

数字化战略



行业动态
新基建-数字经济增长的新引擎

业界实践
石油化工行业数字化转型成熟度评估

专业论坛
天知地知不如区块链知——趣谈区块链

技术时空
基于SFA的工业过程质量相关的在线故障检测

5G



物联网



大数据



IDEA



区块链

专业·创新·赋能·共赢

2020
第1期 (总第5期) 物联网

石化盈科信息技术有限责任公司 主办



石化盈科信息技术有限责任公司 (总部)

Petro-CyberWorks Information Technology Co.,Ltd.

地址: 北京市东城区东四十条甲 22 号新仓商务大厦 12 层

电话: (010) 84191188

传真: (010) 64096330

网址: www.pcitc.com

序

近几年，在经济全球化和信息化的大格局下，中国的数字经济蓬勃发展。2018年11月18日，习近平主席在亚太经合组织第二十六次领导人非正式会议讲话中指出：“数字经济是亚太乃至全球未来的发展方向。我们应该牢牢把握创新发展时代潮流，全面平衡落实《互联网和数字经济路线图》，释放数字经济增长潜能。”

大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术正推动工业社会向数字社会演进，数字经济成为引领科技革命和产业变革的核心力量。随着商业环境的不确定性日益加剧，数字化转型已经不再是一道选择题。智能制造正在成为全球传统工业和制造业转型升级的主要方向。

石化盈科集行业精英和 ICT 新技术专家共同创发《数字化战略》期刊，发布最新研究成果，帮助即将开始或已经开始数字化转型的企业全面洞察未来的商业竞争态势，打开企业战略转型新思路。通过优化升级商业模式、组织结构、运营模型、管理流程及配套的人才资源，打造以信息化为支撑的新型能力，使企业在竞争中占据主动，从主要依靠成本、价格竞争优势向综合竞争优势转变，迈向高质量、创新型增长。



石化盈科信息技术有限责任公司
行政总裁



主管单位：
中国石油化工集团有限公司
主办单位：
石化盈科信息技术有限责任公司

编委会
主 编：周 昌
副主编：曾浩文 马长东 蒋白桦 纪 球 李 涛
吕 波 曹 阳 罗建平 张刘军
编 委：陈 悦 索寒生 戴晓晖 张永成 王军博
陈明杰 关新虎 孙延吉 宋昊爽
吴占奎 乔海兵
责任编辑：王丽娜

编辑出版：《数字化战略》编辑部
地 址：北京市东城区东四十条甲 22 号
网 址：www.pcitc.com
电子邮箱：ds.shyk@pcitc.com

目录 CONTENT

序	周 昌
第一版块：行业动态	
03 新基建 - 数字经济增长的新引擎	陈向阳
08 油气企业数字化转型迫在眉睫	王丽娜 郁 如
13 中国法定数字货币 DCEP	罗 豪
第二版块：业界实践	
17 石油化工行业数字化转型成熟度评估	陈 悦 关志刚等
31 绿色革命引领石化企业环保的数字化升级	赵欣梅
38 催化裂化装置烟机结垢总量的表征及软测量	郑晓军
第三版块：专业论坛	
44 天知地知不如区块链知——趣谈区块链	万 华
46 互联网时代开发模式的思考	罗益民
50 企业数字化智能化转型中的 IT 架构提升	潘增海
第四版块：技术时空	
56 基于 SFA 的工业过程质量相关的在线故障检测	索寒生 蒋白桦等
63 金融联盟区块链技术应用实践	肖 震 黄步添等
66 分布式架构系统的企业级双活方案研究	严龙云
第五版块：资讯快览	陈英丽 宋子健



行业动态

新基建 - 数字经济增长的新引擎

陈向阳 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：3月4日，在中共中央政治局常务委员会召开的会议上，“新型基础设施建设”的重器效应再次显现，为更好理解国家发力新基建的深意，本文从新基建的特点、作用及科技企业布局新基建的方式，分析新基建是如何加速数字经济的高效和稳定发展。】

一、何为新基建？

2018年12月19日，中央经济工作会议在北京举行，会议重新定义了基础设施建设，把5G、人工智能、工业互联网、物联网定义为“新型基础设施建设”。

随后“加强新一代信息基础设施建设”被列入2019年政府工作报告。经过去年一年多时间的研究和细化，中国官方对于“新基建”的部署逐步深入，相关政策及文件如表1。

表1 新基建相关会议及政策文件

时间	会议 / 文件	相关表述
2018.12	中央经济工作会议	加快5G商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设
2019.3	总理《政府工作报告》	加强新一代信息基础设施建设
2019.5	国务院常务会议	把工业互联网等新型基础设施建设与制造业技术进步有机结合
2019.7	中央政治局会议	加快推进信息网络等新型基础设施建设
2019.12	中央经济工作会议	加强战略性、网络型基础设施建设
2020.1	国务院常务会议	出台信息网络等新型基础设施投资支持政策
2020.2	中央全面深化改革委员会第十二次会议	会议审议通过《关于推动基础设施高质量发展的意见》统筹存量和增量、传统和新型基础设施发展
2020.3	中央政治局常务委员会会议	加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度

新冠肺炎疫情爆发以来，中国高层对新基建的重视程度显著提升。2月14日，中央全面深化改革委员会第十二次会议指出，基础设施是经济社会发展的重要支撑，要以整体优化、协同融合为导向，统筹存量和增量、传统和新型基础设施发展，打造集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系。3月4日，中共中央政治局常务委员会召开会议，再

次强调加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度，“新基建”成为广受社会关注的热词，新基建到底是什么？

对于新基建的定义，大多来源于央视中文国际频道3月初“新基建七大领域涉及诸多产业链”的报道^[1]，报道提出：新基建指发力于科技端的基础设施建设，

主要包含 5G 基建、工业互联网、人工智能、大数据中心、特高压、新能源汽车充电桩、城际高速铁路和城际轨道交通等七大领域。其中，5G 基建、大数据中心、人工智能、工业互联网等领域正是数字经济需要的重点发展领域。中央经济工作会议将 2019 年核心主题的新基建范围再次扩大化，主要包括 5G 基建、工业互联网、人工智能、大数据中心、特高压、新能源充电桩和城际高铁七大领域。

1、5G 基建

5G 作为移动通信领域的重大变革点，是当前“新基建”的领衔领域，此前 5G 已经被高层定调为“经济发展的新动能”。无论是从未来承接的产业规模，还是对新兴产业所起的技术作用，5G 都值得期待。

2、工业互联网

工业互联网的本质和核心是通过工业互联网平台把设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户紧密地连接融合起来。因此，工业互联网是智能制造发展的基础，可以为智能制造提供共性的基础设施和能力，为工业智能化提供支撑。

3、人工智能

党中央、国务院将人工智能作为经济转型的重要抓手之后，未来在融合发展上有着更大的发展空间。从产业发展的角度，人工智能作为新一轮产业变革的核心驱动力，正在释放历次科技革命和产业变革积蓄的巨大能量，持续探索新一代人工智能应用场景，将重构生产、分配、交换、消费等经济活动各环节，催生新技术、新产品、新产业。

4、大数据中心

大数据中心是重要的信息采集中心，设计金融领域、安防领域、能源领域、业务领域及个人生活的方方面面，是政府科学决策的重要机构。目前大数据的应用非常广泛，从资讯分发到视频娱乐，大数据无处不在。

5、特高压

我国特高压建设潜力十分庞大，当前国家已经规划的各类特高压项目大概在 50-60 条之间，意味着仍有大约 30 条已纳入规划线路在未来有望落地，近期国网公布向社会资本开放特高压投资，通过解决资金问题进一步增加特高压持续建设的确定性。

6、新能源充电桩

充电桩可以说是新能源汽车的“加油站”。根据国家四部委联合印发的《电动汽车充电基础设施发展指南（2015-2020 年）》，到 2020 年，新增集中式充换电站超过 1.2 万座，分散式充电桩超过 480 万个，以满足全国 500 万辆电动汽车充电需求一显然，整个领域还有很大的增长空间。

7、城际高铁

高铁是中国技术面向世界的名片，也是中国交通的大动脉；与此同时，在城市化进程中，轨道交通是关键一环。当下，不少重大高铁项目的正在紧锣密鼓的建设之中；就产业方向而言，城际高速铁路和城际轨道交通的产业链条也非常长，从原材料、机械到电气设备再到公用事业和运输服务，它将在推动整个社会发展和交通数字化、智能化方面起到基础性作用。

二、新基建“新”在何处？

产业界、资本市场对新基建表现出强烈的兴趣，期待新基建成为有效带动经济发展的龙头，助力中国经济走出疫情冲击，迎来更广阔的发展空间。那么，“新基建”新在哪里？

1、新范畴、新领域

定位于数字经济新兴领域。新基建所涉及的七大领域均属战略性新兴产业范畴，从本质上看是信息数字化的基础设施，这是与以往传统基础设施投资重点的根本区别。三次工业革命使人类社会从农业经济过渡到工业经济，而以数字经济为代表的第四次工业革命将

会重塑经济形态，成为未来国家间竞争力的重要筹码。

2、新投资、新动能

持续性投资带动效应明显。为应对 2008 年金融危机的影响，政府曾短期投资 4 万亿推动经济^[2]。虽成绩显著，但政策用力过猛也会产生负面效果。此次新基建不是一次性的强刺激，而是中长期有节奏分批次推进。此外，有观点认为，新基建投资占比比较小，对经济的拉动作用不明显。实际上，新基建当前可能投资占比小，但未来将会实现大幅度增长，并通过上中下游联动，拉动新兴制造业和服务业蓬勃发展；反过来，旧基建当前可能投资占比大，但未来发展空间有限，对经济的拉动作用有限。

3、新消费、新需求

以投资促消费的基本逻辑。当前，消费作为经济增长主动力作用进一步巩固^[3]。国家统计局公布数据显示，2019 年全年，最终消费支出对国内生产总值增长的贡献率为 57.8%。此次新基建从表面上看是投资拉动，实则为了拉动内需，将疫情期间被抑制的需求有效释放出来，同时满足人民群众对美好生活向往的新型消费需求、升级消费需求和服务消费需求。作为重要的基础产业和新兴产业，“新基建”一头连着巨大的投资与需求，一头牵着不断升级的强大消费市场，是中国经济增长的新引擎，是新旧动能转换的加速器，是促进产业联动机制的有效方式。仅就 5G 网络建设来说，通过培育繁荣的互联网经济、人工智能、数字经济等新技术产业，就将间接带动数十万亿元的经济总产出，为抢占全球新一代信息技术制高点奠定坚实的基础。

三、新基建作用几何？

加快“新基建”规划布局，是推动经济发展方式转变的有力举措，符合新经济发展趋势和高质量发展要求。

1、稳定经济增长

加快新型基础设施建设是抵抗经济衰退、稳定经济增长的有力手段。与传统基础设施投资相比，“新基建”

为 5G 技术、云计算、人工智能研发等提供配套基础设施建设，能有效拉动相关投资。同时，也能为产业转型升级提供支撑^[4]。

专家预计，2020 年是 5G 基站大规模建设期，预计将部署超过 60 万个 5G 基站，年底有望实现全国所有地级市覆盖 5G 网络。在此基础上加快 5G 商用步伐，加上与垂直行业的融合发展，将会有效推动产业升级。此外，用数字技术、智能技术改造传统基础设施，不但会带动投资规模的扩大，而且会更好提高国民经济运行质量和效益。将“新基建”与传统基础设施建设有机统一起来，将有助于克服“黑天鹅”带来的短期冲击，增强经济韧性、释放发展潜力。

（2）提振数字经济

人们的生活习惯和思维方式在不断地转化升级，新的消费需求和创新因素破土而出。“宅经济”着实火了一把，互联网、社交媒体、移动应用打破物理空间界限，技术发展驱动了变革的诞生。当然，变革也推动数字化经济的发展，基础设施的整体进步和发展，还将进一步反哺数字化应用在行业中的应用和发展，提振数字经济发展。

加快数据中心建设，将加快行业数字化转型步伐。随之产生的新应用、新技术、新计算架构，百亿级联接、爆炸式数据增长将重塑信息与通信技术产业格局。未来将没有一种计算架构可以高效满足所有业务诉求。新的计算产业链将推动全球计算产业快速发展，带动全球数字经济走向繁荣^[5]。

此外，通过加快 5G、云计算等作为新型基础设施将持续带动数字经济的繁荣，能够助力我国经济结构转型升级。中国 5G 发展已处在世界前列，随着国家加速 5G 建设，中国未来 5G 市场发展的广度和深度，以及建立的商业价值，会更加领先于全球其他国家。数据中心等新型基础设施建设为数字经济发展提供保障。针对新型基础设施建设，新基建实际上还是聚焦国民经济三大瓶颈领域：能源、交通、通信。但是已经不再是传统解决好这些瓶颈的问题，而是进一步提升国民经济的这三大基础能力，让基础能力上一个台阶。

（3）带动产业上下游需求

在当前产业结构升级的大背景下，加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设意义非凡。不仅如此，也为各个行业的发展注入了强劲新动能。预计，随着国家按下“快进键”，许多产业将迎来新变革、新机遇。此举可以加速带动一系列产业，包括工业互联网、自动驾驶、远程医疗等战略性新兴产业的发展，并促进经济发展的有效手段。在国内优先推动新型基础设施建设，能直接引导和带动上下游产业链的需求，培育出一批新兴信息与通信技术企业。在持续防控新冠肺炎疫情、全面恢复生产生活的关键时期，中央提出的加快 5G 网络建设进度，必将为稳定经济社会运行、提振制造业、带动各行业发展^[6]。

另外，新基建新动能将带动各行业发展，组成新基建的每一个领域都是相互支持、相互支撑，共同促进。随着新基建的加速建设，一定会带来产业的高速发展，也会推动中国社会转型成新型的社会，效率更高，能力更强，智能化水平更好。

四、高新科技企业如何布局？

与传统“基建”不同的是，数字经济下“新基建”主要发力于科技端。在疫情延续、经济承压的特殊背景下，启动新一轮基建有助于稳增长、稳就业，释放国内经济增长潜力。作为中国经济重要支柱的民营企业巨头，如阿里、腾讯、百度、华为，在“新基建”中已经提前卡位布局。

1、阿里：云和 5G 双剑出击

目前，阿里的淘宝天猫电商平台、移动支付、数字金融、物流供应链、大数据和云计算等，已经成为零售界的数字基础设施。阿里巴巴在此次疫情期间，利用在云计算、大数据、人工智能等数字技术上的多年积淀，输出了覆盖生活、生产、治理三大维度的数字化能力。近日，阿里达摩院宣布成立 XG 实验室，致力于 5G 研发。其目标是推动下一代网络通信技术的研究，并明确披露了 6 个 5G 业务率先先进军的领域，分别是超高清视频、在线办公、AR/VR、工业互联网、智能物流、自动驾驶，这被视作是阿里响应新基建的举措。

作为“新基建”的共同内容，5G 和云计算事实上可以相互成就和牵引。目前 5G 网络建设已经全面铺开，但 5G 应用层的技术和生态发展仍然相对滞后，给 5G 成功商用带来不确定性。突破 5G 技术的应用难题，需要产业链广泛支持和参与。作为全球前三的云计算服务商，阿里云遍布全球的云数据中心、云网络和边缘节点，可为海量的 5G 终端设备，提供极致的高性能、低延时、高可靠的计算和存储资源，为 5G 应用落地提供有利条件^[7]。

2、腾讯：推进工业互联网建设

工业互联网作为官方定义新基建七大领域之一，也是现代工业经济转型升级的重要途径。腾讯是国内工业互联网的先行者之一，腾讯在 5G、大数据、工业互联网、人工智能等领域铺开的数字化蓝图，已经初见规模。腾讯近日联合宝安区打造的工业互联网特色产业示范基地，上榜第九批国家新型工业化产业示范基地。腾讯也将联合宝安区、生态伙伴搭建工业互联网平台，围绕消费类电子、新材料等产业链全面助力提升产业链数字化水平^[7]。

对于腾讯来说，工业互联网也有助于推动制造业数字化升级。今年 2 月初，腾讯针对制造业的复工复产需求，推出涵盖智慧通行、协同办公、安全防护和远程设备管理四大场景在内的一站式综合解决方案。腾讯一直扮演着企业升级的“数字化助手”角色，为各行各业提供工具、做好连接、建设生态。比如，腾讯为企业提供安全复工的平台 WE 智造小程序被众多企业采用，腾讯还在持续推动新一代信息技术与制造业深度融合，为新工业革命提供关键支撑，助力新基建的底座建设。

为了加快“新基建”的建设速度，腾讯释放产业互联网的连接和技术能力，加大在云、大数据、AI、IoT、区块链等各项服务的建设与应用，携手各级政府和企业合作，共建新型基础设施，保障市民生活和社会经济的正常运转。以 5G、人工智能、云计算为代表的“新基建”战略，是近段时间以来中国科技界最为关注的盛事。而事实上，不仅国家正在打造“新基建”体系，每家企业也在面向所见的未来，打造自己的“新基建”。换个角度来看，每家科技企业各自对 AI、

云计算、物联网等新一代 ICT 技术贡献自己的研发投入、产业布局、战略判断，最终也将凝结成“新基建”的繁荣生态。

3、百度：加速 AI 工业化

百度率先在业内推动“AI 工业化大生产”，百度大脑实现了 AI 能力与应用场景融合创新，已升级为“软硬一体 AI 大生产平台”，以飞桨深度学习平台为基础技术底座，打通了人工智能产业化应用落地相关的全部流程，实现了 AI 技术的标准化、自动化、模块化。这将使得开发者、企业无需从头学习难度高、迭代快的前沿科技，避免重复“造轮子”，降低企业使用 AI 的门槛，低成本快速开发自己的应用产品，实现了“新基建”的作用。

百度已在承担着新型基础设施建设者的角色，在全国布局智能云计算数据中心，北京、保定、苏州、南京、广州、阳泉、西安等地相继落户，实现中国华北、华东、华南、西北等区域用户全面覆盖。众所周知，受疫情影响，云办公、云教育、云医疗、云游戏等服务需求激增，同时也带动了企业对高质量云服务的需求，包括要更快的网络速度，更优的存储成本，更强大的计算能力以及流畅的直播等功能应用。作业帮、国家中小学网络云平台等企业通过百度智能云快速的实现扩容，“空中课堂”没有出现卡顿，实现“丝滑般”的用户体验。IDC 认为，由于百度公有云较好地解决了 AI 部署和运行的问题，AI 应用迁移、重构到云平台，或直接使用云上的 AI 服务是大势所趋^[8]。

4、华为：“云、AI、5G”的组合拳

随着全球 5G 发展加速，2020 年将是 5G 基站进入大规模建设的元年，而华为拥有领先的 5G 通信设备技术，在这一块无疑能抢占先机。

2019 年 12 月 26 日，中国移动公布了 5G SPN 集采招标公告，这次招标公告涉及 28 个省、自治区和直辖市，采购规模总计 145663 端。这次集采，华为在 26 个省、自治区、直辖市的中标份额达到或超过 50%。这是因为华为的技术能力足够强，承载网技术积累充足。光是 5G SEP 专利这一块，华为就一共拥有 2160 项，位居世界第一^[7]。

走在通信业前沿的华为，目前已经形成一套“云、AI、5G”的组合拳打法。随着 5G 的不断发展，云计算将不断融入大数据、物联网、人工智能、区块链等颠覆性技术，帮助企业实现价值的最大化。而华为云作为目前唯一具备全栈全场景 AI 能力的云服务商，提供耗时最短的 AI 开发与管理平台 ModelArts 和性价比最优的自研 AI 算力组合，能够帮助客户以最低成本大规模部署 AI 应用。

五、总结

总之，建设新型基础设施既是满足人民群众日益增长美好生活需要的内在要求，也有助于带动信息消费。当前，5G、工业互联网、人工智能等都是主要国家加紧战略布局的重点领域，全球正处于格局未定和重大突破的窗口期，不进则退，慢进亦退，加快新型基础设施建设已刻不容缓。深耕科技领域多年的、阿里巴巴、腾讯、百度和华为等科技公司将在这场新的“稳增长和促创新”的新旧动能转换中发挥前所未有的新作用，同时也给自己打开了未来新的增长空间。



参考资料：

- [1] 丁臻宇，新基建频获利好加持行情火爆 战略性上车机会来了？，新浪财经。
- [2] 石颖，“新基建”为国有企业带来重要发展机遇，国家发改委研究所。
- [3] 消费作为经济增长的主动力量作用进一步巩固，中国经济时报。
- [4] 加快 5G 及数据中心等新基础设施建设，壮大新增长点，华创证券。
- [5] 新风口！“新基建”的红利在疫情之下被放大，上海国际金融研究中心。
- [6] 新基建火了！业界：提振数字经济 带动产业上下游，人民网。
- [7] 中央密集部署“新基建”，阿里、腾讯、苏宁、华为提前卡位，东方网。
- [8] 百度是“新基建”建设者也是 AI 技术应用创新引领者，中国新闻网

油气企业数字化转型迫在眉睫

王丽娜 郁如 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：2019年普遍被认为是油气行业的寒冬，2020年开局再受新冠疫情波及，对国际油价来说无疑是雪上加霜。对于油气企业来说，面临当前困境，积极开展数字化转型，实现降本提效是唯一的选择。本文介绍了国外油气企业数字化转型策略及案例，为油气企业的数字化转型提供参考。】

全球能源格局正在发生深刻变化，受持续低迷的油价、高昂的运营成本，以及环保要求的影响，油气行业一直萎靡不振，能源价格周期性下挫。2月6日，道达尔、挪威国油公布其2019年第四季度及全年财报，国外石油巨头2019年业绩集体下滑，整体盈利情况不尽如人意，其中道达尔净利下降13%，壳牌(Shell)净利下降23%，埃克森美孚(ExxonMobil)净利下降31%，BP净利下降21%，雪佛龙(Chevron)净利暴跌80%，低迷的石油和天然气价格是国外石油巨头集体业绩下滑的主要原因，油气行业面临着前所未有的巨大压力。



2019年3月，新冠病毒疫情席卷全球，受新冠肺炎疫情影响的国家和地区数量已破百，肆虐全球的新冠病毒已成为悬在国际油市头上的“利剑”。3月9日，国际油价暴跌超30%，这次新冠肺炎疫情的影响力度足以比肩一次小型金融危机，将影响着全球经济增速，进而影响到整个油气行业的全产业链。

面对错综复杂的国际油价形势，降低成本与接受“死

亡”已经成为各大石油巨头的选择题。石油巨头们只能选择被动调整，大幅削减成本和节约开支成为众多石油巨头的选择，油气行业面临艰难的转型。

石化盈科信息技术有限责任公司总裁周昌表示，“传统油气行业企业实现数字化转型，不是一道选择题，而是必然的趋势。”新一代信息技术已成为推动油气行业变革的加速器，国际上各大油气公司纷纷将数字化转型作为未来发展的战略方向之一，并将引领行业实现颠覆性的技术创新，重塑行业格局。

世界各国油气公司结合自身特点，在数字化转型过程中应用不同的策略，大致可分为以下四类^[1]。

第一类：企业全力压注数字化技术。数字化业务负责人为集团公司或上游公司的CEO，企业具有宏大的数字化愿景，在数字化改革中投入上亿美元的资金，并明确快速回报目标。这类企业更加关注数据的质量和效果，多方寻求战略合作伙伴共建生态。英国石油公司(BP)、意大利埃尼集团(ENI)、马来西亚国家石油公司(Petronas)和挪威国家石油(Equinor)等均应用此类数字化转型策略。

第二类：职能单元牵头。数字化业务负责人为职能单元的领导，比如主管钻井或生产的总裁等。由分散的职能部门驱动进步，实施轻度整合。埃克森美孚(ExxonMobil)、沙特阿美石油公司(Saudi Aramco)均应用此类数字化转型策略。

第三类：业务单元牵头。数字化业务负责人是业务单元的领导，由某业务单元(如重油、深水、非常规、LNG等)的运营部门，推动数字化发展，关注特定的痛点以及机遇，将独立的资产整合。雪佛龙(Chevron)、康菲石油(ConocoPhillips)和壳牌(Shell)等均应用此类数字化转型策略。

第四类：关键业务问题导向。采用这类策略的一般为独立的中小型公司，数字化成效已是决定这类公司生死存亡的关键，因此区域的总裁、首席技术官或首席信息官为数字化业务发展人。通过与外部合作伙伴深度合作，将数字化技术应用在人工举升或钻井等业务领域中，降低成本，缓解企业运营的压力。

不同发展策略对公司的影响可能发生变化，第四类收效最明显，第一类虽然未来效果可期，但总体回报率较低。无论采用何种数字化转型策略，合作伙伴和数据价值都是各公司关注的核心问题。



油气公司根据自身的技术实力、业务目标和生态构建等因素，选择不同的合作伙伴，下面对英国石油公司(BP)、埃克森美孚(ExxonMobil)和壳牌(Shell)三家公司的数字化战略和合作生态等进行分析，总结油气公司数字化转型效果及启示。

一、英国石油公司(BP)

1、企业概况

英国石油公司BP是世界第四大上下游一体化经营的跨国石油公司，业务遍及世界100多个国家和地区，主要从事油气勘探开发、炼油、天然气生产和销售、油品零售和运输、石油化工产品生产和销售领域的生

产和经营活动，还涉及金融、太阳能等其他方面。BP以与各方合作寻求可持续发展的能源解决方案为核心使命，在21世纪乃至更远的将来为社会提供燃料、石化产品与服务，改善人们的生活质量。

2、数字战略

在能源低碳化已成全球共识的今天，BP的低碳转型早已开始，试图在聚焦主业与可持续发展之间寻找平衡乃至统一，并制定了长期发展战略，具体内容包括：(1)上游。发展天然气和高竞争力石油，被定为为BP的首要战略任务。(2)下游。实现以市场为导向业务增长。(3)多领域。开展风投与低碳业务。(4)数字化。推动全集团现代化进程，通过数字化技术实现业务目标。

未来，BP的转型重点关注高级移动出行、生物及低碳产品、碳管理、数字技术以及电力与储能五大领域，BP计划在五大领域中每年共投入10亿美元左右的资金。由此可鉴，数字化技术在BP的转型全局中占据重要的位置。

3、数字生态

数字技术一直是BP大幅度斥资的创新领域，对提高整个业务的发展发挥重要的影响，BP选择的转型策略和合作伙伴情况如下：

(1)投资前沿技术，助力业务发展
BP通过并购或投资具有颠覆性技术的企业，并成为最终用户，加速整个能源领域的低碳与创新进程。如2018年5月，BP收购爱尔兰物联网专业公司



Ubiworx, 构建更多互联、智能、高效和可持续的能源系统。通过此次交易, Ubiworx 公司的长项机器学习与人工智能将与 BP 可再生能源和储能领域的现有实力相辅相成。2020 年 1 月, BP 风投宣布投资能源管理专家 R&B, 这是 BP 在中国人工智能 (AI) 技术领域的首次投资。R&B 的能源管理系统可以实现建筑能耗的预测、管理和改进, 将极大支持 BP 在可替代能源领域的关注重点, 助力发展低碳电力、存储和数字化能源价值链。

(2) 加强外部合作, 打造创新生态

①合作科技公司

BP 积极与科技公司进行合作, 借助数据服务和云计算提高盈利能力。BP 与亚马逊合作, 通过云计算服务平台 Amazon Web Services 为 BP 提供数字服务; BP 与一家名为 Beyond Limits 的初创公司合作, 并向其投资了 2000 万美元, 希望认知计算能否帮助管理油井; 在 North Sea 和 Trinidad 的项目中, BP 开始与苏格兰一家名为 Return to Scene 的公司合作, 该公司利用原本为犯罪现场调查开发的技术, 为海上平台进行数字重建。



②孵化创新生态

2019 年 7 月, BP 携手启迪之星, 共同打造“数字创新营”, 寻找助力能源行业下游业务及跨业务单元数字化转型的创新技术, 来自新一代汽车、人工智能、物联网、机器人、可视化与交互、采集和分析和区块链等 7 个核心领域的 18 个创业项目将现场路演, BP 将通过路演和交流, 共同甄别和筛选创新企业及其技术, 并为其提供全方位的帮助。

BP 大力推广以孵化器为核心的创新生态, 成立了第

一个创业孵化器, 该孵化器采用 BP 自家技术, 随后孵化的企业再从 BP 剥离为独立的服务公司, 以便与其他公司开展业务, 例如 Lytt 公司, “走出去 (venturing out)” 的策略让 BP 有机会看看更广泛的市场能否支撑其创新并使其蓬勃发展。Lytt 是第一家从这个名为 BP Launchpad 孵化器独立的公司。

③布局新型业态

2019 年 8 月, BP 与滴滴出行成立合资公司, 共同在中国建设开发和运营新能源车充电桩站, 为滴滴车主和社会车主提供高效、便利的充电服务。目前, BP 在广州建设的首个桩站已经接入滴滴旗下的小桔充电平台并进行试运营。

BP 将数字技术及配套的工作流程应用到多个业务领域, 创造了数十亿美元的成本节余和新的收入机会。未来不断培养和发掘数字化人才, 将前沿技术应用在更多的业务场景中^[2]。



二、埃克森美孚 (ExxonMobil)

1、企业概况

埃克森美孚是世界最大的非政府石油天然气生产商, 致力于开发和运用行业领先技术及追求完善的运营管理, 使之在全球位居行业领先地位。从事上游的油气开发和生产、下游的燃料、润滑和化学品生产, 同时还涉足发电和煤炭生产领域。

2、数字战略

埃克森美孚将数字化转型重点放在了可平衡其资产组合的突破性智能技术, 通过与技术合作伙伴关系, 减少泄漏检测和维修时间, 提高运营效率, 增加净现金流。

3、数字生态

(1) 打造数字油田

2019 年 2 月埃克森美孚与微软建立了合作伙伴关系, 通过后者的“数据湖”平台改善上游生产活动, 并计划每年投入约 10 亿美元用于机器学习的研究, 这是石油领域迄今为止最大规模的一次云计算应用, 覆盖了多达 95 亿桶油当量的石油资源和 160 多万英亩的土地。此外, 埃克森美孚还通过一个可监控数百万个传感器数据的人工智能程序管控旗下分散在全球的炼厂和化工厂, 旨在监测石油流量等重要数据和信息^[3]。

(2) 构建区块链生态

2019 年 2 月, 包括埃克森美孚和雪佛龙在内的 7 家全球油气公司已经合作组建了油气行业首个产业区块链财团, 旨在通过搭建业内的合作网络, 建设区块链应用生态, 推动该技术在油气勘探、生产、财务、IT、矿权管理及供应链等领域的应用。在油气贸易业务中, 跨境贸易各个环节都可以通过各方的参与接入区块链平台, 通过智能合约的应用实现数字化资产与智能资产的转型, 实现贸易方式和贸易效率的提升。

(3) 数字汽车养护生态

2020 年 3 月, 埃克森美孚及其经销商、腾讯及其车后领域合作商途虎决定共同组建合资公司, 将通过在线平台, 向客户提供整合供应链 (S), 为门店端 (B) 赋能, 为消费者 (C) 提供极致体验的汽车养护服务 (“S2B2C” 业务)。合资公司将扩大在中国的美孚 1 号车养护 SM 网络, 并利用各合作伙伴在资源、人才、市场等方面的优势, 提供高质量、品牌化、数字化、全方位的汽车养护服务, 在中国构建数字化汽车养护新生态。

三、壳牌 (Shell)

1、企业概况

壳牌是世界第一大石油公司, 总部位于荷兰海牙和英国伦敦, 由荷兰皇家石油与英国的壳牌两家公司合并组成。壳牌致力于可持续发展, 以对社会负责任的态度提供清洁能源, 有五大核心业务, 分别是勘探和生产、油品、天然气和电力、化工、可再生能源。



2、数字战略

数字化创新是壳牌集团的战略重点之一, 将通过工业大数据, 以创新的智能制造数字化产品不断满足行业发展需求, 赋能合作伙伴与业内客户。

3、数字生态

(1) 数字油田

壳牌开发的 Smart Fields 技术将数字化技术与钻井、地震及油藏监控技术集成以提高产量和生产效率, 油田可以实现无任何管理, 工程师可以进行实时监控远程控制。

壳牌上下游领域都尝到了人工智能的“甜头”, 其通过人工智能程序帮助钻井操作人员更准确了解环境, 在操作流程加速的同时, 机器磨损和报废率出现了降低, 而位于荷兰鹿特丹的欧洲最大炼厂 Pernis 也处于人工智能的监控下。壳牌通过 5 万个传感器全面监控 Pernis, 后者每年处理原油 2000 万吨, 任何故障或计划外停工都会造成巨大损失, 人工智能程序可提前 4 ~ 75 天预测潜在故障, 并进行预警。

(2) 数字化供应链生态

2019 年 3 月 30 日, 易流同菜鸟、阿里云、博世、壳牌等多家生态伙伴联合发起成立了数字化供应链生

态联盟，联盟横跨智慧物流、智能制造、技术服务等多个领域。流还公布了渠道开放战略，并现场与多家企业达成合作，聚合资源共推物流领域的数字化变革。

（3）智慧门店

2019年6月20日，壳牌喜力“壳保养智慧门店”升级在上海正式发布，大力推进了所有零售门店进行数字化转型升级。从3月份到6月中旬，全国已经有75个城市超过1600家优质门店加入了壳保养智慧门店^[4]。

“壳保养智慧门店”实现了线上和线下多触点全覆盖，融合了社交和商业，也开放地邀请更多品牌商加入，共创汽车后市场数字化生态。壳牌已发布多家智慧门店，并不断数字化转型升级，旨在依托壳牌全球数字化战略与资源，进一步推进所有零售门店进行数字化转型升级。

壳牌认为数字化可以提高生产力、可靠性和性能，降低资产成本，支持壳牌成为世界级的投资案例。



小结

能源行业正面临艰难的转型期，但油气企业掌握了第一手的勘探开发生全产业链的数据，可以利用已有计算、存储优势，通过数据深加工，发挥大数据更大价值，这加速了油气企业向“硅谷”靠拢，希望借由技术手段简化流程、提高效率，油气巨头和科技巨头合作将迎来“互利共赢”的“黄金商机”。英国投行巴克莱预测，未来5内，“油气+数字化技术”的合作从目前的每年不足50亿美元，增长至300亿美元，市场规模将较目前增长500%。

参考文献：

- [1] 中国燃料有限公司. 我国油气行业数字化发展现状与趋势.
- [2] 石油圈. 数字化转型获益数十亿美元，油气巨头BP是如何做到的？
- [3] 石油圈. 埃克森美孚联手微软，打造最大数字油田！
- [4] 汽车之家. 启动数字化转型 - 壳牌升级智慧保养门店.

中国法定数字货币 DCEP

罗豪 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：从比特币、以太币、莱特币等虚拟货币逐步诞生以来，各国央行从拒绝、观望到研究数字货币与区块链技术，很多国家央行目前已基本具备发行法定数字货币的技术基础。中国人民银行也做好了发行中国法定数字货币的技术准备。本文将着重带你深入了解中国央行数字货币 DCEP 本质特征、运营体系、管理模式和技术路线。】

一、数字货币时代即将到来

受 Facebook 数字加密货币“天秤币”（Libra）刺激，世界各地央行加快了数字货币准备与发行步伐。2020年1月欧盟、英国、瑞士、加拿大、日本和瑞典六大中央银行与国际清算银行共同研究数字加密货币及分享经验。2月5日，美联储理事莱尔·布雷纳德在斯坦福大学商学院发表《支付与货币数字化》演讲，表示美联储正在研究发行数字货币的可行性，研究将更加深入，态度更加开放，美联储正与其他国家央行协作，探索自主发行数字货币政策、设计、过渡、法律、监管等议题^[1]。2月6日，《日经新闻》报道此六大央行将于4月举行会议讨论数字货币跨境结算^[2]。另据法新社报道，法国央行行长 Francois Villeroy de Galhau 表示将于2020年第一季度测试其数字货币。

中国人民银行从2014年开始研究数字货币，2016年11月正式成立央行数字货币研究所。2018年成立深圳金融科技公司和南京金融科技研究创新中心，2019年成立长三角金融科技有限公司，布局数字货币试点和发行工作。2019年在深圳进行小范围封闭试点，2019年年底中国央行副行长范一飞在“第八届中国支付清算论坛”时表示，目前央行法定数字货币 DCEP 基本完成顶层设计、标准制定、功能研发、联调测试等工作，2020年将合理选择试点验证地区、场景和服务范围，稳妥推进数字化形态法定货币出台应用。2020年央行工作会议强调，将继续稳步推进

法定数字货币工作。

二、中国法定数字货币 DCEP

1、DCEP 概述及特征

DCEP (Digital Currency Electronic Payment)，是中国人民银行发行的具有价值特征及 M0 属性的数字货币和电子支付工具。央行数字货币的推出将会保护和强化国家的货币主权和法币的地位，提升货币流通效率、降低国际结算成本，减少纸钞、硬盘的发行，降低发行成本，同时可满足公众对于匿名支付的需求。DCEP 不是虚拟货币，是国家央行背书的数字货币，是纸钞的替代品，它的发行机制与纸币一样。它也不是基于区块链实现的，不像比特币是去中心化数字资产，它是国家为中心的数字货币。它具有五个主要特征：

- （1）无限法偿性。DCEP 属于中国法币，任何中国机构、企业和个人均不能拒绝 DCEP，凡是能使用人民币支付的地方均可使用。
- （2）信息安全性。DCEP 由国家背书，信用等级最高。
- （3）便捷性。可以“双离线支付”，交易双方都离线也可交付。
- （4）可控匿名性。DCEP 可满足公众对于匿名支付

的需求。

(5) 低炒作性。DCEP 锚定人民币，价格相对稳定，炒作价值低。

2、DCEP 设计原理

(1) M0 替代

根据中国银行货币供应量统计和公布办法，我国将货币定义为“承担流通和支付手段的金融工具”，并将公布的货币供应量划分为三个层次（M0、M1、M2），其中，实物现金（纸钞和硬币）属于 M0，流动性等级最高，为央行负债，不付息；银行存款属于 M1 和 M2，流动性次之，为商业银行负债，付息；第三方支付机构余额属于 M2，为央行负债，不付息。央行数字货币 DCEP 定位为 M0。设计重点在于替代 M0，而非 M1 和 M2，功能和属性与纸币一致，只是形态不同，属于数字货币。这是 DCEP 的关键，这使其与其他货币区别开来。同时，对 DCEP 的准备金率要求更高，对银行而言，向用户提供 DCEP 要向央行缴纳全额准备金；向用户提供银行存款仅需向央行缴纳部分准备金。

(2) 加密字符串

DCEP 数字货币在计算机世界里本质上就是一串经过加密的字符串。对货币制度主要构成要素及权属的加密处理，是 DCEP 安全运转的基础，它以精巧的数学模型为基础，模型中包含了发行方、发行金额、流通要求、时间约束甚至智能合约等信息。数字货币具有不可重复花费性、匿名性、不可伪造性、系统无关性、安全性、可传递性、可追踪性、可分性和可编程性。央行 DCEP 由其前几年研究成果 CBDC(central bank digital currency) 演化而来，图 1 为其表达式结构^[3]。



图 1 CBDC 表达式结果

(3) 账户松耦合

微信、支付宝等电子支付工具采取的是同用户的银行

账户绑定的方式进行交易间的转账，这是采取了账户紧耦合的方式。DCEP 将采用账户松耦合形式，即脱离个人的银行账户来进行电子交易，实现匿名交易环节，以便有利于人民币的流通及国际化进程。与此同时，DCEP 更强调“可控”匿名，必须在匿名与满足反洗钱、反恐怖融资、反逃税的法律要求之间取得平衡。

(4) 双离线支付

不同于微信、支付宝等支付工具“单离线支付”方式，DCEP 将支持“双离线支付”。只要手机上安装 DCEP 数字钱包，两个不需要借助网络，只需要手机间触碰，便可实现数字货币转账。其基本原理如图 2 所示：付款方设备在离线状态下构造交易报文并签名，将已签名交易报文通过近场通信交给收款方设备，并在后续联网时提交给央行数字货币登记系统入账。一个央行数字货币钱包同一时刻只能绑定一台符合安全要求的智能手机，支付方同一时刻只能在一台智能手机上付款，收款方设备验证付款方钱包是否为央行认证，从而防止离线双花^[4]。



图 2 双离线支付基本原理

3、DCEP 运行体系

央行数字货币的运行框架可以有二种模式选择：一是由中央银行直接面向公众发行数字货币；二是遵循传统的中央银行 - 商业银行的二元模式。第一种模式，央行直接面对全社会提供法定数字货币的发行、流通、维护服务；第二种模式仍采用现行纸币发行流通模式，即央行将数字货币发行至商业银行业务库，商业银行受央行委托向公众提供法定数字货币存取等服务，并与中央银行一起维护数字货币发行、流通体系的正常运行。央行目前倾向于第二种模式（如图 3 所示），

央行认为：第二种模式更容易在现有货币运行框架下让法定数字货币逐步取代纸币，而不颠覆现有货币发行流通体系；同时可以调动商业银行积极性，共同参与法定数字货币发行流通，适当分散风险，加快服务创新。在二元模式下，中央银行负责数字货币的发行与验证监测，商业银行从中央银行申请到数字货币后，直接面向社会负责提供数字货币流通服务与应用生态体系构建服务^[3]。

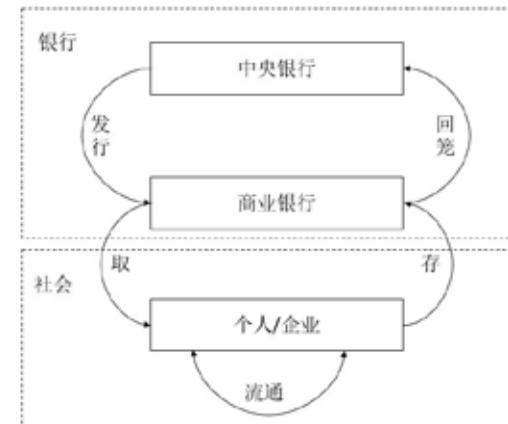


图 3 DCEP 数字货币运行体系

三、面临的挑战与机会

央行数字货币如果推出，将涉及众多参与方，对组织变化产生的影响不容小觑，甚至可能会进一步推进我国企业未来格局改变。数字货币是一个新生物，它给银行、监管方、金融机构、生态厂商和企业均会带来挑战和机遇。

(1) 数字货币衍生金融

央行数字货币若发行，伴随而来的基于数字货币衍生出金融服务创新也必然会层出不穷，例如数字信贷、数字资产和数字负债等等。如何在数字货币衍生金融服务方面进行创新，抢占市场先机，这对商业银行及金融机构来讲，既是挑战更是机遇。

(2) 数字货币支付应用

搭建丰富多元的数字货币支付场景必然是刚需。面对全球尤其中国的庞大用户基数，未来将会在多链数字钱包开发、基于数字钱包的消费应用产品等方面出现很大的市场机遇。例如数字货币存储的首选工具 - 数字钱包，拥有一款安全可靠支持央行数字货币的数字钱包无疑尤为重要。

(3) 企业信息系统改造

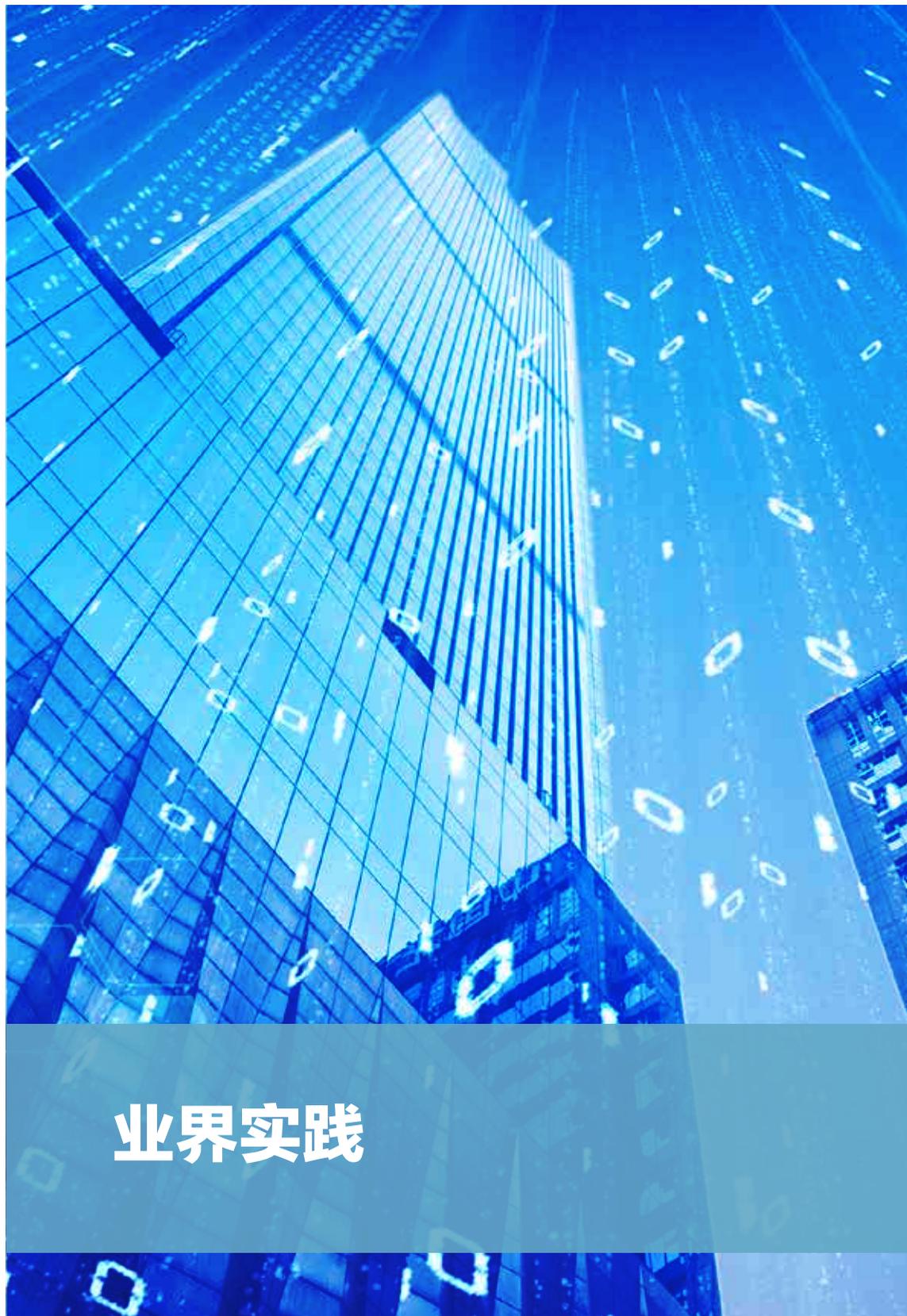
对于企业来讲，由于法定数字货币不能拒收，只能接收和拥抱，企业货币资产将处于现金、账户资产、数字货币混合模式，企业为了经营管理需要，需要改造企业原有信息系统涉及货币资金的地方，以应对数字货币的出现。

四、总结

法定数字货币时代即将到来，它是数字经济的重要组成部分，将极大地推动企业数字化转型，也给我们带来挑战和机遇。数字货币的应用将提升货币流通效率、降低国际贸易结算成本，企业需要学习研究和做好技术储备、工具建设和信息系统改造，做好准备，积极接受和拥抱数字货币时代的到来。

参考文献：

- [1] 国际清算银行 . <https://www.bis.org/review/r200205j.htm>
- [2] 中国电子银行网 . <https://www.cebnet.com.cn/20200207/102637043.html>
- [3] 姚前 . 中央银行数字货币原型系统实验研究 软件学报 2018, Vol 29, No.9
- [4] 许刚 . DCEP 双离线支付场景和方案浅析 <https://new.qq.com/rain/a/20191224A00Q4600>



业界实践

石油化工行业数字化转型成熟度评估

陈悦 关志刚 黄萍 石化盈科信息技术有限责任公司

一、引言

随着全球经济的逐步发展，全球能源正在向高效、清洁、多元化的特征方向加速转型推进，供需格局正进入深刻调整的阶段，全球能源体系面临“更多能源”需求和“更低碳排放”的双重挑战。根据国际石油公司经验，石油石化企业要顺应能源行业由“高碳发展”逐步向近中期“低碳发展”，以及向未来中长期“无碳发展”的演进趋势，着眼长远、提前谋划，探索向世界领先的综合性能源公司转型发展。

“十四五”将是我国进入第四次工业革命的战略机遇期，通过大力推动人工智能产业发展，奠定我国在未来几十年里国际竞争格局中的产业地位。十四五期间，石化行业也将开始步入整合时期，以去产能、补短板为核心，以调结构、促升级为主线，着力推进供给侧结构性改革，推动行业发展由高速增长向高质量发展转变。

当前油气消费和经济发展具有一致性，对外依存度仍处于上升态势，国家油气管网公司正式成立，标志着深化油气体制改革迈出关键一步，随之放开油气勘查开采准入限制，实现管输和销售分开；全球炼油产能已出现过剩，民营炼厂产能和利用率快速提高，新增产能的释放将使得国内竞争趋于白热化；2020年我国成品油批发零售已依次放开，成品油市场化改革进入攻坚期，竞争完全陷入“红海”中；近2-5年汽车工业处于调整期，加之乙醇和电动汽车等替代燃料发展，导致成品油需求增速长期处于小幅下行通道；

近几年，石化行业重特大安全生产事故和环境事件时有发生，给人民生命财产造成重大损失，给社会和舆论环境都造成严重负面影响，各级政府的严管不会在短期内松动。

随着信息技术、人工智能技术的深度发展及其与生物、材料等多学科、多技术领域相互渗透、交叉融合、群体突破，技术不再只是管理工具和提效手段，未来先进生产力发展方向中的一批颠覆性技术将引领和带动新科技产业革命逐渐走向高潮。传统能源实现绿色发展是未来大趋势，区块链、智能网、大数据、云计算等先进技术与能源领域方面的结合，是今后发展的方向和特点。

当今社会经济动能正在发生深刻的变化，未来二十年是以数据资产为核心的数字经济生态。数字经济的到来不仅是对现有基础设施和硬件工具的升级，更是对整个企业架构、业务流程、运营方式和商业模式的深刻变革。面对变化莫测的外部环境和竞争格局，数字化转型已然成为中国企业将外部压力内化为变革动力的首要且必然选择。

石化盈科主要服务于石油化工行业，积累了大量的行业客户，和企业在战略转型、经营管理、生产营运、技术创新、营销服务等方面合作20余载。以此为基础，结合全球经济发展趋势，石化盈科对石油化工行业的68家企业，持续跟踪3年以上，开展了数字化转型成熟度研究，希望通过数字化转型成熟度模型，全面评估石油化工行业数字化转型成熟度，预测未来数字

化发展方向，为石油化工行业数字化转型提供参考。

数字化转型定义

石化盈科认为，数字化转型是以数字化技术为手段，以数据为核心，以开放平台为基础支撑，以云服务为形式，以人才、文化为保障，通过组织与流程变革，实现业务创新发展，重塑新的商业模式，构建新型核心竞争优势，实现企业智能化转型升级。

石化盈科以新型传感器、物联网等在现场复杂环境的广泛应用为企业赋值，以数据驱动、工业机理和专家经验的融合创新为企业赋智，以核心工业软件在智能制造全环节、全要素的深入应用为企业赋能，结合石油化工行业特点，以激活与重构产业链、价值链为内核，形成石化盈科独有的数字化转型方法论。



图1 石化盈科数字化转型方法论

二、石油化工行业数字化转型面临的挑战

思维文化相对固化

通过调研发现企业普遍没有意识到数字化企业和传统企业处于完全不同的形态，大部分人员还处于传统企业的文化“舒适区”，领导层对转型认知不够、对转型期待不够合理、对转型不够坚持，中高层在思想上不愿意接受企业数字化转型带来的企业经营思路、内部运营模式的改变，部分人员甚至没有数字化转型的任何概念，企业内部无法形成向数字化转型的合力。

数据准备不足

企业现有数据是数字化转型的基础，通过调研发现企业存在数据质量不高、数据碎片化严重、非结构性数据无法处理、数据架构过时等普遍问题。企业虽然拥有研发、生产、销售等生产经营的大量数据，但同企业中数据统计口径不一，并存在错误数据，数据质量堪忧；数据碎片化严重，大部分企业的数据存在不同

的信息系统中，没有形成唯一的数据仓库，无法进行统一的调取和统计；企业拥有的数据大部分是结构化数据，但图像、视频、音频缺乏技术处理手段，无法实现数据价值；现有企业数据架构基本处于传统的架构，没有真正导入智能的数据架构，导致数据处理能力、及时性、算法等无法满足企业数字化转型要求。

新技术转化不足

通过调研发现企业明确意识到新技术对数字化转型的重要性，但新技术普遍处于从实验室向市场化的转化阶段，缺乏成熟用例，即便引入了新技术，还需进行大规模的适配才能实现与传统技术的协同；企业还缺乏灵活的技术架构来实现数据存储、交换、计算，最大可能的实现数字化价值、智能化应用；数字化转型在引入新技术的基础上还需要和业务优化有效融合，推进业务变革。

组织缺乏灵活性

传统企业的组织很难适应数字化转型的要求，转型本身就处于持续动态中，一个精简、灵活、智能化的组织就显得尤为重要，转型还会影响各部门的价值重新定位，现有部门分工和利益很可能阻碍数字化转型的进程。

人才储备难题

数字化转型需要能把新技术与业务相结合的跨界的复合型人才，这样的人才在市场上都属于稀缺资源，再受企业体制、薪酬体系的影响，导致企业很难获取到关键人才，内部培养此类人才也非常困难，同时流动性也很难保证。

资金投入不足

资金投入必然影响数字化转型，而数字化转型属于投资大、周期长的复杂项目，不止涉及基础设施、软件，还有持续培养人才，需要大量、持续的投入。调查发现企业缺乏长期、持续的投入计划，导致数字化转型不能持续，无法形成基于数字化的核心竞争力。

三、石油化工行业数字化成熟度评估

3.1 数字化成熟度模型



图2 数字化成熟度评估模型

为了科学地评估企业数字化转型成熟度，石化盈科结合自身资源和经验，通过对石油化工行业的洞察，从数字战略水平、数字组织人才水平、数字运营水平、数字治理水平、数字技术水平 5 个水平维度及 14 项能力来全面评估企业数字化转型成熟度。

数字战略水平

数字战略水平分为数字战略转型、决策模式变革、数字文化重塑 3 项能力。

数字战略转型: 企业通过数字化技术驱动新商业模式、新业务模式、新管理模式战略转型程度，制定数字化转型的愿景、使命、价值观，明确数字化转型的定位和目标。

决策模式变革: 企业从传统决策模式向通过数字化方式进行企业决策的转变程度，依据数字化进行生产经营的决策。

数字文化重塑: 企业重塑以数字化为中心的企业文化，通过以数据说话、用数据管理，拿数据创新，加强员工在数字化转型的能动性。

数字组织人才水平

数字组织人才水平分为组织结构变革、数字人才能力构建 2 项能力。

组织结构变革: 企业建立灵活的组织结构来保障数字化转型，明确转型的责任主体，制定合理的组织目标和激励机制。

数字人才能力构建: 企业建立内部和外部人员能力的技能生态系统，能够按照需求通过不同的方式快速定位并获得转型所需技能和认知。

数字运营水平

数字运营水平分为设计研发数字化程度、生产运行数字化程度、供应链数字化程度、客户服务数字化程度 4 项能力。

设计研发数字化程度: 企业采用数字化进行设计研发的程度。

生产运行数字化程度: 企业生产运行的数字化管理水平。

供应链数字化程度: 企业建设原料、库存、运输、计量、质量监控等供应链的数字化管理水平。

客户服务数字化程度: 企业建设客户管理、销售、售后服务等数字化客户服务水平。

数字治理水平

数字治理水平分为数据资产管理程度、数据安全程度 2 项能力。

数据资产管理程度: 企业将结构化数据和非结构化数据进行全部数据整合优化，达到数字化应用的标准，形成面向各业务领域的数字资产，具备大数据的存储及处理能力。

数据安全程度: 建设完善的数据安全机制，具备体系化的数据共享接口，使数据安全有效。

数字技术水平

数字技术水平分为新技术转化与应用、数字化平台构建与运营、数字化流程构建 3 项能力。

新技术转化与应用: 企业通过新技术的转换与应用服务于数字化转型，建立智能化技术架构，实现算力、算法及各种技术与业务的融合应用。

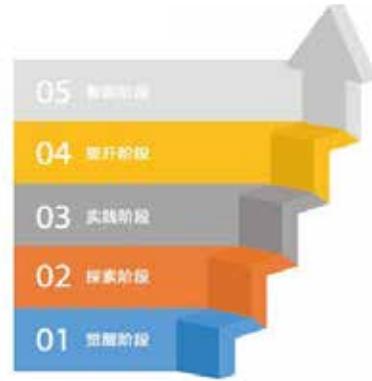
数字化平台构建与运营: 通过数字技术实现采集、整合内部和外部数据，通过挖掘和标签等工具进行各类分析，支持和持续优化交互、体验等数字化过程，并通过云技术等新兴技术路线进行部署。

数字化流程构建: 企业技术数字化对传统流程进行改

造升级，实现适用于数字化转型的流程创新。

3.2 数字化成熟度阶段

为准确评估企业数字化成熟度状态，我们依据数字化成熟度模型的 5 个水平维度及 14 项能力，制定了一套标准来衡量企业数字化成熟度阶段，这一标准分为觉醒阶段、探索阶段、实践阶段、提升阶段、智能阶段五个阶段。



信息来源：石化盈科咨询规划部

图 3 数字化成熟度阶段

觉醒阶段

企业意识到数字化的重要性，但不具备建设能力，开始优化传统信息技术，向数字化靠拢。

探索阶段

企业开始在某些业务领域进行数字化的试点尝试或技术验证。

实践阶段

企业开始进行场景或核心业务数字化转型实践。

提升阶段

企业在核心业务领域或场景中取得一定的数字化成效后，进一步提升。

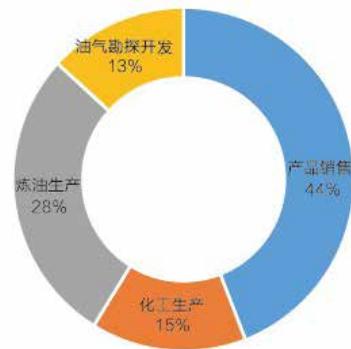
智能阶段

企业完成数字化转型，智能化成效显著。

3.3 研究样本

我们对 68 家企业，持续跟踪 3 年以上，覆盖油气勘

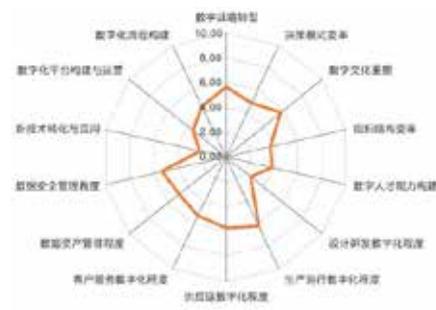
探开发、炼油生产、化工生产、产品销售，其中油气勘探开发企业占 13%，炼油生产企业占 28%，化工生产企业占 15%，产品销售企业占 44%。



信息来源：石化盈科咨询规划部

图 4 石油化工行业数字化成熟度研究样本占比

3.4 石油化工行业总体情况



信息来源：石化盈科咨询规划部

图 5 石油化工行业数字化能力平均得分

从石油化工业 14 项能力得分分析，生产运行数字化程度最高，得分为 6.23，表明石油化工业生产运行数字化水平较高；新技术转化与应用得分为 2.13，表明石油化工业新技术转化与应用水平最低；设计研发数字化程度得分为 2.13，表明石油化工业自身设计研发较弱。

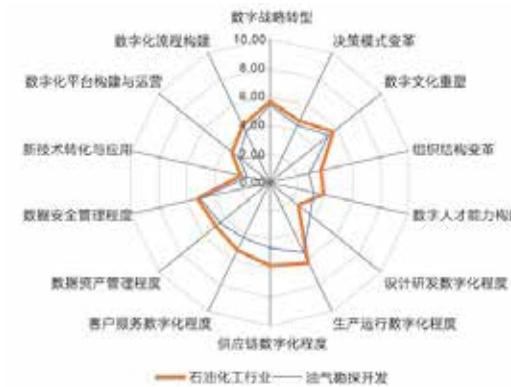


图 6 石油化工行业企业各项能力对应阶段占比

从石油化工业各项能力对应阶段占比分析，不同企业各阶段差异显著；客户服务数字化程度达到了智能阶段，表明石油化工业数字化转型主要发力点在行业下游，体现在产品销售客户端；整个行业除客户服务数字化程度外，均未达到智能阶段，表明 To B 模式对数字化转型和智能化转型不敏感；数字化平台构建与运营、设计研发数字化程度、新技术转化与应用在觉醒阶段的占比较高，表明石油化工业对研发和新技术应用反应迟钝。

3.5 产业链数字化能力水平情况

油气勘探开发数字化能力水平



信息来源：石化盈科咨询规划部

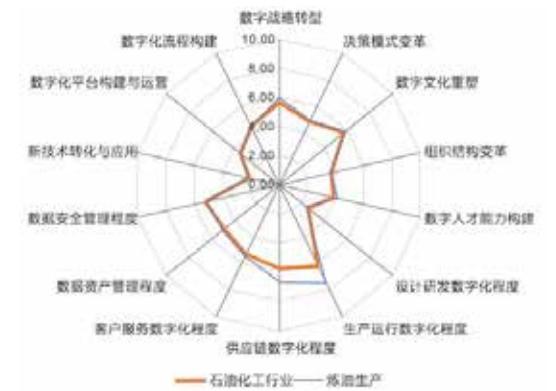
图 7 油气勘探开发数字化能力平均得分

油气勘探开发除设计研发数字化程度外，均低于行业平均水平，表明石油化工业上游注重设计研发的数字化。

某油田企业在浊积岩有效储层预测、沉积相识别与构造解释、固井质量评价等方面开展大数据试点研究与应用，初步形成了支撑综合研究关键业务的智能化预测分析方法，完成油田企业级集成服务云平台关键技术研究，攻关研发了云平台架构及业务服务技术、跨平台移动开发技术等 11 项核心技术，申请国家级发明专利 6 项，打造了油田勘探开发专有的敏捷开发环境。

炼油生产数字化能力水平

炼油生产大部分能力和石油化工业平均接近或略高于行业平均水平，生产运行数字化程度和供应链数字化程度远远高于石油化工业平均水平。



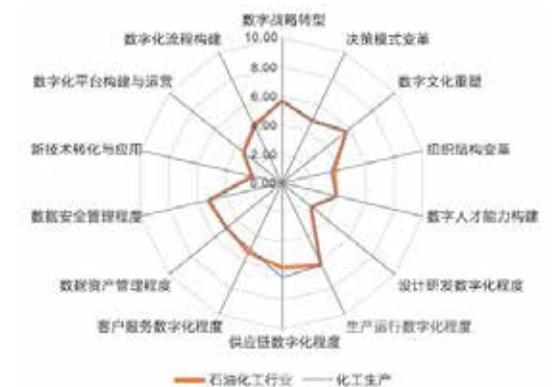
信息来源：石化盈科咨询规划部

图 8 炼油生产数字化能力平均得分

某炼化企业坚持“生产全过程优化”，实现在线生产优化的协同，生产管理以经验为主向模型为主转变。操作报警装置投用后，1 个班报警数量从 1700 次降为 800 次，消除高频报警问题，减轻内操负荷，确保装置平稳。智能巡检管理软件和巡检仪分离，实现从“定点打卡”向“实时定位”、从“事后上传”向“实时上传”，从“文字”向“图片视频”的“三提升”，优化岗位及巡检频率，减少 4 名现场巡检人员，月故障报修减少 40 次。



化工生产数字化能力水平



信息来源：石化盈科咨询规划部

图 9 化工生产数字化能力水平

化工生产大部分能力和石油化工行业平均接近或略高于石油化工行业平均水平，供应链数字化程度表现较为突出。

某炼化企业利用生产装置收率、排产、机理等模型，建立起生产优化与调度指令一键联动机制，实现了计划优化、调度指挥、装置优化的智能化管理。根据生产动态变化，及时做出反馈测算，并以生产指令下达执行，通过三个计划的衔接，加强计划与生产沟通协作，确保装置以效益最佳状态运行，工作效率显著提升，生产方案排定时间从 10 小时降至 1 小时，生产指标合格率上升约 5.5%，累计增效达 1.2 亿元。

产品销售数字化能力水平

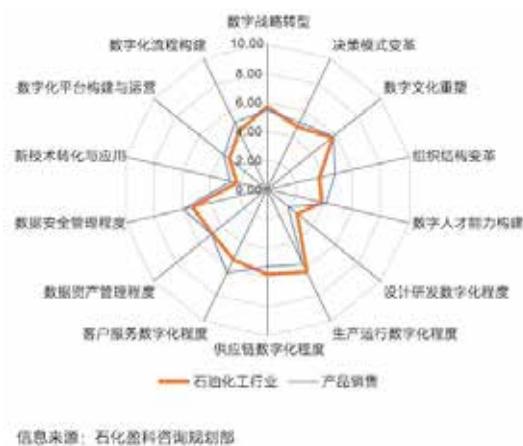


图 10 产品销售数字化能力平均得分

产品销售设计研发数字化程度、生产运行数字化程度、供应链数字化程度低于石油化工行业平均水平；数字战略转型、数字文化重塑接近石油化工行业平均水平；组织结构变革、客户服务数字化程度高于石油化工行业平均水平，表现突出。

某油品销售企业利用互联网平台，深化开展与外部单位的协同应用，逐步向“立体化营销”深入发展。一是推出各类服务新举措，包括电子加油券、新车营销、超级会员等，提升竞争手段。二是以非油品电子券、电子加油券为手段的跨界资源整合，引入翼支付、沃支付等新型支付手段，布局共享停车、二手车、保养维修等生态圈业务，创新商业模式。三是丰富积分兑换商品，打通各业务自有积分通道，引入电信、金融、

航空等积分，开通积分线上线下两条兑现通道，增强会员黏性。

小结

综上所述，石油化工行业上游油气勘探开发数字化水平低于中、下游，中游炼油生产和化工生产数字化水平接近，下游产品销售数字化水平较高。

3.6 产业链数字化成熟度情况

数字战略水平



图 11 数字战略水平平均得分

从数字战略水平分析，炼油生产最高，产品销售位居第二，化工生产位居第三，油气勘探开发最低。

某炼化企业应用物联网、红外线及工业机器人技术，建成国内石化行业首个超大型全封闭、全自动、无人操作聚丙烯立体仓库，实现了固体产品包装、仓库作业的自动化管理和无人装车发货。以智能仓储为纽带，通过销售物流实现了智能工厂、宁波化工园区和宁波智慧城市“三位一体”协同发展。



某油品销售企业按照公司转型发展总体部署，把非油品业务作为公司转型重点，运用互联网思维，积极发展新零售。对公司组织架构进行了调整，将综合管理部门由原来的 17 个调整为 12 个，进行职能整合，新增包括客户服务部、技术服务部、物流服务部、加油站价值开发部、供应商管理部在内的 5 个转型机构，深化油非互促、推动经营转型。

数字组织人才水平

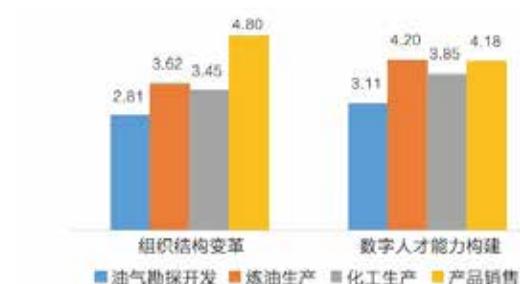


图 12 数字组织人才水平平均得分

从数字组织人才水平分析，产品销售最高，炼油生产位居第二，化工生产位居第三，油气勘探开发最低。

数字运营水平

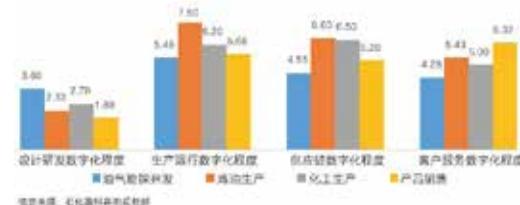


图 13 数字运营水平平均得分

从数字运营水平分析，炼油生产最高，化工生产位居第二，产品销售位居第三，油气勘探开发最低。

某炼化企业把原油调成套装备与原油近红外快评工具、原油加工优化软件深度融合，实现了对 80 种以上原油配方优化和组成的精确控制，原料组分稳定可控，实现 3 套常减压装置多种优化，降低了原油加工成本，确保了常减压装置稳态、优化控制，年增效 1600 万元。



数字治理水平



图 14 数字治理水平平均得分

从数字治理水平分析，产品销售最高，炼油生产位居第二，化工生产位居第三，油气勘探开发最低。

某油品销售企业通过统一资金数据标准，建立资金数据中心，实现资金管理的标准化、可视化、自动化和数字化，降低资金安全风险，加快资金周转速度，提高了资金使用效率，同时资金到账准确率提升 5.2%，资金上缴准确率提升 0.7%。

数字技术水平



图 15 数字技术水平平均得分

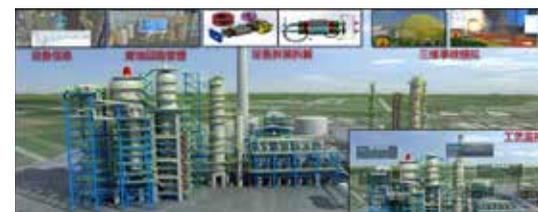
从数字技术水平分析，产品销售最高，炼油生产位居第二，化工生产位居第三，油气勘探开发最低。

某油品销售企业为有效解决客户在使用加油卡过程中遇到的实体卡片多、到站圈存和挂失时间长等痛点，不断提升客户消费体验，顺应当前新零售市场支付智能化、便捷化和移动化的趋势，该公司联合石化盈科开发了具有自主知识产权的一键加油 APP。“一键加油”的上线实现了客户体验的“三免”：免卡片、免下车、免开票；加油消费模式的“三变”：有卡变无卡、线下变线上、模糊变精准；以及加油卡业务的“三保”：保留忠诚客户、保留沉淀资金、保留主要资产（数据、加油机等）。“一键加油”可以有效应对其他移动支付工具的竞争，在满足客户移动支付

需求的同时，提高了加油站的通过率，引领了成品油行业的发展趋势。



某炼化企业利用三维数字化技术，对工厂实体装置、设备进行三维建模。通过集成设备、工艺、HSE、视频等系统数据，实现了实体工厂与虚拟可视化工厂的动态联动，变革了传统的管理和操作模式，提高了企业资产和安全管理水平。



小结

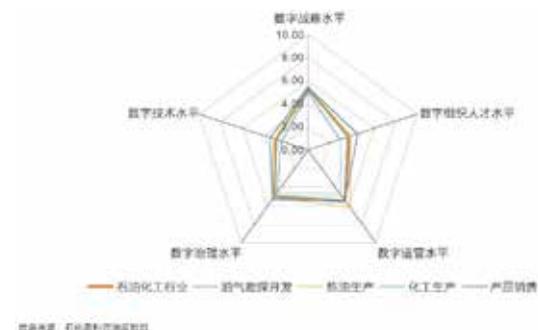


图 16 产业链数字化成熟度平均得分

综上所述，产品销售数字化成熟度最高，炼油生产数字化成熟度位居第二，化工生产数字化成熟度位居第三，油气勘探开发数字化成熟度最低；其中数字战略水平中炼油生产数字化成熟度最高，数字组织人才水平中产品销售数字化成熟度最高，数字运营水平中炼油生产数字化成熟度最高，数字治理水平中产品销售数字化成熟度最高，数字技术水平中产品销售数字化

成熟度最高。

四、石油化工行业数字化转型评估框架

数字化转型已经成为企业的发展共识，很多企业已经着手制定数字化行动策略，但在转型过程中仍存在认知不到位、方法不明确、效果不显著等问题，还有一些企业因前期探索失败而停止转型。石化盈科经过对石油化工行业数字化转型探索的系统归纳与总结，提炼了具有通用性、普适性的关键点与要素，提出了石油化工行业的数字化转型评估框架。



图 17 石油化工行业数字化转型评估框架

一个目标：商业模式转型是数字化转型的终极目标，紧扣数字化转型的商业本质，以终为始，逐步推进，构建连接、协同、共享的数字化商业模式。

三重转变：应聚焦资产数据化、运营数字化、决策智能化三大转型方向，逐步实现企业全方位的数字化升级。资产数据化是指企业把各种设备、生产、业务、经营的历史的、分散的信息和数据通过数据转换、数据清洗、数据合并、数据标准、安全脱敏、多维关联等数据治理操作，形成高质量的数据化资产，为数字化转型奠定坚实的基础。运营数字化是指在资产数据化的基础上，通过数字化技术重塑研发、生产、供应链、服务等企业运营流程，使得运营全面数字化，实现数字化敏捷经营。决策智能化是指企业实现了运营全面数字化，通过建立精确的分析决策模型，引入人工智能等技术，实现智能化决策，为企业创造更有价值的机会。

两大支柱：包括数字化驱动的全量数据分析和数字化服务的全新客户体验。数字化驱动—全量数据分析是

指通过数据平台和运营数字化的转变，企业可形成海量的数据，再进行全维数据智能分析，充分挖掘企业数据价值，洞察业务内在规律，进行智能判断。数字化服务—全新客户体验是指企业通过决策智能化的转变，可以智能地向不同类型客户提供个性化的产品和服务，持续满足不断变化的顾客期望，甚至引领行业消费方式，促进商业模式的提升。

双层平台：数字化转型不仅需要强大的技术平台，还需要建设一个统一的数据平台来共同支持数字化转型，两者缺一不可。数据平台是指企业的业务数据不只是结构化数据，还有声音、视频、图像等非结构化数据，同时采用多种数据处理工具来处理各领域的的数据问题，我们需要建设组件化、系统化、服务化的数据平台来实现数据的异构屏蔽、数据源的统一和数据描述标准，更好地为数字化企业提供底层动能。技术平台是指以数字化转型为目的，按需引入 5G、大数据、物联网、视频智能分析、AR/VR 等新技术，搭

建技术架构易扩展，技术元素易集成，技术能力易调用的技术平台来支持企业数字化转型。

五、石油化工行业数字化能力图谱

党的十八大提出实施创新驱动发展战略，强调科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置，鼓励企业通过技术创新实现转型升级，提升核心竞争力，推动企业加大科研创新投入。我们认为，在石油化工行业，需要通过数字化转型推动行业改变增长模式，通过数字化技术推动产业升级、技术升级、竞争方式升级，实现长期可持续发展。

石化盈科数字化能力图谱从数字战略、数字组织、数字运营、数字经营、数字治理、数字技术六个方面进行了考虑，旨在对推动成功的数字化转型必须构建的能力体系提供准确可行的定义。

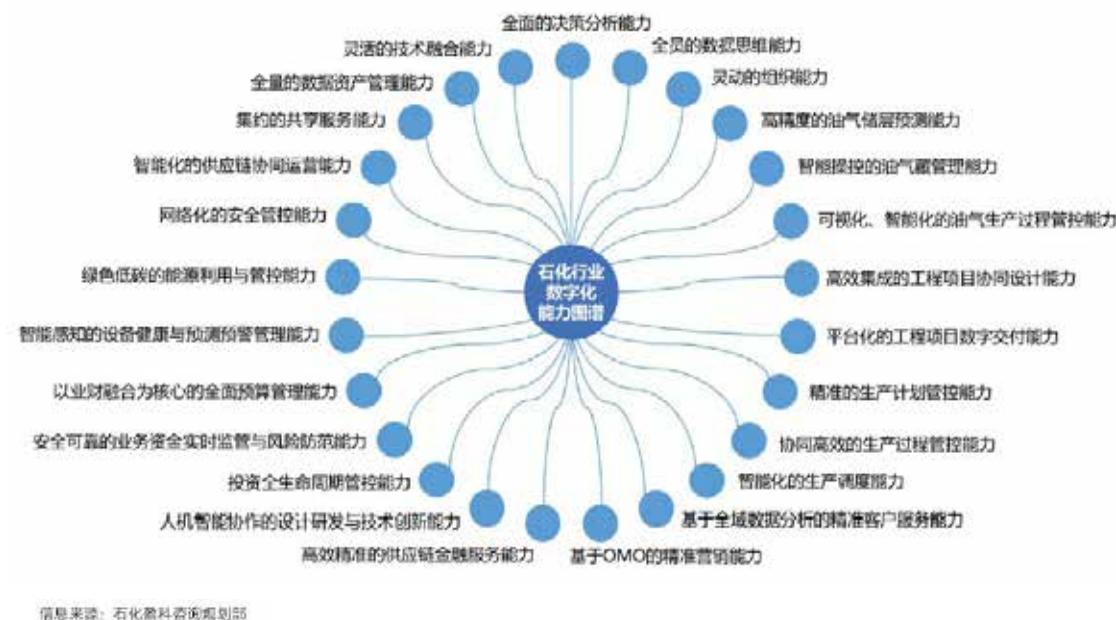


图 18 石油化工行业数字化能力图谱

全面的决策分析能力：随着企业数字化转型的不断推进，应通过全量数据收集，科学决策模型应用，打造全面的决策分析能力，从而提供个性化的产品和服务。探索：某油田企业加强了数据采集、分析、挖掘，提高了数据服务和管理决策能力，实现油田企业跨专业、跨系统的数据共享和高效应用，数据资源共享率由原

来的 80% 提升到 85%，有效的勘探开发决策论证由原来的 60% 提升到 70%，促进油田管理效率和经济效益的提升。

全员的数据思维能力：企业应鼓励全员积极拥抱数字文化，通过数据来改变传统的管理思路 and 模式，习惯

以数据说话、用数据管理，拿数据创新，增强全员的数据思维能力，以人为本的推进企业数字化转型进程。

灵动的组织能力：企业应打破科层制的组织模式，明确转型责任主体，制定合理的组织目标，建设灵动的、富有弹性的组织，以快速响应数字化转型的各种需求。

高精度的油气储层预测能力：企业应采用新技术对储层进行更精确的解释，对现场进行全方位的电子监控和巡视，对油气井作业进行全数据的实时采集和集中管理，从而提高油气勘探的精准预测。主要从高分辨率的储层模型优化、全方位的油气勘探可视化协同管理两方面开展二级能力打造，进一步提升整体储层预测精度、储层预测与实测的误差率等指标。

探索：某油田企业采用新技术，打造了具备该油田企业特色的地学工作平台，从而获得高分辨率的储层模型，取得更为精确、更为详细的构造和地层解释结果，整体储层预测精度从原有的 8 米精确到 6 米。

智能操控的油气藏管理能力：企业应建立井筒、油气藏、集输一体化模型，运用大数据分析、物联网等技术，全方位、高精度、自动化的实时采集油气藏开发数据，通过方便快捷的油气藏数值模拟、生产数据统计分析等手段，综合研究油气藏开发规律、调整开发方案，提高油气藏产量、采收率，提升油气藏开发管理水平，进一步提升开发井投产率、开发井产能符合率等指标。

可视化、智能化的油气生产过程管控能力：通过构建“电子巡井、中心巡护、人机联动、快速响应”的新型生产运行机制，依托物联网等新技术，实现油井数据采集全覆盖、工艺参数自动采集、生产现场无人值守、生产异常实时监控预警。主要从油气生产自动诊断和实时预警分析、生产现场远程作业、采油运行全流程监控与优化三方面开展二级能力打造，进一步提升油气生产现场可视化率、油气生产现场自动化控制率、油气生产现场数据自动化采集率等指标。

探索：某油田企业采取可视化、自动化和智能化的信息化管理系统提升劳动生产率，在各油气生产单位设立信息化安全生产监管平台，通过数字化，把实体油田“装”进了计算机，1870 口油井的数据采集全覆盖，

600 多口重点井和 125 座站点实现了工艺参数自动采集和视频监控，19 座站库实现了无人值守。

高效集成的工程项目协同设计能力：设计机构应和业主确定数字化设计标准，实现跨平台、跨地域协同工作，提高工作效率和精准设计质量，通过三维设计模式的创新，使得工程建设的进度周期、投资费用、质量安全也都得到更好的优化和控制。主要从三维模型建立与优化、设计规范及数据标准化两方面开展二级能力打造，进一步提升工程设计整体效率、工程设计变更比例等指标。

探索：某工程建设企业经过多年的不断努力，在设计平台上可进行设计方案优化、同源数据共享，有效解决了以往设计中经常出现的碰撞、上下游专业不能协同更新等问题，使得因设计原因引起的变更降低到工程投资额的 0.5% 以下，基本消除了因碰撞等原因造成的变更，综合评估，设计效率提高 25% 以上。

平台化的工程项目数字交付能力：通过数字化打通设计、交付、建设、运维的全过程，保证不同数据源交付数据的完整性、一致性、准确性，提升交付数据质量，实现数据共享。主要从交付信息结构化、基于平台化的项目成果交付两方面开展二级能力打造，进一步提升成果数据集中存放率等指标。

精准的生产计划管控能力：企业通过数字化技术加持，不断优化生产计划模型，形成精准的生产计划，提升计划管理在生产中的指导、约束作用，利用数据可视化工具实现计划对装置生产的动态跟踪，使计划管理与生产管理有效衔接。主要从生产计划可视化跟踪、模拟分析生产计划可行性两方面开展二级能力打造，进一步提升生产计划完成准确率、生产平衡超差报警率等指标。

协同高效的生产过程管控能力：企业以全生产流程优化为核心，建立物料平衡模型、能耗数据自校验模型等，充分调整资源配置，调整生产布局；引入物联网、智能终端技术，实现全覆盖、无盲区、高质量、不间断的生产过程精细化管理，加大信息技术在数据采集方面的创新应用，实现对企业生产运行过程的动态跟踪。主要从生产集成管控、产能平衡与稳定生产、生

产装置先进控制、生产过程全流程优化、生产过程实时监控分析五方面开展二级能力打造，进一步提升生产数据自动化采集覆盖率、生产现场自动化控制覆盖率等指标。

探索：某炼化企业建成了集中的生产管控中心，实现了生产运行、调度指挥、全流程优化、安全管控、环保监测、视频监控等一体化管控，促进分散式生产管理转变为集中、协同式管理，操作合格率从 90.7% 提升至 99% 以上。

智能化的生产调度能力：通过集成各生产环节数据，具备生产异常预测与处理能力，及时发现问题，主动采取措施，从而保证生产总体进度最优。主要从生产统一调度协调、生产调度闭环管理两方面开展二级能力打造，进一步提升异常工况自动捕获率、调度指令闭环率、报警响应时间等指标。

探索：某炼化企业完成了覆盖全公司生产业务的调度指令在线流转体系，把计划、调度、操作由分段式管理转变为全程在线、闭环式管理，生产管理效率显著提高，减少劳动工时 20 人 / 天，工作效率提升 15%。

基于全域数据分析的精准客户服务能力：利用全域数据分析结果，敏捷应对市场形势变化，向特定客户推送客户关怀和事件营销，从而不断提高客户黏性，助推“互联网+”商业新业态发展，为企业发展提供新动力。主要从客户数据挖掘机制和消费行为分析模型优化、用户互动与敏捷服务、对客户的端到端全流程式服务、多触点的客户便利服务四方面开展二级能力打造，进一步提升油品赠券使用率、绑卡会员比率、客户满意度、客户保有率等指标。

基于 OMO 的精准营销能力：通过收集和整合分散的消费信息，将交易数据进行各个维度的画像分析，借助 IC 卡、电子商务、第三方应用等技术，开展汽车服务、保险、理财、第三方销售、旅游、游戏、道路救援等在内的多样化增值服务，实现个性化线上营销、差异化线下经营，持续满足客户的多样化需求，从而提升营销活力。主要从线上与线下无缝营销、油品与非油品的交叉营销、营销服务机制协同管理三方面开展二级能力打造，进一步提升年度增值服务交易额、

开展主题活动营销次数等指标。

探索：某油品销售企业依托互联网技术，打通与第三方的合作接口，实现车险、洗车、机油等相关业务的线上运营，探索构建“人、车、生活”综合服务生态圈；主打“石化钱包”特色品牌，拓展“营销资源进钱包、充值返利进钱包、车险让利进钱包”等多项应用。2018 年，借助石化钱包吸引第三方营销资源 8 亿元，拓展客户增值服务，减轻了营销成本负荷。

高效精准的供应链金融服务能力：采用区块链等技术，采集合作伙伴、用户等交易数据，并全面分析数据背后的客观事实、监控数据背后的客观规律、发现数据背后的客观联系，实现金融服务从“后知”到“先知”的转变，帮助企业方便地获取金融服务，创造新的产业生态。主要从供应链金融风险有效控制、供应链金融资金流实时跟踪两方面开展二级能力打造。

人机智能协作的设计研发与技术创新能力：引入数字化技术，大幅提升设计研发效率和质量，加强仿真研发、大数据、人工智能的综合运用，着力开发和应用先进工艺技术，加快关键核心技术实现工业转化的速度，进而快速创新与生产出具有技术领先、满足市场需求的高性能产品。主要从实验数据智能化分析、研发、工艺、生产一体化两方面开展二级能力打造。

投资全生命周期管控能力：搭建投资需求和投资能力预测模型、投资结构优化模型、投资效果评价模型，通过投资数据集成和投资执行情况全过程监督，不断优化投资结构，确保投资规模、建设规模与发展能力相适应。主要从投资执行动态管理、投资数据集成管理两方面开展二级能力打造，进一步提升投资完成率、投资偏差率、投资收益率等指标。

安全可靠的业务资金实时监管与风险防范能力：企业通过人工智能技术与财务管理业务相结合，预设收付结算规则，实时监控，及时识别、提示或阻断风险交易，大幅降低人工干预、提高交易数据真实性、可靠性，确保资金安全到账，降低资金安全风险，加快资金周转速度，提高资金使用效率。主要从资金风险智能化防范、资金流向动态监控两方面开展二级能力打造，进一步提升资金逾期监管周期、自动对账率、流

动资金周转率等指标。

以业财融合为核心的全面预算管理：全面预算不仅覆盖企业所有业务活动，还要贯穿全业务流程，针对业务流程各个节点制定财务预算，编制与该财务预算相适应的业务预算，业务预算与财务预算互相指导修正，对事前、事中、事后进行控制，做到事前有计划、事中有控制、事后有考评，最大限度地优化资源配置，编制出具有高度业务关联性的全面预算，提高全面预算管理水平。主要从财务预算精准预测分析、预算执行跟踪监控两方面开展二级能力打造，进一步提升预算执行差异率等指标。

智能感知的设备健康与预测预警管理能力：企业通过新技术应用，实时监控设备运行状况及备件状态，自动感知设备运行水平，自动预知设备维修周期，自动流转设备维护信息并闭环处理，自动生成检修计划，自动评级设备运行和维护绩效，提升设备管理水平。主要从设备全生命周期管理、设备的智能诊断与优化两方面开展二级能力打造，进一步提升设备完好率、主要装置自动化控制率、主要装置数据采集率、关键部位和重要设备的监控报警点覆盖率等指标。

探索 1：某炼化企业实现了 71 台大机组、37 个泵群的在线监测，实现了以预知维修为核心，全方面、全过程的设备健康因素监控及分析；利用大数据分析及专家知识库的关键机组故障定位及寿命预测；提高了设备预知维修和可靠性管理水平。

探索 2：某炼化企业在故障预测方面利用大数据对关键机组的故障进行预测，每天对 27 个关键机组 216 个振动测点，约 300 万条数据进行采集监测，实时获取机组振动、温度、压力、流量等数据，通过大数据分析，对设备状态进行评定，预测振动趋势，减少了非计划停工。

绿色低碳的能源利用与管控能力：通过先进技术对能源数据进行实时采集和全方位远程监控，实时掌握不同区域、不同类别能源的消耗情况，对能源供应情况进行动态优化管理，有效提升企业的能源利用效率，实现节能降耗。主要从综合能耗实时监控分析与管理、能耗核算及定额管理两方面开展二级能力打造，进一

步提升综合能耗、加工损失率、节能量等指标。

网络化的安全管控能力：通过现场管理与物联网、4G 等信息化技术的有效融合，建立“安全监控地图”，实现安全风险点实时监测和集中监控，以提高管控质量，避免安全事故的发生。主要从生产、安全、质量协同管控、安全隐患事前预警两方面开展二级能力打造，进一步提升生产现场安全达标合格率、事故隐患整改率等指标。

智能化的供应链协同运营能力：通过人工智能、区块链、云计算、大数据等技术，加强供应链中采购、库存、物流等核心环节之间的综合集成运作，将公司内部供应链不断向产业链上下游延伸，打通供应链上的商流、信息流、资金流、物流，实现供应链可视化，具有即时、可视、可感知、可调节的能力。主要从供应链可视化、智能化仓储管理、一站式物流服务三方面开展二级能力打造，进一步提升采购订单执行率、物料平均出库时间、产品平均交付周期等指标。

探索：某炼化企业利用无线射频（RFID）等物联网技术，对传统物资仓库进行数字化改造，实现了库存物资实时盘点和智能配送，提高了物资管理的效率和精细化管理水平，大幅降低了企业物资库存资金的占用。

集约的共享服务能力：集团性、综合性企业借助利用大数据、人工智能、移动互联网、云计算、物联网等技术，对财务、人力资源、信息技术、物资采购、员工商旅等业务进行集中的智能化处理，实现规模化、标准化管理，推动企业管理转型，促进企业价值最大化。主要从财务共享、人力资源共享、物资采购共享三方面开展二级能力打造，进一步提升流程标准化和集中化率、流程自动化机器人应用率、财务人员配备节省比例等指标。

探索：某集团借助财务共享上线，推动业务再造、优化人员结构、减轻业务人员工作量。通过由业务端直接发起业务，财务部门的平均业务提交量下降到总业务量的 10%；通过采购供应链全流程优化，采用共享扫描、自动识别等技术使得企业物资采购部门的工作量降低了约 30% 左右。

全量的数字资产管理能力：企业应对各种数据进行分

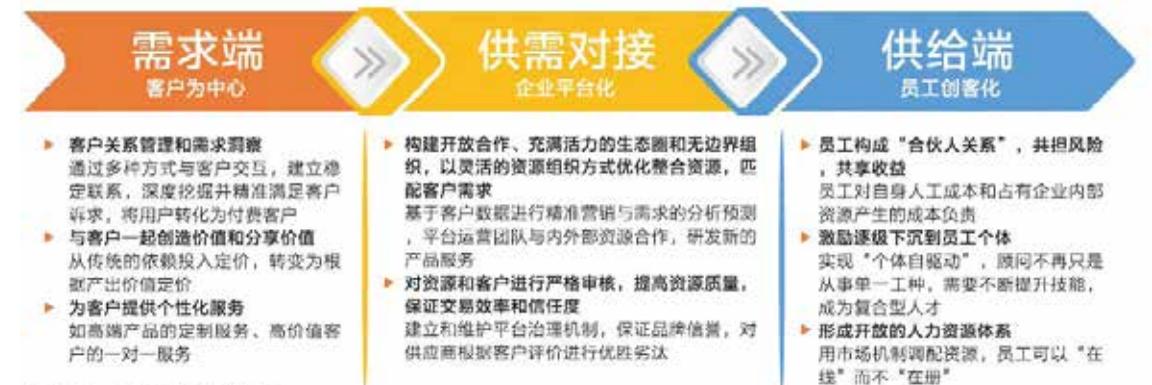
析、整合、标准化等治理，形成高质量的数据化资产，并对数据化资产拥有增量、优化、挖掘、安全的管理能力。

探索 1：某炼化企业利用大数据技术对超过 11 亿条生产数据进行分析，对石脑油原料进行分析建模，建立操作样本库，指导工艺参数优化，使汽油收率提高 0.14%、辛烷值提高 0.9%，年增效 678 万元。

探索 2：某炼化企业利用所属集团公司 50 套催化装置约 50TB 历史数据，开展装置报警分析，实现关键报警提前 1-2 分钟预警，装置报警数量减少 40%，为操作人员及时采取措施、规避生产风险争取了宝贵时间。

灵活的技术融合能力：实现数字化转型，需要引进各种新技术，企业需建设弹性的基础设施、搭建易扩展的技术架构，打造灵活的技术融合能力，实现技术更好的为数字化转型服务。

图19：“入口+平台+生态”的商业模式



信息来源：石化盈科咨询规划部

图 19 “入口 + 平台 + 生态”的商业模式

数据资产价值为转型驱动

数据是数字化转型的核心，无论是智能制造，还是智能物流、智能营销，数据都是实现智能化的基础。数据在企业内部最为重视的价值是企业创立基于大数据的商业模式和风险管控。未来所有数字化转型的企业都需要进行包括数据采集、清洗、传输、分析、预测在内的数据全生命周期的治理和价值挖掘，形成全量数据，通过全量数据汇聚，全域数据融合，全维数据智能分析才能更好的洞察业务内在规律，提供智能决策支持。

六、石油化工行业数字化转型的成功因素

通过本次调研，结合石化盈科众多实践，我们总结出了如下石油化工行业数字化转型的成功因素：

商业模式变革为转型焦点

随着新一代数字化技术在石油化工行业的渗透，传统的行业壁垒和边界将被打破，行业竞争格局随之改变。在新的竞争格局之下，企业将数字化转型升级作为核心战略，新技术深度融入研发、生产、管理和营销等每个业务领域，重塑顺应数字经济发展规律的组织形态和商业模式。创新管理机制，探索“入口 + 平台 + 生态”的商业模式，建立基于云平台的开放、在线、分布式的协作模式和公平竞争、协同合作的运行机制，实现供需高效按需匹配。组织架构与商业模式的变革突破，将最大化激发企业创新的活力和潜力，重构企业核心竞争优势。



信息来源：石化盈科咨询规划部

图 20 数据全生命周期管理

从环保业务范围来看，石化企业环保业务可归纳为四条业务主线，如图 1 所示。一是通过实施项目全生命周期环保管理，支撑建设项目阶段的环境保护工作和生产运行阶段的污染预防、源头削减、过程控制及综合治理。二是构建项目在役运行阶段的环境风险防控机制，提高企业风险防控水平，降低突发环境事件发生概率，支持应急处置。三是实现环保计划、环境统计、分析评价与绩效考核全面管理，即以企业环保规划与工作计划为基准，过程化监督、核算与评价企业环保的持续改善成效。四是基于环保基础信息、在线监测实时数据、指标数据、预报警数据等，支撑各级管理用户分析决策。



图 1 石化企业环保管理业务主线示意图

按照环保管理业务链梳理，石化企业环保管理业务具有从计划、监控、统计检查、绩效评价和对标考核的闭环管理特点，符合 PDCA (Plan-Do-Check-Action) 循环，遵从环保管理体系要求，如图 2 所示。



图 2 石化企业环保 PDCA 闭环管理

2、环保管理系统功能设计

石化企业环保管理系统重点围绕环保管理四条业务主线进行设计，全面梳理、标准化环保业务流程，规范全口径环境数据指标体系，实现项目全生命周期的污染过程监控、环保专业化管理、综合决策的协同管理。覆盖石化企业环境保护管理核心业务，创新提升环保业务管理模式，满足直属企业、专业板块、集团公司三位一体的环保管理要求。总体功能架构如下图 3 所

示。



图 3 石化企业环保管理系统功能框架

(1) 项目建设期环境保护

项目建设期环境保护应用，重点实现石化企业新、改、扩建项目的环境保护管理，支持勘探开发环境敏感目标识别与评估管理，防止项目建设期的生产活动对环境产生污染和生态破坏，包括建设项目环保和环境敏感目标管理。

建设项目环保管理。石化企业对建设项目的可研、基础设计、开工建设、竣工验收、环境影响后评价五阶段的环保过程进行信息化管理，保障环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。重点监管建设项目各阶段产生的违规、超期和进展情况，及时发现项目建设存在的问题，减少或避免项目“未批先建”或“久试未验”情况的发生。包括建设项目环保申请、审批、过程控制，实施建设项目环保管理分析与预警监控，跟踪施工阶段环保措施落实情况及环境监理工作开展情况。集团和专业板块对重点建设项目（如一类、二类）申请进行审核、对项目执行各阶段进度全过程监控。

环境敏感目标管理。针对勘探开发区块中涉及的各类环境敏感目标，如饮用水水源地保护区、自然保护区及其他生态红线区等各类环境敏感目标及其监管法律法规要求，开展环境敏感目标评估与识别的应用，为勘探开发矿权区域环境敏感因素的信息化、可视化应用提供便捷可靠的共享应用平台^{[4][5]}。包括数据组织与管理、环境敏感目标管理、生产设施环境风险管理、环境敏感因素识别与分析、环境风险查询与分析、勘探开发业务支持、环境敏感目标影响监管等。通过对矿权区域环境敏感目标识别与评估，为石化企业各级管理与科研用户严守生态红线提供保障。

(2) 在役运行期环境保护

在役运行期环境保护，主要对生产运行阶段的污染源源头削减、过程控制及末端治理进行监控，包括环境监测、污染管控。

环境监测。

环境在线监测。是对石化企业废水、废气污染源排放进行全天候实时监控，包括监测数据的实时监控、超标报警及趋势分析，对现场分析设备进行有效性审核，管理监测点停运情况，对无效数据修约补遗，对监测点异常、缺失、超标等进行原因跟踪。集团及专业板块监控所辖企业重点污染源，直属企业监控辖区内重点污染源及内控点。

人工监测。是企业根据环境监测计划，对废水、废气、厂界噪声、大气、水体等按监测频次要求进行人工监测，包括监控监测点状态、基本信息及监测数据状态，对数据进行预警报警、趋势分析，掌握监测点达标情况。集团和专业板块监控直属企业的人工监测开展情况，掌握企业人工监测达标率、任务完成率及企业排名情况。

移动源监测。实现企业移动源动态管控，包括移动源 GPS 分布、移动轨迹跟踪、监测数据实时传输及监测达标情况等。集团层面监控企业移动源监测与管控情况。

污染管控。

三废管控。是企业基于污染源产排模型，实施废水分级控制、废气监测计量及固废全生命周期管理，包括废水废气计量监测数据采集、分析，超标预报警、整改反馈和验证的闭环管理，固废计划、申报、存储、出库、运输和处置的全过程监控。集团和专业板块监控直属企业的三废排放及管控情况。

VOCs 管理。按照 VOCs (挥发性有机化合物) 十二类排放清单构建 VOCs 核算模型，进行 LDAR 检测管控及 VOCs 排放的核算与管理。实现从 LDAR 检测点及 VOCs 排放点采集/自动计算 VOCs 排放量，在装置、二级单位、直属企业各层级逐级核算与确认，完成企业级 VOCs 统计分析与监管考核。集团和专业板块总体监控企业 VOCs 污染防治情况。

治理设施管理。包括治理设施运行、治理设施停运管理，企业实时监控治理设施运行状态，建立治理设施运行台账，对治理设施停运进行审批、评估。集团和专业板块重点监管管辖企业环保设施投用情况，建立集团和板块治理设施运行台账，对企业治理设施运行情况及时跟踪。

清洁生产。以生产装置为清洁生产实施与审核单元，基于清洁生产评价指标体系，开展清洁生产方案生成、上报、审核，进行清洁生产验收审批，并对持续清洁生产工作进行跟踪。实现直属企业清洁生产年度计划、目标、完成情况以及工作总结等运行情况整体展示，集团和专业板块总体监控企业清洁生产工作的开展。

(3) 环境风险防控

针对突发环境事件特点，构建风险防控机制，支撑环境事件的事前预防、事中控制及事后处理过程。包括风险管理、隐患管理、环境应急和环境事件。

环境风险管控。按照环境风险管理体系要求，建立环境风险评估模型，进行企业环境风险识别，评估风险等级，对重大风险源及分布情况进行监督管理。集团和专业板块监管所有企业重大风险源的基本信息和地理信息分布，并结合环境事件案例库，指导企业自动快速匹配历史案例识别风险；对直属企业上报的一级风险源和企业风险评估报告备案管理。

环保隐患管理。实现企业环保隐患排查和隐患分级管理，开展重大环保隐患的登记、审批、上报与治理，进行隐患治理项目进度跟踪、项目后评估等。集团和专业板块支持隐患项目的论证与审批下达，跟踪隐患项目建设进度及验收过程，及时消除环保重大隐患。

环境应急管理。实现应急预案、应急资源、应急监测等日常管理，包括应急预案的登记归档与应急演练管理，应急物资、应急队伍、应急专家等应急资源地理信息实时监控，应急监测与审核等。集团层面完成企业应急预案备案，动态监控企业应急资源分布、应急监测状态，支撑事故状况下的应急联动与应急决策。

环境事件管理。支持企业环境事件登记报告、分级、调查与处理，根据环境事件类型、级别和范围，匹配

环保预案，形成环境事件的台账。并建设集团统一的环境事件案例库，指导企业进行风险防范，支持环境事件处置的辅助决策，避免环境污染和不良社会影响。

(4) 环保监督考核

以石化企业环保中长期规划与年度环保工作计划为基准，通过实施环保计划、统计、分析评价与监督考核的全面管理，评价企业的环保管理持续改善成效，对企业环境绩效进行量测与评估。

环保规划计划。实现企业环保规划和年度环保工作计划的编制与发布，建立环保指标计划并细化分解，跟踪环保计划与指标完成情况，进行企业年度环保计划总结及环保考核。集团和专业板块制定环保规划和年度环保计划，细化环保指标，向直属企业发布和下达，跟踪执行过程并进行效果评估。

环保统计。建立环保指标核算模型，逐级进行环保核算统计、过程管控，实现各类指标数据对比分析、排名，进行单项、多项指标同期对比和差异分析，多项指标逐月分析等。集团和专业板块对直属企业上报报表进行监控与审核，并选取国际、国内、集团及企业先进水平为标杆，进行对比评价、企业排名。

绩效考核。构建环境绩效考核指标体系，实施项目全生命周期环境绩效考核管理，考核范围涵盖专业板块、直属企业及二级单位。考核内容包括了建设项目环保考核、清洁生产考核、环保监督管理考核及三废处理装置的考核等，涉及指标包括环保经济责任制考核指标、清洁生产指标、分级控制指标、过程控制指标、污水外排指标等。

排污许可。根据国家“按证排污、自证守法”、一证式污染源管理模式要求^[6]，进行企业排污执行过程监控，包括主要指标完成情况统计分析、排污许可信息变更及结果上报。集团和专业板块跟踪直属企业排污许可主要指标完成情况和排污许可信息变更情况。

污染源普查。实现企业污染源普查数据的登记、审批及上报，针对装置、废水、废气、固废、治理设施等污染源及污染源强统计分析，支撑污染源普查工作开展。集团和专业板块进行直属企业污染源普查数据审

核、污染源及污染源强统计分析。

检查督办。实现企业对各类环保检查的登记、分类汇总、进度跟踪及问题整改，对完成整改情况统计分析。集团和专业板块重点对检查整改结果跟踪，对检查督办问题管控。

(5) 环保综合决策

基于海量环保数据、环保业务信息及知识库，顶层设计领导驾驶舱、环保地图、移动应用，辅以环保综合管理，为环保决策提供全方位、多层次的决策支持和数据服务，协助石化企业管理用户在环保工作中对生产与环境协同、企业可持续发展进行统筹兼管、科学决策。

领导驾驶舱。采用地理信息及多维可视化展示手段，建设石化企业领导驾驶舱，为各级管理层面提供环保决策平台，包括建设项目环保预警、污染源监测预警、实时污染物排放、环保指标进展、环境风险源分布、应急资源分布等体现环保管理的核心业务内容。满足各级管理用户基于数据的业务场景定制及指标管控分析，基于环保总体情况辅助决策。

环保地图。实现石化企业污染源、三废管控、风险应急等基于地理信息分布的分类监控，进一步辅助各级管理用户决策。包括污染源分布，废水、废气、固废、VOCs 等污染物排放监测与视频监控，企业污水/雨水/事故水流向及趋势监控，重大风险源监控，应急资源动态监控及土壤地下水监控等。

移动应用。面向市场主流移动设备，基于 iOS 和安卓 APP 进行环保移动应用的开发定制，支撑石化企业各级管理用户随时随地监控环保主要业务，掌控环保管理现状。包括企业环保概况、环保业务处理、监测数据实时推送及预警提醒、企业环保地图展示等，并设置待办提醒与多维统计分析。

综合管理。遵循《ISO—14000 环境管理系列标准》要求，实施环保综合管理，支撑环保日常管理应用。包括环保动态、环保组织机构、教育培训、信息公开和绿色通道等，实现石化企业环保组织机构管理，跟踪行业环保动态，支持不同类别、级别环保岗位培训，进行面向社会的排污、治理及环评审批等环保信息公开，面向全体员工推行环保违规快速通道上报等。

3、环保管理系统技术特点

(1) 污染物排放业务建模与工厂模型

环保管理系统采用多维数据建模技术，搭建生产单元级污染物排放模型，并依据既有的环保指标监控、核算、统计规则建模，实现生产单元污染物排放实时跟踪、环保指标监控、统计分析等。

环保工厂模型涵盖炼油、化工装置及废水/气污染治理等类设施，支撑污染源管控业务运行与核算。包括测量网络层、生产操作层、统计归并层与核算模型层，如图 4 所示。测量网络层描述真实的物理仪表或虚拟仪表，测量点包括在线监测与计量仪表、分析仪器、检测仪器等；生产操作层描述了企业装置产排要素与污染源、治理设施的连接关系；统计归并层按环保业务统计规则、不同统计口径抽象描述环保拓扑逻辑关系；核算模型层描述企业污染产排的核算关系。

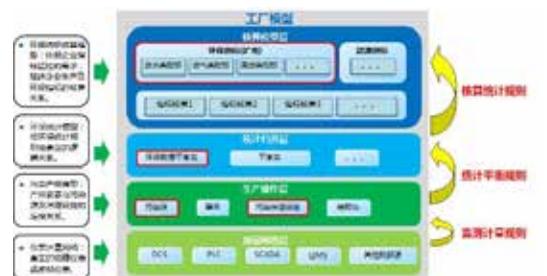


图 4 石化企业环保管理系统工厂模型元素

(2) 基于大数据量的地图渲染技术与切片服务

基于 GIS 技术，将污染源、风险源、监测点及各类敏感性因素等以地理信息可视化方式进行集成，各类环保管理对象要素全面、准确、直观地体现，实现企业生产布局、污染源分布、环保设施等分布情况一收眼底。

地理信息地图中涉及了大量业务空间数据，要求 GIS 具备快速展示与渲染、动态聚合服务能力。根据人体视觉要求，实现 10 万个点以上大数据的快速动态、逐级加载，解决海量数据点服务加载的技术难题。对



图 6 中国石化环保数据逐级标准化管理

平台的本地地图数据进行“切片”处理，提供图片调用的外部接口，供相关应用系统调用集成，并依托 GIS 平台进行地图的切割和发布，提供高响应速度的地图发布、浏览、查询，实现地图的完美展示^{[7][8]}。

(3) 基于工业互联网平台环保应用与服务

环保管理系统基于工业互联网平台，采用“平台+应用+服务”技术路线，扩展面向环保领域的业务应用，如图 5 所示。环保应用可以通过两种方式访问：浏览器访问、移动引用 APP 访问。应用层调用业务组件和技术组件服务，支持通用业务和计算，实现三废管理、治理设施管理等专业应用，用户可以订阅多种应用，实现个性化业务覆盖。服务层新增环保指标计算、监测计划编制等各项业务组件，并以组件组合方式满足各应用的业务需求。组件服务依托平台基础层。



图 5 石化企业环保管理系统技术架构

三、石化企业环保管理系统应用成效

(1) 挖掘环保数据价值，解决环保统计工作痛点

通过规范环保数据标准、统一数据口径，多源数据共享融合，消除信息孤岛^[9]，规避了环保数据重复填报、多头管理问题，保障环保数据的一致性与完整性。环保统计岗位人员从传统的人工收集上报，转变为数据自动核算、逐级审核与分析模式，全面摸清了企业环保排放底数的同时，大幅降低岗位人员工作强度。以中国石化为例，已在 90 多家企业建立 1800 余项环保指标，支持集团各级管理用户开展了 2016 年~2019 年近 4 年环保统计工作，如图 6 所示。

(2) 实时监控排放数据，提升重点污染源外排达标实施重点污染源排放的地理信息定位与实时监控，支持石化企业全面掌控所有污染源外排超标情况，及时通报考核，有效监督企业污染源排放达标。例如，中国石化建成了涵盖 49 家企业计 623 个重点污染源的在线监测体系，运行以来有效减少了超标排放、违规排放，外排废水的达标排放率提升到 99.93%，外排废气的达标排放率提升到 99.84%。

(3) 创新环境评估预警机制，规避建设期环保违规操作
通过建立建设项目环保预警与环境敏感目标识别评估机制，识别环境敏感目标，对建设项目各阶段进度跟踪监控。杜绝拟建项目碰触生态红线，规避环保风险，防止新建、扩建、改建和科研开发项目等在建设项目阶段违规操作，保障项目建设依法合规。中国石化目前已对油、炼、化、销及其他板块共 907 个建设项目

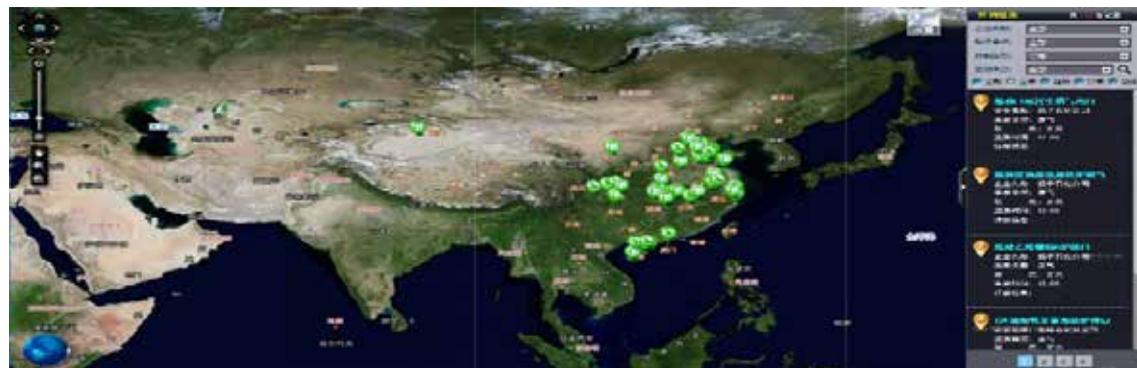


图 7 中国石化重点污染源在线监测体系

进行全过程管控，保证了全部项目合法合规。同时对上游 11 个油气田企业 102 个勘探开发新区实施了环境敏感目标评估，支持 6 类 2500 余项环境敏感目标及法律法规识别分析，支持勘探开发前期方案优化调整，提高了方案设计效率，规避了投资风险。

制，实现环境监测、过程管控、环保统计与评价的闭环管理，由“管结果”向“管过程”转变，由“事后追责”向“事前预防控制”转变。以天津石化为例，通过应用环境监测、三废管理、VOCs 管理、治理设施监控、环保统计及风险防控等环保核心业务解决方案，实现了车间发起、逐级核算归并、层层审批的规范化管理模式^[10]，辅以便捷的审批流程，提升了环保过程管控和预警能力。

(4) 以数字技术优化流程，提升环保管理敏捷性
通过规范石化企业环保业务处理过程，建立预报警机



图 8 中国石化环境敏感目标管理

总结

石化行业是我国的支柱产业，多年来持续稳定增长，在我国经济体系中占有重要地位。而行业稳定发展带来的污染排放新增压力仍将处于高位水平^[11]。在发展生态文明、建设美丽中国^[12]的时代发展趋势下，石化企业作为污染排放主体，不断进行着环保管理模式革新。运用先进信息技术实现石化企业环保管理体系创新，是互联网高速发展时代的必然举措。本文给出了满足石化企业环保业务发展的整体解决方案，覆盖集团、专业板块、直属企业、二级单位、基层单位等各级环保管理岗位，支持项目建设期环保管理，涵盖在役运行阶段污染物源头削减、过程管控与末端治理，支撑环保监督考核与综合决策的业务全面处理。同时进一步阐述环保管理系统在中国石化的数字化转型应用实践，系统所具有的标准化、流程化、可视化特点，为推进环保管理的主动性与前瞻性提供了有力保障，在中国石化绿色低碳、可持续发展战略的落地实施中发挥重要作用。

参考文献

- [1] 孙婧. 中国工业园区的贸易与环境协调发展研究 [D]. 青岛大学, 2005.
- [2] 何冰. 浅谈石油化工资源综合利用与环境保护 [J]. 中国化工贸易, 2019, 2:49-51.
- [3] 卞保武. 论企业信息化中的“信息孤岛”问题 [J]. 中国管理信息化, 2007, 10(4): 22-25.
- [4] 卜伟, 黄洪, 王权. 信息共享平台在环境管理中的支撑作用 [J]. 新疆环境保护, 2008, 33(1):46-48.
- [5] 刘忠瑞. 环境信息资源共享平台的顶层设计实现 [J]. 信息技术与信息化, 2014(4):101-102.
- [6] 常杪, 张哲, 郑界. 企业环境管理制度优化及其信息系统框架设计研究. 中国环境管理, 2017 年第 4 期, 58-64.
- [7] 牛莹, 刘亮. 基于网络地图切片的地图服务实现与应用 [J]. 测绘与空间地理信息, 2015(12):162-164.
- [8] 杨轶. PC 集群环境下地图切片的并行计算方法 [J]. 测绘科学, 2014, 39(3):120-123.
- [9] 赵慧, 刘君. 以用户为中心的信息构建与网络治理——信息构建理论视野下的政府网站信息资源“孤岛化”研究 [J]. 公共管理学报, 2013, 10(1): 128-136.
- [10] 张辉. 信息化推动天津石化转变环保管理模式. 互联信息, 2016/12, 39-40.
- [11] 曲凤臣. 我国“十三五”石油化工行业水污染防治策略 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2016, 000(008):18-21.
- [12] 张永云. 推进生态文明, 建设美丽中国 [J]. 环境保护, 2012(23):15.

催化裂化装置烟机结垢总量的表征及软测量

郑晓军 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：烟机结垢是困扰烟机安全运行和长周期运行的难点。烟机结垢不可直接观测，很难量化，使问题变得复杂。定量分析烟机结垢总量，可以为减缓烟机结垢提供支撑，首先运用间接指标表征烟机结垢总量，要求该指标与可控可调因素的相关度必须很小；进而依据结垢总量的加和性特征建立结垢重量的动态软测量模型；在假设结垢速率与影响因素为线性关系的基础上，采用主元分析表达结垢总量的增加速率；依据结垢总量表征量的回归值与实际值的偏差，计算得到速率方程中的各个主元的系数；经测试、检验，结垢总量表征量与主要可控可调变量的相关度小于 10%，软测量模型的自检相对误差和预测相对误差均小于 4%，显示了表征量的合理性、动态软测量模型的准确性，为进一步的减缓结垢奠定了量化的基础。】

一、引言

催化裂化装置在国内的炼油厂中占据十分重要的地位，约有 70% 的汽油由催化裂化装置生产。烟机及其附属设施是催化裂化装置烟气能量的回收单元，对催化裂化装置节能有着十分重要的意义 [1]。

近 20 年来，由于种种原因，催化裂化装置烟机结垢现象较为突出，中石油、中石化均有多家企业报道分析了烟机结垢现象 [2,3,4]。烟机结垢不仅降低了设备安全性，还增加了电耗，缩短了烟机的运营周期。某厂的催化裂化装置也面临这样的难题。

某厂的催化裂化装置烟机原则流程图如图 1 所示，主风经再生器后成为烟气，烟气经三旋分离催化剂细粉后分为两路，大部

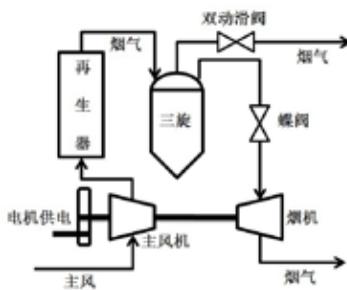


图 1 烟气及烟机原则流程示意图

分走蝶阀与烟机，回收烟气能量，少部分走双动滑阀。其中蝶阀是可调的，双动滑阀一般情况下是随动的。

烟机结垢是一个长期的过程，对于烟机结垢目前还缺乏直接的测量手段，这也是烟机结垢预测的关键难点。因此目前针对烟机结垢的分析集中在垢样的组成分析 [2]、影响因素的定性分析方面 [3,4]，虽然引入了流场分析 [5,6]，但仍旧没有达到结垢模型化与影响因素定量分析这一步，还不能为工业装置烟机结垢的监测提供支持。

结垢的定量分析能够获取影响结垢的主要关键因素，监测结垢深度；辅助寻找减缓结垢的手段，延长烟机运行周期，提高生产安全性，节约电能。为此本文从主风机—烟机组能量利用效率的角度出发，设计表征结垢总量的间接指标；依据结垢总量的加和性特征建立结垢重量的动态软测量模型；采用主元分析表达结垢总量的增加速率；优选模型参数，最终获得了合理的结垢总量表征指标、准确的结垢总量动态软测量模型，为进一步的减缓结垢奠定了量化的基础。

一、烟机结垢总量的表征

1、结垢表征的必要性

由于生产装置上没有直接的结垢观测手段，因此必须采用某些间接指标来表征结垢。结垢的表征是模型化与量化分析的前提条件。

结垢表征应从多维度、全方位进行，包括结垢总量、结垢不均匀性、局部的结垢量、局部的结垢厚度等因素，因此，结垢的完整表征是一项复杂的工程，目前的检测手段并不满足如此完整的表征。根据分析及专家多年的经验，结垢总量与结垢总体不均匀性的重要性更高，应优先考量。

生产上，技术人员依据双动滑阀开度与电流并结合其他诸多因素来判断结垢总量，依据振动并结合其他诸多因素来判断结垢总体不均匀性。据专家分析以及逻辑分析，只有在结垢总量较大的情况下，结垢总体不均匀性才会显著，可见结垢总量的表征更为重要。为此，本文暂先分析结垢总量的表征及其模型化。

2、对结垢表征指标的基本要求

作为一个合理的表征指标，人们只需要查看这个表征指标即可判断结垢的深度，不需要再查看、分析其他的诸多生产数据。合理的表征指标如同真实的检测仪表一样，故而称为软仪表或软测量。

双动滑阀与电流这两个指标均与生产负荷有关，而且关系还十分复杂，不足以在单独使用的情况下就能完全表征出结垢总量。振动同样也不足以在单独使用的情况下就能完全表征出结垢总体不均匀性。

一个合格的表征指标或软测量，必须至少满足如下两个条件：

- (1) 该表征指标包含结垢的信息。
- (2) 该表征指标不包含瞬时的可控可调操作变量的信息。当人们观察到表征指标变化时，必须保证该变化确实由结垢引起，而不是由于调整了某个操作参数而引起。事实上结垢总量的增加是一个长期积累的过程，短期内不会随着瞬时可控可调参数的变化而变化。

3、结垢总量表征的设计：用能因子

当烟机结垢越多时，则需要的电功越大，相对于未结垢的烟机而言，电功的效率越低。因此，设计用能因子如下：

$$N = \frac{W_E \times \gamma}{W_A / \alpha - W_F \times \beta} = \frac{W_E \times k}{W_A - W_F \times C} \quad (1)$$

其中， W_E 是电机所做的理论功， W_A 是主风压缩所需的理论功， W_F 是烟气膨胀所做的理论功， α 、 β 、 γ 是效率参数， k 和 C 由 α 、 β 、 γ 计算得到。若 α 、 β 、 γ 均采用实际值，则上式中的 N 为 1。但对于未结垢的烟机而言， α 、 β 、 γ 可近似取定值，则随着结垢增加上式中的 N 将逐渐增大。由此表明，当 α 、 β 、 γ 取定值时， N 包含了结垢的信息。

对 N 作如下进一步处理：

$$N_B = \left(\frac{W_E}{W_A - W_F \times C} \right) / N_0 \quad (2)$$

其中 N_0 是一个基准值，引入 N_0 使得 N_B 值在烟机不结垢情况下为 1（由于测量误差，可能存在小于 1 的实际数值）。本文采用 N_B 作为烟机结垢总量的表征， N_B 随着结垢增加而变大。

二、烟机结垢总量的动态软测量模型

1、结垢总量动态模型

以 M 表示结垢的总量， M 是不可观测的。结垢的总量满足加和性，即：

$$M_{i+1} - M_i = FV_{m,i} \times \Delta t \quad (3)$$

式中， M_i 表示第 i 时刻的结垢量， $FV_{m,i}$ 表示第 i 时刻的结垢速率， Δt 表示数据采集时间间隔。 M 与时间有关，可见式 (3) 是一个动态模型。

由于采用 N_B 表征 M ，那么 N_B 与 M 存在一一对应关系，设 N_B 与 M 存在线性关系，则 N_B 也满足加和性，那么 N_B 也能套用 (3) 式描述：

$$N_{B,i+1} - N_{B,i} = FV_i \times \Delta t \quad (4)$$

FV_i 可认为是用 N_B 表征的结垢总量的结垢速率，是 $FV_{m,i}$ 的倍数。

2、结垢速率回归模型

虽然结垢总量与瞬时的可调可控等操作因素无关，但结垢速率与可调可控因素及其他因素有关。依据生产经验，影响结垢速率的因素有：原料因素、催化剂因素、天气因素、操作因素等，设影响因素的个数为 m ，采样个数为 n 。由于各个影响因素之间可能存在一定的复共线性，因此首先提取其中的主元 [7,8]。

$$T = X \times A_{PCA} \quad (5)$$

其中， T 是 $n \times m$ 维矩阵， X 是各种影响因素数据经标准化后组成的 $n \times m$ 维矩阵， A_{PCA} 为提取主元的参数，是一个 $m \times m$ 矩阵。实际上依据提取的信息量的大小仅仅采用 T 的前 p 个列向量构成主元， p 称为主元数量，令提取得到的主元记为 P ， $n \times p$ 维矩阵。

进一步假设结垢速率与主元之间是线性关系，则：

$$FV_i = P_i \times A_f + b = [A_f \ b] \times \begin{bmatrix} P_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

AF (p 维数组) 与 b (标量) 是结垢速率回归的参数。对于存在结垢的装置而言， b 一般不为 0。

3、结垢总量模型参数估计

A_{PCA} 可依据所采集的历史数据在提取主元时直接计算，因此参数估计的主要任务是估计 AF 与 b 。最直接的方法采取最优化方法，优选 AF 与 b ，使得 N_B 的回归值与实际值的偏差平方和最小。

设 $A^T = [A_f \ b]$ ， $Z_i^T = \begin{bmatrix} P_i \\ 1 \end{bmatrix}$ 。则： $FV_i = Z_i \times A$ 带入 (4) 式。在烟机的一个生产周期内，令 i 从 0 增加到 n ：

$$\begin{aligned} N_{B,1} - N_{B,0} &= Z_0 \times A \times \Delta \\ N_{B,2} - N_{B,1} &= Z_1 \times A \times \Delta \\ &\dots\dots\dots \\ N_{B,n+1} - N_{B,n} &= Z_n \times A \times \Delta \end{aligned} \quad (7)$$

进一步化简：

$$\begin{aligned} N_{B,1} - N_{B,0} &= Z_0 \times A \times \Delta \\ N_{B,2} - N_{B,0} &= \sum_{j=0}^{j=1} Z_j \times A \times \Delta \\ &\dots\dots\dots \\ N_{B,n+1} - N_{B,0} &= \sum_{j=0}^{j=n} Z_j \times A \times \Delta \end{aligned} \quad (8)$$

将式 (8) 写成矩阵形式，并简写为：

$$U = V \times A \Delta t \quad (9)$$

则有 [9]：

$$A \Delta t = (V^T V)^{-1} V^T U \quad (10)$$

当历史数据包含 2 个运营周期时：

$$A \Delta t = \begin{bmatrix} (V_1^T)^T & (V_1^T) \\ (V_2^T)^T & (V_2^T) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} (V_1^T)^T & (U_1) \\ (V_2^T)^T & (U_2) \end{bmatrix} \quad (11)$$

当历史数据包含多个运营周期，计算方法同式 (11)。依据式 (10) 或式 (11)，则可依据历史生产数据直接估算各个主元在结垢速率回归模型中的系数。

三、结果与分析

1、用能因子合理性的验证

从两个方面验证 N_B 作为结垢总量表征指标的合理性。

(1) 在某厂催化裂化装置上采集 2017 年 5 月到 2019 年 4 月两年的生产数据，剔除停车工况及仪表坏数据，依据式 (2) 计算 N_B ，结果如图 2 所示。烟机烟气流量，可用总的烟气流量减去双动滑阀中流经的烟气流量计算得到。

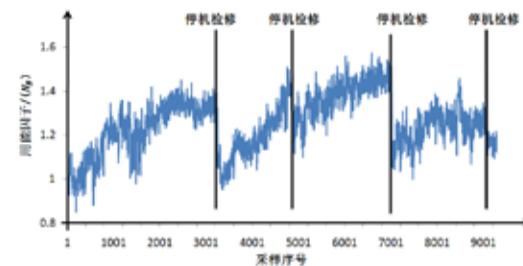


图 2 用能因子的历史数据曲线

依据图 2，2 年内烟机因结垢而停机检修共 4 次，说明结垢问题较为严重，烟机长周期运营有难处；烟机开机时， N_B 最小；正常生产时， N_B 逐步增大；停机清垢前， N_B 一般达到最大；清垢后 N_B 极速降低，整体趋势符合生产专家对结垢总量的认知，表明 N_B 的确包含了结垢总量的信息。

(2) N_B 作为结垢总量的表征指标，不应该与瞬时的

可调可控参数有关。依据采集到的生产数据，计算 N_B 与主要可控可调参数之间的皮埃尔相关度。 N_B 与主风流量的相关度：-0.079； N_B 与烟机蝶阀开度相关度：0.050； N_B 与烟机压力相关度：0.040； N_B 与烟机入口压力的相关度：0.0276。以上相关度均小于 0.1，表明 N_B 中几乎不包含瞬时可调可控参数的信息。

从以上两方面的分析可知： N_B 包含了结垢总量的信息，且不包含瞬时的可控可调参数信息，作为结垢总量的表征指标，是合理的。

2、能效因子软测量模型的自检误差

自检误差，是指用来建模的历史数据的 N_B 实际值 (依据式 2 得到) 与回归值 (依据式 4 得到) 之间的误差。依据某厂催化裂化装置所采集的两年历史数据，当主成分数取 20 时，原始数据信息已被提取 89.8%，可见主成分数取 20 已经足够。得到用能因子增量 (用能因子减去其初值，如式 8 所示) 的实际值与回归值的对比曲线如图 3 所示。此时 N_B 的平均自检相对误差：3.44%，自检误差相当小，回归曲线相对平缓，且贯穿实际曲线，反映出模型对历史数据的回归效果良好。

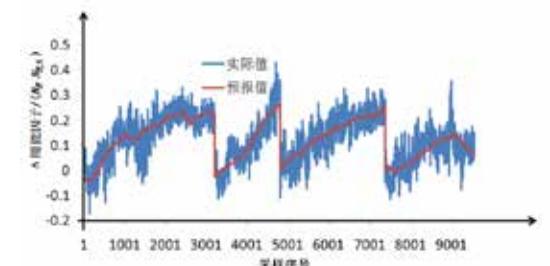


图 3 用能因子增量的实际值与回归值

3、能效因子软测量模型的预报误差

预报误差，是指用新采集的数据的 N_B 实际值 (依据式 2 得到) 与预测值 (依据式 4 得到) 之间的误差。从新采集 2019 年 5 月到 7 月 (期间烟机未停机检修) 的 3 个月数据，以数采前 3 天的 N_B 均值作为初值 $N_{B,0}$ ，依据式 (4) 依次递推计算 3 个月的 N_B ，即为预测值。得到的实际值与预报值的对比曲线如图 4 所示。此时 N_B 的平均相对预报误差是 3.33%，比平

均相对自检误差略小。预报误差小于自检误差的原因是这 3 个月内的生产较为稳定， N_B 实际值较为平稳。

由图 4 可见，预测曲线与实际曲线在整个预报期间，尤其是在预测前期和中期，吻合得非常好，表明该软测量模型的准确性较高。

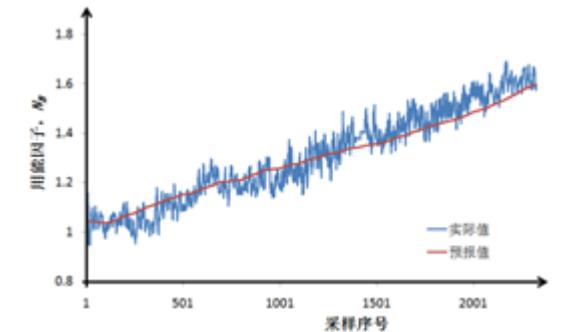


图 4 用能因子的实际值与预报值

4、基于表征及软测量模型的结垢速率相关性分析

结垢总量的影响因素分析，对于优化生产操作、减缓烟机结垢、延长烟机运行周期具有十分重要的意义。如前所述，各个因素对结垢总量并无直接关系，它们影响的是结垢增加的速率。

结垢增加速率的影响因素分析可采用相关性分析方法，本文采用计算软测量模型的斜率 (即结垢增加速率) 与其他影响因素的相关性的方法，计算结垢速率 FV 回归值与各个影响因素的皮埃尔相关度。

经如上相关性计算，某厂催化裂化装置烟机结垢总量的主要影响因素如下：(1) 多个再生器温度，其中最大相关度 0.53；(2) 粉尘浓度，相关度 0.33；(3) 雾化蒸汽流量，相关度 0.32；(4) 下雨与否，相关度 0.32；(5) 原料中的钙，相关度 0.31；(6) 三旋出口小于 $20 \mu m$ 的筛分，相关度 0.30。所有影响因素的相关度均不大于 0.5，可见，烟机结垢并没有一个主导因素，而是多种因素作用的综合体现，这也是结垢问题较难解决的一个缘由。

四、结论

烟机结垢没有直接的观测手段，为了定量分析与监测结垢深度，应首先对结垢进行表征。

采用用能因子表征烟机结垢总量，经生产经验与数据分析两方面的检验，表明用能因子作为表征指标是合理的。

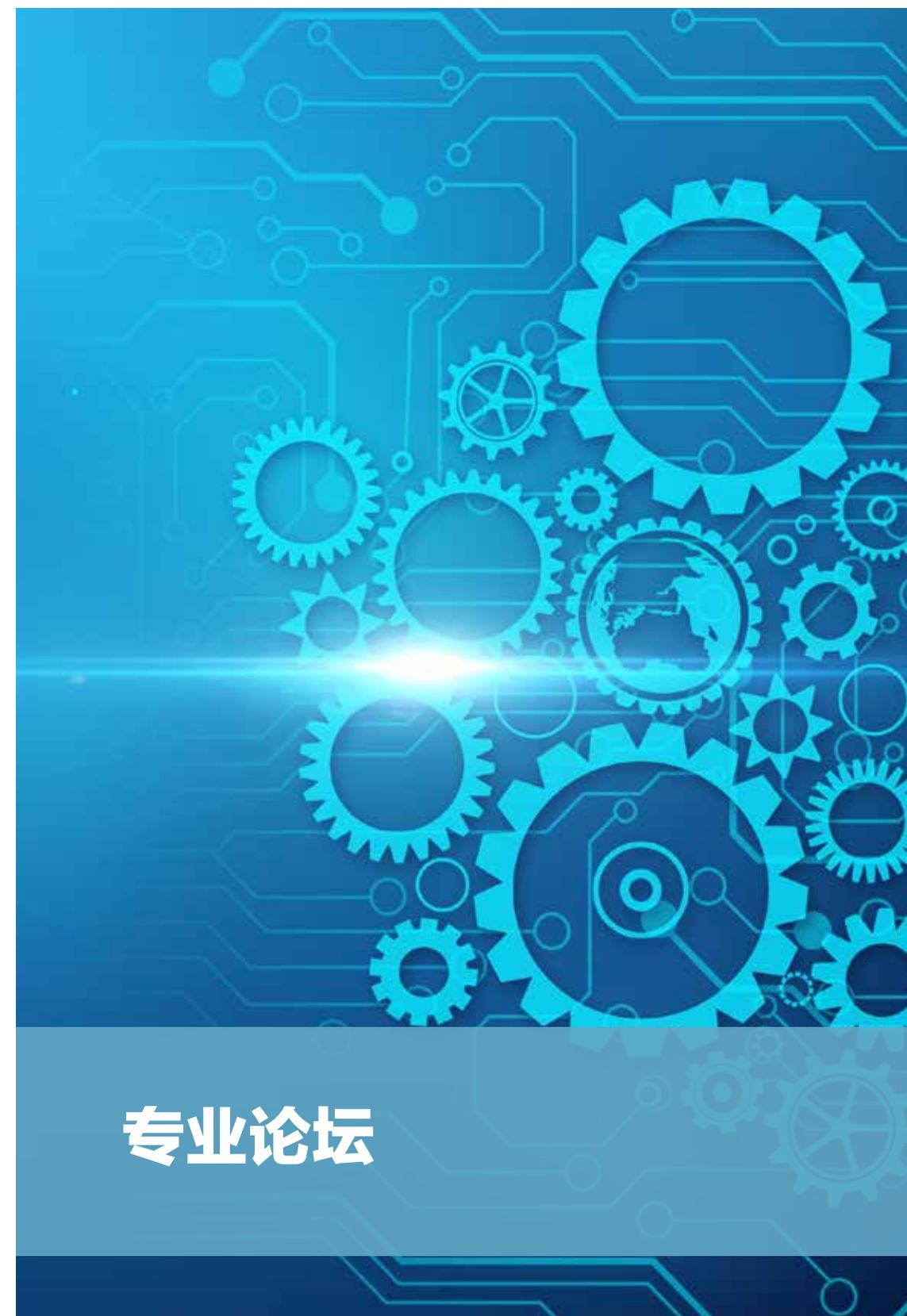
在结垢总量表征的基础上，建立了结垢总量的动态软测量模型，模型的自检误差和预报误差均较小，表明

了软测量模型的准确性。

在结垢总量表征及软测量模型的基础上，定量分析了各影响因素对结垢速率的相关度，结果表明，再生器温度、粉尘浓度、雾化蒸汽流量等对结垢速率的影响较大。

参考文献：

- [1] 陈俊武, 许友好. 催化裂化工艺与工程 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2015.
- [2] 胡仁波, 赵辉, 白锐, et al. 催化剂和垢样对比分析预测催化烟机结垢成因 [J]. 化学工程, 41(3): 55-58.
- [3] 吴宇, 刘强, 于婴, et al. 催化裂化装置烟机结垢问题的原因与防范措施 [J]. 石油炼制与化工, 42(3): 24-28.
- [4] 李双平. 催化裂化烟机结垢原因分析及对策 [J]. 炼油技术与工程, 31(10): 45-48.
- [5] 费达. 催化裂化烟气轮机结垢机理分析及流场模拟 [D]. 华东理工大学, 2015.
- [6] 费达, 侯峰, 陈辉, et al. 催化裂化装置烟气轮机积垢及其增厚机理 [J]. 化工学报, 2015(01):88-94.
- [7] 王桂增, 叶昊. 主元分析与偏最小二乘法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [8] Li W H, Yue H H, Qin S J, et al. Recursive PCA for adaptive process monitoring[J]. Journal of Process Control, 2000, 10: 471-486.
- [9] 陈德钊. 多元数据处理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.



专业论坛

BLOCK CHAIN

天知地知不如区块链知——趣谈区块链

万华 石化盈科信息技术有限责任公司

摘要：互联网通常通过中心化的机构去解决信任和安全的问题，但这种中心化的机构往往脆弱也易攻击，存在单点故障的隐患。另外，中心化机构的公平性、客观与独立性也存在隐患。更重要的是，对于用户而言，建立和维护信任的成本非常高昂。区块链技术正是为“去中心”而生，区块链技术的核心就是用“一堆个体”来代替“中心”。将区块链技术运用到现实生活中，可以构建一种去中心化的信任机制，也就是说，利用区块链技术，可以跳过银行、不用支付宝，就可以低成本、高效地建立交易双方的信任。本文避开晦涩难懂的术语，用通俗易懂的语言向专业与非专业人士介绍区块链是什么，主要解决什么问题，解决问题的主要机理，如何选择应用场景以及避免误用区块链。

相声演员方清平讲过一个相声：银行柜台前排着长队，大家等着心急呀！“我”对排在后面的人说：“您存钱还是取钱呀？”后面的人答：“我存5万”。“我”说：“我正好是取5万，您把5万给我咱们不就不用排队了吗！”之前一直觉得这个相声特别逗，但对区块链有了些了解后我开始重新思考这个今天认为是荒谬的场景。

张三存5万元，李四取5万元为什么一定要通过银行，不能直接交易？因为双方难以建立信任关系。如果直接交易，张三可能需要李四提供信用报告、学历认证、工作认证等证明材料，这些比通过银行成本还要高，而且还容易造假。但假如有一种机制，能够随时随地、方便快捷、高可信、低成本地提供难以篡改的信息，今天认为是无法实现的场景明天就会变成现实。区块链技术就是这场变革的重要技术支撑。

区块链本质上是一个去中心化的分布式账本。五个同事每天中午一起点菜吃午饭，小红负责记账。账本只在小红手里，这就是中心化的账本。记账的事都由小红负责，小红有时候事多忙不过来会遗漏记账，如果

小红有私心的话会篡改账本，这都是中心化账本存在的问题。小明建议记账人不固定，最新账本要及时发给每个人让每个人手里都有账本，这就是去中心化的分布式账本。去中心化后任何一个人或少数人都难以篡改数据；同时区块链技术采用加密算法实现虽然数据每个人都有，但每个人只能看到自己相关的数据。基于区块链技术可以非常巧妙地构建起数据难以篡改的可信系统。以使用区块链技术的开山鼻祖比特币系统为例，笔者介绍几个较容易理解的技术点。之前提到小明建议记账人不固定，就要解决要有人来记账和尽量避免多人重复记账的问题。比特币系统通过获得比特币和手续费来激励大家参与记账。避免多人重复记账则非常巧妙：可以理解为大家不断随机产生自己手里的麻将牌，谁先和牌谁就获得记账权。因为获得记账权的时间点具有随机性，这样就大大降低了重复记账的概率。为了防止有人替换账本某页，小明建议账本上每页有前一页的微缩图片（比喻散列值），这样整本账本因为前后页有关联形成了一个“链”。如果有人想替换某页，就不得不将该页之后的所有页都替换，而要生成每页都得先将麻将和牌，这样篡改的工作量非常大。正常的账本页不断在生成，篡改者除

非具有超出正常记账员的记账速度，否则无法进行篡改。区块链技术在设计上给篡改者唯一留下的攻击点就是运算力：如果篡改者能具备超过所有正常工作者的运算力，则可以篡改成功。事实上通过合理的机制设计，篡改几乎不可能成功，通俗理解就是合理机制下“世上还是好人多”。

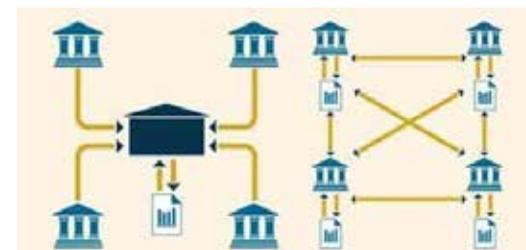


图 1 中心化和去中心化



图 2 每个区块都包含上一区块的散列值，这种“链”式设计使得数据篡改非常困难

区块链去中心化、不可篡改的优势让它在很多领域具有用武之地。在金融领域，区块链提供的信任机制，使各类金融资产，如股权、债券、票据、仓单、基金份额等都可以被整合到区块链账本中，成为链上的数字资产，从而在区块链上进行存储、转移、交易。区块链技术的去中介化，能够降低交易成本，使金融交易更加便捷、直观、安全。比特币（Bitcoin）的概念最初由中本聪在 2008 年 11 月 1 日提出，并于 2009 年 1 月 3 日正式诞生，至今已运营 10 余年，这为区块链技术应用提供了强有力的信心。在商品溯源方面：通过供应链上下游多方上链的记账方式，使得造假成本大幅上升，保障了消费者的权益。同时，利用区块链技术对产品溯源也能够优化物流管理环节，提升物流效率。在版权保护与交易方面：区块链的分布式账本和时间戳技术可以使全网对知识产权所属权迅速达成共识成为可能，理论上可实现及时确权，进而实现数字版权的保护，而通过智能合约，又能够自动执行版权的交易流程，将版权交易环节透明化的

同时，也能帮助创造者获取最多的收入。在医疗领域方面：不仅可以保证医疗数据的安全存储、可靠共享，而且可以满足自动结算，以及药品溯源等需求，既降低了成本也解决了信任问题。

区块链应用目前也存在些误区，典型就是为区块链而区块链。区块链技术提高了篡改的难度，但其代价是较大规模运算资源和存储资源的“浪费”。如果数据被篡改的可能性不大，或者即使被篡改了影响也不大，则不值得为防篡改付出如此高昂的代价。现在有人提出用区块链取代数据库，这种说法就像家家户户都去装金库防盗门一样非常荒谬。

总结：区块链技术的革命性在于无需“中心”而胜过“中心”。为了解决信任问题，过去我们存款和取款只能通过银行这个“中心”，存取款双方不能直接交易，付出了较大的时间成本和经济成本。另外，中心化机构的公平性、客观独立性也存在隐患。区块链本质上是一个去中心化的分布式账本，它利用一系列技术非常巧妙地构建起数据难以篡改的可信系统。区块链去中心化、不可篡改的优势让它可以为金融、医疗、商品溯源、版权保护与交易等众多领域带来革命性变化。应用区块链技术也要避免陷入误区，不要为区块链而区块链，导致大量运算资源和存储资源的浪费。

参考文献：

- [1] 周李京. 区块链隐私关键技术研究 [D]. 北京邮电大学, 2019.
- [2] 周桐. 基于区块链技术的可信数据通证化方法的研究与应用 [D]. 中国科学技术大学, 2019.
- [3] 薛腾飞. 区块链应用若干问题研究 [D]. 北京邮电大学, 2019.
- [4] 黄慧. 基于区块链的数据交换与共享技术研究 [D]. 西安电子科技大学, 2019.
- [5] 付永贵. 基于区块链的供应链信息共享机制与管理模式研究 [D]. 中央财经大学, 2018.
- [6] 周亮瑾. 基于区块链和分布式数据库的铁路旅客隐私保护技术研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2018.
- [7] 李皎. 考虑信任度和权值的区块链数据通信性能优化研究 [D]. 西北工业大学, 2017.
- [8] 王成. 基于区块链的保险行业信息系统架构及关键技术研究 [D]. 中国铁道科学研究院, 2017.

互联网时代开发模式的思考

罗益民 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：本文分析了传统 IT 厂家在云模式下的开放特点，分析探讨了互联网模式下开发思路。对行业当前开发中既借助互联网、大力采用开源，又内部封闭，作坊式的开发进行了分析。结合个人在 ICT 方面的集成经历，以及在开发和集成的交叉地带的工作经历，探讨在互联网时代 ICT 应用产品的开发模式，提出了一个公司在开发管理上应采取的模式，建议打造开放、共享的开发生态。】

一、ICT 产品发展情况

当今是云计算时代，云技术是互联网行业基于低廉的硬件，开放、开源的软件，为解决大量并发、海量数据计算，提出的一种新型灵活架构。其作为“云物大智移”中最先落地的新技术，已基本成熟并广泛地使用于互联网公司。在解决了大部分 B2C 业务后，这一理念开始深入人心，深刻地影响着企业的 B2B, B2M（内部管理）的应用架构，并试图进入企业传统方案的阵地，如企业资源计划（ERP），电信计费系统（BSS），银行核心系统（CoreBank）。由于传统系统，更多建立在 IOE 架构上，早期投入较大，有一定的惯性，云计算架构的渗透需要一个过程。企业上云也是一个逐步的过程，通常是先外围再核心；先前端应用，再后台核心。

当前云平台的领军队伍中商品化产品有：vmware、SystemCenter，开源的有：openstack，openshift，kubernetes 等。

在应用开发架构领域，核心软件组件有：linux，kvm，docker，mysql，Redis，ElasticSearch，hadoop，mycat，kafaka，JAVA，spring，springCloud，Augular 等。当前随着视觉技术越来越重要，前端响应式开发越来越重要，前端开发成为一个新的领域，以 javascript 为基础，进一步拓展出众多的前端框架，以解决页面布局、页面排版、通用样式、

基本组件，被配套以各类功能插件，基本的脉络就是：javascrip，jquery,bootstrap，layui，ruoyiUI，Echarts 筑起前端的层层框架，以丰富的组件和灵敏的感知能力与用户端交互，当前的浏览器界面基本接近了 C/S 的界面能力。WEB 前端赋予了更多的计算和存储能力，这也是边缘计算的一个新节点。

在应用开发架构领域，虽然有类似的商业产品，但由于收费高，技术壁垒高，对开发人员的修改需求相对滞后，如 ORACLE 的 weblogic，IBM 的 webshpere，用户活跃度急剧下降，这些重量的 J2EE 平台，逐渐被轻量级的 java 平台替代。

在应用开发架构领域多是开源、开放的。但核心的产权、源代码、深层次的架构设计和代码提升能力都属于原来的公司，广大 IT 公司、开发者是生态参与者、测试者、使用者。包括自己效力的公司，绝大部分都基于上述的平台、工具进行开发来构建应用系统。

云架构本身基于低价格的硬件，开放、开源的软件，先天就有开放性。即使是传统的 IOE 产品其产品和生态也是开放的。

★传统的 IOE 情况

传统的 IOE 厂家中，当前竞争力相对下降。只做硬件的 EMC 公司被收购了；软硬发力的 IBM 由于其

传统力量太大，转型过程是“理念已传千里之外，脚步还在万里之遥”，软硬“乏”力，但通过收购，特别是其最近收购红帽子公司（redhat，含 openshift 产品）力保其在云领域的地位；立足软件，开始进入硬件的 ORACLE 公司也是因为传统包袱比较重，虽然在数据库市场有两款产品，且分别占据装机排名第一和第二的地位，主打的 ORACLE 数据库仍是逐步萎缩，盈利能力下降；正在逐步尝试将云计算的两个基础组件 JAVA 和 mysql 闭源，许可费用化，由于担心完全闭源导致已有的用户流失，只能通过配套服务来打造生态，形成收费、盈利模式，再封闭其部分核心源代码。

即使是传统的 IOE 厂家，特别是前面两家，其面向开发、实施、运维的文档也是全面开放。

★当前的互联网“大咖”情况

阿里公司：当前拥有众多的产品和解决方案，产品基于其他公司的开源产品，或对自有研发的产品部分开源来形成开发生态。阿里在云计算领域有关键的四大中间件，分布式数据库、服务治理，消息中心、负载均衡器都有早期版本的开源版本。同时其文档也是开放的，当然总结起来，其文档是面向开发人员用的尚可，面向实施、运维人员的很少，面向客户的文宣文档基本没有。

微软公司，是一个很“纯粹”的软件公司，在这个“软件定义时代”（SDX），却延续着传统 IOE 厂家的开放方式，面向开发、实施、运维的文档比较开放，企业用户相对放心，因此在传统企业阵地仍比较强大，但在面向应用开发架构领域，由于开发中间平台（sharepoint）仍是闭源，收费的开发环境，将广大的开发者拒之门外，是其影响力日渐式微的一个重要原因。

二、ICT 产品开发生态情况

ICT 开源产品的几种生态模式：

1、核心引擎开源，但周边辅助系统打包商品化；如搜索引擎 ElasticSearch，运维工具 puppet 等。

2、基础、早期版本开源，成熟产品慢慢商业化；如 mongoDB 等

3、开源和商业化并行，开源不提供原厂服务，商业化产品有厂家服务和配套的功能组件；如容器调度产品 openshift，数据库 mysql 等。

看待代码要有正确的观念。代码在其生命周期内是一个积累、完善、增值、衰退、淘汰的过程，在其增值环节，也是完善的环节，直到有一天因为新的同类产品出现后，因为贬值而被人束之高阁，变成无效资产。在开源、开放中，要克服知识泄漏、版权保护不力，容易被侵权的担心。首先开源、开放是可以控制范围的。传统的 IOE 厂家，其性能指标、面向用户的使用文档是完全开放的，只是其源代码没有开放。互联网时代的开源产品，很多引擎都是开源、开放的，但其周边的配套安全、授权内容是可以闭源或进行保护的。有关公司在开源的过程中，有一批精通自己产品架构和代码的人员，不断使用它、完善它、保值增值。如果客户流失、开发人员流失，其代码也将降低价值，逐渐变成高维护成本资产、慢慢变成不良、最后被放弃。只有将代码和人有效结合，代码和知识才是可以流动的资产，可以变现的资产。

开源意味着更多人的参与，通过开源提高项目的代码质量，促进文档更完善丰富。通过开源，开发者还可以快速获取上下游的反馈信息，对产品进行调整、改进，有利于产品迭代。促进上游的支持和下游的使用，扩大生命力。构建更大的产品生态环境，扩大产品的影响力，占领用户领域才能构筑强大的竞争优势。产品、代码产品的价值实现途径：产品要通过销售来实现价值的转换，代码要通过共享、运行才实现价值的转化；

总结 ICT 产品发展情况，当前项目基本是基于开源的产品。开源降低了市场的推广成本、用户的许可使用成本，虽然抬高了技术人员的学习成本，但又从适用面提高了人员的竞争性，扩大了公司的人才选用范围，提高了公司的议价能力。关键产品还得开放、部分内容还得开源，通过开源的透明性、可信任、可持续，给予知识和试用产品来吸引用户。开源、开放是市场营销自信的内在表现。培养熟悉开源组件的队伍，

在潮流的规则下，合理利用好开源、共享的资源，并延续开源、开放的模式来组建公司的开发生态。

合理利用好开源、开放这一模式，主要原则：

- ★用好开源，与主流保持一致；
- ★选好主要的、主流的开源组件；
- ★用好开源方式，通过开源的透明化，加强上下游、同行的沟通，提高开发质量；
- ★掌握好开源的层次和范围，加强对产品开发、产权的有效保护，研发成果的保护内容：核心成果，关键的运行引擎和软件授权的算法保护；
- ★在关键的组件上，培养一批专业、完整技术链的队伍，在项目执行、故障解决中，能组织起来，继续拼装成应用方案或快速化解风险；
- ★要针对组件的多元化，系统的分布式、系统的碎片化，进行补偿性组织和建设。打造公司能力地图，在各块组件有分层的人员，在能力地图上能行程完整的拼图。

三、技术公司的开发生态

大部分公司的技术管理属于“高层”的技术管理，多属于“拿证型”技术管理。针对国际、国家要求的规范体系落实了一套技术管理体系，应该说也是体系化、组织化的，如文档的要求比较体系化、规范化，已经覆盖了产品研发的全生命周期。但在具体执行、检查落实方面，在外部，主要依赖于用户的项目检验；在内部，主要侧重于管理部门对各个开发执行进度中上报过程的节点的检查。没有通过全公司的开放、共享来实现公司内部的“互联网”。从代码复用、产品沉淀来说，各个开发团队仍只需要对公司编制很小的管理部门负责。如果通过公司内部的开放“互联网”，通过共享、复用，必然会提高开发的代码质量，配套地实施、运维、接口文档。为公司打造以人为本，以开发为基础，以产品为魂，以客户为中心的经营环境

提供更大的空间。

四、互联网时代、打造开放、共享、协同的开发生态

在实际的工作中，大家可能都会碰到一些疑虑，思考总结之后，并发现是一种普遍现象：中国软件的用户手册很难找，公司的知识库在哪里？公司的产品目录式什么？产品的相关文档在哪里？在日常的工作中，大家怎么解决知识体系、产品学习和运维问题。很多人会形成一个结论：外部资料比内部资料丰富。互联网上有很多开源的产品组件，功能很丰富，代码很开放，好像比公司的知识库、模板库还丰富。公司内部的开发是否开放，高水平的公司，一个常用的标志物是在项目的开发中，项目组是否用了“二方包”。一般的公司，常用的标志物就是有多少个组件是主流、开源组件。例如一个公司在流程引擎、单点登录、WEB 报表工具上会后很类似的需求。只要参与项目，都会面临这样的需求。通常用户企业不是一个开发单位，很难形成开发标准，但原来越来越多的企业形成了使用标准。如果一个用户企业没有标准，就会形成项目方案，变成每个项目一套方案。如果一个公司没有标准，每个项目组肯定会求助于互联网，如果互联网有比较优势的开源方案，大家会形成共识，但如果业界也没有共识、多态竞争的状态，也会在一个公司形成多态模式。例如流程引擎领域，Activiti 非常占优势，例如容器领域 DOCKER 非常占据优势，自然而然，越来越多地采用了 Activiti。又如单点登录领域，由于国际标准也比较多，如 CAS, SAML, Oauth2 等，用户标准比较滞后，通常会形成项目标准，形成很多小规模单点登录系统。又如 WEB 报表工具领域，ECharts 等影响力非常大，业界广泛使用，是企业的基本标准。在采标过程中会形成大量的执行标准，有些甚至采用了自定义的标准，造成一个企业、一个公司不同的开发团队，各自有自己的执行标准。既没有“二方包”，又没有主流开源组件标志物，说明一

个公司是孤岛、封闭的开发模式。在互联网开发时代，内部开放、交流才能形成公司的共识，达成公司的标准。通过开发共享、内部也要做到知己知彼，相互借鉴、相互学习，公司层面适当引导，形成共享、复用的模式，减少“同类型孤岛”的并行存在的问题。重复对用户是成本，对开发公司同样也是成本。

在互联网时代，更多体现的是开放，共享，协同。通过开放来接受同仁的检验，接受市场的考验。通过共享来提高代码的复用、知识的共享，降低成本，促进人员的竞争。通过协同，来完善质量，各司其职，各尽其力，海纳百川，群策群力，打造“平台 + 产品 + 服务”新业态。在开放中，形成需求整理，产品设计、代码开发、用例测试、实施部署、运维保障等生命周期的知识共享、知识沉淀，借鉴互联网公司的模式，形成保障人员有梯队、团队有竞争，可持续化的开发生态。

在具体实施过程中，建议加强开发中的设计文档，加强应用软件的实施、运维的整理，公布接口文档，以更加开源、开放的模式引导公司的研发；逐步改变源代码库找（微软收购的）Github，知识库找百度文库、csdn 技术博客这一状态，在公司级建立开放、共享的产品研发“互联网”，提高开发透明度、提升代码的质量、提高代码的复用率，打通部门、项目组之间的合作壁垒，降低公司的开发总体成本，提升可持续运维能力。

对“平台 + 产品 + 服务”重新解读，通过开放、共享，协同开发模式，做平台的探索者。在软件定义时代，公司的重点是应用解决方案，更多的精力应该放到应用的开发上来。随着软件开发的积累，在局部解决方案上，可逐步拓展到智能硬件。随着解决方案的增加，可拓展到更大的平台，以产品和平台形成生态。从参

与到厂家的生态中成为厂家生态链的一部分，转到以自有的产品和平台为中心形成的生态。平台的开发有其特点，要求开发管理组织的规模更大，对架构的设计、管理会有更大的分工和组织单元，特别是平台架构、软件架构、核心引擎、核心算法的开发领军人物会有更高要求。与通常公司小规模、独立开发有很大的差别。要借鉴华为、微软软件、SAP 等在大型软件的开发经验，探索平台的新开发模式。

作为产品的开发军，在互联网时代，大家是一个合作的时代，是相互开放、相互学习的时代。公司不仅要向客户适度开放、内部也要相互开放。向客户适度开放、是市场营销的角度，内部开放，是长久发展的视角。开发要专业化、公司化。防止作坊式开发、小团体模式开发。开发出来的代码要有公司层面的管理，主要包括代码质量，版本发布。公司级的开发、一定要实现公司级别的测试、版本管理。通过代码、产品的复用来降低高投入的软件开发。一定要与项目研发区分开来，产品研发也是整个公司级别，就像军队是国家级别的一样。

作为服务的提供方，提供共享、开放，打造高质量的产品。提供代码、产品与支撑人员的紧密结合延长产品的生命周期。一个长生命周期的产品服务，既是对公司总体成本的节约，也是对客户长期服务的承诺。学习借鉴阿里等公司经验，对产品适当开放，增加了产品自生开发和运维的生存生态，可增加产品自生的生命力，为产品和代码提高了一批可用的运维队伍。作为系统的守护神，深知技术人才是公司的灵魂，产品是公司的骨架，项目是公司的重要业务，应用系统是客户与公司的利益交汇点。通过应用系统的上线运行，提供相关服务来实现投资的回报。系统长期的稳定运行是客户可公司的共同利益点。扶上马，伴行程，为客户保驾护航是服务提供方的责任所在。

企业数字化智能化转型中的 IT 架构提升 ——云网融合，安全协同

潘增海 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：伴随着工业技术和信息技术的飞速发展,企业系统的需求、生产流程、业务逻辑的复杂性逐渐增加,对企业信息系统的响应要求也越来越高。传统 IT 架构的复杂臃肿、交付低效很难满足业务响应能力线性增长的需求;以互联网、云计算、大数据等为新一代信息通信技术与企业制造业融合带来了体系的重构,需要构建一整套基于工业云的 IT 架构体系,以云网融合、软件定义、平台支撑、安全协同为特征,实现各业务系统互联互通、快速迭代、高效随需交付。】

一、概述

近年来,世界制造业大国都陆续发布了智能制造相关的战略和政策,美国再工业化战略的主要方向就是布局智能制造关键技术,推动软件和互联网技术优势反哺制造业,促进制造业智能化和数字化发展;德国工业 4.0,我国《中国制造 2025》相关的协作框架和技术平台也在不断发展完善中。除了政府,一些制造业领先企业也纷纷加快转型,力图成为智能制造的主导者。比如通用电气、西门子等用他们的特长,依托软件开发和硬件制造,有的强调信息通信技术,工业互联网来构建产业技术生态;有的更多的布局工业生产,聚焦制造环节,强调的是智能服务。正是在该背景下,企业需要全面拥抱智能时代,开展全面转型发展。IT 基础架构是企业应用发展和业务创新的支撑平台,是广泛应用大数据、云计算、人工智能等新技术的基础。要提高企业工业智能化、运营管理数字化水平,就必须先重构新的 IT 基础架构,建设工业云平台,强化网络安全管理,建立安全管理体系,提高信息安全防护水平。

企业智能化最终是实现全价值链的两个 IT 的融合,各国智能制造的发展路径虽不同,但内涵上却是相通的、一致的,那就是工业技术和信息技术的深度融合,就是通常说的两个 IT 的融合。我的理解是,这种融合是整个价值链上的研发、设计、制造、销售和服务所有环节的融合,而 IT 基础设施建设的平台化,最

终打通各个环节,形成虚实合一的智能制造的生产系统。当前,以互联网为代表的新一代信息通信技术,创新与迭代速度不断加快,并与制造技术,呈现出加速交叉融合的趋势,对人类的生产生活以及生产力发展,产生了持续而巨大的推动作用,我们正在进入一个“无处不在、万物互联、虚实结合、智能计算、开放共享”的新时代。

二、工业云提升制造业势在必行

智能制造的主攻方向,先进制造业、互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合,建设自主可控的新型制造业体系,工业云的发展势在必行,面向工业客户,融合云计算、大数据能力,助力传统工业企业转型。提供一站式设备接入、管理能力,以数据驱动产业升级,提高产能,降低成本,释放工业设备数据潜能,工业云是云计算技术与工业融合发展的产物,已渗透到工业研发、生产、管理、营销、物流、服务等全流程,成为与厂房、设备等传统基础设施同等重要的新型基础设施,成为智能制造、制造业“双创”、工业互联网、工业电子商务等新业态新模式发展的重要支撑,因此工业云提升制造业势在必行。

三、工业云平台,用户使能

工业互联网是目前工业企业实现数字化智能化转型的关键平台,是构建生产者 and 消费者的桥梁,通过人与

人、人与物、物与物的协调实现对企业和消费者的服务升级,支持新服务和新模式的发展。工业互联网以通用 IaaS 为基础,以 PaaS 为核心,结合大数据与人工智能技术,扩展各种复杂的工业应用,为智能制造提供强有力的平台,为企业的绿色高效生产提供决策,精准及时的满足客户需求,利用产品 + 平台 + 服务,目的是达到用户使能。

云平台由基础云平台和管理云、制造云和服务云等四部分组成,基础云平台集基础设施资源、云服务组件、大数据服务、人工智能等多种技术为一体,将 IaaS 与 PaaS、多种云技术路线融会贯通,为业务应用系统提供统一的覆盖开发、测试、生产的环境和云服务,提升云服务的标准化、服务化水平;管理云面向企业的经营管理领域,强化精益管理,构建协同高效

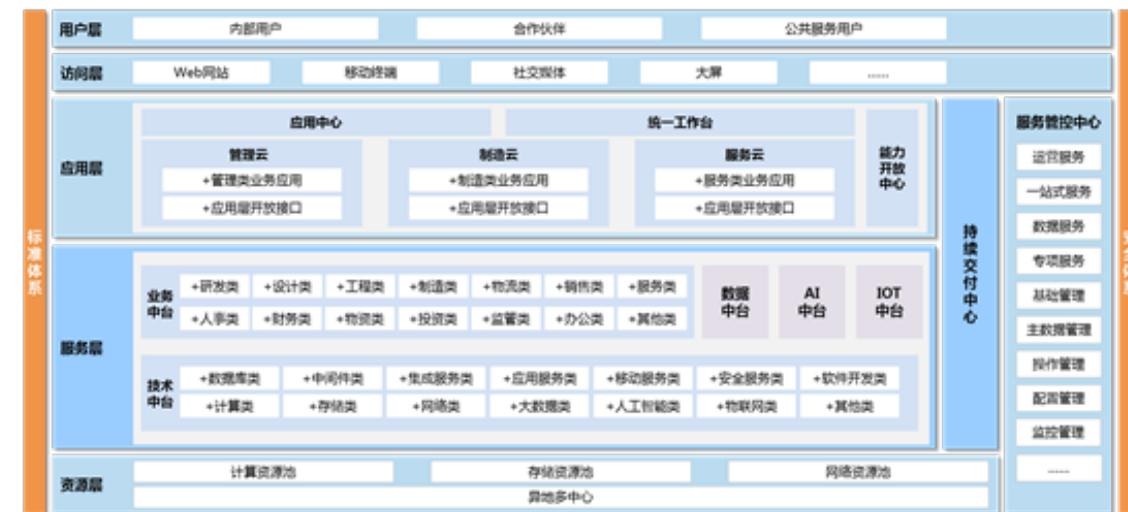


图 1 云平台系统架构图

一体化的经营管理新模式;制造云面向工业生产领域(比如石化行业的油田、炼化、科研、工程等),发展智能制造,构建工业互联网生态;服务云面向销售、客户服务等业务,培育新业态,构建智慧化综合服务生态。

1、云平台特点

池化云资源:动态调节、高效利用、灵活配置、安全可靠;
自动化部署:用户自助服务、脚本自动运行、流程清晰可见、操作成本降低;
云安全运营:全天候监控、多层次维护、资源可视化、管理可度量;

2、云平台主要功能

云平台围绕企业的业务需求,建成集云资源池、技术服务、能力开发中心、持续交付中心、服务管控中心等功能一体化的智能化云平台。

(1) 云资源池

云资源池融合多技术路线,打造统一的云资源服务能力。改变传统资源提供方式,实现资源集中共享和按需供给;同时多种云技术组合应用,更好地满足了不同业务类型应用的需求。

(2) 技术服务

技术服务建设利用成熟技术和开源技术,逐步建立了多种类的基础云服务组件,统一服务业务应用,包括基础设施类、数据库类、中间件、大数据、应用集等多种技术服务。技术服务组件的建设,避免组件重复开发,组件的复用也减轻了应用建设难度,降低了应用项目的总体投资,同时搭建垂直化服务平台,更好地服务于前台规模化创新。

(3) 能力开放中心

能力开放中心致力于构建了统一的 API 资产,同时逐步形成开放共享机制。能力开放中心通过统一的 API 展示、API 全生命周期管理、API 运营监控以及

API 服务治理，助力企业内部各业务应用简单、快速、低成本地通过标准 API 对外开放功能和数据，并纳入统一管控，实现云内云外的能力整合和汇聚，支撑系统集成和数据共享的规范化、标准化，促进 OpenAPI 形式服务的沉淀和复用，解决企业内部复杂 IT 环境下的系统集成和数据访问等问题。企业内外部通过以 API 的形式进行服务、能力和数据的交互，实现与行业伙伴的深度合作，共同打造促进 API 生态圈发展。

（4）持续交付中心

持续交付中心提供了一站式 DevOps 平台服务，打造完整的端到端研发运维工具链，实现了应用开发过程的可视化、集中一致的代码管理。持续交付中心提供自动化的测试、部署和运维能力，打通研发工具链，实现持续交付流水线和持续构建交付能力，促进分享和协作。持续交付中心包括过程管理、知识管理、代码仓库、持续测试和持续部署等五大核心系统，具备多级管理能力，支持更多开发语言、扩展异构平台集成等，实现灰度发布、滚动升级、日志汇聚、代码访问控制等功能，全面优化总部、企业、外部开发商等不同角色用户体验，全面实现应用开发运维线上的闭环管理。

（5）服务管控中心

服务管控中心统一管理云平台中各类资源和组件，服

务于管理人员、使用人员、运营运维等各类人员，主要功能包括云服务门户和管控台。云服务门户主要为各类用户提供统一的云服务目录、一站式服务、数据服务和各类专项服务；能力开放中心纳入统一管理，统一展现给用户；管控台主要对组件资源进行统一的管控，主要功能包括操控模块、监控模块和配置模块，其中操控模块主要提供组件创建、变更、释放和运维等功能，监控模块主要提供组件的监控和告警功能，配置模块主要提供组件的详细的各配置项目功能。

四、云网融合，软件定义网络

工业云中的网络分为数据中心、主干网、企业几个部分，这里重点讨论企业网络。为企业建设网络通常是指园区网络，满足企业有线无线办公需求，并融合有线网络和 5G 等多种通讯技术，来建设工业互联网。在企业网络建设中，遵循“物理共享，逻辑独立”的思路，实现 MPLS 云状网络，所有的 VPN 共享一个物理网络平台，不同的 VPN 具有自己逻辑上独立的网络；通过网络智能化，支持集中的、自动化的控制，使 IT 部门可以在有线/无线网络上应用一致的访问策略，支持按个人定制策略进行网络资源的自动化配置和管理；在企业物联网建设方面，利用 RFID、传感器、二维码等随时随地获取物体的信息，通过各种电信网络与互联网将数据传输至物联网服务平台层，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理

等技术服务。

1、智能化网络特点

工业云网络显现：服务化、自动化、虚拟化和智能化。服务化是将网络包装成服务，服务可以按需自助、弹性扩展；

自动化可以实现网络自动部署、策略随云而动；虚拟化通过软件定义网络等技术，在基础网络不进行大规模修改的前提下，实现云应用在网络上的承载，并能与其他云业务分离；

智能化则是指资源统一管理、网络资源智能可视。这些特点有效地支撑了云业务的快速、灵活和弹性，体现了云网融合，随需而动，网随云动，云随需求而动。

2、智能化网络主要功能

（1）网络设备自动化部署

支持多厂商网络设备出厂“零”配置自动化上线，平台自动向授权设备进行配置文件下发，配置管理和维护，降低大中型企业园区网络设备配置人力及时间成本，提升网络运行效率。

（2）快速交付

提供一套完整的 MPLS VPN 业务管理平台，通过可视化配置界面完成 VPN 业务的申请 - 审批 - 开通 - 关闭全生命周期管理，平台自动生成 VPN 配置信息，加速 MPLS VPN 业务交付周期。

（3）流量全局可视可控

可对网络任意链路内的业务进行精准标识，实时展现各应用流量特征，感知链路传输能力和负载情况，根据智能调度算法，实时判断网络负载情况，根据业务优先级进行流量调度

（4）重点业务实时保障

传统 QoS 解决方案难以确保数据前后转发路径、质量保障策略的一致性，不能根据网络的整体负载自动优化。智能化网络解决方案可基于网络实时负载，对重点业务进行动态质量保障。

（5）企业无线深化应用

提供企业无线园区网络资产全生命周期管理，结合企业应用细化用户及权限管理，无线访客在线管理，扩展第三方集成认证，提供数据共享、大数据分析、移动营销支持。

五、安全协同，保障云安全可靠

说到安全，中国正在阔步走进世界舞台中央，网络安全的重要性与迫切性也愈加凸显出来。总书记都说“网络安全和信息化是一体两翼、驱动之双轮，必须统一谋划、统一部署、统一推进。”工业云的安全就需要采用科学的安全观，提升企业安全最核心的能力。当前，全球已进入数字化转型时期，数据将以“生产要素”的形式直接参与企业生产并创造收益。网络安全威胁将直接危害企业生产安全与运行安全。

1、安全威胁

安全威胁主要体现在三个方面：一是企业业务向社会面延伸，数据从原来的隔离内网开放到外网、互联网，暴露面增大；二是云计算使得业务系统更加集中，对攻击者也更聚焦；三是物联网设备广泛应用导致攻击面增多，攻击会从外网、互联网延伸到内网，造成非常多的影响。企业所面临的风险不仅仅是网站被篡改，数据被窃取。甚至威胁国家安全、社会稳定和经济运行。

2、科学安全观，提升企业安全能力

科学安全观，提升企业安全能力，安全系统的建设已经由组件构筑发展为能力对抗，企业安全最核心的能力包括：识别感知能力、安全防护能力、响应恢复能力。通过对通讯网络，区域边界和计算环境的安全防护，实现物理、网络、主机、应用和数据的安全，同时应用云计算、大数据等新技术应用场景下的安全防护，通过识别感知、安全防护、响应恢复三项能力的建设，能够快速感知信息安全风险、抵御网络攻击和保护信息资产，在发生安全事件时能够及时响应和恢复，增强企业对信息安全风险的管控能力。

3、企业安全体系的主要功能



(1) 数据中心安全防护

数据中心安全以业务安全为中心，构建支撑应用的云平台安全，可信、可靠的信息安全环境，包括网络可信、主机可信、存储可信、通讯可信、应用可信、数据可信，是一个放心便捷的 IT 环境，在可信防护的基础上具备系统免疫能力、抗攻击、抗入侵的能力，完善数据中心基础架构安全、加强边界安全和移动安全，快速提升工控安全。并从业务系统的信息安全风险的感知、业务安全防护和故障事件的快速响应及恢复，实现数据中心的安全运行。

(2) 终端安全防护

泛终端安全通过统一终端管理，设备准入，终端的内容安全、系统安全、数据安全及插件安全，实现对各类终端的信息安全风险感知、安全防护和快速响应，确保各业务终端的安全运行。

(3) 工控安全防护

工控安全实现分区分层边界安全防护、可视化安全管控、智能化风险识别与辅助决策，实现安全隔离、安全数据采集及监控。为实现两化融合提供信息安全支撑。

工控防火墙：实现管理网与控制网的强逻辑隔离，实现传统和工控病毒的入侵防护。通过合理的划分网络安全区域，指定严格的访问控制策略。同时与管控平台联动进行控制与预警功能。

安全数采网关：代替现有的工业控制 buffer 机和其他采集设备，实现协议级的安全代理与安全数据采集功能。抵御工控病毒和入侵防护，并与安全管控平台联动控制与预警。

工控信息安全管控平台：提供设备配置管理、实时监控、授权管理、认证管理及日志管理等服务，有效监测操作，对非法行为告警。对于工业控制系统信息安全事件实现可视化管控。

(4) 网络安全运行中心

网络安全运行中心技术支撑平台完成各种综合管理，实现自动化安全管理、全方位态势感知、一站式安全服务、智能化风险管控。技术支撑平台通过安全数据分析、安全系统集成、事件应急处置和风险集中管控，为用户建立完善的信息安全服务体系。

具体包括：整合各类安全数据，提升安全大数据分析能力和态势感知能力，实现对分散安全系统的集成互联与协同调度以及安全态势的综合展现；整合内外威胁情报，实现威胁情报的采集、分析和处理，提升分析研判与追踪溯源能力；建立漏洞跟踪与事件管理系统，实现应急响应自动化与工具化支撑，提高应急响应处置能力；建立代码检测与渗透测试平台，提供自动化的检测工具和检测任务流程支撑，建立全生命周期的代码安全管控体系；建立信息安全管理子系统，实现安全管理、风险评估、安全检测、应急响应等业务的自动化全流程支撑。

网络安全运行中心技术支撑平台增强了各级安全管控手段，实现关联大数据分析、威胁情报采集共享、安全态势动态感知、事件集中处置、通报预警闭环管理的综合管控平台，持续提升风险感知与事件分析能力、攻击溯源和威胁定位能力、应急响应和协同处置能力。

六、总结

数字化智能化转型的大背景下，企业为进一步实现向转型升级的目标，提高自身核心数据的安全性和跨部门之间数据共享的便捷性。根据行业的特点，企业需要开发具有行业特点的“一站式、全托管”的智能工业云平台，提升 IT 基础架构，促进云网融合，安全无缝协同，为业务应用打造安全的基础层、平台逻辑层、服务业务层的安全防护；在实际的应用过程中，工业网云平台在信息数据采集、数据分析、数据发布、物资管控、生产执行、生产调度、应急指挥等各个方面为企业各个部门开展工作提供安全、共享、便捷的云平台。云、网、安全的协同联动，最终实现“健康云”、“智慧云”“安全云”，形成以数据驱动、软件定义、平台支撑、智能主导为特征的 IT 架构新体系

参考文献

- 杨梦培，刘潇建，张旻旻 工业互联网平台标准体系研究 信息技术与标准化 . 2019: 18.
- 郑树泉 工业物联网大数据平台架构与应用 软件产业与工程 . 2016: 15.
- 周济 数字化、网络化、智能化并行助推智能制造创新 人民政协报 p. 005



基于 SFA 的工业过程质量相关的在线故障检测

索寒生¹, 蒋白桦¹, 宫向阳², 王永耀², 贾贵金¹

1. 石化盈科信息技术有限责任公司, 北京 100007; 2. 中国石油化工集团公司, 北京 100728

【摘要】考虑到传统工业过程监测方法容易忽略掉过程动态信息现象, 提出了基于慢特征分析的在线特征选择与重排序的质量相关的故障检测方法(改进 FROSSFA), 将 SFA 故障检测扩展到质量相关的故障检测领域。最后将所提方法应用在 TE 过程上, 仿真结果表明改进的 FROSSFA 方法具有较高的故障检测率, 并能准确判断所发生故障是否与质量相关。

中图分类号: TP277

文献标识码: A

1 引言

石化智能工厂建设涉及生产管控、供应链管理、设备管理、能源管控、安全管控、环保管控六大业务域^[1], 在设备管理和安全管控领域, 为了保证系统的安全性和产品的高质量, 故障监测技术成为一个热点问题。故障监测是指通过一定手段来监视整个系统的运行状态, 不断检测系统的变化和故障, 进而采取必要的措施, 防止系统损坏和事故发生^[2]。过程监测技术一般可分为两大类: 基于解析模型的方法、基于数据驱动的方法^[3]。基于解析模型的方法需要了解生产制造系统的机理, 从而建立起准确且可靠的解析模型, 主要包括状态估计法、参数估计法等。数据驱动的方法以多元统计分析为基础, 融合了信号处理、人工智能等方法, 从大量的数据中挖掘出有用的潜在信息, 不需要准确的机理模型, 仅依靠系统运行过程中的大量测量数据来进行故障监测^[4]。随着传感器技术和计算机技术的快速发展, 数据采集、存储、计算能力越来越强, 数据驱动的方法越来越受到研究者们青睐。

多元统计分析方法是数据驱动故障检测方法中的重要组成部分, 它利用过程变量之间的相关性进行分析和故障检测。这类方法根据过程变量的历史数据, 利用多元投影的方法将多变量样本空间分解成由主元空间张成的较低维的投影子空间和一个相应的残差子空间, 并分别在这两个子空间进行投影然后计算相应的统计量指标用于过程监控^[4]。常用的多元统计分析方

法有主元分析(PCA)、偏最小二乘(PLS)、主元回归(PCR)、因子分析、典型相关性分析(CCA)、费舍尔判别分析(FDA)等等。其中 PCA 和 PLS 应用最为广泛, 他们都会应用到两个指标来监测故障是否会发生^[5], 指标是主成分欧氏距离之和, 即新输入样本到主元空间的原点的距离, 另一个 SPE 指标, 是主元模型的预测误差平方之和, 反映了过程中的异常状态。但 PCA 无法检测动态过程、非线性过程、多尺度问题和非高斯过程, 且无法反应发生的故障是否与质量指标相关。PLS 在投影变换时更加关注过程变量空间中与质量变量的那些方向, 在过程变量中依次提取对质量变量具有最大影响的主成分, 属于质量相关的故障检测方法^[5]。作为以上方法的扩展, 研究者们提出了动态 PCA^[6]、核 PCA^[7]、核 PLS^[8]等等。但是, 时变的动态信息可能对不同的变量有不同的影响^[9]。一些变量呈现出较强的动态特性, 而另一些变量动态性较弱甚至呈现稳态, 但上述方法将所有变量都置于同样地动态水平来处理, 不足以明确的表示过程的动态特征信息。

慢特征分析(slow feature analysis, SFA)^[10]作为一种全新的特征提取和降维方法, 能够从时序信号中提取出变化最缓慢的成分, 这些成分被称为慢特征(简称 SFs)。慢特征是从原始输入信号中抽象出来的系统信息在高级层面上的表示, 能够有效表征系统所固有的本质属性, 因而 SFA 具有挖掘工业过程真实规律的潜力。黄德先等人提供了基于缓慢

特征分析的过程监控方法和系统, 可以有效地对过程的动态特性变化进行监测^[11]; 卢依容引入核方法来实现 SFA 中的非线性扩展得到 KSFA^[12], 建立了完整的基于 KSFA 的故障检测模型, 并提出了基于 KSFA-SVM 方法的故障诊断模型, 实验有效验证了所用方法优良的检测和诊断能力。Huang 等人提出基于慢特征分析的在线特征选择与重排序(Feature Re-ordering and feature selection based SFA, FROSSFA)的方法, 利用 SFA 提取出 SFs, 通过将在线样本中的 SFs 进行排序, 提取出可能包含故障信息的 SFs, 构建主元空间和残差空间进行故障监测^[9]。本文在此基础上提出改进的 FROSSFA 方法, 将原有方法进行扩展, 使其能够判断所发生的故障是否与质量指标相关。

本文的结构安排如下: 第一部分介绍 SFA 和 FROSSFA 算法, 作为本文的预备知识。第二部分介绍改进主元回归(Improved Principal Component Regression, IPCR)算法, 将其作为实验部分中部分中的比较方法。第三部分介绍了本文所提的改进 FROSSFA 方法的步骤; 第四部分为实验仿真, 借助工业仿真数据来验证本文所提方法的有效性, 并对结果进行了分析和讨论。最后一部分给出了模型有效性的结论。

2 慢特征分析

慢特征分析是一可以从时间序列中提取变化缓慢的特征无监督学习方法^[10]。对于时序信号来说, 不变量指的是从中抽取出的变化最缓慢的元素, 它可以揭示系统的固有性质。假设一个时序输入信号 $u(t)$, SFA 的目的是找到一个映射 $g(u)$, 使映射输出的信号 $s(t) := g(u(t))$ 在不为常数的前提下变化尽可能缓慢。可以理解将为原始数据转化为慢特征以后, 要求慢特征波动变化尽可能慢, 关于 SFA 的具体介绍和推导可以在文献^[10]中找到。

2.1 优化目标

已知在时间 $[t_0, t_1]$ 上连续变化的 m 维输入 $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]^T$, 假设存在函数 $g(x) = [g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x)]^T$, 可以得到其输出信号, 其中 $s_i(t) := g_i(x(t))$ 。

SFA 的优化问题可表示为, 对于任意 i :

$$\min_{g_i(\cdot)} \Delta_i := \min_{g_i(\cdot)} \Delta(s_i) = \min_{g_i(\cdot)} \langle \dot{s}_i^2 \rangle_t \quad (1)$$

$$\langle s_i \rangle_t = 0 \quad (2)$$

$$\langle \dot{s}_i^2 \rangle_t = 1 \quad (3)$$

$$\forall i \neq j: \langle s_i s_j \rangle_t = 0 \quad (4)$$

其中 \dot{s} 表示 SF 的一阶导数; $\dot{s}(t)$ 是第 i 个特征序列的波动快慢的度量, 实际测量信号 $s(t)$ 一般为离散信号, 可表示为 $\dot{s}(t) = s(t) - s(t-1)$, 即时序差分; $\langle \cdot \rangle_t$ 表示序列的期望, 定义为:

$$\langle f \rangle_t := \frac{1}{t_1 - t_0} \int_{t_0}^{t_1} f(t) dt \quad (5)$$

约束 (2) 和 (3) 避免 $s_i(t) \equiv const$, 即使得 $s(t)$ 的每一维都携带信息量。约束 (4) 保证了不同的维度携带不同的信息量, 使每次学习到的新特征都线性无关。另外, 被提取出的 SFs 是按照变化的缓慢程度进行排序的, 即第一个 SF 变化最为缓慢。若 $i < j$, 则 $\Delta(s_i) < \Delta(s_j)$ 。

2.2 线性 SFA

假设 $g(\cdot)$ 为线性映射, 即满足下面的关系:

$$s_i(t) := g_i(x) = w_i^T x \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

其中 w_i 是权重向量, 因此, SFs 可以表示为

$$s = Wx \quad (6)$$

其中 $W = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T$ 是权重矩阵。求解 SFs 的过程即为求解矩阵 W 。

首先将 $x(t)$ 的协方差矩阵进行 SVD 分解, 即

$$s = X^T X = U \Lambda U^T \quad (7)$$

令 $Q = \Lambda^{-1/2} U^T$, 则有:

$$z = \Lambda^{-1/2} U^T X = QX \quad (8)$$

因此, SFs 可以写作:

$$s = WX = WQ^{-1} z = Pz \quad (9)$$

其中, $P = WQ^{-1}$ 。明显地, $\langle z \rangle_t = 0$, 且

$$\langle zz^T \rangle_t = Q \langle xx^T \rangle Q^T = I$$

$$\langle ss^T \rangle_t = P \langle zz^T \rangle_t P^T = PP^T \quad (10)$$

由于约束 (2), 则 $PP^T = I$, 即 P 是一个正交矩阵。SFA 最终的优化问题转化为求解一个正交矩阵 P 来优化公式 (1)。

$$\langle \dot{s}_i \rangle_t = P_i^T \langle \dot{z}z^T \rangle_t P_i \quad (11)$$

在实际工况下采集的数据为离散型，若 V_i 表示时间间隔，则

$$\dot{z}_i(t) \approx \frac{z_i(t) - z_i(t - V_i)}{V_i} \quad (12)$$

该优化问题通过再次实施主元分析而得到解决，具体为

$$\langle \dot{z}z^T \rangle_t = P^T \Omega P \quad (13)$$

其中 P 是特征向量矩阵， $\Omega = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$ ， $\lambda_i (i=1, 2, \dots, m)$ 是按升序排列的特征根。因此，可以推导出： $\langle \dot{s}_i \rangle_t = P_i^T \langle \dot{z}z^T \rangle_t P_i = \lambda_i$ ，于是可得到按照缓慢程度从大到小排列的 m 个 SFs。一般认为 SFs 中变化最慢的几个特征是最能体现数据本质特性的特征，而变化快速的特征认为是一些噪声信号。

2.3 FROSSFA 算法

通过对 FOA 算法存在问题进行分析可知，影响其收敛速度和收敛精度的主要因素为初始位置、种群大在上一阶段中提取到的 SFs 维度仍是 m ，且 SFs 是按照缓慢变化的程度进行排序的，变化最慢的排在前面，但是故障可能会作用在任意一个 SF 上，因此 SFs 的选择对于过程监测十分重要。

在线监测阶段将会进行 SFs 的选择，从而将数据分为主元空间和残差空间。设待测样本向量为 $x_{test} = [x_1, x_2, L, x_m]^T$ ，则其对应的 SFs 可表示为：

$$s_{test} = Wx_{test} = [s_1, s_2, \dots, s_m]^T \quad (14)$$

在线测量过程中，故障的发生可能会导致变量变化明显，即绝对值较大的 SF 包含故障信息的可能性越大。因此，选择按照贡献度的方法选择慢特征。首先将上式中的值按绝对值进行降序排列，得到 $[s'_1, s'_2, \dots, s'_m]^T$ ，其中 $|s'_1| \geq |s'_2| \geq \dots \geq |s'_m|$

$$\sum_{i=1}^k |s'_i| / \sum_{i=1}^m |s'_i| \geq \theta \quad (15)$$

当公式 (15)，即累积贡献度超过一定阈值 θ 时，就可确定 SFs 的个数 k ，本文选择 $\theta=0.8$ 。假设所选择的 SFs 为 s_k ，对应的 W 和 P 也被选定，即为 W_k 和 P_k 。

3 IPCR 方法

由 PCR^[13, 14] 算法可知，输入 $X \in R^{n \times k}$ 和输出 $Y \in R^{n \times l}$ 可以被表示为

$$\begin{cases} X = \bar{X} + \tilde{X} \\ Y = \bar{Y} + F = \bar{X}B + F \end{cases} \quad (16)$$

其中 \bar{X} 和 \tilde{X} 互相正交。我们将矩阵 BB^T 进行 SVD 分解，有

$$BB^T = [P_B, \tilde{P}_B] \begin{bmatrix} \Lambda_B & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_B^T \\ \tilde{P}_B^T \end{bmatrix} \in R^{k \times l} \quad (17)$$

其中， $P_B \in R^{k \times l}$ ， $\tilde{P}_B \in R^{k \times (k-l)}$ 为负载矩阵； $\Lambda_B \in R^{m \times m}$ 为特征根矩阵； k 是指 X 的维度， l 指的是输出 Y 的维度。

可以得到 X 在负载矩阵上的投影，即得分矩阵：

$$T_{re} = XP_B \in R^{n \times l} \quad (18)$$

$$T_{un} = X\tilde{P}_B \in R^{n \times (k-l)} \quad (19)$$

$$\bar{X} = XP_B P_B^T = T_{re} P_B^T \equiv SPan\{B\} \quad (20)$$

$$\tilde{X} = X\tilde{P}_B \tilde{P}_B^T = T_{un} \tilde{P}_B^T \equiv SPan\{B\}^\perp \quad (21)$$

其中 \bar{X} 和 \tilde{X} 分别是与输出 Y 高度相关和无关的部分。

最终，IPCR 把每一个测试样本 x_{test} 都划分为两部分

$$t_{re} = P_B^T x \in R^{n \times l} \quad (22)$$

$$t_{un} = \tilde{P}_B^T x \in R^{n \times (k-l)} \quad (23)$$

$$\bar{x}^T \bar{x} = x^T P_B P_B^T P_B P_B^T x = t_{re}^T t_{re} \quad (24)$$

$$\tilde{x}^T \tilde{x} = x^T \tilde{P}_B \tilde{P}_B^T \tilde{P}_B \tilde{P}_B^T x = t_{un}^T t_{un} \quad (25)$$

针对 \bar{x} 和 \tilde{x} 的统计量，

$$T_{re}^2 = t_{re}^T \left(\frac{T_{re}^T T_{re}}{N-1} \right)^{-1} t_{re} \quad (26)$$

$$T_{un}^2 = t_{un}^T \left(\frac{T_{un}^T T_{un}}{N-1} \right)^{-1} t_{un} \quad (27)$$

由于 SFs 不再满足高斯分布，控制限的方法不能通过特殊分布来计算。这里首先利用 KDE^[15] 来逼近变量的概率密度分布，然后取其在置信度 $1-\alpha$ 下得到其控制限。

$$\begin{aligned} \hat{f}(a) &= \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{a-a_i}{h}\right) \\ K(u) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}u^2} \end{aligned} \quad (28)$$

其中 a_i 是观测到的变量值， h 为宽度参数， n 为样本的个数， $K(\cdot)$ 表示核函数，这里取高斯核函数。许多文献提出 h 的估计方法^[15, 16]，可以根据正常数据对

统计量进行核密度估计，计算其控制限，本文置信度取 0.99。

4 改进 FROSSFA 方法

改进 FROSSFA 方法的监测分两个阶段进行。

阶段（一）离线慢特征分析

- 1) 收集正常工况下的数据集 $X_0 \in R^{n \times m}$ 。
- 2) 将正常的训练数据进行标准化，得到零均值，且方差为 1 的标准数据集 X 。
- 3) 在 X 上进行慢特征分析，得到 SFs： $S \in R^{n \times m}$ ，以及表示映射关系的 W 矩阵。

阶段（二）在线过程监测

- 1) 针对每一个测试样本，根据步骤 2) 的均值和方差将其标准化。
- 2) 根据公式 (14) 得到该测试样本的慢特征向量 s_{test} 。
- 3) 将 s_{test} 中数值按照绝对值大小降序排列，并根据公式 (15) 确定慢特征个数 k ，以及对应的 s_k 。
- 4) 将最可能包含故障信息的 SFs，即 s_k 作为 IPCR 算法的输入，质量指标作为输出，计算输入输出关系矩阵 B 。
- 5) 在矩阵 BB^T 上进行 SVD 分解，根据公式 (26) 和 (27) 计算统计量
- 6) 根据正常数据对应的慢特征计算其统计量，应用 KDE 方法计算该测试样本对应的控制限。

本文所提出的方法结合了 SFA 和 IPCR 的优点。原有的 FROSSFA 方法无法判断出检测到的故障是否与质量因素相关，而改进后的方法对于矩阵 BB^T (B 表示质量矩阵 Y 对 SFs 做回归的系数矩阵；在 IPCR 算法中， B 为输出 Y 输入 X 做回归的系数矩阵，见公式 16) 进行了 SVD 分解，将原有空间分割成质量相关的部分和质量无关的部分。与 IPCR 相比，改进的 FROSSFA 引入了慢特征分析，可抓住系统的动态过程信息。

5 应用

5.1 TE 过程介绍

田纳西-伊斯曼过程 (Tenness-Eastman Process, TE) 是一个以实际生产制造过程为基础的仿真模拟平台，旨在为多种过程控制和监控方法提供一个数据源，目前 TE 过程已经在过程监控领域得到了广泛应用，本文对其做简单介绍，详细内容可参考^[17]。TE 过程的工艺流程图如图所示，主要由反应器、冷凝器、压缩机、气液分离器以及汽提塔五个操作控制部分构成，涉及到八种物料成分，其中 A、B、C、D、E 是气体反应物，其他是液态反应物，反应器内部主要化学反应方程式如式 (29)：

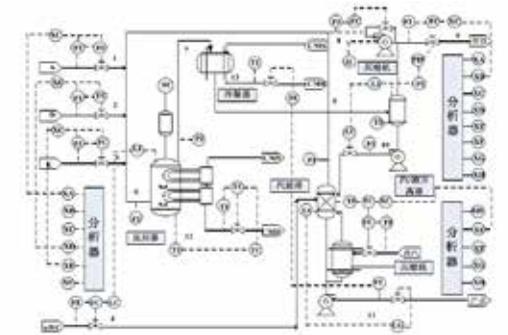
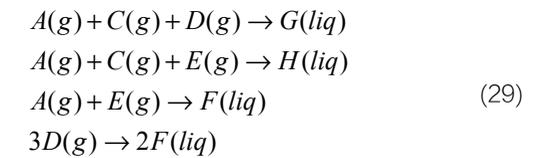


图 1. TE 过程工艺流程图
Fig. 1 The flow chart of TE Process.



其中 g 和 liq 分别代表反应物是气体和液体。

TE 过程包括 41 个测量变量和 12 个控制变量，其中输出变量为第 35 个测量变量。另外，由于测量变量中 19 个为组分变量难以实时测量，故不在考虑范围内，控制变量中搅拌速度也不做考虑。最终本文应用的 TE 过程实验数据共有 33 个变量，其中训练数据有 500 个样本。

TE 过程依据现实工业生产制造过程中遇见的各种问题预先设定了多类故障，其中有 15 个已知故障、5 个未知故障，具体见表 1。其中，IDV (1、2、5、6、7、8、12、13) 被归为质量相关的故障，IDV (3、4、9、10、11、14、15) 为质量无关的故障^[18]。这 15 个测试数据集均包含 960 个样本，其中故障从

第 161 个样本开始发生。

故障标号	故障描述	故障类型
IDV(1)	A、C 进料比变化 (流 4)	阶跃
IDV(2)	B 进料量变化 (流 4)	阶跃
IDV(3)	D 进料温度变化 (流 4)	阶跃
IDV(4)	反应器冷却水入口温度变化	阶跃
IDV(5)	冷凝器冷却水入口温度变化	阶跃
IDV(6)	A 进料损耗 (流 1)	阶跃
IDV(7)	C 进料压力损耗 (流 4)	阶跃
IDV(8)	总进料量变化 (流 4)	变量波动范围变大
IDV(9)	D 进料温度变化 (流 2)	变量波动范围变大
IDV(10)	C 进料的温度变化 (流 4)	变量波动范围变大
IDV(11)	反应器冷却水入口温度变化	变量波动范围变大
IDV(12)	冷凝器冷却水入口温度变化	变量波动范围变大
IDV(13)	系统参数变化	慢偏移
IDV(14)	反应器冷却水阀门	粘住
IDV(15)	冷凝器冷却水阀门	粘住
IDV(16-20)	未知故障	--

表 1. TE 过程故障类型

Table 1. The fault type of TE process

5.2 仿真实验结果分析与讨论

为了更直观地描述慢特征，将训练数据提取出来的其中 12 个 SFs 表示在图 2 中，可看出从 SFs (1) 到 SFs (12)，其变化缓慢程度依次加快。

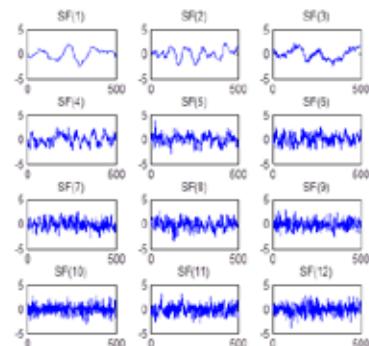


图 2. 基于训练数据提取出的前 12 个慢特征变量
Fig. 2. First 12 SFs extracted from training data

表 2 展示了 IPCR 和改进 FROSSFA 两种方法对 15 种已知故障进行监测的检测率 (Fault Detection Rate, FDR) 的结果。对于同一种故障，FDR 较高的方法被标记为粗体。明显地，改进 FROSSFA 方法在大多数故障上的检测率上都表现出了优势。总体来说，IPCR 方法可以成功识别 IDV (2、4、6、8、10、11、12、13、14) 共 9 个故障，改进 FROSSFA 方法能成功识别 IDV (1、2、4、5、6、8、10、11、12、13、14) 共 11 个故障，即 IPCR 可以识别的故障，改进 FROSSFA 都可以识别出来。其中故障 IDV (8)，IPCR 识别性能更好。但对于其他故障，尤其是 IDV (1、5、12、13)，改进 FROSSFA 方法识别性能更好。

故障标号	质量相关	IPCR		改进 FROSSFA	
		T2_re	T2_un	T2_re	T2_un
IDV(1)	是	0.315	0.9975	0.9325	1
IDV(2)	是	0.4138	0.9825	0.92	0.9925
IDV(3)	否	0.0213	0.055	0.0988	0.42
IDV(4)	否	0.0388	1	0.1363	1
IDV(5)	是	0.1675	1	1	1
IDV(6)	是	0.9738	1	0.995	1
IDV(7)	是	0.3	1	0.265	1
IDV(8)	是	0.8138	0.9825	0.69	0.9938
IDV(9)	否	0.0425	0.0425	0.0875	0.3188
IDV(10)	否	0.2338	0.9188	0.1588	0.9725
IDV(11)	否	0.07	0.8075	0.145	0.9013
IDV(12)	是	0.7518	0.9988	0.9113	0.9988
IDV(13)	是	0.7863	0.9525	0.9025	0.9613
IDV(14)	否	0.07	1	0.2075	1
IDV(15)	否	0.085	0.125	0.0925	0.4125

表 2. 两种方法对 TE 过程故障监测的 FDR

Table 2. FDRs of TE using IPCR and improved FROSSFA

故障 IDV (1) 表示了 A、C 进料比的变化，图 3 展示了 IPCR 和改进 FROSSFA 方法的监测结果，可以看出 IPCR 监测到了部分质量相关的故障，改进 FROSSFA 方法几乎可以监测到所有故障，最终二者的质量相关的故障检测率分别是 0.315 和 0.9325。针对质量无关的监测子图，二者的监测图形十分相近，检测率分别是 0.9975 和 1，即改进 FROSSFA 在故障刚发生时就监测到了故障。另外，改进 FROSSFA 的控制限是根据测试样本的具体状态而波动的，这是

由于根据测试样本而提取的 SFs 缓慢变化程度，而确定可能包含有故障信息的 k 个 SFs，即不同的测试样本所选择的 k 个 SFs 可能不同，从而导致了后续计算控制限的变化，这样的计算方式可以更为敏感地捕捉到故障信息。

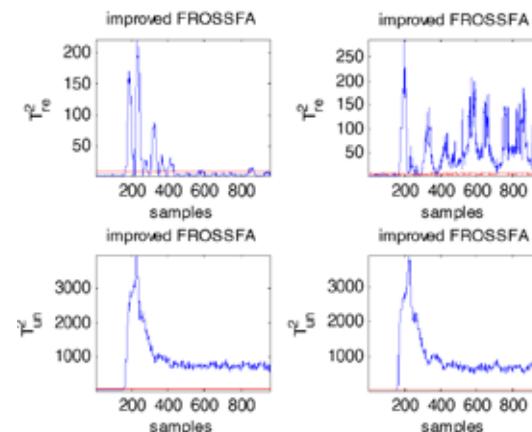


图 3. IPCR 和改进 FROSSFA 故障监测结果

Fig 3. Detection by IPCR and improved FROSSFA under IDV(1)

同样地，图 4 是两种方法对故障 IDV (10) 的监测结果，IDV (10) 是 C 进料的温度变化。这里改进 FROSSFA 方法控制限波动的更为明显，可以更明显的捕捉到故障信息，降低误报率，它的监测结果要好于 IPCR。

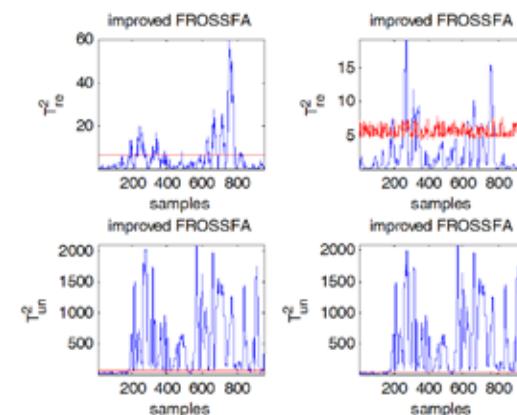


图 4. IPCR 和改进 FROSSFA 对 IDV(10) 的监测结果

Fig. 4 Detection by IPCR and improved FROSSFA under IDV(10)

5 结论

本文在慢特征分析的基础上，将在线特征选择与重排序的故障检测方法扩展到质量相关故障检测领域，提出了一种改进 FROSSFA 方法，该方法结合了 SFA 和 IPCR 的优点，能够抓住系统的过程动态信息，TE 过程数据实验表明了所提模型的有效性，其故障检测率好于 IPCR 方法。未来石化智能工厂建设基于数据驱动的过程故障诊断将成为模型驱动方式的有益补充，这将促进数据和信息得到更好的利用和挖掘，使石化生产更加主动，更加互联互通，为提高石化生产效率和开发新的商业模式提供可能性。

参考文献 (References)

[1] Li D F. Perspective for smart factory in petrochemical industry[J]. Computers & Chemical Engineering. 2016, 91: 136-148

[2] 周东华, 席裕庚, 张钟俊. 故障检测与诊断技术 [J]. 控制理论与应用, 1991(1):1-10.

Zhou D H, Xi Y G, Zhang Z J. A Survey on Fault Detection and Diagnostics Techniques[J]. Control Theory and Applications, 1991(1):1-10.

[3] Venkatasubramanian V, Rengaswamy R, Kavuri S N, et al. A review of process fault detection and diagnosis: Part III: Process history based methods[J]. Comp. and Chem. Eng, 2003, 27(3):327-346.

[4] 樊继聪. 基于多元统计分析的非高斯过程的故障诊断 [D]. 北京化工大学. 2013

Fan J C. Fault Diagnosis for Non-Gaussian Processes Based on Multivariate Statistical Analysis[D]. Beijing University of Chemical Technology. 2013.

[5] Qin S J. Statistical process monitoring: basics and beyond[J]. Journal of Chemometrics, 2010, 17(8-9): 480-502

[6] Ku W. Disturbance Detection and Isolation by Dynamic Principal Component Analysis[J].

Chemom. Intell. Lab. Syst. 1995, 30(1):179-196.

[7]Lee J M, Yoo C K, Choi S W, et al. Nonlinear process monitoring using kernel principal component analysis[J]. Chemical Engineering Science, 2004, 59(1):223-234.

[8]Lindgren F, Geladi P, Wold S. The Kernel Algorithm for PLS[J]. Journal of Chemometrics, 1993, 7(1):45-59.

[9]Huang J, Ersoy O K, Yan X. Slow feature analysis based on online feature reordering and feature selection for dynamic chemical process monitoring[J]. Chemometrics & Intelligent Laboratory Systems, 2017, 169: 1-11

[10]Wiskott L, Sejnowski T J. Slow Feature Analysis: Unsupervised Learning of Invariances[J]. Neural Computation, 2002, 14(4): 715-770.

[11]黄德先, 尚超, 杨帆, 等. 基于缓慢特征分析的过程监控方法和系统. CN104598681A [P]. 2015

[12]卢依容. 基于核慢特征分析算法的故障检测与诊断 [D]. 上海交通大学, 2015.

Lu Y R. Fault Detection and Diagnosis Based on Kernel Slow Feature Analysis[D]. Shanghai Jiao Tong University. 2015.

[13]Paran I, Michelmore R W. Development of reliable PCR-based markers linked to downy mildew resistance genes in lettuce[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1993, 85(8):985-993.

[14]Sun C Y, Hou J. An Improved Principal Component Regression for Quality-Related Process Monitoring of Industrial Control Systems[J]. IEEE Access, 2017, 5:21723-21730.

[15]Martin E B, Morris A J. Non-Parametric Confidence Bond for Process Performance Monitoring Charts[J]. Journal of Process Control, 1996, 6(6):349-358.

[16]Bowman A W. An Alternative Method of Cross-Validation for the Smoothing of Density Estimates[J]. Biometrika, 1984, 71(2):353-360.

[17]Lyman P R, Georgakis C. Plant-Wide Control of the Tennessee Eastman Problem[J]. Computers & Chemical Engineering, 1995, 19(3):321-331.

[18]Peng K, Zhang K, Li G. Quality-Related Process Monitoring Based on Total Kernel PLS Model and Its Industrial Application[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2013, 2013: 1-14

金融联盟区块链技术应用实践

肖震 黄步添 刘振广 杭州云象网络技术有限公司

在全球范围内金融科技新浪潮中，区块链技术最为瞩目，对于金融业的发展有重要推动作用。区块链是信任的机器，是信息互联网走向价值互联网的关键基础设施。随着区块链的价值得到广泛的认可，越来越多的行业正在提出针对各自业务场景的区块链解决方案。特别是在金融领域，区块链应用更为广泛，如跨境支付、贸易金融、供应链金融、资产证券化、金融资产交易等场景。作为金融科技领域中重要的新兴技术之一，如何让区块链更好地服务金融业发展，成为行业重点探索方向。

区块链行业发展现状与趋势

1. 区块链是数字经济的重要基础设施

区块链将推动数字经济的更大范围发展，使得数据成为关键的生产要素，同时改变资产的存储和交易形式，建立数字经济时代的全新价值体系。通过区块链技术进行数据确权，将资产数字化，让链下资产映射在链上流通，从而形成价值互联网，这将是未来金融市场的核心，也是数字经济发展的基石。例如以 bitcoin 为首的超主权数字货币，不依赖中心信用机构，构建了去中心的货币发行体系；libra 借助 Facebook 庞大的用户规模优势，构建跨主权数字货币，推动全球开放金融的演进。区块链已然成为数字经济时代的重要基础设施，正在推进全球经济体系实现新一轮的数字化转型变革。

2. 联盟链公有链技术融合是区块链发展必然趋势

目前区块链底层基础设施主要分为：公有链、联盟链。公有链能够解决链上资产的发行，实现更大范围的价值流转，但不能满足对性能、隐私保护、安全性等要求高的分布式商业应用场景。联盟链能够提高机构间业务协同效率，提升业务治理能力，同时其对成员准入的控制可以有效保护机构间隐私安全，因此金融领域率先应用联盟链技术。但联盟链与联盟链之间要实现跨链价值交换，需要公有链进行价值承载，所以区块链要实现数字经济真正意义的更大范围发展，联盟链跟公有链技术融合是必然趋势。目前，业界也形成了一定共识，例如云象创始人黄步添提出了“联盟链 + 跨链 + 公有链”的聚合链架构；以太坊创始

人 Vitalik 同样提出“从企业角度出发，在未来，联盟链和公有链可能可以比较好的结合”；中国人民银行数字货币研究所前所长姚前提出公有链联盟链二元模式，表示可以通过联盟链向相关监管部门注册开展链上监管，使用公有链开展去中心化商业活动。

3. 产业区块链时代已经来临

随着区块链技术稳步迭代，目前区块链已由数字资产向实体经济领域延伸拓展。产业区块链时代已经来临，行业机构间将走向更加开放的发展模式，协同合作将更加紧密。通过区块链技术可以将行业上下游打通，跨产业形成闭环，构建一张产业互联的价值网络，将实体企业资产上链的应用场景泛化。产业金融更可通过区块链技术脱虚向实服务实体经济，构建自身的应用场景生态，这将对金融行业的革新有着重要意义。

区块链在金融领域落地的挑战

1. 金融行业的痛点

传统金融领域包括货币流通、融资发行、金融中介、金融工具等多个方面。在金融行业发展过程中，一直存在中心化严重、系统割裂、信任难、效率低、风险控制成本高、数据安全隐患等问题。区块链作为一种分布式账本技术，具有分布式账本一致、去中介化、去信任、防篡改等特性，和金融行业天然契合，有助于多方协同、数据确权、提高流程效率、降低风险等。

2. 产业区块链落地面临的挑战



区块链虽然具有诸多优势，并在部分金融领域得到实践，但这一技术的应用尚处在发展阶段，在产业落地过程中仍然面临着一些挑战。

一是业务协同难。从技术理论上来说，区块链作为一种分布式账本技术，具有去中介化、去信任、防篡改等诸多特性，能够打通组织间的信息孤岛，保证数据的真实可信。但在实际产业区块链落地过程中，由于不同企业业务需求不同，因此需要将各个参与方的实际业务需求进行衔接。

二是各方利益冲突。基于区块链技术，产业上下游企业能够实时高效地进行数据共享，但业务数据往往涉及商业机密等，尤其金融领域，常因为各方利益冲突而导致一些企业不愿将业务接入区块链，因此商用数据隐私保护是推动产业区块链落地的关键。

三是标准不统一。目前区块链系统还没有形成统一的技术标准，大多都采用特定的共识算法、账户模型、存储类型等，不同系统无法灵活对接适应不同场景要求。此外，即便同一行业，不同企业的业务规则、数据标准、应用流程等也存在着差异，尤其涉及复杂度高的业务，产业区块链落地过程就变得异常困难。

因此产业区块链要大规模应用落地，特别在金融业务场景落地，公有链与联盟链技术融合，打造高性能、可扩展、高可用并能保障数据隐私安全的区块链基础设施是关键。

金融联盟区块链技术特点与优势

高可用联盟区块链技术充分融合公有链、联盟链的技术优势，适用于需要“多方共享”、“价值流转”、“隐私保护”、“网络安全”、“多方监管”的诸多金融场景。

1. 核心作用

在金融领域，联盟区块链技术的核心作用是：协作、存证、监管。联盟区块链技术通过分布式记账(DLT)、智能合约等方式，可以帮助金融机构之间互相协作，提升服务效率和提高业务间透明性；通过对称/非对称加密、零知识证明、私密通道等方式，对用户身份信息、交易敏感信息进行隐私保护，在保证数据唯一

性、不可篡改以及隐私安全的前提下进行数据存证，实现多方信息共享；支持一键部署、节点动态增删，提供多种接入方式及全网可视化监控，金融监管机构亦可通过节点接入方式对交易流程实时监控。

2. 业务治理

业务系统从中心化架构跨越为非中心化架构，随之会带来业务上的治理风险。特别是金融业务，非中心化系统对业务参与机构的网络准入、业务智能合约的升级维护等，带来极大挑战。联盟区块链平台通过创建全网公共链，实现链间信息共享与消息通信，并构建去中心化工作流，为业务联盟参与方提供非中心化业务治理方式，包括机构节点准入、智能合约升级等。另外通过区块链运维管理平台，来维护网络节点、业务链的正常运行。

3. 商业化接入

业务参与机构可以根据自身角色选择共识节点、轻节点或无节点代理方式接入联盟区块链网络，并根据业务需求来部署相应业务平台。参与机构完成节点接入后，无须关注区块链网络的部署和维护，可以聚焦进行业务创新和推广。同时该联盟链平台支持多链架构，可实现不同业务链账本隔离，这样机构间只有在相互授权下方可进行关键业务数据共享，在保证每个机构的商业数据隐私权的同时，又能灵活、高效地进行链与链之间业务处理。

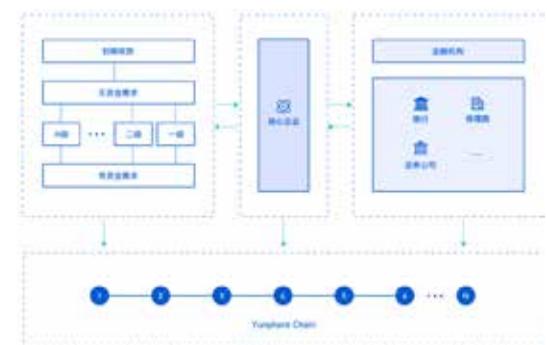
金融联盟区块链技术应用场景分析

目前，联盟区块链技术已在贸易金融、供应链金融、金融资产交易等金融场景应用并初显成效，形成行业内具有代表性的实践案例。

1. 贸易金融

贸易金融领域中，传统的信用证和福费廷业务缺乏较好的信息传输机制。在没有监管单位或权威部门作为中介的情况下，使用联盟区块链技术构建跨机构的贸易金融平台，并形成统一的标准，可有效推动该领域

各环节的互联互通，降低产业成本，是金融支持实体经济的重要技术手段。基于区块链上数据实时验证及同步特点，将国内信用证和福费廷业务相关信息在业务参与方中进行实时传输，从而降低单据的在途时间，



加快资金周转速度

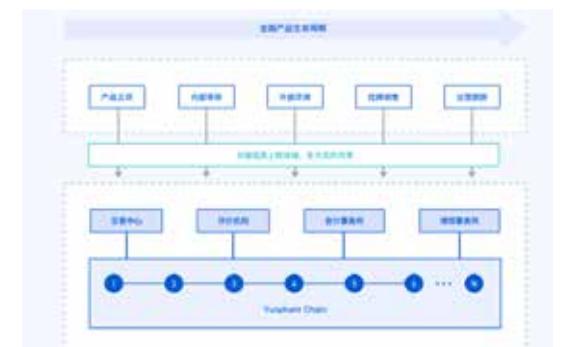
2018年云象与泽金金服联合推出了基于区块链的供应链金融平台。多家核心企业、金融机构作为共识节点，核心企业的上下游企业作为记账节点，通过联盟链方式构建供应链金融平台。基于多链业务隔离、权限控制、加密技术，实现隐私保护下的数据流转。该平台服务多家传统制造型企业，通过核心企业信用传递，为产业链上下游企业融资提供服务。2019年云象与鑫火科技共建基于区块链的应收账款融资平台。该平台实现应收账款的确权、拆分、流转，触达多级供应商，有效利用核心企业信用传递，帮助供应商盘活应收账款，减小资金压力，促进产业链健康发展。2020年云象与浙商中拓共建基于区块链的供应链金融平台，结合中拓系统平台高效的整合能力和数字化风险控制能力，通过对传统贸易中的融资进行规范，电子仓单、订单融资在线处理，实现质押、冻结、解除的全线上操作，随时随地查询融资审批进度、银行放款信息等，提升了效率与服务体验，解决企业经营融资问题，争取更多的流动资金周转，实现经营规模扩大与发展，提高经济效益。

3. 金融资产交易

金融资产的全生命周期长，业务涉及交易中心、银行、监管机构、托管机构、增信机构、评级机构、审计机构等多方机构。目前，金融资产相关信息多为纸质材

料线下交接，存在协同效率低下，信息易被篡改、不透明、审核过程难追溯等问题；同时不同机构间系统不互通，业务时效性差。

基于联盟区块链技术构建金融资产交易区块链，将各参与方对金融产品的操作记录实时上链，多方共享，不仅能避免信息不对称，提升协同效率，还能规范发行流程，降低发行成本；同时打通不同机构间系统，实现实时业务处理，减少人为干预，降低交易后处理成本。



2018年浙江金融资产交易中心基于云象区块链基础设施，接入各级审核部门以及外部评级机构，实现金融产品关键数据、审批记录实时同步、安全共享；并通过智能合约帮助其进一步优化工作机制，实现审批流程的线上化，提升产品发行效率，为产品管理提供审议和决策依据。2019年云象区块链与浙江金融资产交易中心、中国工商银行浙江省分行共同打造了“资金存管区块链”。基于区块链技术不可篡改、去信任、账本一致性、可追溯等特点，构建了一套机构间实时对账机制，机构间流水明细上链后由智能合约完成比对，无论是多账、少账还是错账，都能够第一时间发现并告警。

目前区块链技术仍在不断发展，在金融领域的应用还处于逐步演进过程中。联盟区块链技术是区块链在金融领域应用落地的可行性解决方案，更是金融科技服务实体经济的新探索和新尝试。未来，我们还需不断对金融联盟区块链技术进一步研究和实践，以形成可以快速复制的经验，更好推动金融科技发展，创新服务实体经济。

分布式互联网应用的企业级双活方案研究

严龙云 石化盈科信息技术有限责任公司

【编者按：对互联网线上业务的 IT 企业来说，传统的单数据中心，已不足以保护企业数据的安全。当单数据中心存储故障后，可能会导致业务长时间中断，甚至数据丢失。只做本地的数据冗余保护或容灾建设，已不能规避区域性灾难对企业数据的破坏。远程容灾保护数据及保障企业业务连续性成为了企业亟待解决的问题。另外，企业在远程容灾建设中，也面临网络链路租赁费用高昂和网络带宽不够的问题。

本文就对分布式互联网应用的企业级双活方案的关键技术环节进行分析，考虑投资、技术复杂度、可管理性、可扩展性、RPO、RTO 等多方面因素，从应用系统层面给出较为可行的解决方案，希望能供企业双活方案选型阶段提供一些思路。

一、绪论

2000 年以前的 10 年间，由于受灾导致的数据丢失，55% 企业倒闭，29% 在 2 年内倒闭，仅 16% 生存，2017 全球灾难造成损失超 3000 亿美元，较 2016 年激增 63%。如上述 IDC、Swiss Re 等统计信息，一些企业由于关键业务数据遭到破坏导致整个企业的破产，同样深刻反映出数据是企业生命的真谛所在。

而“容灾”一直是 IT 厂商在炒作的热门概念，随之而来的是花样繁多的容灾解决方案，存储厂商、主机厂商、虚拟带库厂商、数据库复制厂商纷纷踏入这片热门地带，看起来似乎每个方案都有自己独有的优势，传统技术应用系统的企业用户很容易从中找到适合的厂商成熟的容灾方案。

但是，随着互联网技术的发展，越来越多的企业技术转型，更多互联网线上业务采用分布式技术架构搭建应用系统，业务连续性要求相比传统管理系统更高。而传统厂商基于硬件的成熟容灾方案逐渐显得不适用。

以阿里为首的几大互联网企业，随自身业务发展要求基于醇厚技术实力和长时间经验积累，开始搭建与传

统的、基于数据库单写的容灾方式不同的异地多活容灾系统。异地多活系统支持对多个数据库的数据库同时写操作（多写），当出现某数据中心发生故障，可将该数据中心的访问快速切换到其他数据中心，从而保证了核心业务的连续性，高可靠性及高可扩展性。双活方案区别于传统灾备的模式。传统灾备是生产数据中心投入运行，灾备数据中心处在不工作状态，只有当灾难发生时生产数据中心瘫痪，灾备中心才启动。而双活方案是多个或两个数据中心都处于运行当中，运行相同的应用具备同样的数据，能够提供跨中心业务负载均衡运行能力，实现持续的应用可用性和灾难备份能力，所以称为“双活”和“多活”。

在“双活”的模式中，两地数据中心同时接纳交易，技术难度很大，需要更改众多底层程序，各大互联网厂商所采用的异地双活技术方案，基于各自企业技术力量及既有生产环境限制所采用的方案各自不同，并非可复制的标准方案。同样目前市场上也尚无厂商能够提供成熟解决方案。此种情况下企业用户很容易在扑面而来的洗脑风暴中失去判断力，如何为企业选择一个最优的异地双活解决方案来满足实际需求是最迫切的课题。

本文就对分布式互联网应用的企业级双活方案的关键技术环节进行分析，考虑投资、技术复杂度、可管理性、可扩展性、RPO、RTO 等多方面因素，从应用系统层面给出较为可行的解决方案，希望能供企业双活方案选型阶段提供一些思路。

二、双活方案特点及常见模式

“双活”区别于传统灾备方案其最大的特点有如下：

1. 充分利用资源，避免了一个数据中心常年处于闲置状态而造成浪费，通过资源整合双活数据中心的服务能力是翻倍的；

2. 双活数据中心如果断了一个数据中心，其业务可以迅速切换到另外一个正在运行的数据中心，切换过程对用户来说是不可感知的。

当前常见的双活模式可分为本地双多、同城双活、异地双活等几种类型。

（一）本地双活

本地双活是指在本地机房建立容灾系统，日常情况下可同时分担业务及管理系统的运行，并可切换运行。灾难情况下可在基本不丢失数据的情况下进行灾备应急切换，保持业务连续运行。

本地机房的容灾由于生产中心处于同一个机房，可通过局域网进行连接，因此数据复制和应用切换比较容易实现，可实现生产与灾备服务器之间数据的实时复制和应用的快速切换。

与其他模式相比较，本地双活具有投资成本低、建设速度快、运维管理相对简单、可靠性更高等优点。

（二）同城双活

同城双中心是指在同城或相近区域内（ $\leq 200\text{K M}$ ）建立两个数据中心建立两个可独立承担关键系统运行的数据中心，双中心具备基本等同的业务处理能力并通过高速链路实时同步数据，日常情况下可同时分担业务及管理系统的运行，并可切换运行。

同城的两个数据中心距离比较近，通信线路质量较好，仍然比较容易实现数据的同步复制，保证高度的数据完整性和数据零丢失。同城双活一般用于防范火灾、建筑物破坏、供电故障、计算机系统及人为破坏引起

的灾难。

（三）异地双活

异地双活指在两个异地的城市各自建立数据中心，用于当某个城市出现自然灾害等原因而发生故障时，通过另外一个异地数据中心可以用进行业务的恢复。

异地双活不仅可以防范火灾、建筑物破坏等可能遇到的风险隐患，还能够防范战争、地震、水灾等风险。但由于数据中心之间的距离较远（ $> 200\text{KM}$ ），网络线路带宽和质量存在一定的限制，应用系统的切换也需要一定的时间，因此异地双活中心可以实现业务限定的时间内进行恢复和可容忍丢失范围内的数据恢复。

三、技术选择度量标准

（一）业务连续性评价指标

衡量容灾系统的主要指标有：

RPO: Recovery Point Object，灾难发生时允许丢失的数据量

RTO: Recovery Time Objective，系统恢复的时间

ROI: Return of Investment，容灾系统的投入产出比

RPO 是指业务系统所允许的灾难过程中的最大数据丢失量（以时间来度量），这是一个灾备系统所选用的数据复制技术有密切关系的指标，用以衡量灾备方案的数据冗余备份能力。

RTO 是指“将信息系统从灾难造成的故障或瘫痪状态恢复到可正常运行状态，并将其支持的业务功能从灾难造成的不正常状态恢复到可接受状态”所需时间，其中包括备份数据恢复到可用状态所需时间、应用系统切换时间以及备用网络切换时间等。该指标用以衡量容灾方案的业务恢复能力。

容灾方案的 ROI 也是用户需要重点关注的，它用以衡量用户投入到容灾系统的资金与从中所获得的收益

的比率。

显然，具有零 RTO、零 RPO 和大容灾半径的灾难恢复方案是用户最期望的，但受系统性能要求、适用技术及成本等方面的约束，这种方案实际上是不大可行的。所以，用户在选择容灾方案时应该综合考虑灾难的发生概率、灾难对数据的破坏力、数据所支撑业

务的重要性、适用的技术措施及自身所能承受的成本等多种因素，理性地作出选择。

(二) 容灾级别及等级划分

根据《信息系统灾难恢复规范》(GB/T20988-2007) 容灾系统建设等级分如下为 6 级。

等级	等级名	RTO	RPO	重要说明
1	基本支持	2 天以上	1 天到 7 天	备份介质场外存放
2	备用场地支持	24 小时以上	1 天到 7 天	备份介质场外存放，部分拥有或能调配网络和数据处理设备
3	电子传输和部分设备支持	12 小时以上	数小时到 1 天	网络传输
4	电子传输及完整设备支持	数小时至 2 天	数小时到 1 天	数据处理和网络设备运行就绪
5	实时数据传输及完整设备支持	数分钟至 2 天	0 到 30 分钟	数据远程实施复制，网络集中切换
6	数据零丢失和远程集群支持	数分钟	0	数据零丢失，双活自动切换

图表 三-1 容灾系统建设等级

按照容灾系统对应用系统的保护程度可以分为数据级容灾、应用级容灾和业务级容灾。



图表 三-2 容灾系统级别

数据级容灾仅将生产中心的数据复制到容灾中心，在生产中心出现故障时，仅能实现存储系统的接管或是数据的恢复。容灾中心的数据可以是本地生产数据的完全复制（一般在同城实现），也可以比生产数据略微落后。基于数据容灾实现业务恢复的速度较慢，通常情况下 RTO 超过 24 小时，但是这种级别的容灾系统运行维护成本较低。

应用级容灾是在数据级容灾的基础上，进一步实现应用可用性，确保业务的快速恢复。这就要求容灾系统的应用不能改变原有业务处理逻辑，是对生产中心系统的基本复制。因此，容灾中心需要建立起一套和本地生产相当的备份环境，当生产系统发生灾难时，异地系统可以提供完全可用的生产环境。应用级容灾的 RTO 通常在 12 个小时以内，技术复杂度较高，运行维护的成本也比较高。

业务级容灾是生产中心与容灾中心对业务请求同时进行处理的容灾方式，能够确保业务持续可用。这种方式业务恢复过程的自动化程度高，RTO 可以做到 30 分钟以内。但是这种容灾级别的项目实施难度大，需要从应用层对系统进行改造，这种容灾系统的运行维护成本最高。

四、分布式应用的双活的架构实践

(一) 设计目标

为集团互联网分布式应用提供基于异地双活的应用架构设计方案，保障业务连续性提升服务可靠性，并有效解决水平扩展瓶颈、提升业务接入量及系统响应速度。

(二) 设计思路

根据业务系统特性，通过业务切分、业务路由，数据分片，业务分级处理控制以及数据同步和复制等技术实现双中心间的业务多活与统一控制。

1. 通过将系统 IT 架构进行横向解耦，并水平拆分为接入路由层，服务路由层，数据路由层等多个路由层

面，以减少单中心故障导致的整个系统不可用；

2. 选择一个数据维度来做数据切片，进而实现业务可以分开部署在不同的数据中心；

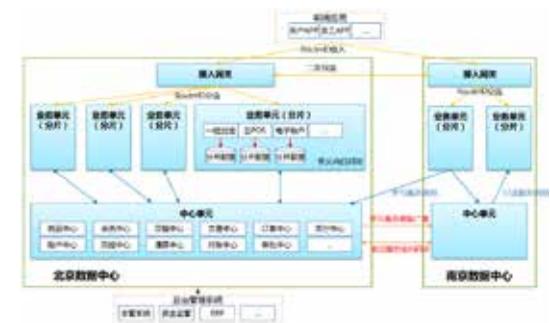
3. 尽量让调用发生在本单元，尽量避免跨数据中心的调用，一方面为了用户体验，本地调用 RT 更短，另一方面为了稳定性，防止一个数据中心出了问题，其他数据中心受影响；

4. 纵向根据业务属性拆分为全局数据与局部数据，利用高性能数据同步工具保障数据同步的及时性与数据的一致性；

5. 无法接受最终一致的数据要进行单点写。

(三) 整体架构

基于上述业务切分、业务路由，数据分片，业务分级处理的设计思路，并根据业务特点把单元逻辑上分成业务单元和中心单元，并根据统一的分片规则由接入网关和服务化框架进行网络和服务请求的二次分流至对应的数据中心单元。

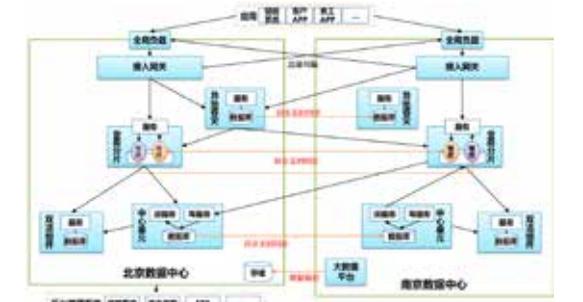


图表 四-1 分布式应用整体双活架构

前端应用访问业务单元时，将访问请求中统一植入分片键值，由网络接入网关通过分片键值的路由规则，二次导流至对应的数据中心单元。

业务单元保证核心业务分片均衡，如用户相关的数据，根据业务分片规则路由到正确的数据中心对应单元，多地分别写。中心单元数据写是在中心，并且业务单元的应用也有写的需要，那么这部分数据作为中心单元模式提供服务，中心单元具有所有的全量数据。

中心单元服务也根据业务一致性要求，分为异地容灾型服务、单写型服务和双写型服务。



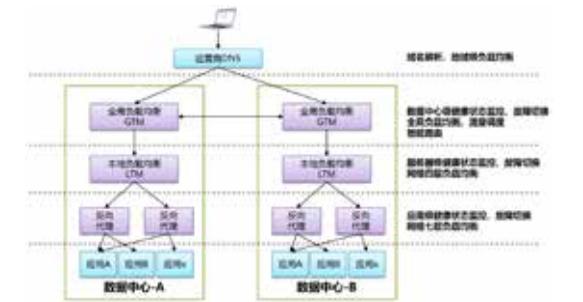
图表 四-2 不同业务类型的单元化方案

业务特点为强一致性要求且无法进行业务分片的服务单元，可采用应用级异地容灾方案；如读多写少且允许数据脏读的服务，根据其特点采用异步实时同步的方式允进行多中心冗余部署，提高可靠性同时提供高性能访问；对于少量复制型数据服务，如商品、主数据等服务，可采用双向同步技术实现多中心数据共享。

(四) 双活应用关键技术

1. 应用接入及分流

异地数据中心的的双活，需要向用户访问提供统一的入口，在用户无感知的状态下，其访问流量需要相对均衡的分流制对应的数据中心。



图表 四-3 应用接入及分流方案

网络流量分流，通过 DNS、全局负载均衡、数据中心本地负载均衡及反向代理层层导流至用户请求想对应的各应用系统中，各链路层职责划分如下：

DNS 负责域名解析，并可基于地域就近访问或随机、轮训等规则导流。全局负载均衡，则负责数据中心级的健康状态监测和故障切换管理，并可基于业务分片规则进一步二次导流。本地负载均衡则负责本数据中

心内服务器级的健康状态监测及负载均衡。反向代理则负责应用级状态监测和基于网络请求路径的转发和负载均衡。

2.API 接入及分流

1) 单写服务

具有一定的数据一致性要求，且读多写少且允许数据脏读的服务，根据其特点采用异步实时同步的方式冗余进行多中心冗余部署，提高可靠性同时提供高性能访问。此类 API 接入及分流方案如下：



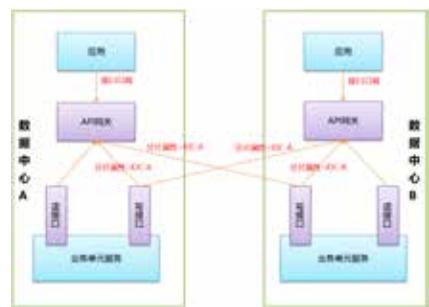
图表 四-4 单写 API 接入

两地数据中心部署同样的读写服务接口，平时只有一个数据中心对外开放写接口，并将数据通过异步复制的方式实时单向复制到另外一个数据中心，由此读接口则两个数据中心同时对外开放。

各数据中心的 API 网关将写操作引流至提供写服务的数据中心，读操作引流至本地数据中心，一旦某个数据中心发生故障时，存活的 API 网关将所有接口指向至本地数据中心，以保证服务连续可用。

2) 业务分片服务

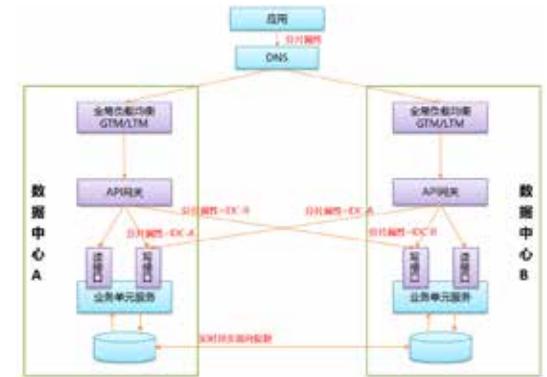
具有业务分片属性的接口服务，一个数据中心只承接某个分片的业务处理和数据存



图表 四-5 业务分片接口服务的注册

储，并将每个数据中心的分片属性及规则维护至 API 网关中。

当应用端向 API 网关发起接口调用请求时，API 网关根据分片规则将请求流量导流到对应数据中心的服



图表 四-6 业务分片接口服务的调用

如业务需求更关注可扩展性，则每个分片单元只处理和存储该分片数据，通过多机房及数据中心进行无限横向扩容。

如关注的更多是数据容灾安全及业务接入能力，那么各数据中心间可进行实时异步双向同步，保证双中心数据互备。当故障切换时，可通过修正 API 网关的各中心分片规则，即可将所有接口调用请求引流到存活的数据中心即可完成故障切换。

3. 服务调用保护

对于系统内部服务调用，基于事件驱动模式进行设计改造，并在事件接入环节进行事件过滤以实现单写和业务分片服务的写保护控制。



图表 四-7 服务调用分流方案

以此方案各数据中心可部署同样的服务后，只需简单配置事件接入规则即可完成服务调用的分流及数据写

入保护。

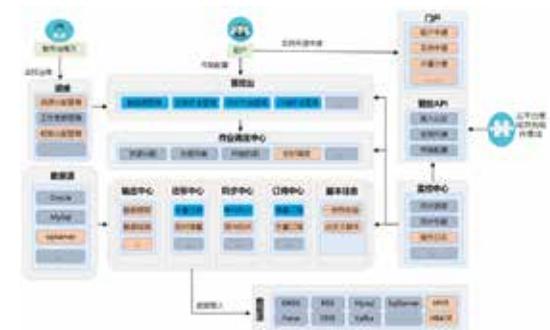
当数据中心故障发生时，通过管控台调整事件接入规则即可完成故障快速切换。

4. 数据复制技术

1) 基于日志的异步实时复制

目前市场中数据复制方案有基于存储的复制、基于卷的复制、基于数据库厂商自带工具以及第三方数据库复制等方案，但大多存在网络带宽要求高、占用过多主机资源，厂商制约等各种限制。

石化盈科基于开源技术自主研发的数据传输服务 (DTS) 产品，是基于数据库日志的异步实时复制系统，该系统支持数据迁移、数据同步、数据订阅等功能。



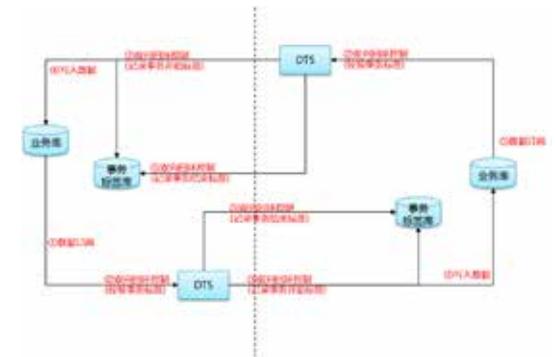
图表 四-8 石化盈科自主研发的数据传输服务 (DTS) 产品

该产品具有降低系统侵入性，可以快速搭建各业务应用特点，具备高并发、高吞吐、低延时、高可用、可扩展能力，非常适用于分布式应用系统双活的数据复制场景。

2) 基于回环控制的双向同步

数据双向同步具有非常高的技术门槛和难度，特别是基于日志的数据双向复制更容易导致无限死循环，造成生产系统的瘫痪。石化盈科自主研发的数据传输服务 (DTS) 产品，通过基于回环控制的双向同步技术解决了这一技术难题。

其双向回环控制原理是，将数据同步后写入目标端时，向数据库事务中同步提交一个事务标签，并在反向同步回路中提取事务标签进行校验，以避免无限死循环。



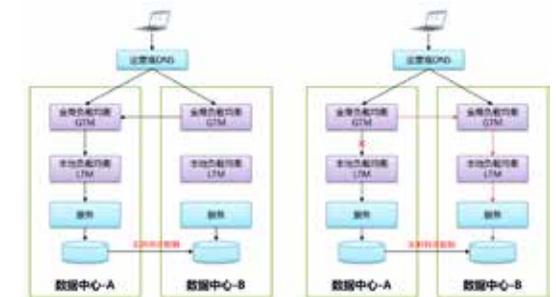
图表 四-9 基于回环控制的双向同步

(五) 各类服务双活方案

通过上述关键技术的研究和综合技术应用，我们可提供各种场景和业务特性的应用服务双活解决方案。

1. 主备服务

具有强依赖特或业务连续性指标要求不高的服务，可采取应用级异地容灾部署方案。

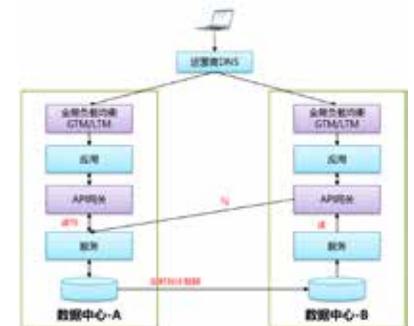


图表 四-10 主备类服务双活方案

2. 单写服务

单写要求的接口服务，可通过 API 网关的注册及路由机制实现。

具有单写要求的异步消



图表 四-11 单写类服务双活方案 (接口)

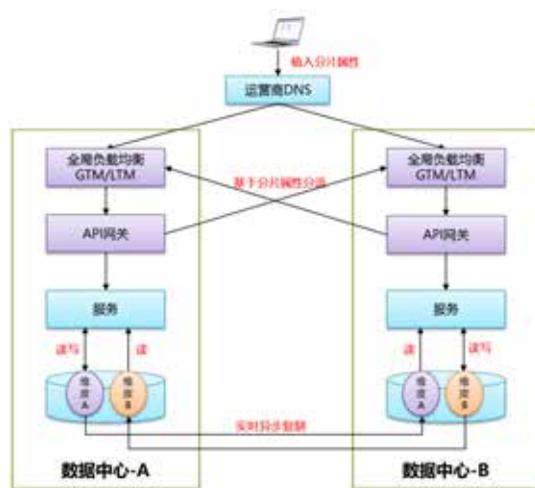
息服务，可通过基于消息事件接入过滤以实现单写和业务分片服务的写保护控制。



图表 四 12 图表 四 11 单写类服务双活方案(MQ)

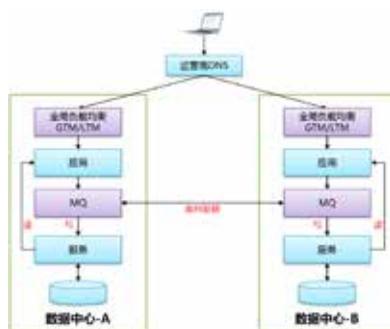
3. 业务分片

业务分片的服务单元，可通过链路层及 API 网关接入服务写入保护等技术实现流量疏导。



4. 双写服务

数据广播或共享服务单元，可通过数据双向复制或消息队列的相互订阅进行实时

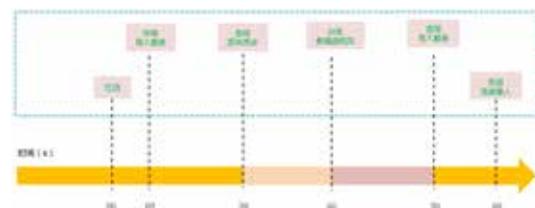


的数据复制，以实现双中心全量数据的保有。

(六) 故障切换及演练

1. 故障切换思路

当发生故障时，需要将流量切到其他单元时，采用切换期间禁写保局部数据强一致的机制进行快速单元切换，在此机制下，根据规则生效时刻和数据各个时刻的同步时间位点先后解除禁写与禁止更新限制。



图表 四 -13 故障切换思路

2. 切换计划及演练

容灾故障切换及演练计划分为两类，分别是切换 (switch-over) 计划和回切 (switch-back) 计划。演练切换计划指在生产站点和灾备站点都正常的情况下，将某个保护组进行切换，使该保护组的资源在生产站点停止对外服务，在灾备站点开始提供对外提供服务。演练回切计划是演练切换计划的逆过程。

故障切换计划用于在生产站点出现故障后，将相关保护组进行切换，使生产站点的资源组停止对外服务，灾备站点的资源组开始对外提供服务；故障回切计划用于在生产站点故障回切之后，对相关保护组进行切换，从而使灾备站点的资源组停止对外服务，生产站点的资源组恢复对外服务。

用户通过双活管控台创建切换计划，然后配置切换及回切的步骤。

编号	执行内容
1	PreCheck: 进行切换之前的自动检查
2	将生产站点中实例设置为只读
3	等待 RPO 为 0
4	删除生产站点到灾备站点之间的同步通道

5	设置灾备站点中实例为只读
6	创建灾备站点到生产站点之间的同步通道
7	等待 RPO 在可接受范围内
8	设置灾备站点中实例为可读写
9	人工将应用对应的全局负载配置切换到灾备站点
10	PostCheck: 进行切换之后的自动检查

图表 四 -14 演练计划切换步骤

当进行容灾演练或故障切换时，用户通过执行该切换计划，将对应的保护组资源从生产站点切换到灾备站点，在双活管控台中可以看到该任务具体的执行过程。

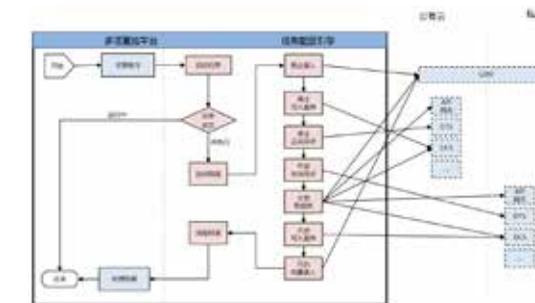
(七) 双活管控台

如上述章节，故障切换步骤繁杂且极其严谨，不得发生半点误操作，且生产系统要求业务快速恢复。因此企业应用双活架构，必须建设配套的双活管控管理系统，以减少人为误操作和提高切换效率。



图表 四 15 多活管控台设计

用户通过双活管控台创建切换计划，然后配置切换及回切的步骤。当进行容灾演练或故障切换时，用户通过执行该切换计划，将对应的保护组资源从生产站点切换到灾备站点，在双活管控台中可以看到该任务具体的执行过程。



图表 四 -16 基于多活管控台的故障切换流程

结论

本文从分布式互联网应用系统的技术特性出发，通过各方案特点、关键技术及、技术指标的研究，从应用系统层面给出较为可行的解决方案，可供企业双活方案选型阶段提供一些思路。

参考文献

- [1]. 刘艳芝, 基于日志数据块的关系数据库数据复制容灾系统的设计与实现, 2017, 东南大学.
- [2]. 宣慧嘉, 分布式容灾系统的研究与实现, 2014, 杭州电子科技大学.
- [3]. 何睿等, 消息处理系统及消息处理方法, 2018.
- [4]. 王斌强, 异地双活系统热点均衡方法研究, 2015, 中国民航大学.
- [5]. 周睿, 基于双活数据中心的差分服务系统及实现方法, 2017.
- [6]. 曾尚武, 面向容灾的业务连续性保护关键技术研究, 2010, 解放军信息工程大学.
- [7]. 王冠, 企业双活容灾建设方案探讨. 计算机产品与流通, 2020(01)
- [9]. 王祥武, 数据复制技术比较. 信息系统工程, 2010(03)
- [10]. 彭江强, 李烽与周龙, 双中心在企业容灾中的应用. 邮电设计技术, 2014(11)
- [11]. 刘郁恒与杨龙刚, 业务运营支撑系统双活容灾建设方案研究. 移动通信, 2017. 41(04)

数字化前沿动态

评论员：陈英丽 宋子健

政策趋势

◆中国将加快“新型基础设施”建设进度

3月4日，中共中央政治局常务委员会会议指出，加快推进国家规划已明确的重大工程和基础设施建设。要加大公共卫生服务、应急物资保障领域投入，加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。“新基建”成为广受社会关注的热词。

事实上，早在2018年底召开的中央经济工作会议上就明确了5G基建、特高压、城际高速铁路和城际轨道交通、充电桩、大数据中心、人工智能、工业互联网作为“新型基础设施建设”。3个月后的2019年全国两会上，政府工作报告明确要求，“加快5G商用步伐和IPv6(互联网协议第6版)规模部署，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设和融合应用”。

【评论】：“新基建”主要发力于科技端。传统基建主要是指铁路、公路、桥梁、水利工程等大建筑，而“新基建”是指立足于科技端的基础设施建设，主要包括5G建设等七大领域。在新冠肺炎疫情冲击中国经济的背景下，启动新一轮基建有助于稳增长、稳就业，释放国内经济增长潜力。

◆23个部门联合发文促消费：“智能+”消费生态体系将加速构建

3月14日国家发改委、中宣部、工信部、财政部、商务部、人民银行等23个部门联合印发《关于促进消费扩容提质加快形成强大国内市场的实施意见》，围绕大力优化国内市场供给、重点推进文旅休闲消费提质升级、着力建设城乡融合消费网络、加快构建“智能+”消费生态体系、持

续提升居民消费能力、全面营造放心消费环境六方面，提出19条政策举措。

在加快构建“智能+”消费生态体系方面，《实施意见》提出，要加快新一代信息基础设施建设，加快5G网络等信息基础设施建设和商用步伐；鼓励线上线下融合等新消费模式发展，完善“互联网+”消费生态体系；鼓励使用绿色智能产品，健全绿色产品、服务标准体系和绿色标识认证体系；大力发展“互联网+社会服务”消费模式。

【评论】：世界疫情蔓延和经济下行是中国的挑战也是机会。为保证经济发展，此次23个部门联合发文促消费。作为拉动经济增长的“三驾马车”之一，消费在经济社会发展中一直起着举足轻重的作用。根据官方数据，2019年内需对经济增长贡献率为89%，其中最终消费支出贡献率为57.8%，扩大内需特别是消费，是当前稳定经济运行的重要手段之一。

意见中提出的构建“智能+”消费生态体系，准确把握了现阶段绿色、智能和在线消费的发展大趋势，同时新基建投资也将为构建“智能+”的消费生态体系提供基础设施。作为企业应抓住此次机会进行产业升级，只有与“智能+”相匹配的优质的国内供给，才能形成高质量的供需良性循环，促进经济社会不断发展。

◆五部委发文加强“从0到1”基础研究，重点支持人工智能等领域

为充分发挥基础研究对科技创新的源头供给和引领作用，解决我国基础研究缺少“从0到1”原创性成果的问题，科技部、发展改革委、教育部、中科院、自然科学基金委联合制定了《加强“从0到1”基础研究工作方案》(以下简称“方案”)。3月3日甫一公开，业界反响强烈。

方案指出，国家科技计划突出支持关键核心技术中的重大科学问题。面向国家重大需求，对关键核心技术中的重大科学问题给予长期支持。重点支持人工智能、网络协同制造、重点基础材料、先进电子材料、制造技术与关键部件、云计算和大数据、重大科学仪器设

备等重大领域，推动关键核心技术突破。

【评论】：人工智能是一个很宽泛的概念，概括而言是对人的意识和思维过程的模拟，利用机器学习和数据分析方法赋予机器类人的能力。全球范围内越来越多的政府和企业组织逐渐认识到人工智能在经济和战略上的重要性，并从国家战略和商业活动上涉足人工智能。据中国产业信息网和中国信息通信研究院数据，中国人工智能市场也将在2020年达到710亿元人民币，复合增长率达44.5%。人工智能将提升社会劳动生产率，特别是在有效降低劳动成本、优化产品和服务、创造新市场和就业等方面为人类的生产和生活带来革命性的转变。

该方案从优化原始创新环境、强化国家科技计划原创导向、加强基础研究人才培养、创新科学研究方法手段、强化国家重点实验室原始创新、提升企业自主创新能力和加强管理服务等7个方面提出多项具体措施，必将为人工智能等核心技术的研发突破注入新的动力。

◆人行发布《金融分布式账本技术安全规范》

近日，《金融分布式账本技术安全规范》(JR/T 0184—2020)金融行业标准由中国人民银行正式发布。标准规定了金融分布式账本技术的安全体系，包括基础硬件、基础软件、密码算法、节点通信、账本数据、共识协议、智能合约、身份管理、隐私保护、监管支撑、运维要求和治理机制等方面。

标准适用于在金融领域从事分布式账本系统建设或服务运营的机构。本标准由全国金融标准化技术委员会归口管理，由中国人民银行数字货币研究所提出并负责起草，中国人民银行科技司、中国工商银行、中国农业银行、中国银行、中国建设银行、国家开发银行等单位共同参与起草。标准经过广泛征求意见和论证，并通过了全国金融标准化技术委员会审查。

【评论】：近几年，区块链凭借其独有的信任传递机制，逐渐成为金融科技领域的热门技术，标准的制订从根本上是为了引导区块链产业健康有序发展。《金融分布式账本技术安全规范》可称是国内首个金融区块链标准，虽然《金融分布式账本技术安全规范》全

文中并无提及“区块链”三个字,但在大部分的语境中,从业者已倾向将区块链和分布式账本理解为同一种技术,这个标准也被视为了金融行业的首个区块链标准。本标准的创新之处还在于,不仅提出了构建金融分布式账本系统所需要关注的硬件类和软件类的安全要求,还对监管、运维,乃至治理机制也做出了详细规定。

随着《金融分布式账本技术安全规范》的发布,法定数字货币 DCEP 呼之欲出。而这次的冠状病毒迫使数亿人民币现金被消毒,或将推动我国加快 DCEP 的落地发行。

◆内蒙古不再布局新的化工园区

内蒙古自治区工信、发改、生态环境等部门联合印发的文件显示,自治区不再布局新的化工园区,严格产业准入、推动产业改造升级,以提升化工行业安全发展、绿色发展水平。

按照这份名为《内蒙古自治区进一步规范化化工行业项目建设的若干规定》的文件要求,自治区将严守已划定的生态空间、农业空间、城镇空间,以及生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界等控制线,“三区三线”内不得核准、备案新(改、扩)建化工项目。同时,推动项目向园区集中,除现有化工园区外,不再布局新的化工园区。另外,严格产业准入。规定还要求,加快现有化工企业技术改造。对不符合能耗、环保、安全、技术、质量标准的企业进行限期改造,整改仍不达标的依法实施关闭退出。支持利用清洁生产、智能控制等先进技术改造提升现有生产装置,支持在高温、高压、易燃、易爆、易中毒、有腐蚀性刺激性等化工高危生产工序和环节,实施“机器换人、自动化减人”。

【评论】:2019年化工行业的安全监管更加严格,各地政府对化工园区的建设都趋于收紧,山东、江苏等化工大省早已出台相应规划和政策,对化工园区的建设进一步的规范,江苏省在2019年响水爆炸事故后,出台最严化工政策,彻底淘汰整治安全系数低、污染问题严重的小化工,全省50个化工园区压减至20个左右;山东省2019年完成了全省化工园区和专业化工园区的认定工作,进一步规范了化工园区的管理工作。

随着东部化工大省化工园区建设的相继收紧,化工产业向内陆省份转移,内蒙古也是承接化工内陆专业的重要省份之一。未来随着内陆省份化工产业的逐步有序发展,化工园区的建设更趋于规范化、合理化。

业界动态

◆沙特再投大气田 1100 亿美元,将成为世界第三大天然气生产国

据路透社2月20日报道,沙特阿美获得监管部门批准,开发沙特阿拉伯的Jafurah非伴生气田,并投资1100亿美元用于开发该气田。沙特Jafurah非常规气田是沙特迄今最大的非伴生气田,该气田的天然气资源为200万亿立方英尺,预计将于2024年初投产,如果开发成功,沙特阿拉伯将在2030年成为世界第三大天然气生产国。

沙特是世界上最大的石油出口国,但也是天然气生产大国,据CIA世界概况(World Factbook)截至2019年1月1日的数据,沙特天然气生产名列全球第8位。不过目前沙特生产的天然气仅用来满足国内需求,鲜少出口。沙特为了减少对石油销售的依赖,实现能源结构多样化,一直在努力扩大天然气的勘探、开发力度,希望在未来10年实现能源结构多样化,将天然气产能占比从目前的50%左右提高到70%。

【评论】:天然气在未来能源版图中的重要地位在业内已达成共识,全球大型石油公司已在天然气和液化天然气上大举投资,期待在未来的竞争中占据先机。2018年11月沙特阿美就表示将在未来十年在天然气项目上投资近1600亿美元,如今豪掷上千亿美元开发大气田,可见沙特阿美开拓天然气市场的决心。石油行业持续低迷,使沙特经济萎缩,为降低对石油的依赖也是沙特开发天然气的重要原因。未来沙特的天然气产量将更加不可小觑,如果沙特2030年成为天然气出口国,将进一步巩固沙特在全球能源市场的领导地位和强大影响力,也可能标志着未来全球液化天然气市场的重大变化。

◆2020年石油和天然气行业资本支将削减10%至15%

根据国际能源机构的预测,到2020年,全球石油需求将以每天100万桶的速度增长,至1.022亿桶。但新冠肺炎对需求增长构成重大风险,因为中国占2019年全球消费总量的14%,占消费增长的57%。由于中国需求的抑制,今年第一季度石油需求减少约40万桶每日,为大衰退以来的首次下降。

石油产量增速的下降对能源公司产生了重大影响,一些企业已经宣布了重组和裁员,预计2020年将是企业合并和削减成本的一年。达拉斯联邦储备银行预计,石油和天然气行业将在2020年削减10%至15%的资本支出因为油价下跌和产量增长放缓。

【评论】:随着全球能源转型的推进,石油需求增长放缓、能源政策和应对气候变化政策等因素让石油天然气行业面临着日益迫切的转型压力。但国际能源署(IEA)近日的发布报告《能源转型中的石油和天然气(The Oil and Gas Industry in Energy Transitions)》显示,在未来20年中,可再生能源将增长200%以上,但石油天然气企业在其核心业务领域以外的投资还不到总资本支出的1%。石油天然气企业需要向“能源企业”转变,加大太阳能、水能、风能和地热能等可再生资源的投入,这必然会让企业走出“舒适区”,产生转型阵痛,但却是企业未来长期繁荣的保证。

◆全球疫情蔓延加剧,油气产业雪上加霜

2月28日,世界卫生组织将新冠肺炎疫情全球风险级别由此前的“高”上调至“非常高”。截至目前,除中国外,全球受新冠肺炎疫情影响的国家和地区数量已破百。新冠肺炎疫情在全球蔓延的趋势,也将影响着全球经济增速,进而影响到整个油气行业的全产业链。

受新冠病毒的影响,大量航班取消,一批工厂停产,交通运输业、制造业和旅游业均处于低迷状态,这显著降低了全球范围内对油气能源的需求。新冠肺炎疫情的蔓延,对油气行业产生的结构性冲击,不仅体现在需求端,原油的供给侧的“危机”同样值得行业警惕。在国际资本市场,能源股已是过去十年中的大输家,在2014-2016年的国际石油低迷期,数十家石油

和天然气公司资不抵债,申请破产,成千上万的工人被解雇,国际能源行情已处于熊市状态。如今,新冠肺炎疫情袭来,油气企业更是蒙受第二轮打击,财务压力陡增。数据显示,埃克森美孚(ExxonMobil)和雪佛龙(Chevron)这两家油气巨头的股价近期已下跌超过20%。而一些独立的油气勘探和生产公司,如德文能源(DevonEnergy)和来宝能源(NobleEnergy)由于财务杠杆率高,其股价跳水幅度更大,今年以来市值蒸发了三分之一。

【评论】:受宏观经济形势严峻、石油和天然气价格下跌以及化工市场供过于求等因素影响,油气行业一直萎靡不振,能源价格周期性下挫。2月6日,道达尔、挪威国油公布其2019年第四季度及全年财报,国外石油巨头2019年业绩集体下滑,整体盈利情况不尽如人意,其中道达尔净利下降13%,壳牌(Shell)净利下降23%,埃克森美孚(ExxonMobil)净利下降31%,BP净利下降21%,雪佛龙(Chevron)净利暴跌80%。低迷的石油和天然气价格是国外石油巨头集体业绩下滑的主要原因。面对错综复杂的国际油价形势,石油巨头们只能选择被动调整,幅削减成本和节约开支成为众多石油巨头们的选择。

新冠病毒的扩散,对全球产业无疑是雪上加霜,在完全可控前,疫情将成为悬在国际油市头上的“利剑”。未来国际资本市场上的投资者将越来越多地避开化石燃料,转而看好太阳能、风能和其他清洁能源解决方案。

◆价格战已至,美国页岩油企陷入危机

2014年沙特曾发动价格战,欲打垮美国页岩油生产商,但大部分页岩油生产商靠着借债活了下来。在2014-2016年油价低迷时期产生的巨额债务即将到期,未来四年页岩油企将有超过2000亿美元的债务需要偿还,其中400亿美元债务将在今年到期。

3月9日,沙特与俄罗斯的价格战导致国际油价暴跌,让几乎所有的美国页岩油钻探都已无利可图。根据挪威能源咨询机构Rystad Energy的数据,美国两大页岩油生产区只有5家公司的盈亏平衡成本低于目前的油价。对于该行业的其他100多家公司来说,钻

探新井意味着亏损，但页岩油生产商依旧不会立即停止生产，因为减产后将更难支付日常开销和债务利息。由于油价疲软难以满足投资回报，投资者对美国页岩油行业望而却步。没有了资金来源，许多油气公司将因债务问题最终走向破产，在未来 12 个月内，将有企业破产事件，数以万计的裁员。

周一特朗普与沙特王储通话交换石油市场意见，周二布伦特原油有所回升。特朗普政府也正为油价暴跌给美国经济带来的打击寻找解决办法，向受冠状病毒和油价暴跌影响的行业提供财政援助，具体措施可能包括现金注入、税收减免、工资税削减以及对特定进口商品的关税削减。

【评论】：这次油价暴跌无疑让页岩油再临危机，早就有人质疑美国石油行业是投资庞氏骗局。2014 年原油价格暴跌以来，美国页岩油公司目前已经破产了四百多家。在油价下跌的压力下，美国页岩油开采商却在“拆东墙补西墙”，继续加大发债力度扩大生产，部分美国石油巨头对页岩气投资不降反增。根据预测，对未来四年要偿还的两千多亿债务，需要页岩油企业十年的产量才能偿还。这在油价暴跌的背景下，页岩油入不敷出的实际变得更加明确，但许多投资者往往被表面的原油产能所迷惑，却忽略了开采成本依然高得惊人的事实。

长远来看低油价对页岩油行业也有有利的一面。2019 年美国页岩油市场的并购活动频繁，2020 年在低油价环境下美国页岩油市场并购数量将进一步增加，这也将加速美国页岩油市场的出清速度，有利于增长美国页岩油市场的整体竞争力。

◆ “油气 + 数字化技术” 将在 5 年内迎来爆发期

能源行业正面临艰难的转型期，受持续低迷的油价、高昂的运营成本，以及环保要求的影响，油气公司加速向“硅谷”靠拢，希望借由技术手段简化流程、提高效率。英国投行巴克莱发布最新报告称，预计未来 5 年内，油气数字化解决方案市场的潜在规模，将从目前的每年不足 50 亿美元，增长至 300 亿美元。油气数字化转型将为能源生产商节省 1500 亿美元的开支，相当于在石油生产成本上每桶可节省 3 美元。

2019 年，微软与埃克森美孚和雪佛龙等公司建立了合作伙伴关系；谷歌母公司 Alphabet 与斯伦贝谢完成了续签并显著扩大了双方的合作伙伴关系；亚马逊云计算服务平台 Amazon Web Services 通过其石油和天然气部门为行业提供数字服务，BP 和壳牌均是其客户。油气行业对云计算和数字化平台的采用率发生了巨大的变化，这是市场爆发期到来的早期现象。

油气巨头和科技巨头合作将是“互利共赢”的“黄金商机”，油气巨头借助数据服务和云计算提高盈利能力，科技巨头则借此涉足能源市场，为下一代技术研发积累更多经验。鉴于油气和数字化科技均是保密性、竞争度以及利润率极高的行业，二者结合后的市场规模很难进行准确评估，同时从长远来看，技术进步将成为能源公司在残酷行业中脱颖而出的一项优势，尤其在不利的价格环境中，谁的利润率最高，谁就能拥有市场话语权。这也是巴克莱预测“油气 + 数字化技术”将在未来 5 年内迎来爆发期的主要原因，如果预测准确，市场规模将较目前增长 500%。

【评论】：全球能源格局正在发生深刻变化，油气行业正经历双重转型，一个是脱碳，另一个是数字化转型。新一代信息技术成为推动油气行业变革的加速器，国际上各大油气公司都纷纷将数字化转型作为未来发展的战略方向之一，并将引领行业实现颠覆性的技术创新，重塑行业格局。

埃森哲发布的《能源技术愿景 2019》报告中指出，分布式账本技术、人工智能、虚拟现实和量子计算这 4 种技术有潜力改变油气行业未来，其中人工智能带来的影响最显著。未来油气公司通过部署人工智能程序，不仅提高储量评估能力、完善油井性能，而且减少设备损耗、降低运营成本，人工智能正助推“智慧油田”常态化。

◆ 3 年 260 亿 恒力集团将大力投资贵州打造新基地

据贵州省投资促进局官微报道，2019 年 12 月 1 日，贵州省人民政府与江苏恒力集团有限公司投资合作备忘录签字仪式在贵阳举行。按照备忘录约定，在项目实施条件具备后，恒力集团拟于三年内在贵州投资 260 亿元，项目全部建成达产后，预计实现营业收入

300 亿元，利税 30 亿元。

据了解，恒力集团拟投资内容包括：在贵阳市建设恒力集团区域总部，打造恒力集团在贵州乃至西南地区的贸易、物流、结算等总部基地；在遵义市赤水市建设恒力纺织新材料产业园，打造恒力集团在贵州省的高端纤维新材料及高端面料生产基地；在酿酒营销等领域发挥企业优势推动产业转型升级，参与贵州传统优势产业的提升改造；对在贵州投资煤化工项目进行可行性研究等。

根据备忘录，贵州将建立项目推进工作组提供保障服务，在项目建设、项目用地、项目补贴、引进人才、税费政策等方面依法依规提供支持。

【评论】：恒力集团是以炼油、石化、聚酯新材料和纺织全产业链发展的国际型企业，2019 年恒力旗下恒力炼化一体化项目顺利建成投产，该项目是国家炼油行业对民营企业开放的第一个重大炼化项目，也是国家有史以来核准规模最大的炼化项目。恒力集团坚持打造“原油-芳烃-精对苯二甲酸 (PTA)-聚酯 (PET)-民用丝及工业丝-织造”的完整产业链，成为国内规模化、一体化发展的典范。

此次恒力集团在贵阳的布局，是继大连长兴岛恒力产业园的又一重大举措，作为国内大型企业，其产业布局在带动地方经济发展的同时，也将会影响产业链的发展与转移。

技术动态

◆ 钟南山团队与腾讯成立联合实验室，AI 技术助力防控 流行病疫情

2 月 27 日，钟南山院士团队与腾讯公司宣布达成合作，共同成立大数据及人工智能联合实验室，由钟南山院士本人担任实验室主任，携手持续抗击新冠肺炎疫情，将以大数据及人工智能攻坚流行病、呼吸疾病和胸部疾病的筛查和防控预警。

利用大数据及人工智能等互联网科技，双方团队将围

绕流行病筛查、人工智能医学影像、流行病疫情预测预警展开深入的科研合作。包括利用“腾讯健康”小程序等互联网服务平台，持续筛查高危人群并给予就医指引；研究人工智能医学影像判读筛查技术；针对新冠肺炎等多种流行病，将建立辐射全国的疾病上报和预测预警系统。

【评论】：双方科研合作涉及的疫情筛查、人工智能医学影像、疫情预测和预警等领域。并已实现了部分成果，湖北多家医院部署的人工智能医学成像和云技术 CT 设备，通过人工智能算法帮助医生在几秒钟内识别出新冠肺炎，缓解了医疗资源压力。

人工智能等新技术力量，正在病毒研究、防控手段、疫苗研发、疫情信息传播等各个环节发挥作用，既是共同争取防疫战的胜利，也是在未雨绸缪地做好应对未来流行病疫情的防控。腾讯等公司具有海量的用户触达能力，通过高效安全的云计算能力以及医学 AI 能力助力长期科研，将助力医疗防疫的长期科研，更有效地防控流行病疫情。

随着研究和实践的进一步深入，智慧生活，尤其是智慧医疗的先进性和便利性将继续突显，与人工智能的结合也更加紧密。

◆ 网络安全成为石油和天然气公司数字化投资的重点

2020 年 2 月，埃森哲 (Accenture) 发布最新调研结果，网络安全已成为上游石油和天然气公司数字投资的重点。当受访者被问及他们的企业在投资哪些数字技术时，61% 的受访者认为是网络安全，比 2017 年 (12%) 高出五倍。

当被问及哪些解决方案对业绩的影响最大时，提到网络安全的受访者也比其他任何数字解决方案都多 (16%)。此外云技术和人工智能也是数字投资的焦点，并推动业绩的提高。

【评论】：随着数字科技的发展，网络对石油公司的运营影响越来越大，能源公司的网络安全不仅仅是对公司有重大影响，更是对国家安全有重大意义。因此上游企业在深思熟虑后对网络安全进行大量投资，以

降低遭受网络安全攻击的可能性。不过网络攻击的技术手段也在增加，网络安全将是一项需要长期投入的工作。

此外，石油企业的数字化转型还存在很多困难，例如缺乏明确的战略和商业案例等，难以将数字技术转化成有形价值。石油公司需要重新调整数字投资，拓展数字技术应用，建立正确的运营模式和数字能力，才能变得更灵活并产生可量的价值，这不仅需要领导层提供更多支持，还需要更广泛的合作伙伴形成生态系统。

◆北京开出首张区块链电子发票

日前，北京首张区块链电子普通发票在汉威国际广场停车场开出，这意味着北京税收服务管理首次踏入区块链时代。市税务局昨天宣布，今后本市停车场均可实现收费、开票自动一体化，市民扫码缴费后无需等候索要发票，可在线开具、保存区块链发票，无需保存纸质发票，用票体验进一步优化。

区块链电子普通发票利用区块链分布式账本、加密算法等技术，具有全流程完整追溯、信息不可篡改等特性，将构建税务部门、开票方、受票方“三位一体”的电子发票新生态。这次落地的区块链电子普通发票有别于简单的电子发票，它是基于区块链技术建立电子发票联盟链，将票种、税率、商品编码等顶层控制信息写入链上，报销企业在链上获取授权报销人的发票信息，实现电子发票在链上的开具、传输、查验、监管、报销入账等全生命周期的追溯。

【评论】：自2019年10月24日，习总书记主持中央政治局就区块链技术发展现状和趋势进行第十八次集体学习以来，区块链技术在各行各业都有了非常好的拓展应用，国家税务总局北京市税务局结合税务总局关于“放管服”改革的系列工作部署，在具备技术条件和政策条件的情况下，决定组织开展基于区块链技术的电子普通发票应用试点。

区块链电子发票是利用区块链分布式账本、智能合约、共识机制、加密算法等技术，保障电子发票开具、存储、传输、防伪及信息安全。具有全流程完整追溯、

信息不可篡改等特性，以私有链或联盟链的方式，构建税务部门、开票方、受票方“三位一体”的电子发票新生态。开票方实现链上发票申领、开具、查验、入账等功能；受票方实现链上储存、流转和报销；税务局全流程监管，实现无纸化智能税务管理。纳税人无需进行抄报税流程，也无需购买任何专用硬件设备和专业设备，只需使用手机或普通连通互联网的计算机即可实现开票。技术更新、效率更高、成本更低。区块链发票可谓是区块链应用备受关注的突破口。此前，电子发票一直被视为电子商务全程信息化的最后也是最薄弱的一环，区块链发票便半路杀了出来，开始重点狙击互联网+这一薄弱环节。

◆央行数字货币应用试点落地，产业链迎来机会

Libra事件加快央行数字货币进展，2020年有望大范围多场景试点落地。央行仍2014年成立研究小组对法定数字货币进行研究，2018年3月周小川表示央行数字货币称为“DC/EP”（digital currency数字货币；electronic payment电子支付）。2019年Libra事件后法定数字货币进展明显加快，2020年1月，央行称在坚持双层运营、M0替代、可匿名的前提下，基本完成法定数字货币顶层设计、标准制定、功能研发、联调测试等工作。2020年4月，根据《科创板日报》消息，央行数字货币计划在苏州相城区小范围试点，这是公开报道的央行数字货币首次实际落地应用。今年有望迎来更多场景、更大范围的试点应用，进入交通、教育、医疗等服务场景，触达C端用户，产生频繁应用。

【评论】：央行发布DCEP对内对外均意义重大。对外而言，央行发行数字货币属于战略行为，希望在国家货币数字化方面抢占先机，在大国竞争中占据主动，为人民币顺利国际化奠定基础。对内而言，发布DCEP有望降低纸币发行成本，重塑支付生态，拓展商业银行生存空间；提高货币投放效率，并平衡了便携、匿名、三反（反洗钱、反恐怖融资、反逃税）；DCEP既能保持现钞的属性和主要的价值特征，又能满足便携和匿名的要求。从技术发展来看，DCEP的发布，将进一步促进区块链技术的发展应用，带动区块链产业链趋于成熟。