

关于高校智算中心建设的思考

于春生 蒋雪峰 陈 瑛
北京联合大学 北京 100101

摘要: 本文聚焦高校智算中心这一新兴数字基础设施的构建之道。在算力成为创新引擎的时代浪潮中,高校作为科技创新与人才培养的双重阵地,其智算中心建设既面临巨大机遇,也承受着复杂挑战。文章剖析了智算中心对接高校多元学科生态的内在需求逻辑,梳理了从单一主体到多元协作的建设模式谱系,并从规划布局、技术选型到治理机制等维度提炼实践路径。通过构建算力赋能、资源融通的智算生态,为高校破解“算力孤岛”困境,催化学科交叉融合,赋能科研教学创新提供系统性思考框架。

关键词: 智算中心; 资源池化; 建设运营模式; 技术架构; 治理机制

引言: 在数字经济蓬勃发展的时代背景下,算力资源已然成为数字经济发展的新引擎和创新驱动的关键底座。《新型数据中心发展三年行动计划》明确提出要加快高性能、智能计算中心部署,推动算力供应多元化。作为科研创新和人才培养的重镇,高校对智算中心的需求尤为迫切,而如何建设与运营一个高效、共享、可持续发展的智算中心,成为摆在各高校面前的重要命题。本文旨在探讨高校智算中心建设的系统性解决方案,为高校智算中心建设提供实践参考。

1 高校智算中心建设的需求分析

1.1 科研与教学需求

随着数字经济时代的到来和人工智能技术的迅猛发展,高校作为科学研究和人才培养的重地,对智算中心的需求日益迫切。科研方面,高校科研团队面临着数据处理量激增与计算复杂度提升的双重压力。就拿中国农业大学来说,其校级高性能计算平台自2022年6月正式上线以来,已累计为15所学院、141个账号提供服务,完成327679项作业,平台CPU资源在工作日的平均利用率超过70%,高峰期更是高达95%,显示了强大的科研支撑能力。在教学方面,随着ChatGPT、deepseek等生成式AI的出现掀起新一轮AI热潮,大量AI人才缺口亟待填补,高校纷纷加强AI专业建设,这使得AI开发训练平台和算力支持成为刚性需求。尤其是新设AI专业的高校,面临着如何搭建有效实训环境的挑战,需要提供足够的算力资源来支持学生的实验和实践活动。

1.2 学科交叉需求

随着科学研究的不断深入和学科边界的逐渐模糊,跨学科研究已成为科研创新的重要途径。高校智算中心正是支撑这种学科交叉融合的关键基础设施。不同学科对计算资源的需求千差万别:生命科学可能需要进行基

因组分析和蛋白质结构预测,化学学科可能进行分子模拟和材料性能计算,而计算机学科则需要AI模型训练和深度学习算法研发。例如,中国农业大学的生命科学、化学等学科的CPU计算需求远高于计算机学科的GPU计算需求,因此其CPU和GPU的配比设计为4:1较为合理;而北京航空航天大学既有基础学科的HPC计算,也有大量的计算机和航空类AI智算需求,1:1的配比设计可能更加适合。智算中心不仅要提供多样化的计算资源,还需要构建支持不同学科应用场景的软件环境库,搭建利于学科交叉的数据共享机制。通过智算中心的建设,可以促进不同学科间的数据、算法和研究方法的共享,加速学科交叉创新成果的产出。

1.3 资源整合需求

当前高校AI算力资源面临严重的分散化和碎片化问题,AI算力的建设通常与相关项目同步进行,分散在不同学院或科研团队,各自采用工作站或少量服务器的形式独立管理使用。这种割裂状态造成了“算力孤岛”现象:即使某些团队的GPU资源处于闲置状态,其他有需求的团队也无法使用,从而导致学校整体算力资源的严重浪费。以西安工业大学为例,其AI科研教师通常会自行采购GPU服务器满足课题需求,但当研究完成后,这些设备往往闲置,造成资源浪费。通过建设统一的校级智算中心,可以实现资源的集中管理和统一调度。采用资源池化技术,可以将分散的物理GPU资源统一规划,实现AI算力资源的切分、远程调用、跨机聚合、算力超分等功能,最终达到全校师生共享算力资源的目标。

2 高校智算中心建设与运营模式分析

2.1 高校智算中心建设模式分析

在智算中心建设领域,根据投资主体不同,形成了四种主要建设模式:高校独立投资、企业独立投资、政

企合作与政府独立投资。高校独立投资是最常见的模式，如中国农业大学投入400万元建设校级高算平台，虽规模小但科学设计使其成功支撑15个学院的科研需求，平台利用率达70%~95%，产出《自然》《细胞》《科学》子刊论文4篇和SCI论文11篇。企业独立投资模式适用于产学研结合紧密的高校，企业提供资金和技术资源，促进校企协同创新。政企合作模式是由高校、政府与企业共建智算中心，整合多方资源但需建立良好的合作机制。政府独立投资模式则多用于区域性大型智算中心，在服务高校同时向社会开放。建设模式选择需考虑高校资金实力、技术团队储备、基础设施条件、学科结构等因素。对初期建设智算中心的高校，建议采用独立投资+混合运营模式，随着经验积累再考虑扩展。

2.2 高校智算中心运营模式分析

高校智算中心的运营模式关系到平台的可持续发展和服务效果。自主运营模式是高校组建专业团队独立管理智算中心，具有决策链短、响应快等优势，但面临专业人才短缺和高运维成本的挑战。中国农业大学通过教师兼职管理、厂商培训和向兄弟高校学习，逐步提升管理能力。混合运营模式是高校与企业合作，高校负责校内基础算力服务，企业负责更广泛的产业应用，如部分高校与云计算企业合作，采用资源池化与云平台集成方案，实现GPU资源共享，避免重复建设。第三方运营模式是完全委托专业公司管理，适合缺乏专业团队的高校。选择合适运营模式需考虑技术实力、资金能力、人才储备和长期规划，不同发展阶段可能需要调整策略，以实现智算中心的价值最大化。

3 高校智算中心建设实施策略

3.1 建设前期准备工作

高校智算中心建设前期，全面细致的需求调研是确保项目成功的关键一环。在校内需求调研阶段，应采用定向与网络问卷相结合的方式，针对各学院、科研团队进行算力需求摸底。调研内容应涵盖具体业务场景分析、科研软件种类、计算任务类型、数据存储容量等维度。在数据收集时，应量化具体需求参数，如每个课题组CPU与GPU的需求比例、高性能计算占用率、数据集大小与传输频率、模型训练周期等。对于校外经验借鉴，建议收集5-10所不同类型高校的智算中心建设方案，制作对比表格，系统分析其架构设计、资源规模、投资成本与实际收益。与厂商交流时，需准备问题清单，重点关注产品性能参数、扩展能力、与现有系统兼容性、维保服务范围及总体拥有成本等。基于调研数据，制定建设方案时应遵循模块化原则，分阶段规划系统架构。

核心系统规模宜预留30%的扩展余量，针对未来5年业务增长规划设计资源容量。建议采用“3+1”架构设计：计算集群、存储集群、网络系统加管理平台，确保各组件间接口标准化，实现设备独立迭代升级^[1]。

3.2 机房环境与电力规划

智算中心的机房环境与电力系统是计算设备稳定运行的物理基础，规划时需精确计算核心参数^[2]。首先，基于设备总体部署，智算中心机房面积应按每个机柜占地约1.5-2平方米计算，机房净高不低于2.8米，架空地板高度不少于60厘米，满足下走线需求。电力密度方面，风冷机房单机柜功率通常为25-35kW，液冷机房可达65kW，据此计算总体供电需求。对标绿色低碳数据中心标准，新建智算中心电能使用效率指标应控制在1.5以下，预留电力容量应考虑峰值负载的1.3倍冗余。针对UPS系统配置，推荐采用N+1冗余架构，电池备用时间按高校具体需求设置，通常为15~30分钟。制冷系统选型上，若选择风冷方案，需根据机柜布局计算冷量需求，通常每100kW计算负载配置约130kW的制冷能力；若采用液冷方案，则需关注水温控制精度（ $\pm 1^\circ\text{C}$ ）、水压控制范围（0.6-1.0MPa）以及冷水供回水温差（通常控制在5-8 $^\circ\text{C}$ ）。消防系统宜采用气体灭火（七氟丙烷/IG541），避免水系统对设备造成二次损害。

3.3 设备选型与部署策略

智算中心设备选型与部署是建设过程中的核心环节，直接决定平台性能与可用性^[3]。在计算设备配比方面，根据具体学科需求确定CPU与GPU的比例：理工类院校通常采用2:1至1:1配比，生物医学类院校可采用3:1配比，而侧重AI研究的专业院校GPU占比可提升至40%~50%。服务器具体配置上，CPU服务器宜选用双路处理器，主频3.0GHz以上，每节点配置192-384GB内存，满足大规模科学计算需求；GPU服务器则建议每节点配置4-8张GPU卡，选用支持NVLink的高带宽设计，内存配比应为GPU显存的2-3倍，确保数据加载与模型训练高效运行。存储系统规划应分层设计：高性能层采用并行文件系统，IOPS不低于100K，带宽不低于20GB/s；归档层采用对象存储系统，单节点可扩展至PB级，性价比更高。按经验值，计算节点与存储容量比例约为1:10TB较为合理，确保数据密集型应用顺畅运行。网络系统方面，计算网络建议采用100Gbps InfiniBand HDR技术，体现出比RoCE更出色的超低延迟和高带宽表现，特别适合MPI并行计算；管理网络则可采用25/40Gbps以太网，满足常规数据传输需求。

3.4 软件平台与用户接口设计

智算中心软件环境构建应以用户体验为中心,降低使用门槛。平台架构采用四层设计:底层资源层(物理设备)、中间件层(调度系统)、应用层(科研软件)和用户接口层(门户)。资源调度采用混合策略:普通任务采用公平份额算法,优先级划分为四级(90/70/50/30),紧急任务支持抢占机制(提前8小时申请)。软件环境采用容器封装技术,构建标准化科研应用库,覆盖率达学科需求的85%以上,每学期更新一次。用户界面设计遵循“三步提交”法则:选择应用→配置参数→提交作业,界面响应时间<1秒,任务提交成功率>99%。平台应提供个性化数据看板,实时显示作业状态、资源消耗与预计完成时间。监控系统采集指标粒度:节点级数据5秒/次,集群级统计1分钟/次,资源利用报告按日/周/月自动生成。针对AI训练场景,配置专用数据处理流水线,支持数据并行加载(>5GB/s),模型训练进度可视化与远程监控。资源弹性调度功能对接云平台,高峰期可动态扩展30%算力,实现突发负载平稳处理^[4]。

3.5 管理制度与运行机制

高校智算中心运行管理制度是保障平台高效运转的关键。组织架构设置“管理委员会+技术团队”二级模式,技术人员配比标准为每100节点配置1-2名全职工程师。资源分配采用“基础保障+项目申请”双轨制:基础算力按院系规模配比分,大概应占总资源60%左右,竞争性资源通过项目申请,以季度或年度的方式进行分配,申请评审周期≤10个工作日。费用定价机制建议采用阶梯定价:基础配额免费或低价使用,超额资源则按市场价30%~50%的标准收费,对重点科研项目提供20%~30%的费用减免。智算中心运行数据应定期公开,包括资源总量、使用率、分配情况和成果产出等关键指标,并建立考核评价机制,对资源使用效率低的单位进

行调整。在用户管理方面,建立分级培训体系:面向新用户的基础培训、学科专题培训和高级应用培训,配以在线学习资源库。问题响应机制应承诺工作时间内1小时响应、24小时解决一般性问题,并设立7x24小时紧急故障处理流程。平台上线初期建议设置1-3个月的免费试用期,通过体验反馈完善系统功能^[5]。

结束语

高校智算中心建设,不仅是物理空间的构筑,更是创新生态的营造。在算力驱动智能时代的演进中,智算中心正从单纯的“计算场所”向“创新枢纽”转型。未来的高校智算中心,应当打破传统的部门藩篱与学科壁垒,构建起算力、数据、算法三位一体的融合平台,成为学科交叉的催化剂与创新思想的碰撞场。当智算中心从工具属性向平台属性、从支撑功能向引领功能跃迁,它将成为高校融入数字经济时代、服务国家创新驱动战略的关键支点。

参考文献

- [1]徐喆.智算中心“建-运”模式分析思考[J].中国信息化,2024,(04):76-77.
- [2]秦颖庭,何韵潇,付满.澳大利亚国立大学战略与防务研究中心建设发展及对中国高校智库建设的启示[J].江苏第二师范学院学报,2023,39(06):88-94.
- [3]胡佳艳.深圳智算、超算中心建设运营特点及宁波启示[J].宁波经济(三江论坛),2023,(07):12-15.
- [4]张译之.高校教育数字化转型之超算中心建设路径研究[J].中国信息化,2023,(05):76-78+73.
- [5]陈子慧,刘海峰.英国高校智库建设路径探究——以伦敦政治经济学院国际事务与外交战略研究中心为例[J].江苏科技信息,2020,37(35):28-30.