



中华人民共和国国家标准

GB/T 30425—XXXX

代替 GB/T 30425-2013

高压直流输电换流阀水冷却设备

Water cooling equipment for converter valves for high voltage direct current
(HVDC) power transmission

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

征求意见稿

(本草案完成时间：2023-6)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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	1
4 产品规格及型号	2
4.1 产品规格	2
4.2 产品型号	2
5 正常使用条件	3
5.1 阀厅	3
5.2 冷却设备间	3
5.3 户外环境	3
5.4 外冷却水	3
5.5 电源	4
6 技术要求	4
6.1 技术参数	4
6.2 配置和功能	5
6.3 外观	9
6.4 绝缘强度	9
6.5 接地电阻	9
6.6 噪声	9
6.7 年可用率	10
7 冷却设备及管道要求	10
7.1 材料要求	10
7.2 制造和安装	10
7.3 清洗	10
8 试验	10
8.1 总则	10
8.2 型式试验	11
8.3 出厂试验	13
8.4 现场试验	13
9 包装、运输和贮存	13
9.1 包装	13
9.2 运输	14
9.3 贮存	14
10 标识	14

附录 A （资料性） 冷却设备选型参数及配置要求..... 15

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。

本文件代替GB/T 30425—2013《高压直流输电换流阀水冷却设备》，与GB/T 30425—2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改并增加了规范性引用文件（见2）；
- 增加了“（高压直流输电换流阀）水冷却设备”术语（见3.1）；
- 删除了“间接冷却”术语（见2013年版的3.3）；
- 删除了“强迫循环”“强迫冷却”术语（见2013年版的3.4）；
- 增加了“额定冷却容量”术语（见3.5）；
- 增加了“额定流量”术语（见3.6）；
- 更改了术语“外冷却水”（见3.8，2013年版的3.7）；
- 删除了“传热系数”术语（见2013年版的3.8）；
- 删除了“对数平均温度差”术语（见2013年版的3.9）；
- 更改了产品规格范围（见4.1，2013年版的4.1）；
- 更改了冷却设备型号编制办法（见4.2，2013年版的4.2）；
- 增加了产品规格的应用示例（见4.2）；
- 更改了户外环境要求（见5.3，2013年版的5.3）；
- 更改了动力电源要求（见5.5.1，2013年版的5.5.1）；
- 更改了控制电源要求（见5.5.2，2013年版的5.5.2）；
- 更改和增加了配置和功能中的通则要求（见6.2.1，2013年版的6.2.1）；
- 删除了对电动机的要求（见2013年版的6.2.2）；
- 删除了对泵的要求，增加了对主循环泵和喷淋泵的要求（见6.2.2、6.2.3，2013年版的6.2.3）；
- 删除了对冷却风机的要求（见2013年版的6.2.4）；
- 将“缓冲配置”更改为“缓冲稳压装置”（见6.2.4，2013年版的6.2.6）；
- 增加了热交换器设备要求，更改了换热性能要求（见6.2.7，2013年版的6.2.10、6.3）；
- 对使用规范性引用文件的相关内容进行了相应调整（见6.2.2、6.2.3、6.2.7、6.2.8、6.5、8.2.7.2、8.2.8）；
- 增加了监测仪表相关要求（见6.2.8）；
- 更改和增加了冗余配置要求（见6.2.12.2，2013年版的6.2.15.1、6.2.15.2）；
- 将“硬度”更改为“水质”（见6.2.12.10）；
- 更改了报警信号要求（见6.2.12.12，2013年版的6.2.15.12）；
- 更改了跳闸信号要求（见6.2.12.13，2013年版的6.2.15.13）；
- 增加了“接口要求”相关内容（见6.2.12.14）；
- 更改了外观的相关要求（见6.3，2013年版的6.4）；
- 更改了绝缘强度要求（见6.4，2013年版的6.5）；
- 更改了噪声要求（见6.6，2013年版的6.7）；
- 将“不锈钢（1Cr18Ni9Ti）”更改为“304L 不锈钢”，并增加了原材料检验要求（见7.1，2013年版的7.1）；

- 增加了“无损检测”相关内容（见 7.2.2）；
- 删除了出厂试验需包含换热性能试验的要求，删除了型式试验需包含通信和接口试验的要求（见 8.1，2023 年版的 8.1）；
- 更改了绝缘试验要求（见 8.2.2，2013 年版的 8.2.2）；
- 增加了换热性能试验的试品要求，更改了换热性能试验的试验方法（见 8.2.7.1 和 8.2.7.2，2013 年版的 8.2.7）；
- 更改了噪声测量要求（8.2.8，见 2013 年版的 8.2.8）；
- 将“系统联合调试试验”改为“完整性能试验”，并更改了试验要求（见 8.4.4，2013 年版的 8.4.4）。

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国电力电子系统和设备标准化技术委员会（SAC/TC60）归口。

本文件起草单位：西安西电电力系统有限公司、西安高压电器研究院股份有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、广州高澜节能技术股份有限公司、南京南瑞继保电气有限公司、许继集团有限公司、荣信电力电子股份有限公司、

本文件主要起草人：焦秀英、

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2013 年首次发布为 GB/T 30425—2013；
- 本次为第一次修订。

高压直流输电换流阀水冷却设备

1 范围

本文件规定了高压直流输电换流阀水冷却设备的产品规格及型号、正常使用条件、技术要求、冷却设备及管道要求、试验、包装、运输和标识等。

本文件适用于高压直流输电换流阀水冷却设备（以下简称冷却设备）。

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 3767 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 反射面上方近似自由场的工程法

GB/T 3859.1 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分：基本要求规范

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

GB/T 7190.3—2019 机械通风冷却塔 第3部分：闭式冷却塔

GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14296—2008 空气冷却器与空气加热器

GB/T 17799.2 电磁兼容 通用标准 工业环境中的抗扰度试验

GB 17799.4—2012 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射

GB/T 29531—2013 泵的振动测量与评价方法

GB 50050 工业循环冷却水处理设计规范

GB 50235 工业金属管道工程施工规范

NB/T 47007 空冷式热交换器

IEC60700-2: 2021 高压直流输电用晶闸管换流阀 第2部分：术语[Thyristor valves for high voltage direct current(HVDC) power transmission—Part 2:Terminology]

IEC TR ED 63259:2022 输配电系统电力电子设备水冷却系统[Water cooling systems for power electronics used in electrical transmission and distribution systems]

3 术语和定义

GB/T3859.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

（高压直流输电换流阀）水冷却设备（high voltage direct current converter valve） water cooling equipment

用于将高压直流输电换流阀产生的热量带走并转移至外界环境所需要的全部设备，主要包括冷却回路上的主循环泵、去离子装置、热交换器、连接管路以及控制保护系统。

[来源：IEC60700-2：2021,6.26,有修改]

3.2

冷却媒质 cooling medium

从冷却设备或热交换器中把热量带走的液体（例如水）或气体（例如空气）。

3.3

热转移媒质 heat transfer agent

在冷却设备中把热量从热源转移到热交换器的液体（例如水）或气体（例如空气）。该热量将由冷却媒质从热交换器带走。

3.4

去离子水 de-ionized water

去除了呈离子态杂质后的纯水。

3.5

额定冷却容量 rated cooling capacity

在规定的设计条件下，冷却设备满足换流阀散热所需要的冷却能力。

[来源：IEC TR ED 63259, 3.5, 有修改]

3.6

额定流量 rated flow

在额定冷却容量下，流经换流阀的热转移媒质的流量。

注1：从主循环泵流出的流量通常高于流经换流阀的流量，包含进入去离子装置的流量等。

注2：额定流量的单位为L/s。

3.7

内冷却水 inside cooling water

用作热转移媒质的水。

注：包括去离子水或去离子水与一定比例有机防冻剂的混合液。

3.8

外冷却水 outside cooling water

用作冷却媒质的水。

4 产品规格及型号

4.1 产品规格

冷却设备的额定冷却容量（kW）可在下列数值中选取，或由供需双方协商：

500、800、1 000、1 250、1 600、2 000、2 500、3 150、4 000、5 000、6 300、8 000...

4.2 产品型号

冷却设备的型号编制办法见图1。

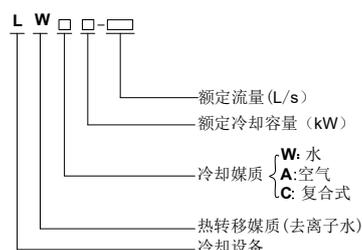


图 1 冷却设备型号

示例1: LWW3000—90 表示: 水—水冷却设备, 外冷为纯水冷却方式。额定冷却容量为 3 000 kW, 额定流量为 90 L/s。

示例2: LWC4000—100 表示: 水—复合式冷却设备, 第三位符号“C”表示热交换器以空气冷却器为主、闭式冷却塔为辅助的复合形式, 冷却媒质包括空气和水。额定冷却容量为 4 000 kW, 额定流量为 100 L/s。

5 正常使用条件

5.1 阀厅

包括:

- 全封闭户内, 微正压, 带通风和空调;
- 温度为 10 °C~50 °C;
- 相对湿度不大于 60 %;
- 无导电或爆炸性尘埃, 无腐蚀金属或破坏绝缘的气体或蒸汽;
- 无剧烈振动或冲击。

5.2 冷却设备间

包括:

- 温度为 5 °C~40 °C;
- 相对湿度不大于 90%;
- 无导电或爆炸性尘埃, 无腐蚀金属或破坏绝缘的气体或蒸汽;
- 无剧烈振动或冲击。

5.3 户外环境

包括:

- 污秽等级: ≤c 级;
- 地震烈度: 符合高压直流输电换流阀设计;
- 最低环境温度: -40 °C;
- 最高环境温度: +45 °C;
- 海拔不超过 1 000 m。

5.4 外冷却水

采用水—水冷却方式时, 外冷却水水质及循环水处理工艺应满足 GB 50050 中的要求, 外冷却水的补充水应满足下列要求:

- a) 溶解性总固体： $\leq 1\ 000\ \text{mg/L}$ ；
- b) pH 值（25℃）：6.5~8.5；
- c) 钙硬度（以 CaCO_3 计）： $\leq 450\ \text{mg/L}$ ；
- d) 氯化物： $\leq 250\ \text{mg/L}$ ；
- e) 硫酸盐： $\leq 250\ \text{mg/L}$ ；
- f) 细菌总数： $\leq 80\ \text{CFU / mL}$ 。

5.5 电源

5.5.1 动力电源

动力电源宜采用双路交流电源供电，电压波动不应超过额定电压的-15%~10%，频率波动不应超过额定频率的 $\pm 2\%$ 。

5.5.2 控制电源

控制电源应采用不少于两路直流电源供电，电压波动不应超过额定电压的 $\pm 10\%$ 。

6 技术要求

6.1 技术参数

6.1.1 概述

冷却设备的技术参数按高压直流输电换流阀技术要求提出，一般包括功率损耗，内冷却水的流量、进阀温度、出阀温度、电导率和换流阀单元最大压降等。冷却设备选型参数及配置要求见附录A。

6.1.2 内冷却水的水质

内冷却水、去离子装置出水、内冷却水的补充水水质应满足表1的要求。

表1 内冷却水的电导率和 pH 值

名称	电导率 $\mu\text{S/cm}$	pH 值
内冷却水	≤ 0.5	6.5~8.5
去离子装置出水	≤ 0.3	6.5~8.5
内冷却水的补充水	≤ 5.0	6.5~8.5
根据现场使用情况，可对水质要求进行适当调整。 注：表中参数为水温在25℃时的测量值。		

6.1.3 内冷却水的流量

内冷却水的流量应在换流阀设计提出的最小流量和最大流量之间选取。

内冷却水进入每个换流阀塔流量宜保持一致。如果户外热交换器不只一组，内冷却水进入每组热交换器的流量也宜保持一致。

6.1.4 内冷却水的温度

内冷却水的出阀温度和进阀温度应根据冷却设备的现场运行环境温度及换流阀的温度要求确定。换流阀运行时，内冷却水的进阀温度应高于露点温度。

6.2 配置和功能

6.2.1 通则

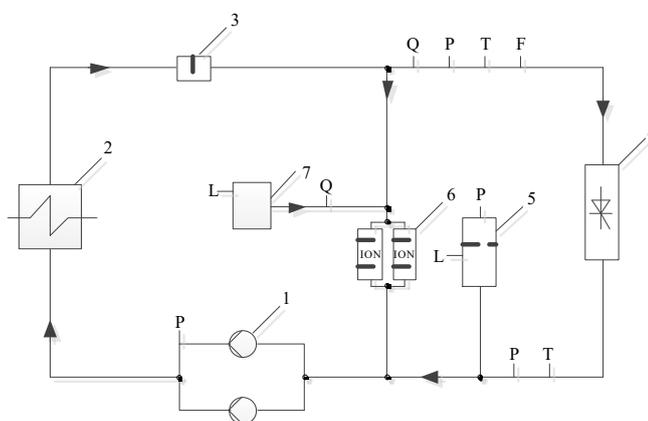
冷却设备应保证换流阀在最大设计条件和极端使用条件下的正常运行。

冷却设备主要由主循环泵、缓冲稳压装置、去离子装置、补水装置、主循环过滤器、热交换器、管道及阀门、控制及保护系统、监测仪表等组成。冷却设备流程简图见图2。

热交换器采用闭式冷却塔时应配置喷淋泵、外冷却水处理设备。配有喷淋水池时宜配置自循环旁路过滤系统。

冷却设备的控制系统和关键的机电设备，如主循环泵、去离子装置、监测仪表等均应采取冗余配置的方式，并可在线检修和更换。

冷却设备应布局合理，通风良好，远离高温或有害气体，并与构筑物相协调；冷却设备应可靠接地。



标引序号说明：

1——主循环泵；2——热交换器；3——主循环过滤器；4——高压直流输电换流阀；5——缓冲稳压装置；6——去离子装置；7——补水装置；Q——电导率测量；P——压力测量；T——温度测量；F——流量测量；L——液位测量。

图2 冷却设备流程简图

6.2.2 主循环泵

主循环泵工作时，应能满足系统最大设计流量的要求，保证内冷却水以恒定的流速流经换流阀。主循环泵应密封完好。主循环泵电源馈线开关应专用，不应连接其它负荷。主循环泵应冗余配置，相互备用的主循环泵电源应取自不同母线，并能实现工作泵故障切换、自动定期轮换和手动切换。切换过程中，内冷却水流量和压力不应低于换流阀设计的最低限值。

主循环泵技术要求如下：

- 泵与其拖动电动机应一并固定在同一个单独的铸铁座或钢座上；
- 泵宜通过弹性联轴器与电动机相连，所有联轴器都应有保护装置；
- 泵和驱动器的旋转部分都应静态平衡和动态平衡；
- 泵的材料选择应考虑运行环境要求；
- 电动机功率应满足超出泵特性曲线的越限情况下最大功率的要求；
- 泵的振动应符合振动标准 GB/T 29531—2013 表 3 中规定的 B 级要求；

- g) 泵的轴封应采用机械密封；
- h) 泵进出口应设置柔性接头。

6.2.3 喷淋泵

同一台冷却塔的喷淋泵宜冗余配置，互为备用，技术要求如下：

- a) 泵的振动应符合振动标准 GB/T 29531—2013 表 3 中规定的 B 级要求；
- b) 电机的绝缘等级应不低于 F 级，防护等级应不低于 IP54；
- c) 泵叶轮应采用 AISI 316 及以上等级的耐腐蚀材料制造，叶轮的加工工艺应避免出现锈蚀现象；
- d) 泵进出口应设置柔性接头。

6.2.4 缓冲稳压装置

冷却设备缓冲稳压装置可采用充有惰性气体的膨胀水箱，也可采用高位水箱的形式，保证循环水路压力的稳定。水箱应设置液位指示，并具备缓冲内冷却水体积变化的功能。密闭式水箱应自动调节气压并保持一定范围内的恒定。

6.2.5 去离子装置

内冷却水的一部分应流经去离子装置去除水中的杂质离子，以维持内冷却水的电导率在规定范围内。去离子装置中的离子交换器应冗余配置。离子交换树脂的正常使用寿命应不小于一年。

6.2.6 补水装置

冷却设备应配置补水装置，并能根据情况设置自动或手动补水功能。补水操作应能在换流阀运行时进行。

6.2.7 热交换器

热交换器一般采用闭式冷却塔、空气冷却器或二者的组合。热交换器应至少配置一组备用单元。备用单元的切除不应影响换流阀正常运行。

闭式冷却塔的设计应符合 GB/T 7190.3 的要求。空气冷却器的设计应符合 NB/T 47007 空冷式热交换器的要求。

在额定流量下，热交换器的换热性能应符合下列要求：

- a) 闭式冷却塔应符合 GB/T 7190.3—2019 中 5.1.2 的要求；
- b) 空气冷却器应符合 GB/T 14296—2008 中 5.5.1 的要求。

6.2.8 监测仪表

内冷却回路中至少应设置：压力、流量、温度、电导率、液位等参数的在线监测仪表。采用水—水冷却方式时，外冷却水回路中宜设置液位及电导率等监测仪表。

所有仪表的电磁兼容应符合 GB/T 17799.2、GB 17799.4 的规定。

所有监测仪表应具有校准或检定证书。

6.2.9 排气和排水装置

冷却设备应具备自动气水分离及排气功能。管道高点及容易积气的管段应设置手动或自动排气装置，管道低点应设置排水装置。

6.2.10 主循环过滤器

冷却设备应设置网孔径不大于200 μm 的主循环过滤器。主循环过滤器应能在不中断运行的情况下清洗或更换，其滤芯应具有足够的机械强度以防止在冷却水的冲刷下产生损伤。

6.2.11 循环水管道

冷却设备在最大设计压力下连续运行时，循环水管道应无破裂、堵塞和泄漏现象。

6.2.12 控制及保护系统

6.2.12.1 一般要求

冷却设备控制及保护系统相对于直流控制保护系统应设计为一个独立的子站，能对冷却设备的运行状态进行监控，并与直流控制保护系统进行可靠通信。

6.2.12.2 冗余配置

冷却设备交流动力电源、直流控制电源以及与直流控制保护系统进行通信的接口等设备均应冗余配置，且切换时应无扰动。

用于输出跳闸信号的关键传感器宜三重化配置。

冷却设备控制系统应两套独立配置，互为备用。在主用控制系统发生故障时，应自动切换到备用系统。换流阀运行时，应允许对备用控制系统进行维护。

冷却设备保护系统宜三重化配置，每一套保护系统应具有独立、完整的硬件和软件，且与其他保护系统在物理上和电气上完全隔离。

6.2.12.3 电源控制

当动力电源的一路出现故障时，应立即切换到另一路。切换时，冷却设备控制系统不应误发跳闸信号，且切换不应导致冷却设备中的流量、压力等超过设计限值。

当控制电源的一路出现故障时，应立即切换到另一路。切换时，冷却设备控制系统不应误发跳闸信号。

6.2.12.4 备用切换

冷却设备控制系统应自动对冷却设备中在运的主循环泵、风机和其他冗余设置的机电设备进行状态监测，并可实现无扰动自动切换。

6.2.12.5 温度控制

冷却设备温度控制的设计应符合换流阀在各种运行工况下的温度要求，应根据换流阀的负荷变化和室外环境温度的变化控制内冷水温度，使内冷却水的进阀温度保持稳定。温度控制应包括内冷却水温度过低时的调节措施。

6.2.12.6 控制系统的监控

冷却设备控制系统应能与直流控制保护系统建立可靠的上、下行通信，确保冷却设备控制系统能及时准确地反馈、接受直流控制保护系统的各种指令。在换流阀运行期间，如果没有接收到直流控制保护系统的退出指令，冷却设备不应接受就地退出运行指令。冷却设备控制系统应将冷却设备的运行状态、故障和报警信息、在线运行参数等上传至运行人员工作站，并显示在监控界面上。

6.2.12.7 电气控制柜

冷却设备控制系统的电气控制柜应设有手动、自动切换开关。手动时，应能在电气控制柜上手动控制各机电设备的启动、停止，自动时，应通过冷却设备的控制系统自动监控运行。

冷却设备控制系统的电气控制柜应设置可就地操作的人机界面，人机界面应能显示运行参数、报警信息等内容，并能对部分参数进行设置。

6.2.12.8 凝露控制

冷却设备控制系统应根据换流阀的进、出水温度和阀厅环境温湿度，确定其发生凝露的可能性并进行报警和温度调节，确保换流阀运行时，换流阀的进水温度不低于露点温度。

6.2.12.9 泄漏检测

除换流阀设置的独立泄漏检测装置外，冷却设备控制系统也应对冷却水泄漏进行检测，并考虑温度变化等因素判定液位变化。

6.2.12.10 外冷却水水质监测

冷却设备控制系统应根据外冷却水水质自动调节排放水量和补充水量。

6.2.12.11 自检功能

冷却设备控制及保护系统应具备冷却设备故障和运行指标超过设定参数限值等基本故障的自检功能，并进行自动调整或提示运行人员采取相应措施。控制及保护系统对出现的故障信息应采用总线通信或硬接点等可靠方式输出。监测分为报警和跳闸两种等级。

6.2.12.12 报警信号

当出现下列情况之一（不限于）时，冷却设备控制及保护系统宜发出报警信号：

- a) 交流电源故障；
- b) 直流电源故障；
- c) 控制系统单元故障；
- d) 主循环泵故障；
- e) 外冷却水回路机电设备故障；
- f) 传感器故障；
- g) 内冷却水进、出阀温度高；
- h) 内冷却水进阀温度低；
- i) 内冷却水流量低；
- j) 内冷却水压力高；
- k) 内冷却水压力低；
- l) 主管道中的内冷却水电导率高；
- m) 去离子支路内冷却水电导率高；
- n) 膨胀水箱或高位水箱液位低；
- o) 膨胀水箱或高位水箱液位高；
- p) 外冷却水水池（如有）液位低；
- q) 膨胀水箱压力低（如有）；
- r) 膨胀水箱压力高（如有）；
- s) 冷却设备渗漏。

6.2.12.13 跳闸信号

当出现下列情况之一（不限于）时，冷却设备控制及保护系统宜发出跳闸信号：

- a) 全部控制系统故障；
- b) 内冷却水进阀温度高于限值；
- c) 膨胀水箱或高位水箱液位低于限值；
- d) 冷却设备泄漏；
- e) 内冷却水流量低于限值。

6.2.12.14 接口要求

冷却设备控制及保护系统与直流控制保护系统宜采用光信号通信，冷却设备控制及保护系统与运行人员工作站间通信方式宜采用以太网或现场总线，连接方式见图3。

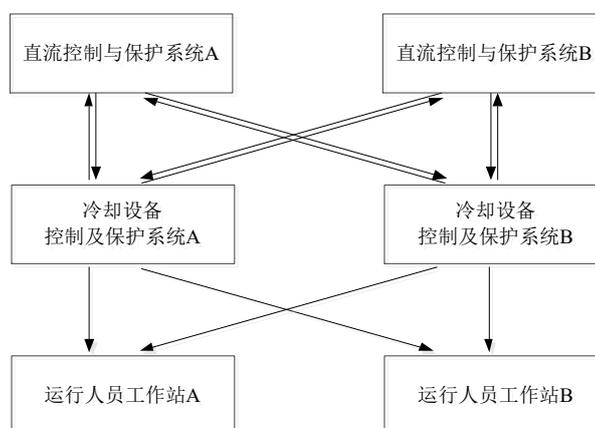


图3 冷却设备控制及保护系统与直流控制保护系统的连接方式示意图

6.3 外观

冷却设备的外观要求包括：

- a) 各部件安装端正、整齐，无明显偏差、松动现象；
- b) 容器和管道不得有明显凹陷，焊缝无焊渣、疤痕等；
- c) 表面喷涂均匀，不得有脱落、流挂、划痕、裂缝等缺陷；
- d) 控制柜符合 GB/T 4025 规定；
- e) 泵、阀门、监测仪表、管道等组件的安装，以及电气部分的电气配线、标识和编号等应符合设计要求。

6.4 绝缘强度

冷却设备中的电动机等电气设备与地（外壳）之间的绝缘电阻应不低于10 MΩ。

6.5 接地电阻

所有可触及金属部分与接地点之间的电阻应满足GB/T 7251.1-2013中10.5.2的要求。

6.6 噪声

阀冷户外设备噪声声压级宜小于85dB(A)。

6.7 年可用率

冷却设备的年可用率应不低于98%。

7 冷却设备及管道要求

7.1 材料要求

冷却设备及其管道宜选择具有良好防腐性和防锈性的材料。接触内冷却水的金属材料不宜选择低于304L 不锈钢等级。

管道内、外表面应无明显划痕、凹陷及砂眼等机械损伤。

所有接液部分材料如基管、管板、接管、法兰等应提供每批次原材料材质检验报告。

7.2 制造和安装

7.2.1 制造

冷却设备的设备及其管道均应采用厂内预制、现场组装的施工方式。

7.2.2 无损检测

对冷却设备中的管道和容器焊缝宜进行无损检测，根据承压设备的材质、结构、制造方法、工作介质、使用条件和失效模式，预计可能产生的缺陷种类、形状、部位和方向，选择一种或多种适宜的无损检测方法，确定其检测技术等级、检测比例，冷却设备焊缝质量等级宜不低于III级。

7.2.3 安装

管道安装宜平整、端正、牢固，不得过于承受拉伸或挤压。

7.3 清洗

冷却设备运到现场前应严格清洗管道。清洗后的管道内表面应清洁，无残留氧化物、焊渣、二次锈蚀、点蚀及明显金属粗晶析出。清洗完成后，应及时密封管口。

8 试验

8.1 总则

冷却设备的试验分为型式试验、出厂试验和现场试验。试验项目见表2。

表2 试验项目

序号	试验项目	试验分类			章条号
		型式试验	出厂试验	现场试验	
1	外观检查	√	√	√	8.2.1 ^{a,b} 、8.4.2 ^c
2	绝缘试验	√	√	√	8.2.2
3	接地电阻测量	√	√	√	8.2.3
4	压力试验	√	√	√	8.2.4 ^{a,b} 、8.4.3 ^c
5	水质测量	√	√	√	8.2.5

6	水力性能试验	√	√	—	8.2.6
7	换热性能试验	√	—	—	8.2.7
8	噪声测量	√	—	√	8.2.8
9	控制及保护性能试验	√	√	√	8.2.9
10	电磁兼容试验	√	—	—	8.2.10
11	通信和接口试验	—	√	√	8.2.11
12	连续运行试验	√	√	√	8.2.12 ^a 、8.3. ^b 、8.4.1 ^c
13	完整性能试验	—	—	√	8.4.4
^a 型式试验时。 ^b 出厂试验时。 ^c 现场试验时。					

8.2 型式试验

8.2.1 外观检查

外观检查应符合6.3的规定。

8.2.2 绝缘试验

冷却设备中的电动机等电气设备与地（外壳）之间使用绝缘测量仪器进行绝缘测量，绝缘电阻应符合6.4的规定。电气设备供电端口与地（外壳）之间施加2 000 V的工频试验电压，持续时间1 min，试验时泄露电流值不应大于10mA，试验部位不应出现绝缘击穿或闪络现象。

8.2.3 接地电阻测量

试验前，应断开控制柜的电源，清除测量点的油污。采用直接测量法，将仪表的端子分别与主接地端子、柜壳（或应接地的导电金属件）连接，测量可触及金属部分与主接地点之间的电阻。测量值应符合6.5的要求。

8.2.4 压力试验

8.2.4.1 水压试验

冷却设备及换流阀外部的管道设计压力应不低于1.0 MPa。试验压力应大于或等于设计压力的1.5倍，试验时间1 h，设备及管道应无破裂或渗漏现象（试验时，短接与换流阀塔连接处的管道）。

8.2.4.2 气压试验

对于采用气体密封的膨胀缓冲系统，应对膨胀缓冲系统设备进行密封性试验。施加正常工作压力的1.5倍~2.0倍气压，保持12 h，在温度恒定的状态下，压力变化应不大于初始气压的5%。

8.2.5 水质测量

测试方法如下：

- 将电导率仪、流量计等接入内冷却水回路；
- 启动补水装置，使管道中充满符合表 1 规定的补充水，记录补充水量和初始电导率；
- 启动主循环泵，调节内冷却水流量达到额定值；

d) 启动去离子装置，调节其流量达到额定值，开始计时，观察内冷却水电导率的变化情况。当内冷却水的电导率稳定在表 1 规定的范围内时，记录电导率数值和时间。

如果在额定流量下，内冷却水的电导率在 4 h 内达到并稳定在表 1 规定的范围内，则认为合格。

8.2.6 水力性能试验

冷却设备内冷却水的水力性能通过测量水压力与流量的关系考核。

试验可根据换流阀的流量和水压差，使用近似水压差的其他部件替代换流阀进行模拟试验。

试验方法如下：

- a) 将水压计和流量计接入内冷却水回路；
- b) 启动主循环泵，调整主循环泵出口处的阀门，改变水压；
- c) 测量并记录不同水压下的流量、主循环泵进出口压力（测量点在设计范围内应不少于 5 个）。

如果内冷却水管道中的流量和水压符合设计要求，则认为合格。

8.2.7 换热性能试验

8.2.7.1 试品

试品为具备完整换热功能的单台热交换器。

8.2.7.2 试验方法

闭式冷却塔换热性能试验应按 GB 7190.3-2019 中附录 A 的试验方法实施。

空气冷却器换热性能试验应按 GB 14296-2008 中 6.5 的试验方法实施。

试验结果应符合 6.2.7 的要求。

8.2.8 噪声测量

按照 GB/T 3767 的要求测量，测量结果应符合 6.6 的要求。

8.2.9 控制和保护功能试验

模拟运行模式和故障情况，验证冷却设备的控制和保护功能。如果试验结果符合 6.2.12 的规定，则认为合格。

8.2.10 电磁兼容试验

测量冷却设备的电磁发射，并验证其供电电源回路、信号采集回路和控制回路等受到外界干扰时是否出现误动、拒动、死机等情况。试验包括：

- a) 电磁发射试验：按照 GB 17799.4-2012 的规定，分别进行辐射骚扰和传导骚扰等发射干扰试验，应符合其第 9 章规定的发射限值；
- b) 抗扰度试验：按照 GB/T 17799.2 的规定，分别进行静电放电、电快速瞬变脉冲群、浪涌（冲击）、射频电磁场辐射、射频场感应的传导骚扰、电压暂降和短时中断等抗扰度试验。

8.2.11 连续运行试验

在各单项试验合格之后，进行整机连续运行试验。

试验期间应记录冷却设备运行参数。

启动整机运行，调整流量、压力、电导率等达到并维持在额定值，观察电动机、泵、风机和热交换器等主要部件运行是否正常。

试验时间48 h。

试验期间无渗漏发生，控制和保护设备工作正常，则认为合格。

8.3 出厂试验

8.3.1 试验项目

现场试验项目见表2。

除连续运行试验时间为6 h，以及下述通信和接口试验外，其他按8.2的规定进行。

8.3.2 通信和接口试验

根据控制和保护系统确定的通信接口要求，进行冷却设备的通信和远程控制功能试验：

- c) 验证冷却设备控制系统能否准确地把系统发出的报警、跳闸信号以及冷却设备运行状态和在线运行参数等信息正确上传至直流控制和保护系统；
- d) 验证冷却设备控制系统与直流控制和保护系统之间的控制动作是否正确，直流控制和保护系统能否正确响应冷却设备控制系统的跳闸指令，冷却设备控制系统能否正确响应直流控制和保护系统的运行和停运指令。

冷却设备与直流控制和保护系统之间的通信正常，上传信息正确，下传指令得到及时响应，则认为合格。

8.4 现场试验

8.4.1 试验项目

现场试验项目见表2。

除连续运行试验时间为72 h，通信和接口试验按8.3.2规定进行，以及下述外观检查、压力试验和完整性能试验外，其他按8.2的规定进行。

8.4.2 外观检查

按8.2.1的规定进行，并应符合GB 50235的规定。

8.4.3 压力试验

冷却设备及管道完成现场安装后，试验压力为设计压力的1.2倍~1.5倍，试验时间1 h，冷却设备及管道应无破裂或渗漏现象（试验时，短接与换流阀塔连接处的管道）。

冷却设备与换流阀塔连接后，试验压力、试验时间等应根据换流阀的试验要求确定。

8.4.4 完整性能试验

直流系统额定负荷或过负荷试验时，验证冷却设备的冷却能力和温度调节能力以及换流阀要求的其他技术指标。

9 包装、运输和贮存

9.1 包装

冷却设备的包装应符合GB/T 13384的要求。随机文件应有：

- a) 装箱清单；

- b) 产品合格证;
- c) 产品安装及使用说明书;
- d) 产品成套及备件一览表。

9.2 运输

冷却设备运输过程中, 不应有剧烈振动、撞击和倒放, 运输环境温度应为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$, 但去离子装置中的离子交换树脂应保持在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。

9.3 贮存

应符合GB/T 3859.1的规定。

10 标识

冷却设备铭牌应至少包括以下内容:

- a) 规格型号;
- b) 冷却容量;
- c) 额定流量;
- d) 额定压力;
- e) 热交换器类型;
- f) 额定输入功率;
- g) 额定输入电压;
- h) 生产厂家;
- i) 生产日期;
- j) 重量。

附 录 A
(资料性)
冷却设备选型参数及配置要求

冷却设备选型参数及配置要求见表A.1。

表A.1 冷却设备选型参数及配置要求

名称	单位	参数值及要求	备注
安装场所历史最高环境温度	℃	换流阀供应商提供	
安装场所历史最低环境温度	℃	换流阀供应商提供	
安装场所历史最高湿球温度	℃	换流阀供应商提供	
安装场所海拔	m	换流阀供应商提供	超出本文件要求时需特殊设计。
电源条件		换流阀供应商提供	1) 交流或直流电源情况; 2) 交流或直流电源路数。
换流阀最大功率损耗	kW	换流阀供应商提供	
换流阀设计最高进阀水温	℃	换流阀供应商提供	
换流阀设计最低进阀水温	℃	换流阀供应商提供	
换流阀要求的最小流量	L/s	换流阀供应商提供	
换流阀要求的最大进阀水压	MPa	换流阀供应商提供	
换流阀在最小流量时的水压降	MPa	换流阀供应商提供	
内冷却水电导率	μS/cm	换流阀供应商提供	
主循环过滤网孔径	μm	换流阀供应商提供	
换流阀组内冷却水总容量	L	换流阀供应商提供	
内冷却水种类		换流阀供应商要求	1) 去离子水; 2) 去离子水+防冻剂。
去离子装置配置		换流阀供应商要求	主要指备用要求。
外冷却方式		换流阀供应商要求	1) 闭式冷却塔; 2) 空气冷却器; 3) 空气冷却器+闭式冷却塔。
补水方式		换流阀供应商要求	自动或手动补充。
缓冲系统配置		换流阀供应商要求	气体密封或高位水箱。
其他特殊要求		换流阀供应商要求	