

COLD AIR DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN GUIDE

低温送风系统设计指南

[美] Allan T.Kirkpatrick 编著
and James S.Elleson

汪训昌 译

American Society of Heating, Refrigerating
and Air-Conditioning Engineers, Inc.



中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

COLD AIR DISTRIBUTION SYSTEM,
DESIGN GUIDE

低温送风系统设计指南

[美] Allan T. Kirkpatrick 编著
and James S. Elleson

汪训昌



中国建筑工业出版社

图字 01-1999-1731 号

图书在版编目(CIP)数据

低温送风系统设计指南/(美)柯克帕特里克(Kirkpatrick, A. T.)著;
汪训昌译. —北京:中国建筑工程工业出版社, 1999

ISBN 7-112-04006-X

I. 低… II. ①柯… ②汪… III. 建筑-通风系统, 低温-系统设计
IV. TU834

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 50484 号

©1996 American Society of Heating, Refrigerating
and Air-Conditioning Engineers, Inc.

1791 Tullie Circle N. E.

Atlanta, Georgia 30329

All rights reserved.

*

COLD AIR DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN GUIDE

低温送风系统设计指南

[美] Allan T. Kirkpatrick 编著
and James S. Elleson
汪训昌 译

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

*

中国建筑工程工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京建筑工程印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 6 $\frac{3}{4}$ 字数: 176 千字

1999 年 12 月第一版 1999 年 12 月第一次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: 18.00 元

ISBN 7-112-04006-X

TU·3136(9405)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

COLD AIR DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN GUIDE

低 温 送 风 系 统 设 计 指 南

本书是在 ASHRAE RP-849 研究项目,ASHRAE TC6.9 蓄冷技术委员会授权下编著的。

Allan T. Kirkpatrick 是科罗拉多州柯林斯堡(Fort Collins)市科罗拉多州立大学机械工程学教授。他教授与进行应用热学方面的研究。他从 Massachusetts 理工学院获得博士学位。他是 ASHRAE TC4.10 室内环境计算、TC5.3 房间空气扩散以及 TC6.9 蓄冷技术委员会的成员。

James S. Elleson 是威斯康辛州 Black Earth, Elleson 工程公司负责人。自 1986 年以来,他一直参与蓄热能与冷风分布系统的研究、设计、分析与性能评价工作。他是有关这方面题目的几本设计指南、ASHRAE 的一些论文、EPRI 研究报告的主要作者。

本书系统地总结了自 80 年代末至 1996 年期间美国在建设蓄冷空调工程中有关冷风分布系统设计的经验。全书由引言、设计方法、通风与热舒适、冷风分布部件的选择、冷风扩散部件的选择、控制策略、交工验收、经济评价、计算机模拟等九章组成。

本书对正在从事蓄冷空调工程设计的空调工程师来说是一本极好的设计指南;对正在管理蓄冷空调系统的运行技术人员与建设蓄冷空调工程的施工技术人员、质量监督人员来说是一本提高专业水平的教材;对建筑业主及其基建管理人员来说是一本普及低温送风知识的科普宣传的小册子;对正在从事电力负荷侧管理的行政人员来说是一本全面了解蓄冷空调系统、科学制定电价政策的必读参考书。

* * *

Translated by permission. All rights reserved. ©1996 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Translated and distributed by CABP. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To obtain the English language edition, contact ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA

* * *

责任编辑:姚荣华

没有 ASHRAE 书面形式的允许,这本书的任何部分都不可以再版,除非是评论者,他可以在说明相应出处的评论中引用简短的段节,或复制一些插图。这本书的任何部分都不可以复制、储存在检索系统中,或者未经 ASHRAE 书面形式的允许,不可以用任何形式或任何手段——电子的、照相的、录音的或其他的形式进行传播。

ASHRAE 虽已仔细地编辑了本书,但 ASHRAE 并未审查而且明确地拒绝承担审查在这本书中所可能描述的任何产品、服务、步骤、方法、设计或其他类似东西的任何责任。在这本书中的任何技术数据上或编辑素材上的表达,不构成 ASHRAE 对任何产品、服务、步骤、方法、设计或其他类似东西的认可、担保或保证。ASHRAE 不保证这本书中的资料没有错误,ASHRAE 不一定都同意在这本书中的任何论点或见解。使用这本书中任何资料的全部风险由用户承担。

译 者 的 话

近 20 年来,改革、开放的春风给中国的 HVAC&R 事业带来了蓬勃发展的生机,数以百万平方米计的民用空调建筑在全国各地的大、中城市中似雨后春笋般地耸立起来。城市现代化的发展与人民生活水平的普遍提高,既给我国的电力建设提供了强大动力,又给城市供电电网施加了巨大的压力。中央空调与分散空调的用电负荷跟随着城市商业与家用用电负荷的同步增长已使我国的一些大、中城市供电负荷峰谷差相继拉大到 30%~40%。这必将给城市电网的均衡运行与安全供电造成极大的困难,同时也向我国的电力建设与供电管理提出了新课题。城市用电负荷峰谷差的不断拉大已迫使我国的电力部门冷静地思考如何去适应这种用电负荷的需求,如何从计划经济下的准官方的垄断性的行政调度转变为市场经济下的负荷侧管理,以合理的时间电价结构与补贴政策调动电力负荷,削峰填谷,开创发电、输配、供电及用电的最经济、电力建设投资最有效的新局面。

单纯的冰蓄冷,利用午夜以后的低谷电制冰,储存到白天用电尖峰时段供冷,确实可以有效地转移一部分尖峰用电时段的空调用电负荷。但是,这种办法不但要使冷源建设总投资费比常规冷源提高 1.6~2.0 倍,而且空调的实际用电量也要比常规空调系统高 1.3 倍。国外 80 年代发展冰蓄冷的经验早已证明了这一点,最近几年我国的蓄冷空调工程的实践也使我们不少人认识了这一点。解决这个问题的重要出路是走冰蓄冷与冷风分布系统相结合的道路。

空调事业在中国的发展与普及不但需要有强大的经济基

础与较高的人民生活水平作后盾,而且还需要有相应的空调技术为条件。目前,两大全球环境问题——臭氧层的耗损与全球气候变暖,要求我们 HVAC&R 行业在时空上更合理地、更节省地利用能源,更需要电力部门与空调制冷行业紧密合作,一方面应尽快制定出互利的分时电价表与相应的补贴政策,另一方面必须尽早使冷风分布技术与冰蓄冷技术科学地结合起来,以改善蓄冷空调系统的整体能效和降低工程的整体造价。

在美国,以电力研究所为代表的美国空调制冷界,从 80 年代末开始就一直在从事冰蓄冷与冷风分布相结合的蓄冷空调研究、产品开发与工程实践。他们已成功地建设了许多蓄冷空调工程,积累了丰富的经验。在 ASHRAE 的授权下,A. T. Kirkpatrick 教授和 J. S. Elleson 先生编著了《冷风分布系统设计指南》一书。该书全面、系统地总结了美国空调制冷界近十年在蓄冷空调工程的设计、安装与交工验收方面的宝贵经验。该书在一定程度上反映了当今世界蓄冷空调技术的最高水平,代表着美国空调制冷界的蓄冷空调工程设计水平。中国空调制冷界不少同行在该书出版后不久就看到了这本著作,对该书表现了极大的兴趣,并给予了很高的评价。

本人在读完《冷风分布系统设计指南》原著后深感这是一本非常切合当前中国实际工程设计需要的参考书,在《暖通空调》编辑部郑远非主编的支持下,尽力以最快速度完成了原著的翻译,以期让该著作与中国的广大的空调设计者和蓄冷空调工程业主尽早见面。

本书的翻译与出版得到了原著作者 A. T. Kirkpatrick 教授和 J. S. Elleson 先生的支持,得到了 ASHRAE 的许可与版权上的优惠,在此表示诚挚的感谢。

参照出版者的意见,考虑到国内暖通空调专业人员的习惯用语,本书中译本定名为《低温送风系统设计指南》。但“低温送风”一词并未完全涵盖冷风分布(原文 cold air distribu-

tion)系统设计中气流组织的概念,因此在中译本正文中仍采用“冷风分布系统”的表述。特此向读者说明。

《暖通空调》编辑部王曙明副编审对本书的翻译作了极其仔细认真的审校工作,在此也表示真诚的谢意。

由于本人学识水平有限,如果中文翻译稿不能准确表达原著的思想与技术内涵,均由译者负责,并请广大读者、同行及专家指正。

译者:汪训昌

中文版前言

冷风分布系统是利用冰蓄冷系统低温的一种重要手段。这一技术的优越之处包括降低空调系统的初投资,减少风机的电能消耗,以及因湿度的降低而改善舒适性。这些优越性与冰蓄冷系统转移电力负荷的作用相结合,形成一种很有吸引力的空调方案。

在美国,空调系统的设计人员在开发应用 13°C (55°F) 送风系统方面已经积累了广泛的经验。而在设计以 $4\sim 10^{\circ}\text{C}$ ($40\sim 50^{\circ}\text{F}$) 送风的冷风分布系统时,这些设计人员必须重温基本的工程学原理,并据以修改他们惯常使用的标准设计方法。《冷风分布系统设计指南》为应用这些基本原理,制订关于低温送风系统的新标准提供了指导。

我希望,本书能有助于中国读者成功地应用冷风分布设计原理,设计出以最为有效和节能的方式满足中国空调需要的系统。

James S. Elleson

致 谢

本设计指南是在 ASHRAE RP-849 研究项目下,在以 Mark Fly 为首的项目监督分委员会指导下产生的。

这本指南如果没有大量志愿评审人的努力就不可能产生。这些志愿评审人对指南的内容提出了建议,并审阅了初稿。尤其是要对 Chad Dorgan, Mark Fly, Mike Gallagher, Don Gatley, Ken Gillespie, Jack Harmon 及 Jianshun Zhang 的详细又周到的审校意见表示特别的感谢。

Jack Harmon 提供了混合箱、盘管选择方面的资料,保冷吊架与排水存水弯管(drain trap)详图(图 4-4 与图 4-9)及第 6 章中的一些实例性控制顺序。Trane 公司的 Mike Pajewski 在冷却盘管的选择与定价方面提供了帮助。Dave Orr 提供了风管布置与风管保冷价格方面的资料。Mark Fly 提供了一些直接膨胀制冷工程的资料。

Dan Berg, Paul Opperman, Dave Waters 与 Tom Sullivan 在编制数值计算例题、制图、公式排版以及作出最后版式设计方面提供了非常宝贵的帮助。

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 背景	1
1.2 好处与局限性	3
1.3 资料来源	5
1.4 本指南的构成	7
1.5 参考文献	8
第 2 章 设计方法	9
2.1 概述	9
2.2 送风温度的选择	9
2.3 一般 HVAC 的设计方法	10
2.4 空气分布系统设计方法	12
2.4.1 选择系统配置	13
2.4.2 确定房间冷负荷	14
2.4.3 确定通风换气要求	15
2.4.4 送风温度与送风量的选择	15
2.4.5 计算冷却盘管负荷	15
2.4.6 选择冷却盘管	16
2.4.7 确定制冷设备的要求	16
2.4.8 布置风管	17
2.4.9 确定保冷要求	18
2.4.10 选择风机	18
2.4.11 选择空气分布的散流器与末端装置	18
2.4.12 制定控制顺序	19
2.5 冷风分布改造的分析	19
2.6 一些设计实例的典型系统	21

2.7 参考文献	22
第3章 通风与热舒适	23
3.1 概述	23
3.2 按照 ASHRAE 62-1989 标准的通风	25
3.3 在送冷风条件下的新风量比	26
3.4 多个房间的通风	27
3.4.1 多个房间方程组	27
3.4.2 多个房间通风实例	28
3.5 热舒适与空气扩散性能指标	31
3.6 较低的相对湿度对空气品质感觉的影响	32
3.7 参考文献	35
第4章 冷风分布部件的选择	37
4.1 标准状态下的风量计算	37
4.2 制冷设备	39
4.2.1 冰蓄冷	39
4.2.2 设计实例——冰蓄冷设备大小的确定	41
4.2.3 非蓄冷制冷机	44
4.2.4 直接膨胀系统	44
4.2.5 过量供液系统	46
4.2.6 乙二醇传热介质	47
4.3 房间冷负荷计算	49
4.3.1 一般考虑	49
4.3.2 房间潜热负荷	50
4.3.3 设计实例——房间潜热负荷计算	51
4.4 风机得热与温升	54
4.4.1 风机热量	54
4.4.2 风机的温升	56
4.4.3 以风机为动力的混合箱	57
4.4.4 设计实例——风机得热与温升	57
4.5 风管得热	60
4.5.1 一般考虑	60

4.5.2	风管得热计算	62
4.5.3	设计实例——风管得热与温升计算	64
4.6	风管保冷要求	66
4.6.1	一般要求	66
4.6.2	防止凝结的保冷厚度	67
4.6.3	保冷材料覆盖范围(Coverage)	69
4.6.4	隔汽层(Vapor Retarder)	70
4.6.5	设计实例——计算风管表面温度	71
4.6.6	设计实例——计算所需要的保冷热阻值	72
4.7	风管漏风	72
4.8	风管尺寸的确定	73
4.9	风机选择	74
4.10	焓湿图分析(Psychrometric Analysis)	76
4.10.1	概述	76
4.10.2	确定离开冷却盘管的空气状态	78
4.10.3	确定送入房间的最终送风温度	79
4.10.4	计算所需要的送风量	79
4.10.5	确定进入空气处理机组的回风参数	79
4.10.6	计算进入盘管的混合风参数	81
4.10.7	计算冷却盘管的负荷	81
4.10.8	设计实例——13℃送风温度时的温湿度参数 分析	82
4.10.9	设计实例——7℃送风温度时的温湿度参数 分析	84
4.11	冷却盘管的选择	87
4.11.1	一般考虑	87
4.11.2	盘管的排数与翅片数选择	88
4.11.3	盘管的水回路	89
4.11.4	盘管性能标定	91
4.11.5	压力降	91
4.11.6	乙二醇的一些考虑	93
4.11.7	部分负荷性能	93

4.11.8 凝结水的排放	94
4.11.9 保养	95
4.11.10 寿命周期费用	96
4.11.11 冷却盘管的选择实例	97
4.12 参考文献	101
第5章 冷风扩散部件的选择	104
5.1 概述	104
5.2 冷风分布散流器	105
5.2.1 散流器种类	105
5.2.2 一些代表性产品样本数据	108
5.3 房间的特征长度与散流器的布置	110
5.4 冷风射流的射程	112
5.5 冷风射流的分离	114
5.6 速度衰减系数与射流的卷吸	116
5.7 冷风散流器选择指南	118
5.7.1 概述	118
5.7.2 散流器选择方法	118
5.7.3 设计实例——会议室的散流器选择	121
5.8 混合箱	123
5.8.1 诱导末端装置	124
5.8.2 以风机为动力的并联混合箱	126
5.8.3 以风机为动力的串联混合箱	128
5.8.4 以风机为动力的混合箱选择	129
5.9 参考文献	129
第6章 控制策略	131
6.1 概述	131
6.2 控制要求	132
6.3 最小通风量与再加热	133
6.4 送风温度的重新设定	133
6.5 加热	134

6.6	夜晚与周末设定值回调(Setback)的恢复	135
6.7	凝结的控制	136
6.8	省能器循环的控制	137
6.8.1	设计实例——转换温度的确定	138
6.8.2	设计实例——省能器可利用时间的确定	139
6.9	控制顺序(Control Sequences)	140
6.9.1	控制顺序的说明	140
6.9.2	控制顺序实例	141
6.10	监测	143
6.11	运行与保养	144
6.11.1	控制传感器	144
6.11.2	控制系统的调整与优化	144
6.12	参考文献	144
第7章	交工验收	146
7.1	概述	146
7.2	方案阶段	147
7.2.1	设计意图的说明	147
7.2.2	交工验收计划	148
7.3	设计阶段	148
7.3.1	设计审查	149
7.3.2	设计意图的说明	150
7.3.3	交工验收的技术要求	151
7.4	施工阶段	152
7.5	验收阶段	154
7.5.1	验证	154
7.5.2	功能性能检验	155
7.6	培训	156
7.7	运行	157
7.8	参考文献	157
第8章	经济评价	158