

EcoStruxure™  
Innovation At Every Level



# 智控医域 安享健康

施耐德电气

医疗行业解决方案应用手册：隔离病房

Life Is On

Schneider  
Electric  
施耐德电气

## 关于本文档

本文档介绍了不同类型的医疗隔离病房，以及施耐德电气推荐的对应的解决方案。

## EcoStruxure™ 医疗行业解决方案

EcoStruxure™ 医疗行业解决方案 (EcoStruxure™ for Healthcare) 是施耐德电气基于物联网架构打造的智慧互联医院解决方案，可以助力院方提高医院运营的安全可靠性、患者满意度和运营效率。EcoStruxure™ 是构建智慧医院的基础架构，基于数据，将智能设备与融合大数据分析及 AI 等技术的应用工具相连接，打造智慧、快捷、高效、以患者为中心的关键基础设施，从而推动医疗领域在电子病历系统 (EMR) 之外，实现更全面的数字化转型。

欲了解更多信息，敬请访问：<https://www.schneider-electric.com/en/work/solutions/for-business/healthcare/>

## 应用手册

《应用手册》旨在从设计角度为参与医疗基础设施规划、设计、系统安装、调试以及运维的工程师提供技术参考。本文档仅作为指导，并参考了业内公认的标准、法律法规以及医疗设备。

本文档将为应用及其配置提供指示性说明。

## 关于作者

Robert Heinlein 是一名高级解决方案架构师，在控制行业拥有超过 45 年的丰富经验。Robert 曾在医疗和制药行业主导过多个复杂项目的设计工作，这些经验在其负责开发施耐德电气创新型医疗解决方案和工程标准时得以应用。此外，Robert 还是美国采暖、制冷与空调工程师协会 (ASHRAE) 终身会员，美国 ASHRAE 标准 170 - 《医疗护理设施通风标准》委员会常务会员，以及 ASHRAE 技术委员会 (TC 9.6 医疗设施) 成员。

陈震 施耐德电气医疗行业高级系统架构师，先后任职于智能化总包公司、净化总包公司。在医疗领域从业超过 12 年，组织和参与了医院设计和施工项目超过一百家。先后参加了包括《绿色医院评价标准》、《医院建筑运行维护技术标准》等标准的编制。拥有多项医疗行业建设相关专利，具有丰富的医院设计、实施和运维经验。

## 免责声明

本文档提出的解决方案并非普遍适用于相关项目。用户应自行遵守国内和国际相关安全法律及法规。本文档不用于替代任何特定的项目文档。

请注意，本文档中多处引用了 ASHRAE 标准 170 - 《医疗护理设施通风标准》。这项标准为美国医疗设施建筑法规中使用的 ASHRAE 标准，其中定义了医疗设施中各类空间的最低设计标准。向工程师进行咨询，将有助于确保设计方案高于这些最低标准要求。

随着医疗护理水平的提高，以及相关研究的持续推进，ASHRAE 标准 170 - 《医疗护理设施通风标准》还将不断进行修订。因此，在引用 ASHRAE 标准 170 的内容前，请先进行严格验证。本文档使用 ASHRAE 标准 170-2013 版本。

© 2019 施耐德电气。版权所有。施耐德电气、EcoStruxure Building Operation 和 EcoStruxure 均为 Schneider Electric Industries SAS 或其关联公司的商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。

# 目录

1 引言 .....	04
1.1 空气传播传染病隔离病房 .....	05
1.2 保护性隔离病房 .....	06
1.3 可转换隔离病房 .....	07
1.4 空气传播传染 / 保护性联合隔离病房 .....	07
2 控制与监测 .....	07
2.1 通风策略 .....	07
2.2 热舒适性 .....	07
2.3 压力监测 .....	08
2.4 HEPA 过滤器监测 .....	08
2.5 门联锁 .....	09
2.6 冗余和电源备份 .....	09
3 解决方案综述 .....	10
3.1 文丘里阀 .....	10
3.2 单叶片阻尼器 .....	11
4 设计指南 .....	12
4.1 ASHRAE 标准 170 .....	12
4.2 医疗建筑指南 04-01——附录 1.....	13
4.3 澳大利亚：维多利亚感染控制咨询委员会 .....	14



# 1 引言

医疗护理设施旨在为患者和医务工作者提供舒适的诊疗环境。在医疗护理设施内接受治疗的患者多数都在与传染病作斗争，或者存在免疫系统方面的问题。因此，患者区域的基础设施必须得到合理设计与维护，以确保患者和医务工作者避免感染可经由空气传播的传染病，或受到其他影响。

医疗护理设施通常会设立专门的房间，用于保证患者和医务工作者免受空气污染物的影响。这些房间的设计须遵循特定要求，例如室内气压要求为正压 / 负压或较高换气率等。为了满足上述需求，医疗护理设施内通常都会安装专业或精密的气流控制系统。

医院内常见的功能性房间如下：

- 空气传播传染病隔离病房（负压）
- 保护性隔离病房（正压）
- 手术室（正压 / 负压）
- 药品分装室（正压）
- 新生儿重症监护室（正压）
- 生物实验室（负压）

隔离病房旨在保障患者和医院内其他工作人员的健康与安全。本文档介绍了空气传播传染病隔离病房和保护性隔离病房的设计要求，并概述了当前可用的解决方案。



## 1.1 空气传播传染病隔离病房

在设计空气传播传染病隔离病房时，必须确保房间在使用过程中，室内气压始终处于负压状态，从而保证临床工作人员、其他患者和访客免受经空气传播的传染性病原体的感染。这种隔离病房专为罹患可能经空气传播的传染病患者准备，如结核病、严重急性呼吸综合征（SARS）、流感和其他呼吸道疾病等。根据 ASHRAE 标准 170 等设计指南的要求，空气传播传染病隔离病房的负压值建议设定为 -0.01 英寸水柱（-2.5Pa），以保持隔离病房内正常的空气流动。

在隔离病房内，卫生间和病床上的废气通过专门的排气扇直接排到室外。

根据《传染病医院建筑设计规范 GB50849-2014》

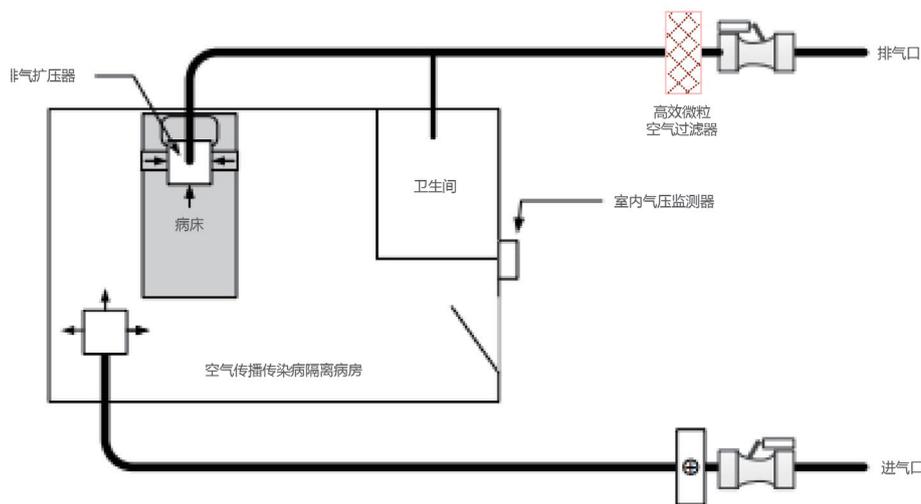


图 1：空气传播传染病隔离病房的常见布局

空气传播传染病隔离病房的通风管道系统也是病原体的潜在传播路径。HEPA 过滤器通常安装在房间的排气口处或专用排气扇的进气口处。

有些情况下，空气传播传染病隔离病房内会设置一间缓冲前室，作为一道额外的屏障，防止室内压差的丧失。医护人员还可以在进入病房之前，在这里穿上防护服。缓冲前室与走廊连接的部分为负压，与患者所在病房连接的部分为正压。为了避免影响压力控制，可能需要使用门联锁装置。如果空气传播传染病隔离病房还处于隔离状态，则需要使用门联锁装置，并严格控制人员进出。

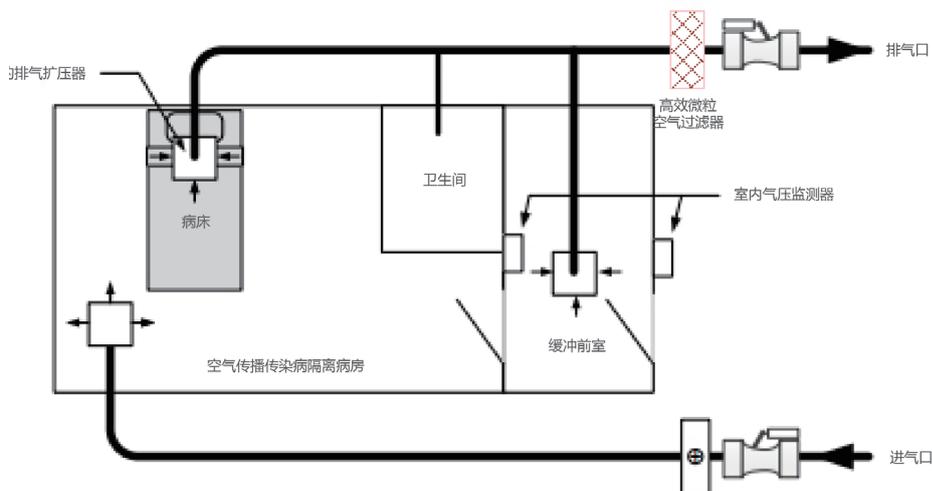


图 2：设立缓冲前室的空气传播传染病隔离病房的常见布局

## 1.2 保护性隔离病房

卫生间和病床上的废气,可通过一个专设的排气扇直接排到室外。在确定系统布局阶段,设计团队必须听取传染防控团队的意见,这一点至关重要。

保护性隔离病房旨在保护免疫系统功能低下,容易感染病原体的患者。这些患者通常接受过骨髓或器官移植,罹患癌症和其他免疫抑制疾病,或接受过药物治疗。根据 ASHRAE 标准 170 等设计指南的要求,保护性隔离病房的正压值建议设定为 +0.01 英寸水柱 (2.5Pa), 以保持隔离病房内的空气流动。

通常情况下,保护性隔离病房与科室内其他房间共用一个通风系统。但是,保护性隔离病房的进气口处必须安装有 HEPA 过滤器。

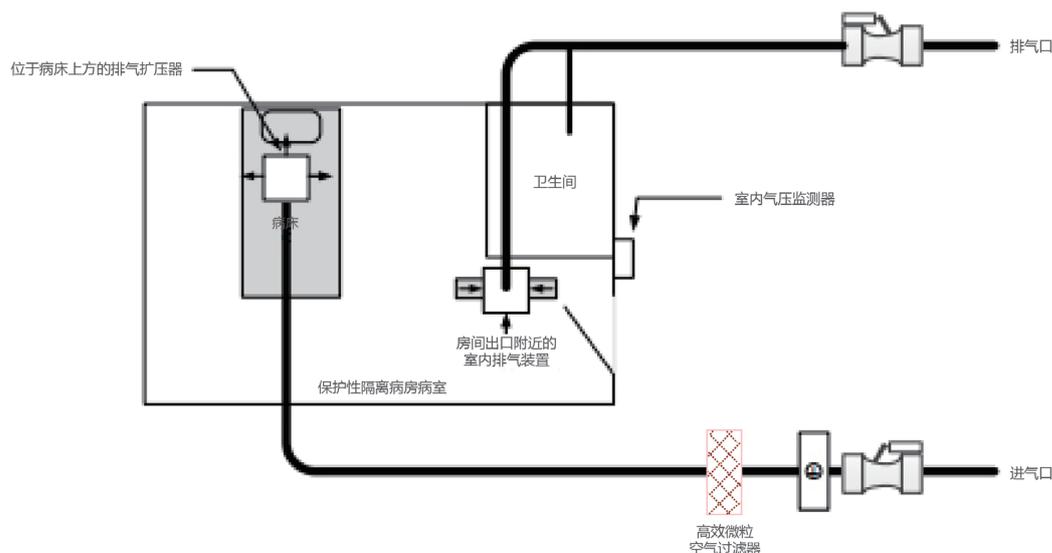


图 3 : 保护性隔离病房的常见布局

有些情况下,保护性隔离病房内会设置一间缓冲前室(也被称为气闸室),作为一道额外的屏障,以防止室内压差的丧失。医护人员还可以在进入病房之前,在这里穿上防护服。缓冲前室与走廊连接的部分为正压,与患者所在病室连接的部分为负压。为了不影响气压控制,可能需要使用门联锁装置。

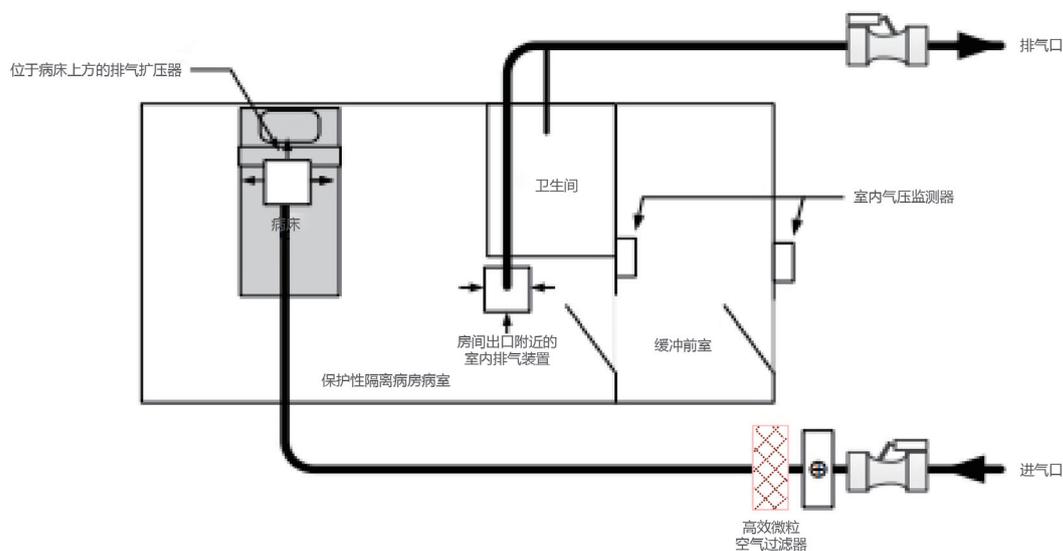


图 4 : 设立缓冲前室的保护性隔离病房的常见布局

### 1.3 可转换隔离病房

所有相关指南都不建议使用可逆气流机制，因为平衡气流会面临诸多难题，而且出错风险较大、工程较为复杂。

### 1.4 可通过空气传播的传染病 / 保护性联合隔离病房

当患者患有传染性疾病时，保护性隔离病房必须具备隔离功能。为了防止病菌通过空气传播，正压室中必须设置缓冲前室，同时还需要满足以下条件：

- 缓冲前室与空气传播传染病 / 保护性联合隔离病房、走廊或公共区域连接的部分必须保持正压，或者
- 缓冲前室与可通过空气传播的传染病 / 保护性联合隔离病房、走廊或公共区域连接的部分必须保持负压。

针对这种情形，传染控制团队必须全程参与隔离病房系统的规划、设计和操作过程，这一点至关重要。根据 ASHRAE 标准 170 的要求，上述两种方案均可部署实施；但是部分标准仅允许采用负压配置。

《医院负压隔离病房环境控制要求》GBT 35428-2017 要求污染区域与清洁区域之间的主缓冲保持 5Pa 正压。



## 2 控制与监测

### 2.1 通风策略

外部空气经过滤后（有关外部空气换气的要求，请参阅相关设计指南），直接通过通风系统输送到隔离病房内。通风系统提供的气流量保持恒定，确保进气管和排气管的换气率达到标准。

通风系统使用气流追踪方法来确保隔离病房内的气压一直处于负压或正压状态。气流追踪方法可以使进气量和排气量始终要进行抵消，由此确保病房内的压力值符合要求。对于负压病房来说，排气量要大于进气量，而且两者之间始终要进行抵消；对于正压室来说，进气量要大于排气量。在这些应用场景中，空气必须始终按照正确的方向流动。

进气系统和排气系统之间应安装一个联锁装置，避免在排气扇出现故障时产生正压。为了保持室内气压，隔离病房的外围必须完全密封，且隔离病房门的包边不能过大，墙壁上的所有孔或缝隙也必须做好密封。在项目调试阶段，必须严格排查所有计划内和计划外的泄漏问题。

### 2.2 热舒适性

相较于普通病房，隔离病房需要更高的换气率，因此隔离病房内的气流速度较快，这可能会给人带来不适感。鉴于此，隔离病房应具备局部温控功能，以便临床医务人员可以根据患者的需求调节室内温度。



图 5：负压病房

## 2.3 气压监测

隔离病房内的压力监测至关重要。ASHRAE 标准 170 等设计指南要求：“无论是否设立缓冲前室，空气传播传染病隔离病房和保护性隔离病房内都应安装永久性设备和 / 或装置，用于持续监测室内（在疑似患有可经空气传播传染病的患者入住时）和走廊之间的气压差。此外，隔离病房中还应配备显示设备，以便在室内负压差出现波动时予以提醒。”

《传染病医院建筑设计规范 GB50849-2014 》要求负压隔离病房门口或便于观察处应设置房间压差检测和显示装置，能够让使用者随时了解病房压力情况，掌握病区压力梯度保障情况。

### 2.3.1 室内气压监测器

室内气压监测器是用于监测室内气压的终极技术，其中内置覆盖薄膜的电容传感器。这些传感器支持极低的压差读数，并且精确度非常高（误差范围仅为  $\pm 0.5\%$  或  $\pm 0.25\%$ ）。此外，这些传感器采用“闭路运行模式”，避免了因污染物堆积而造成交叉污染，同时避免了误差。室内气压监测器通常带有一个显示屏，可以通过 BACnet 接口（MSTP 或 IP）连接本地或远程楼宇管理系统，显示室内实际气压读数以及其他室内参数，例如温度、湿度和换气情况等。

请注意，这类设备的精确度比商用压差计要高得多。在对这类设备进行检测或调试时，请确保测试仪器的精确度高于或等于压差变送器的精确度。

在日常使用过程中，无需对这类传感器进行维护，但建议定期对系统进行校准。

注：大多数气压监测器需要使用来自门触点的数据。如果隔离病房使用的是推拉门，通常会向外摆动，在这种情况下需要使用两个串联触点。



图 7：来自西特公司的图片

## 2.4 HEPA 过滤器监测

保护性隔离病房和空气传播传染病隔离病房内的 HEPA 过滤器必须定期接受维护和检测。在设计阶段，设计团队应慎重考虑 HEPA 过滤器的位置，确保工作人员在对 HEPA 过滤器进行维护期间，可以安全地更换相关组件和进行检查。

操作人员应通过楼宇管理系统，持续监控 HEPA 过滤器的脏污状态，并记录相关信息。HEPA 过滤器如果处于脏污状态，会导致风量变大，并增加系统能耗。

在大多数情况下，操作人员可以使用压差开关或传感器（精度  $\pm 2\%$ ）来确定过滤器的压降。通常情况下，过滤器的脏污状态值可以在设备清单和机械图纸中找到，并在调试期间设置。压力传感器可以提供更准确的过滤器状态读数，有助于更好地开展维护规划。



图 8：施耐德电气 EP 系列压差 / 空气速度传感器

## 2.5 门联锁

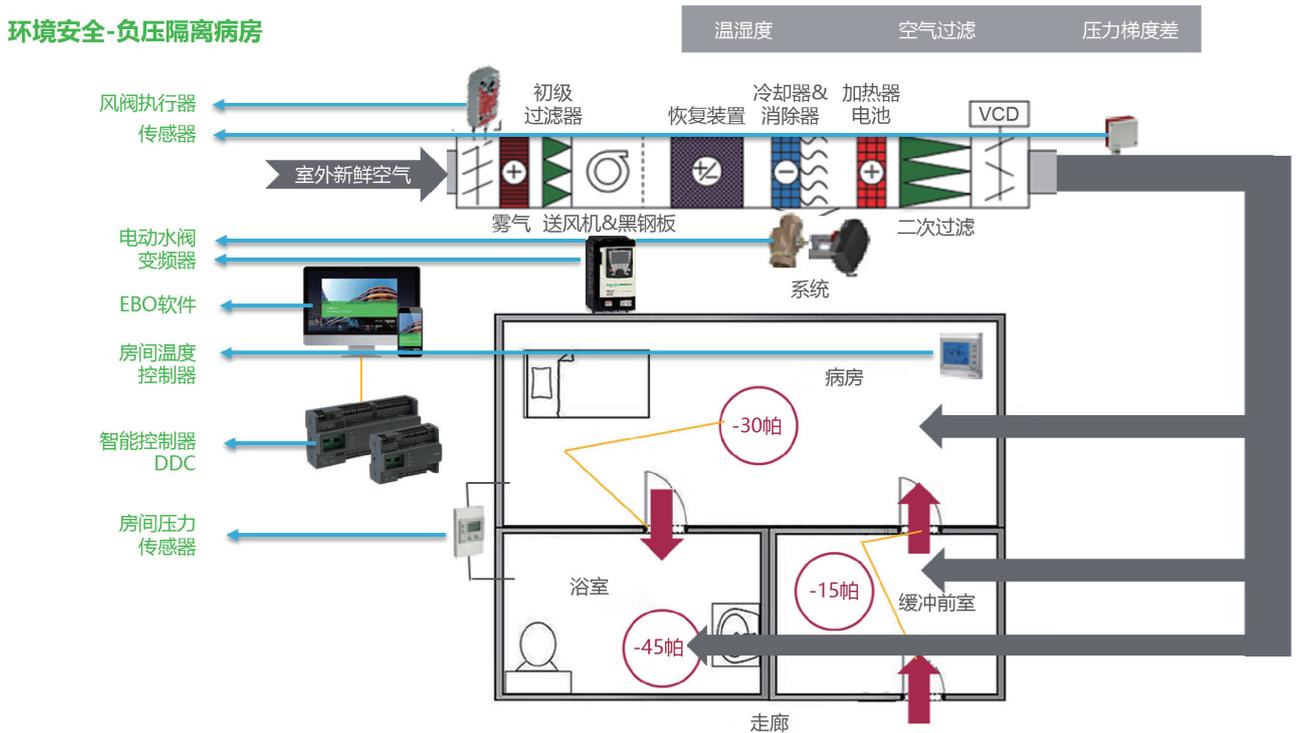
设计隔离病房时，另一项需要考虑的因素是门联锁。门与门之间的联锁是一种控制性要求，可确保走廊和缓冲前室之间的门以及缓冲前室和病室之间的门不会同时打开。门联锁功能可以通过门禁系统或本地门锁机制实现。

启动门联锁功能的同时，还需安装紧急释放装置，以便应对紧急情况。

门被打开后，门触点将连接到室内压力监控器上，阻止本地压力监测装置发出告警。如果开门时间超过一分钟，系统会发出告警。气流保持在最近已知的抵消值。

### 2.x 室内压力控制

控制病房压力的核心基于两方面，一方面为通过暖通系统的合理设计，在送排风量达到确保室内气流组织的目标。另一方面，通过室内压力的精准监测以及机械风阀的有效控制，确保送排风系统达到设计要求，



## 2.6 冗余和电源备份

隔离病房系统应被纳入到基础电力系统之中，确保在建筑物发生断电时，风扇、告警和监控系统也能够正常工作。传染病隔离病房中的排气系统需要使用以主备状态工作的风扇，这样既可以确保系统的可靠运行，又可以在不影响室内压力的情况下完成维护工作。此外，隔离病房中可能还需要安装临时排气系统。

IEC 标准规定了以下内容：

“IEC-710.313. 1.102 2 类医疗场所的电源要求

如果电源发生单点故障，要防止出现全面断电的情形。可以通过以下方式实现：

- 配备两条独立的供电线路，和 / 或
- 在同一防火区域内配备一套不断电系统（UPS），为医疗 IT 系统供电，或
- 使用一套不断电系统为若干 2 类医疗场所供电”

# 3 解决方案综述

施耐德电气的解决方案取决于机械系统的设计和安装方式。通风系统能够精确控制气流，使空气量保持在所需的水平。通风系统是一个变风量 (VAV) 箱体，可配置一个文丘里阀或一个单叶片风门。

## 3.1 文丘里阀

文丘里阀是一种与气压无关的控制装置，有一个弯曲的阀体，起到阀座的作用。文丘里阀带有一个锥体组件，可以通过内部弹簧进出，机械式补偿系统中的气压变化。这个锥体组件的运动能够限制进入空间的气流。

文丘里阀中各个组件会在工厂中进行校准，确保能够提供恒定的气流输出。精度取决于气流和锥体组件的位置

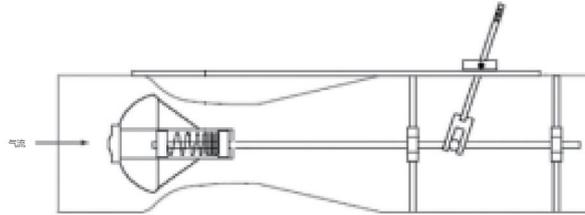


图 9：文丘里阀示意图

文丘里阀安装到位后，楼宇管理系统会通过一个本地 DDC 控制器监测来自进气和排气阀的有效气流。在系统设计和调试阶段，气流偏移通过机械方式实现。楼宇管理系统监测并记录驱动轴的位置反馈信息，但不涉及对气流的测量。如果系统无法保持适当的气压水平，压差传感器将发出告警。

MP-C 控制器用于控制进气系统上的加热盘管，以及监测排气系统中的 HEPA 过滤器。

注：如果使用电加热组件，则需要启用联锁装置，确保在加热组件开始工作之前空气处于流通状态。

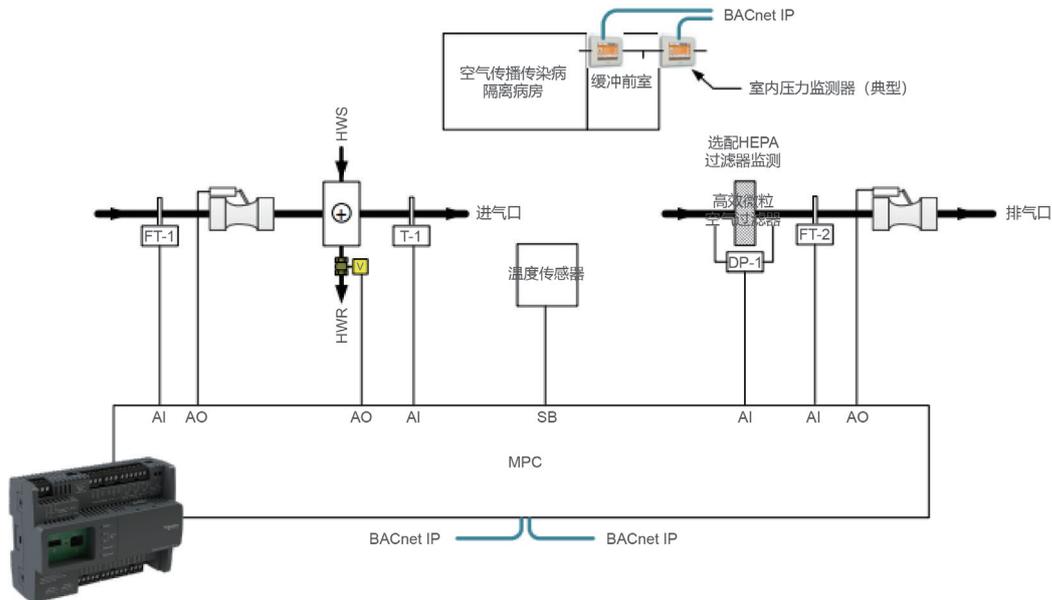


图 10：施耐德电气 MP-C 控制器配置

### 3.2 单叶片风门

单叶片风门通过旋转叶片来调节空气流量，支持从几乎完全打开到完全封闭的位置状态。单叶片风门与气压有关，需要借助执行器来控制风门的位置，还需要用到空气流量传感器。空气流量传感器支持闭环控制功能，可以根据实际的空气流量读数来调整风门的位置。空气流量传感器可以检测系统中的压力变化，然后向执行器发出调整风门叶片的指令，直到气压达到设定值。

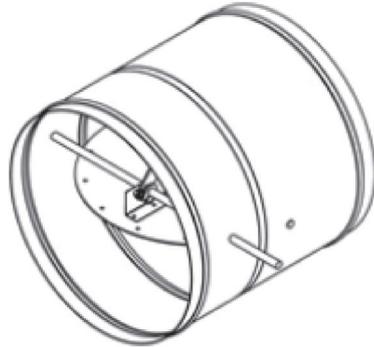


图 11：单叶片风门示意图

通常情况下，单叶片风门作为 VAV 箱体和 MP-V 控制器的一部分，安装在进气和排气系统中。在主用箱体和备用箱体之间建议使用 A2- 10V 信号，以确保空气流量偏移保持恒定。在负压隔离病房中，排气箱体是主要设备；在正压隔离病房中，进气箱体是主要设备。在调试阶段，操作人员会对 2-10V 信号进行校准，以便在信号低于或等于 2V 时系统能够发出告警。

MP-V 控制器还可用于控制进气系统上的加热盘管，以及监测排气系统中的 HEPA 过滤器。

注：如果使用电加热组件，则需要启用联锁装置，确保在加热组件开始工作之前空气处于流通状态。

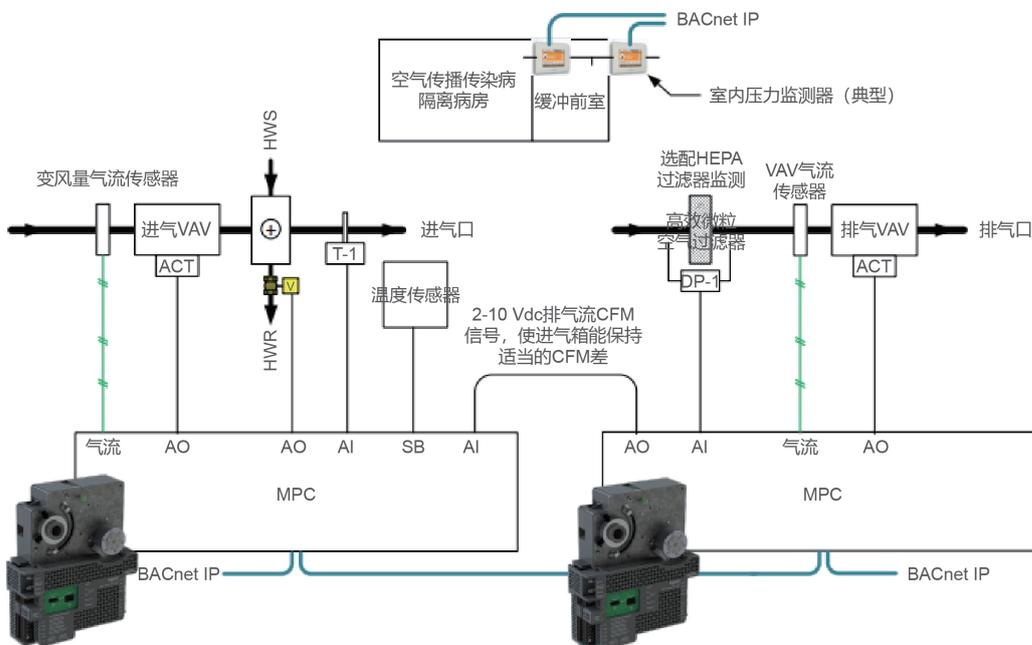


图 12：施耐德电气 MP-V 控制器配置

# 4 设计指南

## 4.1 ASHRAE 标准 170

ASHRAE 标准 170 最低要求						
空间	与相邻空间的压力关系	最小户外 ACH	最小总 ACH	空气传播传染病隔离病房中的废气直接排到户外	设计相对湿度	设计温度
空气传染隔离病房缓冲前室	- 0.01 " W C -2.5Pa	NR	10	是	NR	NR
空气传染隔离病房	- 0.01 " W C -2.5Pa	2	12	是	最大 60%	70-75°F
防护隔离病房缓冲前室	- 0.01 " W C -2.5Pa	NR	10	NR	NR	NR
防护隔离病房	- 0.01 " W C -2.5Pa	2	12	NR	最大 60%	70-75°F
空气传染隔离与 / 防护环境组合病房缓冲前室	***	NR	10	是	NR	NR
空气传染与防护环境组合病房	- 0.01 " W C -2.5Pa	2	12	是	最大 60%	70-75°F
合病房						

ACH= 每小时换气次数 NR= 无要求

\*\*\*

根据 ASHRAE 标准 170，隔离病房不能分别作为空气传播传染病隔离病房和保护性隔离病房交叉使用。但是，根据 ASHRAE 标准 170 的规定，可以使用空气传染与传染病防护环境组合病房，但要求组合隔离病房中必须设置缓冲前室。所需的缓冲前室与邻近区域的压力关系应为下列之一：

1. 缓冲前室压力应相对于空气传染与防护环境组合病房和走廊或公共空间的压力均为正压。
2. 缓冲前室压力应相对于与空气传染与传染病防护环境组合病房和走廊或公共空间的压力均为负压。

## 4.2 英国：医疗建筑指南 04-01——附录 1

表 1. 隔离房间 —— 通风参数		
房间	参数	额定设计值
前厅	房间容积 病床进入空间 ( 5m2x2.7m ) 人员进入空间 ( 4m2x2.7m )	13.5 m3 10.8 m3
	与走廊的压差 额定值 10 Pa	额定值 10 Pa
	进入气流 ( 参见注释 3 )	病床进入空间 —— 208L/s 人员进入空间 —— 208L/s
	换气次数	病床进入空间 —— 每小时 63 次 前厅 —— 每小时 69 次
隔离病房	房间容积	57 m3
	与走廊的压差	额定值为零
	室内气流	158 L/s
	换气次数	每小时 10 次
卫生间	卫生间容积 ( 6m2x2.7m )	16.2 m3
	与隔离病房的压差	负压
	排气气流	158 L/s ( 如果在隔离病房内排气, 则卫生间内的排气气流应减少到 100 L/s 左右, 隔离病房内的排气气流为 58 L/s 左右 )
	换气次数	至少每小时 10 次
<p>注：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在本例中，设计参数基于《医疗建筑指南 04-01——成人患者住院设施》。卫生间的大小符合 BS 8300 无障碍规范的要求。</li> <li>2. 本例中给出的气流量不包括建筑泄漏的余量。气密性规范参见《建筑规范》( 2010 ) 补充规定 L，亦可参见气密性试验与测量协会 ( ATTMA ) 制定的《技术标准 L2：测量建筑围护结构 ( 非住宅 ) 的透气性》( 见附录 2 )。</li> <li>3. 本例中给出的数值是基于标准房间尺寸的典型值。实际需要的空气量应为病室内每小时换气 10 次所需的空气量与压差为 10 Pa 的情况下从前厅与走廊之间的门泄露出的空气量之和。</li> </ol>		

参考：<https://www.gov.uk/government/publications/adut-in-patient-facilities>

### 4.3 澳大利亚：维多利亚感染控制咨询委员会

《2007 年医疗护理设施隔离病房分级与设计指南》			
增压类型	隔离病房	缓冲前室	卫生间
S 级（标准压力）	NR	NR	NR
N 级（负压）	-30 Pa	-15 Pa	-30 Pa
P 级（正压）	+30 Pa	+15 Pa	+30 Pa
带负压缓冲前室的 P 级	+15 Pa	-15 Pa	+30 Pa

参考：[http://www.eunid.eu/public/Australia\\_isolation\\_rooms\\_2007.pdf](http://www.eunid.eu/public/Australia_isolation_rooms_2007.pdf)

Life Is On

**Schneider**  
Electric™  
施耐德电气

客户关爱中心热线：400 810 1315

施耐德电气(中国)有限公司  
Schneider Electric (China) Co.,Ltd.

北京市朝阳区望京东路6号	Schneider Electric Building, No. 6,
施耐德电气大厦	East WangJing Rd., Chaoyang District
邮编: 100102	Beijing 100102 P.R.C.
电话: (010) 8434 6699	Tel: (010) 8434 6699
传真: (010) 8450 1130	Fax: (010) 8450 1130

[www.schneider-electric.cn](http://www.schneider-electric.cn)



扫一扫了解更多医疗行业资讯

由于标准和材料的变更，文中所述性和本资料中的图像只有经过我们的业务部门确认以后，才对我们有约束。

AN-HC-001