



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 28570—2012

---

## 水轮发电机组状态在线监测系统 技术导则

Technical guide of on-line condition monitoring system  
for hydraulic turbine and generator units

2012-06-29 发布

2012-11-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总则 .....	4
5 系统功能 .....	4
6 系统基本结构 .....	6
7 测点布置 .....	7
8 传感器 .....	9
9 数据采集设备 .....	11
10 上位机设备 .....	12
11 试验和检验 .....	13
12 文件与资料 .....	14
附录 A (资料性附录) 水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图 .....	16
附录 B (规范性附录) 大中型水轮发电机组状态在线监测系统典型测点配置 .....	17
附录 C (资料性附录) 水轮发电机空气间隙传感器典型安装示意图 .....	19
附录 D (资料性附录) 水轮发电机局部放电在线测量概要 .....	21
附录 E (资料性附录) 水轮发电机组状态监测参量技术规约 .....	25
附录 F (资料性附录) 相关标准 .....	28

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国大型发电机标准化技术委员会(SAC/TC 511)归口。

本标准负责起草单位:中国水利水电建设集团公司、中国水电工程顾问集团公司、北京华科同安监控技术有限公司。

本标准参加起草单位:哈尔滨电机厂有限责任公司、东方电机股份有限公司、中国水电顾问集团华东勘测设计研究院、中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院、中国水电顾问集团北京勘测设计研究院、哈尔滨大电机研究所、中国长江电力股份有限公司、三峡水电厂、华中科技大学、中国水电顾问集团成都勘测设计研究院、北京万瑞达监控技术有限公司。

本标准主要起草人:付元初、李定中、朱玉良。

本标准参加起草人:李渝珍、王泉龙、郑小康、郑松远、孙玉田、付长虹、苟东明、陈家恒、李朝晖、刘昌栋、王宏、王劲夫、刘万景。

## 引 言

本标准以导则的形式初步规定了机组状态在线监测系统的功能和基本结构,监测参量主要包括振动、摆度、轴向位移、压力脉动、空气间隙、磁通密度以及局部放电等,力求从技术模式上规范水电机组状态在线监测技术的应用行为,充分发挥状态在线监测系统在机组安全、稳定运行和状态检修方面的辅助作用,以提高新技术的应用效果和电站运行管理水平。

本标准同时定义了与水轮发电机组状态在线监测系统有关的专业术语,规范了机组状态在线监测系统的测点布置方案,对传感器、数据采集设备和上位机设备提出了相应的技术要求,并规定了监测参量一般测量方法和数据提供的技术规约。本标准还对系统设备本身的出厂和现场性能检验、测试项目作出了一般规定,并对随设备提供的相关技术文件给以明确。

机组状态在线监测系统的具体应用将针对不同的监测对象和参量由用户根据需要自行确定。本标准将随机组状态在线监测系统的工程应用和技术进步而适时修订。



# 水轮发电机组状态在线监测系统 技术导则

## 1 范围

本标准定义了水轮发电机组状态在线监测系统的专业术语,提出了状态在线监测系统的系统功能、基本结构、测点布置以及相关技术要求,适用于水电站各种类型水轮发电机组的状态在线监测系统的设计、制造和运行管理。

## 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 8564 水轮发电机组安装技术规范

GB/T 18482 可逆式抽水蓄能机组启动试验规程

DL/T 507 水轮发电机组启动试验规程

IEEE 1434—2005 旋转电机局部放电测量试用导则 (IEEE Trial—Use Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水轮发电机组状态在线监测系统 on-line condition monitoring system for hydraulic turbine and generator units**

实时在线监测水轮发电机组各部位运行状态的测量系统。

### 3.2

**键相信号 key phase**

水轮发电机组状态在线监测系统在主轴上的基准方位信号。

### 3.3

**振动 vibration**

机组各部件指定点相对于平衡位置随时间的往复位移变化。

### 3.4

**摆度 run-out**

水轮发电机组主轴某部位相对于该部位邻近固定部件的径向振动,又称轴相对振动。

### 3.5

**压力脉动 pressure pulsation**

在选定时段内流道内液体压力相对于平均值的往复变化。

3.6

**空气间隙 air gap**

发电机转子磁极外缘与定子铁心内缘之间的最小径向距离。

3.7

**磁通密度 magnetic flux density**

垂直穿过单位面积的磁通量。指发电机定子与转子之间的气隙磁通密度。

3.8

**局部放电 partial discharge**

在水轮发电机定子绕组绝缘层内部或边缘发生的导体间绝缘仅被部分桥接的电气放电现象,简称局放。包括槽放电、绝缘内部放电、线棒层间放电和沿表面放电。

3.9

**状态监测参量 condition monitoring parameters**

被监测的振动、摆度、轴向位移、压力脉动、空气间隙、磁通密度以及局部放电参数。

3.10

**工况参数 operating parameters**

表征水轮发电机组各种运行工况特征的、与运行状态直接相关的参数,包括电站水头/扬程、机组转速或频率、有功功率、无功功率、功率因数、定子电压、定子电流、励磁电压、励磁电流、导叶开度、桨叶开度、喷针开度、机组流量、蓄能机组发电/抽水工况状态等。

3.11

**过程量参数 process parameters**

水轮发电机组定转子绕组温度、定子铁心温度、各部分轴承瓦温、油温、油位以及冷却水流量和温度等随工况参数或运行时间变化而改变的参数。

3.12

**机组稳定性参数 stability parameters**

振动、摆度、压力脉动等反映机组稳定性参数的参数。

3.13

**机组转频 rotational frequency**

水轮发电机组主轴转动的频率,也称为一倍频。

3.14

**峰—峰值 peak to peak value**

振动、摆度和压力等波形信号在一个或多个周期内波峰与波谷的代数差。

3.15

**频谱 spectrum**

波形信号通过变换可以分解成各种频率成分的谐波,这些谐波的幅值是频率的函数。

3.16

**轴心轨迹 axes orbit**

机组运行时主轴某一截面上几何中心的运动轨迹。

3.17

**趋势图 trend chart**

所测参数、参量随时间的变化曲线。

3.18

**相关趋势图 relation trend chart**

所测参数、参量与另一被测参数、参量(通常为工况参数)之间的关系曲线。

## 3.19

**瀑布图 waterfall chart**

显示某一时间段内被测参量各种频率成分的幅值与频率的关系,是该参量在不同时间或不同工况(通常为不同负荷)下的频谱图组成的三维谱图。

## 3.20

**级联图 cascade chart**

显示启停机过程中不同转速下被测参量各种频率成分的幅值与频率(转速)的关系,是该参量在各转速下的频谱图组成的三维谱图。

## 3.21

**空间轴线图 spatial axis chart**

机组主轴轴线的空间状态图。

## 3.22

**转子圆度 rotor roundness**

水轮发电机转子磁极铁心外缘半径最大值与最小值之差(即转子磁极铁心外缘轮廓线的内外包络线之距离)。

## 3.23

**定子圆度 stator roundness**

水轮发电机定子铁心内缘半径最大值与最小值之差(即定子铁心内缘轮廓线的内外包络线之距离)。

## 3.24

**电涡流传感器 eddy-current transducer**

基于电涡流测距原理的位移传感器,其输出量与传感器和被测量面之间的距离成正比。

## 3.25

**速度传感器 speed transducer**

将振动速度转换为与其成比例的电信号输出的传感器。

## 3.26

**加速度传感器 acceleration transducer**

将振动加速度转换为与其成比例的电信号输出的传感器。

## 3.27

**电容式位移传感器 capacitive displacement transducer**

基于电容测距原理的位移传感器,其输出量与传感器和被测量面之间的距离成正比。

## 3.28

**电容耦合器 capacity coupler**

利用电容耦合原理拾取放电脉冲的高通电容器,用于监测发电机定子绕组局部放电信号。

## 3.29

**数据服务器 data server**

用于存储和管理电厂一台或多台水轮发电机组状态监测数据的服务器。

## 3.30

**WEB 服务器 WEB server**

用于状态在线监测系统与电厂局域网通讯的服务器,通常以 WEB 方式将状态监测数据发布至电厂局域网。

3.31

**数据采集箱 data acquisition unit**

负责信号采集与处理的集成装置,一般由数据采集模块、系统模块和电源模块等组成。

3.32

**局放值 PD magnitude**

$Q_m$

局部放电脉冲数量为每秒 10 个时对应的局放脉冲幅值。

3.33

**局放量 normalized quantity number**

NQN

单位时间(规定时段为 1 s)内局部放电脉冲活动的总数量。

4 总则

4.1 水轮发电机组状态在线监测系统

一般包括以下部分:

- a) 对机组的振动、摆度、轴向位移、压力脉动、空气间隙、磁通密度、局部放电等运行状态进行实时监测;
- b) 在相应工况参数及过程量参数条件下,通过对上述状态监测参量进行实时采集,实现对水轮发电机组运行状态的分析和人工辅助诊断;
- c) 通过专用的分析软件或人工辅助的智能分析软件对监测结果进行智能化、逻辑化处理,提出故障或事故征兆的预报。

4.2 水轮发电机组状态在线监测系统数据包括状态监测参量、工况参数和过程量参数。状态监测参量从现场传感器或信号器直接获取,工况参数宜采用 4 mA~20 mA 或开关量硬接线方式获取,过程量参数宜采用通讯方式从电站计算机监控系统获取。

4.3 水轮发电机组状态在线监测系统宜与电站计算机监控系统配合使用。由状态在线监测系统采集的状态监测参量应和机组工况参数和过程量参数统一进行综合分析,以全面反映机组的运行状态。

4.4 水轮发电机组状态在线监测系统的设置应根据机组型式、单机容量、台数和电站运行方式等条件和实际需要合理选择监测项目和系统规模,可以一次规划整体实施,也可以统筹规划、分步实施。

4.5 水轮发电机组状态在线监测系统应具有良好的扩展功能和系统升级功能,以不断满足水电站运行管理的需要。

5 系统功能

5.1 数据采集与实时监测

状态在线监测系统应能对水轮发电机组的振动、摆度、轴向位移、压力脉动、空气间隙、磁通密度、局部放电等状态监测参量以及相应的工况参数和过程量参数进行实时采集和监测,并能以结构图、棒图、表格和曲线等形式进行显示。数据采集相关规约参见附录 E。

5.2 数据分析

状态在线监测系统应具备数据分析的能力,应能提供各种专业的数据分析工具,并根据监测参量的变化,预测状态的发展趋势,提供趋势预报的功能。

### 5.2.1 振动摆度

系统应能自动对机组的稳态运行、暂态过程(包括瞬态)的振动、摆度进行分析,提供波形、频谱、轴心轨迹、空间轴线、瀑布图、级联图、趋势图、相关趋势图等时域和频域分析工具。

### 5.2.2 轴向位移

系统应能自动对大轴轴向位置的变化进行分析,提供趋势图、相关趋势图等分析工具。

### 5.2.3 压力脉动

系统应能自动对各过流部位的压力脉动进行分析,提供波形、频谱、瀑布图、级联图、趋势图、相关趋势图等时域和频域分析工具。并能提供分析压力脉动的时域特性、频域特性与工况参数关系的工具。

### 5.2.4 空气间隙

系统应能自动对发电机定转子之间的空气间隙进行监测分析,自动计算定转子圆度、定转子中心相对偏移量和偏移方位、定转子间气隙(最大值、最小值和平均值)及气隙最大值和最小值对应的磁极号等特征参数,并能分析机组静态与动态下气隙参数的相对关系和气隙的变化趋势。

### 5.2.5 磁通密度

系统应能对发电机定转子之间的磁通密度进行监测分析,计算各磁极的磁通密度等特征参数,并能提供磁通密度与工况参数的关系和相同工况下磁通密度的长期变化趋势,辅助分析转子磁极匝间短路和磁极松动等引起电磁回路故障的可能性。

### 5.2.6 局部放电

系统应能连续并自动检测水轮发电机在运行状态下定子绕组的局部放电脉冲信号,给出局部放电脉冲的各相局放值( $Q_m$ )和局放量(NQN),提供长期趋势分析,分析判断出局部放电的大致发生部位。

## 5.3 数据管理

数据管理一般应具备以下功能:

- a) 数据服务器的数据库应采用高效数据压缩技术,应能存储至少一年的机组稳态、暂态过程(包括瞬态)数据和高密度录波数据;能提供黑匣子记录功能,可完整记录机组出现异常前后的数据,确保系统能提供完整详尽的数据用于分析机组状态。
- b) 数据库应能自动管理数据,对数据进行检查、清理和维护;能实时监测硬盘的容量信息,当其容量不够时自动向使用者发出警告信息;能自动和手动备份数据。
- c) 数据库应具备自动检索功能,用户可通过输入检索工况快速获得满足条件的数据;应提供回放功能,能对历史数据进行回放。
- d) 数据库应具备权限认证功能,只有经过权限认证的用户才能访问数据。

## 5.4 报警功能

系统应提供报警功能,报警定值可根据机组特性和运行工况设定,具体定值可参考 GB/T 8564、GB/T 18482、DL/T 507 以及主机合同保证值。出现报警时,系统应在监测画面上以醒目的方式进行提示。

状态在线监测系统一般不直接作用于机组停机。

### 5.5 运行工况分析

系统应能自动分析不同水头和负荷下机组运行特性,为确定机组稳定运行区、限制运行区和禁止运行区提供技术依据,供机组优化运行参考。

### 5.6 辅助诊断

系统应能对水轮发电机组常见的故障或异常现象进行人工辅助诊断,并通过趋势分析进行预警预报,为机组进行故障处理或检修提供决策参考。

### 5.7 动平衡计算

系统应提供动平衡计算功能,计算出发电机转子配重的相位与重量。

### 5.8 状态报告

系统应提供规范的监测状态报告,报告应能反映机组稳态、暂态过程(包括瞬态)各状态监测参量的数值和变化趋势,对机组运行状态提出初步评价,并附有相关的图形和图表。报告宜采用与 Excel、Word 等兼容的文件格式。

### 5.9 远程监测

系统应具有通过网络实现远程实时在线监测分析的功能。

### 5.10 其他功能

系统还应具备系统设置、权限管理、打印以及在线帮助等功能。

## 6 系统基本结构

水轮发电机组状态在线监测系统宜采用分层分布式结构,由传感器单元、数据采集单元和上位机单元组成。典型系统结构示意图参见附录 A。

### 6.1 传感器单元

传感器单元是指状态在线监测系统所用到的各种传感器及其附属设备,是状态在线监测系统的基础。水轮发电机组状态在线监测系统常用的传感器型式如下:电涡流传感器、电容式位移传感器、低频速度传感器、加速度传感器、压力脉动传感器、差压变送器、电容耦合器等。

### 6.2 数据采集单元

数据采集单元是指完成信号采集和处理的装置及其辅助设备,其核心设备是数据采集箱。机组数据采集单元宜集中组屏,通常布置在机旁或机组单元控制室。

数据采集单元应具有现地监测、分析和试验功能,可实现对机组的振动、摆度、压力脉动、空气间隙、磁通密度、局部放电以及运行工况等参数进行数据采集、处理和分析,并能以图形、图表和曲线等方式进行显示。数据采集单元通常包含数据采集箱、传感器供电电源、显示器、状态监测屏柜等设备。

### 6.3 上位机单元

上位机单元包括数据服务器、WEB 服务器、网络设备以及打印机等设备。网络传输应采用开放的分层分布式以太网网络结构,满足电力系统二次安全防护的要求,并满足工业通用的国际标准规约。

总体要求如下:

- a) 数据服务器:负责存储和管理电厂机组的状态监测数据,宜全厂配置一台;
- b) WEB 服务器:负责状态在线监测系统与电厂局域网之间的通讯,宜全厂配置一台;
- c) 光纤传输设备:当上位机单元与数据采集单元之间距离过长时,应采用光纤通讯;
- d) 网络安全装置:状态在线监测系统与电站计算机监控系统、电站局域网等相连时,均应满足电力系统二次安全防护的要求,配置相应的网络安全装置;
- e) 附属设备:网络交换机和打印机等。

## 7 测点布置

### 7.1 总则

机组状态在线监测系统的测点布置应根据不同类型水轮发电机组的结构特点和特性参数进行合理有效配置。

各类型大中型水轮发电机组的典型测点配置见附录 B。

小型机组可参考本章的原则作从简配置。

### 7.2 键相测点

每台水轮发电机组的状态在线监测系统应设置一个键相测点。通常在被测机组主轴上设置 10 mm~15 mm 宽的一个凹槽或凸键标记,与相应的非接触式位移传感器组成键相测量单元。为便于确定测量相位与机组转动体方位的对应关系,标记宜布置在与转子励磁主引线同一方位上,键相传感器宜布置在+X 或+Y 方位。

### 7.3 振动和摆度测点

各类型水轮发电机组振动和摆度测点布置推荐如下:

#### a) 立式混流式、混流可逆式机组

振动测点:应分别在上机架、下机架和顶盖处,设置 2 个水平振动测点、1 个~2 个垂直振动测点,水平振动测点宜在正对水流上游面及与其互成 90°的径向设置(若水流方向与+Y 方向不重合,则应布置在正对水流方向或与其成 90°的方位),非承重机架一般不设置垂直振动测点。定子机座应设置 1 个~2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点,水平振动测点应宜置在机座外壁相应定子铁心高度 2/3 处,垂直振动测点应设置在定子机座上。

摆度测点:应分别在机组的上导、下导、水导轴承的径向设置互成 90°的 2 个摆度测点,三组摆度测点方位应相同。

#### b) 立式轴流式机组

振动测点:应分别在上机架、下机架和顶盖处,设置 2 个水平振动测点、1 个~2 个垂直振动测点,水平振动测点应互成 90°径向设置,非承重机架一般不设置垂直振动测点。定子机座应设置 1 个~2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点,设置位置同 7.3a)。

摆度测点:应分别在机组的上导或受油器、下导和水导的径向设置互成 90°的 2 个摆度测点,三组摆度测点方位应相同。

#### c) 灯泡贯流式机组

振动测点:应分别在组合轴承和水导轴承处设置 2 个径向、1 个轴向振动测点。组合轴承处的径向测点应垂直和水平布置在组合轴承座靠近导轴承处,轴向测点应布置在组合轴承座推力轴承附近;水导轴承处的径向测点应垂直和水平布置在轴承座上,轴向测点应布置在轴承座靠发电机侧;有条件时可在灯泡体上设置 1 个~2 个径向振动测点,也可在转轮室设置振动

测点。

摆度测点:应分别在组合轴承和水导轴承的径向设置互成 $90^\circ$ 的2个摆度测点,一般与垂直中心线左右成 $45^\circ$ 安装。两组摆度测点方位应相同。

d) 立式冲击式机组

振动测点:应分别在上机架和下机架(若有)处设置2个水平振动测点,在上机架设置1个垂直振动测点,在水导轴承座上设置2个水平振动测点、1个垂直振动测点。每部位的水平振动测点应互成 $90^\circ$ 径向设置。定子机座应设置1个~2个水平振动测点、1个垂直振动测点,设置位置同7.3a)。

摆度测点:应分别在机组上导、下导和水导轴承的径向设置互成 $90^\circ$ 的2个摆度测点,三组摆度测点方位应相同。

#### 7.4 轴向位移测点

对于混流式、可逆式、轴流式、灯泡贯流式机组,在轴向可设置1个~2个轴向位移测点。

#### 7.5 压力脉动测点

各类型水轮发电机组压力脉动测点布置推荐如下:

- a) 混流式机组:应分别在蜗壳进口设置1个、活动导叶与转轮间设置1个~2个、顶盖与转轮间设置1个~2个、尾水管进口设置2个(上下游方向)压力脉动测点;
- b) 混流可逆式机组:应分别在蜗壳进口设置1个、活动导叶与转轮间设置2个、顶盖与转轮间设置1个~2个、转轮与泄流环之间设置1个、尾水管进口设置2个(上下游方向)、肘管中部设置1个~2个压力脉动测点;
- c) 轴流式机组:应分别在蜗壳进口设置1个、活动导叶后设置1个、尾水管进口设置2个(上下游)压力脉动测点;
- d) 灯泡贯流式机组:应分别在流道进口设置1个、转轮前后各设置1个、尾水管进口设置1个~2个压力脉动测点。

压力脉动传感器应尽可能地靠近取压口,不能位于压力均压管上,且应尽可能与模型试验测点相对应。压力脉动测点和水力量测用的压力测点应分开设置。

#### 7.6 定子铁心振动测点

对于大、中型发电机,宜设置1~3组发电机定子铁心振动测点,每组包括1个水平(径向)和1个垂直(轴向)振动测点。

定子铁心水平振动测点宜布置在定子铁心外缘的中部,垂直振动测点宜布置在定子铁心的上部。

#### 7.7 发电机空气间隙测点

对于大、中型发电机,可设置发电机气隙测点;混流可逆式机组和灯泡贯流式机组宜设置发电机气隙测点。气隙测点的数量和布置应根据水轮发电机的容量、尺寸和定子铁心高度等参数决定。定子铁心内径小于7.5 m时设置4个,大于及等于7.5 m时应设置8个,定子铁心高度大于2.75 m时测点可在轴向分两层均匀布置。气隙传感器(4个或8个)沿周向均匀布置,粘贴在定子铁心内壁上,参见附录C。

#### 7.8 发电机磁通密度测点

对于大、中型发电机,可设置1个磁通密度测点。磁通密度传感器粘贴在定子铁心内壁上。

## 7.9 发电机局部放电测点

对于大、中型发电机,可根据需要设置发电机局部放电测点。

每台机组至少设置6个测点,每相至少2个,必要时可每支路设置1个。测点可布置在发电机绕组高压出线端附近或其他适当位置。

## 8 传感器

### 8.1 摆度和键相传感器

8.1.1 摆度和键相传感器应采用非接触式位移传感器,一般可选择电涡流传感器或电容式位移传感器。键相传感器也可选用光电传感器。

8.1.2 摆度和键相传感器主要性能指标要求如下:

- a) 频响范围:0 Hz~1 000 Hz;
- b) 线性范围: $\geq 2$  mm;
- c) 幅值非线性度: $\leq \pm 2\%$ ;
- d) 灵敏度: $-8$  mV/ $\mu\text{m} \pm 5\%$ ;
- e) 温漂: $\leq 0.1\%/K$ ;
- f) 工作温度: $-10$  °C~ $+60$  °C。

### 8.2 振动传感器

#### 8.2.1 传感器的选择

振动传感器可采用低频速度传感器、加速度传感器或速度传感器等,应根据水电站发电机的具体情况选择。对于低速机组(额定转速300 r/min及以下),宜测量振动位移 $S_{p-p}$ ( $\mu\text{m}$ ),采用低频速度传感器;对于中高速机组宜测量振动速度(mm/s,RMS),采用加速度传感器或速度传感器,通过频谱分析换算为位移量。

8.2.2 低频速度型传感器主要性能指标要求如下:

- a) 频响范围:0.5 Hz~200 Hz;
- b) 线性测量范围: $0 \mu\text{m} \sim 1\,000 \mu\text{m}$ (峰—峰值);
- c) 幅值非线性度: $\leq \pm 5\%$ ;
- d) 工作温度: $-10$  °C~ $+60$  °C。

8.2.3 加速度传感器和速度传感器主要性能指标见8.3.2和8.3.3。

### 8.3 定子铁心振动传感器

8.3.1 定子铁心振动测量一般采用防电磁干扰的加速度或速度型传感器。

8.3.2 加速度传感器主要性能指标要求如下:

- a) 频响范围:1 Hz~1 000 Hz;
- b) 线性测量范围: $\pm 10$  g;
- c) 幅值非线性度: $\leq \pm 5\%$ ;
- d) 工作温度: $0$  °C~ $+125$  °C。

8.3.3 速度传感器主要性能指标要求如下:

- a) 频响范围:1 Hz~1 000 Hz;
- b) 线性测量范围: $0$  mm/s~ $100$  mm/s( $0$ ~峰值)或 $0 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ (峰—峰值);
- c) 幅值非线性度: $\leq \pm 5\%$ ;
- d) 工作温度: $0$  °C~ $+125$  °C。

#### 8.4 轴向位移传感器

轴向位移(或抬机量)传感器应采用非接触式位移传感器,通常为大直径电涡流传感器,量程应满足机组轴向位移(或抬机量)限值的要求。

#### 8.5 压力脉动传感器

8.5.1 压力脉动传感器可采用压电型、压阻型或电容式压力传感器,应具有良好的响应速度,并能承受被测点可能出现的最高压力或负压。

8.5.2 压力脉动传感器主要性能指标要求如下:

- a) 精度: $\leq \pm 0.2\%$ ;
- b) 频响范围:0 Hz~20 Hz;
- c) 响应速度: $\leq 1$  ms;
- d) 工作温度: $-10$  °C~ $60$  °C;
- e) 线性测量范围:0~1.5 倍工作压力。

#### 8.6 空气间隙传感器

8.6.1 空气间隙传感器一般采用平板电容式传感器,并配以相应的专用电缆和前置器。

8.6.2 空气间隙传感器、前置器主要性能指标一般要求如下:

- a) 测量范围:0.5~1.5 倍设计气隙值;
- b) 非线性度: $< 1\%$ ;
- c) 频响范围:0 Hz~1 000 Hz;
- d) 温度漂移: $< 0.05\%/K$ ;
- e) 工作温度:  
传感器: $0$  °C~ $+125$  °C;  
前置器: $0$  °C~ $+55$  °C;
- f) 相对湿度: $< 95\%$ ;
- g) 抗磁强度:1.5 T。

#### 8.7 磁通密度传感器

8.7.1 磁通密度传感器一般采用基于霍尔效应的平板磁感应式传感器,并配以相应的专用电缆和前置器。

8.7.2 磁通密度传感器主要性能指标一般要求如下:

- a) 线性量程: $\geq \pm 1.5$  T;
- b) 非线性度: $< 1\%$ ;
- c) 工作温度:  
传感器: $0$  °C~ $+125$  °C;  
前置器: $0$  °C~ $+55$  °C。

#### 8.8 局部放电传感器

8.8.1 局部放电传感器一般采用电容耦合器,也可采用其他适合的监测方式,并应配置在线局放监测仪。

8.8.2 装在高压侧的电容耦合器宜采用 80 pF 的环氧云母电容器,应能通过不低于 2 倍发电机线电压加 1 000 V 的耐压试验,且在该电压下其本身无局部放电。

8.8.3 局放仪应能有效地自动分离发电机局放信号和发电机外部噪声信号。

8.8.4 80 pF 电容耦合器一般性能指标要求如下：

- a) 频率测量范围：40 MHz~350 MHz；
- b) 标称电容值：80 pF(±4 pF)；
- c) 工作温度：0 ℃~125 ℃；
- d) 电压等级：与发电机电压相匹配。

水轮发电机局部放电在线测量概要参见附录 D。

## 8.9 传感器安装要求

各种类型传感器安装一般要求如下：

- a) 传感器的安装和布置应不得影响机组的安全可靠运行。
- b) 用于键相、摆度、轴向位移等测量的非接触式传感器的安装，应根据机组被测部位结构和传感器结构特点，设计相应的传感器支架。支架要有足够的刚度，使传感器安装后支架的固有频率远大于被测信号的最高频率。支架应采用焊接、螺接或粘贴方式固定在安装部位。
- c) 用于振动测量的速度传感器和加速度传感器的安装，应刚性连接在被测部件上。可根据传感器的结构和尺寸设计安装底座，安装底座宜采用焊接方式永久固定在安装部位，对于不宜焊接的部位宜采用粘贴或螺接方式固定。
- d) 装压力脉动传感器的测压管应安装检修阀门，管路走向朝仪表方向应是向上布置。并在适当位置配置排气装置。
- e) 空气间隙传感器和磁通密度传感器宜采用粘贴方式固定在定子内壁，粘胶应能在发电机工作温度下永久不失效。传感器延伸电缆应尽量贴近定子表面固定或从定子铁心通风孔引出，以免碰及转动部件。
- f) 局放电容耦合器应尽量布置在绕组高压侧出线端附近，按照定时或定向噪声分离技术的要求安装，其安装方式不得降低定子绕组的耐电压性能。局放监测仪的接地点应可靠接地。

## 9 数据采集设备

### 9.1 数据采集箱

#### 9.1.1 基本技术要求

对数据采集箱的基本要求如下：

- a) 数据采集箱内的 I/O 接口应采用插入式结构，且标准化、模块化，易于扩展和替换；
- b) 各数据采集模块应具有通道和模块 OK 指示灯；
- c) 数据采集模块应能合理设定采样周期，以便对信号进行整周期采样；
- d) 单个模块故障不应影响系统整体运行，各数据采集模块之间应相互独立、互不影响；
- e) 为保证数据采集的同步性和可靠性，振动、摆度和压力脉动等稳定性参数宜共用一个数据采集箱，空气间隙、磁通密度和局部放电等发电机参数宜共用另一个数据采集箱；
- f) 数据采集箱应采用容错、自诊断和抗干扰等措施达到高可靠性；
- g) 数据采集箱宜提供对应每路监测信号的 4 mA~20 mA 模拟量输出。每个数据采集箱还应提供至少 8 路独立的报警继电器输出，报警逻辑和报警定值应能通过软件组态设置。数据采集箱还应具有串口和以太网接口。

#### 9.1.2 数据采集

系统应根据相关工况参数判断机组为稳态、暂态过程(包括瞬态)。

针对机组稳态运行状态,振动、摆度和压力脉动应采用整周期采样方式,每周期不少于 128 点,连续采样一般不少于 8 个周期,空气间隙和磁通密度采用连续采样方式,采样频率应大于 6 kHz。

针对暂态过程(包括瞬态),系统应采用连续采样方式,振动、摆度和压力脉动采样频率应大于 1 kHz,空气间隙和磁通密度采样频率应大于 6 kHz。数据采集相关规约参见附录 E。

### 9.1.3 数据处理

参见附录 E。

### 9.1.4 数据存储

数据采集箱应具备数据存储和管理功能,应能存储机组稳态、暂态过程(包括瞬态)的原始采样数据,还应具备数据回放功能。

### 9.1.5 数据分析

数据采集箱应具备数据分析的能力,通过现地配置的显示设备,数据采集箱应能以结构图、棒图、表格和曲线等形式对状态监测参量、工况参数和过程量参数进行显示和分析。

### 9.1.6 数据采集箱的主要技术指标应满足:

- a) 存储容量:  $\geq 10$  G;
- b) 精度: 转速测量误差  $\leq 0.2$  r/min, 其余  $\leq 0.5\%$  FS;
- c) 相位误差:  $\leq 3^\circ$ ;
- d) 动态范围:  $> 50$  dB;
- e) 工作温度:  $-10$  °C  $\sim$   $60$  °C。

## 9.2 状态监测屏柜

机组对应的数据采集箱及其附属设备宜集中组屏,安装在一标准屏柜内。对于大型机组,为便于使用和维护,每台机组宜独立配置一面状态监测屏柜。

屏柜的电磁屏蔽特性应保证本系统能正常工作和不影响电厂其他设备的正常工作。屏柜应有屏蔽、防尘、通风和防潮设施,以便适应现场环境。

## 9.3 附属设备

状态监测屏柜内应配置液晶显示器,以方便就地监测和调试维护;应配置一套传感器电源模块,为各种传感器提供工作电源;可配置一套交直流逆变电源装置或 UPS 电源,以提高电源可靠性。

## 10 上位机设备

上位机单元应采用标准化、开放式的硬件结构,所选设备应采用成熟的主流产品,并能满足状态在线监测系统的远景发展要求。

### 10.1 数据服务器

全厂应配置 1 台状态在线监测数据服务器,其配置应满足状态在线监测系统的性能要求,具体配置应不低于:

- a) CPU: 双核或四核主频 2.0 GHz 及以上;
- b) 内存容量: 2 GB 及以上,可扩展;
- c) 硬盘容量:  $4 \times 146$  Gb 及以上,采用磁盘阵列管理;
- d) 网络: 2 个以太网端口,按照电站组网方式配置;
- e) 接口: 至少 2 个串口、2 个 USB 端口;
- f) 操作系统: 符合开放系统标准实时多任务多用户成熟安全操作系统;

- g) 电源:硬件支持掉电保护,承受电压扰动和电源恢复后的自动重新启动;
- h) 液晶显示器:17寸及以上,应具有抗电磁干扰能力。

## 10.2 WEB 服务器

配置同数据服务器,但可适当降低。

## 10.3 工程师工作站

全厂配置工程师工作站,其配置应满足状态在线监测系统的性能要求,具体配置应不低于:

- a) CPU:双核或四核主频 2.0 GHz 及以上;
- b) 内存容量:2 GB 及以上,可扩展;
- c) 硬盘容量:2×73.4 GB 及以上,采用磁盘阵列管理;
- d) 网络:2 个以太网端口,按照电站组网方式配置;
- e) 接口:至少 2 个串口、1 个 USB 端口;
- f) 操作系统:符合开放系统标准实时多任务多用户成熟安全操作系统;
- g) 电源:硬件支持掉电保护,承受电压扰动和电源恢复后的自动重新启动;
- h) 液晶显示器:17 寸及以上,应具有抗电磁干扰能力;
- i) 汉化功能:符合 GB 2312—1980,支持双字节的汉字处理能力。命令和实用程序及图形界面都有相应的汉字功能。

## 10.4 辅助设备

上位机单元辅助设备一般要求如下:

- a) 系统可根据需要配置相应的网络设备。当上位机单元与数据采集单元之间距离超过 100 m 时,应采用光纤通讯。
- b) 局域网必须符合工业通用的国际标准和规约,数据传输速率不小于 100 MB/s。
- c) 系统选用的网络安全隔离装置和防火墙应通过国家相关检测部门的认证。
- d) 系统内所有设备应采用标准时钟,可与计算机监控系统合用时钟同步接收装置。

## 11 试验和检验

### 11.1 一般要求

本系统所使用的主要设备元件应是有资质的厂家生产的合格产品,且应具备有效的型式试验证书(最近 5 年内)。

#### 11.1.1 出厂试验和检验

设备出厂前,应进行出厂试验和检验。

#### 11.1.2 现场试验和检验

在设备正式启用前,应进行现场试验和检验。

### 11.2 试验和检验项目

出厂试验和现场试验项目应尽可能全面、完整,但不需要全部重复。现场试验项目应根据现场情况确定。

#### 11.2.1 出厂试验和检验项目一般包括:

- a) 试验和检验文件的检查；
- b) 设计文件、操作手册和维护手册的检查；
- c) 系统设备配置检查；
- d) 系统硬件性能测试；
- e) 系统软件功能测试；
- f) 系统整体性能测试。

11.2.2 现场试验和检验项目一般包括：

- a) 随机资料完备性检查；
- b) 系统设备完备性检查；
- c) 系统静态试验；
- d) 系统网络通信测试；
- e) 系统整体性能测试；
- f) 系统与电站计算机监控系统的网络安全隔离检查。

只有经过上述试验和检验合格的系统方能投入试运行对机组设备进行在线监测。

## 12 文件与资料

### 12.1 一般要求

水轮发电机组状态在线监测系统文件与资料一般要求如下：

- a) 系统制造厂家为用户提供的文件应包括五个基本部分：设计文件、安装文件、操作文件、维护文件以及试验文件；
- b) 系统制造厂家提出的文件内容应详尽、完整，格式统一，图文工整清晰，印刷装订美观。

### 12.2 设计文件

设计文件应包括：

- a) 系统总体结构图和设备布置图；
- b) 硬件系统框图；
- c) 屏柜内设备布置和布线图；
- d) 电缆布线图；
- e) 系统输入、输出测点清单；
- f) IO 接口和负荷清单；
- g) 电缆清单；
- h) 各自动化元件厂家提供的有关资料；
- i) 各设备厂家提供的有关资料；
- j) 设计说明书。

### 12.3 安装文件

安装文件应包括：

- a) 系统布置方案；
- b) 测点布置及安装图；
- c) 系统施工方案及安装工艺要求。

#### 12.4 操作文件

系统制造厂家应为用户编制本系统设备的详细操作使用说明书并负责对用户的操作人员进行技术培训。

#### 12.5 维护文件

系统制造厂家应为用户编制本系统设备的维护说明书。

#### 12.6 试验文件

系统制造厂家应提供系统设备在工厂和现场各试验阶段的文件。必要时可提供附录 F 所列的相关标准供用户参考。



附录 A  
(资料性附录)

水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图

A.1 水轮发电机组状态在线监测系统典型结构示意图见图 A.1。

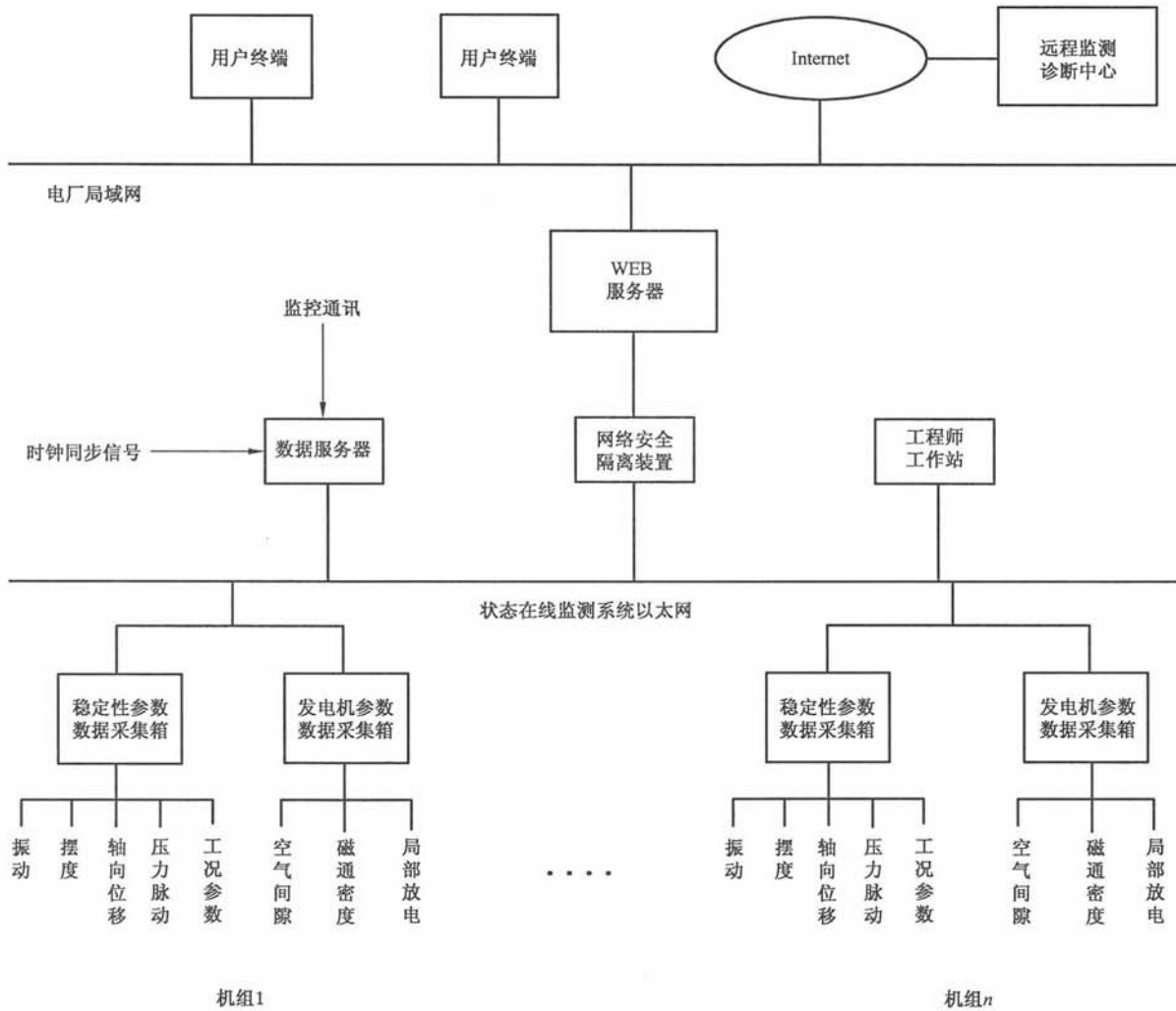


图 A.1

**附录 B**  
(规范性附录)

**大中型水轮发电机组状态在线监测系统典型测点配置**

B.1 大中型水轮发电机组状态在线监测系统典型测点配置见表 B.1~表 B.2。

**表 B.1 立式机组**

测点名称	机组型式				备注
	立式混流式	立式轴流式	立式混流可逆式	立式冲击式	
键相	1	1	1	1	
上导摆度	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为 +X、+Y 布置
下导摆度	2	2	2	2	同上
水导摆度	2	2	2	2	同上
上机架水平振动	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为 +X、+Y 布置。 测点应尽量靠近机组中心位置
上机架垂直振动	1~2	1~2	1~2	1	测点应尽量靠近机组中心位置。非承重机架可不设垂直振动测点
下机架水平振动	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为 +X、+Y 布置。 测点应尽量靠近机组中心位置。 冲击式机组若没有下机架, 则不设振动测点
下机架垂直振动	1~2	1~2	1~2	—	测点应尽量靠近机组中心位置。非承重机架可不设垂直振动测点
定子机座水平振动	1~2	1~2	1~2	1~2	测点布置位置见 7.3a)
定子机座垂直振动	1	1	1	1	测点布置位置见 7.3a)
顶盖水平振动	2	2	2	2	2 个测点互成 90° 径向布置, 一般为 +X、+Y 布置。 测点应尽量靠近机组中心位置。 冲击式机组布置在水导轴承座上, 见 7.3d)
顶盖垂直振动	1~2	1~2	1~2	1	测点应尽量靠近机组中心位置。 冲击式机组布置在水导轴承座上, 见 7.3d)
定子铁心振动	1~3 组	1~3 组	1~3 组	1~2 组	每组包括 1 个水平振动和 1 个垂直振动。 测点布置见 7.6

表 B.1 (续)

测点名称	机组型式				备注
	立式混流式	立式轴流式	立式混流可逆式	立式冲击式	
轴向位移	1	1~2	1	—	测点布置按机组结构而定
蜗壳进口压力脉动	1	1	1	1	冲击式机组设置在配水环进口
活动导叶与转轮间压力脉动	1~2	1	2	—	轴流式设置在活动导叶后
顶盖与转轮间压力脉动	1~2	—	1~2	—	
转轮与泄流环间压力脉动	—	—	1	—	
尾水管进口压力脉动	2	2	2	—	与模型试验测点位置相对应
尾水肘管压力脉动	—	—	1~2	—	与模型试验测点位置相对应
空气间隙	4 或 8	4 或 8	8	—	测点布置见 7.7 及附录 C。 混流可逆式机组 8 个测点宜分两层均布
磁通密度	1	1	1	—	测点布置见 7.8
局部放电	≥6	≥6	≥6	—	测点布置见 7.9。每相至少 2 个,必要时可每相每支路各布置 1 个

表 B.2 灯泡贯流式机组

测点名称	机组型式		备注
	灯泡贯流式		
键相	1		
组合轴承摆度	2		测点布置见 7.3c)
水导轴承摆度	2		测点布置见 7.3c)
组合轴承径向振动	2		测点布置见 7.3c)
组合轴承轴向振动	1		测点布置见 7.3c)
水导轴承径向振动	2		测点布置见 7.3c)
水导轴承轴向振动	1		测点布置见 7.3c)
定子铁心振动	2 组		每组包括 1 个径向振动和 1 个轴向振动
轴向位移	1		
流道进口压力脉动	1		
转轮前压力脉动	1		
转轮后压力脉动	1		
尾水管进口压力脉动	1~2		
空气间隙	4		测点布置见 7.7 及附录 C

附录 C  
(资料性附录)

水轮发电机空气间隙传感器典型安装示意图

C.1 水轮发电机空气间隙传感器典型安装示意图见图 C.1~图 C.4。

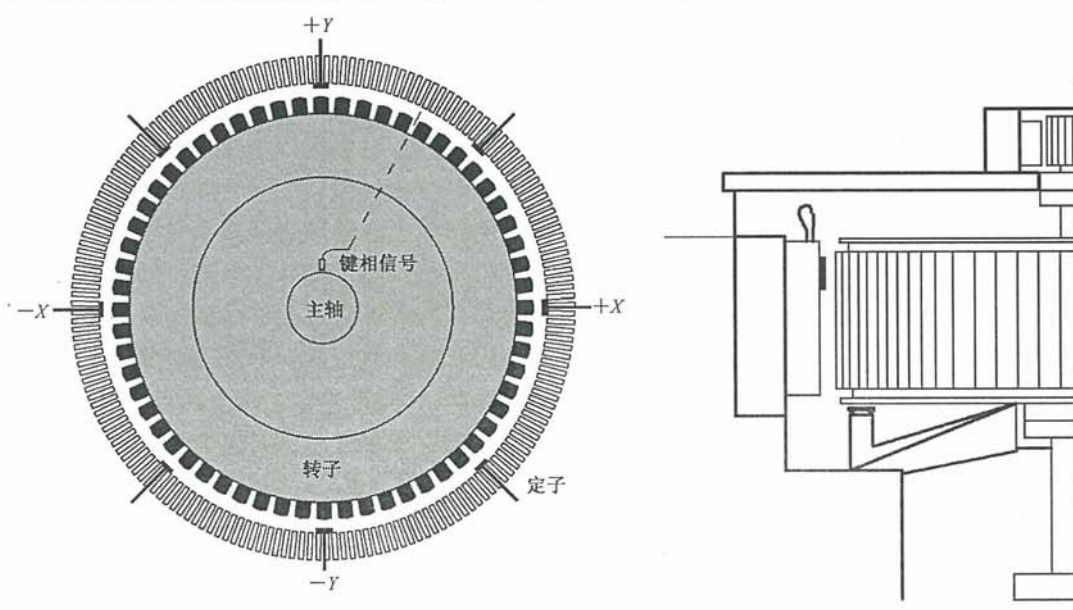


图 C.1 空气间隙传感器布置示意图(单层布置)

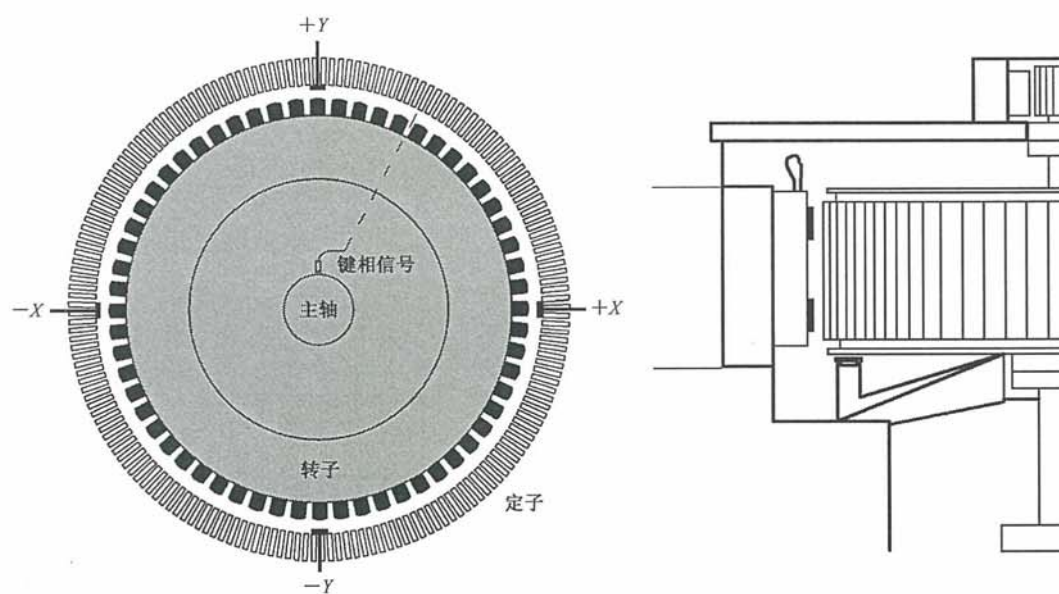


图 C.2 空气间隙传感器布置示意图(双层布置)

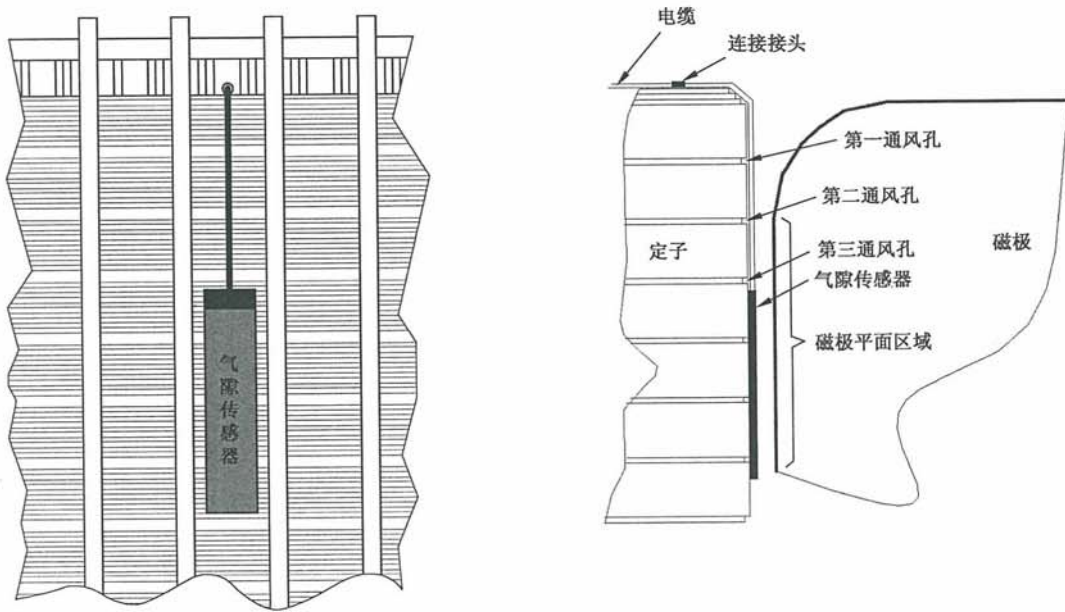


图 C.3 空气间隙传感器安装示意图

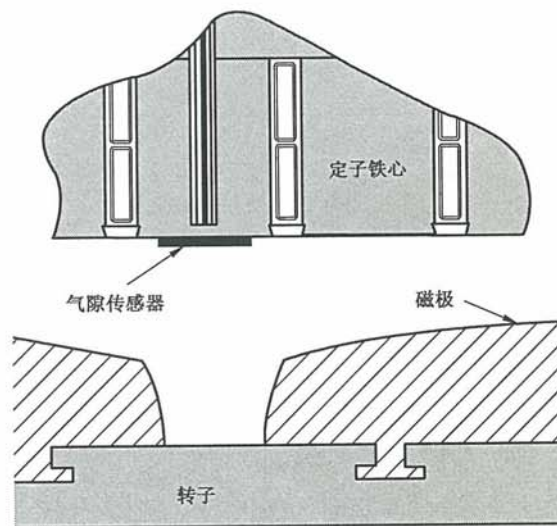


图 C.4 空气间隙传感器安装俯视图

## 附录 D

(资料性附录)

## 水轮发电机局部放电在线测量概要

## D.1 局部放电监测的必要性

在高压绝缘系统中,在绝缘内部小空隙里或者在绝缘的表面都有可能发生局部放电。由于定子绕组长期受高温、高电压、振动以及油污、潮湿和化学物质的作用,绕组绝缘将会逐渐恶化,并最终导致发电机定子绕组绝缘故障。这个问题的解决一方面有赖于绝缘材料的改进和设计制造工艺水平的提高,另一方面则有赖于发电机绝缘监测技术的应用。通过在线监测发电机定子绕组局部放电,可及时评估发电机定子绕组的绝缘状态,提前发现故障早期征兆,避免恶性事故的发生。

水轮发电机局部放电在线测量是指在水轮发电机运行状态下进行的局部放电测量。实施在线测量的优点在于测量数据是在水轮发电机承受着额定电压、不同负载和不同工况的情况下采集得到的。在线测量时,定子绕组承受着包括电压应力、热应力、机械应力和化学应力等作用,这些应力在离线(机组停机)状态测试时,是无法模拟的。因此,如果测量方法得当,对水轮发电机实施局部放电在线测量,将能及时评估定子绕组的绝缘状态,有效评价水轮发电机是否具有持续可靠运行的能力。

## D.2 局部放电脉冲信号特性

局部放电脉冲为上升时间极快的小电流脉冲,即超窄脉宽的脉冲。在放电原点处,脉冲的上升时间大约只有  $1\text{ ns}\sim 5\text{ ns}$ ,频率  $f$  大约在  $50\text{ MHz}\sim 250\text{ MHz}$  之间。与局部放电脉冲相比,环境噪声脉冲的频率通常小于  $20\text{ MHz}$ ,且幅值一般较大。所以,为获得较高的信噪比,局放信号宜在高频段监测,监测频带带宽应涵盖  $50\text{ MHz}\sim 250\text{ MHz}$  频段。局部放电脉冲特性见图 D.1;局放脉冲和噪声脉冲分布见图 D.2。

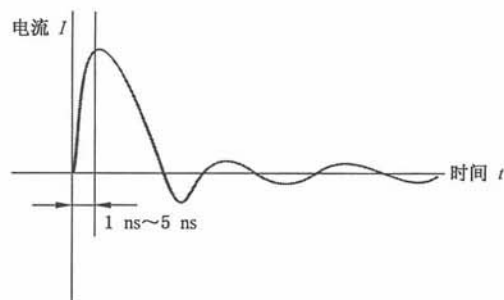


图 D.1 局部放电脉冲特性

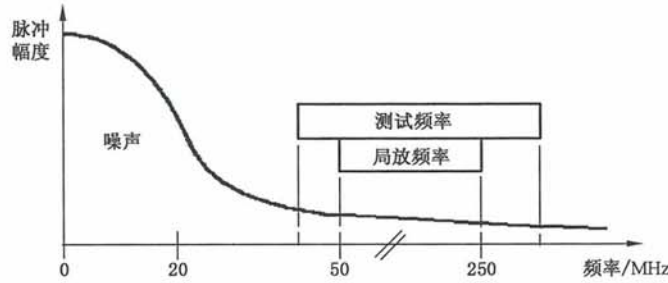


图 D.2 局放脉冲和噪声脉冲分布

D.3 局部放电传感器的选择

局部放电传感器宜采用 80 pF 的环氧云母电容耦合器,其实际上相当于一个高通滤波器,极易高频信号通过,特别易于 40 MHz 以上的局放信号通过。为实现噪声信号和局部放电脉冲信号的进一步分离,每相应至少安装 2 个电容耦合器,有条件时每相每支路各安装一个电容耦合器。

电容耦合器应能通过 50 Hz、不低于 2 倍发电机工作电压+1 000 V 的交流耐压试验,且在该电压下其本身无局部放电。

D.4 局部放电传感器的安装

局部放电一般容易发生在定子绕组的高压端,所以电容耦合器安装位置可选取在发电机绕组高压侧出线端附近,通常在发电机汇流环上,以便于检测局放脉冲信号。建议电容耦合器尽量按照定时噪声分离技术的要求安装(图 D.3),这样可以将发电机绝缘故障定位到具体支路;对于部分发电机,由于其结构限制无法按照定时噪声分离技术的要求安装电容耦合器,可以按照定向噪声分离技术的要求安装(图 D.4),其不足之处是无法将发电机绝缘故障定位到具体支路。

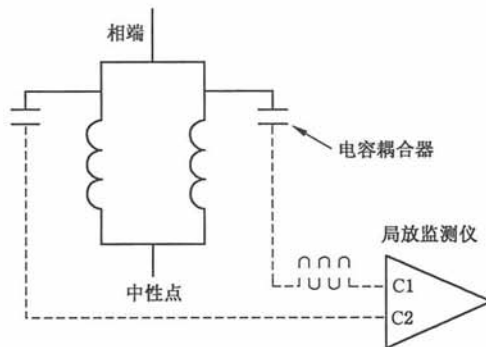


图 D.3 定时噪声分离技术

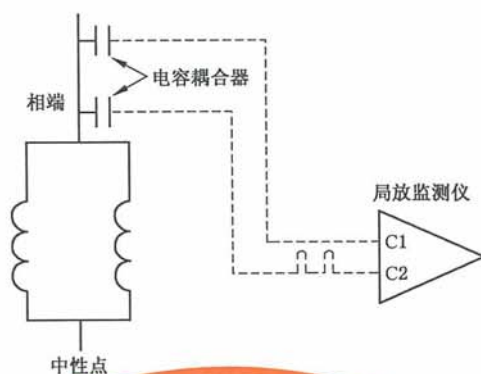


图 D.4 定向噪声分离技术

### D.5 噪声分离技术

能否有效分离噪声是局部放电在线监测数据是否真实可信的关键。

由于在线测量局放时存在大量的环境噪声,如果噪声信号不能被有效地分离,测量结果势必受到严重影响。局放在线监测宜采用高频测量以获得较高的信噪比,并采用合适的监测技术和安装方法实现高频段噪声的自动分离。IEEE 1434 主要推荐的适用于水轮发电机的局放噪声分离技术有定时噪声分离技术和定向噪声分离技术。

定时噪声分离技术需要在水轮发电机每相至少安装 2 个电容耦合器。以每相有两个并联绕组支路的水轮发电机为例(图 D.3);两个耦合器的一端分别安装在绕组各支路的高压输出端,另一端通过信号电缆连接到局放监测仪,经过适当配置信号电缆的长度,使得来自水轮发电机外部的噪声脉冲信号到达局放监测仪的两个输入端的时间恰好相等,而来自绕组的局放脉冲信号到达局放监测仪的两个输入端的时间不等。这样,通过判断来自两个耦合器的脉冲信号到达局放监测仪的时间是否相等,局放监测仪就能够自动地分辨出来自发电机外部的噪声信号和来自定子绕组的局放信号。

受水轮发电机汇流环设计和结构的限制,有些机组耦合器安装在每个支路附近的汇流环上或支路上有困难,这时可以采用定向噪声分离技术。发电机每相安装 2 个耦合器,3 相共需要安装 6 个耦合器,其中 3 个安装在发电机每相的高压主引出线附近,另外 3 个安装在靠近系统的母线上。每相的两个耦合器通过相同长度的信号电缆连接到局放监测仪的接线终端上。来自发电机外部的噪声脉冲信号首先到达局放监测仪的 C1 输入端,而来自发电机的局放脉冲信号首先到达局放监测仪的 C2 输入端。通过判断脉冲信号首先到达 C1 端或 C2 端,局放监测仪就能够自动地分辨出来自发电机外部的噪声信号和来自定子绕组的局放信号。

### D.6 局放数据解译

局放数据解译技术是利用局放监测成果判断局部放电严重程度和发生部位的关键,它建立在人工智能分析和现场运行经验的基础之上。

水轮发电机局部放电的严重程度主要通过局放值  $Q_m$  和局放量  $NQN$  两个综合性参数来反映。局放值  $Q_m$  指局部放电脉冲数量为每秒 10 个时对应的局放脉冲幅值(见图 E.3),单位为 mV;局放量  $NQN$  指以局放脉冲幅值为横坐标、每秒局放脉冲数的对数为纵坐标所绘制成的曲线的积分面积(见图 E.4),其单位为无量纲。

通常可从以下几方面来分析判断局放的严重程度:

- a) 比较同一台发电机不同相(或不同支路)的局放值( $Q_m$ )和局放量(NQN);
- b) 比较其他同类型发电机的局放值( $Q_m$ )和局放量(NQN);
- c) 分析局放值( $Q_m$ )和局放量(NQN)随时间的长期变化趋势。

通过局部放电脉冲的极性分析,可以初步判断局放故障的类型和发生的部位。在一个交流电波内,每个空隙内可能发生两次放电:一次正放电和一次负放电。如果正放电明显地大于负放电(正极性优势),则局放多半发生在绕组绝缘的表面,产生的根源有绕组松动问题或电压应力涂层恶化问题;如果负放电明显地大于正放电(负极性优势),则局放多半发生在绕组铜导体的表面,产生的根源有周期性变负荷或过热问题;如果正放电与负放电相当(无极性优势),则局放多半发生在绝缘内部的空隙中,产生的根源有热退化问题或浸渍不良问题。

还可以通过局部放电脉冲的相位分析,进一步判断发电机局放的类型和发生的部位。在相电压 $360^\circ$ 的相位之间,定子线棒上的局部放电倾向于集中在 $45^\circ$ 和 $225^\circ$ 的相位附近,其中负局放集中在 $45^\circ$ 附近,正局放集中在 $225^\circ$ 附近。而相间局部放电、电晕放电、线棒端部半导体涂层爬电导致的局部放电则倾向于集中在其他相位。

建立局放统计数据库(无噪)是一项非常有意义的工作。通过积累大量发电机的长期的局放测试数据,依据发电机的类型、绝缘等级、电压等级、运行时间和制造厂家等对局放测试数据进行分类统计,归纳总结局放数据典型特征与绝缘故障缺陷之间的特定关系,可建立具有实用价值的局放统计数据库。通过与局放统计数据库中同类型的发电机的典型局放数据特征比较,有助于分析判断发电机绝缘的缺陷和故障,评价发电机的绝缘状态。

## 附录 E

(资料性附录)

## 水轮发电机组状态监测参量技术规约

## E.1 峰—峰值计算方法

振动、摆度和压力脉动幅值常用其峰—峰值来表征。由于水力等因素的影响,水轮发电机组的振动、摆度和压力脉动可能存在低频信号,从而导致不同的峰—峰值计算方法将获得不同的计算结果。本标准对机组状态在线监测系统的峰—峰值计算方法作如下规定:

## a) 振动摆度峰—峰值计算方法

振动、摆度峰—峰值计算应采用平均时段法。即对记录的振动、摆度时域波形图进行分区,每个分区内采样点数据的最大值和最小值之差即为该分区的峰—峰值,所有分区峰—峰值的平均值即为该时域波形图的峰—峰值。每一分区时段至少应包含 1 个完整的涡带周期,对于不存在涡带或涡带周期小于机组旋转 4 周时间的机组,分区时段时间宜为机组旋转 4 周的时间。振动、摆度的峰—峰值单位应采用  $\mu\text{m}$ 。

## b) 压力脉动峰—峰值计算方法

压力脉动峰—峰值计算应采用置信度法,即对记录的压力脉动时域波形图采样点数据进行统计,剔除不可信区域内的数据,剩余数据的最大值和最小值之差即为该时域波形图的压力脉动峰—峰值。状态在线监测系统的置信度应可设置,置信度推荐采用 97%,尽量与模型试验的置信度一致。

压力脉动峰—峰值单位可采用绝对值  $\Delta H$ (单位 kPa)或相对值  $\Delta H/H$ (单位%)表示。

## E.2 相位角定义

相位角是振动、摆度的重要参量,在对机组进行动平衡和分析某些故障时有重要意义。相位角的测量需利用键相信号作为参考基准,一般定义相位角  $\phi$  为键相信号脉冲和后续振动摆度的第一个正峰之间的角度。对摆度而言,趋近传感器探头信号为正,远离传感器探头信号为负,在正峰值位置大轴和探头之间距离最近,相位角的图释定义,如图 E.1;对振动而言,远离测量面为正,如(图 E.2)箭头所示方向为正。



图 E.1 相角定义

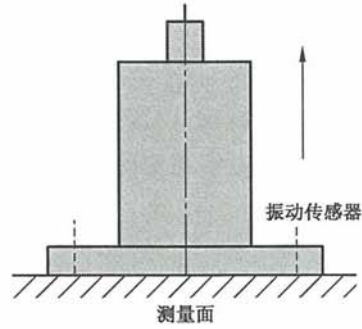


图 E.2 振动方向

由于上述定义的相位角与键相传感器和测振传感器之间的夹角相关,因此在安装测点时要记录各振动测点的安装位置及其与键相传感器之间的夹角。为了便于数据交流和共享,状态在线监测系统显示的相位角应为加上振动测点安装位置与键相探头之间的夹角  $\theta$  后的角度,即图 E.1 中的  $\phi + \theta$ 。

为准确测量相位角,状态在线监测系统能在系统中自动消除由于测量环节造成的相角误差。

### E.3 局放值( $Q_m$ )和局放量(NQN)

局放值( $Q_m$ )和局放量(NQN)是反映局部放电严重程度的两个综合性参数,计算方法如下:

#### a) 局放值( $Q_m$ )计算方法

局放值( $Q_m$ )指局部放电脉冲数量为每秒 10 个时对应的局放脉冲幅值[图 E. 3a)]。如每秒 10 个时对应多个局放脉冲幅值,局放值( $Q_m$ )则取最大的局放脉冲幅值[图 E. 3b)]。局放值( $Q_m$ )的单位为 mV。

#### b) 局放量(NQN)计算方法

在 IEEE 1434 中有详细的定义,局放量(NQN)指以局放脉冲幅值为横坐标、每秒局放脉冲数的对数为纵坐标所绘制成的曲线的积分面积(图 E. 4),其单位为无量纲。

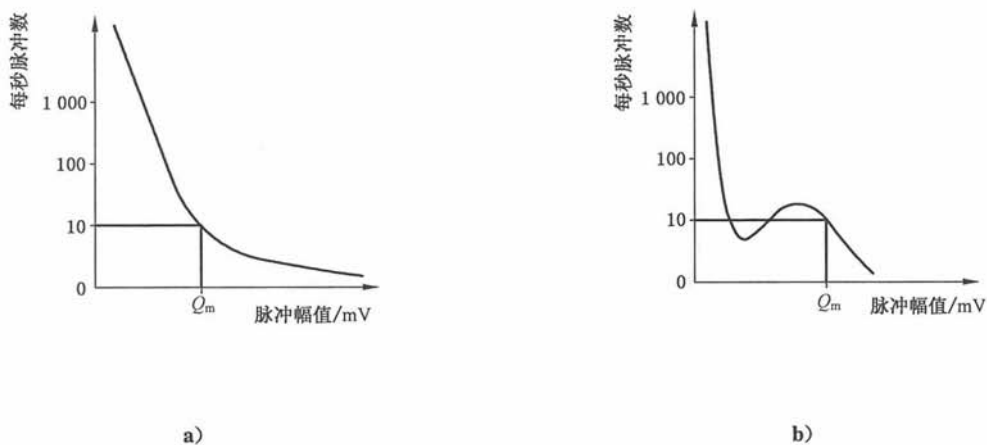


图 E.3 局放值( $Q_m$ )的计算方法

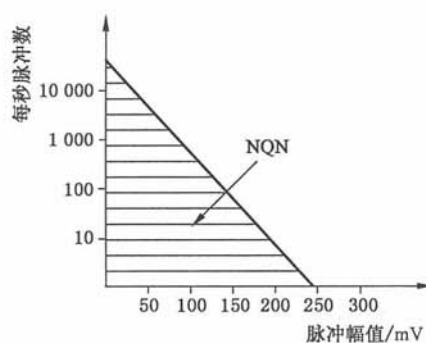


图 E.4 局放量(NQN)计算方法

## E.4 状态监测参量单位

状态检测参量及其单位见表 E.1。

表 E.1 状态检测参量及其单位

监测参量	特征值	单位
振动	位移(峰—峰值)	$\mu\text{m}$
	速度(峰值)	mm/s
	加速度(峰值)	g
	频率	Hz
	相位	$^{\circ}$ (度)
摆度	幅值(峰—峰值)	$\mu\text{m}$
	频率	Hz
	相位	$^{\circ}$ (度)
轴向位移	位移值	mm
压力脉动	幅值(峰—峰值)	kPa(绝对值),%(相对值)
	频率	Hz
空气间隙	气隙值	mm
磁通密度	幅值	Tesla
局部放电	局放值 $Q_m$	mV
	局放量 NQN	无量纲

附 录 F  
(资料性附录)  
相关标准

- F.1 GB/T 6075.5—2002 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动(第5部分:水力发电厂和泵站机组)(ISO 10816-5:2000, IDT)
- F.2 GB/T 7354—2003 局部放电测量(IEC 60270:2000, IDT)
- F.3 GB/T 7894 水轮发电机基本技术条件
- F.4 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)(ISO 7919-5:2005, IDT)
- F.5 GB/T 11805 水轮发电机组自动化元件(装置)及其系统基本技术条件
- F.6 GB/T 15468 水轮机基本技术条件
- F.7 GB/T 17189—2007 水力机械(水轮机、蓄能泵和水泵水轮机)振动和脉动现场测试规程(IEC 60994:1991, MOD)
- F.8 GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术
- F.9 GB/T 20833—2007 旋转电机定子线棒及绕组局部放电的测量方法及评定导则
- F.10 DL/T 556—94 水轮发电机组振动监测装置设置导则
- F.11 IEC 60034-27 E.1(草案)旋转电机定子绕组绝缘局部放电离线测量
- F.12 IEC 60994:1991 水力机械(水轮机、蓄能泵和水泵水轮机)振动和脉动现场测量导则《Guide for field measurement of vibrations and pulsations in hydraulic machines (turbines, storage pumps and pump-turbines)》
-

中华人民共和国  
国家标准  
水轮发电机组状态在线监测系统  
技术导则

GB/T 28570—2012

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

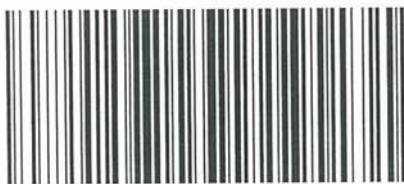
\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 59 千字  
2012年11月第一版 2012年11月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-45764 定价 33.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 28570-2012