

浅谈溴化锂吸收式制冷技术的发展

摘要: 溴化锂吸收式制冷技术在我国得到了飞速发展和广泛应用。通过对溴化锂吸收式制冷技术的回顾与展望,在此基础上简单介绍了世界各国对吸收式制冷的研发和应用现状。因化工、电力行业普遍有余热资源可以利用,溴化锂制冷正好适应此特点,回收大量余热、节约生产成本创造剩余价值。尤其我国将热、电、冷联产技术作为国家鼓励发展的通用节能技术,这更为溴化锂制冷技术提供了广阔的发展空间。

关键词:溴化锂;吸收式;制冷

Abstract: Libr absorption refrigeration technology in our country obtained the rapid development and wide application. Through the libr absorption refrigeration technology retrospect and prospect, this paper basely introduced the world in the absorption refrigeration and development and application of the status quo. For chemical industry, electric power industry commonly has waste heat resources using, and just adapts to the characteristics of refrigeration, recycling of waste heat, and saving the production cost to create a residual value. Especially a country like China, it will use heat, electricity, cold cogeneration technology as to encourage the development of common technology for energy conservation, and this provides the broad space for development.

Key Words: lithium bromide; absorption; refrigeration

0 前言

随着我国对外开放政策的贯彻和国民经济的发展,我国溴化锂吸收式制冷取得了长足的进步。中国已成为世界上溴冷机的生产大国,尤其 1997 年以来,生产总量占国内中央空调冷源机组总量的五分之二以上,具有很大发展潜力,因此值得我们去研究。

1 溴化锂吸收式制冷技术的回顾与展望

1.1 回顾:

统计资料表明:1998 年全球吸收式冷水机组的总产量为 7000 (冷量在 350kw 以上) 台左右,中国约占 35%,日本约占 30%,韩国约占 20%。由此可见,中国已成为世界上吸收式制冷机的生产大国。

1.1.1 生产量与生产厂家

根据有关统计资料,近十年来我国溴化锂吸收式制冷机的产量呈现大幅度的增长,尤其是 1997 年的产量达到历史的最高水平 3575 台,占我国中央空调冷源机组总产值的 2/5 以上,随后产量却逐年下降。九十年代溴化锂吸收式制冷机行业进入全面发展的时期,产品产量和产值迅速提高,技术水平也取得了相当的进步,面对溴化锂机组需求量日益增长,新的企业不断涌现,最多时曾达六七十家市场竞争异常激烈。

九十年代后期,随着我国电力供应的相对宽余和 CFC 替代工质的出现,使电制冷机在中央空调领域内所

占的份额呈增加趋势，而溴化锂吸收式制冷机的节电和清洁环境的优势已不明显，很多企业不得不转产或停产，剩下具有一定规模的企业不到十家。根据中国冷协统计资料产量在 200 台以上、产品质量符合有关标准要求、产品为中国冷协所推荐的企业有大连三洋、双良空调、远大、一冷开利等，加上烟台荏原、青岛 LG 等合资企业。

1.1.2 技术进步

(a) 生产技术主要的生产手段与过去相比，有了很大的改善与提高。在焊接方面采用了气体保护焊和自动氩弧焊；在管板加工方面采用数控机床或加工中心；在装配方面采用了敞开式对中机，不少企业设有装配流水线；在真空检漏方面采用了氦质谱仪检漏；在性能试验方面，不少企业都设有完善的产品试验台架。极大的提高了产品的可靠性。

(b) 型式与结构九十年代除蒸汽型与热水型外，直燃型冷热水机组问世。直燃型机组销售量不断上升，现已占溴化锂吸收式制冷机总销售量的一半以上。热水两段型溴化锂吸收式制冷机、小型直燃机组、直燃机与冷却塔连在一起的小型一体型机组、直燃机与热水器连在一起的小型组合机组相继问世，大幅度增加了产品的种类。

在机组结构方面，各生产企业各具特色。体积小、重量轻、溶液充注量小、结构紧凑、热效率高是各企业追求的目标。筒体型式已有单筒、双筒、三筒等不同结构，在屏蔽泵上配置设有单泵、双泵、三泵型。自动抽气装置结构也不尽相同。

(c) 性能指标九十年代我国生产溴化锂吸收式制冷机组性能系数 COP 已与世界先进水平相当。还有在设计上，大多数热交换设备采用了各种形状的高效传热管，完善了机组的抽气系统，加强了机内的真空管理。在工艺上对机组的清洁度和密封性采取了切实的控制手段，从而减小了机组的体积和重量。在机组的控制技术方面，九十年代初期开发了溴冷机的微电子控制系统。该系统具有手动和自动两种运行方式、多点温度自动显示、故障自动报警和机组启控制等基本功能。1992 年应用 PLC 程序控制器实现了溴化锂吸收式制冷机的全自动控制。九十年代中期，溴冷机的控制又进入新的阶段。PLC 又赋予了检测、记忆、预报和执行等新的功能。系统的触摸屏可显示机组的各种动态参数，监视运行状态，预报可能发生的故障，对控制器进行操作和实施启停等程序操作。

1.2 展望

1.2.1 高经济性和高紧凑型机组将得到优先发展

机组的经济性可用性能系数 COP 来表示，COP 值对直燃两效机而言，将从目前尺寸下分别提高到 1.35（制冷）和 0.88（采暖）；或在 COP 值不变的情况下将体积减小一半。为了提高经济性，三效循环和吸收-压缩联合循环的研究还会加快。

1.2.2 工业节能型产品将发挥更大的作用

溴化锂吸收式制冷机特别适合于工业的余热制取冷水或作为热泵机组提高热量的品位，用于供热采暖或重新将热量用于流程中。从整个社会看，这种机型有助于节约能量消耗和环境的保护，真正发挥溴冷机的特色。

1.2.3 燃气型空调机组将得到大力发展

在天然气的勘探取得重要进展，国家提出了大力调整能源结构和消费结构，并于 2001 初开始实施“西气东输”等大型能源工程。有鉴于此，我国以燃气为能源的空调设备将有相应的发展。

1.2.4 提高机组水平的基础研究将得到加强

在现有的水—溴化锂溶液工质对的基础上寻求新的工质组分的基础研究得到加强，提高溶液的高温稳定性和溶解度，从而扩大机组的工作范围，提高机组效率，解决机组运行时容易发生的结晶问题，并开发风冷吸收式机组。同时掌握工质对在高温下溴化锂吸收式制冷机的设计计算问题，进行三效吸收式机组的研究；

开展新缓蚀剂的试验研究，进一步降低溴化锂溶液对金属材料的腐蚀；新的添加剂的研究将进一步开展，在制成的机组中加入添加剂，可提高机组制冷量。

1.2.5 自动控制和远距控制在溴冷机上将得到进一步的应用。

2 世界各国吸收式制冷技术的研究与开发

我国在一段时间内，吸收式制冷机曾经是空调和生产流程中常用的以热源为动力的冷源设备。在能源结构以电力为主的情况下，吸收式制冷机和热泵可用于覆盖夏季的峰值耗电量。在建有广泛的燃气管网时，夏季多余的燃气也可用于制冷，以求得全年的消耗平衡。在我国“西气东输”的大好形势下，吸收式制冷与热泵将会得到相应的发展。中国、日本、韩国、美国等国的大专院校、研究单位、企业等进行的大量相关的研究和开发工作。

2.1 中国

上海交大王如竹、陆震介绍了上海交大从 1993 年以来在吸附和吸收式方面所作的研究。在吸收式方面进行的研究有：工质的物性、发生器和吸收器的降膜研究、各种吸收循环和样机的开发、小型直燃机、单/双效机以及优化和动态模拟等。

上海交大王磊等研究了运转工况对吸收式制冷机的影响，对小型直燃式倒串联循环吸收式制冷机的动态性能进行了实验研究。结果表明，冷水和冷却水对制冷机有不同程度的影响，提出了这两个参数对 COP 影响的算式。

上海交大 Liu Yanling 等进行了太阳能两效 H₂O/LiBr 吸收式制冷机的模拟和经济性评估。在所提出的两效 LiBr 吸收式制冷机中，太阳能和高压发生器的制冷剂蒸气通入低压发生器。该装置除用于夏季制冷外，还可用于冬季采暖和供应热水。

清华大学 Tian Guansan 等进行了新型燃气吸收式空调器的热力分析。提出一种燃气直燃吸收式空调器的新流程，导出了热力模型用于计算空调器的热力循环。研究了运转费用，提出单位热量的电价和燃气价之比对运转费用的影响。

2.2 日本

东京农工大学的柏木孝夫论述了日本的吸收式制冷和空调循环。提到了日本吸收式制冷技术的最重要的课题，其中包括高效机和三效机的开发。在高效机方面，主要采用回收循环热量，改进吸收器/蒸发器和回收排气余热。在三效机方面，主要采用在普通两效机前加装高压发生器，进行了优化三效循环、基础开发研究、开发控制技术、原型机评估、商品化市场研究。现原型机已运转 2100 小时。

Osaka City Univ.的 Nobuya Nishimura 研究了一种立板式吸收器。研究了用垂直板代替管群的设计方案，并进行了试验。试验结果表明，在膜的雷诺数从 8.5 增加到 29 时，制冷量增大约 (150~170) %，而传热系数约为 1.0kW/m²K。采用板式吸收器可有效地改善吸收器的性能。

Shibaura Institute of Technology 的 KamoshidaJunji 进行 LiBr 吸收 H₂O 蒸汽时添加剂对传热和传质强化的试验研究。添加表面活性剂在界面上造成浓度梯度，引起对流，从而改善蒸气吸收。本研究中用纤维光纤折光仪观察了吸收剂界面上因添加表面活性剂而改善传热和传质的机理。用浓度探头技术测量了界面附近的浓度和温度的变化。

Waseda Univ.的 Jeong JS 进行了超高效混合空调系统的性能和特性分析。对发动机驱动压缩式制冷机和以其热驱动的吸收式制冷机联合的吸收压缩循环进行了模拟。

2.3 韩国

Global Environmental Research Center Korea 的 Sungmin Chin Jongsoo Jurng Chanwoo Park 研究了吸收器中溶液的再循环对溴化锂吸收式制冷机性能的影响。吸收器溶液的再循环是指低温热交换器出口的稀溶

液经低压发生器加热后，再并入低温热交换器之前的浓溶液中，经低温热交换器送入吸收器。试验表明，在有溶液再循环时，进入吸收器的浓溶液温度和浓度下降。

Korea Institute of Science and Technology 的 Chin S 探讨了制冷剂污染对吸收式制冷机性能的影响。在制冷剂污染度为 1.00 至 1.17 范围内，用仿真程序对单效、双效并联和双效串联吸收式制冷机进行了研究。

Sungkyunkwan Univ.的 Kim JK 进行了立式吸收器吸收性能的分析 and 试验研究。用同时解能量方程和扩散方程的方法求得了液—气界面和壁的温度、浓度的变化。

2.4 美国

Iowa State Univ.的 Meacham JM, Garimella S 进行了空调系统用微通道吸收器的试验展示。对氨水吸收式制冷机中所用的超小型吸收器进行了吸收过程的可视化试验，传热系数为 (133~403) W/m²·K。该研究为家用机型的小型化创造了条件。

The Trane Co.的 Patnaik V 等探讨了 R22-DMF、R134a-DMETEG 和 NH₃-H₂O 的热力研究—蒸汽压缩工质对的溶液回路强化在空调中的应用。在普通压缩式循环中添加了内部热交换器和溶液泵两个元件，组成了压缩—吸收混合循环。与 R123 单一工质的压缩循环相比，R22-DMF 循环效率可提高 7%，而 R134a-DMETEG 和氨水工质对可提高 4%。

Univ. of Maryland 的 Chen Xia 和 Anjanappa M 研究、开发了原型吸收式热泵用基于 PC 机的控制器，以实现吸收式制冷机主要参数的控制、启动、监控和在线控制。

3 溴化锂吸收式制冷技术所具有的价值

一是节能。说简单一点，由于溴化锂制冷采用的是低品位的蒸汽作制冷动力，而且可以利用蒸汽中的汽化潜热甚至过冷热量。而所有的电压缩式制冷系统，使用的是电能。众所周知：电厂在发电过程中，有很大一部分热量是被冷却水带走的，因此用低品位蒸汽作制冷动力的溴化锂制冷系统的节能性是显而易见的。二是溴化锂本身无污染。溴化锂是一种无毒、无害、不挥发物质，它对大气环境几乎不存在不利的影 响。三是易操作维护，便于管理。鉴于溴化锂制冷技术的多项优点，国家科技部及其他行业部委都曾发文推广该项节能技术。这就给该项技术的发展提供了空间。

无锡新天马制冷有限公司

二手制冷设备回收网

中国空调制冷设备论坛

