



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104049626 A  
(43) 申请公布日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201410098126. 7

(22) 申请日 2014. 03. 17

(30) 优先权数据

61/793, 872 2013. 03. 15 US

(71) 申请人 力博特公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 泰勒·福格特

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 朱胜 陈炜

(51) Int. Cl.

G05B 23/02 (2006. 01)

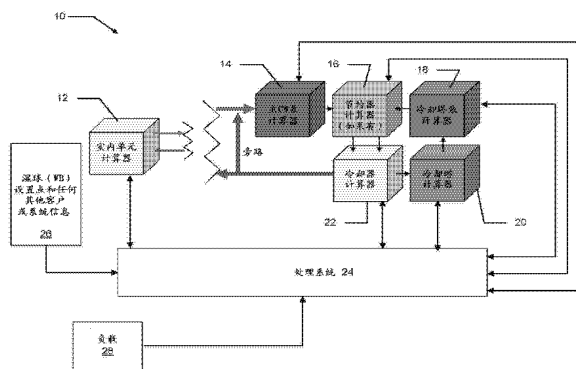
权利要求书3页 说明书6页 附图5页

## (54) 发明名称

用于冷却系统的部件的能量分析与预测建模的系统及方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种用于对具有多个冷水(CW)部件的CW系统的性能进行分析的方法。该方法可以考虑用于每个CW部件的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中至少一个的集合。可以考虑在设置有所述CW部件中的至少子多个CW部件的环境下用户设置的周围湿球(WB)温度或系统测量的周围WB温度。可以计算对于覆盖由CW系统热管理的负载的每个CW部件的等效循环条件。针对所计算的等效循环条件中的每一个,处理器可以生成用于平衡CW部件以满足负载要求的信息,然后分析并且选择产生用户优选优化的平衡条件。



1. 一种用于对具有多个冷水(CW)部件的 CW 系统的性能进行分析的方法,所述方法包括:

考虑所述 CW 系统的所述多个 CW 部件中的每一个的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合;

考虑在设置有所述 CW 部件中的至少子多个 CW 部件的环境下用户设置的周围湿球(WB)温度或系统测量的周围 WB 温度中的至少一个;

计算对于覆盖由所述 CW 系统热管理的负载的每个所述 CW 部件的等效循环条件,所述等效循环条件以管理对所述负载的冷却的方式来与覆盖所述负载的所述 CW 部件中的一个或更多的性能参数相关;以及

针对计算出的等效循环条件中的每一个,在给定所述用户设置的周围 WB 温度或所述系统测量的周围 WB 温度的情况下,使用处理器生成用于通过选择所述 CW 系统的具体工作点来平衡所述 CW 部件的信息,以满足由所述负载施加的负载要求。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括使用所述信息以通过选择用于所述 CW 部件的、导致优化所述 CW 系统的选择工作参数的具体设置点来优化所述 CW 部件的工作。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括初始地获取所述 CW 系统的每个所述 CW 部件的性能数据表,所述性能数据表基于与每个所述 CW 部件相关联的输入或输出中的至少一个来限定每个所述 CW 部件的工作点或工作范围中的至少一个,并且从所述性能数据表获取所述允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中的至少一个的所述集合。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述获取集合的操作包括基于以下信息中的至少一个来获取对于所述 CW 系统的所述子多个部件中的每一个的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合:

由所述用户提供的信息;或

表示已知工作参数限制的信息。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述使用处理器生成用于平衡所述 CW 部件的信息的操作包括:在给定所述用户设置的 WB 温度或系统测量的 WB 温度的情况下生成多个列表,所述多个列表包括每个所述 CW 部件的、使得所述 CW 系统满足所述负载要求的设置点。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述性能参数包括由所述 CW 系统提供的水的每分钟加仑(GPM)流量。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述性能参数包括能够通过所述 CW 系统影响的所述水的温度的变化。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述性能参数包括由所述 CW 系统的所述 CW 部件之一输出的水的供应冷水温度(SWCT)。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述每个 CW 部件的设置点还与由所述负载施加的负载要求相关。

10. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述选择工作参数与以下中的至少一个相关:

由所述 CW 系统所消耗的电力;

需要补充的由所述 CW 系统使用的水;

除湿分析;

设备分级分析;

对所述 CW 部件中的一个或更多个的维护 ;以及  
所述 CW 系统的总工作成本。

11. 一种用于对具有多个冷水 (CW) 部件的 CW 系统的性能进行分析并且优化的方法, 所述方法包括 :

获取所述 CW 系统的每个所述 CW 部件的性能数据表, 所述性能数据表基于与每个所述 CW 部件相关联的输入或输出中的至少一个来限定每个所述 CW 部件的工作点或工作范围中的至少一个 ;

获取在设置有所述 CW 部件中的至少子多个 CW 部件的环境下用户设置的周围湿球 (WB) 温度或系统测量的周围 WB 温度 ;

基于以下信息来获取对于所述 CW 系统的所述子多个 CW 部件中的每一个的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合 :

由所述用户所提供的信息 ;或

表示已知工作参数限制的信息 ;

计算对于覆盖由所述 CW 系统热管理的负载的每个所述 CW 部件的等效循环条件, 所述等效循环条件以管理对所述负载的冷却的方式与覆盖所述负载的所述 CW 部件中的一个或更多个的每分钟加仑 (GPM)、温度的变化和供应冷水温度 (SWCT) 中的至少一个相关 ;

针对计算出的等效循环条件中的每一个, 在给定所述用户设置的 WB 温度或所述系统测量的 WB 温度的情况下, 使用处理器来平衡所述 CW 系统的所述 CW 部件以满足由所述负载施加的负载要求, 从而生成包括每个所述 CW 部件的、满足所述 WB 温度和负载的设置点的多个列表 ;以及

使用所述多个列表来通过选择用于所述 CW 部件的、导致优化所述 CW 系统的选择工作参数的具体设置点来优化所述 CW 部件的工作。

12. 根据权利要求 11 所述的方法, 还包括使用影响对所述 CW 部件的工作有影响的负载的负载分布的趋势数据来构造用于 CW 系统部件的预测优化表或预测设置点图中的至少一个, 来积极地优化所述 CW 系统以满足影响所述 CW 系统的变化的负载条件。

13. 根据权利要求 11 所述的方法, 还包括使用与所述负载的分布和大小相关联的趋势数据来构造用于所述 CW 系统的部件的预测优化表或预测设置点图中的至少一个, 以满足变化的负载条件或周围温度要求中的至少一个。

14. 根据权利要求 13 所述的方法, 还包括使用历史 WB 温度数据来构造所述预测优化表或设置点图中的至少一个。

15. 根据权利要求 11 所述的方法, 其中, 所述选择工作参数与以下中的至少一个相关 :

由所述 CW 系统所消耗的电力 ;

需要补充的由所述 CW 系统使用的水 ;

除湿分析 ;

设备分级分析 ;

对所述 CW 部件中的一个或更多个的维护 ;以及

所述 CW 系统的总工作成本。

16. 根据权利要求 11 所述的方法, 还包括替换对于所述 CW 部件之一所选择的设置点中的先前选择的一个设置点, 以使所述 CW 系统维持对所述选择工作参数的优化。

17. 一种用于对具有多个冷水 (CW) 部件的 CW 系统的性能进行分析的系统, 所述系统包括:

具有非瞬态机器可执行代码的至少一个处理器, 所述至少一个处理器被配置成:

利用用于所述 CW 系统的每个所述 CW 部件的性能数据表, 所述性能数据表基于与每个所述 CW 部件相关联的输入或输出中的至少一个来限定用于每个所述 CW 部件的工作点或工作范围中的至少一个;

利用在设置有所述 CW 部件中的至少子多个 CW 部件的环境下用户设置的周围湿球 (WB) 温度或系统测量的周围 WB 温度中的至少一个;

利用所述 CW 系统的所述子多个部件中的每一个的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合;

计算用于覆盖由所述 CW 系统热管理的负载的每个所述 CW 部件的等效循环条件, 所述等效循环条件以管理对所述负载的冷却的方式与覆盖所述负载的所述 CW 部件中的一个或更多的性能参数相关; 以及

针对计算出的等效循环条件中的每一个, 在给定所述用户设置的 WB 温度或系统测量的 WB 温度中至少一个的情况下, 生成用于平衡所述 CW 系统的所述 CW 部件的信息, 以满足由所述负载施加的负载要求。

18. 根据权利要求 17 所述的系统, 其中, 所述处理器还被配置成: 使用所述信息以通过选择用于所述 CW 部件的、导致优化所述 CW 系统的选择工作参数的具体设置点来优化所述 CW 部件的工作。

19. 根据权利要求 17 所述的系统, 其中, 所述使用集合包括: 基于以下信息中的至少一个来使用对于所述 CW 系统的所述子多个部件中的每一个的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合:

由所述用户所提供的信息; 或

表示已知工作参数限制的信息。

## 用于冷却系统的部件的能量分析与预测建模的系统及方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2013 年 3 月 15 日提交的美国临时专利申请 No. 61/793, 872 的优先权, 其全部公开内容通过引用合并到本文中。

### 技术领域

[0003] 本公开内容涉及一种用于分析冷却系统的性能的系统, 并且更具体地涉及一种用于对冷却系统的多个不同部件进行分析与建模以响应于多个设备工作参数和用户限定输入来确定和 / 或预测该系统的冷却能力的综合的系统及方法。

### 背景技术

[0004] 本部分中的描述仅提供与本公开内容有关的背景信息并且可能未构成现有技术。

[0005] 随着对于各种设施的冷却需求的量(尤其是在数据中心)持续增长, 改善冷却系统的性能以及控制这样的冷却系统迅速引起人们的关注。具体地, 在冷水(CW)冷却系统的情况下, 多个部件工作以将热从负载移除, 其中负载可以由各种不同类型的设备创建。在一个示例中, 负载可能是由几打、几百或几千个服务器和其他 IT 和 / 或网络设备在数据中心内生成的热。在一个示例中, 基本的 CW 冷却系统可以被理解成包括一个或更多个冷却器、一个或更多个 CW 泵、旁路、一个或更多个冷却塔泵、一个或更多个冷却塔、补充水过滤控制、受控的一个或更多个变频驱动器(VFD)以及连接上述部件的关联管道。与这些设备中的任意一个或更多个相关联的性能和 / 或设备设置点在过渡和平衡期间对各个部件的性能输出具有影响以及分别对整个 CW 系统的性能输出具有影响。当前, 没有一种已知的系统能够使用 CW 系统的部件中的各种部件的已知信息、运行能力或性能曲线来对 CW 系统的各种重要的性能参数(例如每分钟的总加仑(GPM)、温度差( $\Delta T$ )和 SCWT(供应冷却水温度)等)在变化的设备设置点被应用于 CW 系统的一个或更多个部件的情况下受到影响的可能性有多大进行建模。此外, 没有一种方式能够预测一个特定部件的性能变化(或用户 / 系统变化设置点)如何影响系统的、可能正在从特定部件接收直接或间接输出的一个或更多个其他部件的工作。

### 发明内容

[0006] 在一个方面中, 本公开内容涉及一种用于对具有多个冷水(CW)部件的 CW 系统的性能进行分析的方法。所述方法包括: 考虑用于所述 CW 系统的所述多个 CW 部件中的每一个的允许工作点、允许工作范围或允许工作条件中至少一个的集合。所述方法还可以包括考虑设置有所述 CW 部件中的至少子多个(subplurality)CW 部件的环境下的用户设置的周围湿球(WB)温度或系统测量的周围 WB 温度。可以计算对于一起覆盖由 CW 系统热管理的负载的每个 CW 部件的等效循环条件。所述等效循环条件可以以管理对负载的冷却的方式与覆盖负载的 CW 部件中的一个或更多个的性能参数相关。对于所计算出的等效循环条件中的每一个, 可以使用处理器在给定用户设置的 WB 温度或系统测量的 WB 温度的情况下生

成用于通过选择 CW 系统的具体工作点来平衡 CW 部件的信息,以满足由所述负载所施加的负载要求。

[0007] 在另一个方面中,本公开内容涉及一种用于对具有多个冷水(CW)部件的 CW 系统的性能进行分析和优化的方法。所述方法可以包括获取 CW 系统的每个 CW 部件的性能数据表。性能数据表可以基于与每个 CW 部件相关联的输入或输出中至少一个来限定用于每个 CW 部件的工作点或工作范围中的至少一个。可以获取在设置有所述 CW 部件中的至少子多个 CW 部件的环境下的用户设置的周围湿球(WB)温度或系统测量的周围 WB 温度。可以基于由用户提供的信息或表示已知工作参数限制的信息来获取对于 CW 系统的所述子多个部件中的每一个的允许工作点、工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合。可以计算对于覆盖由 CW 系统热管理的负载的每个 CW 部件的等效循环条件。等效循环条件可以以管理对负载的冷却的方式与用于覆盖所述负载的 CW 部件中的一个或更多个的每分钟加仑(GPM)、温度的变化和供应冷水温度(SCWT)中至少一个相关。针对所计算出的等效循环条件中的每一个,可以使用处理器在给定用户设置的 WB 温度或系统测量的 WB 温度的情况下平衡 CW 系统的 CW 部件以满足负载要求从而生成多个计算结果,其可以包括或不包括用于每个可控 CW 部件的在所述 WB 温度和负载处产生系统平衡的一个或更多个设置点。所述多个结果可以用于通过选择用于 CW 部件的、导致优化所述 CW 系统的选择工作参数的具体设置点来对 CW 部件的工作进行优化。

[0008] 在又一个方面中,本公开内容涉及一种用于对具有多个冷水(CW)部件的 CW 系统的性能进行分析的系统。所述系统包括具有非瞬态、机器可执行代码的至少一个处理器,所述至少一个处理器被配置成利用用于 CW 系统的每个 CW 部件的性能数据表。所述性能数据表可以基于与每个 CW 部件相关联的输入或输出中的至少一个来限定用于每个 CW 部件的工作点或工作范围中的至少一个。所述至少一个处理还可以利用在设置有所述 CW 部件中的至少子多个 CW 部件的环境下用户设置的周围湿球(WB)温度或系统测量的周围 WB 温度。此外,所述处理器可以使用对于 CW 系统的所述子多个部件中的每一个的允许工作点、工作范围或允许工作条件中的至少一个的集合。所述处理器可以计算对于覆盖由 CW 系统热管理的负载的每个 CW 部件的等效循环条件。等效循环条件可以以管理对负载的冷却的方式与覆盖所述负载的 CW 部件中的一个或更多个的性能参数相关。针对所计算出的等效循环条件中的每一个,处理器可以在给定用户设置的 WB 温度或系统测量的 WB 温度的情况下生成用于平衡 CW 系统的 CW 部件的信息以满足所述负载所施加的负载要求。

[0009] 从本文所提供的描述,另外的应用领域会变得很明显。应当理解,描述和具体示例仅意在于说明目的并且并非意在限制本公开内容的范围。

#### 附图说明

[0010] 本文所描述的附图仅出于说明目的而非意在以任何方式限制本公开内容的范围。

[0011] 图 1 是可以用于在考虑到用于 CW 系统的每个 CW 设备的许可工作设置 / 范围的情况下计算室内工作条件和 CW 系统部件两者的性能特征的系统的各个子部分的框图。

[0012] 图 2 是可以由本公开内容的系统的一种实施方式使用以确定 CW 系统的每个部件的性能值的各种计算单的高级框图,其中,所述确定考虑到来自第一 CW 部件的、馈送至第二 CW 部件的输出可能影响第二 CW 部件的输出;以及

[0013] 图 3 是提出了在 CW 系统的用于满足负载和 / 或客户所特定的需求的优化操作中可以由本公开内容的系统所进行的主要操作的高级流程图；

[0014] 图 4 是示出了在给定负载和湿球(WB) 温度情况下取决于供应冷水温度(SCWT) 和供应 / 移除空气温度(SAT) 在效率上能够实现多么明显的差异的图表；

[0015] 图 5 是示出了如何可以使用系统来针对给定的负载和 WB 温度来预测可以取决于用户所设置的变量而可以获得何种节能类型的图；

[0016] 图 6 是可以呈现给用户的图, 其基于某种预选形式的历史工作数据(例如, 时间或外部信息源) 向用户表明系统预测负载和 WB 温度要经历的方向 ; 以及

[0017] 图 7 是示出了系统 10 如何将用于组成 CW 系统的各个部件和负载的变量考虑在内来确定 CW 系统的每种可能许可设备配置的平衡点的图 500。

### 具体实施方式

[0018] 以下描述本身仅为示例性并且并非意在限定本公开内容、应用或用途。应当理解, 贯穿附图, 相应的附图标记表示相似或相应的部分和特征。

[0019] 参考图 1, 示出了形成能量分析系统 10 (下文中简单地称为“系统 10”) 的多个模块, 系统 10 用于对符合用户或系统湿球(WB) 设置点和负载要求的冷水(CW) 系统的各个室内和其他部件的性能进行预测和优化。一般地, 应当理解, CW 系统的每件设备相应地做出反应以实现所期望的输出条件。最终的平衡设备状态由施加在各件设备上的设置点来指定。最终平衡状态会指定所述 CW 系统内每件设备的能量和 / 或水消耗。

[0020] 由于能够不仅快速地计算各件设备的性能而且快速地计算用于改变设备互连的总的系统平衡, 所以系统 10 可以对任何 CW 系统配置相对于任何负载输入进行建模, 以确定所有设备件相对于给定环境条件的最经济的设置点。所计算的可能设备可以包括但不限于计算机 / IT 服务器、CW 单元、水冷冷却器、冷却塔、风冷冷却器和泵。针对给定的固定条件集对用于各个 CW 部件的所有可能允许的设置点进行建模, 使得不仅能够针对系统 10 的当前工作条件而且还可以针对系统 10 的预期未来工作状态来对总成本进行全局优化。这可以对设置点和设备分级(staging) 进行预测。还可以表明非局部工作点是否可能。通过“非局部”工作点, 意味着推断未通过对设备设置点或工作条件的小增量变化来实现的情形可以被计算并且检查以确保更加有效的 CW 系统工作状态没有被忽视。例如, 在特定 CW 循环设备上将设置点增加 1 度或减小 1 度可以产生较高的总 CW 系统能耗。在该情形中, 控制系统会将设置点保持原样。但是, 实践中, 将相同的设置点改变 3 到 4 度实际上会触发可以利用先前已经被忽视的某种形式的精减的不同 CW 系统工作模式。实际的设备性能还可以反馈至系统 10 中以调节性能表以使得理论的设备计算随着时间的推移甚至更加精确。现有的设备数据表然后可以被提取用于新系统的设计中, 从而提供了相比当前可能的 CW 系统设计而言更加有效的 CW 系统设计。

[0021] 系统 10 还可以评估设备分级以优化总体系统性能。由于效率不是成比例的, 所以设备分级的示例会是系统 10 确定何时以 1/3 能力操作 3 个冷却器相对于以 1/2 能力操作 2 个冷却器的会更加有效的情况。使用系统 10 来控制泵分级是另一个示例。

[0022] 还参考图 1, 系统 10 可以包括用于计算 CW 系统的每个部件的性能的多个子系统(软件和硬件)模块。例如, “室内单元计算器”模块 12 可以用于针对 CW 系统的每个室内单元

(即, 部件) 的每个允许工作点来计算用于 CW 系统的每个室内单元的性能。“主 CW 泵”计算器模块 14 可以用于对主 CW 泵在每个允许工作点处的性能进行建模。“节约器(economizer)计算器”模块 16 可以用于对热交换节约器在每个许可工作点处的性能进行建模。“冷却塔泵计算器”模块 18 可以用于计算冷却塔泵的每个允许工作点处的冷却塔泵性能。“冷却塔”计算器 20 可用于计算每个可能工作条件(即, 考虑进入冷却塔的水的温度和流速)处 CW 系统的冷却塔的性能。“冷却器”计算器 22 可用于计算在每个许可工作点处 CW 系统的冷却器单元的性能。处理系统 24 可以与部件 12 至部件 22 中的每个部件通信并且用于执行优化和预测计算从而满足在规定的 WB 处的客户和 / 或系统需求。WB 设置点和任何其他相关客户或系统信息 26 以及关于负载 28 的信息可以提供给处理系统 24。应当理解, 通过“许可”或“可能”工作点或条件, 意味着部件可以在其处(或内)工作的工作点的具体范围或工作条件的范围, 并且意味着该范围可能部分地受限于 CW 系统的一个部件的作为对于 CW 系统的另一个部件的输入提供的输出。

[0023] 参考图 2, 可以看出, 系统 10 为其优化和预测能力而使用多个信息源。应当理解, 通过系统 10 能够实施的预测和优化特征可以使得用户能够在几乎不减小或不减小系统 10 所管理的设备的能力的情况下实现明显的节能(并且因此节省成本)。系统 10 还使得在对作为给定环境中的热管理数据中心部件的不同 CW 部件进行控制时将预期加载时间表和 / 或预期未来环境条件考虑在内。

[0024] 具体地, 室内单元计算器模块 12 可以生成室内单元计算器数据单 12a, 主 CW 泵计算器模块 14 可以生成主 CW 泵计算器数据单 14a, 节约器计算器模块 16 可以计算节约器计算器数据单 16a, 冷却塔泵计算器模块 18 可以生成冷却塔泵数据单 18a, 冷却塔计算器模块 20 可以计算冷却塔数据单 20a 并且冷却器计算器模块 22 可以生成冷却器数据单 22a。数据单 12a 至数据单 22a 中的每个表示关于在每个许可工作点处它们的关联部件中的每一个部件的性能的数据或信息。但是, 如果该信息可从给定部件的制造商获得, 则系统 10 可以使用从部件的制造商提供的信息。从数据计算单 12a 至数据计算单 22a 提供的信息可以由系统 10 用于进行其优化和 / 或预测计算, 并且最终“推开”或替换(override) CW 系统的各个部件的先前所确定的设置点以满足和 / 或维持 WB 设置点并且满足负载要求。

[0025] 现参考图 3, 高级流程图 100 示出了图 1 的系统 10 在其优化 / 控制和 / 或预测操作中可以进行的各个操作。在操作 102 处, 系统 10 可以获取或创建 CW 系统的至少一个部件的性能数据表(即, 数据单)。实践中, CW 系统的大多数或所有部件会具有为其生成的数据表, 如结合图 2 所描述的。如果其正在接收来自 CW 部件中的不同部件或组合的输出作为输入, 则这些数据表提供用于该部件的所有可能的工作点的性能信息并且优先地将可以施加给每个部件的限制考虑在内。

[0026] 在操作 104 处, CW 系统的每个部件的允许或适用的工作点被限定。关于这一点, 应当理解, 取决于通过 CW 部件中的其他部件施加在给定部件上的限制或其他因素, 给定部件的工作点的限定范围实际上比部件实际上能够工作的工作点的范围窄。在操作 106 处, 系统 10 生成用于 CW 系统的每个单独室内单元的、落入关于设置点或关于每个 CW 系统部件的允许工作条件的用户、客户和 / 或系统允许工作范围内的可获得性能点的列表。在操作 108 处, 系统 10 确定 / 计算用于覆盖负载的 CW 系统部件的等效循环特征, 如每分钟的总加仑(GPM)水流量、温度差和 SCWT (供应冷水温度)。



[0027] 在操作 110 处,针对每个等效循环工作条件,系统 10 在给定周围环境湿球(WB)输入的一些或全部可能工作条件下对 CW 系统部件进行平衡,以满足包括负载在内的 CW 部件的负载要求。这相当于生成用于 CW 系统的、满足用户、客户和 / 或系统需求的每个可用平衡点的列表。

[0028] 在操作 112 处,在操作 110 处生成的列表可以用于优化分析。这可能涉及进行各种分析,包括但不限于用于操作 CW 系统的能量分析、水分析、潮湿(或除湿)分析、设备分级分析、节约分析、维护分析和总成本分析。

[0029] 在操作 114 中,系统 10 可以可选地用于根据需要“推开”或替换对适当的 CW 部件的先前实施的设置点以实现所需的客户、用户或系统期望优化。在操作 116 处,系统 10 可以可选地使用在操作 112 处进行的上述分析以及负载分布和大小的趋势数据以及用于给定环境的湿球历史数据,来构造用于 CW 系统部件的预测优化表和 / 或设置点图以积极地优化系统来满足变换的负载和 / 或环境要求。

[0030] 图 4 示出了用于说明如何能够取决于供应冷却水温度(SCWT)和供应去除风温度(SAT)的相对地小的变化而同时当前负载和湿球(WB)保持恒定来实现效率上的明显差异的图 200。出于本公开内容的目的,词语“SAT”应当被理解为包括供应和 / 或移除风温度。

[0031] 图表 200 示出了表示相对于当前负载和 WB 处的最坏可能工作条件能量节省的百分比(与成本有关)的条 202 至条 210,其可以通过 SCWT 和 SAT 的轻微变化来实现。例如,块 210 表示当 SCWT 被设置成 58° F 并且 SAT 被设置成 67° F 时可以实现大约 34% 的能量节省。在图表 200 的相对端,块 202 表示当 SCWT 被设置成 45° F 并且 SAT 被设置成 64° F 时可实现的能量节省将仅为 11%。图表 200 由此向用户表明相对于当前工作条件(即,在 WB 为 62° F 以及负载为 1200kW 的示例中)、利用对 SCWT 和 SAT 两者的不同变化可以实现何种类型的能量节省。应当理解,系统 10 提供了强大的工具以帮助用户确定 SCWT 和 SAT 的小的改变相对于条件的基线集合(例如,相对于当前负载和 WB 温度)是否 / 如何预期影响总体能量节省。

[0032] 图 5 示出了表示系统 10 可以构造的具体属性等高线图,其有助于直观地传达(即,预测)用户选择的变量将关于 WB 和 / 或负载变化如何进行变化。在描述图 5 的过程中,应当理解,用户会针对系统 10 正在监视和 / 或控制的每个 CW 部件而将许可设置点的范围(或可能仅一个设置点)输入至系统 10 中。用户可选范围不会超过设备制造商的具体设备限制。用户还指定了用于由 302 表示的变量的具体设置点或设置点的范围。这些选择的设置点可能包括许可的 SCWT 温度的范围、用户设置为许可的 SAT 的范围等。

[0033] 图 5 的图 300 可以使得系统能够直观地表示用户选择的感兴趣的变量的变化。该变量可以是但不限于总 CW 系统能量消耗、相比基线的能量节省类型、SCWT、SAT 设置点、工作的冷却器数量、工作的室内单元数量等。图 5 中的每个框可以由用户选择(如通过使用鼠标点击或使用手指进行触摸)来拉起另外的图或图表(如图 4 所示),以使得用户可以比较不同的工作设备情形以确认它们所施加的设备工作范围限制的影响。例如,如果用户选择图 5 中的框 304,则可以提供如图 4 所示的图表,其将多个情形的总能耗与工作在选择的具体负载 /WB 温度处的每个情形的能耗进行比较。所示出的情形可以传达当要实施用户已经选择的不同的具体设备设置点和具体变量 302 时对总 CW 系统能耗的影响。图 6 示出了可以呈现给用户的图表 400,其向用户表明系统 10 基于历史工作数据预测的负载和 WB

温度的方向。例如,系统 10 可以使用历史数据(如在每天的具体时间期间所经历的负载以及在每天在各个时间处经历的 WB 温度)来预测负载和 WB 温度的趋势。在图 6 的示例中,箭头 402 (为所示出的 6 个箭头当中最大的箭头)表示在当前时间(由框 404 表示)处趋势被系统 10 预测为朝向增加 WB 温度和减小负载。框或箭头的颜色直观地传达用户指定的系统属性。在仅本示例中,绿色的箭头可以表示系统会移动至更大的能量效率或工作的设备友好模式。当理解可能的工作条件计算中的优先时,理解系统条件的改变至预定值的可能性非常重要。

[0034] 图 7 示出了图 500,其示出了系统 10 如何将用于组成 CW 系统的负载和各个部件的变量考虑在内用于确定 CW 系统的每个可能许可设备配置的平衡点。图 7 还通过线 502 示出了如何以闭环方式使用实际的部件性能以基于实际的测量数据点来更新各个性能数据表。计算理论系统以在允许用户 / 设备限定边界内进行平衡。使用用户输入以确定期望的优化,具体的 CW 系统平衡结果被检查并且适当的设备设置点然后被传达给各件设备以使得各件设备能够以与理论模型(期望平衡)类似的方式做出反应。实际的各件设备的性能与理论性能之间的不一致性通过对设备数据表的调节来解决。系统会监视报警条件并且通过禁止关注设置点传达来保护设备。通过调节理论数据表,理论平衡的系统准确性会随着时间变得更加准确。

[0035] 尽管描述了各种实施方式,但是本领域的技术人员应当认识到,在不偏离本公开内容的情况下可以做出修改与变化。这些示例说明了各种实施方式并且并非意在限制本公开内容。因此,描述和权利要求应不受限地进行解释,而仅具有从相关的现有技术来看为必需的这样的限制。

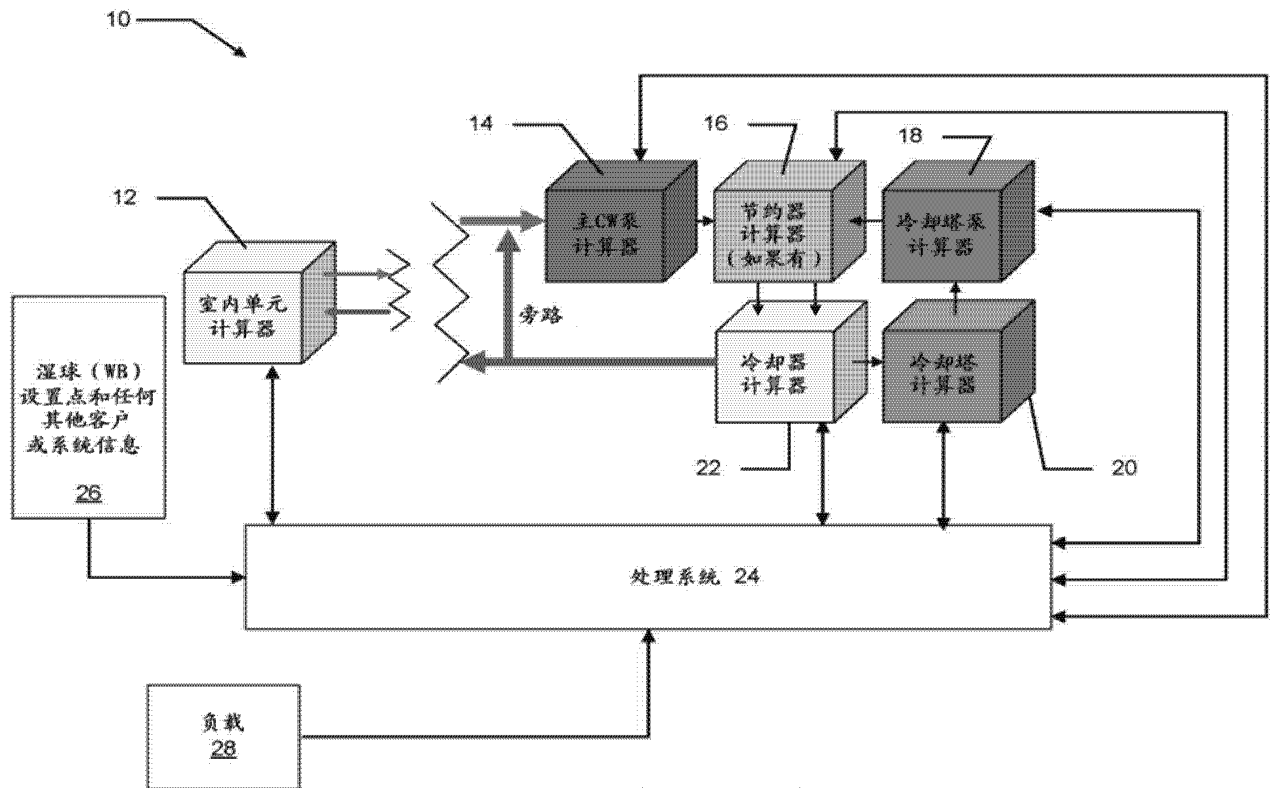


图 1

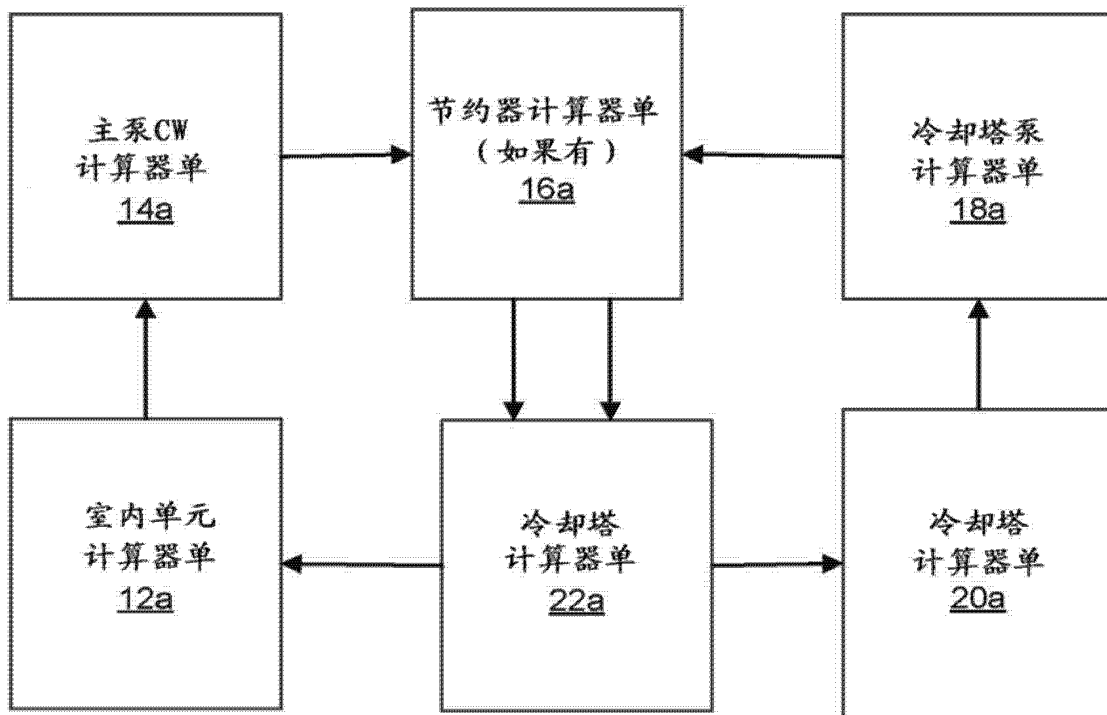


图 2

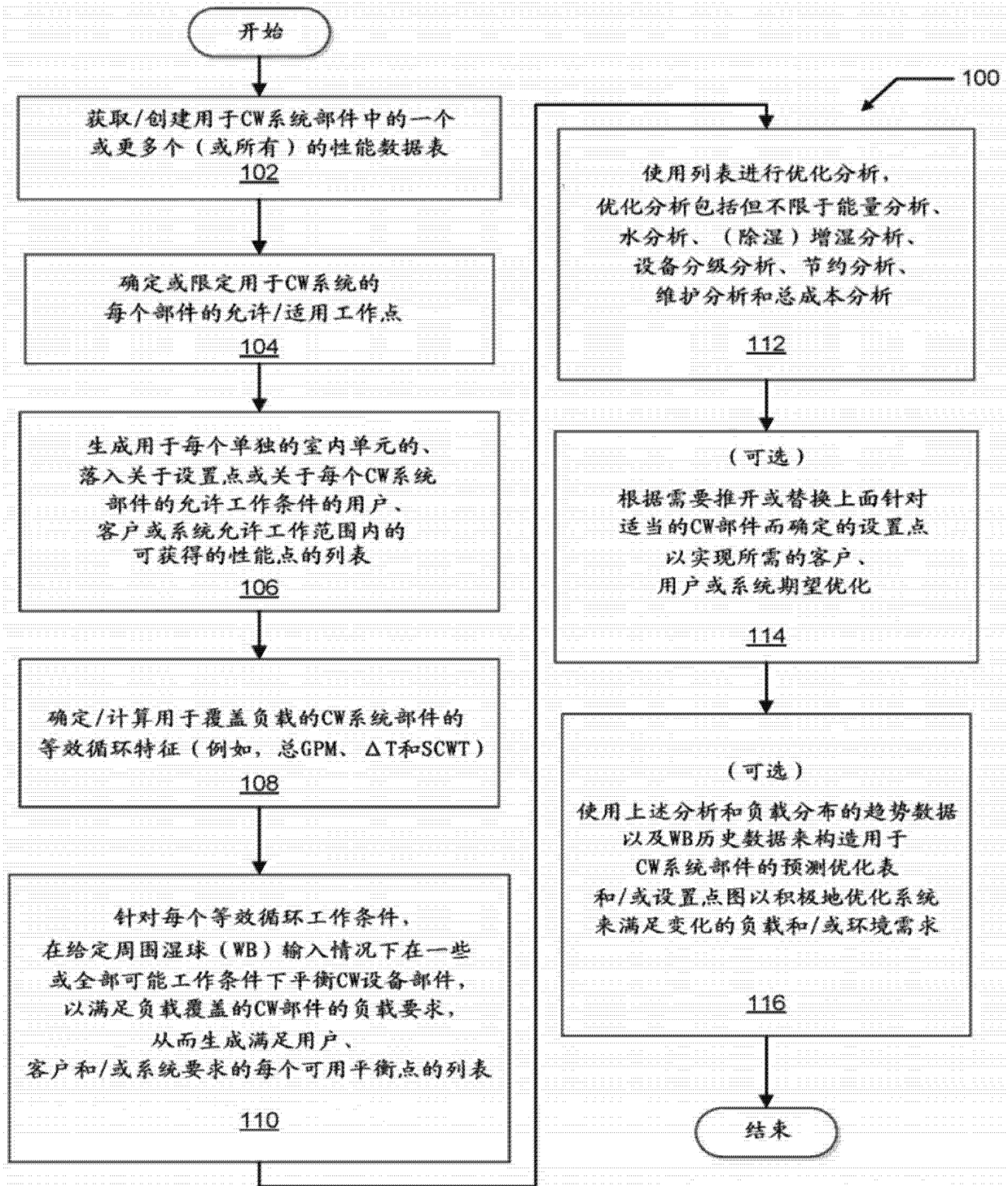


图 3

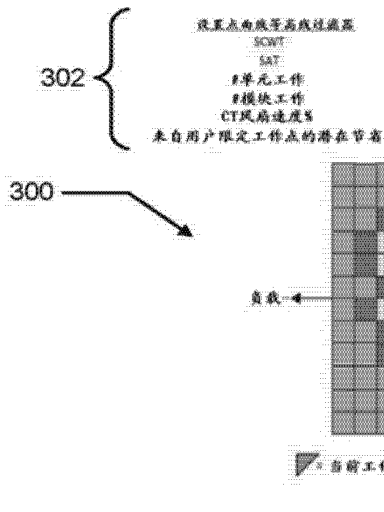
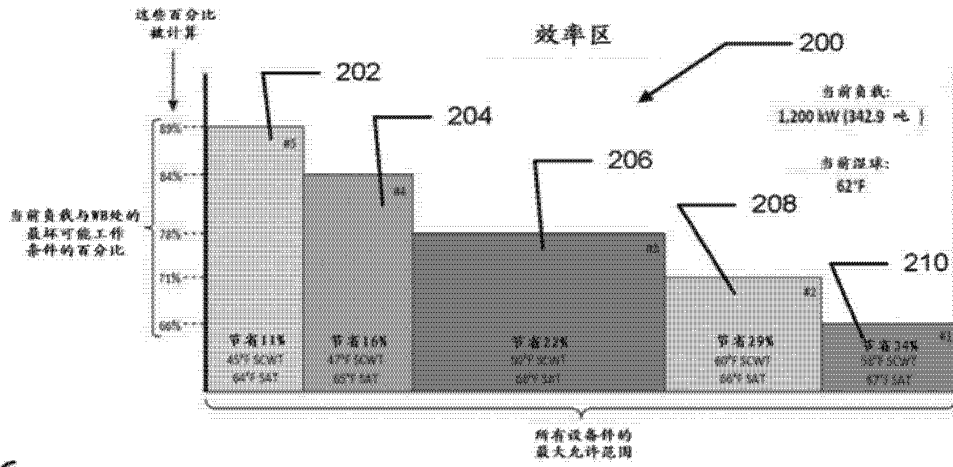


图5

图4

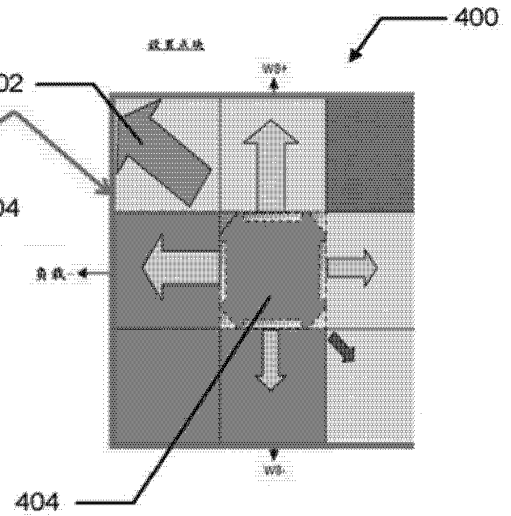


图6

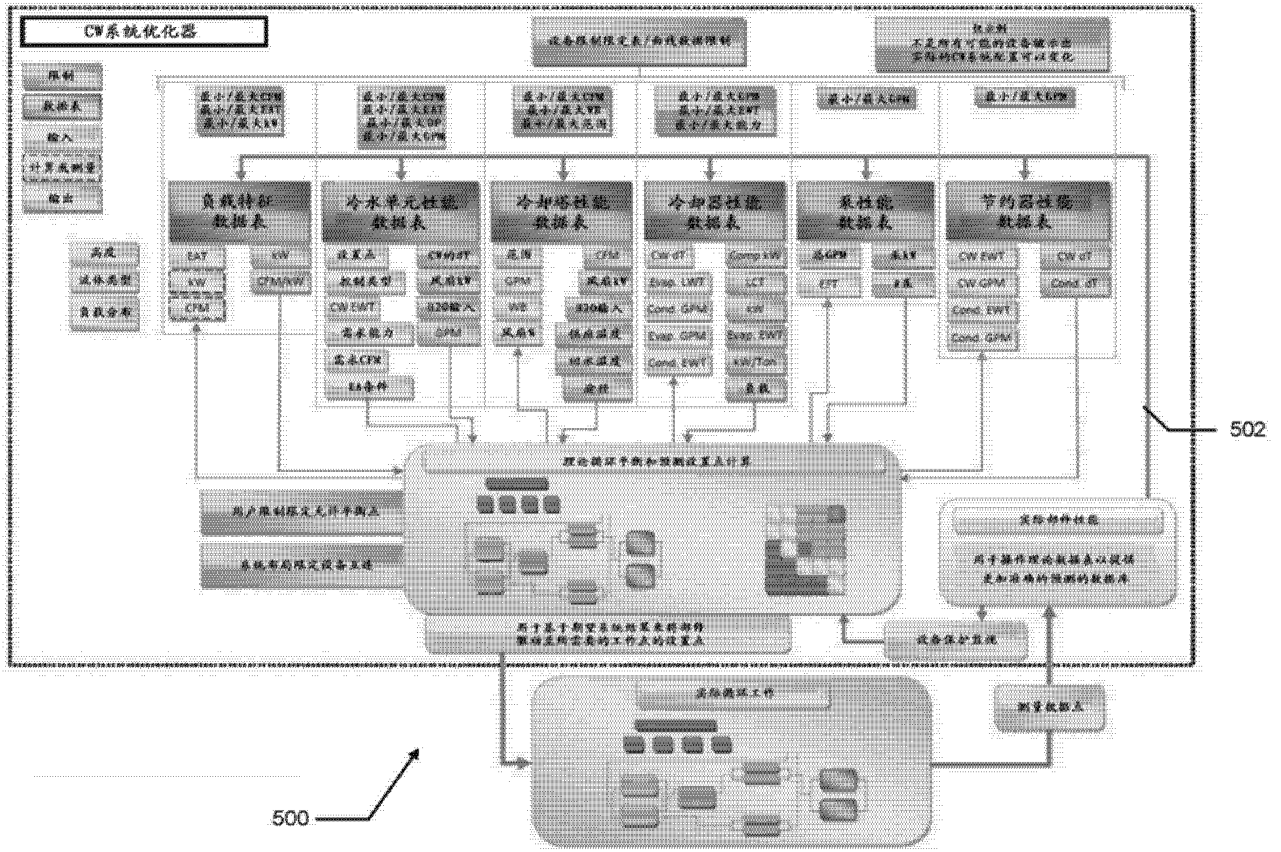


图 7