

# 小动物多通道、长时间烟雾暴露系统的开发及应用

王朝霞, 郑琳琳, 梁冬丽, 何家祺, 徐汪节\*

(上海交通大学分析测试中心, 上海 200240)

**摘要:** 本文描述了一种多通道、长时间小动物烟雾暴露微环境控制装置。本装置具有三个显著特点: 首先系统配置小动物饲养模块, 小动物可长时间连续暴露在精确控制的烟雾环境中, 克服现有装置只能间歇性暴露的不足; 其次系统具备多通道特点, 能进行多组平行实验, 或同时开展不同浓度梯度烟雾暴露实验, 避免已有设备通道单一的缺陷; 第三个特点本装置使用智能化系统, 能精确控制箱体微环境烟雾浓度, 以及暴露过程参数的远程监测。装置已初步应用于香烟烟雾、低浓度二氧化硫等小鼠染毒模型实验, 获得高水平研究成果, 同时系统也获得专利授权及相关发明奖项。本系统的应用将为呼吸系统相关研究, 尤其一些慢性呼吸系统疾病动物实验提供了稳定可靠的技术手段。

**关键词:** 动物模型; 烟雾暴露; 呼吸系统; 自控控制

## 引言

大气环境污染、吸烟以及人口老龄化等因素诱发的呼吸系统疾病已成为当前中国人口死亡的十大死因之一。对环境气体的毒理、呼吸系统疾病机理及其治疗药物开发等方面的研究均离不开相应的动物模型。因此, 小动物烟雾暴露装置系统是这方面研究必不可少的仪器设备。

在呼吸系统疾病研究中, 科研人员常用全身式暴露和口鼻式暴露两种系统来建立小动物呼吸系统损伤疾病模型。常见的全身式暴露装置是将小动物全身暴露在特定的烟雾环境里, 存在通气性和气体均一性较差、浓度无法精确调节, 导致实验结果重复性差、缺少标准化的程序和计量等不足。口鼻式暴露装置是仅把小动物口鼻暴露在烟雾里, 控制精度较全身式系统有所提高, 但操作繁琐, 而且由于没有独立氧气控制模块, 也未能解决动物暴露微环境中的低氧或缺氧问题。而现有这两类暴露系统都存在共同不足之处: 由于缺乏饮食模块, 小动物只能间歇性暴露, 做不到长时间暴露。这点制约了呼吸系统慢性疾病的研究, 如高原心脏病等。此外通道单一, 每次只能进行一种浓度的烟雾染毒实验, 通量不足。

基于现有仪器系统上述不足, 本文描述了一种多通道、长时间小动物烟雾暴露精确控制微环境系统, 真实有效模拟吸入微环境, 建立稳定性及重复性高的呼吸系统疾病损伤模型,

对呼吸系统疾病发病机理及治疗药物的开发研究具有十分重要的意义。

## 1 硬件结构装置

由烟雾混合箱、密封饲养暴露箱及控制箱组成（图 1），其中密封饲养暴露箱为小动物提供饮食，同时通过硅胶管与烟雾混合箱偶联，借助控制箱中软件算法及阀门控制维持密封饲养暴露箱的稳定烟雾环境，从而模拟小动物长时间连续生活特定烟气的真实环境。

### 1.1 烟雾混合箱系统

烟雾混合箱装有传感器模块、外源烟/雾/气注入口、烟雾扰动风扇、以及多组与密闭饲养箱相通的烟气进出口。外部气溶胶发生系统产生的气溶胶烟雾通过主入口进入混合箱混合，在控制箱调节下，通入至暴露饲养箱内，完成多组数量的平行动物实验。

### 1.2 烟气浓度自动控制箱系统

控制箱由电磁阀气阀、进/出气泵、循环泵及控制主板及程序，可以自动调节烟雾混合箱烟/雾/气浓度，实现小动物不同浓度烟雾环境下的多水平、多梯度动物实验。

### 1.3 烟雾暴露的饲养箱

密封饲养暴露箱由笼盒、饮食槽、笼盖形成一个密封饲养环境，同时通过笼盒侧壁进/排气口与烟雾混合箱进行气体交流，形成循环稳定的烟雾暴露环境。

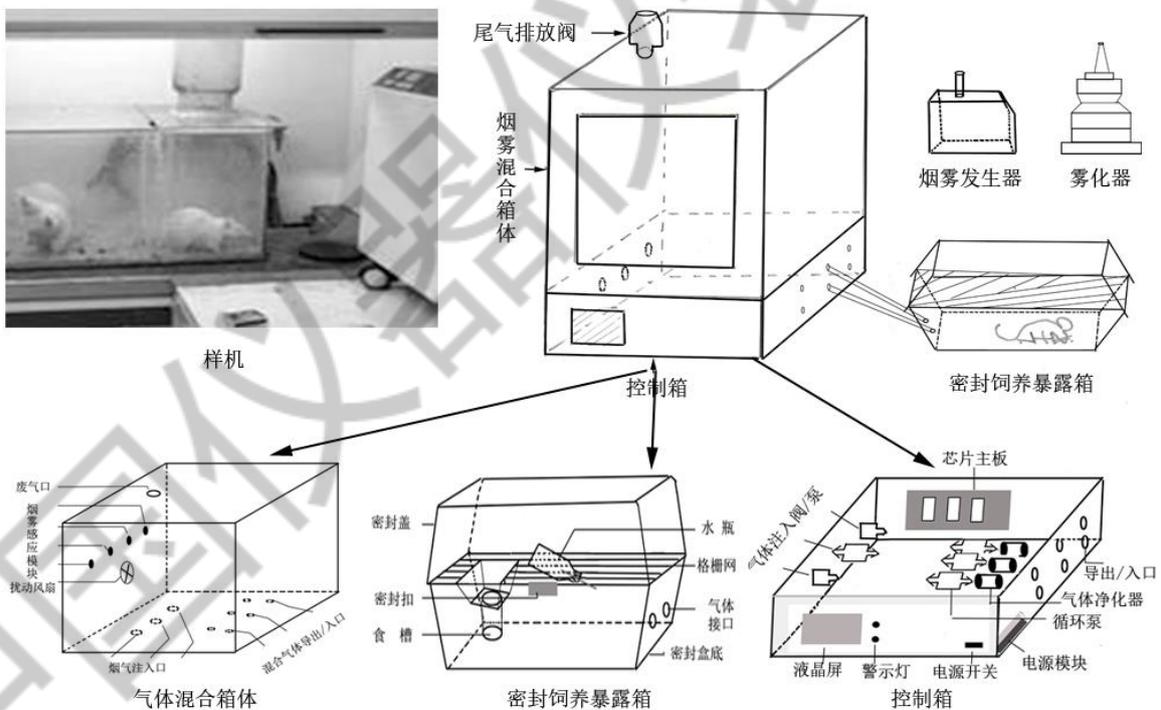


图 1 多通道长时间烟雾暴露微环境控制装置示意图

## 2 功能模块设计及软件算法