



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114007454 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 16

(21) 申请号 202180003814.9

(22) 申请日 2021.09.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114007454 A

(43) 申请公布日 2022.02.01

(30) 优先权数据
63/198,121 2020.09.30 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.12.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2021/121613 2021.09.29

(87) PCT国际申请的公布数据
W02022/068857 EN 2022.04.07

(73) 专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙

(72) 发明人 寿大华 黄光汉 范金土 孙咏诗

(74) 专利代理机构 北京世峰知识产权代理有限公司 11713
专利代理师 卓霖 张春媛

(51) Int.Cl.
A41D 13/11 (2006.01)
A62B 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102770185 A, 2012.11.07
CN 102028316 A, 2011.04.27
JP 2007167346 A, 2007.07.05
CN 108634465 A, 2018.10.12
CN 2850336 Y, 2006.12.27
CN 101537237 A, 2009.09.23

审查员 唐黎黎

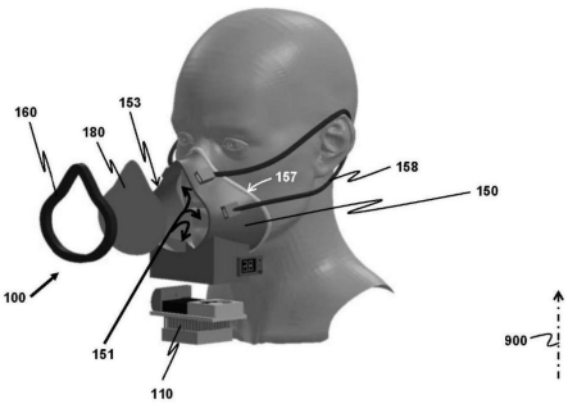
权利要求书2页 说明书12页 附图20页

(54) 发明名称

空气调节的面罩

(57) 摘要

在面罩 (100) 中,环境空气被口罩 (180) 过滤以形成可呼吸的洁净空气。面罩 (100) 具有内部有腔 (151) 的框架 (150), 用于储存供使用者呼吸的可呼吸的洁净空气。安装到框架 (150) 的温度调节单元 (110) 通过风扇 (421) 将可呼吸的洁净空气从腔 (151) 抽到热交换器 (425) 来对可呼吸空气进行温湿度调节。热交换器 (425) 与热电模块 (410) 接触, 以将热量通过热电效应传输到框架 (150) 外部, 从而冷却抽吸的可呼吸空气并冷凝其中的水蒸汽。冷凝的水蒸汽被热交换器 (425) 捕集。凉爽干燥的可呼吸空气被释放回腔 (151), 从而为用户提供呼吸的热舒适度。与热电模块 (410) 接触的散热器 (432) 与风扇 (431) 一起使用, 从而高效地将热量从热电模块 (410) 散发到框架 (150) 外部。



1. 一种用于过滤大气以向使用者提供可呼吸空气的面罩,所述面罩包括:
能拆卸地固定到使用者的面部的框架,所述框架包括用于储存能提供给使用者的可呼吸空气的内部的腔;和
能安装到所述框架以进入所述腔的内部的温度调节单元,所述温度调节单元被配置为:
将可呼吸空气从所述腔抽吸至所述温度调节装置中;
将热从抽吸的可呼吸空气传递到所述框架外的环境大气,以便冷却抽吸的可呼吸空气,同时使来自抽吸的可呼吸空气的部分水蒸汽冷凝而形成液态冷凝水;
从抽吸的可呼吸空气除去所述液态冷凝水;以及
在抽吸的可呼吸空气被冷却并且所述液态冷凝水被除去后,将所述抽吸的可呼吸空气释放到所述腔,使得释放回所述腔的可呼吸空气比最初抽吸的可呼吸空气更凉和更干燥。
2. 如权利要求1所述的面罩,其中,所述温度调节单元包括:
能被所述框架密封地连接的安装板,所述安装板用于将所述温度调节单元安装到所述框架,同时避免所述腔中的可呼吸空气与环境大气连通,所述安装板指定所述温度调节单元的冷侧和热侧,使得当所述温度调节单元安装到所述框架时,所述冷侧位于所述腔中,且所述热侧位于所述腔外;和
热电 (TE) 模块,所述TE模块安装在所述安装板中并被布置成同时进入所述冷侧和热侧两端,所述TE模块由珀耳帖热泵形成,用于将热从所述冷侧通过热电传输到所述热侧。
3. 如权利要求2所述的面罩,其中,所述温度调节单元还包括:
安装在所述冷侧上并与所述TE模块接触的热交换器,所述热交换板用于将从抽吸的可呼吸空气接收的热传递给所述TE模块,所述热交换器具有用于将抽吸的可呼吸空气释放回所述腔的一个或多个出口;和
安装在所述冷侧上并联接到所述热交换器的冷侧风扇,所述冷侧风扇用于将可呼吸空气从所述腔抽吸到所述热交换器。
4. 如权利要求3所述的面罩,其中,所述冷侧风扇的旋转速度是使用者可控的,使得由所述冷侧风扇产生的气流是使用者可控的。
5. 如权利要求3所述的面罩,其中,所述冷侧风扇是侧吹风扇。
6. 如权利要求3所述的面罩,其中,所述热交换器由覆盖有穿孔金属片的热交换散热器形成,所述穿孔金属片包括多个孔以形成所述一个或多个出口。
7. 如权利要求6所述的面罩,其中,所述热交换散热器为铝制板翅式散热器,且所述穿孔金属片由铜制成。
8. 如权利要求6所述的面罩,其中,所述热交换散热器包括从底板突出的一个或多个阵列的锥形杆,用于快速排出所述一个或多个阵列的锥形杆上的液态冷凝水,从而能从抽吸的可呼吸空气快速除去所述液态冷凝水。
9. 如权利要求8所述的面罩,其中,所述一个或多个阵列的锥形杆中的相应的锥形杆涂覆有超疏水涂层,且所述底板涂覆有亲水界面。
10. 如权利要求6所述的面罩,其中,所述多个孔布置为两排孔。
11. 如权利要求6所述的面罩,其中,所述多个孔布置为四排孔。
12. 如权利要求6所述的面罩,其中,所述多个孔布置为八排孔。

13. 如权利要求3所述的面罩,其中,所述热交换器包括串联在一起的第一导风件和第二导风件,所述第一导风件布置成接收来自所述冷侧风扇的抽吸的可呼吸空气,所述第二导风件提供用于将可呼吸空气释放回所述腔的一个或多个出口。

14. 如权利要求13所述的面罩,其中,所述第一导风件和所述第二导风件定向地相互基本垂直。

15. 如权利要求13所述的面罩,其中,所述热交换器由不可渗透的铜片形成。

16. 如权利要求2所述的面罩,其中,所述温度调节单元还包括:

安装在所述热侧上并与所述TE模块接触的热侧散热器,所述热侧散热器用于从所述TE模块接收热并将其散发到环境大气。

17. 如权利要求16所述的面罩,其中,所述温度调节单元还包括:

安装在所述热侧上的热侧风扇,所述热侧风扇用于强制散发所述热侧散热器接收到的热。

18. 如权利要求16所述的面罩,其中,所述热侧散热器为铝制板翅式散热器。

19. 如权利要求1-18中任一项所述的面罩,其中,所述温度调节单元能拆卸地安装到所述框架。

20. 如权利要求1-18中任一项所述的面罩,其中,所述框架还包括:

用于安装外科口罩的开口,所述外科口罩用于在大气通过所述外科口罩进入所述腔时过滤所述大气,以增强所述腔中已经存在的可呼吸空气;和

能密封地配合到所述开口的周边的密封锁,所述密封锁用于将所述外科口罩固定在所述周边上,同时密封所述开口。

21. 如权利要求3-15中任一项所述的面罩,其中:

所述框架还包括:

用于容纳外科口罩的开口,所述外科口罩用于在大气通过所述外科口罩进入所述腔时过滤大气,以增强所述腔中已经存在的可呼吸空气;和

能密封地配合到所述开口的周边的密封锁,所述密封锁用于将所述外科口罩固定在所述周边上,同时密封所述开口;

并且

所述面罩还包括连接所述外科口罩和冷侧风扇的进气口的L形管道,所述L形管道用于将所述外科口罩附近的新鲜过滤空气直接抽吸到所述温度调节单元以进行冷却和干燥,从而进一步提高所述面罩的空调节性能。

22. 如权利要求1-18中任一项所述的面罩,还包括用于降低所述腔中的可呼吸空气的相对湿度的一个或多个干燥剂袋。

23. 如权利要求22所述的面罩,其中,单独的干燥剂袋沉积有氯化钙作为干燥剂材料。

24. 如权利要求2-18中任一项所述的面罩,其中,在设置由所述TE模块在冷侧和热侧之间传输热能时,实现的热流的方向是所述TE模块的使用者可控的。

25. 如权利要求1-18中任一项所述的面罩,其中,所述框架通过3D打印形成。

空气调节的面罩

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年9月30日提交的美国临时专利申请No.63/198,121的优先权和权益,该申请的公开内容通过引用整体并入本文。

[0003] 缩略语

[0004] 3D 三维

[0005] AC 空气调节的

[0006] AH 绝对湿度

[0007] AT 表观温度

[0008] COVID-19 冠状病毒2019

[0009] HF 湿度感

[0010] HP 湿度偏好

[0011] OC 整体舒适度

[0012] PCM 相变材料

[0013] PLA 聚乳酸

[0014] PPE 个人防护装备

[0015] TP 热偏好

[0016] TSV 热感投票

技术领域

[0017] 本发明涉及一种提供空气调节的面罩。

背景技术

[0018] PPE广泛用作医疗保健环境中控制感染的手段。已开发的呼吸PPE,例如过滤式面罩呼吸器和外科口罩(也称为医用口罩),用于通过过滤散布在佩戴者的嘴和鼻的液滴中的有毒颗粒、病毒和细菌来保护人类避免有害物质的吸入和感染。广泛用于预防诸如COVID-19和流感等病毒的传播的外科口罩已经展示了佩戴者的病毒感染显著减少(>90%)的效果。在COVID-19疫情中,许多国家鼓励在疫情中尽早使用口罩作为控制感染的一般措施,而此后对佩戴口罩重要性的认识逐渐扩大到全球范围。在最新研究中,发现在公共场合佩戴口罩是预防COVID-19爆发时病毒在人际传播的最有效和最廉价的方法。

[0019] 通常,口罩由三层组成,在两个纺粘织物层之间具有熔喷微纤维过滤层。熔喷层作为主过滤层,其阻止微生物进入或离开口罩,而外无纺布层抗液体且防外部液滴,内无纺布层亲肤且吸附湿气。尽管口罩对毒素和病毒有很好的保护和隔离作用,但作为副作用,口罩会导致温度升高和潮气浓重,这会导致很多人感到严重不适并且呼吸困难。口罩内的空气温度极大地影响人的热感。此外,当诸如建筑工人、消防员或医务人员等佩戴者活动量大或在高压下工作时,外科口罩内产生的过多的热量和汗水会促进病毒的粘附,并使佩戴者的工作表现和节奏变差。诸如香港的热带地区或夏季的湿热环境会进一步增加热疾病的风

险,包括中暑和热衰竭。此外,目前的外科口罩由于它们的松动匹配设计,常常不适合佩戴者的面部,并且口罩可以被佩戴者的嘴接触和弄湿。因此,设计和开发这样一种新的外科口罩变得越来越重要:在不影响过滤性能的前提下,在佩戴期间提高热舒适性和耐受性。

[0020] US6,460,539中公开的一种面罩特别有助于通过阀释放佩戴者呼出的热气,以便降低面罩内的热和湿气水平。然而,被感染的佩戴者随呼吸直接释放病毒或有毒颗粒的风险显著增加,这并不能阻止病毒疾病的传播。同样,它无法基于空气通风在极端湿热的环境中为佩戴者降温。

[0021] US10,314,346中公开的涂覆有不连续图案的PCM的另一种类型的面罩有助于冷却面罩内部空间中的微气候。通过准确地确定佩戴者面部温度敏感区域和呼出气流的区域接触的PCM的数量和密度,通过PCM在口罩结构中的优化的放置,提高了冷却效果。然而,PCM的冷却功能的持续时间是有限的,且其每次使用后都需要冷却。此外,它不具有成本效益,因为如果用其来对抗诸如COVID-19的病毒,这种面罩通常应该是一次性的。

[0022] 上述面罩的使用不适合,它没有综合考虑佩戴者的实际环境和个人条件下的热和湿气管理,并且在极端湿热环境中在为佩戴者降温上存在挑战。此外,上述面罩无法在诸如香港等的极端湿热环境中为佩戴者降温,尤其是在夏季。在一次性模式下,它们针对过滤诸如COVID-19的病毒的使用成本非常高。

[0023] 本领域存在开发针对佩戴和热舒适性的创新面罩的需要。

发明内容

[0024] 本发明提供了一种面罩,用于过滤大气以向使用者提供可呼吸空气,同时向可呼吸空气提供空气调节以便为使用者提供热舒适性。

[0025] 该面罩包括框架和温度调节单元。框架能拆卸地固定到使用者的面部。该框架包括用于储存可提供给使用者的可呼吸空气的内部腔。温度调节单元能安装到框架以进入腔的内部。特别地,温度调节单元被配置为:将可呼吸空气从该腔抽吸至温度调节单元;将热从抽吸的可呼吸空气传递到框架外的环境大气,以便冷却抽吸的可呼吸空气,同时使来自抽吸的可呼吸空气中的部分水蒸汽冷凝而形成液态冷凝水;从抽吸的可呼吸空气中除去液态冷凝水;以及在抽吸的可呼吸空气被冷却并且液态冷凝水被除去后,将抽吸的可呼吸空气释放到腔,使得释放回腔的可呼吸空气比最初抽吸的可呼吸空气更凉和更干燥。

[0026] 在某些实施例中,温度调节单元包括安装板和热电(TE)模块。该安装板能被框架密封地连接,用于将温度调节单元安装到框架,同时避免腔中的可呼吸空气与环境大气连通。该安装板指定温度调节单元的冷侧和热侧,使得当温度调节单元安装到框架时,冷侧位于腔中,而热侧位于腔外。该TE模块安装在安装板中并布置为同时进入冷侧和热侧两端。特别地,TE模块由珀耳帖(Peltier)热泵形成,其用于将热从冷侧通过热电传输到热侧。

[0027] 在某些实施例中,温度调节单元还包括热交换器和冷侧风扇,它们两者都安装在冷侧上。热交换器与TE模块接触,以将从抽吸的可呼吸空气接收的热传递给TE模块。此外,热交换器具有一个或多个出口,以用于将抽吸的可呼吸空气释放回腔。冷侧风扇连接到热交换器,以将可呼吸空气从腔抽吸到热交换器。

[0028] 在某些实施例中,冷侧风扇的旋转速度是使用者可控的,使得由冷侧风扇产生的气流是使用者可控的。

[0029] 在某些实施例中,冷侧风扇是侧吹风扇。

[0030] 在一个实施例中,热交换器由覆盖有穿孔金属片的热交换散热器形成,其中穿孔金属片包括多个孔以形成一个或多个出口。热交换散热器可以是铝制板翅式散热器,且穿孔金属片可以由铜制成。此外,该多个孔可以布置为两排、四排或八排孔。

[0031] 在某些实施例中,热交换散热器包括从底板突出的一个或多个阵列的锥形杆,用于快速排出一个或多个阵列的锥形杆上的液态冷凝水,从而能够从抽吸的可呼吸空气快速除去液态冷凝水。该一个或多个阵列的锥形杆中的相应的锥形杆可以涂覆有超疏水涂层,并且底板可以涂覆有亲水界面。

[0032] 备选地,热交换器可以包括串联在一起的第一导风件和第二导风件。第一导风件布置成接收来自冷侧风扇的抽吸的可呼吸空气。第二导风件提供用于将可呼吸空气释放回腔的一个或多个出口。在某些实施例中,第一导风件和第二导风件定向地相互基本垂直。在某些实施例中,热交换器由不可渗透的铜片形成。

[0033] 优选地,温度调节单元还包括安装在热侧上并与TE模块接触的热侧散热器,用于从TE模块接收热并将其散发到环境大气。该热侧散热器可以是铝制板翅式散热器。

[0034] 还优选的是,温度调节单元还包括安装在热侧上的热侧风扇,用于强制散发热侧散热器接收到的热。

[0035] 在某些实施例中,温度调节单元能拆卸地安装到框架。

[0036] 在某些实施例中,框架还包括开口和密封锁。开口用于安装外科口罩,其中外科口罩用于在大气通过该外科口罩进入腔时过滤大气,以增强腔中已经存在的可呼吸空气。密封锁被配置为密封地配合到开口的周边,以将外科口罩固定在周边上,同时密封开口。

[0037] 在某些实施例中,面罩还包括连接外科口罩和冷侧风扇的进气口的L形管道,用于将外科口罩附近的新鲜过滤空气直接抽吸到温度调节单元以进行冷却和干燥,从而进一步提高面罩的空气调节性能。

[0038] 在某些实施例中,面罩还包括一个或多个干燥剂袋,用于降低腔中的可呼吸空气的相对湿度。优选地,单独的干燥剂袋沉积有氯化钙作为干燥剂材料。

[0039] 在某些实施例中,在设置由TE模块在冷侧和热侧之间传输热能时,实现的热流的方向是TE模块的使用者可控的。

[0040] 在某些实施例中,框架通过3D打印形成。

[0041] 本发明的其他方面被公开,如下文的实施例所示。

附图说明

[0042] 图1描绘了根据本发明的示例性实施例的提供空气调节的面罩的前视图。

[0043] 图2描绘了图1的面罩的透视图。

[0044] 图3描绘了图1的面罩的分解图,表示面罩包括框架和温度调节单元。

[0045] 图4描绘了由温度调节单元执行的用于提供空气调节的示例性操作的序列。

[0046] 图5描绘了被配置为执行图4中所示的操作序列的温度调节单元的实施例。

[0047] 图6A以分解图描绘了温度调节单元的一种实现方式,展示出了热交换器安装在温度调节单元中的第一实施例。

[0048] 图6B以分解图描绘了温度调节单元的另一种实现方式,示出了热交换器安装在温

度调节单元中的第二实施例。

[0049] 图6C根据本发明的某些实施例描绘了(a)具有安装在面罩内部的L形管道的面罩的后视图,和(b)面罩的横截面侧视图,用于示出面罩中的L形管道的工作原理。

[0050] 图6D根据本发明的某些实施例描绘了其中分布有干燥剂的面罩的后侧视图。

[0051] 图6E根据本发明的某些实施例描绘了具有锥形杆阵列的新型热交换散热器,其用于由于两侧的弯曲率差异而快速排出冷凝液滴。

[0052] 图7描绘了在实验中使用的蒸汽测试装置。

[0053] 图8描绘了在实验中使用的客观测试设置。

[0054] 图9描绘了在相同电压下为TE模块供电、在不同电压下为冷侧风扇和热侧风扇供电、以及热交换器中使用的散热器选择不同的情况下蒸汽测试的实验结果。

[0055] 图10A描绘了在不同电压下为TE模块供电、在相同电压下为冷侧风扇和热侧风扇供电、以及热交换器中使用的散热器选择不同的情况下的蒸汽测试的实验结果。

[0056] 图10B描绘了在(a)初始状态、(b)早期状态、(c)发展状态和(d)稳定状态时与具有导风通道的面罩的流线相结合的温度场。

[0057] 图11描绘了在面罩中使用散热器B的基础上,在施加到TE模块和冷侧风扇及热侧风扇的不同电压下温度变化和AT变化的实验结果。

[0058] 图12显示了在面罩中使用散热器B的基础上,在对TE模块施加的电压从1V到3V、然后从3V到1V,而施加到冷侧风扇和热侧风扇的电压固定在7V的情况下,温度和AT变化的实验结果,

[0059] 图13显示了客观测试的第一组实验结果,其中实验结果是微气候温度、AH、AT和皮肤温度随时间的变化。

[0060] 图14显示了客观测试的第二组实验结果,其中实验结果是微气候温度、AH、AT和皮肤温度随时间的变化。

[0061] 图15显示了客观测试的第三组实验结果,其中实验结果是微气候温度、AH、AT和皮肤温度随时间的变化。

[0062] 图16显示了客观测试的第四组实验结果,其中实验结果是微气候温度、AH、AT和皮肤温度随时间的变化。

[0063] 图17是描绘了安装有导风通道的面罩的人类主观测试结果的总结图表。

[0064] 本领域技术人员将理解,附图中的元件是为了简单和清楚而展示的,且不一定按比例描绘。

具体实施方式

[0065] 如本文在说明书和所附权利要求书中所使用的,术语“避免”是指部分地或完全地排除、免于、消除、阻止、停止、阻碍或延迟该术语“避免”之后的后果或现象发生的任何方法。术语“避免”并不意味着其一定是绝对的,而是有效地对该术语“避免”之后的后果或现象提供某种程度的避免或预防或改善。

[0066] 本文公开了一种用于过滤大气以向使用者提供可呼吸空气的面罩。有利的是,该面罩为可呼吸空气提供空气调节,以便为使用者提供热舒适度。所公开的面罩如图1-4所示。

[0067] 图1是根据本发明的由使用者佩戴的示例性面罩100的前视图。图2是面罩100的透视图。图3是面罩100的分解图。为了便于说明面罩100,限定了参考竖直方向900,如图1-3中所示。在本说明书和所附权利要求书中,诸如“上方”、“下方”、“更高”、“上”、“下”、“顶部”、“底部”和“水平”等位置和方向性词语参照该参考竖直方向900来解释。

[0068] 面罩100包括框架150和温度调节单元110。框架150可拆卸地安装到使用者的面部,用于在使用者佩戴面罩100时至少覆盖使用者的鼻孔和嘴。框架150包括内部的腔151作为用于储存可提供给使用者的可呼吸空气的气体储藏器。当使用者佩戴面罩100并且当使用者吸气时,存在于腔151中的可呼吸空气被使用者吸入。当使用者呼气时,使用者呼出的湿热空气与腔151内的可呼吸空气混合,使可呼吸空气温暖和湿润。温度调节单元110用于对腔151中存在的可呼吸空气进行空气调节,从而避免腔151中的可呼吸空气过热和过于湿润,且由此避免给使用者带来不适。温度调节单元110可安装到框架150以进入腔151。

[0069] 图4描绘了示例性步骤(即操作)的序列300,其由温度调节单元110执行以提供用于冷却和干燥腔151中的可呼吸空气的空气调节。温度调节单元110首先将可呼吸空气从腔151抽吸到温度调节单元110中(步骤310)。之后,温度调节单元110将热从抽吸的可呼吸空气强制传递到框架150外部的环境大气中,以便冷却抽吸的可呼吸空气(步骤320)。随着抽吸的可呼吸空气冷却,抽吸的可呼吸空气中存在的水蒸汽含量的至少一部分被冷凝,从而在温度调节单元110中形成液态冷凝水。注意,液态冷凝水是液体形式。温度调节单元110从抽吸的可呼吸空气除去液态冷凝水(步骤330)。所获得的液态冷凝水可以保留在温度调节单元110中,或者可以排放到框架150外部的环境大气。在抽吸的可呼吸空气被冷却并且液态冷凝水被除去之后,温度调节单元110将抽吸的可呼吸空气释放到腔151,使得释放回腔151的可呼吸空气比最初抽吸的可呼吸空气更凉和更干燥(步骤340)。这从而改善了腔151内部可呼吸空气的微气候。图5描绘了被配置为执行操作序列300的温度调节单元110的示例性实施例。示例性地,温度调节单元110包括安装板415、TE模块410、热交换器425和冷侧风扇421。

[0070] 安装板415可被框架150密封地配合,以用于将温度调节单元110安装到框架150,同时避免腔151中的可呼吸空气通过安装板415与环境大气连通。安装板415限定了温度调节单元110的冷侧491和热侧492,使得当温度调节单元110安装到框架150时,冷侧491位于腔151中并且热侧492位于腔151外部。作为如图5中所示的示范示例,安装板415水平地定位,使得冷侧491是安装板415上方的空间,而热侧492是安装板415下方的另一个空间。

[0071] TE模块410安装在安装板415中并且被布置为同时进入冷侧491和热侧492两端。特别地,TE模块410形成为珀尔帖热泵,用于将热从冷侧491热电传输到热侧492。珀尔帖热泵是固态装置,当电压差施加到第一表面和第二表面时,其将热能从热泵的第一表面传输到其第二表面。特别地,珀尔帖热泵的热流方向由电压差的极性控制。珀尔帖热泵的特性和实现方案可以在例如US3,635,037中找到。在TE模块410的一种优选实现方式中,TE模块410插入到安装板415中,其中TE模块410的一个表面暴露于冷侧491,而其另一表面暴露于热侧492。

[0072] 热交换器425安装在冷侧491上并且布置成接收抽吸的可呼吸空气。此外,热交换器425与TE模块410接触,以将从抽吸的可呼吸空气接收的热量传递到TE模块410,以由此冷却抽吸的可呼吸空气。为了将提取的热能高效地传递到TE模块410,优选地,热交换器425由

一种或多种导热材料构成,例如金属。热交换器425还可用于捕集和保留液态冷凝水,以便在冷却后从抽吸的可呼吸空气除去液态冷凝水。热交换器425具有一个或多个出口426,以用于在抽吸的可呼吸空气冷却和干燥后将抽吸的可呼吸空气释放回腔151。

[0073] 冷侧风扇421安装在冷侧491上,并且联接到热交换器425上,以从腔151抽吸入可呼吸空气并将抽吸的可呼吸空气吹到热交换器425中。在一种实现方式中,冷侧风扇421为侧吹风扇。优选地,冷侧风扇421的旋转速度是使用者可控的,使得冷侧风扇421产生的气流是使用者可控的。由于冷侧风扇421抽吸的可呼吸空气通过一个或多个出口426以取决于冷侧风扇421产生的气流速度的风速被吹回腔151,使用者能够调节气流速度,以最大限度地提高使用者的舒适度。

[0074] 在执行操作序列300时,冷侧风扇421用于执行步骤310;热交换器425与TE模块410共同用于执行步骤320;且热交换器425用于执行步骤330和340。在操作中,冷侧风扇421将可呼吸空气从腔151抽吸到热交换器425(步骤310)。抽吸的可呼吸空气在热交换器425内部行进并接触热交换器425的内部结构(例如壁)。TE模块410被供电,以将热从热交换器425传送到环境大气(步骤320)中,从而使内部结构更凉。内部结构内的抽吸的可呼吸空气因此被冷却,并且其中的至少一部分水蒸汽被冷凝并且被锁定或保留在热交换器425内(步骤330)。从抽吸的可呼吸空气释放并随后被热交换器425吸收的热能随后被传导到TE模块410,TE模块410将从冷侧491接收到的热能传递到热侧492以耗散到环境大气中(步骤320)。抽吸的可呼吸空气经冷却和干燥后从热交换器425吹出,并通过一个或多个出口426返回腔151(步骤340)。

[0075] 为了提高TE模块410和环境大气之间的换热效率,优选地,温度调节单元110还包括安装在热侧492上并与TE模块410接触的热侧散热器432,以用于从TE模块410接收热并将接收到的热散发到环境大气中。热侧散热器432可以实现为铝制板翅式散热器。

[0076] 为了进一步提高传热效率,优选地,温度调节单元110还包括安装在热侧492上的热侧风扇431,用于将来自热侧散热器432的热能强制散发到环境大气中。热侧风扇431定位成靠近热侧散热器432。当对热侧风扇431供电时,其驱动大气通过热侧散热器432,以带走热侧散热器432中的热能。

[0077] 面罩100的其他实施方式详细描述如下。

[0078] 图6A和6B描绘了温度调节单元110的两种实现方式的分解图,用于说明热交换器425的两个实施例,它们分别表示为第一热交换器425a和第二热交换器425b。

[0079] 第一热交换器425a具有多个出口426a,用于将抽吸的可呼吸空气释放回腔151。此外,第一热交换器425a由覆盖有穿孔金属片的散热器形成。热交换散热器可以是铝制板翅式散热器。穿孔金属片可由铜制成。特别地,穿孔金属片包括多个孔以形成一个或多个出口426a。为方便起见,该多个孔也被称为426a。该多个孔426a可以布置为具有预定排数孔的孔的矩形阵列。所需的排数可以根据所考虑的使用场景来确定。排数可以是二、四、八或本领域技术人员认为合适的任何数量。

[0080] 第二热交换器425b具有用于将抽吸的可呼吸空气释放回腔151的出口426b。第二热交换器425b通过将第一导风件621和第二导风件622串联而形成。第一导风件621连接到冷侧风扇421,以用于接收抽吸的可呼吸空气。此外,第一导风件621位于TE模块410上以利于传热。第二导风件622提供出口426b。特别地,第一导风件621和第二导风件622在定向上

相互基本垂直。如图6B中所示的一个例子,第一导风件621相对于参考竖直方向900水平地放置,以紧密接触TE模块410,而第二导风件622垂直定向,以在冷却和除湿后吹出抽吸的可呼吸空气。在实施时,可以使用不可渗透的铜片来形成第一导风件621、第二导风件622或整个第二热交换器425b。

[0081] 第一热交换器425a和第二热交换器425b之间的区别在于用于将可呼吸空气吹回腔151的出口是一个或是多个。第一热交换器425a使用用于吹出空气的多个孔426a,这些孔通常很小,而第二热交换器425b的用于吹出空气的出口426b明显大于多个孔426a中的单独的孔。这两个热交换器425a、425b对使用者造成不同的触觉感知。这两个热交换器425a、425b中的哪一个对于使用者而言更优选,主要取决于使用者对触感的个人喜好。

[0082] 优选地,温度调节单元110可拆卸地安装到框架150。一个优点是使得在温度调节单元110从框架150取出之后,出于卫生目的清洁温度调节单元110和框架150更加方便。

[0083] 由于面罩100用于过滤大气以向使用者提供可呼吸空气,因此框架150形成有由其周边153限定的开口,其中该开口用于接收外部的一次性外科口罩180。外科口罩180用于当大气通过外科口罩180进入腔151时过滤大气,以增强腔151中已经存在的可呼吸空气。优选地,框架150还包括密封锁160,其被配置成密封地配合到开口的周边153。密封锁160用于将外科口罩180固定在周边153上,同时密封开口,以避免未过滤的空气泄漏到腔151中并与其中的可呼吸空气混合。

[0084] 在设计框架150时,重要的是避免外科口罩180与使用者的鼻和嘴直接接触,以防止外科口罩180被来自使用者的汗水或溅上的液体直接弄湿。因此,期望框架150被设计成在外科口罩180和使用者的鼻/嘴之间具有足够大的间隔。此外,它为腔151内部的空气通风提供了足够的空间,从而提高了使用者的热态下佩戴舒适度,并使使用者能够轻松呼吸。

[0085] 为了确保接触配合和佩戴舒适度,优选地,框架150还包括模制的在框架150的边缘的密封垫157,其中框架边缘被布置为接触使用者的面部。除了柔软且富有弹性以向使用者提供舒适度外,密封垫157还可以阻挡外部颗粒和病毒通过框架150与使用者面部之间的接触界面而渗入。

[0086] 通常,框架150被制成可拆卸地安装到使用者的面部,以通过使用一对保持在使用者的耳朵上的带子158来覆盖使用者的鼻和嘴,如图3中所示。也可以使用弹性带子或绳来固定使用者的头部,以便将框架150固定在使用者的面部上。用于将面罩100可拆卸地附接到使用者面部的其他方法也是可行的。

[0087] 在批量生产中,框架150可以通过制模工艺制造。备选地,框架150也可以通过3D打印形成以用于小规模生产。使用3D打印来形成框架150具有这样的优点:通过将框架150设计为具有与使用者面部和下巴的轮廓匹配的形状,框架150可以针对使用者进行个性化。

[0088] 注意,框架150可以在消毒后重新使用。

[0089] 可选地,在设置由TE模块410在冷侧491和热侧492之间传输热能时,实现的热流方向时是使用者可控的。控制穿过TE模块410(其以珀尔帖热泵实现)的热流方向是可行的,因为热流方向由施加到珀尔帖热泵的电压极性决定。因此,允许使用者选择加热或冷却存在于腔151中的可呼吸空气,以根据环境条件实现热舒适。

[0090] 所公开的面罩100的一些原型被开发、制造和测试。面罩原型中使用的温度调节单元110的详细尺寸描述如表1所示。

[0091] 表1.原型中使用的温度调节单元的不同设置：(a) 冷侧；(b) 热侧；(c) TE模块。

[0092]

(a) 冷侧

[0093]

	冷侧散热器 (即热交换散热器)				冷侧风扇
本文中使用的参考编码	A	B	C	D	G
尺寸 ± 1 (mm) (L(mm)*W(mm)*H(mm))	30*30*5	30*30*5	30*30*5	30*30*5	30*30*6.5
吹气方向	-	-	-	-	侧吹

[0094]

(b) 热侧		
	热侧散热器	热侧风扇
本文中使用的参考编码	2	A
尺寸 ± 1 (mm) (L(mm)*W(mm)*H(mm))	40*40*10	40*40*10
吹气方向	-	向前吹

[0095]

(c) TE模块	
本文中使用的参考编码	TEC1-7104SR
尺寸 ± 1 (mm) (L(mm)*W(mm)*H(mm))	30*30*5
吹气方向	-

[0096] 图6C-6E分别描绘了面罩100的实施例,其进一步改进了使用者舒适度、空气调节性能等。

[0097] 图6C在(a)后视图和(b)横截面侧视图中描绘了面罩100。特别地,图6C描绘了连接外科口罩180和冷侧风扇421的进气口的L形管道610,其用于将外科口罩180附近的新鲜过滤空气直接抽吸到温度调节单元110进行冷却和干燥,以便进一步改善面罩100的空气调节性能。通过将来自环境大气的空气抽吸通过外科口罩180,其中抽吸的空氣的温度低于使用者呼出的空氣的温度,相比于仅求助于内部空气循环,温度调节单元110的冷却效果得以提高。此外,环境空氣的湿度低于人呼出的空氣的湿度,从而避免了框架150内部过多积聚的湿气。在面罩100的实施方式,L形管道610可以安装到靠近冷侧风扇421的温度调节单元

110,或安装到框架150。

[0098] 图6D描绘了面罩100的两个后视图,其中面罩100还包括一个或多个干燥剂袋631-633,用于降低腔151中可呼吸空气的相对湿度。优选地,选择氯化钙(CaCl_2)而不是其他有机吸附剂(例如硅胶)作为沉积在一个或多个干燥剂袋631-633中的干燥剂材料,以用于进一步的湿气管理,因为它具有商业可用性和强大的吸湿能力。在平均温度为 31°C 和相对湿度为85%的情况下,估计的吸湿能力为每克 CaCl_2 吸收约4克至9克的湿气。举例说明,干燥剂袋631设置在温度调节单元110上,且两个干燥剂袋632、633分别附接于框架150的两个内侧侧面。干燥剂袋631可以是放在热交换器425上的5克干燥剂袋。各自装有平均 (2.50 ± 0.05) g干燥剂的干燥剂袋632、633可以安装到框架150。

[0099] 如上所述,第一热交换器425a由覆盖有穿孔金属片的热交换散热器形成。图6E描绘了用作热交换散热器的新型散热器650。新型散热器650包括从底板652突出的锥形杆655的一个或多个阵列651。锥形杆的每个阵列651被设计成降低相对湿度。由于两侧的弯曲率差异,可以诱导锥形杆655上的液态冷凝水(呈冷凝液滴的形式)的快速排出,从而能够从抽吸的可呼吸空气快速除去液态冷凝水(在步骤330中)。此外,锥形杆655的表面处理有超疏水涂层,而底板652的表面涂有亲水界面。润湿性模式和弯曲率梯度促进了液滴的排出,从而导致可呼吸空气的相对湿度较低。

[0100] 在实验中,研究了分别具有第一热交换器425a和第二热交换器425b的温度调节单元110的上述两种实现方式。TE模块410的施加的电压从1V变化到4V,冷侧风扇421和热侧风扇431的施加的电压从5V变化到11V。针对第一热交换器425a中使用的板翅式散热器的每个通道,第一热交换器425a的铜片上的穿孔的数量以两排、四排和八排有所不同。针对引导气流,对第二热交换器425b进行测试。实验数据是通过蒸汽测试和人类客观测试获得的。图7和8分别描绘了在实验中使用的蒸汽测试设置和人类客观测试设置。

[0101] 为了更好地检查面罩100的冷却性能,基于由商业温度和湿度传感系统对温度和湿度变化的测量来计算AT的减少。AT相当于人类感知的等效温度,其由如下方式计算:

$$[0102] \quad AT = -2.653 + 0.994T + 0.0153T_d^2 \quad (1)$$

[0103] 以及

$$[0104] \quad T_d = \frac{243.04 \left(\ln(RH) + \frac{17.625T}{243.04 + T} \right)}{17.625 - \ln(RH) - \frac{17.625T}{243.04 + T}} \quad (2)$$

[0105] 其中:AT是AT;T是温度; T_d 为露点温度;而RH是相对湿度。AH用于表示面罩100内部空气中水蒸汽含量的变化。AH由下式给出

$$[0106] \quad AH = \frac{C}{T} P_w = \frac{C}{T} * A 10^{\frac{mT}{T+T_n}} \quad (3)$$

[0107] 其中C,A,m和 T_n 是一定的常数。AT和AH两者都是基于面罩100内部的测得温度和相对湿度的值获得的。

[0108] 根据蒸汽测试,在施加到TE模块410的3V恒定电压下评估四个冷侧散热器(即,热交换散热器)。图9和表2中示出了AT的减少。特别地,图9示出了在为TE模块410供电时在3V恒定电压下,关于施加到冷侧风扇421和热侧风扇431的电压对面罩100中的AT的影响的蒸

汽测试结果,其中在以下不同情况下评估该影响:使用(a)散热器A、(b)散热器B、(c)散热器C和(b)散热器D。在所有情况下,AT值在10分钟内达到恒定水平。特别是,在对热侧风扇431施加9V电压的情况下,AT显著降低,范围从基于散热器A的15℃到基于散热器D的超过30℃。

[0109] 表2.TE模块电压固定在3V时,在使用不同冷侧散热器的基础上AT的变化。

℃	散热器A	散热器B	散热器C	散热器D
5V	-20.2±0.5	-19.7±1.7	-25.8±0.3	-26.0±1.2
7V	-24.4±1.0	-27.0±1.0	-29.4±0.8	-27.0±1.0
9V	-15.7±0.5	-22.1±0.7	-24.0±0.4	-30.3±0.9
11V	-17.0±0.8	-20.8±0.9	-24.8±0.7	-26.5±1.3

[0111] 图10A和表3展示了在施加到冷侧风扇421和热侧风扇431的7V的固定电压下,对于四种不同类型的散热器,AT随着施加到TE模块410的不同电压的变化。特别地,图10A展示了在为冷侧风扇421和热侧风扇431供7V的恒定电压时,施加到TE模块410的电压对面罩100中的AT的影响的蒸汽测试结果,其中在以下不同情况下评估该影响:使用a)散热器A、(b)散热器B、(c)散热器C和(b)散热器D。测试过程与图5中描述的过程相同。示出当TE模块电压为1V时,使用散热器BAT降低13°,当TE模块电压为4V时,AT降低超过30℃。

[0112] 表3.每个风扇施加的电压固定为7V时,由于施加到TE模块的不同电压导致的AT变化。

℃	散热器A	散热器B	散热器C	散热器D
1V	-17.5±1.1	-13.6±0.7	-16.5±1.0	-23.28±0.9
2V	-21.6±1.3	-20.8±0.6	-19.4±1.1	-16.5±0.3
3V	-24.4±1.0	-27.1±1.0	-29.4±0.8	-27.0±1.0
4V	-32.0±1.3	-25.8±0.9	-24.7±2.2	-26.1±1.6

[0114] 图10B呈现了不同状态下具有导风通道的面罩100的流线和温度分布。流线场展示了高速区沿进气的流动方向呈带状。带状低温区与高速区重叠(图10B-c)。导风通道是有效的,因为新鲜流动空气被引导到中央区域(靠近鼻)。温度为25℃的冷空气流向鼻子区域。在该实验中,面罩100的内部温度由35℃(图13-a)显著降低至(25-27)℃(图10B-d),这证明了AC冷却的有效性。

[0115] 为了更好地研究施加到TE模块410和冷侧风扇421以及热侧风扇431两者的电压的影响,并探索冷却性能的优化,本节研究了在面罩100中使用散热器B的基础上,不同电压施加到TE模块410以及冷侧风扇和热侧风扇的情况下的AT变化。图11列出了结果。特别地,图11示出了在面罩100中使用散热器B的基础上施加到TE模块410和冷侧风扇421和热侧风扇431的不同电压组合下的结果,其中子图(a)示出了温度变化的结果,而子图(b)示出了AT变化的结果。图11的结果表示面罩100允许朝着使用者的要求调节温度和AT。图12示出了在面罩100中使用散热器B的基础上,在向TE模块410施加从1V到3V的电压其然后将电压从3V反转回到1V,同时将施加到冷侧风扇421和热侧风扇431的电压固定在7V的情况下的结果,其中子图(a)显示温度变化的结果,而子图(b)显示AT变化的结果。显示了温度和AT两者都随着施加到TE模块410的电压序列而变化。

[0116] 在人类客观测试中,通过分别将施加到TE模块410和冷侧风扇421以及热侧风扇431的电压设置为3V和9V,选择具有更高冷却性能的散热器B和散热器D用于人类客观测试。

在实验过程中,环境温度和AH保持在 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和 $(15.8 \pm 0.3) \text{ g/kg}$ 。

[0117] 图13示出了当(1)戴上面罩100、(2)向TE模块410施加3V和施加9V以打开热侧风扇431、以及(3)TE模块410和热侧风扇431被关闭时,关于在使用散热器B基础上的面罩100的性能评估的人类客观测试的结果。在图13中,子图(a)-(d)显示了性能评估分别产生微气候温度($\Delta T = -0.51^\circ\text{C} \pm 0.12^\circ\text{C}$)、AH($\Delta \text{AH} = -0.32 \text{ g/kg} \pm 0.64 \text{ g/kg}$)、AT($\Delta \text{AT} = 0.37^\circ\text{C} \pm 0.42^\circ\text{C}$)、以及皮肤温度($\Delta T = 0.02^\circ\text{C} \pm 0.06^\circ\text{C}$),其中背景温度为 $29.67^\circ\text{C} \pm 0.03^\circ\text{C}$ 。

[0118] 图14示出了当(1)戴上面罩100、(2)向TE模块410施加3V以及施加9V来打开热侧风扇431、以及(3)TE模块410和热侧风扇431被关闭时,关于在使用散热器B基础上的面罩100的性能评估的人类客观测试的结果。在图14中,子图(a)-(d)显示了性能的评估结果,该结果分别产生微气候温度($\Delta T = -0.87^\circ\text{C} \pm 0.09^\circ\text{C}$)、AH($\Delta \text{AH} = -0.91 \text{ g/kg} \pm 0.74 \text{ g/kg}$)、AT($\Delta \text{AT} = -1.39^\circ\text{C} \pm 0.4^\circ\text{C}$)、以及皮肤温度($\Delta T = 0.02^\circ\text{C} \pm 0.06^\circ\text{C}$),其中背景温度为 $29.99^\circ\text{C} \pm 0.08^\circ\text{C}$ 。

[0119] 图15示出了当(1)戴上面罩100、(2)TE模块410以3V电压打开以及冷侧风扇421和热侧风扇431以9V电压打开、以及(3)TE模块410被关闭时,关于在使用散热器B基础上的面罩100的性能评估的人类客观测试的结果。在图15中,子图(a)-(d)显示了性能评估分别产生微气候温度($\Delta T = -1.82^\circ\text{C} \pm 0.07^\circ\text{C}$)、AH($\Delta \text{AH} = -3.66 \text{ g/kg} \pm 0.65 \text{ g/kg}$)、AT($\Delta \text{AT} = -3.82^\circ\text{C} \pm 0.36^\circ\text{C}$)、和皮肤温度($\Delta T = -1.17^\circ\text{C} \pm 0.11^\circ\text{C}$)。

[0120] 人类受试者戴上具有散热器B的面罩100后,当只有冷侧风扇421和热侧风扇431或者TE模块410被操作时,面罩100内部的微气候温度、AH、AT和皮肤温度没有显著下降,如图13和14中所示。另一方面,随着TE模块410打开,口罩微气候的温度下降了 $(1.82 \pm 0.05)^\circ\text{C}$,如15(a)中所示。此外,随着湿度的大幅降低,AH值下降了 $(3.19 \pm 0.39) \text{ g/kg}$,并且图15(c)中的AT结果下降了 $(3.59 \pm 0.23)^\circ\text{C}$ 。同时,皮肤温度降低了 $(1.17 \pm 0.11)^\circ\text{C}$,如图15(d)中所示。降低的AH有助于显著降低热感或AT,从而提高使用者的热舒适和呼吸容易性。

[0121] 在使用散热器D基础上的面罩100也按照与图16中所示的相同的程序进行评估。图16展示了当(1)使用者戴上面罩100时、(2)以3伏的电压打开TE模块410且以9V的电压打开冷侧风扇421和热侧风扇431时、以及(3)TE模块410关闭时,关于在使用散热器D基础上的面罩100的性能评估的人类客观测试的结果。在图16中,子图(a)-(d)显示了性能评估分别产生微气候温度($\Delta T = -2.57^\circ\text{C} \pm 0.23^\circ\text{C}$)、AH($\Delta \text{AH} = -3.26 \text{ g/kg} \pm 0.74 \text{ g/kg}$)、AT($\Delta \text{AT} = -4.41^\circ\text{C} \pm 0.57^\circ\text{C}$)、和皮肤温度($\Delta T = -0.62^\circ\text{C} \pm 0.06^\circ\text{C}$)。注意,温度和AH的降低分别为 $(2.57 \pm 0.23)^\circ\text{C}$ 和 $(3.26 \pm 0.74) \text{ g/kg}$,AT的下降接近 $(4.41 \pm 0.57)^\circ\text{C}$,与在蒸汽测试中更好的冷却性能相一致。面罩100内部的整体温度的较大下降来自于由通道朝向受试者的鼻和嘴附近引导的更大的强制气流。如图16(d)所展示,面罩100内部的皮肤温度也降低了 $(0.62 \pm 0.06)^\circ\text{C}$ 。

[0122] 如图17所示,人类主观测试通过评级进行,涉及五个重要因素,包括热感投票(TSV)、热偏好(TP)、湿度感(HF)、湿度偏好(HP)和整体舒适度(OC)。冷却性能的评级是基于N95口罩和带有导风通道热交换器425进行的。如图17所示,面罩100帮助受试者改善他们的干燥、凉爽和整体舒适度。此外,基于3D打印框架(即框架150)的可编程设计的面罩100适合大多数受试者。基于热交换器425(带导风通道)的冷却性能、冷却度和整体舒适度均优于N95口罩的冷却性能、冷却度和整体舒适度,这显示了面罩100提供的冷却功能的可行性。

[0123] 为了进一步降低温度, TiO_2 颗粒可沉积到框架150的PLA材料中。这样的颗粒可以通过提高中红外的表面发射率来增加通过辐射冷却效应的热损失。此外, 可以对面罩100增加自动控制系统, 以保持腔151内部的温度恒定。该系统可以通过带有程序代码的集成电路芯片、用于反馈的温度和湿度传感器以及显示屏来实施。通过调节开/关状态, 可以更高效地利用电能。

[0124] 在不脱离本发明的精神或本质特征的情况下, 本发明可以以其他特定形式实施。因此, 本实施例在所有方面都被认为是说明性的而非限制性的。本发明的范围由所附权利要求书而不是由前述说明来表示, 且因此落入权利要求书的等同物的含义和范围内的所有变化都旨在包含在其中。

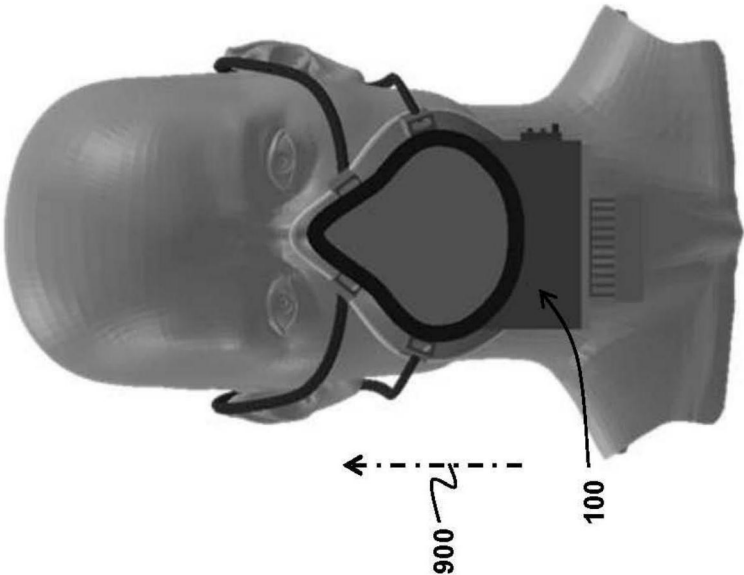


图1

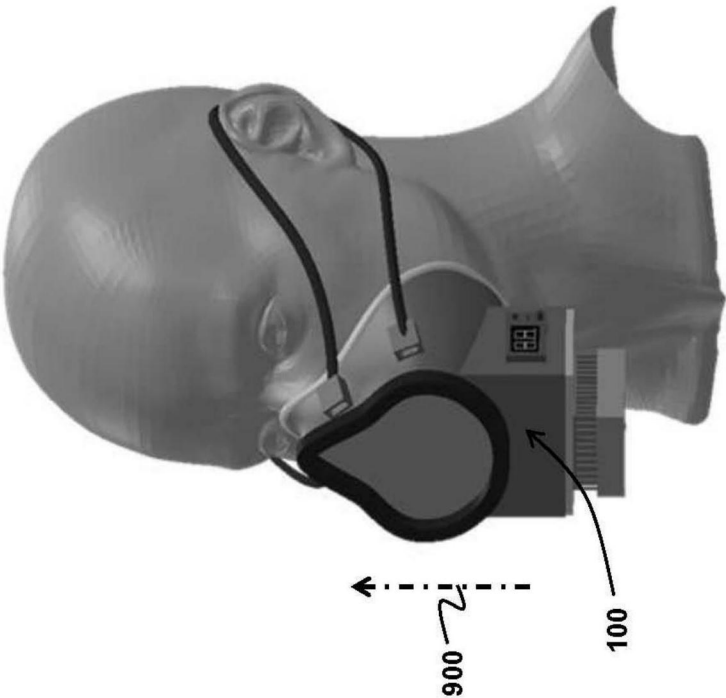


图2

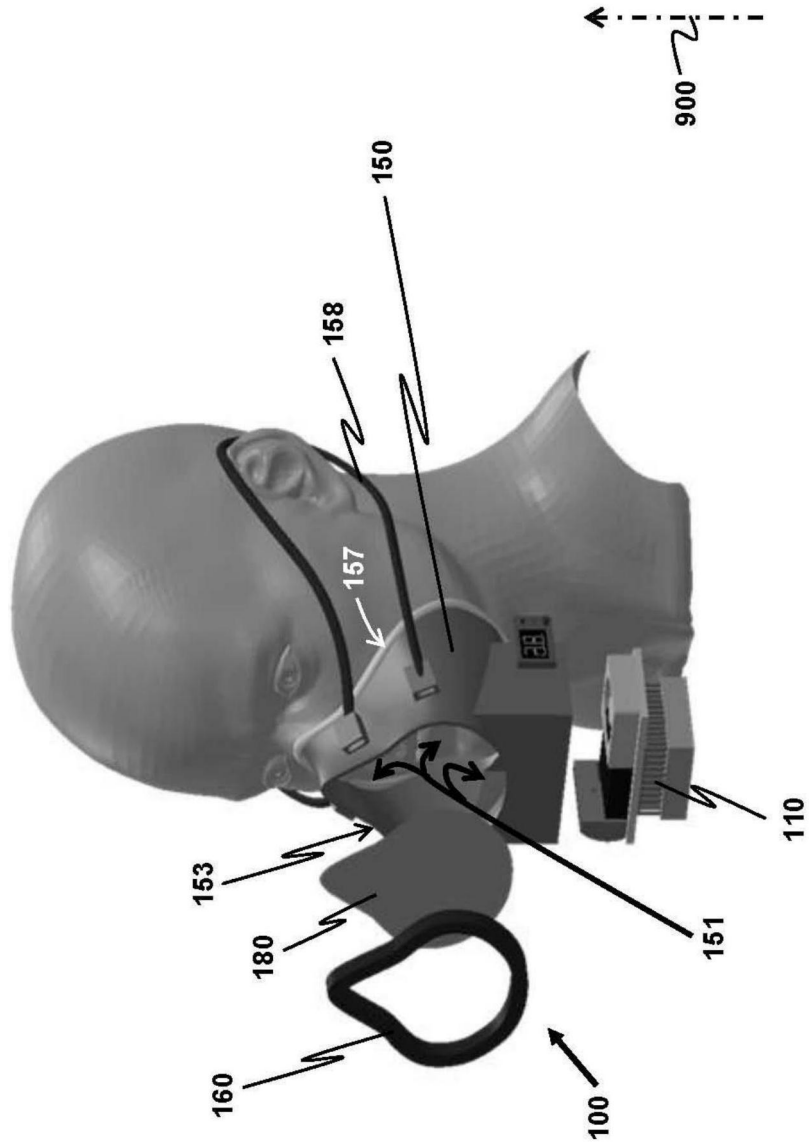


图3

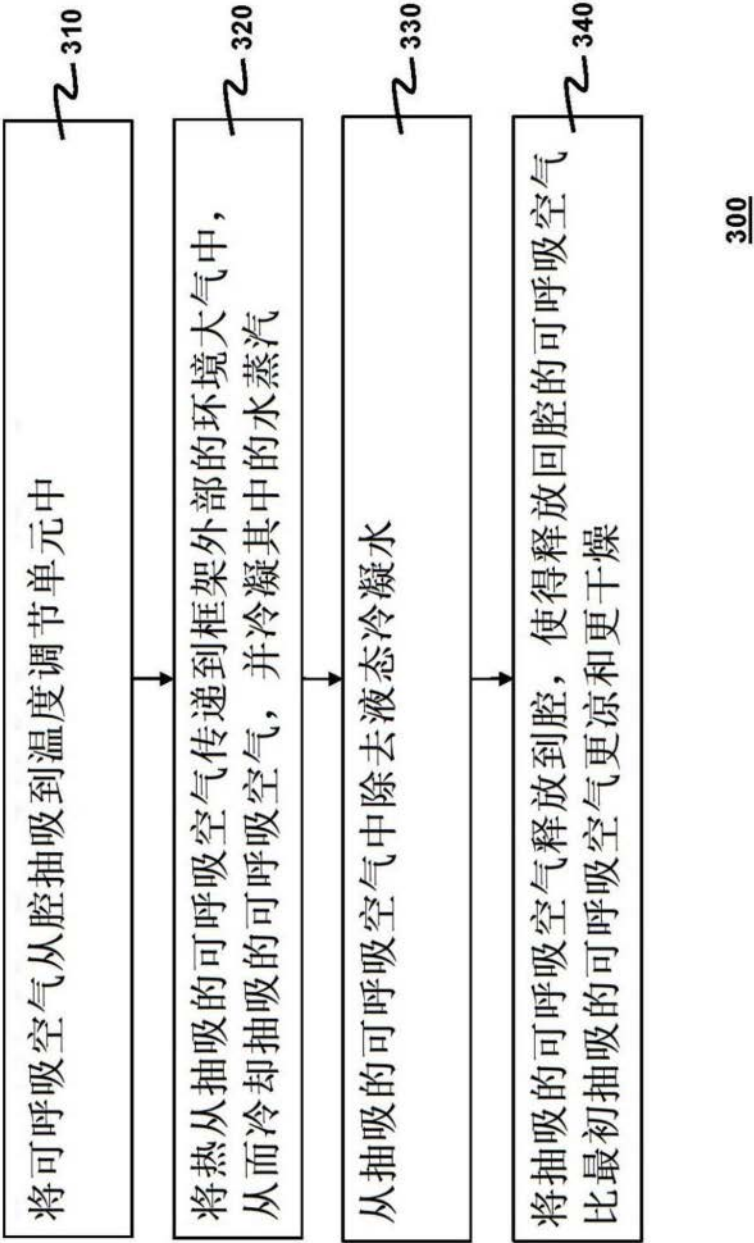


图4

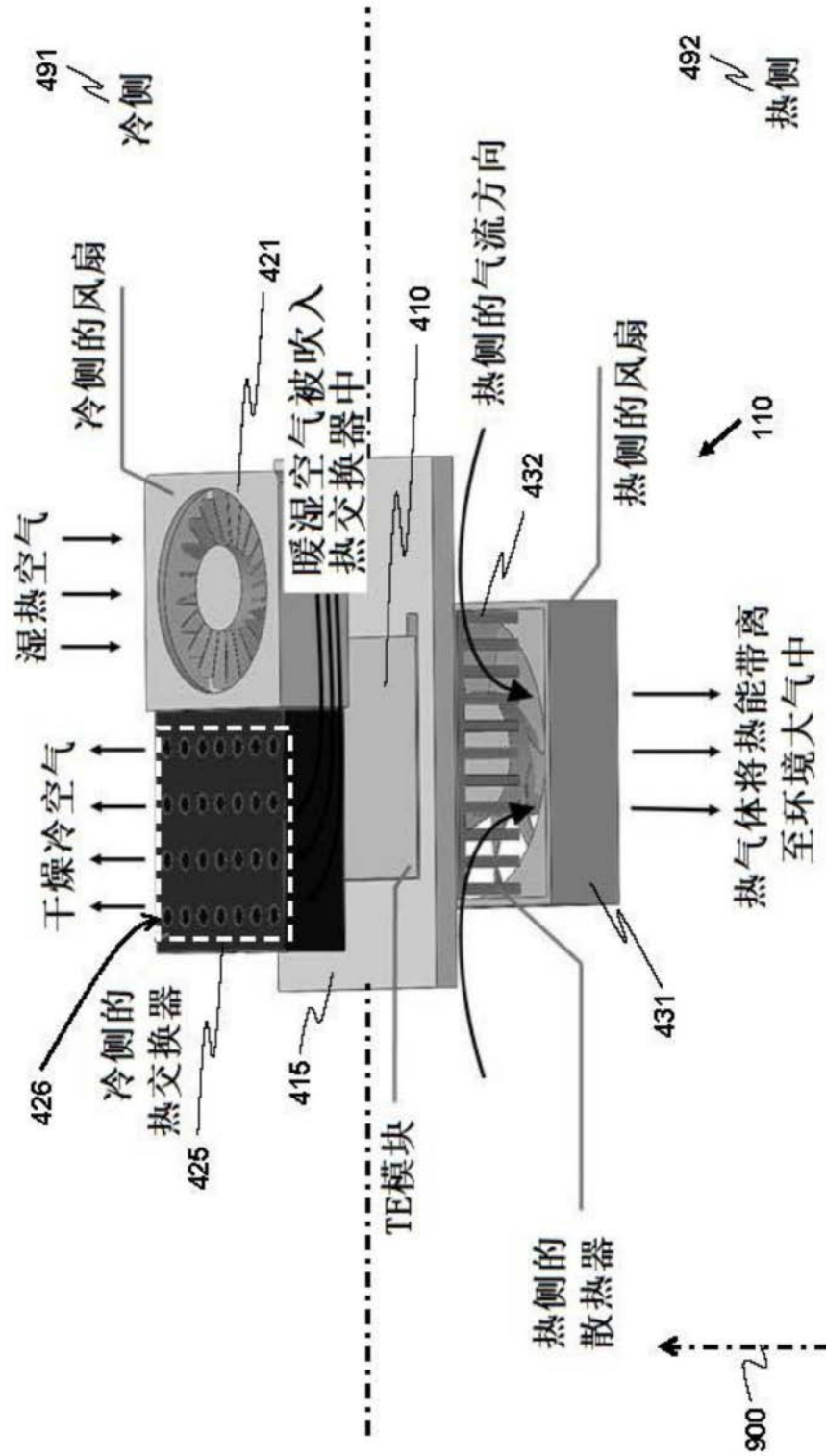


图5

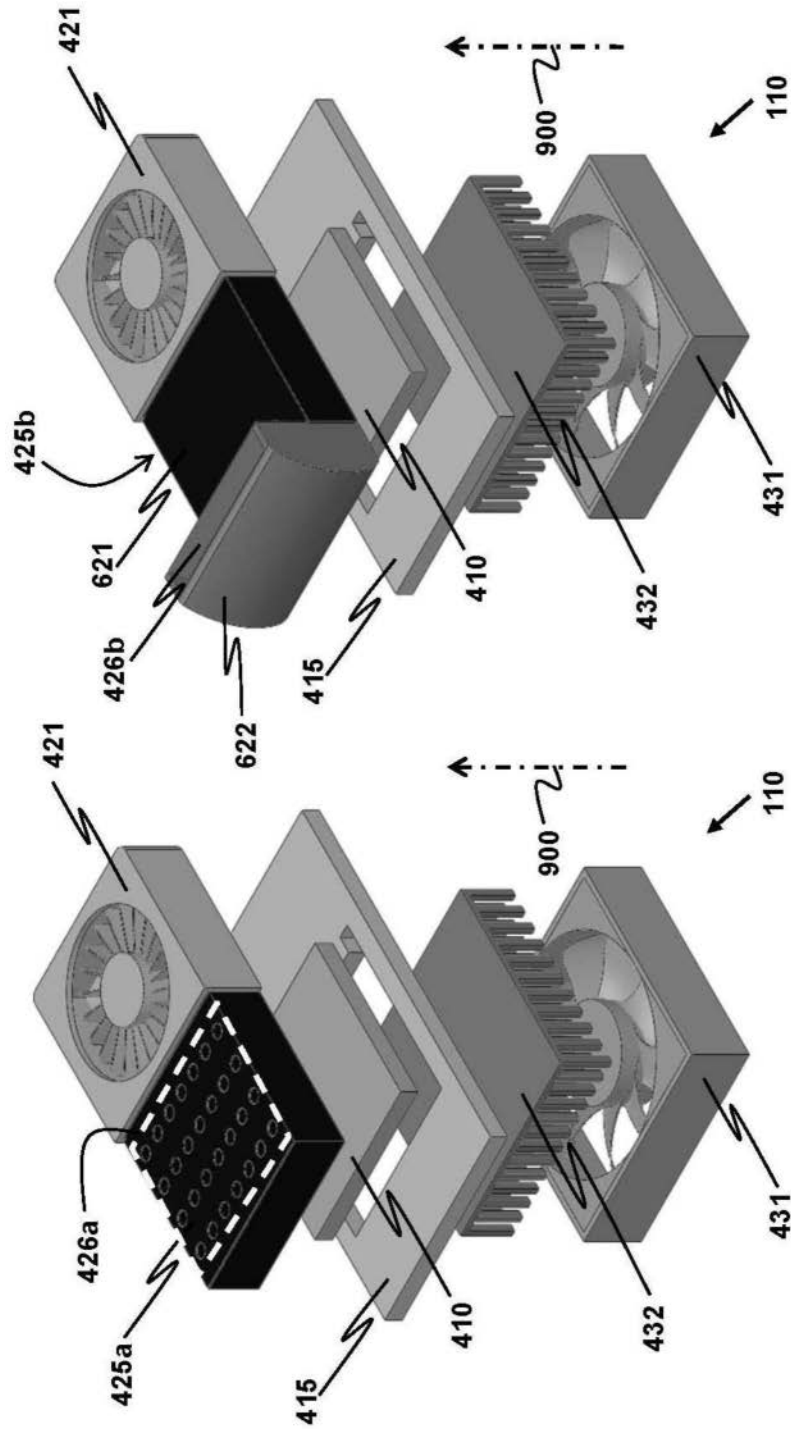


图6B

图6A

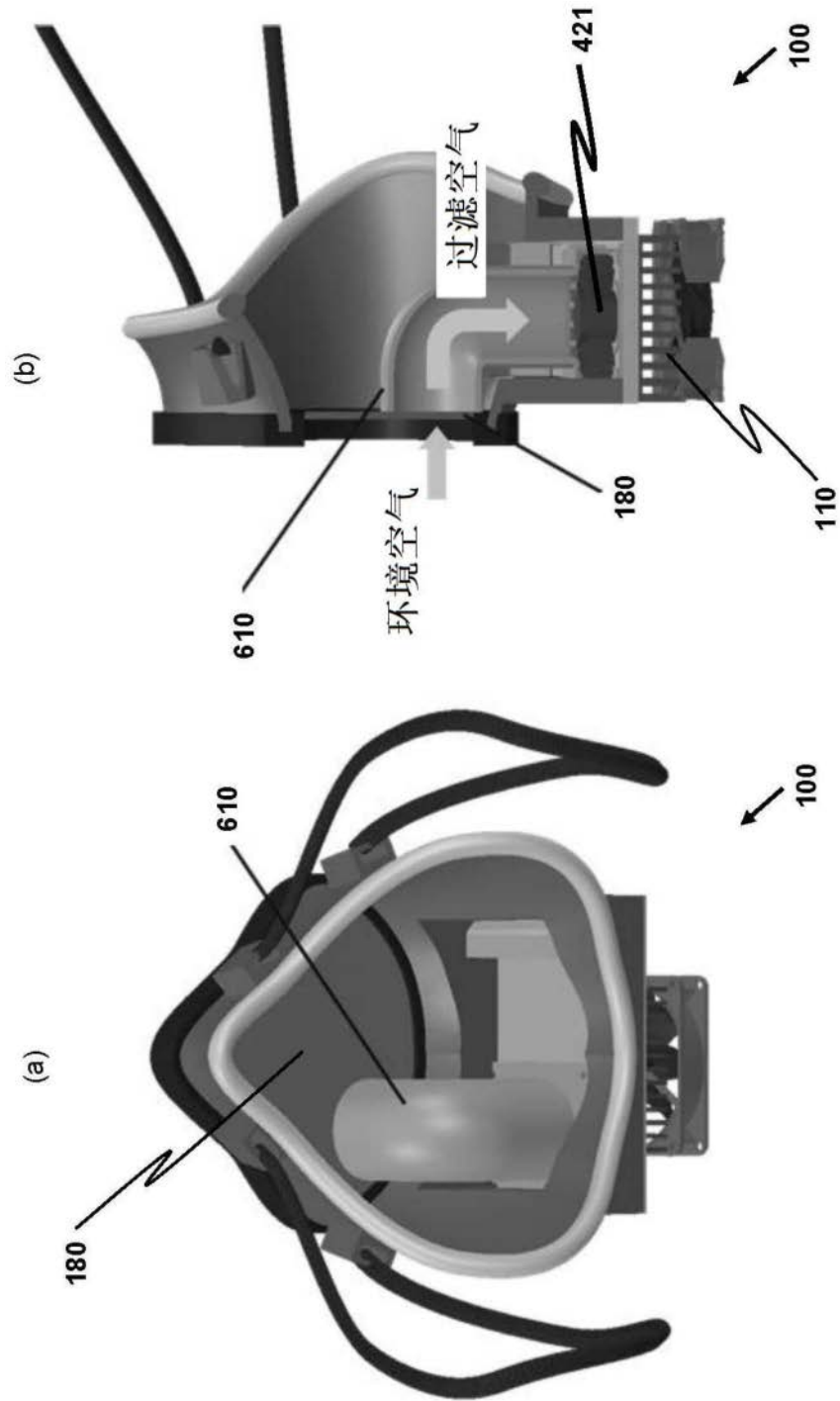


图6C

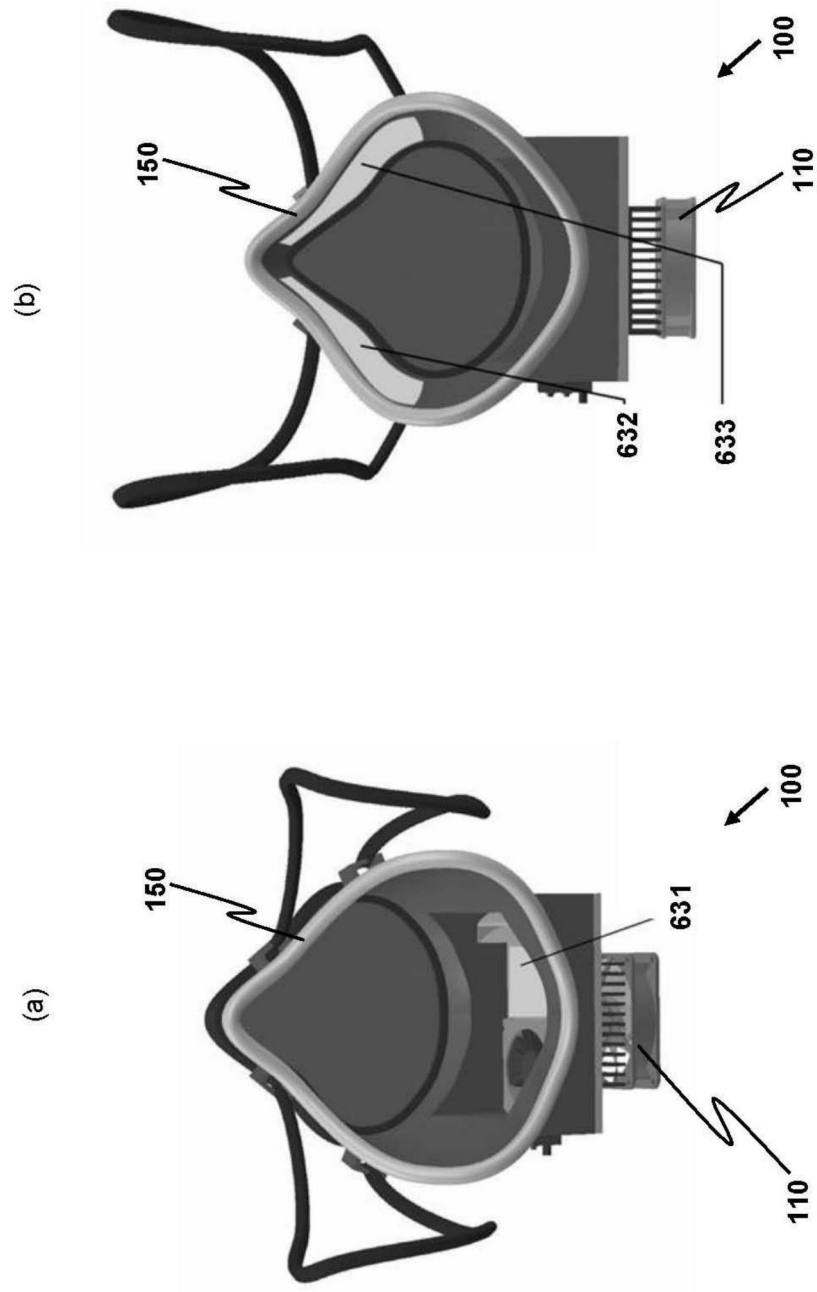


图6D

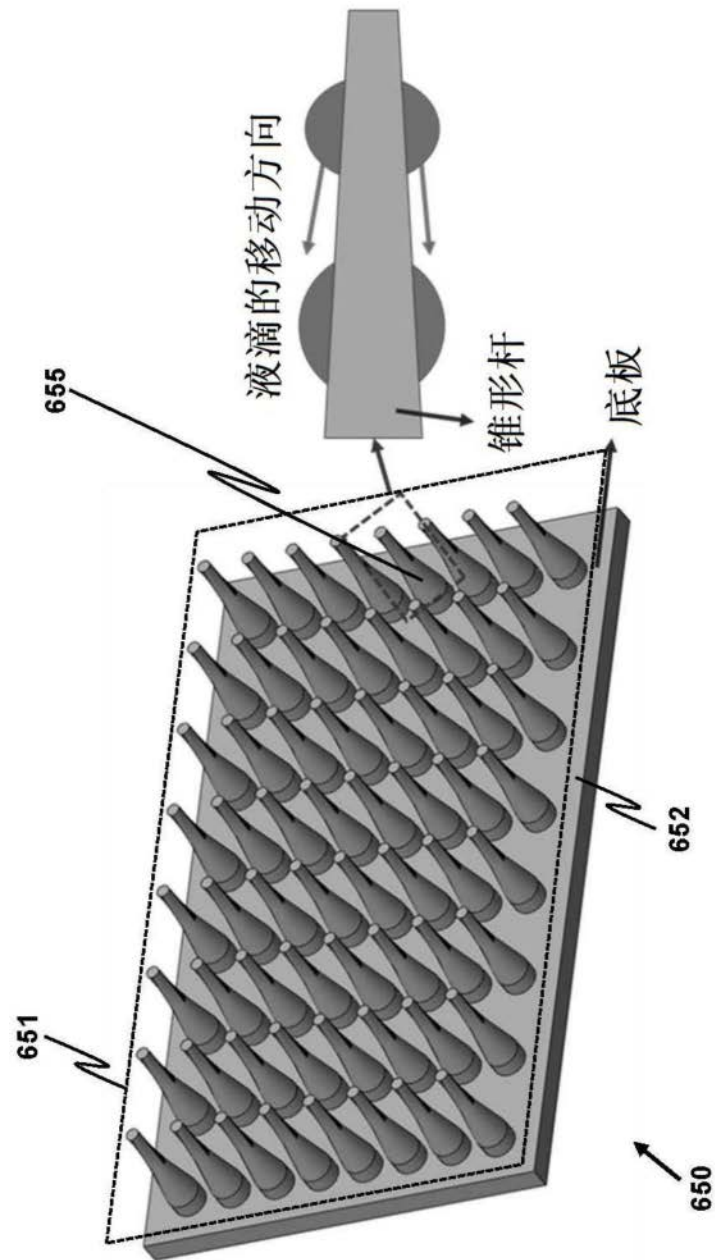


图6E

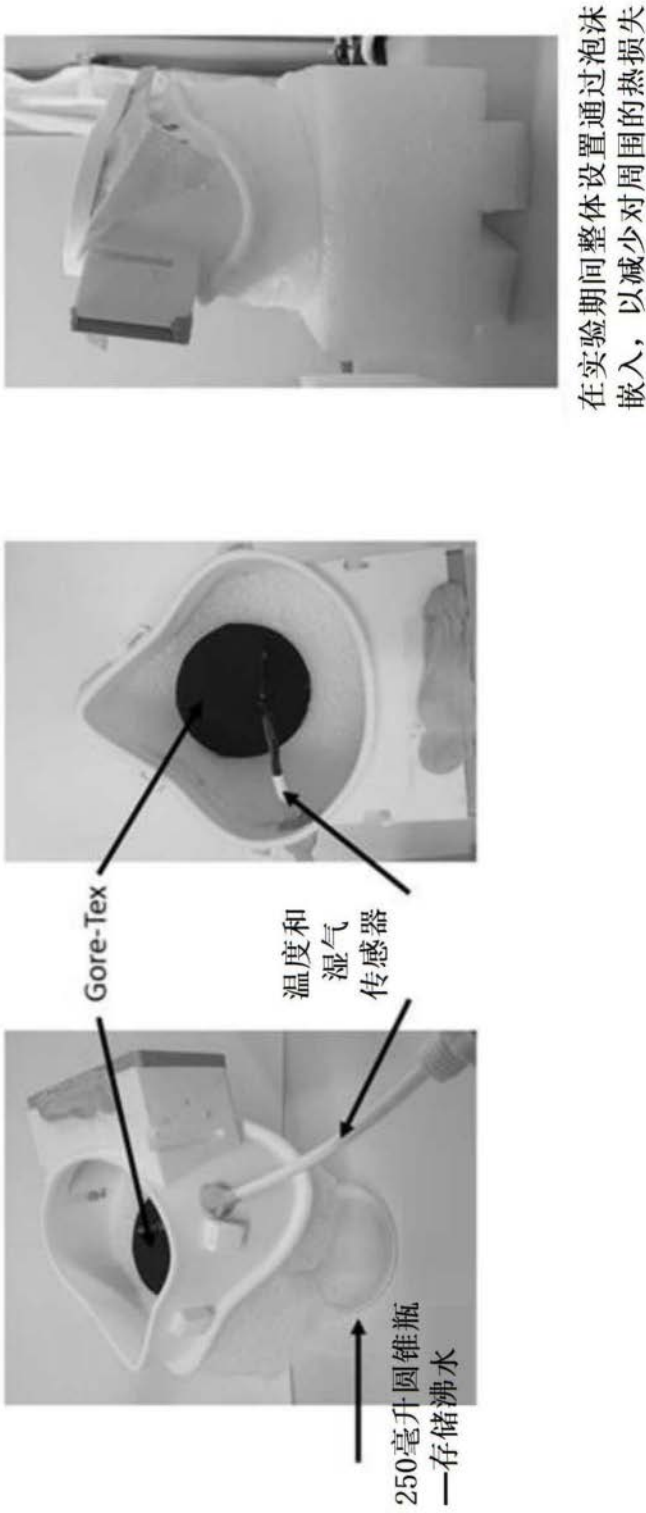


图7



图8

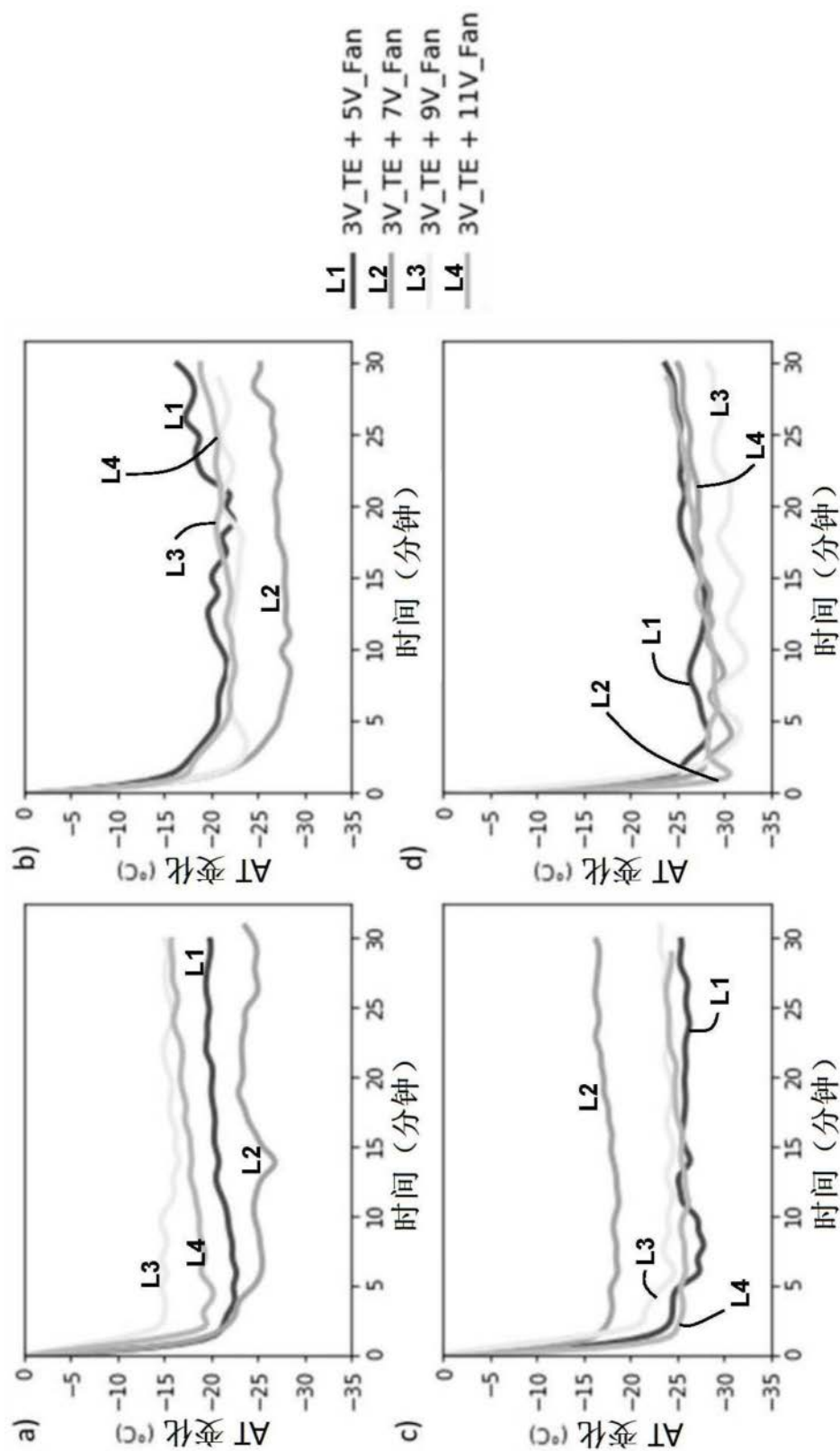


图9

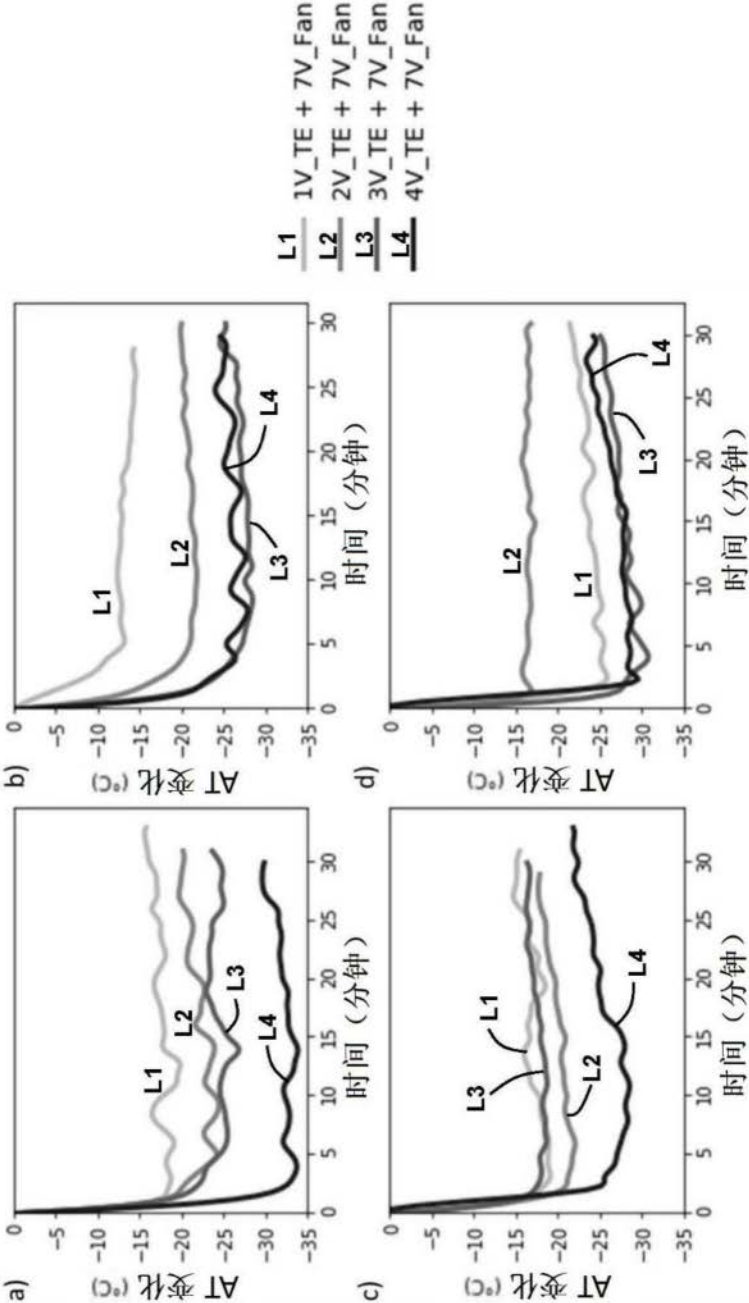


图10A

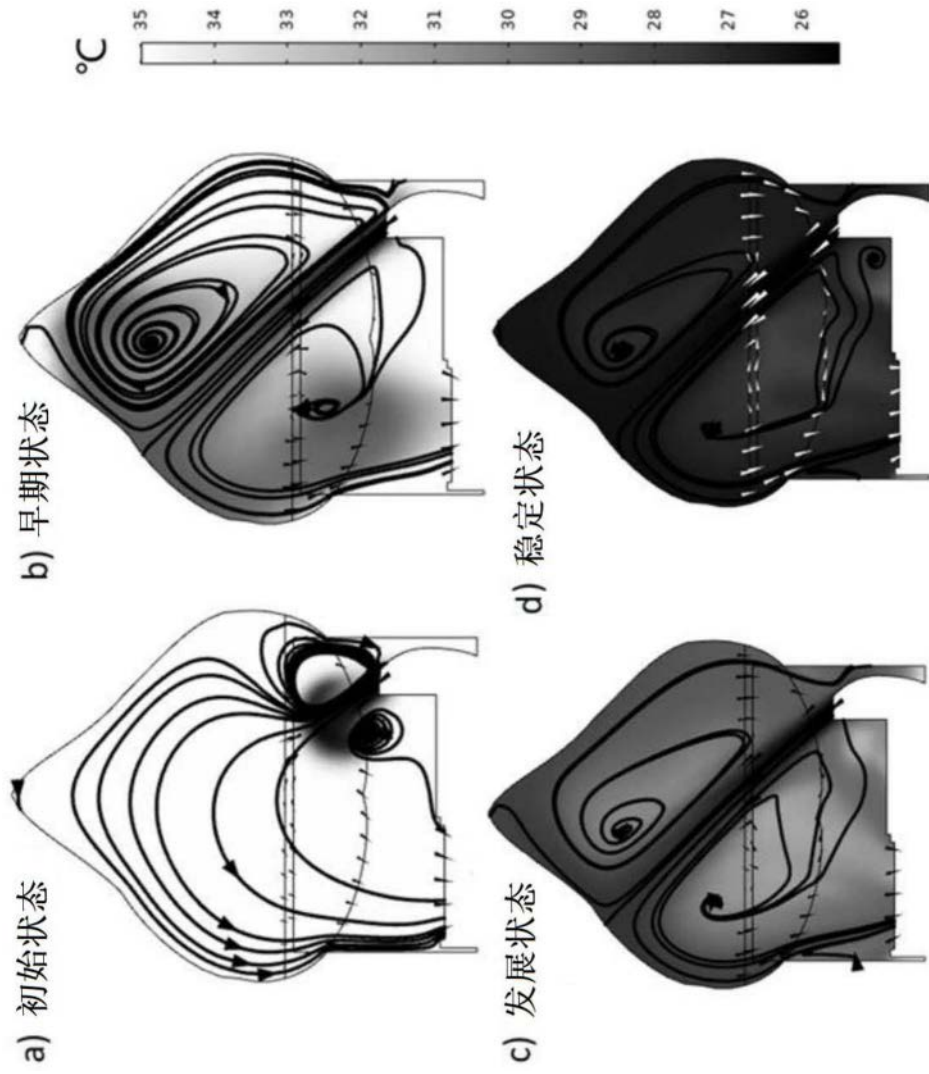


图10B

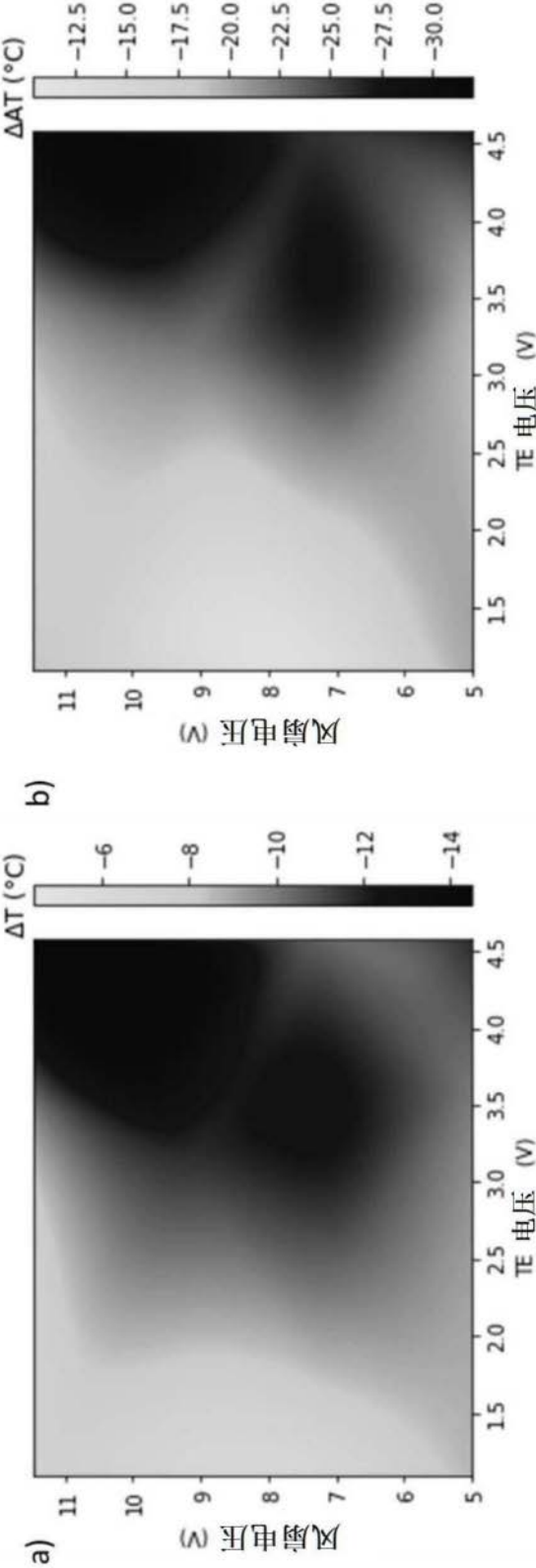


图11

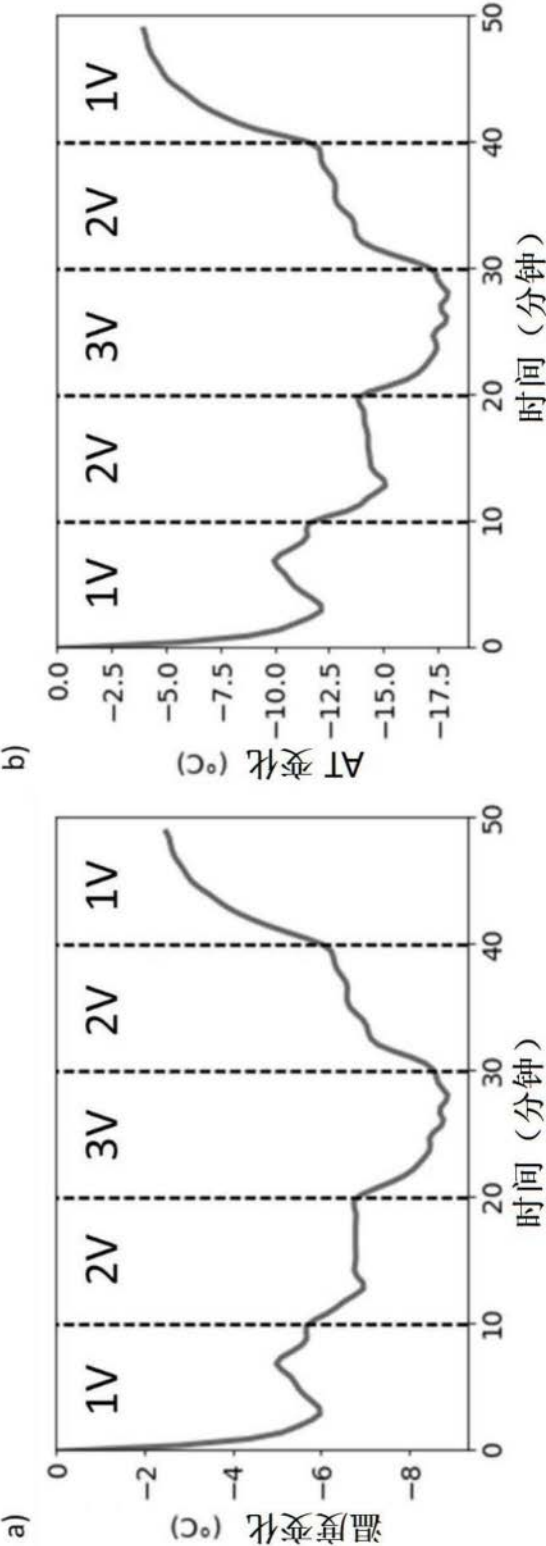


图12

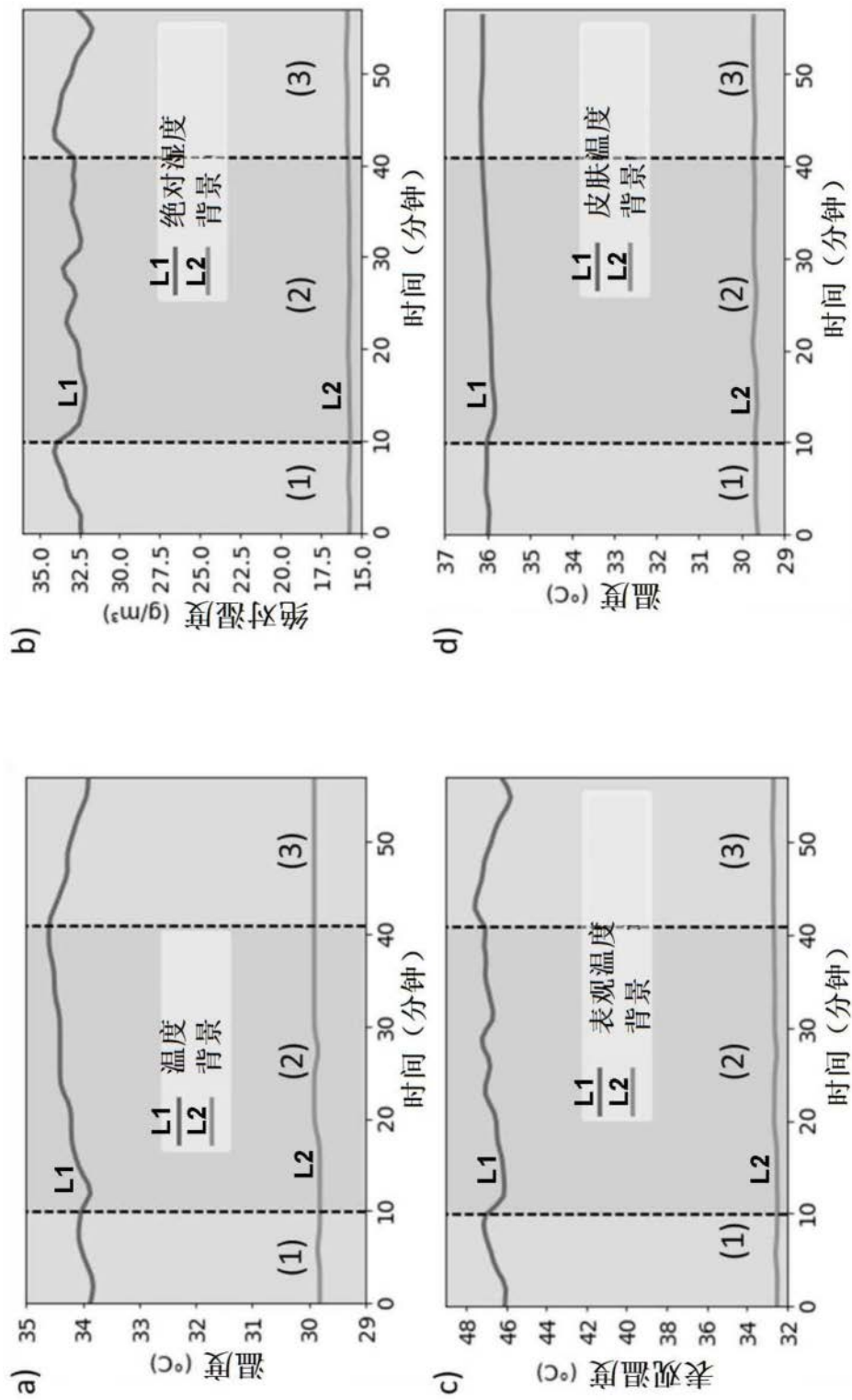


图13

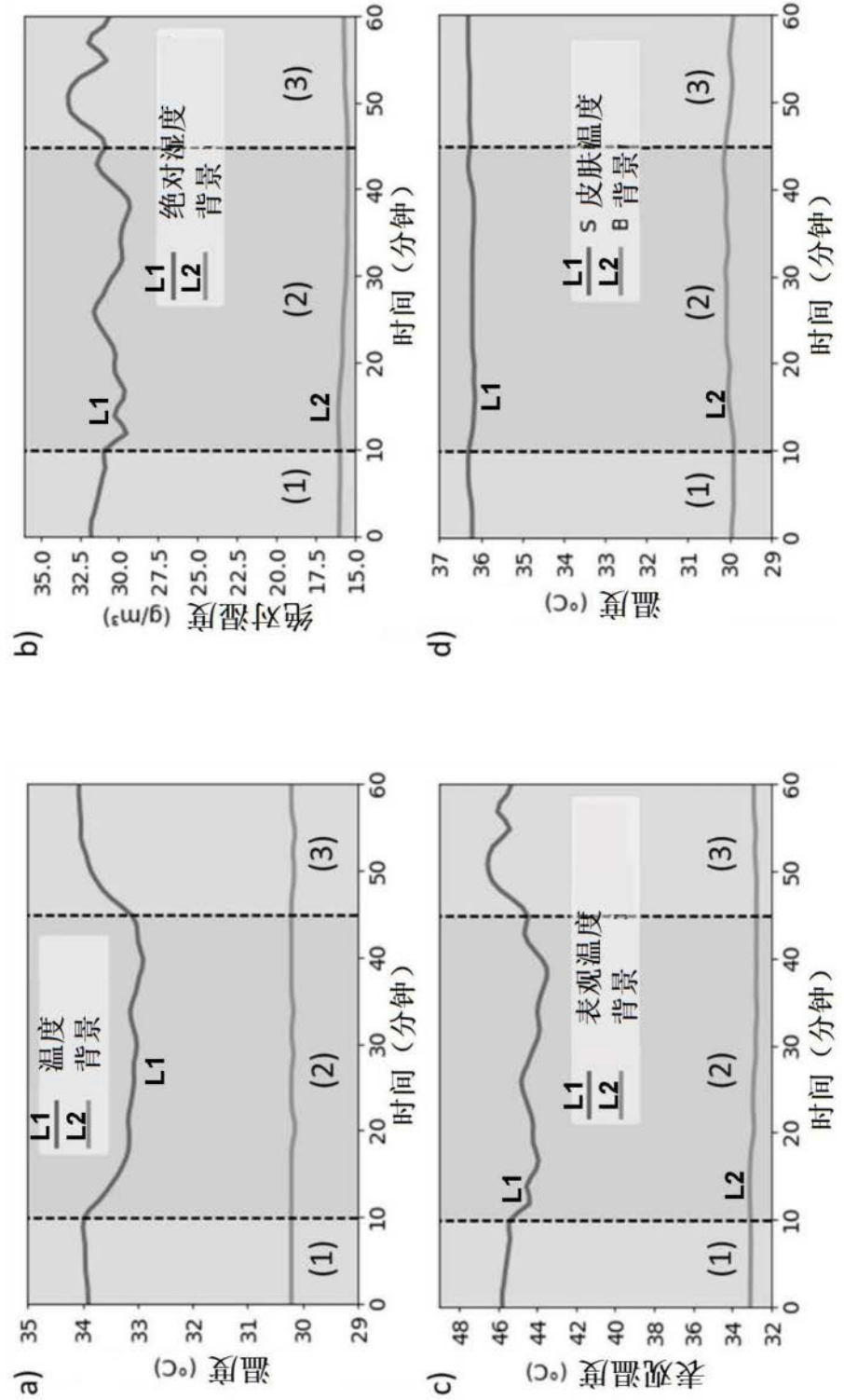


图14

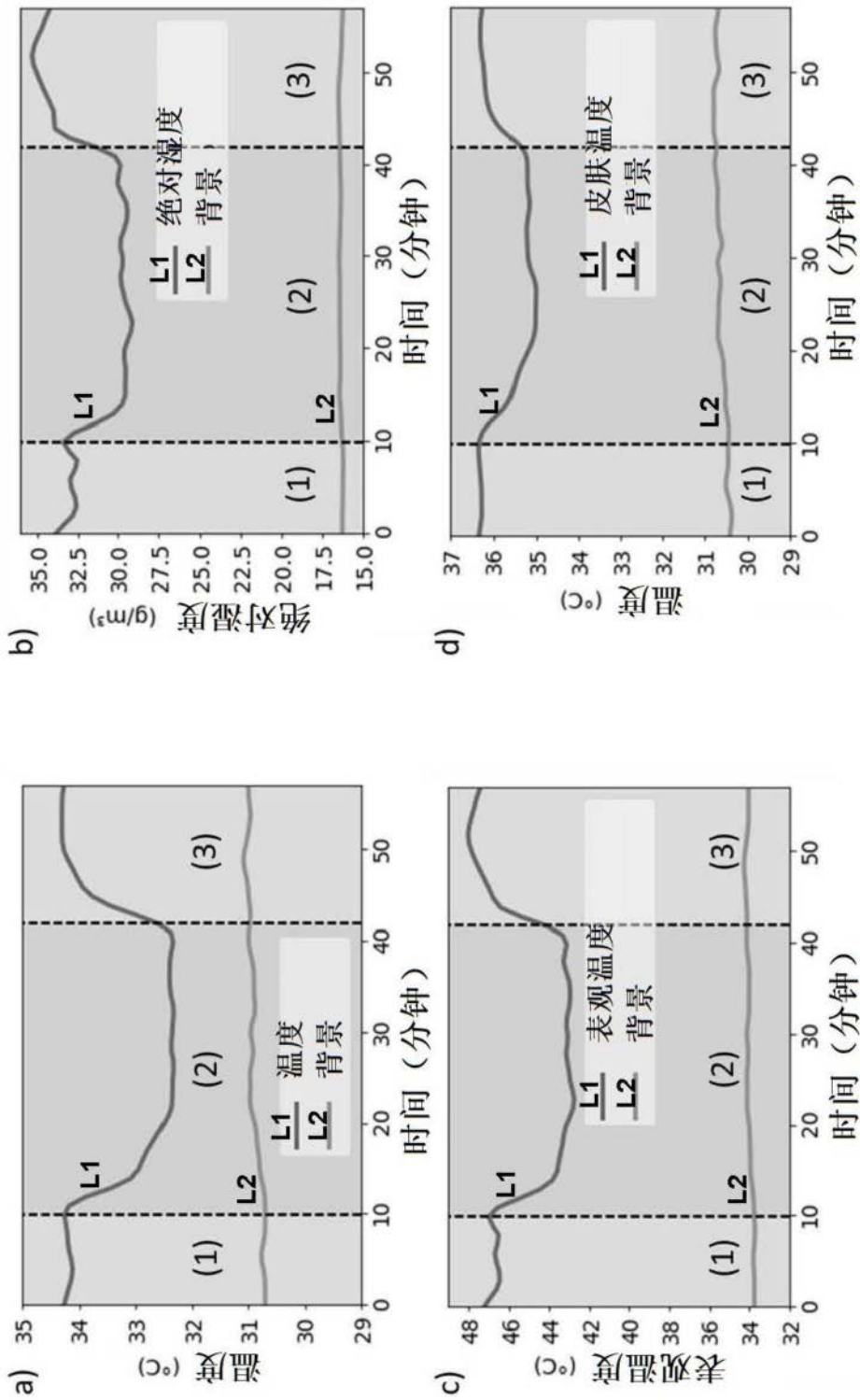


图15

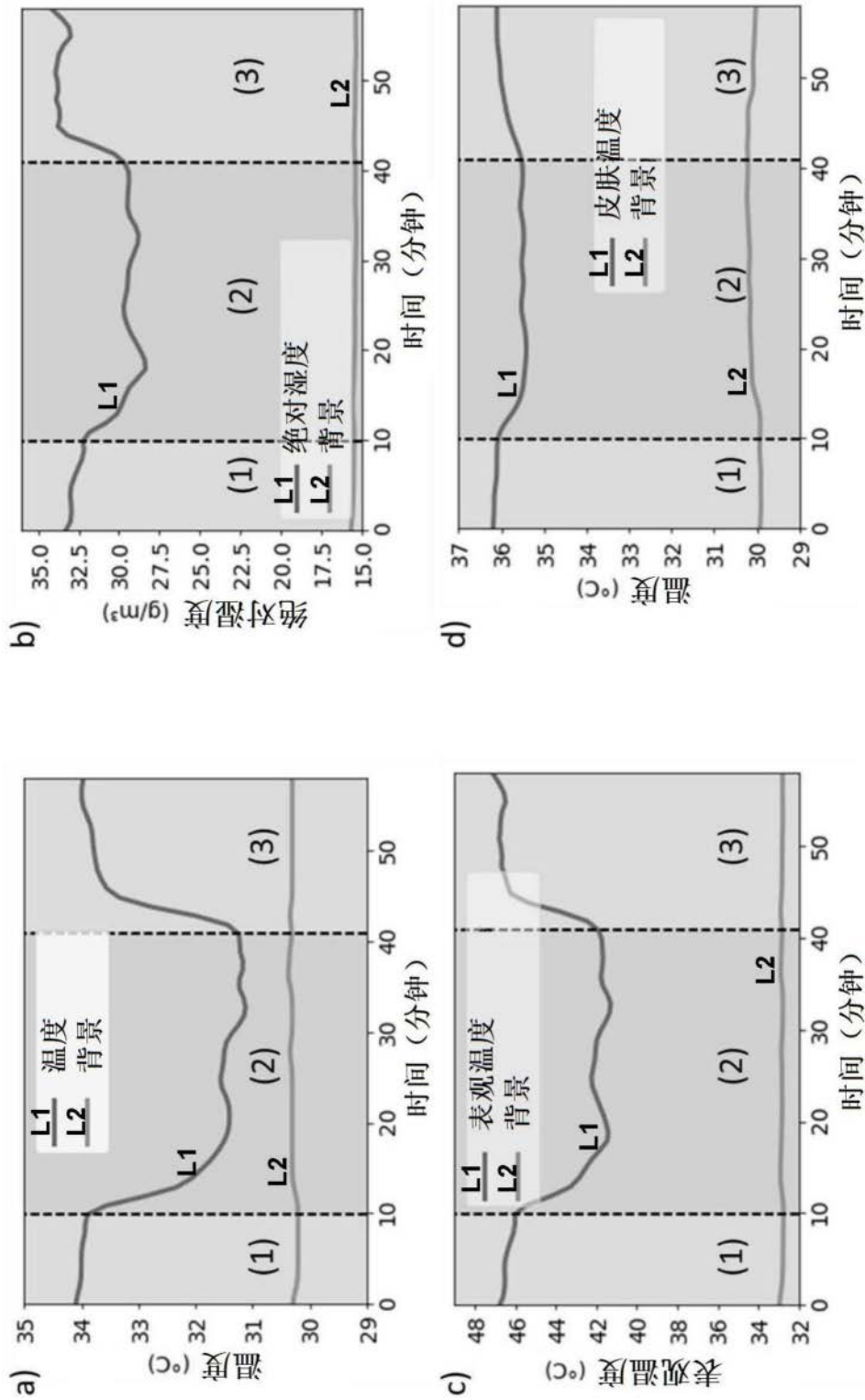


图16

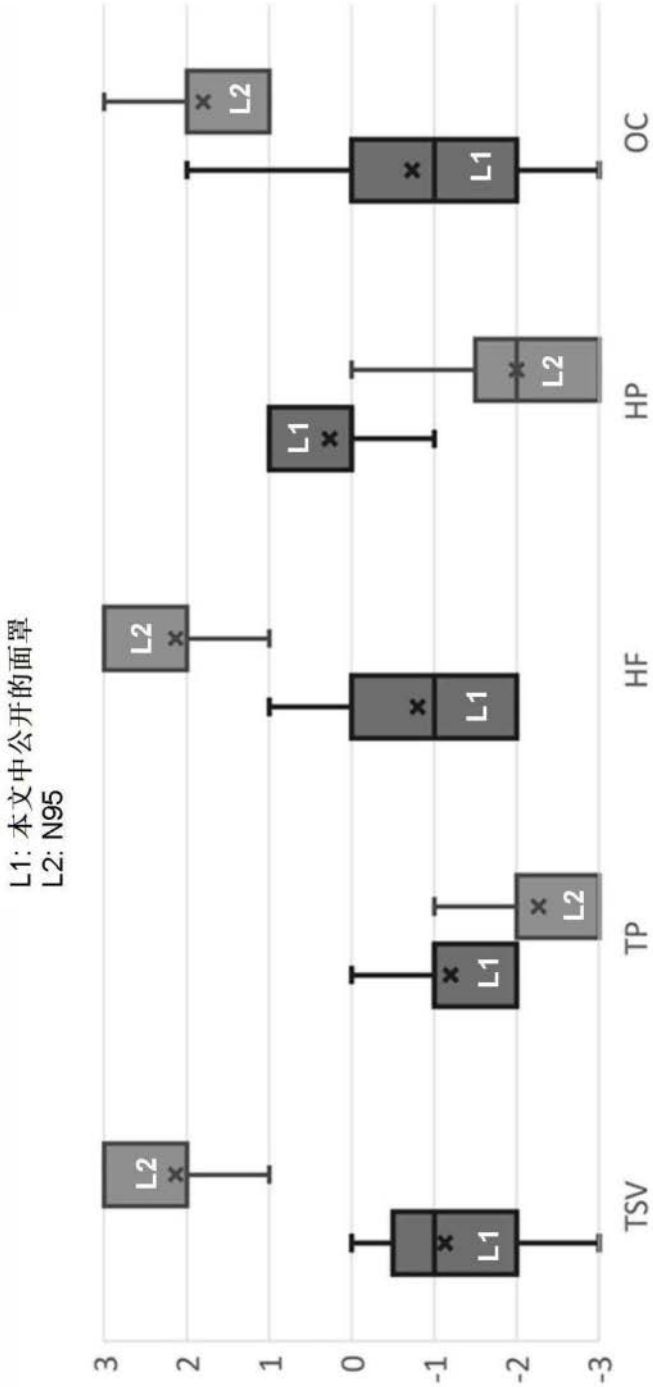


图17