



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102312728 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 11

(21) 申请号 201110205139. 6

(22) 申请日 2011. 06. 07

(30) 优先权数据

12/795089 2010. 06. 07 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S·维塔尔 C·U·哈德维克

S·南达 A·K·潘迪 J·辛赫

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 朱铁宏 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F02C 9/00(2006. 01)

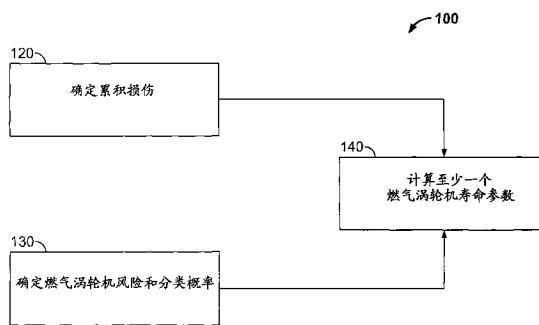
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于燃气轮机寿命管理的方法、系统和计算机程序产品

(57) 摘要

本发明涉及用于燃气轮机寿命管理的方法、系统和计算机程序产品。具体而言,公开了一种通过方法、系统和计算机程序产品而实施的用于燃气轮机的寿命管理系统(100)。该寿命管理系统(100)包括用于确定一个或多个燃气轮机部件的累积损伤的第一步(120)、用于确定燃气轮机设备的设备风险和分类概率的第二步骤(130),以及用于根据第一步(120)和第二步(130)的确定结果来计算至少一个寿命参数的第三步(140)。



1. 一种用于燃气轮机设备的寿命管理系统 (100), 包括:
用于确定至少一个部件的累积损伤 (120) 的装置;
用于确定燃气轮机设备风险和分类概率 (130) 的装置; 和
接收所述至少一个部件的累积损伤 (120) 和所述燃气轮机设备风险和分类概率 (130) 的数据融合模块 (330), 所述数据融合模块 (330) 配置成用以计算至少一个寿命参数 (140)。
2. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述至少一个部件包括热障涂敷部件。
3. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述至少一个寿命参数 (140) 包括热障涂层损伤概率。
4. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述至少一个寿命参数 (140) 包括剩余可用寿命预估。
5. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述至少一个部件寿命参数 (140) 包括检查建议。
6. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述用于确定累积损伤 (120) 的装置包括监控和诊断数据库。
7. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述用于确定累积损伤 (120) 的装置包括用于确定中值、平均或直接金属温度以及温度位置的装置。
8. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述用于确定累积损伤 (120) 的装置包括用于针对至少一个周期计算所述至少一个部件的损伤的装置。
9. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述用于确定燃气轮机设备风险和分类概率 (130) 的装置包括可靠性数据库。
10. 根据权利要求 1 所述的系统, 其特征在于, 所述数据融合模块 (330) 包括从以下组中选定的数据融合方法, 所述组包括基于逻辑的方法、Dampster Schafer 方法、模糊推理方法、人工智能、监控和诊断数据与损伤累积的融合、脱落和非计划模型以及 Bayesian 方法。

用于燃气轮机寿命管理的方法、系统和计算机程序产品

技术领域

[0001] 本公开内容主要涉及燃气轮机,并且更具体地涉及用于估算涡轮热气和燃烧部件的热障涂层性能的寿命管理系统、方法和计算机产品。

背景技术

[0002] 燃气涡轮发动机包括用于供给压缩燃烧空气流的压缩机区段、用于在压缩燃烧空气中燃烧燃料的燃烧器区段,以及用于从燃烧空气中提取热能并将该热能转化为以旋转轴形式存在的机械能的涡轮区段。

[0003] 现代的高效燃气轮机具有超过 1000°C 的点火温度,并且随着对更高效发动机的要求不断持续甚至期望有更高的点火温度。形成“热气通道”燃烧器和涡轮区段的许多部件直接暴露在腐蚀性热燃烧气体中,例如,燃烧器衬套、位于燃烧区段和涡轮区段之间的过渡导管,以及涡轮静止导叶和转动叶片以及包绕的环形节段。除了热应力以外,这些以及其它的部件还会经受进一步留蓄在这些部件上的机械应力和负载。

[0004] 传统上用于制作在燃烧涡轮发动机的热气通道区段中使用的大多数燃烧涡轮部件的许多钴和镍基超级合金材料通过用热障涂层 (TBC) 涂敷上述部件而与热气流隔离,从而耐受长期运行在该种腐蚀性高温燃烧环境中。

[0005] 热障涂层是非常高级的材料系统。这些涂层通过采用热绝缘材料而使部件与大且长时期的热负载相隔离,其中,热绝缘材料能承受位于承载合金和涂层表面之间的明显温差。因此,当限制对结构部件的热暴露时,这些涂层能允许更高的操作温度,从而通过降低氧化和热疲劳而延长部件寿命。

[0006] 热障涂层系统通常由四层组成:金属基底、金属结合层 (bond coat)、热生长氧化物,以及陶瓷顶层 (topcoat)。陶瓷顶层典型地由氧化钇稳定氧化锆 (YSZ) 构成,其期望具有非常低的热传导率,同时,在应用中通常所经历的额定操作温度下保持稳定。热障涂层通过各种劣化模式而损坏 (或剥落),包括在热循环暴露期间结合层的机械褶皱、加速氧化、热腐蚀,以及熔化堆积物劣化。随着热障涂层的损失,部件会经受更高温度和显著地缩短部件寿命。

[0007] 考虑到上述因素,一种固定的规程 (schedule) 可用于检查这些关键部件。重要的是,当预估部件接近发生故障时安排对这些关键部件进行检查,以最大限度地减少涡轮机离线检查所耗费的时间。为了降低操作成本,重要的是提高对这些零件剩余寿命评估的准确性,包括对这些零件上的热障涂层残留寿命进行准确估算以便安排检查和 / 或修复。因此,需要具有准确地估算热障涂层性能的能力。

发明内容

[0008] 在一个示范性实施例中,公开了一种用于燃气轮机设备 (或单元,unit) 的寿命管理系统。该寿命管理系统包括用于确定至少一个部件的累积损伤的装置、用于确定燃气轮机设备风险和分类概率 (classification probability) 的装置,以及接收上述至少一

个部件的累积损伤和燃气轮机设备风险和分类概率的数据融合模块,该数据融合模块配置成用以计算至少一个寿命参数。

[0009] 在另一个示范性实施例中,公开了一种用于确定燃气轮机部件的部件寿命参数的方法。该方法包括确定至少一个部件的累积损伤、确定燃气轮机设备风险和分类概率,以及向配置成用以计算寿命参数的数据融合模块提供累积损伤、燃气轮机设备风险和分类概率。

[0010] 在又一个示范性实施例中,公开了一种计算机程序产品。该计算机程序产品包括存储可运行以引起一个或多个机器执行操作的指令的机器可读介质。该操作包括确定燃气轮机部件的累积损伤、确定燃气轮机设备风险和分类概率,以及使用累积损伤和燃气轮机设备风险和分类概率来计算寿命参数。

[0011] 本公开内容的其它特征和优点将根据以下结合附图对优选实施例的更为详细说明而变得明显,其中,附图通过实例示出了本公开内容的原理。

附图说明

[0012] 图 1 是根据本公开内容的用于确定热障涂敷部件寿命参数的方法的一个实施例的流程图。

[0013] 图 2 是根据本公开内容的用于确定热障涂敷部件寿命参数的方法的另一个实施例的流程图。

[0014] 只要有可能,整个附图都将使用相同的参考标号来表示相同的零件。

[0015] 零件清单

[0016] 100 寿命管理系统

[0017] 120 第一步骤

[0018] 130 第二步骤

[0019] 140 第三步骤

[0020] 210 第一累积损伤子步骤

[0021] 220 第二累积损伤子步骤

[0022] 230 第三累积损伤子步骤

[0023] 240 第四累积损伤子步骤

[0024] 250 第五累积损伤子步骤

[0025] 260 第六累积损伤子步骤

[0026] 270 第七累积损伤子步骤

[0027] 310 第一寿命参数子步骤

[0028] 320 第二寿命参数子步骤

[0029] 330 第一寿命参数子步骤

[0030] 340 第二寿命参数子步骤

具体实施方式

[0031] 本公开内容的实施例提供一种用于燃气轮机寿命管理和监控的方法、系统和计算机程序产品。所述方法、系统和计算机产品包括预估燃气轮机的涡轮热气和燃烧部件

的热障涂层 (TBC) 的剩余使用寿命。所述方法、系统和计算机产品利用设计、监控和诊断, 以及检查数据来确定具有 TBC 的燃气轮机部件的累积损伤和剩余使用寿命。

[0032] 本公开内容的一个优点是提供准确的燃气轮机检查调度工具, 其相比于固定的规程间隔检查是改进的。

[0033] 本公开内容的另一个优点是通过对基于当前和将来风险的预估来提供对 TBC 损伤的准确预估。

[0034] 本公开内容的一个优点是对高温部件上的热障涂层提供改进的寿命预估, 这可用来确定检查调度。

[0035] 本公开内容的另一个优点是对包括具有热障涂层的部件的燃气轮机提供改进的风险评估。

[0036] 图 1 是由本公开内容的一个实施例的方法、系统和计算机程序产品所执行的用于燃气轮机的寿命管理系统 100 的一个实例的流程图。寿命管理系统 100 包括用于确定一个或多个燃气轮机部件的累积损伤的第一步骤 120、用于确定燃气轮机设备的设备风险和分类概率的第二步骤 130, 以及用于根据第一步骤 120 和第二步骤 130 的确定来计算至少一个寿命参数的第三步骤 140。燃气轮机部件可具有 TBC。例如, 该部件可以是但不限于燃烧器衬套、位于燃烧区段和涡轮区段之间的过渡导管、涡轮静止导叶和转动叶片, 以及包绕的环形节段。寿命管理系统 100 可予以应用且对于热气通道中的任何部件的任何损伤模式都是有效的。

[0037] 图 2 是示范性的寿命管理系统 100 的更为详细的流程图。如在图 2 中可看到的那样, 寿命管理系统 100 包括用于确定部件累积损伤的第一步骤 120。第一步骤 120 包括第一累积损伤子步骤 210。第一累积损伤子步骤 210 包括提供对于燃气轮机部件的监控和诊断 (M&D) 数据。第一累积损伤子步骤 210 可包括用于存储 M&D 数据的 M&D 数据库。M&D 数据库包括多种操作参数, 这些操作参数包括但不限于由燃气轮机 (GT) 产生的兆瓦特 (megawatt)、压缩机排出温度、排气温度、在 GT 中的各种压力比、在 GT 中各点处的温度、轴的转速、入口压力、现场环境条件、点火温度、入口引导导叶角度、压缩机入口温度。

[0038] 第一步骤 120 还包括用于计算部件周期 (或循环) 参数的第二累积损伤子步骤 220。第二累积损伤子步骤 220 包括用于计算部件周期参数的 M&D 预处理装置。部件周期参数可包括部件中值或直接金属温度, 中值、平均或直接金属温度的位置, 持续时间以及涡轮负载。金属温度是使用基于物理学的模型和燃气轮机测量参数, 例如 IGV 角、压缩机排出温度、涡轮负载等分析计算出的。如果在燃气轮机中可利用金属温度测量传感器, 则该金属温度值也可测量得出。部件周期参数还可包括但不限于入口引导导叶角度、压缩机排出温度以及点火温度的其它平均或中间值。M&D 预处理装置可以是植入到计算机可读介质上的算法和 / 或计算机程序以及用于其执行的关联计算机系统。

[0039] 此外, 如在本公开内容中所使用的预处理、处理和计算装置通常指代植入计算机可读介质上的算法和 / 或计算机程序以及用于其执行的关联计算机系统。另外, 如在本公开内容中所提供的数据库保持和 / 或维持在诸如记忆存储设备的计算机可读介质中, 其中, 记忆存储设备例如但不限于硬盘驱动器。

[0040] 第一步骤 120 还包括第三累积损伤子步骤 230, 该子步骤 230 用于根据在步骤 220 中所处理的损伤传递函数和信息来计算在每个周期的损伤。该损伤传递函数是基于物理模

型和热障涂层的材料性质而建立的。每个组件都可基于材料类型和硬件配置而具有不同的传递函数。第三累积损伤子步骤 230 包括用于计算单个级或单个部件的损伤的周期损伤计算装置。在一个实施例中,第三累积损伤子步骤 230 包括用于计算部件(包括但不限于第 1 级叶片和第 1 级喷嘴)的损伤的周期损伤计算装置。在一个实施例中,在每个周期的损伤计算通过适当的算法来执行。

[0041] 第一步骤 120 还包括用于计算部件累积损伤的第四累积损伤子步骤 240。第四累积损伤子步骤 240 包括用于计算部件累积损伤的累积损伤计算装置。第四累积损伤子步骤 240 向第五累积损伤子步骤 250 提供已算出的部件累积损伤。

[0042] 第一步骤 120 还包括第五累积损伤子步骤 250。第五累积损伤子步骤 250 用于随时从现场或维修车间接收新的检查信息而更新部件的累积损伤计算。损伤模型传递函数系数基于新的检查数据而更新。该步骤用于相对于基于与各个部件的热障涂层的状况相关的实际现场检查信息的时间而校准模型时间。第五累积损伤子步骤 250 从第四累积损伤子步骤 240 接收累积损伤计算(结果),且也从第六累积损伤子步骤 260 接收设备检查数据,其中,第六累积损伤子步骤 260 提供来自设备检查数据库的数据,包括来自现场或维修车间检查的热障涂层的物理状态信息。然后,第五累积损伤子步骤 250 更新第七累积损伤子步骤 270,该第七累积损伤子步骤 270 提供材料和设计信息、损伤模型传递函数系数,以及硬件配置数据库,然后第七累积损伤子步骤 270 更新第三累积损伤子步骤 230。材料和设计信息以及硬件配置数据库可包括但不限于燃气轮机部件配置信息,例如,第 1 级叶片硬件类型、涂层材料信息以及损伤传递函数系数。

[0043] 以此种方式,材料和设计信息以及硬件配置数据库更新对于每个步骤而言根据第三累积损伤子步骤 230 而计算出的损伤计算。累积损伤子步骤 210、220、230、240,反复地计算燃气轮机部件的累积损伤。第五累积损伤子步骤 250 因此反复更新第七累积损伤子步骤 270 的材料和设计以及硬件配置数据库并计算部件累积损伤。

[0044] 如在图 2 中可进一步看到的那样,寿命管理系统 100 还包括计算燃气轮机设备风险和分类概率的第二步骤 130。第二步骤 130 包括第一寿命参数子步骤 310 和第二寿命参数子步骤 320。第一寿命参数子步骤 310 包括提供对于相关燃气轮机设备的可靠性数据。该可靠性数据包括但不限于脱落比率(fall out rate)数据、检查数据、运行时间数据、启动数据和跳闸数据、强制停机风险、损伤累积模型、零件检查,以及运行和修复记录。可靠性数据提供并存储在可靠性数据库中。

[0045] 来自可靠性数据库和通过第一累积损伤子步骤 210 提供的 M&D 数据库的数据被提供到第二寿命参数子步骤 320。第二寿命参数子步骤 320 包括一个或多个用于计算燃气轮机设备脱落风险或引起非计划停机和用于从运行观点划分设备为正常或者不正常的分类概率的经验模型。经验模型可包括但不限于任务直方图、累积分布函数(CDF)、相关性研究、分类算法、脱落模型、非计划模型、周期计算、集群算法、贝叶斯分类器(Bayesian classifier)、二次方程判别式分析以及损伤累积模型。

[0046] 如在图 2 中还可进一步看到的那样,寿命管理系统 100 还包括用于计算至少一个寿命参数的第三步骤 140。第三步骤 140 包括含有数据融合方法的第一寿命参数子步骤 330。第一寿命参数子步骤 330 提供用于执行数据融合方法以确定至少一个寿命参数的数据融合模块。该至少一个寿命参数可以是涡轮部件参数或涡轮设备参数。例如,该至

少一个寿命参数可以是但不限于一个或多个部件和 / 或燃气轮机设备的 TBC 损伤概率、一个或多个部件和 / 或燃气轮机设备的 TBC 剩余使用寿命, 以及对于一个或多个部件和 / 或燃气轮机设备的检查建议。数据融合模块可以包括但不限于数据融合方法手段 (methodology)。该数据融合方法手段可包括如下方法手段, 其包括但不限于基于逻辑的方法、Dampster Schafer 方法、模糊推理方法、人工智能、M&D 数据与损伤累积的融合、脱落与非计划模型以及贝叶斯方法。

[0047] 数据融合模块从在第二寿命参数子步骤 320 所提供的一个或多个经验模型接收设备风险和分类概率数据以及来自第五累积损伤子步骤 250 的部件累积损伤, 并且计算所述至少一个寿命参数。该至少一个寿命参数被提供到第二寿命参数子步骤 340。第二寿命参数子步骤 340 用于显示和 / 或存储该至少一个寿命参数。

[0048] 本公开内容的寿命管理系统 100 且具体而言是用于确定所述至少一个寿命参数的步骤和子步骤典型地通过计算机程序产品来实现, 其中, 计算机程序产品通过处理元件执行并由相关存储设备存储, 所述处理元件和相关存储设备通常包括在计算机等之中。因此, 本公开内容的系统通常在该计算机程序产品的控制下运行, 以提供在上文中结合根据本公开内容另一个方面的系统的各个部件所描述的功能性。用于执行热障涂覆部件寿命参数计算的计算机程序产品包括计算机可读存储介质, 以及计算机可读程序代码部分, 例如包含在计算机可读存储介质中的一系列计算机指令。

[0049] 在这方面, 图 1 和图 2 是根据本公开内容的方法、系统和程序产品的框图, 流程图或其它示意图。将应明白的是, 流程图的各个方框或步骤, 以及流程图中方框的组合可通过计算机程序指令来实施。这些计算机程序指令可加载到计算机或其它可编程设备中来产生机器, 使得在计算机或其它可编程设备上执行的指令产生用于实施在流程图方框或步骤中所规定功能的装置。这些计算机程序指令也可存储在计算机可读存储器中, 它们可指引计算机或其它可编程设备以特定的方式运行, 使得存储在计算机可读存储器中的指令产生制品, 包括实施在流程图方框或步骤中所规定功能的指令装置。计算机程序指令也可加载到计算机或其它可编程设备上, 以使一系列操作步骤在计算机或可编程设备上执行来产生计算机实施的处理, 使得在计算机或其它可编程设备上执行的指令提供用于实施在流程图或步骤中所规定的功能。

[0050] 因此, 流程图中的方框或步骤支持用于实现所规定功能的装置的组合、用于实施所规定功能的步骤的组合, 以及用于执行所规定功能的程序指令装置。将应明白的是, 流程图中的各个方框或步骤, 以及流程图中方框或步骤的组合可由执行所规定功能或步骤的基于硬件的专用计算机系统, 或专用硬件和计算机指令的组合而予以实施。

[0051] 虽然本公开内容已参考优选实施例进行了描述, 但本领域普通技术人员将会明白的是, 在不脱离本公开内容的范围的情况下, 可进行各种修改和利用等同物来代替其元件。此外, 可作出多种变型以使具体的情势或材料适应本公开内容的教导而不脱离其本质范围。因此, 本公开内容并非意图限于根据用于实施本公开内容所构思出的最佳模式而公开的具体实施例, 而是本公开内容将包括落入所附权利要求范围内的所有具体实施例。

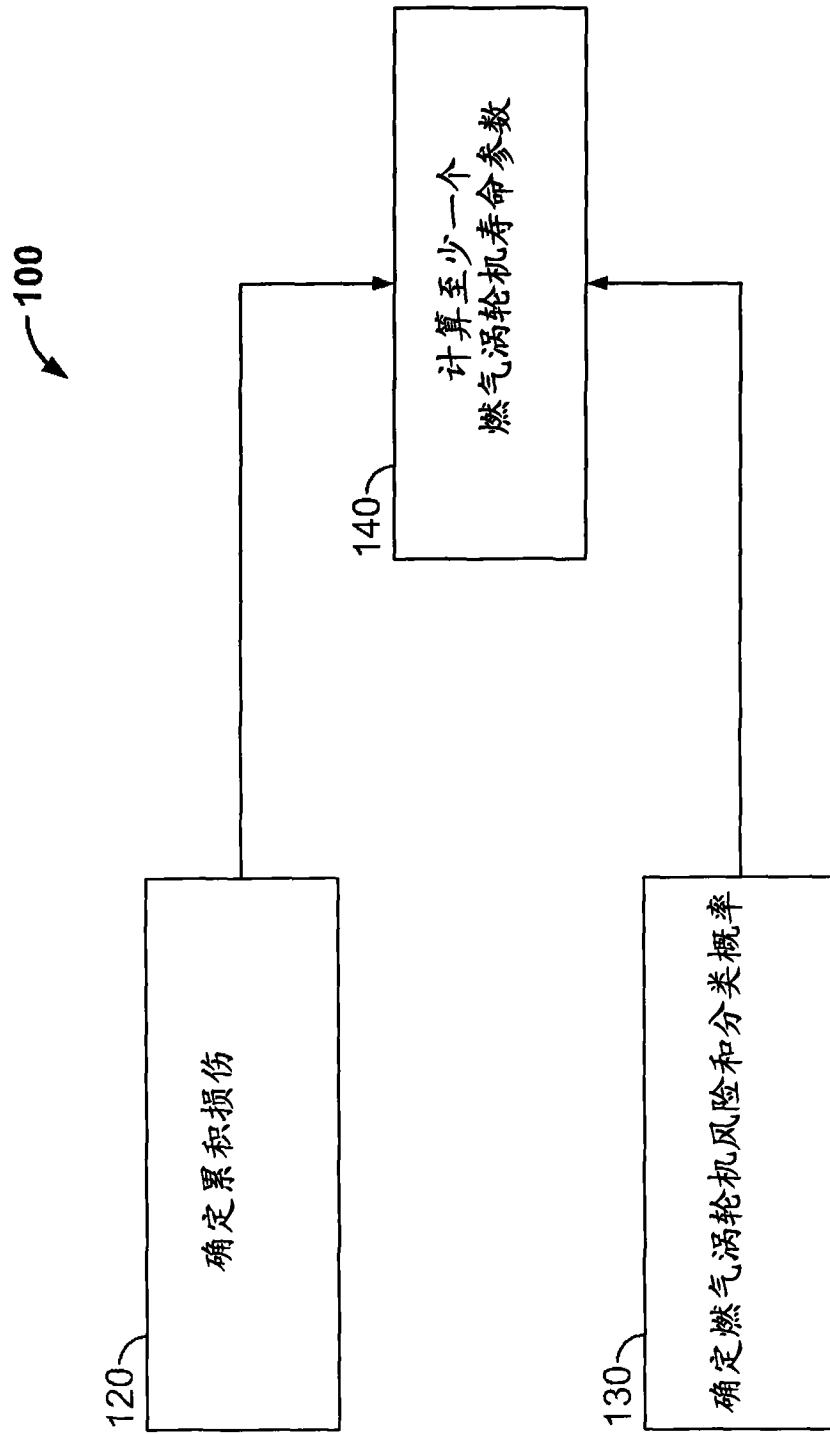


图 1

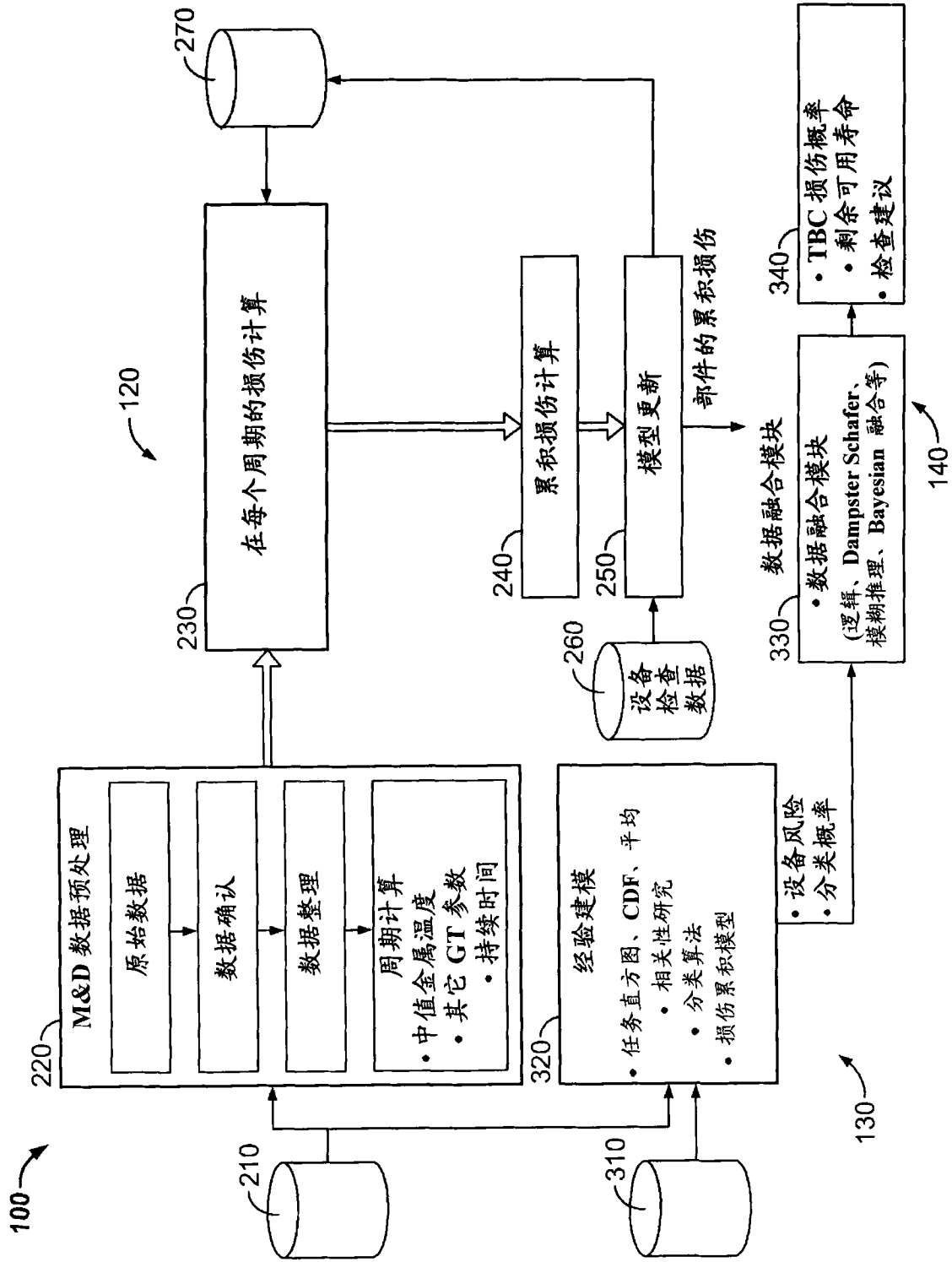


图 2