

# 气体水合物在空调蓄冷中的应用研究进展

杨 亮,樊栓狮,郎雪梅

(华南理工大学化学与化工学院传热强化与过程节能教育部重点实验室,广东 广州 510640)

**摘要:**介绍了国内外近几年气体水合物蓄冷技术应用研究进展。从节能与环保角度出发,分析了气体水合物作为新型蓄冷工质在空调蓄冷中应用的必要性。从气体水合物相平衡热力学、结晶动力学、数值模拟以及蓄冷装置等方面阐述了气体水合物在空调蓄冷中应用的可行性,为气体水合物蓄冷技术尽快走向实用化提出了研究重点。

**关键词:**气体水合物;蓄冷工质;空调;模拟;装置

中图分类号:TQ026;TE646

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2008)09-0033-05

## Application prospects of gas hydrate as cool storage media in air-conditioning

YANG Liang, FAN Shuan-shi, LANG Xue-mei

(Key Lab of Enhanced Heat Transfer and Energy Conservation of the Ministry of Education, School of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Recent advances in the cool storage technology with gas hydrate as cool storage media is presented in this paper. In view of the energy conservation and environmental protection, the necessity of gas hydrate as the new-type cool storage media applied in thermal storage air-conditioning is analyzed. The application feasibility is elaborated from aspects such as phase equilibrium, crystal kinetics, numerical simulation and cool storage apparatus. Some advice about research work needed to do is put forward in order to apply this technology to the engineering practice.

**Key words:** gas hydrate; cool storage media; air-conditioning; simulation; apparatus

节能与环保是能源利用领域中最重要课题,利用相变材料的相变潜热进行能量的储存(蓄冷、蓄热)是一项新型的节能环保技术。随着科学技术的发展,人类对能源的需求日益增加,但由于我国能源分布不平衡,利用效率不高,浪费现象严重,造成了能源供给趋势的紧张。特别是近几年来,我国电力供需矛盾日益加剧,电网负荷率低,用电峰谷差大,高峰电力严重不足,致使电网经常拉闸限电。例如我国东北电网最大峰谷差达到最大负荷的 37%,华北电网已达 40%,1995 年上海峰谷差已达到最高用电负荷的 37.6%<sup>[1]</sup>,其主要原因就是空调用电的攀升。数据表明,夏季空调用电占高峰用电负荷的比重中,深圳约为 40%,广州约为 30%,上海约为 20%。一般来说,当空调用电比例超过 15% 时,就成为出现电负荷峰谷差的主要因素,为此各地纷纷采用峰谷分时电价以达到移峰填谷的目的。在 2005 年《广东省峰谷分时电价实施办法》中,高峰电价达到低谷电价的 3.16 倍。蓄冷空调<sup>[2]</sup>正是利用夜间的低谷电力蓄冷,白天用电高峰期则利用夜间储存的冷量制冷。蓄冷空调技术<sup>[3]</sup>的应用,不仅可以调

节电力供需,移峰填谷,平衡能量系统,而且可以降低能耗,节约运行费用,实现能量的高效合理利用。

在空调蓄冷技术中,最重要的是要求储能材料<sup>[4]</sup>的相变温度与空调工况相适应。目前,空调蓄冷方式很多,按蓄冷介质可分为水蓄冷、冰蓄冷、共晶盐蓄冷和气体水合物蓄冷 4 种方式。作为新一代蓄冷介质,气体水合物克服了冰蓄冷效率低、水蓄冷密度小、共晶盐蓄冷换热效率低和易老化失效等弱点,被认为是一种比较理想的蓄冷技术。目前,气体水合物蓄冷工质的替代研究工作也正受到越来越多科研工作者的青睐,因此气体水合物应用在空调蓄冷中具有非常广泛的发展前景。

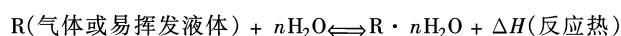
## 1 蓄冷原理

气体水合物是由某些气体(或易挥发液体)与水形成的包络状晶体<sup>[5]</sup>,作为客体的气体或液体分子被水分子结成的晶格网络坚实地包围在中间。形成晶网的水分子是以氢键相互结合的,而客体分子与水分子之间的相互作用却是较弱的范德华吸引力,正是这种弱作用力促成水在 0℃ 以上形成稳定的网

收稿日期:2008-06-27

作者简介:杨亮(1984-),男,硕士生,liang.yang@mail.scut.edu.cn;樊栓狮(1965-),男,博士,教授,从事天然气水合物技术、天然气净化/储存/转化等新技术研发工作,通讯联系人,ssf@scut.edu.cn。

络晶体。由于气体水合物可以在冰点以上结晶固化,故又称“暖冰”蓄冷技术,其蓄冷原理为:



气体水合物作为蓄冷工质有如下特点:①相变温度在 5~12℃,与空调系统所希望的 5~8℃的相变温度相吻合;②蓄冷密度大,与冰蓄冷密度(334 kJ/kg)相当;③溶解热为 302~464 kJ/kg,与冰相当,长期使用不会老化;④易于采用直接接触蓄冷、放冷系统,蓄、放冷过程的传热效率高;⑤低压蓄冷系统的造价较低。

## 2 蓄冷技术研究进展

1982 年, Tomlison 提出用气体水合物作为新一代蓄冷材料后,立刻受到各国科技工作者的欢迎,纷纷建立实验室,对其进行深入研究,形成了所谓的“气体水合物暖冰”蓄冷技术<sup>[6-7]</sup>,其中以美国橡树岭国家实验室(Oak Ridge National Laboratory)和日本国家化学实验室以及日本 Keio 大学机械工程系的研究最受世人瞩目。

我国科研机构对气体水合物蓄冷技术的研究始于 20 世纪 90 年代,起步较晚。中国科学院低温中心在可视化蓄冷过程、强化技术和导热系数测试等方面做了一些研究<sup>[8-9]</sup>。华南理工大学和中国科学院广州能源研究所也都进行了大量的制冷剂气体水合物蓄冷实验<sup>[10-14]</sup>,获得了 R134a、R141b、R142b 等新型制冷工质及其混合工质的蓄冷特性、结晶过程和相平衡的基础数据,建立了新型气体水合物蓄冷系统并对其进行了创新性改进。

气体水合物蓄冷技术可以从以下几个方面来研究:热力学相平衡、结晶动力学、数值模拟以及蓄冷系统的设计等。

### 2.1 气体水合物热力学相平衡

国内外对天然气水合物的相平衡研究比较成熟,如 Robinson 和 Englezos 测量了天然气中主要成分及其混合物与甲醇的相平衡数据。Bishnoi 所领导的实验室在电解质体系水合物相平衡方面的研究比较活跃。梅东海等<sup>[15]</sup>测量了人工合成天然气在甲醇和电解质溶液中的相平衡数据。1992 年, Lederhos 等首次在实验室中测量了甲烷和金刚烷体系形成 H 型水合物的相平衡数据。Ostergaard 等研究了甲烷与异戊烷和 2,2-二甲基戊烷体系水合物的相平衡,发现在一定条件下 I 型和 II 型水合物可以共存。

在制冷剂气体水合物相平衡实验研究方面,

Tanii 测试了 HCFC-141b 水合物在冰点以上温度的相平衡数据。Oowa 对 HFC-134a 水合物相平衡进行了研究<sup>[16]</sup>。樊栓狮等首次测定了环戊烷的相平衡数据。环戊烷是低压工质,可以调节 HFC-134a 等气体水合物的形成温度和压力。Takiji 还对 HFC-32 和 HFC-125 及其混合气体水合物的相平衡进行测试<sup>[17]</sup>。郭开华等<sup>[18]</sup>在混合气体水合物相平衡方面做了进一步研究,测定了 HFC-152a/HFC-141b 和 HFC-134a/HFC-141b 等混合气体水合物的相平衡特性。到现在为止,多数制冷剂纯介质相平衡基础数据都已基本测定,见表 1。曾丽等<sup>[19]</sup>采用统计热力学结合 Vander Waals Platteeuw 模型,计算了 HFC-152a、HFC-141b 的相平衡数据,还利用 Wilson 活度系数理论和 Langmuir 等温吸附理论计算了 HFC-152a/HCFC-141b 以及 HFC-134/HCFC-141b 二元混合制冷剂气体水合物相平衡数据。梁德青等<sup>[20]</sup>建立逸度模型,计算了 HCFC-141b、HFC-152a 和 HFC-134a 气体水合物以及它们的混合制冷剂气体水合物形成条件,很好地描述了其相平衡特性。

表 1 常用制冷剂气体水合物性质<sup>[4]</sup>

制冷剂	分解点温度/ ℃	分解点压力/ 10 <sup>5</sup> Pa	反应热/ kJ·kg <sup>-1</sup>
HC290(丙烷)	5.7	5.45	382
CFC-11	8.5	0.543	334
CFC-12	11.8	4.39	316
HCFC-22	16.3	8.16	380
HCFC-21	8.7	0.997	337
HCFC-141b	8.4	0.424	344
HCFC-142b	12.1	2.25	349
HFC-152a	15.0	4.34	383
HFC-134a	10.0	4.10	358
HFC-125	11.2	9.44	362

### 2.2 气体水合物结晶动力学

气体水合物的生成类似于结晶过程,常被人为地分为成核和晶体增长 2 个阶段。水合物的成核指水合物晶核形成并增长到临界粒径的过程。晶核的粒径达到临界值时,晶核立即开始生长增大。由于成核过程的不确定性很大,使得对水合物的研究主要集中在晶体增长阶段。在气体水合物蓄冷技术的实际应用中,制冷剂气体水合物的快速、均匀生成是成功的关键,也是研究的难点。制冷剂一般都难溶于水,和水混合形成明显的分界面。制冷剂气体

水合物的生成是在多元多相体系[气-液(制冷剂)-液(水)-固(水合物)]中进行的,有别于单元体系中的晶体生长,具有非常规相变和不规则瞬变形态的多元多相复杂热流体体系水合反应动力学的特点。对于这种复杂热流体体系,影响结晶生长的因素繁多,导致目前对水合物形成机理没有统一认识。研究表明,水合物可以在2个界面处形成:一是在液(制冷剂)-液(水)界面,形成悬浮晶粒状水合物,增长速度慢;二是在气(制冷剂)-液(水)界面,形成泡沫多孔状水合物,增长速度快。水合物的进一步生长必然要求水或制冷剂通过扩散穿过水合物层,所以在没有其他外力作用下,充分结晶是很慢的。加快水合反应速率的关键也就在于增强水分子和制冷剂分子充分接触,主要方法有机械扰动、加入添加剂、磁场作用以及超声波作用。

(1)机械扰动。为了促进水合物快速均匀地生成,一般要对反应物进行搅拌,常用的搅拌措施有:在反应物中内置机械搅拌装置,对反应物进行持续搅拌;或持续将制冷剂和水抽取到外置的机械泵中进行混合并生成气体水合物,再将生成物重新送回蓄冷槽中储存;或采用喷射方式诱使制冷剂和水进行混合<sup>[21]</sup>。

(2)添加添加剂。为了改善气体水合物的生成特性(减少诱导时间,降低过冷度),常向反应物中添加表面活性剂或其他添加物。目前采用的添加剂有:十二烷基硫酸钠(SDS)等常用表面活性剂,乙二醇、正丁醇等有机物质,金属或金属氧化物粉末(铜粉、锌粉、铁粉等),无机盐(NaCl、CaCl<sub>2</sub>等),有机菌类等。目前的研究主要是在已有的添加剂中进行选择,并改变其浓度,来观察其对气体水合物生成过程的促进效果。从效果上看,SDS等表面活性剂在其临界胶束浓度(CMC)附近对气体水合物的生成具有明显的促进作用。但总体来看,还没有一种添加剂能够做到在没有搅拌措施辅助的情况下使气体水合物快速均匀地生成。因此,继续寻找或研制新的添加剂是很有必要的。

(3)磁场作用。利用外场来促进水合物结晶的研究也已经得到了开展。刘勇等<sup>[22]</sup>通过实验发现,特殊组合的磁场会对制冷剂气体水合物的生成过程产生显著的影响。在磁场作用下,水合物的生成方向和生长区域会发生变化,诱导时间缩短,生成量增多,并测出了磁场强度与诱导时间和水合率的关系。

(4)超声波。刘永红等<sup>[23]</sup>通过实验研究了超声波对制冷剂气体水合物生成过程的影响。结果表

明,超声波对水合物的结晶生长有明显的影响,阶梯形的超声波探头作用下的成核诱导时间比指数形锥体诱导时间长,促进水合物生长的超声波功率范围是58~1 000 W。

### 2.3 气体水合物的数值模拟

制冷剂气体水合物蓄冷技术要达到实用化,必须对蓄冷系统进行优化和控制,而对制冷剂气体水合物蓄冷系统进行数值模拟是优化和控制的基础。但制冷剂气体水合物生成是在多元多相体系中进行,影响因素众多,建立比较实用的模型比较困难。相变传热的基本特点就是存在移动界面,为了确定该移动界面,一般以温度为因变量来跟踪界面,但该方法处理多维问题十分复杂。目前的模型主要都建立在传统相变传热学中的焓法模型。Ethirajan等<sup>[24]</sup>通过焓法模型计算了直接接触式蓄冷装置内温度场分布,并预测了水合物形成速率,解决了实际使用的直接接触蓄冷装置中进入的液体和压缩机吸走的气体都在瞬时变化及水合物形成速率较难测量的问题。天津大学采用焓法模型对R152a水合物进行了蓄冷箱体温度场的数值模拟,与实验结果比较吻合<sup>[25]</sup>。气体水合物蓄冷系统的数值模拟有助于对蓄冷装置进行合理的设计和优化,在减少实验操作方面具有很大优势,将水合物蓄冷实验与数值模拟结合起来应该是科研工作者的首选途径。

### 2.4 气体水合物蓄冷装置

蓄冷槽中的蓄冷媒与载冷液之间的换热方式有2种:直接接触换热和间接接触换热。根据换热方式与蓄、放冷循环的组合,蓄冷系统可以具体分为以下4种类型。

(1)直接接触蓄、放冷系统。在蓄冷循环和放冷循环中都不采用换热器,2种换热工质直接接触,如图1所示。这种方式由于消除了换热器带来的传热热阻,在4种类型中是换热效率最好的一种,但需要采用昂贵的无油压缩机和干燥除水装置。美国的Carbajo和Najafi、日本的Mori等对这种蓄冷方式做了详细的研究<sup>[26-27]</sup>。

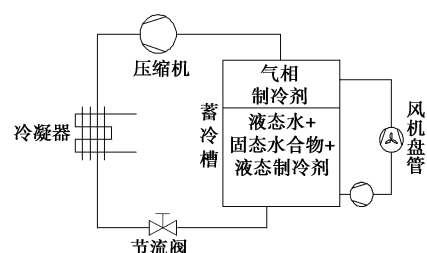


图1 气体水合物直接接触蓄、放冷系统

(2)间接接触蓄、放冷系统。蓄冷罐内接近上、下端盖处各有一由换热管绕成的盘管,分别置于气相空间和制冷剂液相空间,作为冷凝器和加热器使用,如图 2 所示。美国的 McCormack 和 Dini、日本的 Tanii、中国的张远平等对这种类型的蓄冷装置进行了深入研究<sup>[28]</sup>。这种蓄冷系统的运行模式类似于热管,采用气态制冷剂冷凝液态制冷剂蒸发的自然循环作为运行动力,其传热需借助氟利昂液滴和气泡。尽管与直接蓄、放冷方式相比,效率有所下降,耗能增加,但由于这种系统不需要无油压缩机和干燥除水装置,构建难度小于直接接触式,所以对它的研究更有利于加快气体水合物蓄冷技术的实用化。

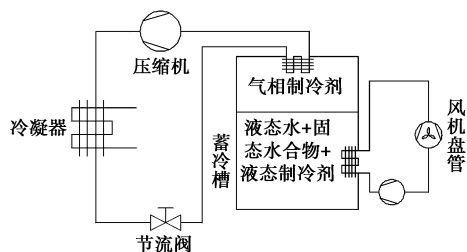


图 2 气体水合物间接接触蓄冷、放冷系统

(3)直接蓄冷间接放冷和间接蓄冷直接放冷 2 种方式,可以在间接蓄、放冷系统的基础上加以改进得到,在此不做详述。

上述间接接触式蓄冷系统中,由于冷凝器和加热器分离放置,导致整体换热性能下降。中国科学院低温技术实验中心共同研制了一种采用内置换热、外置促晶方式的气体水合物蓄冷装置<sup>[29]</sup>,如图 3 所示。该蓄冷装置将换热器(整体式冷凝/蒸发器)置于蓄冷槽内部,将促晶器置于蓄冷槽外部,可以有效地加强蓄冷和释冷过程中的整体换热性能,并保证致水合工质与水有效混合,减少蓄冷时间,蓄、放冷均匀,始终保持较高的换热效率,实现较高的蓄冷密度和蓄、放冷效率。

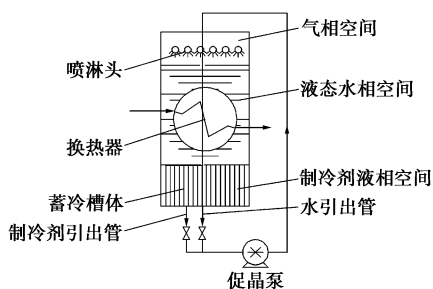


图 3 内置换热、外置促晶方式的气体水合物蓄冷系统

目前,重庆大学的童明伟等<sup>[30]</sup>提出了一种采用

引射器的蓄冷系统,如图 4 所示。该蓄冷系统利用引射器引射制冷剂液体,使其在混合腔中气化并与水充分混合,以达到加快水合物生成速度的目的。实验表明,该系统能有效减小结晶过冷度,缩短诱导时间。该蓄冷系统处于进一步研究中,有望在空调蓄冷中得到应用。

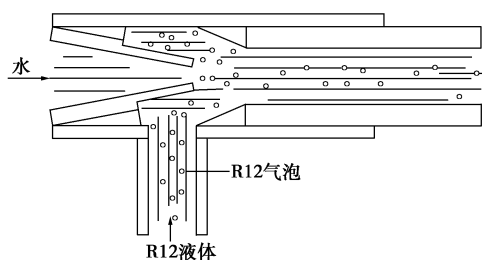


图 4 用于水合蓄冷的引射器结构

### 3 结语

总的来说,将气体水合物作为新一代蓄冷工质应用在空调蓄冷中是十分必要的,也具有可行性。但是该技术的研究还没有达到实用化阶段,需要进一步探索研究。为使该技术真正应用在空调蓄冷中,今后的研究应放在以下几个方面:

(1)探索新的符合节能环保要求的制冷剂气体水合物。目前 HFC、HFE、HCC 类的新型制冷剂以及可溶于水的 THF、TBAB 制冷剂的研究应尽快开展,以尽早寻找到性能更优的气体水合物蓄冷工质,特别是在应用研究中采用合适配比的混合工质。

(2)从微观和宏观动力学角度对水合物生成和分解动力学做进一步研究,在此基础上探索水合物促晶技术,寻找更优异的添加剂应用在气体水合物蓄冷中。

(3)设计压力适中(一般在 0.2 ~ 0.3 MPa)的压力容器作为蓄冷槽,而且要充分考虑蓄冷槽与制冷装置的匹配问题。

(4)进一步探索强化换热传质机理、气体水合物生成机理及水合物蓄冷模拟方法,为解决蓄冷装置由实验型向实用型转化的技术难题提供帮助。

### 参考文献

- [1] 汪训昌. 结合国情-稳步建设蓄冷空调工程:关于现阶段在我国发展蓄冷空调的几个认识与策略问题的探讨[J]. 暖通空调, 1997(5): 6-21.
- [2] Akbari H, Mertol A. Thermal energy storage for cooling of commercial building[C]//Kilkis B, Kakas S. Energy Storage Systems, 1989: 315-347.
- [3] 樊栓狮, 谢应明, 郭开华, 等. 空调蓄冷及气体水合物蓄冷技术

- [J]. 化工学报, 2003, 54: 131 - 134.
- [4] 樊栓狮, 梁德青, 杨向阳, 等. 储能材料与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 45 - 72.
- [5] Dividson D W. Clathrate hydrates, water-a comprehensive treatise[M]. New York: Plenum Press, 1973.
- [6] Tomlinson J J. Heat pump cool storage in a clathrate offreon[C]//Proc of the 17th IECEC, 1982: 2060 - 2064.
- [7] 舒碧芬, 郭开华, 蒙宗信, 等. 新型“暖冰”蓄冷技术及其蓄冷空调应用方式[J]. 制冷学报, 2000(3): 36 - 40.
- [8] 吕昶, 郭廷玮, 朱庭英, 等. 气体水合物蓄冷实验研究[J]. 制冷学报, 2000, 21(2): 14 - 18.
- [9] 毕月虹, 郭廷玮, 朱庭英, 等. 促晶器流量对气体水合物蓄冷过程影响的实验研究[J]. 制冷学报, 2003, 24(1): 1 - 8.
- [10] 徐新亚, 刘道平, 黄文件, 等. 气-液界面处水合物膜形成过程的传热分析[J]. 上海理工大学学报, 2005(6): 503 - 506.
- [11] 赵永利, 郭开华, 樊栓狮, 等. 气体水合物结晶诱导时间和结晶区域的实验研究[J]. 制冷, 2001, 20(2): 1 - 5.
- [12] 陈光进, 马庆兰, 郭开民. 气体水合物生成机理和热力学模型的建立[J]. 化工学报, 2000, 51(5): 626 - 631.
- [13] 李金平, 王立璞, 梁得青, 等. 表面活性剂对气体水合物生成过程的影响[J]. 中国科学技术大学学报, 2006(4): 364 - 369.
- [14] 刘勇, 郭开华, 梁得青, 等. 混合制冷剂水合物晶体生成和分解过程研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004(2): 242 - 245.
- [15] 梅东海, 廖健, 杨继涛, 等. 含盐和甲醇体系中气体水合物的相平衡研究: II. 理论模型预测[J]. 石油学报(石油加工), 1998, 14(4): 64 - 68.
- [16] Oowa M, Nakaiwa M, Akiya T. Formation of CFC Alternative R134a Gas Hydrate[C]. Proc of the 25th IECEC, America, 1990: 269 - 274.
- [17] Takaji A, Tomio S, Masaru O. Phase equilibria of some alternative refrigerant hydrates and their mixtures using for cool Storage material[C]//Proc of the 32nd IECEC, America, 1997.
- [18] 郭开华, 舒碧芬, 张弈, 等. HFC134a/HFC141b 混合气体水合物相平衡特性[J]. 工程热物理学报, 1998, 19(4): 406 - 409.
- [19] 曾丽, 郭开华, 赵永利, 等. 制冷剂简单气体水合物相平衡计算[J]. 工程热物理学报, 2000, 21(1): 13 - 16.
- [20] 梁得青. 新型蓄冷介质制冷剂气体水合物相平衡热力学研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2001.
- [21] Kazuya F, Tobe J, Ryo O, et al. Hydrate formation using water spraying in a hydrophobic gas: A preliminary study[J]. AIChE J, 2001, 47(8): 1899 - 1904.
- [22] 刘勇, 郭开华, 梁德青, 等. 在磁场作用下 HCFC-141b 制冷剂水合物的生成过程[J]. 中国科学(B辑), 2003, 33(1): 89 - 96.
- [23] 刘永红, 郭开华, 梁德青, 等. 超声波作用下的制冷剂水合物结晶过程研究[J]. 工程热物理学报, 2003, 24(3): 385 - 387.
- [24] Ethirajan A, Najafi M. Mathematical modeling and simulation of latent heat cool storage system[C]//Proc of the 28th IECEC, America, 1993.
- [25] 刘文倩. 气体水合物蓄冷和放冷过程的数值模拟研究[D]. 天津: 天津大学, 1998.
- [26] Najafi M, Schaetzle W J. Cooling and heating with clathrate thermal energy storage system[J]. ASHRAE Trans, 1991, 97(1): 177 - 183.
- [27] Mori T, Mori Y H. Characterization of gas hydrate formation in direct-contact cool storage process[J]. Int J Refrig, 1989, 12: 259 - 265.
- [28] McCormack R A. Use of clathrates for 'off-peak' thermal energy storage [C]//Proc of the 25th IECEC, 1990: 300 - 305.
- [29] 舒碧芬, 郭开华, 蒙宗信, 等. 新型气体水合物蓄冷装置及其性能[J]. 工程热物理学报, 1999, 20(5): 542 - 544.
- [30] 童明伟, 林昆, 黎家胜. 在射引方式下气体水化物的形式与蓄冷特性[J]. 重庆大学学报, 2000, 23(3): 91 - 93. ■

## 艾默生高准科里奥利变送器在食品和饮料以及生命科学领域的应用

艾默生过程管理扩展了其紧凑型高准 2400S 变送器的范围, 在原有标准聚氨酯漆铝制外壳的基础上推出了 316L 不锈钢外壳选项。现在采用任何一种外壳形式的一体式安装变送器都可提供 DeviceNet 或 PROFIBUS DP 通讯方式。

这种防腐不锈钢外壳的防腐等级为 IP66 和 IP67, 是仪表遭到常规腐蚀性物质冲刷的应用场合的理想选择, 常见于食品、饮料及生命科学领域。316L 结构对于海洋及海上平台应用环境也非常适合。有了这种一体式安装变送器, 就不再需要外壳只适用于非冲洗或安全区域的分体式安装变送器了, 从而简化了安装, 降低了成本。

DeviceNet 和 PROFIBUS DP 通讯方式广泛应用于采用 PLC 控制的食物、饮料以及生命科学领域。与 PLC 控制进行直接数字通讯意味着现在 2 条线路即可传输第 2 和第 3 位的过程变量、仪表/过程诊断信息以及主要测量值。其结果是一台仪表就可以提供流量、密度以及温度测量值, 而无需多台传感器并减除了与之相关的布线/组态成本。此外, 数字通讯可解锁仪表诊断信息, 如驱动增益、仪表自校验以

及其他报警。这将把高准科里奥利流量和密度仪表的全部功能引入到用户的主系统中。

有了 2400S 型变送器的新选项, 用户可以在其冲刷过程中利用到高准 ELITE 科里奥利仪表的卓越性能。这种新型变送器拥有 C1D2 或 Zone 2 认证, 采用了最新一代的 MVD™ 数字处理技术, 提高了精度、稳定性及通用性。由于 2400S 型与 ELITE 传感器一体式安装, 因此安装和调试非常容易, 并配有显示屏选项, 让用户可以轻松了解过程变量及诊断信息。2400S 变送器也具有在线仪表自校验功能, 让用户可以在 4 分钟内完成彻底的仪表检验工作。该功能消除了因传统的仪表测试而引起的生产过程中断, 并确保仪表运行是符合工厂条例的。

2400S 型变送器具有新一代产品性能, 以创新的紧凑型结构, 一体式安装在高准 ELITE 流量计上。由于仪表响应时间超快, 并具有处理大量夹气的的能力以及内在智能诊断功能(可在问题影响过程之前向您发出警告), 因此使困难的测量应用变得更容易。(辛彤)