

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G05B 23/00 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510095412.9

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 100444070C

[22] 申请日 2005.11.11

[21] 申请号 200510095412.9

[73] 专利权人 南京科远控制工程有限公司

地址 211100 江苏省南京市江宁区经济开发  
区西门子路

[72] 发明人 胡歙眉 曹瑞峰 程传良 刘大礼

[56] 参考文献

CN 1694025 A 2005.11.9

基于 iH 实时数据库平台的火电厂 SIS 建设.  
金安. 电力自动化设备, 第 25 卷第 2 期. 2005  
审查员 纵 浩

[74] 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任公  
司

代理人 汤志武 王鹏翔

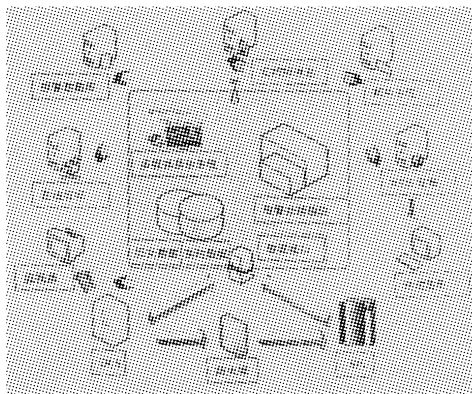
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

故障诊断与事故预报的设置方法

[57] 摘要

一种故障诊断与事故预报的设置方法, 将电厂的包括实时数据接口和处理模块, 提供多种数据接口, 完成数据的采集和加工处理; 故障诊断与事故预报模块实时监控设备状态, 及时进行故障诊断并预警, 并提示运行处理建议; 基于实时数据的用于过程控制系统中的过程监督、故障诊断、事故分析与预报; 以实时和历史数据库系统模块, 为报警处理模块提供数据服务, 以函数形式提供对实时和历史数据的快速查询; 报警单元对报警运算功能处理单元, 报警容器组织和管理报警单元所产生的报警信息。本发明集过程监督、故障诊断、事故分析与预报和在线操作指导于一体。



1、一种故障诊断与事故预报的设置方法，电厂包括实时数据接口和处理模块，故障诊断与事故预报模块，实时和历史数据库系统模块，报警处理模块，并提供多种数据接口，系统完成数据的采集和加工处理；由故障诊断与事故预报模块实时监控设备状态，及时进行故障诊断并预警，并提示运行处理建议；系统基于实时数据用于过程控制中的过程监督、故障诊断、事故分析与预报，并在线操作指导故障诊断和事故预报；基于实时和历史数据库系统的模块为报警处理模块提供数据服务，系统以函数形式提供实时和历史数据的快速查询；报警处理模块将各种数据和信息集成在一起显示出来并传递给报警单元和报警容器进行处理，报警单元是报警运算功能处理单元，报警容器组织和管理报警单元所产生的报警信息；以对象模型为基础，以一个测点的影响因素进行综合运算，得出此测点合理数值，再考虑运算和测量方面误差，给出此测点的应达值和报警上下限，为可能的事故提供预警手段；其特征在于：采用“报警闭锁”方法：当电厂的一套制粉系统停运时，闭锁相关的负压报警；给泵停运时，闭锁相关压力、流量报警点；对报警类别进行分级，将主要辅机跳闸、调门卡涩、误开、误关和设备状态误动列为主因报警；将润滑油压力低、冷却水压力低、滤网差压高等列为预告报警。

2、如权利要求1所述的故障诊断与事故预报的设置方法，其特征是设有事故回放功能模块，将故障状态下的真实DCS的历史数据输入到虚拟仿真平台上，对事故过程的运行工况、DCS的操作情况进行回演，真实的反映现场事故的实际情况。

3、如权利要求1所述的故障诊断与事故预报的设置方法，其特征是采用报警容器方式消除重复报警，将温度群的所有测点作为一条报警信息。

4、如权利要求1所述的故障诊断与事故预报的设置方法，其特征是对所有测点进行报警，采用“设备运行方式表”监视设备异常状态，实现机组安全生产全方位监控。

5、如权利要求1所述的故障诊断与事故预报的设置方法，其特征是以实时数据作为起始工况，快速地进行仿真计算，快速预测系统未来的运行状态；通过“参数发展趋势分析”、“参数异常变化分析”，对故障和事故征兆进行预报。

## 故障诊断与事故预报的设置方法

### 一、技术领域

本发明涉及一种电厂企业生产安全运行和管理的系统,具体地说是一套故障诊断与事故预报的设置方法和系统。

### 二、背景技术

我国的火电机组由于受到制造工艺和材料、设计安装水平和运行技术状况,特别是燃料多变、调峰运行方式等主客观因素的制约,机组运行的安全性和经济性指标与国外先进水平还有相当的差距。统计资料表明,锅炉本体、给水系统、汽轮机本体、发电机本体等设备的故障率比较高。据2003年中国电力联合会的统计,135MW机组的五年统计的平均非计划停运次数达到4.1次/年。据2003年中国电力联合会的统计,300MW机组近5年有着明显的下降趋势,但2004年仍为2.2次/台年,200MW机组2004年非停次数为2.48次/台年,比2003年略有增加。

从多年机组非停次数的统计来看,随着运行经验的增加与运行水平的提高,机组非停次数有所降低。2004年常规火电机组(888台)共发生非计划停运1868次,非计划停运总时间为87432.80小时,台年平均分别为2.10次和96.09小时,其中持续时间超过300小时的非计划停运共15次,非计划停运时间8570.12小时,占全部非计划停运总时间的9.8%。

从引起机组非停的三个主要因素来看,产品质量不良所占比例22.39%,也是最难克服的一个因素,往往非停发生后通过事后追忆与分析才可以获得,这需要在机组交付时对其质量进行更加严格得把关。检修质量不良所占比例21.7%,与机组的运行管理密切相关,通过提高对检修的轮次管理、增加检修工具、优化检修流程,可以大大降低检修不当所导致的非停次数。运行处理不当所占百分比为19.94%,主要与运行人员的主观操作有关,特别是发生紧急事态后运行人员对DCS海量信息的反应不及时,是引起机组非停的一个主要因素。虽然它占总非停次数的比例不足20%,但这部分非计划停运从技术上来看是可以避免的,也是最容易降低非停损失的主要方面,然而目前控制系统的设计水平没有达到这个要求。目前控制系统的报警系统既不能在事故发生前进行预告报警,或者预告报警淹没在大量的信息中不能为值班人员快速知道;又没有完善的预告报警和事故快速查询功能,不能在事故发生后使值班人员快速查询到事故和事故原因,更不用说从大量的报警中能分清轻重缓急;这样的报警系统不能满足运行对报警的需要。此外,从表面看有些非停是产品质量不良和检修质量不良造成的,但是运行

处理不当是造成故障扩大的重要因素。

自 60 年代中后期以来，特别是 90 年代以来，以计算机为中心的现代设备故障诊断得到了迅速发展，涌现出许多商品化的计算机辅助监测与故障诊断系统。国内开展设备故障诊断技术的研究是从八十年代初开始起，大量的科研工作集中在故障诊断的研究和应用上，也取得了许多技术成果，这些成果大都是各种类型的专家系统。无论是汽轮机的旋转机械故障诊断，还是基于噪声频谱特性分析的炉管检漏，其实关键性工作都是信号处理和特征提取，其采用的手段有 FFT 技术、模糊数学、模式识别、概率统计、小波变换和变形几何等。然而，控制系统的大量实时数据却没有充分利用。

以上分析可以看出，由于各种主客观因素，目前的 DCS 报警系统和各类专家系统无法改变火电厂安全运行现状，火电厂的安全运行形势不容乐观。

### 三、发明内容

针对我国火电厂安全运行和目前故障诊断和事故预报现状，本发明提出基于实时数据的用于过程控制系统中的过程监督、故障诊断、事故分析与预报和在线操作指导的故障诊断和事故预报的方法和系统，本发明不仅具有收集显示信息的能力，更重要的是它具有智能监测、仿真分析的功能，能够利用知识化的经验和或仿真对象模型综合分析数据、信息，提出建议。它一方面协助操作人员监督生产操作、处理设备故障和生产事故，另一方面实时指导工程师、管理人员制定生产计划、安排设备维护日程等。它不仅可以给操作人员提供正常操作参考，还可以指导操作人员对事故早期预报做出迅速有效的反应，告诉操作人员事故形成的过程和原因，提出处理建议，有效的满足了火电厂安全生产的需要。

本发明的目的是通过下述技术方案来实现的：故障诊断与事故预报的设置方法，将电厂的包括实时数据接口和处理模块，提供多种数据接口，系统完成数据的采集和加工处理；由故障诊断与事故预报模块实时监控设备状态，及时进行故障诊断并预警，并提示运行处理建议；其特征在于：基于实时数据的用于过程控制系统中的过程监督、故障诊断、事故分析与预报；并在线操作指导的故障诊断和事故预报，基于实时和历史数据库系统模块为报警处理模块提供数据服务，系统以函数形式提供对实时和历史数据的快速查询；报警处理模块将各种数据和信息集成在一起显示出来并传递给报警单元和报警容器进行处理，报警单元对报警运算功能处理单元，报警容器组织和管理报警单元所产生的报警信息。采用“报警闭锁”方法：当电厂的一套制粉系统停运时，闭锁相关的负压报警；给泵停运时，闭锁相关压力、流量报警点；对报警类别进行分级，将主要辅机跳闸、调门卡涩、误开、误关和设备状态误动列为主因报警；将润滑油压力低、冷却水压力低、滤网差压高等列为预告报警。

本发明还设有事故回放功能模块，将故障状态下的真实 DCS 的历史数据记输入到虚拟仿真平台上，对事故过程的运行工况、DCS 的操作情况进行回演，真实的反映现场事故的实际情况。

## 1. 故障诊断与事故预报系统的结构设计

故障诊断与事故预报系统结构设计灵活，既可单独成系统，亦可与第三方 DCS 系统友好集成，在实施过程中有三种方式可供选择：

- (1) 以现有 DCS 或 SIS 实时数据为基础，单独成系统，形成独立的报警工作站；
- (2) 以现有 DCS 系统为依托，与之集成，替代原有的 DCS 报警系统；
- (3) 以现有 SIS 服务器为依托，提供报警信息服务，进行 WEB 报警信息发布。

## 2. 故障诊断与事故预报系统功能

### 2.1 消除虚假报警信息，减轻运行人员压力。

我们认为工艺设备和工艺参数正常条件下产生的报警均为虚假报警。

由于目前传统 DCS 的报警都是定值报警，而且报警逻辑是一直生效的，这样的功能设计产生了很多的虚假报警信息。例如，机组变负荷运行和环境温度变化时，主蒸汽压力、烟气氧量的报警定值应是负荷的函数；低压缸排汽温度应随环境温度变化；当一套制粉系统停运时，相关的负压报警没有任何意义，应该被闭锁；又如给泵停运时，相关压力、流量报警点也应该被闭锁等；大量虚假报警的存在干扰了运行人员的注意力，同时降低运行人员对报警系统的信任程度。

在故障诊断和事故预报中，针对目前控制系统存在大量虚假报警信息的现状，我们采用如下技术措施消除虚假报警：

- (1) 运用数学模型技术，以对象模型为基础，以某个测点的影响因素进行综合运算，得出此测点合理数值，再考虑运算和测量方面误差，给出此测点的应达值和报警上下限，采用这种技术，我们能够在第一时间了解到工艺系统的异常情况，为可能的事故提供预警手段。

例如，烟道中各级温度与炉膛入口处烟气流量、温度、蒸汽流量关，我们可以计算出烟道各个测点的温度应达值和报警上下限，以此作为烟道各点温度的报警定值和报警上下限。

- (2) 我们采用“报警闭锁”、“参数真伪辨别”等方法与手段，对报警信息进行过滤，使每条报警“有依可循”，例如当一套制粉系统停运时，对相关工艺参数（负压、温度等）的报警进行闭锁，消除虚假报警信息，减轻运行人员的压力。提高运行人员对报警系统的信任程度，使报警系统成为帮助实现安全运行的有效工具。

### 2.2 减少重复报警信息

目前传统 DCS 存在大量的重复报警信息，例如电厂控制系统需要对大量温度群进行监视，任意一点超限时就应提醒运行人员注意，其要求是让运行人员注意某个设备运行可能存在异常，但是，目前 DCS 的报警系统将温度群的所有测点

作为一条报警信息，就是说，一个设备故障就可能产生数十条报警信息，干扰了运行人员的注意力。

针对电厂工艺系统特点，采用“报警容器”方式消除重复报警信息，温度群的所有测点作为一条报警信息，减少重复报警对运行人员的干扰，使运行人员的注意力集中在关键点。

此外，DCS 中有大量的冗余测点，这部分相互冗余的测点往往会同时分别产生报警，这些报警在传递信息方面是重复的。如果发生工艺状态的偏离，每一个测点都产生报警，这样的报警信息，我们认为是低价值的。采用综合的方法，将相近的测点报警综合处理，形成一条报警信息，信息量大为浓缩，便于运行人员的分析处理。

例如：低再西管出口壁温共有 10 个测点，如下：

低再西 47 排#1 管出口壁温  
低再西 57 排#1 管出口壁温  
低再西 67 排#1 管出口壁温  
低再西 77 排#1 管出口壁温  
低再西 87 排#1 管出口壁温  
低再西 97 排#1 管出口壁温  
低再西 7 排#1 管出口壁温  
低再西 17 排#1 管出口壁温  
低再西 27 排#1 管出口壁温  
低再西 37 排#1 管出口壁温

报警定值为 510，机组运行时时常会出现几个参数同时越限情况，只要出现报警，都发出“低再西排出口壁温高限报警”信息，可以大大减少报警信息量，具体报警点也可在报警群中查询到，类似的温度群处理还有发电机定子线圈温度群、各大电机线圈温度群和轴承温度等。

### 2.3 对所有测点进行报警，实现机组安全生产全方位监控。

目前传统的 DCS 由于存在大量的虚假报警和重复报警信息，为了不干扰运行人员，所以控制系统的测点只有 30%左右设置了报警，但是这样的措施造成了不能对很多事故征兆进行及时预报。例如：一些本体参数，轴承温度、电机温度、定子线圈温度等，温度超高限有个缓慢的过程，现场的情况往往是，报警出现了，事故也就发生了，简单的报警系统没能给运行人员提供尽可能长的预警时间。

事实上控制系统每个测点的造价在 5000 元以上，并且每个测点都是与安全

生产息息相关的，但是目前控制系统的报警系统又不能实现对所有测点的报警，此外，在电厂实际运行中也经常发生误开、误关设备导致的事故，而传统的DCS没有判断设备工作状态是否正常的功能，要运行人员监视每个测点又是不可能的。

因此，故障诊断和事故预报系统在消除了虚假报警和重复报警的基础上，对控制系统的所有测点进行了报警，采用逻辑运算判断调门卡涩、误开、误关判断等故障；采用“设备运行方式表”监视设备异常状态，从而帮助运行人员实现机组安全生产的全方位监控。

#### 2.4 提供预警手段

运用仿真技术，可以快速预测系统未来的运行状态。以实时数据作为起始工况，快速地进行仿真计算，用很短的时间可以得到较长时间以后的运行状态，使操作人员对系统未来的运行状况做到心中有数。不但可以起到运行指导的作用，而且为事故的监督和预测提供足够的依据。

许多故障和事故从出现预兆、发展、参数异常到成为故障和事故都有一个过程，并不是在瞬间完成，通过“参数发展趋势分析”、“参数异常变化分析”，例如通过对本体参数（轴承温度）实行“速率报警”可以预报汽轮机和主要辅机的润滑、冷却情况，对故障和事故征兆进行及时预报，避免因润滑、冷却不当出现故障甚至造成停机事故。

机组本体参数如轴承温度，电流等参数从正常值到越限有个过程，报警系统不应该在本体参数越限之后才给出报警，而应该在本体参数还未达到限定值，但是在此后的一小段时间内有此趋势可能会出现越限的情况提前发出警告，留给运行人员足够的时间去处理。

以案例分析形成的故障知识库为基础，基于实时数据分析与处理，利用信号模糊识别以及推理等原理，实现在线故障诊断与事故预报，帮助运行人员在故障尚未发生或者已经发生的情况下迅速找到故障根源，并辅以操作指导，保证机组运行安全。

#### 2.5 对报警类别进行分级，突出显示“主因和预告报警”

故障诊断和事故预报系统对大量的报警信息进行了分类，“首因报警”是产生参数异常报警的首因，例如：主要辅机跳闸、调门卡涩、误开、误关和设备状态误动等，其优先级最高。

“预告报警”是暂时不影响机组正常运行，但继续发展可能导致事故的报警信息，例如润滑油压力低、冷却水压力低、滤网差压高等，其优先级次高。

其他报警信息则按工艺区域设计，其优先级最低。

按照报警优先级性进行划分后再按工艺区域设计成报警光字牌，如图 2

所示，“锅炉首因”、“锅炉预告”、“汽机首因”、“汽机预告”、“电气首因”、“电气预告”、“公共首因”、“公共预告”报警区为运行人员首要监视区。

当报警出现时，运行人员首先要关注的是“首因报警”，点击光字牌可通过树状结构帮助运行人员在复杂的条件下迅速找到报警根源，从而采取适当措施，避免事故扩大。

当报警出现时，如果没有出现“首因报警”，说明机组当前可能没有事故，运行人员这时要关注的是“预告报警”，点击光字牌可通过树状结构帮助运行人员在复杂的条件下迅速找到异常根源，从而采取适当措施，防止演变为事故。

当报警出现时，如果没有出现“首因报警”和“预告报警”，说明机组当前可能没有事故和异常，运行人员这时要关注的是其他报警光字牌，点击光字牌可通过树状结构帮助运行人员在复杂的条件下迅速找到报警参数，一般只要采取适当的调整措施，即可恢复正常运行。

与“首因报警”和“预告报警”相对应，系统可以为运行人员提供操作指导。

## 2.6 以案例分析为基础，提供事故回放功能。

对于很多发生过的故障，进行事后分析，我们发现在事故发生之前，已经有很多的事故征兆，如果能够从这些事故征兆中尽快地发现事故，并及时采取措施，一些故障是可以避免的，因此，将故障状态下的真实 DCS 的历史数据记输入到到虚拟仿真平台上，对事故过程的运行工况、DCS 的操作情况进行回演，真实的反映现场事故的实际情况。“事故回放”可以很清楚的看到事故发生前的参数变化、人员的操作及当时的报警，通过组织运行人员进行分析和总结，可以提供运行人员水平，减少今后事故发生的概率。

与现有技术相比，本发明集过程监督、故障诊断、事故分析与预报和在线操作指导于一体，具有以下特点

- (1) 提高电厂安全运行和管理水平。采用“报警闭锁”、“参数真伪辨别”、“报警容器”等方法与手段，对报警信息进行过滤，使每条报警“有依可循”，消除和避免现有控制系统存在的大量误报信息，实现只要没有报警就可确保机组运行是正常的，机组运行不正常就一定有报警信息。利用“对象模型”参数应答值等方法，对所有测点进行报警，以实现机组安全生产的全方位监控。实现以“参数发展趋势”为本体参数“速率报警”以及以对象模型为基础的参数应答值报警，提供预警手段。以仿真机为研究平台，以案例分析形成的故障知识库为基础，基于实时数据分析与处理，利用信号模糊识别以及符号推理等功能，实现在线故障诊断与事故预报，帮助运行人员在故障尚未发生或者已经发生的情况下迅速找到故障根源，并辅以操作指导，保证机组运行安全。将故障状态下



的真实 DCS 的历史数据记录放到虚拟仿真平台上,对机组的运行工况、DCS 的操作情况进行回演、分析、总结,真实的反映现场的实际情况。

“事故回放”可以很清楚的看到事故发生前的参数变化、人员的操作及当时的报警,这为事后事故分析、处理以及故障知识库的完善提供了一个很好的平台。

- (2) 优化设备运行,利于环境保护。本发明可大幅度提高设备的利用率,减少因设备故障导致停产而造成的直接经济损失,减少生产准备时间和非计划停机次数,提高电厂的综合效益,保证电厂的安全经济运行,减少电力污染物的产生。

#### 四、 附图说明

图 1 是本发明结构原理图

图 2 是本发明故障诊断与事故预报报警信息树状结构图

#### 五、 具体实施方式

一种本发明所述的故障诊断与事故预报系统,它包括实时数据接口和处理模块,提供多种数据接口,完成数据的采集和加工处理;实时和历史数据库系统模块,为报警处理模块提供数据服务,以函数形式,提供对实时和历史数据的快速查询;报警处理模块,将各种数据和信息集成在一起显示出来并传递给报警单元和报警容器进行处理,报警单元是具有不同报警运算功能处理单元,报警容器是用来组织和管理报警单元所产生的报警信息;故障诊断与事故预报模块实时监控设备状态,及时进行故障诊断并预警,并提示运行处理建议;事故回放功能模块,将故障状态下的真实 DCS 的历史数据记输入到虚拟仿真平台上,对事故过程的运行工况、DCS 的操作情况进行回演,真实的反映现场事故的实际情况。

故障诊断与事故预报系统结构设计灵活,既可单独成系统,亦可与第三方 DCS 系统友好集成,在实施过程中有三种方式可供选择:

- (1) 以现有 DCS 或 SIS 实时数据为基础,单独成系统,形成独立报警工作站;
- (2) 以现有 DCS 系统为依托,与之集成,替代原有的 DCS 报警系统;
- (3) 以现有 SIS 服务器为依托,提供报警信息服务,进行 WEB 报警信息发布。

该项目实施完成后,将对火电厂大型机电设备的运行状态监控及事故预报等方面都有着十分重要的意义,必将提升企业生产和设备管理的档次,使火电厂设备的经济性和安全性等方面取得全面提高。该系统能全面提升对火电厂设备故障进行适时科学的诊断能力,将在提高设备的利用率,减少设备维护费用,保障机器设备的安全运行,预防事故发生等方面会发挥重要的作用,这也将会有效地减少机电设备运行对环境造成的污染。

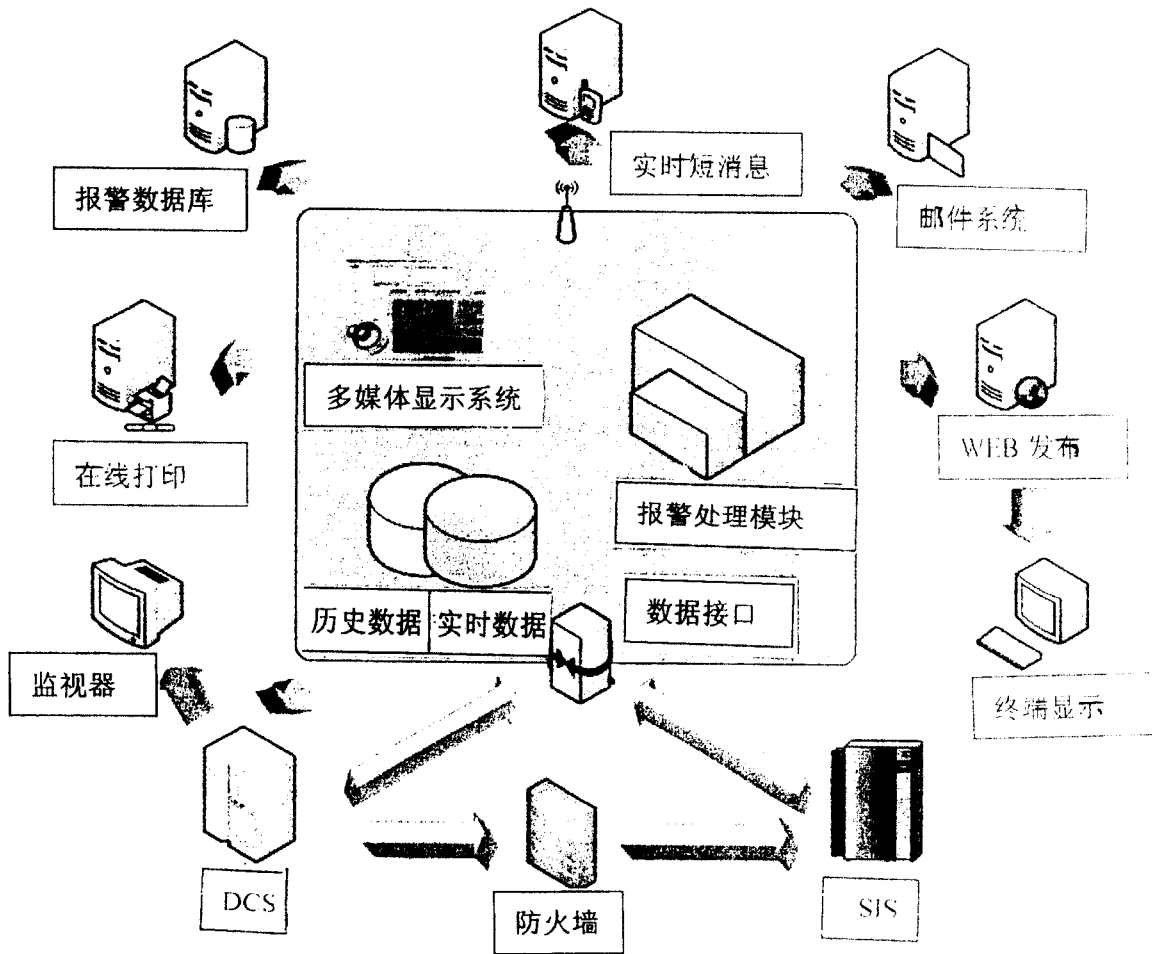


图 1

