

ICS 29.020

K 90

备案号: 37367-2012

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1163 — 2012

---

## 隐极发电机在线监测装置配置导则

Configuration guide of on-line monitoring equipment  
for cylindrical rotor generators

2012-08-23 发布

2012-12-01 实施

国家能源局 发布

## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 在线监测装置的配置原则.....	3
5 在线监测装置的配置要求.....	4
附录 A（资料性附录） 1000MW 及以上发电机推荐的解读式在线监测装置配置举例.....	7
附录 B（资料性附录） 根据可能产生故障类型推荐的在线监测装置配置.....	8

## 前 言

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电机标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：华北电力科学研究院有限责任公司、东北电力科学研究院有限责任公司。

本标准主要起草人：白恺、白亚民、宋鹏、王建军、吴宇辉、吕明、王劲松、梅志刚。

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）。

## 引 言

本标准是根据《国家能源局关于下达 2009 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技（2009）163 号）文件中计划编号“能源 20090224”安排制定的。

大型隐极发电机是由多种材料、多类部件和辅助系统组成的复杂电气设备，为保证其安全运行，必须有一系列监测装置显示其工作状态。发电机安装在线监测装置，一方面为运行人员提供直观信息以监视和判断发电机是否正常运行、是否存在需要消除的缺陷，是否应采取维持负荷、降低负荷、跳机等保证发电机本体安全的正确措施；另一方面也为设备维护人员提供判断发电机各主要部件状态的信息，以评估设备状态和寿命，进而安排检修和维护的周期和内容。

随着电机故障诊断技术和信息技术的发展，从 20 世纪 80 年代开始，隐极发电机的在线监测装置已由原先单一的温度监测发展成为包括基于发热、化学、机械和电气各种原理的、监测发电机各部件状态的监测量丰富、监测原理多样化的复杂系统。同时，发电设备长期以来基于时间的计划性维修策略愈加不能满足高可靠性安全运行的需求。目前我国发电企业的辅机设备已越来越多地采用状态检修策略，包括发电机在内的主机设备实施状态检修正逐渐成为发展趋势，而准确、可靠的设备状态监测和诊断是实施状态维修的重要基础。

根据对我国发电企业发电机在线监测装置应用情况的调研，目前隐极发电机在线监测技术的应用发展迅猛，其中直读型装置的选用、维护和运行已越来越规范，但解读型装置的选用、维护和运行则相当混乱。一方面解读型装置工作原理复杂，提供的信息需相关专业人员进一步试验分析，并结合其他多方面信息才可作出判断；另一方面有的监测装置不成熟、不可靠，或不能准确反映设备真实情况，或难于让电厂运行维护技术人员正确解读，最终导致该型解读装置无人问津甚至退出运行。

本导则针对国内发电机在线监测技术应用现状，综合考虑已有成熟技术和技术发展趋势，建立了发电机在线监测装置配置指导原则。

# 隐极发电机在线监测装置配置导则

## 1 范围

本标准规定了隐极发电机在线监测装置的基本配置要求。本标准给出了隐极发电机在线监测装置的配置要求。

本标准适用于容量在 200MW 及以上转子为隐极式的同步发电机。其他容量机组参照执行。

本标准不涉及发电机保护技术方面的内容。

## 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 7064—2008 隐极同步发电机技术要求（IEC 60034-3: 2007, MOD）

GB/T 11348.1—1999 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第 1 部分：总则（GB/T 11348.1—1999, ISO 7919-1: 1996, IDT）

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

GB/T 20140—2006 透平型发电机定子绕组端部动态特性和振动试验方法及评定

DL/T 651—1998 氢冷发电机氢气湿度的技术要求

DL/T 801—2010 大型发电机内冷却水质及系统技术要求

JB/T 10392—2008 透平发电机定子铁芯、机座模态试验分析和振动测量方法及评定

## 3 术语和定义

GB/T 20833—2007、DL/T 651—1998 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**状态监测量 condition monitoring quantity**

用于反映被评估设备运行状态或健康状态的监测量。

发电机的状态监测量主要包括各部件的温度、冷却介质工况的物理指标（如湿度、纯度、电导率、流量、压力等参数）、冷却介质工况的化学指标（如内冷水的 pH 值、铜离子含量）、反映发电机腔内部件过热情况的特征分解物等化学监测量、反映发电机工况的电气量（电压、电流、频率、有功功率、无功功率等）、反映定子绕组状态的局部放电监测量、反映转子绕组状态的磁通波形等电气监测量等。

### 3.2

**在线监测装置 on-line monitoring equipment**

在线监测发电机各状态监测量的装置。

### 3.3

**直读型在线监测装置 direct-reading monitoring equipment**

获得的数据或趋势曲线可以直接读到、无需相关专业人员诠释，即可以从数值得知某参数的状况、并根据规定限定值判断是否正常或异常的程度的在线监测装置。

### 3.4

**解读型在线监测装置 comprehension monitoring equipment**

获得的数据或趋势曲线需由有关专业人员解读的在线监测装置。

通常需要结合其他在线监测数据、发电机历史运行数据、离线试验数据等综合判断,才能依据解读型在线监测装置的监测数据判断发电机是否正常或异常的程度。

## 3.5

**露点温度 dew-point temperature**

压力为  $p$ 、温度为  $T$ 、混合比为  $r$  的湿气,其热力学露点温度  $T_d$  是指在此给定压力下,该湿气为水面所饱和时的温度。

[DL/T 651—1998, 定义 3.8]

发电机内氢气湿度和供发电机充氢、补氢用的新鲜氢气的湿度,均规定以露点温度  $t$  表示,单位为  $^{\circ}\text{C}$ 。

## 3.6

**在线式湿度仪 humidity for on-line monitoring**

在线监测发电机内氢气湿度的仪器。

工作方式分为机内压力下取样读数和不承压(大气压力)下取样读数两种,后者需要把读数值依据 DL/T 651 规定换算到机内压力下。

## 3.7

**加速度传感器 acceleration transducer**

将定点振动加速度转换为与其成比例的电信号输出的传感器。

发电机内部可以使用的主要是无铁磁性的光纤式传感器和铁磁性的压电晶体结构传感器。后者在发电机内应限制安装位置,位置应满足 GB/T 20140 的规定。

## 3.8

**温度传感器 temperature transducer**

将定点温度转换为与其成比例的电信号输出的传感器,也称为检温计。

发电机内根据测点位置和设计需要大量预埋电阻检温计(RTD)或热偶式检温计(TC)。随光纤测温技术的发展成熟,因其具有抗干扰能力强、响应快、精度高等优点,光纤温度传感器正被越来越多地用于发电机内部测温。

## 3.9

**绝缘过热监测仪 generator condition monitor**

可捕捉绝缘材料受热后其热分解颗粒物(烟气)的监测装置。

## 3.10

**局部放电 partial discharge**

导体间绝缘仅被部分桥接的电气放电。这种放电可以在导体附近发生也可以不在导体附近发生。本标准中的局部放电包括槽放电、绝缘内部放电、线棒脱壳放电和端部表面放电。[GB/T 20833—2007, 定义 3.1]

## 3.11

**氢敏传感器 hydrogen gas sensor**

用于测量氢气浓度的传感器。

发电机在线监测通常涉及两种不同原理的氢敏传感器,一种专用于漏氢监测的低浓度氢气(0%~4%)检测,采用钯栅场效应管为氢敏元件,就把氢气浓度转化为电信号输出到信号处理单元(可以是集成化的手持式仪器或在线监测的远端装置)进行分析、显示和报警;另一种是热导式传感器,可测氢浓度范围 0%~100%,但需要用管道就地抽取气体输送到分析仪器(可以是集成化的便携式仪器或在线监测的远端装置)进行分析、显示和报警。

## 3.12

**热导式气体传感器 thermal conductivity gas sensor**

利用被测组分和参考气的热导系数不同而响应的浓度型检测器,能感知环境中某种气体及其浓度的



一种装置或器件。属电学类气体传感器，能将气体种类和浓度有关的信息转换成电信号，从而可以进行检测、监控、分析、报警。

### 3.13

#### 贫氧和富氧定子内冷水系统 oxygendeficient and oxygenrich inner cooling water system

水中溶氧量小于  $30\mu\text{L/L}$ （内冷水箱中可能需要充氮气等惰性气体）的定子内冷水系统称为贫氧定子内冷水系统，水中溶氧量大于  $2000\mu\text{L/L}$ （内冷水箱中可能需要充压缩空气或氧气）的定子内冷水系统称为富氧定子内冷水系统。

## 4 在线监测装置的配置原则

在线监测装置应根据发电机冷却方式和容量等级进行配置，基本配置原则应符合表 1 的规定。1000MW 及以上发电机推荐的解读式在线监测装置配置举例参见附录 A，根据可能产生故障类型推荐的在线监测装置配置参见附录 B。

表 1 隐极发电机在线监测装置基本配置原则

在线监测类别	空气	水氢氢	双水内冷	全氢气
线棒层间温度	★	★	★	★
定子铁芯温度	★	★	★	★
内冷水系统进出水总参数 (流量、压力、温度等)	N/A	★	★	N/A
内冷水分支路出水温度	N/A	★	★	N/A
内冷水水质参数	N/A	★	★	N/A
绝缘部件过热烟气	●	▲	●	▲
气体冷却器的运行参数 (进出风温度等)	★	★	★	★
氢气品质参数 (纯度、湿度、压力等)	N/A	★	N/A	★
定子内冷水系统漏氢	N/A	★	N/A	N/A
出线箱与封母连接处、 端盖等处漏氢	N/A	▲	N/A	▲
转子绕组匝间短路探头	★	★	★	★
转子绕组匝间短路装置	▲	▲	▲	▲
定子绕组局部放电	★ <sup>a</sup>	▲或★ <sup>b</sup>	▲或★ <sup>a</sup>	▲
定子绕组端部振动 <sup>c</sup>	●或★	●或★	●或★	●或★
轴电压	●	●	●	●
定子铁芯振动	●	●	●	●
转子大轴的轴振、瓦振	★	★	★	★
冷却器漏水监测	▲	▲	★	▲

注：★—应配置；▲—宜配置；●—可配置；N/A—不适用。

<sup>a</sup> 额定电压等级 15.75kV 及以上的空冷或双水内冷发电机应配置。

<sup>b</sup> 额定电压等级 24kV 及以上的水氢氢冷却发电机应配置。

<sup>c</sup> 定子绕组端部存在倍频附近椭圆振型且检修中发现存在松动、磨损现象时应配置。

## 5 在线监测装置的配置要求

### 5.1 电气量监测

5.1.1 运行中的发电机，应能连续实时监测发电机定子绕组和转子绕组的主要电气参数，如三相定子电压、三相定子电流、频率、输出有功功率和无功功率、发电机功率因数、励磁电压和转子电流（旋转励磁不适用）等，并送入机组集散控制系统（DCS）系统，应能随时显示各数据且设定有报警限值。

5.1.2 频繁进相运行的发电机应能连续监测发电机功角。

5.1.3 经常承担三相不平衡负荷较大的发电机应配稳态负序电流表。

5.1.4 应实时将各主要电气参数送入故障录波装置，数据超过设限值自动启动录波装置以后，事故追忆时长应不少于 0.5s。故障录波装置的采样频率应不低于 5kHz。

### 5.2 定子温度检测

5.2.1 线棒层间温度检温计应符合下列规定：

- a) 温度传感器应是预埋式检温计（ETD），并应具有良好的抗干扰能力和相关的绝缘性能，其使用寿命应与发电机电线棒绝缘等同。宜采用 Pt100 铂电阻检温计（RTD），或性能更优的其他类型预埋式检温计。各检温计读数应能传送到机组 DCS 系统中并设定报警。
- b) 全氢气冷却或空气冷却的发电机每相绕组槽内不得少于 2 个（300MW 及以上机组宜每槽配备）测点。定子绕组氢内冷的发电机，至少应有 3 个检温计（每相一个）安置在定子绕组出风口处，这些检温计应与冷却介质良好接触，检温计在满足电气要求的情况下宜靠近线圈出风口。
- c) 水氢氢型发电机在每槽线圈层间应各埋置两个单只或双只检温计，其中一只作为备用测点且引至接线端子。在 DCS 上应能显示各槽检温计温度和最大温差并设定报警。

5.2.2 定子绕组内冷水分支出水温度检温计应符合下列规定：

- a) 温度传感器应具有良好的抗干扰能力和绝缘性能，其使用寿命应与发电机电线棒绝缘等同。可采用抗干扰能力强的 Pt100 型电阻检温计（RTD），也可以采用热电偶式检温计（TC）。宜采用性能可靠的光纤测温传感器。各检温计读数应能传送到机组 DCS 系统中显示各分支路出水温度和最大温差并设定报警。
- b) 应在线圈出水端每个绝缘引水管的水接头上安装测水温的检温计各 1 个，并应做好隔绝热措施，避免外部冷风对测点的影响。

5.2.3 定子铁芯温度检温计应符合下列规定：

- a) 可采用预埋式电阻检温计（RTD）或热电偶式检温计（TC），有条件时宜采用性能优异的光纤测温传感器。温度传感器应具有良好的抗干扰能力和绝缘性能，其使用寿命应与发电机等同。各检温计读数应能传送到机组 DCS 系统中显示并设定报警。
- b) 槽部铁芯应根据风区埋设不少于 6 个测点；铁芯端部的压圈、压指、铜屏蔽、磁屏蔽等部件上每侧不少于 3 个测点，有进相运行要求的发电机应不少于 6 个测点。

5.3 定子绕组内冷水水质及运行参数测量应符合下列要求：

- a) 应按 GB/T 7064—2008 中 6.3.5 的规定监测铜质空心导线内冷水的 pH 值、电导率、铜离子含量，为确保维持贫氧或富氧状态应监测溶氧量。
- b) 对不锈钢空心管线应按 GB/T 7064—2008 中 6.3.5 的规定监测电导率和 pH 值。
- c) 铜离子含量采样点应开设在水系统中发电机的出水管与内冷水箱之间。
- d) 当 pH 值低于 8 时应按 DL/T 801—2010 中 3.1 的规定监测水中溶氧量（非实时在线）。

### 5.4 冷却气体品质参数

5.4.1 气体湿度检测应符合下列规定：

- a) 在线式湿度仪可采用电子式或镜面式仪器，宜实时连续在线显示氢冷发电机内部以露点温度表示的实时压力下的氢气湿度读数。在线式湿度仪的采样点应安装在氢气干燥器的入口管段。



- b) 当在线式湿度仪读数为常压（大气压）下测试结果时，应按照 DL/T 651—1998 中 6.4 的规定换算到机内压力下考核。
- c) 应定期（视情况可 1 周~1 个月为周期）手工取样，以镜面式露点仪或同类级别的较高精度湿度仪进行对比性测试，发现互差超过 2K 应检验相关仪表。
- d) 空冷发电机在停机后及停机期间应对机内空气湿度进行连续监测，并配合加热器保证机内不出现结露。

#### 5.4.2 氢气纯度检测应符合下列规定：

- a) 宜采用热导式氢气纯度分析仪。
- b) 纯度仪应能实时连续在线显示发电机内部的氢气纯度读数（以百分比表示）。应定期（视情况可 1 天~7 天为周期）手工取样测试进行对比，发现互差过大时（百分比读数超过 1）应检验相关仪表。

#### 5.4.3 氢气压力检测应符合下列规定：

- a) 氢气冷却的发电机应配置机内氢气压力实时在线监测仪表。
- b) 监测装置应就地和远传到控制室内分别显示，并应设定压力过高和过低的限值报警。

#### 5.4.4 气体温度检测应符合下列规定：

- a) 每个气体冷却器的出口和入口应分别安装测量气体温度的检温计，可采用热电偶式或热敏电阻式检温计，宜采用抗干扰能力强且可靠性高的光纤式测温装置。
- b) 监测装置应能显示温度并能设定高温报警。
- c) 通常，每个冷却器提供的冷风温度差异不应超过 2K，短时差异不应超过 5K。冷风温度宜值可参考发电机制造厂说明书。

### 5.5 定子内冷水系统漏氢

5.5.1 对采用水氢氢冷却方式的发电机，应配备能检测出定子内冷水系统泄漏故障的监测和报警装置。该装置宜采用能定量以百分比显示氢气浓度的氢敏型仪器。氢敏传感器位置宜安装在定子内冷水水箱顶部。仪器的指示读数应在排除水箱顶部积存氢气的影响之后读取。应定期（视情况可 7 天~15 天为周期）手工取样测试，发现互差过大时（百分比读数超过 1）应检验相关仪表。

5.5.2 也可采用能定体积数量显示水箱中气体泄漏量的仪器作为监测装置，其报警动作可与氢敏式仪器相互验证，但不宜作为唯一的水系统漏氢报警装置。

### 5.6 绝缘过热监测仪

5.6.1 绝缘过热监测仪应具有自动捕捉发电机内部烟气并自动报警功能。报警后应能实现自校验，确认报警真伪。

5.6.2 仪器应具有防爆性能，并能抗油雾污染。

### 5.7 转子绕组匝间短路探测装置

5.7.1 可采用测试线圈或霍尔元件等磁通传感器对气隙主磁通密度或漏磁通密度进行在线监测，经外部示波器或采集处理系统解读波形，了解转子绕组匝间短路故障情况。

5.7.2 匝间短路测试线圈（探头）用电磁线绕制的小空心线圈，应固定安装于定子铁芯内膛气隙中测量槽漏磁通密度，通常分为径向或/和轴向安装，一般安装高度应不低于二分之一气隙高度。安装位置应避免影响转子旋转或检修时抽转子工作。

5.7.3 霍尔元件可安装在定子槽楔表面，但应避免磁通线圈在转子旋转或检修抽转子时损坏。

5.7.4 较新型的监测装置宜采用数字转化装置和便携计算机采集磁通信号，并将其转化为可供分析的数据表格式。装置的软件应能够确定每个槽中短路匝的数量，同时识别出短路匝所在槽的位置。

5.7.5 监测装置应能连续运行，但通常可定期监测（如 1 年 1 次）或在怀疑有匝间故障时监测和分析。

5.7.6 在没有上述数字采集和软件分析手段时，通常只在发电机空载或三相稳定短路时用示波器进行检测和分析。

## 5.8 定子绕组端部振动

5.8.1 绕组端部重新设计改造后、交接时定子绕组端部振动模态试验不合格且检修中发现定子绕组端部存在严重松动、磨损故障的大型汽轮发电机，应安装定子绕组端部振动监测系统。交接或检修时定子绕组端部振动模态试验不合格，或检修中发现定子绕组端部存在严重松动、磨损故障，宜安装定子绕组端部振动监测系统。1000MW 及以上发电机宜安装定子绕组端部振动监测系统。有条件的和经处理后运行仍发现有松动或磨损的发电机均可安装定子绕组端部振动监测系统。

5.8.2 宜采用光纤式测振系统。当采用压电式加速度振动传感器时应安装在低电位处，并做好屏蔽措施。

5.8.3 测点布置和安装应参照 GB/T 20140—2006 中 4.2 的有关规定，应根据需要设定监测点，可不设测点个数限制，可在同类性质位置安装多个测点以进行测试数据的比对。

5.8.4 加速度传感器、电荷放大器和分析仪的技术条件应满足 GB/T 20140—2006 中 5.2 的有关规定。振动幅值限值应参照 GB/T 20140—2006 中 6.2 的有关规定。新投产发电机安装在线监测测点时汽、励两侧都应安装测点。

## 5.9 定子铁芯和机座振动

5.9.1 定子铁芯和机座的振动通常不作为在线监测项目，当发现铁芯噪声过大时可在线监测铁芯振动。

5.9.2 可以利用光纤或压电式加速度振动传感器安装在需要监测的位置测量定子铁芯或机座的振动。测点布置和测量参数等应参照 JB/T 10392。

## 5.10 定子绕组局部放电

5.10.1 定子绕组局部放电监测系统应包括：

- a) 用来探测 PD 的传感器 [如天线、电机出线处的高压电容器和（或）电机中性点处或冲击电容器地端的高频电流互感器等]。
- b) 将模拟的脉冲信号转换为数字信号电子装置。
- c) 用于分离噪声和统计 PD 数据的信号处理技术，包括趋势分析、相似电机比较和故障进程识别等。

5.10.2 标准 GB/T 20833 规定了局部放电在线监测装置的一般要求、噪声处理技术和评价技术，宜采用能够将局部放电信息可视化的数字局部放电仪，应能够给出相位—放电量—放电个数即  $\Phi-Q-n$  模式图。

5.10.3 局部放电传感器安装应符合下列要求：

- a) 额定电压 22kV 及以下的发电机宜在出线处安装高压电容器作为传感器，每相至少安装两个传感器用以去除噪声。
- b) 额定电压 24kV 及以上的发电机可安装定子槽耦合器 (SSC)，安装在运行于高电位线棒的定子槽中的槽楔下面，带宽 10MHz~1000MHz。

5.10.4 中性点射频监测装置也可作为发电机局部放电在线监测的装置。

5.10.5 定子绕组局部放电专家分析系统尚不能完全取代人工综合分析。

## 5.11 转子大轴的轴振和瓦振

隐极发电机转子大轴的轴振和瓦振应与驱动设备汽轮机或燃气轮机整体作为轴系振动进行实时监测，监测系统的配置要求应符合 GB/T 7064—2008 和 GB/T 11348.1 的有关规定。

## 5.12 轴电压监测

5.12.1 轴电压监测可利用与大轴表面接触良好的炭刷或扁铜带引出轴电压信号。可将轴电压信号接入专门配备的精密监测装置进行实时监测和报警，也可定期（视情况可半年或 1 年为周期）手工取样，接入示波器测量。监测装置或示波器的采样周期应不低于 500kHz。

5.12.2 轴电压的有效值通常应小于 5V，峰值应小于 50V。

附 录 A  
(资料性附录)

1000MW 及以上发电机推荐的解读式在线监测装置配置举例

- A.1 定子绕组局部放电在线监测装置。
- A.2 绝缘过热监测仪。
- A.3 转子绕组匝间短路在线监测装置。
- A.4 轴电压在线监测装置。
- A.5 定子绕组端部振动在线监测装置。

附 录 B  
(资料性附录)

根据可能产生故障类型推荐的在线监测装置配置

- B.1 对变频启动的燃气轮发电机，应安装轴电压监测装置，并设定报警值。
  - B.2 对频繁启停的发电机，应安装转子绕组匝间短路在线监测装置。
  - B.3 对转子绕组有匝间短路迹象的发电机，应安装匝间短路在线监测装置。
  - B.4 对定子绕组端部结构局部有松动可能性的发电机，可根据需要在预计振动异常位置安装光纤式振动传感器进行监测。
  - B.5 对机壳振动异常的发电机，可在振幅较大的位置安装振动在线监测装置。
  - B.6 对需要频繁进相的隐极发电机，应安装功角仪。
  - B.7 对存在次同步谐振风险的发电机组，应安装扭振在线监测及保护跳机装置，避免轴系扭振累积裂纹。
  - B.8 对电压等级在 15.75kV 及以上的空气冷却的发电机，应配备局部放电监测装置。
  - B.9 对运行超过 20 年、额定电压在 18kV 及以上的老旧发电机，宜配备局部放电监测装置。
-

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
隐极发电机在线监测装置配置导则  
DL/T 1163—2012

\*

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>)  
北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2012年12月第一版 2012年12月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 17千字  
印数 0001—3000册

\*

统一书号 155123·1239 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.1239

上架建议：规程规范/  
电力工程/火力发电

