

The Design of Test Chamber Based on CFD

Qing Huang, Panchao Liu, Jin Cai

Research Institute of CTI, Shenzhen Guangdong
Email: huangqing@cti-cert.com, roy.liu@cti-cert.com, caijin@cti-cert.com

Received: Apr. 24th, 2019; accepted: May 13th, 2019; published: May 20th, 2019

Abstract

With the social development, more and more attention is paid to the workers' occupational health. Air cleaning systems have been widely used in industrial and commercial field for occupational health and safety. But the test method for the performance of air cleaning systems has not yet been published. Based on the research of test method for the decontamination index of air cleaning systems, this paper is to develop a test chamber applicable for the test method, and verify the rationality of the design of test chamber by computational fluid dynamics (CFD). From the simulation results, we can see that the test substance in the test chamber is uniformly distributed, and the air flow is suitable for the mobility of the test substance. The natural decay of test substance resulted from adhesion and sedimentation is low.

Keywords

Test Chamber, CFD

基于流体仿真的试验舱的设计

黄庆, 刘攀超, 蔡金

华测检测认证集团股份有限公司, 广东 深圳
Email: huangqing@cti-cert.com, roy.liu@cti-cert.com, caijin@cti-cert.com

收稿日期: 2019年4月24日; 录用日期: 2019年5月13日; 发布日期: 2019年5月20日

摘要

随着社会的发展, 员工的职业健康越来越受到社会、企业和个人的关注。在当前的工业环境和商业环境中, 空气净化系统已被广泛使用, 用于保障职业卫生健康与安全, 但目前还未发布有关工业用空气净化系统的性能测试方法。本研究基于对工业用空气净化系统净化指数的测试方法的研究, 研发设计一种适用于该测试方法的试验舱, 并通过流体仿真的方法验证该试验舱的设计合理性。通过仿真结果可知, 试

验物质在设计的试验舱中分布均匀，舱内流场合理，可有效保证试验物质在舱内的流动性，且因附壁、沉降等原因导致的自然衰减减小。

关键词

试验舱，流体仿真

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

随着社会的发展，员工的职业健康越来越受到社会、企业和个人的关注。工业生产过程中排放的有害物质(如内燃机排放的废气，机械加工过程中因锯切、磨削等产生的粉尘、金属屑等)是造成职业病、环境问题、安全事故的重要原因之一。在当前的工业环境中，空气净化系统已被广泛用于保障职业卫生健康与安全。目前相关的工业用空气净化系统的厂商很多，比如 Philips, Honeywell, 瑞典的 Camfil, 美国的 ACS、Sourcetec, 中国的安居乐等。空气净化系统的性能直接关系到员工的职业卫生健康，但目前还未发布有关工业用空气净化系统的性能测试方法。因此亟需建立统一的测试方法予以规范。

根据 JGT 294-2010 《空气净化器污染物净化性能测定》，工业常用的空气净化系统可分为模块式空气净化系统和单体式空气净化系统。单体式空气净化系统主要用于相对封闭的作业场所，如洁净车间、喷涂车间、烤漆车间、印刷车间、造纸厂、电子厂、线路板厂等。单体式空气净化系统的净化指数是其主要性能指标之一。因此该指标的检测尤为重要。

环境试验舱可以模拟受污染的室内环境，是一种检测和研究空气净化系统净化性能的重要测试设备[1]。相比较于室内法和现场法[2]，试验台法可以更精确控制试验舱内的测试条件，并且避免周围机器对测试机器的影响。

2. 试验舱结构

本文研究的环境试验舱，适用于工业用单体式空气净化系统的净化性能检测。工业用空气净化系统具有风量大、净化原理多样(如静电式、过滤式、吸附式等)的特点，因此对试验舱的结构设计要求高，比如舱体的大小，舱体进风口、出风口的位置，舱体的表面材质等。

本文中根据项目需要，设计的试验舱的参数如表 1。

Table 1. The parameters of test chamber

表 1. 试验舱参数

项目	参数
试验舱容积	30 m ³
试验舱内尺寸	3.5 m × 3.4 m × 2.5 m
壁厚	5 mm
材质	不锈钢
循环风扇	500 m ³ /h~700 m ³ /h

3. 流体仿真建模

在试验舱中, 由于自然发生的沉降、附壁、表面沉积、分解和泄露等原因, 会造成试验物质浓度的降低, 将不能准确反映空气净化系统的净化效果。开启空气净化系统后, 试验舱的内部结构设计将对空气流场、试验物质的流动等产生影响。因此, 本文中对以下两种工况进行仿真(图 1):

- 1) 试验舱内没有空气净化系统时, 污染物的自然衰减情况(附壁、沉降等引起);
- 2) 试验舱内放置空气净化系统(循环风量为 4500 m³/h)时, 污染物的净化情况。

设定仿真条件如下:

- 环境温度 25 ℃
- 颗粒物被动运输;
- 自然衰减: 换气次数 1ACH;
- 过滤器效率: 95% (高效过滤器);
- 初始颗粒物浓度: 8×10^6 个/L。

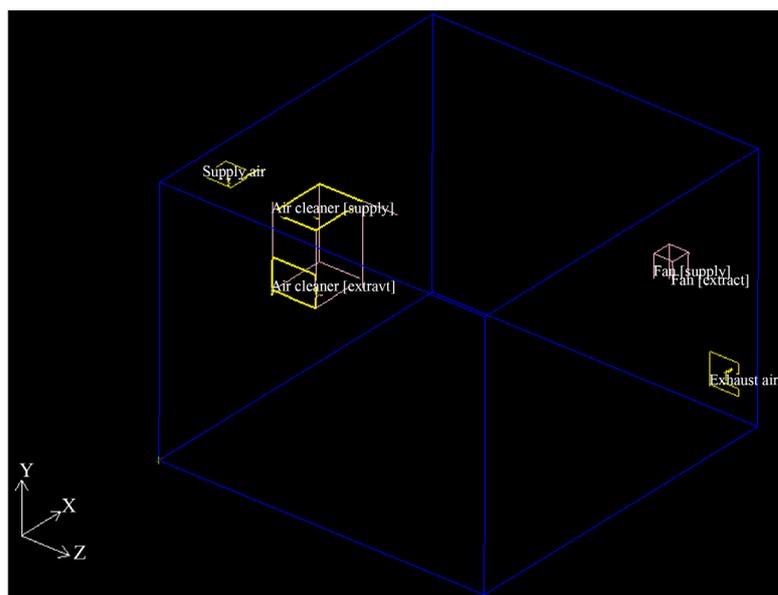
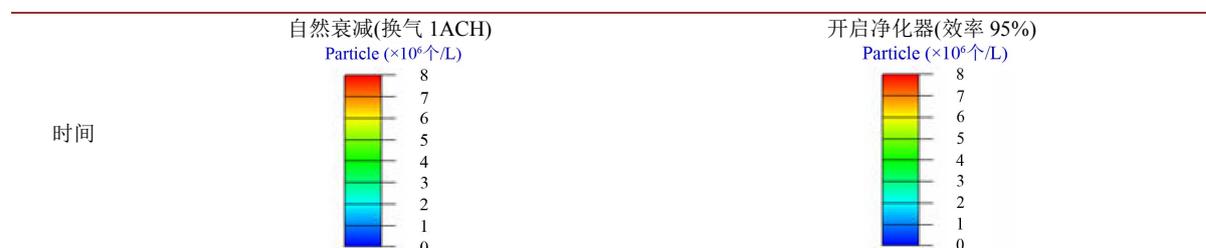


Figure 1. Model of test chamber
图 1. 试验舱建模

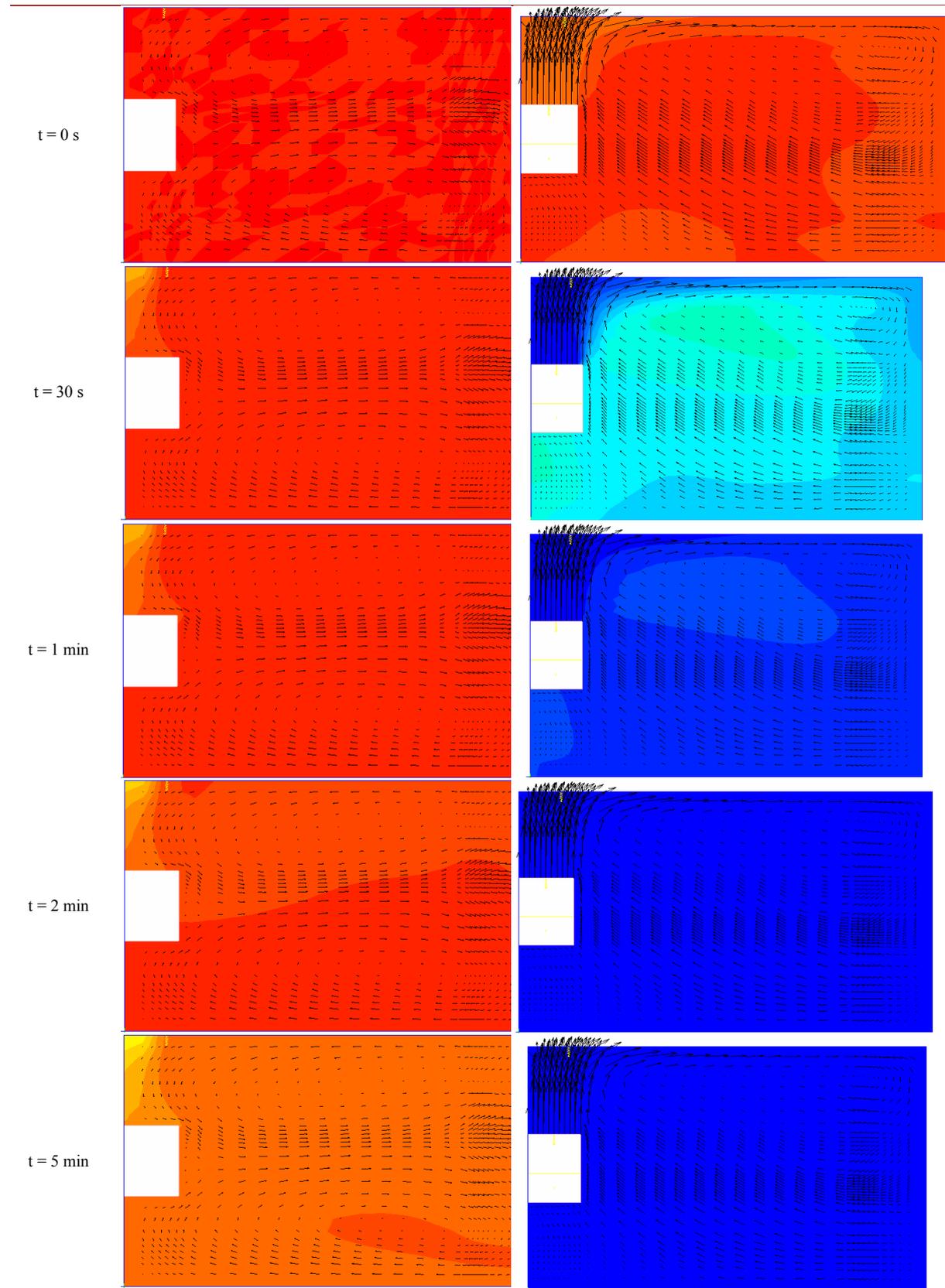
4. 仿真结果

仿真结果如表 2, 表 3, 图 2, 图 3。

Table 2. Fluid field distribution
表 2. 流场分布



Continued



Continued

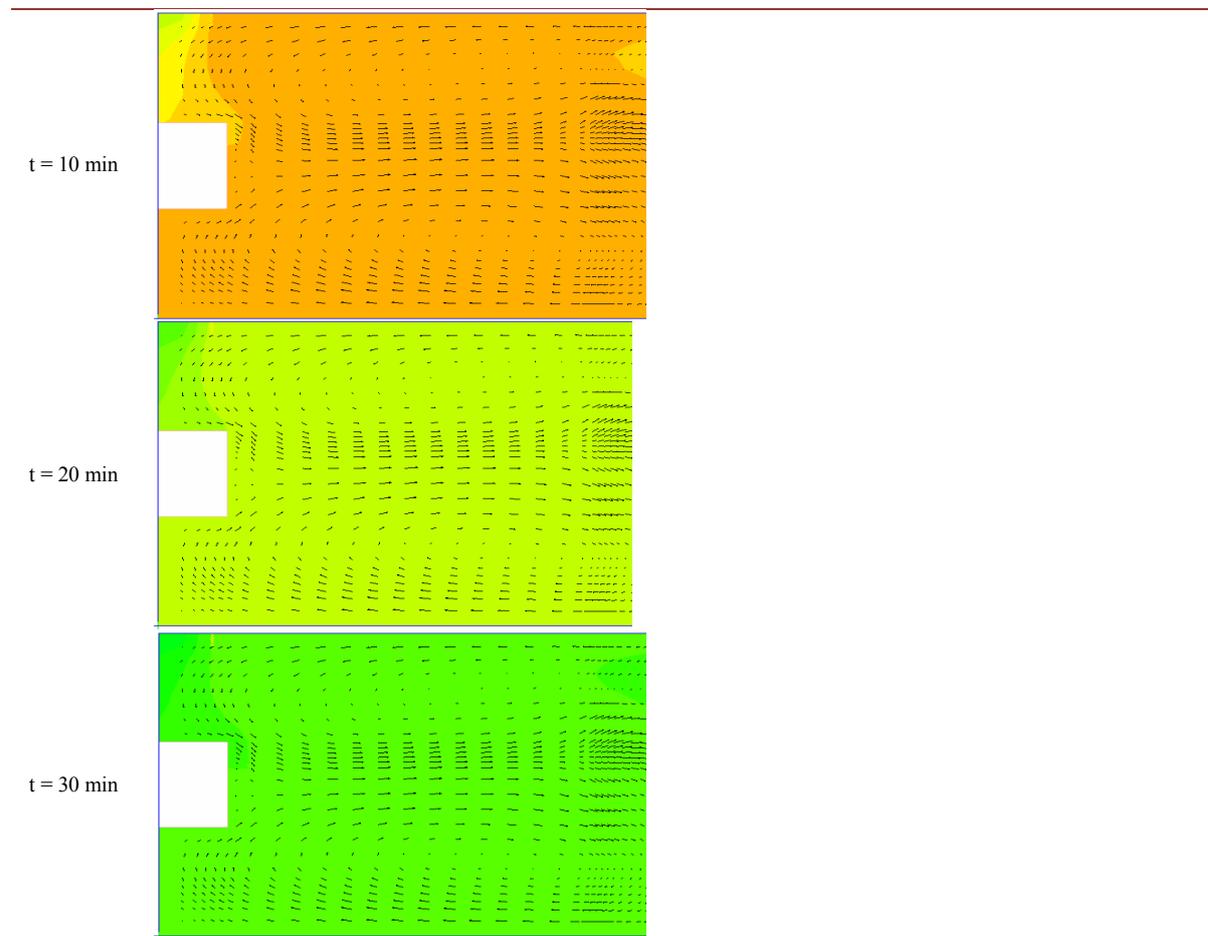


Table 3. The test substance concentration change in test chamber
表 3. 试验舱内试验物质的浓度

时间 t (s)	试验舱中心浓度($\times 10^6$ 个/L)		试验舱平均浓度($\times 10^6$ 个/L)	
	自然衰减 (换气 1ACH)	开启净化器 (效率 95%)	自然衰减 (换气 1ACH)	开启净化器 (效率 95%)
0	8	8	8	8
30	7.75	2.05	7.78	2.12
60	7.52	0.4	7.62	0.452
90	7.36	0.35	7.43	0.355
120	7.25	0.25	7.29	0.261
150	7.12	0.243	7.16	0.251
180	7.05	0.238	7.165	0.24
210	6.93	0.235	6.98	0.237
240	6.89	0.23	6.92	0.231
270	6.82	0.225	6.85	0.225
300	6.75	0.22	6.75	0.22

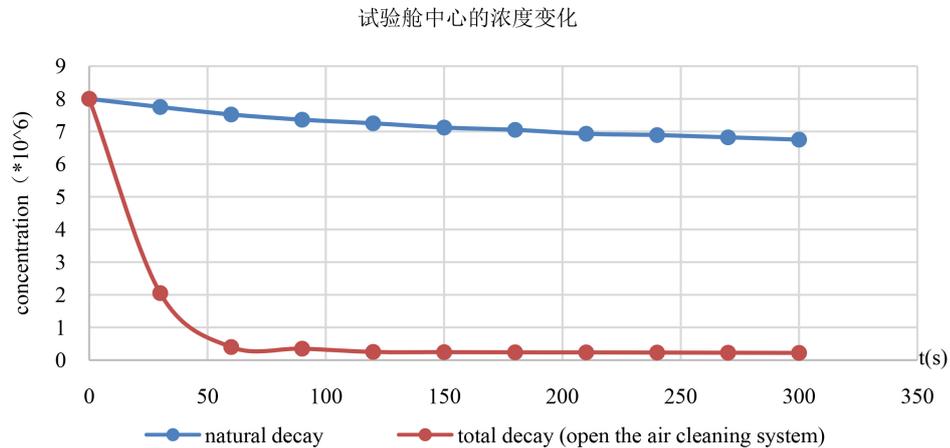


Figure 2. The concentration change at the center of test chamber

图 2. 试验舱中心的浓度变化

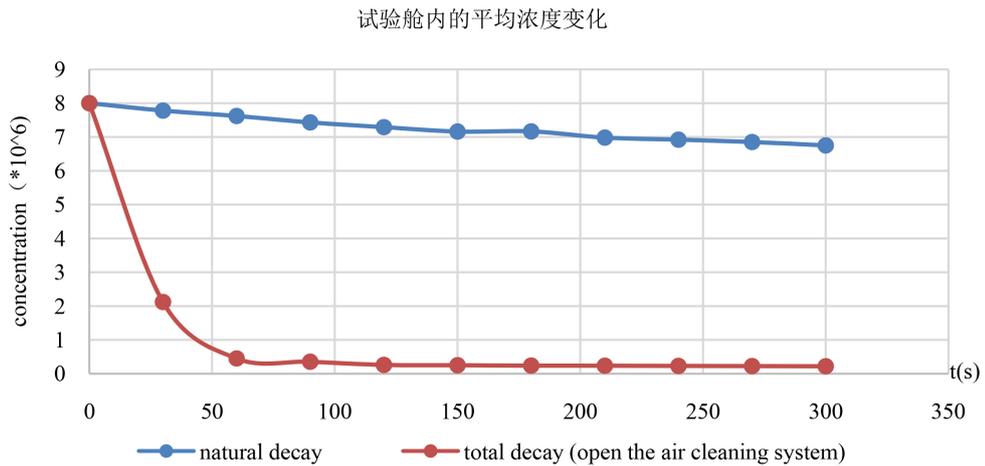


Figure 3. The average concentration change in test chamber

图 3. 试验舱内的平均浓度变化

5. 结论

通过对试验舱的仿真，可以得出以下结果：从表 2 的流场分布图中可以看出，试验舱内流场分布均匀；从图 2、图 3 的曲线图可以看出，试验物质在试验舱内自然衰减缓慢，当开启空气净化系统后，试验物质浓度迅速衰减。因此，本文研究的试验舱性能稳定、自然衰减小、效率高，能够较真实地模拟作业环境，可作为工业用空气净化系统的净化效率的检测平台。

参考文献

- [1] 丁萌萌, 李增和, 邓高峰, 王智超. 空气净化器检测用环境试验舱研制及性能评价[J]. 环境工程学报, 2010, 4(6): 1384-1388.
- [2] ISO 29042-1 Safety of Machinery—Evaluation of the Emission of Airborne Hazardous Substances—Part 1: Selection of Test Methods.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-8696，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：mos@hanspub.org