

洁净手术部空调系统设计

中国中元国际工程公司 袁白妹[☆]

解放军总医院(北京 301 医院)基建处 倪 伟

摘要 介绍了洁净手术部空调系统的特点,指出了系统设计中存在的问题,给出了解决办法。

关键词 洁净空调 感染控制 菌落数控制 新风设计

Air conditioning system design for clean operating departments

By Yuan Baimei[★] and Ni Wei

Abstract Presents the characteristics of air conditioning system for clean operating departments, points out the problems in design, and gives the solutions.

Keywords clean air conditioning, infection control, bacterial concentration control, fresh air system design

[★] China IPPR International Engineering Corporation, Beijing, China

①

0 引言

从 10 多年前北京 301 医院首次将洁净技术用于手术室到 2008 年 6 月堪称我国一次建成的规模最大、间数最多的手术部——北京 301 医院外科大楼投入使用,医院洁净手术部(室)的设计、研究和建设都发生了很大的变化,也日渐成熟和完善,标志着我国生物洁净技术达到了新的水平。

控制手术感染是手术保障体系中最重要的一环。手术切口感染主要是由微生物气溶胶引起的,有关文献指出,全髋关节置换手术切口上发现的细菌约有 32% 直接来自空气,另外有 68% 由间接途径而来。微生物气溶胶是悬浮于空气中的微生物所形成的胶体体系,粒谱范围大约为 0.002~30 μm。细菌和病毒以大气尘为载体,依靠灰尘的水分和营养存活,形成微生物气溶胶。细菌的颗粒粒径为 0.3~35 μm,病毒颗粒的粒径为 0.003~0.45 μm,这两种颗粒均以群体形式存在。微生物气溶胶的颗粒尺寸大大超过微生物自身的尺寸,其粒径 ≥ 0.5 μm,实验证明空气中与疾病有关的带菌粒子直径一般为 4~20 μm,来自人体的微生物主要附着在 12~15 μm 的灰尘上。世界卫生组织认为,空气中的浮游细菌浓度为 700~1 000 CFU/m³ 时,经空气感染的危险明显增加,当空气中的细菌浓度小于 180 CFU/m³ 时,安全性明显增强。

使用洁净空调技术控制手术切口感染的初衷就是保证在手术过程中,持续控制细菌总数,减少切口感染的机会。PEGOSDNE 1988 年报道,10 CFU/m³ 就足够引起关节替代修复手术的感染,其感染率与距伤口 30 cm 范围内的空间中的细菌气溶胶浓度有关。如果手术室的微生物气溶胶

浓度从 100~200 CFU/m³ 降到 10 CFU/m³,手术感染率可降低 50%。

过去,手术室的无菌环境主要靠化学消毒维持,但化学消毒存在残留药物本身有危害和破坏菌种平衡的缺点。减少使用抗菌素也是保证人体健康的重要措施。使用空气净化技术控制空气污染物能够减少创口感染、提高手术成功率,减少使用抗生素能够保护身体内正常菌群、避免病人产生抗药性菌株,使病人和医院双方受益。手术室中部分常见病原微生物的特性见表 1。

表 1 手术室中部分常见病原微生物的特性

	粒径/μm	适宜生存环境		对抗生素敏感性	引发病症举例	备注
		温度/℃	pH 值			
病毒	0.02~0.3	25~60	对碱性环境敏感	不敏感	流感、水痘、SARS	部分嗜热菌在温度 75℃ 以上时能存活
细菌	0.5~3	25~60	4~10 可以生存	敏感	痢疾、霍乱	
真菌	2~10	23~37	大部分 ≤ 6.5	不敏感	湿疹、溃疡	

1 洁净手术部洁净空调系统的特点

1.1 温湿度设定的特殊性

手术室温湿度的设定是以满足治疗的环境要求为依据的。手术室的温度一般设定为 22~25℃,过冷或过热不仅不节能,并且影响手术部的使用功能。过冷不利于医生操

①☆ 袁白妹,女,1963 年 2 月生,大学,工学学士,高级工程师
100089 北京西三环北路 5 号
(010) 68732424

E-mail: yuanbaimei@ippr.net

收稿日期:2009-02-18

修回日期:2009-03-02

作,过热会使病人出汗,增加感染机会。但是当进行器官移植等特殊手术时,要求手术室的温度设定在 20℃ 以下。手术室的相对湿度一般控制在 45%~60%,太高和太低都会使细菌容易繁殖,太低还会使创口边缘水分流失而影响创口的缝合。

1.2 与工业厂房洁净系统区别很大

洁净工业厂房人流和物流相对固定,设备等发热引起的空调负荷和生产引起的发尘量变化相对很小,根据生产需要,连通区域的净化级别相同,并且生产线在正常情况下连续作业,对自净时间没有严格的要求。而手术室的人流和物流根据每台手术的不同和每种手术的不同波动幅度很大,从而导致手术室空调负荷非常不稳定。如果洁净厂房是对整个厂房的保护,那么手术室就是针对手术创口点的保护,手术床区是手术室的重点保护区域,所以,在同一间

手术室内,手术床区的洁净度比其他区域高一级。一天当中,使用同一间手术室时,几台手术之间均有清理消毒的时间,所以,手术室洁净空调的运行是间歇性的,为了提高手术室的使用率,必须缩短手术室的自净时间,所以,手术室净化空调的自净时间有较严格的要求。

1.3 除了控制尘埃外,还需要控制菌落数

电子行业的洁净空调主要控制能引起产品质量致命损害的尘埃。而手术室主要控制菌落数,菌落的粒径要大得多。研究证明,一颗或少量生物微粒不会构成危害,只有在微生物颗粒达到一定浓度时才会引起感染。

制药行业厂房属于工业厂房范畴,但同时又是生物洁净室,在许多三级甲等医院也配置了药品生产房间。无论是药品生产房间还是医院洁净手术部,都既要控制尘埃数,又要控制菌落数,制药行业与手术部的菌落数详见表 2。

表 2 制药行业与手术部的菌落数

	浮游菌/(个/m ³)				沉降菌/(个/90 mm皿)			
	百级	千级	万级	十万级	百级	千级	万级	十万级
制药行业(见《药品生产质量管理规范》(GMP))	5		100	500	1		3	10
手术部(见《医院洁净手术部建筑技术规范》)	5/10	25/50	75/150	175	0.2/0.4	0.75/1.5	2/4	5

2 洁净手术部洁净空调系统设计探讨

《医院洁净手术部建筑技术规范》(以下简称《手规》)对手术室的洁净度分级,平面尺寸大小,不同级别手术室的换气次数、温度、湿度,空气净化处理的过程以及噪声水平等等都有详尽的描述。其中,I 级手术室的手术区是指手术台两侧各外推 0.9 m,两端各外推 0.4 m;II 级手术室的手术区是指手术台两侧各外推 0.6 m,两端各外推 0.4 m;III 级手术室的手术区是指手术台四边各外推 0.4 m,且包括手术台的区域,手术区外的室内其他区域为周边区;IV 级手术室不分手术区和周边区。

《手规》明确规定了手术室的技术要求,推荐了设计参数,关于洁净系统的设计几乎没有什么可争议的,但手术部新风系统的设计存在争议,成为了关注的焦点。

手术室内的憋闷感是手术一线工作人员的普遍烦恼,手术过程中产生的有害和有异味的气体(主要是手术过程中使用的特种医疗气体(含麻醉气体))在空调净化过程中不能被有效去除,在空气中不断聚集,从而使手术部的环境不断恶化。

《手规》要求强化新风预处理的概念,就是在与回风混合前新风首先要经过粗、中、亚高效过滤器过滤,这对保护大风量的中效、高效过滤器起到了积极的作用。但同时需要解决的一个问题是怎么能够把新风有效地送入空调系统,因为新风管路上的过滤器堵塞使得新风管路阻力迅速增加,新、回风如果不能有效平衡,新风就形同虚设。另外一个需要考虑的问题就是新风负荷如何处理。手术部的特性导致了手术室往往位于建筑物的内区,全年的建筑围护结构负荷基本可以忽略,手术室的负荷主要为新风负荷及灯光、医疗设备产生的负荷,在这方面与一般公共建筑的冷

负荷有相似之处,所以在冬季尽量采用新风冷源也是一个值得关注的问题。以北京地区的手术室为例,不同级别手术室的冬季负荷见表 3。

表 3 不同级别手术室的冬季负荷

	冬季最大冷负荷/kW	新风量/(m ³ /h)	冬季新风冷负荷/kW	所需要空气最低温度/℃
I 级手术室	9	1 000	12.0	-5~-4
II 级手术室	6	800	9.6	0~1
III 级手术室	5	800	9.6	3~5
IV 级手术室	4	800	9.6	5~7

从表 3 可以粗略看出,直接采集室外新风可以将每年的供冷时间平均减少 30 d 左右,节能效益非常可观。

为了尽可能地利用室外冷空气的冷量,并且又能保证手术室内的新风量,经过不断摸索和实践,笔者认为在寒冷和严寒地区的手术室新风系统中采用一对一的处理方案是最容易控制和管理的。采用带风机和粗、中、亚高效过滤器的新风进风系统,将室外空气强力吸入可以有效地克服新风过滤器堵塞而产生的阻力,保证足量的室外新风进入主净化机组,通过主净化机组送入手术室。手术室典型的流程图见图 1。

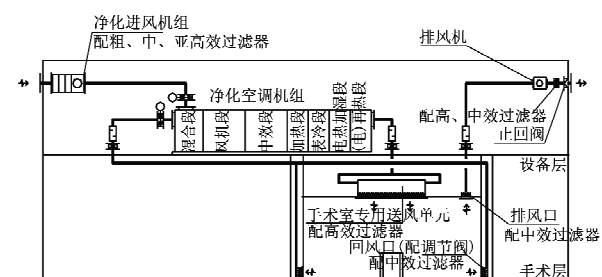


图 1 手术室典型的流程图

(下转第 14 页)

组内也可设置两级水冷盘管,第一级是水冷盘管利用大系统的冷水,第二级来源于为关键科室设置的独立冷源。这一方案改造量最小,同样可达到较好效果。

在新建医院应大力推广分散式热水锅炉,特别是燃气热水锅炉,既然燃气有压力,能靠自身压力输送到医院任何科室,就没有必要集中设置大型热水锅炉,靠水泵将热水输送到用户侧。这种分散式供热系统可根据不同部门对供热的不同要求进行灵活设置,各系统相互独立,单个系统容量较小,启停及调节便利、及时,且不会对其他系统产生不利影响,还省却了大型热媒管网的敷设、热媒转换和维护费用及减少了由此带来的各种污染问题。可在用热负荷大的用户侧(如中心供应、住院病房、食堂等),甚至考虑以楼层为单位,设置一台或几台小型燃气热水锅炉(或大型燃气热水器)。在冬季系统热水用量不够时作辅助供热。

3 结语

综上所述,医院建筑冷热源以及系统设计必须符合医院用能特点。医院用能的最显著特点是日益增多的热水耗量和存在两类不同控制要求的科室。本文提出的节能新理念不是抑制需求,而是从源头治起,只有改变医院传统的冷热源,才能有效节能。必须改变以各种功能科室(部)特定空间为控制目标的传统设计,而是将整幢医院建筑作为控制目标,综合规划整幢大楼的能源(冷、热媒)供给,

使之能量平衡。从建筑实体着手减小建筑负荷,综合各环节的节能措施,全面、有机地统筹安排,采用高效末端装置或设备(如制冷空调设备),提高输送系统(风系统、水系统)的效率^[8]。最后采用各种热回收装置,对排放到环境中的废热(冷)进行回收,才能保证建筑物整体的能源利用效率最佳,将废热排放量减到最小。而所消耗的能量仅仅用于热量转移。这种冷热源及其系统的新理念将彻底改变医院建筑传统设计,大大提高医疗环境控制质量,减少院内感染,真正有效地降低医院能耗。

参考文献:

- [1] 沈晋明,马晓琼. 医院建筑特点与节能[J]. 暖通空调,2007,37(8):33-38
- [2] 沈晋明. 综合医院建筑污染控制思路与暖通空调系统——简介修订后《综合医院建筑技术规范》的特点[J]. 洁净与空调技术,2005(2):45-48
- [3] 罗伟涛,沈晋明. 医院节能与冷热源新技术[J]. 中国医院建筑与装备,2007(7):26-29
- [4] Shen Jinming. Controlled clean operating room area [G]//ASHRAE Trans,2004,110(2):776-780
- [5] 李芄,沈晋明. 新风预冷处理概念、系统与应用[J]. 暖通空调,2002,32(6):104-107
- [6] 沈晋明,聂一新. 洁净手术室控制新技术——湿度优先控制[J]. 洁净与空调技术,2007(3):17-20
- [7] 朱青青,沈晋明,陆文. 用于湿度优先控制的新型新风机组[J]. 制冷技术,2008(3):36-40
- [8] 马晓琼,沈晋明. 浅谈既有医院系统节能改造措施及其应用[J]. 暖通空调,2008,38(8):47-51

(上接第 46 页)

3 结语

在华北、东北、华中以及华南的十几家医院和数十间手术室的设计过程中,根据《手规》的要求及综合手术室使用者反馈的意见,不断探索和改进后,笔者总结以下几条经验和同行分享。

1) 洁净手术室新风系统的设计成败是手术室设计需要重点关注的方面,决不容忽视。

2) 在设计洁净手术室新风系统时应针对医院当地的气候条件、医院类别、管理使用要求等因素进行考量,寻找最佳解决方案,不能一刀切。

3) 洁净空调系统是洁净手术部洁净效果的保障系统之一,其洁净效果应由各专业共同保证;合理布置建筑平面及流程,进行人流、污物、洁净器具分区;洁净手术部要远离污染环境,尤其是手术室新风吸入口应设在大气含尘浓度低的区域,远离地面,远离锅炉房、垃圾站、污水站以及医院

放射科等产生有毒、有害、有强烈气味气体的地方;手术部的排风组织应有序,排风口的设置应避免短路现象。

4) 在进行洁净手术部空调设计时,应充分认识到房间相对湿度控制的重要性,加强夏季除湿和冬季加湿的控制,控制策略应采用相对湿度优于温度的控制方式。

参考文献:

- [1] 中国卫生经济学会医疗卫生建筑专业委员会. GB 50333 2002 医院洁净手术部建筑技术规范[S]. 北京:中国计划出版社,2002
- [2] 许钟麟. 空气洁净技术原理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1983
- [3] 梅自力. 医院建筑空调设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1991
- [4] 于玺华. 现代空气微生物学[M]. 北京:人民军医出版社,2002
- [5] 胡吉士. 医院洁净空调设计与运行管理[M]. 北京:机械工业出版社,2004