

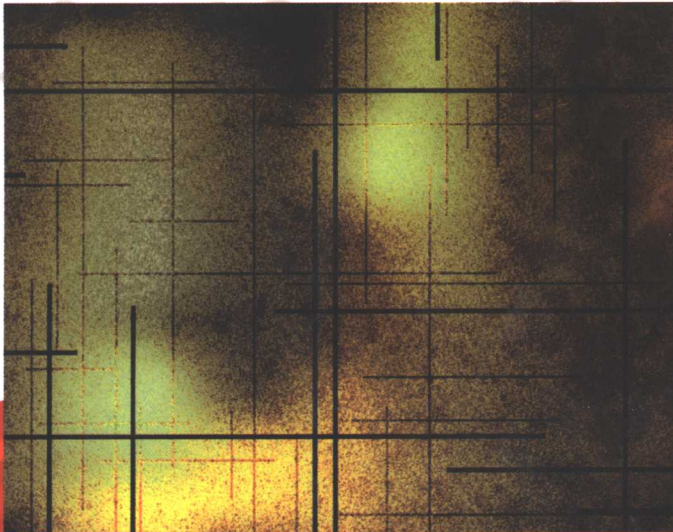


高职高专系列教材

供热工程

王宇清 主编

哈尔滨工业大学出版社



供热工程

王宇清 主编

哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨

内 容 提 要

本书为高等职业教育供热通风与空调专业“供热工程”课程教材。

本书详细阐述了以热水和蒸汽作为热媒的室内供暖系统和集中供热系统的型式、组成、设备构造和工作原理、设计计算的基本知识以及运行调节、维护管理等方面的内容。全书分为“室内供暖系统”和“集中供热系统”两大篇,共十五章。

本书除了可用作教材外,还可以作为从事供暖和集中供热工作的工程技术人员的岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

供热工程/王宇清主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.7

ISBN 7-5603-1620-4

I. 供... II. 王... III. 供热系统

IV. TU833

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 040531 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006
传 真 0451—6414749
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂印刷
开 本 787×1168 1/16 印张 17.5 字数 407 千字
版 次 2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5603-1620-4/TK·33
印 数 1~3 000
定 价 22.00 元

前 言

本书是高等职业教育供热通风与空调专业“供热工程”课程教材。

本书主要研究以热水和蒸汽作为热媒的室内供暖系统和集中供热系统。全书分为两篇,第一篇“室内供暖系统”;第二篇“集中供热系统”。介绍了各种系统的型式和组成、设备的构造和工作原理、设计计算的基本知识以及运行调节、维护管理等方面的内容。

本书结构严谨、层次分明,充分体现了近年来在供暖和供热方面的新技术、新设备和新的研究成果。注重以实用为目的,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,有利于培养学生的动手能力和分析问题的能力。

本书还可作为从事供暖和集中供热工作的工程技术人员的岗位培训用书。

本书由黑龙江建筑职业技术学院王宇清担任主编;由黑龙江建筑职业技术学院夏喜英担任主审。参加编写工作的有:黑龙江建筑职业技术学院王宇清(绪论,第一至七章);黑龙江建筑职业技术学院邢玉林(第八,九,十章);呼和浩特职业技术学院赵庆利(第十一,十二,十三章);哈尔滨市劳动局锅炉检验研究所邢继春(第十四,十五章)。

由于编者水平有限,书中如有不妥和错误之处,恳请读者批评,指正。

编 者

2001年1月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 室内供暖系统

第一章 供暖系统设计热负荷

第一节 供暖系统设计热负荷	5
第二节 围护结构传热耗热量	6
第三节 冷风渗透耗热量	13
第四节 高层建筑冷风渗透耗热量	14
第五节 冷风侵入耗热量	19
第六节 围护结构的最小与经济传热阻	20
第七节 供暖设计热负荷计算例题	22

第二章 热水供暖系统

第一节 自然循环热水供暖系统	29
第二节 机械循环热水供暖系统	32
第三节 高层建筑供暖系统	37
第四节 室内热水供暖系统管路布置和敷设要求	40
第五节 供暖施工图	43

第三章 供暖系统的散热设备

第一节 散热器	46
第二节 辐射供暖	56
第三节 暖风机	63

第四章 热水供暖系统的附属设备

第一节 膨胀水箱	66
第二节 排气装置	68
第三节 其他附属设备	70

第五章 室内热水供暖系统的水力计算

第一节 管路水力计算的基本原理	72
第二节 室内热水供暖系统水力计算的任务和方法	75
第三节 自然循环热水供暖系统的水力计算	78
第四节 机械循环热水供暖系统的水力计算	87
第五节 不等温降水力计算法	98

第六章 室内蒸汽供暖系统

第一节 蒸汽供暖系统的特点及分类	104
第二节 室内低压蒸汽供暖系统	105
第三节 室内高压蒸汽供暖系统	109
第四节 蒸汽供暖系统的管路布置	111
第五节 蒸汽供暖系统的附属设备	112

第七章 室内蒸汽供暖系统的水力计算

- 第一节 室内低压蒸汽供暖系统的水力计算 119
- 第二节 室内高压蒸汽供暖系统的水力计算 124

第二篇 集中供热系统**第八章 集中供热系统**

- 第一节 集中供热系统方案的确定 129
- 第二节 集中供热系统的热负荷 130
- 第三节 集中供热系统的年耗热量 133
- 第四节 集中供热系统的型式 134

第九章 室外热水供热管网的水力计算

- 第一节 室外热水供热管网水力计算的基本原理 140
- 第二节 室外热水供热管网水力计算方法及例题 142

第十章 热水网路的水压图和定压方式

- 第一节 绘制水压图的基本原理 146
- 第二节 绘制水压图的要求、方法和步骤 147
- 第三节 用户与热网的连接形式 151
- 第四节 热水网路的定压方式 153
- 第五节 循环水泵和补给水泵的选择 157

第十一章 热水供热系统的水力工况和供热调节

- 第一节 热水网路的水力失调 159
- 第二节 热水网路的水力稳定性 161
- 第三节 热水供热系统的供热调节 163

第十二章 蒸汽供热管网的水力计算

- 第一节 蒸汽管网水力计算的特点 171
- 第二节 蒸汽管网水力计算方法和步骤 171
- 第三节 凝结水管网的水力计算 177

第十三章 集中供热系统的热力站及系统的主要设备

- 第一节 集中供热系统的热力站 183
- 第二节 集中供热系统的主要设备 184

第十四章 供热管通的布置与敷设

- 第一节 供热管道的布置型式及管网的平面布置 203
- 第二节 供热管道的敷设 206
- 第三节 供热管道的排水、放气与疏水装置 209
- 第四节 管道的热膨胀及补偿器 210
- 第五节 管道支座 215
- 第六节 供热管道的检查室及检查平台 220
- 第七节 室外供热管网的平面图与纵剖面图 221

第十五章 供热系统的验收、启动、运行和故障处理

- 第一节 供热系统的验收 224

第二节 室外热力管网的启动	226
第三节 供热系统的运行	227
第四节 供暖系统的故障处理	229
附录	
附录 1 单位换算表	231
附录 2 居住及公共建筑物供暖室内计算温度	232
附录 3 辅助用室的冬季室内空气温度	233
附录 4 室外气象参数	233
附录 5 温差修正系数 α 值	235
附录 6 一些建筑材料的热物理特性表	236
附录 7 常用围护结构的传热系数 K 值	237
附录 8 渗透空气量的朝向修正系数 n 值	238
附录 9 在自然循环上供下回双管热水供暖系统中,由于水在管路内冷却而产生的附加压力	239
附录 10 图例	240
附录 11 一些铸铁散热器规格及其传热系数 K 值	242
附录 12 一些钢制散热器规格及其传热系数 K 值	242
附录 13 块状辐射板规格及散热量表	243
附录 14 热水供暖系统管道水力计算表	244
附录 15 热水及蒸汽供暖系统局部阻力系数 ζ 值	250
附录 16 热水供暖系统局部阻力系数 $\zeta = 1$ 的局部损失(动压头)值	250
附录 17 一些管径的 λ/d 值和 A 值	250
附录 18 按 $\zeta_{sh} = 1$ 确定热水供暖系统管段压力损失的管径计算表	251
附录 19 单管顺流式热水供暖系统立管组合部件的 ζ_{sh} 值	252
附录 20 单管顺流式热水供暖系统立管的 ζ_{sh} 值	253
附录 21 供暖系统中沿程损失与局部损失的概略分配比例 α	253
附录 22 水在各种温度下的密度(压力 100 kPa 时)	254
附录 23 疏水器的排水系数 A_p 值	254
附录 24 室内低压蒸汽供暖系统管路水力计算表	255
附录 25 室内低压蒸汽供暖管路水力计算用动压头	255
附录 26 蒸汽供暖系统干式和湿式自流凝结水管管径选择表	256
附录 27 室内高压蒸汽供暖系统管径计算表	257
附录 28 室内高压蒸汽供暖管路局部阻力当量长度	258
附录 29 热水网路水力计算表	259
附录 30 热水网路局部阻力当量长度表	261
附录 31 热网管道局部损失与沿程损失的估算比值	263
附录 32 室外高压蒸汽管径计算表	264
附录 33 饱和水与饱和蒸汽的热力特性	265
附录 34 二次蒸发汽数量	265
附录 35 凝结水管管径计算表	266

附录 36	供热管道常用钢管的物理特性数据表	267
附录 37	管道许用外载综合应力	267
附录 38	常用管道规格和材料特性数据表	268
附录 39	地沟与架空敷设供热管道活动支座最大允许间距表	269
附录 40	地沟与架空敷设的直线管段固定支座(架)最大间距表	270

绪 论

一、供热工程的研究对象

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(如热水、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,如烟气供暖(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。

二、供热技术的发展概况

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气,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站,铺设和架设了用以满足生产用热和供暖用热的供热管网。

城市的集中供热是从北京开始的,北京第一热电站是在 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,并得到广泛地推广应用。

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能供暖。目前已有 20 多个省市和地区开展了地热能的勘探和开发利用。

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控水平等方面,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。

三、本课程的主要内容和集中供暖系统的型式

本课程主要研究以热水和蒸汽作为热媒的建筑物(室内)供暖系统和集中供热系统。

第一篇——室内供暖系统。

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。第一篇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。

第二篇——集中供热系统。

集中供热系统是以水或水蒸汽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 0.1 为区域热水锅炉房集中供热系统。

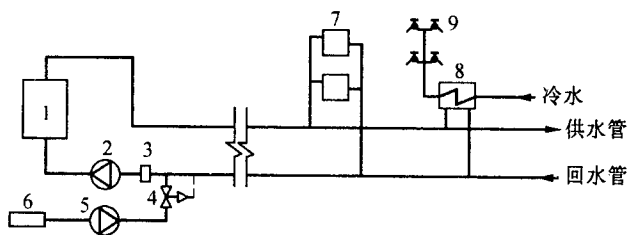


图 0.1 区域热水锅炉房供热系统

- 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

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。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 0.2 为区域蒸汽锅炉房集中供热系统。

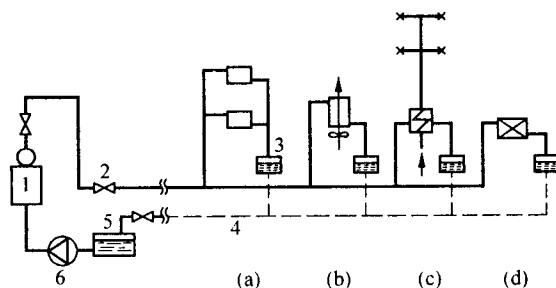


图 0.2 区域蒸汽锅炉房集中供热系统

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;(a)、(b)、(c)和(d)一室内供暖、通风、热水供应和生产工艺用热系统

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。

图 0-3 为抽汽式热电厂集中供热系统,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。

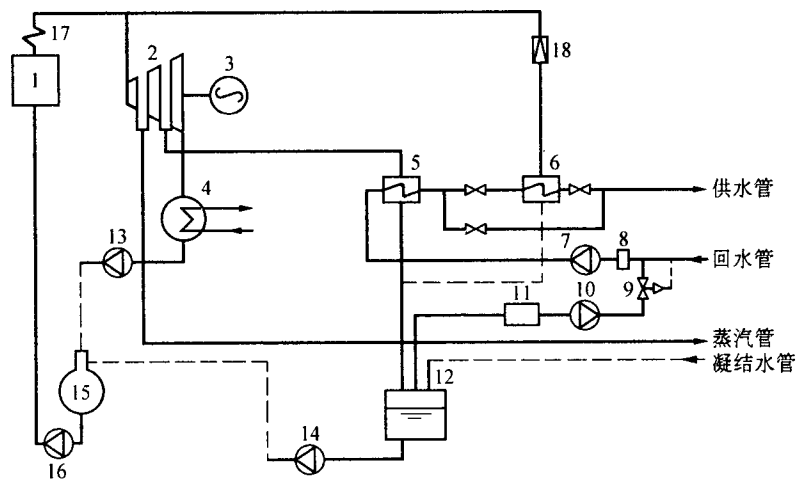


图 0.3 抽汽式热电厂供热系统

1—锅炉;2—汽轮机;3—发电机;4—冷凝器;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冷凝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 0.4 为背压式热电厂集中供热系统。

汽轮机最后一级排出的乏汽压力在 0.1 MPa (绝对压力) 以上时,称为背压式。一般排汽压力为 $0.3 \sim 0.6 \text{ MPa}$ 或 $0.8 \sim 1.3 \text{ MPa}$,可将该压力下的蒸汽直接供给工业用户,同时还可以通过冷凝器加热热网循环水。

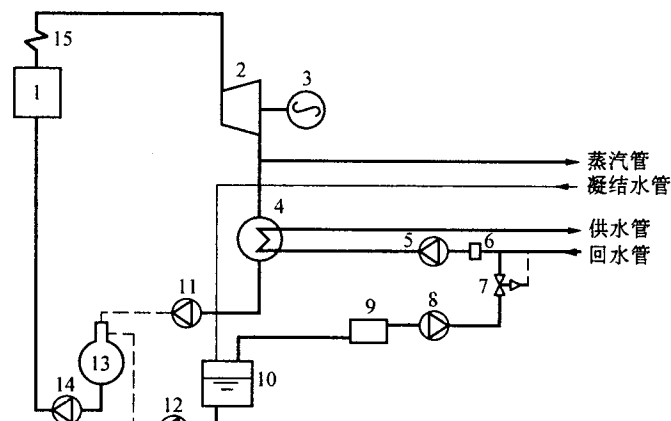


图 0.4 背压式热电厂供热系统

1—锅炉;2—汽轮机;3—发电机;4—冷凝器;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

第二篇“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。

《供热工程》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。

热源部分有关区域锅炉房的内容,在本专业设置的《锅炉及锅炉房设备》课程中将详细阐述。

第一篇 室内供暖系统

第一章 供暖系统设计热负荷

第一节 供暖系统设计热负荷

人们进行生产和生活时要求保证一定的室内温度。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。

供暖系统的热负荷是指在供暖季节,为了维持所要求的室温,供暖系统在单位时间内向房间供应的热量。它随房间得失热量的变化而变化。

供暖系统的设计热负荷是指在供暖室外设计计算温度 t_w' 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

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

1. 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其他散热量 Q_7 。

2. 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_1 ;
- ②非供暖系统的热管道和其他热表面的散热量 Q_2 ;
- ③热物料的散热量 Q_3 ;
- ④太阳辐射进入室内的热量 Q_4 ;
- ⑤其他得热量 Q_5 。

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

围护结构的传热耗热量、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。

第二节 围护结构传热耗热量

围护结构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。常分成两部分计算,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的室内、外温度条件下通过房间各围护结构稳定传热量的总和。附加(修正)耗热量是考虑气象条件和建筑物结构特点的影响而对基本耗电量的修正,包括朝向修正、风力附加和高度附加等耗热量。

一、围护结构的基本耗热量

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变化,如图 1.1。这样可以简化计算,而且计算结果基本正确。

围护结构稳定传热时,基本耗热量可按下式计算

$$Q = KF(t_n - t'_w)a \quad \text{W} \quad (1.1)$$

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

F ——围护结构的面积, m^2 ;

t_n ——冬季室内计算温度, $^\circ\text{C}$

t'_w ——供暖室外计算温度, $^\circ\text{C}$

a ——围护结构的温差修正系数。

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

此外,如果两个相邻房间的温差大于或等于 5°C 时,应计算通过隔墙或楼板的传热量。

室内计算温度 t_n :通常指距地面 2m 以内人们活动地区的平均空气温度。这个区域的温度对人的冷热感觉有直接影响,应根据建筑物的用途考虑满足人们生活和生产工艺要求而确定。

依据我国国家标准《采暖通风与空气调节设计规范》GBJ 19-87,(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 $16 \sim 20^\circ\text{C}$

根据国内有关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态时,室内温度 20°C 比较舒适, 18°C 无冷感, 15°C 是产生明显冷感的温度界限。

居住及公共建筑的室内计算温度见附录 2。

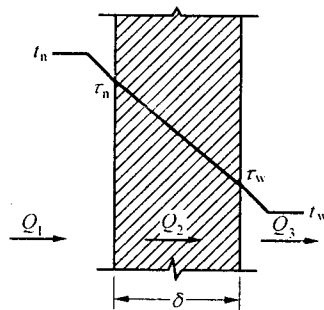


图 1.1 通过围护结构的传热过程

2. 生产厂房的工作地点温度

① 轻作业不应低于 15℃,指的是能量消耗在 140 W 以下的工种,如仪表、机械加工、印刷、针织等工种。

② 中作业不应低于 12℃,指的是能量消耗在 140~220 W 的工种,如木工、钣金工、焊接等工种。

③ 重作业不应低于 10℃,指的是能量消耗在 220~290 W 的工种,如人力运输、大型包装等工种。

应注意,对于空间高度超过 4 m,室内设备散热量大于 23 W/m² 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,室内计算温度 t_n 有如下规定:

计算地面传热量时,采用工作地点温度 t_g ,即 $t_n = t_g$;

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

$$t_d = t_g + \Delta t(H - 2) \quad (1.2)$$

式中 H ——屋顶距地面的高度, m;

Δt ——温度梯度,℃/m;应根据车间散热设备的散热情况而定,通常取

$$\Delta t = 0.3 \sim 1.5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}。$$

计算墙、门和窗传热量时,采用室内的平均温度 t_p ,即

$$t_n = t_p = \frac{t_g + t_d}{2}$$

对于散热量小于 23 W/m² 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,见附录 3。

供暖室外计算温度 t'_w :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'_w 。合理地确定供暖室外计算温度对供暖系统的设计有重要的影响。如果采用的 t'_w 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'_w 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'_w ,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”。对于大多数城市是指 1951~1980 年这 30 年,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,采用这种方法确定的 t'_w 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'_w 时能按设计工况正常、合理地连续运行,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。

我国一些主要城市的供暖室外计算温度 t'_w 值见附录 4。

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(如图 1.2)或空间(如地下室),该围护结构传热量的计算公式为

$$Q' = KF(t_n - t_h)$$

式中, t_h 是传热达到平衡时,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

$$Q' = KF(t_n - t_h) = aKF(t_n - t'_w) \quad (1.3)$$

$$a = \frac{(t_n - t_h)}{(t_n - t'_w)}$$

围护结构温差修正系数 a 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'_w ,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附录 5。

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均质材料组成的平壁结构,其传热系数 K 可用下式计算

$$K = \frac{1}{R'_0} = \frac{1}{R_n + \sum R_i + R_w} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_w}} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (1.4)$$

式中 R'_0 ——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, $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$;

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

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

内表面换热系数 α_n 与换热热阻 R_n 值见表 1.1。

外表面换热系数 α_w 与换热热阻 R_w 值见表 1.2。

一些建筑材料的导热系数 λ 值,见附录 6。

表 1.1 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	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(7.5)	0.115(0.133)
有肋状突出物的顶棚,当 $h/s > 0.3$ 时	7.6(6.5)	0.132(0.154)

注:表中 h —肋高, m ; s —肋间净距, m 。

表 1.2 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	α_w	R_w
	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	$(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$
外墙与屋顶	23(20)	0.04(.05)
与室外空气相通的非供暖地下室上面的楼板	17(15)	0.06(0.07)
闷顶和外墙上有窗的非供暖地下室上面的楼板	12(10)	0.08(.10)
外墙上无窗的非供暖地下室上面的楼板	6(5)	0.17(0.20)

常用围护结构的传热系数 K 值可从附录 7 中直接查用。

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,间层中空气的导热系数比

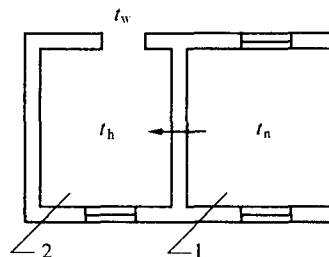


图 1.2 计算温差修正系数的示意图

1—供暖房间;2—非供暖房间

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、复合墙体的空气间层等。

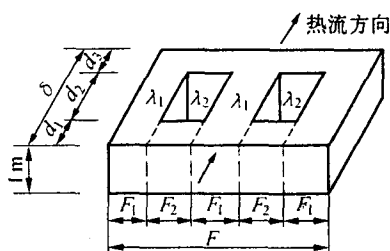
空气间层热阻值难以用理论公式确定,在工程设计中,可按表 1.3 选用。

表 1.3 空气间层热阻 R' $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \cdot \text{W}^{-1}$

位置、热流状况	间层厚度 δ/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

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 1.3 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,竖向空气间层次之,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 5 cm 左右以后,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厚越好,应适当选择。

带空气间层围护结构的传热系数,仍可按式(1.4)计算,只是计算时,在分母项中增加一项空气间层热阻。



3. 非均质材料围护结构的传热系数。工程中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均质围护结构,如各种空心砌块、保温材料的填充墙等。这种结构的传热系数 K 值会比实心墙体高。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。

非均质围护结构的平均传热阻可按下式计算

$$R_{pj} = \left[\left(\frac{F}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i}} \right) - (R_n + R_w) \right] \cdot \varphi \quad (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W} \quad (1.5)$$

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

F ——垂直热流方向的总传热面积, m^2 , 见图 1.3;

F_i ——平行热流方向划分的各个传热面积, m^2 , 见图 1.3;

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

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

φ ——平均传热阻修正系数, 见表 1.4。

表 1.4 修正系数 φ 值

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

注: 1. 当围护结构由两种材料组成, λ_2 应取较小值, λ_1 为较大值, φ 由比值 λ_2/λ_1 确定。

2. 当围护结构由三种材料组成时, φ 值应由比值 $(\lambda_2 + \lambda_3)/2\lambda_1$ 确定。

3. 当围护结构中存在圆孔时, 应先将圆孔折算成同面积的方孔, 然后再进行计算。