

工业互联网提升产业链供应链 现代化水平研究报告

——以新能源汽车产业为例

(2022 年)

中国信息通信研究院政策与经济研究所

2022年6月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

前 言

当前我国面临的国际国内形势日趋复杂，产业发展环境发生深刻变化，产业链断链风险加剧，亟需增强产业链韧性，提高产业链供应链现代化水平，维护产业链供应链稳定安全。工业互联网由于其**赋能、赋智、赋值**的行业特性，技术创新活跃，新兴应用频现，与各领域深度融合，深刻改变产业链供应链运行方式和管理模式，对推动产业体系优化升级、提升行业发展质量的战略作用日益凸显。总体上，工业互联网为我国产业链供应链发展提供了关键支撑，各行业利用工业互联网持续进行全方位、多角度、全链条的改造提升，推动行业数字化应用从单点突破向系统智能演进，助力产业链供应链实现体系化创新、整体协同、全链共享和绿色低碳。如新能源汽车产业，依托工业互联网赋能设备管理、过程管理、品控管理及全生命周期管理等，对产品生产全流程进行统一纳管，实现全链条系统智能，助力产业链供应链更加创新、协同、共享和绿色。

我们在对新能源汽车行业产业链供应链现代化水平、工业互联网赋能工具等进行深度研判分析基础上，提出行业开展产业链发展水平诊断方法论和诊断方案，总结提炼工业互联网赋能产业链供应链的一般路径和一系列赋能工具，意在为各行业利用工业互联网对产业链供应链进行针对性整合重构和智能升级、助力产业链供应链现代化、实现行业高质量发展提供可供参考的建议，希望能对政策制定者、行业专家、相关企业等有所启示。

目 录

一、利用工业互联网加强产业链供应链现代化是新时期发展的大势所趋.....	1
（一）产业链供应链现代化的内涵和特征.....	1
（二）加强产业链供应链现代化的必要性和紧迫性.....	4
（三）加强产业链供应链现代化将面临诸多新问题和新的挑战.....	5
（四）工业互联网促进产业链供应链现代化的机理.....	6
二、工业互联网提升产业链供应链现代化水平分析——以新能源汽车产业为例	9
（一）影响产业链供应链现代化水平的关键点剖析.....	9
（二）产业链供应链关键点现代化水平的分析研判.....	12
（三）工业互联网赋能产业链供应链现代化的典型应用.....	17
三、工业互联网赋能产业链供应链现代化的实践总结和启示建议.....	30
（一）工业互联网赋能产业链供应链的一般路径.....	30
（二）利用工业互联网促进产业链供应链现代化的策略建议.....	32

图 目 录

图 1	产业链供应链现代化的内涵和特征.....	4
图 2	产业链供应链现代化的内涵和特征.....	7
图 3	新能源汽车产业链视图.....	10
图 4	我国纯电动车 ADAS 自动驾驶各功能前装市场渗透率.....	11
图 5	影响新能源汽车产业链发展水平的关键环节.....	12
图 6	各企业围绕 IGBT 专利布局数量情况.....	13
图 7	海克斯康 Cradle 仿真分析软件助力电池热管理系统设计.....	20
图 8	工业互联网赋能新能源汽车产业链供应链高效创新视图.....	20
图 9	福田汽车工业互联网顶层架构与系统互联架构图.....	23
图 10	海克斯康工业互联网平台赋能制造全流程协同.....	23
图 11	工业互联网赋能新能源汽车产业链供应链协同联动视图.....	24
图 12	华为整合全链条供应商实现资源开放共享、系统整合和智能调度.....	26
图 13	工业互联网促进产业链供应链开放共享.....	27
图 14	海克斯康新能源汽车异性材建模仿真分析解决方案.....	28
图 15	智能温控开关管理系统示意图.....	29
图 16	中汽企业级电池标识解析应用服务平台.....	29
图 17	工业互联网促进产业链供应链绿色低碳.....	30
图 18	工业互联网赋能产业链供应链现代化的一般路径.....	32
图 19	各行业利用工业互联网赋能产业链供应链现代化的方法论.....	34

表 目 录

表 1	自动驾驶技术国内外创新能力比较.....	14
表 2	新能源汽车行业关键环节发展水平诊断结论.....	16

一、利用工业互联网加强产业链供应链现代化是新时期发展的大势所趋

产业链供应链现代化是构建新发展格局的重要内容和应对国际国内形势挑战的重要任务，工业互联网作为信息化基础设施的重要方向和主要构成，成为提升产业链供应链现代化水平的重要赋能工具，作用更加凸显。

（一）产业链供应链现代化的内涵和特征

产业链是产业经济学概念，不同时期、不同学者从不同视角对产业链给出不同定义，最为典型的包括赫希曼的“组织论”、迈克尔·波特的“价值论”及国内学者提出的“过程论”等。2004-2010年，国内学界对其内涵、功能、特征等进行了广泛讨论，但总体而言，国内对产业链的研究仍主要围绕波特价值链、制度经济学、现代产业组织和经济规则等经济理论，尚未形成特殊的分析框架和完整的理论体系。对供应链的研究则开展较早，管理学上对其也有明确定义，2017年，我国《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》（国办发〔2017〕84号）提出“供应链是以客户需求为导向，以提高质量和效率为目标，以整合资源为手段，实现产品设计、采购、生产、销售、服务等全过程高效协同的组织形态”。党的十九届五中全会从国家层面提出“推进产业基础高级化、产业链现代化，提高经济质量效益和核心竞争力”。此后，国内掀起研究“产业链供应链现代化”的高潮。

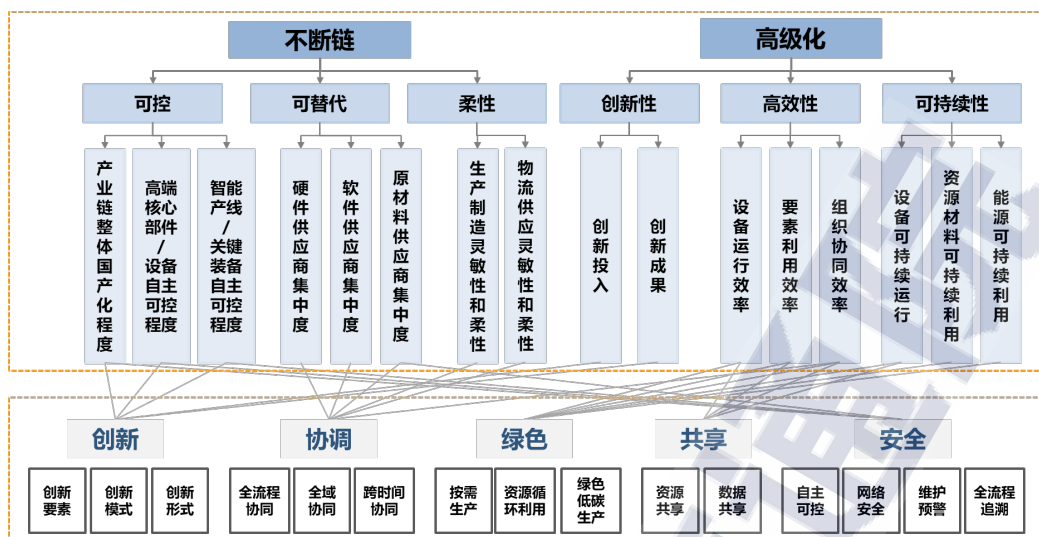
从研究视角来看，国内学者对“产业链供应链”的主要视角可以分为三大类。一是从自主可控的角度出发，如刘志彪（2020）认为，

增强产业链供应链自主可控能力，至少要实现：产业创新性、产业安全可控性、产业间联系的紧密性、区域间产业的协同性、产业组织灵敏性和柔性、产业链治理的现代性。二是从价值链的角度出发，如黄群慧（2020）认为，提升国家产业链供应链现代化水平是指一个国家推进其产业链供应链向高附加值延伸、强化其产业在全球价值链各环节的增值能力、实现在全球价值链的地位升级的过程。三是从创新、协同、安全等多维角度出发，对产业链供应链现代化做出界定，如盛朝迅（2019）提出，现代化的产业链一般具有强大的创新能力、高端的引领能力、坚实的基础能力、良好的协同能力、较强的全球产业链控制力和治理能力、较高的盈利能力、完善的要素支撑能力和可持续发展的绿色发展能力等特征。综合对政策文件和理论文献的系统研究，本报告认为，产业链供应链现代化，是指为更好地适应中国新发展阶段的要求，及国际环境的不稳定性和新技术革命的要求，提升产业链供应链整体供应水平，使其更具创新性、协同性、可持续性、共享性，确保供给高效满足生产和消费需求的能力。

为保证研究可行性和研究维度全面性，本报告将产业链供应链现代化概括为“不断链”和“高级化”两大维度（如图1）。具体来说，不断链是指产业链面对外部影响时“不掉链子”，具有一定抗干扰、抗冲击的能力，即面对国际科技封锁和突发事件等风险冲击，能够及时进行风险应对和弹性恢复，保证各环节稳定运行，包括原材料供应、零部件生产、资源配置等各方面的可控、可替代和柔性。可控性是产业链供应链自主可控、不被其他国家和地区“卡脖子”的能力，包括

产业链整体国产化、核心部件/设备自主可控、智能产线/关键装备自主可控等。**可替代**指产业链供应链集中度相对分散，一旦某环节供应商、生产基地等出现供应中断，能够迅速从其他地区的供应商、生产基地等进行资源物料调度补充的能力，包括硬件、软件和原材料供应等具有可替代性。**柔性**是指产业链供应链具有多元生产组织或管理方式而非限于一种方式、一种渠道，以更好地适应外部环境变化和充分结合生产主体的技术水平、生产能力、行业特性等，包括生产制造灵敏性和柔性、物流供应灵敏和柔性等。

高级化是指产业链供应链在不断链的基础上能力的延展和升级，即坚实牢固的前提下产业链供应链更具效率和竞争力，具体包括创新能力、运行协同能力、要素资源协调配置能力和可持续发展能力。**创新性**是指产业链供应链利用新的创新要素、创新工具、创新技术、创新模式等打破固有组织模式、管理方式等，进行生产、管理、产品等创新的能力。**高效性**是指产业链供应链通过统筹协调、技术创新应用等使产业链供应链用更少的成本、更优的运行等显著降低和减少信息不对称，面向全流程、全生命周期、全产业链生态实现更高设备运行效率、要素利用效率、组织协同效率的能力。**可持续性**是指产业链供应链的运行和发展不超过环境承载能力，以更少的资源投入和能源消耗实现更多的产出效益的能力，包括设备可持续运行、资源材料可持续利用、能源可持续利用等。



来源：中国信息通信院

图 1 产业链供应链现代化的内涵和特征

（二）加强产业链供应链现代化的必要性和紧迫性

加强产业链供应链现代化是巩固中国制造竞争优势、把握未来发展主动权的需要，具有重大战略意义。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》在“推进产业基础高级化、产业链现代化”中提出“锻造产业链供应链长板”和“补齐产业链供应链短板”等重点。相关内容明确了其对经济发展和国家安全的地位作用，为指导产业链供应链建设、促进全链条增值提供了方向和指引。

在全球产业链重构和大国博弈的背景下，我国形成双循环新发展格局，加强产业链建设和发展面临新形势、新环境。一方面，全球发展外循环出现断点、堵点，依托外循环的产业链供应链发展面临瓶颈。金融危机后，产业链输出国推动回归，输入国推动产业链延伸，全球产业链呈收敛态势。特别是疫情以来，多数国家都遭受生产中断、供应链停摆冲击，各国纷纷聚焦产业运行“效率”和“安全”开展行动。

全球产业链部分出现明显收缩，呈现分散化、多中心化的新特征。另一方面，国内推进高质量内循环发展条件逐步成熟，全面优化升级产业结构、推动国内产业转型升级是把握未来发展主动权的现实路径。从产业基础看，我国制造业规模庞大、体系完备、配套齐全，具有较强的产业链生态优势。从经济总量看，2021年我国GDP总量连续第二年超过100万亿人民币，有了超大规模的经济基础。从消费需求看，我国是全球第二大市场，人均GDP连续第三年超过1万美元，消费升级逐步加快。总体来说，我国已成为全球产业链供应链的重要节点，发展高质量内循环条件成熟，为未来构建自主可控、安全可靠的国内生产供应体系奠定了现实基础和发展环境。

（三）加强产业链供应链现代化将面临诸多新问题和新的挑战

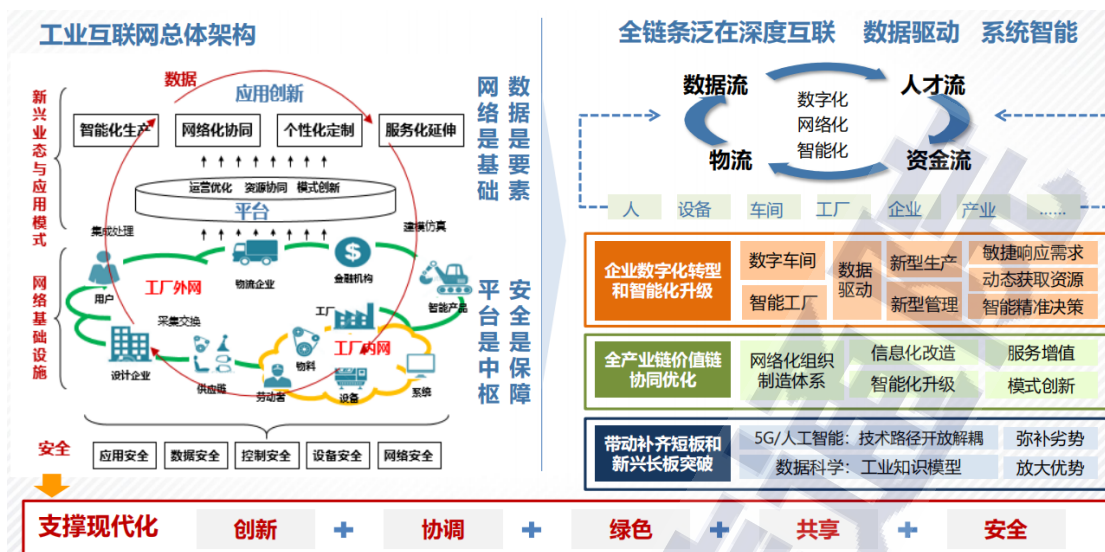
当前，各类“断链”风险加剧，产业链由“全球化”向“区域化”转变，产业链供应链韧性降低。第一，我国产业链供应链控制力较弱，稳定性安全性不强。2019年，工程院对26类有代表性的制造业产业开展产业链安全性评估，评估结果显示，6类产业自主可控，占比为23%；10类产业安全可控，占比为38.5%，但有2类产业对外依赖度高，占比为0.77%，8类产业对外依赖度极高，占比高达30.8%。第二，贸易保护主义、单边主义抬头，产业链供应链发展受到冲击。当前全球化遭遇逆流，大国博弈不断加剧，由此带来的产品断供和科技脱钩威胁使得我国关键零部件和核心技术受制于人的“卡脖子”风险大幅度上升。特别是美近年来持续利用实体清单、贸易审查等各类手

段对我国重点企业和产业加以遏制，冲击我国产业链供应链安全稳定。

第三，全球疫情肆虐，我国产业链供应链受到波及。2020年以来，新冠肺炎疫情全球大流行，世界经济陷入深度衰退，全球性外贸订单减少，生产能力下降，叠加原油市场大幅波动、金融市场剧烈震荡等因素，作为全球经济贸易的深度参与方，我国产业链供应链不可避免受到较大冲击。此外，经过数年高速发展，技术创新遭遇瓶颈，高端技术研发难度更大，全球气候变化导致火灾、地震影响供应链稳定，产业链供应链也将面临一系列技术风险、市场风险及各类突发风险。

（四）工业互联网促进产业链供应链现代化的机理

工业互联网（Industrial Internet）是新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，通过对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现途径，是第四次工业革命的重要基石。当前，工业互联网为我国产业链供应链发展提供了关键支撑，推动产业链供应链持续由过去过去线性、单向、封闭链条成为网状化、多层级、内涵外延不断拓展的产业生态，其“现代化”特征也呈现出新的表现形式（如图2）：



来源：中国信息通信院

图 2 产业链供应链现代化的内涵和特征

工业互联网推动产业链供应链实现体系化创新。依托工业互联网平台，产业链供应链能够打通全链条节点，连接跨领域企业、中小微企业、社会大众等更多主体参与创新过程；汇聚数据、知识、技术、设备等创新资源，特别是将工业经验、知识沉淀下来，转化成软件模型、工业 APP 等，实现知识经验随时调用，推动创新模式从封闭走向开放；通过数字孪生、研发仿真等工具的发展能实现在数字孪生空间中修改调整设计方案，大幅压缩了研发设计周期和成本，最终实现创新主体更多元、创新资源更广、创新工具更优、创新价值含量更高。

工业互联网促进产业链供应链实现整体协同。工业互联网平台打通全链条的供应生态和全流程、全节点，纵向上使网络连接和数据驱动贯穿全业务链条和全生命周期，从过去个别节点的小范围协同迈向连接全流程、全链条的整体协同，从以往单点突破走向体系化智能；横向上打破时间、区域壁垒，从过去单个企业建立覆盖上下游供应商、

客户等的内部协同，过渡至连接全产业链生态的供应商的整体协同。

工业互联网助力产业链供应链实现全链共享。工业互联网平台能够构建起覆盖全产业链供应链的服务体系，通过物联网、云服务、大数据等技术，实现整个产业生态的物料、机器、产品等物理资源，及供应商资源、金融资源、政策资源、用户资源等的共享与调用；建立统一的标识解析标准，实现跨域、跨界、跨平台数据的互联可视和开放共享，产业链供应链共享内容从过去单点式、碎片化共享过渡为全方位、体系化共享，助力实现上下游资源要素的融汇贯通。

工业互联网赋能全产业链供应链实现绿色低碳。工业互联网平台通过数据驱动、网络连接作用于产业链供应链全生命周期，在源头端，通过海量数据挖掘和可视化、人工智能算法等，实现能源高效率输送和智慧调度匹配；在过程端，利用工业互联网平台加强低碳产品研发仿真、生产过程的智慧化控制、生产与业务的全面协同等，提升能源资源智能管控和精准调度；在排放端，利用工业软件开展能源管理和碳排放全链条核查诊断，实现针对性节能减排优化，最终驱动全产业链供应链的可持续改造和升级。

工业互联网助力产业链供应链安全可控。生产安全方面，工业互联网综合工业大数据、边缘计算、物联网、5G 等技术，赋能企业快速感知、实时监测、联动处置、系统评估，从事后维护转向超前预警，从被动应急转向主动防控，实现更精准、系统、智能化的安全管控。供应链安全方面，工业互联网为企业提供了前所未有的资源调度能力和适配能力，有效提高了各环节生产地和供应商的可替代性，使产业

链供应链更具弹性和韧性。产业安全方面，工业互联网作为连接全要素、全产业链、全价值链的共性技术研发平台，赋能生产工艺、原材料等短板加快攻关，助力企业挖掘新方向、锻造新赛道，并催生智能化生产、个性化定制等新业态，形成产业链供应链发展新动力。

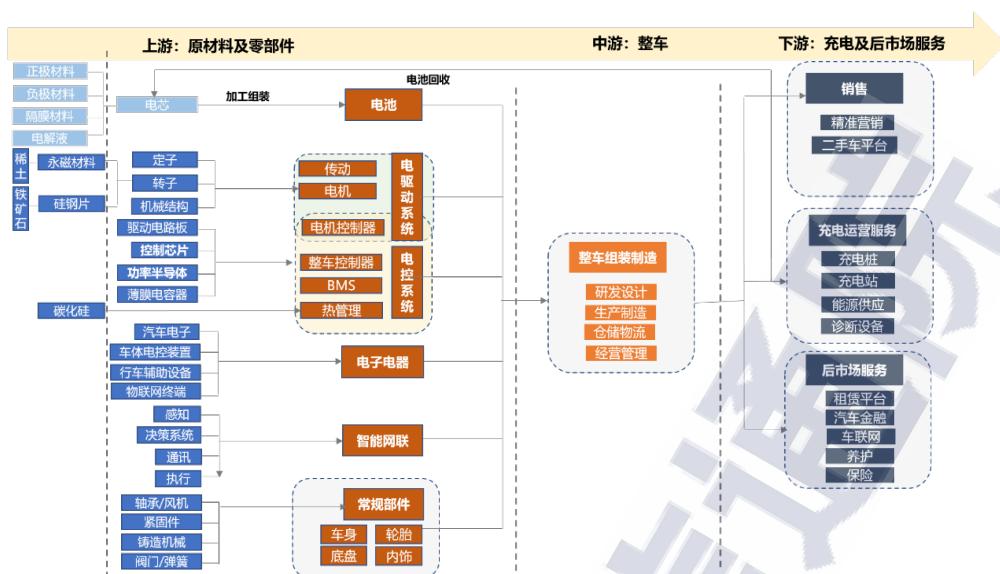
二、工业互联网提升产业链供应链现代化水平分析——以新能源汽车产业为例

工业互联网通过全链条协同和体系化智能，瞄准机电电控、智能网联、智能生产和后市场服务等链条关键节点实现企业形态和产业链、供应链的重塑，全面提高产业链供应链的可控性、可替代性、柔性，以及创新、高效、可持续性，赋能产业链供应链现代化。

（一）影响产业链供应链现代化水平的关键点剖析

从成本利润、发展趋势和技术壁垒角度来看，影响新能源汽车产业链供应链现代化水平的关键环节包括机电电控、智能网联、智能生产和后市场服务等，不同环节创新、协同、共享、绿色发展水平各异，与现代化要求相比还存在一定差距。

具体来看，新能源汽车产业链供应链纵向延伸长、跨界融合面宽，主要由三大部分构成，上游为原材料及零部件环节，中游为整车环节，下游为充电及后市场服务环节（如图3）。相较传统汽车，新能源汽车产业链参与主体更加多元、涉及领域更加丰富，产业生态网状式特点突出，提升新能源汽车产业链发展水平，需要重点考虑其产业链条上的重要环节和网络枢纽中的各关键节点。



来源：中国信息通信研究院

图 3 新能源汽车产业链视图

1. 成本利润角度——“三电”、后市场服务为关键点

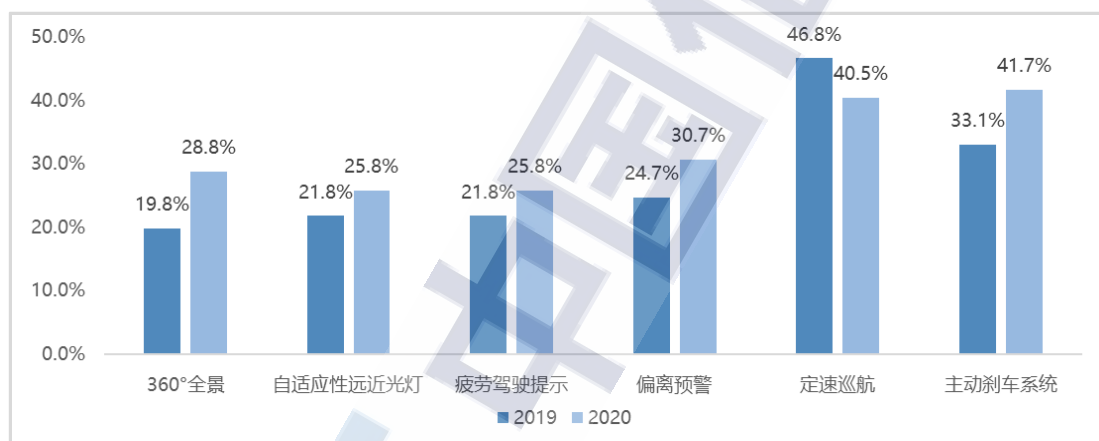
从成本和利润角度，上游“三电”系统和下游后市场服务为关键环节。动力电池¹在新能源汽车中成本占比最高，约 40%，其次是电机和电控，占比分别为 15%和 12%。新能源汽车后市场服务市场空间更大。行业机构预计，到 2035 年整车销售及零配件的利润占比将从目前的 64.8%下降到 46.6%，智能网联和移动出行的利润占比将从目前的 0.8%上升到 27.4%，软件服务成为行业利润新增长点。

2. 发展趋势角度——智能网联、智能生产及全供应链重塑为关键点

从发展趋势来看，与智能网联系统跨链融合、中游整车智能化生产以及新型供应链体系的重塑，是影响新能源汽车未来发展的关键环

¹ 动力电池流程复杂、相对独立，暂不在本报告中详细展开分析。

节。在上游环节，新能源汽车借助工业互联网实现与**智能网联**的叠加交汇。未来智库统计，2020年我国ADAS主动刹车渗透率高达33.1%，智能座舱、自动驾驶、车联网等功能加速推进（如图4）。在中游整车制造环节，**智能化生产**成为企业提升市场竞争力的必然选择。消费者对个性化、定制化的产品需求日益增强。在供应链系统方面，多方企业参与的“**网状生态**”逐步形成。新型供应链体系加快重塑，涵盖了宁德时代、比亚迪等动力电池提供商、华为、百度、腾讯等互联网巨头、吉利、上汽、一汽等传统车企，以及未来、小鹏等新势力厂商。



数据来源：未来智库

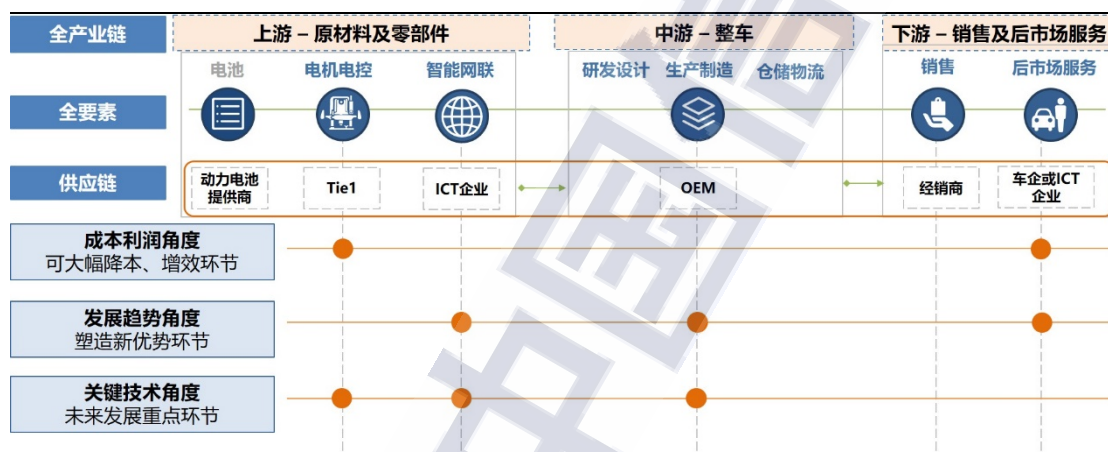
图 4 我国纯电动车 ADAS 自动驾驶各功能前装市场渗透率

3.技术壁垒角度——电驱动、智能网联为关键点

从技术壁垒角度，新能源汽车上游的电驱动系统和智能网联方向的智能化产品短板明显，将在很大程度上制约新能源汽车的发展水平。基础软件、元器件等短板威胁产业安全健康发展，汽车研发用的设计与模拟软件、车规级计算芯片、车规级功率半导体、高精度传感器等严重依赖国外。部分**关键基础材料**待突破，高品质电工钢、非晶合金铁芯等材料仍在探索研究中。**关键零部件**进口依赖严重，特别是搭载

于新能源汽车的智能核心系统部件以外资占主导。

总体来看，“三电”环节降成本空间较大，技术壁垒高，与国际先进水平差距大，智能网联、智能生产发展可满足上游分散化的供给和下游差异化的需求，部分元器件、关键材料等与国际先进水平存在较大差距，后市场服务将衍生新模式新业态，增值空间较大。上述关键节点对新能源汽车的产业链供应链现代化水平有较大影响（如图5）。



来源：中国信息通信研究院

图 5 影响新能源汽车产业链发展水平的关键环节

（二）产业链供应链关键点现代化水平的分析研判

按照不断链、高级化两大维度，新能源汽车产业链供应链现代化发展仍存在电机电控创新性不足，自动驾驶可控、可替代水平亟待提升，智能化生产的可控、可替代、柔性化水平不足等问题。

1. 电机电控现代化水平研判

电机电控环节，具有一定可控性，但高端核心部件对外依赖都高，关键专利布局不足，创新性有待提高。在可控性和可替代性方面，电

机电控总体国产化程度较高。国产新能源汽车品牌在国内市场占比超过 50%，且市场份额排名前 5 的企业均为国产品牌。但高端核心部件外部依赖度仍然较大，如高端 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）器件 90% 仍依赖进口。在产业组织灵敏性和柔性方面，新能源汽车供应模式灵活多样。一方面，比亚迪、精进电动等龙头企业依托自身优势自主布局电驱动系统。另一方面主机厂与第三方配套商开展多种形式合作：一是通过技术并购迅速切换赛道，例如博格华纳先后收购供应商雷米国际、电控专家 Sevon、电驱动公司 Rinehart Motion Systems 等实现电动化。二是通过股份合作实现优势互补，例如日本电产株式会社、广汽零部件有限公司合作投资建设广州尼得科，合作开发集成驱动系统。在创新性方面，我国电机电控厂商与国外头部企业相比仍存在差距。一是研发投入较低，如中车时代电气 2020 年研发支出为 16.9 亿元，远低于意法半导体和英飞凌科技的 101 亿元和 89 亿元研发投入。二是专利布局的广度和深度明显低于国外头部企业。龙头企业比亚迪围绕 IGBT 的专利产出数量明显少于国外头部企业（如图 6）。

	MOS栅 双极管	绝缘栅场 效应管	双极管和 二极管	双极晶体 管制造	衬底上沉积金属 氧化物等无机材	双极晶 体管	栅电极
比亚迪	73	2	26	20	25	17	13
日立	224	78	61	41	35	58	34
电装	358	180	156	122	84	86	53
英飞凌	503	363	385	219	243	189	141
三菱电机	527	224	246	227	160	160	117
富士电机	821	392	295	381	242	252	140

来源：中国信息通信研究院根据公开信息（德温特世界专利数据库）整理

图 6 各企业围绕 IGBT 专利布局数量情况

2. 智能网联现代化水平研判

智能网联环节，部分智能化高端器件、设备完全依赖进口，基础

软件和核心芯片被有限的厂商掌握，可控性、可替代性都比较低²。在可控性和可替代性方面，多传感器融合、计算芯片、线控制动等核心技术目前掌握在国外少数企业手中。从感知层来看，国产乘用车毫米波雷达渗透率不足 5%。从执行层来看，电控制动领域基本被博世等国外 Tier1 巨头垄断，电控转向领域，博世、采埃孚、捷太格特、日本精工等国际巨头领先地位稳固。在产业组织灵敏性和柔性方面，企业参与自动驾驶产业链建设方式多元。一是部分车企开放系统平台寻求多方合作。比亚迪搭建智能驾驶技术平台 D++ 向全球开发者开放 341 个传感器和 66 项控制权。二是传统主机厂通过合作提高前沿技术研发效率。宝马、奔驰与奥迪通过持股 Here 地图进一步控制自动驾驶的核心技术。三是造车新势力通过高度自研持续构建产品竞争力与技术壁垒。特斯拉早期外采 Mobileye 的 EyeQ3 芯片+摄像头半集成方案，随着定制化需求的增加，目前自研定制 AI 算力的 FSD（全自动驾驶）芯片。在创新性方面，国内企业在芯片、算法、传感器等关键领域与国际头部企业相比还有较大差距（见表 1）。

表 1 自动驾驶技术国内外创新能力比较

	毫米雷达波	车规级芯片	芯片算力	主流车载总线技术
国外	英飞凌、恩智浦等早已实现 ASIL D 等级芯片大规模量产	英飞凌、恩智浦已实现 ASIL D 等级芯片大规模量产	英伟达已量产大计算能力系统级芯片计算能力达 30 TOPS 以上	主机厂已研发、试验应用 10Mbit/s 左右带宽的加密传输控制命令总线技

² 自动驾驶是智能网联的高级形态和重要内容，其现代化水平将对智能网联的发展水平具有重要影响，本报告将自动驾驶作为研判智能网联现代化水平的重点。

				术
国内	刚涉足前装市场，量产经验不足	具备车规级自主研发能力的芯片企业较少，目前没有量产产品	主要以深度学习加速芯片为发力点，目前单芯片计算能力在5TOPS左右	现有的有线通信技术碎片化，技术被国外垄断，无法互通

来源：中国信息通信研究院

3. 智能生产现代化水平研判

智能化生产环节，部分关键零部件和关键装备进口依赖严重；四大工艺智能化生产柔性不足，尚无法满足多种车型生产需要。我国三电等核心零部件普遍采用外采模式，整车、动力总成、软件及控制系统成为汽车设计生产的核心。从可控性、可替代性来看，部分关键零部件和关键装备进口依赖严重。比如国内工业管理系统尚未实现工艺流程全覆盖，集成化应用不足；工艺仿真、工厂仿真精确度和集成度不高；测量软件依赖进口；国内智能机器人的感知能力以及决策能力与德、美、日等国机器人相比存在较大差距。智能化生产柔性不足，尚无法满足多种车型生产需要。现有的冲压、焊装、涂料、总装线柔性不足，适用车型相对固定，动力总成配套拧紧、涂胶、压装应用智能单元、柔性装配、机械加工中关键装备多为进口。从高效和可持续方面来看，头部企业已布局智能化生产，有效提升工厂产出和设备综合效率。世界经济论坛和麦肯锡评选的全球“灯塔工厂”中，我国汽车行业有博世（苏州）、福田康明斯、上汽大通、博世（无锡）等4家工厂入选，占全球该行业近五成。比如上汽大通实现订单、工艺、生产、供应链及供应商各业务价值链的端到端数字化打通，产能提高

30%，不良品流出为 0，前置准备时间缩短 35%。

4.后市场服务现代化水平研判

后市场服务环节，新能源汽车与自动驾驶叠加，服务模式有望从单一、散点服务向综合性、集成化的平台服务转变。如在维修和养护上，新能源汽车基于智能化系统，从传统燃油汽车定期、定点的被动维护，向以系统升级维护和以 ADAS 智能辅助应用校准为主的主动维保转变，且多采用远程维护和预测维修。在车内生态服务上，新能源汽车从传统燃油车以车载音响、座椅、操控等硬件体验居多，向基于用户数据的精准服务、衍生服务等转变。但目前，新能源汽车后市场服务还有较大拓展空间。如在维保方面，电子系统、智能感知发生错误多呈现无效形态而非故障形态，不易识别和诊断，在维保操作方式、操作人员技能供给上均有滞后。再如精准服务方面，目前“服务主动找人”的消费场景还未建立等。

总体来看，新能源汽车产业链的机电电控创新性不足，自动驾驶的可控、可替代水平亟待提升，智能化生产的可控、可替代、柔性化水平不足，后市场服务整体价值的亟待挖掘，汽车智能产业链供应链也要加快布局和应用（见表 2）。工业互联网需要从这些方面加以重点赋能，以更有针对性地提高新能源汽车产业链供应链现代化。

表 2 新能源汽车行业关键环节发展水平诊断结论

发展水平		上游		中游		下游		
		机电电控		自动驾驶		智能化生产		
		后市场服务						
不	可控	★	国产化程度高，	★	部分核心高端	★	智能生产线、	头部企业应

断链	★	高端核心部件外部依赖度大		器件、设备完全依赖进口		智能机床关键装备依赖进口	对市场变革，纷纷在该领域开展布局，抢占发展先机，深度开发和挖掘后市场产业价值成为新能源汽车市场发展的重点。
	★ ★ ★	高端元器件供应商德国占60%，其余美、日，中国比亚迪自产自用	★	基础软件、芯片核心技术全球仅几家企业掌握	★	核心技术仅几家企业掌握	
	★ ★ ★	自建、外购、合作形式多样	★ ★	取决于企业综合实力	★	智能生产线生产车型相对固定	
高级化	★		★ ★	创新投入力度大，但关键技术比肩国际头部企业还需一定时间		——	
		——		——	★★ ★	工厂产出和设备综合效率有效提升	
		——		——	★★ ★	成本下降，能源效率提升	

来源：中国信息通信研究院

（三）工业互联网赋能产业链供应链现代化的典型应用

新能源汽车行业在利用工业互联网赋能产业链供应链现代化方面展开了丰富的探索和实践，通过推进人员、设备、车间、工厂、产品、车辆等全要素全流程的海量数据采集、汇聚、分析，推动体系智能，支撑制造资源在全产业链供应链的泛在连接、弹性供给和高效配

置，有效破解了产业链供应链的创新、协同、共享、绿色瓶颈。

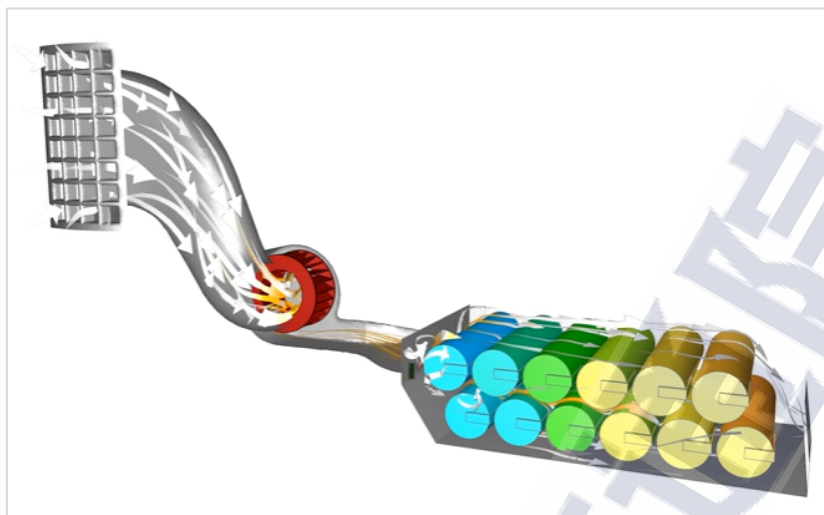
1. 工业互联网促进产业链供应链高效创新

一是工业互联网链接全要素、全流程，打破创新的实践、空间、组织限制，整合跨域跨界跨平台创新资源。工业互联网可通过链接全要素、全流程，打破研发设计的空间、时间、组织限制，整合跨地区、跨领域、跨组织研发资源，构建灵活的研发组织和高效的调配体系，提升研发效率，助力汽车芯片等核心技术的自主可控。如西门子2019年推出 Pave360 自动驾驶硅前验证环境³（pre-silicon autonomous validation environment），为下一代汽车芯片的研发提供了一个跨汽车生态系统、多供应商协作的综合环境，打通自动驾驶汽车设计生产全流程、全要素，构建高水平研发组织和制造资源调配体系，使数字双胞胎仿真贯穿汽车硬软件子系统、整车模型、传感器数据融合、交通流量仿真，甚至包括仿真自动驾驶等。长安汽车利用工业互联网在美洲、欧洲、亚洲等地成立研发中心，基于工业互联网平台实现物料资源、供需信息、研发生产能力的泛在连接，实现创新资源的在线汇聚和精准对接，建立以三维数字化设计和全球协同设计为核心的汽车产品智能化研发云平台，与海外设计中心进行24小时全天候产品联合开发，实现跨部门、跨企业、跨区域的产品协同设计，支撑产品研发周期从36个月缩短至24个月。

二是工业互联网提供连接全生命周期的创新工具，实现可预测性

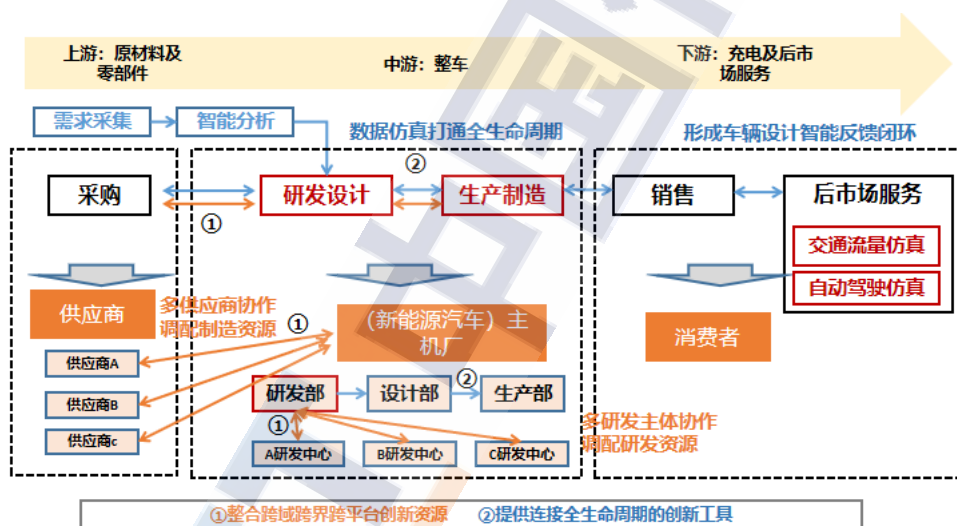
3 西门子宣布推出 PAVE360 自动驾驶硅前验证环境：
<http://www.elecfans.com/d/1050401.html>

设计和生产瓶颈的提前预判，快速进行创新产品的设计优化和产品迭代。工业互联网能够提供模拟仿真工具进行进行数据采集、智能分析、需求生成、研发设计、生产制造、销售等全生命周期的虚拟仿真，使技术创新的虚拟范围更大，在设计阶段就验证产品性能，以较低成本找到最佳设计、生产路径，并通过驾驶行为、驾驶场景的模拟形成创新产品的智能反馈闭环。如海克斯康利用热管理 Cradle 仿真分析软件，实现流体流动和热量传递可视化，无需制作实物即可预测产品性能，助力电池热管理和冷却系统设计初筛和改进（如图7）。达索利用 CAD 和 CAE 平台 3D Experience，准确进行空气动力学、流体声学等方面的分析和仿真，用数据共享+PLM 生命周期管理打通研发部、设计部、供应链、生产部，减少虚拟与现实的偏差，为宝马、特斯拉、丰田等汽车公司优化其产品设计。工业互联网也能够模拟不同产品、不同参数、不同外部条件下的生产过程，同时采集生产线上各种设备的实施运行数据，实现全部生产过程的可视化监控，及对生产瓶颈、异常情况的提前预判，及时进行处理和调整，加速创新产品顺利导入和优化。



来源：海克斯康

图 7 海克斯康 Cradle 仿真分析软件助力电池热管理系统设计



来源：中国信息通信院

图 8 工业互联网赋能新能源汽车产业链供应链高效创新视图

2. 工业互联网促进产业链供应链协同联动

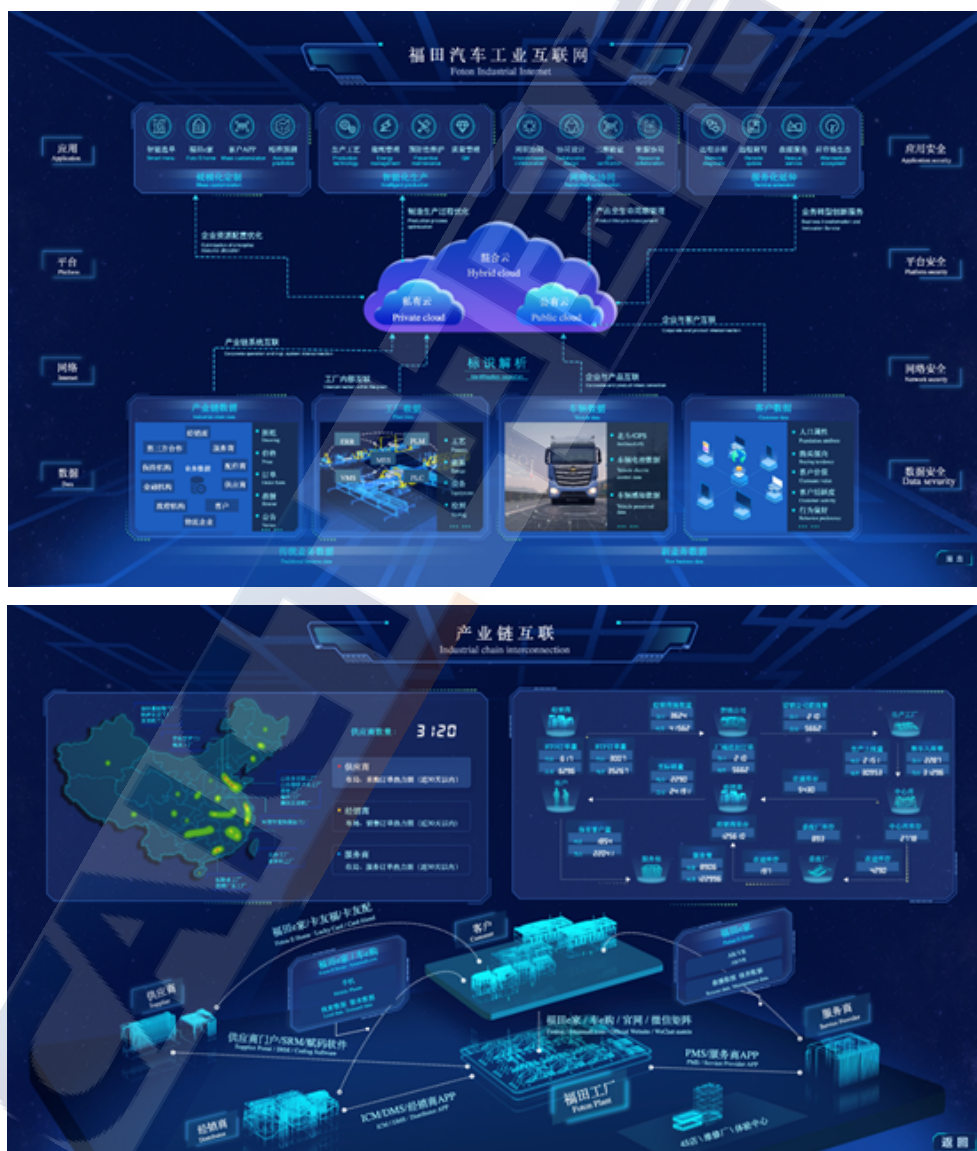
一是工业互联网助力供需精准对接，快速满足市场个性化需求。

工业互联网通过聚合消费者、制造商、供应商等主体，打造 C2M（Customer-to-Manufactory）客制化生产体系，打通消费、设计、生产与供应数据，搭建供给与需求数字化桥梁，将消费侧数据进行收集、

分析，从而提升供给侧的研发、设计、生产精准度和效率，提高供需匹配度，形成以客户为中心的定制生产模式。如**威马汽车**建立了集智能制造、智慧物流、零部件柔性化配套、自动驾驶试验四大功能于一身的C2M客制化工厂，支持用户通过手机APP自行选择车身颜色、轮圈、座椅、座椅通风/加热、天窗等配置，并根据订单数据，配合供应链运行进行数字化、自动化、智能化生产。该工厂的数字化投入占总投入的10%，实现主线自动化率100%，单车通过时间仅需7.5小时。**Geega吉利**工业互联网平台通过获取细分车型销售数据，结合用户公域上的交互内容，提取车辆设计关键词，让用户的个性化需求转化为高度精准的订单，且制造过程中采用快速调漆方案等柔性化生产方式，依托数字孪生技术，在用户和设计师共同见证下，实现定制车的实车量产，实现“以用户为中心”的产品设计和交付。**上汽大通MAXUS**构建面向用户端的蜘蛛智选平台，平台支持全系车型定制，可为用户提供150亿种车型选择，全面打通从用户选配、下单、制造、运输过程中的数据链，与用户实时在线直联，打破用户与整车厂间的壁垒，支撑实现规模化定制生产模式，助力产品上市周期减少35%，产品交付期缩短20%以上。

二是工业互联网促进产业链上下游联动和前后协同，推动产业链持续优化提升。工业互联网打通新能源汽车全产业链供应链数据通道，通过对下游数据的评估和分析，及时有效向前传导和反馈，从而不断调整、改进、优化上游车辆研发、生产等关键环节，形成产业链上下游良性互动。如**海克斯康**工业互联网平台为新能源汽车提供智能驾驶

仿真测试，通过模拟新能源汽车下游的道路、交通等场景，实现真实的车辆行为仿真，并向前反馈，在研发设计环节给予车辆安全性、舒适性和动力学等方面的改进和优化。福田汽车应用工业互联网标识解析和工业大数据，孵化零部件对比功能和查询功能，目前已在 3500 多万件零部件上赋码，完成配件真伪查询 15 万次，通过标识验证降低索赔超 2 亿的同时，提升零部件定价的准确度，促进福田汽车降本增效（如图 9）。



来源：福田汽车

图 9 福田汽车工业互联网顶层架构与系统互联架构图

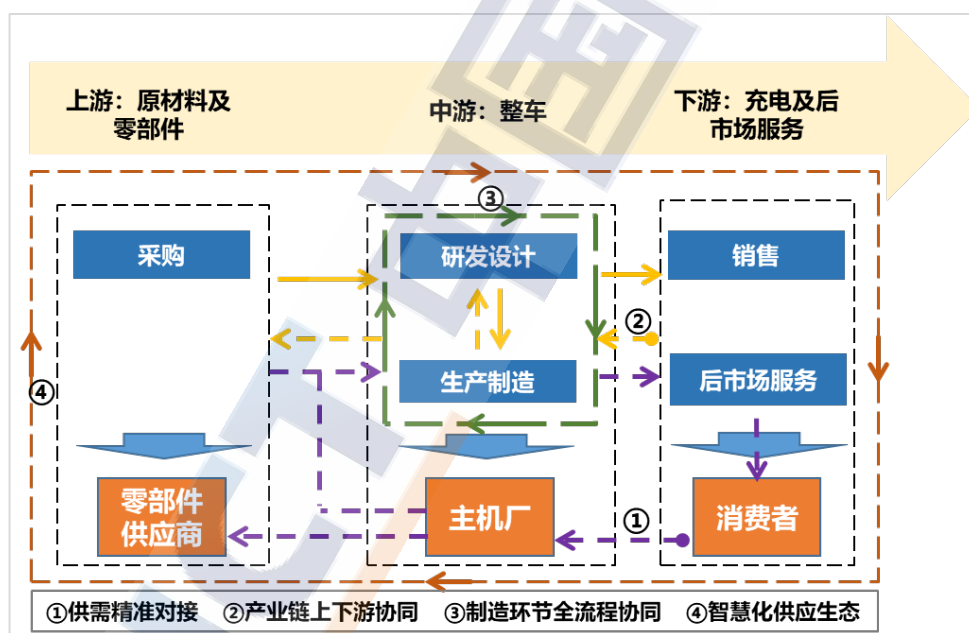
三是工业互联网促进制造全流程协同，提高产线整体效率。工业互联网对物理实体进行全面感知、深度互联，通过数据驱动，将设备资产、企业运营、产品开发到生产系统全流程的复杂实体对象进行动态仿真，实现设计、生产、测试可视化，提高不同流程间的协同性，提高制造协同效率。如海克斯康开发制造虚拟生命周期系统，将产品的 PLM 数据，制造过程仿真，产品下线质量及最终实际测量数据有序整合到统一平台，形成高效完整的数字化工作流程，实现设计制造仿真及最终产品测量数据的无缝连接，保证整个产品生命周期数据的完整性和一致性（如图 10）。吉利汽车 CMA 工厂可实现黑灯状态下，冲压、焊装、涂装等主要工序 100%自动化制造，并且每一辆车都有相应的电子档案，可实时在线跟踪记录核心零部件信息、软硬件的配备、各环节的装备参数及质量参数，并实现质量问题可追溯。



来源：海克斯康

图 10 海克斯康工业互联网平台赋能制造全流程协同

四是工业互联网助力供应链优势资源高效配置，打造全链条协同的智慧化供应生态。工业互联网有助于系统性、立体化整合产业链供应链优势资源，打通新能源汽车供应链生产端、需求端、市场供应等环节数据，并通过对企业采购、生产、库存等供应链数据的全面采集、标识、分析，助力供应链管理能力智慧化升级。如卡奥斯和奇瑞联合搭建海行云工业互联网平台，为主机厂、上游零部件企业、下游经销商、其他离散制造4类用户，提供原材料到成品销售的全方位供应链服务，保障渠道顺畅，目前平台已入驻上下游企业数量近千家，工业品类数百个。



来源：中国信息通信研究院

图 11 工业互联网赋能新能源汽车产业链供应链协同联动视图

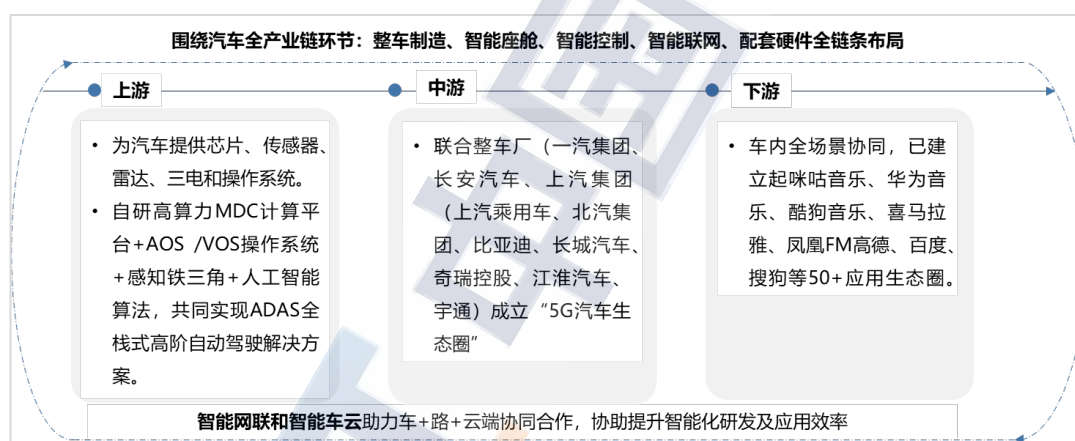
3. 工业互联网促进产业链供应链开放共享

一是推动跨域、跨界、跨平台数据的互联可视和开放共享。工业互联网通过网络互联和平台接口互通实现车辆、用户、车联网等全要

素、全流程数据共享和集成，通过对海量数据的整体分析科学预测产业运行态势，为企业决策奠定坚实的数据基础。如**腾讯**打通服务平台的数据流转渠道，打造“4321 数字底座”，通过 AI、云计算、5G、大数据在内的四大基础建设，结合内容、服务、社交三大超级生态，依托**腾讯**安全保障和位置服务两大能力平台，用一个超级 ID 贯穿用户服务的全流程，实现“车企——开发者——用户”数据共享，构建车联网生态，赋能智慧出行。再如**福田汽车**搭建 iTink 云平台，链接客户和其他行业开源数据，依托大数据标签为客户提供精益化服务。当前，基于 iTink 云平台产品特性、车联网、客户等系列数据，北汽福田应用 436 种数据算法、搭建 158 个数据模型，输出 214 类智能预测结果，精准刻画用户画像，成功建立基于客户“车生活”的生态系统，形成包含汽车金融、ETC 管理等 360° 的服务体系，并实现“进销存”精准管理等；通过车载终端数据反馈，实现远程故障诊断、提醒及救援等主动服务。

二是助力全产业链供应链要素资源的融会贯通和优化配置。企业通过工业互联网平台，实现物料、机器、产品等物理资源，以及供应商资源、金融资源、政策资源、用户资源等在整个产业生态内的对接、调用、共享与创新，大幅提高了车企资源共享的能力和范围。如**华为**围绕 MDC 智能驾驶计算平台、iDVP 智能汽车数字平台、HarmonyOS 智能座舱三大平台，构建全链条供应生态圈，实现生态系统整体的资源整合和调度利用。在上游，为汽车提供芯片、传感器、雷达、三电和操作系统；依托智能驾驶计算平台 MDC，为开发者提供全场景覆

盖的工具链与丰富的软件开发工具包，支持生态内软件开发和移植。目前，已经有 70 多家合作伙伴加入 MDC 生态圈，联合推进乘用车、港口、矿卡、园区等智能驾驶场景的试点与商用。在中游，华为联合一汽、长安、上汽、北汽、比亚迪等车厂成立“5G 汽车生态圈”，加速汽车领域 5G 商用进程。在下游，使用智能汽车数字架构平台 iDVP，搭建开放的智能汽车数字底座，联合合作伙伴标准化定义硬件、软件接口，实现软硬件分层解耦，帮助车企快速开发跨厂家、跨设备的应用，同时建立咪咕音乐、华为音乐、喜马拉雅等 50+ 应用生态圈，整合更多服务资源提高人车生活体验（如图 12）。

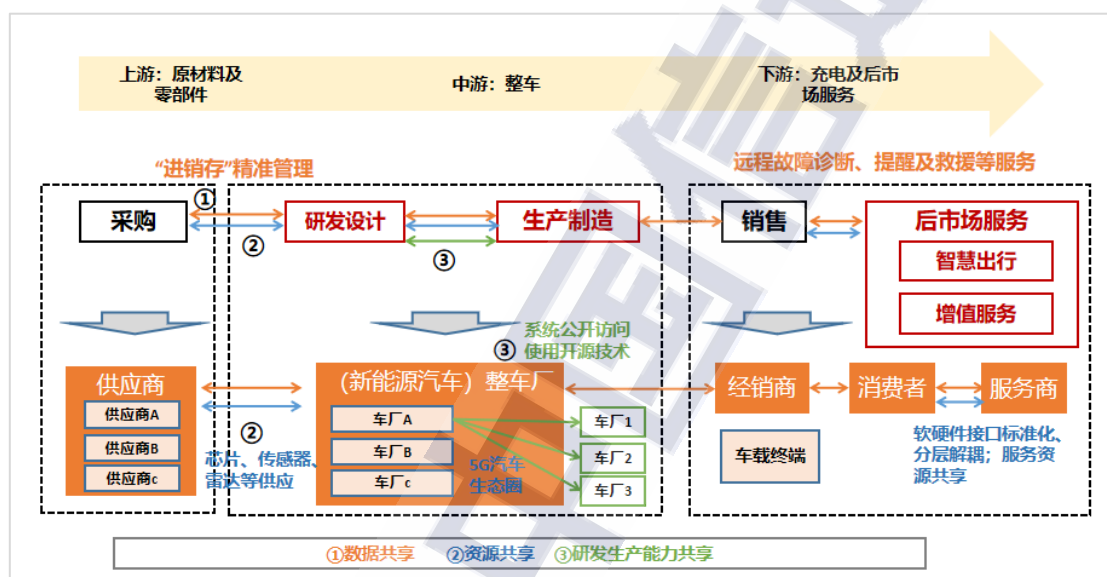


来源：华为

图 12 华为整合全链条供应商实现资源开放共享、系统整合和智能调度

三是提供开源模块助力优质研发、生产能力开放共享。企业将新能源汽车主流生产单元拆解为标准化生产模块，并在工业互联网平台开放访问权限，允许其他车企使用其整车智能开发系统，推动研发和生产能力共享，实现开源造车。如吉利汽车推出当前全球带宽最大的纯电架构平台 SEA 浩瀚架构（智能进化体验架构），整合硬件层、系统层和生态层，授权其他车企使用吉利原生技术和车型架构等，助

力新能源汽车开发。硬件层，该架构涵盖 1800-3300mm 的轴距，覆盖 A 级车到 E 级车的全部规格；系统层，打通整车全部控制域；生态层，公开所有访问权限，为其它品牌厂商开源造车提供基础，助力汽车软件系统的开发时间缩短 50%以上。2021 年吉利宣布已有超过 7 个品牌、总计超过 16 款新车型启动研发，多款基于浩瀚架构的车型将陆续投放市场。



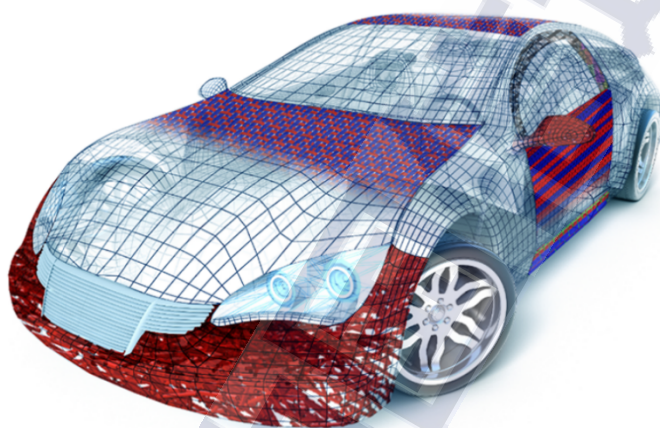
来源：中国信息通信研究院

图 13 工业互联网促进产业链供应链开放共享

4. 工业互联网促进产业链供应链绿色低碳

一是助力绿色低碳材料设计与生产、检测的耦合。工业互联网能够打通低碳材料结构、工艺设计与新能源汽车主流单元接口，实现材料研发部门、供应链、生产部门的耦合，通过复合材料高效研发、生产和检测实现为汽车减重、降低油耗和能耗的目的。如海克斯康打造新能源汽车异性材建模仿真分析解决方案，将 Digimat（复合材料多尺度建模与仿真软件）与新能源汽车所有主流有限元程序实现高精度

耦合求解，准确预测碳纤维材料和结构在模流、模压、铺放等多种生产工艺下的刚度、失效、损伤、蠕变等，及早识别复合材料最佳设计方案（如图 14）。海克斯康还开发了 APODIUS 2D 和 APODIUS 3D 复合材料测量系统⁴，将碳纤维角度固化为工业模型⁵，配合专用绝对臂测量机，可用于碳纤维零部件的在线集成检测及离线检测，有效提高碳纤维零部件加工质量和检测效率。



来源：海克斯康

图 14 海克斯康新能源汽车异性材建模仿真分析解决方案

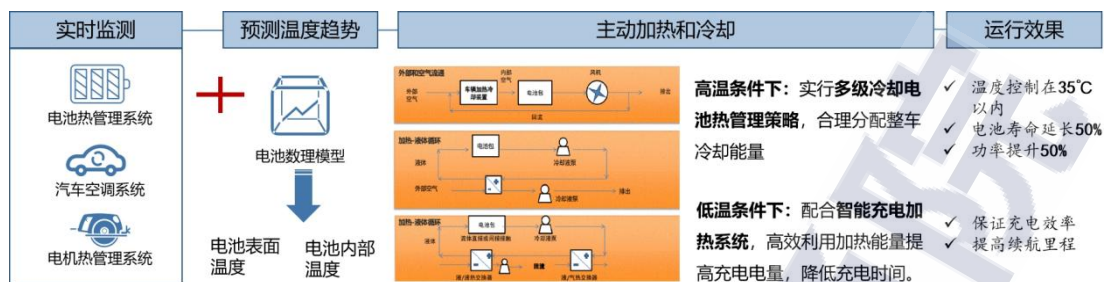
二是提高新能源汽车能效。利用工业互联网实现锂电池温度实时监测，进行新能源汽车电池热管理分析和预判，配合冷却系统、智能充电加热系统合理调节冷却或保温策略，降低整车能耗。如比亚迪打造锂电池智能温控开关管理系统，实时监控电池热管理系统、空调系统及其他热管理系统的状态参数，并基于电池数理模型预判下一阶段电池温度，电池温度升高时实行多级冷却策略，在低温环境下高效利

4 海克斯康新能源汽车轻量化复合材料检测解决方案：

<http://www.hexagonmi.com.cn/cms/cs-2943.aspx>

5 碳纤维材料由碳纤维束按照一定方向和角度编制而成，一旦发生加工缺陷将无法修复，传统碳纤维角度难测，人工目测方式不准确，检测效率极低。

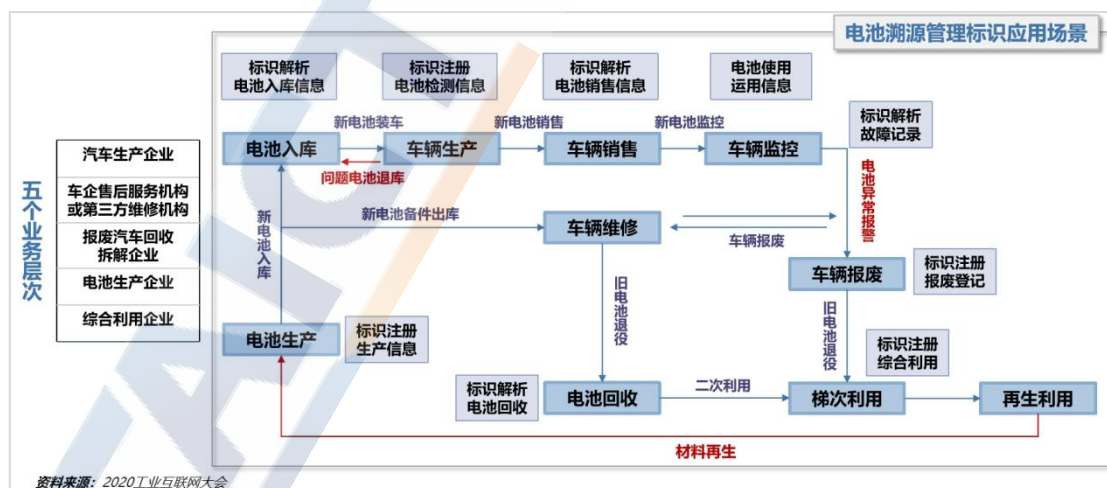
用加热能量提高电池充电效率，降低整车能耗（如图15）。



来源：中国信息通信院

图 15 智能温控开关管理系统示意图

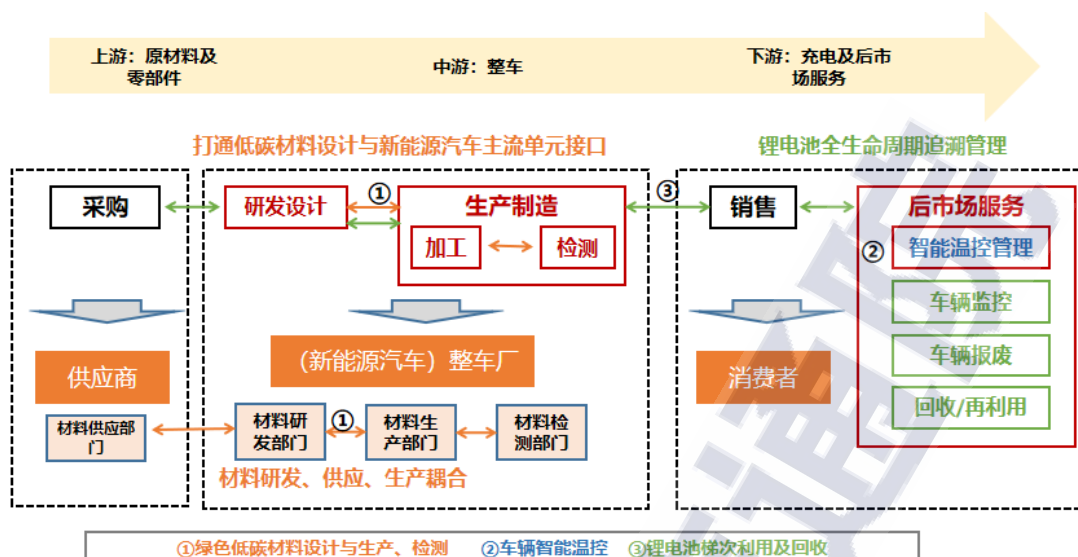
三是助力锂电池梯次利用及回收。利用标识解析开展锂电池全生命周期追溯，为电池状态评估、安全预警及明确梯次利用及回收标准提供高质量数据基础。如中汽基于工业互联网标识解析体系建立企业及电池标识解析应用服务平台，打通电池、整车、充电桩、维修保养等全链条节点，全面监测记录电池容量、使用状态、故障信息等数据，有利于提高锂电池在新能源汽车的供应链效率，为未来科学回收及再利用奠定数据基础（如图16）。



资料来源：2020工业互联网大会

来源：工业互联网大会

图 16 中汽企业级电池标识解析应用服务平台



来源：中国信息通信研究院

图 17 工业互联网促进产业链供应链绿色低碳

三、工业互联网赋能产业链供应链现代化的实践总结和启示建议

结合新能源汽车产业实践，工业互联网赋能产业链供应链现代化共形成全生命周期创新工具、集聚跨域跨界跨平台创新资源等十二个通用赋能路径。各行业需加紧产业链供应链现代化水平研判及工业互联网赋能，政府则需综合利用各类政策资源，持续推进各行业更好利用工业互联网提高产业链供应链现代化。

(一) 工业互联网赋能产业链供应链的一般路径

新能源汽车行业围绕产业链供应链现代化发展要求，从集成创新、协同联动、开放共享、绿色低碳等四大方向加速工业互联网应用和探索实践，形成十二个通用路径（如图 18）。

一是赋能产业链供应链创新，打造集成创新模式。第一，纵向上

提供打通全生命周期的创新工具。工业互联网能够促进模拟仿真与数据孪生等技术在研发环节的应用，提供数据、软件、平台等各类研发资源和能力，加速产品设计研发。**第二，横向上集聚跨域跨界跨平台的创新资源。**发挥工业互联网平台作用，实现物料资源、供需信息、研发生产能力等各类创新资源的泛在连接和统筹调度，及各项创新研发工作跨部门、跨企业、跨区域协同。

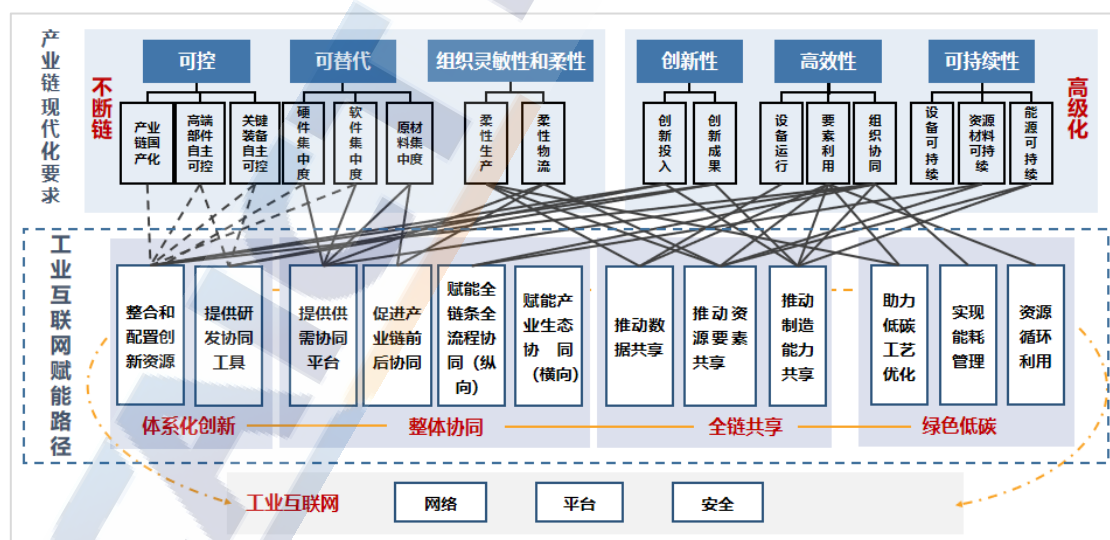
二是赋能产业链供应链协同，实现全局前后联动、协调互补。
第一，促进供需协同。工业互联网平台将收集的用户需求与制造产能进行智能匹配实现供需衔接协同的生产制造，将个性化需求转化为精准订单，有效提高产品与需求的匹配度，减少无效供给。**第二，促进前后端协同。**工业互联网将后端产品运营数据反馈给前端研发设计，促进产品改良和设计优化。**第三，促进全流程协同。**工业互联网打通设计、研发、生产、测试等全链条感知和深度互联，实现全流程可视、可溯、互联、互通，促进产品全生命周期的一致性协同性，避免不必要的反复迭代和返工。**第四，促进生态协同。**工业互联网打破原有竞合关系，推动整个生态系统内核心供应商对接和资源统筹，实现零部件追溯和断供风险预警，以便及时进行相关资源调度，维护整体产业链供应链稳定，促进生态协同。

三是赋能产业链供应链开放共享，实现全链条资源能力的共享。
第一，推动数据共享。工业互联网将企业内部、企业外部供应链进行全面连接和打通，实现全产业链生态的数据采集、汇聚和分析。**第二，推动资源要素共享。**工业互联网为企业构建全链条信息互通和资源要

素共享平台，助力生态系统整体的资源整合、集中调度和共享利用。

第三，推动制造能力共享。工业互联网将企业制造能力拆解为标准化、可复用的生产模块，并通过平台将优质的生产资源和能力进行共享，推动开源生产。

四是围绕绿色化生产运营，助力全生命周期绿色化。第一，助力绿色低碳产品研发。通过建模与仿真软件实现助力轻量化高强度的复合材料的“预判性”设计研发，显著提高研发效率，减少物料损失，并通过工业模型实现材料的数字化、智能化检测，助力减少物料浪费及降低整体能耗。**第二，优化能耗管理。**利用工业互联网进行能源、温度等相关信息及时监控管理、智能化分析和趋势预测，为生产运营等过程中的能耗优化提供参考。**第三，提高报废及回收利用效率。**利用标识解析开展产品全生命周期追溯管理，实现产品状态在线评估判断和风险预警，为电子废物报废和回收利用提供科学的数据基础。



来源：中国信息通信研究院

图 18 工业互联网赋能产业链供应链现代化的一般路径

（二）利用工业互联网促进产业链供应链现代化的策

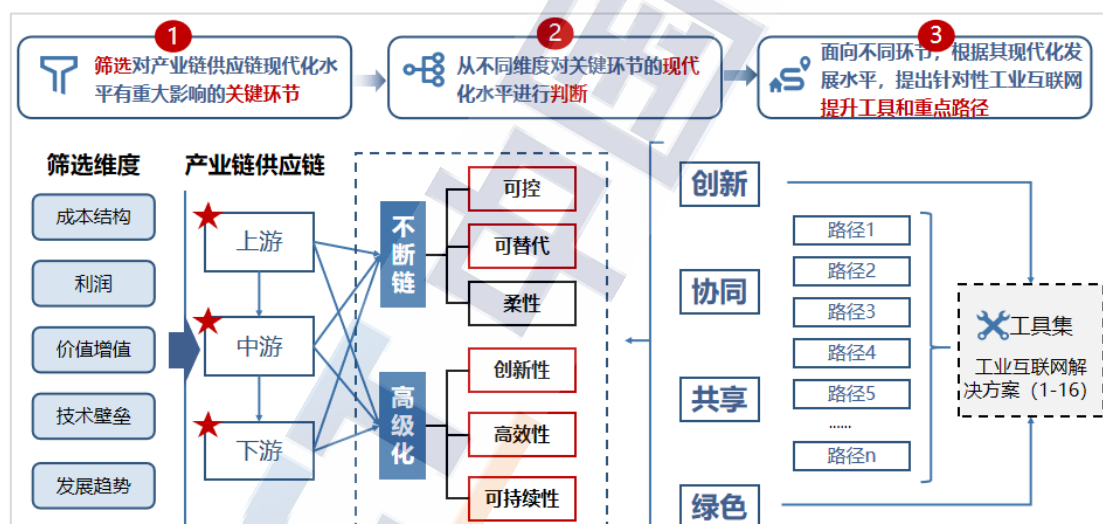
略建议

各行业可参考借鉴其现代化研判过程和工业互联网赋能路径，开展本行业产业链供应链现代化诊断，找准工业互联网着力点，结合行业特征加速工业互联网融合创新应用。政府可以从基础设施、数据要素、行业标准高质量供给和应用推广等方面着手，促进工业互联网融合创新应用，更好发挥其提高产业链供应链现代化水平的作用。

1.行业层面，积极利用工业互联网赋能产业链供应链现代化

进行产业链供应链现代化诊断，摸清工业互联网促进产业链供应链现代化的着力点，在此基础上利用合适的工业互联网工具进行产业链供应链现代化赋能（如图 19）。**第一，确定诊断对象。**具有一定工业互联网发展基础、对产业链转型具有较高需求的行业应开展产业链供应链现代化发展水平综合诊断，如钢铁、石化、能源、电力等流程行业，及航空、船舶、工程机械、汽车、电子等离散行业等，以便理顺产业链供应链在创新、协同、共享、绿色等现代化发展方面存在的问题。**第二，明确诊断维度和内容。**各行业从财务、技术、发展趋势等维度筛选产业链供应链的关键环节，围绕企业生产材料、工艺、工序、装备、系统等，明确各行业关键环节不断链、高级化维度的内容，如新能源汽车行业聚焦 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）、超声波雷达（传感）、底盘（车辆）等进行产业链发展水平诊断。**第三，加强诊断能力建设。**不同行业根据各自的工业互联网发展基础，梳理发布产业链供应链现代化诊断标准和服务手册，培育一批具有行业服务基础

和工业互联网技术支撑能力的专业诊断服务团队和专家，进行诊断培训，实现相应诊断能力的批量复制和辐射。**第四，开展产业链供应链现代化诊断。**各行业、企业结合发展需求，按照诊断方法和标准组织开展针对性产业链供应链现代化发展水平诊断，运用诊断结果提出工业互联网赋能计划和建议。**第五，利用工业互联网工具对产业链供应链赋能。**围绕创新、协同、共享、绿色等方向，各行业对标诊断出的产业链供应链现代化问题，按照通用路径开发符合行业特征的工业互联网赋能工具，推广工业互联网融合创新应用，提高产业链供应链现代化水平。



来源：中国信息通信研究院

图 19 各行业利用工业互联网赋能产业链供应链现代化的方法论

2.政府层面，从供需两端发力更好发挥工业互联网赋能作用

促进工业互联网应用，释放其对产业链供应链现代化的赋能价值。

第一，提炼应用场景。推进工业互联网企业、各行业需求方等开展供

需对接，面向各行业产业链现代化痛点难点，对标创新、协同、绿色、共享等现代化要求，明确应用需求，发布典型应用场景，启发各行业工业互联网赋能产业链供应链现代化的应用。**第二，引导应用路径。**编制工业互联网赋能产业链供应链现代化行业指南，梳理工业互联网赋能产业链供应链创新、协同、共享、绿色等现代化水平的工具，总结实施步骤，丰富赋能路径，为提供应用参考。**第三，降低应用门槛。**加大智能制造专项、数字化转型资金对企业的支持，降低企业数字化改造成本，科学合理研判行业结构，有序推进集中度提升，降低行业开展工业互联网赋能的门槛。

夯实工业互联网赋能基础，提高其促进产业链供应链现代化的水平。**第一，优化网络条件。**建议运营商强化公共网络基础支撑，加强5G网、物联网、LTE网等下一代网络建设及部署，根据工业、交通、电网等行业需求加速专网建设，助力行业数据资源开发利用和应用创新。骨干企业与运营商深度对接合作，加速5G、边缘计算、软件定义网络等新技术在内网建设的应用，打通从车间到决策层的数据通信路径。**第二，释放数据价值。**建议企业明确数据采集标准，格式标准、过程标准、质量标准，提高产业链数据质量，成熟的数据标准考虑推广为行业标准。有条件的产业链核心企业搭建数据采集平台，建立数据资源清单，汇聚行业数据，形成互联互通和数据共享的资源池。加速面向产业链各环节发展痛点的数据算法与服务创新。**第三，完善行业标准。**针对产业链发展问题较为突出的领域和环节，各行业需加速制定一批总体性标准、基础共性标准、应用标准等。依托重大工程、

政府项目等推进数字化标准、协议在行业内的推广应用，提升行业规范化水平。领军企业、科研院所等积极参与 ITU、ISO 等国际标准化组织的标准研制活动，推动中国标准为国际标准，推进重点领域工业互联网标准国际互认。**第四，提高服务能力。**通过开展示范应用、组织应用大赛、提炼应用场景等，培育一批工业互联网解决方案提供商，推动各行业赋能产业链供应链现代化的工业互联网解决方案开发推广。依托行业联盟、产业链供应链相关论坛、交流会等对方案、工具等的应用范围、机理、效果等进行宣传培训。

中国信息通信研究院 政策与经济研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62303061

传真：010-62302476

网址：www.caict.ac.cn

