

文章编号: 1671-6612 (2019) 01-044-5

可正负压切换隔离病房通风空调设计探析

龙洋波 邢哲理 温旭怡 房电伟

(军事科学院国防工程研究院 北京 100036)

【摘要】 隔离病房在防止疾病传播、保护医患方面起着越来越重要的作用。以北京地区某实际工程为例,从新风量、压力梯度、净化以及气流组织几个方面作以分析,并从系统设计以及运行控制策略上进行探讨,总结提出了在正负压隔离病房中应注意的几点事项。目前,我国有关可正负压切换隔离病房的设计与施工标准不够健全,各工程做法也不尽相同,望以此文与同行共商榷。

【关键词】 隔离病房; 通风空调; 变风量系统; 自动控制

中图分类号 TU246.1+1 文献标识码 A

HVAC Design of a Pressure Transformation Isolated Ward

Long Yangbo Xing Zheli Wen Xuyi Fang Dianwei

(The Institute of defense engineering of The Academy of Military Sciences, Beijing, 100036)

【Abstract】 Isolated wards play an increasingly important role in preventing disease transmission and protecting doctors and patients. Taking a practical project in Beijing as an example, this paper analyzes the new air volume, pressure gradient, purification and air flow organization first, then discusses the system design and operation control strategy and summarizes several points that should be paid attention to in the pressure transformation pressure isolated ward. At present, the design and construction standards of the pressure transformation isolated ward are not perfect, and the practice of each project is not the same. I hope this article will provide reference with the colleagues.

【Keywords】 isolated ward; ventilating and air condition; VAV system; automatic control

0 引言

十几年前,一种前所未有的致命性呼吸系统传染病——SARS(通常称之为非典型性肺炎)疫情爆发,之后,禽流感病毒又不断威胁着我们的健康,给世界各国人民身心带来了巨大的伤害,造成了无法估量的经济损失^[1]。随着医学的进步,人们对多种传染病的发病机理、传播途径有了进一步的了解和认识。为了保护易感人群的安全,我国加快了各类隔离病房的建设步伐,并取得了较大的成就,文献[2]对血液病房、烧伤病房以及负压隔离病房做出了相关规定,文献[3]对隔离病房气流组织等进行研究,提出了动态隔离原理。但经笔者了解,关于可

正负压切换隔离病房的文章甚少。本文结合实际工程,主要探讨可正负压切换隔离病房的空调通风设计方法。

1 正负压隔离病房的通风空调措施

1.1 负压隔离病房的通风空调措施

负压隔离病房建设的目的是控制以空气为传播介质的烈性病毒传染病,是一种采用分隔并配置空气调节系统控制气流方向,保证室内空气静压低于周边区域空气静压,并采取有效卫生安全措施防止传染的病房^[4]。

对于负压隔离病房来说,应从控制微生物污染

作者简介:龙洋波(1982.4-),男,硕士,工程师,E-mail: lybisok@163.com

通讯作者:邢哲理(1986.9-),男,博士,工程师,E-mail: zheli86@sina.com

收稿日期:2018-04-23

的角度出发, 通过合理的平面布局, 采取必要的通风空调控制措施以及过滤措施, 有效去除空气中的微生物和尘埃。主要从以下几个方面入手:

1.1.1 压差控制

整个隔离病区可划分为清洁区、半污染区、污染区, 以污染区为核心, 经过多重隔离缓冲和清洁区分开, 一般医护办公集中设置在清洁区, 而隔离病房集中设置在污染区。压差控制的目的是通过有效的空调通风措施, 在不同的分区之间形成有序的压力梯度, 保证空气在各区之间形成合理的定向流动, 使污染物控制在污染区之内, 从而保证清洁区不受污染。

1.1.2 新风

隔离病房空调系统合理加大新风比, 可有效降低室内病菌浓度, 一般采用全新风系统。

1.1.3 过滤消毒

高效过滤器是阻隔灰尘、隔断病菌传播途径的有效手段, 负压隔离病房室内送、排风口均应设置高效过滤器, 并定期进行消毒处理。

1.1.4 气流组织

气流组织设计是降低空气污染隐患的重要举措, 合理的气流组织可以有效地控制污染物的扩散和对人员的危害, 应最大限度减小病房回流和涡流^[5], 一般采用上送下回的方式, 气流方向与微粒沉降方向一致。送风口一般设在探视人员站位上方, 回风口靠近患者头部。

1.2 正压隔离病房的通风空调措施

正压隔离病房建设的目的是采取高质量、无病原体的洁净空气帮助抵抗力弱的病人尽快恢复。其通风空调控制措施主要从以下几个方面入手:

(1) 压差控制。病房相对缓冲间以及其他关联区域为正压, 控制气流从洁净度高的区域流向洁净度低的区域。

(2) 过滤消毒。为保护低抵抗力的病人, 应将新风经高效过滤器处理, 必要时可进一步消毒, 再送入房间。

(3) 气流组织。一般采用上送下回方式, 送风口布置在患者病床附近, 回风口布置在侧下方。

(4) 补充新风。新风补充的多少, 直接影响净化空调系统的能耗。因此新风量不宜过大, 满足人员以及正压需求即可, 除了个别特殊病房外, 一般不需要全新风。

2 某正负压隔离病房通风空调设计与分析

2.1 工程概况

该工程为北京市某医院病房改造工程, 原为淋巴瘤肿瘤内科病房, 现改造为平时正压隔离病房、应急时负压隔离病房, 由于条件受限, 没有单设污物走廊、实现更加严格的洁污分流目标是本工程的一个遗憾。暖通空调设计的主要内容包括空间系统划分、房间压力控制、环境洁净等级实现、温湿度、气流组织形式等^[6]。

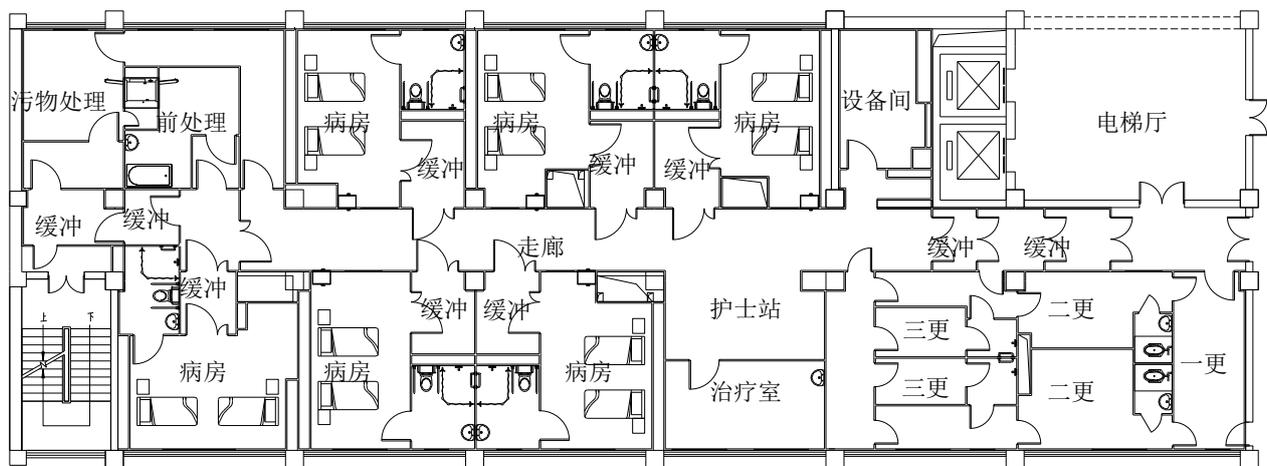


图 1 病房层建筑平面图

Fig.1 Floor plan of ward floor

2.2 主要房间设计参数

2.2.1 换气次数、温湿度及新风量

本项目为既有建筑内局部改造工程,设备及管道安装空间受限,设计时考虑净化机组和风道在平

时、应急合用。各房间换气次数,均取两种状态下较大者,通过改变送排风量来实现房间不同状态的转换。平时新风量按表1取值,应急时转为全新风直流系统。

表1 主要房间设计参数表

Table 1 Design parameters of main rooms

房间名称	洁净度、换气次数	温度 (°C)	相对湿度 (%)	平时新风量	
				m ³ /h·人	次/h
病房	百级层流罩工作区截面风速 0.25~0.30m/s, 房间万级20次/h	22~25	40~60	60	4
病房缓冲	十万级, 60次/h	22~25	/	/	3
卫生间	十万级, 12次/h	21~27	/	/	3
走道	十万级, 13次/h	21~27	35~65	/	3

注:百级层流罩仅平时状态用。

2.2.2 压力梯度

合理的压力梯度关系到病房的正常运转以及人员的舒适性。压差越大,对围护结构气密性要求越高,初投资和运行费用增加,反之压差越小,控制难以实现,给病房安全带来隐患。一般来说,不同等级的负压控制区域之间,其静压差不应小于

5Pa,与室外的静压差不应小于10Pa。

平时状态下,病房性质为保护性隔离病房,各典型房间的风量及静压取值见表2。确保病房内静压值最高,空气流向为病房→缓冲间→走道,维持病房内空气的洁净度要求。

表2 平时风量平衡及静压表

Table 2 Air volume balance and static pressure table at ordinary times

房间名称	总送风量 (m ³ /h)	高效送风口		总回风量 (m ³ /h)	中效回风口		静压控制	
		数量	安装位置		数量	安装位置	程度	静压值 (Pa)
污物处理间	650	1	C	510	1	W	0~+	>0
药浴间	700	1	C	650	1	W	0~+	>0
走道	2200	3	C	2020	1	C	0~+	>0
缓冲间	700	1	C	650	1	W	+	+5
卫生间	200	1	C	150	1	W	0~+	>0
正压病房	1400	1	C	1110	1	W	++	+10
更衣间	200	1	C	100	1	C	0~+	/
淋浴间	/	/	/	50	1	C	/	/

注:W—墙上安装,C—吊顶安装。

应急状态下,病房性质为负压隔离病房。本工程根据实际情况,结合文献[7]的规定,对各典型房间的风量及静压取值见表3,确保不同区域之间的

空气流向受控,病房内受污染的空气不能泄露到其他区域。

表 3 应急风量平衡及静压表

Table 3 Air volume balance and static pressure table at emergency times

房间名称	总送风量 (m ³ /h)	高效送风口		总回风量 (m ³ /h)	零泄漏回风口		静压控制	
		数量	安装位置		数量	安装位置	程度	静压值 (Pa)
污物处理间	650	1	C	750	1	W	-	-10
前处理间	700	1	C	750	1	W	-	-5
走道	2200	3	C	2500	1	C	-	-10
缓冲间	700	1	C	750	1	W	--	-15
卫生间	200	1	C	300	1	W	----	-25
负压病房	1400	1	C	1530	1	W	---	-20
过道	100	1	C	120	1	C	0~-	-5
三更	200	1	C	240	1	C	0~-	-5

注: W—墙上安装, C—吊顶安装。

2.2.3 空气净化

负压隔离病房一般没有特殊的洁净度要求, 只需满足文献[2]中规定即可, 但考虑生物安全防护的需要, 为了防止病房内空气污染外界, 病房的回风和排风均设置高效过滤器。而平时正压病房时, 对房间洁净度要求较高, 一般采用三级过滤方式, 净化机组设初、中效过滤器, 房间送风口设型高效过滤器。

2.2.4 气流组织

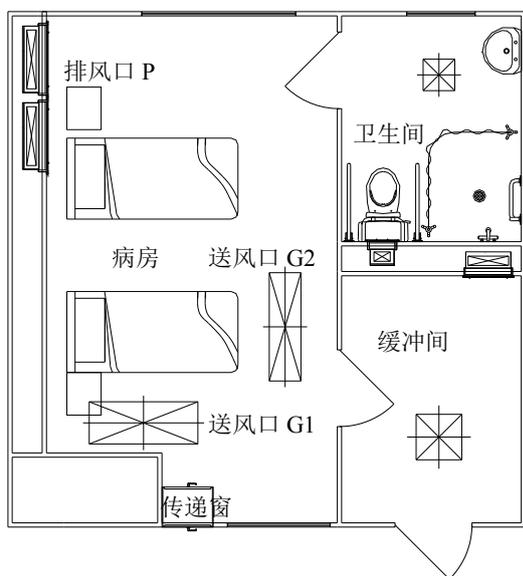


图2 病房风口布置平面图

Fig.2 The air outlet layout of ward

气流组织主要考虑应急使用时的需要, 兼顾平时要求。为了使病房内空气能够形成固定方向的定向流, 病房送风口采取双送风口模式, 送风口(编

号G1, G2)位置布置于医护人员常规站位的上方, 排风口(编号P)布置于送风口相对的病床床头侧下方^[3], 具体风口布置见图2。这种布局, 能使经过处理后的洁净空气优先流经医护人员, 最大可能保护其不受感染, 同时也使病房内受污染的空气经最短路径到达排风口, 避免气流在房间内形成死角和涡流, 降低污染物泄露概率。

2.2.5 冷热源

由于此类病房的特殊性, 经常需要24小时连续工作, 如冷热源只接大楼中央空调显然不能满足使用要求。因此另设一套风冷热泵机组及热交换机组作为备份, 供大楼中央空调不开时使用。

2.3 通风空调系统设计及控制

2.3.1 系统设计

空调系统划分应根据病房危害程度、平面布置等情况进行划分, 应采取有效措施, 避免交叉污染。在条件允许情况下, 宜将污染区、半污染区、清洁区空调系统分开设置, 有利于空调系统控制和节能运行。

(1) 平时状态

根据设计需求, 病房局部百级, 周围万级, 其余房间十万级。由于百级仅为平时状态所需, 而房间维持局部百级的换气次数较大, 为降低机组风量, 实现平时和应急两种状态合用系统, 病房局部百级通过层流罩和循环净化机组来维持, 而其周围环境则通过集中净化空调系统实现。净化空调为一次回风系统, 新风和回风混合后, 经初、中效过滤及温湿度处理后, 由高效过滤送风口送入室内。每个净化循环机组均可独立启停, 病房停用时, 可关

闭净化循环机组,只需开启净化空调机组,维持室内低净化级别及正压即可,节约运行能耗。

房间送、排风支管上均设文丘里变风量阀。房间无人时,变风量阀根据设定的低态风量运行;房间有人使用时,变风量阀高态风量运行,同时排风变风量阀根据房间压差变送器信号自动调节排风量,维持房间正压。

(2) 应急状态

房间由平时转为应急状态前,应将平时用下回风口更换为零泄露高效过滤回风口,关闭净化循环机组及层流罩,开启应急专用排风机组。净化空调系统转为全新风直流模式,新风在净化机组内经初、中效过滤以及温湿度处理后,由高效过滤送风口送入房间,房间排风经高效过滤器处理后高空排放。净化空调机组与排风机组设乙二醇能量回收装置,既可回收能量,又杜绝交叉污染。

房间气流组织形式与平时状态下基本相同,送排风支管上的变风量阀高态运行,同时根据房间压差变送器信号自动调节排风量,维持相邻房间的压差。

2.3.2 运行及控制策略

隔离病房的运行与控制十分重要,也比较复杂,自控系统应根据空调系统要求对送排风进行控制,使空调通风系统安全、稳定地工作,保证环境的温湿度要求,保证压差可靠实现,空气流向正确。

(1) 温湿度控制。控制系统根据病房内设定的温湿度和实测量控制洁净空调机组制冷、加热、加湿和除湿等环节,保证病房温湿度的控制和舒适的环境。

(2) 负压控制及报警。应急使用时,由于病人携带高度危害性的致病微生物,病原体逸出病房会造成较严重的后果,因此,必须对通风空调系统进行周密的设计,采取可靠的措施防止致病微生物对室内和室外环境的污染。为提高系统的安全性,净化空调机组以及应急排风机组均应设备用机组,一是运行机组故障时应能自动切换成备用机组,二是两台机组可轮流运行,便于发现问题并延长机组寿命。同时,排风机与送风机可靠连锁,排风机先于送风机开启,后于送风机关闭,排风机故障时,送风机应事故停机。同时,为实现设计压差值,在相关房间设置微压计及压差变送器,当房间

压差因开门等原因被破坏时,自控系统通过微压计感知压差变化并迅速做出反应,自动调整定、变风量阀的状态,调整风机转速,在最短时间内恢复各区间的空气平衡。空调通风设备除了能就地控制外,还应能在清洁区自动和手动控制,一旦发生故障,能立即发出报警信号。

隔离病房在投入运行前,整个空调通风系统需要经过多次系统的反复调试,根据调试情况修改自控程序。按照程序要求,自动控制空调系统的运行、监控和模式的切换,确保隔离病房的通风空调系统正常、可靠、合理运行。

3 结论

正负压隔离病房设计与普通隔离病房有很大的不同,其难点在于正负压转换前后的压差控制,重点在于转换为负压隔离病房时的通风空调设计。笔者认为,在进行正负压隔离病房设计时应注意以下几点:

(1) 合理地对方病区各建筑功能房间进行平面布局,尽量有效的防止交叉感染。平面布局上遵循“功能满足、洁污分明、分区合理、流程短捷”的原则^[8]。

(2) 在通风空调上,各区之间采用合理的压差控制,选取合理的换气系数,依靠室内合理的气流组织,稀释和排走室内污染,用良好的空气质量来保护医患人员。

(3) 系统转为负压隔离病房运行时,空调设计为全新风直流系统,能耗较大,因此要兼顾节能要求。首先应设置热回收装置,其次还应加强围护结构的严密性来降低送风量、对围护结构进行保温减少冷热负荷损失,最大限度减少病房运行费用,使它能经济、合理地运行。

(4) 合理的自控系统是整个空调通风系统正常运行的重要保证,因此要特别重视自控系统的设计与调试。

(5) 应制定科学的管理制度。严格控制进出人员,无关人员不得随意进出。尽量减少不必要的走动以减少交叉污染。严格控制污染物扩散,各类废弃物应就近处理后打包并由专人运走。

目前,我国的隔离病房建设取得了长足的进步,新建、改扩建项目逐渐增多。设计人员一定要

(下转第61页)