

喷射泵在冷冻脱水装置中的调控分析

许树学, 马国远, 周峰, 彭龙

(北京工业大学环境与能源学院, 北京 100022)

摘要: 喷射泵结构简单, 无运动部件, 对两相区适应性好, 将其作为节流部件引入普通压缩式冷冻机中, 产生 2 个蒸发温度, 构造出一种新型的冷冻脱水装置, 通过对节流阀或喷射泵的调节改变系统工况。整个机组结构紧凑, 喷射泵回收了节流膨胀过程损失的功, 并增加压缩机吸气压力, 提高了循环性能系数。

关键词: 冷冻; 喷射泵; 调控

中图分类号: TB655; TQ051.21

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2008)05-0076-03

Regulation analyses on ejector used in freezing dewater equipment

XU Shu-xue, MA Guo-yuan, ZHOU Feng, PENG Long

(College of Environment and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The structure of ejector is simple and it has no moving parts, it can suit itself to the two-phase region working situation. The compressing freezing equipment can produce two different evaporating temperatures with ejector as a throttle and the system's condition may be changed by the adjustment of the valve or ejector. The structure of the whole equipment is closely arranged, the ejector can recover some work lost in the expansion process and raise the suction pressure of compressor, and so it can raise its property performance of the circulation.

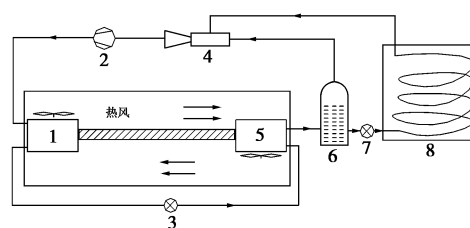
Key words: freezing; ejector; regulation

普通冷冻机组存在机组庞大、能耗高、能量运用不充分等问题。笔者考虑将结构简单、无运动部件、两相区适应性好的喷射泵引入到冷冻脱水机中。一方面紧凑了系统规模, 同时对低压蒸汽的压缩作用可提高压缩机吸气压力, 降低能耗。与以往的水喷射相比, 将喷射泵用在有机制冷剂装置中最大的特点是解决了温度零度以下的问题, 近年来国内外学者对此进行了许多研究^[1]。使用热泵对农副产品等进行冷冻、干燥是一种节能环保的操作。本文就喷射泵在冷冻脱水装置中的调控进行了分析。

1 工作原理

喷射泵冷冻脱水装置简图如图 1 所示。

该冷冻脱水装置由 1 台压缩机、喷射泵, 2 个蒸发器、冷凝器及节流装置组成。出蒸发器 1 的制冷剂分为 2 股流体, 一股作为喷射器的工作流体, 另外一股经膨胀阀二次节流后进入蒸发器 2 吸热并制造出冷冻室, 冷冻室内蒸发器 2 提供低温环境; 在干燥区域内, 热泵机组的冷凝器提供热风干燥含有少量水分的物料, 吸湿后的空气通过同样放在干燥



1—冷凝器; 2—压缩机; 3—节流阀; 4—喷射泵; 5—蒸发器 1;
6—闪发器; 7—节流阀; 8—蒸发器 2(冷冻室)

图 1 喷射泵冷冻脱水装置图

室内的蒸发器 1, 蒸发器 1 吸热回收空气中的热量并除去其中的水分。干燥空气闭合循环, 不受外界干扰, 也不对环境造成冷热污染。

2 各部件的设计

以常用工质 R22 压缩机为例进行设计^[2], 压缩机额定功率为 225 W, 制冷性能系数(COP)取 2。冷冻室中蒸发器 2 的负荷与干燥室内蒸发器 1 的负荷共 450 W, 干燥室内冷凝器负荷为 675 W。

2.1 蒸发器与冷凝器

蒸发器与冷凝器负荷设计时要考虑冷冻室内负

收稿日期: 2008-01-04

基金项目: 国家自然科学基金(50776001)资助项目

作者简介: 许树学(1981-), 男, 博士生, 010-67391613, xsx@emails.bjut.edu.cn; 马国远(1963-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为制冷热泵新技术、建筑物能量回收。

荷与干燥室内换热器负荷的协调,保证机组连续生产。机组的工作状态为高压 1.28 MPa,冷凝温度 33℃;冷冻段低压 0.22 MPa,蒸发温度 -23℃;干燥除湿段低压为 0.42 MPa,蒸发温度为 -5℃。同时考虑冷冻室及干燥室、水箱的“漏热”问题,干燥室内冷凝器负荷为 675 W,干燥室内蒸发器 1 负荷为 300 W,冷冻室内蒸发器 2 负荷为 150 W。

2.2 喷射泵的调控

采用较成熟的气体动力函数法设计喷射泵^[3]。它针对一定参数的工作流体和引射流体,给定喷射系数和压缩压力中的一个量,确定另外一个量,进而确定喷射泵的几何尺寸。

蒸发器 1 制冷剂流量为

$$m_1 = \frac{q_1}{r_1} = \frac{300 \times 10^{-3}}{403.49 - 194.17} = 1.43 \text{ g/s}$$

蒸发器 2 制冷剂流量为

$$m_2 = \frac{q_2}{r_2} = \frac{150 \times 10^{-3}}{395.76 - 173.71} = 0.67 \text{ g/s}$$

喷射泵喷射系数 μ 为

$$\mu = \frac{m_1}{m_1 - m_2} = \frac{0.67}{1.43 - 0.67} = 0.88$$

工作流体压力 $p_P = 0.42 \text{ MPa}$,引射流体压力 $p_H = 0.22 \text{ MPa}$ 。

因

$$\frac{p_P}{p_H} > \frac{1}{\pi^*} = 1.80(\pi^* \text{—工作流体临界压比})$$

喷射泵内喷嘴形状应是缩放型的,工作流体在超音速状态下吸引引射流体。根据模拟计算得喷射泵出口压力为 $p_C = 0.26 \text{ MPa}$,由此确定喷射泵主要截面比,再根据流量很容易确定出喷射泵的几何尺寸,得出喷射泵设计工况下的结构。

喷射泵冷/热量的调节,分为质调和量调 2 种方法^[4]。质调是改变喷射泵中流体工作参数,即改变各个节流阀开度,进而改变流体压力;量调是通过改变喷射泵几何参数完成的,目前一般采用在喷射泵喉部加装调节针的方法,但此法加工实践起来较困难,同时还会对喷射泵内流体的流动产生不良影

响。本文以质调为例进行分析。

(1)保持压缩机吸气压力(喷射泵压缩压力)及干燥室内蒸发器 1 蒸发压力不变,改变节流阀 2 的开度对机组进行质调。冷冻温度随阀开度的减小而下降,同时使冷冻功率发生改变。

由图 2 可知,随着冷冻压力的降低,冷冻温度下降,同时喷射系数减小,流经冷冻换热器的工质量减小。原因是喷射泵处在最佳引起压力以下的亚极限工况。在设计工况下(引射压力为 0.22 MPa),喷射泵有约 0.67 g/s 的冷冻工质流量,150 W 的最大冷冻功率。减小喷射泵的引射压力,喷射系数下降,引射压力为 0.13 MPa 时,引射量为 0.23 g/s,冷冻功率只有 52 W。

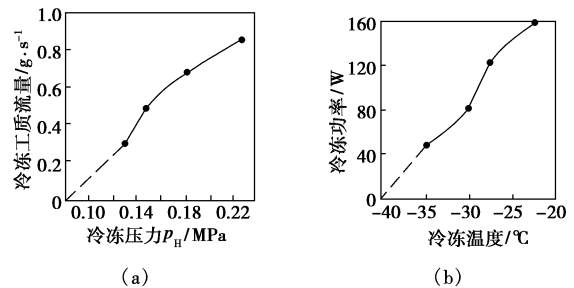


图 2 冷冻状况随压力、温度变化图

(2)若保证冷冻室内的温度恒定,对冷冻功率进行调节,将同时引起压缩压力(压缩机吸气压力)的变化,如图 3 所示。

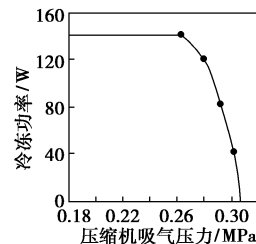


图 3 冷冻功率随吸气压力的变化图

引射流体压力恒定时,压缩压力对喷射系数产生直接影响。基本规律是:存在一最小压缩压力,当压缩压力大于此值时,喷射系数急剧下降,冷冻功率

(上接第 75 页)

(6)该技术在铬盐行业首次使用,没有经验可借鉴。因此该项目存在一定的投资风险。

该工艺仍可能存在进窑物料发生偏析的可能性,只要加强操作,特别是生产具有一定规律后,适当调整物料配比对稳定大窑生产工况和良性运行是很有帮助的,不存在物料在预热器内“结皮”、堵塞和

下料不畅现象,在选用喂料、混料、提升设备时应考虑设备的耐热性能。

参考文献

[1] 丁翼,纪柱. 铬化合物生产与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
 [2] 汪澜. 水泥工程师手册[M]. 北京:中国建材工业出版社,1998.
 [3] 纪柱. 铬铁矿无钙焙烧工艺实验的经验[J]. 铬盐技术通讯,1992(2):40-68. ■

减小;当压缩压力小于此值时,喷射系数及冷冻功率不再随压缩压力发生变化,维持在最大值附近。

3 机组的运行

在喷射泵的设计工况下,以饱和含水粉丝的脱水过程为例进行机组性能运算。调节节流阀1,使蒸发器1的压力为0.42 MPa;调节节流阀2,使蒸发器2压力为0.22 MPa。粉丝在 -18°C 的温度下冷冻脱水^[5]。含水量为1.5 kg(水)/kg(绝干物料),冷冻负荷502.5 kJ/kg(绝干物料)。冷冻室每小时可冷冻 $3.6 \times 150/502.5 = 1.07$ kg绝干粉丝,经冷冻脱水并热水洗后的潮湿粉丝含水量下降为0.5 kg/kg。1.07 kg含水绝干粉丝所需干燥负荷为 $1.07 \times 0.5 \times 2400 = 1284$ kJ。干燥室内冷凝器1每小时可提供热量约为 $675 \times 3600 = 2430$ kJ,可满足1284 kJ/h的干燥负荷。

干燥过程如图4所示。

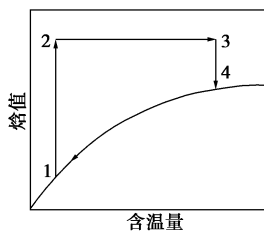


图4 干燥过程示意图

干燥室内循环空气各部分状态参数如下。出蒸发器1的空气为低温饱和状态,状态参数为: $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$, $d_1 = 2.3$ g/kg,相对湿度 $\varphi = 100\%$,焓值 $i_1 = 0$;经冷凝器后含湿量不变,相对湿度下降,并具有了吸湿能力,状态参数为: $t_2 = 27^{\circ}\text{C}$, $d_2 = d_1 = 2.3$ g/kg,

相对湿度 $\varphi = 10\%$,焓值 $i_1 = 12$ kJ/kg;干燥过程理想上为等焓过程。空气将热量传递给粉丝中的水分,水分蒸发同时空气的含湿量增加,出干燥室后空气基本饱和。状态参数为: $t_3 = 12^{\circ}\text{C}$, $d_3 = 8.2$ g/kg,相对湿度 $\varphi = 100\%$,焓值 $i_3 = 12$ kJ/kg。

4 结论与建议

(1)根据物料特性调节阀的开度,从而对喷射器工况进行调节,设置不同的冷冻、干燥温度和负荷。

(2)通过调节风机转速调节干燥的速度,同时掌控进出料速度,可保证产品产量和质量。

(3)与室外环境配合以节省功。如外界环境温度较低时,冷冻的负荷可更多地由环境负担;气温较高时,干燥部分则可以在自然条件下先干燥一段时间后再放入干燥室内干燥。

喷射器在热泵中的应用,紧凑了机组规模,并回收了部分有用能,为冷冻干燥工艺生产提供了一种机械化、自动化、绿色环保生产方案。

参考文献

- [1] Cizungu K, Mani A, Groll M. Performance comparison of vapour jet refrigeration system with environment friendly working fluids [J]. Applied Thermal Engineering, 2001, 21: 585 - 598.
- [2] 吴业正. 制冷原理及设备[M]. 西安:西安交通大学出版社, 1997: 17 - 45.
- [3] 索科洛夫 Е Я, 津格尔 Н М. 喷射器[M]. 黄秋云, 译. 北京: 科学出版社, 1977: 1 - 95.
- [4] 沈胜强, 张珉. 可调式气体喷射器调节性能计算分析[J]. 石油化工高等学校学报, 2007, 20(3): 74 - 76.
- [5] 杜连起, 刘文合. 粉丝生产新技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 23 - 45. ■

2008 中国国际橡塑展: 拜耳材料科技启动“双中心”

——提升聚碳酸酯领域客户服务, 彰显色彩技术实力

拜耳材料科技于2008年4月18日在上海宣布其在中国的2个新设施正式建成——位于浦东金桥聚合物研发中心的客户交流中心以及位于上海一体化生产基地的色彩效果中心, 新设施将致力于提高拜耳在聚碳酸酯领域为客户提供高度个性化定制解决方案的能力。

色彩效果中心是包括意大利的 Filago、美国俄亥俄州的纽瓦克(Newark)以及泰国的马普塔普特(MapTa Phut)在内的拜耳材料科技全球一体化色彩网络的一部分, 它能够提供一系列广泛的服务, 包括配色、色彩开发以及样本制作。拜耳材料科技聚碳酸酯业务单元亚太区高级树脂部门主管何海德博士解释道, “作为高度整合的全球网络中的一部分, 色彩效果中心让拜耳的客户无论身处何地都能够色彩开发和配色方面享受符合全球标准的服务。这将帮助我们客户的生产过程得到高度的一致性。”

客户交流中心还具备创新的染色技术——属于 Fantasia[®] 5 项色彩技术之一的 Aura[®] 色彩浸渍技术。有了 Aura[®] 色彩浸渍技术, 色彩可以在单个乃至批量的聚碳酸酯材料部件上应用。这种按需订购的染色系统可将颜色直接注入由透明、半透明或不透明的树脂如模克隆[®] 聚碳酸酯

或者拜耳兰[®] 聚碳酸酯混合物制造的已成型部件。这意味着定制的注塑或者挤塑产品可以根据客户要求在其自己的设施内进行色彩染制, 这种技术可以不考虑部件的数量或大小, 因此大大降低了浪费程度。由于该技术能使颜色涂层渗透到材料内部, 所以产品不会褪色或因刮擦而掉色, 从而能够保证产品的历久如新。

新客户交流中心(CIC)与色彩效果中心(CCC)的成立为客户提供了一个能让客户充分利用拜耳专业技术的综合平台。这些专业技术包括了从为客户开发定制能够充分应对各种挑战如耐热耐冲击的高品质塑料, 到模具设计和工艺优化, 乃至利用 Leda[®] 技术获取诸如金属色或者夜光等的特殊色彩效果。

在此次中国国际橡塑展上, 拜耳材料科技的展台设计极富创意。模克隆[®] 双层聚碳酸酯板材所组成的双层结构让展台充满了简约的现代感, Fantasia[®] 色彩技术所装点的艺术墙则充分展示了公司在该项技术上的雄厚实力。其他主要展品还包括 eXasis 塑料概念车, 以及由聚碳酸酯环所制成的模拟瀑布。(杨瑞影)