

Research on the Development of Energy-saving Technology in Liquid-cooled Data Center in the Era of Cloud-edge Fusion

Bang Li

Shenzhen Yunbian Low Carbon Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the rapid development of cloud computing, big data and artificial intelligence technologies, the demand for data centers is constantly increasing, and how to improve the energy efficiency of data centers has become an urgent issue. As an important development direction of energy saving technology, the liquid cooling data center, especially the immersion liquid cooling technology, gradually stands out with its significant heat dissipation effect and energy efficiency advantages. This paper takes the development of energy saving technology of liquid-cooled data center in the era of cloud-edge fusion as the research object, mainly analyzes the perspective of immersion liquid-cooled data center and edge computing products and solutions, and discusses its application status and prospects in reducing energy consumption, improving equipment life and environmental protection.

Keywords

liquid cooling data center; immersion liquid cooling; edge computing; energy saving technology; cloud edge fusion

云边融合时代的液冷数据中心节能技术发展研究

李棒

深圳云边低碳技术有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

随着云计算、大数据和人工智能技术的飞速发展, 数据中心需求不断攀升, 如何提高数据中心能效成为迫切课题。液冷数据中心作为节能技术的重要发展方向, 尤其是浸没式液冷技术, 以其显著的散热效果和能效优势逐渐脱颖而出。论文以云边融合时代的液冷数据中心节能技术发展为研究对象, 主要从浸没式液冷数据中心及边缘计算产品及方案的角度进行分析, 探讨其在降低能耗、提高设备寿命及环保等方面的应用现状与前景。

关键词

液冷数据中心; 浸没式液冷; 边缘计算; 节能技术; 云边融合

1 引言

在云计算、大数据和人工智能等技术驱动下, 数据中心的的需求持续增长, 面临着能效及环境问题的挑战。云边融合时代的液冷数据中心, 特别是浸没式液冷技术, 通过提高散热效果和能效优势, 为解决这些问题提供了新思路。论文结合深圳云边低碳技术有限公司在浸没式液冷数据中心及边缘计算产品应用领域的应用经验, 探讨云边融合时代的液冷数据中心在降低能耗、提高设备寿命及环保等方面的应用现状与前景。

2 行业背景

2.1 数据中心能效问题背景

随着互联网、大数据、云计算等技术的普及, 数据中

心的规模和数量呈现出快速增长趋势。然而, 数据中心在承载海量数据处理和存储任务的同时, 也带来了巨大的能耗问题。据估计, 数据中心的能耗占全球电力消耗的约2%。其中, 散热系统是数据中心能耗的主要来源之一。传统的空气冷却方法在处理高密度数据中心的散热问题时, 面临着效率低、设备寿命缩短以及环境污染等问题。因此, 提高数据中心的能源利用效率, 降低能耗, 已成为业界关注的焦点^[1]。

2.2 云边融合时代背景

随着物联网、5G等技术的发展, 数据产生的速度和规模不断扩大, 实时处理和分析数据的需求日益迫切。云边融合时代, 将云计算与边缘计算相结合, 形成分布式计算体系, 可有效提高数据处理速度和降低网络延迟。在这一背景下, 边缘计算设备需要具备更高的计算能力和更低的功耗, 以适应大规模分布式部署。因此, 高效节能的液冷技术应运而生, 逐渐成为解决云边融合时代数据中心能效问题的关键途径。

【作者简介】李棒(1977-)男, 中国广东深圳人, 本科, 从事数据中心节能、液体冷却技术研究。

3 浸没式液冷数据中心技术现状

3.1 浸没式液冷技术原理

浸没式液冷技术，是一种通过将数据中心的服务器及其他设备完全浸入非导电冷却液中，利用液体对热量的传导和对流特性，实现高效散热的方法。相较于传统的空气冷却方式，液冷技术具有更高的热导率和更低的热阻。在浸没式液冷系统中，冷却液直接接触电子元器件表面，吸收并带走热量，从而实现有效的冷却。冷却液经过循环系统，将热量传递给外部的冷凝器，然后再输送回数据中心。这种方式无需额外的空调设备，大大降低了数据中心的整体能耗。

3.2 浸没式液冷数据中心的优势

与空气冷却方式相比，浸没式液冷技术在散热效率上具有明显优势。由于液体的热导率远高于空气，浸没式液冷系统能更有效地将热量从电子设备中导出。据研究表明，浸没式液冷数据中心的能源利用效率(PUE)可降低至1.03-1.1，远低于传统空气冷却数据中心的1.5~1.8。这意味着浸没式液冷数据中心在能耗方面可以节省高达40%的电力。从环保角度来看，浸没式液冷技术有助于减少二氧化碳排放，降低全球温室效应^[2]。

浸没式液冷技术能有效改善数据中心内部的温度环境，维持设备在稳定的工作温度下运行。这有助于减小设备因温度波动造成的热应力和热疲劳，从而延长设备的使用寿命。研究显示，采用浸没式液冷技术的数据中心设备的使用寿命比传统空气冷却设备延长了30%以上。长期来看，这有助于降低数据中心的设备更新和维护成本，提高设备投资的回报率。

浸没式液冷数据中心的设计方式能大幅缩减空间需求。由于液冷系统不依赖传统的空调设备，数据中心的空间利用率得到了极大的提高。同时，浸没式液冷系统具有良好的扩展性，可以方便地增加或减少模块以适应不同规模的数据中心需求。总体来说，浸没式液冷数据中心在空间利用上比传统数据中心节省约30%的空间。

3.3 浸没式液冷数据中心的应用案例

世界上首个大规模浸没式液冷数据中心——位于美国得克萨斯州的Asperitas Immersed Computing数据中心。该数据中心采用了Asperitas公司的浸没式液冷技术，实现了高效的能源利用和较低的散热成本。根据Asperitas公司提供的数据，这个数据中心的PUE低至1.03，表现出显著的能效优势。

中国电信天翼云数据中心项目。中国电信在河南郑州和陕西西安的数据中心成功应用了浸没式液冷技术。据悉，这两个数据中心采用了国内自主研发的浸没式液冷系统，实现了高密度部署和超低PUE。

法国巴黎Saclay高性能计算中心(SCC)。SCC采用了浸没式液冷技术以满足其高性能计算需求。通过液冷系统，SCC实现了设备密度的提高和能耗的降低，满足了科

研领域对高性能计算的需求。

浸没式液冷数据中心在全球范围内逐渐获得关注和应用，有望在未来成为数据中心行业的主流发展趋势。尤其在云边融合时代背景下，浸没式液冷数据中心将在提升能效、降低运营成本、延长设备寿命以及减小空间占用等方面发挥重要作用。为应对日益严峻的能源和环境问题，数据中心行业需要继续探索和推广浸没式液冷技术，实现绿色、高效、可持续发展。

4 边缘计算产品方案发展现状

4.1 边缘计算的定义及特点

边缘计算(Edge Computing)是一种分布式计算架构，通过将数据处理、存储和分析功能部署在离数据源更近的地理位置上，以降低网络延迟，提高数据处理速度和实时性。边缘计算与云计算相辅相成，形成一种新型的分布式计算体系。边缘计算的主要特点包括低延迟、带宽优化、数据安全、可扩展等优势。边缘计算将数据处理任务从远程的云数据中心迁移到离数据源更近的位置，有效降低网络传输延迟，提高数据处理实时性。边缘计算可在本地进行数据处理和分析，减少对云端的数据传输需求，节省带宽资源。边缘计算使数据在本地进行处理，降低数据泄露的风险，保障数据安全和隐私。边缘计算具有良好的可扩展性，可以根据实际需求动态调整计算资源^[3]。

4.2 液冷技术在边缘计算中的应用

随着物联网、5G、人工智能等技术的发展，边缘计算的需求日益增长。在这种背景下，液冷技术在边缘计算领域的应用逐渐受到重视。液冷技术可以为边缘计算设备提供高效、可靠的散热解决方案，以满足其在能耗、空间利用和设备寿命等方面的挑战^[4]。以下将从几个方面详细探讨液冷技术在边缘计算中的应用：

4.2.1 高性能边缘计算场景

在高性能边缘计算场景中，数据处理能力和实时性要求较高，设备发热量也相应增加。传统的空气冷却方式在这些场景中可能无法满足设备的散热需求。液冷技术通过高效的热传导和热交换方式，可以有效解决这些问题。例如，在自动驾驶、智能工厂等领域，液冷技术可以帮助边缘计算设备实现高性能运行，同时保证设备的稳定性和可靠性。

4.2.2 环境温度敏感场景

在环境温度敏感的边缘计算场景中，如户外基站、航空航天设备等，设备所处的环境温度可能会发生极端变化。液冷技术具有良好的温度适应性，可以在较大的温度范围内提供稳定的散热性能。通过使用液冷技术，边缘计算设备可以在恶劣环境中正常工作，提高系统的可靠性和稳定性。

4.2.3 空间受限场景

在空间受限的边缘计算场景中，如微型数据中心、边缘节点等，设备尺寸和空间利用率是关键因素。液冷技术可

以大幅减小散热设备的体积和重量,提高空间利用率。

4.2.4 节能环保要求场景

在节能环保要求较高的边缘计算场景中,如智慧城市、可再生能源等领域,降低能耗和碳排放是关键目标。液冷技术在散热效率和能源利用方面具有明显优势,可以帮助边缘计算设备实现更低的能耗和环境影响。与传统的空气冷却方式相比,液冷技术可以显著降低设备的运行成本和碳足迹,推动边缘计算领域实现可持续发展。

4.2.5 无噪声或低噪音场景

在某些边缘计算场景中,如医疗设备、教育设施等,噪音控制是一个重要考虑因素。液冷技术由于其无需大量使用风扇等散热设备,可以实现较低的噪音水平。通过采用液冷技术,边缘计算设备可以在要求低噪音的场景中更好地融入,降低对周围环境的影响。

4.2.6 可维护性和可扩展性场景

在边缘计算领域,设备的可维护性和可扩展性是关键因素。液冷技术具有较好的可维护性,可以降低设备故障率,提高系统可用性。同时,液冷技术具有较好的可扩展性,可以根据边缘计算需求的变化进行灵活的扩展。通过采用液冷技术,边缘计算设备可以更好地适应不断变化的计算需求,提高系统的灵活性。

综上所述,液冷技术在边缘计算领域具有广泛的应用前景。通过在高性能、环境温度敏感、空间受限、节能环保、无噪声或低噪声以及可维护性和可扩展性等多种场景中发挥作用,液冷技术可以有效提升边缘计算设备的性能、可靠性和可持续性。在未来,随着液冷技术的不断发展和优化,其在边缘计算领域的应用将更加广泛和深入。

4.3 边缘计算液冷产品及方案案例

沃达丰与 Submer Technologies 合作的边缘数据中心:沃达丰与 Submer Technologies 公司联手开发了一种基于浸没式液冷技术的边缘数据中心解决方案。该方案采用 Submer 的 SmartPodX 液冷技术,实现了高能源利用、高密度部署和低散热成本。沃达丰已在其欧洲网络中成功部署了这一解决方案,大幅提升了网络性能和数据处理速度。

微软 Azure Stack Edge 液冷模块:微软推出了一款基于液冷技术的 Azure Stack Edge 模块,用于支持高性能边缘计算场景。该模块采用闭环液冷系统,可有效降低设备运行温度,提高散热效率。这种液冷模块在边缘计算设备的能效、稳定性和可靠性方面表现出显著优势。

联想 ThinkSystem SE350 边缘服务器:联想推出了一款专为边缘计算场景设计的液冷服务器——ThinkSystem SE350。SE350 采用直接液冷技术,将冷却液直接导入处理器和内存模块,实现高效散热。

绿色革命冷却技术(GRC)边缘数据中心解决方案:GRC 推出了一款基于浸没式液冷技术的边缘数据中心解决方案——ICEraQ Micro。该解决方案采用 GRC 的浸没式冷却系统,可实现高密度部署和高能效运行。

5 云边融合时代液冷数据中心的发展趋势与挑战

5.1 发展趋势

云边融合时代液冷数据中心在发展趋势上呈现出液冷技术不断优化和边缘计算需求增长的特点。随着数据中心行业对能效、环保和可持续性的关注不断提高,液冷技术得到了广泛关注和研究。未来,液冷技术将继续优化和发展,以满足不断增长的数据处理和存储需求。技术优化的方向包括提高散热效率、降低能耗、减小设备体积、降低设备噪音等。在云边融合的背景下,数据中心行业将迎来更多的边缘计算应用场景,对能源利用、散热、空间利用等方面的要求将更加严格。液冷数据中心在这些方面具有明显优势,有望在边缘计算领域取得更广泛的应用。

5.2 面临的挑战

要实现液冷数据中心的广泛应用,还需要克服技术成熟度及标准化问题和投资与维护成本问题。一是技术成熟度及标准化问题。尽管液冷技术在数据中心领域已经取得了一定的成果,但技术的成熟度仍有待提高。目前,液冷数据中心的部署和运营过程中仍存在许多技术难题,如冷却液的循环和维护、设备的兼容性和可靠性等。二是投资与维护成本问题。液冷数据中心在节能、环保、设备寿命等方面具有优势,但其初期投资成本较高,且涉及到冷却液的维护和更换等运营成本。这在一定程度上限制了液冷数据中心的推广和应用。为克服这些挑战,厂商和研究机构需要不断探索降低液冷数据中心投资和维护成本的方法。通过技术创新、设备优化和成本控制等手段,降低液冷数据中心的整体拥有成本,提高其市场竞争力^[5]。

6 结语

随着云边融合时代的到来,浸没式液冷数据中心在节能、环保及设备寿命等方面展现出显著优势,为满足不断增长的边缘计算需求提供了强有力的支持。尽管目前液冷技术在应用过程中还面临一些挑战,但通过技术创新和跨行业合作,液冷数据中心将在未来的边缘计算市场中发挥越来越重要的作用,助力实现可持续的数字化发展。

参考文献

- [1] 吴曦蕾,杨佳亮,郭豪文,等.数据中心浸没式液体冷却系统的发展历程及关键环节设计[J].制冷与空调,2022,22(11):61-74.
- [2] 肖新文.数据中心液冷技术应用研究进展[J].暖通空调,2022,52(1):52-65.
- [3] 张雅文.基于边缘计算的高效节能任务迁移研究[D].南京:南京邮电大学,2022.
- [4] 穆浩然,许文馨,郑超,等.边缘服务器技术研究[J].中国电信业,2021(S1):61-66.
- [5] 唐启明.智能算力时代,金融数据中心如何应对绿色节能挑战[J].中国金融电脑,2022,396(7):35-37.