

除湿器研究进展^{*}

华南理工大学 广东省绿色化学产品技术重点实验室 朱冬生[☆] 剧 霏 李 鑫
汪 南 刘 超

摘要 介绍了冷凝除湿设备、固定床除湿器、转轮除湿器、热泵和电化学除湿器、液体除湿设备、膜除湿器、HVAC 除湿系统的研究进展。分析了各种除湿设备的原理、应用领域及优缺点。指出了除湿设备的发展方向。

关键词 除湿 湿度控制 除湿器 除湿原理

Research progress in dehumidifiers

By Zhu Dongsheng[★], Ju Fei, Li Xin, Wang Nan and Liu Chao

Abstract Presents the research status of condensation dehumidification devices, fixed bed dehumidifiers, desiccant wheel dehumidifiers, heat pump dehumidifiers and electrochemical dehumidification, liquid desiccant dehumidifiers, membrane-based dehumidifiers and HVAC dehumidification systems. Analyses the respective principle, application range, advantages and disadvantages of these dehumidifiers. Points out the developing direction for dehumidifier devices.

Keywords dehumidification, humidity control, dehumidifier, dehumidification principle

★ South China University of Technology, Guangzhou, China

①

0 引言

空气除湿是一门涉及多个学科的综合技术,目前已被广泛应用于仪器仪表、生物、环保、纺织、冶金、化工、石化、原子能、航空、航天等领域,并将日益在工业、农业、国防、医疗、商业和日常生活中发挥巨大的作用。常用的空气除湿技术主要有冷却除湿、吸附除湿和吸收除湿,此外,一些新型的除湿技术像膜除湿、热泵除湿、质子传导电化学除湿、HVAC 除湿等也引起了广泛的关注,见图 1。为了提高除湿器的除湿能力、节省运行费用、减少设备投资,人们不断地对除湿材料、除湿器结构、再生器、再生热源等进行研究和改进。下面分别从这几个方面讲述除湿设备的研究进展。

1 各种除湿技术

1.1 冷凝除湿

制冷式除湿主要是使用制冷式冷源(包括空调机、半导体及其他冷源)制冷除湿,其工作原理是通

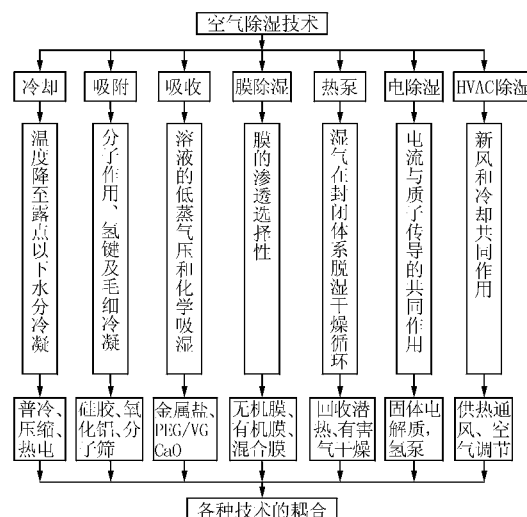


图 1 空气除湿技术

①☆ 朱冬生,男,1964 年 2 月生,博士研究生,博士,教授
510640 广州五山华南理工大学化工与能源学院
(020) 87114568 87114185

E-mail: cedshzhu@scut.edu.cn

收稿日期:2006-01-25

修回日期:2007-01-15

* 新世纪优秀人才支持计划资助项目,佛山市产学研资助项目

过降低冷凝器表面温度使空气温度降到露点温度以下,从而析出水汽,降低空气的含湿量,再利用部分或全部冷凝热加热冷却后的空气,从而降低空气的相对湿度,达到除湿目的。空气的冷源可使用制冷机的制冷剂、冰水或卤水。除湿机需人工倒水以及空调器滴水。凡通过这种方式将密封空间内空气中的水分排出以降低湿度的除湿方式均属制冷式除湿。

除湿机一般由制冷系统和送风系统组成,其除湿原理见图 2^[2]。制冷系统工作流程为:制冷剂气体经压缩机 1 进入再热器 6(作冷凝器用),将热量传给空气后冷凝成常温高压液体,经膨胀阀 4 节流后进入蒸发器 2,吸收通过蒸发器的空气的热量,变成低温低压气体,低温低压气体被吸入压缩机 1 进行压缩,如此往复循环。送风系统工作流程为:湿空气被吸入后,在蒸发器 2 被冷却到露点温度以下,析出凝结水,含湿量下降,然后进入再热器 6,吸收制冷剂的热量而升温,相对湿度降低,由送风机 5 送入房间。制冷除湿机具有除湿效果好、房间相对湿度下降快、对热源无要求、不需要冷却水、操作方便、使用灵活等优点,得到了广泛的应用。但空调制冷所带来的 CFC 和 HCFC 的排放问题以及在大通风量和高湿环境下效率较低的问题已经越来越为人们所关注,而且它还具有设备购置费用高、耗电量巨大、运行费用高、噪声大、设计复杂、可靠性差、难以深度除湿、不能净化被控空间中的有害工业废气、运行中流出的水须处理、微生物污染严重、危害人体健康等缺点。

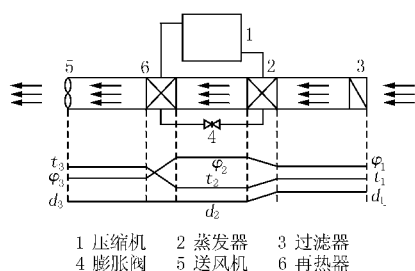


图 2 压缩制冷的除湿原理

1834 年法国人珀尔帖发现,当直流电通过由两种不同导电材料构成的回路时,节点上将产生吸热或放热现象。这种现象被称为温差电效应。热电除湿就是利用半导体制冷片的温差电效应,将空气中的水分冷凝后排除^[3]。与传统的相变制冷法相比,热电除湿不需要制冷剂,没有复杂的机械设

备和管路系统,能在任意位置工作,制冷方便又迅速,频繁通断电不影响其寿命与工作,解决了许多特殊场合的制冷难题。由于半导体制冷的效率较低、耗电量大、器件成本和低压直流电源的造价较高,因此,它对于小功率制冷非常便宜,但在除湿量较大的场合,其经济性和效率则不如机械制冷,一般仅在核潜艇、深潜加压舱、潜水器、军用通讯车、空中及地下工程等特殊场合中应用。

刘恒伟等人利用气体动力学、传热传质学相关理论知识研究开发了一种全新的湿空气处理装置——涡流气体净化分离装置(见图 3)^[4]。其工作原理是,湿空气首先通过一个 Laval 喷管,温度和压力下降、速度增大,温度降低使其中的水蒸气凝结,形成夹杂液滴的汽水混合物;由 Laval 喷管出来的高速流体进入旋流器,液滴在旋流器产生的强大的离心力的作用下被甩到管内壁面上,形成很薄的一层液膜;附着在管壁上的液体经分离装置流出,除去水分的干空气进入扩压管;在扩压管中,气流速度降低,温度和压力升高。与其他冷凝除湿技术相比,该装置具有结构简单、无运动部件、无泄漏、免维护、环境友好等优点,但是此装置不能进行深度除湿和低露点除湿,且除湿量很有限。

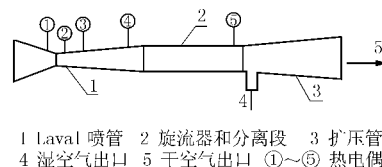


图 3 涡流气体净化分离装置

1.2 固体吸附式除湿装置(转轮除湿和固定床除湿)

目前国内外主要研究两类固体吸附式除湿装置:一类是固定床式(packed-bed)除湿器,包括交叉冷却式除湿器;另一类是旋转式除湿器,包括平行通道式(parallel-passage)除湿转轮和蜂窝状(honey-comb)除湿转轮。

最原始的固定床除湿是在密封的容器内放置除湿剂进行除湿。后来出现了将固体吸附剂(如硅胶、分子筛、活性氧化铝、沸石等)作为固定层填充于塔(筒)内进行空气除湿,该除湿方式为间歇方式,需要定期进行脱附处理,而且无论是操作还是控制都不方便。与此同时出现了流化床除湿器^[5],但是其动力消耗较大。为了能连续除湿,出

现了两塔并用的除湿器：一塔用于吸附空气水分，另一塔用于再生，经过一定时间后将塔转换，使吸湿与再生互换，如此可连续除湿。最初的两塔并用除湿都是在常压下进行，脱附采用的是热脱附^[6]。为了进一步提高除湿的效率和降低脱附所需能量，出现了非加热再生的变压吸附除湿器。

变压吸附 (pressure swing adsorption, PSA) 法 (又称非加热再生法) 的除湿装置得到了大幅度的革新，不需加热空气即可再生吸附剂。当压力从吸附操作压力降到常压时，利用吸附剂的吸附平衡差使水分解吸，再用干燥空气使吸附剂再生。为了满足加热、冷却过程的要求，加热再生除湿装置再生时间往往长达 6~8 h。变压法再生是在等温条件下进行的，切换时间可以很短，因此，塔可以做得很小，大大地降低了装置成本。但是，变压法消耗的再生空气比加热再生除湿装置消耗的干燥空气多 (不会超过 20%)，这是其不足之处。选择流速时还应考虑到不使吸附剂产生粉末或破碎，也不要使吸附剂在压出过程中产生流动或加压时被吹起。过大的流速可能造成吸附剂颗粒的流动从而产生摩擦粉化。与此同时，吸附剂的装填方式也是必须考虑的问题。因此，PSA 法空气除湿总体来讲不是一种便于设计操作的方式，如处理不当，会出现效率较低或能耗过大等问题。

固定床除湿器最初只有待除湿气流通道，没有冷却气流通道，床的两面均有除湿剂，后来也有采用蜂窝状吸附床层的，虽然吸附性能有所改进，但是由于有吸附热易积累、难排放而引起床层温度升高导致除湿效率降低的缺点，后逐渐被具有冷却气流通道的床层所取代。具有惰性填充物的冷却床的惰性填充物和冷气流可以同时移走吸附热，从而降低了床层的温度，提高了除湿效率。后来又出现了具有冷却气流通道的错流床层结构，强化了床层内部的换热，这样进一步提高了床层的除湿效率^[7-9]。

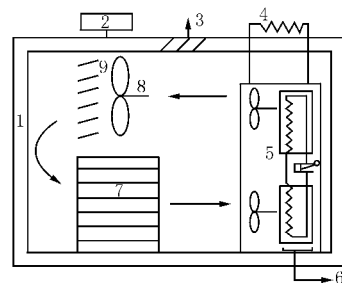
为了能连续除湿和利用工业余热等低品位热源，又出现了转轮除湿机^[10-13]。转轮除湿之所以备受青睐，是由于其可连续运转，湿度控制容易，依转盘直径大小可制成各种不同风量的机型，维护容易而且可以充分利用工业余热、废热、天然气、太阳能等低品位热能，能迅速、简便有效地降低空气中的湿度，卓有成效地解决常温低湿、低温低湿等用

其他制冷方法无法解决的除湿问题，特别是配套组合处理后空气露点可达 -40℃ 以下。液体转轮除湿机充分扩大了转轮除湿机的使用范围。

虽然转轮除湿机具有许多优点，但也有明显的缺点，如固体转轮除湿机结构复杂、费用高、易跑湿，而且除湿过程流体温升较大，一般为 30℃；转轮旋转结构容易出现漏风现象，特别是氯化锂除湿转轮转盘具有容易出现过饱和现象而致使吸湿剂流出，或吸水不平衡致使转盘转动时产生摆动的缺点，因此在相对湿度超过 75% 时，需在除湿机入口处增设加热器，降低入口空气的相对湿度以避免吸湿剂过饱和；分子筛转轮除湿机不仅价格较硅胶贵，而且要求转轮再生空气温度高。

1.3 热泵和氢泵 (电除湿)

热泵可以通过压缩机做功使蒸发器回收的低品位热在冷凝器中温度升高而成为高品位的热^[14]，热泵主要由压缩机、冷凝器、蒸发器、四通阀、膨胀阀、连接管及连接管附件组成 (见图 4)。循环介质是在很低的温度下能蒸发的制冷剂，如氨、氟利昂等。热泵的工作原理 (见图 5) 为：蒸发器内的制冷剂吸收热量后由液态变为气态，然后被压缩



1 密封绝缘结构 2 加湿器 3 过热线 4 外部冷凝器 5 热泵除湿 6 冷凝水 7 干燥产品 8 风扇 9 分布器

图 4 热泵除湿装置图

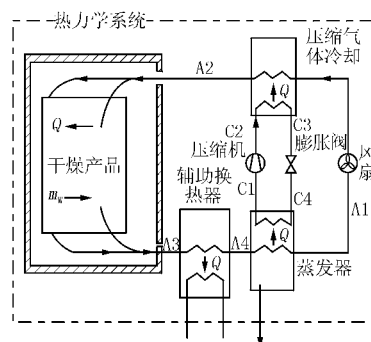


图 5 热泵除湿工作原理图

机压缩至液态而放出热量,并用此热量加热室内的空气或物料,加速水分蒸发。当干燥室内的温度、湿度达到干燥机设定值时,热泵加热装置自动关闭,除湿装置开始工作,干燥室内的湿热空气进入热泵除湿装置,湿热空气中的水分在除湿蒸发器的表面被冷却到露点温度以下后变成水滴,经排水管排出机外,同时冷却后的干燥空气流经换热器,重新被加热后又送回干燥室,不断循环运行,直至物料达到所需要的含水率。热泵能够有效地回收湿热空气中的能量,在干燥领域应用能充分显示出其节能的优越性。热泵低温除湿干燥因具有干燥均匀、无污染、无内应力、无变质变性情况以及能耗低、能源利用率高、干燥室内设备简单、操作维修方便、可不设锅炉设备、环境污染小、安全等优点,尤其适用于对生化质量和物理质量要求较高的物料或敏感性物料的干燥或保鲜。热泵除湿干燥系统工作温度低的特点,既是该设备的长处,也由此带来了新的问题——低温导致单位时间的脱水率较低,这必然要延长干燥时间,从而影响生产率。

电化学除湿的原理为^[15]:水蒸气在阳极被电解,形成质子,在电流的作用下转移到电解质中,越过电解质膜到达阴极,并在阴极放电形成氢分子,释放到阴极产生的气体中,或者直接与空气中的氧形成水蒸气。前者是蒸汽电解并在阳极形成氧气,在阴极形成氢气;后者是质子与氧反应生成水。不论是哪种形式,在阳极器件中水蒸气的含量下降,气体不被干燥,可以被认为是通过氢泵的电化学除湿。

1.4 液体除湿设备

Chung 等人指出传质的推动力是空气中水蒸气的分压与溶液表面的饱和蒸汽压之差,因此除湿推动力取决于工作介质的饱和蒸汽压,故蒸汽压也可用于预测除湿机的除湿效率^[16]。液体除湿使用 LiCl, CaCl₂, ZnCl₂, 二甘醇, 丙三醇, 聚乙烯醇和聚乙二醇等溶液作为吸收剂,由除湿器、再生器及循环泵构成主要系统,当空气在除湿器内与喷洒的吸收液接触时,空气中的水分被溶液吸收而除湿。吸收水分后的溶液由溶液循环泵送到再生器,和由加热盘管加热的再生空气接触,溶液中的水分蒸发并伴随再生空气排出室外,再生器内浓度提高的溶液再由循环泵送入除湿器。

除湿器是除湿系统的关键部件,根据是否对除湿过程进行冷却,除湿器可以分为两大类:绝热型

除湿器和内冷型除湿器^[17-18]。绝热型除湿器是指在空气和液体除湿剂的流动接触中完成除湿的除湿器,中孔纤维膜空气-液体干燥除湿器^[19-20]和采用蜂窝结构的液体吸收式除湿器^[21]都属于绝热型除湿器。内冷型除湿器指在其中空气被液体除湿剂除湿的同时还被外加的冷源(如冷却水或冷却空气等)冷却,藉以带走除湿过程中产生的潜热(水蒸气液化所放出的潜热)的除湿器,强化换热的叉流式除湿器属于内冷型除湿器。

对于除湿后溶液的再生,许多学者进行了研究,P. Gandhidasan 比较了传统加热再生法和低级热源再生法,指出低级热源可以有效地再生液体干燥剂,并且再生量随着换热效率和低级热源的进口温度的增加而增加^[22]。M. V. Rane 等人则开发了一种两步再生液体干燥剂的方法,可以大大地节省再生所需的能量^[23]。除了传统的热能再生外,也有人尝试了利用机械能的膜再生^[24],结果表明在同样的操作条件下,再生 CaCl₂ 所需的渗透压远小于再生 LiCl 所需的渗透压。与此同时,太阳能再生液体干燥剂也被广泛应用^[25]。

液体除湿虽然具有连续除湿、再生动作较快、可杀菌并洗涤空气、可获得稳定的干空气等优点,但是由于溶液是以雾状与空气接触,需防止溶液带出或飞散。因氯化锂在不同的液体浓度和温度下会产生不同程度的析离或结晶,因此,需要针对溶液特性控制溶液浓度,否则易造成循环泵毁损或喷嘴堵塞,另外,还需要定期补充、更换溶液。故其设备费高、维护费高。

1.5 膜除湿设备

膜科学技术是一门新兴的高分离、浓缩、提纯、净化技术。近年来随着膜技术的进步,利用膜的选择透过性进行空气除湿的方法有了较快发展。要使水蒸气透过膜,必须在膜的两端产生一个浓度差,这种浓度差既可由膜两端压力差造成,又可由膜两端温度差造成,或者是由温度和压力共同作用产生。目前对膜空气除湿基本都是以膜两边的水蒸气分压差作为驱动势,因此为了强化除湿,应尽量增大膜两侧的压力差。张立志等人综述了利用压差的膜除湿的各种工作模式^[26]。近年来也出现了一种新颖的空气除湿方式——湿泵除湿^[27],其除湿机理为:水蒸气从分压较低的一侧向水蒸气分压较高的一侧渗透,水

蒸气传递方向是逆压力方向的,因此称之为湿泵。使用湿泵可以利用低品位热源,节省高品位电能。S. Paul 等人则将冷凝除湿和膜除湿结合使用^[28],其优点是:冷凝液体不直接与被除湿的空气接触,直接回收冷凝水作为循环冷却水,有较高的传热系数。膜法空气除湿具有传统除湿方法所不具有的许多优点,如除湿过程连续进行、无腐蚀问题、无需阀门切换、无运动部件、系统可靠性高、易维护、能耗小、维护费用少等,因此很快受到人们的重视并成为膜分离技术应用开发的热点之一。但是,除湿膜还存在透湿率低、强度差、成本高等缺点。相信随着材料科学和膜制备技术的提高,具有更高渗透特性、更高机械强度的新型膜将不断涌现。

1.6 HVAC 除湿设备

HVAC 除湿是指用加热办法使空气相对湿度降低,应用这种方法除湿投资少、运行费用低,但该方法只能降低相对湿度,而不能降低空气中水蒸气的含量,故难以确保室内的除湿效果。而传统的冷冻除湿是利用制冷设备把被处理空气的温度降低到它的露点温度以下,从而除掉空气中的水分。这种除湿方法的优点是除湿性能稳定可靠,可连续除湿,且管理方便;缺点是初投资高,机器运转噪声大,而且不能提供室内所必需的新风量,同时向室外放出大量的热,气体循环制冷效率低。因此,为了更有效地解决室内湿度控制的问题,改进的 HVAC 除湿方法将加热通风和冷冻除湿进行了组合,同时在制冷机组的内外又增加了两路水循环,再加上内外两个气路循环,共形成 5 个大的循环,这样不但提高了制冷的效率,同时又减小了动力消耗,节省了能源,缺点是这种方式的初投资较高,而且结构比较复杂,但是其运行费用较低,而且在除湿制冷的同时又提供一定的新风量,对人体健康有益,这是解决室内湿度控制的较好的选择。其具体的循环图见图 6^[29],其湿度控制原理图见图 7^[30]。

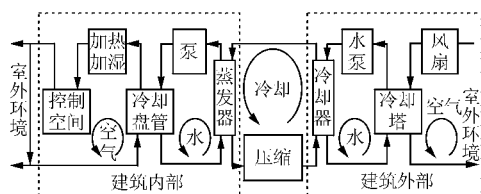


图 6 HVAC 除湿系统结构图

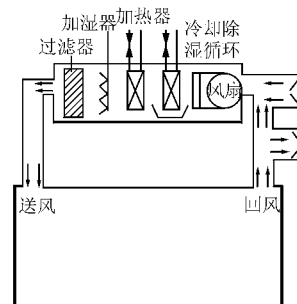


图 7 HVAC 除湿的工作原理图

2 趋势与展望

2.1 耦合技术

近年来,诸如机械制冷除湿与转轮除湿耦合、液体除湿与膜除湿耦合、机械制冷除湿与膜除湿耦合、液体除湿剂转轮除湿和 HVAC 降湿耦合等新型除湿技术得到了长足的发展,并成功地应用于生产。它们综合了所采用的降湿技术的优点,具有独到之处。耦合除湿还可以解决许多传统的单一的除湿技术难以完成的任务,因而在各个领域有着广阔的应用前景。机械制冷除湿与转轮除湿耦合系统可以充分发挥冷冻除湿能在高湿环境下除湿和转轮除湿深度除湿的优势,在节能的同时提高了除湿的效率。

2.2 除湿材料和除湿技术的进步推动相关领域技术的进步

除湿材料^[1]、除湿技术和除湿设备的进步和发展推动了吸附式制冷、固体干燥剂复合空调、液体除湿空调、空气取水、海水淡化及脱盐等领域的进步。如吸附制冷可以解决 CFC 排放问题,以其环保、节能及高 COP 的特性已被人们所重视。在干燥地区,由于干湿球温度相差较大,蒸发冷却的优势很明显;对于潮湿地区,由于干湿球温差较小,只靠蒸发冷却有时不能满足室内空调的要求,此时就可以结合吸收式除湿来进行空气处理。空气取水装置可以方便地在沙漠气候地区及海岛上获得饮用水。

2.3 太阳能、地热及废热等可再生或低品位能源在除湿领域的应用成为研究热点

为解决能源危机问题,人们日益重视利用丰富的太阳能资源、地热及工业余热等低品位热源,并不断地将这些低品位的热源应用于除湿领域,尤其是用于吸附剂的再生,出现了太阳能转轮除湿空调、太阳能液体除湿空调、太阳能吸附除湿制冷系

统、太阳能冷暖温室、除湿干燥剂太阳能再生装置、太阳能驱动的空气取水装置、利用加湿-除湿原理的太阳能脱盐设备、太阳能-热泵干燥除湿系统、地源热泵与化学除湿组合装置、工业废热驱动的转轮除湿装置等。

2.4 信息技术、数学模型及模拟技术不断推动除湿技术的发展

由于除湿技术往往比较复杂,设计、优化及大面积空间降湿比较困难,而信息技术、数学模型及模拟技术则大大地加快了除湿技术的进步。理论计算与实验分析的结合可以更加直接地反映除湿器的工作本质,通过建立数学模型并对其进行分析,也可以不断地优化工艺及运行参数,提高除湿效率。仅转轮除湿机就出现了诸如神经网络模型、液体干燥剂转轮模型、蜂窝状转轮除湿器模型及回流式转轮除湿器模型等诸多模型,这些模型多是以除湿转轮中微元体的气体区及固体区中的水分质量守恒与能量守恒为基础建立的描述转轮中吸收(吸附)和再生过程的微分方程组,再加上必要的边界条件和补充方程组组成。通过对热湿交换模型进行数值模拟与分析,可以为除湿器的优化设计提供依据。

参考文献

- [1] 李鑫,李忠,韦利飞,等. 除湿材料研究进展[J]. 化工进展,2004,23(8):811-815
- [2] 电子工业部第十设计研究院. 空气调节设计手册[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,2000:443-460
- [3] Vian J G, Astrain D, Dominguez M. Numerical modeling and a design of a thermoelectric dehumidifier [J]. Applied Thermal Engineering, 2002,22(4):407-422
- [4] 刘恒伟,刘中良,冯永训,等. 新型湿空气除湿装置工作性能的实验研究[J]. 热科学与技术, 2004,13(2): 143-146
- [5] Aly S E, Fathalah K A. Three phase model of a batch fluidized bed [J]. Heat and Mass Transfer, 1999,34(5): 405-412
- [6] Pietro M, Francesco M, Daniele P. HVAC dehumidification systems for thermal comfort: a critical review [J]. Applied Thermal Engineering, 2005,25(5): 677-707
- [7] 方利国,谭盈科. 除湿制冷系统及除湿器研究进展 [J]. 广东化工,1995(3):15-19
- [8] 冯圣洪,陈在康,汤光发,等. 蜂窝通道硅胶除湿器的试验研究[J]. 洁净与空调技术,2001(1):21-24
- [9] Fathalah K, Aly S E. Study of a waste heat driven modified packed desiccant bed dehumidifier [J]. Energy Conversion and Management, 1996, 37(4): 457-471
- [10] Lou Hongmei, Miyajima H, Dong Fei, et al. Experimental study of thermal phenomenon in PSA air dehumidification [J]. Separation and Purification Technology, 1999,17(1):65-75
- [11] Zhang X J, Dai Y J, Wang R Z. A simulation study of heat and mass transfer in a honeycombed rotary desiccant dehumidifier [J]. Applied Thermal Engineering, 2003,23(8):989-1003
- [12] Wiwut Tanthapanichakoon, Anawut Prawarnpit. New simple mathematical model of a honeycombed rotary absorption-type dehumidifier [J]. Chemical Engineering Journal, 2002,86(1):11-15
- [13] Cejudo J M, Moreno R, Carrillo A. Physical and neural network models of a silica-gel desiccant wheel [J]. Energy and Buildings, 2002,34(8):837-844
- [14] Perera C O, Rahman M S. HVAC dehumidification systems for thermal comfort: a critical review[J]. Trends in Food Science & Technology, 1997,8(3):75-79
- [15] Iwahara H, Matsumoto H, Takeuchi K. Electrochemical dehumidification using proton conducting ceramics [J]. Solid State Ionics, 2000 (136/137):133-138
- [16] Wang Chung Tsair, Wu Honda. Mass transfer correlation for dehumidification of air in a packed absorber with an inverse U-shaped tunnel [J]. Separation Science and Technology, 2000, 35(10): 1503-1515
- [17] 张村,施明恒. 三种太阳能液体除湿空调系统除湿器的比较[J]. 能源研究与利用,2002(6):29-32
- [18] 孙健,赵云,施明恒. 太阳能液体除湿空调性能的实验研究[J]. 能源研究与利用, 2002(5):30-32
- [19] Stefano B, Anna C. Experimental and theoretical analysis of air humidification/dehumidification processes using hydrophobic capillary contactors[J]. Applied Thermal Engineering, 2001, 21(11): 1119-1135
- [20] Carlo I, Enrico N, Anna M. On the application of a membrane air-liquid contactor for air dehumidification [J]. Energy and Buildings, 1997,25(3):185-193

(下转第 23 页)

建筑调试是一个技术含量很高的管理过程。就我国目前情况看,几乎所有工程项目都没有做过很好的调试,能从事复杂系统和跨系统、跨产品品牌调试的技术人才也十分缺乏。解决这个问题应走专业化道路。首先建立相关的规章制度,对大型公共建筑强制性要求系统调试,可以先从暖通空调系统和楼宇自控系统的联合调试开始,形成需求,形成市场,这样自然就会解决技术力量短缺的问题。

2.7 能耗计量

我国能源法规定:“用能单位应当加强能源计量管理,健全能源消费统计和能源利用状况分析制度”。建筑能耗计量的重要性体现在:

1) 通过计量能实时定量地把握建筑物能源消耗的变化。通过对楼宇设备系统分系统进行计量以及对计量数据进行分析,可以发现节能潜力和找到用能不合理的薄弱环节。因此,能耗计量是能源审计工作的基础。

2) 通过计量可以检验节能措施的效果,是执行合同能源管理的依据。

3) 通过计量可以将能量消耗与用户利益挂钩,计量是收取能源费用的唯一依据。

4) 通过计量收费可以促进建筑能源管理水平的提高。要向用户收费,则用户有权要求能源管理者提供优质价廉的能源。在大楼里,用户会对室内环境(热环境、光环境和空气质量)质量提出更高的要求,希望以较少的代价,得到舒适、健康的工作环境和生活质量。能源管理实际是能源服务,管理者只有不断改进工作、提高效率、降低成本,才能满足用户需求。

5) 计量收费是建筑能源管理的重要措施。管理者可以通过价格杠杆调整供求关系,促进节能,鼓励节能措施,推动能源结构调整。

著名的管理大师——GE 公司前 CEO 杰克·威尔奇(Jack Welch)说过:“对于不能测试的事物你永远无法管理”。能耗计量是整个建筑能源管理工作的出发点和基础。

但这个基础性的环节恰恰是我国建筑能源管理中最薄弱的环节。很多管理者可能会对本单位本大楼的总能源费支出有点概念,因为这是需要真金白银地掏钱出去的,但对哪个系统或哪个基层单位能耗有问题却完全无数;很多大楼对大型耗能设备(例如制冷机)会独立计量,但对分散的、小型的末端设备却不计量,因此对节能潜力究竟在哪里完全凭感觉说事。实现能耗的分项(系统)计量和分基层单位计量(尤其是结合已有的 BA 系统)并不困难,也花不了多少钱,但却是建筑能源管理的一大进步。笔者认为,实行能源审计,首先应完善大型公共建筑中的能耗计量系统,节能管理从计量做起。

3 结论

我国执行建筑节能设计标准的新建建筑的面积只占我国城镇民用建筑总面积的 5% 左右。大量的既有建筑尤其是大型公共建筑,通过科学的能源管理可以实现实质性的节能。这也是我国建筑节能投入最少、见效最快的途径。应通过加强对既有大型公共建筑和政府办公建筑的节能管理,建立并逐步完善既有大型公共建筑运行节能监管体系和节能责任制度,研究制定公共建筑用能设备运行标准及供暖、空调、热水供应、照明能耗统计制度。从 2007 年开始,要对政府办公建筑和大型公共建筑进行建筑能源审计,审计结果予以公示,接受社会监督,对其中能耗高的建筑要逐步实施节能改造。根据审计结果,研究制定大型公共建筑的单位能耗限额,逐步实行超限额加价制度。

参考文献

- [1] 龙惟定. 建筑节能与建筑能效管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
- [2] Wayne Turner. Energy management handbook[M]. 4th ed. Lilburn: the Fairmont Press, 2001
- [3] Albert T, William J Y. Handbook of energy audits[M]. New York: the Fairmont Press, 2003
- [4] 省エネルギーセンター. ビルのエネルギー管理ガイド. 2001
- [5] Resources Technology, Transactions of the ASME, 1995, 117(1): 58-61
- [6] 张立志, 江亿. 膜法空气除湿的研究与进展[J]. 暖通空调, 1999, 29(6): 28-32
- [7] Zhang L Z, Jiang Y, Zhang Y P. Membrane-based humidity pump: performance and limitations [J]. Journal of Membrane Science, 2000, 171(2): 207-216
- [8] Paul S, Jedrick B, Alex H, et al. Hydrophilic membrane-based humidity control [J]. Journal of Membrane Science, 1998, 149(2): 69-81
- [9] Lu Lu, Cai Wenjian, Xie Lihua, et al. HVAC system optimization-in-building section [J]. Energy and Buildings, 2005, 37(1): 11-22
- [10] Tashtoush B, Molhim M, Al-Rousan M. Dynamic model of an HVAC system for control analysis[J]. Energy, 2005, 30(10): 1729-1745
- [11] 代彦军, 俞金娣, 张鹤飞. 液体除湿空调系统的数学模型与性能分析[J]. 太阳能学报, 1998, 19(3): 309-313
- [12] Gandhidasan P. Quick performance prediction of liquid desiccant regeneration in a packed bed[J]. Solar Energy, 2005, 79(1): 47-55
- [13] Rane M V, Reddy S V K, Easow R R. Energy efficient liquid desiccant-based dryer [J]. Applied Thermal Engineering, 2005, 25(5/6): 769-781
- [14] Al-Farayedhi A A, Gandhidasan P, Ahmed S Y. Regeneration of liquid desiccants using membrane technology[J]. Energy Conversion and Management, 1999, 40(13): 1405-1411
- [15] Gandhidasan P. Closed-type solar regenerator: analysis and simulation [J]. Journal of Energy

(上接第 40 页)