

便携式空气负离子浓度检测仪结构设计

王 相*, 庞喜龙

威海精讯畅通电子科技有限公司, 山东 威海

Email: *jxwx@jxctdzkj.com, 418159485@qq.com

收稿日期: 2021年3月16日; 录用日期: 2021年4月18日; 发布日期: 2021年4月28日

摘 要

空气负离子浓度可通过空气负离子浓度检测仪测得。检测仪通过将空气中负离子的电荷量转化为电流, 再将电流转化为空气负离子浓度的方式测得负离子浓度。现有便携式空气负离子浓度检测仪测量范围小、精度不高。鉴于此, 本文设计一种新型便携式空气负离子浓度检测仪, 其检测通道设计为“L”形, 负离子接收结构设计为细杆状。“L”形设计便于安装固定抽风风扇和检测探头, 实际操作方便; 接收结构设计为细杆状, 可通入的空气流量更大, 检测数据更准确。本文设计的空气负离子浓度检测仪在高、低浓度的负离子环境下都可以使用, 测量范围广, 可达0~2亿ions/cm³, 精度高, 并可实时检测。

关键词

检测仪, 负离子, 便携式检测仪

Design of Portable Air Negative Ion Concentration Detector

Xiang Wang*, Xilong Pang

Weihai JXCT Electronics Technology Co., Ltd., Weihai Shandong

Email: *jxwx@jxctdzkj.com, 418159485@qq.com

Received: Mar. 16th, 2021; accepted: Apr. 18th, 2021; published: Apr. 28th, 2021

Abstract

The air anion concentration can be measured by an air anion concentration detector. The detector measures the concentration of negative ions by converting the amount of charge of negative ions in the air into current, and then converting the current into the concentration of negative ions in the air. The existing portable air negative ion concentration detector has a small measuring range and

*第一作者, 通讯作者。

low accuracy. In view of this, this paper designs a new type of portable air anion concentration detector. The detection channel is designed in an "L" shape, and the anion receiving structure is designed in a thin rod shape. The "L" shape design is convenient to install a fixed exhaust fan, and the actual operation is convenient; the receiving structure is designed in a thin rod shape, the air flow can be larger, and the detection data is more accurate. The air anion concentration detector designed in this paper can be used in both high and low concentration anion environments, with a wide measurement range, up to 0~200 million ions/cm³, high accuracy, and real-time detection.

Keywords

Detector, Negative Air Ion, Portable Detector

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

空气负离子(Negative Air Ions, NAI)是空气当中含有负电荷的离子总称。负离子有“空气中的维生素”之称,是空气质量的重要指标,它能够使生物体内的自由基无毒化与细胞活化,因此对生长发育有良好的促进作用[1]。世界卫生组织规定空气清新标准的空气中负离子数为 1000~1500 ions/cm³ [2]。

空气中分子在受热、强电场等外界条件作用下获得足够能量时,其最外围的电子会挣脱原子核的束缚变成自由电子,自由电子又被其他中性分子捕获从而形成空气负离子。由于不同中性分子与自由电子结合能力不同,空气负离子有多种存在形式[3]。研究表明,空气负离子中的小离子有助于缓解疲劳、控制血压、呼吸顺畅等,中离子和大离子有助于净化空气杀菌等[4]。通常,空气中负离子在没有特定装置产生,或者某些特殊环境之外,浓度并不会太高,因此,负离子检测设备需要较高精度。

影响负离子检测仪精准度主要因素有:一、具体结构对检测效果的影响,主要涉及风道和检测探针的具体结构;二、检测电路的优化。目前,市场上的负离子检测仪主要是便携式和非便携式两种类型,其测定精确率还有可提高的余地。

本文着重探讨便携式测量装置,便携式测量装置常采用电容式测量法,通过离子收集器收集离子电荷,然后利用微电流计和控制器检测出离子浓度。其中的离子收集器主要有平行板式和双重圆筒轴式两种结构形式,但这两种形式的离子收集器,存在测量误差大、操作不方便等缺点。本文对便携式空气负离子浓度检测装置的结构作出改进,以解决现有负离子浓度检测仪测量精度低和操作不方便等问题。

2. 检测原理

空气负离子浓度检测仪在结构上可分为负离子收集部分和电流检测部分,其中,收集部分包括收集结构、极化结构、吸气机、极化电源等[5]。

具体检测原理是:吸气机将空气吸入离子收集器中,同时极化电源对极化板施加电压,使得极化板与收集板之间产生电势差形成电场,空气中负离子在电场力作用下向收集板偏转并撞击收集板释放电荷形成电流,形成的电流被电流检测电路检测到,再根据公式(1)计算得到相应的负离子浓度:

$$N = \frac{I}{eM} \quad (1)$$

式中:

I : 离子收集器的输出电流(A);

M : 离子收集器的体积流量(cm^3/s), 即空气流速与收集器有效横截面积的乘积;

q : 离子带电量(C);

N : 空气负离子浓度(ions/cm^3)。

由公式(1)可知, 离子收集器输出电流与空气负离子浓度之间成正比, 负离子浓度越高, 输出电流越大, 反之, 输出电流越小。除此之外, 输出电流还与离子收集器的体积流量有关, 当空气流速和离子收集器的有效横截面积越大时, 负离子浓度测量越准确。

3. 实验过程

3.1. 检测仪结构

图 1 是本文设计的新型负离子浓度检测仪外壳, 检测仪外壳涂有静电涂层, 防止操作人员手部静电干扰检测过程, 影响检测结果。

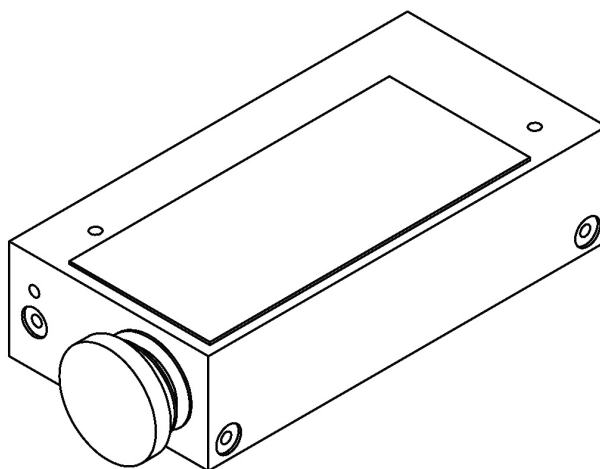


Figure 1. Shell of new negative ion concentration detector

图 1. 新型负离子浓度检测仪外壳

负离子浓度检测仪内部结构如图 2 所示, 离子收集部分分为进风风道和抽风风道, 两者轴线相交构成“L”形。检测部分位于离子收集部分一侧, 通过抽风风道上的安装孔与离子收集部分连接。

进风风道进气口安装有采样头, 保证整个装置稳定性; 管道采用不锈钢材质, 便于通电极化; 进风风道为同轴设置结构体, 包括内层结构和外层结构, 抽风风扇安装于抽风风道的出气口一端; 抽风风道采用塑料材质, 易于制成异形结构, 方便圆筒状进风风道与风扇连接。

电流检测部分包括检测探头、电路板、屏蔽罩等结构, 位于远离进风风道进气口的一端; 电路板等结构外部有屏蔽罩, 避免工作时内部电路干扰检测过程。

3.2. 检测过程

工作时, 将检测探头与进风风道的内层结构电连接, 并对外层结构施加负电压, 使外层结构发生极化; 随后, 被测气体在风扇作用下从进气口进入再由风扇抽出, 此过程中负离子在电场作用下以恒定加速度打向进风风道内部结构, 负离子打到内部结构后, 内部结构产生微弱电信号并被检测探头捕获, 再经过信号放大、滤波处理, 计算出需要的负离子浓度参数。

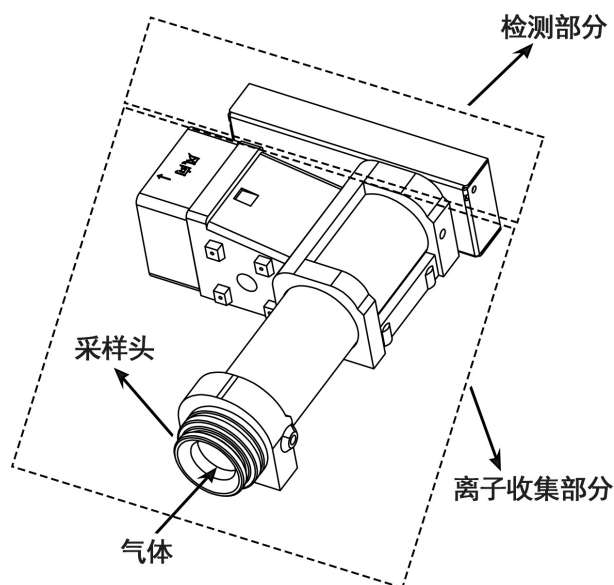


Figure 2. Internal structure of negative ion concentration detector
图 2. 负离子浓度检测仪内部结构

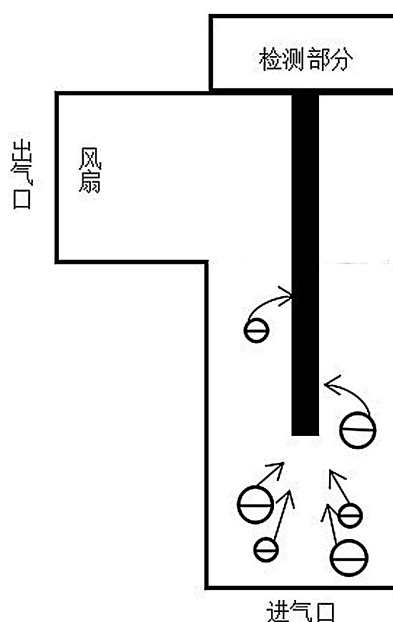


Figure 3. The movement direction of negative ions in the collector
图 3. 负离子在收集器内的运动方向

图 3 是负离子在本文设计的负离子浓度检测仪中的运动方向, 可以看出, 负离子进入进风风道后受电场力作用从四周向轴中心运动聚集, 负离子越大越早被收集, 负离子越小越晚被收集。由于负离子收集结构为细杆状, 进风风道内有更多空间方便吸入更多的气体, 检测更准确。

4. 负离子检测设备对比

常见负离子检测仪装置进气口多为分散结构, 排气口分散于仪器四周, 检测通道有平行板式和双重圆筒轴式两种结构形式。

图 4 是平行板式检测通道结构, 上为极化板, 下为接收板, 在抽风风扇作用下被检测气体在两金属板之间进行流通, 由于抽风风扇为圆形, 会造成检测通道内的风为旋转形式, 部分负离子被吹到极板上, 导致被检测数据发生偏差。

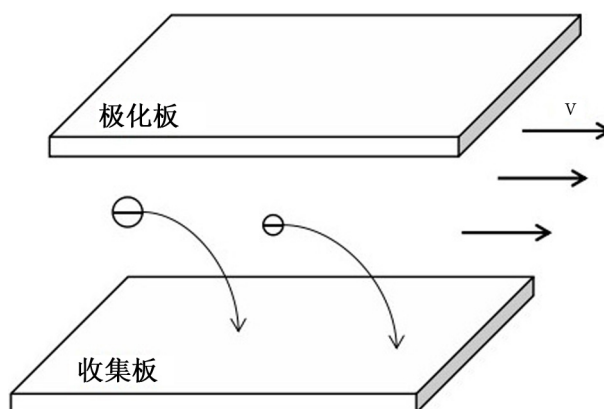


Figure 4. Parallel plate detection channel structure

图 4. 平行板式检测通道结构

图 5 是双重圆筒轴式检测通道结构, 为两个金属套筒固定, 在抽风风扇作用下, 被吸入气体在两个通道之间间隔流通, 这种结构内部金属套筒不容易固定, 且内部金属套筒占据较多的检测空间会妨碍气体通入, 造成检测气体较少, 最终导致检测数据不准确。

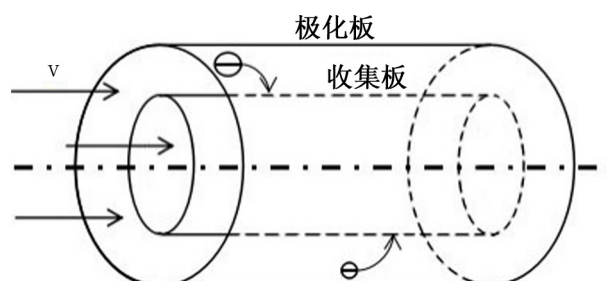


Figure 5. Structure of double cylinder shaft detection channel

图 5. 双重圆筒轴式检测通道结构

此外, 常见便携式负离子检测仪类装置测量范围小, 检测范围为 $0\sim 30,000$ ions/cm³, 现有微电流电路设计电压和信号不稳定, 室内环境中从动比较大, 室内检测范围 $50\sim 300$ ions/cm³, 波动范围较大, 受环境气流波动影响比较大, 导致测量结果准确率低。

5. 结果与讨论

本文将检测通道设计为“L”形, 利于安装固定抽风风扇和检测探头, 且抽风风扇和排气孔放在侧面, 在实际操作中抽出的气体不对准人体, 避免对人体造成伤害。

检测通道为圆筒形, 负离子进入通道后, 会在电场作用下向轴中心汇聚, 而抽风风扇安装于垂直于轴线的侧面, 可避免旋转风将负离子吹到极化结构上造成检测误差。

检测通道轴中心的负离子接收结构采用细杆状, 而非金属套管, 会增加进气量, 不会出现内环阻挡空气的情况。

通过改进负离子浓度检测仪的物理结构, 使得检测受干扰问题得到良好改善, 操作更方便, 检测结

果更准确。

参考文献

- [1] 马云慧. 空气负离子应用研究新进展[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2010, 30(1): 42-51, 64.
- [2] 尹淑娴, 朱达洪, 陈玲, 等. 东莞市植物园空气负离子浓度变化特征[J]. 气象水文海洋仪器, 2012, 29(2): 33-36.
- [3] 韩佳佳, 陶宗明, 张辉. 一种基于迁移率分析的空气负离子浓度检测方法[J]. 气象科技, 2019, 47(5): 747.
- [4] 周慧萍. 空气负氧离子浓度检测方法及其系统设计[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2016.
- [5] Paril, V.N., Patil, B.P., Shimpi, N.D., *et al.* (2013) Programmable Ion Counter. *IEEE Science & Information Conference*, London, 7-9 October 2013, 685-688.