

GONGRE GONGCHENG
LILUN TIXI JI SHEJI FANGFA TANJIU

供热工程

理论体系及设计方法探究

杨冬◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

供热工程

理论体系及设计方法探究

杨冬◎著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是作者结合多年的经验,吸取了国内外大量同类书刊的精华,并结合近年来供热工程技术的发展而完成。全书分9章,包括供热工程的基础知识、供暖系统的设计热负荷、室内热水供暖系统、供暖系统的末端装置、室内热水供暖系统的水力计算、室内蒸汽供暖系统、集中供热系统及其热负荷、热水网路的水压图与水力计算、集中供热系统的热源及供热管道的布置。

本书语言简洁、条理清晰,既可作为高等学校建筑环境与设备工程等相关专业培养用书,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

供热工程理论体系及设计方法探究/杨冬著.--北京:中国水利水电出版社,2016.6
ISBN 978-7-5170-4361-4

I. ①供… II. ①杨… III. ①供热工程—研究 IV. ①TU833

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第110329号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:陈 洁 封面设计:崔 蕾

书 名	供热工程理论体系及设计方法探究
作 者	杨 冬 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010)68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京厚诚则铭印刷科技有限公司
印 刷	三河市佳星印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 18印张 233千字
版 次	2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	54.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

新中国成立后我国才建设完成第一座城市热电厂,在进入 21 世纪以前,供热事业发展较为缓慢。21 世纪以后,我国城市供热事业发展迅速,各种形式的热电联产系统都进入了工程应用。供热事业的发展给环境带来了一些弊端,例如,能源消耗的加剧,煤烟粉尘、二氧化碳以及二氧化硫等气体的排放也造成了环境污染。创造一个舒适、安全、方便的人居环境不仅是供热事业的发展要求,也是现代社会经济以及环境发展的需求。

本书撰写过程中,采用了国家最新的技术规范和标准,并将近年来建筑供热工程发展中出现的一些新技术、新材料和新设备纳入其中,增加了供暖系统的分户热计量和低温地板辐射供暖等内容;还安排了供暖施工图,以便更好地适应工程实际应用的需要,培养读者的工程实践经验。

本书以为国家建设事业培养专业技术人才,特别是为培养工程应用型和技术管理型人才做贡献为愿望,结构严谨、层次分明,以实用为目的,以必需、够用为度,以“概念准确、基础扎实、突出应用、淡化过程”为基本原则,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,有利于提高读者的动手能力以及分析问题和解决问题的能力。

本书的特点是:

(1)既照顾学科体系的完整,保证读者有坚实的数理科学基础,又重视工程教育。

(2)加强工程实践的训练环节,培养读者正确判断和解决工程实际问题的能力,同时注重加强读者综合能力和素质的培养,以满足 21 世纪我国建设事业对专业人才的要求。

全书分 9 章,第 1 章为供热工程的基础知识,第 2 章为供暖系统的设计热负荷,第 3 章为室内热水供暖系统,第 4 章为供暖系统的末端装置,第 5 章为室内热水供暖系统的水力计算,第 6 章为室内蒸汽供暖系统,第 7 章为集中供热系统及其热负荷,第 8 章为热水网路的水压图与水力计算,第 9 章为集中供热系统的热源及供热管道的布置。

本书在撰写的过程中参考了大量的同类书籍及著作,在此向这些作者表示诚挚的感谢!鉴于作者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者
2016 年 3 月

目 录

前言

第 1 章	供热工程的基础知识	1
1.1	“供热工程”的研究对象	1
1.2	“供热工程”的主要内容	3
1.3	供热工程的发展	5
第 2 章	供暖系统的设计热负荷	7
2.1	供暖系统的设计热负荷的概述	7
2.2	围护结构的基本耗热量	14
2.3	围护结构的附加(修正)耗热量	20
2.4	冷风渗透与侵入耗热量	22
2.5	围护结构的最小传热阻与经济传热阻	24
2.6	分户计量采暖热负荷计算	27
2.7	供热设计热负荷计算例题	29
第 3 章	室内热水供暖系统	39
3.1	自然(重力)循环热水供暖系统	39
3.2	机械循环热水供暖系统	45
3.3	高层建筑热水供暖系统	54
3.4	热水供暖系统管路布置和敷设要求	58
3.5	分户计量热水供暖系统	62
3.6	供暖系统施工图	78
第 4 章	供暖系统的末端装置	85
4.1	散热器及其选择计算	85
4.2	低温地板辐射供暖	100
4.3	暖风机	109
4.4	热水供暖系统的附属设备	111

第 5 章	室内热水供暖系统的水力计算	119
5.1	热水供暖系统管路水力计算的基本原理	119
5.2	热水供暖系统水力计算的任务和方法	124
5.3	分户计量热水供暖系统的水力计算	142
第 6 章	室内蒸汽供暖系统	146
6.1	蒸汽供暖系统的基本原理和特点	146
6.2	低压与高压蒸汽采暖系统的水力计算	148
6.3	蒸汽供暖系统的管路布置及附属设备	159
第 7 章	集中供热系统及其热负荷	172
7.1	热水供热系统	172
7.2	蒸汽供热系统	177
7.3	热网系统形式	184
7.4	集中供热系统热负荷的概算及热负荷图	186
7.5	年耗热量的计算	194
第 8 章	热水网路的水压图与水力计算	196
8.1	水压图的基本概念	196
8.2	绘制水压图的基本原理与方法	200
8.3	热水网路的定压方式	208
8.4	热水网络水力计算公式与方法	216
第 9 章	集中供热系统的热源及供热管道的布置	221
9.1	集中供热系统的热源形式	221
9.2	集中供热系统的热源装备	237
9.3	供热管道的布置原则与敷设方式	251
9.4	供热管道的保温及热力计算	256
9.5	室外供热管网施工图	271
参考文献		280

第 1 章 供热工程的基础知识

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。供热工程主要就是将自然界的能源通过某种技术方法或手段转化为供人类生产、生活所能利用的热能的一项工程技术。

1.1 “供热工程”的研究对象

“供热工程”的研究对象是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。热媒是可以用来输送热能的媒介物。组成供暖系统最基本的三部分分别为热源、热力网以及热用户。

热源是供热工程的来源,是热量的源泉。热源主要是通过燃煤、燃油、燃气锅炉等方式把燃料的化学能转变为热媒(热水或蒸汽)的热能,同时输配给各热用户使用。此外,可再生能源作为全球目前以及未来能源的重要组成部分,也是热源可采用的能源之一。锅炉的热效率、热源中其他动力装置的效率,是体现集中供热能源利用效率的最主要的组成部分。根据热源的不同,应用的热源也大不相同,具体分类如图 1-1 所示。

热力网指的就是传送能量的管路系统,也是供热工程研究的主要对象,重点是研究解决建筑物内外部热源到热用户之间的能量输送问题。

所谓的热用户一般是指直接或间接使用或者消耗热量的用户,包括室内的供暖、通风空调、热水供应和生产工艺用热系统等。

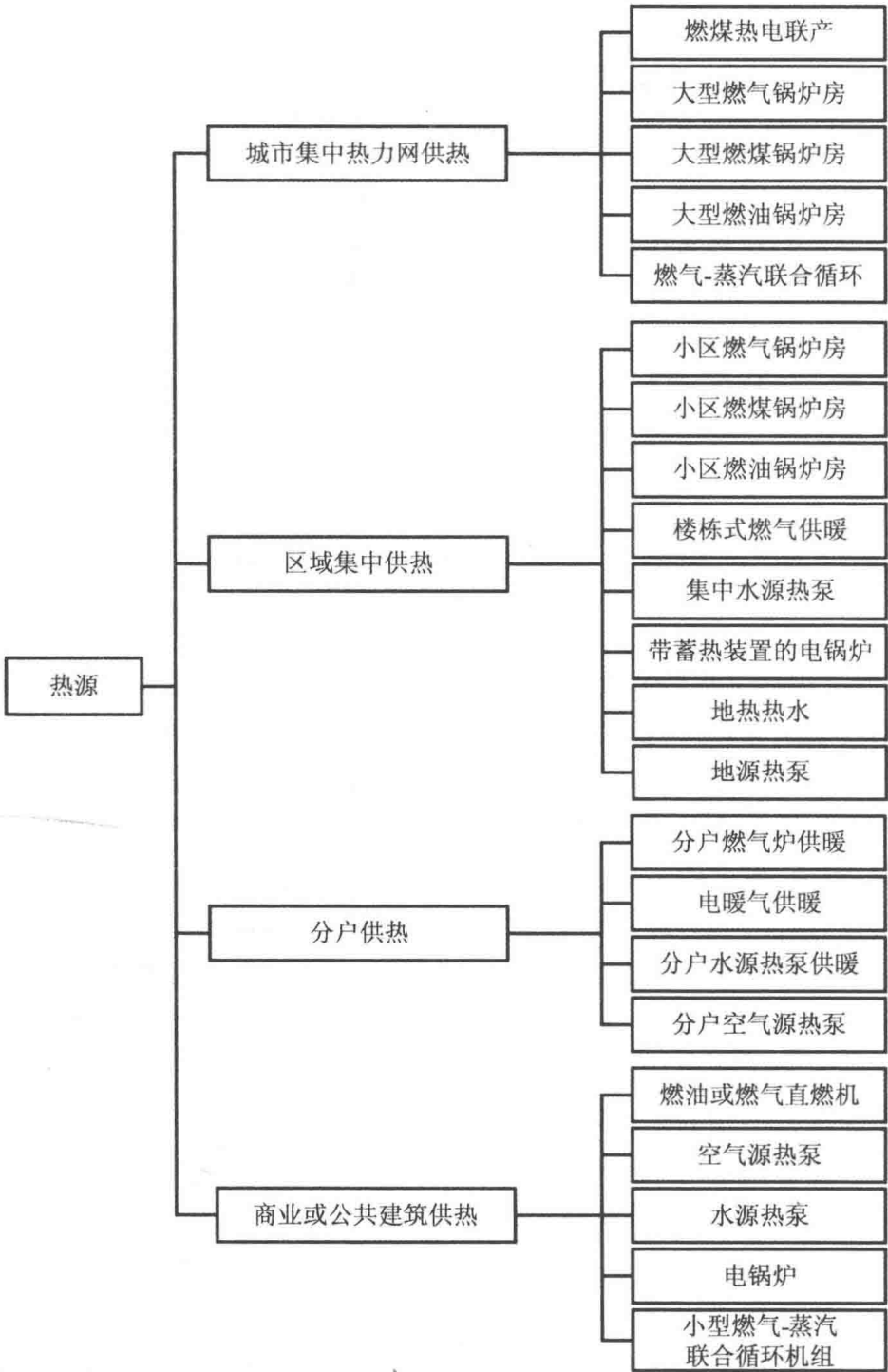


图 1-1 热源的分类

1.2 “供热工程”的主要内容

1.2.1 供热工程

根据供热系统末端散热设备向室内散热的方式不同,可分为对流供热和辐射供热。散热设备主要以对流形式向房间供暖,称为对流供暖。如供暖系统末端采用散热器供暖和热风供暖。散热设备主要以辐射形式向房间供暖,称为辐射供暖。如地板、壁面、顶棚辐射供暖,是低温辐射供暖;用于大空间的金属辐射板供暖是高温辐射供暖。

如图 1-2 所示为集中热水供暖系统的工作原理,热媒在散热器 1 内向房间散出热量,温度降低后的系统用水,经循环水泵 2 抽吸升压进入热水锅炉 3 后被重新加热,通过供水管道 4 进入散热器 1,放热后经回水管道 5 再进入锅炉,完成循环。膨胀水箱 6 用于容纳系统中的热水因温升所产生的膨胀水量,同时使恒压点(膨胀水箱与系统的连接点)保持一定的压力。

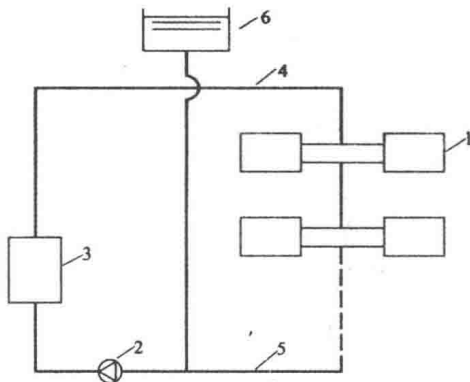


图 1-2 集中热水供暖系统的工作原理

1—散热器;2—循环水泵;3—热水锅炉;
4—供水管道;5—回水管道;6—膨胀水箱

1.2.2 集中供热

由热源、热网、换热站、热用户组成的用于供热的组合体称为集中供热系统。

以区域锅炉房为热源的供热系统,称为区域锅炉房供热系统。区域锅炉房内设热水锅炉和蒸汽锅炉,可同时向热用户供应热水或蒸汽。如图 1-3 所示为区域锅炉房集中供热系统的工作原理图。

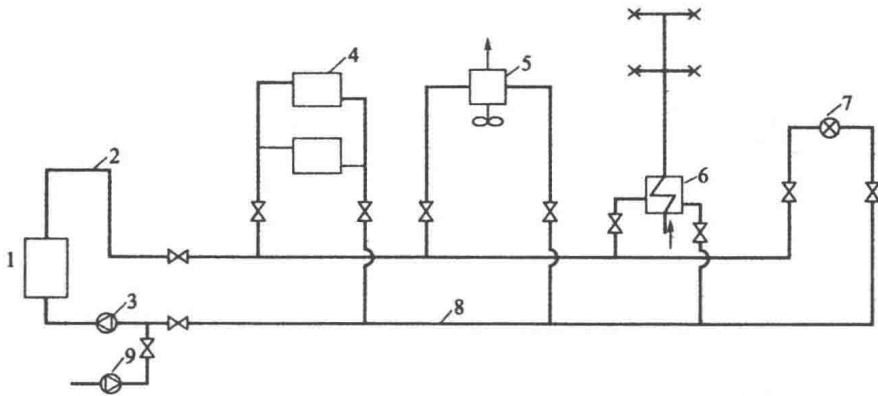


图 1-3 区域锅炉房集中供热系统工作原理

- 1—热水或蒸汽锅炉;2—供水或蒸汽干管;3—回水或凝水干管;
 4—供暖用户;5—通风用户;6—热水供应用户;
 7—生产工艺用户;8—循环水泵或锅炉给水泵;9—补给水泵

由热水或蒸汽锅炉 1 生产的热热水或蒸汽,通过供水或蒸汽干管 2,输送到供暖用户 4、通风用户 5、热水供应用户 6 和生产工艺用户 7。在热水或蒸汽放出热量后,经回水或凝水干管 3 返回区域锅炉房,由循环水泵或锅炉给水泵加压后送回热水或蒸汽锅炉重新加热。

1.3 供热工程的发展

我国在远古时期,就有钻木取火的传说。故宫的火地供热,是迄今为止保存完好的我国古代宫殿常用取暖方式。火炉、火墙和火炕等局部供暖方式至今还在我国北方农村被广泛地使用,而且,目前的研究表明,火炕是一种节能、舒适、环保、有发展应用前景的农村供暖方式。

在新中国成立前,我国仅在一些大城市的个别建筑和特殊区域内设置集中式供暖系统,如当时北京的六国饭店、清华大学图书馆和体育馆、东单的德国医院等。又如上海的国际饭店、华山公寓等,被视为高档的建筑设备。

新中国成立以后,随着社会经济的增长和人民生活的改善,我国的供热事业已经发展起来了。特别是在东北和华北地区的大部分地区都已实现了集中供暖。

20 世纪 60 年代开始,热水供暖技术开始进行快速发展,并且公共建筑的蒸汽采暖方式逐步被替代,城镇集中供热事业迅速发展起来。70 年代末 80 年代初改革开放以来,我国经济建设进入快速发展时期,多种供暖系统形式的应用和新型散热设备的研制都有了较大的发展。并不断完善制定相应配套设计法规文件,对供热事业的发展起到了保证作用。截止 2000 年,城镇供热面积达 11.077 亿 m^2 ,城镇供热面积中住宅面积约占 60% 以上。

我国是能源消耗大国,在能源消耗结构中,煤炭约占总能耗的 75%。供热、通风是能源消耗大户。供热事业的可持续性发展意味着资源持续利用,也意味着不可再生能源消耗的增长。因此,供热工程的发展,在消耗能源的同时也间接地对环境造成污染。生态环境得到保护和社会均衡发展是当前的全球环境问题之一。

新中国成立以来,供热事业的发展对发展我国经济、提高人

民生活水平和改善环境发挥了重要作用。优化配置城镇供热资源,坚持集中供热为主,多种方式互为补充,大力开发和利用太阳能、地热等可再生能源和清洁能源。十五规划以来,按照全面落实科学发展观,构建节约型、环境友好型社会的要求,以提高能源利用为核心、以节能为重点,大力实施了城镇供热体制改革。推动了建筑节能和供暖系统的节能,新建住宅基本实现节能 50% 的目标。

建国初期,哈尔滨工业大学和清华大学等高等院校设立了暖通专业。根据经济建设发展的需求,1999 年由暖通专业更名为建筑环境与设备工程专业,到 21 世纪初已发展到百余所高校。为我国培养了大批暖通专业的高级工程技术人才。与此同时,相关科研机构的研究实践及施工单位的工程积累,均为我国供热事业的发展提供了重要保障。

我国经济建设与社会发展全球可持续战略的实施,城镇化与城市现代化建设速度的加快,必将促进供热事业的可持续发展。

第 2 章 供暖系统的设计热负荷

设计热负荷是供暖系统设计最重要的数据。设计热负荷的准确度对整个供暖系统的设计都有着影响。通过对本章的学习,应掌握设计热负荷参数的选择与计算等知识。

2.1 供暖系统的设计热负荷的概述

建筑物想要保持室内的温度,必然需要供暖系统供给热量,在室外环境条件下,单位时间内所需的热量就是供暖系统的热负荷。

对某一已知的建筑物而言,对供暖热负荷起着决定影响作用的是这一建筑物的得热量与失热量。

2.1.1 建筑物的得热量与失热量

①通过围护结构的传热耗热量 Q_1 。这里指的是通过房间围护结构所进行的热量传递引起的耗热量;包括通过围护结构的温差传热、太阳辐射的透过和围护结构外表面吸收太阳辐射后的传入热量,也包括通过内围护结构的温差传热等。

②加热由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量 Q_2 ,称为冷风渗透耗热量。

③加热经开启的门、孔洞由室外或邻室侵入室内的冷空气的耗热量 Q_3 ,称为冷风侵入耗热量。

④水分蒸发吸热量 Q_4 。

⑤加热由外部运入的冷物料和运输工具等的耗热量 Q_5 。

⑥通风耗热量,即未设人工进风补热的房间,人工排风系统的排风所带走的热量 Q_6 。

⑦工艺设备散热量 Q_7 。

⑧除供暖管道之外的热管道及其他热表面的散热量 Q_8 。

⑨热物料散热量 Q_9 。

⑩其他途径散失或获得的热量 Q_{10} 。

2.1.2 供暖系统设计热负荷

对于一般的民用建筑和产热量较少的工业建筑以及没有装置机械通风系统的建筑物,计算采暖系统的设计热负荷时通常只考虑主要的失热因素和得热因素。得热因素只考虑太阳辐射的热量,而失热因素只考虑通过围护结构的传热耗热量、通过门窗的缝隙渗入室内的冷空气的吸热量以及由外围护结构上的空洞等侵入室内的冷空气的吸热量。采暖系统的设计热负荷可用下式表示

$$Q' = Q'_{sh} - Q'_d = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 - Q'_{10} \quad (2-1)$$

式中, Q'_{sh} 为失热量,W; Q'_d 为得热量,W; Q'_1 为通过围护结构的传热耗热量,W; Q'_2 为冷风渗透耗热量,W; Q'_3 为冷风侵入耗热量,W; Q'_{10} 为太阳辐射得热量,W。

在上述得、失热量项目中,对住宅、办公楼等类型的民用建筑,经常是只发生第①~③项得失热量,第⑩项其他途径的得失热量在民用建筑中应该是“自由热”,即人体、炊事、照明、家用电器等发热;但在确定供暖设计热负荷时,考虑到自由热的数值不大且不稳定,规范规定将之忽略。于是,对没有设置机械进、排风通风系统的一般民用建筑物,供暖设计热负荷 $Q'(W)$ 为

$$Q' = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 \quad (2-2)$$

式中,上标“'”表示设计工况下的各种参数,以区别于任意(非设计)工况下的各参数值。

在工程设计中,计算围护结构传热量时需分为基本耗热量和

附加(修正)耗热量两部分。

因此,在工程设计中,采暖系统的设计热负荷,一般可分成以下几部分进行计算

$$Q' = Q'_{1,j} + Q'_{1,x} + Q'_2 + Q'_3$$

式中, $Q'_{1,j}$ 为围护结构的基本耗热量,W; $Q'_{1,x}$ 为围护结构的附加(修正)耗热量,W。其他符号意义同前。

其中前两项表示通过围护结构的传热耗热量,后两项表示室内通风换气所消耗的热量。

2.1.3 热负荷计算

按照用途的不同,热负荷可分为三种:生产热负荷、采暖通风热负荷、生活热水供应热负荷。现对生产热负荷计算进行简单介绍。

1. 资料的收集

热负荷资料的收集是获得可靠、准确的热负荷的基础,应该认真仔细。热负荷资料具体包括:①供热介质及参数要求;②生产、采暖、通风、生活小时最大及小时平均用热量;③热负荷曲线;④回水率及其参数;⑤余热利用的小时最大、小时平均产汽量及参数;⑥热负荷的发展情况等。

2. 热负荷资料的核算

收集来的热负荷资料,一般来讲其载热介质的参数和数量随热用户的不同而千差万别,必须换算成热电站出口或供热锅炉房锅炉出口处载热介质的参数和数量,才能进行不同单位热负荷的几何相加,其换算公式见式(2-3)~式(2-5)。

(1)按热电站出口换算

$$D_{ck} = \frac{D_{yh}(h_{yh} - \varphi h'_w)}{\eta_w(h_{ck} - \varphi h_w)} \quad (2-3)$$

式中, D_{ck} 为热电站出口蒸汽量,kg/h; D_{yh} 为用户需要的蒸汽量,

kg/h; h_{ck} 为热电站出口蒸汽质量焓, kJ/h; h_{yh} 为用户需要的蒸汽质量焓, kJ/h; h'_w 为用户处的回水质量焓, kJ/h; h_w 为热电站处回水质量焓, kJ/h; φ 为回水率; η_w 为热网效率, 一般取 0.96。

(2) 按供热锅炉房锅炉出口换算

$$D = \frac{D_1}{1 + \frac{h - h_1}{h_1 - h_2}} \quad (2-4)$$

式中, D 为换算后新蒸汽量, kg/h; D_1 为用户在各种压力下所用蒸汽量, kg/h; h 为新蒸汽质量焓, kJ/h; h_1 为用户在各种压力下所用蒸汽焓, kJ/h; h_2 为锅炉给水质量焓, kJ/h。

(3) 已知热用户的耗热量, 则可以按照下式计算

$$D_{ck} = \frac{Q_{yh}}{\eta_w (h_{ck} - \varphi h_w)} \quad (2-5)$$

式中, Q_{yh} 为热用户的耗热量, kJ/h。

3. 热负荷典型曲线图绘制

(1) 生产热负荷曲线

热负荷曲线可按用汽量及耗热量绘制。按用汽量绘制的热负荷曲线的目的是保证用户用汽量, 从而决定热源的运行方式; 而按耗热量绘制的热负荷曲线是为了计算热源的总耗热量。

生产热负荷资料一般是以对用热企业内各车间用热装置进行分析的, 并按式(2-3)~式(2-5)换算后绘制出各车间的各季度(月份)典型日负荷曲线, 将相同时间内各车间曲线进行叠加, 即可绘制出该企业单位的各季度(月份)典型日生产热负荷曲线, 如图 2-1 所示。