
ICS 01.040
K20

团 体 标 准

T/CSHE XXXX—YYYY
代替 T/XXXX

电气设备蒸发冷却系统术语

terminology—evaporative cooling system of electrical equipment

（征求意见稿）

中国水力发电工程学会 发 布

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
3.1 通用术语	4
3.2 系统结构	5
3.3 性能与参数	7
3.4 试验	8
3.5 评价术语	8
附录 A（资料性） 蒸发冷却原理	10
附录 B（资料性） 管道内冷式蒸发冷却系统详解	11
附录 C（资料性） 浸泡式蒸发冷却系统详解	12
附录 D（资料性） 喷淋式蒸发冷却系统详解	13
附录 E（资料性） 表贴式蒸发冷却系统详解	14
索 引	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》的体例格式要求编写。

本文件的发布机构不承担对本文件中的某些可能涉及专利的内容进行识别的责任。

本文件由中国水力发电工程学会提出。

本文件由中国水力发电工程学会标准化管理办公室归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次制定。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国水力发电工程学会标准化管理办公室（北京市海淀区车公庄西路 22 号院 A 座 11 层，100044）。

引 言

电气设备冷却系统的高可靠性是保障行业稳定运行和社会经济发展的关键。高效的冷却系统能够有效降低设备温度，延缓绝缘老化，减少故障率，从而提升设备寿命和运行效率。这不仅有助于降低运维成本，提高供电可靠性，更能为社会提供持续稳定的电力供应，支撑经济发展和民生需求。推动冷却技术发展，是电气行业技术进步的重要方向，也是构建安全、高效、可持续能源体系的必然要求。

蒸发冷却是一种基于相变传热原理的高效冷却技术。其采用绝缘性能好、不燃烧、沸点适宜、符合环保要求的液体冷却介质，实现对电气设备内发热部件的高效冷却，可以有效提高电气设备安全稳定运行能力。经数十年的技术推广，蒸发冷却技术已成功应用于工业运行的10MW、50MW、400MW和700MW水轮发电机组，并在风力发电机、变压器、电力电子器件、变频装置、磁选装置以及超级计算机系统等不同类型电气设备中实现了工业化应用。

编制电气设备蒸发冷却系统的标准术语，有助于统一蒸发冷却技术在电气设备领域设计、安装、调试及运行维护中的技术规范和质量要求，为相关技术的推广应用提供标准化支撑。同时，该标准可为各行业在蒸发冷却技术应用中规范市场技术质量管理提供科学的评价依据和指导，促进技术规范化、市场有序化发展。

电气设备蒸发冷却系统术语

1 范围

本文件规定了发电、变电、输电、配电及用电等领域中电气设备蒸发冷却系统的专用术语和定义。

本文件适用于蒸发冷却技术在设计、制造、运行及维护过程中的标准化应用。

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（包括所有修改单）适用于本文件。

GB/T 7894-2023 水轮发电机基本技术要求

GB/T 2900.48-2008 电工名词术语 锅炉

GB/T 2900.5-2013 电工术语 绝缘固体、液体和气体

GB/T 21845-2008 化学品 水溶解度试验

GB/T 14666-2003 分析化学术语

GB/T 4016-2019 石油产品术语

DL/T 1067-2020 蒸发冷却水轮发电机基本技术条件

ASTM E1235 航天器环境控制区非挥发性残留物(NVR)重量测定标准测试法(Standard Test Method for Gravimetric Determination of Nonvolatile Residue (NVR) in Environmentally Controlled Areas for Spacecraft)

3 术语和定义

3.1 通用术语

3.1.1

蒸发冷却 evaporative cooling

基于特定的冷却结构，利用蒸发冷却介质通过气液相变实现对发热部件冷却的一种方式。

[来源：DL/T 1067—2020, 3.1, 有修改]

3.1.2

蒸发冷却系统 evaporative cooling system

利用蒸发冷却技术实现电力设备发热部件冷却的一种系统。

3.1.3

蒸发冷却介质 evaporative coolant

具有合适沸点、绝缘强度高、流动性能好、汽化潜热值高且无毒不可燃的可用于相变传热冷却的液体，简称冷却介质或介质。

[来源：DL/T 1067—2020, 3.2, 有修改]

- YYYY

3.1.4

气液两相流动 gas-liquid two-phase flow

蒸发冷却介质气相与液相共存状态下的流动。

[来源: GB/T 2900.48—2008, 3.3.11, 有修改]

3.1.5

气-液-固绝缘体系 gas-liquid-solid insulation system

蒸发冷却介质气化后形成的气、液混合绝缘与部件的固体绝缘共同构成的气-液-固混合绝缘形态。

3.1.6

自循环模式 natural circulation mode

依靠液态介质与气-液混合介质之间的密度差和重位高度差实现冷却介质循环的蒸发冷却系统工作模式。

[来源: GB/T 2900.48—2008, 3.1.30, 有修改]

3.1.7

强迫循环模式 forced circulation mode

依靠驱动单元实现冷却介质循环的蒸发冷却系统工作模式。

3.1.8

一次冷却侧 primary cooling side

通过蒸发冷却介质吸收发热部件热量、冷却发热部件的位置。

3.1.9

二次冷却侧 secondary cooling side

通过气体或液体介质吸收蒸发冷却介质热量的位置。

3.2 系统结构

3.2.1

管道内冷式蒸发冷却系统 in-line evaporative cooling system

电气设备发热部件内部具有空心管道结构,蒸发冷却介质从管道内表面直接吸收发热部件热量的蒸发冷却系统。

3.2.2

浸泡式蒸发冷却系统 immersion evaporative cooling system

电气设备发热部件浸泡在蒸发冷却介质中,蒸发冷却介质从发热部件表面吸收热量的蒸发冷却系统。

3.2.3

喷淋式蒸发冷却系统 spray evaporative cooling system

蒸发冷却介质经过驱动单元加压,喷淋到电气设备发热部件表面吸收热量的蒸发冷却系统。

3.2.4

表贴式蒸发冷却系统 surface mount evaporative cooling system

电气设备发热部件表面具有与其直接接触的空腔体,蒸发冷却介质流经腔体内部并吸收发热部件热量的蒸发冷却系统。

3.2.5

冷凝器 condenser

T/CSHE XXXX. 1— XXXX

蒸发冷却循环系统中将冷却介质从气态转换到液态的热交换装置。

[来源: GB/T 7894—2023, 3.1]

3.2.6

导流管 flow guide pipe

蒸发冷却系统中将气态或气液两相态冷却介质导入冷凝器的通道。

[来源: DL/T 1067—2020, A.2]

3.2.7

回液管 return pipe

蒸发冷却系统中用于确保冷凝介质回流至发热部件位置的通道。

[来源: DL/T 1067—2020, A.2, 有修改]

3.2.8

绝缘引流管 insulated diversion pipe

在蒸发冷却系统不同电位部件之间形成冷却介质流通通路并起电绝缘作用的管件。

3.2.9

分液管 distribution pipe

将液态冷却介质分配给不同并联支路的管件。

3.2.10

上行通道 up channel

蒸发冷却介质循环回路中, 冷却介质自下而上流动的通道。

3.2.11

下行通道 down channel

蒸发冷却介质循环回路中, 冷却介质自上而下流动的通道。

3.2.12

均压管 pressure balancing pipe

用于连通全部冷凝器上部, 均衡各冷凝器内部压力的环管。

[来源: DL/T 1067—2020, A.2]

3.2.13

排气管 exhausting pipe

用于排放蒸发冷却系统内不凝气体的管路, 连接均压管与蒸发冷却介质回收装置(或外部空间)的、通过阀门操作以排除系统内不凝气体实现释压保护的管路。

[来源: DL/T 1067—2020, A.2, 有修改]

3.2.14

供排液系统 liquid supply and discharge system

用于储存、灌注、排出蒸发冷却介质的系统, 包含储液罐、驱动单元、液位计、过渡罐、阀门及连接管路。

[来源: DL/T 1067—2020, A.2, 有修改]

3.2.15

储液罐 expansion tank

用于存储冷却介质的容器。

3.2.16

驱动单元 drive unit

为蒸发冷却介质循环提供驱动力的设备。

3.2.17

– YYYY

液位计 level gauge

用于指示和控制蒸发冷却介质液位的仪表。

3.2.18

过渡罐 transition tank

用于蒸发冷却介质过渡存储、保护驱动单元的容器。

3.2.19

非磁性密封材料 non-magnetic sealing materials

用于制造蒸发冷却系统静态密封元件的非磁性固体材料。

3.2.20

监测系统 monitoring system

用于蒸发冷却系统状态量在线或离线监测的系统。

3.3 性能与参数

3.3.1

运行压力 operation pressure

蒸发冷却系统在运行状态下，冷凝器顶部蒸发冷却介质产生的表压力。

3.3.2

静态液位 static liquid level

在电机处于冷态条件下（一般指停机 1 小时及以上），蒸发冷却介质在冷却通道或容器内的液面高度（相对于设计基准点的高程）。

[来源：DL/T 1067—2020, 3.6, 有修改]

3.3.3

蒸发点 evaporative position

蒸发冷却系统内，蒸发冷却介质整体温度上升到饱和温度的位置。

3.3.4

自适应性 adaptivity

随电机热负荷变化，蒸发冷却系统被动调节蒸发点并控制发热部件温升的特性。

3.3.5

稳态过载能力 steady-state overload capacity

使用蒸发冷却系统的电机具有在至少 1.15 倍电机额定功率下长期稳定运行的能力。

3.3.6

材料相容性 compatibility of materials

材料与蒸发冷却介质一起使用时不会发生有害变化的特性。

[来源：GB/T 2900.5—2013, 212-14-19, 有修改]

3.3.7

水溶解度 water solubility

给定温度下蒸发冷却介质在水中的饱和质量浓度。

[来源：GB/T 21845—2008, 2.1, 有修改]

3.3.8

纯度 purity

主成分在蒸发冷却介质中所占的质量分数。

[来源：GB/T 14666—2003, 2.1.28, 有修改]

3.3.9

击穿电压 breakdown voltage

在规定的试验条件下或在使用中发生电击穿时的电压。

[来源: GB/T 2900.5—2013, 212-11-34]

3.3.10

非挥发性残留物 nonvolatile residue

挥发性液体在特定温度下受控蒸发后残留的可溶物、悬浮物和颗粒物。

[来源: ASTM E1235-12, 3.1.14]

3.3.11

酸值 acid number

在标准条件下, 中和 1g 蒸发冷却介质中的酸性成分所需的氢氧化钾(KOH)毫克数。

[来源: GB/T 2900.5—2013, 212-18-15]

3.3.12

热稳定性 thermal stability

蒸发冷却介质在高温下抵抗化学分解及在工作温度下长时间保持其物理化学性能的能力。

3.3.13

氧化安定性 oxidation stability

蒸发冷却介质抵抗大气(或氧气)的作用而保持其性质不发生本质变化的能力。

[来源: GB/T 4016—2019, 2.05.107, 有修改]

3.3.14

水含量 water content

存在于蒸发冷却介质中的水的含量。

[来源: GB/T 4016—2019, 2.05.061, 有修改]

3.3.15

外观特征 appearance

蒸发冷却介质包括透明度、浑浊度等可能表征物理化学性能特性劣化、杂质含量变化的视觉评估特征。

3.4 试验

3.4.1

相容性试验 compatibility test

测试蒸发冷却介质与应用场景下可能接触到的材料之间相容性的试验。

3.4.2

水压试验 hydrostatic test

以水对蒸发冷却系统管路、容器等部件所进行的一种压力试验, 以检查其有无泄漏和残余变形。

3.4.3

气密性试验 airtight test

以气体对蒸发冷却系统或其管路、容器等部件所进行的一种压力试验, 以检查其有无泄漏。

3.5 评价术语

– YYYY

3.5.1

温度分布均匀性 temperature distribution uniformity

电机整体、部件或区域内各点温度的最大值与最小值之差。

3.5.2

定子绕组层间温度分布均匀性 axial distribution uniformity of stator bar interlayer temperature

电机定子绕组层间温度的最大值与最小值之差。

3.5.3

定子绕组层间温度轴向分布均匀性 stator winding axial temperature distribution uniformity

电机定子各测温平面内，定子绕组层间温度平均值的最大值与最小值之差。

3.5.4

定子绕组层间温度周向分布均匀性 circumferential distribution uniformity of stator bar interlayer temperature

电机定子各测温槽内，定子绕组层间温度平均值的最大值与最小值之差。

3.5.5

定子绕组截面温度分布均匀性 bar sectional temperature distribution uniformity

电机定子绕组截面温度的最大值与最小值之差。

3.5.6

主绝缘温度梯度 bar insulation temperature gradient

电机定子绕组主绝缘内外温差与主绝缘单边厚度之比。

3.5.7

应力分布均匀性 uniformity of stress distribution

电机整体、部件或区域内应力场的分布偏差值和梯度值。

附录 A

(资料性)

蒸发冷却原理

蒸发冷却系统利用高绝缘、沸点适宜的蒸发冷却介质,通过相变换热的方式,实现对发热部件冷却,其原理见图 A.1。

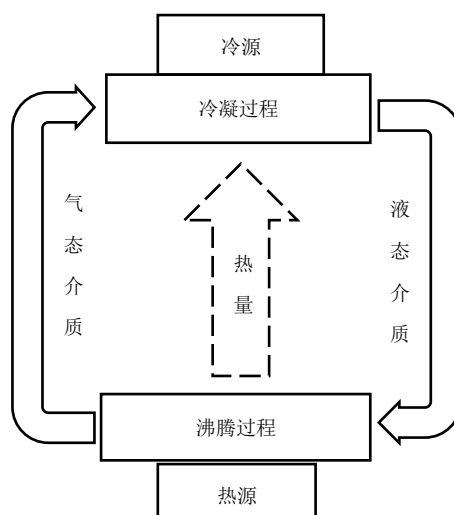


图 A. 1 自循环蒸发冷却系统原理图

附录 B
(资料性)

管道内冷式蒸发冷却系统详解

采用管道内冷式蒸发冷却系统的电气设备发热部件内部具有空心管道结构，蒸发冷却介质从管道内表面直接吸收发热部件热量，其原理见图 B.1。

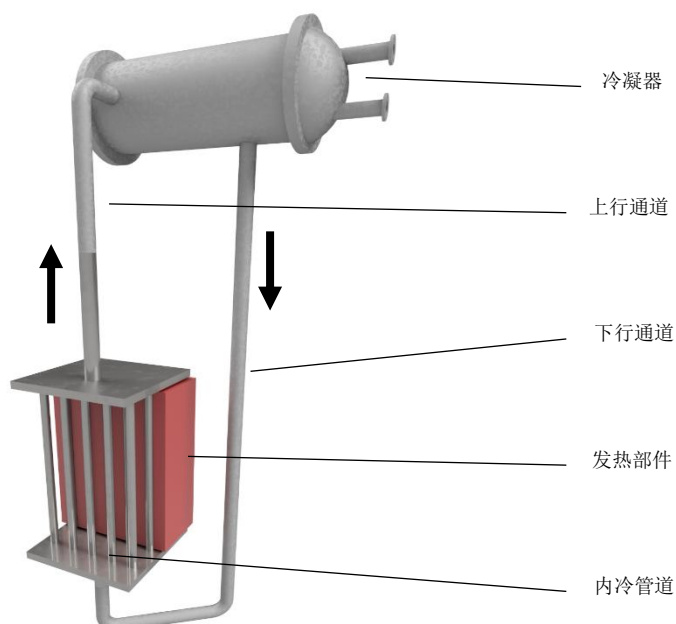


图 B. 1 管道内冷式蒸发冷却系统原理图

管道内冷式蒸发冷却系统的典型应用场景为蒸发冷却水轮发电机，参见《DL/T 1067 蒸发冷却水轮发电机基本技术条件》附录 A。

附录 C
(资料性)

浸泡式蒸发冷却系统详解

采用浸泡式蒸发冷却系统的电气设备发热部件浸泡在蒸发冷却介质中，蒸发冷却介质从发热部件表面吸收热量，其原理见图 C.1。

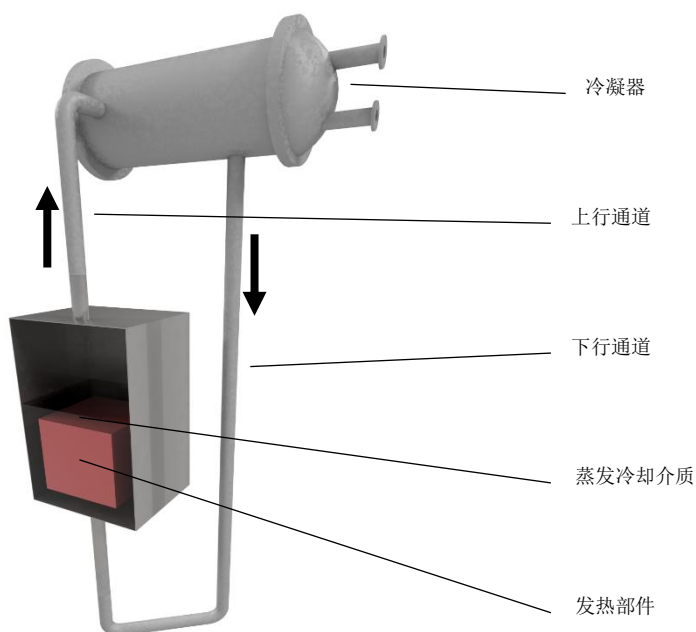


图 C. 1 浸泡式蒸发冷却系统原理图

浸泡式蒸发冷却系统的一种典型应用场景为蒸发冷却配电变压器，参见《T/CEC 1015-2024 10kV 及以下电力设备蒸发冷却系统通用技术条件》附录 A。

附录 D
(资料性)

喷淋式蒸发冷却系统详解

喷淋式蒸发冷却系统的蒸发冷却介质经过驱动单元加压，喷淋到电气设备发热部件表面吸收热量，其原理见图 D.1。

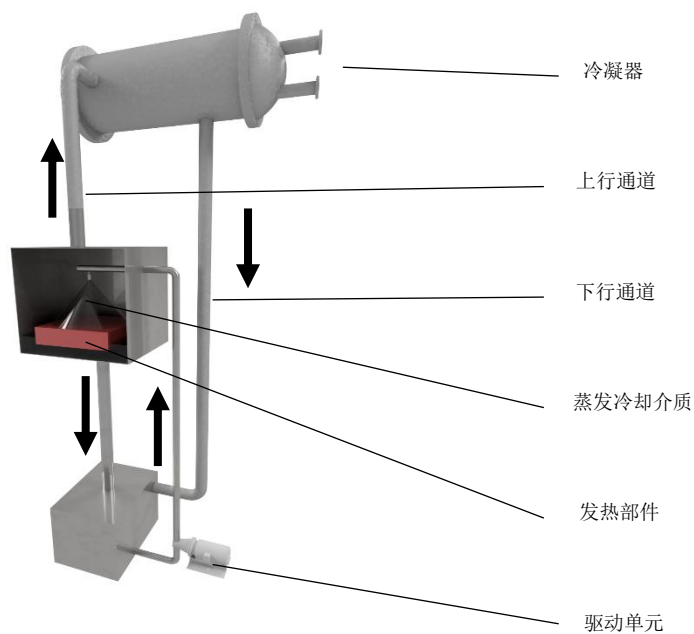


图 D.1 喷淋式蒸发冷却系统原理图

喷淋式蒸发冷却系统的一种典型应用场景为喷淋式蒸发冷却计算机，参见图 D.2。



图 D.2 喷淋式蒸发冷却计算机

附录 E
(资料性)

表贴式蒸发冷却系统详解

采用表贴式蒸发冷却系统的电气设备发热部件表面具有与其直接接触的空心腔体，蒸发冷却介质流经腔体内部并吸收发热部件热量，其原理见图 E.1。

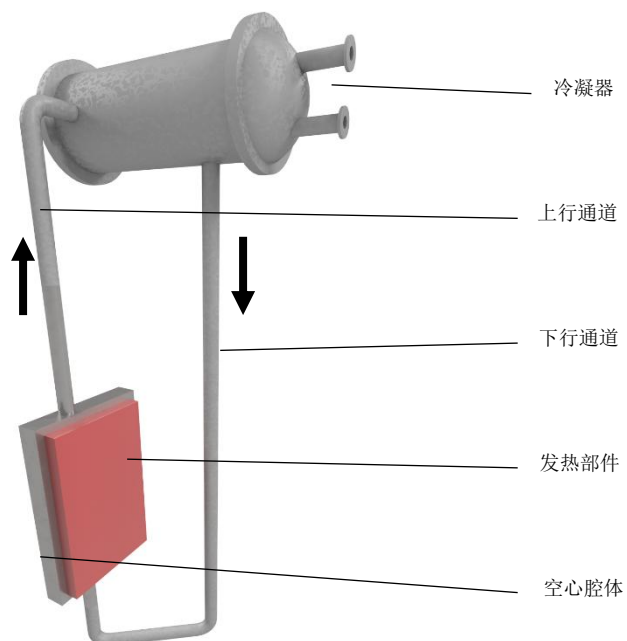


图 E. 1 表贴式蒸发冷却系统原理图

表贴式蒸发冷却系统的典型应用场景为蒸发冷却变流器，参见图 E.2。



图 E. 2 表贴式蒸发冷却变流器

索 引

B

表贴式蒸发冷却系统 3.2.4

C

材料相容性 3.3.6

储液罐 3.2.15

纯度 3.3.8

D

导流管 3.2.6

定子绕组层间温度分布均匀性 3.5.2

定子绕组层间温度周向分布均匀性 3.5.4

定子绕组层间温度轴向分布均匀性 3.5.3

定子绕组截面温度分布均匀性 3.5.5

E

二次冷却侧 3.1.9

F

非磁性密封材料 3.2.19

非挥发性残留物 3.3.10

分液管 3.2.9

G

供排液系统 3.2.14

管道内冷式蒸发冷却系统 3.2.1

过渡罐 3.2.18

H

回液管 3.2.7

J

击穿电压 3.3.9

监测系统 3.2.20

浸泡式蒸发冷却系统 3.2.2

静态液位 3.3.2

绝缘引流管 3.2.8

均压管 3.2.12

L

冷凝器 3.2.5

P

排气管	3.2.13
喷淋式蒸发冷却系统	3.2.3

Q

气密性试验	3.4.3
气-液-固绝缘体系	3.1.5
气液两相流动	3.1.4
强迫循环模式	3.1.7
驱动单元	3.2.16

R

热稳定性	3.3.12
------------	--------

S

上行通道	3.2.10
水含量	3.3.14
水溶解度	3.3.7
水压试验	3.4.2
酸值	3.3.11

W

外观特征	3.3.15
温度分布均匀性	3.5.1
稳态过载能力	3.3.5

X

下行通道	3.2.11
相容性试验	3.4.1

Y

氧化安定性	3.3.13
液位计	3.2.17
一次冷却侧	3.1.8
应力分布均匀性	3.5.7
运行压力	3.3.1

Z

蒸发点	3.3.3
蒸发冷却	3.1.1
蒸发冷却介质	3.1.3
蒸发冷却系统	3.1.2
主绝缘温度梯度	3.5.6
自适应性	3.3.4
自循环模式	3.1.6