

intelligent Equipment Management System

iEM 系统技术白皮书

海量数据挖掘 故障早期预警

This paper describes the method of intelligent Equipment Management System (iEM) and the benefits of the using iEM system.本技术白皮书描述了 iEM 系统的 DM 技术原理及其在设备状态故障早期智能预警中的应用。

© 1999-2008 北京中瑞泰科技有限公司。保留所有权利。

本文档中的信息（包括引用的 URL 和其他 Internet Web 站点）如有变动，恕不另行通知。除非专门指出，本文档范例中所提及公司、机构、产品、域名、电子邮件地址、徽标、人名、地点和事件均属虚构。无意与任何实际的公司、机构、产品、域名、电子邮件地址、徽标、人名、地点或事件关联，也不应进行这方面的推断。遵守所有适用的版权法是用户的责任。在不限制版权许可的权利的情况下，没有得到北京中瑞泰科技有限公司明确书面许可，本文档的任何部分不可被复制、存储或引进检索系统，或者以任何形式、任何方式（电子、机械、影印、录音或其他）或为任何目的进行传播。本文档可能涉及北京中瑞泰科技有限公司的专利、正在申请的专利、商标、版权或其他知识产权。除非得到北京中瑞泰科技有限公司的明确书面许可协议，本文档不授予使用这些专利、商标、版权或其他知识产权的任何许可证。

iEM、PDE Suite、PDE Alarm、PDEExchange、PDEExplore 是北京中瑞泰科技有限公司的注册商标。

Microsoft、Windows 是 Microsoft Corporation 在美国和/或其他国家/地区的注册商标或商标。

本文档所提及的实际公司和产品的名称可能是各自所有者的商标。

文档号：CRT-D2008501

版本号：200806Rev05



目 录

1. iEM 系统简介.....	3
2. iEM 系统的结构和工作原理	4
2.1 iEM 系统的结构	4
2.2 iEM 系统的工作原理	5
2.3 iEM 系统的设备建模原理.....	6
2.3.1 设备模型生成原理.....	6
2.3.2 设备动态模型预测值产生原理.....	7
3 iEM 系统的故障早期预警功能及应用范围	7
3.1 iEM 系统的故障早期预警功能.....	7
3.2 iEM 系统的应用范围	8
4 iEM 系统在“厂级设备状态性能管理”中的应用原理	8
5. iEM 系统的组成	10
6. 结束语.....	12





1. iEM 系统简介

随着中国经济的飞速发展，中国的现代化工业正在经历跨越式大发展的阶段。同时，过去数十年间，我国在电力、石化、航空航天、交通运输等行业内形成大量设备需要维护与管理。据相关部门的权威统计，我国每年将有数十万台新设备需要管理维护、老旧设备要改造，预计维护改造费用金额高达 100~200 亿元，一般大型企业每年用于设备维改资金均在 1000~2000 万元。根据美国麦肯锡全球研究院（McKinsey Global Institute）的统计调查显示，成功投运的设备故障诊断系统的投入产出比超过 1:19，可为企业带来巨大的直接经济效益和社会效益。近十年来，我国设备故障诊断技术迅速发展，以振动诊断技术和智能专家系统为主的设备诊断技术正在逐渐被广大用户认可。然而，由于大型企业的设备包括大量的旋转机械和非旋转机械，且设备对象多为动态变化的多耦合复杂系统，设备状态的实时运行状况变化往往很难被监测，通过传统的参数建模等方式几乎无法获得精确的设备实时动态模型，极大的制约了厂级设备“状态检修”的实施；此外，由于缺乏设备长期运行的高精度的历史数据也制约了设备状态监测及诊断技术的发展和运用。

intelligent Equipment Management System (iEM System) 是由北京中瑞泰科技有限公司开发的设备状态在线监测和实时动态智能预警系统，是实现企业和厂级海量生产数据挖掘和设备故障早期预警的理想平台。一方面，iEM 系统将保存在企业基础信息系统中（DCS、厂级实时数据库、TDM）的设备原始海量运行数据通过智能的数据挖掘技术（Data Mining）转化成动态的设备在线模型，另一方面，iEM 系统将动态设备模型生成的实时计算值和设备传感器的实测值进行比较，并根据比较结果发布设备早期故障状态预警。同时，iEM 系统设备动态模型的实时预测值和早期故障预警信息也可以被厂级的其他应用信息系统调用，如厂级设备管理系统（EAM），性能优化系统等。

现场运行设备的状态是一个实时动态变化的过程，由于运行设备对象模型的动态变化性和设备的各个测点之间存在着大量的交叉耦合，如何根据设备当前运行状态快速、准确、可靠的创建设备的动态性能模型是建立故障早期预警的关键。与传统的设备在线监测技术不同，iEM 系统使用专有的“基于相似性原理”的数据挖掘建模技术，通过自动采集设备的海量实时/历史数据进行相似性分析，快速创建设备的实时动态模型，并针对实际运行设备的每一个实时测量值产生准确可靠的实时计算预测值，进而对预测值和实测值的比较结果进行设备运行状态的统计学分析，从而实现 iEM 系统的设备早期故障的实时动态智能预警。通过 iEM 系统的实施，用户可在整个企业建立主要生产运行状态的早期故障监测预警系统，构建起厂级的数据挖掘和设备性能管理系统平台，从而大大降低设备潜在的事故发生机率，缩短关键设备的非计划停机时间，提高设备的可靠性和可利用率，降低设备维护运行成本。

iEM 系统可广泛应用于电力、石化、航空航天、交通运输等行业设备的在线监测和故障早期智能预警。iEM 系统既可用于企业级的设备在线运行状态监测和预警，也适用于企业集团和大型设备制造商的远程设备监测和诊断，iEM 系统是企业实现海量生产数据挖掘和设备故障早期预警的理想平台。

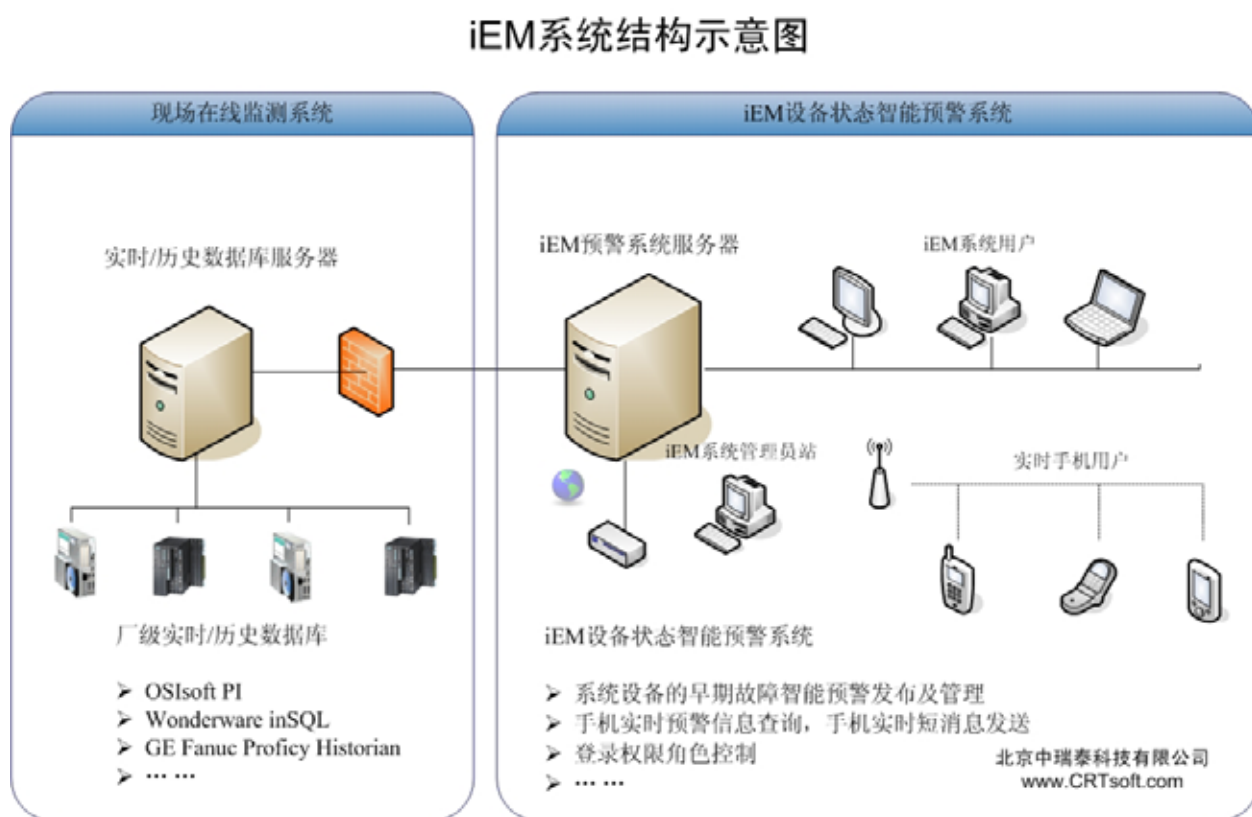


2. iEM 系统的结构和工作原理

2.1 iEM 系统的结构

iEM 系统采用标准的浏览器/服务器 (B/S) 的架构, 基于标准的 TCP/IP 网络环境运行, 其在线连续监控的系统设备以及建模的历史数据来源于厂级历史数据库系统或支持 OPC 通讯标准的现场控制系统, 无需再增加现场监测设备, 实施快捷, 投资节约。其结构示意图如图一所示:

图一: iEM 系统结构示意图:



iEM 系统自动采集的设备实时/历史数据来源于企业的实时/历史数据库系统或支持 OPC 数据通讯标准的任何数据源, 此外, 对于专有系统的数据源, iEM 系统支持应用程序接口 (API) 的方式开发相应的数据通讯接口。目前, iEM 系统数据采集支持的实时/历史数据库的种类如表一所示:



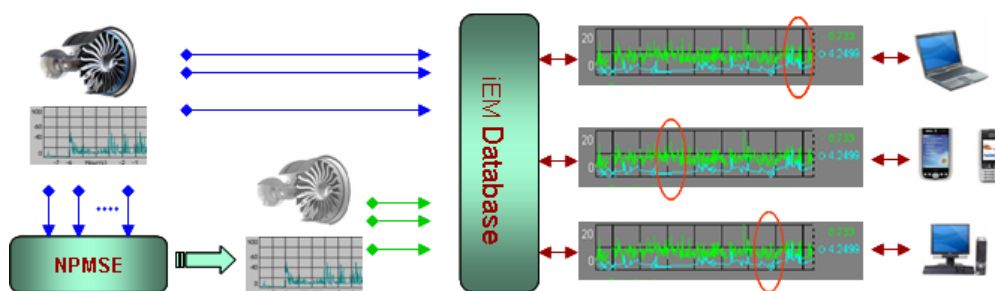
表一：iEM 系统数据采集支持的实时数据库种类：

数据源类型	生产厂家	产品名称
实时数据库系统	OSIsoft	PI
实时数据库系统	AspenTech	IP.21
实时数据库系统	Honeywell	PHD
实时数据库系统	GE Fanuc	Proficy Historian
实时数据库系统	Wonderware	inSQL

2.2 iEM 系统的工作原理

iEM 系统的工作原理如图二所示：

图二：iEM 系统工作原理示意图：



- ✚ 启动 iEM，iEM 系统自动采集设备的实时/历史数据并根据设备的海量历史数据挖掘抽取参数和设备运行状态之间的耦合关联，创建设备唯一的实时动态模型
- ✚ 和传统的在线监测技术不同，iEM 创建的设备实时动态模型将会和在线设备同时运行，并根据设备的正常运行标准，针对设备的每一个测点的产生预测值，预测值的产生不仅仅基于该测点的历史运行规律，同时取决于该设备测量之间的耦合关联，从而极大提高预测值的准确性和可靠性
- ✚ 接着，iEM 系统将设备的实际测量值和预测值进行比较，并将比较产生的结果送入 iEM 数据库中进行设备性能状态的早期智能预警处理
- ✚ iEM 数据库通过专有的统计学技术对比较结果进行处理，根据设备运行的不同情况，进行设备性能状态的预警等级处理和发布
- ✚ 发布的设备状态性能预警通过直观的方式进行显示，用户可以基于 iEM 平台的预警处理结果建立设备状态诊断知识库
- ✚ 所有的设备性能预警处理信息可以和用户的其他信息系统应用连接，如设备管理系统、优化系统等等



2.3 iEM 系统的数据挖掘和设备建模原理

针对运行大型设备对象模型的动态变化和多变量耦合的特性，iEM 系统采用专有的“基于相似性原理”技术实现对海量数据的挖掘和设备的实时动态建模，数据挖掘和建模过程通过 iEMCAU 模块实现。具体描述如下：

2.3.1 设备模型生成原理

iEMCAU 从一组历史数据中生成过程对象，用来生成设备模型的历史数据应该满足以下要求：

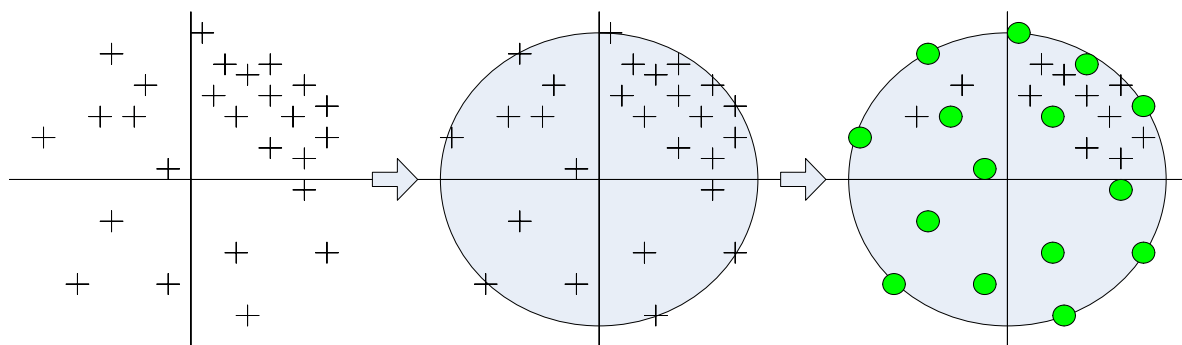
1. 涵盖了一段足够长的运行时间；
2. 每组数据都表达了设备对象的一个正常状态；
3. 满足每一组采样值中各个变量的同时性，必须是统一时刻的采样值。

例如某设备对象测点（变量）为 12 个，按照每 1 分钟采样一次，对设备对象进行连续 168 小时采样，就得到了 10080 个采样值组，这些采样值组的全体构成了设备建模的历史数据。

每一组采样值都代表了设备过程对象的一个运行状态，历史数据就是设备过程对象实际运行中正常状态的集合。模型生成程序的功能就是从这些状态集合中抽取出最能代表过程对象特性的状态点，然后用这些状态点构建设备过程对象的模型。

从空间角度理解，设备模型生成的过程就是用从设备历史数据中筛选关联状态点从而构成设备运行状态超球的过程：

图三：设备动态对象模型的生成过程（左图为历史数据，中图为边界超球，右图为模型点）



首先将设备历史数据对应的状态点都映射到一个状态空间中，这些状态点都代表着设备对象的正常工作状态，以其中的边界点构造一个外接的超球，这个超球就可以包含历史数据中的所有正常工作状态点，这个超球就是一个初级的设备对象模型，但用设备初级模型来描述设备的动态模型还不会太精确，例如，在设备在状态超球内部，状态与状态之间仍然存在很大的偏差。

为完善设备动态模型的精确度，还需要对设备模型超球内部的状态点做比较，根据生成模型的尺度要求，从所有的状态点中筛选出相互之间的差别都大于某一个相似性指标的状态点，这些状态点是在超球内部定位而设置的关联参照点，通过关联参照点的设置进而将设备动态模型的超球内部空间划分得足够细致。

经过关联相似性的计算，超球的边界点和内部的关联相似参照点共同构成了一个精确的设备过程对象的

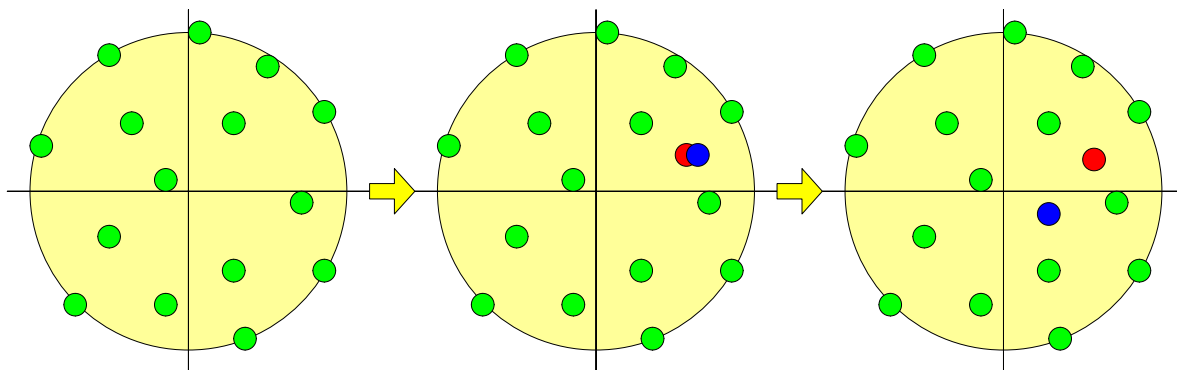


动态状态模型。

2.3.2 设备动态模型预测值产生原理

iEMCAU 依据相似性来求取过程对象状态点的预测值。

图四：设备对象状态预测过程（左图为模型，中图为正常状态，右图为异常状态）



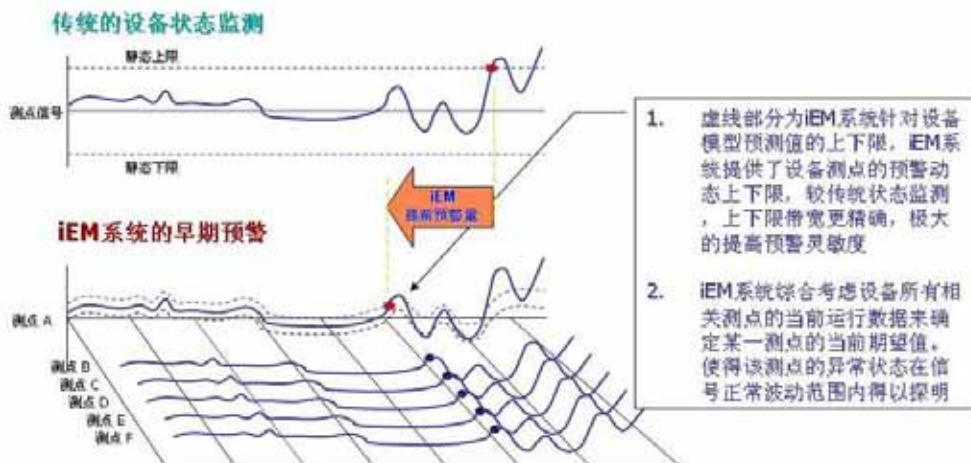
当 iEM 系统接收到现场设备采集的实时数据时，首先判断设备当前数据测点在动态模型超球中的位置，得到当前状态和模型状态之间的距离，从而进一步确定当前设备状态的相似度，利用相似度和模型内部各个参照点的坐标，就可以生成对这个运行状态的预测点，iEM 针对设备每个测点的预测值不仅仅取决于该测点长期的历史运行规律，同时也取决于该测点和其他测点之间的关联相似度，屏蔽了干扰信号对预测值的影响，大大增强了预测值的精确度和可靠性。

3 iEM 系统的故障早期预警功能及应用范围

3.1 iEM 系统的故障早期预警功能

iEM 系统通过模型的实时计算预测值和现场运行设备的实时测量值之间的比较分析实现故障早期预警及故障点的定位，示意图如图五所示：





3.2 iEM 系统的应用范围

iEM 系统适用于厂级范围内的系统级、设备级、参数级的在线监测和故障早期预警，具体如下：

- ✚ 系统级在线监测和预警，如各生产工艺流程段
- ✚ 设备级在线监测和预警，如旋转机械和非旋转机械，泵、风机等
- ✚ 参数级在线监测和预警，如各传感器信号的准确度和漂移

针对企业不同层次的管理需求，iEM 系统适用于以下用户角色：

- ✚ 生产主管领导：了解全厂范围内的生产装置及设备的安全状态，是否有预警发生及处理情况
- ✚ 运行及设备主管：了解其负责范围内的装置及设备的安全状态，是否有预警发生及处理情况
- ✚ 运行及设备专工：处理其负责范围内的装置及设备安全状态，处理相关预警，总结预警种类，形成设备预警故障处理知识库，通过相关工具生成系统、设备运行安全监督报告

4 iEM 系统在“厂级设备状态性能管理”中的应用原理

“厂级设备状态性能管理”的内容主要包括以下三部分内容

- ✚ 了解全厂设备的当前实际运行状况
- ✚ 制定预期的设备性能指标，如预期的设备可利用率等
- ✚ 提高在线运行设备的实际性能，从而使设备性能达到或超过预期的指标

通过“厂级状态设备性能管理”实现整个企业设备的动态在线的性能管理，从而提高设备可靠性和可利用率，减少非计划停机时间，降低设备维护运行成本。

iEM 系统通过以下三个步骤实现“厂级设备状态性能管理”：

- ✚ 建立厂级设备性能在线动态模型管理平台。针对现场运行的关键设备建立整厂的设备模型。设备动态智能模型基于设备运行的历史数据建立，并根据设备运行状态自动对设备模型进行修正；另外，结合变工况（如启停机）时设备容易出现故障的特点，采用 Twing-Modeling（双模

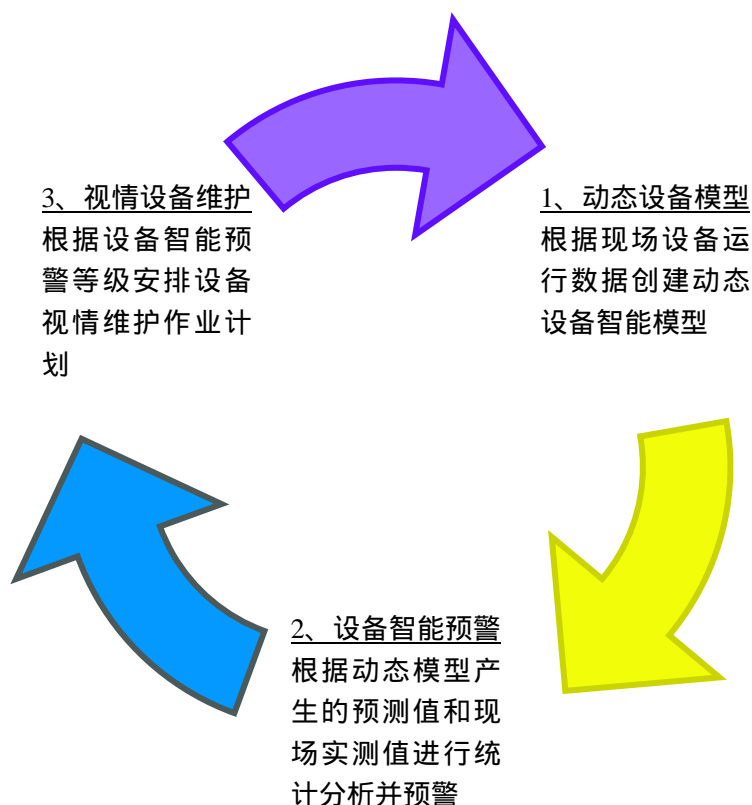


并发)技术,实现单个设备的并发多模技术,即在稳定工况和变工况时实现不同设备动态模型的自由切换。

- ✚ 根据动态设备模型建立厂级设备性能状态智能预警平台。通过高精度的设备性能模型的预测值和实际运行值之间的对比和统计学分析,针对设备的性能状态发布智能预警。通过预警平台,设备的管理和使用人员可结合实际情况进行设备性能预警等级的分类和约束条件的定义,提高设备性能预警的可靠性和实际可操作性。
- ✚ 结合设备预警等级安排检修维护作业计划,建立设备在线运行的动态维护专家知识库平台。根据设备性能预警信息安排合适的设备检修维护计划,实现设备的视情维护,提高设备的可靠性和实际运行效率,将可能发生的设备事故消灭在事故萌芽中,减少非计划停机事故的发生,提高整厂的生产效率。比如,设备的管理和使用人员可以通过设备预警信息触发 EAM 系统维护工单安排作业计划。另外所有预警的处理情况录入到整个设备状态性能管理系统中,通过现场设备的运行不断累积预警处理的结果,逐渐形成针对设备的后台动态维护专家知识库。

可以看出,通过 iEM 设备状态智能预警系统建立的“厂级设备状态性能管理”系统,在提高设备性能指标的三个步骤的实际过程中形成一个循环运行的环路,从而实现设备性能的不断改进和提高,iEM 实现设备性能提高的示意图如图五所示:

图五:在线提高“设备性能”循环步骤示意图



和传统的设备在线监测等封闭系统相比,基于设备状态智能预警平台建立的“厂级设备状态性能管理”系统有如下特点,如表二所示:



	传统的设备监测	厂级设备状态性能管理
在线动态设备模型	无	有，双模并发
设备所有测点监测	重要测点	全部，产生预测值
设备状态性能预警	无，报警或事后	有，事前预警
设备专家知识库	静态库	动态库
厂级设备性能管理	无或单个设备	有，厂级
系统易用及开放性	封闭系统	平台
系统实施周期及难度	长，专家	短，用户可控
收益投资比	一般	高

5. iEM 系统的组成

iEM 系统分为服务器端软件、客户端软件和接口软件三大部分。其中，iEM 服务器端软件采用模块化结构，主要包括设备模型创建、设备预测值、模型管理、预警处理及发布，预警处理信息管理、用户管理及角色定义，Web 服务等模块。iEM 的接口软件实现 iEM 系统数据库和外部数据源之间的双向数据交换。iEM 的客户端软件通过标准的 Web 浏览器方式实现 iEM 系统针对设备预警发布的浏览和处理。各功能模块主要名称及功能描述如表三所示：

表三：iEM 系统各功能模块及描述：

软件模块名称	功能描述
服务器端软件	
IEMCAUModel	IEMCAUModel 实现动态设备模型创建/预测值生成描述 CAUModel 模块根据 DataExchange 模块获取现场设备的海量数据生成动态设备模型，以便 CalExp 等模块根据模型进行预期值的处理。
IEMCalExp	IEMCalExp 实现动态设备模型预测值生成描述 CalExp 模块的功能是根据动态设备模型与设备实时值计算出设备预期值、预测偏差等相关参数。
IEMForewarn	IEMForewarn 实现预警信息的发布及处理服务描述 Forewarn 模块的功能主要是根据设备的预警参数定义，生成预警信息，提供预警状态供用户分析处理。
IEMManager	IEMManager 实现 iEM 服务器的管理功能描述 Manager 是 IEM Server 的管理器，用户可以通过 GUI 界面方便地创建和编辑定义各种设备模型、预警参数设置等，是 iEM 系统的一个关键管理工具。



IEMUserControl	描述 UserControl 是 IEM 的角色用户管理器，通过对角色以及用户的管理，实现用户的分层控制与管理。
客户端软件	
IEMExplore	IEMExplore 实现 iEM 的客户端访问功能 描述 Explore 是 IEM 的 Web 客户端，通过 B/S 结构方式使用户可以方便地浏览设备的预警信息，实现了设备的远程监控以及数据显示。
接口软件	
IEMDataExchange	iEM 系统和外部数据源的双向数据通讯模块 描述 DataExchange 模块实现 iEM 系统与 PI 系统或 OPC 服务器之间进行数据的双向交互的功能，由 PI 系统或 OPC 服务器提供 IEM Server 原始数据，iEM 计算的预期值，可以在输入 iEM 服务器的同时，转存入 PI 系统或 OPC 服务器中保留储存。

iEM 系统网络及软、硬件平台要求：

iEM 系统对网络环境，软、硬件平台要求如表四所示：

表四：iEM 系统网络环境及软、硬件平台要求

名称	系统要求（最低配置要求）
硬件平台	
网络环境	标准 TCP/IP 网络
iEM 服务器硬件平台	1.4GHzCPU/512M RAM/20GHDD/CD-ROM
iEM 客户端硬件	1GHzCPU/256M RAM/20GHDD/CD-ROM
iEM 接口机硬件	1GHzCPU/512M RAM/20GHDD/CD-ROM
系统软件	
iEM 服务器	Windows 2000 Server/Windows 2003 Server
iEM 客户端	Windows2000 Professional SP3/XP SP2
iEM 接口机	Windows2000 Professional SP3/XP SP2



6. 结束语

综上所述，iEM 系统的技术特点和优势如下：

- ✚ iEM 系统是实现海量数据挖掘和设备状态早期故障预警的理想平台
- ✚ iEM 系统采用专有成熟的动态设备建模及监测预警技术，设备动态建模无需复杂的配置，项目实施周期短，见效快，节约用户投资
- ✚ iEM 系统的故障早期预警功能可降低设备潜在的事故发生机率，减少关键设备的非计划停机时间，提高设备的可靠性和可利用率，降低设备维护运行成本
- ✚ iEM 系统面向厂级设备性能的管理和应用，包括从管理到生产作业层等各层面的人员使用，通过对厂级设备性能的管理提高整个企业的生产率
- ✚ iEM 创建动态实时设备模型快速、准确、可靠，优于参数的静态模型和神经网络的非唯一模型
- ✚ 用户可以基于 iEM 系统平台实现设备预警故障处理的专家知识库，实现厂级设备状态性能管理，极大提高设备故障检修作业的水平

通过设备在线状态监测和动态智能预警 iEM 系统的实施，用户可以构建起整个企业的设备状态性能管理平台，从而大大降低设备潜在的事故发生机率，降低关键设备的非计划停机时间，提高设备的可利用率，降低设备维护运行成本。

iEM 系统可广泛应用于电力、石化、航空航天、交通运输等行业设备的在线监测和智能预警。iEM 系统既可用于企业级的设备在线运行状态监测和预警，也适用于企业集团和大型设备制造商的远程设备监测和诊断，iEM 系统是实现海量数据挖掘和设备故障早期预警的理想平台。



北京中瑞泰科技有限公司是业界领先的设备状态早期故障智能预警系统供应商。中瑞泰科技以“服务创新软件价值”为理念，以专业的技术和服务赢得客户和合作伙伴的尊重和信赖。

联系方式：

地址：北京市海淀区学清路 8 号科技财富中心 B 座三层
邮编：100085 电话：010-82737780 82737781
传真：010-82730788 www.CRTsoft.com

