



北京 2022 年 冬奥会 官方 合作伙伴  
Official Partner of the Olympic Winter Games Beijing 2022



# 中国联通 CUBE-Net 3.0 网络创新体系白皮书

中国联合网络通信有限公司研究院

2021 年 3 月

# 目 录

一、 引言	1
二、 新趋势与新挑战	3
(一) 宏观形势	3
(二) 技术趋势	5
(三) 发展挑战	10
三、 愿景使命	13
四、 体系架构	15
(一) 顶层网络架构	15
(二) 主要组成部分	16
(三) 技术体系演进	20
五、 技术特征	21
(一) CT 增强的新连接	21
(二) IT 原生的新能力	24
(三) 融合创新的新体系	27
六、 服务特征	29
(一) 融合服务	30
(二) 智能服务	30
(三) 价值服务	30

（四）确定性服务.....	31
（五）定制化服务.....	31
（六）内生安全服务.....	32
七、 创新方向.....	32
（一）泛在弹性的移动宽带.....	32
（二）超宽优质的光纤接入.....	35
（三）智能开放的全光底座.....	36
（四）算网融合的承载网络.....	39
（五）性能确定的定制服务.....	42
（六）AI 赋能的云网大脑.....	44
（七）数据驱动的智能运营.....	47
（八）内生免疫的网络安全.....	49
八、 实施理念.....	51
（一）技术实施理念.....	51
（二）产业生态合作.....	53
九、 展望.....	54
附录 A：缩略语.....	56

## 一、引言

当今世界正经历百年未有之大变局，在新冠疫情席卷全球、国际局势不确定性加剧、新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起的背景下，各行各业都在思考和探索未来发展方向。作为新一轮科技革命和产业变革的主导力量，信息通信产业深刻影响和改变了经济社会发展模式和人们生产生活方式，成为了科技创新和经济增长的重要引擎。尤其是近年来随着以 5G、AI、云原生、区块链、MEC 等为代表的新兴 ICT 技术持续创新和广泛应用，全社会数字化转型进一步加快。电信运营商作为网络强国、数字中国和智慧社会建设的中坚力量，肩负着通过技术创新、应用创新和融合创新更好地满足人民群众对美好生活的向往、助力实现中国产业转型升级和高质量发展的历史重任。

中国联通长期坚持创新驱动发展战略，紧密围绕产业技术发展趋势和客户需求变化，持续推动网络创新转型，积极构建领先的新一代信息通信基础设施。顺应云计算发展以及网络软件化、虚拟化大趋势，中国联通于 2015 年正式发布新一代网络架构 CUBE-Net 2.0，提出“新网络、新服务、新生态”的网络发展愿景，打造面向云端双中心的解耦集约型网络架构。CUBE-Net 2.0 以多资源协同下的网络服务能力领先与总体效能最优为建网原则，服务于“用户”和“数据”两个中心，通过在部署维度、服务维度以及功能维度等方面进行多维解耦，实现网络基因重构；以 SDN、NFV 和 Cloud 为核心技术，以超宽网络和数据中心为载体，构建云网协同、按需随变以及弹性灵活的立体化网络，通过云化的服务平面，推进网络集约化，实现“网络即服务



(NaaS)”。

在 CUBE-Net 2.0 网络架构指引下，5 年来，中国联通深入推动网络“四化”（SDN 化、NFV 化、云化、智能化）转型，取得了一系列技术和应用成果，打造了国内首个全面 SDN 化的广域网-中国联通产业互联网（CU-III），并基于 CU-III 开发了云联网、云组网、SD-WAN 等多款云网协同创新产品，建设了基于 SD-OTN 的政企精品网，实现了 5GC 的 100%虚拟化，上线了 OSS2.0 等一系列智能运营产品。并以 SA 为目标架构，建成了全球规模最大的共建共享 5G 网络，开展了 5G MEC、网络切片和虚拟专网等多方面的网络创新实践。

近年来，随着全面数字化转型的推进，客户需求在深刻变化，产业互联网成为互联网发展的下一波浪潮，产业数字化带来了垂直行业对高质量和确定性 ICT 服务的巨大需求。同时，随着 5G、MEC 和 AI 的发展，算力和智能将无处不在，网络需要为云、边、端算力的高效协同提供更加智能的服务，计算与网络将深度融合，由于 AI 在网络中的全方位应用，网络将加速自动化和智能化转型，AI 与网络也将深度融合。此外，在国际科技竞争日益加剧的背景下，新兴 ICT 技术领域成为了大国竞争的战略制高点，实现科技自立自强和核心技术自主可控是保障网络信息安全和国家安全的必然要求。

基于以上背景，中国联通在对国际国内形势、行业发展趋势以及前沿技术走势全面研判的基础上，提出将 CUBE-Net 2.0 升级为 CUBE-Net 3.0，继承和发展 CUBE-Net 2.0 网络转型经验和创新基础，通过架构创新和融合创新构建支撑数字经济高质量发展的新一代数

字基础设施，提供 ICT 智能融合服务，创造高品质信息生活，赋能千行百业数字化转型和智能化升级。

## 二、 新趋势与新挑战

### （一） 宏观形势

信息通信网络已经渗透到人们生活的方方面面，并逐步向生产领域拓展，越来越多的传统服务业和垂直行业正在成为互联网和信息通信服务的新领域，5G、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术对经济社会发展模式和人们生产生活方式的变革作用愈加明显。

**第一，从国际局势看**，大国间的竞争博弈将很大程度体现在科技领域，地缘政治对于通信产业发展的影响深远，给企业在技术路线和产业生态决策方面带来了诸多不确定性因素。通信网络作为国家最重要的基础设施，持续安全稳定运行将永远是第一考量，核心技术自主可控的重要性和紧迫性日趋上升。此外，2020 年突发的新冠肺炎疫情，作为黑天鹅事件，推动社会数字化发展步伐大大加快，深刻改变了人民的生产、生活和学习方式，为网络服务和信息通信产业注入了更强劲的发展动力。

**第二，从经济发展看**，传统经济发展面临瓶颈，数字经济、数字经济潜力正逐步释放。2019 年全球 47 个经济体数字经济规模达到 31.8 万亿美元，同比增长 5.4%，高于同期全球 GDP 增速 3.1 个百分点，数字经济成为全球经济增长的主要引擎，数字化转型已被许多国家提升为国家战略。数字产业化、产业数字化纵深推进，不断促进虚拟世界与物理世界紧密结合，工业互联网、车联网、智慧医疗、智慧

城市等将成为推动经济发展的新势力，网络需要承载更大带宽流量、更多类型业务、更加实时响应各类需求。现实虚拟化、虚拟真实化成为新兴数字经济的重要助推器，两者的交互融合将给业务创新带来巨大想象与发展空间，这就要求新型网络基础设施能够充分适应这些快速变化的新业态。

**第三，从产业变革看**，近年来以云计算为代表的计算产业对通信网络变革产生了巨大影响，企业上云节奏不断加快，云流量持续增长，在给运营商带来发展机遇的同时，云上应用的繁荣也给通信产业带来了巨大的运营与竞争压力，并驱动通信网络 IT 化转型。经济社会数字化将带动 ICT 产业步入增长新轨道，ICT 技术创新进入“新领域”和“无人区”。局域业务、本地业务、低时延业务全面兴起，以 5G 为代表的新一代通信技术赋予通信产业新活力，网络作为云网边端中承上启下的关键环节，将从纯粹的管道角色，转变成为承载更多价值可能性的数字经济中枢。

**第四，从联通自身看**，作为国家首批混改试点中唯一一家集团层面整体混改的央企，联通与腾讯、阿里、百度、京东等互联网龙头企业深入合作，提供融合创新服务，并加速自身的互联网化转型和全面数字化转型，致力成为客户信赖的智慧生活创造者。中国联通秉持聚焦、创新、合作的发展理念，积极推进 5G 共建共享，大力开展创新技术和业务试点示范，以创新者、引领者、创造者的全新姿态服务于千行百业、全面拥抱数字新时代。下一步，中国联通将持续发挥“混改”优势，以架构领先、质量领先、服务领先的网络为基础，积极构

建优势互补、合作共赢的生态体系，与产业链上下游共同助力全社会数字化转型，力争成为领先的数字服务提供商。

综上所述，通信产业面临发展新机遇的同时，也面临诸多新挑战。运营商正处于转型关键期，未来信息通信网络的发展将需要在追求高带宽、低时延、高可靠的同时探索更多的价值可能。运营商需要面向个人与企业客户的新需求，加大业务创新力度，为数字经济发展构建更加敏捷高效、安全可信、智能融合的基础服务环境，以更加开放、包容的姿态实现与产业链各方的合作共赢。

## （二）技术趋势

5 年前，全球主要电信运营商纷纷开启了面向 2020 年的下一代网络转型规划，以云计算为中心，实现云网协同是这一阶段网络转型的主旋律。5 年后的今天，运营商已实现了移动接入从 4G 到 5G，固定接入从 EPON/GPON 到千兆光网（F5G），构建了面向个人、家庭和企业的泛在千兆接入网，部分领先运营商和海外主流 IXP 还构建了超宽的云互联（DCI）骨干网。得益于这一阶段的架构转型，在新冠肺炎疫情期间，我国的通信网络成功支撑了数亿用户居家办公，实现了互联网服务能力从支撑消费视频娱乐到满足居家视频办公的显著提升。未来 5 年，网络还将发生以下重大变化：

### 1. 从云网协同到算网一体，网络成为价值中心

过去 5 年的云网协同，网络位于云与端之间，解决了云与端的连通性，云上丰富的内容可以自上而下，顺畅的呈现在各种智能终端上，

网络支持了下行流量为主的云端互联，为终端提供了内容服务。未来 5 年，随着大量实时性业务的出现，如 Cloud VR、机器视觉、自动驾驶等，终端产生的大量数据需要上传到边、云的计算节点进行处理，并将结果实时送回终端，网络需要支持上行流量爆发的端、边、云互联，并为终端提供确定性的智能服务。

边缘计算的出现改变了传统云和网的相互独立性，计算进入网络内部，边缘计算的效率、可信度与网络的带宽、时延、安全性、隔离度等都将发生深度的耦合，算网一体才能实现高效服务。

从云网协同到算网一体，网络的作用和价值将发生变化。对于“云网协同”，网络以云为中心，从云的视角看“一云多网”，对网络的主要需求是连通性、开放性，服务质量要求是尽力而为，网络是支撑角色。对于“算网一体”，网络以用户为中心，从用户的视角看“一网多云”，网络需要支持低时延、安全可信通信，服务质量要求是确定性，网络成为价值中心。

## 2. 后经典架构创新，支撑网络可持续发展

指导信息通信产业过去 70 年发展的经典理论——香农定律和摩尔定律将面临瓶颈。半导体制程进入 7nm 之后，通信网络芯片已经难以同时满足降低功耗和提升容量的要求，网络节点将从集中式向分布式演进，需要通过架构创新解决网络流量增长的挑战，信息通信网络将进入后摩尔时代。

无线和光系统编码效率的可提升空间已经接近极限，通信设备在通过增加新频谱来提升容量的同时已开始探索利用语义通信、知识辅

助的信号处理等方式提升系统传输效率，无线和光系统将进入后香农时代。

后摩尔和后香农时代，网络架构创新成为关键。只有通过架构创新，网络容量才能持续增长，满足智能社会海量数据传输的需求。

### 3. 无线网络迈向全连接、全覆盖、全频谱

从连接消费者，到连接千行百业，未来 5 年无线接入网将从支持大带宽、多连接和超可靠的 5G 网络向兼具实时性，大上行和融合感知的后 5G 网络持续演进。未来 10 年无线接入网将构建起空、天、地一体的全覆盖网络体系，从城市、乡村到矿山、海洋、飞行器。从 Sub-6GHz 到毫米波、太赫兹以及可见光，未来无线接入网将充分利用全频谱资源，为用户提供百倍的网络容量，满足智能社会的长期发展需求。

### 4. 光电技术融合，光通信向更多领域渗透

随着网络向高速、高频、高性价比的方向发展，传统电子技术即将面临距离、功耗等可持续发展的瓶颈。未来 5 年，为提升电子器件的高速处理能力并降低功耗，光与电技术将从各自独立，走向光电一体，带来芯片出光、光电合封等新产品形态。光通信技术将进一步向各个领域渗透，如：为提升数通设备高速端口的传输距离，将引入相干光通信技术；为实现家庭千兆品质覆盖，光接入将从家庭 FTTH 延伸到房间 FTTR；为实现低轨卫星之间的 100Gbps 高速数据传输，将采用激光通信替代微波通信；为满足水下移动设备的通信需求，将采用穿透力更高的可见光通信替代无线通信。总之，光将成为信息互联

的底座，为千行百业的高质量联接需求赋能。

## 5. IP 增强感知力，实现一网多平面统一承载

从 IPv4 到 IPv6，IP 网络将发生体制性的变革。利用 Locator 与 ID 分离的业务灵活定义能力，通过定义不同的 ID 属性，可以实现网络对业务的感知，理解业务需求，为业务提供更好的服务。

SRv6 将大幅降低云网协同的复杂度；CFN（计算优先网络）可以同时感知业务对计算资源和联接资源的需求，并将数据流量调度到最适合的算力资源进行处理，提升网络与计算的效率；未来还可以根据不同行业的需求，在 IPv6 网络中定义新的 ID 属性，不断扩展 IP 网络对业务的感知能力，并支持任意业务之间的链接。

基于 IPv6 的灵活地址，可以在同一体系下构建具备端口级、租户级和业务级三层平面的新型 IP 网络，既兼容传统网络，又可向上感知多种业务需求，向下协同利用光、无线多种底层网络资源，实现一网多平面统一承载。

## 6. AI 融入网络，构建网络数字孪生，迈向自动驾驶网络

5G 网络更复杂、运营成本压力更大，而且 ToB 新业务对网络需求更加动态，需要网络能快速满足不同用户和不同业务的多样性、差异化需求。随着 SDN、遥测（Telemetry）技术的持续发展，软件对物理设备的抽象能力逐步增强，为构建数字孪生网络系统奠定了基础。随着亚秒/毫秒级的强实时网络数据采集、建模、仿真、预测和控制能力成熟，并结合算网一体新架构，将可以为物理网络构建出一

个实时在线的数字孪生网络系统，增强网络运营能力，加速网络服务创新。

进一步在网络中全栈应用 AI 技术，将驱动网络运营向自动驾驶方向发展。自动驾驶网络将面向客户提供一点即通、极致体验、安全可靠的网络服务，面向内部网络运维，具备自配置、自监控、自修复、自优化、使能创新的能力。运营商可以综合运用先进的自动化和智能化技术手段，重构现有网络架构和运维模式，打造全栈 AI、自动运维、分层闭环、意图驱动的全新网络，赋能业务敏捷创新，提供极致用户体验。

## 7. CT 与 IT/DT/OT 深度融合，打造新型数字基础设施能力

通信网络在历经 IP 化和云化转型后，网络的弹性、敏捷性、开放性得到极大提升。未来 5 年，CT 与 IT 技术的融合将进一步深化。以云原生、大数据、AI 等为代表的 IT/DT 技术将与 CT 技术深度融合，推动网络全面 IT 化转型。

未来 5 年，随着行业数字化转型的深入，以实时性、高可靠为特征的 OT 技术将与 ICT 技术融合，提供 5G+TSN 等融合解决方案，满足垂直行业应用需求。

新一代数字基础设施将是融合了 CT、IT、DT 和 OT 的技术基础设施，可承载智能社会和数字经济发展的各类需求。

## 8. 网络安全从被动防护向内生主动防御模式转化

随着网络云化/泛在化演进、ToB 和 ToC 业务融合，网络开放暴



露面不断增加，传统网络安全的“边界”进一步模糊，网络攻击手段持续升级，未来网络难以再通过边界隔离、外挂安全能力的被动防护模式来保障安全，需要为网络注入更强大的安全基因，推动网络安全体系向着原生内嵌、安全可信、智能灵活的主动防御模式演进，构建起云网安一体化的新型网络架构。

### （三）发展挑战

电信运营行业已完成了“从话音经营到流量经营”的第一次转型，流量经营成为运营商的主要业务收入来源，但随着 ToC 用户数的饱和、单位流量收益的持续下降，通信运营业面临增量不增收的挑战，运营商之间的竞争已经白热化。面对 ICT 产业新机会，运营商还将面临来自互联网企业、云服务商、行业系统集成商的挑战。“逆水行舟，不进则退”，只有积极拥抱新技术，保持网络先进性才能增强竞争力，把握新机会，获得新增长，取胜“从流量经营到数字化生态运营”的第二次转型。为此，网络发展需要直面挑战，勇于创新。

#### 挑战一：如何设计可持续发展的网络新架构？

随着视频业务的快速发展，未来网络流量仍将保持高速增长态势，同时网络流向特征也出现新变化，智能物联网设备如摄像头、智能汽车、智能传感器等将以上行流量为主。而且任意地点、任意终端的娱乐与办公需求对网络运营的灵活性和智能化提出更高要求。

传统网络设备受摩尔定律发展瓶颈的制约，需要通过架构创新进一步提升流量的转发和处理能力，如引入分布式云化架构、光与 IP

智能协同等新架构；上行流量的增长也需要对传统以下行流量为主的网络结构进一步优化，如引入边缘计算新节点和上下行接入资源弹性调整的新技术；面对多场景多业务的灵活网络运营需求，需要引入AI、软件定义等新手段，实现自动驾驶网络。

如何定义网络新架构，既能保护原有投资，可以在现有网络中平滑引入新技术和新能力，又能持续保持网络的先进性和前瞻性，是网络顶层架构设计面临的挑战。

### **挑战二：如何打造保障端到端确定性的网络新能力？**

随着通信业务从连接到连接万物，以沉浸式视频（Cloud VR/AR/全息）、自动驾驶、智能制造、机器人、无人机等为代表的新兴业务对网络服务的确定性提出更高要求。

确定性包含可承诺的毫秒级时延和抖动、超高可靠性、保障数据安全的隔离度和用户自主可控的管理等要求。

而传统网络由终端、接入（无线和光）、传送承载（IP 和光）、核心网和边缘计算平台等分离网元构成，如何将端管边拉通，提供业务所需要的确定性网络连接，保障业务体验，是网络服务能力面临的挑战。

### **挑战三：如何提供算网一体、智能融合的网络新服务？**

随着 5G/5G-A、WiFi6 多千兆网络的建设，宽带将像水、电一样，成为数字社会的普遍和基础服务，同时由此产生的数字洪流需要强大的算力设施来处理，绝大多数行业并不具备“联接+计算”的融合技

术能力，通信运营商可以为其提供云网融合与算网一体服务。

传统网络连接与计算服务从技术体制到运营管理模式上都存在巨大差异，如何将二者融合，将复杂的技术问题在运营商内部解决，向客户呈现算网一体的极简服务体验，是网络基础设施融合服务面临的挑战。

#### 挑战四：如何构建开源开放与自主研发相统一的网络新生态？

SDN/NFV/Cloud/AI 等技术在电信行业的加速落地，要求电信运营商必须增强自主研发能力，持续推进网络控制器、通信云平台、业务编排器和部分数据分析系统软件的自研自维，以利于根据市场和业务的快速变化实现敏捷开发。开源已成为网络软件的重要发展趋势，运营商通过参加和主导网络领域的开源活动，可以更加有效的与 IT 产业对接，加强软件代码的健壮性和功能实现的先进性。但是运营商相比 IT 企业和互联网公司，开源运作经验还较为缺乏。同时，由于国际大环境变化，由国外主导的部分开源项目，未来发展面临诸多不确定性。

技术生态成为产业竞争的关键，开源与闭源、开放与封闭之间还存在多方面的博弈和争议。如何选择或培育技术生态，如何在新形势下开展开源活动，如何在推动产业开放的同时保障网络性能，如何提升自主研发能力和把控核心技术，是运营商构建网络产业新生态面临的挑战。

### 三、 愿景使命

中国联通 2015 年发布的新一代网络架构 CUBE-Net 2.0，其愿景内涵包含：面向客户体验的泛在超宽带网络体系（Customer-oriented Ubiquitous Broadband Experiencing Network），面向内容服务的开放生态网络环境（Content-oriented Unlimited Business Ecological Network），面向云服务的极简极智弹性网络架构（Cloud-oriented Ultra-flat Brilliant Elastic Network）。

CUBE-Net 3.0 作为新时期中国联通网络创新体系，旨在携手合作伙伴共同构建面向数字经济新需求、增强网络内生能力、实现“联接+计算+智能”融合服务的新一代数字基础设施。将新一代通信网络基础设施升维为新一代数字基础设施，体现了中国联通全面服务经济社会数字化转型的价值追求、持续深化通信网络 IT 化转型的战略思路以及加快推动数字技术与实体经济深度融合的愿景目标。在 CUBE-Net 2.0 所倡导的“新网络，新服务，新生态”网络发展使命基础上，CUBE-Net 3.0 的使命内涵增加如下三层新含义：

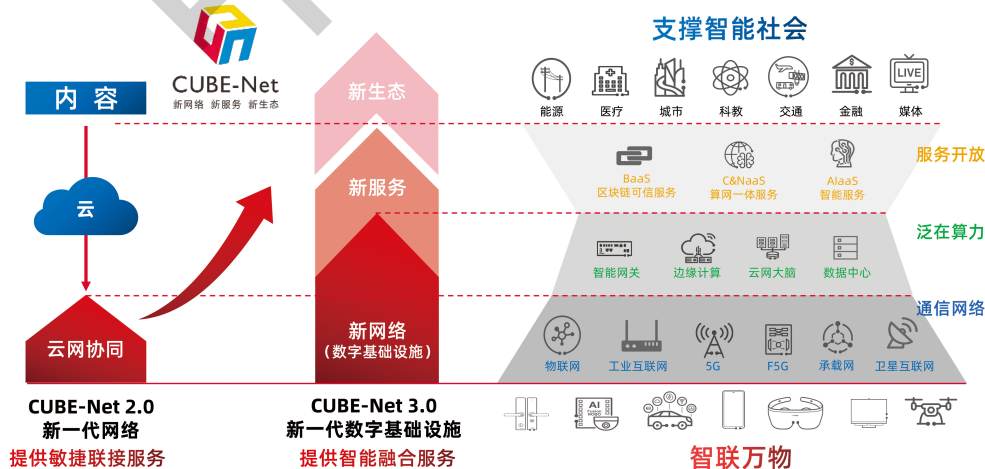


图 1 CUBE-Net 3.0 新愿景

(1) CUBE-Net 3.0 是数字基础设施型“新网络”的构建者：从承载个人通信业务，提供语音、短信、宽带等服务，到承载行业业务，提供物联网、产业互联网等服务，到未来以智联万物、万智互联的网络为纽带，构建起兼具联接力与计算力的新型数字基础设施。新网络既包含以 5G/F5G 为代表的泛在千兆和未来基于 5.5G/6G/F6G 的 10G-100G 的泛在超宽带、确定性**联接力**，也包含以 IPv6+为代表的网络对业务和环境的**感知力**，还包含以网络 AI、边缘计算、内生安全为代表的网络内生**计算力**。融合联接力、感知力和计算力的新网络将成为支撑数字经济高质量发展的新一代数字基础设施。

(2) CUBE-Net 3.0 是确定性智能融合“新服务”的创建者：从面向消费者提供宽带网络单一连接服务，到面向经济社会数字化和智能化需求，提供算网一体、具备确定性和安全性的“联接+计算+智能”融合新服务，在满足最终用户极简极智的业务体验同时实现网络价值的提升。为支持新的智能融合服务，需要将联接和计算资源进行统一分级、标识、原子化抽象和集约化管理，并建立起基于数字孪生的虚拟网络平面，按照业务需求进行实时仿真、验证，根据客户意图进行服务编排。

(3) CUBE-Net 3.0 是云网边端业协同化“新生态”的贡献者：从“云网端”时代，云和端各自发展生态，网络只是提供带宽的哑管道，到“云网边端”新时代，网络提供包括带宽、时延、抖动、安全、算力、可视可控等多样化能力，从而可以深度参与行业应用和智能终端的业务逻辑，与端云产业生态实现合作共赢。新服务呼唤新生态，

新服务需要满足客户对应用、云、网、端的一体化需求，产业链的开放协作是必然要求。CUBE-Net 3.0 对内依托运营商的接入、传输、核心网、计算资源、数据资源，通过自主可控的开源产业生态和开发者生态，夯实新网络的基础服务能力，对外将与云服务商、应用服务商、终端提供商等广泛合作，依托外部的内容服务和智能应用生态，面向个人和家庭消费者，提供极致的信息生活体验，面向垂直行业和政府，提供丰富的智能融合应用。

## 四、 体系架构

### （一） 顶层网络架构

CUBE-Net 3.0 顶层架构是对 CUBE-Net 2.0 架构的继承和发展，立足 5G，放眼 6G，在网络 SDN、NFV 和云化转型的基础上，融入云原生、边缘计算、人工智能、区块链、内生安全、确定性服务等新技术元素，并强化不同技术和产业要素的深度融合。

CUBE-Net 3.0 网络架构包含了五个组成部分，分别为：面向用户中心的宽带接入网络（UoN: Customer-oriented Network）；面向数据中心的云互联网络（DoN: DC-oriented Network）；面向算网一体的融合承载网络（CoN: Computing-oriented Network）；面向品质连接的全光网络（AON: All Optical Network）；面向运营和服务的智能管控平面（ACP: AI-driven Control Platform），如图 2 所示。



赋能。

在 CUBE-Net 3.0 技术架构中，为实现智联万物的目标，将通过移动宽带与光纤宽带相互协同大幅度增强用户体验的保障能力，通过全频谱的高效使用提升接入的容量，通过异构网络组合满足天、地、海洋一体化的全覆盖需求，通过差异化的网络协议机制创新满足多样性终端的接入需求，通过更加灵活的物理资源配置实现大上行的接入能力，通过传输层在实时和可靠性方面的创新满足行业确定性的要求，通过智能技术与网络算法的结合实现接入网络对业务和环境的超感知能力、满足业务体验保障的要求。

为保障宽带网络在满足差异化服务需求的同时，具备网络规模经济性，新型宽带还将具备在公用网络上支持端到端网络切片和 SLA 分级服务的新能力。

## 2. 面向数据中心的云互连网络

在 CUBE-Net 2.0 阶段，联通已经构建了面向数据中心的云互连网络，提供云网融合服务，很好地支撑了消费娱乐互联网和远程办公互联网的发展。

随着云计算的广泛使用和行业云化转型进入深水区，企业云化将从 IT 办公系统向 OT 生产系统深入，作为云服务关键要素的网络，其作用和价值更加突出。由于企业生产系统云化有着低时延、高可靠、强数据隐私保护的刚性要求，而传统数据中心通常远离用户，无论从经济性、还是实时性上都无法很好满足这些需求，云将从集中走向分布、从中心走向边缘。



在 CUBE-Net 3.0 技术架构中，为了匹配从中心云互联到云边互联的新诉求，云互联网络将从核心向城域延伸，以无阻塞、低时延、大容量为关键要素，构建起覆盖范围更广、互联节点更多的新型云互联网络。

### 3. 面向算网一体的融合承载网络

随着“边缘计算”的兴起，由智能终端、边缘计算、云数据中心组成的端边云网络化算力基础设施将成为 5G 驱动下的 ICT 发展新热点。

在 CUBE-Net 2.0 阶段，联通引入 SDN 技术，实现了云网一体化的业务开通和服务。在 CUBE-Net 3.0 技术架构中，一方面将继续夯实云网一体，还将结合 5G+AI、边缘计算、智慧家庭、行业云网等新业务诉求，探索面向业务级的算力网络新技术，向用户提供实时、高效的算网一体服务。

在 CUBE-Net 3.0 技术架构中，为实现网络化算力的高效利用，提供算网一体融合服务，将通过计算和网络技术的协同创新，构建起包含端口级物理网络平面、租户级云化网络平面和业务级算力网络平面的一网多平面新型 IP 网络。

### 4. 面向品质连接的全光网络

光网络已上升为国家战略性公共基础设施，是 5G、云计算、大数据、人工智能等其他信息技术发展的基础和前提，其发展水平也成为衡量国家综合竞争力的重要指标之一。

但是由于光网络长期处于“幕后”角色，存在架构复杂、灵活性差、智能化程度低等问题，与新时代战略性公共基础设施的定位要求有着较大差距。

在 CUBE-Net 3.0 技术架构中，将结合智能管控平面的编排和服务能力，充分发挥光网络的超级带宽供给能力、光层组网能力、性能保障能力和绿色节能优势，将光网络从“幕后”推向“台前”，打造光业务网，在为其他专业网络提供带宽资源的同时，面向行业客户提供确定性的品质专线，实现云光一体服务，构建起开放、智能、灵活、可靠的新型全光网络。

## 5. 面向运营和服务的智能管控平面

在 CUBE-Net 2.0 阶段中国联通已经通过规模部署 SDN/NFV 逐步实现网络管控体系的变革，对于云化虚拟网络功能进行生命周期管理，对于网络转发设备进行集中控制，并引入了端到端的协同编排层，将服务需求按照业务逻辑分解、分配给 SDN 控制器和 NFV 管理单元，实现业务的敏捷和自动化。

在 CUBE-Net 3.0 技术架构中，将在现有网络云化基础上，引入人工智能，结合对网元状态、网络运营和业务特征数据的采集和分析，实现网元状态从感知到认知、网络运维从被动到主动、业务保障从无序化到可预测的能力升级，并推动网络运营由局部智能向完全自治的自动驾驶网络迈进。

基于自动驾驶网络的编排层，可以将计算和网络资源进行协同，面向客户提供如 5G+MEC+AI 的算网一体服务，提供云网安一体的新安

全服务。未来还可以基于数据实时采集、分析、仿真、预测、编排的闭环，对物理网络进行逻辑抽象，构建数字孪生的网络系统，在减少对现网影响情况下，加速网络创新功能的迭代。

### (三) 技术体系演进

如同 CUBE（立方体）一词的形象描述，CUBE-Net 2.0 定义了三维立体的网络技术体系，按照部署维度分为接入层、汇聚层、核心层；按照逻辑维度分为资源面、控制面和开放面；按照服务维度分为用户域、交换域和数据域。CUBE-Net 3.0 在继承 CUBE-Net 2.0 三维立体技术体系的基础上，对其中的技术内涵进行了发展，两者关系如图 3 所示。



图 3 CUBE-Net 3.0 与 2.0 技术体系对比

CUBE-Net 3.0 新架构下技术体系变化主要体现在以下三个方面：

(1) “交换域”扩展为“智联域”：在新架构中，通过支持“联接+计算”的融合服务，网络具备了感知、智能、体验保障等新能力，这些能力组合后形成智能联接。网络已经不仅仅是提供透明的数据交换，还可以为行业客户提供边缘计算服务，为家庭提供智能业务体验

保障，为个人提供高精度定位等融合感知服务。

(2) “汇聚层”演变为“互联层”：在新架构中，伴随着云向边缘的延伸，城域网将从以端-云南北流量汇聚为主向边-云东西流量无阻塞互联演进。

(3) “开放面”升级为“服务面”：在新架构中，伴随新型网络向新型数字基础设施的转型，网络服务能力已经不仅仅是基础网络资源的开放服务，还将面向行业、家庭和个人提供基于算网一体的智能融合服务。

## 五、 技术特征

CUBE-Net 3.0 具备如下十大技术特征，这些技术特征分别是基于 CT 增强、IT 内生和融合创新。

### (一) CT 增强的新连接

#### 1. 柔性宽带

随着 5G 移动网络和 10G PON 部署、WiFi6 商用，移网、固网、WLAN 接入宽带普遍达到千兆级能力。信息通信服务也在从面向“人联网”为主，向面向物联网为主转变。物联网与行业数字化转型深度结合，对接入服务和带宽质量提出更多差异化需求，宽带网络服务需要向更加柔性和智能的方向演进。

(1) 弹性带宽提供：弹性空口技术将提供灵活的动态频谱共享、系统带宽和帧结构，提供基于人工智能的波束赋形、干扰消除，提供灵活的空口协同（包括宏微协同和高低频协同）等弹性能力；云化核

心网将提供弹性可伸缩的网络处理能力；超 10G PON 提供持续提升的固网带宽接入能力，提供按需灵活上下行带宽和 QoS 配置能力，针对特殊场景提供定制宽带及质量解决方案；IP 网络将实现多业务统一承载，提供实时的无级带宽调整、QoS 调度、可规划确定路由、灵活切片等弹性能力；光传输网络与分组技术结合，提供从 Mbit/s 到 Gbit/s 灵活弹性扩展的硬隔离带宽能力（OSU 等），通过光电节点混合组网（OTN、OXC/ROADM 等）实现按需弹性网络扩容。

**（2）智能实时弹性配置：**网络将基于 AI 技术，实时完成需求和资源识别，实现实时弹性业务配置、业务链组合配置、端到端切片级业务配置等（带宽+云+安全），达到动态资源最优配置和利用效率最大化。

**（3）多种接入技术融合：**单一宽带接入技术已无法满足复杂场景应用需求，多种宽带接入技术将协同提供泛在接入和无感知切换。

## 2. 泛在连接

泛在连接是网络发展基本追求，向“泛微”和“泛宏”两个方向发展。

**（1）“泛微”（微观机器连接）**方面，5G 网络拓展了 ToB 物联网市场蓝海，FTTR 等家庭网络技术开辟了智慧家庭物联网，机器连接还将逐步扩展到工业生产、家庭生活、社会生活更多方面。

**（2）“泛宏”（宏观范围覆盖）**方面，空天连接技术逐步成熟，空天地一体形成立体网络结构，突破地表覆盖限制，3GPP 和非 3GPP 系统（固网宽带、卫星宽带、WiFi 等）系统将充分融合或协同，提

供更广泛和灵活的协同接入能力，实现海洋、高山、沙漠、空天等全域实时、低成本、无差异的宽带接入，使得宽带资源无所不在、随需而取。

### 3. 确定性连接

连接数量和带宽的快速发展推动了信息应用的繁荣，加速了工业/能源/医疗/车联网/视频/游戏等垂直行业的数字化转型，由此带来的远程医疗/智能制造/在线 VR /云游戏等新兴业务将驱动网络从面向连接的尽力而为服务向面向体验的“实时、准确、快速”高质量服务转变，要求通信网络具备更加确定性的连接能力。

**(1) 稳定的 ms 级实时性：**LTE 阶段业务对时延的要求普遍在 100ms，5G 阶段大量新业务对时延的要求提升到 10ms，URLLC 业务对时延的要求已经达到 ms 级。政企业务对时延敏感度已经达到 ms 级，某些金融交易类客户愿意为每 ms 的时延缩短支付更高费用。客户对时延的稳定性要求也随之提升，信号传输过程中的时延抖动将明显影响到用户对实时性业务的体验。

**(2) 精准的  $\mu$ s 级同步性：**多数确定性网络应用要求终端站间时间同步，一些队列算法还要求网络节点同步，业务的精准时间同步需求要求更多的网络设备和主机采用精确时间协议（PTP）将网络端到端的时钟精度同步到 1 $\mu$ s 以内。

**(3) 超高可靠性：**网络连接数量的增加、分布式计算能力的部署，大大提升了网络的复杂度，网络故障的影响将更为广泛。随着业务对可靠性提出更为苛刻的要求，网络需要全方位增强可靠性。

**(4) 多样隔离性：**行业用户对自身数据有强烈的安全诉求，隔离是保障客户数据安全的最基本手段，边缘计算等技术可以为客户提供数据不出园区的隔离保证。基于切片理念的多种隔离技术及其组合将为客户提供端到端灵活多样的业务隔离服务，保证客户的带宽和延迟等网络性能，不受其他切片的影响。

**(5) 全局可视化：**基于海量网络实时数据采集、集成 AI 的数据处理，通信网络将向实时可视化运营和服务模式演进。网络的拓扑、性能、故障，业务的带宽、路由，客户的带宽、拓扑、路由、性能，网络的现状和历史，网络 and 业务的部署、配置、维护、管理等，都将以可视化的方式呈现。

## **(二) IT 原生的新能力**

### **4. 云原生**

云原生是云计算的新趋势，具有诸多优势，如：实现自动化、标准化、多环境交付的一致性和易扩展；简化运维、支持异构硬件，降低复杂度和运营成本；提高利用率和性价比，缩短 TTM 以促进业务创新等等。

**(1) 云原生网络：**云化网络功能将在架构设计、技术选择上直接利用云原生技术（如容器、微服务、轻量化 API 接口、软硬件解耦、DevOps 等），并直接部署到云平台上，提供更大的灵活性、弹性和跨云环境的可移植性。

**(2) 云原生运维：**基于云原生的在线运维工具，实现在线及时、

准确的网络运维；面向云原生的运维可以使用 KubeEdge 等工具统一管理和下发，最大化发挥容器的快速部署优势，满足运维和运营需求。

**(3) 一网多云：**自 5G 时代起，云从数据中心走向云、边、网一体化，以一张承载网络连接多种云资源，利用云原生优势实现混合云、云云协同、云边协同和边缘自治。

## 5. 智原生

随着人工智能发展，AI 技术在通信网络领域的应用也日渐突出，推动网络迈向自动驾驶网络。网络智原生主要体现在服务+AI、网络+AI、网元+AI 三个层面。

### **(1) 服务+AI：从无序到可管**

利用 AI 技术，网络可以通过学习业务流报文特征，理解业务属性并提供差异化的传输和服务，构建起面向互联网应用或行业应用从无序到可预测、可管理的新保障能力，提升用户体验。如：为游戏、CloudVR 等需要低时延或低丢包率的业务提供保障和优化服务，提升终端消费者的业务体验；分析黑客攻击报文特征，在不触及内容隐私的情况下，识别到安全风险，并提供智能安全保障。

### **(2) 网络+AI：从被动到主动**

CUBE-Net 3.0 在 CUBE-Net 2.0 体系基础上，将通信网络存在的大量专家经验数字化，利用 AI 技术，提升网络分析和决策能力，实现网络灵活、高效和超自动化，例如自动部署、故障事前仿真、事后校验、预防预测以及主动优化等，实现运维从被动到主动的能力提升。

### **(3) 网元+AI：从感知到认知**



通过将 AI 技术引入网元，升级为数字化的智能网元，可以让每个网元具备多维实时感知能力，包括业务流、资源、拓扑状态、运维事件、自身能耗等，这样整个网络可以更加敏锐的感知、处理和推理执行；具备自主感知与决策的闭环能力，同时也能和云端及网络管控平面实现更高效的协同。

## 6. 链原生

区块链技术具有多方参与、不可篡改、可追溯及去中心化等特征。区块链可以为 CUBE-Net 3.0 网络的原生可信、异构协同和价值传递提供重要技术手段。

### (1) 区块链增强的原生可信

可信网络基础设施：基于区块链去中心化的标识解析及资源目录体系，如域名、IP/AS、DID、证书、设备 Tag 等，提升网络自治管理及原生可信能力；通过网络(实体)状态的统一目录，如 MSI(设备状态完整性)等，提升网络(实体)状态透明度、一致性及可验证。

分布式信任与网络微单元自治：基于分布式信任的网间协作，如国际漫游清结算、号码携带以及异构网络数据协同，降低运维成本，提升用户体验；异构边缘自治微单元协作，提供分布式网络服务。

网络实体可信接入及行为可信：信任边界模糊背景下的接入零信任及身份驱动的可信行为验证。

### (2) 可信去中心化网络资源共享及价值传递

网络资源共享及价值传递，如算力共享、频谱共享、内容共享等，提高资源配置效率和经济效益。

分布式可信数据共享与隐私计算，网络数字孪生及智能化的可信数据底座，保护数据所有权及隐私的同时挖掘数据价值。

### （三）融合创新的新体系

#### 7. 内生安全

网络内生安全是指利用安全防护能力与网络通信能力原生创建、共生演进的技术，为网络注入内生安全基因，使网络承担更多的安全可信和防护监管责任，降低应用侧和终端侧的安全压力，网络内生安全能力具备如下特征。

（1）**内嵌原生**：安全能力与网络进行伴生设计，在网络底层协议增加安全可信属性，在网络设备和芯片中集成安全功能，使网络具有主动防御能力，有效贴合业务安全需求；

（2）**协同聚合**：全面感知网络与业务安全态势，实现跨域、跨系统联动响应，为业务提供端到端安全通信；

（3）**灵活智能**：使安全能力可以随网络和系统变化智能调整和快速部署，持续保障网络及业务和数据的安全，具备自适应、自成长的能力；

（4）**普适开放**：能够适配多场景、异架构网络，具备统一接口向第三方输出安全能力。

#### 8. 技术融合

（1）**CT 与 IT 融合**：随着通信网络向云化、NFV 化和 SDN 化演进，IT 技术元素正在从通信网络的管理层（EMS、NMS）延伸到网络的服

务层（NaaS、PaaS、SaaS 等）、控制层（SDN 控制器、协同编排器等）、网元层（5GC、vSwitch、vBRAS 等），逐步成为通信网络的内生部件而不可分离。

**（2）CT 与 DT 融合：**网络将强化对用户业务需求及变化、对网络资源能力和负荷、对网络运营状态和业务质量的实时感知。充分利用 DT 技术，引入人工智能，实现网络的智能维护、智能运营，对网络发展进行预测；构建网络的数字孪生体，对云网运行状态进行数字化还原，实现网络可追溯、可预测、易调整。

**（3）CT 与 OT 融合：**面向服务的体系结构是规划高度复杂的企业资源系统的关键。传统现场总线 OT 网络的数据层与传输层需要实现解耦，数据层走向开放、共享，传输层将采用支持实时性和可靠性的 5G URLLC、TSN、工业 PON 等新型工业网络承载技术。

**（4）连接与计算融合：**随着 IT、DT 与 CT 技术的融合、边缘计算的发展，传统通信网络提供的连接能力和 IT/DT 技术提供的计算能力将更紧密协同和融合，网络+中心云的云网融合服务将逐步演进到计算与网络深度融合的算网一体，算力网络正在成为网络技术发展的新方向。

## 9. 架构简化

降低网络的建设和运营成本不仅仅是运营商自身降本增效的基本需求，也是未来网络可持续发展和赋能社会数字化转型的重要保障。“大道至简”，构建极简网络成为了网络规划设计的重要追求。

电子信息基础技术进入后摩尔、后香农时代，网络代际演进和架

构的创新优化是网络成本优化的最直接、最高效的途径。如：5G 网络全面采用 C-RAN 模式建设，核心网控制面与用户面解耦等架构优化直接推动成本下降；基于 AI 技术实现网络动态弹性资源调度和伸缩，将在保障网络业务质量的情况下，优化资源利用率，实时对闲置资源采取关闭、待机等措施，进一步降低网络 OPEX 成本。

## 10. 能力开放

中国联通 CUBE-Net 3.0 网络基于开放架构设计，推动能力开放，并将以开放姿态聚合产业生态，实现产业共赢。

**(1) 面向多云场景提供开放能力：**包括网络基础能力开放和公有云、私有云、边缘云、行业云等 IT 基础能力的开放。

**(2) 面向行业应用提供开放能力：**一方面向行业应用提供比传统互联网更高质量和更具差异化的数字基础设施服务能力；另一方面推动 CT 与 OT 深度融合，CT 网络向 OT 应用开放接口、资源和能力，OT 利用 CT 能力实施企业数字化转型。

**(3) 面向开发者提供开放能力：**将网络打造为能力平台，吸引更多的开发者基于网络能力进行应用和服务开发，协同向客户提供更多有价值的特色服务。同时还将通过网络软件领域的开源，降低开发者的研发门槛和成本，加速业务创新。

## 六、 服务特征

构建 CUBE-Net 3.0 新一代数字基础设施的主要目的是为了提供经济社会数字化转型所需要的基础设施新服务，CUBE-Net 3.0 具备如下 6 大新服务特征。

## （一）融合服务

通过 CT 与 AI、IT、DT、OT 技术结合，提供融合服务产品，包括：

- （1）智能化、可保障、可编排的网络连接和业务链服务；
- （2）网络与算力深度融合的算网一体服务；
- （3）光传送与云服务相结合的云光一体服务；
- （4）“云网边端业”产业协同服务。

## （二）智能服务

随着 SDN、NFV、边缘计算等技术的发展，5G 网络应用场景更加多样化，业务模式和流程更加丰富和复杂，同时服务对象由 ToC 向 ToB 转变。ToC 是从个性中提炼出共性，ToB 主要服务于个性，服务对象不同导致对网络服务的需求不同。CUBE-Net 3.0 将基于多源异构的融合数据及 AI 技术，主动学习用户行为特征，自动感知需求、自动分配网络资源，实现敏捷精准的业务调度与优化，以智能化的服务手段为用户提供最佳的业务体验。

## （三）价值服务

CUBE-Net 3.0 希望改变传统的网络流量经营模式，以为客户创造价值来衡量网络服务自身价值。网络架构将增强对业务的感知、开放和赋能能力，尤其是要帮助政企客户充分利用网络内生能力实现数字化转型，创造更大的经济效益。中国联通已经开发了云联网、政企专网等面向政企客户的高价值网络产品，未来还将利用 URLLC、5G 切片专网、内生安全等技术手段，并基于商业和服务模式的创新，实现与客

户的价值共赢。

#### **(四) 确定性服务**

传统网络提供的“尽力而为”服务能力，已不能满足垂直行业数字化转型和智能制造等应用对网络的多维度、差异化、定制化能力需求。CUBE-Net 3.0 网络架构将在推进原有网络平滑演进的基础上，不断增强网络的端到端确定性服务能力，包括高带宽保障、确定性时延、有界时延抖动、高精度定位以及网络无损传输等，并基于确定和稳定的基础网络能力，针对行业客户需求提供可管可控和安全可靠的确 定性服务。

#### **(五) 定制化服务**

随着 CT 网络与 IT/DT 等技术的融合，通信网络演进成为集约化的数字赋能平台，具备更强、更灵活、更实时、更开放的业务服务能力，能够以客户为中心提供定制化服务，包括：

(1) 网络服务内容自主可选：基于运营商端到端的自动编排层，客户可以根据自身需求，选择一种或多种标准化的网络服务（如云服务、ICT 服务、入云接入、互联网接入、网络切片、网络安全等）。

(2) 网络服务按需动态调整：客户可自主发起包括连接数量、带宽、PaaS 资源、IaaS 资源等的动态调整需求，经业务中台将客户请求直接发送到网络编排控制层，实现服务的实时调整。

(3) 网络服务可视可管可控：运营商能够向上层应用提供所订购网络资源和服务的可视化，并根据客户需求开放一定的网络控制

权，允许客户基于可视化的网络服务在客户端自主进行网络管控。

(4) 专网服务：面向 VIP 大客户需求，除了提供标准网络能力和服务外，还能够为客户提供量身定制的专网建设与运营服务。

## 〔六〕 内生安全服务

网络内生安全能力能对外提供安全服务和向客户开放接口调用。

(1) 协同一体安全服务：网络内生安全将多种安全基因注入网络，安全边界更加细化，安全能力与云网边资源更好地协同配合，安全策略与业务需求进一步贴合，并整合原生和外挂的安全能力提供端到端一体化防护服务；

(2) 普适开放安全服务：网络内生安全适配能力强，能够依据不同网络特性，提供针对 5G、家宽、专线、IoT 等的不同安全服务能力。同时具备开放接口，可以为合作伙伴提供安全能力第三方调用；

(3) 弹性按需安全服务：网络内生安全能够结合客户的诉求，灵活调度安全资源，提供不同级别安全防护等级以及安全服务组合。

## 七、 创新方向

为推进 CUBE-Net 3.0 体系架构的实现，中国联通将启动如下一系列的网络技术创新工作，聚合产业链和创新链，通过技术研发、试验验证和商用实践加速新一代数字基础设施的构建。

### 〔一〕 泛在弹性的移动宽带

随着 5G 网络建设和应用的稳步推进，5G 业务呈现差异化、融合化、多样化特点。上行大带宽将成为 5G 网络发展的新瓶颈，移动宽

带需要向更高频谱、更大带宽方向演进；万物互联带来大量中低速率业务与大带宽业务长期共存，需要更加智能、灵活、弹性的带宽资源管理。未来 5-10 年移动宽带将向着泛在化、弹性化、智能化、绿色化方向演进。

弹性空口 FLEX AIR 是 CUBE-Net 3.0 体系下的无线接入网技术体系，包括：

### （1）灵活带宽技术

频谱资源是无线通信系统的根基，全频谱 5G 重构将成为 5G 网络持续演进发展的基础。一是大带宽能力，在毫米波及太赫兹频段推进单载波 400MHz 以上带宽，工作带宽 1GHz 以上演进，持续提升宽带能力；二是频谱资源池组化，高中低频资源高效协同、按需接入，实现跨频段资源的池组化管理；三是带宽资源分配智能化，能够根据用户业务需求智能化匹配带宽资源，利用更加智能、灵活、精细化 BWP 技术满足不同带宽业务的需求，提升资源效率。

### （2）灵活时隙技术

大量 ToB 业务上下行需求与 ToC 大网完全不同，亟需在干扰规避的基础上，采用灵活时隙配置方案解决上行大带宽需求，实现资源利用和用户体验最优。一是基于 AI 实现对业务需求趋势的精确预测，判定时隙配置要求；二是根据业务需求实现时隙配置的实时调整，达到符号级的灵活配置；三是利用人工智能进行干扰特征识别和干扰规避，实现业务与性能匹配。

### （3）智享上行技术



基于“智慧时隙”+“载波聚合”+“专享终端”，通过与 AI 技术融合可实现在时间、频率、功率、天线并发方面的上行增强，打造上行超千兆的网络能力，满足未来上行带宽增强需求。

#### （4）体验确定技术

5G 网络将采用多种方案，满足行业应用对差异化和确定性的业务保障需求。一是通过业务感知、业务体验采集、业务体验的实时保障等方案，构建端到端 QoE 标准体系和基于 AI 的实时业务保障方案，实现业务体验确定性；二是通过 5G 低时延技术、5G+TSN 融合、端到端业务时延感知和核心网、传输网、无线网分段时延控制等技术方案，实现毫秒级精度的时间确定性能力；三是以 3GPP 定义的多样定位技术为基础，通过与北斗、超宽带（UWB）、蓝牙等定位技术相结合实现高精定位能力，打造空间确定性服务能力。

#### （5）无线接入网云化

无线接入网云化是 IT 与 CT 深度融合的关键一环，需要逐步推进硬件白盒化、软件虚拟化、资源池组化、能力开放化、管理智能化、部署灵活化的无线云基站。一是推进底层通用硬件参考架构，支持射频按需灵活部署；二是推进基站功能虚拟化、容器化，实现无线资源池组化，提升系统效率；三是构建无线网络云化平台，引入无线网智能化网元，实现智能算力赋能。

#### （6）无线 AI

5G 与 AI 的融合将成为未来 5-10 年无线技术演进的关键方向，可基于业务需求、用户分组、调度预测、网络 MCS/RANK 质量的融合

调度算法，为用户精确匹配无线资源，同时通过网络感知、用户感知、业务感知等技术洞悉业务意图，智能选择、协调网络间资源，优化移动性管理、干扰管理、负载均衡等过程，实现智能业务导航。

### （7）智能可信技术

在 5G 共建共享的大背景下，共享双方资源管理与使用的智能可信需求成为未来精细化网络运营的关键。未来可通过联邦学习+区块链技术实现共建共享的智能可信方案，满足资源使用数据可信、资源分配可信可视、计费结算数据可信等精细化运营需求。

## （二）超宽优质的光纤接入

固定接入网正在从 1G PON 和 WiFi 5 演进到 10G PON 和 WiFi 6，实现千兆入户的接入能力，未来 5-10 年的光纤接入网络将向如下几个方向发展。

### （1）全光接入向末端延伸

OLT 需要支持多种形态和灵活组网，以满足未来各类业务需求。光纤持续向末端延伸，FTTR 超千兆接入到房间，实现房间内稳定高带宽低时延接入，FTTM 支持光纤延伸至机器，FTTD 支持光纤延伸至桌面。

### （2）切片差异化承载和能力开放

OLT 支持端到端切片，满足家宽、政企、行业应用等业务差异化承载需求。OLT 上行支持 VxLAN、VLAN、ODU/OSU、SRv6 等转发选路方式，采用 HQoS、芯片硬隔离、PON 端口硬隔离、WiFi 空口切片等技术，与承载网切片结合实现端到端切片。根据业务、应用进行不同

切片导流，支持与云侧业务能力协同联动。

### （3）超宽接入

50G PON：采用单波长 TDM-PON 架构，速率为 XGS-PON 的 5 倍。同时支持不同 ONU 速率组合：50G/12.5G（家庭客户）、50G/25G（家庭客户和政企客户）、50G/50G（高端政企客户）。具备同 PON 口下，50G PON ONU 与 10G GPON ONU 或 10G EPON ONU 共存能力。

WiFi 7：聚焦 320MHz 带宽、Multi-RU、4K QAM、Multi-link、Multi-AP 协同等技术，提供 30Gbps 以上速率并改善极端场景时延和抖动指标。

### （4）内嵌算力的开放

端和边部署计算资源，实现应用感知和管道实时优化，利用云边缘协同的 AI 能力，支持体验管理、潜客挖掘、智能运维等应用场景。

OLT 和 ONT 的内嵌计算能力开放，与云侧生态协同，实现视频优化、视频监控回传、工业 IoT 等应用场景的最优化入云。

## （三）智能开放的全光底座

云时代新业务需要“三低四高”的品质连接，即低时延、低抖动、低丢包、高带宽、高可靠、高安全和高可用。光网络的刚性管道特性，天然具备提供高品质连接能力，成为新基建和泛在网络的坚实底座，但当前光网络存在架构复杂、适应性差、智能化程度低等问题，迫切需要从带宽驱动的管道网络向体验驱动的云化业务网络演进，提供自动化、智能化的高品质能力和超宽运力底座。我国已逐步形成基本自主可控的光网络产业，为光网络持续创新和低成本可持续发展提供了

条件，为网络强国奠定了坚实基础。

中国联通提出全光底座的架构和建网理念，打造面向品质业务和云化转型的全光网络，总体架构如图 4 所示。

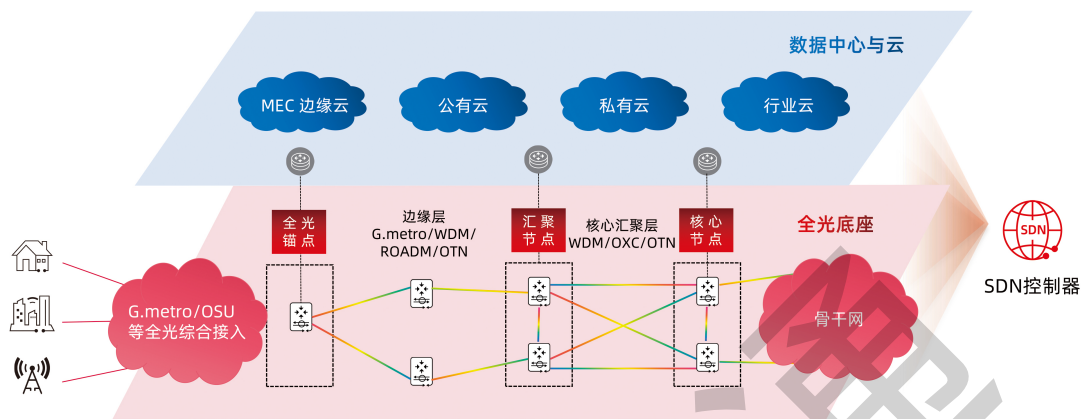


图 4 全光底座总体架构图

CUBE-Net 3.0 全光底座具备四大关键特征，分别为：（1）稳定架构、全光交换、大带宽、可扩展；（2）全光锚点、全业务接入、业务一跳入云；（3）智能管控，实现自动化运维；（4）端到端切片，提供一网多业务差异化 SLA 服务。关键技术包括：

#### （1）高速传输

200G/400G/800G 等高速传输技术逐步成熟并将引入到网络中，每比特光传输成本和功耗进一步降低。

#### （2）光纤频谱扩展

光纤频谱目前仍是以 C 波段为主，应充分利用光纤资源，扩展频谱到 C 扩展波段，以及 C+L 波段乃至全波段，可低成本大幅度提升系统容量。

#### （3）全光交叉（OXC）

采用波长选择开关、光背板等技术的全光交叉设备，可以实现站

内零连纤、即插即用、灵活调度、平滑扩容、超大容量波长调度，从而大幅节约机房空间和功耗。

#### （4）OSU 灵活光业务单元

面向业务的灵活容器单元（OSU），可以实现低速业务高效承载，提供了全光底座切片解决方案，是 OTN 技术的潜在演进方向。

#### （5）全光综合接入

采用波长可调谐 DWDM 光模块的 G.metro，具备波长自适应和系统容量大的特性，实现全光综合接入（ $\lambda$ aaS），极大简化网络建设和运维。

#### （6）多场景适配与开放组网

基于标准化南北向接口以及统一管控，实现光网络开放建网，打造多供应商、多样化设备形态的开放全光底座。

#### （7）FlexO 接口技术

基于 FlexO 接口技术，实现超 100G OTN 网络的域间和域内互联。

#### （8）端到端高精度时钟

采用 WDM 系统 OSC 单纤双向免补偿高精度时钟同步传递方案，提升网络可维护性。

#### （9）集中+分布控制面协议架构

集中化 SDN 实现全局资源最优的业务路径计算，分布式控制协议优势在于敏捷高效执行，毫秒级感知故障并快速反应，基于集中+分布式架构的全光业务网控制协议提供海量联接、超高可靠性、智慧运维的能力。

#### （10）分层智能管控和端到端编排

基于标准化 ACTN 接口，采用分层架构实现跨域跨厂家端到端自动编排协同，提供开放、快捷、分层的光网络业务发放和运维能力，包括业务快速发放，时延管理和业务可用率管理。

#### （11）全光底座智能化

引入智能技术，实现光网络基于 AI 的业务路径计算、故障定位、性能分析和预测、性能优化，打造以业务体验为中心，全生命周期端到端的自动化闭环。

### （四）算网融合的承载网络

当前，运营商的云网融合实践以 SDN/NFV 为主要技术特征，汇聚层预先进行多云连接，网络控制系统与云侧的管理系统互联，实现了云网业务的快速开通和协同服务，这个阶段可称为云网融合 1.0。未来 IP 网络将向算网一体演进，在云网融合基础上，重点关注网络与算力融合，将算力相关能力组件注入到网络框架中。

在算网一体架构下，网络感知算力，实现云、网、边、端、业协同，以更加灵活、弹性、可靠的能力为最终商业服务。算网一体架构如图 5 所示，包含以下关键技术。

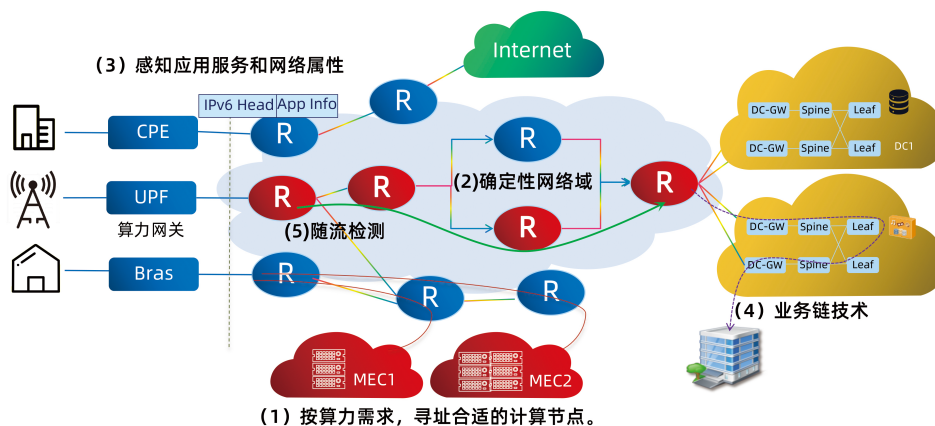


图5 算网一体的 IP 网络架构图

### (1) 算力资源信息感知技术

算力网络将计算资源整合，以服务的形式为用户提供算力。与基于链路度量值进行路径计算的网络路由协议类似，在算力网络中，基于算力度量值来完成路径的计算，而算力度量值来源于全网计算资源信息及网络链路的带宽、时延、抖动等指标。

算力网络的实现不可能一蹴而就，面向算力承载的网络应遵循“目标一致、分期建设”的原则，通过 DC 网关设备联网来搭建 MEC 节点之间的算力“薄层”，可以首先在 overlay 层面引入 SRv6 与 CFN 等协议，进而逐步扩大到承载网全网 underlay 层面的算力感知和算网联合优化。

### (2) 增强确定性网络技术

DIP (Deterministic Internet Protocol) 是在 IP 网络上，通过增强的周期排队和转发技术实现的一种新型网络转发技术。确定性 IP 网络能够保证网络报文传输时延上限、时延抖动上限、丢包率上限。它既适用于中小规模网络，也适用于解决大规模、长距离 IP 网络端到端确定性传送问题。DIP 技术通过在原生报文转发机制中，加

入周期排队和转发技术，通过资源预留、周期映射、路径绑定、聚合调度等手段实现大网的确定性转发能力。通过确定性技术和算力结合，可以提供精确保障的业务体验，满足算力抖动敏感型业务的需求。

### （3）应用感知网络技术

基于应用感知网络（APN, App-aware networking）技术，利用 IPv6 扩展头将应用信息及其需求传递给网络，网络根据这些信息，通过业务的部署和资源调整来保证应用的 SLA 要求。特别是当站点部署在网络边缘（即边缘计算）时，APN 技术有效衔接网络与应用以适应边缘服务的需求，将流量引向可以满足其要求的网络路径，从而充分释放边缘计算的优势。

### （4）业务链技术

业务链使得不同算力服务链接成为现实，可以快速提供新型业务。业务链是一种业务功能的有序集合，可以使业务流按照指定的顺序依次经过指定的增值业务设备，以便业务流量获取一种或者多种增值服务。

业务链在算力网络中的本质是意图驱动算力服务，即依据客户的意图，实现不同算力服务的连接，结合 SRv6 SID 即服务，可以构建算力交易平台。各种生态算力将自己的服务以 SRv6 SID 的形式注册到网络中，购买者通过购买服务来使用算力，而网络则通过业务链将算力服务链接，从而无感知地将服务提供给购买者。

### （5）随流检测技术

算力路径可视、性能可度量成为算网一体阶段的关键能力。随流



检测技术可以实现随流逐包检测，精准检测每条业务的时延、丢包、抖动等性能信息，通过 Telemetry 秒级数据采样，实时呈现真实业务流的 SLA。采用逐跳部署模式，实现毫秒级故障恢复，保障算力的无损传递。

## （五）性能确定的定制服务

未来 5-10 年，一方面，云游戏、AR/VR 等大视频、交互类公网业务发展对网络将提出更高的带宽和时延性能要求。这些业务突发性强，且分散分布，尽力而为的网络难以提供高性能的一致性体验；另一方面，垂直行业应用场景丰富，远程医疗、工业控制等对网络时延、可靠性、授时精度、数据安全隔离等都提出了更精准的要求。为垂直行业客户提供差异化、更加确定和稳定的业务质量保障成为 5G 拓展行业应用最迫切的需求。

基于 CUBE-Net 3.0 体系架构，中国联通提出全面实现面向确定性服务的定制网络理念，以可标准化、可复制、可定制为目标，构建提供确定性服务的端到端网络技术体系，推动融合技术创新，打造差异化网络产品，实现网络即服务的目标。为此，将从以下 3 个方面逐步构建提供确定性服务的定制网络能力。

### （1）统一的确定性 SLA 参数体系

对不同垂直行业应用的关键需求进行分级分类，实现从应用场景需求到网络指标的归一化和标准化，形成全行业统一的确定性 SLA 参数体系，包含时延和抖动、带宽、可靠性、定位及时钟精度等各个维度的确定性指标。同时还从行业解决方案设计角度，提出满足不同行

业规范的专属定义。提供可视化、可操作的友好交互界面，以供客户实时监控监测 SLA 服务情况，精确感知业务指标状况。

### （2）业务需求到技术手段精准匹配

从网络顶层设计视角对端到端的确定性网络能力及指标进行精准分解，网络各子域进行最佳技术方案选择和网络设计，并保障网络的闭环管理和快速响应。这是一个系统性工程，涉及接入网、核心网、传输网，甚至是业务应用侧等各个环节之间的相互配合。从技术层面看，空口需要采用基于 AI 的实时资源预测、调度、跨层优化等技术手段实现更加细粒度的无线接入性能定制；数据转发需要考虑广域确定性、新型 IP 技术、高效的硬件转发技术等；核心网和业务应用层面需进一步考虑网络架构优化、精准的云网协同、高效的多云协同、切片增强等。具体实施过程中网络各子域需高效协同，例如空口易于受到外部环境干扰，对 SLA 保障可能存在较大抖动，需要从管控层面与核心网、传输网等形成预先设计的协调机制进行联合抖动补偿。从需求映射、技术实现、产品研发、标准制定到最终整体方案实现，必将是一个逐步探索、不断优化的螺旋式上升过程。

### （3）聚焦突破技术瓶颈

无线空口抖动、广域确定性以及与行业技术融合的能力成为亟需技术突破的关键点。

3GPP 提出了 URLLC 相关技术解决空口低时延高可靠问题，同时初步引入了多业务并存机制。一方面这些技术可行性和性能还有待验证，另一方面，需持续对空口能力进行增强，可以通过 AI 实时控制

等技术手段解决大量复杂业务并存带来的相互影响，弥补高突发业务对空口性能带来的冲击。

现阶段确定性相关技术局域性强，而面向车联网、远程控制等应用，跨区域、大范围的广域确定性服务仍存在巨大挑战。同时广域确定性引入，对网络设备要求高，且需网络大量升级改造，因此成本将成为实现广域确定性的关键制衡因素。

5G 系统目前以黑盒的方式与 TSN 系统集成以满足时延敏感业务需求，如何原生支持 TSN 功能，实现与行业网络的深度融合是下一步 5G 定制网络需要攻克的关键技术问题。

## （六） AI 赋能的云网大脑

长期以来通信网络跨层、跨域、跨厂家进行业务部署的实施时间长，客户体验受限。CUBE-Net 3.0 将结合先进的 IT/DT/AI 等技术，构建安全可靠的跨云网、跨专业、跨厂家的端到端快速开通、故障诊断一体化、资源可视、自动负载均衡、业务 SLA 可监控和可预测的协同能力。横向拉通端到端，纵向拉通业务受理到网络配置，实现灵活、智选、敏捷和安全的业务发放。为此，需要开展如下方面的研发工作，打造 CUBE-Net 3.0 的云网大脑。

### （1）云网端到端的编排与管控

**资源抽象：**以通用数据模型为基础，将不同场景、不同技术的云或网络抽象为标准化的基础资源模型，并提供统一的获取、转换、存储、管理能力，为跨业务、跨技术领域编排提供数据基础。

**编排引擎：**开发业务无关的自动化编排引擎，设计与实现解耦，

支持动态注入资源及业务模型；支持业务意图自动解析，通过场景化接口，接收 B/O 自动转换的管控策略及配置项，结合 AI 推理对网络实现智能控制，并能实时感知并响应网络的状态变化；支持高可靠的分布式事务机制，具备失败断点重试、自动/手动按时间快照回滚能力。通过编排器实现资源的分级可视，完成业务的分析及关联，推动 OSS 轻量化。

**场景化接口：**通过标准的接口协议和公共模型，构建集群共享、灵活易扩展、层次化的统一 API 接口；实现业务编排器与 BSS/OSS 及各设备管控系统之间快速对接。

**多厂商适配器：**构建开放、不受组网及技术影响，具备 Plug-in 能力的可编程框架，通过动态建模，支撑编排器快速对接厂商控制器提供的标准场景化 API 接口，灵活接入各厂商控制器。

## （2）网络数字孪生

运用感知、计算、建模等信息技术，CUBE-Net 3.0 致力于构建状态“可追溯”、目标“可预测”、变化“易调整”的网络数字孪生管理能力，为网络的诊断、预测、决策、共享等问题提供虚拟化的支撑能力。

**构建分层动态建模架构：**基于 CT 网络及业务分层的特征，采用业界标准的建模技术（如：YANG）抽象与定义各个业务、网络的属性以及上下文关联关系，如节点、链路、拓扑等，并在整个产品全生命周期保证数据的一致性。

**实时逻辑与物理对象交互的机制：**通过实时感知、动态建模技术

实现逻辑与物理网络的精准映射；以软件为载体，融合人工智能等技术，实现物理网络和逻辑管理的虚实互动、辅助决策和持续优化，可动态监测、仿真、模拟物理网络的真实状态、行为和规则，支撑动态设计及编程、故障仿真、割接仿真等多种场景。

**数据隐私及安全：**数字孪生在相对封闭的物理资源之外构建了全新的数字空间，未来必然走向开放共享，将引起更多的安全与隐私问题。区块链去中心化、难以篡改、不可抵赖等特点非常适合用于保护数据隐私及安全，CUBE-Net 3.0 将研发基于区块链的可信计算服务系统，结合 AI 能力构建更高效、更可信的“孪生共智”体系。

### （3）云网智能

AI 是网络自运行、自决策的技术基础，CUBE-NET 3.0 网络架构通过“云端”与“地端”的高效协同，达到 AI 模型一点生效、全网复制的使用效果，解决网络 AI 应用规模复制难的业界难题。

“云端”具备强大算力，可以适用所有网络 AI 应用场景。因为网络位置较高，因此 AI 推理能力重点聚焦于实时性要求不太高（秒级及以上），以及跨专业、跨厂商等需要全局协同的场景，如：基于性能指标的业务质量长周期预测，IP+光协同、无线+承载协同等。云端更有利于汇集和沉淀专家经验和产品知识，可以构建强大的 AI 训练平台，运用知识图谱等技术，形成“网络知识库”，通过训练模型持续注入“地端”，不断提升网络的智能运维能力。

“地端”包括网络设备层和管控层，具有地域广、分布式等特性，同时需要较强的实时性，但算力有限，聚焦实时性要求高的 AI 推理

能力。当“地端”因样本数量少无法满足模型精度要求时，可通过“云端”重训练，将“云端”训练结果发布到“地端”推理框架。通过周期性模型更新以及模型择优评估机制，解决“地端”模型老化的问题。

## （七）数据驱动的智能运营

CUBE-Net 3.0 网络智能运营体系倡导数据即产品、数据即服务的理念，基于云网大脑、数据孪生网络，以大数据及 AI 技术为引擎，构建“网络全景掌控、服务对象跟踪、智能需求匹配、客户体验提升”智能服务能力，建立云网、数据、应用的智能联动服务体系，实现敏捷的业务调度管理与优化、动态智能的供需服务匹配。

在网络智能运营生态方面，通过数字化运营平台把客户侧和供给侧连接起来，在平台内实现与合作企业、供应商平台的互联互通。实现自有产品、合作产品的场景化二次融合，实现面向全量客户的供给。运营模式从传统运营模式向生态运营模式转变，聚合客户、产品研发团队和合作伙伴，以服务客户为目的，逐步构建“产品-平台-服务”的合作开放生态。

数据驱动的网络智能运营主要包括数据融合及能力开放、数据智能及驱动层打造、数据创新应用及生态构建三大部分。

### （1）数据融合及能力开放

在 CUBE-Net 2.0 基础上，CUBE-Net 3.0 更强调数据的全域融合、分层闭环和安全管控。

**全域融合：**通过数据标准化、ID 化，实现数据来源可识别、可管理，支撑数据分析链的建立，具备数据血缘跟踪能力。建立基于场

景的数据整合关系+公共数据模型，实现数据接口场景化、标准化、自动化，形成数据到信息的转化。

**分层闭环：**通过对外提供意图化的接口，简化上层对网络专业知识的能力要求，同时通过统一的 API 以及数据，简化上层对网络数据的获取，从而构建对应的分层数据治理架构，支持不同处理时效、不同处理规模 and 不同处理精度的数据采集、传输和分析。

**数据管控：**通过构建数据全生命周期的安全管控框架，重点关注风险最严重的数据流转环节。梳理数据资产，结合数据风险，制定安全管理策略，快速支持 ToB、ToH 等业务场景下客户定制化的数据安全需求。

## (2) 数据智能及驱动层打造

构建通用算法模型、数据仿真和网络运营知识库，打造数据驱动中间层，支撑上层应用研发。

**通用算法模型：**构建网络 AI 模型知识库，推进可服务化能力的知识沉淀。构建云网协同的 AI 模型分层架构，结合联邦学习、迁移学习和 AutoML 等技术，实现 AI 模型的跨层、跨域和跨局点协同和长周期模型劣化的自调整。

**数据仿真功能：**基于业务模型和历史运行数据，实现基于业务场景的数据仿真功能。结合小样本学习和数据自标注技术，解决网络异常数据少和数据标注成本高等问题。

**网络运营知识库：**构建网络运营知识库，形成网络实时、动态运行视图，面向 5G、物联网等，构建云网、业务及用户的协同匹配知

识集，形成通用及可扩展的业务建模方法及数据挖掘算法组件，形成智能化决策体系及能力。

### （3）数据创新应用及生态运营

对数量巨大、来源分散、格式多样的数据进行采集、存储和关联分析，并从中发现新知识、创造新价值、提升新能力。

**数据创新应用：**以智能化服务为导向，基于融合数据和开放能力、网络 AI 算法及网络运营知识库，打造网络动态监测和预测、网络智配、网络智维、网络智优等一系列数据智能应用，实现服务对象的实时追踪和感知掌控，针对多元化客户需求，动态、智能化调整资源，提升客户体验，从而促进业务流程变革，实现网络运营的自动化、智能化。

**生态运营：**随着服务对象逐步由 ToC 向 ToB 转变，业务需求的个性化程度更高。运营商需充分挖掘市场机遇，与各产业链上下游形成共生性合作伙伴关系，通过紧密合作向客户提供融合性业务产品，开展生态运营，实现产业共赢。

## （八）内生免疫的网络安全

通信网络设计之初主要考虑的是连通性和传输效率，在身份认证、接入控制、网络通信和数据传输等层面存在着诸多天生缺陷。尤其随着网络云化、IT 化持续演进以及网络规模和业务场景的进一步扩展，网络和业务对安全可靠性的要求大幅提升，安全暴露面不断扩展，开源的通用软硬件安全漏洞频出，安全边界更加模糊，攻击手段不断升级，传统的“打补丁式”的被动防御模式已经不能很好地适应新型



网络和业务的安全需求，需要网络具备一定原生安全基因，为上层业务提供更加灵活贴合的安全能力。

CUBE-Net 3.0 内生安全作为基于架构内源性技术，将新型信息基础设施的安全要求和功能要求统一设计实现，以网络为中心，以可信为锚点，以智能化和软件定义为手段，打造随路、内嵌、自感、自愈的网络内生安全能力体系，实现安全态势智能感知、安全事件协同响应、安全能力开放输出的增强型网络，为各行各业发展奠定安全稳固的数字化能力底座。

网络内生安全的主要特征是网络能力与安全能力的协同共生，为此将开展如下研究工作。

#### （1）随路内嵌的可信身份标识技术

通过对通信协议和网络设备改造优化，在报文头部嵌入可信标识和密码凭证，网络设备可以基于对标识的验证来确认请求的真实性和合法性，防止伪造与假冒，构建细粒度的接入验证和溯源能力。

#### （2）基于可信启动和异常行为检测的网元内生安全技术

在网元中引入芯片级可信计算技术，从而在网元底层基础上构建一个可信的、安全的软硬件运行环境，实现从硬件平台，到操作系统，再到应用的逐级验证，从而确保整系统的机密性与完整性。

#### （3）基于人工智能的安全策略动态规划

由于用户业务规模与复杂性的增长，安全策略的数量与复杂性呈现指数级增长，传统的基于人工方式的安全策略规划难以适应，网络要打造流量与业务特征自学习与建模能力、基于特征模型的风险预测

和安全策略编排能力、安全策略冲突检测及自动调优能力。

#### （4）基于软件定义的集约化安全能力编排

未来网络要构建“云网安”一体化服务化架构，将各类安全功能池组化和微服务化，实现集约化编排，同时实现能力开放，使得用户可以灵活定义安全策略，按需调用安全资源，实现安全能力的敏捷部署和上线。同时配合智能化策略规划能力，实现安全随云、随网而动。

#### （5）基于区块链技术的网络基础数字资源安全管理

以区块链技术来构建网络基础数字资源（如 IP 地址、域名、AS 号等）的可信体系，通过分布记账和共识机制，保证资源所有权和映射关系的真实性，防止 IP 篡改、路由劫持、域名假冒等安全问题。

## 八、 实施理念

CUBE-Net 3.0 作为中国联通未来 5-10 年网络转型的顶层架构，将遵循如下六大实施理念，尤其要积极构建开放合作的产业生态，以开放心态和开放能力聚合产业链上下游共同赋能经济社会数字化和智能化转型。

### （一） 技术实施理念

#### 1. 开放开源

着眼于体系架构开放、产业生态开放和开源白盒技术，在 CUBE-Net 2.0 开源与白盒设备成果基础上，聚合产业链上下游各方深度落实开放开源理念，共同建设多元平衡、安全高效、加速创新、充满活力的开放网络体系。

## 2. 绿色节能

践行绿色发展理念，积极引入绿色节能技术，推动节能降耗，不断降低网络建设与运营成本，提高资源利用效率，实现产业发展与生态环境的双赢，服务碳达峰、碳中和战略目标。

## 3. 共建共享

在电信行业基础设施（铁塔、基站、室分等）共建共享的成功经验基础上，推动全社会在计算与网络设施以及行业应用方面的共建共享。通过共建共享加快新一代数字基础设施的构建，避免重复建设，节约社会总体成本，实现多方共赢。

## 4. 自主可控

坚持核心技术自主可控。中国联通一方面将加强自主研发能力，把握网络发展的主动权，另一方面积极与产业链合作伙伴以及高校、科研机构协同，联合开展核心技术攻关，形成一批拥有自主知识产权的核心技术和产品，增强国家信息通信产业的技术竞争力。

## 5. 安全可信

增强网络的安全性、可靠性、健壮性，保护用户隐私和数据安全，构建自感知、自免疫、按需分配的网络内生安全能力。在产品研发和网络建设的全生命周期内，深度融入安全可信的设计理念，通过流程、管理、技术和规范等多个方面协同，构筑端到端的网络安全体系。

## 6. 模式创新

网络转型离不开管理和运营模式创新，研发模式、采购模式和运维模式等必须同步变革。

(1) 研发模式创新：以用户需求为导向、应用落地为目标，以扩展性和快速迭代为要求，研发与试验同步推进，加快技术成果推广应用；采用平台化研发模式，与合作伙伴共同在统一技术平台上展开研发合作。

(2) 采购模式创新：开辟面向创新和自主研发技术/产品的采购通道，加快创新技术和产品的落地应用。

(3) 运维模式创新：引入自动化、智能化手段，推动以网络为中心的运维模式向以用户为中心的运维模式转型，更有效的使能垂直行业应用。

### (二) 产业生态合作

CUBE-Net 3.0 希望聚合产业技术合作伙伴，共同打造新一代数字基础设施；希望与垂直行业紧密合作，赋能产业数字化转型；希望与应用开发商和集成商合作，共同为用户提供高品质的融合服务产品。

#### 1. 面向业务的能力开放生态

CUBE-Net 3.0 将构建按需开放、可被集成的能力开放生态，打造统一的网络能力开放平台，实施网络服务平台化战略，提供标准化的网络能力 API 接口，以 APP 方式将更多的网络服务要素开放，实现网络即服务（NaaS）。并强化与智能终端、内容提供商的合作，依托面向

个人的 5G 极致体验网络、面向家庭的 F5G 极致体验网络以及新一代确定性智能云网与合作伙伴携手推进业务应用创新。

## 2. 赋能行业的智能服务生态

CUBE-Net 3.0 将与垂直行业、行业应用开发商以及行业终端提供商紧密合作，实现应用、计算、网络和终端的集成，基于“联接+计算+智能”为垂直行业提供智能融合服务，赋能行业数字化转型。

## 3. 自主可控的开源技术生态

中国联通 CUBE-Net 3.0 坚持开放创新，发挥应用集成和资源整合优势，不断扩大开源生态合作伙伴圈，与产业界合力构筑开源产业技术联盟。围绕基础软硬件和核心技术自主可控，加强与国内产业界龙头企业的技术合作，加强与国家实验室、重点高校和科研院所的研发合作，致力科技自立自强，逐步打造包含芯片、设备、网络、操作系统和安全的全栈自主可控开源技术生态。

# 九、 展望

数字经济蓬勃兴起，数字产业化和产业数字化成为经济增长新引擎，不断催生出新产业新业态新模式，引领经济社会高质量发展。以 5G、全光网络、IPv6+、云原生、边缘计算、AI、区块链等为代表的新兴 ICT 技术及应用正在驱动传统产业全方位、全角度、全链条的转型升级，不断提高全要素生产率，充分释放数字技术对实体经济发展的放大、叠加、倍增作用。

“时来易失，趁机在速”，面对行业从信息化迈向智能化、开启

万亿新市场的“天时”，运营商具备 5G 规模商用网络的“地利”和注重网络和数据安全的政企客户对运营商基础服务更为信任的“人和”，运营商需要找准价值定位，更加奋发有为，积极打造满足行业数字化转型需求的新一代数字基础设施，提供极简极智的融合新服务，构建价值共创的开放新生态，实现运营商、合作伙伴和客户的共赢。

面向“十四五”，中国联通准确识变、科学应变、主动求变，将 CUBE-Net 2.0 升级为 CUBE-Net 3.0，立足 5G、放眼 6G，即将开启新一轮网络转型。CUBE-Net 3.0 将坚持技术和商业双轮驱动，深化 CT 与 IT、OT、DT 技术的融合，打造泛在、柔性、协同、智能、安全和可定制的新一代数字基础设施。CUBE-Net 3.0 将坚持聚焦突破，通过算网一体实现深层次的云网融合，通过云光一体实现高质量的云网融合，通过端到端确定性服务、内生安全 and 能力开放赋能产业数字化，并依托自主研发的云网大脑实现智能管控与运营。CUBE-Net 3.0 将坚持创新引领，加大核心技术自主研发力度，并依托开源开放生态加速技术与业务创新。

中国联通希望携手产业合作伙伴共创共建 CUBE-Net 3.0 新一代数字基础设施，实现通信网络高质量发展，创造高品质信息新生活，推动数字技术与实体经济深度融合，为网络强国、数字中国和智慧社会建设做出新贡献。

## 附录 A：缩略语

5GC	5G Core	5G 核心网
ACTN	Abstraction and Control of Traffic Engineered Networks	流量工程网络的抽象和控制
AI	Artificial Intelligence	人工智能
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
AR	Augmented Reality	增强现实
CAPEX	Capital Expenditure	资本性支出
CFN	Computing First Network	算力优先网络
CT	Communication Technology	通信技术
DC	Data Center	数据中心
DT	Data Technology	数据处理技术
EMS	Element Management System	网元管理系统
FTTR	Fibre to the Room	光纤到房间
FTTM	Fibre to the Machine	光纤到机器
FTTD	Fibre to the Desktop	光纤到桌面
HQoS	Hierarchical Quality of Service	分层服务质量
GDP	Gross Domestic Product	国内生产总值
GPON	Gigabit-Capable Passive Optical Networks	吉比特无源光网络
IoT	Internet of Things	物联网
IP	Internet Protocol	互联网协议
IT	Information Technology	信息技术

LTE	Long Term Evolution	3GPP 长期演进
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
NaaS	Network as a Service	网络即服务
NFV	Network Function Virtualization	网络功能虚拟化
NMS	Network Management System	网络管理系统
ODU	Optical channel Data Unit	光通道数据单元
OLT	Optical Line Terminal	光线路终端
ONT	Optical Network Terminal	光网络终端
OPEX	Operating Expense	运营成本
OSC	Optical Supervisory Channel	光监控通道
OSS	Operation Support Systems	运营支撑系统
OSU	Optical Service Unit	光通道业务单元
OT	Operational Technology	操作技术
OTN	Optical Transport Network	光传送网
OXC	Optical Cross-Connect	光交叉连接
PaaS	Platform as a Service	平台即服务
PON	Passive Optical Network	无源光网络
QoE	Quality of Experience	体验质量
ROADM	Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer	可重构光分插复用器
SDN	Software Defined Networking	软件定义网络
SLA	Service-Level Agreement	服务等级协议
SRv6	Segment Routing over IPv6	基于 IPv6 的段路由



TTM	Time To Market	业务上线时间
TSN	Time Sensitive Network	时延敏感型网络
URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communication	超高可靠超低时延通信
VxLAN	Virtual Extensible LAN	虚拟扩展局域网
VLAN	Virtual Local Area Network	虚拟局域网
VR	Virtual Reality	虚拟现实
WAN	Wide Area Network	广域网
WDM	Wavelength Division Multiplexing	波分复用
WLAN	Wireless Local Area Network	无线局域网