

267

Fuel Additives
for
Internal Combustion Engines

内燃机燃料添加剂

〔美〕M.W.兰 奈 著

烃加工出版社

内 容 提 要

本书综合介绍有关内燃机燃料添加剂方面的美国专利共180余篇,主要介绍了车用汽油、柴油机燃料、航空煤油以及燃料油等各种功能添加剂,如清净剂、防冰剂、流动性能改进剂、降凝剂、抗氧化剂、缓蚀剂、抗爆剂、助燃剂、抗静电剂、抗微生物剂、着色剂、防雾剂及其它类型添加剂的制备工艺和方法,并列举了100多种新型燃料配方。本书内容反映了美国七十年代后期在燃料添加剂研究方面的成果及动向。

可供石油化工、交通运输、航空、机器制造业各部门从事燃料及添加剂的研究、生产及使用的科技工作人员参考,也可供高等院校有关专业、高年级学生、研究生以及教师参考。

Fuel Additives for Internal Combustion Engines

M.W.Ranney

Noye Data Corporation

1978

*

内燃机燃料添加剂

〔美〕M.W.兰奈著

李奉孝 徐 谦 屠仁一 译

李 奉 孝 校

*

烃加工出版社出版

妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

950×1168毫米 32开本 $12\frac{1}{4}$ 印张 320千字 印1—2500

1985年5月北京第1版 1985年5月北京第1次印刷

书号: 15391·9 定价: 3.50元

引 言

在改善燃料使用性能方面，人们长期进行着研究和发展工作，自从内燃机和喷气机出现以后，这种工作更是与日俱增，但是，当原油和燃料资源短缺的深远后果，以及随之而来的运输费用不断上涨开始影响世界的时候，迫切地需要提出一些新的设想，并且革新工艺过程。

由于对环境条件和生活质量的关注，而使问题的复杂性变得更加突出。而关心环境条件和生活质量，是世界用户团体和政府立法机构一直注意的问题。

在本书中这些紧迫的变化及这些令人关切的问题和方向，都可以从近几年美国专利文献中清楚地看到。本书介绍约200余种最新制造工艺和数百种燃料组分的配方。这些资料多来源于燃料添加剂的最新专利成果，并向读者展示出工艺发展近况的全面图景。

目 录

引言

第一章 清净剂和防冰剂	1
一、汽化器多效清净剂	2
1. 马来酐和多胺的反应产物	2
2. 聚异丁烯-苯酚-表氯醇-胺的加合物	5
3. 聚异丁烯基丙酸-多胺的反应产物	7
4. 四氢化邻酞酸酐-多胺的反应产物	7
5. 酰化的多烷撑多胺	9
6. 胺类和多胺的曼里斯盐 (Mannich Base)	11
7. 二苯基醇丙烷-烷基琥珀酸酐-多胺	19
8. 支链烷基, N-羟基烷基烷撑多胺	20
9. 羧酸酯和含氮的分散剂	24
10. 甲苯基多胺	28
11. 苯氧基丙醇二胺类和氨基醇	29
12. 羟基芳基多羧酸酯-酰胺	32
13. 氨基-取代醚类	35
14. 脂肪酸烷基二氨基酰胺	37
15. 用羟基胺取代的丙酸酯	40
16. 取代琥珀酰胺酸	41
17. N-羟基-N杂环多胺	42
18. 苯酚-醛-胺的缩合产物和聚烯	45
19. 氨基磺酸-杂环丙烷-胺的反应产物	49
20. 石油磺酸-多胺-硼化物	52
21. 石油磺酸-胺-尿素的加合物	54
22. 脂肪酸-三醇胺-磺酸的反应产物	59
23. 磺化的单元羧酸-多胺的反应产物	60
24. 多酰胺烷基磷酸氢盐	62
25. 磷酸胺盐酯	63

26. 多羟甲基酯类化合物	66
27. 清净剂和富芳烃矿物油	67
28. 羧酸酯和酯类型的分散剂	69
二、清净剂和分散剂——一般用途	70
1. 烃取代羟甲基酚	70
2. 聚丁烯基-聚羟基烯醇的产物	75
3. 酯化羧基共聚物-联氨的产物	79
4. 烷撑多胺-卤代聚合物-二硫化碳	81
5. 含氮杂环化合物	83
6. 聚氧化乙烯多胺曼里斯盐产物	85
7. 聚丁烯胺和润滑油	87
8. 氧化乙烯-丙烯聚合物-羧酸产物	92
9. 氧化聚烯-多胺的反应产物	94
10. 羟基化和胺基化的聚合物	95
11. 羟基胺单元羧酸盐	98
12. 硫脲-酰化多胺的反应产物	101
13. 硫代烷基酚盐的喷雾后处理	103
14. 含氮多金属络合物	104
15. 烷基酚的硼酸酯和膦酸酯的衍生物与甲醛的产物	104
16. 丁二酸的甲缩醛、乙缩醛和缩酮的衍生物	105
17. 内酯的反应产物	106
三、防冰(添加)剂	108
1. 亚油酸二聚-三聚酸和羟基化合物	109
2. 胺-表氯醇和多羟基醇的混合物	114
3. 羧酸胺盐酯	115
4. 链锯用防冰组合剂	116
四、防冰剂, 多效添加剂	117
1. 硝基酮化酰胺	118
2. N-取代吗啉	119
3. 取代的四氢嘧啶	121
4. 苯酚-醇基胺-甲醛的反应产物	122
5. 聚烯-亚硝酰氯-胺的反应产物	124
6. 聚烯和聚氧化烯化合物	127

7. 卤素1, 2-环氧丙烷和N-烷基多胺的聚合物	133
8. 烷基铵链烷膦酸烷基酯	136
9. 调聚烃的磷化物	140
五、进气阀清洁剂	144
1. 苯胍化合物	144
2. 低分子和高分子烃基胺的混合物	147
3. 碳酸钠	150
4. 高碱性磺酸盐	152
5. 矿物油馏分	153
第二章 流动性能改进剂和降凝剂	157
一、以乙烯为基础的聚合物	157
1. 长链 α -烯聚合物	157
2. α -烯聚合物	161
3. α -烯的二聚物	162
4. 脂肪酸乙烯酯共聚物	163
5. 醋酸乙烯酯共聚物和氢化萘	165
6. 醋酸乙烯酯共聚物和砜共聚物	169
7. 乙烯共聚物及其混合物	173
8. 乙烯共聚物和蜡	180
9. 含羧酸N-酰胺基乙酯的聚合物	180
二、其它聚合物类型添加剂	184
1. 苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物	184
2. 氢化聚丁二烯	187
3. 丙烯酸酯聚合物和4-乙烯基吡啶	191
4. 丙烯酸氯丙吡乙酯及共聚物	191
三、其它类型添加剂	194
1. 烷基芳烃材料和琥珀酰胺酸添加剂	194
2. 氢化脂肪仲胺类	196
3. N, N-二烷基脂肪胺和羟基羧酸	196
4. 羊毛脂	200
第三章 抗氧化剂和腐蚀抑制剂(或缓蚀剂)	204
一、腐蚀抑制剂和防锈剂	204
1. 二聚酸烷基酚烷基羧酸铵盐	204

2. 乙氧基化烷基酚和咪唑啉化合物	208
3. 碳酸胍	210
4. N, N-双基取代胺的羧酸盐	213
5. 热不稳定的丙二酸盐-酯	214
6. 烷撑胺-甲酸的反应产物	218
7. 醇基酰胺和双羧酸	219
8. 烯烃与硫代磷的反应产物	219
9. 用碘处理法防止铜腐蚀	226
10. 酚盐-卤代羧酸的缩合产物	230
11. 防铅腐蚀用的镁和硅的复合剂	233
12. 废车用润滑油	238
二、抗氧化剂	240
1. 受阻酚和氨基化合物	240
2. 二(杂环氮)取代二芳基烷烃	244
3. 环己胺	245
4. 六氢化嘧啶	247
5. 芳基胺类和1-正丁氧基-1(1-萘氧基)乙烷	251
6. 二聚酸的混合物	253
第四章 辛烷值改进剂和抗爆组分	257
一、辛烷值改进剂	257
1. 甲基酚和甲基甲氧基丙烷	257
2. 无水异丙醇混合物	258
3. 锰、柠檬酸酯和烷基锡化合物	262
4. N, N-双基取代二硒氨基甲酸酯	264
5. 络络金属的稳定作用	267
6. 微乳化液	270
二、含有防堵添加剂的抗爆组分	272
1. 甘油三醋酸酯	272
2. 二乙基乙氧基甲基丙二酸酯	275
3. 甲基三羧酸酯	276
4. 其它的催化剂防阻剂	277
5. 三氟甲苯	277
第五章 燃料助剂和燃料的组合剂	278

一、提高燃烧效率的助剂	280
1. 二叔丁基过氧化物	280
2. 硝基烷烃和合成酯类润滑油	281
3. 沥青煤(烟煤)、溶剂和碳化物	281
4. 油包氢气	282
5. 醇-水混合物	283
二、控制燃料润湿能力的添加剂	283
1. 含磷和硫过氧化物	283
2. 含氟聚合物	286
三、燃料组合剂	287
1. 乙缩醛、醇和醋酸酯	287
2. 松节油、醇和丙酮	290
3. 醇-汽油组分	291
4. 萘、樟脑、甲苯和苯甲醇	293
四、乳化燃料	295
1. 油酸酯和环氧乙烷烷基酚缩合产物	295
2. 表面活性渗合剂	297
3. 用声波搅拌提高效率	297
4. 生物降解组成	298
五、合成汽油的生产	300
1. 异丁烷热处理	300
2. 异丁烷氧化	307
3. 甲醇在沸石催化剂上转化	310
4. 裂化汽油的甲醇处理	313
第六章 抗静电剂、抗微生物剂、染料及其它添加剂	315
一、抗静电剂	315
1. 聚砜共聚物	315
2. 水杨酸金属络合物	318
二、抗微生物剂	320
1. 席氏碱类 (Schiff Bases)	320
2. 1-羟基-3H-1, 2-苯并氧杂硼	321
3. 有机硼化合物	324
4. 六氢-1, 3, 5-三氮杂苯	325

5.1, 10-二氮杂菲·····	327
三、染料·····	328
1.液体偶氮组合物·····	328
2.高溶解度偶氮染料·····	330
3.由二苯硫衍生的二重氮染料·····	333
四、喷气燃料的除雾剂·····	334
1.丙烯酸共聚物·····	334
2.聚烯烃共聚物·····	336
3.烷基苯乙烯聚合物·····	339
4.铝皂·····	339
五、防火凝胶剂·····	340
1.N-酰基氨基酸·····	340
2.亲脂性聚合碳水化合物和弹性体·····	343
3.弹性体添加剂·····	345
六、其它类型添加剂和燃料组成·····	346
1.燃气轮机用硅和镁化合物·····	346
2.燃气轮机用的硫蚀抑制剂-改进剂·····	349
3.控制发烟用的锰钙混合物·····	350
4.卤代聚烯作为残碳抑制剂·····	354
5.日光曝晒下生成淤渣的抑制作用·····	356
6.防浊剂·····	357
7.固体润滑剂片·····	363
8.柴油机燃料用的原油和分散剂·····	364
9.冲压式喷气发动机燃料·····	366

第一章 清净剂和防冰剂

虽然汽油发动机的最新设计，对于汽油的有效利用有促进作用，并且尽管汽油本身也能使这种效率很好地得到发挥，但是汽油发动机还不能做到无故障地操作。燃料在燃烧室内如果能够燃烧完全的话，燃料的完全燃烧也是少见的。可以认为，汽油中某些未燃尽的烃类，会发生复杂的裂化，聚合和氧化等反应，导致不溶物形成，进而在燃烧室内产生沉渣。某些降解产物还能落入到发动机的曲轴箱内，促使润滑油淤渣形成。

在发动机汽化器内沉渣的积蓄，是汽油发动机操作中遇到的另一问题。这种沉渣的主要来源之一，是从其它行驶的汽车中排出的燃烧废气，以及发动机自身产生的黑烟，这些黑烟和活塞环泄漏气体一起能在发动机机罩下面积存起来。这些汽化器内的沉渣主要积集在节气阀和阀体上面，因而引起不平稳地空转。

在现代发动机的运转过程中，产生故障的另一个根源是曲轴箱的正向排气系统，这个系统是为了把汽车发动机对大气污染的程度减少到最低限度而设置的。除了从曲轴箱正向排气阀中排出的废气不经过汽化器而进入燃料吸入系统这一事实外，还会发生黑烟的返混现象。所以，曲轴箱正向排气阀的采用，大大加强了在汽化器节气阀上形成沉渣的倾向。

由此可见，在汽油中加入能使汽化器保持清洁的某些物质，必将对汽油发动机的操作带来很大好处。凡是在操作中能使发动机内减少沉渣、减少曲轴箱油渣，减少汽化器沉渣，减少正向排气阀堵塞现象以及其它诸如此类能使汽油组或得到改善的措施，都被看成能使发动机保持清洁。

汽化器式内燃机在潮湿的寒冷气候下容易失速，尤其在充分暖机之前的空转速度下操作时更是如此。在燃料管线和汽化器内

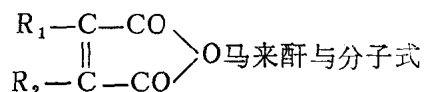
冰的形成，尤其在节气阀片和阀片附近的器壁上结冰，是使发动机失速的主要原因。当气温在 -5.56°C 到 $+10.0^{\circ}\text{C}$ 相对湿度大于65%，并且汽油的挥发性很高（按ASTM-D-86干点低于 148.9°C (300°F)) 时，在汽化器内最容易结冰。虽然，因汽化器结冰而发生失速是一暂时现象，而且当发动机经过充分暖机后，这种现象可以消除，但是这种现象无论如何是不希望的。因为这种现象可以带来麻烦，使人烦恼，而且不安全。为了防止汽化器内结冰或使结冰程度减小到最低限度，可以采取的有效办法有：改变发动机的结构，或（及）使汽化器很快加热。然而解决这个问题最有效办法，是在燃料中加入合适的防冰（添加）剂。

在技术上人们熟知的防冰剂当中，除了大家熟悉的低分子烷醇类，如甲醇、乙醇和异丙醇之外，还包括四氢糠醇、多烷撑二醇、乙二醇醚的混合物、多烷撑二醇单元醚类、醇胺类，多胺类、酰胺类、氨基酸盐类、至少被胺局部中和的单烷基和（或）二烷基磷酸酯，以及诸如醇和醚，安息香酸和氨基二醇醚、甘油和二醇醚、N-烷基吡咯烷酮和烯二醇以及多羟基化合物和氨基酰胺等的各种组合剂。这种目的在于制造出改良分散剂、清净剂和多效添加剂的制造工艺，是世界各地在研究燃料添加剂方面最活跃的领导，因为这些添加剂适用于所有型式的燃料系统。

一、汽化器多效清净剂

1. 马来酐和多胺的反应产物

1976年9月14日，美国专利3980448和1975年11月18日，美国专利3920698，法国石油燃料和润滑油研究所 (Instint Francais de Pefrole des Carbnrants et Lubrificnnts), B.Haemmerle, B.Sillion和De Gandemaris等介绍一种含添加剂的汽油组成，该汽油添加剂分子式为



为 $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_n-\text{NH}_2$ 线状多胺的反应产物。分子式中，

R_1 和 R_2 是从含一个氢原子和含1~30碳的单价烃基中任选的基团, R' 是含6至30碳的单价脂肪烃基, n 是从3至10的整数, m 是从1到10的整数。

例如, 马来酐能和N-油酰丙烷二胺或与N-硬脂酰丙烷二胺, 或与这两种试剂混合物进行反应。马来酐的衍生物, 例如, 二甲基、二乙基或二正丁基马来酐, 能与这些二胺或二胺的混合物进行反应。反应在中性溶剂中进行, 例如, 用芳烃或芳烃混合物作溶剂, 反应温度在55°C以下最合适。可以用苯、甲苯、二甲苯或这些芳烃的混合物。如果所选用的溶剂与水形成共沸混合物, 则反应中释放出的水, 必须用共沸蒸馏法把水脱掉。

另外, 曾经发现, 若反应产物与烷基磷酸酯类型的化合物结合时, 可使极性基团数目增加, 并使添加剂在芳烃混合溶剂中的溶解度增大, 同时对改善某些不希望的效应有利, 特别对改善抗冻效应有利。

例1:

取N-油酰丙烷二胺32.4克(0.1摩尔)和马来酐9.8克(0.1摩尔), 溶于100毫升等体积甲苯和二甲苯混合物中。将溶液在回流下加热进行共沸蒸馏, 以脱掉反应水。共回收1.8克水, 并得到反应产物溶液。用上述混合溶剂把溶液的体积调到已知体积, 从而得到了标定溶液。

例2:

将辛基磷酸酯和二辛基磷酸酯的等摩尔混合物17.9克(约0.1羟基当量), 加入上述溶液中, 温度保持低于65°C, 然后, 将反应混合物在80°C到85°C在强烈搅拌下, 维持1小时。将生成的油状产物用甲苯、二甲苯(50:50)混合物稀释到已知体积, 从而可以得到标定溶液。

例3:

将84.6公斤二甲苯, 0.1公斤氢醌, 83.2公斤等摩尔数的N-油酰丙烷二胺和N-硬脂酰丙烷二胺(即为人们熟知的Dino-Ram-S)和21.5公斤马来酐, 投入容量为200立升的玻璃反应器内。投

料时间延续 8 小时,温度维持 45°C 到 50°C 。将粉红色的反应混合物继续加热,当温度升到 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 时,溶液的颜色逐渐呈微紫红色。然后继续升温到二甲苯的回流温度。水和二甲苯共沸物经 5 小时共沸蒸馏后共收集到 5.2 公斤水。冷却后便获得反应产物溶液。用二甲苯补充到所需的溶液体积。将得到的溶液分成两份。

例 4:

取例 3 中溶液一份,与辛基磷酸酯和二辛基磷酸酯等摩尔混合物混合,其量为 19 公斤,亦即相当于在马来酐-胺反应产物混合溶液中全部转化成盐的胺基总量。操作时,温度保持在 65°C 以下,在不断搅拌的条件下将反应混合物升温到 $80^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$,在该温度下保持 1 小时。所得油状混合物用二甲苯补充到已知体积。

例 5:

汽化器性能评价。采用雷纳 (Renault) R16-69 701 型发动机和索列克司 (Solex) 35DITA2 型汽化器进行试验。该发动机用通用 20W/40 号多级润滑油进行润滑,并与高级汽油一起加入。该汽油组成如下:含芳烃 38%,烯烃 1%,饱和烃 61%,汽油含铅量为 0.48 克/升。发动机运转 48 小时,有 10~12% 的排放气进行循环。每次试验约消耗 200 升高级汽油,每次试验都用新汽化器(亦即等级评分为 10),到试验末期汽化器被弄脏,然后对它进行等级评分。现将用上述高级汽油进行试验的结果列入下表:

(1)一无清净剂;(2)一含 45ppm(重)例 3 的反应产物;(3)一含

汽 油 的 种 类

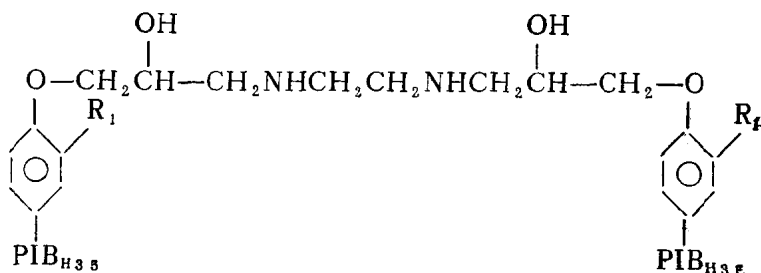
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
汽化器评分	3.8	6.6	6.5	8.9	9.1
等级评分的增值(注)	—	2.8	2.7	5.1	4.3

注:等级评分的增值表示在含和不含添加剂的试验中所得到的评分的差值。

45ppm(重)例4的反应产物；(4)一含150ppm(重)例3的产物；(5)一含150ppm(重)例3的反应产物和600ppm(重)100°F时粘度为293.5厘沱，210°F时粘度为16.25厘沱的环烷基油料。

2. 聚异丁烯-苯酚-表氯醇(3氯1,2环氧丙烷)-胺的加合物

1977年9月13日，美国专利4048081，瑞姆和哈兹公司(Rohm and Haas Company)，W.H.Machleder和J.M.Bollinger,介绍一种多效清净剂材料；作汽化器清净剂、吸入系统清净剂(沉渣生成率减少%)、燃烧室清净剂时具有很高效能。此外，在车用汽油中含低浓度该添加剂时，还具有防锈作用。该产物系聚异丁烯-苯酚-表氯醇-胺的加合物。其中以N-N'双[3-(p-H35聚异丁基苯氧基)-2-羟基丙基]乙撑二胺者为最佳。现用PIB表示任一分子量的聚异丁烯的缩写，H35表示Amoco公司的数均分子量($\bar{M}_n$)~670的聚异丁烯的代号。该最佳产物的结构式如下：



其中 PIB_{H35} 组分(也可简单地用R表示)的数均分子量($\bar{M}_n$)约在500至2000之间，最好在约600至1500之间。在邻位上可另有聚异丁烯，用 R_1 表示。因此， R_1 也可以一般地与R相似，亦即是数均分子量约500到2000，最好在600到1500的聚异丁烯基团，或者把 R_1 简单地换成氢，即H。

本过程认为最佳汽油添加剂化合物的制备程序如下：①用数均分子量为 $\bar{M}_n \sim 670$ (Amoco H35)的聚异丁烯，在酸催化剂存在下，使苯酚烷基化；②用氢氧化钠将聚异丁基苯酚转化为苯酚钠，进而再与表氯醇进行反应；③取两摩尔表氯醇加合物与乙二胺进行反应，而得到所希望的产物。

许多这种类型化合物的使用实践表明，用分子量从500到2000的聚异丁烯、乙二胺和二乙撑三胺类型的多胺化合物，可以使清净性、防锈性以及使用性能达到最好的平衡。

现将本工艺过程的最佳产物与雪弗隆 F-310 (Chevron F 310)的性能进行比较，见下表，(Chevron F310的主要成分可以认为是聚异丁烯胺)。表中例出沉渣减少率%数据是与未经处理汽油的对比数据，这些数据说明，所推荐的产物可以大大改进未经处理汽油的性能，并且在添加量大大低于Chevron F310的情况下使未经处理汽油的性能得到改善。

第二代汽化器清净剂的性能

	推荐的添加 量，磅/100桶 (注1)	ASTMD665 防锈试验，锈 蚀面积%	汽化器清 净性能，漏气试 验沉渣减少 率，%	吸入系统试 验，单汽缸， 沉渣减少率， %
控制基础油	—	100	0	0
添加剂： 雪弗隆F310 (Chevron F310)	1000	0	96	~99
本过程推荐产物 (胺加合物)(注2)	75	0~5	95	94

注1.汽油的桶数。

2.本过程推荐的产物。

本过程推荐的最佳产物具有控制汽车发动机要求提高汽油辛烷值的能力，如下页表数据所示。

虽然添加剂的作用机理尚未建立，但可以假设添加剂有利于防止沉渣在燃烧室内积聚。

在汽化器清净性的漏气试验中(沉渣减少率%)采用了MS-08号汽油，而在吸入系统试验中(单缸试验，沉渣减少率%)，以及在燃烧室沉渣的发动机试验中，都采用了不加铅的菲利浦参比燃料(Phillips J Reference Fuel)。

要求汽油辛烷值提高的数值 (注1)

	添 加 量 磅/100桶未加铅 汽 油	要求汽油辛烷值提高的数值
未 经 处 理 基 础 油	—	10
PP (胺加合物) (注2)	75	5

注1. 发动机燃烧室沉渣试验的测定值。

2. 式中 R_1 代表H或 PIB_{H35} 。

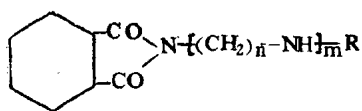
3. 聚异丁烯基丙酸-多胺的反应产物

1975年7月29日, 美国专利3897224, 埃克森研究与工程公司 (Exxon Research and Engineering Company), R.E. Chandler介绍用多脂肪胺和高分子单羧酸制取酰胺衍生物的方法。这种产物作汽油组成中添加剂使用时, 可以降低汽油发动机汽化器中沉渣生成量, 因而具有清净性能。

高分子单羧酸可用经过氯化的分子量从600到3000的 $C_2 \sim 5$ 单烯烃的聚合物, 与碳数从3至8的 α 或 β 不饱和单元羧酸进行反应而制成。用四乙撑五胺和聚异丁基丙酸制成的酰胺特别有效。而聚异丁基丙酸是用平均分子量从800到1900的聚异丁烯和丙烯酸制成的。

4. 四氢化邻酞酸酐-多胺的反应产物

1975年3月25日, 美国专利3873276, 法国石油研究所 (Francais du Petrole, des Carburants, et Lubrifiants...), B. Haemmerle, B. Sillion和G. De Gandemaris介绍一种可作为汽油添加剂的有机化合物, 其分子式如下:



分子式中两价的烃环可以是邻次苯基、1,2-二氢邻次苯基、1,2,3,6-四氢邻次苯基、3,6-桥甲叉-1,2,3,6-四氢邻次苯基、3,6-桥二甲叉-1,2,3,6-四氢邻次苯基、环己烯-1,2,3,6-桥甲叉-环己烯-1,2,被取代的或未被取代的、带1~4个总碳数在1~30之间的单价脂肪烃基。 n 是2~10包括10在内的整数, m 是1~10包括10在内的整数, R 是碳数从1至30的单价脂肪烃基。

例1:取N-油酰丙烯二胺16.3克(0.05摩尔),四氢邻酞酸酐7.6克(0.05摩尔)和60毫升等体积的甲苯和二甲苯混合物,投入装有丁和斯达克水分仪和温度计的三口烧瓶中。使惰性气体鼓泡通过烧瓶。将该混合物在回流下共沸蒸馏数小时,直至收集到约1毫升水为止。将溶液冷却后,用同一溶剂将混合物调到已知体积,以便得到N-(3-油酰胺丙基)-四氢苯邻二酰亚胺的标定溶液。

例2:

取辛基和二辛基磷酸酯的等分子混合物8.8克,即相当于0.05羟基当量,按例11加入制成的溶液中。加入时要注意使温度保持在65°C以下。然后,反应混合物在约80°C的条件下搅拌1小时,得到的油状物质,用等体积甲苯和二甲苯混合溶液调成已知体积的标定溶液。

例3:

将含7.4克(0.05摩尔)邻苯二酸酐,16.3克(0.05摩尔)N-油酰丙烷二胺及60毫升等体积的二甲苯和甲苯混合溶剂的混合物,投入例1所述的仪器中。将溶液进行回流直至收集到1毫升水为止。用上述混合溶剂把所得溶液调到已知体积以得到N-(3-油酰胺丙基)-苯邻二酰亚胺的标定液。

例4:

取辛基和二辛基磷酸酯的等分子混合物8.8克,亦即相当于0.05羟基当量,加入在例3制得的溶液中。加入时溶液温度要保持在65°C以下,反应混合物在80°C下搅拌1小时,所得油状产物,用等体积的甲苯和二甲苯混合溶剂调制到已知体积,从而得