

# 6G 网络智慧运营架构及演进研究

## Research on Intelligent Operation Architecture and Evolution of 6G Network

张 玎,赵永建,赵占纯,李姗姗,周可记,刘志飞,郝 婧(中国联通研究院,北京 100048)  
Zhang Ding,Zhao Yongjian,Zhao Zhanchun,Li Shanshan,Zhou Keji,Liu Zhifei,Hao Jing(China Unicom Research Institute, Beijing 100048,China)

### 摘要:

网络运营作为6G网络的一个重要基石,是实现6G愿景目标的重要保障。通过对国内外6G发展现状的研究,分析了6G典型业务和技术对网络运营的需求,提出了6G网络智慧运营的目标愿景及体系架构,并对演进趋势进行了探讨。

### 关键词:

6G;智慧运营;意图驱动;数字孪生;智慧内生  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.03.007  
文章编号:1007-3043(2024)03-0032-06  
中图分类号:TN915  
文献标识码:A  
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

As an important cornerstone of 6G network, network operation is an important guarantee for realizing 6G vision goals. Based on the research on the development status of 6G at home and abroad, it analyzes the requirements of 6G's typical business and technology to network operation, puts forward the goal vision and system architecture of 6G network intelligent operation, and discusses the evolution trend.

### Keywords:

6G; Intelligent operation; Intent driven; Digital twin; Intelligent endogenous

引用格式:张玎,赵永建,赵占纯,等. 6G网络智慧运营架构及演进研究[J]. 邮电设计技术,2024(3):32-37.

## 0 引言

随着商用进程的推进和网络演进的驱动,5G的发展来到了关键拐点,在性能、用户体验、商业模式等方面存在着不可忽视的问题。首先,5G服务的普及度未达预期,4G仍占很大比重。其次,5G缺少大规模深度应用场景,2B业务没有实现市场化、规模化的收入。另外,随着高清视频、视频直播、虚实交互等业务的迅速发展,对5G上行速率、时延、可靠性等提出更高要求。同时,5G基站覆盖范围小,部署成本更高,维护价格较贵,5G单站能耗也是4G基站的3倍左右。

根据“使用一代、建设一代、研究一代”的原则,当前5.5G/6G的发展趋势是必然的<sup>[1]</sup>。一方面,要能够满足总体社会可持续发展和绿色节能的要求,另一方面,市场期望要求以客户为中心,提供更多的差异化服务和更丰富的业务,也需要新的产品模式以满足持续的投资回报。网络运营在5.5G/6G演进过程中是至关重要的一部分,是实现未来网络愿景和目标的重要基石。如何通过网络智慧运营,降低管理复杂性,降本增效,实现端到端的可视化和智能化管理,满足用户敏捷服务的需求,是网络发展的重要目标。

## 1 6G研究进展

6G是实现万物智联的基础核心技术,既是国内外

收稿日期:2024-02-01

经济发展的战略高地,也是科技创新的核心引擎,对引领未来技术突破和产业变革具有决定性意义。目前国内外政府机构、运营商、标准组织等都积极推进对6G的研究工作<sup>[2]</sup>。

### 1.1 国家战略布局

2019年6月,工信部成立了6G推进组IMT2030,发布了第一版6G愿景和需求的白皮书;科技部也全面布局和推进对6G的研究工作;2021年3月,“十四五”规划纲要提出要前瞻布局6G网络技术储备;2022年1月,“十四五”数字经济发展规划明确提出,要加大对6G技术研发的支持力度。2023年3月,工信部再次明确,将前瞻布局下一代互联网等前沿领域技术,全面推进6G技术研发。6G已成为国家战略竞争高地。

### 1.2 行业标准组织进展

国际电联ITU-T自2019年就开始了6G相关议题的研究,2023年发布《IMT面向2030及未来发展的框架和总体目标建议书》,汇聚了全球6G愿景共识,描绘了6G目标与趋势,提出了6G的典型场景及能力指标体系。ITU-R自2020年开始了对6G愿景和技术趋势的研究。全球运营商联盟NGMN已经发布了6G愿景白皮书,目前正在研究6G的典型应用场景、性能需求及指标。

### 1.3 国内运营商布局

中国移动加速推进6G创新,主导研究6G愿景需求,攻克关键技术,建设6G产业协同创新基地,在6G研发领域的国际影响力初步显现,发布了《中国移动6G网络架构技术白皮书》,首次提出中国移动“三体四层五面”的6G架构设计。

中国电信在2021年开始部署6G技术,与紫金山实验室联合发布《基于云网融合的6G关键技术白皮书》。白皮书系统性阐述了基于云网融合的6G网络愿景、理念、架构、技术。2023年2月,中国电信推出6G近域通信网络架构、系统理念。

中国联通也开展了6G场景预研究,超前布局前瞻性技术,持续向国内外标准组织输入中国联通6G观点和研究成果。2021年发布的《中国联通6G白皮书》,介绍了6G发展趋势、愿景、演进、技术、网络特征等内容。2023年,中国联通完成了6G移动算力网络关键技术原型样机测试。

### 1.4 厂商及研究机构

华为已全面完成5G-A技术性能测试工作;中兴已完成多项6G潜在候选技术原型验证测试工作;亚信

联合运营商共同发布了6G OSS、BSS技术白皮书。东南大学与紫金山实验室联合发布了全球首个6G全频段全场景普适信道建模与仿真技术;清华大学成功完成了世界首次W频段涡旋电磁波轨道角动量(OAM)1 Tbit/s高速中继传输演示验证实验;北京邮电大学联合中国移动研究院联合创新中心发布了6G通用原型验证系统和面向6G的全频段信道测量平台。

### 1.5 国外研发进展

全球通信技术发达地区也相继出台6G研发规划和举措:美国政府部门与产业界共同发起RINGS计划,面向学术界开展6G基础研究;韩国科技信息通信部通过实施“K-NETWORK2030”战略,致力于将韩国打造成“新一代网络标杆国家”;日本提出要在2030年实现6G的商用,构建在集成电路和材料等方面的国际竞争力;欧盟启动Hexa-X项目,聚焦6G五大特定领域关键技术的研究。

综上所述,国内外对于6G的研究主要集中在愿景、网络架构、关键技术、原型测试等方面。而网络运营作为6G网络的一个重要基石,是实现6G愿景和目标的重要保障,但当前业界研究还较少,且未形成体系化的架构。因此,本文通过分析6G业务、技术、政策等对网络运营的驱动,结合当前5G网络运营的问题,提出了6G网络智慧运营目标愿景和体系架构,并对演进趋势进行探讨。

## 2 6G网络智慧运营需求及驱动

图1给出了6G网络智慧运营驱动及目标。

### 2.1 5G网络运营的不足

5G网络运营主要是基于特定场景和静态网络,虽然能实现部分智能化场景,但自动化、智能化、灵活性水平都还不足,难以应对6G网络的复杂性以及业务的多样性<sup>[3]</sup>。在5G网络规、建、维、优、营等环节中自动化占比较低,许多环节依靠人工操作;其次,网络运营架构不够灵活,无法根据用户和业务的需求动态调整资源分配,无法对业务进行确定性保障,差异化能力不足。另外,网络故障定位、优化效率还需提升,网络数据的挖掘利用不充分,对网络状态的实时监测能力不足,无法进行全网性的主动预测、故障精准定位、自动修复等。最后,在绿色节能、降本增效、安全可信等方面也有待提升。

### 2.2 6G业务及技术对网络运营的驱动

6G网络的目标是满足2030年之后的信息社会需

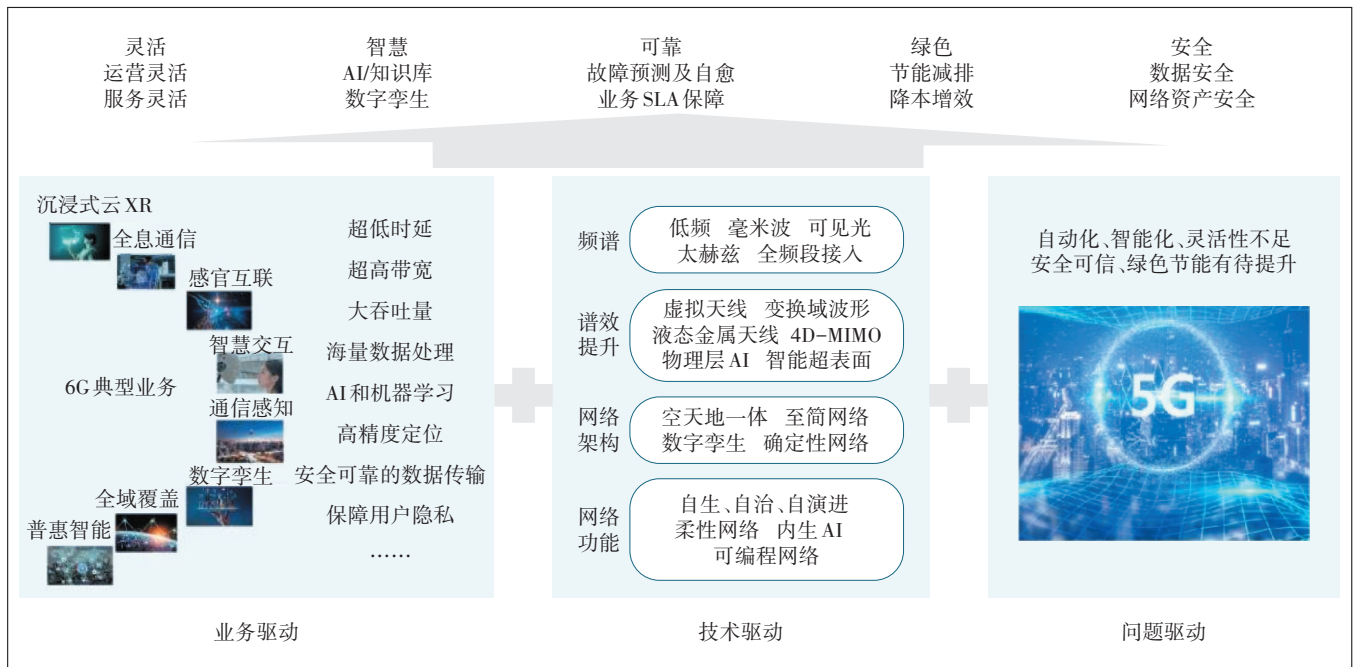


图1 6G网络智慧运营驱动及目标

求,打通虚实空间,实现万物智联的愿景<sup>[4-5]</sup>。典型的业务场景有沉浸式云XR、全息通信、智慧交互、智慧孪生、全域覆盖等。这些业务对网络提出了新的要求,包括超低时延、超高带宽、大吞吐量、海量数据处理、网络自智、AI和机器学习、高精度定位、安全可靠的数据传输、保障用户隐私等。因此,6G网络运营要能够满足更高的用户体验和业务感知需求,通过智能化的网络管理和灵活的服务编排,为客户提供差异化的服务。同时更有效地管理和运营网络,并能够满足绿色低碳、安全可信的社会目标需求。6G新技术的发展为智慧运营提供了更多可能。意图驱动、生成式AI、数字孪生、算力、安全等技术的发展,将帮助6G网络运营实现对新网络、新业务的网络运维管理,能够支持网络运营智能化演进,实现空天地一体化资源管理,通感算一体化调度编排。

### 2.3 6G网络智慧运营目标

结合5G网络运营的不足以及6G业务和技术的驱动,6G网络智慧运营的目标为:灵活、智慧、可靠、绿色、安全。

a) 灵活。能够提供差异化的服务,满足用户和业务的差异化需求。支持用户的自定义服务和业务的全自动开通,实现按需资源分配和灵活编排调度。

b) 智慧。基于AI形成网络运营知识图谱,实现智能决策,并将智能化应用于网络规、建、维、优、营各

环节,从而提高网络管理和运营效率。

c) 可靠。实时监控网络的运行状态,实现故障预测和恢复,保障用户体验的连续性。根据需求及业务状态调整网络配置,保障业务SLA。

d) 绿色。实现智能化能耗管理,降低网络运营成本,提升网络运营效率,减少对环境的影响,实现可持续发展。

e) 安全。基于可信任技术,为网络基础设施、软件等提供主动防御功能;根据用户和业务的安全需求,实现安全能力的动态编排和弹性部署,提升网络韧性。

## 3 6G网络智慧运营架构

以灵活、智慧、可靠、绿色、安全为目标,形成四层四闭环的6G网络智慧运营架构<sup>[6-7]</sup>(见图2)。

### 3.1 6G网络智慧运营四层架构

#### 3.1.1 商业层

商业层主要包括售前的商业意图交互、售中的产品敏捷交付、售后的客户服务保障。商业层直接面对前端市场和客户,将网业协同的营销、敏捷交付、客户开通、业务调速等需求,向下层进行传递,并获取来自智慧运营层和网络孪生层反馈的执行结果。

#### 3.1.2 网络孪生层

网络孪生层<sup>[8-9]</sup>通过聚合网络数据、网络资源及可



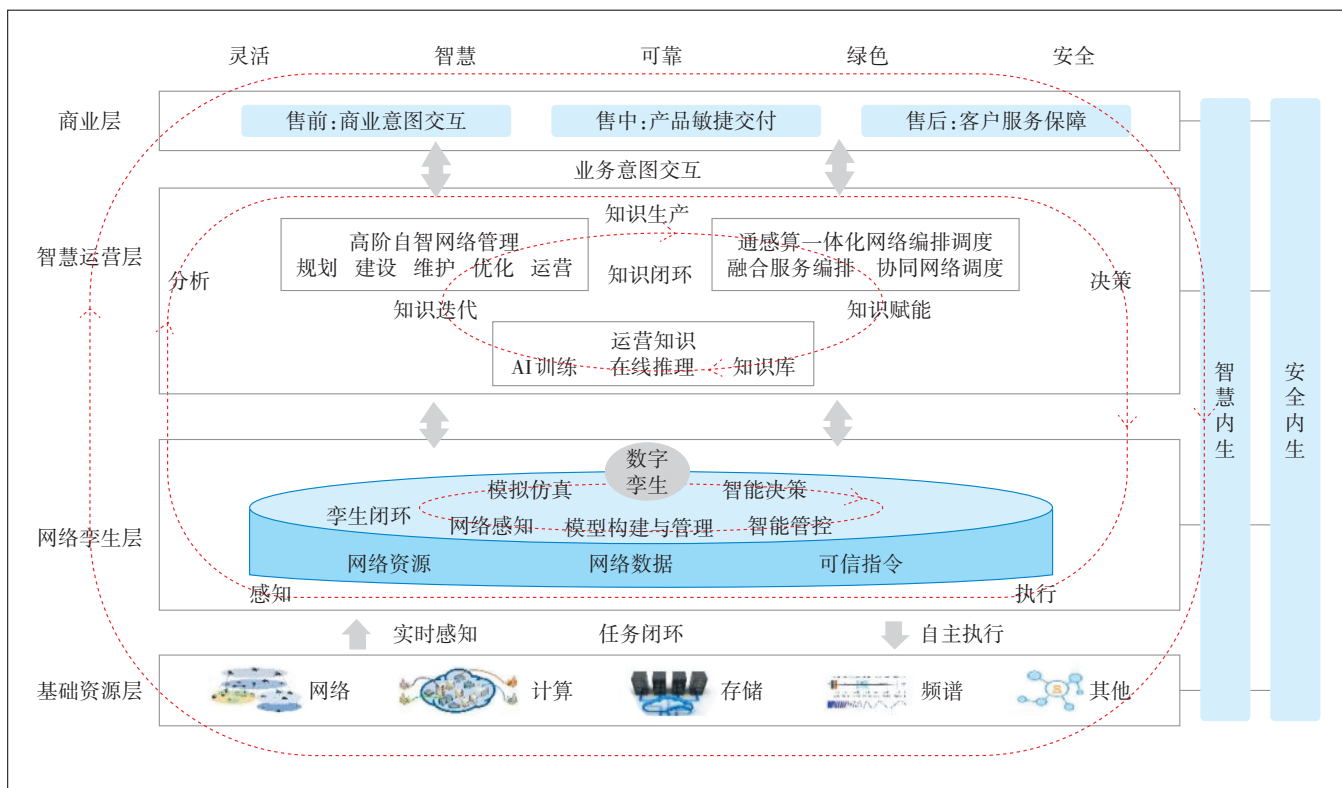


图2 6G网络智慧运营架构

信指令能力,实现基于孪生数据的实时感知,强化网络历史可溯、现实可视、未来可规的管理能力,为业务运营提供强大的基础支撑,助力6G网络运营实现可视化、全生命周期管理和闭环控制。网络运维和优化、网络智能化应用、意图驱动的网络智能自治等均可通过北向接口向网络孪生体输入需求,并通过网络孪生体的模型化实例在孪生层进行业务的部署,充分验证后,孪生层通过南向接口将控制更新下发至物理实体网络。高效的数据处理能力及治理能力也是构建网络孪生层的基础。对于各类网络数据采集,获取网络和业务数据,形成各专业基础数据,构建模型,支撑数字孪生层的构建。

### 3.1.3 智慧运营层

智慧运营层对商业层的业务意图进行翻译、解析、协商及评估,聚合孪生层的资源、数据,提供网络运营、敏捷交付、编排调度能力。以知识闭环为依托,实现网络规划、建设、维护、优化、运营的高阶自智管理,另一方面,通过融合服务编排和协同网络调度,实现通感算一体化的网络编排调度。

网络智能化运营<sup>[10-11]</sup>:对网络数据进行机器学习,将AI引入规、建、维、优、营全流程,使用人工智能

对业务和网络进行预测,基于经验知识实现对故障的预测、诊断和定位,对网络进行实时动态优化,并实现网络端到端的可视化。

通感算一体化调度编排<sup>[12-13]</sup>:6G网络需要对物理层通感算资源进行多维度的互联、协同、按需调度。解析商业层的性能、SLA等需求,结合客观的网络环境,通过知识库进行方案匹配,映射到具体的资源要求、服务质量、用户体验、部署方式等,然后生成服务编排及网络调度策略,再转化为数字化的配置方案下发执行,实现对通感算资源的全生命周期的管理。

### 3.1.4 基础资源层

未来的6G空天海地一体化网络<sup>[14]</sup>将以陆地蜂窝移动通信网络为基础,融合空基高空平台网络、天基卫星网络、海基网络,形成立体融合的网络资源。此外还包括传统网络建设所需要的计算、存储、频谱资源以及其他网络专业硬件设备等。资源层通过简洁开放的南向接口同网络孪生层的孪生体按需交互端到端的网络状态和网络控制信息。

## 3.2 6G网络智慧运营四闭环

### 3.2.1 知识闭环

知识化在未来6G网络配置、运行和维护中具有重

要的作用,可以实现网络管理智能化,提升服务质量,降低风险。网络运营经验的知识化是网络智慧运营的基础,从实践中提取数据信息,基于大模型/生成式AI进行知识构建,提升知识库的复杂性,赋能网络配置、运维管理、资源调度等环节,并根据执行经验回注到知识库中,形成知识生成、知识赋能、知识迭代的知识闭环。知识闭环可应用于如下典型6G运营场景中<sup>[15]</sup>。

a) 网络配置。6G网络管理面临更多复杂性和异构型,涉及多种资源、频段、设备等,通过知识闭环可以根据环境和需求进行最优配置调整,从而优化网络性能。

b) 运维管理。大规模连接的6G网络需要智能化的运维策略,通过知识闭环可以分析网络、设备、流量的状态,提前预测问题并主动修复,从而降低网络故障率。通过分析历史数据、行为模式等,可以快速定位故障,并生成解决方案,自主修复,缩短故障恢复时间。

c) 资源调度。6G网络资源既包括海陆空天一体化组网资源,也包括频谱、算力等。知识闭环可以助力资源的智能优化分配,提高网络效率和性能。

d) 绿色节能。通过知识闭环,可以更好地预测网络的能耗、环境影响等,并设计节能策略、优化设备布局,实现绿色节能的社会目标。

### 3.2.2 孪生闭环

在网络孪生层,形成模型构建、网络感知、模拟仿真、智能决策、智能管控的孪生闭环<sup>[8-9]</sup>。首先基于物理网络对6G网络资源进行数字建模,并将网络和业务全流程信息输入到模型中,实现对模型的构建及管理;实时获取网络状态信息,实现动态感知和可视化呈现;通过孪生网络模拟仿真能力验证,并确认模型的正确性和有效性;利用人工智能和知识图谱等技术对仿真流程和孪生网络模型进行分析,判断识别问题,并寻找最优方案及决策;最后执行决策方案,实现网络参数自动配置,支持业务自动开通、差异化自动配置、系统排障、自助装维等。

a) 网络规划及建设。根据网络规划需求构建相应孪生模型,实现网络规划需求预测、方案设计及验证、方案优化与评估等功能,可以动态呈现网络预期运行效果,提升网络规划的准确性。在网络建设中,基于孪生闭环可以获得物理网络最新的运行数据以及物理网络历史的运行情况,在孪生网络中优先模拟

业务开通和运行,进行风险规避。

b) 网络优化。基于数字孪生的网络可以实时检测物理网络的运行数据以及整体资源情况,从而灵活动态地调配网络资源。按业务需求和优先级进行精准配置,确保资源的有效利用。同时,在网络运行性能接近告警阈值之前,能够寻找性能优化策略,并将其验证后应用于物理网络,实现网络日常的运维优化管理,形成完整闭环。

c) 网络维护。通过对网络行为模式和运行状态的实时监控,提前预测运行趋势,实现高精度异常检测,精准预测,提前预警。同时能够根据问题寻找最优策略,并将其验证后应用于物理网络,提升运维效率,保证物理网络的连续性和可靠性,保障业务正常运行,不影响用户体验。

### 3.2.3 意图闭环

6G智能内生网络将是意图驱动<sup>[16]</sup>的网络。借助AI技术实现意图的识别、转译和验证,并在网络状态感知和精准预测的基础上,基于意图完成网络自动化部署配置、网络自主优化和故障自愈等,实现网络全生命周期的自动化和智能化管理。能够极大地提升网络的运维效率,降低运维成本,提高对业务变化的响应速度。获取到用户需求、业务需求、组网需求等意图,6G智能内生网将接收到的意图转译成网络策略,根据当前网络的状态验证策略的可执行性,将通过验证的策略下发到实际网络中,系统实时监控网络状态,确保用户意图被正确实现,并将结果反馈给用户,形成意图闭环。

### 3.2.4 任务闭环

在智慧运营层和网络孪生层形成感知、分析、决策、执行的任务闭环<sup>[17]</sup>,对资源、业务状态、环境等进行感知,依托AI和知识库的能力进行分析决策的构建,通过实时仿真能力,验证决策结果。在应用中,首先进行业务意图的转义,通过构建数字孪生体提升对网络态势实时感知的能力,通过AI预测和案例库进行方案仿真,实现适应性决策并输出执行方案,通过自动化手段进行方案执行,最终实现完整任务闭环。

## 3.3 智慧内生与安全内生

### 3.3.1 智慧内生

5G时代的AI智能化是外挂式、后生长的,可以实现局部的智能提升,但是离全局智能还有所差距,并没有从架构层面实现智能化。而6G在网络架构设计之初就融入了AI智能,构建了内生智能<sup>[18]</sup>。6G网络

运营的智慧内生嵌入到每一层中,实现智慧泛在。基于大数据、生成式AI等技术,在基础资源层引入智能网元、智能硬件;在网络孪生层实现智能预测和智能决策;在智慧运营层实现智能编排和智能管控;在商业层实现智能交付和智能保障。通过智能化的知识闭环,赋能网络全生命周期管理,最终实现网络全局的智能自治。

### 3.3.2 安全内生

6G网络安全<sup>[19]</sup>体系结构是由外挂向内生、由被动向自主的发展。一方面要增强网络数据的保密性与完整性保护,提高数据抗篡改、抗伪造的能力,也要提高安全感知能力与分布式防御能力,通过抽样感知、威胁分析与风险预判,形成云网边端协同感知的网络安全能力,实现网络内生的主动安全免疫力,实现安全能力的动态编排和弹性部署。

## 4 6G网络智慧运营演进展望

6G的发展是一个长期的过程。与4G、5G技术一样,6G也面临着与现有技术的长期共存和协同融合的问题。5G技术本身在不断演进和完善,而6G技术尚在研究阶段,距试商用还有一段时间。因此,6G网络运营演进需要进行长期的规划和分阶段考虑<sup>[7]</sup>。

在现阶段,也就是未来1~2年,一方面要进一步挖掘5G的潜力,利用AI推动5G自动化、智能化运营能力的不断提升。不断将运营经验知识化,推进网络智能分析和决策,提升运维效率,增强用户体验。同时,也需要加强全球范围的产业合作,积极布局6G网络运营技术的研究,共同推进标准制定以及关键场景原型测试工作。

在中期阶段,也就是未来3~5年,需要全面开展6G网络运营新技术研究,探索新的应用场景和商业模式。在现网中大规模融入网络孪生、意图驱动、内生智能等关键技术,实现按需编排、动态调度。完善网络运营知识库,实现更高效的网络运营和更低的能耗,以支持可持续发展的目标。同时推动产业链上下游的成熟度也至关重要,这需要运营商、设备厂商、终端厂商等加强协同合作。

在远期阶段,也就是未来5~10年,推动6G网络运营体系的商用部署,丰富应用场景和商业模式,深度赋能行业应用。不断完善空天地一体化网络管理、通感算一体化编排调度,形成网络智慧运营大脑,赋能全场景全生命周期运用管理,实现灵活、智慧、可靠、

绿色、安全的愿景目标。

### 参考文献:

- [1] NGMN. NGMN 6G drivers and vision [EB/OL]. [2023-12-25]. <https://www.ngmn.org/work-programme/ngmn-6g-drivers-and-vision.html>.
- [2] 刘光毅,王莹莹,王爱玲. 6G进展与未来展望[J]. 无线电通信技术,2021,47(6):665-678.
- [3] 马传项. 5G网络发展现状及痛点问题分析[J]. 江苏通信,2023,39(5):24-27.
- [4] 唐雄燕,李福昌,张忠皓,等. 6G网络需求、架构及技术趋势[J]. 移动通信,2021,45(4):37-44.
- [5] 王友祥,唐雄燕. 6G网络架构和关键技术展望[J]. 中兴通讯技术,2023,29(5):21-27.
- [6] 中国联通. 中国联通6G网络体系架构白皮书[R]. 北京:中国联通研究院,2023.
- [7] 中国联通. 中国联通自智网络白皮书:3.0[R]. 北京:中国联通智网创新中心,中国联通研究院,2022.
- [8] 王达,孙滔,孙晓文,等. 数字孪生在网络全生命周期管理中的研究[J]. 电信科学,2022,38(4):138-145.
- [9] 王威丽,唐伦,陈前斌. 基于数字孪生网络的6G智能网络运维[J]. 中兴通讯技术,2023,29(3):8-14.
- [10] 张彤,任奕璟,闫实,等. 人工智能驱动的6G网络:智慧内生[J]. 电信科学,2020,36(9):14-22.
- [11] 李文璟,喻鹏,张平. 6G智能内生网络架构及关键技术分析[J]. 中兴通讯技术,2023,29(5):2-8.
- [12] 田梦秋,惠一龙,承楠,等. 6G通感算资源按需调配:一种基于场景识别的架构[J]. 移动通信,2023,47(3):14-18.
- [13] 王友祥,裴郁杉,黄蓉,等. 6G通感算一体化网络架构和关键技术研究[J]. 移动通信,2023,47(9):2-10.
- [14] 沈学民,承楠,周海波,等. 空天地一体化网络技术:探索与展望[J]. 物联网学报,2020,4(3):3-19.
- [15] 杨静雅,唐晓刚,周一青,等. 意图抽象与知识联合驱动的6G内生智能网络架构[J]. 通信学报,2023,44(2):12-26.
- [16] IMT-2030(6G)推进组. 6G网络架构愿景与关键技术展望白皮书[R]. 北京:中国信息通信研究院,2022.
- [17] 亚信科技,清华大学智能产业研究院,中国电信研究院,等. 6G OSS技术白皮书[R]. 北京:亚信科技,2023.
- [18] 刘光毅,邓娟,郑青碧,等. 6G智慧内生:技术挑战、架构和关键特征[J]. 移动通信,2021,45(4):68-78.
- [19] 刘杨,彭木根. 6G内生安全:体系结构与关键技术[J]. 电信科学,2020,36(1):11-20.

### 作者简介:

张玎,高级工程师,硕士,主要从事自智网络、6G网络智慧运营研究工作;赵永建,高级工程师,硕士,主要从事自智网络研究工作;赵占纯,高级工程师,硕士,主要从事自智网络研究工作;李姗姗,高级工程师,硕士,主要从事数字孪生研究工作;周可记,高级工程师,硕士,主要从事自智网络研究工作;刘志飞,工程师,硕士,主要从事自智网络研究工作;郝婧,工程师,硕士,主要从事自智网络研究工作。