



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103065433 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 24

(21) 申请号 201210573963. 1

(22) 申请日 2012. 12. 26

(73) 专利权人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路
135 号

(72) 发明人 蔡杰进 唐琪

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

代理人 林丽明

(51) Int. Cl.

G08B 21/02(2006. 01)

G21C 17/038(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1585140 A2, 2005. 10. 12, 说明书第
[0025]-[0124] 段以及附图 1-2.

EP 1585140 A2, 2005. 10. 12, 说明书第
[0025]-[0124] 段以及附图 1-2.

US 6400786 B1, 2002. 06. 04, 全文.

US 6430247 B1, 2002. 08. 06, 全文.

CN 101669176 A, 2010. 03. 10, 全文.

CN 102496393 A, 2012. 06. 13, 全文.

唐锡文等. 核电站 DNBR 在线监测程序的开
发. 《核动力工程》. 2002, 第 23 卷 (第 4 期), 第
42-44 页.

审查员 李立功

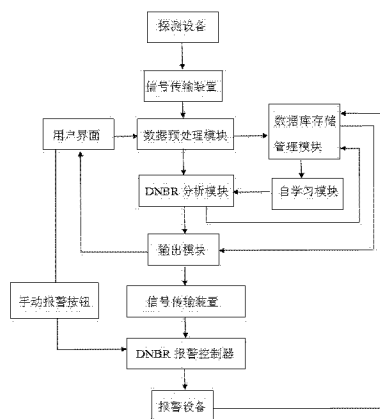
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置

(57) 摘要

本发明公开一种压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置, 本装置将探测器探测到的有关因子经过数据预处理得到 DNBR 数据库, 同时应用云自适应支持向量机训练出 DNBR 非线性计算模型, 计算出 DNBR 值, 输出模块显示, 再通过手动或智能方式将判别信号经信号传输装置传送给 DNBR 报警控制器触发报警, 并把 DNB 报警信号反馈回数据库, 把需要报警的灾情信号传到达警报系统, 让有关人员对于压水反应堆堆芯内部 DNB 发生状况实施紧急消除措施. DNBR 监测报警装置具有自学习能力, 不断完善 DNBR 计算模型, 运用中央处理器系统进行实时处理, 反应速度快, 具有高度容错性, 能准确及时监测、预报压水反应堆堆芯内部 DNBR 的变化。



1. 一种压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,包括探测设备、信号传输装置、中央处理器、DNBR 报警控制器和报警设备,所述探测设备通过信号传输装置将所采集的信号传输给中央处理器,中央处理器对信号进行处理,再通过信号传输装置与 DNBR 报警控制器连接,DNBR 报警控制器控制报警设备,其特征在于,所述中央处理器包括数据预处理模块、数据库存储管理模块、DNBR 分析模块、自学习模块及输出模块;

所述数据预处理模块用于对探测设备实时探测的数据信号进行筛选,剔除一些错误的数后,将其有序地存入数据库存储管理模块中;

所述 DNBR 分析模块根据预处理筛选来的数据经 DNBR 非线性计算模型实时计算出相应的 DNBR 值,判断 DNB 是否发生,并由输出模块显示出来;

其中 DNBR 非线性计算模型的构建方式为:运用云自适应支持向量机将 DNBR 分布变化趋势引入计算规则中,训练得到 DNBR 非线性计算模型;

所述自学习模块用于数据分析、知识评价和知识发现,将每一次 DNBR 报警控制器所做出的判断和预警准确率反馈回数据库,并基于云自适应支持向量机对反馈的数据进行自学习,不断修正样本集和 DNBR 非线性计算模型,反馈回来的数据存放在数据库中,作为以后判别的数据基础。

2. 根据权利要求 1 所述的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,其特征在于,所述探测设备包括压力探测器、质量流量探测器、含汽率探测器和温度探测器。

3. 根据权利要求 1 所述的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,其特征在于,所述信号传输装置包括模数转换器、数模转换器及信号传输系统,用于探测设备与中央处理器以及 DNBR 报警控制器间的信号过程传输;

或

所述信号传输装置包括第一信号传输装置和第二信号传输装置,所述探测设备通过第一信号传输装置将所采集的信号传输给中央处理器,中央处理器通过第二信号传输装置与 DNBR 报警控制器连接;

所述第一信号传输装置包括模数转换器和信号传输系统;所述第二信号传输装置包括数模转换器和信号传输系统。

4. 根据权利要求 1 所述的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,其特征在于,所述数据库存储管理模块用于存储有热物理性质查询表的数据、运行时系统的测量数据、DNBR 计算数据和自学习获得的数据。

5. 根据权利要求 1 所述的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,其特征在于,所述输出模块用于数据库查询、数据文本导出、堆芯 DNBR 动态云图显示。

6. 根据权利要求 1 所述的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,其特征在于,所述 DNBR 报警控制器为智能型报警器,同时设置有用用于手动触发报警设备的手动报警按钮。

7. 根据权利要求 1 所述的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,其特征在于,所述报警设备包括报警联动反应堆控制防护系统、DNB 事故广播装置、报警电话、声光警报装置和 DNB 报警记录装置。

压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置

技术领域

[0001] 本发明涉及核工程领域,更具体地,涉及一种压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,是一种基于非线性动力学理论及其在核反应堆热工水力安全中的应用的研究所建立的具有自学习功能的智能压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置。

背景技术

[0002] 为解决人类日益增大的能源需求,核能被越来越多的使用。目前全世界核电站、核潜艇和核动力航空母舰等使用的反应堆中均以压水反应堆为主。但是,在核能和平利用的同时,安全问题亦不容忽视。在热工设计中,为了保证反应堆换热系统的安全,在堆芯中任何一点都不允许超过的限制性参数之一就是临界热流密度。对于压水反应堆而言,主要的沸腾危机机理便是偏离饱和沸腾(Departure from Nucleate Boiling, 简称 DNB)。为了更好地表达这一安全要求,引入了偏离饱和沸腾比(DNB Ratio, 简称 DNBR)的概念来对 DNB 现象进行定量描述。在反应堆实际运行过程中,要求确保 DNBR 不能小于其阈值,这也是保护核电站第一道安全屏障(包壳)的一个必要条件。因此对堆芯 DNBR 的实时监测具有十分重要的意义。对 DNBR 的研究,涉及核反应堆工程、工程热物理、安全工程、非线性动力系统、非平衡态热力学等多个学科领域,因此有必要将换热系统视为一个动力系统,从最基本的质能传递关系式出发,围绕其非线性特征,揭示事故发生的规律,然后利用人工智能技术,综合多种相关因素,形成其安全性的有关在线监测预报的方法。

[0003] DNB 是指在加热壁面高热流密度下,气泡产生率高到在气泡脱离壁面之前就形成一层汽膜覆盖在壁面上的现象。DNBR 则是临界热流密度与局部热流密度的比值。压水反应堆的 DNB 现象是典型的非线性问题,具有多变性。受冷却剂流速、成分、系统压力、温度等多种因素的影响,某个物理量或多个物理量的瞬时值往往表现出一定的随机性。同时,由于棒的形状、大小等几何尺寸及物理性质的限制,在 DNB 形成过程中,各物理量在总体上还表现出一定的规律性。故此拟用非线性动力学理论来描述换热系统内部的 DNB 现象,这将有利于对这一非线性动力系统的传热状态和规律做出定量的判断。

[0004] 在反应堆运行过程中,偏离泡核沸腾点是不能直接测量的。要实现 DNBR 在线监测,这就要求能进行快速的 DNBR 计算。目前, DNBR 监测方法在核电发达国家如美国、法国等正处于发展阶段。而我国才刚刚起步。在传统的监测中,通常采用以子通道分析为基础的方法对其加以模拟和考虑。由于子通道分析程序大,计算复杂,需要占用太多的时间,不利于偏离饱和沸腾比 DNBR 的在线监测预报,这便使得 DNBR 在线监测装置的发展出现了瓶颈。虽然随后提出的将单通道与子通道相结合的分析方法的运算速度稍有所提高,但缺乏物理机理模型支持的监测方法仍无法突破它的局限性。

[0005] 鉴于此,有必要开发一种对偏离饱和沸腾比 DNBR 的监测报警装置,在压水反应堆堆芯内 DNB 发生之前,就给出预警,及时采取措施,预防事故发生,确保核反应堆安全。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术存在的缺点,提供一种出错率低,反应速度快,预报及时的压水反应堆堆芯 DNBR 智能监测报警装置。

[0007] 为了实现上述目的,本发明的目的通过下述技术方案实现:

[0008] 一种压水反应堆堆芯 DNBR 测报警装置,包括探测设备、信号传输装置、中央处理器、DNBR 报警控制器和报警设备,所述探测设备通过信号传输装置将所采集的信号传输给中央处理器,中央处理器对信号进行处理,再通过信号传输装置与 DNBR 报警控制器连接, DNBR 报警控制器控制报警设备。

[0009] 更进一步的,所述探测设备包括压力探测器、质量流量探测器、含汽率探测器和和温度探测器。

[0010] 更进一步的,所述信号传输装置包括模数转换器、数模转换器及信号传输系统,用于探测设备与中央处理器以及 DNBR 报警控制器间的信号过程传输;

[0011] 或

[0012] 所述信号传输装置包括第一信号传输装置和第二信号传输装置,所述探测设备通过第一信号传输装置将所采集的信号传输给中央处理器,中央处理器通过第二信号传输装置与 DNBR 报警控制器连接;

[0013] 所述第一信号传输装置包括模数转换器和信号传输系统;所述第二信号传输装置包括数模转换器和信号传输系统。

[0014] 更进一步的,所述中央处理器包括数据预处理模块、数据库存储管理模块、自学习模块、DNBR 分析模块及输出模块;

[0015] 所述数据预处理模块用于对探测设备实时探测的数据信号进行筛选,剔除一些错误的的数据后,将其有序地存入数据库存储管理模块中;同时,由 DNBR 分析模块根据预处理筛选来得数据经 DNBR 非线性计算模型实时计算出相应的 DNBR 值,判断 DNB 是否发生的,并由输出模块显示出来。

[0016] 更进一步的,所述数据库存储管理模块用于存储有热物理性质查询表的数据、运行时系统的测量数据、DNBR 计算数据和自学习获得的数据。

[0017] 更进一步的,所述 DNBR 非线性计算模型的构建方式为:运用云自适应支持向量机将 DNBR 分布变化趋势引入计算规则中,训练得到 DNBR 非线性计算模型。

[0018] 在支持向量机核方法和正态云理论的基础上,互补两者优势,提出了一种称为云自适应支持向量机。所述的 DNBR 非线性计算模型便是通过这种云自适应支持向量机技术对 DNBR 及其可测量的相关影响参数进行训练而得到的,可很好地建立起 DNBR 与相关影响参数之间的非线性关系。

[0019] 更进一步的,所述自学习模块用于数据分析、知识评价和知识发现,将每一次 DNBR 报警控制器所做出的判断和预警准确率反馈回数据库,并基于云自适应支持向量机对反馈的数据进行自学习,不断修正样本集和 DNBR 计算模型,反馈回来的数据存放在数据库中,作为以后判别的数据基础。

[0020] 更进一步的,所述输出模块用于数据库查询、数据文本导出、堆芯 DNBR 动态云图显示,有利于实现用户对压水反应堆堆芯 DNBR 值的实时观测。

[0021] 更进一步的,所述 DNBR 报警控制器为智能型报警器,同时设置有用于手动触发和/或智能触发报警设备的手动报警按钮。

[0022] 更进一步的,所述报警设备包括报警联动反应堆控制防护系统、DNB 事故广播、报警电话、声光警报和 DNB 报警记录装置。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0024] (1) 本发明首次将云理论与支持向量机技术相结合,提出一种新的云自适应支持向量机技术,针对 DNBR 在线监测方法进行了基础理论研究,构建了描述 DNBR 的非线性计算模型。该云自适应支持向量机技术方法较传统的支持向量机技术方法更有针对性,反应时间更短,更有利于实现准确、及时的压水反应堆堆芯的 DNB 预警。

[0025] (2) 本发明提供的堆芯 DNBR 监测报警系统能与中央处理器系统并行处理,运行速度快;

[0026] (3) 本装置所建立的数据库及其计算单元,采用模糊判断,又具较好的自学习能力,根据堆芯探测压力、质量流量、温度等信号对 DNBR 的复杂性和不确定性进行定量计算,分析当前堆芯传热以及 DNBR 发展趋势,为事故预防和事故救援工作提供强有力的理论基础,大大增强预警系统的可靠性和科学性。

附图说明

[0027] 图 1 是本发明压水反应堆堆芯 DNBR 智能监测报警装置系统原理示意图。

[0028] 图 2 是本发明的自学习模块结构图。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图对本发明的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置做进一步的描述,但本发明的实施方式并不限于此。

[0030] 实施例一

[0031] 本发明开发的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置,包括:探测设备、信号传输装置、中央处理器、DNBR 报警控制器和报警设备,其中探测设备通过信号传输装置将所采集的信号传输给中央处理器,中央处理器对信号进行处理,再通过信号传输装置与 DNBR 报警控制器连接,DNBR 报警控制器控制报警设备。

[0032] 本发明的压水反应堆堆芯 DNBR 监测报警装置更具体为:中央处理器包括数据预处理模块、数据库存储管理模块、自学习模块、DNBR 分析模块及输出模块;如图 1 所示,探测设备通过信号传输装置将所采集的信号传输给数据预处理模块,数据预处理模块对收集的信号进行筛选,剔除一些错误的的数据后,再将其有序地存入数据库存储管理模块中。同时,由 DNBR 分析模块根据预处理筛选来得数据经 DNBR 非线性计算模型实时计算出相应的 DNBR 值,判断 DNB 是否发生的,并由输出模块显示出来,在本实施例中输出模块的显示方式是用户界面。

[0033] 更具体的为:

[0034] 1. 探测设备包括各种传感器和探测器,具体为压力探测器、质量流量探测器、含汽率探测器和和温度探测器;其实时采集现场的核反应堆堆芯参数,并将其作为堆芯传热程度的预测参数,经信号传输装置输送到中央处理器中;

[0035] 2. 中央处理器再将这些数据传送到数据预处理模块进行预处理,剔除一些错误的的数据后,有序地存入数据库存储管理模块内;

[0036] 3. 在此同时, DNBR 分析模块对预处理筛选而来的数据进行计算, 而且运用云自适应支持向量机将 DNBR 分布变化趋势引入计算规则中, 训练得到 DNBR 非线性计算模型, 实时计算出相应的 DNBR 值, 做出 DNB 是否发生的判断。一旦发现 DNB 可能会发生, 马上进行堆芯定位, 并由输出模块显示出来。

[0037] 4. 用户可根据界面动态 DNBR 云图显示决定是否给出警报信号, 通过手动报警按钮人为地对报警控制器做出反应使报警设备做出有效的控制动作; 或当监测得到堆芯某一处 DNBR 值小于用户预设定的 DNBR 限值时, 通过系统智能处理将预警判断经信号传输装置发送给报警控制器触发警报, 使报警反应在无人操作时也能有效的实施; 报警实施同时将 DNB 发展的预测情况及处理决策显示于用户界面, 供操作人员参考。

[0038] 5. 同时, 对系统每一次所做出的 DNB 判断和报警准确率反馈回数据库存储管理模块, 经云自适应支持向量机将反馈的数据进行自学习, 使装备具有自学习功能, 不断修正样本集和计算模型, 进而完善此压水反应堆堆芯 DNBR 监测警报系统, 提高压水反应堆堆芯 DNBR 预测预报的准确性和及时性。

[0039] 信号传输装置包括模数转换器、数模转换器及信号传输系统, 用于探测设备与中央处理器以及 DNBR 报警控制器间的信号过程传输。

[0040] 本发明的 DNBR 分析模块中计算模型的生成过程如下:

[0041] 压水反应堆的 DNB 现象是典型的非线性问题, 具有多变性。受冷却剂流速、成分等多种因素的影响, 某个物理量或多个物理量的瞬时值往往表现出一定的随机性。同时, 由于棒的形状、大小等几何尺寸及物理性质的限制, 在 DNB 形成过程中, 各物理量在总体上还表现出一定的规律性。这就要求模式识别过程具有较强的模糊类比、识别和容错能力。支持向量机技术具有样本自学习能力、高容错性, 是实现复杂模式分类与辨识的有效工具, 它的关键在于核函数。低维空间向量集通常难于划分, 解决的方法是将它们映射到高维空间。但这个办法带来的困难就是计算复杂度的增加, 而核函数正好巧妙地解决了这个问题。而实际探测到的 DNBR 具有正态密度函数分布的特点。根据正态云理论的随机性和稳定倾向性, 引入正态云基函数构造支持向量机的核函数, 得到一个新的支持向量机技术——云自适应支持向量机, 并将该技术和基础数据等有机结合, 形成真正的针对 DNBR 的智能预测技术。由探测器、理论计算等途径得到了关于 DNBR 的样本集, 通过该样本集利用云自适应支持向量机技术进行训练, 形成具有样本自学习能力、高容错性、实现复杂模式分类与辨识的高效的压水反应堆堆芯 DNBR 智能监测报警装置。

[0042] 在压水反应堆瞬态过程中, 运行参数不断变化, DNBR 的计算需要建立耦合不同影响参数的非线性计算模型。本发明应用云自适应支持向量机来训练所述的 DNBR 分析模块中计算模型。设计中发现, 云自适应支持向量机的训练并不需要非线性映射的具体形式, 只要利用正态云核函数就可以进行非线性处理; 对函数回归的问题, 其决策函数就是正态云核函数的线性组合, 最终问题仅是寻找一组组合系数即可, 至此大大简化了 DNBR 分析模块的反应时间, 提高了 DNBR 监测系统的效率。

[0043] 附图 2 为自学习模块的结构图, 本发明人将研究压水反应堆堆芯换热系统所得的有关数据建立 DNBR 数据库, 使 DNBR 数据库可以与用户界面进行人机对话, 用户界面通过中央处理器发出指令给自学习模块, 自学习模块从 DNBR 数据库中提取相关数据, 并从中精选出适用于数据挖掘应用的数据, 然后采用云自适应支持向量机技术从精选而来的数据中自

动发现和知识挖掘(简称数据挖掘),再根据实际需要对 DNBR 计算模型做出解释和评价,更新修正 DNBR 分析模块中已有的 DNBR 计算模型。更新后又重新收集新的数据进行自学习,并将自学习得到的数据反馈到 DNBR 数据库存储管理模块中,对 DNBR 数据库进行补充和完善。

[0044] 实施例二

[0045] 信号传输装置包括第一信号传输装置和第二信号传输装置;探测设备通过第一信号传输装置将所采集的信号传输给中央处理器,中央处理器通过第二信号传输装置与 DNBR 报警控制器连接;第一信号传输装置包括模数转换器和信号传输系统;第二信号传输装置包括数模转换器和信号传输系统。

[0046] 以上所述的本发明的实施方式,并不构成对本发明保护范围的限定。任何在本发明的精神原则之内所作出的修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的权利要求保护范围之内。

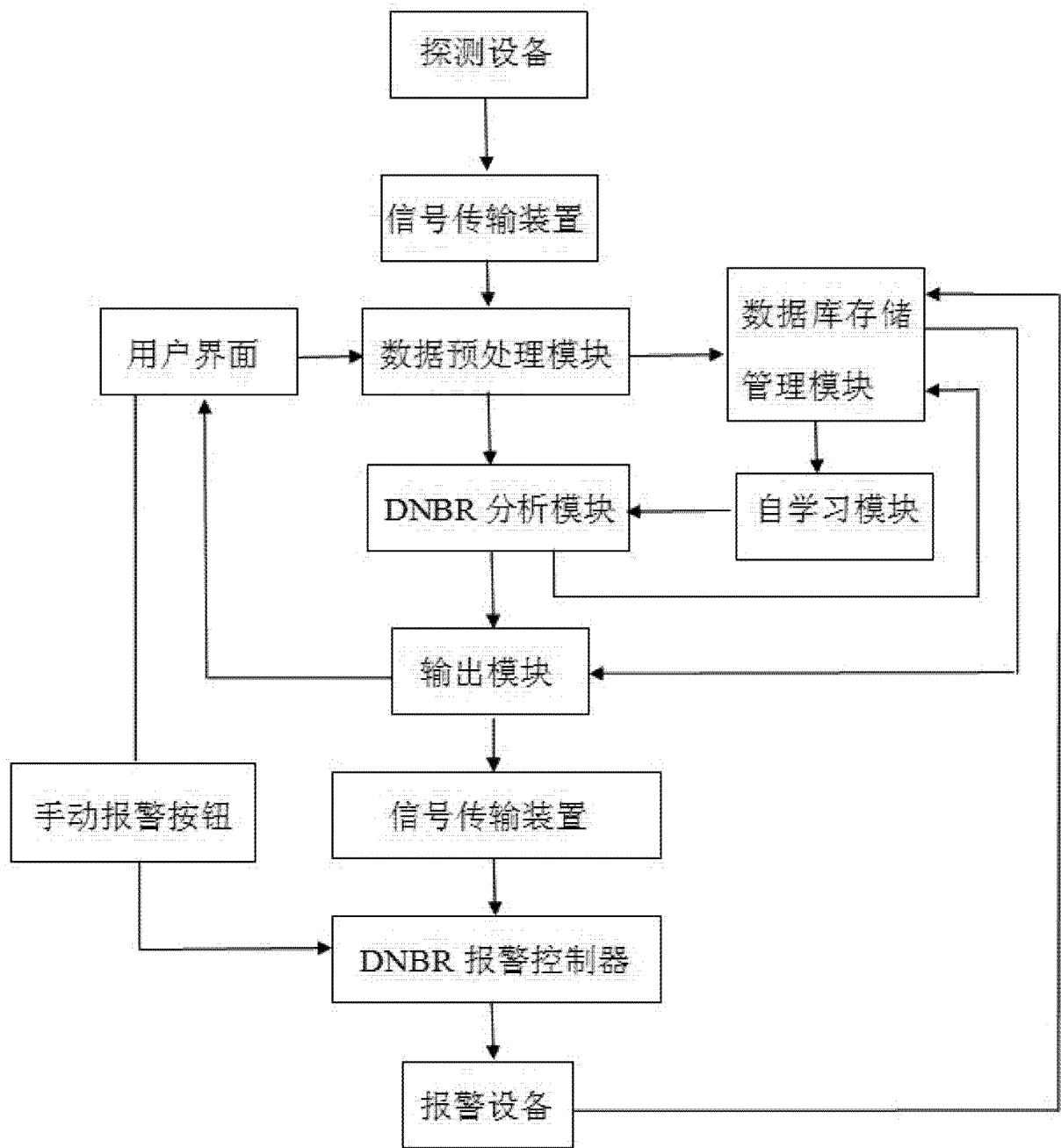


图 1

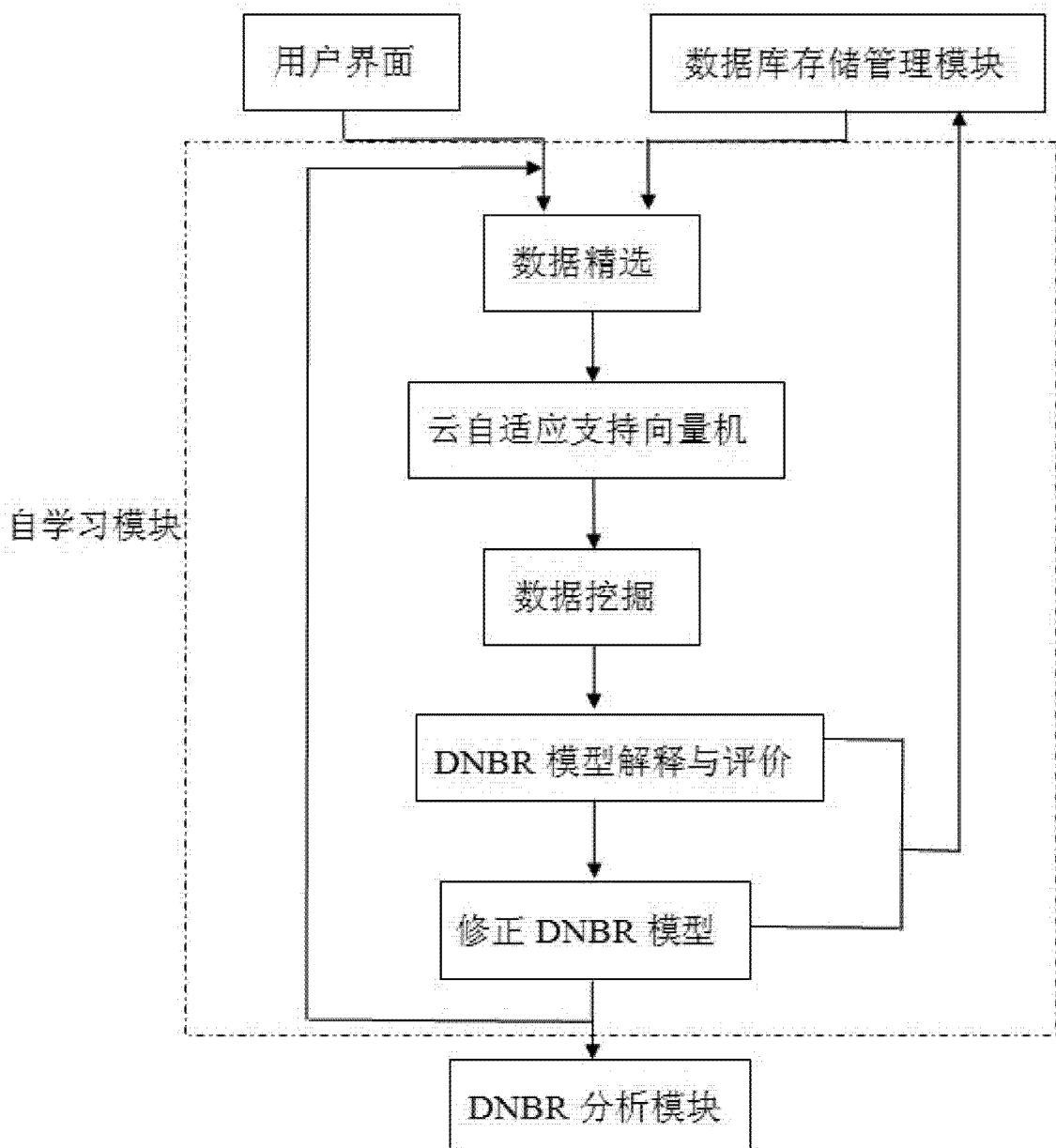


图 2