

---

# 中国“IPv6+”产业生态 的价值、战略和政策研究 (发布版)



中国科学院科技战略咨询研究院 产业科技创新研究中心

2021年12月

---

# 目录

前言.....	3
一、全球经验及国内现状.....	5
(一) “IPv6+” 产业生态的界定.....	5
(二) 全球主要国家“IPv6+”的发展经验借鉴.....	6
(三) 重点行业先行, 构建我国“IPv6+”产业生态体系.....	9
二、“IPv6+”智慧金融产业生态.....	11
(一) “IPv6+”在智慧金融领域的主要模式和场景.....	11
(二) IPv6在金融领域推进过程中存在的问题.....	16
(三) “IPv6+”智慧金融实现价值.....	17
三、“IPv6+”智能制造产业生态.....	18
(一) “IPv6+”在智能制造领域的主要模式和场景.....	19
(二) IPv6在制造领域推进过程中存在的问题.....	24
(三) “IPv6+”智能制造实现价值.....	25
四、“IPv6+”智慧能源产业生态.....	27
(一) “IPv6+”在智慧能源领域的主要模式和场景.....	28
(二) IPv6在能源领域推进过程中存在的问题.....	33
(三) “IPv6+”智慧能源实现价值.....	34
五、“IPv6+”引领创新, 经济社会价值潜力巨大.....	35
(一) “IPv6+”市场规模测算.....	35
(二) “IPv6+”社会经济价值测算.....	41
六、“IPv6+”省份综合发展指数.....	48
(一) 指标体系构建.....	48
(二) IPv6+省份综合发展指数结果分析.....	50
七、中国发展“IPv6+”产业生态的战略思路及政策建议.....	59
(一) 战略思路.....	59
(二) 政策建议.....	61

---

## 前言

2021年7月8日，工业和信息化部联合中央网信办发布《IPv6流量提升三年专项行动计划（2021-2023年）》（以下简称“《专项行动计划》”），围绕IPv6流量提升总体目标，明确了未来三年的重点发展任务，标志着我国IPv6发展经过网络就绪、端到端贯通等关键阶段后，正式步入“流量提升”时代。2021年7月9日，中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部联合印发《深入推进IPv6规模部署和应用2021年工作安排》（以下简称“《工作安排》”）。

《专项行动计划》和《工作安排》中均明确提到了“IPv6+”。尽管近几年业界对“IPv6+”的共识基本已达成，但是“IPv6+”还是首次出现在国家文件中。《专项行动计划》明确：激活应用生态 IPv6 创新活力，推进 IPv6 网络及应用创新，基础电信企业、互联网企业、重点行业企业加大 IPv6+ 网络技术创新（SRv6 等）力度；《工作安排》中明确开展 IPv6+ 技术创新与融合应用试点示范工作，实施一批“IPv6+”技术创新应用项目，不断催生新技术、新应用、新模式。

从 IPv6 扩展到“IPv6+”，体现了国家对推进 IPv6 规模部署和应用的思路由外部推动（政策）向内生驱动的转变，是技术能力和需求拉动的共同结果。从技术能力看，围绕核心技术有条件有基础逐步拓展“IPv6+”创新体系。首先通过技术体系创新，构建“IPv6+”网络开放可编程能力，实现业务快速发放和路径灵活控制；其次通过协议创新和技术创新，提升“IPv6+”智能运维效率，提升用户体验保障；最终通过商业模式创新，发展“IPv6+”应用驱动型网络，通过

---

对应用的感知，实现不同业务的网络 SLA（服务等级协议）保障。从需求拉动看，产业数字化转型需求对“IPv6+”提出了更高要求，尤其是面向新的 5G、云和 AI 时代，对工业互联网、数字政府、智慧金融、智慧能源、车联网、物联网等多样化特色场景的承载网络提出了更高要求，需要承载网络具备高的吞吐能力和更高效的传输策略，包括：带宽预留保障需求、时延触发的传输控制、海量连接管控需求、网络状态感知和分布式网络智能等。而“IPv6+”依托确定性、低时延、超宽、广联接、自动化、安全能力方面的优势，在满足新需求方面具备一定优势，为行业数字化转型和智能化升级提供了更多可能性。但显然，目前对于大部分“IPv6+”产业深度融合应用仍缺乏明确路径，在实际的“IPv6+”产业创新生态形成方面还有差距。

从 IPv6 扩展到“IPv6+”是遵循 IPv6 自身发展阶段和发展规律的结果。自 2017 年以来，国家持续加大推进 IPv6 的部署力度。通过开展“IPv6 网络就绪”“IPv6 端到端贯通能力提升”系列专项工作，IPv6 网络性能优化、应用基础设施提速、行业应用改造、终端能力支持等核心问题得到一定解决，当前 IPv6 正从“通路”走向“通车”阶段，正从“能用”向“好用”转变。IPv6 要想更顺利的“通车”和提升流量，必须找到其内生驱动力而非单纯靠政策驱动。除了传统的 IPv6 可以解决地址不足和安全溯源问题之外，如何找到 IPv6 自身的产业价值，挖掘更多的“IPv6+”产业需求和应用场景，并有效提升 IPv6 对其他产业数字化赋能的价值，是促进 IPv6 流量提升的关键，这也是“IPv6+”产业生态的题中之义。

---

## 一、全球经验及国内现状

当今世界，网络空间日益成为赢得国家竞争优势的战略焦点，抢占下一代互联网发展机遇成为世界主要国家的战略选择。我国迫切需要抓住全球互联网升级演进的重要机会窗口，加快推进构建“IPv6+”产业生态，打造发展新优势、赢得竞争主动权。

### （一）“IPv6+”产业生态的界定

“IPv6+”是面向 5G 和云时代的智能 IP 网络，为网络提供确定性转发、灵活联接、低时延保障、可保障超大带宽、自动化运维等能力，以实现更加开放活跃的技术与业务创新、更加高效灵活的组网与业务提供、更加优异的性能与用户体验、更加智能可靠的运维与安全保障，为行业数字化转型指明了方向。“IPv6+”是 IPv6 下一代互联网的升级，是面向 5G 和云时代的 IP 网络创新体系。包括：一是以 SRv6、网络切片、随流检测、BIERv6 和 APN6 等内容为代表的协议创新，二是以网络分析、自动调优等网络智能化为代表的技术创新，三是以 5G 承载和云网融合为重点应用场景的业务创新。

本报告“IPv6+”产业生态在“IPv6+”产业的基础上提出的。

“IPv6+”产业是指围绕“IPv6+”产业链上下游的所有硬件、软件、应用和服务的总和。“IPv6+”产业作为支撑智慧金融、智能制造、智慧政务、智慧教育、智慧能源等各行业数字化转型的网络基础，无法脱离于行业需求单独存在。“IPv6+”产业为传统产业提供更智能、

---

更高效、更安全的承载网络，以及结合多行业需求衍生的新业务和新应用，共同构筑起了“IPv6+”产业生态。

推进“IPv6+”部署，构建“IPv6+”产业生态是我国网络设施升级、技术创新、网络安全保障、产业数字化转型的必然要求。一是“IPv6+”规模部署和应用是互联网演进升级的必然趋势，是全球公认的唯一可以规模商用部署的互联网解决方案，是下一代互联网的起点；二是“IPv6+”是网络技术创新的重要方向，是提升我国网络信息技术自主创新能力和产业发展水平的重要契机；三是“IPv6+”为解决网络安全问题提供了新平台，为创新网络安全保障提供了新手段，是建设网络强国的关键支撑；四是推动“IPv6+”产业生态是推动产业数字化转型的重要推手，是支撑数字经济高质量发展的迫切需求，为5G、数据中心等新型数字基础设施奠定坚实基础，是加快互联网和实体经济深度融合的基础保障。

## （二）全球主要国家“IPv6+”的发展经验借鉴

一是美国。美国高度支持IPv6的发展。美国政府一直积极推动网络向IPv6的升级，OMB于2010年9月发布了“向IPv6过渡”的备忘录，要求联邦机构为公共互联网服务器以及与公共服务器通信的内部应用程序提供本地IPv6支持。同时美国明确政府对IPv6升级路线的选择（IPv6-only即纯IPv6路线）。OMB于2020年11月发布的备忘录确认美国政府对IPv6升级的官方选择是IPv6-only路线，即纯IPv6网络。美国各政府部门协同推进IPv6的发展。美国商务部、

---

国土安全部、总务管理局、联邦首席信息官委员会分别有具体的职责分工。美国企业积极推进向 IPv6 的过渡。亚马逊网络服务 (AWS) 支持美国联邦政府转向 IPv6，确保向 IPv6 过渡时不断增长的政府网络和物联网设备受益于 IPv6 的扩大规模。各种规模和行业的客户都在使用 Amazon S3 和 Amazon EC2，它们都支持双栈端点。

**二是欧洲区域。**英国于 2021 年 5 月发布了报告《互联网未来——聚焦未来互联网的形成》，阐述了英国对未来互联网服务的设想。提出 IPv6 技术作为构筑未来互联网的三大关键技术之一，将撑起未来互联网发展的“筋骨”，这与“IPv6+”的核心内涵是一致的。未来物联网的使用将促进 IPv6 在 IETF 上的部署，SRv6 等协议正在被开发以用来提高 IPv6 的性能。英国政府表示，采购应该包括双栈软件，作为 IPv4 到 IPv6 迁移的准备，目前英国正在加快 IPv6 开发和产品化进程，在网络过渡、用户规模、业务应用、终端升级、技术突破和产业带动等方面提出了明确目标及完善的政策导向，各种试验项目正在逐步成熟，并配备五大举措扎实推进中。**法国**是较早开展 IPv6 部署的国家，已推出了向 IPv6 过渡的时间表。早在 2011 年法国政府部委间网络已经使用 IPv6，同时法国政府成立专门机构，负责管理部委间通信系统的运营和维护，IPv6 不仅有海量的地址空间，还有更好的安全性，将在今后较长一段时期内保证政府网络的稳定和安全。法国 IPv6 的部署在过去 5 年里从 12% 增加到 47%，最新的 5G 技术也要求保留专门的通信频段实现 IPv6 兼容性。

---

三是亚太区域。印度。近年来印度政府发布了两份重要的 IPv6 政策文件。2010 年 7 月发布了“全国 IPv6 部署路线图- i”，2013 年 3 月发布了“全国 IPv6 部署路线图- ii”。印度 IPv6 工作组也会定期更新 IPv6 过渡的时间表，分别在 2016 年和 2020 年发布了两次修订。泰国。泰国内阁在 2013 年 6 月批准了《2013-2015 年 IPv6 行动计划》。随后建立了 IPv6 的协调与运行中心。2015 年 12 月，《泰国 IPv6 动员、推广、加速和后续行动计划：第二阶段(2016-2018 年)》获得批准，并任命 MICT 监督其实施。马来西亚。马来西亚政府在 2011 年宣布了 IPv6 的实现计划，目标是在 2015 年实现本地 IPv6 模式。马来西亚 2015 年的“IPv6 采用法案”为互联网服务提供商转向 IPv6 提供了必要的推动力。到 2019 年，已成功实现了采用。

四是经验启示。1) 统筹各政府部门职能，协同推进“IPv6+”发展。从国家层面进行顶层设计，并统筹网信办、发改委、工信部等各政府部门职能，形成组织架构清晰，高度统配，分工明确、协同创新的“IPv6+”组织保障。2) 引导多行业参与，协同社会各方力量，稳健推进 IPv4 向 IPv6 过渡。鉴于目前“IPv6+”产业生态的构建尚处于初步阶段，应积极引导金融、制造、能源、教育、政务等多行业积极深度参与。



### （三）重点行业先行，构建我国“IPv6+”产业生态体系

构建我国“IPv6+”产业生态不是单一的技术推进路径或业态创新路径，而是一项涵盖供给侧协同创新、需求侧应用驱动、基础设施建设、基础终端载体、要素资源支撑、安全保障管理等多方面融合发展的体系化工程，需政府加强引导、企业发挥主体力量、社会公众积极参与，分层次、系统化地进行统筹和推进。构建包含“2大核心—3大力量—4大基础”的“IPv6+”产业生态“234”发展体系。2大核心为供给侧和需求侧的核心能力建设，实现应用驱动，协同创新。3大力量为政府引领、企业主体和社会参与，共同推进“IPv6+”产业生态建设。4大基础为基础设施、终端载体、基础要素和安全基础。

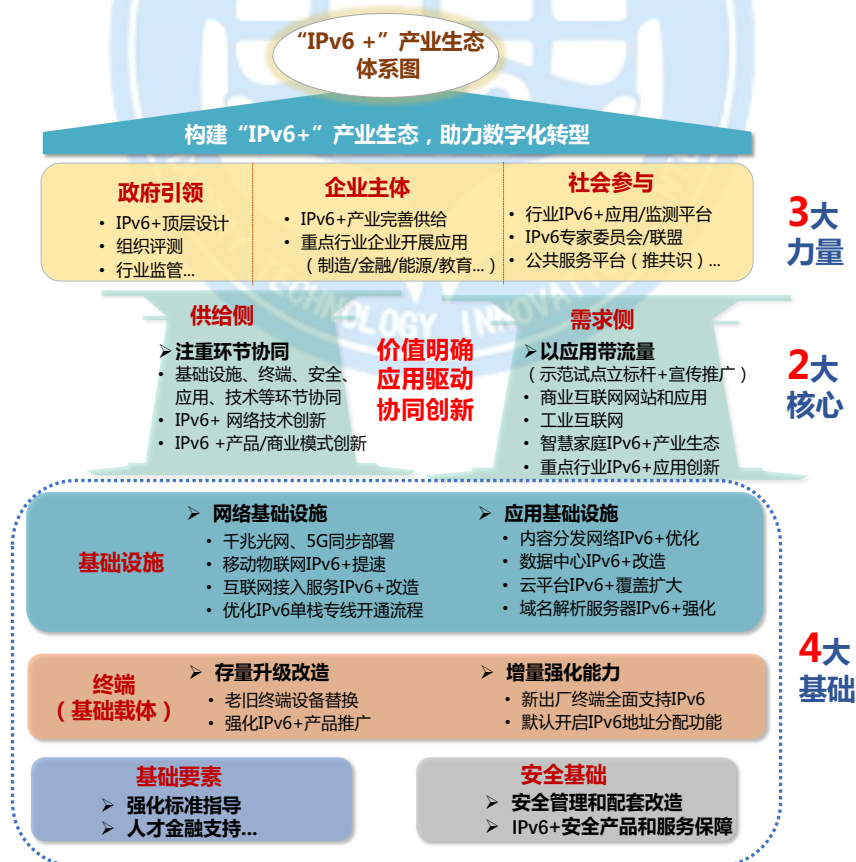


图1 我国“IPv6+”产业生态体系图

目前我国“IPv6+”产业生态总体处于发展初期阶段，需重点围绕不同重点应用领域，逐渐形成“IPv6+”子产业创新生态。具体从“IPv6+”产业链和环节出发，是要面向不同重点行业，加快构建一个从“云-管-端-用”的“IPv6+”架构体系。云主要包括数据中心、云平台、CDN、DNS的部署优化；管即网络，包括网络设备、网络软件及服务；端即物联网终端及用户端；用即应用，围绕重点行业领域，加快“IPv6+”业务模式创新，尤其是在5G和云网融合的背景下推动形成示范试点立标杆，不断形成以应用带流量的良性循环。加快布局多行业领域的“IPv6+”技术、应用、业务和模式创新，形成包含“云-管-端-用”的“IPv6+”子产业创新生态协同态势。



图2 “IPv6+”子产业创新生态图（围绕不同应用领域）

本报告基于当前发展阶段，结合相关政策，选取了智慧金融、智能制造、智慧能源等三大领域，梳理提出了相关方面认为具有一定发展基础和前景的典型应用场景及其支撑技术、基础设施配套体系。随着技术进步和产业完善，预期后续其他应用场景也将获得进一步拓展，演化出更多形态各异的新模式、新业态，并在重点领域形成不断完善的“IPv6+”子产业创新生态。

---

## 二、“IPv6+”智慧金融产业生态

2018年，中国人民银行、中国银行保险监督管理委员会、中国证券监督管理委员会联合发布了《关于金融行业贯彻落实〈推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署行动计划〉的实施意见》，旨在加强统筹谋划、健全工作机制，意见中明确了我国金融行业 IPv6 规模部署的总体原则、工作任务，加快构建金融行业高速率、广普及、全覆盖、智能化的下一代互联网。2019年人民银行结合行业发展现状，坚持可操作性、系统性、实效性、改进性四项原则，制定《金融行业 IPv6 规模部署技术验证指标体系 V1.0》，指标体系涵盖技术和管理要求；建设金融行业 IPv6 发展监测平台，实现金融行业 2000 多个监测点的动态监测，分地区、分类型的展示功能助力人民银行各级机构开展核查。

### （一）“IPv6+”在智慧金融领域的主要模式和场景

#### 1. “IPv6+”在智慧金融领域的主要模式

目前，金融业对于广域网的创新改造领先于其他行业领域，并取得了一定的成功，已经从 IPv6 向“IPv6+”进行全面升级与实践。在政策驱动下，以商业银行为核心的一批金融机构已经从互联网接入 IPv6 为起点，逐步深入到内容改造，基于广域网改造开拓了各类创新应用。商业银行在进行“IPv6+”改造过程中，应以“基础设施先行、业务拓展应用同步启动”为原则进行改造，改造范围涵盖互联网接入环境、服务器区域基础设施、互联网应用、安全系统和运维管理系统

---

等多方面。

金融行业的“IPv6+”改造主要包含三方面内容，即对互联网接入 IPv6 的改造、业务承载网络对 IPv6 的支持以及新业务与 IPv6 技术的融合创新应用。在对互联网接入 IPv6 的改造方面，以国家政策为指导，重点面向金融终端用户，以提升用户体验为原则，进行互联网应用系统支持 IPv6 改造；业务承载网络对 IPv6 的支持，包括机构专用网络改造、骨干互联网络改造、分支机构局域网络改造及无线网络改造；新业务与 IPv6 技术的融合创新应用，包括 IPv6 对金融机构为了提高经营效率所建的新技术系统应用的支持，如物联网感知系统、高清视频会议系统等。

## 2. “IPv6+”智慧金融主要场景

### (1) 场景 1：支持多云、跨云管理

通过构建基于“IPv6+”的下一代互联网技术的骨干网改造，可以优化网络使用条件，进而更好的实现多云、跨云管理，在多地数据中心支持 IPv6 的条件下，将助力银行构建开放的服务化 IT 架构，实现私有云、公有云、混合云的网络统一编排，打破多工具多平台分散管理限制，提供全场景服务化能力。同时，更稳定、高效、安全的骨干网络架构改造，将有效地保障公共云数据资源的安全性与私有云数据资源的隐私性，减少乃至杜绝宕机、系统中断和数据泄露等给银行带来的操作风险和声誉风险。此外存储网络 IP 化的灵活性将提高金

融数据中心网络存储业务性能和可靠性，实现金融数据中心多地多中心的无损网络架构。

### 专栏 1 典型应用场景案例

**中国建设银行股份有限公司。**中国建设银行结合自身“TOP+”金融科技战略理念，以及多地多中心及多元化的业务诉求，通过打造基于 SRv6 Policy 智能云骨干网络，构建一张智能、极简、弹性的云骨干，极大提升业务效率和业务体验。在建设过程中，建行首先基于当前业务需求，新 SDN 架构核心网投产，技术演进到 SRv6，并将现有数据中心及相应一级分行、海外分行等业务平滑迁移到新核心网。随着业务的发展，云下沉到区域，区域中心开始建设，以更好的支撑业务部署，提升客户体验。通过打造基于 SRv6 Policy 智能云骨干网络，实现了 SRv6 无缝跨域多云和网点，端到端 SDN，一网调多云；“乐高式”云骨干架构实现业务弹性扩容，助力金融服务下沉；可视化运维，以数字镜像驱动物理世界，打造高可用网络；网络即服务，业务意图快速变现，助力商业成功。

### (2) 场景 2：网络即服务

在商业银行进行数字化转型过程中进行“IPv6+”网络改造，有着丰富的应用前景，一方面驱动银行网络实现服务化转型，对于银行前中后台经营管理架构和运营将产生重大影响，另一方面通过对外部互联网和内部的业务网、办公网的改造，提供全方位网络服务，提升服务的效率与用户体验。在银行前台，“IPv6+”创新应用的普及，将实现银行对外服务更加快捷、稳定、高效，进而驱动客户体验从平面走向立体，推动服务多元化；在银行中台，基于“IPv6+”的网络服务将实现银行内部数据驱动下的精准决策，极大地提升整体防控能力；在银行后台，“IPv6+”与其他新一代信息技术融合应用，助力业务集中处理效率的大幅跃升，不仅可以优化网络服务流程，更有助

于改进网络服务体验。

### ➤ 网络流程优化，提升银行服务效率与体验

基于“IPv6+”创新应用，通过对银行网点通信支持无线化、轻量化 IPv6 改造，有助于网点实现网络流量低成本整合、高效迁移与精细化管理，助力推进银行网点实现数字化转型，拓展金融无卡化、用户行为在线化、账户载体多元化、交易验证便捷化、支付服务场景化等智能应用场景和个性化业务服务，为银行用户提供智能化交互体验，包括智能运营、智能反欺诈等应用。

### ➤ 全流量分析与性能监控，加强银行网络运维管理能力

金融机构通过对基于“IPv6+”创新应用的落地，将实时掌握“IPv6+”网络运行状况、用户体验感受、网络应用性能优劣及网络资源利用效率等切实需求，极大地提升自身网络运维管理能力，进而驱动网络服务化转型，实现网络效率与客户体验的双重提升。包括流量扩容、流量转发、流量分析、流量监测、流量成本分摊等应用。

#### 专栏 2 典型应用场景案例

中国工商银行股份有限公司。工商银行于 2017 年初启动了 IPv6 落地工作，以最彻底的“端到端 IPv4/IPv6 双栈（同时运行 IPv4 和 IPv6 两套协议栈）改造，同时提供 IPv4/IPv6 服务”为原则，并于 2019 年完成集团及分支机构门户网站和用户访问量最大的手机银行 APP 的 IPv6 技术改造工作。2020 年 10 月底，工行全面完成包括“工银融 e 行”“工银融 e 购”“工银融 e 联”等在内的所有面向公众服务的互联网应用的 IPv6 部署。此外，工行积极探索基于 IPv6 的特色金融应用创新，建成了全面支持 IPv6 的金融 SaaS 云。

---

### (3) 场景 3：可信安全

目前，信息安全的重点已经由早期的静态安全防御转向动态安全防御、被动安全防护转向主动安全防护、边界防控转向源头与信任防控、单域安全防控转向跨域安全防控。IPv6 的网络可信的重要组成，构建基于“IPv6+”的可信网络改造将助力金融业完善信息安全防护体系。“IPv6+”区块链。在金融领域中，区块链在数字货币、支付清算、智能合约、金融交易等方面存在广阔应用前景。IPv6 将可作为区块链的底层协议，与区块链的融合应用将在金融安全方面发挥巨大的作用。一方面，基于“IPv6+”网络改造，可以实现 IP 层的溯源与可信验证；另一方面，区块链技术可以构建去中心化的信任机制，助力金融业在安全性上解决信任的问题。IPv6+区块链，将极大地提高金融业信息的可行性与真实性，助力金融安全发展。

### (4) 场景 4：智能物联应用

“IPv6+”的创新应用，可以满足物联网海量移动节点标识需求，更好地支持移动终端连接与管理，定义数据包结构中的流量类表和流量标签，加强安全性和保密性，从而支持金融行业的各类智能物联场景应用。目前基于“IPv6+”的智能物联应用尚处于起步阶段，但可以预见，基于“IPv6+”支持的金融物联网、金融智能网点将成为主流，拥有广泛的创新市场。主要包括智能风控、智能资产管理、智能支付、智能安防等应用。

### 专栏 3 典型应用场景案例

**智能投顾。**招商银行的摩羯智投是中国银行业首个智能投顾系统，随后中信银行、光大银行、浦发银行、兴业银行、工商银行等相继推出智能投顾产品。智能投顾服务通过降低投顾服务门槛，弥补了中低收入人群体投资顾问服务的市场空白，真正实现了金融服务的平等化和普惠化，IPv6+”创新应用具有极好的发展前景。

## （二）IPv6 在金融领域推进过程中存在的问题

一是现阶段 IPv6 的国家标准尚在研究与制定中，制约其规模化部署。目前我国 IPv6 国家标准体系仍在制定、完善和优化中。金融行业基于 IPv6 下一代互联网体系架构改造，涉及资源类、网络类、应用类、安全类、过渡类等方面的标准的制定。

二是 IPv6 下一代互联网体系架构改造成本高。目前，银行机构普遍选择是将 IPv4 设备升级支持 IPv6，需把所有软件、硬件，包括交换机、路由器、防火墙、各类主机以及各类网站、APP 等各种网络软硬件设备进行升级，需大量的资金成本投入。同时，由于 IPv6 改造升级技术改造难度较大，内部 IT 人员能力无法满足，需引进专业网络人才及外部专业的 IT 公司进行技术支持，成本投入较高。

三是 IPv6 下一代互联网体系架构改造推广仍存在障碍。目前，银行内部在进行网络升级方面主要工作仍由 IT 部门进行负责，且日常工作具有封闭性，与其他部门人员欠缺互动、沟通渠道，其他部门人员作为被服务者并不明确自身需求，也对网络升级改造缺乏成熟的认知，在应用端推进时可能会存在沟通和推广的障碍。



---

四是银行等金融机构对于下一代互联网改造的紧迫性亟待提升。

银行等金融机构对于 IPv6 改造仍多集中于对互联网接入，更适配核心业务应用和创新领域的 “IPv6+” 技术在推动力度方面需要提升。同时很多大型商业银行作为国企，肩负引领我国行业数字化转型的带头作用，应更加注重数据基座的价值，加快推进布局 “IPv6+”。

### （三）“IPv6+” 智慧金融实现价值

一是基于 “IPv6+” 创新应用推进了金融机构网络服务化能力。

持续探索基于 “IPv6+” 的下一代互联网技术创新，并使之成为下一代骨干网关键技术，是目前银行业基础网络架构改造的共识。基于 “IPv6+” 的下一代互联网技术创新改造，实现了银行数据拉通后的一跳入云，助力银行各业务体系快速开通与协同发展，推进了银行多云、跨云的优化管理，预计可以降低 20%左右的运维管理成本。基于网络即服务的理念，“IPv6+” 技术实现了一张物理网供多个部门共同使用，且互不影响，通过网络智能分流、网络流量画像与网络监测服务，达到节省投资、高效利用的目的，用户体验将明显提升，预计用户服务好评率可达到 90%以上。

二是 “IPv6+” 助力打造面向人与物、物与物的各类金融智能物联场景。基于设备智能化构建的万物可标识、万物可在线的各类智慧金融场景将成为行业发展的趋势。“IPv6+” 较于传统网络具有无限互联、扩容无感、体验无损、服务无界等特征，使得设备智能化与万物互联成为可能，尤其是人与物、物与物之间将产生复杂而密集的

---

交互，将催生一批面向人与物、物与物的金融智能物联场景。例如银行部署的智能机具，通过人脸识别验证客户身份，人脸识别准确率达99%以上，极大地提升银行对客户进行身份认证的效率与准确性，降低运营风险。

三是构建以“IPv6+”为基础的金融自主可控技术体系将助力国家安全。金融是现代经济的核心，在很大程度上影响甚至决定国家的经济健康发展。维护金融安全，推进金融自主可控技术体系建设，对我国经济社会发展全局具有战略性意义。伴随着“IPv6+”在金融行业的迁移与部署，以银行为主体的金融机构的基础网络架构将发生重大重构，以此为契机促进新技术和应用在金融业的创新与发展，构建以“IPv6+”下一代互联网体系架构为基础与支撑的金融自主可控技术体系，以金融安全助力国家安全保障。

四是金融与科技跨生态合作助力推进行业数字化转型与科技创新。银行基于“IPv6+”的下一代互联网体系架构的改造，构建可以支撑未来万物互联体系的新型互联网架构体系，将大幅度提升数字化赋能水平，尤其是对自身运营管理效率的提升可以达到40%以上，对外业务应用创新能力的提升约18%。

### 三、“IPv6+”智能制造产业生态

智能制造是基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新生产方式，是推进制

---

造强国战略的主攻方向。工业互联网是实现智能制造的关键使能技术，为智能制造提供了关键的共性基础设施，为其他产业的智能化发展提供了重要支撑。

我国政府高度重视工业互联网与 IPv6 的深入发展，相继出台了一系列的政策文件，推动工业互联网健康快速发展。《工作安排》明确指出将进一步拓展工业互联网 IPv6 应用。IPv6 技术解决了工业互联网对于海量地址的需求，“IPv6+”带来的分段路由、网络切片、随流检测等技术创新满足了工业互联网对于大带宽、低延迟、广覆盖等苛刻的网络需求。基于“IPv6+”的工业互联网可以减少网关、便于管理，还可以提高数据传输服务等级 SLA、构建工业互联标识解析体系，有利于复杂设备之间的高质量通信。同时，由于网络管理能力的提升，基于“IPv6+”的工业互联网还能进一步提升安全保障。目前，“IPv6+”已经就在上汽乘用车、宝武钢铁等公司的工业互联网中得以应用，支持制造业企业的转型升级。

## （一）“IPv6+”在智能制造领域的主要模式和场景

### 1. “IPv6+”在智能制造领域的主要模式

在智能制造领域，“IPv6+”主要应用于工业互联网中体系中的网络部分，满足制造业对于网络性能的特殊需求，为工业互联网提供了灵活弹性、可管可视、确定转发三个维度的网络能力。

首先是提升了网络的灵活弹性。利用 SRv6 等技术，可以实现端到端业务快速开通、策略灵活变更、流量灵活调度、带宽灵活调整等

功能，适应快速增长的业务需求，不断提升业务能力与用户体验。其次是实现客观可视的功能。利用随流检测、人工智能、知识图谱等关键技术，可以实现关键业务流量的可管可视。当网络出现故障时，可以快速定位故障、分析故障，将故障恢复时间从小时级缩短到分钟级，并可实现故障的自动预测和恢复。最后是具备确定转发能力，提升了网络可靠性。不同于消费网络，制造领域对工业互联网有确定性转发要求。利用切片等技术提供流量安全隔离能力，可以做到不同流量间互不影响，并且提供片中片能力，同一企业内不同业务也可以互相隔离，为关键生产业务提供确定性低时延和高可靠保障。

正是由于“IPv6+”具备上述的能力，才使得工业互联网能够有效地连接海量的工业设备，并且保证数据的可靠传输，进而推动互联网从消费互联网向产业互联网发展演进。

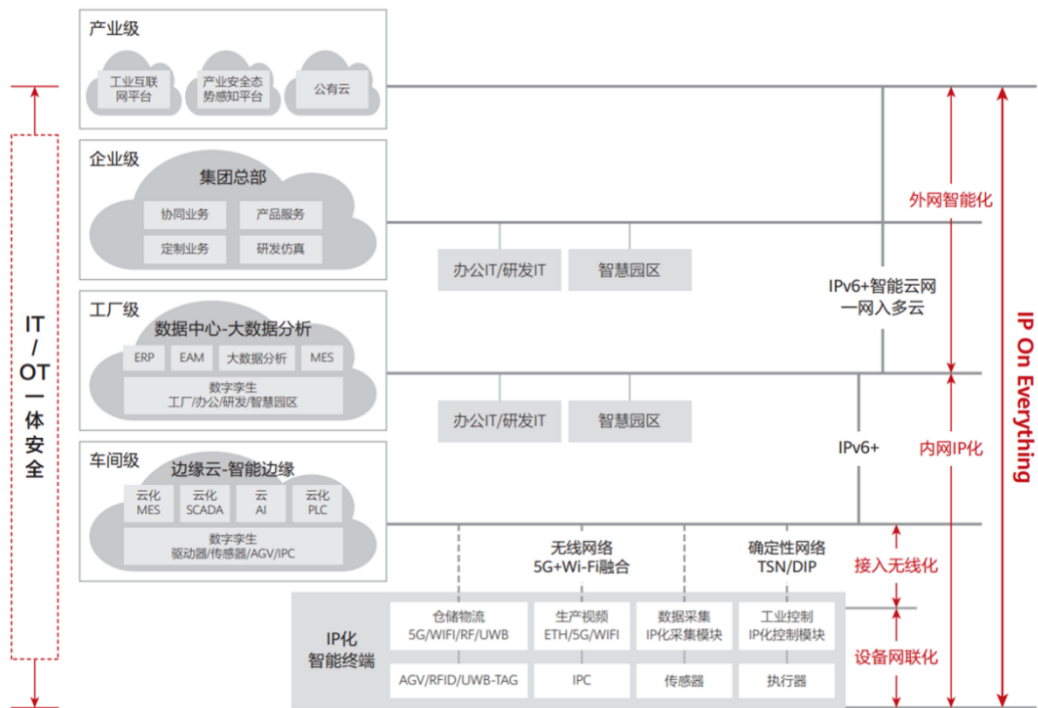


图3 先进工业互联网网络逻辑架构图

数据来源：《网络体系强基展望白皮书》，2021.4

---

在先进的工业互联网网络中，终端设备应以 IP 协议、通过无线化方式接入到确定性 TSN/DIP 的网络中，构建云端协同、实时控制的智能终端；在生产车间部署边缘云，快速响应生产车间的任务；工厂办公区和智慧园区通过 IP 化的网络连接到工厂的数据中心；集团总部通过“IPv6+”实现业务快速发放和智能运维，打通企业内部各工厂之间的分支，并对接通外部云服务。整体工业网络体系全部基于 IP 协议，通过打通生产网络和办公网络，实现 IT/OT 融合。同时产业平台云化、产业服务云化通过“IPv6+”可以实现多云互联，进而打通产业链全要素链接。

## 2. “IPv6+” 智能制造主要场景

智能制造中，研发、设计、生产、测试、销售、运维等多个环节产生大量的数据，特别是定制化生产模式，还需要将用户需求反馈到生产制造环节，数据在各个环节的流通非常重要。应用“IPv6+”技术，可以对企业资源进行调度优化，在企业内部各系统之间、各数据中心之间实现广域一张网和数据中心网络统一架构，打破数据的物理隔阂和系统之间的数据交换问题。利用“IPv6+”技术打通企业的外网与内网，推动 IT 与 OT 的融合，实现海量设备以 IP 协议接入，便于进行资源统一管理，并打造了确定性的网络。通过“IPv6+”的推广应用，在智能制造系统中真正做到“数据上得来，智能下得去”。

## (1) 场景 1：多云与数据中心数据的配置管理

大型的制造类企业，通常具备多个分工不同的数据中心，用于负责生产、研发、销售、管理等业务板块，并且需要接入多个外部云服务，扩展自身数据中心的服 务能力，以便更好支撑自身的业务需求。如何提升不同数据中心之间的数据传输能力，一直是企业网络系统升级的重要方向，重点是解决网络灵活配置和数据传输效率问题。通过构建基于“IPv6+”的企业网络的改造，可以灵活调整企业内部的网络资源配置方式，提升企业不同数据中心之间的数据传输能力。通过网络的灵活配置来为不同系统配置相关计算、存储等资源，以便有效支撑业务发展。在保障稳定的基础上，有效提升 IT 资源的利用率，便实现了成本的降低。

### 专栏 4 典型应用场景案例

上汽集团乘用车公司在国内有多个生产基地、研发基地和上百家 4S 店。在总部有一个数据中心，用于承载办公、研发、营销和 ERP 等系统。每个生产基地有一个小型数据中心，用于承载本基地的办公和生产业务。为了满足业务上云的需求，还引入了多家公有云。总部、各基地和公有云之间采用传统专线连通。另外，还有很多上下游的企业，也采用专线的方式和总部数据中心进行交互，形成了以总部数据中心和灾备数据中心为核心的，多云多基地互联的广域网络。上汽乘用车业务场景为企业园区、生产基地和公有云、私有云之间的多点互联。业务管控面，通过上海电信的多云聚合平台协同跨多云服务提供商和多分支的云网业务，为上汽乘用车开通临港和安亭园区到公有云、私有云的多点互通连接，满足企业上云和分支互联的业务诉求，同时具备敏捷开通和调整云网业务，在基本业务承载的基础上，适应业务灵活调整，弹性变化的业务诉求。业务承载面，上汽乘用车园区机房部署电信智能云端，通过云端接入云专网，在云端同时接入多种业务，实现企业上多云、多分支互联、园区上网的综合业务诉求。

## (2) 场景 2：打造确定性转发网络

工业网络除了需要满足网络资源的灵活配置要求外，还需要满足工业场景对于网络质量的较高要求。特别是工业生产网络，需要连接工厂内部人员、机器、材料、环境等生产要素，对于网络的性能要求远远高于传统的消费互联网。利用“IPv6+”的确定性转发网络技术，可以根据不同应用场景来配置不同的网络性能。在生产网络环境中，系统对于网络的可靠性要求较高，数据采集的故障容忍时间处于秒级，生产监控和工业控制要求零中断，传统 IP 网络“尽力而为”服务能力难以满足要求，采用“IPv6+”技术的网络则可以实现确定性转发，满足生产网络的高可靠性要求。

表 3 典型生产网络场景对于网络性能指标的要求

网络指标/场景	智慧物流	数据采集	生产监控	工业控制
网络规模（终端/千平方米）	数百	数千	数千	数百
介入密度（Mbps/千平方米）	1Gbps	10Gbps	1Gbps	100Mbps
确定性延迟	秒级	秒级	秒级	1~100ms
可靠性（故障容忍时间）	分钟级	秒级	零中断	零中断
安全	高	高	高	高
用户体验速率	千兆	千兆~万兆	百兆	百兆
自动驾驶水平	高	高	高	高
能耗（设备能耗要求）	低	中	中	高

数据来源：《网络体系强基展望白皮书》，2021.4

### 专栏 5 典型应用场景案例

马钢（集团）控股有限公司是我国特大型钢铁联合企业，随着其业务规模的不断扩大，现有的网络已经无法支撑集团的高速增长。马钢引入华为的“IPv6+”智能制造解决方案，对原有的网络进行升级改造，通过基于“IPv6+”的网络打通各专业、全流程的业务系统。

钢铁行业的生产业务对于网络的延迟要求较高，如马钢的轧钢系统，要求时延 $\leq 6\text{ms}$ ，属超严格级别。针对此，华为提供的智能 IP 网络采用部分数据分析系统边缘化，即服务器下沉，让超低时延业务不出生产执行区；其他低时延

业务（如铁前业务），结合 SRv6、SDN 技术进行确定性时延保障，可实现业务端到端<20ms 时延能力。

马钢新部署的 IP 骨干网需要同时承载办公业务（IT 类）和生产业务（OT 类）两大类型业务，不同类型的业务对于网络的性能需求差异较大。马钢通过“IPv6+”技术中的网络切片能力对不同的生产线作业进行隔离保障，可以实现不同产线（冷轧、铁前、四钢轧等）、股份制公司各自不同业务对于网络的差异化需求，提升了 IT 资源的利用率。创新的解决方案，可以采用 WiFi 6、5G 等多种无线组网方式，打破了固守光纤直拉方式，IP 化让工业互联更简易、低成本。

## （二）IPv6 在制造领域推进过程中存在的问题

一是工业领域设备存量巨大，推动基于 IPv6 的工业互联网体系架构改造成本高。现阶段，发展成熟的工业设备通常不支持 IP 协议，对于工业设备端的 IPv6 改造，远远高于网络端的改造。工厂设备更新往往会选择与原有设备系统进行兼容，这就造成现有工厂的 IPv6 升级改造，将面临非常高的投入成本。目前，通常的做法是在全新的工厂设计之初，就从顶层设计上采用全新的基于 IPv6 的工业互联网架构，在设备升级的过程中，采用兼容传统协议以及 IPv6 双协议的设备逐步进行过渡。但采用兼容双协议的网络和设备，设备成本和运营成本均会高于普通设备，直接面临改造成本较高的问题。

二是工业场景下 IPv6 的标准和模式正在探索中，制约规模化部署。首先是工业设备协议各异。目前工业互联网中不同企业推行的协议标准各不相同，特别是工业互联网领域的巨头们，市场占有率较高，但各自推行自己的协议标准，之间相互不兼容。当前工业终端协议“七



---

国八制”，各种工业总线、工业以太协议有上千种之多，不同的协议之间不能互通。如果要实现设备之间的互通互联，需要推行统一的通信协议，全面推动工业设备的 IP 化是实现工业互联网规模化部署的前提。其次是网络协议未能充分支持 IPv6。IPv6 提供了海量的 IP 地址，“IPv6+”提供了 SRv6 分段路由、网络切片（VPN+）、确定性网络（DetNet）等一系列协议和技术创新，这些创新技术能够保证工业互联网可靠性的要求。但目前大部分网络还未能支持 IPv6。最后是创新发展模式不够成熟。对于发展相对保守的制造行业来说，对于新技术的应用相对保守。“IPv6+”在制造业的规模化应用，还需要更多的成功案例来验证发展模式，才能够吸引更多的用户，进而鼓励更多的设备供应商和解决方案提供商参与设备和系统的开发，最终形成“IPv6+”智能制造的产业生态。

三是“IPv6+”智能制造的价值有待进一步宣传推广。“IPv6+”智能制造的价值有待进一步的深入推广，让企业高层领导具备更加明确的认知，并将新的发展思路从上到下得到贯彻，特别是针对大型央企、国企。作为行业领军企业的大型国企、央企，具有肩负起数字化转型带头的责任。优先推动制造行业的国企、央企加速布局“IPv6+”，对制造业的整体发展将起到积极的示范作用。

### （三）“IPv6+”智能制造实现价值

一是“IPv6+”创新应用可以构建“人-机-物”深度融合的智能制造体系。工业互联网与传统信息化制造系统的本质区别是打破传

---

统制造信息系统的“烟囱式”孤岛，形成以“全互联、扁平化、平台化、开放服务”为特征的“人-机-物”深度融合智能制造系统。通过海量的 IPv6 地址，可以对每一个工业设备进行精准定位。利用网络切片等技术，能够在推动 IT 网络和 OT 网络融合的情况下，保障生产网络的稳定性。打破传统工业网络多制式间的技术壁垒，用一张网来覆盖控制系统、应用系统等全部系统。同时，开放的网络协议提升了产业的开放性，新的芯片厂商、设备厂商、网络厂商均可加入，可进一步推动产业的发展。

**二是“IPv6+”创新应用可以实现工业互联网体系能效的最大化。**一方面，“IPv6+”的创新应用解决了传统网络的稳定性问题。传统的 IP 网络“尽力而为”的模式并不适用于工业生产控制，而“IPv6+”则将不确定的网络变成了确定性网络，做到数据传输的高可靠性，实现了全要素链、全产业链和全价值链的按需互联及比特流端到端的可靠交互。另一方面，“IPv6+”可以灵活配置网络资源，满足生产过程中数据量爆炸式增长对网络的变化需求。通过优化控制感知、计算、控制三个功能域，支持跨功能域的信息流语义级交互，实现网络效能的最大化。

**三是“IPv6+”创新应用可以强化工业互联网的安全保障能力。**随着智能制造对于网络依赖度的提升，以及网络功能的日益丰富，网络安全性的问题日益凸显，传统的网络安全以防御性为主。而“IPv6+”具备主动的网络安全管理能力，提供了网络安全管理手段。通过充分利用“IPv6+”的网络编程能力，可以在源头上建立高安全等级的网

---

络保障能力。同时，随着网络需求的变化以及外部网络威胁的升级，可以对网络的安全保障能力进行及时升级，以确保工业互联网始终处于高安全的状态。

#### 四、“IPv6+”智慧能源产业生态

“IPv6+”智慧能源产业是能源革命和数字革命深层次融合的一个关键发力点。“IPv6+”作为能源“新基建”信息化基础设施的高质量底座，能够支撑建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系，助力“双碳”目标的实现。近年来，随着 IPv6 规模部署工作的加速发展，“IPv6+”智慧能源的创新生态也初步形成。中石油于 2015 年在大庆油田建成基于 IPv6 的生产专网，构建了基于 IPv6 的网络安全防护体系；南方电网公司于 2020 年 9 月印发《南方电网推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署工作方案（2020 年版）》、《南方电网综合数据网 IPv4/IPv6 双栈改造技术方案》，全面启动南方电网综合数据网网络基础设施 IPv6 改造工作。IP 网络是信息基础设施的底层，5G、物联网、工业互联网的发展都离不开 IP 网络。同时，IP 网络也是融合类基础设施（如智能电网、智能能源互联网）以及创新类基础设施的基础。因此，“IPv6+”在智慧能源领域将有巨大的应用潜力，有望探索形成一批可复制、易推广的商业模式，形成新的能源行业技术标准、技术创新平台、公共服务平台和安全防护体系，支撑新技术、新模式和新应用场景。

---

## （一）“IPv6+”在智慧能源领域的主要模式和场景

### 1. “IPv6+”在智慧能源领域的主要模式

“IPv6+”至少可以在三个层面为能源“四化”转型提供赋能：

一是促进可再生能源大规模并网消纳和电力系统数字化转型。可再生能源发电存在地理分布分散、发电间歇性、不稳定性等特点，可再生能源大规模并网面临的关键障碍就是难以提前预测发电量，“IPv6+”可以帮助建设可再生能源云平台，为用户提供新能源资源分析、规划设计、消纳评估、投资建设、并网运行、智能运维、交易结算全场景全流程一站式服务。

二是推动能源消费的电气化和智能化转型。以“IPv6+”作为“新基建”的高质量底座，在用户充电过程中自动感知电量信息、台区负荷变化，自动分析用户用车需求，有序安排电动汽车充电时段和功率，满足用户充电需求。

三是助力能源企业搭建综合能源服务共享平台。“IPv6+”综合能源服务以全能源数据为基础，以数据价值应用和能效服务为核心，构建了信息资讯中心、能效服务中心、交易共享中心和金融服务中心等“四大中心”，集成信息共享、项目管理、在线招投标、在线撮合交易、购售电交易、碳资产交易、光伏云网、能效服务、金融服务等功能于一体，建立起政、企、民共建共生的综合能源服务共享平台。

基于“IPv6+”的不同部署阶段，“IPv6+”智慧能源的主要应用模式也将多阶段展开，具体如下：

---

### (1) “IPv6+” 智慧能源 1.0 阶段：网络简化，灵活路径控制

“IPv6+” 智慧能源 1.0 阶段，将会升级能源网络基础设施，实现网络基础设施 IPv6 改造，每个能源企业一张大网，不同区域参与主体实现跨域、海量接入，构建端到端可达的高速、安全、泛在、智能的能源信息通信网络基础设施。同时，能源行业所有业务系统上云，利用边缘计算、海量物联等技术，实现下一代互联网技术在能源应用领域的深度融合应用，更好的满足能源行业数字化转型发展。

### (2) “IPv6+” 智慧能源 2.0 阶段：大规模网络分片，用户体验保障

“IPv6+” 智慧能源 2.0 阶段，利用网络分片技术，实现能源企业差异化的业务系统诉求，保障能源企业稳定带宽的业务质量。利用 SRv6 Policy 实现不同场景骨干带宽调优，为能源企业和能源用户提供针对性高质量网络服务。

### (3) “IPv6+” 智慧能源 3.0 阶段：应用感知，网络高度自治

“IPv6+” 智慧能源 3.0 阶段，网络实现高度自治，APN6 可以根据智慧能源的应用信息，通过业务的部署和资源调整来保证应用的 SLA(服务等级协议)要求，为用户和应用提供差异化的网络通道，实现创新上云模式。

---

## 2. “IPv6+”智慧能源主要场景及应用案例

### (1) 场景 1：“IPv6+”智能电网

大数据时代，智能电网要求实现发电、输电、变电、配电、用电和调度六大环节更广泛、更细化的数据采集和更深化的数据处理。在输电环节，通过沿输电线路部署各类传感器、视频设备等装置，实现输电线路在线监测、故障定位和自动诊断，为线路生产管理及运行维护提供信息化、共享数据。智能变电站建设中，随着变电站智能化水平的不断提高，各类设备对 IP 地址的需求也将大幅增加。在配电环节，智能配电自动化建设中，基于 IP 的业务流量比重越来越大，视频、语音和数据等多种业务混合传送已经成为发展趋势。用电环节，物联网和云计算技术在用电信息采集、智能用电服务、电力需求侧管理和节能服务、电动充换电服务等领域得到了广泛应用。基于智能电网用电侧的新业务、新应用开展，同样会产生大量的 IP 地址需求。IPv6 在智能电网中的应用，可以很好解决 IP 地址资源紧张的问题，且保证传输速度更快更安全，满足物联网“物物互联”和云计算虚拟化对 IP 地址的需求，形成一批“IPv6+”智能电网典型应用场景。

### (2) 场景 2：“IPv6+”综合能源服务

在综合能源服务业务中应用 IPv6 技术，将带来行业的巨大变革。利用 IPv6 海量的地址空间，能够实现综合能源服务系统中海量客户、海量设备、海量数据的泛在接入，实现能源设备和感知设备的匹配。通过“IPv6+”随流检测，实现状态实时感知、故障精准识别，使综合

能源服务实现能源基础设施和用能设备的运行监控和健康管理。IPv6+AI 实现综合能源服务系统的“自动感知、快速反应、科学决策”，业务价值链将得到持续优化。利用 IPv6 技术构建综合能源服务系统将贯穿数据—>信息—>知识—>智能的工作流程，进行资源整合、经营改进和组织优化，融合线上线下业务，构建更高效的服务运营体系，以适应多变的市场、复杂的产品、定制的服务需求，抢占制高点。

#### 专栏 6 “IPv6+”综合能源服务 典型应用场景1

1. 产业园区综合能源服务系统。产业园区的综合智慧能源平台能够实现多种能源使用监测、多能互补供能、冷暖空调、动力设备运行状态、动力设备所在环境等多对象、多数据的监测和分析。需要实现前端各监测点用能数据的采集；实现多能源发电系统的数据采集和控制；前端各环境监测点的数据采集；支持通过以太网有线、RS485、4G/5G 等主流通信手段将采集数据发送到综合能源管理平台。支持至少 10000 个采集节点数据接入；其中用于能耗分析的采集节点数据上传频率不大于 15 分钟，实时监控数据交互频率达到 1 秒钟，整个系统刷新监控不超过 3 秒钟；历史数据存储时间不低于 3 年。

针对园区综合能源服务平台的建设需要，通信网络按照通信流程节点划分为四层：终端接入层、传输组网层、路由分配层和应用终端接入层。其中，路由分配层选择 IPv6 灵活的路由分配机制，要实现端到端的信息识别与互通，应对每一个数据采集节点设置唯一的 IP 地址，应用平台才能在混合的数据中识别出数据来源。IPv6 具有良好的地址管理链表，每一个节点中都保存了其他邻里节点地址信息，并具有节点间距离评估能力，节点可以快速找到下一个节点的连接地址和方向信息，当连接失效时，也能调用备用的链接数据，负责网络中所有节点地址的生产和维护。

1 <http://www.sitcsys.com/news/case/406.html>

### (3) 场景 3：“IPv6+”传统能源行业数字化转型

“IPv6+”助力能源行业建设跨域、海量接入、端到端可达的能源生产网络。通过生产网络端到端的 IPv6，促进能源企业海量物联安全接入。能源骨干网提供稳定带宽和确定性时延的工控业务质量。

“IPv6+”构建网络新基础、智能新业务、物联新安全，更好的满足能源企业数字化转型发展。

#### 专栏 7 “IPv6+”传统能源行业数字化转型 典型应用场景

1. 中石油构建 IPv6 物联专网。中国石油建设覆盖石油行业的 IPv6 生产专网，摸索 IPv6 生产网的安全防护技术和解决方案，为下一代网络及物联网的安全提供基础科研数据。内容包括：超前规划 IPv6，成功申请 21 位 IPv6 地址空间；高起点布局，率先建成全国最大 IPv6 生产网；制定企业 IPv6 的标准与规范；开展 IPv6 前瞻课题研究，探索新网改造新模式；IPv6 地址全生命周期管理；IPv6 地址语义规划和精准溯源；构建 IPv6 发展监测平台等。

2. 2021 年 10 月，推进 IPv6 规模部署专家委员会联合中国石油天然气有限公司、中国石油化工、中国海洋石油集团、国家石油天然气管网集团共同发布《IPv6 演进路线图和实施技术指南——油气行业》，涉及应用、云、网、边、端、安等全面系统化的规划和改造。

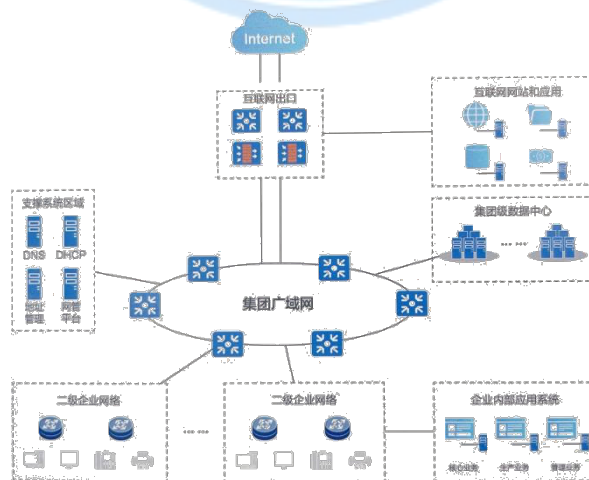


图 4 网络基础设施架构图

来源：《IPv6 演进路线图和实施技术指南——油气行业》



---

## （二）IPv6 在能源领域推进过程中存在的问题

目前 IPv6 在能源领域的应用尚处于初级阶段：网络简化，灵活路径控制。目前能源行业已有应用案例中，大多是对网络基础设施进行 IPv6 升级改造，部分应用系统实现上云运行，但智能化水平仍需进一步提高。IPv6 在能源领域的推进过程中存在的问题和障碍主要表现在以下几个方面：

一是能源领域 IPv6 的产业生态尚未形成。由于 IPv4 地址短缺，我国互联网的发展一直深陷“网络地址转换（NAT）”技术泥潭中。很多企业出于自身成本利益的考虑，对切换至 IPv6 持观望态度，而且，能源领域基于 IPv4 的终端、网络与应用已经全面渗透到企业生产、运营的各个方面，致使相关厂商在 IPv6 领域中独自摸索，产业生态尚未成熟。

二是 IPv6 技术在能源领域的应用对安全要求比较高。IPv6 在组网架构、服务提供方式上有较大的变化，原来用于 IPv4 的许多安全解决方案可能不再适用于 IPv6。同时，IPv6 的应用也涉及到网络、业务和用户数据、用户隐私管理和控制等方面的安全问题。尤其是能源领域，国家电网等能源公司是关系我国能源安全和国民经济命脉的重要企业，其网络安全、数据敏感性尤为重要。

三是固定终端 IPv6 支持率偏低，影响 IPv6 端到端贯通。尽管我国电信企业已经基本解决 LTE 和固定网络 IPv6 就绪的环节，打通了全国范围内的 IPv6 通道。但是，目前现网存量的智能家庭网关和家

---

庭路由器设备普遍对 IPv6 协议栈的支持程度较差，IPv6 接入的“最后一公里”问题已经成为整个 IPv6 规模发展的最大瓶颈。

四是能源企业 IPv6 网络升级动力不足。现存的庞大的 IPv4 终端、网络与应用升级到 IPv6 需要巨大的投入和漫长的过程，而短期内又无法产生明显的收益。企业通常权衡成本与收益之间的关系进行决策，升级 IPv6 网络、设备必定花费不菲的成本，而 IPv6 网络、设备短时间内却无法给企业带来可观收益。

### （三）“IPv6+”智慧能源实现价值

一是基于“IPv6+”创新应用建立跨领域、海量接入、端到端可达的能源数字化管理平台。通过能源管理网络中端到端的连接，帮助能源企业实现海量客户、海量设备、海量数据的泛在接入，实现能源设备和感知设备的匹配，发展覆盖发-输-配-用各环节的电力工业物联网。基于“IPv6+”网络分析、自动调优等网络智能化技术，实现发电、输电、变电、蓄电、用电的智能配置和实时优化，能源网线上线下云网融合，推动区域间的电网优化融合，促进新能源发电大规模并网，助力能源行业“碳达峰、碳中和”目标的实现。基于以 5G 承载和云网融合为重点应用场景的业务创新，“IPv6+”创新应用将推动能源消费电气化转型，发展车网互动(Vehicle to Grid, 简称 V2G)等新兴产业。

二是“IPv6+”创新应用助力能源企业提升运营效率。基于“IPv6+”创新应用，一方面，帮助能源企业实现一跳入云，推进能

---

源企业多云、跨云的优化管理，大幅降低运维管理成本；另一方面，帮助能源企业实现状态实时感知、故障精准识别、在线快速排除故障。借助“IPv6+”随流检测功能，能源企业可以实时监控能源基础设施和用能设备的运行情况，及时进行健康管理，提升企业运行效率。

三是“IPv6+”创新应用能够显著提升用户用能体验，提升用户满意度。基于“IPv6+”网络建立的智慧能源数字化管理平台，可以实时监测能源系统的供给和需求情况，开展综合能效分析和多环节协调管控优化，使用户能够对自身能效水平进行即时、全面感知，辅助用户用能决策，极大提升客户响应能力，提升能源生产和使用效率，降低一次能源消费量，使业务价值链得到持续优化延展。

## 五、“IPv6+”引领创新，经济社会价值潜力巨大

### （一）“IPv6+”市场规模测算

#### 1. 测算思路

对“IPv6+”规模测算，课题组根据“云-管-端”的架构体系，对“IPv6+”各环节进行分别测算的基础上进行合并计算。为方便统计，选取“市场规模”指标进行测算。“管”即网络，是“IPv6+”部署的重点，本报告将拆分成硬件和软件及服务两大部分进行测算；“云”即数据中心、CDN、云平台“IPv6+”部署规模；“端”即物联网终端（家庭级、企业级、其它）“IPv6+”部署规模。为了方便统计，本报告将“云”和“端”进行统一测算，统一用“终端市场”进行表述。

一是网络设备市场规模。主要包括交换机、路由器、无线接入点和光缆等。对网络设备规模的测算，课题组主要基于 IDC 基础数据和《IPv6 流量提升三年专项行动计划（2021-2023 年）》《通知》等政策发文为依据进行估算。

表 4 2020 年-2025 年中国网络设备市场规模

	2020 年	2021 年 E	2022 年 E	2023 年 E	2024 年 E	2025 年 E
IPv6 网络设备市场规模 (亿元)	69.6	183.2	261.1	348.5	445.9	553.5
增长率	/	163.1%	42.6%	33.5%	28.0%	24.1%
复合增长率	36.7%					

数据来源：IDC、中科院战略院“IPv6+”课题组

二是网络软件及服务市场规模。包括路由软件、协议栈、网络优化软件、系统集成服务、网络运营服务、测试服务等。对“IPv6+”网络软件及服务的测算，课题组主要基于工业和信息化部统计公报数据和“IPv6+”政策发文为基数依据进行测算。

表 5 2020 年-2025 年中国“IPv6+”网络软件及服务市场规模

	2020 年	2021 年 E	2022 年 E	2023 年 E	2024 年 E	2025 年 E
IPv6 网络软件及服务市场规模 (亿元)	10.4	36.6	78.3	139.4	222.9	365.3
增长率		250.8%	113.8%	77.9%	59.9%	63.9%
复合增长率	83.8%					

数据来源：《2020 年软件和信息技术服务业统计公报》、中科院战略院“IPv6+”课题组

三是终端市场规模。从“云-管-端”的架构体系来看，终端市场主要包括“云”和“端”。其中“云”即数据中心、CDN、云平台“IPv6+”部署规模；“端”即物联网终端“IPv6+”部署规模。

**数据中心。**课题组对数据中心端的“IPv6+”部署和升级规模分为硬件（含网络设备、线缆等）和宽带费用两部分进行测算。主要以赛迪顾问市场年度报告为基数进行测算。见表6。

表6 2020年-2025年中国数据中心“IPv6+”部署的市场规模

	2020年	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
“IPv6+”在数据中心端的市场规模（亿元）	237.2	294.3	361.2	442.4	538.3	651.3

数据来源：赛迪顾问、中科院战略院“IPv6+”课题组

**CDN节点。**以CDN龙头企业网宿科技2020年财报数据为基础，根据其占CDN整体市场19.7%进行推断测算。

表7 2020年-2025年中国CDN“IPv6+”升级的市场规模

	2020年	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
“IPv6+”CDN市场规模（亿元）	40.8	49.0	58.8	73.4	91.8	114.8

数据来源：网宿科技2020年财报、中科院战略院“IPv6+”课题组

**云平台。**包括云服务器ECS、容器服务、SLB、DNS、对象存储、云数据库、API网关、Web应用防火墙、DDoS基础防护等。

表8 2020年-2025年中国云平台“IPv6+”升级的市场规模

	2020年	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
“IPv6+”云平台市场规模（亿元）	60.8	73.0	87.6	109.4	136.8	171.0

数据来源：IDC，中科院战略院“IPv6+”课题组

**物联网终端设备。**以IDC物联网为基础数据，以《通知》中目标为依据测算增长率。

表9 2020年-2025年中国物联网终端“IPv6+”市场规模（单位：亿元）

	2020年	2021年E	2022年E	2023年E	2024年E	2025年E
“IPv6+”在物联网端市场规模（亿元）	218.4	243.2	298.1	377.3	504.4	599.4

数据来源：IDC、中科院战略院“IPv6+”课题组

## 2. 市场规模及结构

### (1) 市场规模

数据显示，2020年“IPv6+”市场规模为647.4亿元，预计2025年将达到2480.6亿元，复合增长率将达30.8%。2020年至2025年，将累计实现市场规模约8648.5亿元。受益于政策影响，2021年“IPv6+”市场规模增速明显，相比2020年增长37.7%，预计“IPv6+”增速将呈现稳中上升的态势，预测2025年增速将达到26.5%。

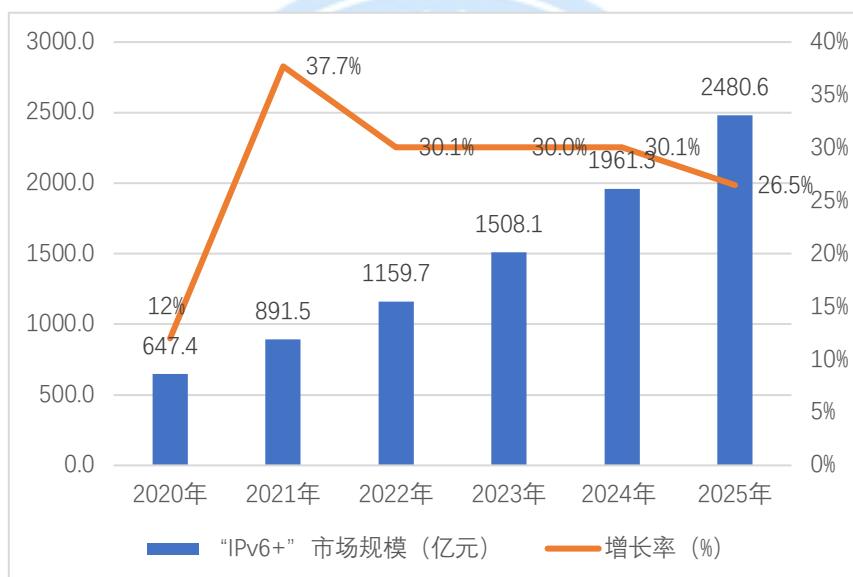


图5 2020年-2025年“IPv6+”市场规模及增长（单位：亿元）

### (2) 市场结构

数据显示，2020年终端（含应用基础设施）市场规模为567.3亿元，占比最大，占到88%；网络设备市场规模占11%；软件及服务占1%。到2025年，软件及服务市场规模占比将明显提高至占比15%。

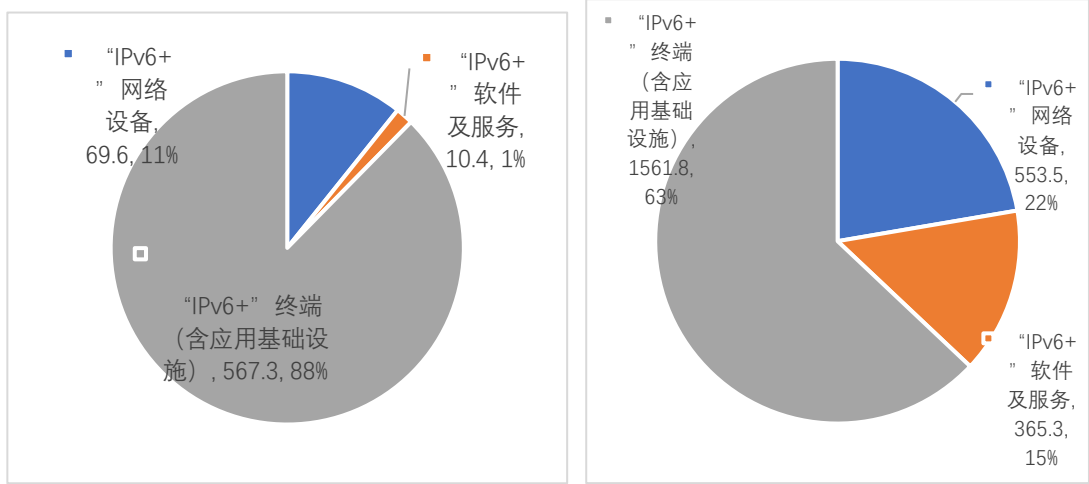


图 6 2020 年和 2025 年“IPv6+”细分市场结构对比 (单位: 亿元)

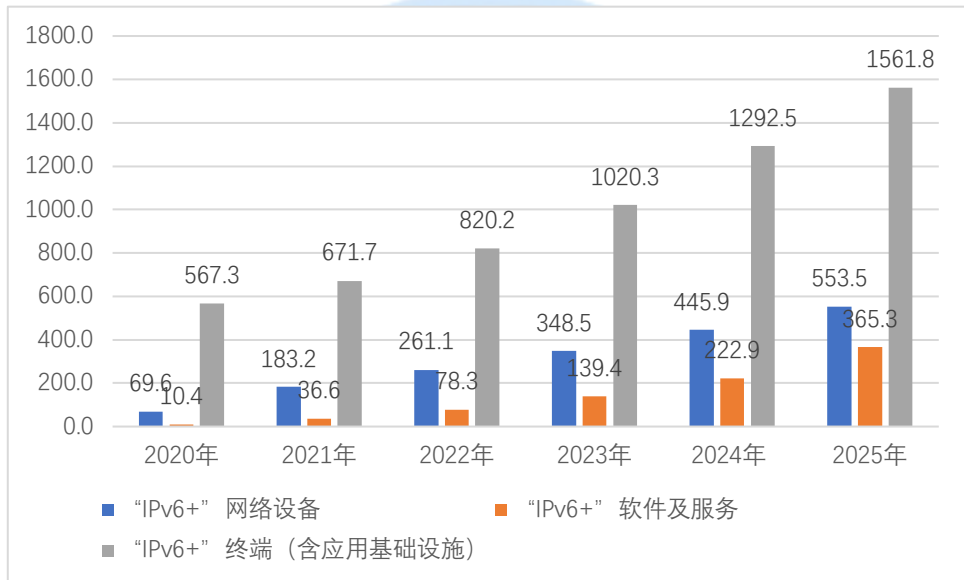


图 7 2020 年-2025 年“IPv6+”市场结构 (单位: 亿元)

从终端市场 (含应用基础设施) 来看, 数据中心占比最大, 物联网终端市场其次。2020 年数据中心“IPv6+”市场规模为 237.2 亿元, 占 42%; 物联网终端“IPv6+”主要包含智能家居、智能硬件等消费物联网终端; 工业联网设备、传感器节点等生产物联网终端; 智慧城市、智慧安防等公共物联网终端三大类, 市场规模为 218.4 亿元, 占 38%; 云平台“IPv6+”市场规模为 60.8 亿元, 占 11%; CDN“IPv6+”市场

规模为 40.8 亿元，占 7%。随着“IPv6+”的稳步推进，测算结果显示到 2025 年，各终端占比情况无明显变化，基本呈现均衡发展态势。

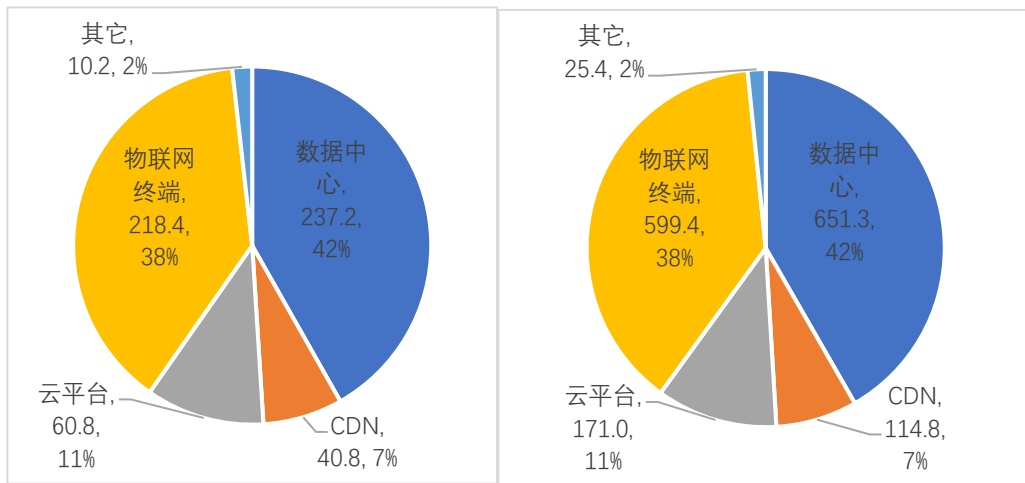


图 8 2020 年和 2025 年“IPv6+”终端侧细分市场结构对比  
(含应用基础设施) (单位: 亿元)

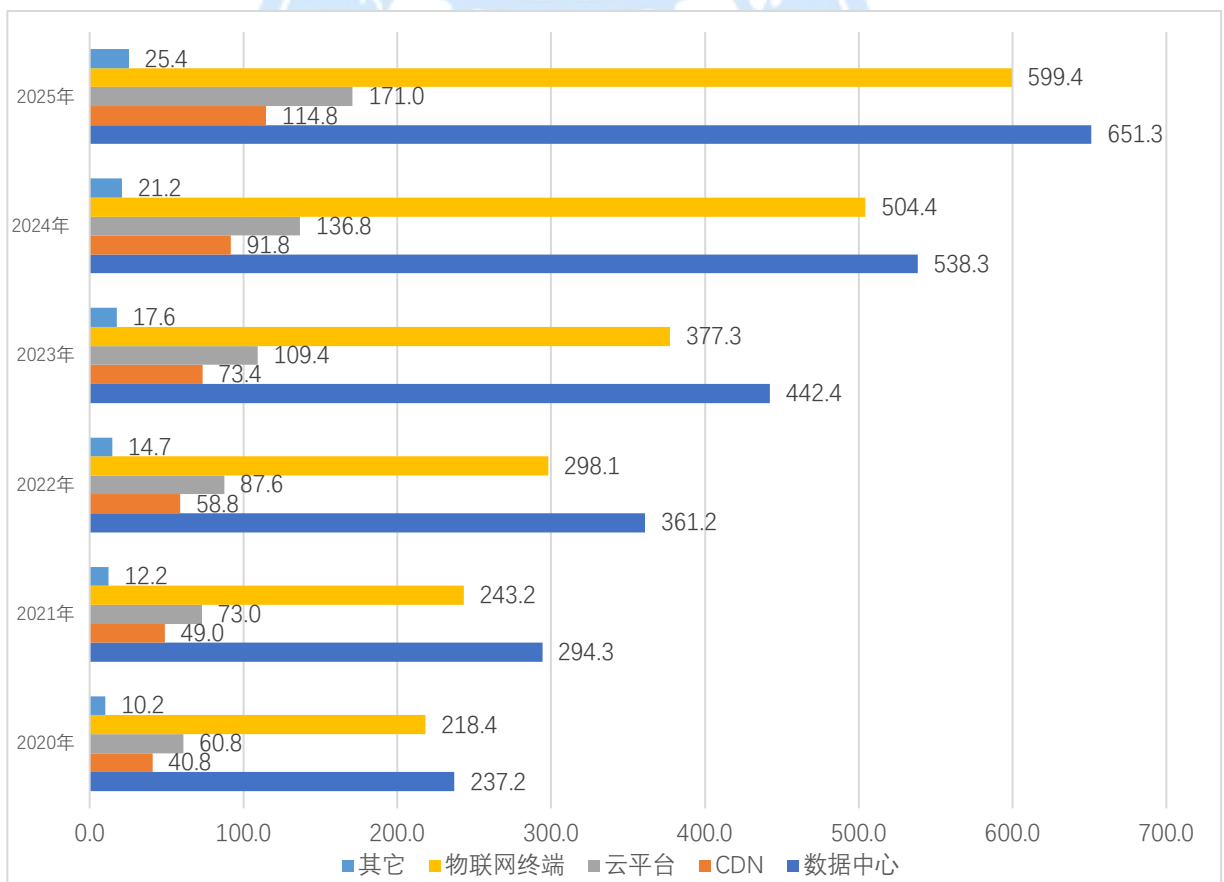


图 9 2020 年-2025 年“IPv6+”终端侧(含应用基础设施)市场结构  
(单位: 亿元)



---

## （二）“IPv6+”社会经济价值测算

### 1. 测算思路

基于宏观经济学投入产出模型思维，“IPv6+”产业发展将依托与其他产业在生产过程中的直接和间接联系传导相应的经济社会效益，带动其他产业发展。课题组以可计算一般均衡模型模拟为测算工具，模拟分析未来在“IPv6+”产业深化发展的情况下，其对其他产业的经济带动作用。采用可计算一般均衡模型，分析其对宏观经济及各部门的经济带动效应。可计算一般均衡模型是以投入产出表为数据基础，以数学方程联立刻画宏观经济活动及部门联动关系的一种建模方法。

### 2. 经济社会价值分析

#### （1）“IPv6+”对GDP贡献

在IPv6深化发展的带动下，2021年至2025年，累计带动GDP增加5275.3亿元。从各年带动经济规模看，2021年至2025年，“IPv6+”带动的经济产出呈逐年上升趋势，2025年“IPv6+”带动的经济产出约为1899.5亿元，经济带动年均复合增长率达51.3%；同时，从各年经济带动规模增幅看，“IPv6+”带动经济产出的增幅将逐年放缓，2025年较2024年带动的经济产出增幅约为33.9%。

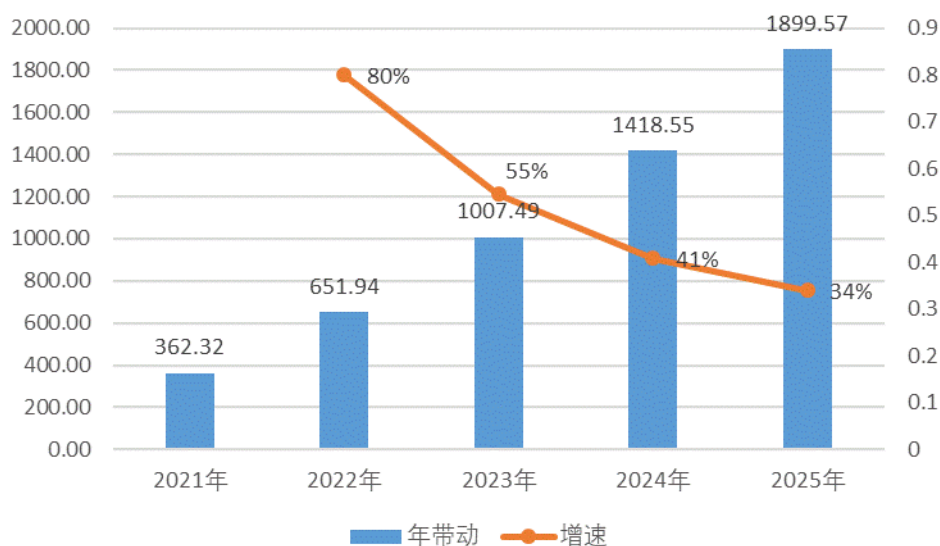


图 10 “IPv6+” 带动经济规模及年际增幅（单位：亿元）

2021 年至 2025 年，直接带动 3392.0 亿元，即由“IPv6+”发展带来的通信设备、计算机和其他电子设备制造业和信息传输、软件和信息技术服务业的产出增长，占总经济贡献 63.52%；间接带动 1947.8 亿元，占总经济贡献 36.5%。2021 年至 2025 年，直接带动高于间接带动，这是符合《通知》的工作目标设定，即“至 2025 年末，全面建成领先的 IPv6 技术、产业、设施、应用和安全体系，我国 IPv6 网络规模、用户规模、流量规模位居世界第一位。”也就是说 2025 年前的 IPv6 发展重心仍聚焦于基础设施规模部署，形成对“IPv6+”的有力支持，间接带动效应尚处于上升阶段。

预测至 2026 年 2030 年，间接带动效应将逐步凸显。至 2030 年，累计间接带动数经济效益预计达 2.1 万亿元，累积间接带动占比将达到 43.1%。这也是符合《通知》的工作目标设定，《通知》明确在 2025-2030 年“将完成 IPv6 与经济社会各行业各部门的全面深度融合应用”，届时“IPv6+”的间接带动作用将全面显现。

---

“IPv6+”对经济社会的间接影响除了 GDP 的带动作用，还体现在对带动数字乡村消除数字鸿沟和助力实现碳中和等社会价值贡献上。基于 IPv6 在农村水利、公路、电力、冷链物流、农业生产加工、环境监测等基础设施中的广泛应用，“IPv6+”应用将推动农业数字化转型和农村流通服务体系建设，实现高质量的现代农业、智慧农业发展，助力打赢脱贫攻坚战，巩固和提升网络扶贫成效。“IPv6+”的应用将进一步支持数字技术在能源供给侧和需求侧的全面深入应用，最大化能源生产、优化能源供需匹配减少能源浪费，优化用能端的能源利用效率，节约能源降低排放，同时基于“IPv6+”的海量物联网终端也将为终端能源使用、碳排放的监测、计量提供有力支撑，提高国家实现碳达峰碳中和排放核算的透明性、精确性和实效性，助力“双碳”战略目标的实现。

在行业 GDP 带动方面，“IPv6+”的发展将通过行业间投入产出联动关系，传导至经济系统中的各部门，引起各生产效率的提升和生产规模的扩大，最终反映在各行业 GDP 的变化。测算得到：

**通信行业 GDP 增长最为显著。**其中通信行业受“IPv6+”带动，行业 GDP 累计增加 2816.8 亿元。推动 IPv6 与信息基础设施融合发展，推动人工智能、云计算、区块链、超算中心、智能计算中心等信息基础设施全面支持 IPv6。以上都将带动对 IPv6 设备的极大需求，推动通信行业 GDP 大幅度提升。

工业领域是受“IPv6+”带动间接效应最显著的行业，2021-2025 年受“IPv6+”带动增加的累计行业 GDP 为 682.9 亿。主要来源于工

---

业互联、多云与数据中心数据的配置管理以及打造确定性转发网络。利用“IPv6+”技术可以打通工业企业的外网与内网，推动 IT 与 OT 的融合，实现海量设备以 IP 协议接入，便于进行资源统一管理，在智能制造系统中真正做到“数据上得来，智能下得去”。

互联网应用行业由于“IPv6+”软件服务需求增加，GDP 累积增长也较为显著。特别是 IP 网络作为数字化发展中新型基建基础中的基础，“IPv6+”将推动传统 IP 网络向智能 IP 网络跃迁，结合消费物联网终端、生产物联网终端及公共物联网终端对 IPv6 的同步支持，带来整个互联网应用市场的大幅增长，将带动 575.2 亿元行业 GDP。

金融业将受到“IPv6+”较为强劲的 GDP 带动效应。2021-2025 年受“IPv6+”带动增加的累计行业 GDP 为 57.8 亿元。金融行业具有较强互联网依赖属性。金融行业的效应带动来源主要体现在云骨干互通互联上。“IPv6+”助力金融行业广域一张网和数据中心网络统一架构，通过端到端 IPv6/SRv6 统一协议，打破金融核心骨干网和金融泛在接入网的界限，提供金融业务一跳入云能力。

交通邮政业、政府、能源业也将受到“IPv6+”相对较强的带动辐射。2021-2025 年受“IPv6+”发展累计带动行业 GDP 增量分别为 325.6 亿元，141.9 亿元，114.9 亿元。未来，在交通领域，随着智慧交通、智慧物流、智慧铁路、智慧水利的部署推进，“IPv6+”将通过高效网络吞吐、高速移动性、安全性等特征助力交通邮政领域泛在的物联网、车联网、建设，实现实时海量信息采集和通信，从而提高系统运行效率、改善交通邮政服务水平，赋能行业发展。在政务领域“IPv6+”的

应用将进一步推动各级政府及其部门网站、政务类移动客户端升级改造，推动政务服务门户功能优化升级。在能源领域“IPv6+”对能源的效应带动主要来源于推动智能电网、综合能源服务、推动传统能源行业数字化转型等多场景应用。

农林牧渔、矿山、水利在“IPv6+”发展下受到的GDP带动最弱。这与这些行业本身数字化程度较低有内在的联系。据麦肯锡全球机构行业数字化转型指数显示，农业、矿业均处于数字化程度较低的行业之列。在未来“IPv6+”发展中，上述行业受GDP带动效应也较微弱。

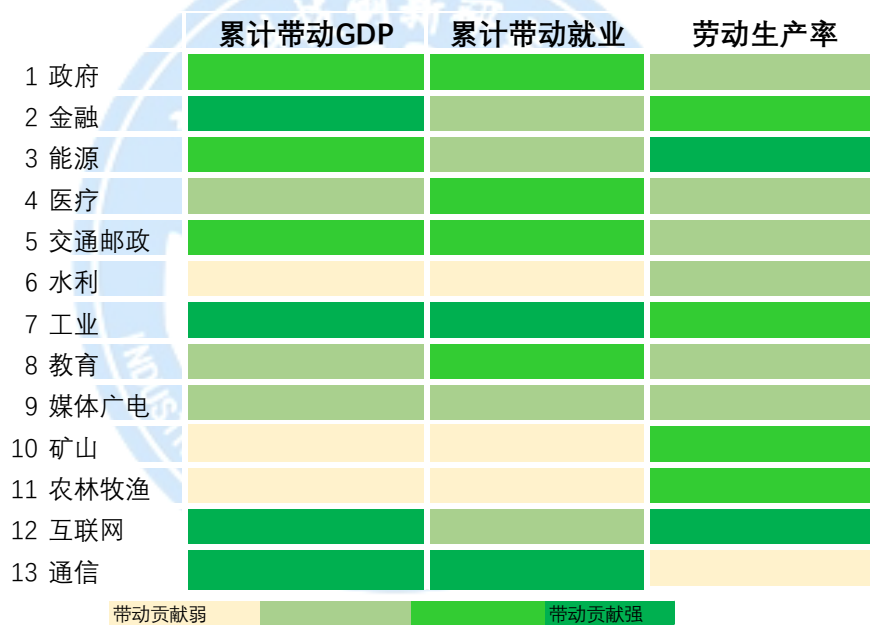


图 11 “IPv6+”对行业 GDP、就业带动比较

## (2) “IPv6+”对就业贡献

2021年，“IPv6+”发展带动新增就业58.1万人，后续新增就业人数逐年递增；至2025年，“IPv6+”发展带来新增就业162.5万人；新增就业人数年均复合增长率达29%，具有较为显著的就业带动效果；2021-2025年，累计新增就业约为552.3万人，就业机会主要来自

“IPv6+”相关设备制造，2025年之前“IPv6+”发展对软件开发的就业带动效果远小于“IPv6+”硬件制造业，侧面反映了2025年前我国“IPv6+”产业发展仍将处于深化部署阶段，对基于“IPv6+”地址编程的深度应用仍需要一定时间，需要在全面部署基础上再用五年时间，完成IPv6与经济社会各行业各部门全面深度融合应用。在行业就业带动方面，测算得到：受“IPv6+”带动，就业增长最高的为通信业，这与行业GDP受到的带动效应具有共性。2021年-2025年，通信业累计带动就业140.9万人，占“IPv6+”总带动就业比重约为25%。在其他行业中，工业是“IPv6+”间接带动就业增长最多的部门，这与“IPv6+”间接带动工业GDP也较为显著是一致的。虽然在数字化过程中出现低技能重复性劳动岗位的劳动力替代，但也创造新的有数字技能要求的新岗位。农林牧渔、采掘业、水利等行业就业受“IPv6+”带动较弱。

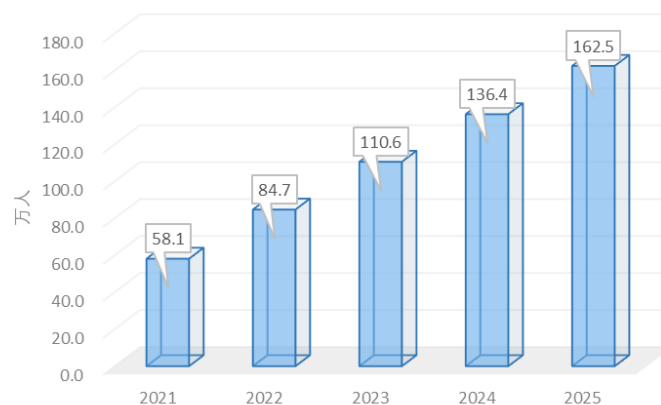


图 12 “IPv6+”带动就业规模

### (3) “IPv6+”对劳动生产率贡献

劳动生产率与经济增长高度相关，反映劳动者在一定时期内创造的劳动价值与劳动者人员投入消耗的比值，体现劳动者在一定生产条

件下的单位产出。“IPv6+”将通过提高路由效率，改善服务供给效率，最终体现为行业劳动生产率的提升。测算得到，“IPv6+”部署应用带动经济系统整体劳动生产率逐年提升，至2025年，劳动生产率整体提高约1952元/人。互联网应用行业和能源行业劳动生产率改进最为显著，主要来源于IPv6支撑下地址解析效率的极大提升，以及SRv6一跳联接实现生产效率的提升。金融业、工业、农林牧渔、矿山等行业的劳动生产率改进其次，究其原因，“IPv6+”的发展为金融行业实现基于网络分片的差异化业务供给和服务效率提升提供了技术支持，而在农林牧渔和采掘业中，这两个行业虽然在行业GDP和就业带动方面较为薄弱，但“IPv6+”的应对却较大的改进了劳动生产率，表明“IPv6+”有助于改善对上述行业的发展质量。

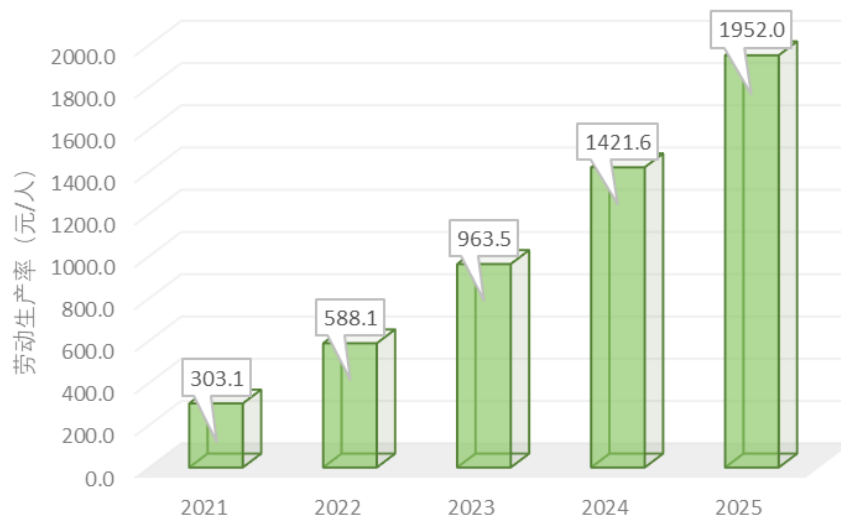


图 13 “IPv6+” 带动劳动生产效率

---

## 六、“IPv6+”省份综合发展指数

### （一）指标体系构建

“十四五”时期是加快数字化发展、建设网络强国和数字中国的重要战略机遇期，中央网信办、国家发改委、工信部联合发布了《关于加快推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署和应用工作的通知》。各省在“十四五”规划也对 IPv6 发展作出了安排，为未来五年 IPv6 规模部署和应用指明了方向。

为进一步了解各省份 IPv6 及“IPv6+”发展现状，形成横向参照，明确各省 IPv6 发展长板与短板，本报告构建了 IPv6 及“IPv6+”省份综合发展指数。该指数评价指标体系的设计遵从定量分析和定性判断相结合、过程评估与结果评估相结合、市场评估与政策评估相结合的原则，从各省份 IPv6 部署和流量、产业“IPv6+”化、“IPv6+”产业化、“IPv6+”创新环境等四个维度构建“IPv6+”省份综合发展指数。在四个维度下，形成以基础设施部署水平、终端设备支持能力、流量地图、行业深度应用能力、“IPv6+”产业支撑能力、“IPv6+”政策平台能力等 6 个一级指标，以及网络基础设施、金融行业“IPv6+”发展水平、“IPv6+”企业数量等 17 个为二级指标，“4-6-17”三层架构的“IPv6+”省份综合发展评价体系，如表 11 所示，为各省“十四五”时期推动 IPv6 流量提升并深化“IPv6+”发展提供参考。



表 11 IPv6 及 “IPv6+” 省份综合发展指标体系

指标分类	一级指标	权重	序号	二级指标	指标说明	数据来源
IPv6部署和流量	基础设施部署水平	20%	1	网络基础设施部署水平	IPv6分配地址数	国家IPv6发展监测平台
			2	应用基础设施业务承载能力	包含IDC、CDN、云服务平台、域名解析服务器IPv6解析等。	
	终端设备支持能力	15%	3	活跃终端连接数	依据基础电信企业数据，综合各省LTE移动终端和固定终端的IPv6终端活跃连接数计算得出	
	流量地图	15%	4	网络IPv6流量占比	包含移动网络和固定网络	
			5	大流量应用在LTE网络的流量占比	直播、短视频等大流量应用	
产业“IPv6+”化	行业深度应用能力	20%	6	金融行业“IPv6+”化水平	金融行业深度应用“IPv6+”水平	"金融行业IPv6发展监测平台"应用数量
			7	电子政务“IPv6+”化水平	政务外网、政府网站、智慧城市、政务云平台等电子政务建设“IPv6+”发展水平	基于各省行业IPv6+应用项目数量及各省“IPv6+”设备采购数量
			8	能源“IPv6+”化水平	电网、尤其生产等能源相关行业与“IPv6+”深度融合应用水平	
			9	交通“IPv6+”化水平	车联网、智慧交通、智慧物流等“IPv6+”发展水平	
			10	工业互联网“IPv6+”化水平	工业互联网“IPv6+”应用水平	
			11	其他行业“IPv6+”化水平	其他行业“IPv6+”应用水平	
“IPv6+”产业化	“IPv6+”产业支撑能力	20%	12	“IPv6+”企业数量	从事“IPv6+”协议/技术/软件/服务的企业数量	wind数据库、企业大数据平台
			13	“IPv6+”技术能力	“IPv6+”领军/龙头企业数量、“IPv6+”产业研发强度	上市公司研报
			14	“IPv6+”重点项目	重点“IPv6+”项目	公开信息收集打分
“IPv6+”创新环境	“IPv6+”政策平台能力	10%	15	政策法规发展度	政策法规支持力度	各地省级政府网站
			16	创新平台发展度	“IPv6+”技术研发平台、未来网络实验室等创新资源建设	公开信息收集打分
			17	“IPv6+”标准发展度	各省针对“IPv6+”发展成立的专业化技术联盟、专家委员会、专业委员会等情况	公开信息收集打分

## (二) IPv6+省份综合发展指数结果分析

表 12 各省（市、自治区）“IPv6+”发展指数评估结果及排名

	IPv6 部署和流量 <sup>2</sup>		产业“IPv6+”化		“IPv6+”产业化		“IPv6+”创新环境		综合得分	综合排名
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名		
广东	49.43	2	13.87	2	20.00	1	3.95	5	87.25	1
北京	44.33	16	18.33	1	9.90	2	6.53	2	79.09	2
上海	44.42	15	12.03	3	7.54	3	5.11	4	69.09	3
浙江	48.21	4	6.42	4	6.76	4	7.17	1	68.57	4
江苏	50.00	1	4.80	6	6.69	5	6.18	3	67.67	5
山东	48.56	3	3.63	7	5.08	7	1.89	7	59.16	6
四川	46.44	8	5.03	5	2.83	10	0.83	11	55.14	7
湖北	44.85	14	2.76	8	5.88	6	1.07	9	54.56	8
河北	47.93	5	2.17	11	2.14	14	0.56	13	52.81	9
福建	43.14	20	1.24	17	4.49	8	3.33	6	52.21	10
贵州	46.92	6	1.00	20	4.04	9	0.18	21	52.14	11
安徽	46.29	9	1.48	14	1.38	18	1.25	8	50.40	12
陕西	46.58	7	1.08	19	1.69	17	1.00	10	50.35	13
河南	45.79	10	1.69	13	1.92	15	0.31	17	49.71	14
广西	44.17	18	2.41	10	2.64	11	0.00	28	49.22	15
重庆	45.42	13	0.91	23	2.20	13	0.42	14	48.93	16
天津	45.48	12	0.94	22	0.82	20	0.71	12	47.95	17
海南	45.76	11	0.47	27	0.91	19	0.39	15	47.53	18
湖南	43.88	19	1.40	16	1.75	16	0.34	16	47.38	19
辽宁	42.89	23	1.21	18	2.60	12	0.10	25	46.80	20
宁夏	44.26	17	1.94	12	0.44	22	0.10	25	46.74	21
江西	41.89	28	2.43	9	0.24	27	0.11	24	44.68	22
云南	43.02	22	0.91	23	0.41	23	0.17	22	44.50	23
山西	42.41	26	1.40	15	0.09	30	0.14	23	44.05	24
甘肃	42.84	24	0.84	25	0.18	29	0.00	28	43.87	25
吉林	42.51	25	0.45	29	0.59	21	0.27	18	43.83	26
青海	43.07	21	0.09	30	0.35	25	0.21	20	43.71	27
西藏	42.04	27	0.00	31	0.03	31	0.00	28	42.07	28
内蒙古	39.82	29	0.84	26	0.39	24	0.27	18	41.32	29
黑龙江	38.44	30	0.45	28	0.30	26	0.02	27	39.21	30
新疆 <sup>3</sup>	0.00	31	0.96	21	0.21	28	0.00	28	1.17	31

2 数据来源：<https://www.china-IPv6.cn>（2021.7）

3 新疆在 IPv6 部署和流量、“IPv6+”创新环境中均处于 31 个省（市、自治区）末尾，因此在离差标准化归一化后得分为 0，这仅表示新疆在上述维度发展较为落后，并不表示没有相关发展。

---

## 1. 综合评估

课题组根据前述指标体系架构，计算得出我国各省（市、自治区）“IPv6+”综合发展指数得分及排名，如表 12 所示。分析得到以下判断：“IPv6+”综合发展领先的地区分别为广东（87.25）、北京（79.09）、上海（69.09）、浙江（68.57）、江苏（67.67）。全国 31 个省份“IPv6+”综合发展指数平均值为 50.68。

## 2. 主要结论

### （1）“IPv6+”发展与区域经济发展程度呈现正相关性，阶梯化发展态势显著

东部沿海省市引领全国“IPv6+”发展，中部地区大多处于“IPv6+”发展的中等水平，而西部地区处于相对落后态势。第一梯队省份在各维度上基本都占据着较大优势，第二梯队中的山东省在“IPv6+”发展上呈现追赶第一梯队省份的态势，而处于第三梯队的各省市除了在 IPv6 部署和流量发展上与其他省份差距相对较小，在产业“IPv6+”化、“IPv6+”产业化、“IPv6+”创新环境等各维度上均处于较为靠后的排名，表明目前第三梯队地区在“IPv6+”部署显著快于应用发展，迫切需要加快“IPv6+”经济社会各领域深度融合应用。

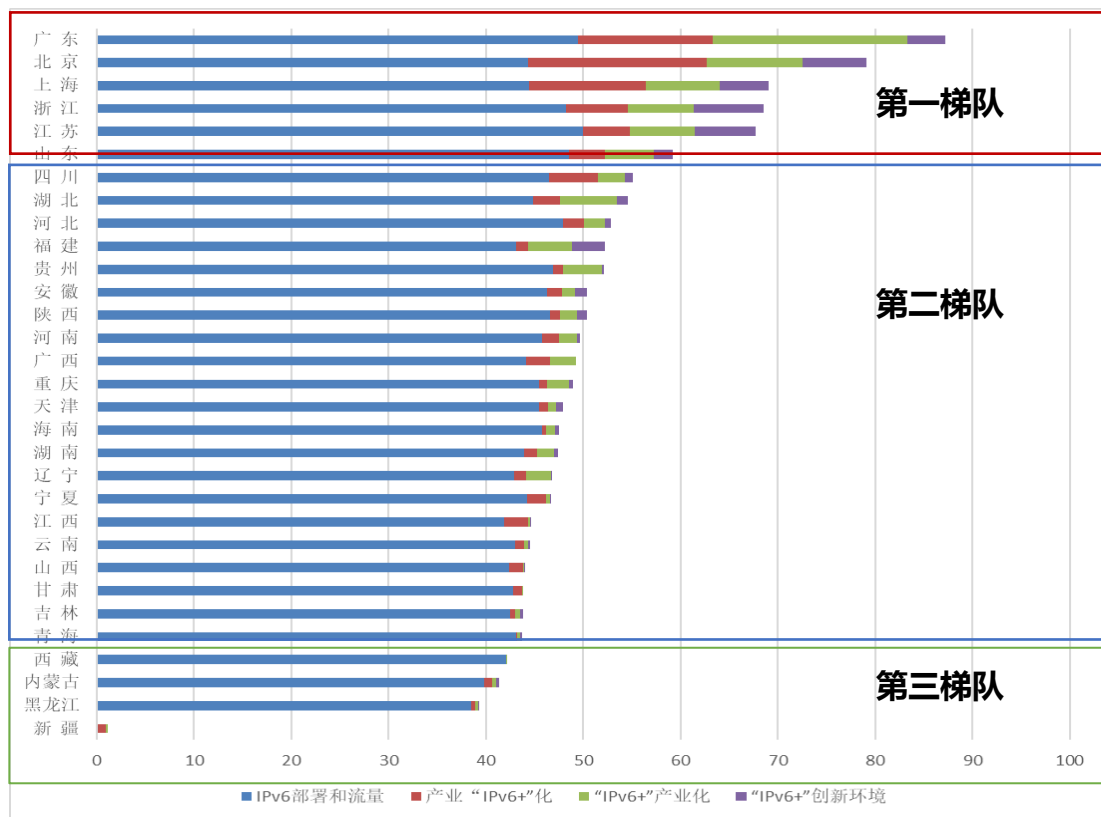


图 14 各省（市、自治区）“IPv6+”综合发展指数

## （2）IPv6 部署和流量省份间差异较小，省份间“IPv6+”融合应用是重点突破方向

IPv6 部署和流量在 31 个省份除内蒙古和黑龙江得分较低、新疆得分极低外，其他省份的分离差较小，整体对“IPv6+”发展指数的贡献力度未拉开较大差距，而各省份的“IPv6+”综合发展差异主要来源于产业“IPv6+”化、“IPv6+”产业化、“IPv6+”创新环境。这表明各地 IPv6 规模部署基本形成，“IPv6+”深化融合的发展环境初步奠定。“十四五”时期需要在此基础之上，聚焦技术、产业、设施、应用和安全体系，形成市场驱动、协同互促的良性发展格局，发挥“IPv6+”对经济社会发展实质性带动作用。

---

### (3) 北京是产业“IPv6+”化领头羊，广东、上海紧随其后发展强劲，显著领先其他地区

31 个省份产业“IPv6+”化的分离差较大，产业“IPv6+”化较好的地区主要分布北京以及广东、上海等沿海省份，西部地区及东三省劣势比较显著。

北京虽然在“IPv6+”综合发展指数得分上位居第二，但在产业“IPv6+”分维度上赶超广东，位居全国第一，是“IPv6+”技术与产业融合的“领头羊”。这得益于北京市作为我国互联网产业的高地，集聚了大量的人才、信息、资金、技术，这为“IPv6+”在各行各业的应用提供了良好的外部条件。在 2021 年 10 月举行的“2021 中国 IPv6 创新发展大会”上，北京市委常委、副市长殷勇指出，“北京在深入推进全球数字经济标杆城市的建设中，将以设施、应用、产业、技术、安全为着力点，深入推进 IPv6 规模部署和广泛应用”。

上海近年来高度重视“IPv6+”发展，全面完成 LET 端到端、固定网络端到端、骨干网络互联互通、全部数据中心和 DNS 域名递归解析系统的 IPv6 改造。2020 年，上海市委网信办、上海市发展改革委、上海市经济信息化委、上海市通信管理局等四部门联合印发《上海市推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署三年行动计划（2020-2022 年）》，提出实现下一代互联网在“互联网+”新型智慧城市、5G、工业互联网、云计算、物联网、智能制造、人工智能、区块链等工作中深度应用。目前，上海市已分配 IPv6 地址用户数达到 4020 万，分配地址占比超过 90%，IPv6 活跃连接数占比接近 90%，各项指标均

---

远超全国平均水平。中央网信办对各地网站 IPv6 评测结果显示，截至 2021 年 6 月，上海重点领域门户网站 IPv6 支持度综合得分排名全国第一，为上海产业“IPv6+”奠定了坚实的基础。2021 年 9 月，上海联通、东方有线、芯启源、中电科数智科技等企业共同成立“IPv6+”联合创新中心，未来将从“IPv6+”人工智能、“IPv6+”5G2B、“IPv6+”工业互联网、“IPv6+”自动驾驶、“IPv6+”云网融合、“IPv6+”安全保障等方面拓展“IPv6+”与产业融合，支撑上海治理、经济、生活等领域深度数字化转型。

同时，作为西部省份四川省的产业“IPv6+”化排名位列第五。主要是由于四川在三大运营商的“IPv6+”试点上进展较快，成渝高速智慧化建设中同步推进 IPv6 试点，四川省泸州市纳溪区成为全国首个城市级 IPv6 资源和大数据中枢，四川还在《四川省推进互联网协议 IPv6 规模部署行动计划》和《关于推进全省电子政务外网互联网协议第六版（IPv6）改造工作的通知》文件中要求开始统筹推进全省 IPv6 规模部署，形成了较好的“IPv6+”技术融合应用态势。

根据《通知》，政务应用是“十四五”时期“IPv6+”改造的重点工作之一，需推动国家电子政务外网、地方政务外网、政务专网、政务数据中心、云平台、智慧城市平台、政府部门网站、移动客户端等 IPv6 改造。在这一方面，广东和广西进展领先。广东秉承“全省一张网”的统筹规划思路，采用 SDN、SRv6、FlexE 网络切片等“IPv6+”先进技术，打造了一张广覆盖、多元化、有韧性、富能力的新一代政务外网，并于 2020 年 9 月印发了《广东省电子政务外网 IPv6 改造指

南》，为全省加快推进 IPv6 改造工作提供指导。广西基于“一网通达、一运承载、一池共享、一事通办、一体安全”五个建设理念，采用“IPv6+”技术构建新一代电子政务外网，实现专线带宽资源化管理，专线负载均衡，网络切片保障业务质量，实现网络和业务可视化运维，保障电子政务供给质量与效率同步提高。

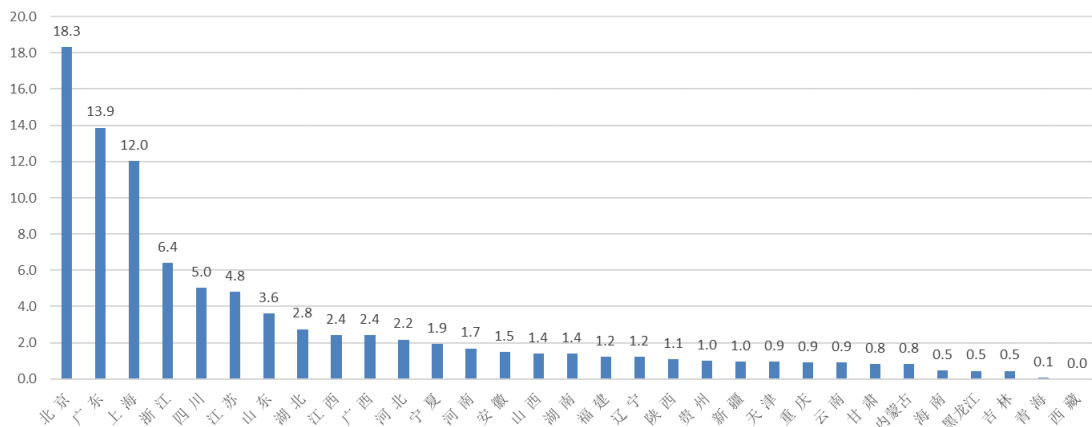


图 15 产业“IPv6+”化维度得分排名

#### (4) 广东、北京、上海“IPv6+”产业化发展水平领先，贵州大数据产业带动“IPv6+”产业化效果显著

广东“IPv6+”产业化领先其他地区。从数据来看，在“IPv6+”产业化维度下，广东各指标均处于优势地位，这也使得广东的“IPv6+”产业化维度得分遥遥领先其他地区。广东和北京作为全国互联网发展的技术高地，具有相对较好的通信产业基础，在“IPv6+”技术研发和标准制定期间，超前布局“IPv6+”产业，抢先出台支持“IPv6+”发展、基础设施建设的政策，为行业发展提供较好的政策、经济和产业环境。其中，广东省拥有十分完整的互联网产业和通信产业布局，产业集聚效应也十分明显。据有关数据，广东以拥有 221 家从事

“IPv6+”协议/技术/软件/服务的企业的优势数量排名全国第一，课题组调查到的十六家龙头企业中便有十家位于广东，广东省在“IPv6+”产业化上占据绝对优势。2021年10月，在广州举行的“2021全球IPv6下一代互联网峰会”上，围绕IPv6技术，粤港澳下一代互联网产业创新中心、下一代互联网新技术联合实验室揭牌，将进一步带动广东以IPv6为核心的下一代互联网新型应用研究和产业集群创新。上海，2021年9月召开“IPv6+”创新城市高峰论坛，开启建设“IPv6+”创新之城，将打造先进开放的下一代互联网技术产业生态，深耕“IPv6+”可编程网络技术、用户体验保障技术、应用驱动网络技术等三大技术领域，进一步释放IPv6技术潜能和优势，推进上海市“IPv6+”产业加速落地。

此外，贵州在“IPv6+”产业化榜单位列第三，仅次于广东和北京。数据显示，贵州“IPv6+”项目数在全国领先，依托自身得天独厚的的气候、地理优势，贵州省贵阳市已成为国家级大数据产业发展集聚区、大数据产业技术创新试验区，大数据融合发展带动了当地一大批“IPv6+”的建造及项目的实施。

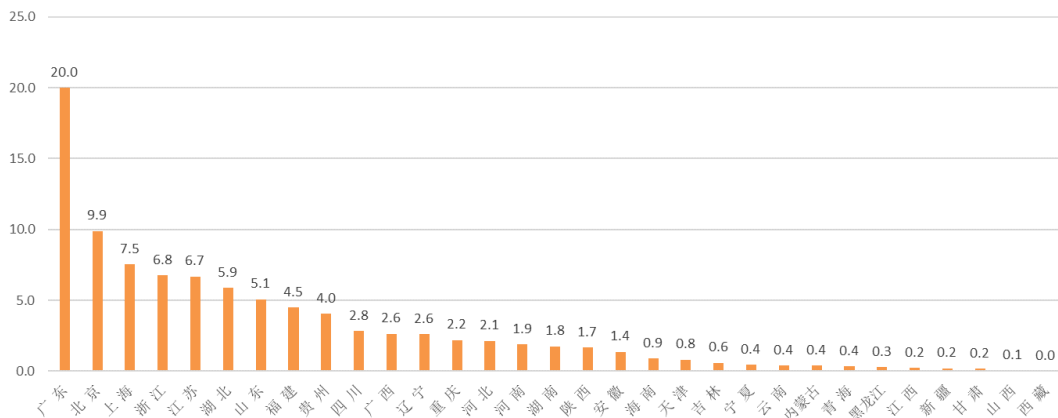


图 16 “IPv6+”产业化维度得分排名



## (5) 浙江、北京、江苏、上海和广东等省份具有优质的“IPv6+”创新环境

浙江、北京、江苏、上海和广东依托雄厚的产业基础和丰富的人才储备，为“IPv6+”创新发展提供了良好的外部环境。北京 2020 年成立了我国第一个专注“IPv6+”科技创新和产业生态发展的科技园区“下一代互联网创新园”，该园区以“带动下一代互联网产业发展、服务国家网络安全战略”为使命，高水平、大规模、深层次推动“IPv6+”产业集聚；实际上，北京早在 2004 年就成立了北京通信信息协会 IPv6 推广应用专业委员会，致力于 IPv6 网络和技术发展，有力推动北京“IPv6+”技术与应用创新。江苏省成立了未来网络创新研究院、紫金山实验室未来网络研究中心、未来网络技术研究所、东南大学未来网络研究中心等多个未来网络研究中心，致力于“IPv6+”产学研创新发展。上海于 2021 年成立“IPv6+”联合创新中心，该中心联合各方技术与产业力量，为“IPv6+”标准与技术验证落地、行业应用的创新研发、产业生态融合等多维度创新提供优质发展环境。

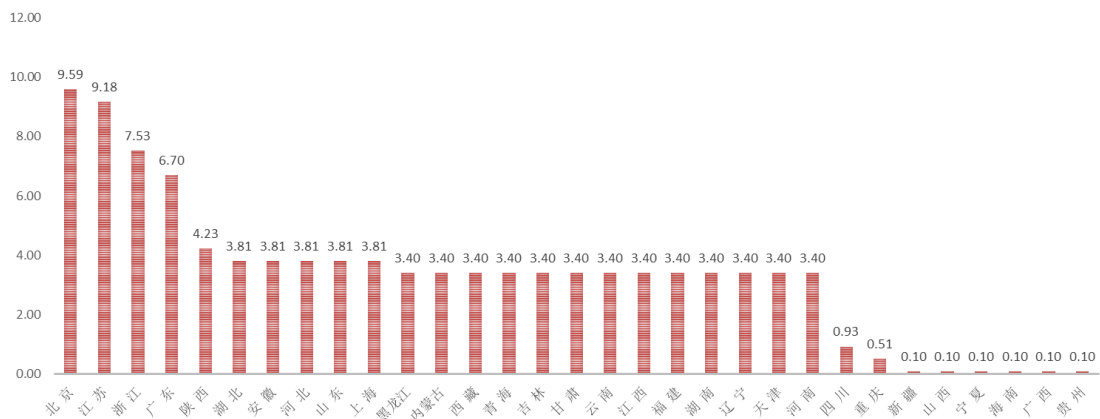


图 17 “IPv6+”创新环境得分排名

值得注意的是，位于西部地区的陕西省在“IPv6+”创新环境方面得分位列第5名。陕西“IPv6+”政策法规发展度较高，创新环境占据着较大优势，陕西省的两所理工科强校：西安交通大学和西安电子科技大学均拥有与“IPv6+”研究有关的重点科研平台，未来网络创新实验室和智能计算与未来网络研究所，这是其他多数省份所欠缺的。

表 13 部分地区“IPv6+”技术创新相关实验室

	“IPv6+”技术创新相关实验室
广东	未来网络系统优化创新实验室
	华为未来网络创新实验室
	鹏城实验室(深圳网络空间科学与技术省实验室)
	南方科技大学未来网络研究院
	金砖国家未来网络研究院中国分院
	未来网络国家重大科技基础设施-北大实验室
	广东技术师范大学未来网络实验室
	广东省无线大数据与未来网络工程技术研究中心
	下一代互联网新技术联合实验室
北京	腾讯未来网络实验室
	未来网络理论与应用实验室--FNL 实验室
	北京交通大学下一代互联网设备国家工程实验室
	IPv6 推进开放实验室
	未来网络高频电波传播分析与预测联合实验室
	中科院网络信息中心未来网络技术与应用实验室
	北京工业大学北京未来网络科技高精尖创新中心
江苏	江苏省未来网络创新研究院
	紫金山实验室未来网络研究中心
	未来网络技术研究所
	东南大学未来网络研究中心
	华为&珠江路未来网络协同应用研究中心
	中国(南京)未来网络产业创新中心
浙江	XG 实验室
	之江实验室未来网络研究院
	浙江省北斗未来网络网际空间研究院

---

## 七、中国发展“IPv6+”产业生态的战略思路及政策建议

### （一）战略思路

一是主体参与工程。制定国家“IPv6+”产业战略规划，围绕网络技术创新和产业应用形成体系化的顶层设计，加强和完善各类管理规定中“IPv6+”相关要求，从行业监管层面引导并督促各类责任主体切实落实“IPv6+”工作要求；强化企业在下一代互联网产业生态中的主体作用，选择一批基础条件好、积极性高的重点行业企业，组织开展“IPv6+”全链条、全业务、全场景部署和应用试点，边试点、边总结、边推广，以点促面，整体提升“IPv6+”规模部署和应用水平；持续完善“IPv6+”行业应用和监测平台，在已成立的“IPv6+”创新推进组等组织基础上，更大范围协调调动国家及社会各类智库的力量，积极搭建公共服务平台推广社会各界对“IPv6+”的共识。

二是供需良性互动工程。推动“IPv6+”技术创新、产品创新、服务创新、商业模式创新等。制定发布“IPv6+”技术演进路线图、实施指南等指导性文件，激活应用生态创新活力，推动“IPv6+”产品和商业模式创新，推进“IPv6+”与5G、大数据、物联网、工业互联网、一体化大数据中心等新场景、新应用融合发展，实施一批“IPv6+”技术创新应用项目；同时全面深化商业互联网网站和应用“IPv6+”升级改造；拓展工业互联网“IPv6+”应用，加快工业互联网平台软硬件“IPv6+”升级改造，优先支持“IPv6+”访问，推进典型行业、重点企业拓展工业互联网“IPv6+”应用，鼓励典型行业、

---

重点企业拓展工业互联网 IPv6 应用，打造行业和区域“IPv6+”创新应用标杆；完善智慧家庭“IPv6+”产业生态。

**三是基础设施底座支撑工程。**推进千兆光网、5G 网络等新建网络同步部署“IPv6+”；推动移动物联网“IPv6+”提速；加快互联网接入服务“IPv6+”改造；优化 IPv6 单栈专线开通流程。同时优化内容分发网络“IPv6+”加速性能；加快数据中心“IPv6+”深度改造；扩大云平台“IPv6+”覆盖范围；增强域名解析服务器“IPv6+”解析能力。通过这些举措，实现全国范围内“IPv6+”业务的加速覆盖，为“IPv6+”业务创新奠定良好基础。

**四是终端载体提升工程。**加快存量老旧物联网终端升级替换。要求智能终端及物联网终端等各类终端加快支持“IPv6+”。同时提升 IPv6 增量强化终端能力。推动新出厂终端设备全面支持“IPv6+”。主要终端设备企业新出厂的家庭无线路由器、智能电视、智能家居终端及物联网终端模组等终端设备全面支持“IPv6+”，提升支持占比。

**五是资源集聚工程。**加强对“IPv6+”新技术、监测评测、IPv6 单栈应用等领域的行业标准研制；面向“IPv6+”产业发展需求和趋势，创新人才培养的模式方法，深化产教融合、校企合作，培养产业紧缺的新型复合型人才；健全金融“IPv6+”支持体制机制，采取政府出资引导、多元化筹资、市场化运作方式设立政府投资引导基金；持续开展网络安全技术应用试点示范工作。强化“IPv6+”安全产品应用性能验证。构筑“IPv6+”网络安全防护体系，落实网络安全等级保护制度，明确“IPv6+”安全保护要求。

---

## （二）政策建议

中国“IPv6+”产业生态的发展需要构建一套以“IPv6+”国家战略框架和顶层设计为引领、产业供给侧和需求侧双向发力、优化创新和应用环境，系统构建一套“IPv6+”政策体系。

一是建立国家层面系统化、前瞻性的“IPv6+”战略框架。以打造全球领先的下一代互联网产业链为目标，将打造我国“IPv6+”网络创新技术和产业体系纳入我国“十四五”重点任务。建议由工信部规划司新兴产业处设立“IPv6+”产业专项工作组或发展领导小组，研究制定促进“IPv6+”产业发展的相关战略。建议设置国家“IPv6+”产业发展路线图研究专项，整合国家部委、科学界和产业界专家，对5G承载和云网融合等领域开展“IPv6+”技术和产业发展路线图研究。

二是完善产业供给侧政策。拓宽“IPv6+”下一代互联网重大专项范围；建立更加开放的“IPv6+”人才引进与培养机制；综合运用中央和地方“IPv6+”产业投资基金、税收等金融工具，拓宽投融资途径；推进“IPv6+”产业环节和重点在全国差异化布局政策、产业集群，加快探索区域先行先试；加快设立围绕下一代互联网的产业联盟、垂直领域应用联盟和新型研发机构。

三是完善产业需求侧政策。加强对“IPv6+”软硬件的政府采购和国产应用，完善风险共担机制；开展标杆行业典型场景应用试点示范，构建典型应用展示平台进行推广；培育大规模市场需求，以产业龙头为依托，推动市场驱动型“IPv6+”产业生态的形成；通过完善标准、创新环境、法律基础等引导“IPv6+”产业生态发展壮大。