基于大模型与知识图谱的通信云网故障排查智能体

Agents for Fault Diagnosis of Communication Cloud-Network Based on Large Models and Knowledge Graphs

林建森，吕　丁，廖思忆（中国联通上海分公司，上海 200082）
Lin Jiansen，Lü Ding，Liao Siyi（China Unicom Shanghai Branch，Shanghai 200082，China）

摘　要：
深入分析了当前通信云网告警泛滥、设备多样、管理跨域等运维痛点，提出了一种基于大模型和知识图谱协同的智能排障方法，旨在通过构建多模态运维知识库、实现图增强检索生成的知识融合、打造端到端故障智能闭环、实现日志异常分析和未知故障推理，显著提升故障诊断效率、缩短故障恢复时间，并最终实现通信云网的自愈能力。研究结果表明，该智能排障体系能够有效降低跨域故障定位难度，实现自动化根因分析和故障处理。

关键词：
通信网络；大模型；知识图谱；故障诊断
doi：10.12045/j.issn.1007-3043.2026.10.011
文章编号：1007-3043（2026）10-0065-05
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：
The current operational pain points of communication cloud-networks are deeply analyzed，such as redundant alarms，diverse devices，and cross-domain management. An intelligent fault diagnosis method based on the integration of a large model and knowledge graph is proposed. This method aims to significantly improve fault diagnosis efficiency，shorten fault recovery time，and ultimately achieve self-healing capabilities for communication cloud-networks by constructing a multi-modal operational knowledge base，achieving knowledge fusion through graph-enhanced retrieval，creating an end-to-end intelligent fault closed-loop management，and realizing log anomaly analysis and unknown fault reasoning. The results show that this intelligent fault diagnosis framework can effectively reduce the difficulty of cross-domain fault localization and achieve automated root cause analysis and fault handling.

Keywords：
Communication network；Large model；Knowledge graph；Fault diagnosis

引用格式：林建森，吕丁，廖思忆. 基于大模型与知识图谱的通信云网故障排查智能体[J]. 邮电设计技术，2026（10）：65-69.

0 引言

当前，全球数字经济蓬勃发展，通信网络作为数字基础设施的核心，其重要性日益凸显。5G、云计算、边缘计算等新技术的深度融合，推动了通信网络的架构向云化、虚拟化、服务化演进。尤其是在网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN）的推动下，传统硬件设备被软件功能取代，部署在虚拟化基础设施之上，极大地提升了网络的灵活性和资源利用率。然而，这些技术也给网络运维带来了前所未有的复杂性。

传统通信网络运维主要依赖人工经验和静态规则，在面对海量设备、复杂拓扑和频繁变化的业务需求时，显得力不从心。特别是在云网融合的环境下，故障往往表现出多层级、跨域、多厂商设备的复杂交织特征，导致告警数量庞大且关联性差，故障诊断耗时耗力[1-2]。例如，一个简单的业务中断可能涉及物理层、虚拟化层、网络层、应用层等多个环节，并横跨不同厂商的设备。这种复杂性不仅降低了故障恢复效率，也会严重影响用户体验和业务连续性。

为了应对这些挑战，业界普遍认识到引入人工智能技术是实现网络智能化运维的关键[3]。近年来迅猛

收稿日期：2026-08-18

发展的AI技术，如大模型和知识图谱，为解决通信云网的复杂故障诊断问题提供了新的思路和强大的工具。大模型凭借其强大的语言理解和生成能力，能够处理非结构化数据，理解运维工单、日志等自然语言信息[4]；知识图谱则能够将离散的运维知识进行结构化表示，揭示实体之间的复杂关系，从而辅助大模型进行更准确的推理和决策[5]。

本文旨在深入探讨通信云网故障运维的现状与痛点，提出一套基于大模型与知识图谱协同的故障排查智能体。方案不仅关注技术层面的创新，更强调将AI能力与业务流程深度融合，实现从故障发现到根因分析、再到故障恢复的端到端自动化与智能化，最终构建一个“智简运维”的新范式。

1 通信云网故障运维的痛点分析

在当前复杂的通信云网环境中，故障运维面临诸多挑战，这些挑战主要体现在以下几个方面。

1.1 核心网故障的多层级与跨域交织性

现代通信网络的核心网架构日益复杂，融合了物理层、虚拟化层、网络层以及业务应用层。当故障发生时，其影响可能从底层物理设备向上蔓延，或从上层业务逻辑向下传导，呈现出多层级、跨域、多厂商设备交织的特点。同时由于缺乏统一的视图和管理界面，运维人员难以快速定位故障的层级和具体影响范围。

1.2 告警泛滥与关联性差

随着网络规模的扩大和设备种类的增多，告警系统每天产生海量的告警信息。这些告警往往缺乏有效的关联性，既有重复告警、也有误报、甚至有大量非关键告警。运维人员面临着“告警泛滥”的困扰，难以从海量告警中识别出真正的故障根源。

1.3 设备多样性与诊断穿透困难

通信网络涉及众多厂商的设备，包括华为、中兴、爱立信、诺基亚、英特尔等，且各厂商设备型号和版本更新频繁。不同设备的管理接口、数据格式、故障码定义等方面存在差异，这使得运维人员在进行跨设备诊断时面临巨大的穿透性障碍。此外，网络拓扑结构的复杂性进一步增加了故障诊断的难度，使得故障排查无法简单地通过单一设备的日志或指标进行。

1.4 跨域管理与协调困难

核心网和云资源分属不同的管理域，各自拥有独立的管理系统和编排系统。核心网通常采用传统的网管系统（WebPortal、本地维护终端等），而云资源则是基于OpenStack、NFV MANO、SDN等。这种“烟囱式”的管理模式导致不同域之间的数据不互通、信息不对称，运维人员在进行跨域故障诊断时，需要频繁地在不同系统之间切换，人工协调耗时耗力，严重影响了故障处理效率。缺乏一个统一的跨域协同平台，使得端到端的服务保障变得复杂。

1.5 运维操作的经验依赖与知识碎片化

当前的故障处理很大程度上依赖运维专家个人经验。当专家经验不足或知识无法有效传承时，故障处理效率就会大打折扣。此外，运维知识通常以文档、手册等形式分散存储，缺乏结构化，难以被机器理解。当发生新类型故障时，运维人员需要耗费大量时间搜索、阅读和分析，才能找到相关信息，这极大地延长了故障恢复时间。

综上所述，通信云网故障运维的痛点集中体现在多层级、跨域、多厂商、告警泛滥以及知识碎片化等方面。这些挑战共同组成了高效、智能运维所面临的巨大障碍，所以迫切需要引入智能化、数字化的技术和方法提升运维效率。

2 基于大模型与知识图谱的故障排查智能体

为解决上述痛点，本文提出一套基于大模型与知识图谱协同的故障排查智能体，旨在通过整合AI能力，实现故障的自动化发现、分析、诊断和恢复。该智能体的核心思路是利用大模型强大的语言理解和推理能力，结合知识图谱的结构化知识表示，构建一个数智化的运维大脑。

2.1 总体架构

该故障排查智能体的整体架构如图1所示，通过语音或文本输入运维相关的需求，大模型主动理解运维意图，构建思维链，自动规划分解任务目标，协同调度工具集执行，实现面向运维场景的全流程贯穿、全闭环执行。

2.2 基于Graph-RAG的运维问答

如图2所示，基于Graph-RAG的运维问答框架以运维管理人员、故障处理人员等用户输入的自然语言问题为起点，利用大语言模型理解意图，并将问题解析成具体任务。通过Graph-RAG技术，系统结合知识库与知识图谱，精准调取相关信息。根据任务类型，大语言模型可调用图谱数据或执行具体能力，形成基于云端的自动问答与响应。能力集包括数据检索、异

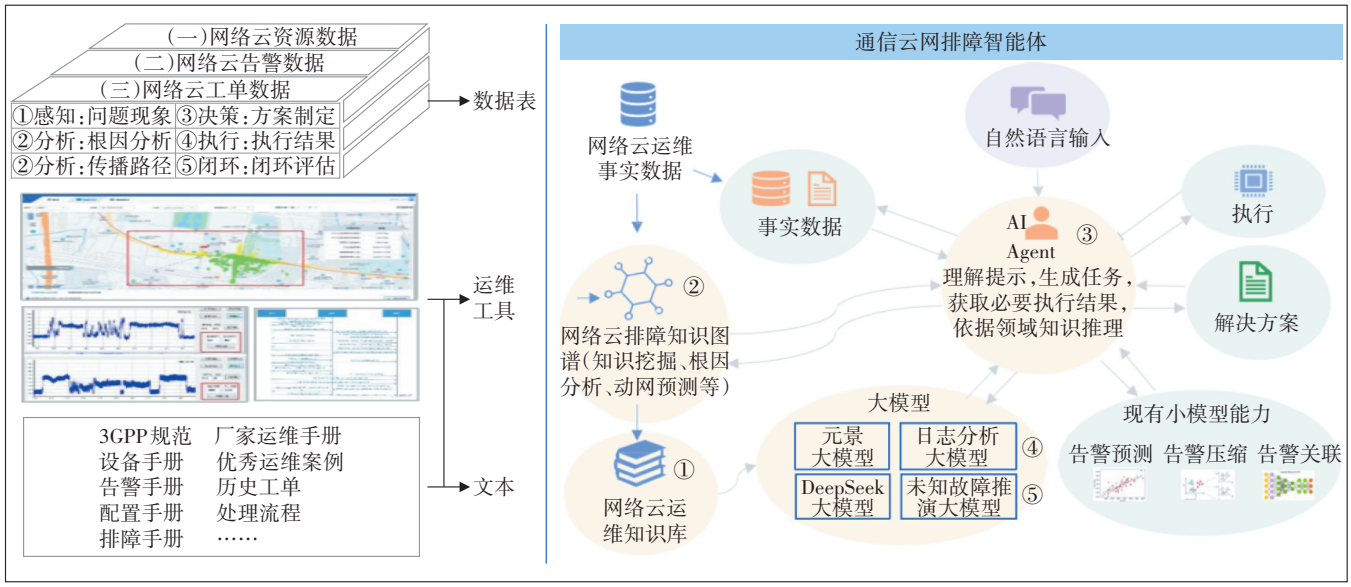


图1　故障排查智能体整体架构

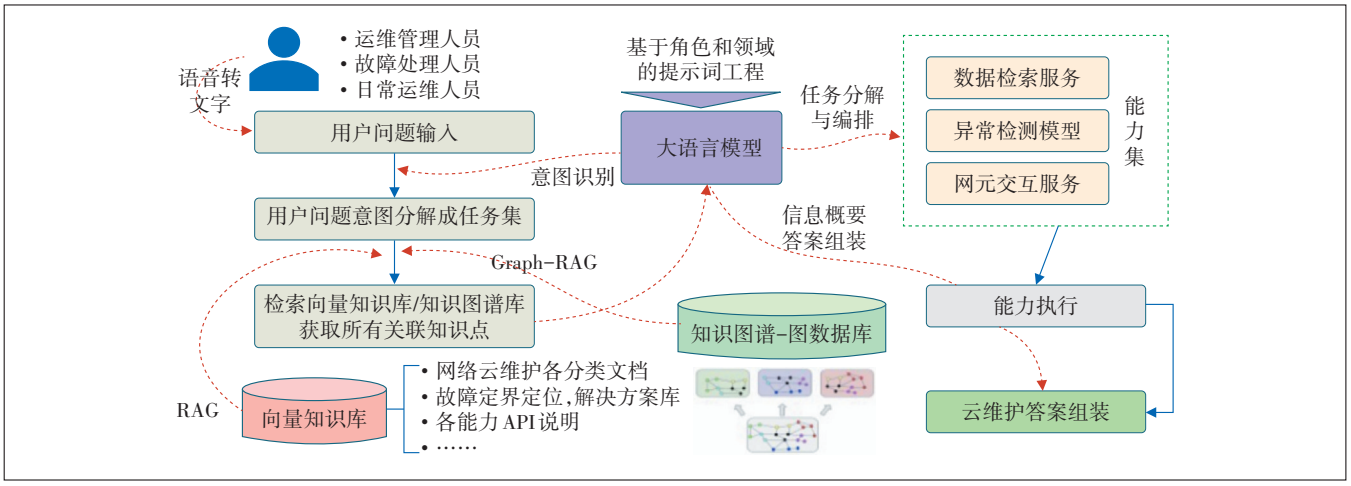


图2　基于Graph-RAG的运维问答框架

常检测、网元交互等服务，确保系统能智能执行任务并返回结果，实现高效、智能的运维辅助。

故障处理人员可以通过对话式服务，根据故障告警的描述和网元信息，快速获取具体的故障原因、推荐建议以及处理方案，大幅提升故障的解决效率。

运维管理人员、日常维护人员可以通过对话式服务，快速获取网元或设备故障或更换时可能出现的告警，便于快速制定应对预案，甚至可以直接获得已知的预案，大大提升工作效率。

2.3 工具调用接口

在故障排查智能体的整体架构中，工具调用接口是实现任务自动化执行的关键枢纽。该智能体通过统一的API接口与各类运维工具建立连接，使得大模型在理解运维意图并完成任务规划后，能够自动调度相应工具，完成任务的下发与执行。这种接口机制不仅确保了工具的高效调用，也为任务的全流程闭环提供了技术保障。

系统中集成了两大类工具集，分别是“监控排障工具集”和“内生通信模型工具集”。其中监控排障工具集涵盖了工单协同平台、告警订阅平台、脚本执行平台、图谱检索平台等功能模块。这些工具均通过标准API开放给智能体，智能体可以根据任务需要灵活调用，例如执行网元操作、查询图谱知识、订阅故障告警等，进而实现自动化的排障操作。

内生通信模型工具集主要集成了操作管理控制（Operation Management & Control，OMC）、管理数据分析功能（Management Data Analytics Function，MDAF）等平台，支持包括质量监控、信令异常分析、设备状态

评估等能力。通过API接口，智能体可以与这些平台进行交互，完成信令链路追踪、网络性能分析等高级任务。这类工具在故障诊断与性能优化过程中扮演着重要角色，显著提升了运维响应的智能化水平。

如图3所示，工具调用的过程并非简单的线性执行，而是由智能体在任务执行引擎中根据上下文自动进行编排与调度。大模型通过与知识图谱的协同推理，判断工具的调用顺序、依赖关系及执行条件，实现多任务并发或有序串行。同时，工具调用后的反馈结果也将输入到智能体中进行判断与进一步处理，确保

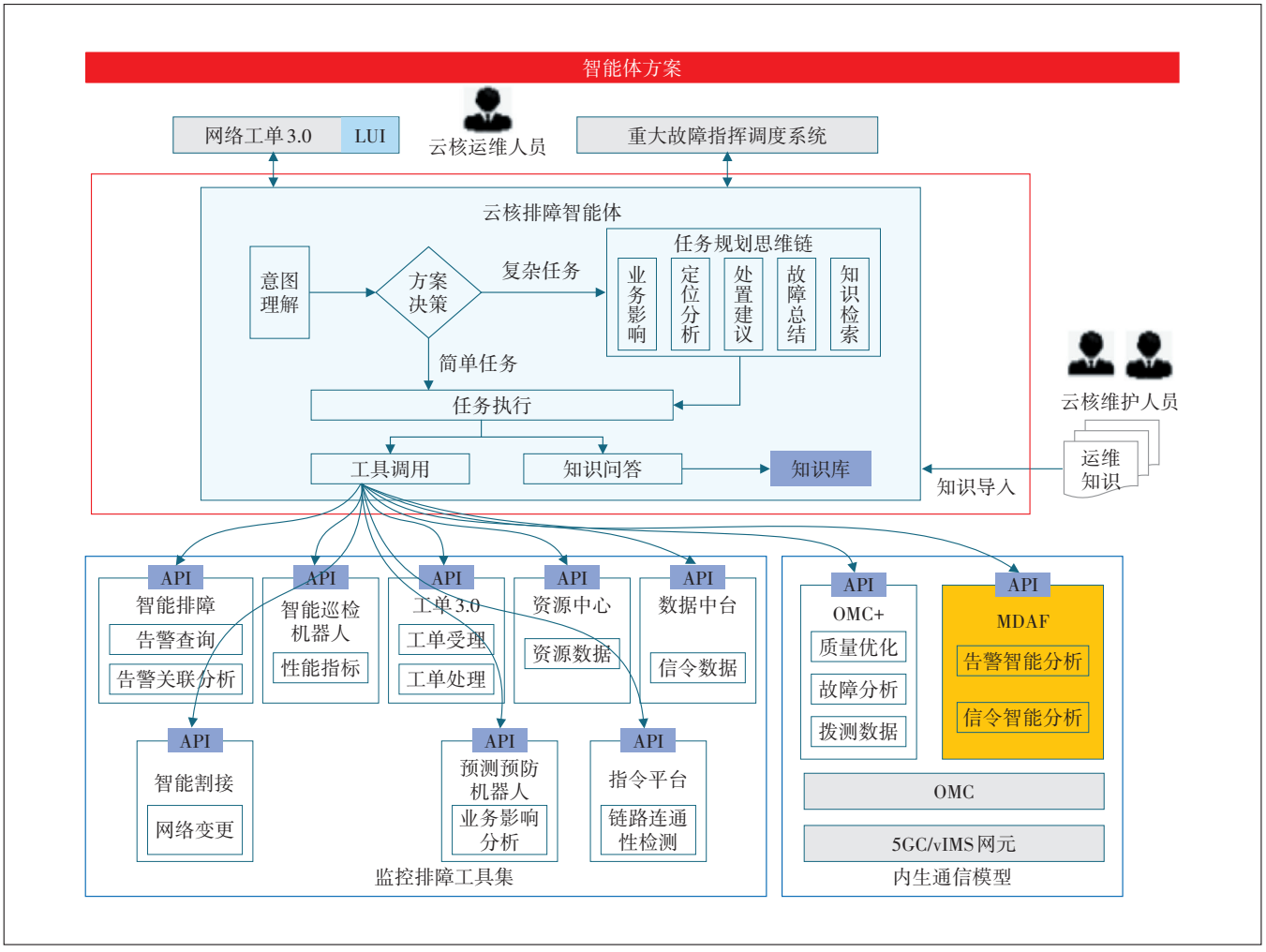


图3　工具调用接口

任务处理具备闭环能力。

3　系统验证结果

通过构建基于AI智能体的跨层网络精准诊断和修复系统，有效提升了云核心网的故障处理效率，通过智能体的一体式贯通，完成各个流程的接口处理，共计59个接口。通过链式调用单元结构，进行精准分层过滤，逐级钻取，解决知识库幻觉与不准的问题，实现告警信息关键字段精准查询。在实现告警关联的同时快速剔除干扰告警，无效告警剔除率提升90%以上，实现告警的快速定界与根因定位。如表1所示，故障排查智能体共构建了129个智能问答对，有效提升问答的准确率。

在故障根因分析方面，通过AI智能体关联业务逻

表1　智能问答对

智能体	问题对
云核跨层排障智能体	82个问答对，涉及工单受理、工单处理、故障分析诊断、知识问答，其中13个问答对能力已具备
物联网投诉处理智能体	47个问答对，涉及APN诊断、用户诊断、知识问答

辑与历史数据，构建故障根因分析模型，为解决方案制定提供可靠依据。基于大模型思维链规划能力完成告警的诊断分析，并通过大模型调用工具完成告警查询、KPI查询、操作查询日志、MML命令执行等功能，最终通过问答的方式呈现结果，提升根因定位的效率与准确率。经过故障的根因定位后，智能体能推荐修复方案，结合大模型生成的优化建议与人工经验库，形成标准化故障处置流程，实现问题解决、效果验证、经验沉淀的全闭环管理。

如图4所示，当前云核心网故障诊断平均耗时约90 min。引入通信云网故障排查智能体后，能显著缩短诊断时长到10 min。

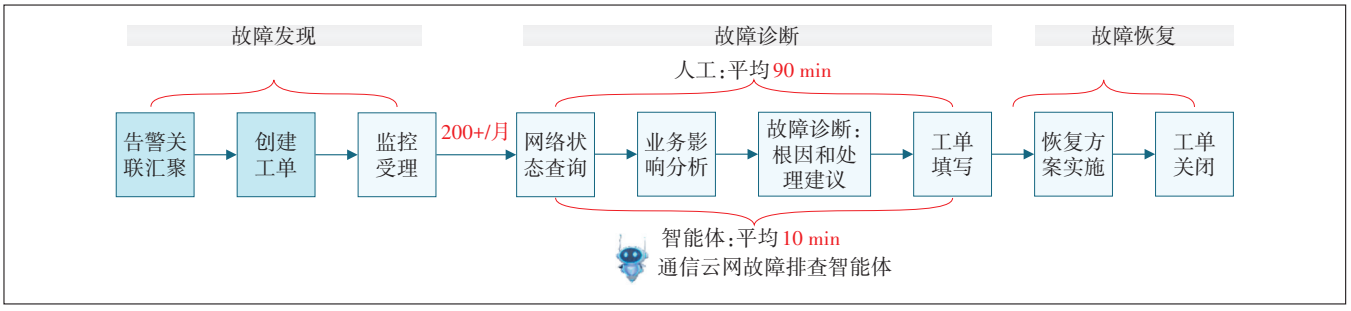


图4　通信云网故障排查智能体的处理流程和效率

如图5所示，基于某局点某月工单数据分析，共产生核心网网元工单62张，其中工具能力覆盖55张，工单覆盖率89%。OSS是电信网络的“运营管理大脑”，监控和管理SMF、UDM、UPF等所有网元。SMF是云核心网的“会话指挥官”，负责管理数据连接。UDM是云核心网的“数据库”，存储所有用户信息。UPF是云核心网的“数据转发引擎”，负责实际的数据包处理。AMF是云核心网中负责终端接入和移动性管理的关键控制面网元，是终端接入网络的“第一道关口”和“移动管家”。PCF是云核心网中负责策略控制的关键控制面网元，是网络策略的“制定和分发中心”。

4　总结与展望

本文从云核心网跨层故障的诊断与修复出发，通过构建AI智能体的方式贯通了云核心网故障在派单、受理、故障定界、根因定位、业务验证、测试、报告一系列的业务流，提升了生产效率。基于大语言模型，该方案可通过自然语言的方式快速完成信令分析以降低技能门槛；同时结合关联告警，并运用思维链的方式快速进行跨层故障的根因定位，在提高效率的同时，也进一步提升故障的定位准确率。根据准确的故障定位，再次通过自然语言对话的方式来指导故障的修复，可实现业务快速抢通，保障业务安全，提升用户的体验。

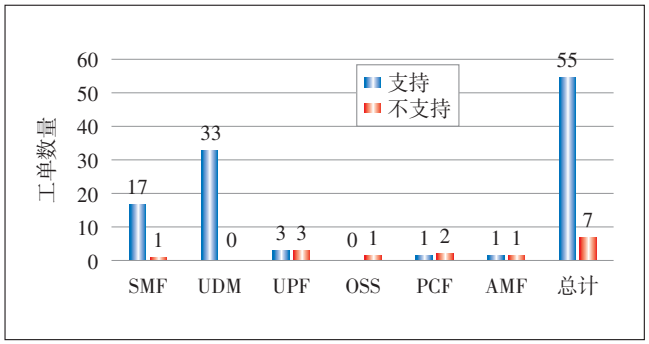


图5　某局点某月告警覆盖情况

参考文献：

[1]　王勇，苗杰，汤林超，等. 云化核心网故障场景化处置 及系统实现探讨[J]. 邮电设计技术，2023(4)：70-75.
[2]　高功应，马田丰，李蓉，等. 基于智能运营平台的核心网数字化运营实践与思考[J]. 邮电设计技术，2022(1)：12-18.
[3]　金浩. AI故障识别技术在通信网络隐患排查中的应用[J]. 通信世界，2024(23)：30-31.
[4]　柳雨晨，李涛，王志佳，等. 基于大语言模型的电信运营商数字化系统智能运维(AIOps)的设计与挑战[J]. 广东通信技术，2025，45(4)：37-41.
[5]　蒋彬瑞，牛洁，王梅. 5G计算机网络故障排查与维护策略的深度研究[J]. 信息系统工程，2025(1)：74-77.

作者简介：
林建森，毕业于西安邮电学院，工程师，学士，主要从事核心网、云运营等工作；吕丁，毕业于上海交通大学，工程师，博士，主要从事智算集群无损网络优化工作；廖思忆，毕业于上海交通大学，工程师，博士，主要从事光网络、IP网等下一代互联网技术演进工作。