

文章编号: 1671-6612 (2021) 04-597-05

某传染病医院平疫结合 设计中通风系统的配置及运行分析

汪 顺 李俊昆 杨亚博

(云南省设计院集团有限公司 昆明 650000)

【摘 要】 以某新建“平疫结合”传染病医院负压通风系统为研究对象, 针对项目所在地温和地区气候特点, 从设计角度出发, 对负压通风系统“平疫结合”设计要点提出一些个人思考, 同时对“平疫结合”不同工况下通风系统进行运行能耗分析, 形成一套配置合理、运行节能、在温和地区具有通用性、广泛性的工程实施(设计)方案。

【关键词】 传染病医院; 平疫结合; 负压通风系统; 运行分析
中图分类号 TB657 文献标识码 A

Configuration and Operation Analysis of Ventilation System with the Combination Design of Normal Time with Emergency in an Infectious Diseases Hospital

Wang Shun Li Junkun Yang Yabo

(Yunnan Design Institute Group Co., Ltd, Kunming, 650000)

【Abstract】 Taking the negative pressure ventilation system of a newly-built "combination of normal time with emergency" infectious diseases hospital as the research object, according to the a mild regional climate area characteristics of the project site, from the design point of view, this paper puts forward some personal thoughts on the design points of the "combination of normal time with emergency" of the negative pressure ventilation system. Meanwhile, the operation energy consumption of the ventilation system with the design of "combination of normal time with emergency" under different working conditions is analyzed. Finally, a set of project implementation (Design) scheme with reasonable configuration, energy-saving operation, universality and universality in mild areas is formed.

【Keywords】 infectious diseases hospital; Combination of normal time with emergency; Negative pressure ventilation system; Operation analysis

作者(通讯作者)简介: 汪 顺(1989.10-), 男, 硕士研究生, 工程师, E-mail: 314407748@qq.com

收稿日期: 2021-06-24

0 引言

呼吸道传染病医院在疫情未发生时的使用率较低, 经济性较差, 社会资源浪费; 本次疫情发生时, 利用普通医院转换成呼吸道传染病医院的项目, 存在转换难度大、转换周期长、可靠性低等问题。而“平疫结合”传染病医院致力于解决此类问题, 同时也给暖通专业提出新挑战, “平疫结合”通风系统既需要在非疫情时适用于平时运行工况, 也需

要满足疫情发生时转换过程的应急响应以及转换后的安全性和可靠性, 同时还要兼顾其平时运行的合理性和经济性^[1]。

1 项目概况

本“平疫结合”传染病医院设计床位数 100 床, 建筑面积约为 10000 平方米, 为地上 5 层建筑, 其中 1 层为门急诊、医技功能, 2~4 层为标准住院护

理单元，5层为负压手术室、ICU及隔离病房，建筑高度：23.2米。项目地处云南省滇东高原北部，气候分区为温和地区，月平均最高温度为23.6℃，最低温度为0.8℃，具有典型的温带气候特点，根据相关规范及设计导则^[1]要求，该项目通风系统可不经过热湿处理，夏季充分利用低焓值室外空气带

走室内余湿余热，仅预留冬季新风预热段，应对疫情时极端气候条件下的运行工况。

2 设计要点

该项目通风系统室内设计参数如表1所示。

表1 “平疫结合”传染病医院暖通设计参数

Table 1 HVAC design parameters of "combination of normal time with emergency" infectious diseases hospital

运行工况	房间类型	过滤设计要求		换气次数 (次/h)	压差控制 (Pa)
		送风	排风		
疫情	普通负压病房	粗效+中效+亚高效	高效	6	-5
	负压隔离病房	粗效+中效+亚高效	高效	12	排风量比新风量大 150m³/h
	纤维支气管镜室等	粗效+中效+亚高效	高效	12	-5
平时	非呼吸道传染病房	粗效+中效	—	3	排风量比新风量大 150m³/h
	呼吸道传染病房	粗效+中效	—	6	排风量比新风量大 150m³/h
	负压隔离病房	粗效+中效+亚高效	高效	12	—
	纤维支气管镜室等	粗效+中效+亚高效	—	12	—

为了使观点论述、结果分析较为直观，本文主要以标准住院护理单元（第三层）通风系统为研究对象，通过整理分析“平疫结合”通风系统计算数据，对平时作为非呼吸道传染病病房使用，疫情转换为呼吸道传染病病房使用的“平疫转化”设计思路、系统运行能耗分析及通风系统运行策略进行分析。

如图1所示为“三层通风平面图”，按照建筑“三区两通道”布置原则，该层共设置4套机械新风系统，其中：GX-3-1为半污染区新风系统，GX-3-2、GX-3-3为污染区新风系统，GX-3-4为清洁区无窗房间及卫生通过区新风系统；设置3套机械排风系统，其中，GP-3-1为半污染区排风系统，GP-3-2、GP-3-3为污染区排风系统。

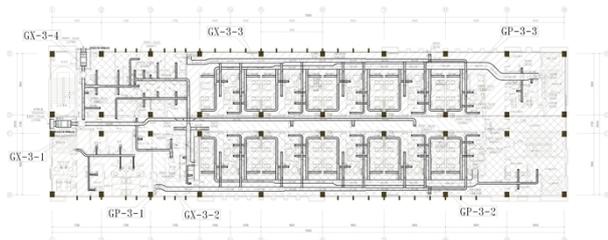


图1 三层通风平面图

Fig.1 Ventilation plan view of the third floor

为确保疫情时期通风系统风量平衡及受控区压力梯度调试的可控性，同时兼顾作为平时非呼吸

道传染病医院运营时通风系统运行控制的灵活性，本设计所有通风系统采用小系统通风类型，且保证各区域送、排风系统一一对应联锁方式，图2所示为第三层送风系统GX-3-3及排风系统GP-3-3流程图，疫情状态：送风系统经初、中、亚高效三级过滤处理后送入室内，排风系统经过高效过滤处理后高空排放至室外；平时状态：送风系统经初、中二级过滤处理后送入室内，排风系统直接高空排放至室外。

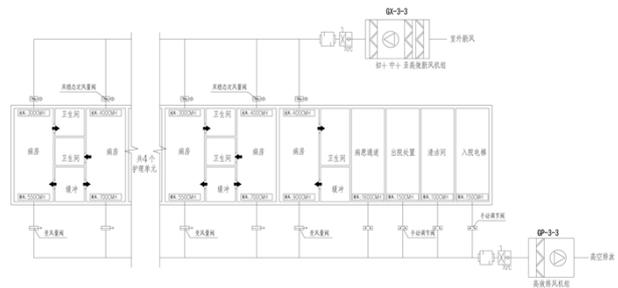


图2 送风系统GX-3-3、排风系统GP-3-3流程图

Fig.2 Flow chart of air supply system GX-3-3 and exhaust system GP-3-3

为满足疫情时期负压病房压力梯度要求，病房机械通风系统设计时采用“定送变排”方式，如图3所示为标准病房单元送、排风平面图示，从图中可以看出，各病房新风支管设置双稳态定风量阀，

排风支管设置变风量阀, 双稳态定风量阀可实现“平疫转换”不同送风量的快速切换, 而变风量阀可通过房间压差传感器反馈值, 自动调整病房排风量恒定房间压差, 同时两套阀门均具有密闭消杀工况下的远程关断功能, 既能保证系统平时运行的安全稳定、也能缩短转换周期满足“平疫结合”的应急响应时间。

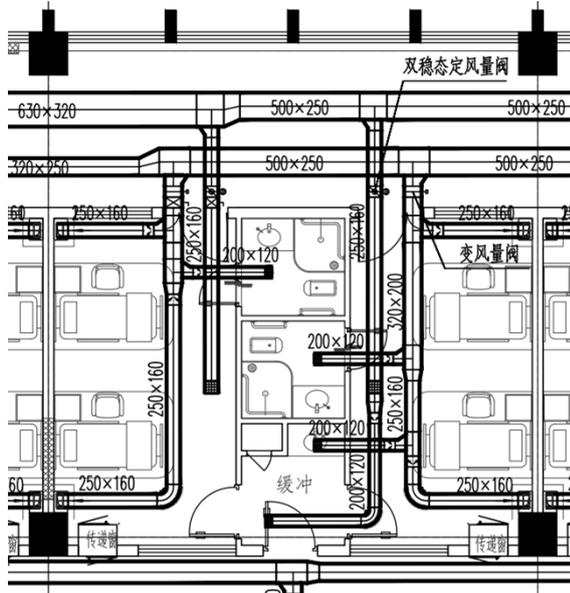


图 3 标准护理单元送、排风平面图

Fig.3 Air supply and exhaust system plan view of standard nursing unit

3 运行分析

“平疫结合”设计要求中, 通风系统应按疫情标准设计, 主要通风设备、管道及配件均应满足疫情工况下的配置要求, 然而实际建成后的传染病医院通风系统必将长期在平时(非疫情)工况下运行, 因此确保整个通风系统在平、疫不同工况下运行的稳定性和节能性成为设计的重点、难点。

3.1 风机选型分析

风机性能曲线 ($P-Q$ 曲线) 可以用一个二次曲线来描述:

$$P = AQ^2 + BQ + C$$

其中, P 为风机压头或系统总阻力; Q 为运行风量; A, B, C 为与风机有关的常数。

设计采用风机变频设计, 风机变频后性能曲线发生移动, 由于风机结构不变, 风机性能曲线的形状不发生变化。变频后风机的性能曲线变为:

$$P = AQ^2 + BQ\zeta + C\zeta^2$$

其中, ζ 为变频后频率与变频前频率的比值。

以排风系统 GP-3-3 管网特性曲线为例, 通过对平、疫两种状态下系统管网特性曲线进行计算分析。得出如图 4 所示的平、疫两种状态下系统管网的特性曲线, 从图中可以看出, 从平时状态向疫情状态转换后, 由于换气次数不同, 系统风量会增加, 同时疫情状态下增加的过滤段会导致管网阻力进一步变大, 管网阻力特性曲线变陡峭。

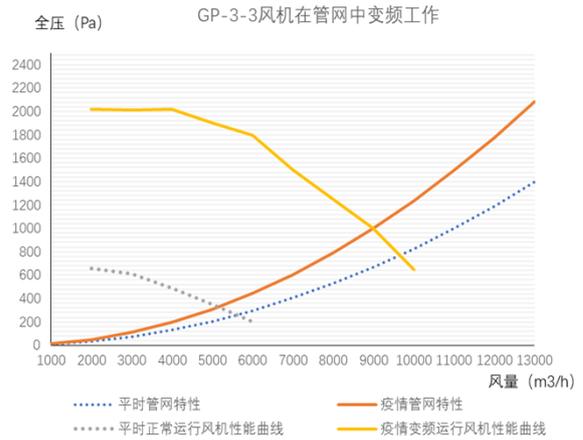


图 4 风机在管网系统中变频工作

Fig.4 Variable frequency operation of fan in the pipe network system

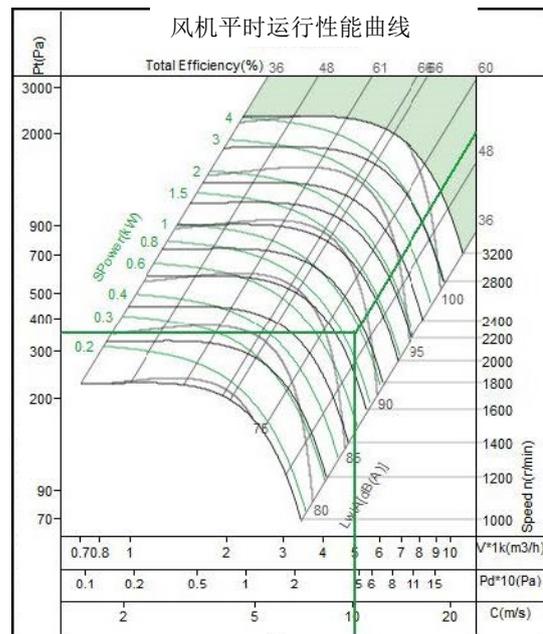


图 5 平时风机运行性能参数

Fig.5 Operation performance parameters of fan at normal times

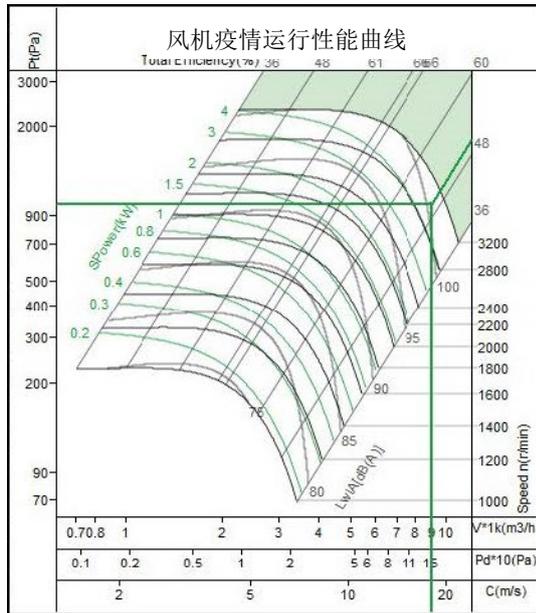


图 6 疫情风机运行性能参数

Fig.6 Operation performance parameters of fan at emergency times

结合上述公式计算结果，可得出排风系统

GP-3-3 风机在“平疫转换”后两种状态运行工作点如图 4 所示，通过结合两种状态下风机运行性能参数，如图 5、图 6 所示，从图中可以看出，平时风机工作点处于低转速运行，疫情风机工作点处于高转速运行，通过调节转速和功率完成系统“平疫转化”要求。设计选用变频风机分别在平、疫两个工作状态点运行时，由于局部房间的阀门动作或过滤器积尘均会导致了系统阻抗发生微小变化，由于变频器的作用，风机工作状态点可根据管网特性曲线的变化，自适应调节，满足系统风量及压力运行要求，确保不同运行状态点下系统运行的稳定性。

3.2 通风系统运行能耗分析

按照上述原则进行风机选型后，结合风机性能参数，以标准层通风系统为例，对该层系统平时及疫情两种状态下进行系统风机用电功率及运行能耗进行粗略分析计算。具体计算结果如表 2、表 3 所示，从表中可以看出，由于考虑“平疫转换”结合设计后，两种状态下系统风量及系统压力变化较大，导致送、排风风机运行功率变化也非常大。

表 2 标准层送风系统运行参数及费用分析

Table 2 Operation parameters and cost analysis of air supply system at the standard floor

运行工况	系统编号	系统风量 (m³/h)	系统阻力 (Pa)	风机功率 (kW)	总送风功率 (kW)	日运行能耗 (kW/h)
疫情	GX-3-1	3000	900	4.0	16.2	388.8
	GX-3-2	5000	1000	5.0		
	GX-3-3	5000	1000	5.0		
	GX-3-4	1500	900	2.2		
平时	GX-3-1	1500	600	2.2	7.15	171.6
	GX-3-2	2500	600	2.2		
	GX-3-3	2500	600	2.2		
	GX-3-4	750	600	0.6		

表 3 标准层排风系统运行参数及费用分析

Table 3 Operation parameters and cost analysis of exhaust system at the standard floor

运行工况	系统编号	系统风量 (m³/h)	系统阻力 (Pa)	风机功率 (kW)	总排风功率 (kW)	日运行能耗 (kW/h)
疫情	GP-3-1	5000	850	4.0	15.8	378
	GP-3-2	9000	900	5.5		
	GP-3-3	9000	900	5.5		
平时	GP-3-1	2800	250	0.75	2.95	70.8
	GP-3-2	5500	350	1.1		
	GP-3-3	5500	350	1.1		

结合本项目各通风系统及风机性能参数,若按商业用电 0.8 元/度计算,可得出标准层平、疫两种状态下风机全年运行费用估算,如图 7 所示为该层通风系统全年运行费用对比,可以看出平时送风系统与疫情状态相比较,平时运行费用为疫情时期的 43.8%左右,而平时排风系统与疫情状态相比较,平时运行费用为疫情时期的 19.0%左右。单从通风系统上就可以看出,若设计不考虑平、疫状态不同设计参数要求,盲目的按照疫情标准设计,而忽略该系统大部分时间作为平时状态使用,人为提高平时使用的标准,会大大提高医院后期的运营费用,同时也造成资源浪费。

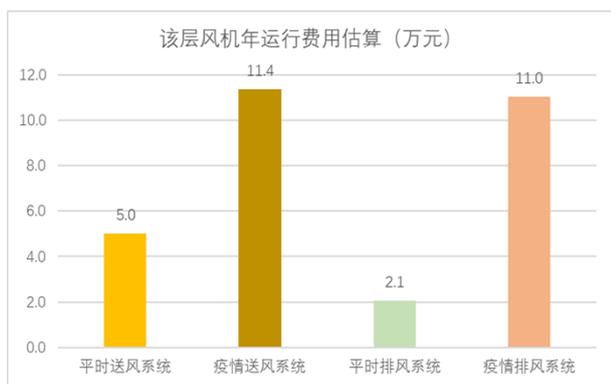


图 7 标准层风机全年运行费用估算对比

Fig.7 Comparison of annual operation cost estimation of fan at the standard floor

4 结论建议

综合上述分析,笔者认为“平疫结合”设计不能盲目的以满足疫情需求为主,反而应该多考虑平时使用需求,兼顾向疫情转化条件。

(1) 在满足疫情时期使用需求的前提下,设计应尽可能考虑平时使用需求,合理划分设置通风系统,可实现平、疫转化安全、节能运行,从而提高医院平时运营效率。

(2) 从项目选型分析可看出,风机平、疫时

期运行工况点相差甚远,在设计中应充分分析系统不同状态下的实际情况,以什么状态作为风机额定工况点,还需结合风机特性进一步深入分析,确保风机高效节能运行。

(3) 平时作为非呼吸道传染病房使用时,应充分考虑各医疗功能区域使用需求,尽可能按楼层及通风系统覆盖区域合理规划医院各科室使用分布,减少通风系统低载或空载运行,节省运行费用。

参考文献:

- [1] 陆琼文. 独立新风变风量系统在负压隔离病房平疫转换中的应用[J].暖通空调,2021,51(2):79-85.
- [2] 牛壮,邹志,军黄晨,等. 变风量空调系统风量平衡调试方法浅析[J].洁净与空调技术,2014,3(1):20-23.
- [3] 李超,尹优. 平疫结合型医院设计思考[J]. 华中建筑,2020,3(4):88-91.
- [4] 陈振喜,闫智. 医院设计和运营中的“平疫结合”——以华中科技大学协和深圳医院为例[J]. 规划设计,2020,21(8):59-61.
- [5] 吕中一,陶邯,张银安. 负压隔离病房通风空调系统设计与思考[J]. 华中建筑,2020,275(4):45-49.
- [6] GB 1039-2014, 综合医院建筑设计规[S]. 北京: 中国计划出版社,2014:35-45.
- [7] GB 50849-2014, 传染病医院建筑设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社,2014:23-27.
- [8] T/CECS661-2020, 新型冠状病毒感染的肺炎传染病应急医疗设施设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2020.
- [9] GB/T 14295-2019, 空气过滤器[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2019.
- [10] GB/T 13554-2020, 高效空气过滤器[S]. 北京: 中国建筑工业出版社,2020.
- [11] 中国中元国际工程有限公司. 云南省重大传染病救治能力提升工程新建及改扩建传染病医院建设项目设计导则[Z].2021.