

NUANTONG KONGTIAO
SHEJI ZHINAN YU GONGCHENG SHILI

暖通空调 设计指南与工程实例

江克林 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

NUANTONG KONGTIAO
SHEJI ZHINAN YU GONGCHENG SHILI

暖通空调 设计指南与工程实例

江克林 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书从暖通空调专业技术分类的角度,详细阐明了供暖技术、通风技术、空气调节技术、制冷技术、民用建筑房屋卫生设备和燃气供应技术、绿色建筑技术六大类的15种类型设计。

各种技术类型设计都总结揭示了每种技术类型设计的【目的任务】、【方法和要领】、【主要环节与内容】,并选配工程设计实例,起到穿针引线的作用。各种技术类型设计脉络清晰,内容丰富,资料翔实,希望达到抛砖引玉的目的。

本书适用于暖通空调专业设计人员,还有高等院校师生的用书,对从事暖通空调专业的施工安装运行人员,咨询、管理、工程监理工作人员等都有很大的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

暖通空调设计指南与工程实例/江克林编著. —北京:中国电力出版社,2015.10

ISBN 978-7-5123-8171-1

I. ①暖… II. ①江… III. ①房屋建筑设备—采暖设备—建筑设计②房屋建筑设备—通风设备—建筑设计③房屋建筑设备—空气调节设备—建筑设计 IV. ①TU83

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第197541号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:梁瑶 联系电话:010-63412605

责任印制:蔺义舟 责任校对:常燕昆

北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售

2015年10月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.5印张·398千字

定价:48.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

序

《暖通空调设计指南与工程实例》一书是沈阳建筑大学江克林教授及其团队历经长时间的工程实践和多年的教学经验积累编写而成，在新书出版之际，谨此表示祝贺。

目前，我国社会和经济的持续发展面临能源和环境的两个瓶颈，怎样在满足经济发展和人民生活水平提高的前提下，降低能源和资源的消耗，减少各类污染物排放，是我们必须应对的挑战。建筑节能是节能减排的三大领域之一，既是潜在的节能潜力最大的领域，也是有可能随着建设规模的增长而造成总能耗大幅度增加的领域。

国家把建筑节能和绿色建筑作为我国战略性新兴产业，作为城镇化与城市发展领域的优先主题和发展重点。在建筑使用中，暖通空调能耗约占建筑总能耗的40%~50%以上；建筑室内环境的质量，大多依靠供暖、通风、空调的技术及其设备的使用来维持其适宜人居和生活工作的舒适环境。没有暖通空调技术的应用，就谈不上绿色建筑的室内环境质量。因此，暖通空调技术在建筑节能和绿色建筑发展方面，起着重大和不可替代的作用。

暖通空调工程中，设计起着先行者作用。为了进一步提高暖通空调设计人员的素质和设计水平，适应我国建筑业的发展，该书的出版将会起到重要的推动和引领作用。本书全面介绍了供暖技术、通风技术、空气调节技术、制冷技术、民用建筑房屋卫生设备和燃气供应技术、绿色建筑技术六大类型，设计内容各章均按目的任务、方法要领、主要环节与内容进行编排，并附有工程实例。全书达到了资料翔实、内容丰富、删繁就简、精确提炼、观点明确、设计方法具体、条件清楚、技术先进、措施可靠，并突出了简明实用及紧密结合工程实际的特点。相信对广大暖通空调专业同行从事设计技术工作会有很大的帮助和指导作用。

江克林教授在几十年的教学、科研和工程设计实践工作中，积累了丰富的经验，为我国暖通空调行业的发展做出了重大贡献。退休之后，仍然关注我国暖通空调行业的发展，特别是对设计人员的培养和提高。在此，对江克林教授的敬业奉献精神深表敬佩，值得我好好学习。

最后衷心希望暖通空调行业的同行们，用好这本设计指南，使我们专业工作更向前发展。

刘宪英

重庆大学 教授

中国制冷学会第一、二届理事
享受国务院政府特殊津贴专家

前 言

为了满足国家建设不断发展的需要,赶超世界先进水平,只有持续提高专业技术人员的技术与技能知识才能与国际接轨。

在学习掌握暖通空调专业一定的技术与技能知识的条件下,为了进一步提高专业技术人员的整体素质和水平,一些设计人员面临一个如何尽快全面了解掌握暖通空调各类技术的应用设计,进而做好暖通空调工程的各类设计,不断地去总结研究各类技术设计的方法要领与创新,在各类技术应用设计的平台上写出新篇章,设计建造更多的先进优质工程,创建更多的世界一流产品。

从校园到职场的新手没有接触过实际工程,即使从事多年设计工作的专业技术人员,由于工作经历与环境的差异,也有相当多的专业技术设计人员会不同程度地遇到不同类型建筑的新题型、新问题。对没做过的新设计,特别是遇到那些有一定深度与难度的工程设计,有时就不知如何动手,对题型设计感到陌生,对难点感到困惑不解,这时渴望寻求参照物,特别需要得到帮助。

为了顺应建筑业的发展和工程设计人员的需要,我们组织编写了此书,从专业技术分类的角度,全面介绍了供暖技术、通风技术、空气调节技术、制冷技术、民用建筑房屋卫生设备和燃气供应技术、绿色建筑技术六大类型的设计。从分析设计条件、使用功能、工艺特点、室内外设计参数差异等基本点出发,认识各类技术题型设计的任务、特点和要求,阐述不同类型建筑的特性量计算及设备选型过程,指明设计的重点和难点,并结合各类型设计实例进行论述及分析与展示,帮助读者理解新题型的设计思路,选配一把入门设计的钥匙,帮助专业相关人员尽快提高暖通空调工程各类型设计的综合能力。

本书详细阐明了暖通空调专业设计六大类 15 种技术类型设计:(1)室内供暖技术类型设计;(2)城镇供热管网技术类型设计;(3)小区锅炉房技术类型设计;(4)室内防排烟技术类型设计;(5)车间有害物控制与净化技术类型设计;(6)舒适性中央空调技术类型设计;(7)工艺性车间净化空调技术类型设计;(8)医院手术部净化空调技术类型设计;(9)空调冷源技术类型设计;(10)冷库技术类型设计;(11)给水技术类型设计;(12)排水技术类型设计;(13)热水技术类型设计;(14)燃气供应技术类型设计;(15)绿色建筑技术类型设计等。总结揭示了各种技术类型设计的目的、任务、方法和要领,主要环节与内容,并选配工程设计实例,起到穿针引线的作用,各种技术类型设计脉络清晰,希望达到抛砖引玉的目的。

作者从事暖通空调专业设计、教学科研、施工安装建造一线工作至今 50 年,晚年有机会与现职的同行一起来进行总结梳理编著此书,把我们经历的设计、安装工程及有关环节的学习体会融入其中,希望我们的工作能给暖通空调专业的人员带来一些启发、借鉴与帮助,这就是我们的心愿。

本书由江克林编著，参加编写的人还有尚少文、江南、于瑾、扈国春、王传荣、张树全、张晓莉、王冉、陈萍、王湘宁、王海玉、郭海丰、刘大勇、王万春、赵久旭、李旭林、袁宇、陈佳等。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

序 前言

第 1 章 供暖技术类型应用设计	1
1.1 室内供暖技术类型应用设计	1
1.1.1 建筑围护结构热工设计	1
1.1.2 建筑物热负荷计算	2
1.1.3 常用的供暖方式与供暖系统形式选择	5
1.1.4 室内供暖系统水力计算	7
1.1.5 供暖设备及附件选用	9
1.1.6 多层建筑供暖设计实例	11
1.1.7 高层建筑供暖设计实例	15
1.2 城镇供热管网技术类型应用设计	24
1.2.1 城镇供热管网类型设计综述	24
1.2.2 热水供热管网水力计算与工况分析	29
1.2.3 供热管网的设计实例	32
1.2.4 热力站设计实例	36
1.3 小区锅炉房技术类型应用设计	41
1.3.1 小区锅炉房设计综述	41
1.3.2 锅炉房设计容量的确定和组成	45
1.3.3 锅炉房设计实例	49
第 2 章 通风技术类型应用设计	55
2.1 一般通风与特殊用房场所的通风	55
2.1.1 一般的通风知识	55
2.1.2 一般房间与特殊用房场所通风设计综述	57
2.1.3 通风设计与计算	59
2.2 通风管道系统与通风机	61
2.2.1 通风管道系统	61
2.2.2 通风机	62
2.3 民用建筑防排烟及通风空调系统防火防爆	63
2.3.1 建筑防排烟设计综述	63
2.3.2 建筑防排烟设计与计算	66
2.4 有害物的控制与净化	68
2.4.1 有害物的控制	68

2.4.2	有害物的净化	71
2.5	建筑防排烟技术类型应用设计实例	75
2.6	锦山热处理、电镀车间通风技术类型应用设计实例	84
第3章	空气调节技术类型应用设计	99
3.1	空调建筑热工设计与室内外参数确定	99
3.1.1	空调建筑热工设计	99
3.1.2	室内外计算参数确定	100
3.2	空调负荷计算	101
3.2.1	空调房间负荷与系统负荷的具体内容	101
3.2.2	空调夏季冷负荷计算	101
3.2.3	空调湿负荷计算	103
3.2.4	空调冬季热负荷计算	104
3.3	空气处理设备与空气状态变化过程	104
3.3.1	热湿处理设备分类	104
3.3.2	常用空气处理设备风机盘管、组合式空调机组、整体式空调机组的特点 及适用场所	105
3.4	空调房间送风量确定与气流组织及风口布置	105
3.4.1	工艺性空调与舒适性空调室内送风量确定的异同点	105
3.4.2	气流组织的基本形式及特点	105
3.4.3	空调房间送风射流与送风口选型要求	106
3.5	选择空调冷、热源设备与监测控制	107
3.5.1	空调冷热源设备选择依据与原则	107
3.5.2	常用空调冷(热)水机组的性能特点及适用场所	108
3.5.3	制冷空调系统的监测与控制	108
3.6	室内空调风、水系统	109
3.6.1	室内空调风系统	109
3.6.2	室内空调水系统	111
3.7	沈阳南山科技大厦中央空调设计	115
3.8	抚顺药厂精烘包车间净化空调设计实例	128
3.9	医院手术部净化空调设计实例	138
第4章	制冷技术类型应用设计	147
4.1	空调冷源技术类型应用设计	147
4.1.1	空调冷源设计综述	147
4.1.2	空调冷源设计与计算	152
4.1.3	空调集中冷源站房设计实例	157
4.2	冷库技术类型应用设计	159
4.2.1	冷库设计综述	160
4.2.2	冷库设计与计算	166
4.2.3	江汉 1000t 肉食蛋品冷藏库设计实例	174

第 5 章 房屋卫生设备与燃气供应技术类型应用设计	185
5.1 民用建筑给水技术类型应用设计	185
5.1.1 民用建筑给水设计综述	185
5.1.2 建筑给水设计与计算	187
5.1.3 民用建筑给水设计实例	189
5.2 民用建筑排水技术类型应用设计	195
5.2.1 民用建筑排水设计综述	195
5.2.2 民用建筑排水设计与计算	199
5.2.3 民用建筑排水设计实例	201
5.3 民用建筑热水供应技术类型应用设计	206
5.3.1 民用建筑热水系统设计综述	206
5.3.2 民用建筑热水供应设计与计算	208
5.3.3 民用建筑热水供应设计实例	209
5.4 民用建筑燃气供应技术类型应用设计	215
5.4.1 民用建筑燃气供应设计综述	215
5.4.2 民用建筑燃气供应计算	218
5.4.3 庭院管道设计实例	220
5.4.4 室内管道设计实例	223
第 6 章 绿色建筑技术类型应用设计	226
6.1 绿色建筑技术类型设计	226
6.1.1 太阳房设计	226
6.1.2 绿色建筑的暖通空调设计	237
6.1.3 绿色建筑集成化设计	241
6.2 绿色建筑实例	244
6.2.1 直接受益式太阳房设计实例	244
6.2.2 清华大学超低能耗示范楼	247
参考文献	252

第 1 章 供暖技术类型应用设计

1.1 室内供暖技术类型应用设计

【目的任务】

室内供暖技术类型应用设计目的任务：冬季在寒冷地区若室内温度过低，人体会过多地向周围散热，破坏人体的热平衡，从而使人感到不适应，影响正常的工作和生活，甚至引起各种疾病。因此，需要设计供暖系统在单位时间内向建筑物提供热量，把低温的供暖室外计算温度 t_{wn} 提升达到要求的供暖室内计算温度 t_n ，确保人们正常的工作和生活。

【方法要领】

室内供暖技术类型应用设计方法要领：根据我国划分的建筑热工设计气候分区，结合设计项目要求，进行围护结构建筑热工设计；建筑物围护结构的耗热量包括基本耗热量及附加耗热量，结合建筑物实际情况进行计算；常用的供暖方式有“散热器供暖”“辐射供暖”“热风供暖”等类型，结合建筑物实际情况采用；供暖系统形式的选择应根据建筑物的规模、用途、建筑物的高度、采用的热媒等因素综合确定；供暖系统管道流量由供暖负荷计算确定，管道中流体流经管段的压力损失包括两个部分，水力计算采用当量局部阻力法或当量长度法进行计算，与此同时确定管径；常用的供暖设备及附件有散热器、减压阀、疏水器、膨胀水箱、换热器、平衡阀、分水器、集水器、分汽缸等，要了解它们的作用、使用场所、进行选择确定；绘制施工图。

【主要环节与内容】

1.1.1 建筑围护结构热工设计

1. 我国建筑热工设计分区与要求

根据我国划分的建筑热工气候分区与设计的要求：严寒地区必须充分满足冬季保温要求，一般可不考虑夏季防热；寒冷地区应满足冬季保温要求，部分地区兼顾夏季防热；夏热冬冷地区必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温；夏热冬暖地区必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温；温和地区部分地区应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热。

2. 合理围护结构的最小传热阻

(1) 确定围护结构最小传热阻的条件

一是围护结构内表面温度 τ_n ，要满足不结露；二是要满足卫生要求，即围护结构内表面温度 τ_n 与室内空气温度 t_n 之差不能过大（即内表面温度不能过低），按式（1.1-1）计算确定：

$$R_{0,\min} = \frac{\alpha(t_n - t_{e,c})}{\Delta t_y \cdot \alpha_n} \quad \text{或} \quad R_{0,\min} = \frac{\alpha(t_n - t_{e,c})}{\Delta t_y} \quad (1.1-1)$$

式中 $R_{0,\min}$ ——围护结构的最小热阻， $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ；

t_n ——冬季室内计算温度；（根据建筑物的用途按《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中的有关条文选取）；

$t_{e,c}$ ——冬季围护结构室外计算温度,℃;(按《民用建筑热工设计规范》中围护结构热惰性指标 D 值的四种类型有关表格中的数式查取计算围护结构冬季室外计算温度 $t_{e,c}$ 值)

α ——围护结构温差修正系数(按围护结构特征查取);

Δt_y ——冬季室内计算温度与围护结构内表面温度的允许温差,℃;

α_n ——围护结构内表面换热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

R_n ——围护结构内表面换热阻, $m^2 \cdot ^\circ C/W$ 。

(2) 检验围护结构内表面是否结露:应校核内表面温度不能低于室内空气的露点温度,如果低于室内空气的露点温度,围护结构内表面就会发生结露。确定室内空气露点温度时,空气的干球温度按相关设计要求选取。室内空气相对湿度按如下取值:①对于居住建筑和卫生要求较高的公共建筑,在严寒地区取 $\phi=60\%$,在寒冷地区 $\phi=65\%$;②对于一般公共建筑,均取 $\phi=60\%$ 。

(3) 判别围护结构内部是否产生凝结水:当围护结构内部某处的水蒸气分压力 P_m 大于该处的饱和水蒸气分压力 P_s 时就会结露产生凝结水。判别方法如下:

1) 求各界面的温度 θ_m 并做分布线。

2) 求与这些界面温度相对应的饱和水蒸气分压力 P_s , 并做分布线。

3) 求各界面上实际的水蒸气分压力 P_m , 并做分布线。

$$P_m = P_i - \frac{P_i - P_e}{H_0} (H_1 + H_2 + \cdots + H_{m-1}) \quad (1.1-2)$$

式中 P_i 、 P_e ——内表面与外表面的水蒸气分压力,分别取室内和室外空气的水蒸气分压力, Pa;

H_1 、 H_2 ... H_{m-1} ——各层的水蒸气渗透阻, $m^2 \cdot h \cdot Pa/g$;

H_0 ——结构的总水蒸气渗透阻, $m^2 \cdot h \cdot Pa/g$ 。

材料层的水蒸气渗透阻:

$$H = \delta/\mu \quad (1.1-3)$$

多层结构的总水蒸气渗透阻:

$$H_0 = \delta_1/\mu_1 + \delta_2/\mu_2 + \cdots + \delta_n/\mu_n \quad (1.1-4)$$

式中 δ ——材料层厚度, m;

μ ——材料的蒸汽渗透系数, $g/(m \cdot h \cdot Pa)$ 。

4) 若 P_m 线与 P_s 线不相交, 则内部不会出现冷凝; 若两线相交, 则内部可能会出现冷凝水。

(4) 围护结构热桥与危害:

1) 围护结构热桥:是指嵌入墙体和屋面板的传热性能强于平壁围护结构的保温最薄弱部位。如混凝土梁、柱、墙和屋面板内的混凝土肋, 装配式建筑中的板材接缝以及外墙转角、屋顶檐口和墙体勒脚等。

2) 危害:这些部位保温性能差, 热流较密集, 内表面温度较低, 必须对其内表面温度进行验算, 使其不低于室内空气露点温度, 否则内表面就会结露。

1.1.2 建筑物热负荷计算

冬季供暖通风系统的热负荷应根据建筑物散失热量与获得热量综合来确定。

1. 围护结构的耗失热量 (包括基本耗热量和附加耗热量)

(1) 基本耗热量按下式计算:

$$Q_j = aFK(t_n - t_{wn}) \quad (1.1-5)$$

式中 Q_j ——围护结构的基本耗热量, W;

F ——围护结构的面积, m^2 ;

K ——围护结构的传热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

t_{wn} ——供暖室外计算温度, $^\circ C$ (根据围护结构热惰性指标 D 值四种类型, 按《民用建筑热工设计规范》有关表格中的数式查取计算);

t_n ——室内计算温度, $^\circ C$, (应根据建筑物用途按《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》有关条文选取);

a ——计算温差修正系数 (按围护结构特征查取)。

(2) 附加耗热量 (按基本耗电量的百分数计算):

1) 朝向修正率: 北、东北、西北为 $0 \sim 10\%$; 东、西为 -5% ; 东南、西南为 $-10\% \sim -15\%$; 南为 $-15\% \sim -30\%$ 。

2) 风力附加率: 建筑在不避风的高地、河边、海岸、旷野上的建筑物以及城镇、厂区内特别高出的建筑物, 垂直的外围护结构附加 $5\% \sim 10\%$ 。

3) 外门附加率: 当建筑物的楼层为 n 时, 一道门附加 $65n\%$; 两道门 (有门斗) 附加 $80n\%$; 三道门 (有两个门斗) 附加 $60n\%$; 公共建筑和生产厂房的主要出入口 500% 。

注: 外门附加率只适用于短时间开启的, 无热风幕的外门; 阳台门不考虑外门附加。

4) 民用建筑和工业企业辅助建筑 (楼梯间除外) 的高度附加率: 房间高度大于 $4m$ 时, 每高出 $1m$ 应附加 2% , 但总的附加率不应大于 15% 。高度附加率应附加于围护结构的基本耗热量和其他附加耗热量上。

5) 对公用建筑, 当房间有两面及两面以上外墙时, 将外墙、窗、门的基本耗热量增加 5% 。

6) 间歇附加: 当建筑不要求全天维持设计室温, 而允许定时降低室内温度时, 供暖系统可按间歇供暖设计, 此时除上述各项附加外, 将基本耗热量附加以下百分数: 仅白天供暖者 (如办公楼、教学楼) 附加 20% ; 不经常使用者 (如礼堂等) 附加 30% 。

7) 窗墙面积比超过 $1:1$ 时, 对窗的基本耗热附加 10% 。

(3) 考虑各项附加后围护结构的耗失热量按下式计算:

$$Q_1 = Q_j(1 + \beta_{ch} + \beta_f + \beta_{lang} + \beta_m)(1 + \beta_{fg})(1 + \beta_{jan}) \quad (1.1-6)$$

式中 Q_1 ——围护结构的传热耗热量, W;

Q_j ——围护结构的基本耗热量, W;

β_{ch} ——朝向修正率, $\%$, (北、东北、西北 $0 \sim 10\%$; 东、西 5% ; 东南、西南 $-10\% \sim -15\%$; 南 $-15\% \sim -30\%$);

β_f ——风力附加率, $\%$, ($5\% \sim 10\%$);

β_{lang} ——两面外墙修正率, $\%$, (5%);

β_m ——窗墙面积比过大修正率, $\%$, (10%);

β_{fg} ——房高修正率, $\%$, [$2(H-4) \leq 15\%$, H 为房间净高, 不适用楼梯间];

β_{jan} ——间歇附加率, $\%$, (仅白天 -20% , 不经常使用 -30%)。

2. 通过门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量

(1) 多层和高层民用建筑, 加热由门窗缝隙渗入室内冷空气的耗热量, 按式 (1.1-7) 计算:

$$Q_2 = 0.28c_p\rho_{wn}L(t_n - t_{wn}) \quad (1.1-7)$$

式中 Q_2 ——由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量, W;

c_p ——空气的定压比热容, $[c_p=1\text{kJ}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})]$;

ρ_{wn} ——供暖室外计算温度下的空气密度, kg/m^3 ;

L ——渗透冷空气量, m^3/h ;

t_n ——供暖室内计算温度, $^\circ\text{C}$;

t_{wn} ——供暖室外计算温度, $^\circ\text{C}$ 。

(2) 渗透冷空气量根据不同朝向, 按式 (1.1-8) 确定:

$$L = L_0 l_1 m^b \quad (1.1-8)$$

式中 L_0 ——在基准高度单纯风压作用下, 不考虑朝向修正和内部隔断情况时, 通过每米门窗缝隙进入室内的理论渗透冷空气量, $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$;

l_1 ——外门窗缝隙的长度, m, 应分别按各朝向可开启的门窗全部缝隙长度计算;

m ——风压与热压共同作用下, 考虑建筑体型、内部隔断和空气流通等因素后, 不同朝向、不同高度的门窗冷风渗透压差综合修正系数;

b ——门窗缝隙渗风指数, $b=0.56\sim 0.78$, 当无实测数据时, 可取 0.67。

1) 每米门窗缝隙的理论渗透冷空气量, 按式 (1.1-9) 确定:

$$L_0 = a_1 \left(\frac{\rho_{wn}}{2} v_0^2 \right)^b \quad (1.1-9)$$

式中 a_1 ——外门窗缝隙渗风系数, $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}^b)$, 当无实测数据时, 可按外窗空气渗透性能分级的相关标准采用;

v_0 ——基准高度冬季室外最多风向的平均风速, m/s 。

表 1.1-1

外门窗缝隙渗风系数

等级	I	II	III	IV	V
$a_1/[\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}^{0.67})]$	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2

2) 冷风渗透压差综合修正系数, 按式 (1.1-10) 确定:

$$m = c_r \Delta c_f (n^{1/b} + C) c_h \quad (1.1-10)$$

式中 c_r ——热压系数, 按内部隔断情况, 根据有关表格采用;

Δc_f ——风压差系数, 当无实测数据时, 可取 $\Delta c_f=0.7$;

n ——单纯风压作用下, 渗透冷空气量的朝向修正系数;

C ——作用于门窗上的有效热压差与有效风压差之比, 按式 (1.1-11) 确定;

c_h ——高度修正系数, 按下式计算: $c_h=0.3h^{0.4}$ 。

3) 有效热压差与有效风压差之比, 按式 (1.1-11) 计算:

$$C = 70 \frac{(h_z - h)}{\Delta c_f v_0^{0.4}} \cdot \frac{t'_n - t_{wn}}{273 + t'_n} \quad (1.1-11)$$

式中 h_z ——单独热压作用下, 建筑物中和面的标高, m, 可取建筑物总高度的 1/2;

t'_n ——建筑物内形成热压作用的竖井计算温度,℃;
 h ——计算门窗的中心线标高, m。

4) 多层建筑在无相关数据时, 渗透空气量可按下式计算:

$$L = kV \tag{1.1 - 12}$$

式中 V ——房间体积, m^3 ;
 k ——换气次数, 次/h, 按房间类型。

(3) 计算冷风渗透量, 应按下列因素计入:

- 1) 当房间仅有一面或相邻两面外围护物时, 全部计入其外门、窗缝隙;
- 2) 当房间有相对两面外围护物时, 仅计入风量较大的一面缝隙;
- 3) 当房间有三面外围护物时, 仅计入风量较大的两面缝隙;
- 4) 当房间有四面外围护物时, 则计入较多风向的 1/2 外围护物范围内的外门、窗缝隙。

3. 外门开启侵入冷风耗热量 Q_3 (W) 的计算按外门类型特征计算确定 (见表 1.1 - 2)

表 1.1 - 2 Q_3 计算方法

序号	外门类型及特征		Q_3 的计算方法	备注
1	多层建筑外门 (短时间开启)	单层门	外门的基本耗热量的 65N%	N: 外门所在层以上的楼层数
		双层门 (有门斗)	80N%	
		三层门 (有两个门斗)	60N%	
2	多层建筑外门 (开启时间较长)	同 1 项	将 1 项中各对应值乘以 1.5~2.0	
3	高层建筑外门 (开启不频繁)	大门直接对着室外, 且对着主导风向	按门厅的换气次数 $n=3\sim4$ 计算冲入冷风量, 再计算其耗热量	1. 也可以按 1、2 项的方法; 2. 考虑热压作用时, 当建筑物的总高在 30m 左右, 则将值增大 50%
		不迎主导风向	$n=1\sim2$ 计算冲入冷风量	
4	高层建筑外门 (开启频繁)	一层门 (手动)	冲入冷风量取: 4100 ~ 4600 m^3/h	1. 建筑物高 50m; 2. 室内外温差为 15~20℃ 3. 一个门每小时出入人数约为 250 人
		二层门 (手动)	冲入冷风量取: 1700 ~ 2200 m^3/h	

1.1.3 常用的供暖方式与供暖系统形式选择

1. 常用的供暖方式的类型特点及适用场合

(1) 常用的供暖方式: 有散热器供暖、住宅分户热计量供暖、辐射供暖、热风供暖等类型。

(2) 类型特点及适用场合

1) 散热器供暖: 以对流散热为主, 这种以对流为主的供暖方式多数用于民用住宅、公共建筑以及工业建筑的一部分场所, 散热器供暖系统一般集中设置计量管理。

2) 住宅分户热计量供暖: 有安装散热器以对流散热为主的供暖方式, 也有安装地热泵

管以低温辐射供暖为主的供暖方式,供暖系统通常分户设置计量管理。

3) 辐射供暖:是通过热射线散出热量来进行供暖的方式,它不依靠任何中间介质,辐射供暖可分为低温($<80^{\circ}\text{C}$)、中温($80\sim 700^{\circ}\text{C}$)及高温($500\sim 900^{\circ}\text{C}$)三种,前两种可以用热水或蒸汽作为热媒,后一种则用电热或可燃气体加热辐射散热设备,这种供暖方式多用于一些高大空间建筑和对卫生要求较高的场所。

4) 热风供暖:是以几乎100%的对流散热来进行供暖的方式,暖风机靠强迫对流来加热周围空气,比靠自然对流的散热器作用范围大,散热量多,这种供暖方式多用于供暖负荷大或供暖的空间比较大而又允许使用再循环空气的地方。

2. 供暖系统形式选择

应根据建筑物的规模、用途、建筑物的特点、采用的热媒等因素综合考虑确定。

(1) 集中供暖系统热媒参数:应根据建筑物用途、供热情况和当地的气候特点等条件,经技术经济比较确定,并按下列规定选择。

1) 民用建筑:应采用热水作热媒。

2) 工业建筑:当厂区只有供暖用热或以供暖用热为主时,宜采用高温水作热媒;当厂区供热以工艺用蒸汽为主时,在不违反卫生、技术和节能要求的条件下,可采用蒸汽作热媒。

(2) 供暖系统按热媒分为两类系统。具体分为:

1) 热水供暖系统:

A. 按循环动力不同,可分为重力(自然)循环系统和机械循环系统。

B. 按供、回水方式不同,可分为单管系统和双管系统。

C. 按系统管道敷设方式不同,可分为垂直式和水平式系统。

D. 按热媒温度的不同,可分为低温水供暖系统和高温水供暖系统。

2) 蒸汽供暖系统:

A. 按供汽压力大小,可分为高压蒸汽供暖系统、低压蒸汽供暖系统和真空蒸汽供暖系统。

B. 按蒸汽干管布置不同,蒸汽供暖系统可分为上供式、中供式和下供式三种。

C. 按立管布置特点,蒸汽供暖系统可分为单管式和双管式。

D. 按回水动力不同,可分为重力回水和机械回水两类。

(3) 热水机械循环系统常用形式范围特点与注意事项:

1) 热水机械循环系统常用形式、适用范围及特点列于表1.1-3。

表 1.1-3 热水机械循环系统常用形式、适用范围及特点

系统形式	适用范围	优缺点
双管上供下回	室温有调节要求的四层以下建筑	便于集中排气,易产生垂直失调
双管下供下回	室温有调节要求,顶层不能敷设干管的四层以下建筑	有利于解决垂直失调,可使重力水头与立管阻力相抵消;室内无供水干管,顶层房间美观。缺点是不便于集中排气;需要设置地沟
双管中供式	顶层无法敷设供水干管或边施工边使用的建筑	可解决一般供水干管挡窗问题;解决垂直失调比上供下回有利;对楼层扩建有利。缺点是不便于集中排气

续表

系统形式	适用范围	优缺点
双管下供上回	热媒为高温水, 室温有调节要求的四层以下建筑	便于集中排气; 需要采用高温热媒时, 可降低散热器表面温度
单管上供下回	一般多层建筑	水力稳定性好, 便于集中排气; 安装构造简单。缺点是当散热器配置过多或不考虑立支管散热量等因素时, 有可能发生上游热、下游冷的垂直失调
单管水平式	单层建筑或不能敷设立管的多层建筑	经济美观, 安装简便。缺点是不便于集中排气; 不利于管道热伸长的补偿; 散热器接口处易漏水
下供上回和上供下回混合式	热媒为高温水的多层建筑	高温水热媒直连系统的较佳方法之一
单、双管式	8层以上建筑	避免垂直失调, 可解决散热器立管管径过大, 克服单管系统不能调节的问题

2) 热水机械循环系统设计注意事项:

- A. 无论系统大小, 条件允许时尽量采用同程式, 以便阻力平衡;
- B. 水平供水干管敷设坡度不应小于 0.003, 坡向应与水流方向相反, 以利排气;
- C. 回水干管的坡度不应小于 0.003, 坡向应与水流方向相同;
- D. 垂直单管和水平单管系统, 如不需要室温控制或调节, 可不加跨越管; 需要室温控制或调节, 可安装跨越管、两通阀或三通阀。

1.1.4 室内供暖系统水力计算

1. 进行管道水力计算时的主要技术要求

(1) 供暖管道中的热媒流速应根据热水或蒸汽的资用压力、系统形式、对噪声要求等因素确定, 应不超过推荐的最大允许流速值。

(2) 供暖系统最不利环路的比摩阻, 宜保持下列范围:

高压蒸汽系统 (顺流式)	100~350Pa
高压蒸汽系统 (逆流式)	50~150Pa
低压蒸汽系统	50~150Pa
余压回水	150Pa
热水系统	80~120Pa

(3) 供暖系统水平干管的末端管径, 应符合下列规定:

高压蒸汽系统	$DN \geq 20mm$
低压蒸汽系统	$DN \geq 25mm$
高压蒸汽凝结水管始端管径	$DN \geq 20mm$
低压蒸汽凝结水管始端管径	$DN \geq 20mm$
热水系统	$DN \geq 20mm$

(4) 供暖系统的总压力损失按下列原则确定:

热水供暖系统的循环压力一般宜保持在 10~40kPa; 高压蒸汽供暖系统最不利环路供汽管的压力损失不应大于起始压力的 25%; 低压蒸汽系统的单位长度压力损失宜保持在 20~

30Pa, 室内系统作用半径不宜超过 50~60m。

(5) 机械循环热水供暖系统的压力损失按下列原则确定:

应考虑散热器中水冷却的自然循环作用压力; 各并联环路之间(不包括共同段)的计算压力损失相对差额不应大于 15%; 单管异程式系统中立管的压力损失不宜小于计算环路总压力的 70%。

2. 管道水力计算基本式与当量阻力法和当量长度法

(1) 基本计算公式:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_j = \frac{\lambda}{d} l \frac{\rho v^2}{2} + \xi \frac{\rho v^2}{2} = Rl + \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (1.1-13)$$

式中 ΔP ——管段压力损失, Pa;

ΔP_m ——摩擦压力损失, Pa;

ΔP_j ——局部压力损失, Pa;

R ——比摩阻, 即单位长度摩擦压力损失, Pa/m;

v ——热媒在管道内流速, m/s;

ρ ——热媒的密度, kg/m³;

ξ ——局部阻力系数;

λ ——摩擦系数;

d ——管道直径, mm;

l ——管道长度, m。

上式可表示为 $\Delta P = f(G, d)$ 的函数式, 由此可见, 只要已知 ΔP 、 G 和 d 中的任意两数, 就可以确定第三个数值。热水系统管道流量 G 也可由供暖负荷 Q 与供回水温差 ΔT 的函数式来确定。

(2) 当量阻力法和当量长度法:

1) 当量阻力法的计算式:

$$\Delta P = A(\xi_d + \sum \xi)G^2 \quad (1.1-14)$$

式中 A ——常数(因管径不同而异);

G ——流量, m³/h;

ξ_d ——当量局部阻力系数, $\xi_d = \frac{\lambda}{d} l$, 不同管径的 $\frac{\lambda}{d}$ 值不同, 见有关表。

从计算式中可以看出, 将沿管道长度的摩擦损失折合成与之相当的局部阻力系数(称为当量局部阻力系数), 这是当量阻力法的原理, 是简化的管道水力计算方法。

2) 当量长度法的计算式:

$$\Delta P = Rl + Rl_d = R(l + l_d) = Rl_{zh} \quad (1.1-15)$$

式中 l_d ——局部损失的当量长度, m;

l_{zh} ——管段的折算长度, m。

从计算式中可以看出, 将管段的局部阻力损失折算成一定长度的摩擦损失, 这是当量长度法的原理, 是简化的管道水力计算方法。

3. 机械循环室内热水供暖系统阻力确定原则

(1) 机械循环室内热水供暖系统阻力按以下原则确定: