

医院建筑特点与节能

1、医院空调节能

适用于医院的节能方法、运行的可能性以及可能存在的问题见下表：

	节能方法与措施	在医院中运用的可能性及效果	可能存在的问题
冷热源系统	选择适当容量、适当台数机组，使各个季节机组能保持高效率运行	由于机组绝大部分时间在非设计工况下运行，提高部分负荷运行的效率意义重大	台数偏多，增加投资和机房面积
	选择高性能系数的设备（冷热源设备等）	取决于性能、价格、维护费用与效益之比	价格较贵
	利用自然能或作为能源、能汇	直接利用地下水，室外新风，密闭冷却塔供水，太阳能供热水，或自然能源热泵	取决于该地区自然能状况及可能引起的风险
	有效利用水蓄热	利用昼夜电费差蓄热，白天使用，移峰填谷	取决于所占建筑空间、电费差价与得益
	废热回收	适合有排水规划の場合，可针对性利用不同种类的热回收型装置	防交叉感染；当废热源分散时难以采用系统回收
	利用装机容量季节差、昼夜差进行制冷或蓄冰	利用夏季的多于蒸气或燃气用吸收式制冷机组，利用夜间多于冷量蓄冰等	不省能
	合理匹配不同能位的冷热源，避免用高能位的媒介做低能位的处理	对不同空气处理要求采用相应适合能位的媒介	冷热源种类增多
输送系统	输送冷热源采用水系统	输送水比输送空气节能	非全空气系统不利于无菌状态控制
	根据用户负荷特点，提高冷出水温度	可提高冷水机组COP，通常适用无湿度控制要求的科室	要评估对湿度控制要求较高的关键科室的影响
	加大输送温差，减少输送量	应尽量采用，效果显著，可利用蓄冷降低输送介质温度	注意末端装置的性能
	选择高性能输送设备，变流量运行	有条件积极推广，尤其是水系统。但洁净无菌要求的区域常要求定风量系统	价格较贵，注意低流量时段对医疗与卫生的负面影响
	合理选择流量	从设计到运行选择合适流量	注意医疗与卫生要求
	降低输送管道、管件与过滤器等阻力，尤其是高效过滤器	管道系统布置平、顺、直；选择低阻过滤器、管件	特别要关注低阻过滤器效率
	输送管道保温	采用最佳保温层厚度	注意保温材料的防火等综合性能
	加强输送管道气密性	采用合适的结构、管道接口与接缝	特别注意净化系统与空调机组渗漏
空调系统	系统合理分区	根据两级医疗工艺流程与科室特点来分区	注意区域间系统停开时空气的逆流
	尽量用局部送风方法保护关键区域	根据医疗要求和特点，缩小高精度空调或净化区域的面积	防止周围区域的干扰或污染
	室内气流与温湿度控制最佳化，提高换气次数、通风效率	利用辐射供冷（热），送回风口合理布置，气流分布最佳化	注意医疗卫生与交叉污染控制
	根据室外状态变新风量运行	有利于改善室内空气质量，夜间通风建筑物蓄热（冷）	对压力梯度控制有要求的区域，要慎重
	专用新风（湿度优先控制）系统	有利于关键科室医疗环境控制与节能	一般科室新风量小，校核新风除湿量
	非使用状态关闭送风	符合污染控制要求尽量采用	注意空气逆流，引起交叉污染
	采用全（显）热交换器，中间媒介热回收盘管	设计时注意新风和排风管道布置，采用合适的热回收装置	注意全热交换器新风侧堵塞，排风侧污染空气的渗透
	采用净化技术有效去除污染物，以加大回风量	在保证最小新风量的前提下，可减少系统新风稀释量	有的室内污染气体难以有效排除或成本高
	采用二次回风系统，避免采用一次回风再加热	特别适用于高洁净度级别的控制区域，可减少或取消再加热	对热湿比小，或温湿度控制精度高的场所，不合适
	降低混合损失或再热损失	合理分区，减少混风与再热	增加系统复杂性
	提高新风质量，减少系统新风稀释量	避免污染源，采集高质量新风，减少输送距离与沿途污染	受场所限值，有时难以找到理想新风口
	系统最佳化	新风集中处理，避免冷却除湿后再加热处理，利用自循环风	增加系统复杂性
	系统排风，或正压渗透风再利用	系统排风作为机房、停车场等送风或冷却塔进风；无菌室正压渗透风作为辅助房间送风	对排风与正压渗透风的污染程度要评估
控制系统	设定最佳的启动时间与运行时间	对间断运行的科室节能效果显著	对压力梯度控制有要求的区域，要慎重
	设备最佳配比运行	节能效果显著	运行模式较复杂
	设定最佳的送风参数	一般采用风量优先调节模式	有些科室不适宜变风量运行
	根据季节转换设定室内温湿度参数	如符合医疗要求应尽量采用	需季节转换控制
	根据气候变化设定最佳运行策略	节能效果显著	运行模式过于复杂，增加管理难度
	医院建筑智能管理系统	全面、实时的监测，及时调整运行方案，实施最佳控制与优化运行，保持高效能运行	增加投资

2、医院特殊科室节能

院内感染控制中最难控制的是气溶胶传染与手术部位感染,因此像手术室、无菌病房、ICU、隔离病房等特殊场合,室内环境控制系统相比舒适性空调必须是有效、安全、冗余,靠实现完善的保障理体系来最大限度的控制院内感染,保障医疗过程实施。

要实现医院这些特殊科室节能,首先要了解其通风空调特点与技术措施,尤其是无菌环境控制的手段,这样才能有针对性的提出合适的节能技术与措施。实现无菌环境控制一般要做到:

- (1) 过滤空气,将送风空气中所有的微生物及其代谢物清除掉;
- (2) 采用气流技术使室内维持无菌无尘;
- (3) 控制压力使整个控制区域压力梯度有序分布;
- (4) 设定合理的温湿度,抑制细菌繁殖,降低人体的发菌量;
- (5) 排除室内污染气体,保持室内良好的空气质量。

以上要求常常给实施常规节能技术与措施增添了很大的难度,为此必须要考虑:

(1) 因此系统要实现完善的过滤除菌,必须设置粗、中、高三级过滤器。在定风量系统中,为能满足在过滤器终阻力下也能达到设计风量,必须设置高压头的风机,同时又必须设置风量调节装置以保持在三级过滤器不断积尘使系统阻力随之上升时维持系统设计风量不变;如采用变频风量调节装置时,要注意其对医疗仪器仪表的电磁干扰。

(2) 高度无菌空间的气流技术不仅仅是高换气次数,而且要求的气流流型为置换流甚至是单向流流型,而不是通常的湍流流型。其断面风速取决于所抑制污染的特性,难以将风量降低。因此无法采用变风量系统等节能措施依据室内负荷来降低送风量。

(3) 要实现整个控制区域的有序压力梯度,必须造成区域内各空间的压差渗漏气流形成一股定向气流。对于既有围护结来说,空间压差控制值越大,渗漏风量越大。这样为了维持正压,新风补充量很大。一旦实施变新风量调节的节能运行,区域有序正压控制就难以维持。

(4) 无菌空间的温湿度调节强调湿度优先控制,因为高湿度易诱发微生物污染。但与温度优先控制相比耗能多,且湿度控制要求难于实现变新风量运行调节。

(5) 无菌空间也常有排风,由于正压控制要求室内向外的渗漏风量很大,使得系统的新、排风量差异很大,不利于采用全热交换器,即使采用也要特别注意全热交换器中污染空气的渗漏。对烈性空气途径传染的隔离病房是不允许采用全热交换器的。

另外,由于无菌环境的室内微生物控制要求,必须采用全空气系统,因此不能用水系统、冷媒系统替代全空气系统以减少输送能耗。医院空调必须依据功能科室对致病菌控制的要求、致病菌对患者伤害程度或对他人与环境危害程度、医疗保障程度来确定

系统的冗余度。

针对以上问题，总结有特殊要求医疗科室的节能途径与措施，分析如下。

（1）降低送风量

对高度无菌空间来说，合适流型与有效气流组织是抑制、稀释与排除室内发菌最有效的措施之一。传统做法是将过滤除菌与层流技术作为实现高度无菌的必要条件，这是造成净化空调系统要压头、大风量的根源。《规范》根据生物洁净室的特点采用低湍流度的置换流技术来替代层流（单向流）技术，大大降低了断面风速与送风量。为了更有效的将微生物浓度控制在可接受水平，《规范》认为最有效的气流分布形式应是送风气流从顶棚垂直下送，经两侧墙上均布的回风口排出。可用较小的风量达到较好的效果。

（2）采用局部净化

《规范》认为整个手术室只有手术切口是关键部位，采用局部低湍流的垂直置换流送风，不仅大大降低了送风量，而且能更有效的保护手术部位。《规范》还规定了与洁净手术室级别相适应的不同尺度的送风天花，在室内形成不同无菌程度的核心区与周边区。在送风天花周边加气幕或围挡可以在工作面达到所要求的断面风速而降低送风量，这也可以用在无菌病房。但要对围挡每天进行擦洗消毒，对手术医生有压抑感。采用气幕感到不舒适。目前已有更为有效、节能的送风天花替代。

（3）提高新风稀释效应

无菌空间不仅送风量大，而且新风量也不小，但实际效果并不好，室内医护人员往往感到气闷，要求提高新风量，这会大大增加系统能耗。因此提高入室新风的质量，加大新风的稀释效应，而非单纯增加新风量就显得十分重要。《规范》推荐新风集中处理，在实际工程中常将集中处理后的新风送入循环机组送风侧，然后注入室内，以减少新风的空气龄，提高新风质量，效果很好。

（4）合适的系统分区

无菌区域中不同空间无菌要求不同，为了降低造价与运行能耗，最有效方法是根据无菌程度将系统合适分区。如《规范》规定洁净手术室应与辅助用房分区，不同洁净度手术室分区等。《综合医院建筑设计规范》修订版还要求将一般手术部与洁净手术部分区。缩小高精度空调或洁净区域面积，尽量避免整个区域只采用一个系统。不仅有力的降低了运行能耗，也有利于运行调节。

洁净手术部常采用双走廊布局形式，常常会使手术室处于内区。将处于内、外区的空间分区十分有必要。但有时又不是十分典型的内区却需要长期供冷。在冬季手术尚未开始室内热负荷很小时还需要供热，随着手术进程热负荷积累、增大，又需系统供冷，迫使越来越多的大型手术部采用四管制空调系统，造价与运行费用很高。有的仅利用

新风自然冷源供冷往往是不够的，有些工程采用冷却塔非电供冷取得很好节能效果。

（5）采用二次回风

对于高度无菌（洁净度）区域，由于送风量很大而送风温差小，加大回风（循环）量、减少再热损失是最有效的节能手段。条件合适应尽量采用二次回风系统，但应用时具体情况需具体分析。无菌空间不同于工业洁净室，相对来说室内发湿量较大、发热量较小，二次回风使得机器露点下降，如医院夏季冷水系统的供水温度往往达不到 7℃，常使各室湿度超高。对于需要高精度温湿度控制的大型诊疗设备室，单靠调节二次回风风阀难以控制室内状态。常采用固定比例的一、二次回风，辅以再热器作微调，控制稳定，效果也不错。

	一次回风方式	二次回风方式
特征	1)回风仅在热湿处理设备前混合一次； 2)可利用最大送风温差送风,当送风温差受限制时,利用再热满足送风温度	1)回风在热湿处理设备前后各混合一次,第二次回风量并不负担室内负荷,仅提高送风温度和增加室内空气循环； 2)相同条件下与一次回风方式相比,可节省再热热量
适用场合	1)可用于最大送风温差送风的舒适性空调； 2)室内散湿量较大(热湿比小)的场合； 3)冷水进水温度较高时(无法满足机器露点控制)	1)送风温差受限制,不允许(不能)进行再热时； 2)室内散湿量较大(热湿比小),用最大送风温差送风的送风量不满足要求的换气次数时； 3)对室内有恒温要求的场合,可采用固定比例的一、二次回风,辅以调温用的再热器；对室内参数控制不严的场合,可采用调节的(一)二次回风比

（6）在室内设置自净机组

在无菌空间，高效过滤器设置在自净机组送风口上，室内空气靠自净机组不断循环而提高了洁净程度；在隔离病房内，高效过滤器设置在自净器排（回）风口，以尽快、就地排走传染病人的呼吸产物，可大大降低系统送风量，有效减少系统输送能耗。与采用传统全新风系统相比，大大降低了能耗。但要注意自净机组送风气流对系统的送风气流的干扰而影响控制效果。因此对气流分布要求很严的高度无菌空间不宜在室内设置自净机组，应将循环机组设置在室外。《综合医院建筑设计规范》修订版允许在一般手术室内设置自循环机组，因此对一般手术而言悬浮菌对术后感染已影响不太大了。

（7）最佳系统设计与配置

最佳系统设计与配置是指投入材料与设备最小的节能技术。《规范》强调手术部是一个受控环境，即要求无论何种运行状态，手术部内有序正压梯度不变。由于手术室同时使用系数较小，为降低运行能耗，希望各洁净手术室系统可以根据需要灵活开停。只有整个手术部有序的压力梯度分布不受某洁净手术室的停开而影响，才有可能维持各房之间的正压气流的定向流动，避免交叉感染的危害。为了达到这一点，过去完全靠压力传感器来控制回风管的变风量阀开度以维持各室正压，整个区域控制系统庞大、复杂。但实际运行时系统难以稳定，引起新风进入量的波动。为此《规范》推荐了一

套系统形式，其原理是靠独立输入各空间的固定新风量来保证整个区域梯度压差，从系统上保证了正压控制，节能、控制稳定。这种系统十分简单，但能有效保障整个手术部处于受控状态。

《规范》强调手术室要有合适的温湿度控制，提出湿度优先控制理念。高湿度不仅增大人体发菌量而且还会引起微生物繁殖，而相对湿度控制在 50%左右是各种微生物生长的最不利环境。因此可以说高湿度就是引发感染的主要因子，或者说实现无菌环境关键就是湿度优先控制。但湿度优先控制常被理解为自控概念，认为当室内温湿度传感器偏离设定值时，自控系统优先处理湿度传感器信号，先调节机器露点，再由温度传感器控制再加热量以达到室内温度，这种耗能的控制成为湿度优先控制的典型方法。其实《规范》提出的湿度优先控制理念是一个系统概念。由于手术过程中人员几乎没有变化，但手术电动器械与设备使用时间与数量变化很大。这反映了手术室负荷特点：湿负荷相对稳定，热负荷变化较大。如果输入所需要的新风量与送风状态保持不变，室内湿负荷就能优先被新风带走，再靠循环机组控制室内显热负荷，这样就能从系统层面上实现湿度优先控制。循环机组不仅在夏季等湿降温，而且冬季也不加湿，对无菌环境控制十分有利。由于各级手术室新风量较大，机器露点不低，且存在一个对各手术室均合适的新风集中处理的终状态点。因此“湿度优先控制”较为节能。以上控制理念不适用室内湿负荷变化很大的场所。

当然，隔离病房室内有空气途径传染的病菌，为彻底消除盘管表面和凝水盘等处的滋菌隐患，必须强调末端机组无凝水。为了保证末端机组干工况运行，必须随时控制盘管表面温度高于室内露点温度。对于无菌程度较高的手术室或其它场所没有必要采用无凝水空调，反而给水系统布置、控制及运行带来许多困难。

（8）合适的室内控制冗余度设定

室内控制冗余度设定取决于医疗风险与防感染控制要求，控制冗余度常常表现在室内控制参数上。根据冗余度要求合理设定医疗所要求的的无菌水平、温湿度、压力控制值、换气次数等参数对降低整个系统能耗至关重要，因为系统的送风量与新风量，空气过滤级数与过滤器效率，系统配置与控制要求均取决于这些参数设定。