

《算力网络体系架构及关键技术》课程大纲

一、 培训背景分析：

今年2月17日，国家发改委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合印发通知，同意启动建设国家算力枢纽节点，并规划10个国家数据中心集群。至此，全国一体化大数据中心体系完成总体布局设计，“东数西算”工程正式全面启动。

政策驱动算力网络的建设与发展。算力网络是一种根据业务需求，在云、网、边之间按需分配和灵活调度计算资源、存储资源以及网络资源的新型信息基础设施。“算力网络”是“以网络为中心”的多种融合资源供给网络计算模型，将“新计算”（云计算、边缘计算、泛在计算）的算力，通过“新联接”（无处不在的网络）整合起来，实现算力的灵活按需使用。

算力网络的目标是实现“算力泛在、算网共生、智能编排、一体服务”，逐步推动算力成为与水电一样，可“一点接入、即取即用”的社会级服务，达成“网络无所不达，算力无所不在，智能无所不及”的愿景。

5G+云+AI时代，算力网络将深刻变革电信运营商现行通信网络的建设与发展模式。那么，到底什么是算力网络？算力网络的核心理念和价值是什么？算力网络的产业发展及标准建设如何？算力网络对未来数字经济社会的发展将产生何种影响？其商业模式是什么？如何构建算力网络的体系架构？如何布局多层次的算力节点，提升跨区域算力调度水平。支撑算力网络的关键技术有哪些？其工作机制及业务流程是什么？如何实现算力路由、算力管控、算力调度、算网一体、在网计算？电信运营商如何建设和部署算力网络？如何构建安全、可信、可靠的算力网络？算力网络的应用场景有哪些？如何针对应用场景需求，

实现计算资源、存储资源、网络资源的按需调度与分配？如何基于算力网络提供一体化运营服务？算力网络如何交易和运营？如何度量和定价？所有这些问题是研究算力网络和建设部署算力网络需要关注的关键问题。

为了配合国家“十四五”关于“东数西算”的长远规划和发展战略，进一步推动我国算力网络的建设、部署与实施，培养算力网络建设、规划设计、部署实施方面的高端人才，特针对网络和 IT 支撑类技术人员开展《算力网络体系架构及关键技术》高端培训课程。

二、 培训目标与能力要求：

为提升技术类人员从事算力网络的算网基础设施建设、编排管理、运营服务、运维管理等技术支撑能力，通过本课程培训，可以达到以下目标：

- 1．熟悉国家“东数西算”工程发展战略及相关政策，了解算力网络的产生、演进及发展；
- 2．理解算力网络的概念及深刻内涵，了解算力网络的技术特征，掌握算力网络的业务流程及工作原理，熟悉算力网络相关国际及国内标准；
- 3．掌握算力网络的体系架构、系统组成，架构层间接口及功能；
- 4．熟悉算力网络的业务需求，算力网络的网络集成能力和网络原子能力及功能，掌握算力网络的业务需求与网络能力需求之间的映射方法；
- 5．掌握算力网络的关键技术，重点掌握算力架构、算力连接、算力传输、算力管控、算力调度、算力协同、算力编排、算力服务、算网安全、AIOps 运维等技术及技术之间的协同应用；
- 6．掌握算力网络算网规划建设及部署实施方案，熟悉算力网络相关产品和设备；

- 7. 掌握算力网络编排管理与运营服务的技术与方法；
- 8. 熟悉算力网络数据中心基础设施及绿色与安全相关技术。

三、 培训主要内容：

本课程采用模块化教学方法，总体架构主要包括以下 6 个教学模块：

模块一：发展篇-东数西算工程与算力网络发展

模块二：概念篇-算力网络概念能力及业务流程

模块三：架构篇-算力网络体系架构及组成要素

模块四：技术篇-算力网络关键技术及协同应用

模块五：部署篇-算力网络组网规划及部署实施

模块六：运营篇-算力网络编排管理与运营服务

四、 培训内容及时间安排：3 天，6 小时/天

授课时间		授课内容	授课时长
第一天	上午	模块一：发展篇-东数西算工程与算力网络发展	2 小时
		模块二：概念篇-算力网络概念能力及业务流程	1 小时
	下午	模块三：架构篇-算力网络体系架构及组成要素	1 小时
		模块四：技术篇-算力网络关键技术及协同应用（1） 算力基础设施、算力架构	2 小时
		课程小结、答疑、交流讨论与互动环节	0.5 小时
第二天	上午	模块四：技术篇-算力网络关键技术及协同应用（2） 算力连接、算力管控技术与原理	3 小时
		下午	模块四：技术篇-算力网络关键技术及协同应用（3） 算力调度技术与原理、算力协同技术
	课程小结、答疑、交流讨论与互动环节		0.5 小时
第三天	上午	模块四：技术篇-算力网络关键技术及协同应用（4） 算力传输技术、算网安全	2 小时
		模块四：技术篇-算力网络关键技术及协同应用（5） AIOPS 运维等技术	1 小时
		下午	模块五：部署篇-算力网络组网规划及部署实施
	模块六：运营篇-算力网络编排管理与运营服务		2 小时
	课程总结、答疑、交流讨论与互动环节	0.5 小时	

说明：本培训课程内容安排可根据需求做相应调整，进行定制化教学。

五、 培训对象：网络部、IT 支撑部门技术人员

六、 课程详细大纲：

<p>模块一：发展篇-东数西算工程与算力网络发展</p>	<ul style="list-style-type: none">1 . 算力网络的产生、演进及发展<ul style="list-style-type: none">1.1 新一代信息通信网络的演进与发展1.2 新一代信息通信网络发展的驱动力1.3 面向算网融合的演进驱动力1.4 业务驱动算网融合-业务场景多样化发展加速算网融合1.5 算力网络的产生、演进及发展1.6 算力网络的商业模式1.7 算力网络技术领域产业进展情况1.8 算力网络标准化组织及相关标准1.9 算力网络需要进一步研究和有待突破的关键问题2 . “东数西算”工程政策解读及建设部署<ul style="list-style-type: none">2.1 “东数西算”工程的概念及内涵诠释2.2 我国“东数西算”工程建设相关政策解读2.3 我国算力服务总体推进节奏-分阶段进行2.4 我国“东数西算”工程发展战略及部署实施方案2.5 我国国家级八大枢纽节点+网、云、数三大体系建设方案3 . 电信运营商算力网络发展策略及建设方案<ul style="list-style-type: none">3.1 电信运营商实施“云改”驱动“云网融合”发展3.2 电信运营商算力网络发展策略及总体布局
------------------------------	--

	<p>3.3 中国移动算力网络发展策略及建设方案</p> <p>3.4 中国电信算力网络发展策略及建设目标</p> <p>3.5 中国联通算力网络发展策略及建设目标</p> <p>3.6 云服务提供商云网融合发展策略及布局</p>
<p>模块二：概念篇-算力网络概念能力及业务流程</p>	<p>4 . 算力网络的概念、设计思想及技术特征</p> <p>4.1 “算力网络”的概念及内涵诠释</p> <p>4.2 算力网络核心理念、服务模式及发展愿景</p> <p>4.3 网络计算资源的组织与供给模式分析</p> <p>4.4 算力网络设计思想-以网络能力为中心的网络设计</p> <p>4.5 “算力网络”的关键技术特征</p> <p>4.6 “算力网络”与传统通信网络的主要区别是什么？</p> <p>5 . 算力网络的网络需求、网络能力及映射</p> <p>5.1 算力网络的业务需求分析</p> <p>5.2 算力网络的能力需求分析</p> <p>5.3“算力网络”的网络能力模型</p> <p>5.4“算力网络”的网络能力包括哪几种？</p> <p>5.5“算力网络”的网络集成能力包括哪几种？</p> <p>5.6“算力网络”的网络原子能力包括哪几种？</p> <p>5.7“算力网络”的业务需求与网络能力需求的映射</p> <p>5.8“算力网络”内生安全需求及能力模型</p> <p>6 . 算力网络的业务流程及工作原理</p>

	<p>6.1 算力网络业务逻辑流程描述</p> <p>6.2 算力网络的业务流程</p> <p>6.2 算力网络的工作原理</p>
<p>模块三：架构篇-算力网络体系架构及组成要素</p>	<p>7. 算力网络体系架构及组成要素</p> <p>7.1 算力网络框架与架构标准 (Y.2501) 介绍</p> <p>7.2 算力网络垂直分层体系架构及层间接口描述</p> <p>7.2.1 算力网络垂直分层体系架构总体描述</p> <p>7.2.2 算网基础设施层-算网底座</p> <p>7.2.3 编排管理层-算网大脑</p> <p>7.2.4 运营服务层-算网运营</p> <p>7.2.5 服务支撑层-绿色与安全</p> <p>7.2.6 算力网络架构层间接口及功能描述</p> <p>7.3 算力网络垂直分层架构各层技术方案分析</p> <p>7.3.1 底层计算的客观要求：联接多地计算中心的统一协同计算网络所带来的强大算力和协同规划</p> <p>7.3.2 算力基础设施层技术方案：算力分布+算力底座</p> <p>(1) 算力分布技术方案-分布式算力：云-网-边-端、边缘计算、超边缘计算、端计算等</p> <p>(2) 算力底座技术方案-统一 IP 算网底座：云原生、算力原生、异构计算/多样性算力、算力卸载、无服务器计算、存算一体</p>

	<p>7.3.3 网络基础设施层技术方案：IP+光网协同</p> <p>(1) 全光网络底座-光电联动：全光高速互联、全光灵活调度、800G WDM/OTN、OXC、ROADM</p> <p>(2) 智能IP网络-云边端全连接：SRv6/G-SRv6、新一代SD-WAN、确定性网络、应用感知、无损网络</p> <p>7.3.4 算网一体技术方案：算力度量、算力标识、算力感知、算力路由、在网计算</p> <p>7.3.5 编排管理层技术方案：算网大脑、数据湖、基础算网管理、人工智能引擎、一体编排、算力解构、泛在调度、算网自智、数字孪生、意图网络</p> <p>7.3.6 运营服务层技术方案：算力交易、多量纲、算力并网、算力封装、意图感知</p> <p>7.3.7 安全技术方案：隐私计算、数据标记、全程可信、审计溯源、内生安全等</p> <p>7.3.8 绿色节能技术方案：数据中心节能、液冷、芯片节能等</p> <p>7.4 算力网络系统组成关键要素及逻辑关系描述</p> <p>7.4.1 算力网络系统组成关键要素介绍</p> <p>(1) 算力连接 (2) 算力管控 (3) 算力调度 (4) 算力协同 (5) 算力架构 (6) 算力服务 (7) 算力传输</p> <p>(8) 算网安全 (9) AIOps 运维</p> <p>7.4.2 算力网络系统组成关键要素之间的逻辑关系描述</p>
--	--

<p>模块四：技术 篇-算力网络关键技术及协同应用</p>	<p>8 . 算力网络技术能力需求分析及技术体系构建</p> <p>8.1 算力网络端到端的技术能力需求分析</p> <p>8.1.1 算力服务需求分析</p> <p>8.1.2 算力架构需求分析</p> <p>8.1.3 算力调度需求需求分析</p> <p>8.1.4 算力协同需求分析</p> <p>8.1.5 算力管控需求需求分析</p> <p>8.1.6 算力连接需求分析</p> <p>8.2 如何构建算力网络的技术体系？</p> <p>9 . 算力网络的关键技术体系及协同应用</p> <p>9. 1 算力网络端到端的技术体系及关键技术总体描述</p> <p>9.1.1 算力连接技术：软件定义广域网 SD-WAN 技术、分段路由 SRv6/G-SRv6 技术</p> <p>9.1.2 算力管控技术：软件定义网络 SDN 技术、计算优先网络 CFN 技术</p> <p>9.1.3 算力调度技术：NFV 技术、容器技术、云原生技术、算力原生技术、云迁移技术</p> <p>9.1.4 算力协同技术：异构计算技术、算力资源协同 RDMA 技术</p> <p>9.1.5 算力架构技术：微服务架构、边缘计算 MEC、智能计算中心</p>
-----------------------------------	---

	<p>9.1.6 算力服务技术：电信可信区块链（TBC）</p> <p>9.1.7 算力传输技术：5G 网络技术、100G/400G/1T WDM/OTN 技术、ROADM 技术、TSN 技术、DetNet 技术、云专线技术</p> <p>9.1.8 算网安全技术：算网端到端安全技术（终端、接入、传输、核心网、数据中心）</p> <p>9.1.9 AIOPS 运维技术：人工智能与算网智能化技术、网络运维管理技术</p> <p>9.2 算力网络关键技术之间的协同与应用</p> <p>10 . 算力网络的关键技术与应用详解</p> <p>10.1 算力网络基础设施-智能计算中心规划及部署</p> <p>10.2 算力网络算力分布式架构-边缘计算 MEC 技术及分布式部署</p> <p>10.3 算力网络分段选路关键技术-分段路由 SRv6/G-SRv6 介绍</p> <p>10.4 算力管控与调度关键技术-NFV/SDN 技术介绍</p> <p>10.5 算力连接与跨区域调度关键技术-SD-WAN 技术介绍</p> <p>10.6 算力调度关键技术-云原生、容器与算力原生技术介绍</p> <p>10.7 算力网络数据调度关键技术-云迁移技术</p> <p>10.8 算力网络算力交易关键技术-电信可信区块链 TBC</p> <p>10.9 算力协同关键技术-异构计算/RDMA 技术介绍</p> <p>10. 10 算力网络中的云专网/云专线技术及应用</p>
--	---

	<p>10.11 算力网络中 5G 网络云网融合关键技术及应用</p> <p>10.11 算力网络 IP 与光网协同关键技术-800G WDM/OTN 技术</p> <p>10.12 全光交叉调度关键技术-OXC/ROADM 技术</p>
<p>模块五：部署 篇-算力网络组 网规划及部署 实施</p>	<p>11. 算力网络组网规划及部署实施</p> <p>11.1 算力网络建设和部署需要考虑哪些关键问题？</p> <p>11.2 算力网络的典型组网方案</p> <p>11.3 算力网络控制面部署方案</p> <p>11.4 算力网络组网基础设施设备的部署</p> <p>11.4.1 中心云集群化部署：超大数据中心</p> <p>11.4.2 边缘云轻量化部署：中小型数据中心</p> <p>11.4.3 边缘计算集成化部署：一体化系统</p> <p>11.4.4 端算力泛在化部署：泛终端类设备</p> <p>11.5 算力网络组网关键能力的部署</p> <p>11.5.1 用户侧算力部署</p> <p>11.5.2 网络侧算力部署</p> <p>11.5.3 跨域算力部署</p> <p>11.5 算力网络云专网/云专线组网方案</p>
<p>模块六：运营 篇-算力网络编 排管理与运营 服务</p>	<p>12. 算力网络编排管理与运营服务</p> <p>12.1 算力网络资源处理关键要素</p> <p>12.2 资源寻址：以网络为平台</p> <p>12.3 资源交易：以算力为基础</p>

	<p>12.4 资源调配：以应用为中心</p> <p>12.5 算力网络编排管理系统的组成</p> <p>12.6 算力网络编排管理系统组成模块的功能</p> <p>12.7 算力网络编排管理平台的组成及功能</p> <p>12.8 算力资源信息交易与算力网络交易平台</p>
--	--

七、课程总结：

1. 重点知识回顾与总结；
2. 互动与讨论：问与答。

就学员提出的问题进行分析、讨论、模拟演练和点评。

八、培训方式/工具及方法

培训方式及方法：

本课程采用模块化教学方法通过理论讲授，案例分析，方法传授、动画演示、互动讨论，讲师点评、实战演练、项目展示等多种教学手段与方法，将算力网络的关键技术、规划建设与大量的典型案例结合起来，达到学以致用、解决实际问题的目的。

培训工具：PPT 讲义、项目案例演示、投影仪、白板、白纸、彩笔、音响设备、话筒等。

评估方法：（1）学员学习成果（项目解决方案）评估；（2）学员打分评估。

九、讲师介绍：

李文耀：副教授，硕士生导师，全国优秀教师。1991年毕业于北京邮电大学，国内通信行业精通各种通信网络与技术的网络专家、技术专家，全国通信行业资深讲师，高级网络架构师、高级咨询师，工业和信息化部通信行业职业技能鉴定中心考评员，中国 5G 物联网与 NB-IoT 产业联盟专家组成员，中国物联网产业应用联盟专家组成员，中国通信工业协会物联网分会专家组成员、原邮电部武汉邮电科学研究院情报中心高级研究员，武汉邮电科学研究院·烽火科技集团高级培训师，工信部职业技能鉴定中心 5G、物联网、工业互联网、人工智能特约讲师，中国通信工业协会物联网分会 5G 物联网、工业互联网专业特约讲师。《中国光电》杂志、中国光电网（www.optochina.net）编委会成员，《通信世界》杂志特邀撰稿人，被评为 2011-2012 年度通信产业先锋技术人物，2012 年全国通信行业“金牌培训讲师”。在 5G、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能、区块链、元宇宙、边缘计算、算力网络、传输网（100G/400G WDM/OTN）、接入网（10G/50G EPON/GPON）、数据网、交换网、城域网、互联网、移动互联网、5G+AICDEB 赋能垂直行业应用领域、DICT 项目咨询、智慧城市、智慧工厂、智能制造、智慧教育、智慧交通、智能电网、智慧港口、智慧钢铁、智慧矿山、智慧煤矿、智慧物流智慧医疗、智慧农业、智慧旅游、智慧社区、智能家居等领域有一定的造诣和工程建设实践经验。

长期从事电信运营商的通信技术咨询、交流与培训，研究生、本专科生、通信企业员工培训、用户培训和援外培训的教学与科研工作；多次参与工业和信息化部通信行业职业技能鉴定中心有关通信行业职工通信技术技能鉴定工作；多次参与国内外主要设备制造商、

中国电信、中国移动与中国联通三大电信运营商、通信网络规划与设计单位、通信网络工程建设与维护单位、广电与电力行业通信部门等的通信新技术交流、咨询与培训工作。多次代表工信部职业技能鉴定中心、烽火通信、华为、上海诺基亚贝尔、中国通信工业协会物联网应用分会的对外培训工作。

诚实做人，学识渊博、知识结构全面、亲和力强、在业界有一定影响。既有雄厚而扎实的理论基础、精湛而熟练的技术、又有丰富的理论及实践教学经验和技巧、做过项目课题、产品研发、还参加过通信网络的规划与设计、通信工程建设、网络运维及新业务开发等工作。

在长期的教学与培训实践中形成了独具特色、自成体系的教学风格和教学方法，最大特点在于以人文的思想与方法进行教学，生动活泼，富于激情与感染力；教学针对性强，知识全面、思路清晰、逻辑严密、结合丰富的案例进行教学，深入浅出、诙谐幽默；通过互动教学，解决学员在实际工作中遇到的各种问题，让学员在短时间内取得较大收获。学员上万人，遍及国内外通信行业，广电与电力行业，学员对教学效果评估，满意率均达90%以上。

曾主持并参与部级科研课题 5 项，省级科研项目 10 项，与他人合著技术参考书 2 部，在国内外刊物上发表论文 20 多篇，多次获奖。