

柔性低频输电 第1部分：换频站低频设备 验收规范

Flexible low frequency transmission – Part 1: Acceptance specification
for low frequency equipment in frequency converter stations

(征求意见稿)

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

浙江省电力学会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 验收要求及流程	2
4.1 验收对象	2
4.2 验收方法	3
5 一次系统验收	3
5.1 低频换频阀	3
5.2 阀冷系统	4
5.3 低频变压器	6
5.4 低频组合电器	7
5.5 低频开关柜	7
5.6 低频避雷器	8
5.7 低频可控耗能装置	8
5.8 低频快速断路器	9
5.9 低频电抗器	9
6 二次系统验收	10
6.1 低频控保及阀控设备	10
6.2 低频保护	12
6.3 阀冷保护	13
7 辅助设施系统验收	16
7.1 阀厅消防系统	16
7.2 阀厅视频监控系统	17
7.3 阀厅红外测温系统	18
8 换频系统验收	18
8.1 换频系统运行参数	18
8.2 柔性低频输电系统运行参数	19

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。

本标准（或本部分或本指导性技术文件）由浙江省电力学会××××提出并解释。

本标准（或本部分或本指导性技术文件）起草单位：国网浙江省电力有限公司台州供电公司、国网浙江省电力有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司杭州供电公司、南京南瑞继保工程技术有限公司

本标准（或本部分或本指导性技术文件）主要起草人（按对标准的贡献大小排列）：XXXXX

本标准（或本部分或本指导性技术文件）首次发布（或本标准×年×月首次发布，×年×月第一次修订，×年×月第二次修订）。

本文件为首次发布。

引 言

为规范换频站设备验收，为换频站内一次系统（变压器、开关柜、电压互感器、电流互感器、桥臂电抗器、换频阀）、二次系统（阀控保系统）、辅助设施系统（消防系统）及整体系统等施工、验收工作提供验收标准、规范流程。根据低频设备的制造、运行、检修情况，明确验收要点，提出了低频运行工况下的验收要求，制定本标准。

柔性低频输电 第1部分：换频站低频设备验收规范

1 范围

本文件规定了10kV-220kV柔性低频输电换频站内一次系统（变压器、开关柜、电压互感器、电流互感器、桥臂电抗器、换频阀）、二次系统（阀控保系统）、辅助设施系统（消防系统）及整体系统的竣工验收策略、验收项目。

本文件适用于额定频率为10Hz-30Hz范围内（优先考虑16.7Hz、20Hz）的某一固定值，电压等级为10kV-220kV柔性低频交流输电系统低频主设备，包括一次系统（变压器、开关柜、电压互感器、电流互感器、桥臂电抗器、换频阀）、二次系统（阀控保系统）、辅助设施系统（消防系统）等设备。

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 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分
- GB/T 1094.1 电力变压器 第1部分：总则
- GB/T 7674 额定电压72.5kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备
- GB/T 11022 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 22071.1 互感器试验导则 第1部分：电流互感器
- GB/T 22071.2 互感器试验导则 第2部分：电磁式电压互感器
- GB/T 20840.5 互感器 第5部分：电容式电压互感器的补充技术要求
- GB/T 25092 高压直流输电用干式空心平波电抗器
- GB/T 36955 柔性直流输电用启动电阻技术规范
- GB/T 20990.1 高压直流输电晶闸管阀 第1部分：电气试验
- GB/T 30547 高压直流输电系统滤波器用电阻器
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- DL/T 1419 变压器油再生与使用导则
- DL/T 593 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- DL/T 506 六氟化硫电气设备中绝缘气体湿度测量方法
- DL / T 969—2005 变电站运行导则
- Q/GDW 10492—2022 高压直流输电换流阀运行规范

3 术语和定义

DL/T 1831及DL/T 393界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低频 low-frequency

一种电力系统或电气设备以低于常规工频50Hz运行的额定频率范围，本文件内规定为10Hz-30Hz。

3.2

柔性低频输电换频站 flexible low-frequency transmission frequency converter
能将交流电从工频转换为低频或从低频转换为工频的变电站。

3.3

换频阀 specific frequency converter valve
能将交流电从工频转换为低频或从低频转换为工频的装置。

3.4

低频断路器 specific frequency circuit-breaker
能在低频下关合、承载、开断运行回路正常电流，也能在规定时间内关合、承载及开断规定的过载电流（包括短路电流）的开关设备，也称开关。

3.5

低频组合电器 specific frequency gas-insulated metal-enclosed switchgear
在低频下至少有一部分采用高于大气压的气体作为绝缘介质且在低频下工作的金属封闭开关设备。(GBT 2900.20-2016)

3.6

低频开关柜 specific frequency switchgear and controlgear assembly
工作在低频下，由一个或多个低压开关设备和与之相关的控制、测量、信号、保护、调节等设备，由制造商负责完成所有内部的电气和机械连接，用结构部件完整的组装在一起的一种组合体。

3.7

低频电流互感器 specific frequency current transformer
在低频下，其二次电流与一次电流实质上成正比，且其相位差在连接方式正确时接近于零的互感器。

3.8

低频电压互感器 specific frequency voltage transformer
在低频下，其二次电压与一次电压实质上成正比，且其相位差在连接方式正确时接近于零的互感器。

3.9

低频桥臂电抗器 bridge arm reactor
工作中承受低频电流的电抗器。

3.10

低频桥臂穿墙套管 bridge arm wall bushing
一种安装于建筑物墙壁，可工作于低频下的套管。

3.11

低频快速断路器 specific frequency fast circuit-breaker
能在低频下快速关合、承载、开断运行回路正常电流，也能在规定时间内关合、承载及开断规定的过载电流（包括短路电流）的开关设备，也称开关。

4 验收要求及流程

4.1 验收对象

a) 验收由所属管辖单位运检部、变电运维中心、变电检修中心、省评价中心等专业技术人员参与审查验收。

b) 验收参加人员应为技术专责，或在柔性低频输电换频站、柔性直流输电换流站工作满3年以上的人员。

4.2 验收方法

a) 验收分为可研初设审查、厂内验收、到货验收、隐蔽工程验收、中间验收、竣工（预）验收、启动验收等阶段。

b) 设备投标技术规范书保证值高于本验收规范要求的，按照技术规范书保证值执行。

c) 未特别注明的验收项目参照同电压等级同类型的工频变电一次设备的验收规程。

d) 验收发现问题时，验收人员应及时告知建设单位、施工单位，设备异常时还应告知物资部门、制造厂家，提出整改意见并报送运检部门。

5 一次系统验收

5.1 低频换频阀

5.1.1 可研初设审查验收

a) 可研阶段重点审查换频阀结构、换频阀选型涉及的技术参数、结构形式、附属设备。重点审查换频阀采用无油化设计、故障容许型设计，换频阀满足系统性能满足要求。

b) 换频阀桥臂中必须增加冗余子模块，子模块冗余数不少于12个月运行周期内。

c) 换频阀功率柜配置漏水检测装置。

5.1.2 关键点见证验收

a) 换频阀绝缘试验、最大运行负载试验应满足要求；

b) 换频阀的损耗试验在对应额定电流、额定电压的运行条件下开展。

5.1.3 出厂试验验收

a) 采用设备对应电压等级的试验电压，阀模块IGBT1-4管可以正常开断，阀模块旁路开关正确合闸。

b) 采用试验压力1.5Mpa，功率柜和子模块冷却水管无漏水限次昂。

c) 在阀模块两端输入最小直流电压，子模块内电路正常运行，触发功率器件并检测反馈信号，持续10分钟无故障报错信息。

d) 启动水冷系统运行，阀模块两端试验电流采用所选用低频运行频率与工频50Hz下额定电流叠加，试验持续时间不小于2h，无故障报错信息。

5.1.4 中间验收

a) 换频阀光纤回路防火隔离措施、等电位措施完善。

b) 阀厅波纹板、排烟窗、防雨百叶边缘及其它开孔处应有密封条或密封胶，确保雨水和灰尘不会进入阀厅内部。

5.1.5 交接试验验收

a) 按50%-60%力矩或厂家推荐力矩进行复查，力矩线表示清晰。

b) 各子模块上电测试、通信测试、IGBT的开通关断测试、旁路开关动作测试均正常。

c) 水电导率小于0.5us/cm，水冷管路施加不小于1.1倍额定运行压力，持续时间不小于1小时，水冷管路所有接头无渗漏。

d) 阀支架绝缘耐压试验正常。

5.1.6 竣工（预）验收

a) 换频阀订货合同及技术协议、交接试验报告、设备监造报告、产品合格证、出厂试验报告、安装使用说明书、工程竣工图纸、隐蔽工程记录齐全。

b) 阀厅保持微正压。

c) 阀漏水检测装置工程正常运行，正确识别渗漏水 and 渗漏水程度，后台动作信号正确。

d) 备品备件、专用工具与订货合同保持一致。

5.1.7 启动验收

a) 换频阀外观无火花、放电等异常现场，无异常声响。

b) 换频阀红外测温无异常，紫外成像无放电现象。

c) 换频阀相关电压、电流及控制信号录波波形无异常。

d) 监控后台无换频阀相关告警、跳闸时间。

5.2 阀冷系统

5.2.1 可研初设审查验收

a) 阀冷系统设置两台主循环泵，一主一备，单台工作泵应能满足系统设计流量。两台主循环泵具有故障切换、定时切换、手动切换、远程切换、计时复归功能。

b) 去离子系统应具备去离子水流量监视和调节功能，设计处理流量应能满足在3h内将内冷水循环一次的要求。

c) 配置氮气稳压或高位水箱稳压方式。

d) 配置具备手动和自动功能的补水装置。

e) 换频阀进水管路侧配置主过滤器，主过滤器具有压差检测功能，具备不停运阀冷系统的条件下进行清洗或更换。

f) 阀厅内管道不宜布置于阀塔正上方，主水管与换频阀分支水管之间不宜采用软连接。

g) 阀冷系统传感器应具有自检功能，传感器故障或测量值超范围时能自动提前退出运行而不会导致保护误动。

h) 阀冷系统管道自动排气阀宜装设内冷水房或阀厅巡视走道可到达位置，应避免阀门故障渗水跌落至带电部位，同时便于检修更换。

i) 在寒冷地区，应采取可靠有效的措施（如设置电加热器、添加防冻剂、设置电动三通回路等）以防止室内外设备及管道内的冷却介质在冬季阀系统停运时冻结。

5.2.2 出厂验收

a) 水冷系统管道加压试验、电机绕组绝缘及直阻试验、仪表校验试验、水力性能试验、水质处理能力性能试验、控制与保护性能试验、连续运行试验合格。

b) 与冷却介质接触的各种材料表面不应发生腐蚀。金属材料应采用不锈钢AISI304L及以上等级的耐腐蚀材料，应保证至少40年的设计寿命。

5.2.3 交接试验验收

a) 主循环泵、补水泵、电动阀中电机绝缘电阻应小于 $10M\Omega$ （使用1000V兆欧表），相间电阻基本相同。

b) 主循环泵连续运行24小时后，主循环泵的机封、电机的轴承、电机的外壳、电机的接线柱测温正常。

- c) 离子交换器流量正常，产水电导率正常。
- d) 阀门位置应正确，无松动，阀内冷系统中的各种阀门均应设置自锁装置，以防止设备运行过程中因振动而导致阀门开度变化
- e) 换频阀及阀内冷系统安装完毕后应进行冷却水管道压力试验，管道压力试验过程中无渗漏和明显压降。
- c) 主循环泵宜采用低速泵，叶轮材质性能不低于AISI316，叶轮无锈蚀现象。
- d) 主循环泵前后应设置阀门，以便在不停运阀内冷系统时进行主循环泵故障检修。
- e) 去离子装置应包含装填有离子交换树脂的离子交换器、精密过滤器和调节纯水流量的调节阀。

5.2.4 竣工（预）验收

阀冷系统竣工（预）验收阶段主要核查设备外观、状态，核对动作信号，检查阀门位置、标识、开合情况，核查设备安装质量和工艺要求，检查阀内水冷水质、液位，核查设备调试和定值整定情况等。

- a) 阀进出口水温传感器应装设在阀厅外；阀进出口水温传感器应满足A、B系统对同一测点的温度测量值相互比对差异不应超过1度的要求。
- b) 流量传感器应满足A、B系统对同一测点的流量测量值相互比对差异不应超过3%的要求；流量传感器应装设在阀厅外或有巡视通道可到达的位置，便于巡视和不停电消缺。
- c) 液位传感器应满足每个测点的液位测量值相互比对差异值不应超液位计的量程的3%的要求；液位传感器装设位置应便于维护，满足故障后不停运阀而进行检修及更换的要求。
- d) 电导率传感器应满足A、B系统对同一测点的电导率测量值相互比对差异不应超过报警定值的30%的要求；电导率传感器应工作正常、电导率满足要求。
- e) 压力传感器应满足A、B系统对同一测点的压力测量值相互比对差异不应超过5%。
- f) 正在运行的主循环泵对应的上级10kV进线失电时，主循环泵切换延时应与10kV备自投的整体动作时间配合，确保因站用备自投动作引起阀内冷水系统流量变化不会导致水冷保护误动。
- g) 主循环泵电机应使用耐磨擦的油润滑轴承，所有轴承要求保证至少正常运行50000小时。
- h) 主循环泵应配过热保护装置，备用泵可用时允许切换主泵，备用泵不可用时禁止切换主泵；一台主循环泵故障时应切换到另一主循环泵且发出报警信号。两台主循环泵都故障时不应直接闭锁阀，可增加流量低或进阀压力低闭锁阀；主水流量保护跳闸延时大于主泵切换不成功回切至原主泵运行的时间。
- i) 膨胀罐或高位水箱均应配置三台电容式液位计和一台直读液位计；液位监测装置显示正常。
- j) 氮气瓶压力正常，补气功能正常；氮气补充应设置主备用切换装置，可满足在线更换氮气瓶。氮气瓶应配置压力监测功能，当氮气瓶压力低时应报警提示；氮气稳压控制中，应根据膨胀罐压力实时值自动启停补气或排气。
- k) 补充水应采用电导率应小于 $10\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 的去离子水或蒸馏水，pH介于6.5-8.0之间，厂家应提供内冷水补水水质报告。
- l) 主过滤器应能在不停运阀内冷系统的条件下进行清洗或更换，滤芯应具备足够的机械强度以防止在冷却水冲刷下的损伤，过滤精度应满足换频阀的要求。

5.2.5 启动验收

- a) 管道及阀门运行过程中无异常振动，无漏水、溢水现象；主管道法兰间设置跨接地线。
- b) 加热器工作无异响，自动启停、防凝露功能正常。
- c) 稳压回路中补、排气功能正常，膨胀罐液位正常，氮气压力正常。
- d) 离子交换器出水电导率正常，主循环冷却水电导率正常，水处理回路流量正常。
- e) 主过滤器压差检测正常。
- f) 阀冷系统水温、电导率、液位等传感器的测量值比对结果正常。

5.3 低频变压器

5.3.1 技术资料到货验收

a) 对技术资料验收，制造厂应免费随设备提供给买方下述资料：①低频变压器例行试验报告；②低频变压器型式试验和特殊试验报告（含短路承受能力试验报告）；声级报告；③组部件试验报告；④主要材料检验报告：硅钢片检验报告；导线试验报告；绝缘纸板等的检验报告。

b) 互感器试验报告中的变比检查、励磁特性试验、误差试验、短路承受能力试验、温升试验部分，均应在工程所选低频运行频率下进行。

c) 检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格。

5.3.2 中间验收

对于低频变压器本体与有载调压开关，注入油箱中的绝缘油介质损耗因数应在所选用低频运行频率电源下进行，并在90℃注入设备前满足 $\leq 0.5\%$ ，注入电气设备后 $\leq 0.7\%$ 。

5.3.3 交接试验验收

a) 应进行绕组变形试验，在所选用低频运行频率与50Hz的试验环境下，10（66）kV及以上变压器分别采用低电压短路阻抗法、频率响应法进行该项试验；35kV及以下变压器采用低电压短路阻抗法进行该项试验。

b) 电压比测量时，应在所选用低频运行频率下进行，所有绕组及所有分接位置进行电压比测量；变比的允许偏差在所有分接上都不超过 $\pm 0.5\%$ 。

c) 低电压短路阻抗试验时应分别在所选用低频运行频率和工频50Hz频率下对高压绕组加压、短接低压绕组，进行测试；低电压短路阻抗测试电流一般不小于10A。试验结果应符合：在相同测试电流情况下，工频和低频频率低电压短路阻抗测试结果与出厂值偏差不大于2%。

d) 绕组连同套管的介损、电容量测量时，在所选用低频运行频率与50Hz的试验环境下，被测绕组的介损值不大于产品出厂值的130%，换算至同一温度进行比较；20℃时介质损耗因数要求220kV： $\text{tg } \delta \leq 0.006$ ；110kV： $\text{tg } \delta \leq 0.008$ ；35kV： $\text{tg } \delta \leq 0.015$ 。

e) 进行互感器试验（误差试验、变比试验、励磁特性试验）时，应在所选用低频运行频率下进行校验；若不具备条件，可在工频50Hz下进行校验，并与制造厂提供参数做对比验证，应无明显差别。

f) 非纯瓷套管的试验中，介损因数测定时应使用能够输出所选用低频运行频率的介损仪。

5.3.4 资料及文件验收

资料及文件应齐全，试验数据合格，其中重要材料和附件的检验报告、出厂试验报告、抗短路能力动态计算报告（或突发短路型式试验报告）均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容。

5.4 低频组合电器

5.4.1 技术材料到货验收

a) 制造厂应随设备提供给买方下述资料：①组合电器出厂试验报告；②组合电器型式试验（特殊试验报告）；③组部件试验报告；④主要材料检验报告：密封圈检验报告；导体试验报告；绝缘件等的检验报告。

b) 型式试验报告中的短时耐受电流和峰值耐受电流试验、短路关合和开断试验、电寿命试验、异相接地故障试验、失步关合和开断试验、接地开关短路关合能力试验部分，均应在工程所选低频运行频率下进行。

c) 互感器试验报告中的变比检查、励磁特性试验、误差试验、短路承受能力试验、温升试验部分，均应在工程所选低频运行频率下进行。

d) 检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格。

5.4.2 交接试验验收

a) 设备避雷器在线监测泄露电流与带电显示装置应有在所选用低频运行频率下校验的合格证书或校验报告。

b) 进行互感器试验（误差试验、变比试验、励磁特性试验）时，应在所选用低频运行频率下进行校验；若不具备条件，可在工频50Hz下进行校验，并与制造厂提供参数做对比验证，应无明显差别。

5.4.3 资料及文件验收

资料及文件应齐全，试验数据合格。其中重要材料和附件的检验报告、出厂试验报告均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容。

5.5 低频开关柜

5.5.1 技术材料到货验收

a) 制造厂应免费随设备提供给买方下列资料：①低频开关柜出厂试验报告；②低频开关柜型式试验和特殊试验报告（含内部燃弧试验报告）；③断路器出厂试验及型式试验报告；④电流互感器、电压互感器出厂试验报告；⑤避雷器出厂试验报告；⑥接地开关出厂试验报告；⑦三工位刀闸（如有）出厂试验报告；⑧主要材料检验报告：绝缘件检验报告；导体镀银层试验报告；⑨断路器安装使用说明书；⑩低频开关柜安装使用说明书。

b) 型式试验报告中的短时耐受电流和峰值耐受电流试验、短路关合和开断试验、电寿命试验、异相接地故障试验、失步关合和开断试验、接地开关短路关合能力试验部分，均应在工程所选低频运行频率下进行。

c) 互感器试验报告中的变比检查、励磁特性试验、误差试验、短路承受能力试验、温升试验部分，均应在工程所选低频运行频率下进行。

d) 检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格。

5.5.2 交接验收

a) 低频开关柜各元件试验时，对真空断路器、隔离手车、接地开关的上电试验均应在所选用低频运行频率下开展。

b) 对低频开关柜带电显示器的校核，应在所选用低频运行频率下开展。

c) 进行互感器试验（误差试验、变比试验、励磁特性试验）时，应在所选用低频运行频率下进行校验；若不具备条件，可在工频50Hz下进行校验，并与制造厂提供参数做对比验证，应无明显差别。

5.5.3 资料及文件验收

资料及文件应齐全，试验数据合格。其中重要材料和附件的检验报告、出厂试验报告、抗短路能力动态计算报告（突发短路型式试验报告）均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容，如采用50Hz进行替代试验的应提供补充说明。

5.6 低频避雷器

5.6.1 技术资料到货验收

制造厂应免费随设备提供给买方下列资料：产品安装使用说明书、合格证明、出厂试验报告等，检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格，如有采用50Hz进行替代试验的应提供产品补充说明。

5.6.2 交接试验验收

a) 低频避雷器的持续电流与低频参考电压应符合合同与投标文件要求，测量应在所选用低频运行频率下进行。

b) 低频避雷器的泄露电流表检验与放电计数器动作试验的加压，均应以所选用低频运行频率为基准频率进行。

c) 低频避雷器的在线监测装置验收时应用所选用低频运行频率电源进行校验。

5.6.3 资料及文件验收

资料及文件应齐全，试验数据应合格。其中出厂试验报告、交接试验报告均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容，如采用50Hz进行替代试验的应提供补充说明。

5.7 低频可控耗能装置

5.7.1 技术资料到货验收

a) 制造厂应免费随设备提供给买方下列资料：产品安装使用说明书、图纸、合格证明与出厂试验报告等。

b) 检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格，如有采用50Hz进行替代试验的应提供补充说明。

5.7.2 交接试验验收

a) 在进行例行试验时，装置的电感值测量应在所选用低频运行频率下进行。

b) 对低频耗能装置的在线监测装置进行试验时，一次回路加压应用所选用的低频运行频率进行；在线监测装置应能改实时传输瞬时功率、电流和频率。

5.7.3 资料及文件验收

资料及文件应齐全，试验数据应合格。其中出厂试验报告、交接试验报告均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容，如采用 50Hz 进行替代试验的应提供补充说明。

5.8 低频快速断路器

5.8.1 技术资料到货验收

a) 制造厂应免费随设备提供给买方下列资料：低频快速断路器例行出厂试验报告及合格证；低频快速断路器型式试验和特殊试验报告；主要材料检验报告、套管检验报告、密控器试验报告、绝缘拉杆检验报告；如有斥力机构、选相装置等关键部件，应有结果合格的试验报告与合格证书；安装使用说明书。

b) 型式试验报告中的额定参数校验、短时耐受电流和峰值耐受电流、短路关合和开断试验、电寿命试验、异相接地故障试验、失步关合开断试验、接地开关短路关合能力试验、应在低频运行频率下进行。

c) 互感器试验报告中的变比检查、励磁特性试验、误差试验、短路承受能力试验、温升试验部分，均应在工程所选低频运行频率下进行。

d) 检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格，如有采用50Hz进行替代试验的应提供补充说明。

5.8.2 交接试验验收

a) 进行低频快速断路器并联电容器试验的电容量校验，应在所选用低频运行频率下进行。

b) 进行低频快速断路器的电流互感器校验时，应外施加所选用低频运行频率电源进行。

c) 进行低频快速断路器在线监测平台（如有）试验时，主回路加压应使用所选用的低频运行频率的电源进行。

5.8.3 资料及文件验收

资料及文件应齐全，试验数据应合格。其中重要材料和附件的工厂检验报告、出厂试验报告、交接试验报告均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容，如采用 50Hz 进行替代试验的应提供补充说明。

5.9 低频电抗器

5.9.1 技术资料到货验收

a) 制造厂应免费随设备提供给买方下述资料。①桥臂电抗器出厂试验报告；②桥臂电抗器型式试验和特殊试验报告；③组部件试验报告；④主要材料检验报告：导线试验报告、绝缘材料等的检验报告；⑤设备合格证、设备说明书。

b) 型式试验报告中的额定长期运行电流与最大运行电流峰值参数，应给出在工频50Hz与所选的低频运行频率下的参数。

c) 检验报告的电气试验与校核计算中，按上述规定应在低频运行频率下进行的部分，应注明频率参数，结果应合格，如有采用50Hz进行替代试验的应提供补充说明。

5.9.2 交接试验验收

低频电抗器的交接试验中,电感量的测量和避雷器试验均应在工程所选用低频运行频率下进行。

5.9.3 资料及文件验收

资料及文件应齐全,试验数据应合格。其中型式试验报告、出厂试验报告、交接试验报告均应标注出在所选用低频运行频率下开展的试验项目与校核计算内容,如采用 50Hz 进行替代试验的应提供补充说明。

6 二次系统验收

6.1 控保及阀控系统验收

6.1.1 型式试验(首次入网时进行)

应由权威试验机构进行,具备型式试验报告。

6.1.2 功能试验

1) 每套低频控保及阀控设备应由两路完全独立的电源同时供电,一路电源失电,不影响低频控保及阀控设备的工作,双电源切换试验、电源失电告警功能正常;阀控屏柜的总电源宜配置在屏柜内下方,以便于检查维护;

2) 单系统两路电源失电,不影响另一系统正常运行,不会导致阀闭锁;

3) 低频控保及阀控设备应实现完全冗余配置,除触发板卡和光接收板卡外,其它板卡应能够在换流阀不停运的情况下进行故障处理;

4) 低频控保及阀控设备相关板卡、模块、回路(含阀控接口装置)应具有完善的自检报警功能,低频控保及阀控设备应具有完善的监测、报警和跳闸出口功能;

5) 低频控保及阀控设备应设置检修模式,在该模式下可进行子模块测试和子模块程序版本校验;

6) 低频控保及阀控设备应具有独立的内置故障录波功能,在阀闭锁、低频控保及阀控设备切换与子模块旁路故障时启动录波。低频控保及阀控设备具有独立的内置故障录波功能,录波信号包括阀控触发脉冲信号、回报信号、与极的交换信号等,在阀闭锁、低频控保及阀控设备切换或异常时启动录波;

7) 低频控保及阀控设备应配置监视系统,具备对子模块旁路状态、子模块电容电压等遥测和遥信信号监视功能。监视系统应具有显示和声音报警功能;

8) 屏柜内板卡等元件空间布置合理,便于在阀运行时进行检查和故障处理。

6.1.3 低频控保及阀控设备切换要求

低频控保及阀控设备的主从状态切换应与站控系统一致。当低频控保及阀控设备收到站控系统发送的系统切换命令后,系统应能正常切换,相关指示显示正确。

6.1.4 站控系统的接口要求

1) 低频控保及阀控设备与站控系统一对一连接且具有相互监视的功能;

2) 低频控保及阀控设备与站控系统之间交换的信息应详细完备,避免在交流系统短时故障的情况下低频控保及阀控设备误发出闭锁信号,避免站控输出信号回路故障时低频控保及阀控设备不启动系统切换直接发出闭锁命令;

3) 阀漏水检测装置动作只作用于信号;

- 4) 低频控保及阀控设备出现瞬时扰动，扰动消失后告警应能自动复归；
- 5) 站控系统检测到低频控保及阀控设备故障时应产生相应事件记录，事件记录应完备、清晰、明确，避免出现歧义；
- 6) 两套站控系统均故障时，低频控保及阀控设备应能及时闭锁脉冲；
- 7) 低频控保及阀控设备主、从状态信号传输回路应采用标准化接口，信号传输采用调制模式，防止主、从信号丢失导致阀闭锁。当系统状态发生变位，出现“同主”时，系统选择后主为主，出现“同从”时，保持前一刻状态继续运行，如果同从超过 500us，则请求跳闸；
- 8) 低频控保及阀控设备与站控间的信号宜采用调制信号传输，提高抗干扰能力，不宜使用节点、开关量信号；阀控“允许解锁”信号不应通过中间接口屏转接，而应直接送至站控系统；
- 9) 低频控保及阀控设备跳闸出口回路宜采用标准化接口设计，通过总线或光纤传输跳闸命令，防止单一继电器故障导致误闭锁；低频控保及阀控设备跳闸应采用常开回路；
- 10) 两套低频控保及阀控设备的跳闸信号回路应彼此独立，不应有共用部分，防止单一故障导致阀闭锁。

6.1.5 换频阀状态监视试验

启动系统正常解锁有保持一定功率水平，监控系统后台应能调取、查看各桥臂子模块状态信息。

6.1.6 主动充电功能试验

- 1) 合交流进线断路器后，换频阀处于不控充电阶段，子模块电压缓慢上升，并趋于稳定；
- 2) 旁路启动电阻后，换频阀可以进入主动充电阶段，子模块电压继续上升，直至额定工作电压附近；
- 3) 各桥臂子模块均压效果良好。

6.1.7 子模块均压控制试验

正常运行过程中各子模块电容电压应在设计的运行电压范围内。

6.1.8 子模块冗余不足跳闸试验

- 1) 模拟故障时，低频控保及阀控设备可以进行响应处理，如子模块闭锁和旁路，并上送正确的信息；
- 2) 子模块故障数量不超过系统冗余时，系统可继续运行，并分等级进行告警；
- 3) 子模块故障个数超过系统冗余时，低频控保及阀控设备能发出跳闸请求。

6.1.9 子模块保护试验

模拟子模块故障时，低频控保及阀控设备可以进行相应处理，如子模块闭锁和旁路，并上送正确的信息。

6.1.10 与控制保护的联调试验

- 1) 低频控保及阀控设备与站控系统一对一连接且具有相互监视的功能；
- 2) 阀控检测到阀的站控送来的信号异常时，应向站控系统发出告警；
- 3) 控制保护双系统运行时，当值班系统收到低频控保及阀控设备发出的请求跳闸信号

时直接执行跳闸操作；

- 4) 低频控保及阀控设备与站控系统之间交换的信息应详细完备，避免在交流系统短时故障的情况下低频控保及阀控设备误发出闭锁信号，避免站控输出信号回路故障时低频控保及阀控设备不启动系统切换直接发出闭锁命令；
- 5) 低频控保及阀控设备与站控的接口协议符合有关技术规范，联调时逐一核对信号，信号正确；
- 6) 站控系统检测到低频控保及阀控设备故障时应产生相应事件记录，事件记录应完备、清晰、明确，避免出现歧义；
- 7) 两套站控系统均故障时，低频控保及阀控设备应能及时闭锁脉冲。

6.1.11 回路设计和功能要求

- 1) 每套低频控保及阀控设备应由两路完全独立的电源同时供电，工作电源与信号电源应分开，一路电源失电，不影响低频控保及阀控设备工作；
- 2) 单系统两路电源失电，不影响另一系统正常运行，不会导致阀闭锁；
- 3) 低频控保及阀控设备电源应具有监视报警功能，单路电源中模块故障或外部失压时应提供后台告警；
- 4) 低频控保及阀控设备应实现完全冗余配置，除触发板卡和光接收板卡外，其它板卡应能够在换频器不停运的情况下进行故障处理；
- 5) 低频控保及阀控设备应设置检修模式，在该模式下可进行子模块测试和子模块程序版本校验；
- 6) 低频控保及阀控设备应具有独立的内置故障录波功能，在阀闭锁、低频控保及阀控设备切换与子模块旁路故障时启动录波；
- 7) 低频控保及阀控设备应配置监视系统，具备对子模块旁路状态、子模块电容电压等遥测和遥信信号监视功能。监视系统应具有显示和声音报警功能；
- 8) 两套低频控保及阀控设备切换功能正确。低频控保及阀控设备产生跳闸命令后，站控直接执行跳闸操作；
- 9) 低频控保及阀控设备主、从状态信号传输回路应采用标准化接口，信号传输采用调制模式，防止主、从信号丢失导致阀闭锁。当系统状态发生变位，同主时将后变为“主用”的系统作为实际主用系统继续运行；同从时将原主用系统保持为实际主用系统；
- 10) 低频控保及阀控设备与站控间的信号宜采用调制信号传输，提高抗干扰能力，不宜使用节点、开关量信号；
- 11) 低频控保及阀控设备跳闸出口回路宜采用标准化接口设计，通过总线或光纤传输跳闸命令，防止单一继电器故障导致误闭锁；
- 12) 两套低频控保及阀控设备的跳闸信号回路应彼此独立，不应有共用部分，防止单一故障导致阀闭锁；
- 13) 阀控“允许解锁”信号不通过中间接口屏转接，应直接送至站控系统；
- 14) 低频控保及阀控设备跳闸若采用电信号，则应采用常开回路，保证回路接线正确。

6.1.12 其他要求

- 1) 阀控屏柜（接口屏柜）应有电磁屏蔽网等防止电磁干扰的措施；
- 2) 阀控室至阀控设备、换频器的电缆开孔、通道应有足够的屏蔽措施，封堵良好；
- 3) 屏柜固定良好，与基础型钢不宜焊接固定。

6.2 低频保护

6.2.1 型式试验（首次入网时进行）

应由权威试验机构进行，具备型式试验报告。

6.2.2 低频保护功能要求

1) 低频保护装置参照电压等级进行配置，220kV及以上系统采用近后备原则，应双重化装置，每套保护具备完整的主、后备保护功能；110kV及以下系统可采用远后备配置方式，采用单套配置，且应满足分区重叠布置，每一区域或设备设置主、后备保护；

2) 低频保护装置应具备完善、全面的自检功能，自检到插件、电源故障时应根据故障类别进行报警，与控保系统进行交互，且给出准确的故障信息；

3) 低频保护系统各保护的配置、算法、定值、测量回路、端子及压板等要按照低频保护标准化的要求设计；

4) 采用长电缆的跳闸回路，考虑电容效应，不宜采用光耦，应采用动作电压在额定直流电源电压 55%-70%范围以内的出口继电器，并要求其动作功率不低于 5W；采用光耦的跳闸回路，光耦的动作电压在额定直流电源电压 55%-70%范围以内，且具有避免外部干扰或误动的措施；

5) 屏柜内板卡等原件空间布置应合理，便于在低频运行时进行检查和故障处理。

6.2.3 装置参数

1) 装置铭牌标示的型号、额定参数（直流电源额定电压、交流额定电流和电压、跳合闸电流等）符合设计要求；

2) 软件版本号和 CRC 码与继电保护管理部门认证一致；

3) 显示时钟与授时时钟一致。

6.2.4 装置性能检查

4) 电源电压缓慢上升至 80%额定值时应正常自启动，且合上（拉开）直流开关装置应可靠启动（停止）；

5) 所有输出压板功能正确，输出到端子排的触点及信号的通断状态正确；

6) 采样值幅值精度、相位精度满足装置技术条件的规定；

7) 装置定值修改、固化、切换正确、压板投退正确；

8) 模拟保护区内、外故障，各保护元件动作值、动作时间及动作行为正确；

9) 通道设备传输时间应满足 GB 15149.1 和 DL/T 364 等标准的技术要求；

10) 保护装置动作、异常、告警等信号正确，监控系统信息正确，启动录波正确。

6.2.5 装置回路功能要求

低频保护装置回路功能要求验收与常规站和智能站二次设备回路功能验收标准执行。

6.2.6 绝缘试验

用 500V 兆欧表从保护屏（柜）端子排处，向端子排内侧测量各回路之间及对地绝缘电阻，要求阻值均大于 20MΩ。

6.2.7 装置及屏柜外观验收要求

低频装置及屏柜的竣工验收标准参照常规变电站和智能变电站二次设备验收标准。

6.3 阀冷保护

6.3.1 功能要求

1) 冷却设备控制系统相对于换频阀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,并与换频阀控制保护系统进行可靠通信;

2) 冷却设备应设置两套独立的控制系统单元,互为备用。主控制系统发生故障时,应自动切换到备用系统,且切换应是无扰动的。当主控制系统保持在运行状态时,应允许对备用系统进行维护;

3) 冷却设备控制系统应按换频阀控制保护系统的要求建立可靠的控制保护的上行和下行逻辑,确保换频阀冷却控制系统能及时准确地反馈、接受换频阀控制保护系统的各种指令;

4) 冷却设备的交流动力电源、直流控制电源、用于输出跳闸信号的关键传感器、换频阀冷却控制系统与换频阀控制保护系统进行通信的接口等设备均应冗余配置,且切换都应是无扰动的;

5) 当动力电源的一路出现故障时,应切换到另一路。正常切换时,换频阀冷却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循环泵、冷却风机等停运。如果两路动力电源全部丢失,换频阀冷却控制系统应发出跳闸信号;

6) 换频阀冷却控制系统应自动对冷却设备正在运行的主循环泵、风机和其他冗余设置的机电设备进行故障监测,并无扰动地自动切换至备用设备;

7) 除换频阀应设置独立的泄漏检测装置外,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水位变化;

8) 冷却设备控制系统应根据外冷却水硬度自动调节排放水量和补充水量。

6.3.2 阀内水冷保护配置原则及出口设置

1) 阀内冷保护应按双重化配置,每套保护装置应能完成整套阀内冷系统的所有保护功能;

2) 保护出口应采用每套保护两个出口均有动作才出口,防止误动;同时在另一套保护装置检修或故障时,单套系统能保证保护正确出口,防止拒动;

3) 内水冷不应设置流量高跳闸保护;

4) 阀内冷到极控系统的开出信号宜采用无源接点、冗余输出;

5) 当阀内冷系统采用 PLC 控制方式,保护出口跳闸信号接点,应采用 A、B 系统两个常开接点串联方式输出;

6) 当阀内冷系统采用 PLC 控制方式,A、B 系统 CPU 同时故障时,应采用 A、B 系统串联的常闭接点方式输出,常闭接点应单独引入到 PLC 系统进行状态监视,接点异常应能发出报警;

7) 模拟阀内冷却系统保护动作,测试跳闸功能、功率回降功能应正确。

6.3.3 阀内水冷系统温度保护

1) 进水温度保护应投报警和跳闸;

2) 阀内冷系统宜装设三个阀进水温度传感器,在每套水冷保护内,阀进水温度保护按三取二原则出口,动作后闭锁阀。保护动作延时应小于晶闸管换流阀过热允许时间;

3) 阀内水冷系统应装设双重化的阀出水温度传感器,在每套水冷保护内,阀出水温度保护按二取二原则出口,保护动作后执行功率回降命令,或参照换流阀厂家要求执行相应动作逻辑;保护动作延时应小于晶闸管换流阀过热允许时间;

4) 当进出阀温度差值超过请求功率回降定值且出阀温度达到高报警时,保护动作后执行功率回降请求,或参照换流阀厂家要求执行相应动作逻辑;保护动作延时应小于晶闸管换

流阀过热允许时间；

- 5) 换流阀进水温度差超过换流阀厂家规定值时应进行相应的报警或跳闸指令；
- 6) 温度保护的定值应根据水冷系统运行环境、晶闸管温度要求整定；
- 7) 阀出水温度保护动作后宜向极或阀组控制系统发功率回降命令，不宜发阀闭锁命令。

6.3.4 阀内水冷系统流量及压力保护

- 1) 应在换流阀内水冷主管道上至少装设两个流量传感器，在换流阀主循环泵出口装设三台进阀压力传感器，在换流阀主循环泵进口装设两台出阀压力传感器；
- 2) 两台流量传感器按“二取二”原则判超低、超高报警，按“二取一”原则判低、高报警，当出现超低报警，且进阀压力低或高报警，应延时跳闸；
- 3) 三台流量传感器按“三取二”原则判低、超低、高、超高报警，当出现超低报警，且进阀压力低或高报警，延时跳闸；
- 4) 三台进阀压力传感器应按“三取二”原则判低、超低、高、超高报警；两台出阀压力传感器应按“二取二”原则判超高、超低报警，按“二取一”原则判高、低报警。
- 5) 流量保护跳闸延时应大于主循环泵切换不成功再切回原泵的时间；
- 6) 主水流量保护投报警和跳闸，若配置了阀塔分支流量保护或主循环泵压力差保护，应投报警。

6.3.5 阀内水冷系统液位保护

- 1) 膨胀罐或高位水箱液位保护应投报警和跳闸；
- 2) 应在膨胀罐或高位水箱装设三个电容式液位传感器和一个直读液位计，用于液位保护和泄漏保护；
- 3) 三台膨胀罐或高位水箱液位传感器按“三取二”原则；膨胀罐液位测量值低于膨胀罐液位低报警定值时液位保护应延时报警，低于膨胀罐液位超低报警定值时液位保护应延时跳闸；
- 4) 低液位接点开关动作后应仅报警；
- 5) 膨胀罐液位变化定值和延时设置应有足够裕度，能躲过最大温度及传输功率变化引起的液位波动，防止液位正常变化导致保护误动。

6.3.6 阀内水冷系统微分泄漏保护

- 1) 分别试验微分泄漏保护投报警和投跳闸功能，24小时泄漏保护满足仅投报警要求；
- 2) 微分泄漏保护应采集三台电容式液位传感器的液位，按照三取二逻辑跳闸功能符合要求，采样和计算周期不应大于2s；
- 3) 膨胀罐液位变化定值和延时设置应有足够裕度，能躲过最大温度及传输功率变化引起的液位波动，防止液位正常变化导致保护误动；
- 4) 对于采取内冷水内外循环运行方式的系统，在内外循环方式切换时应能够闭锁泄漏保护，并设置适当延时，防止膨胀罐液位在内外循环切换时发生变化，导致泄漏保护误动；
- 5) 在阀内冷系统手动补水和排水期间，应退出泄漏保护，防止保护误动。

6.3.7 装置及屏柜外观验收要求

- 1) 外观及屏柜安装验收、接地电阻、绝缘强度参经常规变电站内屏柜和二次设备安装要求；
- 2) 装置人机界面、指示灯显示正常；操作把手、按键等操作顺畅；

- 3) 检查循环泵、冷却系统中仪表和传感器信号开入至阀冷保护装置显示正常；
- 4) 启停循环泵时阀冷保护无异常动作；
- 5) 检查阀冷保护装置报警功能正常，与控保系统间指令交互正常；
- 6) 检查阀冷保护装置发出跳闸信号正常，且出口传动正常。

7 辅助设施系统验收

7.1 阀厅消防系统

7.1.1 可研初设阶段

可研和初设审查阶段重点审查消防系统设备选型涉及的技术参数、结构形式、土建设计、安装处地理条件，并核查消防系统设备选型是否满足电网运行、设备运维、反措与省公司专业性措施等各项要求。重点检查：

- a) 变压器、电抗器等区域是否按要求配置消防系统。
- b) 阀厅自动火灾报警系统配置

换频站应配置阀厅火灾自动报警系统，阀厅内配置一定数量的极早期烟雾探测器和紫外火焰探测器，应能灵敏地探测烟雾、火焰、电弧生成物以及空气中燃烧生成的微粒，确保覆盖每一个换频阀。

7.1.2 竣工验收阶段

消防系统竣工（预）验收阶段主要检查设备外观无异常，并检查消防系统功能正常。重点检查内容如下：

- a) 阀厅自动火灾报警系统配置
 - 1) 阀厅内所有极早期烟雾探测传感器有一个检测到烟雾报警，且同时阀厅内所有紫外探头中有一个检测到弧光，当上述两个条件同时满足时发出跳闸指令；
 - 2) 若进风口处极早期传感器监测到烟雾时，闭锁极早期系统的跳闸出口回路，在进风口处极早期传感器监测到烟雾的情况下若有 2 个以上紫外探头同时检测到火焰或放电时，发出跳闸指令。
 - 3) 阀厅火灾跳闸信号应采用常开接点，采用无源接点接入两套直流控制保护系统，火灾跳闸信号动作后经直流控制系统切换后跳闸，接入两套控制保护系统的回路、接口、信号电源应独立。
 - 4) 应在运行人员工作站中增加退出火灾报警跳闸回路软压板或在跳闸回路中增加硬压板，以便投退阀厅火灾跳闸功能。
 - 5) 阀厅火灾跳闸停运低频系统时，应停运阀厅空调系统，关闭排烟窗。
- b) 极早期烟雾探测器
 - 1) 探测器安装位置、数量符合设计要求。
 - 2) 每个探测器提供 3 个独立的火警动作硬接点，1 个送至火灾报警主机，另外 2 个接点分别接入两套控制保护系统。
 - 3) 探测器故障输出 2 路接点信号，分别接入两套控制保护系统用于闭锁该路传感器跳闸信号，防止保护误动。
 - 4) 阀厅进风口处设置极早期烟雾探测器。
 - 5) 探测器安装分组供电，各组的总电源分别取自不同的直流母线。
 - 6) 采样管(含支管)的长度和采样孔径、间距应符合产品说明书的要求。
 - 7) 采样管安装位置合理，安装牢固，具有防止安装卡扣掉落至阀塔的可靠措施。

- 8) 安装牢固、接地良好。
 - 9) 电缆进出线孔封堵良好。
 - 10) 设备带电运行指示灯正常。
 - 11) 采样孔加入试验烟，探测器能发出火灾报警信号。
 - 12) 模拟探测器故障，探测器故障信号接点输出正常。
- c) 紫外火焰探测器
- 1) 探测器安装位置和数量符合设计要求，一处弧光至少有 2 个紫外探测器能监测到。
 - 2) 每个探测器提供 3 个火警动作硬接点，1 个送至火灾报警主机，另外 2 个接点分别接入两套控制保护系统。
 - 3) 探测器故障输出两路接点信号，分别接入两套控制保护系统。
 - 4) 探测器安装分组供电，各组的总电源分别取自不同的直流母线。
 - 5) 装置外观完好、无破损。
 - 6) 安装牢固、接地良好。
 - 7) 电缆进出线孔封堵良好。
 - 8) 设备带电运行指示灯正常。
 - 9) 发射紫外线，紫外火焰探测器能正确动作。
 - 10) 模拟探测器故障，探测器故障信号接点输出正常。

7.2 阀厅视频监控系统

7.2.1 可研初设阶段

可研和初设审查阶段重点审查阀厅视频监控系统选型涉及的技术参数、结构形式、土建设计，并核查阀厅视频监控系统选型设计是否满足电网运行重点检查：

- a) 应具备可靠的固定方式及固定位置；
- b) 布置范围需满足监控范围的要求；
- c) 视频传输满足网络连接、传输保障可靠性要求；
- d) 确保视频监控系统不侵犯隔热隐私。

7.2.2 出厂验收阶段

阀厅视频监控系统厂内验收阶段通过旁站见证的方式核查厂内材料选用、设备安装、型式试验等内容，重点检查：

- a) 视频电缆一线到位，接插件可靠，电源线和信号线、控制线分开，走形顺直无扭绞。
- b) 设备器材包装应完好，材料外观不应有破损，附件、备件齐全。
- c) 图像水平清晰度不应低于400线图像，质量按五级损伤制评定，图像质量不低于4分。

7.2.3 竣工验收阶段

阀厅视频监控系统竣工验收阶段主要检查设备外观无异常，并检查监控系统功能正常。重点检查内容如下：

- a) 前端设备设备型号、性能等符合设计要求。
- b) 前端设备安装设备的立杆和支架牢固。
- c) 系统调试设备配置正确。
- d) 系统调试图像质量符合设计要求。
- e) 前端设备安装位置符合监视范围需要，前端设备安装牢固、规范。

f) 所有线路必须全程穿管或走线槽，不便于管或走线槽的部位应采取适当的保护措施，布线需美观大方、横平竖直。

g) 摄像机镜头应避免强光直射，保证摄像管靶面不受损伤。

h) 前端设备通电电源正常。

i) 控制终端设备控制台、机架牢固平稳，电缆绑扎及标识整齐、清晰。

7.3 阀厅红外测温系统

7.3.1 可研初设阶段

可研和初设审查阶段重点审查阀厅红外测温系统选型涉及的技术参数、结构形式、土建设计，并核查阀厅红外测温系统选型设计是否满足电网运行重点检查：

a) 最大允许误差不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或被测温度的 $\pm 2\%$ （ $^{\circ}\text{C}$ ）（取绝对值大者）

b) 连续稳定工作时间为在线型不小于24h，离线型不小于3h。

c) 外观及其各种配件的壳体不应出现明显的划伤、凹陷、变形、脱漆。壳体应清洁无污迹。

d) 主体壳体的外贴装饰件不应缺少、错装、倒装，应与主体平贴粘紧。

7.3.2 竣工验收阶段

阀厅红外测温系统竣工验收阶段主要检查设备外观无异常，并检查监控系统功能正常。重点检查内容如下：

a) 待测物体温度在阀厅红外测温系统范围内测温。

b) 红外测温系统应具有报警功能。

c) 系统调试设备配置正确。

d) 系统调试图像质量符合设计要求。

e) 前端设备安装位置符合监视范围需要，前端设备安装牢固、规范。

f) 所有线路必须全程穿管或走线槽，不便于管或走线槽的部位应采取适当的保护措施，布线需美观大方、横平竖直。

g) 应具有轮巡功能，后台可以设定点位以固定的周期进行扫描记录。

h) 阀厅红外测温系统需配备对应的可见光摄像头拍摄图片作为参考。

i) 后台有足够的存储空间满足红外系统1个月的数据保存、召唤。

8 换频系统验收

8.1 换频系统运行参数

8.1.1 可研初设阶段

可研和初设阶段宜对换频系统设备参数开展电磁暂态仿真研究，校核换频系统参数和性能，包括但不限于：

a) 换频系统整体转换率应大于95%。

b) 换频系统中各设备选用的电压等级应一致，换频系统短路电流满足系统运行要求。

c) 换频系统阶跃响应时间小于15ms。

d) 换频系统换频后电压波动小于0.2%。

8.1.2 启动验收阶段

启动验收阶段宜对换频系统重要设备开展验收测试，校核换频系统是否满足可研和初设要求，包括但不限于：

- a) 换频系统整体转换率应大于95%。
- b) 换频系统整体运行噪声小于60dBA。
- c) 换频系统阶跃响应时间小于15ms。
- d) 换频系统换频后电压波动小于0.2%。
- e) 三相电流控制不平衡度小于1%。
- f) 换频系统模组旁路正常，但旁路模组数量超过冗余模组数量时，换频系统可靠跳闸。

8.2 柔性低频输电系统运行参数

8.2.1 可研初设阶段

可研和初设阶段宜对整个柔性低频输电工程系统开展电磁暂态仿真研究和，校核柔性低频输电系统接入电网的稳态和暂态性能，包括但不限于：

- a) 柔性低频输电系统各设备应满足工频侧与低频侧短路时最大短路电流。
- b) 柔性低频输电系统各设备应可靠承受工频侧、低频侧短路时系统过电压。

8.2.2 启动验收阶段

a) 启动验收阶段宜对柔性低频输电系统开展验收测试，校核柔性低频输电系统接入交流电网的运行控制策略、以及对交流电网的影响，包括但不限于：

- b) 柔性低频输电系统工频侧、低频侧短路时最大短路电流不超过设计阈值。
- c) 柔性低频输电系统工频侧、低频侧短路时系统过电压不超过设计阈值。