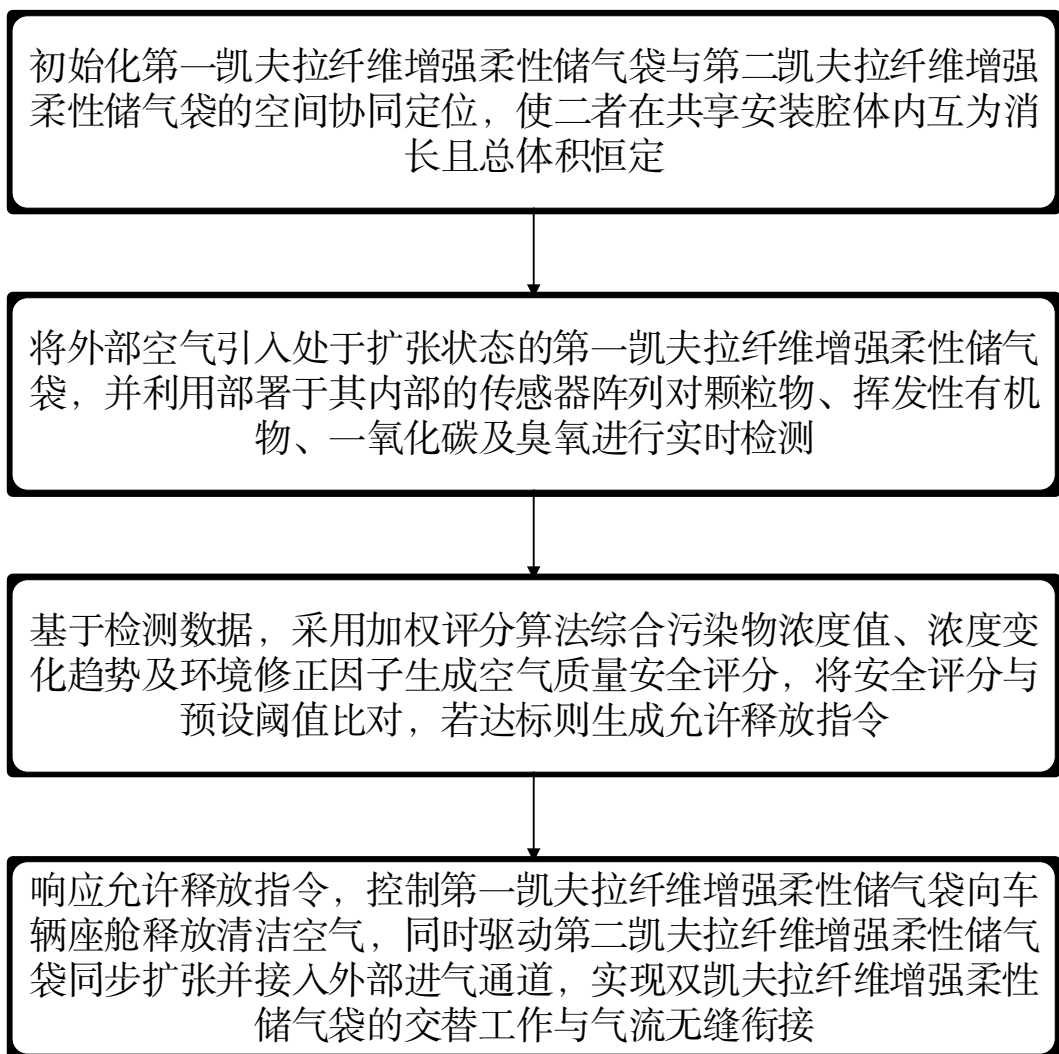


说明书摘要

本发明公开了一种车辆座舱空气管理方法及系统，在第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋充入外部空气并利用内置传感器阵列完成颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧的实时验证期间，第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋同步向座舱释放已验证的清洁空气；仅当空气质量安全评分达标后执行毫秒级无缝切换，若检测异常则立即阻断外部进气并启用内循环；消除污染空气团突破防线进入乘员舱的路径，实现座舱气流的零风险持续供应；同时，双储气袋体积互为消长的协同定位机制，在提供有效缓冲验证功能的同时，仅占用单个安全气囊的安装空间，兼顾呼吸安全保障与车辆内部空间经济性。

摘要附图



1. 一种车辆座舱空气管理方法，其特征在于，包括：

S1：初始化第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的空间协同定位，使二者在共享安装腔体内互为消长且总体积恒定；

S2：将外部空气引入处于扩张状态的第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋，并利用部署于其内部的传感器阵列对颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧进行实时检测；

S3：基于 S2 的检测数据，采用加权评分算法综合污染物浓度值、浓度变化趋势及环境修正因子生成空气质量安全评分，将安全评分与预设阈值比对，若达标则生成允许释放指令；

S4：响应于 S3 的允许释放指令，控制第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋向车辆座舱释放清洁空气，同时驱动第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋同步扩张并接入外部进气通道，实现双凯夫拉纤维增强柔性储气袋的交替工作与气流无缝衔接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法，其特征在于，在 S1 中，通过第一驱动电机与第二驱动电机的同步反向运动控制第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积增量严格等于第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积减量，维持共享安装腔体的空间静态平衡。

3. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法，其特征在于，在 S2 中，传感器阵列的原始信号经时间窗口滑动平均处理后生成稳定浓度值，导流板同步调整气流角度确保气体均匀分布于第一凯

夫拉纤维增强柔性储气袋内壁感应区域。

4. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法, 其特征在于, 在 S3 中, 加权评分算法依据污染物对人体健康的危害权重分配静态浓度惩罚系数与动态趋势惩罚系数, 当浓度变化率呈上升趋势时增强风险分值计算。

5. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法, 其特征在于, 在 S4 中, 实时监测座舱总风量与目标风量的偏差, 动态调节第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋出风口阀门开度及鼓风机转速, 使气流连续性系数趋近于 1。

6. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法, 其特征在于, 若 S3 中安全评分未达标, 则立即关闭外部进气通道单向阀, 将第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内封存的污染空气隔离, 并切换车辆空调系统至内循环模式。

7. 根据权利要求 6 所述的一种车辆座舱空气管理方法, 其特征在于, 隔离后的污染空气经排污风道定向排放至车辆底盘下方远端排气口, 排放时机结合车辆行驶速度与外部风向数据动态选择, 确保污染物快速稀释扩散。

8. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法, 其特征在于, 在 S4 的双凯夫拉纤维增强柔性储气袋交替工作过程中, 持续获取第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的实测容积数据, 计算二者容积之和与共享安装腔体固定容积的偏差量及偏差变化速率, 依据该偏差量与偏差变化速率生成驱动电机补

偿位移指令，执行体积补偿动作以维持共享安装腔体内双凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积守恒与袋体应力均衡。

9. 根据权利要求 1 所述的一种车辆座舱空气管理方法，其特征在于，在完成 S4 的气流无缝衔接操作后，记录本次空气质量安全评分结果、气路阀门切换时间戳、驱动电机动作曲线参数及异常事件处理日志，基于累积的历史运行参数计算系统综合健康度评分，当综合健康度评分低于预设警戒线时生成维护预警提示并调整后续控制参数。

10. 一种车辆座舱空气管理系统，其特征在于，包括：

第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋，二者设置于车辆共享安装腔体内并通过驱动机构实现体积互为消长；

传感器阵列，分别嵌设于第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋内壁，用于检测颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧；

气路阀门组，连通外部进气通道、座舱出风通道、内循环通道及排污风道；

控制器，与驱动机构、传感器阵列及气路阀门组电连接，用于执行权利要求 1 至 9 中任一项所述的车辆座舱空气管理方法。

一种车辆座舱空气管理方法及系统

技术领域

本发明涉及汽车控制技术领域，具体是涉及一种车辆座舱空气管理方法及系统。

背景技术

当前车辆座舱空气管理系统普遍采用传感器触发式内外循环切换机制，即通过车外空气质量传感器实时监测环境参数，当检测到污染物浓度超标时，系统控制风门切换至内循环模式以阻断外部空气。

然而，该方案存在显著缺陷：由于传感器检测与风门机械动作存在固有延迟，且缺乏对即将进入座舱的空气进行前置验证的缓冲环节，当外部环境突发污染峰值（如隧道内积聚尾气、前方车辆急加速排放浓烟）时，污染空气团已在系统响应前脉冲式侵入座舱风道，导致乘员短期暴露于高浓度污染物中，无法实现污染风险的源头拦截。

发明内容

本发明旨在提供一种车辆座舱空气管理方法及系统，通过双凯夫拉纤维增强柔性储气袋构建连续气锁验证管道予以解决污染空气脉冲侵入的问题。

为达到以上目的，本发明采用的技术方案为：一种车辆座舱空气管理方法，包括：

S1：初始化第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的空间协同定位，使二者在共享安装腔体内互为消长且总体积恒定；

S2：将外部空气引入处于扩张状态的第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋，并利用部署于其内部的传感器阵列对颗粒物、挥发性有机物、

一氧化碳及臭氧进行实时检测；

S3：基于 S2 的检测数据，采用加权评分算法综合污染物浓度值、浓度变化趋势及环境修正因子生成空气质量安全评分，将安全评分与预设阈值比对，若达标则生成允许释放指令；

S4：响应于 S3 的允许释放指令，控制第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋向车辆座舱释放清洁空气，同时驱动第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋同步扩张并接入外部进气通道，实现双凯夫拉纤维增强柔性储气袋的交替工作与气流无缝衔接。

优选的，在 S1 中，通过第一驱动电机与第二驱动电机的同步反向运动控制第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积增量严格等于第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积减量，维持共享安装腔体的空间静态平衡。

优选的，在 S2 中，传感器阵列的原始信号经时间窗口滑动平均处理后生成稳定浓度值，导流板同步调整气流角度确保气体均匀分布于第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内壁感应区域。

优选的，在 S3 中，加权评分算法依据污染物对人体健康的危害权重分配静态浓度惩罚系数与动态趋势惩罚系数，当浓度变化率呈上升趋势时增强风险分值计算。

优选的，在 S4 中，实时监测座舱总风量与目标风量的偏差，动态调节第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋出风口阀门开度及鼓风机转速，使气流连续性系数趋近于 1。

优选的，若 S3 中安全评分未达标，则立即关闭外部进气通道单

向阀，将第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内封存的污染空气隔离，并切换车辆空调系统至内循环模式。

优选的，隔离后的污染空气经排污风道定向排放至车辆底盘下方远端排气口，排放时机结合车辆行驶速度与外部风向数据动态选择，确保污染物快速稀释扩散。

优选的，在 S4 的双凯夫拉纤维增强柔性储气袋交替工作过程中，持续获取第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的实测容积数据，计算二者容积之和与共享安装腔体固定容积的偏差量及偏差变化速率，依据该偏差量与偏差变化速率生成驱动电机补偿位移指令，执行体积补偿动作以维持共享安装腔体内双凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积守恒与袋体应力均衡。

优选的，在完成 S4 的气流无缝衔接操作后，记录本次空气质量安全评分结果、气路阀门切换时间戳、驱动电机动作曲线参数及异常事件处理日志，基于累积的历史运行参数计算系统综合健康度评分，当综合健康度评分低于预设警戒线时生成维护预警提示并调整后续控制参数。

另一方面，本发明提出一种车辆座舱空气管理系统，包括：

第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋，二者设置于车辆共享安装腔体内并通过驱动机构实现体积互为消长；

传感器阵列，分别嵌设于第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋内壁，用于检测颗粒物、挥发性有机物、

说明书

一氧化碳及臭氧；

气路阀门组，连通外部进气通道、座舱出风通道、内循环通道及排污风道；

控制器，与驱动机构、传感器阵列及气路阀门组电连接，用于执行上述的车辆座舱空气管理方法。

与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

本发明通过双凯夫拉纤维增强柔性储气袋构建连续气锁验证管道予以解决污染空气脉冲侵入的问题；在第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋充入外部空气并利用内置传感器阵列完成颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧的实时验证期间，第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋同步向座舱释放已验证的清洁空气；仅当空气质量安全评分达标后执行毫秒级无缝切换，若检测异常则立即阻断外部进气并启用内循环；消除污染空气团突破防线进入乘员舱的路径，实现座舱气流的零风险持续供应；同时，双储气袋体积互为消长的协同定位机制，在提供有效缓冲验证功能的同时，仅占用单个安全气囊的安装空间，兼顾呼吸安全保障与车辆内部空间经济性。

附图说明

图 1 为本发明车辆座舱空气管理方法的流程图。

具体实施方式

以下描述用于揭露本发明以使本领域技术人员能够实现本发明。以下描述中的优选实施例只作为举例，本领域技术人员可以想到其他显而易见的变型。

如图 1 所示, 本发明提出一种车辆座舱空气管理方法, 核心在于构建一套具备预验证能力的连续气流供应体系, 摒弃了传统自动循环系统中因缺乏缓冲而直接暴露于外部污染环境的风险。整个系统依托于双凯夫拉纤维增强柔性储气袋所构成的独特物理架构, 实现了外部空气在进入乘员舱之前的全方位质量确认, 具体包括:

S1: 初始化第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的空间协同定位, 使二者在共享安装腔体内互为消长且总体积恒定;

具体的, 通过第一驱动电机与第二驱动电机的同步反向运动控制第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积增量严格等于第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积减量, 维持共享安装腔体的空间静态平衡。

通过第一驱动电机与第二驱动电机的同步反向运动, 在双凯夫拉纤维增强柔性储气袋交替充放气的动态过程中, 始终维持共享安装腔体内总体积的严格恒定。该机制有效避免了因单侧扩张导致的腔体内压力波动或机械干涉, 消除了袋体表面张力分布不均引发的材料局部应力集中风险, 从而显著提升了凯夫拉纤维增强柔性储气袋在高频往复运动下的结构稳定性与使用寿命, 同时确保了气流切换过程中的物理空间零占用冲突。

S2: 将外部空气引入处于扩张状态的第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋, 并利用部署于其内部的传感器阵列对颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧进行实时检测; 传感器阵列的原始信号经时间窗口滑动平均处理后生成稳定浓度值, 导流板同步调整气流角度确保气体均

匀分布于第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内壁感应区域。

通过时间窗口滑动平均处理，有效滤除传感器原始信号中的高频噪声与瞬时脉冲干扰，显著提升颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧浓度检测数据的稳定性与可信度；配合导流板对气流角度的同步动态调整，消除了气体在袋体内的流动死区与分层现象，确保待测气体均匀覆盖内壁感应区域。

S3：基于 S2 的检测数据，采用加权评分算法综合污染物浓度值、浓度变化趋势及环境修正因子生成空气质量安全评分，将安全评分与预设阈值比对，若达标则生成允许释放指令；加权评分算法依据污染物对人体健康的危害权重分配静态浓度惩罚系数与动态趋势惩罚系数，当浓度变化率呈上升趋势时增强风险分值计算。该加权评分算法通过引入动态趋势惩罚系数，实现了对污染浓度“突变”风险的超前预警，有效规避了仅依赖静态浓度阈值导致的响应滞后问题；同时，结合环境修正因子与人体健康危害权重，使安全评分能更精准地反映不同场景下的实际健康风险。

若安全评分未达标，则立即关闭外部进气通道单向阀，将第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内封存的污染空气隔离，并切换车辆空调系统至内循环模式；隔离后的污染空气经排污风道定向排放至车辆底盘下方远端排气口，排放时机结合车辆行驶速度与外部风向数据动态选择，确保污染物快速稀释扩散。

通过立即关闭单向阀与切换内循环，在毫秒级时间内彻底切断污染源向座舱的入侵路径；利用排污风道将高浓度污染空气强制导向底

盘远端并配合行驶工况动态选择最佳排放时机，有效避免了污染物在车体表面或进气口附近的局部积聚与回流。这不仅防止了二次污染风险，更确保了在极端恶劣环境下座舱空气质量的绝对纯净与乘员呼吸安全。

S4：响应于 S3 的允许释放指令，控制第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋向车辆座舱释放清洁空气，同时驱动第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋同步扩张并接入外部进气通道，实现双凯夫拉纤维增强柔性储气袋的交替工作与气流无缝衔接。

通过实时监测座舱总风量与目标风量的偏差，动态调节第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋出风口阀门开度及鼓风机转速，使气流连续性系数趋近于 1。

通过双袋交替工作与气流无缝衔接机制，消除了传统单袋储气系统在切换瞬间产生的供风中断与压力脉动，确保座舱风量输出的绝对连续性与稳定性。结合基于风量偏差的动态闭环调节策略（阀门开度与鼓风机转速联动），系统能够实时补偿瞬时流量波动，使气流连续性系数趋近于 1，从而在实现高效空气置换的同时，完全杜绝了因气流忽大忽小引发的乘员不适感，显著提升了空调系统的响应速度与舒适度体验。

进一步的，双凯夫拉纤维增强柔性储气袋交替工作过程中，持续获取第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的实测容积数据，计算二者容积之和与共享安装腔体固定容积的偏差量及偏差变化速率，依据该偏差量与偏差变化速率生成驱动电机

补偿位移指令，执行体积补偿动作以维持共享安装腔体内双凯夫拉纤维增强柔性储气袋的体积守恒与袋体应力均衡。

通过实时监测双袋容积偏差及其变化速率，实现了对共享安装腔体内空间利用的自适应精准补偿。这不仅有效消除了因袋体膨胀不同步导致的机械应力集中与结构变形风险，延长了凯夫拉纤维袋体的使用寿命；更确保了在交替切换过程中，系统始终维持最佳的体积守恒状态，避免了因内部空间挤压或松弛造成的气流阻力突变，从而保障了供风压力的平稳性与驱动系统的运行可靠性。

在完成气流无缝衔接操作后，记录本次空气质量安全评分结果、气路阀门切换时间戳、驱动电机动作曲线参数及异常事件处理日志，基于累积的历史运行参数计算系统综合健康度评分，当综合健康度评分低于预设警戒线时生成维护预警提示并调整后续控制参数。

通过深度挖掘阀门切换、电机动作及异常事件等关键参数，能够精准量化系统老化趋势与潜在故障风险，将被动维修转变为主动预防。这不仅大幅降低了突发机械故障率，延长了设备服役周期；更支持根据实时健康度动态优化控制策略（如调整切换频率或补偿力度），确保系统在长期运行中始终维持最佳性能状态，显著提升了系统的可靠性与运维效率。

另一方面，本发明提出一种车辆座舱空气管理系统，包括：

第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋，二者设置于车辆共享安装腔体内并通过驱动机构实现体积互为消长；

传感器阵列，分别嵌设于第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋与第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋内壁，用于检测颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧；

气路阀门组，连通外部进气通道、座舱出风通道、内循环通道及排污风道；

控制器，与驱动机构、传感器阵列及气路阀门组电连接，用于执行车辆座舱空气管理方法，包括如下步骤：

步骤一：系统初始化与双储气袋空间协同定位

本步骤主要任务是在车辆启动或系统复位时，确立双储气袋的初始物理状态，并建立两者在有限车内空间内的动态平衡关系。系统控制器首先向驱动机构发送指令，对两个独立的凯夫拉纤维增强柔性储气袋进行形态校准。这两个储气袋并非独立占用两份空间，而是被设计为在同一个预留腔体内互为消长。当第一个储气袋处于完全收缩状态时，第二个储气袋则占据该腔体的最大容积，反之亦然。这种设计巧妙地利用了体积互补原理，使得无论气流如何切换，两个储气袋叠加后的总体积始终保持恒定，从而仅需占用相当于一个完整安全气囊的安装空间，极大节省了宝贵的车辆内部布局资源。

步骤 1.1：控制器读取车辆点火信号及座舱环境基准参数，随即向第一驱动电机和第二驱动电机发送同步反向运动指令。基于确立的空间互补原则，第一驱动电机开始牵引第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋的骨架结构使其由收缩态向扩张态转变，与此同时，第二驱动电机驱动第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋执行完全相反的收缩动作。在此

过程中，第一储气袋的体积增量严格等于第二储气袋的体积减量，确保两者在物理空间上的总和维持不变，避免了因气囊膨胀而对车内其他部件产生挤压或干涉。

步骤 1.2：承接步骤 1.1 中双储气袋的同步反向运动，系统实时监测第一储气袋内部的压力变化率与第二储气袋的剩余容积比例。由于凯夫拉纤维材料具有极高的拉伸强度且形变可控，控制器利用这一特性精确计算当前时刻两个储气袋的几何中心位置及表面张力分布。为了确保在后续充气过程中囊体不会发生非预期的扭曲或折叠，系统依据当前的几何状态生成一条平滑的运动轨迹曲线，该曲线定义了从初始状态到预定工作状态的过渡路径，保证第一储气袋在扩张初期能够均匀受力，为即将引入的外部气流提供稳定的容纳容器。

步骤 1.3：基于步骤 1.2 中生成的平滑运动轨迹曲线，控制器进一步调整第一驱动电机的输出扭矩，使第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋以恒定速率展开至预设的预备容积阈值。在这一阶段，第二储气袋同步收缩至同等程度的最小安全容积，以维持整体空间的静态平衡。此时，系统引入一个空间利用率评估表达式，用于量化当前双袋构型对安装腔体的填充效率，确保在动态变化中始终满足空间约束条件。该表达式定义如下：

$$\eta_{space} = \frac{V_{expanding}(t) + V_{contracting}(t)}{V_{total_cavity}} \times (1 - \delta_{deviation}) ;$$

其中， η_{space} 表示瞬时空间利用效率系数，理想状态下应无限接近于 1； $V_{expanding}(t)$ 代表时刻 t 时正在扩张的第一储气袋的实际容

积； $V_{contracting}(t)$ 代表同一时刻正在收缩的第二储气袋的实际容积； V_{total_cavity} 为车辆预留安装腔体的固定总容积； $\delta_{deviation}$ 为因机械传动间隙或材料弹性滞后导致的体积偏差系数，该值由传感器实时反馈并经滤波处理后获得。通过该式计算，系统可即时判断双袋运动是否严格遵循体积守恒原则，若 η_{space} 出现显著波动，则立即修正电机转速以消除偏差。

步骤 1.4：依据步骤 1.3 中确认的空间利用效率系数及双储气袋的最终形态，系统完成气路阀门的预置位切换。具体而言，控制器将外部进气通道的单向阀指向已扩张至预备容积的第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋，同时将第一储气袋与座舱出风口之间的隔离阀保持在关闭状态，以防止未经检测的空气泄漏进入车内。与此同时，第二储气袋与座舱出风口之间的连接通道保持畅通，但因其处于收缩状态，此刻主要依靠其内部残留的少量洁净空气维持微正压，或通过辅助风机从内循环通道抽取经过车内滤芯过滤的空气作为临时补充。

步骤二：外部空气引入与多维污染物实时捕获

在步骤一完成了双储气袋的空间定位与气路预置后，本步骤正式启动外部空气的采集流程。鼓风机开始工作，将车外环境空气强制压入已准备好的第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋中。这一过程并非简单的充气，而是一个伴随着高强度实时监测的动态捕获过程。随着外部空气源源不断地涌入，储气袋内部的传感器阵列即刻进入高频采样模式，对气流中的各类有害物质进行全方位扫描。

步骤 2.1：承接步骤一中第一储气袋已连接外部进气通道的状态，

控制器启动主鼓风机并以线性递增的方式提升转速，使外部空气以层流状态平稳注入第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋。为了避免湍流导致传感器读数波动，鼓风机的加速曲线经过精心设计，确保气流速度在达到额定值前保持平滑过渡。随着气体的注入，储气袋内部压力逐渐升高，袋体进一步轻微扩张以容纳新增气体，同时步骤 1.4 中设定的隔离阀依然紧闭，构建起一个完全封闭的测试环境。此时，位于储气袋进气口附近的导流板自动调整角度，引导气流均匀散布于袋体内部，防止局部气流速度过快而影响后续检测精度。

步骤 2.2：基于步骤 2.1 中建立的稳定层流环境，部署在第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内壁的多组传感器阵列开始同步工作。这些传感器包括激光散射颗粒物探测器、金属氧化物半导体挥发性有机物感应单元、电化学一氧化碳检测元件以及紫外吸收法臭氧分析探头。当含有潜在污染物的外部空气流经这些感应区域时，各传感器立即捕捉相应的物理或化学信号变化。为了消除单一传感器可能存在的漂移误差，系统采用时间窗口滑动平均法处理原始信号，将毫秒级的瞬时读数转化为具有代表性的时间段浓度值。

步骤 2.3：结合步骤 2.2 中获取的各单项污染物浓度数据，系统开始构建综合污染特征向量。由于不同污染物对人体健康的影响权重不同，且各类污染物之间可能存在协同效应，简单的累加无法真实反映空气质量状况。因此，系统引入一个多维污染指数计算模型，将颗粒物、挥发性有机物、一氧化碳及臭氧的浓度值映射为一个统一的无量纲数值。该数值的计算公式如下：

$$I_{pollutant} = \sqrt{w_{pm} \cdot \left(\frac{C_{pm}}{L_{pm}}\right)^2 + w_{voc} \cdot \left(\frac{C_{voc}}{L_{voc}}\right)^2 + w_{co} \cdot \left(\frac{C_{co}}{L_{co}}\right)^2 + w_{o3} \cdot \left(\frac{C_{o3}}{L_{o3}}\right)^2}$$

其中, $I_{pollutant}$ 表示综合污染指数, 数值越大代表空气质量越差; C_{pm} 、 C_{voc} 、 C_{co} 、 C_{o3} 分别代表实测的颗粒物浓度、挥发性有机物浓度、一氧化碳浓度及臭氧浓度; L_{pm} 、 L_{voc} 、 L_{co} 、 L_{o3} 分别为上述四种污染物对应的国家标准限值或预设安全阈值; w_{pm} 、 w_{voc} 、 w_{co} 、 w_{o3} 为各类污染物的权重系数, 这些系数根据医学研究数据设定, 反映了不同污染物对乘员健康的相对危害程度。通过该公式, 系统将复杂的四维浓度数据压缩为一个直观的指标, 便于后续逻辑判断, 同时也继承了步骤 2.2 中对数据准确性的追求。

步骤 2.4: 依据步骤 2.3 中计算得出的综合污染指数 $I_{pollutant}$, 系统对第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内的空气进行初步分级标记。若 $I_{pollutant}$ 低于预设的优良阈值, 则该袋空气被标记为“一级洁净”, 可直接用于后续的快速释放; 若指数介于优良阈值与警戒阈值之间, 则标记为“二级可用”, 需结合历史数据进行二次确认; 若指数超过警戒阈值, 则立即标记为“污染高危”。这一标记结果将直接决定下一步的处理逻辑。与此同时, 鼓风机继续维持运转, 确保储气袋内充满量的待测空气, 以便在标记为“污染高危”时有足够的气体样本进行复测, 或在标记为“洁净”时能立即向座舱供应充足的新鲜空气。

步骤三: 加权评分裁决与安全阈值比对

在步骤二完成了外部空气的采集与多维特征提取后, 本步骤的核心任务是对采集到的数据进行深度分析与最终裁决。系统不再依赖单一的浓度限值判断, 而是采用更为严谨的加权评分算法, 结合实时变

化趋势与历史背景数据，对第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内的空气质量进行终极评定。这一过程旨在识别那些虽然单项指标未超标但组合起来可能对人体不适的隐蔽污染，或是捕捉瞬间爆发的污染峰值，从而做出最符合乘员健康利益的决策。只有当评分结果明确显示空气质量达标时，系统才会允许气流进入下一阶段的释放环节。

步骤 3.1：承接步骤 2.4 中生成的空气质量标记及综合污染指数 $I_{pollutant}$ ，控制器调用存储在内存中的动态权重修正表。该表格记录了过去一段时间内车辆行驶区域的空气质量历史趋势，以及当前车外温度、湿度对传感器灵敏度的影响因子。系统将这些环境与历史因子代入评分修正逻辑，对步骤 2.3 中得到的原始指数进行微调。

例如，在高湿环境下，某些挥发性有机物的传感器响应可能会增强，系统会自动降低该项的权重以避免误判。通过这种动态修正，系统确保了评分结果不仅反映当前的瞬时状态，还兼顾了环境背景的干扰，使得裁决依据更加客观公正，延续了步骤 2.4 中对数据分级处理的逻辑深度。

步骤 3.2：基于步骤 3.1 中修正后的各项参数，系统执行核心的加权评分运算。该运算不仅关注污染物的绝对浓度，更重视浓度随时间的变化率（即污染上升或下降的速度）。如果某种污染物浓度虽然未超标但呈现急剧上升趋势，系统会给予更高的风险分值。为此，系统构建了一个包含静态浓度项与动态趋势项的综合评分公式，用以量化空气质量的综合安全等级。该公式表达如下：

$$S_{safety} = 100 - \left(\alpha \cdot I_{corrected} + \beta \cdot \max \left(0, \frac{dI_{corrected}}{dt} \right) \cdot \Delta t \right)$$

其中， S_{safety} 表示最终的空气质量安全评分，满分为 100 分，分数越高表示空气越安全； $I_{corrected}$ 为步骤 3.1 中经过环境与历史因子修正后的综合污染指数； $\frac{dI_{corrected}}{dt}$ 表示该指数随时间的变化率，用于捕捉污染突增的趋势； Δt 为采样时间间隔； α 和 β 分别为静态浓度惩罚系数与动态趋势惩罚系数，且 $\alpha + \beta = 1$ ，具体数值根据车辆预设的安全策略设定。若变化率为负（即空气质量正在改善），则动态项取零，不额外扣分。此公式将静态达标与动态安全完美结合，是对步骤 3.1 中修正逻辑的数学化落地。

步骤 3.3: 利用步骤 3.2 中计算出的安全评分 S_{safety} ，系统将其与预设的切换许可阈值 $S_{threshold}$ 进行严格比对。若 $S_{safety} \geq S_{threshold}$ ，则判定第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内的空气质量合格，系统生成“允许释放”指令；若 $S_{safety} < S_{threshold}$ ，则判定不合格，生成“阻断排放”指令。在此过程中，系统还会检查是否存在连续多次评分低于阈值的异常情况。如果检测到连续三次评分失败，即便单次跌幅不大，系统也会触发“持续污染”警报，这表明外部大环境可能正处于严重污染事件中。

步骤 3.4: 根据步骤 3.3 生成的判定指令，系统对第一储气袋的气路状态进行最终锁定。若指令为“允许释放”，则控制器保持第一储气袋与座舱出风口之间的隔离阀处于待开启状态，并准备在毫秒级时间内执行切换动作；若指令为“阻断排放”或触发“持续污染”警报，则控制器立即关闭外部进气通道的单向阀，切断污染源，并启动

内部净化循环预案。此时，第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋实际上变成了一个临时的污染隔离仓，其中的有害气体将被暂时封存，随后通过专门的排气口排向车外底盘区域，绝不使其有机会渗入乘员舱。

步骤四：毫秒级无缝切换与清洁空气同步释放

在步骤三完成了对第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内空气质量的最终裁决并确认合格后，本步骤进入执行阶段，实现从“验证态”到“供气态”的瞬时转换。这一过程要求极高的时间精度与动作协调性，以确保座舱内的气流供应不出现中断或压力波动。与此同时，系统必须处理好两个储气袋之间的角色互换：刚刚完成验证的第一储气袋即将转变为供气源，而此前可能处于收缩或待机状态的第二储气袋则需准备接管下一轮的验证任务。这种交替工作机制保证了空气管理的连续性，消除了传统系统中切换瞬间可能出现的污染脉冲。

步骤 4.1：承接步骤 3.4 中生成的“允许释放”指令，控制器向第一储气袋出风口的电动伺服阀发送全开信号。该阀门采用直驱式设计，响应时间控制在 5 毫秒以内，确保从指令发出到阀门完全开启几乎无延迟。随着阀门的瞬间开启，第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋内经过严格验证的清洁空气在内部正压的作用下，迅速通过风道涌入座舱。为了配合这一快速释放，鼓风机转速同步调整至送风模式，确保持续的气流推力。这一动作的果断执行，直接依赖于步骤三中建立的信任基础，即袋内空气已被证实为安全，因此可以毫无保留地释放给乘员，实现了从检测到使用的无缝衔接。

步骤 4.2：在步骤 4.1 中第一储气袋开始向座舱释放清洁空气的

同时，系统立即启动角色互换程序，指挥第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋进入准备状态。由于步骤一中确立的体积互补原则，当第一储气袋因释放空气而体积逐渐减小时，第二储气袋必须同步开始扩张，以填补空间并准备接收新一轮的外部空气。控制器向第二驱动电机发送反向旋转指令，使其牵引第二储气袋骨架展开。此时，第二储气袋的扩张速率与第一储气袋的收缩速率保持严格的数学对应关系，确保两者在任意时刻的体积之和恒定。

步骤 4.3：基于步骤 4.2 中第二储气袋的同步扩张动作，系统重新配置气路阀门组，将外部进气通道从第一储气袋平滑切换至第二储气袋。这一切换过程同样要求在毫秒级时间内完成，以避免外部空气在无监管状态下滞留。当第二储气袋扩张至预备容积的瞬间，外部进气单向阀精准开启，新鲜空气开始注入。此时，第一储气袋仍在继续向座舱供气，而第二储气袋已开始充填并即将启动检测程序，两者在时间轴上形成了完美的重叠。为了量化这种切换的平滑度，系统引入一个气流连续性系数公式，用于评估切换瞬间座舱进风量的波动情况：

$$C_{flow} = 1 - \frac{|Q_{total}(t_{switch}) - Q_{target}|}{Q_{target}} ;$$

其中， C_{flow} 表示气流连续性系数，取值范围为 0 到 1，越接近 1 表示切换越平滑； $Q_{total}(t_{switch})$ 为切换时刻 t_{switch} 座舱实际接收到的总风量，该风量由第一储气袋的释出风量与鼓风机的直吹风量和组成； Q_{target} 为系统设定的目标恒定风量。通过实时监测 C_{flow} ，系统可微调阀门开度与风机转速，确保乘员在任何时刻都感觉不到气流的

变化，真正实现了“无感”切换，这是对步骤 4.1 和 4.2 动作协调性的定量检验。

步骤 4.4：依据步骤 4.3 中确认的气流连续性状态及第二储气袋的充气进度，系统正式进入下一个循环的预验证阶段。此时，第一凯夫拉纤维增强柔性储气袋继续承担向座舱输送清洁空气的任务，直至其内部空气完全排空或压力降至下限；而第二储气袋则在充气的同时，启动其内部的传感器阵列，重复步骤二中的多维污染物捕获流程。这种一供一检的并行工作模式，构成了本系统核心的连续作业能力。若在第一储气袋供气期间，第二储气袋检测到了污染峰值，系统将提前终止第一储气袋的供气（若其存量不足）或直接切断外部进气，转而完全依赖车内内循环，从而在任何情况下都杜绝了污染空气团进入乘员舱的可能性。

步骤五：异常污染峰值拦截与内循环紧急阻断

在步骤四实现了清洁空气的无缝释放与双袋角色的平滑互换后，系统进入持续监控与应急响应阶段。本步骤重点阐述当外部环境突发严重污染，导致正在验证的第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋（或任何处于验证阶段的储气袋）检测到超出安全极限的污染峰值时，系统如何执行紧急阻断逻辑。这一过程不再遵循常规的加权评分流程，而是触发最高优先级的“熔断”指令，立即切断外部气源，防止哪怕微量的污染空气团突破防线进入座舱。同时，系统迅速切换至内循环模式，利用车内现有洁净空气维持乘员呼吸需求，确保在极端环境下的安全。

步骤 5.1: 承接步骤四中第二储气袋正在进行的实时检测状态, 若传感器阵列在极短的时间窗口内捕捉到某项污染物浓度瞬间飙升并超过预设的“危急阈值”, 控制器立即暂停当前的加权评分计算, 转而启动异常峰值识别程序。该程序不依赖历史数据或趋势预测, 仅依据瞬时读数的绝对大小进行判断。一旦确认数值突破危急线, 系统判定外部空气存在不可接受的急性毒性风险, 随即生成“紧急阻断”信号。这一判断逻辑直接基于步骤三中建立的评分体系, 但在面对极端数据时采取了更为激进的防御姿态, 确保了响应速度优于常规流程, 为后续的物理动作争取了宝贵时间。

步骤 5.2: 基于步骤 5.1 生成的“紧急阻断”信号, 控制器在毫秒级时间内向外部进气通道的电动截止阀发送强制关闭指令。该阀门采用弹簧复位式失效保护设计, 即便在断电情况下也能依靠机械弹力迅速闭合, 确保物理上的绝对隔绝。与此同时, 连接第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋的进气单向阀被立即锁死, 阻止任何新的外部空气进入袋体。此时, 正在充气的第二储气袋瞬间变为一个封闭的隔离容器, 其中已吸入的少量高浓度污染空气被牢牢封锁在袋内, 无法通过任何路径流向座舱。

步骤 5.3: 在步骤 5.2 完成外部气源切断的同时, 系统同步执行座舱气流模式的切换操作, 将主风道从外循环模式强制转为内循环模式。控制器调节风门执行器, 关闭通往车外的进风口, 完全打开车内空气回流通道的。此时, 鼓风机抽取的是经过车内高效滤芯过滤后的座舱内部空气, 并将其重新吹入车内, 形成封闭的内部气流循环。为了

量化这一切换过程中的空气置换效率，系统引入一个内循环净化效率评估公式，用于监测座舱内污染物浓度的衰减速率，确保内循环模式能有效稀释可能渗入的微量污染物。该公式定义如下：

$$\eta_{internal} = \frac{C_{initial} - C(t)}{C_{initial}} \times e^{-\lambda t} ;$$

其中， $\eta_{internal}$ 表示时刻 t 的内循环净化效率指数； $C_{initial}$ 为切换至内循环模式瞬间座舱内的基准污染物浓度； $C(t)$ 为时刻 t 实测的座舱污染物浓度； λ 为车内空气净化系统的特征衰减常数，由滤芯效率与风量决定； t 为内循环运行持续时间。该公式描述了在内循环模式下，座舱空气质量随时间改善的理论曲线。系统通过对比实测值与理论值，判断内循环是否正常工作，若偏差过大则提示滤芯堵塞或风道泄漏。此步骤延续了步骤 5.2 的阻断逻辑，将防御范围从外部进气口扩展至整个座舱环境。

步骤 5.4：依据步骤 5.3 中确立的内循环运行状态及净化效率指数，系统对被封存在第二凯夫拉纤维增强柔性储气袋内的高污染空气执行安全排放处理。由于该袋空气已被判定为高危，绝不能直接排入座舱或简单的排向车外近区域（以免被再次吸入），控制器指令专用的排污风机启动，将该袋气体通过独立的管道直接引向车辆底盘下方的远端排气口，并利用高速气流将其迅速稀释扩散。在排放过程中，第二储气袋同步执行快速收缩动作，直至恢复至最小安全容积，为下一次可能的尝试做准备。

此时，第一储气袋（若仍在供气）继续完成其剩余清洁空气的释放任务，直到排空后也停止工作，整个系统完全依赖内循环维持运行，

直至外部环境质量重新回到可接受范围。这一系列动作构成了完整的应急闭环，确保了在任何突发污染事件下乘员舱的洁净。

步骤六：动态空间补偿与双袋体积守恒调控

在步骤五处理完紧急污染事件或系统回归正常运行后，本步骤聚焦于双凯夫拉纤维增强柔性储气袋在长期交替工作中的空间动态管理。由于两个储气袋在物理上共享同一个安装腔体，且需频繁进行扩张与收缩的往复运动，任何微小的体积累积误差或机械滞后都可能导致腔体压力异常或袋体干涉。因此，系统必须实施实时的动态空间补偿策略，严格维持“一个扩张量等于另一个收缩量”的体积守恒原则。这不仅是为了节省空间，更是为了保证机械结构的长期稳定运行，避免因应力集中导致的材料疲劳或破损。

步骤 6.1：承接步骤五中第二储气袋完成排污收缩及第一储气袋排空后的状态，系统重新进入双袋协同运动的准备阶段。控制器读取两个储气袋当前的实际容积数据，并与理论上的互补容积模型进行比对。理论上，任意时刻 t ，第一储气袋体积 $V_1(t)$ 与第二储气袋体积 $V_2(t)$ 之和应严格等于安装腔体的总容积 V_{cavity} 。然而，受凯夫拉纤维材料的弹性蠕变及机械传动间隙影响，实际运行中可能会出现 $\sum V \neq V_{cavity}$ 的微小偏差。系统立即启动偏差校正程序，计算当前的体积失衡量，为后续的补偿动作提供数据基础。

步骤 6.2：基于步骤 6.1 中计算出的体积失衡量，控制器调整双驱动电机的运动轨迹参数，实施动态空间补偿。若检测到总体积小于腔体容积（出现空隙），系统将指令两个储气袋按比例同步微幅扩张，

直至填满腔体；若检测到总体积大于腔体容积（出现挤压），则指令两者同步微幅收缩，释放内部应力。这种补偿动作必须在极短时间内完成，且不能干扰正常的充气或排气流程。为了确保补偿过程的平滑性与安全性，系统引入一个体积守恒偏差修正公式，用于计算所需的电机位移补偿量。该公式表达如下：

$$\Delta L_{comp} = K_p \cdot (V_{cavity} - (V_1(t) + V_2(t))) + K_d \cdot \frac{d}{dt}(V_{cavity} - (V_1(t) + V_2(t)))$$

其中， ΔL_{comp} 表示驱动电机需要执行的补偿位移量； K_p 为比例增益系数，用于消除静态体积误差； K_d 为微分增益系数，用于抑制体积变化的速率波动； $V_1(t)$ 和 $V_2(t)$ 分别为时刻 t 两个储气袋的实测容积； V_{cavity} 为安装腔体的固定容积。该公式采用了经典的比例-微分控制逻辑，能够快速响应体积偏差并防止过冲。通过应用此公式，系统实现了对双袋空间占用的精细化调控，延续了步骤 6.1 中对几何精度的追求。

步骤 6.3：利用步骤 6.2 中计算出的补偿位移量 ΔL_{comp} ，系统驱动电机执行具体的补偿动作，使两个凯夫拉纤维增强柔性储气袋的表面张力重新分布均匀。在此过程中，系统实时监测袋体关键受力点的应变数据，确保补偿动作不会导致局部应力超过材料的安全极限。凯夫拉纤维虽然强度极高，但长期的非均匀受力仍可能引发微观损伤。因此，补偿策略优先考虑应力的均衡化，其次才是体积的绝对填充。若监测到某处应变异常，系统将自动限制补偿幅度，并调整另一侧袋体的形态以分担载荷。这种基于应力反馈的动态调整，是对步骤 6.2 中数学补偿逻辑的物理落地，保障了硬件系统的耐久性。

步骤 6.4: 依据步骤 6.3 中完成的应力均衡与体积修正, 系统重新校准双储气袋的运动基准点, 为下一轮的交替工作确立新的零点。此时, 两个储气袋不仅在体积上严格满足互补关系, 且在内部压力分布上也达到了最佳平衡状态。控制器更新内存中的位置映射表, 记录当前的机械零位, 确保后续的扩张与收缩指令能以此为基准精确执行。这一校准过程标志着空间动态管理周期的结束, 系统再次回到了理想的初始协同状态, 随时可以响应新的气流切换需求。此步骤不仅巩固了步骤一中的空间节省优势, 更通过持续的动态维护, 证明了该双袋结构在复杂工况下的可靠性与稳定性。

步骤七: 污染气袋封存处理与定向安全排放

在系统运行过程中, 不可避免地会遇到某些储气袋因检测不合格而封存了污染空气的情况。本步骤详细描述如何处理这些被封存的“毒气袋”。与步骤五中的紧急排放不同, 本步骤侧重于在非紧急但确认为污染的情况下, 如何有序、安全地将这些有害气体排出车外, 同时避免对车辆周边环境造成二次污染或被车辆自身再次吸入。系统采用定向排放策略, 结合车辆行驶速度与风向信息, 选择最佳排放时机与角度, 确保污染物被迅速带离车辆周围。

步骤 7.1: 承接前述步骤中(如步骤三或步骤五)判定为不合格并被封存在凯夫拉纤维增强柔性储气袋内的污染空气, 系统首先对该袋气体的污染成分进行二次确认分析。控制器调取封存时刻的传感器历史数据, 明确主要污染物类型(如是颗粒物为主还是气体污染物为主), 以便制定针对性的排放策略。

例如，对于重颗粒物污染，排放时需更高的气流速度以防沉积；对于高浓度气体污染，则需更大的稀释倍数。基于此分析结果，系统生成一个包含排放优先级与建议排放方式的指令集，为后续的物理排放行动提供指导。这一分析过程延续了步骤三中对污染物特征的深度挖掘，确保了排放操作的科学性。

步骤 7.2：基于步骤 7.1 生成的排放指令集，控制器启动车辆底部的专用排污风道系统。该风道独立于座舱空调系统，直接连通至被封存的污染储气袋出口。在开启排放阀之前，系统先读取车辆当前的行驶速度及外部风速风向数据（若有车载气象传感器）。若车辆处于静止或低速状态，系统会延迟排放或采用脉冲式排放方式，利用鼓风机的高压脉冲将污染物推向远处，避免其在车底积聚；若车辆处于高速行驶状态，系统则利用车身周围的负压区，顺势打开排放阀，借助自然气流将污染物迅速带走。这种自适应的排放逻辑，最大限度地降低了污染物回流的风险，是对步骤 7.1 中分类策略的灵活应用。

步骤 7.3：在步骤 7.2 确定的最佳排放时机，系统执行污染空气的定向释放操作。控制器控制排污阀门的开度与排污风机的转速，使被封存的污染气体以特定的喷射角度和速度排出。为了确保排放过程中的稀释效果，系统引入一个污染物扩散稀释因子计算公式，用于预估排放口附近的瞬时浓度，确保其低于对环境及车辆其他进气口构成威胁的水平。该公式定义如下：

$$D_{factor} = \frac{Q_{exhaust} \cdot C_{bag}}{v_{vehicle} \cdot A_{plume} + Q_{ambient}} ;$$

其中， D_{factor} 表示排放口下游单位距离处的污染物稀释后浓度； $Q_{exhaust}$ 为排污风机的排放流量； C_{bag} 为储气袋内污染物的原始浓度； $v_{vehicle}$ 为车辆行驶速度； A_{plume} 为污染物羽流在空气中的有效扩散截面积，该值与风速及湍流强度相关； $Q_{ambient}$ 为周围环境空气的自然卷入流量。系统通过实时估算 D_{factor} ，动态调整 $Q_{exhaust}$ ，确保排放浓度始终控制在安全范围内。若计算结果显示稀释不足，系统将自动降低排放速率或暂时中止排放，等待更有利的条件。

步骤 7.4：依据步骤 7.3 中完成的定向排放操作，系统对排空后的凯夫拉纤维增强柔性储气袋执行深度自清洁程序。由于袋体内壁可能吸附了部分残留污染物，直接再次使用可能存在交叉污染风险。因此，控制器引入少量经过高效过滤的洁净空气，在袋体内进行多次“充放冲刷”循环，利用高速气流剥离附着物，并将冲刷出的残余废气再次通过排污风道排出。清洁完成后，传感器对袋内空气进行最终复检，确认各项指标降至背景水平后，才将该袋标记为就绪状态，允许其重新参与下一轮的空气预验证循环。这一自清洁机制确保了系统的长期洁净度，是对步骤二中气锁概念的延伸，保证了每一次验证都在纯净的容器中进行。

步骤八：全周期运行日志记录与健康状态自诊断

本步骤关注系统的全周期运行状态记录与自我健康诊断。通过对历次空气检测数据、切换动作记录、异常事件处理过程及机械部件运行参数的持续积累与分析，系统能够构建出自身的健康档案，并预测潜在的故障风险。这不仅有助于优化当前的控制策略，还能为车辆的

维护保养提供精准依据，确保空气管理系统在整个车辆生命周期内始终保持高效、可靠的运行状态。

步骤 8.1: 承接步骤一至步骤七中产生的所有运行数据，包括每次的空气质量评分、切换时间戳、电机动作曲线、阀门响应时间及异常事件详情，控制器将这些信息打包写入非易失性存储介质中，形成完整的运行日志。日志采用循环覆盖机制，保留最近一定周期（如过去三个月或一万小时）的详细记录。每条记录都带有时间标签与工况标识（如高速巡航、城市拥堵、隧道行驶等），以便后续追溯分析。

步骤 8.2: 基于步骤 8.1 中积累的庞大运行日志，系统定期执行健康状态自诊断程序。该程序通过分析关键部件的动作特征变化，识别潜在的磨损或性能衰退迹象。例如，若发现某次阀门开启时间较标准值有微小但持续的延长，或电机电流波形出现异常谐波，系统即判定该部件存在早期故障风险。为了量化这种健康状态，系统引入一个综合健康度评估公式，将多个维度的监测指标融合为一个直观的健康评分。该公式表达如下：

$$H_{score} = 100 \times \left(1 - \sum_{i=1}^n w_i \cdot \frac{|P_{current,i} - P_{nominal,i}|}{P_{tolerance,i}} \right);$$

其中， H_{score} 表示系统的综合健康度评分，满分 100 分； n 为监测的关键参数数量（如阀门响应时间、电机电流、传感器漂移量等）； $P_{current,i}$ 为第 i 个参数的当前实测统计值（如平均响应时间）； $P_{nominal,i}$ 为该参数的标称理想值； $P_{tolerance,i}$ 为该参数允许的最大公差范围； w_i 为第 i 个参数对系统整体健康影响的权重系数，且

$\sum w_i = 1$ 。当 H_{score} 低于预设警戒线时，系统将提前发出维护预警，提示用户或维修站进行检查。此公式将复杂的设备状态转化为可管理的指标，是对步骤 8.1 中数据资产的智能化应用。

步骤 8.3：利用步骤 8.2 中得出的健康度评分及具体故障指向，系统自动调整控制参数以适应当前的部件状态，实现带病生存或性能降级保护。例如，若诊断为某侧电机驱动力略有下降，系统会自动降低该侧储气袋的最大扩张速度，避免过载损坏；若传感器灵敏度有所衰减，系统会动态放大其信号增益或提高采样频率以补偿精度损失。这种自适应调整机制确保了即使在部件性能轻微衰退的情况下，空气管理功能依然能够安全运行，不至于突然失效。这一策略是对步骤 8.2 诊断结果的即时响应，体现了系统的鲁棒性与智能性，保障了服务的连续性。

步骤 8.4：依据步骤 8.3 中的参数调整结果及最新的运行状态，系统生成一份简明的状态报告，并通过车载显示屏或移动终端向用户反馈。报告内容包括当前空气质量等级、系统健康度评分、近期拦截污染事件的次数以及建议的维护项目（如更换滤芯或检查气路）。同时，系统将本地的关键统计数据上传至云端服务器（若网络可用），用于大规模数据分析以优化未来的产品设计。

至此，系统完成了一个从物理动作到数据处理，再到自我诊断与用户交互的完整闭环。这不仅结束了单次空气管理循环，更为下一次循环的更高效执行奠定了基础，充分展现了该车辆座舱空气管理方法及系统在全生命周期内的智慧与可靠，确保持续、安全且高品质的座

舱气流供应。

以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解，本发明不受上述实施例的限制，上述实施例和说明书中描述的只是本发明的原理，在不脱离本发明精神和范围的前提下本发明还会有各种变化和改进，这些变化和改进都落入要求保护的本发明的范围内。本发明要求的保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。

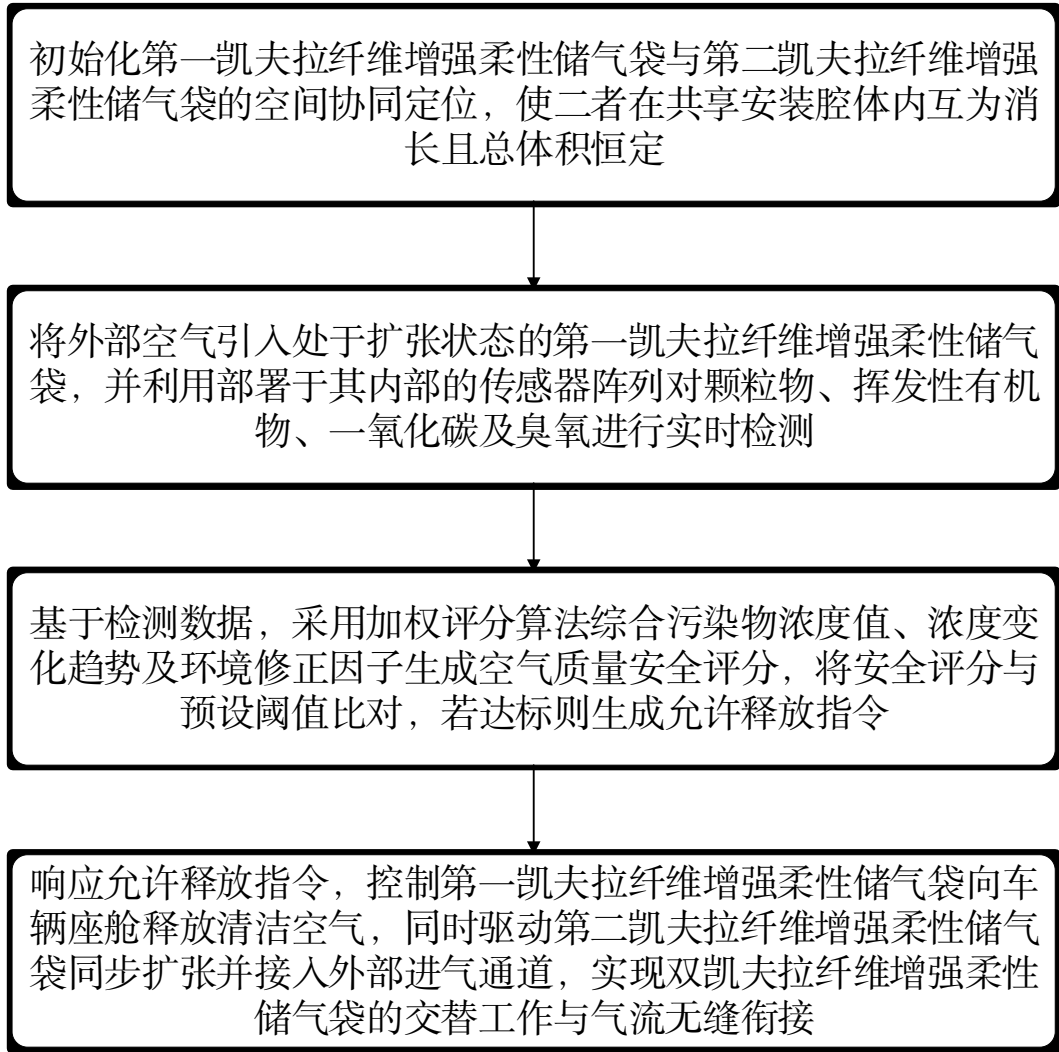


图 1