ICS 35.180
CCS L94

团 体 标 准

T/CESA 1249.2—2023

服务器及存储设备用液冷装置技术规范 第2部分：连接系统

Technical specification for the liquid cooled components in server and storage equipment -Part 2：Quick disconnects and connecting components

2023-10-31 发布 2023-10-31 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 2
5 概述 2
6 技术要求 4
7 试验方法 8
8 质量评定程序 15
9 标志、包装、运输和贮存 16
附　录　A （规范性） 系统密封性试验方法 17
附　录　B （规范性） 故障的分类与判据 19
参　考　文　献 21

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。

本文件是T/CESA 1249《服务器及存储设备用液冷装置技术规范》的第2部分。T/CESA 1249已经发布了以下部分。

——第1部分：冷板；

——第2部分：连接系统；

——第3部分：冷量分配单元；

——第4部分：监控系统。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

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：浪潮电子信息产业股份有限公司、丹佛斯动力系统贸易(上海)有限公司、英特尔(中国)有限公司、中国电子技术标准化研究院、深圳市英维克科技股份有限公司、南京利德东方橡塑科技有限公司、苏州正北连接技术有限公司、比赫电气(太仓)有限公司、史陶比尔(杭州)精密机械电子有限公司、宁畅信息产业(北京)有限公司、新华三技术有限公司、北京空间飞行器总体设计部、热控科技(深圳)有限公司、中移动信息技术有限公司、京东云计算有限公司、中国工商银行股份有限公司数据中心、超聚变数字技术有限公司、中国移动通信集团有限公司研究院、山东航天智能科技有限公司、中航光电科技股份有限公司、中国质量认证中心、中国计量科学研究院、之江实验室、希恩流体系统(上海)有限公司、天翼云科技有限公司、上海哔哩哔哩科技有限公司、江苏海鋆自动化技术有限公司、山东兴能热能科技有限公司、飞腾信息技术有限公司、中国民航信息网络股份有限公司、中国银行股份有限公司信息科技部、中国建设银行股份有限公司运营数据中心、中国农业银行股份有限公司数据中心北京分部、交通银行股份有限公司办公室、兴业银行股份有限公司数据中心、中国太平洋保险（集团）股份有限公司、人保信息科技有限公司、泰康保险集团股份有限公司、中国太平保险集团有限责任公司科技运营部、湖南省农村信用社联合社信息科技部、上海银行股份有限公司金融科技部、江西银行股份有限公司信息科技部、九江银行股份有限公司、广发证券股份有限公司、海通证券股份有限公司数据中心。

本文件主要起草人：李金波、冯云奇、王宏彬、周绍荣、陈海、张展新、陈刚、黄强、陶平、王亮燕、李书、杨帅、周界创、朱俊、连理军、李鹏、王海岩、韩学磊、鲁璐、白欣璐、邹宇鹏、齐园、赵帅、宋桂香、陈立波、张明建、王亚龙、徐侃、刘荣华、陈平、李圣义、高从文、刘婧迪、张小琳、蔡岳霖、王贵林、李炜、吴卫、袁敏、刘宇、贾晖、黄璇、覃杰、刘晓、徐勤成、冯亚利、谢地、陈凯、沈庆飞、张伟、曾令仿、曹波、苏丽、杨志华、沈瑜、杨宇、潘建锋、赵旺亮、赵萌、陈彪、叶琴、李雪松、李巍伟、李君杰、甘政兵、张琦、苑博、涂文芸、赵永旭、黄旭晨、韩日辉、林曦、张文若、黎锦康、张冲、黄建坤、马浩然、于胜辉、吴华晖、文远波、朱俊杰、孙明昊、谢茜茜、张武龙、罗恒、曹绍勇、黄科瀚、王朝阳、桂跃。

引　言

为挖掘数据中心的节能减排潜力，IT基础设施对液冷技术的应用已成为发展趋势。液冷部件的设计、工艺及质量直接影响液冷效率，成本及可靠性，为了保证液冷技术在数据中心的推广应用，促进液冷技术的快速发展，制定液冷装置标准成为首要任务。T/CESA 1249是指导液冷装置设计、生产、测评的基础性和通用性标准，旨在确立普遍适用的液冷装置统一规范，拟由四个部分构成：

第1部分：冷板。目的在于为服务器及存储设备用单相冷板式液冷系统中的冷板规定产品规范。

第2部分：连接系统。目的在于为单相冷板式液冷系统中的连接系统规定产品规范。

第3部分：冷量分配单元。目的在于为单相冷板式液冷系统中冷量分配单元的标定规则，同时对冷量分配单元规定产品规范。

第4部分：监控系统。目的在于对冷板式液冷系统中液冷监控系统规定产品规范。

服务器及存储设备用液冷装置技术规范 第2部分：连接系统

1 范围

本文件规定了液冷系统中服务器及存储设备用连接系统的材质、外观和结构、流动性能、压力、密封性、环境适应性、连接的技术要求，描述了对应的试验方法、质量评定程序及标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于服务器及存储设备液体快速接头、LCM、RCM和设备配套管路的设计、使用、制造和测评。对于采用液体冷却的其他信息技术设备可参照使用。

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 1184—1996 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1690 硫化橡胶或热塑性橡胶 耐液体试验方法

GB/T 2423.16 环境试验 第2部分：试验方法 试验J和导则：长霉

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 5271.14 信息技术 词汇 第14部分：可靠性、可维护性与可用性

GB/T 5861—2013 液压快速接头试验方法

GB/T 9119 板式平焊钢制管法兰

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 11547 塑料 耐液体化学试剂性能的测定

GB/T 19804—2005 焊接结构的一般尺寸公差和形位公差

GB/T 29038—2012 薄壁不锈钢管道技术规范

ISO 2852 食品工业用不锈钢卡箍管接头（tainless steel clamp pipe couplings for the food industry）

3 术语和定义

T/CESA 1249.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液体快速接头 hydraulic 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。

注：液体快速接头可实现液冷系统带液插拔维护功能。当插头和插座连接时，流体接通，为冷板供液；当插头和插座断开时，供液中断，同时流体不会泄漏到系统外。

[来源：T/CESA 1249.1—2023，3.4]

3.2

机柜冷却工质供回歧管 rack coolant manifold
用于向机柜内各冷板组件分配冷却工质的装置。
[来源：T/CESA 1249.1—2023，3.7，有修改]

3.3

环路冷却工质供回歧管 loop coolant manifold
用于向环路内各机柜冷却工质供回歧管（3.2）分配冷却工质的装置。
[来源：T/CESA 1249.1—2023，3.8，有修改]

3.4

连接系统 connecting system
用于实现各液冷部件连接的管路或接头的统称。

3.5

设备配套管路 equipment supporting pipeline
连接系统中两个相互独立的液冷部件之间的连接管路，用于组成冷却工质流通的通道。
注：设备配套管路分为连接硬管及连接软管两部分。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。
CDU 冷量分配单元（Coolant Distribution Unit）
LCM 环路冷却工质供回歧管（Loop Coolant Manifold）
RCM 机柜冷却工质供回歧管（Rack Coolant Manifold）

5 概述

5.1 连接系统构成

连接系统用于连接服务器或存储设备与CDU,组成服务器或存储设备与CDU之间冷却工质流通的循环回路。连接系统包含液体快速接头、RCM、LCM和设备配套管路四部分，图1给出了连接系统示意图。

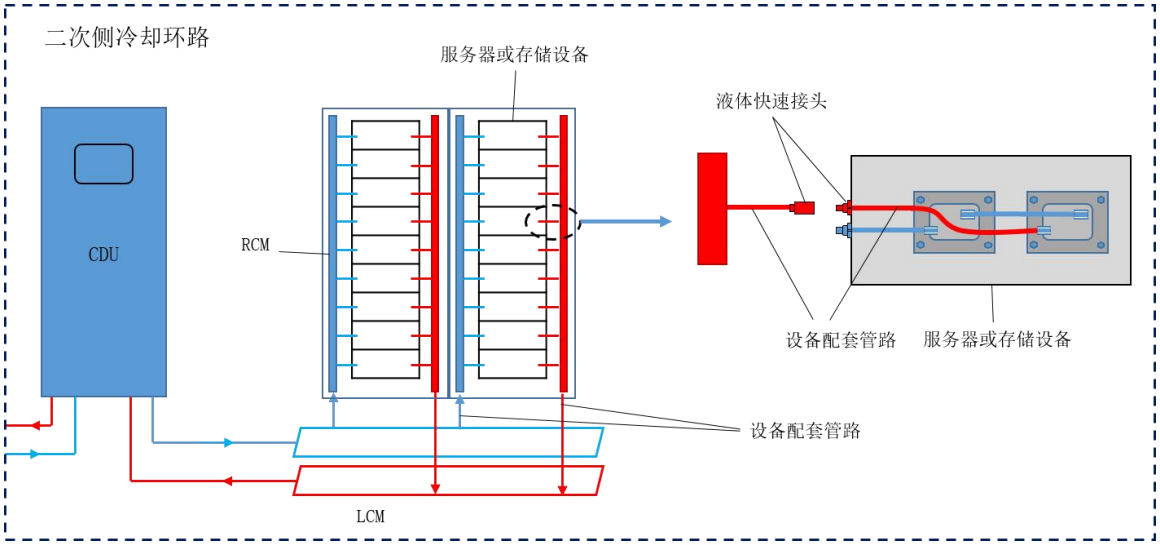

图 1　连接系统示意图

5.2　液体快速接头

液体快速接头由插头和插座两个部件组成，插头与插座结构相互配合，插合时形成液体流通的通道。自锁的液体快速接头通过插头和插座内部的固定结构锁定，以保持插合状态。非自锁的液体快速接头通常不具备锁定功能，需要依靠液体快速接头以外的固定结构保持插合状态。液体快速接头内部具有密封结构，在连接及分离状态下均可保持密封。

5.3　RCM

RCM由主管路及阀件组成，液冷机柜内一般具有一对及以上RCM。主管路具有分支管路接口及主管路接口，分支管路接口规格为内螺纹，在分支管路接口安装液体快速接头或设备配套管路。主管路接口位于主管路上端或下端，是冷却工质进出液冷机柜的接口，通过设备配套管路连接LCM。

RCM通过设备配套管路及冷板组件组成冷却工质通道。供液RCM通过机柜内设备配套管路将冷却工质分配到各冷板组件，冷板组件流出的冷却工质流经机柜内设备配套管路汇流至回液RCM中，通过机柜外设备配套管路连接至液冷机柜外部构成柜内冷却工质流转通道和热量传递通道。

5.4　LCM

LCM沿液冷机柜呈环形布置，组成CDU与液冷机柜之间冷却工质流通环路，LCM上有与液冷机柜位置相对应的分支管路接口，分支管路通过机柜外设备配套管路连接RCM。

LCM由分段连接的不锈钢管路组成。不锈钢管道连接方式通常采用快装卡箍、法兰、螺纹等连接方式。

5.5　设备配套管路

设备配套管路包括RCM与冷板组件之间的连接软管及LCM与RCM之间的连接软管。设备配套管路根据连接端口型式，需要在软管端口安装软管接头或液体快速接头等配件以适配连接要求。

6 技术要求

6.1 材质要求

连接系统材质应符合下列要求：

a） 连接系统所有接触冷却工质的材质与冷却工质保持良好的相容性，不会产生腐蚀、劣化及其他理化性质的改变；

b） 连接系统材质具备良好的耐热老化性。

6.2 外观和结构要求

6.2.1 液体快速接头

液体快速接头符合下列要求：

a） 液体快速接头外观应无划痕、毛刺、沙眼、鼓泡等缺陷，表面镀层无漏镀、起泡、脱落等镀层缺陷，同一批次外观颜色应无明显色差和花斑，密封圈应无划痕、脏污、裂缝、变型等缺陷；

b） 液体快速接头内部应无水渍、油污、金属碎屑等杂质，螺纹无烂牙、无毛刺、倒角匀称，通孔垂直；

c） 液体快速接头安装接口的结构及尺寸应符合使用方安装部位连接要求；

d） 应在液体快速接头上或液体快速接头外部设置自动锁紧结构，自动锁紧结构应在液体快速接头连接过程中快速完成锁定，锁定结构应稳定可靠，连接和断开过程操作方便，连接和断开时应具有视觉、触觉或听觉反馈；

e） 液体快速接头上具有自动锁紧结构时，应：

  1） 具有明显的颜色标识，供液及回液液体快速接头分别用蓝色、红色表示；

  2） 液体快速接头的解锁结构设置在插座中，手持插座完成液体快速接头的连接和断开；

f） 液体快速接头应具有完整清晰的厂商、型号及批次标识；

g） 液体快速接头在断开连接后芯体应完全回弹；

h） 各厂商相同型号的插头和插座应互换使用，在机械安装和性能方面，同一型号产品的插头、插座之间应完全互换，并保证产品性能。

6.2.2 RCM

RCM符合下列要求：

a） RCM 外表面应无油污、水渍、划痕、手印、裂缝、变形等缺陷，同一批次无明显色差和花斑；

b） RCM 分支管路接口处螺纹及密封面应无毛刺、杂质颗粒等异物，螺纹孔无烂牙、无毛刺、倒角匀称，通孔与主管路表面垂直；

c） RCM 主管路内应保持清洁，无水渍、油污、金属屑等杂质，接口处不应使用螺纹锁固剂或聚四氟乙烯带等密封材料；

d） RCM 分支管路接口与密封圈接触的区域粗糙度应符合 Ra1.6 要求；

e） RCM 符合下列结构要求：

  1） 主管路截面形状宜为矩形或圆形；

  2） 当主管路接口使用快接卡箍方式时，接口规格应符合 ISO 2852 的要求；

  3） 主管路结构应与液冷机柜不发生干涉，主管路上安装的液体快速接头和设备配套管路等部件不影响服务器维护；

4） 分支管路接口宜使用内螺纹；
5） 分支管路接口位置与服务器冷板接口位置对应或与机柜单位高度的中心对应，接口间距应符合机架式服务器间距要求；
6） 固定结构宜采用定位销钉固定，螺丝锁紧或葫芦孔安装方式；

f） RCM 中供液主管路与回液主管路应分别设置蓝色、红色标识，供液、回液主管路布置应与冷板进出口顺序相匹配，设备配套管路不宜出现交叉；
g） RCM 分支管路螺纹孔与密封端面垂直度应小于 0.1 mm（适用于端面密封），见图 2；

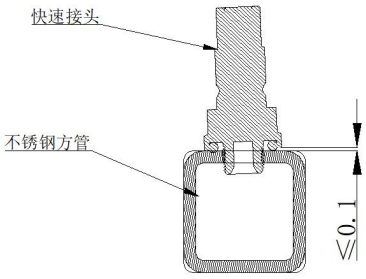

图 2 端面密封垂直度示意图

h） RCM 主管路进出液口设置在底端时，主管路上方应设置自动排气阀；当主管路进出液口位于顶端时，如果机房连接管路最高点设置排气阀，主管路可不设置自动排气阀，应在主管路底部设置排液阀，以便需要时排空主管路内部液体；
i） RCM 主管路平面度应符合 GB/T 1184—1996 中公差等级 K 的要求。

6.2.3 LCM

LCM应符合下列要求：

a） LCM 分段预制，不锈钢管焊接后进行酸洗钝化处理，并保证管内清洁度；
b） LCM 最高点设置自动排气阀，最低点设置排液阀；
c） LCM 设置漏液检测装置，用于检测冷却工质泄漏情况；
d） LCM 设置波纹管，用于补偿管路连接的偏差；
e） LCM 两端端面与管路轴线垂直；
f） LCM 在主管路及分支管路之间设置阀门，用于局部区域的维护及检修。

6.2.4 设备配套管路

设备配套管路符合下列要求：

a） 连接软管上不应有影响管路性能和安装的缺陷；连接软管内外表面应清洁干燥、无破损、裂纹、气泡、缩孔、起皱、凸起等缺陷；
b） 连接软管应减少弯折次数，减小流动阻力，折弯应符合软管最小折弯半径要求；
c） 连接软管加工完成后和裁剪完成后应对连接软管内部进行冲洗，去除内部杂质颗粒等污染物；
d） 连接软管切口断面应与连接软管轴线垂直，切口断面应光洁整齐，无毛边、缺口等缺陷。

6.3 流动性能要求

6.3.1 液体快速接头

液体快速接头流动性能通过*Kv*值评估，*Kv*定义为在5 ℃～40 ℃的水通过连接状态下的液体快速接头，其两端压差达到100kPa时水的流量，不同通径的液体快速接头*Kv*值应符合表1规定。

表 1　液体快速接头 *Kv* 值要求

单位为立方米每小时

参数	液体快速接头通径							
	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	9 mm	10 mm	20 mm
最小 *Kv*（以水作为流体介质）	0.22	0.39	0.70	0.96	1.80	2.11	3.20	10.00

6.3.2　RCM

RCM的流动性能符合下列要求：

a） RCM 主管路内冷却工质流速宜低于 1.5 m/s，主管路内冷却工质压力损失不高于 10 kPa，以保护管路内壁的保护层，降低管路压降；

b） RCM 各分支管路流量分配应保持均匀，各分支管路中最大流量与最小流量之差不应超过最小流量的 10 %。

6.3.3　LCM

LCM的流动性能应符合下列要求：

a） LCM 内冷却工质流速不大于 2 m/s；

b） 管道比摩阻不大于 300 Pa/m。

6.4　压力

连接系统压力应符合下列要求：

a） 连接系统在 1 倍（不含 1 倍）～3 倍（不含 3 倍）工作压力下无液体泄漏，无变形；

b） 连接系统在 3 倍最大工作压力下无液体泄漏。

6.5　密封性

6.5.1　液体快速接头

液体快速接头在连接及断开状态下均应保持密封。液体快速接头在连接和断开时的冷却工质泄漏量应符合表2要求。

表 2　冷却工质泄漏量要求

液体快速接头	液体快速接头通径							
	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	9 mm	10 mm	20 mm
常压下每次进行连接和断开操作时泄漏的冷却工质体积	0.020ml	0.020 ml	0.025 ml	0.025 ml	0.035 ml	0.050 ml	0.060 ml	0.400 ml

6.5.2　RCM

RCM应保持良好的密封性，不应出现冷却工质泄漏。

6.5.3 LCM

LCM应保持良好的密封性，不应出现冷却工质泄漏。

6.5.4 设备配套管路

设备配套管路应保持良好的密封性，不应出现冷却工质泄漏。

6.5.5 连接系统

连接系统应保持良好的密封性，不应出现冷却工质泄漏。

6.6 环境适应性

6.6.1 气候环境适应性

连接系统气候环境适应性应符合表3要求。

表3 气候适应性要求

参数	要求
工作温度	15 ℃～75 ℃
贮存和运输温度	-40 ℃～75 ℃
工作、贮存及运输相对湿度	20 %RH～80 %RH

6.6.2 机械环境适应性

6.6.2.1 振动适应性

振动适应性应符合表4规定。

表 4 振动适应性要求

振动类别	振动类型	频率范围	初始激励加速度	持续时间	振动方向
无包装振动	随机振动	5 Hz～500 Hz	不低于2 grms	20 min	X、Y、Z方向
运输包装件振动	随机振动	1 Hz～200 Hz	0.82 grms	30 min	X、Y、Z方向

6.6.2.2 运输包装件跌落适应性

运输包装件跌落适应性应在1000 mm高度进行。

6.6.2.3 冲击适应性

冲击适应性应符合表5规定。

表 5 冲击适应性要求

冲击波形	峰值加速度 m/s^2	脉冲持续时间 ms	冲击方向和次数
半正弦波	500	11	6个方向，每个方向3次

6.6.3 耐腐蚀性和抗霉菌

连接系统应具备耐腐蚀性及抗霉菌能力。

6.7 连接要求

6.7.1 液体快速接头

液体快速接头连接符合下列要求：

a） 液体快速接头末端的连接方式由供应商和使用方商定，且供应商应公布液体快速接头末端的连接要求；

b） 在工作压力及流量下，液体快速接头的连接和断开循环应符合 1000 次以上，非插拔式连接的全流量液体快速接头连接和断开循环宜大于 150 次；

c） 液体快速接头的连接力应小于表 6 规定值。

表 6 液体快速接头连接力要求

流体通径 mm	连接力 N
3	60
5	80
8	110
12	150
15	200
25	230

6.7.2 RCM

RCM与设备配套管路宜使用卡箍或液体快速接头连接。

6.7.3 LCM

不同压力下LCM连接接口方式应符合表7要求，卫生级卡箍应符合ISO 2852要求，法兰应符合GB/T 9119要求。

表 7 LCM 连接接口要求

接口管径	最大工作压力要求	推荐接口形式
DN65 或 ISO 2.5″以下	≤1.6 MPa	卫生级卡箍
DN65～DN100 或 ISO 2.5″～ISO 4.0″	≤1.6 MPa	法兰
	≤1 MPa	卫生级卡箍
DN100 或 ISO 4″以上	≤1.6 MPa	法兰

7 试验方法

7.1 测试环境

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：86 kPa～106 kPa。

7.2 材质试验

7.2.1 材质相容性试验

针对连接系统中设备配套管路和密封件进行材质相容性试验，选取设备配套管路和密封件成品作为试验样品，或选取与成品材质及加工工艺相同的样品作为试验样品。

塑料材质的试验样品按照GB/T 11547进行冷却工质浸泡试验，橡胶材质的试验样品按照GB/T 1690进行冷却工质浸泡试验。

7.2.2 材质耐老化性试验

将试验样品连接试验系统，向试验系统及试验样品内部充注试验工质，宜选用冷却工质作为试验工质，按照设计条件设定试验工质压力及流量，工质温度恒定为（75±1）℃，试验环境温度及湿度符合表3的要求，试验时间为60 d。气候环境适应性试验完成后按照下列步骤进行检查：

a） 液体快速接头试验结束后恢复到环境温度，按照 7.8.1 进行 10 次连接和断开循环操作，插头和插座进行密封性检查；

b） 设备配套管路、密封材料等含有非金属材质的连接系统部件在试验结束后恢复到环境温度，按照 7.6 进行密封性试验，试验后检查设备配套管路、密封材料等含有非金属材质是否出现龟裂或破裂，检查试验结果是否符合 6.5.4 的要求。

7.3 外观和结构检查

7.3.1 液体快速接头

液体快速接头的外观检查按照下列步骤进行：

a） 使用目视法对液体快速接头进行外观检查，检查是否符合 6.2.1 a）的要求；

b） 使用目视法对液体快速接头内部进行检查，检查是否符合 6.2.1 b）的要求；

c） 使用测量工具检查液体快速接头安装接口的结构及尺寸，检查是否符合 6.2.1 c）的要求；

d） 对液体快速接头重复进行连接与断开操作，检查液体快速接头自动锁紧结构是否符合 6.2.1 d）的要求；

e） 对于有自动锁紧结构的液体快速接头，按照下列步骤进行：

  1） 使用目视法检查液体快速接头标识，检查是否符合 6.2.1 e）中 1）的要求；

  2） 检查液体快速接头的解锁结构是否设置在插座中，手持插座连接插头并断开，检查结果是否符合 6.2.1 e）中 2）的要求；

f） 检查液体接头是否具有完整清晰的厂商、型号及批次标识；

g） 使用相同型号的液体快速接头插头和插座进行连接和断开操作，检查进行连接和断开操作后液体快速接头密封件是否能够完全回弹；

h） 使用相同型号的液体快速接头插头和插座进行连接和断开操作，检查相同型号的插头和插座是否能互换使用，并是否符合 6.2.1 h）的要求。

7.3.2 RCM

RCM的外观检查按照下列步骤进行：

a） 使用目视法检查RCM外表面，检查是否符合6.2.2 a）的要求；

b） 使用目视法检查RCM分支管路螺纹接口，检查是否符合6.2.2 b）的要求；

c） 使用内窥镜等工具检查RCM内部，检查是否符合6.2.2 c）的要求；

d） 使用粗糙度仪检测RCM接口与密封圈接触区域的粗糙度，评估粗糙度表面是否符合6.2.2 d）的要求；

e） 使用目视及测量工具检查RCM结构，检查是否符合6.2.2 e）的要求；

f） 使用目视法检查RCM标识，检查是否符合6.2.2 f）的要求；

g） 使用塞尺检查RCM分支管路螺纹孔与密封端面垂直度，检查是否符合6.2.2 g）的要求；

h） 使用目视法检查RCM自动排气阀与排液阀，检查是否符合6.2.2 h）的要求；

i） RCM主管路按照GB/T 19804—2005中6.3规定的方法进行平面度检测。

7.3.3 LCM

LCM的外观检查按照下列步骤进行：

a） 采用去离子水作为试验工质，将试验样品接入试验设备，试验样品前后设置滤网密度为50 μm的过滤器，去离子水经过水泵加压后冲洗试验样品内部，冲洗时间1 min，收集试验样品出口处过滤器滤网前（即流动方向上游）的水样，进行颗粒计数器进行分析。试验开始及结束后对去离子水进行分析，要求冲洗连接系统各组成部件前后的去离子水中的杂质颗粒最大直径不大于50 μm；

b） 检查LCM自动排气阀及排液阀的位置是否符合6.2.3 b）的要求；

c） 检查LCM是否设置漏液检测装置；

d） 检查LCM管道中是否设置波纹管；

e） 检查LCM两端端面是否与管路轴线垂直；

f） 检查LCM主管路与分支管路是否设置阀门，阀门位置是否方便操作。

7.3.4 设备配套管路

设备配套管路的外观检查按照下列步骤进行：

a） 使用目视法检查连接软管外观及内部，检查是否符合6.2.4 a）的要求；

b） 设备配套管路安装完成后，检查连接软管折弯处，测量软管的折弯半径，折弯半径大于供应商提供的最小折弯半径；

c） 采用去离子水作为试验工质，将试验样品接入试验设备，试验样品前后设置滤网密度为50 μm的过滤器，去离子水经过水泵加压后冲洗试验样品内部，冲洗时间1 min，收集试验样品出口处过滤器滤网前（即流动方向上游）的水样，进行颗粒计数器进行分析。试验开始及结束后对去离子水进行分析，要求冲洗连接系统各组成部件前后的去离子水中的杂质颗粒最大直径不大于50 μm；

d） 使用目视法检查连接软管切口断面，检查结果是否符合6.2.4 d）的要求。

7.4 流动性能试验

7.4.1 液体快速接头

液体快速接头流动性能试验按照GB/T 5861—2003第14章的压力降试验方法进行。

7.4.2 RCM

RCM流动性能试验按照下列步骤进行：

a） 使用工装连接两根RCM的分支管路接口，连接水泵和RCM，组成冷却工质流通回路，通过压差传感器测量供液主管路和回液主管路接口的压差，RCM主管路入口和主管路出口的压差（即整体流阻）小于10 kPa（不含工装引起的压差）；

b） 在设计工况下，测试RCM各分支管路流量均匀性。将RCM按照实际使用情况进行固定，使用连接管连接RCM供液与回液的分支管路，连接管中设置流量调节阀、流量传感器。试验开始前使用压差传感器测量连接管在设计流量下的进出口压差，并调节连接软管中调节阀开度，模拟分支管路的流阻（包含冷却工质供液分支管路接口至回液分支管路接口之间所有冷却工质流过的部件）需保持一致。在RCM底部、中部、顶部的分支管路中至少各选取2个分支管路进行流量测量比记录流量值（至少测试6个分支管路，RCM分支管路个数低于6个时需要全部测量），测试分支管路流量的最大值与最小值之差是否符合6.3.2d）的要求。

7.4.3 LCM

LCM的流动性能按照下列步骤进行：

a） 校核设计流量下，LCM管道内冷却工质流速，检验流速是否符合6.3.3的要求；

b） LCM中管道比摩阻按照GB/T 29038—2012中5.3.3公式（1）进行计算。

7.5 压力试验

7.5.1 压力试验条件

除另有规定外，压力试验使用纯水作为试验介质，温度为室温。

7.5.2 液体快速接头

液体快速接头压力试验按照下列步骤进行：

a） 分别将连接和断开状态下的液体快速接头插头与插座和试压系统连接，调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将液体快速接头内部压力提升至试验压力，试验压力为工作压力的2倍，保持30 min。试验过程中，连接和断开状态下的液体快速接头无变形，插头和插座密封端面无可见液滴；

b） 调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将液体快速接头内部压力提高至工作压力的3倍，保持30 min。试验过程中，连接和断开状态下的插头和插座外表面及密封端面无可见液滴；试验结束后按照7.6.1进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.5.1密封性要求。

7.5.3 RCM

RCM压力试验按照下列步骤进行：

a） 将RCM与试压系统连接，自动排气阀保持打开状态，调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将RCM内部压力提升至试验压力，试验压力为工作压力的2倍，保持30 min。试验过程中，RCM无变形，RCM焊缝及螺纹密封处无可见液滴；

b） 调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将RCM内部压力提高至工作压力的3倍，保持10 min。试验过程中，RCM焊缝及螺纹密封处无可见液滴；试验结束后按照7.6.2进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.5.2密封性要求。

7.5.4 LCM

LCM压力试验按照下列步骤进行：

a） 将LCM与试压系统连接，调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将LCM内部压力提升至试验压力，试验压力为工作压力的2倍，保持30 min。试验过程中，LCM无变形，LCM本体及接口处无可见液滴；

b） 调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将LCM内部压力提高至工作压力的3倍，保持10 min。试验过程中，LCM表面及接口处无可见液滴；试验结束后按照7.6.3进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.5.3密封性要求。

7.5.5 设备配套管路

设备配套管路压力试验按照如下方法进行：

a） 将设备配套管路与试压系统连接，调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将设备配套管路内部压力提升至试验压力，试验压力为工作压力的2倍，保持30 min。试验过程中，设备配套管路无变形，设备配套管路表面及接口处无可见液滴；

b） 调节试压系统以均匀的速率在30 s～60 s内将设备配套管路内部压力提高至工作压力的3倍，保持10 min。试验过程中，设备配套管路中连接软管本体及接口处无可见液滴；试验结束后按照7.6.4进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.5.4密封性要求。

7.6 密封性试验

7.6.1 液体快速接头

液体快速接头密封性试验按照下列步骤进行：

a） 液体快速接头使用以下方法之一进行密封性试验：

1） 分别将断开状态下的插头和插座以及连接状态下的插头和插座连接在氦质谱检漏仪上，氦气压力为（0.3±0.01）MPa，连接状态下的插头和插座与断开状态下的插头和插座泄漏率不高于 1×10^{-3} Pa•m^3/s；

2） 将插头、插座连接至能够提供压缩空气的试验装置中，将压力设定为（0.3±0.01）MPa，将插头和插座浸没在纯水中，轻轻晃动液体快速接头去除附着在表面的气泡，插头和插座在连接状态及断开状态下各静置5 min。

注：试验过程中插头和插座无气泡溢出。

b） 按照GB/T 5861中第17章规定的液体泄漏试验方法进行，检查试验结果是否符合表2的要求。

7.6.2 RCM

使用纯水向RCM内加压，使RCM内部压力达到工作压力，保持6 h，试验过程中RCM表面及接口处无可见液滴，检查压力数值变化是否为±2 %。

7.6.3 LCM

使用纯水向LCM内加压，使LCM内部压力达到工作压力，保持6 h，试验过程中LCM表面及接口处无可见液滴，应无可见液滴，检查压力数值变化是否为±2 %。

7.6.4 设备配套管路

使用纯水向设备配套管路内加压，使设备配套管路内部压力达到工作压力，保持6 h，试验过程中设备配套管路表面及接口处无可见液滴，检查压力数值变化是否为±10 %。

7.6.5 连接系统

连接系统组装完成后，按照附录A进行密封性试验。

7.7 环境适应性试验

7.7.1 一般要求

以下各项试验中，规定的初始检测和最后检测，统一按6.2进行外观和结构检查，并运行检查程序一遍，工作应正常。如测试设备无法容纳被测部件，可使用与被测部件材质相同、加工工艺相同的试验样品进行试验。

7.7.2 气候环境适应性

本条试验针对液体快速接头、RCM、LCM、设备配套管路和密封材料等含有非金属材质的连接系统部件，液体快速接头应在连接和断开状态下分别进行试验。

7.7.3 贮存温度下限试验

将试验样品放入低温试验箱，试验温度为-40 ℃，试验样品温度稳定后维持24 h。试验完成后按照下列步骤进行检测：

a） 液体快速接头试验结束后恢复到环境温度，按照 7.8.1 进行 10 次连接和断开循环操作，插头和插座进行密封性检查；

b） 设备配套管路、RCM、密封材料等含有非金属材质的连接系统部件在试验结束后恢复到环境温度，按照 7.6 进行密封性试验，试验后检查试验样品是否出现龟裂或破裂，试验结果是否符合 6.5 的要求。

7.7.4 贮存温度上限试验

将试验样品放入高温试验箱，试验温度为75 ℃，试验样品温度稳定后维持72 h。试验完成后按照下列步骤进行检测：

a） 液体快速接头试验结束后恢复到环境温度，按照 7.8.1 进行 10 次连接合断开循环操作，插头和插座进行密封性检查；

b） 设备配套管路、RCM、LCM、密封材料等含有非金属材质的连接系统部件在试验结束后恢复到环境温度，按照 7.6 进行密封性试验，试验后检查试验样品是否出现龟裂或破裂，试验结果是否符合 6.5 要求。

7.7.5 机械适应性试验

7.7.5.1 机械振动

将液体快速接头或设备配套管路安装到RCM上，通过工装将RCM固定在在振动试验机的测试平台上，试验工装需保护液体快速接头或设备配套管路在试验过程中不与测试平台接触，在X、Y、Z三轴上分别设置需要的初始激励加速度，不同振动类别的振动时间应符合6.7.2.1要求。振动试验完成后，按照7.6.2进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.4和6.5.2的要求。

7.7.5.2 运输包装件跌落试验

运输包装跌落试验的试验对象为包装状态下的RCM，将包装状态下的RCM按GB/T 4857.5的要求和6.7.2.2要求的高度值进行跌落，跌落要求为六面三棱一角各跌落一次。试验后检查包装件的损坏情况，按照7.6.2进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.4和6.5.2的要求。

7.7.5.3 机械冲击

将液体快速接头或设备配套管路安装到RCM上，通过工装将RCM固定在在冲击试验机的测试平台上，试验工装需保护液体快速接头或设备配套管路在试验过程中不与测试平台接触，按照GB/T 2423.5“试验Ea”进行，按照表5规定值，分别对三个互相垂直的轴线方向各进行一次冲击试验。冲击试验完成后，按照7.6.2进行密封性试验，检查试验结果是否符合6.4和6.5.2的要求。

7.7.6 耐腐蚀性和抗霉菌试验

7.7.6.1 盐雾试验

使用连接系统部件或与连接系统部件材质及表面处理方式相同的样品进行盐雾试验，按照GB/T 10125进行中性盐雾试验，试验周期为96 h。试验结束后检查被测样品表面状态，并符合：

a） 金属无明显发黑变暗；

b） 金属连接处无严重腐蚀；

c） 金属表面镀层等防护层无起皱、开裂或脱落，金属未出现腐蚀；

d） 非金属材料无明显的泛白、膨胀、起泡、皱裂以及麻坑等。

7.7.6.2 霉菌试验

按照GB/T 2423.16进行，试验霉菌为GB/T 2423.16中规定的试验菌种的混合悬浮液，试验周期为28d，试验后检查RCM和LCM表面、堵头密封圈、卡盘密封圈等部位，其外观影响等级不高于1级。

7.8 连接试验

7.8.1 连接和断开循环试验

在常温环境下进行本试验，使用纯水作为试验介质。将连接状态下的液体快速接头连接试验系统，将液体快速接头内部压力缓慢提高至工作压力，流量调节为设计流量。对插头和插座进行连接和断开循环操作，插头和插座完成一次连接和断开定义为一次循环，完成1000次循环后，对插头和插座进行外观检查及密封试验，插头、插座外观无明显的划痕、磨损等损伤，密封面未出现镀层脱落，连接和断开状态下，检查插头和插座是否符合6.7.1中b）的要求。

7.8.2 连接力试验

连接力试验按照GB/T 5861中第7章进行，检查试验结果是否符合6.7.1 c）的要求。

7.8.3 RCM 连接方式检查

通过目视检查RCM与设备配套管路接口形式是否符合6.7.2要求。

7.8.4 LCM 连接方式检查

根据连接系统压力要求检查LCM接口形式是否符合6.7.3要求，使用测量工具检查接口尺寸是否符合6.7.3要求。

8 质量评定程序

8.1 一般规定

产品在定型时（设计定型、生产定型）和生产过程中应按本章和产品标准中补充的规定进行检验，并应符合这些规定的要求。

8.2 检验分类

本文件规定的检验为定型检验和质量一致性检验。

各类检验项目和顺序分别按表8的规定。若产品标准中有补充的检验项目时，则应将其插入至表8的相应位置。

表8 检验项目

检验项目	技术要求章条号	试验方法章条号	定型检验	质量一致性检验	
				逐批检验	周期检验
材质	6.1	7.2	○	—	○
外观和结构	6.2	7.3	○	○	—
流动性能	6.3	7.4	○	—	—
压力	6.4	7.5	○	—	○
密封性	6.5	7.6	○	○	—
环境适应性	6.6	7.7	○	—	○
连接	6.8	7.8	○	—	○
注：“○”表示应进行的检验项目，“—”表示不检验的项目。					

8.3 定型检验

8.3.1 产品在定型时应通过定型检验。

8.3.2 定型检验由产品制造单位的质量检验部门或由产品制造单位指定的通过由产品制造单位主管部门认可的检测机构进行。

8.3.3 定型检验中检验项目的样品数量为2件。

8.3.4 定型检验中的各试验项目故障的判定和计入方法见附录B。试验中出现故障或某项通不过时，应停止试验，查明故障原因，提出故障分析报告，重新进行该项试验。若在以后的试验中再次出现故障或某项通不过时，在查明故障原因，排除故障，提出故障分析报告后，应重新进行定型检验。

8.3.5 检验后要提交定型检验报告。

8.4 质量一致性检验

8.4.1 逐批检验

批量生产或连续生产的产品，进行全数逐批检验。检验中，出现任一项不合格时，返修后重新进行检验；若再次出现任一项不合格时，该台产品被判为不合格产品。逐批检验中外观结构、性能两个检验项目，允许按GB/T 2828.1进行抽样检验，产品标准中应规定抽样方案和拒收后的处理方法。

逐批检验由产品制造单位的质量检验部门负责进行。

8.4.2 周期检验

连续生产的产品，每年至少进行一次周期检验。

周期检验由产品制造单位的质量检验部门或由产品制造单位主管部门认可的检测机构负责进行。

周期检验样品应在逐批检验合格产品中随机抽取，其中的可靠性试验的样品数根据产品批量、试验时间和成本确定，其余检验项目的试验样品数为2。经周期检验中的环境试验的样品，应印有标记，一般不应作为合格品出厂。

检验后要提交周期检验报告。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

液体快速接头、设备配套管路、RCM上的出厂标记（钢印或漆记）应与该制造商产品标记相符。

9.2 包装

液体快速接头应独立包装并配备密封盖，保持接头表面洁净。

设备配套管路加工完成后及裁剪完成后应对管路内部进行冲洗，去除内部杂质颗粒等污染物。

RCM加工完成后需冲洗干净管内杂质，冲洗后排空内部液体，密封所有开放接口，防止包装、运输装卸过程进入杂质。

9.3 运输

RCM运输前内部充氮气带压运输，氮气压力为0.15 MPa～0.2 MPa，确保运输过程中RCM及安装的液体快速接头等零件密封性良好。

无论是短期或长期存放，都应挂牌，标明材料牌号和规格，按材料牌号和规格分类存放。

运输及存放应避免材料受到盐、酸及其他化学物质的腐蚀，且避免雨淋。

9.4 贮存

应根据存放地区的气候条件、周围环境和存放时间的长短，建立严格的保管制度，防止变形、腐蚀和损伤。

附　录　A
（规范性）
系统密封性试验方法

A.1 试验条件

液冷系统进行压力测试前需将液体快速接头、RCM、LCM和设备配套管路安装完毕，各螺纹连接处按照快速接头供应商提供的力矩标准拧紧，不可过松或过紧，关闭自动排气阀及其他阀门，检查连接系统无开放接口，在连接系统上安装压力传感器。

A.2 检验工具

检验工具包含：

a） 空气压缩机；

b） 扭矩扳手（用于确认液体快速接头/设备配套管路/堵头等固定结构的力矩）；

c） 空气压缩机连接管（连接空气压缩机与连接系统）；

d） 压力传感器。

A.3 注意事项

试验前、试验过程和试验后进行下列注意事项检查：

a） 试验前检查空气压缩机、高压软管及接头；

b） 试验开始后应设置警示标志，提醒试验过程中不允许带压紧固或拆卸承压部件；

c） 试验时应配备有压力保护的泄压装置，其设定压力不得高于试验压力的1.1倍；

d） 试验时应利用排气阀缓慢泄压，不准许直接泄压；

e） 试验过程应确保所有工艺管道、焊缝及其连接处受压；

f） 检查使用的压力表应在检定的有效期内，压力表精度不低于1级。

A.4 试验步骤

系统密封性试验按照下列步骤进行：

a） 试验压力设定为设计压力的1.15倍，缓慢提升连接系统内部压力，压力达到试验压力的50 %，停止升压，观察10 min。检查连接系统各接口、焊缝、阀门是否泄漏，压力表读数是否有变化；如有泄漏，应立即停止试验并泄压，对泄漏点进行处理，处理完成后再重复此操作；

b） 无泄漏的情况下，按照试验压力的10 %逐级升压，每级维持压力不变观察5 min，直至达到试验压力，在试验压力下维持10 min，检查连接系统各接口、焊缝、阀门是否泄漏，或者压力表读数是否有变化，如有泄漏，应立即停止试压，并泄压，对渗漏处进行处理，处理完成后应从步骤a）开始重新进行试验；

c） 如无泄漏，缓慢降低压力至设计压力，维持6 h。在保压的6 h过程中，每1 h应记录1次压力表的压力数据；连接系统中承受压力的部件不包含连接软管时，每次读取的压力值与初始值相比变化量应为±2 %；连接系统中承受压力的部件包含连接软管时，压力数值变化量应为±10 %。

试验过程中如有泄漏，应停止试验并进行泄压，对泄漏处进行处理，处理完成后应从步骤a）开始重新进行试验；

d） 在试压完成后应缓慢将压力降至环境压力，不准许在压力检测过程中拆卸、紧固设备上的元件。

A.5 试验结果

密封性试验结果：

a） 连接系统中承受压力的部件不包含连接软管时，压力数值变化应为±2 %；

b） 连接系统中承受压力的部件包含连接软管时，压力数值变化应为±10 %。

附　录　B
（规范性）
故障的分类与判据

B.1 故障定义和解释

按GB/T 5271.14规定的故障定义，出现以下情况之任一种均解释为故障：

a） 试验样品在规定条件下，出现了一个或几个性能参数不能保持在规定值的上下限之间；

b） 试验样品在规定应力范围内工作时，出现了机械零件、结构件的损坏和卡死，或出现了元器件的失效或断裂，而使试验样品不能完成其规定的功能。

B.2 故障分类

故障类型分为关联性故障（简称：关联故障）和非关联性故障（简称：非关联故障）。

关联故障是试验样品预期会出现的故障，通常都是由产品本身条件引起的。它是在解释试验结果和计算可靠性特征值时应要计入的故障。

非关联故障则是试验样品出现非预期的故障，这类故障不是由试验样品本身条件引起的，而是由试验要求之外的条件引起的。非关联故障在解释试验结果和计算可靠性特征值时不计入，但在试验中做记录，以便于分析和判断。

B.3 关联故障判据

关联故障判据如下：

a） 应经更换元器件、零部件才能排除的故障；

b） 损耗件（如电池等）在其寿命周期内发生的故障；

c） 需要对接插件、电缆进行修整，以消除短路和接触不良，方可排除的故障；

d） 在试验过程中需要重新对硬磁盘进行格式化才能排除的故障；

e） 出现造成测试和维护使用人员的不安全或危险或造成试验样品和设备严重损坏而必须立即中止试验的故障。一旦出现此类故障，应立即做出拒收判定；

f） 程序的偶然停运或运行失常，但无需做任何维修和调整，再经启动就能恢复正常。这种偶然的跳动故障，凡积累达三次者（指同一试验样品），计为一次关联故障，不足三次者均做非关联故障处理；

g） 不是同一因素引起而同时发生两个以上的关联故障，则应如数计入。如果是同一因素引起的，则只计一次；

h） 承担试验的检验单位，根据故障情况和分析结果，有资格认定某种故障为关联故障。

B.4 非关联故障判据

非关联故障判据如下：

a） 从属性故障

由于试验样品中某一元器件、零部件失效或出现设备故障而直接引起试验样品另一相关元器件或零部件的失效而造成的，或者由于试验条件已经超出规定的范围（如突然断电、电网电压的频率的变化、温湿度变化、严重的机械环境和干扰等）而造成的故障。

b） 误用性故障

由于操作人员的过失而造成的故障，如安装不当，施加了超过规定的应力条件，或者按产品标准的规定允许调整的部件没有得到正确的调节而造成的故障。

c） 诱发性故障

在检修期间，因为维修人员的过失而造成的故障。

承担试验的检验单位，根据事故情况和分析结果，有资格认定某种故障为非关联故障。

参 考 文 献

[1] GB/T 1031—2009 产品几何技术规范（GPS）表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
[2] GB/T 2421 环境试验 概述和指南
[3] GB/T 8107 液压阀压差流量特性试验方法
[4] GB/T 14041.2-2007 液压滤芯 第2部分 材料与液体相容性试验方法
[5] SAE J20 冷却系统软管(Coolant System Hoses)