

关于空调用热泵的若干概念辨析

中国建筑东北设计研究院有限公司 肖兰生[☆] 张瑞芝

摘要 分析了热泵的狭义与广义两种概念的历史成因,建议在热泵理论上确立广义热泵的概念。对广义概念下的热泵定义、热泵机组与系统的区分以及热泵运行经济性指标的整合等问题进行了探讨。

关键词 空调 热泵 热源 负荷 性能系数 能效比

Discussion of some concepts about the heat pumps for air conditioning

By Xiao Lansheng[★] and Zhang Ruizhi

Abstract Analyses the historical causes of the two definition of heat pumps in broad and narrow senses. Suggests to establish a concept of heat pump in broad sense on the basis of heat pump theory. Discusses the definition of heat pumps in the broad sense, the differences between heat pump unit and system and the integration of the heat pump operation economical index.

Keywords air conditioning, heat pump, heat source, load, COP, EER

★ China Northeast Architectural Design & Research Institute, Shenyang, China

①

1 确立广义的热泵概念

人工冷源的需求促成了制冷机的发明与发展。制冷机的工作原理是,在某种动力的驱动下,使热由低温物体(介质)传向高温物体(介质),而在低温物体一端产生制冷效应。与此同时,在高温物体一端则由于热的获得而产生制热效应。在制冷机出现不久的 1852 年,英国的 Thomson 教授就提出制冷机也可以制热。但由于热可以通过煤炭以及油、气的燃烧容易地获得,不必要通过购置制冷机这样的高精设备和耗用宝贵的电力提供,因此制冷机的制热效应长期以来没有被充分利用。直到近百年之后,能源日益紧缺之时,人们才开始对可以利用低品位、可再生能源的制冷机制热功能重视起来,并随着制造业的发展、电力的充沛而逐渐广泛地加以利用。在我国直到上世纪 80 年代末、90 年代初,水环热泵、地下水地源热泵及地埋管地源热泵系统才逐渐引进。在此之前,只有少数家用空调或风冷热水机组具有制热功能。制冷技术理论历经百年的发展,十分全面系统,而对于热泵则鲜有系统、完整的论述。在我国,上世纪 80 年代之后,

才在制冷技术的教科书或手册中附加热泵章节或另出专著。而这些专著或章节,重点均在于论述其制热功能。这样,便自然地形成了制冷机先入为主的概念,热泵则是“能实现蒸发器和冷凝器功能转换的制冷机”或“以其冷凝器放出的热量来供热的制冷系统”。这就在理论和习惯上形成了一个狭义的热泵概念,即以制热为目的或具有制冷、制热双功能(俗称“热泵式”或“带热泵的”)的空调设备。实际上,热泵在运行时,制冷与制热两种效应是同时并存的,而在工程应用中,或用其制冷,或用其制热,或制冷与制热按需轮换,或制冷、制热同时进行。在应用其制冷时,通常称为制冷机。但制冷机也是热泵的一种。相对而言,这是一种热泵的广义概念,应该在暖通空调领域确立这种广义的概念,

①☆ 肖兰生,男,1938 年 5 月生,大学,教授级高级工程师,副总工
程师

110006 沈阳市光荣街 65 号

(024) 62123505

E-mail:dbystb@163.com

收稿日期:2010-01-26

修回日期:2010-11-24

并且在这一概念的指导下进行热泵理论的著述,比如,以空调用热泵技术为题,综合论述其原理、定义及制冷制热等的应用。因为那种历史形成的、狭义概念之下的制冷与制热分割开的论述方式,难免出现重复、衔接不顺以及含混之弊病。值得关注,中国制冷学会空调制冷学术委员会已改名为空调热泵专业委员会。这里的热泵显然是广义概念之下的,我们有理由期待有更多类似的变化。

2 关于热泵的定义

2.1 参照定义

1) 可连续将热量从温度较低的物体(或环境)传递给温度较高物体的机械^[1]。

2) 把处于低位的热能输送至高位的机械^[2]。

3) 靠高位能拖动,迫使热量从低位热源流向高位热源的装置^[3]。

4) 一种利用高位能使热量从低位热源流向高位热源的节能装置^[4]。

5) GB 50155—92《采暖通风与空气调节术语标准》中的定义为“能实现蒸发器和冷凝器功能转换的制冷机”。

6) 《新国际制冷词典》中的定义为“以冷凝器放出的热量来供热的制冷系统”。

2.2 推荐定义

本着热泵的广义概念并参照上述定义,笔者建议热泵定义为:在某种动力的驱动下,可连续地使热由低温物体(或介质)传给高温物体(或介质),并用以制冷或制热的装置。

2.3 对热泵新定义的几点说明

1) 定义体现了热从低温物体传向高温物体必须付出代价的热力学第二定律。

2) 热泵热传输的两端,被称作“热源”、“环境”、“物体”或“介质”,热泵在工作时,除制冷兼制热之外,其供冷与供热一端称为负荷端,另一端放出或吸纳热量则称为热源端。热泵定义中若两端均称作“热源”,似过于理论化而与实际存在差别;若以“介质”相称,有介质而无热传输的起始与目的物,似不完整;若以“物体”相称,则在该物体为非流体的场合,不借助介质则难以完成热的传输;若以“环境”相称,则只限于自然环境存在的热源。因此,所给出的热泵定义中使用“物体”二字,并在其后的括号内加注“或介质”字样,即物体本身是流体时,可直接进行热交换,而物体为非流体时则需借助介质。

3) 按照工作原理,热泵可以分为蒸气压缩式、蒸汽喷射式、吸收式以及化学热泵等等。其驱动能源也各不相同,如蒸气压缩式热泵,多使用电力驱动,电属高品位能源;吸收式热泵、化学热泵等,驱动使用热能且品位较低;而增温型化学热泵^[3]和第二类吸收式热泵^[5],驱动用热能的品位甚至低于供出的热能的品位。为使热泵的定义更具普遍性,所给出的热泵定义中未强调输入动力为高品位的。

4) 热泵具有制冷和制热两种功能,定义中写明该两种功能,意在明确热泵的广义概念。作为空调的人工冷源,使用热泵制冷几乎是唯一的方式。因无参照,难以比较其节能效益。而在制热工况之下,其制热系数达到一定水平时才能体现节能。如热泵输入电力为火力发电的场合,与燃煤锅炉供热相比,假设二者效率分别为 0.31 和 0.70,则热泵的制热系数起码要达到 $0.7/0.31=2.258$ 以上。因此所给出的热泵定义中未强调其节能性。

3 热泵机组和热泵系统

3.1 机组与系统的区分

空调工程中的热泵(heat pump),应该包含热泵机组(heat pump unit)与热泵系统(heat pump system)两个概念。热泵机组的概念早已为人们所熟知,以最常使用的蒸气压缩式热泵为例,由压缩机、冷凝器、节流装置、蒸发器、四通换向阀及附属设备(风机、水泵)等组合起来就成为整体或分体热泵机组。称作“热泵机组”以便于与下述的“热泵系统”相区分。

在 GB/T 19409—2003《水源热泵机组》中,按冷(热)源类型将水源热泵机组划分为:水环式水源热泵机组;地下水式水源热泵机组;地下环路式水源热泵机组。在这一分类中,实际上是同一种设备——水源热泵机组在不同热源场合下的应用。在 2004 年出版的《ASHRAE Handbook: HVAC System and Equipment》中,把这种水源热泵机组在各种不同热源场合的应用定义为系统。包括:水环热泵系统;地下水热泵系统;闭环地表水热泵系统;地表水热泵系统;土壤源耦合式热泵系统。GB 50366—2005《地源热泵系统工程技术规范》在“术语”章节中定义了“地源热泵系统”和“水源热泵机组”的概念。

3.2 热泵机组的分类

热泵机组的分类依据很多,可按原理、压缩机

种类、热源种类、功能、热源端介质及负荷端介质的组合来划分。对于热泵机组而言,依据最后一项分类,提纲挈领,最为明晰。按此依据将热泵机组划分为两大类(见表1)。第1类为空气/大气源热泵机组,以往通常称其为空气源热泵机组。此处的空

气在空调工程中往往是有限定条件的,即室外空气——大气。因此称为空气/大气源热泵机组较为贴切。第2类为水源(介质)热泵机组。进入热泵的可能是作为热源的水,也可能是作为传热介质的水或添加防冻剂的水溶液。

表1 热泵机组分类

热泵机组类别		热源介质	负荷端介质	功能	转换方式	图式	
空气/大气源 热泵机组	大气-空气热 泵机组	大气	空气	单冷			风冷空调器
				冷热	四通换向阀		风冷空调器 (热泵式)
	大气-水热泵 机组	大气	水	单冷			风冷冷水机 组
				冷热	四通换向阀		风冷冷热水 机组
水源(介质) 热泵机组	水-空气热泵 机组	水	空气	单冷			水冷空调器
				冷热	四通换向阀		水冷空调器 (热泵式)
	水-水热泵机 组	水	水	单冷			冷水机组
				冷热	水管路阀门		水源热泵机 组

3.3 水源热泵机组应用系统分类

依据 GB 50366—2005《地源热泵系统工程技术规范》并参考《ASHRAE Handbook: HVAC System and Equipment》,按照热源不同划分的水源热泵应用系统的分类见表2。

4 热泵运行的经济性评价指标

4.1 评价指标概况

热泵运行的经济性评价指标散见于有关文献,综合起来有如下3种表示方法:1)以性能系数COP来表示。制冷工况下的性能系数称作制冷系数,以COP_c表示;制热工况下的性能系数称作制热系数,以COP_h表示。COP_c及COP_h值分别为热泵在指定工况下制冷量(W)或制热量(W)与相对应的输入功率(W)之比。2)以ε_c表示制冷系数,以ε_h表示制热系数,分别为热泵在指定工况下制冷量(W)或制热量(W)与相对应的输入功率(W)之比。3)制热工况下以性能系数COP表示,该值为热泵在指定工况下制热量(W)与输入功率

(W)之比,而制冷工况下以能效比EER表示,或仅限于配备封闭式压缩机时,其值为热泵在指定工况下制冷量(W)与输入功率(W)之比。在习惯使用英制单位的国家使用EER时,制冷量的单位为Btu/h,输入功率单位为W。

4.2 整合建议

在对上述热泵经济性评价指标进行比较之后可以看出,ε值与COP值在内容上是基本相同的,而在制冷量与输入功率的单位均为法定单位制W时,EER值与COP值也并无差别。同时,在计算制冷工况下的经济性评价指标时,其制冷量及功率消耗均为实际发生值。使用封闭或半封闭式压缩机时,由于制冷量与功率的影响已包含在内,没有必要区别对待,以EER值代替COP值。在计算EER值时使用Btu/h作为制冷量单位,与法定单位制相悖,不宜沿用。因此,为统一起见并与热泵的基础理论相衔接,建议作如下整合:1)以COP值作为热泵机组(含机组本身配带的风机、水泵等

表 2 水源(介质)热泵应用系统

系统类别		热源	热泵机组	图式
地源热泵系统	地理管热泵系统	地壳	水-空气热泵机组	
			水-水热泵机组	
	地下水热泵系统	地下水	水-空气热泵机组	
			水-水热泵机组	
	地表水源热泵系统	江/河/湖/海水	水-空气热泵机组	
			水-水热泵机组	
废水源热泵系统		城市污水(原生水,再生水,中水),工业废水	水-空气热泵机组	
			水-水热泵机组	
水环热泵系统		循环水系统 配备冷却塔 辅助加热器	水-空气热泵机组	

附属设备)的经济性评价指标。其制冷系数 COP_c 与制热系数 COP_h 分别等于热泵指定工况下其制冷量(W)或制热量(W)与相应的热泵机组的输入功率(W)之比。在热泵的运行行为制冷兼制热(热回收)时,可引入制冷制热综合系数 $COP_{(c,h)}$ 。其值等于热泵指定工况下制冷量(W)与制热量(W)之和与热泵机组输入功率(W)之比。2)能效比 EER 与性能系数 COP 值相比,不单形象直观且范围可超越热泵本身。众所周知,热泵机组在运行时,热源或其介质以及负荷端介质的驱动也必须消耗动力。为全面地评价热泵运行的经济性,应将其系统配套设备的动力消耗一并计入。因此建议以能效比 EER 值为热泵应用系统的经济性评价指标。包括制冷工况能效比 EER_c 和制热工况能效

比 EER_h ,其值分别为热泵在指定工况下的制冷量(W)或制热量(W)与机组及系统配套设备输入功率(W)总和之比。

参考文献:

[1] 尉迟斌. 制冷工程技术词典[M]. 上海:上海交通大学出版社,1987

[2] 郁永章. 热泵原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,1993

[3] 徐邦裕,陆亚俊,马最良. 热泵[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988

[4] 姚杨,马最良. 浅议热泵定义[J]. 暖通空调,2002,32(3):33

[5] 李树林. 制冷技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003

[6] 殷平. 现代空调 3[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001