



# 中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1809 — 2018

---

## 水电厂设备状态检修决策支持系统 技术导则

Technical guidelines for condition-based maintenance decision  
support system of hydropower plant equipment

2018-04-03 发布

2018-07-01 实施

---

国家能源局 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 总则..... 2

5 系统功能..... 2

6 系统运行环境 ..... 4

7 系统性能..... 5

附录 A（规范性附录） 水电厂设备状态检修决策支持系统功能框图..... 6

附录 B（资料性附录） 设备状态评价报告示例..... 7

附录 C（资料性附录） 设备风险评估模型..... 8

附录 D（资料性附录） 典型设备综合报告内容..... 9

## 前 言

本标准根据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电站自动化标准化技术委员会（DL/TC 17）归口。

本标准起草单位：国网电力科学研究院有限公司、中国长江电力股份有限公司、贵州乌江水电开发有限责任公司东风发电厂、国网新源控股有限公司。

本标准主要起草人：张红芳、李平诗、徐洁、夏洲、黄定奎、潘伟峰、张亚武、朱传古、谢刚、罗勇、桂中华、王俊。

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力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 水电厂设备状态检修决策支持系统技术导则

## 1 范围

本标准规定了水电厂主要设备状态检修决策支持系统的总体要求、功能及性能要求、运行环境要求等。

本标准适用于大中型水电厂，其他类型的水电厂可参照执行。

## 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 20273 信息安全技术 数据库管理系统安全技术要求

DL/T 634.5104 远动设备及系统 第 5-104 部分：传输规约 采用标准传输协议集的 IEC 60870-5-

### 101 网络访问

DL/T 860 电力自动化通信网络和系统

DL/T 1066 水电站设备检修管理导则

DL/T 1197 水轮发电机组状态在线监测系统技术条件

DL/T 1246 水电站设备状态检修管理导则

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水电厂设备状态检修决策支持系统 condition-based maintenance decision support system of hydropower plant equipment**

基于水电厂设备状态在线监测系统、计算机监控系统、生产管理信息系统等系统的数据，实现水电厂设备数据存储、诊断分析、状态评价、风险评估、检修建议和综合报告等功能，为水电厂设备状态检修提供决策支持。

### 3.2

**状态评价标准 condition evaluation standard**

用于评价设备健康状态的判据集合。每条判据即为一条状态评价规则。

### 3.3

**诊断分析 diagnosis and analysis**

诊断设备故障、原因、部位及趋势的过程。

### 3.4

**状态评价量 condition evaluation parameter**

基于在线或离线数据，依据状态评价标准建立的综合信息量。状态评价量用于部件状态评价。

### 3.5

**关联分析 correlation analysis**

对反映设备健康状态的在线数据之间的相关性特征进行分析。



## 4 总则

- 4.1 应符合 DL/T 1246 的规定。
- 4.2 应符合电力监控系统安全防护相关规定的要求。
- 4.3 系统建设应以安全可靠、经济实用为前提，充分利用水电厂已有的其他技术支持系统，统一规划设计。
- 4.4 应采用开放的协议和接口实现数据共享，系统的分析结果可被其他系统调用。
- 4.5 系统宜采用浏览器/服务器（B/S）结构。

## 5 系统功能

### 5.1 功能模块组成

水电厂设备状态检修决策支持系统应包括以下功能模块：系统建模、信息收集与存储、诊断分析、状态评价、风险评估、检修建议、检修后评价和综合报告。系统功能框图见附录 A。

### 5.2 系统建模

- 5.2.1 系统建模应包括设备对象建模、状态评价建模及风险评估建模。宜采用面向对象的方式进行建模。
- 5.2.2 设备对象建模应包括设备树及设备模型参数的构建。
- 5.2.3 设备树应包括设备及其部件，宜采用“设备类型—设备—部件”的层次结构进行构建。
- 5.2.4 每个设备及其部件都应及设备树中的节点唯一对应，应根据设备状态评价标准，确定设备树中部件评价项目及其特征状态参数，并建立每个特征状态参数的唯一编码。
- 5.2.5 设备模型参数应包括设备部件的分类、参数编码、基础数据、在线数据（含计算机监控系统数据）及离线数据（巡检、缺陷、试验）等。
- 5.2.6 设备状态评价模型宜由“设备—设备部件—部件状态评价量—判断依据”四层体系组成。
- 5.2.7 设备状态评价模型应依据设备状态评价标准建立。
- 5.2.8 设备状态评价建模应包括设备树中各部件的状态评价量、状态评价规则、状态评价结果的分类及检修策略的创建。
- 5.2.9 状态评价量定义应包括名称、基本扣分值、权重系数及计算判断脚本。
- 5.2.10 状态评价量计算判断脚本可依据设备运行检修规程，由获得的部件特征状态参数逻辑运算、各类专家系统分析或人工判断后得到。状态评价量计算判断脚本结果可为 1 或者 0。结果为 1 时，该状态评价量扣分；结果为 0 时，该状态评价量不扣分。
- 5.2.11 状态评价量的扣分值由基本扣分值考虑权重系数后计算得到。
- 5.2.12 部件可定义一个或多个状态评价量。系统宜采取状态评价量扣分值累计计算的方法获得部件的最终扣分值。
- 5.2.13 设备的最终扣分值为所有部件中的扣分值之和。
- 5.2.14 设备及其部件状态评价结果应根据设备状态评价规则由设备/部件的最终扣分值得到，宜分为“正常状态”“注意状态”“异常状态”“严重状态”，设备及部件的状态评价结果应具有唯一性，应与不同维修策略一一对应。
- 5.2.15 设备状态评价规则应包括单个设备及其部件状态评价结果所对应的扣分上下限、取值方式、评价周期。
- 5.2.16 设备检修策略应包括单个设备及其部件状态评价结果所对应的维修策略。
- 5.2.17 设备风险评估建模应包括系统各设备资产参数、设备资产损失程度参数及设备平均故障率参数的定义。

### 5.3 信息收集与存储

5.3.1 信息分为离线数据和在线数据。

5.3.2 应收集的离线数据包括设备历史数据、专家知识库、设备运行和检修试验数据。系统应具备离线数据人工录入功能。

5.3.3 设备历史数据的内容应包括设计报告、采购合同、设备铭牌参数、运输安装记录、型式试验报告、设备监造报告、出厂试验报告、安装调试报告、交接验收报告等。专家知识库宜包括故障样本、设备故障树、案例库等，用于设备诊断分析。设备运行和检修试验数据包括运行、巡检、缺陷、试验、检修等数据。

5.3.4 在线数据包括设备运行数据、状态监测量数据和样本波形数据。

5.3.5 设备运行数据包括机组、变压器、断路器等主要设备的生产运行数据。状态监测量数据包括机组状态监测量、变压器状态监测量等。样本波形数据包括机组稳态运行时的状态监测量样本、机组负荷波动时和暂态过程中的状态监测量样本。样本波形数据的采样方式和采样频率应符合 DL/T 1197 的规定。

5.3.6 应具备数据存储及查询功能。

### 5.4 诊断分析

5.4.1 应具备振动、摆度、压力脉动、空气间隙、磁通量、局部放电等机组状态数据分析功能，功能应符合 DL/T 1197 的规定。

5.4.2 应具备设备特征状态参数趋势分析与关联分析功能。应支持同时选择若干个特征状态参数进行分析。

5.4.3 应具备自动和人工辅助故障诊断功能，对主要设备的常见故障、异常信息等进行诊断分析，判断设备可能存在的故障、故障原因及故障趋势。

5.4.4 应具备定期自动诊断分析并生成报告的功能。

5.4.5 应具备诊断分析结果查询及故障样本维护功能。

### 5.5 状态评价

5.5.1 设备状态评价方法应符合 DL/T 1246 的规定，可采用综合评分的方法。

5.5.2 应根据电站设备及其部件的状态评价标准进行设备状态评价。

5.5.3 设备状态评价分为部件状态评价和设备整体状态评价。

5.5.4 设备状态评价的工作流程是：收集部件特征状态参数的数据，根据系统建立的设备状态评价模型，计算部件各项状态评价量的扣分（或得分）值，进而得到部件的最终扣分（或得分）值，依据状态评价规则，得到部件的状态评价结果，进而获得设备整体状态评价结果。

5.5.5 状态评价应以部件状态评价结果为基础，综合分析，得出设备整体状态评价结果。当所有部件评价为正常状态时，设备整体评价为正常状态；当任一部件状态为注意状态、异常状态或严重状态时，设备整体评价应为其中最严重的状态。

5.5.6 设备部件及设备整体状态评价结果应量化，并与设备状态检修策略唯一对应。

5.5.7 设备评价应定期自动或人工召唤进行，并生成状态评价报告。设备状态评价报告应包括部件评价扣分情况、部件状态评价结果、设备状态评价结果、扣分情况描述、检修策略建议。设备状态评价报告示例见附录 B。

5.5.8 应具备设备状态评价标准的查询及维护功能。

### 5.6 风险评估

5.6.1 应根据设备当前状态自动进行风险评估，并生成风险评估报告。

5.6.2 风险评估的主要流程包括风险评估准备阶段、风险识别阶段和风险分析计算阶段。

5.6.3 风险评估准备阶段应对评估对象的基本情况进行分析，确定进行风险评估的设备的资产类别，包括设备自身的价值、设备用户的重要等级和设备在电厂电网中所处位置的重要等级等三个方面确定电力设备的资产类别等级。

5.6.4 风险识别阶段应分析设备功能，识别设备潜在的内部缺陷和外部威胁对设备功能的影响，并统计分析发生各类缺陷和威胁的概率。可以通过关联设备与缺陷（或威胁）因素，从安全性、可靠性、成本和社会影响等方面计算威胁造成的损失程度。

5.6.5 风险分析计算阶段应根据设备相关信息，确定待评估的设备资产；根据设备故障案例，结合对风险识别的要素分类，计算资产损失程度；根据状态评价结果，计算设备的平均故障率；应依据风险评估模型，计算量化的设备风险值及风险等级排序。典型的风险评估模型参见附录 C。

5.6.6 应具备设备风险评估结果的查询及维护功能。

## 5.7 检修建议

5.7.1 对状态评价结果为“异常状态”或“严重状态”的设备，系统宜结合运行工况对其主要特征状态参数进行趋势预测，预测时间跨度应不小于 6 个月。

5.7.2 根据设备状态评价、风险评估的结果以及 DL/T 1066 确立的检修等级，给出检修建议。

5.7.3 检修建议的内容宜包括设备的检修项目、检修优先顺序、检修等级和检修时间等。

## 5.8 检修后评价

5.8.1 应具备设备检修前后状态对比功能。

5.8.2 系统应具备检修后评价报告生成功能。评价报告宜包含设备检修前后状态对比、设备性能恢复与改善情况等内容。

5.8.3 系统宜具备对检修后评价的人工维护功能。

## 5.9 综合报告

5.9.1 系统应具有自动生成和人工召唤生成综合报告的功能，具有综合报告保存、查询、检索功能。

5.9.2 综合报告应包括主要设备的诊断分析、设备状态评价、状态检修评估结果和检修建议等内容。综合报告内容示例可参见附录 D。

## 5.10 对外通信

5.10.1 应支持与水电厂状态在线监测系统、计算机监控系统及生产管理信息系统等进行通信。

5.10.2 应支持 DL/T 634.5104 通信协议，宜支持 DL/T 860 标准。

# 6 系统运行环境

## 6.1 一般规定

6.1.1 系统是一种水电厂设备状态检修技术支持系统。

6.1.2 系统不直接采集现场数据，而是通过和计算机监控等其他技术支持系统的通信获得需要的数据。水电厂建设本系统之前，应建设计算机监控系统、主要设备在线监测系统，宜建设生产管理信息系统。

6.1.3 系统宜部署在生产管理大区。

## 6.2 系统结构

6.2.1 系统应采用以太网星形或环形网络结构。

6.2.2 系统应由数据服务器、应用服务器、接口服务器、维护工作站、中心交换机、安全防护设备等组成。

6.2.3 系统所有硬件设备的数量及配置应满足系统规模和功能要求，并留有扩展空间。

6.2.4 数据服务器实现状态检修信息的存储管理，应具备负载均衡和容错功能，并能存储至少 10 年的历史数据。

6.2.5 应用服务器提供 Web 服务，实现各业务应用功能，硬件性能应能满足最大访问量要求。

6.2.6 接口服务器实现与外部系统的数据交换功能，数量和性能可根据外部系统的数量及数据传输要求确定。

### 6.3 支撑软件

6.3.1 操作系统应能达到可信计算机系统评估准则 C2 级。

6.3.2 数据库应满足以下要求：

- a) 数据库应符合 GB/T 20273 的要求；
- b) 数据库应支持数据快速存取和实时处理；
- c) 实时数据库应具有报警允许、数据质量码或控制闭锁等相关属性。

## 7 系统性能

### 7.1 负荷率

7.1.1 局域网正常情况下运行负荷率应不大于 20%，重载情况下负荷率应不大于 50%；

7.1.2 单一进程发起的设备状态评价，每个设备评价执行时间应不大于 10s；

7.1.3 对 50 个设备进行批量状态评价时，执行时间应不大于 150s；

7.1.4 服务器正常情况下 CPU 负荷率应不大于 30%，重载情况下最大负荷率应不大于 50%。

### 7.2 数据规模及历史数据存储

7.2.1 数据规模：

- a) 过程量个数应不少于 20 000 个；
- b) 开关量个数应不少于 20 000 个；
- c) 状态监测量个数应不少于 4000 个。

7.2.2 数据保存时间应不少于 10 年。



**附 录 B**  
(资料性附录)  
**设备状态评价报告示例**

设备（水轮机）状态评价报告示例见表 B.1。

**表 B.1 设备（水轮机）状态评价报告示例**

××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 m		设计出力 MW	
	额定转速 r/min		设计流量 m <sup>3</sup> /s		轮叶数 个	
	转轮直径 m		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		单项最大扣分	合计扣分		状态	
主轴及转轮						
导轴承						
顶盖						
导水机构						
供气系统						
压力管道及蜗壳						
尾水管						
供油系统						
供水系统						
评价结果:						
扣分状态评价量状态描述		主要扣分情况: 描述重要状态评价量扣分项情况, 如一般状态评价量评价为最差状态, 也应描述				
检修策略						
评价时间:						
评价人:				审核:		

附 录 C  
(资料性附录)  
设备风险评估模型

设备风险评估模型以风险值为指标,综合考虑资产、资产损失程度及设备发生故障的概率。  
设备风险值计算公式为:

$$R(t)=A(t)\times F(t)\times P(t)$$

式中:

$R$  ——设备风险值;

$t$  ——某个时刻;

$A$  ——资产;

$F$  ——资产损失程度;

$P$  ——设备平均故障率。

附 录 D  
(资料性附录)  
典型设备综合报告内容

典型设备综合报告内容见表 D.1。

表 D.1 典型设备综合报告内容

序号	章节名	内 容
1	机组摆度动稳态特性	根据机组运行中摆度的实际测量值是否大于预先设定的阈值，结合各导轴承摆度值的发展趋势，分析机组摆度特性
2	机组振动动稳态特性	根据测量的振动值与预先设定的阈值比较，结合各部位振动值的变化趋势，分析机组振动特性
3	机组压力脉动动稳态特性	根据测量的脉动值与预先设定的阈值比较，结合各部位压力脉动值的变化趋势，综合分析机组振动的原因
4	机组主轴当前状态	结合摆度测量数据，绘制主轴轴线，分析主轴当前状态
5	磁拉力不平衡状态	根据停机过程中的各项数据（导叶关闭、灭磁过程前后的振动摆度变化趋势），分析电磁拉力不平衡对机组振动和摆度的影响
6	质量不平衡状态	根据停机过程中的各项数据（导叶关闭，励磁电流为零，转速开始下降到机组制动投入前振动、摆度和转速的变化趋势），分析质量不平衡对机组振动和摆度的影响
7	专家系统诊断分析	自动诊断分析结果
8	状态评价结果	设备状态评价结果



中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
水电厂设备状态检修决策支持系统技术导则  
DL/T 1809—2018

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2019年12月第一版 2019年12月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 27千字  
印数 001—300册

\*

统一书号 155198·1545 定价 15.00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

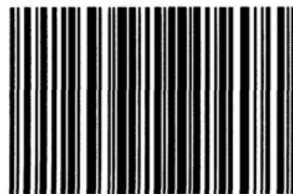


中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 最及时、最准确、最权威 的电力标准信息



155198.1545