

“东数西算”成渝枢纽 战略分析和示范落地

张自力¹, 解婷², 李文平³

1. 西南大学计算机与信息科学学院软件学院, 重庆 400715;
2. 重庆工商大学管理科学与工程学院, 重庆 400067;
3. 重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400044

摘要

数字经济时代, 算力已成为衡量国家经济发展程度的重要指标。通过对“东数西算”和“成渝地区双城经济圈建设”两大国家战略进行剖析, 并结合“东数西算”成渝枢纽节点建设情况, 提出成渝枢纽节点之所以被布局为东部枢纽节点之一, 主要得益于算力战略区位优势、数据融通体系保障、算力基础设施夯实、算力应用场景成熟四方面原因。进一步, 以西部(重庆)科学城先进数据中心为例, 剖析了“东数西算”在成渝地区的示范落地, 并提出为更好地发挥成渝枢纽节点的作用, 一方面成渝枢纽内天府、重庆数据中心集群可从网络、数据、算力、产业、算法、能源六方面搭建协同机制; 另一方面, 成渝枢纽也可与贵州枢纽节点从算力业务分配、数据要素跨域流通以及探索数字合作新业态三方面进行协同。

关键词

数字经济; 东数西算; 成渝枢纽; 协同发展

中图分类号: F49

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2023057

National computing hub built in Chengdu-Chongqing economic circle boosts China's "Channel Computing Resources from the East to the West" project

ZHANG Zili¹, XIE Ting², LI Wenping³

1. College of Computer and Information Science, College of Software, Southwest University, Chongqing 400715, China
2. School of Management Science and Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China
3. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China

Abstract

In the era of the digitaleconomic, computing power has become an important indicator to measure the degree of national economic development. With analyzing the two national strategies of "Channel Computing Resources from the East to the West" project and "Construction of Chengdu-Chongqing Economic Circle", and based on the construction of Chengdu-

Chongqing Hub Node, the reasons that why Chengdu-Chongqing hub node has been laid out as one of the eastern hub nodes were analyzed. It due to four aspects, namely, strategic location advantage of computing, data integration system guarantee, computing infrastructure compaction, and maturity of computing application scenarios. Further, the operations in the advanced data center of Western (Chongqing) Science City demonstrate that the national computing hub built in Chengdu-Chongqing economic circle boosts the project that channels computing resources from the east to the west. Then the paper discussed the coordinated development between Tianfu data center cluster and Chongqing data center cluster, as well as the coordinated development between national computing hub built in Chengdu-Chongqing economic circle and national computing hub built in Guizhou province. It suggested that Tianfu data center cluster and Chongqing data center cluster should build coordination mechanisms from six aspects, including the network, data, computing power, industry, algorithm and energy. The neighboring national computing hubs can implement coordination based on the allocation of computing power business, the cross-domain circulation of data elements, and new business formats for digital cooperation.

Key words

digital economy, Channel Computing Resources from the East to the West, national computing hub built in Chengdu-Chongqing economic circle, coordinated development

1 “东数西算”与“成渝地区双城经济圈建设”战略分析

1.1 “东数西算”背景和战略意义

2020年12月,国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局四部门联合印发了《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》(发改高技[2020]1922号),并于次年5月联合印发了《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》(发改高技[2021]709号),这标志着我国“东数西算”工程正式拉开帷幕。“东数西算”通过构建数据中心、云计算、大数据一体化的新型算力网络体系,将东部算力需求有序引导到西部,优化数据中心建设布局,促进东西部协同联动。“东数西算”中的“数”指的是数据;“算”指的是算力,即对数据的处理能力。随着《“十四五”数字经济发展规划》的发布,国家加快了对“东数西

算”工程的布局。根据能源结构、产业布局、市场发展和气候环境等,“东数西算”工程在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏八地布局了8个国家算力枢纽节点,并规划设立了10个国家数据中心集群。“东数西算”工程旨在通过跨区域统筹布局和资源调配,有效推动东部算力需求与西部资源优势的有序衔接,让西部的算力资源更充分地支撑东部数据的运算,从而为经济社会的数字化发展奠定坚实基础^[1]。进一步分析,国家实施“东数西算”工程还具有以下战略意义。

1.1.1 推进我国数字经济高质量发展

一方面,“东数西算”工程的实施有利于提升国家整体算力水平和跨区域算力调度水平,从而实现我国数字经济协调发展和绿色发展。“东数西算”工程作为国家重大跨区资源调配工程,其通过布局建设八大算力网络国家枢纽节点,扭转算力资源分布不均的局面,实现全国算力规模化、集约化发展^[2]。考虑到东部地区土地、能源

等资源日趋紧张^[3]，难以实现数据中心的大规模扩建，而西部地区光伏和风电产业具有得天独厚的自然资源优势，气候适宜，可再生能源较为丰富。因此规划建设京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝4个节点建设，主要服务于国家重大区域战略需求，统筹好城市内部和周边区域的数据中心布局；内蒙古、贵州、甘肃、宁夏4个节点主要利用地区资源优势建立超大型数据中心，打造面向全国的非实时性算力保障基地，承接全国数据的后台加工、存储备份、离线分析等非实时算力需求。

另一方面，“东数西算”工程通过优化东中西部地区数字基础设施和应用空间布局，促进数据自由流通、按需配置、有效共享，加快在数字经济层面形成全国统一的数据大市场，从而支撑我国数字经济高质量发展。此外，从长远来看，全国性数据的畅通和共享也有利于我国加速攻克“卡脖子”技术，打破关键技术瓶颈并实现自主创新^[4]，提升算力要素配置与使用效率，从而助推我国数字经济实现高质量发展。

1.1.2 推进东西部协作并实现共同富裕

实施“东数西算”工程是解决我国发展不平衡和不充分问题的重要工程，也是兼顾区域发展的一个重要举措。因此，“东数西算”工程可被视为实现共同富裕的一个重要抓手。

第一，“东数西算”算力设施由东向西布局，促使东西部优势资源有序对接，不仅带动相关产业的有效转移，同时助推当地产业结构调整和经济转型^[5]。譬如“东数西算”工程借助东西部一体化的数据生态构建东西部一体化的产业生态，从而破除产业发展的地理桎梏，为西部地区带来信息技术、绿色能源等其他更多产业的发展机会，从而推进西部地区经济高质量发展，

实现东西部区域均衡发展，最终实现共同富裕。

第二，西部地区的发展靠传统第一/第二/第三产业难于突破，需要天然融合第一/第二/第三产业的数字经济的发展来带动整个西部的发展，才能走向共同富裕。

“东数西算”工程，一方面通过优化资源配置、提升资源使用效率，让东西部地区能够发挥自身优势，使西部地区更积极主动以及深入参与数字经济发展、共享数字红利；另一方面，通过加快推动算力建设，有效激发数据要素创新活力，加速推动数字产业化和产业数字化进程^[6]，催生出更多新业态、新模式，帮助西部地区进一步实现数字经济的飞跃，缩小东西部地区经济差距。

1.2 “成渝地区双城经济圈建设”背景和战略意义

“成渝地区双城经济圈建设”是把握新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局的重大战略部署。2020年1月，中央财经委员会第六次会议作出推动“成渝地区双城经济圈建设”的重大决策部署；同年10月，党的十九届五中全会将其写入“十四五”规划。2021年10月，中共中央、国务院印发了《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》，明确指出，推动成渝地区双城经济圈建设，是构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进新发展格局的重大举措，对推动高质量发展具有重要意义。2021年12月，中共重庆市委、中共四川省委、重庆市人民政府、四川省人民政府印发了《重庆四川两省市贯彻落实〈成渝地区双城经济圈建设规划纲要〉联合实施方案》，指出要加快构建双城经济圈发展新格局、合力建设现代基础设施网络。2023年2月，重庆

市政府办公厅、四川省政府办公厅联合印发《推动成渝地区双城经济圈市场一体化建设行动方案》(渝府办发〔2023〕15号),提出到2025年,区域内市场基础设施实现互联互通,商品要素资源流动更加顺畅。

成渝地区双城经济圈的规划范围包括重庆市的中心城区及万州、涪陵、綦江、大足、黔江、长寿、江津、合川、永川、南川、璧山、铜梁、潼南、荣昌、梁平、丰都、垫江、忠县等27个区(县)以及开州、云阳的部分地区,四川省的成都、自贡、泸州、德阳、绵阳(除平武县、北川县)、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州(除万源市)、雅安(除天全县、宝兴县)、资阳15个市,总面积为18.5万平方千米。近年来,成渝地区双城经济圈经济总量基本呈现持续增长趋势,并且经济增速多年来普遍高于全国水平。据四川省统计局和重庆市统计局发布的数据显示,2022年成渝地区双城经济圈实现地区生产总值达7.76万亿元,分别占全国和西部地区的比重为6.4%和30.2%。国家实施“成渝地区双城经济圈建设”具有以下战略意义。

1.2.1 实现双循环中“区域循环”

推动“成渝地区双城经济圈建设”是新形势下促进区域协调发展,形成优势互补、高质量发展区域经济布局的重大战略支撑,也是构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进新发展格局的一项重大举措。但除上述战略考量外,推动“成渝地区双城经济圈建设”还在携手打造优势产业集群、强化区域人才协同发展、共建开放互通的数据资源平台、健全区域一体化发展体制机制等方面助推经济圈实现内部“区域循环”。

首先,携手打造优势产业集群助推经

济圈实现产供销循环。《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》明确提出,培育世界级装备制造产业集群,培育特色消费品产业集群,联手打造具有国际竞争力的电子信息产业集群,打造重庆中心城区辐射带动周边的战略支点。以制造业为例,电子信息与汽车工业是重庆两大支柱产业,通过形成研发在成渝地区双城经济圈的中心城市,制造业上下游逐渐向周边区域拓展延伸,形成梯度布局的产业分工体系。因此,产业集群发展可帮助补齐产业链关键环节短板,促进区域内产业链上下游合作和协同创新。而发展优势产业集群又进一步凸显产业集聚效应和核心竞争力^[7],从而带动研发、生产、制造、销售等产供销在区域内的循环畅通。

其次,强化区域人才协同发展助推经济圈实现人才循环流动。长期以来,四川省和重庆市受行政区域限制,人才发展存在不同程度的本位主义和各自为政的现象,导致人才流动的制度性成本较高。推动成渝地区双城经济圈建设实现了经济圈内的人才资源协同发展和高效集聚。例如,成渝地区通过共同组建双城经济圈人才发展联盟、高校联盟^[8],共同成立人力资源服务产业园联盟,建立跨界共享人才资源服务平台等,实现了经济圈内人才资源的自由流动。通过建立多元化的人才协同发展政策体系,构建川渝人才共引、共育、共用机制,实现了人才资源在经济圈内高效集聚和互通。

再次,共建开放互通的数据资源平台促使经济圈内数据循环畅通。成渝双城经济圈建设下,成渝两地统筹布局大型云计算和边缘计算数据中心,完善工业互联网标识解析国家顶级节点功能,为畅通数据资源大循环提供基础支撑。引导经济圈内各城市全面建立数字化管理平台,推进“数字+”与城市各运营管理领域深度融

合,实现数据资源共享共用。当前四川、重庆两地已实现发改、公安、人社、交通、自然资源等44个部门的317类数据资源落地共享。

最后,健全区域一体化发展体制机制是实现上述循环的重要支撑。罗吉等^[9]表示,双城经济圈通过积极探索行政区与经济区的适度分离,创新区域政策制度体系,有助于推进区域公共服务均等化,打造良性循环的竞合机制平台。

1.2.2 助推成渝地区数字经济高质量发展

《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》指出要大力发展数字经济。近年来,四川和重庆获批建设国家数字经济创新发展试验区^[10]、国家新一代人工智能创新发展试验区、成渝地区工业互联网一体化发展示范区等“金字招牌”,持续加快推动数字产业化和产业数字化进程,促进数字经济和实体经济的融合发展,取得显著成效。四川数字经济规模不断壮大,2022年如期完成国家数字经济创新发展试验区建设任务。成都、绵阳、泸州、眉山入选全国首批“千兆城市”,成都超算中心(一期)已建成投运。2022年四川数字经济核心产业增加值超过4 300亿元,建成5G基站超过11万个、光纤宽带端口超过6 500万个,建成一批区块链技术应用示范场景。通过实施“上云用数赋智”行动,新增3万家企业上云。同时,算力排名全球前十的成都超算中心被纳入国家序列,中国·雅安大数据产业园成为全国首个“碳中和”绿色数据中心。重庆作为国家数字经济创新发展试验区之一,其数字经济发展已进入全国“第一方阵”。2022年,重庆数字经济核心产业增加值达到2 200亿元,建成国家工业互联网数字化转型促进中心,新实施智能化改造项目1 407个,新认定智能工厂22个、

数字化车间160个,推动企业“上云”1.3万余家。

此外,成渝还通过共建云计算中心和大数据产业基地,打造“数字链”赋能双城圈发展,有效改善成渝经济圈数字经济与经济高质量发展耦合协调度偏低的现状^[11]。

2 “东数西算”成渝枢纽节点分析

2.1 “东数西算”成渝枢纽节点建设概况

2022年2月,国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局四部门同意成渝地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点。《国家发展改革委等部门关于同意成渝地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》要求,成渝枢纽要充分发挥本区域在市场、技术、人才、资金等方面的优势,发展高密度、高能效、低碳数据中心集群。成渝枢纽规划设立天府数据中心集群和重庆数据中心集群。

2.1.1 全国一体化算力网络成渝国家枢纽节点(重庆)

重庆作为西部大开发的重要战略支点、“一带一路”和长江经济带的联结点,重庆数据中心集群肩负着“承东启西”的战略使命。2022年4月27日,全国一体化算力网络成渝国家枢纽节点(重庆)正式启动。

目前,重庆正贯彻落实国家“东数西算”战略布局,加快算力中心部署,一批数据中心项目落地、开工。重庆数据中心集群全力打造两江新区水土新城、西部(重庆)科学城璧山片区、重庆经济技术开发区3个起步区建设,并优先支持在起步区建设大型和超大型数据中心等基础设施。其

中,两江新区水土新城建成9个超大型、大型数据中心,是西部地区集中度最高、规模最大的云计算基地;西部(重庆)科学城璧山片区规划建设高性能计算集聚区,打造集通用计算、异构计算、智能计算于一体的先进数据中心;重庆经济技术开发区建成江南大数据产业园、京东探索研究院超算中心等。同时,重庆坚持多措并举建设绿色化数据中心,主要包含推动绿色集约化布局、加大先进节能节水技术应用、提高IT设施能效水平等,计划到2025年实现重庆数据中心集群内数据中心规模占比超80%,国家绿色数据中心数量超10个。截至2022年10月,重庆数据中心集群已初步形成“一核两区多点”的空间布局,具备9万个机架和45万台服务器的支撑能力。目前,三大起步区发展态势良好,可提供云计算、超级计算、人工智能计算等多元算力服务。

2.1.2 全国一体化算力网络成渝国家枢纽节点(四川)

四川作为“东数西算”工程的战略支点,承担着“东数”“西算”双重任务。为积极响应国家“东数西算”战略工程,四川重点布局建设天府数据中心集群,夯实省内数字经济发展基础。从区域布局来看,天府数据中心集群计划先期在成都市双流区、郫都区、简阳市建设3个起步区,主要以成都科学城超算产业集聚区、成都西部智算产业集聚区、成都东部云计算和边缘计算产业集聚区为载体,从而带动数据中心相关产业集聚发展。2022年8月2日,四川省发展改革委、省委网信办等六部门联合印发的《全国一体化算力网络成渝国家枢纽节点(四川)实施方案》明确指出,到2025年,天府数据中心集群起步区全面建成,基本形成布局合理、绿色集约、安全可

靠、算力规模与数字经济增长相适应的数据中心一体化发展格局。到2030年,全省范围内形成布局优化、技术先进、绿色低碳的一体化数据中心体系,算力算效水平达到全国先进水平,大数据协同创新效应显著,数据要素市场基本形成,全面支撑经济社会数字化转型,加快建成国家“东数西算”工程的核心枢纽。当前,成都正依托算力产业基础、创新资源和市场腹地优势,加快推进天府数据中心集群的建设。同时,成都已形成“一体两翼”的算力政策体系,这使成都成为全国首个专门制定算力产业专项政策的城市。

2.2 “东数西算”成渝枢纽节点为何为东部枢纽节点之一

《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》(发改高技〔2021〕709号)中明确指出,成渝枢纽与京津冀、长三角、粤港澳大湾区枢纽节点具有相同的节点定位,即均属于用户规模较大、应用需求强烈的节点,也就是说成渝枢纽虽然地处西部,但实际上属于东部枢纽节点。究其原因,可从以下四方面进行分析。

2.2.1 算力战略区位优势

东西枢纽节点的划分,一方面缘于地理位置天然具备的低能耗,另一方面则重点考量该枢纽节点产生的数据量和对周边地区的算力处理辐射能力。成渝作为西部国家级特大中心城市,经济基础及实力属于西部较强区域之一,其定位是打造具有全国影响力的重要经济中心、科技创新中心、改革开放新高地、高品质生活宜居地^[12]。在该定位驱动下,2022年成渝地区双城经济圈经济总量占西部地区比重达30.2%,重庆和成都分别排名全国城市

GDP第4位和第7位。人口方面,第七次全国人口普查数据显示,成都成为继重庆、上海、北京之后,我国第4个两千万级人口的城市^[13]。经济的快速发展和人口密集程度决定了成渝枢纽产生的数据量和对数据的处理需求不低于或者紧跟京津冀、长三角、粤港澳大湾区枢纽节点。

此外,成渝地区双城经济圈位于“一带一路”和长江经济带的交汇处,是东部产业转移的首选地、西部大开发大开放的战略支点,同时也是国家新开放格局中面向东亚与东南亚、南亚的国际门户枢纽,该区位优势奠定了成渝枢纽作为西部国际数据门户的重要地位。另外,成渝枢纽节点地处我国西南腹地,能够很好地辐射贵州、甘肃、宁夏、内蒙古等数据中心区域,又能有效对接长三角、粤港澳大湾区以及福建、海南等算力需求热点地区,因此成渝枢纽同时具备东西部算力统筹调度功能。

2.2.2 数据融通体系保障

算力应用的高价值发挥离不开良好的数据融通。畅通公共数据流通方面,成都已创新探索出“政府数据授权运营,开展市场化增值服务”的公共数据流通过程,并且依托成都超算中心,构建出“数据+算力+算法”的数据安全流通模式,出台了国内首个“公共数据运营服务管理办法”用以保障体制机制畅通,形成公共数据流通领域的“成都模式”^[14]。重庆则在全国率先建成“国家-市-区县”三级数据共享交换体系,推进数据资源上传下沉和融合应用。为了进一步探索数据资源交易流通,培育数据要素市场,重庆依托西部数据交易中心,积极构建供需交易、平台技术、配套服务、行业数据等“1+4”交易生态体系,打造了国内领先的服务数字经济全产业链的数据交易场所。

2.2.3 算力基础设施夯实

算力网络建设方面,成渝一直致力于稳步提升城市感知、网络传输、存算融合等基础设施供给能力。目前,成都物联感知服务能力基站数达到近7 000个,国家级互联网骨干直联点网间带宽1 030 Gbit/s,居西部第1位,国际直达数据专用通道带宽提升至40 Gbit/s,成为全国首个“5G双千兆+”全面商用城市。重庆作为工业互联网标识解析国家顶级节点五大城市之一,目前已接入西部10个省市、38个二级节点和2万家企业,建成以5G为代表的“数字基建”,成为国内首批5G规模组网试点城市,每万人拥有5G基站17.38个,位列全国第6位、西部第1位。同时重庆拥有我国首条针对单一国家、“点对点”的国际数据专用通道——中新(重庆)国际互联网数据专用通道,国家级互联网骨干直联点直连城市达38个、互联带宽达到590 Gbit/s^[15]。

算力中心建设方面,成都作为西南地区唯一投运超算和智算双中心的城市,立足构建超算、智算、云计算、边缘计算“一体化”算力基础设施体系。成都超算中心算力排名前十,运算速度最高可达10亿亿次/秒。成都智算中心则是西南地区最大的人工智能计算中心,也是强大的算力底座。重庆市构建了以云计算、高性能计算、边缘计算为主体的多元化先进计算产业生态体系。《2020—2021中国人工智能算力发展评估报告》中,重庆在中国人工智能算力城市排行中位列第5,进入第一梯队。高质量的网络基础和领先的算力规模,进一步保障了成渝枢纽统筹调度西部富余算力的能力。

2.2.4 算力应用场景成熟

成都目前已形成集成电路、网络视听、

高端软件等具有全国影响力的特色优势行业，软件和信息服务产业集群入选全国先进制造业集群。数字融合产业发展成效显著，企业智能制造就绪度、企业生产设备数字化率、两化融合指数分别高于全国平均水平7.4、4.3和0.3个百分点，工业互联网平台上云企业达8.2万家。大数据产业链方面，依托软件和互联网产业基础，初步形成大数据研发运营产业集聚；数字内容方面，通过培育发展游戏、动漫等新型数字文化产业，建立了良性发展的数字文化产业生态系统。

截至2022年年底，重庆总计实施5 578个智能化改造项目，建成127个智能工厂、734个数字化车间，累计推动12万家企业“上云上平台”。推广BMI技术应用工程项目800个，实施智慧工地2 630个、数量居全国第1位。大数据产业链方面，重庆市建成两江数字经济产业园、中国智谷（重庆）科技园、渝北仙桃国际大数据谷、重庆高新软件园等一批大数据产业战略平台。成渝产业集群相互补充，协同发展，进一步提升成渝区域数据的贡献量和对数据处理的需求量，再一次夯实了成渝枢纽的东部枢纽定位。

3 “东数西算”成渝地区示范分析案例——西部（重庆）科学城先进数据中心

3.1 西部（重庆）科学城先进数据中心算力发展基础

西部（重庆）科学城先进数据中心是国家发展改革委正式批准的“东数西算”成渝枢纽节点重点项目，由重庆市大数据应用发展管理局、重庆市璧山区人民政

府与中科曙光共同投资建设，是全国唯一的国家先进计算产业创新中心（重庆）项目。西部（重庆）科学城先进数据中心项目（简称先进数据中心）在璧山区新增投入超过20亿元，同时成立中科曙光（重庆）计算技术有限公司（简称重庆计算公司）负责先进数据中心的运营工作。先进数据中心建设等级满足国标A级和Uptime T3标准，总占地面积约为13 333 m²，总建筑面积为11 344.89 m²，可提供双精度算力30 PFLOPS或AI异构算力90 PFLOPS、240 PB分布式并行存储系统，并构建100 Gbit/s高速核心网络。

3.2 西部（重庆）科学城先进数据中心产业发展优势

3.2.1 自主可控技术保障算力资源安全可靠

西部（重庆）科学城先进数据中心建设所需的IT基础设施（芯片、整机）、操作系统、IaaS、PaaS层均采用国产自主可控产品，保障算力资源安全可靠。

芯片采用国产海光芯片，支持国密算法，并在处理器上内置了安全处理器，相对于操作系统内核、虚拟机管理器，安全处理器具有更高的权限，可以作为整台机器的根信任源。内存加密、虚拟化加密等技术的引入，为防止数据泄露、实现云环境下的数据安全提供保障。

整机为国产品牌，通过先进成熟的整机设计、组装、生产工艺打造基于国产芯片的自主可控整机产品，并配套国产操作系统，为项目的自主可控提供底层支撑。

软件IaaS和PaaS层采用全国产信创云方案设计，并配套打造信创生态体系，共同支撑本地及周边资源需求以及东西部其他枢纽节点的资源转移调度需求。针对

本项目还设计了完善的安全防护体系,满足信息系统等级保护标准的相关要求和云服务安全评估要求,可充分保证云上业务和数据的安全可靠。海光国产处理器性能不逊于目前市场主流的Intel Xeon、AMD EPYC架构设备,能够很好地保证数据中心处理能力达到世界一流数据中心水平,且安全可控。

3.2.2 液冷技术实现数据中心集约化和绿色化发展

本项目采用全浸式相变液冷技术,该技术是国际上最高效、最先进的服务器冷却技术,具有许多优势:冷媒与发热器件直接接触,减少了热阻和传热温差,大幅度降低核心系统PUE(最低可达1.04);冷媒的相变潜热是比热的100倍,换热效率更高;能一次性解决全部元器件的散热问题。该技术使CPU等电子元器件温度恒定,大幅提升系统性能和可靠性,可将CPU主频提高15%~20%。此外,先进数据中心在超高部署密度下实现了高度集约化,单机架功率密度等级大幅度提升(常规数据中心单机柜8~10 kW,行业最新进技术可提升到90 kW),单机架设备密度大幅度提高(约9倍),因此提高了机房单位面积设备量,大幅节约了建筑面积(约50%)。

3.2.3 多元算力服务提升跨区算力调度水平

在兼顾政府、企业等机构的常规信息化需求和以人工智能为代表的新兴计算需求的情况下,西部(重庆)科学城先进数据中心计算系统同时构建同构计算(CPU)能力与异构计算(GPU)能力,并通过资源池化技术实现资源的动态调度,能支持通用计算、云计算、大数据计算、科学计算、人工智能计算等多场景应用,提升了“东数

西算”的跨区域算力调度水平。

先进数据中心建设的算力资源同时支持同构计算及异构计算,规划建设11 520个计算节点,提供总计72.3万个高性能处理核心的算力资源池,CPU算力规模为30 PFLOPS(双精度),AI异构算力为90 PFLOPS。

基于“东数西算”的战略规划,西部(重庆)科学城先进数据中心主要满足成渝地区支柱产业、新兴产业和城市建设的算力与存储资源需求,并与宁夏、内蒙古、甘肃、贵州等西部省份以跨域直连网络互联,形成东部及西部算力疏散通道,有效缓解算力资源结构性失衡问题,降低数据存储和算力成本,响应数据中心集群总体时空布局优化、成本优化和安全管控优化建设目标。

3.2.4 成渝节点和西部科学城助推数据中心产业优势发展

西部(重庆)科学城先进数据中心的发展除了加强技术先进性之外,还需要人才、生态、产业等多方面配套。西部(重庆)科学城先进数据中心位于西部(重庆)科学城。西部(重庆)科学城是西部数字经济基础设施的重要战略载体,属于西部经济的重要支点,肩负着“承东启西”的战略使命。目前,西部(重庆)科学城通过搭建高水平科研活动及产出平台、集聚高层次创新创业人才、打造高能级创新生态体系。围绕集成电路、智能网联新能源汽车、电子信息等重点领域,加速推动区域内企业数字化转型,促进区域数据中心集约化、规模化、绿色化发展。吸引人才方面,西部(重庆)科学城通过完善一站式生活居住配套服务,加快5G基站、互联网等新型基础设施建设和融合应用,构建智慧城市服务体系,增强未来城市吸引力。

此外,科技部等印发《关于进一步支持西部科学城加快建设的意见》的通知(国科发规〔2023〕31号)明确提出,支持成渝地区以“一城多园”模式加快建设西部科学城,打造具有全国影响力的科技创新中心。其中,西部(成都)科学城、重庆两江协同创新区、西部(重庆)科学城、中国(绵阳)科技城作为先行启动区,加快形成连片发展态势和集聚发展效应,有力带动成渝地区全面发展,形成定位清晰、优势互补、分工明确的协同创新网络,逐步构建“核心带动、多点支撑、整体协同”的发展态势。因此成渝双城经济圈和西部科学城的发展对未来西部(重庆)科学城先进数据中心的发展将起到重要的推动作用。

3.3 西部(重庆)科学城先进数据中心促进成渝(尤其重庆)枢纽数字经济发展

西部(重庆)科学城先进数据中心以国产处理器、自主加密技术、先进冷却技术和国产全栈云为基础,以“云服务”“数据智能”为核心开展业务,对外提供IDC、智算云、托管云、行业云、公有云、混合云等多类信创云服务。作为重庆数据中心集群起步区中的关键节点,将有效助力地区大力培育新经济,打造独具魅力的数字化试验区,加快推动区域数字产业化、产业数字化,构建以中科曙光为代表的半导体和高端芯片产业链,持续赋能量子信息安全托管全国运营中心和中新(重庆)国际互联网数据专用通道示范园区,推动区域加快建设高质量发展样板区。

先进数据中心在各方面提供的高价值数据服务将有效实现数据增值赋能产业发展,为农畜渔等乡村振兴产业,交通水利环保等城市基础设施建设,以及汽车、电子制造等支柱产业提供可靠、稳定的数

字化转型升级底层支撑,预计可带动相关领域2~3倍投资,实现5~8倍新增GDP,带动云计算、大数据、区块链等新一代信息技术产业3~5倍投资,实现10倍以上新增GDP。

4 成渝枢纽节点协同路径

为了进一步发挥成渝枢纽的示范落地效用,本节分别针对成渝枢纽两大集群,以及与成渝枢纽最临近的贵州枢纽节点,探讨成渝枢纽两大集群之间、成渝枢纽与贵州枢纽两大节点之间的协同路径。

4.1 成渝枢纽两大集群协同路径

国家发展改革委等部门联合印发的《全国一体化算力网络成渝国家枢纽节点建设方案》中明确提出,成渝枢纽节点优化东西部间互联网络和枢纽节点间直连网络,通过云网协同、云边协同等优化数据中心供给结构,扩展算力增长空间,实现大规模算力部署与土地、用能、水、电等资源的协调可持续。基于上述要求,成渝枢纽两大集群可从以下六方面实现协同。

4.1.1 网络协同

网络质量是实现算力均衡布局的前提^[16]。早在2021年11月,四川、重庆两地通信管理局便联合公布成渝地区双城经济圈信息通信业2022年工作要点,其中明确提出,加快成渝双城要道5G网络建设,打造成渝地区双城经济圈5G网络建设标杆区;构建以成都、重庆为核心的“千兆城市群”,实现川渝城镇以上千兆宽带全覆盖;推动数据中心网络直联、区间网络链路优化,强化“东数西算”支撑。在此基础上,

成渝枢纽两大集群的网络协同可进一步围绕数据中心集群建设数据中心直连网,对网络进行全面提速,加速光纤通信向全光网演进,建立低时延、高算力、大带宽的算力网络。同时成渝要积极探索区域间合理的网络结算机制,降低网络传输成本。

4.1.2 数据协同

近年来,成渝地区双城经济圈积极贯彻落实国家大数据战略,探索推动数据要素市场化配置改革,大数据协同发展已取得显著成效。但从成渝双城分别发布的“十四五”规划可以看出,成都具备软件和互联网基础,数字产业化更强;重庆由于是制造重镇,具备工业基础,产业数字化更强。成渝双城在数字经济发展方面呈现出差异化发展,势必导致双城在积累的数据方面也存在较大差异。为进一步提升枢纽节点数据协同水平,成渝双城需:

- ①进一步加强数据清洗、加工、精化等,提升数据质量的各个环节,优化数据治理;
- ②试验多方安全计算、区块链、隐私计算、数据沙箱等技术模式,构建数据可信流通环境;
- ③探索数据要素市场化,加快建设西部数字资产交易中心,建立数据确权、数据定价和市场监管运行等数据交易机制。

4.1.3 算力协同

算力主要是对数据的处理能力,因此数据协同的同时,算力的协同也是必不可少的。对于成渝而言,进行算力协同,一是构建算力协同网络。在数据中心集群和城区内部的两级算力布局下,推动各行业数据中心加强一体化联通调度,促进多云之间、云和数据中心之间、云和网络之间的资源联动,构建算力服务资源池,实现

算力资源的有效分配。二是构建分级分类的算力资源需求体系。结合成渝双城经济圈城市机会清单发布机制,建立算力资源清单和需求清单,促进算力资源高效精准对接。充分发挥云集约调度优势,引导各行业合理使用算力资源,对面向高频次业务调用、网络时延要求极高的业务,引导向城市级高性能、边缘数据中心调度。对于其他算力要求,引导向数据中心集群调度。三是共同推进西部算力调度中心建设,积极探索建立双城间算力资源调度和交易机制,进一步降低算力使用成本和门槛。

4.1.4 产业协同

国家发展改革委等部门联合印发的《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》中,首次提出了建设全国一体化大数据中心,明确构建“数网”“数纽”“数链”“数脑”“数盾”五数体系。其中“数脑”体系是指“东数西算”要能够深化各行业数据智能应用创新。从这一角度出发,算力也需与产业协同发展。因此,成渝还需注重以算力为核心融合大数据、人工智能、物联网、区块链等新兴技术,并与智能制造、智慧城市、智慧医疗、智能交通等领域协同联动,为成渝数字经济发展带来强劲动力。例如培育发展与相关产业融合的大数据存储、大数据采集、大数据加工、数据中心配套设备、服务器、集成电路、云计算产品及服务、智能制造等大数据云计算上下游产业,做好大数据云计算产业集群补链强链;积极引进国内外投资规模大、技术领先、管理先进、带动力强的大数据、云计算等企业落户,补齐相关产业短板,发展芯片、服务器系统、IDC运维、应用软件解决方案等产业,搭建IDC建设基础。

4.1.5 算法协同

国家信息中心信息化和产业发展部主任单志广认为，在数字经济的三要素中，数据位于价值金字塔的底层，算力处于价值金字塔的中部，而算法处于价值金字塔的塔尖，它的价值含量最高，对数字经济发展的作用最关键。因此，成渝应高度重视算法基础设施建设，协同打造先进算法供给高地，提升成渝枢纽数据中心集群的算法能力和竞争能力。一是依托成渝双城经济圈建设，开展产学研合作，支持企业高校研发基于智能算法的高端软件，依托龙头企业，建设普惠AI开源开放平台、开源社区，储备相关人才；二是加强国内外科技合作，包括共建“一带一路”科技创新合作区和国际技术转移中心等；三是积极推进算法交易集市和算法标准、测评体系建设，构建良好的算法生态。

4.1.6 能源协同

算力越高，其对能源的需求就越大^[17]。成渝要建设低碳数据中心集群，同样离不开能源协同。2022年发布的《推动川渝能源绿色低碳高质量发展协同行动方案》从建设优质清洁能源基地、推动川渝电网一体化建设、提高能源安全储备能力、推动能源消费清洁转型、提高能源现代化治理能力、提高能源供应安全保障能力、提高能源产业竞争力7个方面，保障成渝地区双城经济圈建设清洁用能需求，助推成渝能源领域碳达峰落地实施。在此基础上，成渝可围绕数据中心集群配套可再生能源电站，扩大可再生能源市场化交易范围，对数据中心集群进行统一能耗指标调配，集中保障数据中心的用地和用水资源。

4.2 成渝枢纽与贵州枢纽节点协同路径

在“东数西算”工程中，成渝枢纽作为东部节点之一，其布局规划是平衡好城市与城市周边的算力资源部署，做好与“东数西算”衔接。而距离成渝枢纽最近的西部节点之一是贵州枢纽，其主要以支持长三角、粤港澳大湾区等为主，积极承接东部地区算力要求。依据区域协调发展理论，区域间的协调与合作有利于最大限度地发挥各自的自然资源及经济优势，提高共同的经济效益，因此成渝枢纽节点和贵州枢纽节点可从以下三方面进行协同。

4.2.1 合理分配算力业务

基于“东数西算”定位的不同，成渝枢纽和贵州枢纽可通过一体化算力网络对业务进行合理分配。例如贵安数据中心集群主要承接全国范围需后台加工、离线分析、存储备份等非实时算力需求，打造面向全国的非实时性算力保障基地，因此成渝地区一些后台加工、离线分析、存储备份等对网络要求不高的业务，便可转移到贵州枢纽。此举对于成渝地区大量使用算力的企业来说，有助于其享受更为便捷、易用、低成本的算力服务，特别是对于中小企业，能够降低其上云用数成本，加快实现产业数字化转型。另外，成渝数据中心集群可发挥自身处理网络要求较高业务的优势，以云服务的方式为贵州工业制造业提供高性能计算力和互联网科技能力，助推贵州企业转型升级。此外，为了更好地提升算力服务质量，成渝和贵州可进一步探讨云服务新模式，包括发展云计算产品、服务和解决方案，探索算力资源定价、租赁、结算等机制，助力打造稳定可靠、安全可信、可持续发展的云服务，同时使企业享受到

速度最快、时延最低、价格最优惠的网络服务。

4.2.2 畅通数据要素跨域流通通道

贵州省大数据发展管理局数据显示,目前贵阳贵安已有11个超大型数据中心,已成为全球集聚超大型数据中心最多的地区之一,并且贵安数据中心集群超过80%的算力为贵州省外提供服务。为此,畅通数据要素跨域流通通道,助力区域间算力融合就显得极为重要。依据全国一体化大数据中心协同创新体系总体框架中“数链”体系建设内容,以及《贵阳市贵安新区“软件再出发”行动计划(2022—2025年)》,成渝枢纽和贵州枢纽畅通数据要素跨域流通通道可从以下方面开展:一是重点解决“政-政”“政-企”“企-企”等各个通道间数据资源流通共享要素体系缺失问题;二是依托贵阳大数据交易所,探索推进数据资源采集、处理、确权、使用、流通、交易等环节的制度法规和机制化运营流程;三是构建数据质量评估、可信流通、联合建模等数据资源流通调度新型机制,特别是构建覆盖原始数据、脱敏处理数据、模型化数据和人工智能化数据等不同数据开发层级的新型大数据综合交易机制^[18];四是依托数据中心集聚及云服务发展优势,做大做强数据清洗标注等关联数据服务产业。

4.2.3 探索数字合作新生态

大数据一直以来便是川渝黔产业合作的重点领域之一。2018年渝黔两省市签署的《重庆市人民政府、贵州省人民政府合作框架协议》便明确提出要加强大数据生产、应用及高端产品制造等领域合作,共同开发高端芯片、先进传感器、云

计算等关键技术和一批具有国际影响力的大数据分析软件产品。2019年川黔签署“1+8”个合作协议中,也重点提出了大数据产业合作。2022年年底,贵阳市发布《贵阳市贵安新区“软件再出发”行动计划(2022—2025年)》,提出主动对接成渝地区双城经济圈、粤港澳大湾区,推动构建“粤港澳-贵州-成渝”数据“新走廊”。在“东数西算”背景下,成渝和贵州可进一步积极探索数字合作新业态,比如探索“贵州数据交易市场+成渝数据流通资源”“贵州云服务基地+成渝云服务市场”“贵州算力网络枢纽+成渝算力资源需求”“贵州大数据实验田+成渝数字经济创新探索”等大数据抢新机的“4+”合作模式,实现贵州优质要素供给与成渝地区成熟市场有机衔接,打造数据驱动的成渝贵州数字合作新生态。

5 结束语

当今世界正经历百年未有之大变局,互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等技术加速创新,日益融入经济社会发展各领域全过程,以信息技术和数据为关键要素的数字经济成为全球新一轮科技革命和产业变革的重要引擎。国家实施“东数西算”工程,一方面助推我国数字经济高质量发展,另一方面有助于实现共同富裕。“成渝地区双城经济圈建设”的提出,在当前国家“双循环”新发展格局背景下可有效增强区域间循环畅通能力,并且促进成渝数字经济快速发展。

为了更好地推动“东数西算”工程,国家“东数西算”重点项目西部(重庆)科学城先进数据中心采用国内领先的自主可控技术,保障算力资源安全可靠;采用全浸式相变液冷技术,响应双碳策略;

构建同构计算能力与异构计算能力,提供灵活可调配的多元算力服务。成渝枢纽数据集群之间、成渝枢纽节点与贵州枢纽节点的协同可进一步提升不同枢纽节点的作用,促使“东数西算”工程发挥更大的效能。

参考文献:

- [1] 石勇,寇纲,李彪.“东数西算”战略与问题的分析研究[J].大数据,2023,9(5):3-8.
SHI Y, KOU G, LI B. Analysis and research on the strategy and problems of “Channel Computing Resources from the East to the West”[J]. Big Data Research, 2023, 9(5): 3-8.
- [2] 栗蔚,王雨萌,立言,等.“东数西算”背景下算力服务对算力经济发展影响分析[J].数据与计算发展前沿,2022(6):13-19.
LI W, WANG Y M, LI Y, et al. Analysis of the impact of computing power services on the development of computing power economy under the background of “east-west computing requirement transfer” [J]. Frontiers of Data & Computing, 2022(6): 13-19.
- [3] 王福涛,周盈盈,袁永,等.“东数西算”战略视角下算法支撑资源空间分布探究:基于1997—2020年数学学科国家三大科技奖获奖者的分析[J].科技管理研究,2023,43(8):71-81.
WANG F T, ZHOU Y Y, YUAN Y, et al. Exploration on the spatial distribution of algorithmic support resources under the strategic perspective of China’s east-to-west computing resource transfer project: based on the analysis of the winners of the three major national science and technology awards in mathematics from 1997 to 2020[J]. Science and Technology Management Research, 2023, 43(8): 71-81.
- [4] 钱德沛,栾钟治,刘轶.从网格到“东数西算”:构建国家算力基础设施[J].北京航空航天大学学报,2022,48(9):1561-1574.
QIAN D P, LUAN Z Z, LIU Y. From grid to “East-west Computing Transfer”: constructing national computing infrastructure[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2022, 48(9): 1561-1574.
- [5] 李平,邓洲,张艳芳.新科技革命和产业变革下全球算力竞争格局及中国对策[J].经济纵横,2021(4):33-42.
LI P, DENG Z, ZHANG Y F. The global computing power competition pattern under the new sci-tech revolution and industrial transformation and China’s countermeasures[J]. Economic Review Journal, 2021(4): 33-42.
- [6] 宋岚清.“东数西算”工程是否有效促进了地区产业结构升级?:基于“西算”视角的研究[D].兰州:兰州财经大学,2023.
SONG L Q. Does the project of “counting east and calculating west” effectively promote the upgrading of regional industrial structure? -research based on the perspective of “western calculation”[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Finance and Economics, 2023.
- [7] 高虹,袁志刚.产业集群的规模与效率影响[J].财贸经济,2021,42(2):119-133.
GAO H, YUAN Z G. Manufacturing clusters and their effects on industrial development in China[J]. Finance & Trade Economics, 2021, 42(2): 119-133.
- [8] 彭泽平.成渝地区双城经济圈高等教育协同治理:价值定位、逻辑架构与战略选择[J].国内高等教育教学研究动态,2023(1):6.
PENG Z P. Collaborative governance of higher education in Chengdu-Chongqing economic circle: value proposition. Cogical framework and strategic choices[J]. Higher Education Research Trends of China, 2023(1): 6.
- [9] 罗吉,王亚华,赵础昊.双城关联度测度:以成渝地区双城经济圈为例[J].经济体制改革,2022(5):75-82.

- LUO J, WANG Y H, ZHAO C H. The measurement of dual cities connectivity: taking the Chengdu-Chongqing economic circle as example[J]. Reform of Economic System, 2022(5): 75-82.
- [10] 韩骞, 王子晨. 国家数字经济创新发展试验区科技创新与数字经济发展关联评价研究[J]. 科学管理研究, 2022, 40(1): 74-78.
- HAN Q, WANG Z C. Research on the correlation evaluation of scientific and technological innovation and digital economy development in national digital economy innovation and development pilot zone[J]. Scientific Management Research, 2022, 40(1): 74-78.
- [11] 何玉梅, 易大智, 陈颖. 成渝地区双城经济圈数字经济与经济高质量发展耦合协调度研究[J]. 科技管理研究, 2022, 42(15): 196-203.
- HE Y M, YI D Z, CHEN Y. Research on the coupling and coordination degree of digital economy and high-quality economic development of the Chengdu-Chongqing economic circle[J]. Science and Technology Management Research, 2022, 42(15): 196-203.
- [12] 翁舟杰, 岳国华. 成渝协同共建西部国际金融中心策略研究[J]. 银行家, 2023(3): 80-83.
- WENG Z J, YUE G H. Strategy of Chengdu and Chongqing to jointly build western international financial center[J]. The Chinese Banker, 2023(3): 80-83.
- [13] 孟立联, 孟榆. 中国超大城市人口发展趋势及对策研究: 以成都为例[J]. 人口与社会, 2022, 38(1): 81-93.
- MENG L L, MENG Y. The trends and countermeasures of population development of China's megacities: a study based on the case of Chengdu[J]. Journal of Nanjing College for Population Programme Management, 2022, 38(1): 81-93.
- [14] 张会平, 顾勤, 徐忠波. 政府数据授权运营的实现机制与内在机理研究: 以成都市为例[J]. 电子政务, 2021(5): 34-44.
- ZHANG H P, GU Q, XU Z. Research on the realization mechanism and inner mechanism of authorized operation of government data-taking Chengdu city as an example[J]. E-Government, 2021(5): 34-44.
- [15] 王琳琳, 尹璐璐, 许云林. 关于重庆推进“东数西算”高质量发展的问题及建议[J]. 中国管理信息化, 2023(9): 83-86.
- WANG L L, YIN L L, XU Y L. Issues and suggestions on promoting the high-quality development of “East-to-West Computing Resource Transfer Project” in Chongqing[J]. China Management Informationization, 2023(9): 83-86.
- [16] 张宏科, 于成晓, 权伟, 等. 融算网络体系基础研究[J]. 电子学报, 2022, 50(12): 2928-2934.
- ZHANG H K, YU C X, QUAN W, et al. Fundamental research on computing integration networking[J]. Acta Electronica Sinica, 2022, 50(12): 2928-2934.
- [17] 尚华, 杨硕, 张一星. 绿色低碳化发展视角下数据中心电算网融合分析[J]. 信息技术与政策, 2023, 49(5): 59-64.
- SHANG H, YANG S, ZHANG Y X. Analysis of data center power grid and computing power network convergence from the perspective of green and low-carbon development[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2023, 49(5): 59-64.
- [18] 易成岐, 窦悦, 陈东, 等. 全国一体化大数据中心协同创新体系: 总体框架与战略价值[J]. 电子政务, 2021(6): 2-10.
- YI C Q, DOU Y, CHEN D, et al. National integrated big data center collaborative innovation system: general framework and strategic value[J]. E-Government, 2021(6): 2-10.

作者简介



张自力 (1964-), 男, 博士, 西南大学计算机与信息科学学院教授、学术委员会主任, 西部(重庆)科学城先进数据中心主任。中国计算机学会 (CCF) 理事, CCF 大数据专家委员会执行委员, 中国人工智能学会知识工程与分布智能专业委员会常委, 重庆计算机学会副理事长, 四川省人工智能学会副理事长。主要研究方向为人工智能、分布式计算、大数据分析。



解婷 (1990-), 女, 博士, 重庆工商大学管理科学与工程学院讲师, 主要研究方向为供应链管理、电子商务运营。



李文平 (1989-), 女, 重庆大学经济与工商管理学院博士生, 主要研究方向为信息管理、供应链管理。

收稿日期: 2023-08-10

通信作者: 张自力, zhangzl@swu.edu.cn