

ICS 35.020

L 04



中 国 电 子 学 会 标 准

T/CIE XXX—2020

温水冷板式间接液冷数据中心设计规范

**Design specification for warm water cooled plate type indirect liquid cooling of
data centers**

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

中国电子学会发布

目 次

前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 机房基础设施.....	4
4.1 建筑.....	4
4.2 结构.....	6
4.3 环境要求.....	7
4.4 消防.....	8
5 机架(机柜)布局.....	8
6 液冷散热系统.....	10
6.1 液冷通道.....	10
6.2 热回收利用设备.....	11
6.3 自然冷却设备.....	12
6.4 给水排水系统.....	13
7 供配电系统.....	14
7.1 配电系统.....	14
7.2 不间断电源.....	14
7.3 电能质量指标要求.....	17
7.4 液冷散热系统供电.....	17
7.5 防雷接地.....	18
8 线缆系统.....	19
8.1 走线架要求.....	19
8.2 电缆布放要求.....	19
9 消防要求.....	19
10 智能化系统.....	19
附录 A (资料性附录).....	22
鸣谢.....	24

前　　言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由工业和信息化部节能与综合利用司提出，由中国电子学会归口。

本标准起草单位： 联想（北京）信息技术有限公司 比赫电气(太仓)有限公司

本标准起草参编单位：

本标准主要起草人：

引　　言

随着5G、云计算、物联网、人工智能等技术的不断发展，对于数据处理的需求快速提升。为保证及时有效处理海量数据，数据中心的功率密度和能耗不断攀升。由于液冷形式可以提供更高的散热能力，较高的能源使用效率，并可以进行热量回收及综合利用，从而得到了广泛的关注并发展出多种液冷数据中心解决方案。

温水冷板式间接液冷数据中心解决方案发展已相对成熟并已有相应成功实践案例。为协助数据中心用户和设计单位更进一步理解该解决方案，进而实际应用该解决方案建设高能效数据中心，特组织相关单位在相关实践经验基础上编制本标准。

温水冷板式间接液冷数据中心设计规范

1 范围

本标准规定了温水冷板式间接液冷数据中心的机房基础设施、机架（机柜）布局、液冷散热系统、热回收系统、供配电系统、线缆系统、消防系统和智能化系统的关键设计要求。

本标准适用于应用温水冷板式间接液冷技术解决方案新建、扩建和改建温水冷板式间接液冷数据中心的规划和设计，同时适用于常规服务器水基液冷系统的机房规划和设计参考。

2 规范性引用文件

- 下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
 - GB 50016-2014 建筑设计防火规范
 - GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
 - GB 50045 高层民用建筑设计防火规范
 - GB 50052 供配电系统设计规范
 - GB 50054 低压配电设计规范
 - GB 50057 建筑物防雷设计规范
 - GB50087-2013 工业企业噪声控制设计规范 GB 50116-2017 火灾自动报警系统设计规范
 - GB 50140-2005 建筑灭火器配置设计规范
 - GB 50174-2017 数据中心设计规范
 - GB 50189 公共建筑节能设计标准
 - GB 50222 建筑内部装修设计防火规范
 - GB 50314 智能建筑设计标准
 - GB 50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范
 - GB 50348 安全防范工程技术标准
 - GB 50366-2016 地源热泵系统工程技术规范
 - GB 50367 混凝土结构加固设计规范

GB 50370 气体灭火系统设计规范
GB 50462-2015 数据中心基础设施施工及验收规范
GB 50689 通信局（站）防雷与接地工程设计规范
GB 50736 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB50898-2013 细水雾灭火系统技术规范
GB 51194 通信电源设备安装工程设计规范
GB 51215 通信高压直流电源设备工程设计规范
GB 51245 工业建筑节能设计统一标准
GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准
GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
GB/T 2887-2011 计算机场地通用规范
GB/T50311-2016 综合布线系统工程设计规范
GB/T50314-2015 智能建筑设计标准
YD/T 1051 通信局（站）电源系统总技术要求
YD 5059 电信设备安装抗震设计规范
JGJ 116 建筑抗震加固技术规程
JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3. 1 温水液冷技术 **warm liquid cooling technology**

一种一次冷却环路长年运行在供液温度40℃以上工况下的循环液冷技术，循环介质温度高于全年最高环境湿球温度，具备全年自然冷却能力，高达45℃以上的回液温度使冷却介质携带热量具有很高的热回收利用价值。

3. 2 直接液冷 **direct liquid cooling**

采用冷板组件与高热流密度元件接触，发热量经由冷板组件中的冷却介质导出，经过一个或者多个冷却回路热交换传递，最终将设备热量散发到外环境或进行回收利用的一种液冷实现方式。其中冷板组件包括一个或多个取热模块和配套的液冷管路、快速接头。

3.3 液冷二次冷却环路 Secondary liquid cooling loop

将一次冷却环路送抵的机房内高热流密度元件产生的热量排至室外大气环境或通过热回收系统取热单元回收利用，同时实现对循环介质的冷却系统。

注：主要由冷量分配单元（外循环通道部分）、自然冷却单元、热回收系统取热单元、外循环泵、补液装置、稳压系统、连接管路、过滤装置、水质控制模块等组成的冷却水循环系统。

3.4 液冷一次冷却环路 Primary liquid cooling loop

将电子信息设备高热流密度元件的发热量导出并送抵与二次冷却环路做热交换的冷量分配系统。

注：主要由冷量分配单元(内循环通道部分)、柜内配流管路、冷板组件、环网系统、连接管路、过滤装置等组成的冷却水循环系统

3.5 环网配流组件 looped manifold

一次冷却环路中，按环型结构设计，用于向每个服务器机柜均匀配流的管路组件；环网配流组件一般以一个服务器微模块（POD）为单元进行设计。

注：通常为保证流量分配的均匀性和异常情况的模块在线切出运行，确保每个微模块或每个服务器机柜切出不对整个系统持续稳定运行产生影响，配流均匀性应满足最大支路配流差异 $\leq 10\%$ ；同时应可支持在线投入和切出而不需要进行系统设置的调整和流量调配的重新设置，以避免系统投入及切出时出现异常或故障、事故。

3.6 冷量分配单元 coolant distribution unit

用于实现液冷系统的一次冷却环路驱动、稳压和自动配流，集成了液冷系统控制模块实现对整系统的控制，并具备温度、流量、压力实时监控，防凝露控制等功能，同时实现一二次循环系统热量交换、物理隔离等功能的单元。

注：由热交换器、动力模块、缓冲稳压模块、脱气装置、补液模块、MPM 模块(可能有)、控制系统等组成。

3.7 自然冷却单元 free cooling unit

可通过自然冷却的方式向外界环境释放热量的外部冷却单元。

注：常采用的设计有闭式冷却塔、开式冷却塔、空冷器等

3.8 热回收系统 heat recovery system

用于回收液冷系统的余热或废热，并把回收的热量通过直接转移或者借助热泵的形式转移，作为供热或其他加热设备的热源而加以利用或存储的系统。

3.9 主机房 computer room

主要用于数据处理设备安装和运行的建筑空间，包括服务器机房、网络机房、存储机房等功能区域。

3.10 技术夹层 technical interlayer

以水平物件分隔构成的供安装管线等设施使用的建筑夹道，为设置各种设备系统的风道、水管、电缆以及其他附属设备而专门建造的旁通走廊。

注：数据中心技术夹层包括吊顶上和活动地板下，其中活动地板下的夹层主要用于敷设液冷管网系统；

3.11 地板夹层 building ground

机房活动地板下的空间，主要用来敷设液冷管网系统。

3.12 智能化系统 intelligent system

由传感器、信号传输及网络设备、计算机系统等硬件组成，具备监测、管理、控制、分析、存储、呈现等功能，具备液冷系统控制接入和远程监控功能的系统。

3.13 柜内配流管路组件 manifold

指机架或机柜内安装，与环网配流组件(looped manifold)连通的用于将冷却介质均匀分流到每个服务器的配流管路。

4 机房基础设施

4.1 建筑

4.1.1 温水冷板式间接液冷数据中心基础设施的设计除应符合本规范外，本规范未明确的内容应符合GB50174等国家、行业及机房所在地现行的有关标准

4.1.2 数据中心应按照 GB 50174-2017，根据使用性质、数据丢失或网络中断在经济或社会上造成的损失或影响程度，确定机房建设等级为 A、B 或 C 级。

4.1.3 数据中心的建筑平面和空间布局应具有灵活性。主体结构宜采用大空间及大跨度柱网，提高机房的机架安装利用率。

4.1.4 主机房一般应采用矩形，不宜采用圆形、三角形等不利于设备布置的机房平面。

4.1.5 主机房净高不宜小于梁下 3.2m，并应满足消防管道、活动地板、工艺生产的要求；同时主机房梁下净高应满足消防管道、活动地板、工艺生产的要求，梁下净高按公式(1)计算：

$$H \geq h_{vf} + h_{dh} + h_{\sigma v} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中，

H ——梁下净高, 单位为米(m);

h_{xf} ——消防管道净高, 单位为米(m);

hdb——活动地板净高，单位为米(m)；

hgy——工艺生产净高，单位为米(m)。

4.1.6 变形缝和伸缩缝不得穿过主机房。

4.1.7 主机房和辅助区不应布置在用水区域的直接下方。直接液冷数据中心涉及到大量循环用水，应在建筑层面规划、采取防止水满溢和渗漏措施，配电列头柜下方配置防水设计，管路设计应确保出现蚀穿溅射时冷却介质不会进入列头柜，并在机房内设置防止漫溢和渗漏措施，避免因水路故障导致电子设备损坏，数据中心受灾。

4.1.8 液冷机房应设置地板夹层，用来敷设液冷管网系统，管网不宜布置在机柜正下方；在基建设计阶段应考虑水电隔离模式及管路破损溅射防护设计。

4.1.9 联接设备的各种电源和信号管线应采用机房顶部走线的布置。信号管线保证设备间连线可以直
接连接，距离最短，减少信号在传输过程中的损耗，需要做一定的防尘、屏蔽防雷、隔热等处理。电源
布线、通讯布线、管网系统应尽可能相互隔离布置。

4.1.10 当液冷机房中各类管线暗敷于技术夹层内时,建筑设计应为各类管线的安装和日常维护留有出入口。技术夹道主要用于安装设备(如精密空调)及各种管线,建筑设计应留有满足设备安装和维护要求的空间。当管线需穿越楼层时,宜设置技术竖井。

4.1.11 建筑的入口至主机房的通道净宽不应小于1.5m。机房外走道和机房门应考虑设备搬运方便，同一层地面标高不同的区域，应采用斜坡或部分斜坡过渡。机房内通道的宽度及门的尺寸应满足最大设备和材料的运输要求。

4.1.12 当数据中心位于其它建筑物内时，在数据中心与建筑其它功能用房之间应设置耐火极限不低于2h的隔墙，如遇通道需设置甲级防火门。

4.1.13 主机房不宜设外窗。当必须设置外窗时，应采用中空玻璃固定窗，并应有良好的气密性，防止空气渗漏和结露。

4.1.14 机房的室内装修应满足通信设计的要求，选取耐久、不起灰、非燃烧、无毒性的材料，机房顶棚不宜抹灰，机房墙面使用不起尘的可用水擦洗的墙面漆，不得使用木地板、木隔墙、木墙裙及塑料壁纸等材料，装修材料的性能应符合现行GB 50222。

4.1.15 机房地面设计应符合下列要求：

- a) 地面应满足机房使用要求；
- b) 主机房宜铺设防静电活动地板。活动地板的高度应根据布线及散热系统要求确定：当活动地板下的空间只作为电缆布线或管网系统布置使用时，地板高度不宜小于250mm；当活动地板下空间既做为电缆布线，又作为液冷散热管道路由通道，地板高度不宜小于600mm。原则上，新建液冷数据中心地板夹层应仅用于液冷管网系统布置，不应作为电缆布线的空间，以避免可能存在的泄漏事故对供电及通讯的影响。
- c) 应做好地面防水、排水等土建工艺处理，且处理措施宜能抵抗一般膨胀螺丝带来的地板损伤。

4.1.16 液冷数据中心应特别注意机房防水设计。严格遵照防排结合原则，采取多道复合防水、节点密封等措施。防水材料根据工程的结构形式和特点，环境状况及施工条件，并考虑与其他层次相容性，互补性等因素，因地制宜地选择适应的防水材料。如对于穿墙水管，膨胀螺丝头应采用弹性密封胶封闭，并批抹聚合物胶乳水泥砂浆保护，表面加涂弹性水泥加强处理。

4.1.17 机房的噪声、电磁干扰、振动及静电要求应符合GB50174-2017的有关规定。

4.2 结构

4.2.1 数据中心的楼面等效均布活荷载标准值应按照GB 50174及表1的规定，可参考YD 5003-2014取值。

表 1 荷载取值

主机房活荷载标准值 kN/m ²	8~12	根据机柜的摆放密度确定荷载值; 组合值系数 $\Psi_e=0.9$ 组合值系数 $\Psi_f=0.9$ 准永久值系数 $\Psi_q=0.8$
主机房吊挂荷载 kN/m ²	≥ 1.2	
不间断电源系统室活荷载标准值 kN/m ²	8~10	建议值
电池室活荷载标准值 kN/m ²	≥ 16	蓄电池组4层摆放时
总控中心活荷载标准值 kN/m ²	≥ 6	

4.2.2 改建数据中心应根据荷载要求进行承重评估，应考虑液冷系统装备运行荷重，以及液冷系统运行时可能产生的震动影响。普遍地，常规液冷系统 CDU 最高运行荷重可达到 $600\text{kg}/\text{m}^2$ 以上，液冷 IT 机柜最高运行荷重相较空冷 IT 机柜荷重高 10~15%；当承重评估不满足设备安装需求时，应优先通过调整设备排列、减少设备重量等方式满足结构安全要求，或将液冷系统主要荷重设备布局到专门的液冷机房，通过管网系统将液冷引入机房；原则上不做大规模结构加固和外立面改造。如有必要可对楼板、次梁进行加固，但不应对框架梁进行加固改造，不应对框架柱进行加固改造。如条件允许可以将适合的外立面及屋面改造成自然冷却单元平台。

4.2.3 经评估确需进行抗震加固的改建类数据中心，应按照准 GB50367、JGJ 116 和 JGJ 145 的规定进行加固。楼板可采用钢梁架空加固法或粘贴纤维复合材料加固法，次梁及框架梁可采用粘贴钢板加固法；在用机房内不应采用粘贴碳纤维的加固方案。

4.2.4 当抗震设防类别为丙类的建筑改建为 A 级数据中心时，在使用荷载满足要求的条件下，建筑可不做加固处理。新建 A 级数据中心的抗震设防类别不应低于乙类，B 级和 C 级数据中心的抗震设防类别不应低于丙类。

4.2.5 数据中心的建筑气候分区和围护结构热工设计应符合 GB50189 的规定。当主机房与外围护结构相邻时，对应部分外围护结构的热工性能应根据全年动态能耗分析情况确定最优值。

4.2.6 数据中心围护结构的材料选型应满足保温、隔热、防火、防潮、少产生等要求。外墙、屋面热桥部位的内表面温度不应低于室内空气露点温度。

4.3 环境要求

4.3.1 主机房和辅助区内的环境温度、露点温度和相对湿度应满足电子信息设备及直接液冷系统二次循环系统的使用要求。

4.3.2 数据中心装修后的室内空气质量除应符合本规范的规定外，还应符合 GB/T18883 的有关规定。

4.3.3 总控中心内在长期固定工作位置测量的噪声值应小于 60dB(A)。

4.3.4 主机房和辅助区内的无线电骚扰环境场强在 80MHz~1000MHz 和 1400MHz~2000MHz 频段范围内不应大于 130 dB ($\mu\text{v}/\text{m}$)；工频磁场场强不应大于 30A/m。

4.3.5 在电子信息设备停机条件下，主机房地板表面垂直及水平向的振动加速度不应大于 500mm/s²。

4.3.6 主机房和辅助区内绝缘体的静电电压绝对值不应大于 1kV。

4.4 消防

4.4.1 机房应设置相应的消防系统，A 级数据中心的主机房宜设置洁净气体灭火系统，也可设置高压细水雾灭火系统；B 级和 C 级数据中心的主机房宜设置洁净气体灭火系统，也可设置高压细水雾灭火系统或预作用自动喷水灭火系统。相关设置应按 GB 50016-2014、GB 50370、GB 50898 和 GB50174-2017 的规定执行。

4.4.2 机房应设置火灾自动报警系统，并应符合 GB 50016-2014 和 GB 50116-2017 的有关规定。

4.4.3 数据中心的耐火等级不应低于二级。机房为气体灭火保护区时，探测器的组合宜采用感烟火灾探测器和感温火灾探测器。需要进行火灾早期探测的重要场所和具有高速气流的场所，宜选择吸气式感烟火灾探测器。

4.4.4 当数据中心位于其它建筑物内时，在数据中心与建筑其它功能用房之间应设置耐火极限不低于 2h 的隔墙，隔墙上的门应采用甲级防火门。

4.4.5 地面工程应做绝热、接地、防尘设计应符合见 GB 50174-2017 的规定。

4.4.6 机房应采用防火隔断墙设计，满足消防与保温的要求，为了机房内设备的安全，所有机房与外界连接的墙体缝隙区、管线槽接口处均做三防处理（防水、防火、防虫）。。

4.4.7 凡设置气体灭火系统的主机房，应在通道显眼位置配置专用空气呼吸器或氧气呼吸器。

5 机架(机柜)布局

5.1 机房的机架布置应综合考虑土建条件、机房布局、使用条件、运维操作、使用安全等要求。机架布置宜采用“面对面、背对背”的排列方式，机架宽度不宜小于600mm，如果有必要增加机架宽度，应以100mm为单位增加。

5.2 机架开门方式：宽度小于等于600mm的机架，宜采用单开门方式；宽度大于600mm的机架，宜采用双开门方式。

5.3 主机房机架间的距离应符合下列规定：

- a) 用于搬运设备的通道净宽不小于1.5m；
- b) 面对面布置的机架正面之间的距离不宜小于1.2m；
- c) 背对背布置的机架背面之间的距离不宜小于0.8m；
- d) 当需要在机架侧面和后面维修测试时，机架与机架、机架与墙之间的距离不宜小于1.0m。

5.4 成行排列的机架，其长度超过6m时，两端应设有出口通道；当两个出口通道之间的距离超过15m时，在两个出口通道之间还应增加出口通道。

5.5 当同一间机房内既有半封闭式标准机架、又有通透式机架时，两种机架应分区域排列，不应混合摆放。

5.6 仍配有精密空调或与风冷服务器安装在同一个机房的，在已安装的加固底座上未安装机柜时，应采用不透风的板材覆盖；安装了机架后送风口以外多余的空位也应采用不透风的不燃板材覆盖，防止冷风泄漏。

5.7 柜内配流管路组件在机架或机柜内安装，一般为一级设计；部分服务器机柜内会有二级甚至三级的层级，进行逐级配流，最终将冷却介质均匀分配到服务器。供液与回液的配流管设计为镜像或同程设计。柜内配流管路组件同级支路的最大配流差异应≤10%，推荐≤5%。

5.8 柜内配流管路组件设计应考量与服务器配合，确保柜内配流管路组件的配流支路足够且流量分配能力及流量供应能力可涵盖预期内服务器的升级换代需求。

5.9 柜内配流管路组件顶部应设置有自动排气阀，承压不宜低于0.6MPa；

5.10 机架的柜内配流管路组件可布置在机架前部或背面，主要取决于与服务器的安装配合，对外接口应根据环网系统布置方式进行设计。推荐对外接口处于底部，采用下走管的设计。

5.11 液冷机房服务器机架不应使用上走管设计，避免管网系统维护需要高空作业，增加运维难度；同时上走管设计出现渗漏时存在漏液进入 IT 设备、电缆线槽等的风险；出现意外泄漏时由于系统内部压力，可能产生喷射、喷溅等现象，对 IT 设备破坏性大，较难实现全封闭防护。

5.12 机架的布局应与地板夹层下的液冷管网系统部署有一定的错位，避免管网系统管路在机架下方；与柜内配流管路组件接口处宜设计合适的遮挡板，接口应采用自封接口设计，避免可能存在的运维误操作导致介质喷溅进入 IT 机柜。

5.13 管网配流支路宜采用橡胶软管+自封式快速接头的设计模式接入柜内配流管路组件，不宜采用无自封的连接设计。如选用橡胶软管，应选用设计承压不低于 1MPa，无金属加强网的产品，软管连接应采用椎管接口或扣押接头。

5.14 机架的安装设计应符合 YD 5059 的各项规定，按所要求的抗震加固措施进行加固。加固底座宜使用膨胀螺栓直接固定在机房的水泥地面上，加固底座与水泥地面之间不应有任何的软连接，加固底座不得安装在保温层之上或浮搁在活动地板上。

6 液冷散热系统

6.1 液冷通道

6.1.1 液冷一次冷却环路主要由 CDU(内循环通道部份)、液冷 IT 设备、一次冷却管网系统、柜内配流管路组件等组成，负责将电子信息设备高热流密度元件的发热量带出 IT 机房，送抵与外循环系统做热交换的冷量分配单元。

6.1.2 液冷二次冷却环路主要由 CDU（外循环通道部分）、自然冷却单元、外循环泵、补液装置、二次冷却管网系统等组成，用于将内循环系统送抵的机房内高热流密度元件产生的热量排至室外大气环境。

6.1.3 液冷通道设计阶段应明确所承载电子信息设备的类型、典型配置、关键元器件能耗情况，并以其中拟采用液冷散热的高热流密度元件的最高发热量作为液冷通道散热负荷基准值。

6.1.4 液冷通道的配置设计应满足下列要求：

- a) 设计冷负荷不小于液冷IT设备在极端气温工况下24h不间断运行的冷却需求；

- b) 自然冷却单元、二次冷却循环泵、一次冷却循环泵等应按照N+X（X=1~N）冗余配置；液冷温控单元、换热设备等在采用系统级冗余CDU时，也可以CDU为基准实现N+X（X=1~N）冗余配置；
- c) 一次冷却环路管路应于架空地板下走管，应采用环路供回水设计等具备单点故障隔离功能的管路配置方案，以提高机架之间供液平衡度和故障保障能力；电缆层设置应考虑机房顶部走线，尽可能避免与管路系统共用架空地板层；一次冷却环路管路如采用机房顶部走管，应将管网层设置于机架顶部与电缆层之间的空间，并设置必要的集液槽，避免管网泄漏时冷却介质进入机架或电缆层、配电柜等设施。
- d) 设置不间断电源保障，其保障时间不宜低于IT设备的保障时间，当IT设备完全停运后液冷系统仍然可持续运行至少2min。
- e) 若采用开式冷却塔，补水箱（池）的容量宜按照不低于12h配置；
- f) 同一套液冷系统的液冷管路设计原则上应相同；
- g) 液泵、阀门等的设置应满足系统运行安全性及可维护性要求。

6.1.5 液冷管网系统设计使用寿命应满足至少30年，设计压力等级应达到1.0MPa，应采用304不锈钢以上材质，不应采用液接材质为黄铜、碳钢、PVC等材质的材料和部件；应采用预制组装设计，不应采用现场焊接组装设计，以避免管路腐蚀防护和洁净度不达标、菌群控制困难等问题，设计流速宜在1.5m/s ~3 m/s。

6.1.6 柜内配流管路组件支路接口宜采用自封式快速接头，并满足快速接头通用性标准要求，具备不同厂家产品互换性。

6.1.7 密封件等易损件不应采用再生料，应避免生料带的使用，应避免金属面密封的设计。

6.2 热回收利用设备

6.2.1 热回收形式应根据建筑环境、类型和设计而确定，形式包括但不限于楼宇供暖、近距离低温水回收、热回收制冷等。

6.2.2 热回收利用设计应考虑数据中心负荷的变化情况，具备热能波动平衡能力。

6.2.3 热泵回收类设计应避免回收设备故障对液冷系统散热能力的影响，具备散热设备实时切换及冷量自适应能力，地缘热泵类热库系统设计应遵循GB 50366-2016。

6.2.4 系统设计应满足供热接收端的相关设计标准规范要求。

6.2.5 热回收系统的取热点不宜位于一次冷却环路，避免直接和 IT 设备直接连接，应位于二次冷却环路并采用间接取热的方式，主要的取热方式有以下两种：一是在二次冷却环路通过可动态控制流量的三通阀将热回收系统与外冷设备并联。根据一次冷却环路的总发热量、热回收系统的热量需求，通过控制三通阀来控制流向热回收系统的流量比例，热回收系统对热量的需求量越大，流向回收系统的流量比例越大，反之越小。二是在二次冷却环路将热回收系统与外冷设备串联，其中供水侧先经由热回收系统，再经由外冷设备。热回收系统根据需要取热，剩下多余的热量由外冷系统散出。

6.2.6 当热回收系统为热库等可实现完全热回收的系统，且可确保热回收系统具备 $N+X$ ($X=1,2,\dots$) 冗余配置或长年不间断运行时，可无外冷设备设计，采用热回收系统作为外冷设备。原则上，热回收系统的接入不能减小外冷设备的最大冷却能力设计要求，外冷设备的最大冷却能力应足够冷却一次冷却环路的极限工况冷却要求；从设计安全的角度考虑，需设计一定的外冷设备冗余以应对热回收系统故障、维护等事件的影响。

6.2.7 热回收系统与二次冷却环路连接应采用物理隔离的方式，将外冷设备供回液循环系统的水体和热回收系统供回液循环系统的水体进行隔离。由于热回收系统可能有多种热回收形式，各种应用形式下对热回收系统的循环液体的水质要求也有所不同，应确保不同的应用形式下热回收系统的水质不会对物理隔离设备 30 年的使用寿命产生大的影响。

6.2.8 在使用热回收系统的液冷数据中心，应将一次冷却环路供液量和供液温度作为最高优先级控制目标，热回收系统应具备能量补足的备份设计，在保证 IT 设备的液冷环境稳定运行的同时满足热回收系统的热量需求。该控制系统应将一次冷却环路导出的 IT 设备总耗热量、热回收系统对热量的需求量、外冷设备所处的环境温湿度都做为变量来考虑。

6.3 自然冷却设备

6.3.1 自然冷却设备涉及到室外空气参数计算，应采用累年平均每年不保证 5d 的日平均温度。冬季空气调节室外计算温度应采用累年平均每年不保证 1d 的日平均温度，夏季干球温度应采用累年平均每年不保证 50h 的干球温度计算。

6.3.2 供暖、通风、空调冷热源形式应根据建筑物规模、用途、冷热负荷，以及所在地区气象条件、能源结构、能源政策、能源价格、环保政策等情况，需经技术经济比较论证确定。

6.3.3 空气调节水系统宜采用闭式循环。当确需采用开式系统时，应设置蓄水箱。蓄水箱的需水量宜按系统循环水流量的5%~10%确定。且在水系统停止运行时，应能容纳系统泄出的水，蓄水箱不得出现溢流现象。

6.3.4 开式系统冷却水补水量应按系统的蒸发损失、飘逸损失、排污泄露损失之和计算。不设置集水箱的系统应在冷却塔底盘处补水，设置集水箱的系统应在集水箱处补水。

6.3.5 冷却塔的选用和设置应符合下列规定：

- a) 在夏季空气调节室外计算湿球温度条件下，冷却塔的出口水温、进出口水温差和循环水量满足液冷系统的要求；
- b) 对进口水压有要求的冷却塔的台数与冷却水泵台数相对应；
- c) 室外计算温度在0℃以下的地区，冬季运行的开式冷却塔应采取防冻措施，冬季不运行的开式冷却塔及其他室外管道应能泄空；
- d) 室外计算温度在0℃以下的地区，采用闭式冷却塔的二次冷却环路设计，采用冷却介质添加防冻剂的设计，满足极端气温下不结冰的要求。
- e) 冷却塔设置位置应通风良好，远离高温或有害气体，并避免飘逸水对周围环境的影响；
- f) 冷却塔符合噪音控制标准和防火要求。
- g) 冷却塔喷淋水进行软化处理，大规模部署采用反渗透软化工艺。

6.3.6 采用空气散热器作为外部散热单元的系统，应注意当地极端高温环境气温。在极端高温工况下，散热能力无法满足系统需求的地区，不宜采用空气散热器或不宜单独采用空气散热器作为外部散热单元，应配备足够冷量的喷淋降温系统或与冷却塔并联使用。

6.4 给水排水系统

6.4.1 给水排水系统应根据数据中心的等级执行，机房内安装有直接液冷系统，或是自动喷水灭火设施、空调机、加湿器的房间，地面应设置挡水和排水设施。

6.4.2 数据中心不应有与主机房内设备无关的给排水管道穿过主机房，相关给排水管道不应布置在电子信息设备的上方。进入主机房的给水管应加装阀门。

6.4.3 采用水冷冷水机组的冷源系统应设置冷却水补水储存装置，储存时间不应低于当地应急水车抵达现场的时间。当不能确定应急水车抵达现场的时间时，可按12h储水。

6.4.4 数据中心内的给水排水管道应采取防渗漏和防结露措施。穿过主机房的给水排水管道应暗敷或采取防漏保护的套管。管道穿过主机房墙壁和楼板处应设置套管，管道与套管之间应采取密封措施。

6.4.5 主机房和辅助区设有地漏时，应采用洁净室专用地漏或自闭式地漏，地漏下应加设水封装置，并应采取防止水封损坏和反溢措施。

6.4.6 液冷系统供排液系统要求：

- a) 根据使用需求，为了便于快速向液冷机柜内补充冷却介质，可设置供液系统。储液罐的容量应根据需求设计，但有效容量不宜小于系统总容量的10%。可采用固定安装设计，也可采用移动式补液装置设计；采用移动式补液装置设计时，应考虑机房地面荷载强度进行设计。
- b) 对于应用非纯水冷却介质的液冷机柜应设计排液及存储系统，用于机柜的维护或检修排液。供液系统和排液系统可设计为一套共享系统。
- c) 液冷机柜、冷却介质管道下方应设置挡液围堰，并配置漏液检测系统，冷却介质通过专用地漏排至冷却介质收集系统，或通过专用抽液泵收集。
- d) 冷却介质严禁直接排放到下水道或室外。

7 供配电系统

7.1 配电系统

7.1.1 数据中心高、低压供电系统容量应满足 IDC 机房内所有电子信息设备、散热系统设备及其它负荷的供电需求，用电负荷等级及供电要求应根据机房的等级，按 GB 50052 及 GB 50174-2017 的要求执行。

7.1.2 IDC 机房宜具备一类市电供电条件，如市电引入不能达到一类市电标准，应采用专线引入。

7.1.3 IDC 机房配置的发电机总容量应能满足全部保证负荷的供电要求，并根据市电直供负载特性进一步核实发电机容量，或制定相应的负载投入策略。

7.1.4 供配电系统应为数据中心的可扩展性预留备用容量。

7.1.5 数据中心低压配电系统的接地型式应采用 TN 系统。采用交流电源的电子信息设备，其末端配电网系统应采用 TN-S 系统。

7.2 不间断电源

7.2.1 电子设备用不间断供电系统的连接形式及电池后备时间根据机房等级、业务需求、据中心的功能特点、业务部署情况选择集中式或分布式，应按 GB50174 的要求设计。

7.2.2 电子信息设备宜采用“市电直供+高压直流热备用”的供电方式，市电正常时由市电为电子信息设备供电，当市电停电、检修或市电质量不满足要求电子信息设备要求时，由蓄电池经高压直流系统为电子信息设备供电。

7.2.3 电子信息设备不间断电源系统应有自动和手动旁路装置。确定不间断电源系统的基本容量时应留有余量。不间断电源系统的基本容量可按公式(2)计算：

式中，

E ——不间断电源系统的基本容量(不包含备份不间断电源系统设备), 单位为千瓦每千伏安(kW/kVA);

P ——电子信息设备的计算负荷，单位为千瓦每千伏安（kW/kVA）。

7.2.4 采用集中式高压直流系统的容量应按远期负荷规划，其中，整流机架应按远期负荷配置，整流模块的容量宜按近期负荷配置。当系统远期容量大于 400A 或要求具有较好扩展性时，应选用分立式系统。

7.2.5 高压直流系统的整流模块配置应根据系统最大输出电流采用 N+1 冗余配置。其中 N 个为主用，
 N≤10 时，1 个备用；N>10 时，每 10 个备用 1 个。高压直流系统最大输出电流应按最大负载电流加上
 蓄电池充电电流计算；充电电流宜根据机房市电供电情况按 $0.05 C_{10} \sim 0.1 C_{10}$ 计算。

7.2.6 高压直流系统应采用悬浮方式供电，并应符合下列规定：

- a) 系统交流输入与直流输出电气隔离；
 - b) 系统输出与地、机架、外壳电气隔离；
 - c) 使用时，正、负极均不得接地，采用悬浮方式供电；
 - d) 系统有明显标识标明该系统输出不能接地；
 - e) 系统具备绝缘监测功能。

7.2.7 蓄电池组的容量应按近期负荷配置，依据蓄电池的寿命，考虑远期发展需求。系统配置的蓄电池不应少于2组，最多不应超过4组。不同厂家、不同容量、不同型号、不同时期的蓄电池组不应并联使用。当放电时间较短时，宜采用高倍率电池。

7.2.8 系统的交流配电设备宜接入两路交流输入，且具备切换功能。交流输入配电设备容量、线缆线径应按远期负荷考虑。

7.2.9 系统直流配电全程应采用双极保护器件；保护器件应采用熔断器或直流断路器，其额定工作电压范围应与系统电压相适应。

7.2.10 直流系统总输出屏、机房直流分配屏及直流列柜的输入端宜采用熔断器作为保护器件，直流列柜的输出端宜采用直流断路器作为保护器件。

7.2.11 当熔断器和直流断路器配合保护时，熔断器宜装设在直流断路器上一级，其额定电流应不小于直流断路器额定电流的2倍。

7.2.12 蓄电池组正极、负极宜采用熔断器作为过流保护装置，容量应满足系统远期负载需求，组合式系统应设在组合机架内，分立式系统应设在直流系统总输出屏内。

7.2.13 在蓄电池与直流系统总输出屏之间连接电缆上靠近蓄电池一侧宜设置直流断路器或隔离开关熔断器组等保护装置。

7.2.14 直流导线截面积应按电缆长期允许载流量选择、回路允许电压降计算，取其较大值，并应符合下列规定：

- a) 电缆允许载流量不小于计算电流量。
- b) 回路允许电压降计算截面积按公式（3）计算确定。

$$Scac = \rho \cdot \frac{2LIca}{\Delta Up} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (3)$$

式中：

$Scac$ ——电缆计算截面，单位为平方毫米 (mm^2)；

ρ ——电阻率，单位为欧姆·平方米每米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)；

L ——电缆长度，单位为米 (m)；

Ica ——计算电流，单位为安培 (A)；

Δup ——回路允许的最大电压降，单位为伏特（V）。

7.2.15 通信高压直流电源线正极标色应为棕色，负极标色应为蓝色。

7.2.16 系统直流输出必须具备绝缘监察功能，对总母排的对地绝缘状况进行在线监察。绝缘监察装置应具备与监控模块通信功能，当系统发生接地故障或绝缘电阻下降到设定值时，应能显示接地极性并及时、可靠地发出告警信息。

7.2.17 通信高压直流电源系统对输出分路的绝缘状况可进行在线或非在线监测：

- a) 系统应对直流系统总输出屏的主要分路进行监察；
- b) 系统宜对机房直流分配屏的主要分路进行监察；
- c) 系统可对直流列柜的分路进行监察。

7.3 电能质量指标要求

7.3.1 直流供电系统

直流供电回路接头压降（直流配电屏外）应符合下列要求，或温升不超过 40°C : 1000A 以下，每百安培 $\leq 5\text{mV}$ ；1000A 以上，每百安培 $\leq 3\text{mV}$ 。

在市电可靠，且满足电子信息设备运行和维护要求的情况下，可采用市电+UPS 供电模式，也可采用“一路市电直供+一路通信高压直流”的供电方式，提高供电效率。

通信高压直流系统的整流模块配置应根据系统最大输出电流采用 N+1 冗余配置。其中 N 个为主用， $N \leq 10$ 时，1 个备用； $N > 10$ 时，每 10 个备用 1 个。

系统直流输出必须具备绝缘监察功能，对总母排的对地绝缘状况进行在线监测。绝缘监察装置应具备与监控模块通信功能，当系统发生接地故障或绝缘电阻下降到设定值时，应能显示接地极性并及时、可靠地发出告警信息。

7.3.2 交流供电系统

三相供电电压不平衡度不大于 4%。电压波形正弦畸变率 380V 系统不大于 5%，10KV 系统不大于 4%，电流谐波允许值参见 GB/T14549-93。

7.4 液冷散热系统供电

7.4.1 机房液冷散热系统设备用电负荷等级应按一级负荷供电。

7.4.2 液冷散热系统用电与电子信息设备用电宜引自于不同的变压器；

7.4.3 液冷散热系统设备的供电应由低压配电室配电柜引出双回路插接母线或电缆至机房内总箱(柜)自动切换，分单回路采用电缆至各散热系统设备附近的分配电箱。液冷散热系统设备应采用交流不间断电源供电，优先选用 EPS。

7.5 防雷接地

7.5.1 防雷与接地应符合 GB 50689 及 GB 50057 相关要求。

7.5.2 机房所在建筑物必须采用联合接地的方式。将建筑物基础和各类设备、装置的接地系统所包含的所有电气连接与建筑物金属构件、低压配电接地线、防静电接地等连接在一起，并应将环形接地体与建筑物水平基础内钢筋焊接连通。

7.5.3 机房应采用外部防雷装置、内部等电位连接和雷电电磁脉冲防护等综合防雷系统。

7.5.4 数据中心内部等电位连接应采用星形、网状或混合型结构。

7.5.5 各等电位连接网络均应与共用接地系统有直通大地的可靠连接，每个通信子系统的等电位连接系统，不宜再设单独的引下线接至总接地排，而宜将各个等电位连接系统用接地线引至本楼层接地排。

7.5.6 非水液冷通道各处应分别做好等电位联接、可靠接地。机房内配电设备的正常不带电部分均应接地，严禁作接零保护。

7.5.7 屋面的自然冷却单元及露天设备应采取避雷措施，设备外壳应与屋面避雷带或接地预留端子就近连通，室外避雷引下线应直接接到机楼地网。

7.5.8 数据中心雷电过电压保护设计，应合理设置各防雷区的 SPD（浪涌保护器），其保护水平应小于该防雷区内被保护设备的耐压水平。

7.5.9 用于电源的 SPD 的连接线及接地线截面积，应符合表 2 的规定：

表 2 连接线与接地截面积

名称	多股铜线截面积 (S) mm ²		
	≤16	≤70	>70
配电电源线			
引接线	16	16	16
接地线	16	16	35

8 线缆系统

8.1 走线架要求

8.1.1 机房线缆布放应尽可能采用上走线方式，机房内液冷系统管路应采用地板下走管方式。

8.1.2 机房线缆布放时应采用走线架，走线架应选择开放式线架，并应设置多层走线架。交流电缆、直流电缆、信号电缆严禁交叉混走，各走线架用途应有清晰标识。

8.2 电缆布放要求

8.2.1 不同电压等级的电缆不宣布放在同一走线架，若线缆根数少需布放在同一走线架内时，应分开两边敷设。主机房布线系统中的铜缆与电力电缆或配电母线槽之间的最小间距应根据机柜的容量和线缆保护方式确定。

8.2.2 交流电缆与直流电缆在机房内宜做物理隔离。交、直流电缆无法避免同架长距离并行敷设时应采取屏蔽措施。

8.2.3 机架内应采用集成通道，以便于管理、布设和大量缆线的存储。数据线和电源线宣布设在机架上方并应存储在机架背面，以便于维护和管理。同时，缆线管理应避免电源线和数据线妨碍排出气流。

9 消防要求

9.1 机房防火和灭火系统设计，应符合 GB 50016-2014、GB 50045、GB 50370 和 GB 50174-2017 的规定。

9.2 A 级数据中心的主机房宜设置洁净气体灭火系统，也可设置高压细水雾灭火系统。B 级和 C 级数据中心的主机房宜设置洁净气体灭火系统，也可设置高压细水雾灭火系统或预作用自动喷水灭火系统。

9.3 机房应设置火灾自动报警系统，并应符合 GB 50116 的有关规定。

10 智能化系统

10.1 数据中心应设置总控中心、环境和设备监控系统、安全防范系统、火灾自动报警系统、数据中心基础设施管理系统等智能化系统,各系统的设计应根据机房的等级,按GB 50314、GB 50348、GB 50116和GB 50464的要求执行。

10.2 智能化各系统可集中设置在总控中心内,供电电源应可靠,宜采用独立不间断电源系统供电,当采用集中不间断电源系统供电时,各系统应单独回路配电。

10.3 智能化系统宜采用统一系统平台(群控系统),宜采用集散或分布式网络结构及现场总线控制技术,支持各种传输网络和多级管理。系统平台应具有集成性、开放性、可扩展性及可对外互联等功能。系统采用的操作系统、数据库管理系统、网络通信协议等应采用国际上通用的系统。

10.4 智能化系统应具备显示、记录、控制、报警、提示及趋势和能耗分析功能。

10.5 宜具备可视化功能,建模管理方式与实际数据中心一一对应,实现对电子信息设备的信息掌控,当出现异常告警时准确及时定位异常设备。

10.6 系统宜具备资产管理功能,实现机柜级别设备管理。

10.7 宜对电子信息设备硬件进行带外、带内的统一管理;宜具备面向电子信息设备的南向接口,使得电子信息设备的北向接口可接收来自能耗监测系统的节能配置策略。

10.8 动力和环境监控系统应符合下列规定:

- a) 监测和控制主机房和辅助区的温度、露点温度或相对湿度等环境参数,当环境参数超出设定值时,应报警并记录。核心设备区及高密设备区宜设置机柜微环境监控系统。
- b) 主机房内有可能发生水患的部位应设置漏水检测和报警装置;强制排水设备的运行状态应纳入监控系统。
- c) 环境检测设备的安装数量及安装位置应根据运行和控制要求确定,主机房的环境温度、露点温度或相对湿度应以冷通道或以送风区域的测量参数为准。
- d) 机电设备的运行状态、能耗进行监视、报警并记录。服务器液冷系统、机房专用空调设备、冷水机组、柴油发电机组、不间断电源系统等设备自身应配带监控系统,监控的主要参数应纳入设备监控系统,通信协议应满足设备监控系统的要求。
- e) 通过能耗监测设备及采集数据,可直接显示机房的PUE值,包括实时数据及不同时间区间的历 史数据。

f) 监控冷却介质实时参数，主要检测指标包括但不限于：电导率、清洁度、压力、温度、流量等。

附录 A (资料性附录)

(温水冷板式间接液冷数据中心基础设施结构)

高热回收型直接液冷系统由二次冷却环路、一次冷却环路和热回收循环系统组成。

一次冷却环路主要由液冷设备、冷量分配单元CDU（含泵和热交换器一次冷却侧）、一次冷却环路构成。一次冷却环路用于连接液冷设备和冷量分配单元CDU，冷量分配单元CDU内含泵和热交换器，液冷系统内冷却介质提供循环动力，经由一次冷却环路向液冷设备输送一定温度和流量的循环液冷工质，液冷工质吸收液冷设备的热量后再经由一次冷却环路流回到冷量分配单元，并将热量由冷量分配单元内部的热交换器传递给热回收循环系统，或二次冷却环路。

冷量分配单元CDU除了提供液冷工质循环动力和散热功能外，还应具备如下功能：

- a) 通过温度控制，避免一次冷却环路的凝露。
- b) 实现一次冷却环路冷却水与二次冷却环路或热回收循环系统的热交换和隔离，支持将一次冷却环路液冷工质的热交换到热回收循环系统或直接交换到二次冷却环路。
- c) 支持网络管理。网络管理协议SNMP或者RS485 modbus。

二次冷却环路包括冷量分配单元（热交换器二次冷却环路侧）、二次冷却循环管路、水泵、冷却装置。二次冷却环路参考传统的冷却水循环系统，不需要特殊设计；其中冷却装置可以根据实际条件选用干冷器或者冷却塔等经济冷却装置。

热回收循环系统通常与冷热分配单元进行连接并完成热交换，热量通过冷热分配单元进入热回收循环系统，由于机房发热量以及热回收循环系统可能存在的用热波动，往往将二次冷却环路与热回收循环系统进行并联做动，根据用热需要智能控制二次冷却环路接入的开度。

参考文献

- [1] YD 5003-2014 通信建筑工程设计规范

鸣谢

以下人员参与了本标准的研究制定工作，特此鸣谢（排名不分先后）：
