

团 体 标 准
智能隔离断路器检修决策导则

T / CSEE 0155 — 2020

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2020 年 1 月第一版 2020 年 1 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 2 印张 62 千字

*

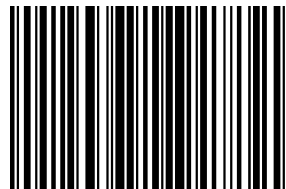
统一书号 155198 • 1911 定价 50.00 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.1911

团 体 标 准

T / CSEE 0155 — 2020

智能隔离断路器检修决策导则

Guide for the maintenance strategy of smart disconnecting circuit-breaker



2020-01-15 发布

2020-03-15 实施

中国电机工程学会 发 布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 检修分类..... 1

 4.1 检修类别 1

 4.2 检修对象和方式 2

 4.3 检修时间 2

5 实施原则..... 2

 5.1 安全性 2

 5.2 针对性 2

 5.3 风险性 3

 5.4 经济性 3

6 检修决策制定流程 3

附录 A（资料性附录） 智能隔离断路器本体及各部件的检修决策..... 4

前 言

本标准按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国电机工程学会提出。

本标准由中国电机工程学会高电压专业委员会技术归口并解释。

本标准起草单位：国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、国网北京经济技术研究院有限公司、西安西电高压开关有限责任公司。

本标准主要起草人：夏天、李劲彬、陈隽、冯英、韩柳、汪涛、李红兵、谷松林、冯腾、张籍、刘亚辉、刘海琼、周启义、吴传奇、王传川、陈章程、陈敏、刘帆、朱世明、张锐、吴彤。

本标准为首次发布。

本标准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）。

智能隔离断路器检修决策导则

1 范围

本标准规定了智能隔离断路器检修决策的检修分类、实施原则和制定流程。

本标准适用于交流额定电压 72.5 kV~330 kV 的智能隔离断路器。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1984 交流高压断路器

GB 1985 高压交流隔离开关和接地开关

GB/T 20840.8 互感器 第 8 部分：电子式电流互感器

GB/T 27747 额定电压 72.5 kV 及以上交流隔离断路器

GB/T 51072 110（66）kV~220 kV 智能变电站设计规范

DL/T 282 合并单元技术条件

DL/T 393 输变电设备状态检修试验规程

DL/T 1411 智能高压设备技术导则

DL/T 1686 六氟化硫高压断路器状态检修导则

DL/T 1691 电流互感器状态检修导则

DL/T 1700 隔离开关及接地开关状态检修导则

T/CSEE 0005—2016/T/CEEIA 259—2016 智能隔离断路器试验检测规范

3 术语和定义

GB 1984、GB 1985、GB/T 20840.8、GB/T 27747、GB/T 51072、DL/T 282、DL/T 393、DL/T 1411、DL/T 1686、DL/T 1691、DL/T 1700 和 T/CSEE 0005—2016 /T/CEEIA 259—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能隔离断路器 smart disconnecting circuit-breaker

由隔离断路器、接地开关、电子式电流互感器、智能终端和状态监测智能电子设备（IED）组成，实现隔离断路器和其组（部）件的智能控制、运行与控制状态的智能评估等智能化功能的装置。

[T/CSEE 0005—2016/T/CEEIA 259—2016，定义 3.5]

3.2

检修决策 maintenance strategy

依据设备状态评价结果，考虑风险因素，确定检修的类别、内容及时间。

4 检修分类

4.1 检修类别

按工作性质、内容及涉及范围，设备检修分为 A 类检修、B 类检修、C 类检修和 D 类检修四类。

其中 A、B、C 类检修属于停电检修，D 类检修属于不停电检修。

- a) A 类检修。A 类检修指智能隔离断路器整体性检修。当智能隔离断路器整体或断路器本体需进行解体性检查、维修、更换时，应开展 A 类检修。
- b) B 类检修。B 类检修指智能隔离断路器局部性检修。当除断路器本体外的主要部件需进行解体检查、维修、更换时，应开展 B 类检修。
- c) C 类检修。C 类检修指智能隔离断路器常规停电检修。当智能隔离断路器需进行常规性清扫、检查、维护和例行试验时，应开展 C 类检修。
- d) D 类检修。D 类检修指智能隔离断路器不停电检修。当需对智能隔离断路器进行带电测试或出现能在不停电状态下进行检查和维修的缺陷时，应开展 D 类检修。

4.2 检修对象和方式

智能隔离断路器各检修类别对应的检修对象和检修方式见表 1。

表 1 智能隔离断路器各检修类别对应的检修对象和检修方式

检修类别	检修对象	检修方式
A 类检修	整体及断路器本体	a) 本体解体性检查、维修、更换； b) 返厂检修； c) 整体更换
B 类检修	主要部件：操动机构、接地开关、 电子式电流互感器、智能组件	a) 主要部件解体检修、维修、更换； b) 现场补气处理等； c) 局部缺陷检查处理、更换和相关试验工作
C 类检修	本体、主要部件及附件	a) 按照 T/CSEE 0005—2016/T/CEEIA 259—2016 规定进行 试验； b) 清扫、检查和维护
D 类检修	本体、主要部件及附件	a) 带电测试； b) 维护处理； c) 检修人员专业检查巡视； d) 其他不停电的部件更换处理工作

4.3 检修时间

智能隔离断路器的检修按检修时间可分为立即检修、尽快检修和适时检修。需“立即”安排的检修，检修工作应在 24 h 内实施或设备退出运行；若属于停电检修时发现的设备缺陷或异常，则应在设备重新投运前实施检修。需“尽快”安排的检修，检修工作应于 1 个月内实施。需“适时”安排的检修，若需停电处理，则宜在 C 类检修最长周期内实施检修；若不需停电处理，宜在 1 至 6 个月内实施检修。

5 实施原则

5.1 安全性

在保证安全的前提下，综合考虑智能隔离断路器状态、运行工况、环境影响以及风险等因素，确保人身和设备安全。

5.2 针对性

根据智能隔离断路器各组（部）件的状态描述确定检修对象和检修内容，进而决定检修类别。A 类检修前，应开展必要的修前试验；A 类检修后，应按照 T/CSEE 0005—2016/T/CEEIA 259—2016 规

定的交接试验项目完成相关试验。B 类检修后，应根据不同情况开展部分或全部交接试验项目。

5.3 风险性

根据设备状态全面进行缺陷风险分析。当智能隔离断路器的缺陷或故障影响电网、设备或人身安全时，应立即检修；当缺陷或故障影响设备正常运行时，应尽快检修。

5.4 经济性

对于不需要立即或尽快检修的缺陷或故障，应根据智能隔离断路器所在间隔或所带负荷的重要等级在检修时间上进行统筹安排，合理制定检修计划，适时开展必要的检查、试验和维修工作，避免出现失修或过修的情况。智能隔离断路器本体、主要部件及附件等不同组（部）件的检修时间和内容存在冲突时，检修计划应协调相关部件检修周期，尽量统一安排，避免重复停电，必要时可调整检修类别。

6 检修决策制定流程

智能隔离断路器检修决策制定流程图见图 1。

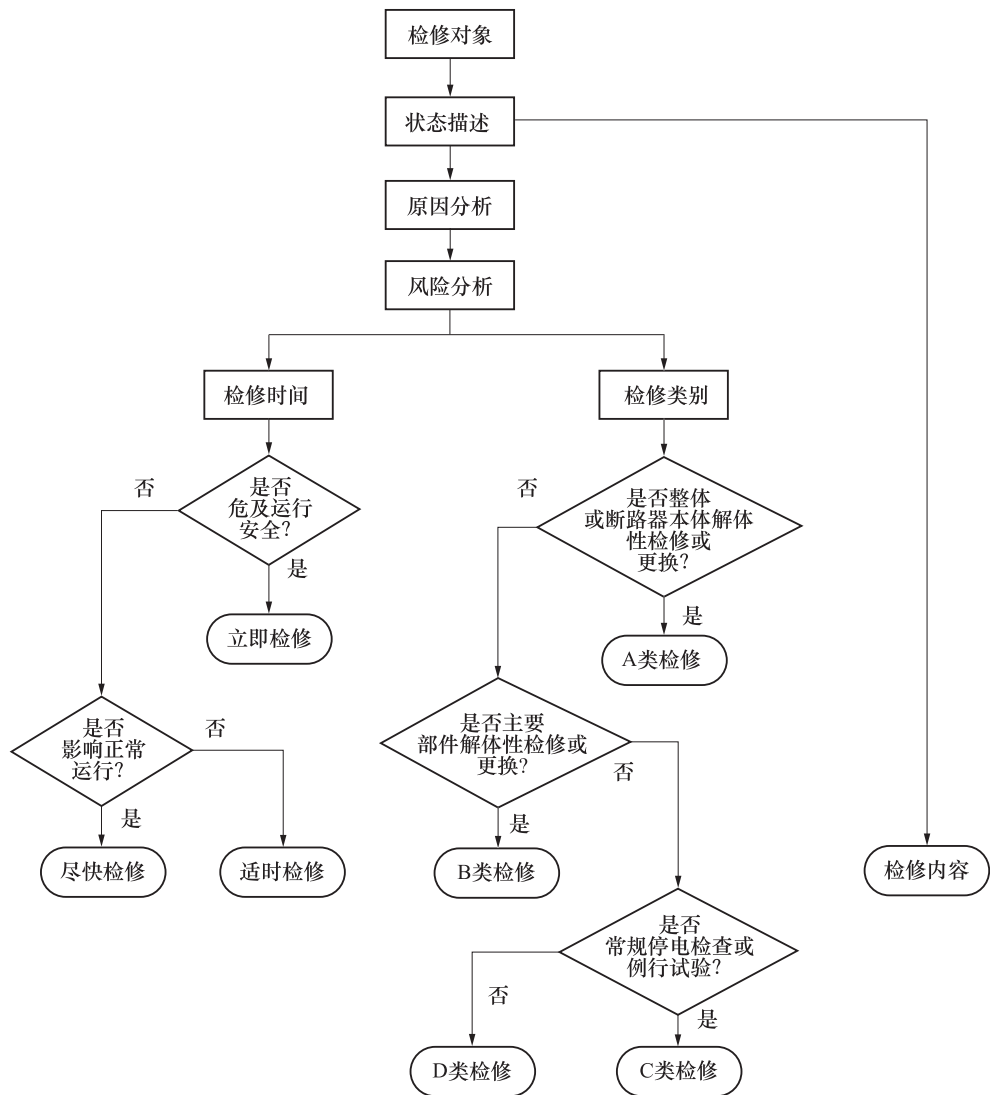


图 1 智能隔离断路器检修决策制定流程图

智能隔离断路器本体及各部件的检修决策参见附录 A。

附 录 A (资料性附录)

智能隔离断路器本体及各部件的检修决策

A.1 智能隔离断路器本体的检修决策

智能隔离断路器本体的检修决策见表 A.1。

表 A.1 智能隔离断路器本体的检修决策

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
隔离 断口	累计开断短路电流值 (折算后) 大于厂家规定值	a) 断路器运行时间超过设计寿命; b) 未及时检修或按时更换	累计开断短路电流达到厂家规定值时, 断路器可能因不能正常开断运行电流或故障电流而损坏	检修时间: 立即; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 断路器解体检修, 更换受损部件或整体更换
	累计开断短路电流值 (折算后) 小于厂家规定值, 但达到规定值 80%			检修时间: 适时; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 断路器解体检修, 更换受损部件或整体更换
	额定短路开断电流小于安装地点故障电流	a) 断路器选型失误; b) 断路器未根据系统参数变化及时更换	断路器可能因不能开断短路故障电流而发生爆炸。因此应尽快更换断路器。设备更换前可临时通过改变电网运行方式, 降低安装地点短路电流	检修时间: 尽快; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 更换断路器
连接 件	外观连接法兰、连接螺栓有较严重的锈蚀或油漆脱落现象	a) 材质不符合要求或防腐处理工艺差; b) 运行环境腐蚀严重等	连接件锈蚀易导致连接不牢固, 造成断路器损坏	检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 防腐处理
连接 引线	导线的截面损失达 25%及以上	a) 高压引线过短造成受力异常; b) 受外力破坏; c) 发热受损等	连接引线截面损失过大将可能导致引线严重发热或断线	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换连接引线
	导线的截面损失大于 7%, 但小于 25%			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换连接引线
	导线的截面损失小于 7%			检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 修复处理或更换连接引线
内、 外部 零部件和 紧固件	设备运行中有异常振动、声响; 内部及管道有异常声音 (漏气声、振动声、放电声等)	a) 内部零部件有松动、跌落; b) 内部放电; c) 管道密封不良导致漏气;	内部元器件松动、跌落, 将可能导致断路器开断功能失效及事故	情况一: 内部缺陷引起。 检修时间: 立即; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 本体解体检修, 处理内部缺陷。 情况二: 基础、构架等外部紧固件松动引起。 检修时间: 立即;

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
内、外部零部件和紧固件	设备运行中有异常振动、声响；内部及管道有异常声音（漏气声、振动声、放电声等）	d) 基础、构架等外部紧固件有松动等	内部元器件松动、跌落，将可能导致断路器开断功能失效及事故	检修类别：D 类检修； 检修内容：对基础、构架等紧固处理。 情况三：管道漏气引起。 检修时间：立即； 检修类别：B 类或 D 类检修； 检修内容：对断路器气体管道进行处理或更换
高压引线及端子板	引线端子板有松动、变形、开裂现象或严重发热	a) 安装工艺不到位； b) 选型、材质不符合要求等	引线端子板过热、烧损、放电、脱落等	情况一：发热或开裂危及设备运行。 检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换高压引线及端子板，处理接触面。 情况二：发热或变形严重影响设备运行。 检修时间：尽快。 检修类别：B 类检修。 检修内容：更换高压引线及端子板，处理接触面。停电检修前加强运行监视
接地引下线	接地引下线断开	a) 焊接不良； b) 未按要求进行防腐处理； c) 接地引下线连接螺栓选择不当、紧固不到位等	接地引下线断开将导致设备失地运行，接地部分电位抬升，危及人身和设备安全	检修时间：立即； 检修类别：D 类检修； 检修内容：修复设备接地引下线
	接地引下线松动	接地引下线连接螺栓选择不当，紧固不到位或焊接不良		检修时间：尽快； 检修类别：D 类检修； 检修内容：选用符合规定的螺栓并紧固，或焊接接地引下线
	接地引下线锈蚀	a) 未采取有效防腐措施（例如铜端子未搪锡）或防腐处理工艺差； b) 接地连接螺栓材质不良等		检修时间：适时； 检修类别：D 类检修； 检修内容：接地引下线防腐处理，更换材质不良的螺栓
相间连杆	相间连杆变形、脱落或断裂	a) 传动部件有卡涩； b) 材质不良等	断路器三相无法同时操作	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明连杆变形、脱落或断裂原因，并更换相间连杆，进行机械特性试验
	相间连杆锈蚀	a) 防腐处理工艺差； b) 材质不良等		检修时间：适时； 检修类别：C 类检修； 检修内容：相间连杆防腐处理或更换

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
绝缘拉杆	脱落、断裂	a) 设计不合理, 材质不良; b) 其他传动部件有变形等	a) 绝缘拉杆闪络; b) 断路器无法分合闸	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明绝缘拉杆脱落、断裂原因并处理, 更换绝缘拉杆并进行相关试验
分、合闸位置指示	分、合闸位置指示不正确, 与本体当时的实际运行状态不相符; 分、合闸位置指示器偏位	a) 相间连杆、传动轴等传动件有明显变形、破裂; b) 提升杆断裂、脱落; c) 机构分合闸不到位等	断路器分合不到位, 将引发断路器设备事故	检修时间: 立即; 检修类别: A 类检修或 B 类检修; 检修内容: 查明分合闸位置指示不正确或位置指示器偏位原因并处理, 必要时进行断路器解体检修
	脱落、松动或看不清	a) 位置指示器标识油漆脱落; b) 指示器固定不牢固等	对断路器分合位置产生误判	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 固定分合闸位置指示器 情况一: 不需停电处理。 检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 固定分合闸位置指示器或刷油漆。 情况二: 需停电处理。 检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 固定分合闸位置指示器或重刷指示器标识油漆
基础	基础明显破损或开裂, 但不影响设备运行	a) 土建施工材料、工艺、保养时间不符合要求; b) 设计不当, 基础承受力不足等	导致断路器倾斜, 影响断路器运行安全	检修时间: 适时; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明基础破损原因并处理
	基础有轻微下沉或倾斜, 并有发展趋势			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修或 A 类检修; 检修内容: 对基础进行处理, 必要时重新安装断路器
	基础有严重下沉或倾斜			检修时间: 立即; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 对基础进行处理, 重新安装断路器
支架	支架锈蚀	a) 材质不良; b) 防腐处理工艺差; c) 运行环境腐蚀严重等	导致断路器倾斜, 影响断路器运行安全	检修时间: 适时; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 支架防腐处理
	支架松动	a) 连接螺栓紧固不到位; b) 螺栓选择不当等	导致断路器倾斜, 影响断路器运行安全	检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 紧固支架螺栓或更换螺栓
	支架变形	a) 焊接不良; b) 材质不良; c) 支架本身强度不够或受到外力冲击等		检修时间: 尽快; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 更换支架, 重新安装断路器

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
套管	套管外表有严重污秽	a) 设备清扫不及时; b) 环境污染严重等; c) 设备附近有临时污染源等	断路器套管污秽严重, 在雾、雨、冰雪等恶劣天气下可能发生污闪事故	情况一: 外绝缘满足现场污秽等级要求。 检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 清扫断路器套管。 情况二: 外绝缘不满足当地污秽等级要求。 检修时间: 尽快; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 对断路器套管加装伞裙。 情况三: 附近有临时污染源。 检修时间: 1 年内; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 清扫断路器套管
	套管外表有明显污秽			检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 清扫断路器套管
	硅橡胶严重开裂或破损, 无法继续运行	a) 套管质量存在问题; b) 外力破坏; c) 电弧烧伤等	套管裂纹可能导致断路器爆炸	检修时间: 立即; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 更换断路器套管
	硅橡胶破损, 可短期维持运行			检修时间: 尽快; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 更换断路器套管
	硅橡胶有轻微破损, 仍可长期运行			检修时间: 适时。 检修类别: C 类检修。 检修内容: 修复断路器套管受损伞裙。停电检修前加强巡视
均压环	均压环锈蚀	a) 材质或防腐处理工艺差; b) 运行环境腐蚀严重等	套管顶端严重放电, 甚至闪络	检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 均压环防腐处理或更换
	均压环变形	a) 受外力破坏; b) 紧固螺栓过紧; c) 均压环内部进水, 冰冻导致均压环变形或胀裂损坏;		检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 检查均压环变形或破损原因, 进行修复或更换
	均压环破损	d) 均压环强度不合格等		
	均压环脱落	a) 受外力破坏; b) 紧固螺栓力矩不符合要求; c) 强度不合格等		检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 重装均压环

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
SF ₆ 压力表及密度继电器	外观有破损, 造成 SF ₆ 泄漏或表计漏油, 影响表计正常工作	a) 压力表镜面受外力破损; b) 密封件损坏等	a) 漏气导致断路器内部气压降低; b) 漏油导致压力表抗震能力下降, 指针变形	情况一: 装有截止阀。 检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 更换压力表。 情况二: 没有截止阀。 检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换压力表, 加装截止阀
	外观有破损, 不影响表计正常工作		SF ₆ 压力表和密度继电器进一步损坏	情况一: 装有截止阀。 检修时间: 适时; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 更换压力表。 情况二: 没有截止阀。 检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换压力表, 加装截止阀
	误发信, 实际压力正常, 但断路器发压力异常告警	a) 表计制造质量问题; b) 二次回路故障等	误发信号将可能导致断路器拒动或低压力时动作	情况一: 二次回路故障引起。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查并处理二次回路。 情况二: 表计故障引起, 装有截止阀时。 检修时间: 立即; 检修类别: C 类或 D 类检修; 检修内容: 更换 SF ₆ 压力表或密度继电器。 情况三: 表计故障引起, 未装有截止阀时。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换 SF ₆ 压力表或密度继电器, 必要时加装截止阀
管道、接头	SF ₆ 气体管道、接头破坏性损伤, 管道有裂缝, 并导致 SF ₆ 气体泄漏	a) 受外力破坏; b) 管道、接头材质不符合要求; c) 安装工艺控制不良	断路器内部气压下降, 可能导致闭锁	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换受损管道、接头及密封件, 补充气体, 并进行相关试验
	SF ₆ 气体管道、接头机械性损伤, 明显变形, 未破裂		管道、接头抗震性下降导致进一步受损	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换受损管道、接头
	SF ₆ 气体管道、接头浅表性受损, 不影响设备运行		管道、接头进一步受损	检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 检查处理受损管道、接头

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
SF ₆ 气体密度低压力报警	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年	a) 密封件老化; b) 密封面处理不当; c) 金属件存在砂眼, 管道、接头、阀门损坏; d) 套管有破损、砂眼, 法兰破裂、胶合面有松动等	断路器内部气压下降, 可能导致闭锁	情况一: 两次补气间隔小于半年, 但大于一月。 检修时间: 1 年内。 检修类别: B 类检修。 检修内容: 进行 SF ₆ 检漏并处理漏气点, 必要时对本体进行解体检修, 更换受损部件、气体、吸附剂和密封件。停电检修前及时补气。 情况二: 两次补气间隔小于一月。 检修时间: 尽快。 检修类别: B 类检修。 检修内容: 进行 SF ₆ 检漏并处理漏气点, 必要时对本体进行解体检修, 更换受损部件、气体、吸附剂和密封件。停电检修前及时补气
	两次补气间隔小于一年大于半年			情况一: 已查明漏气点。 检修时间: 1 年内。 检修类别: B 类检修。 检修内容: 处理漏气点。停电检修前及时补气。 情况二: 漏气点不明。 检修时间: 适时。 检修类别: C 类检修。 检修内容: 进行 SF ₆ 检漏并处理漏气点。停电检修前及时补气
	两次补气间隔大于一年且小于两年			情况一: 已查明漏气点。 检修时间: 1 年内。 检修类别: B 类检修。 检修内容: 处理漏气点。停电检修前及时补气。 情况二: 漏气点不明。 检修时间: 适时。 检修类别: C 类检修。 检修内容: 进行 SF ₆ 检漏并处理漏气点。停电检修前及时补气
SF ₆ 气体密度低压力闭锁	低压力闭锁	严重漏气引起压力闭锁	如果闭锁后有电网故障需该断路器跳闸, 则该断路器会拒动而越级跳其他断路器	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 断路器 SF ₆ 检漏、处理漏气点并补气
SF ₆ 气体湿度	运行中微水值大于 500 μL/L 且有快速上升趋势	a) 微水值数值稳定, 可能是内部绝缘件或分子筛释放出的水分, 且已经达到平衡; b) 微水值有快速上升趋势, 可能内部干燥不彻底、补气时带入水分或密封不严等	SF ₆ 气体绝缘强度降低, 断路器内部发生闪络击穿	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 断路器本体内部干燥, 更换气体、吸附剂和密封件
	运行中微水值大于 300 μL/L 且有快速上升趋势			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 断路器本体内部干燥, 更换气体、吸附剂和密封件
	运行中微水值大于 300 μL/L			检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 例行试验, 必要时进行断路器本体内部干燥, 更换气体

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
主回路电阻	超过交接试验值的 50%或制造厂规定值上限	a) 触头触指有烧损、变形; b) 触指 (弹簧) 疲劳; c) 主触头接触不良等	断口动静触头接触不良导致严重发热, 可能导致触头熔焊、分闸异常甚至断路器爆炸	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 检查行程、超行程等尺寸, 如果无异常则立即进行本体解体检修或更换
	超过交接试验值的 20%但小于 50%			检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 检查行程、超行程等尺寸, 如果无异常则立即进行本体解体检修或更换
	和交接试验值比较有明显增长但不超过 20%			检修时间: 基准周期; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 分析主回路电阻值的变化情况并处理
引线接头	热点温度大于等于 110℃或相对温差大于等于 95%	a) 材质和安装工艺不符合要求; b) 接头锈蚀、积污; c) 螺栓松动, 接头接触不良	电阻增大可能导致触头熔焊、三相电流不平衡	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 处理引线接头发热缺陷
	热点温度大于等于 80℃或相对温差大于等于 80%			检修时间: 尽快。 检修类别: B 类检修。 检修内容: 处理引线接头发热缺陷。处理前, 必要时应限制运行
	相间温差不超过 15 K			检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 处理引线接头发热缺陷
密封件	密封件老化	检修时未更换老化密封圈, 使密封圈接近或超过使用寿命	本体气体泄漏, 严重时可能造成断路器闭锁	情况一: 本体无泄漏。 检修时间: 适时; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 本体解体检修, 更换密封件。 情况二: 本体有泄漏。 检修时间: 尽快; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 本体解体检修, 更换密封件
断路器触头	拒分或拒合	a) 本体原因: 提升杆、绝缘拉杆损坏; 相间连杆损坏、卡涩; 输出轴损坏; SF ₆ 气体压力过低。 b) 机构原因: 二次回路及元器件故障; 机构未储能或储能不足, 输出功率不足; 机构传动部件损坏、卡涩、间隙尺寸不合格等	电网故障时如果断路器拒动, 将导致电网事故	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明断路器拒动原因, 进行相关检修和试验

表 A.1 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
断路器触头	断路器未接到指令自行分合闸	a) 二次回路及元器件绝缘受潮或损坏, 交流电窜入直流系统; b) 机构分合脱扣装置损坏; c) 断路器机构受到振动冲击等	可能造成相关设备损坏、系统解列等严重事故	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明断路器误动原因, 进行相关检修和试验
SF ₆ 成分分析	试验数据严重超标, 无法继续运行的	a) SF ₆ 气体水分含量超标致 SF ₆ 电弧分解物增加; b) 开断最大短路电流; c) 内部有放电、过热现象等	SF ₆ 气体绝缘强度降低, 断路器内部发生闪络击穿	检修时间: 立即; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 本体解体检修, 更换受损部件、气体、吸附剂和密封件
	试验数据超标, 可短期维持运行			检修时间: 尽快; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 本体解体检修, 更换受损部件、气体、吸附剂和密封件
	试验数据超标, 仍可以长期运行			检修时间: 每半年; 检修类别: D 类检修; 检修内容: SF ₆ 成分分析和微水检测, 综合分析试验数据

A.2 操动机构的检修决策

智能隔离断路器操动机构的检修决策见表 A.2。

表 A.2 智能隔离断路器操动机构的检修决策

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
操作次数	机械操作大于厂家规定次数	操动机构达到或接近使用寿命未及时更换	操动机构的操作次数达到厂家规定值时, 断路器将可能因不能正常开断工作电流或短路电流而损坏	情况一: 出现操动机构渗漏油或机械部件缺陷。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 操动机构检修或更换。 情况二: 无缺陷。 检修时间: 1 年内; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 操动机构检修或更换
	机械操作大于厂家规定次数的 80% 且少于厂家规定次数			情况一: 出现操动机构渗漏油或机械部件缺陷。 检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 操动机构检修或更换。
	机械操作大于厂家规定次数的 50% 且少于厂家规定次数的 80%			情况二: 无缺陷。 检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 操动机构检查维护

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
分合闸线圈	合闸不能在其额定电压的 85%~110%范围内可靠动作；分闸线圈不能在其额定电源电压 65%~110%范围内可靠动作；当电源电压低至额定值的 30%时动作	a) 铁芯运动卡滞； b) 铁芯撞杆变形或行程不当； c) 铁芯固定件松动引起间隙变化等	断路器无法可靠动作	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明分、合闸线圈不满足动作电压要求原因并处理
	直流电阻与出厂值或初始值的偏差超过±5%	分合闸线圈匝间短路或断线		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换分合闸线圈，进行机械特性试验
	引线断线或线圈烧坏	a) 辅助开关动作拒动或二次控制回路异常； b) 电磁铁动作行程调整不合格，导致线圈长时间通电； c) 机构一、二级阀机械卡滞； d) 直流电源电压值过高； e) 线圈老化，电磁铁铁芯或其他相关机械部件卡滞； f) 机构液压值偏低，机构拒动等	引线断线或线圈烧坏，将导致断路器拒动，造成电网故障情况下事故扩大	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明分合闸线圈引线断线或线圈烧坏原因并处理
机械特性	分闸、合闸时间不符合厂家要求	a) 触头存在问题； b) 提升杆松动或变形； c) 电磁铁气隙间隙不当；电磁铁铁芯运动卡滞；铁芯装配松动； d) 铁芯复位弹簧疲劳，动作后铁芯无法可靠复位； e) 分合闸线圈直流电阻不合格； f) SF ₆ 气体压力偏低或偏高； g) 操作液压值不在额定范围内； h) 液压系统存在空气； i) 传动部件问题：传动部件变形、脱落，轴销间隙过大导致行程变化等	可能导致分合闸失败甚至电弧无法熄灭引起断路器爆炸	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明分闸、合闸时间不符合厂家要求原因并处理
	合分时间：不符合厂家要求	a) 辅助开关与断口特性配合不当； b) 传动部件问题等		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明合分时间不符合厂家要求原因并处理

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
机械特性	相间同期： 相间合闸不同期大于 5 ms 或不符合厂家要求； 相间分闸不同期大于 3 ms 或不符合厂家要求	a) 三相机械动作行程偏差大； b) 相间连杆变形，轴销间隙过大（三相共机构设备）； c) 三相操作液压值偏差大； d) 动静触头对中不好、内部固定件松动等引起弹跳过大等	可能导致分合闸失败甚至电弧无法熄灭引起断路器爆炸	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明相间合闸、分闸不同期不符合厂家要求原因并处理
储能电动机	绝缘电阻：储能电动机绝缘电阻低于 0.5 MΩ（采用 500 V 绝缘电阻表测量）	a) 储能电动机绝缘老化； b) 机构箱密封不良，机构内部受潮，造成储能电动机绝缘下降； c) 加热驱潮装置不能正常工作等	电动机烧坏、卡涩、无法储能，操动机构失灵	检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换储能电动机，修复加热驱潮装置，检查处理机构箱密封不良问题
	锈蚀	a) 机构箱密封不良，机构内部受潮，造成储能电动机锈蚀； b) 加热驱潮装置不能正常工作等		检修时间：适时； 检修类别：D 类检修； 检修内容：查明储能电动机锈蚀原因并处理
	异响	a) 电源断相或电压异常； b) 机械转动部件卡滞或异常等		检修时间：立即； 检修类别：D 类检修； 检修内容：查明储能电动机异响原因并处理，必要时更换储能电动机
	损坏	a) 储能电动机烧损； b) 碳刷磨损导致接触不良或机械传动部件卡滞等		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明储能电动机损坏原因，更换储能电动机
隔离闭锁装置	电气联锁动作不可靠	a) 辅助开关切换不到位； b) 辅助开关触点接触不良； c) 联锁元件损坏等	可能导致带负荷合接地开关等误操作	检修时间：尽快； 检修类别：B 类或 C 类检修； 检修内容：检查联锁动作不可靠的原因并处理
	机械联锁装置失效	主轴、丝杆、锁板等变形或调整不到位		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：对机械联锁部件进行检查、调整、检修和更换
三相不一致保护	三相不一致保护功能检查不正常或不符合技术文件要求	a) 辅助开关切换异常； b) 相关回路异常； c) 相关电控辅件异常； d) 直流电源异常等	非全相运行时三相系统不平衡引起保护装置误动	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明三相不一致保护异常原因并处理
动作计数器	失灵	a) 计数器损坏； b) 回路断线或机械连接损坏等	对断路器动作次数和剩余寿命评估有误	检修时间：尽快； 检修类别：D 类检修； 检修内容：检查处理计数器机械连接部件及回路，或更换计数器

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
机械部件	变形、断裂	a) 金属材质强度不合格; b) 设计缺陷等	机械部件变形、断裂, 断路器将无法正常工作, 造成设备及电网事故	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明机械部件变形、断裂原因并处理, 如果因设计缺陷则对同型设备进行家族性缺陷排查及处理
机构箱	密封不良、箱内有积水	a) 密封条老化或破损; b) 箱体防尘网损坏; c) 机构箱防水设计不合理; d) 排气孔不畅通, 潮气无法及时排出等	机构箱变形、受潮, 机构无法正确操作	情况一: 机构箱设计不符合要求。 检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 改造或更换机构箱。 情况二: 其他情况。 检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查处理机构箱问题
	变形	a) 箱体材质不良; b) 设计强度不足等		检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 修复或更换机构箱
	锈蚀	a) 箱体材质不良; b) 防腐工艺差等		情况一: 一般锈蚀。 检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 机构箱防腐处理。 情况二: 严重锈蚀。 检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换机构箱
	电缆孔洞封堵不严	a) 封堵材料选用不当; b) 施工工艺控制不良		检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 电缆孔洞封堵处理
加热驱潮装置	加热器不能正常启动	a) 电源及回路异常; b) 温湿度控制器损坏或灵敏度降低; c) 加热器损坏等	机构箱内部零部件受潮, 机构无法正确操作	检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 修复加热驱潮装置
	加热驱潮装置工作不正常, 机构箱内有凝露现象			检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明机构箱内凝露原因并处理
远方/就地切换开关	远方/就地切换开关损坏	触点接触不良或切换不到位	远方/就地切换失败	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换远方/就地切换开关

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
控制回路	控制回路断线	a) 回路接线端子松动; b) 接触器、继电器、辅助开关、限位开关、空气开关、压力开关、切换开关等二次元器件接触不良或切换不到位; c) 控制回路的线圈、电阻、电容等零件损坏等	断路器操作失灵, 无法正确动作	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明控制回路断线原因并处理, 更换损坏元器件
机构箱照明	照明灯不亮	a) 灯泡或开关损坏; b) 回路接触不良等	夜间操作、巡视、检修时无照明	检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查照明回路, 更换灯泡或开关
空气开关	空气开关合上后跳开	a) 空气开关损坏; b) 回路有短路故障等	操动机构无法正常工作	检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查空气开关及二次回路, 更换受损元器件
熔丝	熔丝放上后熔断	a) 熔丝容量不匹配; b) 回路有短路故障等	操动机构无法正常工作	检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查熔丝及二次回路, 更换受损元器件
熔丝座	熔丝座损坏	a) 受外力破坏; b) 熔丝座材质不符合要求	熔丝无法正确安装, 操动机构无法正常工作	检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 更换熔丝座
交直流接触器	交直流接触器无法励磁	a) 交直流接触器触点接触不良; b) 线圈烧损; c) 励磁回路异常等	操动机构无法正常工作	检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 更换交直流接触器或检修励磁回路
端子排及二次电缆	端子排严重锈蚀	a) 使用的螺栓材质不符合要求; b) 机构箱密封不良, 内部受潮; c) 加热驱潮装置不能正常工作等	二次回路短路、断路, 操动机构失灵	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明端子排锈蚀原因并处理, 更换端子排
	二次电缆绝缘层有变色、老化或损坏等			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明二次电缆绝缘层变色、老化或损坏原因并处理, 更换二次电缆
辅助及控制回路	绝缘电阻试验数据严重超标, 无法继续运行	a) 机构箱密封不良, 二次电缆、元器件受潮; b) 二次电缆、元器件老化、破损; c) 加热驱潮装置不能正常工作等	二次回路短路, 操动机构失灵	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明辅助及控制回路绝缘电阻超标原因并处理, 对二次电缆、元器件进行处理或更换
	试验数据超标, 可短期维护运行			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明辅助及控制回路绝缘电阻超标原因并处理, 对二次电缆、元器件进行处理或更换

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
辅助及控制回路	试验数据超标，仍可长时间运行	a) 机构箱密封不良，二次电缆、元器件受潮； b) 二次电缆、元器件老化、破损； c) 加热驱潮装置不能正常工作等	二次回路短路，操动机构失灵	检修时间：适时； 检修类别：C 类检修； 检修内容：查明辅助及控制回路绝缘电阻超标原因并处理，检测回路绝缘，综合分析试验数据
液压机构				
液压系统	液压机构不能建压	a) 储能电动机控制回路、储能电动机故障； b) 油泵故障； c) 管路系统存在内漏或外漏等	液压机构失压、操动失灵，断路器无法分合	情况一：储能电动机控制回路、储能电动机故障或油泵低压端盖内残余少量空气。 检修时间：立即； 检修类别：D 类检修； 检修内容：查明液压机构不能建压原因并处理 情况二：油泵故障。 检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：修理或更换油泵
	严重漏油、喷油、泄压到零	a) 密封件损坏； b) 液压管道裂纹； c) 密封件老化等		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：紧固处理，更换密封件或管道
	漏油速度每滴时间小于 5 s			检修时间：尽快。 检修类别：B 类检修。 检修内容：紧固处理，更换密封件或管道。处理前及时补充油
	漏油速度每滴时间大于 5 s 且油箱油位正常			检修时间：下次停电检修。 检修类别：B 类检修。 检修内容：紧固处理，更换密封件或管道。处理前视情况补充油
油压力表	外观有损坏	a) 受外力破坏； b) 材质不符合要求	压力表进一步损坏，引起漏油、渗油	情况一：有截止阀。 检修时间：尽快； 检修类别：D 类检修； 检修内容：更换压力表。 情况二：无截止阀。 检修时间：适时； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换压力表
	密封不良	a) 油压力表质量不良； b) 密封件老化等		情况一：有截止阀。 检修时间：立即； 检修类别：D 类检修； 检修内容：更换压力表。 情况二：无截止阀。 检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换压力表

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
密封件	密封件老化	密封件接近使用寿命或超过使用寿命	液压机构渗漏油、失压、操动失灵，断路器无法正常分合	情况一：液压机构液压系统多次发生内、外部渗漏油缺陷。 检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换液压机构密封件。 情况二：液压机构液压系统无内、外部渗漏油缺陷。 检修时间：适时； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换液压机构密封件
液压机构泵	泵的补压时间不满足厂家技术条件要求	a) 油泵工作柱塞腔进气、磨损等原因造成工作效率低； b) 机构液压系统内、外部高压油渗漏； c) 储能控制回路压力开关调整不当等	操动机构失灵，断路器不能正常动作	情况一：油泵工作效率低，液压机构液压系统内、外部高压油渗漏。 检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明油泵工作效率低、液压系统内外部高压油渗漏原因并处理。 情况二：储能控制回路压力开关调整不当。 检修时间：立即； 检修类别：D 类检修； 检修内容：根据产品要求调整储能控制回路压力开关
	泵的零起打压时间不满足厂家技术条件要求	a) 油泵不做功或效率低； b) 机构液压系统内、外部高压油泄漏或安全阀超下限启动； c) 高压放油阀未关紧等		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明泵的零起打压时间不满足厂家技术条件要求原因并处理
液压机构操作压力	分闸、合闸、重合闸操作压力下降值不满足技术文件要求	a) 密封件老化、损伤； b) 本体及机构传动部卡涩、操作功增大等	断路器不能正常动作，严重时可能造成断路器损坏甚至爆炸	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明操作压力下降值超标原因并处理
	液压机构 24 h 内打压次数超过技术文件要求	a) 油泵打压不做功； b) 液压机构液压系统内、外部高压油严重泄漏； c) 储能控制回路异常； d) 高压释放阀误动作等	操动机构失灵，断路器不能正常动作	检修时间：1 年内； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明液压机构打压次数超过要求原因并处理
	液压机构 24 h 内打压次数超过技术文件要求且有上升的趋势			检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明液压机构打压次数超过要求且趋势上升的原因并处理
	液压机构打压不停泵			情况一：打压不做功或液压系统内、外部高压油严重泄漏及高压释放阀误动作。

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
液压机构操作压力	液压机构打压不停泵	a) 油泵打压不做功; b) 液压机构液压系统内、外部高压油严重泄漏; c) 储能控制回路异常; d) 高压释放阀误动作等	操动机构失灵, 断路器不能正常动作	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明原因并处理。 情况二: 储能控制回路异常。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明储能控制回路异常原因并处理
液压机构储气缸	储气缸压力异常升高	a) 储气缸密封件老化、损坏, 液压油进入氮气侧; b) 加热驱潮装置异常投退等导致机构箱内温度异常升高, 氮气预压升高	操动机构失灵, 断路器不能正常动作	情况一: 储气缸密封件老化损坏, 液压油进入氮气侧。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换储气缸密封件或储气缸。 情况二: 机构箱内温度异常升高, 氮气预压升高。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明机构箱内温度异常升高原因并处理
	储气缸漏氮, 发出氮气泄漏信号, 未闭锁断路器操作	a) 密封件老化或损伤; b) 储气缸缸体变形; c) 氮气泄漏误发信等		情况一: 氮气泄漏误发信。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明氮气泄漏误发信原因并处理。 情况二: 密封件老化、损伤或储气缸缸体变形。 检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换储气缸密封件或储气缸
低压油箱	油位高于正常油位上限	a) 机构油泵停止压力整定不当, 液压值过低; b) 低压油补充过多等	断路器不能正常动作	检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查储能控制回路并根据产品要求调整机构液压值或放油至正常油位
	油位低于正常油位下限, 油位可见	a) 机构液压系统(高压或低压部分)外部渗漏油; b) 机构油泵停止压力整定不当, 液压值过高; c) 低压油补充过少; d) 氮气预压力低等		情况一: 油泵停止压力整定不当或低压油补充过少, 液压系统低压部分外部渗漏油; 氮气不泄漏但预压力低。 检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明原因并处理。 情况二: 液压系统高压部分外部渗漏油, 氮气泄漏造成预压力降低。 检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明并处理

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
弹簧机构				
分合闸弹簧	弹簧严重锈蚀	a) 表面防腐层损伤或原防腐工艺不满足技术要求; b) 箱体密封性能不良, 电缆孔洞封堵不严, 雨水、潮气侵入箱内;	弹簧失效, 断路器不能正常动作	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明分合闸弹簧锈蚀原因, 更换弹簧并进行动作特性试验
	弹簧轻微锈蚀	c) 加热驱潮装置无法正常工作, 排气孔不畅通, 潮气无法排出等		检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 查明分合闸弹簧锈蚀原因并处理, 进行动作特性试验
	弹簧损坏: 有裂纹或断裂	a) 弹簧老化、锈蚀; b) 材质不良等		检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明分合闸弹簧损坏原因, 更换弹簧并进行动作特性试验
	弹簧疲劳	a) 弹簧老化; b) 材质不良等		检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换分合闸弹簧
	弹簧脱落、松动	a) 固定螺栓松动; b) 挂钩变形或损坏等		检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 核对分、合闸弹簧预压缩量并紧固固定螺栓
	弹簧未储能、过储能、储能电动机不能停止等储能异常现象	a) 电动机本身故障导致弹簧未储能; b) 传动部件故障导致不能正常储能到位; c) 储能控制回路或元器件 (例如限位开关) 故障等		情况一: 限位开关等元器件故障, 可带电处理。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明弹簧未储能、过储能、储能电动机不能停止等储能异常原因并处理。 情况二: 其他需停电处理的情况。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明弹簧未储能、过储能、储能电动机不能停止等储能异常原因并处理
	弹簧储能超时	a) 时间继电器整定不正确或损坏; b) 储能控制回路或其他元器件 (例如限位行程开关) 故障等		检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查弹簧储能电动机控制回路各元器件, 更换损坏元器件
机构操作	弹簧机构操作卡滞	a) 机构传动部件损坏或卡滞; b) 本体传动部件卡滞引起等	断路器不能正常动作	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明弹簧机构操作卡滞原因并处理, 进行机械特性试验

表 A.2 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
缓冲器	无油	a) 材质或装配工艺不良; b) 密封件磨损或老化等	缓冲器无油情况时, 可能导致传动部件变形或损坏加剧, 引起断路器欠合、欠分, 造成断路器损坏甚至爆炸	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换磨损或老化密封件, 如果油缓冲器受损严重也应更换
	漏油, 设备上有明显油渍			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换磨损或老化密封件, 如果油缓冲器受损严重也应更换
	渗油			检修时间: 下次停电检修时。 检修类别: C 类检修; 检修内容: 进行例行试验并消除缓冲器渗油缺陷
	变形、老化			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换油缓冲器

A.3 接地开关的检修决策

接地开关的检修决策见表 A.3。

表 A.3 接地开关的检修决策

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
额定短路关合电流	额定短路关合电流小于安装地点计算故障电流最大峰值	a) 选型失误; b) 未根据系统参数变化及时更换	短路故障时导致设备损坏、危及人身安全	检修时间: 适时; 检修类别: A 类检修; 检修内容: 整体更换
分合闸操作	操作卡涩, 不灵活, 较正常设备明显偏重, 但能操作到位	a) 轴、轴销套、轴承等转动部位锈蚀卡涩; b) 齿轮、齿条、丝杆等组件配合调整不当或元器件变形、磨损过大; c) 传动连杆变形、调整不当; d) 平衡弹簧、平衡锤调整不当或疲劳、断裂; e) 机械闭锁装置调整不当或变位; f) 刀口对位不良或接触摩擦力过大; g) 操动机构异常等	接地开关合闸不到位造成虚接地, 导致设备检修时失去安全措施, 危及人身和设备安全。分闸不到位, 可能造成运行设备对地短路	检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 查明操作卡涩原因并处理

表 A.3 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
分合闸操作	合闸不到位（动静触头未能紧密咬合，或未能有效接触）	a) 操动机构损坏或输出行程不足； b) 紧固件松动； c) 拐臂、传动轴、齿轮、轴销（套）、键销、调节叉、连杆等传动部件配合间隙过大、变形、断裂等； d) 传动连杆、调节叉、限位部件、机械闭锁装置等调整不当； e) 触头偏离正常位置等	接地开关合闸不到位造成虚接地，导致设备检修时失去安全措施，危及人身和设备安全	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明合闸不到位原因并处理
	分闸不到位	a) 传动连杆、齿轮等主要传动部件损坏； b) 轴、轴销套、轴承等转动部位锈蚀卡阻、损坏； c) 齿轮、齿条等组件变形、配合失效； d) 机械闭锁装置卡阻； e) 抱箍松动； f) 操动机构原因等	可能造成运行设备对地短路，导致人身、电网事故	情况一：断口净距不满足要求。 检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明分闸不到位原因并处理。 情况二：断口净距满足要求。 检修时间：适时； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明分闸不到位原因并处理
	拒分、拒合	a) 二次回路或元件绝缘受潮或损坏，非指令电源串入接地开关操作回路； b) 合闸时拐臂未过死点； c) 定位销断裂等	无法送电、无法检修等	情况一：操动机构原因，不需停电处理。 检修时间：立即； 检修类别：D 类检修； 检修内容：查明机构引起拒分、拒合具体原因并处理。 情况二：需停电处理。 检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明拒分、拒合具体原因并处理
	误分、误合，接地开关未接到指令自行分合闸	a) 二次回路或元件绝缘受潮或损坏，非指令电源串入接地开关操作回路； b) 合闸时拐臂未过死点； c) 定位销断裂等	运行过程中自行分合闸或脱落，导致设备损坏或人身事故	情况一：因二次回路或元件问题引起。 检修时间：立即； 检修类别：D 类或 C 类检修； 检修内容：检查二次回路及元件并处理。 情况二：因合闸时拐臂未过死点或定位销断裂引起。 检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：调整并处理传动部件或定位销
分合闸位置指示	脱落、指示不准	分、合闸位置指示器固定不牢靠	对接地开关位置判断错误	检修时间：尽快； 检修类别：D 类检修； 检修内容：固定分合闸位置指示器
触指	锈蚀、污秽严重	a) 触指材质不良； b) 环境腐蚀严重等	接地开关合闸不到位造成虚接地，导致设备检修时失去安全措施，危及人身和设备安全	检修时间：适时； 检修类别：C 类检修； 检修内容：进行防腐处理，必要时更换

表 A.3 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
触指	松动、脱落	a) 固定螺栓松动脱落; b) 腐蚀严重; c) 金属材质缺陷, 脆裂等	接地开关合闸不到位造成虚接地, 导致设备检修时失去安全措施, 危及人身和设备安全	检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换触指
	弹簧断裂	a) 材质不良; b) 环境腐蚀严重; c) 组装工艺不良损伤等		检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换触指弹簧
接地软连接	腐蚀 (生锈, 但未断股)	a) 未采取有效防腐措施 (例如铜线未搪锡) 或防腐处理工艺差; b) 环境腐蚀严重等	软连接截面损失过大将可能导致软连接严重发热或断线	检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 接地软连接防腐处理, 必要时更换软连接
	连接断片或松股大于 20%	a) 材质不良; b) 受外力破坏; c) 接地软连接焊接不良或固定不到位;		检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换软连接
	连接断片或松股小于 20%	d) 腐蚀严重等		检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 处理软连接, 必要时更换软连接
操动机构	合闸输出行程不足 (合闸不到位)	a) 分合闸行程开关松动、推杆变形; b) 辅助开关切换时间过早; c) 转动机构卡阻; d) 齿轮、蜗轮 (杆) 打滑或卡涩; e) 机构输出抱夹、摩擦盘、四连杆等接口装置异常; f) 电动机动保护整定异常; g) 电源异常; h) 本体异常等	接地开关合闸不到位造成虚接地, 导致设备检修时失去安全措施, 危及人身和设备安全	情况一: 不需停电处理。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明合闸输出行程不足原因并处理。 情况二: 需停电处理。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明合闸输出行程不足原因并处理
	分闸输出行程不足 (分闸不到位)	a) 分合闸行程开关松动、推杆变形 (拨叉等调整不当); b) 辅助开关切换时间过早; c) 转动机构卡阻; d) 齿轮、蜗轮 (杆) 打滑或卡涩; e) 机构输出抱夹、摩擦盘、四连杆等接口装置异常; f) 电动机保护整定异常; g) 电源异常; h) 本体异常等	可能造成运行设备对地短路, 导致人身、电网事故	情况一: 不需停电处理。 检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明分闸输出行程不足原因并处理。 情况二: 断口净距不满足要求, 需停电处理。 检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明分闸输出行程不足原因并处理。 情况三: 断口净距满足要求, 需停电处理。 检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明分闸输出行程不足原因并处理

表 A.3 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
操动机构	电动操作失灵，电动无法完成操作且不能手动操作	a) 电动机损坏； b) 转动机构损坏、卡阻；	可能出现强行操作中的瓷瓶断裂、短路接地等恶性事故	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明电动操作失灵原因并处理
	电动操作失灵，电动无法完成操作，但可以手动操作	c) 接触器、电动机保护等二次元器件故障； d) 外部连锁等二次回路异常； e) 电源异常； f) 本体异常等		情况一：需停电处理。 检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明电动操作失灵原因并处理。 情况二：不需停电处理。 检修时间：尽快； 检修类别：D 类检修； 检修内容：查明电动操作失灵原因并处理
	传动机构卡阻	a) 齿轮、蜗轮、蜗杆、丝杆、滑块、轴承等损坏或配合异常； b) 传动部件有异物； c) 本体异常等	分合不到位，强行操作可能造成零部件损坏	检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明转动机构卡阻原因并处理
连杆	锈蚀	a) 材质或防腐处理工艺差； b) 环境腐蚀严重等	可能引起接地开关操作失灵，导致分合不到位或拒动	情况一：不需停电处理。 检修时间：适时； 检修类别：D 类检修； 检修内容：连杆防腐处理。 情况二：需停电处理。 检修时间：适时； 检修类别：C 类检修； 检修内容：连杆防腐处理或更换
	断裂或脱落	a) 止位件（圆柱销等）脱落、损坏； b) 材质或防腐处理工艺差； c) 异常受力； d) 装配工艺不到位； e) 严重锈蚀或疲劳等		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查明连杆脱落、断裂原因并处理
	弯曲变形，但能操作到位	a) 设计原因； b) 材质不良； c) 装配工艺不到位； d) 环境腐蚀造成变形、卡滞等		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：查找弯曲变形原因并处理
	有裂纹	a) 材质不良； b) 焊接不良等		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换连杆
	紧固件松动	a) 螺栓紧固不到位； b) 无有效防松措施等		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：紧固紧固件

表 A.3 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
齿轮、 蜗轮 与蜗 杆,丝 杆与 滑块	打滑	a) 材质或加工工艺不良, 磨损严重; b) 转动机构卡阻; c) 配合不良; d) 丝杆等变形、串位;	可能引起接地开关操作 失灵, 导致分合不到位或 拒动	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 检查并处理齿轮 (蜗轮与蜗杆或丝杆与滑块) 打滑缺陷
	耦合松动	e) 齿轮等损坏; f) 机械脱扣后, 滑块 复位装置失效等		检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明齿轮耦合松 动原因并处理
	卡涩	a) 材质或加工工艺差; b) 配合不良; c) 变形、损坏; d) 有异物; e) 润滑脂缺少或干涸等		检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明齿轮(蜗轮 与蜗杆或丝杆与滑块)卡涩原 因并处理
机械 闭锁	失灵	a) 闭锁板脱落、断 裂、变形; b) 闭锁装置配合间隙 调整不当等	闭锁失灵, 误操作引起 人身、电网事故	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 处理机械闭锁失 灵缺陷
电磁 锁	(防误用电磁锁) 损 坏、失灵	a) 锁头锈蚀, 打不开; b) 线圈烧损等		检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查电磁锁失灵 原因并处理
机械 限位 块	限位块缺失或损坏, 且机械无自动脱扣功能	a) 受外力破坏; b) 安装工艺、材料控 制不良; c) 设计缺陷	无机械限位功能且无蜗 轮、蜗杆, 无自动脱扣功 能, 当电气限位失灵时, 传动部件可能受到冲击导 致接地开关损坏	情况一: 电气限位功能完 好。 检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 更换或加装限位 块。 情况二: 电气限位功能失 效。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换或加装限位 块
电动 机	运行异常	a) 电源异常; b) 电动机绝缘下降; c) 噪声明显增大; d) 机械转动部件卡涩 等	可能引起接地开关操作 失灵, 导致分合不到位或 拒动	情况一: 电源异常。 检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查并处理电源 异常。 情况二: 其他。 检修时间: 适时; 检修类别: D 类检修或 B 类检修; 检修内容: 处理电动机异 常, 必要时更换电动机
	损坏	a) 电动机绕组烧损; b) 碳刷磨损导致接触 不良等		检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 修理或更换电动 机

A.4 电子式电流互感器检修决策

电子式电流互感器检修决策见表 A.4。

表 A.4 电子式电流互感器检修决策

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
一次、二次单元	光学传感探头损坏	传感器电子质量问题，安装不当	测量数据丢失、误差过大，可能导致保护误动	检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换光学传感探头
	光强减低	光学传感器损坏、污染、光模块故障		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换光模块，检查光纤链路
	光强严重降低			
	数据持续无效	传感单位故障、光强度变弱		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换传感单位
	采样脉冲丢失	采集模块芯片故障，光纤传输故障		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换采集模块，检查光纤链路
	内部参数异常	存储器故障，采集单元故障		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换存储器或采集单元
	偏正光异常	光学传感器损坏、污染		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：校正或更换光学传感器
	光纤通道故障灯亮	光纤通道故障，回路损耗过大		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换光纤
	测量光板故障	电子器件损坏		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换测量光板
	输出数值异常	传感单位故障、采集器故障、发送单元故障、传输线路故障		检修时间：尽快； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换传感单元或采集器或发送单元或传输线路
	秒脉冲丢失	GPS 时钟丢失或时钟处理模块故障		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换时钟处理模块类检修
	电流数据持续丢失	传感单位故障、采集器故障、发送单元故障，传输线路故障		检修时间：立即； 检修类别：B 类检修； 检修内容：更换传感单元或采集器或发送单元或传输线路

表 A.4 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
二次接线盒、采集器等表面情况	有锈蚀现象	a) 材质或防腐处理工艺差; b) 环境腐蚀严重等	易造成二次单元内部元件损坏	检修时间: 适时; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 防腐处理
光纤绝缘子	外表有严重污秽	a) 设备清扫不及时; b) 环境污染严重等; c) 设备附近有临时污染源等	光纤绝缘子污秽严重, 在雾、雨、冰雪等恶劣天气下可能发生污闪事故	情况一: 外绝缘满足现场污秽等级要求。 检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 清扫绝缘子。 情况二: 外绝缘不满足当地污秽等级要求。 检修时间: 尽快; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 调整绝缘子爬距。 情况三: 附近有临时污染源。 检修时间: 1 年内; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 清扫绝缘子
	钢脚明显变形	a) 加工材质不良; b) 施工质量不良; c) 运行环境污染严重等	光纤绝缘子倾斜甚至脱落	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	钢脚轻微变形			检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	钢脚锌层严重腐蚀, 颈部出现沉积物, 颈部直径明显减少			检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	钢脚锌层损失, 颈部开始腐蚀			检修时间: 适时; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	伞裙多处破损或伞裙材料表面出现粉化、龟裂、电蚀、树枝状痕迹等现象; 伞裙脱落; 芯棒护套破损	a) 材质不良; b) 安装、检修时损坏; c) 自然老化; d) 外力破坏等	光纤绝缘子防污秽能力和绝缘水平下降, 严重时发生闪络	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	伞裙有部分破损、老化、变硬现象			检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 跟踪检测, 必要时更换绝缘子
	绝缘子外表面有明显放电或较严重电晕	a) 绝缘子外绝缘表面有积污或异物;	绝缘水平下降, 严重时发生闪络	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 清扫、修复光纤绝缘子, 必要时更换绝缘子

表 A.4 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
光纤绝缘子	绝缘子外表面有轻微放电或轻微电晕	b) 绝缘子表面有裂纹或破损等	绝缘水平下降, 严重时发生闪络	检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 清扫、修复光纤绝缘子
	芯棒断裂	a) 材质不良; b) 运输、施工安装损坏等	可能导致绝缘子内部发热、损坏光纤、绝缘水平下降、绝缘子脱落等	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	端部金具连接出现滑移或缝隙	材质、施工质量不良	绝缘子倾斜或脱落	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	端部密封失效	a) 材质、施工质量不良; b) 自然老化等	绝缘子内部受潮, 绝缘水平下降, 损坏光纤	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	憎水性 HC6 级及以上	a) 材质不良; b) 自然老化等	绝缘子表面水分引起绝缘水平下降甚至闪络	检修时间: 尽快; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换绝缘子
	憎水性 HC3~HC5 级及以下			检修时间: 适时; 检修类别: C 类检修; 检修内容: 加强监测

A.5 智能组件的检修决策

智能组件的检修决策见表 A.5。

表 A.5 智能组件的检修决策

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
机械状态监测 IED 性能	分合闸线圈电流峰值误差大于 $\pm 5\%$	传感单位故障、IED 采集卡故障, 传输线路故障	状态监测装置误报警	检修时间: 尽快。 检修类别: D 类检修。 检修内容: 检查霍尔电流传感器与 IED 之间连线是否松动。如果线无问题, 则更换 IED 采集卡或霍尔电流传感器
	分合闸时间误差大于 1 ms			检修时间: 尽快。 检修类别: D 类检修。 检修内容: 检查测速器与 IED 之间连线是否松动, 检查测速器支架是否松动。如果线与支架无问题, 则更换 IED 采集卡或测速器
	行程测量误差大于 $\pm 1\%$			检修时间: 尽快。 检修类别: D 类检修。 检修内容: 检查测速器与 IED 之间连线是否松动, 检查测速器支架是否松动。如果线与支架无问题, 则更换 IED 采集卡或测速器

表 A.5 (续)

对象	状态描述	原因分析	风险分析	检修决策
机械状态监测 IED 性能	储能时间测量误差大于 0.5 s	传感单位故障、IED 采集卡故障, 传输线路故障	状态监测装置误报警	检修时间: 尽快。 检修类别: D 类检修。 检修内容: 检查霍尔电流传感器与 IED 之间连线是否松动。如果线无问题, 则更换 IED 采集卡或霍尔电流传感器
SF ₆ 气体状态监测 IED 性能	压力测量误差大于 ±2.5%	传感单位故障、IED 采集卡故障, 传输线路故障	可能导致隔离断路器主触头闭锁或低压力下动作导致断路器爆炸	检修时间: 尽快。 检修类别: D 类检修。 检修内容: 检查 SF ₆ 传感器与 IED 之间连线是否松动。如果线无问题, 则更换 IED 采集卡或 SF ₆ 传感器
二次回路绝缘电阻	绝缘电阻小于 5 MΩ	a) 元件受潮; b) 元件老化、损坏等	二次回路短路引起状态监测装置故障	检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修或 B 类检修; 检修内容: 检查处理二次回路及元件
智能组件柜	温湿度控制器不能工作	a) 电源接线错误; b) 传感器故障; c) 控制器故障	柜内元器件受潮引起故障	检修时间: 尽快; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 检查温湿度控制器故障原因并处理
	电气联锁不符合要求	a) 接线错误; b) 回路接线端子松动; c) 机构接触器、继电器、辅助开关、限位开关、压力开关、切换开关等二次元器件接触不良或切换不到位	防误闭锁装置失灵导致误操作, 严重时引起人身、电网事故	情况一: 不需停电处理。 检修时间: 立即; 检修类别: D 类检修; 检修内容: 查明回路接线错误原因并处理。 情况二: 需停电处理。 检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 查明二次元件问题原因处理并更换损坏元器件
智能终端	不能接受测控装置和保护装置的指令	插件故障、光纤通道故障	隔离断路器保护失灵	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换插件或更换光纤
	不能对开关设备发出分、合闸操作指令	继电器故障	隔离断路器拒动	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换继电器
	不能对开关设备相关参量进行测量	开入插件故障、模拟量采样插件故障	状态监测装置失效	检修时间: 立即; 检修类别: B 类检修; 检修内容: 更换开入插件或模拟量采样插件