



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114754945 A
(43) 申请公布日 2022. 07. 15

(21) 申请号 202210445379.1
(22) 申请日 2022.04.26
(71) 申请人 中国矿业大学
地址 221000 江苏省徐州市大学路1号
(72) 发明人 朱金佗 李欣雨 李响 梁琛裕
王亮 何新建 张馨木 唐国才
陈越凡 李梦雪 符亮亮 徐蝶
(74) 专利代理机构 北京淮海知识产权代理事务
所(普通合伙) 32205
专利代理师 李佩鸿
(51) Int.Cl.
G01M 3/26 (2006.01)

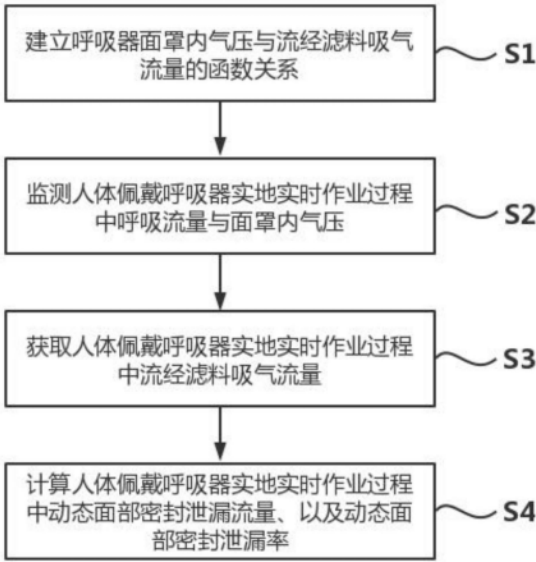
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,具体包括以下步骤:完全密封条件下,建立呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系;监测人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与面罩内气压;获取人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量;将人体佩戴呼吸器实地实时呼吸流量与相应状态下流经滤料吸气流量进行比对,计算得到此状态下动态面部密封泄漏流量、动态面部密封泄漏率。本作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,操作方便,有效实现呼吸器泄漏流量与泄漏率量化、精准监测,保障实地实时作业的动态测量,避免现行呼吸器密合性定性测试可靠性差、适用范围窄的局限,定量测试中取样不均等缺陷。



1. 一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

S1、完全密封条件下,建立呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系;

S2、监测人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与面罩内气压;

S3、获取人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量;

S4、将步骤S2中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与步骤S3中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量进行比对,计算得到人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量、以及动态面部密封泄漏率。

2. 根据权利要求1所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

步骤S1中,具体包括以下步骤:

(1) 获取具有代表性尺寸的仿真物理人头模型;

(2) 从人头模型后脑至与口鼻部齐平处插入一根内壁光滑的连接管,后脑处连接管端口与流量计、可调流量抽气泵密封串联连接;

在待测呼吸器面罩一侧中部位置开设一个采样孔,采样孔的端头处连接用于高精度监测微压与流量的监测仪;

(3) 将待测呼吸器面罩佩戴在人头模型上,使得待测呼吸器面罩与人头模型边沿完全密封;抽气泵启动,基于流量计读数逐步调大抽气泵的抽气流量、用以模拟不同吸气流量大小;

监测仪记录不同抽气流量下面罩内气压 P 以及流经滤料吸气流量 Q_{filter} ;建立以面罩内气压 P 为自变量、流经滤料吸气流量 Q_{filter} 为因变量的函数关系。

3. 根据权利要求2所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

步骤S1中,呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系为

$$Q_{\text{filter}} = -2.0034P^2 + 39.196P + 0.1876。$$

4. 根据权利要求1所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

步骤S2中,具体包括以下步骤:

(1) 在同款呼吸器面罩的同一位置开设一个采样孔,采样孔的端头处连接用于高精度监测微压与流量的监测仪;

(2) 把呼吸器佩戴于真实人体,监测仪启动,监测人体真实呼吸、实地实时作业状态下的呼吸流量 Q_{total} 和面罩内气压 P ,并获得 Q_{total} 和 P 分别随呼吸时间的动态变化曲线。

5. 根据权利要求4所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

所述步骤S2中,时间动态变化范围为真实人体佩戴呼吸器在中等强度作业状态下19.2s内的8个呼吸循环,其中,每个吸气循环持续时间1.2s。

6. 根据权利要求4或5所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

步骤S3中,具体包括以下步骤:

将步骤S2中面罩内气压P随时间的动态变化曲线,带入步骤S1的呼吸器面罩内气压P与流经滤料吸气流量 Q_{filter} 函数关系中,计算人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量 $Q_{\text{filter-ren}}$ 。

7.根据权利要求6所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

步骤S4中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量 Q_{leak} 的计算公式为:

$$Q_{\text{leak}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{filter-ren}}$$

其中: Q_{total} 为人体真实呼吸、实地实时作业状态下的呼吸流量;

$Q_{\text{filter-ren}}$ 为人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量。

8.根据权利要求7所述的一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,其特征在于,

步骤S4中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏率IL的计算公式为:

$$IL = Q_{\text{leak}} / Q_{\text{total}}。$$

一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及呼吸器防护技术领域,具体涉及一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法。

背景技术

[0002] 呼吸器,是自吸过滤式防颗粒物呼吸器、医用防护口罩等呼吸防护用品的统称,被广泛的应用于工矿企业涉尘场所粉尘防护、医疗环境病毒细菌防护、户外大气污染物呼吸防护等领域,并且对于飞沫气溶胶为主要传播途径的病毒,呼吸器也成为全民皆须佩戴、用于预防病毒感染的个体防护用品;

[0003] 呼吸器的防护性能可用总泄漏率表征,总泄漏率越低,呼吸器防护性能越好,而总泄漏率由滤料穿透率和面部密封泄漏率两部分组成。目前在市场上应用最为广泛的呼吸器产品皆是采用驻极体纤维滤料,这种滤料能够对含有粉尘、病菌、污染物颗粒物的空气进行有效过滤净化,滤料穿透率可控制在2%以内,而面部密封泄漏指的是颗粒物经由面罩与面部密封处的边沿泄漏进入面罩内部,其泄漏率远大于超滤料穿透率,因此对于呼吸器防护性能起到决定性作用;

[0004] 现行对于呼吸器面部密合性能的测试主要通过以下两种方法:

[0005] 一、定性测试,即人体佩戴呼吸器后于面罩外部释放甜味剂、苦味剂等刺激性化学试剂,通过主观上能否嗅到对应气味来判断呼吸器的面部密合性,若能嗅到对应气味,则说明密合性较差,受测呼吸器不适用于受试者,反之,则证明呼吸器与受试者面部密封良好。此定性测试法存在以下缺陷,(1)难以量化评价面部密封泄漏率,(2)受呼吸器佩戴者主观嗅觉阈值影响较大,可靠性较差,且不适用于嗅觉敏感度低人群。

[0006] 二、定量测试,即人体佩戴呼吸器后,在呼吸器面罩打采样孔,采用颗粒物浓度检测仪分别对面罩内、外的颗粒物浓度进行采样分析,以面罩内、外颗粒物浓度的比值表征呼吸器的总泄漏率。此定量测试法对于密合性检测存在以下三点限制:

[0007] (1)此法测得的为总泄漏率,同时包含了滤料穿透率和面部密封泄漏率,难以实现单独对面部密封泄漏的考察;(2)随着人体呼吸气流的扰动,颗粒物浓度在面罩内部分布不均,而面罩内颗粒物浓度检测通常是通过设置于面罩中部或左右侧的单一采样孔进行,采集、检测到的浓度难以代表面罩内的颗粒物平均浓度;(3)每一个呼吸循环的吸气过程中呼吸器的面部密封泄漏率在时刻发生着改变,这种方法其无法追踪、监测这种时刻变化的动态面部密封泄漏流量与面部密封泄漏率。

发明内容

[0008] 本发明提供一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,操作方便,有效实现呼吸器泄漏流量与泄漏率定量化、精准监测,保障实地实时作业的动态测量,避免现行呼吸器密合性定性测试可靠性差、适用范围窄的局限,定量测试中取样不均、精准度低等缺陷。

[0009] 为实现上述目的,本一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,具体包括以下步骤:

[0010] S1、完全密封条件下,建立呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系;

[0011] S2、监测人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与面罩内气压;

[0012] S3、获取人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量;

[0013] S4、将步骤S2中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与步骤S3中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量进行比对,计算得到人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量、以及动态面部密封泄漏率。

[0014] 进一步的,步骤S1中,具体包括以下步骤:

[0015] (1) 获取具有代表性尺寸的仿真物理人头模型;

[0016] (2) 从人头模型后脑至与口鼻部齐平处插入一根内壁光滑的连接管,后脑处连接管端口与流量计、可调流量抽气泵密封串联连接;

[0017] 在待测呼吸器面罩一侧中部位置开设一个采样孔,采样孔的端头处连接用于高精度监测微压与流量的监测仪;

[0018] (3) 将待测呼吸器面罩佩戴在人头模型上,使得待测呼吸器面罩与人头模型边沿完全密封;抽气泵启动,基于流量计读数逐步调大抽气泵的抽气流量、用以模拟不同吸气流量大小;

[0019] 监测仪记录不同抽气流量下面罩内气压 P 以及流经滤料吸气流量 Q_{filter} ;建立以面罩内气压 P 为自变量、流经滤料吸气流量 Q_{filter} 为因变量的函数关系。

[0020] 进一步的,步骤S1中,呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系为

[0021] $Q_{\text{filter}} = -2.0034P^2 + 39.196P + 0.1876$ 。

[0022] 进一步的,步骤S2中,具体包括以下步骤:

[0023] (1) 在同款呼吸器面罩的同一位置开设一个采样孔,采样孔的端头处连接用于高精度监测微压与流量的监测仪;

[0024] (2) 把呼吸器佩戴于真实人体,监测仪启动,监测人体真实呼吸、实地实时作业状态下的呼吸流量 Q_{total} 和面罩内气压 P ,并获得 Q_{total} 和 P 分别随呼吸时间的动态变化曲线。

[0025] 进一步的,所述步骤S2中,时间动态变化范围为真实人体佩戴呼吸器在中等强度作业状态下19.2s内的8个呼吸循环,其中,每个吸气循环持续时间1.2s。

[0026] 进一步的,步骤S3中,具体包括以下步骤:

[0027] 将步骤S2中面罩内气压 P 随时间的动态变化曲线,带入步骤S1的呼吸器面罩内气压 P 与流经滤料吸气流量 Q_{filter} 函数关系中,计算人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量 $Q_{\text{filter-ren}}$ 。

[0028] 进一步的,步骤S4中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量 Q_{leak} 的计算公式为:

[0029] $Q_{\text{leak}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{filter-ren}}$

[0030] 其中: Q_{total} 为人体真实呼吸、实地实时作业状态下的呼吸流量;

[0031] $Q_{\text{filter-ren}}$ 为人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量。

[0032] 进一步的,步骤S4中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏率 IL 的计算公式为:

[0033] $IL = Q_{\text{leak}} / Q_{\text{total}}$ 。

[0034] 与现有技术相比,本一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,通过建立完全密封条件下呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系,并监测人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与面罩内气压关系,从而获取人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量随时间动态变化,得到人体佩戴呼吸器实地实时作业时流经滤料吸气流量随时间动态变化,将此作业状态下的呼吸流量与流经滤料吸气流量比对,计算得到相应的动态面部密封泄漏流量、以及动态面部密封泄漏率,因此整体方法简单、操作方便、检测精准度高,有效实现呼吸器泄漏流量与泄漏率定量化、精准监测,保障实地实时作业的动态测量,避免现行呼吸器密合性定性测试可靠性差、适用范围窄的局限,定量测试中取样不均、精准度低等缺陷,可广泛应用于工矿企业涉尘场所粉尘防护、医疗环境病毒细菌防护、户外大气污染物呼吸防护等诸多领域的呼吸器密合性测试。

附图说明

[0035] 图1是本发明整体流程图;

[0036] 图2是本发明在完全密封条件下,呼吸器面罩内气压P与流经滤料吸气流量 Q_{total} 的函数关系图;

[0037] 图3是本发明中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量 Q_{filter} 与面罩内气压P随时间变化曲线图;

[0038] 图4是本发明中人体总吸气流量 Q_{total} 与流经滤料吸气流量 $Q_{\text{filter-ren}}$ 随时间的变化曲线图;

[0039] 图5是本发明中面部密封泄漏流量 Q_{leak} 随时间的变化曲线图;

[0040] 图6是本发明中面部密封泄漏率IL随时间的变化曲线图。

具体实施方式

[0041] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0042] 如图1所示,本一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,具体包括以下步骤:

[0043] S1、完全密封条件下,建立呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系;

[0044] S2、监测人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与面罩内气压;

[0045] S3、获取人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量;优选的,将步骤S2中面罩内气压随实地实时作业过程中的时间动态变化,带入步骤S1中进行获取;

[0046] S4、将步骤S2中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与步骤S3中人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量进行比对,计算得到人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量、以及动态面部密封泄漏率。

[0047] 实施例

[0048] 步骤S1中,呼吸器完全密封条件下面罩内气压与流经滤料吸气流量函数关系建

立;具体的为:

[0049] 完全密封条件主要为搭建一套简易的人头模型测试系统,包括以下步骤:

[0050] 首先基于人体头面部三维扫描与3D打印技术,获取具有代表性尺寸的仿真物理人头模型,比如人体头面部三维扫描可采用红外线扫描,并将扫描信号与计算机连接,在计算机内建立人头三维模型,计算机与3D打印设备连接,通过3D打印设备进行仿真物理人头模型的建立;

[0051] 从人头模型后脑至与口鼻部齐平处插入一根内壁光滑的连接管,以模拟人体上呼吸道,连接管可选用铜管;后脑处连接管端口依次与流量计、可调流量抽气泵密封串联,通过抽气泵间歇式启动,用于模拟人体呼吸;在待测呼吸器面罩一侧中部位置开设一个采样孔,采样孔的端头处连接用于高精度监测微压与流量的监测仪;

[0052] 将待测呼吸器面罩佩戴在人头模型上,使得待测呼吸器面罩与人头模型边沿完全密封;抽气泵启动,基于流量计读数逐步调大抽气泵的抽气流量、用以模拟不同吸气流量大小,监测仪记录不同抽气流量下面罩内气压 P 以及流经滤料吸气流量 Q_{filter} ;建立以面罩内气压 P 为自变量、流经滤料吸气流量 Q_{filter} 为因变量的函数关系。

[0053] 如图2所示,对面罩内气压 P 与流经滤料吸气流量 Q_{filter} 进行拟合,其函数关系式:

[0054] $Q_{\text{filter}} = -2.0034P^2 + 39.196P + 0.1876$ 。

[0055] 步骤S2中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量获取,具体的为:

[0056] 与步骤S1相同,即在同款呼吸器面罩的同一位置开设一个采样孔,采样孔的端头处连接用于高精度监测微压与流量的监测仪;把呼吸器佩戴于真实人体,人体真实呼吸、实地实时作业状态下,通过监测仪监测呼吸流量 Q_{total} 和面罩内气压 P ,获得 Q_{total} 和 P 分别随呼吸时间的动态变化曲线。如图3所示,主要为呼吸器佩戴过程中呼吸流量 Q_{total} 与面罩内气压 P 分别随时间的动态变化曲线;

[0057] 优选的,该曲线截取的是真实人体佩戴呼吸器在中等强度作业状态下19.2s内的8个呼吸循环,即每个呼吸循环2.4s,每个吸气循环持续时间1.2s(包括呼气 and 吸气);

[0058] 步骤S3中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量获取,具体的为:

[0059] 将步骤S2中面罩内气压 P 随时间的动态变化曲线,带入步骤S1中,即通过步骤S1建立的呼吸器完全密封条件下面罩内气压 P 与流经滤料吸气流量 Q_{filter} 拟合函数关系,计算人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量 $Q_{\text{filter-ren}}$,获取 $Q_{\text{filter-ren}}$ 随时间的动态变化曲线;如图4所示,此时人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量 Q_{total} 与流经滤料吸气流量 $Q_{\text{filter-ren}}$ 之间变化曲线;

[0060] 步骤S4中,人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量、封泄漏率的计算,具体的为:

[0061] 基于步骤S2监测得到的呼吸流量 Q_{total} 随时间的动态变化曲线,以及步骤S3获取的 $Q_{\text{filter-ren}}$ 随时间的动态变化曲线,如图5所示,计算人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏流量 $Q_{\text{leak}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{filter-ren}}$,获取 Q_{leak} 随时间的动态变化曲线。

[0062] 如图6所示,计算人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中动态面部密封泄漏率 $IL = Q_{\text{leak}} / Q_{\text{total}}$,获取 IL 随时间的动态变化曲线。

[0063] 本一种作业过程呼吸器动态泄漏流量与泄漏率监测方法,通过建立完全密封条件下呼吸器面罩内气压与流经滤料吸气流量的函数关系,并监测人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中呼吸流量与面罩内气压关系,从而获取人体佩戴呼吸器实地实时作业过程中流经滤料吸气流量随时间动态变化,得到人体佩戴呼吸器实地实时作业时流经滤料吸气流量随时间动态变化,将此作业状态下的呼吸流量与流经滤料吸气流量比对,计算得到相应的动态面部密封泄漏流量、以及动态面部密封泄漏率,因此整体方法简单、操作方便、检测精准度高,有效实现呼吸器泄漏流量与泄漏率定量化、精准监测,保障实地实时作业的动态测量,避免现行呼吸器密合性定性测试可靠性差、适用范围窄的局限,定量测试中取样不均、精准度低等缺陷,可广泛应用于工矿企业涉尘场所粉尘防护、医疗环境病毒细菌防护、户外大气污染物呼吸防护等诸多领域的呼吸器密合性测试。

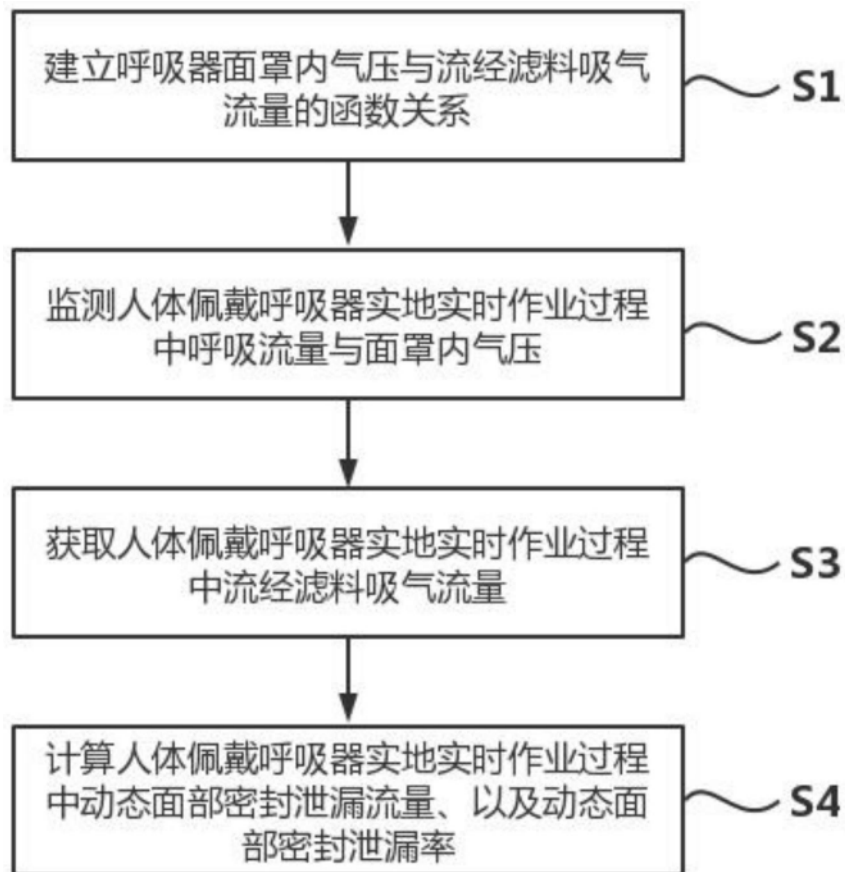


图1

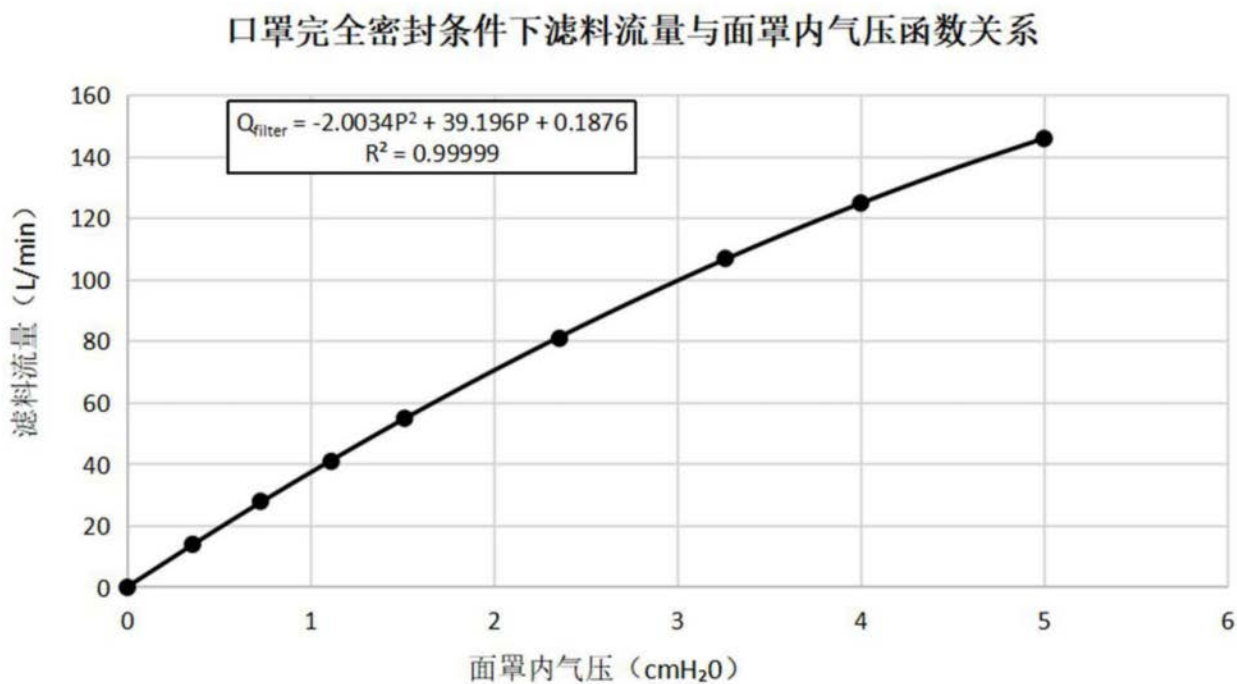


图2

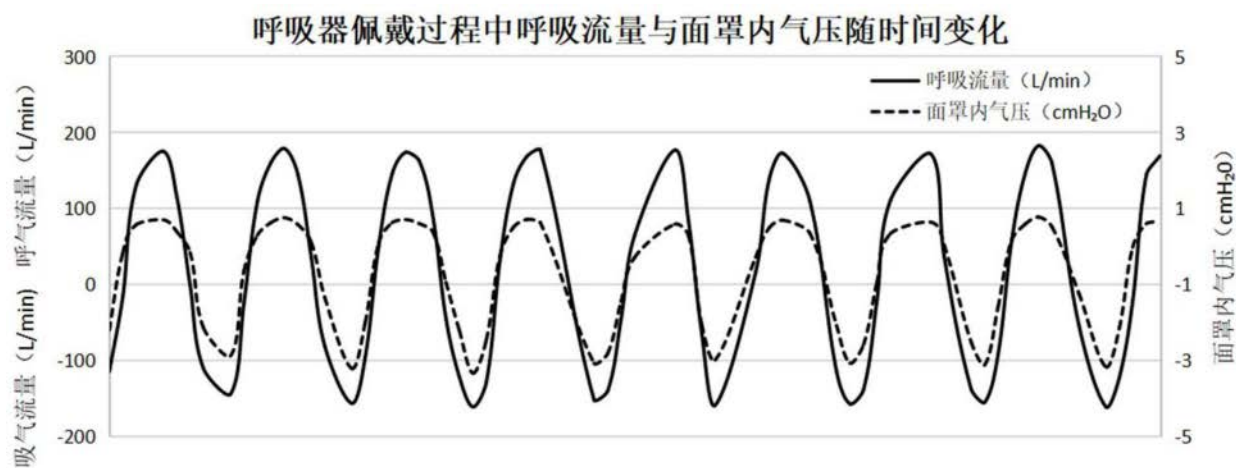


图3

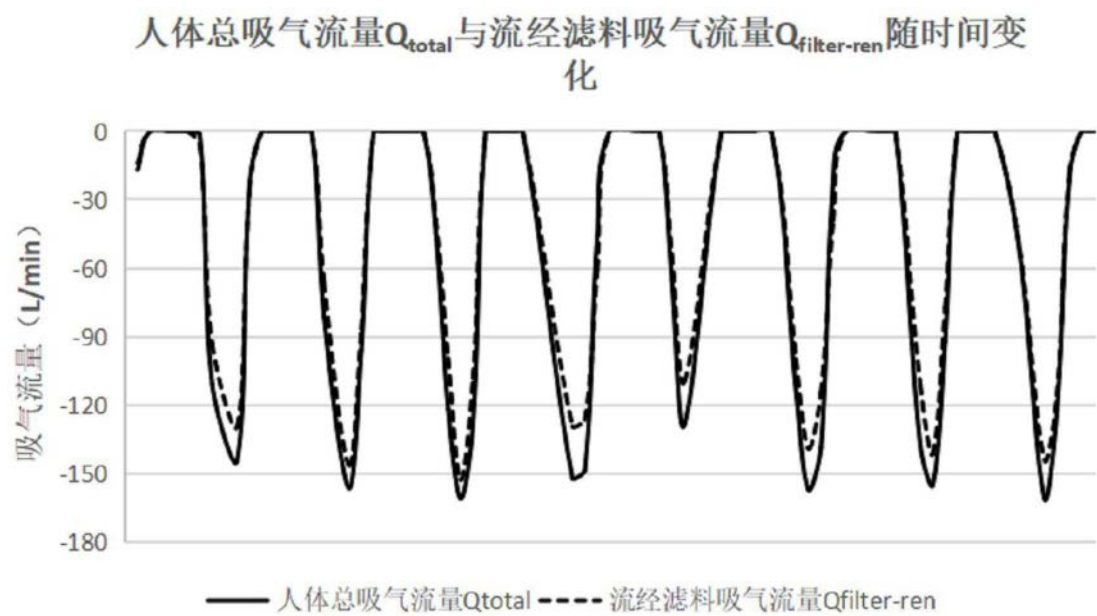


图4

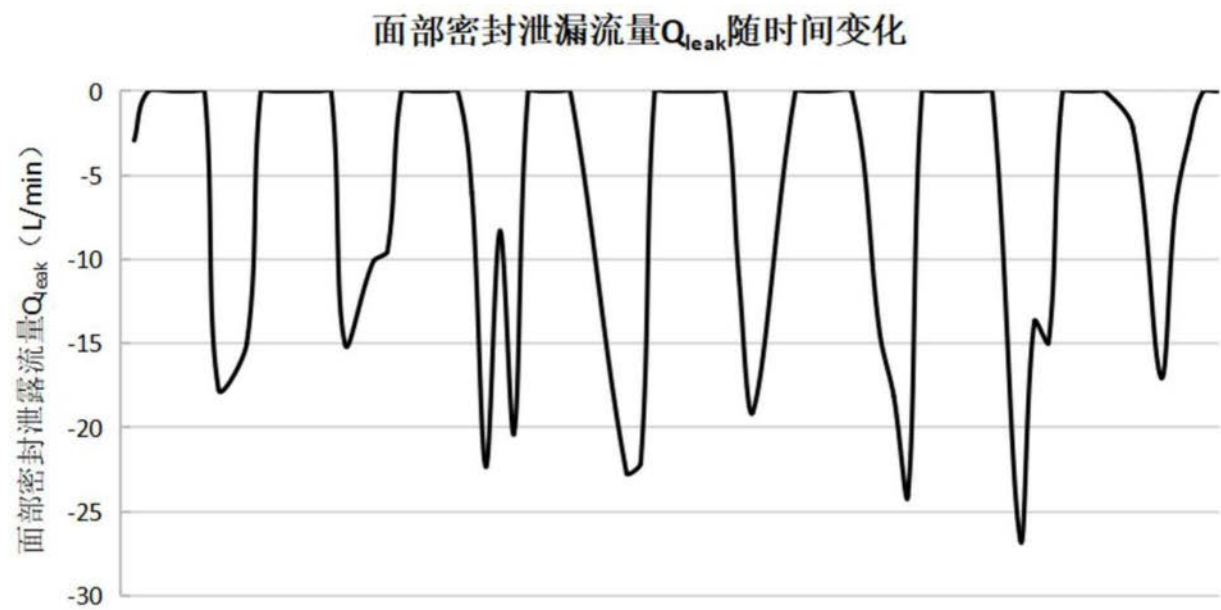


图5

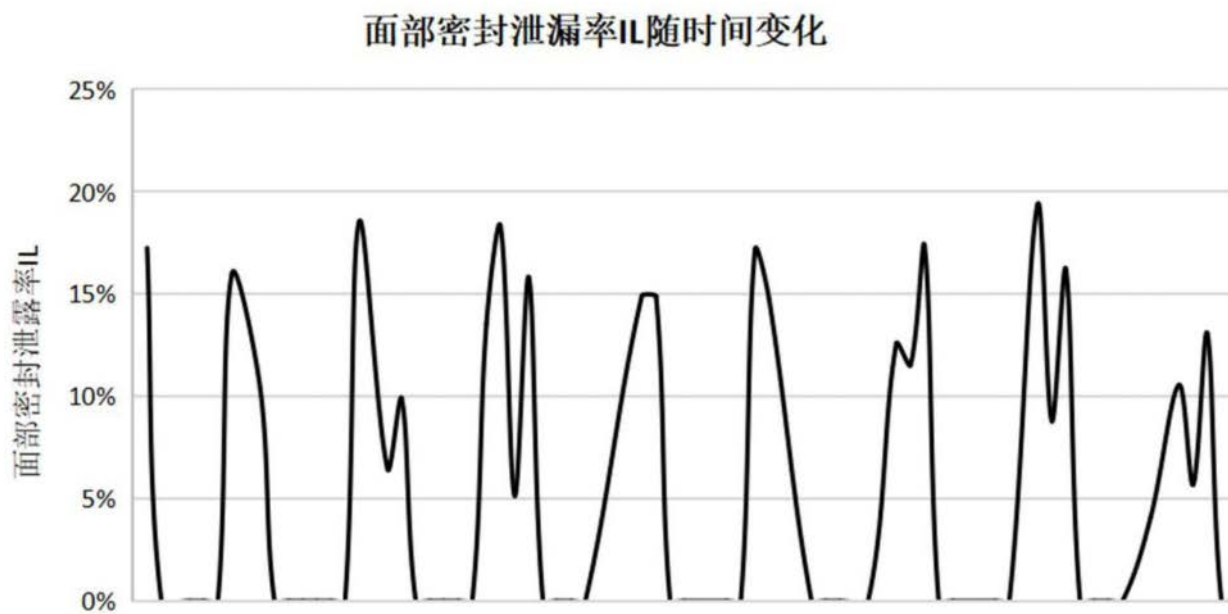


图6