



全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

QUANGUO GAODENG ZHIYE JIAOYU JINENGXING JINQUE RENCAI PEIYANG PEIXUN TUIJIAN JIAOCAI

建筑设备工程技术专业

采暖系统安装

CAINUAN XITONG ANZHUANG

本教材编审委员会组织编写

陈宏振 主编

中国建筑工业出版社

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

采 暖 系 统 安 装

(建筑设备工程技术专业)

本教材编审委员会组织编写

陈宏振 主编

蒋志良 申欢迎 副主编

刘春泽 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

采暖系统安装/本教材编审委员会组织编写, 陈宏振
主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007
全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材
建筑设备工程技术专业
ISBN 978-7-112-09423-3

I. 采… II. ①本…②陈… III. 采暖设备—建筑
安装工程—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU832.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 161624 号

全国高等职业教育技能型紧缺人才培养培训推荐教材

采暖系统安装

(建筑设备工程技术专业)

本教材编审委员会组织编写

陈宏振 主编

蒋志良 申欢迎 副主编

刘春泽 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京华艺制版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13¼ 字数: 322 千字

2008 年 1 月第一版 2008 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 19.00 元

ISBN 978-7-112-09423-3

(16087)

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)

本书是根据《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写的。本书主要讲述了室内采暖系统的基本原理、设计施工安装方法、步骤；常用设备、附件的构造、原理及选用与安装方法；室内采暖系统运行维护与故障诊断的方法、步骤。全书内容包括：采暖系统设计热负荷、热水采暖系统、采暖系统的散热设备与附属设备施工安装、热水采暖系统的水力计算、辐射采暖的设计与安装、蒸汽采暖系统、住宅分户热计量采暖系统的安装、采暖系统管道的安装、采暖系统的运行维护与故障分析。

本书除可作为高等职业教育建筑设备工程技术专业教学用书，也可作为相关行业的岗位培训教材。

* * *

责任编辑：齐庆梅 刘平平

责任设计：郑秋菊

责任校对：王雪竹 兰曼利

本教材编审委员会名单

主 任：张其光

副主任：陈 付 刘春泽 沈元勤

委 员：（按拼音排列）

陈宏振	丁维华	贺俊杰	黄 河	蒋志良	李国斌
李 越	刘复欣	刘 玲	裴 涛	邱海霞	苏德全
孙景艺	王根虎	王 丽	吴伯英	邢玉林	杨 超
余 宁	张毅敏	郑发泰			

序

改革开放以来,我国建筑业蓬勃发展,已成为国民经济的支柱产业。随着城市化进程的加快、建筑领域的科技进步、市场竞争的日趋激烈,急需大批建筑技术人才。人才紧缺已成为制约建筑业全面协调可持续发展的严重障碍。

面对我国建筑业发展的新形势,为深入贯彻落实《中共中央、国务院关于进一步加强人才工作的决定》精神,2004年10月,教育部、建设部联合印发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》,确定在建筑施工、建筑装饰、建筑设备和建筑智能化等四个专业领域实施技能型紧缺人才培养培训工程,全国有71所高等职业技术学院、94所中等职业学校、702个主要合作企业被列为示范性培养培训基地,通过构建校企合作培养培训人才的机制,优化教学与实训过程,探索新的办学模式。这项培养培训工程的实施,充分体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念,有利于职业院校从建设行业人才市场的实际需要出发,以素质为基础,以能力为本位,以就业为导向,加快培养建设行业一线迫切需要的高技能人才。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施,满足教学急需,中国建筑工业出版社在跟踪“高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案”编审过程中,广泛征求有关专家对配套教材建设的意见,组织了一大批具有丰富实践经验和教学经验的专家和骨干教师,编写了高等职业教育技能型紧缺人才培养培训“建筑工程技术”、“建筑装饰工程技术”、“建筑设备工程技术”、“楼宇智能化工程技术”4个专业的系列教材。我们希望这4个专业的系列教材对有关院校实施技能型紧缺人才的培养培训具有一定的指导作用。同时,也希望各院校在实施技能型紧缺人才培养培训工作中,有何意见及建议及时反馈给我们。

建设部人事教育司

前 言

本书是根据《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》编写的。本书主要讲述了室内采暖系统的组成、工作原理、设计计算方法、施工安装方法以及运行和维护管理方法。

本书针对目前二年制高等职业教育教学的需要，并吸取了多方面的意见和建议编写而成的。编写过程中彻底打破了原来教材按章节编写的体例，以单元和课题的形式组织教材内容，突出实践教学环节，体现了内容的先进性、实用性和可操作性，便于案例教学，更加适合高职教学的需要。

本书由徐州建筑职业技术学院的陈宏振主编，并负责编写了绪论、1、2、5单元；徐州建筑职业技术学院的蒋志良老师编写了第4、6单元；徐州建筑职业技术学院的申欢迎老师编写了第3、8单元；徐州建筑职业技术学院的相里梅琴老师编写了7、9单元。

本书承蒙沈阳建筑大学职业技术学院刘春泽教授主审，他结合自己多年的教学和实践经验，提出了许多宝贵意见，在此谨致诚挚的谢意。在编写中还参考了许多其他相关资料和书籍，在此一并表示衷心的感谢。

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。

目 录

绪论	1
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	11
课题 4 冷风渗透耗热量	12
课题 5 围护结构的最小传热阻与经济传热阻	14
课题 6 采暖设计热负荷计算例题	16
复习思考题	21
单元 2 热水采暖系统	23
课题 1 自然循环热水采暖系统	23
课题 2 机械循环热水采暖系统	27
课题 3 热水采暖系统管道布置和敷设	34
课题 4 采暖系统施工图	38
复习思考题	42
单元 3 采暖系统的散热设备与附属设备的施工安装	43
课题 1 散热器	43
课题 2 散热器的安装	53
课题 3 暖风机的布置与安装	61
课题 4 热水采暖系统的附属设备的安装	65
复习思考题	73
单元 4 热水采暖系统的水力计算	74
课题 1 管路水力计算的基本原理	74
课题 2 热水采暖系统水力计算的任务和方法	79
课题 3 自然循环双管热水采暖系统的水力计算	83
课题 4 机械循环单管热水采暖系统的水力计算	88
复习思考题	95

单元 5 辐射采暖的设计与安装	96
课题 1 辐射采暖的基本概念	96
课题 2 热水辐射采暖系统	99
课题 3 辐射采暖系统的设计计算	103
课题 4 辐射采暖的施工安装	106
课题 5 其他辐射采暖	107
复习思考题	109
单元 6 蒸汽采暖系统	110
课题 1 蒸汽采暖系统的基本原理和特点	110
课题 2 蒸汽采暖系统的形式	111
课题 3 蒸汽采暖系统的管路布置及附属设备安装	115
课题 4 低压蒸汽采暖系统的水力计算	122
课题 5 高压蒸汽采暖系统的水力计算	126
复习思考题	129
单元 7 住宅分户热计量采暖系统的设计与安装	130
课题 1 热负荷计算与散热器的布置及安装	130
课题 2 分户热计量采暖系统形式与安装	131
课题 3 热计量装置的形式与安装	138
复习思考题	143
单元 8 采暖管道的安装	145
课题 1 管道支吊架安装	145
课题 2 采暖系统管道的安装	155
课题 3 系统试压与管道冲洗	165
课题 4 管道防腐与保温的施工	167
复习思考题	175
单元 9 室内采暖系统的运行维护与故障分析	176
课题 1 采暖系统的运行调节	176
课题 2 采暖系统的故障及其排除	176
复习思考题	181
附录	182
主要参考文献	204

绪 论

【知 识 点】 采暖工程的基本概念、采暖系统的分类。

【教学目标】 通过学习使学生了解采暖系统安装的研究对象，掌握采暖及采暖期的概念，了解采暖系统的分类。

一、“采暖系统安装”的研究对象

“采暖系统安装”是建筑设备工程技术专业的一门主要专业课。本课程的主要任务是通过学习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、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。

二、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。所有采暖系统都有热媒制备（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，一般采用 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，少的也多于100d，多的可达200d以上。例如北京设计计算用采暖期天数，可达129d。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。

三、采暖系统分类

采暖系统的分类，通常有以下三种方法：

（1）根据三个主要组成部分的相互位置关系可分为局部采暖系统、集中采暖系统和区域采暖系统。热媒制备、热媒输送和热媒利用三个主要组成部分在构造上都在一起的采暖系统，称为局部采暖系统，如烟气温暖（火炉、火墙和火炕等），电热采暖和燃气采暖等。虽然燃气和电能通常由远处输送到室内来，但热量的转化和利用都是在散热设备上实现的。

热源和散热设备分别设置，用热媒管道相连接，由热源向各个房间或各个建筑物供给热量的采暖系统，称为集中式采暖系统。暖通规范规定：累年日平均温度稳定低于或等于

5℃的日数大于或等于90d的地区,宜设置集中采暖。同时也规定:设置采暖的公共建筑和工业建筑,当其位于严寒地区或寒冷地区,且在非工作时间或中断使用的时间内,为了防止水管及其他用水设备等发生冻结,室内温度必须保持0℃以上,而利用房间蓄热量不能满足要求时,应按5℃设置值班采暖。

一个锅炉房向一个区域内的许多建筑物采暖系统供热的系统,称为区域采暖系统;如果这种系统还兼供生产或其他用热,则称为区域供热系统。目前多采用区域热电厂锅炉房进行供热。尤其是热电厂供热,实行热电联产,锅炉热效率高,有利于节约燃料,保护和改善环境卫生,容易实现机械化、自动化,精减管理人员,改善劳动条件,节约土地。

(2) 根据热媒种类不同可分为热水采暖系统、蒸汽采暖系统、热风采暖系统。热水采暖系统的热媒是热水。根据热水在系统中循环流动的动力不同,热水采暖系统又分为以自然循环压力为动力的自然循环热水采暖系统(重力循环热水采暖系统)、以水泵为动力的机械循环热水采暖系统。

蒸汽采暖系统的热媒是蒸汽。根据蒸汽压力的不同,蒸汽采暖系统可分为低压蒸汽采暖系统(蒸汽压力在0.05~0.07MPa)和高压蒸汽采暖系统(蒸汽压力在0.07MPa以上)。

热风采暖系统以热空气作为热媒,即把空气加热到适当的温度直接送入房间,以满足采暖要求。根据需求和实际情况,可设独立的热风采暖系统或采用通风和空调联合的系统。例如暖风机、热风幕等就是热风采暖的典型设备。

(3) 按设备散热方式的不同可分为对流采暖和辐射采暖。以对流换热为主要方式的采暖,称为对流采暖。系统中的散热设备是散热器,因而这种系统也称为散热器采暖系统。利用热空气作为热媒,向室内供给热量的采暖系统,称为热风采暖系统。它也是以对流方式向室内供热。辐射采暖是以辐射传热为主的一种采暖方式。辐射采暖系统的散热设备,主要采用金属辐射板或以建筑物部分顶棚、地板或墙壁作为辐射散热面。

四、学习要求

“采暖系统安装”是建筑设备工程技术专业的一门专业课。学习“采暖系统安装”课,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。本课是一门实践性很强的课程,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》GB 50019—2003、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242—2002、《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。

复习思考题

1. 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?
2. 采暖系统如何分类?

单元 1 采暖系统设计热负荷

【知 识 点】采暖系统设计热负荷、围护结构的基本耗热量、围护结构的附加（修正）耗热量、冷风渗透耗热量、围护结构的最小传热阻和经济传热阻。

【教学目标】

（1）掌握围护结构耗热量的计算方法、冷风渗透耗热量计算方法、围护结构最小传热阻的确定方法、掌握一般建筑物采暖热负荷的计算。

（2）理解热负荷计算的基本原理。

（3）了解经济传热阻的概念。

（4）掌握热负荷的计算方法和步骤。

课题 1 采暖系统设计热负荷

1.1 采暖系统设计热负荷

采暖系统设计热负荷是采暖设计中最基本的数据。它直接影响采暖系统方案的选择、采暖管道管径和散热器等设备的确定，关系到采暖系统的使用和经济效果。

人们为了保证正常的生产和生活，要求室内保证一定的温度。一个建筑物或房间可有各种得热和失热量的途径。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，需要由采暖系统补给热量，以保证室内要求的温度。

采暖系统的热负荷是指在某一室外温度 t'_{wn} 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'_{wn} 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。

1.2 建筑物得热量和失热量

建筑物失热量：

- （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。通风系统将空气从室内排到室外所带走的热量。

建筑物得热量：

- （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。

1.3 确定热负荷的基本原则

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电量的方法进行附加。本章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

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。

2.1 围护结构的基本耗热量

围护结构的基本耗热量计算公式为:

$$Q = KF(t_n - t_{wn})\alpha \quad (1-1)$$

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_{wn} ——采暖室外计算温度,℃;

α ——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注意单位的统一,通常均要采用法定单位。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) 采暖室内计算温度 t_n

室内计算温度是指距地面 2m 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。生活用房间的温度,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,大致在 16~22℃ 范围内。根据国内有关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 20℃ 比较舒适,18℃ 无冷感,15℃ 是产生明显冷感的温度界限。

暖通规范规定,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 16~24℃,见附录 1-2。

2) 工业建筑的工作地点,宜采用轻作业 18~21℃;中作业 16~18℃;重作业 14~16℃;过重作业 12~14℃。

作业种类的划分,应按国家现行的《工业企业设计卫生标准》GBZ 1—2002 执行。当每名工人占用较大面积(50~100m²)时,轻作业时可低至 10℃;中作业时可低至 7℃;重作业时可低至 5℃。

3) 辅助建筑物及辅助用室,不应低于下列数值:

浴室 25℃,更衣室 25℃,办公室、休息室 18℃,食堂 18℃,盥洗室、厕所 12℃。

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。

对于高度较高的生产厂房,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 4m 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, $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 。

对于散热量小于 $23\text{W}/\text{m}^3$ 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。

(2) 采暖室外计算温度 t_{wn}

采暖室外计算温度 t_{wn} 如何确定, 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, 则在较长时间内不能保证采暖效果。因此, 正确的确定和合理的采用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: 一是根据围护结构的热惰性原理, 另一种是根据不保证天数的原则来确定。

原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 年中最冷的八个冬季里最冷的连续 5d 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 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 对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理是: 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 t_n 值。不保证天数根据各国规定而有所不同, 有规定 1d、3d、5d 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的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 5d 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。暖通规范规定: “采暖室外计算温度, 应采用历年平均不保证 5d 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 150d 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和等于 -9.1°C 共有 134d, 日平均温度低于和等于 -8.1°C 共有 233d。取整数值后, 确定北京市的采暖室外计算温度为 -9°C 。以前参照原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 5d 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_{wn} 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的采暖室外计算温度 t_{wn} 值可按下式估算:

$$t_{wn} = 0.57t_{lp} + 0.43t_{p\cdot\min} \quad (1-4)$$

式中 t_{wn} ——冬季采暖室外计算温度 ($^{\circ}\text{C}$);

t_{lp} ——累年最冷月平均温度 (°C)；
 $t_{p \cdot \min}$ ——累年最低日平均温度 (°C)。

(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 $Q = KF(t_n - t_{wn})$ 。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 $(t_n - t_{wn}) \cdot a$ 代替 $(t_n - t_h)$ 进行计算， a 值称为围护结构的温差修正系数。

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 更接近于室外空气温度，则 a 值更接近于 1。围护结构的温差修正系数见表 1-1。

温差修正系数 a

表 1-1

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不小于 5°C 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°C 时，且通过隔墙或楼板等的传热量大于该房间热负荷的 10% 时，还应计算其传热量。

(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：

$$K = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_w}} = \frac{1}{R_n + R_j + R_w} \quad (1-5)$$

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

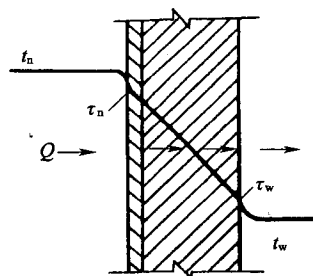


图 1-1 通过围护结构的传热过程

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, 可参见附录 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, 而在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。

内表面换热系数 α_n 与换热阻 R_n

表 1-2

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

注: 表中 h —肋高 (m); s —肋间净距 (m)。

外表面换热系数 α_w 与换热阻 R_w

表 1-3

围护结构外表面特征	α_w	R_w
	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$
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

常用围护结构的传热系数 K 值可直接从有关资料中查得。一些常用围护结构的传热系数 K 值, 可见附录 1-5。

2) 由两种以上材料组成的、两向非匀质围护结构的传热系数 K 值

从节能角度出发, 采用各种形式的空心砌块或填充保温材料的墙体等日益增多。这种墙体属于由两种以上材料组成的、非匀质围护结构, 属于二维传热过程。计算它的传热系数 K 值时, 通常采用近似计算方法或实验数据。下面介绍中国建筑科学研究院建筑物理所推荐的一种方法。

首先求出围护结构的平均传热阻

$$R_{pj} = \left[\left(\frac{F}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i}} \right) - (R_n + R_w) \right] \cdot \varphi \quad (1-6)$$