

# 基于“边缘智能计算”的智慧校园设计\*



刘 诣<sup>1</sup> 胡晓箐<sup>2</sup> 刘莲花<sup>3</sup>

- (1. 河北政法职业学院 计算机系, 河北石家庄 050061;  
2. 河北政法职业学院 财经管理系, 河北石家庄 050061;  
3. 河北政法职业学院, 河北石家庄 050061)

**摘要:** 新基建视域下, 针对校园云计算与大数据中心集中部署计算资源所产生的诸多困境, 文章依据边缘智能计算的理论研究, 设计了基于“边缘智能计算”的智慧校园: 首先对智慧校园“端、边、云”计算进行整体部署, 随后从边—云协同和智慧校园事务处理的角度进行智慧校园边—云协同计算架构的设计, 最后将人工智能技术嵌入边缘计算节点, 实现智慧校园的分布式智能“大脑”。在此基础上, 文章梳理了基于“边缘智能计算”的智慧校园应用场景, 并提出发展建议, 以期推进边缘智能计算在智慧校园建设中的应用与发展。

**关键词:** 边缘智能计算; 边云协同; 智慧校园; 应用场景

【中图分类号】G40-057 【文献标识码】A 【论文编号】1009—8097(2021)02—0081—07 【DOI】10.3969/j.issn.1009-8097.2021.02.011

随着《智慧校园总体框架》国家标准的制订和《教育信息化 2.0 行动计划》、《中国教育现代化 2035》等一系列国家教育政策的颁布, 智慧校园又一次成为学者研究的焦点。截至 2020 年, 在“中国知网”检索到“智慧校园”的相关文献共 6912 篇, 其中近三年发文量高达 4023 篇, 占比 58.2%。通过对文献的梳理发现, 较多学者关注智慧校园的教学管理、教育治理及评估模型等研究领域, 如谢幼如等<sup>[1]</sup>总结归纳了智慧校园“融合创新教学、营造生态环境、重塑教师队伍、重构数字资源、创新治理服务”五个方面的创新应用; 沈霞娟等<sup>[2]</sup>构建了智慧校园的六维评估模型, 并借助国外智慧校园的案例分析, 开展顶层机制创新。这些研究成果主要聚焦在智慧校园的软资源建设, 鲜有对基础平台计算模型的分析与思考。2020 年 3 月, 中共中央提出要加快大数据中心、人工智能、工业互联网等七大领域的新型基础设施建设(简称“新基建”)。在国家政策的大力推动下, 各学校的智慧校园建设取得了快速发展。云计算与大数据中心等智慧校园事务处理的基础平台如雨后春笋般涌现, 但与此同时也暴露出诸多问题。新基建背景下, 针对校园云计算与大数据中心等基础平台建设的诸多困境, 重构智慧校园基础平台的计算模型, 已成为亟需解决的重大问题。

## 一 智慧校园基础平台建设的困境思考

### 1 云计算平台的资源利用率低且能耗过大

智慧校园的云计算平台都是按照自身的应用场景和安全要求, 在校园构建私有云环境。由于受应用类型和地理区域等因素的影响, 集中部署的私有云会导致资源利用率低、大量服务器闲置等问题; 而且, 过于集中的设备运行消耗了巨大的电力能源, 会造成资产流失与浪费。

### 2 大数据中心的处理压力巨大且安全事故频发

目前, 各学校数据泄露、黑客攻击等事件频发, 更有不少案例是在校生直接用学校内网对数据中心发起攻击, 给校园的信息安全带来了严峻的考验。从当前智慧校园的建设方式来看, 智慧校园的大数据中心建设在校园内部并统一管理, 导致所有数据必须发送到中心节点才能够

挖掘与分析,不仅消耗了大量汇聚、处理的成本,也增加了数据中心的压力;一旦发生单点故障,就会给校园管理带来灾难性的后果。数据内容安全和学校机要文件保护等工作,同样是基础平台建设面临的难点。

### 3 终端设备的低延时计算需求提升

伴随物联网和 5G 移动通信的发展,智慧校园的基础设施中出现了监控、大屏、传感等终端设备,这些设备因自身不具备数据处理的功能,需要云计算平台提供算力和算法的支撑。但是,智慧校园的在线开放课程、虚拟现实课程等应用场景对基础设施提出越来越高的要求,如数据往返于终端和数据中心的延迟时间已越来越难以容忍,对终端的低延时、高可靠的需求越来越强烈。疫情时期,各学校的在线开放课程集体瘫痪,也印证了以云资源池为核心,集中部署计算资源,极易发生“中心节点”故障,仅仅依靠云计算、大数据等技术,已不能满足智慧校园的发展,亟需更加高效、智能、安全的计算模型来重构智慧校园的基础平台。

## 二 “边缘智能计算”的理论研究

边缘智能计算的理论,为智慧校园基础平台的建设开启了新思路。新基建时代,工信部发布的《推动工业互联网加快发展的通知》中要求:加快边缘计算技术的产品孵化和应用部署;国家发改委对新基建的解读也谈到:新基建重点包括以人工智能为代表的新技术基础设施和智能计算中心为代表的算力基础设施。这都表明探索“边缘智能计算”的理论模型,是建设智慧校园新型基础平台的重要途径。

### 1 边缘智能计算的理论基础

边缘智能计算的理论来源于人工智能(AI)技术的崛起和边缘计算的出现。人工智能在发展过程中经历了两次高潮与低谷之后能够再次崛起,得益于智能芯片制造水平的进步和机器学习、深度学习等智能算法的突破。关于边缘计算技术,施巍松<sup>[3]</sup>将其定义为从数据源到云计算平台之间的任意计算和网络资源,计算的“对象”包括物联服务的上行数据和云服务的下行数据。本研究认为,“边缘计算”是物联终端侧的端计算到云资源池的云计算之间所有计算的集合体,边缘计算通过边缘节点与云计算平台完成交互协同,不仅解决了数据在端、云之间的传输延迟,实现数据的实时处理,同时也大大降低了云计算平台的计算压力。

### 2 边缘智能计算的研究现状

边缘智能计算的理论基础虽然来自人工智能与边缘计算,但并不是两者的简单叠加,而是深度的有机融合。例如,方俊杰等<sup>[4]</sup>指出边缘智能计算是边缘节点上多个分布式设备协同共建的人工智能;周知等<sup>[5]</sup>则根据人工智能“建模、预测”等计算发生的位置,将边缘智能计算技术划分为六种形式。本研究认为,“边缘智能计算”是 AI 技术嵌入边缘计算节点的功能体现,是 AI 技术为边缘计算充分赋能的具体应用。目前,边缘智能计算的应用研究大量落地,如董超等<sup>[6]</sup>利用边缘智能计算技术将无人机中计算密集型任务卸载到地面边缘服务器上运行,从而实现无人机系统的能耗、时延最小化和效用最大化;白昱阳等<sup>[7]</sup>利用边云协同、边缘智能等技术解决了电力系统所面临的实时性高、任务复杂等难题,探讨了边缘智能计算在电网部署中的应用范式。综上所述,边缘智能计算理论模型的形成,首先是在物联终端与云计算平台之间部署边缘计算节点,然后结合相应的业务场景实现边—云计算能力的协同,最后将 AI 技术与边缘计算节点融合,实现边缘节点的智能化。

### 三 基于“边缘智能计算”的智慧校园设计

依据边缘智能计算的理论研究成果,构建智慧校园的分布式智能“大脑”,先要进行校园“端、边、云”计算的整体部署,再从边—云协同和智慧校园事务处理的角度,进行边缘计算的具体架构,最后通过智能芯片、智能算法、智能应用等形式将 AI 技术嵌入边缘计算节点,完成以边缘智能计算为计算模型的智慧校园基础平台设计。

#### 1 智慧校园“端、边、云”计算的整体部署

Soldatos 等<sup>[8]</sup>阐述了高校的教学环境建设、教学资源服务、教学科研分析等校园事务均与端计算、云计算密切相关。边缘计算出现后,为保障智慧校园基础平台计算能力的协同,首先要对智慧校园“端、边、云”计算进行整体部署,如图 1 所示。

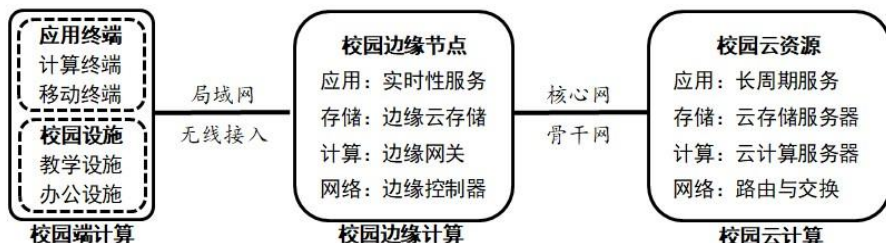


图 1 智慧校园“端、边、云”计算的整体部署

智慧校园“端、边、云”计算的整体部署,由三类计算模块组成:①校园端计算。智慧校园的终端设施通过校园网络与边缘节点进行连接,实现端—边之间的数据通信。校园端计算将终端采集的师生信息、教学情况、校园安全状态等多模态现场数据,实时同步给校园的边缘节点。②校园边缘计算。智慧校园的边缘节点设施通过校园网络分别与终端设施、云资源设施进行连接,成为端—云之间的传输桥梁。边缘节点是智慧校园基础平台计算能力协同的核心资源。校园边缘计算负责接收、处理端计算采集的校园生态数据,并对数据进行实时的感知、优化等时间敏感服务。例如,感知外界光线控制窗帘开闭、感知是否有课控制门锁开闭、感知课程内容推送课程视频、感知学习状态评价课堂效果等服务,并将需要长期决策的校园事务转发给校园的云资源。边缘计算具有轻量化、能耗低等特性,可广泛部署于校园事务的现场,并充分与校园云计算进行教育管理、校园管理等事务协同。③校园云计算。智慧校园的云资源设施通过校园网络与边缘节点进行连接,实现边—云之间的数据通信。校园云计算负责接收边缘节点转发的数据流,并对时间不敏感数据进行长期的数据挖掘、机器学习等智能计算,从而为校园事务管理提供智能决策的参考服务,以实现资源调度的全面优化。例如,随季节的变化,提供校园供电时间的动态决策参考;随师资比例和学科发展,提供校园人事、资产、科研等管理事务优化的动态决策参考。

#### 2 智慧校园边—云协同的计算架构

智慧校园边—云协同的目的是在边缘节点和云资源之间,完成教学环境、教育管理等校园事务的交互协作,以实现校园应用平台的实时响应、快速决策等能力。

##### (1) 边缘计算的架构组成

云计算架构包括了基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)、软件即服务(SaaS)三个层次<sup>[9]</sup>。为了保障与云计算的充分协同交互,边缘计算的架构同样需要构建三层开源服务(如图

2 所示): ①边缘计算基础设施即服务 (EC-IaaS), EC-IaaS 层需具备校园边缘节点通信、数据库与服务器、硬件资源虚拟化等能力; ②边缘计算平台即服务 (EC-PaaS), EC-PaaS 层需具备校园实时数据的交换、管理等能力, 并提供支撑平台与统一接口的中台服务; ③边缘计算软件即服务 (EC-SaaS), EC-SaaS 层需要具备教学环境、教育管理 etc 校园事务的应用能力。

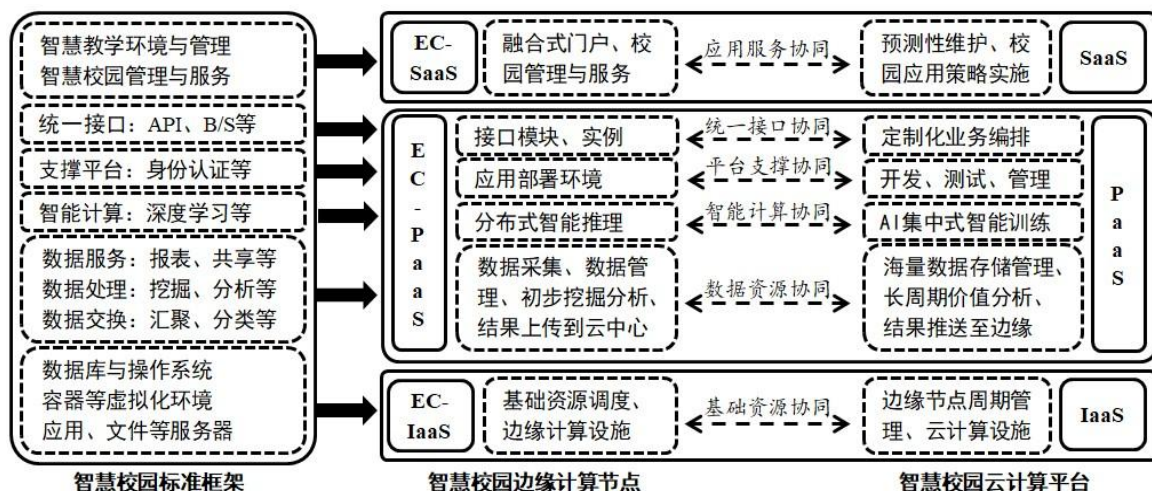


图 2 智慧校园边—云协同的计算架构

## (2) 边—云协同的事务处理机制

依照《智慧校园总体框架》中的标准<sup>[10]</sup>, 本研究将智慧校园边—云协同的事务处理分为基础资源、数据资源、智能计算、平台支撑、统一接口、应用服务六类协同, 如图 2 所示。这六类协同包括: ①基础资源协同。智慧校园的信息化基础设施、服务器与数据库等资源交互, 边缘节点除具备本地资源调度的能力以外, 还需接受云平台资源调度的管理策略。②数据资源协同。边缘节点采集、汇聚智慧校园的终端数据, 将汇聚的结果上传给云平台, 并等待云平台的数据推送。边缘节点接收到云平台的数据资源后, 建立虚拟内容分发平台, 不仅提高了终端设备点击数据资源的命中率, 也降低了云计算平台的处理压力与响应延迟。③智能计算协同。AI 技术嵌入智慧校园的边缘节点后, 边缘节点就可以执行数据挖掘、机器学习、数据可视化技术中的一些轻量化 AI 推理。云平台长时间执行复杂算法的 AI 训练任务, 并将训练结果实时反馈至边缘节点, 以修正边缘节点执行 AI 推理的算法模型, 提高边缘节点预测与分析校园事务的准确率, 提升了智慧校园的智能化水平。④平台支撑协同。边缘节点部署身份认证、权限管理等智慧校园应用平台的运行环境, 云平台则对智慧校园应用平台进行开发测试及周期管理。⑤统一接口协同, 是指智慧校园的边缘节点与云平台要具有统一可管理、可移植的中间件, 以实现模块化、微服务化的校园应用实例和定制化的校园事务编排。⑥应用服务协同。边缘节点按照云平台的策略, 开展智慧校园的教学资源分发、教学管理评价、教育资源控制、校园安防预警等校园事务, 实现智慧校园各种应用场景的协同。

## 3 智慧校园“边缘智能计算”的 AI 嵌入

边—云协同只能将计算、存储等能力扩展到智慧校园的边缘节点, 实现校园事务的实时性, 而 AI 技术可以让智慧校园的边缘节点都具有推理和决策的能力, 以实现边—云之间的智能计算



协同,满足校园在应用智能等方面的需求。本研究将智慧校园的边缘智能计算划分为基础设施 AI 嵌入加速、平台系统 AI 算法嵌入、应用系统 AI 开源融合三种形式。

①“边缘基础设施 AI 嵌入加速”是指在智慧校园边缘计算架构 EC-IaaS 层的边缘基础设施中,嵌入 AI 芯片,以实现边缘侧轻量级、低延时、高效的 AI 计算。目前,以图形处理单元(GPU)、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)为代表的 AI 芯片已大量落地,基本满足可编程、多场景等特性,均可部署在边缘计算的 EC-IaaS 层,完成边缘节点快速业务处理与高效运维管理等功能。②“边缘平台系统 AI 算法嵌入”是指在智慧校园边缘计算架构 EC-PaaS 层的平台系统中,嵌入 AI 算法模型,以实现更高效、更安全的数据分析、环境态势感知与实时决策等智能化服务。目前,TensorFlow Lite、Caffe2 和 PyTorch 等轻量级 AI 算法均可部署在边缘计算的 EC-PaaS 层,通过预先激活和量化内核等方法对边缘节点进行 AI 推理提速、信息预处理等工作。③“边缘应用系统 AI 开源融合”是指在智慧校园边缘计算架构 EC-SaaS 层的应用场景中,部署 AI 应用软件,以实现边缘应用场景的智能化。目前,基于 AI 计算机视觉的人脸识别、图像检索、安防监控等应用软件和基于 AI 自然语言处理的文本翻译、内容检索、语言交互等应用软件都已大量落地,均可部署在边缘计算的 EC-PaaS 层,实现智慧校园的教学评价分析、公共区域安防等多种应用场景。

#### 四 基于“边缘智能计算”的智慧校园应用场景

基于“边缘智能计算”构建的智慧校园,可建在大中专院校及中小学等各类学校,不仅能解决校园云计算与大数据中心等基础平台建设的种种困境,而且还能精准对接多元的教育用户、适应多样的教育情境、满足广泛的教育需求,并重构校园的教学资源、教学管理、教育资产等核心事务形态。

##### 1 校园教学资源的实时分发

边缘智能计算适用于学生在教室或学习本地频繁请求教学资源的应用场景。云计算平台将教学资源一次推送后,学习者本地的边缘节点就建立了虚拟内容分发平台,从而提高教学资源被多次点击的命中率、降低响应时延、提升服务质量。例如,远程互动、全息课堂、VR/AR 等教学资源分发的教学场景,使学生观看影像数据的感受与观看本地终端的影像一样,从而将抽象的教学内容可视化,深化学生的认知和理解,使学习成为一种真实情境的体验,进而提高学生的学习效果。云计算平台每次资源下发的数量可根据学生课表和边缘资源节点的接收能力进行动态调整、随时替换,既节省了教育成本,也降低了数据中心的压力。教学资源的实时分发场景可用于远程教育参观、文化展示、技能实操、大型公开课等各种教育事务。

##### 2 校园教学管理的实时评价

边缘智能计算适用于教育督导部门、教师同行、学生和家长等教育主体对教学管理进行实时评价的应用场景。通过教育终端,系统采集全场景教学过程的多模态数据(包括课前、课中、课后的相关数据),并将数据同步到边缘节点。边缘节点利用数据挖掘、机器学习、自然语言处理、数据可视化等技术,为管理者、教师、学生等教育用户提供客观、全面的分析结果,有助于教学的个性化和评价的合理化。例如,边缘智能计算对师生的教与学行为进行智能分析后,生成课堂的教情数据,并实时映射到统一的评价量化表中,其中,“量化表”是教师教学能力的可视化呈现,协助教师实时观看哪些教学过程比较出色、哪些教学过程有待改进,最终实现精

准教研：通过将视频或文本等教育资源与学生的学习过程进行切片化绑定，让学生能够快速找到欠缺知识片段后迅速查漏补缺，实现对学生听课全过程的精准评价；协助教育督导部门开展实时巡课，规范课堂教学活动。教学管理的实时评价开放了教学的课堂，促进了全社会教学行为的合作协同，形成人人可评，时时可评的泛在化学习空间。

### 3 校园教育资产的实时控制

边缘智能计算适用于教学设备、后勤设施等教育资产实时控制的应用场景。通过边缘节点的智能计算，对资产系统进行可视化呈现，实时进行远程监控、远程管理、远程维护和态势感知，如教育资产的负荷、温度等数据获取；远程定时开关、插播紧急通知等实时管理；远程清理病毒、定期冰点还原等实时运维；可能发生故障、可能剩余寿命等实时预测。

### 4 校园重要区域的实时安防

边缘智能计算适用于人脸识别、校园告警等重要区域实时安防的应用场景。系统将校园监控采集的视频数据分流到边缘节点，有效降低了云计算平台的处理压力和数据的传输延时；边缘节点的智能计算实现了安防监控、人脸识别等业务的本地化快速处理、实时响应；边—云协同的智能安防，让云计算平台长时间执行复杂算法的训练任务，并将训练结果数据推送至边缘节点，从而保障了校园安防预警工作的准确度。校园区域的实时安防为学校提供了全方位、全天候的安全保障，如人员表情判断、轨迹追踪、行为检测、人员密集区域控制等安全事务，最终完成精细化的隐患排查、数据化的隐患处理，辅助打造智慧校园的安全空间。

## 五 总结与展望

边缘智能计算已经得到了各个行业的充分认可，并开始大量试点应用。各学校也应抓住机遇，在顶层设计、完善机制、开源协作方面积极部署，力争早日完成智慧校园的数字化转型。为了推动智慧校园的发展，本研究建议从以下方面着手：首先，加强“边缘智能计算”智慧校园的标准化制订。智慧校园的标准化制订是一个综合工程，需要政府部门与各学校积极开展顶层设计，针对边缘智能计算的智慧校园总体框架提供建设思路和指导规划，引导边缘计算、人工智能等前沿技术在教育领域的推广与创新。其次，完善“边缘智能计算”智慧校园的安全机制。边缘智能计算在部署方式、运维管理等方面与云计算存在不同，云计算模型的安全机制不完全适用于边缘智能计算，这对边缘智能计算的安全建设形成了极大挑战。各学校需积极完善边缘智能计算的安全机制，必要的情况下也可以引入区块链等前沿科技，从技术、管理等多个层面共同保障与捍卫智慧校园基础平台的系统安全。最后，构建“边缘智能计算”智慧校园的开源协作。智慧校园的边缘智能计算需要部署大量的边缘节点，这就需要各学科专业、管理机构等部门在自身需求的基础上，沟通交流、共同研究边缘节点的设置原则，以实现高效灵活的事务处理，并最大化地节省建设成本。各学校还应积极探索院校间、校企间的多元化协同平台，共同构建边缘智能计算的开源生态圈，以实现更紧密的合作研究与更开放的教育协作。

## 参考文献

- [1]谢幼如,黎佳,邱艺,等.教育信息化 2.0 时代智慧校园建设与研究新发展[J].中国电化教育,2019,(5):63-69.
- [2]沈霞娟,洪化清,宁玉文,等.国外智慧校园研究热点与典型案例[J].现代教育技术,2019,(12):13-20.

- [3]施巍松,张星洲,王一帆,等.边缘计算:现状与展望[J].计算机研究与发展,2019,(1):69-89.
- [4]方俊杰,雷凯.面向边缘人工智能计算的区块链技术综述[J].应用科学学报,2020,(1):1-21.
- [5]Zhou Z, Chen X, Li E, et al. Edge intelligence: Paving the last mile of artificial intelligence with edge computing[OL]. <<https://arxiv.org/abs/1905.10083v1>>
- [6]董超,沈赟,屈毓铨.基于无人机的边缘智能计算研究综述[J].智能科学与技术学报,2020,(3):227-239.
- [7]白昱阳,黄彦浩,陈思远,等.云边智能:电力系统运行控制的边缘计算方法及其应用现状与展望[J].自动化学报,2020,(3):397-410.
- [8]Soldatos J, Kefalakis N, Serrano M, et al. Design principles for utility-driven services and cloud-based computing modelling for the internet of things[J]. International Journal of Web & Grid Services, 2014,(2/3):139-167.
- [9]宋苏轩,杨现民,宋子强.教育信息化 2.0 背景下新一代高校智慧校园基础平台建设研究[J].现代教育技术,2019,(8):18-24.
- [10]国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T36342-2018 智慧校园总体框架[S].北京:中国标准出版社,2018:3-5.

### The Design of Smart Campus Based on “Edge Intelligent Computing”

LIU Yi<sup>1</sup>    HU Xiao-Zheng<sup>2</sup>    LIU Lian-Hua<sup>3</sup>

(1. Department of Computer, Hebei Vocational College of Politics and Law, Shijiazhuang, Hebei, China 050061;

2. Department of Finance and Economy, Hebei Vocational College of Politics and Law, Shijiazhuang, Hebei, China 050061;

3. Hebei Vocational College of Politics and Law, Shijiazhuang, Hebei, China 050061)

**Abstract:** From the perspective of new infrastructure, aiming at the many difficulties caused by the centralized deployment of computing resources in campus cloud computing and big data centers, this paper designed a smart campus based on “edge intelligent computing” according to the theoretical research of edge intelligent computing. Firstly, the computing resources of “end, edge, cloud” of smart campus were deployed as a whole, and then the architecture of edge-cloud collaboration computing of smart campus was designed from the perspective of edge-cloud collaboration and smart campus transaction processing. Finally, the artificial intelligence technology was embedded into the edge computing nodes to realize the distributed intelligent “brain” of the smart campus. Based on this, this paper combed out the application scenarios of smart campus based on the “edge intelligent computing”, and put forward development suggestions, expecting to promote the application and development of edge intelligent computing in smart campus construction.

**Keywords:** edge intelligent computing; edge-cloud collaboration; smart campus; application scenarios

\*基金项目: 本文受河北省社会科学基金项目“构建‘区块链+边缘计算’的智能信息化网络教育模型助推河北教育现代化的创新研究”(项目编号: HB19JY023)资助。

作者简介: 刘诣, 主任, 讲师, 硕士, 研究方向为智慧校园、教育信息化、信息通信技术与科学管理, 邮箱为 xiangzheng99@vip.163.com.

收稿日期: 2020年4月7日

编辑: 衍沅