

# VISCOPLEX<sup>®</sup> 降凝剂

性能及选择的专题介绍





## 引言

润滑油在低温及低剪切条件下的流动性对寒冷的工作环境下的发动机及设备至关重要。如果降凝剂及其加剂量选择不当时，矿物润滑油配方在低温时将表现出极差的流动性能，严重时因润滑不足甚至会导致设备故障。

几乎所有的石蜡基矿物基础油中都含有少量蜡质。当油品的温度下降时，一些蜡质组份会从液体中结晶析出，形成小的晶体，于是液体开始变得浑浊，这种现象发生时的温度被称为浊点。随着蜡质成分结晶越来越多、晶体会成长成片状，而当温度下降到足够低时，片状晶体会结合成三维网络，使得油品难以流动。这种过程有时被称为凝胶现象。而油品能流动的最低温度定义为倾点。

由于蜡质成分一般只占到油品中烃类的一小部分，而蜡结晶结构中会包含大量液体，因此这种交联网络非常脆弱。由于蜡质构成的网络很容易通过摇动或搅动而被破坏，蜡结晶结构对于低温下运转的发动机并非需要考虑的重要因素。然而，在许多应用中，大部分油品处于静止状态，例如在油罐或油槽的储存过程中，这时蜡结晶结构会对可泵送性产生很大的限制作用，因此会对润滑油的应用带来一个低温使用极限点。

## 降凝剂的历史

在20世纪30年代之前，对低温流动问题的处理办法非常有限。当时有一种今天看来并不明智，但却可理解的办法，就是在许多车辆油箱下方生火加温。当时有另一种更为合理的解决办法是通过添加煤油来增加油品对蜡的溶解性。但这也降低油品在高温下的粘度。然而，还有一个解决途径是添加一种或几种天然材料，如沥青树脂或微晶蜡质，这些材料都是在精炼过程中被除去的。尽管这些材料有时能够发挥一定效果，但遗憾的是，却没有得到广泛应用。

因为这些材料能够降低油品的倾点，因此被称为降凝剂(Pour Point Depressant, PPD)。天然物质的存在带来了一个启发：也许人工可以合成出功能同样出众，甚至更为优越的降凝剂。天然烃类降凝剂的结构以及蜡质结

构为早期的合成努力提供了清晰的路线。1931年，一种烷基化萘类的降凝剂被合成出来，其中烷基基团含有线性石蜡基结构。这一进展更激励了科学家对其它蜡质材料的研究。1937年，Rohm and Haas拿到了第一个聚合物降凝剂专利—聚甲基丙烯酸酯(PAMAs)，该产品也是基于含蜡烷基基团的聚合物。

之后多年间，多种多样的商品化合降凝剂开始出现。小分子的氯化石蜡化学是最知名的例子，但绝大多数商业化产品都是中或高分子量的聚合物，如聚甲基丙烯酸酯、聚丙烯酸酯、丙烯酸苯乙烯共聚物、酯化烯炔或苯乙烯马来酸酐共聚物、烷基化聚苯乙烯和醋酸乙烯酯—富马酸共聚物。

# 降凝剂化学

尽管聚甲基丙烯酸酯是第一种聚合物降凝剂，经过70多年，至今仍是最优秀的降凝剂产品，在全球市场占领先的地位，远超过其它类型的降凝剂。这是因为该聚合物具有独特的分子结构，且其化学结构具有极大的灵活性。PAMA降凝剂的基本结构如下：

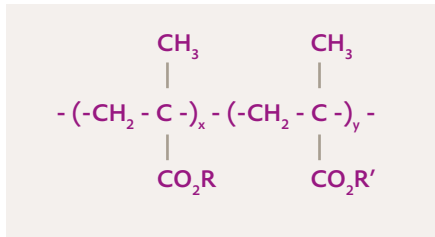
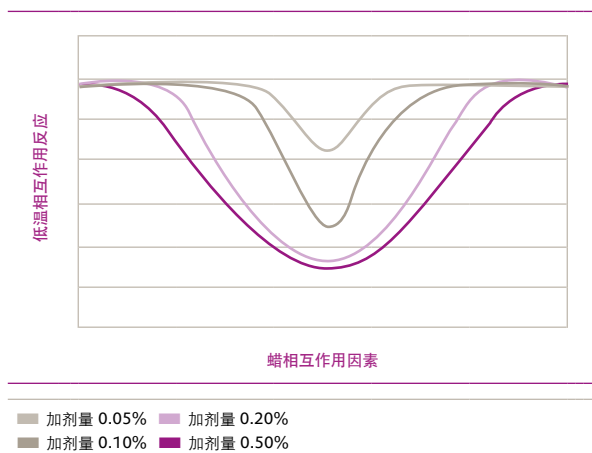


图1: PPD与蜡相互作用的典型反应曲线



基团R和R'是由一个碳到22个碳的烷基基团的混合物。该产品为自由基溶液反应而成的共聚物。

降凝剂的活性与聚合物分子量的关系不大，且PPD的聚合度(x+y)可以从200到2000不等。尽管PAMA降凝剂的分子量并不影响主要性能，但却对增稠性能、剪切稳定性甚至操作特性有影响。因为绝大多数调油厂倾向于在整个润滑油应用范围内应使用单一降凝剂产品；而齿轮油对剪切稳定性的要求是最为严苛的，所以其应用通常被作为标准，绝大多数降凝剂产品的分子量都趋向于上述数值范围的低端值。

为了能使PAMA有效地与蜡质发生相互作用，R基团必须为线性，且含有至少14个碳原子。由于油品中蜡质分子链的长度存在一个分布区间，因此，为使降凝剂达到最佳活性，R基团的链长也需要有一个类似的分布。一般来说，烷基集团与蜡质的反应性会随着分子链的增长而增加，但最佳反应程度的实现需要小心平衡与蜡交互作用的烷基基团。

图1展示在一种特定基础油中，PAMA降凝剂的蜡相互作用因素(WIF)的典型对应曲线。蜡相互作用因素需考虑每一个可与蜡质作用的烷基基团的含量以及相互作用的相对强度。WIF是PPD特定性能，而非基础油的，它是区分PPD的有效工具。这里显示出的是典型反应图，相互作用反应曲线的特性在绝大多数低温、低剪切测试方法中都能发现。但需要注意的是，要达到最佳相互作用，还是需有一个特征性的WIF去搭配。然而，随着降凝剂浓度的增加、相互作用窗口会变宽，且会变强。但是加多了不一定都是好的，下面会在“PPD选择和加剂原则”的部分针对不同的问题分别讨论。

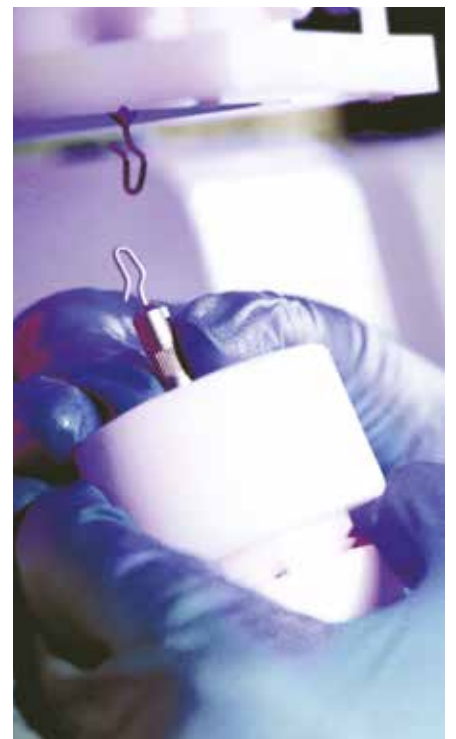
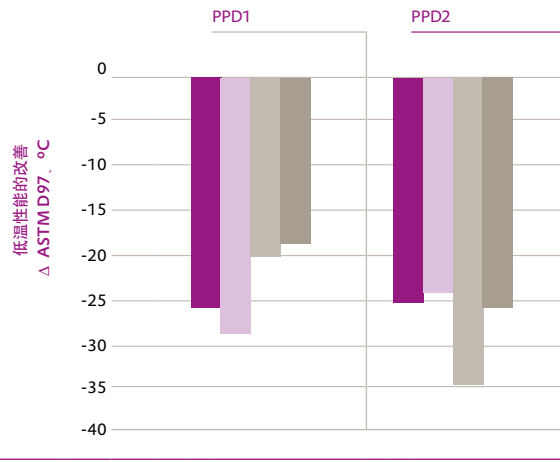


图2: 基础油低温下轻重蜡质影响PPD的选择



PPD 加剂量 = 0.1 wt% (重量比)

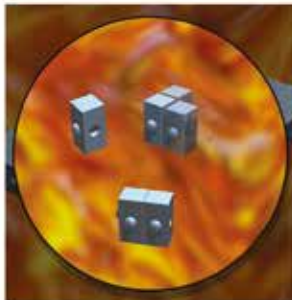
■ 100N 基础油 ■ 150N 基础油 ■ 325N 基础油 ■ 600N 基础油

图2显示了根据ASTM D97试验得到的倾点改善程度(Δ)，四个一类基础油样均为来自同一炼油厂的溶剂精炼的基础油。将两个PPD分别添加0.1%的剂量至油品中，其中PPD2的含蜡侧链量是PPD1的两倍。在轻蜡质油100N和150N需要具有较低WIF的PPD1，才会有较佳的倾点控制。相反的，在重质基础油中，325N和600N的油含较多的蜡质，需具有含蜡侧链更多及更高WIF的PPD2才能带来更好的D97性能。而对于这些油品来说，PPD1和PPD2并不一定是最佳的PPD，它们的表现在这只是证明重质的基础油对蜡质含量更高的PPD匹配较好，而轻质油对蜡质含量低的PPD效应更好。

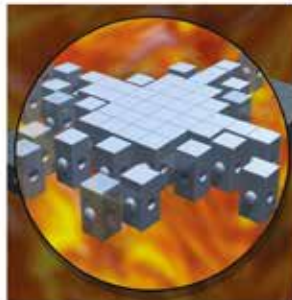
PPD的WIF由PAMA聚合物中的R基团的平均碳数来控制。R基团的碳原子数少，PPD的WIF就低。同时要让R基团的碳数有更宽的分布，从而扩展PPD活性范围，才能更贴切地匹配实际情况下蜡质在润滑油中的分布。

在低温下VISCOPLEX® 降凝剂改变蜡结晶的机理

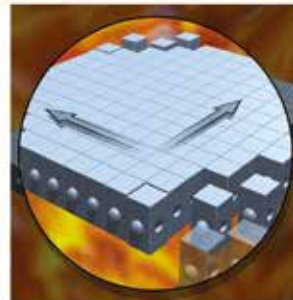
未添加VISCOPLEX®降凝剂



浊点以下蜡分子的结晶



主要的晶体成长是侧面，形成针状或片状

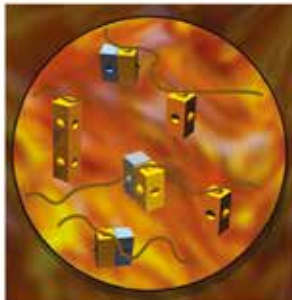


蜡结晶结构继续成长

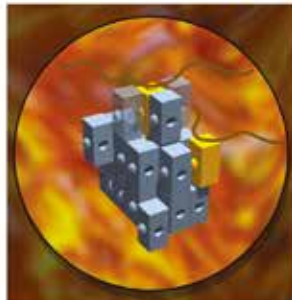


形成三维晶体网络结构、晶体大小 > 100微米、油停止流动

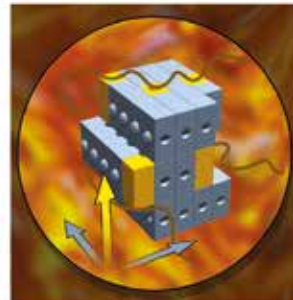
添加VISCOPLEX®降凝剂



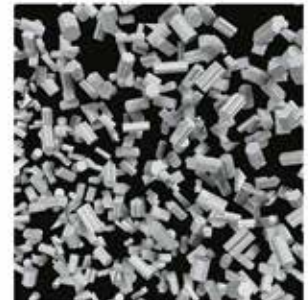
蜡分子与VISCOPLEX®降凝剂晶体发生共结晶



VISCOPLEX® 降凝剂改变蜡结晶的成长



避免蜡结晶自行共晶、导致较小且较不规则的结构



无凝胶态的蜡结构，油品没有屈服应力继续可以流动

石蜡基的晶体单元

石蜡基加上VISCOPLEX®降凝剂的晶体单元

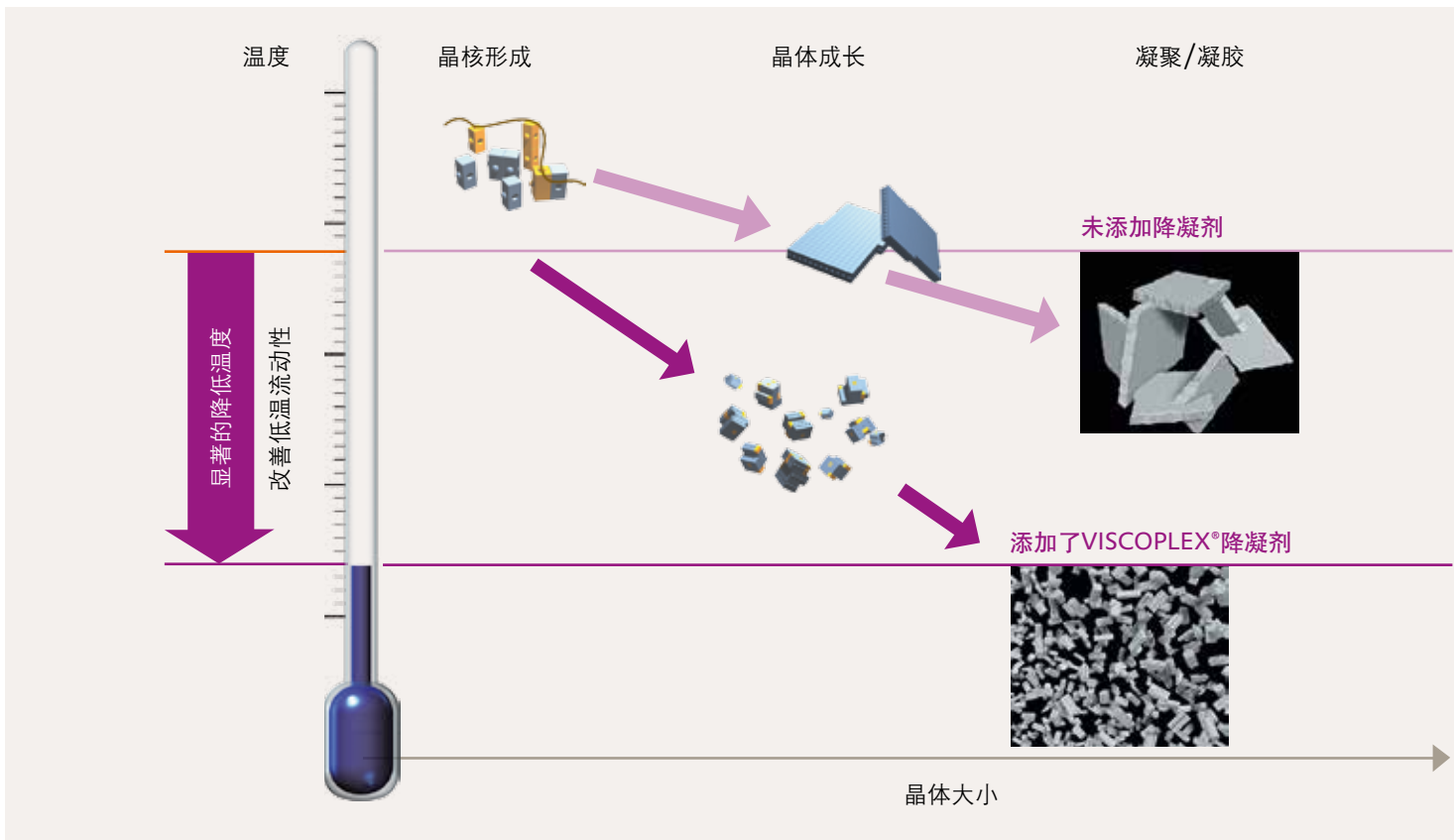
VISCOPLEX® 聚合物主干

# 作用机制

降凝剂不会影响到蜡从液体中结晶析出的温度，也不会影响到蜡结晶的数量。然而，当蜡结晶形成时，降凝剂能与存在于油品中的蜡质发生共结晶，改变蜡的结晶模式。并且，因蜡晶体被PPD主链分隔，产生立体位阻作用，蜡晶体就不再能够形成可阻碍流动的三维结构了。对凝胶化的抑制，目标是确保油的泵送性，并保证了油品总体上流动性，但是在完全液体化和临界凝胶化之间存在很宽的流动变化区间。当然，完全的液体化更令人满意，但这样的情况只有降凝剂结构能够确定与蜡质有最优的相互作用时才能发生，使得蜡结晶以极小的晶体实现稳定分散在液体油品中。

需注意的一个重要情况是，无论蜡含量多少，随着温度的下降，所有液体最终都会“固化”，或者更准确地说，变得无法流动。这现象简单来说是因为粘度增加，高到重力不能对油品造成流动了，这通常被称为粘性倾点。粘性倾点下的粘度有高达100,000 cP以上。这种特性值得注意，因为人们常常抱怨降凝剂在重油或极低温下效率降低或失效。因此，了解到倾点的粘性极值非常重要，这样才能知道降凝剂对蜡结晶改进的极限。

石蜡晶体成长与低温流动性的关系

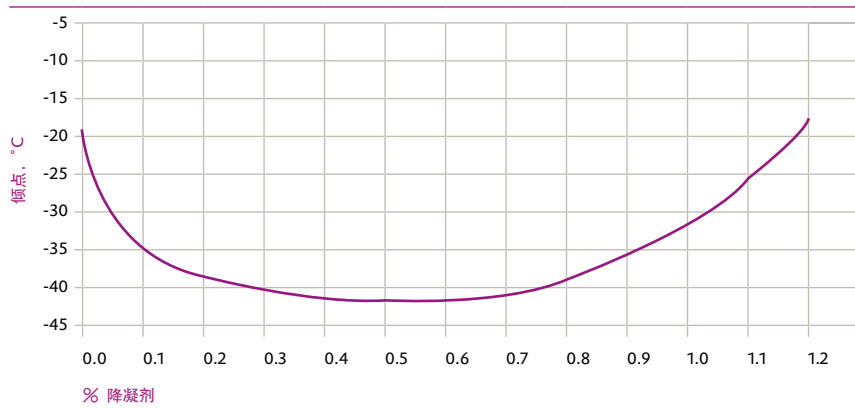


石蜡基晶核

VISCOPLEX® 降凝剂



图3: 加剂量对ASTM D97倾点的影响



## PPD选择和加剂量原则

当需要设计新的降凝剂或选用现成产品时，重要的是需要意识到这些添加剂本身也是含蜡质成分，因此在润滑油中添加降凝剂事实上就是添加蜡质品。所以必须仔细选择加剂量，以获得最优的效果。应当避免PPD过量，以防低温性能的反弹。

图3是由图1的纵切面数据得到的典型浓度反应曲线。这虽是ASTM D97倾点试验的测量结果，但其低温反应曲线的形状具有同样一般性。如图所示，经适当选择的降凝剂将会使低温性能得到显著提高，甚至在低剂量下也是如此。提高剂量会带来进一步的少许提升，但一旦蜡质成份被完全控制后，添加多余的降凝剂并不会带来益处，效应曲线也开始变平缓。进一步提升降凝剂的剂量实际上只会让油中的蜡质含量更高，导致低温性能反弹。在极端情况下，过度加量会比不加降凝剂带来更差的性能。

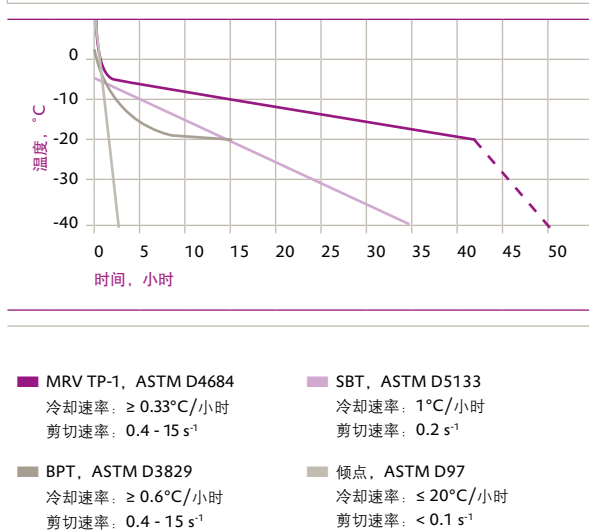
注意图1和图3曲线形状上的相似性。图1是降凝剂的化学结构(它的WIF)对低温反应的影响，而图3是降凝剂的加剂量对低温反应的影响。事实上，PPD的化学组分和使用浓度是需要平衡搭配的。有时PPD蜡相互作用质不足时也可以通过增加剂量来弥补，但是最好是通过优化PPD的含蜡组份来降低加剂量。

如图3所示，由降凝剂加剂量过度而带来的倾点性能反转现象十分明显。但因许多与蜡质相关的现象都受到时间及低温受冷过程的影响。因此，有些情况下，在一个低温表现尚可的PPD，该降凝性能控制在储存期间丧失掉了。这是因为含蜡质油液在长期低温下，蜡质发生结晶已变成类似于超冷液体，从而使液体系统变成凝胶体。

# 低温性能要求

控制润滑油的低温性能是极其复杂的现象，没有一个单一试验能够准确预测油品在多种多样的测试条件下都能够得到一样的结果。首先，绝大多数机油在低温条件下，因为蜡结晶而都成了极度非牛顿流体。再而油品润滑流动时所受的剪切速率范围很宽。此外，受热历史，温度循环及冷却速率都会对低温流变性能产生重要影响。因此，近年来有许多方法，都是因针对实际情况所遇到的特定问题而被开发出来。下面的内容描述了当前几个重要的低温试验方法的发展历史，而图4是对这几种试验的不同温度过程进行比较。

图4: 各种低温试验冷却速率对比



快速冷却的试验，如倾点，并不能很准的测出发动机油在低温下的可操作性。因为快速冷却无法让配方中含有的蜡质有足够的时间进行完整的结晶并形成三维结构。但是比较灵敏的方法，如ASTM D4684 (MRV TP-1的指标-粘度及屈服应力)，使用较慢的冷却速率及更长的测试时间能更准的预测低温可泵送性能。MRV TP-1的温度降温曲线是基于实际温度条件，该条件的制定是因为美国20世纪80年代，由于机油低温性能不良而引发大量的发动机故障。事后参考低温区域实际气候条件，应用在MRV TP-1低温的试验，真正复制油品在实际低温条件下降凝剂对蜡质成分控制结晶的情况。

绝大多数润滑油（例如自动传动液、齿轮油和液压油）的低温性能一般都用倾点和布氏粘度来当指标。而发动机油的评价要复杂得多，一般要求包括倾点、MRV TP-1、扫描布氏粘度以及油品经过程序IIIG台架试验或ROBO氧化后的MRV TP-1等指标。

## 倾点 (ASTM D97)

油样品在小圆柱形玻璃试管中经过快速冷却(0.2-0.3°C/分钟)。每隔3°C倾倒试管90度，目测油品的流动性。倾点是油品可流动的最低温度。

## 布氏粘度 (ASTM D2983)

在要求的试验温度下，油样品在玻璃试管中冷却16小时后用低剪切的布氏粘度计来进行测量。将转子浸没在待测油样中，根据不同的粘度，以特定速度旋转。测量得到的扭矩再换算成粘度值。

稳态倾点 (SAE J300, 附录B; 或FTM 791b, 方法203, C 循环) 该倾点有时也称为C循环倾点。按照ASTM D97的方法，将油样品倒入到同样的玻璃试管中，并进行7天的多次循环高低温度处理储存，包括三次通过大多数油品的油点温度范围。

## 机油在低温下的屈服应力及表现粘度 MRV 泵送粘度, MRV TP-1 (ASTM D4684)

将油品试样加入到旋转粘度计(称为微型旋转粘度计)先快速降温到-8°C，再以每小时约0.33°C的降温速度降至-20°C，然后以更快的速度冷却至由SAE粘度级别所规定的最终试验温度。总试验时间为45-53小时。在最终试验温度下进行粘度和屈服应力的测试。

## 边界泵送温度 (ASTM D3829)

是ASTM D4684 试验的前身，将油料样品在微型旋转粘度计中，前10小时内降温速度由快而缓，但是每小时都大于0.6°C 降温速率至所需的试验温度，并在试验温度下恒温6小时后测量粘度。至少在三个温度下重复这一程序，边界可泵送温度是经由这三个测量值由外插或内插法求粘度在30,000 cP处的温度值来得到。屈服应力也是一个必需测量的指标。

## 扫描布氏(粘度)技术 (ASTM D5133)

油样从-5°C到-40°C 以1°C/小时降温速率下、同时以布氏粘度计不断旋转，每一小时测量一次粘度，当粘度达到40,000cP，或温度先到达为终点。此法可获得粘度随温度连续的变化曲线。再利用Walther-MacCoull-Wright关系作出粘度数据点，然后取该曲线对温度的一次自然对数。凝胶指数是导数的变化的最大值。该点对应的温度称做凝胶温度。

## 液压油的低温流动性 (ASTM D6351)

将油品试样在选定的适用的温度下保持7天，然后将测试容器水平倾斜以观察油品是否仍然流动。该方法针对以植物油为基础的润滑油指标而定，是因该类油品容易在长时间低温储存条件下发生固化。

## ROBO (ASTM D7528)

Romaszewski Oil Bench Oxidation (ROBO)是一种用来模拟程序IIIG 发动机台架试验条件下的氧化性及挥发性的实验室试验法。油样在催化剂的条件下于170°C 下反应40小时，在此期间保持不停的搅拌、氧化、硝化、并挥发的条件。对于由ROBO程序产生的氧化油品，使用MRV TP-1 (ASTM D4684)来评估氧化后的油品的低温性能。该试验也测量了油品的挥发性及粘度的上升。在ILSAC GF-5指标里指明ROBO试验可替代程序IIIGA，此试验方法节约时间及经费。因为行业对氧化后油品的低温性能的要求越来越重要，因此赢创油品添加剂公司发展了这项试验。

其它有一些是常被误以为与PPD性能有关的低温试验。冷启动模拟器(CCS, ASTM D5293)是专为确保发动机在低温能启动而设计的机油测试方法。但PPD只与低温、低剪切环境有关。虽然CCS是低温测试方法，但它使用高剪切速率。能够破坏任何蜡质结构，所以这试验无法测出蜡结晶强度，因此与PPD选择无关。

近来另一种时常与PPD试验相混淆的例子是ASTM D7563的乳化试验。虽然具有分散剂性能的PPD对油品的乳化性能具有很强的影响，但试验这种功能性超出了低温控制的范围。大部分情况下，乳化性能是由复合剂来提供，而PPD只用于提高低温流动性能。所以不能以此测试方法来筛选PPD。另外如果调配方者未注意到PPD的分散剂性能，则使用这样的产品会很容易影响到液压油配方中油水分离的指标。

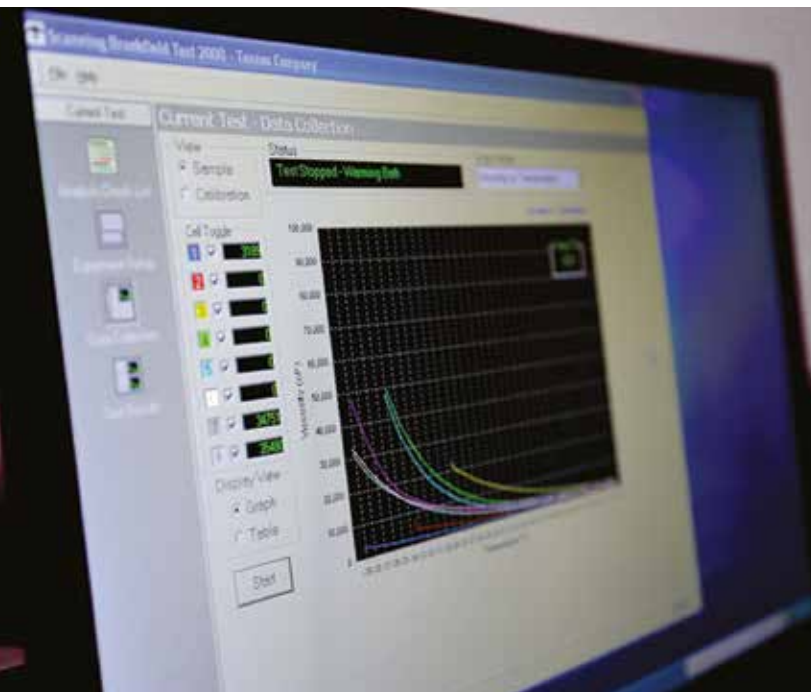
## 基础油趋势

目前，市场上基础油的分类变得越来越广，使得配方研发面对的蜡处理的问题越复杂。加氢优化的二类基础油及加氢裂化异构的三类基础油逐渐普遍，但传统的溶剂脱蜡的基础油依然在使用。原油的多样性也是一个问题。经济压力促使原料的来源多样化，例如从自由市场中购入现货，从而导致炼油厂的进料原油品质不断发生变化。这种变化使得不同基础油的蜡质特征以及对PPD的反应不固定。

更为棘手的问题是，API三类及四类的溶解性与溶剂精炼的基础油有很大的差异，因此需要考虑适应于它们的各自特性的配方。气制液化油(GTL)代表了基础油技术的最新进展，以Fischer-Tropsch工艺将天然气转换成基础油。这些GTL以及高精炼

的三类基础油也含有蜡质，所以也需要加入PPD进行改善低温性能，但用在这种基础油的PPD技术与用于溶剂精炼油的技术不尽相同，因此PPD可能需要重新筛选。

最后，可生物降解基础油（植物油）在一些应用上，也有增长趋势。这些植物油含有甘油三酯，虽不是石蜡性蜡质，但这些分子的结构却类似于蜡质。而且其“蜡性”极高，如何控制其低温流动性是一个新的挑战。总体来说，配方科学家所面对的可生物降解基础油蜡质问题是从来都没有这么复杂过的。根据目前的迹象使用这种可生物降解基础油的趋势还将持续。





## PPD选择指南

已经配制好但未添加降凝剂的润滑油最适宜用于降凝剂的筛选。润滑油的基础油一般都是两种或更多种原料油的混合物。具有某种WIF程度的降凝剂对于某种基础油组份是最优的，而对另一种基础油来说，需要另一种WIF来达到最优化。如果还存在第三种成分，情况就会变得更加复杂，尤其是重油或光亮油。

在降凝剂的选择过程中，另一个重要的因素可能是其它功能剂成分的作用。任何含有类似蜡质烃类结构的添加剂都可能对低温性能具有显著的影响。这是因为润滑油在低温下形成的蜡结构并非均来自基础油。有些“类似蜡质”来源是由其它的添加剂而来，这都会对蜡质结构的形成具有或多或少的影响。目前最显著的例子就是高乙烯含量OCP增稠剂(VM)。它们含有高乙烯的分子，对降凝剂的选择具有重要影响。另外，考虑到配方中所含有的其它性能添加剂对降凝剂的影响，有必要使用完全配制好的油品，而不是仅仅对基础油进行PPD性能评价。图5显示PPD反应基于纯基础油及配方油品的结果。在150N油料中，PPD1能够通过MRV TP-1屈服应力指标，而PPD2不能通过。然而，当同样的150N基础油用于配方含有VM和复合剂组合成分的SAE 10W-40机油时，PPD1未能通过全配方机油的MRV TP-1试验中的屈服应力指标，然而PPD2却可通过。这变化是因为VM和复合剂促进了油品中蜡质成分的形成，PPD必须能够控制它们对配方低温性能的影响。

图5: PPD在基础油和全配方油品中的性能

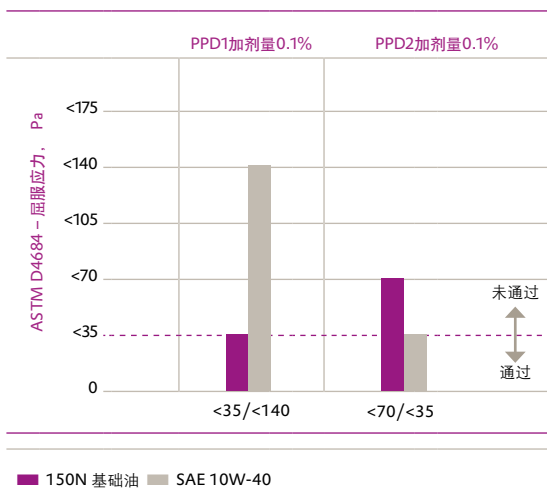
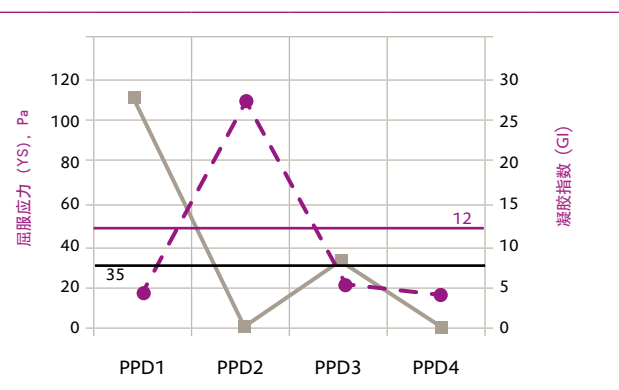


图6: ASTM D4684 YS, ASTM D5133 GI



PPD4通过了屈服应力(YS)和凝胶指数(GI)测试  
35的线代表了屈服应力指标  
12的线代表了凝胶指数指标

— ASTM D4684 YS — ASTM D5133 GI

关于降粘剂选择的最大单一问题是，有时候在低温试验的要求上会出现冲突。降凝剂的选择不能够仅仅基于任何的单一试验。例如，图6显示从同一个SAE 5W-30机油测得到的扫描布氏凝胶指数和MRV TP-1粘度比对。黑线代表了MRV TP-1屈服应力，而紫线则代表了扫描布氏凝胶指数(GI)。水平线显示了每个试验的最高限值，理想的PPD是能够对蜡质进行适当的控制，从而将结果都低于这些限值之内。由于在降温曲线，剪切速率和时间上有所不同，每个PPD都表现出对两个试验的特定反应。PPD1具有良好的GI性能，但由于存在高屈服应力，未能通过MRV TP-1试验。另一方面，PPD2没有屈服应力而通过了MRV TP-1试验，但在扫描布氏试验中未能提供足够的低温控制性能，油品显示出较高的GI值。只有PPD4在低温，低剪切条件下的蜡质结晶现象控制方面取得了平衡，符合两个试验的要求。因此，考虑润滑油的所有低温要求是非常重要的，因为通过一个低温试验并不代表能通过另外一个。

除了对特定应用的试验进行权衡之外，也必须考虑产品线粘度等级内的需求，以及跨产品线的需求。尽管有可能存在能满足所有产品要求的最优降凝剂，但这显然并不实际。不太可能有单一的“万能”降凝剂可以满足调油厂所有产品的要求。然而，有时可能只要对某些产品提高加剂量，那只用一种降凝剂也能够满足一家工厂所有产品的需求。但是如果物流及仓储没有问题的话，应该考虑使用两个降凝剂来达到最低的加剂量。

十多年来，另一个关于PPD的重要问题是机油氧化后的低温性能，氧化包括经过程序IIIG发动机台架试验或ROBO台架试验。从GF-4开始，ILSAC级机油被要求在经历氧化增稠过程后，依然能通过MRV TP-1试验。因此，PPD不仅需要对新油的蜡质结晶进行控制，而且还需要对使用后氧化油品的低温性能进行适当控制。由于氧化后的油品含有较多的极性分子，在低温下易形成结构化的晶体，因此PPD必须既能处理蜡质成分的结晶，又能够处理极性分子的团聚问题。与图5中所描绘的情形类似，在新油品中工作良好的PPD不一定能够保证在氧化油品中也能表现良好。例如，图7显示了三种PPD，加剂量为0.3%在新油及氧化后SAE 5W-30机油中的反应

情况。所有三种PPD产品都能在新油品中通过MRV TP-1试验，如果这些PPD也能满足其它低温试验的要求，则PPD1、2、3就都能够作为配方的合适添加剂。然而，这些PPD产品在氧化后油品环境下的控制能力却相差很大。使用PPD1的氧化油品在MRV TP-1试验中完全凝结，而PPD2则表现出高粘性。只有PPD3拥有适当平衡的蜡质组成，能够通过新油品和使用后氧化油品的低温试验。

## 赢创油品添加剂公司的降凝剂产品

赢创油品添加剂公司提供数个降凝剂产品线，这些产品全部基于PAMA化学技术。这些系列中绝大多数产品都具有极佳的剪切稳定性，因此可以确保它们对所有润滑油应用领域的适用性。如果有需要，也有一些产品具有较高的分子量，它们可以在润滑油的粘度及粘度指数上有一定程度提升来满足特殊要求。

VISCOPLEX® 系列降凝剂长期以来在各类润滑油中获得广泛应用的PPD产品。在绝大多数情形下，它们依然是最有成本效益的理想选择：

### VISCOPLEX® 1-100 和1-200系列

VISCOPLEX® 1-100和1-200系列PPD为常规降凝剂，尤其适用于由溶剂精炼基础油调配的润滑油以及仅对倾点或布氏粘度指标有要求的工业或齿轮油的应用。

图8: VISCOPLEX® 生物降解PPD确保植物油体系的润滑油在极低温下的流动性



### VISCOPLEX® 1-300系列

VISCOPLEX® 1-300系列PPD为特别量身定制产品，能够提供的有效低温解决方案。它们在控制MRV TP-1 屈服应力及扫描布氏凝胶指数方面尤为有效。总体来说，VISCOPLEX® 1-300系列的应用性比1-100和1-200系列要宽。

### VISCOPLEX® 1-400, 1-600和1-700系列

VISCOPLEX® 1-400、1-600和1-700系列是专为高级机油性能而设计定制的PPD产品，包括满足ILSAC GF-X指标对PCMO 机油氧化后的要求。这些PPD非常适用于现代化基础油与添加高乙烯基含量的OCP粘度改变剂的PCMO和HDMO配方。

### VISCOPLEX® 1-800系列

VISCOPLEX® 1-800系列PPD产品由高分子量降凝剂组成，能够提供低温性能，并提升油品的粘度指数。

### VISCOPLEX® 10系列

VISCOPLEX® 10系列PPD产品专为环境友好型润滑油而设计，能够为各类植物油或生物质制备的可生物降解润滑油提供最佳的倾点性能及低温储存稳定性。该系列的PPD使用矿物油，植物油或酯类油作为溶剂油，其应用包括从电锯油到变压器油等多个方面。10系列PPD的一个主要优势就是能够使润滑油在超长低温条件下依然保持液体状态。图8所给出的一个实例表明，使用这系列的PPD能够使植物油基润滑油配方保持液态超过15天，而未处理的试样在24小时后就已经冻结。

图7: PPD选择：新油和氧化油品

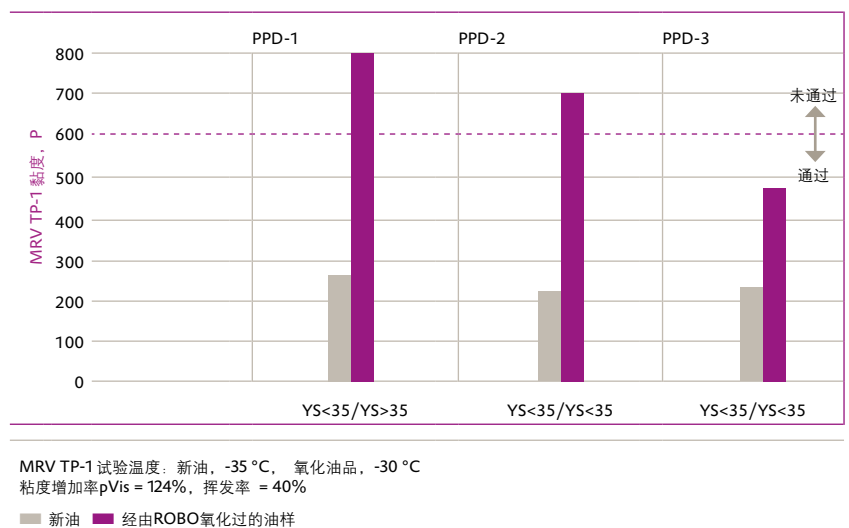


图9: 满足ILSAC GF-5指标的PPD筛选研究

新油品			
SAE 5W-30 使用 GF-5 复合剂, HE-OCP VM, 北美二类基础油			
PPD	—	A	B
PPD 加剂量, %	未处理	0.4	0.4
ASTM D97			
倾点, °C	-18	-33	-30
ASTM D4684 MRV TP-1, -35°C			
粘度, cP	17,600	16,900	16,700
屈服应力, Pa	<35	<35	<35
MRV TP-1, -40°C			
粘度, cP	134,000	60,000	59,000
屈服应力, Pa	<105	<35	<35
ASTM D5133 扫描布氏粘度技术			
凝胶指数, 凝胶温度	5.2, -11.2°C	5.1, -37.7°C	5.6, -37.7°C
氧化后的旧油			
ASTM D7528 ROBO			
挥发率%		47	
粘度上升, 40°C, %		113	
PPD	—	A	B
PPD 加剂量, %	未处理	0.4	0.4
MRV TP-1, -30°C			
粘度, cP	固体	127,900	43,600
屈服应力, Pa	—	<105	<35

\*5W-30试样先经ROBO氧化后再加PPD A和PPD B后进行优化

## 案例研究

由于ILSAC和API级的机油都要求有旧油低温性能, PPD的选择变得越来越复杂。下列数据是SAE 5W-30 PCMO使用北美二类基础油及高乙烯基含量OCP VM所调配油的研究。此全配方油, 必需满足ILSAC GF-5的低温指标。因此以MRV TP-1、倾点、扫描布氏技术参数及ROBO性能进行评价: 未处理试样及添加量0.4%(重量比)的两种不同PPD产品的试样。数据根据新油品, 低温试验(PP、MRV、及SBT)和氧化后油品试验(ROBO)进行分析。

首先应注意MRV TP-1试验中未处理5W-30样品所表现出的良好低温性能。该油品未添加任何PPD, 没有屈服应力, 且在-35°C下粘度低于20000 cP。之所以通过试验是因为使用高质量二类基础油及GF-5复合剂的影响。如前所述, 复合剂化学可能影响低温控制, 因为组分里时常会有与PPD类似的成分。所以在选择适当的PPD和加剂量时应当考虑复合剂的影响, 这一点至关重要。

当加0.4%(重量比)的PPD A或PPD B在5W-30的油中, 新油品的低温性能响应完全一样。MRV TP-1、倾点及扫描布氏粘度都表明两种PPD都能够提供极佳的低温控制性能。甚至在-40°C下(注明: 这是0W-XX油品试验温度)的MRV TP-1, 这些5W-30油样也都没有屈服应力, 并持续保持良好的泵送粘度。

另一方面, 在经ROBO氧化后的油中, PPD A的表现与PPD B截然不同。含有0.4%(重量比)PPD A的5W-30油品在-30°C下测的MRV TP-1试验中表现出高粘度和屈服应力。而PPD B仍然能够在经氧化的油下持续地对蜡质及极性成分进行控制。尽管两种PPD都能为新油品带来极佳的结果, 但PPD B显然更适用于氧化油品。这些结果强调了平衡各种低温试验要求的重要性, 不可仅仅依靠新油品来选择PPD。

本信息以及其他更多的技术建议均是基于我们现有的知识和经验。该信息并不意味我方应承担任何债务或法律责任，包括有关第三方的知识产权尤指专利权。特别是，不存在任何法律意义上的对产品属性的任何明示或暗示的担保或保证。我们保留由于技术进步或进一步开发而做出改进的权利。客户仍需对产品进行仔细检验和测试。本信息所述的产品性能应经过测试方能确定，该等测试应当由客户单位中专职检测的合格专家进行。我方不推荐参考其他公司的商标，也不暗示可以使用相类似产品。  
此中文版本仅供参考，如有异议，请查阅英文版本。

和VISCOPLEX® 和VISCOWAX® 是Evonik Oil Additives GmbH注册商标。©01/2014  
Evonik Industries AG - v10a



赢创油品添加剂亚太技术服务中心  
上海莘庄工业区春东路55号  
赢创德固赛（中国）投资有限公司  
上海分公司研发中心3楼  
邮编：201108  
传真：+86 21 6119-1437  
电话：+86 21 6119-1038

赢创德固赛（中国）投资有限公司  
北京市朝阳区东三环北路38号院  
1号楼泰康金融大厦12层  
邮编：100026  
电话：+86 10 6587-5334  
传真：+86 10 8527-5986

赢创油品添加剂亚太区域总部  
Evonik Oil Additives  
Asia Pacific Pte.Ltd.  
新加坡国际商业园  
3号北欧中心#07-18  
邮编：609927  
电话：+65 6809-6571  
传真：+65 6890-6825

oil-additives@evonik.com  
evonik.cn/oil-additives

**赢创. 创新原动力.**