

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H05K 7/20 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410078053.1

[45] 授权公告日 2007 年 9 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 100338983C

[22] 申请日 2004.9.20

[21] 申请号 200410078053.1

[30] 优先权

[32] 2003.12.3 [33] US [31] 10/726,377

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 朱兆凡 M·J·小埃尔斯沃思
R·R·施密特 R·E·西蒙斯
冢本刚史

[56] 参考文献

US 3992894A 1976.11.23

US 6182742B1 2001.2.6

US 5226471A 1993.7.13

审查员 喻颖

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 于静 李峥

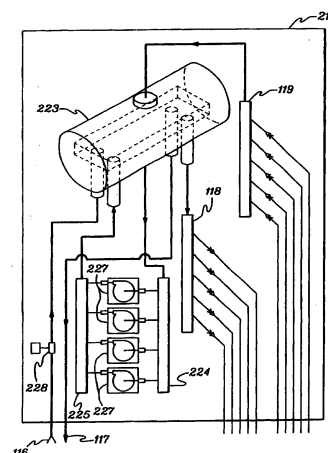
权利要求书 5 页 说明书 9 页 附图 4 页

[54] 发明名称

确保冷却多个电子设备子系统的冷却系统和方法

[57] 摘要

本发明提供了一种采用至少两个模块化冷却单元(MCU)的冷却系统。每个 MCU 都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液,每个 MCU 包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及第二冷却回路。第一冷却回路从一个源接收冷却的设备冷却液,使其中至少一部分通过上述热交换器,该部分由上述至少一个控制阀控制。第二冷却回路向多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液,在所述热交换器内将来自多个电子设备子系统的热量排放给第一冷却回路内的冷却的设备冷却液。所述至少一个控制阀可以调节流经热交换器的设备冷却液,从而可以控制第二冷却回路内的系统冷却液的温度。



1. 一种冷却系统，所述冷却系统包括：

至少两个模块化冷却单元MCU，每个MCU都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液；以及

其中所述至少两个MCU中的每个MCU包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及第二冷却回路，并且其中所述至少两个MCU中的一个MCU工作时，所述第一冷却回路从一个源接收冷却的设备冷却液并使其中至少一部分通过所述热交换器，该部分由所述至少一个控制阀控制，并且所述第二冷却回路向所述多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液，并在所述热交换器内将来自所述多个电子设备子系统的热量排放给所述第一冷却回路内的冷却的设备冷却液，其中所述至少一个控制阀可以调节流经所述热交换器的设备冷却液，从而可以控制所述第二冷却回路内用来冷却所述多个电子设备子系统的系统冷却液的所需温度，

其中每个MCU还包括系统冷却液膨胀箱，并且其中每个MCU的所述热交换器布置在该MCU的系统冷却液膨胀箱内。

2. 权利要求1的冷却系统，其中所述冷却系统工作时，所述至少两个MCU中只有一个MCU工作，向所述多个电子设备子系统提供系统冷却液，而所述至少两个MCU中至少另一个MCU处于备用模式。

3. 权利要求2的冷却系统，还包括与所述至少两个MCU关联的连接器，该连接器允许当所述至少两个MCU中的另一个MCU工作并向所述多个电子设备子系统提供系统冷却液时可以拆卸每个MCU。

4. 权利要求3的冷却系统，其中每个MCU包括使系统冷却液通过所述第二冷却回路的泵和位于所述泵两侧以使得无需拆卸所述MCU就可以拆卸所述泵的连接器。

5. 权利要求1的冷却系统，其中所述冷却的设备冷却液的源包括提供给所述至少两个MCU的冷却的设备冷却液的公共源。

6. 权利要求1的冷却系统，其中所述冷却的设备冷却液的源包括具有

与所述至少两个MCU中的第一MCU连接的第一供液管和第一回液管的第一源，和具有与所述至少两个MCU中的第二MCU连接的第二供液管和第二回液管的第二源。

7. 权利要求1的冷却系统，其中所述多个电子设备子系统包括多个构成计算机房计算环境的电子设备机架，其中每个MCU都能提供系统冷却液以冷却该计算机房计算环境。

8. 权利要求1的冷却系统，还包括控制器，所述控制器用来监视所述至少两个MCU的工作并在检测到所述至少两个MCU中的一个MCU出现故障时自动切换到所述至少两个MCU中的另一个MCU以确保连续冷却所述多个电子设备子系统。

9. 权利要求8的冷却系统，还包括连接到每个MCU并可由所述控制器控制的电可控截流阀，所述电可控截流阀用来有选择地使冷却的设备冷却液流经所述至少两个MCU中的一个MCU和有选择地使系统冷却液从所述至少两个MCU中的一个MCU流向所述多个电子设备子系统。

10. 权利要求1的冷却系统，其中每个MCU还包括与所述第二冷却回路连通的系统冷却液膨胀箱，其中所述至少两个MCU的系统冷却液膨胀箱连接成液体连通以确保正在工作的MCU的所述系统冷却液膨胀箱中保留足够的系统冷却液。

11. 权利要求1的冷却系统，其中每个MCU的所述热交换器包括集成地布置在所述系统冷却液膨胀箱内的平板式热交换器。

12. 一种受冷却的电子设备系统，所述受冷却的电子设备系统包括：
多个电子设备子系统；

至少两个模块化冷却单元MCU，每个MCU都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液；以及

其中所述至少两个MCU中的每个MCU包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及第二冷却回路，其中当所述MCU工作时，所述第一冷却回路从一个源接收冷却的设备冷却液并使其中至少一部分通过所述热交换器，该部分由所述至少一个控制阀控制，并且所述第二冷却回路

向所述多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液，并在所述热交换器内将来自所述电子设备子系统的热量排放给所述第一冷却回路内的冷却的设备冷却液，其中所述至少一个控制阀可以调节流经所述热交换器的设备冷却液，从而可以控制所述第二冷却回路内用来冷却所述多个电子设备子系统的系统冷却液的温度，

其中每个MCU还包括系统冷却液膨胀箱，并且其中每个MCU的所述热交换器布置在该MCU的系统冷却液膨胀箱内。

13. 权利要求12的受冷却的电子设备系统，其中所述受冷却的电子设备系统工作时，所述至少两个MCU中只有一个MCU工作，向所述多个电子设备子系统提供系统冷却液。

14. 权利要求13的受冷却的电子设备系统，还包括与所述至少两个MCU关联的连接器，该连接器允许当所述至少两个MCU中的另一个MCU工作并向所述多个电子设备子系统提供系统冷却液时可以拆卸每个MCU。

15. 权利要求14的受冷却的电子设备系统，其中每个MCU包括使系统冷却液通过所述第二冷却回路的泵和位于所述泵两侧以使得无需拆卸所述MCU就可以拆卸所述泵的连接器的。

16. 权利要求12的受冷却的电子设备系统，其中所述冷却的设备冷却液的源包括具有与所述至少两个MCU中的第一MCU连接的第一供液管和第一回液管的第一源，和具有与所述至少两个MCU中的第二MCU连接的第二供液管和第二回液管的第二源。

17. 权利要求12的受冷却的电子设备系统，其中所述多个电子设备子系统包括多个共同构成计算机房计算环境的电子设备机架，其中所述至少两个MCU中的每个MCU都能提供系统冷却液以冷却该计算机房计算环境。

18. 权利要求12的受冷却的电子设备系统，还包括控制器，所述控制器用来监视所述至少两个MCU并在检测到所述至少两个MCU中的一个MCU出现故障时自动切换到所述至少两个MCU中的另一个MCU以确保连续冷却所述多个电子设备子系统。

19. 权利要求18的受冷却的电子设备系统，还包括连接到每个MCU并可由所述控制器控制的电可控截流阀，所述电可控截流阀用来有选择地使冷却的设备冷却液流经所述至少两个MCU中的一个MCU和有选择地使系统冷却液从所述至少两个MCU中的一个MCU流向所述多个电子设备子系统。

20. 权利要求12的受冷却的电子设备系统，其中每个MCU还包括与所述第二冷却回路连通的系统冷却液膨胀箱，其中所述至少两个MCU的系统冷却液膨胀箱连接成液体连通以确保正在工作的MCU的所述系统冷却液膨胀箱中保留足够的系统冷却液。

21. 权利要求12的受冷却的电子设备系统，其中每个MCU的所述热交换器包括集成地布置在所述系统冷却液膨胀箱内的平板式热交换器。

22. 一种冷却多个电子设备子系统的方法，所述方法包括：

提供至少两个模块化冷却单元MCU，每个MCU都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液，其中所述至少两个MCU中的每个MCU包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及具有系统冷却液的第二冷却回路；

对于所述至少两个MCU中的一个选定的MCU，从一个源向所述第一冷却回路提供冷却的设备冷却液并使其中至少一部分经所述至少一个控制阀通过所述热交换器；

对于所述至少两个MCU中的所述选定的MCU，从所述第二冷却回路向所述多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液，并在所述热交换器内将来自所述多个电子设备子系统的热量排放给所述第一冷却回路内的冷却的设备冷却液；

其中所述选定的MCU的至少一个控制阀可以调节流经所述热交换器的设备冷却液，从而可以控制所述第二冷却回路内用来冷却所述多个电子设备子系统的系统冷却液的温度；以及

其中每个MCU还包括系统冷却液膨胀箱，并且其中每个MCU的所述热交换器布置在该MCU的系统冷却液膨胀箱内。

23. 权利要求22的方法，还包括只采用所述至少两个MCU中的一个MCU来冷却所述多个电子设备子系统，而所述至少两个MCU中的其他MCU处于备用模式。

24. 权利要求22的方法，还包括提供与所述至少两个MCU关联的连接器，该连接器允许当所述至少两个MCU中的另一个MCU工作并向所述多个电子设备子系统提供系统冷却液时可以拆卸每个MCU。

25. 权利要求22的方法，其中所述冷却的设备冷却液的源包括具有与所述至少两个MCU中的第一MCU连接的第一供液管和第一回液管的第一源，和具有与所述至少两个MCU中的第二MCU连接的第二供液管和第二回液管的第二源，并且其中所述方法还包括在检测到供液管或回液管出现泄漏时在所述第一MCU与所述第二MCU之间自动切换的操作。

26. 权利要求22的方法，其中所述多个电子设备子系统包括多个构成计算机房计算环境的电子设备机架，并且其中所述方法还包括每次只从所述至少两个MCU中的一个MCU提供系统冷却液来冷却该计算机房计算环境。

27. 权利要求22的方法，还包括监视所述至少两个MCU的工作并在检测到所述至少两个MCU中的一个正在工作的MCU出现故障时自动切换到所述至少两个MCU中的另一个MCU以确保连续冷却所述多个电子设备子系统。

确保冷却多个电子设备子系统的冷却系统和方法

技术领域

本发明总体上与用来对电子器件、模块和系统散热的冷却组件和其他设备有关。具体地说，本发明与采用至少两个模块化冷却单元(MCU)来液体冷却诸如电子设备机架之类的电子设备子系统的冷却系统和方法有关。

背景技术

诸如微处理器和电源之类的电子设备耗散的热通量再次达到了需要简单空气冷却之外的冷却措施来控制组件温度的程度。液体冷却(例如，水冷)是一种用来对付这些更高热通量的具有吸引力的技术。液体以高效率的方式(即，到被冷却组件的液体的温升最小)吸收组件/模块耗散的热量。通常，此热量最终要从液体转移给外部环境。否则，冷却液温度会不断上升。

从二十世纪七十年代到九十年代初期，国际商业机器公司通过使冷却液经由作为单个大型计算机房水温度调节单元(CRWCU)的冷却液分配单元循环完成了这个任务。该 CRWCU 将温度调节后的冷却水分配给需冷却的大型计算机系统的各个电子设备机架。传统上，大型计算机的电子设备机架包括存储器机柜、处理器机柜、输入/输出机柜、电源机柜等。在工作时，该 CRWCU 接收用户的冷却水，然后用其对到计算机房各个电子设备机架的温度调节后的冷却水散热。

上述 CRWCU 包括一个主冷却回路，建筑冷却水通过马达驱动的控制阀供给并流经该主冷却回路。该阀确定了将通过热交换器的建筑冷却水的流量，同时该建筑冷却水的一部分能经由旁通开口直接返回到回水管。上述 CRWCU 还包括具有储水器箱的第二冷却回路，水由两个泵中的一个泵从该储水器箱抽入上述热交换器进行温度调节并作为温度调节后的水源从

该热交换器输出到计算机房中需冷却的电子设备机架。计算机房水温度调节单元通常与电子设备机柜分开并将向计算机房的所有电子设备机柜提供系统水(通常保持在 22℃左右)。

冷却液分配单元,具体地说是计算机房水温度调节单元(CRWCU),含有单个热交换器、单个储水器、单个控制阀和冗余的泵。因此,在有一个泵发生故障的情况下,CRWCU会自动地切换到冗余的泵,但是该冷却液分配单元内的任何其他故障会使整个计算机房大型机系统停机。例如,如果上述热交换器、控制阀或建筑冷却水源发生故障,计算机房内的整个大型机系统也将发生故障。冗余的大型计算机接管计算机房以使处理可以继续(以性能降低的模式),直到停机的大型机被修复。

发明内容

现在,诸如二十世纪七十和八十年代所存在的多机柜大型机系统已经由单个处理器机柜或机架代替。因此,多个处理器机柜,从高档、中档到低档的,现在可以从单个计算机房水温度调节单元得到水源。但是其中有一个问题。单个热交换器故障、控制阀故障或冷却水源的丧失可以使整个计算机房停止工作。

通过提供一种具有至少两个模块化冷却单元(MCU)的冷却系统可以克服这些缺点并提供其他优点,其中每个MCU都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液。每个MCU包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及第二冷却回路。当MCU工作时,该第一冷却回路从一个源接收冷却的设备冷却液并使其中至少一部分通过所述热交换器,该部分由所述至少一个控制阀控制。该第二冷却回路向多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液,在所述热交换器内将来自该多个电子设备子系统的热量排放给所述第一冷却回路内的冷却的设备冷却液。所述至少一个控制阀可以调节流经所述热交换器的冷却的设备冷却液,从而可以控制在所述第二冷却回路内冷却多个电子设备子系统的系统冷却液的所需温度。

在另一个方面，提供了一种受冷却的电子设备系统。该受冷却的电子设备系统包括多个电子设备子系统和至少两个模块化冷却单元(MCU)。每个 MCU 都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液。每个 MCU 包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及第二冷却回路。当 MCU 工作时，该第一冷却回路从一个源接收冷却的设备冷却液并使其中至少一部分通过所述热交换器，该部分由所述至少一个控制阀控制。该第二冷却回路向所述多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液，在所述热交换器内将来自所述多个电子设备子系统的热量排放给所述第一冷却回路内的冷却的设备冷却液。所述至少一个控制阀可以调节流经所述热交换器的冷却的设备冷却液，从而可以控制在所述第二冷却回路内冷却所述多个电子设备子系统的系统冷却液的温度。

在另一方面，提供了一种冷却多个电子设备子系统的方法。该方法包括提供至少两个模块化冷却单元(MCU)，其中每个 MCU 都能向多个需冷却的电子设备子系统提供系统冷却液。进而，每个 MCU 包括热交换器、具有至少一个控制阀的第一冷却回路以及带有系统冷却液的第二冷却回路。对于所述至少两个 MCU 中的一个选定的 MCU，该方法还包括：从一个源向所述第一冷却回路提供冷却的设备冷却液并使其中至少一部分经由所述至少一个控制阀通过所述热交换器；从所述第二冷却回路向所述多个电子设备子系统提供冷却后的系统冷却液，并在所述热交换器内将来自所述多个电子设备子系统的热量排放给所述第一冷却回路内的冷却的设备冷却液，其中所述选定的 MCU 的至少一个控制阀可以调节流经所述热交换器的设备冷却液，从而可以控制在所述第二冷却回路内冷却所述多个电子设备子系统的系统冷却液的温度。

其他功能和优点可以通过本发明的技术实现。本发明的其他实施例和方面将在下面详细说明，它们被看作所申请的发明的一部分。

附图说明

在说明书后的权利要求书中特别指出和明确要求了被看作本发明的主

题。从以下结合附图所作的详细说明，本发明的上述及其他目的、功能和优点是显而易见的，这些附图是：

图 1 示出了传统的用于计算机房的冷却液分配单元；

图 2 是可根据本发明的一个方面而采用的可扩展的冷却液温度调节单元的原理图；

图 3 部分示出了根据本发明的一个方面采用两个模块化冷却单元的冷却系统的实施例；以及

图 4 部分示出了根据本发明的一个方面采用至少两个模块化冷却单元的冷却系统的另一个实施例。

具体实施方式

此处使用的“电子设备子系统”包括含有计算机系统的一个或多个发热组件或其他需要冷却的电子设备系统的任何机房、机柜、机架、隔间等。术语“电子设备机架”包括任何具有计算机系统或电子设备系统的发热组件（例如可以是一个具有高、中或低端处理能力的独立计算机处理器）的机柜或机架。在一个实施例中，电子设备机架可以包括多个电子设备箱，每个箱具有一个或多个需要冷却的发热组件。

在所述冷却液分配单元内，或者具体地说在此处说明的模块化冷却单元(MCU)内的冷却液的一个例子是水。但是，所揭示的原理很容易应用于在设备侧和系统侧两者的其他类型的冷却液。例如，所述冷却液可以包括盐水、氟烃液或其他类似的化学冷却液或致冷剂，但仍然保持本发明的所述优点和独特特性。

如以上简要指出的那样，计算机设备(主要是处理器)内的功率水平已上升到不再能简单地用空气冷却的水平。这些组件将很可能用水冷。处理器耗散的热量可以通过水冷的冷却板传递给水。用户处(即，数据中心)通常可得到的水不适合用于这些冷却板。首先，担心冷凝的形成，因为数据中心的水的温度（从 7℃ 到 15℃）远低于室内露点(通常为 18-23℃)。其次，相对较差的水的质量(其化学性质、洁净度等)将影响系统可靠性。因

此所希望的是，利用一种水冷/温度调节单元，其使高质量的水流向需冷却的电子设备并从其流回，排出来自数据中心水的热量。此处所谓的“设备水”或“设备冷却液”指该数据中心水或冷却液，而“系统水”或“系统冷却液”分别指在所述冷却液分配单元与受冷却的（多个）电子设备子系统之间循环的冷却后的/温度调节后的水或冷却液。

现在参考附图，其中不同的图中使用的相同标号指相同或类似的组件。图 1 示出了一个用于计算机房的传统冷却液分配单元的实施例。冷却单元 111 相对较大，占据了比现在将认为是两个完整电子设备机柜还多的空间。在该冷却单元内是功率/控制元件 112、储水器/膨胀箱 113、热交换器 114、泵 115(通常还附带有冗余的第二个泵)、用户水(或现场或设备服务水或冷却液)进水管 116 和出水管 117、将水经由连接器 120 和管道 122 引至各电子设备机柜 130 的供液歧管 (manifold) 118 以及经由管道 123 和连接器 121 将来自各电子设备机柜 130 的水引回的回液歧管 119。

图 2 示出了根据本发明的一个方面的可扩展冷却液温度调节单元 (SCCU) 211 的一个实施例。单元 211 内将是功率调节器和控制器(未示出)。从电子设备机架返回的系统冷却液被收集在回液歧管 119 内并通过集成的热交换器/膨胀箱 223 的膨胀箱部分，如以上纳入的标题为“Scalable Coolant Conditioning Unit with Integral Plate Heat Exchanger/Expansion Tank and Method of Use”（具有集成平板式热交换器/膨胀箱的可扩展冷却液温度调节单元及其使用方法）的美国专利申请中所详细说明的。系统冷却液从膨胀箱 223 被引到另一个歧管 224，该歧管 224 将冷却液提供给多个模块化泵送单元(MPU)227。这些 MPU 的压力较高的排出液被收集入歧管 225 并被送至上述集成热交换器/膨胀箱 223 内热交换器的“热侧” (hotside)。上述 MPU 通过包括自动连接组件(未示出)的易插 (insertion facilitation) 机构连接到歧管，这些自动连接组件通过软管连接到包括多个电磁控制隔离阀的隔离阀机构。可替代地，该隔离阀可以或者本地或者远程地手动控制，该自动连接组件可以用手动控制的快速断开器代替。该隔离阀连接到歧管 224 和 225，用来在安装和拆卸期间将 MPU 与歧管隔离。

经流过热交换器的“冷侧(coldside)”的设备冷却水(116, 117)冷却, 上述系统冷却液被送至供液歧管 118, 其将冷却液分配给一个或多个需冷却的电子设备机架。虽然在此没有示出, 上述 SCCU 还可以采用对系统水进行过滤和根据需要自动添加诸如苯并三唑(BTA)之类的防蚀剂的措施。二通控制阀 228 用来调节到集成热交换器/膨胀箱 223 内的热交换器的设备冷却水的流速, 从而控制送给电子设备机架的系统冷却液的温度。可以在系统冷却液供液歧管 118 的进口设置热敏温度读出元件(未示出), 以便向控制阀 228 运行的电源/控制器提供电信号。如果系统冷却液温度高于所希望的, 阀 228 可以开大一些, 使通过热交换器的设备水的流量增大, 从而降低从供液歧管 118 送至电子设备机架的系统水的温度。可替代地, 如果系统水温度低于所希望的, 阀 228 可以关小一些, 使通过热交换器的设备水的流量减小, 从而提高从供液歧管 118 送至电子设备机架的系统水的温度。从图 2 可以看到, 取决于计算机房电子设备子系统的冷却要求, 通过根据需要向 SCCU 添加模块化泵送单元, 上述冷却液分配单元的功能是可扩展的。

计算机系统现在被设计和制造成可连续运行。这可以通过将可同时维护并且可以被替换而不影响系统运行的冗余组件进行组合来实现。例子包括多个风扇/吹风机或多个电源模块。图 1 的原始冷却液分配单元和图 2 的增强型可扩展冷却液温度调节单元都不具有使所需系统可用的必要冗余级别或同时维护能力。因此, 在这里所提供的是一种采用至少两个模块化冷却单元(MCU)的冷却系统和方法, 每个模块化冷却单元匹配或超过需冷却的计算机房电子设备子系统的冷却要求。此外, 每个 MCU 通过将模块化冗余连同同时维护能力进行组合来匹配或超过电子设备子系统本身的可用性。

图 3 部分示出了根据本发明的一个方面的冷却系统或冷却液分配单元 300 的实施例。在这个例子中, 单元 300 包括至少两个模块化冷却单元(MCU)310a、310b。每个冷却单元 310a、310b 能够向多个需冷却的电子设备子系统或电子设备机架提供系统冷却液。进水管 312 将水源提供的设

备水送入冷却系统。设备水通过双向手动球阀 314a、314b 送至所述 MCU，除非正在更换或拆下其中一个 MCU 以便检修，球阀 314a、314b 是常开的。在设备冷却液进口上还配置有套圈连接器(ferrule coupling)315a 和 315b，以便必要时可以拆下 MCU。电动双向比例阀 316a、316b 在系统控制器的控制下确定设备冷却液是否流过 MCU 310a 或 MCU 310b。

旁通管 318a、318b 用来将一部分设备冷却液旁路，绕过此实施例的集成膨胀箱/热交换器。通过旁通管 318a、318b 的设备冷却液的量由控制器使用电动双向比例阀 320a、320b 来控制。进入膨胀箱 322a、322b 的设备冷却液继续通过热交换器(Hx)324a、324b 内的第一冷却回路 325a、325b。流出第一冷却回路后，设备水通过另一个套圈连接器 321a、321b 和双向手动球阀 323a、323b 回到设备水源。

在系统水侧，系统水从多个电子设备子系统返回，通过球阀 330a、330b 和套圈连接器 332a、332b，在该处系统水被添加到膨胀箱 322a、322b 中的系统冷却液。然后来自该箱的系统冷却液通过套圈连接器 340a、340b 被抽出并由泵 342a、342b 增压，其将增压后的系统冷却液通过止回阀 343a、343b 和套圈连接器 344a、344b 送回热交换器 324a、324b 的第二冷却回路 327a、327b。冷却后的系统水从该第二冷却回路通过例如套圈连接器 350a、350b 和球阀 352a、352b 送至适当的电子设备机架歧管。如果需要，可以在设备水进水管和系统水出水管上都配置温度传感器“TS”，并在系统水出口管上放置压力传感器“PS”以监视冷却系统内的工作状况。

MCU 310a、310b 的储水器或膨胀箱 322a、322b 经由球阀 360（其两侧也具有套圈连接器 362、363）来液体连通。阀 360 和连接器 362、363 使得可以卸下或更换其中一个模块化冷却单元。

有利地，如图 3 所示，每个冷却系统最少有两个模块化冷却单元。这些冷却单元通过上述球阀和连接器连接在一起，以便在给定时刻任一 MCU 都可以工作。如所指出的那样，每个 MCU 配置成为需冷却的一个或多个电子设备子系统提供完全的冷却系统能力。虽然在图 2 中示为集成热交换器/膨胀箱，但每个模块化冷却单元也可以配置为具有单独的膨胀箱和热交

换器。此外，每个热交换器可以是各种实施例之一，包括平板式热交换器或壳管式热交换器。这些 MCU 通过歧管连在一起，以便在给定时刻任一 MCU 都可以工作。MCU 的工作和 MCU 之间的切换可以由冷却系统的电源和控制器子系统进行微码控制。每个 MCU 的出水/进水管连接处都有套圈连接器，以便必要时可以拆下和更换 MCU。每个套圈连接器关联有手动隔离阀，以便可以将正在工作的 MCU 与空闲的 MCU 隔离或分离。每个 MCU 内的泵都配置了附加的套圈连接器，以便可以更换该泵而不必拆下整个 MCU。图 3 的设计的进一步的特征在于连接上述两个储水器的管道。在正常工作状态期间，不能保证系统水流入一个膨胀箱或另一个膨胀箱。因此，通过将这些膨胀箱如图 3 所示连接在一起来避免出现问题。

图 4 部分示出了另一个也采用至少两个模块化冷却单元 410a、410b 的冷却系统或冷却液分配单元实施方式 400 的实施例。在此替代实施方式中，用户水通路是单独的和隔离的，以便分别通过第一供水管 412a 和第二供水管 412b 接收设备水，通过第一回水管和第二回水管返回设备水。如果这两个设备水馈送是真正冗余和相互独立的，就可以实现增加的可用性。这保证了将有一个设备水水源可用于冷却正在运行的电子设备子系统。

在运行中，上述设备水供水流过也是常开的双向手动球阀 414a、414b。设备水通过套圈连接器 415a、415b 被提供给电动三通比例阀 416a、416b。阀 416a、416b 确定了要被旁路以绕过集成热交换器 424a、424b 的膨胀箱 422a、422b 的设备水量。流经旁路管的设备水由电动截流阀 420a、420b 控制(例如，阀 420a、420b 可以关断不工作的 MCU 的旁路流，以防止设备水流过不工作的 MCU)。如上所述，通过控制流经第一冷却回路 425a、425b 的冷却后的设备水量，可以控制第二冷却回路 427a、427b 内的系统冷却液的温度。这可以通过控制流经相应旁路管的设备水量来实现。流经热交换器后，设备水通过套圈连接器 421a、421b 和球阀 423a、423b 流出，返回各自的独立水源。

在系统水侧，返回的系统水被收集到回液歧管中，再通过双向球阀 430a 和 430b 以及关联的套圈连接器 432a 和 432b 送至温度调节单元 410a、

410b 中一个正在工作的温度调节单元。返回的系统水流入膨胀箱 422a、422b。同时，水由泵通过关联的套圈连接器 440a、440b 从上述箱 422a、422b 抽出。系统水由泵 442a、442b 增压后通过止回阀 443a、443b 和关联的套圈连接器 444a、444b 输入第二冷却回路 427a、427b，在该处系统水在热交换器 424a、424b 内得到冷却。冷却后的系统冷却液从热交换器输出，通过关联的套圈连接器 450a、450b 和球阀 452a、452b 提供给一个或多个需冷却的电子设备子系统。此外，图 4 中示出了系统水供水管道上的温度传感器“TS”和压力传感器“PS”，其可以用来监视上述冷却系统的运行。上述膨胀箱也是通过具有关联套圈连接器 462、463 的球阀 460 来连通。

虽然这里示出和详细说明了一些优选实施例，但对本领域的技术人员显而易见的是，可以做出各种修改、补充、替换等而不偏离本发明的精神，因此，如以下权利要求书中定义的那样，这些修改、补充、替换等被看作在本发明的范围之内。

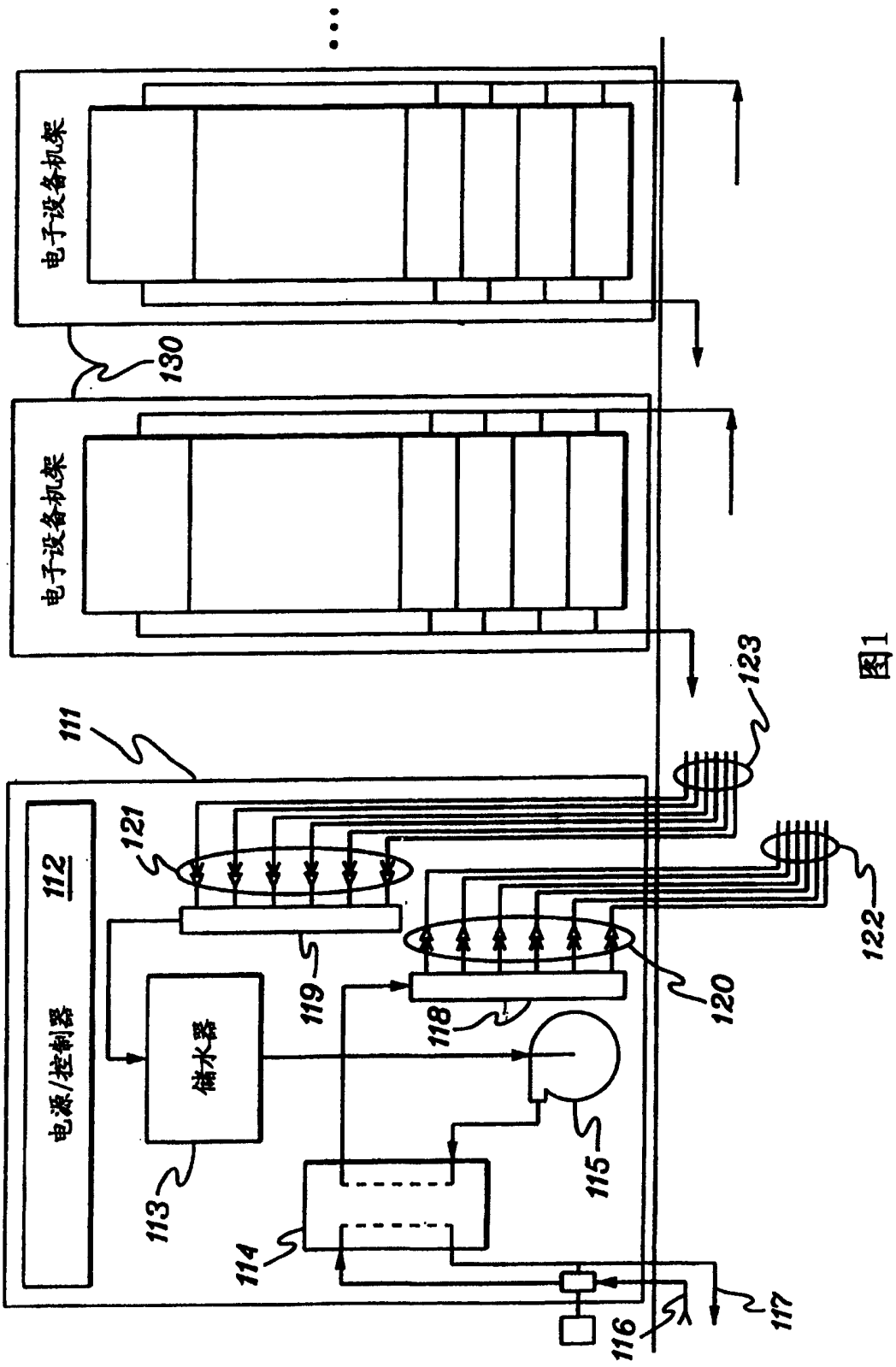
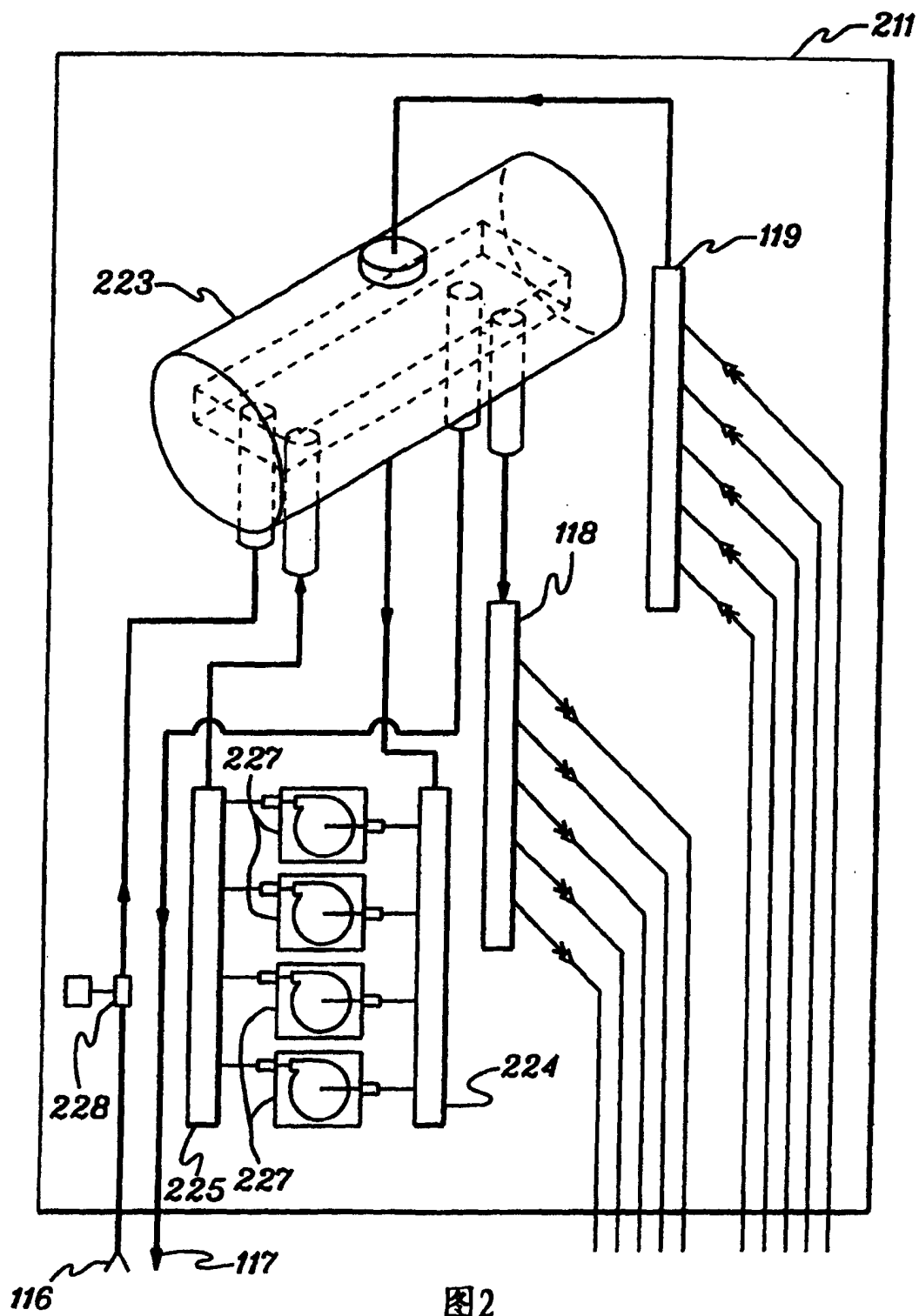


图1



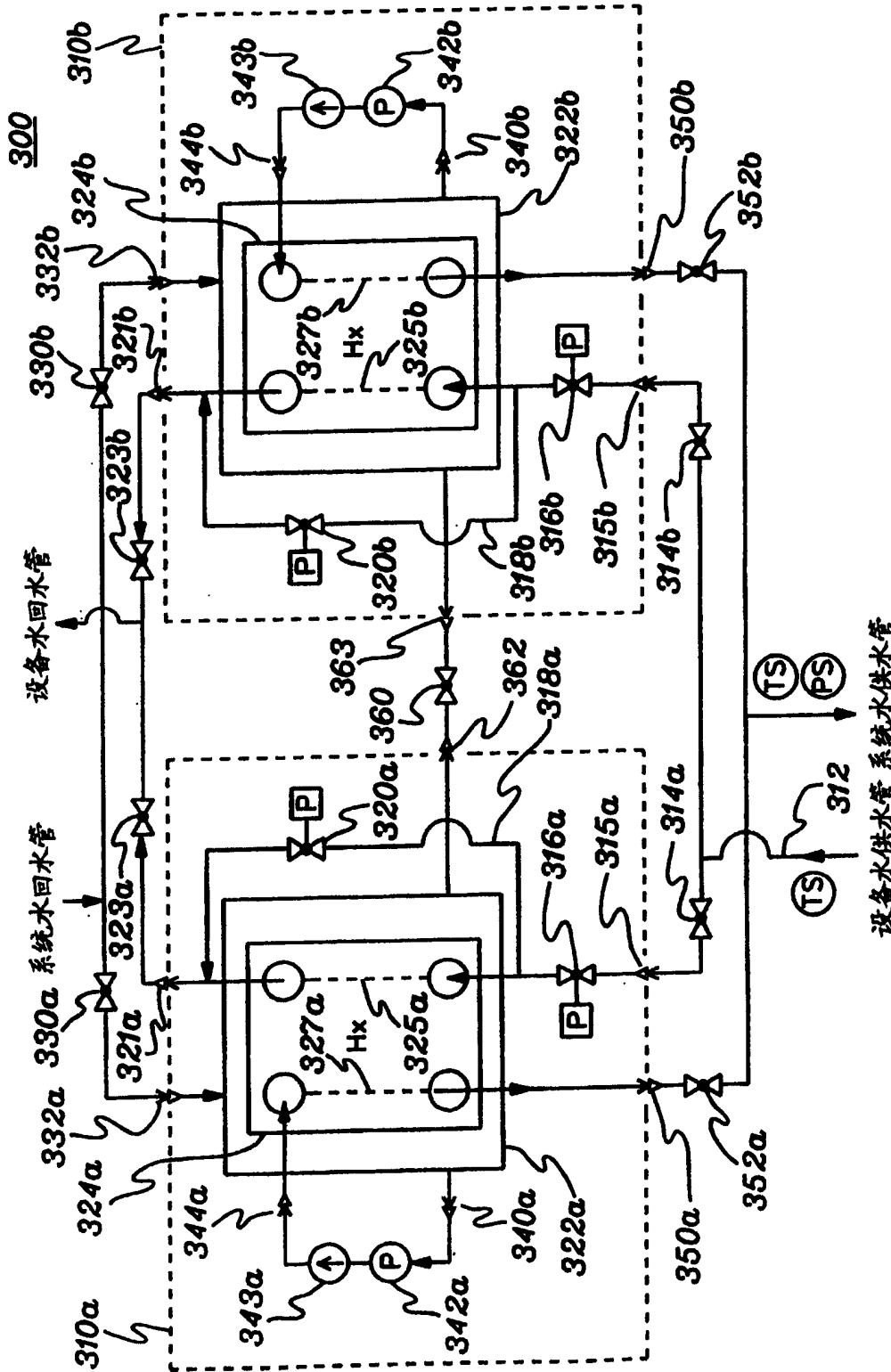


图3

