

中科鑫辉液冷服务器技术白皮书

版本号：V2.0 | 发布日期：2025 年 4 月 15 日

目录

1. 信创产业背景与散热挑战	1
2. 全栈国产化液冷技术架构	32.1 芯片级精准散热技术体系 2.2 国产化硬件适配优化方案 2.3 智能运维与安全加固系统
3. 信创场景核心技术优势	73.1 国产芯片性能释放最大化 3.2 全链路安全可靠设计 3.3 绿色算力与双碳合规
4. 信创行业实践矩阵	104.1 党政信创云数据中心案例 4.2 金融信创核心交易系统案例 4.3 运营商信创云网融合案例
5. 国产化实施路径与生态建设	145.1 三级信创适配认证体系 5.2 产学研用协同创新平台 5.3 本地化供应链保障方案
6. 未来技术演进路线图	176.1 国产芯片制程升级散热解决方案 6.2 信创云边协同液冷技术布局 6.3 自主可控冷却液研发规划
7. 结论与合作倡议	19附录：信创适配芯片型号对照表

1. 信创产业背景与散热挑战

随着国家“自主创新”战略深入实施，信创产业已从“可用”阶段迈向“好用”阶段。党政、金融、能源等关键领域加速推进国产化替代，国产服务器芯片性能显著提升：

- 海光 7000 系列：x86 架构处理器，单芯片功耗突破 300W
- 鲲鹏 920：ARM 架构服务器芯片，多核并行计算功耗达 250W
- 龙芯 3C6000：LoongArch 架构多核处理器，峰值功耗 200W+

然而，国产芯片的高密度集成带来严峻散热挑战：

- 功耗密度跃升：国产 GPU（如景嘉微 JM9230）单卡功耗达 350W，传统风冷难以控制结温在 85°C 以下
- 散热兼容性问题：异构计算架构（CPU+GPU/NPU）散热需求差异大，需定制化液冷方案

3. 安全可靠性要求：信创系统需 7×24 小时稳定运行，温度波动需控制在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内

中科鑫辉基于 5 年信创造配经验，打造 **“芯片级适配 - 硬件级优化 - 系统级协同”** 的全栈液冷解决方案，破解国产算力平台散热难题。

2. 全栈国产化液冷技术架构

2.1 芯片级精准散热技术体系

2.1.1 异构芯片差异化散热方案

芯片类型	散热方案	技术参数	适配型号
国产 x86 处理器	嵌入式微通道冷板	热阻 $\leq 0.15^\circ\text{C} \cdot \text{cm}^2/\text{W}$	海光 7285、兆芯 KX-U6780A
ARM 架构服务器芯片	复合型相变冷板	相变温差 $\leq 5^\circ\text{C}$	鲲鹏 920、飞腾 S2500
国产 GPU/NPU	沉浸式液冷模组	散热能力 $\geq 1500\text{W}/\text{cm}^2$	景嘉微 JM9230、寒武纪 MLU370
存储控制器	智能温控导流罩	温度均匀性 $\pm 1^\circ\text{C}$	澜起科技内存控制器

2.1.2 专利级热传导技术

- **三维立体流道设计**（专利号：ZL202520345678）：针对龙芯 3A6000 芯片不规则发热区域，采用 $50\text{-}\mu\text{m}$ 微槽道 + 3D 烧结铜柱结构，热流密度提升至 $800\text{W}/\text{cm}^2$ ，较平面冷板效率提升 60%
- **纳米绝缘涂层技术**：在冷却液接触面镀制 $5\mu\text{m}$ 厚度 AlO 陶瓷层，绝缘电阻 $> 10^{12}\Omega$ ，解决去离子水在国产 PCB 板上的电化学腐蚀问题

2.2 国产化硬件适配优化方案

2.2.1 主板级结构强化设计

- **液冷接口全解耦**：采用自主研发的**磁吸式快插接头**（专利号：ZL202530123456），兼容华为泰山、曙光天阔等国产服务器主板，插拔寿命>10 万次
- **冗余散热通道**：为飞腾 S2500 芯片组设计双回路液冷管路，单回路故障时自动切换，确保系统 RTO<30 秒

2.2.2 国产化材料认证体系

所有液冷部件均通过**信创材料适配认证**：

- 冷板材质：采用国产 TU2 无氧铜（纯度≥99.97%），符合 GB/T 5231 标准
- 密封件：全氟醚橡胶密封圈，耐温范围 -40°C~200°C，通过中国电子技术标准化研究院检测

2.3 智能运维与安全加固系统

2.3.1 信创专属监控平台

- **国产化软件栈**：基于麒麟操作系统（信创版）开发，支持龙芯、鲲鹏等 CPU 架构，实现：芯片温度实时三维建模（精度 ±0.5°C）冷却液泄露 AI 预判（准确率 99.8%）工单系统国产化对接（适配金仓数据库）

2.3.2 安全增强设计

- **数据加密传输**：液冷系统控制信号采用国密 SM4 算法加密，通信链路通过商用密码认证
- **物理安全防护**：冷板管路内置压力传感器，异常压力波动触发硬件级断电保护（响应时间<50ms）

3. 信创场景核心技术优势

3.1 国产芯片性能释放最大化

3.1.1 算力提升对比

测试场景	风冷方案	中科鑫辉液冷方案	性能提升率
海光 7285 全核满载	结温 88°C (降频 15%)	结温 65°C (稳定超频 5%)	20%

鲲鹏 920 数据库负载	事务处理 120 万 TPS	150 万 TPS	25%
景嘉微 JM9230 训练	显存温度 95°C (报警))	显存温度 72°C (稳定))	训练效率提升 30%

3.1.2 超频能力突破

通过液冷散热优化，**龙芯 3C6000 处理器可实现持续 15% 超频**，单核性能提升至国际主流水平，满足党政电子政务高频交易需求。

3.2 全链路安全可靠设计

3.2.1 故障冗余能力

- **三冗余液冷架构**：每个机柜配置 3 套独立水泵，单泵故障时自动切换，系统可靠性达 99.999% (5 个 9)
- **国产容错芯片适配**：支持兆芯 KX-U6780A 的硬件级容错机制，结合液冷温度控制，服务器年均故障时间<5 分钟

3.2.2 环境适应性

- **宽温运行**：在 -20°C~50°C 环境下稳定运行，满足边疆地区、工业控制等严苛场景需求
- **抗振动设计**：消除传统风冷风扇的 10-500Hz 振动频段，硬盘 MTBF (平均无故障时间) 从 10 万小时提升至 30 万小时

3.3 绿色算力与双碳合规

3.3.1 能效数据对比

指标	传统风冷 (信创服务器)	中科鑫辉液冷方案	提升幅度
PUE 值	1.65	1.12	32%
单位算力能耗 (Wh/TOPS)	0.85	0.52	39%

风扇功耗占比



3.3.2 余热回收价值

在北方信创数据中心场景，液冷系统可回收 85% 的芯片废热，用于：

- 机房冬季供暖（替代 30% 锅炉能耗）
- 党政机关热水供应（年节省标煤 120 吨）完全符合《“十四五”信息通信行业发展规划》对数据中心 PUE≤1.3 的要求。

4. 信创行业实践矩阵

4.1 党政信创云数据中心案例：某省级政务云

项目背景

- 部署 3000 台鲲鹏 920 服务器，承载全省 1.2 亿人口政务服务系统
- 原风冷方案 PUE=1.6，夏季频发 CPU 过热降频故障

液冷方案

- 采用**冷板 + 浸没混合架构**：计算节点：嵌入式微通道冷板（适配鲲鹏 CPU）存储节点：全浸没式液冷（降低硬盘故障率）
- 智能 CDU 实现冷量动态分配，夜间低负载时关闭 50% 水泵

实施效果

- PUE 降至 1.15，年节省电费 860 万元
- 系统平均无故障时间（MTBF）从 12,000 小时提升至 50,000 小时
- 获得国家密码管理局《信息系统密码应用安全性评估报告》认证

4.2 金融信创核心交易系统案例：某股份制银行

项目挑战

- 承载日均 800 万笔核心交易，要求交易延迟 < 2ms，全年停机时间 < 10 分钟
- 国产 x86 服务器（海光 7285）在交易高峰时 CPU 结温达 90°C，触发自动保护

技术创新

- 毫秒级温控响应：**部署边缘计算模块实时采集芯片温度，液冷流量调节周期从 1 秒缩短至 10ms
- 冷热通道完全隔离：**采用定制化机柜级密闭循环，冷却液温度波动控制在 ±0.3°C

应用价值

- 交易处理峰值提升至 1200 万笔 / 日，延迟降低 15%
- 硬件投资减少 20%（单机柜部署密度从 8kW 提升至 25kW）
- 通过《金融信创生态实验室》兼容性认证

4.3 运营商信创云网融合案例：某省移动云

方案亮点

- 云边协同架构：**中心节点：浸没式液冷（支持景嘉微 GPU 集群训练）边缘节点：微型冷板液冷（适配飞腾嵌入式芯片）
- 国产化运维体系：**集成移动云信创管理平台，实现液冷系统与 OpenStack 国产化版本深度对接

技术参数

- 边缘服务器体积缩小 40%，适应 5G 基站机房紧凑环境
- 中心节点 GPU 算力利用率从 65% 提升至 92%
- 获评《电信行业信创优秀解决方案》

5. 国产化实施路径与生态建设

5.1 三级信创适配认证体系

5.1.1 芯片级适配

- 与海光、鲲鹏等建立**芯片 - 冷板联合设计机制**，在芯片流片阶段介入散热仿真
- 完成 23 款主流国产 CPU/GPU 的液冷适配测试，形成《信创芯片液冷设计指南》

5.1.2 系统级认证

- 通过**中国电子技术标准化研究院**液冷服务器认证：兼容性：支持 8 家主流信创服务器厂商硬件 安全性：漏液断电保护响应时间<100μs 可靠性：通过 500 小时连续满负载拷机测试

5.1.3 行业级合规

- 适配《党政机关服务器采购指南》液冷技术指标
- 进入《金融信创产品目录》（液冷解决方案唯一入选企业）

5.2 产学研用协同创新平台

5.2.1 联合实验室

- 与中科院计算所共建**信创液冷散热实验室**，专注 3nm 以下制程芯片散热研究
- 联合国防科技大学开发**国产芯片热仿真软件**（替代 ANSYS Fluent 信创版）

5.2.2 标准制定

- 牵头编写《信创液冷服务器技术规范》团体标准
- 参与制定国家标准 GB/T 42074-2022 《信息技术 液冷数据中心设计规范》

5.3 本地化供应链保障方案

5.3.1 核心部件国产化率

部件	国产供应商	技术参数	替代进度
冷板	中电科二所	铜铝复合率 $\geq 95\%$	100%
冷却液	巨化股份	电导率 $<0.1\mu\text{S}/\text{cm}$	100%
水泵	上海凯泉	扬程 $\geq 15\text{m}$, 效率 $\geq 85\%$	90%
控制系统	中科创达	信创版实时操作系统	100%

5.3.2 应急保障体系

- 建立 3 大区域备件库（华北 / 华东 / 华南），关键部件 4 小时响应
- 开发远程诊断系统，通过国产化 5G 模组实现液冷系统故障预判断

6. 未来技术演进路线图

6.1 国产芯片制程升级散热解决方案

时间节点	技术方向	目标指标	适配芯片路线
2025	三维堆叠芯片液冷技术	散热能力 $\geq 2000\text{W}/\text{cm}^2$	海光 7nm 制程 CPU
2026	浸没式相变材料优化	相变温差 $\leq 3^\circ\text{C}$	景嘉微 5nm GPU
2027	超临界 CO ₂ 液冷技术验证	系统效率提升 15%	龙芯 3nm 多核处理器

6.2 信创云边协同液冷技术布局

- 边缘端：**开发微型被动式液冷模块，适配飞腾 E2000 嵌入式芯片，体积 $<1\text{L}$ ，无需外部泵组
- 中心端：**研发液冷 - 光伏一体化机柜，在青海、西藏等光照充足地区实现“零外购电”数据中心

6.3 自主可控冷却液研发规划

- **2025**: 量产低粘度氟化液（国产化率 100%），沸点 65°C，兼容所有国产 PCB 材料
- **2026**: 完成生物基冷却液（大豆油衍生物）测试，降解率 >90%，适用于环保敏感场景
- **2027**: 研发超低温冷却液（冰点 -50°C），满足东北、新疆等严寒地区应用

7. 结论与合作倡议

中科鑫辉始终坚持“自主创新、安全可靠”的信创液冷技术路线，通过芯片级深度适配与全栈国产化设计，为党政、金融、能源等关键领域提供“高性能、低能耗、高安全”的绿色算力基础设施。

我们倡议：

1. 与国产芯片厂商共建散热联合实验室，推动“芯片设计 - 散热方案”同步研发
2. 联合信创生态伙伴制定液冷技术标准，构建自主可控的液冷产业体系
3. 面向行业用户提供“定制化适配 + 全周期运维”的一站式服务

附录：信创造配芯片型号对照表

芯片类型	国产芯片型号	适配液冷方案	散热能力上限
CPU	海光 7285/7385	嵌入式微通道冷板	350W
	鲲鹏 920/930	复合型相变冷板	280W
	龙芯 3C6000/3D6000	三维立体流道冷板	250W
GPU	景嘉微 JM9230/JM9270	沉浸式液冷模组	400W
NPU	寒武纪 MLU370/MLU390	相变增强冷板	300W
存储控制	澜起科技 Montage Memory	智能温控导流罩	150W