

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 19/418 (2006.01)

F23N 5/24 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880007954.8

[43] 公开日 2010年3月31日

[11] 公开号 CN 101689050A

[22] 申请日 2008.3.12

[21] 申请号 200880007954.8

[30] 优先权

[32] 2007.3.12 [33] US [31] 60/894,339

[86] 国际申请 PCT/US2008/056741 2008.3.12

[87] 国际公布 WO2008/112823 英 2008.9.18

[85] 进入国家阶段日期 2009.9.11

[71] 申请人 艾默生过程管理电力和水力解决方案有限公司

地址 美国宾夕法尼亚州

共同申请人 过渡技术 S. A. 公司

[72] 发明人 程 绪 彼得·N·弗朗西诺

弗瑞得瑞克·C·哈夫

康拉德·斯维尔斯基·斯维尔斯基

[74] 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

代理人 康 泉 宋志强

权利要求书 6 页 说明书 20 页 附图 9 页

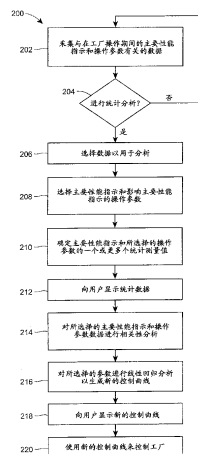
[54] 发明名称

发电厂性能监测中统计分析的使用

[57] 摘要

一种在发电厂中实施性能监测的技术适合在比过去更复杂并且不只考虑到燃料成本的能量市场中与能量产生过程的效率相结合地控制操作参数和因素。具体而言,该方法适用于当产品的实际成本取决于除了燃料成本以外的其它可变成本的情况,例如环境信用额度、设备老化和维修成本、以及电能交易市场因素,例如爬坡速度、LMP 因子以及输送协定功率水平和现货交易的能力。发电厂性能监测技术将统计分析应用于所采集的发电厂数据,以确定无论工厂在什么样的状态或操作水平下运行,都受到最好控制或改变以影响(提高)工厂的效率或其它主要性能指示的因素。由于热耗率计算应用通常被在线执行,因此可能的是,详细分析所采集的工厂数据并对该数据进行例如主分量分析(PCA)以及线性和非线性回归分析,所述回归分析使该性能方

法能够获得对影响热耗率偏差(效率)的主要过程参数的影响的更准确检测,以及建立待用于在未来控制工厂的基本或最佳可能的操作约束。这种基于性能的控制方法将通过一直允许求精以及待实现的最佳实践和控制来提供发电厂的接近最优性能。



1、一种监测发电单元的性能的方法，包括：

确定性能指示数据，该性能指示数据包括在该发电单元操作的时段内大量不同的时刻该发电单元的主要性能指示的大量值；

采集操作参数数据，该操作参数数据包括在该时段内该发电单元的多个操作参数中的每一个的大量值；

对性能指示数据和操作参数数据进行相关性分析，以确定多个操作参数中的每一个与主要性能指示之间的相关性；

根据所述相关性分析确定对该发电单元的主要性能指示影响最大的操作参数的子集；以及

基于所述相关性分析改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中一个或更多的控制，从而增强在该发电单元的随后操作期间的主要性能指示。

2、根据权利要求1所述的方法，其中进行相关性分析包括进行主分量分析以产生第一主分量。

3、根据权利要求2所述的方法，其中根据所述相关性分析确定对该发电单元的主要性能指示影响最大的操作参数的子集包括：分析多个操作参数中的每一个对第一主分量的参与，并将对第一主分量具有最大参与的一个或更多个操作参数定义为操作参数的子集。

4、根据权利要求1所述的方法，进一步包括对操作参数的子集中的至少一个进行回归分析。

5、根据权利要求4所述的方法，其中改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中的一个或更多的控制包括：使用回归分析来改变对操作参数的子集中的至少一个的控制。

6、根据权利要求1所述的方法，其中所述主要性能指示是效率。

7、根据权利要求1所述的方法，其中所述主要性能指示是单元热耗率。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其中基于所述相关性分析改变在该发电单元的随后操作期间对一个或更多个操作参数的控制包括：确定不与主要性能指示高度相关的另一操作参数，并放松对该另一操作参数的控制，以适应对操作参数的子集中的一个或更多个的控制的改变。

9、根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括：确定与操作参数和主要性能指示中的每一个相关联的一个或更多个统计测量值。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其中所述一个或更多个统计测量值包括平均值、中值或标准偏差中的一项。

11、根据权利要求 9 所述的方法，进一步包括：显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的一个或更多个统计测量值。

12、根据权利要求 11 所述的方法，进一步包括：与显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的一个或更多个统计测量值一起，显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的数据的直方图。

13、根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括：基于该发电单元的操作状态，选择针对主要性能指示所采集的数据的子集作为性能指示数据；并基于该发电单元的操作状态，选择针对操作参数中的每一个所采集的数据的子集作为操作参数数据。

14、根据权利要求 1 所述的方法，其中所述操作状态基于下列之一：(1) 由该发电单元生成的输出功率，(2) 该发电单元是否处于起动模式，或 (3) 由该发电单元生成的输出功率正在变化还是处于稳定。

15、根据权利要求 1 所述的方法，其中改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中的一个或更多个的控制包括：控制该发电单元的随后操作，以得到在该发电单元的随后操作期间针对操作参数的子集中的一个的特定统计测量值。

16、根据权利要求 15 所述的方法，其中控制该发电单元的随后操作以得到在该发电单元的随后操作期间针对操作参数的子集中的一个的特定统计测量值包括：控制该发电单元的随后操作，以得到下列中的一项或更多项：(1) 得到

期望均值或在期望的均值范围内的均值的操作参数的子集中的一个的被测量值，(2) 得到期望中值或在期望的中值范围内的中值的操作参数的子集中的一个的被测量值，或(3) 得到期望标准偏差值或在期望的标准偏差值范围内的标准偏差的操作参数的子集中的一个的被测量值。

17、一种监测发电单元的性能的方法，包括：

确定性能指示数据，该性能指示数据包括在一时段内大量不同的时刻该发电单元的主要性能指示的大量值；

采集操作参数数据，该操作参数数据包括在该时段内该发电单元的多个操作参数中的每一个的大量值；

确定与操作参数和主要性能指示中的每一个相关联的一个或多个统计测量值；以及

经由用户界面显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的一个或多个统计测量值。

18、根据权利要求 17 所述的方法，其中所述一个或多个统计测量值包括平均值、中值或标准偏差中的两项或更多项。

19、根据权利要求 17 所述的方法，其中显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的一个或多个统计测量值包括显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的数据的直方图。

20、根据权利要求 17 所述的方法，进一步包括对性能指示数据和操作参数数据进行相关性分析以确定多个操作参数中的每一个与主要性能指示之间的相关性，并显示该相关性分析的结果。

21、根据权利要求 20 所述的方法，其中进行相关性分析包括进行主分量分析以产生第一主分量。

22、根据权利要求 21 所述的方法，进一步包括：分析多个操作参数中的每一个对第一主分量的参与，并指示多个操作参数中对第一主分量具有最大参与的一个或多个操作参数。

23、根据权利要求 22 所述的方法，进一步包括：对所指示的对第一主分量

具有最大参与的操作参数中的至少一个进行回归分析。

24、根据权利要求 17 所述的方法，进一步包括：基于该发电单元的操作状态，选择针对主要性能指示所采集的数据的子集作为性能指示数据，并基于该发电单元的操作状态，选择针对操作参数中的每一个所采集的数据的子集作为操作参数数据。

25、根据权利要求 17 所述的方法，进一步包括：控制在该发电单元的随后操作期间的操作参数中的一个，以得到针对在该发电单元的随后操作期间的操作参数中的一个的特定统计测量值。

26、根据权利要求 25 所述的方法，其中控制操作参数中的一个包括：控制该发电单元的随后操作，以得到下列中的一项或更多项：(1) 得到期望均值或在期望的均值范围内的均值的操作参数中的一个的被测量值，(2) 得到期望中值或在期望的中值范围内的中值的操作参数中的一个的被测量值，或(3) 得到期望标准偏差值或在期望的标准偏差值范围内的标准偏差的操作参数中的一个的被测量值。

27、一种监测发电单元的性能的系统，包括：

计算机可读存储器；以及

存储在该计算机可读存储器上并可在一个或多个处理器上执行的计算机程序，用于：

采集性能指示数据，该性能指示数据包括在一时段内大量不同的时刻该发电单元的主要性能指示的大量值；

采集操作参数数据，该操作参数数据包括在该时段内该发电单元的多个操作参数中的每一个的大量值；

对性能指示数据和操作参数数据进行相关性分析，以确定多个操作参数中的每一个与主要性能指示之间的相关性；以及

根据所述相关性分析确定对该发电单元的主要性能指示影响最大的操作参数的子集。

28、根据权利要求 27 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程

序进一步可在一个或更多个处理器上执行，以基于所述相关性分析改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中的一个或更多个的控制，从而增强在该发电单元的随后操作期间的主要性能指示。

29、根据权利要求 28 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程序通过控制该发电单元的随后操作，以得到在该发电单元的随后操作期间针对操作参数的子集中的一个的特定统计测量值，来改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中的一个或更多个的控制。

30、根据权利要求 29 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程序控制该发电单元的随后操作，以得到下列中的一项或更多项：(1) 得到期望均值或在期望的均值范围内的均值的操作参数的子集中的一个的被测量值，(2) 得到期望中值或在期望的中值范围内的中值的操作参数的子集中的一个的被测量值，或 (3) 得到期望标准偏差值或在期望的标准偏差值范围内的标准偏差的操作参数的子集中的一个的被测量值。

31、根据权利要求 27 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程序通过进行主分量分析以产生第一主分量来进行相关性分析。

32、根据权利要求 31 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程序通过分析所述多个操作参数中的每一个对第一主分量的参与，并将对第一主分量具有最大参与的一个或更多个操作参数定义为操作参数的子集，来根据所述相关性分析确定对该发电单元的主要性能指示影响最大的操作参数的子集。

33、根据权利要求 32 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程序对操作参数的子集中的至少一个进行回归分析。

34、根据权利要求 33 所述的监测发电单元的性能的系统，其中该计算机程序进一步可在一个或多个处理器上执行，以基于所述相关性分析改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中的一个或更多个的控制，从而增强在该发电单元的随后操作期间的主要性能指示，并且其中改变在该发电单元的随后操作期间对操作参数的子集中的一个或更多个的控制包括：使用回归分析来改变对操作参数的子集中的至少一个的控制。

35、根据权利要求 27 所述的监测发电单元的性的系统，其中该计算机程序进一步可在一个或多个处理器上执行，以确定与操作参数和主要性能指示中的每一个相关联的一个或多个统计测量值，并显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的一个或多个统计测量值。

36、根据权利要求 35 所述的监测发电单元的性的系统，其中该计算机程序进一步可执行：与显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的一个或多个统计测量值一起，创建并显示针对操作参数和主要性能指示中的每一个的数据的直方图。

37、根据权利要求 27 所述的监测发电单元的性的系统，其中该计算机程序进一步可执行：基于该发电单元的操作状态，选择针对主要性能指示所采集的数据的子集作为性能指示数据；并基于该发电单元的操作状态，选择针对操作参数中的每一个所采集的数据的子集作为操作参数数据。

38、根据权利要求 37 所述的监测发电单元的性的系统，其中该计算机程序进一步可执行：将操作状态定义为下列之一：（1）由该发电单元生成的输出功率，（2）该发电单元是否处于起动模式，或（3）由该发电单元生成的输出功率正在变化还是处于稳定。

发电厂性能监测中统计分析的使用

相关申请

本专利申请是基于2007年3月12日递交的、名称为“Statistical Analysis in Power Plant Performance (发电厂性能中的统计分析)”美国临时专利申请 No.60/894,339 的正规递交的申请，并要求该美国临时专利申请的优先权权益，由此美国临时专利申请的全部公开内容通过参考被特别合并于此。

技术领域

本专利总的来说涉及发电厂中包括例如基于涡轮机(turbine)的发电厂系统或其它蒸汽发电厂系统的发电装置的控制和实施。

背景技术

多种工业以及非工业应用使用以燃料为动力的锅炉，该锅炉通常通过使诸如煤、煤气、油、废料等的多种燃料中的一种燃料进行燃烧，来将化学能转化为热能。以燃料为动力的锅炉的一种示例性应用是用在火力发电机中，其中以燃料为动力的锅炉将水经过锅炉内的若干管路和管道来生成蒸汽，然后所生成的蒸汽用于操作一个以上蒸汽涡轮机来发电。火力发电机的输出是锅炉中所生成的热量的函数，其中，例如热量由每小时所消耗的(例如，所燃烧的)燃料量来直接确定。

在很多情况下，电力发生系统包括具有炉膛(furnace)的锅炉，该炉膛使燃料燃烧，或以其它方式使用燃料来生成热能，接着所生成的热能被传递给流过锅炉多个部件中的管路或管道的水。典型的蒸汽发生系统包括具有过热器部件(具有一个以上子部件)的锅炉，蒸汽在该过热器部件中产生，然后被提供给通常是高压的第一蒸汽涡轮机，并在该第一蒸汽涡轮机中使用。为了提高系统的效率，第一蒸汽涡轮机排出的蒸汽随后在锅炉中的可包括一

个以上子部件的再热器部件中被再热，然后再热后的蒸汽被提供给通常是较低压的第二蒸汽轮机。虽然基于热的电力发生器的效率很大程度上取决于用于使燃料燃烧并将传热给在锅炉的多个部件中流动的水的特定炉膛/锅炉组合的传热效率，不过该效率又取决于用于对锅炉的多个部件中，例如锅炉的过热器部件中和锅炉的再热器部件中的蒸汽温度进行控制的控制技术。

发电厂的蒸汽轮机通常在不同的时间以不同的操作水平运行，以基于能量或负载需求而产生不同的电量。对于大多数使用蒸汽锅炉的发电厂来说，在锅炉最后的过热器和再热器出口处的期望蒸汽温度设定点以及系统内的其它设置被保持恒定，并且必需在所有负载水平下将蒸汽温度设定点以及其它操作参数设定点维持在接近于一组预先建立的设定点（例如，在较窄的范围内）。这些设定点在很多情况下可根据制造商参考值和校正曲线的使用被设置。

已知的是，包括蒸汽发电厂或涡轮机发电厂的发电厂的操作效率基于工厂内的若干个因素，不仅包括装置的操作状态，还包括在任意特定时间被施加的控制的类型。近几十年来，发电厂，并且特别是连接至公共电网并为其提供电力的发电厂，通常在相当恒定的输出下运行，并且因此可使用由 ASME 开发的各种技术随时间进行优化。不过在目前，电力（电气）市场正转向被解除管制的市场，这种市场允许并且实际上鼓励基于市场因素不断改变被任意特定公用事业公司或发电厂置于电网上的电量。市场的这种改变导致由特定工厂生成的电力可能通常处于变动或改变的情况。这种因素与市场转入 ISO 型结构的事实一起，导致计算机控制和诊断系统的任务增加，这使得先前的性能方法被废弃。具体而言，这些先前的性能方法中的若干个关键方面，包括基于制造商的参考值和校正曲线的使用在内，可能导致对工厂性能的评价非常不精确和不充分，特别是考虑到在动态电气市场中的操作行为的情况下，其中能够快速和准确量化工厂性能以便能够有利地在变化的市场状况下供应电力是非常重要的。

当前被用于在发电厂中实施性能监测的工厂性能方法早在 20 或 30 年前

已被开发出来用于以电力行业中的期望状况操作的发电单元。该方法是基于重视可靠性（并且不必要重视效率）的 20 世纪 60 和 70 年代的美国和西欧标准被开发的，并且对应于该标准。尽管当时该方法以改进性能监测质量的形式带来很多显著的优点，但是发电行业的当前动态解除管制方面使其变得过时。这种废弃是由两个因素造成的，包括（1）计算机技术的进步，其允许数字自动控制系统的普遍使用，以及（2）电力能量市场中的系统变化。结果，使用这种旧的性能分析方法作为工厂能力的真实性能指数的可行性变得更低。

一般来说，当前被实施以测量工厂性能的工厂性能监测方法基于：计算单元化学能使用率（使用 ASME 功率测试码），并且然后分配单元化学能使用率与预期值（即由前一次设计或保证测量得到的标称值）的测量损失偏差作为以除了标称参数的参数操作该单元的结果。对单元热耗率（unit heat rate）的影响通常被考虑在内的基本参数包括主蒸汽压力、主蒸汽温度、过热器（SH）中的压力减少、再热蒸汽温度（RH）、冷凝器中的压力、给水的温度以及烟气中的氧含量和烟气温度。尽管这些参数的数目已被扩展过很多次，但是该方法的理论基础却维持不变，其中为了更直观地呈现数据，单元热耗率的偏差[kJ/kWh](BTU/kW)通常被计算为每小时的美元值（\$/h）。诸如这样的基于 ASME、TKE 或类似方法的系统在实践中已被引入所有发电厂。由于自动控制系统的现代化，这些方法已被开发成在线系统，该在线系统例如每几分钟进行一次所有的性能监测计算，并在分布式控制系统处的操作员显示屏幕上或者在辅助计算机显示器上呈现结果，以使操作员能够查看工厂效率的损失和由于当前的操作状况而导致的成本。

尽管 ASME 性能监测方法在被恰当实施时是有效的，但是它也具有缺陷。具体而言，经历了这多年之后（并且经历了很多平台修订版），显然应用当前的性能监测应用程序存在基本问题，这很大程度上是由于使用了最初的装置制造商（OEM）提供的定义发电厂内的特定操作点的被控（即测得）损失的“参考值”和“校正曲线”。更具体地说，在当前的性能测量系统中，

大多数性能偏差（损失）是基于与一组通常作为由 OEM 制造商给定的标称值的所谓“参考值”的偏差而被计算（或被监测）的。然而，对于通常具有 10-20 年的寿命周期并且在其寿命期间被现代化多次的设备来说，OEM 供应的参考值并不构成对在特定的发电厂内的实际所找到的参数的真实反映。另外，现在的 ASME 方法使用制造商的所谓“校正曲线”指定操作参数与采用的标称值（即采用的可实现的设计或理论值）的偏差（在工厂操作期间的温度、压力等的偏差）的影响。首先将这些校正曲线的准确性放在一边（因为获取这些校正曲线存在普遍问题），该理论的基础依赖于定义当前的操作参数与标称或基准值的偏差对单元热耗率（效率）的影响。

不幸的是，采用参考值和校正曲线这两种形式的制造商的数据，并不一定对应于特定被维持单元的真实、动态操作。相反，该数据最多指示新单元的平均或假定的稳态性能。因此，在首先基于这些参考值和曲线为出于多种原因不像新单元那样操作的特定工厂中的给定控制值指定偏差上，存在严峻的理论问题。此外，在构造校正曲线时，制造商假定，在不考虑任何其它操作参数的情况下为给定操作参数值对单元热耗率的影响做出清楚的指定是可能的。换句话说，假定诸如压力、温度等的操作变量可被视为自变量，这样允许该方法使用校正曲线来应用平衡计算，从而计算出单个参数的改变对工厂效率（单元热耗率）的影响。然而，在实践中，各种工厂操作参数之间存在强大的相互关系或相互依赖性。例如，已知的是，各种操作参数以涡轮机等式的形式高度相关。结果，尽管当前的性能方法假定修改一个参数而不改变其它参数是可能的，但是在工厂的正常操作期间，不可能只改变一个参数而不改变其它的几个参数。另外，这些参数之间的关系不仅依赖于热力学依赖性（平衡），而且还受到实际控制单元的自动控制系统的操作的影响。这些关系在当前的方法中完全被忽略了。因此，在实践中，当改变主单元操作参数之一时，自动控制系统通过还修改其它参数来将单元状态移到不同的操作点。

由于这些因素，使用 OEM 校正曲线指定的偏差不再具有任何实践意义。

例如，如果在给定时刻，为一连串主参数指定单元热耗率的偏差，并且针对参数之一获得了负偏差（由当前值与标称或参考值之间的差造成的），并且如果该差被略去（即该参数被改为标称或基准值以减小偏差），则即使性能方法假定其它参数将维持不变，其它参数也不会维持不变。该真实的寿命操作产生一组完全不同的参数值，它们将与对应的参考值具有其它差别，从而产生一组完全不同的待校正偏差。

更进一步，在使用当前的 ASME 性能测量方法应用统计平衡模型以指定在随负载变化（即动态）的单元操作期间的损失上，存在问题。具体而言，当前的性能监测方法中使用的模型基于严格静态的方法，即基于工厂的静态操作。结果，需要单元操作的良好热状态（或准静态）隔离来使用这些模型获取相关的性能监测结果。在最简单的方法中，这种静态隔离要求单元功率及其主要参数的瞬时稳定。然而，在与现在（ISO 或解除管制）的市场相关联的发电状况下，使用严格静态的方法是根本不可能的。事实上，主动参与电力市场的单元操作之后的整个理论采用动态（爬坡或变迁状态）期间的操作。

更进一步，获取良好的全局性能结果的方法是对静态性能数据进行不同的处理，这样使来自不同站点（考虑到计算误差的正态分布和动态的影响）的结果平均化，从而消除瞬态误差。然而，将这种方法用于暂时（动态）性能监测是最有问题的。

发明内容

这里描述的实施发电厂中的性能监控的方法适合在比过去更复杂并且不只考虑到燃料成本的能量市场中，与能量产生过程的效率相结合地控制操作参数和因素。具体而言，该方法适用于当产品的实际成本很大程度上取决于除了燃料成本以外的其它可变成本的情况，例如环境信用额度（例如 NO_x 、 SO_x 排放的成本，以及排放交易的未来影响）、设备老化和维修成本、以及电能交易市场因素，例如爬坡速度、LMP 因子以及输送协定功率水平和现

货交易的能力。

具体而言,发电厂性能监测技术将唯一的统计分析应用于所采集的发电厂数据,以确定无论工厂在什么样的状态或操作水平下运行,受到最好控制或改变以影响(提高)工厂的效率或其它主要性能指示的因素。由于热耗率计算应用通常被在线执行,因此详细分析所采集的工厂数据并对该数据进行例如主分量分析(PCA)和线性和非线性回归分析是可能的,这样使得该性能方法能够获得对影响热耗率偏差(效率)的主要过程参数的影响的更准确确定,以及建立待用于在未来控制工厂的基本或最佳可能的操作约束。基于性能的控制方法将通过一直允许求精以及待实现的最佳实践和控制来提供发电厂的接近最优性能。

附图说明

图 1 示出具有用于一组蒸汽动力涡轮机的典型锅炉蒸汽循环的发电厂的框图。

图 2 示出一种使用统计分析进行工厂性能监测和调整的方法的流程图。

图 3A-3E 示出在两个不同的发电厂的各种不同的操作状态期间,根据针对主要性能指示和与主要性能指示有关的若干个工厂参数而采集的工厂操作数据所开发的一组直方图。

图 4 示出得到的主分量分析的曲线图,其示出在不同工厂的不同操作状态期间,图 3A-3E 的工厂参数与主要性能指示相关的方式。

图 5 示出使用从发电厂采集的数据针对特定操作参数生成的与主要性能指示相关的校正曲线。

具体实施方式

现在存在于很多发电厂中的基于计算机的数字自动控制系统,容许通过在线监测所有性能参数(或损耗)并通过允许直接的操作员监督和看管来几乎持续地监测和控制工厂性能。测量设备和工具的质量的提高也大大减轻了

周期性的热耗率测试和保修的任务。然而，与普通优化系统（在正常单元操作期间代替操作员作用）相连的自动分布式控制系统（DCS）的高质量特性已经降低了获得简单的效率指数改进的可能性。为此，性能监督的主要任务现在可以被改成对与以基于市场的生成分派方式运行特定的发电单元相关联的可能损耗进行实际探测。

为了实现这个目的，一种实施发电厂性能监测和控制的新方法包括：采集和存储与加工的各种单元或子部件的操作有关的统计数据，并且而后对该数据进行统计分析，以确定哪些参数与工厂的一个或多个性能指示最为高度相关，例如工厂效率、单元热耗率等。然后，随后的控制活动可以在发电厂内被实施为，以提供对最相关或造成性能指示变化的参数的高度控制且同时在必要的情况下允许其它参数超出标称、建议或预定极限或范围的方式，控制所识别的参数，从而提供更好（更优）的工厂操作。在这种方式下，性能监测和控制基于其数据被采集的特定发电厂的真实操作状况，而非基于理论或测试发电厂。此外，与在确定单元热耗率或其它效率测量值时限于将燃料成本用作唯一的成本变量不同的是，在性能计算中可以将其它成本或收入变量（因子）考虑在内，例如排放成本、装置维修成本、碳信用额度（carbon credit）等。

在论述新的性能监测方法之前，将以概括的方式描述其中该方法可被实施的典型发电厂。图 1 示出用于典型锅炉 100 的直通式锅炉蒸汽循环的框图，锅炉 100 可以使用在例如火力发电厂中。锅炉 100 可以包括多种部件，蒸汽或水以诸如过热蒸汽、再热蒸汽等的多种形式流经这些部件。虽然图 1 所示的锅炉 100 具有水平坐落的多种锅炉部件，不过在实际实施中，尤其由于各种不同的锅炉部件中，例如水冷壁吸收部件中对蒸汽进行加热的烟气是垂直（或成螺旋形的垂直）上升的，因此这些部件中的一个以上部件可以采用互相垂直的方式来布置。

在任何情况下，如图 1 所示，锅炉系统 100 包括炉膛和主水冷壁吸收部件 102、主过热器吸收部件 104、过热器吸收部件 106 和再热器部件 108。

另外，锅炉 100 可以包括一个以上过热蒸汽降温器或喷射部件 110 和 112 以及燃料节省器（economizer）部件 114。在运行期间，由锅炉 100 生成并由过热器部件 106 输出的主蒸汽用于驱动高压（HP）涡轮机，来自再热器部件 108 的再热后的热蒸汽用于驱动中压（IP）涡轮机 118。通常，锅炉 100 还可以用于驱动图 1 中未示出的低压（LP）涡轮机。

水冷壁吸收部件 102 主要负责生成蒸汽，其包括若干条管路，经过这些管路来自燃料节省器部件 114 的水或蒸汽在炉膛中被加热。当然，进入水冷壁吸收部件 102 的给水可以通过燃料节省器部件 114 被泵浦，并且该水在位于水冷壁吸收部件 102 中时，吸收大量的热。水冷壁吸收部件 102 的输出端所提供的蒸汽或水被供应给主过热器吸收部件 104，然后被供应给过热器吸收部件 106，主过热器吸收部件 104 和过热器吸收部件 106 一起使蒸汽温度上升到极高的水平。从过热器吸收部件 106 输出的主蒸汽驱动高压涡轮机 116，从而发电。

一旦主蒸汽驱动了高压涡轮机 116，该蒸汽就被发送到再热器部件 108，并且从再热器部件 108 输出的再热后的热蒸汽用于驱动中压涡轮机 118。喷射部件 110 和 112 可用于将涡轮机 116 和 118 的输入端的最终蒸汽温度控制在期望的定点。最后，来自中压涡轮机 118 的蒸汽可以通过低压涡轮机系统（未在此示出）供应给蒸汽冷凝器（未在此示出），在蒸汽冷凝器中，蒸汽被冷凝成液态，并且该循环重新开始，多个锅炉供给泵将给水泵浦通过级联的给水加热器队列，然后通过燃料节省器，用于下一个循环。燃料节省器部件 114 位于从锅炉排出的热废气的流程中，并且在给水进入水冷壁吸收部件 102 之前，使用热气体向给水传递余热。

如图 1 所示，控制器或控制系统 120 以可通信的方式连接到水冷壁吸收部件 102 内部的炉膛，并连接到阀 122 和 124，其中阀 122 和 124 控制向喷射部件 110 和 112 中的喷射器提供的水量。控制器 120 还连接到各种传感器，这些传感器包括位于水冷壁部件 102、过热蒸汽降温器部件 110、第二过热器部件 106、过热蒸汽降温器部件 112 和再热器部件 108 这五个部件各自的

输出端处的温度传感器 126 以及位于阀 122 和 124 的输出端处的流量传感器 127。控制器 120 还接收其它输入，包括燃烧速率、指示出负载且为负载的导数的信号（通常称作前馈信号）以及指示出锅炉的设置或特征的信号，包括例如节气门设置、燃烧器倾斜位置等。控制器 120 可以生成其它控制信号，向系统 100 的各个锅炉和炉膛部件发送这些控制信号，并且可以接收其它测量值，例如阀的位置、测得的喷射流量、其它温度测量值等。虽然未在图 1 中这样具体示出，不过控制器 120 可以包括单独的部件、例程和/或用于控制锅炉系统 100 的过热器部件和再热器部件的控制装置。

如图 1 所示，性能监测系统 140 包括数据采集系统 142，该数据采集系统 142 在任意特定时间从锅炉 100 或发电厂中的与发电厂内各种参数的值有关的各种设备中的每一个采集数据（例如蒸汽和水温度、压力、控制信号等）。具体而言，可包括数据库和适当界面的数据采集系统 142，在图 1 中示为直接连接到控制器 120，以从控制器 120 接收与系统 100 内的诸如设备 102、104、124、126、127 等的众多设备中的每一个正在进行的操作有关的数据。然而，数据采集系统 142 可作为替代或作为补充地以可通信的方式连接到工厂 100 内的所有或任意设备 102、104、124、126、127 等，以在工厂 100 的操作期间的若干时刻接收关于这些设备的操作状态或状况的数据。一般来说，数据采集系统 142 将周期性地接收并存储与各种设备的操作状况或状态有关的数据或工厂 100 内的操作参数（例如温度、压力等），并存储该数据以用于未来分析。

尽管没有在图 1 中具体示出，但是数据采集系统 102 可基于燃料输入、负载输出测量值等采集与工厂的操作输出或负载有关的数据，并且可使该数据与从系统 100 采集的操作数据相关。此外，数据采集系统 142 可获取并存储关于影响或形成部分性能或效率计算的其它变量的数据（例如单元热耗率、 Q 等）。数据采集系统 142 还可采集关于参与或构成工厂性能测量的其它因素的数据，这些因素可包括例如由任意特定时间的操作导致的来自工厂的特定排放量、在任意特定时间这些排放的调节成本、工厂基于自身的操作

所需的碳信用的成本、装置老化和维修成本、由工厂中产生的碳信用的产量生成的收入、在特定时间为特定电力提供的价格以及其它电能交易市场因素，像爬坡速度（ramp rate）、LMP 因子以及与以缩小的电力水平下输送电力相关联的且由现货交易导致的成本或收入。

性能监测系统 140 还包括连接到用户界面 146 的性能监测引擎 144，该用户界面 146 可位于例如与工厂相关联的用户工作站处，也可作为与工厂相关联的用户工作站的一部分。引擎 144 可采用例如在通用处理器或专门设计的处理上执行的程序的方式被实施，周期性地或在用户指定的时间获取存储在数据库 142 中的数据，并分析该数据以实施性能监测，性能监测的结果可通过用户界面 146 向用户示出。具体而言，引擎 144 对所存储的数据进行统计分析，以为用户产生特定类型的信息，从而帮助用户例如从效率的立场查看和理解工厂能够操作的方式。由引擎 144 生成的统计信息还可使用户能够更有效地修改工厂的操作以提高工厂的效率，或至少基于工厂的过去性能理解工厂的期望或可实现的效率。

更具体地说，性能监测引擎 144 的操作使用对所采集的过程数据和其它效率数据的深度统计分析来扩大发电厂中性能监测的可能性。一般来说，在装备有数字自动控制系统的发电单元中，热耗率计算在实践中被设计成在线运行，并且可由引擎 144 周期性地采集或确定。换句话说，由于数据采集系统 142 连同典型数字控制系统已提供的基础结构的操作，导致大量计算数据可用，并且这些数据可在统计分析中用作有价值的工具以确定有用的性能监测信息。在下面的论述中，假定传统的测量和计算技术被实施以提高所采集的数据的可靠性，包括例如，保证测量设备的可信性，确保基础测量（特别是流量测量）正确操作并且是适当的测量等级，确保对流量的延迟化学分析（当没有在线分析器时）的影响被考虑在内，确保过程数据和结果被适当地处理以消除测量误差等。在一个示例中，最后一点可通过滤除在单元的非稳态期间等采集的数据来完成。然而，一旦解决了这些数据收集问题，就可获得针对发电厂的不同单元操作状态的计算数据和单元热耗率数据（或其它性

能指示数据) 的大的可信基础。

图 2 示出可由图 1 的性能监测系统 140 实施的方法或程序的流程图 200。在块 202, 数据采集系统 142 采集与主要性能指示有关的数据以及与发电厂内的可能对主要性能指示有影响的若干个操作参数有关的数据。主要性能指示可以是例如工厂效率、单元热耗率等, 并且各种类型的数据都可被采集以确定一指示, 该指示包括例如正在被使用的燃料的成本、数量和类型, 调节排放的释放的量和与之相关联的成本, 碳信用, 与工厂装置维修和更换相关联的成本, 等等。另外, 发电厂的操作参数可包括发电厂(复合循环或传统锅炉/涡轮机)内的任何测量参数, 这些测量参数包括在以其它方式在这里列出的测量参数以及例如, 空气加热器入口和出口温度、烟气 CO 含量、烟气 CO₂ 含量、燃料分析、燃料的加热值、燃料成本、空气加热器空气入口/出口温度、空气加热器气体入口/出口温度、燃料节省器处的 O₂、空气加热器之后的 O₂、主要和/或次要空气流量、冷却水入口温度、冷却水出口温度、冷凝器背压、补充水流量、补充水温度、冷凝器热井温度、发生器总功率输出、发生器兆乏、氢压力(若发生器被氢冷却)、辅助功率、蒸汽轮机节流阀蒸汽温度/压力、涡轮机排气压力/温度、热再热温度和压力、IP/LP 交叉点蒸汽温度和压力、针对每个 BFP 的泵吸入口和泵排出口的温度和压力、通过泵的水流量、泵速度、泵电动机电流、周围空气温度、周围相对湿度、周围大气压、燃气涡轮发电机(CTG)燃料流量、CTG 功率、压缩机入口温度、压缩机出口压力(CPD)、CTG 排气温度、冷却器入口温度、冷却器出口温度、LP 鼓温度、LP 排污流量、LP 鼓压力、LP 过热、出口蒸汽温度、LP 过热出口蒸汽温度、IP 鼓温度、IP 排污流量、IP 鼓温度、IP 过热出口蒸汽温度、IP 过热出口蒸汽压力、HP 鼓温度、HP 鼓入口压力、HP 排污流量、HP 过热出口蒸汽压力、烟道气出口温度、冷再热蒸汽流量、冷再热蒸汽温度、冷再热蒸汽压力、热再热蒸汽流量、热再热蒸汽温度、热再热蒸汽压力、管道锅炉气体流量、管道锅炉气体温度、管道锅炉气体压力、压缩机周围空气温度、相对湿度、相对大气压、压缩机输入流量、压缩机入口温度、压缩

机入口压力或吸力、压缩机入口叶片控制、压缩机中间冷却、压缩机出口压力、压缩机出口温度、压缩机使用功率、压缩机轴速度、压缩流体的气体的燃料分析、干燥气体中的锅炉热损失、由于燃料中的湿气造成的锅炉热损失、从氢中形成的湿气中的锅炉热损失、供应的空气中的湿气中的锅炉热损失、由于灰烬造成的锅炉热损失、由于辐射造成的锅炉热损失、由于一氧化碳造成的锅炉热损失(若 CO 被测量)、总锅炉热输出、实际锅炉效率(热损失)、校正过滤效率(热损失)、锅炉过量空气、空气加热器空气入口温度、空气加热器气体入口温度、空气加热器气体出口温度、空气加热器效率、无空气泄露的校正 AH 烟气出口温度、冷凝器清洁度和热传递、端温度差、对数平均温度差、冷凝器过冷、流通水流量、冷凝器负载、热传递系数和清洁度因子、基于清洁管路的期望冷凝器背压及与真实测量背压的偏差、蒸汽涡轮发电机损耗和效率、涡轮部件分离蒸汽流量、涡轮部件焓、涡轮部件效率、涡轮部件设计效率、涡轮部件效率偏差等。

数据采集系统 142 还可采集与工厂的操作状态有关的数据(例如,在任意特定时间供应的功率、工厂是否处于发动模式、工厂的输出功率是否正在斜坡上升或斜坡下降、爬坡速率等),并且该状态数据可用于过滤统计分析期间的数据。当然,其它类型的状态数据也可被采集,并与这里列出的状态数据一起使用,或作为这里列出的状态数据的替代。

可在用户界面设备 146(图 1)中或引擎 144(图 1)中实施的块 204,确定是否已采集了足够的数据或是否已过去了足够的时间来采集充分的数据以对其进行统计分析。如果是否定的话,块 202 继续采集数据。然而,如果要进行统计分析,则块 206 确定所采集的数据(存储在图 1 的数据库 142 内)中的哪些要在分析中被使用。块 206 可例如允许用户指定使用数据的时间或条件(例如工厂状态)。例如,用户可选择在特定时间内采集的所有数据。然而,更有可能的是,用户可决定对与工厂的特定操作状态有关的数据等进行分析(例如当工厂正在以诸如 160 至 200MW 的高功率输出水平或诸如 120-160MW 的低功率输出水平运行时)。

接下来，还可在用户界面设备 146（图 1）或引擎 144（图 1）中实施的块 208 选择或允许用户选择要在性能监测时使用的特定主要性能指示（例如效率、单元热耗率等），并选择两个或更多个工厂操作参数，所述工厂操作参数的变化可能对主要性能指示有影响。当然，可根据多种不同类型的采集数据，包括燃料成本、燃料的化学构成、从燃料输送的输出功率以及诸如排放和装置成本之类的其它成本等，来确定主要性能指示。当然，对于主要性能指示，可分析任意数目的操作参数，但是通常期望将该数目限制在容易看得见的数目，以防由于这些数据而使操作员或其它用户不知所措。

在已经选择（该选择可发生在系统的建立期间，并且其后可保持不变，也可时常改变）与所采集数据相关联的时间段（例如工厂状态）和要被分析的数据类型之后，块 210 确定主要性能指示和所选择的操作参数两者的一个或更多个统计测量值。这些统计测量值可包括与主要性能指示和所选择的操作参数中的每一个相关联的均值、中值和标准偏差（包括第一标准偏差、第二标准偏差、第三标准偏差等）。

如果需要的话，块 212 可采用某种便于且易于理解的方式向用户显示这些统计测量值。例如，块 212 可创建针对主要性能指示中的每一个和所选择的操作参数中的每一个的数据的直方图，并将这些直方图与计算出的统计测量值一起向用户显示。图 3A-3E 示出可采用这种方式生成的一组图的一个示例。具体而言，图 3A-3E 的图是针对两个不同的发电厂，工厂 A 和工厂 B 的两个不同的电力操作区域被确定的。在这种情况下，工厂 A 和 B 通常具有相同的装置配置，并且因此各自应当在理论上以相同的方式操作。在图 3A-3E 的图的情况下，工厂 A 和 B 在较低的功率输出范围（120-160MW）内和在较高的功率输出范围（160-200MW）内的数据被采集并分析。这里，图 3A-3E 的左手侧的图涉及工厂 A 的操作，第一栏示出工厂 A 的低功率操作，第二栏示出工厂 A 的高功率操作，第三栏示出针对工厂 A 的低功率操作和高功率操作两者的统计数据（平均值、均值和标准偏差）。以相似的方式，图 3A-3E 的右手侧的图涉及工厂 B 的操作，第四栏（从左边数）示出

工厂 B 的低功率操作，第五栏示出工厂 B 的高功率操作，第六栏示出针对工厂 B 的低功率操作和高功率操作两者的统计数据（平均值、均值和标准偏差）。同样，图 3A 中的第一行示出针对主要性能指示（在这种情况下为单元热耗率）的直方图和计算出的统计数据，而图 3A-3E 中的其它行中的每一行示出针对八个所选择的操作参数中的每一个的直方图和统计数据，在这种情况下，这八个所选择的操作参数为：（1）流通蒸汽压力，（2）流通蒸汽温度，（3）再热蒸汽温度，（4）从再热单元到过热器单元的压力降，（5）给水温度，（6）冷凝器中的压力，（7）O₂ 浓度以及（8）烟气温度。

如图 3A-3E 所示，统计分析的主要目的之一可以是创建示出在各种不同的工厂状况（例如功率输出范围）下各种工厂参数的操作的直方图，以确定过程参数的均值和标准偏差，并将这些统计值与当前过程值进行比较。该分析允许验证性能参数（均值和最常见的值）与基准值（标称）比较的方式。在很大程度上，由于已采集关于工厂的数据的当前自动控制系统的操作，使用实践上无限制的数据库存档来自实践上无限制的时段的性能的数据是可能的。因此，作为结果的是，可对不同时间段内且在不同的工厂状况下，例如不同的功率负载下的很多不同组的数据进行统计分析。此外，在指定基本基准操作参数时，可将该数据合计在单元效率数据（例如蒸汽流量、功率）中。尽管图 3A-3E 中给出的计算示例提供了与典型性能状态相对应的随意接受的 120-160MW（低功率）和 160-200MW（高功率）的功率范围的结果，但是也可使用其它范围作为替代。此外，可能的是，针对任意期望时间段内的主要性能指示和与任意其它工厂操作状态或工厂操作状况，例如开动、爬坡操作等相关联的操作参数中的每一种获取数据。

因此，一般来说，待由引擎 144 进行的对由数据库 142 采集的数据的基本统计分析可通过确定统计测量值（诸如均值、中值、标准偏差等的描述性统计量），绘制数据的直方图，并且而后以诸如图 3A-3E 中所示之类的有意义的方式向用户呈现该数据来进行。用户可查看该数据以寻找所选择的操作参数与主要性能指示之间的趋势或相关性，从而确定哪个操作参数在实际中

对主要性能指示有最大的影响。用户也可使用该数据对不同工厂的操作进行彼此比较，以确定不同工厂的不同操作状况。当然，如图 3A-3E 所示，该分析可能导致确定出，不同操作参数中的变化对基于工厂的操作状态（例如工厂的功率输出）的主要性能指示有不同的影响，并且可能在不同的工厂之间有所不同。

这里应当注意，图 3A-3E 中使用的数据是从使用一组实际发电厂的单元热耗率的计算数据进行的测试中获取的。该分析是针对两个相似的单元，即具有相同类型的最新自动控制系统的同一构造的 225MW 单元进行的。这里，数据（在单元功率的适当范围内被适当求平均和合计）用于 12 个月左右的时段。从该数据和图 3A-3E 的曲线图中可以看出，即使非常相似的功率单元也具有不同的性能特性，从而导致基本操作参数和主要性能指示的直方图不同。此外，在很多情况下，当前过程值（在操作期间获取的）明显不同于标称值（经常假定为基准），并且另外可取决于单元功率范围而明显不同。例如，单元 A 在低负载下的再热蒸汽温度具有 526℃ 的平均值，并且具有非常高的易变性（标准偏差）。此外，观测特定参数（标准偏差）的易变性使能够在能够在自动控制系统中进行的调谐的水平上得出结论。

为了使用户能够以更有意义的方式量化这些相关性，可对所采集的数据进行一项或更多项数学相关性分析。具体而言，图 2 的块 214 可对特定工厂的特定操作区域的主要性能指示和操作参数数据进行诸如回归分析之类的相关性分析，以量化地确定所选择或所分析的操作参数中的每一个的变化影响主要性能指示的方式。在一种情况下，块 214 可实施主分量分析（PCA）以确定各种参数影响效率或其它性能指示的方式。

通常已知的是，PCA 通过将相关输入变量（即过程参数）线性地变换成彼此不相关的新变量，即所谓的主分量，来变换所采集的数据。该变换保留关于原始变量的所有最重要的信息。在进行 PCA 之后，第一 PCA 分量表示对主要性能指示的最大影响，并且有可能查看或分析操作参数中的每一个参与第一主分量（PCI）的方式。因此，用户或块 214 可分析 PCA 的第一分

量以识别具有最高的易变性或对所测得的性能指示，例如效率、单元热耗率等具有最大影响的过程操作参数。

图 4 描绘出示出图 3A-3E 的前六个操作参数中的每一个对由于对图 3A-3E 的数据进行的 PCA 所生成的第一主分量的参与的示例图表。这里，图 4 的表的左手侧示出对于工厂 A，图 3A-3E 的前六个操作参数在低功率水平上（左手侧上图）和在高功率水平上（左手侧下图）对第一主分量的参与。类似地，图 4 的表的右手侧示出对于工厂 B，前六个操作参数在低功率水平上（右手侧上图）和在高功率水平上（右手侧下图）对第一主分量（PCI）的参与。从该示例中可以看出，对于工厂 A，在低功率水平上，第三操作参数（再热蒸汽温度）对主要性能指示（单元热耗率）具有最大的影响，而第四操作参数（再热对过热器压力降）和第六操作参数（冷凝器中的压力）对单元热耗率具有一些但是少得多的影响。然而，在工厂 A 的高功率操作范围内，第四操作参数（再热对过热器压力降）具有最大影响，第六操作参数（冷凝器中的压力）比第三操作参数（再热蒸汽温度）具有更大的影响。以类似的方式，尽管第四和第六操作参数在高功率区域和低功率区域内对工厂 B 内的单元热耗率都具有最大的影响，但是这些幅度的变化基于操作范围（即，第六操作参数在低功率区域内具有最大影响，而第四操作参数在高功率区域内具有最大影响）。

因此，将理解到，上面呈现的 PCA 通过将操作参数数据变换成一组主分量形成的独立（不相关）参数来识别具有最高易变性的过程参数。结果，PCA 实现对导致单元热耗率（或其它主要性能指示）的变化最大的操作参数的快速识别。

再次参见图 2，块 216 接下来可对操作参数中所选择的一些操作参数实施线性回归模型，从而以线性依赖于所测得参数并由公式 $f(x) = \langle x, w \rangle - \gamma$ 定义的函数 $f: R^d \rightarrow R$ 形式建立单元热耗率（或其它主要性能指示）的经验（例如，线性或非线性）模型，其中 x 是参数值的向量， w ， γ 相应地是权重向量和以经验数据为基础指定的阈值， $\langle \cdot, \cdot \rangle$ 是标准可缩放乘积。这种模型使得指定

给定操作参数在易变性 q_b 上和更精确地对它的经验模型的影响成为可能。

最接近的支持向量机方法可用来指定最优向量 w 和阈值 γ 。在这种方法中，回归参数通过解决下列优化问题被指定：

$$\min_{w, \gamma, \xi} \frac{1}{2} \|w\|_2^2 + \frac{1}{2} \gamma^2 + \frac{\nu}{2} \|\xi\|_2^2$$

具有如下约束：

$$Xw - e\gamma + \xi = y$$

线性回归模型构成根据基本过程参数对单元热耗率的最简单的经验近似。构造具有足够精度的这类模型并且然后指定基本参数的相关性，是可能的。该操作而后直接导致将这些参数的影响指定到单元热耗率上。当然，而后线性回归模型可被修改（使用例如非线性模型、神经网络、模糊网络等）以提高映射精度。

之后，回归数据可用来产生用于以实际上以可实现的方式提高工厂的性能的方式控制操作参数中的各重要操作参数的特定曲线，这是因为该方法基于被控或被改变的实际工厂的先前测得的操作。例如，近似值 q_b 可使用线性回归被获取。这种分析的方法是单元热耗率的经验（基于历史数据）模型近似（预测）。尽管所获得的结果指示仅非常粗略的估计 q_b 的概率，但是模型相关性远高于单个变量的相关性。基本参数的相关性允许评估给定参数对 q_b 的影响。这种相关性在图 5 中被示出为用于工厂 A 的高功率水平和低功率水平的再热蒸汽温度。

对图 3A-3E 所示出的工厂 A 的数据使用以上论述的回归分析而生成的图 5 的表，确认根据统计分析生成的结论。具体而言，在高功率水平上过程变量与单元热耗率的相关性示出没有一个过程参数对 q_b 的剧烈改变独立负责。然而，在低功率水平上，再热蒸汽温度有看得见的主要影响，这大大降低了单元性能。线性回归直接导致，获得给定参数对单元热耗率的相关性变化的影响的线性依赖性。这些值而后与来自制造商的校正曲线的数据进行比

较，以获取图 5 中示出的最终依赖关系。在图 5 中，线 502 示出 OEM（制造商）校正曲线，线 504 示出针对高功率区域根据线性回归的适当值，线 506 示出针对低功率区域根据线性回归的适当值。比较该图中的数据显示出使用校正曲线在很多情况下是有很大的问题的。

一旦诸如图 5 的曲线 504 和 506 之类的新创建的控制或校正曲线针对特定的操作参数被创建，则这些曲线可通过例如图 2 的块 218 被显示给用户。然后用户可使用这些曲线代替制造商的曲线来进行工厂的监测。同样，在图 2 的块 220 处，控制例程或用户可使用新的控制或校正曲线来进行工厂内的控制。这种类型的控制可使得用户或控制系统能够忽略或放松对特定操作参数（例如在 PCA 分析中找到的对主要性能指示具有很小的影响的那些操作参数）的先前设置的限制，以对其它最主要的操作参数（例如在 PCA 分析中找到的对主要性能指示具有高水平的影响的操作参数）进行更紧或不那么放松的控制。当然，这种控制可基于或适合工厂的当前操作区域或状态，因此可基于工厂是在高输出功率还是低输出功率下操作、功率输出在爬坡上升还是下降等而有所不同。

更进一步，随后的控制活动可以通过改变未来为一个或更多个操作参数所确定的被测量统计值的目标来实施。例如，随后的控制可被实施为将针对特定操作参数（例如再热温度等）的被测量值的平均值或中值移动至某个其它期望值，以降低（或增加）在特定时期内操作参数的值的第一、第二、第三等标准偏差。换句话说，所采集的统计数据可用于发展针对在发电厂的随后控制期间控制特定操作参数被实施的一个或更多个基于统计的目标，以提供未来发电厂的更好或更优操作。这些目标没有必要是静态设定点，尽管在控制中通常是这种情况，但是可涉及在发电厂的随后操作期间获取针对特定操作参数的期望统计值。以这种方式，发电厂在一时段内的操作受到控制，从而得到在未来的时段期间具有一个或更多个期望的均值、中值、标准偏差等的具体操作参数。利用这种技术，尽管通过控制参数变化的统计方式（例如通过控制操作参数使得这些操作参数的一个或更多个均值、中值、标准偏

差等在某些指定的时段期间达到特定值或特定范围的值)而仍然对工厂的最终操作具有严格的控制,不过控制系统可通过允许操作参数变化而允许或提供对操作参数的更宽松的控制。因此,该控制可被实施以获取特定统计值(例如获取特定均值)或以得到在统计值的范围内的操作(例如得到操作参数的落入均值期望范围的均值的操作)。

因此,将理解的是,这里描述的数据分析方法提供一种实施基于性能的控制的新方法。例如,上面给出的数据分析指示出,对于工厂 A 中的已测试情况,需要注意在低功率水平上蒸汽温度的不充分加热的问题,因为改变该变量或严格控制该变量导致主要性能指示(即该示例中的单元热耗率)的最大改变。当然,通过对更多窄功率范围进行计算,使用该方法可进行更详细的分析,这样可得到更具体的结论。

更进一步,尽管这里已经描述了用于比较或确定发电厂内的各种不同的子单元(例如锅炉、再热器、过热器、喷射器等)对发电厂的整体效率的相对影响的性能监测分析,但是相同的分析也可应用于工厂内的更小规模。例如,与工厂内的诸如再热器单元、锅炉、吹灰器等的特定子单元相关联的与性能指示有关的数据和与操作参数有关的数据,可被采集并分析,并用于以如上所述的相同的方式控制子单元的操作,从而不考虑发电厂内其它子单元而增强该特定子单元的操作。

因此,如上所述,相信当前的性能监测方法所使用的计算已超出它们的极限。相反,如此处所述,具有恒定效率计算形式的工具和自动控制系统的现代性能控制,当与存档系统和统计数据相结合时,实现对特定工厂中的效率下降原因进行详细和精确得多的分析。看起来特别有问题的是 OEM 生成的校正曲线的持续使用和应用。相反,性能监测修改可通过应用大规模的统计分析来进行,以获得为提高例如工厂效率而要在工厂的操作期间实施的改变的理由和建议。此外,这些性能监测方法可与其它可变成本(排放、能量交易、维修等)的评估相结合以用于完整的市场评估,而不是被限于单元热耗率。

尽管结合蒸汽发电系统描述了这里所述的性能监测方案，但是它也适用于其它类型的发电厂，包括例如联合循环工厂、联合电力和加热工厂，以及过热器和再热器部件具有与这里所示出国描述的不同的配置或使用其它技术来发电的发电厂。

虽然前述文本陈述了对本发明若干不同实施例的详细描述，但是应该理解，本发明的范围是由本专利结尾处所陈述的权利要求书的文字来限定的。这些详细描述应该理解为仅仅是示例性的，由于描述所有可能的实施例非不可能即不切实际，因此并没有描述本发明的所有可能实施例。使用当前的技术或者本专利申请日之后所开发的技术可以实施若干作为替代的实施例，这些实施例仍然落入限定发明的权利要求的范围之内。

所以，在不超出本发明的精神和范围的情况下，可以对这里所描述和示出的技术和结构作出多种修改或改变。相应地，应该理解这里所描述的方法和装置仅仅是示例性的，并无限定本发明的范围。

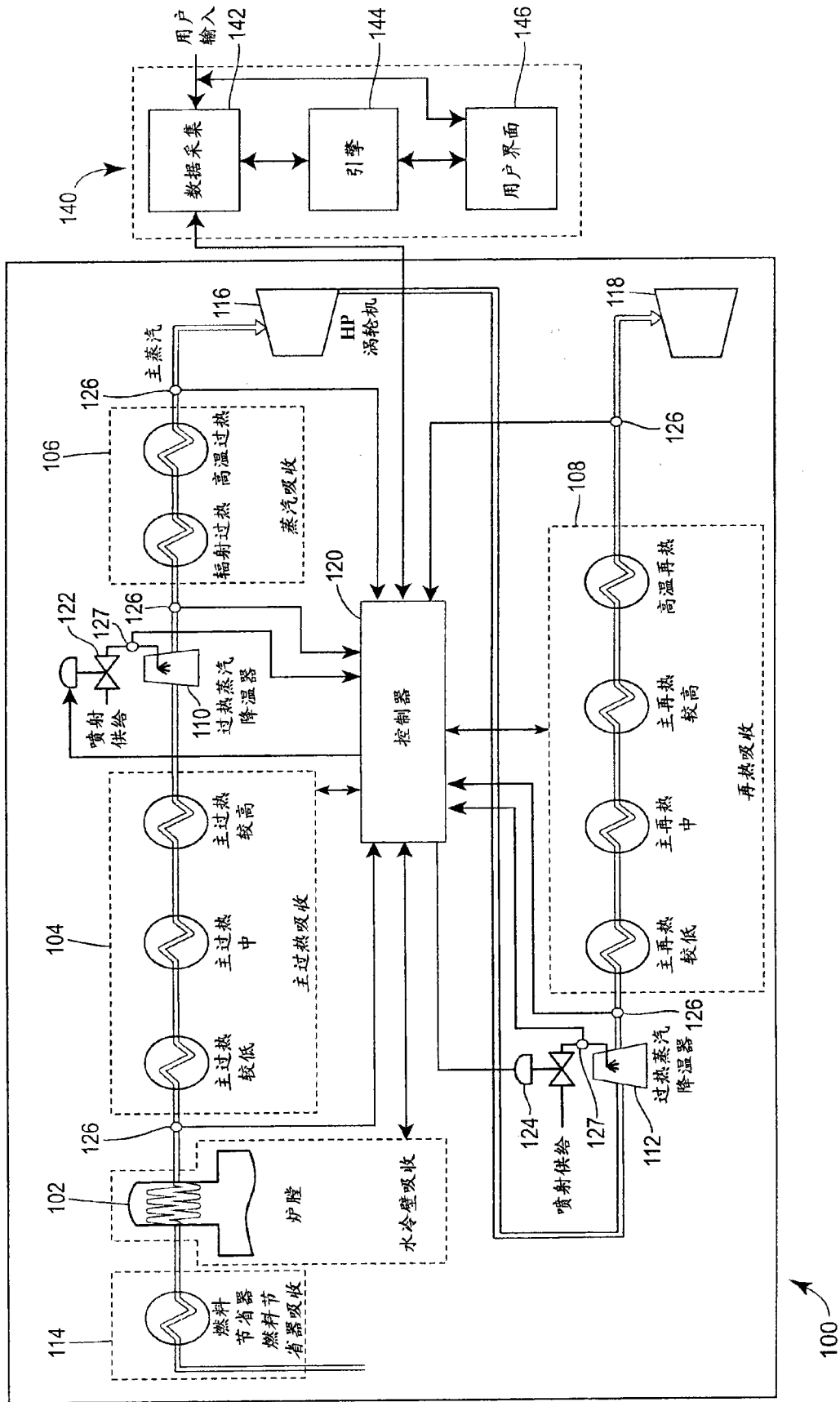


图 1

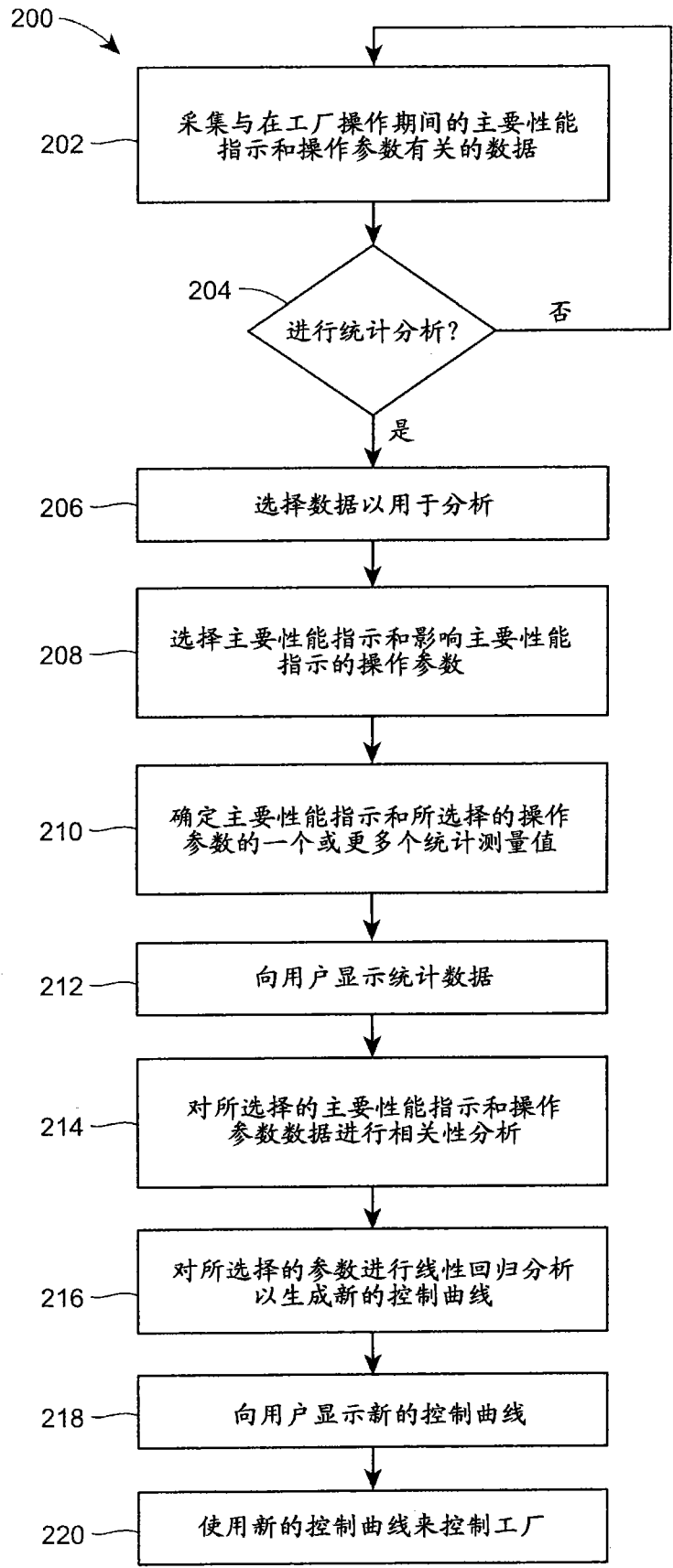


图 2

单元A 低功率(I) 120-160 MW	单元A 高功率(II) 160-200 MW	单元B 低功率(I) 120-160 MW	单元B 高功率(II) 160-200 MW	单元B
<p>单元热耗率 [kJ/kWh] 平均值 I-8850 II-8630 中值 I-8840 II-8638 偏差 I-397 II-174</p>	<p>单元热耗率 [kJ/kWh] 平均值 I-8756 II-8107 中值 I-8787 II-8425 偏差 I-353 II-214</p>	<p>单元热耗率 [kJ/kWh] 平均值 I-8756 II-8107 中值 I-8787 II-8425 偏差 I-353 II-214</p>	<p>单元热耗率 [kJ/kWh] 平均值 I-8756 II-8107 中值 I-8787 II-8425 偏差 I-353 II-214</p>	<p>单元热耗率 [kJ/kWh] 平均值 I-8756 II-8107 中值 I-8787 II-8425 偏差 I-353 II-214</p>
<p>p_s [MPa] 流通蒸汽压力 平均值 I-12.7 II-12.65 中值 I-12.73 II-12.67 偏差 I-0.23 II-0.17</p>	<p>p_s [MPa] 流通蒸汽压力 平均值 I-12.7 II-12.65 中值 I-12.73 II-12.67 偏差 I-0.23 II-0.17</p>	<p>p_s [MPa] 流通蒸汽压力 平均值 I-12.7 II-12.65 中值 I-12.73 II-12.67 偏差 I-0.23 II-0.17</p>	<p>p_s [MPa] 流通蒸汽压力 平均值 I-12.7 II-12.65 中值 I-12.73 II-12.67 偏差 I-0.23 II-0.17</p>	<p>p_s [MPa] 流通蒸汽压力 平均值 I-12.72 II-12.68 中值 I-12.73 II-12.7 偏差 I-0.2 II-0.23</p>

图 3A

	单元A	单元B	单元B	单元B
	单元A 低功率(I) 120-160 MW	单元A 高功率(II) 160-200 MW	单元B 低功率(I) 120-160 MW	单元B 高功率(II) 160-200 MW
2	<p>t_g [C] 流通蒸汽压力 平均值 I-536.3 II-537.45 中值 I-536.7 II-538 偏差 I-3.7 II-2.9</p>	<p>t_g [C] 流通蒸汽压力 平均值 I-536.7 II-537.37 中值 I-537.3 II-538 偏差 I-3.14 II-3</p>	<p>t_g [C] 流通蒸汽压力 平均值 I-536.7 II-537.37 中值 I-537.3 II-538 偏差 I-3.14 II-3</p>	<p>t_g [C] 流通蒸汽压力 平均值 I-536.7 II-537.37 中值 I-537.3 II-538 偏差 I-3.14 II-3</p>
3	<p>t_{wt} [C] 再热蒸汽温度 平均值 I-525.2 II-536.45 中值 I-536.7 II-538 偏差 I-9.55 II-4</p>	<p>t_{wt} [C] 再热蒸汽温度 平均值 I-525.2 II-536.45 中值 I-536.7 II-538 偏差 I-9.55 II-4</p>	<p>t_{wt} [C] 再热蒸汽温度 平均值 I-536.8 II-539.6 中值 I-538.2 II-539.64 偏差 I-5.11 II-1.89</p>	<p>t_{wt} [C] 再热蒸汽温度 平均值 I-536.8 II-539.6 中值 I-538.2 II-539.64 偏差 I-5.11 II-1.89</p>

图 3B

	单元A 低功率(I) 120-160 MW	单元A 高功率(II) 160-200 MW	单元B 低功率(I) 120-160 MW	单元B 高功率(II) 160-200 MW	单元B
4					<p>Δp [MPa] 再热对过热器 的压力降 的平均值 I-0.202 II-0.27 中值 I-0.2 II-0.27 偏差 I-0.011 II-0.019</p>
5					<p>t_{wz} [C] 给水温度 的平均值 I-225.3 II-239.9 中值 I-225 II-240.4 偏差 I-4.1 II-6.3</p>

图 3C

	单元A	单元A	单元B	单元B	单元B
	单元A 低功率(I) 120-160 MW	单元A 高功率(II) 160-200 MW	单元B 低功率(I) 120-160 MW	单元B 高功率(III) 160-200 MW	单元B
6					<p>P_k [kPa]</p> <p>冷凝器中的压力</p> <p>平均值 I-3.38 II-4.53</p> <p>中值 I-3.17 II-4.5</p> <p>偏差 I-0.82 II-0.99</p>
7					<p>O_2 [%]</p> <p>O_2 浓度</p> <p>平均值 I-5.14 II-4.58</p> <p>中值 I-5.14 II-4.56</p> <p>偏差 I-0.45 II-0.42</p>

图 3D

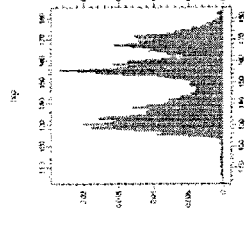
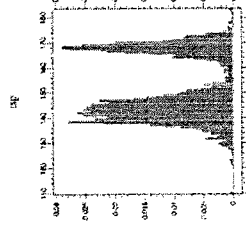
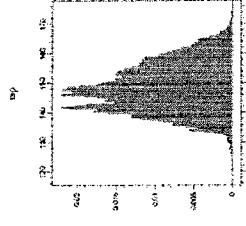
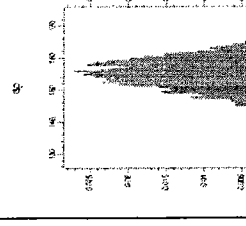
8	<p>单元A 低功率(I) 120-160 MW</p> 	<p>单元A 高功率(II) 160-200 MW</p> 	<p>单元A 烟气温度 平均值 I-149,4 II-151 中值 I-152,9 II-15,7 偏差 I-15,7 II-12</p>	<p>单元B 低功率(I) 120-160 MW</p> 	<p>单元B 高功率(II) 160-200 MW</p> 	<p>单元B 烟气温度 平均值 I-148,4 II-155 中值 I-147,8 II-155,2 偏差 I-8 II-5,55</p>
---	--	---	---	---	---	---

图 3E

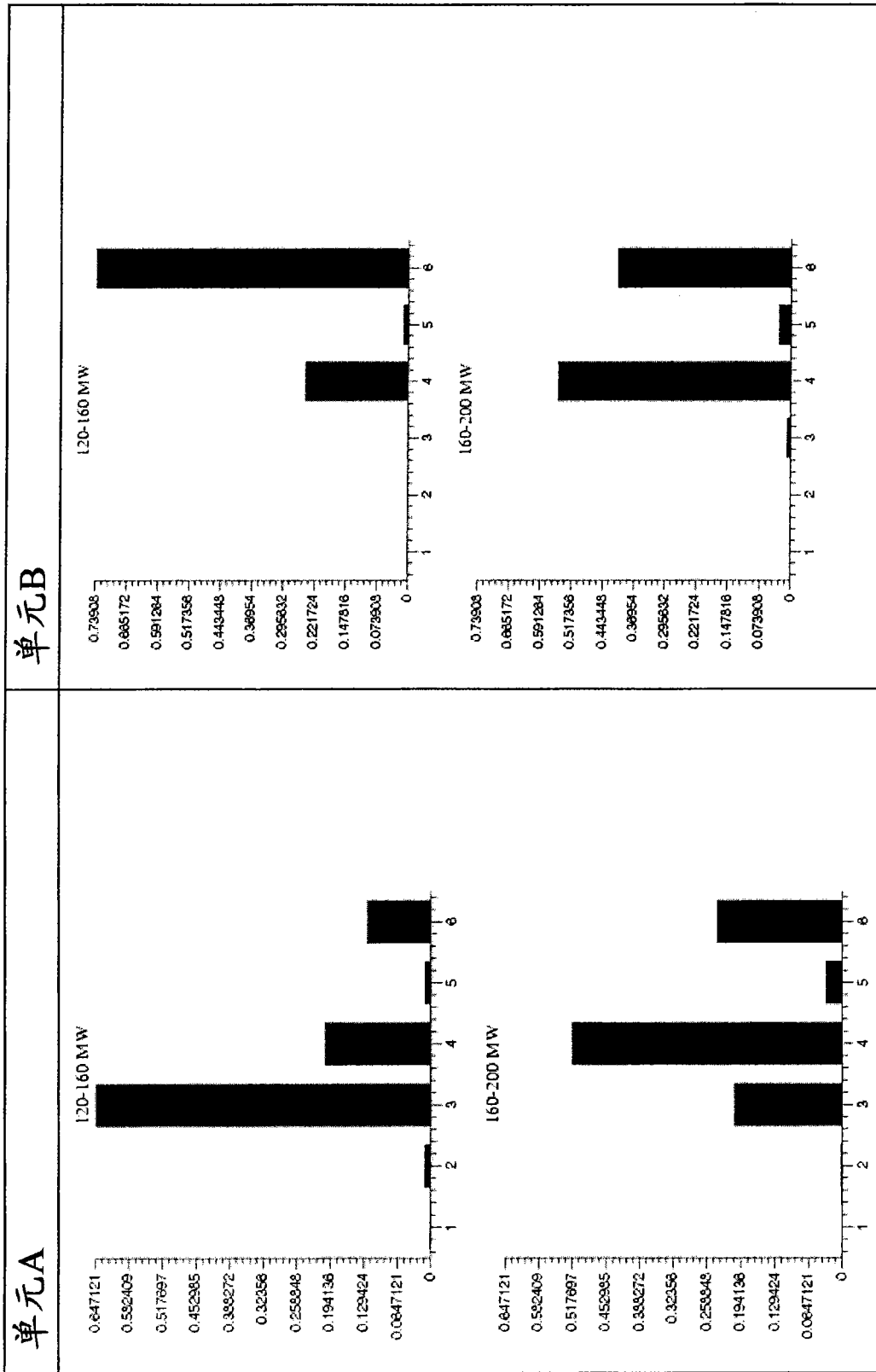


图 4

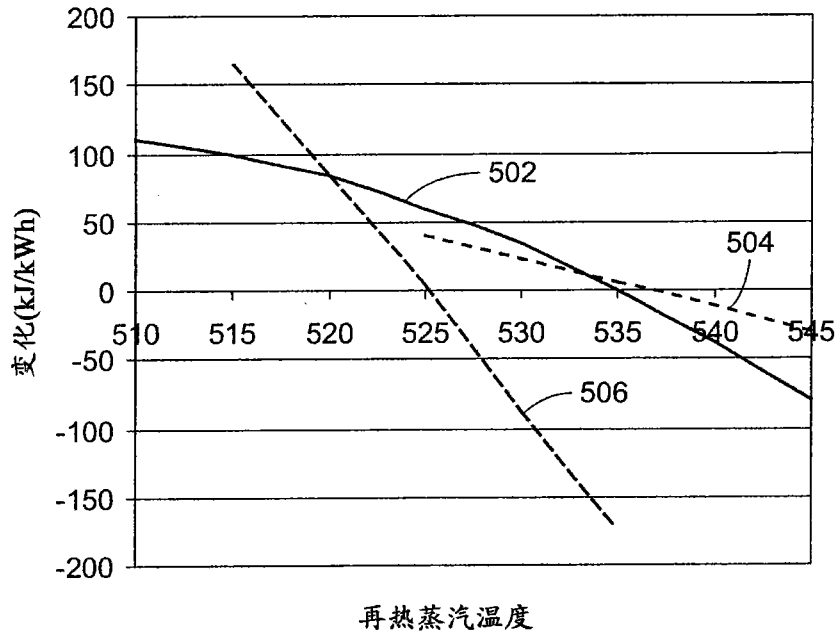


图 5