

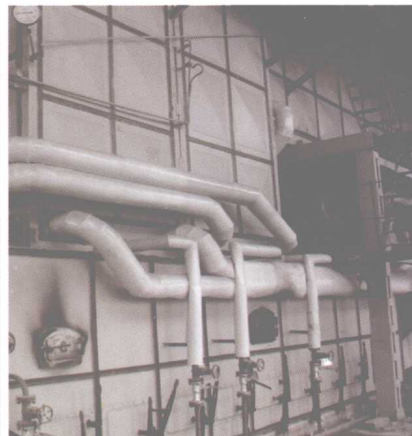
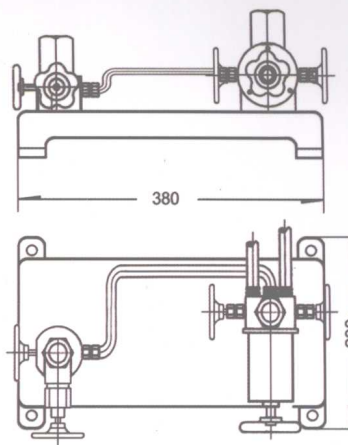


高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材

供热工程

GONG RE GONG CHENG

主 编 陈宏振 汤延庆
副主编 林 青 郑 枫
主 审 王宇清 相里梅琴



Wuhan University of Technology Press
武汉理工大学出版社

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材

供 热 工 程

主 编 陈宏振 汤延庆
副主编 林 青 郑 枫
主 审 王宇清 相里梅琴

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书为高职高专供热通风与空调工程技术专业“供热工程”课程用教材。

本书主要介绍以热水和蒸汽作为热媒的采暖系统和集中供热系统的常用形式、基本组成,常用设备构造、工作原理及选用,管路布置与敷设要求,设计计算的基本知识,供热热网水压图及水力工况分析等方面的内容。

本书除可作为高等职业院校供热通风与空调专业教材外,还可供从事采暖和集中供热工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

供热工程/陈宏振,汤延庆主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2008.8

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材

ISBN 978-7-5629-2777-8

I. 供… II. ①陈… ②汤… III. 供热系统-高等学校:技术学校-教材 IV. TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 120404 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮政编码:430070

HTTP://www.techbook.com.cn 理工图书网

E-mail:yangxuezh@whut.edu.cn

ruozhang1122@163.com

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15.5

字 数:387 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版

印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000

定 价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

版权所有,盗版必究。

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材

出版说明

随着教学改革不断深化和社会发展对人才的现实需求,根据教育部“高等职业教育应以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”的办学方向和“要加强学生实践能力、技术运用能力的培养,充分反映新兴技术、新兴产业对技能培养的要求,满足经济结构战略性调整、技术结构优化升级和高科技产业迅速发展对人才培养的要求”的职业技术教育培养目标,以及职业技术教育“要逐步建立以能力培养为基础的、特色鲜明的专业教材和实训指导教材”的教材建设要求,武汉理工大学出版社经过广泛的调查研究,与全国 20 多所高等专科学校、高等职业技术学院的建筑设备和建筑电气工程技术方面的教育专家、学者共同探讨,组织编写了一套适应高等职业教育建筑设备相关专业人才培养和教学要求的、具有鲜明职业教育特色的实用性教材《高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材》。

本套教材是根据教育部、建设部高职高专建筑设备类专业教学指导委员会制定的培养方案和各课程教学大纲组织编写的,具有如下特点:

(1)教材的编写坚持“以应用为目的,专业理论知识以必需、够用为度”的原则,着重培养学生从事工程设计、施工和管理等方面的专项能力,体现能力本位的教育思想。

(2)教材的理论体系、组织结构、编写方法,以突出实践性教学和使学生容易掌握为准则,同时全面体现本领域的新法规、新规范、新方法、新成果,与施工企业与机构的生产、工作实际紧密结合,力求达到学以致用目的。

(3)本套教材努力使用和推广现代化教学手段,将分步组织编写、制作和出版与教材配套的案例、实训教材、模拟试题、教学大纲及电子教案。

教材建设是我们全体编写者、出版者共同的事业和追求,出版高质量的教材是我们共同的责任和义务,我们诚挚地希望有关专家、学者和广大读者在使用这套教材的过程中提出宝贵意见和建议,以便今后不断地修订和完善。

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材编委会

2008 年 2 月

高等职业技术教育建筑设备类专业规划教材

编委会名单

顾问：杜国城 刘春泽

主任委员：高文安 雷绍锋

副主任委员：(按姓氏笔画为序)

王蒙田 朱向军 危道军 李宏魁 李高斗 何 辉

胡兴福 范柳先 季 翔 贺俊杰 黄珍珍 杨学忠

委员：(按姓氏笔画为序)

丁文华 弓中伟 王 丽 王庆良 王国平 王晓燕

白 桦 孙 毅 孙景芝 冯光灿 李 文 李仁全

李庆武 李绍军 刘 兵 刘 玲 刘子林 刘华斌

汤延庆 邢玉林 苏 娟 张风琴 张宝军 张贵芳

张铁东 张思忠 张毅敏 陈旭平 陈宏振 陈志佳

陈思荣 吴建敏 余增元 郑 云 赵 亮 赵岐华

郭自灿 胡联红 贾永康 徐红梅 黄奕云 龚明树

谢社初 喻建华 鲍东杰 裴 涛 熊德敏 黎福梅

戴安全

总责任编辑：张淑芳

前 言

“供热工程”是供热通风与空调工程技术专业的一门重要课程。本教材是根据高等职业教育的培养目标和该课程的教学大纲组织编写的。

本书主要研究以热水和蒸汽作为热媒的采暖系统和集中供热系统,全书分为 12 个单元,系统阐述了各种系统的常用形式、基本组成,系统常用设备的构造、工作原理以及选用方法,系统设计方法和计算的基本原理等方面的内容。

本书结构严谨,层次分明,充分体现了近年来在采暖和供热方面的新材料、新技术、新设备和新的研究成果;突出高职特色,以实用为目的,以必需、够用为度,力求做到简明扼要、通俗易懂;文字上尽量准确、通畅,注重了理论与实际的结合,加强了实践与应用环节,有利于提高学生的动手能力,以及分析问题和解决问题的能力。

本书由徐州建筑职业技术学院陈宏振和黑龙江建筑职业技术学院汤延庆担任主编;邢台职业技术学院林青和济南铁道职业技术学院郑枫担任副主编;由黑龙江建筑职业技术学院王宇清和徐州建筑职业技术学院相里梅琴担任主审。具体的编写分工为:陈宏振编写绪论和单元 1、2、3、4、6;林青编写单元 5、7;郑枫编写单元 8、11;邢台职业技术学院的王向宁编写单元 9;汤延庆编写单元 10、12。

本书在编写中参考了许多其他相关资料和书籍,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加上国内、外供热技术和标准的发展和更新很快,书中如有不妥和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 5 月

目 录

0 绪 论	(1)
0.1 “供热工程”的研究对象	(1)
0.2 采暖及采暖期的概念	(1)
0.3 学习要求	(2)
单元 1 采暖系统设计热负荷	(3)
课题 1 采暖系统设计热负荷	(3)
课题 2 围护结构的基本耗热量	(4)
课题 3 围护结构的附加(修正)耗热量	(12)
课题 4 冷风渗透耗热量	(13)
课题 5 围护结构的最小传热阻与经济传热阻	(15)
课题 6 采暖设计热负荷计算示例	(17)
单元 2 热水采暖系统	(22)
课题 1 自然循环热水采暖系统	(22)
课题 2 机械循环热水采暖系统	(24)
课题 3 热水采暖系统管道布置和敷设	(32)
课题 4 采暖系统施工图	(35)
单元 3 采暖系统的散热设备与附属设备	(44)
课题 1 散热器	(44)
课题 2 暖风机	(54)
课题 3 热水采暖系统的附属设备	(56)
单元 4 热水采暖系统的水力计算	(66)
课题 1 管路水力计算的基本原理	(66)
课题 2 热水采暖系统水力计算的任务和方法	(68)
课题 3 机械循环单管热水采暖系统的水力计算	(72)

单元 5 辐射采暖	(80)
课题 1 辐射采暖的基本概念	(80)
课题 2 低温热水地板辐射采暖系统	(82)
课题 3 低温热水地板辐射采暖系统的设计计算	(84)
单元 6 蒸汽采暖系统	(91)
课题 1 蒸汽采暖系统的基本原理和特点	(91)
课题 2 蒸汽采暖系统	(93)
课题 3 蒸汽采暖系统的管路布置及附属设备	(96)
课题 4 低压蒸汽采暖系统的水力计算	(104)
课题 5 高压蒸汽采暖系统的水力计算	(108)
单元 7 住宅分户热计量采暖系统	(112)
课题 1 热负荷计算与散热器的布置	(112)
课题 2 分户热计量采暖系统形式	(115)
课题 3 热计量装置	(119)
单元 8 集中供热系统	(124)
课题 1 集中供热系统方案的确定	(124)
课题 2 热水供热系统	(127)
课题 3 蒸汽供热系统	(130)
单元 9 供热热网的水力计算	(135)
课题 1 集中供热系统的热负荷	(135)
课题 2 热水管网水力计算的基本原理	(140)
课题 3 热水热网的水力计算	(143)
课题 4 蒸汽热网的水力计算	(146)
课题 5 凝结水热网的水力计算	(150)
单元 10 热水网路的水压图与水力工况	(153)
课题 1 水压图的基本概念	(153)
课题 2 绘制水压图的基本技术要求、步骤和方法	(155)
课题 3 用户与热网的连接形式	(158)
课题 4 热水网路的定压方式	(161)
课题 5 循环水泵和补给水泵的选择	(164)
课题 6 热水供热系统的水力工况与供热调节	(166)

单元 11 集中供热系统的热力站及主要设备	(170)
课题 1 集中供热系统的热力站	(170)
课题 2 集中供热系统的主要设备	(174)
单元 12 供热管网的布置与敷设	(186)
课题 1 供热管网的布置原则	(186)
课题 2 供热管网的敷设方式	(188)
课题 3 供热管道热膨胀及其补偿器	(191)
课题 4 管道支座(架)	(194)
课题 5 供热管网的附属设施	(198)
课题 6 管道和设备的保温与防腐	(200)
课题 7 室外供热管网施工图	(205)
附录	(209)
参考文献	(237)

0 绪 论

0.1 “供热工程”的研究对象

“供热工程”是供热通风与空调工程技术专业的一门主要专业课。

人们在日常生活和社会生产中都需要大量的热能,如在生活中煮饭、饮水、洗涤、医疗、消毒和采暖等,在生产中拖动、锻压、蒸煮、烘干以及直接或间接加热等。热能工程是将自然界的能源直接或间接地转化成热能,满足人们需要的科学技术。热能工程中,生产、输配和应用中、低品位热能的工程技术称为供热工程。热媒是可以用来输送热能的媒介物,常用的热媒是热水和蒸汽。

供热系统包括热源、供热热网和热用户三个基本组成部分。

- 热源主要是指生产和制备一定参数(温度、压力)热媒的锅炉房或热电厂。
- 供热热网是指输送热媒的室外供热管路系统。主要解决建筑物外部从热源到热用户之间热能的输配问题,是本课程的主要研究对象。
- 热用户是指直接使用或消耗热能的室内采暖、通风空调、热水供应和生产工艺用热系统等。室内采暖系统是冬季消耗热能的大户,也是本课程的主要研究对象。通风空调系统、热水供应系统作为独立课程分别学习,不作为本课程学习的内容。

因此,本课程的研究对象包括室内采暖系统、室外供热热网两大部分内容。

本课程的主要任务是掌握采暖系统和集中供热系统的工作原理、组成及形式;掌握一般热水采暖系统和集中供热系统设计的基本原理、方法、步骤和施工安装方法;熟悉蒸汽及辐射采暖系统的基本原理与设计安装方法;了解常用设备及附件的构造、原理,并掌握选用与安装方法;掌握室内采暖系统运行维护与故障诊断的方法、步骤。

0.2 采暖及采暖期的概念

所谓采暖,就是使室内获得热量并保持一定的室内温度,以达到适宜的生活条件或工作条件的技术。所有采暖系统都由热媒制备(热源)、热媒输送和热媒利用(散热设备)三个主要部分组成。

从开始采暖到结束采暖的期间称为采暖期。《采暖通风与空气调节设计规范》(GB 50019—2003)(以下简称《暖通空调规范》)规定,设计计算用采暖期天数应按累年日平均温度稳定低于或等于采暖室外临界温度的总日数确定。对一般民用建筑和工业建筑,采暖室外临界温度宜采用 5°C 。各地的采暖期天数及起止日期可从有关资料查取。我国幅员辽阔,各地设计计算用采暖期天数不一,东北、华北、西北、新疆、西藏等地区的采暖期均较长,少的也有100多天,多的可达200天以上。例如,北京设计计算用采暖期天数可达129天。设计计算用采暖期是计算采暖建筑物的能量消耗,进行技术经济分析、比较等的不可缺少的数据,并不指具体某地方的实际采暖期,各地的实际采暖期应由各地主管部门根据实际情况自行确定。

0.3 学习要求

“供热工程”是建筑设备类专业的一门专业课,它是在“流体力学”和“热工学基础”等课程的基础上解决供热工程所涉及的实际问题,因此,要求学生学习本课程前应具有扎实的专业基础知识,同时注意与其他课程的联系。

“供热工程”是一门实践性和应用性很强的专业课程,是巩固和加强理论学习,掌握一定的室内采暖系统的理论知识和设计、施工、维护管理等技能的重要环节。因此在学习过程中要坚持理论与实践相结合的原则,努力提高分析问题和解决问题的能力。学习时最好备有《采暖通风与空气调节设计规范》、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》、《实用供热空调设计手册》以及采暖系统工程施工图纸等资料,以教材为主,结合这些资料进行学习。

思考题与习题

- 0.1 供热系统是由哪三大部分组成的? 各包含哪些内容?
- 0.2 什么叫采暖? 什么叫采暖期? 设计计算用采暖期天数是怎样规定的?

单元 1 采暖系统设计热负荷

【知识目标】

1. 熟悉采暖系统设计热负荷；
2. 了解围护结构的基本耗热量；
3. 了解围护结构的附加(修正)耗热量、冷风渗透耗热量；
4. 掌握围护结构的最小传热阻和经济传热阻。

【能力目标】

1. 能够掌握围护结构耗热量的计算方法；
2. 能够进行冷风渗透耗热量的计算；
3. 能够进行围护结构最小传热阻的确定与校核；
4. 能够进行一般建筑物采暖热负荷的计算。

课题 1 采暖系统设计热负荷

1.1.1 采暖系统设计热负荷

人们为了保证正常的生产和生活,要求室内保持一定的温度。一个建筑物或房间可有各种取得和散失热量的途径。当建筑物或房间的失热量大于得热量时,为了保持室内在要求温度下的热平衡,需要由采暖通风系统补给热量,以保证室内要求的温度。采暖系统通常利用散热器向房间散热,通风系统送入高于室内要求温度的空气,这样,一方面向房间不断地补充新鲜空气,另一方面也为房间提供热量。

采暖系统的热负荷是指在某一室外温度 t'_{um} 下,为了达到要求的室内温度 t_n ,采暖系统在单位时间内向建筑物供给的热量。它随着建筑物得失热量的变化而变化。

采暖系统的设计热负荷是指在设计室外温度 t_{um} 下,为了达到要求的室内温度 t_n ,采暖系统在单位时间内向建筑物供给的热量。它是设计采暖系统的最基本依据。

1.1.2 建筑物失热量和得热量

建筑物失热量包括:

- (1) 围护结构的耗热量；
- (2) 加热由门、窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量,称冷风渗透耗热量；
- (3) 加热由门、孔洞及相邻房间侵入的冷空气的耗热量,称冷风侵入耗热量；
- (4) 水分蒸发的耗热量；
- (5) 加热由外部运入的冷物料和运输工具的耗热量；

(6)通风耗热量,即通风系统将空气从室内排到室外所带走的热量;

(7)通过其他途径的耗热量。

建筑物得热量包括:

(1)生产车间最小负荷班的工艺设备散热量;

(2)热管道及其他热表面的散热量;

(3)热物料的散热量;

(4)太阳辐射进入室内的热量。

此外,还会有通过其他途径散失或获得的热量。

1.1.3 热负荷确定的基本原则

冬季采暖通风系统的热负荷应根据建筑物或房间的得失热量确定。

对于没有由于生产工艺所带来得失热量而需设置通风系统的建筑物或房间(如一般的民用住宅建筑、办公楼等),失热量只考虑上述的前三项耗热量,得热量只考虑太阳辐射进入室内的热量。至于住宅中其他途径的得热量,如人体散热量、炊事和照明散热量,一般散发量不大且不稳定,通常可不予计入。

对没有装置机械通风系统的建筑物,围护结构的耗热量是指当室内温度高于室外温度时,通过围护结构向外传递的热量。在工程设计中,计算采暖系统的设计热负荷时,常把它分成围护结构的基本耗热量和附加(修正)耗热量两部分进行计算。基本耗热量是指在设计条件下,通过房间各部分围护结构(门、窗、墙、地板、屋顶等)从室内传到室外的稳定传热量的总和。附加(修正)耗热量是指围护结构的传热状况发生变化而对基本耗热量进行修正的耗热量。附加(修正)耗热量包括朝向修正、风力附加、高度附加和外门附加等耗热量。

计算围护结构附加(修正)耗热量时,太阳辐射得热量可采用对基本耗热量附加(减)的方法列入,而风力和高度影响用增加一部分基本耗热量的方法进行附加。本单元主要阐述采暖系统设计热负荷的计算原则和方法。对具有采暖及通风系统的建筑(如工业厂房和公共建筑等),采暖及通风系统的设计热负荷需要根据生产工艺设备使用或建筑物的使用情况,通过得失热量的热平衡和通风的空气量平衡综合考虑才能确定。

课题2 围护结构的基本耗热量

围护结构的传热耗热量是指当室内温度高于室外温度时,通过房间的墙、窗、门、屋顶、地面等围护结构由室内向室外传递的热量。常分为两部分计算,即围护结构的基本耗热量和附加耗热量。基本耗热量是指在设计室内外温度条件下通过房间各围护结构稳定传热量的总和。

在工程设计中,围护结构的基本耗热量是按一维稳定传热过程进行计算的。实际上,室内散热设备散热不稳定,室外空气温度随季节和昼夜变化不断波动,这是一个不稳定传热过程。但不稳定传热计算很复杂,所以对室内温度容许有一定波动幅度的一般建筑物来说,采用稳定传热计算可以简化计算方法,并能基本满足要求。但对于室内温度要求严格,温度波动幅度要求很小的建筑物或房间,就需要采用不稳定传热原理进行围护结构耗热量计算,具体计算参考

有关资料。

围护结构稳定传热时,基本耗热量计算公式为:

$$Q=KF(t_n-t_{un})a \quad (1.1)$$

式中 Q ——围护结构的基本耗热量, W;

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

F ——围护结构的传热面积, m^2 ;

t_n ——采暖室内计算温度, $^\circ C$;

t_{un} ——采暖室外计算温度, $^\circ C$;

a ——围护结构的温差修正系数。

整个建筑物或房间围护结构的基本耗热量等于它的围护结构各部分基本耗热量的总和。

应该注意,在进行计算时一定要保持单位的统一,通常均要采用法定计量单位。法定计量单位与习惯用非法定计量单位换算见附录 1.1。

1.2.1 采暖室内计算温度 t_n

室内计算温度是指距地面 2 m 以内人们活动地区的平均空气温度。室内空气温度的选择应满足人们生活和生产工艺的要求。生产工艺要求的室温一般由工艺设计人员提出。生活用房的温度主要决定于人体的生理热平衡,它和许多因素有关,如与房间的用途、室内的潮湿状况和散热强度、劳动强度以及生活习惯、生活水平等有关。

许多国家所规定的冬季室内温度标准为 $16 \sim 22^\circ C$ 。根据国内卫生部门的研究结果认为:当人体衣着适宜,保暖量充分且处于安静状况时,室内温度为 $20^\circ C$ 比较舒适, $18^\circ C$ 无冷感, $15^\circ C$ 是产生明显冷感的温度界限。

《暖通空调规范》规定,设计采暖系统时,冬季室内计算温度应根据建筑物用途,按下列规定采用:

(1)民用建筑的主要房间宜采用 $16 \sim 24^\circ C$,见附录 1.2。

(2)工业建筑的工作地点,宜采用轻作业 $18 \sim 21^\circ C$,中作业 $16 \sim 18^\circ C$,重作业 $14 \sim 16^\circ C$,过重作业 $12 \sim 14^\circ C$ 。

作业种类的划分,应按国家现行的《工业企业设计卫生标准》(GBZ1)执行。当每名工人占用较大面积($50 \sim 100 m^2$)时,轻作业时可低至 $10^\circ C$,中作业时可低至 $7^\circ C$,重作业时可低至 $5^\circ C$ 。

(3)辅助建筑物及辅助用室不应低于下列数值:浴室 $25^\circ C$,更衣室 $25^\circ C$,办公室、休息室 $18^\circ C$,食堂 $18^\circ C$,盥洗室、厕所 $12^\circ C$ 。

当工艺或使用条件有特殊要求时,各类建筑物的室内温度可按照国家现行有关专业标准、规范执行。

对于高度较大的生产厂房,由于对流作用,上部空气温度必然高于工作地区温度,通过上部围护结构的传热量增加。因此,当层高超过 4 m 的工业建筑,冬季室内计算温度 t_n 尚应符合下列规定:

①计算地面的耗热量时,应采用工作地点的温度 t_g ;

②计算屋顶和天窗耗热量时,应采用屋顶下的温度 t_d ;

③计算门、窗和墙的耗热量时,应采用室内平均温度。室内平均温度应按下式计算:

$$t_{np} = \frac{t_d + t_g}{2} \quad (1.2)$$

式中 t_{np} ——室内平均温度,℃;
 t_d ——屋顶下的温度,℃;
 t_g ——工作地点的温度,℃。

屋顶下的空气温度 t_d 受诸多因素影响,难以用理论方法确定。最好是按已有的类似厂房进行实测确定,或按经验数值用温度梯度法确定,即

$$t_d = t_g + \Delta t_H (H - 2) \quad (1.3)$$

式中 H ——屋顶距地面的高度,m;
 Δt_H ——温度梯度,℃/m。

对于散热量小于 23 W/m^3 的工业建筑,当其温度梯度值不能确定时,可用工作地点的温度计算围护结构耗热量,但应按后面讲述的高度附加的方法进行修正,增大计算耗热量。

1.2.2 采暖室外计算温度 t_{wn}

采暖室外计算温度 t_{wn} 的确定对采暖系统设计有关键性的影响。如采用过低的 t_{wn} 值,在采暖运行期的绝大部分时间里,使设备能力富裕过多,造成浪费;如采用值过高,则在较长时间不能保证采暖效果。因此,合理地确定采暖室外计算温度是一个技术与经济统一的问题。

目前国内外选定采暖室外计算温度的方法可以归纳为两种,一种是根据围护结构的热惰性原理确定,另一种是根据不保证天数的原则来确定。

前苏联建筑法规规定各个城市的采暖室外计算温度是按考虑围护结构热惰性原理来确定的。它规定采暖室外计算温度要按 50 年中最冷的 8 个冬季里最冷的连续 5 天的日平均温度的平均值确定。通过围护结构热惰性原理分析得出:在采用 $2\frac{1}{2}$ 砖实心墙的情况下,即使昼夜间室外温度波幅为 $\pm 18^\circ\text{C}$,外墙内表面的温度波幅也不会超过 $\pm 1^\circ\text{C}$,人的舒适感不受影响。根据热惰性原理确定采暖室外计算温度,规定值是比较低的。

采用不保证天数方法的原则是:人为允许有几天时间可以低于规定的采暖室外计算温度值,亦即容许这几天室内温度可能稍低于室内计算温度值 t_n 。不保证天数根据各国规定而有所不同,有规定 1 天、3 天、5 天等。

我国结合国情和气候特点以及建筑物的热工情况等,制定了以日平均温度为统计基础,按照历年室外实际出现较低的日平均温度低于室外计算温度的时间,平均每年不超过 5 天的原则,确定采暖室外计算温度的方法。实践证明,只要供热情况有保障,即采取连续采暖或间歇时间不长的运行制度,对于一般建筑物来说,就不会因采用这样的室外计算温度而影响采暖效果。《暖通空调规范》规定:“采暖室外计算温度,应采用历年平均不保证 5 天的日平均温度。”对大多数城市来说,是指 1951—1980 年共 30 年的气象统计资料里,不得有多于 150 天的实际日平均温度低于所选定的室外计算温度值。例如在 1951—1980 年间,北京市室外日平均温度低于或等于 -9.1°C 共有 134 天,日平均温度低于或等于 -8.1°C 共有 233 天。取整数值后,确定北京市的采暖室外计算温度为 -9°C 。以前参照前苏联采用热惰性原理进行计算,曾规定过北京市的采暖室外计算温度为 -12°C 。通过对许多城市的气象资料统计分析,采用不保证 5 天的方法确定 t_{wn} 值,使我国大部分城市的 t_{wn} 值普遍提高了 $1\sim 4^\circ\text{C}$ (与采用热惰性原理对比),

从而降低了采暖系统的设计热负荷并节约了费用,而对人们居住条件则无甚影响。我国北方一些主要城市的采暖室外计算温度 t_{un} 值见附录 1.3。其他地区的采暖室外计算温度可查有关资料。

另外,对于不能查到的一些城市采暖室外计算温度 t_{un} 值可按式估算:

$$t_{un} = 0.57t_{ip} + 0.43t_{p \cdot \min} \quad (1.4)$$

式中 t_{un} ——冬季采暖室外计算温度,℃;

t_{ip} ——累年最冷月平均温度,℃;

$t_{p \cdot \min}$ ——累年最低日平均温度,℃。

1.2.3 温差修正系数 a 值

计算与大气直接接触的外围护结构的基本耗热量时,所用公式是 $Q=KF(t_n-t_{un})$ 。但是,采暖房间的围护结构的外侧有时并不是室外,而中间隔着不采暖的房间或空间。此时通过该围护结构的传热量应为 $Q=KF(t_n-t_h)$,式中 t_h 为传热达到平衡时非采暖房间的温度。由于非采暖房间的温度 t_h 较难确定,为了计算方便,工程中可用 $(t_n-t_{un})a$ 代替 (t_n-t_h) 进行计算。 a 值称为围护结构温差修正系数。

围护结构温差修正系数 a 值的大小取决于非采暖房间或空间的保温性能和透气状况。对于保温性能差和易于室外空气流通的情况,不采暖房间或空间的空气温度 t_h 更接近室外空气温度,则 a 值更接近 1。围护结构的温差修正系数见表 1.1。

表 1.1 温差修正系数 a

围 护 结 构 特 征	a
外墙、屋顶、地面以及与室外相通的楼板等	1.00
闷顶和与室外空气相通的非采暖地下室上面的楼板等	0.90
与有外门窗的不采暖楼梯间相邻的隔墙(1~6 层建筑)	0.60
与有外门窗的不采暖楼梯间相邻的隔墙(7~30 层建筑)	0.50
非采暖地下室上面的楼板,外墙上无窗时	0.75
非采暖地下室上面的楼板,外墙上无窗且位于室外地坪以上时	0.60
非采暖地下室上面的楼板,外墙上无窗且位于室外地坪以下时	0.40
与有外门窗的非采暖房间相邻的隔墙	0.70
与无外门窗的非采暖房间相邻的隔墙	0.40
伸缩缝墙、沉降缝墙	0.30
防震缝墙	0.70

此外,当两个相邻房间的温差大于或等于 5℃ 时,应计算通过隔墙或楼板等的传热量;与相邻房间的温差小于 5℃,且通过隔墙或楼板等的传热量大于该房间热负荷的 10% 时,尚应计算其传热量。

1.2.4 围护结构的传热系数 K 值

(1) 匀质多层材料(平壁)的传热系数 K 值

一般建筑物的外墙和屋顶都属于匀质多层材料的平壁结构,其传热过程如图 1.1 所示。

传热系数 K 值可用下式计算:

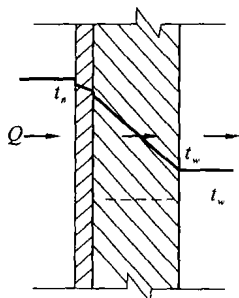


图 1.1 通过围护结构的传热过程

$$K = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_w}} = \frac{1}{R_n + R_j + R_w} \quad (1.5)$$

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

R_0 ——围护结构的传热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$;

α_n, α_w ——围护结构内表面、外表面的换热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

R_n, R_w ——围护结构内表面、外表面的换热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$;

δ_i ——围护结构各层材料的厚度, m ;

λ_i ——围护结构各层材料的导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$;

R_j ——围护结构本体(包括单层或多层结构材料层及封闭的空气间层)的热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ 。

一些常用建筑材料的导热系数 λ 值见附录 1.4。

围护结构表面换热过程是对流和辐射的综合过程。围护结构内表面换热是壁面与邻近空气及其他壁面由于温差引起的自然对流和辐射换热的共同作用,而围护结构外表面主要是由于风力作用产生的强迫对流换热,辐射换热占的比例较小。工程计算中采用的换热系数和换热阻值分别列于表 1.2 和表 1.3。

表 1.2 内表面换热系数 α_n 与换热阻 R_n

围护结构内表面特征	$\alpha_n (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}))$	$R_n (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W})$
墙、地面表面平整或有肋状凸出物的顶棚,当 $h/s \leq 0.3$ 时	8.7	0.115
有肋状凸出物的顶棚,当 $h/s > 0.3$ 时	7.6	0.132

注:表中 h ——肋高, m ; s ——肋间净距, m 。

表 1.3 外表面换热系数 α_w 与换热阻 R_w

围护结构外表面特征	$\alpha_w (\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}))$	$R_w (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W})$
外墙和屋顶	23	0.04
与室外空气相通的非采暖地下室上面的楼板	17	0.06
闷顶和外墙上有窗的非采暖地下室上面的楼板	12	0.08
外墙上无窗的非采暖地下室上面的楼板	6	0.17