

直流输电换流阀冷却设备控制保护系统
技术要求

Specification for control and protection systems for HVDC converter valve cooling
equipment

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

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 使用条件	2
4.1 环境条件	2
4.2 电源条件	3
5 技术要求	3
5.1 过压承受能力	3
5.2 对连接导线、开关量输入和输出的要求	3
5.3 功能要求	3
5.4 电源变化影响	9
5.5 绝缘性能	9
5.6 耐湿热性能	10
5.7 连续运行	10
5.8 机械性能	10
5.9 电磁兼容性能	10
5.10 其它要求	12
6 试验方法	12
6.1 试验条件	12
6.2 运行温度试验	13
6.3 贮存温度试验	13
6.4 过压承受能力试验	13
6.5 出口继电器试验	14
6.6 功能要求试验	14
6.7 电源变化影响试验	15
6.8 绝缘性能试验	15
6.9 交变湿热试验	15
6.10 连续运行试验	15
6.11 机械性能试验	15
6.12 电磁兼容性能试验	15
6.13 安全试验	16
6.14 结构及外观检查	16
6.15 外壳防护等级试验	17

6.16	防腐及散热检查	17
7	检验规则	17
7.1	检验分类	17
7.2	出厂检验	19
7.3	型式试验	19
7.4	现场试验	19
8	标志、包装、运输、贮存	19
8.1	标志	19
8.2	包装	20
8.3	运输	20
8.4	贮存	20

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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会(SAC/TC154)归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

直流输电换流阀冷却设备控制保护系统技术要求

1 范围

本文件规定了直流输电换流阀冷却设备控制保护系统的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存。

本文件适用于直流输电换流阀冷却设备控制保护系统，作为该类型设备设计、制造、试验和验收的依据。其他电力电子设备冷却设备控制保护系统可参照执行。

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 2887—2011 计算机场地通用规范
- GB/T 2900.1 电工术语 基本术语
- GB/T 2900.17 电工术语 量度继电器
- GB/T 2900.49 电工术语 电力系统保护
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 7261—2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法
- GB/T 9361—2011 计算机场地安全要求
- GB/T 11287—2000 电气继电器 第21部分：量度继电器和装置的振动、冲击、碰撞和地震试验 第1篇 振动试验（正弦）
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14537—1993 量度继电器和保护装置的冲击与碰撞试验
- GB/T 14598.2—2011 量度继电器和保护装置 第1部分：通用要求
- GB/T 14598.26—2015 量度继电器和保护装置 第26部分：电磁兼容要求
- GB/T 14598.27—2017 量度继电器和保护装置 第27部分：产品安全要求
- GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10—2017 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 21711.1 基础机电继电器 第1部分：总则与安全要求
- GB/T 30425—2013 高压直流输电换流阀水冷却设备
- DL/T 478—2013 继电保护和安全自动装置通用技术条件
- DL/T 5562—2019 换流站阀冷却系统设计技术规程
- JB/T 5777.2 电力系统二次电路用控制及继电保护屏（柜、台）通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.17、GB/T 2900.49、GB/T 30425—2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

换流阀冷却设备 converter valve cooling equipment

用于将换流阀运行中产生的热量转移的循环冷却设备。

3.2

阀冷控制保护系统 control and protection system of valve cooling equipment

用于实现对换流阀冷却设备流量、压力、温度、液位、电导率等监测、控制和保护功能的系统。

3.3

内冷却水 inside coolant

使用水作为热转移媒质。可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。

[来源：GB/T 30425—2013, 3.6]

3.4

主循环泵 main pump

为内冷却水循环提供动力的设备。

3.5

空气冷却器 air cooler

利用环境空气冷却内冷却水的换热器，环境空气由风机驱动并掠过换热盘管的管壁和翅片，内冷却水流过管壁和翅片与环境空气进行热交换。

[来源：DL/T 5562—2019, 2.0.10, 有修改]

3.6

闭式蒸发型冷却塔 closed evaporative cooling tower

内冷却水在密闭的换热管内流动，并将其热量传递给管外的喷淋水和（或）强制流动的空气蒸发式冷却装置。

[来源：DL/T 5562—2019, 2.0.9, 有修改]

3.7

喷淋泵 spray pump

为冷却塔喷淋水提供动力的设备。

4 使用条件

4.1 环境条件

4.1.1 正常工作大气条件

正常工作大气条件如下：

- a) 环境温度：-10 ℃~+55 ℃；
- b) 大气压力：80 kPa~110 kPa；
- c) 相对湿度：5%~95% (内部既不应凝露，也不应结冰)。

4.1.2 运输中的极限环境

阀冷控制保护系统（以下简称阀冷控保系统）在运输中允许的环境温度为-40 ℃~+70 ℃，相对湿度不大于95%。

4.1.3 贮存中的极限环境

阀冷控保系统在贮存中允许的环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于80%。

4.1.4 周围环境

阀冷控保系统使用地点周围环境符合下列要求：

- a) 应遮阳、挡雨雪，防御雷击、沙尘，通风；
- b) 安装场地符合 GB/T 9361—2011 中 B 类安全要求的规定；
- c) 使用地点不出现超过 GB/T 11287—2000 中规定的严酷等级为 1 级的振动，运输、贮存过程不出现超过 GB/T 14537—1993 规定的严酷等级为 1 级的冲击和碰撞；
- d) 无爆炸危险的物质，周围介质中不应含有能腐蚀金属、破坏绝缘和表面镀覆及涂敷层的介质及导电介质，不允许有明显的水汽，不允许有严重的霉菌存在；
- e) 安装场所应提供良好的电气接地条件。

4.1.5 特殊环境条件

当超出 4.1.1~4.1.4 规定的环境条件时，由用户与制造商商定。

4.2 电源条件

4.2.1 交流电源

交流电源应符合如下要求：

- a) 额定电压：380 V，允许偏差： $-15\%\sim+10\%$ ；
- b) 频率：50 Hz，允许偏差 $\pm 5\%$ ；
- c) 波形：正弦，畸变因数不大于 5%。

4.2.2 直流电源

直流电源应符合如下要求：

- a) 额定电压：220 V、110 V，允许偏差： $-10\%\sim+10\%$ ；
- b) 纹波系数：不大于 5%。

5 技术要求

5.1 过压承受能力

阀冷控保系统经受以下交流过压，元件应无绝缘损坏、碳化或烧焦等现象：

- a) 相电压过电压水平不小于 1.5 pu，允许 300 ms；
- b) 线电压过电压水平不小于 1.3 pu，允许 300 ms。

5.2 对连接导线、开关量输入和输出的要求

阀冷控保系统与外回路连接导线、开关量输入和输出应符合 DL/T 478—2013 中 4.4、4.5 的规定。

5.3 功能要求

5.3.1 总则

- 5.3.1.1 阀冷控保系统应具备监视、控制和保护阀冷却系统的能力。
- 5.3.1.2 阀冷控保系统应具备手动操作和自动控制阀冷系统冷却设备启停的功能。在手动操作下，主循环泵、喷淋泵、风机、旁滤循环泵、电动阀门、仪表传感器等设备均能通过人机界面上的快捷键或软按钮进行手动操作，并有相应的指示灯就地显示设备工作状态。
- 5.3.1.3 阀冷控保系统应具备判别阀冷系统处于运行状态、停止状态、故障状态的功能。
- 5.3.1.4 阀冷控保系统应具备根据内冷却水温变化启停冷却塔或空冷器的功能。
- 5.3.1.5 阀冷控保系统应具备进线动力电源监视、保护和故障自动切换的功能。
- 5.3.1.6 阀冷控保系统应具备对主循环泵、喷淋泵、风机、旁滤循环泵、电动阀门、仪表传感器等设备的保护功能。
- 5.3.1.7 阀冷控保系统应具有故障记录功能，记录保护动作前后的信息数据。
- 5.3.1.8 阀冷控保系统宜具备信号指示灯，包括控制保护系统运行、告警、故障等。
- 5.3.1.9 阀冷控保系统应设有就地信息输入、输出功能，通过面板或辅助设备进行控制保护系统运行参数设定和输出告警信息、保护动作信息、事件信息和测量信息。
- 5.3.1.10 阀冷控保系统应具有通信接口，能够传输告警信息、保护动作顺序和时间、测量值、故障录波数据等信息。
- 5.3.1.11 阀冷控保系统宜具备告警开关量触点输出功能。
- 5.3.1.12 阀冷控保系统软件应遵循模块化、标准化的原则。
- 5.3.1.13 阀冷控保系统应根据内冷却水温度自动控制换热设备，将内冷却水温度稳定在换流阀要求范围内。
- 5.3.1.14 阀冷控保系统应具备将用于控制保护功能的仪表传感器置于在线维护状态的功能，用于仪表传感器在线维护时退出对应的控制和保护功能。

5.3.2 冗余配置

- 5.3.2.1 阀冷控保系统应冗余配置，控制系统应具有主备切换功能，切换过程不应影响阀冷系统正常运行造成扰动。
- 5.3.2.2 每一套阀冷控保系统应至少配置 2 对光纤接口，用于两个控制系统之间的实时通信。
- 5.3.2.3 冗余阀冷控保系统应分别配置 2 路独立直流电源，其中任何 1 路直流电源出现故障时不影响对应阀冷控保系统的正常运行。
- 5.3.2.4 阀冷控保系统涉及的交流电源应相互独立，其中任何一路交流电源出现故障时不影响阀冷控保系统的正常运行。
- 5.3.2.5 作用于跳闸的传感器应按照三套独立冗余配置，保护按照“三取二”原则出口。

5.3.3 通信功能

- 5.3.3.1 每一套阀冷控保系统应具备与运行人员控制系统的通信功能，通信协议宜采用 Profibus-DP、IEC61850 等。通过该通信接口，控制装置应能向运行人员控制系统上传运行数据和信息。
- 5.3.3.2 阀冷控保系统与直流控制系统之间可采用光纤通信或硬接点通信。如采用光纤通信，每一套阀冷控保系统应提供至少 2 对光纤接口，完成与直流控制系统之间的通信需求，通信协议宜采用 IEC60044-8。

5.3.4 故障录波功能

阀冷控保系统应具备故障录波功能，能够记录阀冷系统录波触发前后至少 10 s 内的流量、压力、温度、液位、电导率等信息。

5.3.5 显示要求

阀冷控保系统应配置冗余的人机接口设备，内容均采用中文格式显示，且不影响阀冷控保系统的响应速度，测量数据在本地显示单元和上位机的通信传输时间均小于2 s。

人机接口设备应能显示下列内容：

- a) 冷却系统的流程图；
- b) 冷却系统运行的实时参数；
- c) 冷却系统设备工作状态；
- d) 阀冷控保系统输出的报警信息；
- e) 保障阀冷控保系统正常运行的参数设定值。

5.3.6 设备监视、报警要求

阀冷控保系统应能够监视阀冷系统设备运行的情况，设备异常时应能够在人机界面报警提示。

阀冷控保系统记录的各种重要记录信息，在失去工作电源的情况下不应丢失，在工作电源恢复正常后，应能重新显示。

5.3.7 参数设定功能

阀冷控保系统应具备参数设定功能，可通过就地或远程人机界面并经权限登录进行参数设置，参数设置应具备自动校验功能。

5.3.8 控制功能要求

5.3.8.1 主循环泵控制功能

主循环泵控制功能总体要求如下：

- a) 阀冷系统配置两台主循环泵，采用一用一备的模式运行；
- b) 主循环泵的控制功能应在自动控制模式下实现；
- c) 两台冗余的主循环泵应分别设置独立的工频回路和软起回路，正常时软起先启动，启动完成进入全压工作后自动转入工频；
- d) 在工频回路故障情况下，软起回路应具备长期运行能力；
- e) 两台主循环泵软起回路均故障时，工频回路应具备直接启动的能力；
- f) 主循环泵应具备定时切换、手动切换、远程切换和故障切换功能，在切换不成功时应能自动回切，切换时间的选择应恰当，防止切换过程中出现流量保护误动作闭锁直流；
- g) 压力低（或流量低）保护切换主循环泵后如果仍满足压力低（或流量低）条件，不应再因压力低（或流量低）切泵；
- h) 主循环泵故障切换条件包括：主循环泵过热、主循环泵电气回路故障、压力低（或流量低）切泵等；
- i) 主循环泵动力回路设置就地安全开关，当安全开关被断开时，应有相应的报警信号。主循环泵安全开关断开信号不参与主循环泵控制逻辑；
- j) 主循环泵周期切换、交流电源故障切换、压力低（或流量低）切换时间应可以整定；
- k) 两台主循环泵均故障时不应直接闭锁直流，应由主循环流量压力保护闭锁直流；
- l) 阀冷系统液位保护或微分泄漏保护动作后，不应直接停主循环泵，只有收到换流器控制保护系统发出换流阀闭锁信号后，根据阀冷系统运行情况延时停止主循环泵。

5.3.8.2 空气冷却器风机控制功能

根据空气冷却器风机（以下简称空冷器风机）数量，合理分成多组，根据进阀温度或冷却器出水温度（若配置）判断，当启动条件满足时，分组投入风机，当停止条件满足时，分组退出风机。

空冷器风机按一定比例配置变频风机和工频风机，启停原则为：先分组启动变频风机，后分组启动工频风机；先分组停止工频风机，后分组停止变频风机。

5.3.8.3 闭式蒸发型冷却塔控制功能

闭冷系统一般配置多台闭式蒸发型冷却塔（以下简称冷却塔），每台冷却塔配置2台喷淋泵，两台喷淋泵一用一备运行。每台冷却塔配置数台风机，每台风机均配置变频回路及工频旁路，根据风机数量，合理分成多组。

冷却塔喷淋泵启停宜根据进阀温度或冷却器出水温度（若配置）判断。当启动条件满足时，每台冷却塔启动一台喷淋泵，各喷淋泵应间隔一定时间依次启动。当停止条件满足时，各喷淋泵间隔一定时间依次停止。

换流阀解锁前，检测到缓冲水池液位低时禁止启动喷淋泵，并产生相应的报警事件，同时置闭冷系统不具备运行条件，禁止换流阀解锁。换流阀解锁后，检测到缓冲水池液位低时应允许启动喷淋泵，并产生相应的报警事件；喷淋泵启动后出现缓冲水池液位低报警时，禁止停运喷淋泵。

冷却塔风机应根据进阀温度或冷却器出水温度（若配置）判断，分组启停，正常情况下采用变频控制，当变频器故障时自动投入工频旁路运行。

5.3.8.4 复合式冷却器（空冷器+冷却塔）控制功能

复合式冷却器一般包含空冷器和冷却塔设备，以空冷器作为主换热设备，冷却塔作为辅助换热设备。

根据进阀温度或冷却器出水温度（若配置）先依次启动空冷器风机，直至全部空冷器风机运行，若温度仍大于设定值，依次启动冷却塔喷淋泵、冷却塔风机，直至全部冷却塔喷淋泵、冷却塔风机运行。

根据进阀温度或冷却器出水温度（若配置）先依次停止冷却塔风机、冷却塔喷淋泵，直至全部冷却塔风机、冷却塔喷淋泵停止运行，若温度仍小于设定值，依次停止空冷器风机，直至全部空冷器风机停止运行。

5.3.8.5 电加热器控制功能

内冷电加热器根据进阀温度进行控制，当进阀温度低于启动设定值时，内冷电加热器分组启动；进阀温度高于停止设定值时，内冷电加热器分组停止。

进阀温度接近或低于凝露温度时，启动内冷电加热器，高于凝露温度一定值且高于内冷加热器停止温度时，停止内冷电加热器。当阀厅温湿度变送器均故障时，禁止通过凝露温度启动电加热器。

外冷电加热器（若配置）根据冷却器出水温度进行控制，当冷却器出水温度低于启动设定值时，外冷电加热器分组启动；冷却器出水温度高于停止设定值时，外冷电加热器分组停止。

电加热器启动和停止定值应合理，当闭冷系统停运、主循环流量传感器均故障、主循环流量超低、进阀温度传感器及冷却器出水温度传感器（若配置）均故障、进阀温度高任一条件满足时，禁止启动电加热器。

5.3.8.6 电动三通阀回路（如有）控制功能

电动三通阀根据进阀温度调节内冷水内外循环比例。

电动三通阀应冗余配置，一用一备，当主用的三通阀回路故障时，应自动切换至备用三通阀回路。

为了保证在三通阀动作期间的进阀温度变化平稳，宜采用分段控制方式。
主、备电动三通阀应同步控制。

5.3.8.7 内冷却水补水功能

阀冷控保系统应根据膨胀罐（高位水箱）液位和补水罐液位信号自动起停补水泵以实现对内冷却水补水。

当膨胀罐（高位水箱）的液位传感器测量值低于补水泵启动液位值且补水罐液位没有低报警时，应能自动启动补水泵进行补水；当膨胀罐（高位水箱）液位传感器测量值高于补水泵停止液位值时，应能自动停止补水泵。

5.3.8.8 补气排气功能

阀冷控保系统能够根据膨胀罐压力实现自动补排气功能。

膨胀罐压力值低于启动补气值时，应能自动启动补气阀进行补气；当膨胀罐压力值高于停止补气值时，应能自动停止补气阀；膨胀罐压力值高于启动排气值时，应能自动启动排气阀进行排气；当膨胀罐压力值低于停止排气值时，应能自动停止排气阀；在补气过程中，出现氮气瓶压力低或补气阀故障时，应产生相应的报警事件，并自动切换至备用补气回路。

5.3.8.9 双电源自动切换功能

阀冷控保系统直流电源应采用冗余配置，并具备自动切换功能，切换过程不影响阀冷控保系统正常运行。

若阀冷系统配置三台及以上的主循环泵，则应为每台主循环泵配置冗余的交流电源，冗余的交流电源应具备自动切换功能，切换过程不影响阀冷系统正常运行。若阀冷系统配置双冗余的主循环泵，则每台主循环泵配置独立的交流电源，且两个交流电源来自400 V不同段母线。

阀冷其它设备宜配置冗余的交流电源，冗余的交流电源应具备自动切换功能，切换过程不影响阀冷系统正常运行。

5.3.8.10 外冷补水及水处理控制功能

外冷补水及水处理设备包括旁滤循回路、过滤罐冲洗回路、加药泵、反渗透装置、排污泵、工业水泵等，各设备控制功能要求如下：

a) 过滤罐冲洗控制

炭滤罐和砂滤罐在长期运行后罐体中形成杂质堆积，影响过滤性能，通过反洗泵或工业泵定期冲洗维持罐体内介质的过滤性能。

反洗泵的控制功能应在自动控制模式下实现；反洗泵出口应设置压力检测仪表；除盐水池液位偏低禁止启动反洗泵；在反洗过程中应关闭炭滤罐或砂滤罐进水。

b) 旁滤循环泵控制

旁滤循环泵配置在缓冲水池的旁路回路上，为喷淋水旁路循环过滤提供动力，避免喷淋水因长期蒸发浓缩导致杂质残留过多。

旁滤循环泵应冗余配置，采用一用一备的运行模式；旁滤循环泵的控制功能应在自动控制模式下实现；旁滤循环泵分为过滤、反洗、排污模式；旁滤循环泵出口配置压力传感器和电导率传感器；旁滤循环泵具备周期切换、手动切换和故障切换功能；旁滤循环泵应处于长期运行状态，当缓冲水池液位低或缓冲水池液位传感器均故障时禁止旁滤循环泵运行。

c) 加药泵控制

通过加药泵投加多种药剂抑制或延缓喷淋水系统腐蚀、盘管结垢和微生物滋生。

加药泵根据药剂类型配置相应数量；加药泵的控制功能应在自动控制模式下实现；加药箱配置液位开关；若在旁滤循环管路上投加药剂，旁滤循环泵停止或旁滤回路砂滤罐反洗时禁止启动加药泵；加药箱液位低报警时禁止启动相应加药泵。

d) 反渗透控制

采用反渗透技术去除工业水中溶解盐、胶体和有机物等杂质，将处理后的水补充至外冷缓冲水池，延长冷却塔使用寿命。

高压泵的控制功能应在自动控制模式下实现；高压泵进出口应分别配置压力传感器；反渗透模块进出口应分别配置电导率传感器；高压泵进口压力超低或出口压力超高时高压泵禁止运行；工业水泵停运时禁止启动高压泵；过滤罐处于反洗模式时禁止启动高压泵；高压泵应采用变频控制；反渗透系统故障时应切换至旁通回路。

e) 排污泵控制

当集水坑液位到达启动排污设定值时，启动排污泵；当液位到达停止排污设定值时，停止排污泵；当排污泵运行时间超过设定值时，阀冷控保系统产生相应报警事件；当排污泵出现电源开关断开、交流电源故障等异常时，阀冷控保系统产生相应报警事件并禁止启动相应的排污泵。

f) 工业泵控制

工业水泵作为外冷补水、过滤罐冲洗或反渗透低压冲洗的原水泵，通常放置于工业泵房内，从工业水池内取水。

工业水泵应冗余配置，采用一用一备的模式，轮询启动；工业水泵出口应配置压力传感器；工业水泵具有手动切换、故障切换功能；工业水泵的控制功能应在自动控制模式下实现；缓冲水池液位传感器均故障时禁止自动启动工业水泵。

5.3.9 保护功能要求

5.3.9.1 温度保护

温度保护分为进阀温度保护和出阀温度保护两种，保护功能如下：

- a) 进阀温度保护的原理是检测内冷却水的进阀温度，当温度达到阈值时，阀冷控保系统延时发出跳闸请求；
- b) 出阀温度保护的原理是检测内冷却水的出阀温度，当温度达到阈值时，阀冷控保系统延时发出报警信号。

5.3.9.2 流量压力保护

流量压力保护用于防止内冷却水回路中的流量及压力降低，减少换流阀与阀冷设备的热交换效率，导致换流阀温度过高。流量压力保护功能如下：

- a) 若阀冷系统主循环泵出水压力值和进阀压力值均低于相应低报警值，或阀冷系统主循环流量值和进阀压力值均低于相应低报警值，阀冷控保系统产生相应报警事件，同时切换至备用泵运行；
- b) 若内冷却水流量低于流量超低报警值，同时进阀压力值低于压力低报警值，阀冷控保系统延时发出跳闸请求；若内冷却水流量低于流量低报警值，同时进阀压力值低于压力超低报警值，阀冷控保系统延时发出跳闸请求；若内冷却水流量低于流量超低报警值，同时进阀压力值高于压力高报警值，阀冷控保系统延时发出跳闸请求；
- c) 冷却水流量压力保护跳闸延时应大于主循环泵切换不成功再切回原泵所需的时间。

5.3.9.3 液位保护

液位保护用于保证膨胀罐（高位水箱）处于正常水位，防止液位过低时气体进入密闭式管道系统，造成水泵汽蚀，导致流量、压力等急剧下降而影响换流阀正常运行。液位保护功能如下：

- a) 膨胀罐（高位水箱）液位低时，阀冷控保系统延时报警；
- b) 膨胀罐（高位水箱）液位超低时，阀冷控保系统延时发出跳闸请求。

5.3.9.4 微分泄漏保护

微分泄漏保护是为了防止内冷却水的水管故障导致内冷却水泄漏，影响换流阀正常运行。微分泄漏保护功能如下：

- a) 阀冷控保系统实时监测膨胀罐（高位水箱）液位，在一定时间内液位下降量连续超过设定值时，判断阀冷系统发生泄漏；
- b) 微分泄漏保护的定值和延时设置应有足够裕度，要能躲过最大水温变化、主循环泵切换、内外循环切换、外冷系统冷却器启停等因素引起的液位波动，防止保护误动；
- c) 微分泄漏保护投报警和跳闸，渗漏保护仅投报警。

5.3.9.5 电导率保护

电导率保护一方面考虑阀冷系统管道在高电压下的均压要求，避免在管道上由于电压差不均匀导致绝缘击穿，另一方面考虑泄漏后换流阀元器件表面绝缘要求。阀冷系统电导率保护应设置电导率高和电导率超高两级预警，可根据需要设置电导率超高跳闸、停运直流系统功能。

5.3.9.6 控制保护系统均故障保护

当冗余的阀冷控保系统均发生控制器故障，或阀冷控保系统直流控制电源全部丢失时，应立即发出阀冷系统不可用信号。

5.3.9.7 冗余传感器均故障保护

涉及跳闸的冗余传感器（如进阀温度、主循环流量及进阀压力、膨胀罐（高位水箱）液位等）均故障时，延时发出阀冷系统不可用信号。

5.4 电源变化影响

在6.1.1规定的正常试验大气条件下，工作电源在4.2.1、4.2.2规定的参数下，阀冷控保系统应可靠工作，性能及参数符合5.3的规定。

5.5 绝缘性能

5.5.1 绝缘电阻

在6.1.1规定的正常试验大气条件下，阀冷控保系统各独立电路与外露的可导电部分之间，以及与各独立电路之间，用500 V直流兆欧表测量其绝缘电阻值，不应小于10 M Ω 。

5.5.2 介质强度

阀冷控保系统的各带电的导电电路对地（即外壳或外露的非带电金属零件）之间，以及阀冷控保系统中电气上无联系的各带电的导电电路之间，应能承受2 kV/50 Hz（额定绝缘电压 >63 V）、0.5 kV/50Hz（或等效直流）（额定绝缘电压 ≤ 63 V）的试验电压，历时1 min，无击穿或闪络现象。

5.5.3 冲击电压

在6.1.1规定的试验大气条件下，阀冷控保系统的直流输入回路、交流输入回路、输入输出触点等各电路对地，以及电气上无联系的各独立电路之间，应能承受1.2/50 μ s的标准雷电波的短时冲击电压试验。当额定绝缘电压大于63 V时，开路试验电压为5 kV；当额定绝缘电压不大于63 V时，开路试验电压为1 kV。试验后，阀冷控保系统应无绝缘损坏，性能应符合5.3的规定。

5.6 耐湿热性能

阀冷控保系统应能承受GB/T 14598.2—2011中6.12.3.7规定的交变湿热试验，经交变湿热试验且恢复1 h~2 h后，用500 V直流兆欧表，测量部位同5.5.1，其绝缘电阻值应不小于10 M Ω ，介质强度不应低于5.5.2规定的介质强度试验电压值的75%。

5.7 连续运行

阀冷控保系统完成调试后，出厂前应进行连续运行试验。试验期间，阀冷控保系统工作应稳定可靠，动作行为、信号指示应正确，无元器件损坏、软件运行异常或其他异常情况出现。

5.8 机械性能

阀冷控保系统屏柜的机械性能要求应符合表1的规定。

表1 机械性能要求

序号	项目	要求
1	振动	应能承受 GB/T 11287—2000 中规定的严酷等级为 1 级的振动
2	冲击	应能承受 GB/T 14537—1993 中规定的严酷等级为 1 级的冲击
3	碰撞	应能承受 GB/T 14537—1993 中规定的严酷等级为 1 级的碰撞

5.9 电磁兼容性能

5.9.1 辐射发射限值

阀冷控保系统设备辐射发射限值测试结果应符合 GB/T 14598.26—2015中5.1规定的限值。

5.9.2 传导发射限值

阀冷控保系统设备传导发射限值测试结果应符合 GB/T 14598.26—2015中5.2规定的限值。

5.9.3 射频电磁场辐射抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受 GB/T 14598.26—2015中6.1规定的严酷等级的射频电磁场辐射抗扰度试验，调制前试验场强为10 V/m。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则A。

5.9.4 静电放电抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.1规定的严酷等级的静电放电抗扰度试验，接触放电电压为2 kV、4 kV、6 kV（逐级施加），空气放电电压为2 kV、4 kV、8 kV（逐级施加）。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足 GB/T 14598.26—2015 表23中验收准则B。

5.9.5 工频磁场抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.1规定的严酷等级的工频磁场抗扰度试验，连续磁场强度为30 A/m，短时磁场强度为300 A/m。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能连续磁场时应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则A、短时磁场时应满足验收准则B。

5.9.6 射频电磁场感应的传导骚扰抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2、6.3、6.4和6.5规定的严酷等级的射频电磁场感应的传导骚扰抗扰度试验，调制前试验电平为10 V。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则A。

5.9.7 电快速瞬变脉冲群抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2、6.3、6.4和6.5中规定的B类严酷等级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，脉冲电压为2 kV（通信端口脉冲电压为1 kV）。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则B。

5.9.8 慢速阻尼振荡波抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受 GB/T 14598.26—2015 中6.2、6.3 和6.4中规定的严酷等级的阻尼振荡波抗扰度试验，共模试验电压为2.5 kV，差模试验电压为1 kV（通信端口屏蔽线屏蔽层对地试验电压为1 kV）。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足14598.26—2015表23中验收准则B。

5.9.9 浪涌抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2、6.3和6.4中规定的B类严酷等级的浪涌抗扰度试验，线对线试验电压为0.5 kV、1 kV（逐级施加）、线对地试验电压为0.5 kV、1 kV、2 kV（逐级施加）[通信端口屏蔽线屏蔽层对地试验电压为0.5 kV、1 kV、2 kV（逐级施加）]。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则B。

5.9.10 工频抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受 GB/T 14598.26—2015 中 6.4 规定的严酷等级为 A 级的工频抗扰度试验，共模试验电压为300 V、差模试验电压为150 V。试验过程中及试验结束后，直流开关量输入状态不应出现误变位。

5.9.11 脉冲磁场抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受 GB/T 17626.9—2011规定的严酷等级为4级的脉冲磁场抗扰度试验，试验场强为300 A/m。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则B。

5.9.12 阻尼振荡磁场抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受 GB/T 17626.10—2017规定的严酷等级为4级的阻尼振荡磁场抗扰度试验，试验场强为30 A/m。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则B。

5.9.13 交流或直流电压暂降抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2规定的严酷等级的电压暂降抗扰度试验，暂降至0% U_i (U_i 为标称值，下同)持续50 ms、暂降至40% U_i 持续200 ms、暂降至70% U_i 持续500 ms。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能暂降至0% U_i 应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则A、暂降至40% U_i 和70% U_i 应能满足验收准则C。

5.9.14 交流或直流电压中断抗扰度

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2规定的严酷等级的电压中断抗扰度试验，中断时间持续5 s。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足 GB/T 14598.26—2015表23中验收准则C。

5.9.15 直流电源缓降/缓升

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2规定的严酷等级的直流电源缓降/缓升试验，缓降历时60 s，电源关断5 min，缓升历时60 s。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则C。

5.9.16 直流电源中的交流分量（纹波）试验

阀冷控保系统设备应能承受GB/T 14598.26—2015中6.2规定的严酷等级的直流电源中的交流分量（纹波）试验，幅值为15%额定电源电压，频率为100 Hz。试验过程中及试验结束后，5.3规定的功能应能满足GB/T 14598.26—2015表23中验收准则A。

5.10 其它要求

- 5.10.1 阀冷控保系统安全要求应符合 GB/T 14598.27—2017 的规定。
- 5.10.2 阀冷控保系统屏柜的结构、外观及外壳要求应符合 JB/T 5777.2 的规定。
- 5.10.3 阀冷控保系统屏柜的外壳防护等级应能满足 IP31 要求。
- 5.10.4 金属结构件有防腐蚀措施，满足发热元件的散热要求。
- 5.10.5 阀冷控保系统应具备外部触点开关量输入接口和开关量输出触点。
- 5.10.6 阀冷控保系统所有开关量输入回路的直流电源应与控制保护系统内部电源隔离。
- 5.10.7 开关量输出触点性能应满足 GB/T 21711.1 的要求。
- 5.10.8 阀冷控保系统可根据需要按保护功能分别设置硬件跳闸压板。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验的标准大气条件

除另有规定外，进行功能性试验的环境条件如下：

- a) 环境温度：15 °C～35 °C；

- b) 大气压力：86 kPa~106 kPa；
- c) 相对湿度：45%~75%。

6.1.2 其他试验条件

其他实验条件应满足以下要求：

- a) 被试验装置和测试仪表应良好接地，并考虑周围环境电磁干扰对测试结果的影响；
- b) 测量仪表准确度等级要求：测量仪表的基本误差应不大于被测量准确等级的1/4。

6.2 运行温度试验

6.2.1 试验要求

根据4.1.1a)的要求，按GB/T 7261—2016第10章规定进行最高运行温度和最低运行温度试验。在试验期间和试验后，阀冷控保系统功能应符合5.3的规定。

6.2.2 最高运行温度

最高运行温度试验应满足下列要求：

- a) 试验温度按照4.1.1a)规定的最高运行温度；
- b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续16 h；
- c) 在5 min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min，试验温度准确度为±2 K。

6.2.3 最低运行温度

最低运行温度试验应满足下列要求：

- a) 试验温度按照4.1.1a)规定的最低运行温度；
- b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续16 h；
- c) 在5 min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min，试验温度准确度为±3 K。

6.3 贮存温度试验

6.3.1 试验要求

根据4.1.3的要求，按GB/T 7261—2016第10章规定分别进行最高贮存温度和最低贮存温度试验，在室温下恢复2 h后，施加激励量进行电气性能检测，阀冷控保系统功能应符合5.3的规定。

6.3.2 最高贮存温度

最高贮存温度试验应满足下列要求：

- a) 试验温度按照4.1.3规定的最高贮存温度；
- b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续16 h；
- c) 在5min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min，试验温度准确度为±2 K。

6.3.3 最低贮存温度

最低贮存温度试验应满足下列要求：

- a) 试验温度按照4.1.3规定的最低贮存温度；
- b) 暴露持续时间为达到试验温度后持续16 h；
- c) 在5min时间内，试验箱温度的最大变化率不超过1 K/min，试验温度准确度为±2 K。

6.4 过压承受能力试验

根据5.1的要求,按GB/T 7261—2016第15章的规定和方法,对阀冷控保系统进行过压承受能力试验。施加5.1节规定的过电压值,试验中和试验后应满足下列要求:

- a) 无绝缘损坏,无液化、碳化或烧焦现象;
- b) 各部分无永久性机械变形;
- c) 阀冷控保系统性能符合 5.3 的规定。

6.5 出口继电器试验

根据5.2 的要求,按DL/T 478—2013 中7.10 的规定进行试验。用继电保护试验设备检查阀冷控保系统出口继电器的触点通断情况,并抽查是否能可靠接通、断开负载。

6.6 功能要求试验

功能和性能试验项目按表2进行。

表2 功能和性能试验项目

序号	试验项目	试验方法
1	主循环泵控制功能试验	模拟主循环泵故障切换及定时切换,检查切换功能是否正常
2	空冷器(如有)控制功能试验	模拟内冷循环水进阀温度变化,检查装置控制功能是否正常
3	冷却塔(如有)控制功能试验	模拟内冷循环水进阀温度变化,检查装置控制功能是否正常
4	复合式冷却器(如有)控制功能试验	模拟内冷循环水进阀温度变化,检查装置控制功能是否正常
5	电加热器控制功能	模拟内冷循环水进阀温度变化,检查装置控制功能是否正常
6	电动三通阀回路(如有)控制功能试验	模拟内冷循环水进阀温度变化,检查装置控制功能是否正常
7	内冷水补水功能试验	模拟膨胀罐水位,检查内冷水补水功能是否正常
8	补气排气功能试验	模拟膨胀罐压力变化,检查补气排气功能是否正常
9	双电源自动切换试验	模拟投入电源故障,检查双电源自动切换功能是否正常
10	外冷补水及水处理(如有)控制功能试验	模拟缓冲水池液位低,检查装置控制功能是否正常
11	保护功能试验	模拟阀冷系统各保护触发条件,检查保护功能是否正常
12	装置掉电试验	检查装置告警记录信息、动作信息、录波信息、定值信息及冷却器累计运行时间等,掉电后信息不丢失

13	冗余配置试验	检查阀冷控制保护系统及其光纤接口、交直流电源，均为冗余配置
14	冗余切换试验	模拟故障，冗余的阀冷控保系统及其冗余的交直流电源应能正常切换
15	通信功能试验	核对告警信息、事件信息、故障信息、测量值上传正常
16	故障录波功能试验	模拟故障录波触发条件，检查故障录波功能是否正常
17	显示功能试验	目测人机界面显示内容，应符合 5.3.5 的要求
18	设备监视、报警功能试验	核对装置对阀冷系统各设备的监视功能，模拟报警触发条件，检查报警功能是否正常
19	参数设定功能	输入口令，检查阀冷系统各控制、报警、保护参数的设定功能
20	手动操作功能试验	通过人机界面上的快捷键或软按钮，检查阀冷系统主循环泵、喷淋泵、风机、旁滤循环泵、仪表传感器等设备的手动操作功能

6.7 电源变化影响试验

6.7.1 试验要求

根据5.4的要求，按GB/T 7261—2016第 11章的规定和方法，进行电源影响试验。

6.7.2 电压变化影响试验

交流和直流电压按照4.2.1、4.2.2规定的工作范围进行试验。交流和直流电源分别在规定的电压范围的上限和下限进行试验。其他影响量或影响因素为基准值。

6.7.3 交流电源频率变化影响试验

按照4.2.1的规定分别将电源频率调整至其标称范围的极限值，施加于被试设备进行试验。其他影响量或影响因素为基准值。

6.8 绝缘性能试验

根据5.5的要求，按GB/T 7261—2016第13章的规定和方法，分别进行绝缘电阻测量、介质强度及冲击电压试验。

6.9 交变湿热试验

根据5.6的要求，按GB/T 7261—2016第10章的规定和方法，进行交变湿热试验。

6.10 连续运行试验

阀冷控保系统与阀冷一次设备进行统一的连续运行试验，具体详见GB/T 30425—2013第8.2.12节。

6.11 机械性能试验

按表3的规定和方法，进行机械性能试验。

表3 机械性能试验方法

序号	项目	要求
1	振动	按 GB/T 11287—2000 的规定和方法，对装置进行振动响应和振动耐久试验
2	冲击	按 GB/T 14537—1993 的规定和方法，对装置进行冲击响应和冲击耐久试验
3	碰撞	按 GB/T 14537—1993 的规定和方法，对装置进行碰撞试验

6.12 电磁兼容性能试验

按表4的规定和方法，进行电磁兼容性能试验。

表4 电磁兼容性能试验方法

序号	项目	试验方法
1	电磁发射试验	根据 5.10.1 和 5.10.2 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.1.2、7.1.3 的规定和方法，对装置进行传导辐射发射限值和发射限值试验
2	辐射电磁场抗扰度试验	根据 5.10.3 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.4 的规定和方法，对装置进行辐射电磁场抗扰度试验
3	静电放电抗扰度试验	根据 5.10.4 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.3 的规定和方法，对装置进行静电放电抗扰度试验
4	工频磁场抗扰度试验	根据 5.10.5 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.10 的规定和方法，对装置进行工频磁场抗扰度试验
5	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	根据 5.10.6 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.8 的规定和方法，对装置进行射频场感应的传导骚扰抗扰度试验
6	电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验	根据 5.10.7 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.5 的规定和方法，对装置进行电快速瞬变/脉冲群抗扰度试验
7	慢速阻尼振荡波抗扰度试验	根据 5.10.8 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.6 的规定和方法，对装置进行慢速阻尼振荡波抗扰度试验
8	浪涌（冲击）抗扰度试验	根据 5.10.9 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.7 的规定和方法，对装置进行浪涌（冲击）抗扰度试验
9	工频抗扰度试验	根据 5.10.10 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.9 的规定和方法，对装置进行工频抗扰度试验
10	脉冲磁场抗扰度试验	根据 5.10.11 的要求，按 GB/T 17626.9—2011 的规定和方法，对装置进行脉冲磁场抗扰度试验
11	阻尼振荡磁场抗扰度试验	根据 5.10.12 的要求，按 GB/T 17626.10—2017 的规定和方法，对装置进行阻尼振荡磁场抗扰度试验
12	交流或直流电压暂降抗扰度试验	根据 5.10.13 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.11 的规定和方法，对装置进行交流或直流电压暂降抗扰度试验
13	交流或直流电压中断抗扰度试验	根据 5.10.14 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.11 的规定和方法，对装置进行交流或直流电压中断抗扰度试验
14	直流电源缓降/缓升试验	根据 5.10.15 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.13 的规定和方法，对装置进行直流电源缓降/缓升试验
15	直流电源中的交流分量	根据 5.10.16 的要求，按 GB/T 14598.26—2015 中 7.2.12 的规定和方法，对装置进

序号	项目	试验方法
	(纹波) 试验	行直流电源中的交流分量(纹波) 试验

6.13 安全试验

根据5.10.1的要求,按GB/T 7261—2016第17章规定的方法进行检查和试验。

试验内容包括:电气间隙试验、爬电距离试验、保护联结阻抗试验、保护联结电路的连续性试验、安全标志检查。

6.14 结构及外观检查

根据5.10.3的要求,按GB/T 7261—2016第5章以及下列要求逐项进行结构及外观检查:

- 目测被试设备表面的涂覆层的颜色是否均匀一致,有无明显的色差和眩光,检查涂覆层表面是否有砂粒、驱皱、流痕等缺陷。
- 被试设备的外形尺寸和安装尺寸等可采用钢直尺和钢带卷尺进行检查,必要时可采用精度更高的测量一起。
- 检查被试设备内各元器件的安装及装配是否符合图纸和工艺的要求。
- 检查被试设备中电镀零件、喷漆零件、塑料零件的表面质量,例如有无划伤、碰伤和变形。

6.15 外壳防护等级试验

根据5.10.4的要求,按GB/T 4208—2017中的要求进行外壳防护试验。

6.16 防腐及散热检查

根据5.10.5的要求,检查金属结构件的防腐蚀措施和发热元件的散热通道:

- 检查金属结构件的表面是否均有涂覆层,涂覆层表面是否有砂粒、驱皱、流痕等缺陷;
- 检查发热元件的四周是否按照元件的安装要求留有足够的散热间距;
- 检查阀冷控保系统屏柜是否配置有散热网格、散热风扇等通风散热措施。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分出厂检验和型式试验两种,检验项目见表5。

表5 检验项目

检验项目名称	出厂检验	型式试验	现场试验	技术要求	试验方法
运行温度试验	—	√	—	4.1.1a)	6.2
贮存温度试验	—	√	—	4.1.3	6.3
过压承受能力试验	—	√	—	5.1	6.4
出口继电器试验	√ ^a	√	√	5.2	6.5
手动操作功能试验	√	√	√	5.3.1.2	6.6

检验项目名称	出厂检验	型式试验	现场试验	技术要求	试验方法
冗余配置试验	√	√	√	5.3.2	6.6
冗余切换试验	√	√	√	5.3.2	6.6
通信功能试验	√	√	√	5.3.3	6.6
故障录波功能试验	√	√	√	5.3.4	6.6
显示功能试验	√	√	√	5.3.5	6.6
设备监视、报警功能试验	√	√	√	5.3.6	6.6
参数设定功能试验	√	√	√	5.3.7	6.6
主循环泵控制功能试验	√	√	√	5.3.8.1	6.6
空冷器（如有）控制功能试验	√	√	√	5.3.8.2	6.6
冷却塔（如有）控制功能试验	√	√	√	5.3.8.3	6.6
复合式冷却器（如有）控制功能试验	√	√	√	5.3.8.4	6.6
电加热器控制功能	√	√	√	5.3.8.5	6.6
电动三通阀回路（如有）控制功能试验	√	√	√	5.3.8.6	6.6
内冷却水补水功能试验	√	√	√	5.3.8.7	6.6
补气排气功能试验	√	√	√	5.3.8.8	6.6
双电源自动切换功能试验	√	√	√	5.3.8.9	6.6
外冷补水及水处理（如有）控制功能试验	√	√	√	5.3.8.10	6.6
保护功能试验	√	√	√	5.3.9	6.6
电源变化影响试验	√ ^e	√	√ ^e	5.4	6.7
绝缘性能试验	√ ^b	√	√ ^f	5.5	6.8
交变湿热试验	—	√	—	5.6	6.9
连续运行试验	√	√	√	5.7	6.10
机械性能试验	—	√ ^c	—	5.8	6.11
电磁兼容性能试验	—	√	—	5.9	6.12
安全要求试验	√ ^d	√	√ ^d	5.10.1	6.13

检验项目名称	出厂检验	型式试验	现场试验	技术要求	试验方法
结构及外观检查	√	√	√	5.10.3	6.14
外壳防护等级试验	—	√	√	5.10.4	6.15
防腐及散热检查	—	√	—	5.10.5	6.16
注：“√”为必做实验项目；“—”为可选实验项目。					
a 只做触点通断检查。 b 只进行绝缘电阻测量及介质强度试验，不进行冲击电压试验。 c 新产品定型前做。 d 只进行安全标志检查、保护联结电路的连续性试验。 e 只进行掉电试验。 f 只进行绝缘电阻测量。					

7.2 出厂检验

每套阀冷控保系统出厂前应由制造商的检验部门进行出厂检验，检验项目见表5。出厂检验在6.1.1规定的正常试验大气条件下进行。

7.3 型式试验

7.3.1 型式试验规定

7.3.1.1 凡遇下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品研发或定型前；
- b) 产品正式投产后如遇设计、工艺、材料、元器件有较大改变，经评估影响控制保护系统性能或安全性时；
- c) 当阀冷控保系统软件有较大改动时，应进行相关的功能试验或模拟试验。

7.3.1.2 对系列产品中一个产品进行型式试验时，检验项目宜充分考虑能够覆盖整个产品系列，必要时应进行风险评估，以确定对整个产品系列有效的型式试验项目，以及系列产品中其余产品还需进行的型式试验项目。

7.3.1.3 如果装置已通过型式试验且设计、元器件、工艺材料或软件无变更，不宜重复型式试验。一旦前述内容出现改变，应进行风险评估，以确定仍然有效的型式试验项目，以及需要重新进行的型式试验项目。

7.3.1.4 新产品研发和定型前，应进行规定的全部试验，其中是否符合安全要求，可通过适当的试验、测量、目测或评估。其余目的的型式试验，可视情况和目的，经评估或协商确定试验项目。

7.3.2 型式试验项目

型式试验项目见表5。型式试验在6.1.1规定的正常试验大气条件下进行。

7.3.3 检验报告

所出具的检验报告，应满足DL/T 478—2013中7.17 要求。

7.4 现场试验

7.4.1 试验项目

现场试验项目见表5。

除连续运行试验时间按照72 h及7.4.2的要求外，其它照第6章的规定进行。

7.4.2 系统联合调试试验

换流阀带负载运行，验证阀冷控保系统的温度调节控制能力、报警及保护功能、与直流控制系统的通讯功能以及换流阀要求的其他技术指标。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

每台设备应有铭牌或相当于铭牌的标志，应至少包括以下内容：

- a) 产品型号、名称；
- b) 制造商全称及商标；
- c) 额定值及主要参数；
- d) 防护等级；
- e) 出厂日期及编号。

8.2 包装

设备的包装应符合GB/T 13384的规定。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。

8.3 运输

包装好的户内使用的设备在运输过程中的贮存温度为-40℃~+70℃，相对湿度不大于95%。设备应能承受在此环境中的短时贮存。

8.4 贮存

包装好的设备应贮存在-25℃~+55℃、相对湿度不大于80%，周围空气中不含有腐蚀性、火灾及爆炸性物质的室内。
