

Hand book for Civil Engineers in China

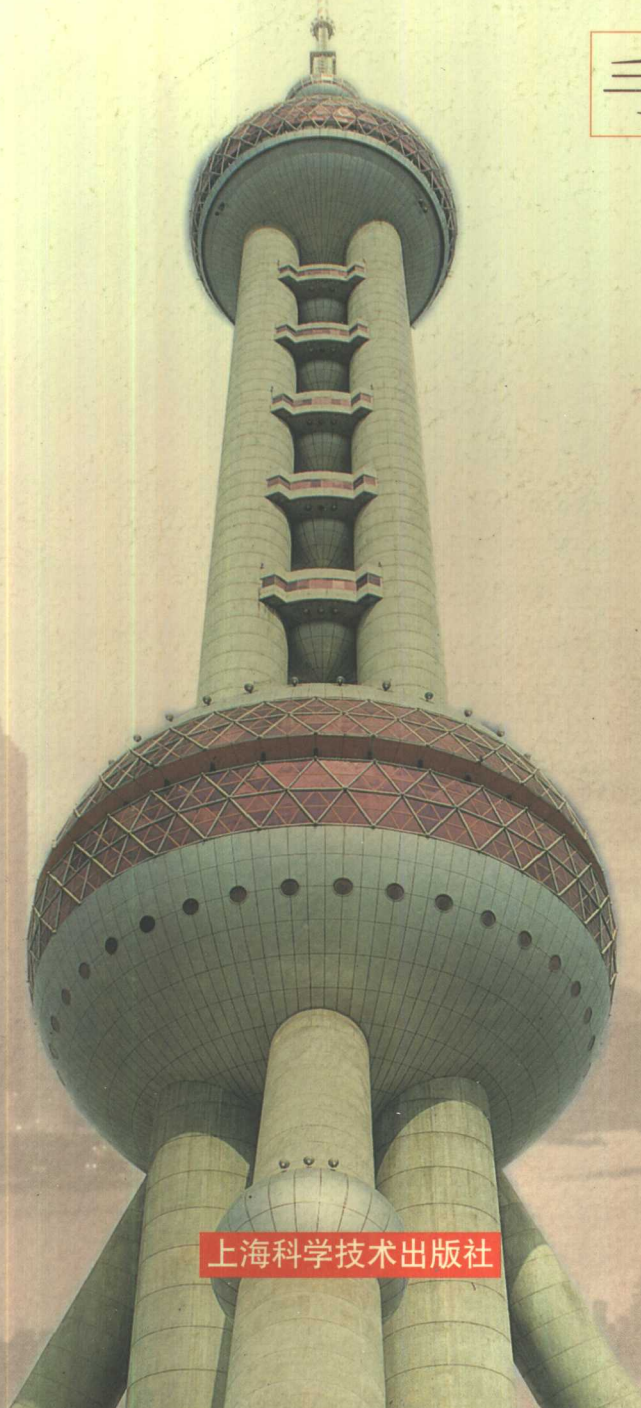
中国

孙更生 朱照宏 孙 钧
杨祖东 江欢成 杨文渊 等编著



土木工程师

手册 下册



上海科学技术出版社

中国土木工程师手册

(下 册)

Handbook for Civil Engineers in China

(Volume Three)

孙更生 朱照宏 孙 钧 等编著
杨祖东 江欢成 杨文渊

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国土木工程师手册.下册/孙更生等编著. —上海:
上海科学技术出版社,2001.12
ISBN 7-5323-5846-1

I.中... II.孙... III.土木工程-技术手册
IV.TU-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 083651 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路450号 邮政编码200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2001年12月第1版 2001年12月第1次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 102 插页 4 字数 2469 千

印数 1—3 000 定价: 180.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

目 录

(下 册)

第 十七 篇	桥梁工程	17.1 ~ 17.193
第 十八 篇	城市给水	18.1 ~ 18.167
第 十九 篇	环境工程	19.1 ~ 19.272
第 二十 篇	土方与爆破工程	20.1 ~ 20.82
第二十一篇	水工建筑物	21.1 ~ 21.237
第二十二篇	港口与航道工程	22.1 ~ 22.232
第二十三篇	城市集中供热及供燃气工程	23.1 ~ 23.76
第二十四篇	工程机械	24.1 ~ 24.256
第二十五篇	城市防灾	25.1 ~ 25.108

Contents

(Volume Three)

Section 17	Bridge Engineering	17.1 ~ 17.193
Section 18	Water Supply	18.1 ~ 18.167
Section 19	Environmental Engineering	19.1 ~ 19.272
Section 20	Earthwork	20.1 ~ 20.82
Section 21	Hydraulic Structure	21.1 ~ 21.237
Section 22	Harbor and Navigation Engineering	22.1 ~ 22.232
Section 23	Heat and Gas Supply Engineering	23.1 ~ 23.76
Section 24	Construction Machinery	24.1 ~ 24.256
Section 25	Calamity Control	25.1 ~ 25.108

第二十三篇 城市集中供热 及供燃气工程

华正雄 上海市政工程设计院高级工程师

黄一苓 上海市煤气公司原规划设计室主任,高级工程师

目 录

第一章 集中供热的节能效益	23.5
第一节 热化效益	23.5
第二节 蒸汽轮机热电厂燃料消耗量的确定	23.5
第三节 热电分产时燃料消耗量的确定	23.7
第二章 热负荷	23.8
第一节 热负荷的分类	23.8
第二节 设计热负荷	23.8
第三节 年耗热量	23.10
第三章 供热系统与热网结构	23.11
第一节 系统分类	23.11
第二节 热水系统	23.11
第三节 蒸汽系统	23.11
第四节 热媒和热网结构型式的选择	23.12
第四章 热网水力计算及水力工况	23.13
第一节 水力计算	23.13
第二节 水力工况	23.14
第三节 热网中的水击	23.15
第四节 水泵选择	23.15
第五章 热力计算、保温及防腐	23.17
第一节 热力计算	23.17
第二节 保温计算	23.19
第三节 防腐和涂料	23.20
第六章 热网布置、敷设和检控	23.21
第一节 布置和敷设的要求	23.21
第二节 管材、配件和连接	23.22
第三节 补偿器	23.23
第七章 供热管道机械强度计算	23.25
第一节 管壁应力计算	23.25
第二节 管系弹性力计算	23.26
第八章 热网检测和控制	23.30
第一节 概述	23.30
第二节 热工检测	23.30
第九章 城镇燃气供应系统	23.32

第一节	城镇燃气供应系统的构成	23.32
第二节	燃气气源	23.33
第三节	管网输配系统	23.35
第十章	城镇燃气需求预测	23.37
第一节	燃气年用气量	23.37
第二节	燃气需用特性	23.38
第三节	燃气计算用量	23.40
第十一章	城镇燃气规划与燃气管道设计、施工	23.43
第一节	城镇燃气规划	23.43
第二节	地下燃气管道设计	23.45
第三节	地下燃气管道施工验收要求	23.46
第十二章	城镇燃气管网计算	23.50
第一节	燃气管网水力计算公式	23.50
第二节	燃气管网计算流量	23.59
第三节	燃气管网计算允许压力降	23.60
第四节	燃气管网计算	23.61
第十三章	城市燃气储存、压送和调压	23.65
第一节	储气设备容积的计算和选型	23.65
第二节	压送设备能力的计算和种类	23.70
第三节	调压器的计算和种类	23.73
参考文献		23.76

第一章 集中供热的节能效益

“热”是一种能量形式,在人类现代的生产、生活、各种社会活动中,广泛地使用着 150~350℃中品位及 150℃以下低品位的热能,耗量之大,应用范围之宽仅次于电能。

现代城市人口聚居,生活和生产热负荷相当集中,客观上形成了集中供热的条件。到了近代,人们对集中供热的优越性认识越来越明确,城市集中供热系统已成为现代化城市的基础设施之一。

集中供热与传统的分散供热方式,最大的区别在于,把原来分散在千家万户的锅炉房,集中起来建设若干个大规模的热源厂,把燃料放到大容量、高效率、现代化的大锅炉中统一焚烧,然后将热量通过供热管网输配给用户。因为只有现代化的大容量锅炉,才具备对各种燃料进行清洁地燃烧和高效率地利用的条件。所以集中供热具有节约能源、保护环境、使用便捷等众多的社会效益,集中供热凝聚了一切集约型现代大生产固有的特点。

第一节 热化效益

集中供热可以有多种多样不同形式的热源,其中:热电厂、大型锅炉房、地热利用装置、工厂余热回收装置、城市生活垃圾焚烧厂及低温核反应堆等都已成为热网的热源,热电厂至今仍是我国各大中城市热网中最普遍的热源形式。

在火力电厂中,把向外供电和供热置于同一个热力循环之中,即热、电联产联供系统称为热化发电系统。向外既供电,也供热的火力发电厂称为热电厂。

在热电联产时,高温热能用于做功发电,已做功发电后的低温热能(有时也取中温热能)用于向外供热,实现了由燃料所含蓄的化学能转化成的热能进行分级利用,它是对一次能源进行综合利用的例子。

热化效益通常用热化的动力效益表述,它用由热电厂满足一群用户对电能和热能的需求而消耗掉的燃料量,与由单纯发电的凝汽发电厂供电,由分散的用户自备锅炉房供热,满足同群用户同量的电和热而消耗掉的燃料量进行比较,两者之差(ΔB)就是热化效益。

$$\Delta B = B_p - B_t \quad (23-1-1)$$

式中 B_p ——热电分产时消耗的燃料量;

B_t ——热电联产时消耗的燃料量。

第二节 蒸汽轮机热电厂燃料消耗量的确定

在蒸汽轮机热电厂中,生产电能和热能燃料消耗量

$$B_t = B_{tt} + B_{te} \quad (23-1-2)$$

式中 B_{tt} ——生产热能消耗的燃料量;

B_{ie} ——生产电能消耗的燃料量。

抽汽凝汽式汽轮机机组是大多数蒸汽轮机热电厂中的主要机组形式。抽凝机组一般不受抽汽供热的变化影响,均能满功率发出额定的电能,但所发的电,一部分是属于抽汽向外供热情况下发的,另一部分是蒸汽经过凝汽器冷凝情况下发的,即是向自然界放热情况发电,所以在热电厂里,发电总量为下述两项之和

$$E_t + E_{tk} = E \quad (23-1-3)$$

式中 E_t ——热电联产情况下发的电;

E_{tk} ——冷凝情况下发的电。

联产发电量为

$$E_t = \epsilon_t Q_t \quad (23-1-4)$$

式中 ϵ_t ——联产发电率;

Q_t ——向外供出的热量。

联产发电率表示:作了机械功发电用掉的热量与外供热量之比。

在理想的卡诺热力循环中

$$\epsilon_t = \frac{E_t}{Q_t} = \frac{T_b - T_h}{T_h} = \frac{T_b}{T_h} - 1 \quad (23-1-5)$$

式中 T_b ——汽轮机入口蒸汽温度;

T_h ——抽汽外供蒸汽温度。

上式可以判定:提高加热温度 T_b 或降低放热温度 T_h ,均可提高联产发电率 ϵ_t 。

当热网用热水作为载热介质时,在热电厂内就有条件对水进行分级加热,一部分热量是使用抽汽压力较低,温度也较低的蒸汽加热热网循环水,另一部分用压力和温度较高的蒸汽加热而成,从而提高了联产发电率。联产发电率高,节能效果好,当然经济效益也好。联产发电率高是衡量热电厂的一项重要的技术经济指标。

热电厂用于发电消耗的燃料量

$$B_{ie} = b_t^e E_t + b_{tk}^e E_{tk} \quad (23-1-6)$$

式中 E_t ——联产下发电量;

b_t^e ——联产发电的燃料比耗量;

E_{tk} ——凝汽情况下发电量;

b_{tk}^e ——凝汽发电的燃料比耗量。

热电厂用于供热消耗的燃料量

$$B_u = b_i^t Q = b_i^t Q_a / \eta$$

式中 Q ——热电厂外供热量;

Q_a ——各用户得热之总和;

η ——考虑网路、换热设备等的热损失之后的效率;

b_i^t ——生产热量的燃料比耗量。

$$b_i^t = 1/\eta_k$$

式中 η_k ——锅炉房的热效率。

标准燃料的发热量为 0.029GJ/kg(或 0.007Gcal/kg),当 b_i^t 用 kg/GJ 表示,则

$$b'_i = \frac{34.1 \text{ kg/GJ}}{\eta_k} \quad (23-1-7)$$

第三节 热电分产时燃料消耗量的确定

当凝汽式发电厂中发出与热电厂发出相等电量时,所消耗的燃料量用下式计算

$$B_{pe} = b_k^e E$$

式中 b_k^e ——凝汽发电的燃料比耗量。

$$b_k^e = \frac{1}{\eta_n \cdot \eta_{em} \cdot \eta_k} \quad (23-1-8)$$

式中 $\eta_n \cdot \eta_{em}$ ——凝汽式发电机组的绝对内效率($\eta_n \cdot \eta = 0.3 \sim 0.35$);

η_k ——锅炉房的热效率($\eta_k = 0.86 \sim 0.92$)。

用户自备中小型锅炉房,生产热量消耗的燃料量用下式计算:

$$B_{pt} = b'_k Q_a / \eta_k \quad (23-1-9)$$

式中 b'_k ——用户自备中小锅炉房生产热能时的燃料比耗量;

Q_a ——用户得到的热量;

η_k ——中小型锅炉房的热效率。

第二章 热 负 荷

第一节 热负荷的分类

热负荷有多种多样性质。根据热负荷随时间变化的特征区分,热负荷可分为季节性热负荷和常年性热负荷两类。根据热能使用场合不同,又可分为工业热负荷和生活热负荷两种。

季节性热负荷具有随室外自然气温变化而变的规律,它的年负荷曲线随季节变化而起伏,但是它的日负荷曲线比较平缓。

采暖、通风及用于吸收式空调制冷用的热负荷呈明显的季节变化,属于季节性负荷。

工业的工艺加热、生活热水等热负荷都属于常年性热负荷。它们虽然也与气温变化有关,但变化幅度不很明显,它们的变化规律主要与工作日工作班制的安排非常密切。

在设计或拟定城市集中供热方案时,先要预测热负荷的量值,还要分清热负荷的性质,掌握负荷变化规律,并了解用户所需的温度和压力,予以满足。

第二节 设计热负荷

采暖热负荷通常是季节性热负荷的主要负荷。采暖的任务是保持建筑物的失热量与得热量之间的平衡,维持室内温度在给定的水准线上,创造一个适合人体在生产劳动和生活活动所需的温暖环境。

$$Q_n = Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \quad (23-2-1)$$

式中 Q_n ——建筑物总失热量;

Q_1 ——围护结构传热失热量;

Q_2 ——围护结构渗入冷风的失热量;

Q_3 ——采暖装置补充给建筑物的热量;

Q_4 ——室内物体散逸的热量。

在缺少建筑物采暖热负荷设计数据而需要进行热网规划时,采暖、通风、空调、生活热水所需热量,可按下列方法匡算。

一、采暖热负荷

$$Q_n = qA10^{-3} \quad (23-2-2)$$

式中 Q_n ——采暖热负荷(kW);

q ——热指标(W/m^2)(查表 23-2-1);

A ——采暖的建筑面积(m^2)。

表 23-2-1 采暖指标推荐值

建筑物类型	住宅	居住区综合	学校办公	医院幼托	旅馆	商业	食堂餐厅	影剧院展览馆	礼堂体育馆
热指标(W/m ²)	58~64	60~67	60~80	65~80	60~70	65~80	115~140	95~115	115~165

二、通风、空调冬季新风加热热负荷

$$Q_{th} = k_1 Q'_n \quad (23-2-3)$$

式中 Q_{th} ——新风热负荷(kW);

Q'_n ——需通风空调建筑的采暖热负荷;

k_1 ——新风热负荷系数,一般取 0.3~0.5。

三、采暖期生活热水的平均热负荷

$$Q_{sp} = 0.001163 \frac{mV(t_r - t_l)}{T} \quad (23-2-4)$$

式中 Q_{sp} ——采暖期生活热水的平均热负荷(kW);

m ——用热水的单位数(住宅为人数,公共建筑为每日人次数,医院、旅馆等为床位数);

V ——用热单位每日热水用量(L/d)(见表 23-2-2);

t_r ——热水温度,一般取 65℃;

t_l ——当地最冷月份自来水的平均温度;

T ——昼夜间供应热水的小时数,通常取用 24h。

表 23-2-2 用热单位热水用量标准——V 值表

序号	用热名称	用热单位	最高日用热水量(L/d)
1	住宅(每户有浴盆)	每人每日	75~100
2	集体宿舍		
	有盥洗室	每人每日	25~35
	有盥洗室和公用浴室	每人每日	35~50
3	旅馆		
	有盥洗室	每位顾客每日	25~50
	有盥洗室和公用浴室	每位顾客每日	50~60
	26%~75%房号内有盆浴	每位顾客每日	90~120
	75%~100%房号内有盆浴	每位顾客每日	120~150
4	公共浴室,有淋浴、盆浴、浴池及理发室	每位顾客一次	50~100
5	理发店	每位顾客一次	5~12
6	洗衣房	每 1 千克干衣	15~25
7	食堂		
	营业食堂	每位顾客一次	4~6
	工厂、机关、学校食堂	每一就餐人每次	3~5
8	体育场运动员淋浴	每人每次	25

计算居住区采暖期生活热水的热负荷,还可用下式进行匡算

$$Q_{spf} = q_s A 10^{-3} \quad (23-2-5)$$

式中 Q_{sp} ——居住区采暖期生活热水的平均热负荷(kW);
 q_s ——居住区生活热水负荷指标,按表 23-2-3 取用;
 A ——建筑面积。

表 23-2-3 居住区采暖期生活热水热指标

使用热水的设备情况	热指标(W/m ²)
只对公共建筑供应生活热水,不向住宅供生活热水	2.5~3
住宅设盆浴,并且热网向公建、住宅都供热	15~20

注: 1. 用地下水作水源时,取较小值。
 2. 指标已考虑了热网有 10%的沿途热损失。

四、工业生产中的热负荷

凝结水回收率,应采用工艺设计提供的资料配置。

计算热网的最大工艺热负荷时,应经核实的各工业单位最大工艺热负荷相加之后再乘同时系数,同时系数值可取 0.7~0.9。

第三节 年耗热量

一、采暖全年耗热量

$$Q_n^n = 0.0036 Q_{np} \cdot n \quad (23-2-6)$$

式中 Q_n^n ——采暖全年耗热量(GJ);
 Q_{np} ——采暖期平均热负荷(kW);
 n ——采暖期天数。

二、通风、空调全年耗热量

$$Q_k^n = 0.0036 T Q_{tkp} n \quad (23-2-7)$$

式中 Q_k^n ——通风、空调全年耗热量(GJ);
 Q_{tkp} ——通风、空调平均热负荷(kW);
 T ——通风或空调,采暖期内每日平均运行小时数(h);
 n ——运作期天数。

三、生活热水全年耗热量

$$Q_s^n = 0.0036 [Q_{sp} n + Q_{spx} (350 - n)] \quad (23-2-8)$$

式中 Q_s^n ——生活热水全年耗热量(GJ);
 Q_{sp} ——采暖期生活热水平均负荷(kW);
 Q_{spx} ——非采暖期生活热水的平均热负荷(kW);
 n ——采暖期天数。

四、工艺加热负荷的年耗热量

需根据全年运行天数,昼夜工作班制,四季不同的平均耗热量等因素,进行计算汇总后得出。

第三章 供热系统与热网结构

第一节 系统分类

城市集中供热系统由热源、室外管网和热用户三部分组成。

根据热网中输送的载热介质不同,可分为热水供热系统和蒸汽供热系统。

根据供热系统服务对象不同,可分为工业热网和城市公用热网。

根据供热系统热力循环形式不同,还可分为闭合回路和开放回路。前者在用户侧设置表面式热交换器,热介质释放掉热量后,沿回程管线返回热源厂,进行第二轮加热,周而复始;后者到达用户后,连热带介质本身一起或部分供给用户使用,在热源厂必需源源不断补足失去的水量。

第二节 热水系统

热水供热系统的供水和回水温度,首先应考虑用户的需要,在此基础上再行技术经济比较方能确定。

常用的低温热水供热系统,大多采用 95°C 为供水温度, 70°C 为回水温度,系统中设置开式膨胀水箱。供回水的温差乘循环水量就能得出热网的供热量。

为了达到大温差、小流量、降低造价和运行费用,人们不断探索提高供水温度的技术,近年来有了很大的突破。北方许多城市在引进、消化、吸收了国外经验之后,目前大都已采用 120°C 为供水温度的高温热水系统,北京正在实施 150°C 为供水温度的供热系统。在上海,为了既要长距离输热,又要满足工厂用户得到蒸汽的现实要求,曾在上海电力系统的大力支持下,对 205°C 超高温热水系统作了研究和中型规模的实验,取得了大量的数据和有益的经验,并进行了沪西工业区超高温热水网预可行性研究。

高温和超高温热水系统,必须使网内末梢压力也足够保证热水不二次汽化,而网路和设备又必须承受网路的内压。

热水供热系统,通常采取双管闭合回路制。

第三节 蒸汽系统

工业用热一般需用蒸汽介质,因此工业热网绝大多数选用蒸汽热网,除非各用户间所需蒸汽参数相差较大,又经过技术经济比较认为合理时,才选用双管制外,绝大部分蒸汽供热均采用单管制。

蒸汽系统是否设置凝结水管,需根据用户凝结水质量、回收率、凝水管投资等因素综合考虑而定。在设置凝水管的蒸汽供热系统中,用户热力站内应安排凝结水箱,用水泵将凝

水送回热源厂,并应采取措施,保证凝水管内始终是满管流。

第四节 热媒和热网结构型式的选择

正确选择热媒种类和热网结构型式是件非常重要的工作,确当与否将直接影响热网设施自身的经济效益。必须对热源的特性,负荷的种类,热用户对参数的要求等全面权衡,经过技术经济论证后方能决定。

一般而言,主要为满足生活方面所需热量的城市公用热网,选用热水作为载热介质是合适的。尤其是热源若是以热电厂为主热源情况下,选用热水能提高热电联产的比发电量,并在热电厂内又可完整地回收凝结水,优越性更为突出。

当热网负荷主要是工厂加热之需,热媒往往只能选用蒸汽。

当使用大型锅炉房为主热源的情况下,选用较高参数的蒸汽热媒,在技术经济上照例也是合理的,这种热网结构形式最大的优点就在于既能满足生产加热需要,也能满足生活用热的各项要求。比较明显的制约条件是供热作用半径受锅炉出口压力的限制,输送饱和蒸汽的供热干管、每公里(展开长度)的压降约为 0.1MPa ,用户入口一般需保留 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ 的余压,在方案设计阶段,大体可用这一组数据进行测算。

采用开式、半开式还是闭式热水网,首先要考虑的问题是,热源厂(特别是以热电厂为热源的厂)其自身供水的水质条件。如果热源厂具有符合饮用水卫生标准,且其硬度较低的水源条件下,开式或半开式系统在投资方面具有优点,运行费用也不致过高。