

重症监护单元环境控制痛点与对策

一、国标对 ICU 设计的基本要求

国标《综合医院建筑设计规范》GB 50134-2014（以下简称《规范》）已经对 ICU 给出了基本的设计要求，侧重于控制感染的建筑设施，特别是空气途径感染措施。空气净化技术是其中一项十分安全、有效、可靠、相对价廉的技术措施。空气净化无非是过滤技术、气流技术与压力控制技术。但一提及洁净技术人们往往会与“造价高、运行费用大”概念等同起来，其实低级别的洁净技术十分经济实用。为了避免引起一些不必要的争论，可以推荐无级别受控环境的概念，只讲控制措施，不提及洁净度级别。

《规范》规定 ICU 可以采用普通空调系统，宜连续运行，应符合换气 6 次，其中新风换气 2 次，在“集中空调系统和风机盘管机组的回风口必须设初阻力小于 50Pa、微生物一次通过率不大于 10%和颗粒物一次计重通过率不大于 5%的过滤设备”的规定。与“普通空调”相差不多。在疫情中大家深刻领会到回风过滤器的重要性，连美国 ASHRAE 也推荐在公共建筑通风空调的回风过滤不应低于 MERV13。

如 ICU 要采用洁净用房的，宜用 IV 级标准设计。IV 级洁净用房规定的送风量要求 8 次换气，送风也不要求高效过滤，只需高中效过滤。《规范》对室内气流分布提出了要求：“重症护理单元病房宜采用上送下回的气流组织，送风气流不宜直接吹向头部。每张病床均不应处于其他病床的下风侧。排风（或回风）口应设在床头附近”。并要求“重症护理单元采用独立的净化空调系统，24 小时连续运行”。这些措施花钱不多，但实践证明十分有效，可以更为有效控制感染风险。

《规范》颁布这些年来 ICU 基本的设计原则已被认可，设计思路是统一的。但是在疫情中应急颁布了许多与 ICU 相关的导则、标准，不仅各自间一些条文互相矛盾，而且与原来的国标体系不太一致，使得设计、施工与验收人员不知所措。在我国 ICU 实施过程中出现了一些问题，亟待解决。

二、我国 ICU 实施过程中的痛点

重症监护单元建立的初衷，就是把危重病患集中起来，这些病患可以来自于院外直接收治入院急诊室的，也可来源于原住院的不同科室。ICU 集中了全院各科最危重的病患，在同一空间内进行监护与治疗，以充分发挥受过良好训练医护人员的作用，运用先进技术对这些危重病患进行不间断监控和强化治疗。与这种新型病房组织形式的良好本意不同，ICU 在实际运行中会出现一些如下一些痛点。

1、ICU 的感染率与交叉感染率很高

重症患者常常是病原体的长期携带者且极易沾染新的病原体，这些不同病种、不同部位与不同感染程度的感染源的共存加大了病患与病患间、病患与医护人员之间的交叉感染风险；ICU 的收治对

象因疾病或手术导致体质虚弱，抵抗力水平很低，且随时存在生命危险，属于极度易感人群，而且感染后往往将造成严重的后果。

另外，护理人员作为患者 24 小时的守护者和治疗操作的直接实施者，长时、频繁地接触患者，ICU 所需设备包括监测仪器和治疗、急救设备增加了接触感染的感染源，尤其与病患直接接触的监护（如侵入性有创监测技术）、诊疗设备可能散发污染（如插管喷发气溶胶、呼吸机的排气等），护理人员因为护理操作不当，或护患比例不够需管理多名危重病患很容易引起感染。ICU 的空调系统常将患者与医护人员合在一个系统，这些因素混掺在一起，极易造成交叉感染！

ICU 医生和护理人员的感染可能将病原体蔓延至其他科室，形成全院感染。且 ICU 病患治愈后，又返回原科室或分散到其它科室，使得在 ICU 内的病菌，甚至耐药菌株被携带到医院各处，有可能引起全院的流行，更加重控制难度。

2、ICU 室内空气质量差

良好的室内空气质量（IAQ）是预防医院获得性感染的重要非药物策略。重症患者大多是重病、久病以及老年患者，其发菌、呼气以及身体散泄气味发生。加上 ICU 室内物表消毒量与频次要比其他病房多，消毒气味大。如室内气流组织设计不好，不良气味造成室内空气质量下降，医护与患者感觉不佳，即使新风指标达到要求也感到气闷、异味过大。

相比于国外 ICU 集中净化空调系统，我国不少 ICU 采用风机盘管+独立新风系统，新风量不能变化。又偏爱采用上送上回气流，无法将患者发生的菌尘气溶胶就地抑制、尽快沉降、缩短在空间的滞留时间，难以有效稀释、抑制或排出。运行时间一长，室内菌尘与气味长期积累，使室内空气质量更加恶化。

3、ICU 空调系统会出现二次污染

大多院方与设计人员对 ICU 的空调系统不重视，视作普通病房的舒适性空调系统。没有采用符合《医院洁净手术部建筑技术规范》GB50333-2013 与《洁净手术室用空气调节机组》GB/T 19569-2004 要求的医用空调机组。在室内没有设置达到《综合医院建筑设计规范》GB 51039-2014 要求的回风过滤器。我国 ICU 又偏爱采用风机盘管机组，难以配置像全空气空调机组高性能的部件，无法变新风量，问题可能会更大。因此室内患者的发菌、发尘与气味很容易进入空调系统，积尘积水，引发滋菌，造成二次污染。

4、缺乏 ICU 环境控制的合适的空调设备

针对国内 ICU 现状，医护人员很重视 ICU 的新风，常常要求 ICU 直接开窗通风，但是开窗进风的状态、风量与方向取决于室外天气状况，无法控制。甚至有时会产生负面效应。因此开窗通风是有限的、被动的、无组织流动。只有通风空调才能满足室内环境控制要求。在合适的气象条件下

加大新风量供给，又能保持 ICU 对外压差保持不变的空调系统对 ICU 室内环境控制十分有利。尽管过去有变新风量的双风机空调机组，但是实际上难以做到这点。

《综合医院建筑设计规范》GB 51039—2014 规定：“集中空调系统和风机盘管机组的回风口必须设初阻力小于 50Pa、微生物一次通过率不大于 10%和颗粒物一次计重通过率不大于 5%的过滤设备”。回风过滤器既要满足规定的效率又要达到如此低的阻力，在国内常常采用 PP 驻极熔喷滤材，这样的空气过滤器会因湿度大等因素使滤材带静电消减其过滤效率会下降得很快，造成室内环境失控。迫切需要效率恒定的低阻高中效空气过滤器。

目前市场上即使有初阻力小于 50Pa、微生物一次通过率不大于 10%和颗粒物一次计重通过率不大于 5%的过滤设备，但要配置这样空气过滤器的风机盘管机组的机外余压要满足过滤器 2 倍初阻力与相应管路阻力，则机外余压应不小于 150Pa。国内还没有机外余压那么大的风机盘管机组。

因此，恒压差变新风量的空调机组、机外余压不小于 150Pa 的风机盘管机组以及恒效低阻回风过滤器是目前 ICU 环境控制的紧迫需求的装备。可喜的是近年来我国已陆续研发与生产出这些成熟的产品，为创建适宜的 ICU 医疗环境提供了物质基础。

三、ICU 环境控制对策

如上所述 ICU 集中了全院各科最危重的病患反而增加了交叉感染的隐患，而且感染的复杂性与难以控制的特点，成为 ICU 环境控制的痛点。针对现代化 ICU 对医疗环境提出了新的要求，必须要有新的控制理念以及综合性的控制措施，而不是片面强调某一方。

1、首先 ICU 区域医疗用房推荐Ⅳ级，优先采用净化集中空调系统，普通工作区和污物处理区用房可采用普通集中空调系统。ICU 内患者区域与医护人员区域宜分为两个独立空调系统。为满足Ⅳ级洁净用房要求。设计风量不小于 8 次，其中新风量不小于 2-4 次。ICU 对走廊或走廊对外界宜维持不小于 5Pa 的正压，医护人员区域正压略高于患者区域，使得气流向外扩散流动。

2、ICU 的净化空调系统和普通集中空调系统的新风系统、回风口和排风口应设置阻隔式过滤器。当 ICU 只能采用风机盘管机组时，Ⅳ级用房采用的风机盘管机组的送、回风口设置高中效过滤器。如果难以匹配到低噪声高余压的风机盘管机组，可以串联一个上送下回的净化机组。至于Ⅴ级用房采用的风机盘管机组的回风口则需设置高中效过滤器。需采用相应机外余压的风机盘管机组。

3、ICU 病房净化空调系统的气流组织：

(1) 推荐采用集中净化空调系统，送回风口采用上送下回布置，送风口宜设在每床后方距床尾不小于 0.5m 的顶棚上，回风口应位于每床床头一侧下方，可形成较为理想的气流组织。上送下回的气流能尽快排走患者呼出物及呼吸机的废气，送风气流不直接吹向患者的头部，但可笼罩进入对患者治疗或护理的医护人员，使医护人员处于患者的上风侧。

(2) 当只能采用风机盘管机组时，宜通过墙内风管上送下回；特别是不得不采用风机盘管机组上送上回时，

送风口应在床头侧顶棚上，回风口应在床尾侧顶棚上，顶棚送风口与回风口相距不宜小于 2m。

（3）开放式多床 ICU 病房应在顶棚上设排风口且数量不少于 2 个，风口内应安装中效过滤器。宜采用上送下回的气流组织，送风气流不宜直接吹向头部。每张病床均不应处于其他病床的下风侧。排风（或回风）口应设在床头附近。要求保持定向流动，定向流动不应受到局部设备气流的干扰。多床病房气流组织不应使某个病床处于另一个病床的下风向。

4、重视新风对 ICU 室内空气质量与降低感染风险的作用。推荐采用恒压差变新风量空调机组，可以根据室外状态同时变化新风量与排风量，不仅能利用室外新风的自然能量，而且能提高室内空气质量，直至室外气候合适时全新风运行，而始终保持压差不变。为了排除室内气味与菌尘积累，该机组可以全年设定每天计算出清晨温度最低时（如凌晨 4 时）自动转换为全新风全排风，运行 0.5-1 小时。对室内进行一次彻底换气，排除污染空气，消除了交叉感染风险。这是一种好办法。