

液冷技术产业链协同发展与标准体系一体化构建研究

王辉

清链科技(北京)有限公司, 中国·北京 100000

摘要: 液冷技术广泛应用于数据中心、高性能计算等领域, 正成为热管理关键方向。但其产业链协同效率低、接口不统一, 标准体系不完善, 制约其规模化发展。论文在系统梳理液冷技术产业链结构与发展瓶颈的基础上, 深入分析其标准体系建设现状与存在问题, 提出以协同发展为导向的机制设计策略, 并构建标准一体化体系的顶层设计与落地路径, 以期为液冷技术高质量、规范化发展提供参考。

关键词: 液冷技术; 产业链协同; 标准体系构建

Research on Coordinated Development of Industrial Chain of Liquid Cooling Technology and Integrated Construction of Standard System

Hui Wang

Qinglian Technology (Beijing) Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract: Liquid cooling technology is widely used in data center, high performance computing and other fields, and is becoming the key direction of thermal management. However, its industrial chain is inefficient, its interfaces are not uniform, and its standard system is not perfect, which restricts its large-scale development. On the basis of systematically combing the industrial chain structure and development bottleneck of liquid cooling technology, this paper deeply analyzes the present situation and existing problems of its standard system construction, puts forward the mechanism design strategy oriented to collaborative development, and constructs the top-level design and landing path of the standard integration system, in order to provide reference for the high-quality and standardized development of liquid cooling technology.

Keywords: liquid cooling technology; industrial chain coordination; construction of standard system

0 前言

在数字化浪潮席卷全球的当下, 数据量呈爆炸式增长, 数据中心作为数据存储与处理的核心枢纽, 面临着严峻的散热挑战。传统风冷技术在应对高功率密度设备时逐渐捉襟见肘, 液冷技术凭借高效的散热性能脱颖而出, 成为数据中心散热领域的研究热点与发展方向。然而, 液冷技术产业在发展过程中, 产业链协同不畅与标准体系不完善的问题日益凸显, 严重制约了产业的规模化扩张与健康发展。论文将深入研究液冷技术产业链协同发展与标准体系一体化构建, 以期整合产业资源、提升产业竞争力、推动液冷技术广泛应用。

1 液冷技术产业链全景解析

1.1 液冷产业链结构与关键环节

液冷产业链涵盖多个关键环节, 上游为冷却液研发生产, 提供如矿物油、电子氟化液等冷却液, 冷却液性能直接影响散热效果。中游是液冷设备制造, 包括浸没式和冷板式液冷设备, 技术含量高且对工艺要求严格。下游主要是数据中心运营, 负责将液冷设备集成应用于数据中心, 保障数据中心稳定运行。各环节紧密相连, 冷却液供应影响设备性能, 设备制造质量决定数据中心散热效果, 共同构成完整的液冷

产业链。

1.2 液冷技术产业链协同发展困境剖析

液冷技术产业链协同发展面临诸多困境。①技术方面, 上下游企业技术衔接困难, 如冷却液研发与设备制造技术不匹配, 影响产品整体性能; ②利益分配方面, 各环节企业对利润诉求不同, 导致合作动力不足; ③信息沟通方面, 存在严重的信息壁垒, 设备制造商难以及时获取冷却液的供应及性能变化, 影响生产进度和产品质量; ④技术规范方面, 缺乏统一的行业协同规范, 使得企业各自为政, 无法形成合力推动产业发展^[1]。

2 液冷技术标准体系现状与问题

2.1 现有标准梳理

当前, 液冷技术已形成一系列标准。在冷却液方面, 有针对其热传导性、腐蚀性等指标的规范; 设备制造领域, 涵盖了冷板、浸没式液冷设备的设计、生产与安全标准; 数据中心应用环节, 则规定了液冷系统的安装、运维要求。不过, 这些标准分散在不同行业与组织。如国际电工委员会(IEC)、中国通信标准化协会(CCSA)等均有涉及, 但尚未形成统一、全面的标准体系, 在跨环节融合方面也存在不足。

2.2 标准缺失与差异问题

随着技术快速发展,新兴液冷技术及应用场景缺乏相应标准,如新型冷却液和复杂数据中心架构下的液冷应用。同时,国内外以及不同企业间标准差异明显,在冷却液兼容性、设备接口规格等关键指标上难以统一。不仅阻碍了产品的跨区域流通和产业国际化发展,还导致企业需投入额外成本应对多种标准,增加了市场交易成本,制约了液冷产业规模化进程。

2.3 标准实施与监管难题

液冷技术标准在实施与监管方面难题重重。①部分企业对标准重视不足,为降低成本,未严格按照标准生产,导致产品质量参差不齐;②监管体系不完善,缺乏有效的监督机制和检测手段,难以全面、及时地发现违规产品;③标准更新滞后于技术发展速度,新的技术和应用无法得到及时规范,使得监管存在空白,进一步影响了液冷市场的健康发展,阻碍了行业规范化进程^[2]。

3 产业链协同发展策略研究

3.1 建立利益共享与风险共担机制

建立利益共享和风险共担机制。利益共享机制上,产业链各环节要根据自身投入成本、技术贡献度、市场价值,确定合理的利润分配方式。例如,通过构建科学的成本核算模型,精确核算冷却液研发、液冷设备制造、数据中心运营等环节投入成本;根据产业链各环节技术创新、产品增值等贡献度分配利润。这样可充分调动企业积极性,让每一家企业都能在合作中获得与其付出相匹配的利益。

在风险共担方面,产业链企业要共同应对技术研发失败、市场需求波动、政策变化等风险,在技术研发阶段,各方共同投入资源攻关,而不是互相推诿,如果技术难题导致研发受阻,就不需要再去解决,而是需要在技术研发阶段,共同努力,共同解决。对于市场风险,当市场需求突然下降时,企业之间可以通过协商调整生产计划,避免库存积压,而政策方面,一旦行业规范或环保方面有新的要求出台,企业应联合起来,针对政策变化,寻找应对之策。通过这种利益共享、风险共担的机制的建立,增强产业链企业间的信任和合作粘性,增强全产业链抗风险能力,推动液冷科技产业的可持续发展。

3.2 加强技术创新协同

加强技术创新协同,要搭建产学研用协同创新平台,高校、科研单位都专注于新型冷却液材料探索、散热结构高效理论研究等前沿技术研究,为产业提供技术源头创新,需要在技术创新方面给予更多的支持。企业则基于实际市场需求,将科研成果转化为可应用的产品,实现技术的产业化落地,如冷却液企业与高校合作研发新型环保冷却液,不仅可以提高冷却液性能,而且符合环保要求。

针对市场需求和技术发展趋势,制定产业链各环节企

业共同参与、不同阶段研发重点和目标明确的统一技术创新路线图。例如,短期内重点关注现有液冷技术可靠性和稳定性的提升;中期目标是突破关键技术瓶颈,如增强浸没式液冷的安全性和冷板式液冷的散热效率;长期重点是针对未来数据中心更高的散热需求,探索新型液冷技术。

鼓励企业间进行技术交流与合作,共享技术资源与研发设备,联合攻克技术难关,定期举办技术研讨会、技术共享论坛等活动,加快知识和技术创新成果向产业创新转化和应用,增强液冷技术产业链的竞争力。

3.3 搭建信息共享平台

搭建信息共享平台,需要利用大数据、区块链等技术,搭建集中的信息平台,通过大数据技术把冷却液的研发现状、性能参数、价格等,液冷设备的生产进度、库存、技术等,数据中心的需求规划、应用反馈等信息聚合到一起;通过区块链技术确保数据的安全性、不可篡改性和可追溯性,让企业放心共享。

平台功能板块设置多个。设置实时资讯板块,发布行业动态、政策法规、技术突破等信息,使企业能及时了解行业发展状况;设置产品展示与交易板块,企业可以展示自家液冷产品,完成线上交易,提高交易效率;搭建技术交流社区,为企业技术人员、科研人员提供良好的技术交流平台^[3]。

要确保平台的运行效率,需要对平台的数据做出统一标准和统一规范,明确数据的采集、存储、传输格式等,确保各企业之间的数据能够在平台上互联互通,要建立严格的信息审核机制,筛选出真实、有效的信息,避免虚假信息影响企业决策,通过打造信息共享平台,打破产业链各环节之间的信息壁垒,提高产业链的协同效率,促进液冷技术产业的发展。

4 标准体系一体化构建路径

4.1 顶层设计与标准框架规划

进行液冷技术标准体系的顶层设计与标准框架规划,是构建一体化标准体系的基础与关键,需成立跨行业、跨领域的专业标准制定委员会,成员涵盖液冷技术相关的科研机构、上下游企业、行业协会代表以及标准化专家等。该委员会负责统筹规划,深入调研产业实际需求、技术发展趋势和市场应用现状,确保标准体系紧密贴合产业发展。

在整体框架搭建上,以基础通用标准为基石,规范术语、符号、计量单位等基本要素,确保行业内信息交流的一致性;围绕产品标准,制定涵盖冷却液、液冷设备等各类产品的性能、质量、安全等细化标准;同时,围绕应用标准,针对数据中心等不同应用场景,明确液冷系统的设计、安装、运维等规范要求,在设计、安装、运行、维护等环节,制定符合行业要求的产品标准。进一步细分各层级标准,形成层次清晰、逻辑严密的结构。例如,在冷却液标准中,再细分出不同类型冷却液的专门标准,规定其成分、热传导性能、腐蚀

性指标等；在液冷设备标准中，区分冷板式和浸没式设备的具体标准，包括结构设计、接口规范等。在规划过程中，为技术创新和产业发展及时补充新标准内容，确保标准体系前瞻性和适应性，为液冷行业规范发展奠定坚实基础，预留一定的拓展空间。

4.2 关键标准制定与优化

制定和优化液冷技术关键标准是构建一体化标准体系的核心任务，需要明确限制有害成分含量，鼓励研发可降解、低污染的冷却液；兼容性标准则规定了冷却液与不同材质设备的适配要求，防止腐蚀和化学反应，同时也要求对不同材质的冷却液进行适配。严格规范比热容、导热系数等关键指标，确保散热效果，对液冷设备，重点优化可靠性、安全性和接口标准。可靠性标准为保证长期稳定运行，设定了设备在不同工况下的运行寿命、故障概率等指标；安全标准则围绕确保人员和设备安全的电气安全、液体泄漏防护等方面制定了细则。统一接口标准，规范不同品牌设备之间的连接尺寸、通讯协议，提高系统的集成度和互换性。

完善数据中心液冷系统应用标准。安装标准规范液冷系统在数据中心的布局、安装工艺要求；运维标准制定数据中心液冷系统日常巡检、故障排查和故障处理流程；能耗标准规定不同规模数据中心液冷系统能耗上限，引导节能发展。广泛征求企业、科研机构、用户等方面意见，密切关注技术发展和市场反馈，定期对标准进行评估和更新，确保关键标准的科学性、先进性和实用性，发挥标准对产业发展的引导作用。

4.3 标准实施与监管机制创新

创新液冷技术标准，应强化企业主体责任，通过培训、政策引导等方式，提升企业对标准的理解与执行能力。建立标准化示范项目，树立标杆企业，发挥其引领作用，带动行业整体提升。

监管机制创新方面，一方面利用数字化技术进行监管，通过搭建智能监管平台、借助物联网、采集运行数据评估是否达标等方式，实现对液冷设备全生命周期的实时监控；利用区块链技术，确保数据无篡改，为监管提供可靠依据，实现了全生命周期的实时监控。另一方面，构建多规合一、协同监管的格局。监管部门加强执法力度，对企业生产流程和产品质量进行严格审查；行业协会发挥桥梁纽带作用，制定行业自律规范，开展企业间监督；引入第三方专业检测机构，开展独立公正的检测认证，提升监管公信力。同时，鼓励公众参与监督，设立举报奖励机制，形成全社会共同维护标准权威的良好氛围，确保液冷技术标准有效实施，促进产业有序发展。

5 结语

液冷技术作为热管理领域的重要方向，其产业链协同和标准体系建设成为制约行业优质发展的核心瓶颈。论文从产业链结构和协同难度出发，对现行标准体系中存在的主要问题进行了系统分析，提出了标准体系的协同机制优化和一体化建设的路径。未来应加快标准顶层设计与关键环节协作机制的融合，提升液冷技术的集成化、规范化和规模化发展水平，促进全行业协同创新和健康可持续发展。

参考文献：

- [1] 严劲,景焕强,张子鹭,等.数据中心液冷散热技术及应用[J].中兴通讯技术,2024,30(6):84-91.
- [2] 吕天文,张蓝心.中国智算中心现状及液冷技术应用展望[J].通信世界,2024(13):39-42.
- [3] 包云皓,陈建业,邵双全.数据中心高效液冷技术研究现状[J].制冷与空调,2023,23(10):58-69.

作者简介：王辉（1984-），女，中国北京人，硕士，从事服务器液冷与能源环保交叉领域研究。