

隔离病房隔离效果的研究(2)

中国建筑科学研究院 许钟麟[☆] 张益昭 王清勤 温 风
刘 华 赵 力 冯 昕 张彦国
王 荣 牛维乐 狄彦强 姚 丹

中国人民解放军第 302 医院 于玺华

广东申菱空调设备有限公司 易新文 欧燕川 卢伟明

摘要 分析了国外文献中对压差作用的认识和压差设定值。分别用大气尘法和实验菌种法对压差和污染物外泄量的关系进行了实验研究,结果显示压差从 0 变到 -6 Pa,污染物外泄浓度比仅减少 0.03 左右;而从 -6 Pa 变到 -30 Pa,污染物外泄浓度比基本不变。建议隔离病房相对缓冲室的压差设定为 -5 Pa。

关键词 隔离病房 隔离效果 压差 大气尘 实验菌种 污染物外泄浓度比

Study on isolation effects of isolation wards (2)

By Xu Zhonglin[★], Zhang Yizhao, Wang Qingqin, Wen Feng, Liu Hua,
Zhao Li, Feng Xin, Zhang Yanguo, Wang Rong, Niu Weile, Di Yanqiang,
Yao Dan, Yu Xihua, Yi Xinwen, Ou Yanchuan and Lu Weiming

Abstract Analyses the cognition to pressure difference function and the pressure difference values recommended in foreign literatures. Experimentally studies the relation of the pressure difference and leakage rate of contaminations separately by atmospheric dust method and experimental culture method. The results show that the leakage concentration ratio of contaminations decreases about 0.03 when the pressure difference changes from 0 to -6 Pa and that the leakage concentration ratio almost keep the same value when the pressure difference changes from -6 Pa to -30 Pa. Recommends the pressure difference value of -5 Pa.

Keywords isolation ward, isolation effect, pressure difference, atmospheric dust, experimental culture, leakage concentration ratio of contamination

★ Institute of Air Conditioning, China Academy of Building Research, Beijing, China

①

本课题已经发表的分论文^[1-3]和总论文第 1 部分^[4],论述了对隔离病房隔离原理、室内气流组织和室内送排风口位置匹配以及缓冲室作用的理论研究和实验结果,二者有很好的吻合性。在本文中,讨论压差作用的实验研究情况。

1 对压差作用的认识

分论文^[3]和总论文第 1 部分^[4]从理论上对压差防止污染物外泄的作用作了详细讨论。指出理论上负压差只要 -0.23 Pa,对于一般的门只要 -3 Pa 即可在关门状态下防止污染物外泄。指出美国

疾病预防控制中心(CDC)虽然早期(1994 年)在《医疗卫生设施肺结核菌感染控制指南》中也正确地给出了 -0.25 Pa 的数据(给出 -0.25 Pa 一值的还有美国《预防与控制多重抗药性肺结核菌院内感染标准》以及 2003 年美国 ASHRAE 手册医疗卫生设施部分),但没能指出这仅仅是理论上的最

①☆ 许钟麟,男,1935 年 3 月生,研究生,研究员
100013 北京市北三环东路 30 号空调所
(010) 84272233-2663
收稿日期:2006-01-25

小数值,并未作深入的分析,使读者担心压差为什么会如此之小?因而在后来的美国《医疗卫生设施环境感染控制指南》中又给出了一2.5 Pa 的数据,而美国健康与公共事业部(DHHS)也早在 1984 年的《医院和卫生设施建设及装备指南》中给出过一2.5 Pa 的值。美国建筑师学会(AIA)在 2001 年《医院与卫生建筑设施设计和建设标准》中也给出这个数值。而 1999 年澳大利亚在《卫生医疗设施隔离病房的分类和设计准则》中更提高到一15 Pa^[5]。

本课题对压差作了深入的理论分析^[3],对压差取值差别悬殊的状况有了比较明确的认识。不论病房内的负压值多大,当有人员从病房进出时,都不能阻止污染物由病房向外散播。其实这一点 Ole Christian Ruge 等人于 2000 年所提出的一项研究成果中指出过:“隔离病房必须保持负压,然而负压的大小并不重要,只要保证负压即可。”并通过以下两表具体说明了这一点,但未作深入分析^[6]。

表 1 压差不能阻止污染物外泄

	病房门开启的情况		
	病房门开启,通过缓冲室和邻室的空气完全混合	通过缓冲室,病房和邻室有 1/10 空气交换量	通过缓冲室,病房和邻室无空气交换
立即通过缓冲室的微生物外泄量(菌落数)/(cfu/a)	5×10^6	4×10^4	0

表 2 病房污染物外泄量和压差的关系

室内外压差情况		菌落数/(cfu/a)
室内负压	门关闭	0
室内正压		
0.001 Pa	门关闭	1.3×10^4
0.01 Pa	门关闭	4.0×10^4
0.1 Pa	门关闭	1.3×10^5
1 Pa	门关闭	4.0×10^5
10 Pa	门关闭	1.3×10^6
0.001 Pa	门(2 m ²)开启	2.6×10^7

2 压差和污染物外泄量关系的实验

2.1 实验方法

实验病房平面如图 1 所示。

第一种方法用大气尘,第二种方法用实验菌种——枯草杆菌黑色芽孢变种(菌号 ATCC:15442)。

2.2 实验步骤

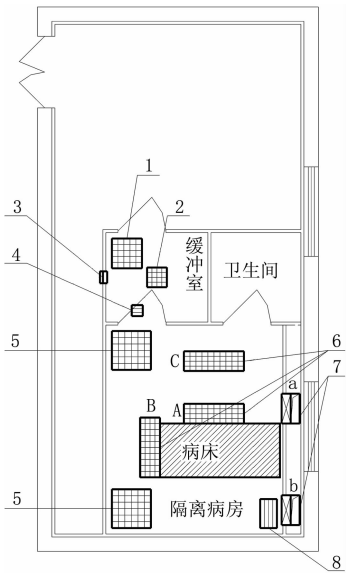


图 1 实验病房平面

1 缓冲室自净送风口 2 缓冲室送风口 3 缓冲室回/排风口
4 缓冲室自净回风口 5 隔离病房自净送风口 6 隔离病房送风口
7 隔离病房回/排风口 8 隔离病房自净回风口
A,B,C 送风口 a,b 回/排风口

2.2.1 大气尘方法

- 1) 先对病房通入不经过滤的全新风,达到稳定的高含尘浓度。
- 2) 使病房相对缓冲室保持设定的负压差,缓冲室相对外间保持设定的正压差或零压。为了使压差测定不受送风气流、室内涡流和开关门等影响(在小房间内尤应注意),在原测孔处外加罩,罩下方开有通气口,见图 2。

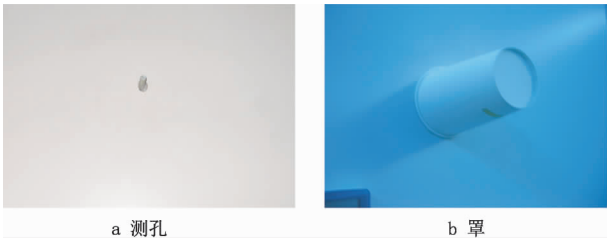


图 2 压差测孔加罩

- 3) 对缓冲室进行自净换气,达到设计的 1 000 级水平,用粒子计数器监测其稳定的浓度。
 - 4) 有 1 人开病房门进入缓冲室,门全开,然后关门,时间约 2 s。
 - 5) 自病房门关闭后启动缓冲室粒子计数器,连续记录最初的 3~4 次读数(自浓度明显下降的第 2 次停止记录)。此时仍监测病房浓度有无变化。
- 同样实验在无人从病房出来,只有开、关门动

作的情况下重复进行。

改变压差再重复以上实验。

2.2.2 实验菌种方法

由病人口部模拟装置发菌^[4],其他步骤同大气尘方法。同时在病房和缓冲室用沉降法测菌,测点布置见图 3^[4]。

2.3 实验结果

2.3.1 大气尘法测定结果(见表 3)

从表 3 可见:

1) 在开门前的关门状态下,只要病房相对缓



图 3 沉降菌测点布置

表 3 压差和开门时污染物外泄的关系

	压差/Pa		开门前原始含尘(≥0.5 μm)浓度/(粒/L)		开门外泄后含尘(≥0.5 μm)浓度/(粒/L)			注
	病房相对缓冲室	缓冲室相对对外间	病房	缓冲室	病房	缓冲室		
						平均	最大	
有 1 人进出, 关门 2 s	—31	+6	75 500	76.2	74 100	1 258	2 120	第 2 min 最大
	—30	+8	59 440	15.2	57 840	1 001	1 504	第 1 min 最大
	—6	+1	104 240	118.0	100 706	1 854	2 832	第 2 min 最大
	0	0	107 580	36.9	109 240	2 984	4 470	第 1 min 最大
	0	0	96 190	17.1	98 540	3 021	5 155	第 1 min 最大
无人进出, 关门 2 s	—30	+8	20 517	41.3	20 024	164	271	第 1 min 最大
	—6	+4	9 358	14.1	10 823	115	196	第 1 min 最大
	0	+5	17 073	5.3	15 371	205	267	第 1 min 最大
	0	+5	13 498			150	202	第 1 min 最大

冲室不是正压,即使为零压,也不会有污染物泄漏到缓冲室,缓冲室的污染物($\geq 0.5 \mu\text{m}$)浓度在 5.3~36.9 粒/L 范围内,仍处于自净后的 1 000 级水平。这和前面提到的国外文献的论述是相同的。表 3 中负压差时,缓冲室原始浓度并不比 0 压差时低,这和开门、人进出的残余影响有关。

2) 在相当的原始浓度下,负压差从 0 变到-6 Pa,污染物外泄后缓冲室最大含尘浓度从 4 813 粒/L 减少到 2 832 粒/L,减少了 41%。外泄后浓度的量纲一比值列于表 4,从表 4 可见,有人进出时,-6 Pa 和- (30~31)Pa 的浓度比没有差别,

表 4 压差和外泄浓度比的关系

	病房相对缓冲室压差/Pa	缓冲室相对对外间压差/Pa	(缓冲室外泄后浓度—外泄前浓度)/病房原始浓度	
			平均	最大
有 1 人进出, 开关门 2 s	-31	+6	0.016	0.027
	-30	+8	0.017	0.025
	-6	+1	0.017	0.026
	0	0	0.027	0.041
	0	0	0.031	0.053
无人进出, 开关门 2 s	-30	+8	0.006	0.011
	-6	+4	0.011	0.019
	0	+5	0.012	0.015
	0	+5	0.011	0.015

但- (30~31)Pa 到 0 Pa 浓度比的最大值也不过从 0.026 变化到 0.047,增加 80%,不到 1 倍。

3) 若开关门而无人进出,0 和-30 Pa 之间的差别还要小。

图 4 表示出上述外泄浓度比和压差的关系。若无人进出,变化关系相当平缓;若有人进出,只是在-6 Pa 以下,变化陡然加快,这也是可以理解的现象。

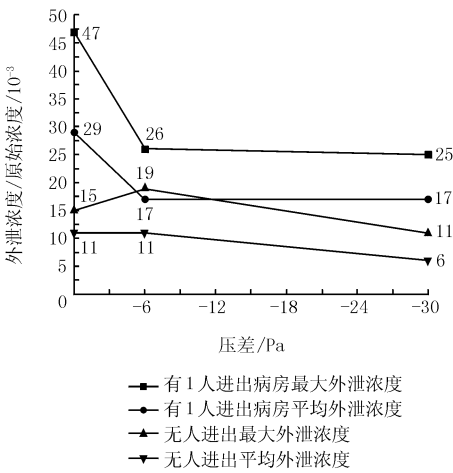


图 4 外泄浓度比和压差的关系

2.3.2 实验菌种法测定结果(见表 5)

表 5 压差和开门时(1 人进出)含菌空气外泄的关系

压 差	温差/℃	房间	沉 降 菌 数/(cfu/皿)					外泄浓度比
			1	2	3	4	5 平均	
病房相对缓冲室-5 Pa, 缓冲室相对外间-5 Pa	+2.1	病房	986	872	823	688	720	0.22
		缓冲室		186	206	160	164	
病房相对缓冲室 0, 缓冲 室相对外间 0	+2.2	病房	800	752	672	784	752	0.25
		缓冲室	190	172	194	184	185	

从表中可见,压差 0 时外泄浓度比为 0.25, -5 Pa 时为 0.22,仅下降 0.03,说明只要不是正压,外泄量和室内负压关系不明显。

3 结论

3.1 通过分论文的理论分析和本论文的实验测定,可以认为隔离病房应保持负压。但由于从 0 到 - (5~6) Pa,大气尘方法最大外泄浓度比减小仅 0.027,实验菌种方法减小 0.03,不仅很小,而且数值几近相同,而从 -6 Pa 到 -30 Pa 则几乎不变,所以病房相对缓冲室的负压有 -5 Pa 就够了,该数值已被国标《传染病医院建筑设计规范》所采纳。

3.2 压差太小,不利于监测、读数和稳定;太大则与污染物外泄量的减少不对应,反而要求很严密的围护结构和门,是不易达到的,也是不经济的。所以建议在 -5 Pa 的压差下,采用普通的门,这样做

就可以满足要求,关键是应按总论文第 1 部分结论的建议设送洁净风的缓冲室。

参考文献

[1] 许钟麟. 关于负压隔离室缓冲室的作用[J]. 建筑科学, 2005,21(增刊)

[2] 冯昕,许钟麟,张益昭,等. 负压隔离病房通风效果的数值模拟分析[J]. 建筑科学,2006,22(1)

[3] 许钟麟,张益昭,王清勤,等. 隔离病房隔离原理的研究[J]. 暖通空调,2006,36(1)

[4] 许钟麟,张益昭,王清勤,等. 隔离病房隔离效果的研究(1)[J]. 暖通空调,2006,36(3)

[5] 沈晋明. 多用途隔离病房和无凝水空调技术[J]. 建筑热能通风空调,2005,24(3)

[6] Ole Christian Ruge, Hilde Banrud, Oddvar Bjordal. Ultraviolet technology and intelligent pressure control solutions jointly provide true isolation rooms [C] // Klean ASA,2000

• 会讯 •

2005 年全国暖通空调专业委员会空调模拟分析学组学术交流会
暨国际建筑性能模拟学会中国分会(IBPSA-China)成立筹备会议召开

由全国暖通空调专业委员会空调模拟分析学组主持的第 2 届空调模拟分析学术交流会于 2005 年 12 月 8~9 日在清华大学召开。来自北京、天津、上海、重庆、深圳、广东、湖南、江苏、浙江、河北、陕西、黑龙江、香港等地科研院校、设计院所、设计施工企业的 80 余位代表出席了大会。会议共收到学术论文 63 篇,涵盖了近年来模拟仿真技术在暖通空调领域应用中取得的科研成果和实践经验,并汇集成论文集。

暖通空调专业委员会主任委员吴元炜教授和清华大学建筑学院院长朱文一教授到会为大会致辞,并作了精彩的指导性发言。会议共组织了 3 个专题:1) 建筑能耗预测分析与应用;2) 空调系统、设备模拟分析及应用;3) CFD 技术与应用。每个专题均安排了 10 余篇论文进行了论述,论文作者与其他参会代表对此展开了深入细致的探讨和交流。在学术交流会的闭幕式上,清华大学江亿院士对会议的议题进行了总结性评述,并对今后模拟

技术在暖通空调领域应用的前景和发展要求进行了总结及展望。

与此同时,国际建筑性能模拟学会中国分会(IBPSA-China)成立筹备会议也于 2005 年 12 月 8 日在清华大学召开。筹备会议听取了 IBPSA-China 章程草案起草人朱颖心教授的工作汇报,进行了认真的讨论。最终达成了以下共识:1) 基本同意 IBPSA-China 章程草案内容;2) 深入讨论了 IBPSA-China 的工作计划等,调整增加了内容;3) 讨论并初步确定了 IBPSA-China 委员会的具体换届办法;4) 对地区的划分与第 1 届 IBPSA-China 委员会的部分人选提出了建议;5) 讨论了如何办好 Building Simulation 2007 国际会议的问题;6) 对近期迫切需要进行的工作提出了建议。

本次交流大会在全体代表的共同努力下,始终在严谨、活跃的学术交流氛围中进行,并取得了圆满的成功。

(诸群飞)