

医院空调

设计手册

〔美〕美国供热、制冷与空调工程师学会 编



科学出版社

www.sciencep.com

医院空调设计手册

[美]美国供热、制冷与空调工程师学会 编

方肇洪 周 伟 等译
刁乃仁 桑海龙 关 华 校



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是美国供热、制冷与空调工程师学会最新编辑出版的专著,为医院和诊所的供热、通风和空调系统设计施工提供全面的咨询,是第一本专门讨论医院中传染控制的空调专著。

本书可供各大高校相关专业的师生、暖通空调工程师、医疗卫生管理部门和医院管理人员参考、阅读。

图书在版编目(CIP)数据

医院空调设计手册/(美)美国供热、制冷与空调工程师学会编;方肇洪,周伟等译. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-013227-0

I. 医… II. ①美…②方… III. ①医院-采暖-建筑设计-手册②医院-通风系统-建筑设计-手册③医院-空气调节系统-建筑设计-手册
IV. TU83-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026767 号

责任编辑:刘剑波 邱 璐 王剑虹 / 责任校对:钟 洋
责任印制:吕春珉 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004年8月第一次印刷 印张:27

印数:1—3 000 字数:515 300

定价:56.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

译者的话

2003年初春,人类受到一场从未知晓的传染病的突然袭击,这种由冠状病毒的新变种引起的呼吸道传染病被称为“非典型性肺炎”(以下简称“非典”),亦称SARS^①。中国是首先发现“非典”病例的国家,也是“非典”疫情的重灾区。世界卫生组织(WHO)报告的数字显示,截止2003年6月26日,全球33个国家和地区累计发现SARS病例8456例,其中死亡809例。中国内地的病例最多,达5327例,其中死亡348例;中国香港、台湾分列其后。防治SARS的斗争暴露了中国公共卫生体系建设中一系列的缺陷和问题,我们要勇于面对,深刻地反思。

正当与突发的“非典”疫情做生死斗争的关键时刻,2003年6月18日由ASHRAE^②(美国供热、制冷与空调工程师学会)推出了一本专著《医院空调设计手册》(*HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics*)。这是ASHRAE的第91特别研究项目的主要内容,也是该项目的重要成果。为此,ASHRAE成立了一个由10余名专家组成的编写委员会。该书自1996年酝酿到2003年6月中旬面世,经历了7年的编写时间。虽然这本专著显然不是为防治SARS而写,但它的面世却正是时候。译者作为ASHRAE的会员,在第一时间得知了这一消息,认识到中国也迫切需要这样一部专著,因此立即与ASHRAE的出版机构联系该书的翻译和在中国出版的事宜。同时,也在科学出版社的大力支持下,促成了该书的翻译和出版。

本书的内容除了涉及一般建筑空调的共性问题以外,主要强调在医院和其他医疗保健设施中有重要意义的空气传播传染病的控制问题。书中总结了许多这方面的研究成果和成功做法。在我国遭受“非典”袭击的过程中,医院成为重灾区。这使得医院、暖通空调工程师和社会各界普遍认识到改进现有医院空调系统的必要性。国内空调界也对医院空调的设计和改造问题展开了广泛的讨论。在这个时候,《医院空调设计手册》的翻译出版将为我们提供有用的借鉴和及时的帮助。此外,本书还介绍了美国在通用的建筑空调系统中有关设计、运行管理、维修、节能和控制以及监理等方面的做法,这些都值得我国的同行学习和借鉴。

由于本书的时效性,翻译工作由一个团队共同完成,其中以山东建筑工程学院空调与制冷工程系的教师和研究生为主,少数其他单位的专家也参与了翻译和校审工作。参与翻译工作的人员有济南市建筑设计研究院的方亮(第一、二章),山东中医药大学的王惠娟(第三章),以及山东建筑工程学院的以下人员:周伟(第七、

① SARS: Severe Acute Respiratory Syndrome.

② ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

十二、十三、十六章,附录 G),崔萍(第十一、十四、十五章),李琴云(第五、十章,附录 B、C、I 下),范军(第六章,附录 A、E、F),赵斌(第四章,附录 D、H、I 上),李长河(第八章),李成乐(第九章)。方肇洪进行了全书的统稿。山东建筑工程学院的刁乃仁教授和关华博士、山东省建筑设计研究院的桑海龙研究员对全书进行了认真的校审。

本书的出版有赖于科学出版社的支持和编辑的辛勤工作,在此表示敬意和感谢!同时也要感谢广州灵境医疗净化工程公司和江苏久信医疗净化公司,是他们的支持使本书的翻译工作得以更快更好地完成。

本书译、校者虽尽努力,但由于整个翻译工作时间仓促以及本书的内容涉及多个学科,同时也由于本人和整个翻译工作团队在专业水平和英语能力上的局限,本书的译稿难免存在错误或不精确的地方,对此我们热忱欢迎全国的专家同仁批评指正,并提出宝贵意见。

山东建筑工程学院

方肇洪

2003 年 12 月 20 日

献 词

谨以这本设计手册献给我们的朋友和同事——John Lewis。在准备此手册的过程中,John 不幸中风发作。在准备工作的最后几个月里,我们失去了他敏锐的工程洞察力、对技术上的精确性的坚持以及他的清晰易懂的写作能力。最重要的是在我们的会议上,我们失去了他幽默和友善的出席。我们期望他能够继续为医疗保健工程以及供热通风和空气调节的设计做贡献。ASHRAE 第 91 特别项目委员会感谢 John Lewis 在创作此文献时所做的杰出贡献。

本书是在美国供热、制冷与空调工程师学会(ASHRAE)第 91 特别项目委员会和 TC9.8“大型建筑空调应用”研究小组的共同合作下完成的。

撰稿者名单

最终表决委员会成员

Robert Cox, P. E.

Farnsworth 集团

Paul J. DUPont, P. E.

杜邦工程

Douglas Erickson

美国医疗保健工程协会

Kimball Ferguson, P. E.

杜克大学健康系统

Milton Goldman, M. D., P. E.

Mann 机械公司

Jeffrey Hardin, P. E.

美国陆军工程公司

Richard D. Hermans, P. E.

能源与环境研究中心

Carl N. Lawson

杜克大学医学中心

John Lewis, P. E.

P2S 工程师协会

Farhad Memarzadeh, Ph. D., P. E.

美国国家卫生院

Frank A. Mills, C. Eng

英国环境设计咨询有限公司

Vince Mortimer

国立职业安全与健康研究所

Paul T. Ninomura, P. E.

印第安健康服务部

Mary Jane Phillips

美国海军医学与外科局

Anand K. Seth, P. E.

Partners 医疗保健系统公司

Andrew Streifel

明尼苏达州大学

其他主要撰稿者和校阅者

* 不再参与工作的最初成员

* * 一直联系的成员

(只列出了主要的校阅者和撰稿者。委员会非常感谢那些无偿校阅这本手册若干章节的许多个人)

Joseph Bonanno, Senior Engineer (多章)

Richard D. Kimball 公司

Cris Copley, P. E. (第十二章)

BR+A 公司

Jason D'Antona, P. E. (附录 G)

Partners 医疗保健系统公司

Richard DiRinzio (附录 H)

Engineered Solutions 公司

Alexandra Dragan, Ph. D., P. E. *

公共建设部

- Kenneth E. Gill, P. E. ***
Aguirre 公司
- William Goode, P. E. (所有章节)**
W. J. Goode 公司
- Ray Grill, P. E. (第十一章)**
RJA 集团
- Darold Hanson* (第十章)**
原来在霍尼韦尔公司,现在退休
- George Hardisty, P. E. (附录 G)**
BR+A 公司
- Joe Howard***
原来在 BJC Health Systems 公司
- Leon Kloostra (第十章)**
Titus 集团
- Paul Konz, P. E. (附录 G)**
TRO 公司
- Mitsu Koshima, Senior Engineer (多章)**
Richard D. Kimball 公司
- John Kramer, P. E. (第十章)**
杜克医学中心工程师
- Mark Lentz, P. E. ***
Lentz 工程协会
- Olga Leon, P. E. ** (所有章节)**
Partners 医疗保健系统公司
- C. Glen Mayhall, M. D. (第二章)**
德克萨斯州大学医学院
- Howard J. Mckew, P. E. ,CPE(多章)**
Richard D. Kimball 公司
- Andrew Nolfo, P. E. ** (多章)**
美国国家环境平衡局
- Andrew Persily, Ph. D. (第二章)**
国家标准与技术协会
- Chris Rousseau, P. E. ***
Newcomb & Boyd 公司
- Anesha Morton Rumble**
原来在国立职业安全与健康研究所,
现在 MCAQ 公司
- Teerachai Srisirikul(附录 H)**
Partners 医疗保健系统公司
- Esmail Torkashvan, P. E. ** (多章)**
国家卫生研究所,全国资源恢复中心
- Marjorie Underwood(第二章)**
Mt. Diablo 医疗中心,加利福尼亚州
Concord
- James E. Woods, Ph. D. , P. E. (第二章)**
建筑物诊断研究协会
- Mark Yankich, P. E. (第九章)**
Rogers, Lovelock, and Fritz 公司

Walter Grondzik, 技术编辑(所有章节)
佛罗里达 A&M 大学

前 言

首先,本书不是一个标准或规范,它只是一本设计手册。它提供了为满足适用的标准或规范而采用已知的设计策略,不论这些标准或规范出自何处。

医疗保健设施设计手册的概念是在 1996 年的 ASHRAE(美国供热、制冷与空调工程师学会)波士顿年会上被认可的。在 1997 年 1 月的 ASHRAE 旧金山冬季年会上组织了一个讨论会来说明这一计划并征求 ASHRAE 成员的意见,了解他们希望这本手册包括哪些内容。1997 年 1 月在旧金山召开了本书编写委员会的第一次会议,编写工作就此开始。编委会每年召开四次会议,其中两次在 ASHRAE 的年会上,另两次在其他的地点。

虽然我们只是要编写一本设计手册,但是编委会认为有必要做一些研究。其中的一些研究是由编委会成员完成的,并已由 ASHRAE 出版发表。NIH(美国全国卫生研究所)的 Farhad Memarzadeh 博士对病房、隔离室和手术室的空气分布做了广泛的研究。该研究同时采用了数值计算和实验的方法。数值计算方法包括了计算流体动力学和粒子跟踪模型。通过与大量的实验测量结果进行比较,数值计算方法的性能得到了验证。其中对病房的研究结果帮助改变了由 AIA(美国建筑师联合会)出版的《医疗保健设施指南》中关于通风率的要求。关于手术室的研究结果将写进下一版的 ASHRAE 手册中。

正如在本设计手册中指出的,温度、湿度和通风对于由空气传播的微生物的生存有重要作用。然而,大多数适用于暖通空调系统的现行法规中都没有涉及温度、湿度和通风对于控制空气传播的微生物的有效性的设计标准。这个问题在北美地区似乎还不是特别紧迫,但在世界的其他许多地方却是一个现实和严重的问题。我这样说的目的只是要指出一个存在的问题,这个问题必须通过其他渠道加以修正。我们希望这本设计手册会被广泛接受,并被用作教学和培训的手段。我们也希望它能推动与负责制定法规的官员、卫生管理当局、临床医生以及暖通空调设计人员之间的公开对话,并最终采用合理的标准。

我要感谢 ASHRAE 给我这个机会,让我在撰写这个权威性的文件中通过个人专业特长发挥主要作用。我还要特别感谢两个人:ASHRAE TC9.8(大型建筑空调应用)技术委员会的前主席 Mark Lentz,他在这个项目的启动过程中起了主要作用并吸收我加入到这一项目中;另一个人是 William Seaton,作为 ASHRAE 的研究经理,他给了我一切必要的支持。我还要感谢 ASHRAE 和它的研究与技术服务经理 Michael Vaughn 对我们的一贯支持和信任。

能和一批有杰出才能的专家共同完成这一工作是我最大的荣耀,他们为这本

手册慷慨、自愿地付出了宝贵的时间和相关的费用,我也代表 ASHRAE 对他们表示衷心的感谢。在书中我列出了一个本书现在的编委会和其他撰稿人的名单。在编撰本书的过去四年中,有几位编委会的成员由于时间的限制或健康原因不得不放弃了编写工作,我不会忽视他们对本书的贡献,因为这些贡献是很重要的。对于属于前编委会成员的撰稿人已做出了标记。

我再次感谢第 91 特别项目委员会和许多其他的撰稿人为此花费的时间和付出的艰苦工作。

Anand K. Seth, P. E.

2003 年 5 月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
1.1 导言	1
1.2 目的	2
1.3 预期的读者群	2
1.4 概览	3
第二章 术语	7
2.1 导言	7
2.2 术语	7
第三章 医疗保健设施的介绍	22
3.1 导言——医疗保健设施.....	22
3.2 病人护理病房.....	23
3.3 诊断和治疗中心.....	26
3.4 手术室.....	30
3.5 行政管理区.....	31
3.6 支持服务.....	33
第四章 医疗保健设施的暖通空调系统概述	37
4.1 导言.....	37
4.2 传染和其他危害安全的因素.....	38
4.3 传染控制.....	40
4.4 标准.....	43
4.5 能源有效利用和运行费用.....	51
4.6 根据供热和制冷负荷确定设备容量.....	52
4.7 通风和室外空气品质.....	54
4.8 环境控制.....	56
4.9 暖通空调的“系统卫生”.....	57
4.10 将来改变的灵活性	58
4.11 一体化设计	58
第五章 供热、通风和空调系统	62
5.1 导言.....	62

5.2	HVAC 系统	63
5.3	全空气系统	65
5.4	空气-水系统	70
5.5	全水系统	71
5.6	以制冷剂为传热工质的单元式空调系统	73
第六章	现有设施的设计考虑	76
6.1	现有设施的一般考虑	76
6.2	施工中的传染控制	78
第七章	冷冻站	81
7.1	导言	81
7.2	设计注意事项	81
7.3	能耗效率的优化	89
7.4	冷冻水分配系统	90
7.5	冷冻站的控制和仪表	93
7.6	启动和监理	94
7.7	诊所冷冻站	94
第八章	空间供热和工艺用热系统	95
8.1	概论	95
8.2	热力站注意事项	96
8.3	加热设备的特性	99
8.4	末端加热装置	103
8.5	管道系统	103
8.6	生活热水系统	105
8.7	消毒和加湿	107
第九章	空气处理和输配系统	117
9.1	导言	117
9.2	概念设计	117
9.3	空气处理机组设计上的考虑	118
9.4	空调系统的选择	128
9.5	风道系统	131
9.6	末端机组	133
9.7	房间气流分布	135
9.8	声学注意事项	138
9.9	处理饱和空气的一般注意事项	140
9.10	干燥剂除湿系统	140
9.11	单元式机组	142

第十章 控制和仪表	143
10.1 导言.....	143
10.2 控制方法的特点和属性.....	143
10.3 房间压差控制、室外空气通风和室外空气节热器的控制	145
10.4 采用房间压差准则的隔离室及类似房间.....	149
10.5 手术室控制.....	150
10.6 实验室控制.....	151
10.7 医院和诊所中的一般控制顺序.....	152
10.8 控制安全.....	154
10.9 直接膨胀系统的控制.....	155
第十一章 防排烟与生命安全	156
11.1 导言.....	156
11.2 防排烟分区和防烟屏障.....	159
11.3 被动(自然)防排烟控制.....	163
11.4 主动(机械)防排烟.....	163
11.5 楼梯间加压系统.....	166
11.6 电梯.....	167
11.7 控制与顺序.....	168
11.8 能源管理与防排烟控制.....	168
11.9 测试与试运转.....	169
11.10 健康与救生	171
11.11 中庭的防排烟	172
11.12 防火安全工程设计	173
11.13 气候对建筑系统的影响	173
第十二章 房间设计	175
12.1 导言.....	175
12.2 通风在传染控制和保证舒适性中的作用.....	175
12.3 医护房间设计准则.....	180
第十三章 诊所和其他医疗保健设施	192
13.1 医疗保健设施的分类.....	192
13.2 诊所空间.....	195
第十四章 运行与维护	197
14.1 导言.....	197
14.2 维护保养.....	197
14.3 现代的维修工具.....	200
14.4 运行.....	205

14.5	遵守联合协会的要求	206
14.6	施工	208
14.7	暖通空调系统与设备特殊维护的注意事项	216
14.8	建筑监理	216
14.9	投资计划	217
第十五章	监理	218
15.1	导言	218
15.2	监理责任人	218
15.3	监理过程	220
15.4	文件	223
15.5	施工过程与监理之间的界面	227
15.6	后监理	229
15.7	成本、补偿及优点	231
15.8	总结	234
第十六章	节能和节能设计	235
16.1	导言	235
16.2	医疗保健的限制条件	235
16.3	医疗保健设施中的能源利用	236
16.4	设计高效节能的供热和空调系统	241
16.5	空气-空气热回收策略	248
16.6	设计高效节能的冷冻水和冷凝水系统	250
16.7	集中供热系统的节能设计	253
16.8	设计高效节能的建筑围护结构	256
16.9	运行和维护	257
16.10	监理和后监理	257
16.11	为节能项目融资	257
附录 A	医疗保健设施建设和改造过程中的风险管理	259
A.1	导言	259
A.2	风险评估	259
A.3	项目规划	260
A.4	环境的评价	261
A.5	通风控制	261
A.6	项目实施	263
A.7	交流和沟通	264
A.8	委托(监理)	264
A.9	法律问题	265

附录 B 灾害管理	266
B.1 导言	266
B.2 恐怖主义	267
B.3 灾害的分级	268
B.4 空间的界定	271
B.5 在灾害和紧急状态下必需的服务	272
B.6 小结	274
附录 C 负荷计算及设备得热	278
C.1 导言	278
C.2 室外和室内设计条件	278
C.3 设计负荷	278
C.4 不同时使用系数和运行计划	280
C.5 送风	280
C.6 风量平衡	281
C.7 确定供热、通风与空调设备的容量	281
附录 D 传染控制问题	282
D.1 导言	282
D.2 传染控制的背景	282
D.3 医源性感染的治疗费用和发病率	283
D.4 隔离	283
D.5 前室	284
D.6 感染	285
空气传播呼吸道疾病及用于控制微生物的机械系统	286
附录 E 全寿命周期成本分析	308
附录 F 通风标准和当前的趋势	311
F.1 导言	311
F.2 通风规范和标准	312
F.3 通风的背景和详细情况	313
F.4 空气分布标准	329
F.5 通风系统设计新趋势	329
F.6 结论	332
附录 G 电力质量问题	333
G.1 应急电力保证	333
G.2 变频驱动	334
附录 H 控制策略实例	340
H.1 配有双送风风机、单排风风机、热水循环回路热回收系统的全新风 空调机组操作程序(参见图 H-1)	340

H. 2	配有排风风机、热水循环回路热回收系统的全新风空调机组的操作程序(参见图 H-2)	343
H. 3	配有直通、旁通、排风风机的全新风空调机组操作程序	345
H. 4	配有回风风机、空气侧节热器的空调机组操作程序(参见图 H-3)	348
H. 5	配有回风风机、空气侧节热器(通过对热流再加热使送风冷却减湿)空调机组操作程序	351
附录 I	手术室气流分布	354
	不同的手术室通风系统在保护手术区方面的比较	354
	参考文献	376
	参考书目	384
	索引	387

第一章 绪 论

1.1 导 言

设计医院、门诊部以及其他的医疗保健设施的暖通空调系统是一个特殊的工程领域。有很多设计问题对于医疗保健设施暖通空调系统的合理设计和正常运行是特别重要的,其中对手术室更高的过滤要求以及相邻区域间的压力关系便是两个这样的例子。

医疗保健设施有特殊的设计标准,只有了解并熟悉这些标准才能做出让这些医疗保健设施的业主和使用者满意的设计来。也只有了解各种法规和规章的要求才能尽量避免在设计中发生违规的问题。

手术室的设计有一些特别的考虑。对一个手术室的暖通空调系统有以下几方面的要求:调节温湿度、房间的加压与送风的过滤、允许的空气再循环量以及送风系统的可靠性。

医疗卫生设施的环境中有一定程度的各种有害物质,气雾状的药剂、空气传播的传染病菌以及强烈的化学清洁剂都是这些有害物质的例子。

与建筑物有关的疾病,尤其是与由空气传播的传染媒介有关的疾病一直是医疗卫生组织面临的挑战,因为医院必须治疗和处理大量传染病人和极易被环境中的微生物(例如军团病菌和曲霉菌)感染的人群。这本手册将系统地介绍在医院空调系统的设计和维护方面最大限度地保证使用者安全的做法。

对这本手册来说一个最基本的前提就是:一个设计良好的暖通空调系统可以强化建筑环境中的其他因素而提供一个“治疗环境”;最大限度地降低病毒、细菌、真菌孢子以及其他悬浮在空气中的微生物通过空气的传播,并将建筑物以及在其中进行的活动对环境的影响减至最低。如果遵循这个前提,就有助于在现代医疗保健设施里建立一个安全的环境。

这本手册的编写工作是由ASHRAE(美国供热、制冷与空调工程师学会)TC 9.8(空调在大型建筑中的应用)技术委员会发起的,他们均认为需要一本这样的手册。编写工作由ASHRAE的一个SP-91特别项目委员会完成。SP-91特别项目委员会自1997年起开始这本手册的编写工作,这个跨学科的委员会包括了设计工程师、环境健康专家、研究人员、《ASHARE手册》医疗保健设施一章的前任和现任主席、来自美国建筑师协会的《医院和医疗保健机构设计与施工规范》修订版编者的代表以及美国医院工程师协会的代表。撰稿者还包括美国外科医生协会的成员。