

工业互联网创新技术专利态势白皮书

(2021)

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

中国信息通信研究院 知识产权中心

2021-11

摘要

随着新一代信息技术的自身发展和面向工业场景的二次开发，5G、边缘计算、区块链、工业人工智能、数字孪生等等技术成为影响工业互联网后续发展的核心重点技术和不可或缺的组成部分。为此，我们重点对 5G、边缘计算、区块链、工业人工智能、数字孪生等五大技术领域在工业互联网产业应用的知识产权发展情况进行了专利分析，并结合全球竞争态势展示技术创新方向和专利风险问题。

5G+工业互联网融合创新带来了新的技术挑战，涉及融合的网络部署架构、融合的终端技术、融合应用技术以及融合的网络安全问题。从知识产权视角来看，由于 5G 标准 3GPP R15/R16/R17 规划了一系列推动工业应用的技术功能，有更多的 ICT 企业、运营商、制造业企业参与标准研制和知识产权布局，以专利为代表的技术创新成果不断涌现。

工业智能融合了以人工智能技术为核心的先进技术，形成了面向工业场景的综合智能技术解决方案。在工业智能的创新赛道上，呈现专利申请主体来源广泛、行业巨头云集的特点。

数字孪生技术近年来由概念走向落地，专利进入快速上升期，未来或在多个国家或地区均有应用的潜力，国际工业巨头企业以及 IT 企业积极布局，我国高校产生了较多专利，从细分方向来看，基于数字孪生的建模与仿真、面向智能工厂的数字

孪生应用成为技术创新热点。

区块链以其防伪造、防篡改、可追溯等技术特性，从而解决制造业中的设备管理、数据共享、多方信任协作、安全保障等问题，并催生新模式、支撑产业链大规模协作、保障工业安全等。全球范围内容专利数量超过 3 万件，基于区块链的供应链金融、汽车、医疗、能源等专利数量相对突出，彰显区块链技术正在不断与工业领域深入结合，在这些场景下开展应用落地。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

目 录

第一章 概述	1
(一) 研究背景	1
(二) 技术分解表	2
(三) 数据来源和范围	3
(四) 数据完整性与数据规范化处理	4
第二章 “5G+工业互联网”网络融合关键技术专利分析	5
(一) “5G+工业互联网”产业生态初步构建，网络融合带来技术挑战	5
(二) 工业需求促进 5G 标准不断引入新技术创新和专利申请	5
(三) ICT 企业围绕关键技术提前布局专利	7
(四) 5G TSN (5G 时间敏感网络)	7
1.技术标准——3GPP 持续演进，适应工业互联网新需求	7
2.申请趋势——新进入者众多，技术创新活跃	8
3.地域分布——中国赶超美国申请量位列第一	9
4.创新主体——华为和国内终端厂商积极创新和布局专利	10
5.创新热点——企业布局各有侧重，标准必要专利已经出现 ...	12
(五) 5G LAN (5G 局域网)	12
1.技术标准——5G LAN 解决传统行业客户专网中存在的问题 ...	12
2.申请趋势——技术创新活跃，专利申请量翻倍	13

3.地域分布——中国企业积极布局专利	14
4.创新主体——华为和终端厂商、互联网企业创新活跃，申请量超过欧美企业	15
5.创新热点——协议层技术、切换技术、服务质量是专利布局热点	15
（六）5G NPN(5G 非公共网络).....	16
1.技术标准——场景需求推动标准化进程，垂直行业通过 NPN 构建端到端的内部 5G 网络	16
2.申请趋势——专利申请量激增，未来将产生更多专利	16
3.地域分布——更多企业采取 PCT 国际申请策略	17
4.创新主体——中国申请人创新活跃	18
5.创新热点——非公共网络（SNPN）和非独立的非公共网络（PNI-NPN）均有布局	19
（七）边缘计算	20
1.技术标准——5G MEC 蓬勃发展，应用场景广泛	20
2.申请趋势——专利申请围绕技术标准大量出现	20
3.地域分布——产业政策推动下，我国企业积极布局边缘计算专利	21
4.创新主体——ICT 企业积极布局边缘计算专利	23
第三章 工业互联网创新技术专利态势分析	24
（一）工业智能	24

1.申请趋势——工业智能产业探索不断深入，相关专利国内外均呈攀升态势	24
2.地域分布——工业与智能结合成关注焦点，国际专利竞争激烈	25
3.创新主体——多领域头部企业抢占工业智能新赛道，国内则以高校为创新主力	27
4.创新热点——焊接领域智能技术创新活跃，神经网络和机器学习是热点方向	28
（二）工业区块链	30
1.申请趋势——工业区块链专利数量激增，与汽车医疗等领域正在深度结合	30
2.地域分布——多国积极推进区块链的应用，专利布局中美为主	31
3.创新主体——多方主体积极实践区块链工业应用，互联网厂商抢先布局专利	32
4.创新热点——智能合约安全性成工业应用关注方向，区块链正与人工智能结合	33
（三）数字孪生	34
1.申请趋势——数字孪生由概念走向落地，专利进入快速上升期	34
2.地域分布——数字孪生专利多分布美国和中国	35

3.创新主体——数字孪生领域专利多为工业自动化厂商布局 ...	36
4.创新热点——面向智能工厂的数字孪生应用成技术创新热点	37
第四章 总结	39
（一）工业互联需求拉动 5G 技术创新，标准演进促进新技术专利 出现	39
（二）工业智能领域专利申请活跃，产业探索步伐有待进一步持续 加大	40
（三）数字孪生从概念走向落地，专利数量持续快速攀升	41
（四）面向行业应用的区块链技术创新活跃，头部企业积极抢占先 机	42

图目录

图 1 3GPP 5G 标准演进.....	6
图 2 TSN 架构（TS 23.501）.....	8
图 3 5G TSN 全球/中国专利申请趋势.....	8
图 4 5G TSN 全球专利目标市场国.....	9
图 5 5G TSN 重点申请人专利地域分布.....	11
图 6 5G TSN 国内各省份专利申请量.....	11
图 7 5G TSN 专利重点企业专利创新热点方向.....	12
图 8 5G LAN 解决方案.....	13
图 9 5G LAN 全球/中国专利申请趋势.....	14
图 10 5G LAN 全球专利申请人地域.....	14
图 11 5G LAN 国内各省专利申请量.....	15
图 12 5G NPN 全球/中国专利申请趋势.....	17
图 13 5G NPN 全球专利申请人地域.....	17
图 14 5G NPN 重要申请人地域分布.....	18
图 15 5G NPN 国内各省市专利申请量.....	19
图 16 5G NPN 专利聚类分析.....	19
图 17 边缘计算专利申请趋势.....	21
图 18 MEC 全球专利目标市场国.....	22
图 19 5G MEC 国内各省专利申请量.....	23

图 20 工业智能专利申请趋势	25
图 21 工业智能专利全球地域	26
图 22 工业智能专利聚类图	29
图 23 工业区块链专利申请趋势	31
图 28 工业区块链专利全球地域分布	32
图 29 工业区块链专利聚类图	34
图 30 数字孪生技术专利申请趋势	35
图 31 数字孪生技术全球专利地域分布	36
图 32 数字孪生技术专利聚类图	38
图 33 关键技术专利申请趋势对比	39
图 35 关键技术专利国内各省份对比	40

第一章 概述

（一）研究背景

随着新一代信息技术的自身发展和面向工业场景的二次开发，5G、边缘计算、区块链、工业人工智能、数字孪生等技术成为影响工业互联网后续发展的核心重点技术和不可或缺的组成部分。

“5G+工业互联网”融合创新带来了新的技术挑战，5G 与工业互联网融合架构涉及融合的网络部署架构、融合的终端技术、融合应用技术以及融合的网络安全技术问题。由于 5G 标准 3GPP R15/R16/R17 规划了一系列推动工业应用的技术功能，有更多的 ICT 企业、运营商、制造业企业参与标准研制和知识产权布局，以专利为代表的技术创新成果不断涌现。

边缘计算为制造业的提质升级提供强有力的技术支撑，工业场景下边缘计算融合架构和应用场景成为企业专利创新的热点方向。通过移动边缘计算平台的分流模块实现了企业生产和管理数据的本地分流，保障了企业数据的安全性和私密性。

区块链的防伪造、防篡改、可追溯等技术特性，有利于以低成本建立互信的“机器共识”和算法透明，从而解决制造业中的设备管理、数据共享、多方信任协作、安全保障等问题，并可催生新产业模式、支撑产业链大规模协作、保障工业安全等。

工业智能融合了以人工智能技术为核心的先进技术，形成

了面向工业场景的综合智能技术解决方案。在钢铁、能源、汽车、机床、纺织、化工等典型工业生产制造应用场景出现了大量的技术创新与专利申请。

数字孪生是近年发展热点，随着数字孪生由概念走向落地，专利进入快速上升期，虽然这个概念最早来自军事领域，但是很快得到了领先的工业企业的认同，并投入了大量资源做研究，逐步成为大部分平台建模和模型管理的核心理念，国内外专利申请活跃。

（二）技术分解表

本次专利分选选取了 5 个技术方向，分别为 5G、边缘计算、工业人工智能、工业区块链、数字孪生。

因此，本项目的专利分析包括如下技术：

表格 1 工业互联网关键创新技术

序号	技术点	概念
1	5G TSN	TSN,时延敏感网络，3GPP 将整个端到端 5G 系统视为 TSN 桥接器，与外部网络集成在一起，实现逻辑上的“TSN 桥”和时间同步，它将在分组分发、自动寻址和服务质量 QoS 等领域满足工业企业需求
2	5G LAN	5G LAN 型服务是指通过 5G 实现改进的具有与局域网（LAN）和 VPN 相似功能的服务
3	5G NPN	5G NPN（非公众网络）是面向垂直行业的非公众网络传输网络，在 3GPP 标准中，明确了独立和非独立两种组网模式，并定义了对应的标识机制。
4	边缘计算	多接入边缘计算，MEC 是指根据业务场景需要将多种接入形式的部分功能、应用及内容 部署到企业侧网络边缘，提供低时延、大带宽、高安全 的服务，ETSI 提出的多接入边缘计算 MEC 是基于 5G 演进的架构，并将移动接入网与互联网业务深度融合。
5	工业区块链	区块链技术在工业互联网领域的技术应用。

序号	技术点	概念
6	工业智能	工业智能技术指融合了人工智能技术形成的面向工业场景的综合智能技术解决方案。包括相关芯片、技术平台与框架、数据服务等基础层技术，以及用于工业预测性维护、故障检测的计算机视觉，语音识别及语义处理、机器学习等应用层技术。
7	数字孪生	数字孪生技术是一种实体空间与虚拟空间的数字化、网络化、智能化的映射关系的技术。它将人工智能、机器学习和软件分析与空间网络图相集成以创建数字仿真模型。

（三）数据来源和范围

检索关键词根据工业互联网关键技术确定；检索平台采用商业数据库；检索数据源自全球 105 个国家/地区的官方知识产权局；检索时间是从 2011 年申请日开始，截至 2021 年 6 月底之前公开的专利。

研究过程主要包括技术主题梳理、专利检索、数据清洗及补充检索、数据规范化处理和统计分析。首先详细梳理 5G+工业互联网关键技术内容，确定专利检索数据库，构建检索式，基于关键词、分类号、时间、专利权人、发明人等诸多检索要素，在专利名称、专利摘要、专利权利要求、专利说明书内，通过国内外多个数据库进行多手段组合检索。然后通过专利清洗及专利补充检索，在对专利数据规范和数据统计，对清洗过的专利进行专利数据规范，包括公司树处理，并完成数据统计工作，从全球、中国专利布局和发展趋势、专利布局国家、重要专利申请人、关键技术专利分布等多维度深入分析，剖析数据反映的实质。

（四）数据完整性与数据规范化处理

检索截止日是 2021 年 6 月底，由于专利自申请日（有优先权的自优先权日）起 18 个月（主动要求提前公开的除外）才能被公布，实用新型专利申请在授权后才能获得公布（即其公布日的滞后性取决于审查周期的长短），而 PCT 专利申请可能自申请日起 30 个月甚至更长时间之后才能进入到国家阶段（导致其对应的国家公布时间更晚），因此在实际数据中会出现 2020 年之后的专利申请量比实际申请量少少的情况，反映到本报告中的各技术申请量年度变化趋势图中，一般自 2020 年之后出现较为明显的下降。鉴于 2020-2021 年数据的不完整性，其不能完全代表真正的申请趋势。

在检索过程中由于翻译或者存在子母公司的因素，在申请人的表述上存在一定的差异。为了在本报告中规范主要申请人的名称，增加数据的准确度，本报告对主要申请人的称谓进行统一。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

第二章 “5G+工业互联网”网络融合关键技术

专利分析

（一）“5G+工业互联网”产业生态初步构建，网络融合带来技术挑战

5G 是新一代信息技术演进升级的重要方向，工业互联网是第四次工业革命的关键支撑，是 5G 应用的主战场，二者都是我国“新基建”的重要组成，是促进产业升级，实现经济、社会数字化转型的新引擎。“5G+工业互联网”融合发展已经成为产业界探索的重要方向，但二者的融合创新还处于起步期，很多发展难点亟待突破，丰富的应用场景和商业价值还有待挖掘。

“5G+工业互联网”融合创新带来了新的技术挑战，5G 与工业互联网融合架构涉及融合的网络部署架构、融合的终端技术、融合应用技术以及融合的网络安全技术问题。

从知识产权视角来看，由于 5G 标准 3GPP R15/R16/R17 规划了一系列推动工业应用的技术功能，有更多的 ICT 企业、运营商、制造业企业参与标准研制和知识产权布局，以专利为代表的技术创新成果不断涌现。

（二）工业需求促进 5G 标准不断引入新技术创新和专利申请

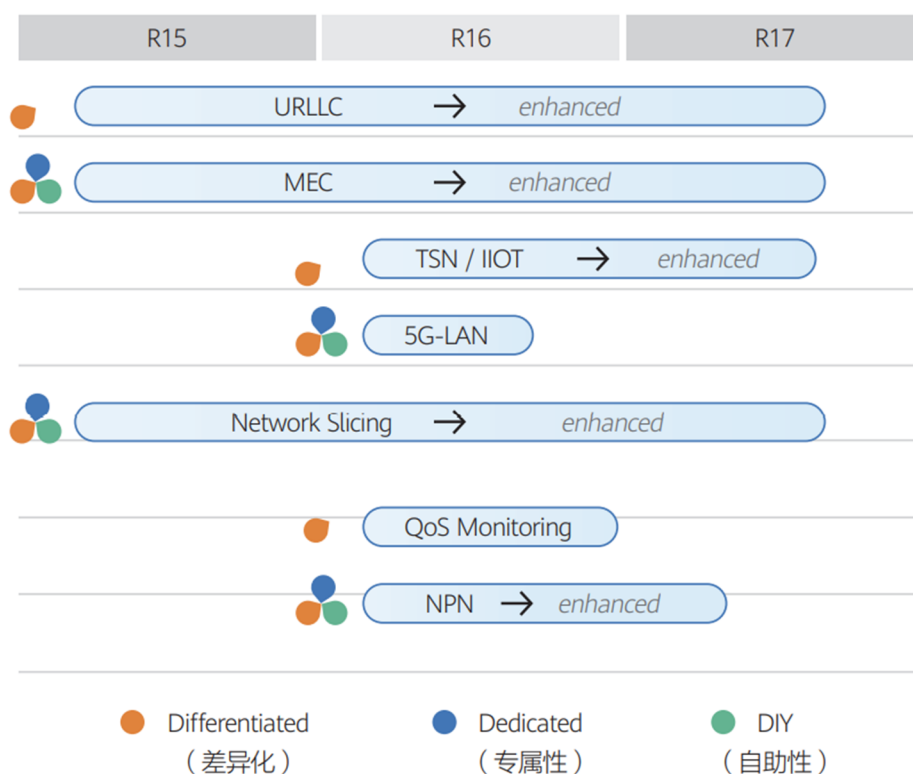


图 1 3GPP 5G 标准演进

3GPP R15 开始定义 URLLC（可靠低延迟通信）并在 R16 增强商用部署能力。通过 URLLC 技术的改进，可有效在无线接入及核心网领域缩短业务时延，提升可靠性。其次，3GPP 在 5G 定义了网络切片，并与 ETSI 协同支持 MEC（Multi-access Edge Computing）。网络切片特性通过资源隔离，降低不同业务并存时的相互干扰，以保障差异化 SLA。网络切片与 MEC 相结合的方案，一方面能复用运营商网络以降低成本、快速建网，一方面在靠近行业用户侧部署 MEC 就近提供服务，以降低时延和传输成本并提升企业数据安全保护能力。围绕上述领域企业提出了相关专利申请。

（三）ICT 企业围绕关键技术提前布局专利

目前，国际标准化组织 3GPP 在 5R15 版本中主要定义了 eMBB 场景的标准，R16 在此基础上做了增强，同时支持 uRLLC，R16 将以更快的上传及下载速度增强独立组网的 5G 网络，并为 V2X 和工业互联网部署定义标准。R17 将增加可穿戴设备和更高网络性能的规范。尽管 R16 标准目前尚未冻结，但围绕 5G 对垂直行业的支持增强技术已经成为企业的标准和专利布局热点。比如，TSN 与 5G 的融合技术研究已经立项（TC5-WG12-2019-008-5G TSN(时间敏感网络)总体技术要求），该项目研究时延敏感网络 TSN 机制以支持确定性时延需求等方面的技术标准。另外，5G LAN 的组内通讯机制也是 3GPP 5G 针对垂直行业的增强型重点技术。通过专利检索初步分析，在标准尚未冻结之前就已经有相关企业提交专利申请。反映了一些 ICT 企业技术领域的前瞻性。

（四）5G TSN（5G 时间敏感网络）

1. 技术标准——3GPP 持续演进，适应工业互联网新需求

3GPP R15 标准中，在 5G 新空口中采用 URLLC 的新天线技术为 5G 与 TSN 的集成建立了基础，并提高了可靠性。在 R16 中，3GPP 对 5G NR 工业互联网 IIoT 进行了新的研究，目标是 5G 和 TSN 网络的集成，进一步增强其可靠性、上行链路调度的灵活性、精确的时间同步以及对工业自动化的支持，以满足 TSN 支持的工业应用的要求。参考 TS 22.261 中对 5G 系统的服务要求，重点是提供新的设备功能以支持时间同步和双重连接。根据该

需求规范，对于时间敏感的工业应用场景，可能需要达到 1ms 的延迟、1 微秒的抖动和 99.9999%的可靠性，因此 TSN over 5G NR 将在分组分发、自动寻址和服务质量 QoS 等领域满足工业企业需求。未来，预计 3GPP R17 将继续开展更多工作。

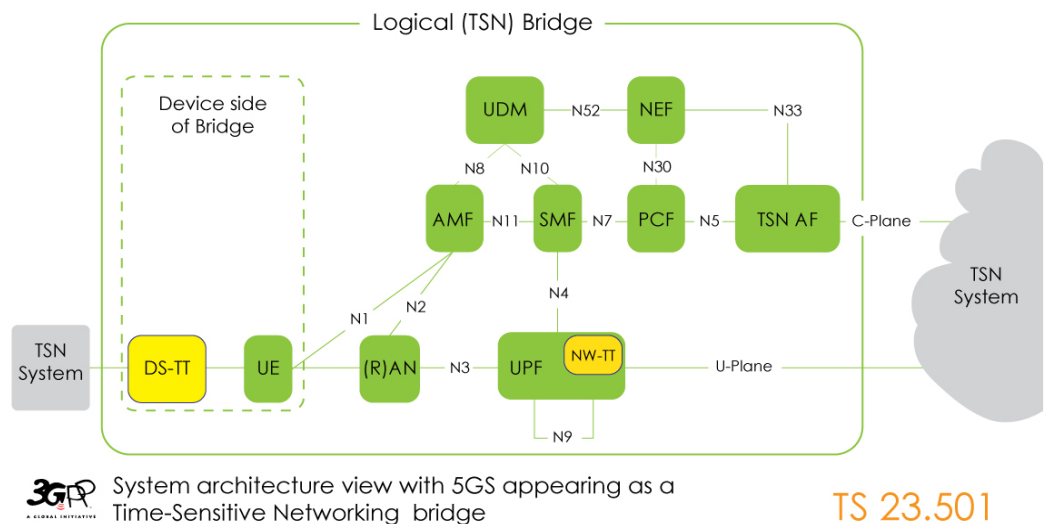


图 2 TSN 架构 (TS 23.501)

2. 申请趋势——新进入者众多，技术创新活跃

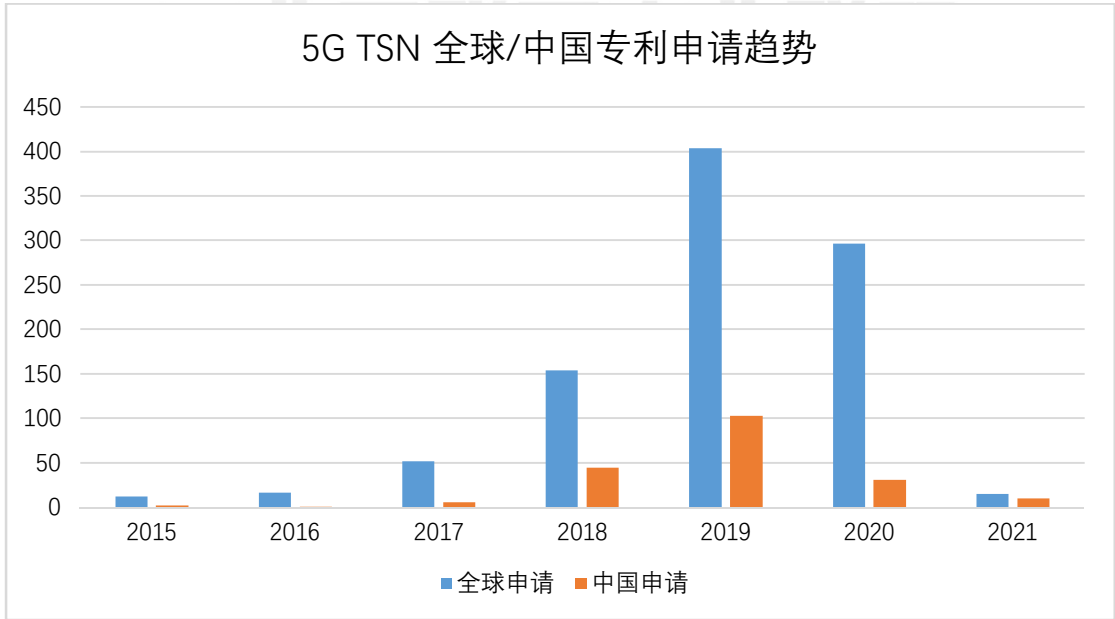


图 3 5G TSN 全球/中国专利申请趋势

从专利申请来看，5G TSN 在 R16 中提出，但与标准相关的专利申请从 2015 年就开始出现，2018-2020 年新公开专利量激增，专利申请的新进入者众多。TSN 全球专利数量达到 951 个，594 个专利族。主要是 PCT 申请、中国专利、美国专利和欧洲专利，新公开的专利申请量较去年同期翻倍。其中，中国专利增速非常快。由于该技术尚在标准推进和测试验证阶段，随着 TSN 技术和产业的热度持续，未来还有很大上升空间。

3. 地域分布——中国赶超美国申请量位列第一

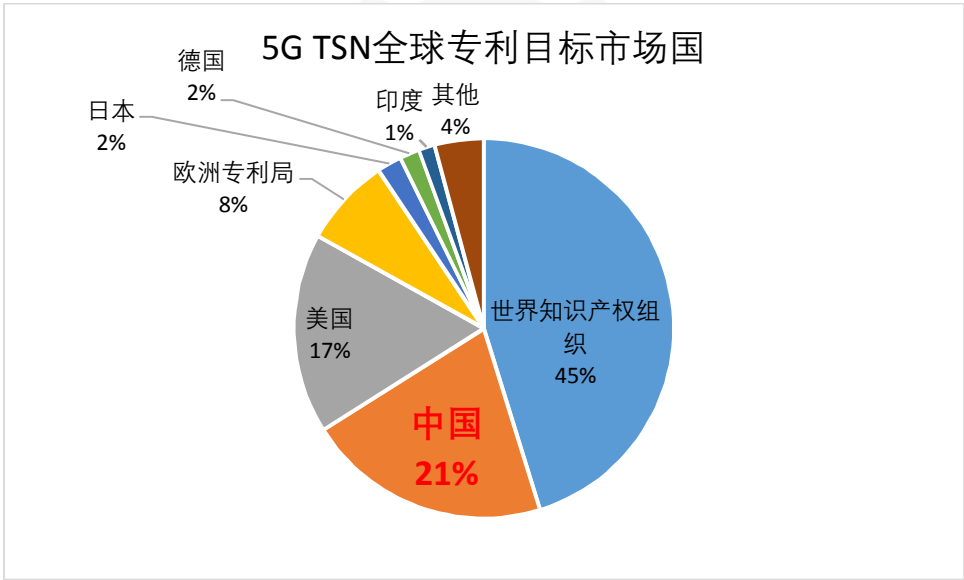


图 4 5G TSN 全球专利目标市场国

TSN 专利的全球申请除了来自 PCT 国际专利外，地域主要分布在中国和美国。其中中国占比最多，达到 21%，美国占比 17%。在美国，业界合作推动 IIoT 和工业 4.0 应用的互操作性。美国工业互联网联盟（IIC）、Avnu¹联盟和 OPC 基金会与 IT-OT 行业领导者合作，以推进工业设备的互操作性，并在 TSN 中引

¹ Avnu Alliance 是一个由汽车，消费电子和工业制造公司组成的联盟，致力于建立和认证开放式音频视频桥接（AVB）和时间敏感网络（TSN）标准的互操作性。该联盟与其成员公司合作，对 AVB 和 TSN 产品进行互操作性认证。

入 OPC UA，在推向市场的过程中这些企业已承诺确保工业设备的互操作性。AVnu 联盟和 OPC 基金会之间已建立联络协议，并在 TSN 设备上提供一致性测试和 OPC UA 认证。

4. 创新主体——华为和国内终端厂商积极创新和布局专利

TSN 市场的主要参与者有 Cisco、NXP、Marvell、Microsemi、Intel、National Instruments、ADI、Broadcom、Belden 和 Renesas 等。在 2018 年汉诺威工博会上，工业互联网产业联盟、边缘计算产业联盟、华为、Schneider 等超过 20 家国际组织和业界知名厂商，联合发布了包含六大工业互联网场景的 TSN+OPC UA 智能制造测试床。

但是 5G TSN 的专利申请更多的来自 ICT 企业，目前全球范围内华为、爱立信、诺基亚、高通、Intel、三星以及 OPPO 和 VIVO 两家中国终端厂商专利较多。在国内，华为积极推动面向制造业应用场景的 5G TSN 技术，OPPO、VIVO 以及一些科研高校也提出了专利申请。

从 TSN 产业应用布局来看，爱立信、华为、英特尔、高通在 R16 标准冻结之前，已经有考虑 TSN over 5G 的技术方案，OPPO、三星、VIVO 大约在 2018 年之后申请专利，增速很快，非常重视其解决方案创新。TSN 的技术本身仍在发展中，本身控制器的复杂性较高。在应用时，考虑到时间同步、时延、维护业务转发状态等方面的要求，初期以局部网络应用为主。5G 对以 TSN 为代表的行业应用的支持仍在继续增强。

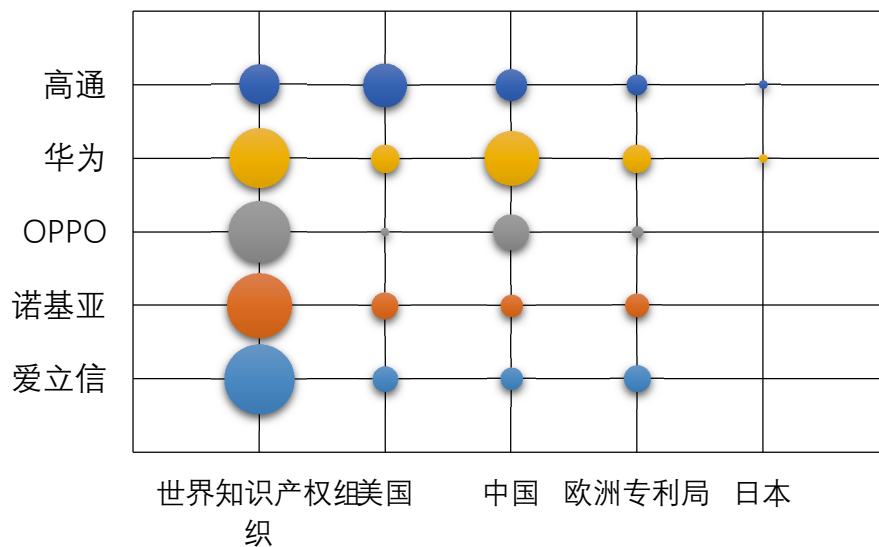


图 5 5G TSN 重点申请人专利地域分布

从专利申请地域分布来看，大部分企业选择 PCT 专利，为将来进入更多的国际市场铺垫。华为、英特尔在各个国家广泛布局。除 PCT 专利申请外，中美两国是最大的目标市场国，吸引众多企业申请专利。

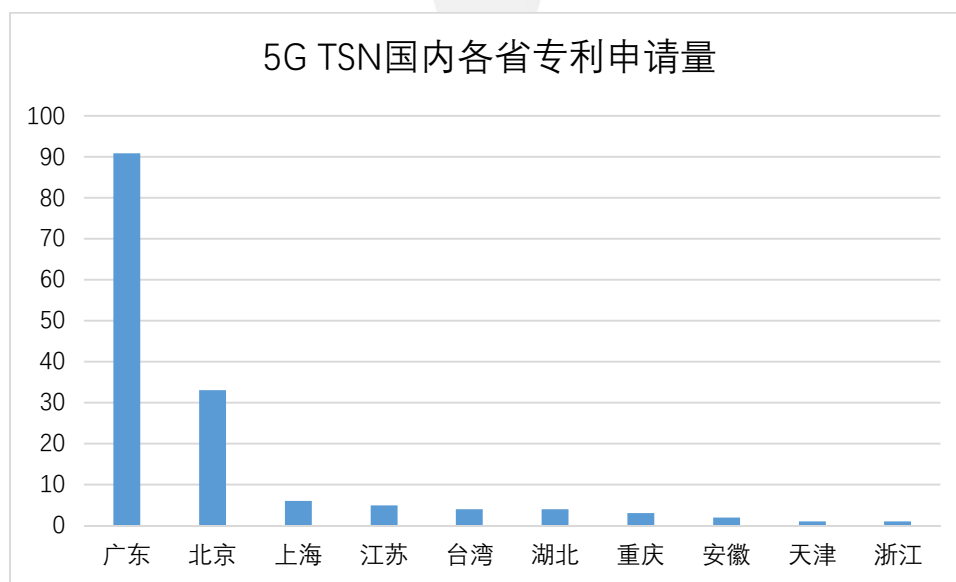


图 6 5G TSN 国内各省份专利申请量

在国内，广东、北京是 5G TSN 专利申请量最多的省份，主要源自行业 ICT 龙头企业。

5. 创新热点——企业布局各有侧重，标准必要专利已经出现

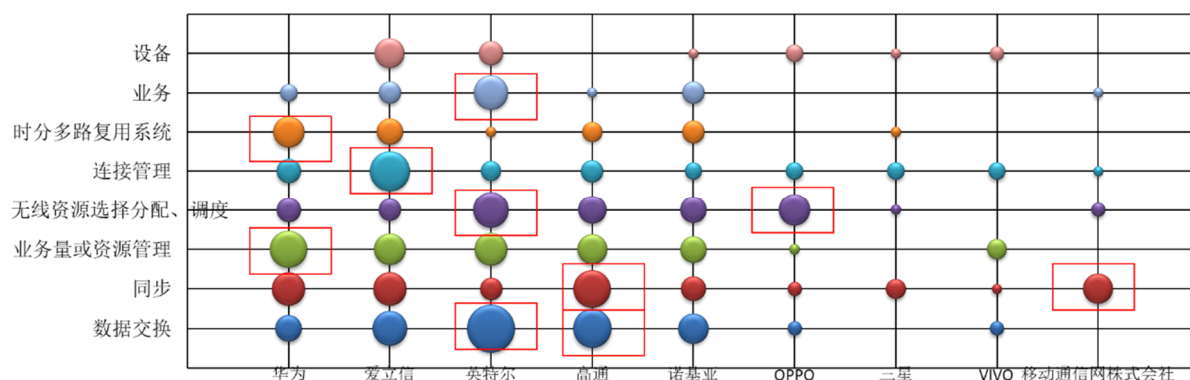


图 7 5G TSN 专利重点企业专利创新热点方向

通过对龙头企业的专利申请方向进行分类分析发现，5G over TSN 企业技术布局各有侧重。围绕 TSN 与 5G 融合的时间同步机制挑战、协同流量调度机制、高可靠桥接技术有相关专利申请，其中，华为更加关注资源管理、调度技术，爱立信关注连接管理技术，英特尔关注业务管理、资源分配以及数据交换技术，高通关注同步机制和数据交换技术，OPPO 关注资源分配方案。

另一方面，经过分析发现，已有超过 60 件 5G TSN 专利申明为标准必要专利，可以看出企业申请 SEP 的节奏越来越快。

（五）5G LAN（5G 局域网）

1. 技术标准——5G LAN 解决传统行业客户专网中存在的问题

在当前的行业和工业网络中，设备面临着线缆移动性限制、光纤铺设成本高、Wi-Fi 覆盖安全性差、移动性不足等问题。

而在传统的无线专网业务中，行业用户仅能获得 IP 类型接入链路，不能获得常用的 Ethernet 类型链路，且链路可配置能力差，应用模式固化，这些问题阻碍了企业无线专网的规模和灵活性。3GPP 在 R16 阶段定义了 5G LAN 技术。5G LAN 能够向客户提供 L3 层 VPN 服务（IP VRF 转发），以及 L2 层 LAN 服务（Ethernet 局域网），同时 5G LAN 也支持用户移动性，支持细分子网，以及基于子网的管理能力。这些特性能解决传统行业客户专网中存在的问题。

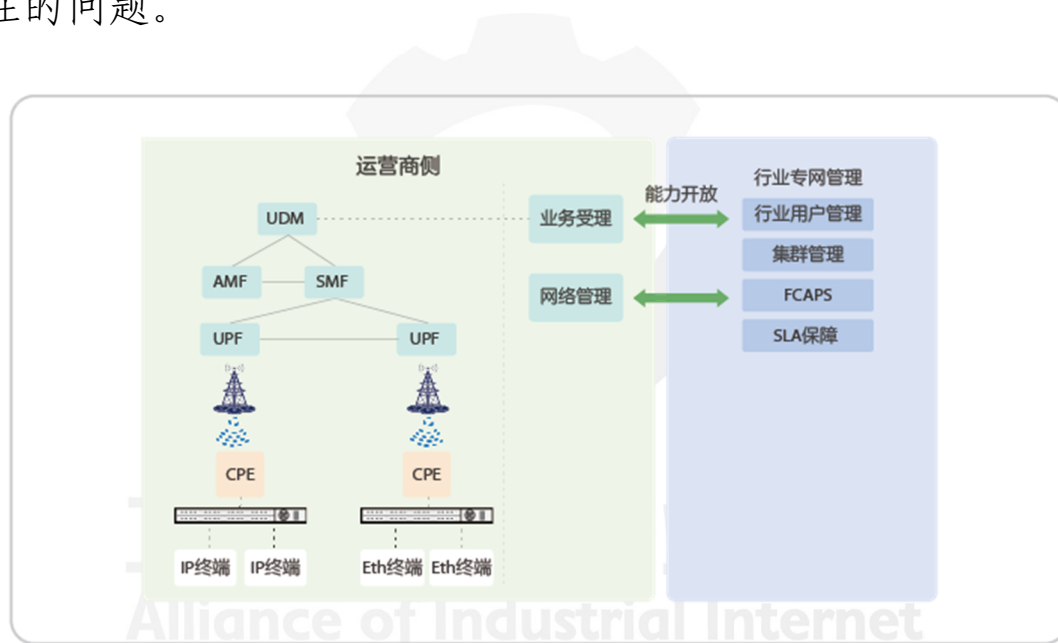


图 8 5G LAN 解决方案

2. 申请趋势——技术创新活跃，专利申请量翻倍

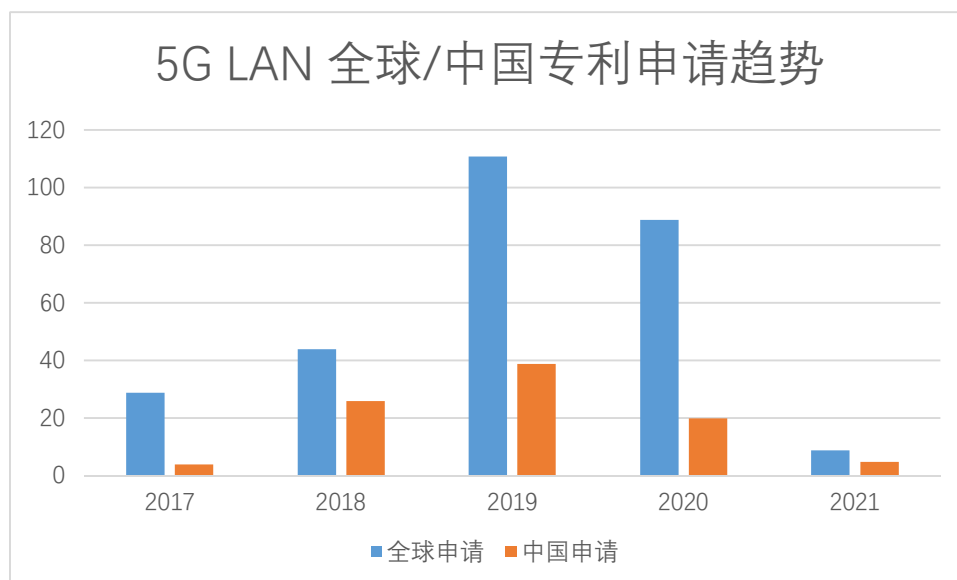


图 9 5G LAN 全球/中国专利申请趋势

5G LAN 全球有效专利 282 件，共计 173 个专利族。而一年前只有 130 余件，新专利大量出现。中国申请人专利申请活跃。与标准相关的专利申请从 2017 年开始出现。从技术生命周期来看，5G LAN 技术创新走向活跃，参与者较一年前新增很多。

3. 地域分布——中国企业积极布局专利

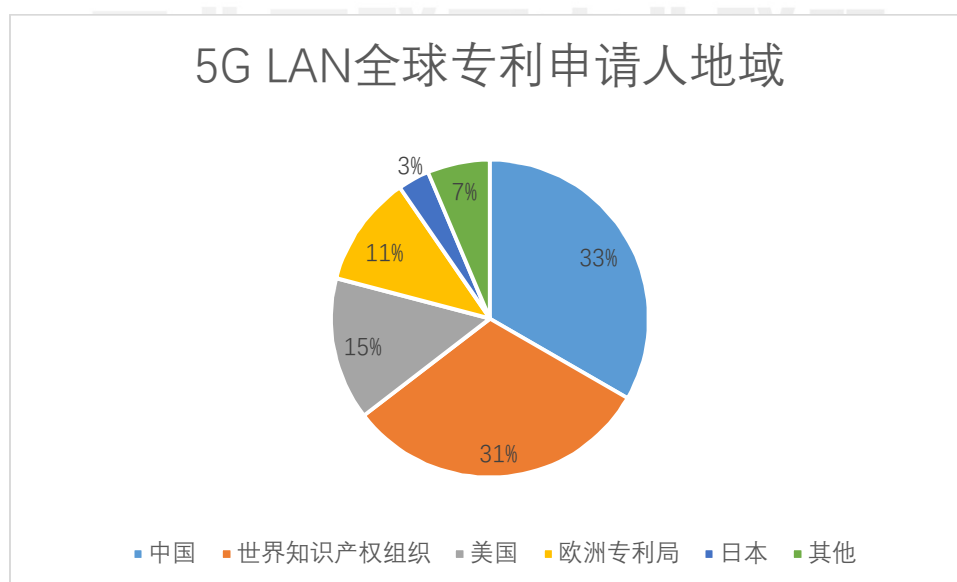


图 10 5G LAN 全球专利申请人地域

5G LAN 专利的全球申请主要分布在中国，占 33%，其次是

PCT 国际专利，美国占 15%，欧专局占 11%，日本占 3%。主要是 PCT 申请、中国专利、美国专利和欧洲专利。专利竞争活跃，专利申请量快速上升，竞争者数量翻番。

4. 创新主体——华为和终端厂商、互联网企业创新活跃，申请量超过欧美企业

5G LAN 的专利申请更多的来自通信企业，包括运营商、设备商，其中，华为、VIVO、OPPO、腾讯、中国移动研究院排名前列。广东省专利申请量位列前茅。

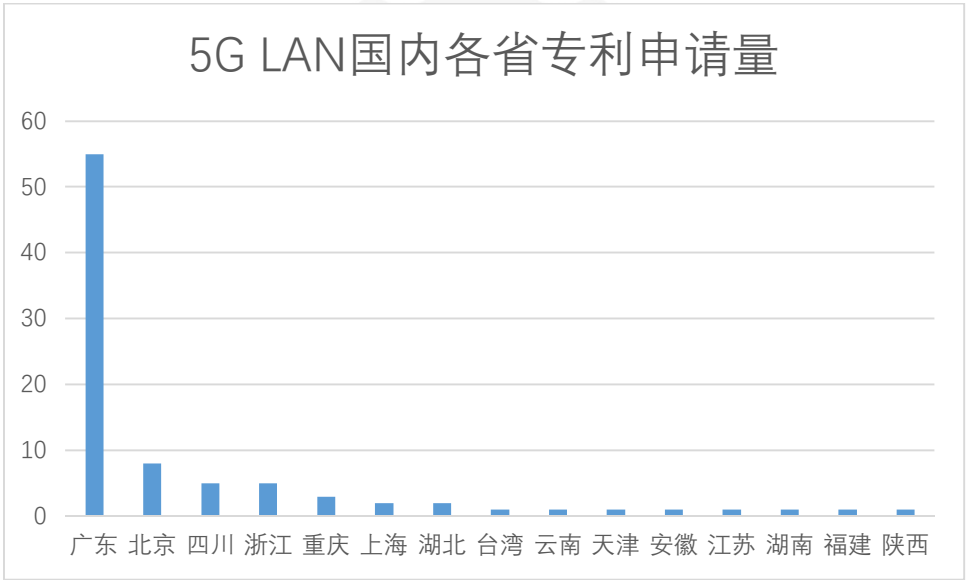


图 11 5G LAN 国内各省专利申请量

5. 创新热点——协议层技术、切换技术、服务质量是专利布局热点

根据我们梳理的华为、爱立信、OPPO、vivo、中兴等企业的专利布局可以看出，围绕 5G LAN 协议层技术、切换技术、服务质量展开的典型专利，从专利布局方向来看，难点问题聚焦，技术方案各异。从企业布局来看，5G LAN 凭借其技术特点，具

有广阔的应用前景，能够协助行业客户专网的灵活部署，推动行业网络深入发展。

（六）5G NPN(5G 非公共网络)

1. 技术标准——场景需求推动标准化进程，垂直行业通过 NPN 构建端到端的内部 5G 网络

3GPP 已在 5G Rel16 标准中加入 NPN 场景需求、功能的研究和标准化工作，在工业互联网生态系统中，垂直行业可以通过 NPN 构建端到端的内部 5G 网络，从而可以将私有流量限制在 NPN 内部，而无需到达公共网络领域。

5G 专网可分为两种模式，一类是基于公网的 5G 专网，另一类是基于 NPN（Non-Public Network）的 5G 专网。按照 3GPP R16 的定义，基于 NPN 的 5G 专网也包含两种类型：PNI-NPN 和 SNPN。在 5G 专网建设的选择上，可根据不同需求使用不同的建设模式。在侧重于低建设与维护成本，需要快速部署时，应选择基于运营商公网部署的方案；在对差异化服务有要求时，为便于在 SNPN 和 PLMN 网络间实现切换，应选择 PNI-NPN 方案；在对保密性有较高要求时，且对应的制造企业有较强的经济实力和技术能力的情况下，应选择独立部署的 SNPN 方案。

2. 申请趋势——专利申请量激增，未来将产生更多专利

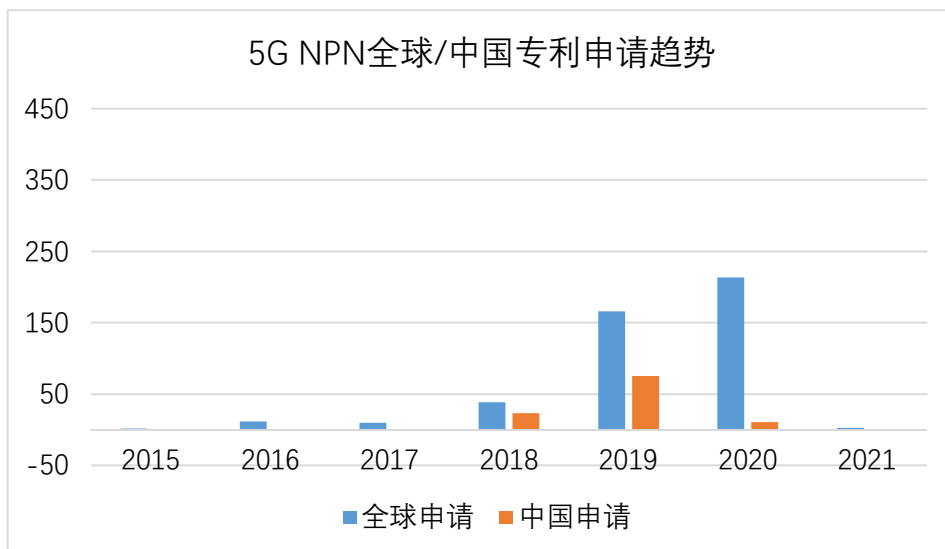


图 12 5G NPN 全球/中国专利申请趋势

5G NPN 在 R16 提出，与标准相关的专利申请从 2017 年开始布局，主要在 2019、2020 年公开。全球有效专利超过 446 件，共计 272 个专利族，而一年前仅有 150 余件，专利竞争活跃，2019 年之后专利申请量快速上升，竞争者数量翻番。从技术生命周期来看，5G LAN 专利竞争活跃，2019 年之后专利申请量快速上升，竞争者数量翻番。

3. 地域分布——更多企业采取 PCT 国际申请策略

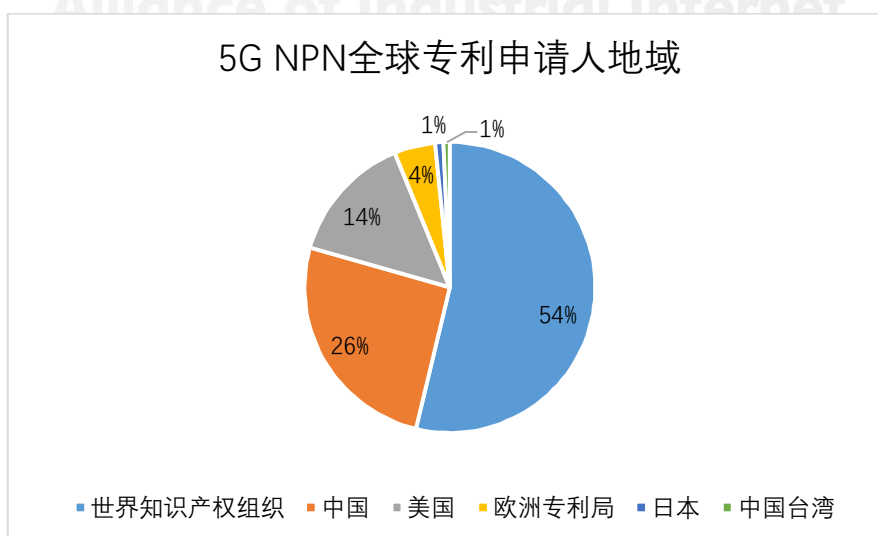


图 13 5G NPN 全球专利申请人地域

5G NPN 专利的全球申请主要来自 PCT 国际专利，占 54%，中国专利申请占 26%，美国占 14%，专利竞争活跃，专利申请量快速上升，竞争者数量翻番。

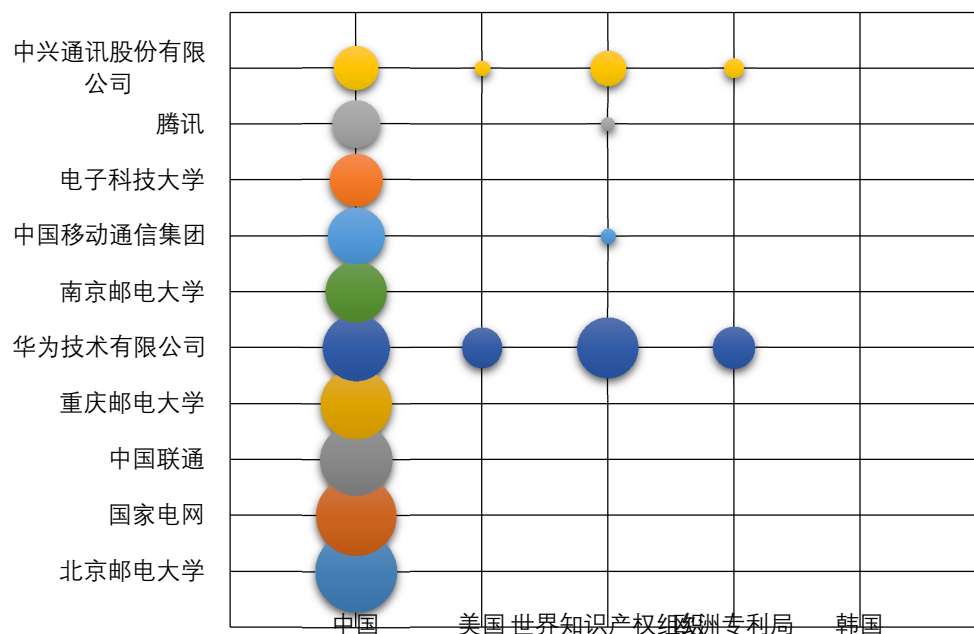


图 14 5G NPN 重要申请人地域分布

4. 创新主体——中国申请人创新活跃

VIVO、华为、中兴通信、爱立信排名前列。华为主要提出了利用公共网络为垂直行业提供网络接入的方案专利。VIVO 非常重视 NPN 网络中的技术问题，围绕 NPN 中接入小区确定、信息配置方法、业务传输方法、终端和网络侧设备、终端能力标识、接入控制的方法、数据传送的保障方法布局专利。

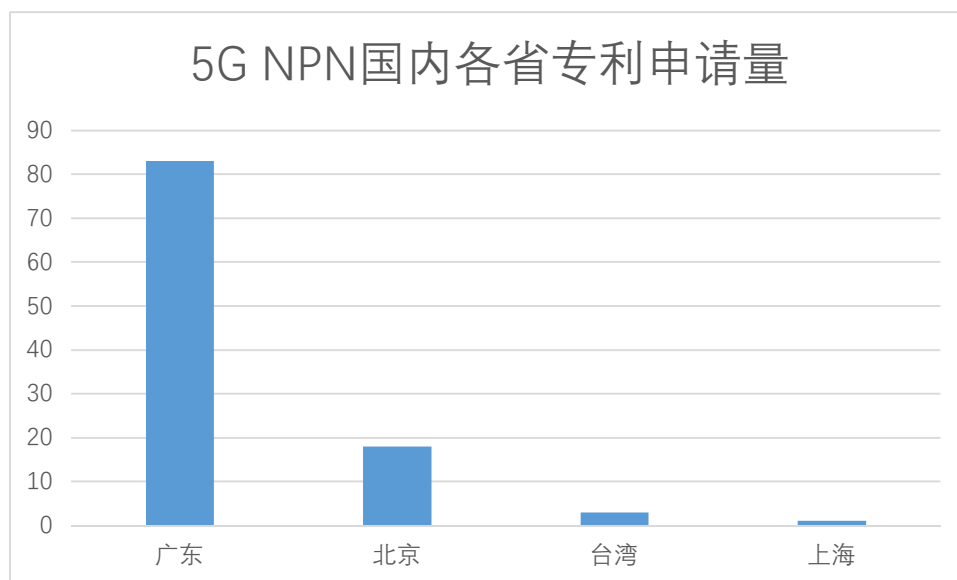


图 15 5G NPN 国内各省市专利申请量

广东省专利申请量位列前茅，其次是北京。

5. 创新热点——非公共网络（SNPN）和非独立的非公共网络（PNI-NPN）均有布局

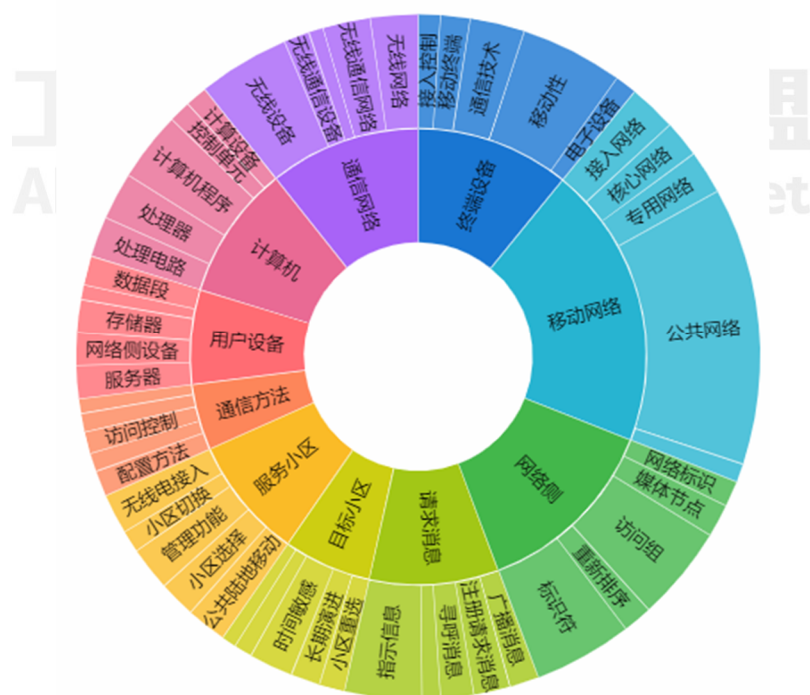


图 16 5G NPN 专利聚类分析

从技术分支来看，5G NPN 主要包括独立的非公共网络（SNPN）方案专利、非独立的非公共网络（PNI-NPN）方案，以及其他相关技术。从专利申请关键词聚类来看，专利申请主要涉及小区的选择（服务小区，目标小区），公共网络的选择，以及网络侧的标识技术。

（七）边缘计算

1. 技术标准——5G MEC 蓬勃发展，应用场景广泛

5G 边缘计算，即 5G+MEC 可为制造业的提质升级提供强有力的技术支撑。5G 的低时延、高带宽特性和 MEC 对业务的近端处理，为企业部署的 AR 远程协助/指导系统、预测性维护系统、远程控制、巡检机器人、视频监控等应用提供最优网络支持。通过 MEC 平台的分流模块实现了企业生产和管理数据的本地分流，保障了企业数据的安全性和私密性。MEC 平台可无缝嵌入现有工业体系中，发挥其不可替代的特性与作用。

2. 申请趋势——专利申请围绕技术标准大量出现

边缘计算技术发展历程长，早在 2003 年 IBM 就开始提供基于 EDGE 的服务，但直到 2014 年以后，随着物联网技术、5G 技术和人工智能的发展，边缘计算才蓬勃发展起来。ETSI 于 2014 年成立移动边缘计算规范工作组，正式宣布推动移动边缘计算标准化，将云计算平台从移动核心网络内部迁移到移动接入网边缘，实现计算及存储资源的弹性利用。2016 年，ETSI 把 MEC 的概念扩展为多接入边缘计算，将边缘计算从电信蜂窝网络进一步延伸至其他无线接入网络。ETSI 提出的多接入边缘计算

MEC 是基于 5G 演进的架构，并将移动接入网与互联网业务深度融合，它为解决工业互联网的数据分析和实时控制提供了有效手段。

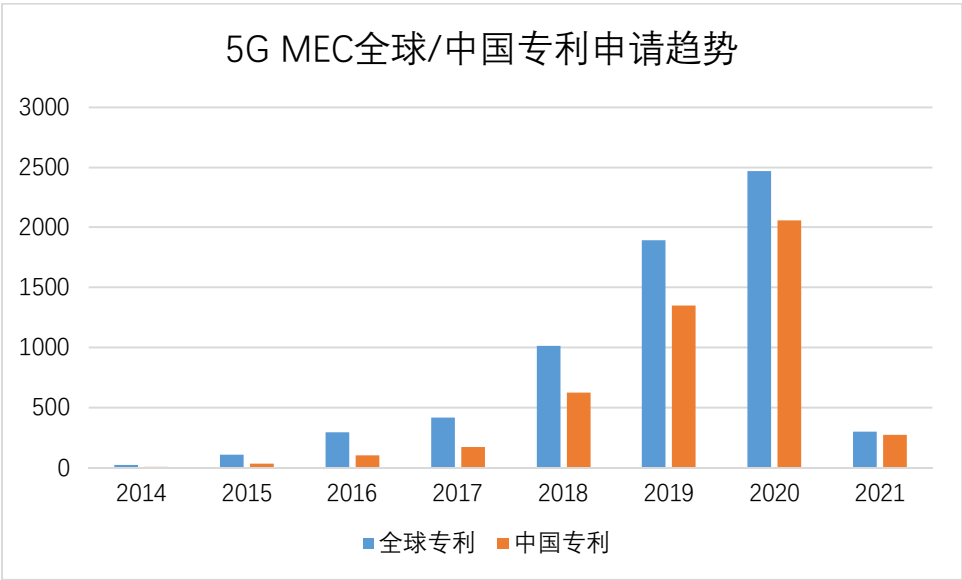


图 17 边缘计算专利申请趋势

相关专利申请伴随着 ETSI 标准立项而快速推进，从 2014 年开始专利量激增。2020 年较 2018 年新公开专利翻番。预测未来两年专利量继续处于高位。截止 2021 年 6 月，全球有效专利 6524 件，合并同族 5401，主要是中国专利、美国专利和 PCT 申请专利。

3. 地域分布——产业政策推动下，我国企业积极布局边缘计算专利

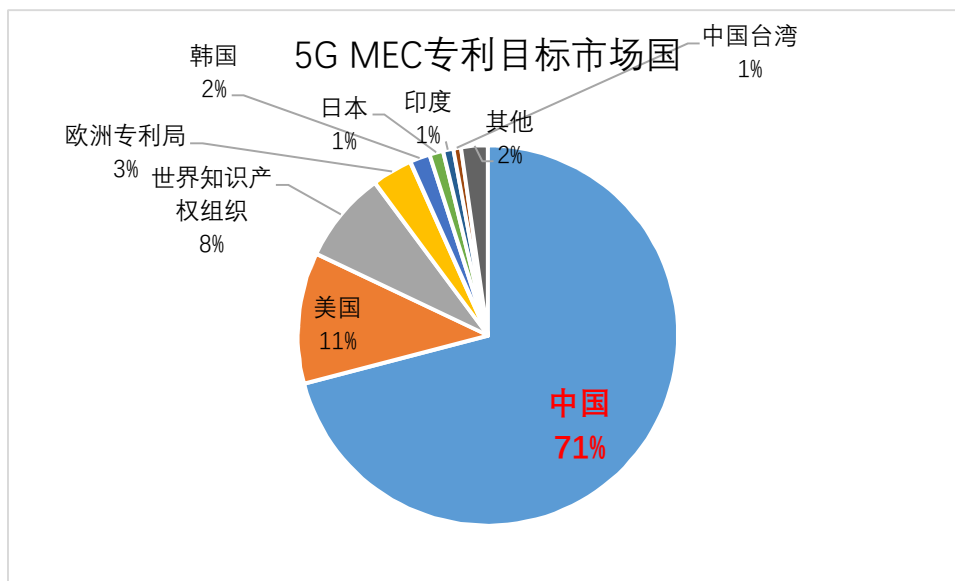


图 18 MEC 全球专利目标市场国

从专利技术地域来看，MEC 技术的专利全球分布主要集中在中国、美国，分别占 71%，11%。这与近年来，边缘计算一系列产业政策相继出台有关。从 2018 年起，工信部工业互联网创新发展工程系列项目中，针对工业互联网边缘计算，专门设立了“工业互联网边缘计算测试床”、“工业互联网边缘计算基础标准和试验验证”等多个项目；科技部国家重点研发计划“网络协同制造和智能工厂”重点专项中，专门针对边缘计算设置了“工业互联网边缘计算节点设计方法与技术”、“典型行业装备运行服务平台及智能终端研制”等多个项目。推动我国产学研用单位围绕边缘云、5G+边缘计算等积极提交专利申请，目前全球专利申请总量已经超过其他国家。

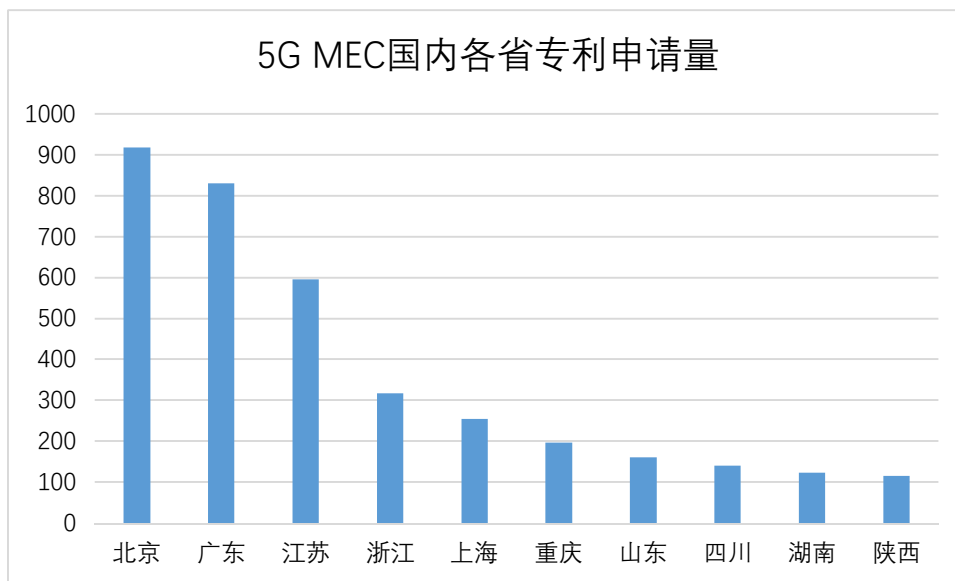


图 19 5G MEC 国内各省专利申请量

MEC 专利申请，由于北京邮电大学申请量排名第一的缘故，北京市专利申请量位列国内第一，其次是广东、江苏。

4. 创新主体——ICT 企业积极布局边缘计算专利

边缘计算技术创新活跃，全球专利申请量快速上升，竞争者数量近年来翻番。从全球和中国申请人排名来看，中国企业和科研单位专利申请积极性非常高，全球申请量前 10 机构中国占 7 席。从申请人来看，除华为、国家电网等企业创新活跃外，北京邮电大学、重庆邮电大学、南京邮电大学、电子科技大学等科研单位，以及中国联通、中国移动等运营商从产学研用各个角度积极创新。

第三章 工业互联网创新技术专利态势分析

（一）工业智能

工业智能融合了以人工智能技术为核心的先进技术，形成了面向工业场景的综合智能技术解决方案。本节工业场景范畴限定在钢铁、能源、汽车、机床、纺织、化工等典型工业生产制造应用场景。工业智能产品一方面包括在焊接机器人、喷涂机器人、加工机器人等落地工业较早且应用广泛的工业智能机器人，另一方面包括在工业有广泛应用前景的无人车等智能运载工具。如果从产业层面划分工业智能，则包括芯片、技术平台与框架、数据服务等基础层，以及用于工业预测性维护、故障检测的计算机视觉、语音识别及语义处理、机器学习等技术层，因此工业智能检索范畴从产品维度限定为工业机器人、工业智能运载工具，从产业维度限定为人工智能的基础层和技术层。

1. 申请趋势——工业智能产业探索不断深入，相关专利国内外均呈攀升态势

伴随工业传感技术、智能化分析技术的不断发展，工业领域海量数据全面实时感知水平不断提高，端到端深度集成和智能化建模分析能力不断提升，工业智能技术迎来良好发展机遇。对此，多国积极出台政策激励智能制造持续发展，企业基于人工智能技术不断提高工业制造效率，优化生产工业和供应链管理效率，由此带动工业智能领域的国内外专利申请量均呈现逐

年增长态势，反映出工业领域的智能化技术迎来新的发展阶段。

从 2011 年至 2020 年，全球工业智能专利 87860 件，中国专利 51418 件，中国的工业智能专利在全球占比份额显著，超过半数，且中国工业智能专利申请趋势也逐年攀升，反映出中国工业系统和信息系统在感知、分析、决策、控制和管理方面正在不断深度融合，工业智能正在优化工业系统的协同模式，从而实现价值创造的突破。

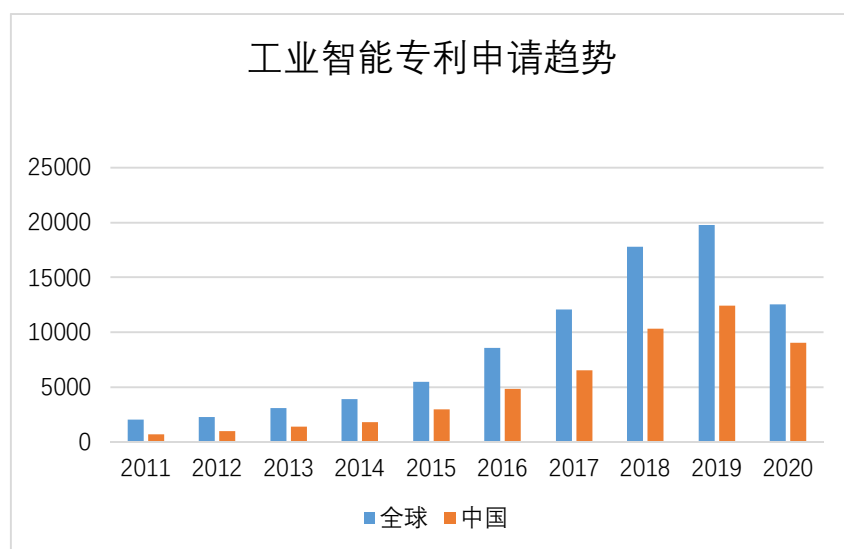


图 20 工业智能专利申请趋势

2. 地域分布——工业与智能结合成关注焦点，国际专利竞争激烈

智能制造作为未来经济发展的主要方向已获广泛认同，国际上多个国家正以工业化与信息化的充分融合为基础，以智能化技术的研发与应用为手段，积极推进传统制造行业的转型与快速提升。多国纷纷制定国家层面的战略和行动计划促进工业智能发展。

我国近年来连续出台若干重大战略文件，为智能制造发展

提供了有力的制度供给。例如，在 2015 年国务院发布的《积极推进“互联网+”行动指导意见》中提出发展智能工厂，推动智能工业机器人的生产应用，推进生产装备智能化升级，在《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》中要求新型制造业体系基本形成；2016 年工信部和财政部的《智能制造发展规划(2016-2020)》中，提出到 2025 年智能制造支撑体系基本建立，2017 年的《高端智能再制造行动计划（2018-2020 年）》中提出到 2020 年推动建立 100 家高端智能再制造示范企业，2018 年《国家智能制造标准体系建设指南（2018 年版）》征求意见稿中提出要逐步建立智能制造标准体系，2019 年工信部的《加快培育共享制造新模式新业态 促进制造业高质量发展的指导意见》提出不断提升共享制造全流程的智能化水平，我国对工业智能领域的大力支持和投入也带动相关专利数量攀升，全球专利占比达到 59%。

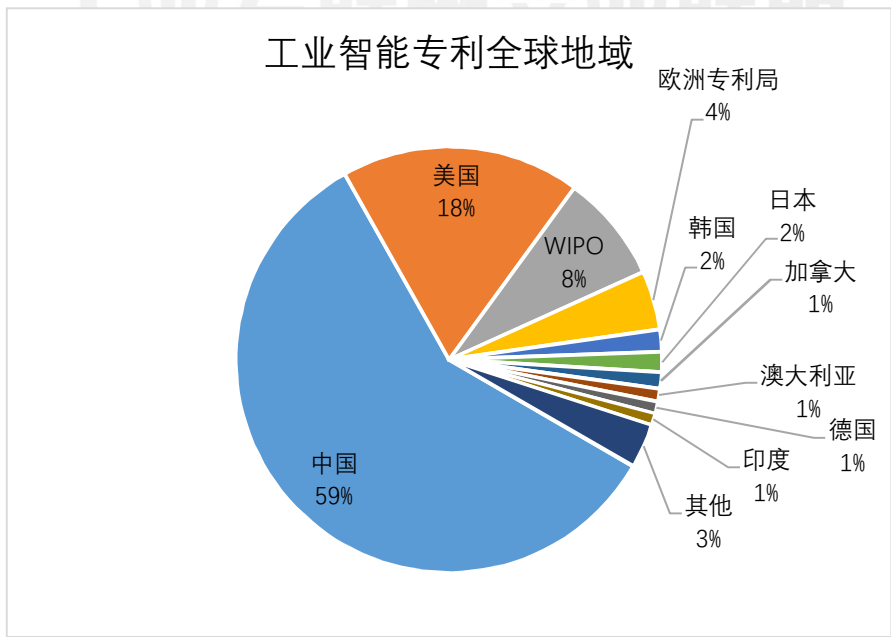


图 21 工业智能专利全球地域

美国也通过积极推动工业智能来引领制造业行业发展，促进生产制造向智能化方向转变。美国早在 2008 年前就提出了先进制造技术的理念，并于 2009 年提出了“再工业化”等一系列战略和计划。韩国在推进智能制造技术时，以应用为导向，采用政府主导、官民合作、财阀支援的模式，集中推进智能工厂特别是中小企业智能工厂建设；德国 2013 年提出了“工业 4.0”战略以促进虚拟网络世界与现实物理世界的融合，并于 2019 年推出《国家工业战略 2030》计划草案，明确提出在人工智能和自动驾驶领域将加大私有资本的研发投入。这些国家的工业智能战略举措，也激励了相关专利数量的显著增加。

3. 创新主体——多领域头部企业抢占工业智能新赛道，国内则以高校为创新主力

全球在工业智能领域积极创新的前十申请人包括 ICT 头部企业如 IBM、Google、百度和 Microsoft，也包括制造业头部企业 Ford、Toyota 和 General Motors，还包括 FANUC 这样的头部机器人制造商，甚至还包括了芯片领军企业 Intel，工控巨头 SIEMENS。由此可见，在工业智能的创新赛道上，呈现参与主体来源广泛且巨头云集的特点。并且这些头部企业正在尝试将其在人工智能产业具有的计算能力、芯片、基础技术框架等优势延伸到工业场景，不断制定战略、加大投资、争夺人才、强化技术储备等。

例如 IBM 基于人工智能技术检测评估制造流程，预测性维护设备，基于视觉检测进行产品质检；FANUC 早在 2017 年就耗

资 5.5 亿美元建智能工厂，生产、组装、试验、配送等等一系列工序以智能自动化方式实现；TOYOTA 正在打造自动驾驶、工业机器人和智能城市自动化基础设施方面的人工智能战略，并投资 25 家人工智能公司；Ford 早在 2000 年初就推出神经网络的大型工业应用以诊断发动机故障，近期在致力于通过强化学习、智能代理、游戏理论和马可夫决策流程实现汽车领域的自动化推理、决策和最优控制以及车载系统智能上云。

在工业智能领域积极创新的前十中国申请人多以国内企业和高校为主，如百度、国家电网等企业，浙江大学、华南理工大学和浙江工业大学等高校。国外在华申请人主要是日美车企，如 Honda、TOYOTA 和 Ford。

百度的工业智能中国专利位居前列，其基于深度学习、大规模图像训练、开源学习框架、定制化图像识别等技术，在工业生产安全监控、智能质检、智能分拣、工艺参数优化、预测性维护、无人驾驶工程机械等场景开展创新和专利布局。浙江大学控制系和工业控制技术国家重点实验室在工业智能领域研究较广泛，将人工智能技术应用到了产品分拣、故障预测、质量检测、寿命预测、入侵检测、生产优化等工业生产多环节中，并申请了较多工业智能专利，数量在国内较为领先。但是整体来看，我国工业智能领域的研究目前仍较多停留在学术研究阶段，产业探索步伐有待进一步加大。

4. 创新热点——焊接领域智能技术创新活跃，神经网络和机器学习是热点方向

对 2020 年的工业智能专利聚类以探析人工智能技术在工业场景下的最新创新方向，主要分为神经网络、工业机器人和自动驾驶几个方向。

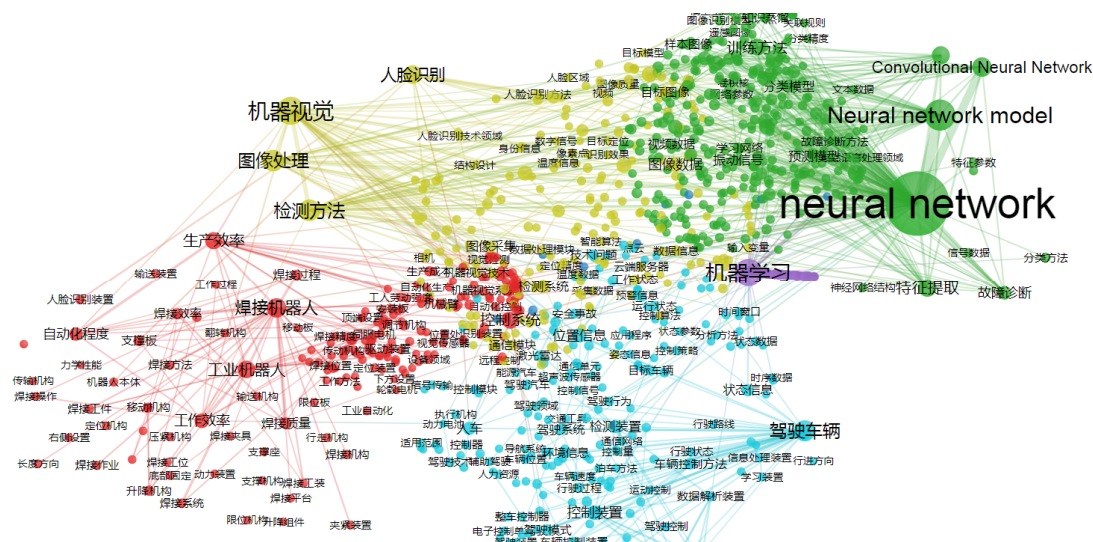


图 22 工业智能专利聚类图

神经网络的热点关联技术主要包括机器视觉、机器学习、特征提取、神经网络建模、图像处理、大规模图像分类、数据训练等，工业智能数据的采集多源自视频信号、图像信号、振动信号和温度信号等，通过智能技术拟解决故障诊断、人脸识别，从而提高焊接质量、检测效率、检测精度等；工业机器人中焊接机器人较多采用人工智能技术，主要涉及机器人本体、机械臂、支撑板、焊接工件、焊接夹具、定位机构、升降机构、伺服电机、控制系统等部件的智能化改造，基于图像识别、机器视觉等智能技术，从而提高工作效率和降低成本；自动驾驶的热点关联技术主要包括导航系统、整车控制器、动力电池、激光雷达、超声波传感器、通信模块、云端服务器等，对车辆驾驶的运行状态、行驶路线、车辆速度、泊车、辅助驾驶进行

信息处理、数据采集、数据解析、远程控制。

（二）工业区块链

1. 申请趋势——工业区块链专利数量激增，与汽车医疗等领域正在深度结合

制造业数字化转型不断深化过程中，围绕生产制造过程各环节，对分散的制造资源与制造能力进行整合和配置的需求日益迫切，且全球多国也纷纷出台政策文件提出鼓励发展面向制造业的共享经济和协作平台。区块链的防伪造、防篡改、可追溯等技术特性，有利于以低成本建立互信的“机器共识”和算法透明，从而解决制造业中的设备管理、数据共享、多方信任协作、安全保障等问题，并可催生新产业模式、支撑产业链大规模协作、保障工业安全等。

对与国民经济分类中生产制造相关的区块链专利进行统计，截止 2020 年，工业区块链专利全球共计 38582 件专利，中国专利 20346 件，申请数量从 2013 年开始逐年增多，且 2018 年出现激增态势。其中，基于区块链的供应链金融、汽车、医疗、能源等工业领域专利数量相对突出，彰显区块链技术正在不断与工业领域深入结合，在这些场景下开展应用落地。在中国，工业与区块链的深度融合也与全球保持一致步伐，工业区块链专利也是从 2018 年开始进入申请量激增态势。

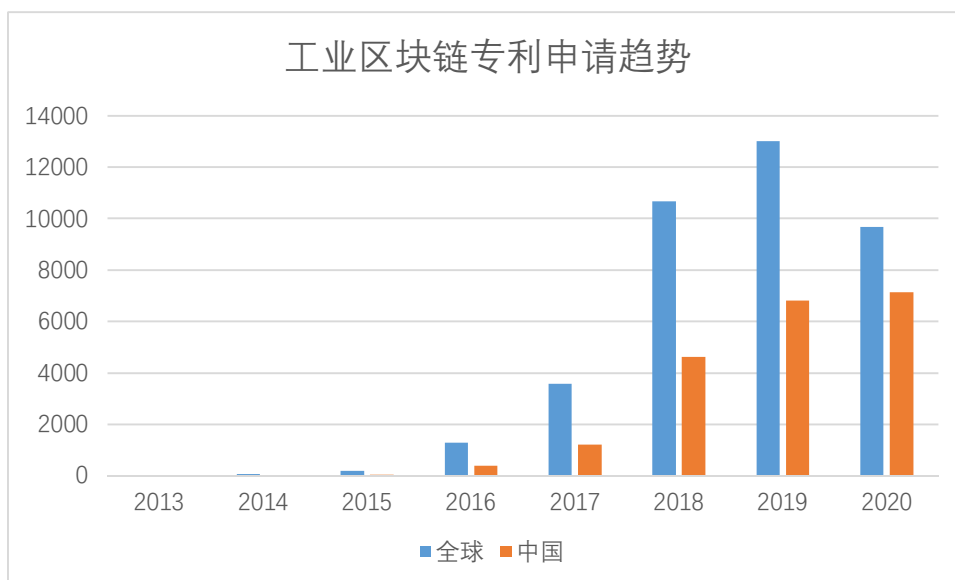


图 23 工业区块链专利申请趋势

2. 地域分布——多国积极推进区块链的应用，专利布局中美为主

从各国促进工业区块链创新发展的举措看，国务院 2016 年印发《“十三五”国家信息化规划》，将区块链技术列为战略性前沿技术。2018 年 6 月，《工业互联网发展行动计划（2018-2020 年）》发布，鼓励区块链等前沿技术在工业互联网中的应用研究与探索，2020 年最高人民法院允许当事人通过区块链方式提交证据；美国政府从联邦政府到州政府均持续关注区块链，国会、商务部等多次发报告认可区块链技术的潜力，美国食品和药物管理局（FDA）积极推动基于区块链的药物溯源追踪；欧盟发布的《区块链现在与未来》重点探讨了区块链在制造业中的应用。德国联邦政府区块链战略》中鼓励区块链与工业 4.0 的结合应用。

在这些国家层面的区块链促进举措激励下，工业区块链专

利呈现数量攀升，布局地域不断拓展的态势。就工业区块链分布地域来看，工业区块链的专利全球分布主要集中在美国和中国，分别占 53%和 19%，此外，韩国、日本、加拿大、澳大利亚、印度、新加坡、德国等国家也在进行工业与区块链技术的结合探索，相关专利数量十几件至百余件不等。中国工业区块链专利涉及智慧医疗、安防、工业监测、智慧交通；美国涉及区块链专利与医疗、投票、车辆、票务、电网、物联网感测等；德国涉及药物、电池、电网和车辆。

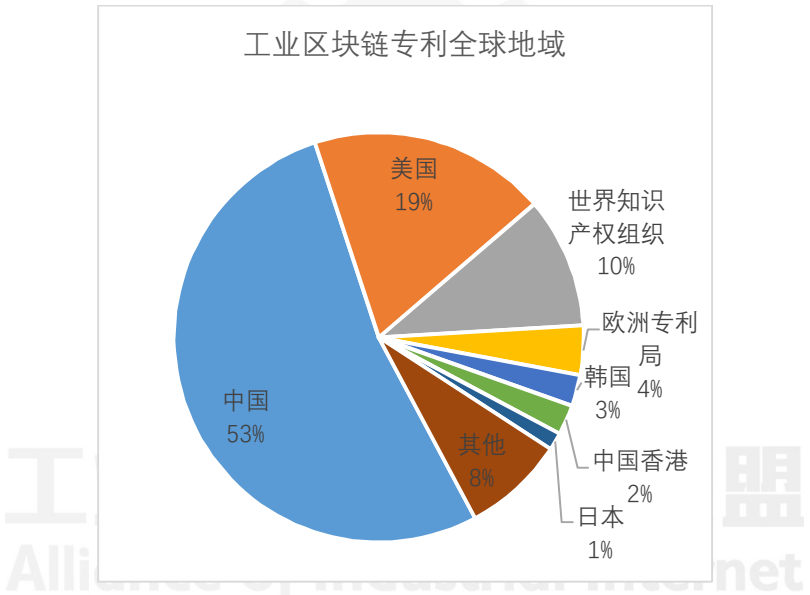


图 24 工业区块链专利全球地域分布

3. 创新主体——多方主体积极实践区块链工业应用，互联网厂商抢先布局专利

当前，工业区块链专利的前 10 申请人无论是从全球看还是从中国角度看，都是中国申请人占据领先地位。阿里巴巴、腾讯科技和百度等互联网厂商更是在专利布局数量上较为领先，国内外排名靠前。反映出互联网厂商不断践行跨境融合，尝试

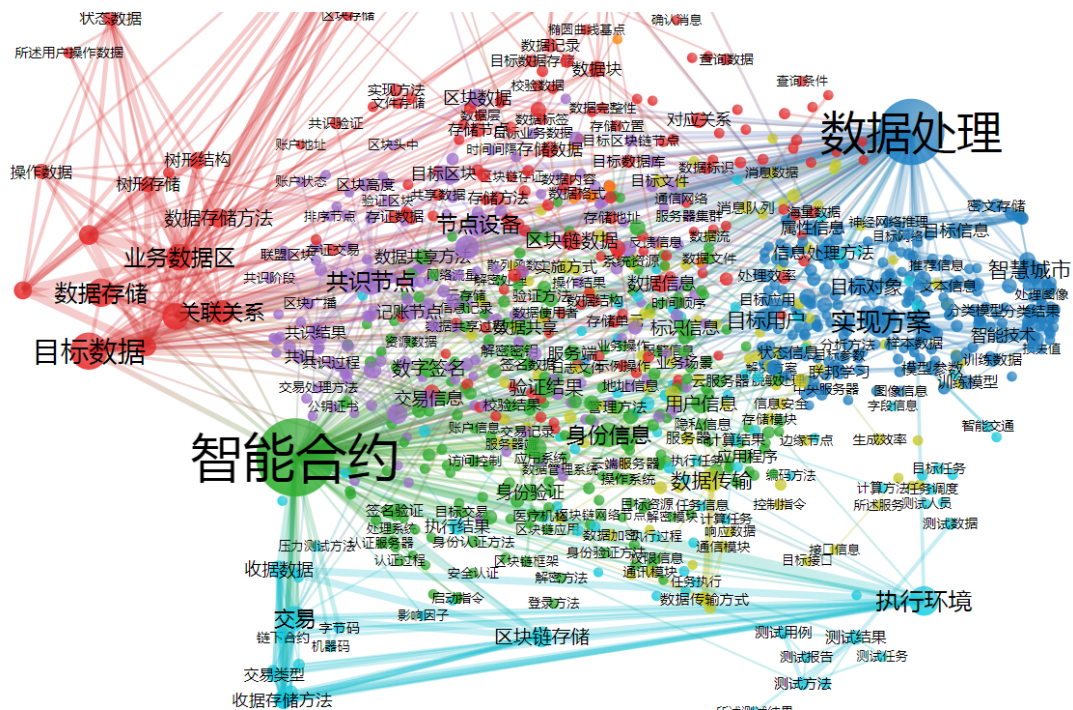
在工业领域应用区块链技术的决心。此外，其他领域等巨头公司也纷纷跟进工业的区块链试水应用，并积极申请相关工业区块链专利。例如深圳前海微众银行等金融公司、平安科技等保险公司、中国联通和英国电信等运营商、西门子等工控企业。

就具体企业的工业区块链实践看，Amazon、Google、Microsoft、阿里、百度、腾讯等互联网厂商立足于技术优势，推出区块链底层平台、技术解决方案，在国际上处于领先地位。万事达卡、亚马逊和埃森哲合作建立透明的区块链供应链。Culledger 和 IBM 达成合作，共同为金融业和信贷业提供区块链服务；美国蓝山矿业公司在采矿中使用区块链技术，国际航空公司霍尼韦尔创建了基于区块链技术的搜索系统，以简化飞机零件和复杂数据文件存储。丰田汽车公司构建了丰田区块链实验室。

国内部分企业虽然已开始探索区块链在工业制造业领域的应用落地，目前主要应用场景包括防伪溯源、产品全生命周期管理、供应链管理、协同制造等。但总体上看，由于涉及场景较为复杂，目前区块链在制造业领域的应用还处于起步阶段。

4. 创新热点——智能合约安全性成工业应用关注方向，区块链正与人工智能结合

对 2020 年的工业区块链专利聚类以探析最新区块链在工业场景下的最新创新方向，主要分为智能合约、共识、数据处理、数据存储和测试几个方向。



智能合约的热点关联技术主要包括身份验证、安全认证、加密和解密、登陆管理、隐私管理、签名、密钥、共享和报警等技术；数据存储的热点关联技术主要包括数据更新、数据格式、数据完整性、数据迁移、数据完整性等；数据处理的热点关联技术主要包括神经网络推理、信息推荐、联邦学习、训练模型、特征提取和分类等，可见工业区块链领域智能合约在应用时业界普遍更关注其安全性问题，以及区块链技术与人工智能技术相结合问题。

工业互联网建模与仿真依托于数字孪生技术，数字孪生技

术是将人工智能、机器学习和软件分析与空间网络图相集成以创建数字仿真模型，这些模型随着其物理对应物的变化而更新和变化。虽然这个概念最早来自军事领域，但是很快得到了领先的工业企业的认同，并投入了大量资源做研究，逐步成为大部分平台建模和模型管理的核心理念。

截止 2021 年，数字孪生技术专利全球共计 2140 件专利，2020 年新增专利数量 715 件，是 2017 年的 9 倍，达到年度申请量峰值。中国专利从 2018 年开始年度申请量呈现激增的态势，2020 年来自中国申请人提交的专利申请占全球一半以上。随着数字孪生技术由概念走向落地，多类模型融合集成，支撑全企业的系统优化，预计相关专利将大量出现。

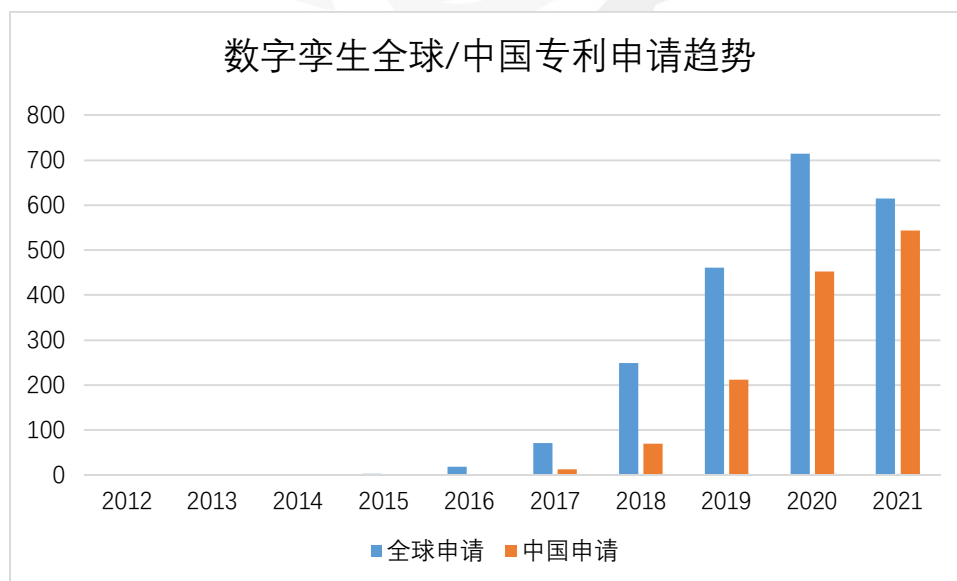


图 26 数字孪生技术专利申请趋势

2. 地域分布——数字孪生专利多分布美国和中国

从专利技术地域来看，数字孪生技术的专利全球分布主要集中在美国、中国，分别占 51%，23%，而在两年前，中美占比

分别为 41%，24%，这与近 2 年来，国内大力推动数字孪生技术创新与产业发展有关。此外，PCT 专利申请、欧专局占 10%和 6%，这表明数字孪生技术未来或在多个国家地区有应用的潜力，GE、Siemens 等跨国企业重视其全球布局，也在中国广泛布局，相关专利技术应于智能工厂、汽车制造业、医疗保健等行业领域，越来越多的中国企业和高校开始关注数字孪生在行业的应用及建模仿真过程。

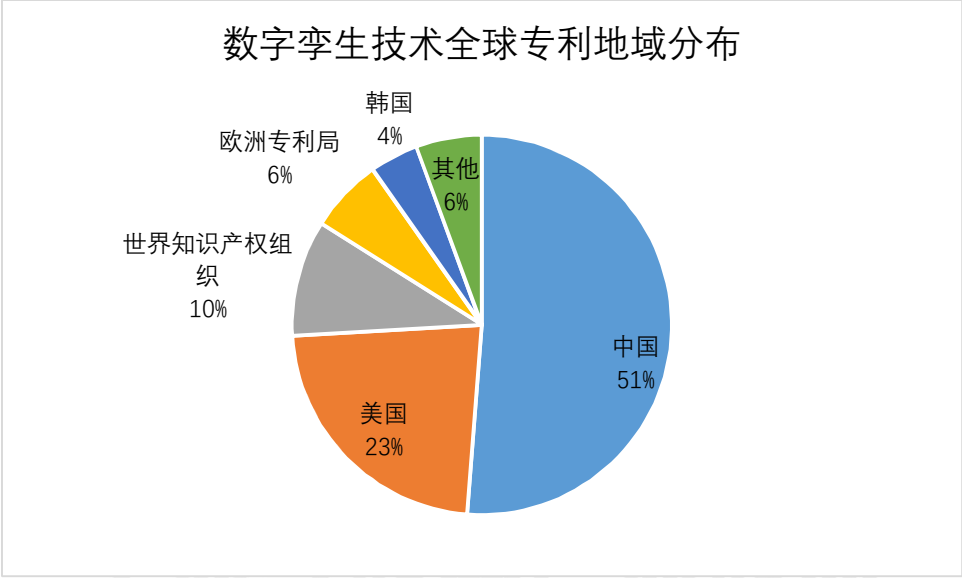


图 27 数字孪生技术全球专利地域分布

3. 创新主体——数字孪生领域专利多为工业自动化厂商布局

与许多新兴技术相比，数字孪生技术应用主要来自工业自动化领域公司。例如，工业巨头 Siemens 与 Bentley Systems 合作发布 PlantSight 数字孪生云服务，为工厂建立全面、完整、实时同步的数字孪生模型，以便业务功能和分析工具实时统一数据；SiemensMindSphere 与 PlantSight 开发资产性能管理应

用；美国 GE 公司在医学领域采用深耕人体的精确模型；Predix 将数字孪生定义为“设备状态数据+分析”、基于 ANSYS CAE 仿真模型构建风力涡轮机的数字孪生分析系统，融合机理公式和设备信息模型，支撑运营优化和预测性维护服务。Siemens 和 GE 的专利申请量与产业发展一致，全球布局相关专利超过百件。

除了工业企业外，IT 企业也在积极布局，比如 Microsoft 正在 Azure IoT 平台构建描述设备状态的数字孪生模型，根据实时数据调整设备状态，为上层应用提供准确信息，并围绕该平台 Microsoft 数字孪生模型申请了 7 件专利。PTC 的 ThingWorx 集成 Creo Product Insight 功能，用工业现场数据驱动 CAD 模型，实现更精确的运动仿真，围绕该功能有相关专利布局。

在数字孪生领域，中国专利申请主要来自国内高校，如北京航空航天大学、广东工业大学、西安交通大学等，专利申请主要围绕基于数字孪生的建模与仿真技术展开，北京航空航天大学的专利侧重在航天航空场景的应用。

4. 创新热点——面向智能工厂的数字孪生应用成技术创新热点

数字孪生技术专利主要分布在智能工厂（车间）的相关分析应用过程，包括加工模拟生产、建立制造模型、智能数据分析、用户交互界面、工业数据的量化分析、分布式集成、异常状态或故障状态仿真与注入，同时还与增强现实过程密切相关。此外，数字孪生与区块链比如智能合约技术也出现了创新。

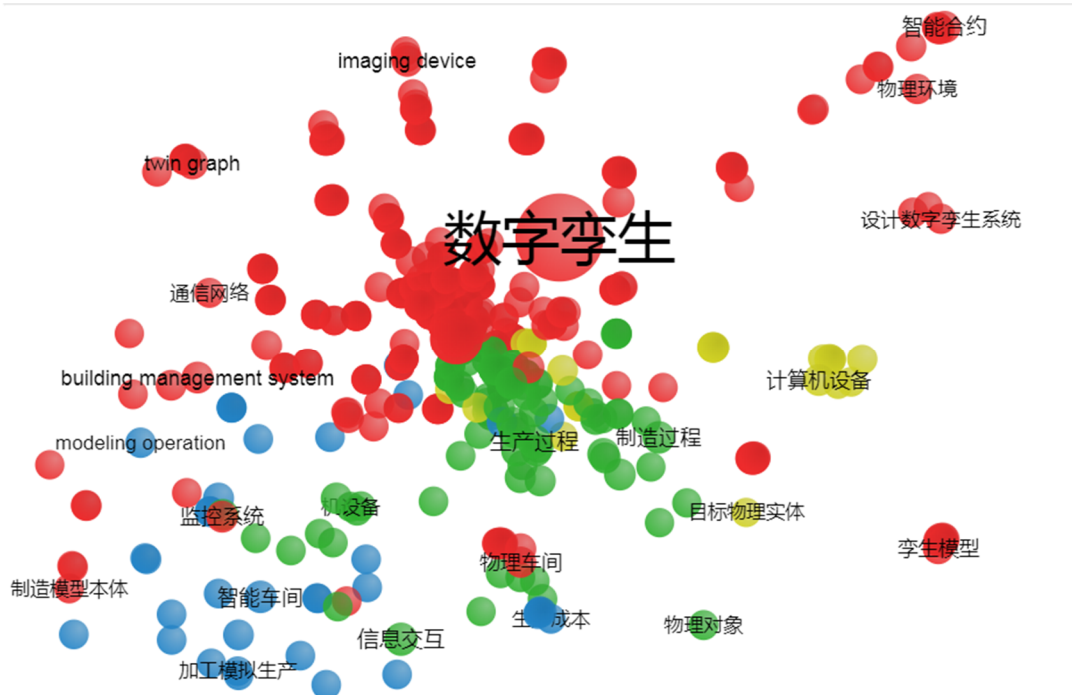


图 28 数字孪生技术专利聚类图

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

第四章 总结

（一）工业互联网需求拉动 5G 技术创新，标准演进促进新技术专利出现

5G 网络在工业场景的能力已经成为刚需，主要包含时延确定性、带宽确定性等差异化网络能力，以及安全隔离、自助管理等能力需求，正逐渐成为工业互联网、车联网的技术基础和产业升级发展的动力。

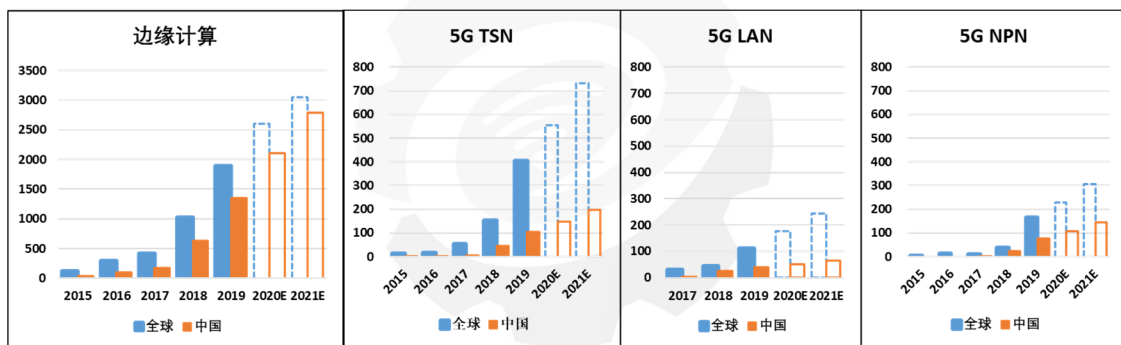


图 29 关键技术专利申请趋势对比

从边缘计算、5G TSN、5G LAN、5G NPN 等领域专利申请趋势来看，中国企业和科研机构积极布局融合网络关键技术专利，受专利申请公开滞后的影响，2020 年与 2021 年专利申请并未全部公开，但从增长趋势来看，未来 2 年专利数量将持续上升。中国企业在 MEC 方面的专利储备强，占全球专利申请的近一半。整体来看，中国企业在 5G 领域的专利储备已具有良好基础。相对而言，我国企业在融合网络部署关键技术的专利申请量位列全球前列。MEC 的专利更多的来自中国专利局，占比高达 71%。5G LAN 和网络切片，中国专利局受理的专利占比超过 30%，其

他领域中国专利局受理专利在 20%-30%之间。

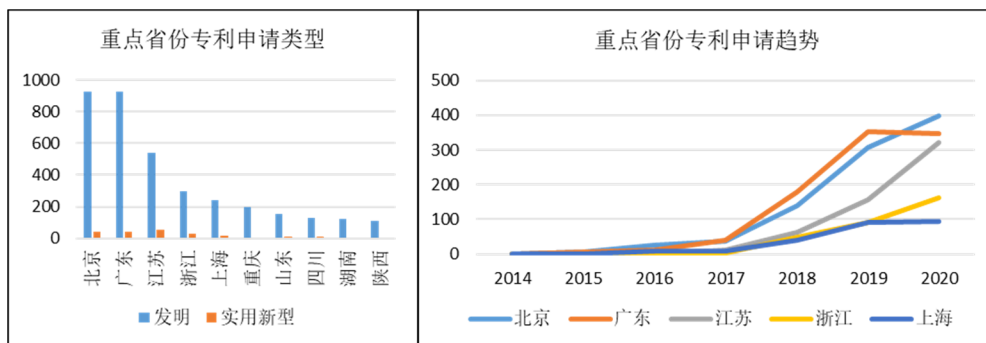


图 30 关键技术专利国内各省份对比

在国内，广东、北京是 5G+工业互联网融合网络关键技术专利申请量最多的省份，专利主要源自行业龙头企业，上海，江苏、浙江也是专利申请量比较突出的省份。

整体来看，在 5G+工业互联网技术创新和运用方面我国企业具有一定的领先优势，技术标准关系到对未来产品、未来市场和国民经济利益的竞争，而标准必要专利的许可在多边贸易中尤其重要。未来，我国企业需要持续在 5G 技术标准演进过程中加强对标准必要专利的布局。

工业互联网为全球范围内不断扩大 5G 技术的应用场景提供了需求，为中国企业积极开拓标准必要专利的使用范围和场景。我们需要及时关注了解不同国家司法政策和标准组织的最新意见，积极参与制定标准必要专利规则，推动全球知识产权治理体制向着更加公正合理方向发展，从战略层面上应进一步获取和高效地利用标准必要专利，支撑工业互联网繁荣发展。

（二）工业智能领域专利申请活跃，产业探索步伐有待进一步持续加大

工业智能融合了以人工智能技术为核心的先进技术，形成了面向工业场景的综合智能技术解决方案。全球范围内，ICT 头部企业如 IBM、GOOGLE、百度和 MICROSOFT，制造业头部企业 Ford、TOYOTA 和 General Motors，芯片领军企业 Intel，工控巨头 SIEMENS 等积极围绕钢铁、能源、汽车、机床、纺织、化工等典型工业生产制造应用场景开展技术创新。围绕芯片、技术平台与框架、数据服务等基础层，以及用于工业预测性维护的计算机视觉等技术、以及工业机器人等布局大量专利。

在工业智能的创新赛道上，呈现参与主体来源广泛且巨头云集的特点。并且这些头部企业正在尝试将其在人工智能产业具有的计算能力、芯片、基础技术框架等优势延伸到工业场景，不断制定战略、加大投资、争夺人才、强化技术储备等。

在工业智能领域专利申请量位列前列的中国申请人多以国内企业和高校为主，国外在华申请人主要是日美车企。我国工业智能领域的研究目前仍较多停留在学术研究阶段，产业探索步伐有待进一步持续加大。

（三）数字孪生从概念走向落地，专利数量持续快速攀升

随着数字孪生技术由概念走向落地，多类模型融合集成，支撑全企业的系统优化，2020 年以来，专利进入快速上升期，全球专利申请量超过 2000 件，预计相关专利未来有望持续快速上升。未来或在多个国家或地区均有应用的潜力，GE、Siemens 在数字孪生领域全球专利量领先，除了工业企业外，IT 企业如 Microsoft、PTC 也在积极布局，中国专利申请主要来自国内高

校。从专利技术细分方向来看，基于数字孪生的建模与仿真技、面向智能工厂的数字孪生应用成为技术创新热点。

（四）面向行业应用的区块链技术创新活跃，头部企业积极抢占先机

区块链的防伪造、防篡改、可追溯等技术特性，有利于以低成本建立互信的“机器共识”和算法透明，从而解决制造业中的设备管理、数据共享、多方信任协作、安全保障等问题，并可催生新产业模式、支撑产业链大规模协作、保障工业安全等。当前，工业区块链专利全球共计 38582 件专利，中国专利 20346 件，基于区块链的供应链金融、汽车、医疗、能源等工业领域专利数量相对突出，彰显区块链技术正在不断与工业领域深入结合，在这些场景下开展应用落地。在产业政策刺激下，全球专利申请最活跃的来自中美两国。

我国工业区块链专利主要涉及智慧医疗、安防、工业监测、智慧交通等多方主体积极实践区块链工业应用，互联网厂商抢先布局专利。虽然国内企业已开始探索区块链在工业制造业领域的应用落地，但目前主要应用场景包括防伪溯源、产品全生命周期管理、供应链管理、协同制造等。总体上看，由于涉及场景较为复杂，区块链在制造业领域的应用还处于起步阶段。未来，在工业区块链细分领域方面存在极大的创新空间。