

# 液冷技术让数据中心降温又降碳

## 热点透视

在 5G 等新技术的快速普及下，数据中心已成为数字经济发展的关键基础设施和重要支撑，数据中心的建设规模和数量快速增长，庞大的设施体量以及日益增长的算力需求使得传统风冷技术已无法满足数据中心日益增长的散热需求，液冷几乎成为未来新型数据中心建设的“唯一选择”。

6 月 28 日，中国移动董事长杨杰在上海世界移动通信大会上指出，中国移动既是技术发展的推动者，也是产业合作的受益者，为推动算力在物理空间、逻辑空间、异构空间及多主体间融通发展，中国移动正开创性地部署算力网络，建设新型智算中心，努力为用户提供方便快捷、即取即用的算力服务。

算力需求井喷，数据中心作为承载数据的关键，为我国数字经济的高质量发展提供了核心驱动力，而促进数据中心的绿色低碳和可持续发展也已成为“不可逆”的大趋势。液冷技术凭借其在制冷方面节能降耗的突出优势，成为数据中心建设的重要选择。中国移动、中国电信、中国联通在此前发布的《电信运营商液冷技术白皮书》(以下简称《白皮书》)中倡议，业界应携手解决当前液冷技术和产品接口规范标准不够完善、原创技术不够成熟、产业生态不够健全等系列问题。随着我国数字经济转向深化应用、规范发展、普惠共享的新阶段，电信运营商将逐渐成为液冷生态的主导者、设计者、构筑者，推进液冷产业生态逐渐成熟。

### 数据中心进入“液冷时代”

如联想集团副总裁、中国区首席市场官王传东所言，数据中心是数据流动、接收、处理、存储和转发的“中枢大脑”，传统风冷技术已无法满足数据中心日益增长的散热需求。

中国移动计划建设部副总经理商亮指出，在 5G 等新技术的快速普及下，数据中心已成为数字经济发展的关键基础设施和重要支撑，在技术、政策、需求等多重力量推动下，传统数据中心正加速与网络、云计算融合发展，向新型数据中心演进。

华为数据中心集成解决方案首席专家迟九虹强调，数据中心机架年均增速超过 30%，已成为赋能千行百业的重要“数字底座”。

以“东数西算”工程正式启动为标志，数据中心的建设规模和数量快速增长，庞大的设施体量以及日益增长的算力需求，使得液冷几乎成为未来新型数据中心建设的“唯一选择”。

2008 年，IBM 发布液冷超级计算机 Power575，液冷技术初登场。2012 年，联想发布温水水冷技术。在今年的上海世界移动通信大会上展示的第 6 代温水水冷技术，已实现了对中央处理器、图形处理器、内存以及电源等关键部件的全水冷散热设计。

虽然液冷技术已经发展了近 20 年，但产业爆发的“拐点”却出现在最近两三年。我国虽然起步稍晚，但发展进程基本与世界同步。

2011 年，中科曙光率先开始了服务器液冷技术研究；2013 年推出了首台冷板式液冷服务器原理机和首台浸没式液冷原理验证机，2019 年实现了全球首个刀片式相变浸没液冷技术大规模部署。

根据赛迪顾问的预测，逐渐增长的数据中心算力将推动高功率单机柜快速普及，预计 2025 年全球数据中心平均功率提升至 25 千瓦，液冷变革势在必行，数据中心也将进入“液冷时代”，预计 2025 年中国液冷数据中心的市场渗透率将达到 20% 以上。

### 液冷技术有多条发展路线

数据中心是“数字经济的发动机”，也是能耗居高不下的“电老虎”。以功率密度为 2.5 千瓦的标准机架计算，机架规模在 10000 以上的超大型数据中心，每年的耗电量为亿度级别，其中因散热而消耗电量占据了很大比例。相较于传统的风冷系统，液冷技术的出现从根本上改善了主设备的散热形式，更能满足高密度机柜芯片级精确制冷，具有更节能、更节地、噪声低等优点。

按照《白皮书》的梳理，国内目前主要的液冷技术路线分别为冷板式、浸没式和喷淋式。

冷板式液冷是指采用液体作为传热工质在冷板内部流道流动，通过热传递对热源实现冷却的非接触液体冷却技术。在冷板式液冷系统中，服务器芯片等发热器件不直接接触液体，而是通过装配在需要冷却的电子器件上的冷板进行散热。浪潮信息数据中心产品部副总经理李金波指出，冷板式液冷利用冷板中流动的冷却液进行非接触式散热，对现有服务器芯片组件及附属部件改动量小，是目前应用较早且技术成熟度较高的一种液冷散热方案。



中国国际消费电子博览会上展出的曙光异构智能液冷计算机演示模型。

浸没式液冷是将服务器完全浸入冷却液中，全部发热元件热量直接传递给冷却液，再通过冷却液循环流动或蒸发冷凝相变进行散热。其中，冷却液循环流动的方式为单相浸没式液冷，冷却液蒸发冷凝相变的方式为相变浸没式液冷，相变浸没式液冷控制更复杂、要求更高。

浸没式液冷相对创新性较强，但验证性不足。单向浸没式液冷的冷却液流速会非常慢，相变浸没式液冷则会存在气和液的承压问题，在技术的可靠性方面仍需要验证。此外，浸没式液冷使用的冷却液不导电，但仍需要对冷却液做持续的干燥处理。

喷淋式液冷则是用冷却液直接喷淋芯片等发热单元，通过对流换热进行散热，一般不需要对数据中心的基础设施进行大幅度改动。

### 液冷技术产业化任重道远

数据中心液冷市场创新极为活跃，关于浸没式、冷板式、喷淋式等多种液冷技术孰优孰劣的讨论此起彼伏。虽有“路线之争”，但无论选择哪种技术路线，成本仍是横在液冷技术普惠面前的拦路虎。据业界测算，目前液冷数据中心的初期建设成本比风冷要高出 10% 左右，需要 1.5 年才可实现总拥有成本与投资回报的平衡。

此外，《白皮书》还指出，当前液冷技术存在生态不完善等问题。各家产品形态各异，产品规范化程度较低，难以标准化、规模化推广应用。

谈及当前液冷技术产业化所面临的挑战，浪潮信息服务器产品线总经理赵帅帅

别指出，液冷技术非常复杂，涉及液冷数据中心系统架构层、液冷部件及接口层、液冷基础设施层(液冷机柜、组件、换热设备、室外集成冷源等)、液冷监控系统层等多方面，产业链各企业技术路径多种多样，产品规格千差万别，想要对液冷技术进行标准化适配和部署的难度很大。

一个现实的问题是，液冷技术虽然诞生较早，但此前一直处于小规模部署阶段，众多链条企业尚依靠“作坊式生产”的方式完成产品及服务交付，难以形成规范化、规模化发展态势。

赵帅说：“业界积极拥抱液冷，对液冷转换的条件提出了更高的要求，液冷产业化推进变得至关重要，需要具备高度资源整合能力的链主企业牵头推进，产业生态才能有序发展。”

为此，浪潮信息投资建设了天池液冷基地，其核心目标是打通整个产业链，让液冷的生产制造从过去的“单兵作战”转变为可批量化、可复制化、可规模化的生产方式，最终在 2025 年实现“风液同价”。如今，年产能超 10 万台的天池液冷基地已是亚洲最大的液冷基地，为液冷产业提产能、扩规模打造了成功的样板。

前有液冷制造领域的“灯塔工厂”牵引，后有电信运营商集体入局，液冷行业良性发展已有目标可循。按照《白皮书》给出的三年愿景：2023 年开展技术验证；2024 年开展规模测试，新建项目 10% 规模试点液冷技术；2025 年开展规模应用，50% 以上项目应用液冷技术，推进形成标准统一、生态完善、成本最优、规模应用的高质量发展格局。刘艳

# 山东：对接科技供需，激发产业活力

## 科学观察

“旧厂房也可上新设备，专家的这句话为我们节省了 2000 万元。”6 月 28 日，山东鲁怡集团总经理王新向科技日报笔者讲起企业转型的故事，始终对这句话念念不忘。

在山东省科协日前启动的媒体采风活动中，类似的故事还有不少。得益于科协的牵线搭桥，有企业通过专家找到了技术，有企业通过科普找到了订单，还有企业找到了新赛道，焕发出了“第二春”……

作为中国科协打造的服务品牌，“科创中国”聚焦产学研金用多方力量，加速成果转化，促进经济发展。

山东省各市县科协乘着“科创中国”的东风，深入经济主战场，拉出供需两张清单，精准痛点，对症下药，让国家学会资源下沉基层，推动科学家与企业家精准对接，为经济高质量发展注入科技活力。

在各地实践中，入选“中国改革 2022 年度地方全面深化改革典型案例”的山东省泰安市将实践做成了样板。

### 建起高端“朋友圈”，效益提升 20 倍

成为国家制造业单项冠军示范企业之后，力博重工科技股份有限公司(以下简称力博重工)董事长张媛告诉笔者，“双碳”目标深刻地改变着矿业领域，用户需要与之匹配的新技术、新装备。力博重工的新产品按需生产，产品虽好，但需要行业专家和用户的肯定才能促成更广泛的推广。

通过山东科协搭桥牵线，力博重工与中国有色金属学会成功对接。此后，连续举办三届“科创中国”智能矿冶加工技术和装备高端论坛，参会者对力博重工的新技术新产品表达了浓厚的合作意向；力博重工还与中国恩菲、中国黄金等企业建立合作关系，推动 2022 年销售额同比增长 10%……

科协是科技工作者的群众组织。在国家层面上，中国科协拥有 210 多个全国学会，覆盖理科、工科、农科、医科和交叉学科五大门类；而在省级层面上，山东省科协主管 150 多个省级学会，覆盖经济发展的方方面面。

“科协的资源也是企业的资源，我们致力于将科协资源转化为企业成长的动力。”山东省科协党组成员、副主席袁慎庆这句话，在各地都能找到对应案例。

由于自家苹果、葡萄在种植种类、产量品质方面一直得不到提升，山东巴富洛生态农业科技有限公司董事长李贵臣的创业信心受到打击，一度陷入迷茫。

关键时刻，山东省科协发出邀请，中国农业大学原副校长王涛教授来了，国家葡萄产业技术体系首席科学家段长青教授也来了。

专家找的问题具体，开的方子对症，为李贵臣打造了一条葡萄酒产业链和一个国家苹果现代化标准示范基地。

如今，笑容洋溢在李贵臣的脸上：“现在在我们果园里的苹果都是论个卖，葡萄论穗卖。通过专家指导，我们节省了 70% 的人工成本，综合效益提升了 20 倍。”

### 一个点子救了一个企业，创业路上需要科协专家

因为市场环境变化，前两年，专攻针织服装的鲁怡集团陷入困顿。对于他们的遭遇，山东省泰安市科协党组书记、主席董磊看在眼里记在心上。这两年，他广邀各方专家调研泰安企业，目标就是要达到或茅塞顿开，或点石成金的效果。

王新告诉笔者：“中国纺织工程学会理事长伏广伟的到来，让我们的企业经营峰回路转。”

对鲁怡集团“望闻问切”之后，伏广伟对症下药：“纺织行业不是夕阳产业而是朝阳产业，需要转型升级提质增效；你们应该更加注重品质的提升和产品的多样化；与其新建厂房，不如进行技术改造。”

这个药方一方值千金。不建新厂房，要

“把钱花在刀刃上”，把节省下来的钱买高端设备，提升竞争力。

2020 年，新冠疫情突如其来，很多企业减产甚至停产，但鲁怡集团却因为质量上等、品种齐全、交货迅速，订单纷至沓来，销售收入达到了创纪录的 7.2 亿元，同比增加 30%。

王新强调：“如果不是听从伏广伟理事长的建议，我们可能撑不过 2020 年。”

作为“科创中国”试点城市，山东省泰安市运用科技创新助力高质量发展的路子很实，“企业提需求、科协搭平台、学会送服务、产业得提升”成为背后的逻辑链条。

董磊向笔者表示：“我们将‘科创中国’品牌做实，为产业、为企业‘扶梯子，铺路子，搭台子，开方子’，推动经济高质量发展。”

“有困难找科协、找专家，在新赛道上不孤单、不胆怯。”这句话，是山东三英科创公司(以下简称三英集团)董事长郑三英的肺腑之言。

在三英集团创业的第 44 个年头里，郑三英将目光瞄准了医疗健康行业。她想拓展赛道，却顾虑重重。民企转型，必须考虑巨大风险。

非常时刻，泰安科协将中国中医科学院首席研究员、中国针灸学会会长刘保延请到了三英集团。

一番促膝长谈之后，郑三英心中的担忧消除了，她决定搏一把。在泰安科协的撮合下，三英集团先后对接中华中医药学会、中国针灸学会，走进了创业的“第二春”。

泰安因泰山而得名，寓国泰民安之意。在当地，类似企业还有不少，他们希望转型，渴求指点，而满腹经纶的专家学者们也找到了发挥聪明才智的舞台。

如今，以“科创中国”为名，山东科协将舞台搭建好了，科学家与企业家的双人舞正在山东各地上演。

### 通过学会找到了技术，通过科普找到了订单

从下岗职工转变为创业者，吕才科直言做对了两件事：通过专家找到了技术和

通过科普找到了订单。

吕才科创办的山东大禹集团致力于解决水处理行业的疑难杂症，没有技术寸步难行。他的苦恼是：“一来，我们公司规模比较小，不容易与大专家牵上线；二来，没有长效技术咨询机制。”

正因如此，难度极高的山东康平纳集团智能染色项目让吕才科犯了难。投资 30 多亿元的上述项目在运行之初便遇到了难题：其所在的工业园周边煤矿矿坑水硬度、色度等指数超标，如何将水处理并达到工业用水标准？

泰安市科协了解到此情况后，先后多次牵头邀请中国化工学会工业水处理专业委员会滕厚开等专家开展水文、地质、水平衡等调研和研讨活动，两次召开专家论证会。

通过实地调研、技术对接会等活动，中石油天津化工研究设计院的专家协助论证工艺设计，形成“煤矿矿坑水水质提升和利用”项目的整体策划书和建设思路。

“引荐专家，给予资助；全程跟进、一抓到底，确保合作落到实处、取得实效。”这是吕才科眼中的科协服务，这一项目最终不仅解决了康平纳一企之困，更立足于整个工业园区需要，实现了废弃水资源的循环利用，解决工业用水紧张、用水成本高昂、水质超标等问题。

笔者了解到，在上述动作背后是泰安市科协“坚持问题导向，围绕供需精准发力”和“为每个产业链联系对接至少 1 个全国学会”的典型做法。

他们建立供需两张清单——梳理企业需求，让问题需求向上流，建立起人才、技术、项目“需求库”；拜访全国学会、省级学会及高校科研单位，建立起覆盖产业链的创新“资源库”；将“需求库”与“资源库”精准对接。

值得注意的是，尝到甜头的吕才科积极参与到科协组织的科普活动中，而有了科协“背书”，很多用户正是在此类活动中发现了大禹公司的价值，并转化为订单。王延斌

## 创新杂谈

二十届中央财经委员会第一次会议强调，推进产业智能化、绿色化、融合化，建设具有完整性、先进性、安全性的现代化产业体系。其中，产业体系的智能化转型是把握新一轮科技革命浪潮的必然要求，是制造业高质量发展的重要抓手。建设现代化产业体系，应拓展智能化深度，努力抢占全球产业体系智能化的战略制高点，这关系到未来国际竞争的成败。

顺应新一轮科技革命和产业变革大势，必须推进产业体系智能化。当前，人工智能、大数据、区块链等新一代信息技术加速突破，与各个产业交叉融合，催生新业态新模式，引领产业新的发展方向，开辟市场新的增长空间。世界主要工业大国纷纷加快数字化转型战略布局，抢抓产业智能化发展先机。我国也要适应产业科技新趋势，让新一代信息技术赋能产业体系，增强产业发展新动能新活力，争取发展主动权。

智能化是现代化产业体系的应有之义。现代化产业体系就是要不断推动质量变革、效率变革、动力变革，提高全要素生产率。智能化是激发制造模式、生产方式及产业形态深刻变革的重要抓手，也是产业实现高效率、高精度发展的关键。智能化的产业体系能够实现技术路径再造、竞争优势转换，构建柔性、灵活、稳定的产业链、供应链，充分发挥我国制造大国和网络大国的双重优势。

智能制造是主攻方向。近年来，我国智能制造区域协同、行业联动发展格局基本形成，智能工厂建设水平不断提升，带动汽车、家电等离散型工业产品迭代速度和交付能力明显增强，钢铁、石化等流程型工业的本质安全和绿色发展水平大幅提升，提质、降本、增效作用明显。立足长远、直面问题，发展智能制造还要面向重点行业、中小企业和重点省市开展多层次应用推广，加快融合型技术创新突破，建设智能制造生态体系，积极培育网络化协同、个性化定制、在线增值服务、分享制造等智能制造新模式。

“5G+工业互联网”是关键抓手。工业互联网是新型工业化的战略基础设施，是数字经济和实体经济深度融合的关键底座，其一端深度融合了新一代信息技术，一端结合了新技术在产业的落地。我国工业互联网规模已超 1.2 万亿元，融入 45 个国民经济大类，“5G+工业互联网”在千行百业落地并向生产核心环节延伸，成为推动产业数字化转型的关键支撑。要化“点”为珠、串珠成链，让工业互联网应用更广泛深入，还需坚持需求牵引，建设覆盖重点企业、重点产业、重点区域的应用体系，营造企业间、资本投、市场用的良好局面。

强化基础支撑能力是根本前提。推进产业智能化，离不开基础设施和基础技术能力的支撑。一方面，要积极推动智能装备创新，打通数字基础设施大动脉，从“硬件”上夯实基础支撑；另一方面，应鼓励企业大力加强基础研究和应用研究，强化共性技术供给，从“软件”上提升融合创新能力。同时，加快构建技术体系、标准体系、产品体系，努力推动产业基础高级化、产业链供应链现代化、价值链链延伸化增值化高端化。

(上接 A1 版)功夫不负有心人，深化统型设计实现了时速 250 公里复兴号动车组 AF 和 BF 两平台变流装置核心部件统型，又一次为公司变流装置型谱化和简统化设计夯基助力。

工作中的王雷从故障中吸取教训，从教训中提炼准则：从数据中摸索规律，从规律中探求方法……无论是在办公室还是上班路上，或是入睡之时，大脑都在不由自主地思考、探究、创新、优化。试验中，他紧盯试验数据，分析两车网络控制逻辑的差异性，对于一个平台出现的问题立刻举一反三至另一平台，并开展试验验证，同步整理包含故障分析、整改措施和试验验证的分析报告，汇报主机公司同时申请升级优化工作。

目前，装配永济电机公司牵引系统的 CR300AF 和 CR300BF 动车组已正式上线运行超 50 万公里。聚焦客户需求，对待研发严谨细致，对待问题举一反三，对待优化精益求精，王雷的“三对待”不仅实现了永济电机公司变流装置产品在“复兴号”动车组 AF 和 BF 两平台首次全覆盖，同时也得到两个用户企业的主管设计及试验人员一致称赞。

### 聚焦市场做研发

2023 年，永济电机公司承担着西安、太原和天津等多条地铁电传动系统产品开发及交付，王雷组织团队积极开展需求分析、设计联络、问题澄清、实地考察等工作，千方百计推进系统产品的型式试验及交付。面对初步形成的高频隔离辅助电源系统产品平台，王雷和团队成员不敢有丝毫懈怠，基于前期项目故障案例，逐项核对部件计算选型、仿真及试验验证结果，通过样机试制总结和试验结果评审逐项校核设计问题，本着着眼细节和追求卓越的工作精神，努力实现设计质量零缺陷，不放过任何风险点，打造永济电机公司产品的响亮品牌，是他工作不懈的追求。

自入职以来，王雷经历了从 IGBT 驱动研究到功率模块创新，从变流器研发到电传动系统设计，长期从事轨道交通产品研发。拥有丰富的电传动系统集成及功率器件应用经验，对公司电力电子产品有全面了解。全程经历公司 NECT 电传动系统及复兴号变流装置自主化创新发展历程，熟悉公司电力电子产品和技术能力，关注电力电子产品发展趋势，瞄准电传动系统及电力电子产品发展前瞻技术不断创新突破。此外，王雷带领的城市交通产品开发团队聚焦绿色和智能化发展方向，在碳化硅永磁牵引系统、高频辅助电源系统、车载直流供电变频热泵空调系统等核心技术不断创新突破，助力中国轨道交通装备不断塑造发展新动能新优势。

从部件研究到组件创新，从装置研发到系统集成，坚持自主研发，王雷始终如一脚踏实地、刻苦钻研，一步一个脚印成长为公司乃至行业内技术研发人员的典型代表。“产业报国、勇于创新，为中国梦提速”的中国高铁工人精神，激励着他不断创新、擦亮“国家名片”。

# 现代化产业体系要坚持智能化

■ 金观平