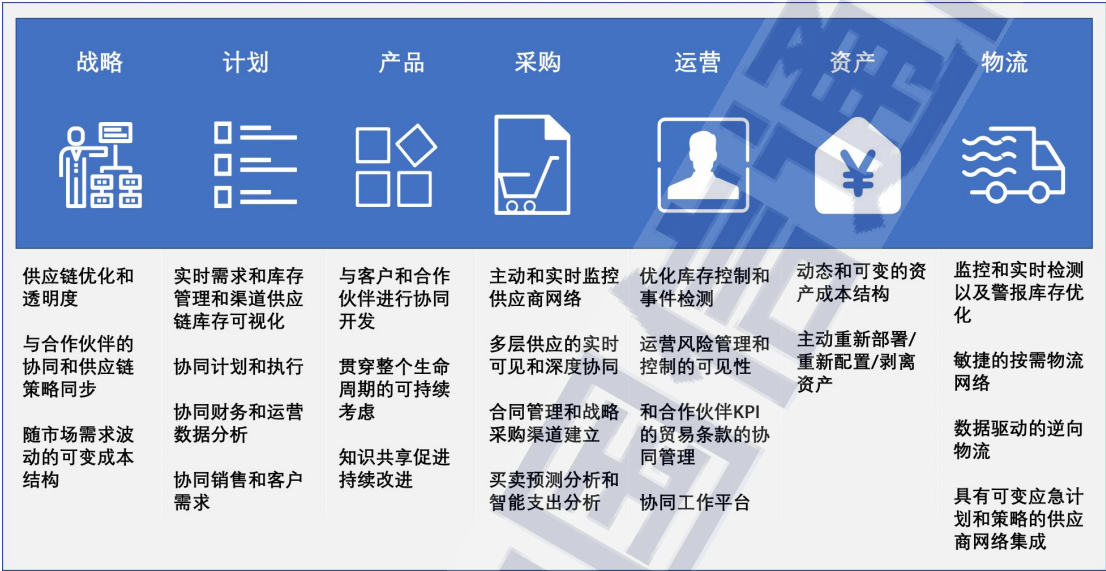
企业希望了解供应链的一切：每一批离开供应商仓库的货物、制造企业装配线上的每一个单元零件、配送中心或仓库中卸载的每一个托盘，这种无处不在的数据及时性和可共享性能产生有效的数据分析。

面向供应商、客户的多合作伙伴的深度协同平台，利用数据模型，从销售到采购的预测和分析形成闭环，实现动态供需平衡，并形成供应商 360 度评估数据。

通过合同履约的动态数据，形成供应商服务水平的评估。根据价格数据的趋势分析，帮助采购判断决策。随着需求的变化，由供应商、制造商和服务提供商组成的互联网络可以随时应对突发情况。未来供应链需要有智能建模能力，模拟不同替代方案的服务水平、交付效率和生产质量，以选择最佳资源利用率方案。

过去十年，随着供应链变得更加复杂、更多形式和相互依赖，风

险管理必须变得更加全面，远远超出任何一家企业所能控制的范围。企业规划供应链的未来路线必须使供应链战略与快速变化的商业战略保持一致，在执行战略中进行创新、互联、协同和智能，使供应链更具备可持续性、灵活性和高响应等特征。



来源：中国信息通信研究院

图 16 智能交易供应链体系

3. 实现全链路的在线生产管理

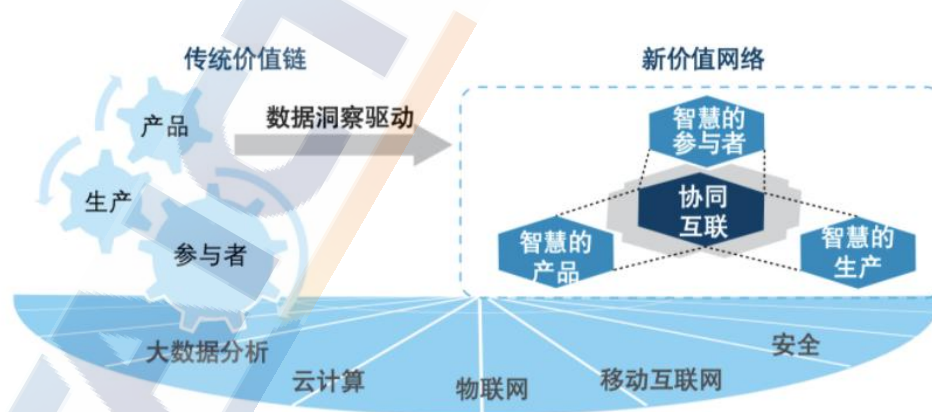
生产设备数据的在线连接与洞察：随着大数据技术、物联网技术、5G 技术渗透到企业生产的各个环节，企业所拥有的生产设备数据也日益丰富，包括生产设备状态信息如生产设备开机、关机、运行、空闲、报警，生产设备维修信息如维修时间、维修器件、维修时长、维修人员等信息，生产设备加工产品信息如产品名称、产品型号、加工开始时间和结束时间，加工数量、加工工序，加工工序的参数信息如转速、功率、温度、压力、刀具等信息。

但数据获取与分析、应用的机制并不完善，无法实时支持生产过

程的执行管控，生产效率不高，如生产设备数据不够丰富，生产设备数据资产管理滞后，生产设备数据孤岛普遍存在，生产设备数据应用不够深入等问题。需要充分利用物联网解决生产设备在线连接，实现生产全链路在线管理。同时融合数据中台技术实现生产设备数据的洞察，充分发挥数据的重要价值。

受制于企业内生产设备的智能化程度、生产设备通讯协议的开放程度、生产设备数十种的不同类型通讯协议。很多企业的生产设备品牌种类繁多，存在不同年代采购的设备，国内外厂商提供的设备数据接口各异。

物联网将各种生产设备的接口和传感器与网络结合起来而形成的一个巨大网络，实现任何时间、任何地点的设备互联互通，支持多设备、多协议、多网络的快速数据采集、存储和应用，支持各种异构生产设备实时接入，千万级生产设备数据高效并发处理，保证生产设备数据的实时在线连接。



来源：中国信息通信研究院

图 17 生产设备的网络连接

生产设备采集的数据存在标准不统一、口径不统一、非结构化数

据居多的问题，需要对数据进行预处理和清洗。数据中台能够帮助企业构建生产设备实时数据仓库，洞察设备状态、对生产过程进行实时、有效的监控，可以更精确地计算产品生产成本，保障生产计划的合理制定和有效执行。

智能 APS 高级排程系统在考虑企业产能和设备数量和种类的前提下，按照客户订单安排生产顺序，平衡生产设备和工人的生产负荷，优化企业产能，提高生产效率，缩短产品交付时间。数据中台不仅采集设备生产数据、设备状态数据、设备维修数据，同时采集制造工艺、客户订单、库存、物料等各种数据，承担数据的标准制定、质量保障、安全存储、模型设计和管理等重要工作，从而实现企业智能的生产排程。

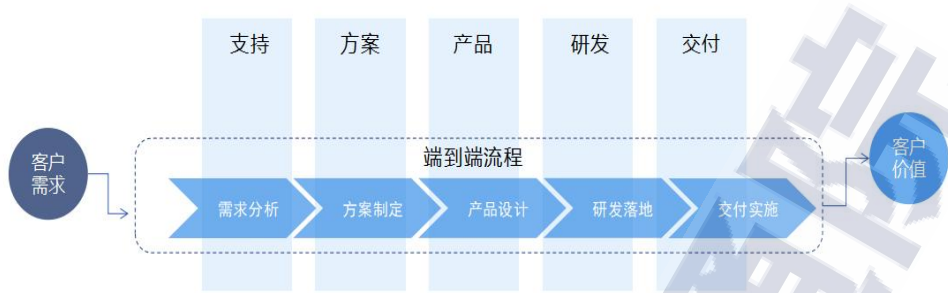
数据中台还可以将生产设备数据、销售数据、订单数据、产品研发数据、采购数据、物流数据、仓储数据等打通，形成以生产设备数据为驱动的端到端业务闭环管理能力，建立联通的产、供、销贯通体系、畅通的供应链协同流程和智能运营体系，辅助公司智能决策。

4. 构造端到端的流程建模引擎

端到端流程是一组有组织的相关活动，共同创造客户价值。流程的重点不是单个工作单元，而是关注整个活动组。当这些活动有效地组合在一起时，就会创造出客户重视的结果。

从接触客户、收集客户需求的 A 端，到实现客户价值、获取客户反馈的 B 端，端到端流程以客户价值为导向，为客户创造价值。如下图所示，端到端流程横向拉通客户需求与客户价值，是全局最优

的解决方案。

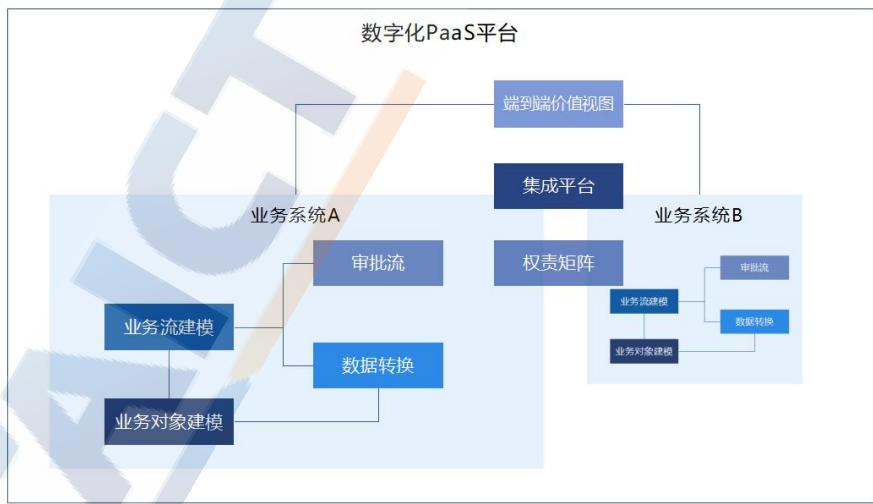


来源：中国信息通信研究院

图 18 端到端流程

业务流程数字化集中在端到端价值链下的业务流程梳理和构建，实现“一切业务在线，数据驱动业务”，而以数字化 PaaS 平台为核心建立“端到端”的业务数据流链路是建设端到端流程的核心要素。

数字化 PaaS 平台提供了低代码建模能力、业务流程建模能力、审批流能力、IPaaS 集成平台能力；业务数据从客户需求端到客户价值端的全流程，都可以在这套能力体系上进行流转与追溯。



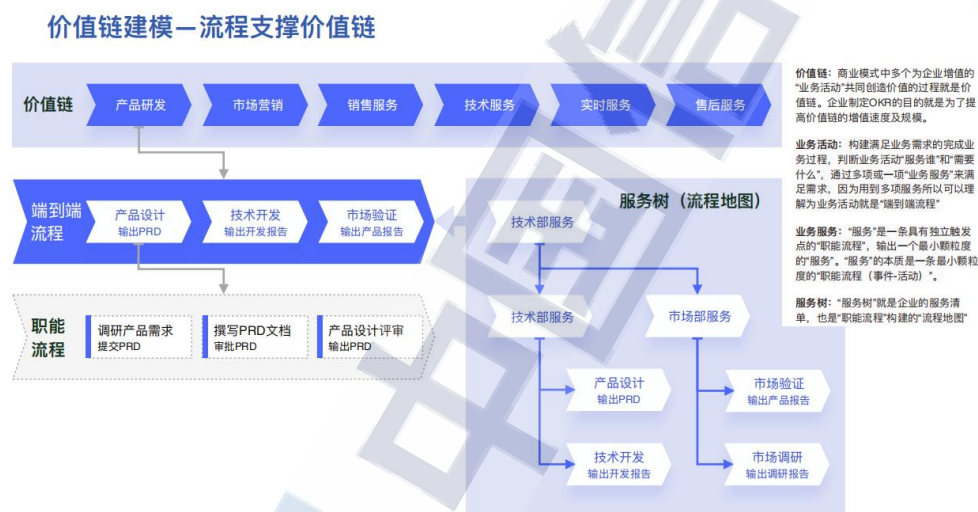
来源：中国信息通信研究院

图 19 连接不同系统的端到端流程

在企业中的各种业务，根据已经定义好的权责矩阵，需要进行审

批的业务流程，由审批流引擎来支持，系统间的数据流动由集成平台来做数据集成。基于数字化 PaaS 平台，高度可自定义、可配置的业务数据流，辅以数据链路与数据追溯是企业数字化转型的核心所在。因此，建立基于 PaaS 平台的专业、可配置的软件系统，形成高度可视化、可配置的业务数据流是下一代企业核心系统的真正形态。

企业如果没有按照端到端价值链的视角来设计智能决策系统，仅仅从 BI 工具的角度出发，是得不到最优解决方案的。



来源：中国信息通信研究院

图 20 端到端流程支撑价值链建模

用图形化模型进行端到端价值链的建模和描述：

端到端价值链可以被分解为端到端流程、价值链中的环节与流程关联，可以支持管理者查看职能流程的运行状况。图形化的自定义卡片、泳道，支持建立端到端流程的图形化展示，并与分析系统中的数据实时连接，给出端到端价值链视图。

如下图 21 所示，使用数据卡片与图形编辑能力，用图形化、数据化的方式设计企业端到端价值链，并与大数据平台上的实时业务数

据关联，可以让管理者从企业价值角度来洞悉企业经营现状，并做出正确决策。

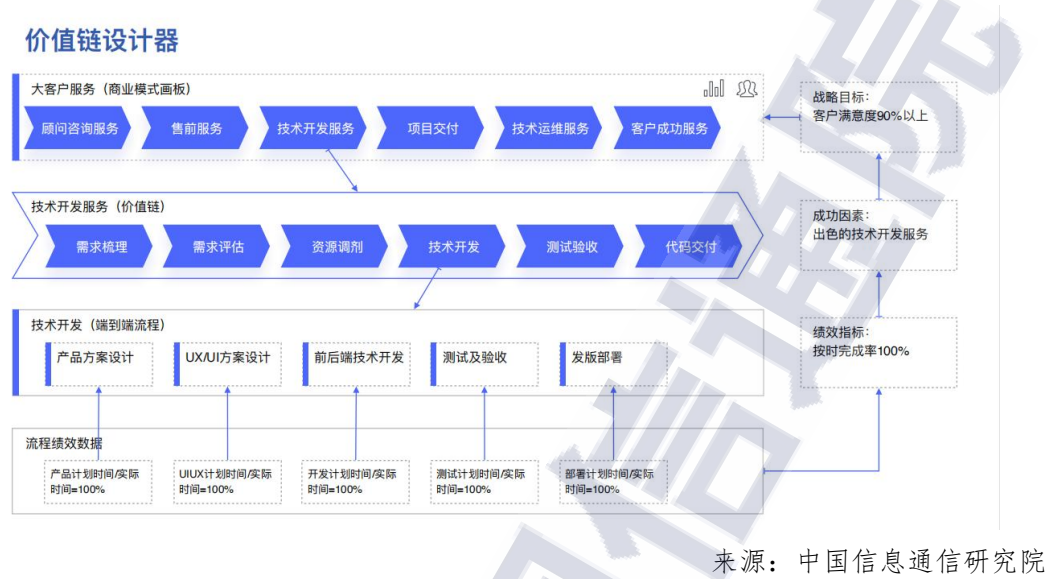


图 21 价值链设计器

企业内部端到端价值链的客观存在是企业精益管理的核心，但是如何通过 IT 系统将这部分内容清晰地表现出来，并且可设计、可管理就需要流程建模引擎能力的支持。

5. 提升人与人的在线协同效率

企业的日常运作本质就是基于事件驱动的人与人的协同，员工间的协同效率反映了企业的生命力及竞争力。在移动互联等数字技术的支持下，“去中心化”、“扁平化”成为企业组织变革的方向，通过构建一个网格化组织，提升企业的整体运营效率。

在线是基本需求，互动是中级需求，协同是最终目标。协同工具的核心价值就是实现在线、互动和协同三位一体，把数据、流程、任务、事件等结构化信息文字，与图片、语音、会议等非结构化信息相互融合，让人与人之间协同更高效。

数字化办公在很大程度上强化了人与人在线沟通、协作的“强连接”，同时弱化了人与人之间不直接相关的“弱连接”关系，带来了新的体验，提升了沟通效率。

（1）即时通讯

IM 软件已经拥有了这项基础能力，但它相对独立，纯粹提供信息传递的能力，没有企业管理基因。如果将它与企业管理软件有机无缝集成，就可以针对任何一个管理对象，比如：数据，单据，合同，等发起即时沟通，根据业务上下文快速对接协同人员，支撑建立更高效的沟通渠道。

（2）会议协同

在线会议已不仅限于支撑人员自主发起的形式，企业管理系统内应具备即时发起会议的能力，让参会者可以基于具体事件来高效展开商讨，省去会议背景及发起动因的说明及理解。



来源：中国信息通信研究院

图 22 在线会议实现业务协同

（3） 文档协同

越来越多的人享受到在线文档的福利。一方面，支持多人同时编辑调整，并利用版本追溯功能随时回退到历史某个版本下。查阅者可以实时基于某一项内容即时展开评论与讨论；另一方面，不仅限于企业内部员工传递，还可以共享至外部人员进行编辑查阅，大大提升了文档利用率和价值。

（4） 对象协同

数据、单据、合同、订单、任务、流程、事件等都可以被定义为企业管理对象。随着数字化能力不断提升，企业员工可以轻松基于这些对象快速展开沟通与协同。比如在某些场景下把核心信息精准推送给某些人，实现数找人，摆脱过去人找数的窘境，达成高效协同。



来源：中国信息通信研究院

图 23 基于对象推动精细化协同

（5） 共享协同

可以基于财务、采购、行政、人事等传统部门进行共享形态重塑，

以新的管理协同模式拉近人与人、人与事的关系。基于特有事项统一收集及按需分发工单，极致发挥出“专业的人做专业的事”效能，大大提升员工的协同及工作效率。

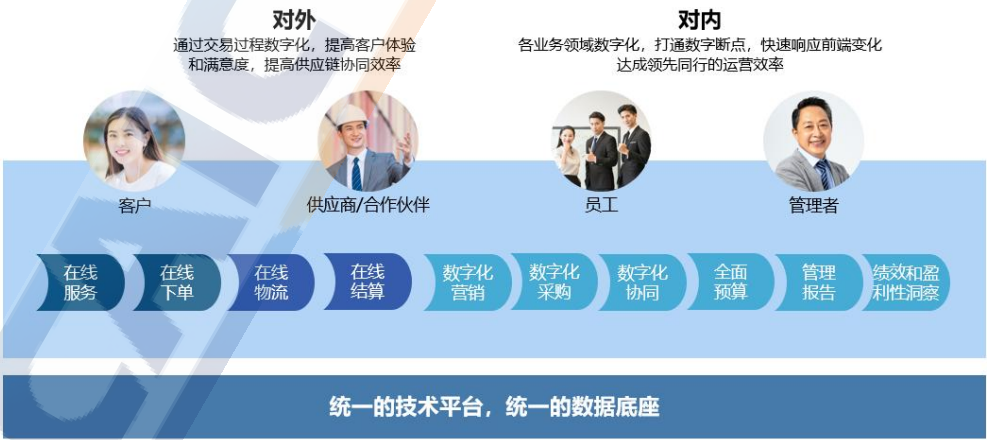


来源：中国信息通信研究院

图 24 共享是推动协同的有力手段

（6） 内外协同

打通企业外部客户、供应商，合作伙伴等的协同关系，可以应用到合同签订、订单执行、对账结算、发票开具及收取，同时联通企业管理者与员工，建立起真正面向企业外部及内部的在线协同模式，摆脱传统的协同壁垒。



来源：中国信息通信研究院

图 25 统一技术平台推动内外协同

这些协作工具可帮助企业以协同的方式无缝集成、构造和使用工具,以减少混乱或重复的工作流和警报。不仅能够提升团队工作效率,还可以改善数据质量和生成的洞察,帮助企业更好地了解和管理员工,员工从中体验到全新的在线协同模式,发挥更大的协同价值。

在未来,人与人的沟通将变得更加实时、更加扁平、更加精准、更加高效,从而带动整体工作效率呈几何倍数的大提升。

（三） 以数据技术保障实现数据价值

数据治理是实现数据价值的制度保障;数据治理是释放数据要素价值、推动数据要素市场发展的前提与基础。

1. 业务牵引的数据治理体系将成为主流

企业聚焦在数据治理的两个维度:

一是业务聚焦。针对高层关注的数据应用或当前重点应用建设项目,在应用涉及的数据范围内开展精细化治理,投入小见效快,可以在小范围内快速验证和迭代数据治理相关的方法、流程、规范,然后再复制推广,形成适合自身的数据治理工作机制。

二是在治理能力方面聚焦。不同行业、不同阶段的企业开始关注适用于自身的数据治理发展路径。如金融业注重数据标准化;地产行业则关注项目、楼栋等主数据的拉通;处于数字化转型初期的企业需要在平台建设起步前做整体的规划,提升阶段的企业则更适合对当前工作做全面评估并针对性地在部分能力域进行提升。

数据治理工作是随着数据应用的深化而逐步推进的,从建立数据平台的视角来构建统一的元数据、数据超市与数据治理理念不谋而合。

数据治理从元数据、数据标准、数据质量发展为一个包含数据模型、数据服务、数据应用、数据生命周期的完整体系。选择把数据平台建设 with 数据治理整合在一起规划和建设的数据中台模式成为企业的通行做法。

数据治理作为企业实现数字战略的基础，也是人工智能应用的基础。以机器学习为例，大数据样本是机器训练的基础，数据治理为机器学习技术的应用提供高质量的合规数据。同时，数据治理需要业务人员、技术人员与数据治理专业人员持续地协同工作，随着数据量、数据复杂度以及系统架构的爆发式增长，企业需要越来越多地持续投入治理成本。

在人工智能技术不断进步和应用实践不断积累的推动下，未来数据治理体系和理念必然发生变化，两者融合是未来发展趋势。

数据已成为国家战略性资源，并作为新型生产要素写入中央关于要素市场化配置的文件中。2020 年 3 月中共中央国务院在《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》中指出：“提升社会数据资源价值。培育数字经济新产业、新业态和新模式，支持构建农业、工业、交通、教育、安防、城市管理、公共资源交易等领域规范化数据开发利用的场景”。

数据资产价值评估是量化数据资产价值的有效方式，推动企业持续投入资源开展数据资产管理，为企业参与数据要素流通奠定基础。定价是市场交易的关键，在数字经济发展的浪潮下，无论政府、企业，都在积极探索并实践数据资产的价值评估。

在数字经济的应用场景下，数据只有在流通中才能充分发挥其价值，而数据流动又必须以保障数据安全为前提。传统的信息安全往往追求将数据放在一个封闭的环境中，这种片面的做法只能理解为是一种简单的保证数据的“防窃取”，而当下，数据共享是发展趋势，数据安全应该包括防止数据被窃取、被滥用、被误用，同时充分的将数据的“保密性”、“完整性”和“可用性”这三个重要的数据指标考虑进去。

《数据安全法》、《个人信息保护法》的颁布和实施为规范数据处理活动、保障数据安全和个人、组织的合法权益奠定了法律基础，同时也对组织的数据安全治理能力与个人信息保护能力提出了更高的要求。随着越来越多的企业进入数字化转型阶段，数据的安全合规问题越发突出和普遍。未来数据安全将受到越来越多的关注。

内存多维计算引擎大幅提升数据处理性能：企业大数据的核心价值就是企业在对于海量数据进行收集、存储和分析之后，提高运营效率，挖掘业务价值，并为企业未来发展战略提供支持，实现企业整体竞争力的提升。

日常经营管理产生的数据是企业大数据不可或缺的一部分，而且只有全面的、相互关联的数据才能发挥价值。针对这些具有高复杂性计算，需要实时性、多视角观察的数据信息，采用 MOLAP（多维分析型数据库）数据库是一个非常合适的选择。

2. 混合型数据库将成为数据技术发展方向

多维数据库需要更多维度的元数据频繁访问，数据存取 I/O 和实

时计算速度至关重要。随着内存成本降低、内存空间越来越大，使用内存读取、存储、复杂计算等操作大大加快数据库处理速度，内存计算与 MOLAP 多维内存数据库技术的融合是一个必然选择。

多维内存数据库采用在内存树上存储元对象模型及部分存量数据，无需存储录入数据，只需要读取存储在内存中的存量数据即可。内存中存量数据也采用各种数据压缩算法减少内存占用率，节省内存空间。在进行沙箱测算时，可在几秒、十几秒内就可计算出模拟结果，用于目标试算、模拟利润分析、投资回报试算决策场景，符合数据分析敏捷化、业务化、前瞻化的发展趋势。

多维内存数据库获得了更高效的复杂计算能力，其主要性能瓶颈就是内存存储的布局方式，分布式内存存储是提升计算性能的有效方式之一，但同时需要解决事务一致性问题。

在非分布式内存存储方式中，多维内存数据库也可以针对专业的业务场景，为用户提供专业的计算公式或简单的规则函数，就可以在计算脚本中轻松调用，实现用户的特殊计算作业任务。例如计算投资回报率，或计算投资的净现值和收入等。利用内存多维数据库提供专业场景的专业计算服务将激发更大的应用需求。

由于 MOLAP 特有的 CUBE 模型机制，多维内存数据库让用户轻易地在多个维度之间切换，从而通过旋转 CUBE 立方体模型，从不同视角去快速查询所需要的业务数据信息。多维内存数据库不断强大的数据建模能力可以使用户在做出某项决策前从不同角度参考更多信息，使用决策变得更加准确和可靠。

由于多维内存数据库以内存作为主要的存储形式，因此当系统出现问题后，记录在内存中的数据很容易造成丢失。HA（主备容灾）机制和集群技术更加成熟，多维数据库可以同时公有云、私有云或混合云上进行主备容灾和集群部署，解决内存记录容易丢失等问题，实时保障用户业务在一种安全可靠的环境中稳定运行。

混合型数据库（HTAP）融合了 OLTP 交易型数据库的优点和 OLAP 分析型数据库的优点，让企业可以同时满足这两类业务对数据库技术的需求。HTAP 既结合了多维内存数据库以面向分析型为主的 OLAP 数据库模型，又可以结合 OLTP 的业务特点，打破 OLTP 和 OLAP 之间的隔阂。既可以应用于事务型数据库场景，亦可以应用于分析型数据库场景，实现实时业务决策。

多维内存数据库构建以 OLAP 分析型数据库为主、OLTP 为辅的 HTAP 数据库模型架构，具有显而易见的优势：不但避免了繁琐且昂贵的 ETL 操作，还可以更快地对最新数据进行分析。而快速分析数据能力是成为未来企业的核心竞争力之一。

数据智能成为企业数据应用新模式：数据智能利用信息技术与人工智能技术，对海量数据进行挖掘、分析、处理，从中提取有价值的信息和知识，通过工程化的方式建立数据驱动决策模型，解决实际问题的能力。

企业应用数据的行为具有一致性，都是“获取数据，进行分析，进行决策”，本质是“人、数据、决策”三者的关系。管理者与员工可以更便捷地访问数据，实时掌握数据异动风险，并通过增强型数据

分析辅助商业决策的过程。企业未来数据分析场景，需要用到下面这些关键技术能力。

3. 数据智能助手将成未来企业的必备工具

通过自然语言查询（NLQ），用户可以用“人话”来向系统提问，在理解用户的数据查询、数据分析意图后，会自动从数据库中查询到对应的数据进行展示。

自然语言查询提供了比敏捷 BI 更加简单易用的交互模式，业务用户不用再学习复杂繁琐的 BI 工具操作方法，直接通过向系统提问的方式即可获得想要的信息。同时数据分析的范围不再被限制在有限范围的数据看板上，可以对全部数据库中的数据进行灵活的查询、筛选、运算。在与 ASR 语音识别技术结合使用时，用户可以用语音来驱动数据查询，解放双手。自然语言查询技术，为企业更快捷、更轻松地探索数据提供了支持。

自然语言生成是自然语言处理技术（NLP）的分支，可以视为反向的自然语言理解，主要是将信息转化成为自然语言的描述，让人可以更好的理解信息。

在自然语言生成（NLG）技术的支持下，可以自动生成查询问题的答案，对数据进行更为丰富的文本描述，用来展示自动化数据分析产生的结论。在引入知识库以及垂直领域的事理型知识图谱后，可以处理更为复杂的场景，比如：自动生成业务运营报告、财务分析报告等。在自然语言生成技术的帮助下，用户更易于发现数据中的关键信息。

通常人工智能更擅长做的事情是通过机器学习构建黑盒算法模型对 y 进行预测，但数据动因解释则正好相反，需要从已知 y 的变化中得到贡献最大的因素。这需要用到可解释的人工智能技术（Explainable AI），主要包括三部分内容：基于数据的可解释性、基于模型的可解释性、基于结果的可解释性。

在进行数据分析时，解释数据变化的原因是最常见的业务场景。分析人员希望找到关键影响因素，制定行动方案，优化业务决策。通过构建业务逻辑构造面向业务分析场景的知识图谱、特征工程进行业务建模，从多维度、多指标中找到影响数据变化的核心因素与主要因素。比如，时间序列归因，解决“本月收入减少的原因”；进行预实归因，解决“本月收入未实现目标的原因”。

通过数据智能洞察帮助分析人员快速完成海量数据的自动化分析，从中提取出有价值的键信息。数据智能洞察包含如：异常数据检验、聚类离群点检验、周期性检验、转折点检验等多种数据异常检验算法。在数据智能洞察的帮助下，业务用户仅需要点击下鼠标，就可以从海量数据中获取有价值的信息，同时基于数据间的内在关联，可以将挖掘出来的离散信息，自动按照数据分析的主题，生成数据报告。

人类大脑更擅长对图像进行处理，智能数据可视化，可以自动将密密麻麻杂乱无序的数值变成精美的数据图表，从而帮助用户更高效的从数据中获取键信息。通过识别数据的特征来推荐最合适的数据可视化图表类型，比如对于时间序列数据集推荐折线图、对于区间分

布数据集推荐柱状图、对于占比分布数据集推荐饼状图。除此以外，还能在图表上标识出需要重点关注的信息，比如：在时间序列上面标识出合理的运行区间、超出区间的异常值，

数据智能助手把数据查询、数据分析的能力赋予企业的数字员工，给全员企业提供 7*24 服务。通过自然语言驱动的数据查询，为“人找数”场景搭建了无门槛的通路。其次，通过数据预警，为“数找人”场景提供了实时精准推送的渠道。最后，基于数智算法建立的归因分析、预测分析、洞察分析，只需要一次点击，即可帮助业务用户从海量数据中快速得到有价值的信息。

（四） 以数据驱动提升企业决策能力

数据驱动是一种由数据主导驱动，而不是由人的直觉或者经验来推进的状态。数据驱动意味着管理的视角和资源将发生根本变化，需要管理者从数据的产生、加工、应用的角度，把数据作为一项生产资料的前提，去思考和优化现有的业务模式和流程，让数字技术与企业资源、商业模式、流程和业务紧密结合，实现创新和盈利提升。

数据驱动对企业经营管理的价值：大中型集团企业对管理即时性、可及性、穿透性、前瞻性和可落地性等方面提出了非常迫切的需求，而打造数据驱动的管理应用能够极大赋能企业管理者，尤其在企业的预算管理和风险管理中，表现得更为明显。

1. 企业决策由被动响应转向主动服务模式



来源：中国信息通信研究院

图 26 企业决策的演进方向

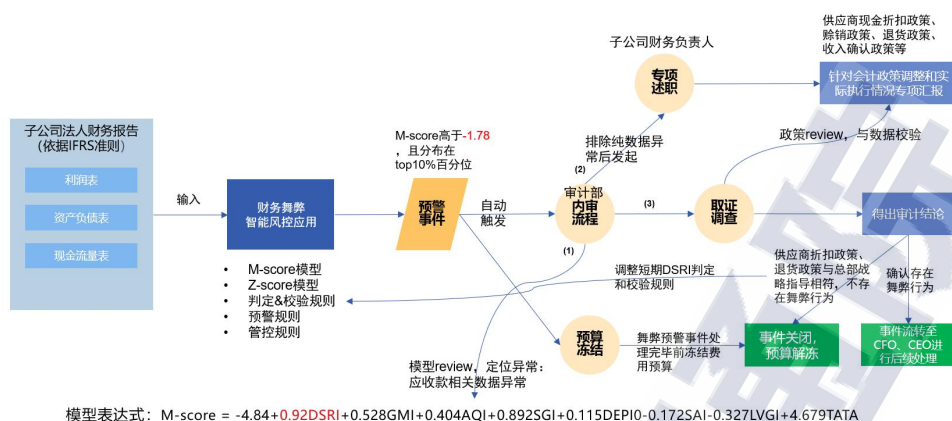
如图 27 所示，数字时代的预算管理形成智能化系统闭环，从企业决策被动到主动，向智能化的线上高效协同的方向发展。



来源：中国信息通信研究院

图 27 预算管理的智能化系统闭环

风险管控从事后到事前，向风险量化和智能决策方向发展。



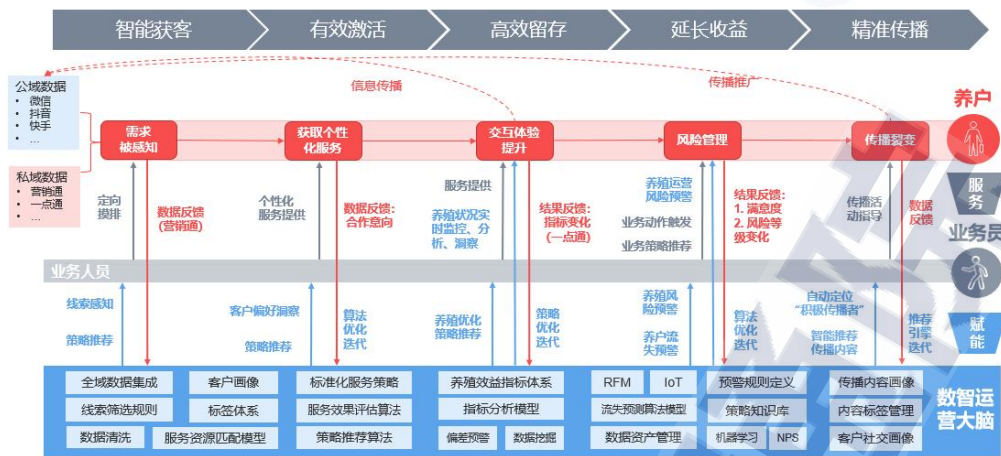
来源：中国信息通信研究院

图 28 企业风控逐步前置、量化、智能化

2. 数据驱动的层次提升促进企业盈利能力

数据驱动的层次提升，对企业的盈利能力，运营效率的提升是显著的，可量化的。埃森哲在其 2020 年做的一份面向高层管理的调研报告中，对企业的运营成熟度也进行了类似的划分：稳定、高效、预测和未来级。每提高一个层级，企业运营效率将增加 7.6%，利润率提高 2.3%。未来级，即达到融贯层次的企业盈利能力高于其他组织 2.8 倍。

通过构建企业数智运营中心（IOC），并作为企业的智慧大脑，能够让企业实现数据驱动管理，提升企业数据驱动的层级，释放企业数据的价值。整体而言，IOC 将帮助企业建设即时感知、前瞻洞察、科学决策、高效闭环、智能监管的企业新型治理形态。



来源：中国信息通信研究院

图 29 数智运营中心（IOC）成为企业智慧大脑

3. 监控决策指挥系统是企业敏捷决策基石

建设数据监控、决策和指挥体系：监控决策指挥体系是企业的天眼、智慧大脑和神经中枢，能全面观察、感知、认知企业内外部价值信息，将信息进行合理的整合与连贯，做出正确的判断，根据判断做出正确的决策和行动部署，驱动组织机构一次次高效的完成整个决策循环，建设敏捷决策型组织。

作为驱动企业智慧运营的核心部件，监控决策指挥系统引导并驱动管理层，在面对不确定性时能快速做出正确决策。

体系中的监控中心作为企业的“天眼”，对企业内外部环境进行全面的信息监控、侦查、感知，提供全面的、实时的价值信息收集，给决策层呈现完整的信息反馈。梳理和连贯有价值的信息，结合丰富的专家知识库经验，做出专家级的态势判断，给管理层提供导向性的价值结论。

依据观察到的信息和对信息的判断，给管理者提供多样化的决策

方案供其选择，并能对不同的方案给出专家级的方案建议和结果评估。精准调度一线的执行单元，一线执行也能快速响应指挥指令，快速执行，确保无延误、无误差地指挥动作执行，精准又快速地完成动作。

监控：监控的职能对应决策循环中的观察阶段，负责对自身信息的全面了解，做到知己；负责对外面竞争对手信息的侦查，做到知彼；负责对外部环境的全面认知，对影响决策的天时地利人和信息进行全面清晰的认知，做到环境优劣形式的全面掌握。

决策：基于对观察阶段信息的整合梳理，将观察到的信息进行连贯，做出正确的判断并依据自身的目标结果导向，做出正确的决策。

指挥：通过精准的指挥，快速的调动，执行决策的部署，确保执行的无延迟、无误差，指挥联动，高效协同，指挥体系是正确决策执行落地的关键一环。

智能化监控决策指挥体系是以监控决策指挥的循环为基础，随着大数据、物联网、云计算、人工智能、5G 传输等各类新技术的不断快速发展和深化应用，极大的提升了系统的决策筹划能力，扩展了系统决策工作任务完成得范围，增大了人对系统的信任度，不断往决策自动化方向迈进。

建设智能化监控决策指挥体系需要企业高层的认可与深度认知，如果缺乏高层支持，体系建设只能流于表面，成为空谈。同时，搭建大数据平台基础设施和数据治理体系是重中之重。

建设基于数据的监控中心，全域监控、实时监测、主动预警、自

动归因是监控中心的主要内容；决策中心是体系的关键一环，完成对信息的连贯、整合和梳理，借助数据的分析洞察工具、多类决策模型、专家经验知识库等，完成正确决策方案的制定；指挥中心是落实决策执行的关键一环，在完成人、机、物的互联互通之后，使决策的每一道指令都能实现精准快速的指挥和执行。

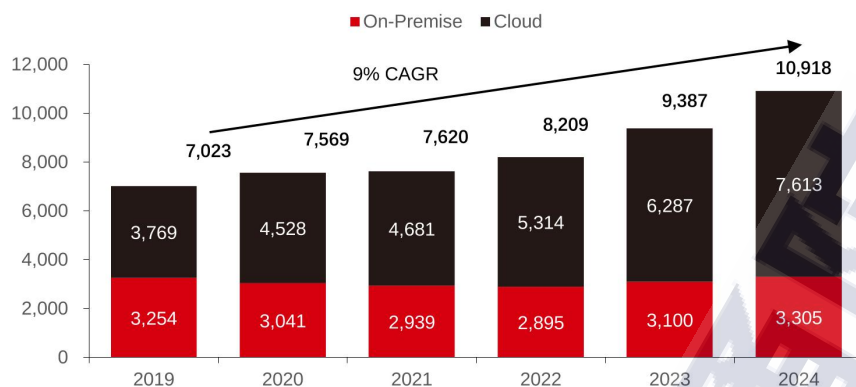
（五）以人工智能挖掘拓展市场机遇

人工智能（AI）是一种模仿人类认知的技术，从外部数据中识别模式，并利用学习过程中的知识实现特定的目标和任务。人工智能帮助企业从精细化的数据搜集中提取、治理、分析、预测，获得更多高价值信息。

1. 无代码 AI 是推动智能化落地的关键一环

通过低代码、集约化、可复用的形式，简化 AI 模型研发和交付，是智能化落地的关键一环。IDC 数据预测，未来无代码/低代码全球市场规模会持续上升，并且涨幅基本集中在云平台市场（图 30）。

无代码 AI 有两个角度的含义：一方面，无代码平台需要提供流程自动化，使用户可以通过图形化的流程配置，将数据处理、特征处理、模型训练、应用部署和管理快速实现智能化应用。另一个是 AI 自身的技术，AI 模型需要在巨大的参数空间搜索最优参数，非常耗时。贝叶斯优化是一种通用优化方案，可以在高斯过程的约束下快速收敛到最优模型。对于神经网络，通常采用神经结构搜索技术（NAS、ENAS 等）和可微分搜索（DARTS）等技术来实现。



来源：IDC（含预测），中信证券研究部

图 30 全球低代码&无代码市场规模及结构（百万美元）

AI 中台的目标就是为不同类型的企业用户提供不同的建模平台，让业务人员可以方便的使用最先进的技术，实现人工智能的普及。

无代码建模平台：AI 中台将建模过程的杂性隐藏了起来，降低了企业用户使用智能应用的技术门槛；同时将应用部署的工程化周期从传统建模的几周时间缩短到分钟或小时级别，节省了开发周期。

自动化模型调优：AI 中台提供了多种数据增强和参数优化方法，可以在不耗费大量时间成本和训练资源的情况下，为用户提供最优的模型，提高模型落地的可行性。

模型部署和解释：创建成熟的模型应用，提供诸如归因分析、模拟预测、多组时序预测、模型部署、服务监控等服务。比如对于海量 SKU 的销量预测，AI 中台会提供包括周期性、趋势性和季节性的演化；对于通用的算法场景，AI 中台提供基于博弈论的 Shapley 指标进行归因分析，具有比较好的业务解释性，让业务人员对业务具有更好的感知和理解，从而对业务形成决策支撑。

2. AI 清洗是提升业务主数据能力的重要方向

主数据是需要多个系统间共享的、具有权威性和全局性的数据内容，对数据完整性、一致性和准确性需求较高。

由于企业主数据内容多、人工操作效率低，容易出现内外部门联系不紧密，影响企业全局统筹和项目决策的问题。人工智能可以帮助企业清洗数据、提取高价值附加信息、确保数据准确性，通过智能搜索、匹配、清洗、纠错、审核等流程实现主数据管理智能化提升。

企业的业务主数据会产生各种分析数据、主数据，商业智能 BI 在易用性和扩展性上已经不能满足智能时代的要求，比如语音录入、语义分析、复杂数仓、个性化展示等方面。新的技术发展趋势既包括对数据的理解、主数据的因素分析、异常检测、指标预警等，又包括对未来的预测，即在业务因子干预后，可以得到想要的结果。因此，多因子时序分析和预测是增强企业业务主数据能力的重要方向。

3. 可解释性 AI 将助力业务洞察和商业创新

众所周知，深度学习以其强大的语言能力称霸人工智能领域，但是其解释问题一直以来都困扰学术界和工业界。工业界需要对业务进行决策和创新，对黑盒 AI 模型的解释性要求越发重要，如医药领域的治疗策略需严格把控，营销、销售策略的调整需要可信的模拟预测，司法领域对决策过程需要高度可解释性等。

可解释性 AI 可以从数据层面、模型构建和训练层面、评估层面和部署监控层面进行分析。在数据层面，通过提供数据集的收集动机、组成、收集过程、推荐用途等信息帮助使用者评估数据集是否存在偏见；在模型训练和评估层面，常用的方法有衡量特征重要性的

Permutation Importance，可视化变量和结果关系的 PDP、ICE，进行局部解析的 LIME，计算神经元信息传递相关性的逐层相关性传播（LRP）等；在部署和监控方面，谷歌的模型卡片通过调整变量对模型基本性能和局限性进行评估和解释。

4. 因果推断是企业调整经营策略的重要依据

因果推断通常用来评估政策变动、治疗手段、因素调整所带来的结果变动的程度。常用的机器学习算法，关注的是特征间的相关性，而非因果性，而做决策和判断时，往往需要变量之间或者变量与事件之间的因果性。不能正确认识因果性会使方案达不到预期效果。比如企业在评估企业销售额涨跌原因的时候，容易将观测因子（如各子业务销售额、地区销售额等）或者强关联的泄漏因子（如销量）识别为原因，实际上真正的决策因子（如价格、研发、品质、口碑、人群营销）才是企业应该进行干预的，企业需要根据决策因子调整经营策略。

因果推断的方法包括基于随机实验方法，如 ABtest，DID 等的因果推断，基于实验的因果推断依赖一个很强的平行趋势和外生因素假设，实际上很多时候不能满足。因此，人们发展了基于弱内生因素的相似度打分进行因果推断，这一类算法通常包括 PSM 倾向得分匹配、IPTW、动态面板等。最近十年，合成控制法和广义合成控制法及相关变种模型突飞猛进，通过构造虚拟对照组来进行控制实验，极大的突破了因果推断的约束限制，在很多领域都有广泛应用。贝叶斯网络也可以通过优化联合概率进行训练，但是搭建网络的过程需要一些专业知识，普及率没有基于统计方法高。

四、 企业数字化转型技术应用的实践场景

（一） 传承升级：以解耦架构激活核心 ERP 潜能

传统 ERP 面临的困境和未来发展趋势：ERP 作为企业信息化的骨干系统发挥了重要作用。在业务发生变化时，很多需求都在核心 ERP 中加入了各种业务逻辑，这些业务逻辑是频繁变动的差异型功能，甚至是一些创新型的功能，导致了 ERP 的稳定业务与差异层、创新层高度耦合，无法改动和维护，系统越来越庞大，成了“牵一发而动全身”、无法灵活修改的“巨石”系统，很难适应创新场景的敏捷化需求。

困境一：产品设计理念的局限性。以企业管理为核心、以功能优先的设计理念，以稳定性为主、重上线和轻运营的运营理念不能满足数字化时代以用户体验为中心、以协同作业为核心的数字化需求，实现业务变化快速感知、及时响应、持续优化的全生命周期管理的运营要求。

困境二：部署架构的局限性。成本昂贵、效率低下、安全性不高等特点给企业在转型过程中加大了阻力。企业对 ERP 的业务依赖和近五年内 ERP 的分布架构正在逐渐洗牌，市场对 SaaS 化等这种轻量级的应用部署将继续加深。

困境三：技术架构上无法拓展以支撑企业灵活的需求变化、且敏捷迭代。传统 ERP 在技术架构及产品能力上面临着新技术的挑战，市场需要更灵活、易拓展、更前瞻的新技术架构。

企业核心系统通过新技术激活已经成为不可逆的趋势，典型表现

为三个趋势：ERP 的场景化趋势、ERP 的云化趋势、ERP 的中台化趋势。



图 31 ERP 发展趋势

1. ERP 将向中台化/云化/场景化方向发展

中台化趋势：从“ERP 时代”步入“中台时代”，中台诞生的目的是调和前端轻盈快速变化和后端笨重的矛盾，是为了解决企业信息化架构构建的高效合理的问题，也为 ERP 减负提供了基础。业务耦合、数据量大、资源有限、外部接口多、用户体验差等是 ERP 减负最底层原因。究其本质来讲，ERP 减负是聚焦客户价值，在架构上的深度变革。中台的搭建会使 ERP 更腾出身手（资源）来专注自己的业务管理。

云化趋势：从技术角度来看，ERP 云化的核心是云原生。ERP 不仅要采用 SaaS 的服务方式，对于大部分中国企业来说，ERP 也要提供 PaaS 服务，以便于企业可以进行特性化需求调整，比如进行二次开发等等。未来将有更多企业从传统的本地部署许可证模式转向公

有云模式，云 ERP 需求将会成为绝对主流。

表 1 传统 ERP 与 SaaS ERP 各方面异同比较

差异点	传统 ERP	SaaS ERP
实施周期	系统部署周期长（2 周-6 周）	在线申请，无需调试，一键部署
系统运维	成本较高，需有专业运维团队来保障	无运维成本：云 ERP 能够提供 7*24 小时技术支持。
系统扩容	成本高、周期长。需重新采购服务器、部署系统。	成本低，周期短：15 分钟可快速完成系统扩容、无需重新部署。
系统访问	本地访问，性能一般。	随时随地访问，更高可用性：多线 BGP 网络接入，智能网络负载均衡。
数据安全	需要考虑完整的数据安全，容灾，备份机制	数据安全性能更高：实时热备，数据多重冷备，异地数据中心远程灾备。
系统安全	普通安全级别。	重视系统安全：服务器双重网络保护，防火墙+服务器集群单独 VLAN 隔离等

来源：中国信息通信研究院

场景化趋势：在 5G、大数据新技术应用的推动下，ERP 需要逐步满足全场景的企业管理需求，尤其对于生产型企业，从可视化生产到智能决策支持，对于提升生产企业 ERP 产品的可用性非常重要。以企业价值和用户体验作为双驱动因素，对场景建设和运营进行持续的打磨，基于价值导向和用户反馈，不断驱动优化和创新。

以生产计划+工序维度查询某一时段的计划数量、下达数量、完成数据、待完成数量，进行可视化展示，帮助车间排产人员分析对应工序产线的负荷，依据提供的数据来智能决策后续生产进入的计划安排，减少人工干预。不同行业企业的场景逐渐多样化，传统的企业管理边界会被进一步打破，对 ERP 产品的场景化应用需求更为凸显。

2. ERP 打通会计引擎夯实实现业财融合基础

业财融合是企业数字化的核心场景，而业务数据、业务信息向财

务信息的高效、自动化、无差错的转换是业财融合的基础。

按照云原生的设计思想，业务数据转换到财务数据是一个独立的服务，需要一个独立的组件来提供，集团级的会计引擎可以提供统一的业务数据到财务数据的转换服务。业务系统专注于完成业务任务，财务系统专注于完成财务核算与管理会计工作。高度可定义、可配置的会计引擎可以把业财数据转换的规则显性化，系统管理员可以直接通过配置更改来适应业务变化的需求。



来源：中国信息通信研究院

图 32 智能化会计引擎

新一代的统一会计引擎，兼具模型化，可配置的技术特点，支持明细数据可追溯。从技术趋势上来讲，有以下几个发展方向：

元数据驱动+业务对象建模：在新一代会计引擎中，基础数据结构，业务单据数据结构，会计凭证数据结构，都使用元数据描述，所有的业务逻辑，在业务对象模型上进行配置和编程实现，尤其是对于业务财务数据转换的逻辑，更多的可以通过配置化实现；基于元数据驱动+业务对象建模来设计系统，也是现代智能系统的技术基础。

智能知识图谱：智能化的知识图谱支持业财转换规则可定义，是

一个新的技术发展趋势；数据节点，以及节点之间的关系，保存在智能知识图谱中，知识图谱支持在设计规则表达式定义中的上下文连接，辅助录入，公式校验等等。

规则引擎：在知识图谱的基础上，会计引擎内置类自然语言的，可配置的规则引擎，支持业务用户配置各种业务规则，数据转换规则表达式，可以通过手动触发、定时触发、事件触发规则执行，并对规则生成的数据进行记录与追溯。

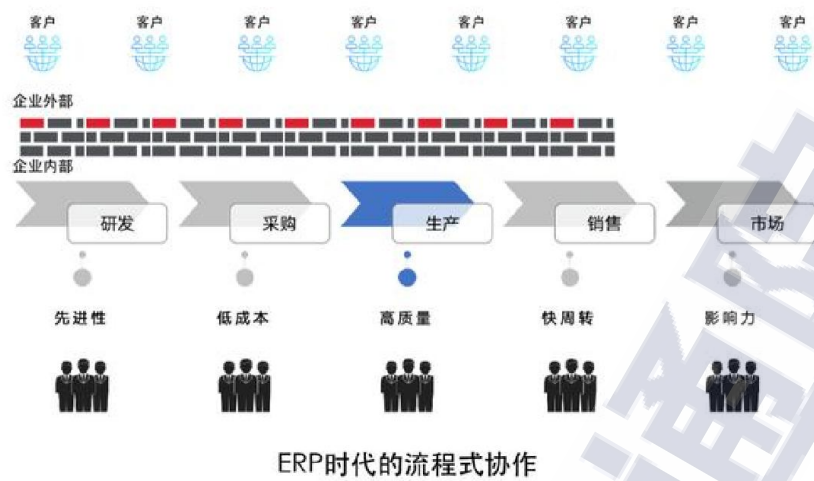


来源：中国信息通信研究院

图 33 智能化会计引擎架构

3. ERP 融合数据中台提升企业经营决策能力

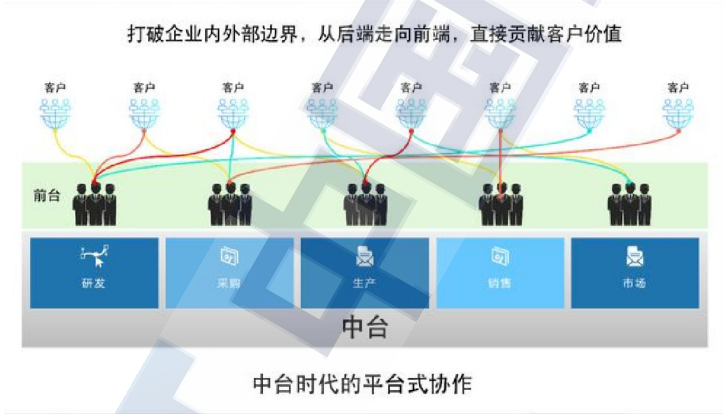
随着企业业务的发展和管理的需要，企业对 ERP 的要求越来越高，尤其互联网的快速普及，导致原来静态，标准化的业务流程已经不足以支撑企业的快速响应。



来源：中国信息通信研究院

图 34 ERP 时代的流程式协作

ERP 这样的以流程为核心的组织形式也转向平台化的组织形式。



来源：中国信息通信研究院

图 35 中台时代的平台式协作

传统 ERP 无法应对日常交易处理数据量的爆炸式增长，无法为管理者提供更及时的经营决策数据。数据中台具有强大的计算能力和分析功能，可以从 ERP 系统及其他各个业务系统中获取数据，然后进行统一数据打通、统一建模、统一计算、对外提供统一数据应用。ERP 与数据中台的数据处理和计算能力进行融合，将是 ERP 在数字化时代进行技术升级，摆脱数据困境的有效途径。

数据中台消除 ERP 数据处理瓶颈；数据中台与 ERP 的融合后将为 ERP 系统提供了海量数据处理能力和数据处理的及时性。在零售快消行业和制造业等随着数字化进程深入，数据量激增的行业具有很大的价值。

零售快消类企业的全渠道统一的订单管理平台或业务中台，打通了各个渠道之间的业务端壁垒，但在财务端关注的全渠道线上/线下对账环节管理薄弱。由于线上订单量巨大、缺少统一的对账模板、对账规则复杂多样、对账数据处理量大，导致无法保障对账及时性和准确性。数据中台提供海量数据存储、数据编排和跨平台集成能力，实现与内部自建的大数据平台及外部结算平台的集成，突破传统应用开发平台的大数据处理能力瓶颈，从容应对电商业务海量的交易数据处理，实时查询对账单流程、对账差异明细，对账数据有迹可循，实时监控对账进度，对风险事项进行及时预警，提升对账管理内控水平。

制造企业在材料成本核算中存在严重不足，包括不合理使用材料造成严重浪费、材料严重堆积、占用大量流动资金、管理成本增加、材料账务核算不够规范、材料核算数据量大时效性要求高等问题。数据中台提供材料成本核算模型，规范财务人员材料成本核算的标准和流程，提供海量数据存储、编排、计算能力，突破传统应用开发平台的大数据处理能力瓶颈，可以轻松完成十万级材料成本核算，核算的数据可以支持成本明细数据追溯、查询，实现预算、预测、实际数据的对比分析，分析查询数据可以秒级响应。

数据中台为 ERP 提供更实时的数据决策能力；数据中台通过分

布式计算技术对海量数据进行采集、计算、存储、加工，且进行统一标准和口径，再进行存储，形成企业数据资产层，进而为企业提供高效服务。无论企业生产、运营、客户溯源、供应商维护、外部公共数据等不同维度的数据，数据中台都可以通过不同的功能实现海量数据的打通、共享。由于不同的业务场景需要不同规模的计算能力来处理海量数据。数据中台的建设帮助业务人员根据应用需求随时调度计算能力。



来源：中国信息通信研究院

图 36 ERP 融入企业中台架构

数据中台中具有丰富的数据集成工具、数据分析工具、数据挖掘工具、数据清洗工具。数据中台与 ERP 系统进行融合，通过数据中台与 ERP 集成可以帮助收集、处理和分析企业在财务、采购、销售、人力、生产、库存等一系列生产活动中产生的结构化和非结构化数据。释放原本由 ERP 承载的数据运算与报表工作，使用数据中台的算力，为企业决策层及员工提供及时和准确的日常工作和经营决策的数据。实现企业数据的及时准确共享，提高企业用户在使用 ERP 进行管理的实时性和前瞻调整。

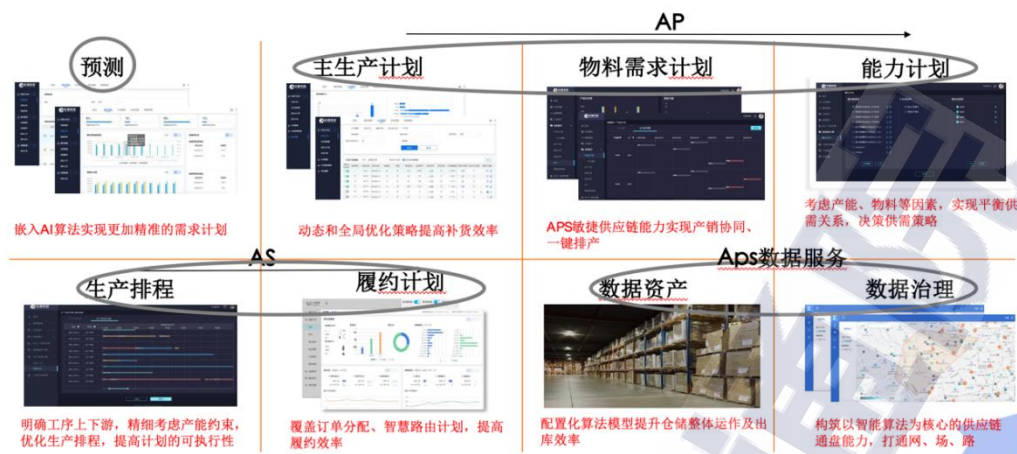
（二） 调度算法：APS 实现更广泛的计划和协同

运营模式数字化转型的重要环节是改变生产计划模式。过去，工厂的生产计划主要是使用 ERP 中的 MPS 和 MRP 模块制定主生产计划，但到生产线的计划执行需要人工依据经验，进行现场调度安排。随着生产复杂度和生产计划量的提升，人工无法满足生产计划的制定工作。产线经常面临订单变更、生产插单、订单取消等计划变动，导致产能分配不均、计划质量下降的问题，或者缺少物料、产能不足、产能利用率不高等情况，存在生产计划执行障碍或执行率较低的问题，导致生产计划无法按时完成。

计划与控制类软件一直受到企业重视，但一直面临实施难度大、技术要求高、实施成功率低的难题。随着软硬件技术的进步、算法的精进，APS（Advanced Planning and Scheduling，高级计划与排程）软件有了新的生态环境，逐渐成为企业数字化转型的核心环节之一。

APS 实现基于物料需求和资源能力动态平衡的实时计划；APS 系统是基于资源能力、物料和时间约束条件的生产管理方法，解决了企业计划不能实时反映物料需求和资源能力动态平衡的问题，解决了 ERP、MRP、MRPII 以及供应链管理系统长期困扰的问题。同时，APS 技术同样被应用于物流和运输企业，解决企业的运输问题。

APS 系统的发展得益于计算机技术、生产管理技术、运筹学以及启发式算法的发展，主要解决企业的生产计划和车间排程问题，其功能可大致分为两个部分：一个是生产计划（Advanced Planning，AP），一个车间排程（Advanced Scheduling，AS）。



来源：中国信息通信研究院

图 37 APS 的功能模块

生产计划（AP）是通过智能算法在满足各项生产约束的前提下，计算出一个满足产能、物料、规则等约束的一定周期的日生产计划。生产计划的制定是以企业的生产订单、ERP 的主生产计划、插单计划等作为输入，在满足生产交货日期和生产的产能限制、物料限制、库存情况，在途、在制物料（即物料齐套检查）等约束条件下，同时结合生产计划分配的各种规则约束，使用运筹学以及智能算法，解决生产计划的多目标规划问题，通过求解器的计算或者启发式算法的求解，求得一个满足所有约束的最优解。这个最优的生产计划在满足所有约束的条件下，消除生产计划中的瓶颈工序，并实现更低的生产成本、更快的交货时间、较高的生产效率、较少的生产切换等等。在生产计划制定过程中还会根据企业的需求开发生产仿真模拟功能，包括产能模拟、交期模拟等，满足企业生产计划需求。

车间排程（AS）是根据生产计划中的日生产计划，通过对生产工艺过程的分解，将日生产任务分解到车间设备上，实现对车间设备

的操作级生产排程。在 APS 系统做生产排程时，以日生产计划作为输入，对生产计划进行生产排序，并根据产品 BOM、工艺路径、生产节拍、生产执行规则等，将产品生产的各个过程分解成小的生产任务，将生产任务分解到相关的设备上，使用运筹学、智能算法等技术，计算最优的设备生产顺序、生产时间、人员调度、任务开始时间、任务结束时间，实现对设备生产的分钟级生产安排。

APS 实现生产计划和更广泛生产资源的最优配置；在打造智慧供应链网络时，运筹优化与智能算法同样被用于物流选址优化、仓内优化、路网管理、路径优化、配送优化、分仓选品优化、配载优化、费率优化等方面，通过实施“更广泛的 APS 系统”解决企业的运输问题，帮助企业降低物流成本，提高物流运输效率，打造智能化的物流体系。

APS 生产计划的制定是与更多的生产资源协同之后的成果。APS 系统在计算生产计划与生产排程时，考虑了工厂的设备生产能力、生产节拍、人工生产日历、库存情况、采购提前期、供应商生产周期、产品交货时间等等因素，因此，APS 可以实现更广泛的协同，将所有的资源进行最优的生产配置。

企业的数据质量是保障 APS 系统成功运转的重要一环。APS 系统的运转需要对接 ERP、WMS、PLM、MES、CRM、SRM 等多个系统，有时还需要定时爬取网络日历数据、地理数据等等。高质量的标准数据将直接决定了 APS 系统的运算结果，进而影响生产计划或运输优化的优劣。因此，通过数据治理和建设数据中台的方式完成对

数据的标准化管理，为 APS、MES、PLM 等智能制造系统的实施打下基础。

根据产成品的复杂程度、企业管理的精细程度、计划约束条件不同，APS 的实施一般有三种方式：

第一种方式：标准软件配置方式。类似 excel、甘特图的展现方式。不使用复杂的数学手法，利用丰富的排程参数以及命令等更容易理解的设置方式，实现多目标排程优化，进行超高速排产。

第二种方式：求解器内核方式。求解器是用于求解运筹优化问题的底层专业计算软件，能够针对多种运筹优化模型进行计算优化和求解，是实现智能决策的核心。求解器的使用大大提高了 APS 求解问题的能力和效率。

第三种方式：混搭方式。根据企业的管理层次、对计划和调度需求、实施 ERP 软件程度的不同，可以采用混搭的方式搭建计划与排程体系。

（三）解耦工具：低代码平台与 ERP 的融合与迁移

低代码平台是用来开发和配置差异型业务系统、创新应用的最佳选择，打通了业务和技术壁垒，可配置、可扩展、可快速变动；低代码平台所开发的各种应用，承载差异化、创新性的功能，并与 ERP 形成一个高内聚、低耦合的体系，各自完成任务，通过集成有机结合在一起。



来源：中国信息通信研究院

图 38 低代码与 ERP 的融合

低代码开发降低了应用搭建门槛，减轻对专业工程师的依赖，让业务部门用拖拽的方式自行搭建应用平台，满足业务部门个性化需求，降低人力成本，减少与 IT 部门反复沟通的流程，缩短项目整体开发周期。在后期运维上，低代码平台的迭代速度快，灵活性更高；并且低代码平台支持跨平台部署应用，能实现不同系统间数据联通。

低代码平台带来系统能力多样化：低代码平台经过多年的发展，已经日趋成熟，平台能力越来越多样化。除了核心的可视化设计与模型驱动的理念，低代码平台包括了大数据处理、数据分析、IPaaS 集成平台、AI 技术等等，给企业提供了稳定强大的效率工具和架构基础，更好地支持数字化转型。



来源：中国信息通信研究院

图 39 低代码带来系统性能力变化

低代码平台引领云原生、微服务的韧性技术架构：低代码平台不仅仅是一个解耦和效率工具，同时也带来了技术架构的变革。低代码平台是基于云原生、支持微服务部署和多端体验的一个底层技术平台，与上层 aPaaS 系统组成一个有机结合体。云上的资源伸缩性可以支持企业在业务量增长的时候弹性扩容，系统更具韧性。

在低代码平台上开发出来的应用符合云原生架构，专业的服务由专业的应用提供，由 iPaaS 集成平台进行深度集成，协调协作完成服务于企业战略的业务功能。通过低代码平台扩展 ERP 的创新应用，并与 ERP 深度融合，逐渐迁移升级 ERP 的核心能力，是 ERP 未来发展的一个必然的方向。

企业信息化建设越来越依赖 PaaS 低代码平台：随着市场变革与技术创新，企业的 IT 建设也发生了很大变化：企业协作/办公流程优化软件，更多融入外部生态中（企业微信，钉钉，飞书）；职能服务

类软件，趋向于采用专业 SaaS 软件（CRM，HCM，财务类）；主营业务系统深度定制化，依赖 PaaS 能力-按需可组装的通用能力；底层基础设施更多基于混合云架构 IaaS；各个专业的系统提供专业服务，协作完成业务目标；集成平台完成服务间的数据交换（IPaaS）。



来源：中国信息通信研究院

图 40 低代码促进企业 IT 建设

在新一代企业技术架构中，以混合云架构为底层基础设置，在统一技术底座和统一部署运维平台之上，PaaS 低代码平台将会成为绝大部分业务系统的创建工具。

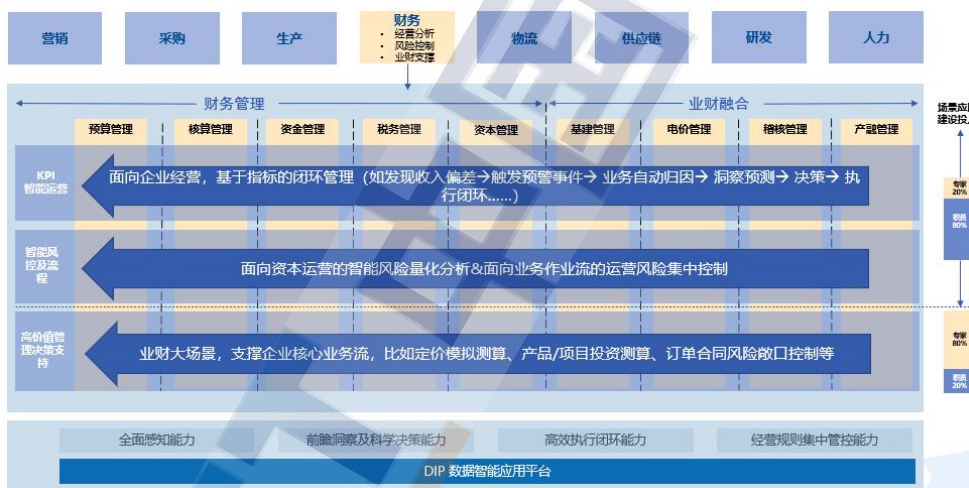
（四）数据驱动：应用场景分析和企业实践

实现数据驱动型管理的目标，是实现管理决策的智能化、自动化。但是，管理决策在企业中分布很广，涉及的职能、节点、层次都较多且复杂，各层级的管理决策以点状的场景分布于企业的经营管理活动和价值链条之中，对企业的经营管理产生重大影响。因此，可以从应

用场景入手，以点带面，逐步扩大数据驱动管理范围。

数据驱动型管理应用场景的建设框架：将企业传统的经营管理与数字化技术结合，呈现出三大类管理活动场景：**KPI 智能运营**、**智能风控及流程**以及**高价值管理决策支持**，同时横向覆盖从营销、采购、生产、财务、物流、供应链、研发、人力等各管理职能。以系统性框架帮助企业寻找数据驱动技术应用的高价值场景，进行数字化技术应用的设计和实施，以点带面，逐步实现全面数据驱动的企业数字化转型愿景，提升企业竞争力。

以下是以财务域的数据驱动管理应用场景建设框架示例：



来源：中国信息通信研究院

图 41 数据驱动管理应用场景建设框架

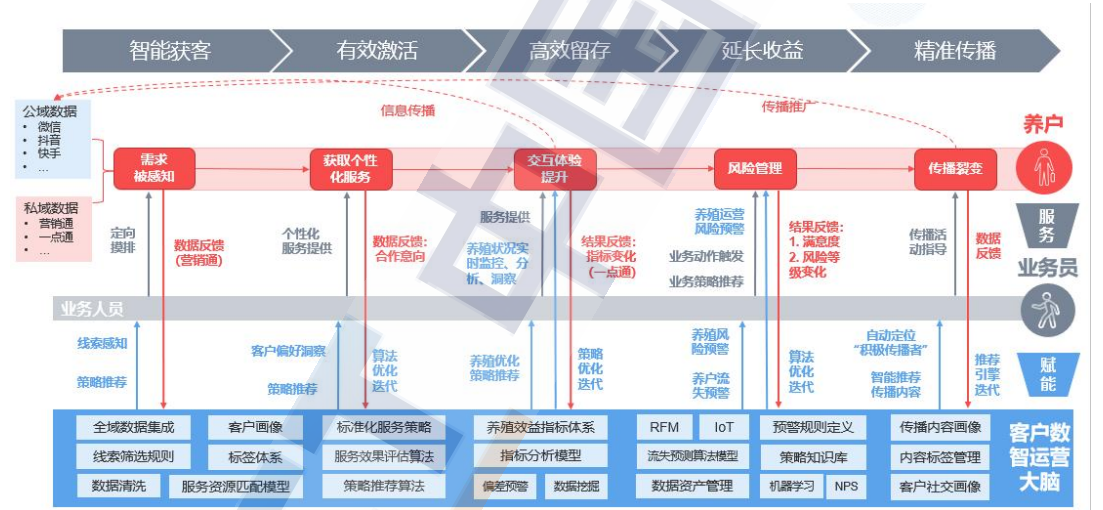
让管理经验、数据、业务模型三大要素有机融合，成为当下数据驱动管理建设的主流方向。

1. 智能 KPI 指标提升客户体验和经营绩效

T 集团在 2021 年围绕着其自身的全面数字化转型战略目标：“实时在线、数据驱动、智能运营”，设计和规划了通威集团数智运营管

理体系、模式及建设路径。以营销域的客户管理场景为切入点，建立了集团的数智运营管理体系。

T 集团的数智运营中心（IOC）以客户流失率的核心 KPI 指标作为管理目标，将客户全生命周期管理数字化、智能化。通过引入 NPS 等前导型数据指标，对客户流失的倾向进行预测，结合客户画像、策略推荐算法、IoT 技术等，让 IOC 在客户全生命周期运营的每一个环节均能够对业务员和管理人员进行赋能。降低获客成本，提升客户激活率、留存率，延长客户收益期，在提升客户体验的同时提高了经营效益。



来源：中国信息通信研究院

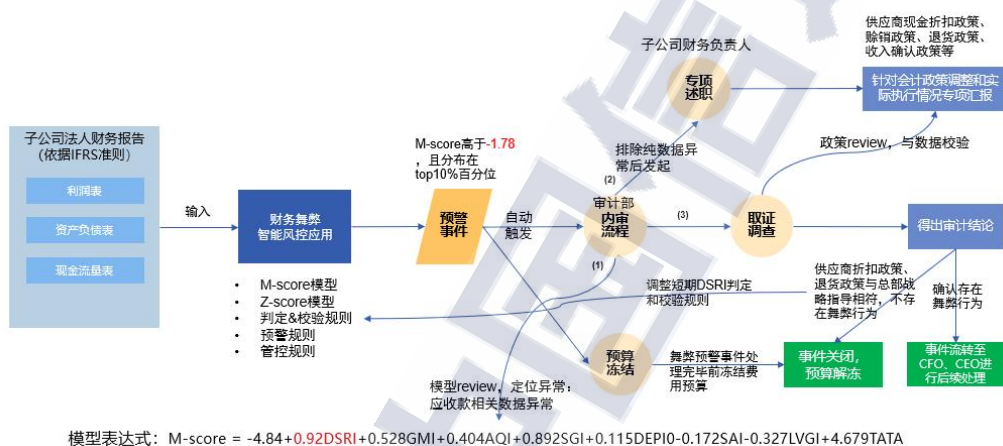
图 42 客户管理数智化平台建设蓝图

2. 智能风控推动审计主动预警和风控落地

H 集团是一家国有资本运营公司。由于其业务涉及板块较多，包括信息技术、基金与股权投资、物流供应链，城市综合服务、新兴产业投资等 5 大板块，因此分子公司较多，信息化水平参差不齐，造成了经营风险监控、分析、管理的难度大，成本高，管理介入滞后的难

点。

针对这一场景，基于 IOC 设计了一套智能量化风控应用。通过财务报表、业务数据、风险判定规则主动预警，结合其内部审计流程，能够智能化、自动化地对财务风险、经营风险进行有效的捕捉和识别，并且推动内部审计系统对于这些风险异常进行后续作业，确保风控落地。



来源：中国信息通信研究院

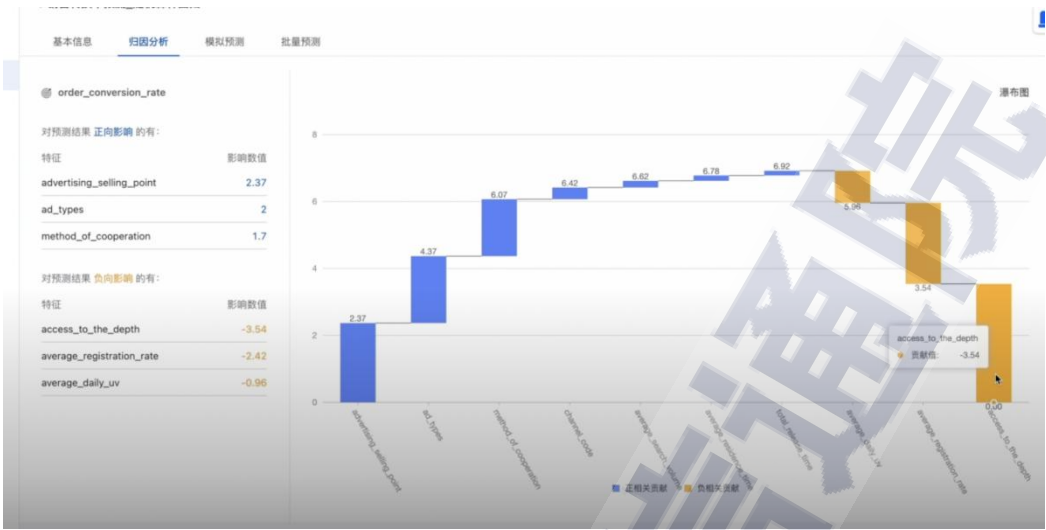
图 43 智能量化风控应用流程

（五）人工智能：可落地的多应用场景

1. AI 中台大幅提升数据分析效率和质量

针对分析型数据进行建模，应用最广泛；库存优化、画像分析、广告转化预测和归因分析等面向分析的场景，在企业的生产、仓储、市场、营销、财务部门中有大量落地需求。如下图展示了 AI 中台对于广告转化的分析。归因分析帮助业务人员了解各因子对广告转化率有怎样的影响，并且在模拟预测中通过各因子大小来查看预计转化结果，进而为广告投放策略的决策提供参考。通过对每个类别的用户进

行精准营销，从而实现销售业绩的增长。



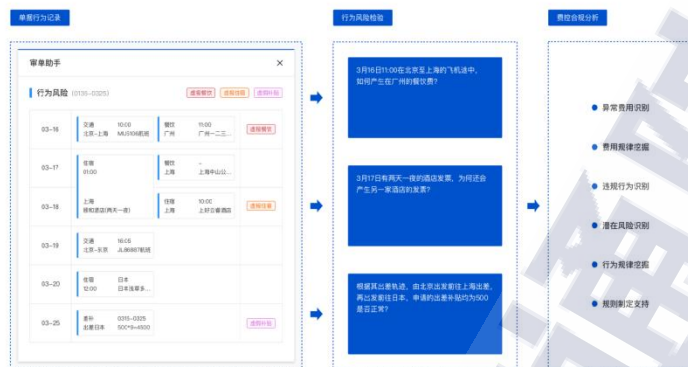
来源：中国信息通信研究院

图 44 广告策略归因分析

2. 集成洞察推理算法有效支撑精准决策

结合企业知识和业务常识进行决策和创新；知识图谱、主数据对齐、销量预测等面向决策的场景，需要结合企业的知识和业务常识，才能可靠地进行建模。图 45 为图谱审单应用，利用知识图谱构建项目相关单据网络，对员工报账进行自动审核和风险管控，大大节省了人工审核时间。AI 中台的决策场景集成了数据洞察、归因分析、智能预警和认知推理等模块，除了需要算法的支持，还需要业务知识和人类常识，才能形成有效的决策支撑。

图谱智能审单在费控合规中的应用



来源：中国信息通信研究院

图 45 图谱审单

3. AI 流程建模促进业务活动降本增效

针对流程或任务建模，降本增效；面向业务的场景有诸如文本纠错、合同要素提取（图 46）、单据附件识别、智能回款匹配等（图 47），通过 AI 流程建模，对业务流程进行高效地改进，大幅降低人工成本。比如在智能回款应用中（图 47），一家大型企业一个月的台账数量可能达到几千单，手工匹配一笔台账平均花费 10 分钟，规则加 AI 的方式只需要 2-3 分钟，可以提高 80% 的效率，每月可节省 400 小时人工，非常可观。

合同要素智能提取模型



来源：中国信息通信研究院

图 46 合同要素提取

应收回款匹配模型



来源：中国信息通信研究院

图 47 智能回款匹配

此外，AI 中台还提供各类基本组件（图 48）和其他专用组件（图 49），辅助智能场景的落地。同一个基本组件比如文本分类可以实现诸如情感分析、报销意图分类、附件类型识别等智能应用，在 AI 能力的复用性上提供了极大的便利。



来源：中国信息通信研究院

图 48 AI 中台基本组件-自然语言处理



来源：中国信息通信研究院

图 49 AI 中台专用组件

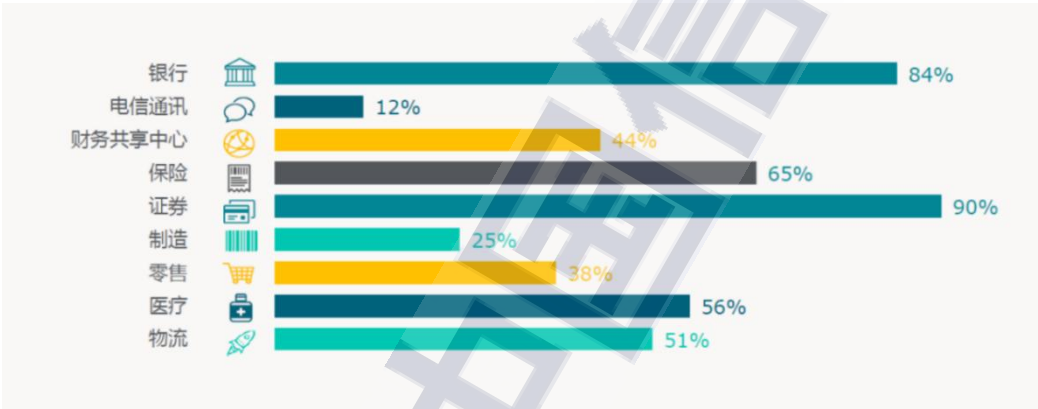
4. RPA 与 AI 融合将成流程自动化主流方式

机器人流程自动化（RPA）是一种基于人类预定规则、模仿人类行为的软件，被视为第六波创新浪潮的关键要素，以及人工智能（AI）前序。现有的 RPA 适用于高重复性、逻辑确定的流程，实现更快速、

更便捷的低成本自动化，取代枯燥、重复性的人工操作。

基于 RPA 的智能共享中心将传统财务共享中心最枯燥的工作自动化、机器人化处理，重构和削减了大量财务流程，大大提升了运营效率。

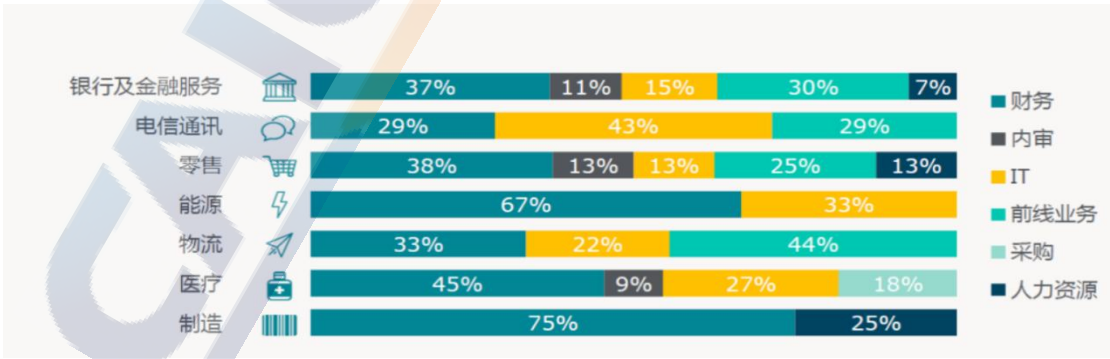
RPA 应用领域将更为广泛。调查显示，RPA 产品在我国银行及证券行业中的使用度是最高的，分别达到 84%和 90%，随后是保险和医疗行业，制造业仅占 25%。



来源：中国信息通信研究院

图 50 RPA 产品在各行业的覆盖率

不同行业企业在财务、内审、业务部门和人力资源部门部分场景中已经开始使用 RPA 操作，场景数量还有望继续增加。



来源：中国信息通信研究院

图 51 不同行业职能部门 RPA 应用情况

RPA 有效助力企业数字化转型。通过安装桌面和设备级软件机器人、建立人工智能劳动力或虚拟助手（如聊天机器人等）以及连接打通异构系统的工具应用等方式，**RPA** 可以减少人工作业量，提供更好的合规性，降低风险并增强整体消费者体验。此外，没有额外的基础架构要求、低代码和非侵入式开发优势使其更容易满足企业需求。

只要正确安装并实施 **RPA**，**RPA** 机器人就可以完全控制系统（鼠标和键盘）操作，包括单击和打开应用程序，发送电子邮件以及将信息从一个系统复制到另一个系统。它们可以跨系统在各个数据字段级别工作，以实现无缝运行。越来越多的企业实施 **RPA**，以提高生产力，降低错误率并缩短周转时间，推动企业数字化转型。

“**RPA+AI**” 更好地洞察数据工作。企业经常会对一些数据进行相应的整理，当数据量级达到千条数据后，**RPA** 技术效率显而易见，系统里会形成一个统一的模板。**RPA** 应用更多的是做有规律的工作，包括多系统的数据收集、合并，基于业务规则的数据核查、对比，基于业务规则的数据录入、审核。不仅如此，**RPA** 还可以做部分无规律的工作，比如整合聊天机器人进行自动聊天、整合机器学习的 **OCR** 以读取扫描图片、整合 **NLP** 和机器学习以读取电邮。“**RPA+AI**” 的结合可以进行数据分析、洞察、决策，可预测客户流失情况，协助推荐专家系统，提供机器人咨询服务，或者与机器学习整合的高级分析能力，寻找欺诈模式。

RPA 技术在财务共享和智能风控领域的应用，覆盖预算、费用、商旅、税务、报表分析等业务场景。通过运用业务管控模型、智能审

单助手、费控分析模型，实现费用分析结果不断更新、事前管控规则不断优化。

五、 给企业的数字化转型建议

数字化转型是企业从战略到战术的全面优化整合，涉及面广，影响面大，必须得到企业最高领导的重视，才能有效推进，属于“一把手工程”范畴。

技术是推动企业数字化转型的推动力量，但追求自身业务的快速稳定发展依然是企业始终如一的目标。所有技术应用都应该服务于业务转型，而不是掉入为技术而技术的局限之中。建立以业务为导向，以技术推动业务进步的思维模式尤其重要。企业各级领导必须重视业务转型过程中的技术需求，充分发挥新一代的数字技术优势，不断优化业务模式。

（一） 因企制宜制定个性化的数字化转型战略

不同行业、不同规模的企业需要基于自身个性化需求，在技术专家的指导下，完成整体架构的设计和实施计划。

制造业的数字化转型：制造业的数字化转型目标就是实现从“制造”向“智造”升级，向精益管理要效益的目标。一方面数字化转型为制造业带来了弯道超车的机会，另一方面也需要企业重新考虑如何改造或重建数字化底座、开发智能化引擎，考虑人才、组织、流程等方面的布局。如何保证工业设备稳定运行，更好地融合 IT 和 OT 技术，基于多模数据交互实现智能化应用场景。

不少企业已经在产线运行、质量检测、仓储物流、客户服务等环

节引入了以人工智能为代表的数字化技术，帮助企业实现流程优化升级，降低内部运营成本，以达到提升企业营收和利润的目的。

能源化工行业数字化转型：在 2060 年“碳中和”的目标下，中国正在推进能源革命，通过建设智慧能源系统加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系。在数字化建设过程中，能源行业企业积极拥抱云计算、物联网、人工智能等技术，在发电、输变电，配用电、电网安全与控制等环节结合自身业务场景，构建自主可控的数字化基础设施，持续致力于融合创新技术，形成了覆盖能源生产、能源销售及能源利用等领域的智能化应用模式。

由于能源行业专业场景较多，对技术的要求相对更高，更看重对行业场景的实践与理解，因而从行业整体的应用场景深度以及成熟度上看，能源行业数字化转型仍有较大的提升空间。

金融机构的数字化转型：金融对实体经济的发展起到催化和倍增的作用，金融行业的数字化转型将是推动经济社会发展的关键力量。

金融行业数字化基础较好，不少银行、保险、证券及投资机构已经将较为通用的数字化应用部署到云上，积累了丰富的云应用实践经验。随着金融机构数字化转型的持续推进，数字化金融产品及服务的迭代更新正在加速。金融行业中 AI 场景的使用，已经从最初的用户服务端的人脸识别、智能客服、精准营销、智能风控发展到构建银行智能化中台、覆盖机构整体经营环节等全面 AI 应用。金融行业在产品优化、客户服务、市场营销、风险管控、运营管理以及运营管理方面的智能化进展处于领先地位。

根据企业的具体需求，选择合适的数字化转型路径，也是企业转型成功的关键。从大量企业的实践经验来看，可以从营销、财务、决策和治理等几个维度出发，不断扩大实施效果，树立信心，是推动企业整体数字化转型的有效路径。

借力消费互联网的成熟应用，从销售端发起，满足销售场景的数字化转型需求是一个可行方向。从建立财务共享中心的行业大潮出发，不断深化财务共享应用范围，推动从财务到业务层面的数字化转型进程，是解决业财融合的有效途径。从企业决策场景出发，在管理会计思想指导下，用“数据中台+决策模型”制定决策分析的维度和方向。从物联网、在线数据、新基建角度出发，制定数据采集、存储、建模分析等数据治理体系和智能化应用。

（二） 优化升级打造全面覆盖的企业技术架构

技术是推动数字化转型的基础力量，因此，企业要基于现状和未来发展需要，制定一套循序渐进的技术升级方案，从混合云、PaaS平台、数据中台、业务中台到各类应用，从系统安全到智能化应用。

企业各级管理干部都需要提高对人、机器和业务流程在线连接协同的价值和异同性认识，积极部署连接装备，形成全员、全域、全业务的在线交易和覆盖企业内外部生态系统的协同网络，全面提升运营效率和效益。

充分利用数字化手段，通过流程建模引擎建设，实现端到端的流程建模，促进端到端的连接与协同，不断优化业务管理流程。在现阶段和未来一个时期，企业应该大量导入成熟的 RPA 应用模式，提高

流程运行效率，创新优化新的流程管理模式。

ERP 依然是企业管理的骨干系统，但传统 ERP 需要重新用新技术、新应用激活和升级，创造更大价值，迎来新 ERP 应用时代。数据中台技术和 ERP 的融合应用，将大幅提升与 ERP 相关的大量运营数据的计算性能。低代码技术将助力 ERP 模块的解耦和更多组合应用，有效提升 ERP 的应用效果和价值。

（三） 循序渐进构建数据驱动的管理决策体系

数据驱动的基础是数据、数据治理体系和实现技术，数据中台是企业构建数据驱动体系的技术基础。企业应该在业内专家的指导下，基于企业需求逐步完善优化从数据采集、使用、建模、分析、指导等全生命周期的数据治理体系，构建数据监控、决策和指挥体系。

在数据应用体系中导入内存计算引擎系统，将直接影响企业建立数据驱动决策模型的运行质量和效率，进一步扩大数据智能应用广度和深度，挖掘数据价值。

数字化、智能化是企业数字化转型之后的愿景目标，更广泛地导入人工智能技术，才能更广泛地挖掘转型价值，展现更多转型成果。人工智能技术在运算、感知、认知三个层次的不断演进发展，为企业在语音识别、知识图谱、数据智答等各个方面带来更加实用可操作性的技术应用产品。

中国信息通信研究院 泰尔终端实验室

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：13811959962

传真：010-62304364

网址：www.caict.ac.cn

