



NUANTONG KONGTIAO
JIENENG JISHU

暖通空调 节能技术

李联友 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

NUANTONG KONGTIAO
JIENENG JISHU

暖通空调 节能技术

李联友 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

全书从供热系统的热源、外网和用户末端三个方面介绍了优化运行节能的一些方法和措施，同时对实现运行节能的监测系统给予了较为详细的介绍，对通风空调系统给出了从设计到运行过程中一些节能分析和探讨。最后，通过典型的示范工程实例说明优化运行节能方案的制订和实施方法以及公共办公建筑通风空调系统的节能诊断和耗能分析方法。

本书可供从事建筑设备设计和运行管理的工程技术人员使用，也可供具有一定专业基础的大中专院校师生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

暖通空调节能技术/李联友著. —北京: 中国电力出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5123-4696-3

I. ①暖… II. ①李… III. ①采暖设备-建筑设计-节能
②空气调节设备-建筑设计-节能 IV. ①TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 158697 号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 关 童

责任印制: 蔺义舟 责任校对: 王晓鹏

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2014 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·12.75 印张·298 千字

定价: 32.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

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

能源消耗量的大小决定着我国国民经济的发展快慢。我国“十二五”规划发展纲要指导思想中明确指出，坚持把建设资源节约型、环境友好型社会做为加快转变经济发展方式的重要着力点。随着国家经济的发展，建筑能耗占整个能耗的比例逐渐提高，建筑节能在我国的可持续发展中所占比重也在逐渐加大，其中建筑设备运行节能又在建筑节能中占有相当大的比例。可以说，设备运行效率的高低，运行策略的好坏都直接影响着能否实现建筑节能的目标。本书介绍了我国暖通空调系统的现状以及设计运行中普遍存在的问题和故障分析，同时给出了一些暖通空调设备设计运行节能技术的关键和措施方法。全书从供热系统的热源、外网和用户末端三个方面介绍了优化运行节能的一些方法和措施，同时对实现运行节能的监测系统给予了较为详细的介绍，对通风空调系统给出了从设计到运行过程中一些节能分析和探讨。最后，通过典型的示范工程实例说明优化运行节能方案的制订和实施方法以及公共办公建筑通风空调系统的节能诊断和耗能分析方法。

本书可供从事建筑设备设计和运行管理的工程技术人员使用，也可供具有一定专业基础大中专院校师生参考使用。

全书的主要资料来源于作者在建筑设备运行方面长期的实践积累和国内示范工程的试点工作经验，以及作者在科研学术方面的一些研究成果，同时也吸收了一些较为成熟的科研成果。

承德热力集团有限公司的辛奇云、庞印成，保定通用热力有限公司张东祥、李昕，河北建筑工程学院的潘志信、张志红、刘东、洪静、李丹和张玉锦给予本书很多帮助和支持，徐萍和蔡英霞为本书做了校订工作，在此表示感谢。由于作者学术水平和工作经验有限，书中一些观点和内容还不是很完善，同时也难免有不少疏漏和不妥之处，敬请同行和读者批评指正，提出宝贵意见，以便日后加以完善。

李联友

2013. 4

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 暖通空调节能技术的应用	1
1.2 相关政策机制和综合节能技术	5
第 2 章 建筑节能常用仪表设备	9
2.1 热量表	9
2.2 热量分配表.....	15
2.3 散热器温控阀.....	15
2.4 动态平衡阀.....	18
2.5 气候补偿器.....	22
第 3 章 供热系统节能技术	24
3.1 供热系统能耗.....	24
3.2 锅炉房设备节能.....	28
3.3 锅炉房循环水泵联合运行的拟合方法.....	38
第 4 章 供热管网节能	42
4.1 供热管网系统的特性.....	42
4.2 计量供热系统适量调控管网技术.....	43
4.3 集中供热系统的调节.....	48
4.4 分户计量供热系统的调节方法.....	54
4.5 分户计量供热系统的节能技术.....	59
4.6 分户计量供热系统的可调控技术.....	64
第 5 章 供热用户系统的节能	68
5.1 分户计量供热.....	68
5.2 计量供热系统在住宅建筑中的节能.....	74
5.3 热计量收费.....	76
第 6 章 通风空调系统的节能	82
6.1 通风空调系统节能技术.....	82
6.2 通风空调水系统的变流量节能.....	87
6.3 通风空调变风量系统节能.....	90

6.4	通风新风系统热回收节能评价指标	94
第7章	通风空调输配系统的节能	99
7.1	空调输配系统的能耗概况	99
7.2	空调输配系统单位冷量电耗标准值	100
7.3	空调水系统节能调节方法	101
第8章	供热系统运行节能监测系统	105
8.1	微机技术在热工测量中的应用	105
8.2	计算机监测系统	106
8.3	监测系统的故障分析	111
第9章	锅炉房供暖系统节能实例	112
9.1	某大学供热系统节能技术改造	112
9.2	某住宅示范小区供热系统节能技术改造	130
9.3	某供热小区节能技术改造	140
第10章	公共办公建筑通风空调系统节能实例	167
10.1	公共办公建筑能耗统计	167
10.2	试点单位节能诊断	169
10.3	试点单位节能改造的效果	174
附录1	名词术语	178
附录2	公共建筑节能设计标准 (GB 50189—2005) (节选)	180
附录3	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准 (JGJ 26—2010) (节选)	188
参考文献		195

第 1 章 绪 论

1.1 暖通空调节能技术的应用

1. 热泵技术

热泵技术是一种热能回收技术。使用热泵技术，利用空气、水或土壤中所蕴藏的趋于无限的能量，一年四季都可以取出其中的热量来制造热水，或者将热量排放到空气、水、土壤中。利用热泵原理制造的空调冷热水机组或者热泵热水机组都是一种制冷供热效率都大于 1 的设备。无论是水源热泵或者空气源热泵，都是可以吸取低温水源或空气源的热量，再将这些热量连同本身所消耗的一部分电能所转化的热量，转送到常温环境条件下去应用。就拿空气源热泵热水机组而言，利用了制冷工质循环过程的“泵”热原理，完全可以做到“ $1+2=3$ ”甚至“ $1+3=4$ ”。公式中“1”是热泵所消耗的一份能量（电能），而“2”、“3”是从空气中所吸取的热量，“3”或“4”就是用来制取热水的热量。即使在冬季日平均气温下，空气源热泵机组的能效比（COP）也可以达到 2.5。

应该说，热泵机组（水源或空气源）是当前最为节能、最为环保的空调采暖设备，也是最为安全、最为可靠、最为简便的热水设备。当前，燃油、燃气、燃煤的价格受国际市场的影响不断攀升，人们又转向于用电来供暖和制取热水。采用电锅炉加上蓄热技术的方案已得到国家电力部门的认可。采用热泵机组加上蓄热技术来制取热水虽然也是用电，但用热泵机组不仅可以比电锅炉大大节约用电，而且还完全可以利用低价电来大大降低运行的成本。

热泵技术可以充分利用空调的余热，制造出空调和生活热水同时产生的“两用机组”，或者称之为“热回收机组”。在夏季，利用空调用的冷水机组的冷凝热回收，可以很方便地得到生活热水；在冬季，仍需要部分空调降温的场合，也能比较容易利用空调余热来制取生活热水。例如，酒店的大型中央空调系统，利用部分空调冷回水为热源，加装一台水源热泵热水机组，达到了为酒店全年供应生活热水的目的。冬季水源热泵的蒸发产生的冷水（7℃）则可以供应部分需要空调降温的房间（KTV 包间、餐厅、歌舞厅、迪斯科舞厅等），而大型空调冷水机组可以关闭不用。

利用水路切换的水源（地源）热泵冷热电三联供系统，利用地下水为热源的部分热回收的制冷、供暖、热水供应的三联供系统，水源热泵机组内的氟利昂介质在循环过程中的流向不改变（无论冬夏，不用四通阀切换，也没有除霜措施），仅用机外空调冷热水管路上的阀门切换，来达到夏季供冷、冬季供暖，其生活热水仅用过热氟利昂气体加热。

通过热泵技术提升低品位热能的温度，为建筑物提供热量，是建筑能源供应系统提高效率降低能耗的重要途径，也是建筑设备节能技术发展的重点之一。目前，常用的热泵类型有以下几种类型：

（1）热泵型家庭热水机组。从室外空气中提取热量制备生活热水，由电到热的转换效率

可达3~4。日本推出采用二氧化碳为工质的热泵型热水机,并开始大范围推广。当没有余热、废热可利用时,这种方式应是提供家庭生活热水的最佳方式。

(2) 空气源热泵。冬季从室外空气中提取热量为建筑供热,应是住宅和其他小规模民用建筑供热的最佳方式。在我国华北大部分地区,这种方式冬季平均电热转换率有可能达到3以上。目前的技术难点是外温在0℃左右时蒸发器的结霜问题和为适应外温在5~10℃范围内的变化,需要压缩机在很大的压缩比范围内都具有良好的性能。前者通过优化的化霜循环、智能化霜控制、特殊的空气换热器形式设计以及不结霜表面材料的研制等正在陆续得到解决。后者则通过改变热泵循环方式,如中间补气、压机串联和并联转换等来尝试解决。目前,我国此领域的技术水平与研究现状与国外接近。值得注意的另一个技术方向是采用大型离心压缩机配盐水冷却塔的热泵方式,通过改变压缩级数高效率地改变了压缩比,而采用盐水冷却塔则避免了蒸发器结霜。目前,日本正在研发的样机全冬季平均电热转换率已接近4,这将成为大型建筑或区域供热供冷的最佳冷热源方案。

(3) 地下水水源热泵。从地下抽水经过热泵提取其热量后再把水回灌到地下,这种方式用于建筑供热,其电热转换率可达到3~4。这种技术在国内外已广泛推广。但取水和回灌受到地下水文地质条件的限制,并非处处适用。研究更有效地取水和回灌方式,可能会使此技术的可应用范围进一步扩大。

(4) 污水水源热泵。直接从城市污水中提取热量,是污水综合利用的组成部分。据测算,城市污水充当热源可解决城市20%建筑的采暖。目前的方式是从处理后的中水中提取热量,这限制了其应用范围,并且不能充分利用污水中的热能。哈尔滨工业大学最近研制成功污水换热器,可直接大规模从污水中提取热量,目前处于世界领先水平。如果进一步完善和大规模推广,则将成为我国北方大型城市建筑采暖的主要构成方式之一。

(5) 地埋管式土壤源热泵。通过在地下垂直地或水平地埋入塑料管,通入循环工质,成为循环工质与土壤间的换热器。在冬季通过这一换热器从地下取热,成为热泵的热源;在夏季从地下取冷,使其成为热泵的冷源。这就实现了冬存夏用或夏存冬用。目前,采用这种方式的缺点是初投资较高,并且由于需要大量从地下取热、储热,仅适宜低密度建筑。与建筑基础有机结合,从而进一步降低初投资,提高传热管与土壤间的传热能力,将是今后低密度建筑采用热泵解决采暖空调冷热源的一种有效方式。

如前分析,采暖用能占我国北方地区建筑能耗约50%,通过热泵技术如果能解决1/3建筑的采暖,将大大缓解目前采暖与能源消耗、采暖与环境保护间的矛盾,实现高效的电驱动采暖。

2. 输配系统能效技术

在大型公共建筑采暖空调能耗中,60%~70%的能耗被输送和分配冷量热量的风机水泵消耗。这是导致此类建筑能源消耗过高的主要原因之一。对大规模集中供热系统,负责输配热量的各级水泵的能源消耗也在供热系统运行成本中占很大比例。分析表明,这部分能量消耗可以降低50%~70%,因此降低输配系统能源消耗应是建筑节能中尤其是大型公共建筑节能中潜力最大的部分。

由于设计和设备选择的粗糙,我国建筑内的风机水泵绝大多数的运行效率都仅为30%~50%,而实际这些风机水泵的最高效率大多可达75%~85%。如何通过调节改变风机水泵

工作状况,使其与已有管网相匹配,从而在高效工作点工作,是对风机水泵和管网技术的挑战。仅这一技术的突破,就可使输配系统能耗降低一半,因此是具有巨大节能效益的挑战。目前,国内外都有此方面的努力,但尚无创新性突破。

变频器的质量已很可靠,且成本足够低。采用变频风机、变频水泵对流量进行调节已很普及。但大多数采暖空调的输配系统的结构设计还是基本上沿用传统的基于阀门调节的输配系统,未能真正发挥变频调速的作用。水泵的能耗一半消耗在各种阀门上,风机的能耗25%~40%消耗在各种阀门上。彻底改变输配系统结构,去掉调节阀,用分布的风机水泵充当调节装置,即不是用阀门消耗多余能量,而是用风机水泵补充不足能量,这可以使输配系统能耗比目前降低50%~70%(这还不包括提高风机水泵效率)。目前,国内外都在此方面进行尝试,并有一些成功的工程实例。但需要大量的研究与推广工作,包括满足这种调节性能的恒流量特性的风机水泵的研究,新的输配系统结构与设计方法,新的调节理论与调节方法等。可能更重要的还有,改变工程技术人员的传统观点和设计运行方法,才能使这一方式最终得以广泛应用。

为降低输配系统能耗,目前已认识到应尽可能用水代替空气作为传输媒介,从而可以较小的能耗为代价输送更多的热量、冷量。而通过管道输送水所需要的能耗还可进一步通过在水中添加减阻剂来降低。国内外的研究都表明,采用某些减阻剂可使管道阻力降低到20%,这将极大地降低输配系统能耗。但需进一步研究解决如何提高这种方式的稳定性,消除其对传热过程的不利影响,并降低其造价,避免减阻剂本身可能造成的环境污染等技术问题。

与减阻剂方法相对应的是采用功能热流体方法。将相变温度在系统工作范围内的相变材料微粒掺混于水中,制成“功能型热流体”,可以通过相变吸收和释放热量,从而可在小温差下输送大量热量。这就可以大大减少循环水量,从而使输送能耗降低到原来的15%~30%。这一方向的研究中,清华大学已研制成这种流体,大量的传热和阻力特性试验表明,这种流体具有良好的动力特性和传热特性。但最终在工程中全面推广,还要解决稳定性、成本问题等。

3. 湿度、温度独立控制技术

目前,空调都使用5~7℃冷水或更低的低温水作为冷媒,对空气进行处理。这是因为空气除湿的需要。如果仅为了降温,采用18~20℃的冷源即可满足要求。然而一般除湿负荷仅占空调负荷的30%~50%。结果,大量的显热负荷也用这样的低温冷媒处理,就导致冷源效率低下。近年来,此领域的一个重要方向就是采用温度湿度独立控制的空调方式。将室外新风除湿后送入室内,可用于消除室内产湿,并满足新鲜空气要求;用独立的水系统使18~20℃温度的冷水循环,通过辐射或对流型末端来消除室内显热。这一方面可避免采用冷凝式除湿时,为了调节相对湿度进行再热而导致的冷热抵消,还可用高温冷源吸收显热,使冷源效率大幅度提高。同时,这种方式还可有效改善室内空气质量,因此被普遍认为是未来的主流空调方式。目前,世界各国都积极开展大量的相关研究和工程尝试。

这一方式的主要难点是新风的高效大幅度除湿,也是国内外研究的热点。我国华南理工大学近年来研究开发的除湿转轮有多项创新,可以进一步发展成为湿度独立控制系统的新风处理方式。清华大学近年研究的溶液除湿方式,利用低温热源(60~70℃)驱动,可实现较高的能源利用率,并能同时实现排风的全热回收。目前,这一技术也已用于实际的温度湿度

独立控制的空调系统。与世界上近百个转轮除湿与溶液除湿研究小组的目前研究进展相比,国内这两项空气除湿技术都处于领先的或先进的地位。进一步完善这两项技术并使其产品化,将对改变中央空调现有形式并大幅度降低中央空调能耗起重大作用。

这种新的空调方式的实现还包括对现有末端方式的革新。采用高温冷水(18~20℃)吸收显热,应使用不同于目前方式的末端装置。国外已研发出多种辐射型末端和干式风机盘管,以及自然对流型冷却器等,国内也需要相应的跟踪或开发新的高效显热型末端装置。

4. 热电冷三联供技术

当天然气为城市中主要的一次能源时,与简单的直接燃烧方式相比,采用动力装置先由燃气发电,再由发电后的余热向建筑供热或作为空调整冷的动力,可获得更高的燃料利用率。这就是所谓热电冷三联供(BCHP)。这种方式通过让大型建筑自行发电,解决了大部分用电负荷,提高了用电的可靠性,同时还降低了输电网的输配电负荷,并减少了长途输电的输电损失(在我国此损失约为输电量的8%~10%)。

美国为解决其电力输配和供电安全问题,近年来大力推广这一方式,并支持一大批研究单位和企业研究相关技术、政策,并开发相关产品。美国能源部预测到2020年新建建筑的50%,现有建筑的20%都将采用这种方式解决建筑物内的能源供应。我国长沙远大公司由于其在燃气直燃式吸收机方面的技术领先地位,也属于美国能源部组织的关键设备研究单位之一,其产品已用于美国的几个主要的BCHP示范项目中。

5. 太阳能辅助热源的空气源机组

在空气为热源的热泵中,可开发利用非矿物燃料为辅助热源的家用/商用制冷—采暖—热水供应“三用”机组。利用一般太阳能真空玻璃管集热器作为辅助热源是一个途径,但是,太阳能真空玻璃管集热板的集热效率受天气、日照、昼夜的影响,而且1m²的真空玻璃管太阳能集热器,每日平均仅能产生65~70L的热水,而且到了冬季产热量会更小。另一种可用引进的技术——中间安装有制冷剂蒸发管的太阳能蒸发面板。这种面板不同于一般真空玻璃管集热器,不仅依赖太阳光的照射来吸收热量,而且可以吸取空气或自然环境中的各种热量,不受晴天、下雨的影响,也不受昼夜的影响,只要外界气温不低于一20℃,即可蒸发吸热(在有太阳辐射时,每平方米面板日产热量425L,没有太阳辐射时约300L,显然比一般太阳能集热板的效率高)。该集热面板可以与建筑配合,放置于屋顶、墙面、阳台,甚至地下车库里。住宅或商业服务建筑中,能用上一套三用中央空调系统,充分利用空调余热和大自然中热量——太阳能、空气,简化流程、降低造价,达到供冷、采暖和全年热水供应的效果,可以提高生活质量,大大减少建筑耗能。

6. 蓄能空调技术

蓄能空调技术是在蓄冷、蓄热技术的基础上发展起来的新技术,它利用蓄能设备在空调系统不需要能量的时间内将能量储存起来,在空调系统需要的时间将这部分能量释放出来。将蓄能空调和电力系统的分时电价相结合,从宏观上可以平衡电网,微观上可以为空调用户节省大量运行费用。主要包括潜热蓄能,冰蓄冷,显热蓄能,水蓄冷、蓄热等相关技术。

7. 太阳能利用技术

太阳能利用技术主要包括太阳能光电技术和太阳能光热技术,太阳能光电技术主要是将

太阳能的辐射能直接转化为电能；太阳能光热技术是指在不采用特殊机械设备的情况下，利用辐射、对流和导热使热能自然流经建筑物，并经过建筑物本身的性能控制热能流向，从而得到采暖和制冷的效果。目前，太阳能光热技术的主要应用包括太阳能生活热水；太阳能采暖；太阳能制冷、太阳能幕墙等。

1.2 相关政策机制和综合节能技术

1. 相关政策机制

通过政策机制，实施有效管理，是推进我国建筑节能的重要手段。建筑节能政策机制应建筑节能的要求而出现，随着人们对建筑节能认识的加深和社会经济的发展而不断发展、创新和完善。建筑节能政策机制主要有以下三类：

(1) 通过制定、颁布、实施建筑节能标准规范、法律法规，下达指令性行政命令等，属于计划经济体制下的典型管理手段。为了加强建筑设备节能工作，首先要加强对节能重要性的认识，加强政策导向和强制性条文的贯彻与监管，建设部目前已颁布的建筑节能标准有：《公共建筑节能设计标准》（GB 50189—2005）、《采暖通风与空气调节设计规范》（GB 50019—2003）、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ 134—2010）、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》（JGJ 75—2012）、《民用建筑热工设计规范》（GB 50176—1993）、《民用建筑节能设计标准》（JGJ 26—2010）、《采暖居住建筑节能检验标准》（JGJ 132—2009）等标准。建设部为了强化建筑节能标准的贯彻实施力度，将一些重要的节能标准条文提升为强制性条文并发布违章的处罚命令。《节约能源法》规定，所有固定资产投资工程项目，“达不到合理用能标准和节能设计规范要求，依法审批的机关不得批准建设，项目建成后，达不到合理用能标准和节能设计规范要求，不予验收”。节能需要强有力的法律控制体系和强有力的经济控制体系来推进，建立卓有成效的节能机制，才是解决节能问题的可靠途径。

(2) 随着经济发展和市场完善，超越标准规范的最低要求、将建筑节能性能与产品市场价格挂钩的手段，如正在逐渐推广的评估、审查、标识、定额管理等市场经济体制下的建筑节能管理手段。

(3) 由于建筑节能管理已经由管理者的特有任务转化为与社会各群体利益、责任相关的事务，建筑节能管理涉及主体呈多元化特点，因此将建筑节能有关的各种显性和隐性信息加以收集整理，并在一定范围内以适当形式公开，用以建立各种刺激、奖惩机制，即建筑能耗统计与信息公开制度。

我国正处于计划经济向社会主义市场经济转型阶段，社会经济发展水平千差万别，因此不能指望实施上述三类政策机制中的某一种即可解决所有问题，而是应当根据不同社会经济发展水平，针对建筑节能的特点和重点，灵活选择和搭配上述行政管理、规范市场与市场调节、信息统计与公开三类基本手段，形成合力。编制、实施建筑节能标准规范等行政管理手段在我国已经实施多年，应继续加大执法力度；规范市场与市场调节、信息统计与公开等新的市场经济体制下公共管理手段尚较薄弱，应大力发展。由有关单位协作完成的《北京市大型公共建筑节能评估方法》应用到了奥运场馆等建设项目的节能评估工作中。这种评估方式

根据设计方案对大型公共建筑的建筑本身、能源转换和设备系统及可再生能源利用三个环节,通过专门软件进行详细的模拟计算,并根据其结果进行全面的节能审查。同时,预测出被评建筑建成在合理的运行管理下不同气候,不同的建筑利用率时煤、天然气、热力、电等能源消耗的数量,这就可以成为这类建筑的用能指标,实行大型公共建筑能耗配额制,节约有奖,超过拉闸或加倍收费,从而有效地推进各种节能运行方式的推广和各种节能改造技术的实施。这一方法的可操作性和相对公平性还有待于大量实际工程与各种具体情况的检验,并需要根据各地的具体情况修正和发展成各地的指标体系。

2. 综合节能技术

建筑节能是一个综合性过程,从建筑综合性能的角度来看,有一些传统观念需要改变。过去习惯认为,只要围护结构采取了节能措施或选用了节能材料,就是节能建筑。评判节能建筑的唯一标准就是围护结构。这种思想体现在我们的节能宣传,甚至某些节能标准之中。如本章前文所述,建筑物本体(尤其是围护结构)是建筑节能的基础,但最终由建筑设备系统去消耗电力、消耗燃料。举例来说,如果建筑围护结构保温性能很好而采暖系统调节性能很差,会造成室内过热,居住者甚至不得不在严寒的冬天开窗降温。这时,可能围护结构保温越好,采暖能源浪费越大。

因此,建筑节能必须树立整体观念,把居住者、建筑物和设备系统统一起来进行研究,兼顾三者之间的相互关联和相互影响,如图 1-1 所示。

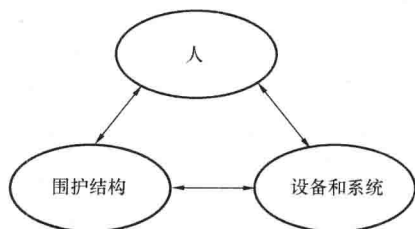


图 1-1 建筑综合节能

(1) 建筑物本身的节能。对于建筑节能的要求,我国从 20 世纪 80 年代起,建设部就着手开始抓“建筑节能”的问题。目前,已有许多地方着手营造“节能建筑”,推出了“不用空调和采暖”的建筑,大大改善了建筑物外围护结构的保温绝热性能;尽量减少建筑物外墙和窗户的面积;利用大自然的能源和热泵热回收技术。不仅如此,从广义的节能观点出发,还尽量利用可再生的建筑材料,大大减少了建筑物的能

耗。具体来说,采用下列措施:

1) 智能化的外遮阳技术。采用外遮阳,可以大大减少夏季空调的制冷能耗(与内遮阳相比,约下降 83%。具体来说,采用可调式隔热金属卷帘)。

2) 尽量缩小外墙和外窗的面积。有的房地产开发项目中,由于设计合理,外墙面积比同体量的建筑减少 30%,外窗减少 40%,仍能保持良好的采光要求。

3) 高效外墙保温体系。外墙保温比内墙保温更有利于建筑结构的稳定性,避免室外环境温度对建筑结构的形变影响,保护建筑结构主体。外墙采用铝箔复合聚苯板,传热系数不大于 $0.4\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$,严寒和寒冷地区以硬泡聚氨酯板保温。还可以采用 ECI 陶瓷隔热保温涂料。

4) 高效隔热保温防水屋面技术与构造设计。用硬泡聚氨酯、挤塑聚苯板、膨胀聚苯板为主要保温材料,在严寒和寒冷地区做成不同厚度的保温复合屋面,其热阻可达 $1.58\sim 3(\text{m}^2\cdot\text{k})/\text{W}$;在炎热地区可采用中空板做成中空屋面。

5) 高效门窗技术与构造设计。窗框采用保温性能好的塑钢或 ALUK 三腔断热铝合金,

窗玻璃采用高透光率 Low-E 中空玻璃, 玻璃 K 值为 $1.35\text{W}/\text{k}\cdot\text{m}^2$ 。

6) 混凝土楼板辐射制冷/采暖系统。在楼板中或天棚中埋设塑料盘管, 冬季通入 28°C 热水对房间进行辐射采暖; 夏季通入 19°C 冷水对房间进行辐射供冷。冷热辐射温度接近或等于室内舒适温度的上、下限。部分热水还可以利用太阳能集热板来解决。

7) 外围结构采用物态相变蓄热材料, 能量活性建筑基础以及尽量避免冷桥结露的构造技术。节能建筑中除采用上述的措施外, 仍须保证室内空间必要的新风供应, 因此, 有的节能建筑中加设了健康新风系统。在目前的节能建筑中, 要求暖通专业所做的是设计高效健康新风系统和提供楼板辐射制冷/采暖系统和新风系统必要的冷热源。

(2) 建筑设备系统的节能。建筑物除建筑结构外, 其他附属建筑设备专业很多, 包括空调、采暖、给水排水、消防、热水供应、通信网络、电力供应、灯光照明、燃气供应、电梯等, 在节能方面都可以有所作为。这里, 仅就空调、采暖、热水供应的范围提出节能的途径。

1) 空调采暖热水供应的节能离不开建筑物本身的节能措施。如果建筑物外围护结构的冷热损失能降低一半, 那么, 空调采暖系统就可以大大缩小, 消耗的能量将大大减少。

2) 设计建筑物应该在空调采暖热水供应的能量利用上作统筹考虑, 即夏季可以利用空调主机的冷凝热, 来解决热水供应; 冬季要寻找低价、来源方便的辅助热源 (如利用太阳能、雨水、建筑中水、土壤等), 来解决采暖和热水供应。

3) 开发带有蓄热功能的热水采暖与生活热水供应系统, 这样可以充分利用夜间低价的谷电, 减少白天高峰的用电。

4) 开发、研制和选用高能效比的冷热水机组。2004 年 9 月国家正式出台有关“空调机组能效”的国家标准, 限定了房间空调器、单元式空气调节机、冷水机组的能源效率及能效等级, 提高了对机组 COP 的要求值。能效限定值是强制性要求, 是空调产品市场准入的要求。这意味着, 今后低 COP 值的热泵机组不能用于空调系统中, 这对于热泵中央热水系统的主机也同样有效。

5) 建筑内部热能的回收, 利用排风中的冷热量, 利用处理过的建筑中水。

6) 大力开发夏季空调、冬季采暖、全年生活热水供应的家用三用空调热水机组, 而其中特别重要的是如何以太阳能或其他非燃料性 (如雨水、地下水、建筑中水、热废气) 热源为辅助热源, 来提高冬季热泵的制热效果和热水供应。从热泵具有热回收的能力出发, 在商用中央空调系统中, 可以开发研制“减湿—热水”联合机组或“空调—热水”联合机组。用于游泳池馆、桑拿浴室等场所, 做到热水供应、减湿、空调兼有的联合系统。

7) 与建筑配合, 在楼板内埋设可通低温水的塑料管, 制成冷顶、热板等具有供冷、采暖效果的辐射板, 冬季采暖、夏季供冷, 减轻建筑物的空调、采暖系统负荷, 甚至可以不再需要空调采暖系统。

8) 在空调产品与热泵热水机组的开发和制造中, 应充分重视新型的除霜技术 (保证供热质量)、变频技术 (为了适应部分负荷下的节能)、防腐技术和智能化控制技术 (方便用户操作) 的应用, 不仅单机的 COP 值要高, 主机的气候适应范围大, 而且整个系统 (包括水路、水泵) 的能效比要高。

(3) 建筑节能中的行为节能。节能措施中还有一个重要的任务就是“行为节能”, 也就

是所谓“人的因素第一”的问题。要提倡全社会全民节能节水的意识，提出“要想进一步提高生活质量，必须从节能、节水做起”。在夏季，空调房间的温度提高一度，冬季采暖房间温度降低一度，就会收到很大的节能效果。对于用户有中央空调的住宅，用哪个房间，就开哪个房间的空调；用户则能够设定房间空调参数的，宜把房间温度设定值设为 26°C 或以上。下班后或暂时离开 1h 以上时，应关闭房间的风机盘管；空调及采暖时段不宜开窗，开窗应作为过渡季节调节室内温度的手段；光直射时宜把窗帘放下，以减少室内负荷；冬季少开窗等，都会收到很好的节能效果。

第 2 章 建筑节能常用仪表设备

2.1 热 量 表

1. 热量表的组成

一套完整的热量表由以下三部分组成：

- a. 热水流量计。用以测量流经换热系统的热水流量。
- b. 一对温度传感器。分别测量供水温度和回水温度，进而得到供回水温差。
- c. 积算仪（也称积分仪）。根据与其相连的流量计和温度传感器提供流量及温度数据。

热量表内部结构及连接图如图 2-1 所示。热量表外观如图 2-2 所示。

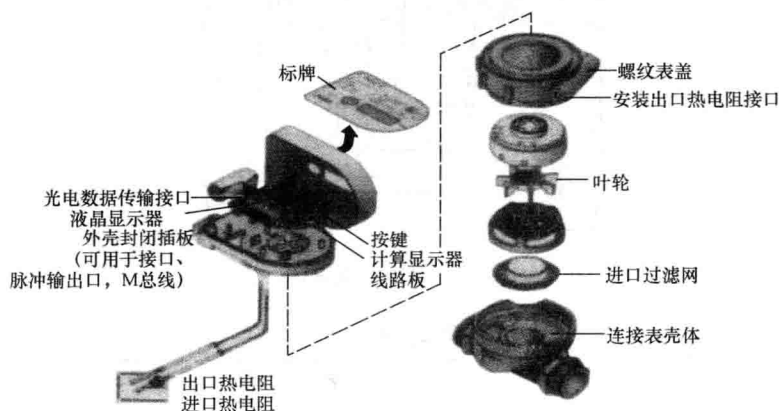


图 2-1 热量表内部结构及连接图

(1) 热水流量计。热水流量计是用于测量流经换热系统的热水流量。常用的流量计按照原理来划分，主要有面积式流量计、差压式流量计、流速式流量计和容积式流量计四大类（表 2-1）。其中，应用于热量表的主要形式有：机械流速式流量计、电磁式流量计、超声波式流量计及文丘里管式流量计等。应用于热量表的流量计根据测量方式的不同，又可分为机械类流量计、超声波和电磁流量计及差压流量计三大类。

1) 机械类流量计（图 2-3）。机械类流量计的运动部件为叶轮，叶轮的转动速度与流经的流量呈线性关系。一般是以脉冲信号的方式向积分仪提供流量信息；旋转的叶轮产生电磁脉冲信号，通过对脉冲信号的分析来测量水流量。这种流量计压损较小，拆卸维护方便，量程较宽，启动流速低，但对水质有一定要求，以防止转动部件被阻塞。按叶轮形式，机械类流量计又可以分为以下五种流量计：

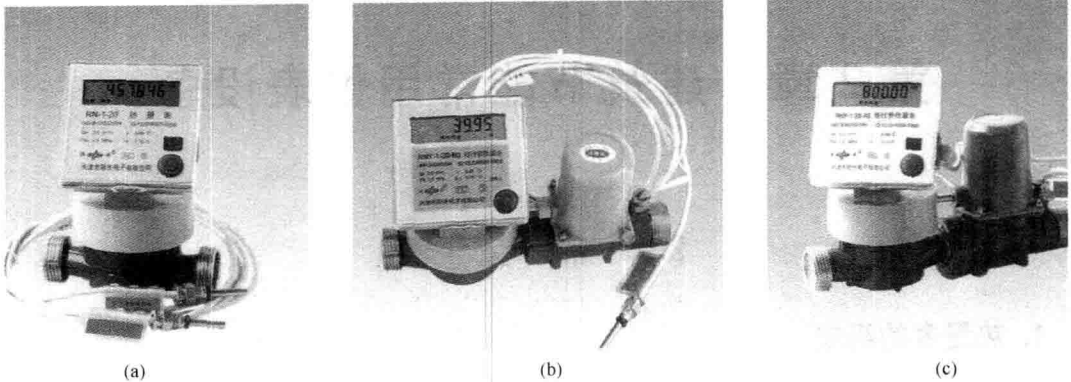


图 2-2 热量表外观

(a) 计量型热量表；(b) 预付费型热量表；(c) 总线型热量表

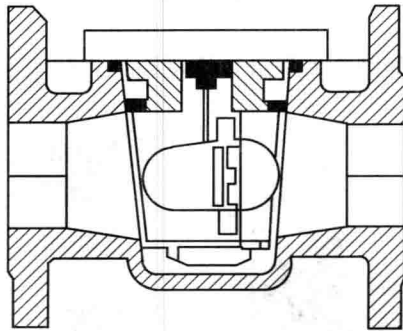


图 2-3 机械类流量计

表 2-1 常用的流量计

类别	名称
面积式流量计	玻璃转子流量计、金属管转子流量计、冲塞式流量计
差压式流量计	节流装置流量计（孔板、喷嘴、文丘里管及其他特殊节流装置）、均速管流量计
流速式流量计	机械流速式流量计（旋翼式水表、涡轮流量计、旋涡流量计）、电磁式流量计、超声波式流量计、分流旋翼式蒸汽流量计、流体振荡型流量计、激光测量流量计
容积式流量计	椭圆齿轮流量计

a. 单束旋翼式流量计。该流量计的原理特征是只有一束水流来推动内部的旋翼转动。该技术制成的流量计能以任何方式安装于管道上。这种原理的流量计适合于小口径的管道。

b. 多束旋翼式流量计。在该流量计内部，水流通过分布于叶轮外壳上的小孔均匀地以切线方向推动叶轮转动。这种设计使流量计能承受较大的水流紊动，因此在流量计来流方向上所需的直管段较短。这种流量计适合于中、小口径的管道。

c. 垂直螺翼式流量计。在该原理的流量计中，螺翼的转动轴与水流方向垂直。水流从

下方向上推动螺翼轮转动,其推力平均,因而启动比较容易。这种原理的流量计启动流量较小,适合于中等口径管道,但需要一定的前部(来流方向)直管段,通常需要3~6倍管径。

d. 水平螺翼式流量计。在该原理的流量计中,螺翼的转动轴与水流方向平行,水流不经任何弯道即直接接触螺翼,因此压损非常小。由于内部动态水力平衡的引入,使其能够以任何位置(水平、垂直或倾斜)安装。由于内部对水流的影响较小,需要的前部直管段也较小。这种流量计适用于较大口径的管道。

e. 涡轮流量计。涡轮流量计也是一种流速式流量计。当流体流经变送器时,推动安装在摩擦力很小的滚珠轴承上的涡轮,在磁钢和感应线圈组成的磁电装置(电磁转换器)上感应出电脉冲信号。这一电信号变化的频率就是涡轮旋转的频率,它和涡轮的转速成正比,被测介质的流速越高(即流量越大),涡轮的转速也相应越高,电信号的频率即可反映被测流量的大小。

涡轮流量计准确度较高,量程比较大,惯性小,时间常数短。但要求水平安装,介质洁净以减少轴承摩擦,增加使用寿命。为防止涡轮卡死,应在涡轮变送器前安装过滤器。

2) 超声波和电磁流量计。

a. 超声波流量计。超声波流量计的原理在于测量高频声波在水流中的穿行时间,这是由于声波的波速直接受水流的影响(图2-4)。

管道中的水流速度可通过下面函数关系计算:

$$v = f(c, L) \quad (2-1)$$

式中 v ——水流速度 (m/s);

c ——在水流中声波的波速 (m/s);

L ——声波穿行的距离 (m)。

基于其量程大的优点,这种原理的流量计适用于变流量系统。

根据上述方程,它的流量测量性能直接受声波穿行距离 L 的影响,因此 L 的取值越大越好,但实际应用时会造成体积过于庞大。

超声波流量计精度较高、压损较小,但是易受管壁锈蚀程度、水中泡沫或杂质含量、管道振动的影响,价格较机械式贵得多。

b. 电磁式流量计。该流量计是根据法拉第电磁感应原理制成的,当导体在磁场中运动时会在导体两端产生可测量的电信号。在将水流作为导电体的前提下,水流速度可根据下列方程计算得出

$$v = \frac{U}{B \times L} \quad (2-2)$$

式中 v ——水流速度 (m/s);

U ——测量端口间的电压 (V);

B ——磁场强度 (T);

L ——测量端口间的距离 (m)。

这种原理的流量计具有较高的量程比,特别适用于变流量系统,并且有很好的测量精

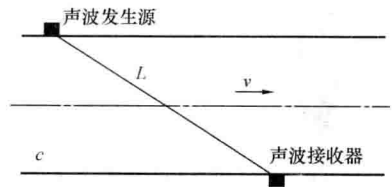


图 2-4 超声波流量计的原理图