



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780046557.7

[43] 公开日 2010年1月27日

[11] 公开号 CN 101636582A

[22] 申请日 2007.10.18  
 [21] 申请号 200780046557.7  
 [30] 优先权  
     [32] 2006.10.23 [33] US [31] 11/585,023  
 [86] 国际申请 PCT/US2007/022196 2007.10.18  
 [87] 国际公布 WO2008/051427 英 2008.5.2  
 [85] 进入国家阶段日期 2009.6.16  
 [71] 申请人 班·M·艾尼斯  
     地址 美国内华达州  
     共同申请人 保罗·利伯曼  
 [72] 发明人 班·M·艾尼斯 保罗·利伯曼

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责  
 任公司  
 代理人 安翔 林月俊

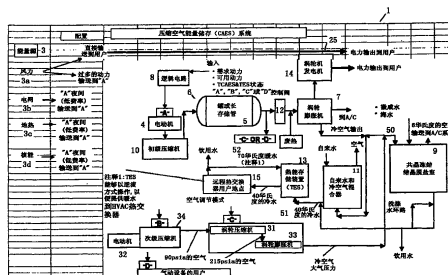
权利要求书5页 说明书38页 附图20页

## [54] 发明名称

使用压缩空气能量和/或来自脱盐过程的冷冻水的热能储存系统

## [57] 摘要

本发明涉及一种用于产生特别用于冷却目的的节省成本的能量的通用系统。在一个实施例中，风力涡轮机用于产生电和压缩空气能量，其中该压缩空气能量用于一起产生电和冷空气。然后，该冷空气用于冷冻混合室或脱盐系统中的水，其中冷冻水储存在分离罐中，其中该冷冻水可以在以后用于向设施的空调系统提供冷却。当使用脱盐时，该系统产生冷冻的饮用淡水，该冷冻的饮用淡水能用于空气调节，并且随后用作饮用淡水。任何排出的冷空气均能够直接用于空气调节。



1. 一种能够降低最终用户的能量成本的冷却系统，包括：

压缩空气能量储存系统，该压缩空气能量储存系统能够储存压缩空气形式的能量，并且包括初级压缩机、罐和用于释放压缩空气的膨胀机，由此，由所述膨胀机释放的能量能够用来向发电机提供动力以发电，和/或产生冷空气；

冷却室，该冷却室适于使用冷空气来冷冻所述冷却室内的液体；

热能储存单元，该热能储存单元包括能够储存所述冷冻液体的分离罐；

空调系统，该空调系统与所述热能储存系统和所述压缩空气能量储存系统连通，其中来自所述冷却室的冷冻液体能够循环到所述分离罐，并且其中来自所述分离罐的冷冻液体能够被抽出并用于向所述空调系统提供冷却。

2. 根据权利要求1所述的冷却系统，其中将空气压缩到所述压缩空气能量储存系统中的能量可从以下能量源中的至少一个获得：

- 1) 来自一个或多个风力涡轮机的风力；
- 2) 电网；
- 3) 地热能；和
- 4) 核能。

3. 根据权利要求1所述的冷却系统，其中所述系统包括至少一个风力涡轮机以产生风能，所述风能能够用于驱动所述初级压缩机以将空气压缩到所述压缩空气能量储存系统中。

4. 根据权利要求3所述的冷却系统，其中第二发电机设置成与所述至少一个风力涡轮机关联，其中由所述第二发电机发的电能够全部或部分传输到以下项中的至少一个：

- 1) 电线，该电线通向用户或电网以用于所述电的即时使用；

- 2) 所述压缩空气能量储存系统;
- 3) 次级压缩机系统。

5. 根据权利要求 4 所述的冷却系统, 其中所述次级压缩机系统包括次级压缩机、涡轮压缩机、次涡轮膨胀机和至少一个热交换器, 并且其中所述次涡轮膨胀机用于产生冷空气, 所述冷空气可分配到所述冷却室。

6. 根据权利要求 1 所述的冷却系统, 其中所述罐内的压缩空气中的至少一部分能够: 1) 分配到次级压缩机系统; 2) 用于向所述空调系统提供直接冷空气; 和/或 3) 用于向气动设备提供动力。

7. 根据权利要求 1 所述的冷却系统, 其中所述冷却室包括填充有液体的混合室, 并且使所述冷空气能够以气泡的形式引入到所述混合室中, 其中由此引起的热传递导致所述混合室中的液体变冷以产生所述冷冻液体。

8. 根据权利要求 7 所述的冷却系统, 其中所述混合室中的冷冻液体与所述分离罐连通, 并且与所述空调系统连通, 使得所述冷冻液体能够有助于向所述空调系统提供冷却, 并且其中所述冷冻液体被保持在闭环系统中, 使得该冷冻液体能够从所述空调系统循环回所述混合室。

9. 根据权利要求 1 所述的冷却系统, 其中所述冷却室包括用于海水脱盐的结晶室, 其中所述结晶室适于允许海水以细雾或喷雾的形式引入到所述结晶室中, 其中所述冷空气可引入到所述结晶室中以使所述细雾或喷雾被冷冻, 从而形成由纯水构成的冰粒, 其中所述结晶室使盐和其它杂质能够从海水中去除, 以由此产生冷冻淡水。

10. 根据权利要求 9 所述的冷却系统, 其中形成在所述结晶室中

的冰粒能够在保持罐中融化，其中另外的淡水能够用于使所述冰粒融化以产生冷冻淡水。

11. 根据权利要求 10 所述的冷却系统，其中所述结晶室中的所述冷冻淡水与所述分离罐连通，并且与所述空调系统连通，使得所述冷冻淡水能够有助于向所述空调系统提供冷却，并且其中，在以后，所述淡水能够从所述系统抽出并可用作饮用淡水。

12. 根据权利要求 2 所述的冷却系统，其中在能量费率相对低的非高峰需求时段内获得由所述系统使用的能量，并能够在能量费率相对高的高峰需求时段内使用来自所述分离罐的冷冻液体来运行所述空调系统。

13. 根据权利要求 1 所述的冷却系统，其中所述分离罐具有上部和下部，所述上部具有上入口和上出口，所述下部具有下入口和下出口，并且其中来自所述冷却室的冷冻液体能够通过所述下入口循环到所述分离罐的下部中，并且其中来自所述分离罐的冷冻液体能够通过所述下出口从所述分离罐的下部被抽出，以向所述空调系统提供冷却，并且其中在已经由所述空调系统进行热交换之后，来自所述空调系统的冷冻液体能够通过所述上入口循环到所述分离罐的上部中，并且其中来自所述分离罐上部的冷冻液体能够通过所述上出口循环回所述冷却室。

14. 根据权利要求 1 所述的冷却系统，其中用于将空气压缩到所述压缩空气能量储存系统中的能量能够在能量费率相对低的非高峰需求时段内使用，并能够在能量费率相对高的高峰需求时段内使用来自所述分离罐的冷冻液体来运行所述空调系统。

15. 根据权利要求 1 所述的冷却系统，其中最初使用的液体是海水，并且所述冷却室包括具有结晶室的脱盐系统，以从海水中去除盐

和/或其它杂质，并且其中由所述脱盐系统产生的净化水能够从所述结晶室循环到所述分离罐，并且能用于向所述空调系统提供冷却。

16. 根据权利要求 15 所述的冷却系统，其中所述脱盐系统使得来自所述膨胀机的冷空气能够引入到所述结晶室中，其中所述海水被冷冻以形成由净化水构成的冰粒，所述冰粒能够与海水中的盐和其它杂质分离。

17. 一种能够降低最终用户的能量成本的冷却系统，包括：

脱盐系统，该脱盐系统用于从水中去除盐和/或其它杂质，其中所述脱盐系统能够形成由纯水构成的冰粒，所述冰粒能够与水中的盐和其它杂质分离；

储存罐，该储存罐用于储存来源于所述冰粒的冷冻的净化水；和  
与所述脱盐系统连通的空调系统，其中来自所述储存罐的冷冻水能够被抽出并用于向所述空调系统提供冷却，其中所述冷冻水能够穿过所述空调系统并导致循环空气由此变冷。

18. 根据权利要求 17 所述的冷却系统，其中所述储存罐包括填充有水的热能储存分离罐，其中所述分离罐具有上部和下部。

19. 根据权利要求 18 所述的冷却系统，其中来自所述脱盐系统的冷冻的净化水被循环到所述分离罐的下部中，其中该净化水能够从所述下部抽出以向所述空调系统提供冷却，并且其中在已经由所述空调系统进行热交换之后，来自所述空调系统的水能够被循环并分配作为饮用淡水。

20. 根据权利要求 17 所述的冷却系统，其中用于净化所述水的能量能够在能量费率相对低的非高峰需求时段内使用，并且在能量费率相对高的高峰需求时段内能够使用来自所述分离罐的冷冻的净化水来运行所述空调系统。

21. 根据权利要求 17 所述的冷却系统，其中所述脱盐系统包括能够压缩空气并用膨胀机释放所述空气的压缩空气能量系统，由此，通过用所述膨胀机释放所述压缩空气而产生的排出冷空气能够用于冷冻所述脱盐系统中的水。

## 使用压缩空气能量和/或来自脱盐过程的冷冻水的热能储存系统

### 背景技术

在美国的许多地区中，空气调节需求是相当大的，特别在夏天的几个月期间。在一些州中，例如南方的佛罗里达和德克萨斯以及其它州，这些需求在一年的大部分时间内都是相当大的。不仅在使用大的窗户时高的室外温度影响室内温度，而且通常对于冷却以抵消温室效应有实质上增加的需求，温室效应可导致热量被俘获在室内。在气候温暖的区域，对空气调节的需要可导致相当一部分能量消耗被专用于空气调节需要，即，空气调节可变成重要因素并且/或占据全部能量消耗的很大百分比，因此，使家或办公室保持凉爽的成本可能变成沉重负担。

与使建筑物保持凉爽相关的另一问题是：能量需求通常在白天达到高峰，这又提高了这些时段内的能量费率。也就是说，空气调节需求通常在白天最高，白天是太阳正在照射并且室外温度最高的时候。那时也是绝大多数业务正在进行的时候，使得他们倾向于抬高那些时段内的能量费率。很多公用事业公司在白天高峰时段内收费更多以抵消较高的需求。在夏天最热的几个月期间尤其如此。在冬天的几个月期间，当加热需求大于冷却需求时，两者之间的关联没那么强。在冬天的几个月期间，通常白天比夜间更暖，因此，白天的总能量需求通常不如它们在夏天时高。然而，能量成本在最高需求时段内达到最高，维持家或办公室里舒适温度的成本可能惊人地高。

由于这些问题，过去已经尝试开发和实现节省成本的系统，这些系统使用替代能量源来降低高需求时段内的总能源成本。例如，已经开发出太阳能系统并用于向家和办公室提供额外的加热。然而，由于其本身的性质，来源于太阳的能量不能在正常情况下高效地用于冷却

目的。虽然太阳能可转化为电，并且随后该电可用于向空调系统提供动力，但转化太阳能来发电的成本可能高得惊人。

过去的系统也已经使用诸如风的其它天然替代能源来发电，该电然后可用于加热和冷却。然而，使用风的困难在于风不可能总是在需要时吹刮。例如，风可能不可预测且不确定，其中风在能量需求最高的时段内可能不以足够的力和规律吹刮。实际上，在许多情况下，风可能在夜间刮得更猛且更持续，而如上所述，对能量的需求可能在白天最大。

为了解决这些困境，已经尝试储存由风产生的能量，使得它可以在以后最需要它的时候使用。过去的尝试包括使用大约 10 到 50kW 功率的小风力涡轮发电机，这种风力涡轮发电机在过量风力时段内使用电池来储存能量以弥补风力不足的时候。也存在一些方案，这些方案设计成将风能以压缩空气能量的形式储存在地下洞穴中，它使用补充燃烧来提高改进电力输出。尽管储存由风产生的能量的这些尝试有一些优点，但它们也有一定的缺点，使得它们难以使用或效率低。

当前使用的且已经相对成功地降低能量成本的一种类型的空调系统是热能储存系统（TES）。在这种系统中，水通常在电费率相对低的时段内被冷冻，然后该冷冻水储存在大的储存罐中，使得冷冻水能够在以后（即，当电费率相对高的时候）用于向空调系统提供冷却。该系统在能量费率相对低时（例如在夜间）对水进行冷冻，并随后将它储存在水温分层罐中，使得以后在最需要它的时候（即，在白天高峰时段内），它能够用于向相关的设施提供冷却。这使得该设施能够在相对低能量成本的时段内（即在夜间）消耗来自公用电网的电能，然后在相对高能量成本的时段内（即白天）用于冷却该设施，其中能够降低总能量成本。

然而，这些系统的一个缺点是必须直接从公用事业公司购买能量，

虽然它可以在非高峰时段内以较低的费率购买。由于这些原因，需要一种能够用于向空调系统提供冷却的改进的方法和系统，该方法和系统不仅能够在白天高峰时段内运行，而且也能够进一步降低最终用户的成本和总的能量用量。

## 发明内容

本发明涉及一种能够降低最终用户的能量成本的改进的冷却方法和系统，包括适于与热能储存系统相结合地运行的空调系统和/或压缩空气能量储存系统。

在一个实施例中，空调系统优选适于与压缩空气能量储存系统相结合地运行，该压缩空气能量储存系统优选具有压缩机和压缩空气储存罐，能够在一段延长的时段内储存压缩空气形式的能量。在此实施例中，驱动压缩机的能量优选但非必须由风产生。可以在策略上布置并改变一个或多个风力涡轮机，使得它们能高效地产生风能并且在持续的基础上产生用于压缩机的能量。风力涡轮机可设有能发电的发电机，其中该电可由任何关联的设施、用户或电网立即使用。该系统使得风能可以在风最可用时（例如在夜间）或者风持续吹刮的任何其它时间产生，并随后被储存以供以后使用。

该优选的系统优选具有涡轮膨胀机，以在适当的时间释放压缩空气能量，使得当压缩空气释放时，所产生的能量能够按以下形式被使用：1) 由结合压缩空气能量系统运行的发电机产生的电；或 2) 在释放压缩空气时作为副产物产生的冷空气。两种形式的能量优选在一起产生的基础上产生，使得在任何给定时间均能够高效地利用这两种形式的能量中的一种或另一种或者两种。在这方面，认为压缩空气能量储存系统以相对低的、即接近大约 30%的效率发电。在另一方面，通过同时一起产生电和冷空气，并将冷空气用于次级目的，所述系统的效率能够提高到高得多的效率、即达到大约 60%以上，这是所希望的。

在这个实施例中，在释放压缩空气时产生的冷空气可用于另外的冷却目的，例如用于空气调节、制冷和/或脱盐，如将要讨论的。此外，所述系统的这个实施例优选能够从储存冷冻水时（它可以在更合适的时间）延迟到要使用该冷冻水时的时刻。例如，在该实施例的一个变体中，能量能够以压缩空气的形式储存，使得它可以在以后被使用，即当需要能量时和/或时间更方便时使用。在第二变体中，由于压缩空气被压缩而未首先储存，所以不是首先储存压缩空气能量，而是能够立即释放压缩空气能量。在任一种情况下，在释放压缩空气时产生的膨胀空气不仅能够用于发电，而且也能够用于产生冷空气，该冷空气可用于产生冷冻水。冷冻水然后能储存在分离（温度分层）罐中，在分离（温度分层）罐中，能量能够以冷冻水而不是压缩空气的形式储存。在第三变体中，根据所述系统的需求，可改变所述系统以实现两者，即，一些压缩空气能量可储存以供以后使用，一些压缩空气能量可立即使用而不首先储存它，从而产生随后可储存在分离罐中的冷冻水。

来自涡轮膨胀机的冷空气可用于的次级目的之一是使用脱盐系统净化水。

本发明的脱盐系统优选适于从海水或从微咸水或其它形式的非纯净水（下文中统称为“海水”）中去除盐和其它杂质。在本实施例中，脱盐系统优选包括结晶室，该结晶室可用于去除盐和其它杂质，在该结晶室中可产生净化水。优选地，脱盐系统优选以细雾或喷雾的形式将海水喷射到结晶室中，并且优选将来自涡轮膨胀机的冷空气引入到所述室中，从而将所述细雾或喷雾暴露在很冷的空气中。这导致海水微滴过冷，远低于-6 华氏度，并且快速冻结，从而例如在结晶室的顶部形成过冷冰粒。在这些冰粒落到结晶室的底部上时，该系统可达到大约-6 华氏度的平衡温度。海水的冻结使得能浮起的纯水冰粒能够形成在结晶室的底部，从而将盐和其它杂质留在密度相对较大的盐水中。

(1) 通过重力和 (2) 通过在结晶室中添加淡水来排开层状附着在每个冰粒周围的粘性盐水，能够使高密度液态盐水与低密度淡水冰粒分离。淡水冻结并把盐水排到重力流中；成批冻结的这些加入的水在以后回收以便重新使用。用于加水的参数与在常规洗涤柱中使用的那些参数相同，除了这些水在微滴落到底部时逐层喷洒到冰体上。

过冷冰粒和盐水一起产生温度为大约-6 华氏度的混合物，其中低密度淡水冰粒漂浮在浓缩盐水中。大部分液态盐水通过排水被去除。冰粒上的任何残留液态盐水均能够常规洗涤柱中进一步去除。

因此，脱盐系统具有用于使冰粒与盐水分离的装置，以确保从冰粒中移除任何残留的盐或其它杂质。当冰粒融化时，仅留下纯水。这些冰粒（被冷却到稍暖于-6 华氏度以保证固态冰相和液态盐水相的形成）优选被分配到小的保持罐或其它容器中，并与另外的淡水（例如之前已经由所述系统净化的水，该水可处于室温下）混合并且随后允许该冰粒融化。通过将过冷冰粒与另外的水混合，所述系统能够产生非常冷的饮用淡水，即处于或接近凝固温度。例如，对于热能储存系统，如将要讨论的，对于进入分离罐的输入来说最终温度优选为大约+40 华氏度，虽然对于其它目的，如果需要的话，该水可大约为+32 华氏度到+60 华氏度或更高。

由脱盐系统产生的冷冻淡水然后可分配到热能储存系统，该冷冻淡水可以储存在该热能储存系统中并然后在适当的时间用于向空调系统提供冷却，然后该空调系统可用于冷却设施，如将要讨论的。在此最后的方面，优选的实施例优选包括分离或分层罐，来自结晶室的冷冻纯水可分配并储存到该分离或分层罐中。通过设置分离罐，最冷的水将留在罐的底部，而相对暖的水将留在罐的顶部，使得最冷的水能够从底部抽出并被空调系统使用，即当对空气调节的需求较高时。通过使分离罐中的水保持相对静止，冷水和温水将维持分层，其中最冷的水随后可在底部得到并用于向空调系统提供冷却。例如，位于顶部

的相对暖的水也可用作饮用水，或用于脱盐系统中的洗涤柱。

所述空调系统优选具有管和/或盘管，来自分离罐的冷冻水可通过该管和/或盘管来管道输送。这样，冷冻水可穿过位于中央空气调节室中的管和/或盘管的内部，使得在所述室内循环的空气可通过热交换来冷却。也就是说，当空气穿过和越过冷冻管和/或盘管时，围绕相对冷的管和/或盘管的相对暖的空气将变冷，并随后能够例如通过通风系统分配到整个设施以向所述设施或其它用户提供冷空气。从结晶室中排出的来自涡轮膨胀机的冷空气也可用于向所述设施直接提供冷空气。冷冻水也能够以冷冻水的形式、例如通过绝热管网络分配到其它邻近设施，其中可扩展该系统以向附近的另外设施提供另外的冷却能力。由于所述系统优选使用来自脱盐系统的淡水作为冷冻介质，所以该水随后优选从空调系统分配回去，以便分配为饮用淡水、用于所述设施或用于任何其它目的。

虽然常规 TES 通常以闭环方式运行，使得不向该系统中加水或从系统中去除水，但所述脱盐系统不是这种情况。例如，在常规 TES 中，冷水沿一个方向从分层罐的底部循环到位于远处的 HVAC 系统以使空气变冷，其中在冷水已经穿过热交换盘管之后，相对暖的水返回到分层罐的顶部。该系统也可将相对暖的水沿相反反向从分层罐的顶部循环到位于远处的 HVAC 系统以加温空气，其中在暖水已经穿过热交换器盘管之后，相对冷的水返回到分层罐的底部。

然而，在本脱盐实施例中，在结晶室（和洗涤柱）中产生冷冻的饮用淡水，该冷冻的饮用淡水随后可添加到分离罐，因而不希望所述系统以闭环方式运行。而是，希望淡水在它已经穿过空调系统之后被去除并返回到所述设施，使得该淡水可用作饮用淡水。因此，需要确保分离罐保持充满的传感器和逻辑电路，例如分别储存任何过量冷冻水的系统或者在分离罐充满时自动关闭的系统。

在这个实施例中，以下是所述系统需要的两个输入：1) 由风力涡轮机俘获的风能；和 2) 用于脱盐系统的海水。除了来自风力涡轮发电机的即时电输出之外，以下是能够在延时的基础上提供的可能输出，使得它们能够在最需要它们的时候被使用：1) 由涡轮膨胀机释放的压缩空气产生的电；2) 由涡轮膨胀机释放的压缩空气产生的冷空气；3) 在结晶室中通过使用由涡轮膨胀机释放的冷空气而产生的用于净化目的的净化水；4) 储存在分离罐中的由脱盐系统产生的冷冻淡水；5) 通过使冷冻淡水从分离罐穿过空调系统中的管和/或盘管而能够产生的冷空气；和 6) 含有盐和其它杂质、矿物等的盐水的回收物。此外，当涡轮膨胀机释放冷空气（它开始于-120 华氏度和-175 华氏度之间）时，该系统产生冷的排气并用于脱盐，这导致温度为大约-6 华氏度的冷空气。该系统优选使用两个不同储存装置中的一种或两种以将能量的使用从能量可用的时刻延迟到需要能量的时刻，包括：1) 压缩空气能量储存系统，它能够储存压缩空气形式的能量；和/或 2) 分离（水温分层）罐，它能够以冷冻水的形式储存能量。通过仅使用上述两种输入和两种储存介质，通过能够在延时的基础上提供上述两种输出，该优选实施例能够明显提高该系统的总效率。

在使用淡水并且/或不需要海水脱盐的替代实施例中，代替上述结晶室，可使用用于保持淡水或其它液体的混合室和分离罐。在这种情况下，来自涡轮膨胀机的冷空气优选被分配到混合室中，其中优选设置用于将冷空气引入到混合室中的装置。例如，这可以通过将冷空气作为微小气泡喷入并使这些气泡从下面进入混合室来实现。混合室中的水或液体因此循环并被该冷空气冷冻。混合室中的冷冻水或液体随后能够分配到分离罐中，该冷冻水或液体可储存在该分离罐中并在以后由空调系统使用，如上所述。

在这种情况下，分离罐优选具有上部和下部，其中来自混合室的冷冻水能够引入到该罐的下部。这样，当需要冷冻水来向空调系统提供冷却时，能够将冷冻水可从分离罐的下部抽出并随后分配到空气调

节器，该空气调节器然后可用于使空气冷却。通过使分离罐中的水保持相对静止，并且使水保持相对缓慢地流入和流出所述罐，冷冻水将留在罐的底部，而相对暖的水将留在罐的顶部。

优选地，在本实施例中，该系统形成闭环，并且分离罐的上部具有上入口和上出口，而下部具有下入口和下出口。这样，来自混合室的冷冻水能够通过下入口分配到分离罐的下部并随后被储存。然后，当需要时，可通过下出口从分离罐的下部抽出来自分离罐的冷冻水，以向空调系统提供冷却。然后，在冷冻水已经穿过空调系统并且已经热交换之后，来自空调系统的相对暖的水可通过上入口循环回分离罐的上部，水可再一次储存在分离罐中。最后，在适当的时间，来自分离罐上部的相对暖的水能够通过上出口循环回混合室，使得它可被重新冷冻以再次开始所述循环。

当包含热交换器盘管的地方需要加热时，从分离罐开始的循环可以反过来，使得来自分离罐顶部的暖水被传送到热交换器盘管以加热该盘管和 HVAC 空气。经过热交换器盘管的冷空气将使返回到分离罐底部的水冷冻。当冷水和热水分界面达到分离罐的顶部时，该过程中断。当来自混合室的冷水被添加到分离罐的底部时，必须从分离罐的顶部取出等量的温水，以适应分离罐的固定容积。分离罐容积被设置成适当大小，使得在白天有足够的冷冻水来满足冷空气调节需求。

在这个实施例中，需要以下输入：1) 由风力涡轮机俘获的风能；和 2) 来自任何源的水或液体。除了由风力涡轮发电机产生的即时电输出之外，以下是可在延时的基础上提供的可能输出，使得它们能够在最需要它们的时候被使用：1) 由涡轮膨胀机释放的压缩空气产生的电；2) 由涡轮膨胀机释放的压缩空气产生的冷空气；3) 由涡轮膨胀机释放的冷空气产生的冷冻水或液体，该冷冻水或液体通过使冷空气穿过混合室而产生，其中冷冻水或液体被储存在分离罐的底部；和 4) 所述设施处的冷空气，它可通过使冷冻水或液体从分离罐的底部穿过空调

系统中的管和/或盘管而产生。此外，当开始于-120华氏度和-175华氏度之间的冷空气用于将混合室中的水或液体冷冻到大约+40华氏度时，该系统产生冷的排气。如所述优选实施例，这个实施例优选使用两个不同储存装置中的一种或两种以将能量的使用从能量可用的时刻延迟到需要能量的时刻，包括：1) 压缩空气能量储存罐，它能够储存压缩空气能量形式的能量；和/或 2) 分离罐，它能够以冷冻水的形式储存能量。通过仅使用上述两种输入和两种储存介质，通过能够在延时的基础上提供上述两种输出，该优选实施例能够明显提高该系统的总效率。

在另一实施例中，产生压缩空气能量所需的能量可由除风力涡轮机之外的装置提供。例如，除了必须使用风力涡轮机，或使用可能无法预测且不确定的风能，这些系统例如在非高峰时段、即在白天可使用来自电网的能量，包括地热能和核能，在这种情况下，能够以较低的能量费率获得所用的能量以驱动压缩机。例如，在夜间，来自电网的能量可用于将空气压缩到压缩空气能量储存系统中，压缩空气可储存在压缩空气能量储存系统中，然后在适当的时间，压缩空气可由涡轮膨胀机释放以产生电和/或冷空气。如前所述，冷空气可用于冷冻和/或对水进行脱盐，使得冷冻水也可能储存在分离罐中，然后可使该冷冻水以后用于空调系统。由于在费率相对低时可储存来自电网的能量，并且该能量可在以后使用，所以通过在需求和费率低时购买能量，然后在需求和费率高时使用该能量，本实施例能够降低使用能量的总成本。

为了它们的理想性能，燃烧驱动的电网、地热能和核能源优选以稳定的输出连续运行。不幸的是，夜间动力需求降低。因此，这里描述的能量储存技术特别适用。

在其它实施例中，不是使用压缩空气能量储存系统，所述系统能够通过使用常规水冻结脱盐系统来产生要储存在分离罐中的冷冻水，

该水冻结脱盐系统产生低温以冻结海水并产生冷冻的净化水。这样，作为使用常规脱盐系统来净化水的结果而产生的低排出温度将不会浪费，而是能够用于使水冷冻，该冷冻水随后可储存在分离罐中并在以后对空气调节的需求较大时使用。

#### 附图说明

图 1 是示出本发明的通用部件实施例的示意图。

图 1a 是示意图，示出该通用系统如何能用来产生用于即时使用的电，并在夜间产生能量以将能量储存在压缩空气能量系统中。

图 2 是示意图，示出通用系统的次级压缩机部件以及脱盐室。

图 2a 是示意图，示出由能量源产生的压缩空气能量如何能够用来产生冷空气而不是首先储存该压缩空气能量。

图 2b 和 2c 是与次级压缩机和用于使冷空气保持冷却的热交换器有关的数据表。

图 2d 和 2e 是示出不同的涡轮膨胀机排气的图表。

图 3 示出风力涡轮机的示意图。虽然该图示出位于塔的底部的电动机 4 和压缩机 10，但本发明考虑存在两种驱动该压缩机的方法：第一，发电机可位于风力涡轮机的短舱中，其中来自该发电机的电可传输到塔下以驱动电动机，该电动机转而又驱动压缩机。第二，可在短舱中设置齿轮系，其中风力涡轮机的机械旋转能量可传输到塔下，并用来直接驱动压缩机，而不必首先将旋转能量转化为电。第一种方法是优选的使用方法。第二种方法提供更高效率的传动，但需要适当的结构稳定性考虑。

图 4 示出连接到分离罐的混合室的示意图。

图 5 示出连接到空调系统的分离罐的示意图。

图 6a 示出具有结晶室的脱盐系统的示意图，该结晶室使用冷空气来冻结作为细雾或喷雾喷射到该室中的海水微粒。

图 6b 是图 6a 所示的脱盐系统的示意图，示出冰粒如何积聚在该室的底部，其中多孔篮用于去除冰。

图 6c 是图 6a 所示的脱盐系统的示意图，示出如何能够从所述室

中去除冰粒，以及如何使用保持罐中的洗涤柱使冰粒融化。

图 6d 是图 6a 所示的脱盐系统的示意图，示出如何能够从所述室中去除冰粒，以及如何使用局部热空气使冰粒融化，其中多孔篮用于去除冰。

图 7 是示出图 1 的通用部件实施例的示意图，其中风力用于产生最大电力。

图 8 是示出图 1 的通用部件实施例的示意图，其中风力用于发电并伴随产生用于即时冷却的冷空气。

图 9 是示出图 1 的通用部件实施例的示意图，其中风力用于发电并伴随产生用于即时冷却和用于延时冷却的冷空气。

图 10 是示出图 1 的通用部件实施例的示意图，其中风力用于发电并伴随产生用于脱盐、即时冷却和延时冷却的冷空气。

图 11 是示出当储存罐充满时图 1 的通用部件实施例的示意图，其中风力用于发电并伴随产生用于即时冷却和延时冷却的冷空气。

图 12 是示出当储存罐充满时图 1 的通用部件实施例的示意图，其中风力用于发电并伴随产生用于脱盐、即时冷却和延时冷却的冷空气。

## 具体实施方式

### 1. 系统部件：

图 1 是示出包含单个系统 1 中的所有情况的所有部件和特征的通用实施例的示意图。一般来说，系统 1 包含：能量源 3；初级压缩机 10；压缩空气能量储存罐 5；用于释放压缩空气的涡轮膨胀机 7；涡轮发电机 14，用于使用压缩空气发电；脱盐系统 9，用于使用由涡轮膨胀机产生的冷空气来产生冷的淡水；混合室 11，用于使用冷空气来产生冷冻水；热能储存单元 13，它具有用来储存冷冻水的分离罐；和空调系统 15，它使用冷冻水来产生用于冷却的冷空气。这里也可以有次级压缩机 34、另外的热交换器等。

主系统部件由以下项组成：

- 能量源

- 压缩空气能量储存系统
- 无储存装置的涡轮压缩机和膨胀机
- 混合室
- 脱盐系统
- 热能储存系统
- 空调系统

#### A. 能量源：

能够结合系统 1 使用的能量源 3 可以为任何常规的手段，例如来自电网 3b 的标准电力、地热能 3c、核能 3d 等，但在优选实施例中，该能量源是由如图 3 所示的一个或多个风力涡轮机 19 产生的风力 3a。

可以使用常规风力涡轮机 19，其中每个风力涡轮机站优选包括塔 21，水平轴线风力涡轮机位于该塔 21 上。塔 21 优选地竖立以将风力涡轮机 19 定位在预定高度，并且每个风力涡轮机优选对准风。风力涡轮机 19 可安装在塔 21 的顶部，叶片或风扇 23 绕水平定向的旋转轴 18 定位。齿轮箱和发电机可位于风力涡轮机 19 的短舱 16 内，使得轴 18 的机械旋转动力能够直接驱动发电机来产生电能。通过将发电机直接定位在轴 18 上，机械动力可通过齿轮箱高效地转化为电力。然后，电能能够通过可连接到其它线路或电缆的电线传输到塔 21 下并分配到系统 1，以提供能量用于即时使用或用于储存。在图 3 中，电动机 4 示出为位于塔 21 的底部以用于驱动压缩机 10，但是可提供位于塔 21 的底部处的任何构造，包括与线路 25 的连接件和/或开关。

风力涡轮机 19 优选使用位于短舱 16 内的发电机将旋转机械动力转换为电能。在风力涡轮机系统的一个方面，所述电能可用于发电以供相关设施、用户或电网即时使用。在这方面，如图 1 所示的线路或线缆 25 优选连接到风力涡轮机的发电机，使得来自风力涡轮机 19 的电能可以在最需要它的时候、即当需求量高的时候被即时使用，作为补充由电网产生并提供的电能的手段。这种电可用于电力滤波（它可

以和传输线路和相邻网络整合)，以及用于峰值电力修整和/或在需要的情况下提供紧急电力。

在另一方面，如图 1 所示，所述电能可用于驱动电动机 4，该电动机 4 能驱动初级压缩机 10 以产生压缩空气能量，该压缩空气能量转而又能储存在压缩空气储存罐 5 中，该压缩空气储存罐 5 是压缩空气能量储存系统 6（“CAES 系统”）的一部分。CAES 系统 6 能够以压缩空气能量的形式储存风能，使得在适当的时间，该能量可由涡轮膨胀机 7 释放并在以后需要它和/或更方便的时候使用。

优选地，提供逻辑电路 8，该逻辑电路 8 控制如何以及何时将来自风力涡轮机 19 的风能转化为电和/或压缩空气，这将取决于用户和系统的需要以及风的可用性。例如，在白天期间，当立即需要电并且风以足够的力和规律吹刮时，可将系统 1 切换为使得大部分或全部风能都转换为电用于即时使用，在这种情况下，电沿着线路 25 传输到用户设施以补充来自电网的电力并降低其成本。在另一方面，当不怎么需要即时电力时，例如在夜间，可将系统 1 切换为使得即使不是全部也有大部分风能用于电动机 4，该电动机 4 驱动初级压缩机 10，该初级压缩机 10 转而又将风能作为压缩空气能量储存在储存罐 5 中，使该能量能够在以后使用。而且，无论何时产生除了被立即使用的能量之外的过多能量，该过多能量均能够被储存，这进一步提高了系统的效率。下面将结合系统的另外特征来讨论基于逻辑电路 8 的其它控制特征和选择。

在本实施例的一个变体中，可结合逻辑电路 8 使用开关来将由风力涡轮机 19 中的发电机产生的电引导为即时使用或用于储存，或既用于即时使用又用于储存。例如，当立即需要能量时，由发电机产生的电可分配到线路 25，在这种情况下，它能够被任何连接的设施、用户或电网使用。在另一方面，当要储存能量时，所述电能够被分配到电动机 4，该电动机 4 优选适于驱动初级压缩机 10。以这种方式，电可

以在即时使用和储存之间、在适当的时间以适当的比率或分摊的量简单地分流到适当的用途。例如，一半的电可分摊为即时使用，一半的电用于储存。

在另一变体中，可提供一种机械动力拆分机构，该机械动力拆分机构允许以机械的方式在用于即时使用的动力和用于储存的能量之间分摊风力。在这种变体中，第一齿轮箱优选位于风力涡轮机 19 的短舱 16 中，该第一齿轮箱可将水平驱动轴 18 的旋转运动传递到延伸到塔 21 下的垂直轴。在塔 21 的基部处，优选存在第二齿轮箱，该第二齿轮箱设计成将垂直轴的旋转运动传递到位于地面上的另一水平轴，该另一水平轴连接到诸如初级压缩机 10 的压缩机并且连接到发电机。

对于这种变体，机械动力拆分机构优选地包括拆分器，该拆分器用于拆分下水平轴的机械旋转动力，使得适量的风力能够传输到希望的下游转换器，即，能对其进行调节以将动力传递到发电机用于即时使用和/或发送到压缩机用于能量储存。

在机械拆分器的下游，一方面优选设有到发电机的机械连接，另一方面优选设有到诸如压缩机 10 或 34（经由“B”所指示的路线）的压缩机的机械连接。如图 1 所示，它也能经由“C”所指示的路线连接到涡轮压缩机 31，或经由路线“D”连接到气动设备。

当机械拆分器完全切换到发电机时，来自下水平轴的机械旋转动力通过带有齿轮的轴直接传递到该发电机。这使得发电机能够将机械动力直接而高效地转换为电能，并且用于诸如沿线路 25 传递以用于即时使用的电力。

另一方面，当机械拆分器完全切换到压缩机时，来自下水平轴的机械旋转动力直接传递到压缩机，从而使得压缩空气能量能被储存在高压储存罐 5 中或用于次要目的。这样，来自塔 21 的顶部上的风力涡

轮机 19 的机械旋转动力能够传递到塔下，并且能够通过位于塔的基本部的压缩机直接转换为压缩空气能量，而不必首先将机械能转换为电。

适于在专用于即时使用的动力与用于能量储存的动力之间拆分机械动力的机械动力拆分器优选包括多个齿轮和离合器，使得机械能可完全直接传递到转换器和拆分器中的任一个，或者使它们同时运行。这使得由风力涡轮机站供应的机械动力的量能够在可调节的基础上在即时使用和能量储存之间进行分配和分摊。也就是说，可以使分配到每种类型的能量转换器的动力的量取决于接合了多少另外的驱动齿轮以及每个接合的驱动齿轮连接到哪个能量转换器，例如连接到发电机的那些驱动齿轮将产生用于即时使用的能量，而连接到压缩机的那些驱动齿轮将产生用于储存的能量。基于上述内容可以看到，通过调节本机械动力拆分机构的离合器和齿轮，能够调节和分摊能量被专用于即时使用和能量储存的程度。

通过使用机械动力拆分器上的离合器，能够在不同的时间调节风力涡轮机站以在即时使用和能量储存之间供应不同比率的动力。根据动力需求和风力可用性历史，可以考虑，对于与不可靠的且不可预测的风力模式无关地向用户提供足够量的动力来说，不同的比率可能是必要的，尤其是在能量需求连续且不间断的基础上保持恒定的情况下。然而，虽然刚刚描述的机械传动方案有优点，但当前的通用做法是将发动机布置在风力涡轮机的短舱中来驱动压缩机的电动机，这对于可用商业硬件的即时应用来说是可接受的。

#### B. 压缩空气能量储存系统：

在本实施例中，系统 1 优选包括压缩空气能量储存系统 6，该压缩空气能量储存系统具有电动机 4、初级压缩机 10、储存罐 5、控制阀 12、涡轮膨胀机 7 和用于发电的涡轮发电机 14。在图 1 中，“A”指定电能从能量源 3 传输到电动机 4 以产生用于储存在 CAES 系统 6 中的压缩空气能量的路线。电动机 4 优选驱动初级压缩机 10，以压缩随

后被储存在储存罐 5 中的空气。然而，在机械拆分器实施例中，优选存在连接到风力涡轮机 19 的旋转轴的压缩机，使得机械能能够直接转换为罐 5 中的压缩空气能量。

压缩空气能量可优选在罐 5 中储存一段延长的时间，直到需要该能量。然后，在适当的时间，无论何时需要该压缩空气能量，控制阀 12 都能够用来将压缩空气释放到涡轮膨胀机 7。此时，如果需要的话，由初级压缩机 10 产生的废热能够被循环到涡轮膨胀机 7 以减小和抵消涡轮膨胀机 7 上的超低温的影响。

由这种系统 1 产生的一种输出是电的形式，该电可由风力涡轮机 19 上的发电机直接产生或在压缩空气通过涡轮膨胀机 7 从罐 5 中释放以产生高速气流时由涡轮发电机 14 产生。另一种输出为冷空气的形式，它在压缩空气从罐 5 中通过涡轮膨胀机 7 释放时作为副产物产生。该压缩空气也能够直接使用，例如向气动工具提供动力，见图 1 中的“D”，这种情况下压缩空气可以在到达涡轮膨胀机 7 之前释放。在任何情况下，CAES 系统 6 都优选适于能够同时产生一种、两种、三种或更多种输出，即压缩空气能够用于：1) 使用涡轮发电机 14 发电；2) 使用涡轮膨胀机 7 或 33（见图 1 中的“C”）产生冷空气；和/或 3) 产生高速气流以驱动气动设备（见图 1 中的“D”）。在任何给定的时间，由系统的需要所决定，可使用一种、两种、三种或更多种输出。

本系统的能量储存部分优选包括用于储存和利用上述压缩空气能量的装置。其例子在图 1a 中示出，图 1a 示出系统 1 如何能在风力可用但能量需求可能相对低的夜间运行，其中来自风力涡轮机 19 的过量动力能够储存在罐 5 中。它也示出如何能利用其它能量源（包括电网 3b、地热能 3c 和核能 3d）在较低成本费率时段内（例如在夜间）获得动力，其中能量能够储存在罐 5 中并在以后的较高成本费率时段内使用。

在这方面，高压储存罐 5 优选设置并设计成可承受可能由压缩机

10 施加的压力，并且被绝热以维持罐内的恒定温度。罐 5 也可以是用以保持加压空气的管路或其它容器的形式。术语“罐”将用于包括管道和别的压缩空气储存介质。罐 5 也优选位于压缩机 10 和涡轮膨胀机 7 附近，使得压缩空气能够输送到罐 5 并随后循环到涡轮膨胀机 7，而无明显的压力损失。虽然本发明考虑可使用各种尺寸的罐，但本系统优选考虑罐的尺寸应当基于系统的需要、设施或需求的大小、系统的成本等，如提供足量的能量用于储存所必需的。

本发明考虑可以使用释放空气并将压缩空气转换为电能的任何常规装置。在优选实施例中，一个或多个涡轮膨胀机 7 用于从储存罐 5 中释放压缩空气以产生高速气流，该高速气流能够用来向涡轮发电机 14 提供动力以产生电能。然后，这种电可在需要时用于补充由风力涡轮机发电机和/或由电网直接供应的电能，如上所述。涡轮膨胀机 7 优选将能量供应给交流发电机，该交流发电机连接到 AC 到 DC 转换器，该转换器后面是 DC 到 AC 逆变器，该逆变器后面是使阻抗与用户电路匹配的调节器。这一连串装置保证可变频率输入产生所需的恒定频率输出。

可选地，可设置用于产生并向 CAES 系统 6 提供热的一种或多种装置以促进涡轮发电机 14 的发电。本发明考虑使用至少三种不同类型的加热系统作为向所述系统供热的装置，包括：1) 太阳能集热器，用于利用来自太阳的能量；2) 废热收集器，用于将压缩机（例如 10、34 或 31）产生的废热循环到涡轮膨胀机 7 前面的线路；和 3) 诸如化学燃料燃烧器的独立加热单元，用于将热引入系统中。本发明也考虑使用向压缩空气供热的其它标准方法。在这个系统中，因为希望在冷空气作为副产物用于冷却目的时产生冷空气，所以通常仅在由涡轮发电机 14 发电时以及需要很少或不需要冷空气或者冷空气用于冷却目的时才使用废热和其它加热装置。

本发明优选利用由涡轮膨胀机 7 产生的冷空气以用于另外的次级

目的，这提高了系统的效率。例如，除了将废弃的冷空气用于产生冷冻水之目的外，如将要描述的，剩余的冷空气可用于向空气调节器提供直接冷却，和/或通过管道再引导到压缩机以使压缩机保持冷却或用于其它的制冷目的。

逻辑电路 8 优选包括控制系统，以控制储存罐 5、压缩机 10、涡轮膨胀机 7、发电机 14、加热单元、制冷部件等的运行。该控制系统优选设计成能够通过调节进入和离开储存罐 5 的压缩空气流来将罐 5 内的压缩空气能量的水平维持在适当水平。所述控制装置也用于控制和运行热交换器，该热交换器用于帮助控制经过涡轮膨胀机 33 的air 的温度。所述控制装置确定在任何给定时间将使用哪个热交换器，以及它们应具有多大效果。该控制系统优选具有预编程的微处理器，使得该系统能够自动运行。

#### C. 无储存装置的涡轮压缩机和膨胀机。

图 2 和 2a 示出不首先储存压缩空气的实施例 30 的压缩机 31 和涡轮膨胀机 33 的细节。在图 1 中结合路线“B”和“C”示意性示出了该子系统，其中来自风力涡轮机 19 或任何其它能量源 3 的能量可经由路线“B”使用电动机 32、次级压缩机 34 和涡轮压缩机 31 用于对空气进行压缩，和/或经由路线“C”仅使用涡轮压缩机 31 对进行空气压缩，其中可使用涡轮膨胀机 33 来释放压缩空气而不必首先储存能量。电动机 32 能够由能量源 3 产生的电经由路线“A”直接驱动，例如当压缩空气罐 5 充满时，或者任何其它时间，例如在罐 5 中未储存压缩空气时。如果需要的话，压缩空气也能够由能量源 3 产生并直接传送到“C”，如图 2a 所示。来自罐 5 的另外的压缩空气能量也可经由路线“C”用于帮助驱动压缩机 31 和涡轮膨胀机 33，如图 1 所示。

如图 2 可见，电动机 32 优选设置成可由上述能量源 3 中的任何一种提供动力，其中电动机 32 优选用来驱动次级压缩机 34。优选地，来自次级压缩机 34 的加压的输出空气被沿着线路 36 延伸的热交换器 35

冷却，其中来自压缩机 34 的空气随后传到涡轮压缩机 31。涡轮压缩机 31 优选与涡轮膨胀机 33 共有轴 39，使得驱动一个也将驱动另一个，并且所述系统可达到稳定运行状态，如将要讨论的。

第二热交换器 37 优选沿线路 38 设置在涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 33 之间，使得当压缩空气从涡轮压缩机 31 行进到涡轮膨胀机 33 时它经过该第二热交换器 37，从而使该空气再次冷却。这样，进入涡轮膨胀机 33 的空气相对较冷。如果需要的话，可在第二热交换器 37 和涡轮膨胀机 33 之间设置小的缓冲罐。

由于涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 22 由同一轴 39 驱动，所以运转一个将运转另一个，这有助于降低驱动所述机构的总成本。实际上，由于电动机 32 能够对空气进行最初压缩以在所述系统内产生压力，并且加压空气被引导到压缩机 31 中并随后被引导到涡轮膨胀机 33，所以驱动涡轮膨胀机 33 的力能够用于最初驱动压缩机 31，从而不需要使用另外的能量来驱动任一机构。

例如，当来自次级压缩机 34 的最初加压空气从涡轮压缩机 31 传到涡轮膨胀机 33 时，涡轮膨胀机 33 开始旋转，这转而又引起公共轴 39 上的涡轮压缩机 31 旋转。然后，随着涡轮压缩机 31 的旋转速度增加，它进一步加压从次级压缩机 34 到涡轮膨胀机 33 中的空气，导致涡轮膨胀机 33 进一步加速。然后，使用来自次级压缩机 34 的能量来加速具有公共轴 39 的涡轮膨胀机 33 和涡轮压缩机 31 系统的循环能够最终达到稳定状态，其中通过次级压缩机 34、涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 33 的气流相匹配。跨涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 33 的旋转动力也能够相匹配。由能量源 3 产生的压缩空气也可直接供应到涡轮压缩机 31，从而实现与使用次级压缩机 34 相同的效果，如图 2a 所示。

图 2b 示出以下内容：首先，它示出次级压缩机 34（标识为往复式压缩机）在其 14.67psia 和 90psia 之间的运行期间的热力学描述。压

缩过程被认为等熵的,使得空气可从 14.67psia 和 70 华氏度变到 90psiaq 和 426.44 华氏度 (熵=1.6366 BTU/(# R))。然而,应当注意,该压缩过程的效率可低至 84%或更小,其中,结果是耗费更多能量来实现 90psia,使得最终温度实际上较高,即:可以是 492 华氏度或更高。压缩机的水冷却和下游热交换器 35 中的水冷却优选使输出温度达到大约 70 华氏度。如果需要的话,已加热的水随后可送到热水系统作为废热回收。也考虑到在次级压缩机 34 和涡轮压缩机 31 之间可能存在压降,例如大约 5psi 的损失。

优选利用涡轮压缩机 31 (标识为离心式压缩机) 以其 84%的效率重复类似的过程。结果是,通过使用大约 43.36 BTU/#的流动空气, 85psia 和 70 华氏度的空气被压缩到大约 205psia 和 250 华氏度。再一次,涡轮压缩机 31 的水冷却和下游热交换器 37 中的水冷却优选使输出温度达到大约 70 华氏度。如果需要的话,已加热的水随后可送到热水系统作为废热回收。也考虑到在涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 33 之间存在大约 5psi 的压降。涡轮膨胀机 33 接收 200psia 和 70 华氏度的输入空气,并且排出大约 31.5psia 和 -114.8 华氏度的冷空气。这释放 43.416 BTU/#的流动空气,稍大于涡轮压缩机 31 所需的 43.36 BTU/#的流动空气。

在图 2c 中给出示例情况,其中 2000hp 的系统在 -114.78 华氏度下能够提供 10857.6 SCFM 的空气以用于冷冻目的。请注意,这通过仅以 102.79 BTU/#或 5.5 SCFM/HP 的效率向该 2000hp 的往复次级压缩机 34 提供动力而实现。在图 2b 中,存在 2000hp 的电输入和 844.3hp 的热输出。这表示 42.2%的效率。

这些数字和量是估计的,并且仅用于示例性目的。实际的数字和量可能不同。

通过考虑 200psia 的入口压力以及两个出口压力 (1) 30psia 和 (2)

14.67psia 的例子来概括出从涡轮膨胀机可获得的冷冻温度。在第一种情况下, 30psia 的出口压力考虑了冷空气将需要充分的加压以穿过长的管系和阀的下行过程及其相关的压力损失。在第二种情况下, 14.67psia 的出口压力考虑到不存在重要的下游管道设备并且给出涡轮膨胀机两端的最大压降(温度降)。

图 2d 示出对于上述两种特定情况产生单位功率(SCFM/hp)的气流需求之间的强烈差异。图 2d 表明: 输入温度越高, 产生单位功率所需的气流就越少。因此, 对于相同的动力输出时间, 较高的输入温度将需要较小的压缩空气储存罐来产生给定量的动力。

另一方面, 图 2e 表明较低的输入温度将产生较低的排出温度。此外, 图 2e 表明, 对于较低的输入温度, 从 200psia 排出到 14.67psia (大气压力) 产生极低的温度。因此, 如果目标是脱盐或空气调节, 则有必要考虑较大的压降和较冷的输入温度。

#### D. 混合室:

与系统 1 相关, 可设置混合室 11, 该混合室 11 使用由涡轮膨胀机 7 或 33 产生的冷空气 50 来产生冷冻水 51。但与脱盐系统 40 不同, 混合室 11 设计成在闭环系统中使用淡水或任何合适的液体, 使得该水或液体均不需要在以后重新分配用于其它用途。

在要讨论的脱盐系统 40 的情况中, 目的之一是向相关设施提供饮用淡水, 因此在冷冻水 51 用于向空调系统 15 提供冷却之后, 所述水优选从系统中去除并重新分配用作饮用淡水 52。但在混合室 11 的情况中, 其目的是将低温度从冷空气 50 传递到水或液体。因此, 水或液体保持在闭环系统中是可接受的。在任何给定的系统中, 均可设置脱盐系统 40 或混合室 11 (两者都不是必需的), 尽管在任何给定的系统中, 可能希望具有脱盐系统 40 和混合室 11 使得两个特征都可用。

在本实施例中，混合室 11 可用于冷冻水 51 或任何其它合适的液体。术语“冷冻液体”此后将用于混合室 11 的描述，但应当解释为包括冷冻水 51。混合室 11 基本为填充有液体的绝热容器，其中来自涡轮膨胀机 7 的冷空气 50 优选例如以微小气泡 53 的形式分配到混合室 11 中，其中优选设置用于将冷空气 50 从下方引入到该混合室中的装置，如图 4 所示。例如，这可以通过设置喷嘴或喷口 54 来完成，该喷嘴或喷口 54 从下方以气泡 53 的形式喷射冷空气 50，并且使所述气泡穿过液体，使得当气泡与液体混合并且液体循环时，所述液体由于热传递而冷冻。优选设置允许剩余冷空气 56 从混合室的顶部逃逸的装置 55 以在内部维持平衡，其中剩余冷空气 56 可被引导并用于向所述设施提供进一步的冷却。然后，根据系统的需要，混合室 11 中的液体可被冷空气 50 冷冻到适当的程度或温度，在优选实施例中，当使用淡水时，优选为大约 40 华氏度。混合室 11 中的冷冻液体然后可分配到它可储存在其中的热能储存系统 13，如将要讨论的，并在以后由空调系统 15 使用。

在这方面，与脱盐系统 40 不同，混合室 11 中的液体优选被限定在闭环系统内，使得不必添加或移除液体。例如，如果淡水用于混合室 11 并且被冷却，则它可以沿一个方向循环，即通过下入口 27 循环到分离罐 20 的底部 24，如图 4 所示，其中冷冻水 51 可储存在分离罐 20 中。通过使水在分离罐 20 中保持相对静止，并且很慢地泵送所述水，罐 20 中的水可保持分层，其中相对冷的水 51 位于下部 24，而相对热的水 57 位于上部 22。

然后，下部 24 中的冷冻水 51 可通过下出口 28 被分配并用于向空调系统 15 提供冷却，该空调系统 15 例如为位于远处的具有盘管 58 的 HVAC 系统 59，如图 5 所示。然后，在冷水 51 已经经过 HVAC 59 的热交换器盘管 58 之后，相对热的水 57 然后可通过上入口 17 返回到分离罐 20 的上部 22。然后，相对热的水 57 可从那里通过上出口 26 循环回到混合室 11，在这种情况下，该水随后可被冷空气 50 冷却，如图 4

所示。这种循环可不断重复。

当在混合室 11 中使用淡水时，如将要讨论的，分配到分离罐 20 的下部 24 的冷冻水 51 的最终温度优选为大约 40 华氏度，从密度观点来看，这对于在分离罐 20 的上部和下部 22、24 中保持高温和低温分开是最佳的。但当使用其它液体或者向水中加入添加剂时，温度可能低于 40 华氏度，在这种情况下，可以更有效地使用较冷的温度。

#### E. 脱盐系统：

在该系统 1 中，来自涡轮膨胀机 7 或 33 的冷空气可用于的次级目的之一是使用脱盐系统 40 来净化水，如图 6a、6b、6c 和 6d 所示。

本发明的脱盐系统 40 优选适于从海水或从微咸水或其它形式的非纯净水（下文中统称为“海水”）60 中去除盐和其它杂质。在本实施例中，脱盐系统 40 优选包括结晶室 9，该结晶室 9 可用于去除盐和其它杂质，其中可由此产生净化水。结晶室 9 优选为绝热容器，它尤其适于在内部维持低温，并允许海水 60 和冷空气 50 被引入其中并在其中混合，并允许在底部形成水和冰。

优选地，脱盐系统 40 优选以细雾或喷雾 62 形式将海水 60 喷射到结晶室 9 中，其中来自涡轮膨胀机 7 或 33 的冷空气 50 优选被引入到室 9 中，从而将细雾或喷雾 62 暴露在很冷的空气中。这导致海水微滴 62 过冷并快速结冰，由此形成落到该室的底部 64 上的过冷冰粒 63。海水微滴 62 优选但非必须在室的顶部 65 处引入，并且冷空气 50 1) 在所述室的中部处引入并向上引导，或者 2) 从上方引入该室中，这产生下冲气流，该下冲气流迫使海水微滴 62 更快降至底部。决定使用哪种选择的因素取决于海水需要多快冻结，海水的冻结快慢取决于海水 60 在进入室 9 之前有多冷、冷空气 50 有多冷、室 9 的尺寸、海水微滴如何暴露，以及所引入的每一个的量等等。

海水 60 的结冰优选使得能浮起的纯水冰粒 63 能够形成在室 9 的底部 64，其中微量盐水 67 附着在冰粒 63 上，目的是将盐和其它杂质留在盐水 67 中。脱盐系统 40 优选从密度大于冰粒 63 的盐水 67 中去除冰粒 63，使得重力能够帮助盐水 67 与冰粒 63 分离，并以至少两种方法中的一种方法清洁冰粒 63。

首先，通过允许冰粒 63 积聚在室 9 的底部处，即当冰粒落在彼此顶部上时，冰粒 63 可形成大的冰块 66。随着时间的过去，在冰粒 63 落下并且它们粘在一起时，它们将集体形成大的冰块 66，该冰块 66 将倾向于浮在密度大于冰块 66 的盐水 67 的顶部上。在这方面，优选地，通过将海水微滴 62 引入到室 9 的中心，修改所述系统使得冰粒 63 形成锥形冰块 66，其中由此形成的冰粒 63 也将积聚在所述室的中心。这有利地使包围或附着到每个纯水冰粒 63 的盐水 67 能够沿侧面流下，而不是被截留在冰块 66 中，即截留在可能在冰块固化时形成于冰块 66 上的凹部或裂缝中。也就是说，通过形成锥形冰块 66，附着到每个冰粒 63 的盐水 67 将只是沿侧面向下流掉而不是被截留在冰块 66 中，使得盐水 67 能根据需要高效地与冰块 66 分离。所形成的冰通常为大约-6 华氏度。

然后，通过用淡水冲洗冰块 66，并且允许冰块 66 融化，可产生淡水。在这方面，如图 6a 所示，另外的处于室温（例如 60 华氏度）下的淡水可从喷嘴 68 向下喷洒到冰块 66 上以用作洗涤柱，这有助于在冰块形成时从冰块 66 中去除盐水 67。大部分盐水 67 通过重力流动从冰粒 63 之间的空间中排出。为了进一步去除附着到每个冰粒 63 的表面的盐水，优选将淡水喷射到沉积在结晶室 9 的基部处的冰/盐水层上，以辅助盐水 67 逐层地重力排水。该淡水在它附着到每个层时冻结并且从冰粒 63 之间的间隙进一步排出很薄的粘性盐水层。冻结在冰粒上的淡水在以后解冻并回收以便重新使用而不使用另外的淡水。如果需要更高纯度的水，则可添加下游洗涤柱。

请注意，可引入水喷雾以便以预洗涤的形式辅助增强盐水 67 的重力排水。该水冻结到涂覆有盐水的冻结的冰粒 63 的层上，并且当冰粒聚集在冰块 66 上时，它们将高粘度的盐水从冰粒 63 的表面移开并允许盐水 67 流到冰块 66 的外表面，如图 6a 所示。盐水 67 优选通过排水装置 69 从室 9 的底部排出，如图 6a 和 6b 所示。

室 9 的底部 64 优选包括多孔篮 71，该多孔篮 71 能够接获落下的冰粒 63 以在其上形成冰块 66，但允许冷空气循环离开室 9。在这方面，室 9 的侧壁 72 优选具有通道或空间 73，过量的冷空气可流过该通道或空间 73，其中过量的冷空气优选通过出口 74 离开，其中冷空气能够随后被分配到空调系统 15 并用作冷空气。

图 6b 的右手侧示出如何在篮 71 的底部形成冰粒 63，从而形成较大的冰块 66，或者在一些情况下形成浆液 74，其中篮中的孔允许盐水 67 穿过，从而将纯水冰粒 63 留在篮 71 中。然后，通过移除篮 71，能够从室 9 中移除纯水冰块 66 和/或浆液 74。

然后可使与篮 71 一起移除的冰粒 63 的冰块 66 和/或浆液 74 融化，以在保持罐 76 的底部产生淡水，如图 6c 所示。如所示的，处于相对高的温度（在这种情况下为 60 华氏度）下的淡水 75 能够像洗涤柱那样向下喷洒到冰粒 63（不管是冰块 66 还是浆液 74）上以冲洗冰并使冰融化。如图 6d 中所示，局部热空气 81 也可引入到保持罐 76 中以进一步辅助冰粒 63 融化。当冰融化时，淡水微滴 78 穿过篮 71 中的孔，并且以冷冻的饮用淡水的形式聚集在保持罐 76 的底部 77。可以使用多于一个篮 71，使得不需要中断脱盐和融化过程，同时在从室 9 中移除每个篮 71。

由于冰块 66 和/或浆液 74 由冰构成并因此是冷的，所以其融化时产生的淡水也将是冷冻水。该冰优选为大约 -6 华氏度，并且通过将大约 60 华氏度的水在冰上通过，最终的淡水优选为大约 40 华氏度。从

那里，冷冻的淡水可通过出口 79 分配到分离罐 20 并储存在分离罐 20 中以便以后由空调系统 15 使用，或者通过出口 80 再循环回结晶室 9 以用作用于洗涤柱的喷雾 68 或保持罐 76 中的喷雾 75。在任一种情况下，在该水被循环回以分配为饮用淡水 52 之前，该水均能够用于次级目的，包括向空调系统 15 提供冷却，或清洗结晶室 9 中的冰粒 63。

在另一实施例（未示出）中，可改变该系统使得冰粒 63 将在室 9 的底部形成浆液，并且旋转螺杆用于从室 9 中有效而连续地移除浆液。所述浆液优选在纯水冰粒 63 落到室 9 的底部并且包围或附着到每个冰粒的盐水 67 与纯水冰粒 63 一起落下时形成，其中纯水冰粒 63 最终漂浮在盐水 67 液体中，它们都积聚在底部。过冷冰粒和盐水一起产生温度大约为-6 华氏度的混合物，其中低密度淡水冰粒漂浮在含有不希望有的盐和其它杂质的盐水 67 中。大部分盐水通过排水而去除。

为了从所述室中连续移除所述浆液，并且将冰粒与盐水有效分离，该系统可在所述室的底部设有旋转螺杆。而且，涂覆在冰晶上的任何残留盐水均能够在常规洗涤柱中或在保持罐 76 中进一步去除。

因此，脱盐系统具有用于使冰粒 63 与盐水 67 分离的装置，以确保从冰粒中移除任何残留的盐或其它杂质。例如，优选被冷却到大约-6 华氏度以确保形成固态冰相和液态盐水相的这些冰粒 63 优选被分配到保持罐 76 或其它容器中，并被另外的淡水 75（例如之前已经由所述系统净化的水，该水可处于室温下）喷洒或与之混合，并且随后允许该冰粒融化。通过将过冷冰粒 63 与处于室温下的另外的水 75 混合，所述系统能够产生非常冷的饮用淡水，即处于或接近凝固温度。例如，对于热能储存系统 13，如将要讨论的，由脱盐系统形成的冷冻水的最终温度优选为大约 40 华氏度，如将要讨论的，这对于分离罐 20 的输入来说是希望温度，虽然对于其它目的，如果需要的话，该水可以在 +32 华氏度到+60 华氏度或更高温度的范围内。

由脱盐系统 40 产生的冷冻淡水然后可分配到热能储存系统 13，该冷冻淡水可以储存在该热能储存系统 13 中并然后在适当的时间用于向空调系统 15 提供冷却，然后该空调系统 15 可用于冷却设施，如要将讨论的。此后，淡水可重新分配作为饮用淡水。

在一个实施例（未示出）中，海水 60 通过绕结晶室 9 周围的管来管道输送，使得海水 60 甚至在它进入室 9 之前就被预冷却到接近凝固温度。也就是说，被引入到室 9 中的过冷空气 50 将具有使室壁 72 冷却的效果，使得通过将所述管卷绕所述壁并使海水 60 穿过管，所述管将充当热交换器，从而使海水能够变为预冷的。这样，一旦海水进入结晶室 9，海水将更快冻结并且将下落到底部，在底部它将继续冻结并固化。这样，优选地，海水 60 的温度甚至在它进入室 9 之前就将接近冻结。

来自压缩机的废热也可用于相反的效果。也就是说，在结晶室 9 的底部的周围，希望防止冰粒附着并聚集在室壁上，因此，利用废热的一种方式是将废热以产生温水，该温水随后可循环通过绕结晶室的下部延伸的管。在这方面，优选地，温水管将卷绕室 9 的冰粒很可能积聚其上的下部，而用于预冷却海水的管将卷绕所述室的上部。在已经通过引用并入本文的涉及脱盐系统的临时申请中更详细地描述了这些特征。

#### F. 热能储存系统：

由脱盐系统 40 产生的冷冻淡水和/或由混合室 11 产生的冷冻水或液体然后能够分配到热能储存系统 13，它可以储存在该热能储存系统 13 中并然后在适当的时间用于向空调系统 15 提供冷却，然后，该空调系统 15 可用于冷却设施，如将要讨论的。

在这最后方面，优选实施例优选包括分离或分层罐 20，来自结晶室 9 的冷冻纯水或来自混合室 11 的冷冻水或液体可分配和储存到该分

离或分层罐 20 中。通过提供分离罐 20，如图 4 所示，最冷的水 51 将留在罐 20 的底部 24，而相对暖的水 57 将留在罐的顶部 22，使得最冷的水 51 随后能够从底部 24 抽出并用于空调系统 15。通过使分离罐 20 中的水保持相对静止，冷水和温水将保持分层，其中最冷的水 51 随后可在底部得到并用于向空调系统 15 提供冷却。

在这种情况下，分离罐 20 优选具有上部 22 和下部 24，其中来自脱盐系统 40 和/或混合室 11 的冷冻水能够引入到罐 20 的下部 24。这样，当需要冷冻水来向空调系统 15 提供冷却时，能够将冷冻水从分离罐 20 的下部 24 抽出并随后分配到空气调节器 15，该空气调节器 15 然后可用于对空气进行冷却。通过使分离罐 20 中的水保持相对静止，并且使水保持相对缓慢地流入和流出所述罐，冷冻水 51 将留在罐 20 的底部 24，而相对暖的水 57 将留在罐 20 的顶部 22。而且，从密度的观点来看，希望使引入到分离罐 20 的底部中的冷冻淡水保持在大约+40 华氏度，这优化了罐中的水维持分层的能力。另一方面，在混合室 11 的情形中，其中水不必为纯水，能够向水中引入添加剂，或可以使用具有不同密度的其它液体，使得分离罐 20 中的水或液体的温度能低于+40 华氏度，在这种情况下，分配到空调系统 15 的水或液体可以更冷，并因此在向所述系统提供冷却方面更有效。

优选地，在使用混合室 11 的实施例中，在分离罐 20 中循环的水或液体形成闭环，其中分离罐 20 的上部 22 具有上入口 17 和上出口 26，而下部 24 具有下入口 27 和下出口 28。这样，来自混合室 11 的冷冻水 51 或液体能够通过下入口 27 分配到分离罐 20 的下部 24 并随后被储存。然后，当需要时，可通过下出口 28 从分离罐 20 的下部 24 抽出来自分离罐 20 的冷冻水或液体，以向空调系统 15 提供冷却。然后，在冷冻水或液体已经穿过空调系统 15 并且已经热交换之后，来自空调系统 15 的相对暖的水或液体可通过上入口 17 循环回分离罐 20 的上部 22，水或液体可再一次储存在分离罐 20 中。最后，在适当的时间，来自分离罐 20 的上部 22 的相对暖的水或液体能够通过上出口 26 循环回混合室

11，使得它可被重新冷冻以再次开始所述循环。

当包含热交换器盘管的地方需要加热时，从分层的分离罐 20 开始的循环可以反过来，使得来自分层储存罐顶部的暖水或液体被传送到热交换器盘管以加热该盘管和 HVAC 空气。然后，经过热交换器盘管的冷空气将使返回到分层分离罐底部的水或液体冷冻。当冷水和热水分界面达到分层分离罐 20 的顶部时，该过程中断。

当来自混合室 11 的冷水或液体被添加到分层分离罐 20 的底部时，必须从分层分离罐 20 的顶部取出等量的温水或液体，以适应分层分离罐 20 的固定容积。

对于脱盐系统 40，由于该系统优选使用冷冻的饮用淡水作为冷冻介质，所以该水优选从空调系统 15 分配回去，以分配为饮用淡水、用于所述设施或用于任何其它目的。因此，若不具有闭环系统，冷冻淡水优选在它用于向空调系统 15 提供冷却之后从所述系统中移除并随后分配到别处。然后，该饮用淡水可储存在不同罐中以用作饮用水，和/或再引导到脱盐系统 40 以作为所形成的另外冰粒的融化水来使用。然后，出于产生另外的冷冻水的目的，引入另外的海水。所述系统优选设置成使得在任何给定时间均有最佳且恒定量的水留在分离罐中，而与从该系统中移除的淡水和所添加的新海水无关。当混合室 11 和结晶室 9 二者用于同一系统时，希望淡水用于两个循环系统，并且希望混合室 11 中的冷冻介质不是闭环系统。

#### G. 空调系统：

空调系统 15 优选具有热交换管和/或盘管 58，来自分离罐 20 的冷冻水 51 可通过该热交换管和/或盘管 58 来管道输送。这样，冷冻水 51 穿过位于中央空气调节室 41 中的管和/或盘管 58 的内部，使得在室 41 中循环的空气 42 可通过热交换来冷却。也就是说，当空气 42 穿过和越过冷冻管和/或盘管 58 时，围绕相对冷的管和/或盘管 58 的相对暖的

空气 42 将变冷，并且随后能够例如通过通风系统分配到整个设施以向所述设施提供冷空气。来自涡轮膨胀机 7 的冷空气 50（该冷空气从涡轮膨胀机 7 排出）、或来自结晶室 9 的剩余冷空气 73、或来自混合室 11 的最终冷空气 56 也能够用于向空调系统 15 或向所述设施提供冷空气。所述冷冻水也可以用冷冻水的形式、例如通过绝热管网络分配到其它邻近设施，其中可扩展该系统以向附近的另外设施提供另外的冷却能力。当所述系统使用来自脱盐系统 40 的淡水作为冷冻介质时，该水优选从空调系统 15 分配回去，以便分配为饮用淡水、用于所述设施或用于任何其它目的。

#### H. 其它部件：

此外，可设置次级压缩机 34，其中来自任何能量源的任何过量的电和/或未被所述系统或所述系统中的其它装置使用的任何过量的压缩空气能量均可用于向次级压缩机 34 和/或涡轮压缩机提供动力。如上面结合图 2 示出和描述的次级压缩机 34、涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 33 优选将能量转换为冷空气，该冷空气可被引导到冷空气输出，该冷空气输出能够分配到脱盐系统 40 或混合室 11 中，或者既分配到脱盐系统 40 又分配到混合室 11 中。

#### 2. 运行：

图 1 所示的通用部件实施例优选能够以许多不同的模式运行：

- 最大电力输出
- 发电并伴随产生用于即时空气调节的冷空气
- 发电并伴随产生用于即时空气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气
  - 发电并伴随产生用于脱盐、即时空气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气
  - 当压缩空气储存罐充满时，发电并伴随产生用于即时空气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气
  - 当压缩空气储存罐充满时，发电并伴随产生用于脱盐、即时空

## 气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气

### A. 最大电力输出：

在如图 7 所示的一种运行模式中，可设定系统参数使得产生最大量的电，用于即时使用。例如，在白天时间这可能是有利的，例如当存在高的电力需求以用于所述设施以及存在相对恒定的可用风力供应时。

在这种模式下，即使不是全部，也有大部分的直接风力被用于发电，该电可沿着线路 25 传输以根据需求向所述设施、电网或其它用户提供电力。例如，这可以通过使用逻辑电路 8 上的适当设定来实现，该逻辑电路 8 控制来自源 3 的能量的分配。在这种设定下，与所需的同样多的风能沿线路 25 以电的形式传输，并且只有超过需求量的过量的风能才被传输到储存装置中。在这种情况下，由风力涡轮机产生的能量能够传输到用于向电动机 4 提供动力的“A”，该电动机 4 驱动初级压缩机 10，该初级压缩机 10 转而又对空气进行压缩并将空气储存在罐 5 中以供以后使用。储存在管路中的所储存的压缩空气也可经由图 7 所示的路线“D”用于驱动气动设备。

为了最大电力输出，罐 5 中储存的压缩空气也可用于向涡轮发电机 14 提供动力，使得所储存的风能也可专用于发电。这样，即使风的可用性没有规律或者风较弱，在此期间，来自储存装置的压缩空气也能够用来补充被供应用于即时使用的直接能量。这使得即使风速水平波动，向所述设施或用户的电力流动也相对连续且不中断，并且没有浪涌和尖峰。在这方面，本发明意图考虑在相对长的持续时间内提供恒定的动力输出水平。

此外，由压缩机产生的任何废热均能够重新分配到压缩空气能量储存系统中，以提高该系统的压力和效率，这进一步有助于产生最大量的电力输出。当使用钛涡轮膨胀机 7 时，废热应该不超过 300 华氏

度。使用白天的风力进行峰值修整通常需要压缩机功率等于或大于涡轮膨胀机 7 的功率。在这种模式下，使用废热将导致由涡轮膨胀机 7 产生的任何排气更暖，因此将不一定适合用作用于次级目的的冷空气。

#### B. 发电并伴随产生用于即时空气调节的冷空气：

在图 8 所示的这种模式下，有可能获得最大或几乎最大的电力输出，并同时产生用于即时空气调节的冷空气。例如，这种模式可具有一些与最大电力输出模式相同的参数设定，但当储存在罐 5 中的压缩空气被释放时，由涡轮膨胀机 7 产生的冷空气能够用于提供空气调节用的直接冷空气的目的。如果需要的话，所产生的冷空气能够直接输送到相关 HVAC 系统的空气混合室，在该空气混合室中，所述冷空气可以与新的空气输入和返回的空气输入混合。所产生的冷空气也能够引入到空调系统 15 中，使得冷空气能够分配给设施或其它用户。请注意，产生以 kW（电）为单位的电力的每个时间跨度内，存在相同大小的以 kW（热）为单位的伴随产生的冷空气功率。

然而，在这种模式中，可能有必要使用更多的直接风能以用于将压缩空气储存到罐 5 中的目的，因为为了使涡轮膨胀机 7 正常运行，在罐 5 内必须有足够的空气压力。这意味着逻辑电路 8 可能需要适于感测罐 5 内的总压力，使得当罐 5 内的压力降到预定的最小值之下时，系统能够改变一方面专用于即时使用的风能的量与另一方面专用于储存的风能的量之比，使得专用于储存的风能的量能够增加，而这又将有助于补充罐 5 内的压缩空气能量。这将具有维持所储存的压缩空气能量的足够供应的效果，这意味着也将有足够的冷空气供应用于空气调节目的。在这种模式下，将废热从压缩机 10 引到涡轮膨胀机 7 是不合适的。

#### C. 发电并伴随产生用于即时空气调节和热能储存(延时空气调节)的冷空气：

这种模式示出于图 9 中，并且它代表进一步沿着即时使用与能量

储存之比的系列的模式。如最先的两种模式中那样，这种模式在某些情况下可用于提供最大电力输出，但通常仅在风能的供应明显大于电需求，并且有足够的过量风能可用以提供用于即时空气调节和延时空气调节的冷空气时。例如，这可能发生在早晨期间，此时在刮风但对电和即时空气调节的需求最小。但当可用风能的量不那么大时，或者对空气调节的需求相对高时，该系统将可能必须设定为将更多的风能专用于储存为压缩空气能量并产生用于冷却目的的冷空气，并将更少的风能专用于发电以用于即时使用。

同时，通过使用储存的压缩空气能量，该系统可在同一时间一起产生电和冷空气，使得通过将压缩空气储存在罐 5 中，所述能量中的一部分仍然能用来使用涡轮发电机 14 来发电用于即时使用，并且不排除用于冷却目的。因此，使用风力来发电以用于即时使用与储存风力来产生压缩空气能量之间的适当比率将必须考虑系统的一起产生性质和特性。

在这种模式中，考虑对非冷却和冷却需要的相对需求、室外温度等等(包括设施的电力需求)，使用逻辑电路 8 能够设定参数使得专用于满足设施的空气调节需要的风能的量足以使设施保持冷却。如图 9 可见，这种模式的主要目的是使用由涡轮膨胀机 7 产生的冷空气，以提供直接冷却用于通过相关的 HVAC 进行即时空气调节或提供冷却以产生冷冻水，而该冷冻水又能够储存为冷冻水以便以后用于空气调节，或者既提供直接冷却用于即时空气调节又提供冷却以产生冷冻水。

当储存冷冻水时，该系统优选分配足够量的冷空气到混合室 11，在混合室 11 中，该冷空气用于对混合室 11 中的水进行冷冻，其中冷冻水随后可储存在分离罐 20 中，使得它可以在以后被空调系统 15 使用。如所述的，当使用淡水作为所述混合室中的冷冻介质时，储存在分离罐 20 中的水的温度优选为大约 40 华氏度，但如果使用了不同密度的添加剂或其它液体则可以更低。

D. 发电并伴随产生用于脱盐、即时空气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气：

在图 10 中示出了这种模式，并且除了至少一部分（如果不是全部）冷空气用于脱盐目的之外，它在一些方面类似于前面图 9 的模式，从而除了提供冷冻水以向空调系统提供冷却外还从海水中产生饮用淡水。

如可以看到的，在这种模式下，冷空气 50 被分配到用于冷冻海水 60 的脱盐结晶室 9，该脱盐结晶室 9 又允许纯淡水与海水中的盐和其它杂质分离。同时，由于使用冻结温度，所以由此产生的淡水基本上是冷冻的，使得它随后能够被分配到热能系统 13 中并作为冷冻水储存在分离罐 20 中，与前述模式中来自混合室 11 的冷冻水被分配到热能系统 13 中并储存的方式几乎相同。这样，分离罐 20 中的冷冻水 51 能够类似地储存并用于在延时的基础上向空调系统 15 提供冷却。从结晶室 9 中释放的冷空气也能用于向该空调系统提供即时冷却，并且释放压缩空气可用于使用涡轮发电机 14 一起发电，从而提高系统的效率。

在这种模式下，优选进行设定，使得循环到热能系统 13 并随后循环到空调系统 15 的淡水再循环回来，使得它可以被取出并用作饮用淡水 52，例如用于所述设施或任何其它用户。已经被空气调节器 15 加温的一些淡水也可再循环回来，以作为由脱盐系统 40 形成的冰粒的融化水来使用。

冷空气被发送到结晶室 9 以与海水（或微咸水）喷雾相互作用从而形成固态冰（淡水）和液态盐水。覆在固态冰周围的盐水可通过重力（沉降）去除，或者，为了使从盐水中分离的水的纯度更大，可以用清洁水来清洗冰，其中该清洗水也被回收作为清洁水。

处于接近“-5 华氏度”的温度下的冷冻冰能够与“+60 华氏度”

的自来水混合以形成“+40 华氏度”的水并送到热能储存系统 13 的分离罐 20。由于水被添加到热能储存系统 13，所以优选移除等量的水作为饮用水。

在热能储存系统 13 用于对例如位于远处的空调系统 15 上的盘管 58 进行冷冻的模式中，冷水 51 优选被供应到分离罐 20 的底部 24，同时温水 57 层移动到罐 20 的顶部 22 并被去除作为饮用水。来自分离罐 20 的底部的冷冻水 51 优选被泵送到其中热空气吹过盘管 58 的空调系统 15，结果产生加温的水和冷空气。加温的水返回到分离罐 20 的顶部，并且冷空气通过空调系统 15 循环到所述设施或用户。

在热能储存系统 13 用于加热远程盘管 58 的模式中，水循环反过来。相对暖的水从分离罐 20 的顶部 22 被抽出并作为较冷的水返回到该罐的底部 24。优选地，在这种反向循环期间不添加或移除水。

E. 当压缩空气储存罐充满时，发电并伴随产生用于即时空气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气：

如图 11 所示，当压缩空气储存罐 5 充满时，来自风力涡轮机 19 的过量电力被送到增加大气压力的次级压缩机 34，该过量的电力转而又送到能用来产生用于空调系统 15 的冷空气的涡轮压缩机 31 和涡轮膨胀机 33，而不必首先将风能作为压缩空气储存在罐 5 中。

如图 2 所示，电动机 32 用于向压缩机 34 提供动力，该压缩机 34 可用于对空气进行压缩，例如压缩到 90psia，其中压缩空气优选被分配到公共轴 39 上的连接到涡轮膨胀机 33 的涡轮压缩机 31。最初，通过涡轮膨胀机 33 膨胀的 90psia 的空气导致涡轮膨胀机的轴 39 旋转涡轮压缩机 31，这导致涡轮压缩机/涡轮膨胀机装置加速直到达到平衡压力。对于特定设计，来自压缩机 34 的 90psia 的空气输出被涡轮压缩机 31 提高到 215psia。到涡轮膨胀机 33 的 215psia 的输入空气导致被膨胀到 ~15psia 的高质量流量的空气。最终的高质量流量的空气变得极冷，即

优选低于-100 华氏度，例如-114.8 华氏度。也可设置在这种系统中的热交换器 35、37 优选有助于使压缩的空气保持相对较冷，从而不损害由涡轮膨胀机 33 释放的冷空气的最终温度。

然后，冷空气 50 可分配到混合室 11，并以冒泡的方式从水中穿过，其中水优选被冷冻以产生 40 华氏度的水和 40 华氏度的排气。可以使用其它温度，例如当使用诸如具有添加剂的水或其它液体的其它冷冻介质时。冷空气被产生而不必将压缩空气能量储存在可能充满的罐 5 中，但优选在正在进行的基础上（即当风力涡轮机 19 运行时）产生。40 华氏度的水被送到分离罐 20，该水可储存在该分离罐 20 中并在以后使用。来自混合室 11 的 40 华氏度的排气优选被立即送到 HVAC 系统或将它排出（浪费）。

F. 当压缩空气储存罐充满时，发电并伴随产生用于脱盐、即时空气调节和热能储存（延时空气调节）的冷空气：

如图 12 所示，当压缩空气储存罐 5 充满并且脱盐系统 9（代替混合室 11）用于从海水产生冷冻淡水时，可以用与图 11 所示的模式中几乎相同的方式产生冷空气。也就是说，过量的电力被送到次级压缩机 34，该次级压缩机 34 增加大气压力，例如增加到 90psia，然后，该 90psia 的空气优选供应到涡轮压缩机 31，该涡轮压缩机 31 连接到位于公共轴 39 上的涡轮膨胀机 33。通过涡轮膨胀机 33 膨胀的 90psia 的空气优选导致涡轮膨胀机的轴 39 旋转涡轮压缩机 31，这导致涡轮压缩机/涡轮膨胀机装置加速直到达到平衡稳定状态压力。再说一次，对于特定设计，来自次级压缩机 34 的 90psia 的空气输出被涡轮压缩机 31 提高到 215psia。到涡轮膨胀机 33 的 215psia 的输入空气导致被膨胀到~15psia 的高质量流量的空气。最终的高质量流量的空气变得极冷，即优选低于-100 华氏度，例如-114.8 华氏度。也可设置在这种系统中的热交换器 35、37 优选有助于使压缩的空气保持相对较冷，从而不损害由涡轮膨胀机 33 释放的冷空气的最终温度。

这种模式和前一模式之间的差别在于：冷空气随后能够分配到结晶室 9 而不是混合室 11，在结晶室 9 中，通过将冷空气喷射到结晶室 9 中并导致海水微滴快速冻结，所述冷空气用于对海水进行脱盐，其中能够从盐水中去除淡水冰粒，如上所述。这种过程产生已经冷冻的、优选冷冻到大约 40 华氏度的饮用淡水，其中也产生 40 华氏度的排气。

该冷空气被产生而不必将压缩空气能量储存在罐 5（在这种模式下假定罐 5 是充满的）中，但优选在正在进行的基础上（即当风力涡轮机 19 运行时）产生。40 华氏度的淡水被送到分离罐 20，该淡水可储存在该分离罐 20 中并在以后由空调系统 15 使用。来自结晶室 9 的 40 华氏度的排气优选被立即送到 HVAC 系统或将它排出（浪费）。

在这种模式中，优选进行设定，使得循环到热能系统 13 并随后循环到空调系统 15 的淡水再循环回来，使得它可以例如由所述设施或任何其它用户取出并用作饮用淡水。已经被空气调节器 15 加温的一部分淡水也可再循环回来，以作为由脱盐系统 40 形成的冰粒的融化水来使用。

请注意：当压缩空气罐 5 充满时，例如图 11 或 12 的模式中，也可能存在分离罐 20 已达到最佳低温并且它不能再接纳更多冷冻水的时刻。例如，这可能发生在不再需要运行空调系统 15 时，因此分离罐中的冷冻水保持在恒定的冷冻温度。在这种情况下，考虑到可以改变所述系统以进行以下操作中的一个或多个：1) 将风能发送到可能需要能量的其它连接电网；2) 使风力涡轮机风扇或叶片成羽毛状；3) 提供负载箱以耗散能量。

在上述操作的任何操作中，例如在非高峰时段内，可以使用任何其它能量源 3b、3c 或 3d，其中可在低成本费率时段内储存能量，并在以后的高成本费率时段内使用。而且，使用凝固温度来冻结水并将纯水与杂质分离的任何脱盐系统、包括不使用压缩空气而是使用其它冻

---

结技术、化学物质等的那些脱盐系统均可并入本系统，其中由该脱盐系统产生的排出温度可用于冷冻水，该水又能分配到热能储存系统。

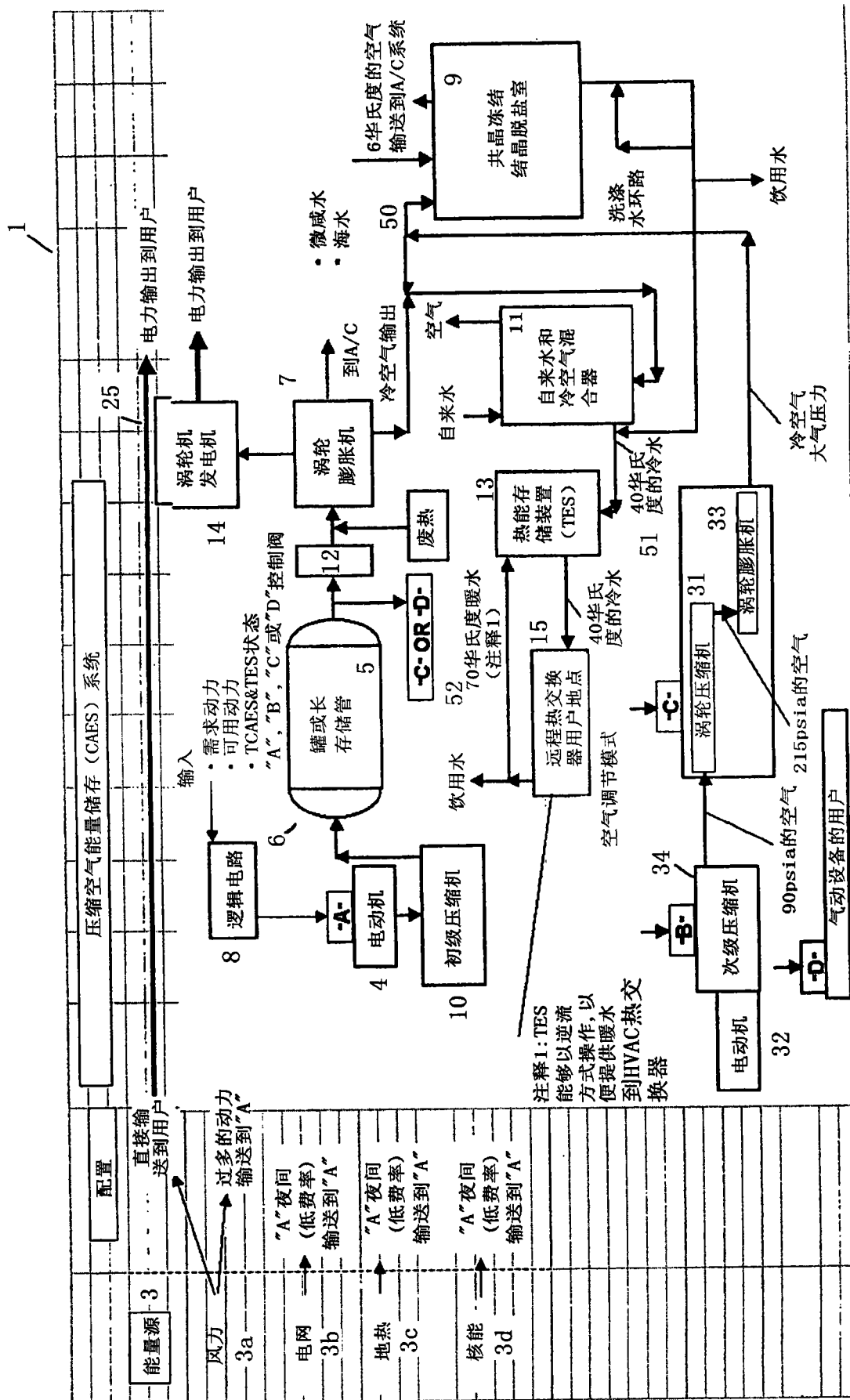


图1

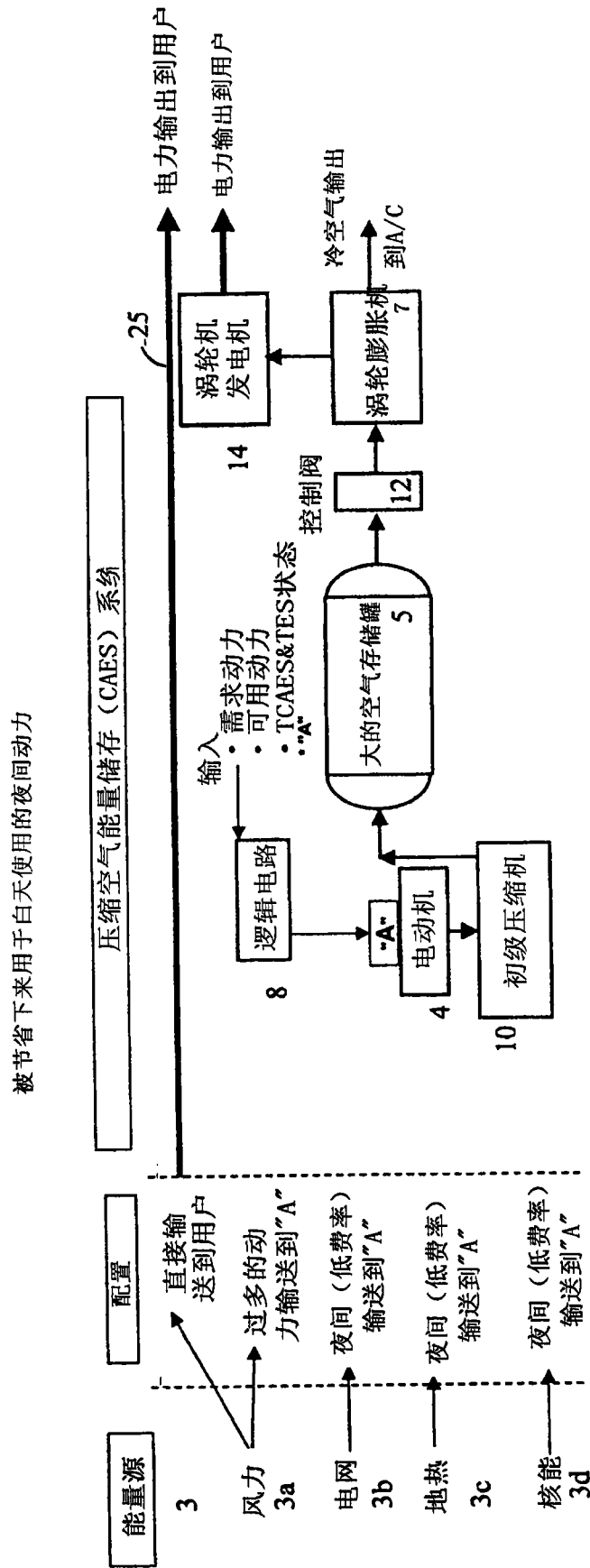
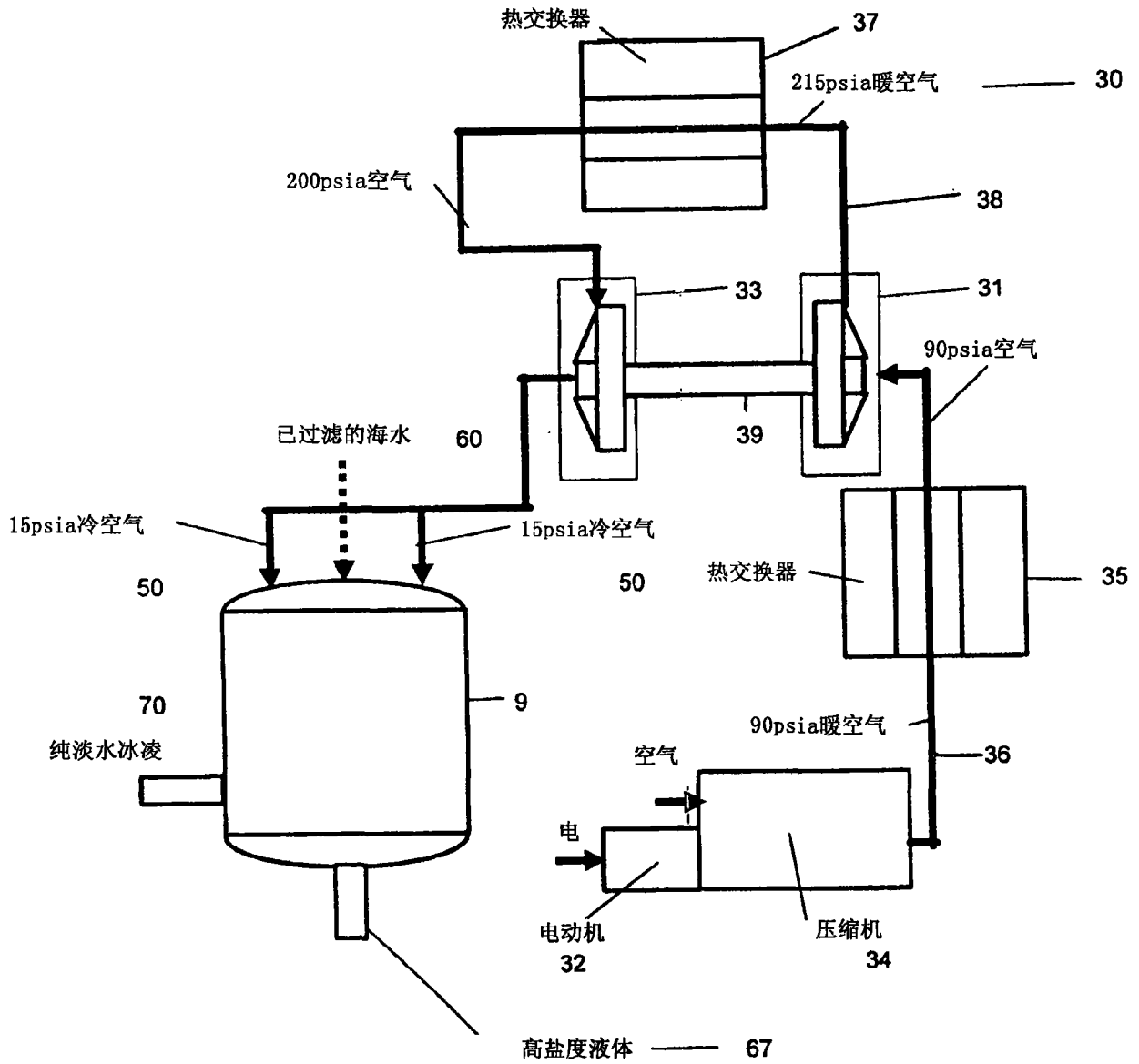


图1a



共晶冻结结晶器

图2

可用于脱盐和热能存储的加压空气源 (~90psia)

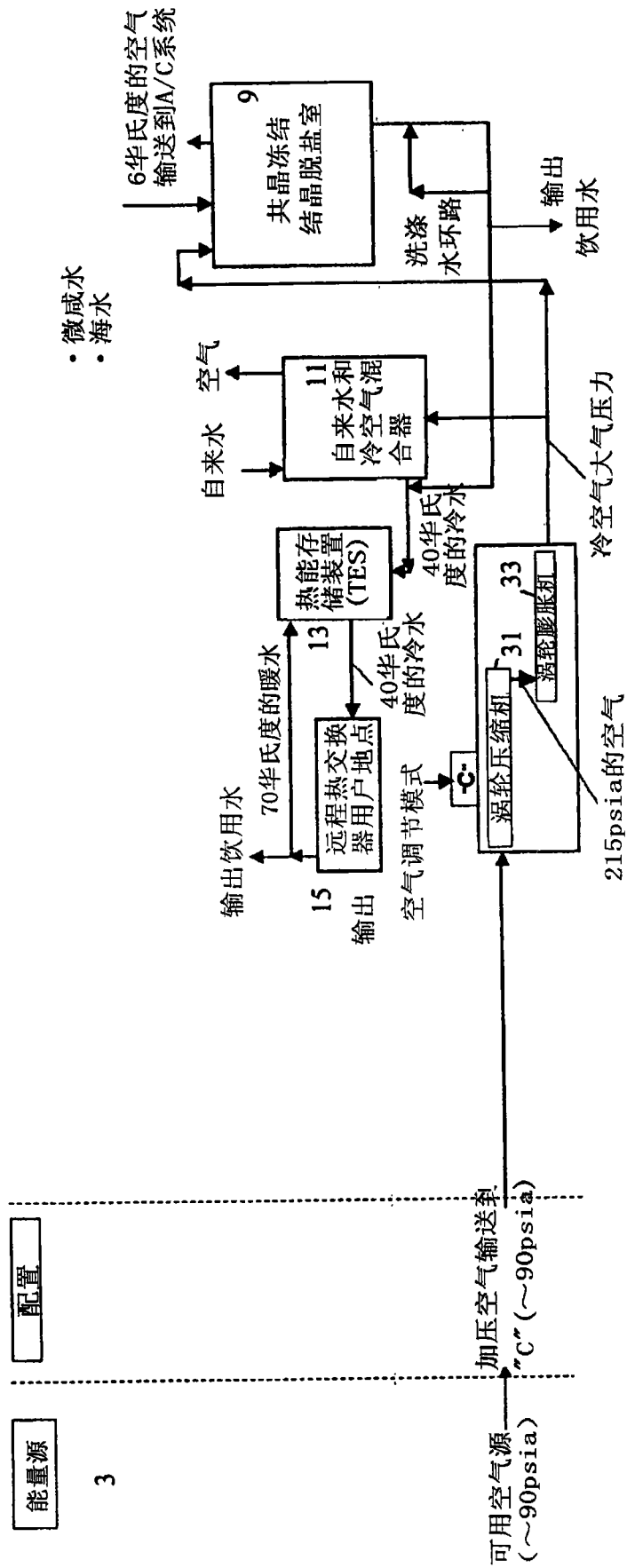


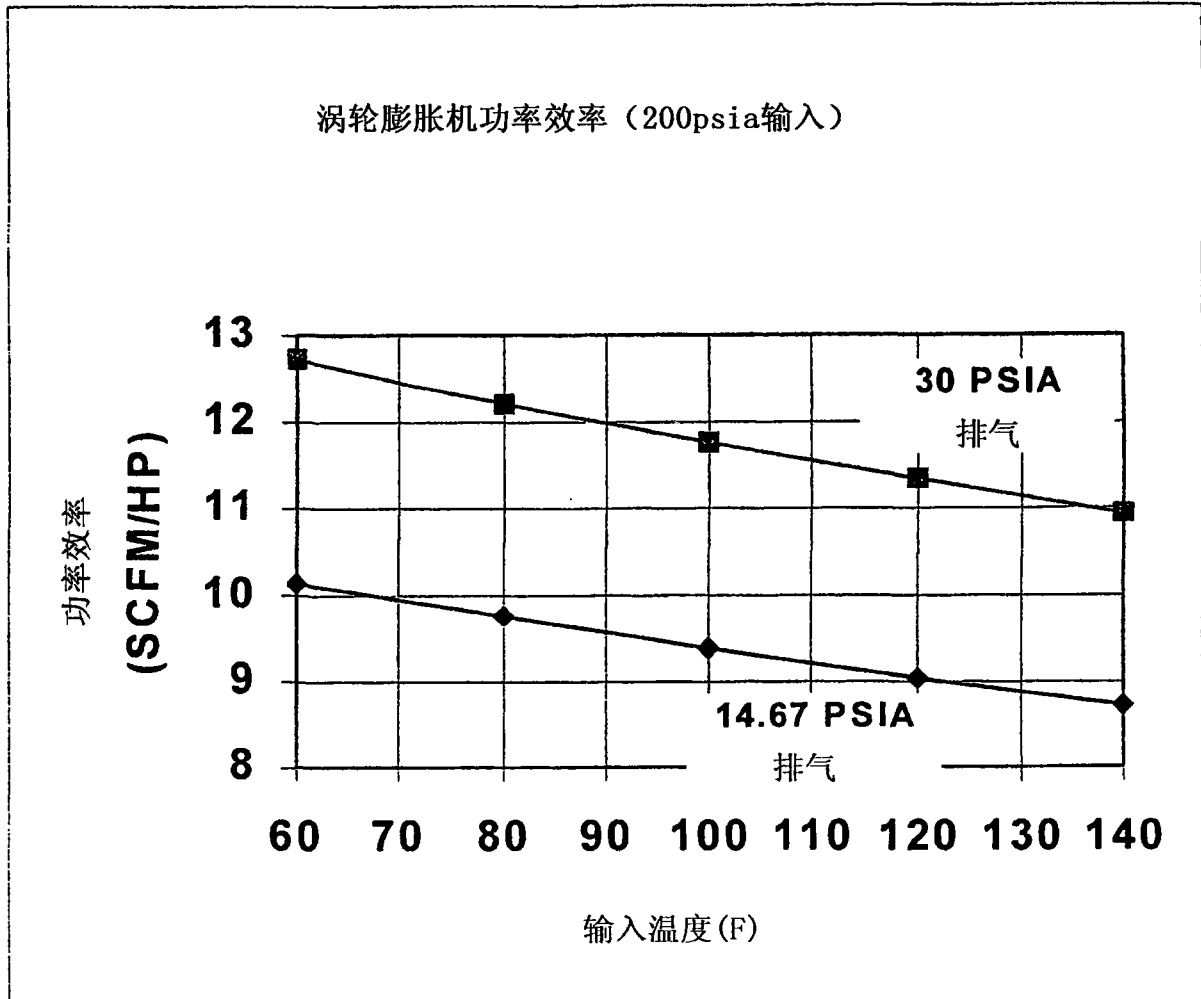
图2a

往复式压缩机		<b>压力 (PSIA)</b>	<b>温度 (DEG F)</b>	<b>密度 (#/CU FT)</b>	<b>焓 (BTU/#)</b>	<b>熵 (BTU/(# R))</b>
输入 等熵		14.67	70	0.074764	126.71	1.6366
		90	426.44	0.27351	213.05	1.6366
效率 输出					-86.34	
					0.84	
		90	492.95	0.25438	229.5	1.6545
					-102.79	
离心式压缩机		<b>压力 (PSIA)</b>	<b>温度 (DEG F)</b>	<b>密度 (#/CU FT)</b>	<b>焓 (BTU/#)</b>	<b>熵 (BTU/(# R))</b>
输入 等熵		85	70	0.43391	126.22	1.5153
		205	222.06	0.80974	162.64	1.5153
效率 输出					-36.42	
					0.84	
		205	250.4	0.77695	169.58	1.5253
					-43.36	
涡轮膨胀机		<b>压力 (PSIA)</b>	<b>温度 (DEG F)</b>	<b>密度 (#/CU FT)</b>	<b>焓 (BTU/#)</b>	<b>熵 (BTU/(# R))</b>
输入 等熵		200	70	1.0235	125.42	1.4552
		31.5	-148.87	0.27586	73.734	1.4552
效率 输出					51.686	
					0.84	
		31.5	-114.78	0.24795	82.004	1.4804
					43.41624	

图2b

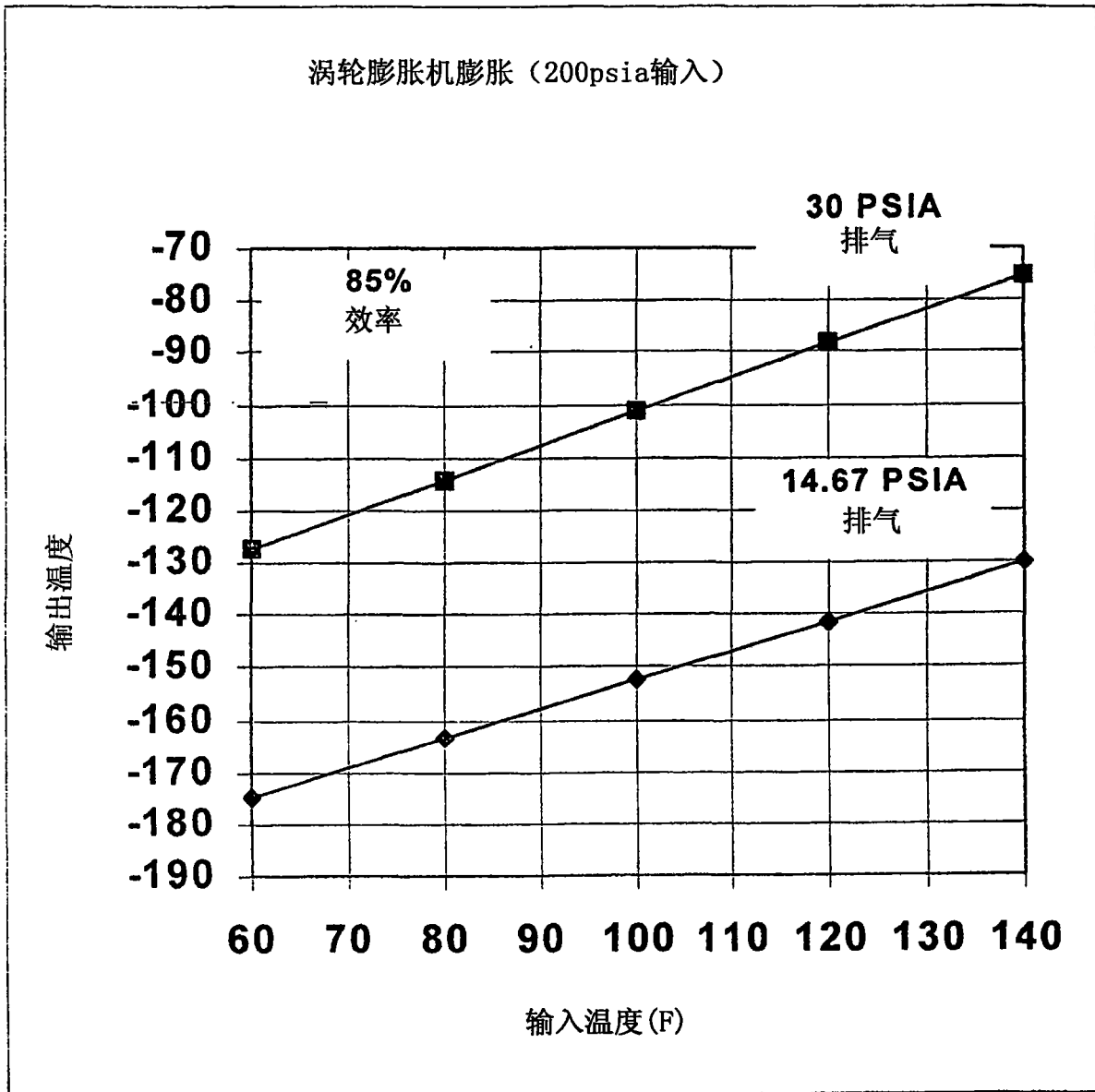
	<b>HP</b>	<b>SCFM</b>
往复式压缩机	<b>2,000.0</b>	<b>10,857.6</b>
涡轮压缩机	<b>844.3</b>	<b>10,857.6</b>
涡轮膨胀机	<b>844.3</b>	<b>10,857.6</b>

图2c



利用具有85%的热力学效率的涡轮膨胀机产生单位功率的气流要求

图2d



跨具有85%的热力学效率的涡轮膨胀机的一定输入温度内的空气排出温度

图2e

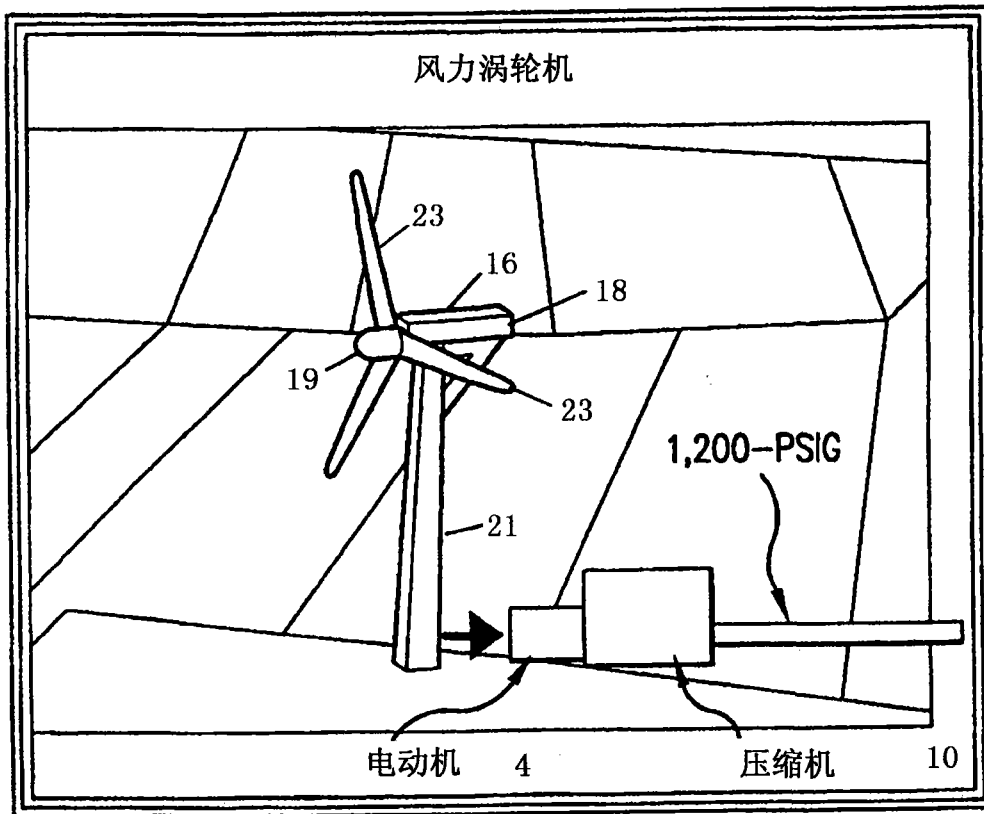


图3

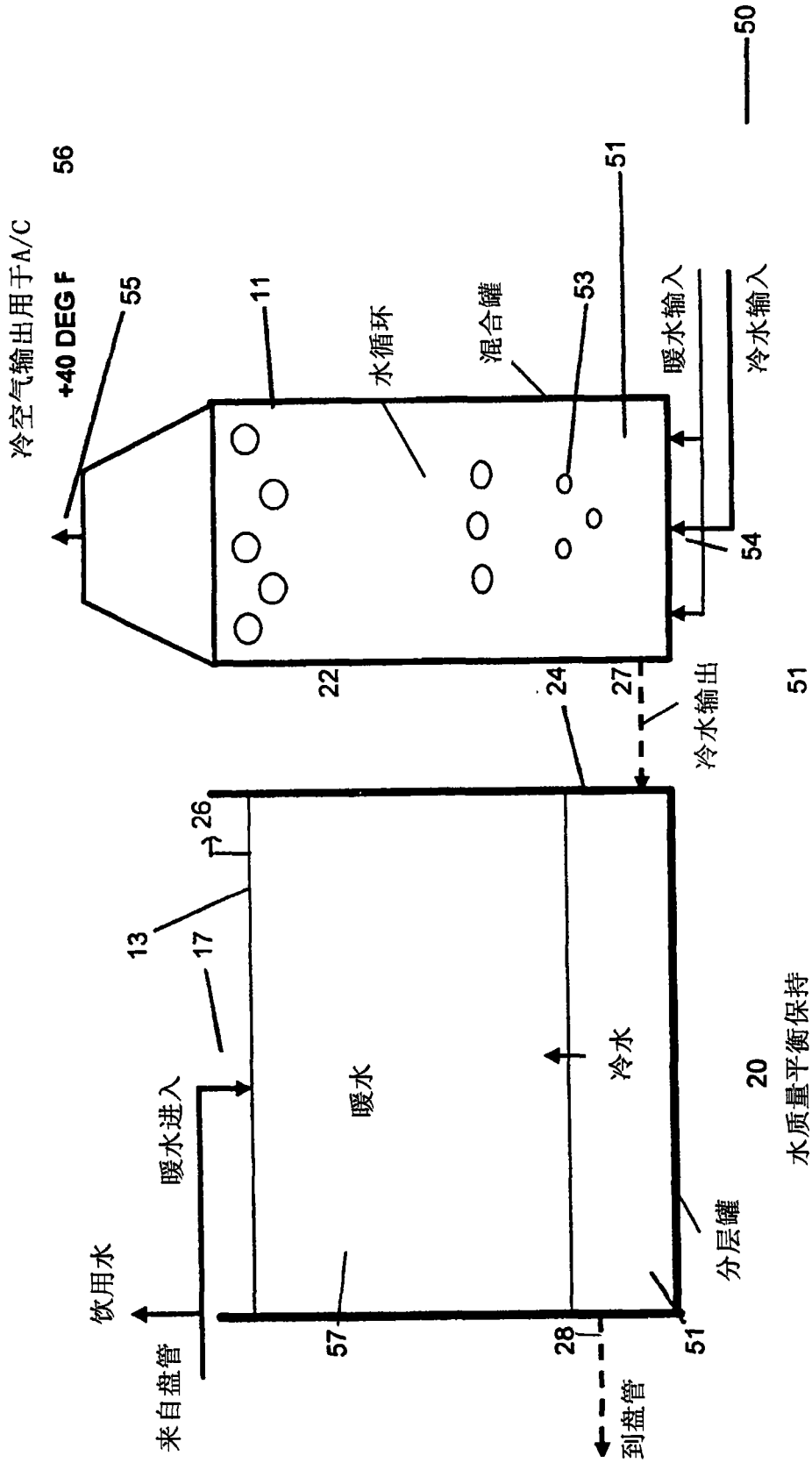


图4

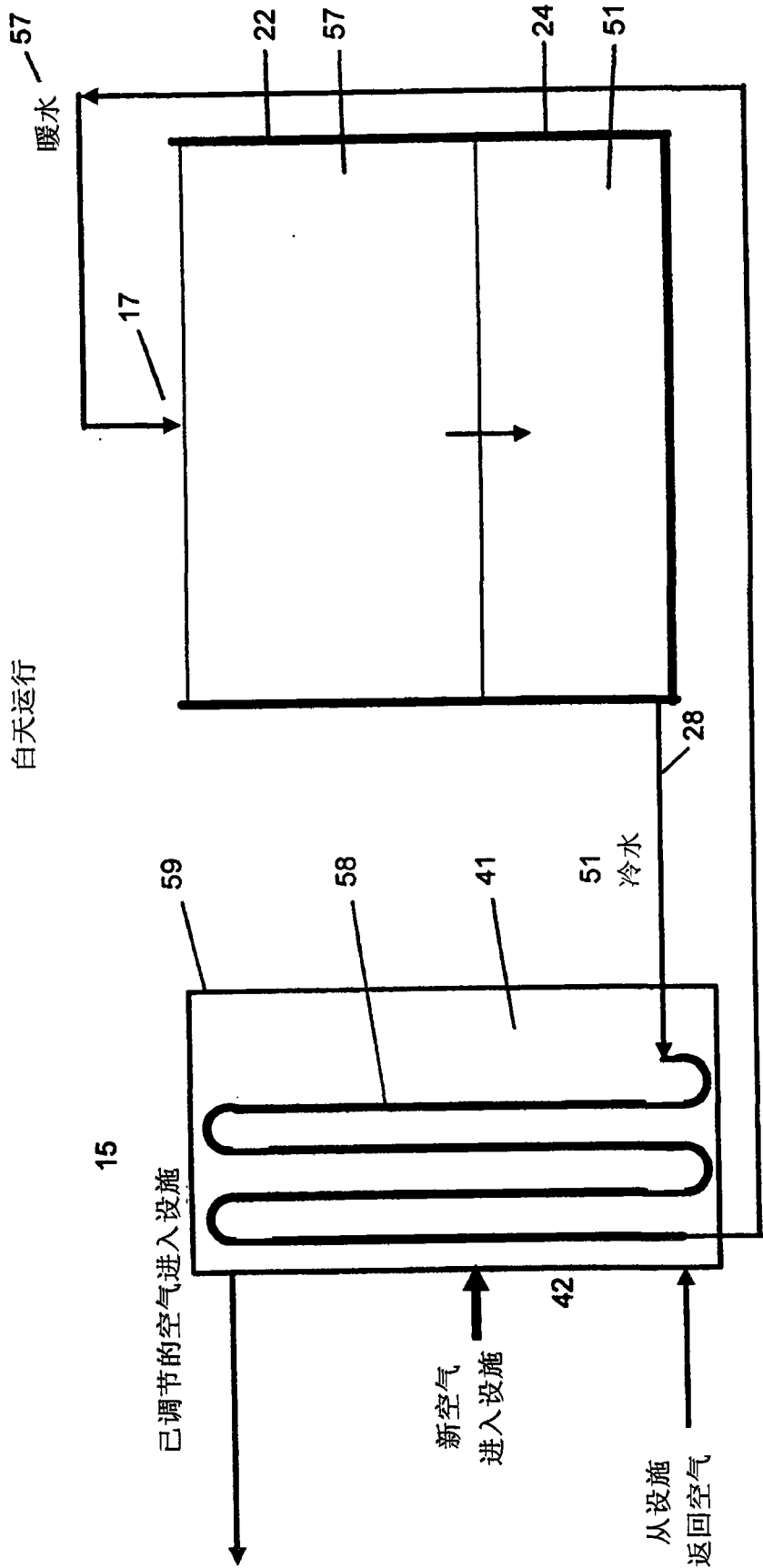


图5

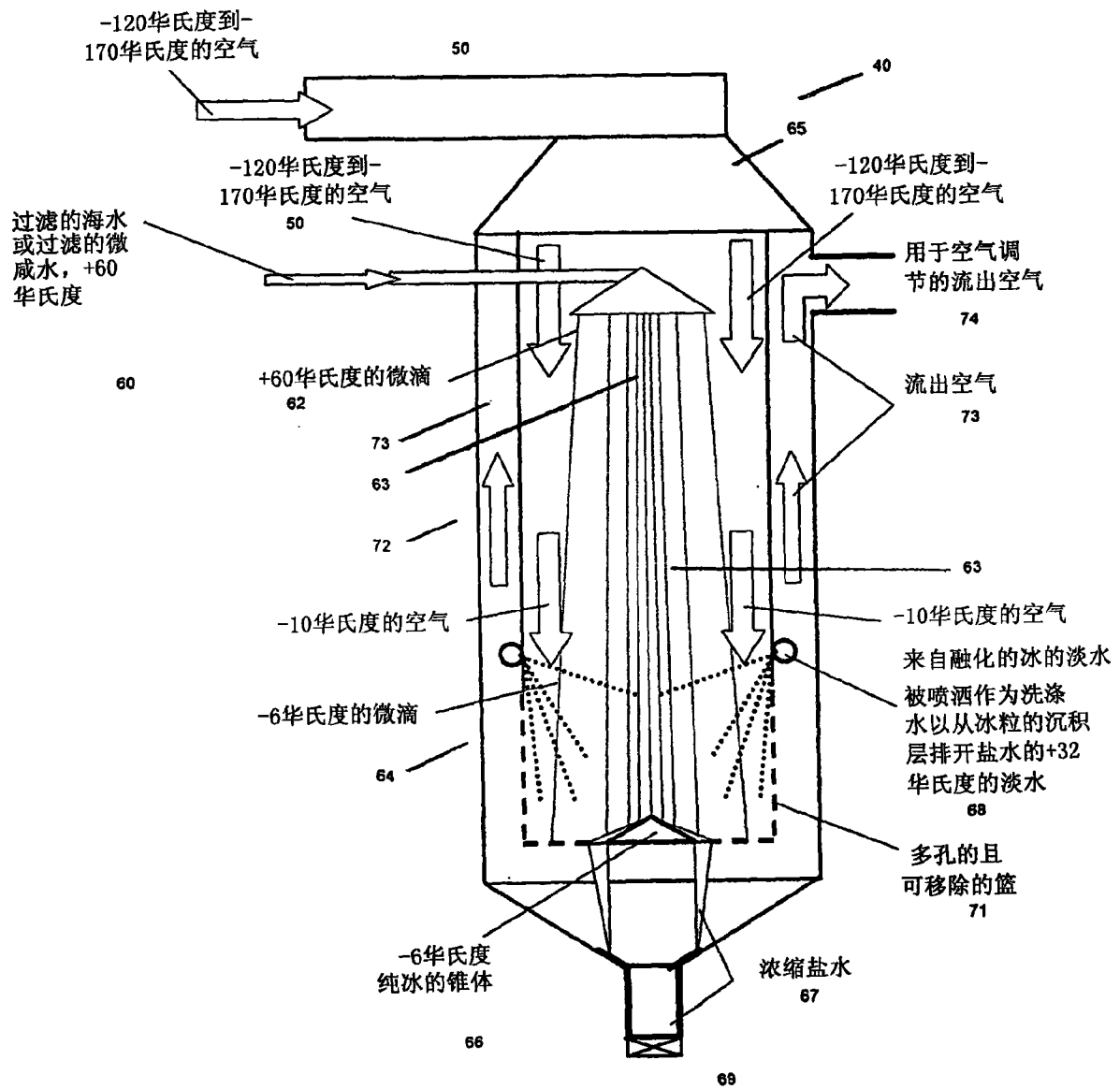


图6a

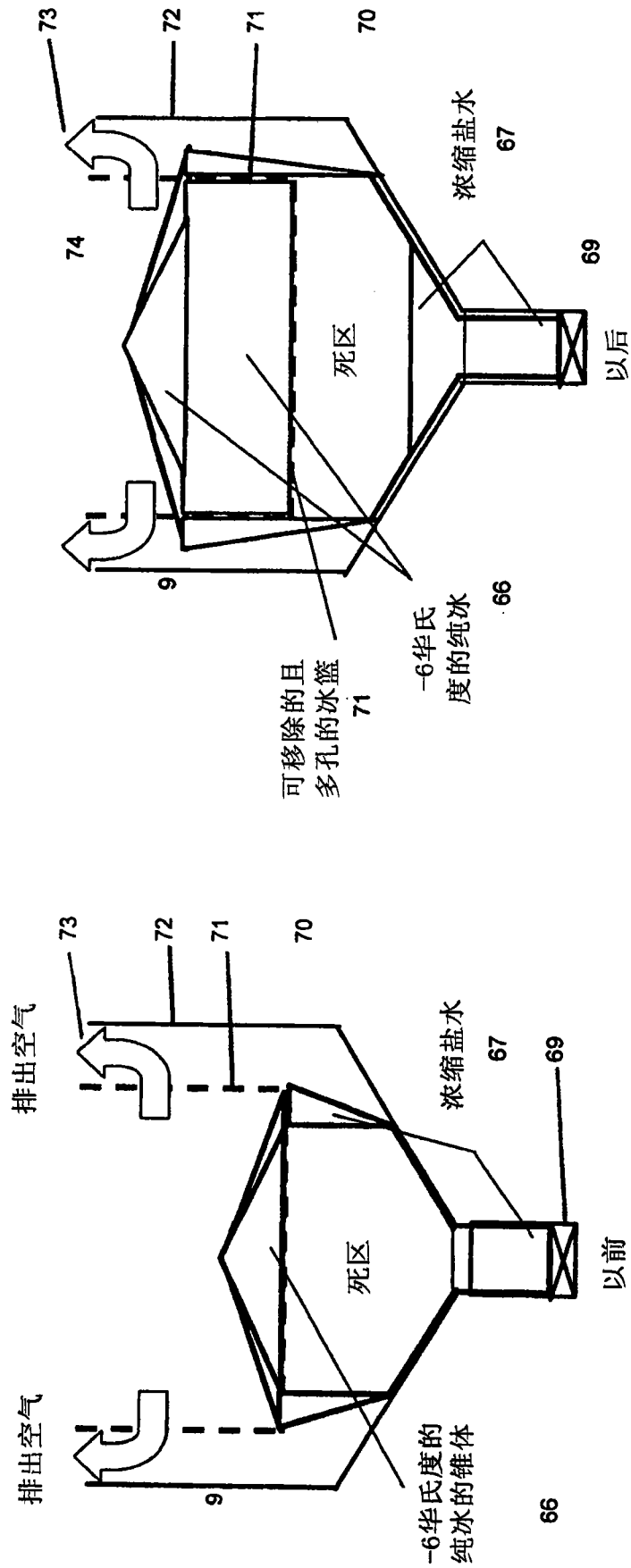


图6b

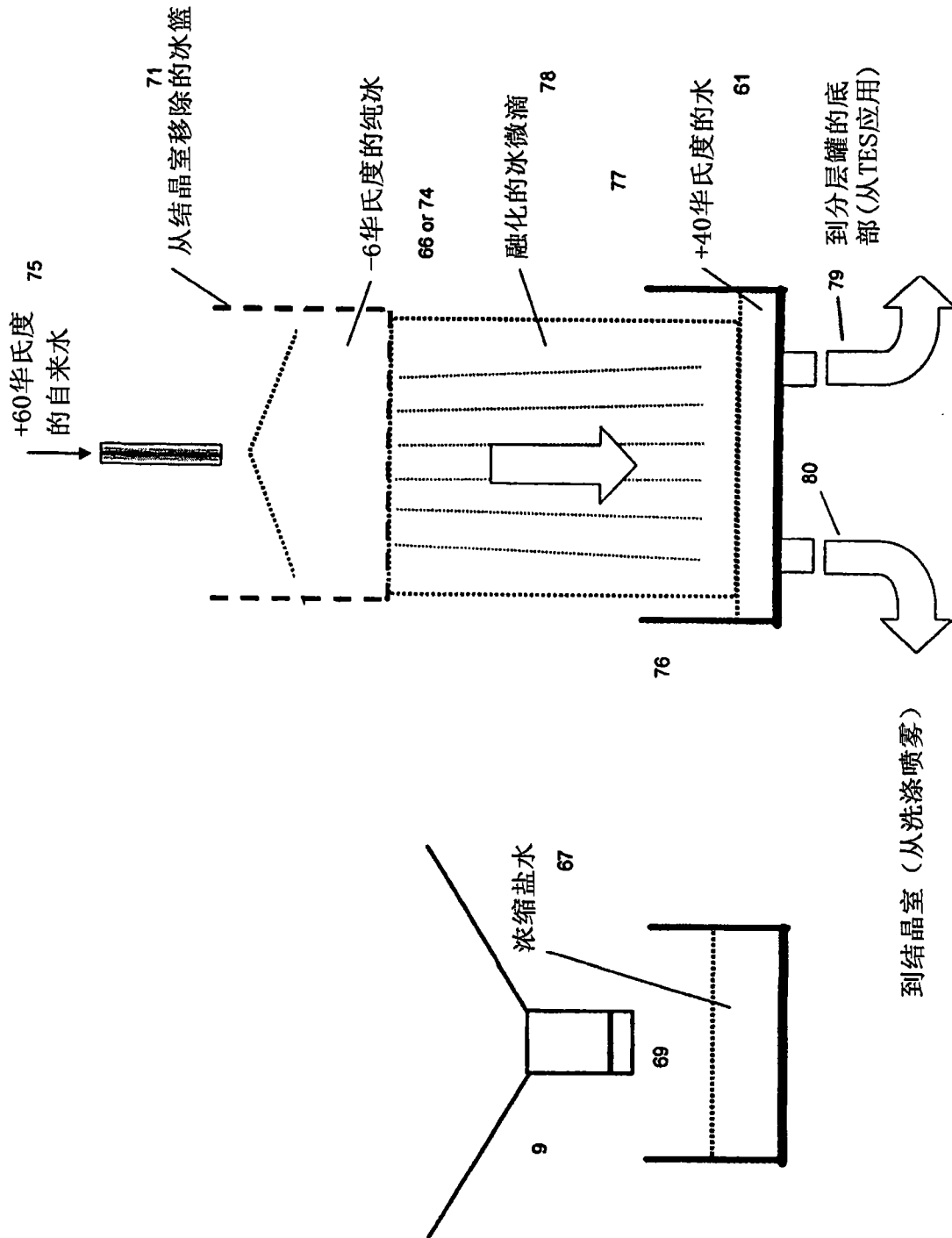
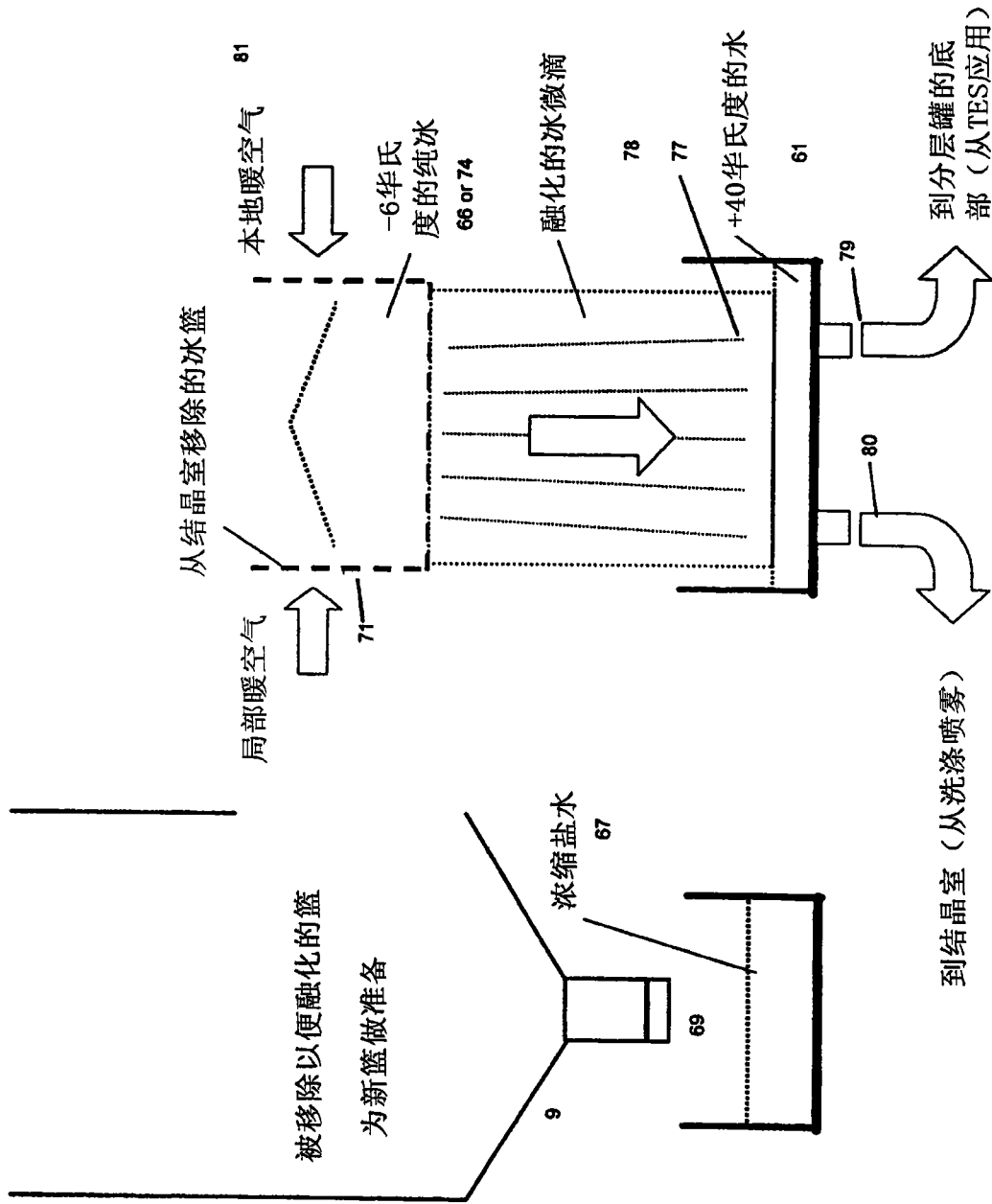


图6c

到结晶室(从洗涤喷雾)



在融化置于结晶室中的其它篮时篮保持在外

图6d

风力涡轮机发电机和最大电力输出  
 • 存储罐或长存储管壁  
 • 没有冷空气（使用废热）

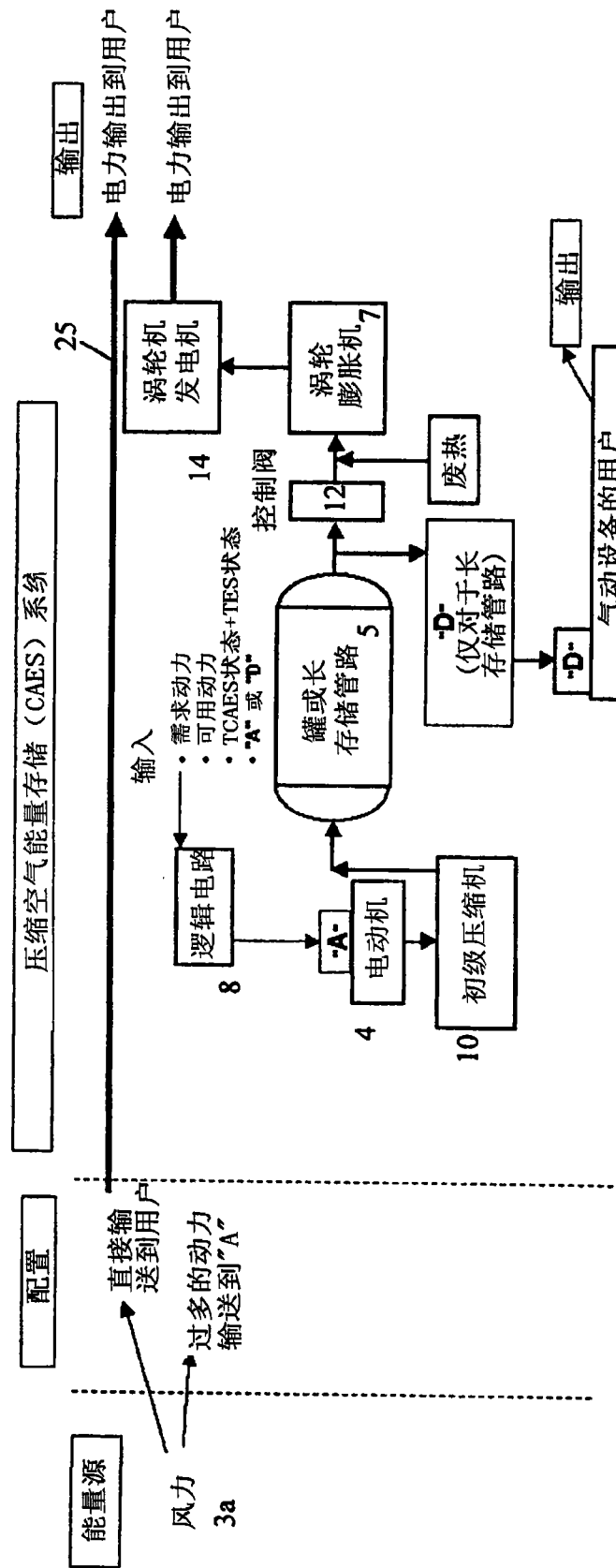


图7

发电并伴随产生冷空气的风力涡轮机发电机

- 存储罐或长存储管路
- 用于即时空气调节

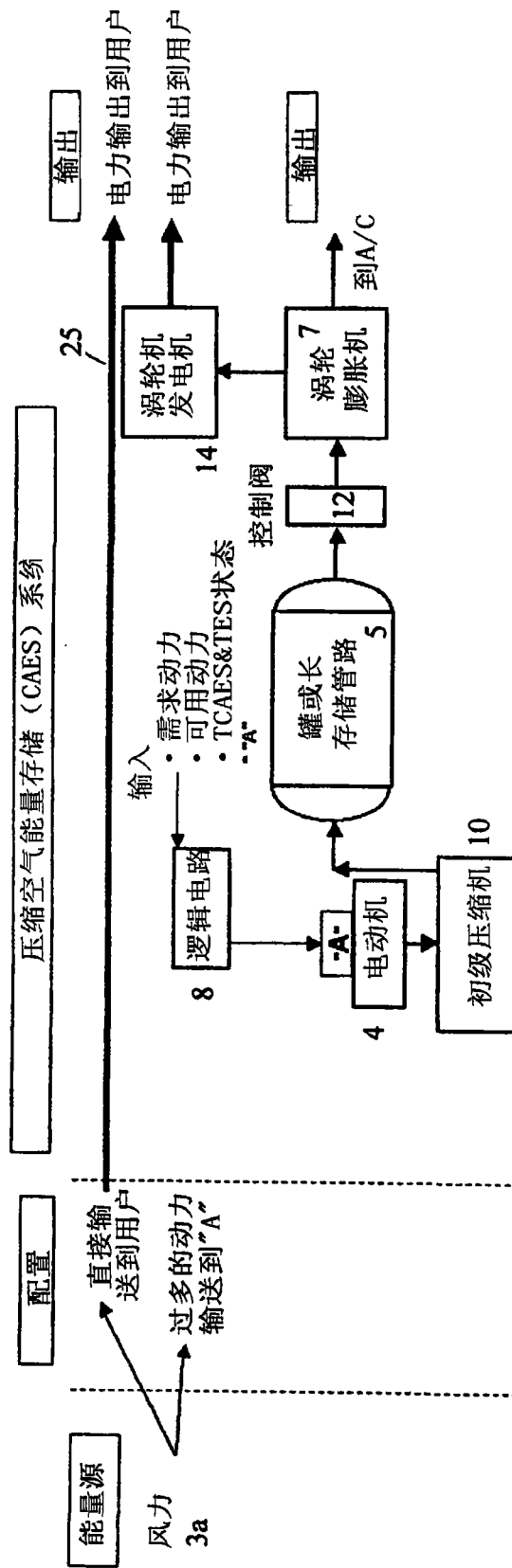
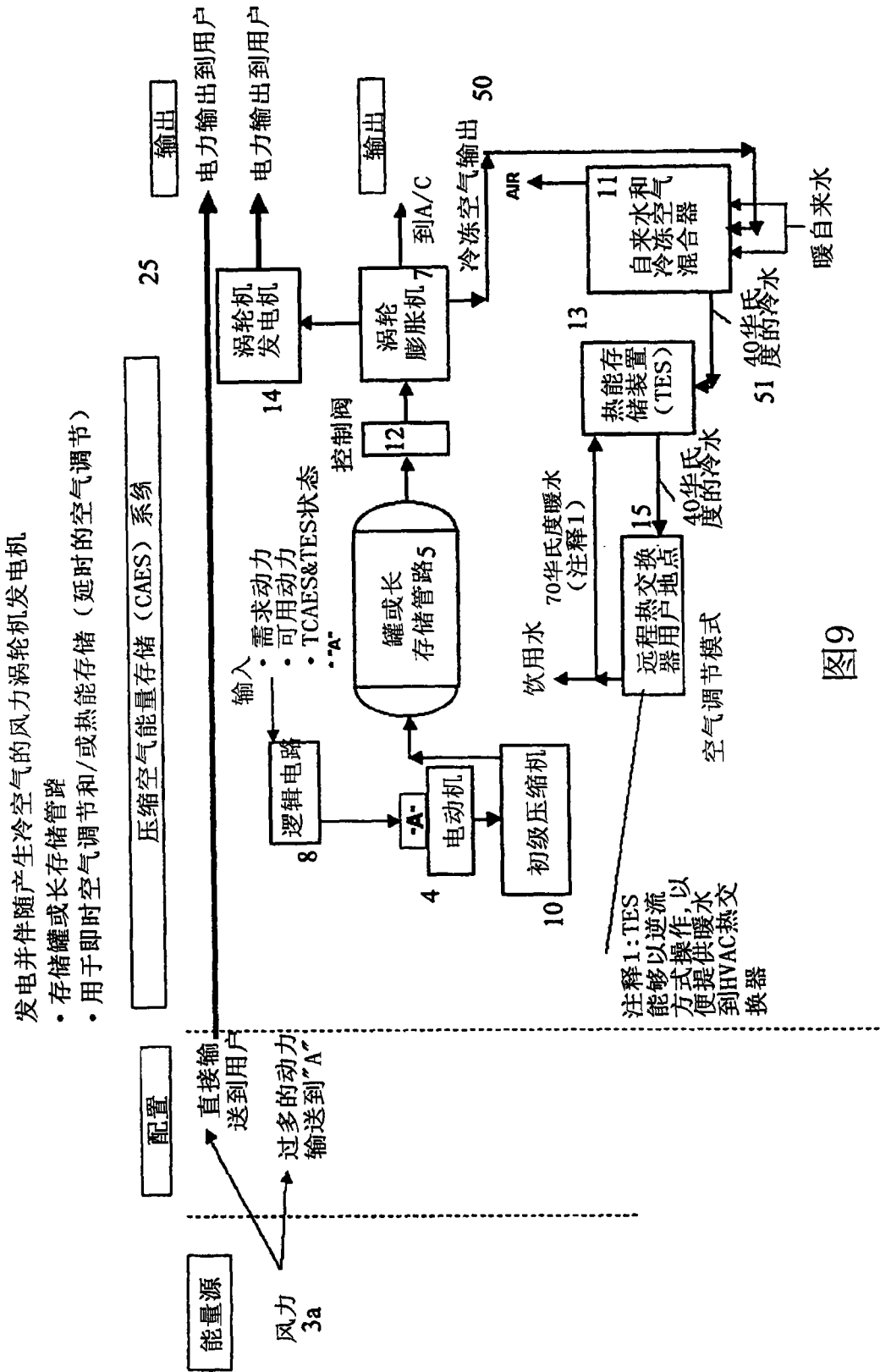


图8



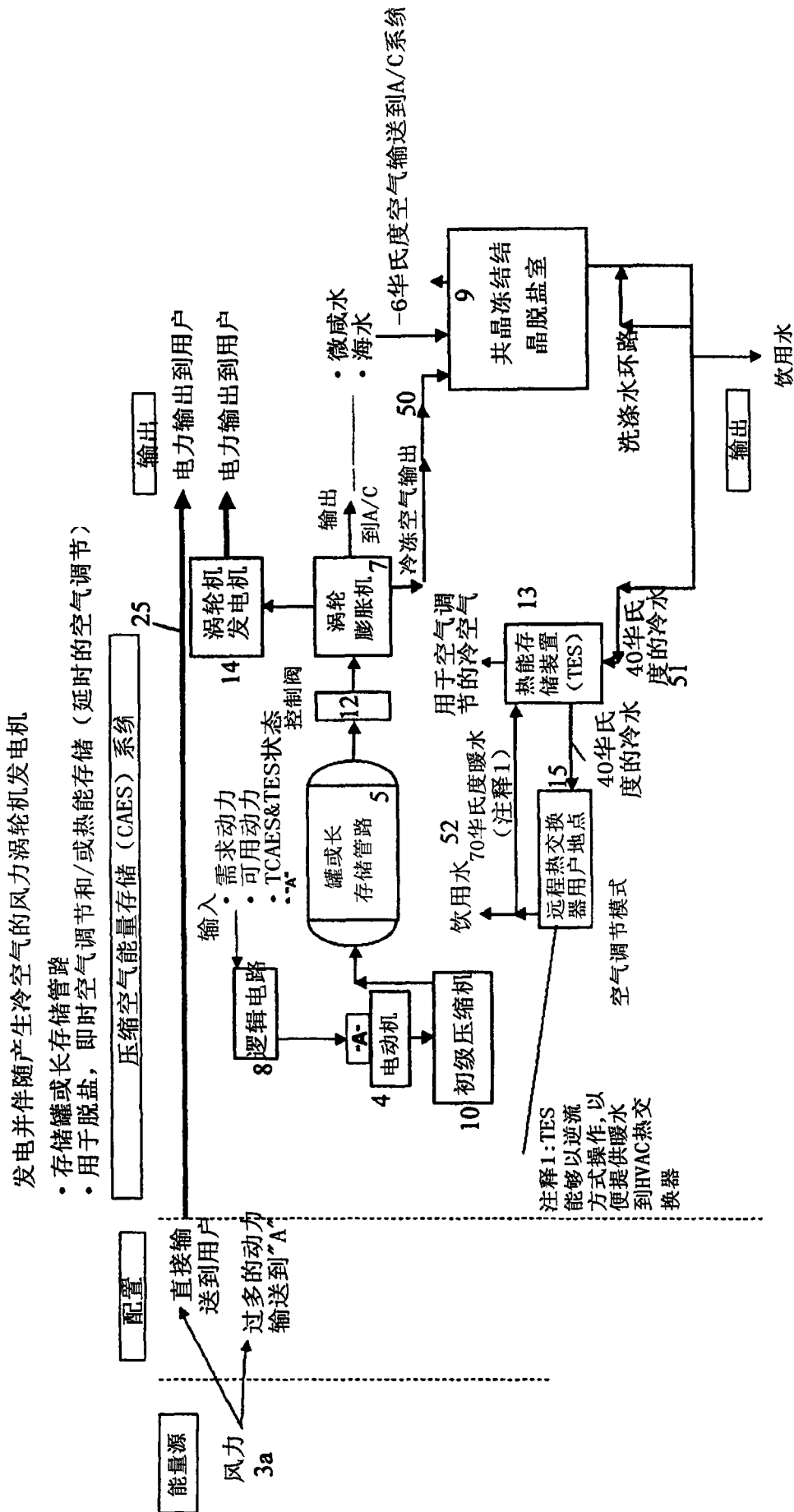


图10

当存储罐充满时发电并伴随产生冷空气的风力涡轮发电机  
 • 存储罐或长存储管  
 • 用于即时空气调节和/或热能存储 (延时的空气调节)

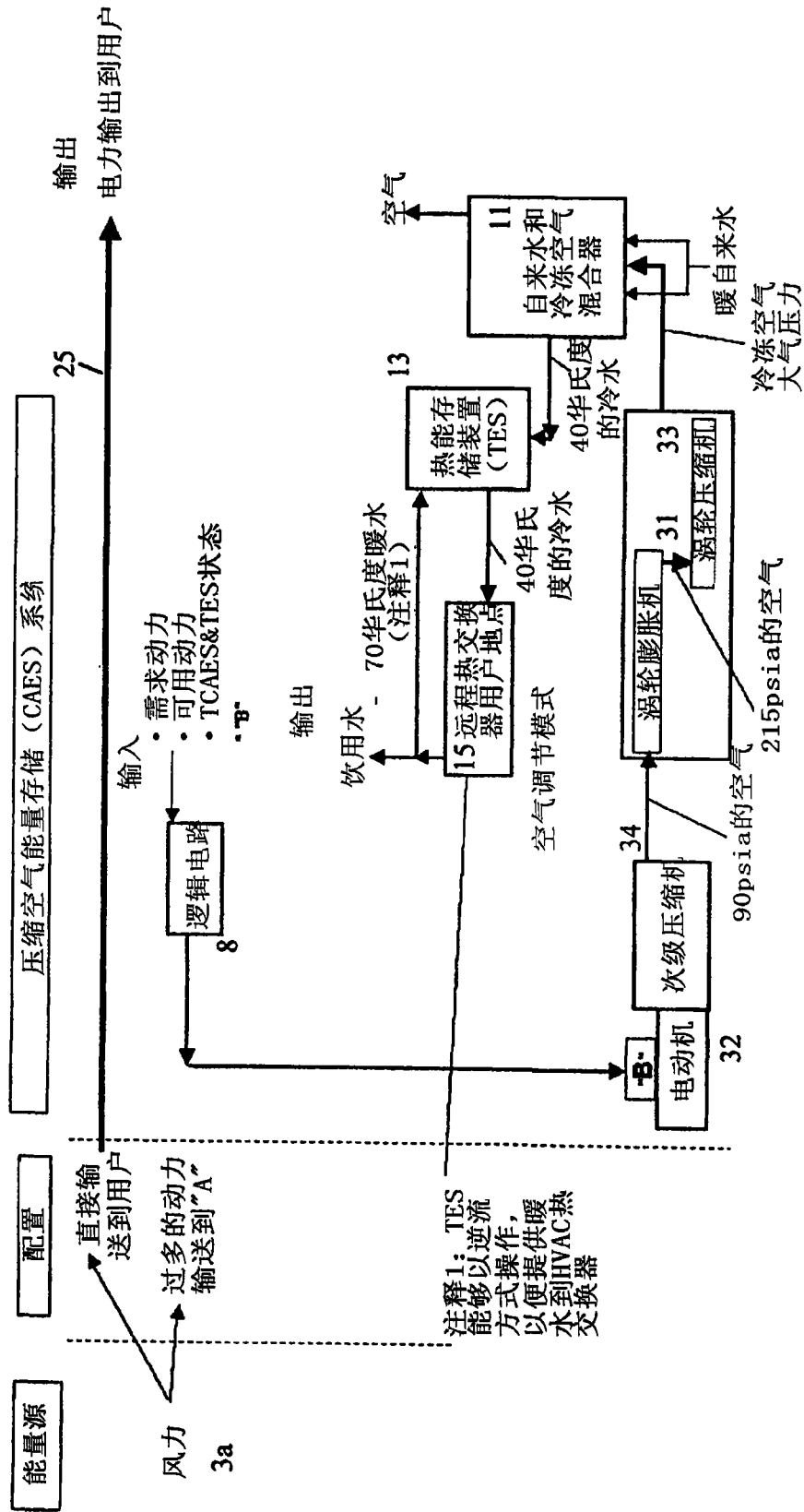


图11

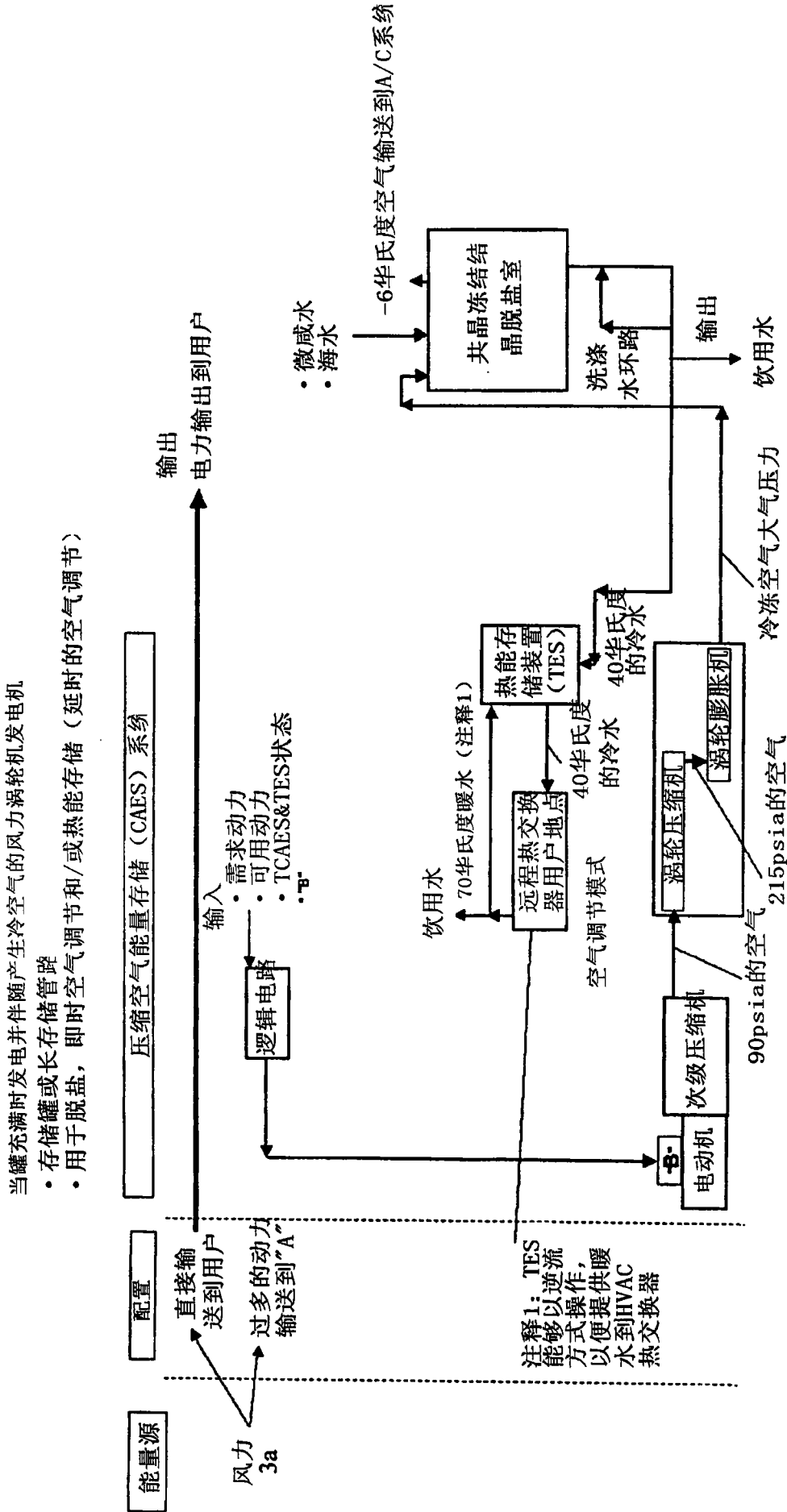


图12