

“十二五”国家重点图书
新能源与建筑一体化技术丛书

热泵与建筑一体化 应用技术

Application technology of Building-Integrated
Heat Pump



范新 ○ 主 编

李德英 ○ 副主编

中国建筑工业出版社

“十二五”国家重点图书
新能源与建筑一体化技术丛书

热泵与建筑一体化应用技术

Application technology of Building-Integrated Heat Pump

范 新 主 编
李德英 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

热泵与建筑一体化应用技术/范新主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 5

(“十二五”国家重点图书新能源与建筑一体化技术丛书)

ISBN 978-7-112-19094-2

I. ①热… II. ①范… III. ①房屋建筑设备-热泵系统-建筑设计 IV. ①TU822

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 030519 号

本书简要介绍了热泵技术原理, 重点在于热泵系统与建筑的一体化应用技术。主要包括水源热泵(包括地下水源和地表水源)系统、地源热泵系统、空气源热泵系统、工业余热热泵系统、吸收式热泵系统与建筑一体化技术。书中没有对热泵及其系统原理做过多介绍, 而是从应用的角度, 向读者详细介绍了热泵系统怎样与建筑和谐、统一地结合, 并且给出了典型的工程实例。本书的出版可以使读者借鉴相关工程经验, 快速掌握热泵系统与建筑物相结合的实用技术。

* * *

责任编辑: 张文胜 姚荣华

责任校对: 陈晶晶 刘 钰

“十二五”国家重点图书

新能源与建筑一体化技术丛书

热泵与建筑一体化应用技术

范 新 主 编

李德英 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13 $\frac{3}{4}$ 字数: 335 千字

2016 年 6 月第一版 2016 年 6 月第一次印刷

定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-19094-2

(28260)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书编委会

主 编：范 新

副主编：李德英

编 委：朱 能 于卫平 赵建康 陈学谦 刘兴原
高 冲 陈红兵 张群力 王朝霞

出版说明

能源是我国经济社会发展的基础。“十二五”期间我国经济结构战略性调整将迈出更大步伐，迈向更宽广的领域。作为重要基础的能源产业在其中无疑会扮演举足轻重的角色。而当前能源需求快速增长和节能减排指标的迅速提高不仅是经济社会发展的双重压力，更是新能源发展的巨大动力。建筑能源消耗在全社会能源消耗中占有很大比重，新能源与建筑的结合是建设领域实施节能减排战略的重要手段，是落实科学发展观的具体体现，也是实现建设领域可持续发展的必由之路。

“十二五”期间，国家将加大对新能源领域的支持力度。为贯彻落实国家“十二五”能源发展规划和“新兴能源产业发展规划”，实现建设领域“十二五”节能减排目标，并对今后的建设领域节能减排工作提供技术支持，特组织编写了“新能源与建筑一体化技术丛书”。本丛书由业内众多知名专家编写，内容既涵盖了低碳城市的区域建筑能源规划等宏观技术，又包括太阳能、风能、地热能、水能等新能源与建筑一体化的单项技术，体现了新能源与建筑一体化的最新研究成果和实践经验。

本套丛书注重理论与实践的结合，突出实用性，强调可读性。书中首先介绍新能源技术，以便读者更好地理解、掌握相关理论知识；然后详细论述新能源技术与建筑物的结合，并用典型的工程实例加以说明，以便读者借鉴相关工程经验，快速掌握新能源技术与建筑物相结合的实用技术。

本套丛书可供能源领域、建筑领域的工程技术人员、设计工程师、施工技术人员等参考，也可作为高等学校能源专业、土木建筑专业的教材。

中国建筑工业出版社

前 言

众所周知,改革开放以来,我国经济实现了高速发展,取得了巨大成就。同时我们也看到,中国正成为能源消耗和污染排放大国,其中建筑能耗占全国总能耗的 30% 以上,与工业、交通并列为三大用能领域。能源的短缺、气候的变化,特别是不时发生在我们身边的雾霾污染,严重影响到我国经济社会的可持续发展和人们的身体健康。因此,建筑节能不仅要为解决能源短缺作贡献,还将作为治理空气环境、应对气候变化、与自然和谐相处的重要途径。大力推进可再生能源利用,走可持续发展路线,可谓势在必行。

在全球大气公约框架下,世界各国都在推动节能减排的发展,先后提出节能建筑、绿色建筑、生态建筑、低能耗建筑、超低能耗建筑、零能耗建筑、产能建筑等诸多概念。单位面积建筑能耗也在逐步下降,一大批优秀示范项目不断涌现。从这些节能示范项目中,我们看到正是可再生能源的利用,使得这些建筑具有了“低能耗、高能效、微排放”的特点。这对于推进我国超低能耗绿色建筑发展具有重要的现实意义。

根据我国建筑能耗的特点,并结合我国南北地区冬季供暖方式、城乡建筑形式和生活方式以及建筑使用性质的差别,可将我国的建筑用能分为北方城镇供暖用能、城镇居住建筑能耗、公共建筑能耗以及农村住宅用能四大类,而这些建筑用能必然排放大量的污染物,造成大气环境污染。另据我国建筑能效提升路线图,到 2020 年我国人均建筑能耗基本维持在现有水平,为此,我国必须借力可再生能源,走出一条真正的可持续发展道路,而不是以巨大的资源消耗和环境破坏为代价的粗放式发展,同时我们也要为世界其他发展中国家的节能事业做出典范。

热泵是一种以消耗部分能量作为补偿条件,使热量从低温物体转移到高温物体的能量利用装置,能够把空气、土壤、水中所含的不能直接利用的低品位热能、太阳能、工业废热等转换为可利用的热能。在建筑用能系统暖通空调工程中可以用热泵作为冷/热源来提供能源。

20 世纪 50 年代开始,中国就研究热泵技术,从 20 世纪 60 年代开始生产应用,且早期大多数是空气源热泵机组。我国大部分地区的气候条件适宜使用空气源热泵,应用越来越广泛,目前已是全球空气源热泵应用最广泛的地区之一。现在已形成空气-空气家用分体式、整体式和户式中央空调三大类别热泵空调系列。随着科技的进步,空气源热泵机组的性能得到不断改进,其效率逐渐提高,用空气源热泵作为空调系统的冷热源逐渐被国内业主和设计部门所接受,尤其在华中、华东和华南地区逐渐成为中小型项目的设计主流,目前应用范围从长江流域逐渐向黄河流域延伸,应用前景广泛。

直到 20 世纪 90 年代末,我国才开始地源热泵空调系统的应用,热泵生产厂家也逐渐增多。由于地源热泵在国内还是一项新技术,而且也缺乏地源热泵机组的相关生产标准。所以急需对地源热泵系统的性能进行研究,为地源热泵机组的生产和选型提供理论基础。在工程应用上,水源热泵逐渐得到越来越多的重视,国家和地方城市都出台了相关政策,

鼓励使用水源热泵空调系统，并逐渐形成了一批国家和地方级的示范项目。水源热泵的研究和应用虽然有了初步的成果，但与国外相比在热泵机组的优化设计和工程应用上还存在较大差距，还需要业内专业人士深入研究。

编著《热泵与建筑一体化应用技术》一书，旨在引导我国建筑节能的技术进步，探讨和交流科研成果及实践经验，共同推动我国建筑节能、绿色建筑及相关行业的发展，为我国实现节能减排目标做出更大贡献。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 我国建筑能耗现状及节能潜力	1
1.2 热泵的定义及种类	6
1.3 热泵技术的应用与发展	13
第 2 章 热源系统的换热方式	20
2.1 地表水源换热方式	20
2.2 地下水源换热方式	24
2.3 土壤源换热方式（地埋管换热器）	28
第 3 章 地表水源热泵系统建筑一体化应用	33
3.1 地表水源热泵系统	33
3.2 江（河）水源热泵系统建筑应用	37
3.3 湖水与水库水源热泵系统建筑应用	51
3.4 海水源热泵系统建筑应用	64
3.5 污水源热泵系统建筑应用	79
第 4 章 地下水源热泵系统建筑一体化应用	94
4.1 地下水源热泵系统	94
4.2 浅层地下水源热泵系统建筑应用	103
4.3 深层地热水源热泵系统建筑应用	110
4.4 坑道水水源热泵系统建筑应用	118
第 5 章 地源热泵系统建筑一体化应用	133
5.1 地源热泵系统	133
5.2 竖直埋管地源热泵系统建筑应用	138
5.3 水平埋管地源热泵系统建筑应用	144
5.4 桩基埋管地源热泵系统建筑应用	151
第 6 章 空气源热泵技术	162
6.1 空气源热泵系统介绍	162
6.2 常温空气源热泵系统建筑应用	170
6.3 低温空气源热泵系统建筑应用	172
6.4 超低温空气源热泵系统建筑应用	174

第 7 章	工业余热源热泵建筑应用	178
--------------	--------------------	------------

7.1	工业余热及工业余热源热泵概论	178
7.2	工业余热源热泵建筑应用	182

第 8 章	吸收式热泵系统区域供热	191
--------------	--------------------	------------

8.1	吸收式热泵系统	191
8.2	水冷热电厂热泵系统区域供热	198
8.3	空冷热电厂热泵系统区域供热	201
8.4	工业企业热泵系统区域供热	203
8.5	地热尾水热泵系统区域供热	208

第 1 章 绪论

1.1 我国建筑能耗现状及节能潜力

1.1.1 我国的建筑及建筑能耗

我国人口众多，随着城镇化的快速进行，人们对建筑的刚性需求日益突出。自 1985 年起近 30 年来，我国房屋建筑面积呈指数形式增长，施工面积增加了 950 亿 m²，竣工面积增加了 340 亿 m²，图 1-1 所示为 1985~2012 年我国房屋建筑面积增长值。截至 2012 年，我国城乡房屋建筑面积为 611 亿 m²，其中城市面积为 269 亿 m²。按照现有房屋建筑面积增长速度，预计到 2030 年底，我国房屋建筑面积将达 2800 亿 m²，其中城市建筑面积将达到 1233 亿 m²。

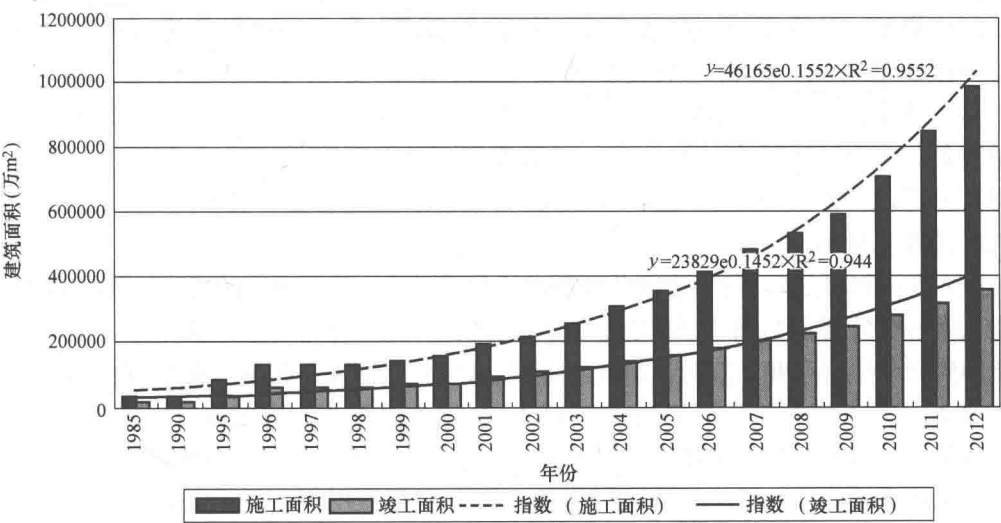


图 1-1 1985~2012 年间我国房屋建筑面积增长值
资料来源：中国统计年鉴。

庞大的建筑面积，对应着庞大的建筑能耗。现行的建筑能耗有两种定义方法，分别为广义建筑能耗和狭义建筑能耗。广义建筑能耗即为宏观建筑全生命周期能耗，指从原材料获取、设计、加工制造、包装运输、流通销售、使用维护，一直到报废、回收处理、处置的整个过程。建筑项目全生命期一般分为决策（规划与设计）、实施（施工建造）和运营三个阶段，即广义建筑能耗是指从建筑材料制造、建筑施工，一直到建筑使用的全过程能耗。宏观建筑全生命期能耗是相对于单体建筑生命期能耗而言的，宏观建筑生命期能耗反映的是一定时间一个地区所有建筑物在其所处的生命期阶段发生的能耗总和。广义建筑能耗中的相关概念口径见图 1-2。

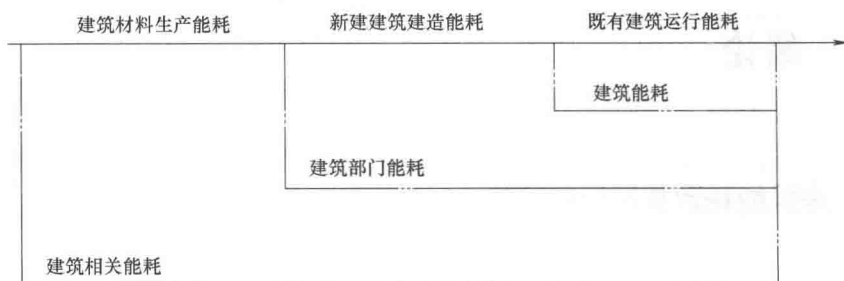


图 1-2 广义建筑能耗相关概念口径示意图

建筑材料设计产品种类繁多，主要产品有钢材、铝材、水泥、平板玻璃、建筑陶瓷、砖瓦和各类新型建筑材料和装修装饰材料。钢材是金属材料中消耗量最大的材料，建筑用钢主要包括钢结构用钢和混凝土结构用钢，随着建筑面积的不断增长，我国建筑用钢比例不断提高，特别是我国正在积极推广绿色环保型钢结构住宅，对钢材的需求量十分巨大，2005 年我国建筑用钢消费 1.73 亿 t，占全国钢材总产量的 46%，相应的钢材总能耗为 1.24 亿 tce，到 2009 年我国建筑用钢消费达到 3.19 亿 t，相当于全国钢产量需同比增加一倍才能供应所有行业对钢材的需求。目前我国已成为世界上最大的建材生产国和消费国，水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷等主要产量均位于世界第一。2009 年，我国水泥产量高达 16 亿 t，占全球水泥产量的 50% 以上；浮法玻璃产量 5.86 亿重量箱，占全球玻璃产量的 46%；建筑陶瓷产量为 1.76 亿件，占全球的 50%。当年建材工业部门能源消耗 2.12 亿 tce，约占当年工业部门能源消耗总量的 11.6%，占全国能源消耗总量的 8.3%。

进入 21 世纪以来，我国建筑业能耗增长尤其明显，新建建筑的建造能耗由 2000 年的 2179 万 tce 增长到 2011 年的 5872 万 tce，年均增长 16.95%。与重工业相比，建筑业属于资金和劳动密集型产业，能源消费比重不高，2011 年建筑业能源消耗约占全国能源消耗的 1.85%，同年建筑业总产值为 137217.86 亿元人民币，占到了国内生产总值的 30%。良好的经济效益进一步推动建筑行业的发展，必将产生更多的建筑能耗。

狭义的建筑能耗，即建筑的运行能耗，指人们日常用能，如供暖、空调、照明、炊事、洗衣等的能耗，对应图 1-2 中的“既有建筑运行能耗”，这是建筑能耗中的主导部分。随着人们经济收入的增长和生活质量的提高，建筑消费的重点将从“硬件（装修和耐用的消费品）消费转向软件”（功能和环境品质）消费，因此保障室内空气品质所需的能耗（空调、通风、供暖、热水供应）迅速上升。而在建筑能耗中，空调能耗又占有主要比例，约为 2/3 左右。建筑能耗与工业能耗、农业能耗及交通运输能耗共称为民生能耗，我国空调能耗占有总能耗的 22% 左右。

有研究指出，2009 年我国宏观建筑全生命期能耗总量约为 12 亿 tce，其中建筑材料生产能耗约为 4.5 亿 tce，新建建筑生产能耗约 0.5 亿 tce，既有建筑运行能耗约 7 亿 tce，各口径的比重见表 1-1。纵观 30 年来中国宏观能耗构成，建筑材料生产能耗、新建建筑建造能耗和既有建筑运行能耗三者比重相对稳定，其中，既有建筑运行能耗是宏观建筑能耗中的最大组成部分，所占比重在 60%~65% 之间，建筑材料生产能耗次之，在 35% 左右，

新建建筑建造能耗比重最小，在 5％左右。图 1-3 为 1980～2010 年中国宏观建筑能耗组成。

2009 年不同口径下建筑能耗比重 表 1-1

建筑能耗口径	占全国能源消费总量比重(%)	占全社会终端能源消费总量比重(%)
建筑材料生产能耗	23.39	24.54
新建建筑建造能耗	24.88	26.10
既有建筑运行能耗	39.50	41.44

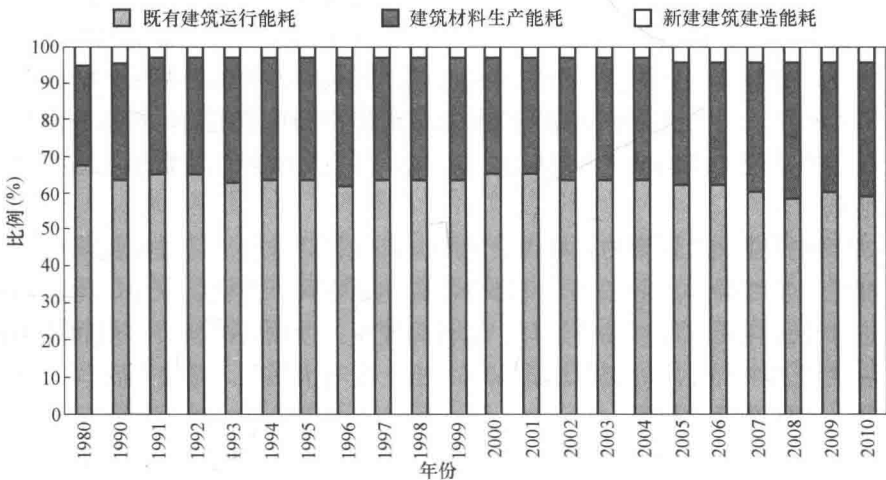


图 1-3 中国宏观建筑能耗组成

我国的《民用建筑节能条例》中，民用建筑能耗是指狭义建筑能耗，本书沿用其指代范围，在本书中的建筑能耗指的是民用建筑（包括居住建筑、公共建筑和服务业）在使用过程中产生的能耗，主要包括供暖、空调、通风、热水供应、照明、炊事、家用电器、电梯等方面的能耗。我国目前的建筑能耗存在以下特点：

- (1) 南方和北方地区气候差异大，仅北方地区采用全面的冬季供暖。我国处于北半球的中低纬度，地域广阔，南北跨越严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖及温和等多个气候带。夏季最热月大部分地区室外平均温度超过 26℃，需要空调；冬季气候地区差异很大，夏热冬暖地区的冬季平均气温高于 10℃，而严寒地区冬季室内外温差可高达 50℃，全年 5 个月需要供暖。目前我国北方地区的城镇约 70％的建筑面积冬季采用了集中供暖方式，而南方大部分地区冬季无供暖措施，或只是使用了空调器、小型锅炉等分散在楼内的供暖方式。
- (2) 城乡住宅能耗用量差异大。一方面，我国城乡住宅使用的能源种类不同，城市以煤、电、燃气为主，而农村除部分煤、电等商品能源外，在许多地区秸秆、薪柴等生物质能仍为农民的主要能源。另外，目前我国城乡居民平均每年消费性支出差异大于 3 倍，城乡居民各类电器保有量和使用时间也差异较大。
- (3) 不同规模的公共建筑除供暖外的单位建筑面积能耗差别很大。当单栋面积超过 2 万 m²，采用中央空调时，其单位建筑面积能耗是小规模不采用中央空调的公共建筑能耗

的 3~8 倍，并且其用能特点和主要问题也与小规模公共建筑不同。

根据以上建筑能耗特点，同时考虑到我国南北地区冬季供暖方式的差别、城乡建筑形式和生活方式的差别，以及建筑使用性质的差别，将我国的建筑用能分为北方城镇供暖用能、城镇居住建筑能耗（不包括北方城镇供暖能耗）、公共建筑能耗（不包括供暖部分）以及农村住宅用能 4 大类。

(1) 北方城镇供暖用能指的是采取集中供热方式的省、自治区、直辖市的冬季供暖能耗，包括各种形式的集中供暖和分散供暖。北方城镇地区的供暖多为集中供暖，包括大量的城市级别热网和小区级别热网。目前的供暖系统按热源形式分为燃煤锅炉、燃气锅炉、空调分散供暖、热电联产供暖等供暖方式，使用的能源种类分别为煤、燃气和电。按照规模可分为户式、小区、区域、小规模和大中规模。这里所说的“供暖能耗”指的是供暖系统的一次能耗，即热源处产生的总能耗，包括热源与换热站处的热损失、输配能耗及管网热损失、终端得热量。与其他建筑用能以楼栋或者以户为单位不同，这部分供暖用能在很大程度上与供热系统的结构形式和运行方式有关，并且其实际用能数值也是按照供热系统来统一统计核算。

(2) 城镇居住建筑能耗指的是城镇住宅的所有能耗，除去北方住宅建筑中的供暖部分后的所有能耗。从终端类型上来看，此部分能耗包括空调、照明、家电、生活热水及炊事等能耗。这部分能耗受设计、设备选择、运行和使用、使用者的使用习惯和使用意愿等影响很大。居住建筑中所使用的能源形式以电为主，配有天然气、液化石油气、煤等，还有部分太阳能、地热能等的使用。

(3) 公共建筑能耗指除居住建筑、工业厂房类建筑能耗外的不包括北方地区供暖能耗的全部公共建筑能耗。尽管公共建筑与住宅建筑的用能方式不同，但终端类型和所使用能源基本相同。公共建筑由于建筑规模、形式、功能等方面的原因，使得其能耗远远高出居住建筑能耗。

(4) 农村住宅用能指农村家庭生活所消耗的能源，包括供暖、降温、照明、热水、家电、炊事等。由于农村地区建筑密集度低，建筑规模一般较小，且有大量农田产物，因而在农村地区，除应用电能外，更容易利用可再生能源，如太阳能、生物质能等。

2011 年四类建筑能耗的情况 表 1-2

建筑用能	能耗总量(亿吨标煤)	建筑面积(亿 m ²)	单位面积能耗(kgce/m ²)
北方城镇供暖	1. 66	102	16. 27
城镇居住建筑	1. 53	151	10. 13
公共建筑	1. 71	80	21. 38
农村住宅	1. 97	238	8. 28

表 1-2 所示为清华大学对 2011 年四类建筑用能的研究结果，表中的能耗指的是电、煤、天然气等能源转换成标准煤的数据，不包括太阳能、生物质能等可再生能源，如农村住宅用能中，还有 1. 27 亿 tce 的生物质能未计入统计。从能耗总量来看，以上四类建筑能耗约均分全部建筑能耗，各占 25%左右。从能耗强度来看，公共建筑能耗（不含北方供暖）最高，达 21. 38kgce/m²，接近城镇居住建筑（不含北方供暖）的 2 倍，而农村住宅的商品能耗强度最低，仅为 8. 28kgce/m²。从面积来看，农村住宅是最大的分类，占全

国建筑面积的 51%。城镇居住建筑面积约占 2/3，是公共建筑面积的 2 倍。在城镇建筑中，北方供暖建筑面积约占 44%，使得供暖能耗成为总能耗的重要组成部分。

1.1.2 我国各类建筑节能潜力预测

2012 年 5 月，住房和城乡建设部颁布《“十二五”建筑节能专项规划》（建科 [2012] 72 号），从发展现状和面临形势出发，提出“十二五”期间建筑节能工作的主要目标、指导思想和发展路径，并根据目标明确了九个重点任务和实现目标的事项保障措施以及组织实施方式。

“十一五”期间，建筑节能实现了 1.1 亿 tce 的节能潜力，《“十二五”建筑节能专项规划》在总结“十一五”期间建筑节能发展成就的基础上，提出了新的目标，预计到 2015 年，建筑节能新增 1.16 亿 tce 节能潜力，新建建筑节能、北方既有建筑供热计量与节能改造、公共建筑节能监管体系建设和节能运行管理，以及可再生能源与建筑一体化应用被列为实现建筑节能目标的四个方面。

2012 年 8 月，国务院出台《节能减排“十二五”规划》（国发 [2012] 40 号），涉及工业、建筑、交通等用能部门。建筑节能的指标从建筑、公共机构、终端能效三个方面，明确提出了控制目标。要求北方供暖地区既有居住建筑改造面积 4 亿 m^2 ，城镇新建绿色建筑标准执行率由 1% 提高到 15%；公共机构单位建筑面积能耗由 $23.9\text{kgce}/\text{m}^2$ 降至 $21\text{kgce}/\text{m}^2$ ，公共机构人均能耗由 $447.4\text{kgce}/\text{人}$ 降至 $380\text{kgce}/\text{人}$ ；终端用能设备能效提升，包括房间空调器、电冰箱和家用燃气热水器。

我国建筑能耗总量从“十一五”初期（2006 年）建筑能耗为 5.06 亿 tce 增长到 2010 年的 6.48 亿 tce，总量增长了 34%。全国平均的建筑能耗强度从 $12.6\text{kgce}/\text{m}^2$ 增长到 $15.0\text{kgce}/\text{m}^2$ ，强度增长了 19%。促使建筑用能强度增加的因素包括人们日益增长的舒适和健康环境的需求，甚至出现一部分享受主义人群对环境过于奢华的需求，而采用了大量的提高建筑服务性能的设备，大大增加了使用能耗，加之现代建筑由于体量大，采用了集中式的控制运行方式，导致用户的末端控制意识减弱，造成了能量浪费。人们对舒适度和健康环境的追求是促进建筑发展的动力，然而舒适度和节能并不冲突，如果全面开展建筑节能工作，则有可能在保证城乡建设飞速发展的同时，不产生建筑能耗的过大增长。其实现依赖于以下措施：

（1）北方新建建筑通过提高保温水平使得需热量降低 50%，通过解决集中供热系统的调节问题，是新建和既有的集中供热系统效率都提高 30%，这样就可以使供暖建筑面积增加一倍，而供暖总的能耗不增加。

（2）在长江流域发展热泵空调供暖方式，解决住宅的室内环境问题，尤其是满足居民冬季供暖的要求，停止兴建各种热电联产和热电冷三联供方式。依靠热泵技术，住宅和一般性公共建筑的供暖空调能耗可以控制在 $18\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 之内。

（3）在住宅中积极推广太阳能热水器，发展空气源热泵热水器，从而全面解决居民的生活热水供应问题，满足生活热水需求的大幅增长。推广节能灯具和高效电器，大力提倡和推广各种行为节能措施，普及日常用电设备的节能使用方法。通过这一系列的措施，使既有住宅建筑能耗保持不变，新建住宅建筑能耗降低 25%~50%。

（4）对大型公共建筑进行分项计量，使得真正的节能成果能够反映在数据上，并通过

限定各类建筑具体的用能指标,通过建筑使用模式的创新,维持甚至降低建筑的用能强度。加强一般办公建筑的用能管理,推广节能灯和高效办公设备,提倡各种行为节能措施,使得能耗相比目前降低 20%~30%。通过成套技术创新,使新建大型公共建筑的能耗降低 50%以上,通过能源审计及节能改造,使得既有大型公共建筑运行能耗降低 30%以上。

(5) 农村建筑节能。由于经济和技术水平的限制,农村建筑节能属于建筑节能工作的薄弱环节。针对农村节能工作的特点,农村住宅节能提倡北方建设“无煤村”,南方建设“生态村”的节能思路,充分利用农村地区资源优势,发展生物质能源和其他可再生能源,全面平衡炊事、供暖等的需求与秸秆、粪便、垃圾、废水的处理。通过在北方加强围护结构保温和气密性,减少供热量需求,并发展火炕、太阳能供暖和生活热水等措施。在南方发展沼气池,解决生活热水和炊事,解决燃烧污染和水污染。保证在商品能消耗不增加的基础上,减少并平衡用能需求,同时大力发展各种可再生能源。

对上述各项措施全面落实推广,适当控制城乡建设规模,到 2020 年,可以实现在建筑面积增加 100 亿 m^2 ,人们生活水平显著提高的前提下,全国建筑能耗仅增加 0.4 亿 tce/a 和 2700 亿 kWh/a,人均建筑能耗基本维持在现有水平。如果这个目标能够实现,我国将走出一条真正的可持续发展道路,而不是以牺牲环境和资源消耗为代价的社会发展,也为世界上其他发展中国家的节能事业做出典范。

1.2 热泵的定义及种类

1.2.1 热泵的定义及节能原理

热泵是一种以消耗部分能量作为补偿条件,使热量从低温物体转移到高温物体的能量利用装置,能够把空气、土壤、水中所含的不能直接利用的热能、太阳能、工业废热等转换为可利用的热能。在暖通空调工程中可以用热泵作为空调系统的热源来提供低于 100℃ 以下的低温用能。

根据热力学第二定律,热量是不会从低温区向高温区传递的,必须向热泵输入一部分驱动能量才能实现这种热量的传递。热泵虽然需要消耗一定量的驱动能,但根据热力学第一定律,所供给用户的热量是消耗的驱动能与吸收的低位热能的总和。用户通过热泵所获得的热量远大于所消耗的驱动能,所以说热泵是一种节能装置。

热泵制热时的性能系数称为制热系数 COP_h ,热泵制冷时的性能系数称为制冷系数 COP_c 。对于消耗机械功的蒸汽压缩式热泵,其制热系数 COP_h 即为制热量 Q_h 与输入功率 P 的比值:

$$COP_h = \frac{Q_h}{P} \quad (1-1)$$

根据热力学第一定律,热泵制热量 Q_h 等于从低温热源吸热量 Q_c 与输入功率 P 之和。由于 Q_c 与输入功率 P 的比值称为制冷系数 COP_c ,所以有:

$$COP_h = \frac{Q_c + P}{P} = COP_c + 1 \quad (1-2)$$

根据热泵定义的阐述，热泵空调技术是一种有效的节能手段。有研究表明，电动热泵的制热系数只要大于 3，则从能源利用观点看热泵就会比热效率为 80% 的区域锅炉房用能节省。目前，家用热泵空调器随着热泵技术的进步，制热性能系数已经达到或超过 3。各种大型热泵机组的制热能效比（EER）绝大部分大于 3。VRV 热泵机组的制热性能系数在 4.2 左右。由此可见，热泵作为空调系统的热源要优于目前传统的供热方式，是一种有效的节能手段，具有广阔的发展空间。

1.2.2 热泵系统的分类

在暖通空调专业范畴内，当对热泵系统进行分类时，常按低位热源分类，分为空气源热泵系统、水源热泵系统（包括地表水和地下水源热泵系统）和土壤源热泵系统。如果按照工作原理对热泵分类，可以分为机械压缩式热泵、吸收式热泵、电热式热泵和化学热泵。如果按照驱动能源的种类对热泵分类，又可以分为电动热泵、燃气热泵和蒸汽热泵。图 1-4 为热泵系统的常用分类方法示意图。

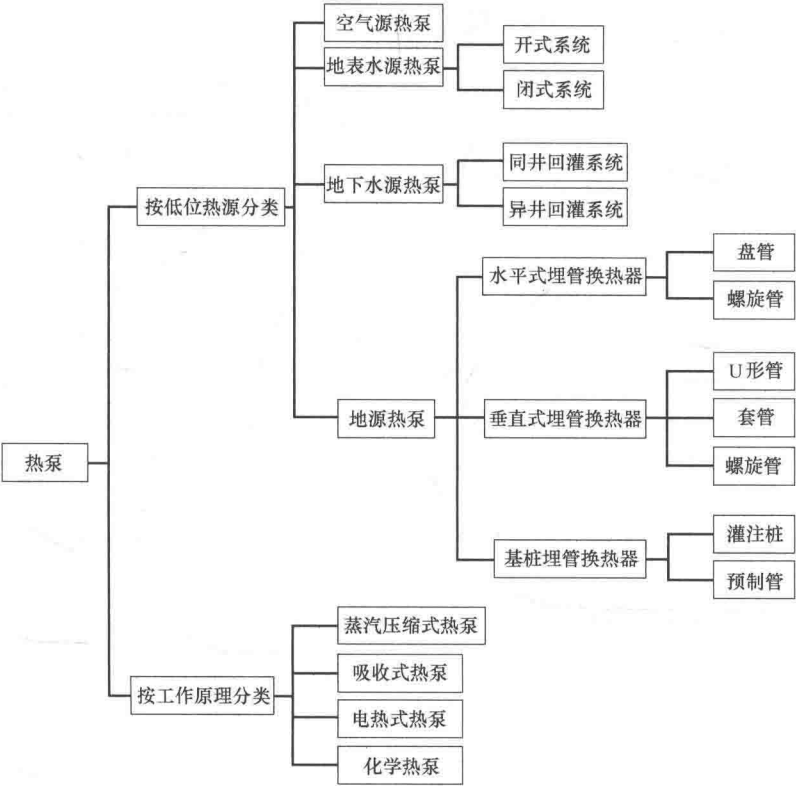


图 1-4 常用热泵分类示意图

1. 空气源热泵系统

空气源热泵机组一般消耗电能，选型时应优选机组性能系数较高的产品，以降低投资和运行成本。先进、科学的化霜技术是机组冬季运行的必要保障。机组冬季运行时，换热盘管温度低于露点温度时，表面产生冷凝水，冷凝水低于 0℃ 就会结霜，严重时堵塞盘管，明显降低机组运行效率，为此必须除霜。除霜的方法有多种，包括原始的定时控制、

温度传感器控制和近几年发展起来的智能控制。最佳的除霜控制应是判断正确，除霜时间短。设计选型时应了解机组的除霜方式，通过比较后确定机组名义工况的制冷性能系数(COP)不应低于国家现行标准的要求。

我国幅员辽阔、气温差异较大，对空气源热泵的应用应以可靠性和经济性为原则，结合当地的综合条件确定，总的来说应符合以下规定：

- (1) 制冷性能系数高，具有高效、可靠的化霜控制；
- (2) 噪声较低，对周边环境不会产生噪声污染；
- (3) 在冬季寒冷且潮湿的地区，需连续运行或对室内温度有较高要求的空调系统，应按当地平衡点温度确定辅助加热装置的容量；
- (4) 在北方寒冷地区采用空气源热泵机组是否合适，根据一些文献分析和对北京、西安、郑州等地实际使用单位的调查，选择原则如下：①日间使用，对室温要求不太高的建筑可以使用；②室外温度低于-10℃的地区，不宜采用；③当室外温度低于空气源热泵最佳平衡点温度（即空气源热泵供热量等于建筑物耗热量时的室外计算温度）时，应设置辅助热源。在辅助热源使用后，应注意防止冷凝温度和蒸发温度超出机组的使用范围。

2. 地下水、地表水为水源的水源热泵系统

水源热泵是利用地球表面浅层地热能如土壤、地下水或地表水（江、河、海、湖或浅水池）中吸收的太阳能和地热能而形成的低位热能资源，采用热泵原理，通过少量的高品位电能输入，实现低位热能向高位热能转换的一种技术。在夏季利用制冷剂蒸发将空调空间中的热量取出，放热给水源中的水，由于水源温度低，可以高效地带走热量；而冬季，利用制冷剂蒸发吸收水源中水的热量，通过空气或水作为载冷剂提升温度后在冷凝器中放热给空调房间。图 1-5 为水源热泵空调系统工作原理示意图。

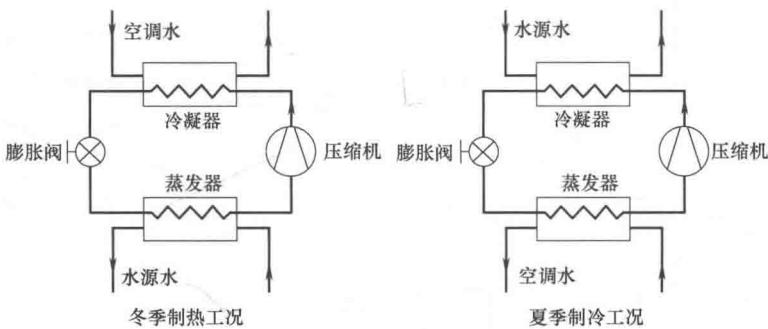


图 1-5 水源热泵空调系统工作原理图

地下水源热泵系统的热源（汇）是从水井或废弃的矿井中抽取的地下水。经过换热的地下水可以排入地表水系统，但对于较大的应用项目通常要求通过回灌井把地下水回灌到原来的地下水层。最近几年地下水源热泵系统在我国得到了迅速发展。但是，应用这种地下水源热泵系统也受到许多限制：首先，这种系统需要有丰富和稳定的地下水资源作为先决条件。因此在决定采用地下水热泵系统之前，需要做详细的水文地质调查，并先打勘测井，以获取地下温度、地下水深度、水质和出水量等数据。地下水热泵系统的经济性与地下水层的深度有很大的关系。如果地下水位较低，不仅成井的费用增加，运行中水泵的耗电将大大降低系统的效率。其次，虽然理论上抽取的地下水将回灌到地下水层，但目前国