

文章编号: 1671-6612 (2026) 02-309-08

某医院感染楼呼吸道传染病区通风系统设计

朱洪宇¹ 郭超月²

(1. 中国联合工程有限公司 杭州 310000;

2. 浙江工业大学工程设计集团有限公司 杭州 310000)

【摘要】 以某医院感染楼内的呼吸道传染病区为研究对象, 重点探讨该区域内各房间的压力等级设定及渗透风量计算方法。在合理设定压力等级的基础上, 采用缝隙法对各房间的渗透风量进行计算, 为通风系统设备选型提供理论依据。此外, 还系统阐述了通风系统的设计原则及压差控制原理, 旨在为同类项目的通风系统设计提供参考。

【关键词】 呼吸道传染病区; 压力等级; 渗透风量; 通风系统; 压差控制

中图分类号 TB657 文献标志码 A

Design of Ventilation System for Respiratory Infectious Disease Ward in the Infection Building of a Hospital

Zhu Hongyu¹ Guo Chaoyue²

(1. China United Engineering Co., Ltd, Hangzhou, 310000;

2. Zhejiang University of Technology Engineering Design Group Co., Ltd, Hangzhou, 310000)

【Abstract】 Taking the respiratory infectious disease ward of a hospital's infection building as the research object, this paper focuses on exploring the pressure level setting, and infiltration air volume calculation method for each room in the area. Based on the reasonable setting of pressure level, the permeable air volume of each room is calculated using the gap method, providing a theoretical basis for the selection of ventilation system equipment. In addition, this paper systematically elaborates on the design principle and pressure difference control principle of the ventilation system, aiming to provide reference for ventilation system design of similar projects.

【Keywords】 Respiratory infectious disease ward; Pressure level; Infiltration air volume; Ventilation system; Pressure difference control

0 引言

后疫情时代, 为有效应对未来可能暴发的新发传染病, 避免交叉感染的发生, 部分医院已设立独立的感染楼, 用于专门接收具有传染性疾病的患者, 并提供隔离治疗的专用空间。根据传播途径的不同, 传染病主要分为呼吸道传染病和非呼吸道传染病两类。其中, 非呼吸道传染病主要通过接触等途径传播, 而呼吸道传染病主要通过空气传播。因

此, 合理的气流组织在控制呼吸道传染病传播方面起着关键作用^[1]。本文以感染楼呼吸道传染病区为研究对象, 系统阐述其通风系统设计方法, 并重点探讨了系统通风量的理论计算过程。

1 工程概况

该项目位于浙江省, 总建筑面积为 92000m², 由 1~8 号楼组成, 其中 3 号楼为感染楼。该楼共 5

层：1层为感染门诊部，2层为负压隔离病房及负压手术室，3层为呼吸道传染病区，4层为非呼吸道传染病区，5层为办公及活动室。因此，本文以3层建筑平面为研究对象，分析其功能布局下的通风系统设计。

2 平面布局及压力分布

传染病区根据医患分区分流的原则，划分为清洁区、半污染区和污染区，即“三区两通道”的布局方式。为防止污染气体跨区交叉传播，不同区域之间应确保气流沿清洁区→半污染区→污染区的方向进行定向流动。呼吸道传染病区平面布局如图1所示。

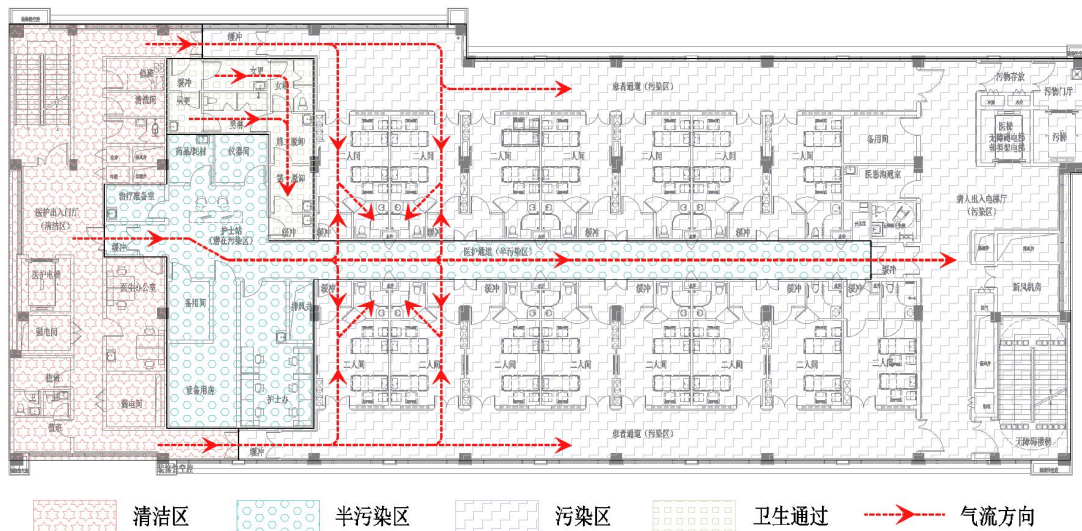


图1 呼吸道传染病区平面布局图

Fig.1 Layout plan of respiratory infectious disease ward

为实现气流的定向流动，相邻且相通的房间之间需维持一定的压力梯度。在呼吸道传染病区的设计中，GB 50849-2014《传染病医院建筑设计规范》^[2]尚未对各类功能房间的压力分布提出明确要求。为支持后续通风系统风量的精确计算，本研究

参考现行相关技术规范^[3]，确定了各房间压力等级的基本框架，并针对病房卫生间、缓冲区及卫生通过区等关键部位进行了差异化优化。优化区域压力等级设定的基本原理和依据将在下文系统阐述。呼吸道传染病区各房间压力等级设定值如图2所示。

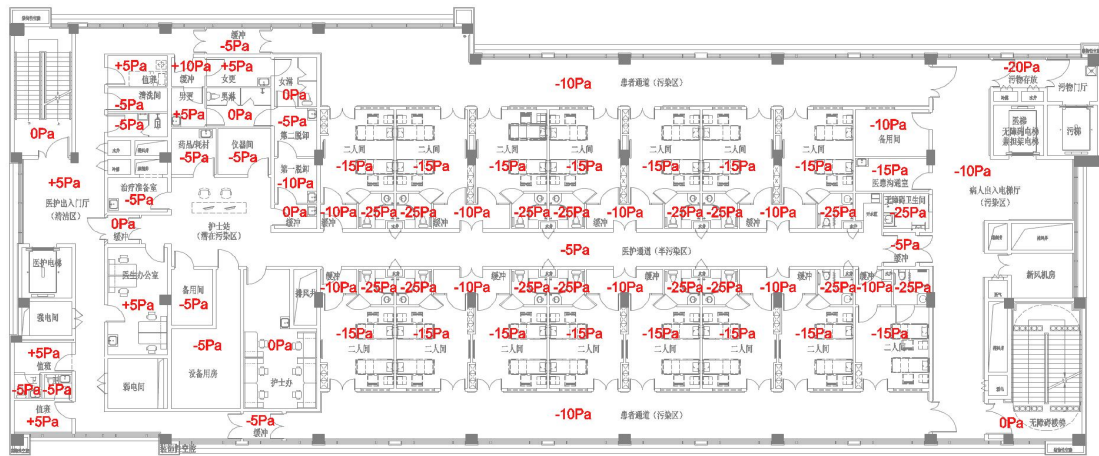


图2 呼吸道传染病区各房间压力等级设定值

Fig.2 Setting of pressure level for each room in the respiratory infectious disease ward

3 通风量计算方法

呼吸道传染病区中，各房间维持压力梯度所需

的通风量需通过理论计算确定。其中，新风量的计算方法为换气次数法，主要功能房间新风换气次数

要求如表 1 所示^[2,4]。

表 1 主要功能房间新风换气次数要求

Table 1 Requirements for fresh air exchange rate in main functional rooms

新风量/h ⁻¹		新风量/h ⁻¹	
清洁区办公室	6	半污染区 医护通道	6
污染区患者通道	6	污染区病房	6 h ⁻¹ 或 60L/(s·床)取大值

排风量常见的计算方法有: 指标法、换气次数法、缝隙法。其中, 采用指标法时, 根据 GB 50849-2014《传染病医院建筑设计规范》^[2], 排风量=送风量±150m³/h; 采用换气次数法时, 根据 GB 50073-2013《洁净厂房设计规范》^[5], 维持 5Pa 压差时, 排风量=送风量±1~2h⁻¹ 换气次数。

上述两种方法常用于排风量的初步估算, 其核心是将单一房间作为研究对象。然而, 实际工程中, 空间是相互连通的, 因此在计算排风量时, 还应考虑相邻且相通房间之间的渗透风量。本文采用缝隙法确定系统排风量, 以提高计算结果的准确性^[6]。

缝隙法的理论基础为质量守恒定律, 如式 (1) 所示。

$$G_{zj} + G_{ij} = G_{zp} + G_{jp} \quad (1)$$

式中: G_{zj} 为自然进风量, kg/s; G_{ij} 为机械进风量, kg/s; G_{zp} 为自然排风量, kg/s; G_{jp} 为机械排风量, kg/s。

考虑到各功能房间室内温度相近, 即密度近似相等, 上式可简化为体积流量守恒,

$Q_{zj} + Q_{ij} = Q_{zp} + Q_{jp}$, 其中 $|Q_{ij} - Q_{jp}|$ 为经门窗缝隙渗入或渗出房间的风量, 即渗透风量。

相邻且相通房间的渗透风量采用缝隙法计算^[7], 如式 (2) 所示。

$$Q = 3600\mu F \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (2)$$

式中: Q 为渗透风量, m³/h; μ 为流量系数, 取 0.4; F 为缝隙面积, m²; ΔP 为相邻相通房间的压差值, Pa。

综上所述, 在计算房间通风量时, 机械进风量 (即新风量) 依据换气次数法确定, 渗透风量依据缝隙法确定, 而相应房间的机械排风量则通过已知的机械进风量和渗透风量推导得出。

4 通风量计算

采用缝隙法计算渗透风量时, 各房间门窗尺寸及类型应以建筑标注信息为准。普通门下门缝宽度统一取值为 5mm, 其中缓冲间与病房之间的门下留缝取值为 10mm, 以防开关门操作引起室内外压差剧烈波动; 其余门缝宽度统一取值为 3mm。观察窗、传递窗及外窗采用 6 级密闭窗, 其渗透风量按单位面积漏风量计算, 取值为 4.5m³/(m²·h)^[7]。

4.1 缓冲间

缓冲间作为实现“三区两通道”布局的重要组成部分, 是一种综合性缓冲隔绝措施。设置缓冲间有助于实现洁污区域转换, 同时明确区分医护人员、患者、后勤及物流动线, 从而有效防止交叉感染。呼吸道传染病区缓冲间位置示意如图 3 所示。

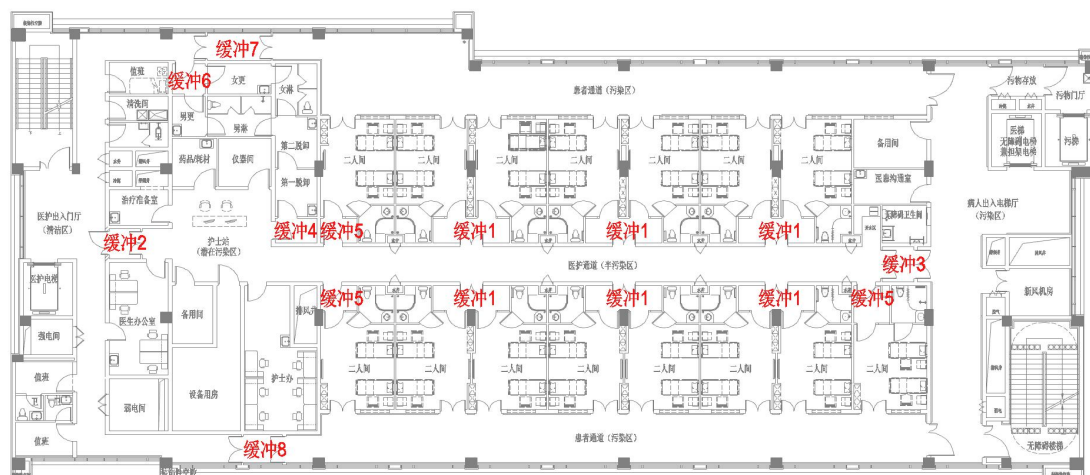


图 3 呼吸道传染病区缓冲间位置示意图

Fig.3 Schematic diagram of buffer room location in respiratory infectious disease ward

本文选取其中两个典型缓冲间（缓冲间 1 和缓冲间 2）作为研究对象，详细计算其理论通风量，并进一步分析其通风系统设计原则。

缓冲间 1：缓冲间与医护通道之间的门为双扇门，尺寸为 2.2m×1.2m，门缝面积为 0.051m²；当压差为 5Pa 时，代入式（2），计算渗入风量为 212m³/h。缓冲间与病房之间的门尺寸为 2.2m×1.1m，两扇门缝总面积为 0.074m²，计算渗出风量为 308m³/h。综合分析，该缓冲间渗透风量为 96m³/h。根据式（1）计算结果，为维持其设定压力等级-15Pa，需设置机械进风系统，送风量为 96m³/h。

缓冲间 2：同理，缓冲间与相邻医护出入门厅

之间的计算渗入风量 175m³/h，与相邻医护通道之间的计算渗出风量为 175m³/h。因此，该缓冲间的渗透风量为 0m³/h，即无需额外设置机械通风系统以维持压力平衡。

上述计算结果显示，压力房间渗透风量的计算值直接影响通风系统的设计原则。然而，实际工程中，各房间之间的渗透风量还受到材料品质、施工质量等多种因素的影响。此外，研究表明，无送风缓冲间的隔离效果比有送风时降低约 2/3^[7]。因此，本项目在各缓冲间内分别设置送排风系统，通过调节送排风量来确保各区域之间的压力梯度在控制范围内，从而保障隔离效果。各缓冲间通风量计算结果如表 2 所示。

表 2 各缓冲间通风量计算结果

Table 2 Calculation results of ventilation volume in each buffer room

	渗入风量/(m ³ /h)	渗出风量/(m ³ /h)	新风量/(m ³ /h)	排风量/(m ³ /h)	新风换气次数/h ⁻¹
缓冲间 1	122	218	246	150	13
缓冲间 2	126	126	150	150	16
缓冲间 3	0	136	286	150	26
缓冲间 4	0	213	363	150	35
缓冲间 5	88	109	171	150	19
缓冲间 6	0	176	326	150	33
缓冲间 7	178	126	150	202	10
缓冲间 8	187	132	150	205	14

注：各缓冲间新风量与排风量最小取值均设定为 150m³/h，以满足后期风量及压差调试，确保隔离效果。

4.2 污染区病房

病房每间面积为 22m²，吊顶后高度 3m。病房内新风量按 6h⁻¹ 换气次数计算为 396m³/h，按每床 60L/s 计算为 432m³/h，两者取大值，即为 432m³/h。病房与相邻缓冲间和相邻患者走廊的门缝面积分别为 0.027m² 和 0.03m²，压差为 5Pa 时，计算渗入风量分别为 109m³/h、125m³/h。此外，病房内观察窗尺寸为 1.5m×0.5m，渗入风量为 3.4m³/h，故病房内总渗入风量约为 238m³/h。

根据相关标准^[4]，病房内卫生间不做更低负压要求，只需设排风，以保证病房向卫生间的定向气流。然而，这一要求导致大多数项目在设计阶段未

充分考虑卫生间与病房之间的渗透风量，进而加大了后期压差调试难度。

为确保病房设计排风量的准确性，初始将卫生间压力等级设定为-20Pa^[3]。此时，由病房流入卫生间的计算渗透风量为 88m³/h，即卫生间的机械排风量为 88m³/h，对应的换气次数为 7.3h⁻¹。该数值未达到卫生间的卫生需求，因此需按换气次数 10h⁻¹ 代入式（2）反算卫生间压力等级。经计算，本文建议将卫生间压力等级设定为-25Pa，此时渗透风量为 125m³/h。由此可见，病房内卫生间的压力等级设定值应考虑其建筑面积及卫生要求，不宜直接套用现有标准。

综上所述, 病房通风量计算结果如表 3 所示。

表 3 病房通风量计算结果

Table 3 Calculation results of ward ventilation volume

	相对压差 /Pa	缝隙面积 /m ²	渗入风量 /(m ³ /h)	渗出风量 /(m ³ /h)	渗透风量 /(m ³ /h)	新风量 /(m ³ /h)	排风量 /(m ³ /h)
与缓冲间 1 相邻的门	-5	0.027	109	0			
与患者通道相邻的门	-5	0.111	0	125			
与患者通道相邻的窗	-5	0.037	3.4	0	113	432	545
与卫生间相邻的门	10	0.021	126	0			

注: 门、窗尺寸及类型以建筑图中标注为准。

4.3 卫生通过区

卫生通过区域内各房间的压力等级应沿“更衣室→淋浴室→第二脱卸→第一脱卸”的流线方向递减设定, 以确保气流定向流动。然而, 病房内部分污染物仍会通过门扇启闭过程中的卷吸作用进入医护走道, 进而污染卫生通过区。此外, 人员在穿行过程中产生的气流扰动及污染物裹带效应, 进一步加剧了污染物扩散风险。

鉴于上述污染物扩散机制, 应在更衣间与脱卸间前各设置一道缓冲间, 以降低污染物对卫生通过区的侵袭风险, 防止污染空气逆流。需要注意的是, 缓冲间 5 和 6 的隔离控制机理与其他缓冲间存在差异^[8]: 常规缓冲间的控制机理是在不同洁净度级别的区域之间形成压力梯度, 从而促进气流做定向流动; 而缓冲间 5 和 6 则是通过从外部引入新鲜空气, 对两侧房间均保持正压, 起到双向隔离的作用。这一机制也成为其压力等级设定的理论依据。

参照浙江省相关标准^[9], 卫生通过区内“一次更衣”送风量应不小于 30h⁻¹, “一次脱衣”排风量应不小于 30h⁻¹, 各相邻房间之间设置 DN300 通风短管, 以保证气流从清洁区向半污染区做定向流动。然而, 上述规定仅考虑了单一房间换气次数需求, 整体气流组织仍受控于该区域的建筑布局, 因此不建议直接套用标准。设计中应根据现有建筑平面进行复核, 确保通风量满足相邻房间之间的压差控制要求^[10], 避免压差值过小无法维持气流的有序流动, 或压差过大对人员舒适性造成影响, 压差值建议控制在 5~10Pa 之间^[5,11]。

考虑到卫生通过区整体通风量较小, 为保障项目后期运行调试的可靠性, 在参考标准换气次数推荐值的基础上, 本文以压差控制为原则, 并设定卫生通过区内各房间之间压差为 5Pa, 以此计算各房间通风量。卫生通过区各房间通风量计算结果如表 4 所示。

表 4 卫生通过区各房间通风量计算结果

Table 4 Calculation results of ventilation volume for each room in the hygiene passing through

	压力等级/Pa	渗入风量/(m ³ /h)	渗出风量/(m ³ /h)	新风量/(m ³ /h)	排风量/(m ³ /h)
缓冲间 6	+10	0	176	326	150
男更	+5	88	88	362	362
女更	+5	88	88	513	513
男淋浴	0	88	88	250	250
女淋浴	0	88	88	200	200
第二脱卸	-5	88	88	200	200
第一脱卸	-10	213	0	312	525
缓冲间 4	0	0	213	363	150

注: 男(女)更新风换气次数取值 30h⁻¹, 第一脱卸排风换气次数取值 30h⁻¹, 淋浴室换气次数取值 10h⁻¹。

4.4 其他区域

医护通道、患者通道等区域的通风量计算与前

文方法一致，具体计算过程不再赘述。其他区域通 风量计算结果如表 5 所示。

表 5 其他区域通风量计算结果

Table 5 Calculation results of ventilation volume in other areas

	压力等级/Pa	渗透风量/(m ³ /h)	新风量/(m ³ /h)	排风量/(m ³ /h)
医护出入门厅（清洁区）	+5	-1074	1260	186
医护通道	-5	-542	1764	1222
患者通道（北区）	-10	-280	1915	1635
患者通道（南区）	-10	-409	1680	1271
病人出入门厅（污染区）	-10	32	1445	1477

5 通风系统设置

为防止污染气体在建筑内跨区域、跨楼层传播，感染楼内通风系统不仅应在水平方向分区设置，还应在垂直方向按楼层分别设置。考虑到新风取风口与排风排放口之间的间距要求，以及屋面卫生间排水通气管可能对新风造成的污染风险，新风机组宜设置于当前楼层，通过立面百叶取风；排风机应布置在屋面，并通过排风立管将室内污染气

体高空排放。

此外，病房卫生间内设有淋浴，使用过程中产生的大量水汽在进入排风管道后，易形成凝结水，进而滋生细菌。为避免上述问题，卫生间排风系统与病房排风系统也应分别设置。

综合各区域通风量计算结果及通风系统分区划分原则，呼吸道传染病区新风系统、排风系统设备参数及平面布置如图 4、图 5 所示。

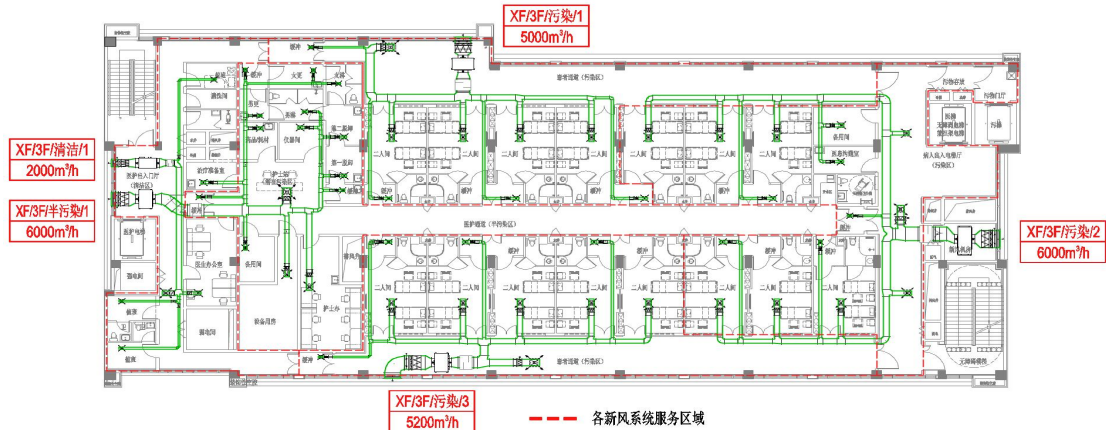


图 4 呼吸道传染病区新风系统设备参数及平面布置图

Fig.4 Equipment parameters and layout plan of fresh air system in respiratory infectious disease ward

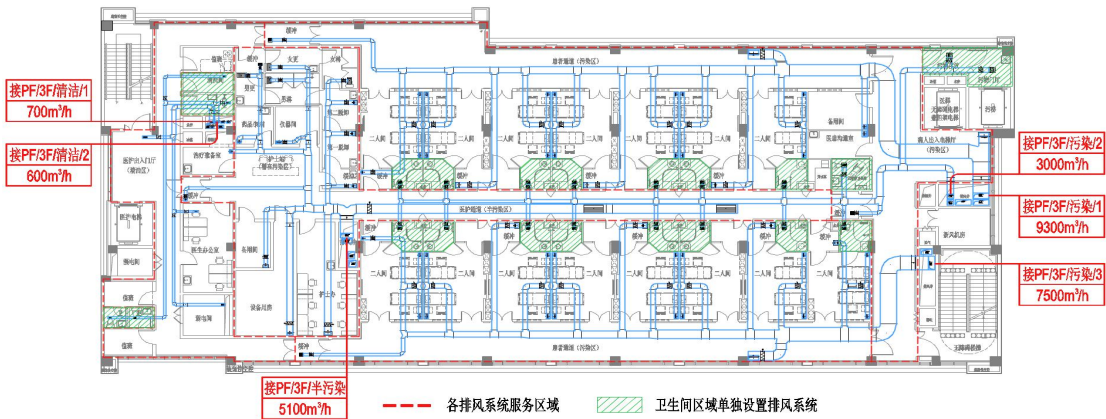


图 5 呼吸道传染病区排风系统设备参数及平面布置图

Fig.5 Equipment parameters and layout plan of exhaust system in respiratory infectious disease ward

6 压差控制措施

本文中各区域通风量计算结果均基于理想状态下的理论推导, 在实际运行过程中, 由于多种因素的影响, 风机的工作状态点往往偏离初始设定工况。因此需设置自控系统进行实时调节, 以保障末端有压房间的压差波动处于控制范围内。

特别需要注意的是, 规范^[2]中并未明确规定呼吸道传染病区各区域之间的压差要求, 该项目图 2 中各房间的压力等级设定值仅用于渗透风量计算。实际运行时, 各房间保证气流有序流向即可, 压差

控制范围在 5~10Pa。

该项目通风系统采用“定送变排”的控制方法^[12]。新风系统采用新风处理机组(变频), 并在各支管处设置压力无关型定风量阀, 将末端风量在整个压差控制范围内恒定于设定值; 排风系统采用变频风机, 末端通过压差联动控制器接收房间内微压差传感器输出的模拟量信号, 调节排风量, 从而保障各房间之间的压差值符合设计规定。呼吸道传染病区通风系统控制原理如图 6 所示。

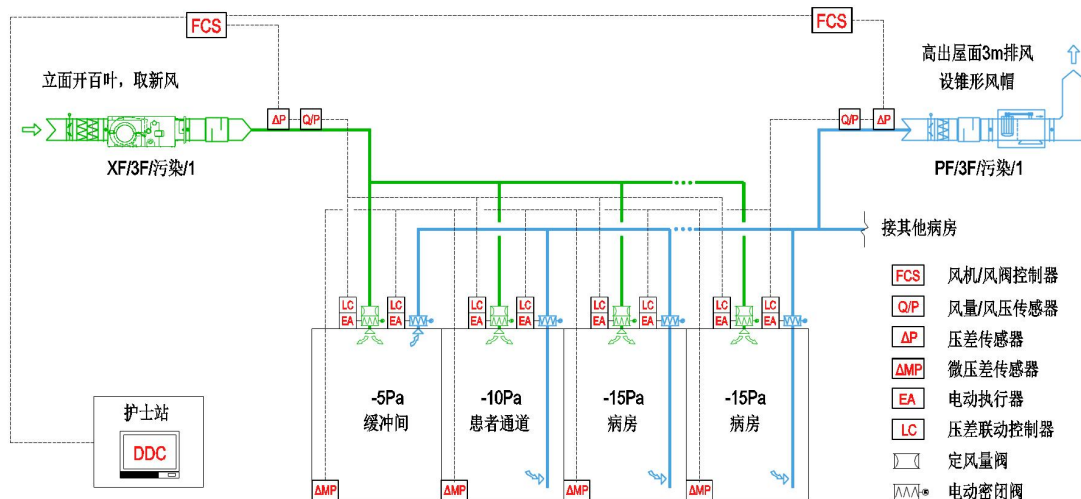


图 6 呼吸道传染病区通风系统控制原理图

Fig.6 Control principle diagram of ventilation system in respiratory infectious disease ward

下面以几种常见工况为例, 阐述风机工况点变化时的具体压差控制措施。

6.1 过滤器阻力变化

随着运行时间的推移, 通风系统中过滤器的阻力会逐渐增大, 从而导致风机风量下降。定风量阀可以利用其固有特性补偿因过滤器阻力增大引起的系统风量变化, 维持末端送风量恒定。

6.2 病房消杀作业

当病房进行消杀作业时, 相应房间送、排风支管上的电动密闭阀可单独关闭, 以保障其余房间通风系统的正常运行。新风处理机组和排风风机根据末端需求动态调节系统风量。

6.3 其他压差失衡

在实际运行过程中, 当压力房间的门开启时, 房间内压力无法保持, 此时自控系统根据门磁开关输出的门开启信号, 立即锁定压力控制回路, 避免

系统误调节; 同时动态增大送排风量的差值, 加速空气流动以强化压力恢复能力, 保障控制效果。

此外, 当系统因故障、停电等突发情况停止运行时, 自控系统应立即连锁关闭该通风系统的所有电动密闭阀, 防止不同房间之间的空气交叉感染。

7 结论

(1) 根据各缓冲间通风量计算结果分析, 部分缓冲间内可单一设置送风系统、排风系统, 或不设置通风系统。但从实际工程质量、隔离效果及后期运行调试等方面综合考虑, 建议缓冲间内均设置送、排风系统。

(2) 病房卫生间排风量的取值既要考虑与相邻病房之间的压差控制要求, 也需满足自身的卫生标准。建议按 5Pa 压差和 10h⁻¹ 换气次数分别计算其所需排风量, 并取其中较小值作为设计依据, 以

降低排风风机容量。

(3) 建议在卫生通过区的两端设置缓冲间作为缓冲隔离措施,并依据其隔离控制机理设定相应压力等级。卫生通过区内只需确保气流从清洁区向半污染区做定向流动,因此该区域内通风系统设计可适当简化,但需根据建筑平面布局复核相邻房间之间的压差值,建议控制在 5~10Pa 之间。

(4) 为防止各区域污染空气通过风管交叉传染,通风系统应分区、分层独立设置。此外,出于医疗洁净要求,卫生间与病房排风系统也应分别独立设置。

(5) 感染楼内的通风系统建议采用“定送变排”控制方式,在送风支管上设置定风量阀,并利用微压差传感器动态调节排风量,将房间内新风量和压差值同时维持在设计要求的阈值范围内,从而实现控制区域气流的定向流动。

参考文献:

- [1] 孙苗,李著萱.呼吸道传染病医疗环境控制与医院非医学防控措施[J].暖通空调,2022,52(1):143-147.
- [2] GB 50849-2014,传染病医院建筑设计规范[S].北京:中国计划出版社,2015.
- [3] GB/T 35428-2024,医院负压隔离病房环境控制要求[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会办公厅,中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅.新冠肺炎应急救治设施负压病区建筑技术导则(试行)[EB/OL]. [2025-02-06]. <https://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengcwj/202002/b85511aae9294226a1ac288b73307cd0.shtml>
- [5] GB 50073-2013,洁净厂房设计规范[S].北京:中国计划出版社,2013.
- [6] 涂岱昕,郭嘉闽,刘俊杰,等.负压病房渗透风量计算及压力控制设计[J].暖通空调,2022,52(9):95-99.
- [7] 许钟麟.负压隔离病房建设简明技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2020:24,18,21.
- [8] 张再鹏,陈焰华,雷建平,等.传染病医院卫生通过通风系统设计若干问题探讨[J].暖通空调,2023,53(6):91-95.
- [9] 浙江省住房和城乡建设厅.方舱式集中收治临时医院技术导则(试行)[EB/OL]. [2025-02-06]. https://jst.zj.gov.cn/art/2020/2/13/art_1229159347_48452710.html
- [10] 林劲松,乔静,黄凯新,等.平疫结合社区通风系统设计及卫生通过风量平衡计算分析[J].制冷与空调,2024,38(1):97-103.
- [11] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [12] 赵文成.中央空调节能及自控系统设计(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2023:223-224.