

文章编号: 1671-6612 (2021) 04-542-05

昆明某新冠病毒隔离病房气流组织模拟分析

李 宁 饶冬生

(云南省设计院集团有限公司 昆明 650228)

【摘 要】 利用计算流体与计算传热学软件 PHOENICS 对昆明应对新冠疫情新建的某应急医院新冠病毒隔离病房气流组织进行数值模拟。通过数值模拟分析得出四种不同气流组织形式的新冠病毒浓度场、空气速度场分布的模型。并对这些模型进行分析和对比, 得出方案二以每个床位均匀布置散流器顶送风, 床头旁下排风的气流组织形式稀释新冠病毒效果最好。最后设计采用了该气流组织方式来进行设计。

【关键词】 新冠病毒; 隔离病房; 气流组织; 污染物稀释; PHOENICS 数值模拟

中图分类号 TU831.6 文献标识码 A

Simulation and Analysis of Air Distribution in a 2019 Novel Coronavirus Isolation Ward in Kunming

Li Ning Rao Dongsheng

(Yunnan Design Institute Group Co., Ltd, Kunming, 650228)

【Abstract】 The flow distribution of Novel Coronavirus isolation ward in a newly built emergency hospital for COVID-19 in Kunming was numerically simulated by using computational fluid and computational heat transfer software PHOENICS. The concentration field and air velocity field distribution models of Novel Coronavirus with four different air distribution forms were obtained by numerical simulation analysis. Through analysis and comparison of these models, it is concluded that the optimal dilution effect of Novel Coronavirus is obtained in the form of air distribution in which the diffuser is uniformly arranged at the top of each bed to supply air and the air is discharged at the head of the bed. Finally, the design uses the air distribution mode to design.

【Keywords】 2019 Novel Coronavirus; Isolation ward; Air distribution; Dilution of pollutants; PHOENICS numerical simulation

作者(通讯作者)简介: 李 宁(1984.10-), 男, 硕士, 高级工程师, E-mail: 175379668@qq.com

收稿日期: 2021-06-22

0 引言

为满足对新型冠状病毒感染肺炎的收治能力, 昆明某医院新建了新冠病毒应急病房。本工程主要分为应急病房区、实验区两部分内容。

总建筑面积: 3298.20m², 建筑占地面积 1574.99m²; 病床总床位 90 床。此次新型冠状病毒肺炎传播途径为经呼吸道飞沫和密切接触传播是主要的传播途径, 国家列为乙类传染病甲类管理。病房区参照《传染病医院建筑设计规范》GB 50849-2014 和《新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准》(T/CECS661-2020) 来设计。病房平面布置划分为污染区、半污染区与清洁区。

隔离病房划入污染区。由于新型冠状病毒肺炎的主要传播途径为经呼吸道飞沫和密切接触传播, 如何通过合理的气流组织有效地稀释病房内病毒的浓度, 成为隔离病房通风设计的关键点。

1 数值模拟软件介绍

CFD (Computational Fluid Dynamics) 是计算流体力学的英文简称。其基本原理是数值求解控制流体流动的微分方程, 得出流体流动的流场在连续区域上的离散分布, 从而近似地模拟流体流动情况。

通过 CFD 数值模拟可以得到复杂问题流场中压强、速度和温度及浓度等参数的分布。国内很多

文献采用 CFD 方式进行数值模拟, 对负压隔离病房气流组织进行过研究^[1-3]。常用的 CFD 软件有 PHOENICS、FLUENT 和 CFX 等软件。本文数值模拟分析采用的是 PHOENICS 软件。PHOENICS 是世界上第一套计算流体动力学和传热学的商用软件。其采用离散化法为有限体积法, 其特点为计算效率高, 目前在 CFD 领域得到广泛应用。该软件近年来广泛应用于通风、空调效果分析、火灾模拟研究^[4-7]。该软件应用广泛, 很好指导通风、空调的优化设计工作。

2 数值分析过程介绍

根据《新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准》规范要求负压病房与相邻缓冲间设计压差应不小于 5Pa, 《传染病医院建筑设计规范》GB 50849-2014 呼吸道病房最小换气次数应为 6 次/h。本项目负压病房与相邻缓冲间压差取 15Pa, 换气次数为 12 次/h。计算得每间隔离病房的排风量为 900m³/h, 送风量为 700m³/h (见图 1)。

根据《新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准》(T/CECS661-2020) 规范的相关规定, 从保护医护人员的角度, 负压病房的送风应

先流经医护人员常规站位区域, 使医护人员呼吸区的空气相对清洁, 排风应能快速排走病人呼出的污染空气, 减少病房内污染空气的回流, 送风口应设在医护人员常规站位的顶棚处, 排风口应设在与送风口相对的床头下侧。根据以上原则设计了四种气流组织形式, 气流组织方案详表 1 及图 2、3。并进行模拟对比。边界条件为: 送、排风口边界条件为恒定体积流量, 湍流模型采用 *K-ε* 模型。病毒浓度当量参照相关文献对 SARS 的模拟研究取 5L 浓度当量/min^[2]。

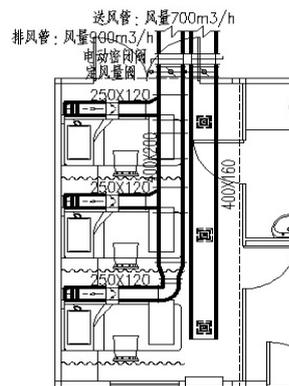


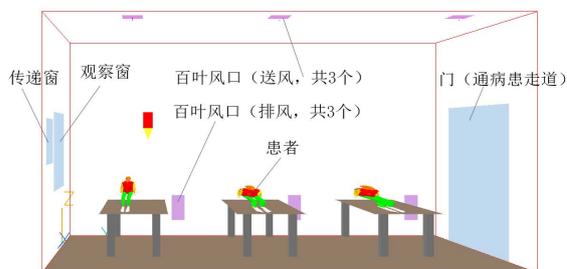
图 1 隔离病房风管平面布置图

Fig.1 Air duct layout of isolation ward

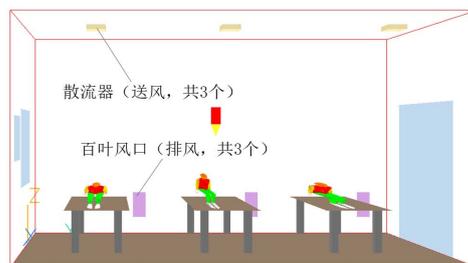
表 1 气流组织方案

Table 1 Air distribution scheme

	气流组织方案	送风口类型	送风口个数	风口尺寸	单个送风口风量 m ³ /h	排风口类型	排风口个数	风口尺寸	单个排风口风量 m ³ /h
方案一	上送下排 (侧排)	百叶风口	3	250×250	233	百叶风口	3	200×400	300
方案二	上送下排 (侧排)	散流器	3	250×250	233	百叶风口	3	200×400	300
方案三	上送下排 (侧排)	散流器	1	400×400	700	百叶风口	3	200×400	300
方案四	上送 (侧送) 下排 (侧排)	百叶风口	1	400×400	700	百叶风口	1	400×400	900



方案一



方案二

图 2 方案一、二模型示意图

Fig.2 Schematic diagram of scheme 1 and 2

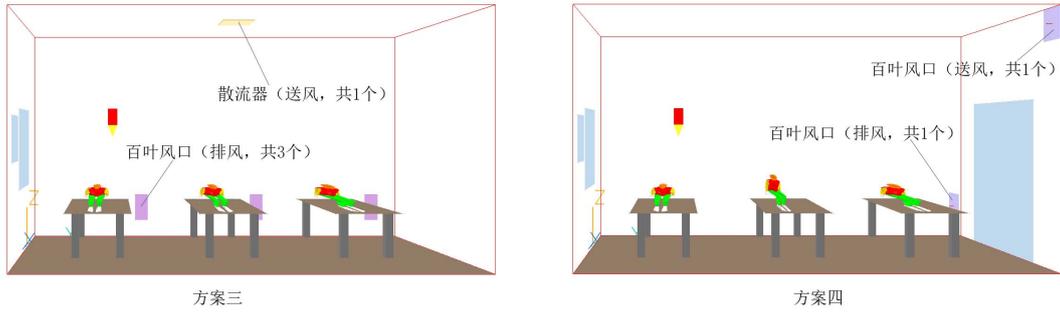


图3 方案三、四模型示意图

Fig.3 Schematic diagram of scheme 3 and 4

3 结果分析

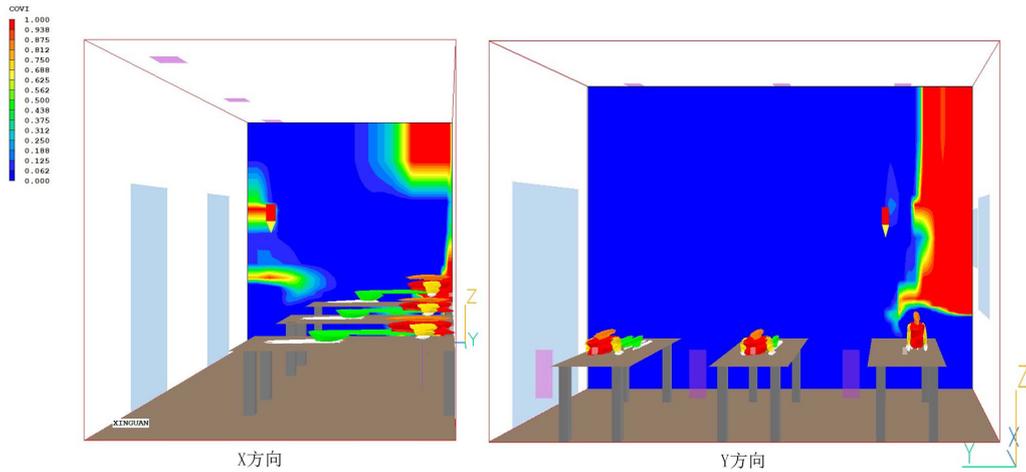


图4 方案一新冠病毒浓度场示意图

Fig.4 Scheme 1 Schematic diagram of 2019 Novel Coronavirus concentration field

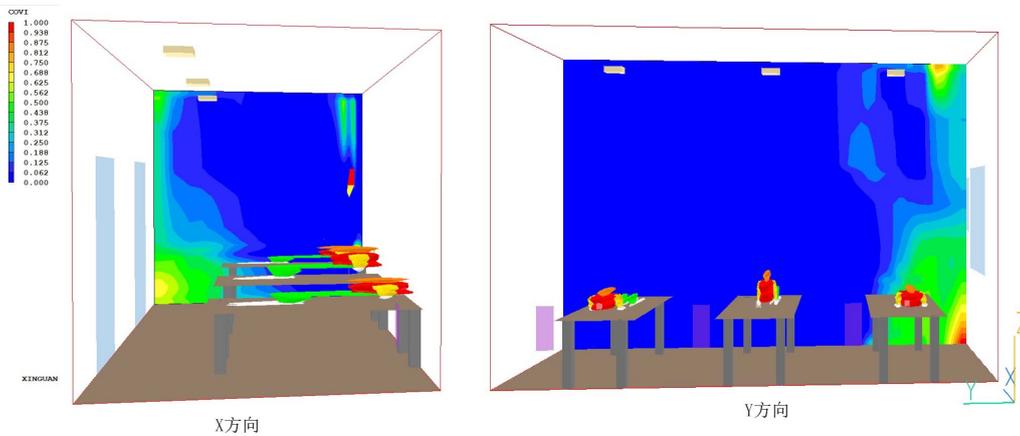


图5 方案二新冠病毒浓度场示意图

Fig.5 Scheme 2 Schematic diagram of 2019 Novel Coronavirus concentration field

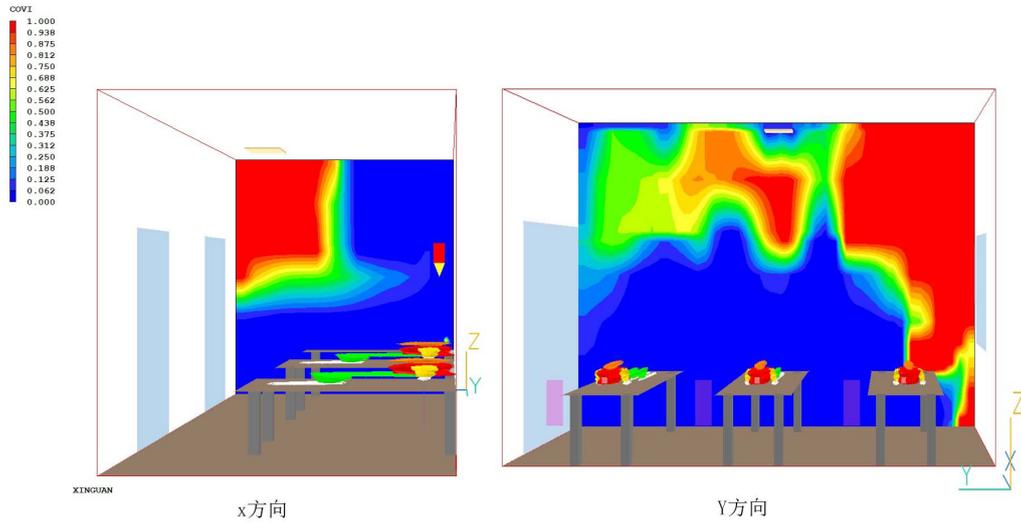


图 6 方案三新冠病毒浓度场示意图

Fig.6 Scheme 3 Schematic diagram of 2019 Novel Coronavirus concentration field

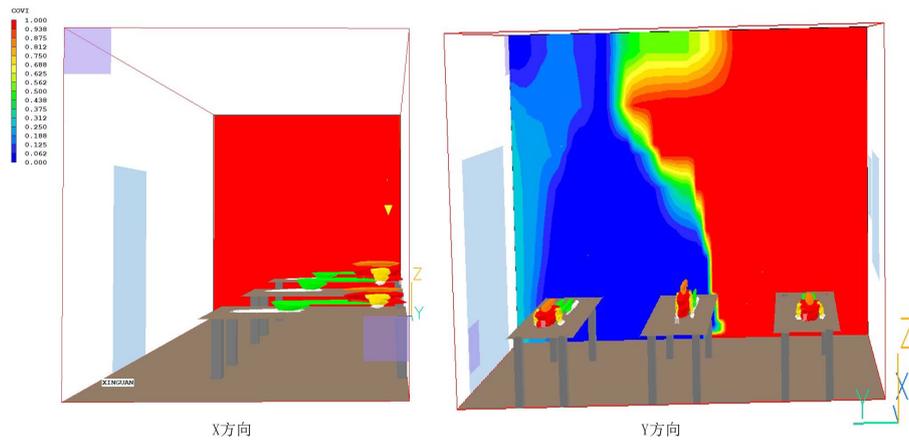


图 7 方案四新冠病毒浓度场示意图

Fig.7 Scheme 4 Schematic diagram of 2019 Novel Coronavirus concentration field

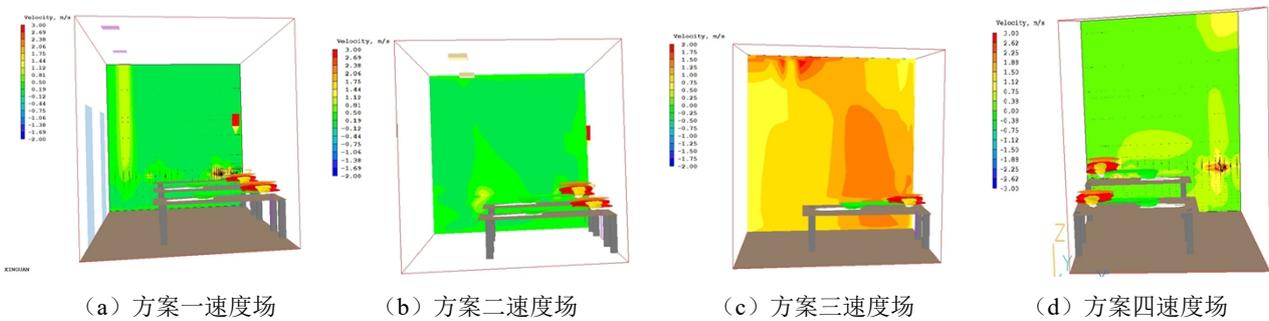
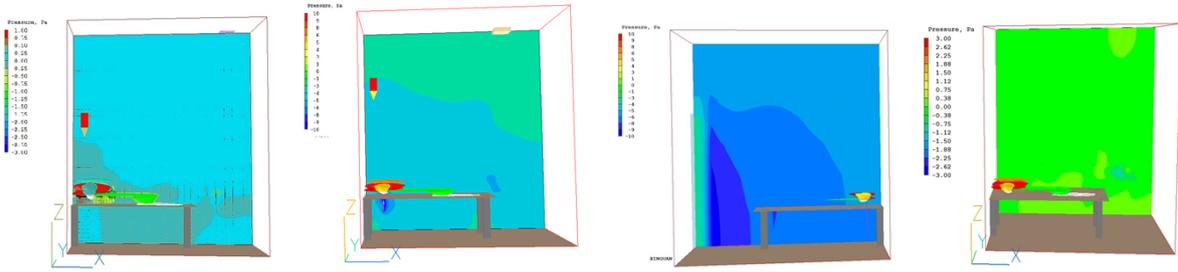


图 8 各方案速度场示意图

Fig.8 Schematic diagram of velocity field of each scheme



(a) 方案一压力梯度示意图 (b) 方案二压力梯度示意图 (c) 方案三压力梯度示意图 (d) 方案四压力梯度示意图

图9 各方案压力场示意图

Fig.9 Schematic diagram of pressure field of each scheme

表2 各方案风速对比

Table 2 Comparison of wind speed of each scheme

气流组织方案	送风口类型	送风口个数	风口风速 (m/s)	面部风速 (m/s)	
方案一	上送下排 (侧排)	百叶风口	3	1	0.12
方案二	上送下排 (侧排)	散流器	3	0.5	0.12
方案三	上送下排 (侧排)	散流器	1	1.5	1
方案四	上送 (侧送) 下排 (侧排)	百叶风口	1	0.8	0.12

根据对四组方案的建模及模拟计算分析,得到各组不同气流组织下的新冠病毒浓度分布情况详图4~图7,速度场示意图详图8,图标COVI为新冠病毒相对浓度量的标识。从四个方案中我们可以得出。采用方案二每床配备一个散流器顶送风,每床头部旁设百叶风口下排风X和Y方向的截图中显示病毒的浓度最低。方案一每床配备一个百叶风口顶送风,每床头部百叶风口下排风X和Y方向的截图中显示病毒的浓度次之。方案三浓度较方案一、二都大。而采用方案四病毒浓度分布最大,效果也是最差。

方案一和二送风口均为3个,排风口同样为3个分布均匀,能均匀的发挥送风口送入风量射流卷吸和稀释作用,与理论实践相符。方案二采用的散流器送风较百叶送风效果更好,是因为散流器送风具有水平分速度,出口气流扩散范围较大。而百叶风口气流方向垂直向下Z方向速度大于散流器,进入房间后距离风口很远才能卷吸空气等原因^[3]效果不如采用散流器送风口效果。这也与国内相关文章得到相似结论。

方案三、四由于送风口数量有限。风口射流卷吸稀释作用有限,所以稀释病毒浓度效果不如方案一和二。在风速分布图中方案一上送百叶风口气流方向垂直向下Z方向速度大。而方案二和三中送风口采用散流器具有水平分速度。Z方向速度没有百

叶风口大,取得较好稀释病毒浓度效果。方案二采用均匀布置的散流器相对其他方案速度场更均匀,人员长期逗留区域风速小于等于0.3m/s,舒适度更高。

通过对压力场分析,几个方案压力场都呈现出主流断面压力均匀^[8],方案一至三压力梯度变化明显,由送风口至排风口负压值增大。对比几个方案,方案一、二可以保证气流使医护人员呼吸区的空气相对清洁,排风应能快速排走病人呼出的污染空气。方案四气流压力梯度变化不明显。

通过模拟结果,方案二气流组织方式对稀释新冠病毒污染物效果最好。其风口风速0.5m/s,面部风速0.12m/s。该值与负压隔离病房建设简明技术指南推荐风口、风量依据相同。

在实际设计中根据模拟结果,采用该种气流组织形式进行隔离病房通风设计、投入实际使用后取得了不错的效果。

参考文献:

[1] 邓伟鹏,沈晋明,唐喜庆,等.SARS 隔离病房内的气流组织优化研究[J].建筑热能通风空调,2005,24(2):12-14.
 [2] 李亮,李晓锋,邹小琴.传染病房气流组织设计模拟研究[J].建筑科学,2004,20(z1):96-99.
 [3] 翁钰影.新型传染病房通风空调方案的研究[D].南京:南京理工大学,2004.