

团体标准

T/CESA XXXX—202X

液冷式人工智能加速卡设计技术要求

Technical requirements for liquid-cooled artificial intelligence acceleration card
design

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

202X-XX- XX 发布

202X-XX- XX 实施

中国电子工业标准化技术协会 发布



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构，除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

目 次

前 言 III

引 言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 设计要求 2

5.1 冷板设计要求 2

5.2 漏液检测装置设计要求 2

5.3 多卡互连设计要求 2

6 技术要求 3

6.1 外观要求 3

6.2 结构要求 3

6.3 热性能要求 6

6.4 环境适应性要求 7

6.5 电磁兼容性要求。 8

7 试验方法 8

7.1 试验条件 9

7.2 外观检验 9

7.3 结构试验 9

7.4 热性能试验 9

7.5 环境适应性试验 11

7.6 电磁兼容性要求试验 14

参 考 文 献 15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国电子工业标准化技术协会开放计算工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

液冷式人工智能加速卡由加速卡板卡、液冷板、加速卡外壳结构件、流体快插接头等组成。冷板覆盖加速卡上的主芯片及其他发热元件（包括但不限于VR、显存等），提高板卡封装狭小空间内人工智能芯片散热效率。加速卡提供一对流体快插接头（两个公头），用于连接服务器内部集/分水结构或RCM。液冷式人工智能加速卡能够有效避免局部热点，降低服务器系统风扇功耗，降低数据中心整体PUE，是未来绿色数据中心发展的必然趋势。

本技术要求旨在针对采用冷板式液冷散热的标准PCIe接口的人工智能加速卡的外观设计、尺寸要求、冷板设计、流体快插接头选型、热性能设计、环境适用性方面进行定义，解决液冷式人工智能加速卡和服务器的适配问题。

液冷式人工智能加速卡设计技术要求

1 范围

本文件规定了采用冷板式液冷散热的标准PCIe接口形态的人工智能加速卡设计要求和试验方法，并描述了相关技术要求的试验方法。

本文件适用于采用冷板式液冷散热的标准PCIe接口形态的人工智能加速卡/服务器的设计、制造和测评，其它结构形态的插卡式人工智能加速卡的冷板式液冷散热设计也可参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 17625.9—2016 电磁兼容 限值 低压电气设施上的信号传输 发射电平、频段和电磁骚扰电平

YD/T 3982—2021 数据中心液冷系统冷却液体技术要求和测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冷板式液冷 cold plate liquid cooling

通过冷板（通常为铜铝等导热金属构成的封闭腔体）将发热器件的热量间接传递给封闭在循环管路中的冷却液体，通过冷却液体将热量带走的一种实现形式。

3.2

液冷式人工智能加速卡 cold plate liquid cooling artificial intelligence accelerator card

专为人工智能应用设计，通过冷板式液冷进行散热的硬件加速器，可用于提升机器学习和深度学习速度和性能，从而更好地满足人工智能应用的需求。

3.3

液冷式人工智能服务器 cold plate liquid cooling artificial intelligence server

配备了液冷式人工智能加速卡的服务器，可为人工智能应用提供高效能计算处理能力。

3.4

机柜冷却工质供回歧管 rack coolant manifold

用于向机柜内各液冷冷板分配和回收冷却工质的装置。

3.5

流体快插接头 fluid quick disconnect

一种包含插头和插座、且插头和插座都带流体截断功能的快速插拔组件。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI 人工智能（Artificial Intelligence）

BMC 基板管理控制器 (Baseboard Management Controller)

CEM 板卡机电 (Card Electromechanical)

EMC 电磁兼容性 (Electromagnetic Compatibility)

IT 信息技术 (Information Technology)

PCIe 高速外围组件互连总线 (Peripheral Component Interconnect Express)

RCM 机柜冷却工质供回歧管 (Rack Coolant Manifold)

5 设计要求

5.1 冷板设计要求

人工智能加速卡的冷板设计的一般要求如下：

- a) 应根据 AI 芯片的型号尺寸和发热特点及电子信息设备的内部结构进行设计，以获得更好的换热效率，在满足芯片整个使用周期内的壳温要求下，尽可能优化流道设计，减小冷板模块的流阻；
- b) 应保障满足 AI 加速卡插座的载荷及其他结构性要求；
- c) 应考虑配管位置及方向，液体进出口位置，避免与电子信息设备产生干涉；
- d) 应考虑配管的折弯半径和承压要求。配管折弯半径同配管的材质和管径相关，需根据配管的材质和管径确定合适的折弯半径。配管承压应不低于加速卡冷板的承压；
- e) 冷板基板和流道宜采用铜或铝合金材质，一个系统中冷却工质直接接触的部件不应有两种电极电位差较大的金属；
- f) 冷却工质的选用应考虑与二次侧循环回路中所有直接接触的固体表面材质间的相容性；
- g) 应符合芯片对散热器重量的要求；
- h) 应考虑冷板的安装及拆卸顺序，满足芯片的操作规范；
- i) 应满足芯片的扣合力技术要求，安装拆除后散热基板底面满足平面度技术要求；
- j) 冷板的材料需要考虑导热性及与冷却液的化学兼容性，例如可选择紫铜；
- k) 加速卡内冷板结构宜使用焊接工艺，避免加速卡内部的漏液。

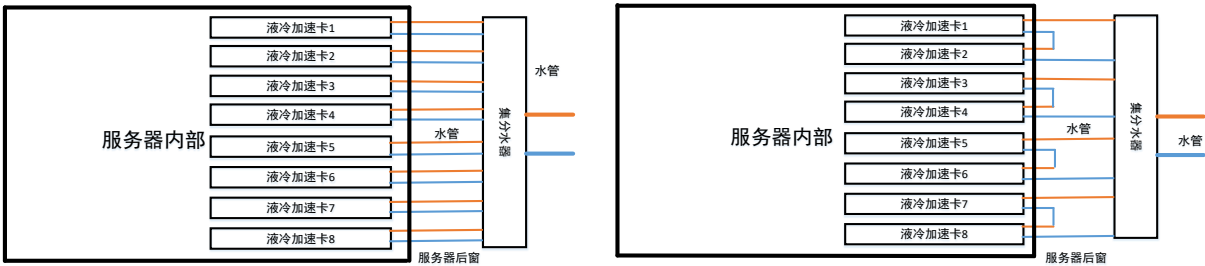
5.2 漏液检测装置设计要求

采用冷板式散热的人工智能加速卡上宜有漏液检测装置。若人工智能加速卡支持漏液检测装置，需满足如下设计要求：

- a) 漏液检测装置需具备漏液检测和报警功能，应在管路接口等高风险位置布置检测点，如发生漏液支持上报漏液告警给服务器 BMC；
- b) 漏液检测装置应紧贴管路或冷板表面，每隔适当距离进行固定，避免悬空脱落；
- c) 漏液检测装置最小漏液检测量应不大于 0.3ml；
- a) 漏液检测装置需具有易恢复性，在漏液处理完毕后，可通过简易手段解除报警状态；
- b) 漏液检测装置通讯端到检测端长度应适配设计，避免过度冗余；
- c) 漏液检测装置推荐使用高阻燃规格；
- d) 漏液检测装置在高温高湿且接触金属的情况下应具备防误报功能。

5.3 多卡互连设计要求

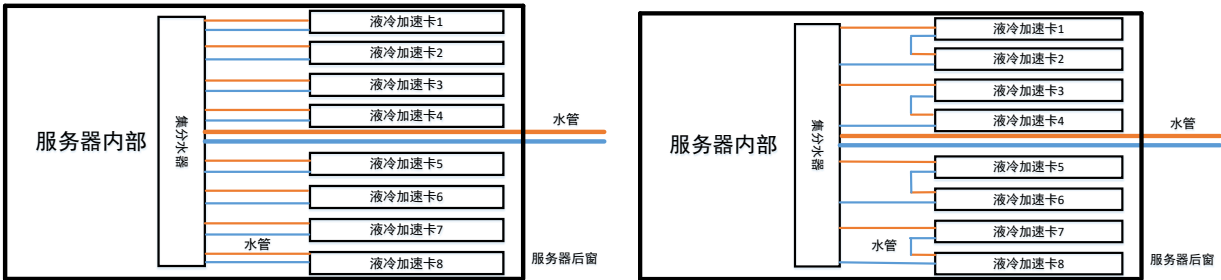
流体快插接头位于人工智能加速卡挡片端时水路参考设计如图1，此设计下加速卡流体快插接头直接伸出服务器面板外，水管安装在服务器外部，降低漏液风险。但由于机箱外水管较多，会对服务器面板对外IO接口造成遮挡。加速卡之间水路可以串联，加速卡水路串联时，需要考虑串联总功耗、温升、流速、冷板和流体快插接头压降，来确认最大可串联加速卡卡数。



注：左图为加速卡之间无串联，右图为2张加速卡串联

图1 快插接头位于加速卡挡片端水路设计

流体快插接头位于人工智能加速卡尾端时水路参考设计如图2，此设计下服务器内部水管较多，需要在水管上布置漏液检测线或其它漏液检测装置，以监测漏液。加速卡液体统一汇集到服务器内部的集分水器后，再由集分水器出水管统一输出到机箱外。机箱外水管较少，外观更整洁，对外插卡的对外接口遮挡少。同样的，加速卡之间水路可以串联，加速卡水路串联时，需要考虑串联总功耗、温升、流速、冷板和流体快插接头压降，来确认最大可串联加速卡卡数。



注：左图为加速卡之间无串联，右图为2张加速卡串联

图2 快插接头位于加速卡尾端水路设计

6 技术要求

6.1 外观要求

人工智能加速卡外观要求如下：

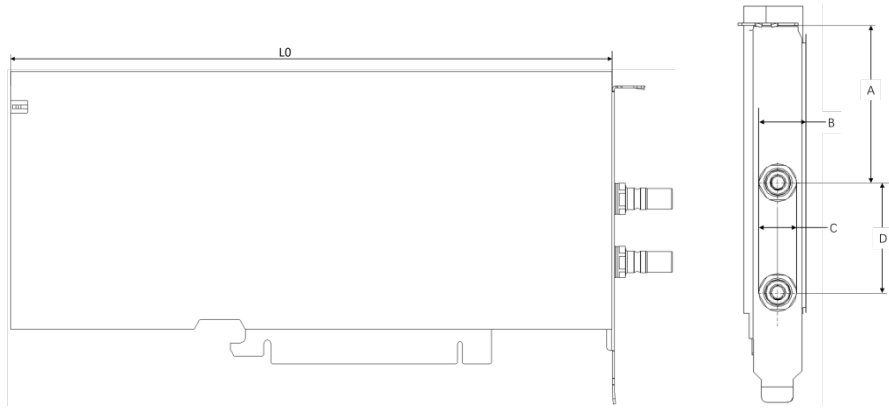
- a) 冷板散热盖板应光滑，无明显变形，散热基板底部表面不应有裂纹，划痕，变形、污点等缺陷；
- b) 冷板散热基板散热面形状宜为方形或八边形；
- c) 固定模块表面锐边倒钝，无毛刺，外表面无划痕、脏污，明显色差和花斑、裂缝、变形等缺陷，涂覆层无起泡、堆积、龟裂和脱落现象；
- d) 接口应无毛刺、划痕、变形等缺陷，并与配管顺畅接合；
- e) 配管管内应无脏污，无毛边披锋，无破损；
- f) 快插接头标记应正确、清晰、牢固、耐久，应包括公司商标、产品型号和生产批次号，表面不应有机械损伤、毛刺、锐边、沙眼、起皮等缺陷。

6.2 结构要求

6.2.1 尺寸要求

液冷式人工智能加速卡冷板宜全覆盖加速卡进行全水冷设计，挡片宜不开孔。加速卡对外液冷接口需要考虑和服务器系统或RCM的对接方式，有利于加速卡和外界液冷系统对接。板卡尺寸符合PCIe CEM规范，为单槽或者双槽、全高形态，卡长L0（不含快插接头）宜小于等于266.7mm。加速卡的流体快插接头可根据应用场景放置于加速卡挡片端或者加速卡尾端。

当流体快插接头位于挡片侧，结构尺寸设计要求如下图3所示：



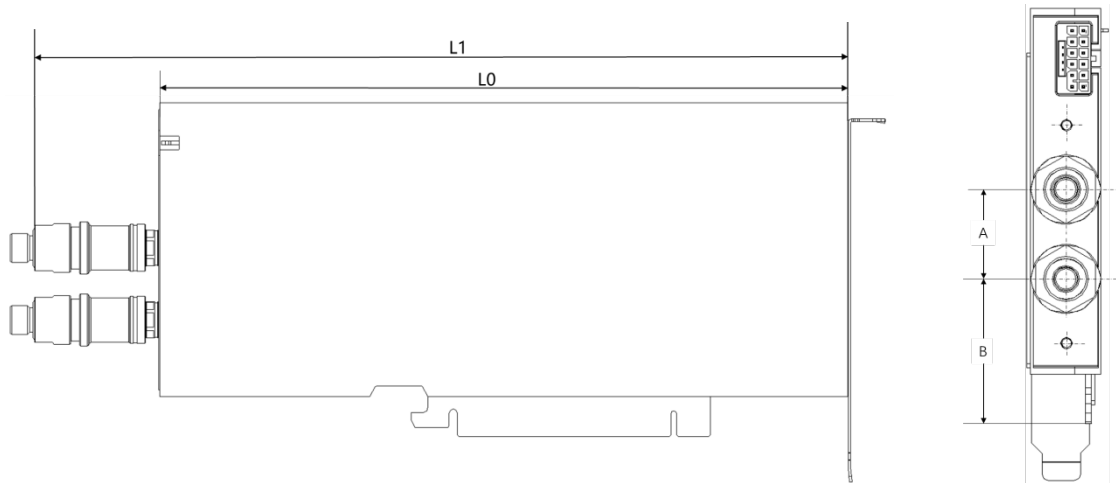
注：流体快插接头位于挡片端。

图3 结构设计要求

6.2.1.1 液冷式人工智能加速卡需要插入服务器才能工作，因服务器后窗针对液冷卡有限制，需要满足下列要求：

- a) 如图 1 所示，加速卡流体快插接头位于挡片侧，进水口位于出水口上方。快插接头和冷板连接的地方，需要做凸台，凸台高度与机箱后窗结构相关，宜高度不小于 3mm，以方便密封和在服务器侧的插拔；
- b) 进水口快插接头中心点距离挡片最上方距离 A 大于等于 50mm，以避免加速卡插入后挡片和板卡结构干涉，确保加速卡快插接头可以从服务器后窗推出；
- c) 快插接头的左边缘距离挡片右边缘 B 应小于等于 15.23mm；
- d) 快插接头的外径 C 需要小于机箱后窗开口的宽度，最大不超过 12mm；
- e) 快插接头公头位于加速卡上，两个快插接头公头中心点之间距离 D 大于等于 24mm，以满足快插接头母头能支持正常的插拔操作，且无结构干涉；
- f) 加速卡快插接头母头最大直径 19.5mm，宜小于 18mm，以满足两张相邻的加速卡之间快插接头正常的插拔操作。

6.2.1.2 当流体快插接头位于尾端时，设计要求如图 4 所示。需要满足下列要求：



注：流体快插接头位于加速卡尾端。

图4 结构设计要求

- a) 如图 2 所示，加速卡流体快插接头位于尾端，进水口位于出水口上方。为了节省空间，快插接头和冷板连接的地方不宜有凸台；
- b) 加速卡公头位于加速卡上，两个快插接头公头中心点之间距离 A 大于等于 24mm，以满足快插接头母头能支持正常的插拔操作，且无结构干涉；
- c) 出水口快插接头中心点距离加速卡金手指下边缘 B 大于等于 38.78mm；
- d) 加速卡快插接头母头最大直径 19.5mm，宜小于 18mm，以满足两张相邻的加速卡之间快插接头正常的插拔操作；
- e) 为了便于服务器机箱设计，流体快插接头位于尾端时，宜加速卡本体+快插接头静态插合尺寸 L1 不超过 312mm。

6.2.2 冷板结构要求

加速卡冷板的结构设计要求如下：

- a) 宜冷板对板卡上的热源全覆盖；
- b) 固定方式宜使用 4 个弹簧螺丝固定的方式进行固定；
- c) 主芯片和冷板之间的压力应保证贴合良好，并具有足够的热传导性；
- d) 冷板散热基板底部和主芯片接触区域要求光滑，且平面度小于或等于 0.05mm，粗糙度 Ra 1.6；
- e) 冷板内腔清洁度要求：冷板冲洗后液体中固态颗粒物含量，<0.5 μm 颗粒不超过 25 颗/ml，0.5~1 μm 颗粒不超过 5 颗/ml，1 μm~3 μm 颗粒不超过 3 颗/ml。直径超过 50um 的金属颗粒不超过 1 颗/100ml，没有直径超过 100 μm 金属颗粒。

6.2.3 流体快插接头要求

人工智能加速卡流体快插接头主要考虑结构兼容性，需要保证在加速板卡侧面正常连接冷板，同时组装在服务器上不发生结构干涉。流体快插接头的安装面应有足够的厚度，以满足安装要求，具体要求以流体快插接头规格书为准。为了满足快插接头位于人工智能加速卡挡片端或者尾端两种不同场景下的结构要求，流体快插接头尺寸要求见表1。

表1 流体快插接头规格要求

流体快插接头参数	规格要求
公头最大直径	≤12mm
母头最大直径	≤19.5mm，推荐不大于 18mm
静态插合尺寸	≤45mm

静态插合尺寸是指快插接头公头和母头插合后，公头橡胶圈端面和母头橡胶圈端面之间的尺寸，如图5所示。宜避免使用latch解锁的快接头，以避免多个加速卡叠放时，快接头旋转过程中导致快接头自动解锁。

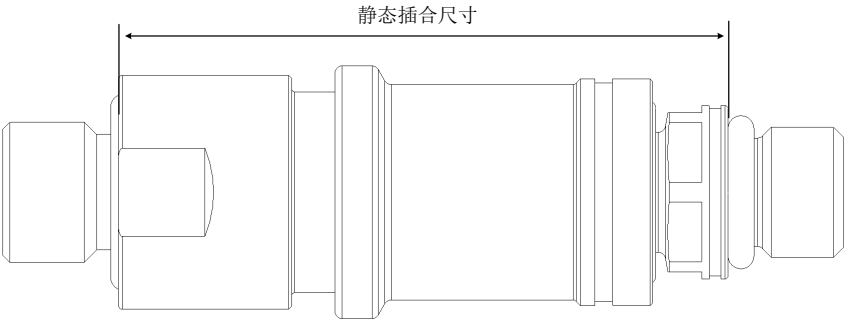


图5 流体快插接头静态插合尺寸示意图

流体快插接头应采用平头无滴漏结构，来确保插拔时不会形成液滴损坏周边电子元件；流体快插接头的表面可有少量液体残留，但流体泄漏量不高于0.005ml，以确保插拔的安全性。

6.3 热性能要求

6.3.1 热性能参数要求

冷板式人工智能加速卡热性能参数要求值见表 2。

表2 热性能参数要求

热性能参数	参数要求
加速卡热设计功耗	≤1000W
加速卡进水温度	30℃~55℃（最低温度为参考值，宜高于机房凝露温度 3℃）
加速卡最大出水温度	65℃（参考值）
进出水口温升	额定入水流量下，加速卡进出水口温升，需满足如下要求： 加速卡功耗≤600W：温升宜 6℃~10℃ 加速卡功耗≤1000W：温升宜 9℃~10℃ 加速卡功耗> 1000W：温升根据用户机房实际条件进行确认
进出水口最大压降	在额定入水流量下，加速卡进水口到出水口总压降（含快插接头），需满足如下要求： 加速卡功耗≤600W：最大压降≤45kPa 加速卡功耗≤1000W：最大压降≤65kPa 加速卡功耗> 1000W：最大压降根据用户机房实际条件进行确认

翅片流速	经过翅片的最大流速≤2m/s
------	----------------

冷板式人工智能加速卡的规格书中应当有热边界条件曲线。图 6 给出了热边界曲线示意，当使用边界条件（入口流量及入口温度）位于曲线下方（含曲线）时，该冷板的冷却能力即能符合待冷却 AI 芯片的最大结温要求；

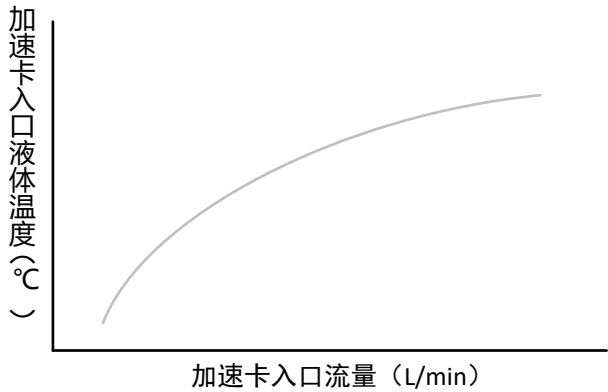


图6 加速卡设计的热边界条件曲线示意图

6.3.2 材料选型要求

材料选型的要求见表 3。

表3 材料选型要求

组件	材料选型及要求宜
冷却工质	需要考虑冷却工质热物性、环保特性、安全特性、环境适应性、工质与管路材料兼容性、工质成本和可获取性等。IT 设备推荐使用含缓蚀剂、杀菌剂等药剂的水、乙二醇/丙二醇水溶液等。冷却液标准参考 YD/T 3982—2021。
冷板	冷板材质优选：紫铜、铝合金（需做好耐腐蚀和绝缘要求）
快插接头	和冷却液具有化学兼容性 不锈钢、铝合金（仅限搭配铝合金冷板）、黄铜（表面需要做好镀层，把黄铜和液体隔离，冷却液不推荐使用去离子水）

6.4 环境适应性要求

6.4.1 气候环境适用性

工作、贮存中温度、湿度、压力要求见表 4。

表4 气候环境适用性要求

参数	参考值
温度	工作：5℃~40℃ 贮存：-45℃~85℃
湿度	工作：8%RH~90%RH（无冷凝） 贮存：10%RH~93%RH（无冷凝）

大气压	86kPa~106kPa
-----	--------------

6.4.2 机械适用性

6.4.2.1 冷板承压要求见表 5。

表5 冷板承压要求

参数	参考值
冷板额定工作压力	≤300kPa
冷板最大工作压力	350kPa, 无液体泄露, 无变形
冷板最小爆破压力	最大工作压力的 3 倍, 无液体泄露, 可变形

6.4.2.2 振动适应性应符合表 6 的规定。

表6 振动适用性

振动类型	频率范围	初始激励加速度	振动方向和持续时间
随机振动（单卡不带包装）	5Hz~500Hz	不低于 2.2 grms	X/Y/Z 轴, 每轴 10min
随机振动（单卡带包装）	1Hz~200Hz	0.82 grms	X/Y/Z 轴, 每轴 30min

6.4.2.3 冲击适用性应符合表 7 的规定，测试条件为单卡不带包材。

冲击试验严酷等级和冲击脉冲尽量模拟样品实际可能受到的运输或工作环境情况。可参考以下严酷性等级，当采用多加速度组合测试时，需覆盖使用表中 50 m/s²~105 m/s²的各个加速度值进行测试；当采用单一加速度测试时，可根据实际情况选择任一加速度值和脉冲持续时间进行测试。

表7 冲击适用性

测试类型	峰值加速度 m/s ²	脉冲持续时间 ms	冲击波形	冲击方向和次数
多加速度组合测试	50	26	半正弦波	4 个方向, 每个方向 1 次
	60	13	半正弦波	4 个方向, 每个方向 1 次
	90	3.3	半正弦波	4 个方向, 每个方向 1 次
	105	2	半正弦波	4 个方向, 每个方向 1 次
单一加速度测试	100	5	梯形波/半正弦波	6 个方向, 每个方向 5 次
	100	11	梯形波/半正弦波	6 个方向, 每个方向 5 次
	150	5	梯形波/半正弦波	6 个方向, 每个方向 5 次
	150	11	梯形波/半正弦波	6 个方向, 每个方向 5 次

6.4.2.4 运输包装件跌落适应性应能在 914mm 高度进行，进行一角三棱六面共 10 次测试。

6.5 电磁兼容性要求。

电磁兼容性要求如下：

- 搭配服务器去获取 EMC CLASS A 认证，实际设计参考 GB/T 17625.9—2016 相关要求；
- 加速卡若设置漏液检测装置，应考虑 EMC 对漏液检测装置的影响，在设计上避免误报警。

7 试验方法

7.1 试验条件

除另有规定外，试验均在下列测试用标准大气条件下进行：

- 温度：15℃~35℃；
- 相对湿度：25%~75%；
- 大气压：86kPa~106kPa。

7.2 外观检验

通过目测法对人工智能加速卡的外观进行检查，确定是否符合6.1的外观要求；

7.3 结构试验

7.3.1 尺寸检验

尺寸检验要求如下：

- a) 利用游标卡尺或相似功能设备测量人工智能加速卡板卡的尺寸是否符合要求；
- b) 利用游标卡尺或相似功能设备测量人工智能加速卡进出水口流体快插接头的尺寸、相对间距是否符合要求。

7.3.2 冷板检验

冷板检验要求如下：

- a) 使用三次元测量仪或相似功能设备测量冷板底部表面的平面度是否符合要求；
- b) 使用粗糙度测量仪或相似功能设备测量冷板底部表面的粗糙度是否符合要求；
- c) 使用用 X 射线或类似分析方法检查冷板，以检测冷板换热器上的制造缺陷，如孔隙、流体通道碎片、焊接质量等；
- d) 将冷板集成到产品冷板组件中，并完成静水压测试，以确认交换器（如有）、快接头和冷却液管道之间没有泄漏；
- e) 用清澈的液体冲洗冷板组件，同时浸入超声波浴或类似功能的设备中，并验证排出的流体没有变色，并且悬浮在冲洗液中的任何颗粒都满足本标准 6.2.2 定义的冷板内腔清洁度要求。

7.3.3 流体快插接头检验

流体快插头检验要求如下：

- a) 检查冷板快接头，以确认流体快插接头规格（即尺寸、倒钩配置、方向等）符合产品设计要求；
- b) 利用游标卡尺或相似功能设备测量流体快插接头的尺寸是否符合要求；
- c) 注入冷却工质后，手动拔插流体快插接头，确认液体泄漏量是否符合要求。

7.3.4 气密性试验

气密性试验宜采用氦检或气检，试验方法如下：

- a) 氦检试验方法：将冷板式人工智能加速卡充氦气(充入压力 350kPa),将加速卡放在真空箱内，设备抽真空，保压 1min;或将冷板式人工智能加速卡抽真空，箱体内充氦气(冲入压力 350kPa)，保压 1min。

合格判据：检验氦气泄漏率 $<10^{-7}\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

- b) 气检试验方法：采用气检，介质为氮气，加压至 700kPa,保持时间不低于 300s。

合格判据：测试压降/充入压力 $<0.01\%$ 。

7.4 热性能试验

7.4.1 热性能测试要求

热性能测试要求如下：

- a) 测试工质宜使用与实际使用的工质同型号或可兼容的型号；
- b) 测试供液设备可使用二次侧水路供水，也可采用直接风液换热设备（水冷机等）供水，单个冷板支路的供水水温、流量、水压可根据实际测试要求调节；
- c) 测试供液液路的连接器宜采用相同快接型号，快接具备断水自锁及防滴液功能；
- d) 测试完成后需有排水及烘干动作，确保液路中无测试造成的工质或气体残留；
- e) 冷板厂做冷板出厂热性能测试，系统厂做整卡组装后的热性能测试；
- f) 冷板厂热源尺寸，加热功率，热源布局及位置，测试时长，测试标准，平面度，安装方式及安装压力，界面材料类型、厚度及热性能筛选指标需与系统厂或设计者确认；
- g) 测试时发热功率、进水水温（有条件宜按最高 55℃，也可按当前水温换算）、进水流量宜按实际设计最严设计指标测试，进水水温和热源温度稳定后，读取热源温度（冷板厂读取热源温度，系统厂读取实际板卡主芯片、器件等温度），计算温升后筛出不符合温升标准的冷板或液冷加速卡。

7.4.2 热性能曲线

将冷板固定在待测加速卡AI芯片上，冷板的液体进出口与热性能测试系统相连，确保测试环路中非凝性气体排空，并将流经冷板的液体流量调节到期望值，给待测AI芯片施加期望的功耗，待测试结果稳定后，记录冷板进出口的压力值 P_1, P_2 ，待测AI芯片的结温 T_j ，冷板入口液体温度 T_i ，给待测AI芯片施加的功耗值 Q 以及流经冷板的液体流量值。

根据测试结果，分别根据式（1）和式（2）计算冷板在一定的流量范围内的热阻值和流阻值，绘出液冷式人工智能加速卡的热性能曲线流阻曲线（见图7）

$$R_{ji} = (T_j - T_i) / Q \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_{ji} ——AI芯片到冷板的热阻，单位为摄氏度每瓦（℃/W）；

T_j ——待冷却AI芯片的结温，单位为摄氏度（℃）；

T_i ——人工智能加速卡入口液体温度，单位为摄氏度（℃）；

Q ——施加在处理器上的功耗值，单位为瓦（W）。

$$\Delta P = P_1 - P_2 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

ΔP ——流经人工智能加速卡的流阻值，单位为千帕（kPa）；

P_1 ——人工智能加速卡进水口的压力值，单位为千帕（kPa）；

P_2 ——人工智能加速卡出水口的压力值，单位为千帕（kPa）。

在用户期望的液冷式人工智能加速卡使用边界条件下（给定的 T_i 和 Q ），测得的冷板所能支持的AI芯片结温值，在考虑标准差和冷板生命周期内热性能衰减之后不高于AI芯片最大结温。

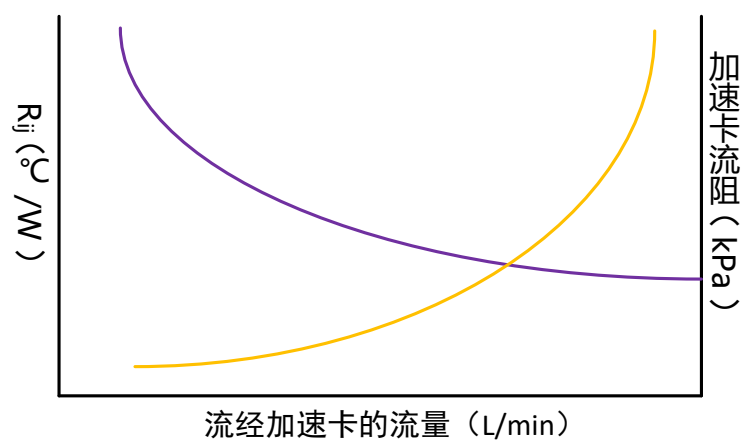


图7 液冷式加速卡热性能和流阻曲线示意图

7.5 环境适应性试验

7.5.1 气候环境适应性试验

7.5.1.1 高低温循环

7.5.1.1.1 工作条件下的高低温循环试验方法如下：

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查，液冷组件保持锁紧状态；
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试，至少完成 30 分钟压力测试，并检查人工智能加速卡无异常报错；
- c) 将搭配人工智能加速卡（含冷却工质）的系统放入高低温试验箱内，并连接电源；
- d) 设定高低温试验箱温度循环：0℃—40℃—0℃；升降温速率：大于 1.5℃一分钟。无需保压。循环次数：400 次；
- e) 开机运行人工智能加速卡压力测试程序，高低温试验箱运行程序；
- f) 循环完成后进行外观检测、气密性测试、漏液线功能测试、散热性能、功能测试。

7.5.1.1.2 工作条件下的高低温循环试验方法合格判据：

- a) 气密性满足 7.3.4 要求；
- b) 散热性能满足热阻要求；
- c) 漏液线功能正常；
- d) 外观无异常；
- e) 人工智能加速卡压力测试未发生异常报错。

7.5.1.1.3 贮存条件下的高低温循环试验方法如下：

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查，液冷组件保持锁紧状态；
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试，至少完成 30 分钟压力测试，并检查人工智能加速卡无异常报错；
- c) 将人工智能加速卡（不含冷却工质）放入高低温试验箱内；
- d) 无需保压。可根据实际需求选择表 8 中场景之一设定高低温试验箱温度循环参数进行测试；

表8 贮存条件下的高低温循环试验场景

场景	温度循环范围	升降温速率	循环次数
高低温循环	-45℃—85℃	大于等于16.5℃一分钟	200
温度冲击	-45℃—85℃	大于等于20℃一分钟	10

- e) 高低温试验箱运行程序；
- f) 循环完成后进行外观检测、气密性测试、漏液线功能测试、散热性能测试、功能测试。

7.5.1.1.4 贮存条件下的高低温循环试验合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 要求;
- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;
- d) 外观无异常;
- e) 测试完成后, 对人工智能加速卡进行压力测试, 无异常报错。

7.5.1.2 高温高湿

7.5.1.2.1 工作条件下的高温高湿试验方法:

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查, 液冷组件保持锁紧状态;
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试, 至少完成 30 分钟压力测试, 并检查人工智能加速卡无异常报错;
- c) 将搭配人工智能加速卡(含冷却工质)的系统放入高温高湿试验箱内, 并连接电源;
- d) 箱内温度设置为 40°C; 相对湿度保持 90% RH; 持续 400 小时。测试过程中运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试;
- e) 高温高湿完成后进行外观检测、气密性测试、漏液线功能测试、散热性能测试、功能测试。

7.5.1.2.2 工作条件下的高温高湿试验合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 要求;
- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;
- d) 外观无异常;
- e) 人工智能加速卡压力测试未发生异常报错。

7.5.1.2.3 贮存条件下的高温高湿试验方法:

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查, 液冷组件保持锁紧状态;
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试, 至少完成 30 分钟压力测试, 并检查人工智能加速卡无异常报错;
- c) 将人工智能加速卡(不含冷却工质)的系统放入高温高湿试验箱内;
- d) 箱内温度设为 85°C; 箱内相对湿度保持 93% RH; 持续 400 小时;
- e) 高温高湿完成后进行外观检测、气密性测试、漏液线功能测试、散热性能测试、功能测试。

7.5.1.2.4 贮存条件下的高温高湿试验合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 要求;
- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;
- d) 外观无异常;
- e) 测试完成后, 对人工智能加速卡进行压力测试, 无异常报错。

7.5.2 机械适用性要求试验

7.5.2.1 振动试验

7.5.2.1.1 单卡振动试验方法:

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查, 液冷组件保持锁紧状态;
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试, 至少完成 30 分钟压力测试, 并检查人工智能加速卡无异常报错;
- c) 对人工智能加速卡进行振动试验, 振动台设置为: 5Hz@0.001g²/Hz 至 20Hz@0.01g²/Hz(逐渐递升); 20Hz 至 500Hz@0.01g²/Hz(恒定); 输入加速度为 2.2 gRMS;
- d) X 轴、Y 轴、Z 轴, 每轴 10 分钟。

7.5.2.1.2 单卡振动试验合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 规定;
- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;

- d) 外观无异常;
- e) 对人工智能加速卡进行功能验证, 无卡死、宕机等现象、无其它异常报错;
- f) 拆下冷板, 检查冷板平面度应符合 6.2.2 d) 中的要求。

7.5.2.1.3 单卡带包材振动试验方法:

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查, 液冷组件保持锁紧状态;
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试, 至少完成 30 分钟压力测试, 并检查人工智能加速卡无异常报错;
- c) 将人工智能加速卡按照正常出货的包装形式进行包装后, 放置于振动台;
- d) 按照表 9 设置振动台参数;

表9 单卡带包材振动试验振动参数

频率 (Hz)	PSD(g ² /Hz)
1	0.000036
3	0.06
4	0.06
8	0.007
12	0.016
30	0.006
40	0.015
60	0.0014
100	0.001
200	0.00005
加速度均方根 (grms)	0.82

- e) X 轴、Y 轴、Z 轴, 每轴 30 分钟。

7.5.2.1.4 单卡带包材振动试验合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 规定;
- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;
- d) 外观无异常;
- e) 对人工智能加速卡进行功能验证, 无卡死、宕机等现象、无其它异常报错;
- f) 拆下冷板, 检查冷板平面度应符合 6.2.2 d) 中的要求。

7.5.2.2 冲击试验

7.5.2.2.1 试验方法:

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查, 液冷组件保持锁紧状态;
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试, 至少完成 30 分钟压力测试, 并检查人工智能加速卡无异常报错;
- c) 测试波形: 梯形波;
- d) 加速度: 100m/s²;
- e) 方向: 3 轴向, 6 个方向;
- f) 测试时间: 5ms, 每方向 5 次, 共 30 次;

7.5.2.2.2 合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 规定;

- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;
- d) 外观无异常;
- e) 对人工智能加速卡进行功能验证,无卡死、宕机等现象、无其它异常报错;
- f) 拆下冷板,检查冷板平面度应符合 6.2.2 d)中的要求。

7.5.2.3 跌落试验

7.5.2.3.1 试验方法:

- a) 测试前对人工智能加速卡外观、结构进行检查,液冷组件保持锁紧状态;
- b) 运行压力脚本对人工智能加速卡进行压力测试,至少完成 30 分钟压力测试,并检查人工智能加速卡无异常报错、功能正常;
- c) 依次进行 2-3-5 角、2-5 棱、3-5 棱、2-3 棱、5 面、6 面、4 面、2 面、1 面、3 面的跌落,跌落高度为 914mm;

7.5.2.3.2 合格判据:

- a) 气密性满足 7.3.4 要求;
- b) 散热性能满足热阻要求;
- c) 漏液线功能正常;
- d) 外观无异常;
- e) 对人工智能加速卡进行功能验证,无卡死、宕机等现象、无其它异常报错;
- f) 拆下冷板,检查冷板平面度应符合 6.2.2 d)中的要求。

7.6 电磁兼容性要求试验

搭配服务器去获取EMC CLASS A认证,实际设计参考GB/T 17625.9—2016。

参 考 文 献

- [1] GB/T 9813.3—2017 计算机通用规范 第3部分 服务器
- [2] GB/T 4857.1—2019 包装 运输包装件基本试验 第1部分：试验时各部位的标示方法
- [3] GB/T 4857.5—1992 包装 运输包装件 跌落试验方法
- [4] GB/T 4857.23—2021 包装 运输包装件基本试验 第23部分：垂直随机振动试验方法
- [5] YD/T 3982—2021 数据中心液冷系统冷却液体技术要求和测试方法
- [6] T/CESA 1249.1—2023 服务器及存储设备用液冷装置技术规范 第1部分：冷板

