

中国核工业勘察设计协会团体标准

T/CNIDA XXXX-2023

核电厂海水循环泵智能诊断运维标准

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国核工业勘察设计协会 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
引言.....	1
1 范围.....	1
2 规范性引用标准.....	1
3 术语、定义和符号.....	2
4 状态监测系统及数据采集类型.....	3
4.1 概述.....	3
4.2 状态监测系统.....	4
4.3 数据采集.....	4
4.4 状态监测程序.....	5
5 设备故障诊断内容、要求和方法.....	5
5.1 水力性能的诊断.....	5
5.1.1 测量.....	6
5.1.2 水力性能验收等级评定.....	6
5.2 振动状态的诊断.....	7
5.2.1 概述.....	7
5.2.2 测量.....	7
5.2.3 振动评价标准.....	11
5.3 电流诊断标准.....	12
5.3.1 概述.....	12
5.3.2 测量.....	13
5.3.3 电流状态评价指标.....	14
6 系统智能诊断运维评估内容、要求和方法.....	16
6.1 系统经济运行评定内容概述.....	16
6.2 系统经济运行评定要求及方法.....	16
6.3 系统智能化运维流程及方法.....	17
6.3.1 状态监测.....	17
6.3.2 诊断及运维.....	19
6.3.3 数据库.....	20
附录 1.....	22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。

本标准旨在提出核电厂海水循环泵智能诊断系统的评价性标准。其主要需包括水力性能监测、振动监测诊断及系统搭建以及数据表示模块。

本标准是由海水循环泵目前相关行业标准及现代智能运维搭建准则结合修订而成。

本文件起草单位：中国核电工程有限公司、江苏大学、西安交通大学、上海阿波罗机械股份有限公司。

本标准由中国核工业勘察设计协会提出并归口。

核电厂海水循环泵智能诊断运维标准

引言

海水循环泵是常规岛循环水冷却系统中关键设备之一，也是核电站内流量最大的泵类产品。其介质为海水，一般从滤网内侧取水、升压后沿水渠输送到凝汽器入口水室，海水经过冷却管束并带走热量，从凝汽器出口水室经排水渠流回大海。其泵组应主要包括以下几个部分：

- 混凝土预埋部分，包括吸入流道和蜗壳吐出流道及金属预埋件组成。
- 泵芯部分，包括叶轮、泵盖、泵轴、轴承部件、密封部件等。
- 齿轮箱部分。
- 润滑冷却系统。
- 电动机部件。

基于核电海水循环泵组其冷却目的以及流量大、耗电大的特点，搭建智能诊断运维平台，对提高核电整体发展效益具有重大意义。

核电厂海水循环泵包括混凝土蜗壳泵和立式斜流泵，本部分主要针对海水循环泵组两种型式的通用部分起草了智能诊断运维系统的相关标准。

1 范围

本标准适用于核电站常规岛海水循环泵泵组。针对泵组中水力性能、振动状态进行监测及诊断。

因为状态监测方法的多样性，本部分是提供一般性建议的基本文件。

2 规范性引用标准

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 29531—2013 泵的振动测量及评价方法

GB/T 13006—2013 离心泵、混流泵和轴流泵 汽蚀余量

GB/T 6075—2015 机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动

GB/T 3216—2016/ISO 9906: 2012 回转动力泵 水力性能验收试验 1 级、2 级和 3 级

ISO 13373 机器状态监测与诊断 振动状态监测

GB/T 18149-2017 离心泵、混流泵和轴流泵水力性能试验规范 精密级

GB/T 22393-2008 机器状态监测与诊断 一般指南

GB/T 41718-2022 核电厂关键设备状态监测管理导则

GB/T 5171.21-2016 小功率电动机 第 21 部分：通用实验方法

GB/T 22394 机器状态监测与诊断 数据判读与诊断技术

GB/T 29308-2012 核电厂安全重要仪表和控制系统老化管理要求

3 术语、定义和符号

(1) 振动烈度 vibration severity

诸如最大值、平均值、均方根值或其他描述振动参数的一个或一组数值，涉及多个瞬态值或多个平均值。

注 1：振动烈度是一种通称，过去在涉及振动速度时经常使用。然而现在更多地用于位移、加速度等其他测量。

注 2：机械的振动烈度定义为在机器的多个不同点如轴、轴承或机械结构的其他部件上所测得的振动量的最大值。

注 3：振动的持续时间有时也包含在描述振动烈度的参数中，但此用法已不主张使用。

(2) 质量流量 mass flow rate

从泵的出口法兰排出进入管路的流量。

注 1：质量流量的单位用千克每秒(kg/s)表示。

注 2：泵内部需用、损失或抽取的流量不计入流量：

- a) 水力平衡轴向力所需的排量；
- b) 冷却泵自身轴承。

注 3：连接管件的泄漏、内部泄漏等不计入流量。反之，所有供其他用途的分出流量均计入流量。如：

- a) 冷却电机轴承；
- b) 冷却齿轮箱(轴承、油冷却器)等。

注 4：这些流量是否需要计入以及如何计入分别取决于分出流量的位置和流量测量截面的位置。

(3) 体积流量 volume rate of flow

泵出口的体积流量；

$$Q = \frac{q}{\rho}$$

注:本标准中,符号Q也可以表示任何给定截面处的体积流量。它是该截面处质量流量和密度的商。

(4) 基准面 reference plane

用作高度测量基准的任一水平面。

注:为了实用,最好不要规定虚设的基准面。

(5) 扬程 pump total head

出口总水头和入口总水头的代数差。

注 1:如果液体的压缩性可忽略不计,则 $H = H_2 - H_1$ 。如果泵输送液体的压缩性明显,则密度 ρ 应用平均值替代:

$$\rho_m = \rho_1 + \rho_2$$

扬程应用式计算:

$$H = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\rho_m g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g}$$

注 2:数学上的恰当符号为 H_{1-2} 。

(6) 泵输出功率 pump power output

泵出口液体的有效功率。注:泵输出功率;

$$P_h = \rho g Q H$$

(7) 泵最大输入功率 maximum shaft power

$P_{2,max}$ 由制造厂家设定的、在规定运行条件下能正常驱动泵的最大输入功率。

(8) 泵效率 pump efficiency

泵输出功率除以泵输入功率。泵效率;

$$\eta = \frac{P_h}{P_2}$$

4 状态监测系统及数据采集类型

4.1 概述

根据不同场地的实际情况、机器状态及其他要求的需求程度不同、所选择搭建的系统及数据采集类型均不同。总体来讲,可综合考虑以下因素。

- 海水循环泵部件的关键程度。
- 部件突然失效的费用。
- 合适的测量位置的可接近性。

- 安全性。
- 环境影响。
- 维修的可接近性。
- 失效模式的扩展率。
- 测量/诊断系统的品质

下面给出几种类型的状态监测系统及数据采集类型。

4.2 状态监测系统

这里介绍 3 种安装形式的系统

(1) 永久性安装的系统

这种类型的系统是传感器、信号适配器、数据处理和数据存储装置永久性安装的系统。数据采集可以是连续的或周期的。永久性安装系统通常用于昂贵的和关键的机器或者具有复杂监测任务的机器。

(2) 半永久性安装的系统

半永久性系统是永久性系统和便携式系统之间的一种交叉。在这种类型的系统中，传感器通常是永久性安装的，而数据采集部件是间歇式连接。

(3) 便携式监测系统

便携式监测系统与“连续”在线系统功能类似，但较省事且较便宜。对于这种配置，采用便携式数据采集器自动或手动周期性地记录数据。

便携式监测系统比较普遍地用来在机器预先选定的位置上以一定的时间间隔(周、月等)、周期地手动记录测量结果。数据通常就地输入和存储在便携式数据采集器上，可以立即进行初步的粗略分析。

然而对于更深入的处理和分析，需要把数据下载至有相应软件的电脑上进行。

4.3 数据采集

数据可以连续采集或周期采集，数据分析可以由事件驱动或者由时间间隔驱动。数据采集可分为连续采集和周期数据采集。

(1) 连续采集

连续数据采集系统是传感器永久性安装在机器关键位置，通常在机器运行期间，连续记录和存储振动测量数据。该系统可以包括多通道自动振动监测系统，为了保证不丢失有效数据或趋势，应具有足够快的多路传输率。数据处理应能得到与以前获取的数据进行比较的宽带或谱的信息。通过设定存储数据的“报警限值”，可通知操作人员机器振动特性趋势的变

化（幅值增加或减小），并据此推荐诊断方法。

连续的数据采集系统可以装在机器现场供机器操作人员直接使用，或者安装在远方现场，数据传输至中央数据分析中心。“连续”系统明显的优点是可以用于机器振动状态的实时在线监测。

（2）周期数据采集

周期数据采集可用永久性在线系统或便携式系统进行。在线周期系统可包括多通道的自动振动监测系统，在这种情况下，全部通道周期性地逐个扫描，当某个通道接通时，其他通道处于隔离状态。测量系统连续运行，但监测的各个测点有时间间隔，取决于被监测的通道数目和每个通道的测量周期。这些系统有时被称为“扫描”或“间歇”系统。

对于不便使用在线系统的机器，通常用便携式系统，在大多数情况下，便携式系统适用于周期性监测。

4.4 状态监测程序

在选定被监测的设备和确定合适的测量系统之后，建议制定状态监测程序流程图。然而，由于每个设备、每个系统各有特点，数据流程应用户化，以取得最大效益。

采集数据的同时，应清楚地描述海水循环泵的运行状态，例如转速、流量或温度等关键参数。一般来说，要特别强调在数据采集期间，运行状态应尽可能接近正常运行状态以保证数据的一致性和可比性。否则，必须充分了解泵组的特性，以便评定数据的任何差异。

由于状态监测方法包括了检验振动值随运行时间变化的“趋势”过程，特别重要的是，在逐次测量期间，运行状态要保持相同，以便使这种趋势是有效的。例如，泵的振动值在正常负载和非正常负载之间会有明显变化。因此，运行状态变化引起的振动响应变化容易被误解为故障引起的变化。另外，采集数据的时间间隔不必是恒定的，这取决于机器当前的状态。

依据机器的复杂性和测量的目的，也可能需采集其他状态下的数据。例如，怀疑存在不平衡、碰摩、轴裂纹或油膜祸动等问题，建议在瞬态运行时，例如启动升速和停机降速期间进行试验。

5 设备故障诊断内容、要求和方法

5.1 水力性能的诊断

对海水循环泵进行水力性能诊断，确定其水力验收等级并监测其效率是否达标，判断其是否在高效区运行并作出调整，对整体泵组的健康诊断及节能运行具有重要意义。

5.1.1 测量

使用的测量方法、所用仪器及分析方法不可避免的存在不确定度，故需采用一定方法进行测量不确定度的评定，使其控制在允许值内。

对于，流量、扬程、转速、输入功率的测量方法应满足 GB/T 18149-2017 离心泵、混流泵和轴流泵水力性能试验规范 精密级中所述要求。

其测量不确定度应按照 GB/T 3216—2016/ISO 9906: 2012 回转动力泵 水力性能验收试验 1 级、2 级和 3 级中所述判断其不确定度是否满足要求并确定测量不确定的级别。

5.1.2 水力性能验收等级评定

5.1.2.1 总则

本标准中规定了 6 种泵性能试验验收等级,即 1B、1E、1U、2B、2U 和 3B。1 级要求最严格,其中 1U 级和 2U 级是单向容差,1B 级、2B 级和 3B 级是双向容差。1E 级在本质上也是双向容差,并且在能效相关领域很重要。

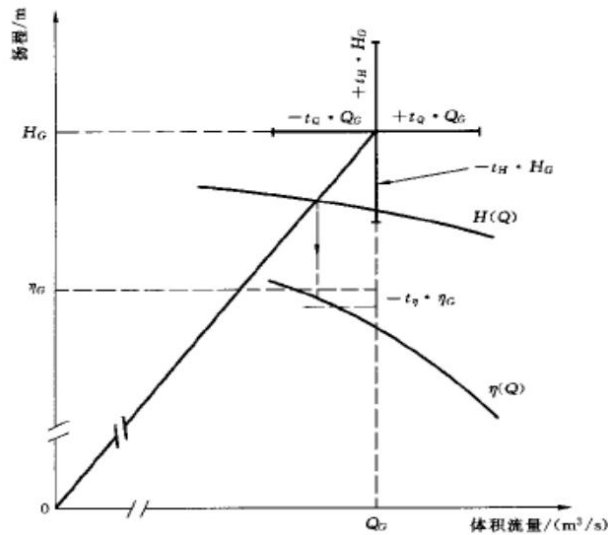
注:对于流量和扬程,1U 级、1E 级和 1B 级具有相同的容差系数。

如果给定一个保证点,但是没有规定验收等级,可以采用默认试验验收等级为 2B。下表给出了泵扬程、流量、功率和效率的保证点验收等级。所有的容差系数均以保证值的百分数表示。

等级	1			2		3	保证要求
$\Delta\tau_Q$	10%			16%		18%	
$\Delta\tau_H$	6%			10%		14%	
验收等级	1U	1E	1B	2B	2U	3B	强制
τ_Q	+10%	±5%		±8%	+16%	±9%	
τ_H	+6%	±3%		±5%	+10%	±7%	
τ_P	+10%	+4%		+8%	+16%	+9%	可选
τ_η	≥0%		-3%	-5%		-7%	
注: τ_x ($x=Q, H, P, \eta$)代表指示数量的容差系数。							

5.1.2.2 试验方法

采用搭建的智能化采集软件，在规定位置搭建测量仪器，采集 13-15 个点拟合成流量-扬程效率曲线，按照如下所示方法，编写算法，判断其是否满足验收等级。



通过规定点 (Q_G, H_G) 以水平线段 $\pm t_G \cdot Q_G$ 和垂直 $\pm t_H \cdot H_G$ 作出容差的十字线。如果 $H(Q)$ 曲线与垂直线段和或水平线段相交或至少相切，则认为对扬程和流量的保证得到满足。

效率值应由通过规定工作点 (Q_G, H_G) 和坐标轴原点 O 的直线与测得的曲线的交点作一条垂直线与曲线相交得到。如果该交点的效率值高于或至少等于 $\eta_G (1 - t_\eta)$ ，则认为对效率的保证得到满足。

5.2 振动状态的诊断

5.2.1 概述

振动状态监测的目的是为了评定机器持续运行期间的“健康”状态。应依据被监测的机器类型和关键部件，选择一个或多个测量参数和合适的监测系统其目标是当机器部件有某些缺陷而明显降低设备效能、减少机器预期寿命，或在设备完全失效之前，及时识别出“非健康”状态，使之有足够的时间采取补救措施，从而建立一个既经济又有效的维修计划。

5.2.2 测量

5.2.2.1 测量类型

一般有如下 3 种测量类型可用于机器振动状态监测：

- a) 在非旋转结构上行振动测量，如轴承箱、机壳或机器底座上；
- b) 转子和固定的轴承或箱体的相对运动；
- c) 旋转部件的绝对振动

结构物上的振动测量通常使用速度均方根值，常与位移均方根值或加速度均方根值一起使用(GB/T 6075.1)。如果振动主要是正弦分量也可使用振动位移(峰值或峰-峰值)。

对于高速机器或齿轮以及具有抗磨轴承的机器，加速度峰值常与速度均方根值一起用于监测。另外，正日益使用其他更高级的技术，能使包含在振动信号中的信息有更大用处。

旋转部件的绝对和相对位移由几种不同的位移量定义，每一种现在都广泛使用，并在 GB/T 11348.1 中定义，包括：

- S_{max} 从时间-积分零均值位置算起的轴位移最大值；
- S_{p-p} 在测量方向上的振动位移峰-峰值。

上述的每一种位移量都可用于轴振动测量。然而应清楚地标明测量量以保证正确地解释测量结果。

应注意 GB/T 11348 和 GB/T 6075 系列标准只论述宽带测量而状态监测可能包括附加的振动测量和分析，例如：

- 谱分析；
- 滤波；
- 时域波形和轨迹；
- 具有幅值和相位的矢量分析；
- 高频振动的包络分析。

5.2.2.2 测量量

振动可以以直线或角度的位移、速度或加速度的形式量化。监测机器固定部件的振动状态推荐的测量量是振动速度。监测旋转部件的相对位置和运动，推荐的测量量是位移。滚动轴承和齿轮的状态监测，因为它们可能在高频呈现故障，故推荐的测量量是加速度。在任何情况下，测量量的选择主要取决于预期的激励频率。当机器由静止投入运行时，具有油膜轴承支承的轴，其轴心位置可能有直流的或静态的偏移，虽然此位移不直接是振动分量，但它是振动位移传感器提供的一个值，应予记录。由于在初始定位后没有运动，因此它提供了基准位置，由此位置可测量机器轴的动态振动特性。

(a) 幅值范围

测量的幅值范围应以被监测的具体机器以前的经验或评定准则作为基础来选择，应覆盖从最低到最高的预期幅值。如果以前没有经验，参照可使用的标准(例如 GB/T 6075 或 GB/T 11348 系列标准)用于速度测量推荐的幅值范围。测试设备的本底噪声应比最小振动测量值低 10 dB，或小于其三分之一，同时保证能调节比最大预期信号至少高 10 dB 的信号。

(b) 频率范围

可靠的状态监测要求测量装置应覆盖宽的频率范围，使之不仅能包括轴的旋转频率及其谐波，而且还能包括由其他部件，例如轴承、齿轮、密封、叶片、导叶等产生的频率。如有可能，测量的频率范围应适合被监测具体机器的要求，但通常不应大于传感器的最大线性范

围。

传感器的最大线性范围是指在规定的测量精度内,传感器的校准灵敏度是一常数的频率和幅值范围。

系统的线性频率范围一般应覆盖从 0.2 倍最低旋转频率到所关注的最高激励频率的 3.5 倍(一般不超过 10kHz)。典型的最高激励频率是旋转频率乘以叶片数目,或者可能是滚动轴承频率之一。对于泵气蚀激励的振动也可能产生并超出此频率范围。

对机械适用性来说,10kHz 是适当的。然而,对诊断很高频率的信号,例如齿轮、滚动轴承等,10kHz 可能不够,有时甚至会超过传感器线性工作范围,在这些情况下,虽然个别高频信号的幅值可能不完全准确,但此信号也可提供有价值的信息。

(c) 相位

在评定信号时,两振动源之间的相位角是一个重要的参考量。相位是一个正弦信号至另一个同频正弦振动信号或者一个振动信号至固定参考物的角度差或时间差的一种量度。对于状态监测,普遍使用的是相位滞后。当轴上某参考点通过时能产生一个信号的某一固定传感器用作相位参考物。相位滞后相应于轴上参考点和振动信号最大或过零之间的延迟时间。相位参考物也可用于同步时间平均。

相位参考点的物理位置常称为触发位置,它是任选的。如可使用轴上键槽,推荐将其作为相位参考点。没有键槽时,只要存在每转一次能产生明显信号的轴上任何突变点,都可以用作永久性的相位参考点。

相位测量最普遍的使用是确定和校正不平衡。另外相位测量可用于故障检测,通过机器部件之间相对运动测量、热的矢量分析、不对中检验、转子裂纹、交叉耦合作用的确定和机器共振的识别等来实现。

当测量两位置之间的相位时,应使用同样的传感器和相配的信号适配装置,以避免仪器的相位误差。否则应对差异做出补偿。

5.2.2.3 传感器

依据具体应用,选择合适的传感器。一般来说,可用于海水循环泵状态监测的传感器有:

- 加速度计,其输出能处理得到 3 个参数(加速度、速度和位移)中的任意一个;
- 速度传感器,其输出能积分得到位移;
- 非接触式传感器。其输出直接正比于机器旋转件和非旋转件之间的相对位移。

(1) 加速度计

加速度计是一种惯性式传感器,产生正比于被测物体机械振动加速度的输出信号,一般

来说，加速度计安装在机器的固定(非旋转)结构上。加速度计可能有不同的安装共振频率，典型的是 1 kHz 以上。一般来说，推荐安装后的加速度计线性范围应覆盖所关注的频率。通常是将加速度计的输出积分得到速度信号。然而，在两次积分得到位移时应小心、谨慎。特别在低频时更应注意。

以下是加速度计典型的频率、质量、幅值和温度范围：

- 频率范围 0.1Hz 至 30 kHz;
- 典型的用于状态监测的传感器的质量范围从 10g 至 200 g;
- 具有内置电荷放大器的温度范围高达 125℃;
- 使用外部电荷放大器的温度范围高达 250℃

加速度计有各种不同的尺寸，有宽的动态范围（1 至 10⁶）及宽的频率范围。它们优先用在安装面积小的小物体、高温或强磁场中。外置电荷放大器的缺点是对绝缘不良、温度波动大和连接电缆运动敏感。

（2）速度传感器

速度传感器产生的电压信号正比于被测物体的机械振动速度。一般来说，速度传感器装在机器的固定(非旋转)结构上。当希望测量位移时，通常将速度传感器的输出积分得到位移输出。

速度传感器的质量-弹簧系统有一个内在的共振频率，称作固有频率，大约是 4 Hz 至 20 Hz。当被测振动频率大大低于传感器固有频率时，传感器输出正比于加速度，它是加速度的一阶导数，而不是速度；当被测振动频率范围靠近传感器固有频率时，传感器的输出取决于内阻尼。在大多数情况下，只是在大大高于该固有频率时，真实速度和相位才有确切的比例关系。如果必须在低于其固有频率下使用速度传感器，应适当地校准现代电磁式速度传感器，其固有频率在 10 Hz 以上，内装的适配电路可在低于固有频率的频率(低至 1Hz)范围内校准灵敏度。

速度传感器典型的频率、温度和质量范围如下：

- 频率范围 1Hz 至 2000 Hz;
- 温度范围从-50℃至 200℃;
- 典型的质量从 50g 至 200g。

速度传感器特别适用于低频振动测量。用于监测的大多数速度传感器固有频率在 10Hz 以上。

速度传感器的优点是在信号源阻抗低时有相对高的输出电压。因此，传感器对绝缘不良

和电场相对不敏感。然而，由于内部有运动部件，如果超过其额定工作范围对机械损伤和磨损敏感。它们对在垂直于测量轴线的平面内的大振动也很敏感，并且由于运动部件的约束可能给出错误的读数。

具有单个线圈的电磁式传感器对环境磁场很灵敏，需要良好的防磁屏蔽。即使有屏蔽，在开口式电机上进行测量时仍能观察到严重的干扰。现在大多数电动式传感器有二个线圈，大大降低了对环境磁场的灵敏度，允许减少防磁屏蔽而且质量较小。

5.2.3 振动评价标准

(1) 评价振动烈度的尺度

在 10Hz~1kHz 的频段内，速度均方根值相同的振动被认为具有相同的振动烈度。表 1 中相邻两档之比为 1:1.6,即相差 4dB。4dB 之差代表大多数泵振动响应的振动速度有意义的变化。

用泵的振动烈度查下表振动烈度级范围(10 Hz~1 kHz),确定泵的烈度级。

烈度级	振动烈度的范围
0.11	>0.07~0.11
0.18	>0.11~0.18
0.28	>0.18~0.28
0.45	>0.28~0.45
0.71	>0.45~0.71
1.12	>0.71~1.12
1.80	>1.12~1.80
2.80	>1.80~2.80
4.50	>2.80~4.50
7.10	>4.50~7.10
11.20	>7.10~11.20
18.00	>11.20~18.00
28.00	>18.00~28.00
45.00	>28.00~45.00

(2) 海水循环泵的分类判断

海水循环泵的出口法兰密封面到泵轴线间的投影距离规定为中心高。根据中心高及转速分为以下 4 类。

类别	中心高(mm)及转速(r/min)		
	≤225 mm	>225 mm~550 mm	>550 mm
第一类	≤1 800 r/min	≤1 000 r/min	—
第二类	>1 800 r/min~4 500 r/min	>1 000 r/min~1 800 r/min	>600 r/min~1 500 r/min
第三类	>4 500 r/min~12 000 r/min	>1 800 r/min~4 500 r/min	>1 500 r/min~3 600 r/min
第四类	—	>4 500 r/min~12 000 r/min	>3 600 r/min~12 000 r/min

(3) 评价泵的振动级别

泵的振动级别分别为 A、B、C、D 四级，D 为不合格。

泵的振动级别评价方法先按泵的中心高和转速查表确定泵的类别,再按泵振动烈度级和类别查下表评价泵的振动级别。

振动烈度范围		评价泵的振动级别						
振动烈度级	振动烈度分级界线 mm/s	第一类	第二类	第三类	第四类			
0.28	0.28	A	A	A	A			
0.45	0.45							
0.71	0.71							
1.12	1.12	B	B	B	B			
1.80	1.80	C						
2.80	2.80	D	C	B	B			
4.50	4.50		D	D	C	C		
7.10	7.10				D	D	D	D
11.20	11.20						D	D
18.00	18.00		D	D	D	D		
28.00	28.00	D	D	D	D			
45.00	28.00	D	D	D	D			

5.3 电流诊断标准

5.3.1 概述

电流状态监测是指通过分析电机供电电流连续或断续地监测电机状态,可构造多个子监测系统,记录出现的故障现象,通过智能诊断得出故障类别和故障的严重程度,对海水循环泵配套电机进行运行安全评估,故障严重程度超过设定范围的电机需停机检查并进行维修处理,从而一定程度上节省定期维修的大量费用,减少因电机突然损坏导致停工停产的重大经济损失。

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/028026124045006142>