

ICS 23.120

CCS Q 76

团体标准

T/DZJN 249—2024

数据中心间接蒸发冷却塔

Indirect evaporative cooling tower of data centers

2024-05-20 发布

2024-06-20 实施

中国电子节能技术协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 形式与基本参数	5
4.1 型式	5
4.2 型号编制	5
4.3 基本参数	5
5 要求	6
5.1 一般要求	6
5.2 性能要求	7
5.3 电气要求	9
5.4 塔体材料	9
6 试验方法	10
6.1 试验设备规定	10
6.2 测量仪表精度及测量规定	10
6.3 试验条件	11
6.4 试验用仪表	11
6.5 性能试验	12
6.6 电气要求试验	13
6.7 塔体材料	13
7 检验规则	14
7.1 检验分类	14
7.2 出厂检验	14
7.3 型式检验	15
8 标志、包装、运输和贮存	16
8.1 标志	16
8.2 包装	16
8.3 运输和贮存	16
8.4 随机文件	17
9 其他	17
9.1 原材料	17
9.2 风机	17
9.3 防护等级	17
9.4 换热模块	17
9.5 表面式冷却器	18
9.6 机组防护	18

9.7 水管路	18
9.8 布水系统	18
9.9 排水	18
9.10 填料	18
9.11 电气	18
9.12 结构设计	18
9.13 使用环境条件	19
9.14 机组尺寸范围	19
附录 A（规范性）水质要求	20
附录 B（规范性）环境温湿度测量	22
附录 C（规范性）冷却能力实验方法	23
参考文献	27

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。

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。

本文件由中国电子节能技术协会数据中心节能技术分会提出。

本文件由中国电子节能技术协会归口。

本文件起草单位：西安工程大学、深圳易信科技股份有限公司、中国电子节能技术协会数据中心节能技术分会、中国电信股份有限公司浙江分公司、北京电信规划设计院有限公司、浙江金菱制冷工程有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、中国移动通信集团设计院有限公司、中国建筑西北设计研究院有限公司、中通服咨询设计研究院有限公司、广州市华德工业有限公司、广东申菱环境系统股份有限公司、上海赛一环保设备有限公司、南京佳力图机房环境技术股份有限公司、重庆市通信建设有限公司、中国建筑标准设计研究院有限公司、北京领智信通节能技术研究院、中国中元国际工程有限公司、上海电子工程设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：黄翔、白本通、贾继伟、刘和军、贾峻、何仁兔、褚俊杰、吕天文、吴学渊、孙颖、代聪、黄华柱、娄小军、贾永宏、王桂坤、徐婧芳、李志明、来幼花、金小翔、钱伟、石纪赞、黄运松、郑浩、赵春晓、李依轩、严政、刘涛、刘斌、马敏、田振武。

数据中心间接蒸发冷却塔

1 范围

本文件规定了数据中心间接蒸发冷却塔（以下简称“间接蒸发冷却塔”）的术语和定义、型式与基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存等。

本文件适用于具有空气预处理模块，利用蒸发冷却原理，以水、空气为介质，能根据数据中心需求产出相应水温、为液冷工作介质降温或供冷凝器散热的复合式间接蒸发冷却塔。以其他液体作为介质的间接蒸发冷却塔制造也可参照此文件。

本文件不适用于产生高温冷水的间接蒸发冷却冷水机组。

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 151 热交换器
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 1449 纤维增强塑料弯曲性能试验方法
- GB/T 775.1 绝缘子试验方法 第1部分一般试验方法
- GB/T 2518 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 7190.1 机械通风冷却塔 第1部分：中小型开式冷却塔
- GB/T 7190.2 机械通风冷却塔 第2部分：大型开式冷却塔
- GB/T 8924 纤维增强塑料燃烧性能试验方法氧指数法
- GB/T 13912 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法
- GB/T 16803 供暖、通风、空调、净化设备术语
- GB/T 17758 单元式空气调节机
- GB 19761 通风机能效限定值及能效等级
- GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价值
- GB/T 30192 水蒸发冷却空调机组
- GB/T 31539 结构用纤维增强复合材料拉挤型材
- JB/T 4330 制冷和空调设备噪声的测定
- JB/T 7658.5 氨制冷装置用辅助设备 第5部分：蒸发式冷凝器
- JB/T 11964 蒸发冷却用填料
- JB/T 14640 计算机和数据处理机房用复合式间接蒸发冷却冷水机组

3 术语和定义

GB/T 7190.1、GB/T 16803及JB/T 14640中界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

间接蒸发冷却塔 indirect evaporative cooling tower (IECT)

通过非直接接触的方式对进入冷却塔的室外空气进行预冷,使得循环冷却水出水温度低于普通冷却塔的散热设备。

3.2

淋水填料 filler

将循环冷却水以水膜或水滴形式和空气接触,以增加接触面积和延长接触时间的一种装置,简称填料。

3.3

配水系统 cooling water distribution system

将循环冷却水均匀喷洒到填料顶部,由水槽或管道与喷头组成的一种装置。

3.4

收水器 drift eliminator

用于收集出塔空气所夹带水滴的一种装置。

3.5

换热模块 heat exchanging module

由盘管或板片间壁式换热器、淋水填料(部分含有)等换热元件构成的换热单元。

3.6

表面式冷却器 air surface cooler

通过管内流动的冷媒水将流经管外换热翅片的空气等湿冷却,通常由翅片型换热管组成的一种换热装置,简称表冷器。

3.7

喷淋水 spray water

通过配水系统喷淋至换热模块并只在塔内自循环的水,又称为循环冷却水。

3.8

直接蒸发冷却 direct evaporative cooling

空气和水直接接触,因水蒸发吸收汽化潜热而使空气或水温度下降的过程。

3.9

间接蒸发冷却 indirect evaporative cooling

工作空气与水直接接触，通过热湿交换降低其干球温度，产出空气通过非直接接触的方式被工作空气通过蒸发冷却方式产生的冷空气或冷水冷却的过程。

3.10

干球温度 dry-bulb temperature

暴露于空气中但又不受太阳直接辐射的干球温度表上所指示的数值，单位：°C。

3.11

露点温度 dew-point temperature

在大气压力一定、含湿量不变的条件下，未饱和空气因冷却而到达饱和时的温度，单位：°C。

3.12

湿球温度 wet-bulb temperature

暴露于空气中但又不受太阳直接辐射的湿球温度表上所指示的数值，单位：°C。

注：间接蒸发冷却塔出水温度介于室外空气湿球温度与露点温度之间时，把这种状态的温度称之为亚湿球温度。

3.13

气水比 air-water ratio

进塔干空气质量流量（kg/h）与进塔冷却水质量流量（kg/h）之比。

3.14

热力性能曲线 thermal performance curves

冷却塔冷却数与气水比的关系曲线。

3.15

标准工况 standard condition

评价间接蒸发冷却塔性能时统一的工况条件，包括进塔空气干球温度、湿球温度、大气压力、循环冷却水流量、进塔水温、出塔水温。

3.16

额定冷却水流量 nominal cooling water flow rate

冷却塔在额定工况下，制造商标称的冷却水流量(m³/h)。

3.17

标准冷却水流量 standard cooling water flow rate

冷却塔在额定工况下运行的实际所能达到的冷却水流量(m³/h)。

3.18

耗水量 water consumption

指补充循环冷却水系统运行过程中损失的水量，单位为 m^3/h 。符号： Q_m 。

3.19

冷却能力 cooling capacity

冷却塔冷却性能计算结果，用百分比表示的换算成标准工况的进出塔水温差与标准工况条件下进出塔水温差的比值或冷却塔标准冷却水流量与额定冷却水流量的比值。

3.20

输入功率 power input

间接蒸发冷却塔风机、水泵和辅助用电设备输入功率之和（包含间接蒸发冷却功率和直接蒸发冷却功率），单位： kW 。

3.21

能效比 energy efficiency ratio

间接蒸发冷却塔的散热量与输入功率之比，单位： kW/kW 。

3.22

耗水比 consumptive water ratio

间接蒸发冷却塔额定耗水量(m^3/h)与额定冷却水流量（或称喷淋水量）(m^3/h)的比值。

3.23

飘水率 drift ratio

单位时间内从冷却塔出风口飘出的水量与冷却水流量之比值（%）。

3.24

冷却塔系统保有水量 water retention of cooling tower system

冷却塔系统相关水容积的总和（即需要进行水质处理的水容积总和，包括冷却塔、管路及远置贮水槽的蓄水容积），单位： m^3 。

3.25

冷却塔底盘水容积 sump water volume of cooling tower

单台间接蒸发冷却塔底盘水容积（不包括远置贮水槽/箱/池），单位： L 。初次注水水位线以下的水体积（容积）。

4 形式与基本参数

4.1 型式

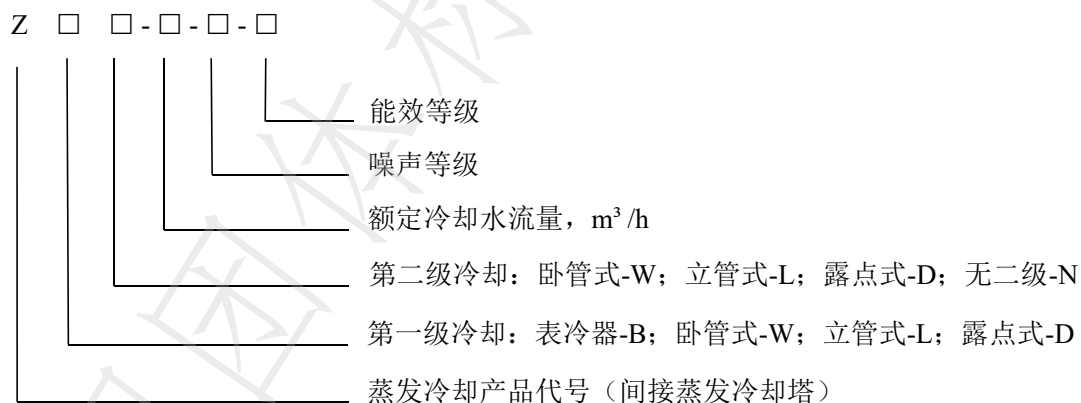
间接蒸发冷却塔的形式及分类如表1所示。

表1 数据中心间接蒸发冷却塔分类

不含表冷器预冷式	卧管间接预冷式
	立管间接预冷式
	露点间接预冷式
含表冷器预冷式	表冷器预冷式
	表冷器-卧(立)管间接预冷式
	表冷器-露点间接预冷式

4.2 型号编制

数据中心间接蒸发冷却塔按结构形式、额定冷却水流量、噪声等级、能效等级等进行标记。编号由制造商自行确定。



4.3 基本参数

间接蒸发冷却塔的适用范围: 气候条件-45℃~45℃, 大气压力为99.4 kPa。

间接蒸发冷却塔标准工况如表2所示。

表 2 间接蒸发冷却塔标准工况

单位：℃

项目		室外环境			水温	
		干球温度	湿球温度	露点温度	出水温度	进水温度
夏季散热	额定工况	35	28	25.8	29	34
	高湿工况	31.5	28	26.9	29	34
冬季散热	冬季工况	22	15	10.2	16	22
	低温工况	0	-	-	16	22

5 要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 间接蒸发冷却塔应按规定程序批准的图样和技术文件（或按用户和制造商的协议）制造。
- 5.1.2 风机和水泵应适应潮湿的工作环境，其防护等级应高于或等于 GB/T 4208 中规定的 IP55，且满足长期连续运转风机效率应高于或等于 GB 19761 规定的通风机能效 2 级，循环水泵效率应高于或等于 GB 19762 规定的节能评价价值。
- 5.1.3 间接蒸发冷却塔的黑色金属制件，表面应进行防锈蚀处理。
- 5.1.4 电镀件表面应光滑、色泽均匀，应无剥落、露底、针孔等明显的花斑或划伤缺陷。
- 5.1.5 间接蒸发冷却塔塔体材料要求按 5.4 的规定执行。
- 5.1.6 间接蒸发冷却塔装饰性塑料件表面应平整光滑、色泽均匀，应无裂痕、气泡和明显缩孔等缺陷，塑料件应耐老化。
- 5.1.7 蒸发冷却填料要求按 9.10 的规定执行。
- 5.1.8 如存在间接蒸发冷却段，应符合 GB/T 30192 的规定，且应满足夏季工况间接冷却需求、冬季工况自然冷却需求。
- 5.1.9 间接蒸发冷却塔水箱与管路连接处应无有漏水、破损及龟裂痕迹。
- 5.1.10 间接蒸发冷却塔的隔热层应有良好的隔热性能，在正常工作时表面应无有凝露现象。
- 5.1.11 间接蒸发冷却塔内与水接触的表面应保持清洁、塔体外表面应清洁。
- 5.1.12 间接蒸发冷却塔各零部件的安装应牢固、可靠，风机、水泵应具有防振动措施。
- 5.1.13 间接蒸发冷却塔的电气控制应包括对水泵、风机的控制，一般还应具有电机过载保护、缺相保护（三相电源），水系统断流保护、防冻保护，塔体内部水箱低水位保护、定时自动排水等功能。
- 5.1.14 间接蒸发冷却塔需具备户外连续运转功能，连续运转应满足性能要求。

5.1.15 间接蒸发冷却塔需具备冬季散热需求，冬季散热应满足性能要求。

5.2 性能要求

5.2.1 启动运转

间接蒸发冷却塔在额定电压、额定频率下正常启动和运转，零部件应无松动、杂音和异常发热等现象。

5.2.2 飘水率

间接蒸发冷却塔在额定流量范围内，应小于或等于 0.010%。

5.2.3 底盘水容积

单台间接蒸发冷却塔底盘水容积应高于或等于额定冷却水小时流量的 1.2%。

5.2.4 额定保有水量

额定保有水量应考虑冷却塔本身所需水量的同时考虑冷却塔系统水质处理所需的水量需求；应高于或等于额定冷却水小时流量的 1.7%。

5.2.5 水量关系计算

根据水量平衡计算见公式（1）：

$$Q_m = Q_e + Q_b + Q_d \quad \dots\dots\dots (1)$$

根据物质平衡计算见公式（2）：

$$N = Q_m / (Q_b + Q_d) = (Q_e + Q_b + Q_d) / (Q_b + Q_d) = 1 + Q_e / (Q_b + Q_d) \quad \dots\dots\dots (2)$$

推导出的计算见公式（3）：

$$Q_b + Q_d = Q_e / (N - 1) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Q_e —— 蒸发水量（ m^3/h ）；

Q_b —— 排污水量（ m^3/h ）；

Q_d —— 飞溅水量（包括滴落、风吹和渗漏）（ m^3/h ）；

Q_m —— 耗水量（ m^3/h ）；

N —— 浓缩倍数；

Q_r —— 循环冷却水流量（ m^3/h ）。

5.2.6 出水温度

在标准工况下，间接蒸发冷却塔的出水温度应小于或等于额定值。

5.2.7 能效比

在标准工况下，间接蒸发冷却塔的能效比分级应高于或等于表 3 规定的限值。

表 3 间接蒸发冷却塔能效比等级表

能效等级	能效比
1级	≥ 50
2级	≥ 40 且 < 50
3级	< 40

5.2.8 耗水比

在标准工况下，测得的耗水量和间接蒸发冷却塔冷却水流量的比值应小于或等于 1.16%。

5.2.9 噪声

在标准工况下，间接蒸发冷却塔的噪声应满足表 4 的规定，且小于或等于额定值+2 dB（A）。

表 4 间接蒸发冷却塔的噪声要求

额定冷却水流量 (m ³ /h)	噪声指标/dB(A)				
	额定工况				高湿工况
	1级	2级	3级	4级	5级
8	60.0	63.0	66.0	69.0	75.0
15	61.0	64.0	67.0	70.0	75.0
30	62.0	65.0	68.0	71.0	75.0
50	63.0	66.0	69.0	72.0	75.0
75	64.0	67.0	70.0	73.0	75.0
100	65.0	68.0	71.0	74.0	80.0
150	66.0	69.0	72.0	75.0	80.0
200	67.0	70.0	73.0	76.0	80.0
300	68.0	71.0	74.0	77.0	80.0
400	69.0	72.0	75.0	78.0	80.0
500	70.0	73.0	76.0	79.0	83.0
600	71.0	74.0	77.0	79.5	83.0
700	72.0	75.0	77.5	80.0	83.0
800	73.0	76.0	78.0	80.5	83.0
900	74.0	77.0	78.5	81.0	83.0
1000	75.0	78.0	79.0	81.5	83.0

5.2.10 振动

按本文件 6.5.9 的规定进行振动试验时，间接蒸发冷却塔的实测振幅应小于或等于 25 μm 。

5.2.11 水质要求

间接蒸发冷却塔水系统水质要求按附录 A 规定。

5.2.12 冷却能力

冷却能力应大于或等于 95.0%，冷却能力试验方法按附录 C 规定。

5.3 电气要求

5.3.1 绝缘电阻

间接蒸发冷却塔的对地绝缘电阻值冷态应大于或等于 2 $\text{M}\Omega$ 。

5.3.2 电气强度

按 6.6.2 的规定进行试验时，应无击穿和闪络现象发生。

5.3.3 泄漏电流

按 6.6.3 的规定进行试验时，间接蒸发冷却塔外露金属部件和电源任意一极间的泄漏电流应小于或等于 5 mA 。

5.3.4 接地电阻

间接蒸发冷却塔外漏金属部分与接地端之间的电阻值应小于或等于 0.1 Ω 。

5.4 塔体材料

5.4.1 复合材料件

5.4.1.1 外观

厚度均匀、边缘整齐，表面光洁平整、色泽均匀，应无裂纹、分层、气泡、毛刺、纤维裸露、纤维浸润不良等缺陷，切割加工断面应加封树脂。

5.4.1.2 氧指数

有阻燃要求时，应大于或等于 30%。

5.4.1.3 力学性能

手糊成型制品和片状模塑料（SMC）模压制品弯曲强度应大于或等于 147 MPa ；拉挤型材制品由制造商进行结构设计并确定材料等级和壁厚，非结构用拉挤型材力学性能应高于或等于 GB/T 31539 中的“M17 级”；结构用拉挤型材力学性能应高于或等于 GB/T 31539 中的“M23 级”。

5.4.2 金属件

5.4.2.1 外观

平整，涂层均匀无漏涂、无损伤。

5.4.2.2 浸锌层厚度

连续热镀锌钢板及钢带浸锌层厚度应符合 GB/T 2518 的要求；碳钢加工件热浸镀锌层厚度应符合 GB/T 13912 的要求。

6 试验方法

6.1 试验设备规定

6.1.1 试验设备应按产品说明书要求进行组装和安装，除试验方法有规定外，不应采取任何特殊处理措施。

6.1.2 试验设备经核实满足 5.1 规定后方可进行试验。

6.2 测量仪表精度及测量规定

6.2.1 测量仪表、仪器精度按照 GB/T 775.1 中 6.1.4 表 4 的规定并经校验或校准合格。

6.2.2 测量按以下规定进行：

测量仪表的安装和使用按 GB/T 17758 的规定；

环境空气干、湿球温度采用取样法测量，应符合附录 B 的规定。

6.2.3 测量时，应符合以下规定的条件：

空气干、湿球温度偏差按表 6 的规定；

被测间接蒸发冷却塔应在额定频率、额定电压下运行，其频率偏差值应小于或等于 ± 0.5 Hz，电压偏差应小于或等于 $\pm 5\%$ 。

6.2.4 被测间接蒸发冷却塔的测试环境应充分宽敞，并且应不影响散热量的构造改装。

6.2.5 间接蒸发冷却塔测试读数偏差应满足表 5 的要求。

表 5 间接蒸发冷却塔测试读数偏差

项目		间接蒸发冷却塔进口空气状态		间接蒸发冷却塔进出水状态	
		干球温度 $^{\circ}\text{C}$	湿球温度 $^{\circ}\text{C}$	进出水温度 $^{\circ}\text{C}$	水流量 m^3/h
散热	额定工况	± 0.5	± 0.3	± 0.3	$\pm 5\%$
	高湿工况		± 0.3	± 0.5	
注：夏季补充水温 $(28 \pm 2)^{\circ}\text{C}$					

6.3 试验条件

6.3.1 间接蒸发冷却塔试验工况按表 6 的规定。

表 6 间接蒸发冷却塔试验工况

序号	项目		进口空气状态			补水温度 ℃	进水温度 ℃	水流量 m ³ /h	输入功率 kW
			干球温度 ℃	湿球温度 ℃	露点温度 ℃				
1	散 热 量	额定工况	35.0	28.0	25.8	28.0	34.0	额定值	额定值
2		高湿工况	31.5	28.0	26.9	28.0	34.0		
3	噪声		-	-	-	-	-	额定值	额定值
4	振动		-	-	-	-	-		

6.4 试验用仪表

在对间接蒸发冷却塔的测试过程中，所有测试仪器仪表的型式及准确度应符合表 7 的规定。

表 7 试验仪表

序号	测量参数	测量仪表	测量项目	精度
1	长度	卷尺、直尺	测点放置位置测量	1mm
2	温度	水银温度计、电阻温度计、热电偶温度计	冷却性能试验时间间接蒸发冷却塔进口空气干球温度、水温	0.1℃
3	湿度	氯化锂湿度计、干湿球湿度计、氧化铝湿度计	冷却性能试验时间间接蒸发冷却塔进口空气湿球温度	0.1℃
4	压力	大气压力计	大气压力	2Pa
5	水量	液体流量计	水流量、耗水量	1%
6	电压	电压表	电参数	0.5 级
7	电流	电流表		
8	功率	功率表		
9	频率	频率表		
10	噪声	声级计	间接蒸发冷却塔噪声	0.5dB (A)
11	振动	测振仪	间接蒸发冷却塔振幅	5%
12	时间	秒表		0.1s

6.5 性能试验

6.5.1 启动运转

试验设备应在额定电压条件下启动，稳定运转 5min，切断电源，停止运转，反复操作 3 次，检查零部件有无松动、杂音、过热等异常现象。

6.5.2 飘水率

按 GB/T 7190.2 所列的吸湿法进行飘水率的测试，其结果应符合 5.2.2 的规定。

6.5.3 底盘水容积

不同规格间接蒸发冷却塔对应的循环冷却水流量一般是不同的（循环水泵规格或工作参数不同）。采用电磁流量计法或超声波流量计法标定单台间接蒸发冷却塔额定循环冷却水小时流量，计算取得单台间接蒸发冷却塔额定底盘水容积（单位：L）。冷却塔集水底盘排空后用量具注入相应体积清水复核，并以液位刻度标识或水位线贴标记方式标注在冷却塔集水底盘内侧，其值应符合 5.2.3 的规定。

6.5.4 额定保有水量

采用电磁流量计法或超声波流量计法标定额定循环冷却水小时总流量，计算取得间接蒸发冷却塔系统额定保有水量（单位： m^3 ），包括水路相连的多台冷却塔、管路及远置贮水槽的蓄水容积，其结果应符合 5.2.4 的规定。

6.5.5 出水温度

在额定工况下，在靠近间接蒸发冷却塔出水主管直管上用温度计测试的出水温度。在出水主管直管上焊接盲管，盲管进入主管深度为管径的 1/2。

6.5.6 能效比

在表 6 规定的试验工况下，测得的额定制冷量与机组消耗的总功率的比值，数值保留小数点后两位。

6.5.7 耗水比

在额定工况下，测得的耗水量与间接蒸发冷却塔冷却水流量的比值。耗水量以测试单位时间内间接蒸发冷却塔补充水量为准，取至少累计 2 h 测试值的平均值。

6.5.8 噪声

在表 6 规定的噪声试验工况下，采用声级计在距离设备底面 1.5 m 高，距间接蒸发冷却塔进风面水平距离 $1.13\sqrt{ab}$ m（a,b 分别为塔体的长和宽，单位为 m）的位置测试噪声。按照 JB/T 4330 规定的工程测定法测量和计算噪声。

6.5.9 振动

在表 6 规定的振动试验工况下，在试验设备底座的水平面上任取相互垂直的三个方向测试间接蒸发冷却塔振动的最大值。

6.6 电气要求试验

6.6.1 绝缘电阻

绝缘电阻试验按以下规定进行：

- a) 在常温常湿条件下，用 500 V 绝缘电阻计测量间接蒸发冷却塔带电部分和非带电部分之间的冷态绝缘电阻；
- b) 间接蒸发冷却塔连续运行满 30 min 后停机并断开电源，立即用绝缘电阻计测量间接蒸发冷却塔带电部分和非带电部分之间热态绝缘电阻。

6.6.2 电气强度

间接蒸发冷却塔在带电部分和非带电部分之间施加 1500 V 的交流电压，开始施加电压应小于或等于规定值的一半，然后快速升为全值，持续时间 1 min。批量试验时，可用 1800 V 电压及 1s 时间代替。

6.6.3 泄漏电流

间接蒸发冷却塔连续运行满 30 min 后停机并断开电源，立即在间接蒸发冷却塔外露金属部件与电源任意一极之间施加 110% 的额定电压 5s，测量间接蒸发冷却塔的泄漏电流。

6.6.4 接地电阻

用接地电阻仪测量间接蒸发冷却塔外壳与接地端子之间的电阻。

6.7 塔体材料

6.7.1 复合材料件

6.7.1.1 试样从产品上取样或随炉试样。

6.7.1.2 外观采用目测方法。

6.7.1.3 氧指数试验按 GB/T 8924 的规定。

6.7.1.4 弯曲强度试验按 GB/T 1449 的规定，拉挤型材力学性能试验按 GB/T 31539 的规定。

6.7.2 金属件

6.7.2.1 外观采用目测方法。

6.7.2.2 连续热镀锌钢板及钢带浸锌层厚度按 GB/T 2518 的规定；碳钢加工件热浸镀锌层厚度按 GB/T 13912 的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 产品检验分为出厂检验和型式检验。

7.1.2 检验项目按表 8 的规定。

表 8 检验项目表

序号	检验项目		出厂检验	抽样检验	型式检验	技术要求	试验方法	
1	性能 要求	启动运转	√			5.2.1	6.5.1	
2		飘水率				5.2.2	6.5.2	
3		底盘水容积（底盘上贴标识：初次注水水位线）				5.2.3	6.5.3	
4		额定保有水量				5.2.4	6.5.4	
5		出水温度				√	5.2.6	6.5.5
6		能效				√	5.2.7	6.5.6
7		耗水比				5.2.8	6.5.7	
8		噪声				5.2.9	6.5.8	
9		振动				5.2.10	6.5.9	
10	电气 要求	绝缘电阻	—			5.3.1	6.6.1	
11		电气强度	—			5.3.2	6.6.2	
12		泄漏电流	—			5.3.3	6.6.3	
13		接地电阻	—			5.3.4	6.6.4	

7.2 出厂检验

7.2.1 检验项目

外观、复合材料件弯曲强度、结构用拉挤型材力学性能和金属件浸锌层厚度。

7.2.2 检验方案

7.2.2.1 外观应逐台进行检查。

7.2.2.2 复合材料件弯曲强度、结构用拉挤型材力学性能、金属件浸锌层厚度按表 9 抽样。

表9 抽样方案

批量规范（件）	取样数	判定数组	
		Ac	Re
1~15	1	0	1
16~25	3	0	1
26~90	5	0	1
91~150	8	1	2
151~280	13	1	2
281~500	13	1	2

注 1：Ac—批作出合格判断样本中所允许的最大不合格品数或不合格数。

注 2：Re—批作出不合格判断样本中所不允许的最小不合格品数或不合格数。

7.2.3 判定规则

7.2.3.1 外观符合 5.4.1.1、5.4.2.1 的要求，判该项合格。如不符合，允许修补一次；如修补后符合规定，判该项合格，否则为不合格。

7.2.3.2 复合材料力学性能符合 5.4.1.3 的要求，判相应项为合格，否则为不合格。

7.2.3.3 镀锌层厚度符合 5.4.2.2 的要求，判相应项为合格，否则为不合格。

7.2.3.4 以上各项全部符合要求，冷却塔出厂检验合格，否则为不合格。

7.3 型式检验

7.3.1 检验项目

第 5 章规定的全部项目。

7.3.2 检验条件

有下列情况之一时，应进行型式检验。

- a) 产品为首制塔时；
- b) 主要原材料或工艺方法有较大改变时；
- c) 正常生产每满三年时；
- d) 停产一年以上，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.3.3 判定规则

7.3.3.1 冷却能力、噪声、能效、飘水率分别符合相应要求时为合格。如其中任何一项未符合要求，在不更换零部件的前提下，允许调整一次，重做试验（冷却能力、噪声、能效、飘水率同时进行），若该项已符合要求且另三项仍符合要求，判该项合格，否则判该项不合格。

7.3.3.2 复合材料件符合 5.4.1、金属件符合 5.4.2 要求为合格，否则判该项不合格。

7.3.3.3 以上每项指标均符合要求，判该塔合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

除按各行业、各企业外观要求实施外，储运标志应符合 GB/T 191 的规定。每台间接蒸发冷却塔应有铭牌，在塔体适当部位安装并固定铭牌，内容至少包括：

- a) 名称和型号；
- b) 主要设计参数，包括额定制冷量、额定冷却水流量、进塔水温、出塔水温、输入功率等；
- c) 制造厂名称；
- d) 生产日期；
- e) 执行标准；
- f) 出厂编号。

8.2 包装

8.2.1 包装应牢固可靠，有安全起吊标志。

8.2.2 电器部分应外套塑料罩或防潮纸，以免运输及贮存过程中受潮或淋雨。

8.2.3 包装箱内应有装箱单、产品合格证、产品安装使用说明书、保修卡等有关技术文件。

8.2.4 包装箱上应有不易褪色的装箱内容，标示下列内容：

- a) 产品型号、名称；
- b) 产品净重、毛重；
- c) 包装外形尺寸:长×宽×高；
- d) 装箱日期；
- e) 制造厂名称；
- f) 执行标准号。

8.2.5 产品合格证内容应至少包括：

- a) 产品出厂编号；
- b) 检验结论；
- c) 检验员签字或印章；
- d) 检验日期。

8.2.6 包装箱上应有防潮、防雨、防倒置、起吊标志、禁止翻滚、小心轻放、堆放层数等储运标志。

8.3 运输和贮存

8.3.1 运输

- a) 采用模块化组装，板车或集装箱运输，设计尺寸不得超过可运输尺寸，分模块需配置吊环或叉车槽；
- b) 冷却塔在运输过程中，应不受碰撞、挤压、抛投、雨雪淋袭。

8.3.2 贮存

- a) 冷却塔应不受暴晒或挤压，存放处应干燥、防水、防火，无腐蚀性介质并应有防止产品磕碰的措施；
- b) 宜放置于阴凉通风处，特别要注意电气系统的防雨防潮；
- c) 风机应妥善保管，防止叶片变形。

8.4 随机文件

随同产品应提供以下文件：

- a) 样本或产品说明书：内容包括设计湿球温度、露点温度、进出塔水温、冷却水流量、底盘水容积、风量、电动机功率、水泵功率、标准点噪声、主要安装尺寸、基本尺寸、基础载荷，安装、使用及维修说明；产品说明书应提供根据热力测试资料计算的热力性能曲线或数据，以供用户在非标准工况时确定塔的有关参数；
- b) 出厂合格证；
- c) 产品易损件明细表；
- d) 装箱单。

9 其他

9.1 原材料

所用的材料及部件应符合国家相关标准的技术要求,并经检验合格后方可使用。

9.2 风机

9.2.1 任何材质的风机叶片要求强度可靠，表面光洁，各截面过渡均匀，无裂纹、缺口、毛刺等缺陷。复合材料风机叶片的表面，其可见气泡直径小于或等于 3 mm，展向每 100 mm 区域内气泡数不超过 3 个。

9.2.2 风机应作静平衡试验，叶片平衡后应定位、编号。

9.3 防护等级

电动机和水泵应符合相关标准的要求，应能够适应潮湿的工作环境，其防护等级高于或等于 GB/T 4208 中规定的 IP55，且满足长期连续运转。

9.4 换热模块

9.4.1 间壁式换热器内外表面应作清洁处理，确保其干燥、清洁。

9.4.2 弯管的圆度公差应满足 JB/T 7658.5 的相关要求。

9.4.3 管子弯曲处的壁厚减薄量应满足 JB/T 7658.5 的相关要求，弯曲处应无折皱、压痕等缺陷。

9.4.4 碳钢换热管（片）及碳钢加工件应进行热浸锌处理，并符合 GB/T 13912 的要求。

9.4.5 在寒冷、严寒地区应增加防冻措施。

9.5 表面式冷却器

表面式冷却器应进行高于或等于 1.25 倍设计压力的压力试验，未做特殊说明时，设计压力一般为 0.98 MPa，试验方法按 GB/T 151 的规定。

9.6 机组防护

9.6.1 间接蒸发冷却塔需设置有防雨、遮阳功能的百叶，选配可拆卸的防柳絮网。

9.6.2 应用于冬季结冰区域的间接蒸发冷却塔可选配具有防冻功能的相关部件。

9.7 水管路

9.7.1 配水装置要求喷洒均匀、不易堵塞，拆卸方便，配水池应加盖，防止微生物孳生。（应具有水量平衡调节装置，能够向各布水装置均匀供水。）

9.7.2 供水、配水和回水管路中应无渗漏和泄露。

9.7.3 表冷器最高点处应设置排气阀，最低点处应设置排水阀。

9.7.4 连接间接蒸发冷却塔的供、回水管路应采取保温措施，在寒冷、严寒地区应增加防冻措施。

9.8 布水系统

9.8.1 配水装置要求喷洒均匀、不易堵塞，拆卸方便，配水池应加盖。（变流量设计，在设计流量 100%~30% 范围内都能均匀布水。）

9.8.2 要求设计合理，不易堵塞，并在最大设计水量不产生溢流。

9.8.3 要求布水系统能够在运行状态下进行检视。

9.9 排水

9.9.1 间接蒸发冷却塔应设置自动排污阀，具备根据 BA 要求自动排水的功能。

9.9.2 间接蒸发冷却塔在长期停用前应具备将水箱和管道内的水排空的功能。

9.10 填料

9.10.1 填料介质本身宜具备较好的亲水性和抑菌功能。

9.10.2 填料介质应具备良好的韧性，不易脆碎、变形；应具有良好的拼装强度，无坍塌、散落的隐患。

9.10.3 填料应符合 JB/T 11964 的规定，安装时应间隙均匀，顶面平整、无塌落和叠片现象。

9.10.4 填料应具有可清洗、易维护性。

9.10.5 填料结构安装应便于拆卸。

9.11 电气

冷却塔应有电气接线盒，并配置防雨水措施，外露电线宜采用金属软管保护。

9.12 结构设计

结构设计应保证冷却塔运行安全，应考虑抗震及防台风设计，并做相应强度校核。

9.13 使用环境条件

冷却塔的选用和安装需要应周围构筑物对正常通风的影响,水质对散热效果的影响以及噪声、羽雾对周围环境的影响。

9.14 机组尺寸范围

间接蒸发冷却塔单位冷量占地面积不宜超过 $0.015 \text{ m}^2/\text{kW}$ 。

附录 A
(规范性)
水质要求

表 A.1 间接蒸发冷却塔补充水水质要求

序号	检测项目	单位	间接蒸发循环冷却水系统
1	浊度	NTU	≤5
2	pH 值 (25°C)	-	6.5~8.5
3	电导率 (25°C)	μs/cm	不限定*A
4	钙硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	不限定; *再生水≤250
5	总硬度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	不限定*B/*C
6	总碱度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	不限定
7	总铁	mg/L	≤0.5
8	氯离子 (Cl ⁻)	mg/L	≤150; *再生水≤250
9	氨氮 (NH ₃ -N)	mg/L	≤5
10	COD	mg/L	≤30
11	细菌总数	CFU/L	≤1000

注: *A 电导率大于 750 μs/cm 的水质应降低浓缩倍数预期 (值)。

*B 总硬度≤142 mg/L 属于软水 (如长江、松花江、珠江等水质), 可直接使用。

*C 总硬度≥178 mg/L 时, 应降低浓缩倍数预期 (值) 或经预先软化后使用。

*间接蒸发循环冷却水系统补充水可采用再生水。

表 A.2 间接蒸发冷却塔循环冷却水水质要求

序号	检测项目	单位	间接蒸发循环冷却水系统限值
1	浊度	NTU	≤10
2	pH 值 (25°C)	-	7.0~9.5
3	电导率 (25°C)	μs/cm	不限定*D
4	钙硬度+总碱度 (以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤1100
5	总铁	mg/L	≤1.0
6	氯离子 (Cl ⁻)	mg/L	≤500
7	硅酸 (以 SiO ₂ 计)	mg/L	≤150
8	氨氮 (NH ₃ -N)	mg/L	≤10
9	COD	mg/L	≤100
10	细菌总数	CFU/L	≤100000
11	总磷 (以 P 计)	mg/L	0.5

注：*D：通过电导率控制排污（电导率在线监测与排污水量应联锁控制）。

附录 B
(规范性)
环境温湿度测量

间接蒸发冷却塔试验时的环境温湿度测量应符合以下规定：

- a) 机组空气入口处的温度测量应在冷水机组进风正面至少取 3 点，测量点的空气温湿度应不受间接蒸发冷却器二次排风口排出空气的影响；
- b) 温湿度测量仪或取样器（如图 B.1）的位置应离机组进风断面 600 mm；
- c) 测出的温湿度应是机组周围环境的代表值，试验中机组周围所规定的试验温度应尽可能地模拟实际使用中的状况。

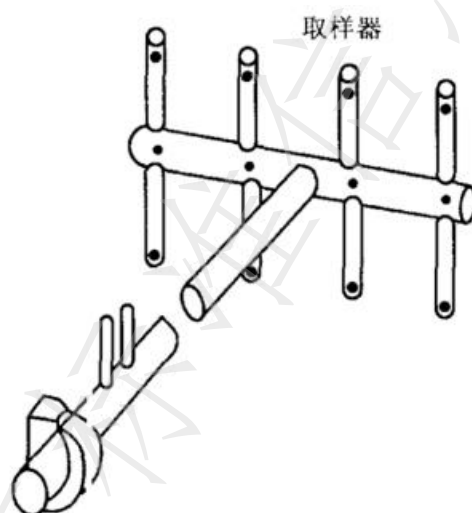


图 B.1 典型空气取样器示意图

附 录 C
(规范性)
冷却能力实验方法

C.1 范围

本方法适用于间接蒸发冷却塔的冷却能力测试及计算。

C.2 原理

在实测条件下,间接蒸发冷却塔的循环冷却水流量与该塔运行曲线簇或数据表中获得的对应实测工况条件下的设计循环冷却水流量之比,用百分比来表示。

C.3 试验条件

C.3.1 新塔或运行一年以内。

C.3.2 空气湿球温度应在 $10.0^{\circ}\text{C}\sim 31.0^{\circ}\text{C}$ 。

C.3.3 应在环境平均风速小于 4m/s 、阵风小于 7m/s 、无雨的条件下测试。

C.3.4 进间接蒸发冷却塔循环冷却水流量应为设计水流量的 $60\%\sim 140\%$ 。

C.3.5 进间接蒸发冷却塔循环冷却水温应为 $26.0^{\circ}\text{C}\sim 39.0^{\circ}\text{C}$ 。

C.3.6 进出间接蒸发冷却塔循环冷却水温降大于或等于 5.0°C 。

C.3.7 喷淋水质总溶解固体不超过 5000 mg/L ,油、焦油或其他油脂性物质不超过 10 mg/L ,不含有直径大于 5 mm 的固态杂质。

C.3.8 间接蒸发冷却塔输入功率与设计值偏差在 10% 以内。

C.4 仪器

C.4.1 通风干湿球温度计,最小分度值小于或等于 0.2°C ,精度高于或等于 0.5 级。

C.4.2 空盒气压表或其他气压计。

C.4.3 毕托管、超声波流量计或其他流量测试仪器,精度高于或等于 1.5% 。

C.4.4 棒式水银温度计或热电偶、铂电阻温度计,最小分度值小于或等于 0.1°C ,精度高于或等于 0.2 级。

C.4.5 三相功率表和互感器,精度高于或等于 1.5% 。

C.4.6 旋桨式风速仪、低速风表,精度高于或等于 1.5% 。

C.5 试验步骤

C.5.1 仪器安装布置应符合以下要求:

- a) 进风干湿球温度计安装在距进风口外2 m~5 m、距地面1.5 m处。温度计应避免阳光直射,所在空间通风良好。
- b) 大气压力计的测点布置同C.5.1a), 但只设一个测点。也可选用附近气象站的相应参数。
- c) 进间接蒸发冷却塔循环冷却水流量的测点布置在进塔水管上,测点前后均需有5~7倍管径的平直段。
- d) 进水温度的测点应靠近间接蒸发冷却塔的压力管内,在管道上应事先焊上装温度计的铜管,并内装少许导热油,使传热均匀。
- e) 出水温度的测点布置在出水管。
- f) 预冷干球温度计安装在预冷段与填料之间的空隙位置,通风良好,避免被水滴打湿。

C.5.2 系统稳定运行,每组测试数据间的允差范围应符合如下要求:

- a) 进间接蒸发冷却塔空气湿球温度: $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$;
- b) 进间接蒸发冷却塔循环冷却水温: $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$;
- c) 进间接蒸发冷却塔循环冷却水流量: $\pm 2\%$;
- d) 进出间接蒸发冷却塔循环冷却水温降: $\pm 5\%$;
- e) 大气压: $\pm 8\text{ kPa}$ 。

C.5.3 在 C.5.2 允差范围内采集数据,数据采集时长大于或等于30 min,记录的有效测试数据不少于5组。主要试验参数及相应读数频率高于或等于表 C.1 要求。

表 C.1 主要试验参数及相应读数频率

序号	参数	读数频率/(次/h)	每次间隔/min
1	大气压	1	60
2	进间接蒸发冷却塔空气干球温度	12	5
3	进间接蒸发冷却塔空气湿球温度	12	5
4	进间接蒸发冷却塔循环冷却水温度	12	5
5	出间接蒸发冷却塔循环冷却水温度	12	5
6	进间接蒸发冷却塔循环冷却水流量	12	5
7	间接蒸发冷却塔输入功率	1	60

C.6 结果及计算

C.6.1 测试数据的处理

取每组工况各参数有效测试数据的算术平均值作为该组工况的有效数据。

C.6.2 冷却能力的计算

冷却能力计算见公式 (C.1)：

$$\eta = \frac{k_1 Q_t}{k_2 Q_d} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

式中：

η ——冷却能力；

k_1 ——功率修正系数；

Q_t ——实测循环冷却水流量，单位为立方米每小时(m³/h)；

k_2 ——大气压力修正系数；

Q_d ——根据实测气象参数、进间接蒸发冷却塔水温和进出间接蒸发冷却塔水温差，从制造商提供的运行曲线或数据表中，查得或通过线性插值方式获得的设计循环冷却水流量，单位为立方米每小时(m³/h)。

C.6.3 参数的计算

若实测的间接蒸发冷却塔输入功率、大气压力和设计参数有偏差时，功率修正系数 k_1 计算见公式 (C.2)，大气压力修正系数 k_2 计算见公式 (C.3)：

$$k_1 = \left(\frac{W_d}{W_1}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \dots\dots\dots(C.2)$$

式中：

k_1 ——功率修正系数；

W_d ——设计输入功率，单位为千瓦(kW)；

W_1 ——实测输入功率，单位为千瓦(kW)。

$$k_2 = 1 + 0.0023(p_s - p_t) \quad \dots\dots\dots(C.3)$$

式中：

k_2 ——大气压力修正系数；

p_s ——标准工况大气压力，单位为千帕(kPa)；

p_t ——实测大气压力，单位为千帕(kPa)。

C.7 试验报告

C.7.1 间接蒸发冷却塔的冷却能力、噪声、能效、飘水率等指标相互关联，不宜就其中某项指标做单独测试并出具测试报告。

C.7.2 试验报告内容至少包括以下a)、b)及c)~g)中的部分或全部：

a) 试验结果；

b) 间接蒸发冷却塔关键参数,至少包括实测外形尺寸、额定循环冷却水流量、电动机额定功率及

极数、风机直径及叶片数量、预冷水泵功率等；

- c) 试验任务、目的；
- d) 间接蒸发冷却塔设计、运行的概况及有关示意图；
- e) 方法、仪器及测点布置；
- f) 试验记录整理、数据汇总；
- g) 负责与参加试验的单位、人员、试验日期。

全国团体标准信息平台

参考文献

- [1] GB/T 7190.3-2019 机械通风冷却塔 第3部分：闭式冷却塔
 - [2] JGJ 342 蒸发冷却制冷系统工程技术规程
 - [3] JGT 580-2022 间接蒸发冷水机组
 - [4] T/DZJN 10 数据中心蒸发冷却空调技术规范
 - [5] T/DZJN 27 数据中心蒸发冷却空调设备
 - [6] T/DZJN 81 数据中心蒸发冷却水质标准
-