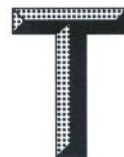


ICS 35.240.50
CCS L 85



团 体 标 准

T/JS GS 008—2022

泵站机组状态在线监测系统 技术导则

Technical guidelines for on-line condition monitoring system
for units of pumping station

2022-08-17 发布

2022-11-01 实施

中国农业节水和农村供水技术协会 发布
中 国 标 准 出 版 社 出 版



目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 监测项目及测点布置	2
6 系统结构	4
7 系统功能	5
8 系统配置与要求	5
9 试验检验和文件资料	9
附录 A (资料性) 机组状态在线监测系统典型结构示意图	10
附录 B (规范性) 机组状态在线监测系统通信规约	11
附录 C (规范性) 机组状态监测参量技术规范	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国农业节水和农村供水技术协会提出并归口。

本文件起草单位：中国灌溉排水发展中心、北京华科同安监控技术有限公司、山西省大禹渡扬水工程管理局、陕西省宝鸡峡水利水电设计院、黑龙江省农村水利水电保障中心、山西省运城市水利勘测设计研究院有限公司、陕西省江河水库工作中心。

本文件主要起草人：杜秀文、朱玉良、郑松远、闫帅、唐龙、徐睿、武前明、刘长荣、续彩虹、郑建行、董念红、董曾武、郭慧滨、王彦军。

引 言

为指导大中型灌排泵站机组状态在线监测系统的建设和管理应用,发挥状态在线监测系统在泵站关键设备安全、稳定、经济运行中的作用,从技术上规范泵站机组状态在线监测系统的结构、功能和配置要求,特编制本文件。

泵站机组状态在线监测系统 技术导则

1 范围

本文件规定了泵站机组状态在线监测系统的监测项目及测点布置、系统结构、系统功能、系统配置相关技术要求。

本文件适用于大中型灌排泵站机组状态在线监测系统的设计、制造、安装和运行管理。

小型灌排泵站及其他类型泵站机组状态在线监测系统的设计、制造、安装和运行管理可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 3214 水泵流量的测定方法

GB/T 10069.1 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分:旋转电机噪声测定方法

GB/T 28570 水轮发电机组状态在线监测系统技术导则

GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法

GB/T 29531 泵的振动测量与评价方法

GB/T 32584 水力发电厂和蓄能泵站机组机械振动的评定

SL 317 泵站设备安装及验收规范

IEEE 1434 交流电机局部放电测量指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

泵站机组状态在线监测系统 on-line condition monitoring system for units of pumping station

实时在线监测泵站机组各部位运行状态,并连续或周期性地采集、处理、诊断分析及传输监测数据的系统。

3.2

键相信号 key phase

泵站机组状态在线监测系统在主轴上的基准方位信号。

3.3

状态监测参量 condition monitoring parameters

泵站机组振动、摆度、轴向位移、压力及压力脉动、噪声、电动机局部放电等参数。

3.4

工况参数 operating parameters

泵站扬程、流量、电机功率、转速、定子电压、定子电流、励磁电压、励磁电流、进出口水位、水泵叶片

角度等与机组运行状态相关的参数。

3.5

过程量参数 process parameters

泵站机组电机定子绕组温度、各部轴承温度等随工况参数或运行时间变化而改变的参数。

4 总体要求

4.1 泵站机组状态在线监测系统应具备下列功能：

- 对泵站机组的状态监测参量、工况参数和过程量参数进行实时采集、传输、处理；
- 进行泵站机组运行状态分析、判别、预警；
- 进行泵站机组运行状态辅助诊断。

4.2 泵站机组状态在线监测系统的设置应根据机组型式、装机容量、机组台数、泵站运行方式和调度管理需要确定。

4.3 泵站机组状态在线监测系统应提供开放和标准的通信接口，应与泵站计算机监控系统 and 大数据平台实现数据共享。

4.4 泵站机组状态在线监测系统设计应适应计算机和信息化技术发展变化，具备功能扩展和系统升级条件。

5 监测项目及测点布置

5.1 监测项目选择

泵站机组状态在线监测系统监测项目选择应根据机组规模、泵站重要程度及不同类型泵的结构特点等因素综合考虑，宜按表 1 进行选择设置。水轮泵站监测项目应按照 GB/T 28570 规定执行。

表 1 泵站机组状态在线监测系统监测项目

测点名称	测点布置			
	立式轴流泵或立式导叶式混流泵	立式离心泵或立式蜗壳式混流泵	卧式离心泵、卧式轴流泵或卧式混流泵	贯流泵
键相(转速)	应设	应设	应设	应设
振动	应设	应设	应设	应设
摆度	应设	应设	应设	应设
轴向位移	应设	应设	宜设	可设
压力脉动	应设	应设	应设	应设
噪声	宜设	宜设	宜设	宜设
温度	应设	应设	应设	应设
流量	应设	应设	应设	应设
电动机局部放电	可设	宜设	—	—

5.2 测点设置

5.2.1 基本原则

泵站机组状态在线监测系统的测点设置应根据不同类型水泵及其配套电机的结构特点和特性进行合理有效配置。

小型泵组可参考 5.2 的原则作从简配置。

5.2.2 键相测点

每台泵组应设置 1 个键相测点。通常在被测机组主轴上设置宽度大于 10 mm、深度大于 2 mm、长度大于 20 mm 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。对于同步电机,应确定测量相位与泵组转动体方位的对应关系,标记宜布置在对准转子磁极编号为 1 的位置处,键相传感器宜布置在 +X 方位。

5.2.3 振动测点

5.2.3.1 立式离心泵、立式混流泵、立式轴流泵振动测点的设置应符合下列要求。

- a) 应分别在电动机上架和下机架各设置 2 个互成 90° 的水平振动测点、1 个垂直振动测点,非承重机架可不设置垂直振动测点。对于大中型同步电动机,宜设置 1~3 组定子铁心振动测点,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。
- b) 对于出水流道上带有顶盖结构的水泵,应在水泵顶盖处设置 2 个互成 90° 的水平振动测点、1 个垂直振动测点;对于金属弯管出水的水泵,在泵轴轴伸(填料函)处水泵壳体的适当位置设置 2 个水平振动测点、1 个垂直振动测点;在有条件的情况下,可在水泵叶轮外壳等壳体适当位置设置 2 个互成 90° 的水平振动测点。

5.2.3.2 卧式离心泵、卧式混流泵、卧式轴流泵振动测点的设置应符合下列要求。

- a) 应分别在电动机驱动端和自由端各设置 2 个互成 90° 的径向振动测点、1 个轴向振动测点。
- b) 应分别在水泵驱动端和自由端各设置 2 个互成 90° 的径向振动测点、1 个轴向振动测点;在有条件的情况下,可在叶轮外壳等水泵壳体适当位置设置 2 个互成 90° 的径向振动测点。
- c) 对于带有齿轮箱的泵组,应在齿轮箱外壳设置 2 个互成 90° 的径向振动测点,宜在输入轴和输出轴各设置 1~2 个径向振动测点。

5.2.3.3 贯流泵振动测点的设置应符合下列要求。

- a) 应分别在电动机驱动端和自由端各设置 2 个互成 90° 的径向振动测点、1 个轴向振动测点。
- b) 应在水泵轴承座 2 个互成 90° 的径向振动测点、1 个轴向振动测点;在有条件的情况下,可在叶轮外壳等水泵壳体适当位置设置 2 个互成 90° 的径向振动测点。

5.2.4 摆度测点

5.2.4.1 立式机组摆度测点的设置应符合下列要求。

- a) 立式离心泵、立式轴流泵、立式蜗壳式混流泵:应分别在机组的上导、下导、水导轴承径向设置 2 个互成 90° 的摆度测点,三组摆度测点方位应相同。
- b) 其他类型立式机组:应在水泵和电机联结法兰处设置 2 个互成 90° 的 2 个摆度测点。

5.2.4.2 卧式机组应在水泵主轴设置 2 个互成 90°的摆度测点。对于灯泡贯流泵和竖井贯流泵机组,也可将摆度测点布置在水导轴承处。

5.2.5 轴向位移测点

推力轴承为滑动轴承的水泵机组,宜在主轴轴肩或法兰面等易于安装的位置设置 1 个轴向位移测点。

5.2.6 压力脉动测点

压力脉动测点应与模型试验测点相对应,通常可在叶轮进口、叶轮出口、导叶出口等位置设置压力脉动测点。对大型立式离心泵和混流泵,还应在叶轮与导叶间设置 1 个~2 个、顶盖下设置 1 个~2 个压力脉动测点。压力脉动传感器应靠近取压口,不能位于压力均压管上。

5.2.7 噪声测点

宜在水泵和电动机附近合适位置各设置 1 个噪声测点。水泵噪声测量方法按照 GB/T 29529 规定执行,电动机噪声测量方法按照 GB/T 10069.1 规定执行。

5.2.8 温度测点

应在导轴承、推力轴承和电动机三相绕组出线端各设置至少 1 个温度测点。

5.2.9 流量测点

每台泵组应设置 1 个流量测点。水泵流量的测量方法按照 GB/T 3214 规定执行。

5.2.10 电动机局部放电测点

对于大中型同步电动机,测点布置在电动机绕组进线端附近,每台电动机三相绕组各设置 1 个测点。

6 系统结构

6.1 泵站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。机组状态在线监测系统典型系统结构示意图见附录 A。

6.2 泵站机组状态在线监测系统常用的传感器主要包括:电涡流传感器、低频速度传感器、加速度传感器、压力传感器、传声器、局放电容耦合器、温度传感器等。

6.3 机组数据采集单元宜集中组屏,并应具有现地监测、分析和试验功能,可实现对机组的振动、摆度、轴向位移、压力及压力脉动、噪声、电动机局放、温度、电气量、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、监测屏柜等设备。

6.4 上位机单元包括数据服务器、工程师工作站以及网络设备等,一个灌区可集中配置一处或分区域每区域配置一处上位机单元。上位机单元功能应满足下列要求。

- a) 数据服务器负责存储和管理泵站机组的状态监测数据。
- b) 工程师工作站供运行人员实时监测和分析泵站机组状态。
- c) 当上位机单元与数据采集单元之间距离过长时,应采用光纤通信。

7 系统功能

7.1 泵站机组状态在线监测系统应对泵站机组状态监测参量、工况参数和过程量参数进行实时采集和分析处理,并以结构图、棒图、表格和曲线等形式进行显示。数据采集应符合附录 B 的规定。

7.2 泵站机组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。应满足下列要求:

- a) 对泵站机组的稳态运行、暂态过程(包括瞬态)的振动、摆度、噪声进行分析,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;
- b) 对主轴轴向位置的变化进行分析;
- c) 对各过流部位的压力及压力脉动进行分析,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;
- d) 对电动机定子局部放电状态进行分析,提供趋势图、二维图等;
- e) 对泵出水流量变化进行分析,提供流量变化图、对比图等;
- f) 对各转动支撑部位和电动机绕组温度量变化进行分析,提供温度变化趋势图、对比图等;
- g) 对电动机的电压、电流、功率、功率因数等电气量变化进行分析,提供相电流对比图、功率变化图等;
- h) 根据流量、功率和扬程自动计算泵组效率,对机组能量效率特性进行评价分析,提供趋势图和运行工况分析图等。

7.3 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,定值可依据 GB/T 29531 或 GB/T 32584 确定,并符合 SL 317 规定。出现报警时,系统应在监测画面上以醒目的方式进行提示,并提供报警继电器空接点输出,报警逻辑应能通过软件组态设置值。

7.4 系统应提供数据管理功能,应能存储不少于 5 年的机组稳态、暂态过程(包括瞬态)数据和高密度录波数据,应能自动对数据进行检查、清理和维护;应具备自动和手动备份数据的功能。

7.5 系统应提供常规试验过程的数据采集记录功能,并提供附有图形和图表的试验分析评价报告。

7.6 系统应具备自动分析不同扬程和流量下机组运行特性、指导机组优化运行的功能。

7.7 系统应具备对泵站机组常见故障或异常现象进行人工辅助诊断、评价及预警预报的功能。

7.8 系统应提供规范的监测状态分析报告,报告应能反映泵站机组各状态监测参量的数值和变化趋势,对泵站机组运行状态提出初步评价,并附有相关的图形和图表。

7.9 系统应具备数据共享功能,提供标准的通信接口,从监控系统获取工况参数和过程量参数,并将状态监测数据传输给监控系统和泵站大数据平台,实现数据共享。机组状态在线监测系统通信规约应符合附录 B 规定。

7.10 系统应结合机组设备大、小修要求,具备提供设备检修决策辅助功能。

8 系统配置与要求

8.1 传感器

8.1.1 摆度测量应采用非接触式位移传感器,可选择电涡流传感器。摆度传感器主要性能指标应满足下列要求:

- a) 频响范围:0 Hz~1 000 Hz;
- b) 线性测量范围: ≥ 2 mm;
- c) 幅值非线性度: $\leq \pm 2\%$;
- d) 温漂: $\leq 0.1\%/^{\circ}\text{C}$;

- e) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.2 转速 300 r/min 及以下泵站机组振动监测宜采用位移型输出低频速度传感器(传感器内置积分电路);转速 300 r/min 以上泵站机组振动监测宜采用速度型输出低频速度传感器,转速 750 r/min 以上泵站机组振动监测可采用低频加速度传感器。具体相关主要性能指标应满足以下要求。

- a) 低频速度传感器(位移型输出)主要性能指标应满足下列要求:

- 频响范围: $0.5\text{ Hz}\sim 300\text{ Hz}$;
- 线性测量范围: $\pm 1\text{ mm}$;
- 幅值非线性度: $\leq\pm 5\%$;
- 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

- b) 低频速度传感器(速度型输出)主要性能指标应满足下列要求:

- 频响范围: $0.5\text{ Hz}\sim 1\ 000\text{ Hz}$;
- 线性测量范围: 20 mm/s, RMS ;
- 幅值非线性度: $\leq\pm 5\%$;
- 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

- c) 低频加速度传感器主要性能指标应满足下列要求:

- 频响范围: $0.5\text{ Hz}\sim 1\ 000\text{ Hz}$;
- 线性测量范围: $\pm 10\text{ g}$;
- 幅值非线性度: $\leq\pm 5\%$;
- 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.3 轴向位移测量应采用大量程非接触式位移传感器,宜采用电涡流传感器。轴向位移传感器主要性能指标应满足下列要求:

- a) 频响范围: $0\text{ Hz}\sim 1\ 000\text{ Hz}$;
- b) 线性测量范围:满足机组轴向位移限值的要求;
- c) 幅值非线性度: $\leq\pm 2\%$;
- d) 温漂: $\leq 0.1\%/^{\circ}\text{C}$;
- e) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.4 压力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。压力传感器主要性能指标应满足下列要求:

- a) 频响范围: $0.5\text{ Hz}\sim 1\ 000\text{ Hz}$;
- b) 测量精度: $\leq\pm 0.2\%$;
- c) 线性测量范围: $0\text{ 倍}\sim 1.5\text{ 倍}$ 工作压力;
- d) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.5 键相测量应采用非接触式位移传感器,可选择电涡流传感器或感应式位移开关。键相传感器主要性能指标应满足下列要求:

- a) 频响范围: $0\text{ Hz}\sim 1\ 000\text{ Hz}$;
- b) 工作范围: $\geq 4\text{ mm}$;
- c) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.6 噪声测量应采用传声器,主要性能指标应满足下列要求:

- a) 灵敏度:不小于 30 mV/Pa ;
- b) 供电方式: 24 VDC ;
- c) 频率范围: $20\text{ Hz}\sim 20\text{ kHz}$;
- d) 动态范围: $>135\text{ dB}$;
- e) 工作温度: $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.1.7 温度测量应采用 Pt100 铂电阻,主要性能指标应满足下列要求:

- a) 电阻值:在 0℃时为 $(100 \pm 0.1)\Omega$;
- b) 精度: $\leq 0.1\text{ }^\circ\text{C}$;
- c) 测量范围:测量部位预计最高允许运行温度的 120%。

8.1.8 测温导线为三线制引出,三绞线结构,采用截面不小于 1.0 mm^2 的带屏蔽镀锡铜线。导线包有热塑绝缘,热塑绝缘和外套应耐热耐油。

8.1.9 电动机局放监测应符合 IEEE1434 规定,宜采用局放电容耦合器,也可采用其他适合的监测方式,并应配置在线局放监测仪。

8.1.10 安装在电动机绕组进线端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 倍电动机线电压加 1 000 V 的耐压试验,且在该电压下其本身无局部放电。

8.1.11 局放电容耦合器性能指标应满足下列要求:

- a) 频率测量范围:40 MHz~350 MHz;
- b) 电容值: $80\text{ pF} \pm 4\text{ pF}$;
- c) 工作温度: $0\text{ }^\circ\text{C} \sim 125\text{ }^\circ\text{C}$;
- d) 电压等级:与电动机电压相匹配。

8.1.12 传感器安装应满足下列要求。

- a) 传感器的安装和布置不得影响泵站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,应根据泵站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。支架应有足够的刚度,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。支架可采用焊接、螺接连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,应固定连接在被测部件上。传感器可采用螺接方式直接固定在测量部位上;也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) 压力传感器宜直接安装在取压口。如需要测压管安装时,安装压力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) 局放电容耦合器应布置在电动机绕组进线端附近,其安装方式不得降低定子绕组的耐电压性能。在线局放监测仪的接地点应可靠接地。
- f) 测温元件应设置在能反映最高温度的位置。测温元件与导线应进行屏蔽,以防止外部电磁场的影响。
- g) 传感器供电应采用线性电源,避免使用开关电源直接供电。
- h) 信号电缆应采用带屏蔽电缆,电缆屏蔽层应在状态监测屏柜内单点接地。

8.2 数据采集单元

8.2.1 数据采集单元应满足下列要求:

- a) 数据采集单元内的 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;
- 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) 数据采集单元应采用容错、自诊断和抗干扰等措施达到高可靠性;
- f) 每个数据采集单元应提供至少 8 路独立的报警继电器输出,报警逻辑和报警定值能通过软件组态设置。数据采集单元还应具有串口和以太网网络接口。

8.2.2 数据采集单元应根据机组工况参数判断机组处于稳态还是瞬态,并能自动采集机组各个工况下的振动、摆度、轴向位移、压力和压力脉动、温度、噪声和电动机局部放电等参数。稳定工况下振动、摆

度和压力脉动应采用整周期采样方式,每周期不少于 256 点,连续采样一般不少于 8 个周期。暂态工况采用连续采样方式,采样频率不低于 2 kHz。

8.2.3 数据采集单元应具备数据存储和管理功能,应能存储泵站机组各个工况下的原始采样数据,还应具备数据回放功能。

8.2.4 数据采集单元应具备数据分析的能力,通过现地配置的显示设备,数据采集单元应能以结构图、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。机组状态在线监测数据处理应符合附录 C 的要求。

8.2.5 数据采集单元的主要技术指标应满足下列要求:

- a) 存储容量: ≥ 100 G;
- b) 精度:转速测量误差 ≤ 0.2 r/min, 其余 $\leq 0.5\%$ FS;
- c) AD 分辨率:16 位及以上;
- d) 采样频率:每通道不小于 2 kHz;
- e) 相位误差: $\leq 3^\circ$;
- f) 工作温度: -10 $^\circ\text{C}$ \sim 60 $^\circ\text{C}$ 。

8.2.6 状态监测屏柜应满足下列要求。

- a) 泵站机组对应的数据采集单元及其附属设备宜集中组屏,安装在一个标准屏柜内。对于大型泵站机组,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。对于中小型泵站机组,可多台机组共用一面状态监测屏柜。
- b) 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;应配置传感器电源模块,为各种传感器提供工作电源;状态监测屏柜内设备应支持交直流冗余电源输入,交流电源宜采用 UPS 供电。
- c) 屏柜应配备屏蔽、防尘、通风、防潮和接地设施。

8.3 上位机单元

8.3.1 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。

8.3.2 泵站可根据需要选择配置状态在线监测数据服务器,其配置应满足下列要求:

- a) CPU:10 核 2.4 GHz 及以上;
- b) 内存容量: ≥ 32 GB,可扩展;
- c) 硬盘容量: $\geq 4 \times 2$ TB 以上,采用磁盘阵列管理;
- d) 网络:至少 2 个以太网端口,按照泵站组网方式配置;
- e) 接口:至少 1 个串口、1 个 USB 端口和 1 个时钟同步接口;
- f) 操作系统:采用加固后的国产安全操作系统(Linux 内核);
- 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。

8.3.3 泵站可根据需要选择配置工程师工作站或与泵站自动化系统共用 1 台工程师工作站,其配置应满足下列要求:

- a) CPU:10 核 2.4 GHz 及以上;
- b) 内存容量: ≥ 16 GB,可扩展;
- c) 硬盘容量: $\geq 2 \times 500$ GB,采用磁盘阵列管理;
- d) 网络:至少 2 个以太网端口,按照泵站组网方式配置;
- e) 接口:至少 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。

8.3.4 上位机单元辅助设备应满足下列要求:

- 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,应采用光纤通信;
- b) 局域网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。

9 试验检验和文件资料

9.1 系统所使用的主要设备元件应采用有资质厂家生产的合格产品,设备出厂前应进行出厂试验和检验,设备正式启用前应进行现场试验和检验。

9.2 出厂试验和检验项目应包括下列内容:

- a) 试验和检验文件的检查;
- b) 设计文件、使用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。

9.3 现场试验和检验项目应包括下列内容:

- 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,可根据需要进行机械测量方式验证系统精度。

9.4 系统制造厂家为用户提供设计文件、安装手册、使用手册、维护手册以及试验文件,文件内容应详尽、完整,格式统一,图文工整清晰。

附录 A

(资料性)

机组状态在线监测系统典型结构示意图

机组状态在线监测系统典型结构见图 A.1。

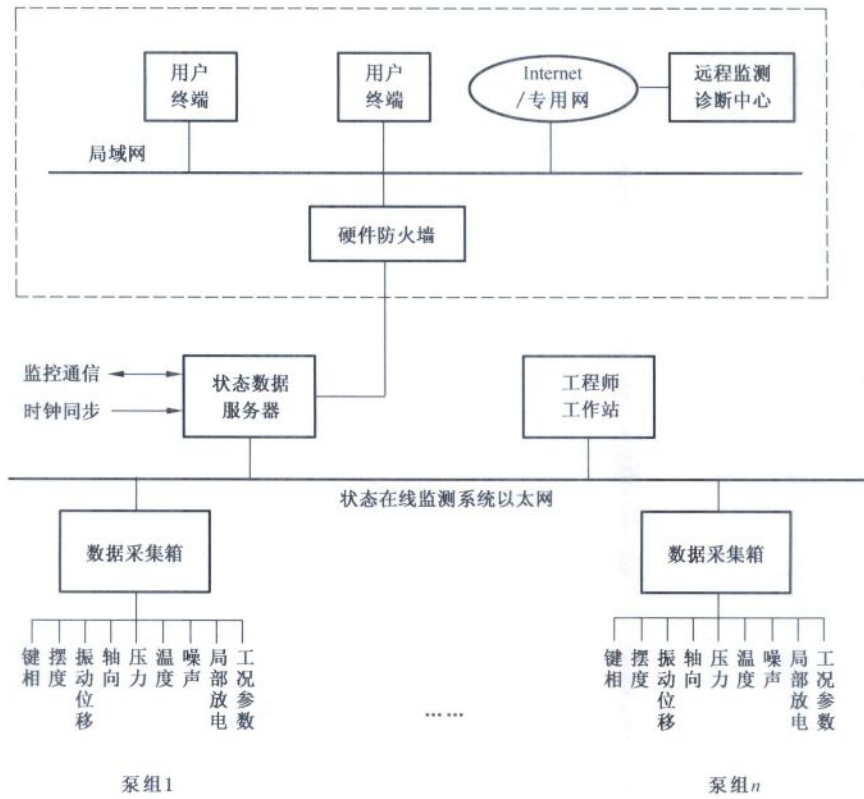


图 A.1 机组状态在线监测系统典型结构示意图

附录 B

(规范性)

机组状态在线监测系统通信规约

泵站机组状态在线监测系统应提供标准的通信接口,可以与泵站信息管理系统数据共享。数据传输协议应支持 JSON 数据格式,传输格式见表 B.1。

表 B.1 机组状态在线监测数据传输格式

字段	字段描述	说明	
DateTime	采样时间		
Speed	转速(r/min)		
SlowNum	工况和过程量参数个数 S		
Slow1	工况和过程量参数 1		
Slow2	工况和过程量参数 2		
.....		
Slow S	工况和过程量参数 S		
FastNum	快变量测点数 F	快变量指振动、摆度和压力脉动	
Fast1_PP	快变量通道 1 通频值	快变量第 1 通道的特征值	
Fast1_1X	快变量通道 1 一倍频幅值		
Fast1_Phase1x	快变量通道 1 一倍频相位		
Fast1_Low	快变量通道 1 低频段幅值		
Fast1_High	快变量通道 1 高频段幅值		
Fast1_Avg	快变量通道 1 平均值		
.....		
FastF_PP	快变量通道 F 通频值	快变量第 F 通道的特征值	
FastF_1X	快变量通道 F 一倍频幅值		
FastF_Phase1x	快变量通道 F 一倍频相位		
FastF_Low	快变量通道 F 低频段幅值		
FastF_High	快变量通道 F 高频段幅值		
FastF_Avg	快变量通道 F 平均值		
PointNum	快变量波形数据采样点数 M		标准 1024 或 2048
Hz	采样频率(Hz)		
keyNum	键相个数 N	标准 8,16 或 32	
keyPoint	<input type="checkbox"/>	键相对应的点号	包含 32 个数据
KeyTime	<input type="checkbox"/>	键相时间偏移(ms)	包含 32 个数据

表 B.1 机组状态在线监测数据传输格式 (续)

字段		字段描述	说明
Fast1_Avg	<input type="checkbox"/>	快变量通道 1 波形数据	每个快变量波形按最大采样点数 2 048 传输,实际有效点数为采样点数 M
FastWave2	<input type="checkbox"/>	快变量通道 2 波形数据	
.....	<input type="checkbox"/>	
FastWaveF	<input type="checkbox"/>	快变量通道 F 波形数据	

附 录 C
(规范性)
机组状态监测参量技术规范

C.1 峰峰值计算方法

振动(位移量纲时)、摆度和压力脉动幅值宜采用峰峰值来表征。峰峰值计算方法应符合下列规定:

a) 振动摆度峰峰值

振动、摆度峰峰值计算应采用平均时段法。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为该分区的峰峰值,所有分区峰峰值的平均值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(位移量纲时)、摆度的峰峰值单位应采用微米(μm)。

b) 压力脉动峰峰值

压力脉动峰峰值计算应采用置信度法,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%,与模型试验的置信度基本一致。

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

C.2 均方根值计算方法

振动采用速度和加速度量纲时,应采用振动均方根值来表征。均方根值是通过记录时域波形采样点数据交流分量计算得到,可按公式(C.1)计算。

$$X_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N}} = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_N^2}{N}} \dots\dots\dots(\text{C.1})$$

式中:

- X_{rms} ——均方根值;
 $X_i (i=1 \sim N)$ ——每个采样点的交流分量;
 N ——采样点数。

C.3 相位角定义

相位角 ϕ 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,相位角的测量应以键相信号作为参考基准,相位角定义见图 C.1。摆度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;振动远离测量面为正,如图 C.2 箭头所示方向为正。

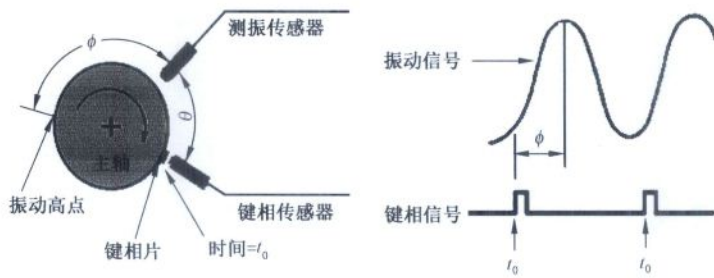


图 C.1 相角定义

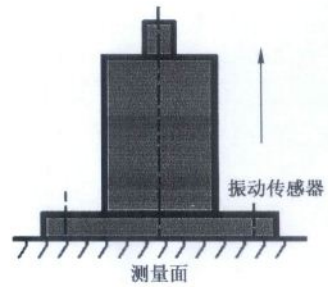


图 C.2 振动方向

在安装测点时应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 θ ，振动测点的实际相位应为测量得到的相位 ϕ 加上安装位置与键相探头之间的夹角 θ ，见图 C.1 中的 $\phi + \theta$ 。

状态在线监测系统应在系统中自动消除由于测量环节造成的相角误差。

C.4 局放值(Qm)和局放量(NQN)

局放值(Qm)应为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 C.3 a)]。当每秒 10 个时对应多个局放脉冲幅值，Qm 则取最大的局放脉冲幅值[见图 C.3 b)]。Qm 的单位为毫伏(mV)。

局放量(NQN)应以局放脉冲幅值为横坐标、每秒脉冲数为纵坐标所绘制成的曲线的积分面积(见图 C.4)，其单位为无量纲。局放量(NQN)计算应符合 IEEE 1434 的规定。

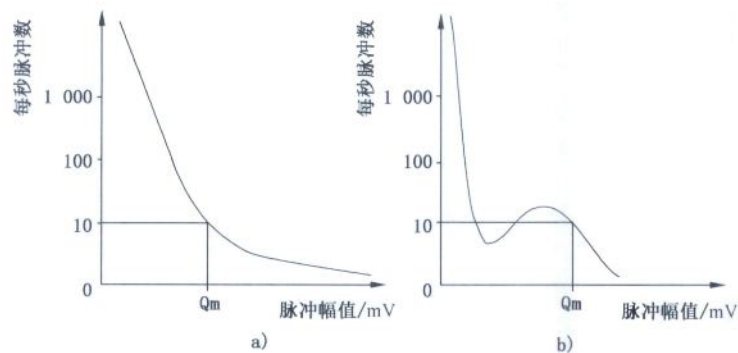


图 C.3 Qm 的计算方法

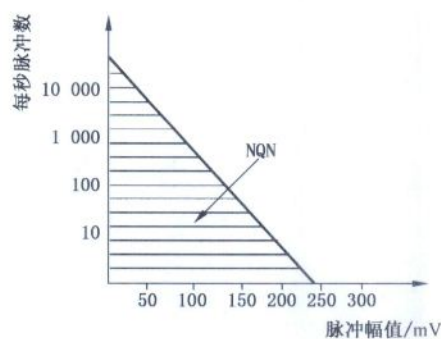


图 C.4 NQN 的计算方法

C.5 状态监测参量单位

状态监测参量单位见表 C.1。

表 C.1 状态监测参量单位

监测参量	特征值	单位	备注
振动	位移(峰峰值)	μm	转速在 300 r/min 及以下机组宜采用位移峰峰值评价,300 r/min 以上机组宜采用速度均方根值评价
	速度(均方根值)	mm/s	
	加速度(均方根值)	mm/s^2	
	频率	Hz	绝对值, x 相对值(倍频)
	相位	$^{\circ}$	—
摆度	幅值(峰峰值)	μm	—
	频率	Hz	绝对值, x 相对值(倍频)
	相位	$^{\circ}$	—
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	绝对值, x 相对值(倍频)
电动机局部放电	局放值 Q_m	mV	—
	局放量 NQN	—	无量纲
噪声	A 级声强(dBA)	dB	—
	L 级声强(dBL)	dB	—