



白皮书

## 化繁为简, 芯随杆动

单杆混合式水龙头的摩擦学解决方案

**KLÜBER**  
LUBRICATION  
your global specialist

### 简而言之

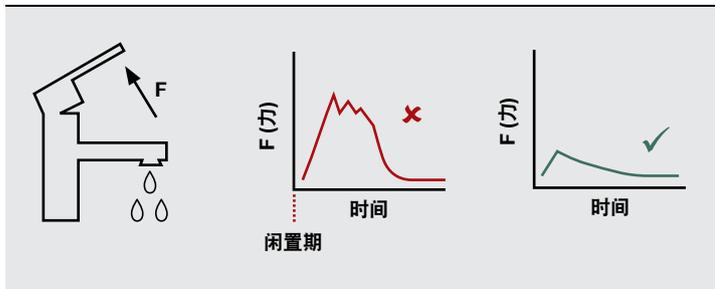
水龙头和阀门是复杂的机械结构。简单的视觉外观背后, 常常隐藏着复杂的运动学设计和各式各样的材料。阀门的润滑剂必须能够满足这里的各种润滑需求。它们施涂于彼此相对移动的各个部件和表面, 确保它们能正常运转、顺畅移动、触感柔滑、经久耐用。

润滑剂必须能适应各种环境, 如冷水和热水, 或在不同国家应用的各种水压下保持密封, 同时遵守监管要求。

## 卫浴润滑剂的要求

卫浴阀门和配件要满足很多要求。用户希望卫浴阀门在任何时候都能平稳、顺滑地移动,以确保温度稳定,防止极端温度和水流骤然喷涌而出(所谓的周一综合症)。这一点对新装和运行数年后的水龙头都很重要。由于这类阀门在制造过程中需进行全寿命润滑,因此一定要选对合适的润滑剂。

### 周一综合症



即使在长时间闲置后,杠杆的操作舒适度也必须保持稳定。(操作舒适度不能因为杠杆长期未用而下降。)

以最低用量的润滑剂涂抹在阀芯的相关部位,可延长阀门的使用寿命。为模拟使用寿命,卫浴阀门生产商必须以最低的扭力或载荷变化通过台架测试。例如,在EN 200标准中要求转轴式水龙头在规定负载下通过200,000次循环运动,在EN 817标准中对阀芯和单杆混合水龙头也有类似的要求。将这些要求加在选定的润滑剂上后,我们可以得出机械-动力、化学-物理、生理学、毒理学和微生物学的要求,这些要求因阀芯的设计而不同。

主要的摩擦学要求,是减少摩擦副材料的摩擦磨损。除了水和清洁物质的影响外,材料还可能会暴露在石灰和沉积物中,因此材料必须具备非常出色的耐腐蚀性能。

常见温度范围是0-90°C,在锅炉系统中,温度上限可能会达到120-130°C。此外,作为认证过程的一环,材料还必须通过各种温度下的测试。

## 卫浴阀门和配件是如何设计的?

虽然在不可调节的花洒或淋浴头中是固定的配件,也有可调节的淋浴头和水龙头含有阀门配件。就水龙头而言,区别在于有些装有阀杆和陶瓷头零件,还有一些用的是阀芯或陶瓷阀片。在转轴式水龙头中,冷水和热水是单独供应的,流速可以手动调节。然后,两股水流就会汇聚。这些设计常见于外观无特殊要求的应用中。摩擦学方面难度更高的是单杆混合水龙头,这种装置在欧洲十分流行。这种水龙头中,流量和温度可由一个杠杆直接设定。热水和冷水在混合水龙头中汇集在一起。合适的润滑剂不仅能优化打开龙头和调节水流时的触感,而且还可以在技术上实现几十年无故障运行的效果。

## 单杆混合水龙头的特别之处在哪?

杠杆的移动通过一个复杂的移动系统传递到混合水龙头的核心,即阀芯,就像电机一样。在这里,移动分成垂直和水平部分,便于调节温度和流量。这是通过陶瓷盘的相对移动实现的,这些陶瓷盘上有孔,与热水端和冷水端相连。在所有的设计类型中,这两股水流都在一个腔室中混合,并流向出口。

<sup>1</sup> 摩擦学是研究摩擦、磨损的科学领域,在这种场景下,也研究负载下移动表面的润滑问题。

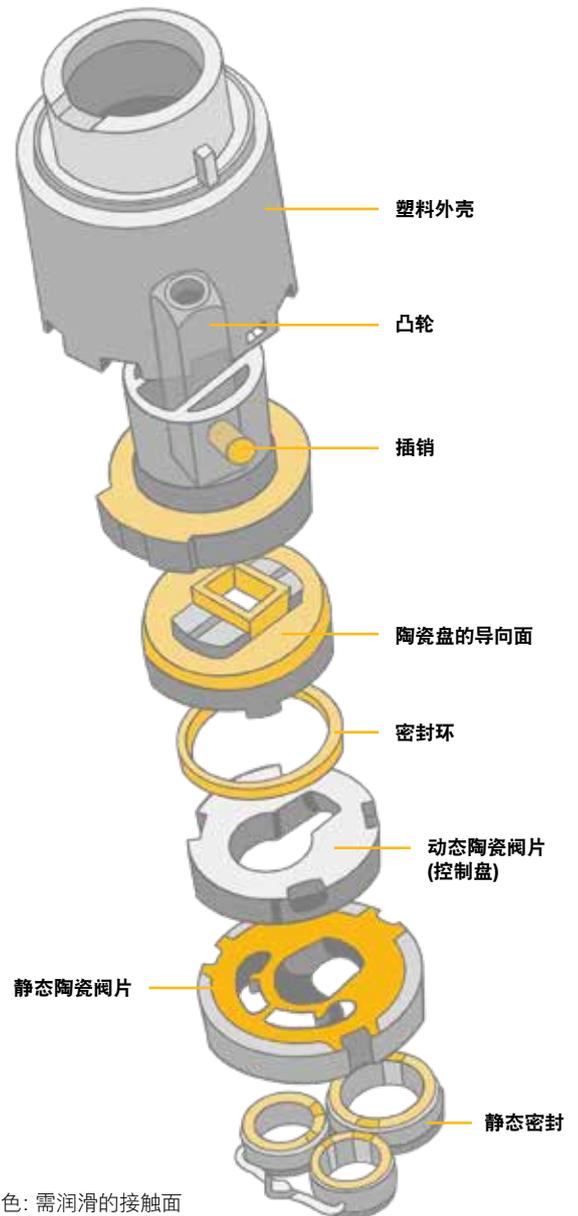
### 其他要求包括:

- 摩擦副材料的摩擦和磨损值应较低
- 即使经过长期闲置, 依然能实现阻尼、均匀和平滑地移动(=单杆龙头的手感/触感)
- 移动时, 无顿挫感、粘滑感
- 在整个温度范围和使用寿命内, 实现均匀移动
- 不会被冷水或热水冲走
- 对橡胶(如EPDM、NBR、HNBR、硅橡胶)和塑料(如ABS、POM、PPE、PS、PSU、PBT、PA、PP)具有化学中性
- 无腐蚀或变色
- 能很好地密封各种几何形状和表面
- 不会滋生微生物
- 饮用水的外观、气味、味道无变化
- 根据BWGL-KTW(UBA准则, 以前是DVGW-KTW)、NSF 61、ACS(以及其他要求)的规定, 卫浴阀门润滑剂可用于所有水流冲刷的摩擦点, 包括与饮用水永久接触的摩擦点。
- 此外, 润滑剂的全球可用性也很重要。

### 摩擦点和润滑点

单杆混合水龙头的核心是陶瓷阀片。它们的制造工艺、几何形状、粗糙度和平整度都对使用体验有明显影响。许多部件相互移动, 以作用于陶瓷阀片并使水流动。这些部件之间可能会发生摩擦和磨损, 而不同的材料又会进一步加剧损耗。杠杆移动时, 用户可以立即感受到润滑剂的效果, 例如, 它能无障碍开启, 或通过转动进行简单调节。这里使用的是特种润滑剂, 能使水龙头顺畅地打开。根据不同的设计要求, 每个阀芯要使用大约0.5到1.5克的润滑剂。

### 混合水龙头中心的阀芯



黄色: 需润滑的接触面

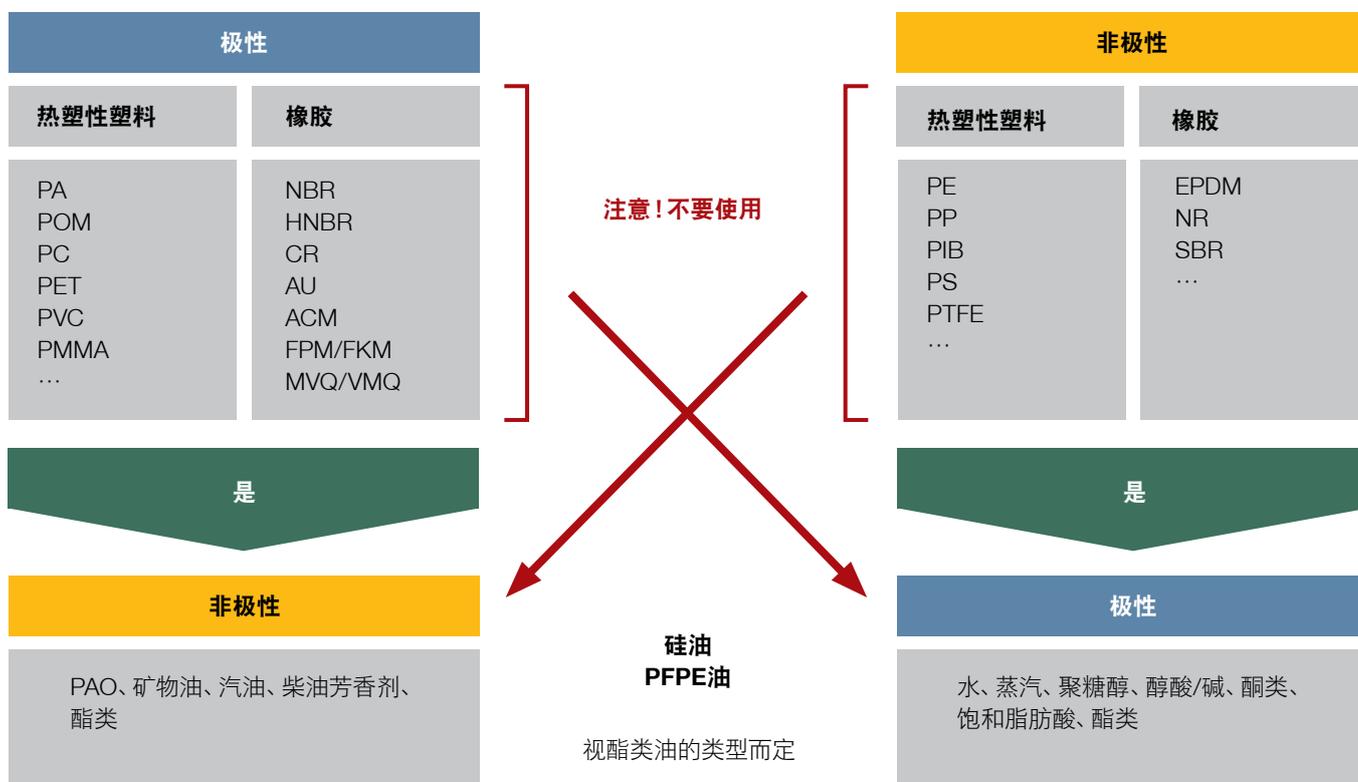
## 摩擦副材质

为达到预期成本效益, 确保设计经久耐用, 我们使用了多种材料。部件通常由黄铜或钢制成, 有些也采用了涂层功能表面。阀芯由塑料部件、陶瓷阀片和橡胶密封件组成。在某些情况下, 还会用到金属活塞或金属球。这里使用的橡胶件(如EPDM、NBR、HNBR、硅橡胶)和塑料(如ABS、POM、PPE、PS、PSU、PBT、PA、PP)需具有化学中立性。润滑剂的主要功能是减少所有材料、几何构件、移动和使用的力之间的摩擦和磨损, 同时不与它们发生化学反应, 避免影响功能。不同的塑料和橡胶需要的润滑剂也不尽相同。为此, 用户必须考虑到材料和润滑剂之间的极性。

### 注意: 润滑和密封

正如我们在Lube & Seal计划中所做的那样, 在优化润滑剂的配方时要综合考虑橡胶件和润滑剂的兼容性。我们要确保材料和润滑剂之间的极性对立, 因为相同极性的材料相容, 会引发膨胀或收缩, 并导致部件失效。

## 弹性体与介质的相容性



**注意:** 我们建议在使用各系列的产品之前, 先用原装组件在实际条件下进行测试。

## 必须遵守哪些规定？

饮用水是最宝贵的物质，它要满足的要求比其他食品严格得多。饮用水相关物质的白名单中，规定了饮用水可以接触的物质，是最严格的规定。各国有不同的规定。适用的认证类型很多。除了对水的气味、味道和外观进行感官分析外，评估中还包括毒理学和微生物学测试。在国际上，德国、美国、英国和澳大利亚的认证要求最为严格。为了防止润滑剂和所用材料发生相互作用，我们使用了精心挑选、大部分为合成物质的基础材料，部分还辅予以添加剂。我们在相关化学领域积累了多年经验，拥有海量的测试数据和丰富的化学知识，能熟练使用各种方法在短期内交付解决方案，满足客户的各项要求。

### 注意：对饮用水应用来说，获得NSF H1认证的材料可以放心使用吗？

不能，因为获得NSF H1认证的润滑剂用于可能或不可避免的会与食品接触的应用，饮用水的要求要严格得多，润滑剂必须符合NSF 61标准的规定。

### 法规青睐优质原料

饮用水应用中的润滑剂需通过饮用水法规认证，选对原料，才能通过认证。因此，相比其他润滑油和润滑脂，可用于生产这些润滑剂的原料显然更少。由于各国的法规不尽相同，因此只有少数优质原料才能用于销往全球的特种润滑剂中。

### 法规对润滑剂配方的影响

重新制定的法规明确了可用的材料范围。随着基于UBA准则的KTW-BWGL出台，由于NBR丁腈橡胶不再被接受，因此未来食品或饮用水领域不得再使用丁腈橡胶。

## 概述：部分国家的饮用水认证

国家	规范文件	批准标准
德国 (几乎全球认可)	KTW- BWGL	– 至2021年3月21日止，参照UBA(德国联邦环境署)《润滑剂指南》。 – 自2021年3月21日起，参照UBA《与饮用水接触的塑料和其他有机材料》评价标准文件。 – 产品测试和成分评估
英国 (东南亚、非洲、澳大利亚)	WRAS	根据英国标准BS 6920进行产品测试
法国	ACS	成分评价(白名单)
澳大利亚和新西兰	AS 4020	根据AS/NZS 4020标准进行产品测试
美国-饮用水 (全球认可)	NSF/ANSI/CAN 61	根据标准61进行的产品测试和成分毒理学评价
美国-食品同系化反应 (全球认可)	NSF H1	成分评价(白名单) (不适用于直接接触饮用水)

## 如何识别正确的高性能润滑剂？

### 1. 基于化学成分和应用适用性的分类

应用于厨浴领域的润滑剂需要满足各类复杂的工况要求，其化学配方也要随之改变。目标是在所有摩擦点上使用同一种润滑剂。这里所用的润滑剂由基础油、提高稠度的增稠剂和添加剂组成。采用各类基础油的润滑脂均可使用，如硅油、PAO或脂肪酸基油。

硅油无味、无毒、味道为中性且有化学惰性。它们通常对卫浴阀门和配件中使用的大多数塑料和橡胶件都是中性的，不同产品中添加的增稠剂和添加剂有所区别，可全面满足全球饮用水应用的各项规定。因此，它们可以广泛用于多种接触饮用水的阀门和配件。

聚烯烃或脂肪酸基油具有成本效益，可以替代硅油基润滑脂。这些油具有极性或非极性的特点，并不与所有塑料或弹性体兼容。根据现有法规，聚一烯烃不适合与塑料或橡胶件一起使用，而且可能与密封材料(如EPDM)发生反应。

### 2. 摩擦学

摩擦学特性可通过摩擦试验来确定。检查单杆混合水龙头复杂结构中的摩擦力时，需要用到特殊的测试台架、传感器技术和操作方式。在特殊的试验台上进行简单几何构件的试验，可以生成初步的线索。阀芯或陶瓷阀片的测试结果能说明循环次数，以及杠杆相对于陶瓷阀片的旋转移动的行程，从而提供系统中摩擦行为的信息。

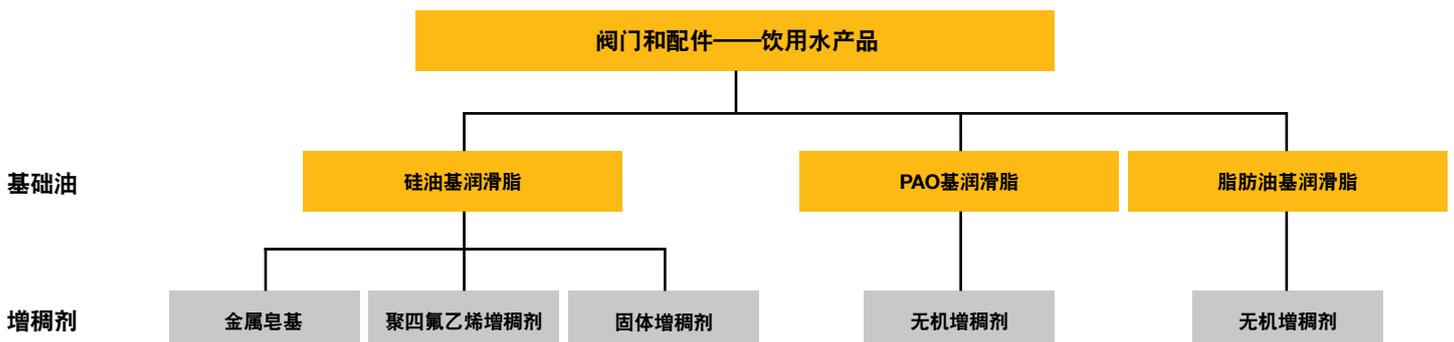
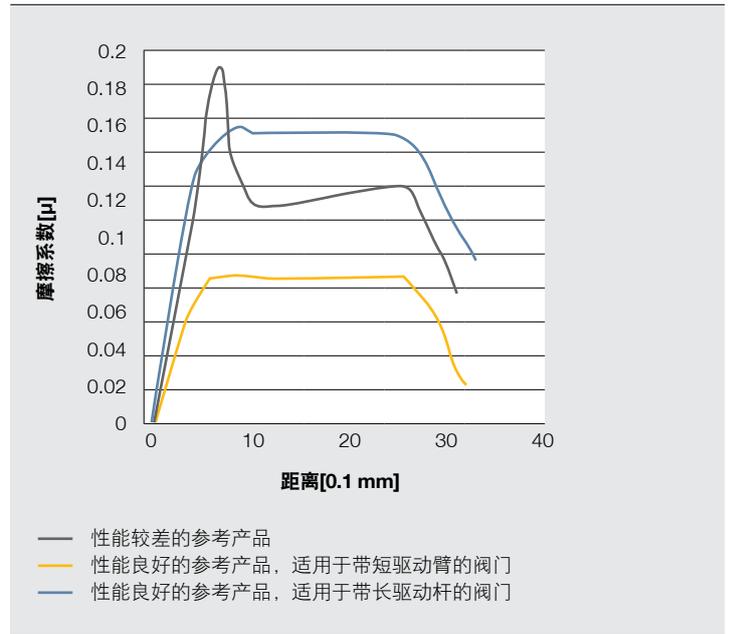
### 2.1 陶瓷阀片的摩擦测量

手感/触感和所需的驱动力取决于阀芯内的润滑情况。影响手感/触感的主要因素是陶瓷阀片间的摩擦力，根据EN 817的标准会对摩擦力进行测量，经过20万次循环运动后对其进行评估。

### 2.2 每个测试周期的摩擦值曲线

图中曲线记录了在一次循环运动中，不同润滑剂的摩擦系数随移动距离的变化而变化。可以看出，根据要求，其中一款润滑剂可以显著降低摩擦系数。对曲线评估时，有两项因素至关重要：开始运动时的启动扭矩和运动中的运转扭矩。

部分润滑剂的摩擦系数曲线



上述摩擦值是用市面上能买到的陶瓷阀片经台架测试得到的。为保证结果准确，必须清理干净陶瓷阀片的表面，并根据整个系统的情况，选择合适的驱动力。

曲线1 (性能较差的参考产品)显示，在开始驱动时，摩擦值高达0.19，在进一步驱动时，摩擦值急剧下降，然后到达0.12-0.13。阀门的打开和关闭需要相应的高驱动力，突然的打开会导致体积流量增加。这种效应被称为“周一综合症”。

曲线2 (性能良好的参考产品，适用于带短驱动臂的阀门)显示了一条非常低的摩擦系数曲线，适用于厨卫应用。打开很容易，摩擦系数很低，仅0.08。在进一步的驱动过程中，摩擦系数是恒定的，水龙头很易于操作。这是通过混合适当粘度的基础油和有机增稠剂(如PTFE)实现的。这些配方成分巩固了整体性能，例如在回流行为方面。

曲线3 使用驱动杆较长的阀门时，例如在医院，建议使用如曲线3所示的产品(性能良好的参考产品，适用于带长驱动杆的阀门)。高摩擦系数支持在长杠杆臂的情况下打开阀门，摩擦系数在进一步打开时保持不变。适用于这种场景的润滑剂是一种基础油粘度超高、针入度中等的产品，具有良好的粘附性和触变性。配方中的其他成分能产生非常出色的阻尼行为。由于陶瓷盘和阀芯较大，因此这些特性至关重要。

### 2.3 耐久性测试

超过20,000次的耐久性测试展示了两条特性曲线。具有优良触感特性的润滑剂拥有“恒定摩擦值”。摩擦系数在整体时间长度中是恒定的，变化很少。卫浴阀门经过多年使用后，打开的驱动力应保持不变。

“磨合”曲线显示摩擦系数曲线有一个明显的磨合阶段。在陶瓷阀片和润滑剂构成的整个系统中，这种磨合过程在大约5,000次循环后完成，然后保持不变。

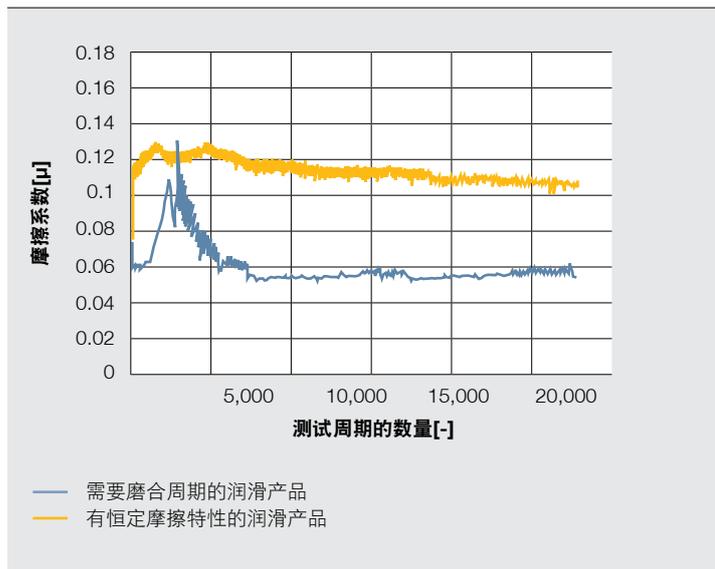
## 影响润滑剂选择的因素<sup>2</sup>



<sup>1</sup> 润滑剂的流动特性，受永久外部影响，粘度会下降，即随着压力的增加，介质的流动性增加。

<sup>2</sup> 示范性图表

## 长期测试中的摩擦值



总体来说，摩擦系数比“恒定摩擦系数”过程中的摩擦系数要低，这表明打开时缺少阻力感。所示测试是用相同的陶瓷阀片进行的。曲线显示了在每种情况下打开阀片时的最大摩擦系数。在所有测试中，均按照 DIN EN 817 标准绘制了移动曲线。

### 3. 兼容多种材料

影响润滑剂选择的另一个因素是材料相容性。近年来，润滑剂和塑料/橡胶之间的相互作用一直是热门研究领域。由于这些材料的成分不同，因此在推荐系列应用之前，建议对相容性进行单独测试。

#### 注意：适用于EPDM(三元乙丙橡胶)的润滑剂很少

密封件和润滑剂之间可能发生接触，并可能发生反应。适合与EPDM一起使用的润滑剂很少，不过，可以使用含有硅油的配方或含有脂肪酸的配方。

## 应用案例

选择润滑剂时，要考虑的因素很多，所以很难找到通用方案。因此，强烈建议选购前先进行技术咨询。我们利用应用案例抛砖引玉，展示一小部分典型应用，这些应用可以通过相应的测试来验证。我们随时为您提供支持。

### 应用案例1：特殊触感混合水龙头即将投产并销往全球

卫浴阀门的典型应用场景：一家水龙头制造商计划销售一种具有手感/触感良好的单杆混合水龙头，即在打开和调节时阻力较低。这款水龙头将销往多个国家，并在几处生产基地全自动投产。使用的材料包括NBR(丁腈橡胶)和EPDM密封件，以及钢和黄铜。

这里的润滑剂应满足以下标准：适合这种应用的，是**PTFE增稠的硅油产品**。PTFE会降低摩擦系数，而硅基油会因蠕爬而造成表面永久分离。由于硅油的蠕爬行为与温度变化无关，因此在冷水和热水中都可以提供舒适的使用体验。该产品的适用性已在客户测试中得到证实。

### 应用案例2：陶瓷阀片具备高表面应力和良好的润湿性，适用于卫生和家庭应用

组件表面对陶瓷阀片的使用寿命和手感/触感影响很大，其启动和驱动扭矩均较低。良好的表面润湿性不仅影响阀门生产，也影响终端客户在产品生命周期内的使用体验。

因此，在生产过程中，阀门的复杂部件就能接受针对性的润滑，润滑剂也不会从接触处流走。在使用过程中，钙皂基与硅油结合的产品提供良好的润滑效果，能使狭窄的润滑间隙或难以触及的摩擦点具有良好的润滑性。由于粘度对温度的依赖性较低，因此操作能更加舒适。

### 应用案例3: 使用特殊密封和无硅润滑剂

在某些制造过程中, 特别是有油漆和涂料的地方, 由于硅具有蠕爬特性, 因此不适用于这类场景。在所述应用案例中, 对于带有EPDM密封的喷漆或涂层阀门, 应使用无硅润滑剂。无论是冷水还是热水应用, 手感/触感都应该光滑顺畅。作为硅基油的替代品, 脂肪酸基油已经证明了自身的价值。用金属皂基或PTFE增稠, 可降低摩擦系数, 从而降低驱动力。这种成分易于施涂在部件上。

### 注意: 不仅是饮用水润滑剂——啤酒和乳制品认证

除了水之外, 某些敏感饮料也对润滑剂提出了特殊要求。例如, 用于啤酒分配器的润滑剂不得影响啤酒形成泡沫。而牛奶等易腐烂的饮料, 则适用食品法规和认证, 如H1。克鲁勃开发的润滑产品可满足饮用水和食品接触要求且可以供应全球客户。

受单杆混合水龙头的复杂结构影响, 润滑剂必须适应这种环境, 并满足各种要求。在全世界范围内进行数十年的深度市场调查和基础研究后, 才能开发出这样的润滑剂。凭借在阀门和配件领域积累的丰富经验, 并引入创新、智能的产品概念, 克鲁勃开发出了符合法规要求, 技术性能独特的润滑剂。

#### 版本11.21

出版商和版权

Klüber Lubrication Deutschland SE & Co. KG

Geisenhausenerstraße 7, 81379 München, Germany, HRA 84883

[www.klueber.de](http://www.klueber.de)