

附件 2

特高压换流变油色谱异常处置策略（试行）

1 应用范围

本策略适用于公司在运的特高压换流站换流变，供本体油中溶解气体异常时应急处置使用，常规换流站换流变可参考执行。

2 制定依据

DL/T 273—2012 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流设备预防性试验规程

Q/GDW 11933—2018 $\pm 1100\text{kV}$ 换流站直流设备预防性试验规程

DL/T 1798—2018 换流变压器交接及预防性试验规程

DL/T 722—2014 变压器油中溶解气体分析和判断导则

Q/GDW 10536—2021 变压器油中溶解气体在线监测装置技术规范

3 油色谱阈值

特高压换流变油色谱阈值在现有标准规范基础上，参照近年来数起特高压换流变故障分析及解体检查经验制定，并经行业专家审查确定。

3.1 针对祁连站 13 台相同设计的西电西变换流变，在故障原因查明前将在线及离线油色谱停运值调整为：

3.1.1 当满足以下任一条件时：①乙炔 2 小时增量首次超过 $0.5\mu\text{L/L}$ 或乙炔 4 小时增量首次超过 $0.8\mu\text{L/L}$ ，立即启动一次复测且仍达到上述异常值；②乙炔总量缓慢增长且超出该台存量平均值（2022 年离线） $1.2\mu\text{L/L}$ ；③总烃含量首次达到 $150\mu\text{L/L}$ ；现场可不待调度指令自行实施相应换流器紧急停运。

3.1.2 单氢周增量 $\geq 20\mu\text{L/L}$ 或含量 $\geq 150\mu\text{L/L}$ ，应立即手动启动油色谱在线监测装置进行测试，并根据色谱测试结果对照 3.1.1 条策略采取对应

措施。

3.2 其它特高压换流变在线监测油色谱阈值按表 1 执行，离线油色谱阈值按表 2 执行。

表 1 特高压换流变在线监测油色谱阈值

监测项目		注意值 1	注意值 2	告警值	停运值
气体含量 ($\mu\text{L/L}$)	乙炔	≥ 0.5	≥ 1	≥ 3	≥ 5 ^{注 1}
	氢气	≥ 75	≥ 150	/	≥ 450 ^{注 1}
	总烃	≥ 75	≥ 150	/	≥ 450 ^{注 1}
气体绝对增量 ($\mu\text{L/L}$)	乙炔	周增量 ≥ 0.3	从无到有	周增量 ≥ 1.2	周增量 ≥ 2
			长期稳定设备 乙炔突增且周 增量 ≥ 0.3		日增量 ≥ 2
			周增量 ≥ 0.6		每 4h 增量 ≥ 2
					每 2h 增量 ≥ 1.5
	氢气 ^{注 2}	周增量 ≥ 10	周增量 ≥ 20	/	/
	总烃 ^{注 2}	周增量 ≥ 5	周增量 ≥ 10	/	/
相对增长率 (%/周)	总烃	周增量 ≥ 10	周增量 ≥ 20	/	/

注 1：乙炔、氢气或总烃缓慢达到停运值，可经专家诊断分析后确定停运时间；
注 2：氢气 $\leq 30\mu\text{L/L}$ 时，不计算绝对增量；总烃 $\leq 30\mu\text{L/L}$ 时，不计算绝对增量和相对增长率。

表 2 特高压换流变离线油色谱阈值

监测项目		注意值	停运值
气体含量 ($\mu\text{L/L}$)	乙炔	≥ 0.5	≥ 5 ^{注 1}
	氢气	≥ 150	≥ 450 ^{注 1}
	总烃	≥ 150	≥ 450 ^{注 1}
气体绝对增量 ($\mu\text{L/L}$)	乙炔	从无到有或周增量 ≥ 0.2	周增量 ≥ 2
	氢气	周增量 ≥ 30 ^{注 2}	/
	总烃	周增量 ≥ 15 ^{注 2}	/
	一氧化碳	周增量 ≥ 50 ^{注 3}	/

注 1：乙炔、氢气或总烃缓慢达到停运值，可经专家诊断分析后确定停运时间；
注 2：氢气 $\leq 30\mu\text{L/L}$ 时，不计算绝对增量；总烃 $\leq 30\mu\text{L/L}$ 时，不计算绝对增量；
注 3：乙炔增量小于注意值时，不计算一氧化碳绝对增量。

3.3 本策略油色谱阈值按从严原则制定，乙炔最低检出浓度 $0.5\mu\text{L/L}$ 且装置乙炔、氢气、总烃标油比对准确级为 A 级的，应参照表 1 设置阈值，

在计算绝对增量、相对增长速率时应充分考虑在线监测装置的波动性，如有离群值应结合数据变化趋势和离线检测数据进行剔除；对于未达到 A 级精度的油色谱在线监测装置，可参照表 1 设置阈值，并进行测量值换算，其中换算值取装置最低检出限值、测量值加检测误差两者的较大值。

4 运维处置原则

4.1 在线监测数据异常处置原则

4.1.1 首次达到阈值处置要求

(1) 在线监测数据达到注意值 1 且未达到注意值 2 时，现场首先根据在线监测下一周期复测值确认。

(2) 在线监测数据达到注意值 2 且未达到告警值时，自动启动或立即人工远程启动油色谱在线监测装置复测（以下简称“立即启动复测”），并将装置采样周期缩短至最小检测周期（气相色谱原理不大于 2 小时、光声光谱原理不大于 1 小时），优先利用远程智能巡视系统、状态综合监测装置开展监视。

(3) 在线监测数据达到告警值且未达到停运值时，在无明确结论前，现场人员应远离异常设备及相邻间隔区域，立即启动复测并将装置采样周期缩短至最小检测周期，优先利用远程智能巡视系统、状态综合监测装置开展监视。

(4) 在线监测数据达到停运值时，现场人员应远离异常设备及相邻间隔区域，立即启动复测并将装置采样周期缩短至最小检测周期，将异常信息电话告知省公司生产管控中心、总部生产管控中心及对口调度部门，明确现场将根据复测值开展后续处置，同时启动省公司（总部）专家团队分析，优先利用远程智能巡视系统、状态综合监测装置开展监视；若乙炔 4 小时增量达到 $2\mu\text{L/L}$ 或 2 小时增量达到 $1.5\mu\text{L/L}$ ，应同时向对口调度部门报备紧急拉停的风险，明确复测确认后将紧急停运该设备，以便调度部门提前按现场紧急停运该设备开展运行方式或功率调整，防范紧急拉停设备造成电网风险，现场按预案做好紧急拉停准备。

4.1.2 复测值达到阈值处置要求

复测是为防范因在线色谱装置运行不稳定出现奇异值的有效措施，因复测后色谱数值是否仍为奇异值与装置运行年限、主部件损耗程度及稳定性相关性较强，一般情况下出现奇异值后开展一次复测可以回归正常值，但有的也会出现需两次复测才可回归正常值的情况。

各运维单位需结合各站在线色谱运行情况，开展色谱复测数据稳定性的专项测试，具体为在每隔一个正常检测周期，人工在后台启动一次复测，持续 24 小时，将所有正常检测周期数据与复测数据汇总后进行数据质量对比分析，并据此确定异常色谱产生后的复测次数，若测试发现复测一次的数据稳定性较好，则现场出现色谱异常时采取一次复测策略；若复测一次的数据频繁出现奇异值，则现场出现色谱异常时采取两次复测策略。以下复测值指装置复测一次或两次的值。

(1) 在线监测复测值未达到注意值 1 时，恢复正常监测状态。

(2) 在线监测复测值达到注意值 1 且未达到注意值 2 时，将复测异常信息及时报送至省公司生产管控中心，同时启动省公司专家团队分析；如乙炔未达到告警值，可在保障人身安全的前提下，通过外引至相邻相防火墙或换流变 BOX-in 外侧的取油管路（以下简称“外引取油”）开展一次离线油色谱检测比对分析（双份样品），根据专家团队意见进行处置；当现场暂不具备外引取油条件时，继续利用在线监测装置开展下一轮检测。

(3) 在线监测复测值达到注意值 2 且未达到告警值时，将复测异常信息按层级及时报送至省公司生产管控中心、总部生产管控中心，同时启动省公司专家团队分析；如乙炔未达到告警值，可在保障人身安全的前提下，通过外引取油开展一次离线油色谱检测比对分析（双份样品），根据专家团队意见进行处置；当现场暂不具备外引取油条件时，继续利用在线监测装置开展下一轮检测。

(4) 在线监测复测值达到告警值且未达到停运值时，将复测异常信息按层级及时报送至省公司生产管控中心、总部生产管控中心及对口调度部门，同时启动省公司（总部）专家团队分析，根据专家团队意见进行处置，明确是否需采取降低设备负载率等预控措施；

(5) 在线监测复测值含量达到停运值或乙炔周增量达到 $2\mu\text{L/L}$ 或乙炔日增量达到 $2\mu\text{L/L}$ 时，应立即向调度部门申请设备停运，将复测异常信息电话告知省公司生产管控中心、总部生产管控中心，同时启动省公司（总部）专家团队分析，待停运后开展诊断性试验检测；

(6) 在线监测复测值达到乙炔 4 小时增量 $2\mu\text{L/L}$ 或 2 小时增量 $1.5\mu\text{L/L}$ 时，设备发生突发故障导致乙炔快速增长的概率较大，现场可不待调度指令自行实施紧急拉停（含一键停运、一键顺控等方式），待停运后将现场处置情况第一时间汇报调度部门，并电话告知省公司生产管控中心、总部生产管控中心，同时启动省公司（总部）专家团队分析，并开展诊断性试验检测。

油色谱在线监测数据异常处置流程详见附录 2。

4.2 离线检测异常处置原则

4.2.1 特高压换流变离线取样要求

特高压换流变离线油色谱检测应取双份样品，一份用于检测，一份用于异常时复测确认。

4.2.2 离线检测数据达到注意值且未达到停运值时处置原则

离线检测数据达到注意值且未达到停运值时，现场使用第二份样品进行离线复测。

(1) 离线检测复测值未达到注意值时，应立即启动省公司专家团队分析，根据专家团队意见进行处置。

(2) 离线检测复测值达到注意值且未达到停运值时，将异常信息按层级及时报送至省公司生产管控中心、总部生产管控中心，同时启动省公司专家团队分析，根据专家团队意见进行处置。

(3) 离线检测复测值达到停运值时，直接根据离线检测异常处置原则条款 4.2.3 (2) 进行处置。

4.2.3 离线检测数据达到停运值时处置原则

离线检测数据达到停运值时，将异常信息按层级及时报送至省公司生产管控中心、总部生产管控中心，启动省公司（总部）专家团队分析。现

场使用第二份样品进行离线复测。

(1) 离线检测复测值未达到停运值时，根据专家团队意见进行处置。

(2) 离线检测复测值达到停运值时，立即向调度部门申请设备停运，将停运信息按层级及时报送至省公司生产管控中心、总部生产管控中心，待停运后开展诊断性试验检测。

油色谱离线检测数据异常处置流程详见附录 3。

5 补充说明和运维管理要求

5.1 提高在运换流变油色谱在线监测周期，将气相色谱装置采样周期调整为每 2 小时 1 次、光谱装置采样周期调整为每 1 小时 1 次。

5.2 在线油色谱达到注意值、告警值或停运值阈值时，应及时推送告警事件并通过声音提示运行人员及时处置。

5.3 各运维单位要加快完成油色谱在线监测装置 A 级精度治理要求，加快实施装置更换或治理，并严格落实装置准确级、最小检测周期和远程启动、周期调整等入网要求。

5.4 各运维单位应综合考虑设备运行状态、油色谱检测仪器和监测装置精度、状态综合监测装置配置情况、运维人员和技术支撑团队配置情况，建立完善的运维管理机制。要利用油色谱集中监测、一体化监视、数字换流站等系统功能，开展在线监测数据“日对比、周分析、月总结”；运维人员应熟练掌握本处置策略，油色谱达到对应阈值时应能够及时、准确处理。

5.5 本策略为特高压换流变油色谱异常现场处置的一般原则，由于设备不同部位故障特征、发展速度存在较大差异，各运维单位可在本策略基础上结合设备实际运行情况，组织专家团队检测诊断后进行综合分析和决策处置。

5.6 本策略无法避免因油色谱检测仪器和监测装置异常、取样测试方法不当带来的“误告警”、“缓报警”问题；此外，由于本体油色谱对套管等组部件内部故障不能及时响应，本策略无法对上述故障提前预警。

附录 1 气体增量计算方法

特高压换流变油色谱气体增量包括周增量、日增量、4h增量和2h增量，采用以下方式计算：

$$\Delta C = C_{i,2} - C_{i,1}$$

式中： ΔC ——周、日、4h和2h增量，单位 $\mu\text{L/L}$ ；

$C_{i,2}$ ——对应特征气体的最新测量数据， $\mu\text{L/L}$ ；

$C_{i,1}$ ——对应特征气体参比值， $\mu\text{L/L}$ ；

(1) 离线检测数据周增量(ΔC_w)计算

$C_{i,1}$ 取本条数据前第7天或大于7天时间间隔的最近一次离线测试数据；对于新投运或检修滤油后重新投运不足7天的设备， $C_{i,1}$ 取新投运后或检修滤油后的第一次离线测试数据。

(2) 在线监测数据周增量(ΔC_w)计算

$C_{i,1}$ 取本条数据前336h~前168h（即前14天~前7天）之内测量数据的算术平均值，计算前应剔除测量数据中的奇异值（奇异值指因通讯或装置异常测出的超出饱和溶解度或不正常零值，如999、跳变归零等）。

(3) 在线监测数据日增量(ΔC_d)计算

$C_{i,1}$ 取本条数据前48h~前24h之内测量数据（剔除奇异值后）的算术平均值。

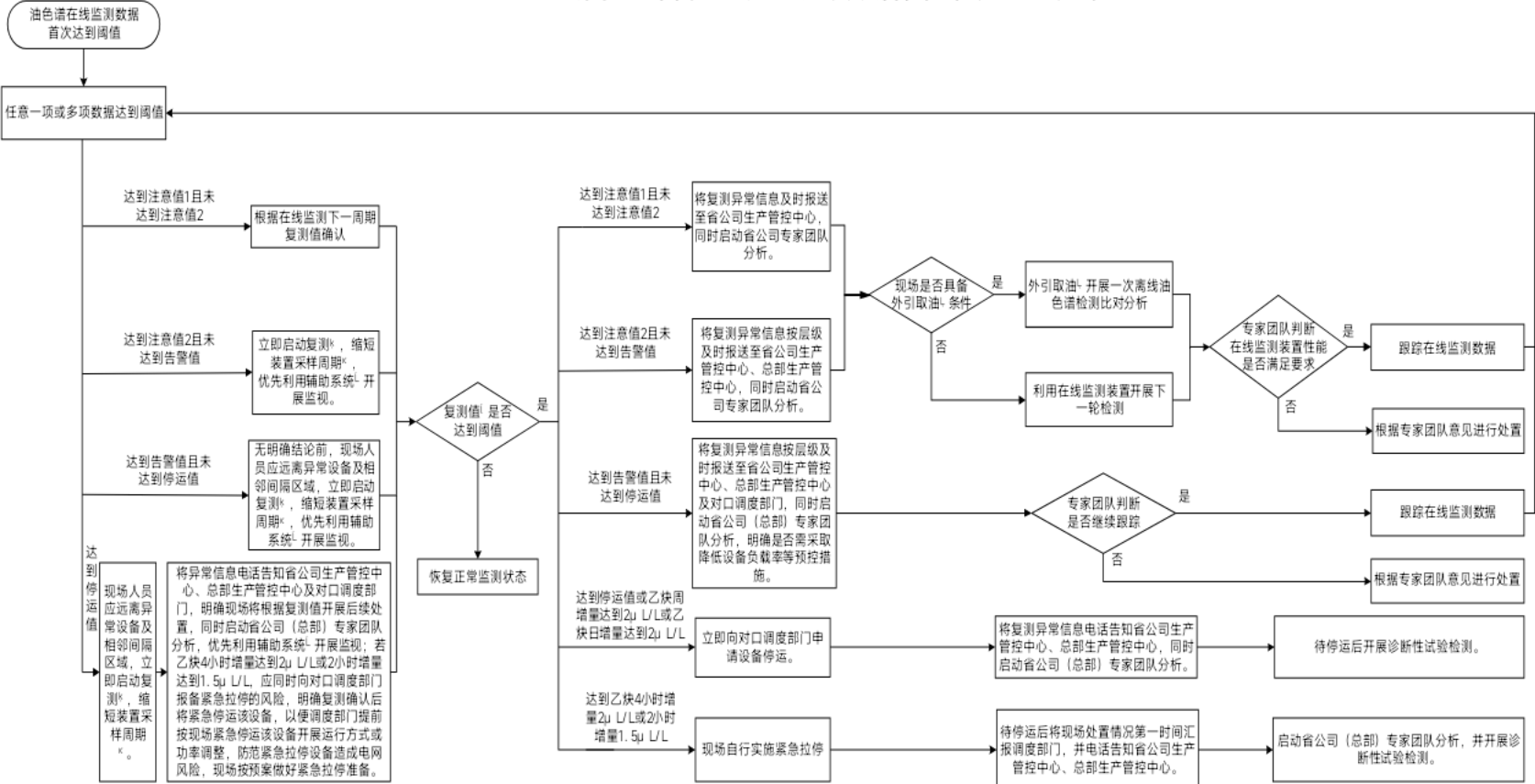
(4) 在线监测数据每4h和每2h增量(ΔC_{4h})和(ΔC_{2h})计算

对于数据采集周期为4h时， $C_{i,1}$ 取4h前的4个测量数据的算术平均值（剔除奇异值后）计算每4h增量 ΔC_{4h} ；对于数据采集周期为2h时， $C_{i,1}$ 取2h前的4个测量数据的算术平均值（剔除奇异值后）计算每2h增量 ΔC_{2h} ，同时也计算每4h增量 ΔC_{4h} 。对于复测数据，与待复测数据取相同的 $C_{i,1}$ 。

(5) 对于特高压变压器（高抗）油色谱气体相对增长速率（%/周）的计算，采用与周增量计算相同的参比值。即采用（最新测量数据-周增量气体参比值）/周增量气体参比值*100%进行计算。

附录 2 油色谱在线监测数据异常处置流程

油色谱在线监测数据异常处置流程

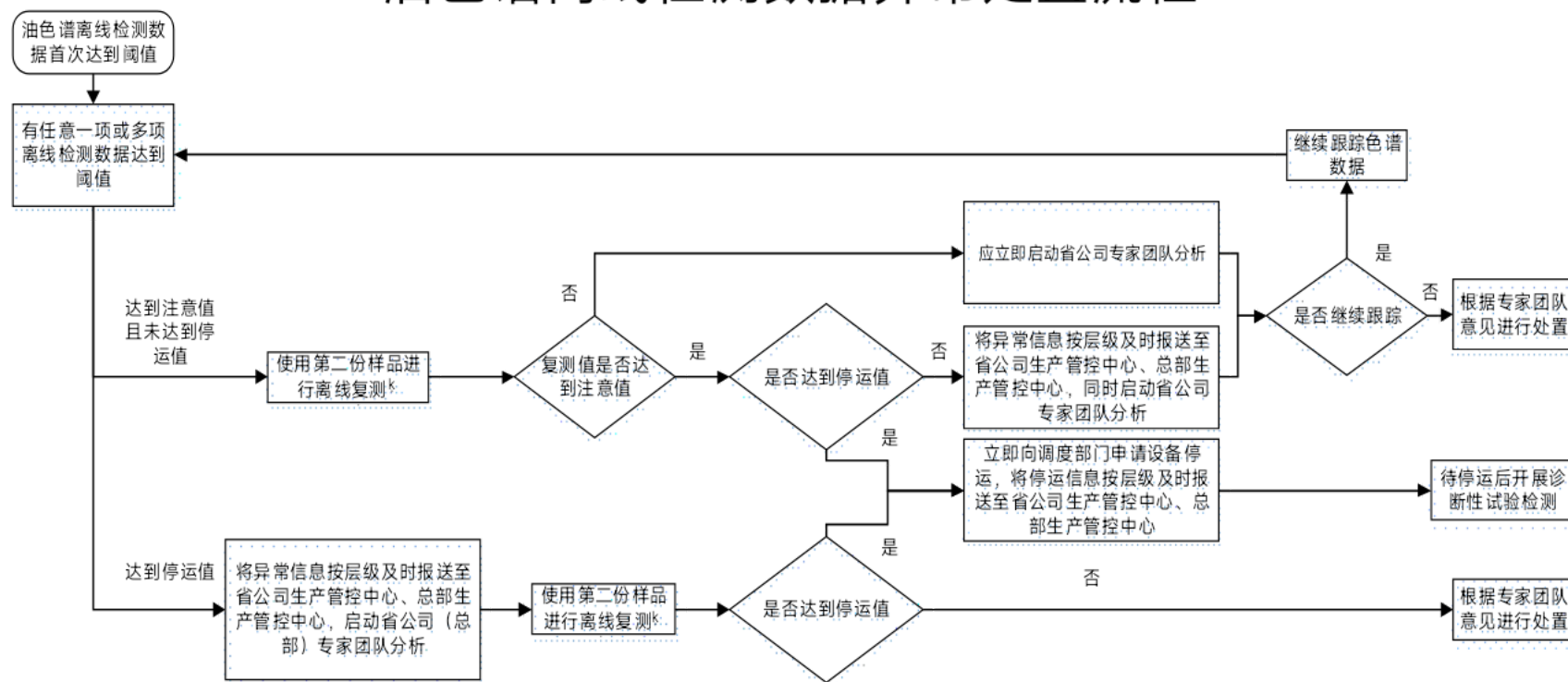


说明:

- k 立即启动复测是指自动启动或者立即人工远程启动油色谱在线监测装置复测。
- κ 缩短装置采样周期是指将装置采样周期缩短至最小检测周期（气相色谱原理不大于2小时、光学光谱原理不大于1小时）。
- l 辅助系统包括远程智能巡视系统、状态综合监测装置等。
- l 华电云通TM6装置需要结合两次复测数据确定对应的处置策略，具体参照附录3 华电云通TM6在线监测装置复测值确认流程。
- l A 外引取油是指如乙炔未达到告警值，可在保障人身安全的前提下，通过外引至相邻防火墙或换流变BOX-in外侧的取油管路取油。

附录3 油色谱离线检测数据异常处置流程

油色谱离线检测数据异常处置流程



说明：

^k 特高压变压器、换流变离线油色谱检测时应取双份样品，一份用于检测，一份用于异常时复测确认。