

T/CAEE

团 体 标 准

T/CAEE XXX—2025

模块化节水消雾冷却塔

Modular Water-Saving Anti-Fog Cooling Tower

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国电子装备技术开发协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本构成 2

5 技术要求 2

6 试验方法 4

7 检验规则 7

8 标志、包装、运输及贮存 8

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专利的责任。

本文件由中国电子装备技术开发协会提出。

本文件由中国电子装备技术开发协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

模块化节水消雾冷却塔

1 范围

本标准规定了模块化节水消雾冷却塔的术语和定义、基本构成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存等内容。

本标准适用于工业领域中使用的模块化节水消雾冷却塔。

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 700 碳素结构钢
GB/T709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T2518 连续热镀锌钢板及钢带
GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
GB/T14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
GB/T 12771-2022 《流体输送用不锈钢焊接钢管》
GB/T15386 空冷式换热器
GB 3096 《声环境质量标准》
GB 18613 《中小型三相异步电动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》
DL/T 742 《冷却塔塑料部件技术条件》
DL/T 1027 《工业冷却塔测试规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模块化节水消雾冷却塔 Modular Water-Saving Anti-Fog Cooling Tower

由多个模块组合而成，通过特定的消雾节水技术，实现冷却功能的同时减少水雾排放和水资源浪费的冷却塔设备。

3.2

节水率 Water Saving Rate

冷却塔通过消雾节水模块回收的冷凝水量与蒸发水量之比。

3.3

消雾率 Fog Elimination Rate

冷却塔在运行过程中，通过消雾装置减少的水雾排放量与未采用消雾装置时水雾排放量的比值，以百分数表示。

3.4

飘水率 Drift Rate

冷却塔在运行过程中，飘逸出的水量与进塔循环水量的百分比。

4 基本构成

4.1 模块化节水消雾冷却塔一般应由围护系统、传动系统、布水系统、换热系统、补水机构、消雾装置、风量调节机构、控制系统、检修及防护设施等模块组成，各模块可独立制造、运输和安装。

- a) 围护系统：通常采用钢结构或钢筋混凝土结构，起到支撑和保护冷却塔内部部件的作用，同时也能减少外界环境对冷却塔运行的影响
- b) 传动系统：一般包括电机、风机等设备，电机为风机提供动力，使风机运转，从而实现空气的流动，促进冷却塔内的热质交换。
- c) 布水系统：将循环水均匀地分布在冷却塔的填料或冷却元件上，确保水能够与空气充分接触，提高冷却效果。常见的布水装置有喷头、布水管等。
- d) 换热系统：是冷却塔实现冷却功能的核心部分，主要由填料或其他冷却元件组成。
- e) 补水机构：用于补充冷却塔运行过程中因蒸发、风吹等原因损失的水量，维持冷却塔内水位的稳定，保证冷却塔的正常运行
- f) 消雾装置：是模块化节水消雾冷却塔的关键部件，
- g) 风量调节机构：可根据实际运行需求，对进入冷却塔的空气量进行调节，以优化冷却塔的冷却效果和节能运行。
- h) 控制系统：通过传感器参数根据设定逻辑自动切换运行模式，调节风机转速、喷淋泵启停、阀门开度，应能实现远程运维和能效分析
- i) 检修及防护设施：包括检修通道、平台、爬梯等，方便工作人员对冷却塔进行定期检修和维护；同时还设有防护栏杆、安全网等防护设施，保障人员安全。

4.2 工作原理

- a) 冷却塔内流经填料区的饱和湿热空气与经上部百叶窗进入的外界干冷空气，在冷凝模块内进行非接触式换热，饱和湿热空气因温度降低而过饱和，析出冷凝水，冷凝水经模块下方集水槽导流，流入塔下集水池，实现节水的目的。
- b) 经降温和降湿的二次饱和空气在冷凝模块上方与加热后的干冷空气充分混合，温度和相对湿度显著降低，消除可见羽雾发生的条件。

5 技术要求

5.1 材料要求

所有材料应符合 GB/T 700、GB/T 709、GB/T 2518、GB/T 81163、GB/T 12771、GB/T 14976 标准的规定，并由供应商提供有效的质量合格证明。

5.2 焊缝表面要求

焊缝外形均匀，焊道与焊道、焊道与基本金属之间过渡平滑，焊渣与飞溅物清除干净，不得出现漏焊、夹渣、咬肉等焊接缺陷。

5.3 冷却塔框架防腐要求

5.3.1 冷却塔壳体、底架及内部框架等结构件应首先选用防腐材料。一般地，壳体选用镀镁铝锌板、镀铝锌板或重规镀锌板（G235/Z700）等防腐性能良好的板材；底架及内部框架选用优质镀锌型材。

5.3.2 当选用黑色型材或板材时，应进行防腐处理，主要处理形式有：涂漆、热浸锌、喷塑、环氧树脂等。处理前应先进进行除锈，等级一般不低于 st3；处理后防腐等级良好。热浸镀锌层厚度应符合 GB/T13912 的要求。

5.3.3 当客户有明确防腐要求时，应按照客户要求防腐处理。

5.4 结构要求

5.4.1 塔体结构：

- a) 塔体应采用高强度、耐腐蚀的材料制造。
- b) 塔体的结构应牢固，能够承受设计载荷，包括风载、雪载等。
- c) 塔体的表面应光滑，无毛刺、裂纹等缺陷。

5.4.2 淋水填料

- a) 淋水填料应具备高比表面积、良好的热传导性能、耐水蚀 / 耐化学腐蚀、抗老化、重量轻且强度高特性，同时需适应湿热环境和水质条件

- b) 淋水填料的结构应合理，能够保证水流的均匀分布和良好的热交换效果。
- c) 淋水填料的安装应牢固，无松动现象
- 5.4.3 **风机**
 - a) 风机应具备耐腐蚀性、耐温性、抗冲击性、轻量化及良好的动平衡性能，同时需适应湿热环境和长期高速运转的工况，风机的安装应牢固，无松动现象。
 - b) 风机的叶片应无变形、裂纹等缺陷。
- 5.4.4 **电机**
 - a) 电机应兼顾耐腐蚀性、散热性、机械强度及环境适应性
 - b) 电机的安装应牢固，无松动现象。
 - c) 电机的绝缘性能应良好，无漏电现象。
- 5.4.5 **集水盘**
 - a) 集水盘应具备耐腐蚀、耐老化、抗冲击、抗变形等特性，同时要适应湿热环境和水质条件。
 - b) 集水盘的安装应牢固，无松动现象。
- 5.4.6 **节水装置**
 - a) 节水装置材料应兼顾高效、耐腐蚀性、强度、耐久性及与水质的兼容性等因素
 - b) 节水装置的结构应合理，能够保证水流的均匀分布和良好的节水效果。
 - c) 节水装置的安装应牢固，无松动现象。
- 5.4.7 **消雾装置**
 - a) 消雾装置的材料应具备良好的耐水性、抗老化性、气流引导能力及一定的强度，同时需适应湿热环境和水质条件。
 - b) 消雾装置的结构应合理，能够保证空气的均匀分布和良好的消雾效果。
 - c) 消雾装置的安装应牢固，无松动现象。
- 5.5 **性能要求**
 - 5.5.1 **冷却能力**

冷却塔的冷却能力应满足设计要求，冷却水的进出口温度差应符合设计规定。
 - 5.5.2 **节水性能**
 - a) 冷却塔的节水率应不低于设计值，年平均节水率通常要求达到 15%~20% 及以上，节水装置应正常运行，无漏水现象。
 - b) 节水装置的回收水量应通过流量计进行测量，测量精度应不低于±2%。
 - 5.5.3 **消雾性能**
 - a) 冷却塔的消雾率应不低于设计值，消雾率一般需达到 90% 以上，消雾装置应正常运行，无堵塞现象。
 - b) 消雾装置的水雾排放量应通过专门的测试装置进行测量，测量精度应不低于±5%。
 - 5.5.4 **飘水性能**
 - a) 冷却塔的飘水性能应符合表 1 规定
 - b) 飘水率的测量应采用标准的飘水测试装置，测量精度应不低于±1%。

表1 飘水率限值

冷却水量 (m ³ /h)	飘水率 (%)
<500	≤0.005
500-1000	≤0.003
>1000	≤0.002

- 5.5.5 **噪声控制**
 - a) 冷却塔的噪声应符合 GB/T 719.5 的规定，噪声测量应在冷却塔周围 1 米处进行，测量精度应不低于±2dB。
 - b) 冷却塔的噪声应低于 85dB (A)，特殊环境要求的噪声限值应根据具体情况进行调整。

5.5.6 维护便捷性

设计应便于维护和检修，模块化结构，应使部件的更换和维修更加方便，同时具有一定的自清洁功能，减少结垢、堵塞等问题，降低维护成本和工作量

5.6 安全性要求

5.6.1 电气安全

- a) 冷却塔的电气设备应符合 GB/T 5226.1。
- b) 电气设备的接地应可靠，接地电阻应小于 4Ω 。
- c) 电气设备的绝缘性能应良好，无漏电现象。

5.6.2 机械安全

冷却塔的机械部件应符合国家相关机械安全标准 GB/T 12265.1。

- a) 机械部件的防护装置应齐全，无缺失现象。
- b) 机械部件的运行应平稳，无异常振动和噪声。

5.6.3 防火安全

- a) 冷却塔的材料应符合 GB/T 8624
- b) 冷却塔的防火措施应完善，无火灾隐患。

5.6.4 防雷安全

- a) 冷却塔的防雷装置应符合 GB/T 50057
- b) 防雷装置的安装应符合设计要求，接地电阻应小于 10Ω ，且应定期进行检测和维护，确保其有效性。

5.6.5 运行维护安全

- a) 人员培训配备专业技术人员进行日常检查和维护，定期组织操作人员和维护人员进行安全培训
- b) 水质监测定期监测循环水的水质，确保其符合设计要求，防止因水质问题导致设备腐蚀、结垢等，影响设备的安全运行

5.7 环境要求

5.7.1 防腐蚀性能

- a) 冷却塔的金属部件应进行防腐处理，如热镀锌、喷漆等，防腐层应均匀、牢固，无起皮、脱落等现象。
- b) 冷却塔的非金属部件应采用耐腐蚀的材料制造，如玻璃钢、聚氯乙烯等，其表面应光滑、无裂纹。

5.7.2 耐候性

- a) 冷却塔应能够在规定的环境温度范围内正常运行，一般为 $-20^{\circ}\text{C}+50^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 冷却塔应能够承受一定的湿度环境，其电气设备和控制系统的防护等级应符合 IP54 及以上要求。

5.7.3 抗风性能

- a) 冷却塔应能够承受设计风速下的风载，一般设计风速不低于 30m/s ，塔体结构应无明显变形和损坏。
- b) 冷却塔的风机和电机应能够在设计风速下正常运行，无异常振动和噪声。

6 试验方法

6.1 正常工作条件

- a) 环境温度： $-25^{\circ}\text{C}+40^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 客气相对湿度不超过 $90\%(20\pm 5^{\circ}\text{C})$
- c) 海拔高度 ≤ 1000 米，大气压力： $86\sim 108\text{kPa}$ ；
- d) 输入动力电源电压波动不超过额定电压的 10% ；

e) 运行环境无振动,无尘埃、腐蚀性气体、油雾或盐分等。

6.2 材料检验

一般材料应检验其外观、规格、数量以及质量证明文件的齐全有效性。当外观检查对内在质量存在质疑时,应依据相关标准进行内在质量检验。

6.3 焊接、外观、防腐等检验

在正常光线下目测。必要时可使用仪器辅助。

6.4 运行试验

模块化节水消雾冷却塔组装完成后应进行空载试机,冷凝器管箱管束压力试验,冷凝器管箱管束压力试验

6.4.1 空载试机

冷却塔整体组装完毕后,应进行空载试机,试机时间一般不少于45min.试机应满足以下要求:

- a) 冷却塔壳体、喷淋水箱无渗水、漏水现象:
- b) 风机顶部无飘水现象,进风窗处无溅水现象:
- c) 风机、喷淋水泵电机功率应符合标准要求:
- d) 风量、风压达到设计要求:
- e) 风机、喷淋水泵运转平稳,无明显振动及噪音。

6.4.2 冷凝器管箱管束压力试验

冷凝器管箱管束等部件应进行水压试验:试验时应在试验设备的顶部设置排气口,充水时应将设备内空气排尽。试验时压力缓慢上升,达到规定试验压力(1.2倍设计压力)后,保压时间不少于30min,然后缓慢降至规定试压力的80%,保持足够长时间进行检查,试验期间,不得出现渗漏和可见变形。

6.4.3 喷淋水箱抗渗试验

喷淋水箱应进行抗渗试验,先将水箱拼缝处外表面清理干净,使之干燥,将水箱注满常温自来水,直至从溢流口流出,静置不少于1小时试验中拼缝处无渗漏为合格,否则修补后重新试验,直至合格。试验完毕将水排净使之保持干燥。

6.5 冷却能力试验

6.5.1 采用热平衡法进行冷却能力试验,通过测量冷却水的进出口温度和流量,计算冷却塔的冷却能力。

冷却水的进出口温度应使用高精度温度传感器进行测量,测量精度应不低于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

冷却水的流量应使用流量计进行测量,测量精度应不低于 $\pm 2\%$ 。

冷却能力的计算公式为:

$$Q = m \times c \times \frac{t_1}{t_2} \dots\dots\dots (1)$$

其中Q为冷却能力,单位为kW;m为冷却水的流量,单位为kg/s,c为冷却水的比热容,单位为J/(kg· $^{\circ}\text{C}$);
 t_1 为冷却水的进口温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$; t_2 为冷却水的出口温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.6 节水性能试验

采用流量计测量节水装置的回收水量和冷却塔的蒸发水量,计算节水率。

节水装置的回收水量应使用高精度流量计进行测量,测量精度应不低于 $\pm 2\%$ 。

冷却塔的蒸发水量应通过计算冷却水的进出口温度和流量得到。

节水率的计算公式

$$\eta = \frac{Q_{\text{回收}}}{Q_{\text{蒸发}}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

其中， η 为节水率，单位为%， $Q_{\text{回收}}$ 为节水装置的回收水量，单位为 m^3/h ， $Q_{\text{蒸发}}$ 为冷却塔的蒸发水量，单位为 m^3/h 。

6.7 飘水性能试验

采用标准的飘水测试装置测量冷却塔的飘水率。
飘水测试装置应能够准确测量飘逸出的水量和进塔循环水量，测量精度应不低于 $\pm 1\%$ 。
飘水率的计算公式为：

$$\eta_{\text{飘水}} = \frac{Q_{\text{飘水}}}{Q_{\text{循环}}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

其中， $\eta_{\text{飘水}}$ 为飘水率，单位为%， $Q_{\text{飘水}}$ 为飘逸出的水量，单位为 m^3/h ； $Q_{\text{循环}}$ 为进塔循环水量，单位为 m^3/h 。

6.8 消雾性能试验

采用专门的水雾排放测试装置测量冷却塔的水雾排放量，计算消雾率。
水雾排放测试装置应能够准确测量水雾的浓度和流量，测量精度应不低于 $\pm 5\%$ 。
消雾率的计算公式为

$$\eta_{\text{消雾气}} = \frac{Q_{\text{未消雾}} - Q_{\text{消雾后}}}{Q_{\text{未消雾}}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

其中， $\eta_{\text{消雾}}$ 为消雾率，单位为%， $Q_{\text{未消雾}}$ 为未采用消雾装置时的水雾排放量，单位为 m^3/h ； $Q_{\text{消雾后}}$ 为采用消雾装置后的水雾排放量，单位为 m^3/h 。

6.9 噪声控制试验

采用声级计在冷却塔周围1米处测量噪声值，测量精度应不低于 $\pm 2\text{dB}$ 。
噪声值应符合GB/T 719.5的规定，一般应低于85dB(A)。

6.10 结构性能试验

6.10.1 塔体结构试验

采用静载试验和动载试验相结合的方法，检验塔体结构的强度和稳定性。

- a) 静载试验应施加设计载荷的1.2倍，持续时间不少于1小时，塔体结构应无明显变形和损坏。
- b) 动载试验应施加设计风载的1.2倍，持续时间不少于1小时，塔体结构应无明显振动和损坏。

6.10.2 淋水填料试验

采用水分布试验和热交换试验相结合的方法，检验淋水填料的性能。

- a) 水分布试验应保证水流的均匀分布，无明显偏流和积水现象。
- b) 热交换试验应保证良好的热交换效果，冷却水的进出口温度差应符合设计要求。

6.10.3 风机和电机试验

采用性能试验和运行试验相结合的方法，检验风机和电机的性能。

- a) 性能试验应保证风机和电机的性能符合设计要求，包括风量、风压、功率等参数。
- b) 运行试验应保证风机和电机的运行平稳，无异常振动和噪声。

6.10.4 集水盘试验

采用水分布试验和收集试验相结合的方法，检验集水盘的性能。

- a) 水分布试验应保证水流的均匀分布，无明显偏流和积水现象。
- b) 收集试验应保证良好的收集效果，无漏水现象。

6.10.5 节水装置和消雾装置试验

采用性能试验和运行试验相结合的方法，检验节水装置和消雾装置的性能。

- a) 性能试验应保证节水装置和消雾装置的性能符合设计要求，包括节水率、消雾率等参数。
- b) 运行试验应保证节水装置和消雾装置的运行平稳，无异常振动和噪声。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 产品需经公司质量检测部门检验合格后方可出厂，并附有合格证。

7.2.2 出厂检验应逐台检验。出厂检验项目见表 1。

表1检验项目

序号	检验项目	本文件条款		型式	出厂
		检验依据	检测方法		
1	材料检验	5.1	6.2	●	●
2	焊接、外观、防腐等检验	5.2/5.3	6.3	●	●
3	空载试机	4.1	6.4.1	●	○
4	冷凝器管箱管束压力试验	4.1	6.4.2	●	○
5	喷淋水箱抗渗试验	4.1	6.4.3	●	○
6	冷却能力试验	5.5.1	6.5.1	●	●
7	节水性能试验	5.5.2	6.6.	●	●
8	飘水性能试验	5.5.4	6.7	●	●
9	消雾性能试验	5.5.3	6.8	●	●
10	噪声控制试验	5.5.5	6.9	●	●
11	塔体结构试验	5.4.1	6.10.1	●	○
12	淋水填料试验	5.4.2	6.10.2	●	○
13	风机和电机试验	5.4.3/5.4.4	6.10.3	●	○
14	集水盘试验	5.4.5	5.10.4	●	○
15	节水装置和消雾装置试验	5.4.6/5.4.7	6.10.5	●	○

7.3 型式检验

7.3.1 型式试验应送交具有资质的检测单位完成检验，检验项目按表 3 中规定的检验项目逐个进行，并出具型式试验报告。

当出现以下情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品定型投产前。
- b) 正式投产后，如设计、工艺材料、元器件有较大改动，可能影响产品性能时。
- c) 产品停产一年以上又恢复生产时。
- d) 出厂试验结构与型式试验有较大差异时。
- e) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时。
- f) 合同规定进行型式试验时。

7.3.2 抽样

以同项目、同规格的冷却塔为一批，每批抽检一台。

7.3.3 判定规则

型式检验项目全部合格，则判定为合格，当型式检验若有不合格项，则判定为不合格。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 每台装置必须有明晰的铭牌，铭牌内容如下：

- a) 产品标记
- b) 制造厂名和生产日期等；
- c) 主要设计参数，包括循环水流量、进塔水温、出塔水温等。

8.2 包装、运输、贮存

产品的包装、运输、贮存应符合 JB/T4711 的规定

8.3 随机文件

随同产品应包括不限于以下文件

- a) 产品安装使用说明书
 - b) 竣工图
 - c) 出厂合格证
 - d) 装箱单
-