

## 隔离病房

### 背景

十余年来，人们日益意识到室内空气质量问题以及这一问题与设施 HVAC（暖通空调）系统合理/不合理设计的相互关系，在卫生保健业中问题尤其突出。在医院，病人、卫生保健工作人员和探访者感染疾病的第二大主要原因就是疾病通过被污染空气传播<sup>1</sup>。

近来，由于在某些特定人群中，肺结核已暴发达到流行病的比例，人们对这个问题的认识更加强烈。许多位于高风险地区的医院已经无法承受感染了肺结核病（处于潜伏期或活动期）的病患量。此外，还出现了新的耐受药物治疗的结核菌株感染病例，所以相关的死亡率较高，这些新菌株称为多药耐药肺结核菌株（MDR-TB）。

将 MDR-TB 问题与 HIV/AIDS 相关病人数量的急剧增加联系在一起，肺结核问题变得更加关系重大。

*“免疫缺失病人由潜伏期肺结核感染发展为活动期结核病的危险性较大，HIV 感染是已知的发生这种情况的最危险的因素。肺结核的潜伏期感染病人又感染 HIV 的每年有 8%到 10%的人发展为活动性结核。HIV 感染病人已有相当严重的免疫缺失，其中新的肺结核菌*

## 隔离病房设计指南

---

人们已经注意到，在 1991 年，有 27,000 例新的肺结核感染病例报告到 CDC（疾病控制中心），美国肺病学会估计，如果不花大力气，在十年内，每年美国至少会出现 50,000 例新的肺结核病人<sup>3</sup>。

在 1993 年春天的一次会议上，CDC 的官员表示，他们计划投入尽可能多的资金来防止多药耐药肺结核病在随后五年内的流行，就像他们过去五年中在艾滋病（AIDS）方面所做的一样<sup>4</sup>。

根据上述事实 and 1994 年发布的 *在卫生保健设施中防止肺结核分支杆菌的 CDC 指南*，卫生保健业正在主动做好准备。这一指南特别推荐在卫生保健设施区域内的进行通风和压力控制用以帮助防止肺结核菌在设施内传播。负压隔离病房（按常规称为传染性隔离病房）被认为是防止传染的一个关键因素。

专题讨论和研究论文也指出：医院环境中的污染控制是保证手术后继续康复的一个关键因素。接受器官移植和整形外科手术的病人对空气传播病原体特别易感。

器官移植病人在术前可能会特意被置于免疫抑制状态，以防止出现器官排异的危险。此外，通过服用诸如 Cyclosporin 一类药物，这些病人长期保持在免疫系统抑制状态中以防止排异反应。无论如何，这种病人都处于发生致命感染的危险中。特别是在实施这一措施的早期几天中，如同易于死于器官排异，还很可能会死于术后感染，如肺炎等<sup>5</sup>。而且，病人自己的疾病防御机制得到恢复之前，

## 隔离病房设计指南

---

他们一直都极易受到其它疾病的攻击。此外，烧伤病人和艾滋病病人及感染者的免疫系统一般都受到了损害，因此特别容易患其它疾病。

上述情况都适合于使用提供高质量的、无病原体空气的正压隔离病房，这些隔离病房一般称为“**保护性隔离病房**”。

HVAC 设计工程师的职责是：设计正确的通风和压力控制方案，保证为传染性隔离病房和保护性隔离病房提供安全有效的遏制和防止空气传播病原体的扩散的方法。本手册欲根据 1993 年 AIA（美国建筑师联合会）医院及医疗设施的建设和设备指南<sup>6</sup>、ASHRAE（美国采暖，制冷与空调工程师学会）1991 年版手册<sup>7</sup>以及上述的 CDC 指南中收集的资料，提出有关医院隔离病房的一般设计需求和控制方法。

很多的国家建筑法规（如：NBC，UBC，SBC 等）都经全部或修改后为州或地方政府所采用。这些国家法规可能也参照了与前面 CDC、AIA 和 ASHRAE 指南不同的各种隔离病房需求。因此，我们特别建议要审查所有相关的州的和地方的有关隔离病房处理方法的建筑法规。要与卫生保健设施的工程和传染病控制人员一起进行进一步的审查与讨论，这对于整合正确的设计需求也是必不可少的。

### 传染性隔离病房

传染性隔离病房存在于卫生保健环境中已有数年，它为卫生保健工作人员（HCW）、病人、志愿者及探视人员等提供保护。然而，如前文所述，由于近年来肺结核病的再次流行，我们重新特别关注于防止这种潜在致命疾病的传播，隔离病房是这一规划中不可或缺的部分。

DHHS（健康和公共事业部）、CDC 已经更新并替换了前一版的防

8 9

新文献—94 版《卫生保健设施中防止结核分支杆菌传播指南》于 1994 年 10 月 28 日发布。

Phoenix 公司在《隔离病房标准与指南》这本资料中摘录了 CDC 指南的内容，其中，部分内容重点讨论了肺结核病并推荐了防止疾病传播所需工程控制方法。

CDC 指南中，我们应注意到：

*“肺部或喉部结核病病人打喷嚏、咳嗽、讲话和唱歌时都可能产生空气传播的微粒和飞沫核，这些微粒或飞沫核中携带着结核分支杆菌。这种微粒的大小大致为 1~5 微米，正常的空气流能够使它们在空中停留很长时间，并使其在房间内或建筑物内传播。易感人员如果吸入带有结核分支杆菌的飞沫核，就会被感染。”*

## 隔离病房设计指南

---

增加传播可能性的环境因素包括：a) 空间相对较小且封闭；b) 局部或全面通风的风量不足，这会导致传染性的飞沫核得不到充分稀释或/和排除；c) 包含传染性飞沫核的空氣的再循环。”<sup>10</sup>

“最近，已有几次在卫生保健设施内的人群中发生突发肺结核病的报告。许多这种突发都涉及到多药耐药肺结核菌株对病人和卫生保健人员的传播。大多数的病人和部分卫生保健人员是艾滋病病毒感染者，在这些人中，新的肺结核感染很快发展为活动性肺结核病。与这些疾病突发相关的死亡率很高（在 43%~93%）。此外，从诊断到死亡的时间间隔短暂（间隔时间的中间值为 4~16 周）。造成这种疾病发的因素包括肺结核诊断的延误、没有及时认识到耐药问题以及对开始有效治疗的延误，所有这一切导致了传染期的加长、肺结核病人隔离延误以及隔离时间不足、隔离病房通风不充分、肺结核隔离措施失误、对咳嗽诱导作用的过程防范不足和缺乏足够的呼吸保护”<sup>11</sup>。

从上述段落可以看出，贯穿整个 CDC 指南，正确的通风在防止肺结核传播中起到了关键作用。指南中特别提到，采用工程控制，其控制措施要：“…防止传播和降低传染性飞沫核的浓度”<sup>12</sup>。

## 隔离病房设计指南

---

指南中所指的工程控制包括：

1. 局部排风（源头控制）—利用隔间、帷罩和通风柜；
2. 全面通风—降低空气污染，控制气流方向；
3. 空气净化—通过 HEPA 过滤器和紫外线杀菌照射（UVGI）<sup>13</sup>。

以下部分将只涉及全面通风问题，因为这是 HVAC 设计工程师所首先关心的。局部排风源头控制和空气净化因其与隔离病房有关，在 CDC 指南中仅仅强调了一下，在 Phoenix 的*隔离病房标准与指南*这本小册子中也只是提及。

下面斜体的内容是直接摘自 CDC 指南的，实质上，该指南已经成为了肺结核隔离病房通风和压力设计指南，并且一般来说，是传染性隔离病房的通风和压力设计指南。其它的参考资料是 AIA 和 ASHRAE 提供的文件。

## 隔离病房设计指南

---

根据指南，全面通风可以分为五个重要方面：

### 1. 稀释与排除

a. **系统**—单向的、100%房间排风的系统：“---对已知有传染性的空气传播飞沫核存在的区域是首选（例如：肺结核的隔离病房或治疗室），因为它可以防止污染空气再循环到设施的其它区域<sup>1/4</sup>。…根据适用的联邦的、州的和地方的法规，来自肺结核隔离病房和治疗室、接触过已确诊的或者被怀疑的肺结核感染病人的空气应被排出室外。”<sup>15</sup>

循环风系统可以在隔离病房或一般区域内使用，如前室、急诊室和送风经过了 HEPA 过滤的房间，而这一点 CDC 不是非常赞同。

“一些情况下，空气从这些房间再循环到全面系统是不可避免的（例如：通风系统或者设施构造导致不可能将排出的风排除到室外的现有设施）。在这种情况下，HEPA 过滤器应安装在房间到全面通风系统的排风道上以在空气回到总排风系统之前从空气中排除感染微生物和飞沫核大小的微粒。

## 隔离病房设计指南

---

单独房间—空气再循环可以在没有全面排风系统的区域使用，---在希望增加通风而不影响新鲜空气供给和已有的负压系统的地方使用。HEPA 过滤的空气在房间中循环可以通过几种方法实现：(a) 将房间内的空气排至风道，经过风道上安装的 HEPA 过滤器过滤，再将其送回室内；(b) 通过安装在墙上或天花板上的 HEPA 再循环系统过滤空气；(c) 通过便携式 HEPA 再循环系统过滤空气。”<sup>16</sup>

然而，相比 CDC 指南允许在一些情况下使用再循环空气，在 AIA 文献的表 2 中，“所有空气（都应该）直接排到室外…”并<sup>17</sup>且空气不可以“…依靠房间级装置再循环<sup>18</sup>。…来自这些污染区域和/或气味有问题的空气应直接排到室外，不再循环到其它区域<sup>19</sup>。…由于净化困难并可能形成污染，房间级的再循环装置不允许使用…”<sup>20</sup>。ASHRAE（美国热工、制冷和空调协会）也认为不可以通过房间级装置再循环空气，所有空气应排出室外，没有例外<sup>21</sup>。

在定风量系统和变风量系统之间，ASHRAE 和 AIA 都推荐选择定风量系统：



## 隔离病房设计指南

---

ASHRAE:

“在危重护理区域，除了下面所述用于无病人居住房间的情况，定风量系统都应该用来确保正确的压力关系和通风。在非危重病人护理区和职员办公室，考虑到节能问题，可考虑采用变风量系统。当在医院里使用变风量系统时，应该特别注意保证最小的通风率（按照法规要求）和不同部门之间的压力关系。当采用变风量系统时，应采用送风、回风、排风量的追踪方法控制压力关系（Lewis 1988）”<sup>2</sup>。

AIA:

“变风量控制既不应该用在要求空气向外流动以控制污染物和气味的区域，也不应该用在要求空气向内流动的区域，除非为排风提供一种可接受的备用补风源以保持最小换气。尽管设计满足这些空间空气质量要求的变风量系统是可能的，控制的复杂性可能会使这样一个系统不可靠且难于维护。应该只有在经过仔细考虑了控制可靠性，并且足以证明可以获得能量节省后才能在要求正向空气流动区域使用变风量系统”<sup>2</sup>。

b. **通风**—有效的稀释控制需要每小时多少换气次数，在这方面有很多争论。争论将激烈进行下去，直到定量测试能够证明可能的较高换气次数下危险的降低。

## 隔离病房设计指南

---

“ASHRAE, AIA 和 HRSA (卫生资源和服务管理局) 建议肺结核病隔离病房和治疗室的 ACH (最小换气次数) 为 6 次/小时。这一通风率是根据舒适和气味控制考虑的。这一空气流量减小房间内飞沫核浓度从而降低空气传播病原体的传播的效力还没有经过直接的或者充分的评估。相比更低一些的通风率, 大于 6 次/小时的换气次数可能使室内细菌浓度越来越低。然而, 因特定量的全面通风增加而产生的风险减低的准确的量还未获得, 并且可能是得不到的。为了减少飞沫核浓度, 在现有卫生保健设施中, 肺结核隔离病房和治疗室的空气流量应大于等于 6ACH, 在可以实行的地方通风率应该通过调整、改进通风系统或通过使用辅助设备 (如: 通过固定的 HEPA 过滤系统或便携式空气净化器再循环空气) 提高到 12 次/小时以上。新的建设或现有卫生保健设施改

24

AIA 和 ASHRAE 参考资料建议隔离病房最小的换气次数为 6 次/小时, 其中按照 AIA 规定, 最少有 1 次为新风, 而 ASHRAE 规定是 2 次。AIA 和 ASHRAE 进一步指出前室和卫生间的通风率应为 10 次/小时。<sup>25, 26</sup>

### 2. 室内气流组织方式

气流组织应排除死区、停滞和送、排风短路。

“为了提供最佳的气流组织方式，送、排风的定位应使洁净空气首先流过房间中卫生保健人员可能的工作区域，然后流过传染源进入排风口，这样，卫生保健人员就不会处于在传染源和排风口之间。尽管并非总是有可能实现，但是只要可行，都应使用这种配置。实现这种气流组织方式的一种方式是在房间的一侧，与病人相对，排风从病人一侧将空气排出；而另一种方式是在送风温度比室内空气温度低时是最为有效，这种方式下，送风在天花板附近，而排风在地板附近。气流组织方式受到大空气温差、送排风准确位置、家具摆放位置、卫生保健人员和病人活动情况

27

ASHRAE 也推荐高处送风，低处回风：

“一般的，我们建议，向敏感的超净区域和高污染区域送风的送风口应安装在天花板，围绕的或者单个的排风口安装在地板附近，这就使得洁净空气通过呼吸区和工作区向下流动到污染的地板区域排出。这种情况下，回风口或排风口的底部应在房间地板上方不低于 3 英寸高。”<sup>28</sup>

## 隔离病房设计指南

---

虽并未特别提及隔离病房，AIA 也强调推荐在大多数应用中使用高送风低回风，并且在附录中提出了一般性意见：

“为了在功能性区域中提供可接受的室内空气质量，应仔细考虑回风末端的位置。将送风和排风设备安装在天花板上、或者安装在相对的侧墙上的普通做法会将送风直接短路到排风，由此将实质上降低通风效力和制冷/加热能力。病人居住空间内空气分布的方式至少与送到房间内的风量大小同样重要。”<sup>29</sup>。

### 3. 设施气流方向

病原体可能传播到设施其它部分，为加以限制，隔离区域应该设计提供定向气流，该气流应从洁净区域流向较不洁净区域。

“全面通风系统经设计和平衡应使空气从较少污染的区域（即：较为洁净的区域）流向较多污染区域（较不洁净区域）。例如：空气流向应从走廊（洁净区域）流入肺结核隔离病房（较不洁净区域）以防止污染物传播到其它区域…通过在希望气流流入的区域中产生较低（负）压力控制气流流向。为了使空气从一个区域流向另一区域，两个区域的空气压力必须是不同的。空气从较高压力区域流向较低压力区域，较低压力区域被描述为相对较高压力区域为负压。负压是通过使区域排风高于送风获得的。为了实现所需要气流向所必须负压值的大小取决于通风系统和区域的物理配置，包括气流路径和气流缝隙，它由有经验的通风工程师个人决定”<sup>30</sup>

## 隔离病房设计指南

---

简单的量化体积追踪方式会保证正确的压力，并因此确保定向气流。

ASHRAE 对气流做了一般性讨论：

“在医院和其它卫生设施中，在设计和运行时有必要对气流进行控制以使污染物传播减至最小。由于开门、工作人员和病人活动、温差以及被垂直开口如医院里常见的直管、电梯井、楼梯井和机械竖井所加剧的烟囱效应，房间和地面之间不合要求的气流常常难于控制。当其中有一些因素超出实际控制范围时，通过关闭密闭房间内的竖井口并且设计、平衡空气系统在某些房间或区域内产生正压或负压，其它因素的影响可能会减至最小。”<sup>31</sup>。

还有关于病房和病房走廊区域的意见：

“尽管并不需要不间断的流向控制，变化也应该减至最小，并且绝不能因流向控制不够使传染病从一个区域传播到另一个区域。功能区域（病房或者科室）之间的交界处应进行流向控制。

Lewis(1988)<sup>32</sup>对一些应用空气追踪控制保持流向的控制方法做了描述”<sup>3</sup><sub>3</sub>。

而 AIA 建议：

“为了维持无菌控制，送风和排风应该按常规控制以保证空气从“洁净”流动到“较不洁净”区域，特别是在危重病区”<sup>3</sup><sub>4</sub>。

### 4. 房间负压

a. **负压建立**—与前面所述的设施气流方向类似，通过气流平衡建立的负压关系是用来保持定向气流并防止污染物逸出房间的。

“用以实现并维持负压、使气流流入房间所必需的最小压差非常小（0.001 英寸水柱）。较高的压力（大于等于 0.001 英寸水柱）符合要求；然而，这些较高的压力可能难于实现。所获得的实际负压大小取决于送排风流量差和房间物理构造，包括气流路径和流经缝隙。如果房间密封得好，负压大于最小值 0.001 英寸水柱易于实现。然而，如果房间密封不好，为了获得较高负压，可能会使所需送、排风流量差超出通风系统的能力，很多设施（特别是较为陈旧的设施）中都可能有这样的情况。

为了在具有通常的功能性通风系统的房间中建立负压，首先要平衡房间送、排气流以实现排风流量大于送风流量 10% 或者 50CFM。在大多数情况下，这个参数应该实现至少 0.001 英寸水柱的负压。如果最小的 0.001 英寸水柱没有或者不能通过流量差（在通风系统的限度内）实现，应该检查房间泄漏情况（例如：通过房门、窗、管件及设备墙体的渗透），并且应该采取正确的行动来密封泄漏。

## 隔离病房设计指南

---

房间的负压能够通过改变通风系统运行或者通过打开、关闭房间、走廊的门、窗户改变。运行配置建立后，至关重要的问题是隔离病房和其它区域的门窗完全保持关闭（例如：影响空气压力的走廊的门），除了当人需要进入或离开房间区域时。”<sup>35</sup>

“压差传感器可以用来监测负压，它们既可以提供定时的（不连续）压力测量也可提供连续的压力监测。连续的监测部件可以通过简单的声/光报警信号提示空气压力偏低。此外，它也可以提供可读取压力的信号，它可以记录下来用于随后的验证或者用来自动调整设施的通风控制系统。

压力测量仪表应探测流入房间气流的路径内的房间压力值（例如：房门底部）。房间内不寻常的气流组织方式可引起压力的差异；例如：空气可能在门中部是负压，而在同一扇门的底部则为正压，如果仪表的压力探头不能直接穿过气流路径，也需确认检测点负压与穿过路径位置上的负压是并且保持相同。

压力传感仪表应使声讯报警结合时间延迟以表明门是打开的（不需报警）。进入房间的门打开时，负压值会降低。经时间延迟的信号应该考虑足够的时间供人员进入或离开房间而不会激活声讯报警。”<sup>36</sup>

## 隔离病房设计指南

---

“使用压力传感器的一个潜在问题是用来获得小负压的压力差使我们有必要使用非常灵敏的机械仪表、电子仪表或者压力测量仪来保证精确测量。使用不能测量小压力的仪表时（例如：小到 0.001 英寸水柱），就需要设定较高的负压，这一负压可能难于获得，并且在某些情况下不可能实现。

需要定期检查以保证…连续监控仪表，在使用情况下运行正常。”<sup>37</sup>

ASHRAE 也表达了它们对压差的关心：

“压力仅在完全密闭房间内能够得到保持。因此，压力区域之间所有房门的较好的紧密配合或将开口关闭是非常重要的。在门上使用挡风雨条和可调门缝可获得最佳效果。打开两个区域之间的门或者封闭的开口会将两个区域之间存在的压差瞬时降低到零。当这种打开情况出现时，因为两个区域之间的温差会导致热流，就会发生自然的空气交换。

“当按规定要有人员在不同场所和区域间活动时，要求相对邻接场所维持压差的危重病区域需要适当使用气闸或前室”<sup>38</sup>。

b. **测试**—在房间已经准备、测试、平衡完毕，并且最终被病人居住后，日常的气流流向和负压关系的保持与监测是不可避免的。



## 隔离病房设计指南

---

“肺结核病隔离病房用于肺结核病的隔离时，应该每天检查房间

39

### 5. 肺结核病隔离病房

卫生保健设施中，防止肺结核或者其它传染病传播的最为有效的屏障是房间通过负压隔离。AIA 的文献推荐：

“对于设计用于使来自或者到病人的传染危险减到最小的隔离病房，至少每 30 张急诊病床（或其中一部）要有一个隔离病房…”<sup>40</sup>。“这些指南中所描述的传染性隔离病房是指那些可以在一般社区医院使用的传染病隔离病房。假定大部分隔离措施将用于传染病人，并且不需隔离时，房间也应该适合于正常的特别病人。这种折中显然不是用于标准隔离的”<sup>41</sup>。

根据 CDC 规定

“肺结核病隔离病房用来： a) 将可能有传染性肺结核的病人与其他人分开， b) 提供一个通过各种工程方法使飞沫核浓度降低的环境， c) 防止飞沫核从肺结核病隔离病房和治疗室中逸出，从而防止多药耐药肺结核菌株进入走廊和设施的其它区域。”<sup>42</sup>

## 隔离病房设计指南

---

隔离病房中前室的采用提供了更高层次的污染物控制，并且我们始终都应考虑使用前室。

“尽管前室并非用来替代房间负压，但在隔离病房的门打开和关闭时，它还是可以用来减少飞沫核逸出。有些前室有它们自己的送风道，但是其它的都没有。肺结核病隔离病房相对前室应为负压，但前室相对走廊的压力取决于建筑的设计。这应该根据由具备资格的通风工程师制定的实施规范确定。”<sup>43</sup>

ASHRAE 和 AIA 也赞同采用前室：

ASHRAE：

“设计者应与卫生保健规划人员和法规专家密切合作以确定正确的隔离病房设计。当由设计任务书提出要求时，可能希望提供更为完备的控制，需要有一个单独的前室作为气闸用来使空气传播小颗粒从病区传播到相邻区域的可能减至最小。”<sup>44</sup>

有趣的是，ASHRAE 和 AIA 都提到，如果设计任务书允许，还有多用途房间类型：

## 隔离病房设计指南

---

ASHRAE:

“一些设计者设计了允许最大限度地灵活使用空间的隔离病房，这一灵活性是通过采用改变排风使流向反转的方法实现的。这种方法只有在用于不同类型隔离措施的正确调节得到保证时才是可用的”<sup>4</sup><sub>5</sub>。

AIA:

“预期的病患量下，在同时需要考虑到传染性和保护性隔离的场合，通风要根据需要改变。仅在用于不同类型隔离居住的正确调节能够得到保证的情况下，可反转空气流向的、允许隔离病房空间得到最大限度地灵活使用的变风量送风和排风系统才是可以接受的。医务人员应该对这一调节控制进行监督。”<sup>46</sup>

### 传染性隔离病房小结

概括地说，在设计传染性隔离病房时，通风（HVAC）设计工程师应该就以下标准作出评价：

- 要高度推荐 100% 单向全排的排风系统。
- 由于净化的困难和污染物的积累，不应采用房间级的再循环装置。

## 隔离病房设计指南

---

- 根据 CDC 规范，房间级再循环仅应当在以下区域考虑使用：在没有全面通风的区域；在通风系统不能提供足够的气流的区域；希望稀释程度增加的区域。
- 应该使用定风量系统代替变风量系统。
- 当排风再循环回房间时、排到设施其它区域或者排到室外的空气有机会重新进入设施内的时候，应经过高效过滤器过滤。
- 传染性隔离病房最少需要每小时 12 次换气（其中有 1~2 次来自于室外）；盥洗室和前室需要每小时 10 次换气。
- 送风应该位于房间一端而排风在另一端；也可以送风在天花板附近而排风口底部最少在地面上方 3 英寸高。
- 应当控制设施气流使其从较洁净的区域流向较不洁净的区域。
- 房间的负压应设定使排风量大于送风量的 10%（差不应小于 50cfm）。压差最小为 0.001 英寸水柱，向内的最低风速为 100fpm（当门关闭时）。推荐采用气流追踪控制方法。
- 使用中的肺结核病房应通过发烟管和空气流速测量仪表进行日常监测。
- 隔离病房相对走廊和其它与之相连的区域是负压。
- 推荐采用前室。依据 CDC 规范，前室（被采用时）要与走廊等压，并且如果它有送风则要相对病房正压。如果采用了前室，但前室无送风时，它应该相对病房正压，相对走廊负压。

### 保护性隔离病房

正如在本指南开始的背景一节中讨论的，正压的保护性隔离病房在帮助对传染抵抗力弱的病人的恢复中起到了关键性的作用。烧伤病人和器官移植病人在其恢复期间对空气传播病原体高度易感。此外，具有讽刺意味的是，患有传染性疾病的病人（例如：肺结核病）也需要高质量的空气。“已经导致病人住院治疗的传染病使病人对抗另外的二次传染的能力降低，并且会使这些病人免疫力不足。带有人体免疫缺损病毒（HIV）的病人或患有活动性艾滋病（AIDS）的病例、肝炎病人和肺结核病人对其他传染病特别易感。空气中病原体低含量对于这些病人至关重要。”<sup>47</sup>

在传染性隔离病房特别是防止肺结核传播方面有大量文献，相比之下，文献中只有一小部分是保护性隔离病房撰写的。因此，在各种参考资料中写到保护性隔离病房时，常常要将其与传染性隔离病房相对照。似乎无论对传染性隔离病房采用了什么明智的设计方法，都应该也应用于保护性病房。

据此，以下对保护性隔离病房的全面通风的需求与传染性病房相类似。由于 CDC 指南只是针对肺结核病问题，正如我们前面所指出的，暖通空调（HVAC）设计工程师唯一能够获得参考的定量的参考资料都不超出 ASHRAE 和 AIA 文献的范围。同样，我们也应该审查有关的地方和州的法规。

## 隔离病房设计指南

---

涉及保护性隔离病房全面通风的五个方面为：

### 1. 稀释与排除

a. **系统**—与传染性隔离病房相比，建议采用的 HVAC 系统的类型（即单向流或循环）看起来不是特别重要。ASHRAE 只是概括地说：

“用于免疫抑制病人的病房的独立、专用的空调系统简化了压力控制和空气质量控制...”<sup>48</sup>

对来自中央通风空调系统的送风进行过滤（而不是系统类型）看来对减少空气传播病原体最为重要。AIA 和 ASHRAE 的文献都推荐使用双过滤器。

ASHRAE：

“需要采用双过滤器的场合，1# 过滤器（效率 25%）应位于空调设备的之前，2# 过滤器（效率 90%）应位于送风机、循环喷雾、水系统及水槽型加湿器的之后。”<sup>49</sup>

ASHRAE 也推荐使用 HEPA 过滤：

“经 DOP 测试，效率达 99.97% 的 HEPA 过滤器应该用于在为下述用途的病房供风的送风系统中使用，该类病房应用于对因患白血病、艾滋病或烧伤、骨髓移植、器官移植而高度易感的病人的临床治疗。”<sup>50</sup>

## 隔离病房设计指南

---

与传染性隔离病房一样，不允许采用就地循环的房间级装置，并且根据 ASHRAE 规范，所有空气都应排出室外。关于空气全部排出室外，AIA 未发表意见。

在传染性隔离病房一节中比较定风量和变风量系统的一般性讨论在此也适用，而定风量系统是推荐使用的方法。

b. **通风**—除了根据类似传染性病房设计任务书的列表推荐的最小换气次数之外，这里不多讨论空气换气次数。这也许是因为送风推荐使用了 HEPA 过滤，这会将绝大部分可能污染病人的污物过滤下来。

AIA 和 ASHRAE 文献推荐隔离病房的最小换气次数是每小时 6 次，其中 AIA 规定一次换气来自室外，ASHRAE 则规定 2 次来自室外。AIA 和 ASHRAE 规定前室和盥洗室的换气次数是每小时 10 次。

51, 52

## 2. 房间气流组织方式

与传染性病房一样，气流组织方式影响对空气传播病原体的控制。一般的，我们也建议送风位于高处靠近天花板、回风位于低处接近地板以避免空气的停滞与短路。在 ASHRAE 或 AIA 文献中没有专门对两类病房进行详细比较的参考资料，因此，在传染性隔离病房一节中的说明在此也适用。

### 3. 设施气流方向

对设施气流所提建议本质上与传染性病房相同。正如在传染性隔离病房一节的概括性说明中所看到的，AIA 和 ASHRAE 文献都对“从洁净到较不洁净”的空气流动做了一般性讨论，两个组织在此问题上没有差别。这种关系对保护性隔离病房同样适用，因为你会需要连续用洁净空气“清洗”病区并且需要与污染区域划定界线。关于这一关系，ASHRAE 在免疫抑制病人病房的段落中做了一个基本论述：“在整个房间和相邻区域间应保持正压以保持无菌状态。”<sup>53</sup>

### 4. , 5. 房间正压与保护性隔离病房

与传染性隔离病房一节不同，我们将两个内容合并在一起，这是因为，大家熟知的参考资料本质上都同时就这两个题目做出论述。但是，与传染性病房一样，不提供房间隔离和正确压力的后果可能都是致命的。

AIA 文献指出：

“这些指南中所描述的保护性隔离病房是指那些可能被用于因患白血病、烧伤、骨髓移植或艾滋病而高度易感的病人的病房以及要特别考虑房间到相邻区域采用正向空气流动关系优于负向流动关系的房间。对于保护性隔离病房，病房相对前室和盥洗室应为正压。前室相对走廊应为负压，在送风中应采用 HEPA 过滤器。”<sup>54</sup>



## 隔离病房设计指南

---

如同在传染性隔离病房一节中所述：

“预期的病患量下，在同时需要考虑到传染性和保护性隔离的场合，通风要根据需要改变。仅在用于不同类型隔离居住的正确调节能够得到保证的情况下，可反转空气流向的、允许隔离病房空间得到最大限度地灵活使用的变风量送风和排风系统才是可以接受的。医务人员应该对这一调节控制进行监督。”<sup>55</sup>

ASHRAE 将保护性隔离病房称为免疫抑制病人病房：

“**免疫抑制病人病房**（病人包括骨髓移植、器官移植、白血病、烧伤和艾滋病人）。对于病人有免疫抑制但没有传染性的情况，要在病房和相邻区域之间保持正压，某些控制区域可能会需要一个前室，前室相对其相邻的隔离病房保持负压关系，而与走廊、护士站和公共区域等压。”<sup>56</sup>

如同传染性隔离病房一节中所述，ASHRAE 讨论了多用途类型房间：

“当病人既是免疫缺陷患者又有传染性时，病房中的隔离病房可能永久性设计和平衡以使其相对相邻区域或前室等压或负压。另一选择是，当得到管辖权威机构允许时，这种隔离病房可以安装控制系统，以保证相对相邻区域正压、等压或负压。但是，这种情况下，相邻区域或前室控制系统必须使其相对其它相邻房间保持正确的压力关系。”<sup>57</sup>

## 隔离病房设计指南

---

最后，如同在传染性隔离病房一节所述，要讨论隔离病房组问题：

“**隔离病房组。**除非确实处于传染病房，隔离病房既应该保护病人免受传染病人的传染，也要保护抗传染抵抗力很低的病人免受医院中其他一般性菌群的传染。用于传染病人的房间应该设计为负压，而抗传染抵抗力很低的病人居住的房间应该是正压。”<sup>58</sup>

关于维持实际压力目标（即-0.001 英寸水柱）和风速（100fpm），CDC 做了冗长的讨论，与之对照，它并未对相对保护性隔离病房的压力与风速进行讨论。但是，CDC 采用的指南提供了审慎的设计建议并且还会为保护性隔离病房提供有针对性的结果。

### 保护性隔离病房小结

概括地说，在设计保护性隔离病房时，通风（HVAC）设计工程师应该就以下标准作出评价：

- 100%单向全排的排风系统。或可以采用利用再循环回风的系统。
- 由于净化的困难和污染物的积累，不应采用房间级的再循环装置。
- 送风应该经 25%、90%或 HEPA 过滤器过滤。

## 隔离病房设计指南

---

- 保护性隔离病房最少需要每小时 12 次换气（1~2 来自次室外）；盥洗室和前室需要每小时 10 次换气。
- 送风应该位于房间一端而排风在另一端；也可以送风在天花板附近而排风口底部最少在地面上方 3 英寸高。
- 应当控制设施气流使其从较洁净的区域流向较不洁净的区域。
- 房间相对走廊和其它与之相关联的区域是正压。
- 推荐采用前室。依据 AIA 规范，病房相对前室和盥洗室要为正压。前室相对外走廊为负压。前室相对相邻隔离病房为负压，与其走廊等压。根据 ASHRAE 规范，病房相对相邻区域应为正压。前室相对相邻隔离病房为负压，与走廊等压。

ASHRAE 和 AIA 未做讨论，但我们还应评价：

- 房间的正压应设定使送风量大于排风量的 10%（差不应小于 50cfm）。压差最小为 0.001 英寸水柱，向外的最低风速为 100fpm（当门关闭时）。推荐采用气流追踪控制方法。
- 使用中的隔离病房应通过发烟管和空气流速测量仪表每天进行监测。反对采用压差仪表。

## 隔离病房设计指南

---

### 附注:

1. W.Edward Montz, Jr., Ph.D., “Contamination control in Hospitals,” TAB Journal, Fall 1992., p.4.
2. CDC (Centers for Disease Control and Prevention), “Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Health-care Facilities, 1994,”(U.S. Department of Health and Human Services, Washington, D.C.: Federal Register Vol. 59, No. 208), p. 54247.
3. Kristine M.Tomasik, “Controlling Occupational Exposure to Tuberculosis: An Introduction,”JCAHO,1993 Plant Technology and Safety Management (PTSM) series, p.5.
4. Montz, p.5.
5. Ibid.
6. AIA(American Institute of Architects), “Guidelines for Construction and Equipment of Hospital and Medical Facilities, 1992-93,” (The American Institute of Architects Press, Washington, D.C., 1987).
7. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers), “1991 ASHRAE Handbook, HVAC Applications,” (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia, 1991).
8. CDC 1982 - Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for prevention of TB transmission in hospitals.Atlanta, Georgia: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1982; DHHS publication no. (CDC) 828371
9. CDC 1990d - Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of tuberculosis in health care settings, with special focus on HIV-related issues. MMWR 1990; 39 (no.RR-17)
10. CDC 1994, p.54247.
11. Ibid, p.54248.

12. Ibid.
13. Ibid.
14. Ibid, p.54279.
15. Ibid, p.54284.
16. Ibid.
17. AIA, p.52, Table 2.
18. Ibid
19. Ibid, p.53, note 5
20. Ibid, p.53, note 6
21. ASHRAE, p.7.5.
22. ASHRAE, p.7.4.
23. AIA, p.125, B3.B2.x.
24. CDC 1994, p.54259-54260.
25. AIA, p.52, Table 2.
26. ASHRAE, p.7.5, Table 3.
27. CDC 1994, p.54280.
28. ASHRAE, p.7.3.
29. AIA, p.126, B3.B2.xi.cc.
30. CDC1994, p.54281.
31. ASHRAE, p.7.3.
32. J.R. Lewis, "Application of VAV, CDC, and smoke management to hospital nursing wards," ASHRAE Transactions 94(1), 1988.
33. ASHRAE, p.7.5.
34. AIA, p.50, 7.31.A7.
35. CDC 1994, p.54281.
36. Ibid, p.54282.
37. Ibid, p.54283.

38. ASHRAE, p.7.3.
39. CDC 1994, p.54283.
40. AIA, p.13, 7.2.C.
41. Ibid, p.54, Table 2, note 12.
42. CDC 1994, p.54259.
43. Ibid, p.54281.
44. ASHRAE, p.7.7.
45. Ibid.
46. AIA, p.54, Table 2, note 11.
47. Montz, p.5.
48. ASHRAE, p.7.7.
49. Ibid, p.7.2.
50. Ibid.
51. AIA, p.52, Table 2.
52. ASHRAE, p.7.5, Table 3.
53. ASHRAE, p.7.7.
54. AIA, p.54, Table 2, note 11.
55. Ibid.
56. ASHRAE, p.7.7.
57. Ibid.
58. Ibid.