

# 建立工厂规范化设备状态精密监测诊断网络系统

常英杰

北京普迪美科技有限公司

[摘 要] 在工厂状态监测和故障诊断专业人员数量有限的条件下，建立以专业人员为核心以现场设备运行或点检人员为基础的二级监测诊断网络系统是行之有效的预测维修管理策略。对设备测点、监测参数、周期和报警的设定应由专业人员负责，进行规范，并能精密反应设备状态的变化。设备状态信息应为有关部门和人员共享，集成到工厂信息系统。

[关键词] 状态监测，故障诊断，网络化状态监测系统，预测维修项目管理

## 1 概述

我国状态监测工作在经历了 20 多年的发展之后正在发生一些显著的变化。工矿企业始终是状态监测工作的主体和目标，随着体制和经营方式的变化，状态监测工作也从被动方式向主动方式转变，更趋于理性；从仅仅执行行政命令，领导的兴趣和认知为出发点转变为从企业的效益，运营和设备可靠性为出发点，这体现了市场化的结果。在实施方式上，也从早期的技术实现、技术探索为主的“单打独斗”方式转变为效益实现为主的“全员”系统化实施方式。前期的实践为工厂设备的长周期、满负荷、优质可靠运行发挥了一定的作用，使状态监测诊断技术发展成熟的技术、经验和工程方法，为在更大规模和更大范围内系统地规范地实施状态监测提供了条件，同时，监测仪器和系统、IT 技术的发展及其成本的降低，企业信息化的需求更为这个转变提供了催化剂。

管理的作用由此被凸现出来，一个成功的状态监测计划的实施被放到整个工厂的运营绩效中去考量，状态监测真正作为新的维修方式的要素融合到工厂管理中。搞好状态监测不再仅仅是一个技术问题，更主要的是要取决于对这个项目的管理，取决于如何组织，如何实施，如何评价，如何奖惩，和如何改善。状态监测如何与现场设备运行管理、点检管理相结合，如何与设备维修计划以及生产管理相结合，如何实现维修成本控制和创造价值，越来越成为新的关注内容。相应地，状态监测对仪器硬件和数据分析、信息处理软件的要求趋向于注重分层次的功能设计和信息需求，并实现工厂信息共享和集成。

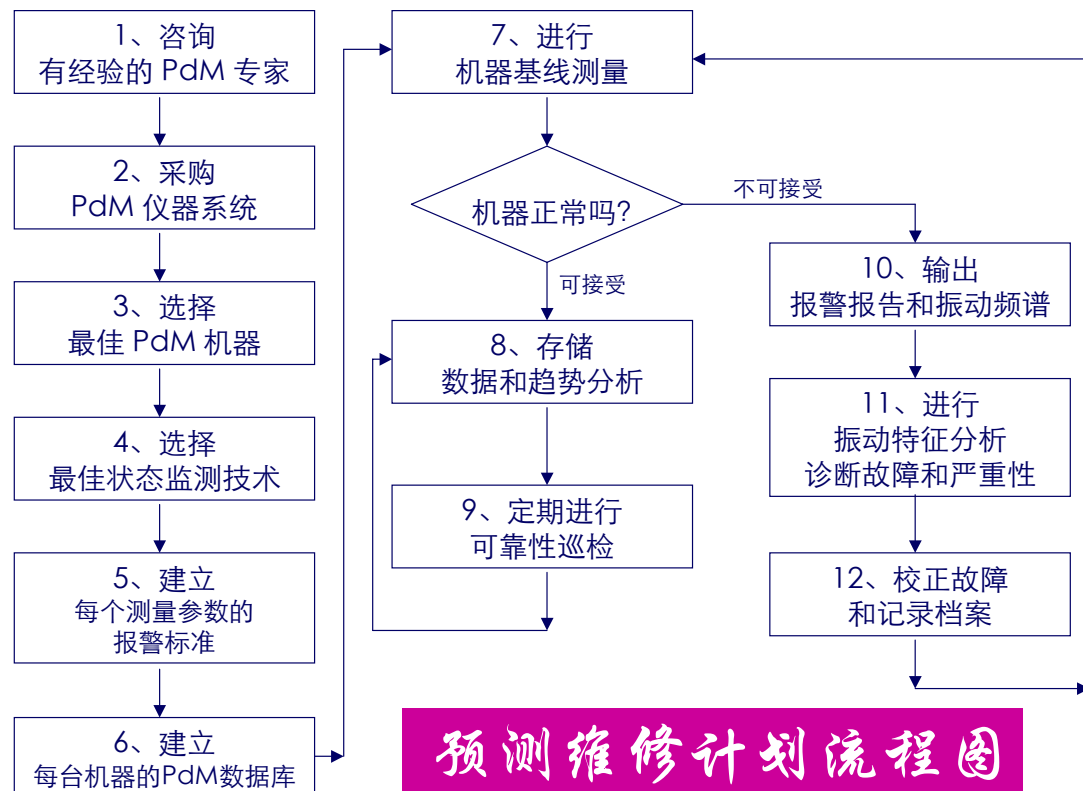
## 2 二级监测诊断网络

人力资源是状态监测的稀缺资源，有经验和资质的状态监测专业人员是需要一个培训、实践、学习和积累经验的过程的，因此一个企业应当充分发挥状态监测专业人员在监测诊断系统中的核心作用。

所谓二级监测诊断网络的思路，就是以专业人员为核心，以设备点检或设备运行管理人员为基础的监测网络，现场作为第一级监测，中心为第二级监测。如下图 1 是预测维修计划实施流程，在流程图中有 12 个步骤，步骤 1-6 为监测系统建立过程，步骤 7-9 为日常定期监测工作，步骤 10-12 为机器异常诊断工作。基本的职责划分为：日常监测由第一级执行，系统建立和机器异常诊断由第二级完成。

第一级监测一般是分厂或车间，利用数据采集器按中心数据库设定及规范定期采集设备振动（状态）数据，将数据上传到中心数据库；监测和报告责任设备的报警状态，分析设备状态趋势，进行基本的故障诊断。

第二级监测一般是公司或工厂的监测诊断中心，建立和维护状态监测数据库（机器测点位置、数据采集参数、报警设置等）；查询设备状态和趋势；对状态数据进行各种图形分析，发送设备精密诊断报告，必要时进行额外数据采集和更专业化的分析诊断。同时作为专业管理职责指导、培训和规范第一级的监测工作，甚至进行考核。



二级监测诊断的实施必须规范化，只有规范化才能达到有效的实施、管理和考核，规范的内容至少包括：

- 确定被监测的机器，确定测点位置，并对机器和测点位置统一编码；
- 确定监测技术，选择功能和性能一致的仪器和软件系统；
- 建立固定的测量参数（如振动幅值类型、最大频率、分辨率等）；
- 报警方式（振动通频值、频带、窄带）及调整方法；
- 数据采集周期；
- 现场测量方法要求和注意事项；
- 状态报告和诊断报告格式；
- 建议维修档案记录格式；
- 组织结构、制度、培训、技术交流、改善活动……

配套的人力资源培训是必不可少的，对振动监测诊断从业人员的资格已经制定了国际标准ISO18436-2: 2003。标准规定：

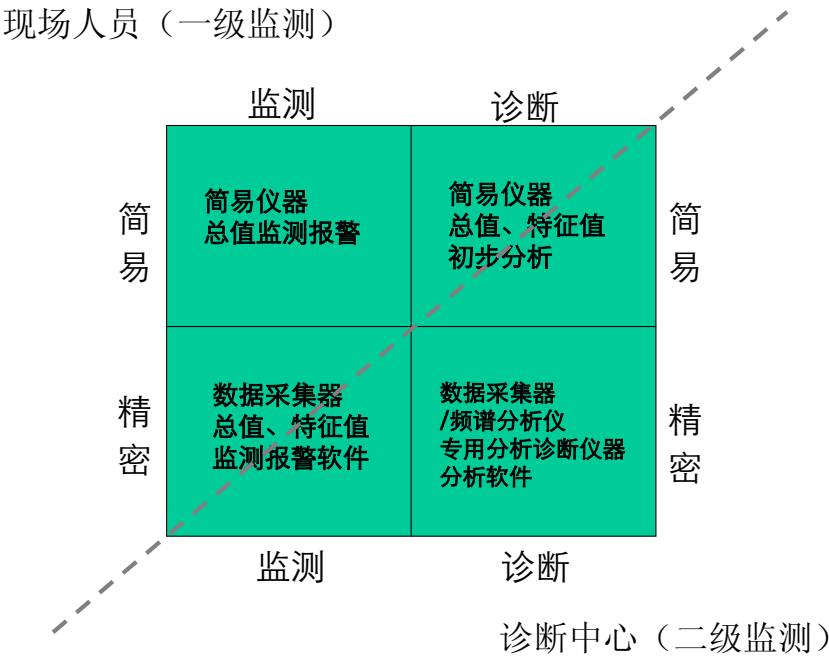
“达到认证水平 I 标准的振动分析人员具有进行简单的机器振动测量包括单通道状态监测和诊断的能力”。“振动工程师认证水平 II 的个人认证要求掌握机器振动的基础知识，具有进行常规数据采集和周期性状态监测的能力，同时还能够进行基本的故障诊断和状态评价。在振动领域具有 1 年以上工作经验，并参加过正式的四天短期培训或自学完成了等效的内容。”

因此，一级监测人员应至少达到认证水平 I 标准，监测诊断中心的专业人员应至少达到振动工程师认证水平 II 标准。

### 3 精密监测

#### 3.1 关于监测和诊断的误区

通常为了简化问题将简易诊断等同于监测，将精密诊断等同于诊断，这种简单的划分并不科学，容易导致缩小监测的范畴，限制监测工作的范围和有效性。将监测和诊断、简易和精密的概念分清楚有助于项目的有效实施和管理，进行合理分工。下图 2 可明确解释了这问题。



对振动监测，不要把监测限制在振动总振值或通频值的测量、趋势和报警，监测的范围还包括对振动频谱及其特征变化测量、趋势和报警；当然还有其他振动特征参数如冲击解调，相位等也可纳入监测范围。如果仅仅把总振值作为监测参数，则容易遗漏潜在的机器问题；诸如轴承劣化、齿轮、电器等问题仅用总值监测是不能被发现的，例如一个轴承失效频率可能增加了 4 倍，但总振值却几乎没有任何变化。另一方面，仅靠总值监测不能确定问题的原因和部位。

因此，笔者提倡精密监测，就是要把监测的参数范围确定的适当，不仅包含总值也包含分析数据的特征值监测，这样可以使监测系统对设备问题具有相当的灵敏度，并具备确定问题根源和严重性的能力，依据监测数据就可对设备状态基本上准确评估。精密监测应是系统规范的监测测点和参数，是一级和二级人员日常监测、报警和诊断的工作范围。

但是，也不要将监测参数定义的太多太复杂，导致实施起来比较困难。复杂的问题留给“诊断”，诊断任务是除日常监测之外，或在日常监测基础上进一步分析确定问题的根源和严重程

度，对机器进行系统的全面的状态评价。例如需要增加测点位置、增加测量参数、增加分析方法，提高分析的精度等等，以便准确诊断。

### 3.2 监测参数和报警设定

为了合理设置有效的测量参数（测量类型、频率范围、频带等），需要了解设备结构和运行等多方面信息，还要具备设备和部件故障振动频谱特征的知识 and 经验。这正如一个合格的大夫要对病人的一些病症开列检查和化验单一样，首先要知道某个疾病的诊断由哪个（些）征兆和指标来确定。因此，设置测量参数是一个高等级的工作，须由二级振动分析工程师来完成。

例如，对一般滚动轴承的机器，设置测量频率范围  $40xRPM$ ，除了监测  $1x$ ,  $2x$ ,  $3x$  这些反映转子平衡、对中、松动等故障的频带外，还要监测滚动轴承特征频率频带，以及轴承频率谐波和共振频率频带。对一般油膜滑动轴承的机器，设置测量频率范围  $20xRPM$ ，还需要监测亚同步（油膜涡动等）频带。对齿轮箱的监测，测量频率范围需低频和高频分别进行，高频监测频率范围  $3.25xGMF$ ，分别监测齿轮啮合状态。对交流感应电动机，也要分低频和高频测试，低频  $200Hz$  范围用于识别转子转动频率周围的电动机极通过频率边带；高频监测频率范围包括转子笼条通过频率的 2 倍以判断转子断条状态。对于带有叶片的离心风机和泵，还要考虑设置叶片通过频率频带，等等。

状态监测系统必须具备有效的报警功能，有效的报警能从大量监测数据中“筛选”异常数据，既避免“误”报警，又避免“漏”报警，确定有异常的机器，并确定报警等级（严重性）。振动监测设定总值报警，频谱包络报警和频谱频带报警。它们各有优缺点，总值报警简单、直接和容易理解，并有各种标准可以参照，但它们容易遗漏潜在的机器问题；频谱包络报警考虑到了整个频率范围内的每个频率成分，但其过于细化，并且，当某个成分报警时一般并不直接指示它所代表的意义；频带报警则兼具二者的优点并克服了其缺点，将整个频率范围分为几个有意义的频带进行监测和跟踪，它实际上简化了频谱，将几百个数据简化成几个数据，对每个数据设置报警，并且当报警产生时能大概指示问题的范围。

### 3.3 “证实的方法” (The Proven Method)

证实的方法 (The Proven Method) 是状态监测领域著名的美国 Technical Associates of Charlotte 公司 James E. Berry 创立的，它指导对一般过程和辅助设备的振动测量数据设置监测频带和速度谱频带能量报警，适用于泵、风机、冷却机、球磨机、机床传动、高速离心空压机、中速轧机传动等各种设备并得到长期验证。

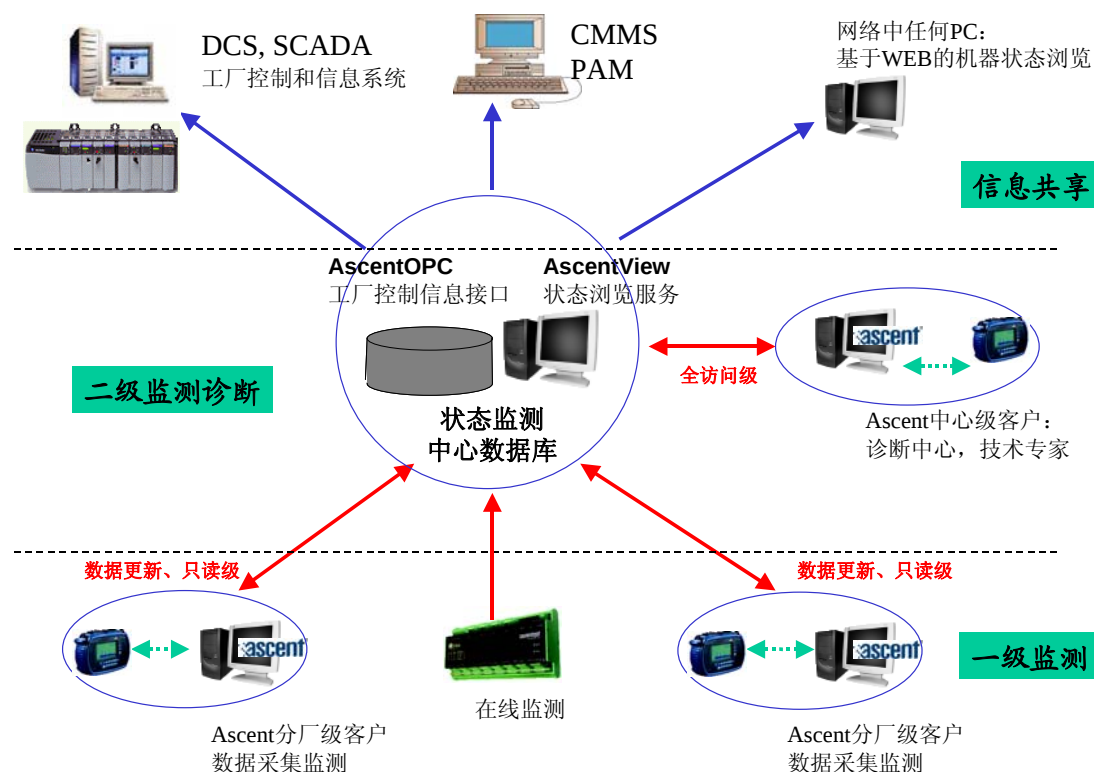
证实的方法首先对不同类型的设备制定总振动值报警参考标准，然后根据设备部件和结构参数以及运行速度设定六段频带报警。可设置的设备部件包括：一般用途（滚动轴承，滑动轴承），齿轮箱（已知齿数，未知齿数），感应电动机（笼条状态测点，电气状态测点），离心式压缩机、风机和泵（已知和未知叶片，滚动和滑动轴承），直流电动机（全波整流，半波整流，电气波动），机床主轴等。它们各自有不同的频谱特征和监测频带设定。频带报警值的设定是一个经验值，是总振动参考标准的百分比数。

证实的方法利用一些已知原则和经验指导建立数据库的主要部分——监测参数和报警频带，相当于一个振动分析专家辅助建立针对机器及其部件的监测方案。值得指出的是，按证实的方法设置的任何报警只作为一种初始参考设定，一般在采集了 6 次数据以上可以用统计法进行报警限更新，形成符合机器实际状况的报警限。

## 4 系统集成和信息共享

工厂系统集成和信息整合是当今企业的潮流，设备状态监测系统（CM）与计算机化维修管理系统（CMMS）或工厂资产管理系统（PAM），工厂生产过程控制和数据记录系统（DCS，SCADA）和其他工厂信息系统的集成，使得状态监测和故障诊断工作的组织、功能、系统和信息融入工厂运营和利润创造过程。

下图为工厂设备状态监测系统一级监测、二级监测诊断、和信息共享三个层次的示意图。一级监测包含了离线和在线监测，所有状态数据存储为中心数据库，一级和二级监测客户对数据库有不同的访问权限，二级可建立和修改数据库，一级只能数据输入和只读。



监测系统的根本目的就是要将监测数据转化为反映机器状态的信息。工厂中不同的部门、系统和人员对设备状态信息的需求是不同的，例如，设备维修部门使用 CMMS 系统，他们并不关心设备的具体状态分析数据，而是关心设备的状态、问题、原因和部位、严重程度、如何维修；生产部门和 DCS 控制系统同样不关心设备的具体状态分析数据，而是关心设备的关键参数和状态指示；设备工程师、设备技术专家、诊断人员则需要尽量详细的监测数据，他们不仅需要状态监测的数据，还要需要来自 DCS 系统的运行参数和 CMMS 系统的维修历史纪录信息，从而得到准确的机器状态评价和诊断结论。

实施基于状态的维修和工厂运营依赖于有效的系统和信息集成，需要进行系统地规划和分步实施。系统集成除了合理定义数据需求和数据流，还要确定系统数据交换的标准。国际 MIMOSA 和 OPC 组织在这方面提供了有力的指导。