HUAWEI

2022版

自动驾驶网络
解决方案概览

Autonomous Driving Network
Solution Overview 2022

目录

1 自动驾驶网络探索与实践 4

1.1 信息通信网络发展的机遇与挑战 4

1.1.1 数字经济成为全社会未来10年的主要发展方向 4

1.1.2 行业智能化对网络能力和运营运维提出全新要求 5

1.1.3 运营商网络智能升级面临的挑战 7

1.2 自智网络成为行业共同追求，加速进入规划发展阶段 9

1.2.1 全产业伙伴参与，统一自智网络愿景和核心理念 9

1.2.2 多标准组织协同，构建自智网络“通用+专业”标准 11

1.2.3 领先运营商实践，明确自智网络战略并有序推进 13

1.2.4 TM Forum提出实现框架，指导运营商自智网络建设 14

2 华为自动驾驶网络战略与架构 15

2.1 自动驾驶网络战略 15

2.1.1 聚焦“四个方面”，华为积极推动产业发展 16

2.1.2 确定近 / 中 / 远期目标，华为有序推进产业发展 17

2.2 自动驾驶网络业务架构 18

2.3 自动驾驶网络架构特征 21

2.4 自动驾驶网络分级评估 26

3 华为自动驾驶网络解决方案 31

3.1 自动驾驶网络解决方案特征 31

3.2 华为自动驾驶网络解决方案产品及场景 33

3.2.1 无线自动驾驶网络 35

3.2.2 核心网自动驾驶网络 42

3.2.3 IP自动驾驶网络 46

3.2.4 全光自动驾驶网络 52

3.2.5 数智化运营运维方案 56

3.2.6 网络人工智能引擎 62

4 自动驾驶网络产业发展建议 66

1. 自动驾驶网络探索与实践

1.1 信息通信网络发展的机遇与挑战

1.1.1 数字经济成为全社会未来10年的主要发展方向

近年来，随着5G、云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链等多项技术的融合创新，政府和企业“上云赋智用数”的进程持续加速，数字经济日益融入经济社会发展的各领域、全过程，其发展速度之快、辐射范围之广、影响程度之深前所未有，数字经济已经成为全社会未来10年的主要发展方向。

各国竞相发布数字经济愿景

截止到2021年底，已经有超过170个国家陆续发布了数字国家相关战略。中国在“十四五”规划和2035年远景目标纲要中将行业智能化作为重要的发展方向，并围绕制造、能源、农业、医疗、教育、政务等给出了明确的发展目标。欧盟在其发布的《2030 Digital Compass》计划中提出2030年75%的企业将使用云计算、大数据和人工智能服务，90%以上的中小企业应具备数字技术的基本水平，并宣布为实现上述目标将加大能源和数字基础设施的投资。美国国家科学理事会（National Science Board）在其《2030愿景报告》(Vision2030）中也建议未来10年应加大对数据、软件、计算、网络的投资，以保持其在数字经济领域的竞争力。

科技纷纷突破边界融合发展

科技的发展速度远远超越我们的想象，以5G、云、AI为代表的数字技术，不断突破边界，实现跨越式发展。技术创新正从单一学科到跨学科交叉，从单点技术到跨技术协同，从垂直行业到跨行业融合，数字化智能化的未来，正在加速到来。畅想2030年，城市治理可以利用无处不在的感知技术、有线无线的万兆宽带、普惠AI和面向千行百业的应用，构建更加宜居的城市数字基础设施；工业制造可以利用协作机器人、AMR（Autonomous Mobile Robot）、数字员工等新型劳动力，结合工业互联网，使得从需求提出到生产交付的全过程更准确、更低成本，并提升制造产业的韧性；智慧金融将区块链、数字水印、AI打假、隐私增强的计算与内生安全的网络相结合，以保障数字安全可信。

行业加速利用数字技术创新

在华为的《智能世界2030》报告中，从“医食住行、城企能信”八个维度，描绘了数字技术融入垂直行业所带来的美好图景：

1. ICT技术与人体生物数据相结合，使得“健康可计算”成为现实，人类将活得更健康、更有质量；
2. “大数据+人工智能+农艺知识”相结合的科学决策体系，将构建一个可持续的普惠绿色饮食系统；
3. 全息通信和全屋智慧控制系统，将打造“懂你”的空间，让我们的居住空间更加人性化；
4. 新能源和自动驾驶技术的高速发展，让人类开启住宅、办公室之外的“移动第三空间”；
5. 新型城市数字基础设施、云计算和区块链等数字技术，让城市更宜居、城市治理更高效；
6. 协作机器人、AMR自动移动机器人、数字员工等新型生产力将进入千行万业，正在加快重塑企业生产和交易模式，提升企业韧性；
7. “源网荷储”全链路数字化的能源互联网，将系统性地减少碳排放，让绿色能源更加智能；
8. 区块链、数字水印、隐私增强等技术，为数字文明的可持续发展构建坚实基础。

1.1.2 行业智能化对网络能力和运营运维提出全新要求

面向未来，通信网络将从连接百亿人向连接千亿物的方向发展，网络对于千行百业的价值也将从通信办公网向生产经营网转变，对运营商的网络能力和运营运维能力提出全新要求：

网络性能需求十倍百倍提升

面对城市数字治理、工业柔性制造、能源远程控制、无人机巡检、汽车自动驾驶等全新的业务场景，对通信网络的“覆盖能力、用户体验速率、承载连接密度、用户面时延、移动性、频谱资源效率”等多项网络性能提出了10-100倍的提升诉求，例如，智慧城市需要10-100万设备/km^3的连接密度，无人机业务需要500-1000km/h的移动性，自动驾驶端到端的时延不超过5ms和亚米级的定位精度，工业互联网则需要端到端响应时间缩减到10ms和99.999%的可靠性。

新型网络能力诉求更加迫切

全新业务场景，不仅需要网络性能的提升，同时也在呼唤全新的网络能力。

- **差异化、端到端、确定性SLA保障能力**，满足不同行业、不同生产服务场景、不同用户的差异化，网络不仅能够承载多类型业务，还可以承诺SLA；
- **网络融合感知和实时处理能力**，需要网络能够捕捉物理世界更加精细、精确和多维度的数据并及时处理，如在工业异常检测场景下，将视频采集的帧率提升到120帧/秒；
- **全网云网资源的柔性扩展能力**，在动态工作负载情况下，实现网络资源和计算资源的高效利用，如支持资源动态线性扩展的能力。

节能减排压力急需绿色网络

一方面，由于摩尔定律放缓，量子计算等新技术还不成熟，计算、存储、网络能效的持续提升已经出现了瓶颈；另一方面，在全球“碳达峰、碳中和”的大背景下，基站和数据中心的节能减排已经成为全球运营商的首要社会责任。所以，未来如何通过基础技术创新构建一个绿色低碳的网络，实现网络容量增加数十倍的同时能耗基本保持不变是运营商必须面对的挑战。

极致体验呼唤智能运营运维

面向垂直行业客户，提供极致服务体验，需要运营商全面提升运营运维的自动化、智能化能力，具体包括：

1. 云网融合业务的一体化供给和保障；
2. 专属化的网络/切片或云服务，全方位的安全保证；
3. 实时在线、一站式、按需灵活订购，如一点入云、一点入多云；
4. 异构系统、终端的零开发、免配置集成，业务分钟级/实时开通；
5. 客户自主化服务和管理，业务体验的可视化、自主管理和保障。

综上分析，面向2030年，一个智能原生、安全可信，具备确定性体验和通信感知融合能力的立体超宽、绿色网络是未来网络发展的方向。

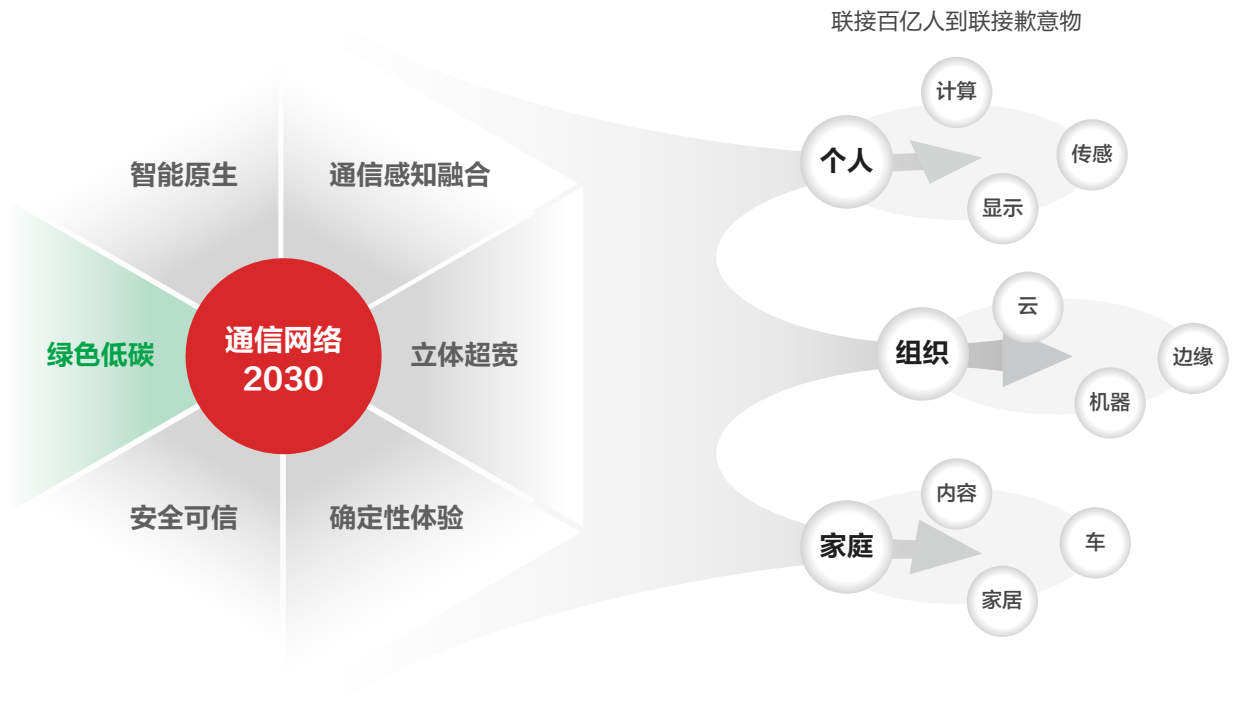


图1-1 通信网络2030的愿景

1.1.3 运营商网络智能升级面临的挑战

多年以来，运营商一直被“网络日益复杂、OPEX持续高速增长、新业务创新慢、商业变现能力不足”等问题所困扰，持续在探索网络自动化、智能化转型的方法和路径，在推进转型落地的过程中，面临着“转型模式和起点选择难、相关技术标准尚未统一、存量网络改造或演进难、全网规模复制推广难、运营体系同步变革障碍多”等多重挑战。

- **转型模式和起点选择难**

是选择“单域自治、跨域协同”的分层构建模式，还是选择“聚焦具体业务场景优先实现业务敏捷”的线状推进模式；是选择OSS改造牵引，还是网络升级和OSS改造协同并进的方式？找到最恰当的切入点来推进自动化、智能化转型是整个行业面临的共同挑战。

- **相关技术标准尚未统一**

在标准化方面，从抽象到具体的用例实现，仍有大量工作要完成，这些用例涵盖了所有网络域、业务域。自智网络相关技术标准的制定存在“碎片化、低效协作”问题，缺少统一的目标架构来规范供应商的定位和协同，缺少统一的代际划分来牵引运营商的有序演进，缺少体系化的技术标准来指导供应商的产品和解决方案研发。

存量网络改造或演进难

在推进网络自动化、智能化的过程中，运营商非常关注传统网络业务的改造和演进，但是改造或演进的复杂度、改造成本、可行性是不小的挑战。现网中的不少网元或设备已经超期服役，其扩展性、可用性、可靠性等方面存在诸多限制，难以支撑网络转型的基本要求，所以针对存量网络，如何割舍或再造是推进网络转型过程中必须解决的难题。

全网规模复制推广困难

大多运营商在开展网络转型时，都会先选取试点开展应用创新和商业验证，从而打造商业成功案例，但在面向全网规模复制推广时，不同子网之间的“网络架构、技术选型、供应商、组织设置、运维流程”千差万别，缺少行之有效的方法或举措。

运营体系变革障碍众多

现有的运营体系较难适应自动化、智能化的运营运维模式。如何变革组织架构、优化流程体系、转变人员角色、提升人才技能是运营商在推进网络转型过程中面临的又一个挑战。

除此之外，在技术方面，还面临着诸如“复杂场景精准实时感知、基于数字孪生的高精地图和实时仿真、多维度AI关联分析和决策”等多项技术难题需要突破。

复杂场景的精确实时感知

要实现高阶的自动驾驶网络，必须要周密可靠地感知它自身硬件、软件的状态变化，感知所依赖的外部环境变化。如何更加精准、实时、高精度地感知自动驾驶所需要的数据，是迈向高阶自智网络的首要难题。

基于数字孪生的高精地图和实时仿真

随着网络复杂性的增长，网络的变更风险在变大，以IP骨干网为例，误发一条路由就可能导致全省网络中断，而A省的流量调整可能导致B省出口拥塞。当网络业务从工单驱动转变为订单驱动时，这就要求系统能够精确预判配置变更后网络的状态，而这在当前是需要专家组成员长时间的分析才能完成的任务。

多维度AI关联分析和决策

如何建立用户体验、业务质量与网络资源的相关性AI模型，从而围绕业务体验开展主动运维和实时优化，进而实现网络资源的提前就绪、可预测性的维护等，也是迈向高阶自智网络需要突破的难关。

1.2 自智网络成为行业共同追求，加速进入规划发展阶段

自智网络（Autonomous Networks）作为一个全新的产业方向，自2019年概念提出以来，得到了产业&标准组织、运营商、供应商等全行业伙伴的积极响应、倾力投入和全域创新。仅仅2年多时间，便完成了从产业孵化到规划发展的演进，产业愿景、目标架构和分级标准等达成了广泛产业共识，形成了“多组织协同制定行业标准，运营商加速部署实践”的发展态势，推动自智网络进入规划发展阶段。

1.2.1 全产业伙伴参与，统一自智网络愿景和核心理念

2021年，基于TM Forum M-SDO平台，TM Forum、CCSA、GSMA、3GPP、IETF、ETSI等9大标准组织高效协同，借助产业标准、白皮书、自智网络峰会、catalyst等多种载体，运营商和供应商积极参与，推动自智网络产业愿景、目标架构和分级标准在行业内达成广泛共识。

产业愿景

自智网络旨在通过完全自动化的网络和ICT基础设施、敏捷运营和全场景服务，为垂直行业和消费者用户提供Zero-X(零等待、零接触、零故障) 的极致体验，利用前沿技术实现“将复杂留给供应商，将极简带给客户”；帮助运营商构建Self-X (自服务、自发放、自保障)的运营运维，助力规划建设、营销服务、运营运维等部门实现生产、经营和管理的自动化、智能化。

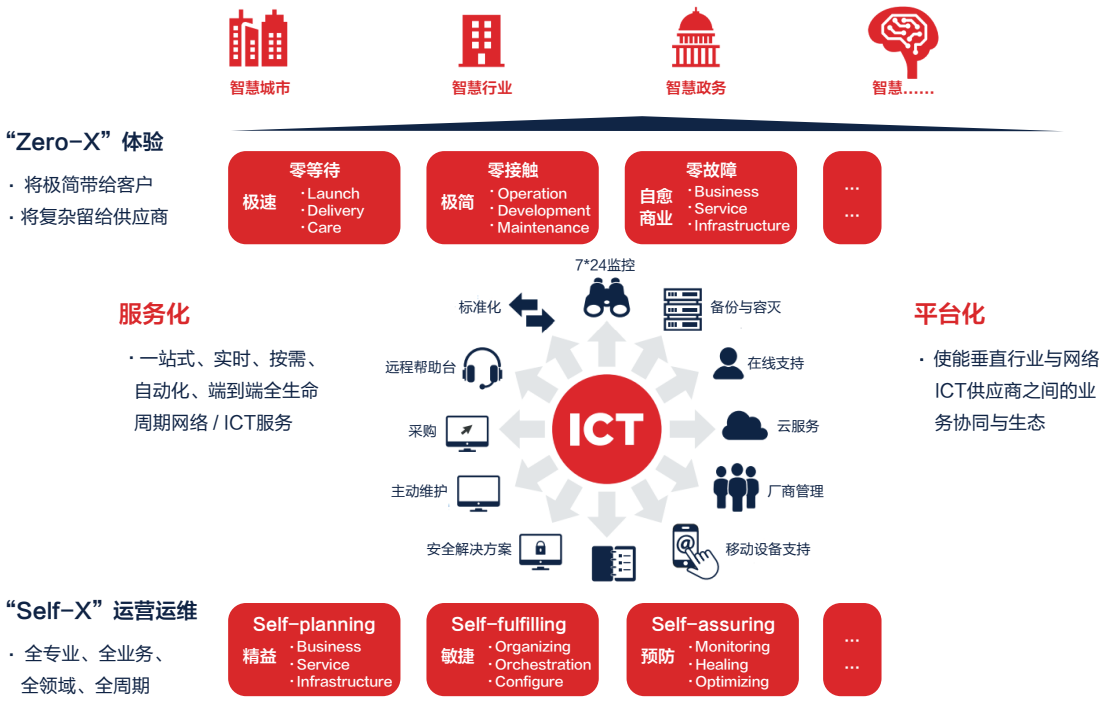


图1-2 自智网络产业愿景

目标架构

自智网络目标架构的内核是“三层四闭环”，即“业务运营、服务运营和资源运营”三个层级，和“用户、业务、服务和资源”四个闭环。三个层级是通用的运营能力，可支撑所有场景和业务需求。四个闭环实现层间全生命周期交互，以“自治域”为基础，业务/服务/资源闭环解决相邻层级之间的交互问题，而用户闭环则是拉通业务/服务/资源闭环的主线。相邻层级的交互被简化，以业务为驱动，通过极简的意图接口或API接口进行交互，如业务意图、服务意图和资源意图。

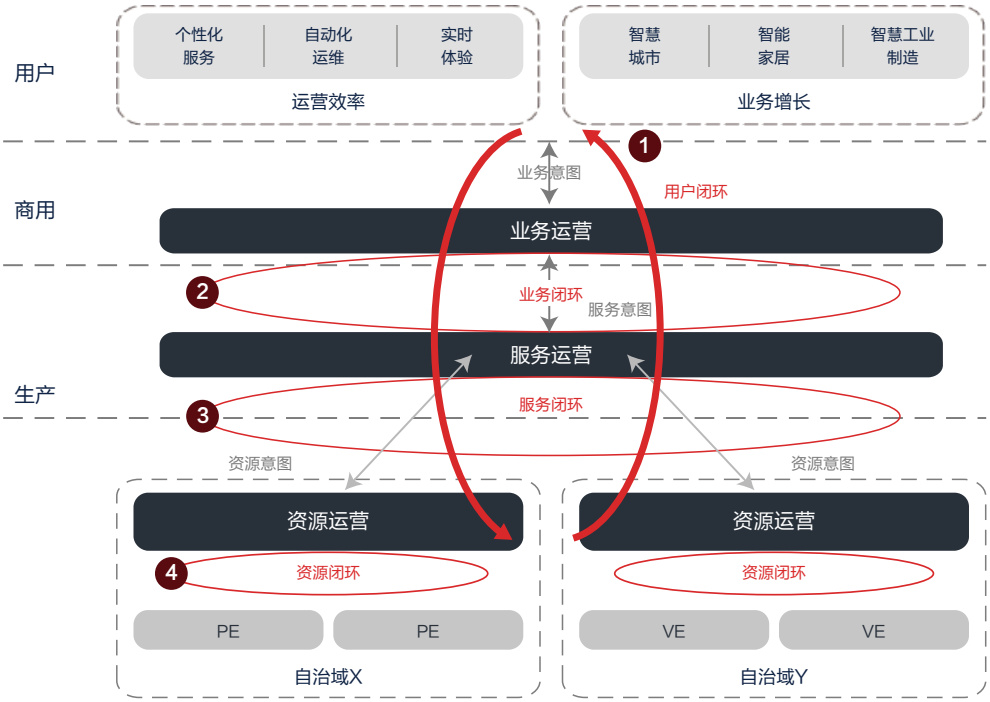


图1-3 自智网络目标架构

分级标准

为了衡量网络自动化和客户业务体验的不同水平，自智网络定义了从L0到L5六个等级，评估和衡量自智网络服务的价值和优势，并指导网络和服务的自动化与智能化的逐步升级。

自智网络等级	L0: 人工运维	L1: 辅助运维	L2: 部分自智网络	L3: 条件自智网络	L4: 高度自智网络	L5: 完全自智网络
执行	P	P/S	S	S	S	S
感知	P	P/S	P/S	S	S	S
分析	P	P	P/S	P/S	S	S
决策	P	P	P	P/S	S	S
意图/体验	P	P	P	P	P/S	S
适用性	N/A	选择场景				所有场景
P 人（手工） S 系统（自主）						

表1-1 自智网络分级

1.2.2 多标准组织协同，构建自智网络“通用+专业”标准

近年来，TM Forum、CCSA、3GPP、ETSI等标准组织积极设立自智网络专项课题，启动相关技术研究、标准立项，并借助跨标准组织（Multi-SDO）自智网络技术合作会议（AN Coordination meeting）开展协作配合，初步形成了“通用标准+专业领域标准”协同的标准体系，涵盖“需求用例、参考架构、分级标准、关键技术与接口”等5大标准方向”，自智网络标准体系逐渐完善，为提升产业协同效率、繁荣产业生态奠定了基础。未来2-3年，产业标准的重点是定义“分级评测体系标准，意图接口技术，闭环自动化技术等关键技术以及L4意图接口标准”等。

	TM Forum 愿景/通用架构&标准	ETSI 传输/固定接入/IP	3GPP SA5 无线&核心网	CCSA 传输/接入/IP/无线/核心网
商业架构	IG1218商业需求与框架 IG1218B移动最佳实践 IG1218C AN实现研究	F5G-008 use cases	TR 28.810 自治网络分级研究 TS 28.557 私网运维运营用例和需求 TS 28.310 5G节能用例和需求 TS 28.530 5G切片用例和需求	**信息通信网智能化运营管理需求与用例** 无线网络运维 / 5G RAN节能管理 / 光网络维护 / 切片分组网络（SPN）维护
通用架构	IG1230总体技术架构 IG1251参考架构	ZSM002 参考架构	NA	自智网络体系架构 信息通信网智能化运营管理架构-功能架构 / 技术架构 / 数据架构
通用分级	IG1252分级技术要求	NA	NA	信息通信网运营管理智能化水平分级技术要求 / 分级评估技术要求通用部分
领域架构	NA	F5G004_ARCHITE-CTURE F5G006端到端管理	TS 28.533 架构框架	分级技术要求通用部分 分级评估技术要求通用部分
领域分级	NA	NA	TS 28.100 移动网络自治网络分级	分级技术要求-移动通信网（第一阶段）/ IP网络/业务运营系统 分级评估技术要求-移动通信网 / IP网络 / 业务运营系统 分级研究 PTN / SPN网络 5G核心网分级技术研究
关键技术	IG1253x意图管理框架 / 意图元模型 / 意图LCM与接口	ZSM005 自动化手段 ZSM009-1闭环自动化框架 ZSM009-2/3闭环自动化框架 ZSM011 意图驱动自治网络 ZSM012 AI 使能技术 ZSM014 AN可信技术	TR28.812移动网络意图驱动管理研究 TS 28.104 管理数据分析 TS 28.312 意图驱动管理服务 TS 28.313 5G自组织网络 TS 28.556 5G网络策略管理服务	自智网络中意图转译的方法与流程研究 自智网络通用意图管理技术研究 核心网络意图管理研究报告 无线意图管理服务技术要求
接口规范	TMF921 意图管理接口API		TS 28系列接口规范	信息通信网智能化运营管理的接口技术研究-光网络 / 切片分组网络（SPN）

1.2.3 领先运营商实践，明确自智网络战略并有序推进

全球运营商纷纷开展网络数字化转型，“自智网络”成为众多运营商的首要选择，围绕“目标架构、分级标准、评价体系、运营实践”四要素推进自智网络的探索实践，进行场景化的应用创新，制定阶段目标和长期战略。

中国移动于2021年初确定了2025年达到L4级自智网络的目标。为了确保该目标顺利达成，中国移动提出了“围绕客户发展与质量领先2大目标，实现单专业网络资源管理、跨专业端到端业务管理和客户需求管理3个闭环，协同网元、网络、业务、商务4个层次”的自智网络“234”体系架构。2021年，中国移动面向全国31个省公司，完成了自智网络能力等级的初步评估，并制定了针对性的提升策略和计划。

中国电信将自智网络建设作为其“云改数转”战略的关键部分，提出要在十四五期末实现网络自智能力全面达到L4。中国电信面向5GC网络智能运维、智能5G专网、AI基站节能等高价值场景，开展应用创新，参与TM Forum “5G定制网、云网融合”行业热点案例贡献。在广东电信开展了全专业、全运维场景的自智网络等级评估。

中国联通作为自智网络的积极践行者，2021年清晰定义和深入践行了“三位一体”的自智网络实现方法，部署了数字化管理平台，面向5G网络、家宽等高价值场景，加快自智网络的建设和演进。通过“三位一体”方法应用，中国联通将AI智能化、自动化能力注入网络“规建维优营”的全生命周期，并应用至100多万个网元。

Vodafone将ZTO（Zero-touch Operation）定义为集团“Tech 2025”战略方向之一，提出要在2025年达到L4级自智网络，并定义了可量化的评价指标体系，牵引自智网络能力持续提升。在广东电信开展了全专业、全运维场景的自智网络等级评估。

Orange不断探索新方法、新实验，希望利用5G特性打造自智网络，实现端到端的自动化，通过自动化闭环、AI驱动和边缘云融合使网络更加开放、灵活。

MTN为了更好地落实集团“Ambition 2025”战略，提出了2025实现自智网络L4的目标；构建了包括“自智网络蓝图、敏捷DevOps运营环境、高性能网络、创新价值用例”等在内的自智网络框架；完成了无线和IP RAN专业的故障管理场景的等级评估，并计划拓展至更多业务和场景。

此外，还有NTT、BT、Telecom Italia、HKT等十多家运营商深度参与TM Forum自智网络催化剂项目，项目范围覆盖“使能垂直行业、AI赋能5G智能运营、5G数字商城、专线业务智能运营、零接触运维”等多个领域。

1.2.4 TM Forum提出实现框架，指导运营商自智网络建设

自智网络的实现是持续迭代、循环演进的系统工程，TM Forum在融汇中国移动、中国联通、Vodafone、MTN等领先运营商最佳实践的基础上，提出自智网络实现框架，包含“顶层设计、能力建设、评价体系和运营体系”等4个方面，相互协同，循环演进，指导运营商开展自智网络建设。

顶层设计 承接“提升运营效率”和“促进业务增长”两大目标，依据网络现状明确战略目标、目标架构以及演进路径等顶层关键内容。

能力建设 依托顶层设计，对关键的网络和系统进行核心的自智网络能力建设，逐步提升自智网络等级。

评价体系 作为衡量自智网络能力提升对商业经营和业务运营目标影响的“标尺”，确保自智能力提升满足企业商业价值实现和业务发展的要求。

运营体系 为适配自智网络的建设，网络运营体系需要进行相应的调整或重建，包含“企业文化（制度）、组织架构、工作流程、人员技能”等多个方面。

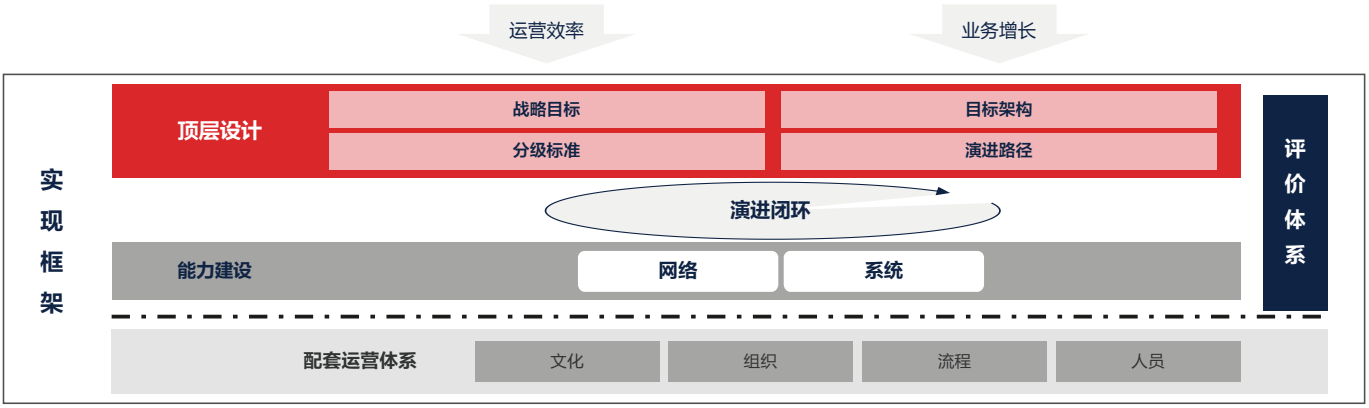


图1-4 自智网络实现方法

2. 华为自动驾驶网络战略与架构

2.1 自动驾驶网络战略

华为的愿景和使命是把数字世界带入每个人，每个家庭，每个组织，构建万物互联的智能世界。实现万物互联智能世界的过程，也是帮助各行各业实现数字化转型目标的过程。华为致力于在云服务、人工智能、网络、低碳发展四大领域持续创新以加快数字化发展，推动人类文明的再一次飞跃，激发行业创新、产业升级和社会发展。

让云服务无所不在

让人工智能无所不及

让网络走向自动驾驶

以数字技术助力低碳发展

自动驾驶网络作为华为深耕数字化持续创新的四大举措之一，旨在通过联接+智能，打造一张自动、自愈、自优、自治的网络，通过智能原生、数据知识驱动、意图接口交互、单域自治闭环、跨域协同等技术，与运营商和企业共同构建网络“自服务、自实现和自保障”能力，从而为消费者和政企客户提供“零等待、零接触、零故障”的极致体验。

华为《智能世界2030》报告指出，在未来的智能世界里，空天海地一体化网络无缝覆盖、云边端融合化服务触手可及、全场景智能融入生产生活，通信网络全方位实现自动驾驶。通信网络将继续扮演推动未来世界发展的主导力量之一，全面迎接智能世界的到来。自动驾驶网络正是华为通信网络2030的核心战略。

2.1.1 聚焦“四个方面”，华为积极推动产业发展

作为产业的倡导者，推进者和实践者之一，华为充分发挥自身在ICT领域的技术积累、客户资源和行业影响等优势，持续致力于“标准、技术和商业”的协同发展，助力自智网络实现从0到1的突破，在以下四个方面贡献了自己的独特价值。

应用创新

围绕“规建维优营”等网络全生命周期，聚焦“5G to B、企业上云、云网融合、智慧家庭、跨域专线”等重点商业场景，华为全力开展应用创新。一方面，加速网元内生智能的构建和单域自治能力的提升，开展了“复杂场景的周密实时感知”、“基于数字孪生的高精地图和实时仿真”以及“用户-业务-网络-网元多维度AI关联分析和决策”等关键等关键技术的科研攻关，打造了“5G实时能效、设备级应用感知、IP随流检测、网络路径导航”等全新能力，提供全场景系列产品和解决方案；另一方面，向上对齐运营运维域诉求，提供极简的API/意图化接口，使能OSS厂商敏捷集成，打通E2E商业流程，助力运营商更好的实现业务目标和商业价值。截至21年底，华为与全球运营商，联合开展了200多个自动驾驶网络的应用创新，为更多运营商开展自动驾驶网络提供了高价值UC。

现网部署

针对自动驾驶网络现网部署过程中遇到的“转型模式和起点选择难、子网现状差异大、运营体系同步变革障碍多”等共性问题，华为联合领先运营商，在L0-L5分级标准的基础上，进一步细化了统一的分级评估体系，践行了“分级评估与短板识别—>系统建设与协调规划—>应用试点与复制推广”的迭代演进循环，积极推进了各专业网络领域的接口规范细化和标准化，并提供自智网络运营体系变革（组织、流程、文化、技能）的管理咨询服务，助力运营商快速现网部署。截至21年底，华为与全球多家运营商，在60多个子网完成了等级评估和商业部署。

标准制定

华为基于自身的技术优势和网络运营运维经验，积极参与自智网络标准的制定。一方面，将自身的“理论研究、技术成果和应用创新”贡献给行业标准组织，同时还联合领先运营商，根据标准指导开展“分级评估、架构设计”等方面的实践，并将最佳实践抽象总结回馈给行业，助力“标准-技术-应用”相互促进，助力自智网络标准的快速发展。截止到2021年底，累计参与了19篇标准文稿的开发与讨论，涵盖自智网络愿景、目标架构、分级标准、关键技术、接口规范等领域。

产业发展

华为积极推进自智网络产业发展，参与了从TM Forum提出自智网络概念、到产业规划发展的全过程。积极推动TM Forum、CCSA、3GPP等各大标准组织协同，加快标准体系化建设；积极推动“标准-产业-技术-业务”的联动，推进产业联盟建设，加速了标准和技术创新向商业解决方案的转化；构建了“智能云网集成实验室”等产业合作平台，促进了网络和运营运维成的有效协调、并行演进。

2.1.2 确定近中远期目标，华为有序推进产业发展

华为坚持双轮驱动的创新机制，面向中短期，以实现客户的L3~L4目标的需求为驱动坚持创新，打造L3~L4 Ready的解决方案；面向中长期，以实现L5愿景为驱动，加强技术预研究和突破，实现跳跃式技术创新。

中短期

以需求驱动为主，立足当前网络，沿着当前以人为主的运维流程规划L2到L3/L4的演进路线，通过定义五大网络域和三大业务域的等级评估体系，沿着37个Task识别短板驱动流程优化，在网元上丰富数据感知，在网络层和业务层引入数字员工，分域分层逐段实现L3/L4级场景应用。

L2 明确代际标准，全面助力运营商各业务领域规模达成L2；

L3 以成效指标为牵引，打造L3 ready的场景方案；

L4 锁定高价值场景，加强技术突破，实现L4应用创新。

中远期

以愿景驱动为主，紧跟跳跃式技术创新，面向2030，5.5G/6G网络承载千亿物联场景，开展以机器为主的研究创新。依托自动驾驶网络实验室开展多智能体架构和自治理论研究，从有限场景入手，在网络组网、架构、转发、信令等全方位注入智能化基因，攻克和实现特定场景的L5自治能力，例如探索AI大模型的应用前景，挑战提供千人千面、千站千面的个性化联接服务。

2.2 自动驾驶网络业务架构

华为基于TM Forum IG1218关于业务架构的建议，认为电信网络要想实现自动驾驶网络L4/L5级的架构目标，需要一个清晰的，可供产业参考、形成为共识的业务架构来指导生产实践落地。基于此架构，运营商可以自上而下系统性地评估和梳理现有OSS系统、综合网管、厂家网管/控制器和网络设备在内的现有架构，由此制定满足自身实际需要的，切实可行的演进路标。华为基于丰富的产品实践以及全球客户联合创新，提出图2-1的自动驾驶网络架构：

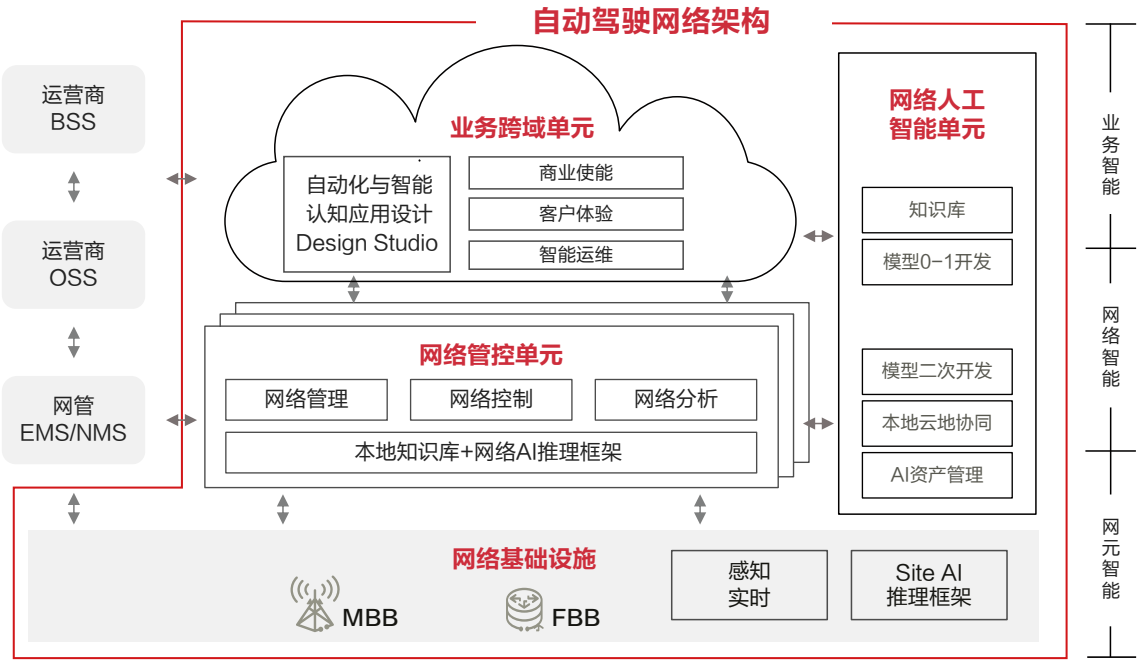


图2-1 自动驾驶网络业务架构

网络基础设施

网络基础设施的智能化是网络迈向自动驾驶的根本，网络设备要引入更多的实时感知器件和AI推理能力，不但要增强对资源、业务及周边环境的数字化感知能力，还要具备包括分析、决策和执行的边缘智能能力。

网络管控单元

融合网络管理、网络控制和网络分析三大模块，通过注入知识和AI模型，将上层业务和应用意图自动翻译为网络行为，实现单域自治闭环，让网络连接或功能的SLA可承诺。网络管控单元通过网络数字建模方法，将离散的网络资源、业务、状态数据关联起来，建立完整的域内网络数字化高清地图，实现网络数据采集、网络感知、网络决策和网络控制一体化。同时，通过持续从网络人工智能单元注入新的AI模型和网络运维知识，不断强化与丰富本地化的AI模型库和网络知识库，让本地的智能化感知和决策能力不断优化增强。

业务跨域单元

提供商业智能创新、客户体验提升、业务与网络运维保障三大能力以及应用设计开发的平台与云服务，面向聚焦运维及商业流程的打通和灵活的业务编排，允许根据自身网络特点，快速迭代开发新的业务模式、运维流程、业务应用及商业产品和服务，这是运营商实现业务/商业敏捷的关键，同时赋能新型运维人员、商业设计人员的技能提升。

网络人工智能单元

作为电信网络的智能引擎为各其它单元注入智能，一方面，作为网络AI设计和开发的基础平台，支持对上传引擎的各种电信网络数据，持续进行AI训练和知识提取生成AI模型和网络知识成果，并可注入到网络基础设施、网络管控单元。业务跨域单元中，让网络更好用，越用越智能。另一方面，作为运营商智力的资产共享中心，面向规、建、维、优过程开发和训练出来的各种AI模型、网络知识等成果在网络人工智能单元统一管理，充分共享和重复使用，减少重复开发和训练。网络人工智能单元包括AI模型训练、数据湖、网络知识库、AI资产管理等基础服务和能力。

2.3 自动驾驶网络架构特征

基于业界共识的TM Forum自智网络目标架构畅想及其“单域自治、跨域协同、分层闭环”的思想，华为自动驾驶网络业务架构瞄准以下四个业务目标：

自动 基于用户意图的输入，实现网络配置的自动化。

自愈 基于用户SLA目标，能预防故障发生或出现故障后自动修复网络，甚至面对未知故障，也能自动学习并解决问题。

自优 基于用户网络质量要求，能预防质差问题或出现质差后自动优化网络。

自治 在自动、自愈、自优的基础上，能持续通过系统自学习、自演进能力，使能网络完全自治。

基于这四个业务目标，近年来，华为进行了相关的理论研究和实践，包括智能控制论、系统论、可信任认知/决策、群体智能等基础理论的研究，架构实践上引入了大数据、人工智能、数字孪生等通用技术。

通过研究探索，华为自动驾驶网络基于“系统控制理论”和“认知智能理论”两大基础理论，在自治域内构筑两大闭环：控制闭环、认知闭环，将人从网络的端到端运维中解放出来，让网络实现完全自治。

针对中短期，主要需要构筑控制闭环能力，可以让人退出控制过程，实现网络的配置自动化、故障自愈、质差自优；而网络自动化过程需要的固有知识（含固定规则、策略和专家经验），仍需要人参与构建。在此阶段构筑的自动驾驶网络需要具备如下三个架构特征：

意图驱动自治和协同

随着电信网络演进，网络将面向全场景，呈现巨大规模、异构、极致网络体验和支持多样化场景接入等特性，网络架构的复杂性与分散性大大增加，为此，通过分而治之的策略，将复杂网络分解为多个自治域，自治域是运营商依据其业务类型、网络技术、部署位置和维护组织关系等差异性，为了实现运营生命周期中特定环节的闭环自动化而形成的一个基础单元，自治域作为一个系统运行, 自治域受意图驱动，通过意图表达/转义、网络感知分析、基于AI 的自适应决策、智能编排实施实现自治域闭环控制； 跨自治域间通过意图协同，最终达到跨服务、域和生命周期的分层闭环和自演进。

基于孪生数据的实时感知

面对庞大而复杂的网络，需要海量的网络数据来支撑对网络环境的持续评估，此时需要引入更多的感知器件，对资源、业务及周边环境的感知能力越来越强，以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，解决网络看不清、看不全、看不准问题。

可信任执行

控制闭环中存在多种自动执行的场景，包括网络的自动化配置、网络故障的自动修复处理、网络质差的自动优化调整；当人退出控制过程后，这些自动执行的过程不免让人担心其可靠性，此时人构建的可信赖的自动化知识，则能让执行前的分析和决策的逻辑可解释，再配合实时的仿真能力，能让决策的过程可追溯，让决策的结果可验证。

针对中长期，主要需要构筑认知闭环能力，可以让人退出认知过程，让网络自学习自演进，实现彻底的网络自治。在此阶段构筑的自动驾驶网络需要具备如下两个架构特征：

智能模型驱动

在中短期的固有知识基础上，需要实现AI算法、知识模型等智能模型可按需在线注入，支持快速演进。运营商和网络设备提供商在多年的网络运维过程中，积累了大量管理规则、排障方法等专家知识和经验，以多种形态散布在设备运维手册、网络运维规范等不同的智力资产中。在网络自动化闭环过程中，需要将这些分散的、供人理解的知识注入到计算机中，借助知识图谱，通过沉淀专家经验和产品知识转化形成故障传播关系等，形成集中的、供计算机理解与使用的知识库。结合AI技术，计算机可以更快、更好地使用这些知识经验在网络自动化分析、决策、闭环中发挥关键作用。

知识自演进

知识模型的来源，不再依赖人工注入，可以由系统自动训练产生（例如：通过历史数据分析抽取新规则，或者结合新的环境变化对已有知识进行更新）。基于可信任的智能模型，使知识演进过程可解释/可追溯。模型要求可高效泛化：运营商不同子网，由于业务形态、组网方式、运维规则等差异，网络数据的分布也存在多样性，依据一个子网数据训练出的AI模型，向其他子网应用和推广使用时，可能存在泛化和局点适应性难题，所以泛化能力是知识自演进的基础。

面向未来的自动驾驶网络变革中，AI将无处不在，贯穿整个E2E网络全生命周期的改造和演进过程。为了适应未来网络的复杂环境，需要通过智能引擎的AI框架和分布式学习算法，从网元、网络、业务三层，建立相互协同的AI能力，扬长避短。

● 网元智能

通过增强网元内生智能，比如哑管道智能感知、有源数据实时感知能力，从而获得复杂场景的周密实时感知能力，提供智能化和数字化的网络基础设施；

网络智能

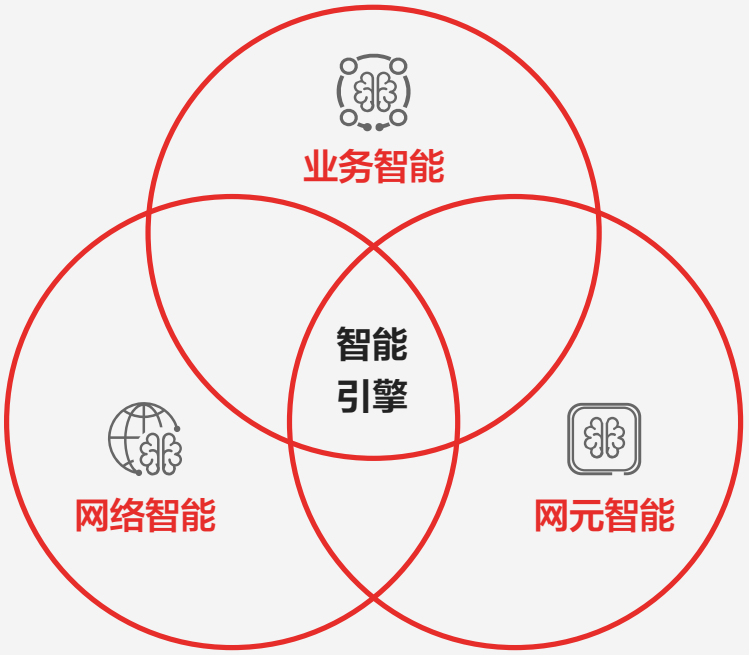
通过配置变更可仿真，多目标协同优化等创新，提供基于数字孪生的网络高精地图和实时仿真，从而提供路径自动导航、网络自动优化、故障自动愈合的能力；

业务智能

基于数据驱动的用户体验分析决策，为客户提供数字化智能化的运维运营服务。

智能引擎

作为三层智能的核心使能中心，提供数据训练、模型更新、网络知识管理等能力，并将持续给三层注智，让网络更好用，越用越智能。



为保证三层智能的高效协同，首先，它们应当使用一致的AI规范，包括AI模型规范、知识规范和推理过程规范等，确保AI模型、知识的合理流动和共享。其次，运营商网络按子网/按领域运维、业务易变动等特点，也决定了运营商网络AI三层架构需具备如下独特能力：

AI模型的泛化和局点适应性能力

运营商不同子网，由于业务形态、组网方式、运维规则等差异，网络数据的分布也存在多样性，依据一个子网数据训练出的AI模型，向其他子网应用和推广使用时，可能存在泛化和局点适应性难题，这要求AI推理部件中，必须提供相对完善的AI模型泛化和本地再优化的能力。

AI模型的持续演进能力

运营商网络组网和业务的变更和升级，可能会要求AI模型、网络知识同步更新升级，这要求云端AI、网络AI和网元AI须协同，支持对AI模型、网络知识的持续演进升级。比如，利用AI进行网络故障诊断时，如果设备新版本的告警定义关系发生较大变更，或站点组网增加蓄电池，故障传播关系可能发生变化，这可能会要求AI模型中的聚类算法和故障传播规则等同步升级。

2.4 自动驾驶网络分级评估

华为作为最早践行自动驾驶网络的实践者，以TM Forum的目标架构和理论基础为指导，已进行多年的自动驾驶网络分级研究。为了进一步规范自动驾驶网络的代际演进和各领域各场景自动驾驶网络的水平提升，华为在以下几个方面进行了深入实践。

（1）定义分级标准

华为依据TM Forum的分级理念和分级框架，并参考国内外多家运营商的实践，通过“运维流程-运维子流程-运维任务”的逐层分解，将“规-建-维-优-营”全生命周期流程，分解为多个具体的运维任务（Task），从而生成一个运维任务全集(见图表2-1)，并针对每一个运维任务定义各自的分级标准。在逐层定义运维任务的过程中，遵循如下原则：

黑盒原则

不体现具体实现细节，采用易理解无歧义命名；

闭环原则

覆盖运维流程的所有活动，运维子流程做到自闭环；

稳定原则

对具体运维活动抽象归类保持运维任务稳定；

颗粒度适中原则

运维任务划分不易过细或过粗，过细的话通用性会变差同时评估工作量会变大，过粗的话评估结果的精细度不够评估结果客观性会变差。

运维流程	运维子流程	运维任务/Task
规划	网络规划	需求分析预测
		方案规划
		方案设计
		仿真决策
建设	设计部署	集成设计与数据制作
		安装部署
		工程调测/优化
		验收测试与交维
维护	监控排障	意图翻译
		故障识别
		隐患预测
		定界定位
		方案生成
		评估决策
		方案实施
		业务验证
	例行巡检	作业方案制定
		作业方案执行
		结果分析
	网络变更	闭环处理
		意图翻译
		变更设计

运维流程	运维子流程	运维任务/Task
维护（续）	网络变更（续）	评估决策
		变更实施
		业务验证
优化	网络优化	意图翻译
		性能优化识别
		劣化预测
		定界定位
		方案生成
		评估决策
		方案实施
		效果验证
运营	业务开通	意图翻译
		资源勘查与设计
		方案实施
		业务验证
	网络投诉	投诉预警预测
		定界定位
		投诉处理
资源管理	资源数据管理	资源数据采集
		资源数据关联
		资源数据核查

图表2-1 华为自动驾驶网络运维任务全集

在定义好运维任务全集后，华为参考TM Forum IG1252，针对每一个运维任务定义其分级标准，从人机分工和用户感知两个角度出发，细化定义具体的分级标准，以监控排障运维子流程举例如下：

运维子流程	运维任务/Task	运维任务定义	分级标准
监控排障	故障识别	对网络运行数据及外部时空数据进行监测和分析，及时发现网络已经发生的计划外的服务中断或服务质量下降	L1：系统采集数据（如告警流水、KPI数据），人工根据专家经验识别故障； L2：系统基于运维人员制定的静态规则（如告警相关性、KPI阈值）自动识别故障（不支持规则定制开发）； L3：系统预置模型（如AI模型含知识图谱、专家经验树等）或通过自主编排规则，自动识别故障； L4：同L3注； L5：系统自学习自演进，自动化识别所有故障（无需人工介入）
	隐患预测	对网络运行数据及外部时空数据进行监测和分析，预测网络软硬件状态发展趋势，提前发现可能导致异常的潜在隐患	L1：系统采集数据，人工根据专家经验（如Checklist）逐项排查，人工识别潜在隐患； L2：系统基于运维人员制定的静态规则（如健康性检查规则、KPI阈值）自动排查，人工识别潜在隐患； L3：系统预测网络状态趋势，定性粗略识别潜在隐患（如某端口可能发生弱光故障），人工确认； L4：系统预测网络状态趋势，定量精准识别潜在隐患（如某端口90%的可能性（置信度）在一周内出现弱光故障）； L5：系统自学习自演进，定量精准预测所有隐患（无需人工介入）

图表2-2 故障识别和隐患预测分级标准

注：故障识别属感知类活动，隐患预测属分析类活动，根据IG1252分级框架，感知类活动L3实现限定场景自动化，分析类活动在L4实现限定场景自动化。

（2）明确基线场景

以上的运维任务和分级标准，需要服务于具体业务领域和业务场景的。华为基于丰富的现网实践经验同客户一同锁定高频高价值场景作为基线场景，从而更有效的牵引自动驾驶网络能力提升。以“无线网监控排障”为例，细分场景如下表所示。在分级评估时，针对不同的细分场景严格按照分级标准进行测评，结合不同场景的自动化水平综合给出相应的等级。

场景1	场景2	场景3	场景4	场景5	场景6	场景7	场景8	场景9	场景10	场景11	场景12
5G-基站退服	5G-小区退服	5G-小区性能劣化	5G-驻波比隐性故障	5G-光功率隐性故障	5G-单板温度隐性故障	4G-基站退服	4G-小区退服	4G-小区性能劣化	4G-驻波比隐性故障	4G-光功率隐性故障	4G-单板温度隐性故障

图表2-3 无线网监控排障细分场景

（3）明确评估方法

明确运维任务、分级标准和基线场景后，还需要一套合理的等级评估算法。华为建议针对每个自运维任务的具体某一细分场景逐一评估打分，再综合各场景得分计算得出该运维任务等级评分；然后再根据多个运维任务得分计算出运维子流程的评分。假设某个运维子流程有m个运维任务为 [T_1，T_2，...，T_m]，n个细分场景为 [S_1，S_2，...，S_n]，细分场景S_j 的第i个运维任务T_i按照分级标准评分为$L_{i,j}$，则运维任务T_i的得分为 $\frac{1}{n}*\sum_{j=1}^{n}L_{i,j}$ 。整个运维子流程的得分对所有运维任务得分的均值。

运维子流程	运维任务	分级标准	Select Scenarios（细分场景）				运维任务得分	运维子流程得分
			S_1	S_2	... S_j ...	S_n		
监控排障	T_1	略	$L_{1,1}$	$L_{1,2}$	...	$L_{1,n}$	$L_{T_1}=\frac{1}{n}*\sum_{j=1}^{n}L_{1,j}$	$\frac{1}{m}*\sum_{i=1}^{m}L_{T_i}$
	T_2	略	$T_{2,2}$	$T_{2,2}$	...	$T_{2,n}$	$L_{T_2}=\frac{1}{n}*\sum_{j=1}^{n}L_{2,j}$	
	... T_i ...	略	$T_{i,1}$	$T_{i,2}$	$T_{i,j}$	$T_{i,n}$	$L_{T_i}=\frac{1}{n}*\sum_{j=1}^{n}L_{i,j}$	
	T_m	略	$T_{m,1}$	$T_{m,2}$	...	$T_{m,n}$	$L_{T_m}=\frac{1}{n}*\sum_{j=1}^{n}L_{m,j}$	

图表2-4 分级评估计分方法

（4）评估结果基线化管理

为了规范管理产品及解决方案的自动驾驶网络水平，华为遵照以上评估方法针对相关产品及方案严格评估，并针对等级评估结果进行基线化管理，建立自动驾驶网络能力提升沙盘，以更好地牵引华为自动驾驶网络产品和解决方案的能力提升。

运维场景		5G业务				家宽业务		政企专线			数据中心			企业园区	
		5G RAN	5G 承载	5G Core	…	固定接入	…	光专线	云网专线	…	DCN	DC 能源	…	园区网路	…
规划	网络规划	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
建设	设计部署	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
维护	监控排障	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
	例行巡检	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
	网络变更	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
优化	网络优化	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
运营	业务开通	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
	网络投诉	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
资源管理	资源数据管理	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路
领域综合等级		路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路	路

图表2-5　华为自动驾驶网络能力提升沙盘

3. 华为自动驾驶网络解决方案

3.1 自动驾驶网络解决方案特征

自动驾驶网络（ADN）秉承“把复杂留给自己，把简单带给客户”的思想，秉持能力下沉、单域自治，开放协同的理念，基于自智网络的目标架构，打造网元智能+网络智能+业务智能的三层智能架构，通过知识和数据驱动网络架构的持续创新，突破人工处理的极限，用深度学习帮助人理解业务意图和目标，用数据计算来避免人的“考虑不周”，通过持续机器学习突破人工经验决策的极限，最终实现网络自动、自愈、自优、自治，让智能联接触手可及，加速行业数字化转型。

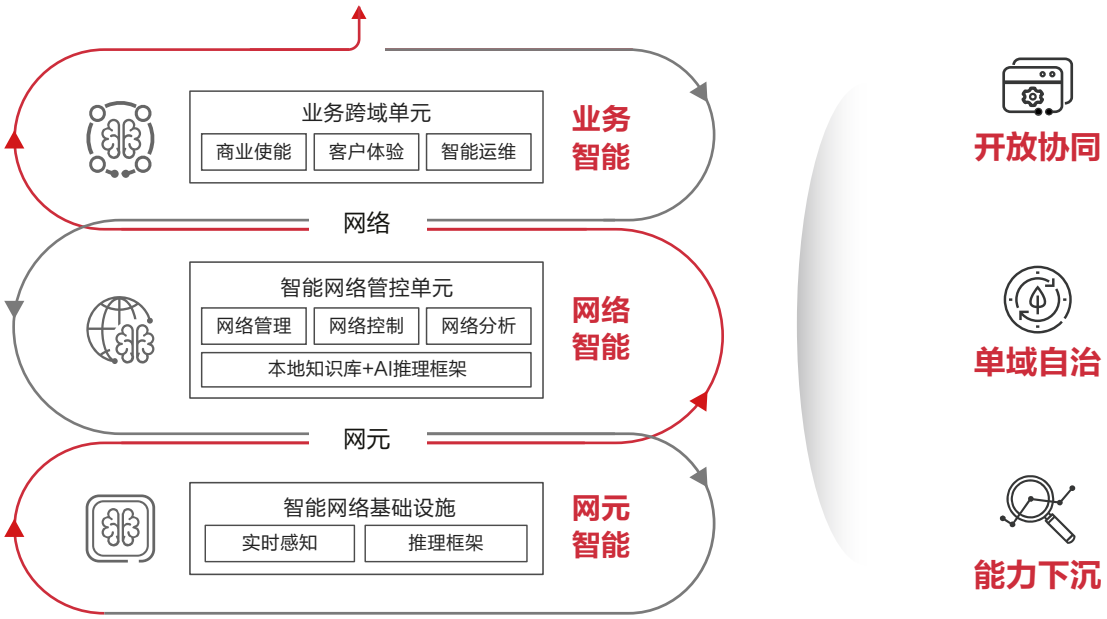


图3-1 自动驾驶解决方案特征

能力下沉

网络基础设施作为整个ADN的根本，起着至关重要的作用。随着AN等级的提升，网络基础设施的能力也需要进一步提升，无论是实时感知能力，还是本地推理和边缘计算能力，都需要在网络基础设施层面大大增强。随着AI技术的成熟，AI也赋予了基础设施层很多新的能力。网元AI提供分布式算力，将网元产生的海量KPI数据实现本地推理，不仅可以实现风险的快速感知，而且可以减少上送网络层AI的数据，从而降低管理系统算力的压力；网元AI也可以实现风险的快速感知分析，AI边缘推理，实现网元级故障的快速自愈决策。

比如，华为IP创新的iFit等随业务流检测协议，使得EMS可以在业务质差或故障发生时，在复杂的IP网络拓扑中，快速自动定位出故障发生的地点；IPv6+可以极大地简化业务下发流程，提升业务下发的自动化等级；接入网OLT的AEC单板可以识别APP的KPI/KQI，识别质差用户；DQ-ODN的光虹膜技术可以点亮最后一公里的光纤哑资源。华为光传输产品可以识别同缆的光纤，从而避免SRLG问题。

单域自治

网络基础设施层和网络管控层有着相互耦合的关系，不同网络域各自也有着不同的特点。随着网络规模的日趋复杂和网络基础设施能力的日益加强，对网络的管控也变得日趋复杂，特别是跨层的多域的管理已经变得遥不可及，势必要优先在单个的网络域上实现自治管理，再通过跨域协同进行跨域的管理。在不同的网络管理自治域提供基于标准的北向接口给上层OSS或业务编排系统，上层OSS或业务编排系统再通过调用、编排各个单域的能力，提供跨多个域，需要多个域协同完成的业务。同时由于网络基础设施的网络设备新的功能层出不穷，对应新功能的标准化接口存在一定周期的滞后，很难再短时间适配。因此基础设施层的设备和其设备厂家的网络管控系统的耦合会保证更快更好的单域自治效果。

比如移动基站的智能节能功能，需要动态调整设备的很多参数，需要基站自带的网络管控系统才能对基站设备做精准调节。华为的网络管控系统还可以通过网络实时数据预测小区话务，及时调整节能策略，在实现节能的同时保持KPI的稳定。

开放协同

大多数电信业务是单域自治，开放协同的。上层OSS及其业务层聚焦业务策略和创新，下层网络管控及基础设施层聚焦业务实现和技术创新。各个自治域的网络管控系统通过开发标准化的意图API接口，以实现网络管控层和业务及OSS层之间的完全解耦。业务及OSS系统可以通过调用这些北向接口来实现跨域的业务管理，比如业务发放，故障关联分析等。

以一个业务开通为例，OSS通过开放的API接口，向各个单域的网络管控系统下发业务意图，比如源宿节点，业务SLA等。而各个单域网络管控系统则自行规划准备各自领域开通此业务所需要的业务以及参数：设备地址、隧道地址、隧道类型、隧道参数等等，配置给本域的设备。最终各域协同，快速完成业务的配置。

3.2 自动驾驶网络解决方案产品及场景

华为自动驾驶网络解决方案包括了基础设施层（网元层），智能管控层，业务运营层等三层。

在基础设施层的网络设备不只是 ADN 方案中的被管理者， 它们也是 ADN 的参与者。 网元的内生智能，以及故障探测、感知等能力，对ADN至关重要。 华为移动产品的实时能，效波分产品的光虹膜，IP产品的随流检测， 接入产品的哑管道智能感知等能力，配合增强的网元AI，为ADN提供了强大的智能化和数字化的网络基础设施；

智能管控层

包括了网络管控单元iMaster MAE和iMaster NCE等产品。华为ADN方案的智能管控层通过配置变更可仿真，多目标协同优化等创新，提供基于数字孪生的网络高精地图和实时仿真，从而提供路径自动导航、网络自动优化、故障自动愈合的能力。其中，iMaster NCE面向固定网络领域，向下管理和控制固定接入网络、IP承载、光承载、数据中心网络和企业园区网络，并有强大的分析能力。iMaster NCE向上与业务运营层集成实现模型及流程的二次可编程，以灵活适配不同客户的运维运营流程，提供品质宽带、品质专线、5G承载X-Haul、智简城域、智简DCN和园区等子解决方案。类似的， iMaster MAE面向MBB网络领域，向下管理和控制无线接入网络和云核心网络；并通过和业务运营层配合，提供5G E2E智能运维、融合电信云等子解决方案。

业务运营层

主要对准客户的核心业务流程，包括面向智能运维的AUTIN，面向客户体验的SmartCare, 面向商业使能的ADO等。对下，与智能管控层IMaster NCE/MAE 通过数据和接口协同，支撑网络自配置，自恢复，自优化；对上，与B域的数字化产商品提供网络与业务的开放API，使能业务敏捷，支撑最终用户零接触，零等待，零故障。业务运营层各产品方案采用设计与运行分离架构，设计态提供运维应用，故障树，自动化策略及数据编排等多场景的零代码和低代码的开发体系；运行态采用平台能力与应用分离的解耦架构，一方面在平台层持续构建数字孪生，超级自动化，运维知识中心，意图引擎等技术能力；另一方面，围绕客户的商业使能，客户体验和运维流程提供敏捷智能的场景应用，聚合数据和能力，重构和优化作业流程，支撑业务敏捷，质量优化和效率提升。

在网元集成了内生智能外，智能管控层的各个产品，包括iMaster MAE/NCE等，以及业务运营层的各个产品，包括Autin,Smart-Care, ADO等，都集成了AI功能的执行能力。 智能管控层和业务运营层同时也可以伴随部署AI产品 NAIE， 各产品向伴随的NAIE输送数据，由NAIE进行数据重训练和AI模型的更新迭代，并把模型发回给各个产品。总体而言，这三层AI的开放架构“给网络以智能，给运维以平台”，加速运营商数字化和智能化转型。

iMaster NCE

定位于FBB网络领域的网络智能管控系统，向下可管理固定接入网、IP承载网、光承载网、微波承载网、数据中心网络和企业园区网络，旨在构建FBB网络的数字孪生，实现域内自治闭环，开启以用户体验为中心的自动化和智能化网络时代。它基于统一的云化架构，融合管理、控制与分析系统于一体，引入大数据和人工智能技术，实现对域内网络集中管理、控制和分析，支撑FBB网络的“规、建、维、优”各环节用户和业务的全生命周期的自动化和智能化诉求，还具备按不同网络技术域、业务域所需的按需部署和灵活扩展能力。iMaster NCE通过北向接口开放、API可编排、南向可集成的三层开放可编程能力，可根据客户应用场景和业务特点自主编排、快速适配并迭代开发。

iMaster MAE

定位于MBB网络领域的网络管控单元，向下可管理无线接入网和云核心网，其核心功能包括：

- 作为移动网络的控制核心，是管、控、析融合的网络引擎。iMaster MAE让网络具备场景感知与识别、网络预测、自我学习等新能力。
- 围绕网络规划、部署、维护、优化和业务发放等网络生命周期，匹配客户的工作流程，构建面向全场景的解决方案。
- 通过分层的闭环自治，屏蔽移动网络的复杂度，场景化的业务API接口，与客户工作流高效协同，简化业务工作流，协同运营商向网络自治目标演进。

基于上述产品组合，华为自动驾驶网络解决方案面向无线、云核、传输和数通四大领域推出各域自动驾驶网络方案以及跨域的数智化运维解决方案。

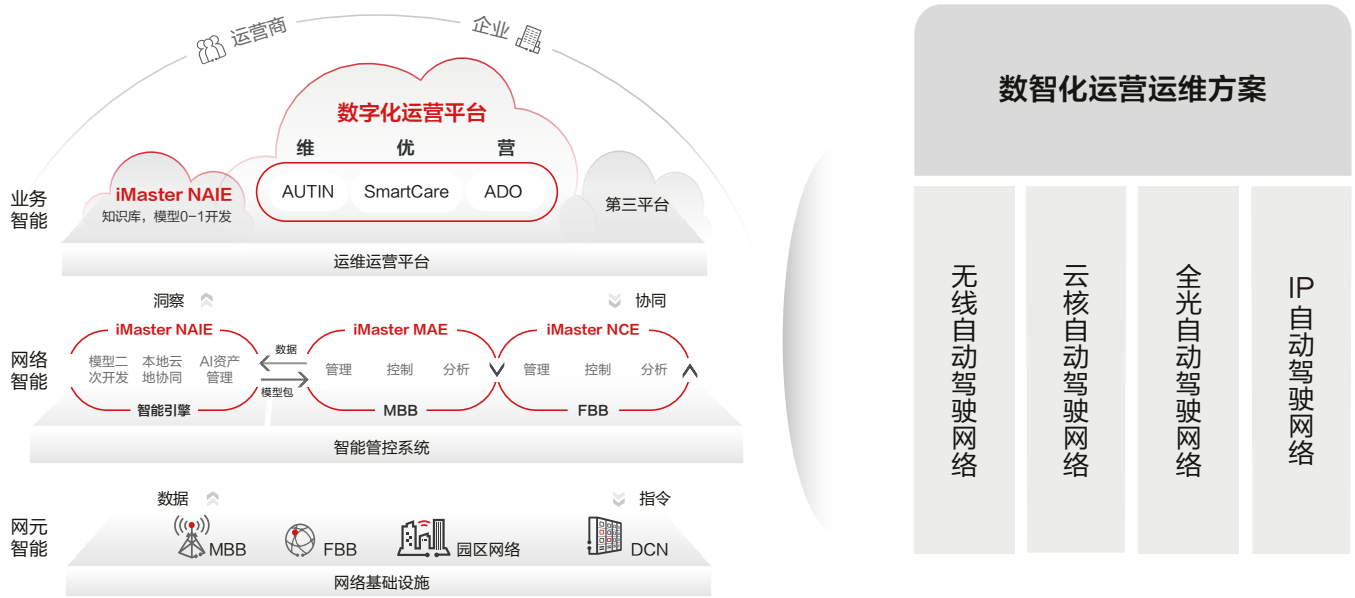


图3-2 自动驾驶网络方案产品及方案全景

3.2.1 无线自动驾驶网络

5G网络部署正在全球各地如火如荼地开展，站点型态推陈出新，多制式网络共存，5GtoB业务多样化发展，面对网络日益增加的复杂性，自动化成了5G时代的必然选择；自2018年华为发布ADN以来，iMaster MAE作为ADN整体战略中的移动网络自动化引擎已在全球多个网络成功商用，业界领先的大网管理能力，AI在无线网络的有效应用等帮助客户实现了高效高质站点建设，智能协同网络运维，敏捷精准业务发放，助力客户在5G时代构筑了网络自动化能力，护航了5G的快速发展。

iMaster MAE-M（MBB Automation Engine-Mobile）

是移动网络自动化引擎（以下简称MAE），通过提供网络自动化运维能力帮助实现网络的自动驾驶。MAE面向客户的生产流程，围绕网络的部署、维护优化、业务发放的生命周期，提供场景化的APP，能有效降低OPEX，优化业务体验和运营效率，加速运营商工作流的全场景的自动化，助力运营商实现自动驾驶的移动网络。其在融合了传统网管系统的基础上，引入了云化和AI能力后进行架构和Use Case的双重突破创新，并实现了以下三个转变：

智能化

全栈AI协同（站点智能-网络智能MAE-云端智能），基于统一的数据底座PAIR提供强大的数据处理与分析能力，做为移动网络的智能化引擎，通过上下协同，实现网络智能化。

场景化

面向运营商“建-维-优-营”运维场景，提供场景化APP解决方案包括Site Express,Radio Express,Alarm Turbo,-Capacity Turbo,Power Turbo,WTTx Suite及5GtoB Suite,通过与专家经验的协同，实现网络运营运维闭环自动化。

开放化

提供场景化API以及可编程环境，使能客户定制开发自动化APP，打造运维新生态。

无线自动驾驶网络价值用例

高效建站场景

在网络建设阶段，由于无线站点数量多，数据配置和站点验收复杂，传统的站点设计严重依赖经验丰富的专家，通过手工制作的方式，站点设计过程繁琐，且开通阶段涉及大量的参数交互；因而5G网络在基站建设环节就需要简化数据配置和站点验收，从源头上实现降本增效。

Site Express是无线基站自动化集成部署解决方案，可最大程度减少人工干预，在降低操作人员技能要求的同时，提高交付质量。

设计的敏捷化

Site Express简化了站点设计过程，支持自动进行业务资源的最优分配，在站点设计完成后，该工具还能自动转换和导出配置数据，与后继的站点开通无缝对接。

开通的极简化

Site Express则通过面向客户的极简模型，进一步简化了客户面的输入参数，并且通过硬件的自检测自配置，实现了硬件相关的配置参数免配置，最终使得客户面的参数从3000多个简化到小于90个。

调测的智能化

Site Express可以提供基站状态自动检测和验收的能力，提升基站调测效率；引入AI智能，通过现场拍照上传可以快速识别防水头没接之类的问题，进一步降低了二次上站率。

流程的自动化

Site Express提供了Open API接口，有助于客户进一步打通开站的各个环节的工作流，最终真正的实现全流程的端到端自动化。

高质调测场景

5G单站开通后，工程优化阶段的簇覆盖和用户速率是影响业务上线速度和品牌影响力的两个重要因素。涉及到邻区等参数的规划调整、上千种MM波束的优化、切换调度类等参数的优化。这些已经超越了传统专家经验的能力。

Radio Express是无线网络工程优化解决方案，通过应用自动化及智能化算法高质高效完成建网初期的工程优化，主要具备以下三大能力:

减负提效

初始参数一键式优化：Radio Express一键即可在线完成工参自校准、参数自核查、邻区关系自生成下发；Value：准确率100%，用户切换成功率提升10%。

减少上站

SSB/CSI波束智能协同优化：Radio Express对空口进行精准的波束栅格模型画像，匹配道路场景和用户特征，并基于高维寻优算法，快速锁定Massive MIMO最佳Pattern组合。

减免路测

体验参数个性化优化： Radio Express支持对不同小区生成最优的参数集，做到小区级最优，同时支持基于终端上报的MR进行自动优化分析，减少路测次数，降低路测成本。

网络优化场景

随着全球5G网络部署的逐渐增速，网络日常优化是运营商的重要OPEX组成，传统的网络日常优化主要依赖专家，专家需要进行路测，数据采集，数据分析，策略验证等大量重复性工作，优化效率低；且对于传统的优化，由于专家资源受限，运营商只能选择TOP N小区进行优化，且只能小范围调整网络参数配置，无法最大化网络潜能。

Capacity Turbo是面向无线网络日常优化的解决方案，其通过基于客户设定的优化目标，自动采集话统/CHR/配置数据，自动分析问题根因，自动编排不同的优化手段，包括RF优化、邻区优化、RRM算法参数优化，并在线下发优化命令，以及自动评估优化结果，提升日常优化效率，提升用户体验，最大化网络性能。主要包含两大能力：

RF参数优化

基于网络覆盖及用户体验的可视能力，自动识别网络中的待优化的弱覆盖相关小区。基于全球网络优化经验，构建多频多制式网络的六层故障树，包含上万条故障根因，覆盖90%最优的TOPN的故障根因；同时故障树迭代刷新；针对根因明确的覆盖/干扰/CQI类问题，Capacity Turbo通过基于AI的模型构建和训练，优化结果的仿真预测，对参数组合进行打分，自动生成最合适的功率，倾角的优化建议，解决RF相关的问题。

无线参数迭代寻优

随着站点的新建等网络的调整，无线参数依然需要迭代寻优，确保网络的性能持续最优。Capacity Turbo通过RSRQ、RSRP、负载等无线特性数据构建多频虚拟栅格模型，通过对小区重选，负载均衡等调整，预测用户速率的变化，并通过领先的寻优算法，持续迭代的进行多频多参数寻优，结合KPI和用户指标的持续监控，为每个优化小区生成最佳的无线参数组合，达到最佳的优化效果。

协同节能场景

移动网络能耗占网络运营成本的20%以上（包括设备、空调、配电等），5G网络的规模建设使得整网能耗进一步提升，网络能耗成为运营商的关注重点，节能减排已成为趋势。传统网络节能面临诸多挑战，如依赖人工，节能策略保守，无法网随业动等。

Power Turbo是面向无线网络的多频多制式智能协同节能解决方案，其通过自动采集网络性能话统/配置信息，大数据分析建立话务模型，结合智能化算法的应用，助力网络级能效最优。其主要包含以下三大能力：

智能分析，协同节能

MAE基于对网络的工参信息，用户上报的异频MR信息等自动识别共覆盖，即自动识别容量层小区和基础小区的异频同覆盖关系。在低负载时，将容量小区迁移到负荷允许的同覆盖基础小区，然后关掉容量小区，以节省基站功耗。

一站一策，精准节能

通过大数据分析建立话务模型，识别网络典型节能场景，并基于话务模型预测未来话务走势，在传统夜间单时段节能的基础上，可准确识别日间多个可节能时段，输出相应场景化的节能方案，实现“一站一策”的精细化节能策略；

在线寻优，持续挖潜

基于在线机器学习算法持续迭代寻优，动态调整节能参数，在确保KPI稳定的基础上，寻优最佳PRB关断门限和用户数门限，使能节能潜力最大化。

智能运维场景

无线网络，每天都会产生大量的软硬件告警，据不完全统计 800站1个月可产生的网络告警就高达百万之巨; 大量的告警中存在很多冗余告警和重复告警，导致网络运维成本很高。业务运转起来后，针对5G时代更庞大的网络规模和复杂度，5G网络需要对故障的识别与分析、预防和处理采取新的应对模式，让5G网络实现故障自检测、自分析、自处理，从而实现更高的可靠性。

Alarm Turbo是面向无线网络的智能故障管理解决方案，基于智能算法，逐层构建无线网络故障树，提供告警降噪、聚合、故障根因分析和远程自愈&隔离的端到端解决方案，助力无线网络高效排障。其主要包含以下几大能力：

告警降噪

基于FP-groupth AI算法进行频繁项挖掘，在告警指定的时间窗范围内找到相关联的诸多告警，去除冗余告警，目前Alarm Turbo去除冗余告警的识别率可以高达99%。

智能关联

通过随机森林算法的学习训练我们就可以找到不同部件，不同对象，不同指标之间的内在关联，构建告警的故障处理树:从而有效识别根告警。

精准定位

基于网元的故障知识图谱找到对应的故障原因列表，并给出分析结论；极大地缩短故障定位处理时间。

预测预防

该功能基于网元站点运行信息，硬件打点信息和无线网络的性能信息等，主动识别无线网络中经常出现的如RRU上的电源模块异常,发射功率异常等问题，提醒客户尽早检查更换对应的硬件设备，在硬件故障质变之前提前修补，变被动响应为主动看网，确保无线网络的平安稳定运行。

敏捷家宽场景

疫情当下，FWA业务需求激增，如何有效地辅助运营商快速发展FWA业务？传统FWA业务申请需要用户到营业厅提交相关申请，同时运营商需要派专门的工程师上门进行相关的信号测量以识别是否可发放业务，人力成本高，且运营商网络的动态变化如加站，新用户发放等，网络负载的动态变化对已发放的FWA用户体验都会产生影响，用户体验无法持续保障。

WTTx Suite是无线MAE推出的面向无线家宽业务发放和运维保障的一站式解决方案，根据历史的CHR/MR数据采用智能化算法构建频谱效率特征库，通过仿真能力可以快速给出宽带套餐建议，助力FWA业务可持续快速发展。WTTx Suite包括可信的放号检查，用户体验评估，网络级监控和扩容指引。面向5G FWA的业务特征，WTTx Suite带来如下提升：

售前

零接触精准业务发放：WTTx Suite支持FWA业务在线申请，WTTx Suite通过API和运营商的上层IT系统集成，同时WTTx Suite支持3D放号地图和波束级资源评估，通过对待放号位置所在栅格的信号强度（RSRP），速率能力、服务小区的负载情况进行可视化呈现，结合运营商的套餐配置等，基于仿真能力，给出放号建议，包括套餐大小及CPE类型等，在多个运营商网络的测试情况表明放号效率从传统的天级提升到分钟级，放号精度90%以上。

售后

用户体验主动化管理：WTTx Suite内置的LTM可以对CPE进行有效管理，基于用户上报的状态信息及无线网络侧的一些关键指标实现对用户体验的主动分析，提前识别CPE用户体验质差问题，支持移动CPE、特定群体性能监控和CPE用户投诉时快速定位网络问题和CPE问题，以及网络级覆盖和容量问题监控与识别。在柬埔寨Smart现网应用效果，质差CPE占比减少10%。

5GtoB行业专网场景

5G使能千行万业，而千行万业的差异化SLA对网络的要求也千差万别，面向toB行业应用，网络的运维运营思路要有全新的转变。从传统的“尽力而为”的网络能力提供转变为以SLA需求为中心的体验可保障的网络运营。

5GtoB Suite是面向运营商行业网络的运维解决方案，其通过对业务话务模型、网络场景、行业终端类型等海量数据的综合分析，利用人工智能深度学习算法实现链路级性能仿真，助力专网的智能精准规划，基于MAE的可视化运维能力，实现行业网络的高效运维，5GtoB Suite助力行业打造高可靠5GoB网络，具备以下能力：

智能精准规划

以业务SLA需求为中心的资源规划；iMaster MAE通过对行业话务分布、网络场景、行业终端类型等综合分析，通过速率仿真、覆盖仿真，根据业务SLA需求预测和分配相应的网络资源，实现网络资源（站点、频谱等）的精准规划。

主动端网运维

对5GtoB业务来说，可视化呈现网络性能和业务情况对于高可靠SLA非常重要。业务开通后，iMaster MAE能实现对网络、终端和业务性能的可视化管理，支持故障的快速定界，故障定位效率从之前的数小时提升到现在的数分钟。还能应用AI技术，如时间卷积网络(Temporal Convolutional Network, TCN）、RVM(Relevance Vector Machine)的时间序列预测等技术，基于历史数据预测业务和网络性能的变化趋势。提前识别网络隐患，防患于未然，保障高可靠的5GtoB网络。

3.2.2 核心网自动驾驶网络

核心网是通信网络的大脑，承担着网络全局资源的调度和管理，网络运维至关重要，而5G万物互联时代的到来，使得核心网肩上的担子更重了。随着NFV、切片、MEC和微服务等技术的引入，核心网云化架构愈加复杂，管理对象增多，跨层跨DC的网络可视，网元实时状态获取一直是业界的公认技术难题，传统手拉肩扛的方式已无法满足新时代运维要求，运营商面临着巨大的OPEX压力。同时，伴随着垂直行业应用的快速发展，差异化网络服务的商业变现诉求和行业新业务应用的快速上线也成为了运营商重点关注的方向。

为解决OPEX上升的压力与网络商业变现的双重挑战，需要对核心网运维进行架构级的创新。华为推出了核心网自动驾驶网络解决方案，解决了云化实时可视的业界难题，通过构建钻石模型，黄金指标上报，实时获取传输、电信云层、网元等关键数据，形成数字孪生网络，实现了网络的实时可视，并引入自动编排引擎和智能化引擎，达到业务的智能可管可控，最终实现规建维优营全流程自动化，自动-自愈-自优的核心网。

数据实时可视

统一感知获取，汇聚关联全网的网络状态、业务流程和用户行为，形成共享、统一的网络数据资产，以支撑智能化模型训练和闭环策略触发。同时，提供水平（跨业务）、垂直（跨层）相结合的全网数据资产拓扑展示，便于运营商直观的观察、监控全网的业务运行情况。

自动编排引擎

通过对原子能力进行灵活高效的编排实现核心网网元和电信云升级、扩容等场景全流程自动化，减少人工操作引入的风险、降低操作人员技能要求，提升升级/变更效率。

智能运维引擎

通过对原子能力进行灵活高效的编排实现核心网网元和电信云升级、扩容等场景全流程自动化，减少人工操作引入的风险、降低操作人员技能要求，提升升级/变更效率。

iMaster MAE-CN通过构筑三个方面的能力（数据原生、可编排工作流引擎、AI引擎），结合5G核心网中的分层闭环自治体系，通过在不同网络层级引入相应的自动化和智能化能力，实现5G核心网的端到端自治。iMaster MAE-CN解决方案中始终贯穿着智能化和自动化能力的增强，它使得网络可以根据运营商的商业意图或注入策略，动态、灵活的进行调整，也可以实时感知到网络面临的挑战，通过策略驱动闭环控制，实现网络自治。

5G核心网自动驾驶网络价值用例

动网场景 – 高效动网方案

5G时代，为满足千行百业的敏捷上线需求，网络变更会变得愈发频繁，而传统的网络变更（升级，扩容等）以人工为主的传统方式下，操作步骤多，流程长，大量工作需要人工介入，而人工的大量介入导致效率低下同时使得升级风险增加。华为核心网自动驾驶网络高效动网方案基于业界DevOps先进理念，引入自动化编排引擎和自动化测试系统，实现变更操作的高效和安全。

全流程自动化

通过工作流编排引擎的灵活调度，打通手工断点，实现了核心网变更过程的全流程自动化；通过归一化的操作界面完成核心网软件包一键式下载，风险自动排查及升级操作自动执行，极大的降低了手工误操作引入的风险。

多路并发升级

引入网元并发升级能力，相对传统模式1个操作时间窗1人单发升级1网元，实现了1个操作时间窗1人并发升级多个网元，升级效率倍增，很好的保障了5G应用的敏捷上线。

变更机器值守

网络变更过程中，通过智能机器值守实现对各类指标、异常告警进行自动监控和对比，提前识别异常并采取相应措施，防止异常逐渐扩大，引发网络故障。同时，通过异常回退功能，支持异常出现时人工介入，实现一键刹车，保障升级结果可靠。

业务无损升级

升级过程业务无损，和周边接口无变化，周边设备无感知，老业务不中断，新业务秒级接入。

自动测试验收

支持5GC，IMS，MEC变更自动化验收，用例现场环境参数一次性配置，自动采集测试信息，自动分析测试结果，一键输出测试报告。

故障场景 – 高稳网络方案

核心网网络位置高，承载用户容量大，故障影响范围广，高稳一直是重中之重。华为核心网自动驾驶网络高稳网络方案引入智能化手段，提供异常预测预防，故障快速感知，故障精准定界，故障无损恢复和容灾过程可视功能，全方位保障核心网高稳可靠。

异常预测预防

在日常监控场景，对历史KPI数据进行持续机器学习，实现海量KPI动态阈值的设置和维护，先于故障识别异常，实现主动预防；在网络变更场景，构筑事前、事中、事后“三道防线”，变更前进行在线健康检查，变更准备&操作按规范自动化执行，变更过程中及值守阶段的异常检测，提前规避变更引入问题，实现智能在线机器值守。

故障快速感知

在网络中引入黄金指标，自动将KPI指标，告警，日志，MML等信息进行降噪，关联，汇聚，从而形成一个incident，快速精准上报故障信息，并基于故障门诊快速完成故障初判。

故障精准定界

覆盖水平故障场景和垂直故障场景，从故障现象出发，基于在线专家经验+知识图谱技术，综合时间和拓扑空间进行分析，推理出对应故障模式的诊断规则和流程。当网络问题匹配到预置的典型故障模式时，根据推理出的诊断规则和流程，自动完成故障的分析和定界。

故障无损恢复

当网络出现重大故障需要进行容灾倒换时，可基于网元信息模型、冲击流控模型、终端行为模型、组网模型和故障恢复模型的多维智能评估能力，仿真5GC各节点流量冲击情况，识别倒换路径冲击量及过载风险，绘制流控数据曲线、冲击流量曲线、回落用户曲线，输出多维仿真评估结果，指导流控参数设计，预测业务恢复周期。

容灾过程可视

观察者视图秒级呈现用户数、会话数等关键指标实时呈现容灾风险；操作者视图提供事件识别、容灾评估、容灾执行和容灾值守的全流程能力，预置倒换脚本、一键倒换、指标灵活配置，实现容灾全流程E2E可视。

3.2.3 IP自动驾驶网络

随着5GtoB业务的多样化发展和企业数字化转型和智能化的逐步深入，IP广域网络、数据中心网络、园区网络的面临的业务需求日益多样化和复杂化。IP自动驾网络集网络管理、控制、分析功能于一身，使能网络自动化、智能化和服务化，助力运营商实现网络云化及数字化运营转型，加速企业数字化创新。iMaster NCE作为IP自动驾驶网络的网络智能管理与控制系统已经在全球运营商网络和金融、政务、交通等行业规模商用，主要提供一下关键能力:

敏捷上市 网络能力在线调用，通过网络数字化、智能化使能用户生产业务敏捷上线

- **业务可编程** 支撑网络可编程，实现业务的快速上市
- **云化架构** 支持弹性可扩容，满足网络的弹性需求
- **随选接入** 多种接入方式、数据在用户与算力，算力与算力之间任意调度

极致体验 保障确定性体验，实现无拥塞，低时延，零丢包的网络

- **低时延** 智能调优Wi-Fi时延更短、NOF+时延短42%，应用智能选路路径最佳
- **确定性** 集中路径调度，网络时延精准可视，分片网络时延确定、带宽确定
- **可靠性** 架构、节点、链路保护，50ms故障恢复、Wi-Fi漫游不丢包

开发兼容

支撑多厂商的兼容管理和控制，具备丰富的生态对接能力

多厂商设备兼容

多厂商的异构管理，实现客户价值最大化

IOT生态兼容

丰富的终端管理，API接口开放，生态丰富，使能业务数字化

高效运维

智能化维护使能全生命周期自动化，实现网络规、建、维、优自动驾驶

智能规划

事前AI仿真，杜绝人为差错， Wi-Fi 3D规划低干扰

自动配置

即插即用，分支网络、多云互联即点即通

自助排障

租户业务SLA可视，自助随流诊断，园区用户全程故障可视

IP自动驾驶网络价值用例

广域网络场景

算路网元使能SRv6网络Ready，构筑实时网络数字地图

聚焦SR/SRv6协议控制，算路网元用BGP标准协议互通代替传统命令行/Neconf配置，降低50%以上网络集成复杂度。算路网元以网络全局视角，构建一张动态的网络数字地图，支持百万级隧道管控及亚秒级故障收敛，并提供基于成本、带宽、SLA等多种约束的多因子算路能力。从全局视角，实现单厂商或多厂商网络的资源全局最优调配。

AOC使能网络能力开放，网络集成效率提升3个“1”

AOC开放可编程实现南北向快速集，通过预知主流厂商驱动，实现一周出产品原型；通过乐高式编程降低开发难度，快速验证，实现一个月完成POC；通过业务包在线加载，NCE不需要升级，实现一季度完成交付。

智能分析使能网络自闭环，实现Congestion Free

iMaster NCE提供Congestion Free方案，针对网络不同需求的三个阶段，全面为运营商打造Congestion Free网络。针对基础网络的分析需求，提供看资源负载，流量流速的基础性能分析能力；针对业务级的分析需求，通过iFIT随流检测识别业务拥塞；针对有数据驱动运维需求的，告警incident可以通过大数据+算法识别拥塞根因，隐患风险。支持兼容新老设备，达到80%精准根因识别，20%辅助建议。

数据中心网络场景

随着各行各业数字化转型的不断全面深入，大量新业务上线、业务变更频繁，业务急速上线的诉求十分迫切，如某银行全年业务变更超过2000次，业务部门要求当日15：00前工单当日毕、15：00后次日毕。虽然SDN方案的成熟广泛商用解决了逻辑网络自动化布放的问题，但应用上线网络开通、变更过程仍存在大量手工衔接操作，变更频繁更是导致人为差错高发。据统计，近40%数据中心网络故障由人为差错导致。

意图驱动规划部署

iMaster NCE与客户业务结合，通过对客户业务和网络意图的理解和翻译，自动选择最佳网络部署方案，使能业务端到端自动化发，实现意图的全生命周期自动化闭环。

智能验证变更零差错

iMaster NCE的同时提供智能仿真能力，通过预先评估变更风险，彻底解决设计逻辑漏洞、配置误操作等人为问题，保障网络配置零差错。iMaster NCE以现网设备配置、拓扑和资源信息作为输入，通过网络建模和形式化验证算法，判断剩余网络资源是否足够，呈现详细的连通性互访关系，分析和评估变更对原有业务影响。

故障恢复1-3-5

在运维阶段，大量应用如移动支付、秒级抢购等要求秒级响应，这导致上层应用先于网络感知故障并投诉，网络承担巨大压力。网络故障被动感知，故障发生后主要依靠专家经验，逐段定界、逐流分析、抓包定位，效率十分低下。数据分析表明数据中心网络平均故障修复超过70分钟。iMaster NCE通过Telemetry技术实现对全网管理面、转发面和数据面的全场景数据采集，基于业务体验全面评估网络健康度，在故障发生前主动识别网络60多种关键隐患和风险，防患于未然；对于已发生故障，可1分钟识别90多种常见故障，基于知识图谱和华为独有AI算法进行故障聚合溯源，3分钟自动定位根因，基于智能决策系统，分析故障影响并推荐优选故障处理预案，实现典型故障5分钟快速恢复。

使能产业生态

华为自动驾驶网络能够无缝嵌入企业客户的运维系统，成为运维流程的一个关键环节，以最高效方式助力企业客户在数据中心全网实现自动化闭环。iMaster NCE进行升级，致力于在多云多厂商网络中实现无差别管控、灵活编排协同、仿真等高度自动化能力，并与客户IT管理系统对接继承形成自动化流程：通过开放可编程框架能力，制作和加载设备驱动包，南向高效对多厂商网络设备统一纳管。通过业务设计器，开放全量100+网络原子能力，全网业务流灵活编排。提供全网仿真能力，保障全网无差别精准部署。iMaster NCE开放全量网络数据服务，一键发布场景化API，快速与业务性能监控系统集成，实现业务与网络的一体化运维， 目前，iMaster NCE已和天旦BPC等多家业务性能分析系统合作，在业务报障场景，通过业务与网络端到端的路况分析，快速定界定位。

园区网络场景　最佳体验的生命周期自动化管理以及精准快的智能运维

随着企业数字化的快速发展，园区网络正在朝着无线化，云化，智能化的方向加速发展，新业务的不断涌现，指数型增长的网络规模、各数字化业务的频繁上线/调整/体验保障，对园区网络的管理和运维造成了巨大的挑战。iMaster NCE集园区网络的管理、控制、分析和AI智能功能于一体，实现了网络的全生命周期的自动化管理以及智能运维。

意图驱动规划部署

在网络的规划和部署阶段，iMaster NCE支持基于业务意图驱动的一站式网络规划、部署和策略自动化发放功能，加快上线速度。

1

SME场景化自动部署：在商业门店、酒店等中小园区网络规划部署场景，客户只需选择对应的行业场景和业务需求，网络拓扑自生成、设备自上线、业务自发放，实现门店网络部署时间从3天减少到0.5天。

2

智能验证变更零差错：在网络变更验证场景，NCE支持基于形式化验证方法的智能校验，提高验证速度，缩短验证时间，解决传统方案中变更10分钟，验证4小时，验证不充分被重复投诉的问题，将网络的验证时间降低到分钟级，实现网络的零差错变更。

3

智能识别秒级安全接入：在物联终端安全接入场景，NCE支持终端智能管理能力，基于传统的终端指纹库和创新性应用AI聚类识别能力，已知类型识别在98%，新型未知识别在95%，精准识别接入网络的终端设备，进而对接入的终端设备分配对应网络，以及仿冒识别，实现终端的秒级安全接入。

智能预防性维护

在运维阶段，iMaster NCE基于大数据分析和多种AI算法，实现85%网络故障的主动识别、分析和提前预测。

1

智能运维精准快：基于Telemetry实时采集网络数据，实现每用户每应用的体验可视，降低90%的用户投诉；而且通过AI引擎持续进行在线训练，结合华为30多年网络运维经验，不断丰富故障知识库，使传统平均需要4小时才能修复的网络故障得到分钟级的响应处理。

自动智能调优体验优

在日常网络调优中，iMaster NCE基于历史数据和强化学习等AI算法，实现网络的自动智能调优和终端的差异化漫游引导，整网性能提升58%，漫游成功率提升至90%以上。

3.2.4 全光自动驾驶网络

全光网以光纤为传输媒介，包含一网二业。其中“一网”为全光基础网，是电信网络的承载底座；“二业”为其直接承载的品质宽带及品质专线二类业务。全光自动驾驶网络是华为自动驾驶战略在全光网领域落地的场景化解决方案，其以iMaster NCE智能管控系统为核心，通过在网元、网络、业务三层引入AI，点亮纤缆“哑资源”、实现对全光网的高效运维；并面向家庭和行业客户提供零接触、零等待、零故障的品质家宽及品质专线业务体验，支撑运营商政企和家客业务的高品质发展。其中iMaster NCE-FAN及iMaster NCE-T分别为iMaster NCE智能管控系统在全光接入及全光传送领域落地的产品实体。

全光自动驾驶网络价值用例

全光基础网

作为承载底座，全光基础网的安全可靠及高效运维尤为重要。全光自动驾驶网络解决方案聚焦其资源管理、规划、维护、优化中的关键问题，通过在网元、网络层引入大数据及AI技术，实现光网数字化，全流程提升运维效率及保障全光网的可靠性。

点亮哑资源：光缆网为无源部件，是“哑资源”，难于精准管理。全光自动驾驶网络从两个方面去实现哑资源的感知：一是数字化接入ODN网络，通过在网元侧引入ODN预连接方案或光虹膜技术，在网络侧iMaster NCE-FAN上进行AI图像识别及自动分析、还原ODN拓扑，实现ODN资源准。二是自动感知波分网络的光纤同缆风险，基于光网元探针，分析光纤的各种数据变化，如瑞利散射效应、布里渊散射效应、拉曼散射效应、SOP光偏振变化等数据，有效识别工作、保护光纤同缆风险，以便提前进行业务整改，消除事故隐患。

波分业务在线规划：在过去的波分业务规划中，规划人员通常是参考资管数据及其手动维护的规划表单，人工逐段进行资源核查，查询空闲路由及进行离线业务规划设计，效率低下、周级TTM；而且由于规划参考的数据与工程部署态数据、现网数据分散部署，无法及时同步，造成较多规划出错及返工。iMaster NCE-T光网资源保障方案，通过在线精准规划，实现规划/部署/现网数据同源、光网资源E2E自动核查，资源零冲突、规划“零”返工，大幅缩短TTM时间。

光网健康保障：在维护阶段，光纤缓变类故障占光纤故障的30%以上，故障后被动处理，严重影响业务的稳定运行。iMaster NCE-T推出光网健康保障方案，基于设备侧的光网探针及秒级采集、边缘推理能力，自研光网亚健康预测算法进行大数据智能分析，实现光纤及OCh波道健康状态的可视、可预测、可定位，提前小时级/天级/周级/月级预测缓变类故障，化被动为主动运维，提前规避风险，减少业务中断隐患。

可用率保障：可用率是运营商最关注的业务指标，但当前普遍缺乏有效手段，业务可用率处于无监控、无风险识别、无优化建议的“三无”状态。iMaster NCE-T可用率保障方案，一方面对可用率进行评估分析、实时监控，越限自动预警；另一方面针对发现的可用率隐患，通过可用率优化功能自动给出优化建议及预估优化后可达的可用率，减少合同违约风险。

品质宽带

持续的新冠疫情加速推动家庭成为生产+生活一体化中心，在线办公、在线教育、在线娱乐、直播、VR视频等业务也在快速发展，人们对家庭宽带的业务体验产生了前所未有的依赖，推动家宽业务逐步迈入精细化的体验经营时代，这给运营商带来了诸多挑战：

首先

家宽问题中，50%以上的问题源自家庭网络内部，而传统的网管系统只能管理到ONT，家庭网络内部是个“运维黑盒”，缺乏有效的运维手段。

其次

缺乏家宽体验感知、度量及高效保障手段，90%的体验问题靠投诉，问题处理严重依赖上站或上门逐段排查，装维人员90%的时间花在现场定位分析上，效率低下。

此外

传统的家宽营销和用户获取方式主要是外呼、扫楼、发传单、装维随销，但因为缺乏家宽体验感知及潜客识别手段，投入大但成效偏低，给终端用户的感知也不好。

全光自动驾驶网络解决方案以iMaster NCE-FAN为核心，并把智能注入接入网。 在网元侧，将传统的OLT升级为智能OLT，实时感知时延、丢包、抖动等应用数据及进行边缘计算处理；在网络侧，基于iMaster NCE-FAN的大数据智能分析能力，识别及定位家宽体验问题，构建“感知准、定障准、闭环准”的数字化体验经营底座，助力运营商实现家宽业务提质增收。

感知准

一方面针对家庭网络“运维黑盒”的问题，iMaster NCE-FAN推出智能终端识别算法，自动识别ONT下挂终端（含第三方设备）的设备类型、设备承载能力及自动还原出家庭网络拓扑，从而实现对家庭网络的全面感知。另一方面，大幅提升对网络KPI数据的采集频度及采集范围，通过秒级数据采集、分钟级智能分析，自动识别出家庭网络的带宽承载能力、Wi-Fi覆盖/漫游能力、业务承载能力及网络瓶颈，并实现对在线游戏、在线教育、在线办公、OTT视频等应用类型的自动感知、与体验度量，识别体验质差问题。

定障准

针对家宽体验质差问题，iMaster NCE-FAN统一采集及汇聚家庭网络、PON光路、OLT上的KPI数据，并按照时间、空间维度，对应用KPI与网络KPI数据进行秒级关联分析，自动实现“家庭网络、PON光路、OLT、OLT以上”四段问题定界以及网络拥塞、百兆网线等30多种家宽体验问题的根因定位。

闭环准

iMaster NCE-FAN通过自动感知、分析和优化，实现非硬件类问题免上门修复；并把分析结论及改善建议赋能给装维APP， 支撑装维人员进行家宽问题的主动整改及跟踪闭环；通过对家宽“终端、组网、体验、瓶颈”的深入洞察分析，助力运营商识别家庭组网、千兆用户等潜在商机，提升营销成功率。而且，通过叠加ADO解决方案，融入运营商家宽业务运营流程，实现质差改善和潜客营销的闭环处理。

iMaster NCE-T基于对光网络的自动感知与智能分析，对时延、可用率、带宽等光专线业务SLA指标进行数字化度量；升级智能算路算法，实现从基于经验规则到客户意图的多因子协同算路，从单一结果到多策略方案的智能推荐，且算法在线自学习、自进化，为专线的业务开通找到最合适的路径；并通过时延地图、全场景业务E2E发放、带宽按需调整、专线SLA分析、以及ACTN标准API等价值特性，全面融入运营商的专线业务运营流程，帮助运营商在售前、售中、售后全流程环节提供差异化的优质服务，使能品质光专线业务的敏捷变现。

售前阶段

基于设备物理单板的实测，iMaster NCE-T提供微秒级、实时动态的网络级时延地图，将过去无法感知及准确度量的专线时延变成可感知、可精准度量，就像Googel Map地图导航一样，市场销售人员能通过时延地图来评估站点间时延、带宽是否满足租户需求，以便实现网络资源的快速匹配及专线业务差异化SLA的灵活销售。

售中阶段

iMaster NCE-T支持全场景的业务E2E发放（包括OTN端到端、Legacy + OTN、MSTP + OTN、P2MP OTN+PON）、CPE即插即用及通过ACTN 标准APIs全面开放网络服务能力、简化与上层OSS/BSS系统的集成，快速融入运营商的专线业务生产流程，实现专线业务的自动化开通及自服务水平的提升。

售后阶段

iMaster NCE-T实时监控专线业务SLA，越限自动预警，提前消除潜在违约风险；并提供光网健康保障方案，主动去分析每条光纤和波道的健康状况，提前预测故障发生的风险并主动预警，从而提前规避网络风险和业务中断，化被动为主动，保障光专线业务的高品质。

3.2.5 数智化运营运维方案

实践是数智化转型的根本之道。一方面是华为公司自身数字化转型实践，比如iSales数字化销售、三朵云数字化营销、ISDP数字化交付等，华为公司整体运营更智能、更高效；另一方面，华为帮助全球100多个运营商进行数智化转型实践，在规划、建设、运维、优化、营销等多个层面提供专业服务。

华为服务助力运营商打造体系化、场景化的数字化转型之旅：可预测的智能运维，数据驱动的极致体验，以及融合注智使能商业敏捷，持续释放数字资产价值。

- **智能运维：**AUTIN实现故障可预测、自动定界、自动诊断到知识回收的超自动化与智能化，使能运维效率和质量提升；
- **极致体验：**SmartCare以业界领先的O+B域融合数据引擎为基础，实现场景化应用体验提升；
- **商业敏捷：**ADO华为固网业务敏捷数字化运营方案，实现品质家宽业务的质量和商业提升。

AUTIN智能运维

随着运营商纷纷推出商用5G网络，新业务的快速响应、多制式共存的网络环境、虚拟化和云化新技术的引入、井喷式增长的连接数量，都对网络运维带来前所未有的压力与挑战。受疫情的持续影响，运营商也加速了运维数智化转型的进程，虽然不同的运营商采用不同的路径和解决方案，大多取得了显著的成效。

面向运营商运维场景的提质、增效、加速人才转型三个关键诉求，智能运维AUTIN以持续迭代的自动化和数智引擎，基于数据和知识资产的下一代可编排的数智化平台，注智运维的每一个环节，并不断开放平台和能力，使能运维提质高效，助力运营商加速迈向“零”业务中断感知、“零”触点NOC、“零”代码开发的运维数智化转型，并帮助运营商从流程、平台、组织与人才的协同演进。

面向提质：例如在5GC场景下，重大故障影响范围数十万用户，而定界定位时间也长达数小时。智能运维AUTIN，通过引入TM Forum面向业务影响的事件管理模式，改变了从面向网络故障运维向面向业务影响的智能事件管理，结合150+领域智能模型，300+知识图谱，可帮助运维人员实现从被动人工处理到风险智提前预测，从小时级人工故障诊断到分钟级机器自动诊断，故障恢复快到网络故障用户无感。同时，在浙江/江苏移动等项目中，我们实现重大故障MTTR缩短85%显著成效，并助力浙江移动在移动集团自智网络全国总排名第一。随着大规模的应用以及数智化技术的自我演进，不断逼近面向最终用户界面的“零”业务中断感知。

面向增效：传统NOC运维作业从FO的监控、分析，到BO的诊断和远程修复等运维作业，90%以上为人工，并且70%以上为日常重复作业，效率低下且验证依赖专家经验。智能运维AUTIN，通过持续迭代的1000+领域自动化规则，使能FO监维一体自动化，BO诊断智能辅助，以及FME作业通过手机数字化辅助自助闭环，可实现故障自动诊断率大幅提升，以及部分确定性故障可实现自动闭环，整体运维自动化水平从L1提升至L3。面向运营商内部，极大地提升了运维人员的运维效率，加速迈向“零”触点NOC。

面向运维人才转型：随着运维作业逐步自动化，以及多元化业务敏捷开发保障能力，传统的运维人才向AIOps数字化人才转型已势在必行。智能运维AUTIN，通过开放200+原子能力、1000+场景化API等丰富的运维知识资产，提供可编排的低代码运维应用开发平台，降低运维人才转型技术门槛以及编程门槛，提供体系化的人才转型伴飞和认证服务，可实现运维应用敏捷开发，开发周期从月降到周，使能运维人员一周上手，加速运维人才转型，迈向“零”代码运维应用开发新时代。

数字化运维转型不是一蹴而就的，只有开始没有结束。通过行业组织、运营商、合作伙伴的通力合作，以及华为在全球170多个运维数智化转型项目实践，华为总结了构建下一代数智化运维平台的六大关键能力：

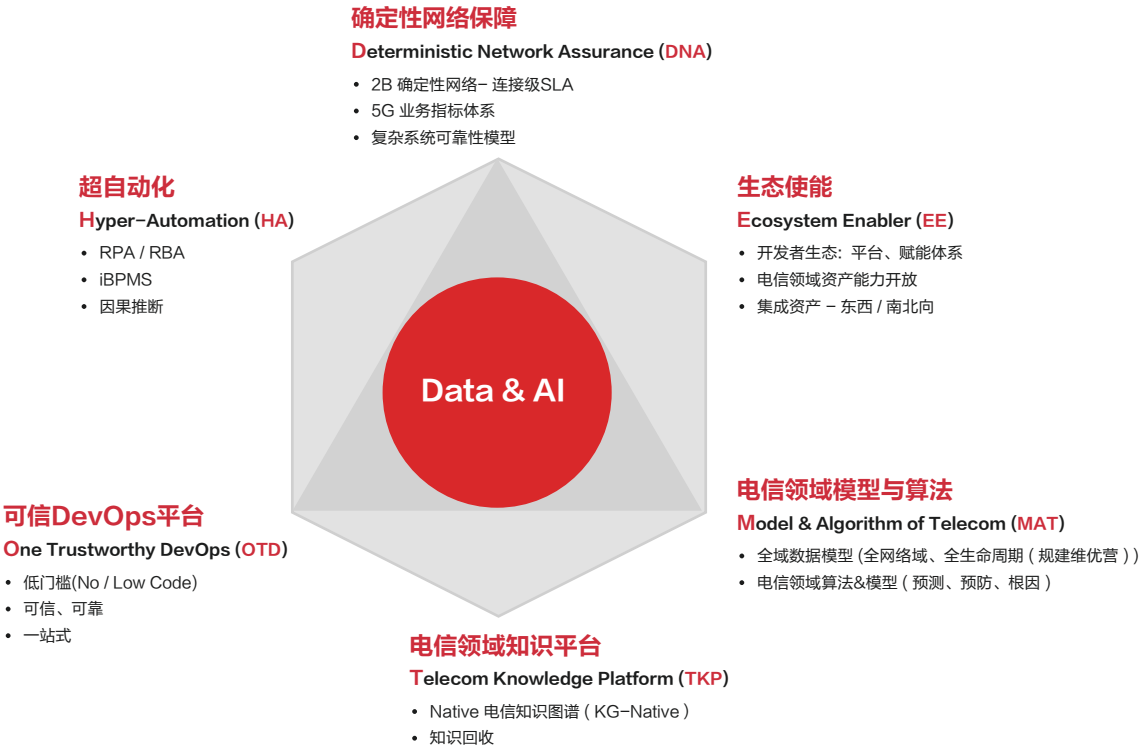


图3–3　下一代数智化运维平台的六大关键能力

SmartCare极致体验

数字业务的发展对业务体验的要求越来越差异化，有的要求高带宽，有的要求低时延，而另一些场景要求广连接。此时的业务体验管理不再是像以前通过简单而相对固定的业务及网络指标监控而保障。这需要根据不同的业务场景及具体的业务要求进行业务建模，实现业务质量的监控与极致体验的保障。

SmartCare体验管理以为用户提供极致体验为目标，驱动网络管理，是实现网络自动驾驶的关键。根据TMF自动驾驶网络目标架构，SmartCare体验管理是联系商业自动化（Business Automation）和网络自动化（Network Automation）的纽带。通过SmartCare，一方面，运营商能够监控跨多个网络域的端到端服务质量。使用实时分析和智能洞察，运营商可以看到哪些领域需要优化，以及在业务质量下降时，在哪里优先考虑资源。CEM能够提供高粒度的根因分析和故障排除数据，并具有到网络或用户级别的深入分析功能。通过体验管理驱动网络资源优化，故障预判及排除，向下实现了网络自动化（Network Automation）。另一方面，SmartCare对用户业务体验的实时洞察分析能力，帮助运营商结合商业数据，更好地实现市场决策，向上实现商业自动化（Business Automation）。通过从网络到商业的联动，SmartCare帮助运营商进一步提升网络自动驾驶的水平。

SmartCare DataCube融合数据平台

SmartCare DataCube融合数据平台提供了强大的数据集成，治理和分析能力 。融合数据平台支持从单域到跨域的数据分析，不但集成了丰富的探针业务数据，无线覆盖数据（MR/CHR），网络管理数据（FM/PM），还能够快速集成市场数据（CRM，billing）以及第三方Social，例如众测数据等。平台提供了端到端高效的数据建模和低代码化数据编排工具，支撑数据探索和分析，并通过API等多种形式实现数据的高质量和高效率开放，从而实现对多场景应用对数据分析和精准决策的需求，支撑场景化应用敏捷开发和快速上线。

智能预测模型

强大的数据分析处理能力离不开智能分析模型的支撑。SmartCare平台内置了100多个通用智能算法算子，以及30多个场景化专用的智能模型，包括流量预测，智能业务体验分析，业务识别等。

专家知识模型

SmartCare还沉淀了涉及业务体验管理及优化领域的13类，200+的领域专家知识模型。利用这些专家知识库，可以帮助系统通过数据分析实现快速的问题定界定位，并给出相应的维护，优化和扩容的建议，实现体验管理的端到端管理的闭环。

丰富多样的场景应用

SmartCare平台的这些能力通过API能力开发，可以灵活地实现对运营商数智化网络运营的支撑，实现场景应用的敏捷开发和快速上线。这包括：多业务（VoLTE, OTT, Video, Cloud VR等）的极致体验管理与保障Smart Experience; 面向网络自动化（Network Automation）的Smart Planning和Smart Optimization；以及面向商业自动化（Business Automation）的Smart Decision。

在运营商网络自动驾驶能力的演进过程中，SmartCare极致体验方案帮助运营商实现分析（Analysis）和决策（Decision）从人工（Personnel）到系统（Systems）的转变，是实现网络自动驾驶从L3（有条件自动驾驶网络）到L4（高度自动驾驶网络）演进的关键。

同时，SmartCare极致体验方案积累了十年以上服务全球180+运营商网络经验，并通过包括使能，伴飞以及顾问等多种不同形式的服务，帮助运营商实现网络运营运维的数智化转型，提升网络自动驾驶的层级。

商业使能

ADO 固网业务敏捷数字化运营解决方案（Agile Digital Operations），提供支撑运营商家宽业务从规划、建设、营销到品质提升全流程运营的解决方案。

家宽业务具有极强的属地化特点，市场竞争进入白热化，逐步演化成为最后一公里的用户争夺战，网格化/精细化运营成为赢得这场“班长的战争”的必由之路，而ADO围绕客户固网业务规划，建设，营销，运维和优化的业务流程，提供小、中、大屏，切入运营商网格运营生产流程，面向业务规划、网格运营和管理、品质提升等业务场景，用数字化和智能化手段赋能客户家宽业务数字化作业，协同化管理和智能化决策。从而构建支撑各业务单元高效作业，精细化管理和科学决策的数字化能力，帮助客户实现精准投资、运营提效和业务增收。

图3-4 ADO解决方案架构

未来ADO将持续在提效、提质和转型方面创造价值，支撑ADN自动驾驶网络向L3迈进，最终实现全面自动驾驶：

提效-作业支撑

在日常网络调优中，iMaster NCE基于历史数据和强化学习等AI算法，实现网络的自动智能调优和终端的差异化漫游引导，整网性能提升58%，漫游成功率提升至90%以上。

提质-管理支撑

面向市场发展管理团队提供多维画像，策略模型，流程化管控，资源调度的能力，为运营商构建洞察-策略-执行-复盘的一体化市场运营体系支撑，提升运营质量；

转型-决策支撑

基于倒三角的数据支撑能力，在线的管理考核、指标优化能力，实现可视化决策，差异化管理。

自动驾驶网络给数字化运营指明了方向，当前得到快速发展。依托华为ADO敏捷数字化整体解决方案，让数据深度参与运营流程，加快行业数字化转型步伐，从而实现数据价值成功变现。多年以来，华为ADO始终秉持以客户需求为先，以帮助客户实现商业成功为目标，我们将继续不断调整和提升自身产品能力和服务水平，成为运营商完成数字化转型、实现价值运营不可或缺的中坚力量。

3.2.6 网络人工智能引擎

自动驾驶网络具备自治域AI能力（NAIE）。iMaster NAIE作为ADN智能化中枢，是部署在运营商侧的关键ADN组件，持续为ADN注入强大的AI竞争力。它归属于运营商，和管控单元一起部署在自治域内，可提供现场训练和推理能力。在自治域内NAIE和管控单元性形成协同关系。NAIE具备轻量化二次开发、重训练、AI资产管理、网络知识库等多种功能，与集成在单域管控单元（MAE、NCE）的AI推理和知识库等功能进行相互协同。NAIE拥有强大的算力和丰富的特征样本，具备全局视野，既是管控单元持续进行AI训练开发态的敏捷工具，又是网络的“知识中心”和“图书馆”。同时NAIE提供模型的发布和共享能力，减少重复开发，便于构建AI生态，有利于复制推广。管控单元内置AI及网元内置AI聚焦网络数据的实时采集和过滤，并实现AI能力在本地实时推理闭环。

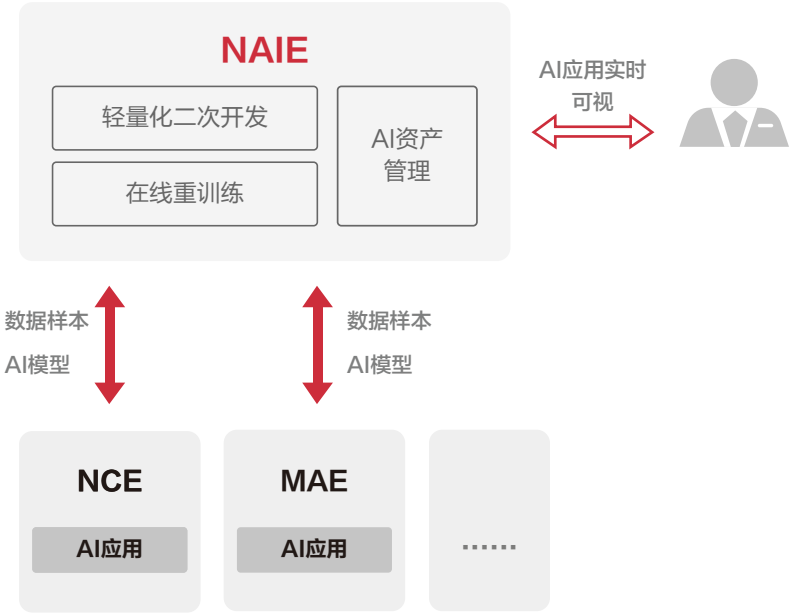


图3-5 NAIE为自治域注入AI能力

NAIE借助AI技术解决电信网络重复性、复杂性和预测类难题，提升运营商运维效率

AI是提升电信网络自动化和智能化的关键技术，NAIE借助AI技术可以解决电信网络运维中存在的重复性、复杂性和预测类难题。NAIE从运营商运维效率提升明显的用例入手，不断扩充用例范围，通过数据采集、算法改进、知识积累、部署模式探索等方式，逐步将AI应用到运营商全网。当前，NAIE在运营商网络的智能化典型应用可以总结为“三个倍增”，即运维效率倍增、能源效率倍增和资源效率倍增。

	场景	问题	AI技术	效果
预测类	基站节能	需基于每个基站话务量预测值，在不影响KPI前提下设置载波关断个性化参数，依靠人工无法完成海量基站的话务预测	LSTM神经网络	基站能耗降低10%-15%
重复类	故障识别及根因定位	如一个基站传输设备断电，就会形成动力、传输、基站等11张工单，人工处理大量重复工单效率低下，根因定位平均2小时以上	频繁项挖掘、聚类、知识图谱	故障根因定位准确率90%以上 单域根因识别5分钟，跨域根因识别10分钟
复杂类	Massive MIMO Pattern优化	5G天线的水平波束、垂直波速、天线下倾角、天线方位角构成上万种组合，人工需要数周时间找到较优参数组合	强化学习、深度学习	天级从万种参数组合找到最优

表3-1　网络AI典型应用场景

协同管控单元，使能AI在电信网络快速规模部署应用

NAIE应用贯穿电信全生命周期，作为ADN人工智能引擎，不单单仅是从AI技术角度来考虑问题，最重要的是，NAIE是专门是解决AI在电信网络中怎么用的问题。它将AI能力工程化，从实验室走向现网，支持灵活部署，高质量保障可信，真正让电信运营商放心的将其融入生产流程中。在电信领域，NAIE拥有四大独特价值：

价值一 本地轻量二次开发

AI在电信领域，会经常遇见模型泛化难、数据不出局、模型开发周期长、场景扩展困难等一系列问题。因而，若是AI基础模型要在站点部署商用，毋容置疑都将面临需要进行二次开发。相对于基础模型开发，需要同时熟悉业务和AI算法，二次开发只需要熟悉本地业务即可，输入本地业务的信息，转换为模型的参数调整，然后基于本地数据完成模型的训练，即得到本地的个性化模型包，让AI模型在电信领域中实现高效泛化。以DC PUE优化为例，二次开发能力将AI模型的本地适配从原来的四周减少到2天。

价值二 本地化云地协同

AI在电信领域中应用还有一个明显的问题——概念漂移，即AI模型精度随时间劣化。比如在数字能源和无线领域，因为其内置在管控单元的AI推理模块资源和样本内受限，无法对模型进行有效的重训练。而NAIE，作为为管控单元注智的关键组件，和管控单元高效协作，我们称之为本地化云地协同，可保持模型的更新，避免模型精度劣化。协作过程如下：NAIE会汇集本域的数据样本，通过数据服务处理，形成有效的标注样本；内置在管控单元的AI推理模块在执行过程中，通过评估监控模块对模型进行监控和评估；如果发现模型发生劣化等精度下降问题，将由AI推理执行功能向NAIE发起重训练请求。NAIE接收重训练请求，进行重训练过程中，可以基于业务或网络变化完成参数的调整，得到的新模型下发给管控单元。内置在管控单元的AI推理模块收到新的模型包后，会进行择优评估升级，至此，实现了模型精度更新。以基站节能为例，无更新时AI模型精度2个月下降10 %，通过模型重训练有效避免。

价值三 AI资产管理和可解释性

AI是一门基础技术，业界电信领域缺少对AI资产管理的界面，使得AI的价值无法被看见。另外，AI在运行中缺少可解释性，比如在执行推理时，推理失败时的原因分析，以及训练时数据特征贡献度的量化问题，都极大的运营商网维人员以及AI开发者对电信AI的进一步认知。

NAIE提供AI资产管理功能。AI资产包括：模型、数据集、SDK、知识库、RPA机器人、AIOps、Apps、Notebooks等类型，通过AI资产复用可以大幅提升AI在本地的应用效率。AI资产管理还支持AI资产的可视化，通过对AI资产的管理，呈现资产的调用及结果、状态等，一方面实现AI资产系统化管理的同时，增加AI资产应用价值的可衡量化。

NAIE提供AI可解释功能。通过数据特征的贡献度量化，实现AI模型可解释性，增强业务人员对AI应用过程感知。

4. 自动驾驶网络产业发展建议

实现自动驾驶网络的大规模应用，不仅需要设备厂商提供智能网络产品和解决方案，也需要OSS厂商和集成商提供智慧的运营平台，更需要运营商实际部署的商业价值牵引，还需要AI、算力等技术的产学研机构全球广泛合作。为此，华为倡议全行业伙伴加强三个协同、加快三个转化。

1

是通过顶层设计和统筹管理，加强各个专业领域标准之间的协同，建立标准共建互认机制、专业自主与行业监管同步进行，加快产业标准向商业和技术实现方案的转化；

2

通过商业价值和业务诉求的牵引，加强“网元-网络管控析-综合网管OSS”之间的跨层协同，构建标准化的大颗粒意图接口，加快能力提升向运营运维成效和商业价值提升的转化；

3

是通过应用场景和商业模式创新，加强运营商和厂商以及厂商之间的协同，构建可持续发展的产业生态，加快重点业务和重点网络在2025年向L4级自动驾驶网络转化。

华为愿与产业伙伴携手共进，持续加大基础理论和技术研究的投入，发挥自身在ICT领域的技术优势积极贡献标准、技术和商业创新，与产业伙伴共推网络高质量发展，打造品质、智能、绿色的新型通信信息服务！