

# SOLKANE® 365 液化天然气/ 液化石油气 (LNG/LPG) 储罐保温

SOLKANE®



作为一种与石油竞争的化石燃料，液化天然气 (LNG) 和液化石油气 (LPG) 在全世界变得越来越重要。储藏在热带地区 (像卡塔尔) 的天然气需要经过海路长途远洋运输到其他国家。天然气或石油气 (为便于运输被冷冻至 -162 °C 或压缩至液态) 装在专门为远洋运输配备的 LNG/LPG 储罐中。在极冷温度下，对于保温材料的要求很苛刻。

最重要的是要在运输途中保持低温储存并尽量减少昂贵的产品损失。LNG/LPG 储罐使用聚氨酯泡沫 (PUF) 作为保温材料，而货物围护通常使用玻璃纤维增强聚氨酯泡沫 (R-PUF) 作为保温材料。

刚开始是 CFC 11 被用作发泡剂，随后是 HCFC 141b，现在 HCFC 141b 已经被 SOLKANE® 发泡剂所代替。



发泡气体	CFC11	HCFC 141b	SOLKANE® 365/227 93:7	二氧化碳
化学式	CCl <sub>3</sub> F	CCl <sub>2</sub> FCH <sub>3</sub>	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
分子量	128	117	148	44
沸点[30 °C]	23.8	32.1	40.2	亚低温-78.5
蒸气的导热系数 [mW/m.K, 25 °C]	8.8	9.5	10.7	16.6
ODP	1	0.11	0	0
GWP <sup>[1]</sup>	4,750	725	964 <sup>[2]</sup>	1

表1: 各种发泡剂的性能

[1] GWP (100 y), 资料来源: 2007年发布的《IPCC第四期评估报告》(IPCC - 国际气候变化委员会), [2] 基于加权平均数 (1,1,1, 3,3 - 五氟丁烷: 93%, 1,1,1,2,3,3,3 - 七氟丙烷: 7%)

由于 LNG/LPG 处于静态压力、晃动等状况下，并且多达 190 °C 的巨大温差 (范围为 -160 °C 至 +30 °C) 会产生高应变。所以需要不同的 PU 密度组合来实现尺寸稳定性和抗压稳定性要求; 当 HCFC 141b 和第三代 SOLKANE® 365/227 进行比较时，表 2 给出了非常类似的力学性能数据。

## PUF 和 R-PUF 的力学性能

单位 [MPa]		SOLKANE® 365/227 发泡剂				HCFC 141b			水
		A	E	I	R-PUF	A	E	I	R-PUF
密度 (偏差) [kg/m <sup>3</sup> ]	Mea	41.5 (0.16)	82.7 (0.15)	110.0 (0.31)	125.38 (0.77)	42.0 (0.50)	84.0 (0.72)	118.0 (2.32)	123.47 (0.58)
	Req ≤	46.0	85.02	118.0	130.0	46.0	85.0	118.0	130.0
抗压强度 (偏差) z 方向	Amb.	0.34 (0.018)	0.84 (0.005)	1.33 (0.003)	1.26 (0.027)	0.27 (0.023)	0.77 (0.010)	1.28 (0.095)	1.31 (0.046)
	Req ≤	0.17	0.53	0.87	1.2	0.17	0.53	0.87	1.2
	Cryo.	0.84	1.13	1.95	1.43	0.53	1.69	2.52	1.45
	Req ≥	0.22	0.69	1.23	*	0.22	0.69	1.23	*

表2: 力学性能比较

注释: Mea. = 测量值; Amb. = 周围温度 (23 °C), Cryo. = 极冷温度; Req. = 要求值

### Solvay Fluor GmbH

Postfach 220  
30002 Hannover  
Germany  
电话 +49 511 857-2444  
传真 +49 511 817338

### 索尔维化工 (上海) 有限公司

莘庄工业区金都路3966号  
中国上海, 201108  
电话 +86 21 23501607  
传真 +86 21 23501114

### Solvay Fluorides LLC

3333 Richmond Avenue  
Houston, Texas 77098  
USA  
电话 +1 713 525-6000  
传真 +1 713 525-7805



SOLVAY

asking more from chemistry®

联系方式: [solkane.foamingagents@solvay.com](mailto:solkane.foamingagents@solvay.com)  
更多信息: [www.solkane.com](http://www.solkane.com)



除了力学强度之外, 达到预期的和要求的性能的另一项主要指标便是优异的保温性能。如表3所示, SOLKANE® 365/227的λ值几乎和HCFC 141b一样优秀。

### PUF和R-PUF的原始/初始导热系数

单位[MPa]		SOLKANE® 365/227				HCFC 141b			水
		A	E	I	R-PUF	A	E	I	R-PUF
原始/初始 λ值 [W/m/K]	Amb. (23 °C)	0.021	0.0225	0.0244	0.0261	0.0208	0.0222	0.0238	0.0374
	Req ≤	0.0213	0.0229	0.0251	-	0.0213	0.0229	0.0251	-

表3: 导热系数

注释: Amb. = 周围温度 (23 °C)  
Req. = 要求值

### 结论

从表2可以明显看出, SOLKANE® 365/227发泡体系和HCFC 141b发泡体系的抗压强度在周围温度和极冷温度下没有明显的差别。这对于在会议记录<sup>[1]</sup>中进行过评估的抗张强度和切变强度也同样有效。

PUF的初始导热系数在SOLKANE® 365/227和HCFC 141b发泡体系之间也没有太大差别。

这篇论文中所讨论的PUF和R-PUF的所有结果均说明它们在极冷温度下显示出良好的热稳定性。

这些测试结果表明LNG/LPG可以用SOLKANE® HFC 365/227代替HCFC 141b作为发泡剂使用。另外, 在目前的情况下, 由SOLKANE® HFC 365/227发泡而成的R-PUF作为一种新型保温材料似乎是更好的选择, 它比用水发泡而成的R-PUF更适合作为LNG/LPG货物围护的保温材料。

[1] 《第5届(2005)国际近海与极地工程学术会议的会议记录》— 韩国首尔, 6月19-24 (477-481)