

新视角

利用环境友好型Solstice®推进剂
开辟个人护理产品应用新天地



Honeywell

SOLSTICE®推进剂

在个人护理产品中的应用

是时候来表明我们保护地球且不牺牲产品性能的全新态度了。Solstice®推进剂[HFO-1234ze(E)]可为面部、身体、头发和防晒护理等气雾剂产品开发带来突破性的环境友好型¹技术。

Solstice®推进剂不仅能让您的产品提前满足不断变化的环境法规要求，还能为您的配方带来各种优势，例如：

- **不可燃** (ASTM E-681, EU A11)：替代可燃性推进剂且降低产品配方的可燃性²
- 生成的**泡沫绵密**，光亮，易于涂抹
- 与Solstice® Enhance溶剂和其他成分配合使用，以创建**新颖的配方**
- 良好的**塑料相容性**，包装灵活
- **蒸汽压力**与A-46推进剂相当

Solstice®推进剂采用我们的突破性氢氟烯烃(HFO)技术来有效降低环境影响。其具有超低的全球变暖潜值(GWP) (小于1)，成为HFC-152a、HFC-134a和HFC-227ea等高全球变暖潜值氢氟烃(HFC)的环境友好型替代品。

其它环境效益包括：

- **超低GWP值** (≤ 1)：相比于氢氟碳化物(HFC)，二氧化碳排放当量减少99.9%
- **不破坏臭氧层**
- 被美国环境保护署(EPA)和加州空气资源委员会(CARB)列为**VOC豁免材料**
- 烟雾生成微乎其微

本手册提供了Solstice® Propellant的相关技术信息，包括其物理特性、环境属性、暴露指南和其他重要特性。请注意所列信息只包括了用户在评估候选成分时必须考虑到的部分特性。



环境友好相关数据

如果美国境内的每一罐发胶都使用Solstice®推进剂，其降低的碳排放量相当于每年植树造林6,500平方英里。³

表1. 物理特性一览表

属性	值
化学品系列	HFO-1234ze (E)、1234ze (E)和反式-1234ze
国际化妆品原料命名 (INCI)	四氟丙烯
分子式	CF ₃ CH=CHF
分子量	114.0 g/mol
蒸汽压力	
@21.1°C (70°F)	3.4 bar g (49.5 psig)
@37.8°C (100°F)	6.2 bar g (89.9 psig)
@54.4°C (130°F)	10.1 bar g (147 psig)
沸点	-19.0°C (-2.2°F)
气体比重	
@15.6°C (60°F)	3.958
液体密度	
@15.6°C (60°F)	1.19 g/cc (74.5 lb/ft ³)
@21.1°C (70°F)	1.17 g/cc (73.4 lb/ft ³)
蒸汽体积	
每升液体@15.6°C	0.25 m ³
每加仑液体@60°F	33.02 ft ³
膨胀系数	
(液体到气体) @15.6°C (60°F)	247
气体比热, Cp	
@15.6°C (60°F)	0.224 cal/g-°K (0.224 BTU/lb-°R)
液体比热, Cp	
@15.6°C (60°F)	0.324 cal/g-°K (0.324 BTU/lb-°R)
沸腾时的汽化热	195 kJ/kg (84 BTU/lb)
液体燃烧的理论净热值	
@21.1°C (70°F)	10,100 kJ/kg (4,340 BTU/lb)
液体粘度, 厘泊	
@37.8°C (100°F)	0.171
在水中的溶解度, 重量%	
@21.1°C (70°F)	0.037
水的溶解度, 重量%	
@21.1°C (70°F)	0.022
表面张力, dynes/cm	
@21.1°C (70°F)	10.1
Kb (贝壳松脂丁醇) 值	12.5
稳定的pH范围 ⁴	
【40°C (104°F) 条件下10天】	≤ 12

表2. 蒸汽压和液体密度 (英制单位)

°F	PSIG	LB/FT ³	°F	PSIG	LB/FT ³	°F	PSIG	LB/FT ³
0	0.8	80.6	45	26.0	76.1	90	74.8	71.1
5	2.7	80.1	50	30.0	75.6	95	82.1	70.5
10	4.4	79.7	55	34.4	75.0	100	89.9	69.9
15	7.2	79.1	60	39.1	74.5	105	98.2	69.3
20	10.0	78.6	65	44.1	73.9	110	106.9	68.6
25	12.5	78.1	70	49.5	73.4	115	116.1	68.0
30	15.4	77.6	75	55.2	72.8	120	125.9	67.3
35	18.7	77.1	80	61.4	72.3	125	136.2	66.6
40	22.2	76.6	85	67.9	71.7	130	147.0	65.9

图1. 蒸汽压与温度的关系 (英制单位)

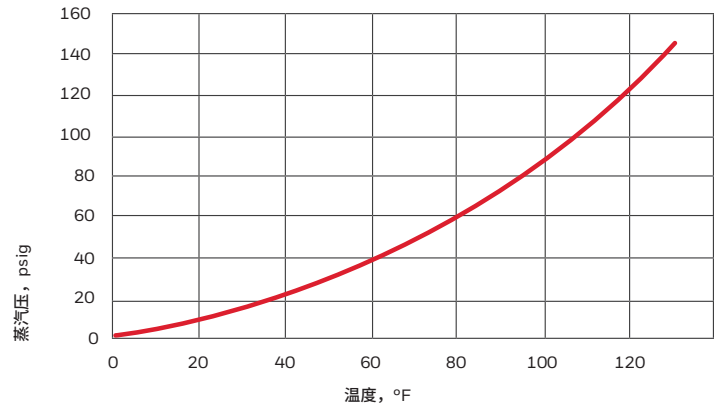
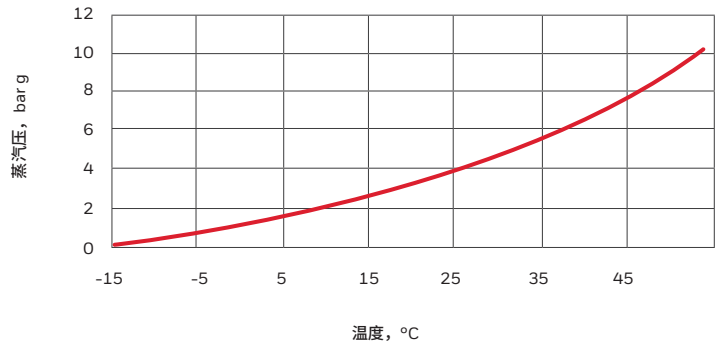


表3. 蒸汽压和液体密度 (SI单位)

°C	BARG	KG/M ³	°C	BARG	KG/M ³	°C	BARG	KG/M ³
-15	0.20	1280	9	1.98	1210	33	5.31	1140
-12	0.36	1270	12	2.30	1200	36	5.86	1130
-9	0.53	1270	15	2.64	1200	39	6.46	1120
-6	0.73	1260	18	3.01	1190	42	7.09	1100
-3	0.94	1250	21	3.41	1180	45	7.76	1090
0	1.17	1240	24	3.84	1170	48	8.47	1080
3	1.42	1230	27	4.29	1160	51	9.23	1070
6	1.69	1220	30	4.78	1150	54	10.03	1060

图2. 蒸汽压与温度的关系 (SI单位)





SOLSTICE®推进剂带来的配方优势

Solstice®推进剂能与碳氢化合物、碳氟化合物和二甲醚 (DME) (详见表4和表5) 等常用推进剂混溶, 还可以和各种个人护理配料共用, 为您提供出色的溶解性。此外, 它还适用于含有氧化锌和其它无机物的配方, 是配方设计师在开发干发喷雾、干洗香波、防晒霜、化妆品、护肤霜、身体油等产品时追求灵活性的首选。

用水创建单相配方

随着法规不断要求降低气雾剂产品中的VOC含量, 水在降低配方中的VOC含量方面作用日益突出。由于含水量的增加, 某些配方必须添加单相推进剂/盐基系统。

表4. 推进剂混合物的蒸汽压 (psig) - 英制单位

蒸汽压, PSIG	70 °F				130 °F			
	20	40	60	80	20	40	60	80
Solstice®推进剂的重量%	20	40	60	80	20	40	60	80
Solstice®推进剂 / 134a	68	65	61	56	192	184	174	162
Solstice®推进剂 / 152a	62	62	60	57	176	175	171	163
Solstice®推进剂 / DME	61	59	57	55	168	165	162	156
Solstice®推进剂 / 丁烷	28	39	47	52	91	114	134	149
Solstice®推进剂 / 异丁烷	37	46	52	55	115	131	145	154
Solstice®推进剂 / 丙烷	114	116	113	102	269	273	269	244

表5. 推进剂混合物的蒸汽压 (bar g) - SI单位

蒸汽压, BAR G	21 °C				54 °C			
	20	40	60	80	20	40	60	80
Solstice®推进剂的重量%	20	40	60	80	20	40	60	80
Solstice®推进剂 / 134a	4.7	4.5	4.2	3.8	13.1	12.5	11.8	11.0
Solstice®推进剂 / 152a	4.3	4.3	4.2	3.9	12	11.9	11.7	11.1
Solstice®推进剂 / DME	4.2	4.1	4.0	3.8	11.5	11.3	11.0	10.7
Solstice®推进剂 / 丁烷	2.0	2.7	3.2	3.6	6.2	7.8	9.2	10.2
Solstice®推进剂 / 异丁烷	2.7	3.2	3.6	3.8	7.8	9.0	9.9	10.5
Solstice®推进剂 / 丙烷	7.9	8.0	7.8	7.0	18.3	18.7	18.4	16.7

Solstice® Propellant (HFO-1234ze) 在水中的溶解度有限。结合使用乙醇或二甲醚，Solstice®推进剂可实现特定组分的单相推进剂/盐基系统，如图3和图4所示。

图3显示了乙醇、水和Solstice®推进剂的三元溶解度相图；图4显示了3种不同比例（7:1、3:1、5:3）的乙醇、水和Solstice®推进剂/DME的三元溶解度相图。对比这两张图，可以清楚的看到当引入DME时单相区域明显增加。Solstice®推进剂与DME的这种协同效应能改善Solstice®推进剂与水的混溶性，同时降低VOC含量以实现环保合规。

图3. 三种材料的单相区域

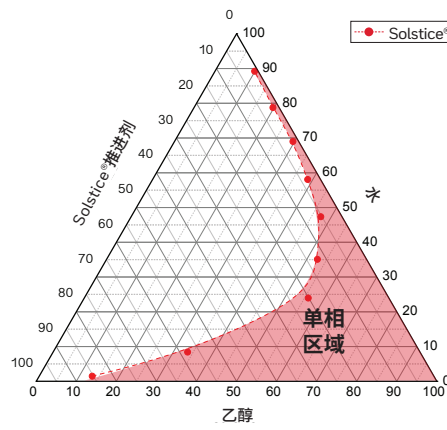
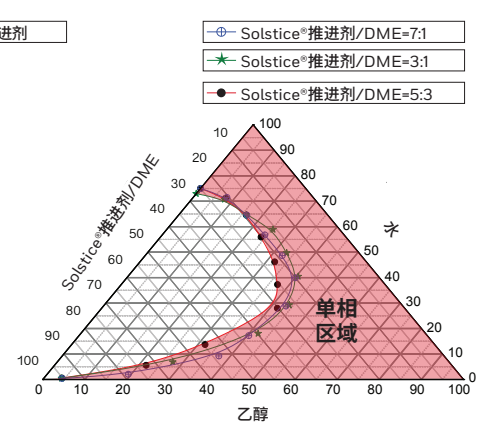


图4. 三种成分的单相区域



优异的材料兼容性

Solstice®推进剂与个人护理行业中大多数常用的材料兼容，其配套的优选垫片材料是聚四氟乙烯 (PTFE) 和PTFE包封的Viton®⁵。我们已经发现Solstice®推进剂与不同等级的丁烷橡胶、丁基橡胶和氯丁橡胶之间都具有兼容性。另外，测试表明Solstice®推进剂还与大多数塑料兼容，丙烯酸树脂除外。

请注意：测试结果可能因同一聚合物的不同等级和制造商而有所不同。在评估与Solstice®推进剂兼容的材料时，建议您咨询制造商，或完成进一步的独立测试。表6仅作参考指南。

表6. 与常用塑料和弹性体之间兼容

基底	平均重量变化%	平均体积变化%
ABS	0.21	-0.6
丙烯酸树脂	基底扭曲程度严重	
丁腈橡胶/丁腈	-4.95	-7.18
丁基橡胶	1.27	0.88
Delrin® Aceta ⁶	0.18	-0.48
EPDM	-2.0	-2.49
环氧氯丙烷	0.73	1.51
HDPE	0.82	-3.74
HIPS	0.26	-0.45
Kalrez® 6375 ⁷	5.22	33.0
Kynar® PVDF ⁸	0.21	0.0
天然橡胶 (胶)	-0.64	-0.75
氯丁橡胶	-7.7	-11.47
尼龙66	-0.26	0.0
PEEK	-0.02	-0.14
聚碳酸酯	1.1	0.77
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	-0.01	0.0
聚丙烯	0.83	0.0
PVC - 1型	0.002	-0.44
SBR/CR/NBR	2.0	-4.31
有机硅	-1.57	-1.96
Teflon®PTFE ⁹	2.03	2.43
Texin® (热塑性) ¹⁰ 聚氨酯390	5.14	4.41
Ultem®聚醚酰亚胺 ¹¹	-0.04	0.0
Viton®B商业级 ⁵	4.43	5.71

根据霍尼韦尔测试所得到的材料兼容性数据。测试在室温下进行，将样品在液体Solstice®推进剂中浸泡两周。

与大多数金属兼容

霍尼韦尔已经测试了Solstice®推进剂与常用金属之间的兼容性，包括碳钢、不锈钢、铜、黄铜和铝。测试结果显示：在可测量到的范围内，Solstice®推进剂纯度没有出现任何变化。此外，霍尼韦尔和第三方测试方合作¹²发现：采用175°C (347°F) 的密封玻璃管，在水含量为500 ppm、空气含量为2,000 ppm的状态下，Solstice®推进剂与各种常见制冷剂和上述金属试样结合使用时可保持稳定14天。尽管热稳定性测试已证明Solstice®推进剂与铝兼容，但应尽量避免其与细小的铝或新磨损的铝表面相接触。

高热稳定性和水解稳定性

在常见的结构材料（包括钢（碳钢和不锈钢）、铜和铝）存在的情况下，霍尼韦尔研究了在110°C (230°F) 以下，纯Solstice®推进剂的热稳定性和水解稳定性。结果证明其具有稳定性。此外，霍尼韦尔和第三方测试方合作¹²发现：在和上述金属兼容性测试相同的测试条件下，Solstice®推进剂具有热稳定性和水解稳定性。

与常见气雾剂包装材料兼容

气雾剂罐：

霍尼韦尔测试表明Solstice®推进剂与常见类型的气雾剂罐兼容。将样品罐储存在40°C (104°F) 下以模拟加速老化过程，老化12个月后，通过外观检测来检查罐的腐蚀迹象或衬里降解情况，并分析推进剂是否存在化学分解（表7）。在长期储存测试中，装有Solstice®推进剂的镀锡钢、PET衬里铝、聚丙烯酰胺（PAM）衬里铝或环氧树脂衬里铝罐均未出现任何可见衬里变化。非挥发性残留物不变证实Solstice®推进剂无溶解增塑剂或其他衬里成分。

塑料气雾剂瓶：

由于其属于不可燃产品，蒸汽压适中，所以Solstice®推进剂是目前唯一可采用塑料气雾剂瓶包装的液化气推进剂。此外，Solstice®推进剂通过PET瓶的扩散速度要比压缩气体更慢。霍尼韦尔测试表明，Solstice®推进剂的扩散速度比二氧化碳慢

表7. 与气雾剂罐之间的兼容性

罐体说明	储存温度	接触时间 (月)	结果
镀锡钢，无衬里	40°C / 104°F	12	- 无任何可见衬里变化 - 推进剂未发生降解
镀锡钢，PET衬里	40°C / 104°F	19	- 无任何可见衬里变化 - 非挥发性残留物未增加 - 推进剂未发生降解
铝，PAM衬里	40°C / 104°F	12	- 无任何可见衬里变化 - 非挥发性残留物未增加 - 推进剂未发生降解
铝，环氧衬里	40°C / 104°F	12	- 无任何可见衬里变化 - 非挥发性残留物未增加 - 推进剂未发生降解

样品气雾剂罐的霍尼韦尔测试结果对应的储存温度为40°C (104°F)，老化时间为12个月。

表8. PET瓶与Solstice®推进剂之间的兼容性

制造商	GRAHAM PACKAGING	RCP PROMENS	ALPLA	ALPLA
瓶内含物	Solstice®推进剂 + 水	Solstice®推进剂	Solstice®推进剂 + 水	Solstice®推进剂
储存时间	13个月	2年	3个月	3个月
PET的外观变化	无	无	无	无
非挥发性残留物的增加值	0	0	0	0
Solstice®推进剂反应性	稳定	稳定	稳定	稳定

PET瓶在整个期间都储存在40°C / 104°F条件下

29倍¹³。较慢的扩散速率意味着更长的保质期。霍尼韦尔测试还表明：Solstice®推进剂与数家制造商的PET瓶之间都具有出色的兼容性（表8）。

气雾阀：

由Precision Global公司¹⁴和Summit Packaging Systems公司¹⁵进行的气雾阀的兼容性研究表明，Solstice®推进剂与不同等级的丁烷橡胶、丁基橡胶和氯丁橡胶之间都具有良好的兼容性。此外，Aptar Pharma公司对Solstice®推进剂及其计量吸入阀的研究还显示：Solstice®推进剂的兼容性与HFC-134a和HFC-227ea相当。¹⁶

袋阀 (BOV)：

Summit Packaging Systems公司¹⁵测试了Solstice®推进剂与层压BOV袋之间的兼容性。测试选用含有水作为替代产品的BOV袋，然后用Solstice®推进剂进行加压。随后进行定期测试，包括蒸汽压力测量，以及检查袋子是否出现分层迹象。在室温下放置12个月后，4层聚乙烯和4层聚丙烯层压

BOV袋在长期稳定性上显示出最佳结果，蒸汽压损失降至最小后，袋子未出现任何分层。如需要阀门选型帮助，请咨询供应商。

环境、健康和安

Solstice®推进剂属不可燃物 (ASTM E-681, EU A11), 不消耗臭氧 (ODP~0), 且具有超低全球变暖潜值 (GWP <1)。Solstice®推进剂在30°C (86°F) 条件下不存在蒸汽自燃极限 (表9)。

大量毒性试验的结果显示, Solstice®推进剂毒性极低。因此, 美国工业卫生协会 (AIHA) 将其工作场所环境暴露限值 (WEEL) 定为800 PPM (8小时时间加权平均值)。¹⁹

Solstice®推进剂具有较低的环境半衰期 (16.4天的大气寿命, HFC-152a的大气寿命长达1.5年), 不会生成新的最终分解产物, 并且含量远低于自然存在的水平。随后, 这些分解产物会被雨水冲走并矿化, 不会对臭氧或气候产生额外影响²⁰, 而且分解过程中不会形成三氟乙酸 (TFA)。

请注意, 我们并没有对Solstice®推进剂在每种个人护理配方中的应用情况进行测试, 用户有责任确定其是否适用于某种具体配方, 并进行所需的测试。

安全使用和处理

在处理或使用Solstice®推进剂之前, 请仔细阅读安全数据表 (SDS)。SDS可登录 www.honeywellmsds.com

在霍尼韦尔SDS资源中心在线查看, 也可以联系当地的霍尼韦尔销售办事处索取SDS的副本。

Solstice®推进剂能以满足美国运输部 (DOT) 要求且符合运输地区的所有适用法规的气瓶供货。请将Solstice®推进剂包装瓶存放在干燥、通风、封闭的区域, 远离热源、火焰、腐蚀性化学品或烟雾和爆炸物, 避免阳光直射, 特别是在温暖气候条件下。

Solstice®推进剂10-lb.可回收气瓶样品出口上有一个CGA 165接头, 可与标准1/4"S. A.E. 45°扩口接头连用。这是一种常见的制冷配件。当然, 我们也可提供其他包装选项。有关Solstice®推进剂安全使用和处理的更多信息, 请咨询霍尼韦尔技术服务代表。



表9. 环境和安全方面

指标	值
蒸汽自燃极限 ¹⁷ (ASTM E-681)	低于30°C (86°F) 时不存在火焰延伸
自燃温度 (AIT) ¹⁸	368°C (694°F)
最小点火能量 (MIE) ¹⁸ @20°C (68°F) @54-55°C (129-131°F)	不能点火 在61400和64200 mJ之间
VOC (U.S. EPA和CARB)	碳豁免
REACH	已注册
WEEL	800 ppm
ODP	~ 0
GWP (100年) ¹	<1.0

参考:

1. 超低全球变暖潜值 (= 1): 政府间气候变化专门委员会 (IPCC), 附录8A, 第731页: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf
2. 对于含有Solstice®推进剂的特定配方需要进行闪点或其他可燃性测试, 以确认不可燃性
3. 假设重量为10 oz, 则可使用40% Solstice®推进剂与HFC-152a。来源使用EPA网站
4. 在pH = 2.9-12.5范围内, 将Solstice®推进剂溶液在40°C (104°F) 下老化10天。如果氟离子浓度达到150-200 ppm, 表明HFO可能出现了分解, 将需要进一步研究。在最高pH值为12的范围内, Solstice®推进剂的氟离子浓度均低于此范围
5. Viton: 科慕公司 (The Chemours Company) 的注册商标
6. Delrin: 杜邦公司 (DuPont) 的注册商标
7. Kalrez: 杜邦公司 (DuPont)的注册商标
8. Kynar: 阿科玛公司 (Arkema Inc.) 的注册商标。
9. Teflon: 科慕公司 (The Chemours Company) 的注册商标
10. Texin: 科思创公司 (Covestro) 的注册商标
11. Ultem: 通用电气公司 (The General Electric Company) 的注册商标
12. 美国AHRI (空调供热制冷协会) 研究机构 (AHRTI) 进行的稳定性研究: Solstice®推进剂(HFO-1234ze) 和润滑剂 (ISO 32支化酸POE、ISO 32混合酸POE、ISO 32 PVE) 在175°C / 347°F下持续14天。所有情况下的氟离子浓度均低于65ppm, 除了在水含量等于48ppm, 空气含量等于2,000ppm 的情况下, Solstice®推进剂/ISO 32支化酸混合物的结果为142ppm。空气似乎在分解中起到了一定作用。
13. 霍尼韦尔测试表明, Solstice®推进剂通过PET的扩散速率低于CO₂。失去0.5 g推进剂的时间: CO₂ = 7个月; Solstice®推进剂= 17年 (或慢29倍)
14. 研究方法的详细信息可从Precision Global公司获得
15. 研究方法的详细信息可从Summit Packaging Systems公司获得
16. 研究方法的详细信息可从Aptar Pharma获得
17. ASTM E-681测试条件: 温度为23°C (73.4°F) 和100°C (212°F), 相对湿度为50%, ~1大气压: 在30°C (86°F) 条件下不存在火焰延伸
18. ISO 10156, EC测试方法A11: 气体的可燃性 (第1部分), 最小点火能量和自燃温度 (第2部分) 由Chilworth Technology公司进行。可应客户要求提供测试报告的副本
19. 美国工业卫生协会 (AIHA): https://www.honeywell-solstice-propellants.com/wp-content/uploads/2016/06/HFO-1234ze-WEEL_2011.pdf
20. “我们得出结论, 反式-CF₃CH=CHF的大气氧化产物对环境的影响可忽略不计”, M.S. Javadiet. al.; Atmospheric Chemistry of Trans-CF₃CH=CHF in Atmospheric Chemistry & Physics Discussions, Vol 8, pp 1069-1088, 200

如需服务, 拨打中国客服电话400-842-8487

或者关注我们的官方微信



霍尼韦尔 (中国) 有限公司

上海市浦东新区

张江高科技园区环科路555号1号楼

邮编: 201203

本文所提供的信息应当是准确、可靠的, 但并不提供任何明示或暗示形式的担保或保证。用户自己承担使用该信息及其后果所带来的一切风险和责任。有关材料和工艺潜在用途的声明或建议既不表明或保证任何此类用途不会侵犯他人的专利权, 也不提倡侵犯任何专利权的行为。用户不应认为这里已经囊括所有安全措施或不必再采取其他措施。

Solstice为霍尼韦尔国际公司的注册商标。



THE
FUTURE
IS
WHAT
WE
MAKE IT

6912 A Fresh Perspective | June 2020
© 2022 Honeywell International Inc. 版权所有。

Honeywell