



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
技能型紧缺人才培养培训建筑设备类专业教学用书

室内供暖与 室外管网

陆家才 主 编
高桂芝 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

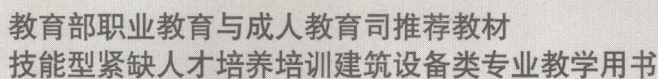
建筑智能化概论	方潜生主编
电工基本知识及技能	肖华中主编
电子基本知识及技能	凌艺春主编
计算机网络技术	郑 华主编
综合布线	杨晓玲主编
通信网络技术	毕丽红主编
建筑设备控制系统	巩学梅主编
安全防范工程技术	苏 曙主编
消防联动系统工程	徐鹤生主编
物业综合管理实务	徐鹤生主编
建筑智能化工程项目管理	范同顺主编
建筑智能系统工程造价	冯光灿主编
建筑智能化系统实验教学指导书	寿大云主编
建筑供配电与照明	戴绍基主编
建筑弱电系统安装	姜久超主编
建筑电气控制系统安装	夏国明主编
工程测量	李 峰主编
建筑给水排水工程	张正磊主编
室内供暖与室外管网	陆家才主编
通风空调系统	吴耀伟主编
冷热源系统	杜 渐主编
安装工程造价与招投标	袁 勇主编

ISBN 978-7-5083-6035-5



9 787508 360355 >

定价：20.00元



主 编	陆家才	副主编	高桂芝	编 写	刘永哲	吴 昊
主 审	李雨德	于建春	夏喜英			

主 编	陆家才	副主编	高桂芝	编 写	刘永哲	吴 昊
主 审	李雨德	于建春	夏喜英			

主 审 丁廷军 夏喜英

 中国电力出版社



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。全书共十一章，主要包括供暖设计热负荷、采暖系统的分类和组成、散热器、采暖系统的安装与调节、热水采暖系统的水力计算、采暖系统的调节与控制装置、供热管网工程、集中供热系统的热力站及系统的主要设备、供热系统验收与运行管理、供热系统施工图等。本书简化了工程计算方面的内容，尤其是蒸汽采暖的计算和室外管网的计算；增加了系统形式的内容，比如地板辐射式采暖和分户计量供暖；增加了一些新型设备的介绍，比如温控阀、平衡阀及其应用等。

本书可作为高职高专院校建筑设备类、供热通风与空调专业教材，也可作为中职院校相关专业教材；还可作为施工、管理和销售人员培训或自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

室内供暖与室外管网/陆家才主编. —北京：中国电力出版社，2007.10

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 978-7-5083-6035-5

I. 室… II. 陆… III. ①建筑—供热系统—职业教育—教材
②建筑—供热管道：管网—职业教育—教材 IV. TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 130755 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 10 月第一版 2007 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 324 千字

定价 20.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的建筑设备类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004～2007年职业教育教材开发编写计划》。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本书针对高职和中专培养目标，注重理论联系实际，在内容上充分体现了专业领域内新的科技成果，贯彻新规范、新标准。在编写中比较注重实际应用，体现在以下几个方面：

1. 简化了工程计算方面的内容，尤其是蒸汽采暖的计算和室外管网的计算。
2. 增加了系统形式的内容，比如地板辐射式采暖和分户计量供暖。
3. 增加了一些新型设备，比如温控阀、平衡阀及其应用。
4. 增加了更适用于高职和中专学生的系统安装内容。
5. 增加了供暖施工图的内容。

全书共十一章，主要讲述室内供热部分，同时简要介绍室外供热管网部分。另外增加了室内供热系统的安装和供暖施工图的识读，通过学习使学生能够全方位地掌握供暖系统。

本书由山东城市建设职业学院陆家才主编；河北工程技术高等专科学校高桂芝任副主编；山东城市建设职业学院刘永哲、吴昊、莱芜市钢城区规划局李雨德、莱州市建筑工程质量监督站于建春参与了编写。全书由陆家才统稿，由夏喜英和梁山县安装公司丁廷军主审。

由于时间和水平所限，不足之处恳请有关专家学者批评指正。

编者

2007年4月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 供热工程研究对象	1
第二节 集中供热系统的基本型式	1
第三节 供热技术在国内外的发 展概况	3
第二章 供暖设计热负荷	5
第一节 围护结构的基本耗热量	5
第二节 围护结构的附加耗热量	11
第三节 冷风渗透耗热量	12
第四节 围护结构最小传热阻与经济传热阻	16
第五节 采暖设计热负荷计算实例	17
第三章 采暖系统的分类和组成	25
第一节 散热器采暖	25
第二节 低温热水地板辐射采暖	37
第三节 住宅分户热计量采暖	40
第四节 热风采暖	42
第四章 散热器	45
第一节 散热器的种类	45
第二节 散热器的选择	48
第三节 散热器的布置	48
第四节 散热器的计算	49
第五章 采暖系统的安装与调节	52
第一节 室内采暖管道的安装	52
第二节 支架的安装	60
第三节 散热器的安装	64
第四节 低温热水地板辐射采暖系统的安装	69
第六章 热水采暖系统的水力计算	73
第一节 管路水力计算的基本原理	73
第二节 热水采暖系统水力计算的任务和方法	79
第三节 自然循环双管热水采暖系统的水力计算	83
第四节 机械循环单管热水采暖系统的水力计算	89
第七章 采暖系统的调节与控制装置	99
第一节 调节与控制装置	99

第二节 供热系统的初调节	119
第三节 供热系统的运行调节	130
第八章 供热管网工程	139
第一节 供热管网系统	139
第二节 管道的热膨胀及补偿器	142
第三节 供热管网系统安装、调试及验收	148
第九章 集中供热系统的热力站及系统的主要设备	155
第一节 热力站	155
第二节 换热器和混水器的构造与工作原理	156
第十章 供热系统验收与运行管理	161
第一节 采暖系统的试验与验收	161
第二节 供热系统运行维护管理概述	163
第三节 热力站的运行维护管理	171
第四节 供热管网的运行维护管理	177
第五节 室内供暖系统的运行维护管理	180
第十一章 供热系统施工图	183
第一节 概述	183
第二节 室内供暖系统的识读	185
第三节 室外供热管网的识读	190
附录	194
参考文献	208

绪 论

知识点：供热系统的组成和基本型式。

教学目标：了解供热技术在国内外的的发展概况。

第一节 供热工程研究对象

人们在日常生活和社会生产中需要大量的热能。热能工程是将自然界的能源直接或间接地转化成热能，供给人们使用的一门综合性应用技术。热能工程中，生产、输配和利用热媒（热水、蒸汽或其他工作介质）供应热能的工程技术称为供热工程。随着技术经济的发展和节约能源的需要，供热工程已经日益得到人们的重视而发展起来。

热能的供应是通过供热系统完成的。一个供热系统包括三个组成部分：

- (1) 热源：生产和制备一定参数（温度、压力）的热水和蒸汽的锅炉房或热电厂。
- (2) 供热管网：输送热媒的室外供热管路系统。
- (3) 热用户：直接使用或消耗热能的室内供暖、通风空调、热水供应和生产工艺用热系统等。

根据三个主要组成部分的相互位置关系来分，供暖系统可分为局部供暖系统和集中供暖系统。热源、供热管网和热用户三个主要组成部分在构造上连在一起的供暖系统称为局部供暖系统，如烟汽供暖（火炉、火墙和火炕等）、电热供暖和燃气供暖等；热源、热用户的散热设备分别设置，用管道将其连接，由热源向热用户供应热量的供暖系统称为集中供暖系统。

第二节 集中供热系统的基本型式

本课程主要研究以热水和蒸汽作为热媒的建筑物供暖系统和集中供热系统。

供暖就是根据热平衡原理，在冬季以一定方式向建筑物供应热量，以维持人们日常生活、工作和生产活动所需的环境温度。

室内供暖系统将介绍室内供暖系统的型式、组成，设备构造和工作原理，管路的布置与敷设要求以及设计计算的基本知识等内容。

集中供热系统是以水或水蒸气作为热媒通过室外管网将热能输送到一个城镇或较大区域的系统。以区域锅炉房（装置热水锅炉或蒸汽锅炉）为热源的供热系统称为区域锅炉房集中供热系统。图 1-1 为区域热水锅炉房

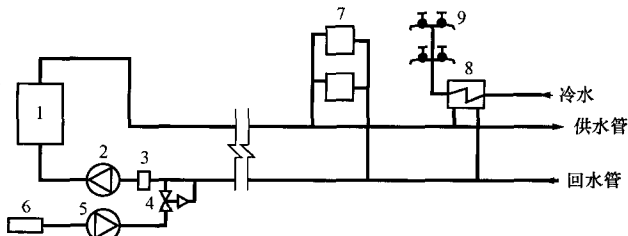


图 1-1 区域热水锅炉房供热系统

- 1—热水锅炉；2—循环水泵；3—除污器；4—压力调节阀；
5—补给水泵；6—补充水处理装置；7—供暖散热器；
8—生活热水加热器；9—水龙头

集中供热系统。

“集中供热系统”部分主要以热网和热用户为主，阐述集中供热系统的工作原理、设计计算的基本知识，系统的型式，设备构造以及运行调节、维护管理方面的内容。

热源处主要设备有热水锅炉、循环水泵、补给水泵及水处理设备等。室外管网由一条供水管和一条回水管组成。热用户包括供暖用户、生活热水供应用户等。系统中的水在锅炉中

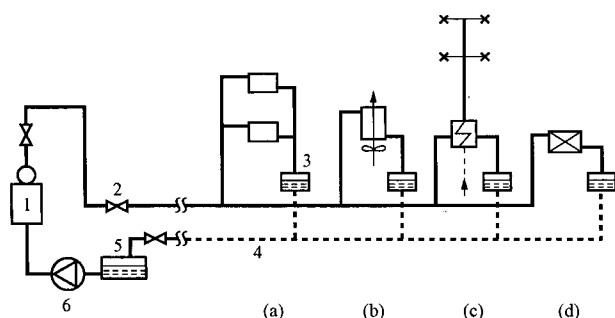


图 1-2 区域蒸汽锅炉房集中供热系统

(a)、(b)、(c)、(d) 室内供暖、通风、

热水供应和生产工艺用热系统

1—蒸汽锅炉；2—蒸汽干管；3—疏水器；4—凝结水干管；

5—凝结水箱；6—锅炉给水泵

被加热到所需要的温度，以循环水泵作动力使水沿供水管流入各用户，散热后回水沿回水管返回锅炉，水不断地在系统中循环流动。系统在运行过程中的漏水量或被用户消耗的水量，由补给水泵把经水处理装置处理后的水从回水管补充到系统内。补充水量的多少可通过压力调节阀控制。除污器设在循环水泵吸入口侧，用以清除水中的污物、杂质，避免进入水泵与锅炉内。

图 1-2 为区域蒸汽锅炉房集中供热系统。

蒸汽锅炉产生的蒸汽，通过蒸汽干管输送到各热用户，如供暖、通风、热水供应和生产工艺系统等。各室内用热系统的凝结水经疏水器和凝结水干管后返回锅炉房的凝结水箱，再由锅炉补给水泵将水送进锅炉重新被加热。

以热电厂作为热源，电能和热能联合生产的供热系统称为热电厂集中供热系统。图 1-3 为抽汽式热电厂集中供热系统。

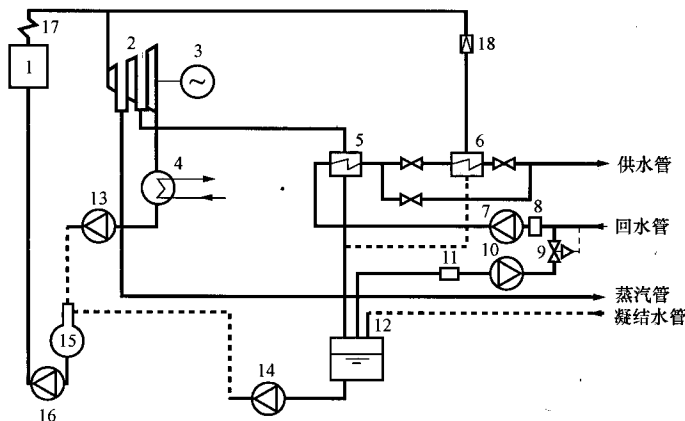


图 1-3 抽汽式热电厂供热系统

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—主加热器；6—高峰加热器；

7—循环水泵；8—除污器；9—压力调节阀；10—补给水泵；11—补充水

处理装置；12—凝结水箱；13、14—凝结水泵；15—除氧器；

16—锅炉给水泵；17—过热器；18—减压装置

蒸汽锅炉产生的高温高压蒸汽进入汽轮机膨胀做功，带动发电机组发出电能。该汽轮机组带有中间可调节抽汽口，故称抽汽式。可以从绝对压力为 $0.8 \sim 1.3 \text{ MPa}$ 的抽汽口抽出蒸汽，向工业用户直接供应蒸汽。

也可以从绝对压力为 $0.12 \sim 0.25 \text{ MPa}$ 的抽汽口抽出蒸汽用以加热热网循环水，通过主加热器可使水温达到 $95 \sim 118^\circ\text{C}$ ，再通过高峰加热器进一步加热后，水温可达到 $130 \sim 150^\circ\text{C}$ 或更高温度以满足供暖、通风与热水供应等用户的需要。在汽轮机最后一级做完功的乏汽排入凝汽器后变为凝结水和水加热器内产生的凝结水，以及工业用户返回的凝结水，经凝结水回收装置收集后，作为锅炉给水送回锅炉。

图 1-4 为背压式热电厂集中供热系统。

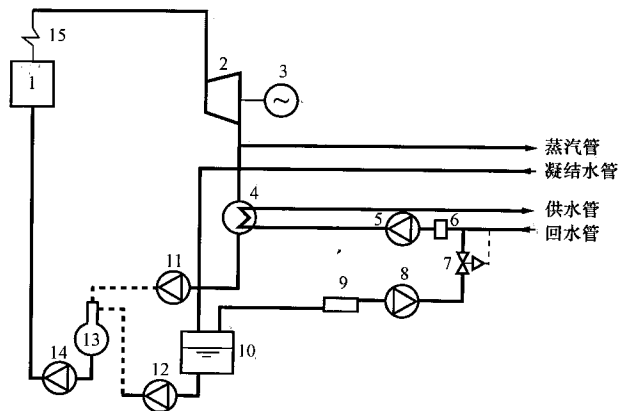


图 1-4 背压式热电厂供热系统

- 1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；5—循环水泵；6—除污器；
7—压力调节阀；8—补给水泵；9—水处理装置；10—凝结水箱；
11、12—凝结水泵；13—除氧器；14—锅炉给水泵；15—过热器

第三节 供热技术在国内外的的发展概况

火的使用、蒸汽机的发明、电能的应用以及原子能的利用，使人类利用能源的历史经历了四次重大的突破，也带来了供热工程技术的不断发展。

我国在西安半坡村挖掘出土的新石器时代仰韶时期的房屋中，就发现有长方形灶坑，屋顶有小孔用以排烟，还有双连灶形的火炕。从已出土的古墓中发现，汉代就有带炉算的炉灶和带烟道的局部供暖设备。这些利用烟气供暖的方式，如火炉，火墙和火炕等，在我国北方农村至今还被广泛使用。

集中供暖的最初形式是利用中心火炉的烟气通过地下烟道向几个房间供暖，或是用热风火炉把加热后的空气送入几个房间取暖。蒸汽机发明以后，促进了锅炉制造业的发展，直到 19 世纪初期在欧洲的一些国家才出现了以热水或蒸汽作为热媒，由一个集中设置的锅炉向一栋建筑物各房间供暖的集中供暖系统。

20 世纪初期，一些工业发达的国家开始利用发电厂汽轮机的排汽，供给生产和生活用热，其后逐渐成为现代化的热电厂。

在旧中国，只有在大城市很少建筑中装设了集中供暖系统。在工厂中，也只装设了简陋的锅炉设备和供热管道供应生产用热，供热事业的发展非常落后。

新中国成立后，随着经济建设的发展，供热事业逐步发展起来，普遍采用了以小型锅炉房作为热源向一幢或数幢房屋供热的供暖系统。一些大型工业企业建立了热电厂，铺设和架设了用以满足生产用热和供暖用热的供热管网。

我国城市的集中供热是从北京开始的，北京第一热电厂是在 1959 年建国十周年大庆前夕建成的，并于当年向东西长安街十大建筑及部分工厂企业供应热能。

现在我国的供暖和集中供热事业得到了迅速的发展。在东北、西北、华北地区，许多民用建筑和多数工业企业设置了集中供暖系统，很多城镇实现了集中供热。

在 20 世纪 50 年代期间，我国供暖工程的设计、施工和运行管理工作，主要是学习原苏联的做法，数十年来，广大供暖通风技术工作者进行了大量的研究，编制出了适合我国国情的国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》（简称《暖通规范》），其成果与世界先进国家的规范相比，毫不逊色。我国在供热管网敷设、换热设备、预制保温管等新技术、新设备、新工艺方面也有了可喜的突破，并得到了广泛的推广应用。

近年来，太阳能、原子能、地热等新能源研制的科技成果不断出现，在西北地区、北京、天津等地，20 世纪 80 年代就建造了一批太阳能供暖建筑。天津、北京等地也相继出现了地热供暖。目前已有 20 多个省市和地区开展了地热的勘探和开发利用。

虽然，我国的供热工程建设和技术取得了显著的成就，但我国的供热状况还是原始供暖与现代化的集中供热并存，小型分散的供热形式还普遍存在。从供热技术整体看，我国与先进国家相比，城市住宅和公共建筑集中供热率较低，供热系统的热能利用率、供热产品的品种、质量以及供热系统的运行管理和自动控制水平等方面，还有不小差距。随着经济建设和人民生活水平的日益提高，对供热技术的要求也会越来越高，这就需要广大供热技术人员共同努力。

《室内供暖与室外管网》是供热专业的一门主要专业课。学习本课程之前，应首先学习《传热学》、《工程热力学》、《流体力学·泵与风机》等专业基础课。要求学生在学习本课程前应具有扎实的基础理论知识，这样才能深入地理解和掌握本课程所阐述的专业理论知识。

供暖设计热负荷

知识点：热负荷的概念，基本耗热量，附加耗热量。

教学目标：掌握热负荷的计算方法。

人们进行生产和生活时要求保持一定的室内温度。一个房间或建筑物会得到各种热量，也会产生各种热量损失。在冬季，当失热量大于得热量时，就需要通过室内设置的供暖系统以一定方式向室内补充热量，以维持所要求的室温。在该室温下达到得热量和失热量的平衡。

供暖系统的设计热负荷是指在供暖室外计算温度 t_{wn} 下，为保证所要求的室内计算温度 t_n ，供暖系统在单位时间内向房间供应的热量 Q 。供暖系统设计热负荷是系统散热设备计算、管道水力计算和系统主要设备选择计算的最基本依据。它直接影响着供暖系统方案的选择，进而影响系统工程造价、运行管理费用以及使用效果。

供暖系统设计热负荷应根据房间得、失热量的平衡进行计算，即

$$\text{房间设计热负荷} = \text{房间总失热量} - \text{房间总得热量}$$

房间的失热量包括：

- (1) 围护结构传热耗热量 Q_1 ；
- (2) 加热由门、窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量 Q_2 ，简称冷风渗透耗热量；
- (3) 加热由门、孔洞及相邻房间侵入室内的冷空气的耗热量 Q_3 ，简称冷风侵入耗热量；
- (4) 水分蒸发耗热量 Q_4 ；
- (5) 加热由外部运入的冷物料和运输工具的耗热量 Q_5 ；
- (6) 通风耗热量 Q_6 ，即通风系统将空气从室内排到室外所带走的热量；
- (7) 其他失热量 Q_7 。

房间的得热量包括：

- (1) 生产车间最小负荷班工艺设备散热量 Q_8 ；
- (2) 非供暖系统的热管道和其他热表面的散热量 Q_9 ；
- (3) 热物料的散热量 Q_{10} ；
- (4) 太阳辐射进入室内的热量 Q_{11} ；
- (5) 其他得热量 Q_{12} 。

对于民用建筑或产生热量很少的工业建筑，计算供暖系统的设计热负荷时，失热量只考虑围护结构传热耗热量、冷风渗透耗热量和冷风侵入耗热量；得热量只考虑太阳辐射进入室内的热量。其他得失热量不普遍存在，只有当其经常而稳定存在时，才能将其计入设计热负荷中，否则不予计入。

第一节 围护结构的基本耗热量

围护结构的基本耗热量是指在设计的室内、室外温度条件下通过房间各围护结构稳定传

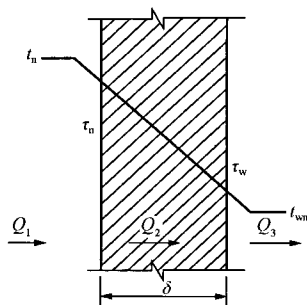


图 2-1 围护结构的传热过程

热量的总和。

由于室内散热设备的散热量不稳定，而且室外空气温度随季节和昼夜也不断变化，实际上围护结构的传热是一个不稳定的过程。但不稳定传热的计算非常复杂，所以在工程设计中，对于室温允许有一定波动幅度的建筑物，围护结构的基本耗热量可以按一维稳定传热进行计算，即假设在计算时间内，室内外空气温度和其他传热过程参数都不随时间发生变化，如图 2-1 所示。这样可以简化计算，而且计算结果基本能满足工程需要。

围护结构稳定传热时，基本耗热量可按下式计算：

$$Q = \alpha K A (t_n - t_{wn}) \quad (2-1)$$

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

A ——围护结构的面积， m^2 ；

t_n ——冬季室内计算温度， $^\circ C$ ；

t_{wn} ——供暖室外计算温度， $^\circ C$ ；

α ——围护结构的温差修正系数。

将整个房间围护结构按材料、结构类型、朝向及室内外温差的不同，划分为不同的部分，整个房间的基本耗热量等于各部分围护结构耗热量的总和。

此外，如果两个相邻房间的温差大于或等于 $5^\circ C$ 时，应计算通过隔墙和楼板的传热量。与相邻房间的温差小于 $5^\circ C$ ，且通过隔墙和楼板等的传热量大于该房间热负荷的 10% 时，也应计算其传热量。

1. 室内计算温度 t_n

室内计算温度 t_n 通常指距室内地面 2m 以内人们活动区域的平均空气温度。室内计算温度的选定，应满足人们生活和生产工艺的要求。生产要求的室温，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。

依据我国国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》(GB50019—2003)。(以下简称“暖通规范”)设计集中供暖系统时，冬季室内计算温度 t_n 应根据建筑物的用途而定，按下列规定采用：

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

(2) 生产厂房的工作地点温度：

1) 轻作业生产厂房不应低于 $15^\circ C$ ，宜采用 $18 \sim 21^\circ C$ 。轻作业指的是能量消耗在 140W 以下的工种，如仪表、机械加工、印刷、针织等工种。

2) 中作业生产厂房不应低于 $12^\circ C$ ，宜采用 $16 \sim 18^\circ C$ 。中作业指的是能量消耗在 140~220W 的工种，如木工、钣金工、焊接等工种。

3) 重作业生产厂房不应低于 $10^\circ C$ ，宜采用 $14 \sim 16^\circ C$ 。重作业指的是能量消耗在 220~290W 的工种，如人力运输、大型包装等工种。

4) 过重作业生产厂房宜采用 $12 \sim 14^\circ C$ 。

应注意，对于空间高度超过 4m、室内设备散热量大于 $23W/m^3$ 的生产厂房，由于对流

作用，热空气上升的影响，房间上部空气温度高于下部温度，使上部围护结构的散热量增加。因此，对室内计算温度 t_n 有如下规定：

①计算地面传热量时，采用工作地点温度 t_g ，即 $t_n=t_g$ 。

②计算屋顶、天窗传热量时采用屋顶下的温度 t_d ，即 $t_n=t_d$ 。屋顶下的温度，可按已有的类似厂房进行实测，也可按温度梯度法确定，即

$$t_d = t_g + \Delta t(H - 2) \tag{2 - 2}$$

式中 H ——屋顶距地面的高度，m；

Δt ——温度梯度，应根据车间散热设备的散热情况而定，通常取 $\Delta t=0.3\sim0.5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 。

③计算墙、门和窗传热量时采用室内的平均温度 t_p ，即

$$t_p = (t_g + t_d)/2 \tag{2 - 3}$$

对于散热量小于 $23\text{W}/\text{m}^3$ 的生产厂房，当温度梯度不能确定时，可先用工作地点温度计算围护结构耗热量，再用高度附加的方法进行修正，增加其计算耗热量。

(3) 辅助建筑物及辅助用室的冬季室内计算温度值见表 2 - 1。

表 2 - 1 辅助用室的冬季室内计算温度 ($^{\circ}\text{C}$)

辅助用室名称	室内空气温度	辅助用室名称	室内空气温度
厕所、盥洗室	12	淋浴室	25
食堂	14	淋浴室的换衣室	23
办公室、休息室	16~18	女工卫生室	23
技术资料室	16	哺乳室	20
存衣室	16		

2. 供暖室外计算温度 t_{wn}

按稳定传热计算围护结构基本耗热量时，室外温度应取一个定值，即供暖室外计算温度 t_{wn} 。合理地确定供暖室外计算温度对供暖系统的设计有重要影响，如果采用的 t_{wn} 值过低，将增加供暖系统造价和运行管理费用；如果采用的 t_{wn} 值过高，则不能保证供暖系统的使用效果。

我国的《暖通规范》采用了不保证天数的方法确定北方城市的供暖室外计算温度 t_{wn} ，即人为允许每年有几天的实际室外温度低于规定的供暖室外计算温度值，也就是这几天的实际室内温度可以稍低于室内计算温度值。《暖通规范》规定：“供暖室外计算温度，应采用历年平均不保证 5 天的日平均温度”。采用这种方法确定的 t_{wn} 值，降低了供暖系统的设计热负荷，节约了费用，只要供暖系统在室外温度低于或等于 t_{wn} 时，能按设计工况正常、合理地连续运行或间歇时间较短，就会取得良好的供暖效果，这对人们的舒适感也不会有太大的影响。

我国主要城市的供暖室外计算温度 t_{wn} 值可查阅相关设计手册。

3. 温差修正系数 α

如果供暖房间的外围护结构不直接与室外空气接触，中间隔着不供暖的房间（图 2 - 2）或空间（如地下室），该

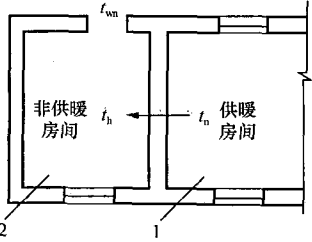


图 2 - 2 计算温差修正系数示意图
1—供暖房间；2—非供暖房间

围护结构传热量的计算公式为

$$Q = KA(t_n - t_h) \quad (2-4)$$

式中 t_h ——传热达到平衡时, 非供暖房间或空间的温度。

因 t_h 值不易确定, 计算与大气不直接接触的外围护结构基本耗热量时, 可采用下式:

$$Q = KA(t_n - t_h) = \alpha KA(t_n - t_{wn}) \quad (2-5)$$

$$\alpha = \frac{t_n - t_h}{t_n - t_{wn}} \quad (2-6)$$

围护结构的温差修正系数 α 值的大小取决于非供暖房间或空间的保温性能和透气状况, 若其保温性能差, 且容易与室外空气流通, 则 t_h 值就越接近于 t_{wn} , 温差修正系数就越接近于 1。

各种条件下的温差修正系数见表 2-2。

表 2-2 温差修正系数 α 值

围护结构特征	α
外墙、屋顶、地面以及与室外相通的楼板等	1.00
闷顶和室外空气相通的非供暖地下室上面的楼板等	0.90
非供暖地下室上面的楼板、外墙有窗时	0.75
非供暖地下室上面的楼板、外墙无窗且位于室外地坪以上时	0.60
非供暖地下室上面的楼板、外墙无窗且位于室外地坪以下时	0.40
与有外门窗的非供暖房间相邻的隔墙	0.70
与无外门窗的非供暖房间相邻的隔墙	0.40
伸缩缝墙、沉降缝墙	0.30
防震缝墙	0.70
1~6 层建筑	0.60
7~30 层建筑	0.50

4. 围护结构的传热系数 K

(1) 多层匀质材料平壁结构的传热系数: 一般建筑物的外墙和屋顶属于多层匀质材料组成的平壁结构, 其传热系数 K 可用下式计算:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{(R_n + \sum R_i + R_w)} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_w}} \quad (2-7)$$

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

R_n 、 R_w ——围护结构的内、外表面热阻, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$;

$\sum R_i$ ——由单层或多层材料组成的围护结构格材料层热阻, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$;

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

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, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

内表面换热系数 α_n 与换热热阻 R_n 值见表 2-3。

表 2-3 内表面换热系数 α_n 与换热热阻 R_n

围护结构内表面特征	$\alpha_n[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$	$R_n[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
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 h —肋高, m; s —肋间净距, m。

外表面换热系数 α_w 与换热热阻 R_w 值见表 2-4。

表 2-4 外表面换热系数 α_w 与换热热阻 R_w

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

常用围护结构的传热系数 K 值见表 2-5。

表 2-5 常用围护结构的传热系数 K 值

类 型			类 型		K
A. 门			金属框	单层	6.40
实木木制外门	单层	4.65		双层	3.26
	双层	2.33	单框双层玻璃窗		3.49
带玻璃的阳台外门	单层 (木框)	5.82	商店橱窗		4.65
	双层 (木框)	2.68	C. 外墙		
	单层 (金属框)	6.40	内表面抹灰砖墙	24 砖墙	2.03
	双层 (金属框)	3.26		37 砖墙	1.57
单层内门		2.91		49 砖墙	1.27
B. 外窗及天窗			D. 内墙		
木框	单层	5.82		12 砖墙	2.31
	双层	2.68		24 砖墙	1.72

(2) 空气间层传热系数: 围护结构中如果设置封闭的空气间层, 间层中的空气的导热系数比围护结构其他材料的导热系数小, 这可以增大围护结构的热阻, 减少传热量, 提高保温效果, 如双层玻璃、复合墙体的空气层等。

空气间层热阻值难以用理论公式确定, 在工程设计中, 可按表 2-6 选用。

表 2-6 空气间层热阻 R' $[(m^2 \cdot ^\circ C) / W]$

位置、热流状况	间层厚度 $\delta(cm)$						
	0.5	1	2	3	4	5	6 以上
热流向下 (水平、倾斜)	0.103	0.138	0.172	0.181	0.189	0.198	0.198
热流向上 (水平、倾斜)	0.103	0.138	0.155	0.163	0.172	0.172	0.172
垂直空气间层	0.103	0.138	0.163	0.172	0.181	0.181	0.181

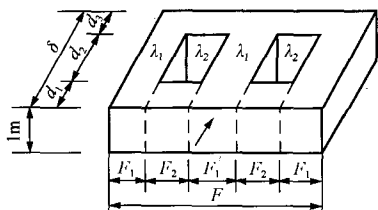


图 2-3 非匀质材料围护结构
传热系数计算图示

空气间层热阻值与间层厚度、间层设置的方向、形状和密封性等因素有关。由表 2-3 可以看出, 同样厚度时, 热流由上向下空气间层的热阻值最大, 竖向空气层次之, 热流由下向上空气间层的热阻值最小。另外, 空气间层厚度超过 5cm 以后, 由于传热空间增大, 反而易于空气的对流换热, 热阻的大小几乎不再随厚度的增加而增大, 因此空气间层厚度不是越大越好, 应适当选择。

带空气间层维护结构的传热系数, 仍可按式 (2-7) 计算, 只是计算时, 在分母项中增加一项空气间层热阻。

(3) 非匀质材料围护结构的传热系数: 工程上有的围护结构在宽度和厚度方向上是由两种以上不同材料组成的非匀质围护结构, 如各种空心砌块、保温材料的填充墙等。在这种结构中, 热量传递时, 不仅在平行热流方向上有传热, 而且在垂直热流方向不同材料的接触面上也存在传热, 如图 2-3 所示。

非匀质围护结构的平均传热阻可按下式计算:

$$R_{pj} = \left[\frac{A}{\sum \frac{A_i}{R_i}} - (R_n + R_w) \right] \varphi \quad (2-8)$$

式中 R_{pj} ——平均传热阻, $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$;

A ——垂直热流方向的总传热面积, 见图 2-3, m^2 ;

A_i ——平行热流方向划分的各个传热面积, 见图 2-3, m^2 ;

R_i ——传热面积 A_i 上的总热阻, $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$;

R_n 、 R_w ——维护结构内、外表面换热阻, $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$;

φ ——平均传热阻修正系数, 见表 2-7。

表 2-7 修正系数 φ 值

序号	λ_2/λ_1 或 $(\lambda_2 + \lambda_3)/2\lambda_1$	φ	序号	λ_2/λ_1 或 $(\lambda_2 + \lambda_3)/2\lambda_1$	φ
1	0.09~0.19	0.86	3	0.40~0.69	0.96
2	0.20~0.39	0.93	4	0.70~0.99	0.98

非匀质材料围护结构的传热系数可按下式计算:

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_n + R_{pj} + R_w} \quad (2-9)$$

(4) 地面传热系数: 室内的热量通过地面传至室外, 传热量的多少与地面据外墙的距离有关, 据外墙近的地面向室外传递的热量多, 热阻小而传热系数大; 据外墙远的地面传热量少, 热阻大而传热系数小, 地面距外墙距离超 8m 后, 传热量基本不变。工程上采用近似计算的方法, 把距外墙 8m 以内的地面沿与外墙平行的方向分成四个地带。如图 2-4 所示。

对于不保温地面 [组成地面的各层材料的导热系数 λ

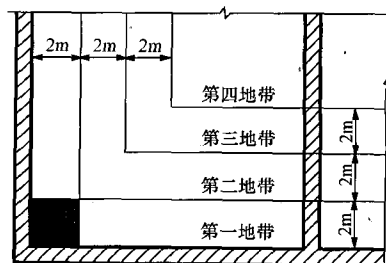


图 2-4 地面传热地带的划分