



# 基于电渗除湿的空调系统的研究



张永泉, 俞 坚

(北京工业大学环境与能源工程学院, 北京100022)

摘要: 分析现有吸附式除湿空调系统存在的问题, 并基于电渗除湿的方式 构建了一种新型除湿空调机组。详细阐述这一种新型吸附式除湿空调系统的构造, 介绍新构建系统的流程形式与工作过程, 阐述电渗除湿的机理。从理论上通过计算分析该系统在理想运行参数下系统产出性能的比较, 数据结果表明该系统在一定工况下可以提高能量利用效率 20% 以上, 为该除湿系统的应用提供基础数据及设计指南。

关键词: 吸附; 除湿; 空调; 电渗; 能量

随着传统制冷空调设备的广泛应用, 制冷空调系统能耗和对环境的污染问题成为该领域面临的两个严峻问题, 也是可持续性发展的两大核心主题。开发节能、绿色环保的新型空调方法是解决这两大问题的有效途径之一。

近几年来, 除湿蒸发冷却空调系统受到国内外的普遍关注, 特别是固体吸附式除湿蒸发冷却系统, 由于其固体吸湿剂吸附的同时对吸湿后的吸附剂进行再生, 使其循环使用, 从而保证整个除湿过程的连续进行等优点引起了大量的国内外学者的关注。笔者通过对各种固体吸附除湿的工作原理及目前国内研究现状进行分析, 开发了一种可以利用电渗原理进行除湿的吸附式除湿空调系统, 增强与传统空调系统的竞争力。电渗现象发现于 1809 年, 但直至 1939 年, 才由 Casagrande 首次成功地应用在德国一个铁路路基开挖工程的边坡稳定上。此后他又将该法应用于土建深基坑开挖和铁路路基加固上。在 1947 年, Casagrande 开始应用动电技术对粘土进行脱水。在欧洲, 电渗已经应用于商业地下建筑的排水系统中。美国陆军工程公司发现这些系统不但阻止水的渗漏效果很好, 而且能够降低地下建筑中的空气湿度。

目前的空调系统主要是利用压缩制冷除湿, 另外应用热活性吸湿材料的湿度控制方法虽然已经开始应

用, 但由于投资高、系统复杂而没有广泛应用。固体吸湿材料的再生需要较高温度的气体并需要一个运动部分的控制系統, 而在液体除湿系统中总是会有复杂的循环管路, 增加了系统的难度。电渗除湿因其独特的除湿机理, 为吸附式除湿空调系统提供了一种新的思路, 但国内在此方面的研究相对比较单薄, 笔者基于电渗的除湿方式提出了一种新除湿制冷的流程, 并主要对除湿的机理、系统的构建、除湿过程系统性能进行理论研究与分析。

## 2 基于电渗除湿的制冷系统的构建

### 2.1 电渗除湿的模式与机理

已经被广泛研究的吸附式除湿蒸发冷却空调系统是利用吸湿剂首先对需要处理的湿空气除湿干燥, 然后将之送入直接蒸发冷却器中, 达到需要的送风状态点, 送入空调房间完成空气调节过程。除湿后的吸湿剂经过加热后再生, 恢复到原有的状态, 这样完成循环的一种制冷空调系统。

电渗除湿是除湿的一种新思维、新方法, 与传统的固体或液体除湿技术不同, 虽然它也是通过吸湿剂来除去湿空气中的水分, 但再生过程是在一定条件应

用电渗原理除去吸湿剂中的水分,恢复到原来的状态,使之能够连续运行。具体的说,为了使吸湿剂能够得以循环使用,必须对吸湿之后的吸湿剂再生。由于在环境温度下,表面的水蒸气分压力比空气的水蒸气分压力低,因而由热力学第二定律可知,该过程不可能自发的进行,而必须付出一定的代价,即耗费一定的能量。电渗除湿就是把需要加热再生的吸湿剂利用电渗的方法除去,从而恢复吸湿剂的除湿能力,在此过程中以消耗能量为代价,获得了除湿潜能。

在1807年Reuss首先发现了电渗现象,即:若将一电位差施加于有孔介质上,其孔隙水将通过毛细管移向负极;若切断电流,孔隙水的流动也立即随之停止。到1879年,Helmholtz解释了这一现象并提出一个数学模型。该模型经少许改进后,至今仍被大多数的研究者所采纳,并认为是基本正确的。

基于电渗原理的除湿装置如图1所示:

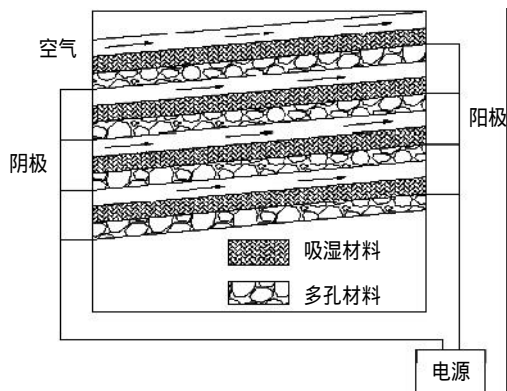


图1 基于电渗原理的除湿装置

## 2.2 基于电渗除湿的制冷系统的构建

基于电渗除湿的制冷系统如图2所示,由一个蒸汽压缩式制冷系统和一个独立的除湿装置组成。

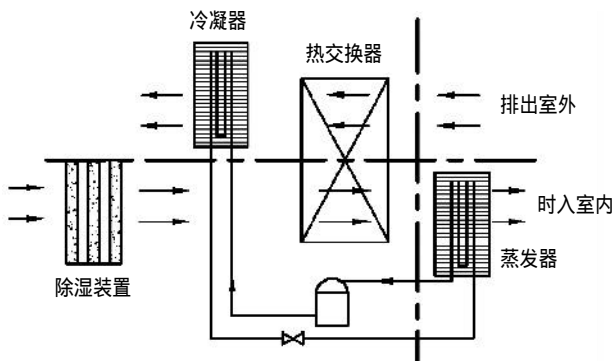


图2 基于电渗除湿的制冷系统图

环境中的热湿空气首先进入除湿装置,空气中的水分被除去。除湿后的空气进入热交换器进行冷却。在这里能够同时利用排出空气进行换热节能。处理后的空气被送入蒸汽压缩式制冷系统的蒸发盘管中,达到送风状态。在冷凝器一侧的空气先进入换热器,然后进入冷凝盘管,再排出。在系统中又流换热器的使用会增加投资并使系统复杂,但它可以使进风和排风在能量交换时有更高的效率,减少冷却负荷。

基于电渗除湿的空调系统其优点在于:

- (1)处理空气量大。吸附剂为无机盐,吸水性强,从而吸湿量大。
- (2)在低温低湿状态时易获得低露点的空气。
- (3)再生能源采用电能,无污染。
- (4)无须采用氟利昂,避免了氯氟烃对大气的污染和臭氧层的破坏作用。
- (5)设备部件少,结构简单,维护方便,噪声低,运行可靠性高。

## 3 基于电渗除湿的制冷系统性能分析

图2所示系统中空气流在理想运行状况下的空气状态在t-d图中的变化如图3中(A-E-D)所示。从图3我们可以看出,与传统的制冷系统的空调系统的空气状态变化(A-B-C-D)相比减少了冷负荷。

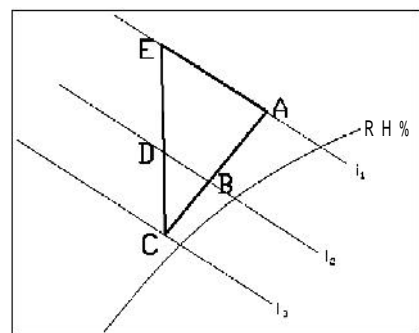


图3 冷却除湿原理图

下面仅对基于电渗除湿的制冷系统和压缩式制冷系统在理想运行参数下系统的产出性能的比较,分析和计算过程均按照理论运行工况进行计算(结果见表1),具体参数要求如下:

初始状态:30℃,相对湿度45%,饱和含湿量12g/kg;



送风状态: 7, 相对湿度 75%, 饱和含湿量 4.5g/kg;

上面的理论计算说明,此改进能够提高能量利用效率30%以上。考虑到实际因素的影响,20%~30%是比较理想的。

表1 两种系统性能对比

名称	压缩式制冷系统	基于电渗除湿的制冷系统	改进
初始空气	30, 12g/kg, 61kJ/kg	30, 12g/kg, 61kJ/kg	
除湿后的空气		45, 4.5g/kg, 61kJ/kg	
蒸发器后的空气	2, 3.8g/kg, 13kJ/kg	7, 4.5g/kg, 19kJ/kg	
送风	7, 4.5g/kg, 19kJ/kg	7, 4.5g/kg, 19kJ/kg	
蒸发器带走的热量	48	42	-12.5%
蒸发器温度	-4	2	
理论COP	2.4	3.0	25%
压缩空气消耗能量	20	14	-30%
再热消耗能量	6	0	
除湿消耗能量	0	6	
总的能量消耗	26	20	-23%
总COP	1.61	2.1	30.4%

#### 4 结论

从以上计算分析可以看出:

(1) 该系统能够采用一种交叉换热器避免了排出空气与新风的接触,保证送风的品质,同时提高了能量的利用效率;

(2) 该系统是应用了新的除湿方法,为热湿独立处理空调系统提供了一条新的思路;

(3) 计算数据表明了该系统能够有效提高能量利用效率;

(4) 影响系统性能的因素主要包括吸湿剂的吸湿能力、蒸发冷冻温度和除湿过程空气温度。

#### 参考文献:

- [1] 殷勇高,张小松,蒋毅.基于溶液除湿潜能释能的制冷系统的构建与研究[J].制冷学报,2006,27(5):27~30
- [2] 黄可明.电渗加固软土技术研究[J].水利科技,1996(1):5~8
- [3] 林君锋,等.重金属污染土壤电修复技术研究进展与应用前景[J].武夷科学,2004,20:174~183
- [4] Philip G. Malone et al. Use of small-scale electro-osmotic systems in controlling groundwater movement around structures[J]. Environmental & Engineering Geosciences, 2005, 11(1):53-60
- [5] 曾丹苓,等.工程热力学.北京:高等教育出版社,2002
- [6] 陈宗淇,王光信,徐桂英.胶体与界面化学.北京:高等教育出版社,2001

## 西子奥的斯十年塑造绿色电梯品牌

西子奥的斯电梯有限公司是1997年由美国奥的斯电梯公司与中国西子电梯集团公司合资组建而成的电扶梯生产企业。西子奥的斯早在2001年就率先推出OH5000无齿轮系列节能电梯,使传统电梯的能源节省量达到44%,并在其他电梯生产厂家和市场对无齿轮产品抱有观望态度时,坚决而果敢的向市场全面推广。推广5年来,数万台OH5000无齿轮节能电梯在中国乃至世界节能建筑领域做出了巨大贡献,2002年,西子奥的斯节能电梯单品销量超过万台,年增长率达到了40%。

而在“无齿轮节能电梯”技术应用的5年中,西子奥的斯始终没有停息对绿色、节能产品的研究和开发。2006年,西子奥的斯又一次率先引进奥的斯专利“能源再生”技术,并将其第一次在全球范围内应用于中低速电梯,使电梯节能在突破最大节能70%的同时,也在全球市场上第一次使该技术得到最大范围的普及。能源再生电梯技术通过将电梯轻载上行、重载下行时的机械能转换成电能并反馈回电机而实现节能。这对于运转频繁的大型商用建筑的节能效果尤其显著,可使酒店以及大型商用设施经营者节约运营成本。锐进能源再生技术不仅在奥运到来之际为绿色建筑的改造提供强有力的技术支持,更会为节能电梯技术普及以及发展带来划时代的进步。(本刊讯)