



中华人民共和国国家标准

GB/T 39324—2020

智能水电厂主设备状态检修 决策支持系统技术导则

Technical guide for main equipment condition based maintenance
decision support system for smart hydropower plant

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 1

5 状态监视 2

6 分析评价 2

7 综合报告 3

附录 A（资料性附录） 智能水电厂主设备状态评价及状态检修业务流程框图 4

附录 B（资料性附录） 智能水电厂主设备部件(组件)失效模式及影响分析的方法 5

附录 C（资料性附录） 水轮发电机组状态评价及关键部件评价项目 7

附录 D（资料性附录） 油浸式变压器、气体绝缘金属封闭开关设备、高压电缆状态评价及
关键部件评价项目 11

附录 E（资料性附录） 主设备状态评价报告 28

附录 F（资料性附录） 设备风险评估模型及评估报表 29

附录 G（资料性附录） 主设备综合报告内容示例 32

参考文献 34



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：南瑞集团有限公司、国电南瑞科技股份有限公司、国网新源控股有限公司、中国长江电力股份有限公司、中国长江三峡集团有限公司、南方电网调峰调频发电有限公司、五凌电力有限公司、广西桂冠电力股份有限公司、北京中水科水电科技开发有限公司、雅砻江流域水电开发有限公司、中国华电集团有限公司、广州健新科技股份有限公司。

本标准主要起草人：徐洁、夏洲、李璟延、曾广移、李友平、徐树彪、王鹏宇、杨琳、徐军、徐青、郑凯、张学礼、芮钧、徐跃云、桂中华、李德华、朱振军、王桂平、许明勇、严新荣、潘伟峰、朱传古、刘勇。

智能水电厂主设备状态检修 决策支持系统技术导则

1 范围

本标准规定了智能水电厂主设备状态检修决策支持系统(以下简称:系统)的基本要求、状态监视、分析评价和综合报告。
本标准适用于智能水电厂。

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/T 39264 智能水电厂一体化管控平台技术规范
DL/T 1066 水电站设备检修管理导则
DL/T 1246 水电站设备状态检修管理导则
DL/T 1547 智能水电厂技术导则
DL/T 1809 水电厂设备状态检修决策支持系统技术导则

3 术语和定义



DL/T 1246 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主设备 main equipment

水电厂水轮机、发电机、主变压器、气体绝缘金属封闭开关设备和高压电缆等主要设备。

3.2

主设备状态检修决策支持系统 main equipment condition based maintenance decision support system

基于智能水电厂一体化管控平台,对水电厂主设备的属性、履历、工况、状态、缺陷等信息进行处理分析,实现主设备的状态监视、诊断分析、状态评价、趋势预测与风险评估、运检建议和综合报告等功能的应用组件。

4 基本要求

- 4.1 系统应符合 DL/T 1547 和 DL/T 1809 规定,宜纳入智能水电厂统一规划、同步设计。
- 4.2 系统应符合电力监控系统安全防护规定。
- 4.3 系统应部署在管理信息大区,应符合 GB/T 39264 规定,能够以组件方式在平台上运行,具备与平台进行信息交换与处理的能力,并实现数据共享。
- 4.4 系统应具有对主设备的状态监视、诊断分析、状态评价、趋势预测与风险评估、检修建议和检修后评价等功能。

4.5 系统应采用开放的结构,功能可扩展,可独立维护。

4.6 业务流程应符合 DL/T 1246 和 DL/T 1066 的规定。状态评价及状态检修流程参见附录 A。

4.7 系统可实现主设备状态多维度展示,即按设备对象展示运行信息、状态信息、缺陷信息、故障信息和评价信息等,或按照状态信息展示设备属性、缺陷信息、故障信息和评价信息等。

5 状态监视

5.1 状态监视数据应包括主设备的在线监测数据和离线检测数据(含设备历年缺陷数据、试验数据、巡检数据、检修数据等)。

5.2 应能监视主设备运行状态,并结合工况对数据越限、梯度越限和数据缺失等事件综合分析判断后自动告警,应具备可组态的告警信息发送策略,应能保存和查询历史告警事件。

5.3 告警时系统应能够与视频监控系统等实现联动,并能够根据知识库提供实时处理建议。

5.4 告警阈值和级别应能够基于历史数据和趋势,通过大数据分析等智能算法自动生成或修正,也可人工设定。

5.5 告警信息可通过声、光、短信和邮件等方式报送。

6 分析评价

6.1 诊断分析

6.1.1 系统应具备与主设备工况关联的趋势分析功能。

6.1.2 系统应能对历史数据进行挖掘,跟踪主设备运行过程中特征参数变化规律,分析主设备在不同运行工况、不同运行条件下的运行参数和健康样本,建立主设备健康运行基准。

6.1.3 系统应具备自动诊断分析和人工辅助诊断分析等功能,包括对主设备的常见故障、异常信息等进行诊断分析,可采用专家系统诊断、故障树诊断和基于案例的诊断等工具,判断出主设备可能存在的故障部位、故障原因和劣化程度,对经确认的故障应自动生成故障样本。

6.1.4 系统应根据主设备的劣化程度,给出相应处理建议。

6.1.5 系统应能自动生成诊断分析报告,报告模板、内容应可定制。

6.1.6 系统应具备主设备健康运行基准及故障样本、健康样本的维护功能。

6.1.7 系统应具备诊断分析结果查询功能。

6.2 状态评价

6.2.1 评价宜细化到部件,工作方法参见附录 B。

6.2.2 主设备部件及整体的状态等级应按 DL/T 1246 规定分为正常、注意、异常和危险四个状态等级。

6.2.3 系统应依据设备状态评价标准,对主设备及关键部件进行状态评价:

- a) 根据收集到的部件状态特征数据,基于健康运行基准,评价关键部件的状态和等级;水轮发电机组状态评价方法和关键部件状态量评价的相关信息参见附录 C。油浸式变压器、气体绝缘金属封闭开关设备、高压电缆状态评价方法和关键部件状态量评价及劣化等级的相关信息参见附录 D。
- b) 主设备整体的状态评价可综合其关键部件的评价结果,当所有关键部件的评价结果为正常时,该设备整体状态为正常状态。当任一关键部件状态评价为正常以下状态等级时,该设备整体状态评价应为其中最严重的状态等级。

6.2.4 对主设备关键部件及其整体状态评价宜提供量化结果和状态等级,并实现与不同设备状态对应检修策略的唯一关联。

- 6.2.5 主设备的整体状态评价为异常状态或危险状态时,应进一步开展设备风险评估。
- 6.2.6 系统应具备主设备状态评价结果展示和查询功能。
- 6.2.7 系统应能定期或非定期对主设备进行评价,生成状态评价报告。相关信息参见附录 E。
- 6.2.8 系统应具备主设备状态评价标准的查询及维护功能。

6.3 趋势预测与风险评估

- 6.3.1 系统应具备主设备主要特征状态参数趋势预测功能及预警功能,利用设备当前和历史状态数据,建立预测算法预测未来一段时期的设备状态参数值,当预测值超过预警阈值时能够发出预警信息,并对未来一段时期的设备健康状态进行预测。
- 6.3.2 系统应具备主设备失效分析能力及风险等级评价功能,设备风险评估模型的相关信息参见附录 F。
- 6.3.3 风险评估宜综合考虑主设备投运时间、检修履历、故障经历和环境因素等影响。
- 6.3.4 系统宜给出主设备风险评估报告。典型风险评估报告的相关信息参见附录 F。

6.4 巡检和检修建议

- 6.4.1 系统应能根据主设备状态评价和风险评估结果,自动给出巡检、检修等建议。
- 6.4.2 检修建议应包含具体设备的检修项目、检修优先顺序、检修等级和检修时间等。

6.5 检修后评价

- 6.5.1 系统应具备主设备检修前后状态对比、性能恢复和改善情况等评价功能。
- 6.5.2 系统应具有评价报告编辑管理功能。

7 综合报告

- 7.1 系统应能提供反映主设备状态的综合报告。
- 7.2 综合报告应基于主设备设计值、状态量的当前值和变化趋势编制。
- 7.3 综合报告内容应包括主设备诊断分析、状态评价和风险评估的结果及检修建议、修后评价。综合报告内容的相关信息参见附录 G。
- 7.4 系统应具有综合报告保存、打印输出和查询等功能。

附录 A

(资料性附录)

智能水电厂主设备状态评价及状态检修业务流程框图

智能水电厂主设备状态评价及状态检修业务流程框图参见图 A.1。

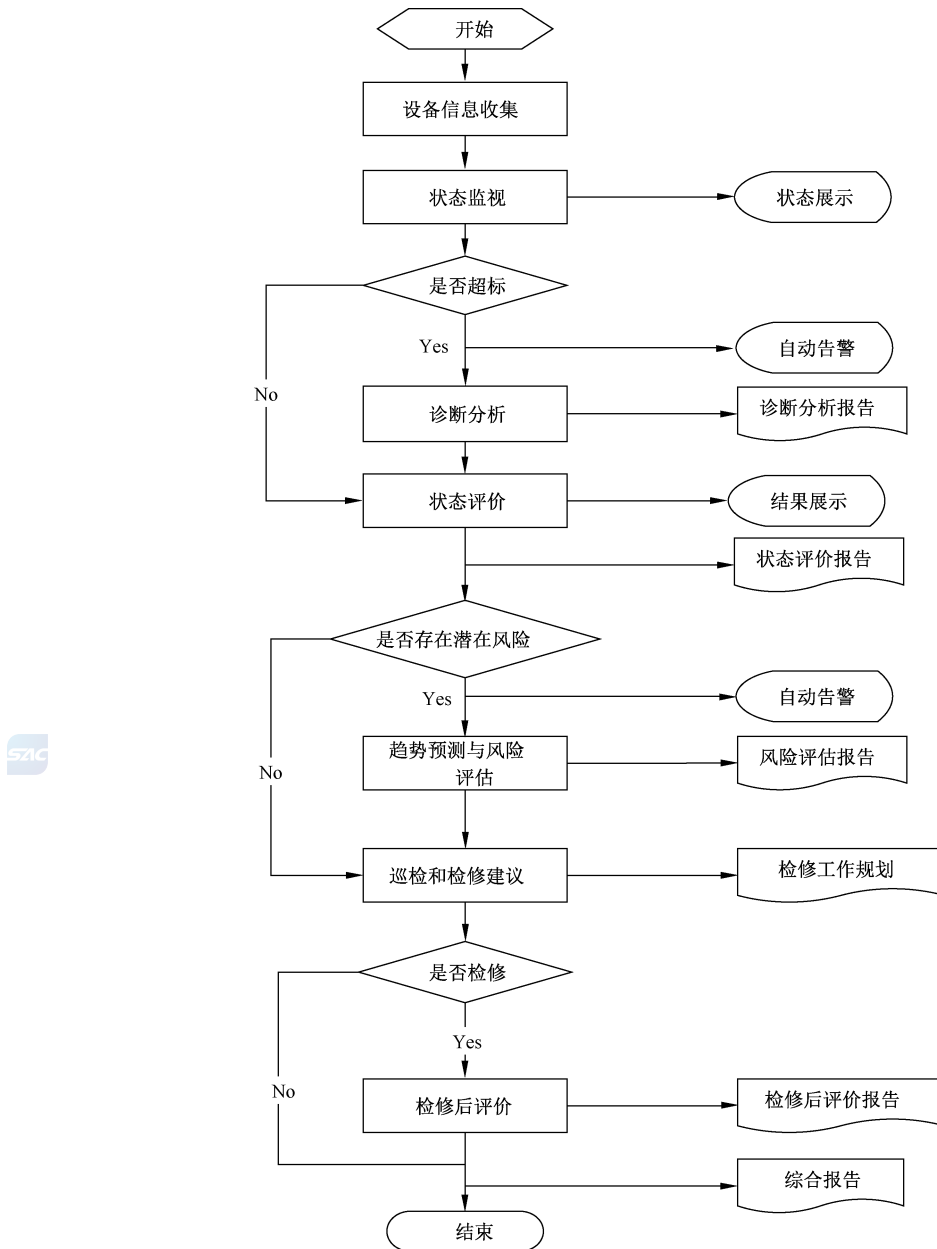


图 A.1 智能水电厂主设备状态评价及状态检修业务流程框图

附 录 B

(资料性附录)

智能水电厂主设备部件(组件)失效模式及影响分析的方法

B.1 水电厂主设备部件(组件)失效模式及影响分析

水电厂主设备部件(组件)失效模式及影响分析的方法包括:

- a) 失效模式和影响分析(Failure mode and effect analysis,简称 FMEA)方法。基于对关键部件(组件)的状态分析,获得水电厂主设备整体的健康状况的评价实现智能水电厂主设备的状态评价。这个评价的过程需分析组成设备或系统的部件或组件的失效模式、故障原因以及对整个设备或系统风险。在智能水电厂主设备或系统的状态评价中,FMEA 是一种行之有效的方法。FMEA 可以识别系统各部分潜在的失效模式、故障对系统的影响、故障的原因、采取的措施。
- b) 失效模式、影响和危害度分析(Failure mode and effect and criticality analysis,简称 FMECA)方法。FMECA 方法拓展了 FMEA 的适用范围。根据部件的重要性和危害程度,FMECA 对每种被识别的失效模式进行排序,实现设备的半量化评价(等级评价),为进一步的测试和维修工作的规划提供依据,也用于对设备或系统风险的评估。

B.2 实施步骤

B.2.1 对于 FMEA,实施步骤如下:

- a) 确定水电厂主设备对象;
- b) 组建水电厂主设备状态评价工作团队;
- c) 将水电厂主设备对象按照功能或结构分成部件(组件),确定:
 - 各部件故障的表象(状态量的变化);
 - 造成失效模式的故障原因;
 - 故障可能产生的影响;
 - 失效的后果;
 - 采取的补偿措施,制定测试和维修工作的规划。

B.2.2 对于 FMECA,工作团队需要根据失效后果的严重性,将每个识别出的失效模式进行分类,常用的方法包括:

- 模式危险度指数;模式危险度是对所考虑的失效模式将导致整个系统发生故障的概率测量,其定义为故障影响率、失效率、系统操作时间三者的乘积;
- 风险等级;风险等级可通过故障模式后果与失效概率的组合获得。风险等级方法可应用于不同失效模式产生的不同后果,并且能够应用于设备系统或过程。风险等级可以定性地、半定量地或定量地表达;
- 风险优先数;风险优先数是一种半定量的危害度测量方法,其将故障后果、可能性和发现问题的能力(如果故障很难发现,则认为其优先级较高)进行等级赋值并相乘来获得危险度。

B.2.3 同一设备,经过技术改造、较大的检修等情况,失效模式和影响可能发生变化时,重新进行 FMEA、FMECA 的分析。

B.3 输入的信息

FMEA 及 FMECA 需要水电厂主设备有关系统部件(组件)的充分信息,以便对各部件(组件)出现故障的方式进行详细分析,信息可能包括:

- 分析水电厂主设备及设备部件(组件)的构成图,以及可能的相互关系的流程图(逻辑图);
- 了解各部件(组件)的功能;
- 可能影响水电厂主设备运行及环境参数的详细信息,包括设备运行时监测的状态量信息、巡检信息等;
- 对特定故障结果的了解;
- 有关故障的历史信息,包括现有的故障率数据。

B.4 输出的结果

B.4.1 FMEA 方法的主要输出结果包括水电厂部件(组件)的失效模式、失效机制及其对各组件或者设备影响的清单(包括故障可能性的信息),以及相关故障原因及其对整个水电厂主设备(系统)影响方面的信息。

B.4.2 FMECA 的输出包括对于水电厂主设备或系统失效的可能性、失效模式导致的风险等级、风险等级和“监测到”的失效模式的组合等方面的重要性进行排序。如果使用合适的故障率资料和定量后果,FMECA 可以输出定量结果。

附 录 C

(资料性附录)

水轮发电机组状态评价及关键部件评价项目

C.1 水轮发电机组状态评价方法

C.1.1 关键部件和评价项目

首先将水轮机和发电机按照功能和结构分别分解成不同的关键部件,每个关键部件具有一个或多个评价项目,见表 C.1、表 C.2。

C.1.2 部件的评价项目的劣化等级和权重

视评价项目所反映的劣化程度从轻到重分为四级,分别为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级,对应的基本扣分值2、4、8、10。考虑到水轮发电机组部件的不同评价项目对反映部件失效的影响不同,必要时根据评价项目的重要性设置不同的权重,从轻到重分为四个等级,对应为权重1、权重2、权重3、权重4,系数分别为1~4。权重1和权重2与一般评价项目对应,权重3、权重4与重要评价项目对应。关键部件的扣分值等于该部件所有评价项目基本扣分值与权重乘积之和。

C.1.3 水轮机和发电机状态的评价

按照部件的重要程度设置不同的权重,从轻到重分为四级,对应为权重1、权重2、权重3、权重4,系数分别为1~4,各个部件扣分值与权重的乘积之和为整个设备的扣分值,根据扣分值范围确定正常、注意、异常和危险四个状态等级。

C.2 水轮机和发电机关键部件评价项目及评价标准

水轮机和发电机关键部件评价项目及评价标准参见表 C.1、表 C.2。

表 C.1 水轮机关键部件评价项目及评价标准

关键部件	评价项目	特征状态参数	数据获取			评价标准
			数据获取方式	采样周期	数据来源	
水导	水导振动	振动	在线	实时	振摆监测装置	GB/T 7894 GB/T 6075.5 GB/T 11348.5
	水导瓦温、油温	温度	在线	实时	温度监测装置	
	油位、冷却水压	液位、压力	在线	实时	压力监测装置	
			在线	实时	液位监测装置	
	水导油质	含水量、杂质	离线	根据标准要求	试验检测数据	GB/T 14541
	水导外观	—	离线	按照运行规程	巡检记录	无渗漏油
	水导间隙	间隙测量	离线	大修、小修	检修记录	GB/T 8564

表 C.1 (续)

关键部件	评价项目	特征状态参数	数据获取			评价标准
			数据获取方式	采样周期	数据来源	
主轴	主轴摆度	摆度	在线	实时	振摆监测装置	GB/T 7894 GB/T 6075.5 GB/T 11348.5
	工作密封	磨损老化、间隙	离线	大修、小修	检修记录	GB/T 8564 GB/T 7894
		漏水量	离线	必要时	维护记录	根据厂家规定结合运行经验
	检修密封	外观检查	离线	必要时	维护记录	GB/T 7894 GB/T 8564
导水机构	导水传动机构		离线	按照运行规程	巡检记录	剪断销无剪断、导叶套筒无漏水、无卡涩
	控制环		离线	按照运行规程	巡检记录	动作平稳、无卡涩
	导叶接力器	行程	在线	实时	位移监测装置	无漏油、行程在范围内
	导叶开度	开度	在线	实时	调速器系统	根据厂家规定结合运行经验
过流部件	顶盖	振动	在线	实时	振摆监测装置	GB/T 6075.5
	转轮	效率	离线	大修	试验检测数据	效率有无下降
		气蚀磨损	离线	大修、小修	试验检测数据	有无异常噪声。转轮各部位检查,GB/T 15469.1
	尾水管	气蚀磨损	离线	大修、小修	试验检测数据	有无异常噪声。部位检查,GB/T 15469.1
	上下导流板		离线	大修、小修	检修记录	外观检查有无损坏
	蜗壳压力脉动	压力、压力脉动	在线	实时	压力监测装置	GB/T 8564 DL/T 710
	顶盖压力脉动	压力、压力脉动	在线	实时	压力监测装置	
	无叶区压力脉动	压力、压力脉动	在线	实时	压力监测装置	
	尾水上下游压力脉动	压力、压力脉动	在线	实时	压力监测装置	
		压力、压力脉动	在线	实时	压力监测装置	
	导叶漏水量		离线	大修、小修	试验监测数据	



表 C.2 发电机关键部件评价项目及评价标准

关键部件	评价项目	特征状态参数	数据获取			评价标准
			数据获取方式	采样周期	数据来源	
转子	绝缘性能	绝缘电阻 直流电阻 交流阻抗 功率损耗	离线	小修 大修	试验检测数据	DL/T 596
	磁场	气隙 磁场强度 轴电压	在线	实时	在线监测装置	参照机组容量、历史运行及制造厂要求自行制定
	阻尼绕组外观		离线	小修 大修	安装/检修记录	DL/T 817 GB/T 8564
	磁极、磁极键、 磁轭键		离线	小修 大修	安装/检修记录	DL/T 817 GB/T 8564
定子	绝缘性能	绝缘电阻 吸收比(极化指数) 泄漏电流	离线	小修 大修 必要时 更换绕组后	试验检测数据	DL/T 596
		局部放电	在线/离线	小修 大修	在线监测装置/ 试验检测数据	参照机组容量、历史运行及制造厂要求自行制定
		介质损耗	离线	累计运行时间 20 年以上且运行 或预防性试验中 绝缘频繁击穿时	试验检测数据	DL/T 596
	槽楔松紧度		离线		检修记录	DL/T 817 GB/T 8564
	定子绕组、铁芯、 汇流排等温度	温度	在线/离线		温度检测装置/ 巡检记录	GB/T 7894
滑环装置	滑环各部位 运行温度	温度	离线	按照运行规程	巡检记录	DL/T 751
	滑环表面、 粗糙度	麻点或深度	离线	小修 大修	试验检测数据	DL/T 817
	刷架及滑 环绝缘电阻	绝缘电阻	离线	小修 大修	试验检测数据	DL/T 596
上机 架及 上导 轴承	上机架振动	振动	在线	实时	振摆监测装置	GB/T 7894
	上导轴承摆度	摆度	在线	实时	振摆监测装置	GB/T 7894
	轴承温度	瓦温、油温	在线	实时	温度检测装置	GB/T 7894
	上导油槽	油质、油位、密封	离线	按照运行规程/ 标准要求	试验检测数据/ 巡检记录	DL/T 622 GB/T 7596 GB/T 14541

表 C.2 (续)

关键部件	评价项目	特征状态参数	数据获取			评价标准
			数据获取方式	采样周期	数据来源	
推力轴承	推力油槽	油质、油位、密封	离线	按照运行规程/标准要求	试验检测数据/巡检记录	DL/T 622 GB/T 7596 GB/T 14541
	轴承温度	瓦温、油温	在线		温度检测装置	GB/T 7894
下机架及下导轴承	下机架振动	振动	在线		振摆监测装置	GB/T 7894
	下导轴承摆度	摆度	在线		振摆监测装置	GB/T 7894
	下导轴承温度	瓦温、油温	在线		温度检测装置	GB/T 7894
	下导油槽	油质、油位、密封	离线	按照运行规程/标准要求	试验检测数据/巡检记录	DL/T 622 GB/T 7596 GB/T 14541
通风 机冷 却系 统	冷风、热风、 冷却水温度	温度	在线		温度检测装置	GB/T 7894
制动 装置 及系 统	制动装置	操动、串气、 漏气、漏油	离线		巡检记录	GB/T 7894 DL/T 751 DL/T 3334
受油 器	压力油管	漏油、喷油、串油	离线	小修 大修	巡检/安装/ 检修记录	DL/T 817
	浮动瓦	漏油	离线	小修 大修	安装/检修 记录	
	摆度	摆度值	离线	小修 大修	安装/检修 记录	

附录 D
(资料性附录)

油浸式变压器、气体绝缘金属封闭开关设备、高压电缆状态评价及关键部件评价项目

D.1 评价方法

D.1.1 状态量构成

D.1.1.1 原始资料

原始资料主要包括：铭牌参数、型式试验报告、订货技术协议、设备监造报告、出厂实验报告和交接验收报告等。

D.1.1.2 运行资料

运行资料主要包括：运行工况记录信息、历年缺陷及异常记录、巡检记录和不停电检测记录等。

D.1.1.3 检修资料

检修资料主要包括：检修报告、例行试验报告、诊断性试验报告、有关反措执行情况、部件更换情况和检修人员对设备的巡检记录等。

D.1.1.4 其他资料

其他资料主要包括：同型(同类)设备的运行、修试、缺陷和故障的情况，相关反措执行情况，其他影响设备安全稳定运行的因素等。

D.1.2 状态量权重

视状态量对变压器、SF₆ 高压断路器安全运行的影响程度，从轻到重分为四个等级，对应的权重分别为权重 1、权重 2、权重 3、权重 4，系数分别为 1~4。权重 1 和权重 2 与一般状态量对应，权重 3、权重 4 与重要状态量对应。

D.1.3 状态量劣化程度

视状态量的劣化程度从轻到重分为四级，分别为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ级。

D.1.4 状态量的量化评价

状态量的量化由劣化程度和权重共同决定，等于状态量分值乘以权重，参见表 D.1，状态量评价的分值扣分结果填写在评价报告扣分表。

表 D.1 状态量评价表

权重系数		1	2	3	4
状态量劣化程度	基本扣分值				
Ⅰ	2	2	4	6	8
Ⅱ	4	4	8	12	16



表 D.1 (续)

权重系数		1	2	3	4
状态量劣化程度	基本扣分值				
Ⅲ	8	8	16	24	32
Ⅳ	10	10	20	30	40

D.2 关键部件状态量及其评价标准

油浸式变压器关键部件状态量及其评价标准参见表 D.2。

表 D.2 油浸式变压器关键部件评价项目及评价标准

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
变压器本体	同厂、同型、同期设备的故障信息	Ⅲ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
		Ⅳ	家族缺陷	检修记录	危急缺陷未整改
	短路电流、短路次数	I	运行巡检	巡检记录	短路冲击电流在允许短路电流的 50% ~ 70% 之间, 次数累计达到 6 次及以上
		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	短路冲击电流在允许短路电流的 70% ~ 90% 之间
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	短路冲击电流在允许短路电流的 90% 以上
	变压器过负荷	I	运行巡检	巡检记录	达到短期急救负荷运行规定或长期急救负荷运行规定
	过励磁	I	运行巡检	巡检记录	达到变压器过励磁限值
	油枕密封(胶囊、隔膜、金属膨胀器)	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	金属膨胀器有卡滞、隔膜式油枕密封面有渗油迹现象
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	金属膨胀器破裂, 胶囊、隔膜破损
	本体储油柜油位	I	在线/巡检	油位变送器/巡检记录	油位异常: 过高或过低
	渗油	I	运行巡检	巡检记录	轻微渗油, 未形成油滴, 部位位于非负压区
	漏油	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	有轻微渗漏(部位位于非负压区), 不快于每滴 5 s
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	渗漏位于非负压区或油滴速度快于每滴 5 s 或形成油流
	噪声及振动	I	在线/巡检	噪声振动监测仪、油色谱分析仪/巡检记录	噪声振动异常, 但绝缘油色谱正常
		Ⅱ	在线/巡检	噪声振动监测仪、油色谱分析仪/巡检记录	噪声振动异常, 绝缘油色谱异常
	表面锈蚀	I	运行巡检	巡检记录	表面漆层破损和轻微锈蚀
		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	表面锈蚀严重
	呼吸器	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	呼吸器油封异常, 或呼吸器呼吸不畅通, 或硅胶潮解变色部分超过总量的 1/3 或硅胶自上而下变色

表 D.2 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
变压器本体	呼吸器	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	呼吸器无呼吸
	运行油温	Ⅲ	在线/巡检	油温变送器/巡检记录	顶层油温异常
	压力释放阀	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	动作(周围有油迹)
	气体继电器	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	(轻瓦斯)发信,但色谱分析无异常
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	轻瓦斯发信,但色谱异常或重瓦斯动作
	绕组直流电阻	Ⅳ	试验	试验报告	1)各绕组相互间的差别大于三相平均值的2%,无中性点引出线的绕组,线间偏差大于三相平均值的1%; 2)与以前相同部位测得值折算到相同温度其变化大于2%; 3)但三相间阻值大小关系与出厂不一致
	绕组介质损耗因数	Ⅰ	试验	试验记录	介质损耗因数未超过标准限值
		Ⅲ	试验	试验报告	介质损耗因数超标、电容量无明显变化
	电容量	Ⅳ	试验	试验报告	绕组电容变化大于5%
	铁心及夹件绝缘	Ⅰ	试验	试验报告	铁心多点接地,但运行中通过采取限流措施,铁心/夹件接地电流一般不大于0.1 A
		Ⅱ	试验	试验报告	铁心/夹件接地电流在0.1 A~0.3 A
		Ⅳ	试验	试验报告	铁心/夹件接地电流超过0.3 A
	绕组频率响应测试	Ⅳ	试验	试验报告	绕组频率响应测试反应绕组有变形
	短路阻抗	Ⅰ	试验	试验报告	短路阻抗与原始值有差异,但偏差小于2%
		Ⅱ	试验	试验报告	短路阻抗与原始值的差异大于2%,但小于3%
		Ⅳ	试验	试验报告	短路阻抗与原始值的差异大于3%
	泄漏电流	Ⅱ	试验	试验报告	历次相比变化30%~50%
		Ⅳ	试验	试验报告	历次相比变化大于50%
	绕组绝缘电阻、吸收比或极化指数	Ⅳ	试验	试验报告	绝缘电阻不满足规程要求
	油介质损耗因数 $\tan\delta$	Ⅱ	试验	试验报告	110 kV~220 kV 变压器 $\tan\delta \geq 4\%$; 330 kV 及以上变压器油击穿电压小于50 kV
	油击穿电压	Ⅱ	试验	试验报告	110 kV~220 kV 变压器油击穿电压小于或等于35 kV 330 kV 及以上变压器油击穿电压小于或等于50 kV
	水分	Ⅱ	试验	试验报告	110(66)kV 变压器水分大于或等于35 mg/L 220 kV 变压器水分大于或等于25 mg/L 330 kV 变压器水分大于或等于15 mg/L

表 D.2 (续)

关键部件	状态量		劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
变压器本体	油中含气量		Ⅱ	试验	试验报告	500 kV 变压器油中含气量(体积分数)大于 3%
	绝缘纸聚合度		Ⅳ	试验	试验报告	绝缘纸聚合度小于或等于 250
	红外测温		Ⅱ	试验	试验报告	油箱红外测温异常
	油中溶解气体分析	总烃	Ⅱ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	总烃含量大于 150 $\mu\text{L/L}$
			Ⅲ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	产气速率大于每月 10%
			Ⅳ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	总烃含量大于 150 $\mu\text{L/L}$ 且有增长趋势,但产气速率大于每月 10%
		乙炔	Ⅱ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	乙炔含量大于注意值
		CO、CO ₂	Ⅱ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	CO 有明显增长
		H ₂	Ⅱ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	含量大于 150 $\mu\text{L/L}$
	中性点直流电流测试			在线/ 定期检测	电流互感器/ 检测记录	中性点直流电流小于 1A 为正常
			Ⅲ	在线/ 定期检测	电流互感器/ 检测记录	中性点直流电流大于 3A
变压器套管	外绝缘		Ⅳ	巡视	巡检记录	外绝缘爬距不满足要求,且未采取措施
	外观		Ⅰ	巡视	巡检记录	瓷件有面积微小的脱釉情况或套管有轻微渗漏
			Ⅳ	巡视	巡检记录	套管出现严重渗漏
	油位指示		Ⅳ	在线/巡视	液位变送器/巡检记录	油位异常
	绝缘电阻		Ⅰ	定期试验	试验报告	主屏小于 10 000 M Ω 或末屏小于 1 000 M Ω
	介质损耗因数		Ⅲ	定期试验	试验报告	介损因数值达到标准限制的 70%,且变化大于 30%
			Ⅳ	定期试验	试验报告	介损因数值超过标准要求
	电容量		Ⅲ	定期试验	试验报告	与出厂值或前次实验值相比,偏差大于 5%
	油中溶解气体分析	总烃	Ⅱ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	总烃含量大于 150 $\mu\text{L/L}$
			Ⅲ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	产气速率大于每月 10%
			Ⅳ	在线/ 定期检测	油色谱分析仪/ 检测记录	总烃含量大于 150 $\mu\text{L/L}$ 且有增长趋势,但产气速率大于每月 10%

表 D.2 (续)

关键部件	状态量		劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
变压器本体	油中溶解气体分析	C ₂ H ₂	Ⅱ	在线/定期检测	油色谱分析仪/检测记录	乙炔含量大于注意值
		CO、CO ₂	Ⅱ	在线/定期检测	油色谱分析仪/检测记录	CO 有明显增长
		H ₂	Ⅱ	在线/定期检测	油色谱分析仪/检测记录	含量大于 150 μL/L
	红外测温		Ⅳ	定期试验	试验报告	接头发热或套管本体温度分布异常
冷却(散热)器系统	电机运行		Ⅰ	巡检	巡检记录	风机运行异常
			Ⅳ	巡检	巡检记录	油泵、水泵及油流继电器工作异常
	冷却装置控制系统		Ⅳ	巡检	巡检记录	冷却器控制系统异常
	冷却装置散热效果		Ⅰ	巡检	巡检记录	冷却装置表面有积污,但对冷却效果影响较小
			Ⅳ	巡检	巡检记录	冷却装置表面积污严重,对冷却效果影响明显
	水冷却器			巡检	巡检记录	冷却管有渗漏
	渗油		Ⅰ	巡检	巡检记录	有轻微渗油,未形成油滴,部位位于非负压区
	漏油		Ⅳ	巡检	巡检记录	渗漏位于非负压区或油滴速度快于每滴 5 s 或形成油流
			Ⅰ	巡检	巡检记录	有轻微渗油,未形成油滴,部位位于非负压区
	油位		Ⅱ	在线/巡检	油位开关/巡检记录	油位异常
有载分接开关	呼吸器		Ⅱ	巡检	巡检记录	呼吸器油封异常,或呼吸器呼吸不通畅,或硅胶潮解变色部分超过总量的 1/3 或硅胶自上而下变色
			Ⅳ	巡检	巡检记录	呼吸器无呼吸
	分接位置		Ⅳ	巡检	巡检记录	有载分接开关的分接位置异常
	渗漏		Ⅰ	巡检	巡检记录	有轻微渗漏
			Ⅳ	巡检	巡检记录	渗漏严重
	切换次数		Ⅳ	在线	监控系统	分接开关切换次数超过厂家规定检修次数未检修
	与前次检修间隔		Ⅳ	记录	检修记录	超出制造厂规定检修时间间隔
	在线滤油装置		Ⅱ	在线	压力变送器	在线滤油装置压力异常
			Ⅳ	在线/记录	压力变送器/检修记录	未按制造厂规定维护
	传动机构		Ⅳ	在线	监控系统	电动机运行异常或传动机构传动卡涩
	限位装置失灵		Ⅳ	在线	监控系统	装置失灵

表 D.2 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
变压器本体	滑挡	Ⅳ	在线	监控系统	滑挡
	控制回路	Ⅳ	在线	监控系统	控制回路失灵,过流闭锁异常
	动作特性	Ⅳ	试验	试验报告	动作特性试验不合格
	油耐压	Ⅳ	试验	试验报告	不合格
无励磁分接开关	操动机构及档位指示	Ⅱ	巡检	巡检记录	档位指示模糊或机械闭锁不可靠

气体绝缘金属封闭开关设备关键部件状态量及其评价标准参见表 D.3。

表 D.3 气体绝缘金属封闭开关设备关键部件评价项目及评价标准

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
断路器	同厂、同型、同期设备的故障信息	Ⅱ	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
		Ⅳ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	累计开断短路电流值(折算后)	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	小于但达到厂家规定值 80%
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	大于厂家规定值
	累计机械操作次数	Ⅰ	运行巡检	巡检记录	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%
		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	机械操作大于厂家规定次数的 80% 且少于厂家规定次数
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	机械操作大于厂家规定次数
	放电声	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现放电声
	振动和异常声响	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现振动和异常声响
	控制辅助回路元器件工作状态	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	元器件损坏、失灵、端子排锈蚀、脏污严重或接线桩头松动发热
	油泵或空压机启动次数	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	24 h 启动次数超过厂家规定值
		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	24 h 启动次数超过厂家规定值且有明显增加的趋势
	油泵或空压机单次打泵时间	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	单次打泵时间超过厂家规定值
	汇控柜或机构箱密封	Ⅰ	运行巡检	巡检记录	密封不良
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	密封不良,箱内有积水
	机构电动机运行情况	锈蚀	Ⅲ	运行巡检	电机外壳严重锈蚀
		异响	Ⅱ	运行巡检	电机有异响
		损坏	Ⅳ	运行巡检	电机烧损或停转

表 D.3 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
断路器	缓冲器	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	漏油或外观异常
	自动排污装置	I	运行巡检	巡检记录	失灵
	压缩机	I	运行巡检	巡检记录	润滑油乳化
	汽水分离器	I	运行巡检	巡检记录	不能正常工作
	油(气)压力表	I	运行巡检	巡检记录	指示不正常
	操作压力下降值	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	不满足制造厂技术条件
	储压筒	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	渗油、压力异常或漏氮
	分合闸弹簧	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	锈蚀
	分合闸弹簧	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	卡涩
	压力开关	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	失灵或卡涩
	SF ₆ 压力表及密度继电器	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	外观有破损或有渗漏油
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	压力表指示异常
	机构传动部件	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	部件脱落、有裂纹,紧固件松动等现象
	接地连接锈蚀	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	接地连接有锈蚀或油漆剥落
	接地连接松动	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	基础及支架	基础破损	Ⅳ	运行巡检	基础有严重破损或开裂
		基础下沉	Ⅲ	运行巡检	基础有轻微下沉或倾斜
			Ⅳ	运行巡检	基础有严重下沉或倾斜,影响设备安全
		支架锈蚀	Ⅳ	运行巡检	运行支架有严重锈蚀
		支架松动	Ⅳ	运行巡检	支架有松动或变形
	设备标牌	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	二次回路绝缘电阻	Ⅲ	试验	检测报告	二次回路绝缘电阻低于 2 MΩ
	导电回路电阻测量	Ⅱ	试验	检测报告	和出厂值比较有明显增长但不超过 20%
		Ⅲ	试验	检测报告	超过出厂值的 20%但小于 50%
		Ⅳ	试验	检测报告	超过出厂值的 50%
	三相不一致保护	Ⅲ	试验	检测报告	功能检查不正常
	防跳功能	Ⅲ	试验	检测报告	功能检查不正常
	辅助开关	Ⅳ	试验	检测报告	出现卡涩或接触不良等现象
	操作电压试验	Ⅳ	试验	检测报告	分合闸脱扣器不满足下列要求: 合闸脱扣器能在其额定电压的 85%~110% 范围内可靠动作;分闸脱扣器能在其额定电源电压 65%~110%(直流)或 85%~110%(交流)范围内可靠动作。当电压低至额定值的 30%时不脱扣

表 D.3 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
断路器	分合闸线圈电阻	Ⅳ	试验	检测报告	大于制造厂规定值的 1.2 倍
	机械特性	Ⅳ	试验	检测报告	分合闸同期性不符合制造厂规定值;分合闸时间、速度不符合制造厂规定值
	SF ₆ 气体密度	Ⅰ	定期检测	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
		Ⅱ	定期检测	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年且大于半年
		Ⅲ	定期检测	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年
	SF ₆ 气体湿度	Ⅱ	试验	检测报告	运行中微水值达到 300 μL /L
		Ⅲ	试验	检测报告	运行中微水值大于 300 μL /L 且有快速上升趋势
		Ⅳ	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL /L 且有快速上升趋势
隔离开关及接地开关	同厂、同型、同期设备的故障信息	Ⅱ	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
		Ⅳ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	累计机械操作次数	Ⅰ	在线/巡检	巡检记录	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%
		Ⅱ	在线/巡检	巡检记录	机械操作大于厂家规定次数的 80% 且少于厂家规定次数
		Ⅳ	在线/巡检	巡检记录	机械操作大于厂家规定次数
	快速接地开关累计关合短路电流(折算后)	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	小于但达到制造厂规定值 80%
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	超过制造厂规定值
	振动和异常声响	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现振动和异常声响
	放电声	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现放电声
	机构箱密封	Ⅰ	运行巡检	巡检记录	密封不良
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	密封不良,箱内有积水
	机构电动机运行情况	锈蚀	Ⅲ	运行巡检	电机外壳严重锈蚀
		异响	Ⅱ	运行巡检	电机有异响
		损坏	Ⅳ	运行巡检	电机烧损或停转
	控制辅助回路元件工作状态	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	元器件损坏、失灵、端子排锈蚀、脏污严重或接线桩头松动发热
	机构传动部件	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	部件脱落、有裂纹,紧件松动等现象
	SF ₆ 压力表及密度继电器	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	外观有破损或有渗漏油
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	压力表指示异常
	接地连接锈蚀	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	接地连接有锈蚀或油漆剥落

表 D.3 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
隔离开关及接地开关	接地连接松动	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	设备标牌	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	二次回路绝缘电阻	Ⅱ	试验	检测报告	绝缘电阻低于 2 MΩ
	机构电动机绝缘电阻	Ⅳ	试验	检测报告	储能电机绝缘电阻低于 0.5 MΩ
	导电回路电阻测量	Ⅰ	试验	检测报告	和出厂值比较有明显增长但不超过 20%
		Ⅱ	试验	检测报告	超过出厂值的 20%但小于 50%
		Ⅲ	试验	检测报告	超过出厂值的 50%
	辅助开关	Ⅳ	试验	检测报告	出现卡涩或接触不良等现象
	SF ₆ 气体密度	Ⅰ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
		Ⅱ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年大于半年
		Ⅲ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年
	SF ₆ 气体湿度	Ⅱ	试验	检测报告	运行中微水值达到 500 μL/L
		Ⅲ	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL/L 且有快速上升趋势
		Ⅳ	试验	检测报告	运行中微水值大于 800 μL/L 且有快速上升趋势
	机械连锁和传动	Ⅳ	试验	检测报告	机械连锁性能不可靠;机械传动分合不到位
电流互感器	同厂、同型、同期设备的故障信息	Ⅱ	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
		Ⅳ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	振动和异常声响	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现振动和异常声响
	放电声	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现放电声
	机构箱密封	Ⅰ	运行巡检	巡检记录	密封不良
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	密封不良,箱内有积水
	控制辅助回路元件工作状态	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	元器件损坏、失灵、端了排锈蚀、脏污严重或接线桩头松动发热
	SF ₆ 压力表及密度继电器	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	外观有破损或有渗漏油
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	压力表指示异常
	接地连接锈蚀	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	接地连接有锈蚀或油漆剥落
	接地连接松动	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	设备标牌	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳	Ⅱ	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	二次绕组电阻	Ⅲ	试验	检测报告	与出厂值明显偏差
	二次绕组绝缘电阻	Ⅱ	试验	检测报告	绝缘电阻低于 2 MΩ

表 D.3 (续)

关键部件	状态量		劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
电流互感器	SF ₆ 气体密度		I	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
			II	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年大于半年
			III	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年
	SF ₆ 气体湿度		II	试验	检测报告	运行中微水值达到 500 μL /L
			III	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL /L 且有快速上升趋势
			IV	试验	检测报告	运行中微水值大于 800 μL /L 且有快速上升趋势
避雷器	同厂、同型、同期设备的故障信息		II	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
			IV	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	在线检测泄漏电流表指示值		III	运行巡检	巡检记录	与投运时偏差较大
	振动和异常声响		III	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现振动和异常声响
	放电声		IV	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现放电声
	在线检测泄漏电流表状况		I	运行巡检	巡检记录	异常
	SF ₆ 压力表及密度继电器		III	运行巡检	巡检记录	外观有破损或有渗漏油
			IV	运行巡检	巡检记录	压力表指示异常
	接地连接锈蚀		II	运行巡检	巡检记录	接地连接有锈蚀或油漆剥落
	接地连接松动		III	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
			IV	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	基础及支架	基础破损	IV	运行巡检	巡检记录	基础有严重破损或开裂
		基础下沉	III	运行巡检	巡检记录	基础有轻微下沉或倾斜
			IV	运行巡检	巡检记录	基础有严重下沉或倾斜,影响设备安全
		支架锈蚀	IV	运行巡检	巡检记录	运行支架有严重锈蚀
		支架松动	IV	运行巡检	巡检记录	支架有松动或变形
	设备标牌		II	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳		II	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	运行电压下交流泄漏电流阻性分量		III	试验	检测报告	与出厂值明显偏差
	在线检测泄漏电流表动作状况		I	试验	检测报告	动作试验不合格
	SF ₆ 气体密度		I	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
			II	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年大于半年
			III	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年

表 D.3 (续)

关键部件	状态量		劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
避雷器	SF ₆ 气体湿度		Ⅱ	试验	检测报告	运行中微水值达到 500 μL/L
			Ⅲ	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL/L 且有快速上升趋势
			Ⅳ	试验	检测报告	运行中微水值大于 800 μL/L 且有快速上升趋势
电压互感器	同厂、同型、同期设备的故障信息		Ⅱ	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
			Ⅳ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	振动和异常声响		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现振动和异常声响
	放电声		Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行中内部出现放电声
	SF ₆ 压力表及密度继电器		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	外观有破损或有渗漏油
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	压力表指示异常
	接地连接锈蚀		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	接地连接有锈蚀或油漆剥落
	接地连接松动		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	基础及支架	基础破损	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	基础有严重破损或开裂
		基础下沉	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	基础有轻微下沉或倾斜
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	基础有严重下沉或倾斜,影响设备安全
		支架锈蚀	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行支架有严重锈蚀
		支架松动	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	支架有松动或变形
	设备标牌		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	二次绕组绝缘电阻		Ⅱ	试验	检测报告	绝缘电阻低于 2 MΩ
	一次绕组直流电阻		Ⅲ	试验	检测报告	与出厂值明显偏差
	二次绕组直流电阻		Ⅲ	试验	检测报告	与出厂值明显偏差
	SF ₆ 气体密度		Ⅰ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
			Ⅱ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年大于半年
			Ⅲ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年
			Ⅱ	试验	检测报告	运行中微水值达到 500 μL/L
			Ⅲ	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL/L 且有快速上升趋势
			Ⅳ	试验	检测报告	运行中微水值大于 800 μL/L 且有快速上升趋势
套管	同厂、同型、同期设备的故障信息		Ⅱ	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
			Ⅳ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	爬电比距		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	不满足最新污秽等级要求且没有采取防污闪措施
	爬电系数		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	不满足要求

表 D.3 (续)

关键部件	状态量		劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
套管	导电连接点 红外热像检测		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	相对温差在 40%～95%或温升在 30 K～65 K
	瓷套污染		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	瓷套外表有明显污秽
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	瓷套外表有严重污秽
	瓷套破坏		Ⅰ	运行巡检	巡检记录	瓷套有轻微破损
			Ⅱ	运行巡检	巡检记录	瓷套有较严重破损,但破损位不影响短期运行
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	瓷套有严重破损或裂纹
	瓷套放电		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	瓷套外表面有轻微放电或轻微电晕
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	瓷套外表面有明显放电或较严重电晕
	均压环	均压环锈蚀	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	均压环严重锈蚀
		均压环 变形	Ⅰ	运行巡检	巡检记录	均压环有轻微变形
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	均压环有严重变形
		均压环 破损	Ⅰ	运行巡检	巡检记录	均压环外观有轻微破损
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	均压环外观有严重破损
		接地连接锈蚀		Ⅱ	运行巡检	巡检记录
	接地连接松动		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	基础及 支架	基础破损	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	基础有严重破损或开裂
		基础下沉	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	基础有轻微下沉或倾斜
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	基础有严重下沉或倾斜,影响设备安全
		支架锈蚀	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行支架有严重锈蚀
		支架松动	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	支架有松动或变形
	设备标牌		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	SF ₆ 气体密度		Ⅰ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
			Ⅱ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年大于半年
			Ⅲ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年
	SF ₆ 气体湿度		Ⅱ	试验	检测报告	运行中微水值达到 500 μL/L
			Ⅲ	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL/L 且有快速上升趋势
			Ⅳ	试验	检测报告	运行中微水值大于 800 μL/L 且有快速上升趋势

表 D.3 (续)

关键部件	状态量		劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
母线	同厂、同型、同期设备的故障信息		Ⅱ	家族缺陷	检修记录	一般缺陷未整改
			Ⅳ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
	SF ₆ 压力表及密度继电器		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	外观有破损或有渗漏油
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	压力表指示异常
	接地连接锈蚀		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	接地连接有锈蚀或油漆剥落
	接地连接松动		Ⅲ	运行巡检	巡检记录	接地引线松动
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	接地线已脱落,设备与接地断开
	基础及支架	基础破损	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	基础有严重破损或开裂
		基础下沉	Ⅲ	运行巡检	巡检记录	基础有轻微下沉或倾斜
			Ⅳ	运行巡检	巡检记录	基础有严重下沉或倾斜,影响设备安全
		支架锈蚀	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	运行支架有严重锈蚀
		支架松动	Ⅳ	运行巡检	巡检记录	支架有松动或变形
	设备标牌		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	设备编号标识不齐全或模糊不能辨识
	设备外壳		Ⅱ	运行巡检	巡检记录	锈蚀或变形
	导电回路电阻测量		Ⅰ	试验	检测报告	和出厂值比较有明显增长但不超过 20%
			Ⅱ	试验	检测报告	超过出厂值的 20%但小于 50%
			Ⅲ	试验	检测报告	超过出厂值的 50%
	SF ₆ 气体密度		Ⅰ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔大于一年且小于两年
			Ⅱ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于一年大于半年
			Ⅲ	试验	检测报告	SF ₆ 气体两次补气间隔小于半年
	SF ₆ 气体湿度		Ⅱ	试验	检测报告	运行中微水值达到 500 μL/L
			Ⅲ	试验	检测报告	运行中微水值大于 500 μL/L 且有快速上升趋势
			Ⅳ	试验	检测报告	运行中微水值大于 800 μL/L 且有快速上升趋势

高压电缆关键部件状态量及其评价标准参见表 D.4。

表 D.4 高压电缆关键部件评价项目及评价标准

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
电缆本体	同厂、同型、同期设备的故障信息	Ⅲ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
		Ⅳ	家族缺陷	检修记录	危急缺陷未整改
	电缆投运时间	Ⅱ	记录	检修记录	运行时间超过使用寿命

表 D.4 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
电缆本体	电缆过载运行	Ⅱ	在线监测/巡检	巡检记录	负荷超过电缆额定负荷
	本体变形	Ⅲ	巡检	巡检记录	电缆本体遭受外力出现明显变形
	主绝缘电阻 ^a (单芯电缆)	Ⅳ	试验	检测报告	在排除测量仪器和天气因素后,主绝缘电阻值与上次测量相比明显下降
		Ⅲ	试验	检测报告	各相之间主绝缘电阻值不平衡系数大于2
	主绝缘电阻 ^a (多芯电缆)	Ⅳ	试验	检测报告	在排除测量仪器和天气因素后,主绝缘电阻值与上次测量相比明显下降
	自容充油电缆 油耐压试验 ^b	Ⅳ	试验	检测报告	电缆油击穿电压小于50 kV
	自容充油电缆油介 质损耗因数试验 ^b	Ⅳ	试验	检测报告	在油温 100 °C ± 1 °C 和场强 1 MV/m 条件下,介质损耗因数大于或等于 0.005
	橡塑电缆主绝缘 耐压试验	Ⅳ	试验	检测报告	220 kV 及以上电压等级:电压为 1.36 U_n (U_n 为额定电压),时间为 5 min; 110 kV/66 kV 电压等级:电压为 1.6 U_n ,时间为 5 min; 66 kV 以下电压等级:电压为 2 U_n ,时间为 5 min。
	外护套及内衬层 绝缘电阻测试	Ⅰ	试验	检测报告	每千米绝缘电阻:0.1 MΩ~0.5 MΩ
		Ⅱ	试验	检测报告	每千米绝缘电阻 0.1 MΩ 以下
	橡塑电缆护套耐 受能力	Ⅳ	试验	检测报告	每段电缆金属屏蔽或过电压保护层与地之间施加 5 kV 直流电压,60 s 内击穿
	充油电缆外护套和 接头护套耐受能力 ^b	Ⅳ	试验	检测报告	每段电缆金属屏蔽或过电压保护层与地之间施加 6 kV 直流电压,60 s 内击穿
	外护层接地电流测试	Ⅱ	试验	检测报告	下列任一条件满足: (1)接地电流 ≥ 100 A 且 ≤ 200 A; (2)接地电流/负荷电流比值 ≥ 20% 且 ≤ 50%; (3)单相接地电流最大值/最小值 ≥ 3 且 ≤ 5
		Ⅲ	试验	检测报告	下列任一条件满足: (1)接地电流 > 200 A; (2)接地电流/负荷电流比值 > 50%; (3)单相接地电流最大值/最小值 > 5
	电缆线路负荷过载	Ⅱ	试验	检测报告	电缆因运行方式改变,短时间(不超过 3 h)超额定负荷运行
		Ⅲ	试验	检测报告	电缆长期(超过 3 h)超额定负荷运行
	同厂、同型、同期 设备的故障信息	Ⅰ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
		Ⅱ	家族缺陷	检修记录	危急缺陷未整改
	终端固定部件外观	Ⅰ	巡检	巡检记录	固定件松动、锈蚀、支撑瓷瓶外套开裂
		Ⅱ	巡检	巡检记录	且未采取整改措施;底座倾斜

表 D.4（续）

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
电缆终端	防雨罩外观	I	巡检	巡检记录	存在老化、破损情况但不影响设备
		II	巡检	巡检记录	存在老化、破损情况,且存在漏水现象
	外绝缘	II	巡检	巡检记录	外绝缘爬距不满足要求,但采取措施
		IV	巡检	巡检记录	外绝缘爬距不满足要求,且未采取措施
	终端套管外绝缘	III	巡检	巡检记录	存有破损、裂纹
		IV	巡检	巡检记录	存有明显放电痕迹、异味和异常响声
	套管密封	I	巡检	巡检记录	存在渗油现象
		II	巡检	巡检记录	存在严重渗油或漏油现象,终端尾管下方存在大片油迹
	瓷质终端瓷套或支撑绝缘子损伤情况	IV	巡检	巡检记录	瓷套管龟裂损伤
		III	巡检	巡检记录	瓷套管有较大破损,表面硬伤超过 200 mm ²
		II	巡检	巡检记录	瓷套管有细微破损,表面硬伤 200 mm ² 以下
	终端瓷套脏污情况	IV	巡检	巡检记录	瓷套表面积污严重。盐密和灰密达到最高运行电压下能够耐受盐密和灰密值的 50% 以上
		II	巡检	巡检记录	瓷套表面中度积污。盐密和灰密达到最高运行电压下能够耐受盐密和灰密值的 30%~50%
		I	巡检	巡检记录	瓷套表面轻微积污。盐密和灰密达到最高运行电压下能够耐受盐密和灰密值的 20%~30%
	电缆终端外观	I	巡检	巡检记录	存在破损情况(破损长度 10 mm 以下);或存在龟裂现象(长度 10 mm 以下)
		II	巡检	巡检记录	存在破损情况(破损长度 10 mm 以上);或存在龟裂现象(长度 10 mm 以上)
		III	巡检	巡检记录	存在破损情况(贯穿性破损);或存在龟裂现象(贯穿性龟裂)
	电缆终端与金属部件连接部位红外测温	I	试验	巡检记录	同一线路三相相同位置部件(下同)相对温差超过 6℃但小于 10℃
		II	试验	巡检记录	同一线路三相相同位置部件相对温差大于 10℃
	电缆套管本体红外测温	I	试验	巡检记录	本体相间相对温差大于超过 2℃但小于 4℃
		II	试验	巡检记录	本体相间相对温差大于或等于 4℃

表 D.4 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
附属设施	电缆支架外观	I	巡检	巡检记录	存在锈蚀、破损情况
	电缆支架接地性能	I	巡检	巡检记录	存在接地不良(大于 $2\ \Omega$)现象
	抱箍外观	I	巡检	巡检记录	存在螺栓脱落、缺失、锈蚀情况
		I	巡检	巡检记录	未采取隔磁措施
	接地箱外观	I	巡检	巡检记录	存在箱体损坏、保护罩损坏、基础损坏情况
	交叉互联保护器外观	II	巡检	巡检记录	存在保护器损坏情况
	交叉互联换位情况	III	巡检	巡检记录	存在交叉互联换位错误现象
	交叉互联箱母排对地绝缘	III	巡检	巡检记录	存在母排与接地箱外壳不绝缘现象
	主接地引线接地状态	III	巡检	巡检记录	连接不良(大于 $1\ \Omega$)现象
	主接地引线破损	I	巡检	巡检记录	存在破损现象,接地线外护套破损
		II	巡检	巡检记录	接地电缆受损股数占全部股数小于 20%
		III	巡检	巡检记录	接地电缆受损股数占全部股数大于或等于 20%
	接地(或交叉互联)箱连通性	I	巡检	巡检记录	接地存在接地不良(大于 $1\ \Omega$ 但小于 $2\ \Omega$)情况
		II	巡检	巡检记录	接地箱存在接地不良(大于 $2\ \Omega$)情况
	回流线连通性	II	巡检	巡检记录	连接不良(大于 $1\ \Omega$)情况
	回流线破损	I	巡检	巡检记录	回流线外护套破损
		II	巡检	巡检记录	回流电缆受损股数占全部股数小于 20%
		III	巡检	巡检记录	回流电缆受损股数占全部股数大于或等于 20%
	充油电缆供油装置 ^b	II	巡检	巡检记录	存在渗油情况
		III	巡检	巡检记录	存在漏油情况
	充油电缆压力箱供油量 ^b	III	巡检	巡检记录	小于供油特性曲线所代表的标称供油量的 90%
	充油电缆压力表计 ^b	I	巡检	巡检记录	压力表计损坏
	防火措施	I	巡检	巡检记录	防火槽盒、防火涂料、防火阻燃带存在脱落
	标示牌	I	巡检	巡检记录	电缆线路铭牌、线路相位指示牌、路径指示牌、接地箱(交叉互联箱)铭牌、警示牌标识不清或错误
	在线监测设备	I	巡检	巡检记录	出现功能异常现象
	设备线夹、连接导线红外测温	I	试验	检测报告	同一线路三相相同位置部件(下同)相对温差大于或等于 20%且小于 80%
		II	试验	检测报告	同一线路三相相同位置部件相对温差大于或等于 80%且小于 95%或热点温度大于 $80\ ^\circ\text{C}$ 且小于 $110\ ^\circ\text{C}$
		III	试验	检测报告	同一线路三相相同位置部件相对温差小于 95%或热点温度大于或等于 $110\ ^\circ\text{C}$

表 D.4 (续)

关键部件	状态量	劣化程度	数据获取方式	数据来源	评价标准
附属设施	交叉互联系统直流耐压试验	Ⅲ	试验	检测报告	电缆外护套、绝缘接头外护套、绝缘夹板对地施加 5 kV, 加压时间为 60 s
	交叉互联系统过电压保护器及其引线对地绝缘	Ⅲ	试验	检测报告	1 000 V 条件下, 大于 10 MΩ
	交叉互联系统连接片接触电阻测试	Ⅱ	试验	检测报告	要求不大于 20 μΩ 或满足设备技术文件要求
	充油电缆油压示警系统控制电缆对地绝缘电阻 ^b	Ⅰ	试验	检测报告	250 V 兆欧表测量, 绝缘电阻(MΩ)与被试电缆长度(km)乘积不小于 1
中间接头	同厂、同型、同期设备的故障信息	Ⅲ	家族缺陷	检修记录	严重缺陷未整改
		Ⅳ	家族缺陷	检修记录	危急缺陷未整改
	中间接头护套接地连通性	Ⅱ	巡检	巡检记录	接地联通存在连接不良(大于 1Ω)现象
	铜外壳外观	Ⅱ	巡检	巡检记录	存在变形现象, 但不影响正常运行
		Ⅲ	巡检	巡检记录	存在变形现象, 有可能威胁正常运行
	铜壳密封性	Ⅲ	巡检	巡检记录	存在内部密封胶向外渗漏现象
	密封胶	Ⅱ	巡检	巡检记录	存在未凝固、未填满以及由于配比错误导致阻水性下降现象
	环氧外壳密封	Ⅱ	巡检	巡检记录	存在内部密封胶向外渗漏现象
	接头底座(支架)	Ⅰ	巡检	巡检记录	存在锈蚀和损坏情况
过电压保护器	过电压保护器外观	Ⅰ	巡检	巡检记录	存在连接松动、破损
		Ⅰ	巡检	巡检记录	连接引线断股、脱落、螺栓缺失
	过电压保护器动作指示器	Ⅰ	巡检	巡检记录	存在图文不清、进水和表面破损
		Ⅱ	巡检	巡检记录	误指示
	过电压保护器均压环	Ⅱ	巡检	巡检记录	存在脱落、移位现象
		Ⅲ	巡检	巡检记录	存在缺失
	过电压保护器电气性能	Ⅳ	试验	检测报告	直流耐压不合格或泄漏电流超标
^a 为该项内容仅适用于可进行对电缆主绝缘进行测试的电力电缆, 而不适用于无绝缘屏蔽层结构电缆。 ^b 为部分电缆特有的元器件, 如没有则该项不进行评价。					



附 录 E
(资料性附录)
主设备状态评价报告

主设备状态评价报告样例见表 E.1。

表 E.1 主设备状态评价报告样例

×××公司×××设备状态评价报告					
设备资料	安装地点		运行编号		型号
	制造厂家		设计水头		设计出力
	额定转速		设计流量		轮叶数
	转轮直径		出厂编号		出厂日期
	投运日期		上次检修日期		
部件评价结果					
评价指标	主轴及转轮	导轴承	顶盖	导水机构	
单项最大扣分					
合计扣分					
状态					
评价指标	供气系统	压力管道及蜗壳	尾水管	供油系统	
单项最大扣分					
合计扣分					
状态					
评价指标	供水系统				
单项最大扣分					
合计扣分					
状态					
评价结果：					
扣分状态量状态描述	主要扣分情况：描述重要状态量扣分项情况，如一般状态量评价为最差状态时，也需描述				
检修策略					
评价时间：					
评价人：			审核：		

附录 F

(资料性附录)

设备风险评估模型及评估报表

F.1 设备风险评估模型

设备风险评估模型建立需综合考虑资产、资产损失程度和设备故障率等因素：

a) 资产计算

资产(A)计算按公式(F.1)：

$$A = W_{A1}A_1 + W_{A2}A_2 + W_{A3}A_3 \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

W_{A1} 、 W_{A2} 、 W_{A3} ——分别为设备价值、用户等级和设备地位的权重，取值范围(0~1)，权重之和等于1；
 A_1 、 A_2 、 A_3 ——分别为设备价值、用户等级和设备地位的资产因素，设备价值 A_1 综合考虑设备的容量、电压等级、运行年限等确定取值(1~10)；用户等级 A_2 可按照一级用户10，二级用户6，三级用户3取值；设备地位 A_3 可按照该设备在电厂发电系统中是否满足 N-1 原则取值(1~10)。

b) 资产损失程度计算

资产损失程度(F)由成本、环境和安全三个要素的损失程度确定，见公式(F.2)：

$$F = W_{F1}F_1 + W_{F2}F_2 + W_{F3}F_3 \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

W_{F1} 、 W_{F2} 、 W_{F3} ——分别为成本要素、环境要素和安全要素损失程度的权重，取值范围(0~1)权重之和等于1；
 F_1 、 F_2 、 F_3 ——分别为成本要素、环境要素和安全要素的损失程度。

c) 设备故障率的计算

设备故障分布一般遵循浴盆曲线，通常设备进入稳定运行期(或偶发故障期)，故障率随时间变化基本稳定，故障概率符合指数分布，参考输变电设备的风险评估，计算设备故障率如公式(F.3)：

$$P(d) = A \times e^{B \times d} \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

式中：

$P(d)$ ——被评价设备健康指数为 d 时的设备故障率；
 A ——指数比例系数；
 B ——指数曲率系数。

只要确定 A 、 B 两个系数，就可以计算出不同健康指数下的设备故障率，已知在一个统计周期内，故障设备的台数计算如公式(F.4)：

$$N = \sum_{i=1}^4 P(d_i) \times N_i \quad \dots\dots\dots (F.4)$$

式中：

N ——统计周期内故障设备的总台数；
 N_i ——状态等级 $i=1\sim 4$ (将设备状态分级分为：正常、注意、异常和严重四级)，健康指数分别落在 1~4 等级区间内的设备台数；
 d_i ——健康指数，取区间中值。

收集二年以上设备故障的历史数据，按照每个评价年得到一个算式，有两组以上的数据，通过反演



计算就可以确定公式(F.3)中的 A 和 B 。

当设备超过服役期之后,在给定的继续服役时间内,设备故障概率进入损耗期,即浴盆曲线的末端,故障的概率符合威布尔分布(指数 $m-1>0$ 时),相应的故障率模型系数确定方法同上。

d) 风险评估模型

根据以上计算结果建立设备风险评估模型见公式(F.5):

$$R(t) = A(t) \times F(t) \times P(t) \quad \dots\dots\dots (F.5)$$

式中:

- t ——某个时刻;
 $R(t)$ —— t 时刻设备风险值;
 $A(t)$ —— t 时刻资产;
 $F(t)$ —— t 时刻资产损失程度;
 $P(t)$ —— t 时刻设备平均故障率。

F.2 典型的水电厂主要设备风险评估报表

典型的水电厂主要设备风险评估报表参见表 F.1 和表 F.2。

表 F.1 水电厂主要设备风险评估报表样例

设备名称:水轮发电机组

序号	设备名称		目前状态及评估			未来某个时期健康状态及评估		
			目前存在的缺陷或异常现象	风险评估	修复工期	潜在的缺陷或异常现象	风险评估	修复工期
1	1F	水轮机						
		发电机(机械)						
		调速及非电量监测系统						
		电气一次设备						
2	2F	水轮机						
		发电机(机械)						
		调速及非电量监测系统						
		电气一次设备						

表 F.2 水电厂主要设备风险评估报表样例

设备名称:变压器、电抗器及附属设备

序号	设备名称		目前状态及评估			未来某个时期健康状态及评估		
			目前存在的缺陷或异常现象	风险评估	修复工期	潜在的缺陷或异常现象	风险评估	修复工期
1	1号变压器	变压器本体						
		变压器附属设备						
		二次设备						

表 F.2（续）

序号	设备名称		目前状态及评估			未来某个时期健康状态及评估		
			目前存在的缺陷或异常现象	风险评估	修复工期	潜在的缺陷或异常现象	风险评估	修复工期
2	2 号变压器	变压器本体						
		变压器附属设备						
		二次设备						



附 录 G
(资料性附录)
主设备综合报告内容示例

G.1 设备属性

包括设备标识、设备型号、基本技术参数、投运时间和历史检修信息等。

G.2 水轮发电机组状态分析

机组状态分析内容主要包括：

- a) 运行状态分析：包括机组的温度、压力、间隙、绝缘、电流、电压和稳定性能等进行综合分析和评价；
- b) 稳定性分析：对振动、摆度、水压脉动和导轴承温度等参数进行分析；
- c) 发电机绝缘性能分析：对发电机局部放电、臭氧含量、磁通量和转子接地电阻等与发电机绝缘性能相关参数进行分析；
- d) 发电机冷却系统分析：对定子铁芯、绕组、齿压板、转子和空冷器进出口水温等进行分析；
- e) 运行方式分析：对运行时间、平均负荷、启停次数、启停时间、可利用率和效率等进行统计分析。

G.3 变压器状态分析

变压器油中气体、温度、油位、局部放电和铁芯夹件接地电流等进行分析。

G.4 气体绝缘金属封闭开关设备状态分析

对绝缘气体的微水密度、压力、局部放电、分解物和动作特性等进行分析。

G.5 高压电缆状态分析

对高压电缆的绝缘性能、接地电流和温度等进行分析。

G.6 故障分析

故障的自动诊断结果分析。

G.7 状态评价结果

设备状态评价结果，提出设备检修策略。

G.8 风险评估结果

设备风险因子和风险评估结果。



G.9 检修建议

根据风险评估,提出设备修复建议与预期。

G.10 检修后评价

检修前后设备性能、状态比较分析及评价结果。

参 考 文 献

- [1] GB/T 6075.5—2002 在非旋转部件上测量和评价机组机械振动 第5部分：水力发电厂和泵站机组
- [2] GB/T 7409.1—2008 同步电机励磁系统 定义
- [3] GB/T 7409.3—2007 同步电机励磁系统 大、中型同步发电机励磁系统技术要求
- [4] GB/T 7596—2017 电厂运行中矿物涡轮机油质量
- [5] GB/T 7894—2009 水轮发电机基本技术条件
- [6] GB/T 8564—2003 水轮发电机组安装技术规范
- [7] GB/T 9652.1—2019 水轮机调速系统技术条件
- [8] GB/T 11348.5—2008 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第5部分：水力发电厂和泵站机组
- [9] GB/T 14541—2017 电厂用矿物涡轮机油维护管理导则
- [10] GB/T 15469.1—2008 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机空蚀评定 第1部分：反击式水轮机的空蚀评定
- [11] GB/T 27921—2011 风险管理 风险评估技术
- [12] GB/T 50964—2014 小型水电站运行维护技术规范
- [13] DL/T 489—2018 大中型水轮发电机静止整流励磁系统试验规程
- [14] DL/T 496—2016 水轮机电液调节系统及装置调整试验导则
- [15] DL/T 563—2016 水轮机电液调节系统及装置技术规程
- [16] DL/T 583—2018 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件
- [17] DL/T 596—2015 电力设备预防性试验规程
- [18] DL/T 603—2017 气体绝缘金属封闭开关设备运行维护规程
- [19] DL/T 710—2018 水轮机运行规程
- [20] DL/T 751—2014 水轮发电机运行规程
- [21] DL/T 792—2013 水轮机调节系统及装置运行与检修规程
- [22] DL/T 817—2014 立式水轮发电机检修技术规程
- [23] TSG R7001—2013 压力容器定期检验规则