团体标准

发 布

中国电机工程学会

20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

柔性低频交流输电系统高压电气设备 第8部分：低频电气设备预防性试验规程

High voltage electric equipment for flexible low-frequency AC transmission system Part 8：Preventive test code for low-frequency electric power equipment

（征求意见稿）

T/CSEE XXXX—YYYY

代替 T/XXXX

ICS 29.020

CCS F24

目 次

[前 言 3](#_Toc5029)

[引  言 4](#_Toc10010)

[1 范围 5](#_Toc14398)

[2 规范性引用文件 5](#_Toc14844)

[3 术语定义 5](#_Toc3638)

[4 总体要求 6](#_Toc23512)

[5 变压器 7](#_Toc873)

[6 桥臂电抗器 12](#_Toc27881)

[7 电压互感器 12](#_Toc14687)

[8 电流互感器 14](#_Toc2380)

[9 真空断路器 16](#_Toc18701)

[10 SF6断路器 17](#_Toc19679)

[11 高压开关柜 20](#_Toc17176)

[12 气体绝缘金属封闭开关设备 21](#_Toc14994)

[13 套管 24](#_Toc26658)

[14 避雷器 25](#_Toc31783)

[15 交流交联聚乙烯海底电缆 26](#_Toc8169)

[16 绝缘油和SF6气体 27](#_Toc13150)

[17 接地装置 28](#_Toc25151)

[参考文献 3](#_Toc8169)0

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》、《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据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。

本文件是T/CSEE XXXX《XX［标准名称］XX》的第N部分。T/CSEE XXXX已经发布了以下部分：

——第1部分：×××××；

——第2部分：×××××；

……

——第×部分：×××××。

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。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会XXXXXXXXXX标准专业委员会技术归口和解释。

本文件起草单位：、、、。

本文件主要起草人：、、、。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1 号，100761，网址：http：//www.csee.org.cn，邮箱：[cseebz@csee.org.cn](mailto:cseebz@csee.org.cn)）。

引  言

柔性低频交流输电系统频率低于工频50 Hz，线路充电无功小、输送能力强，较直流输电，电流可过零开断，易组网，在中远距离海上风电等场景独具优势。低频高压电气设备是柔性低频交流输电系统关键组成部分，主要包括变压器、开关设备、互感器、避雷器、变压器套管、电缆等。国内已建成多个柔性低频交流输电示范工程。T/CSEE \*\*\*\*《柔性低频交流输电系统高压电气设备》旨在确立系列低频高压电气设备的产品规范、试验规范和规程及运维规程，拟由九个部分构成。

—第1部分：低频变压器。目的在于确立低频变压器的技术要求和试验方法。

—第2.1部分：低频交流断路器。目的在于确立低频交流断路器的技术要求和试验方法。

—第2.2部分：具有预定极间不同期操作低频交流断路器。目的在于确立具有预定极间不同期操作低频交流断路器的技术要求和试验方法。

—第3.1部分：低频电压互感器。目的在于确立低频电压互感器的技术要求和试验方法。

—第3.2部分：低频电流互感器。目的在于确立低频电流互感器的技术要求和试验方法。

—第4部分：低频避雷器。目的在于确立低频GIS避雷器的技术要求和试验方法。

—第5部分：低频变压器套管。目的在于确立低频变压器套管的技术要求和试验方法。

—第6部分：低频交流交联聚乙烯海底电缆试验规范。目的在于确立低频交流交联聚乙烯海底电缆的技术要求和试验方法。

—第7部分：低频电气设备交接试验规程。目的在于确立低频电气设备的交接试验技术要求和试验方法。

—第8部分：低频电气设备预防性试验规程。目的在于确立低频电气设备的预防性试验技术要求和试验方法。

—第9部分：低频电气设备运维规程。目的在于确立低频电气设备的运维技术要求和检验规则。

柔性低频交流输电系统高压电气设备 第8部分：低频电气设备预防性试验规程

1. 范围

本文件规定了柔性低频交流输电系统运行中的高压电气设备预防性试验的项目、周期和要求。

本文件适用于电压等级10kV~220kV、额定频率10Hz~30Hz柔性低频交流输电系统运行中的高压电气设备预防性试验。

1. 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 1094.3 电力变压器 第3部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙

GB/T 1094.10 电力变压器第10部分：声级测定

GB 2536 电工流体变压器和开关用的未使用过的矿物绝缘油

GB/T 7597 电力用油(变压器油、汽轮机油)取样方法

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则

GB/T 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器

[GB/T 12022—2014 工业六氟化硫](http://www.baidu.com/link?url=Z-TyFh23xwXCHmz6s-qvDAEQUd4enkaYg3a1qE2nSI8r9zR_kD2oqhHMpGENBCCMSP734laT4Qsj12S-ZRS_2_)

[GB/T 14542—2017 运行变压器油维护管理导则](http://www.baidu.com/link?url=gqs3DdDTThBWxAsiY22DhVteO9LI1MRpU_Yp9lrb1uyrUu1ElL269MSsbY_o0DdYiC326PSaq_RD9dnsoKvW_5EaBDrEYORf3fIxfv-Jsjy)

GB/T 20840.2 互感器 第2部分:电流互感器的补充技术要求

GB/T 20840.3 互感器 第3部分电磁式电压互感器的补充技术要求

[DL/T 432—2018 电力用油中颗粒度测量方法](http://www.baidu.com/link?url=0DWL2bCrTpiFBKcJGOAkFjERNrk9lvQYVKm1PlkpjlmRhZXqGMki78TdGEWSl1IAqb7mG0Hs6LplhqB4A9E-AcvLqtfCspblZGJDbAwysgS)

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 596—2021 电力设备预防性试验规程

DL/T 722 [变压器油中溶解气体分析和判断导则](http://www.baidu.com/link?url=dpBGxlOz1AlED-W5xIIvbIt0j4H6K5hTdKS8zKtf2T604tGwrKh9YDIv-W1B7KKCw3JoAFrBDdRgoRfpLZUVaq)

[DL/T 984 油浸式变压器绝缘老化判断导则](http://www.baidu.com/link?url=TUIQRAbvmrZOP_BHwOq6W6opF9L4uc0dow0Kx0bNLzu8_44hthpXuWZUsdNfdEx3pO1RHVRHugldfSxlAUN1tq)

JB/T 10549 [气体密度继电器和密度表通用技术条件](http://www.baidu.com/link?url=vMlF3zDkNGjGTmJDVr_Sbh_xJR5O6XAe2d-rL8xxKH5XWIyk5awcZNeB7nqG72MPSzyA4u8QhnJvcs__7GygwM9EMr4HJhhTbXfQHpwOCCG)

1. 术语定义

DL/T 596—2021和DL/T 1430—2015界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

柔性低频交流输电系统 Flexible Low-frequency Alternating Current Power Transmission（FLACPT）

基于电压源换流器的低频交流输电系统，其中低频是指频率低于50 Hz。

注：示范工程目前选用20 Hz、16.7 Hz。

低频交流输电系统高压电气设备 high voltage electric equipment for flexible low-frequency AC power transmission system

柔性低频交流输电系统关键组成部分，主要包括变压器、开关设备、互感器、避雷器、变压器套管、电缆等。

检修等级 maintenance grade

以电力设备检修规模和停用时间为原则，分为A、B、C、D 四个等级。其中，A、B、C级是停电检修，D级主要是不停电检修。

[来源：DL/T 596—2021，3.9]

A级检修 A class maintenance

电力设备整体性的解体检查、修理、更换及相关试验.

注：A级检修时进行的相关试验，也包含所有B级停电试验项目。

[来源：DL/T 596—2021，3.10]

B级检修 B class maintenance

电力设备局部性的检修，主要组件、部件的解体检查、修理、更换及相关试验。

注：B级检修时进行的相关试验，也包括所有例行停电试验项目。

[来源：DL/T 596—2021，3.11]

C级检修 C class maintenance

电力设备常规性的检查、试验、维修，包括少量零件更换消缺、调整和停电试验等。

注：C级检修时进行的相关试验即例行停电试验。

[来源：DL/T 596—2021，3.12]

D级检修 D class maintenance

电力设备外观检查、简单消缺和带电检测。

[来源：DL/T 596—2021，3.13]

1. 总体要求
   1. 试验结果应与该设备历次试验结果相比较，并与同类设备试验结果相比较，参照相关的试验结果,根据变化规律和趋势，进行全面分析后做出判断。
   2. 在进行电气试验前，应进行外观检查，保证设备外观良好，无损坏。
   3. 无特殊说明时，外施交流电压试验电压的频率应为15 Hz～65 Hz，全电压下耐受时间为60 s；感应电压试验时，当试验电压频率等于或小于2倍额定频率时，全电压下试验时间为60 s；当试验电压频率大于2倍额定频率时，全电压下试验时间为：120×额定频率／试验频率（s），但不少于15 s。
   4. 低频一次设备交流耐压试验，凡无特殊说明，试验值一般为有关设备出厂试验电压的80%，加至试验电压后的持续时间均为1 min，并在耐压前后测量绝缘电阻；二次设备及回路交流耐压试验，可用2500 V兆欧表测绝缘电阻代替。
   5. 充油电力设备在注油后应有足够的静置时间才可进行耐压试验。静置时间如无产品技术要求规定，则应依据设备的额定电压满足以下要求：

220 kV >48 h

110 kV及以下 >24 h

* 1. 充气电力设备在解体检查后应在充气后静置24 h后方可进行水分测量和耐压试验。
  2. 进行耐压试验时，应将连在一起的各种设备分离开来单独试验（制造厂装配的成套设备不在此限），但同一试验电压的设备可以连在一起进行试验。已有单独试验记录的若干不同试验电压的电力设备，在单独试验有困难时，也可以连在一起进行试验。此时，试验电压应采用所连接设备中的最低试验电压。

1. 当电力设备的额定电压与实际使用的额定工作电压不同时，应根据下列原则确定试验电压：
2. 当采用额定电压较高的设备以加强绝缘时，应按照设备的额定电压确定其试验电压；
3. 当采用额定电压较高的设备作为代用设备时，应按照实际使用的额定工作电压确定其试验电压；
   1. 为满足高海拔地区的要求而采用较高电压等级的设备时，应在安装地点按实际使用的额定工作电压确定其试验电压。
   2. 在进行与温度和湿度有关的各种试验，应同时测量被试品的温度和周围空气的温度和湿度。
   3. 220 kV及以下新设投运1年内应进行首次预防性试验。首次预防性试验日期是计算试验周期的基准日期（计算周期的起始点），宜将首次试验结果确定为试验项目的初值，作为以后设备纵向综合分析的基础。
   4. 新设备经过交接试验后，220 kV及以下超过1年投运的，投运前宜重新进行交接试验；停运6个月以上重新投运的设备，应进行预防性试验（例行停电试验）；设备投运1个月内宜进行一次全面的带电检测。
   5. 现场备用设备应按运行设备要求进行预防性试验。
   6. 检测周期中的“必要时”是指怀疑设备可能存在缺陷需要进一步跟踪诊断分析，或需要缩短试验周期的，或在特定时期需要加强监视的，或对带电检测、在线监测进一步验证的情况。
   7. 有条件进行带电检测或在线监测的设备应积极开展带电检测或在线监测。当发现问题时，应通过多种带电检测或在线监测检测手段验证，必要时开展停电试验进一步确认；对于成熟的带电检测或在线监测项目（如：变压器有中溶解气体、铁芯接地电流、MOA阻性电流和容性设备电容量和相对介质损耗因数等）判断设备无异常的，可适当延长停电试验周期。
   8. 本文件未涉及设备的交接试验，应按DL/T 596—2021执行。
4. 变压器

变压器的试验项目、周期和要求见表1。

表1　变压器的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 各部位无异常温升现象，检测和分析方法参考DL/T 664。 |  |
| 2 | 油中溶解气体分析 | 1）A、B级检修后，35 kV及以上：1、4、10、30天；  2）运行中：220 kV：3个月；35 kV～110 kV：6个月；  3）必要时。 | 按DL/T 722判断是否符合要求：  1）新装变压器油中H2与烃类气体含量（μL/L）任一项不宜超过下列数值：  220kV及以下：总烃：20；H2：30；C2H2：0.1；  2）运行变压器油中H2与烃类气体含量（μL/L）超过下列任何一项值时应引起注意：总烃：150；H2：150；C2H2：5（35 kV~220 kV）；  3）烃类气体总和的产气速率大于6 mL/d（开放式）和12 mL/d（密封式），或相对产气速率大于10%/月则认为设备有异常（对乙炔<0.1 μL/L、总烃小于新设备投运要求时，总烃的绝对产气率可不做分析）。氢气的产气速率大于5 mL/d（开放式）和10 mL/d（密封式），则认为设备有异常。 | 按DL/T 722取样及测量：  1）总烃包括CH4、C2H4、C2H6和C2H2四种气体；  2）溶解气体组份含量有增长趋势时，可结合产气速率判断，必要时缩短周期进行跟踪分析；  3）总烃含量低的设备不宜采用相对产气速率进行判断。 |
| 3 | 绝缘油试验 | 试验项目和要求本文件第16章。 | | |
| 4 | 油中糠醛含量 | 1）10年；  2）必要时。 | 1）含量超过下值时，一般为非正常老化，需跟踪检测：  1~5年 0.1 mg/L；  5~10年 0.2 mg/L；  10~15年 0.4 mg/L；  15~20年 0.75 mg/L；  2）跟踪检测时，注意增长率；  3）测试值大于4 mg/L 时，认为绝缘老化已比较严重。 | 变压器油经过处理后，油中糠醛含量会不同程度的降低，在作出判断时要注意这一情况。 |
| 5 | 铁芯、夹件接地电流 | 1）1个月；  2）必要时。 | ≤100 mA。 | 采用带电或在线测量。 |
| 6 | 绕组直流电阻 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）1600 kVA 以上变压器，各相绕组电阻相互间的差别不应大于三相平均值的2%，无中性点引出的绕组，线间差别不应大于三相平均值的1%；  2）1600 kVA及以下的变压器，相间差别不应大于三相平均值的4%，线间差别不应大于三相平均值的2%；  3）与以前相同部位测得值比较，其变化不应大于2%。 | 1）如电阻相间差在出厂时超过规定，制造厂已说明了这种偏差的原因，按要求中3）执行；  2）有载分接开关宜在所有分接处测量，无载分接开关在运行分接锁定后测量； |
| 7 | 绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比或极化指数 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）绝缘电阻换算至同一温度下，与前一次测试结果相比应无显著变化，不宜低于上次值的70%或不低于10000 MΩ；  2）电压等级为35 kV及以上且容量在4000 kVA及以上时，应测量吸收比。吸收比与产品出厂值比较无明显差别，在常温下不应小于1.3；当R60大于3000 MΩ（20 ℃）时，吸收比可不做要求；  3）容量为120 MVA及以上时，宜用5000 V绝缘电阻表测量极化指数。测得值与产品出厂值比较无明显差别，在常温下不应小于1.5；当R60大于1000 MΩ（20 ℃）时，极化指数可不作要求。 | 1）使用2500 V或5000 V绝缘电阻表，对220 kV及以上变压器，绝缘电阻表容量一般要求输出电流不小于3 mA；  2）测量前被试绕组应充分放电；  3）测量温度以顶层油温为准，各次测量时的温度应尽量接近。 |
| 8 | 绕组连同套管的介质损耗因数及电容量 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）20 ℃时不大于下列数值：  66 kV~220 kV 0.008；  35 kV及以下 0.015；  2）介质损耗因数值与出厂试验值或历年的数值比较不应有明显变化（增量不应大于30%）；  3）电容量与出厂试验值或历年的数值比较不应有明显变化，变化量≤3%；  4）试验电压：  绕组电压10 kV及以上：10 kV；  绕组电压10 kV以下：。 | 1）试验频率应为变压器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  2）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率；  3）非被试绕组应短路接地或屏蔽；  4）测量宜在顶层油温低于50 ℃且高于0 ℃时进行，测量时记录顶层油温和空气相对湿度，分析时应注意温度对介质损耗因数的影响； |
| 9 | 电容式套管 | 试验项目和要求按照本文件第11章。 | | |
| 10 | 绕组连同套管的外施耐压试验 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 全部更换绕组时，按出厂试验电压值；部分更换绕组时，按出厂试验电压值的0.8倍。 | 1）110 kV及以上进行感应耐压试验；  2）10 kV按35 kV\*0.8=28 kV进行；  2）额定电压低于1000 V的绕组可用2500 V绝缘电阻表测量绝缘电阻代替。 |
| 11 | 感应电压试验 | 1）A级检修后；  2）220 kV：3年；  3）≤110 kV：6年；  4）必要时。 | 感应耐压为出厂试验值的80%。 | 加压程序按照GB/T1094.3执行。 |
| 12 | 局部放电测量 | 35 kV及以上：  1）A级检修后；  2）必要时。 | 局部放电测量电压为时，局部放电水平不大于250 pC，局部放电水平增量不超过50 pC，在试验期间最后20 min局部放电水平无突然持续增加；局部放电测量电压为时，放电量不应大于100 pC；试验电压无突然下降。 | 加压程序按照GB/T1094.3执行。 |
| 13 | 铁芯及夹件绝缘电阻 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）66 kV及以上：不宜低于100 MΩ；35 kV及以下：不宜低于10 MΩ；  2)）与以前测试结果相比无显著差别； | 1）采用2500 V绝缘电阻表；  2）只对有外引接地线的铁芯、夹件进行测量。 |
| 14 | 穿心螺栓、铁轭夹件、绑扎钢带、铁芯、绕组压环及屏蔽等的绝缘电阻 | A、B级检修时。 | 220 kV：不宜低于500 MΩ，  110 kV及以下：不宜低于100 MΩ。 | 1）用2500 V绝缘电阻表；  2）连接片不能拆开可不进行。 |
| 15 | 绕组所有分接的电压比 | 1）A级检修后；  2）分接开关引线拆装后；  3）必要时。 | 1）各分接的电压比与铭牌值相比应无明显差别，且符合规律；  2）35 kV以下，电压比小于3的变压器电压比允许偏差为±1%；其他所有变压器额定分接电压比允许偏差为±0.5%，其他分接的电压比应在变压器阻抗电压值（%）的1/10以内，但偏差不得超过±1%。 | 1）试验频率应为变压器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  2）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率。 |
| 16 | 校核三相变压器的组别或单相变压器极性 | 1）更换绕组后；  2）必要时。 | 必须与变压器铭牌和顶盖上的端子标志相一致。 |  |
| 17 | 空载电流和空载损耗 | 1）更换绕组后；  2）必要时。 | 与前次试验值相比无明显变化。 | 1）试验电源可用三相或单相；试验电压可用额定电压或较低电压（如制造厂提供了较低电压下的测量值，可在相同电压下进行比较）；  2）试验频率应为变压器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  3）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率。 |
| 18 | 短路阻抗 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 短路阻抗纵比相对变化绝对值不大于：  ≤220 kV：2.0%。 | 1）试验电流可用额定值或较低电流；  2）试验频率应为变压器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  3）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率。 |
| 19 | 频率响应测试 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 采用频率响应分析法与初始结果相比，或三相之间结果相比无明显差别，无初始记录时可与同型号同厂家对比，判断标准参考DL/T 911的要求。 | 1）采用频率响应分析法测试时，每次试验宜采用同一种仪器，接线方式应相同；  2）对有载开关应在最大分接下测试，对无载开关应在同一运行分接下测试。 |
| 20 | 全电压下空载合闸 | 更换绕组后。 | 1）全部更换绕组，空载合闸5次，每次间隔不少于5 min；  2）部分更换绕组，空载合闸3次，每次间隔不少于5 min。 | 1）在运行分接上进行；  2）由变压器高压侧或中压侧加压；  3）110 kV及以上的变压器中性点接地； |
| 21 | 测温装置校验及其二次回路试验 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）按设备的技术要求；  2）密封良好，指示正确，测温电阻值应和出厂值相符；  3）绝缘电阻不宜低于1 MΩ。 | 测量绝缘电阻采用1000 V绝缘电阻表，方法参考DL/T 540。 |
| 22 | 气体继电器校验及其二次回路试验 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）按设备的技术要求；  2）整定值符合运行规程要求，动作正确；  3）绝缘电阻不宜低于1 MΩ。 | 采用1000 V绝缘电阻表。 |
| 23 | 压力释放器校验及其二次回路试验 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）动作值与铭牌值相差应在±10%范围内或符合制造厂规定；  2）绝缘电阻不宜低于1 MΩ。 | 采用1000 V绝缘电阻表。 |
| 24 | 冷却装置及其二次回路检查试验 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）流向、温升和声响正常，无渗漏油；  2）强油水冷装置的检查和试验，按制造厂规定；  3）绝缘电阻不宜低于1 MΩ。 | 采用1000 V绝缘电阻表。 |
| 25 | 整体密封检查 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 1）35 kV及以下管状和平面油箱变压器采用超过储油柜顶部0.6 m油柱试验（约5 kPa压力），对于波纹油箱和有散热器的油箱采用超过储油柜顶部0.3 m油柱试验（约2.5 kPa压力），试验时间12 h，无渗漏；  2）110 kV及以上变压器在储油柜顶部施加0.035 MPa压力，试验时间24 h，无渗漏。 | 试验时带冷却器，不带压力释放装置。 |
| 26 | 绝缘纸（板）聚合度 | 必要时（怀疑纸（板）老化时）。 | 按DL/T 984判断是否符合要求。 | 试样可取引线上绝缘纸、线圈上下部位的垫块、绝缘纸板、散落在油箱内的纸片。各部位取样量应大于2 g； |
| 27 | 绝缘纸（板）含水量 | 必要时（怀疑纸（板）受潮时）。 | 1）与初值比较无明显变化。  2）水分（质量分数）不置大于下值： 3%。 | 可用频域介电谱（FDS）法推算或取纸样直接测量。 |
| 28 | 噪声测量 | 必要时（发现噪声异常时）。 | 与初值比较无明显变化。 | 按照GB/T 1094.10的要求进行。 |
| 29 | 箱壳振动 | 必要时（发现箱壳振动异常时，或噪声异常时）。 | 与初值比不应有明显差别。 |  |
| 30 | 中性点直流检测 | 必要时。 | 与初值比不应有明显差别。 |  |
| 31 | 套管电流互感器试验 | 试验项目和要求按照本文件第8章。 | | |
| 32 | 有载分接开关试验 | 试验项目和要求按照DL/T 596—2021第10章。 | | |

1. 桥臂电抗器

桥臂电抗器的试验项目、周期和要求见表2。

表2　桥臂电抗器的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项 目 | 周 期 | 判 据 | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）≤3个月；  2）必要时。 | 无异常。 | 红外测温精确检测及分析方法参考DL/T 664。 |
| 2 | 绕组直流电阻 | 1）A级检修后；  2）≤1年；  3）必要时。 | 1）相间差别不宜大于三相平均值的2%；  2）初值差不大于2% | 1）如电阻相间差在出厂时超过规定，制造厂应说明这种偏差的原因；  2）干式空心电抗器三相平均值不做要求。 |
| 3 | 绕组绝缘电阻 | 1）A级检修后；  2）≤1年；  3）必要时。 | 绝缘电阻换算至同一温度下，与前一次测试结果相比应无明显变化。 | 1）采用2500 V或5000 V绝缘电阻表；  2）测量前被试绕组应充分放电；  3）测量时应使绕组温度与周围环境温度相近，尽量使每次测量温度相近； |
| 4 | 电抗值测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 初值差不超过5%。 | 怀疑线圈或铁芯（如有）存在缺陷时进行本项目；测量方法参考GB/T 1094.6。 |
| 5 | 噪声测量 | 必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | 当噪声异常时，可定量测量电抗器噪声，测量方法参考GB/T 1094.10。 |
| 6 | 穿心螺杆、铁芯的绝缘电阻 | 1）A级检修后；  2）≤1年；  3）必要时 。 | 与以前测试结果相比无显著差别。 | 采用2500 V绝缘电阻表。 |
| 7 | 匝间绝缘耐压试验 | 必要时（存在匝间短路）。 | 全电压和标定电压振荡周期变化率不超过5%；全电压不超过出厂值80%。 |  |

1. 电压互感器

电压互感器的试验项目、周期和要求见表3。

表3　电压互感器的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | | | | | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 各部位无异常温升现象。 | | | | | 检测和分析方法参考DL/T 664。 |
| 2 | SF6分解物测式（适用于SF6绝缘） | 1）A、B级检修后；  2）必要时。 | 1）A级检修后注意：  （SO2+SOF2）≤2 μL/L；  HF≤2 μL/L；  H2S≤1 μL/L；  CO（报告）；  2）B级检修后或运行中注意：  SO2：≤5 μl/L；  H2S：≤2 μL/L；  CO：≤100 μL/L。 | | | | | 用检测管、气相色谱法或电  化学传感器法进行测量。 |
| 3 | SF6气体检测（适用于SF6绝缘） | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 试验要求按照DL/T 596—2021第15章表50。 | | | | | |
| 4 | 绝缘电阻 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）一次绕组对二次及地：≥1000 MΩ；  2）二次绕组间及对地：≥1000 MΩ。 | | | | | 采用2500 V兆欧表。 |
| 5 | 交流耐压试验 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 1）一次绕组按出厂试验值的80%进行；  2）二次绕组之间及对地（箱体），末屏对地（箱体）为2 kV。 | | | | | 二次绕组及末屏交流耐压试验，可用2500 V兆欧表绝缘电阻测量项目代替。 |
| 6 | 局部放电测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 系统接地方式 | 一次绕组连接方式 | 局放放电测量电压（方均根值）kV | 局部放电允许水平pC | | 试验按GB/T 20840.3进行。 |
| 环氧树脂及其它干式 | 气体式 |
| 中性点接地 | 相对低 |  | 50  20 | 100  50 |
| 相对相 |  | 50 | 100 |
| 中性点绝缘或非有效接地 | 相对低 |  | 50  20 | 100  50 |
| 相对相 |  | 50 | 100 |
| 7 | 伏安特性测量 | 必要时。 | 1. 在额定电压下，空载电流与出厂数值比较无明显差； 2. 同批次、同型号的电磁式电压互感器相比，彼此差异不大于30% | | | | | 1）试验频率应为互感器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  2）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率；  3）在0.2、0.5、0.8、1.0、1.2、1.5、1.9倍的额定电压下，测量空载电流，并做出励磁特性曲线。其中1.5倍额定电压为安装于中性点有效接地系统的电压互感器；安装于中性点非有效接地系统的半绝缘互感器为1.9倍额定电压，全绝缘结构电压互感器为1.2倍额定电压。 |
| 8 | 联接组别和极性 | 必要时。 | 与铭牌标志相符。 | | | | |  |
| 9 | 变比检测 | 必要时。 | 与铭牌标志相符。 | | | | | 1）试验频率应为互感器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  2）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率； |
| 10 | 绕组直流电阻测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 与初值相比应无明显变化。 | | | | |  |
| 11 | 气体压力表校准（适用于SF6绝缘） | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | | | | |  |
| 12 | 气体密度表（继电器）校准（适用于SF6绝缘） | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | | | | |  |

1. 电流互感器

电流互感器的试验项目、周期和要求见表4。

表4　电流互感器的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | | | | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 各部位无异常温升现象，检测和分析方法参考DL/T 664。 | | | |  |
| 2 | SF6分解物测试（适用于SF6绝缘） | 1）A、B级检修后；  2）必要时。 | 1）A级检修后注意：  （SO2+SOF2）≤2 μL/L；  HF≤2 μL/L；  H2S≤l μL/L；  CO（报告）；  2）B级检修后或运行中注意：  SO2≤5 μL/L；  H2S≤2 μL/L；  CO≤100 μL/L。 | | | | 用检测管、气相色谱法或电化学传感器法进行测量。 |
| 3 | SF6气体检测（适用于SF6绝缘） | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 试验要求按照DL/T 596—2021第15章表50。 | | | | |
| 4 | 绝缘电阻测量 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）一次绕组绝缘电阻应大于10000 MΩ；  2）一次绕组段间绝缘电阻应大于10 MΩ；  3）二次绕组间及对地绝缘电阻大于1000 MΩ。 | | | | 采用2500 V兆欧表。 |
| 5 | 交流耐压试验 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 1）一次绕组按出厂试验值80%进行；  2）二次绕组之间及对地（箱体），末屏对地（箱体）为2 kV。 | | | | 二次绕组交流耐压试验，可用2500 V兆欧表绝缘电阻测量项目代替。 |
| 6 | 局部放电测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 系统接地方式 | 局放放电测量电压（方均根值）kV | 局部放电允许水平pC | | 按GB/T 20840.2进行。 |
| 环氧树脂及其它干式 | 气体式 |
| 中性点接地系统 |  | 50 | 100 |
|  | 20 | 50 |
| 中性点绝缘或非有效接地系统 |  | 50 | 100 |
|  | 20 | 50 |
| 7 | 极性检查 | 必要时。 | 与铭牌标志相符。 | | | |  |
| 8 | 变比检查 | 必要时。 | 与铭牌标志相符。 | | | | 1）试验频率应为互感器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  2）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率； |
| 9 | 励磁特性曲线校核 | 必要时。 | 1）与同类型、同规格、同参数互感器特性曲线或制造厂提供的特性曲线相比较，应无明显差别；  2）多抽头电流互感器可使用抽头或最大抽头测量。 | | | | 1）试验频率应为互感器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  2）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率；  3）更换二次绕组或继电保护有要求时进行。 |
| 10 | 绕组直流电阻测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 与初值或出厂值比较，应无明显差别。 | | | |  |
| 11 | 气体压力表校准（适用于SF6绝缘） | 1）A级检修  2）必要时 | 应符合产品技术文件要求。 | | | |  |
| 12 | 气体密度表（继电器）校准（适用于SF6绝缘） | 1）A级检修  2）必要时 | 应符合产品技术文件要求。 | | | |  |

1. [真空断路器](#_Toc31888)

真空断路器的试验项目、周期和要求见表5。

表5 真空断路器的试验项目、周期和要求

| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | | | | 方法及说明 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 红外测温 | 1）≤3个月；  2）必要时。 | 各部位无异常温升现象，检测和分析方法参考DL/T 664。 | | | |  |
| 2 | 绝缘电阻测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 1）整体绝缘电阻参照产品技术文件要求或自行规定；  2）断口和用有机物制成的拉杆的绝缘电阻不应低于下表中的数值: MΩ | | | |  |
| 试验类别 | 额定电压kV | | |
| ＜24 | 24~40.5 | ≥72.5 |
| A级检修后 | 1000 | 2500 | 5000 |
| 运行中或B级检修后 | 300 | 1000 | 3000 |
| 3 | 交流耐压试验 | 1. A级检修后； 2. ≤2年； 3）必要时。 | 断路器在分、合闸状态下分别进行，试验电压值按照 DL/T 593的规定值。 | | | |  |
| 4 | 辅助回路和控制回路交流耐压试验 | 1. A级检修后； 2. ≤2年； 3）必要时。 | 试验电压为2 kV； | | | |  |
| 5 | 机械特性 | 1）A级检修后； 2）≤2年；  3）必要时。 | 合闸时间和分闸时间，分、合闸的同期性，触头开距，合闸时的弹跳时间应符合产品技术文件要求，有条件时测行程特性曲线产品技术文件要求。 | | | |  |
| 6 | 每相导电回路的电阻测量 | 1）A级检修后； 2）≤2年；  3）必要时。 | 回路电阻不得超过出厂试验值的110%，且不超过产品技术文件规定值，并进行相间比较不应有明显的差别。 | | | | 采用直流压降法测量，电流不小于100 A。 |
| 7 | 操动机构分、合闸电磁铁的动作电压 | 1）A级检修后； 2）≤2年；  3）必要时。 | 1）并联合闸脱扣器在合闸装置额定电源电压的85%到110%之间、交流时在合闸装置的额定电源频率下应该正确地动作。当电源电压等于或小于额定电源电压的30%时，并联合闸脱扣器不应脱扣； 2）并联分闸脱扣器在分闸装置的额定电源电压的65%~110%（直流）或85%~110%（交流）范围内、交流时在分闸装置的额定电源频率下，在开关装置所有的直到它的额定短路开断电流的操作条件下，均应可靠动作。当电源电压等于或小于额定电源电压的30%时，并联分闸脱扣器不应脱扣。 | | | |  |
| 8 | 分合闸线圈的绝缘电阻和直流电阻测量 | 1）A级检修后；  2）≤2年；  3）必要时。 | 1）绝缘电阻值不应低于2 MΩ,，且应符合产品技术文件要求；  2）直流电阻值应符合产品技术文件的规定，无明确要求时，不应超过出厂值的±5%。 | | | |  |
| 9 | 灭弧室真空度的测量 | 1）A级检修后；  2）必要时 | 应符合产品技术文件要求。 | | | | 有条件时进行。 |

1. [SF](#_Toc31888)[6](#_Toc31888)[断路器](#_Toc31888)

SF6断路器包括自然开断路线的交流断路器和具有预定极间不同期操作交流断路器，其试验项目、周期和要求见表6。

表6 SF6断路器的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 红外热像图显示无异常温升、温差和相对温差，符合DL/T 664要求。 | 1）红外测温采用红外成像仪测试； 2）测试应尽量在负荷高峰、夜晚进行； 3）在大负荷增加检测。 |
| 2 | SF6分解物测试 | 1）A、B级检修后； 2）必要时。 | 1）A级检修后注意：  （SO2+SOF2）≤2 μL/L； HF≤2 μL/L；  H2S≤l μL/L；  CO（报告）；  2）B级检修后或运行中注意：  SO2：≤3 μL/L；  H2S：≤2 μL/L；  CO：≤100 μL/L。 | 采用检测管、气相色谱法或电化学传感器法进行测量。 |
| 3 | SF6气体检测 | 试验要求按照DL/T 596—2021第15章表50。 | | |
| 4 | 每相导电回路的电阻测量 | 1）A级检修后； 2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 回路电阻不得超过出厂试验值的110%，且不超过产品技术文件规定值，同时应进行相间比较不应有明显的差别。 | 采用直流压降法测量，电流不小于100 A。 |
| 5 | 主回路交流耐压试验 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 1）交流耐压的试验电压不低于出厂试验电压值的80%； 2）有条件时进行雷电冲击耐压，试验电压不低于出厂试验电压值的80%；  3）试验过程中未出现试验电压突然降低、闪络放电等异常；  4）试验后的绝缘电阻值不应有明显降低。 | 1. 试验在SF6气体额定压力下进行； 2）罐式断路器的耐压试验方式：合闸对地；分闸状态两端轮流加压，另一端接地；并在电压下进行局部放电检测； 3）对瓷柱式定开距型断路器应做断口间耐压。 |
| 6 | 机械特性 | 1）A级检修后； 2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）分合闸时间、分合闸速度、三相不同期性、行程曲线等机械特性应符合产品技术文件要求，除制造厂另有规定外，断路器的分、合闸同期性应满足下列要求： —相间合闸不同期不大于5 ms； —相间分闸不同期不大于3 ms； —同相各断口间合闸不同期不大于3 ms； —同相各断口间分闸不同期不大于2 ms； 2）主触头动作与辅助开关切换的配合时间，应符合产品技术文件要求。 | 1. 应在断路器的额定操作电压、气压或液压下进行； 2. 现场无条件安装采样装置的断路器可不进行主触头的分、合闸速度测量。 |
| 7 | SF6气体密度继电器（包括整定值）检验 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 试验要求参照JB/T 10549执行。 | 宜在密度继电器不拆卸情况下进行校验。 |
| 8 | 操动机构压力表检验，压力开关（气压、液压）检验 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | 对气动机构应校验各级气压的整定值（减压阀及机械安全阀）。 |
| 9 | 辅助回路和控制回路绝缘电阻 | 1）A 级检修后； 2）必要时。 | 绝缘电阻不低于2 MΩ。 | 采用1000 V兆欧表 |
| 10 | 辅助回路和控制回路交流耐压试验 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 1）试验电压为2 kV；  2）耐压试验后的绝缘电阻值不应降低。 |  |
| 11 | 操动机构在分闸、合闸、重合闸下的操作压力（气压、液压）下降值 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 12 | 液（气）压操动机构的密封试验 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | 应在分、合闸位置下分别试验。 |
| 13 | 油（气）泵补压及零起打压的运转时间 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 14 | 采用差压原理的气动或液压机构的防失压慢分试验 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 15 | 防止非全相合闸等辅助控制装置的动作性能 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 性能检查正常。 |  |
| 16 | 防跳功能检查 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 功能检查正常。 |  |
| 17 | 辅助开关检查 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 不得出现卡涩或接触不良等现象。 |  |
| 18 | 操动机构分、合闸电磁铁的动作电压 | 1）A级检修后； 2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）并联合闸脱扣器在合闸装置额定电源电压的85%到110%之间、交流时在合闸装置的额定电源频率下应该正确地动作。当电源电压等于或小于额定电源电压的30%时，并联合闸脱扣器不应脱扣； 2）并联分闸脱扣器在分闸装置的额定电源电压的65%~110%（直流）或85%~110%（交流）范围内、交流时在分闸装置的额定电源频率下，在开关装置所有的直到它的额定短路开断电流的操作条件下，均应可靠动作。当电源电压等于或小于额定电源电压的30%时，并联分闸脱扣器不应脱扣。 |  |
| 19 | 分合闸线圈的绝缘电阻和直流电阻测量 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）绝缘电阻值不应低于10 MΩ,，且应符合产品技术文件要求；  2）直流电阻值应符合产品技术文件的规定，无明确要求时，不应超过出厂值的±5%。 |  |
| 20 | 合闸电阻的投入时间和电阻值测量 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）投入时间应符合产品技术文件要求；  2）阻值与产品技术文件要求值相差不超过±5%（A级检修时）。 |  |
| 21 | 选相开合设备的试验（适用于具有预定极间不同期操作交流断路器） | 1）A级检修后；  2）≤220 kV：2年；  3）必要时。 | 选相开合设备在现场试验中应进行充分测量，验证选相开合期望达到的准确性。 | 1）推荐除了记录控制器的输出外，还应记录所有可得到的一次电压和电流；  2）在主回路带电前推荐进行空载的选相分、合闸操作试验，验证断路器预定的合闸和分闸目标点；  3）如果空载试验成功，应进行整个选相开合系统的带负荷试验，如果没有采用自适应控制，为了达到所需要的准确性，可以用试验结果对设置进行修改。 |

1. [高压开关柜](#_Toc25418)

高压开关柜的试验项目、周期和要求见表7。

表7　高压开关柜的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 辅助回路和控制回路绝缘电阻 | 1）A、B级检修后； 2）≤2年； 3）必要时。 | 绝缘电阻不应低于2 MΩ。 | 采用1000 V兆欧表。 |
| 2 | 辅助回路和控制回路交流耐压试验 | 1）A级检修后； 2）≤2年； 3）必要时。 | 试验电压为2 kV，耐压试验后的绝缘电阻值不应降低。 |  |
| 3 | 机械特性 | 1）A级检修后； 2）≤6年； 3）必要时。 | 分合闸时间、分合闸速度、三相不同期性、行程曲线等机械特性应符合产品技术文件要求。 |  |
| 4 | 主回路电阻 | 1）A级检修后； 2）≤2年； 3）必要时。 | 不大于出厂试验值的1.1倍，且应符合产品技术文件要求，相间不应有明显差异。 | 1）采用直流压降法测量，电流值不小于100 A；  2）测量位置：手车柜为上下触头盒之间；固定柜为断路器和隔离开关整体。  3）宜带母线一同测量。 |
| 5 | 交流耐压试验 | 1）A级检修后； 2）≤2年； 3）必要时。 | 1）按出厂耐压值的100％试验；  2）试验过程中未出现试验电压突然降低、闪络放电等异常，且试验后的绝缘电阻值不应有明显降低。 | 1）试验电压施加方式：合闸时各相对地及相间；分闸时各相断口； 2）相间、相对地及断口的试验电压值相同。 |
| 6 | 带电显示装置检查 | 1）A级检修后； 2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 7 | 压力表及密度继电器检验 | 1）A级检修后； 2）≤2年； 3）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 8 | 联锁检查 | 1）A级检修后； 2）≤2年； 3）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | 五防指：  1）防止误分、误合断路器；  2）防止带负荷拉、合隔离开关；  3）防止带电（挂）合接地（线）开关；  4）防止带接地线（开关）合断路器；  5）防止误入带电间隔。 |
| 9 | 加热器 | 必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 10 | 风机 | 必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 11 | 开关柜内各元件的试验 | 必要时。 | 按照本文件有关章节规定。 |  |

1. [气体绝缘金属封闭开关设备](#_Toc15516)

气体绝缘金属封闭开关设备的试验项目、周期和要求见表8。

表8　气体绝缘金属封闭开关设备的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 红外热像图显 示无异常温升、温差和相对温差，符合DL/T 664 要求。 | 1. 红外测温采用红外成像仪测试； 2. 测试应尽量在负荷高峰、夜晚进行； 3. 在大负荷增加检测。 |
| 2 | SF6分解物测试 | 1）A、B级检修后；  2）必要时。 | 1）A级检修后注意:  （SO2+SOF2）≤2 μL/L；  HF≤2 μL/L；  H2S≤1 μL/L；  CO（报告）；   1. B级检修后或运行中注意：   SO2：≤3 μL/L；  H2S：≤2 μL/L；  CO：≤100 μL/L。 | 用检测管、气相色谱法或电化学传感器法进行测量。 |
| 3 | SF6气体检测 | 试验要求按照GB/T 8905执行 | | |
| 4 | 导电回路电阻测量 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 回路电阻不得超过交接试验值的110%，且不超过产品技术文件规定值，同时应进行相间比较不应有明显的差别。 | 1. 根据产品技术文件进行分段测试； 2. 用直流压降法测量，电流不小100 A； 3. 测量范围应包括主母线、分支母线和出线套管。 |
| 5 | 断路器机械特性 | 1）A级检修后；  2）机构A级检修后。 | 1）分合闸时间、分合闸速度、三相不同期性、行程曲线等机械特性应符合产品技术文件要求，除制造厂另有规定外，断路器的分、合闸同期性应满足下列要求：  一相间合闸不同期不大于5 ms；  一相间分闸不同期不大于3 ms；  一同相各断口间合闸不同期不大于3 ms；  一同相各断口间分闸不同期不大于2 ms；  2）测量主触头动作与辅助开关切换时间的配合情况。 |  |
| 6 | 交流耐压试验 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 1）交流耐压不低于出厂试验电压值的80%；  2）工频耐压时应装设放电定位装置以确认放电气室；  3）耐压中出现放电即应中止试验，查找出放电点，处理完才可继续试验。 | 1）试验在SF6气体额定压力下进行；  2）对GIS试验时应将其中的电磁式电压互感器及避雷器断开；  3）交流耐压试验时应同时监视局部放电；  4）仅进行合闸对地状态下的耐压试验。 |
| 7 | SF6气体密度继电器（包括整定值）检验 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 试验要求按照JB/T 10549执行。 | 1. 宜在密度继电器不拆卸情况下进行校验； 2. 在充气过程中检查气体密度继电器及压力动作阀的动作值，应符合产品技术文件的规定。 |
| 8 | 联锁试验 | A级检修后。 | 联锁、闭锁应准确、可靠。 | 检查联锁及闭锁性能，防止误动作。 |
| 9 | 操动机构压力表检验，压力开关（气压、液压）检验 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | 运行现场可用高精度的压力表进行比对。 |
| 10 | 辅助回路和控制回路绝缘电阻 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 绝缘电阻不低于2 MΩ | 采用1000 V兆欧表。 |
| 11 | 辅助回路和控制回路交流耐压试验 | A级检修后。 | 试验电压为2 kV。 | 耐压试验后的绝缘电阻值不应降低，宜用2500 V兆欧表代替。 |
| 12 | 操动机构在分闸、合闸、重合闸下的操作压力（气压、液压）下降值 | 1. A级检修后； 2. 必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 13 | 液（气）压操动机构的密封试验 | 1）A 级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 | 应在分、合闸位置下分别试验。 |
| 14 | 油（气）泵补压及零起打压的运转时间 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 15 | 采用差压原理的气动或液压机构的防失压慢分试验 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 16 | 防止非全相合闸等辅助控制装置的动作性能 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 性能检查正常。 |  |
| 17 | 断路器防跳功能检查 | 1. A级检修后； 2. 必要时。 | 性能检查正常。 |  |
| 18 | 断路器辅助开关检查 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 不得出现卡涩或接触不良等现象。 |  |
| 19 | 断路器分合闸线圈电阻 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 应符合产品技术文件要求。 |  |
| 20 | 断路器分、合闸电磁铁的动作电压 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）并联分闸脱扣器在分闸装置的额定电源电压的65%~110%（直流）或85%~110% （交流）范围内、交流时在分闸装置的额定电源频率下，在开关装置所有的直到它的额定短路开断电流的操作条件下，均应可靠动作。当电源电压等于或小于额定电源电压的30%时，并联分闸脱扣器不应脱扣；  2）并联合闸脱扣器在合闸装置额定电源电压的85%到110%之间、交流时在合闸装置额定电源频率下应正确地动作。当电源电压等于或小于额定电源电压的30%时，并联合闸脱扣器不应脱扣。 |  |
| 21 | 合闸电阻阻值及合闸电阻预接入时间 | 1）A级检修；  2）必要时。 | 1）阻值与产品技术文件要求值相差不超过±5%（A级检修时测量）；  2）预接入时间应符合产品技术文件要求。 |  |
| 23 | 隔离开关机构电动机绝缘电阻 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 电机绝缘电阻不低于2 MΩ。 | 用1000 V兆欧表测量。 |
| 24 | 隔离开关辅助开关检查 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 不得出现卡涩或接触不良等现象。 |  |
| 25 | 带电显示装置检查 | 必要时。 | 符合产品技术文件要求。 | |
| 26 | GIS内各元件的试验 | 必要时。 | 按照本文件有关章节规定。 | |

1. [套管](#_Toc811)

套管的试验项目、周期和要求见表9。

表9　套管的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | | | | | | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 各部位无异常温升现象。 | | | | | | 检测和分析方法参考DL/T 664。 |
| 2 | 主绝缘及电容型套管末屏对地绝缘电阻 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）主绝缘的绝缘电阻值不应低于10000 MΩ；  2）末屏对地的绝缘电阻不应低于1000 MΩ；  3）电压测量抽头（如果有）对地绝缘电阻不低于1000 MΩ。 | | | | | | 1）应测量主绝缘及末屏对法兰的绝缘电阻，测量末屏对法兰的绝缘电阻应使用2500 V绝缘电阻表；  2）套管主绝缘电阻值不应低于产品出厂值70%或不低于1000 MΩ；  3）末屏绝缘电阻值不宜小于1000 MΩ；当末屏对地绝缘电阻小于1000 MΩ时，应测量其介损值，不应大于2%。 |
| 4 | 主绝缘及电容型套管对地末屏介质损耗因数与电容量 | 1）A级检修后；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 1）主绝缘在10 kV电压下的介质损耗因数值应不大于下表数值： | | | | | | 1. 试验频率应为套管运行的额定频率，其偏差不大于±5%； 2. 试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率； 3. 油纸电容型套管的介质损耗因数一般不进行温度换算，当介质损耗因数与出厂值或上一次测试值比较有明显增长或接近左表数值时，应综合分析介质损耗因数与温度、电压的关系。当介质损耗因数随温度增加明显增大或试验电压由10 kV升到时，介质损耗因数增量超过0.3%，不应继续运行； 4. 20 kV以下纯瓷套管及与变压器油连通的油压式套管不测介质损耗因数； 5. 实测电容值与产品铭牌数值或出厂试验值相比，其偏差应小于5%。 |
| 电压等级kV | | 20~35 | 66~110 | | 220 |
| A级检修后 | 充油型 | 0.030 | 0.015 | | — |
| 油纸电容型 | 0.010 | 0.010 | | 0.008 |
| 充胶型 | 0.030 | 0.020 | | — |
| 胶纸电容型 | 0.020 | 0.015 | | 0.010 |
| 胶纸型 | 0.025 | 0.020 | | — |
| 运行中 | 充油型 | 0.035 | 0.015 | | — |
| 油纸电容型 | 0.010 | 0.010 | | 0.008 |
| 充胶型 | 0.035 | 0.020 | | — |
| 胶纸电容型 | 0.030 | 0.015 | | 0.010 |
| 胶纸型 | 0.035 | 0.02 | | — |
| 2）当电容型套管末屏对地绝缘电阻小于1000 MΩ时，应测量末屏对地介质损耗因数，其值不大于2%；  3）电容型套管的电容值与出厂值或上一次试验值的差别超出±5%时，应查明原因。 | | | | | |
| 5 | 交流耐压试验 | 1）B级检修后；  2）必要时。 | 1. 试验电压为出厂试验电压的80%； 2. 无闪络及击穿现象； 3. 套管末屏应能耐受工频电压2 kV，试验时间为1 min。 | | | | | | 穿墙套管、断路器套管、变压器套管、电抗器及消弧线圈套管，均可随母线或设备一起进行交流耐压试验。 |
| 6 | 66 kV及以上电容型套管的局部放电测量 | 1）A级检修后；  2）必要时。 | 1）变压器及电抗器套管的试验电压为；  2）其它套管的试验电压为；  3）在试验电压下局部放电值（pC）不大于： | | | | | | 1）垂直安装的套管水平存放1年以上投运前宜进行本项目试验；  2）括号内的局部放电值适用于非变压器、电抗器的套管。 |
|  | | 油纸电容型 | | 胶纸电容型 | |
| A级检修后 | | 10 | | 250（100） | |
| 运行中 | | 20 | | 自行规定 | |

1. 避雷器

避雷器的试验项目、周期和要求见表10。

表10　避雷器的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 红外热像图显示无异常温升、温差和相对温差，符合DL/T 664要求。 | 1）采用红外热像仪；  2）发现热像图异常时应结合带电测试综合分析，再决定是否进行停电试验和检查；  3）结合运行巡视进行。 |
| 2 | 避雷器用监测装置检查 | 巡视检查时。 | 1）记录放电计数器指示数；  2）避雷器用监测装置指示应良好、量程范围恰当。 | 1）电流值无异常；  2）电流值明显增加时应进行带电测量。 |
| 3 | 运行电压下的交流泄漏电流测量 | 1）220kV：6个月（雷雨季节）；  2）≤110 kV：1年；  3）必要时。 | 1）测量运行电压下全电流、阻性电流或功率损耗，测量值与初始值比较不应有明显变化；  2）测量值与初始值比较，当阻性电流增加50%时应该分析原因，加强监测、适当缩短检测周期；当阻性电流增加1倍时应停电检查， | 1）宜采用带电测量方法，注意瓷套表面状态、相间干扰的影响；  2）试验频率应为避雷器运行的额定频率，其偏差不大于±5%；  3）试验可在50 Hz频率下进行，电压幅值无需修正，但应记录试验频率； |
| 4 | 绝缘电阻 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：≤1年；  3）≤110kV:≤2年；  4）必要时。 | 1）35kV以上:不小于2500MΩ；  2）35kV及以下:不小于1000MΩ。 | 采用2500 V及以上兆欧表。 |
| 5 | 底座绝缘电阻 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：≤1年；  3）≤110kV:≤2年；  4）必要时。 | 与初始值无明显区别 | 采用2500 V及以上兆欧表。 |
| 6 | 直流参考电压（U1mA）及 0.75倍U1mA下的泄漏电流 | 1）A、B级检修后；  2）220 kV：≤3年；  3）≤110kV:≤6年；  4）必要时。 | 1）不得低于GB 11032规定值；  2）将直流参考电压实测值与初值或产品技术文件要求值比较，变化不应大于±5%；  3）0.75倍U1mA下的泄漏电流初值差≤30%或≤50 μA（注意值）。 | 1）应记录试验时的环境温度和相对湿度；  2）应使用屏蔽线作为测量电流的导线。 |
| 7 | 测试避雷器放电计数器动作情况 | 1）A级检修后；  2）每年雷雨季前检查1次；  3）必要时。 | 测试3~5次，均应正常动作，测试后记录放电计数器的指示数。 |  |

1. 交流交联聚乙烯海底电缆

交流交联聚乙烯海底电缆的试验项目、周期和要求见表11。

表11　交流交联聚乙烯海底电缆的试验项目、周期和要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 红外测温 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 各部位无异常温升现象，检测和分析方法参考DL/T 664。 | 用红外热像仪测量，对电缆终端接头和非直埋式中间接头进行。 |
| 2 | 主绝缘绝缘电阻 | 1）A、B级检修后（新作终端或接后）；  2）220 kV：1年；  3）≤110 kV：2年；  4）必要时。 | 一般不小于1000 MΩ。 | 额定电压0.6/1 kV电缆用1000V 兆欧表；6/10 kV及以上电缆也可用2500 V或5000 V兆欧表。 |
| 3 | 主绝缘交流耐压 | 1）A级检修后（新作终端或接头后）；  2）必要时。 | 频率为10 Hz~ 300 Hz的交流耐压试验，试验时间60 min，绝缘不击穿。试验电压按下表中规定:   |  |  | | --- | --- | | 电压等级kV | 试验电压 | | 35~110 |  | | 220 |  | | 耐压试验前后应进行绝缘电阻测试，测得值应无明显变化。 |
| 4 | 局部放电试验 | 1）A级检修后（新作终端或接头后）；  2）必要时。 | 无异常放电信号。 | 可在带电或停电状态下进行，可采用：高频电流、振荡波、超声波、超高频等检测方法。 |
| 5 | 相位检查 | 1）新作终端或接头后；  2）必要时。 | 与电网相位一致。 |  |
| 6 | 金属护层及接地线环流 | 1）220 kV：1个月；  2）≤110 kV：3个月；  3）必要时。 | 1）电流值符合设计要求；  2）三相不平衡度不应有明显变化。 | 1）使用钳形电流表测量；  2）选择电缆线路负荷较大时测量。 |
| 7 | 交叉互联系统试验 | 1）交叉互联系统故障时试验；  2）必要时。 | 试验项目和要求按照DL/T 596—2021第13章表44。 |  |

1. 绝缘油和SF6气体

变压器油

1. 新变压器油(未使用过的绝矿物绝缘油)的验收，应按GB 2536的规定；
2. 新变压器油注入变压器(电抗器)前的检验，其油品质量应符合GB/T 14542—2017中表1的要求；
3. 新变压器油注入变压器(电抗器)进行热循环后的检验,其油品质量应符合GB/T 14542—2017中表2的要求；
4. 新变压器油(电抗器)或经过A级检修的变压器(电抗器)，通电投运前，变压器油的试验项目及方法见DL/T 596—2021中表48的要求，其油品质量应符合DL/T 596—2021中表48“投入运行前的油”的要求；
5. 运行中变压器油的试验项目、周期及方法见DL/T 596—2021中表48,其油品质量应符合DL/T 596—2021中表48关于“运行油”的要求；
6. 变压器油取样容器及方法按照GB/T 7597的规定执行，油中颗粒污染度测定容器及方法按照DL/T 432的规定执行；

SF6气体

1. 在电气设备充SF6新气前应进行抽样复检,SF6复检结果应符合GB/T 12022—2014中表1的技术要求，瓶装SF6新气抽检数量按照GB/T 12022—2014中表2的规定抽取，同一批相同出厂日期的，只测定湿度(20℃)和纯度；
2. 运行中SF6气体的试验项目、周期和要求见DL/T 596-2021中表50的规定。
3. 接地装置

接地装置的检查与试验项目要求见表12。

表12　接地装置的检查与试验项目

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 周期 | 判据 | 方法及说明 |
| 1 | 检查有效接地系统的电力设备接地引下线与接地网的连接情况 | 1）≤220 kV：≤2年；  3）必要时。 | 1）接地引下线状况良好时，测试值应在50 mΩ以下；  2）测试值为50-200 mΩ时，接地状况尚可宜在以后例行测试中重点关注其变化，重要的设备宜在适当时候检查处理；  3）测试值为200 mΩ-1 Ω时，接地状况不佳对重要的设备应尽快检查处理，其他设备直在适当时候检查处理；  4）1 Ω以上的接地引下线与主地网未连接应尽快检查处理。 | 1)如采用测量接地引下线与接地网（或与相邻设备）之间的电阻值来检查其连接情况，可将所测的数据与历次数据比较，本次各测点间相互比较，通过分析决定是否进行开挖检查；  2）宜采用不小于1 A的直流电流进行测量；测量方法参照DL/T 475。 |
| 2 | 有效接地系统接地网的接地阻抗 | 1）≤2年；  2）接地网结构发生改变时；  3）必要时。 | R<2000/*I*  式中R--考虑到季节变化的最大接地电阻，接地阻抗的实部，Ω；*I*-经接地网入地的最大接地故障不对称电流有效值，A；*I*采用系统最大运行方式下在接地网内、外发生接地故障时，经接地网流入地中并计及直流分量的最大接地故障电流有效值。还应计算系统中各接地中性点间的故障电流分配，以及避雷线中分走的接地故障电流， | 1）测量接地阻抗时，如在必须的最小布极范围内土壤电阻率基本均匀，可采用各种补偿法，否则，应采用远离法。测量方法参照DL/T 475；  2）异频法测量电流应不小于3 A,工频法测量电流应不小于50 A。 |
| 3 | 非有效接地系统接地网的接地阻抗 | 1）≤6年；  2）必要时。 | 1）当接地网与1 kV及以下设备共用接地时，接地电阻R<120/*I*；  2）当接地网仅用于1 kV以上设备时，接地电阻 R≤250/*I*；  3）在上述任一情况下，接地电阻一般不得大于10 Ω，式中，*I-*经接地网流入地中的短路电流，A；*R*-考虑到季节变化最大接地电阻，接地阻抗的实部，Ω。 |  |

**参考文献**

1. GB/T 1094.6 电力变压器 第6部分：电抗器
2. GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分：声级测定
3. [DL/T 475 接地装置特性参数测量导则](http://www.baidu.com/link?url=7k1T_LDzNfD20l_c03O9_ogwN7mP9FNK2jzgNLb8XTkUwHvIqXDzN-nRwviASb2XfUu1DWtxyrtnSi3-BbaKRq)
4. [DL/T 540 气体继电器检验规程](https://www.baidu.com/link?url=EoteKhdZ3mc0aEcEGnunkVXCH2nmjefW7nk_9ZmwLGHH39UeF1T4TsGCylKgHmKb5YeKOaz-rKjaUigkB9E8g_&wd=&eqid=b2fccfae00366f30000000046736b0bd)
5. DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范
6. [DL/T 887 杆塔工频接地电阻测量](http://www.baidu.com/link?url=hUSm9JuhTvcQJvb7l8MskUi4fWjeOtJwc7P8koh2ZWacXXv6QbJUMOr1fY5rySU4YMMpCyRV6C3VbVhxfmcD__)
7. [DL/T 911 电力变压器绕组变形的频率响应分析法](http://www.baidu.com/link?url=KyxCRm415q43Ry-tA8Ljak-JaXwP6oi1n8lHXf36xvk6OkdBLRTglwQcBEx1jMIjNEShQZnGPgtkqirOO2zk8K)
8. DL/T 1430 [变电设备在线监测系统技术导则](http://www.baidu.com/link?url=7FhFtLn52awjwIjznKp9U0lRugYqr3vWhYk1zoR27NK36E0eKlpMELeXf4vb76yTOMdW4ddCD14c6b-WDZpx0q)
9. [JB/T 10549 SF气体密度继电器和密度表](https://www.baidu.com/link?url=0DnsaSpKH53l6G8yuygQCLIZ2iV5jud1bPn3iFxA-9-3R0xMsTy3SnAvZyYzzn2yTITnHVaCJUHvEi5hf-2wrq&wd=&eqid=82dcd480004008f1000000046736bcd5)

**━━━━━━━━━━━**