



2021 5G+工业互联网 发展评估白皮书

2021年1月

版权声明

本报告发布的调研数据采用样本调研方法，其数据结果受到样本情况影响。本报告仅供读者参考，不构成法律建议。

本白皮书版权属于物联网智库，并受到法律保护。任何形式的转载、摘编或以其他方式利用本白皮书的所有内容，应注明“来源：物联网智库”。违反上述声明者，物联网智库将追究相关法律责任。

鸣谢

在本项目的模型研究和白皮书编制过程中，中国信息通信研究院无线电研究中心给予了大力支持，特此感谢！

项目中，众多企业在模型完善、研究讨论、问卷调研等方面都给予了大量协助，帮助项目圆满完成。项目组在此表示由衷感谢。

由于模型研究、问卷调研等活动都以匿名和非匿名两种形式开展，因此仅列出以非匿名方式提供协助的企业。

鸣谢企业名单

(按汉字拼音字母排序)

东莞徐记食品有限公司	得霖科技硅胶（越南）有限公司
广州致景信息科技有限公司	湖北三宁化工股份有限公司
海泰纺织（苏州）有限公司	隆基绿能科技股份有限公司
树根互联技术有限公司	施耐德电气（中国）有限公司
深圳华龙讯达信息技术股份有限公司	深圳市智联云网科技有限公司
无锡专心智制科技有限公司	智擎信息技术（北京）有限公司

前言

中国是当今世界制造业产业链最为完整的国家，也是工业增加值最高的工业大国，工业的转型升级影响着国家未来发展。5G 与工业互联网融合发展是推动工业转型升级的关键，也是推动中国智能制造发展的新动能。随着 5G 基础设施逐步完善，5G 三大核心能力——低延迟、广连接、大带宽将拓宽工业互联网的应用场景，实现工业生产效率变革、动力变革及质量变革，成为数字经济发展新引擎。现阶段，我国企业已经加快 5G+工业互联网的应用场景探索与标杆案例的打造实践。

物联网智库作为我国 AIoT 领域的专业研究机构，长期保持对工业互联网与 5G 的近距离观察，多年来与产业内优秀企业紧密联系，持续进行 5G+工业互联网行业需求与产业研究。2020 年物联网智库启动 5G+工业互联网发展成熟度评估模型制定相关工作，经过业内专家咨询与行业调研，最后形成《5G+工业互联网发展成熟度白皮书》。这部白皮书依照工业企业在部署使用 5G+工业互联网的核心关注领域，提出了设备层面、应用层面与效益层面三大核心层次，面向工业企业提炼总结了 10 大核心能力，依据能力制定了相对完整的评估指标与模型。5G+工业互联网发展成熟度评估项目已经邀请数十家企业参与讨论、调研、评估验证，白皮书当中也会对调研评估的模型数据进行详实论述与分析。

《5G+工业互联网发展成熟度白皮书》能为企业、政府和学研机构提供诸多有益的参考。首先，白皮书希望能为工业制造企业提供一套客观评价自身生产实践的方法论，也帮助企业发现 5G+工业互联网项目部署实施当中遇到的主要问题，提供改善方向指引及建设方案路径。其次，白皮书可以为政府主管部门及相关产学研机构提供有效数据支撑与政策制定依据。最后，白皮书可以引导和促进我国 5G 与工业互联网发展融合创新。由于本白皮书是《5G+工业互联网发展成熟度白皮书》的初版，未来白皮书将不断根据产业界专家及参访企业提出的相关问题和建议进行借鉴修改与迭代优化，为 5G+工业互联网发展提供更加科学及有效的指导与参考建议。

目录

前言.....	1
第一章 5G+工业互联网发展评估研究背景	3
第一节 5G 产业发展背景.....	3
第二节 工业互联网产业发展背景	4
第三节 5G+工业互联网产业发展背景	4
第四节 5G+工业互联网发展评估项目及模型的意义	5
第二章 5G+工业互联网发展评估模型	6
第一节 模型结构.....	6
一、三大核心层面	6
二、十大关键方向及评估指标	7
第二节 权重设置.....	10
第三节 发展评估模型的动态调整	11
第三章 5G+工业互联网发展评估模型应用说明	12
第一节 指标量化设置	12
第二节 整体能力评分公式设置	12
第三节 发展评级设置	13
第四节 其他问题设置	14
第四章 5G+工业互联网发展评估调研结果分析	15
第一节 5G+工业互联网整体发展水平分析.....	15
第二节 5G+工业互联网单项发展水平分析.....	16
第三节 5G+工业互联网在离散型工业和流程型工业发展分析	19
第五章 5G+工业互联网发展特征.....	21
第一节 5G+工业互联网应用类型特征	21
第二节 5G 在工业控制核心领域的应用特征	22
第三节 企业的 5G+工业互联网规划特征	22

第一章 5G+工业互联网发展评估研究背景

第一节 5G 产业发展背景

5G 作为划时代的新一代通信技术，是构筑现代信息社会的重要信息基础设施。5G 的技术发展是一个长期演进的过程，R16 (Release 16) 标准已于 2020 年 7 月份冻结，R17 (Release 17) 标准计划于 2022 年 6 月完成，标准的升级与落地实施带来了新功能的拓展和网络应用能力提高，为 5G 产业的爆发积蓄力量。

2019 年 5G 在中国正式商用，目前产业处于基础设施建设阶段。中国基站、光传输网络等 5G 基础设施部署正在如火如荼地开展。5G 网络建设初期主要在全国重点城市及区域进行按需覆盖，各重点省市区域正在积极推进部署当中。截至 2020 年 12 月份，国内运营商累计建设 5G 基站 71.8 万个，终端连接总数已经超过 1.6 亿，已经提前完成年初的基站建设目标。在全国省市发布的 2020 年 5G 基站建设规划推动下，各地加大 5G 建设投入，其中北京、上海、广州、杭州等城市已经实现了 5G 网络城区连片覆盖，为 5G 规模商用提供了基础。据市场预测，未来 10 年，我国 5G 宏基站建设数量将达到 500-600 万个，小基站建设数量将达到千万级别。

5G 作为通用移动通信技术将赋能各个产业，带来巨大产业价值。根据美国高通公司预测数据，到 2035 年 5G 将在全球创造 13.2 万亿美元的经济产出，相较于 IHS (《5G 经济》) 在 2017 年预估的 2035 年 5G 创造的经济产出价值 12.3 万亿美元，增加了约 1 万亿美元。根据信通院《5G 经济社会影响白皮书》数据，截至 2030 年，5G 将带动我国当年直接经济产出为 6.3 万亿，间接产出 10.6 万亿。

5G 应用整体处于早期探索及推广阶段，前路漫长，但未来市场潜力巨大。根据 GSMA 数据，预计到 2030 年，全球与 5G 深度融合的应用行业规模总量将达到 7000 亿美元。未来 5G 应用技术将持续服务于各垂直行业，孕育出更加巨大的新兴市场。从应用落地成熟度来看，受到基础设施成熟度及技术标准影响，能够相对较快落地的场景是消费端应用为主的 5G 手机终端电子设备、超高清视频/直播、VR/AR 等。随着 5G 技术发展及商业化成熟度提升，智慧工业、车联网、智慧电力、智慧医疗等产业端场景将逐步落地。以工业为代表产业端的应用相比较消费端应用更能体现 5G 三大核心技术能力，并且产业端应用产业规模巨大，将是 5G 核心的、具有更高价值的应用场景。

第二节 工业互联网产业发展背景

工业互联网是信息新基建的关键组成部分,也是工业制造业与新一代信息技术融合的成果。工业互联网通过“人、机、料、法、环、测”的全面链接,采集工业设备核心价值数据(设备、工艺、材料),生成预测模型,实现生产制造流程优化,推动工业制造转型升级。工业互联网体系包括通信基础网络、综合平台及工业互联网安全三大板块。其中工业通信网络是工业互联网实现互联互通的重要基础,工业互联网综合平台是服务工业企业多样化需求的核心承载,工业互联网安全是工业企业参与的重要保障。

过去数年,中国积极发布工业互联网相关政策推动工业互联网发展。从2013年工信部提出两化融合开始,中国连续多年颁布工业互联网政策,直到2020年颁布《工业和信息化部办公厅关于推动工业互联网加快发展的通知》,中国在构建顶层政策体系上日趋完善,包括工业大数据应用、工业APP完善及推动企业上云实施指南,系列政策起到了指导产业发展的良好效果。

工业互联网行业发展速度较快,产业规模巨大,基于不同的工业场景及行业背景诞生了众多优秀的工业互联网平台。根据工信部及信通院数据,国内具有一定影响力的工业互联网平台超过70个,包括树根互联、海尔卡奥斯、东方国信 Cloudiip 及用友精智等平台。中央企业也已搭建超过54个工业互联网平台,总投资超过40亿元,平台注册用户超过6000万,高价值设备接入超过1000万。中国工业互联网产业增加值也呈现持续增长态势,推动中国国民经济的增长。根据中国工业互联网研究院数据,2019年我国的工业互联网产业增加值规模为3.41万亿元,预计2020年将达到3.78万亿元,占GDP的比重将达到3.63%。

中国工业互联网的快速发展推动了中国整体制造业的数字化转型,在机械、钢铁冶金、交通及能源等领域酝酿出系列新模式与新业态,但中国工业互联网整体处于发展初期阶段,仍然面临系列问题,包括工业数据采集不足、通信协议不互通的信息孤岛现象、企业数据私密性保护及商业模式不明晰等。

第三节 5G+工业互联网产业发展背景

5G作为新一代通信技术,其广连接、大带宽、高可靠的技术能力能够与工业互联网深度融合,以满足工业生产个性化定制、柔性制造等需求。5G+工业互联网以信息化为基础,以网络化、智能化为核心,实现信息流、物流、资金流、业务流、价值流有机的统一和集成,能够实现灵活响应、快速反应特性的全盘解决方案。

在 5G 赋能之下的工业互联网是传统制造企业升级智慧化工厂的核心发展路径，5G 作为新一代通信技术网络拓展了工业互联网的应用场景。

工业互联网的重要基础是通信基础网络，5G 作为新一代通信技术网络对于工厂无线通讯发挥着重要作用，5G 与 Wi-Fi、有线的关系是基于工业场景互补融合关系，而不是替代关系。例如在工厂 AGV 物流、AR 远程辅助指导、机器人自动化、无人叉车等有线部署难、连接数要求高的移动场景，5G 拥有巨大优势。

5G 赋予了工业互联网更多场景落地的有效性，例如 5G+MEC 边缘智能可以很好地解决工业企业数据隐私安全、异构网络融合等核心痛点。5G 技术亦可以赋能工业互联网，在设备远程维护、设备实时数据采集、工厂设备远程管理、机器视觉产品检测、多方协同等领域能够很好地发挥 5G 技术优势，有效的推动现有工厂实现智能化生产、网络化协同、个性化定制及服务化延伸等应用。

5G+工业互联网方面的应用现处于标杆打造阶段。一方面，5G+工业互联网与现存制造厂商自有网络融合难度较高；另一方面，5G+工业互联网产业尚未成熟，相关产品及解决方案仍需要完善，现有 5G+工业互联网网络部署成本相对较高，工厂客户建设负担大。

第四节 5G+工业互联网发展评估项目及模型的意义

持续迭代优化的产业发展模型帮助政府部门了解评估当前 5G+工业互联网产业现状、现有建设项目发展水平，促进政产学研协同合作发展。当前的 5G+工业互联网产业发展模型是初代 1.0 版本，主要根据现有 5G 与工业互联网融合发展的特点与产业实践搭建。随着产业自身的发展进步、产业专家参与者的建议及相关评估企业对发展模型的结果反馈，编者将逐步更换升级评估指标、权重及相关设置以适应不同产业发展阶段的评估要求。

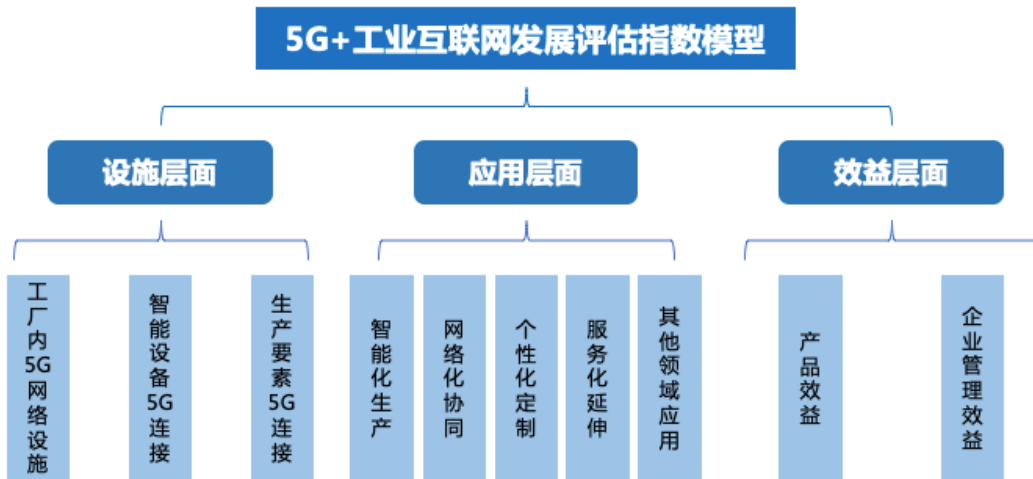
5G+工业互联网产业发展模型帮助企业与方案商了解行业应用发展态势，方便其完成客观的自我评价。由于 5G+工业互联网产业处于行业早期应用探索阶段，整体参与者缺乏对于产业本身的统一理解，对于企业自身在 5G+工业互联网产业的发展定位及未来发展路径也缺乏指导性意见与方法论，因此需要 5G+工业互联网产业发展模型帮助工业企业了解自身 5G+工业互联网建设水平，发现其应用落地遇到的问题，并获得相关的解决方案建议。目前初代 1.0 版本主要的作用在于帮助工业企业客观的进行自我评价，未来将会不断优化针对企业的发展提供更加多元化的功能服务。

第二章 5G+工业互联网发展评估模型

第一节 模型结构

5G+工业互联网发展评估模型重点关注 5G 在工业互联网中的实际部署情况、应用情况及取得的效果，因此评价体系分为设施、应用、效益三大层面。其中设施层面包括工厂内 5G 网络设施、智能设备 5G 连接、生产要素 5G 连接三个评估角度；应用层面包括智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸以及其他应用领域五个评估角度；效益层面则包括产品效益和企业管理效益两角度。

图表 1 5G+工业互联网发展评估模型框架



一、三大核心层面

5G+工业互联网的核心是利用智能网联化的技术、设施、设备，实现信息流、物流、资金流、业务流、价值流有机统一，从而赋能工业生产，以提升效率、降低成本。从 5G+工业互联网发展整体来看，设施的建设水平、应用的探索程度和应用成效，是评估 5G+工业互联网发展水平的重点。因此，本模型设置了设施层面、应用层面、效益层面三大核心层面。

设施层面主要评估工厂内 5G+工业互联网基础设施建设完备程度和连接情况，其中网络的建设水平，智能设备连接方式，以及人与机、机与机等生产要素间的信息交换方式是主要评估内容。

应用层面主要评估 5G 与工业互联网融合应用的水平，包括智能化生产、网络化协同、

个性化定制、服务化延伸及其他领域应用。

效益层面主要评估企业使用 5G+工业互联网后，取得的生产和管理收益。收益亦是 5G+工业互联网赋能工业的直接反映。

二、十大关键方向及评估指标

模型在三大核心层面之下，设置了十大关键评估方向。

1、设施层面

设施层重点关注 5G 网络的部署情况，以及基于 5G 网络的设备连接情况。5G 网络建设是基础的评价指标，考虑到工厂外相关应用主要由公众移动通信 5G 网络承载，涉及因素较多，本次评估主要聚焦在工厂内 5G 网络，后续根据工业互联网应用情况可扩展到工厂外 5G 网络。

设施层面主要包含以下三个关键评估方向。

(1) 工厂内 5G 网络设施：主要评估工厂内 5G 网络的建设情况和覆盖能力，以及与之协同的安全机制、网络切片、MEC、UPF 下沉等网络优化水平。工厂内 5G 网络设施评估方向下设 IT 网络覆盖率、OT 网络覆盖率和性能优化三个三级评估指标。

(2) 智能设备 5G 连接：主要评估工厂内的 IT 设备、OT 设备应用 5G 网络实现数据的传输与指令下达的情况，以相关设备的连接数量和比例。

(3) 生产要素 5G 连接：主要评估各工业生产要素间的数据、信息互通水平。

图表 2 设施层面评价指标

评估方向	评价指标 L1	评价指标 L2	评价指标 L3	评价指标 L4	评价指标 L5
工厂内 5G 网络设施	规划或开始建设期，尚未实现 5G 信息网络设施和相应的安全机制	初级建设阶段，部分办公和生产区域实现了 5G 网络覆盖，无安全机制和性能优化（上下行），无网络切片和 MEC、UPF 下沉	实现了一定规模的 5G 网络覆盖，有一定安全机制，做了部分性能优化（上下行），无网络切片和 MEC、UPF 下沉	大部分办公和生产区域实现了 5G 网络覆盖，有安全机制，进行了性能优化（上下行），应用了网络切片、MEC 和 UPF 下沉等技术	5G 网络设施全面覆盖，有完整的安全机制，全面性能优化（上下行），全套的网络切片、MEC 和 UPF 下沉方案，通过信息安全认证

评估方向	评价指标 L1	评价指标 L2	评价指标 L3	评价指标 L4	评价指标 L5
智能设备 5G 连接	仅有不到 10% 的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	设备处于 5G 联网改造的初级阶段，11%-20% 的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	设备开始进入规模化联网建设或改造，21%-30% 的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	大部分设备实现了 5G 联网建设或改造，31%-40% 的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	设备 5G 联网建设或改造基本完成，50% 以上的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行
生产要素 5G 连接	人机之间、机器之间没有信息交换和通讯，或采用有线方式实现人机、机机的信息交互	人机之间利用无线技术连接、机器之间有无线连接	利用 5G 实现人对机器的监控，机器之间通过 5G 实现连接	利用 5G+AR 和 VR 等技术用于生产过程的人机交互	50% 以上的人机、机机交互通过 5G 等方式进行连接和信息交互

2、应用层面

应用层面重点关注 5G+工业互联网在工业中的实际应用情况。通常来说，工业互联网的主要应用有智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务化延伸四大方向。5G+工业互联网的应用主要体现在 5G 赋能工业互联网，促进工业互联网应用，并增加工业互联网应用的创新延展性。

应用层面主要包含以下五个关键评估方向。

(1) 智能化生产：主要评估在关键设备、生产过程、工厂等全方位智能管控与决策优化方面，5G+工业互联网的应用情况。典型应用场景包括智能生产和流程管理、设备/环境管理、厂内物流管理等。智能化生产涉及多类工业系统，物联网数据采集、传输、分析，及自动驾驶、智能机器人等技术融合应用。

(2) 网络化协同：主要评估在整合分散的设计、生产、供应链和销售资源，形成协同设计、众包众创、协同制造等一系列新模式、新业态方面，5G+工业互联网的应用情况。网络化协同涉及企业供应链与企业 ERP 系统、工业标识等技术。

(3) 规模化定制：主要评估在精准获取用户需求，通过灵活组织设计、制造资源与生产流程，实现低成本条件下的大规模定制生产的场景中，5G+工业互联网的应用情况。典型应用场景为模块化定制、开放式定制。个性化定制涉及工业电商平台、工业产品大数据分析

等。

(4) 服务化延伸：主要评估在产品生产后的运行状态监测，以及为产品购买者提供远程维护、故障预测、性能优化等增值服务方面，5G+工业互联网的应用情况。服务化延伸主要涉及工业设备和产品的联网监测、数据采集、在线分析与远程诊断、维护等技术。

(5) 其他领域应用。

图表 3 应用层面的评价指标

评估方向	评价指标 L1	评价指标 L2	评价指标 L3	评价指标 L4	评价指标 L5
智能化生产	不没有涉及任何 5G 应用	涉及至少两项 5G 应用	涉及至少五项 5G 应用	50%的生产环节引入 5G	80%的生产环节引入 5G
网络化协同	产业链协调不没有涉及任何 5G 应用	涉及至少一项 5G 应用	涉及至少三项 5G 应用	20%的产业链企业引入 5G	50%的产业链企业引入 5G
个性化定制	没有个性化定制或较少的个性化定制	个性化定制没有涉及任何 5G 应用	个性化定制涉及至少一项 5G 应用	个性化定制涉及至少二项 5G 应用	个性化定制涉及至少五项 5G 应用
服务化延伸	没有服务化延伸或较少的服务化延伸	服务化延伸没有涉及任何 5G 应用	服务化延伸涉及至少一项 5G 应用	服务化延伸涉及至少二项 5G 应用	服务化延伸涉及至少五项 5G 应用
其他领域应用	没有 5G 应用	至少有一项 5G 应用	至少有二项 5G 应用	至少有四项 5G 应用	至少有五项 5G 应用

3、效益层面

效益层面重点关注 5G+工业互联网应用为企业带来的实际效果。“5G+工业互联网”融合应用将降低企业运营成本，提高生产效率，优化制造资源配置，从而推动整个企业提升产品效益和管理效益。

应用层面主要包含以下两个关键评估方向。

(1) 产品效益：关注 5G+工业互联网应用后，产品质量提升、生产成本降低、生产效率提高等效果。

(2) 企业管理效益：主要评估企业成本和效益的变化。

图表 4 效益层面的评估指标

评估方向	评价指标 L1	评价指标 L2	评价指标 L3	评价指标 L4	评价指标 L5
产品效益	良品率提高 5% 或成本降低 5% 或效率提升 5%	良品率提高 8% 或成本降低 8% 或效率提升 8%	良品率提高 13% 或成本降低 13% 或效率提升 13%	良品率提高 20% 或成本降低 20% 或效率提升 20%	良品率提高 30% 以上或成本降低 30%以上或效率 提升 30%以上
管理效益	成本降低 5% 或 效率提升 5%	成本降低 8% 或 效率提升 8%	成本降低 13% 或 效率提升 13%	成本降低 20% 或 效率提升 20%	成本降低 30% 以 上或效率提升 30% 以上

第二节 权重设置

模型结合了专家和企业建议，设置了各级指标权重。一二级指标权重影响最大，也是专家和企业最为关注的指标权重，采取逐个讨论，设定权重。三级指标则大致采用相等权重。

目前多数有 5G+工业互联网规划的工业企业都处于进行设施建设和应用探索的初级阶段，因此设施和应用层面是当前主要的发展评估层面。在应用层面中，智能化生产和网络化协同的权重最大，主要因为 5G 在这两类工业互联网应用中，有发挥最大能力的特点的可能性，所以这两个二级指标成为最主要评估方向。

图表 5 5G+工业互联网发展评估模型一、二级指标权重

一级指标	对应权重	二级指标	对应权重
设施层面	40%	工厂内 5G 网络设施	40%
		智能设备 5G 连接	30%
		生产要素 5G 连接	30%
应用层面	40%	智能化生产	55%
		网络化协同	30%
		个性化定制	5%
		服务化延伸	5%
		其他领域应用	5%
效益层面	20%	产品效益	70%
		企业管理效益	30%

第三节 发展评估模型的动态调整

模型的设计需要根据产业和市场的发展阶段不断做出调整，以反映 5G+工业互联网实际发展程度。

权重的调整

当前模型中，设施层面、应用层面、效益层面三大核心要素的权重分别为 0.4、0.4、0.2，设施层面和应用层面权重较大。整体来说，各工业企业正处于逐渐接受 5G+工业互联网的阶段，正在尝试建设相关基础设施，因此设施层面在 5G+工业互联网发展评估中是基础评估项。设施建设的同时，工业企业正在同步规划和开展应用探索，且应用是企业获取效益的基础，因此应用层面的权重同样较高。效益层面当前权重较低，主要因为对于各工业企业来说，要么处于刚开始建设设施的早期阶段，要么处于探索应用的初期，整体效益还没有完全凸显。

未来，随着 5G+工业互联网基础设施的完善，应用和效益层面的权重将上升。

评估项目的选择

当前，5G+工业互联网仍处于发展初期，设施层面是应用和效益层面的基础，因此设施层面发展水平具有很高的评估价值。未来，随着 5G+工业互联网设施铺设完善，各个工业企业在设施层面差别不大，那么设施层面可能将不再需要作为评估项目。

第三章 5G+工业互联网发展评估模型应用说明

第一节 指标量化设置

为了方便评估工作的展开，根据 5G+工业互联网发展评估模型，研究项目组制定了相应的评估问卷。评估问卷以定量问题为主，以便受访企业可以明确做出回答。

定量问题采取分段定量的方式，划分成 5-6 个层级。定性问题则通过不同发展水平对应的不同描述的方式来区分各层级。

图表 6 发展评估模型定量和定性指标的问卷设置举例

类型	三级指标	评价指标	对应分数
定量问题	IT 设备 5G 连接	A. 仅有不到 10%的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	20
		B. 设备处于 5G 联网改造的初级阶段，11%-20%的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	40
		C. 设备开始进入规模化联网建设或改造，21%-30%的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	60
		D. 大部分设备实现了 5G 联网建设或改造，31%-40%的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	80
		E. 设备 5G 联网建设或改造基本完成，50%以上的设备通过 5G 实现数据信息采集、上传、下载、指令执行	100
定性问题	工厂内网络性能优化	A. 无安全机制和性能优化（上下行），无网络切片、MEC 和 UPF 下沉	0
		B. 做了部分性能优化（上下行），无网络切片、MEC 和 UPF 下沉	30
		C. 有安全机制，进行了性能优化（上下行），应用了网络切片、MEC 和 UPF 下沉等技术	70
		D. 全套的网络切片、MEC 和 UPF 下沉等方案，通过信息安全认证	100

第二节 整体能力评分公式设置

每一个三级指标都对应着满分 100 分的评分项，分值越高代表单项发展水平越高。企业 5G+工业互联网整体发展评估分数为加权处理后，各单项三级指标分数之和。

5G+工业互联网发展总体评分的计算公式如下：

$$G_i = \sum_{x=1}^l \sum_{y=1}^m \sum_{z=1}^n A_x B_y C_z K_z$$

G_i =5G+工业互联网整体发展评估分数

A_x =第 x 个一级指标的权重系数

B_y =第 y 个二级指标的权重系数

C_z =第 z 个三级指标的权重系数

K_z =第 z 个三级指标单项评分

$x = (1 \cdots \cdots l)$, $y = (1 \cdots \cdots m)$, $z = (1 \cdots \cdots n)$

第三节 发展评级设置

根据评分区间，共设 5 个发展评级。由低到高的评级代表着发展度由低到高提升。发展度提升的过程也是 5G+工业互联网在实际工厂场景中，应用逐步完善、成熟的标志。

评级分为单项能力评级和整体能力评级。单项能力评级主要按照一级和二级指标评分，对单一项目的发展水平进行等级评定。

整体能力同样可以根据总体评分得出相应的评级，但在实际应用中，5G+工业互联网的综合能力应该同时体现在设施层面、应用层面、效益层面上，过于薄弱的单层面表现，反映出 5G+工业互联网实际应用时仍存在问题待解决，未能发挥应有的作用。因此，在整体能力评级体系中，对一级指标评分设置了门槛，低于特定值的一级指标评分将降低整体能力评级。例如，当企业的总体评分大于等于 81 分，但是效率层面单项评分 ≤ 70 分，最终的整体能力评级将随之由 L5 降至 L4。

图表 7 5G+工业互联网单项和整体发展分数和评级对应

评级	单项能力	整体能力	
	评分	总体评分	单项一级指标评分
L1	0-20 (含)	0-20 (含)	-
L2	20-40 (含)	20-40 (含)	>10
L3	40-60 (含)	40-60 (含)	>30
L4	60-80 (含)	60-80 (含)	>50
L5	80-100 (含)	80-100 (含)	>70

第四节 其他问题设置

为了发掘更多现阶段 5G+工业互联网应用的特征和趋势，问卷中设置了发展评估模型之外的附加问题，主要包括 5G+工业互联网应用类型、建设规划等方面。

应用相关问题主要调研当前企业的 5G+工业互联网应用细节情况，包括企业的应用项目类型和 5G 在工业控制等核心领域应用情况。

规划相关问题主要包括企业的 5G+工业互联网投入计划等问题。



第四章 5G+工业互联网发展评估调研结果分析

本次 5G+工业互联网发展评估项目，主要通过邀请工业企业填写问卷的形式开展调研。调研回收有效调研问卷 18 份。提供有效调研问卷的 18 家企业中，有 10 家离散类工业企业，8 家流程类工业企业。

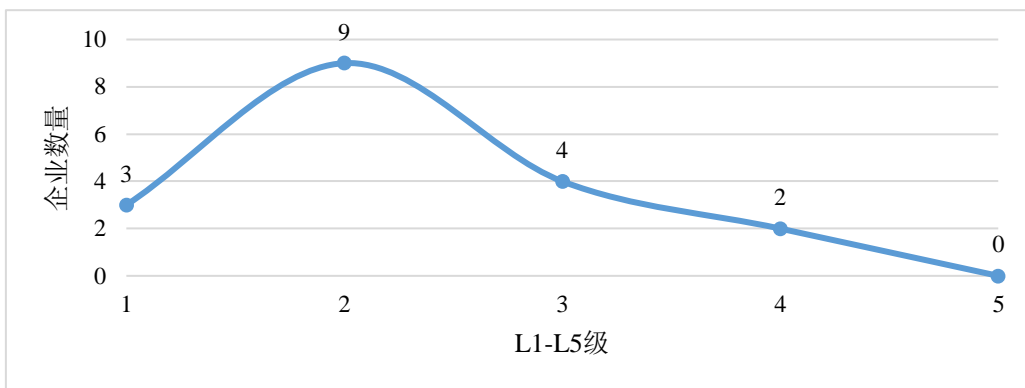
本次调研的样本数量有限，但调研成果仍能部分反应当前 5G+工业互联网发展的实际情况。

第一节 5G+工业互联网整体发展水平分析

从整体评级来看，18 份有效调研样本中，L5 级企业 0 家，L4 级企业 2 家，L3 级企业 4 家，L2 级企业 9 家，L1 级企业 3 家。由于单项能力评分较低而降级的企业共 3 家，其中 2 家为 L3 降至 L2，1 家为 L2 降至 L1，3 家都因为应用层面分数偏低而降级。

企业整体发展评级呈正偏态分布，多数企业集中在 L2 级，右长尾主要是少数头部企业达到较高发展水平。整体来看，5G+工业互联网发展尚处于早期，成熟度偏低。但由于 5G+工业互联网标杆项目打造进展较顺利，有部分头部企业 5G+工业互联网发展水平较高，达到 L4。

图表 8 2020 年 5G+工业互联网整体能力发展评级分布（单位：家）



目前，没有企业达到 L5 级。L5 级企业的 5G+工业互联网发展成熟，拥有完备的基础设施和丰富的应用能力，并取得了较为明显的效益。

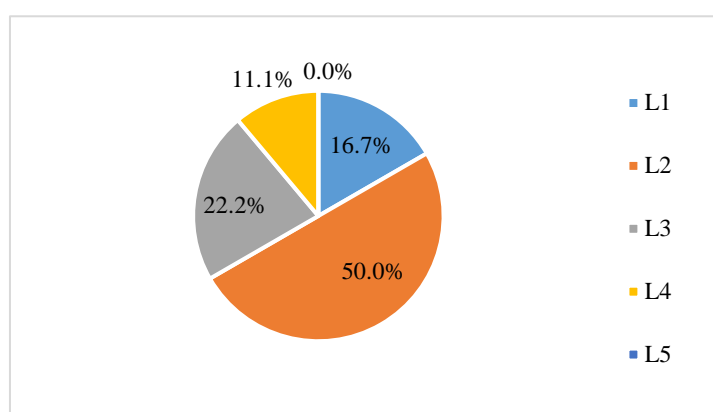
11.1%企业处于 L4 级。这类企业通常已具备完善的基础设施，并开展了多项应用探索，并取得了一定收益。

22.2%企业处于 L3 级。这类企业处于基础设施搭建较为完善，正展开一些应用探索的阶段，效益开始有所体现。

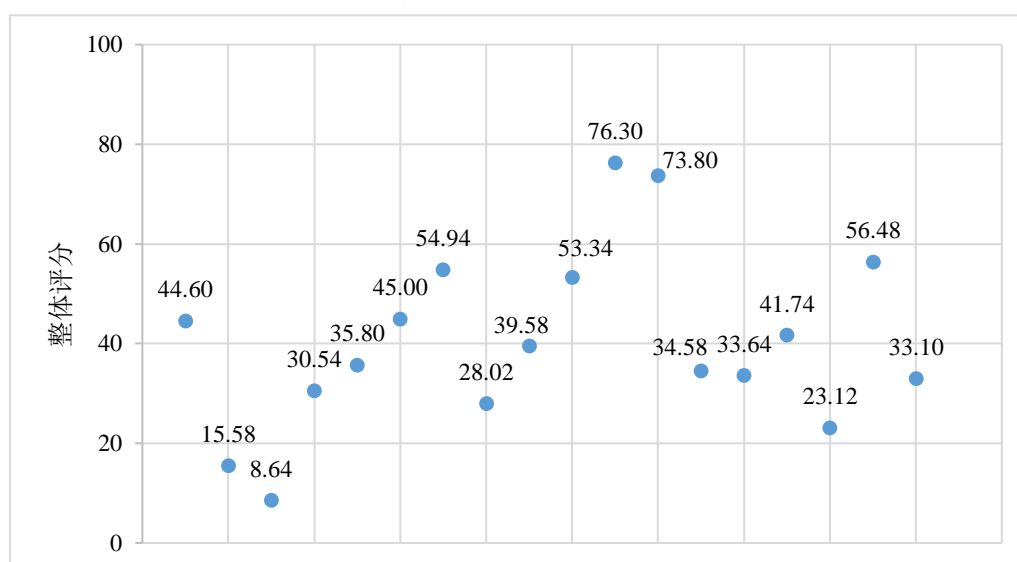
50%企业处于 L2 级。这类企业正处于不断完善基础设施的阶段，同时开始了少数重点应用项目的探索，整体尚未有较明显的效益或者效益集中在个别应用方面。

16.7%企业处于 L1 级。这类企业刚开始建设 5G+工业互联网基础设施，应用探索少，整体效益不明显。

图表 9 2020 年 5G+工业互联网发展评级分布（单位：%）



图表 10 2020 年 5G+工业互联网整体能力评分情况（非评级）



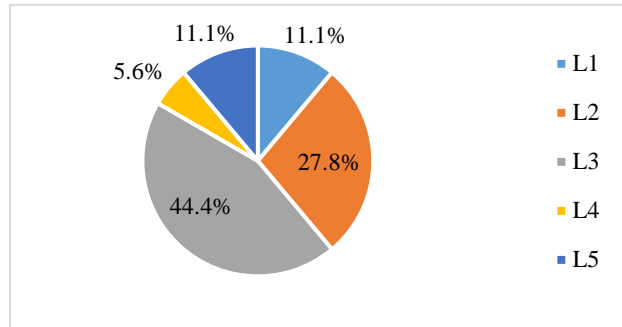
第二节 5G+工业互联网单项发展水平分析

5G+工业互联网发展评估模型包含设施层面、应用层面和效益层面三大核心要素。

设施层面

44.4%的企业在设施层面处于 L3 级。L2 和 L3 级企业合计占比 72.2%，是当前工业企业主要所处的 5G+工业互联网设施建设水平。L1 和 L5 企业占比都为 11.1%。总体来看，企业当前的 5G+工业互联网设施建设水平正处于已达到部分可用水平，并逐步完善的阶段。

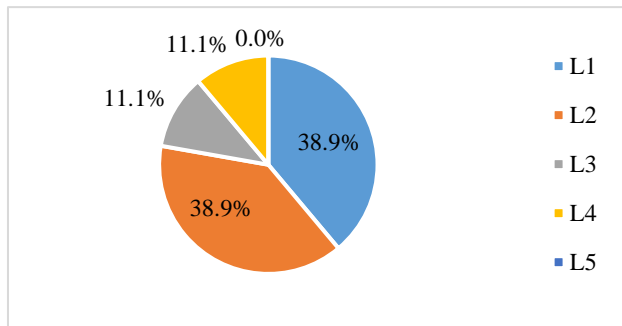
图表 11 设施层面评级分析（单位：%）



应用层面

处于应用层面 L1 和 L2 的企业都为 38.9%，合计 77.8%的企业在应用层面处于较初级的水平。同时，目前没有企业在应用层面的发展水平达到 L5。因此，应用层面的探索整体滞后于设施层面，处于初期。

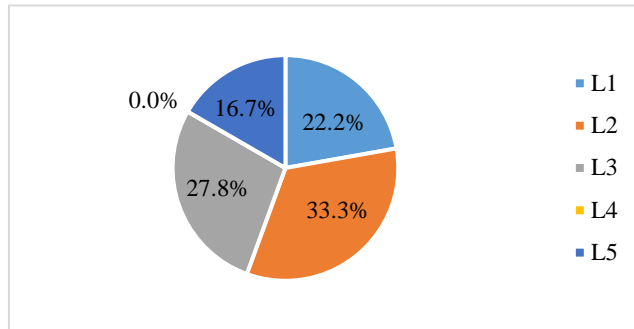
图表 12 应用层面评级分析（单位：%）



效益层面

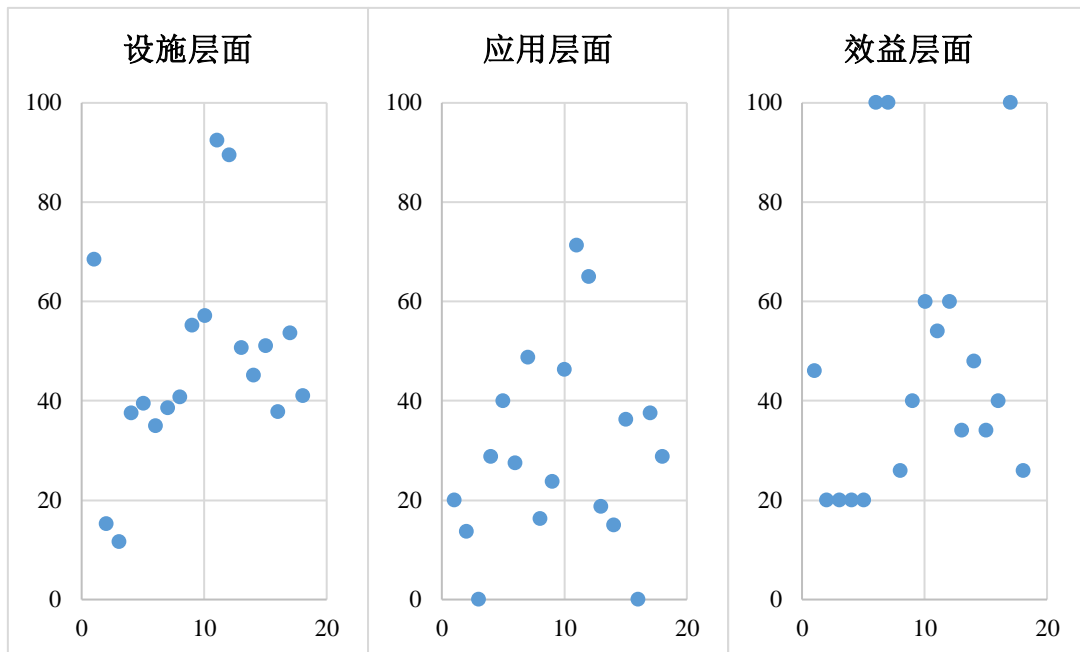
目前，企业在效益层面的发展水平相对均衡，但总体偏低。有 16.7%的企业已达到 L5 级，但是处于 L3、L2、L1 级的企业分别占比 27.8%、33.3%、22.2%。

图表 13 效益层面评级分析（单位：%）



整体来看，各企业 5G+工业互联网设施层面发展水平分布相对集中，多数集中在 L2 和 L3 级，仅有少数头部企业设施部署已较完善，及少数企业网络覆盖、5G 连接刚刚起步，因此评分的极差大。应用层面发展水平集中，整体偏落后，大多集中在 L1 和 L2 级，数据极差和样本标准差都是三大核心层面中最小的。个别头部企业凭借完善的设施部署，快速开启了各应用场景的探索。效益层面发展水平集中度低，数据样本标准差最大，主要因为部分类型工业企业还未找到最适合的应用方向，导致效益不彰，而在部分工业场景却效果显著。同时，大多企业在 5G+工业互联网效益层面的发展水平还处于 L2 和 L3，提升空间较大。未来，随着设施和应用的成熟，整体效益将更加显著。

图表 14 单项能力发展水平评级分布



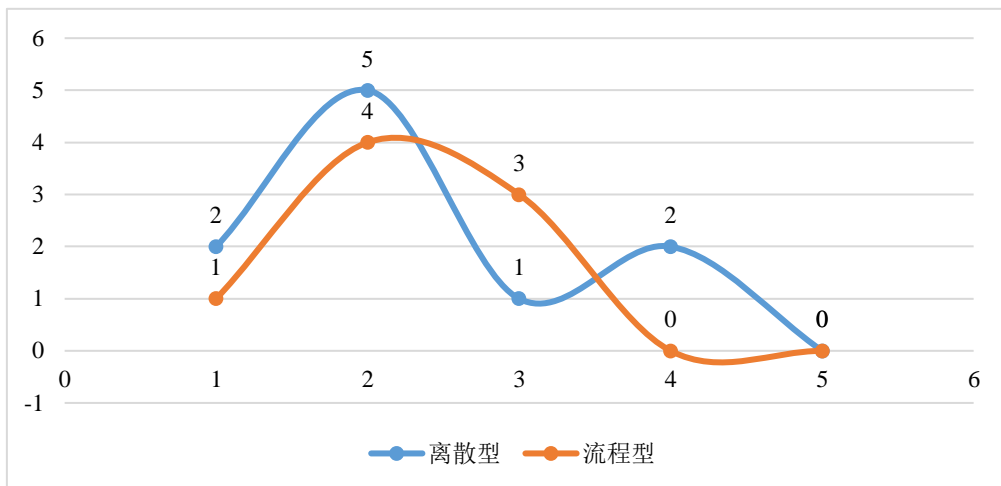
第三节 5G+工业互联网在离散型工业和流程型工业发展分析

离散型工业和流程型工业的 5G+工业互联网发展方面有明显差异。整体来看，离散工业的 5G+工业互联网发展水平两级分化较严重，流程工业企业则相对集中。

流程工业企业的 5G+工业互联网发展水平较为集中，87.5%的企业集中在 L2 和 L3 级，12.5%企业处于 L1 级，没有企业达到 L4 级。流程工业企业的 5G+工业互联网探索稳步推进，但相对保守。

离散工业的发展水平呈现出两极分化，少数企业达到 L4，但仅有一家企业处于 L3，50%企业仍集中在 L2。头部离散工业企业进展快，5G+工业互联网发展已达到较好水平，但多数企业仍处于较初级水平，设施建设不完善，应用探索滞后。

图表 15 离散型和流程型工业 5G+工业互联网发展水平对比（单位：家）



设施层面

离散工业企业的 5G+工业互联网设施层面发展水平分布较分散，头部企业设施搭建完善，部分企业则刚刚开始开展建设。流程工业企业的设施层面发展度分布集中度高，企业的发展水平接近。

应用层面

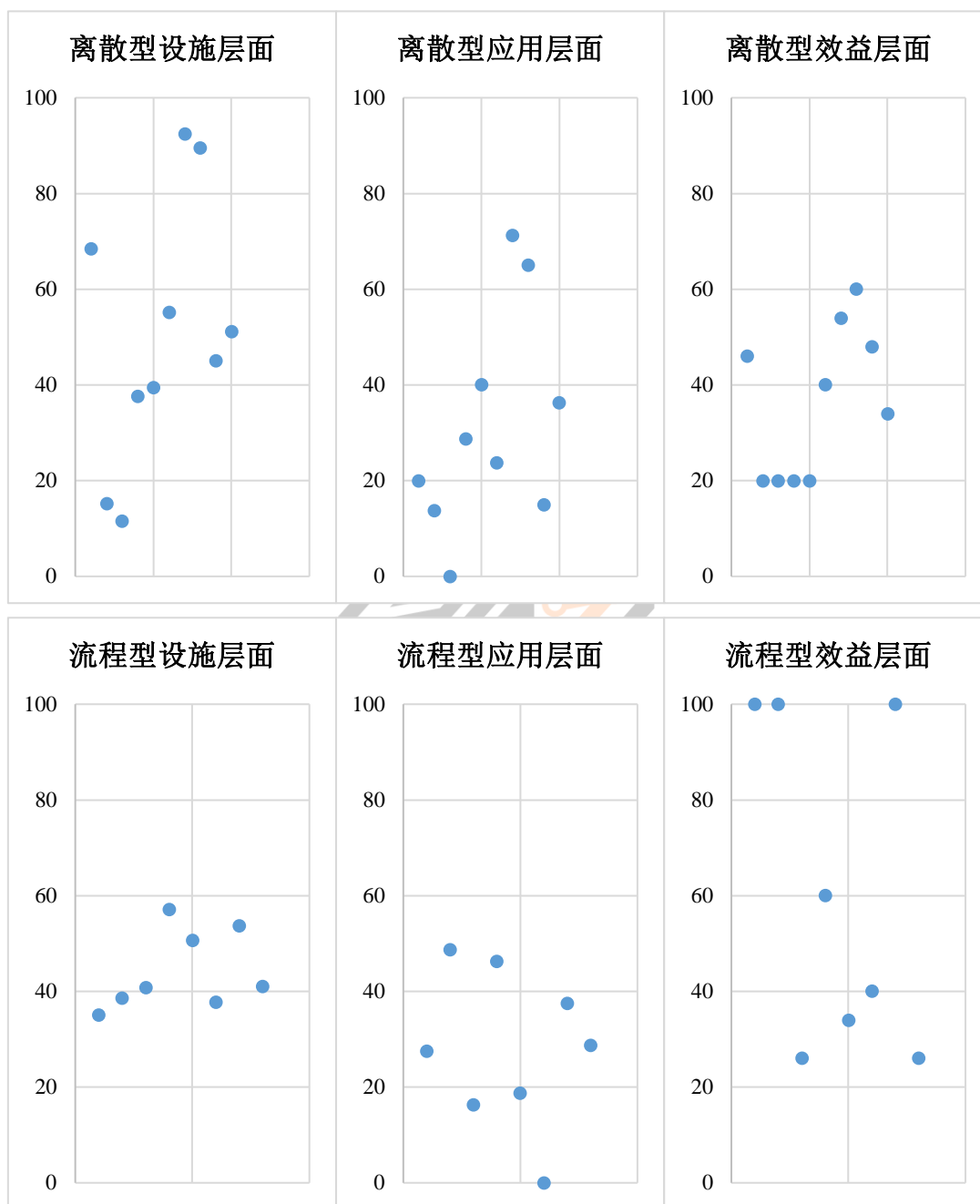
离散工业企业在 5G+工业互联网应用层面同样分布较分散，但头部企业在应用上探索积极。流程工业企业在应用探索上偏保守，体现在应用项目较少和应用集中在核心生产控制环节之外的领域两个显著特征。

效益层面

离散工业企业在 5G+工业互联网效益层面较集中，且整体效益偏低。流程工业企业的效

益层面发展水平分散度高，但效益相对突出，效益明显主要体现在节能和高价值设备维护等方面。

图表 16 离散型和流程型工业 5G+工业互联网单项发展水平对比



第五章 5G+工业互联网发展特征

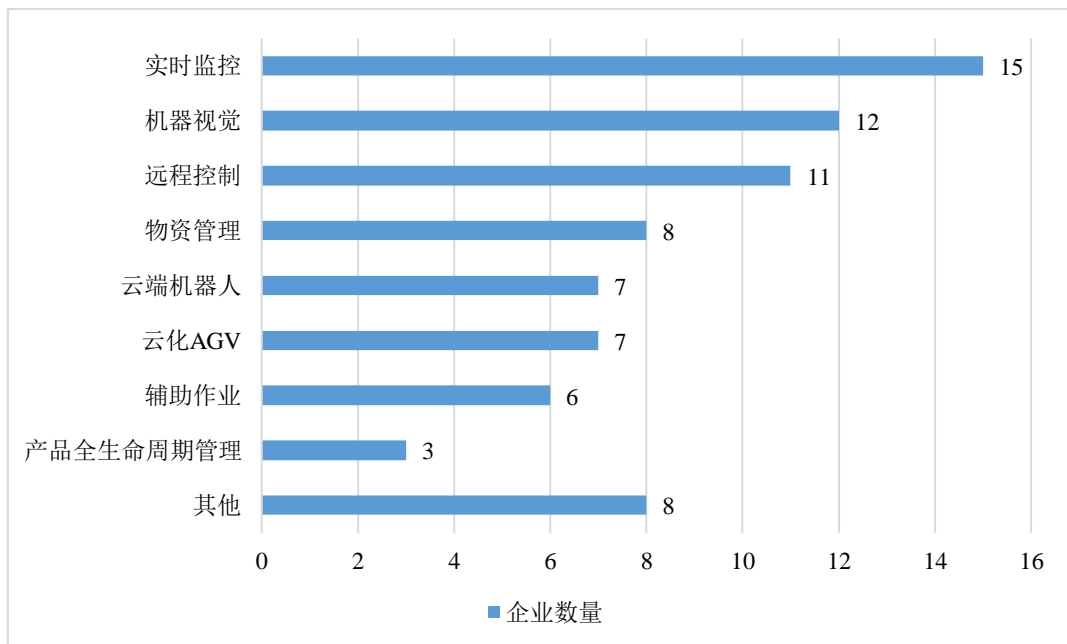
此次发展评估调研不仅通过问卷获取了工业企业的 5G+工业互联网发展评分，也调研了企业对待 5G+工业互联网的态度和在应用中的特点。

第一节 5G+工业互联网应用类型特征

目前工业企业已在实际工业场景中探索出多项 5G+工业互联网应用。企业在研发设计环节，基于 5G 网络，结合 VR/AR 技术，实现虚拟的、多方的远程协同，以及帮助解决实时的工业制造问题。在生产制造环节，在低时延网络环境下，展开精准远程控制，云端机器人、AVG 使用，物料实时调配等。在运维服务方面，高清视频实时监控、无人巡检等也成为保障高价值、高贡献设备和确保良好生产环境的重要能力。

在提供有效调研的 18 家企业中，分别有 83.3%和 66.7%的企业正在做实时监控和机器视觉的应用和探索，这两类视觉相关的能力是当前应用最广的 5G+工业互联网能力，这主要得益于 5G 网络的大带宽和低时延特性，以及 AI 算法的进步。排在第三位的是远程控制能力，有 61.1%企业在做相关应用探索，但是在实际工业生产过程中，由于环境复杂、出错成本高等因素，返控和实施控制仍非常困难。

图表 17 主要 5G+工业互联网技术应用场景的已使用企业数量（单位：家）



第二节 5G 在工业控制核心领域的应用特征

经调研，已有或有规划开展产线工业控制系统（PLC/DCS）通过 5G 网络云化部署的企业仅有 50%。有所部署的企业部署率多数在 20%以下，部署率超过 20%的企业仅有 11.1%。5G 网络目前在工业控制环节的应用率低，主要因为对于全年开机数千小时，停机损失极大的大型工业企业来说，5G 当前 99.99%的可靠性仍然需要提高。此外，当前许多工业场景对 PLC 控制的时延要求是不超过 8 毫秒，然而目前大部分 5G 网络时延仍在 20 毫秒以上。因此，5G 在工业控制方面的使用仍需要 5G 网络能力的提升作为基础。

第三节 企业的 5G+工业互联网规划特征

被调研企业中，所有企业都表示有 5G+工业互联网的投入规划，但 50%的企业表示投入金额不定，这主要因为当前 5G+工业互联网应用市场的商业模式尚不清晰，有意投入建设的企业并不能很好的把握投入规模和节奏。典型的问题是 5G 在工厂中应用的资费标准至今并不明确。工厂场景 5G 应用产生的流量巨大，如果按照现行标准流量费来收取，工业企业很难负担，而如果收费标准过低，运营商将面临网络建设投入回收周期过长的窘境。相比之下，所有企业都表示有明确的工业互联网投入的预算金额，没有明确金额的企业仅为 27.8%。

图表 18 企业 5G+工业互联网投入规划和工业互联网投入规划（单位：%）

