基于最小二乘法对艾烟浓度的光学浓度和PM10质量浓度的数据拟合

韩 丽[1,2] 赵 迁[3] 刘 平[2,4] 杨 佳[2] 黄 畅[2] 哈 略[2]
和 蕊[2] 王 昊[2] 惠 鑫[2] 潘秀颉[5] 赵百孝[2]

(1 北京中医药大学养生学研究所,北京,100029; 2 北京中医药大学针灸推拿学院,北京,100029; 3 北京新能源汽车有限公司,北京,102606; 4 华北电网有限公司北京电力医院,北京,100073; 5 中国人民解放军军事医学科学院,北京,100039)

摘要 **目的:** 基于最小二乘法对艾烟浓度检测中的光学浓度和PM10质量浓度进行数据拟合,实现数据间的折算。**方法:** 以CSED-A气体染毒仪和HOPE-MED 8050系动式染毒柜进行光学浓度检测,以遮光率(%)表示;以P5L2C便携式微电脑粉尘仪检测艾烟中可吸入颗粒物PM10浓度,以质量浓度(mg/m³)表示。采用P5L2C光散射式数字微电脑粉尘测试仪分别监测不同染毒柜染毒腔内不同遮光率水平的艾烟的质量浓度,监测时采样口原则上与鼠的高度一致,进行多个遮光率的多次质量-体积浓度的监测,每个浓度重复3次。采用最小二乘法,运用MATLAB分别对CSED-A气体染毒仪和HOPE-MED 8050系列动式染毒柜进行曲线拟合,以实现数据间的折算。**结果:** CSED-A气体染毒仪的拟合公式 f(t) = 414.4403 * t^2 + 263.8095* t-3.0725 r^2 = 85.8315; HOPE-MED 8050系列动式染毒柜的拟合公式 f(t) = 182.3730* t^2 + 141.2080* t + 4.4667 r^2 = 3.7984。**结论:** 实现通过拟合公式对艾烟光学浓度和PM10质量浓度进行折算,对今后艾烟实验的进行起到指导作用。

关键词 艾烟; 艾灸; 遮光率; 可吸入颗粒物; 针灸

Data-fitting on the Smoke Density, Optical Density and PM 10 Density of Moxa based on Least Square Method

Han Li[1,2], Zhao Qian[3], Liu Ping[2,4], Yang Jia[2], Huang Chang[2], Ha Lue[2], He Rui[2], Wang Hao[2], Hui Xin[2], Pan Xiujie[5], Zhao Baixiao[2]

(1 *Institute of Health Preservation of Traditional Chinese Medicine, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing* 100029, *China*; 2 *School of Acupuncture-Moxibustion and Tuina, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing* 100029, *China*; 3 *Beijing Electric Vehicle CO., LTD, Beijing* 102606, *China*; 4 *Beijing Electric Power Hospital, Beijing* 100073, *China*; 5 *Chinese Military Academy of Medical Sciences, Beijing* 100039, *China*)

Abstract **Objective:** Based on the least square method, to data fit the optical density and PM10 mass concentration of moxa smoke, and to realize the conversion between the optical density and PM10 mass concentration. **Methods:** The optical density were tested by CSED-A automatic exposure device and HOPE-MED 8050 automatic exposure device, and expressed as a shading rate (%); and the concentration of particulates of PM10 in moxa smoke was detected by P5L2C portable microcomputer instrument, and expressed as a mass concentration (mg/m³). When different shading rates were set up separately in chambers, the mass concentrations of PM10 were detected 3 mins for three times. Therefore, every shading rate could be expressed in PM10. The optical density in both device and mass concentration of MP10 were curve fitted using the least square method. **Results:** The fitting formula in CSED-A was f(t) = t^2 + 263.8095 * 414.4403 * t-3.0725 r2 = 85.8315 and the fitting formula in HOPE-MED 8050 was f(t) = t + t^2 + 182.3730 * 182.3730 * 4.4667 r2 = 3.7984. **Conclusion:** The optical density and PM10 mass concentration of moxa smoke could be converted to each other, which would play a guiding role in further research.

Key Words Moxa Smoke; Moxibustion; Shading Rate; PM; Acupunture

中图分类号: R245.81 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1673-7202.2016.08.008

炙法是中医学的特色疗法,有着悠久的历史,曾在数个朝代作为中医学的主流疗法。艾灸在防病治

基金项目: 国家重点基础研究发展计划("973"计划)项目(编号: 2009CB522906); 国家自然科学基金项目(编号: 81373730, 81403449, 81574068); 国家国际科技合作专项项目(编号: 2011DFA31370)

作者简介: 韩丽(1981.04—),女,博士,助理研究员,研究方向: 保健灸的机制及安全性,E-mail: doctorhanli@163.com

通信作者: 赵百孝(1963.03—),博士,教授,博士研究生导师,北京中医药大学针灸推拿学院院长,研究方向: 艾灸作用与原理,Tel: (010) 64286737,E-mail: baixiao100@vip.sina.com

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

病[1-2]方面有着显著的疗效，适应病种也日益增多。中国科学院院士承淡安先生认为针灸的独特作用不仅在于热，更在于其特具的芳香气味，艾烟被认为[3-5]是艾灸发挥疗效的一个途径。近代也有研究发现艾烟能够消毒空气[6]、抑菌杀菌[7]，也有报道艾灸过敏[8-9]现象，过敏者会出现扁桃体肿大、咽痒、咽干、目痛、咽鼓管痒和昏睡等症状。

随着艾灸安全性的研究的深入，艾烟浓度的检测，也由简单的以艾条数目[10]描述演变为质量浓度和光学浓度[11-12]表示方法，本文针对两款可用于艾烟暴露的全自动染毒仪器的浓度表示方法进行了艾烟质量浓度和光学浓度的折算，为今后艾烟实验的开展提供方便。

1 仪器与材料

1.1 CSED-A 气体染毒仪 CSED-A 气体染毒仪[13-14]，见图 1。为军事医学科学院研制全自动动态染毒装置，北京慧荣和科技有限公司生产，目前已经广泛应用于动物毒理实验。烟雾浓度用激光的遮光率(%)来表示。



图 1 CSED-A



图 2 HOPE-MED 8050

1.2 HOPE-MED 8050 系列动式染毒柜 HOPE-MED 8050 系列动式染毒柜[11-12,15-18]，见图 2。为完全按照国际和国内权威机构标准设计生产，天津合普公司生产。烟雾浓度用激光的遮光率(%)来表示。

1.3 P5L2C 便携式微电脑粉尘仪 P5L2C 便携式微电脑粉尘仪[5,19-20]，北京宾达绿创科技有限公司生产，适用于环境中可吸入颗粒物 PM10 浓度及作业场所呼吸性粉尘、总粉尘浓度的快速测定烟雾浓度用质量浓度(mg/m^3)来表示。

1.4 其他实验材料 市售南阳汉医有限责任公司生产的三年陈艾灸条，规格 18 mm × 200 mm × 10 支，动式染毒柜(CSED-A)，燃烧炉，酒精灯。

2 实验方法

2.1 操作方法 设置相关参数及时间。启动艾烟发生装置，烟气导入染毒腔，仓内艾烟烟气浓度稳定，各项参数达到预设值光学浓度透光度，烟气动态平稳后，采用 P5L2C 光散射式数字微电脑粉尘测试仪(北京宾达绿创科技有限公司)监测该染毒柜染毒腔内的艾烟的质量浓度。粉尘仪的位置应均匀分布，采样口原则上与大鼠的高度一致，进行多个遮光率的多次质量-体积浓度的监测，每个浓度重复 3 次。记录不同系统的光学浓度遮光率与质量浓度的对应数据，进行数据拟合。

2.2 数据曲线拟合 构造一个比较简单的函数 $y=\varphi(x)$，使函数在观测点的值等于已知的数值或导数值，寻找这样的函数 $\varphi(x)$。

2.2.1 曲线拟合-最小二乘法 已知离散点上的数据集，求得一解析函数 $y=f(x)$，使 $f(x)$ 在原离散点 x_i 上尽可能接近给定 y_i 的值，这一过程叫曲线拟合。

最常用的曲线拟合是最小二乘法曲线拟合[21-22]，拟合结果可使误差的平方和最小，即找出使下式最小的 f(x)：

$$\min\sum_{i=1}^{n}|f(x_i)-y_i|^2$$

最小二乘法曲线拟合的几何意义见下图，即诸点到曲线的距离平方和最小。

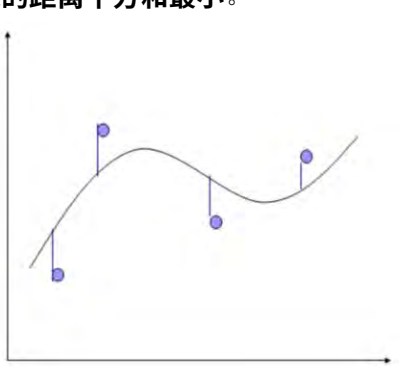

图 3 最小二乘法的几何意义

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net