



专栏：5G 网络建设助推数智化转型

面向垂直行业的 5G 网络规划设计方法论及产品化解决方案

肖子玉, 吕红卫, 赵存, 韩研, 苏坚

(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 对 5G toB 网络建设规划设计方法论进行了探讨。介绍了 5G 网络建设现状, 分析了面向垂直行业多样化、定制化等需求网络规划面临的挑战。提出 5G toB 场景化规划设计方法论, 基于“要素+能力”的网络技术体系, 面向未来行业业务布局, 聚焦精准识别、按需投放和网络弹性的规划能力, 实现按需规划、敏捷建网的目标。同时, 在方法论的基础上提出端到端的规划设计平台算法, 可实现 toC (公众网) 和 toB (行业专网) 协同规划。

关键词: 5G; SLA; 场景化; 产品化; 规划设计; 方法论

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021136

Methodology of 5G network planning and design for vertical industry with product solutions

XIAO Ziyu, LV Hongwei, ZHAO Cun, HAN Yan, SU Jian

China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: The methodology of 5G toB network planning was discussed. The current situation of 5G network was introduced and the challenges of network planning were analyzed for vertical industry requirements with diversification and customization. Then the methodology of 5G toB scenario-oriented planning and design was put forward, based on the network technology system, oriented the future business layout of the industry, focused on the planning ability of accurate identification, on-demand delivery and network elasticity, so as to achieve the goal of on-demand planning and agile network construction. At the same time, on the basis of methodology, an end-to-end planning and design platform algorithm was proposed to achieve the collaborative planning for toC (public network) and toB (vertical network).

Key words: 5G, SLA, scientization, productization, planning and design, methodology

1 引言

2020 年, 5G 网络建设稳步推进。截至 2020 年年底, 我国已开通 5G 基站超过 71.8 万个, 5G 网络已实现全国地级以上城市及重点县市的连续

覆盖^[1]。中国 5G 网络建设率先采用 SA 技术架构^[2], 满足 toC (公众网) 业务发展的需求, 同时探索 toB (行业专网) 业务的潜在应用空间。

根据 3GPP 标准^[3], 5G SA 架构核心网为满足 4G/5G 互操作的要求, 数据层网元 UDM/UDR、



PCF/UDR 需实现 4G/5G 网元融合部署。控制层和媒体层需满足 SMF 与 PGW-C、UPF 与 PGW-U 的网元融合部署要求。同时,为满足未来网络演进和组网优化需求,新建网元还需具备 2G/3G/4G/5G 融合演进能力。5G SA 核心网共享网络云资源池,并采用网络切片技术分别部署 toC、toB 核心网网络子切片,保证 toC 网络逻辑独立,大流量安全稳定运行,toB 网络能力可以按需持续增强和剪裁,并独立演进^[4]。

随着 5G 网络的逐步建成和完善,现阶段可以提供 eMBB (enhanced mobile broadband, 增强型移动宽带) 和较低时延的网络能力,将催生垂直行业应用的发展。不同垂直行业的应用场景差异较大,服务需求要素呈现多样化和定制化的要求,包括垂直行业业务场景、服务指标和商业模式的多样化要求,以及速率、时延、可靠性、隔离、安全等的定制化要求。以上网络能力、指标和商业模式均显著地影响网络规划建设目标。网络规划需解决端到端资源灵活布局、端到端网络能力按需配置的问题。因此,5G 网络规划建设面临着按需规划、敏捷建设的挑战。

2 方法论探讨

从市场和产业发展看,2021—2022 年 5G 产业链将逐步成熟,随着 uRLLC (ultra reliable and low latency communication, 超可靠低时延通信) 的逐步引入,网络将从现有的 eMBB 网络能力按需扩展低时延、高可靠能力^[3]。面向行业应用的网络能力逐步增强,自动化网络切片能力、QoS 保障能力逐步形成,推动行业应用快速增长。面向垂直行业专网的定制化需求,本文提出 toB 场景化规划设计方法论,聚焦精准识别、按需投放和网络弹性,按需规划,敏捷建网。

2.1 垂直行业客户与运营商间的 SLA

服务等级协议 (service level agreement, SLA) 是运营商与垂直行业客户之间签订的服务协议的

一部分,是面向商业应用的较为成熟的指标体系。SLA 中包含了客户对于运营商提供服务及网络的相关需求。SLA 的作用如下。

- 运营商根据 SLA 中的特定要求来定制网络并提供服务。
- 客户通过签订的 SLA 来衡量网络服务能力。
- SLA 应包括服务类型、资源分配、服务区域/时间、保障等级/能力等;同时 SLA 受运营商的网络资源以及管理能力的限制。
- SLA 可根据客户需求以及运营商能力变化而修改。

根据 ITU-T 对 SLA 的内容指南^[5],SLA 要实现以上功能,则需具备如图 1 所示的内容。包括以下几点:描述相关的商务部分,如一般条款、服务违约处理和计费信息等;描述有关服务的部分,如服务内容和 service 等级;描述与技术相关的内容,给出和 QoS 参数、备份和灾害恢复机制、技术支持基础设施等相关的技术部分;QoS 报告包括监控和报告要求。

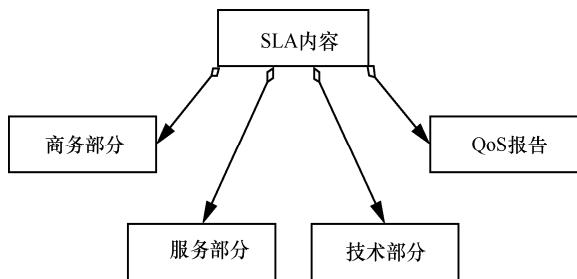


图 1 ITU-T 对 SLA 内容的描述示意图^[5]

2.2 场景化规划设计方法论概述

toC 业务是近中期 5G 网络的主要业务和收入来源,随着网络逐步实现城区的连续覆盖,未来 toB 专网的规划与建设首先要依托于已有的基础网络,然后根据需求进行定制加强。

具体而言,网络云化和网络切片为 5G 网络带来了灵活的按需部署的能力。

网络切片是 5G 的关键技术之一。它可以通过

逻辑的网络切片技术将云化的网络分成不同服务能力的端到端专网,使得在面向多样化的垂直行业提供业务时,5G 移动网络可以在公共资源中形成一个个的专用资源网络空间,不同的资源空间为不同能力需求的某个行业或某个客户提供满足其需求的特定的或个性化的服务。

对于网络切片技术面向商业应用,必须能满足商用服务的水平和能力,在此引入 SLA 作为 5G 网络切片技术商用实施的不可或缺的指标体系,以 SLA 商用服务指标体系定义网络切片对网络能力的需求,形成基于 SLA 的面向网络切片的场景化规划设计方法论。它的要点是将行业客户的需求集定义为三大要素:标准业务集、质量要求、商业模式。三要素组合形成垂直行业场景。典型场景可以标准化为产品。因此,场景化 5G 网络规划设计即“产品+解决方案”,通过将典型场景的“产品化设计+整体方案”的打包实施,应对多样化、定制化和端到端全专业一体化规划设计的挑战。场景化 5G 网络规划设计包括但不限于场景设计、网络切片划分设计、切片部署方案设计、切片内网元功能设计、切片容量参数设计、切片监控及弹性策略设计等,如图 2 所示。

端到端网络切片技术将 5G 网络分成不同服务能力的端到端专网,使 5G 移动网络面向多样化的垂直行业提供业务时可以在公共资源中形成一

个个的专用资源网络,为不同能力需求的某个行业或某个客户提供满足其需求的特定的或个性化的服务。5G 网络云+边缘云基础设施同时服务于 toC 大网和 toB 专网,资源共享。网络资源规划面向市场发展目标,结合 toC、toB 需求特性可以先行准备。针对 toB 各行业典型场景和需求模型,按需灵活部署网络切片,实现 toB 业务快速接入。

2.3 场景化规划设计方法论

2.3.1 面向市场,资源准备

5G 网络切片运行于网络云、边缘计算、传输、承载和无线网络基础设施之上。网络云基础设施服务于 toC 大网和 toB 专网,其规划面向市场发展目标先行部署。服务于 toC 和 toB 的 5GC 以网络切片的形式存在,按需进行编排和部署。如何为面向 toB 的多样化和定制化需求进行资源准备?在场景化规划设计方法中,通过标准业务集、质量要求和商业模式的梳理,形成针对各个垂直行业细分市场的典型场景 SLA 需求组合产品。结合市场预测对各个细分行业的发展目标和分布特征,将各典型场景叠加,并依据场景间的业务峰值关系,适当引入调整系数,以及资源利用率系数,可得所需资源的总和。所需资源以建设节奏划分为资源规划的实施方案。

2.3.2 需求识别,精准匹配

场景化规划设计方法中的需求识别和精准匹配是指,当垂直行业客户申请接入 5G 网络提供的

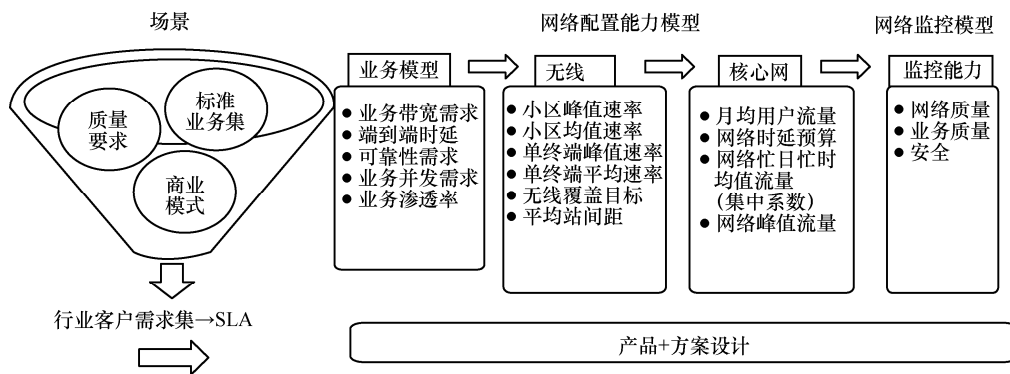


图 2 5G 基于 SLA 的场景化设计方法论^[6]



业务时，收集客户所需 SLA 业务需求，将客户需求与典型场景对应的产品进行对比分析，修订该类场景“默认”（或惯例）的需求，以满足实际案例要求，将需求转化为网络配置的模板，形成 toB 网络能力设计的精准匹配。

对于核心网规划而言，toC 业务核心网是由运营商统一定义业务能力，客户接入使用。而 toB 核心网是行业客户提出业务能力要求，运营商通过网络规划设计满足客户的需求。因此运营商需提前将典型需求场景规划为标准化产品，产品规划包括场景设计、网络切片设计、网络切片监控及容量弹性策略设计。从市场需求确定场景和总规模，完成资源总体规划和按需建设。服务于 toB 的 5GC 以网络切片的形式存在，当行业客户申请业务时，核心网才能实现按需进行网络切片的编排和部署。

2.3.3 方案场景化，按需投放

当经过精准识别的业务需求映射为对 5G 网络的网络指标需求之后，通过面向行业场景的标准化方案，实现网络资源的按需投放。

toB 业务在不同场景下可以采用公网、公网切片、公网切片+专用网元（MEC 和 UPF）、专网等解决方案。针对不同业务场景，规划体系一方面针对同类型场景（如物流园区）制定菜单式网络方案，提供与商业合同匹配的多种选择方式，助力网络快速部署和变现。场景化网络切片方案，面向 toB 客户的通用行业切片，采用专用号段或专用 VPN，为所有垂直行业客户提供服务。通过新增子切片的方式，满足不同 SLA 垂直行业客户的需求。考虑成本优先的原则，则相同 SLA 需求的

客户尽可能共用切片。企业专用切片面向需要物理隔离的客户。对隔离性要求较高的客户，可全物理隔离；对隔离性要求不高，但对 SLA 要求比较高的业务，可以控制面共享，客户面独立；对时延要求较高的业务，客户面可下沉到边缘机房部署。

2.3.4 资源弹性配置，效益提升

5G 网络具有强大的资源弹性能力。5G 网络规划设计需适应虚拟化网络设计态和运行态的全生命周期模式，形成面向全生命周期设计的模型驱动网络规划设计能力。5G 网络设计不仅包括功能模型、部署模型、配置模型的设计，还包括监控模型设计。本文提出的面向 toB 专网的规划体系可以发挥 5G 网络资源的弹性特点，降低基础资源投入，提升业务感知与投资效益。

在核心网层面，5GC 网络子切片基于“网络云+边缘云”部署，按需编排，实现资源弹性配置。比如 5GC 网元和硬件资源池物理资源可按需共享或专用，网元的部署位置可位于集中资源池、地市中心或边缘节点，网络容量性能指标可由资源池的弹性扩缩能力来保证，网络容灾能力可通过云网协同按需配置来实现。基于“网元”“资源”“位置”“弹性”“容灾”“隔离”六维弹性资源配置方法，可实现网络切片、QoS、DNN（data network name）的按需配置，以最低成本最优设计满足 toB 客户 SLA 需求。

2.3.5 5G 场景化规划设计交付流程

5G 场景化规划和交付流程包括以下 3 个环节，即产品设计、资源规划、产品化工程实施与交付，如图 3 所示。

其中，产品设计环节主要包括以下工作：

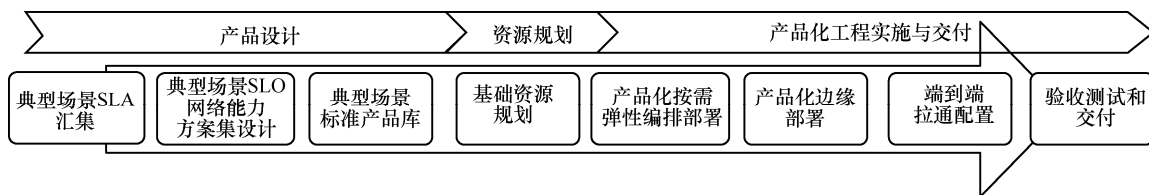


图 3 5G 场景化规划设计与交付流程

- 典型场景 SLA 汇集, 形成典型场景的 SLA 需求集数据库;
- 典型场景 SLO (service level objective) 网络能力方案集设计, 形成满足典型场景 SLA 需求的网络能力指标集 SLO 数据库;
- 典型场景标准产品库, 根据 SLO 网络能力要求形成的标准化方案产品库, 产品库包含标准基线产品和可扩展、可增强、可替换的产品模块方案设计。形成可以按需定制化投放的产品库。

资源规划环节是采用传统的 toC 网络规划对市场发展目标的预测, 结合 toB 市场预测对各个细分行业的发展目标和分布特征, 将各典型场景叠加, 并依据场景间的业务峰值关系, 适当引入调整系数以及资源利用率系数, 可得所需资源的总和。所需资源以建设节奏划分为资源规划的实施方案。5G 网络运行于网络云、边缘计算、传输、承载和无线网络基础设施之上。网络云基础设施服务于 toC 大网和 toB 专网, 其规划面向市场发展目标先行部署。

产品化工程实施与交付环节包含以下工作:

- 产品化按需弹性编排部署, 选择和配置典型场景产品, 完成针对 toB 项目需求进行专用或共享网络切片的核心网、传达网、承载网、无线网的资源编排;
- 产品化边缘部署, 选择和配置典型场景产品, 结合与周边环境的工程实施, 完成边缘产品资源和方案的按需投放和部署;
- 端到端拉通配置, 结合产品化局数据模板、IP 地址规划等配置方案, 完成端到端跨专

业拉通配置和联调;

- 验收测试和交付, 结合典型场景 SLO 产品数据形成按需工程验收测试要求, 并实施测试验收和交付。

3 5G 场景化规划设计纳入网络切片全生命周期管理

5G 网络切片全生命周期管理^[7]中包含两个阶段——准备阶段和运行态管理阶段。其中, 准备阶段即场景化规划设计阶段(设计态), 如图 4 所示, 包括业务产品设计、网络资源设计和模板设计。产品设计针对各个垂直行业细分市场的典型场景 SLA 需求组合的产品或服务, 定义的范围包括功能、性能、质量和规模要求。网络资源设计即根据业务预测和成本考量, 运营商预先设计部署一组服务/产品所必需的网络资源。模板设计是服务/产品的要素需求转换为网络切片配置参数的一系列模板, 以便运营商进行网络切片设计时选择对应于场景/业务的产品或产品组合的模板, 进行网络切片实例化配置。

5G 网络切片全生命周期管理中运行态管理阶段包含服务生成、激活、运行监控管理、去激活和退出服务等阶段。其中, 衡量网络服务能力是否达到 SLA 要求指标的监控, 如 KPI (key performance indicator) 和 KQI (key quality indicator), 需在运行监控管理状态进行。网络监控系统根据网络切片/切片子网定义的 SLA 保证策略进行 KPI 和 KQI 等指标监控, 当 KPI 不能满足策略中定义的性能时, 它将触发 SLA 保证措施, 包括调整网元配置和网络参数, 以确保性能可以

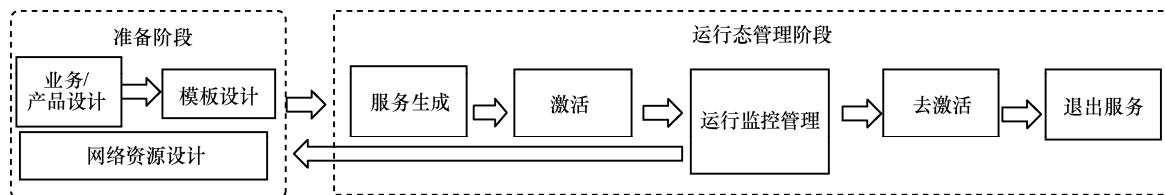


图4 面向 SLA 的网络切片生命周期示意图

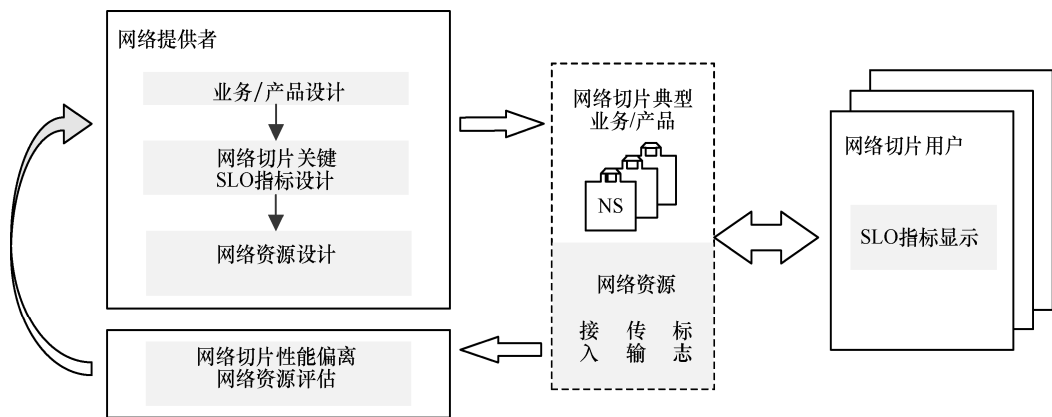


图 5 监控和评估网络资源闭环示意图

连续满足网络切片/切片子网的 SLA 需求。因此，当 SLA 保证策略触发网络配置和参数调整时，将反馈给网络切片设计态（准备阶段），更新端到端网络资源信息、拓扑信息和占用信息，形成从设计态到运行态的网络自动优化的闭环流程，如图 5 所示。

4 算法和实现

以上 5G 场景化规划设计方法论中提出了一项重要概念，即产品化。产品化是面向多样化、定制化、离散化和端到端跨专业垂直行业规划设计和交付需求的重要保障。为实现产品化目标，面向 SLO 的网络规划设计平台功能模块设计如图 6 所示，其算法流程如下：

步骤 1 通过典型行业和场景匹配形成 SLA 指标集；

步骤 2 调用网络能力指标库，根据案例 SLA 指标集查询匹配，得到符合需求的网络能力指标组合；

步骤 3 网络能力指标库匹配方案库，形成案例方案，写入案例方案库；

步骤 4 将案例 SLA 指标集、案例网络能力集和案例方案进行导出和展示。

目前，5G 场景化规划设计工具已集成超过 10 类行业和应用场景，如图 7 所示。行业和应用

场景库的生成均来自现网试点或实践案例，面向垂直行业的需求未来还有待进一步探索和完善。在实践中，通过实际案例设计、场景化工具平台的设计和开发，完成了面向 toB 场景化规划设计方法论的验证。

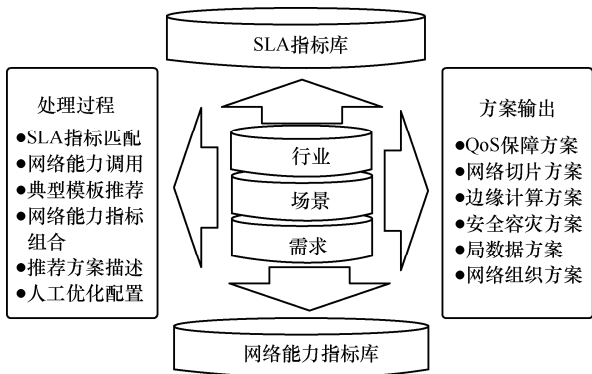


图 6 面向 SLO 的网络规划设计平台功能模块设计

5 结束语

本文提出并论述了以下 3 方面观点。

(1) 提出并详细论述了面向 5G 垂直行业专网的网络规划设计方法论，其面向垂直行业多样化、定制化需求，提出的规划设计方法论，基于“要素+能力”的网络技术体系，面向未来行业业务布局，聚焦精准识别、按需投放和网络弹性的规划能力，实现按需规划，敏捷建网的目标。

(2) 提出了将面向垂直行业场景化规划设计，



图7 规划设计平台客户界面示意图

即 5G 网络切片规划设计阶段纳入网络切片全生命周期管理流程, 完善了网络设计态和运行态的闭环流程, 形成从设计态到运行态的网络自动优化闭环管理。

(3) 在方法论基础上提出端到端场景化规划设计平台算法和架构, 意在提升面向垂直行的专网规划设计的数字化水平和效率。

随着未来 5G 网络能力的进一步提升和更多典型场景实践, 本文所提方法论也将进一步在实践中完善。

参考文献:

- [1] 工业和信息化部. 2020 年通信业统计公报[R]. 2021. MIIT. Communications industry statistical report in 2020[R]. 2021.
- [2] 杨旭, 肖子玉, 梁冰, 等. 5G 核心网部署及演进方案[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 131-140. YANG X, XIAO Z Y, LIANG B, et al. 5G core network deployment and evolution scheme [J] Telecommunications Science, 2020, 36(9): 131-140.
- [3] 3GPP. Technical specification group services and system aspects; system architecture for the 5G system; stage 2 (release 16) ;V16.4.0;3GPP TS 23.501 [S]. 2020.
- [4] 肖子玉. 5G 核心网规划建设的挑战及策略[J]. 中兴通讯技术, 2020, 26(3): 17-22. XIAO Z Y. Challenges and strategies of 5G core network planning and construction[J]. ZTE Technology Journal, 2020, 26(3): 17-22.
- [5] ITU-T. SLA 表示模板的定义指南: ITU-T M.3342[S]. 2006. ITU-T. Guidelines for the definition of SLA representation templates: ITU-T M.3342[S]. 2006.

- [6] 肖子玉. 5G 网络应用场景及规划设计要素[J]. 电信工程技术与标准化, 2018, 31(7): 1-5. XIAO Z Y. 5G network application scenarios and design elements[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2018, 31(7): 1-5.
- [7] ITU-T. Resource pooling for scalable network slice service management and orchestration in the IMT-2020 network: ITU-T Y.3154[S]. 2020.

[作者简介]



肖子玉(1969—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司首席专家、教授级高级工程师, 主要研究方向为 NFV/SDN、5G 核心网、IMS、网络安全和信息安全等。

吕红卫(1968—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司网络所所长、教授级高级工程师, 长期从事通信工程咨询设计工作。

赵存(1984—), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师、高级咨询设计师, 主要从事通信工程咨询、设计和研究工作。

韩研(1978—), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师、设计咨询总监, 主要从事通信工程咨询、设计和研究工作。

苏坚(1984—), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司高级咨询设计师, 主要研究方向为移动通信核心网、5G 架构演进、网络安全等。