

ICS27.100
F10

CET

团体标准

CET XXXX-2022

火电机组故障预警系统技术导则

Technical Guidelines For Fault Forewarning System Of Thermal Power Units

（征求意见稿）

（本稿完成日期：2022.07.05）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电力技术市场协会发布

前 言

本标准按照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。

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。

本标准由中国电力技术市场协会提出。

本标准由中国电力技术市场协会 XXX 专业委员会归口。

本标准主要起草单位：华润电力技术研究院有限公司、润电能源科学技术有限公司、国网浙江省电力公司电力科学研究院、国电投、浙江浙能技术研究院有限公司、江苏南京化学工业园热电有限公司、铜山华润电力有限公司、江苏南热发电有限责任公司、华润电力（深圳）有限公司。

本标准主要起草人：陈建华、陈世和、李卫新、张政委、李超、张含智、马成龙、杨旭、鲁国权、余雷、王晓泉、曾广斌、汪永利、曾广斌、李小磊。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中如有意见和建议，请反馈至中国电力技术市场协会标准化技术委员会秘书处（地址：XXX，邮编：XXX）。

火电机组故障预警系统技术导则

1 范围

本技术导则规定了火电机组故障预警系统的定义、术语、综述、组成、技术要求、建模要求，以及评价指标。

本标准适用于300MW及以上火电机组故障预警系统规划、设计、建模与评价，其他类型发电机组可参照执行。

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。

T/CEC 164-2018	火力发电厂智能化技术导则
GB/T 35721-2017	输电线路分布式故障诊断系统
DL/T 1890-2018	智能变电站状态监测系统站内接口规范
DL/T 1709.4-2017	智能电网调度控制系统技术规范 第4部分：实时监控与预警
JB/T 12128	中速磨煤机石子煤正压气力输送系统
DL/T 467	电站磨煤机及制粉系统性能试验
DL/T 839	大型锅炉给水泵性能现场试验方法
DL/T 1426	联合循环汽轮机性能试验规程
DL/T 1055	发电厂汽轮机、水轮机技术监督导则
DL/T 1426	联合循环汽轮机性能试验规程
DL/T 1055	发电厂汽轮机、水轮机技术监督导则
DL/T 552	火力发电厂空冷凝汽器传热元件性能试验规程
T/CECS 118	冷却塔验收测试规程
DL/T 1078	表面式凝汽器运行性能试验规程
DL/T 552	火力发电厂空冷凝汽器传热元件性能试验规程
JB/T 3344	凝汽器 性能试验规程
DL/T 839	大型锅炉给水泵性能现场试验方法
DL/T 1141	火电厂除氧器运行性能试验规程
GB/T 13929	水环真空泵和水环压缩机 试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 故障预警 Fault Forewarning

故障预警以人工智能建模为基础，融合火力发电专业领域知识，可精准预测系统或设备在当前工况下的正常运行区间，当运行参数偏离正常运行工况时，提前发出告警。

3.2 预警模型 Forewarning Model

利用人工智能算法，结合专业工程师经验，开发出的可以对多测点间相关性进行学习和预测的数字化的机器学习模型。

3.3 计算测点 Computed Sensor Points

利用数学运算、逻辑运算和复杂运算，对一系列原始测点进行指定的公式表达，来实现某个指标或参数的计算。

3.4 训练采样间隔时间 Training Sampling Interval Time

对测点数据进行对齐或同步采样的时候使用的时间间隔，该数值将影响一定采样周期内的采样点数目。

3.5 告警检测间隔时间 Alarm Detection Interval Time

预测模型在线运行时，需要对测点数据进行相关性预测的时间间隔。

3.6 预警误报率 Error Alarm Rate

百分数，告警误报量与告警总量的比率。

3.7 预警漏报率 Missed Alarm Rate

百分数，告警漏报量与告警总量的比率。

3.8 模型残差 Model Residual

预警模型参数预测值与实际测量值之差。

3.9 模型阈值 Model Threshold

是预测模型的残差阈值，当测点预测残差超过这一阈值范围时，该测点将发出告警信息。

3.10 模型训练 Model Training

用户输入运行历史数据后所获得的较均衡且识别率较高的一组参数值作为模型训练结果的过程。

3.11 模型优化 Model Optimizing

用户在故障预警模型告警数量、误报率及漏报率指标异常时，对模型参数进行调整与训练的过程。

3.12 运行模式 Running Pattern

指设备的运行工况，以用来表述设备长期运行在某条件下，比如机组启动、停机、升负荷、降负荷、稳定负荷运行等。

4 总则

4.1 火电机组故障预警系统综述

故障预警是一个纯数据作为驱动源的正常工况参数“模仿器”，通过深度学习等高级算

法建立火电机组关键系统或设备正常运行人工智能预测模型，当模型预测值和实际测量值之间的偏差超过阈值时发出告警。与传统预警技术相比，能适应电厂运行方式的多样性及运行工况的复杂性，可精准分析预测设备在当前工况下的正常运行区间，实现在各运行工况下对于设备及生产流程的持续监视、异常检测和早期预警。

4.2 系统组成

故障预警系统一般由监测终端、中心站及用户系统三部分组成。

安装在火力发电厂的数据监测终端，将采集的设备传感器信号通过单向隔离网闸以有线方式实时发送到中心站，中心站进行数据仿真并预警后，将结果通过用户系统提供给用户。

4.3 预警故障类型

故障预警系统适用于火电机组汽机、锅炉、电气、环保及化学专业的系统或设备，可提前发现的故障类型详见附录A。

5 技术要求

5.1 系统功能

5.1.1 测点管理

系统应具有测点管理功能：

- a. 应能支持测点信息的增删改查操作；
- b. 支持批量导入、导出操作；
- c. 对测点质量进行判断。

5.1.2 模型管理

系统应具有模型管理功能：

- a. 应具备灵活、结构化的模型增删改查功能；
 - b. 预警模型相关的测点数据、计算测点数据、算法、训练采样间隔时间、告警检测间隔时间、阈值、模式可灵活配置；
 - c. 可实现预警模型在线、离线及训练状态下的管理。
 - d. 预警模型具有版本管理功能。

5.1.3 故障告警

系统应具有故障告警功能：设备传感器监测参数发生异常时可将告警结果以邮件、短信、WEB发布等方式提供给用户，实现故障告警。

5.1.4 故障处理

故障告警结果宜推送至故障诊断或设备管理等功能模块完成故障闭环处理。

5.2 监测终端

数据监测终端能汇集各数据采集单元的信息，并进行现场存储、处理，同时能和接口机进行信息交换。

5.2.1 功能要求

5.2.1.1 设备自检

监测终端应具备状态自检功能,包括数据传输、同步时钟有效性以及接口机工作状态等。

5.2.1.2 数据通信

监测终端数据通信要求如下:

- a. 应能将采集到的传感器测点数据、时钟数据以有线通信方式实时发送到接口机并最终传输到中心站;
- b. 应能将监测终端状态自检信息定时发送到中心站。

5.2.1.3 远程调试

监测终端应支持远程参数修改及程序升级功能。

5.3 中心站

5.3.1 环境条件

环境温度: $+15^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$;
相对湿度: $\leq 85\%$ 。

5.3.2 功能要求

5.3.2.1 数据接收

应能可靠接收、存储监测终端发送的设备传感器测点数据以及设备状态自检信息等数据。

5.3.2.2 数据查询

应具备运行日志以及历史数据的记录、存储和查询功能。

5.3.2.3 数据交互

可通过WEB服务等方式与其他系统进行数据互联。

5.3.3 性能要求

5.3.3.1 网络结构

网络结构宜采用多层分布式,可同时支持B/S、C/S,可在Windows、LINUX、UNIX等操作系统中正常运行。

5.3.3.2 数据库

数据库可采用SQL Server、Oracle、NoSQL,可相互无缝连接。

5.3.3.3 通信性能

中心站通信性能要求如下:

- a. 中心站中心站接入网络通信速率应大于10Mb/s;
- b. 中心站局域网网元及网络设备时延应不大于5ms,吞吐量不小于90 Mb/s,丢包率不大于 0.1%;

- c. 中心站接收数据处理延迟时间应小于30s。

5.3.3.4 计算性能

中心站计算性能要求如下：

- a. 中心站数据计算性能应满足单一预警模型样本数量5万点时模型训练时长小于5s；
- b. 中心站数据计算性能应满足多用户并发操作时数据处理时长小于60s。

5.3.3.5 存储性能

中心站应至少保存近3年的历史数据，并具备系统数据自动备份功能。

5.4 用户系统

用户系统主要要求如下：

- a. 应具备WEB浏览、短信通知、客户端数据分析等人机交互方式；
- b. 应支持数据和报表的导入/导出功能；
- c. 应支持多用户同时在线访问；
- d. 客户端数据分析宜具备告警查看、数据回放、统计分析等功能。
- e. 客户端应支持告警流转处理功能。

6 建模要求

预警模型建模包括模型测点、模型样本、模型阈值以及模型投退等关键要素。

6.1 模型测点

模型测点要求如下：

- a. 模型测点为连续的模拟量；
- b. 对设备故障征兆反映灵敏；
- c. 同一模型下的不同测点具有一定的相关性；
- d. 不能为死点、坏点或开关量点；
- e. 模型测点数量不宜过多。

6.2 模型样本

模型样本要求如下：

- a. 模型样本数据宜覆盖历史运行正常工况极值之间的所有数据；
- b. 选择模型样本时，数据像素分辨精度宜为分钟级；
- c. 模型样本数据应避免选择历史运行故障或异常工况的数据；

- d. 模型样本数据的选择以预警模型在模拟正常工况条件下的残差平稳为宜；
- e. 模型样本数据在覆盖历史所有正常运行工况的前提下，数据宜少不宜多。

6.3 模型阈值

模型阈值要求如下：

- a. 不小于传感器测量的有效精度；
- b. 不小于执行器的调节死区；
- c. 有时间积累效应、变化慢的测点在同等条件下，阈值宜比无时间积累效应、变化快的测点阈值小；
- d. 自动投入理想、调节稳定性较高的系统在同等条件下，阈值宜比投手动运行，随机性和发散度大的系统阈值小；
- e. 通常情况下，阈值设定为正常运行状态下测点最大值的 $\pm 1\% \sim \pm 5\%$ 为宜。

6.4 模型投退

模型投退的要求如下：

- a. 在设定的模型投运条件下，设备或系统的参数具有较高的工况覆盖能力；
- b. 模型投退的判断条件应满足有效、快速反映模型投退的时机；
- c. 模型应能够在设备或系统非正常运行工况下自动退出运行；
- d. 宜采用合并的方式减少模型投退条件的数量。

6.5 模型优化

故障预警模型告警数量、误报率及漏报率指标不满足用户的要求时需要进行模型优化，要求如下：

- a. 系统或设备在技改或检修后如出现全新参数特性或大量工况分类缺失导致告警数量突然激增的模型需积累足够的样本数据；
- b. 模型调优宜在模型上线1个月后进行；
- c. 对于阈值尚有足够调大空间且偶发波动的误报测点，宜按照1.5~2倍调大阈值；
- d. 对于波动性较大的误报测点可适当增加报警延时时间。

7 评价指标

7.1 模型告警量（TA）

表征预警模型的可用性，即可统计单一模型也可统计所有模型。

7.2 误报率（EAR）

表征预警模型告警的准确，即可统计单一模型也可统计所有模型，计算公式如下：

$$EAR = \frac{EA}{TA} \times 100\%$$

式中：EA——统计周期内，用户确认的模型误报的数量；
TA——统计周期内，模型告警总量。

7.3 漏报率（MAR）

表征预警模型告警的可靠性，即可统计单一模型也可统计所有模型，计算公式如下：

$$MAR = \frac{MA}{TA} \times 100\%$$

式中：MA——统计周期内，用户确认的故障漏报的数量；
TA——统计周期内，模型告警总量。

附 录 A (资料性附录) 火电机组故障类型

汽机专业		
序号	系统或设备	故障模式
1	本体疏水系统	疏水管道泄漏
2		疏水系统阀门内漏
3		疏水系统阀门阀位异常
4	闭式水系统	闭式泵振动异常
5		闭式泵出力下降
6	抽真空系统	真空泵出力下降
7		真空泵泵体及附属管道阀门泄漏
8		真空泵振动异常
9		真空泵跳闸
10		真空泵轴承温度异常
11	定子冷却水系统	内冷水流量低
12		内冷水系统泵润滑冷却异常
13		内冷水系统水箱水位异常
14		内冷水系统泄漏
15		内冷水系统泵振动异常
16		内冷水系统水温异常
17		内冷水系统堵塞
18	高低旁系统	高低旁系统阀门内漏
19		高低旁系统管道泄漏
20		高低旁系统阀门阀位异常

21		高低旁系统执行机构故障
22	高压加热器、低压加热器	加热器液位异常
23		加热器换热管泄漏
24		加热器性能降低
25		加热器端差大
26		加热器的孔门泄漏
27		加热器温升不足
28		加热器进汽压损大
29		加热器结垢
30	给水除氧系统	除氧器液位异常
31		给水除氧系统泄漏
32		除氧器压力异常
33		除氧器振动异常
34		除氧器性能下降
35		除氧器温度异常
36	给水系统	给水泵出力下降
37		给水泵润滑冷却系统异常
38		给水泵轴承运行状态异常
39		给水泵振动异常
40		给水泵组机械密封水系统故障
41		给水泵入口滤网差压高
42		给水泵耦合器故障
43	密封油系统	密封油系统真空油箱压力异常
44		密封油系统油氢压差异常
45		密封油系统油压异常
46		密封油系统油温异常
47		密封油系统油质异常
48		密封油系统油泵异常
49	凝结水系统	凝结水泵跳闸
50		凝结水泵轴承运行状态异常
51		凝结水泵振动异常
52		凝结水泵出力下降
53		凝结水泵润滑冷却异常
54	凝汽器	凝汽器真空异常
55		凝汽器水侧泄漏
56		凝汽器污垢
57		凝汽器端差大
58		凝汽器汽侧泄漏
59	汽机本体	汽轮机轴承振动异常
60		汽轮机轴承温度异常
61		汽轮机进汽参数异常
62		汽轮机叶片断裂
63		汽轮机轴承漏油

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/06801401600007033>