

## 液压控制润滑油

参考手册



在安装、操作或维修此设备前，请通读此手册以及所有其他与所执行操作相关的出版物。践行所有的工厂和安全须知以及预防措施。

**一般预防措施** 如果违反相关规定可能会造成人身伤害和/或财产损失。



### 修订版

本刊自出版以来可能已经进行了修订或更新。要验证您是否拥有最新版本，请在 Woodward 网站的 [出版物页面上查看手册 26455 “客户出版物交叉参考与修订状态和分发限制”](#)：

[www.woodward.com/publications](http://www.woodward.com/publications)

[出版物页面](#) 上提供了大多数出版物的最新版本。如果您没有找到所需的出版物，请联系您的客户服务代表以获取最新版本。




### 正确使用

如对设备进行未经授权的改装或在设备指定的机械、电气或其他操作限值之外使用设备，可能会造成人身伤害和/或财产损失，包括设备受损。此类未经授权的改装包括：(i) 符合产品保修书中指定的“误用”和/或“疏忽使用”，导致的损坏不在保修范围内，以及 (ii) 导致产品认证或名录无效。



### 出版物的翻译

如果此出版物指明“原始说明的翻译”，请注意：

本刊的原始版本自此翻译版本发布以来可能已经进行了更新。请务必查看手册 [26455 “客户出版物交叉参考与修订状态和分发限制”](#)，验证此翻译版本是否为最新。过时的翻译版本会标有 。务必将翻译版本与原始指南进行对比，以了解技术规格，确保妥善和安全的安装和操作流程。

**修订** — 如果相对上一版本，此出版物中出现变动，则在变动文字的旁边标注一条黑线。

Woodward 保留随时更新此出版物的任何部分的权利。Woodward 确信提供的信息是安全和可靠的。但是，除非另行说明，否则 Woodward 不承担任何责任。

手册 25071  
版权所有 © Woodward 1986–2002  
保留所有权利

## 目录

警告和提示.....	II
注意静电放电.....	III
<b>第 1 章 基本信息 .....</b>	<b>1</b>
简介.....	1
润滑油特性.....	1
润滑油的润滑性能.....	2
性能添加剂.....	3
润滑保护添加剂 .....	3
<b>第 2 章 如何选择润滑油.....</b>	<b>5</b>
基本信息 .....	5
正确选择润滑油 .....	7
自动传动液.....	9
合成润滑油.....	9
附注.....	11
<b>第 3 章 润滑油维护.....</b>	<b>12</b>
基本信息 .....	12
换油间隔 .....	12
何时更换调速器润滑油.....	14
受污染的调速器润滑油.....	14
滤油器 .....	14
润滑油漆膜.....	16

## 插图和表格

图 2-1. 润滑油图表 .....	8
图 2-2. 粘度对比.....	8

## 警告和提示

### 重要定义



这是安全警告标志。它用于提醒您注意潜在的人身伤害危险。请遵循所有附带这一标志的安全信息，以避免可能的伤亡。

- **危险** — 表示如果不加避免，将造成死亡或严重人身伤害的危险情况。
- **警告** — 表示如果不加避免，可能造成死亡或严重人身伤害的危险情况。
- **注意** — 表示如果不加避免，可能导致轻度或中度伤害的危险情况。
- **提示** — 表示只会导致财产损失的情况（包括对控制器的损害）。
- **重要** — 标明操作提示或维护建议。

<b>警告</b>	<p>发动机、涡轮机或其他类型的原动机必须配备超速停机装置，以避免原动机出现失控或损坏，导致可能的人身伤害、生命或财产损失。</p>
超速/超温/超压	<p>超速停机装置必须完全独立于原动机的控制系统。出于安全考虑，可能还需要超温或超压停机设备。</p>

<b>警告</b>	<p>本出版物中介绍的产品可能存在导致人员伤亡或财产损失的风险。执行手头的工作时，请始终穿戴合适的个人防护设备 (PPE)。应考虑穿戴的设备包括但不限于：</p>
个人防护设备	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 护目用具</li> <li>• 护耳用具</li> <li>• 安全帽</li> <li>• 手套</li> <li>• 安全靴</li> <li>• 呼吸罩</li> </ul> <p>在处理操作液时，务必阅读相应的化学品安全数据表 (MSDS)，按规定使用推荐的安全设备。</p>

<b>警告</b>	<p>在启动发动机、涡轮机或其他类型的原动机时，做好随时进入紧急停机的准备，以使原动机免受失控或损害，防止一切可能的人身伤害、生命或财产损失。</p>
启动	

<b>警告</b>	<p>公路和非公路移动应用：除非 Woodward 的控制器同时具有监视控制功能，否则客户必须安装完全独立于原动机控制系统的系统，用于监控发动机的控制操作（并在监视控制器缺失时采取妥善措施），从而避免发动机控制器出现失控，防止一切可能的人身伤害、生命或财产损失。</p>
汽车应用	

**注意**

为防止对使用交流发电机或电池充电设备的控制系统造成损害，请务必先关闭充电设备再从系统断开电池。

**电池充电设备****注意静电放电****注意**

电子控制器包含静电敏感部件。请遵守以下预防措施，防止对此类部件造成损害：

**静电预防措施**

- 处理控制器之前释放设备静电（切断控制器电源时，接触接地的表面并在处理控制器的过程中保持与地面的接触）。
- 不要在印刷电路板周围放置塑料、乙烯基塑料和泡沫塑料，防静电材质除外。
- 不要用手或导电设备触碰印刷电路板上的组件或导体。

为防止因操作不当而损坏电子组件，请阅读并遵守 Woodward 手册 **82715** “*电子控制器、印刷电路板和模块的操作与防护指南*”中的预防措施。

请在操作或靠近控制器时遵守这些预防措施。

1. 请不要穿着合成材料制作的衣服，以免在身体上制造静电。请尽量穿着棉或棉混材质的衣服，因为此类面料不会像合成纤维一样存储静电。
2. 除非迫不得已，否则请不要从控制器机箱中取下印刷电路板 (PCB)。如果您必须从控制器机箱中取下 PCB，请遵守以下预防措施：
  - 除边缘外，不要触碰 PCB 的任何部分。
  - 不要用手或导电设备触碰电导体、接头或组件。
  - 更换 PCB 时，一直将新的 PCB 放在塑料材质的防静电保护袋内，直到您做好安装准备时再取出。在从控制器机箱中取出旧的 PCB 后，立即将其放到防静电保护袋内。



# 第 1 章 基本信息

## 简介

本手册旨在为所有参与选择用于 Woodward 调速器或促动器的润滑油的人员提供一般指导。

润滑油的主要功能之一是在承受高温和高载荷的同时保持良好的润滑性。润滑油是采用炼油工艺精制而成的一种黏质液体，但它缺乏预期功能所必需的添加剂。

这些添加剂可以将液体变成润滑剂，并使其能够抵御高温、寒冷、污染、腐蚀、锈蚀、磨损，以及其他环境和机械危害。根据功能，润滑添加剂可以分为以下三大类：

- 保护润滑表面
- 提高润滑性能
- 保护润滑剂

表面防护添加剂包括抗磨剂、腐蚀和生锈抑制剂、洗涤剂 and 分散剂。性能添加剂包括倾点下降剂、密封膨胀剂和粘度指数改进剂。润滑保护添加剂包括泡沫抑制剂、抗氧化剂和金属减活化剂。

## 润滑油特性

针对润滑油，需要考虑四个重要特性：粘度、倾点、剪切稳定性和热稳定性。

### 粘度

所有天然润滑剂都具有遇热则薄、遇冷则厚的特性。这种变化的量值使用粘度指数 (VI) 进行衡量。VI 数值越高，温度对粘度变化的影响越小。VI 为 200 的润滑油在对抗温度影响方面有非常出色的表现。

### 倾点

润滑油的倾点是衡量润滑剂的低温适应性的指标。称作倾点下降剂的化合物用于使润滑油即使在润滑油增厚的低操作温度下也能保持流动。

### 剪切稳定性

润滑油的粘度还会随剪切发生变化。通过对润滑油中的长链聚合物进行机械剪切，可降低任何指定温度下的实际粘度以及粘度指数。

## 热稳定性

在高温下长时间操作时，润滑油的粘度也会发生变化。在这种情况下，润滑油将因轻分子的氧化和蒸发而增厚。

多粘度润滑油可以在扩展操作温度范围的同时仍然保持适宜的粘度。但是，它们的热稳定性和剪切稳定性较差，因而使用寿命较短。此时合成油是不错的选择，它们有良好的粘温性。我们将在第 2 章详细介绍合成润滑油。

## 润滑油的润滑性能

通过在润滑油中添加抗磨剂、腐蚀和生锈抑制剂、洗涤剂 and 分散剂等各种化合物，可以显著增强其润滑性能。

如果需要了解针对润滑油使用的各种添加剂，建议咨询润滑油公司的销售代表。

## 抗磨剂

通过使用厚度足以保持部件分离的油膜来进行液体动力润滑，通常可以防止金属摩擦或研磨材料导致的机械磨损。但是在某些情况下，如高负荷、低转速、低润滑粘度，油膜可能发生破裂而造成金属接触。这种情况可能发生在推力轴承表面之间，或紧密贴合的泵齿轮和齿轮容器之间。

为了防止由于金属接触造成的磨损，多数润滑剂都添加了抗磨剂，它将在最小的润滑作用所施加的剪切应力之下形成一个涂层。另一方面，啮合面间摩擦产生的热量也会为添加剂和金属表面之间的化学反应提供能量，从而形成保护涂层。

## 腐蚀和生锈抑制剂

润滑油的另一种重要的润滑特性是，它必须能够抵抗生锈和腐蚀，并可与密封材料兼容。

如果润滑油沾染湿气，腐蚀将加剧。如果调速器使用机油，润滑油可能受到酸性燃烧产物的污染。

## 洗涤剂和分散剂

洗涤剂是用于抑制高温沉积的化合物，分散剂则用于抑制低温沉渣的形成。分散剂会吸收污染物粒子并使它们保持悬浮状态，以避免其结块并形成油泥。



## 性能添加剂

通过添加倾点下降剂、密封膨胀剂和粘度指数改进剂等化合物，还能显著改善润滑油的性能特征。

如果需要了解针对润滑油使用的各种添加剂，建议咨询润滑油公司的销售代表。

### 倾点下降剂

倾点下降剂是一种化合物，它使润滑油即使在润滑油增厚的低操作温度下也能保持流动。润滑油的这些天然属性是由原油本身和炼油工艺所决定的。

### 密封膨胀剂

调速器需要进行一系列密封，以避免灰尘进入和保存润滑油。密封材料含有许多化合物，其中包括腈和硅。目前，密封材料趋向于使用氟橡胶，这种材料可以长时间承受 204 °C (400 °F) 的高温。

### 粘度指数改进剂

矿物油变稀薄的速度可以通过计算 38 °C (100 °F) 和 99 °C (210 °F) 下的粘度之间的数学关系进行测定，该值称为粘度指数 (VI)。

润滑油的粘度指数越高，表示润滑油的粘度受温度的影响越小。能够适用较大温度范围的润滑剂必定具有较高的粘度指数。润滑油的 VI 受到广泛关注，因为启动发动机需要低温和低粘度，而正常工作则需要正常操作温度下形成充分的油膜强度。

在润滑油中添加一种叫做 VI 改进剂的添加剂，能够扩大满足润滑油粘度需求的温度范围。VI 改进剂还可以提高剪切稳定性。

但是，聚合 VI 改进剂很有可能被移动表面之间的剪切力分解。一旦此类剪切操作长时间持续，聚合物帮助高温增厚的作用将会大打折扣。因此，使用聚合 VI 改进剂的高 VI 润滑油需要一种能够在高温时充分发挥增厚作用的聚合物。

## 润滑保护添加剂

另外，还可以使用特殊添加剂来增强润滑油的润滑保护作用。此类添加剂包括泡沫抑制剂、抗氧化剂和金属减活化剂。

如果需要了解针对润滑油使用的各种添加剂，建议咨询润滑油公司的销售代表。

## 泡沫抑制剂

润滑油受到充分搅拌时，会将空气带入润滑油中，从而形成气泡，而这又会导致更多问题。润滑油中发生的化学反应会增大润滑油与氧气的接触面积，进而加速油品的氧化。

空气和泡沫也会降低润滑剂作为冷却剂和液压油的效率。润滑油中的空气会使其变为可压缩性液体，因此可能导致操作问题。为了消除泡沫，需要使用表面张力比润滑油低的添加剂和具有低溶解度的润滑剂。这样就可削弱泡沫周围的油膜并导致其破裂。

## 抗氧化剂

氧化过程非常复杂，应极力避免发生这种情况。通常，添加剂在减少润滑油氧化的同时，也有助于减少腐蚀。

润滑油还可能发生分解，形成各种各样的化合物，如醛、醇和酸。这些化合物可能会进一步氧化，并相互反应从而形成更多化合物。其中一些化合物可能在润滑油中发生溶解，导致粘度增加；其他不具可溶性的化合物则会形成漆膜或油泥。

氧化受许多因素的影响：温度、润滑材料、原油来源和精炼工艺。选择使用抗氧化剂要首先对特定润滑油进行一系列测试。

## 金属减活化剂

用作腐蚀和生锈抑制剂的添加剂在金属表面形成涂层，该涂层也起到金属减活化剂的作用。金属减活化剂还利用铅、铜、铁等涂层金属作为氧化催化剂，来抑制氧化。

## 第 2 章

# 如何选择润滑油

### 基本信息

要确保调速器正常工作，需要在选择润滑油时考虑几个重要因素。以下列举了这些因素，以及它们如何影响调速器工作。

#### 粘度

在调速器应用中，粘度的变化会严重影响性能。如果润滑油过薄，调速器会变得不稳定。如果润滑油过厚，调速器会变得缓慢并反应迟钝。

VI（粘度指数）数值越高，温度对粘度变化的影响越小。对于正常工作的调速器，建议的粘度范围是 50 到 3000 SUS，其中 150 SUS 最为理想。基于这一点，应该选用在操作温度下达到 150 SUS 并具有高 VI 的润滑油。



#### 警告

如果粘度超出 50 到 3000 SUS 的范围，则可能影响调节器的稳定性，并可能造成原动机超速。超速和/或失控的原动机会造成大范围的设备损害、人身伤害和/或生命损失。

#### 倾点

我们建议使用倾点低于预期的最低启动温度 8 到 11 摄氏度（15 到 20 华氏度）的润滑油。这样能够避免可能的泵气蚀和反应迟缓。在北极环境下，可能需要安装润滑油加热器。有关具体安装要求的信息，请联系 Woodward。

#### 剪切稳定性

如果预计润滑油需要进行高强度工作或长时间才更换一次，应选择具有高剪切稳定性的润滑油。有关某种特定润滑油的剪切稳定性的信息，请咨询润滑油公司的销售代表。

#### 热稳定性

若需要进行长时间的高温工作，应选择具有高热稳定性的润滑油。多粘度润滑油可以在扩展操作温度范围的同时仍然保持适宜的粘度。但是，它们的热稳定性和剪切稳定性较差，因而使用寿命较短。合成润滑油是不错的选择。这些产品具有良好的粘温性以及出色的热稳定性和剪切稳定性。

可以使用热交换器来降低调速器的工作温度。

## 腐蚀和生锈抑制剂

为确保调速器或促动器正常工作，选择润滑油的另一个重要因素是，它必须能够抵抗生锈和腐蚀。

腐蚀是调速器特有的问题，因为润滑油有可能沾染湿气。如果调速器使用机油，润滑油可能受到酸性燃烧产物的污染。

## 油泥分散

分散剂对保护鲜少达到正常工作温度的发动机非常有用。这种服务类型会导致形成油泥；油泥覆盖在部件上，进而可能阻塞调速器的内部润滑油通道。

## 密封材料的相容性

调速器使用的润滑油必须能够与这些材料相容。我们通常需要在避免密封材料发生显著的收缩或软化的同时，使其能够稍微膨胀。如果基础油无法引起足够的膨胀，可以使用密封膨胀剂。

## 润滑油氧化

发动机/调速器润滑油受到充分搅拌时，会将空气带入润滑油中，从而形成气泡，而这又会导致更多问题。润滑油中发生的化学反应会增大润滑油与氧气的接触面积，进而加速油品的氧化。空气和泡沫也会降低润滑剂作为冷却剂和液压油的效率。润滑油中的空气会使其变为可压缩性液体，因此可能导致调节至理想状态的调速器变得不稳定。为了消除泡沫，需要在所用的润滑剂中添加表面张力比润滑油低且具有低溶解度的添加剂。添加剂可削弱泡沫周围的油膜并导致其破裂。

## 抗磨添加剂

如果由于高负荷、低转速以及过高的温度等原因而无法实施真正意义上的流体动力润滑时，使用含有抗磨添加剂的润滑油能够通过进行边界润滑提供更多保护。由于金属表面会形成一层保护膜，因此这种额外的润滑方法是可行的。

二烷基二硫代磷酸锌 (ZDP) 常用作抗磨添加剂，普遍用于液压润滑油和机油中。调速器通常不需要使用抗磨添加剂，但在某些边界润滑条件下，使用抗磨添加剂可能会有好处。

### 注意

ZDP 对银具有腐蚀性，易对其造成损害。不建议在带充油式侧板的 PGEV 调速器中使用含 ZDP 抗磨添加剂的润滑油。PGEV 调速器包含一个带银接点的负载控制电阻。使用含 ZDP 抗磨添加剂的润滑油可能会增加润滑油的银污染并磨损负载控制电阻的接点。不带充油式侧板的 PGE 调速器和 PGEV 调速器可以继续使用含 ZDP 抗磨添加剂的润滑油，因为润滑油不会接触到银接点。

## 正确选择润滑油

要确保调速器的正常工作，需要在选择润滑油时考虑两个重要因素。第一个是润滑油的 SUS 粘度范围，第二个是调速器在周围环境中的工作温度。

### 润滑油的粘度范围

对于正常的调速器工作温度，建议的粘度范围是 50 到 3000 SUS。

该范围在润滑油图表和位于润滑油图表底部的“Legend”（图例）中显示为“Acceptable Operating Range”（可接受工作范围）。粘度值越高，温度对粘度变化的影响越小。

在使用将工作温度范围内的粘度保持在 50 到 3000 SUS 之间的大多数润滑油时，Woodward 调速器都能保持稳定工作。在一般的调速器工作温度下，调速器理想的工作粘度范围是 100 到 300 SUS。在润滑油图表顶部，调速器润滑油的工作温度范围显示为  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  到  $+116\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-40\text{ }^{\circ}\text{F}$  到  $+240\text{ }^{\circ}\text{F}$ )。该范围在润滑油图表和图例中显示为白色部分，称为“Ideal Operating Range”（理想工作范围）。

### 调速器工作温度

对于连续的调速器工作，建议的润滑油温度为  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  到  $93\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $140\text{ }^{\circ}\text{F}$  到  $200\text{ }^{\circ}\text{F}$ )。测量位于机壳外部的下端风扇的调速器或促动器的温度。实际的润滑油温度会略高出 6 摄氏度（10 华氏度）左右。环境温度的范围为  $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$  到  $+93\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$  到  $+200\text{ }^{\circ}\text{F}$ )。



#### 警告

调速器不得在低于润滑油倾点的情况下工作，否则调速器可能变得缓慢且反应迟钝。此外，还可能导致调速器的内部零件咬粘，造成调速器失控，进而造成设备损坏和/或人身伤害。

### 如何阅读润滑油图表

（图 2-1）

在图例和润滑油图表中，白色部分左边的交叉影线部分表示仅工作有限时间内可接受的低温限制。

在图例和润滑油图表中，标识为“Pour Point”（倾点）的交叉影线部分指润滑油不断增厚、即将到达倾点的温度范围。大致的倾点以影线部分的低温端（左端）表示。

如果润滑油过厚，调速器会变得缓慢且反应迟钝。建议使用倾点低于预期的最低启动温度 8 到 11 摄氏度（15 到 20 华氏度）的润滑油。

列出的任何油仅用作建议。  
根据图表中的提示选择使用正确黏度的油。

建议的石油温度上限是 200° F  
建议的合成油温度上限是 250° F

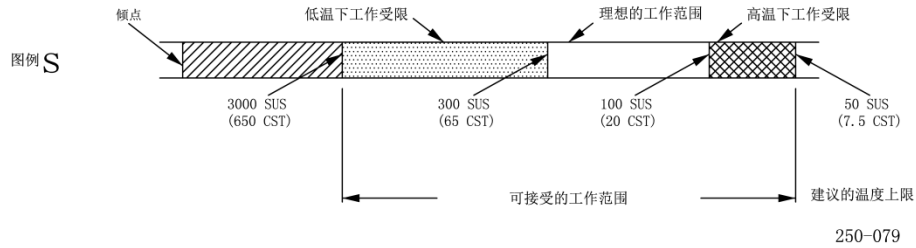
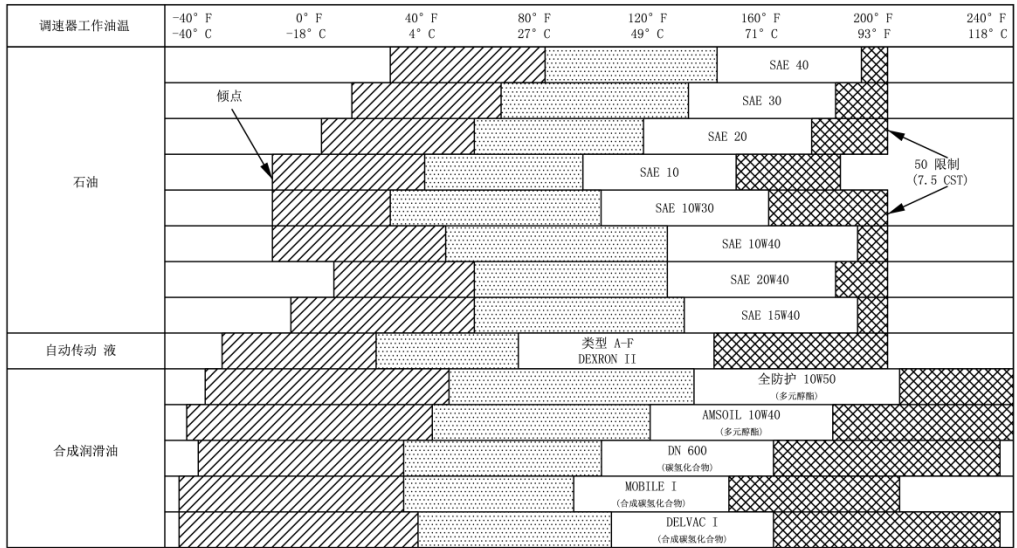


图 2-1. 润滑油图表

粘度对比				
厘司 (CST、CS 或 CTS)	赛氏通用粘度秒 (SUS) 标称华氏 100 度	SAE 马达 (近似值)	SAE 齿轮 (近似值)	ISO
15	80	5W		15
22	106	5W		22
32	151	10W	75	32
46	214	10	75	46
68	310	20	80	68
100	463	30	80	100
150	696	40	85	150
220	1020	50	90	220
320	1483	60	115	320
460	2133	70	140	460

250-087  
97-11-04 skw

图 2-2. 粘度对比



在图例和润滑油图表中，白色部分右边的交叉影线部分表示仅工作有限时间内可接受的高温限制。这些部分的右端表示润滑油的大致降解温度。

如果调速器长期在高于此点的温度下工作，且没有频繁更换润滑油，则可能导致调速器发生故障。为了避免调速器的工作温度接近润滑油的降解温度，可以更换更耐高温的润滑油，或使用换热器降低调速器的工作温度，或者双管齐下。

在热带或北极等极端的环境工作温度下，需要安装换热器或润滑油加热器。有关具体安装要求的信息，请联系 Woodward。

## 自动传动液

自动传动液（如 F 型、A 型或 DEXRON II 规格）非常适合用于调速器。自动传动液可以在比大多数石油温度更低的情况下使用，并可在 149 °C (300 °F) 下短期使用。但是，在高温下工作可能导致调速器发生内部泄漏。在满足粘度要求的前提下，变速箱制造厂商批准使用的任何传动液对于调速器都适用。

## 合成润滑油

在满足粘度要求的前提下，多数合成润滑油都非常适合用于调速器。在严苛的要求下，合成润滑油比常规油料表现更出色，尤其在高转速或宽泛的温度范围方面。在标准应用中，通常不建议用其代替纯矿油。

在适用调速器方面，合成润滑油家族相对纯矿油的主要优势是温度范围更宽、抗氧化性高和粘度非常低。缺点是高成本和在某些领域内的更有限的可用性。与其他油品一样，不建议将合成润滑油相互混合或与石油混合使用。

### 注意

有些类别的合成油可能与膜片、垫圈和密封件不相容，这可能导致对膜片、垫圈和密封件造成严重损害，进而需要更换部件。如果有任何疑问，请联系 Woodward 以了解具体建议。

根据化学源（例如硅酮、聚乙二醇、合成碳氢化合物和有机酯），合成润滑油分成以下几类：

## 硅酮润滑剂

“硅酮”的名字被广泛应用到几种不同的基液中，它们在较宽的粘度范围内均可用。

相较于石油，硅酮润滑剂的主要优势在于，其构成成分可以提供极高的粘度指数（通常在 200 到 300 之间）、高抗氧化性和非常低的粘度。

聚硫添加剂可以大大提高硅酮润滑剂的荷载能力和抗磨性。硅酮润滑油对多数橡胶不发生任何反应，但是对其他油类而言，情况并非如此。如果系统之前使用的是其他类别的润滑油，应首先对其进行清理。

硅酮润滑油适用于高温、高压的液压系统、空气压缩机和齿轮箱。相比其他合成润滑油，这种润滑油的成本颇具竞争力。

## 聚乙二醇润滑剂

聚乙二醇润滑剂有乙二醇、聚醚、聚醚乙二醇。这是最便宜的合成润滑油。

这种润滑油具有出色的粘温性、可与硅酮润滑油媲美的低粘度，以及良好的润滑特质。此外，这种润滑油还可与其他合成润滑油相容，并能通过使用各种添加剂进一步改善其性能。

聚乙二醇润滑剂与石油不相容，也不适用于调速器，因为尽管它们对橡胶几乎没有影响，但却会损害涂料和其他非金属材料。

## 合成碳氢化合物

合成碳氢化合物是一种高性能润滑油，由石油衍生原料制成，没有经过石油精炼。

现在有几种类型的合成碳氢化合物 (SHC) 可供选择。SHC 润滑油可与石油以及设计的石油系统相容。这类润滑油不会在高温下迅速变质，也不容易在低温下凝结。SHC 基液不含通常出现在传统矿物油中的芳烃、硫和蜡。

## 有机酯类

有机酯类通过与酒精和若干类型的酸反应形成。主要用于合成润滑油的两种酯类是二元酸酯与多元醇酯。有机酯类的特性与合成碳氢化合物大致相同。



## 附注

在 Woodward 调速器或促动器与发动机共用供油系统的情况下，请使用发动机制造商建议的润滑油。利用合适的过滤器使用机油，以保护调速器或促动器。有关过滤器的尺寸要求，请参见相应的调速器手册。

如果调速器自带供油系统或采用独立油槽，则无需使用含有洗涤剂或分散剂的润滑油，因为调速器不含内燃机中的“热点”，也就不存在内部燃烧产生的污染物。最终，经过精心挑选，能够符合工作条件并与调速器密封件相容的润滑油就是适用于调速器的润滑油。

如果具备所有其他必要特性，大多数洗涤剂润滑油在调速器和促动器中都能获得令人满意的使用效果。应选择符合要求并可在本地获得的润滑油。

除润滑油图表中列出的润滑油以外，符合“S”类或“C”类 API（美国石油学会标准）发动机使用分类标准（以“SA”和“CA”开头的当前 API 标准）的润滑油均适用于调速器。符合以下美国军事规格的性能要求的润滑油也同样适用：

- MIL-L-2104A
- MIL-L-2104B
- MIL-L-2104C
- MIL-L-46152
- MIL-L-46152A
- MIL-L-46152B
- MIL-L-45199B

## 第 3 章

# 润滑油维护

### 基本信息

要确保调速器能够长期稳定地工作，润滑油的维护至关重要。必须坚持定期更换润滑油，同时还要考虑其他一些重要因素。

一旦选择某种润滑油，应坚持一直使用这种润滑油。在没有彻底清洁液压系统的情况下，在润滑油中添加或更换其他类型的润滑油可能导致发泡、过滤器堵塞和形成油泥等影响正常工作的问题。有些类别的润滑油可能与膜片、垫圈和密封不相容。

如果调速器中有水，无论水量有多少，都应立即将其去除并更换润滑油。水分（即使只有微量水分）是造成轴承早起失效和形成氧化物（同样导致故障）的重要原因。

无论是第一次加入调速器还是添加补给润滑油，务必保证润滑油的清洁。如果容器或浇注槽不洁净，润滑油就不能保持清洁。不应使用已部分使用的润滑油罐，除非它们在洁净区覆盖存放。保持润滑油和容器的清洁极其重要。

多数自带独立油槽的调速器没有配备过滤器或滤网，此时确保污染物不会随润滑油进入调速器就至关重要。请确保使用机油的过程中利用合适的过滤器，以保护调速器。有关过滤器的尺寸要求，请参见相应的调速器手册。

润滑油对使用机油的调速器的影响取决于过滤器的更换情况和机油条件。严格遵守发动机制造商的润滑油建议，才能获得满意的使用效果。

### 换油间隔

#### 独立油槽

“最佳”换油时间很难把握。当然，最佳换油时间是正好在润滑油即将用完，还没有对机器造成任何损害之前。

这种情况最好通过润滑液分析来确定，但由于做这件事的成本超过调速器润滑油成本的四分之一或四分之二，因此它不是一个切实的长期解决方案。可以通过分析制定维护计划，并在初始条件不变的前提下持续执行该计划。针对类似调速器的其他液压设备的使用经验也具有一定的借鉴价值。在确定更换润滑油的频率时，应将操作温度、空气条件（包括灰尘、湿度等）或其他任何可能改变润滑油成分或缩短其使用寿命的条件考虑在内。

一旦得知有污染物进入调速器内，应尽快将调速器排干、冲洗之后重新注入清洁的润滑油。

润滑油中的灰尘和水分粒子是导致调速器或促动器故障的最主要原因。尤其应该注意将灰尘和水分隔绝在工作中的或储存的调速器和工作中的控制线路之外。

润滑油分解或添加剂消耗是导致调速器故障的另一个常见原因。通过观察是否存在油泥、漆膜、沉积物或者过滤器是否脏污，能够很好地了解是否需要更换润滑油。此外，这还能显示出是否需要更换不同的润滑油，尤其是在不久前刚更换过润滑油的情况下。

如果有漆膜生成，则说明调速器的工作温度超出润滑油的承受范围。通过更换一种耐高温的润滑油或安装换热器，通常可以解决这个问题。工作温度低可能导致形成油泥。油泥是源于燃料燃烧、水、碳和凝聚氧化油的复杂混合物，无法再溶于润滑油。

要控制油泥的形成，可以提高调速器的工作温度，增加润滑油的更换频率，或换用另外一种润滑油。自动传动液等液体的抗油泥性可能比一些机油更好。

经过精心挑选，能够符合工作条件并与调速器密封相容的润滑油应当能够保持较长的换油时间间隔。在理想条件（最小程度地接触灰尘和水分，并且在润滑油的温度界限内）下工作的调速器，可以将换油间隔延长到两年或更久。在有条件的情况下，对润滑油进行例行分析有助于确定换油频率。

## 机油调速器

换油间隔取决于不同的发动机工作环境和所使用柴油的硫含量。

发动机制造商通常会建议发动机的换油间隔。但是如果由于润滑油分解或使用污染过的油导致调速器出现问题，应增加特定润滑剂的换油频率。

针对不同润滑剂类型的高温降解阈值，提供的保守建议列举如下。

流体	降解开始	
	°C	°F
石油	93	200
聚乙二醇	107	225
二酯	121	250
合成碳氢化合物	121	250
多元醇酯	135	275
甲基硅酮	149	300
苯基硅酮	204	400
卤化硅酮	218	425
聚苯基醚	246	475
氟化醚	288	550

## 何时更换调速器润滑油

在发生以下情形时，应更换润滑油：

- 外观与使用前不同。
- 手指摩擦润滑油时感觉粗粝。
- 润滑油的味道与使用前不同。（注：有的润滑油可能会发出烧油的味道，但仍然可以使用。具体请咨询润滑油公司的销售代表。）如不确定，应换油。
- 任何水分、防冻剂或其他不相容物质对润滑油造成污染。
- 粘度已经发生变化：增加或降低。
- 部件出现过度磨损现象。
- 调速器的工作温度超出所使用的润滑油类型的建议限值。
- 调速器的工作温度发生变化，液体粘度超出理想操作条件的范围。

## 受污染的调速器润滑油

如果调速器的润滑油受到污染，应更换润滑油。如果润滑油有造成调速器不稳定的可能，也应进行更换。在润滑油仍然处于高温和震动状态时，将其排干。使用少量的同类型润滑油或一种具有润滑特性的溶剂冲洗调速器，然后重新注入清洁的润滑油。

### 注意

请确保溶剂与密封材料相容。否则，可能导致对膜片、垫圈和密封件造成严重损害，进而需要更换部件。如果有任何疑问，请联系 Woodward 以了解具体建议。

如果排放时间短，不足以使溶剂充分排干或挥发，请使用少量重新注入的同种润滑油冲洗调速器，以避免对重新注入的润滑油造成稀释作用或形成可能的污染。为了避免再次污染，更换的润滑油应不含有任何灰尘、水分和其他外来物。应使用洁净的容器储存和运输润滑油。



### 警告

认真阅读制造商针对溶剂使用的说明或限制。如果没有任何说明，应谨慎处理。在远离明火的通风良好的区域使用洗涤剂。

如果未遵守以上安全说明，可能造成危险的火灾、大范围设备损坏、人身伤害和/或人员死亡。

## 滤油器

行业调查表明，80% 的调速器问题是由脏污或油污染造成的。虽然脏污分子时刻存在，但对过滤器进行良好的维护还是能够有效地控制脏污分子。

正确使用过滤器不仅使物尽其用，也有助于降低运作和维护的总体成本。相较于停机成本，适当的过滤无疑是一项不错的投资。

## 选择滤芯

由于存在各种各样的污染物，而且可用于控制这些污染物的过滤器材料也是多种多样，因此在操作过程中容易出现过滤不足或过滤过度的情况。

如果过滤器材料的工艺过于粗糙，会漏掉危险的污染物。如果过滤器材料的工艺过于精细，则需要频繁地更换；如果更换不及时，过滤器会以旁路模式工作，从而失去所有保护作用。

## 滤芯规格

### 比压

比压是过滤器效率的数值表示。按照 ANSI、NFPA 和 ISO (ANSI/B93.31-1973) 规定的多次测试方法，它的计算方法是：上游空气含尘量除以下游空气含尘量。

$$\beta_x = \frac{N_{\text{(上游空气含尘量)}}}{N_{\text{(下游空气含尘量)}}}, \text{ 其中 } x = \text{颗粒大小 (单位: } \mu\text{m)}$$

因此， $\beta_{10} = 2$  意味着每当有 2 个大于  $10 \mu\text{m}$  的粒子进入过滤器，过滤器将过滤掉 1 个大于  $10 \mu\text{m}$  的粒子。

在以上示例中，假设上游存在 10 000 个大于  $10 \mu\text{m}$  的粒子，那么下游则会出现 5000 个大于  $10 \mu\text{m}$  的粒子。故，

$$\beta_{10} = \frac{10\,000}{5000} = 2$$

一些过滤器文献会给出如下额定值：

$$\beta_x = 2/20/75, \quad x = 6/11/15$$

这表示： $\beta_6 = 2$ ， $\beta_{11} = 20$ ， $\beta_{15} = 75$ 。

前面三个数值 (2/20/75) 是当颗粒大小为后面三个数值 (分别是 6、11 和 15) 时的比压。

### 效率

针对特定的颗粒大小，过滤器的效率的计算公式是：

$$\text{效率} = (1 - 1/\beta) \times 100\%$$

那么，如果  $\beta_{10} = 2$

颗粒大小为  $10 \mu\text{m}$  时，过滤效率 =  $(1 - 1/2) \times 100\% = 50\%$

以下是颗粒大小为“x”时的过滤效率表：

$\beta_x = 1.01$ 时,	1%	效率
$\beta_x = 1.1$ 时,	9%	效率
$\beta_x = 1.5$ 时,	33%	效率
$\beta_x = 2.0$ 时,	50%	效率 (额定值) *
$\beta_x = 5.0$ 时,	80%	效率
$\beta_x = 10.0$ 时,	90%	效率
$\beta_x = 20.0$ 时,	95%	效率
$\beta_x = 75.0$ 时,	98.7%	效率 (绝对值) *
$\beta_x = 1000.0$ 时,	99.9%	效率
$\beta_x = 3000.0$ 时,	99.97%	效率

\*— 过滤器行业趋于接受针对特定颗粒大小过滤效率为 50% 的额定值，以及针对特定颗粒大小过滤效率至少为 98.6% 的绝对值。

**过滤能力**

过滤能力是指滤芯在到达特定压差之前，能够过滤掉的污染物的量（以克为单位）。在其他条件相同的情况下，过滤能力就代表了滤芯的使用寿命。过滤能力越强，使用寿命越长。

**润滑油的相容性**

滤芯与石油基润滑油相容。使用合成液体时，建议就特定滤芯的相容性咨询过滤器公司的销售代表。

**润滑油漆膜**

液压机械式调速器受润滑油“漆膜”的影响。如果不加防御，漆膜可能导致各种故障，使调速器面临粘滞在最小燃油供给位置或最大燃油供给位置的风险。



**警告**

漆膜可能造成调速器故障，使发动机面临超速的风险。在航海应用中，船舶可能无法保持航行速度。为了确保安全性，防止生成漆膜并采用备用的调速/安全系统是非常必要的。

漆膜是指油渣（通常称为漆膜或油泥）在调速器内部形成膜。沉积物形成一层坚硬的漆膜，漆膜的清除工作困难并相当花费时间（清除调速器漆膜的成本高达一台新调速器价格的 40%）。漆膜通常伴有一股类似燃油的味道。

可能导致粘滞操纵阀或堵塞润滑油孔道。

漆膜通常由润滑油降解引起，以下情形可能导致润滑油降解：

- 润滑油的温度过高；
- 换油间隔时间过长；
- 在冷却过程中，调速器内部的水分凝结（润滑油中的水分可能导致水解反应，从而导致润滑油失效）。

选择正确的润滑油非常重要，因为有些润滑油比较不易生成漆膜。针对各种应用确定正确的润滑油和换油间隔的工作由工厂运营商/船舶所有者和润滑油供应商完成。在选择过程中，应考虑操作温度、换油间隔以及工厂运营商/船舶所有者所了解的其他工作条件。选择正确的润滑油能够获得经济适用的成本和更换间隔，同时防止生成漆膜。

任何调速器都会受到换油间隔、操作温度和润滑油类型的影响。有些调速器的用量比其他调速器更大。

由于 Woodward 无法确切了解每种应用的具体操作条件，在此给出以下一般建议：

- **油温** — Woodward 建议连续操作时的油温保持在 60 °C 到 93 °C (140 °F 到 200 °F) 之间。
- **换油间隔** — 由于换油间隔必须将所有的操作条件考虑在内，因此正确的换油间隔必须由工厂运营商/船舶所有者和润滑油供应商协商设定。
- **选择润滑油** — 为了确保调速器的正常工作，Woodward 针对选择润滑油提供两个需要考虑的基本因素：
  - ▶ **粘度范围** — 可接受范围是 7.5 cSt (50 SUS) 到 650 cSt (3000 SUS)；理想范围是 20 cSt (100 SUS) 到 65 cSt (300 SUS)。
  - ▶ **操作温度** — 建议连续操作时的油温保持在 60 °C 到 93 °C (140 °F 到 200 °F) 之间。

### 重要

未能防止调速器内部生成润滑油漆膜的情况视为操作不当，不在 Woodward 的可控范围内。由于操作不当导致的损害不在 Woodward 的保修范围内。



### 警告

如果调速器已经生成漆膜，这种情况必须尽快得到诊断和纠正。若调速器生成漆膜，请停止使用，否则会导致严重后果。

请与您的润滑油供应商一起谨慎选择一种调速器润滑油。确定换油间隔时，起初应采用比预期间隔更短的时间间隔，随后逐渐试探性延长。监控润滑油的情况，尤其要密切关注沉积物的形成情况，确保润滑油始终符合润滑油供应商规定的工作条件。

我们期待您对我们的出版物内容提出意见和建议。

请将意见和建议发送至：[icinfo@woodward.com](mailto:icinfo@woodward.com)

请参考出版物 **25071J**。



B25071:J



PO Box 1519, Fort Collins CO 80522-1519, USA  
1000 East Drake Road, Fort Collins CO 80525, USA  
电话 +1 (970) 482-5811 • 传真 +1 (970) 498-3058

邮件和网址 — [www.woodward.com](http://www.woodward.com)

Woodward 在全球范围内拥有自己的工厂、子公司、分公司、  
授权经销商以及其他授权服务和销售机构。

网站上提供完整的地址/电话/传真/电子邮件信息。