



安全、健康和环境

埃克森美孚化工



ExxonMobil



安全、健康和环境

安全是本公司的第一要务。我们关心员工和客户的安全。我们关心处理和使用我们产品的人士，关心使用这些产品的工厂附近的社区，也关心我们的环境。我们采用非常严格的风险管理方法来致力于保持最高安全标准，并且始终恪守“风险 = 危害 x 暴露量这一原则。它表示可以通过限制对有害物质的暴露量和/或使用更安全的物质来提高安全水平。

物理危害 (3)

可燃性基础知识 (5)

安全操作的指导原则 (16)

人类健康 (28)

人类毒理学基础知识 (30)

人类接触评估 (40)

VOC 和室内空气质量 (63)

环境 (68)

生态毒理学基础知识 (70)

水生环境中的毒性和归宿 (90)

环境接触评估 (100)

VOC 和室外空气质量 (109)

安全数据表 (128)

第 1 部分：产品和公司标识 (130)

第 2 部分：危害标识 (131)

第 3 部分：组成和有关成分的信息 (132)

第 4 部分：急救措施 (133)

第 5 部分：消防措施 (134)

第 6 部分：意外释放措施 (135)

第 7 部分：处理和存储 (136)

第 8 部分：接触控制、个人防护 (137)

第 9 部分：物理和化学特性 (138)

第 10 部分：稳定性和反应性 (139)

第 11 部分：毒理学信息 (140)

第 12 部分：生态学信息 (141)

第 13 部分：处置注意事项 (142)

第 14 部分：运输信息 (143)

第 15 部分：监管信息 (144)

第 16 部分：其他信息 (145)



物理危害





可燃性是埃克森美孚化工流体相关的唯一物理危害。它与按照现行立法并未被分类为易燃物的增塑剂、醇类或新酸类无关。挥发性烃流体和含氧流体被广泛用于各种工艺和设备。它们具有可燃性，使用时必须遵循严格的指导原则，以确保安全操作。



[可燃性基础知识
浏览](#)



[安全操作的指导原则
浏览](#)



可燃性基础知识

燃烧是一种非常复杂的化学过程。控制火灾危害以及确保安全的环境，需要深入了解燃烧的化学和物理原理，以及测量易燃性的不同方法。

流体的易燃性根据其物理特性以及它们发生化学反应必须满足的条件进行测量。



- 可燃性基础知识
 - 燃烧的化学原理和物理原理
 - 物理特性和可燃性限值
 - 闪点和燃点
 - 自燃温度
 - 可燃性和最小点火能 (MIE)
 - 静电

安全操作的指导原则

燃烧的化学原理和物理原理

要想着火，必须同时具备以下 3 个要素：可燃物质源、点火源（例如热）和氧化剂（如氧气）。

物理特性和可燃性限值

测量流体的可燃性限值，需要测试多项特性。例如：蒸气压、LEL 和 UEL、雾气、蒸气密度。

闪点和燃点

闪点是能够发生瞬间燃烧的最低温度。燃点是燃烧能够持续进行的最低温度。

自燃温度

自燃温度是指流体在不存在点火源的情况下自燃的温度。

可燃性和最小点火能 (MIE)

MIE 是指点燃（例如由于静电放电）可燃蒸气、气体或尘云所需的最低能量。

静电

在各种点火源中，静电具有巨大风险。在输送液体（尤其是碳氢流体）过程中，静电会累积。

燃烧的化学原理和物理原理

要想着火，必须同时具备以下 3 个要素：可燃物质源、点火源（例如热）和氧化剂（如氧气）。要让火持续燃烧，还需要第 4 个要素，我们称之为“燃烧的连锁反应”。

燃烧的化学反应

燃烧是一种复杂的化学过程。因此，了解与可燃性有关的基本原理非常重要：

- 可燃性描述了物质燃烧或被火焰点燃的能力。
- 燃烧描述了燃料与氧化剂之间的氧化反应，伴随产生热量和火光。

通过化学计算公式加以说明的燃烧示例是纯碳氢物质（如正戊烷）的氧化：



对于含氧溶剂（如异丙醇 [IPA]），此类溶剂不仅包含碳原子和氢原子，还包含氧原子。含氧溶剂可以视为已在一定程度上被氧化，因此它们的燃烧能量低于纯碳氢物质：



火三角

要使燃烧发生，必须同时存在燃料和氧化剂（最常见的氧化剂为氧气），以及具有充足能量的点火源以引发反应。火三角提供了一种描述燃烧三要素的简单方法：

- 可燃流体
- 氧气
- 点火源

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则



如火三角所示, 必须存在这 3 个要素, 才能产生燃烧:



可燃液体

一般而言, 可燃液体可以形成可燃气体, 在与空气接触时可能会着火。可燃液体的示例: 戊烷、异丙醇 (IPA)、丁酮 (MEK)。不可燃液体的示例: 水、四氯化碳。

氧气 (空气)

仅当与空气中数量充足的氧气混合时, 可燃流体才能形成可燃混合物。烃类物质的燃烧不会自然发生, 而仅当存在点火源时才能发生。

点火源

要使可燃流体与空气发生燃烧反应, 必须存在能量源 (如火焰、火花, 甚至高温表面)。

第 4 个要素: 燃烧的连锁反应

要使燃烧持续进行, 必须为火焰持续提供适当浓度的燃料和氧气。此外, 还需要反应持续释放能量, 才能使连锁反应持续下去。燃烧将因以下情况之一停止

- 所有燃料耗尽。
- 氧气浓度不足。
- 释放的能量不足, 无法维持燃烧。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则

物理特性和可燃性限值

要测量流体的可燃性限值，需要测试多项特性。

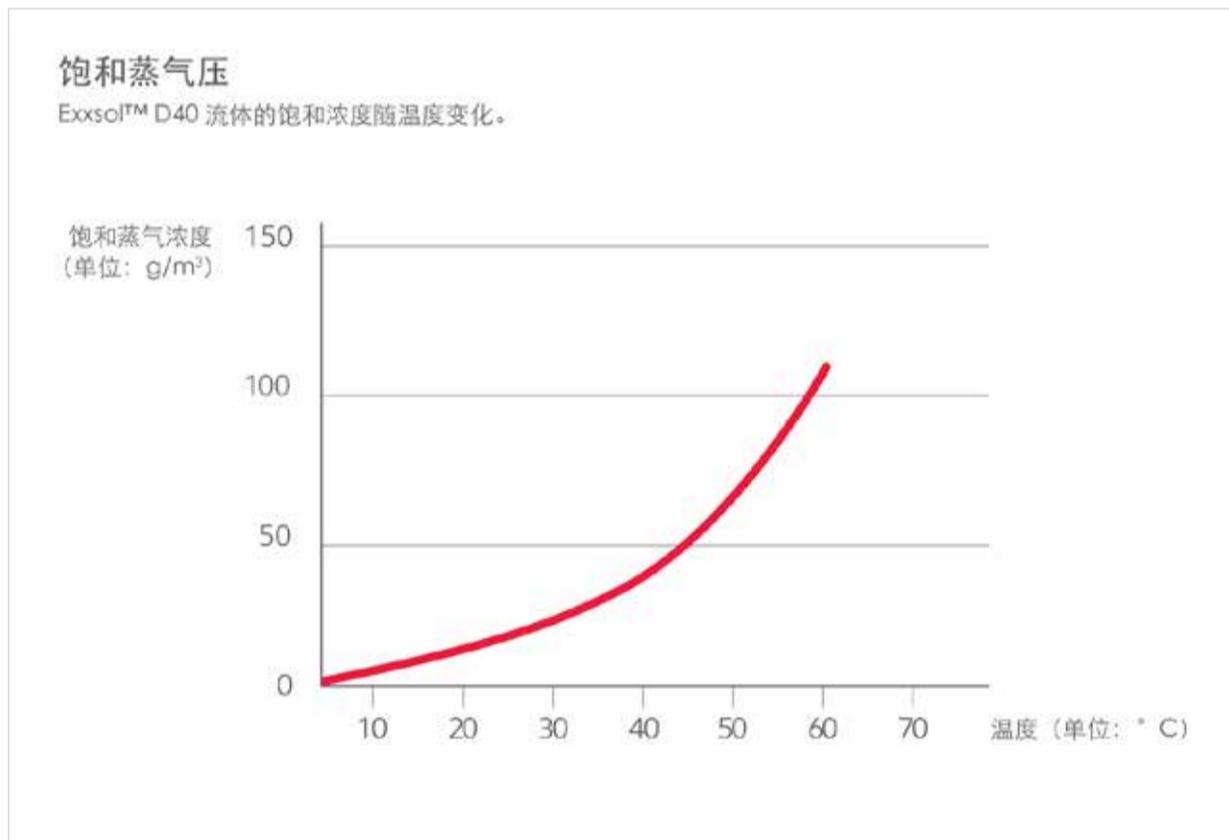
挥发和蒸气压

实际上，燃烧的可燃流体分子是以蒸气形式而非液体形式呈现的。因此，可燃液体必须挥发到空气中才能燃烧：混合物是否可燃取决于液体表面形成的蒸气浓度。控制蒸气浓度的主要因素是温度。

在给定温度下的密闭容器中，分子将从液体中逸出，形成蒸气，直到达到某一平衡点，气体中的可燃产品蒸气至此达到饱和。

如果将温度提高到此平衡点以上，将有更多产品挥发：可燃产品蒸气的浓度将进一步增加到更高的饱和度。

对于各种液体，均可绘制其在空气中的平衡浓度（或饱和浓度）曲线，因为在密闭系统或容器中，它是温度的函数。这被称为饱和蒸气压。



Exxsol™ D40 流体的饱和浓度随温度变化。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则

爆炸下限 (LEL) 和爆炸上限 (UEL)

同类可燃气体和空气混合物仅在 LEL 与 UEL 之间的有限浓度范围内可燃:

- 爆炸下限: 如果低于 LEL, 空气中可燃气体的数量不足, 无法在点火源周围形成火焰。实际上, 它不会燃烧。
- 爆炸上限: 如果高于 UEL, 空气中可燃气体的浓度过高, 使得剩余氧气不足, 无法形成燃烧反应。
- 仅当浓度处于 LEL 与 UEL 之间时, 可燃气体和空气的混合物才能燃烧。

这些限值是以可燃蒸气在空气中所占的体积百分比来表示的。

例如, 对于轻质碳氢溶剂 **Exxsol™ 庚烷**, 可燃限值为:

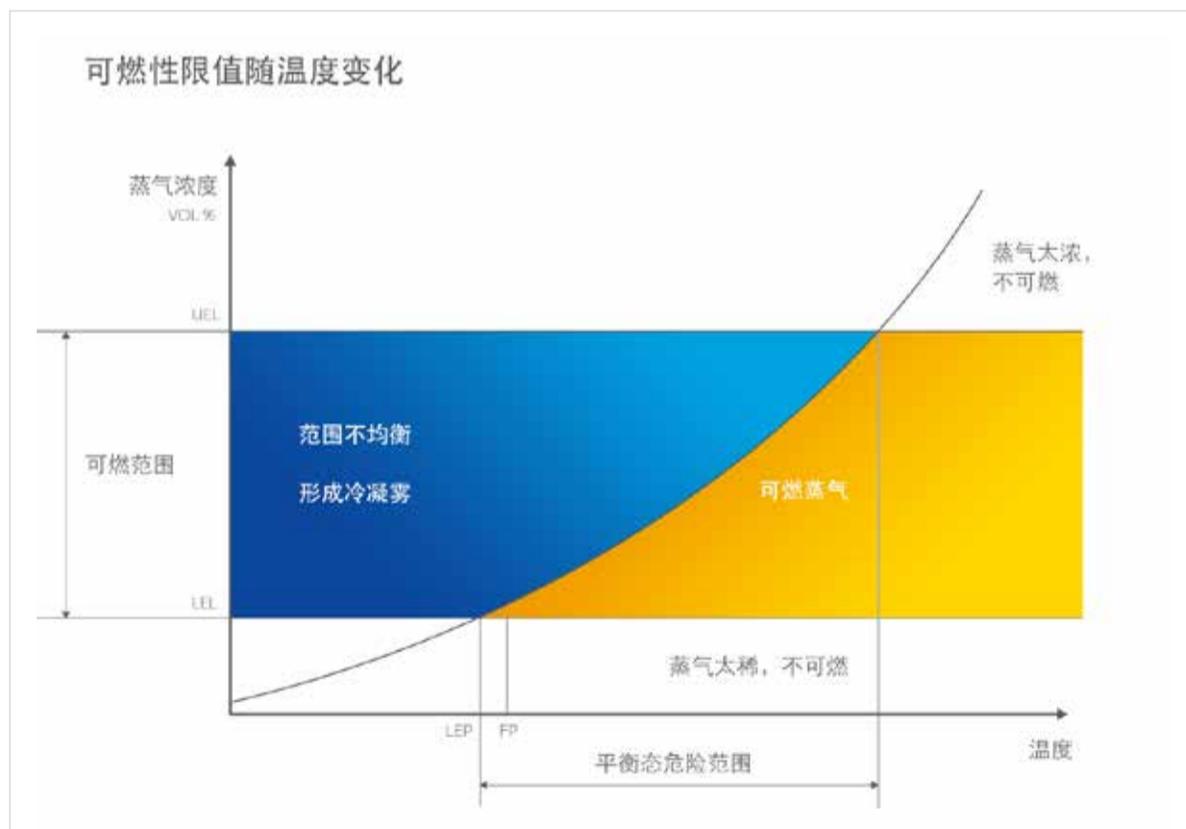
LEL: 1% (按体积计); UEL: 7% (按体积计)。这意味着, 当空气中的庚烷浓度介于 1% 到 7% 之间时, 混合物可燃, 也就是说, 如果接触到点火源 (火焰、高温表面或火花), 它将彻底燃烧。如果空气中的庚烷蒸气浓度低于 1% (按体积计), 将不会发生燃烧, 因为庚烷和空气的混合物浓度过低, 无法燃烧。如果空气中的庚烷浓度高于 7% (按体积计), 则该混合物浓度过高, 因而也不会发生燃烧。

其他示例:

Exxsol™ D40 的 UEL 为 7.0, LEL 为 0.6

Exxsol™ D110 的 UEL 为 7.0, LEL 为 0.5

下图总结了上述可燃性限值 (随温度变化) 的概念。LEL 与 UEL 浓度之间所涵盖的区域以及饱和蒸气压曲线下方的区域为可燃区。饱和蒸气压曲线上方的区域 “处于不平衡状态”, 但特定使用条件 (雾气冷凝、喷涂等) 下可能存在这种情况, 这些情况需要特别注意。



注意: 在平衡条件下, 与爆炸下限相对应的温度是爆炸下限点 (LELP)。在实践中, 通过闪点试验估算蒸气变为可燃状态的温度。闪点根据严格标准但并非在平衡条件下进行测量。因此, 闪点温度一般比 LELP 高几度。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则

雾气

在某些特定情况下，如果空气中散布着微小液滴（雾气或喷雾），则执行操作时会面临可燃性风险。

- 对于 **蒸气**，空气中能够达到的最高浓度由蒸气压曲线决定（请单击此处），并取决于温度。
- 对于 **分散液滴**，空气中可燃物的浓度与温度无关，因为喷雾或雾气是通过机械作用形成的（最常见的情况是使用数巴的喷射压力，或在饱和蒸气冷凝后形成颗粒直径低于 0.02 mm 的液滴或雾气）。有关雾气区域（位于饱和蒸气曲线的左侧）的视觉效果，请单击此处。

应该避免可能出现雾气或喷雾的状况

实际上，应该避免可能出现雾气或喷雾的状况，因为烃的雾气或喷雾可在远低于闪点的温度下燃烧，这与在低于闪点的温度下无法点燃的实际蒸气相反。如果可能出现雾气或喷雾，则必须采取特定的安全措施，因为它们可能带来更高的潜在风险。有关使用可燃流体的操作设计，建议咨询专业人员。

在实践中，可燃性限值并不算是非常方便的有效工具，因为它难以解释空气中的体积浓度。一般而言，更为实际的做法是考虑可燃液体的闪点，并将其与实际使用温度关联起来。

蒸气密度

蒸气密度将决定排放后的蒸气在空气中的分散程度。**密度较大的蒸气无法有效分散在空气中，并有可能聚集在低空区域，进而带来火灾危险。**

蒸气密度通常以**气体蒸气密度与空气蒸气密度之比**来表示。将空气视为一个整体（值=1），气体的蒸气密度比表示蒸气在空气中的相对密度：

蒸气密度比 =	$\frac{\text{物质的分子量}}{\text{空气的相对分子量 (29)}}$	$\frac{MW}{29}$
---------	--	-----------------

示例:

- **Exxsol™** 庚烷的相对分子量为 98。那么它的蒸气密度比就是 3.4。
这一简单计算表明，Exxsol™ 庚烷气体排放物不能与周围的空气均匀混合，并且由于它的密度大于空气密度，因此可在低空区域产生气体浓度较高的小区域，因而会带来更高的可燃性风险。
- **Exxsol™ D40** 的蒸气密度为 5.0（空气=1）
- **Isopar™ H (AM)** 的蒸气密度为 5.3（空气=1）

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则



闪点和燃点

要使可燃产品燃烧，空气中必须存在适当浓度（即处于已确定的 LEL 与 UEL 限值之间）的蒸气。

当液体产品接触空气时，部分产品会挥发，从而形成一定的蒸气/空气浓度。随着液体产品的温度上升，产品蒸发越来越多，蒸气/空气比将随之提高。最终，**温度上升到使蒸气/空气比足够高的程度**，如果存在点火源，**即可支持瞬间燃烧**。此温度就是该产品的闪点。因此，流体的闪点是产品能够挥发进而在空气中形成可引燃混合物的最低温度。

闪点值

对于挥发性烃流体和含氧流体，闪点表明使用时存在火灾和爆炸危险。如有可能，请选择闪点高于最高预期操作环境温度的产品，这可以确保不必采取特殊安全预防措施。

不过，有些轻质溶剂的闪点低于室温。在使用这些轻质溶剂时，必须采用受控通风措施以及其他特定措施，以防止发生爆炸或火灾的可能性。

示例：

- Exxsol™ D40 的闪点为 39°C
- Isopar™ H (AM) 的闪点为 54°C

闪点与燃点

是足量液体蒸发进而产生点火即可燃烧的燃料与空气混合物的最低温度。正如该试验的名称所示，在此温度下发生的燃烧只能持续一瞬间，即闪燃。在实践中，出现闪点的温度与 LEL 对应的温度非常接近，如此处所示。

燃点温度通常更高。它是产生足够的蒸气维持燃烧的最低温度。在任何一种情况下，仅当燃料蒸气与空气之比介于 LEL 与 UEL 限值之间时才有可能发生燃烧。如果混合物的浓度过低或过高，则即便高于闪点或燃点的最低温度，混合物也不会燃烧。

在大多数情况下，并且出于实用目的，只需了解闪点，即可确定与烃类物质相关的易燃性风险：如果流体温度高于闪点，则其表面上方将会形成可燃气体环境，从而带来潜在的爆炸或火灾风险。

要确定与烃类物质相关的可燃性风险，通常只需了解闪点

闪点测量试验方法

对于大多数烃流体和含氧流体，通常通过“闭杯”法（将产品放在有盖容器内加热）确定闪点。这最接近于实际使用中处理产品时的条件。当然，对于闪点低于室温的产品，在开始该试验前必须进行冷却。

目前广泛使用两种闭杯法来确定闪点。它们的主要差异在于设备细节，以及具体的应用领域。不过，这两种试验基本相似，并且为了描述目的，可以分为一组。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则



它们分别是:

- 采用 Tag 闭式试验器测的闪点 [ASTM D 56](#)
- 采用 Pensky-Martens 闭式试验器测的闪点 [ASTM D 93](#)

前者用于闪点较低 (<50°C) 的液体, 后者适用于粘度较高的液体。这两种试验的差异在于设备细节、加热速度, 以及是否搅拌试验流体。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则

自燃温度

所有石油产品都将燃烧，并且在某些条件下，可以通过爆炸力点燃其蒸气。要使这种情况发生，产品蒸气与空气之比必须处于已确定的 LEL 与 UEL 限值之间。

在接触空气后，一定数量的液体产品将会蒸发，从而形成一定的蒸气/空气比。随着液体温度升高，蒸发量也将增加，因而蒸气/空气比也会增大。最终，温度达到某个值，使得在有点火源（如火花或火焰）的情况下，蒸气/空气比能够支持燃烧。此温度就是该产品的闪点。

如果不存在点火源，随着温度提高到产品的闪点以上，最终将达到该产品无需任何外部点火源即可自燃的温度。此温度就是该流体的自燃温度 (AIT)。

示例：

- **Exxsol™ D40** 的自燃温度为 259°C
- **Isopar™ C** 的自燃温度为 443°C

应该注意不要混淆闪点、燃点和自燃温度。

自燃值的意义

自燃温度 (AIT) 可以作为一种标准，用于衡量在高温应用中使用某种产品而非另一种产品的相对合理性。必须使用 AIT 远高于预期应用温度的石油产品，以确保不会发生自燃。产品的 AIT 受产品特性及其环境条件的影响。例如，某种物质的 AIT 受诸多因素的影响，比如压力、燃料与空气比、发生点火需要的时间，以及蒸气与空气混合物相对于系统容器高温表面的运动等。在大型容器中，如果采用特定的容器壁制造材料并且处于密闭容器中，可能会在低于根据标准确定的 AIT 的温度发生点火。因此，测得的 AIT 可能会因试验条件的差异而大不相同

自燃温度测量试验方法

通常用于测量 AIT 的试验方法为 ASTM E 659：“液体化学品自燃温度的标准试验方法”。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则



可燃性和最小点火能 (MIE)

可燃气体环境的可燃性与最小点火能 (MIE) 有关。MIE 是指点燃（例如由于静电放电）可燃蒸气、气体或尘云所需的最低能量。MIE 的度量单位为焦耳 (J)。对于大多数物质，当浓度接近与爆炸下限 (LEL) 和爆炸上限 (UEL) 对应浓度范围的中点时，将出现最低点火能量值。

MIE 可用于两种用途：

- 它可根据材料的点火敏感度，以定量方式对材料进行排序。MIE 较低的材料易于点燃（敏感），MIE 较高的材料难以点燃。
- 可将它与可能导致点火的电火花产生的可用能量进行比较。

可以谨慎地假设，当可用放电能量超过 MIE 时，就可能发生点火。不过，如果具有放电特征的可燃物质的浓度与理想状态不同，则点火所需的实际能量可能远远高于 MIE。

很低的能级就足以点燃溶剂蒸气/单位混合物：特此说明，0.1 到 1 毫焦耳 (mJ) 之间的能量通常足以点燃碳氢溶剂的蒸气。

在爆炸上限和爆炸下限之间的范围内，点火能取决于燃料浓度。具体而言，MIE 在接近化学计量燃料浓度的条件下达到。MIE 通常会随温度升高而降低。工业活动中遇到的大多数点火源的 MIE 都会超过 1 mJ，因此需要严格控制。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则



静电

在各种点火源中，静电具有巨大风险。在输送液体（尤其是碳氢流体）过程中，静电会累积。碳氢流体具有电导率非常低、相应电阻率较高的特性。

因此，由于流体运动（例如通过泵送、过滤、搅拌或喷涂）而产生并积聚在大部分液体中的电荷数量可能非常多。对于电导率较低（尤其是低于 50 皮西门子/米 [pS/m]）的液体，积聚的电荷消散速度缓慢，从而产生较大电位差，容易导致其能级产生足以点燃可燃蒸气的放电现象。

烃流体和含氧流体的电导率

碳氢溶剂的电导率一般低于 10 pS/m，这将导致电荷消散速度缓慢，即便使用了适当的接地连接，也需要多达数分钟的时间才能消散。含氧溶剂是极性更高的物质，易于导电：

异丙醇 (IPA) 的电导率约为 2.106 pS/m；**丁酮 (MEK)** 的电导率约为 5.106 pS/m。

减轻静电风险

与溶剂和燃料相关的静电风险一直是备受学术界和工业界关注的课题，其中包含有关减轻风险的防范措施的详细信息，尤其是：

- 接地
- 粘接
- 无飞溅加注（罐车、圆桶）
- 等待电荷消散
- 管道流速限制
- 喷涂实践中需要考虑静电风险

要获得 ESIG 资源，请点击[此处](#)。

鉴于该课题的复杂性，有关使用挥发性可燃流体的操作设计，建议咨询静电专业人员。

可燃性基础知识

燃烧的化学原理和物理原理

物理特性和可燃性限值

闪点和燃点

自燃温度

可燃性和最小点火能 (MIE)

静电

安全操作的指导原则



安全操作的指导原则

要发生燃烧，必须具备三个要素，即可燃源、氧气和点火源。缺少这三个组成要素中的任何一个，都足以防止燃烧。因此，预防火灾风险的安全措施基于以下原则：

- 限制空气中可燃源的浓度
- 降低氧气含量
- 消除点火源

在任何情况下，我们都建议可燃流体的所有用户向专业人员寻求建议，以评估其具体状况，进而提出充分的预防措施和应急计划建议。



可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

限制空气中可燃流体的浓度

如果低于爆炸下限 (LEL)，则空气中的蒸气将不足以到达可燃性限值。

降低氧气含量

对于烃类物质，必须将气体环境中的氧气含量降至 10% 以下，以营造不易燃的气体环境。

消除点火源

点火源可以是各种来源。虽然通常可以消除直接火焰，但预防电火花更加困难。

安全处理 Exxsol™ 戊烷

戊烷极易燃。对它进行处理需要了解涉及的风险并拥有用于预防事故的器具，而且驾驶员和操作人员也必须具备相应的意识。

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

关于使用连接软管传输溶剂的具体风险的指导说明，由英国溶剂行业协会发布。



限制空气中可燃流体的浓度

如果低于爆炸下限 (LEL)，则空气中的蒸气将不足以到达可燃性限值。

可以通过两种方式实现在此范围内进行操作：

- 保持温度低于闪点是最容易的方式，并且符合正常做法。建议保持低于流体闪点 15°C 的安全余量。
示例：
 - 闪点为 42°C 的 Isopar™ G 可在最高 27°C (= 42-15°C) 的温度下安全使用。15°C 的余量应能应对意外变化，如温度控制不准确或液体温度不均。
 - 闪点为 102°C 的 Exxsol™ D100 可在最高 87°C (=102-15°C) 的温度下在专门设计的设备中使用，而不存在火灾风险。即便如此，仍须对此类设备和操作进行严格检查，以确保存在多个保护等级，从而纠正任何可能造成火灾风险的故障。
- 充分通风可以通过空气稀释，使可燃蒸气的浓度降至安全水平。如果无法使流体的使用温度保持在低于闪点 15°C 的状态，则必须通过通风提供充足的空气，以确保可燃浓度远低于 LEL（建议为 LEL 的 25%）。

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



降低氧气含量

在可能产生可燃气体环境的情况下，且当无法完全确定是否缺少点火源时，应向蒸气相中添加惰性气体（氮气或二氧化碳），以营造不易燃的气体环境。

对于烃类物质，必须将气体环境中的氧气含量降至 10% 以下。还应进一步要求安全余量，以应对可能的变化，并且在实践中，惰性设备的气体环境所包含的氧气水平必须大幅降低，以符合安全要求。

强烈建议查看当地法规。

对于烃类物质，必须将气体环境中的氧气含量降至 10% 以下

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



消除点火源

点火源可以有各种来源：任何能够最终转变为热量的能量来源（电、机械、辐射、化学）。虽然通常可以消除直接火焰，但预防电火花更加困难：

- 在任何可燃性气体环境中及其附近，都应该使用阻燃设备
- 必须使用旨在最大限度减少静电产生、以及最大限度消散电荷的适当安全设备，来消除静电放电的风险。有关使用挥发性可燃流体的操作设计，建议咨询静电专业人员。
- 加热系统必须遵循特定规则，如最大热通量或安全设备。

虽然通常可以消除直接火焰，但预防电火花更加困难

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

安全处理 Exxsol™ 戊烷

戊烷极易燃。对它进行处理需要了解涉及的风险并拥有用于预防事故的器具，而且驾驶员和操作人员也必须具备相应的意识。

本文总结了一些重要信息，并介绍了您为了安全处理 Exxsol™ 戊烷、Exxsol™ 异戊烷和这两者的混合物而必须了解的措施和禁忌。

请注意：本文只是有关使用此产品的处理规程和安全数据的摘要。有关完整说明，请参考[安全数据表](#)。

可燃性特性摘要

	Exxsol™异戊烷 S	Exxsol™戊烷 80	Exxsol™戊烷 100S
沸点/范围	27 - 28 °C	34 - 35 °C	36 - 37 °C
闪点	< 0 °C	< 0 °C	< 0 °C
自燃温度	> 250 °C	> 250 °C	> 250 °C
LEL	1.4 V%	1.3 V%	1.3 V%
UEL	7.6 V%	7.6 V%	7.8 V%

注：本表中显示的典型值只说明典型的物理特性，不构成任何规格限制。产品数据表中提供了试验方法名称。典型值可能会随着时间发生变化。

请在 SDS 的第 5.4 部分中查看其内容

沸点：

根据 CLP-GHS，闪点 <23°C 并且沸点 ≤35°C 的产品属于易燃类别 1，这是最严格的类别。

闪点：

流体的闪点是指流体能够蒸发到空气中形成在接触点火源时可被点燃的混合物的最低温度。[查看更多](#)

AIT：

流体的自燃温度 (AIT) 是指流体在没有任何外部点火源的情况下能够自燃的温度。此温度高于流体的闪点。[查看更多](#)

LEL/UEL：

爆炸下限 (LEL) 和爆炸上限 (UEL) 是浓度限值，在该范围内，可燃气体与空气的混合物容易燃烧。这些限值使用可燃蒸气在空气中所占的体积百分比来表示。[查看更多](#)

请牢记，务必要避免泄漏或溢出！



- 戊烷会直接形成很容易引起火灾的蒸气云。
- 此类蒸气的密度大于空气的密度，因此将流向最低点。



- 防止任何泄漏或溢出。
- 利用通风设施防止形成可燃蒸气云。

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

欧盟的分类和标签

危害识别: 欧盟的分类和标签

危害类别	标签象形图 信号词	危害说明
Exxsol™ 异戊烷 S 易燃液体第 1 类, 水生生物慢性毒性第 2 类, 吸入毒性第 1 类, 特定靶器官毒性单次接触第 3 类 (麻醉)	 Dgr	H224, H411, H304, H336, EUH066
Exxsol™ 戊烷 80 易燃液体第 1 类, 水生生物慢性毒性第 2 类, 吸入毒性第 1 类, 特定靶器官毒性单次接触第 3 类 (麻醉)	 Dgr	H224, H411, H304, H336, EUH066
Exxsol™ 戊烷 100S 易燃液体第 1 类, 水生生物慢性毒性第 2 类, 吸入毒性第 1 类, 特定靶器官毒性单次接触第 3 类 (麻醉)	 Dgr	H224, H411, H304, H336, EUH066

Dgr 表示危险货物法规

请在 SDS 的第 2 部分中查看其内容

运输分类

联合国编号	包装种类	分类/划分或 标签	EHS/海洋污染物 (是/否)	分类代码
Exxsol™ 异戊烷 S	I	3	是	F1
Exxsol™ 戊烷 80	I	3	是	F1
Exxsol™ 戊烷 100S	I	3	是	F1

4联合国编号或分类可能不适用于使用油驳船的运输

ADR/RID/IMDG 3 类, 包装种类 I, 联合国编号 1265

3 3
1 2 6 5

危险货物国际道路运输 (ADR)

危险货物国际铁路运输 (RID)

危险货物国际海上运输 (IMDG)

请在 SDS 的第 14 部分中查看其内容

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



安全处理和存储

在整个运输过程中（从车辆规格到装货/卸货，直到报告），必须将安全和防护视为第一要务。

个人防护装备 (PPE)	
驾驶员	<p>在装货和卸货地点，驾驶员应始终穿戴适当的 PPE:</p> <p>标准 PPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 经过批准的安全帽; • 安全鞋: EN 20345 S3, 满帮式 (建议穿着高帮系带鞋); • 连衣裤工作服 阻燃、耐化学品、防静电、完全包覆手臂和腿部; • 带有侧护的护目镜。 <p>可避免直接接触产品的其他 PPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 耐化学品手套 (例如, 丁腈橡胶手套) <p>查看更多</p>
	请参考 Cefic 准则
	请在 SDS 的第 8.2 部分中查看其内容

装货前	
车辆	<p>规格要求:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 满足针对第 3 类产品的 ADR 要求; • 对于散装液体容器 (BLC): 能够承受 4 巴工作压力和 6 巴试验压力的联合国移动式储液罐。 <p>设备:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 与铝质储液罐和底架相比, 钢质储液罐和底架抵抗道路交通事故的能力更强; • 蒸气回路连接; • 防静电软管位于封闭式软管支架中; • 车辆应该随附符合法律要求的压力试验证明; • 真空通风
驾驶员	<ul style="list-style-type: none"> • 必须通过 ADR 认证; • 必须拥有适当的 PPE 可用。

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



在工厂装货	
车辆	<ul style="list-style-type: none"> • 必须接地（触地）； • 必须关闭车辆电力。
驾驶员	<p>个人防护装备（请参见上文）</p> <p>车辆控制:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 检查并确保底阀和蝴蝶阀已关闭，并且端盖紧固（顶装式）； • 在此之前，应该检查密封垫。
设施	<ul style="list-style-type: none"> • 必须避免并禁止所有点火源（吸烟、明火、手机等）。所有永久设施必须接地（触地）； • 在整个装货操作过程中，装货区域必须有现场操作员在场，并且必须检查设备是否已做好运输准备。
	请参考 Cefic 准则

装货后	
驾驶员	<ul style="list-style-type: none"> • 检查车辆是否拥有正确的标牌； • 如果车辆使用氮气垫层，则应对车辆进行相应标记； • 检查是否存在泄漏。

在运输过程中	
驾驶员	<ul style="list-style-type: none"> • 遵守法律要求（限速、休息时间、不得饮酒或吸毒、驾驶过程中不得使用手机等）； • 按照防御性驾驶原则（例如基于欧洲化学工业理事会 [Cefic] 做法的安全准则）行事； • 确保驾驶员能够通过带照片的证件 (ID) 证明自己的身份； • 不要搭载搭便车者或为可疑人员停车； • 与物流计划员/调度员保持联系； • 切勿在无人照看的情况下离开车辆；夜间始终在有保安的停车场停车； • 检查各个阀门和端盖是否处于正确位置并且紧固； • 建议驾驶员尽可能留在车上，即便是在海上轮渡上也要如此。

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



在客户处卸货	
	<ul style="list-style-type: none"> 如果未能满足以下某一项要求，或有可能导致不安全的状况，应毫不犹豫地停止（甚至不要开始）操作。
驾驶员	<ul style="list-style-type: none"> 在卸货前，向驾驶员介绍所有安全和应急程序； 为车辆留出位置，以便驾驶员能在紧急情况下轻松向前行驶； 驾驶员必须佩戴安全帽、护目镜和手套，穿着安全鞋和连衣裤工作服； 驾驶员必须参与整个卸货操作，而不应留在驾驶室内。
卸货方法	<ul style="list-style-type: none"> 仅应通过泵送、使用氮气或重力推送的方式卸货； 对于地下储液罐，通过重力卸货更简单、更安全； 在通过泵卸货时，应使用客户提供的泵，以免运行中的卡车成为点火源； 严禁通过空气压缩机卸货； 建议不要利用氮气卸货： 这种方式不允许使用蒸气平衡管路； 这种方式会在卸货期间以及卸货后增加风险； <ul style="list-style-type: none"> 车辆后方应贴附有适当的 N2 危险标志； 所有永久设施必须接地（触地）。
车辆	<ul style="list-style-type: none"> 卡车必须接地；建议安装一个指示器，用于确认具有能够自动切断放电操作的充分接地（触地）； 必须切断卡车电力； 必须使用蒸气回路系统，在连接软管后，首先打开蒸气管路，然后再打开产品管路； 必须由驾驶员将软管连接到卡车上； 强烈建议不要打开检修孔，因为极轻微的静电也有可能点燃蒸气； 如果必须打开检修孔，应使用便携式 LEL 探测器；建议始终配备可燃气体探测器； 必须避免所有点火源。
客户职责	<ul style="list-style-type: none"> 在整个卸货过程中，卸货地点必须有现场操作员在场； 卸货时应距离建筑物和其他活动至少 25 米； 卸货地点必须提供消防设备和吸收材料； 穿戴适当的个人防护装备（请参见上文）； 使用栅栏隔开相应区域； 停止卸货地点周围的所有其他活动（动火作业等）； 检查并确保将正确的产品输送到正确的储液罐中； 如果确实无法避免取样，必须由符合资质要求的现场人员通过客户提供的装置执行此类操作； 必须由符合资质要求的人员从固定管路中的取样点取样； 检查数量和储液罐液位，确保数量适合储液罐容积； 将卡车连接到客户提供的装置； 只能使用防静电软管； 在卸货前，检查设备状态（接地、软管等）； 参加整个卸货操作。
	请参考 Cefic 准则

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



卸货后	
驾驶员	<ul style="list-style-type: none"> 已清空且未清洁的卡车或 BLC 仍需遵守危险货物运输规则; 车辆和驾驶员必须通过 ADR 认证; 必须签署回执文件; 文件必须附有以下内容: <ul style="list-style-type: none"> 危险货物运输声明; 埃克森美孚化工应急电话列表; 安全数据表。

加工和存储	
客户职责	<ul style="list-style-type: none"> 埃克森美孚将通过一份详细的调查问卷评估客户处理戊烷的准备情况 <p>在向客户供应 Exxsol™ 戊烷产品之前，埃克森美孚将通过一份非常详细的调查问卷，系统地评估其处理所有相关风险的能力。该调查问卷涵盖多个主题，如存储许可、消防设施、卡车设备、卸货设施、实施的操作和流程等。</p> <ul style="list-style-type: none"> 危险货物的加工和存储需遵守欧洲塞韦索 III 指令 <p>对于 Exxsol™ 戊烷，如果在任何一个地点存储的产品数量超过了设定的阈值，则在塞韦索 III 指令的管辖范围内。有关更多信息，请。</p>

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

发生火灾或溢出时应该采取的措施

如果发生火灾或溢出，必须应用以下紧急措施：

发生火灾时	<ul style="list-style-type: none"> 拉响火灾警报; 结束所有操作; 保护人员，疏散到安全地点; 使用栅栏隔开相应区域并禁止人员进入; 使用干粉、泡沫或二氧化碳 (CO₂) 扑灭火焰; 仅使用水喷雾保护人员、冷却接触火/热量的表面，或使蒸气消散; 不要将水流直接喷射到产品池中! <p>请在 SDS 的第 5 部分中查看其内容</p>
-------	--



<p>发生溢出时</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 拉响火灾警报; • 结束所有操作; • 预防点火源; • 使用栅栏隔开相应区域并禁止人员进入; • 做好应对火灾的准备; • 阻止泄漏 (关闭泵、关闭阀门等); • 收容溢出的产品 (关闭污水管, 使用拦油栅和吸收材料); • 使用适当的吸收剂回收产品; • 仅使用水喷雾使蒸气消散, 并保护尝试阻止泄漏的人员; • 不要对溢出的产品使用水! <p>请在 SDS 的第 6 部分中查看其内容</p>
--------------	---

- 可燃性基础知识
- 安全操作的指导原则
 - 限制空气中可燃流体的浓度
 - 降低氧气含量
 - 消除点火源
 - 安全处理 Exxsol™ 戊烷
 - 在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

报告事故和未遂事故

为了帮助实现最高安全和防护水平目标, **您必须报告**与装货、运输和卸货过程中的防护、安全、健康和环境 (SSHE) 相关的**所有事故及未遂事故**。必须通过贵公司的系统报告未遂事故和安全观察结果; 这些事项与事故本身一样重要, 因为它们可以避免将来发生事故。

对于需要埃克森美孚提供支持的严重事故, 必须通过埃克森美孚为事故发生所在国家/地区提供的应急电话号码报告; 有关详细联系信息, 请参见 SDS

埃克森美孚将使用此信息及更多信息, 向运输商和相关机构提供有关其所运输产品的风险的建议。

请在 SDS 的第 6.1 部分中查看其内容



在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接

[在此处查看PDF](#)

可燃性基础知识

安全操作的指导原则

限制空气中可燃流体的浓度

降低氧气含量

消除点火源

安全处理 Exxsol™ 戊烷

在溶剂行业中安全使用和处理软管及柔性连接



人类健康





我们将了解人类在接触化学物质时的风险视为己任。我们的行业遵循与医疗和制药行业一样严格的风险管理流程，以致力于保持最高的产品安全标准。这一部分将解释此类流程背后的主要毒理学概念和试验。



人类毒理学基础知识
浏览



人类接触评估
浏览



VOC 和室内空气质量
浏览



人类毒理学基础知识

Paracelsus 医生 (1493-1541) 是第一个指出 “Dosis sola facit venenum” 的人，这句话通常译为：“万物皆毒；无物不毒。毒药与良药的区别在于正确的剂量。”

人类毒理学用于评估天然或合成物质对于人类健康的潜在影响。这些物质可能存在于诸多位置，例如我们所吃的食物、呼吸的空气、在家中和工作中使用的产品等等。目前，毒理学有一些非常实用的应用领域。人们开展了很多工业毒理学研究，以满足法规要求，并为安全处理、使用和处置物质设定相应的条件和限制。我们在此资源指南中重点关注合成化学物质。



- 人类毒理学基础知识
 - 毒理学的关键概念
 - 人类相关性试验
 - 结果的表达方式
 - 动物福祉
 - 试验指南和 GLP
- 人类接触评估
- VOC 和室内空气质量

毒理学的关键概念

在评估物质的毒性时，要考虑诸如剂量和接触量、新陈代谢能力、物质阈值和人类相关性等概念。

人类相关性试验

毒理学家和风险评估师面临的一个重要问题是：对于预测潜在的人类健康效应而言，高剂量实验室研究的结果有多大相关性？

结果的表达方式

结果采用不同的表达方式：LD50 或 LC50 适用于急性毒性研究，而 NO(A)EL 则适用于亚慢性研究和其他研究。

动物福祉

我们非常严肃地对待动物福祉，通过尽可能使用备选方案（体外试验）并不断评估其他替代性试验来限制动物试验。

试验指南和 GLP

此处提供了多份详细指南，其中介绍了毒理学研究的设计与实施。研究应遵循良好实验室规范 (GLP) 的原则。



毒理学的关键概念

一些用于支撑毒理学的关键概念，对于确定物质的危害以及可能与它们的使用相关的风险至关重要。在测试物质的毒性时，应将其中的每个概念考虑在内。

剂量和接触量

化学品可能会以不同的剂量和不同的方式（即接触途径）进入体内。

接触途径十分重要，因为它们可能会改变化学品的危害水平。接触途径包括：

- **吸入：**吸入蒸气后，主要通过呼吸道吸收
- **皮肤接触或眼部接触：**经由皮肤或眼部吸收或注入，主要通过与液体接触
- **摄取：**通过消化道吸收，例如可能因使用受污染的手或者在受污染的工作区内进食或吸烟而发生。

安全剂量是指剂量处于或低于不会产生不良效应的水平。

同样，每种物质都有可能在一个剂量水平下产生危害（即中毒）。以下的示例说明了不同化学品的中毒剂量会有多么巨大的差异：

示例：

- 氯化钠（食用盐）在极高剂量下对大鼠是致命的。会杀死一半试验大鼠的剂量（称为 50% 致死剂量，即 LD50）为每天 4,000 mg/kg（体重）。这相当于每天一勺盐。
- 尼古丁（烟草中的一种化学品）对大鼠的毒性比氯化钠大得多。尼古丁的 LD50 为每天 50 mg/kg，对大鼠的毒性大约是氯化钠的 80 倍。这相当于每天服用一小撮尼古丁。

请注意，剂量通常用每天的服用量相对于动物体重的比率来表示，这样可以在不同体型大小的物种之间比较效应。

“安全剂量”是指剂量处于或低于不会产生不良效应的水平。这称为“物质阈值”，通常表示为 NO(A)EL。

新陈代谢能力

生物体新陈代谢（即从生物化学角度转化）和改变化学品的能力会对物质造成损害的潜力产生显著影响，这体现在不同的方面：

- 化学品有时可能会通过新陈代谢转化为毒性高于或低于化学品本身的形式。这反映了新陈代谢过程如何产生或去除有毒物质。
- 新陈代谢还可能影响化学品从体内排出所需的时间。一般而言，物质的消除速度越快，它造成有毒反应的可能性就越低。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量



示例:

- **苯并(a)-芘等多环芳烃 (PAH)** 虽然本身并不致癌, 但在哺乳动物体内会通过新陈代谢转化为致癌物质。
- **正己烷** 可以通过新陈代谢转化为 2,5-己二酮, 后者是一种最终会毒害神经的微粒。

物质阈值

每种化学物质都有一个阈值 (或有限水平), 只要处于或低于该阈值, 就不会产生不良效应。实际上, 这就是安全剂量的定义。

示例:

四氯乙烯 (一种干洗溶剂) 在按每天 100 mg/kg 或更高的剂量水平给小鼠连续口服数周后, 会导致其肝脏受损。但在低剂量下并未检测到小鼠的肝脏受损。

阈值或安全剂量是指剂量处于或低于不会产生不良效应的水平

有关职业接触限值 (OEL) 定义的基础知识

此阈值通常又称为 NO(A)EL 或 NO(A)EC, 即无观察到 (不良) 效应的水平或浓度。它指不会检测到不良效应的最高物质水平或浓度。它用于表示研究结果 (尤其是在亚慢性研究中), 也常被用作设定职业接触限值 (OEL) 的依据。在某些情况下, 可以使用最低观察到 (不良) 效应的水平 (LO(A)EL) 或最低观察到 (不良) 效应的浓度 (LO(A)EC)。它指能够观察到相应效应的最低水平。

诱变剂和某些致癌剂是否没有阈值?

阈值概念可能不适用于诱变剂和某些致癌剂, 例如电离辐射和苯并(a)-芘。这些物质与遗传物质或 DNA (脱氧核糖核酸) 相互作用, 有时会导致永久损伤和突变。突变可能导致正常细胞转化为癌前细胞。理论上, 诱变化学品的一个分子就可以使某个基因发生突变, 最终导致癌症。从 DNA 受损到生成肿瘤要经过很多环节, 包括新陈代谢和 DNA 修复, 它们都有各自的阈值。

事实上, 即使对于通过基因突变发挥作用的诱变剂和致癌物, 也存在一个实用阈值。例如, 长年接触核反应堆或使用核同位素进行治疗, 所受的辐射可能导致基因突变。不过, 为了预防癌变风险, 在工作场所可能会采用实用阈值。与此类似, 在化疗中用于治疗癌症的药物能够杀死癌细胞, 但有时也有诱变作用, 会导致癌症。因此, 虽然诱变剂、遗传毒性致癌物和辐射在理论上不存在阈值, 但具有实用阈值。

由于科学家尚不知道此癌变过程是否存在阈值, 但人们的假设是, 通过突变过程发挥作用的致癌物并不存在绝对安全的剂量。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

人类相关性和其他因素

大多数毒理学信息来自利用实验室动物或其他替代性系统所做的研究。但是，实验室动物并不是人类，实验室中的试验也与真实环境不同。因此，必须考虑实验室数据是否能真正反映危害并认识到机制（即物质通过何种方式产生效应）的重要性。

示例:

- 由于人与动物之间在遗传、新陈代谢或生理上的差异，在实验室动物身上观察到的某些效应可能从不会发生在人类身上。
- 有时，在动物身上观察到的效应在原理上也可能发生在置身于类似环境的人类身上，但实验室研究的条件可能过于极端，人类置身于类似环境的可能性极小，甚至是不可能的。

在评估危害时，必须考虑机制的重要性

在某些情况下，根据接受试验的物质、效应的严重性和试验条件，需要进行进一步的试验和调查才能评估人类相关性。

影响化学品所带来反应的其他因素

除了剂量、接触量、新陈代谢能力或物质阈值的概念之外，其他因素也可能会对化学品带来的身体反应造成影响：

- 物种内部的差异。例如，某些人对青霉素过敏，而另一些人则不然。
- 有毒药剂输送的速度和/或接触途径。
- 人的年龄能够影响修复组织损伤的速度。
- 以前的接触经历可能导致耐受性或敏感性发生变化。
- 通常的健康状况、身体素质和生活方式。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

人类相关性试验

毒理学家和风险评估师面临的主要问题之一是：对于预测潜在的人类健康效应而言，高剂量实验室动物研究的结果有多大相关性？

答案体现在各种不同的研究中：

- 药代动力学研究，其课题包括化学品的吸收、新陈代谢和消除。
- 针对化学品在人体内以及来自人类和动物的组织与细胞中产生特定毒性效应的机制开展的研究。

应该注意的是，应尽可能优先采用非动物试验。动物试验仅可作为最后的手段，在为了确保产品的安全使用而确有必要时予以实施。

药代动力学

药代动力学是一门研究物质进入、通过和排出生物体的运动情况的学科。药代动力学研究会审视化学品的摄取（吸收）、分布（输送到各处的靶器官）、新陈代谢（分解）和排泄。

利用药代动力学知识，毒理学家可以更好地使用来自动物研究的信息来预测各种效应发生在人体上的可能性。了解新陈代谢非常重要，因为它是生物体将化学品转化为毒性更高或更低的代谢物的途径。

对于很多物质而言，仅在采用远超过解毒代谢途径的处理能力（或使之饱和）的高剂量时，才会产生毒性。当在啮齿动物癌症生物测定和其他动物研究中使用高剂量水平时，可能会导致解毒途径的处理能力饱和。

因此，当将动物试验的结果外推到人类、将高剂量水平外推到低剂量时，务必要考虑到药代动力学差异。

毒性机制

了解有毒化学品如何导致不良效应，对于预测该物质是否会使人中毒非常有用。使用组织和细胞进行的实验室研究和体外试验可以提供有关有毒化学品一般作用模式的深入见解，并能够更详细地剖析毒性机制。它们还可以帮助毒理学家了解动物研究结果与人类之间是否具有相关性。

人类与动物对某种化学品的新陈代谢可能有所不同，其最终结果是，物质在动物体内的毒性可能会高于或低于在人体内的毒性。在某些情况下，在动物体内的效应所涉及的一些生物过程并没有与之对等的人类生物过程。在此类情况下，动物研究的结果不具备人类相关性。

针对右旋柠檬烯、异构烷烃和萘的试验得出结论，即在实验室中观察到的效应并不能视为与人类的接触行为具有相关性。

萘和长期吸入

根据在人体上获得的不充分证据，以及分别从大鼠和小鼠身上获得的有关嗅觉成神经细胞瘤和肺泡/细支气管腺瘤的充分证据，萘被归类为 2B 级致癌物（可能对人类致癌）。

根据证据权重法，关于萘遗传毒性的证据极少。人们认为，萘导致的肿瘤是通过一种无遗传毒性作用模式 (MoA) 形成的；在这种模式下，萘会以很快的速度新陈代谢为细胞毒性代谢物，从而产生局部靶组织毒性。这种 MoA 符合病灶处的肿瘤外观，在这些位置能够观察到并发的炎性病变（增生和化生）。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量



尽管萘在职业和家庭领域中有着悠久的历史，但目前并无研究证明对萘的接触会明显增加癌症风险。

欧盟对萘的风险评估得出的结论是，鉴于在解剖、生理、药代动力学和新陈代谢因素中存在的明显物种差异，在萘的诱导下发生的肺肿瘤和鼻腔肿瘤不应视为与人类的接触行为具有相关性。在呼吸生理学和呼吸模式方面存在的显著差异意味着萘在人体内的浓度比在大鼠体内低；而除此之外，新陈代谢试验证实，萘在人体呼吸道上皮细胞中的新陈代谢速度只相当于在小鼠体内的1/3000。这意味着在接触萘之后的细胞毒性代谢物浓度要低得多。最后，各物种之间的肺部新陈代谢差异表明，灵长类动物并不像啮齿动物那样容易受到萘对肺部的毒性侵害。

我们可以应要求提供毒理学试验的结果和数据。请联系您的埃克森美孚化工销售代表或经销商。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量



结果的表达方式

根据所实施的试验，人们使用了很多不同的结果表达方式。此处列出了一些最常用的表达方式。

急性毒性研究:

急性毒性试验结果通常表示为 LD50 或 LC50，即会导致一组实验室动物中的 50% 死亡的致死剂量 (LD) 或致死浓度 (LC):

- **LD50** 通常表示为对每公斤 (kg) 体重施用的试验物质数量，这样便可以比较在不同体型大小的动物身上产生的效应。
- **LC50** 数值表示试验物质于特定试验期（通常为 4 小时）内在空气中的浓度（ppm 或 mg/L）。

其他研究，尤其是亚慢性毒性研究:

在其他动物研究（尤其是亚慢性毒性研究）中，常见的做法是将结果表示为:

- **NOEL (或 NOEC)** 是指无观察到效应的水平（或浓度），即在不产生任何效应的前提下可施用的最高物质水平。有时，需要将其与 NOAEL（或 NOAEC）区分开来。
- **NOAEL (或 NOAEC)** 是指无观察到不良效应的水平（或浓度）。它表示在不产生中毒或不良反应的前提下可施用的最高剂量水平或浓度。
- **LOEL (或 LOEC)** 是指最低观察到效应的水平（或浓度），即可观察到效应的最低剂量水平。
- **LOAEL (或 LOAEC)** 是指最低观察到不良效应的水平（或浓度），或者会导致显露不良效应的试验物质最低剂量水平。

不同的试验可能与不同的结果表示方式相关联

不良效应和非不良效应

- **不良效应**是指与特定器官的结构或功能变化相关的、有可能导致器官损伤或功能缺损的效应。它们可能是由于与化学品接触带来的重复效应或者化学品的有毒代谢物在一种或多种靶器官中的积聚（“累积”）而导致的。它可能需要数周或数月的接触才能产生重复剂量效应。可表明不良效应的可能变化包括：体重和/或器官重量发生显著变化；血液学（血液）、临床化学和血清酶水平发生变化；以及观察到相关组织的病理现象（组织病理学）。
- **非不良效应**是指生理适应现象或自然发生的效应，通常与动物试验中使用的高剂量有关。此类效应通常会在停止接触之后消失，不会产生健康后果。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量



示例：四氯化碳，一种曾被用作溶剂的氯化物

实验室动物以 5 10 25 50 100 200 和 400 ppm 的剂量水平按照每周 5 天、每天 7 小时的时间接触四氯化碳的蒸气，持续最长 6 个月。在 10 ppm 和更高浓度下的试验导致肝脏重量增加并形成脂肪肝。在所有接触水平高于 5 ppm 的情况下都观察到了脂肪肝的形成，这是一种有害（即不良）效应。在研究条件下，5 ppm 的剂量水平未在大鼠和豚鼠身上产生有害效应。因此，**NOAEL** 为 5 ppm，而 **LOAEL** 为 10 ppm。

无效应水平

有时，某些效应是正常生理特性造成的后果，并非不良效应。有时，结果被称为“无观察到效应的水平” (NOEL)，表示在规定剂量下观察到了一些效应，但它们未必有害。

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量



动物福祉

埃克森美孚化工坚信如下原则：必须了解自身产品的潜在危害；必须在合理设计的研究中评估风险，包括在必要时进行需要使用动物的研究。

但是，本公司非常严肃地对待动物福祉，并尽最大可能限制使用动物的试验。因此，我们会在一切实行并且可靠的情况下使用适当的备选或替代方案（例如在体外进行试验）。我们还积极参与备选试验的开发工作。

当动物试验不可避免时，我们会寻找各种机会减少试验所用的种群数量和试验次数，并完善从每次试验中获得的信息。例如，我们会分享试验数据以研究通用示例并避免试验次数过多。

埃克森美孚化工 [在动物福祉方面遵循 OECD 的指南](#)

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量



试验指南和 GLP

此处提供了多份详细指南，其中介绍了物理化学研究、毒理学研究和生态毒理学研究的设计与实施。主要的指南包括：

- [经济合作与发展组织 \(OECD\) 化学品试验指南](#)
- [美国环境保护署 \(EPA\) 健康效应试验指南](#)
- [美国食品药品监督管理局 \(FDA\) 有关直接食品添加剂和食品色素添加剂安全评估的毒理学指南](#)，也称为“[红皮书](#)”

良好实验室规范 (GLP)

所有旨在满足法规要求和支持产品安全性的毒理学研究在实施时都应遵循 GLP 原则。GLP 描述了在实验室中为确保研究具备可接受的高质量而需要采用的一套组织流程、数据文档记录步骤和制度。GLP 规章的主要方面包括：

- 试验设施的组织和人员
- 质量保证计划和人员
- 设施
- 设备、材料和试剂
- 试验系统
- 试验样品和参照（对照）物质
- 标准操作规程
- 研究成果和方案遵循情况
- 研究结果的报告
- 记录和材料的存储与保留

现行的 GLP 规章和指南包括：

- [OECD 良好实验室规范 \(GLP\) 原则](#)
- 在欧盟：
 - [指令 2004/9/EC 良好实验室规范 \(GLP\) 的检查和验证](#)
 - [指令 2004/10/EC 与应用良好实验室规范原则以及验证其在化学物质试验中的应用相关的各种法律、法规和行政规定之间的协调](#)
- 在美国：[EPA 和 FDA 良好实验室规范法规](#)

人类毒理学基础知识

毒理学的关键概念

人类相关性试验

结果的表达方式

动物福祉

试验指南和 GLP

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

人类接触评估

鉴于实验室研究提供了确定化学物质相关危害所需的数据，接触评估对生物体接触化学品时的风险程度做出了评测。此类评估需要设计各种接触场景，以估算在各种使用条件下接触某种物质的量级。这样，就可以为人员或环境可能接触的物质确定安全剂量或浓度。

欧洲的 REACH 和美国的 TSCA 要求根据风险和危害对物质进行评估。在 REACH 的框架中，法律要求生产商和进口商对属于“危险”类别的物质或者 PBT 或 vPvB 物质实施接触评估。评估必须涵盖此类物质的制造过程和所有已知用途。

人类接触场景的示例包括：

- 工人在车间中接触化学物质。
- 消费者接触家居产品中的化学品。
- 整个社区接触来自附近制造厂的化学品。



关键概念

关键概念包括接触量、生物体可能接触的物质剂量，以及接触量确定方法。

评估方法

用于进行接触评估的方法需要依靠一种系统性流程：规划、收集数据以及量化接触量。

职业接触评估

职业接触评估涉及工作场所中的健康和安全隐患预防，以及工业卫生信息的系统管理。

消费者接触评估

消费者接触评估可以评估与诸多消费品接触的普通人群的接触量。

社区接触评估

社区接触评估适用于评估制造工厂附近社区的潜在化学品风险。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



关键概念

在人类接触评估中，关键概念包括：

- 接触和进入体内的不同途径
- 生物体可能接触的物质剂量或数量
- 接触量确定方法

接触途径和剂量

化学品可能会以不同的剂量和不同的方式（即接触途径）进入体内。接触途径十分重要，因为它们可能会改变化学品的危害水平。接触途径包括：

- 吸入：吸入蒸气后，主要通过呼吸道吸收
- 皮肤或眼部接触：经过皮肤或眼部吸收或注入，这主要是通过与液体接触实现的
- 摄取：通过消化道吸收，例如可能因使用受污染的手或者在受污染的工作区内进食或吸烟而发生。

同样，每种物质都有可能在某个剂量水平下产生危害（即中毒）。

用于确定接触量的计算方法

接触量可能表示为物质产品的浓度与接触持续时间的乘积，或者表示为所有接触途径的平均每日剂量。有关计算的更多详情，请参见下文。

不同剂量类型的定义

由于人类生物体对物质的吸收颇为复杂，因此需要定义一系列有所不同而又彼此相关的剂量水平。

- **应用剂量**是在接触区域内可被吸收的化学品数量。由于应用剂量往往难以直接测量，往往会采用一种称为潜在剂量的替代性指标。
- **潜在剂量**是某种化学品在生物利用度为 100% 的情况下会被吸收的量。潜在剂量通常会与一个吸收系数相乘，以估算已经通过一个或多个接触途径吸收、可与生物感受器相互作用的化学品数量。这一数量即为**体内剂量**。
- 在被吸收之后，化学品可能会在体内经历新陈代谢、存储、排泄或传输的过程。传输到单个器官、组织或体液中的数量称为**到达剂量**。到达剂量可能仅是体内剂量的一小部分。
- **生物等效剂量**（即实际到达细胞、病灶或细胞膜并产生效应的数量）可能仅是到达剂量的一部分，但显然是关键的一部分。

反映个人**体内剂量**的直接指标之一是通过生物监测或生物检测确定的。这涉及对个人体液或组织进行采样分析，以测量物质在体内的浓度。接触化学物质的个人的体内样本往往称为**生物标记**。

接触量计算

接触量可以采用不同的表示形式：

- 物质的浓度与接触持续时间的乘积
- 所有接触途径的平均每日剂量总和

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



物质的浓度 x 接触持续时间

由于接触浓度可能随时间推移发生变化，因此接触量公式表示为积分形式：

$E = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt$	其中：
	E = 综合接触量或接触量级
	$C(t)$ = 接触浓度，表示为时间的函数
	t_1, t_2 = 接触的开始时间和结束时间
	t_1 和 t_2 之间的时间差即为接触持续时间

接触量的常用单位可能是 $(mg/m^3) \times hr$.

平均每日剂量

时间加权平均接触量往往用于在风险评估中描述接触量。它是通过用综合接触量除以发生接触的持续时间得出。

由于通常会针对人的体重进行标准化处理，时间加权平均接触量可能会以每天每公斤对应的毫克数为单位，即 $mg/kg/天$ 。通过这种形式，可以更准确将接触量表示为剂量。

其中一个示例是平均每日剂量 (ADD)。ADD 可以直接关联至毒理学指标（例如参考剂量），以便对风险进行量化。

所有接触途径的平均每日剂量可以根据下面这个通用公式计算得出：

$ADD = \sum \frac{(C_m)(I N_m)}{bw}$	其中：
	ADD = 平均每日剂量 ($mg/kg/天$)
	C_m = 化学品在介质 m 中的浓度 (mg/kg 或 mg/m^3)
	$I N_m$ = 对于介质 m 的总每日摄入速率 ($kg/天$ 或 $m^3/天$)
	bw = 体重 (kg)

通过计算每种接触介质对应的剂量总和，可以获得每日总剂量。



评估方法

用于进行接触评估的方法需要依靠一种系统性流程:

- 规划
- 收集数据
- 设计接触场景
- 确定接触量

规划接触评估

由于接触评估的目标可能非常多样（从产业工人的职业接触评估，到消费者的家居产品化学品接触评估），因此并没有适用于所有领域的单一方法。但是，与任何其他科学学科一样，接触评估也需要在采样和分析中遵循可靠的科学原则。

在规划接触评估时，评估人员应当列明一些基本的考虑因素，包括:

1. 目的
2. 范围
3. 详细程度
4. 方法 直接或间接测量方法

接触评估要求在采样和分析时遵循可靠的科学原则

目的:

- 为什么要进行接触评估?
- 研究要处理哪些问题? 如何使用研究结果?

范围:

- 接触评估的边界是什么?
- 将会在多长的时段内在什么介质中评估哪些物质?
- 监测对象是谁?
- 将会用什么方法评估哪些接触途径?

详细程度:

- 计算接触量时必须达到多高的准确度?
- 这是一次筛查级的研究，还是一次更为精确的接触评估?
- 对于为了进行接触评估而收集的信息，是否存在精确度方面的限制?

方法:

- 对于待评估的人群，采用的方法是否能够以预期的详细程度令人满意地达成评估目的并覆盖评估范围?
- 适合采用哪种方法（直接或间接测量方法）?

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



直接方法

直接方法包括**个人监测或生物监测**。它们会测量在接触点的接触量；如果是生物监测，则会在摄入之后进行多点测量。

间接方法

间接方法包括**环境监测**，需要配合使用有关**生物和物理特征**的相关周边数据。

- 实验**对象**的生物和物理特征，例如体重、呼吸速率或皮肤表面积
- 与人类活动相关的**接触**的物理特征（或**接触因素**），例如在家中或工作场所停留的时间，或每天执行某项任务的频率

以下出版物中提供了有关接触因素的信息汇编：

- [Exposure Factors Sourcebook](#) for European Populations（欧洲人口接触因素原始资料，重点关注英国的数据）(ECETOC 2001)
- 美国环境保护署的 [Exposure Factors Handbook](#)（接触因素手册，USEPA 2011）

收集数据

根据是职业接触研究还是针对工厂围墙外社区的研究，进行接触评估所需的数据通常会有所不同。

接触评估的数据收集工作既可以专门针对当前实施的研究，也可以使用以前在其他研究中收集的数据。

采样计划

规划一项新的专项研究需要制定采样计划。

在理想情况下，研究人员会希望按照各种可能的时间间隔测量每名调查参与者的个人接触情况。由于无法做到这一点，因此会从个人或固定的监测设备处采集有限数量的样本或测量数据。然后将它们外推以代表整个研究群体。

合理的采样计划应当考虑将要采集的样本数量、位置和时间，以及场景和质量控制因素。

虽然对于采用直接方法的接触评估而言，所用的数据收集方法有别于间接接触研究的数据收集方法，但在估算接触量时所需的数据参数（例如接触期间的物质浓度或接触物质的持续时间）是相同的。

数据收集工作既可以**专门针对正在实施的研究**，也可以使用**以前在其他研究中收集的数据**



接触期间的物质浓度

无论是何种接触途径，物质浓度对于估算接触量都非常重要。测量的浓度可以是在接触点测得的，也可以是在不同环境介质（例如空气、水、灰尘）中测得的。

与物质接触的持续时间

通过吸入和皮肤接触通常是职业接触研究中的主要接触途径。

- 吸入：为了估算吸入剂量或吸收量，需要估算吸入速率（以单位时间内呼吸的空气体积为单位）。
- 皮肤接触：需要估算皮肤表面积和皮肤吸收速率（由渗透率指定）。
- 摄取：为了估算摄取量，需要估算摄取速率（以单位时间内的食物质量为单位）。

为了估算潜在剂量，需要考虑额外的接触因素。可能需要进一步的信息，才能根据接触场景估算接触量。

频率分布

可以通过两种方法获得接触数据的频率分布：

- 使用相关统计工具
- 从接触数据范围中选择多个离散值来确定接触量

第二种备选方法比较简单，因此通常用于评估对化学品或其他介质的职业接触。在此类情况下，所选的接触系数值较高，因此包括这一系列高接触系数将导致一种情形，人们称之为合理最坏场景。所做的假设是，如果合理最坏接触场景不会带来任何严重健康问题，则不必进行进一步分析。

接触场景的确定

接触评估通常基于确定的描述实际接触状况的接触场景 (ES)。可以基于以往的条件重现历史接触场景。可以基于各种控制措施的潜在影响估算未来接触。

确定 ES 所需的信息通常包括：

接触评估基于确定的描述实际接触状况的接触场景

接触发生的物理环境

它通常包括关于接触时间和地点的详细信息。例如，如果接触发生于室内，则发生接触的房间尺寸、通风系统、接触持续时间等系数对于确定物质浓度非常重要。

从源头到所接触个体的接触途径

它是指化学品或物理介质从源头到所接触生物体的途径；它通常始于释放源头，经过传输介质、接触点和接触途径。

化学品或介质的特征

它包括与估算接触相关的任何数据。源头强度、化学浓度随时间推移发生的变化、接触地点、接触途径、化学品的归宿，以及视为相关的任何其他信息。

个体或群体接触的确定

个人以及与化学品或介质接触的情况基于行为、地点（随时间变化）以及个人自身的特征。

剂量的估算

首先要计算剂量，然后需要搜集关于化学品或介质跨越接触边界转移的信息（例如，呼吸速率、皮肤渗透率和摄取速率）。

一般接触场景和扩展解决方案

一般接触场景 (GES) 表示评估和传达健康和环境风险的高效而务实的解决方案。它们可以确定：

- 物质是如何使用以及如何处理的。
- 在每个生命周期步骤中，哪些是典型的作业条件 (OC)。
- 执行了哪些风险管理措施 (RMM)。
- 哪些潜在的接触可能会影响环境和工人。

每个 GES 包含几个影响场景（或默认场景），它们描述物质在一个生命周期步骤内的处理活动，即物质的具体用途。物质接触场景 (ES) 描述在一个生命周期步骤中使用特定物质被认为是安全的典型条件。所有这些因素，以及环境的具体预测无效应浓度 (PNEC) 和物质对人类健康的衍生无效应水平 (DNEL) 都是评估风险并计算风险特征比 (RCR) 所必需的。

确立了安全使用的条件后，接触场景会记录在化学品安全报告 (CSR) 中，并按照 REACH 的要求将其附在安全数据表 (SDS) 上形成扩展安全数据表 (ext-SDS)，进而沿着供应链向下传达。

我们可以提供符合您的条件的一般接触场景或扩展解决方案。

我们针对适用 GES 的任何产品为客户提供一般接触场景

埃克森美孚化工与 ESIG（GES 中的 ESIG）等组织密切合作，在行业中一直努力站在发展该领域的最前沿。因此，我们的扩展安全数据表 (ext-SDS) 完全纳入了 GES 原则和解决方案。GES 已获得广泛认可，被纳入欧洲化学品管理局 (ECHA) 的化学品安全评估和报告工具 (Chesar) 及 CEFIC 关于 REACH 接触场景的指导中。

当客户的使用条件超出 GES 框架范围时，我们也提供扩展解决方案

当使用条件略微超出由 GES 定义的框架之外时，有一个解决方案：扩展，该活动必须由物质的用户执行。它旨在确定 ext-SDS 中包含的接触场景 (ES) 中确定的接触控制措施是否与用户应用的一致。它确定如果使用尚未注册或局部接触控制条件与 GES 中概述的条件有明显差异，则需要采取哪些行动。

如果您想收到我们任何产品的 GES 或更多关于扩展技术和解决方案的信息，请联系您的埃克森美孚化工销售代表或经销商。

估算接触

有多种方法可以评估特定状况下的接触。通常使用迭代法或分层法：

- 快速的筛选级技术，最低层分析
- 更复杂的技术，通常与更深入的数据要求和专用计算机模型有关



筛选级分析

筛选级分析使用简单技术，结合最低数据要求，可以确定一般比较保守的接触量估算。这些评估较为保守，因为它们在接触计算中通常使用合理最坏情形数据输入。

- 如果通过筛选级评估进行的接触量估算表明没有或者仅有极小的预期风险，则报告接触研究方法和结果，不必做进一步分析。
- 如果筛选级评估超出可接受的接触标准，则可采用使用更复杂的接触评估技术的分析。

下面提供了适用于直接和间接方法的皮肤、吸入和口腔接触计算简化示例。

接触计算的简化示例

皮肤吸收

通过皮肤吸收某种物质可以经由多种不同的环境介质进行，例如通过接触土壤，或者通过将皮肤浸泡在液体中。

在职业环境中，将皮肤浸泡在液体中是皮肤接触的最常见情形，并且用于计算示例。

计算此场景下吸收量的通用公式为：

$U_{\text{ptake}} = (C)(SA)(K_p)(ED)(d)$	其中:	
	Uptake:	= 水中化学品的皮肤吸收量 (mg)
	C	= 水中化学品的浓度 (mg/ml)
	SA	= 接触化学品的皮肤表面积 (cm ²)
	K _p	= 渗透系数 (cm/小时)
	ED	= 接触持续时间 (小时)
	d	= 分布系数 (1 ml 水覆盖皮肤上的 1 cm ³)

渗透系数 (K_p) 是影响化学品渗入皮肤程度的关键变量之一。渗透系数可以通过试验测量。

吸入吸收

对于吸入，根据个人的呼吸速率或吸入速率来确定摄取速率。吸入速率可能存在很大差异，具体取决于很多因素，其中包括个人的体力消耗程度。

估算吸入吸收的通用公式为：

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



$ADD = \frac{(C)(IR)}{(bw)}$	其中:	
	ADD	= 平均每日剂量 (mg/kg/天)
	C	= 浓度 (mg/m ³)
	IR	= 吸入速率(m ³ /天)
	bw	= 体重 (kg)

吸入 ADD 的这一简化公式仅适用于物质浓度和个人的呼吸速率保持恒定的情况。如果这两个变量中的任何一个随时间变化，则需应用更复杂的吸入 ADD 运算式。

口服摄取

由于吞咽并不是像呼吸那样的连续过程，因此对于估算因吞咽而形成的吸收，使用的模型略有不同。

通常，口腔接触是指在指定时段（例如，一周）内食用含有某种物质的食品数量。这一时段称为平均时间，并且应被采用，以使其与食品消耗模式及相关物质的生物效应保持一致。

计算口服摄取量的公式为：

$ADD = \frac{(C)(IR)(D)}{(bw)(AT)}$	其中:	
	ADD	= 平均每日剂量 (mg/kg/天)
	C	= 食品中的物质浓度 (mg/kg)
	IR	= 吸入速率 (kg/周)
	D	= 持续时间 (周)
	bw	= 体重 (kg)

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



职业接触评估

职业接触评估（也称为职业卫生或职业健康管理）涉及工作场所中的健康和安全隐患预防，以及工业卫生信息的系统管理。重点在于调查工作场所中是否存在危害和潜在危险，以及确定相应建议来保护工人及更广大群体的健康和安全性。严格的流程可以确保通过安全且负责任的方式生产、分销及使用产品。

职业接触评估可以评估工人在特定状况下接触化学品时所面临的风险程度。

识别健康危害

识别健康危害包括确定或预测健康风险的性质，以及它们在工作场所中可能存在的位置。此外，它还包括评估任何有可能提高个人对工作场所危害易感性的医疗条件。

健康危害的性质

了解危害的性质非常重要，这有助于确定个人是否可能受到危害的不良影响。健康危害通常分为4类：化学、物理、生物和人体工程学危害。

- **化学危害**包括气体、蒸气、粉尘、喷雾和液体，例如一氧化碳、苯、石棉、焊接烟尘和酸。
- **物理危害**包括噪音、振动、高温、电离和非电离辐射以及压力。
- **生物危害**包括细菌、真菌、昆虫、动物和病毒。
- **人体工程学危害**涉及个人与工作本身及其可能导致的压力之间的关系，例如易于使用的控制面板设计、执行任务时正确的身体方向，以及符合人体局限性的优化设计。

在任何一种情况下，危害表现出来（即产生不良效应或伤害）的可能性与工人接触危害的可能性有关。

确定健康风险的性质，以及它们在工作场所中可能存在的位置

有关健康危害的信息

任何使用埃克森美孚化工流体、增塑剂和化学中间体以及需要确定健康危害的人员都可从几个来源获取宝贵的信息。

- **安全数据表和产品标签**：按照 REACH 和 GHS 中的规定，安全数据表 (SDS) 和产品标签上列明了相应物质的危害信息。对偶然或反复接触产品可能产生的任何健康影响以及相关预防措施进行了说明。
- **监管和贸易机构信息**：其他可获取建议的来源包括所使用产品的名录，以及可从监管机构或贸易机构获得的指导。
- **专业经验**：通过使用产品获得的专业经验是一种宝贵的信息来源。在很多情况下，有医疗计划成果支持的群体的集体经验可以为确定某项活动是否可能存在健康风险（即，危害表现出来的可能性）提供指导。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量

评估健康风险

一旦确定了危害的性质，即可确定某个人因接触该危害而使自身健康受到负面影响的可能性。要评估是否确实存在健康风险，就必须描述发生接触的方式以及可能或不可能发生接触的情况。评估健康风险有多种不同方法。

风险评估的正式方法可能要由法规决定。很多地方法规和指令要求系统化地管理健康和安全风险。蒸气危害比 (VHR) 和职业接触限值 (OEL) 是评估工作场所中是否存在健康风险的基本工具。

接触危害

在工作场所中，吸入和皮肤接触是接触化学品和流体的最常见方式。在评估某种产品是否可能发生健康风险时，评估以下各项非常重要：

- 吸入蒸气或固体的可能性
- 皮肤接触是否可能成为问题

示例：碳氢流体

在使用碳氢流体时，工作场所的空气质量应保持在建议职业接触限值 (OEL) 范围内；如果可能发生皮肤接触，则应佩戴合适的手套，以免物质通过皮肤吸收并进入体内。

蒸气危害比 (VHR)

通过 VHR，可以简单评估在使用挥发性有机化学品期间可能出现健康风险的情况。

该方法可评估某种产品蒸发达到其职业接触限值 (OEL) 的趋势，并比较不同挥发性的流体的吸入接触风险。该比值越小，面临的潜在健康风险也就越小。

换言之：

- VHR 较高的产品将对工人的健康带来更高风险
- VHR 较低的产品带来的风险也较低

示例：工业状况下的碳氢流体

碳氢流体广泛用于维护清洁。通过使用 VHR 较低却能带来相似技术优势的产品，替代 VHR 较高的产品，可以大幅降低工人健康面临的风险。对于诸如白油溶剂等产品，使用芳烃含量较低的低挥发性成分可以大幅改善工人面临的风险。

例如，Varsol™ 40（白油溶剂）的 VHR 为 33，相比之下，Isopar™ H 的 VHR 为 3。

职业接触限值 (OEL)

职业接触限值 (OEL) 用于评估工作场所中是否存在健康风险。OEL 被定义为工作环境中有害物质的空气浓度限值，低于此浓度值，则可预防对健康的不良影响。

大多数职业接触限值 (OEL) 源自政府机构制定的法规，或者专家团体和/或贸易协会的指导。如需适用于您所在区域的监管 OEL，请联系您的埃克森美孚化工销售代表。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量

潜在局限性

职业接触限值 (OEL) 是重要的参考值, 可以帮助管控挥发性物质带来的风险, 但要正确使用它们, 就必须了解它们的潜在局限性。由于这些局限性, 人们认为最佳做法是使所有大气污染物的浓度尽可能低于 OEL。

- **OEL 是基本指导值, 而不是安全浓度与危险浓度之间的严格度量标准:** OEL 并非安全浓度与危险浓度之间的简单分界线。这些值表示大多数人在每天接触特定物质的情况下不会受到不良健康影响的浓度。这意味着, 仍有可能闻到某种物质的气味 (并使某些人产生不快的感觉), 或者可能会对某些人产生较低程度的影响, 例如刺激感。这还意味着, 短期接触浓度高于 OEL 的物质通常不会影响健康。因此, 在评估和控制潜在有害物质的过程中, 将 OEL 作为基本指导值。
- **需要对 OEL 进行审核:** OEL 代表对确定该限值时可获取科学信息的最准确评估。不应将其视为永久值, 而应随着新数据的出现进行审核。

埃克森美孚化工流体的 OEL: 倒数计算程序 (RCP)

埃克森美孚化工还制定了自己的 OEL, 以便为本公司一系列产品提供支持。它们相当于美国政府工业卫生工作者会议 (ACGIH) 阈值 (TLV) 的公司版本。

广泛用于工业用途的碳氢流体要么是单组分物质, 要么是含有多种组分的复杂烃物质。虽然可以获取很多物质的 OEL, 但针对复杂碳氢流体制定的 OEL 还很少。此外, 尽管监管机构已针对某些常用复杂碳氢流体制定了 OEL, 但尚未统一规范。典型示例包括某些国家/地区适用于白油溶剂的不同定义的 OEL。

自 2000 年以来, 埃克森美孚化工一直都在使用倒数计算程序 (RCP) 制定自己的 OEL。该方法与美国政府工业卫生工作者会议 (ACGIH) 使用的方法一致。

RCP 根据碳氢流体各组分的相对比例及其各自的 OEL 来推导 OEL。该方法涵盖碳数范围为 C5-C20 的脂肪族、芳香烃和环烷烃。它仅适用于接触蒸气的空气。其对于卤代烃或含氧烃的应用尚未确定, 并且接触喷雾或通过皮肤接触不在其范围内。

原则上, RCP 需要复杂碳氢流体每种组分的 OEL, 但为了实用, 如果多种组分具有相似的物理、化学和毒理学特性, 则可将它们分为一组, 并确定一个涵盖多种组分的值 (分组指导值, 缩写为 GGV)。不过, 有些特定碳氢溶剂组分 (如正己烷) 具有独特的毒理学特性, 它们被纳入 RCP 计算时使用其独特的接触限值 (特定物质值, 缩写为 SSV)。

1999 年, 欧洲碳氢溶剂生产商协会 (HSPA) 也采用了 RCP 方法, 供其成员用于计算复杂碳氢溶剂的 OEL, 以便添加到其安全数据表中。2005 年, 一篇建议 GGV 和 SSV 包含所有碳氢溶剂成分的论文 (McKee 等, 2005 年) 问世, 随后美国 ACGIH 也采用了该方法 (2008 年)。

埃克森美孚化工的方法

除非另行说明, 否则埃克森美孚化工的 OEL 是指每工作日 8 小时、每工作周 40 小时的接触限值。如果短期接触可能产生不良影响, 将提供具体的短期接触限值。

这些 OEL 由专门的委员会制定, 该委员会由毒理学、工业卫生和流行病学领域的埃克森美孚化工高级专家组成。与其他 OEL 系统一样, 埃克森美孚化工提供的有效人类数据优先于来自动物试验的数据。如果没有人类数据, 则通过可用的动物数据推导 OEL, 或者根据具有确定监管 OEL 的相似化学品进行类推。

监管 OEL 和埃克森美孚 OEL 共同为一致的工人保护标准奠定了坚实基础。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



衍生无效应水平 (DNEL)

欧盟 REACH 法规引入了一种相似但又略微不同的方法，用于描述物质对工人和普通人群造成的危害。

该法规要求汇编和评估物质相关信息（物理化学特性、环境数据和毒理学数据），并根据毒理学试验结果确定无观察到不良效应的水平 (NOAEL)。然后通过应用某些调整系数，使用 NOAEL 计算衍生无效应水平 (DNEL)。在这种情况下，DNEL 是一种“安全”水平，也就是说，低于该水平，危害预计不会表现出来。然后将 DNEL 与使用该物质时的预计接触水平进行比较。

简而言之，如果接触量估算值低于 DNEL，则可认为使用该物质是安全的。如果接触量估算值高于 DNEL，则需采取措施，其中包括更仔细地评估接触量估算值，或者建议采取其他接触控制措施（请参见以下各小节）。

埃克森美孚为其根据欧盟 REACH 注册的产品制定了 DNEL。此信息是欧盟 REACH 注册要求的组成部分，可以通过 ECHA 网站获得。

OEL 与 DNEL

衍生无效应水平 (DNEL) 和职业接触限值 (OEL) 在人类健康风险特征描述过程中都发挥着重要作用。但应注意，虽然二者之间存在相似之处，但它们并不完全相同，而且用途也不完全相同。

DNEL: 由欧盟 REACH 定义的 OEL

DNEL 代表安全剂量，即在已确定的使用条件下，如果某种物质的接触水平等于或低于该剂量，则人类接触这种物质是安全的。DNEL 是按照欧盟 REACH 注册指导原则中规定的方法，根据毒理学研究结果或其他相关信息计算出来的，并且被作为基准，用于评估与不同使用情况相关的接触是否可能出现问题

OEL

OEL 是指接触浓度，如果低于该浓度，则可认为几乎所有工人均可在其工作生涯中每天反复接触，而不会受到不良效应。OEL 代表在工人可能接触的工作场所空气中某种物质的最高浓度（基于 8 小时加权平均值）。在某些情况下，会规定十五分钟的短期接触限值。

OEL 可以通过相同的初始数据推导出来，但通常需要结合毒理学、流行病学、临床、取样以及科学鉴定中的分析方法灵敏度的综合对等分析。OEL 通常具有监管效力，旨在防止工作场所中的过度接触。

实际上，流体的 DNEL 和 OEL 相似，因为它们是通过相同数据推导出来的，但它们又不完全相同，因为推导方法存在差异。

职业卫生评估

在发现健康问题后，可能需要进行接触评估或监测，以评估风险。

对接触进行定量分析

可以使用不同评估方法对导致健康危害的接触进行定量分析。可能需要对某一时间段进行取样，例如某一班次或某项特定任务期间。可以反复进行评估，以提高对结果的信心。



对接触进行定性分析

可以根据专业经验对其他评估方法进行定性鉴定。例如，可由接触科学专家根据经验、知识和公开发布的信息评估使用家用产品（如漂白剂、脱漆剂或园艺化学品）时的接触风险。同样，可在工作场所进行非正式研究。

职业卫生监测与 OEL 或 DNEL

通常会将职业卫生监测的结果与可获得的职业接触限值 (OEL) 或其他值（如 DNEL）进行比较。这些测量值必须准确，并且符合相关的国家/地区要求。相关政府和行业机构颁布了大量国家/地区和国际取样及分析方法。

请务必咨询工业卫生专业人员，以选择最适用于当前具体情况的方法。

ECETOC TRA 3

ECETOC 是在化学品、生物材料和药品的生态毒理学和毒理学领域居于领先地位的欧洲科学论坛，对质量科学起到了发展和促进作用。ECETOC 是一个独立组织，备受众多监管和科学团体的尊重。ECETOC 成立于 1978 年，总部位于布鲁塞尔，工作重点在于健康评估和物质的环境安全性。

ECETOC 的针对性风险评估 (TRA) 工具包括三个独立模型，分别用于估算工人、消费者和环境在一系列活动（接触场景）中产生的接触。它已被欧洲委员会的化学品注册、评估、授权和限制法规 (REACH) 认定为评估消费者和工人健康风险的首选方法。

控制健康风险

日常使用不同类型的控制措施来降低或消除健康风险。有些控制措施是化学工艺中固有的，而其他控制措施则是根据经验或正式评估在后期引入的。

控制策略可能需要更改工作实践，或以某种方式使用控制设备。因此，对员工队伍进行教育和培训，确保新措施执行到位，这一点至关重要。另外，将技术制约到功能和成本等局部因素考虑在内也很重要。

有多种方式可用于控制健康风险：

消除

理想的控制解决方案，是在新产品或新工艺的开发阶段消除对有害物质的使用，但在技术上往往不切实际。

替代

替代是指使用毒性较低的替代方案或使用更完善的工艺替换污染物质、活动或工艺，从而降低健康风险。

示例包括：

- 使用 Exxsol™ 异己烷替换 Exxsol™ 正己烷
- 在必须频繁手动处理固体时，选择“低粉尘”成分（例如，采用球团或薄片形式）
- 使用真空吸尘器而不是用毛刷打扫和清洁被有害粉尘污染的区域。
- 在针对不同应用选择流体时，了解产品的蒸气危害比 (VHR)。尽量选择 VHR 较低的产品。



限值规范

可对产品中毒性较大的材料的含量指定限值，以降低健康风险。有些产品通过这种方式接受监管，例如：

- 法律禁止某些强致癌物在市售产品中超过特定阈值。
- 对于其他类别的材料（例如致敏物），也存在相似的“毒性阈值”，其中必须清楚标明它们的危险程度。

产品生产商和用户还可引入限制产品中某种物质数量的规范。

请注意，通过这种方式限制健康风险，需要信誉良好的供应商执行可靠的质量控制方案。如果供应商方面缺少此类质量控制方案，买方应该使用内部质量控制体系检查产品规格。

通风

不同通风方法适用于不同状况。

稀释通风

稀释通风是使用新鲜空气稀释被污染的空气，使污染物保持在可接受的水平。不过，这项技术在降低某一区域污染水平的同时，可能会使污染物以较低水平蔓延到其他可能有人区域，从而使他们受到污染。

局部排气通风

局部排气通风可以通过通风将污染物输送到可安全收集或排放此类污染物的位置，从而捕获和控制释放点或附近空气中的排放物。

此类通风对于需要鉴别污染物排放点的情况非常重要。它可以最大限度降低工作场所的污染，并确保捕获的被污染空气更易于处理。

强烈建议咨询工业通风专家，以获得有关借助通风控制接触工作场所污染物的进一步建议。

接触限值

根据工人花费的时间或其接近危险的程度，通过限制进入危险区域来限制工人接触，前提条件是接触保持在可接受的范围内。

工程控制措施

工程控制措施（如封闭活动）是降低健康风险的常用方法，但在某些情况（例如维护期间）下可能无法使用。



个人防护装备

在工作场所中，可以通过以下方式实现个人防护：

- 眼睛防护（例如护目镜）
- 皮肤防护（例如手套、金属手套）
- 足部防护（安全鞋和安全靴）
- 呼吸系统防护（例如口罩和呼吸面罩）
- 防护服

很多机构认为个人防护装备 (PPE) 是优先级最低的控制措施，但这种形式在实践中很常用，例如：

- 对于维护任务或其他形式的控制措施无法提供全面防护的情况（例如，在连接或断开管线时）。
- 可基于涉及一系列条件的接触途径，灵活提供防护。

遗憾的是，很多研究表明，由于装备使用不当，在实践中提供的防护程度远低于供应商指定的标准。确保相关人员正确选择、使用 PPE 及了解其局限性非常重要。

国际标准

种种不同的国际标准监管着针对 PPE 的性能试验。它们确保用户可以依靠来自不同供应商的一致产品，但无法保证产品在实践中能够充分发挥作用。

正确选择装备与培训用户

控制解决方案的有效性还取决于是否正确选择了 PPE 以及对用户的培训。选择适当的防护服制造材料是一个关键方面。

防护服制造材料的选择

在选择个人防护服时，应以生产商提供的数据为准，从而确保装备与工作条件和要处理的物质相容。它应能抵御污染物，或者至少能够提供合理程度的防渗透（穿透）能力。

下表使用了与可以获得可靠数据的埃克森美孚化工产品相似的化学品（以下简称为“替代品”）。

阻隔材料	丁基橡胶	天然橡胶	丁基橡胶/氯丁橡胶	氯丁橡胶	丁腈橡胶	丁腈橡胶/PVC	聚乙烯	聚乙烯醇	PVC	4H (PE/EVAL/PE)	氟化橡胶	氟化橡胶/氯丁橡胶	Saranex	阻隔材料
埃克森美孚产品														注释
脂肪族烃和脂环族烃 (Exxsol™, Isopar™, Norpar, Exx-print™)	C,g,s	C,g		A,g	A,g		A,g	A,g	A,g,s		A,g			替代物: 煤油
芳烃														
溶剂甲苯	C,g,s,m	C,g		C,g,b	C,g	C,g,b	C,g,c	A,g	C,g,b,c	A,g	A,g	B,g,s	C,s	其他选择: A = 氟化橡胶/ 氯化丁基橡胶套装
Solvesso™					B,g,s,b,m					B,g	A,g			其他选择: B = 复合膜手套
Nappar™ 系列	C,g,s	C,g		B,g	A,g		A,g	A,g	A,g,s		A,g			替代物: 石脑油 <3% 芳烃 (沸点 150-200° C)
HAN					B,g,s,b,m					B,g	A,g	A,g		其他选择: B = 复合膜手套
芳烃/脂肪族烃 (Varsol™; Exx-print)	C,g	C,g		B,g	A,g		C,c	B,g	C,g	A,g			A,s	替代物: 矿物油; 斯托达溶剂

代码:	
A	= 可对一个班次内的反复接触提供有效屏障
B	= 可在有限试验中提供有效屏障, 或者可有效防范业内某些特定化学品, 即防范飞溅或有限接触。
C	= 对于列出的化学品以外的其他化学品, 只能略微防范甚至无法防范化学品的穿透。
c	= 连衣裤工作服
g	= 手套
s	= 套装
b	= 靴子
m	= 除了列出的装备以外的其他类型的服装。

- 人类毒理学基础知识
- 人类接触评估
 - 关键概念
 - 评估方法
 - 职业接触评估
 - 消费者接触评估
 - 社区接触评估
- VOC 和室内空气质量

含氧烃														
埃克森美孚™ MEK	A,g	C,g	B,s	C,g	C,g	C,g	C,g	B,g	C,g	A,g	C,g	C,g	C,s	
埃克森美孚™ IPA	A,g	A,g		A,g	A,g	A,g	C,g	C,g	B,g		A,g		B,s	其他选择: C = 天然橡胶 + 氯丁橡胶
埃克森美孚™ SBA	A,g, b,s				A,g,b	A,g				A,g				
Jayflex™ 增塑剂		C,g		A,g	B,g			C,g	C,g					替代物: 邻苯二甲酸二正辛酯
				A,g,s, b,m										替代物: 邻苯二甲酸二异癸酯
	A,g	B,g		B,g	A,g			A,g		A,g	A,g			替代物: 邻苯二甲酸二正 丁酯; 其他选择: A = 天然橡胶 + 氯丁橡胶手套
		C,g			A,g									替代物: 邻苯二甲酸二异 辛酯; 其他选择: C = 天然橡胶 + 氯丁橡胶手套
Exxal™ 醇	A,g,s, b,m			A,g,s, b,m	A,g,s, b,m					A,g	A,g		其他选择: B = 复合膜手套	
新酸				A,g	A,g					A,g				替代物: 2,4-DP
专用醚和醚醇		C,g		C,g	A,g			A,g	A,g					替代物: MTBE
	C,g	C,g		B,g	B,g				C,g			A,g		替代物: 丙基乙二醇 (乙二醇单丙醚)
										Av,g				替代物: 丙二醇 (1,2-丙二醇)

代码:	
A	= 可对一个班次内的反复接触提供有效屏障
B	= 可在有限试验中提供有效屏障, 或者可有效防范业内某些特定化学品, 即防范飞溅或有限接触。
C	= 对于列出的化学品以外的其他化学品, 只能略微防范甚至无法防范化学品的穿透。
c	= 连衣裤工作服
g	= 手套
s	= 套装
b	= 靴子
m	= 除了列出的装备以外的其他类型的服装。

请注意, 不得将提及特定 PPE 产品或材料的信息视为埃克森美孚或 ExxonMobil Biomedical Sciences, Inc. 或其关联公司对其使用的认可。所提供的 PPE 选择信息基于生产商提供的渗透数据, 与参考数据库中显示的一样。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



呼吸系统防护装备

在工作场所中，肺部物质进入人体最快捷的途径。如果接触空气中的有害物质没有受到充分控制，则可适当考虑呼吸系统防护。

呼吸系统防护装备 (RPE) 能够发挥重要作用，但仅应在无法通过其他方式（例如通过工程控制措施或替代）控制风险时考虑。

适用设备的标准

所使用的呼吸系统防护装备 (RPE) 的类型取决于预计污染物的类型：固体（例如粉末）还是气体/蒸气。可以使用多种不同类型的呼吸面罩，它们具有不同的规格和设计，可以提供不同程度的防护，因此选择正确的装备至关重要。

如果某种呼吸系统防护装备(RPE) 能为指定应用提供适当防护，则表示该设备适用。

- 考虑个人因素（例如面部大小、面部毛发），它应适合目标用户。
- 在适用情况下，能够提供适当防护，例如使用正确的过滤器。
- 与任务相匹配。例如，它不能妨碍视野或移动能力，也不会给佩戴者带来过多或不适当的生理负担。对于患有伤病的佩戴者，可能需要特殊评估。
- 与任何其他个人防护装备 (RPE) 用品（例如眼睛、听力和/或皮肤防护）兼容，并且不会妨碍此类 PPE 提供的防护水平。
- 不会导致或过度加剧生理压力，如高温压力。
- 可在整个任务持续期间提供适当防护。

选择正确的呼吸系统防护装备需要详细了解工作场所接触的性质，以及可用呼吸系统防护装备的功能和局限性。必须安装维护系统，以便为随着时间推移持续发挥防护装备的性能提供支持。

遗憾的是，呼吸面罩常被视为工程控制措施的廉价替代用品，并且随着时间推移，它们的运营成本往往很高。

可在 RPE 生产商处获得进一步的技术信息。

最低防护系数

这是指必须依据其将工作场所中污染物的浓度降至可接受水平的最低系数，它可以帮助确定 RPE 是否足够。

如果呼吸系统防护装备 (RPE) 能够提供适当而充分的防护水平，相对于适当的职业接触限值 (OEL) 而言，可将佩戴者的接触量降至可接受水平，则认为此类防护装备是足够的。

要确定 RPE 是否足够，需要计算最低系数，必须依据该系数将工作场所中污染物的浓度降至可接受水平，即远低于适用的 OEL（如 OES、MEL、MAK、TLV 或埃克森美孚化工 OEL）。该系数决定 RPE 的最低所需防护系数，并由各种不同的重要机构（如 OSHA NIOSH）定义，有时则根据地方法规定义。

防护系数 (PF) 的计算:

- RPE 面罩（例如呼吸面具）外部的工作场所浓度
- RPE 面罩内部的最大允许浓度

PF 有时也表示为:

- RPE 外部的工作场所污染物浓度
- RPE 内部的工作场所污染物浓度

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



泄漏是一个重要因素

任何指定 RPE 的防护系数在很大程度上取决于其向内或向外泄漏的水平。泄漏情况因合适程度、流速（如果适用）、佩戴者接受的培训和掌握的专业知识以及诸如温度、湿度、维护和使用条件等因素而异。

最低防护系数与名义防护系数:

在很多区域，根据实验室试验中的最低可接受性能，最低防护系数优于以前的名义防护系数 (NPF)。

指定防护系数

指定防护系数是通过 RPE 产品性能和工作场所接触数据推导出来的，可视为评估 RPE 性能的合理依据。

如果呼吸系统防护装备 (RPE) 使用不当，则其性能可能会与其原始性能规格不符。指定防护系数 (APF) 用于反映实际使用防护性能。

APF 是通过 RPE 产品性能和工作场所接触数据推导出来的，它能更真实地反映实际使用时的真实接触水平。它们被认为可向健康和安全专业人员提供更可靠的指标，帮助了解不同类型的 RPE 所提供的防护水平。

APF 的定义是，在用户佩戴方式正确并接受过适当培训的情况下，功能正常的呼吸面罩或某一类呼吸面罩能够向指定百分比的此类用户提供的 RPE 最低预期工作场所防护水平（例如，通常为 95%）。在很多情况下，它们是指导值，而不是绝对值。

还应特别注意，不同类型 RPE 的 APF 值因国家/地区组织和机构而异。例如，NIOSH 等重要机构建议用户始终选择 APF 最高、与各种特定工作场所的条件（尤其是在致癌物质方面）相容的 RPE 类型。

因此，RPE 用户务必要查询其所在国家/地区关于适用于不同 RPE 类型的 APF 指导原则。

控制措施的维护

用于控制接触的大多数系统和装备的性能都会随着时间推移而下降。通风系统和呼吸面罩的性能会因正常磨损而下降。仅当不会通过阀门或通风井发生泄漏时，才能继续保留密闭系统。这意味着需要进行定期检查，以确保继续保持优良性能。

应该根据通过令人满意的控制措施成效衍生出来的关键性能标准，对关键项目进行计划维护：

- 对于通风系统，这可能意味着定期测量关键位置的抽取速度或系统效率。
- 对于呼吸面罩或呼吸设备，可能需要检查阀门、密封件和固定带的状况。

此外，还应该对个人进行不定期检查，以确保他们遵守旨在减少接触的工作方法。应该执行日常工业卫生监测，以表明控制措施（如通风）符合指定的规范，或者指出需要进一步改进的区域。



管理健康风险

职业卫生在很大程度上取决于可为健康目标提供支持的有效管理系统，因为这是职业卫生原则本身的要求。

要实现确保接触群体（包括消费者和社区）中不会出现负面健康影响的总体目标，需要监测工业卫生成效，并且拥有适当的跨职能系统。此类系统用于：

- 定义相关目标和支持目标。
- 指定具有行动职责的组织框架。
- 建立适当的系统和程序，确保目标得以实现。
- 根据总体目标和支持目标，验证进展情况和成效。
- 纳入反馈和审核流程。

成功的职业健康管理计划需要管理层的投入

如果没有管理层的投入，以及能为总体目标提供支持和补充的其他系统，职业卫生计划就不可能取得成功，如：

- 控制措施的检查和维护
- 采用和强制执行经过认可的（例如埃克森美孚化工的）OEL，帮助证明健康风险能够得到充分控制
- 能够评估人员接触水平或其他不良健康影响的工作场所医疗计划（或健康监护）。健康监护作为成效指标。

相应法规纳入相似原则，以扩大所有工作场所健康和安全管理范围。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



消费者接触评估

消费者接触评估可以评估与诸多消费品接触的普通人群的接触量。消费品是指用于任何非职业环境的任意材料或物质。

复杂的接触模式

由于与 8 小时的工作班次相比，消费者接触评估的接触模式更复杂、逗留的微观环境数量更多，并且可能发生接触的时间更长，因此消费者接触评估通常比职业接触评估更复杂。

在某些实例中，消费者面临的接触水平可能高于遵守适当控制措施的工人。对于某种特定物质，由于可能没有或无法使用保护个人的安全防护措施（如适当通风或合适的个人防护装备 [PPE]），因此消费者的接触量可能高于工作场所中的接触量。此外，消费者通常距离接触源头（即消费品）极近。一般而言，距离源头越近，接触量就越大。

接触评估者已经开始依靠专业化接触模型来估算消费者接触量，部分原因在于消费品接触场景的复杂性。此类模型的主要用途之一是，将个人在指定接触期限内针对来自多个源头的某种特定物质可能发生的接触，与可能通过多个接触途径发生的接触汇总到一起。

消费者接触评估的复杂性导致专业化接触模型的开发

消费者接触模型

人们开发了多种建模工具，用于评估消费者接触，以及估算与特定产品/使用相关的相应危害/风险水平。不过，总体而言，关于消费者接触因素的可用数据仍然有限。

- ESIG 开发了一种 [GES 消费者工具](#)，使用户可以根据主要下游用户 (DU) 群体承担的各种沟通和使用映射活动的结果，针对特定使用领域开发自己的消费者化学品安全评估/接触场景 (CSA/ES)。
- 由荷兰的 RIVM 开发的消费者接触模型 ([CONSEXPO](#))
消费者接触模型的示例之一是由荷兰的 RIVM 开发的消费者接触模型 (CONSEXPO)。CONSEXPO 模型是一种多途径人类接触模型，对通过吸入、摄取和皮肤途径发生的接触进行了说明。此外，它还能分别估算这三种接触途径的吸收量。
- 美国环境保护署的接触和归宿评估筛选工具，也称为 [E-Fast2](#)
消费者接触模型的另一个示例是美国环境保护署的接触和归宿评估筛选工具，也称为 E-Fast2。

E-FAST2 中的消费者接触模型 (CEM) 是一种交互模型，它可以针对某些类型的消费品，保守估算其中所含化学品的潜在吸入接触量以及潜在和吸收的皮肤接触量。CEM 允许对潜在急性剂量率、潜在峰值浓度，以及潜在生命周期日均浓度和剂量进行筛选级估算。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



社区接触评估

社区接触评估适用于不属于工业员工的人员，它将评估这些人员的相关危害（既不是因为直接接触消费品，也不是因为接触与其工作相关的危害）接触量。

社区接触的示例包括：

- 吸入排到工厂区域外的直接排放物
- 摄取在最终积累至用作饮用水源的地下水中之前在环境中移动的物质

后一种情形有时被称为间接接触，因为在物质从源头释放之后，不会与物质发生直接接触。物质在与人员接触以前，可能会从一个环境“区划”（例如，空气、土壤、地表水）移至一个或多个其他区划。这会使此类接触评估的复杂性远远高于职业接触甚至消费者接触的复杂性。

建模工具

人们开发了多种建模工具，用以帮助确定社区的潜在接触量。这些工具可以分为两大类：

- 用于估算环境中物质浓度的建模工具
- 用于估算个人实际接触量的建模工具

前一种方法可以预测物质的环境浓度，之后必须将该浓度数据与其他信息（如接触系数）结合起来，才能估算由此产生的接触量。

估算空气中浓度的模型示例包括：

- 英国开发的[大气扩散建模系统 \(ADMS\)](#)
- 美国气象学会与美国环境保护署联合开发的 [AMS/EPA 监管模型 \(AERMOD\)](#)
- 美国 EPA 的[总体风险集成方法 \(TRIM\)](#)

AERMOD 和 TRIM 将环境浓度的预测与估算接触量所需的其他信息集中到一个建模平台中。它们比较复杂，并且需要大量录入数据来计算社区接触量。

物质的预测环境浓度 (PEC)

作为建模的替代方案，评估者可以使用物质的预测环境浓度（如果可用）来确定接触量。

某种化学品在某一特定场所或者某一特定地点和时间的某种特定媒介中的估算浓度，称为预测环境浓度 (PEC)。

首先确定 PEC，然后将其与无观察到不良效应的水平 (NOAEL)（或其他可接受的、对人类无致癌作用的无效应水平）相关联，是对实际接触化学品带来的潜在风险进行优先排序的一种常用方法。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

关键概念

评估方法

职业接触评估

消费者接触评估

社区接触评估

VOC 和室内空气质量



VOC 和室内空气质量

室内空气质量对健康发挥重要作用，特别是对于在家中或在办公室呆很长时间的人。室内空气质量可能受到室外空气的影响，但大部分室内空气污染物在室内产生或释放。

给一般公众的室内空气建议可能与给专业人士的职业建议有所不同，因为室内空气污染物的来源、接触程度和接触时间通常不同。



- 人类毒理学基础知识
- 人类接触评估
- VOC 和室内空气质量**
 - 影响室内空气质量的因素
 - 潜在的健康影响
 - 埃克森美孚产品对室内空气质量的影响
 - VOC 和室内空气质量法规

影响室内空气质量的因素

个人、物理、生物和化学因素都会影响个人在室内环境中的健康。

潜在的健康影响

室内空气污染物会引起呼吸系统疾病或过敏等健康问题。健康影响可能是由单次或重复接触引起的，也可能是在长期接触后发生。

埃克森美孚产品对室内空气质量的影响

埃克森美孚化工流体、增塑剂和化学中间体对人类在家中呼吸的空气质量的影响。

VOC 和室内空气质量法规

目前，室内空气质量缺少共同的定义，这一领域的立法正在兴起，并将在未来得到发展。



影响室内空气质量的因素

许多个人、物理、生物和化学因素都会影响个人在室内环境中的健康。因此，请务必认识到化学因素只是其中之一，有必要采用综合方案解决室内空气质量问题。

释放 VOC 的化学用品

用于家庭清洁和保养、个人护理和业余爱好的化学用品都可能会增加室内空气污染。例如：

- 窗户清洁产品可能含有乙二醇。
- 粘合剂可能含有酮类和碳氢溶剂。
- 油漆和空气清新剂可能含有烃类溶剂和含氧溶剂。
- 气溶胶配方可能使用脱芳烃流体。

这些产品在使用过程中可能会向室内环境释放挥发性有机化合物 (VOC)。它们携带的物质具有不同的特征和特性，但都可以归入 VOC 的范畴，而且通常在评估它们对室内空气质量的影响时会被划为同一组物质。

室内空气质量受多种因素的影响，应考虑采用综合解决方案。

VOC 的其他常见来源

室内空气中的 VOC 还有其他一些常见的来源，包括烟草烟雾、脱漆剂、清漆、蜡、个人护理用品（气溶胶）、臭氧产生装置、清洗和消毒化学品、溶剂和除垢剂，以及家具（如布艺和压木家具）。一些空气清新剂、除臭剂和香水也可能向室内空气中释放 VOC。消费者在日常生活中按照说明使用产品时，受 VOC 危害的风险一般比较低；但如果误用，可能会面临较高的风险。

在评估室内空气质量时，应全面考虑各种潜在的排放源。例如：一氧化碳、杀虫剂、干洗化学品、颗粒和纤维，如燃烧产物、石棉和铅、微生物、动物和昆虫。

室内环境因素

室内环境因素可能会影响这些来源的产生、积累和总体影响：

- **高温**可能会增加某些室内空气污染物的浓度，特别是 VOC，因为温度升高会加快挥发率。
- 应控制室内空气的**湿度**，以提高人体舒适度，并尽量减少室内空气质量问题。大多数专家建议将室内空气湿度保持在 30%-70% 之间。
- **个人活动**也可能间歇地或连续地释放空气污染物。这样的例子有很多，如吸烟、烹饪、空气清新剂、指甲油和发胶，以及需要使用胶水、清漆、油漆或溶剂等物品的业余爱好。
- **通风**是影响室内空气质量的最重要因素之一。充分通风很有必要，因为通风可以稀释室内来源释放的污染物，并将污染物带到建筑物外。可以通过以下组织找到一些最新建议：

- [欧洲共同体委员会](#)
- [欧洲标准化委员会](#)
- [美国采暖、制冷与空调工程师学会 \(ASHRAE\)](#)

人类毒理学基础知识

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

影响室内空气质量的因素

潜在的健康影响

埃克森美孚产品对室内空气质量的影响

VOC 和室内空气质量法规



潜在的健康影响

室内空气污染物对健康的真正影响尚不清楚，因为产品浓度水平、接触时间、人与人之间的差异性、使用说明书的遵循等诸多因素都可能发挥作用。需要开展进一步的研究。

虽然在室内空气质量研究中通常将 VOC 分组在一起，但这些物质中仅有一部分与不利的健康影响相关。一些研究表明，使用某些消费品与不良健康影响之间存在联系。但是，不清楚污染物在多大程度上对观察到的影响负全责，因为其他因素也可能有所影响。此外，还不清楚在观察到影响的研究中是否正确遵循了使用说明。需要开展进一步的研究，以更好地了解具体的室内空气污染物或混合物与特定健康影响之间的潜在联系。

需要开展进一步的研究，以**评估室内空气污染物对健康的真实影响**

人类毒理学基础知识

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

影响室内空气质量的因素

潜在的健康影响

埃克森美孚产品对室内空气质量的影响

VOC 和室内空气质量法规



埃克森美孚产品对室内空气质量的影响

埃克森美孚化工流体、增塑剂和化学中间体对人类在家中呼吸的空气质量的影响。

乙烯基地板、窗户和瓷砖密封剂（填缝剂）、服装和儿童玩具（不包括可以放在口中的玩具）中的聚氯乙烯塑料制品中存在的增塑剂可能含有高分子量邻苯二甲酸酯，如 DINP（邻苯二甲酸二异壬酯）和 DIDP（邻苯二甲酸二异癸酯）。由于低挥发性，室内空气中通常不存在高分子量邻苯二甲酸酯。

监管机构认为，在现有的软质 PVC 应用中使用 DINP 和 DIDP，对于成人或儿童没有风险

在室内尘埃中已测量到高分子量邻苯二甲酸酯。这可能与来自诸如地板和鞋类的软质 PVC 的磨损颗粒有关。这些磨损颗粒中的邻苯二甲酸酯和吸附在尘埃颗粒上的邻苯二甲酸酯通常在生物学上不可获得，因此不会被吸收。研究表明，灰尘中的邻苯二甲酸酯水平与人体接触之间没有相关性。人类生物监测研究表明，消费者接触的高分子量邻苯二甲酸酯在安全的范围之内。监管机构已经使用这些数据和其他数据得出结论，在现有的软质 PVC 应用中使用 DINP 和 DIDP，对于成人或儿童没有风险。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

影响室内空气质量的因素

潜在的健康影响

埃克森美孚产品对室内空气质量的影响

VOC 和室内空气质量法规



VOC 和室内空气质量法规

由于影响室内环境中健康的因素众多，物理、生物、化学和个人因素的多重组合发挥作用，因此采用综合解决方案解决室内空气质量问题十分重要。

此外，应该在两个层面上考虑一般人群对空气质量的接触：

- 在工作场所直接暴露于挥发性产品或在家中使用消费品；
- 与专业使用的接触条件相关的间接接触，例如人们在专业人员涂刷的房子中暴露于溶剂。

由于这种复杂性，监管机构正采取逐步的方式处理室内空气质量问题，目的是减少污染排放量和控制空气质量。

欧洲主要法规和标准

- [建筑产品法规：EU 2011/305](#)
它为欧洲的建筑产品营销规定了统一的条件。
- [生态标签室内户外油漆和清漆 CD 2009/544/EC](#)
它确立了将“社区”生态标签授予室内油漆和清漆的生态标准。
- [生态标签室内户外油漆和清漆 CD 2009/543/EC](#)
它确立了将“社区”生态标签授予室外油漆和清漆的生态标准。
- 在欧洲溶剂协调小组 (ES-VOC-CG) 发表的论文中还提到了其他国家标准，例如德国和北欧国家：[ES-VOC-CG 关于 VOC 和室内空气质量的论文](#)

在美国和亚太地区，室内空气质量法规正在制定中。

人类毒理学基础知识

人类接触评估

VOC 和室内空气质量

影响室内空气质量的因素

潜在的健康影响

埃克森美孚产品对室内空气质量的影响

VOC 和室内空气质量法规



环境





科学进步和新的立法不断推动环境毒理学（或生态毒理学）和归宿评估的发展。在此部分中，我们将介绍生态毒理学的基础知识以及用于分析物质并确定其毒性和在水、陆地和空气介质中归宿的方法和试验。



**生态毒理学基础知识
浏览**



**水生环境中的毒性和归宿
浏览**



**环境接触评估
浏览**



**VOC 和室外空气质量
浏览**



生态毒理学基础知识

生态毒理学研究致力于了解接触化学品与生态系统可能因此发生的变化之间的因果联系。它从两个广泛领域获取结论:

- 生态学, 即针对生态系统及其中生物体相互作用的研究; 以及
- 毒理学, 即针对物理、化学或生物制剂造成的生物学效应的研究。



生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

诸如生态毒性、生态系统和环境归宿过程等关键概念对于了解生态毒理学至关重要。

物质的物理化学特性

物质的物理化学特性决定其在不同条件下的行为, 及其对环境的影响。

标准化实验室试验

标准化实验室试验可以提供确定接触浓度与生物效应之间的因果关系所需的受控条件。

关键概念

在了解生态毒理学的过程中，有一些概念非常重要。

生态系统

生态系统由无生命（例如土壤、空气、水、营养物质）和有生命（例如动物、细菌、植物）组成部分构成。每一个组成部分均由其结构和功能确定，并受多种因素影响。

结构

生态系统结构是指各个组成部分的成分（即不同生物体种群数量和需要保护的栖息地）。

功能

生态系统功能主要是指这些组成部分在维持该系统的健康状况（例如营养物质循环、能量流动）方面所发挥的作用。

修正因素

很多自然因素和人为因素都能改变生态系统的结构或功能：

- 自然因素，如气候、物种间竞争、自然更替等。
- 人为因素，如栖息地丧失，外来物种引入，农业、渔业和野生动物管理政策等。

接触

生物体所接触物质的浓度是需要控制的、最重要的参数。要将效应与接触关联起来，需要某一特定时段内恒定不变的已知接触浓度。由于效应与生物体接收的内部剂量有关，因此接触持续时间需要足够长，才能确保试验生物体吸收足够多的化学品。

不同变量也会影响毒性结果。这些变量可以是影响接触或与不同接触途径相关的物理效应。

物理效应可能会因将试验物质引入试验系统的方法，而导致不切实际的接触（例如不溶解的物质在水状试验介质中形成乳浊液）。在此类情况下，少量生物体（如水蚤 [大型蚤]）可能会被涂上不溶解的试验物质，导致其窒息而死。因此必须谨慎小心，尤其是在使用水溶性较差的物质（包括很多石化产品）进行试验时，以避免可能导致错误的危害解释的物理效应。

新陈代谢将使试验物质通过生物化学转化变成能够促进排泄的其他化合物。

转化过程：生物降解

为了描述转化过程的特征，人们定义了标准化试验，以便能对化学物质在环境中的降解性进行一定程度的预测。这些试验一般分为非生物降解（或化学降解）试验和生物降解性试验。

生物降解性

微生物可以通过多种方式改变物质的化学性质，所有这些改变均可视为生物降解。对于生物降解过程的结果而言，生物体类型和数量的重要性与化学品的结构相同。这也是在生物降解试验中能够观察到可变性的原因之一。

目前已经根据以下因素，对不同类型的生物降解进行了分类：

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



改性程度

- 母体物质中的简单结构变化或初级生物降解
- 完全降解为二氧化碳或最终生物降解。

有关埃克森美孚化工流体、增塑剂和化学中间体的“改性程度”试验的结果，我们可以应要求提供。

环境对生物降解的影响

能够实现生物降解的微生物（细菌）对于结果的性质最重要。一般而言，研究生物降解的目的在于使用研究结果预测化学品的环境归宿（及其生物降解性）。

因此，实验室试验中使用的微生物是取自特定环境中的多个物种自然存在的混合物（与单一的纯菌株相反）。由于各种原因，污水污泥已经成为引入实验室生物降解试验系统的混合微生物（接种物）的标准来源。但在海洋生物降解试验中，将使用现场收集的海水中存在的自然微生物群落。

某些环境条件（如氧气供应情况）会对生物体的类型及其代谢途径产生巨大影响。另外，无氧（即厌氧）条件下的实验室试验也已实现了标准化。该表中显示了一些影响生物降解结果的因素。

另外，还针对土壤、海水和污水处理系统中的生物降解定义了其他更具体的环境条件。旨在准确复制生物体、其环境及化学品接触情况的生物降解试验称为模拟试

- 生态毒理学基础知识
 - 关键概念
 - 物质的物理化学特性
 - 标准化实验室试验
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量

影响生物降解的因素	
与生物体相关的变量	存在的物种（能力和多样性）
	种群密度（浓度）
	先决条件（适应和驯化）
	空间分布
与基材相关的变量	浓度
	溶解性/生物利用度
	结构（“生物降解性”）
	存在的其他化学品（共代谢作用、抑制作用）
	毒性
与环境相关的变量	氧气供应情况
	营养物质（氮、磷）
	温度
	pH 值
	混合/扰动
	含盐度
	湿度（土壤）



生物降解速度

无论是在水生环境中还是在标准化实验室试验中，生物降解速度都能反映生物体在试验条件下的生长速度。

在水生环境中，使细菌接触低浓度的各种化学品，以及它们用于维持相当稳定的种群数量的营养物质。

在关于生物降解性的标准化实验室试验中，将生物体限制在少量水中，其中含有高浓度的试验物质，作为唯一碳源。

有些生物体可以降解化学品，既将其用作新细胞（生物量）的碳源也用作能源，因此，这些生物体将随降解而生长。这种生物降解的速度能够反映这些特定生物体在试验条件下的生长速度。因此，动力学完全通过试验确定，并且不易于与环境中的速度相关。

快速生物降解性

人们制定、验证了标准化试验指南，并将其用于监管目的，以便评估生物降解的速度和程度。

快速生物降解性的试验要求/标准

用于评估物质快速生物降解性（例如其快速生物降解的能力）的试验使用先前未曾接触（适应）化学品的污水处理工厂微生物。试验物质的最终生物降解或完全矿化可以测量，因为在这些试验中，二氧化碳 (CO₂) 生成、氧气 (O₂) 消耗、氧气利用或溶解有机碳 (DOC) 消失是终点。要具有“能够快速生物降解”的特征，物质必须满足以下条件：通过在 28 天内测量 CO₂ 或 O₂，达到降解 60%；或者通过在 28 天内测量 DOC，达到降解 70%。另外还有一项称为“10 天窗口”的条件，它要求必须在生物降解超过 10% 后 10 天内满足该条件。

结果的解释

不同分析将得出不同结果。DOC 消失的速度比氧气利用或 CO₂ 生成更快。

快速生物降解试验被认为非常严格，如果某种物质满足通过试验的条件，则它在大多数需氧环境下也会快速降解。进一步说，鉴于已确定污泥微生物降解的可变性的范围，如果某种物质满足仅通过一次试验的条件，则可视为该物质能够快速生物降解。因此，如果提供了五次试验的数据，并且五组数据中有一组表明该物质能够快速生物降解，则可认为该物质能够快速生物降解。这一结论已被监管机构接受。

此外，如果某种物质没有通过快速试验，并不一定意味着它在相应环境下不会降解。而是需要进一步的数据（如模拟试验），来更准确地描述生物降解在更切实的条件下的特征。

多种分析方法

- 多种快速生物降解性试验可供使用，并且每种试验都规定了程序，以及试验对于不同类型物质的适用性：
- 对于挥发性和/或难溶物质，以及埃克森美孚化工碳氢流体和含氧流体，呼吸计量法最合适。
- CO₂ 试验（即“改良斯特姆”试验）使用通过试验烧瓶的气流来收集 CO₂，因此不能用于挥发性物质。
- 衰减试验将 DOC 消失用于分析，因此不能用于难溶物质。
- 密闭瓶试验适用于挥发性物质，但由于氧气溶解性的限制，因此该试验使用的初始生物量低于其他快速试验

比较生物降解试验结果

在相同或相似产品生物降解性的试验结果比较中，存在很多误区。因此，结果的可变性表明，仅在相同试验系统中、使用在相同时间制备的相同接种物进行试验时，对物质之间生物降解性的比较才能真正量化。因此，生物降解试验的主要用途只是估算物质在环境中降解的潜力。变化的主要原因包括：

相应试验中的可变性

可能存在来自不同因素的重大变化，例如：

- 即使在相同类型的试验中，接种物也能使试验结果产生差异。
- 合格生物体的初始数量将会影响滞后期（或适应期）的持续时间。如果污水污泥中的合格生物体数量很低，则不同试验可能显示非常理想的生物降解效果，也有可能显示极小的生物降解效果。
- 接种物源中的微生物含量可能会随时间推移发生变化，因此即使是标准接种物，其在生物降解试验中带来的可变性，也会远远大于其在物理特性试验甚至毒性试验中带来的可变性。

使用不当试验

生物降解试验中的另一个常见误区是使用不当试验：

- 如果某种物质的吸附性能很高，或在试验过程中变得不可溶，则基于 DOC 消失的试验将产生虚高的生物降解性结果。
- 如果是对 CO₂ 或 O₂ 进行分析，则在开放式系统中进行的挥发性物质试验将产生过低的结果；如果是对 DOC 进行分析，则将产生虚高的结果，因为没有计入已蒸发的化学品。
- 化学品的毒性也有可能导致结果很低，尤其是在使用高浓度物质（例如 MITI）的试验中。
- 与标准化条件的其他偏差也会影响结果，如更高或更低的温度，以及存在或缺少其他营养物质。

监管生物降解试验的类型

生物降解试验的概述，及其在某些标准化试验中的具体定量定义。

生物降解试验的类型			
性质	类别	测量	特性
程度	终极	O ₂ , CO ₂ , DOC (溶解有机碳)	测量向无机形式（例如 CO ₂ , H ₂ O 等）的总转化、矿化率
	初级	特定分析	基于对特定化学品或化学品类别、受控非生物损失的分析
	去除		初级，包块非生物降解和生物降解
容易	快速	DOC, O ₂ , CO ₂	“快速”生物降解性的监管定义使用 <30 mg/l 的非适应接种物，在 28 天内达到至少 60% (O ₂ 或 CO ₂) 或 70% (DOC)，并且必须在 10 天内从 10% 达到 50%
	固有	高生物量，已适应	增强了条件，以显示最终生物降解的可能性
	模拟	特定环境	能够反映实际环境行为，但难以模拟大多数实际接触情况

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

生物降解试验结果

按照适当的 OECD 试验方法，大多数埃克森美孚化工流体（碳氢类和含氧类）都具有快速生物降解性或固有生物降解性。有关试验结果的更多信息，请与埃克森美孚化工联系。

芳烃与构烷烃

与烷烃溶剂相比，芳烃类溶剂的可溶性略高，并且会在标准化试验中提供更理想的结果。在烷烃中，正构或直链分子被认为生物降解性更高。这是因为生物降解过程涉及直链分子的一端发生微生物氧化从而产生羧酸。所产生的脂肪酸易于通过几乎所有生物体中都存在的正常代谢过程进一步降解。

复杂烃物质: ThOD 与 COD

在计算复杂烃物质的生物降解时，使用理论需氧量 (ThOD) 作为生物降解公式的分母非常有用。相比之下，化学需氧量 (COD) 法的效果较差，该方法通常用于未确定或可变混合物，并有可能导致错误的生物降解结果。使用 COD 导致需氧量虚低，这反之会导致错误的生物降解结果。

存在支链会在一定程度上阻碍降解。对于挥发性烃，大部分陈旧数据使用密闭瓶试验，这是一种接种物含量较低的无搅拌试验系统。因此，按照 OECD 试验，这些物质常被认为不能快速生物降解。

按照 OECD 试验，大多数埃克森美孚化工增塑剂和化学中间体都具有快速生物降解性或固有生物降解性。埃克森美孚新酸牌号是例外，它们包含季碳结构。季碳结构能够增强化学品的稳定性，对于某些产品应用而言，这可能是一项有利特性。高碳烯烃也无法实现快速生物降解，因为这些物质中固有的支链含量较高。有关更多信息，请与埃克森美孚化工联系。

环境中的毒性

生态毒性评估可以确定某种物质影响环境物种、种群数量或生态系统的能力。首先评估对环境的潜在危害，然后评估对潜在危害的接触量。风险是危害和接触量的函数，必须同时具备这两个因素，才会产生风险。

危害与风险

危害与风险这两个术语之间的区别非常重要。

- 危害是指某种物质导致不良效应的内在能力。
- 风险是指根据潜在或预期接触量，在真实世界中发生危害的实际可能性。

因此，某种产品在实验室毒性试验中实现的接触条件下可能带来环境危害，但如果在水生环境下绝对不会实现此类接触，则不会构成环境风险。

环境归宿

评估环境归宿可以确定将某种物质释放到环境中会发生什么情况：在确定这种物质最终将进入哪些不同的介质时，物理化学特性是重要的考虑因素。

主要介质和次要介质

大体而言，可将环境分为主要介质和次要介质，每类介质都包含多个区划：

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



- 主要介质，例如空气、水、土壤、沉积物
- 次要介质，例如植物、其他生物体

评估环境归宿可以确定将某种物质释放到环境中会发生什么情况。

物质的分布和浓度

归宿评估描述某种物质在各种环境区划中的分布和浓度，它是时间以及与释放到环境中的点的距离的函数。该评估首先考虑物质在其生命周期（包括生产、运输、工业使用、消费者使用和处置）过程中向空气、水、土壤和沉积物的排放。向这些主要介质的排放可能来自多个来源，并且可从地方和区域（较大）尺度考虑。

物质的运输、转化和积累

一旦将某种物质释放到环境中，它将遵循一系列决定其最终环境归宿的演化过程：

- 运输，例如通过平流、分散、分配等，
- 转化，如非生物降解和生物降解，
- 积累，例如在次要介质（如植物和生物体）中的生物体内积累。

试验

能够描述相关物理化学特性和归宿过程的实验室试验或预测方法，是环境归宿评估所需的关键因素。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



物质的物理化学特性

化学品的特性将决定其对环境的影响，及其影响各种环境区划中活生物体的能力。它们还是化学品的最终归宿、持续性、吸收或生物体内积累的决定因素。

很多物理化学特性的测量都与物质的环境行为相关。

其中有些特性在化工行业中定期测量。不过，要想使用复杂物质（如很多烃类产品）组分的环境归宿的计算数据，通常需要关于特性范围的更详细信息。

化学结构

化学品的特性取决于其化学结构，即其分子结构和碳数。

埃克森美孚化工流体

埃克森美孚化工流体可能具有多种碳氢结构以及众多分子量和化学种类，因此了解相关成分变得非常重要。

每个系列中的埃克森美孚化工流体在馏程方面只相差一个级数，这表明产品中的碳原子数的级数相似。根据所考虑的系列，范围的广度存在差异，但一般而言，对于这些流体产品，碳数范围比较狭窄：5 个碳或更少。

Jayflex™ 增塑剂、Exxal™ 醇和埃克森美孚™ 新酸

Jayflex™ 增塑剂、Exxal™ 醇和埃克森美孚™ 新酸的特点在于组分具有常见官能团（醇、酸、酯等）

这些产品的碳数范围狭窄，因此其物理化学特性的范围可能比流体更狭窄。因此，通常可以使用这些产品中的某种代表性同分异构体的物理特性，评估该产品本身的环境归宿。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



具有环境重要性的物理化学特性

下表总结了与物质的环境行为相关的物理化学特性测量方法。

物理特性	定义	环境重要性 (监管用途)
化学结构	分子量 (范围)、分子式、官能团、支链等	决定其他物理和化学特性 (QSAR, 尤其是 K_{ow})
辛醇/水分配系数 ¹ (K_{ow})	辛醇与水之间的平衡浓度比	决定脂类在生物体、污泥、土壤中的分配 (毒性、分配、水溶性的 QSAR 估算)
蒸气压 ¹ (VP)	蒸气分压	决定脱离液态并变为气体、进入空气的趋势。(估算挥发率和挥发速度及程度)
水溶性 ¹	达到饱和时的水溶液浓度	决定物质溶解的程度。(估算水浓度、挥发性)
土壤 [有机] 分配系数 (K_d [K_{oc}])	土壤与水之间的平衡浓度	决定粘附 (吸附) 到颗粒上的趋势。(估算穿过土壤的流动性、吸附到沉积物上的能力、土壤中的毒性)
离解常数 (K_a)	酸类或碱类的离子化	在环境 pH 值下离子化程度对其他特性的影响。(估算有效浓度)
熔点和沸点 ¹ MP 和 BP)	相变的临界温度: 固相 - 液相 - 气相	在环境中的物理形式。(与 VP 和溶解性有关)

¹ 适用于复杂物质 (混合物) 的一系列值

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



辛醇/水分配系数

K_{ow} 是物质亲油性的一项重要指标，例如物质对脂类（脂肪）的相对亲和性高于对水的相对亲和性。 K_{ow} 用于很多不同的预测模型，包括用于毒性和生物体内积累的预测模型。

辛醇与水溶性之间的关系

物质疏水性的测量对于环境归宿、生物体内积累和毒性建模而言是一项重要物理化学特性。要通过试验得出 K_{ow} ，应将试验物质放在含有一层辛醇和一层水的容器中；两者不会混溶。在此试验系统中，辛醇旨在充当脂肪（或脂类）的代表，就像鱼在池塘中游动一样。该试验测量试验物质分配到辛醇（鱼脂/脂类）中与分配到水中的趋势。自 20 世纪初，人们就已通过 Meyer 和 Overton 的工作认识到了这种分配的重要性；他们的工作表明，在采用不同接触途径以及多种不同动植物的大量试验中，化学品的麻醉效力与油/水分配行为密切相关。

K_{ow} 指示物质的亲油性，并可用于毒性和生物体内积累的预测模型。

确定 K_{ow} 的方法

- 缓慢搅拌法采用控温容器，将辛醇、水和试验物质放置在该容器中使其达到平衡，并通过轻轻搅拌加快该过程。在达到平衡后，分离水相和辛醇相，然后分析物质浓度。物质在辛醇中的浓度与在水中的浓度之比即为 K_{ow} 。 $K_{ow} = \text{辛醇/水}$
- 摇瓶法已经得到广泛使用；具体做法是，将物质的水溶液与辛醇在容器中混合，同时搅拌或摇动该容器，以促进物质在两相之间达到平衡。分离水相和辛醇相，然后分析物质浓度。物质在辛醇中的浓度与在水中的浓度之比即为 K_{ow} 。HPLC（高压液相色谱法）测量物质在疏水性 HPLC 柱上的滞留时间，并将其与多种已知 Kow 值的标准物质的滞留时间进行比较。

另外，还可以使用多种基于结构-活性关系的不同计算机模型之一来估算 K_{ow} 。

由于测量值的范围广泛，因此 K_{ow} 通常以对数表示（ $\log K_{ow}$ 或 $\log P_{ow}$ ）。 $\log K_{ow}$ 值通常与水溶性呈负相关。

埃克森美孚化工流体

简单烃类组分已经测量了 K_{ow} 值，这在文献中已有报道，但由于很多埃克森美孚化工流体的复杂性，因此无法为这些物质选择一个统一的 K_{ow} 。虽然简单烃类为复杂产品中找到的典型物质提供了 K_{ow} 指标，但不同化学品分类之间存在差异：

- 在碳数相同的情况下，芳烃物质的 K_{ow} 小于脂肪族物质。
- 直链（正构）烷烃的 K_{ow} 值略大于相对应的支链（异构）烷烃或环状烷烃（环烷烃）。
- 埃克森美孚化工流体通常含有 $\log K_{ow}$ 值大于 3.0 的烃类，并且很多密度较大的物质含有 $\log K_{ow}$ 值大于 6.0 的组分，表明其具有高疏水性。
- 有些含氧流体例外：这些含氧分子的极性比烃类更强。例如，IPA、MEK 和 SBA 的 $\log K_{ow}$ 值均小于 1。
- 在某一化学品分类中， K_{ow} 将随碳数增多而成比例地增大。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



埃克森美孚化工增塑剂和化学中间体

- 酸类（埃克森美孚™新酸）和醇类（Exxal™醇）的 $\log K_{ow}$ 值通常小于 3.0
- 酯类（Jayflex™增塑剂）的 $\log K_{ow}$ 值较大，通常大于 7.0
- 在某一化学品分类中， K_{ow} 将随碳数增多而成比例地增大。

具有环境重要性的物理化学特性

水溶性

物质的水生生物归宿和效应很大程度上取决于其在水中的溶解性。水溶性的测量非常直接，通过将物质逐渐添加到水中，然后对水进行分析，直到达到饱和为止。

不过，具有不同物理特性的物质（液态物质和复杂物质）需要使用专门调整的方法来确定其水溶性。

具有低水溶性的液态物质

分析必须专门针对物质，以防止来自更多水溶性污染物的干扰。对于水溶性非常低的物质，应使用缓慢搅拌法，将试验物质小心地添加到水中。需要轻轻搅拌，以免形成乳化液。对水中的物质进行分析，直到达到平衡为止。此方法最适用于液态物质。如果缺少测量数据，可以使用多种基于 QSAR 的计算机模型，根据化学结构估算水溶性。

物质的水生生物归宿在很大程度上取决于其在水中的溶解性。对于复杂物质，这是一个复杂过程。

复杂物质

对于复杂物质（如埃克森美孚化工碳氢流体），产品中的各个组分具有不同的水溶性，因此无法确定混合物的溶解性。一旦溶解度最低的组分在水中达到饱和，就将开始形成不溶相。其余组分将在水和不溶相之间进行分配。因此，水提取物的成分将与纯物质的成分不同。

复杂物质的行为导致无法确定溶解性，并使水生生物毒性试验的实施和解释变得复杂。密度较小的含有芳烃的烃类含有溶解性高于 1 mg/L 的组分，但最常见的碳氢流体组分的水溶性低于 1 mg/L。

具有环境重要性的物理化学特性

蒸气压和挥发性

蒸气压 (VP) 是度量物质在空气中溶解性的标准。VP 对于确定物质的挥发率及其在气相中的相对数量非常重要。在指定的物质分类中，蒸气压往往会随分子量的增大而降低。

具有环境重要性的物理化学特性

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



亨利定律常数和挥发

亨利定律常数 (HLC) 表示物质在空气和水之间的相对分配。这是在估算物质从水中挥发到空气中的程度和速度时的一个重要参数。它可以在试验系统中通过分析直接测量，或在更常见的情况下，以蒸气压 (Pa) 与水溶性 (摩尔) 之比的形式计算得出。HLC 以 Pa - m³/摩尔为单位来表示。

烃类的水溶性较低，而蒸气压相对较高，从而使得 HLC 值较大。一般而言，如果某一化学品的 HLC 值为 10 Pa-m³/摩尔或更高，则表明挥发是其重要的归宿过程。

碳氢流体

碳氢流体特别容易从水中挥发，构烷烃比芳烃更容易从水中挥发，因为芳烃的水溶性稍高一些：

- 大多数物质的溶解性随分子量增大而降低的速度高于蒸气压随分子量增大而降低的速度，因此 HLC 值将随分子量增大而增大。
- 对于大分子，蒸气压变得过低，使得挥发成为重要的归宿过程。有些较高分子量范围的碳氢流体牌号属于这种情况。

埃克森美孚化工流体

对于复杂物质（如埃克森美孚化工流体），每种组分具有不同的水溶性和蒸气压，因此 HLC 值可以涵盖较大范围。

Jayflex™ 增塑剂、Exxal™ 醇和埃克森美孚™新酸

对于很多化学中间体和增塑剂，由于这些产品的蒸气压和水溶性较低，因此难以确定可靠的 HLC。

具有环境重要性的物理化学特性

吸附和解吸

吸附是指气体、蒸气或溶解的物质向固体表面转移的过程。解吸则是相反的过程。在归宿建模中，从水中将有机化学品吸附到沉积物或土壤上起到重要作用。在针对水生生物体、栖息于沉积物中的生物体和土壤生物体的接触建模中，此过程也很重要。土壤/水平衡也对化学品在地下水中的流动性具有决定性影响。

在筛选级，试验程序包括将溶液中的化学品与添加的土壤进行隔夜混合。使用各种类型的土壤。在达到此平衡后，将土壤分离出来，并放置在纯水中。对水相进行特定分析，以确定吸附和解吸的程度。如果试验物质被吸附 (>25%) 并且不易解吸 (<75%)，则需要对吸附的动力学和浓度依赖性进行更彻底的研究。浓度行为并不总是简单的线性关系，它被描述为恒温线。

不过，对于大多数建模应用而言，假设土壤与水之间的分布系数 (K_d) 恒定就足够了。

对于非离子化物质，已有证据表明吸附的重要决定因素是土壤的有机物含量，因此需要通过计算水与土壤有机物之间的分配系数 (K_{oc})，对不同土壤的结果进行标准化。K_{oc} 通常通过 K_{ow} 直接计算。

具有环境重要性的物理化学特性

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



离解常数 (pKa)

有些化学物质在水生环境下会离解为离子形式。这种离解会对其环境归宿产生巨大影响，因为离子形式往往不分配到空气或非极性环境介质（如土壤或沉积物）中。

离子种类和非离子化种类具有不同的水生生物毒性。最常见的情况是酸碱平衡，在这种情况下，举例来说，酸会失去一个氢离子，形成一个阴离子。用于确定离子化和非离子化形式的平衡浓度的方法是通常比较简单的酸碱滴定法。对于低水溶性物质，可以使用分光光度法。

新酸是弱羧酸，在中性 pH 值下预计有 90% 以上为离子化形式。由于离子化形式通常对于水生生物的毒性较低，因此这种离解行为揭示了为什么此类别具有较低的水生生物毒性。

具有环境重要性的物理化学特性

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

标准化实验室试验

使用单一物种的实验室试验是生态毒性评估的一种重要工具。试验会因使用的物种、发生化学品接触的持续时间以及用于描述环境危害特征的终点而异。

受控实验室条件

评估化学品对环境的效应，最切实的方法可能是现场研究。实际上，要确定接触浓度与生物效应之间的因果关系，实验室环境更为理想，因为在受控条件下可以对化学品的效应进行最充分的研究。

现场研究的局限性

在现场研究中，很难定量评估与物质的释放量级相关的危害水平。这是因为生物体接触到的物质浓度（即接触浓度）会因不同因素而不断变化：

- 从释放点扩散开来
- 移动至其他介质（即在土壤、水、沉积物和空气之间传输）
- 试验介质中物质群内（如在烟雾中）的生物体从释放点开始的移动
- 物质吸附在土壤和沉积物中
- 物质的降解（包括生物降解和物理降解）
- 影响生物体种群数量的自然循环，以及物理条件（如降雨和大量日照）
- 环境中存在其他污染物

通过实验室的受控条件可以充分研究化学品的生物效应。

试验种群数量和物种

在标准化毒性试验中，选择种群数量的目的在于改善实验结果及其相对比较的可重现性。这项选择基于减少生物差异和单一试验物种，这对实现有意义的生态毒性评估至关重要：

- 应该使用龄期范围相同、大小相似、健康状况良好并且没有明显异常的生物体。
- 通过对处于食物链中不同层次（营养层次）的代表性物种进行试验，阐明不同的物种敏感性。
- 试验中使用的生物体一般是在实验室中培育，但也可从外部来源购买。

通过使用代表性物种，可以比较在不同时间进行试验的物质的相对毒性。针对具体物种且基于物质的结构或物理特性而开发的定量结构-活性关系 (QSAR)，对于毒性具有良好的预测能力，尤其是在水生环境中。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



有关受控实验室条件的更多信息

生态毒性试验中常用生物体的示例

下表列出了毒性试验中一直使用的几种常用水生和陆生试验物种。物种的选择基于各种原因，包括历史使用经验、文化上的便利性，以及与试验所在地区的相关性。此表并非面面俱到。

环境介质	生物体
水生	细菌（费氏弧菌）
	藻类（绿藻、红藻、褐藻）
	甲壳类（水蚤、虾、糠虾）
	鱼类（例如虹鳟鱼、斑马鱼、日本青、呆鲮鱼、蓝鳃太阳鱼、孔雀鱼）
海底（栖息在沉积物中）	甲壳类（端足动物）
	昆虫类（蠓虫）
	蠕虫类（寡毛纲动物）
陆生（栖息在土壤中）	植物类（例如生菜、萝卜、黑麦草）
	蠕虫类（蚯蚓、寡毛纲动物）
	弹尾虫

静态、静水更新或流动条件下的水生试验

水生生物毒性试验中的接触量可作为静态、静水更新或流动条件加以描述，并以名义（通过准备或计算）或测量（通过化学分析）浓度的方式进行报告。所需的接触条件的类型取决于试验化学品在水性接触介质中的稳定性。如果化学品浓度在接触期间保持相对恒定，则可使用静态试验。但是，如果化学品浓度在试验持续时间内有明显变化，则通常使用定期（静态）更换试液或流动条件。在某些情况下，可以使用脉冲接触而不是持续接触，以便更真实地模拟实际条件下的接触浓度（例如意外溢出）。

- 生态毒理学基础知识
- 关键概念
- 物质的物理化学特性
- 标准化实验室试验
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量



环境变量

环境变量可以通过与研究的毒物产生竞争或者影响其形式，而使其毒性发生变化。

示例：

- 金属和有机酸的水生生物毒性取决于水质参数，如硬度和 pH 值。
- 土壤和沉积物中非极性有机化学品的生态毒性取决于这些固体中的有机碳含量。

试验生物体会根据具体条件产生不同反应，因此会影响物质的化学特性。

定量关系

实验室毒性试验不仅能为接触浓度与由此产生的生物效应之间的定量关系提供依据，还能为评估环境危害提供一种一致的方法。这是通过在单独的、谨慎控制的实验室试验系统对单个组分进行试验实现的：

- 物理化学特性（如有必要）
- 特定条件下的物质降解速度
- 在受控接触量和条件下，对生物体的毒性

化学品比较和交叉参考

实验室试验的标准化通常允许对相同物种中不同物质的相对毒性进行比较，因为试验条件完全相同。此类比较使得试验物质的物理化学特性与生物学特性之间的科学关系得以建立。

例如，在对一系列同源化学品（如增加碳链长度的醇类）进行试验时，在某些物理化学特性以及毒性方面将产生非常连续的变化。这种一致、可预测的变化可以用于推断该系列化学品中未进行试验的成员的結果。此过程通常称为交叉参考。

外推至环境

受控实验室试验的结果可以用作风险评估过程的组成部分：

- 物理特性、降解速度和毒性试验可以用于指明在各种条件和接触量下，物质在环境中的潜在归宿和效应。
- 可在数学模型中将输送特性和降解速度结合到一起，用于计算接触浓度。
- 浓度-反应关系可以用于估算环境效应。

实验室中最常实施的生态毒性试验是水生试验。陆生试验仅在某些条件下进行。

挥发性有机化合物 (VOC) 对空气的影响是一个较新的研究领域。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



接触量和试验

恒定的接触浓度和持续时间对于在毒性试验中进行显著性比较至关重要。

虽然使用稳定的水溶性产品相对比较容易实现这一目的，但对于其他类别的产品（如低水溶性或挥发性物质）而言，这确实是一个技术难题。

稳定的水溶性化学品

通常会对一系列接触浓度（通常以对数级数的形式）进行试验。试验指南要求在接触过程中通过分析确认实际浓度。通过此试验得出的数据可以用于确定准确的浓度-反应曲线。

借助此数据，可以通过统计方法推导出半数致死浓度 (LC50)。它是指理论上能够杀死试验中 50% 生物体的浓度。

对于其他不涉及致死性的急性终点，半数致死效应 EC50 用于指明有效浓度，而不是致死浓度。

对于致死性以外（如对生长或生殖的影响）的慢性终点，将使用统计数据来推导无观察到效应浓度 (NOEC)，或 EC10 值。NOEC 是指与对照生物体无统计学差异的慢性试验中的最高接触浓度。EC10 是指对试验生物体的 10% 产生效应的浓度。

应该注意，浓度与效应的关系是，如果与另一种物质相比，某种物质产生效应的浓度更低，则其毒性就更高。

挥发性或不稳定物质

对于挥发性或不稳定物质，很难确保接触浓度在试验的整个持续时间内非常恒定。解决这一问题有几种方法：

- 通过经常为接触介质更换新制备的试验溶液来替换静态接触浓度。
- 使用持续流动的试验溶液流过接触室（流动试验）。
- 通过在密闭容器中进行试验，防止流失（应谨慎操作，以确保生物体获得足够的氧气）。

这些试验的目的在于确定定量的浓度-反应关系，而不是模拟物质在环境中的归宿和效应。因此，必须通过化学分析确认预期（名义）浓度。

低水溶性物质

低水溶性物质（如很多石化产品）必须进行认真试验，以使试验过程中的接触浓度保持稳定。这样可以准确确定效应浓度。以往的试验中通常都缺乏有关准确试验物质浓度和变化性的知识。

溶解性临界点

与高水溶性物质相比，低水溶性物质一般毒性更高。不过，随着该系列物质中的碳原子数增加，水溶性逐渐降低，因此通常毒性也将逐渐提高。最终将达到没有明显效应的一个点。该点有时称为溶解性临界点。在超过某种简单物质的溶解性极限后，再进一步添加该物质不会增加可被试验生物体吸收的溶解量，因此这些物质无法被生物利用。

低水溶性物质试验必须非常小心，并在试验过程中保持接触浓度稳定。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



极限试验：一种标准试验

有时，试验会采取极限试验的形式；在此类试验中，添加物质的数量大于其溶解性，以达到其任意毒性限值，如 100 mg/L。在此示例中，如果在极限浓度下未产生效应，则可将结果报告为 LC0 EC0，或 LL0) = 100 mg/L，并将该物质视为毒性极小。另外，如果观察到死亡率小于 50%，则可将 LC50（或者 EC50 或 LL50）报告为 >100 mg/L。这种方法存在两个固有的潜在误差来源：

- 如果存在水溶性微量组分，则可能影响结果。当混入的污染物的水溶性高于主要物质的水溶性时，污染物有可能继续溶解，并有可能形成比该物质本身浓度更高的水溶液。在这些情况下，可能会将观察到的毒性错误地归于主要物质。建议使用高纯度试验物质。
- 另一个潜在误差与未溶解的试验物质产生物理效应有关。此类效应可能会与可被生物利用部分的化学毒性发生混淆。此类问题的示例包括油滴污染鱼鳃，这有可能导致窒息；以及水蚤受困于化学品表面膜的表面，导致丧失活动能力（水蚤急性毒性试验中的终点）。

添加乳化剂或溶剂

在某些情况下，将使用乳化剂或溶剂使低溶解性物质均匀分散于水中。由于含有乳化剂，因此应该观察不到效应。但是，如果使用大量此类物质，则试验物质可能会因人为造成的高浓度而使系统过度饱和。当试验物质的水溶性很低时，常常能够观察到这种情况。

这种方法存在一些问题，因为它会扭曲试验系统中普遍存在的环境条件，并有可能明显改变试验结果。建议避免在水生生物毒性试验中使用乳化剂或溶剂。如果使用乳化剂或溶剂，应该谨慎操作，以确保在试验过程中实现的浓度不会超过试验物质的水溶性。

复杂物质

埃克森美孚™碳氢流体是复杂物质，一般由低水溶性物质组成，其中一些物质还非常容易挥发。因此设计了特定试验，以最大限度减少这些物质的固有特性带来的难题。

水溶性和致死加载量

对于由多种低水溶性物质组成的复杂产品，每种组分的水溶性可能都不相同。因此，随着向水中添加的物质质量不断增加，各种化合物之间建立起复杂的平衡，形成不可溶的化学组分相（通常漂浮在表面）和水。这些平衡将因添加物质的量而异。

因此，如果向水中添加复杂物质的量超过各个组分的水溶性，则会导致所形成的溶液及毒性测量无法准确反映整个物质的成分或毒性。

致死加载量是一种试验方法，它可提供相关的毒性数据，对复杂低溶解性物质给水生环境带来的危险进行分类。



此试验方法的毒性测量基于添加到水中的物质量，而不是溶解组分的浓度。物质的添加量称为加载量，它与名义浓度不同，因为：

- 物质通常无法完全溶解
- 物质各种成分的溶解部分不同
- 溶解部分的成分随加载量变化，并且在不同加载量况下，占主导地位的成分通常也不相同

通过此类试验得出的毒性值通常描述为 LL50（或 EL50），表示半数致死加载量（或半数效应加载量），以便与可溶简单物质的试验结果（LC50 或 E5C0）进行区分。

在平衡后分离的物质部分通常会被去除，留下水相，称为 WAF（水溶部分）。不应使用 WAF 的稀释物进行试验，而应在不同产品加载量下制备各种 WAF。这可实现随加载量变化的现实平衡，从而提供与环境状况相关的结果。例如，如果发生溢出，则溢出物不会是物质的浓缩水提取物，而是由物质与水比例很低的完整物质组成。

借助 LL50 数据，可以直接量化评估给定体积的水中有多少物质可能导致毒性，并且这一数据还是适当的毒性数据，可以用于对复杂低溶解性物质给水生环境带来的危险进行分类。

挥发性和密闭系统

埃克森美孚化工有些产品具有高挥发性。因此必须非常小心地在密闭系统中进行试验，以便在实施试验或制备 WAF 时最大限度避免空气进入试液中或挥发性组分流失到空气中。

建模: QSAR

要确定相关性以及外推试验结果，可使用多种方法。其中一种广泛使用的工具是定量结构-活性关系 (QSAR)。

定量结构-活性关系模型

定量结构-活性关系模型 (QSAR) 属于预测模型，用于推导试验物质的物理化学特性与生物活性之间的关联。换言之，此类方法用于根据化学品的分子结构估算其特性，并有可能提供有关化学品危害的信息，同时还可以缩短时间，降低成本以及减少目前所需的动物试验。

使用 QSAR 估算已经成为全球风险评估过程中的宝贵信息，可以用于评估测量数据的可靠性，以及替代缺失数据。

示例:

可接受的关系是物质的亲油性（通过辛醇/水分配系数 K_{ow} 进行测量）与水溶性（高 K_{ow} 与低水溶性相关）、土壤吸附性（高 K_{ow} 与高土壤吸附性相关）和毒性（ K_{ow} 提高与毒性增加相关）之间的关系。

有关 QSAR 的更多信息，请单击[此处](#)。

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



试验终点

生态毒性试验终点通常分为急性终点和慢性终点:

- 急性终点通常涉及在试验生物体寿命的较短时段内确定的总体不良效应（例如死亡或丧失活动能力）。
- 慢性试验通常更加注重在试验生物体生命周期的较长时段内确定的细微亚致死效应（例如生长或生殖）。

急性与慢性毒性试验不同性质的比较

急性与慢性生态毒性试验的比较		
试验	急性	慢性
目标	确定在短期接触过程中对生物体造成影响试验物质浓度	用于确定物质的最低可观察效应浓度和无可观察效应浓度
	评估不同物质对同一生物体的相对毒性	
	评估不同物种对同一物质的相对敏感性	
起效	突然或延迟	延迟
试验物质的浓度	相对较高	相对较低
接触频率	持续或脉冲	持续或脉冲
试验持续时间	通常 ≤4 天	周、月
	与生物体的生命周期（从卵到成体）相比接触时间较短	可能包括生物体的整个生命周期
通常测量的效应	死亡	发育
	丧失活动能力	动物生长
	藻类生长	生殖

生态毒理学基础知识

关键概念

物质的物理化学特性

标准化实验室试验

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



水生环境中的毒性和归宿

了解物质在环境中的毒性和归宿，对于环境风险评估而言至关重要。

在环境中的毒性（主要是慢性和亚慢性水平）和归宿（是指某种物质在释放到环境中后经过的过程）通过一系列不同的试验来确定。



水生生物毒性

人们还通过一系列不同的试验，确定物质的不同生态毒性（主要是急性和慢性毒性）水平。

水生环境中的归宿

一个演示文稿，介绍物质进入水生环境后经历的三个主要过程：传输、转化和生物体内积累。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



水生生物毒性

人们实施不同的试验来确定生态毒性的急性和慢性水平。

水生生物急性毒性试验

急性终点通常涉及在试验生物体寿命的较短时段内确定的总体不良效应（例如死亡或丧失活动能力）。

所有毒性试验的通用方法是让生物体接触各种浓度的试验物质。试验中使用的物种（藻类、无脊椎动物（如大型蚤）和鱼类）通常是食物链中有代表性的植物、无脊椎动物和脊椎动物。

通常基于初步试验选择浓度，以使生物学效应（例如死亡）发生在相应浓度范围内。理想情况是，应在最低浓度下观察到很小的效应甚至没有效应，而在最高浓度下观察到最大效应。

水生生物急性毒性试验

目的是针对水生食物网中的不同层次实施试验。水生生物试验方案中通常包括藻类、无脊椎动物和鱼类。针对这三个层次的生物体进行急性毒性试验，是满足针对水生环境的全球监管数据要求的一般要求。

现已确定多种可在这些研究中用作标准试验生物体的物种。不过，不同海洋生物体对毒物可能会有不同反应；目的在于获得符合以下条件的替代物种：易于在实验室中培育和繁殖，对毒性相对敏感，并且经过充分研究因而能够轻松解释其反应。这些物种旨在作为整个水生环境的保守代表。最常选择用于淡水毒性试验的物种包括虹鳟鱼金鳟（鱼类，OECD 203）、大型蚤（无脊椎动物，OECD 202）和月牙藻（绿藻，OECD 201）。

通过毒性试验获得的数据通常用于计算会对 50% 的试验生物体产生不良效应的物质的浓度（即 LC50、EC50；对于低水溶性物质则为 LL50、EL50）。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



水生生物毒性试验中使用的物种清单

水生生物毒性研究使用多种物种作为标准试验生物体:

水生生物毒性试验						
试验	持续时间	测量	终点	生物体	学名	指南
藻类	72 小时	生长 生长速度	ErC50	绿藻	月牙	OECD 201
			NOEC ⁵		藻	EC.C.3
			NOEC		四尾	
					栅藻	
				小球藻 ¹		
急性无脊椎动物	48 小时 ²	丧失活动能力	EC50	水蚤	大型蚤	OECD 202 EC.C.2
慢性无脊椎动物	28 天	生殖	EC50 NOEC ⁵ , LOEC ⁶	水蚤	大型蚤	OECD 202
急性	96 小时	死亡	LC50	虹鳟鱼	金鳟	OECD 203 EC.C.1
鱼类				呆鲦鱼	黑头软口鲦	
				蓝鳃太阳鱼	蓝鳃太阳鱼	
				斑马鱼	斑马鱼	
				鲤鱼	鲤鱼	
				孔雀鱼	孔雀花	
				日本 鱼 ³	青 鱼 ³	
				金色圆腹雅罗鱼 ³	圆腹雅罗鱼 ³	
	慢性	14 天	死亡,	NOEC	同上	同上
鱼类		亚致死效应	阈值水平			
慢性						
鱼类	28 至 60 天	孵化, 死亡	NOEC, LOEC	虹鳟鱼	金鳟	OECD 210
	孵化后	长度、重量		呆鲦鱼	黑头软口鲦	
	(取决于物种)			斑马鱼	斑马鱼	
				日本 鱼	青 鱼	
				羊头鱼	杂色	
				鲮鱼 ⁴	圆斑星鲮	

1 EC 指南中没有描述小球藻。

2 EC 指南要求 48 小时的持续时间。

3 OECD 指南中没有列出 鱼和圆腹雅罗鱼。

4 这是咸水物种。

5 NOEC (无可观察效应浓度)。

6 LOEC (最低可观察效应浓度)。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



使用藻类、无脊椎动物和鱼类进行试验

使用藻类进行试验

以呈指数级增长的方式培育的选定绿藻将在指定条件下接触不同浓度的某种物质，并且持续数代。由于数代藻类细胞都暴露于此试验系统中，因此有时可以将其称为慢性试验。

评估以下终点：

- 细胞密度，通过显微镜计数法计算细胞数量或者通过分光光度法测定叶绿素来确定。
- 在固定期限内相对于对照（未接触）培育组的抑制生长作用。
- 在试验开始后至少 24、48 和 72 小时每个烧瓶中的藻类细胞密度。按时间绘制每种浓度下平均细胞密度的图表，以生成生长曲线。
- 生长终点，通过与对照组比较每种浓度的生长曲线下的面积。
- 平均比生长速度（细胞密度随着时间推移的增长）。

使用无脊椎动物进行试验

- 使用无脊椎动物进行的急性毒性试验通常让生物体接触某种物质 48 小时。此接触时段包含至少一个敏感生长期，例如在幼稚生命阶段。

在使用水蚤进行的急性丧失活动能力试验中，研究的是对大型蚤游动能力的影响。针对每种浓度，与对照组比较丧失活动能力（无法游动）的生物体的数量。丧失活动能力与这些生物体中的死亡相关，因此确定水蚤丧失活动能力而不是真正死亡（需要通过显微镜评估心跳）要实际得多。

使用鱼类进行试验

急性毒性试验经常使用各种鱼类。应用最广泛的物种之一是一种名为金鳟的虹鳟鱼。

鱼类持续 96 小时接触试验物质。每天进行死亡率观察，然后针对每个观察期推导半数致死浓度 (LC50)。只要保持恒定的环境条件，可在流动、半静态（定期更换溶液）或静态（不更换溶液）条件下进行该试验。

最近开发的鱼类胚胎毒性试验 (FET) 需让斑马鱼卵持续 96 小时接触试验物质，然后观察卵/胚胎的死亡率。

水生生物慢性毒性试验

慢性毒性试验接触有多种：

- 延长毒性试验（通常持续两周或更长时间）。
- 全生命周期试验（通常持续 2-3 代）。

亚致死效应的测量

慢性试验通常评估亚致死效应，例如：

- 生长（重量或长度）
- 发育
- 生殖（生育力、繁殖子代的数量）
- 子代的存活率。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



终点

慢性试验可提供比急性 EC50 值更敏感的终点：通常使用 NOEC（无观察到不良效应的浓度）和 LOEC（观察到效应的最低浓度）。使用计算慢性终点的 LC10/EC10/LL10 这种方式的情况日益增多。这些慢性终点可以指明与对照组（在统计学上）显著不同的物质浓度。

使用无脊椎动物进行试验

使用无脊椎动物进行的常用慢性毒性试验是大型蚤生殖试验 (OECD 211)；在该试验中，让龄期不到 24 小时的水蚤幼体接触一系列浓度的试验物质，持续 21 天。在这段时间内，每个水蚤都将繁殖几群或几批子代。

可在半静态或流动条件下进行此试验。评估亲代的存活率和繁殖的子代数量。

使用鱼类进行试验

有两种适用于鱼类的常用慢性毒性试验：

- 早期生命阶段毒性试验 (OECD 210)
- 鱼类，延长毒性试验：14 天研究 (OECD 204)。

早期生命阶段试验 (OECD 210)

此试验首先让新受精卵接触试验物质，然后在鱼类寿命（具体取决于物种）的大部分时间里接触试验物质。此试验涵盖不同鱼类物种的胚胎、幼体和稚体阶段。试验终止时，对所有存活的鱼类进行称重和测量。

- 根据存活率、体重或长度或者在整个试验过程中观察到的其他异化效应来确定 NOEC/LOEC 值或 LC10/EC10。

流动试验设计优于半静态试验设计，前者可使试验物质保持恒定的水浓度。

借助此试验设计，可以评估以下终点：

- 胚胎阶段、幼体阶段和稚体阶段的死亡率
- 孵化天数和孵化出的生物体数量
- 长度和重量数据
- 观察到的发育异常。

每个物种的早期生命阶段试验的接触期各不相同。例如，由于不同物种之间的发育存在差异，使用热带咸水鱼进行的试验通常可在孵化 28 天后终止，而使用寒带淡水鱼（金鳟）进行的试验则应在孵化 60 天后终止。

鱼类，延长毒性试验：14 天研究 (OECD 204)

此试验不常用。实施此试验的条件与急性毒性试验相似。该试验首先对鱼类进行代表性重量和长度测量。可以使用半静态或流动接触条件进行此试验，持续 14 天。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



水生环境中的归宿

在进入此类环境后，物质可以通过不同方式传输：

- 在相同环境介质内
- 在不同环境介质之间

此外，物质还可能会经历多种可能的转化。此部分概述了如何通过结合使用计算机建模和实验室试验，对这些个别现象进行量化。其中还将包括一段简介，描述如何将此类信息整合到建模框架中，以进行接触评估。

传输过程

环境传输过程可以分为 2 种运动：

- 介质内的运动：例如，排放到河流中的废弃污水通过河流传输。
- 介质间的流动：当化学品从土壤中挥发到空气中时，或从沉积物中重新悬浮到覆盖的地表水中时，就会发生这种传输。

平流和扩散

两种类型的传输过程都涉及平流和扩散机制。平流将使物质以与介质（例如，空气流或水流）相同的方向运动。扩散将使运动与浓度梯度（或级别）相对应。这些传输过程将造成可观察到源排放点下降梯度的典型污染群（或云）。

传输可在介质内或介质间进行，并且涉及平流和扩散机制

平衡分配理论

环境介质包含不同的相。例如，地表水不仅包含水生环境，还包含固体悬浮物。同样，大气环境不仅包含空气，还包含颗粒，称为气溶胶。扩散传输的一项重要推动力是物质在这些相之间实现平衡的趋势。

分配系数可对物质在不同相之间的平衡分布进行量化：

- 空气-水分配系数 (K_{ow}) 通过将 HLC 除以理想气体常数 (R) 和温度进行计算。
- 土壤和沉积物分配系数可以通过试验确定，也可使用经验 QSAR 模型通过 K_{ow} 进行估算。
- 气体蒸气-气溶胶分配同样可以使用与物质蒸气压相关的 QSAR 进行估算。

平衡分配理论的使用是当前归宿评估的重要元素，因为物质的形式能够影响在环境中的后续转化和积累过程。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



重要环境传输过程的示例

重要环境传输过程的示例	
介质内的运动	介质间的运动
空气平流 (风)	干湿大气沉降
空气扩散	挥发
地表水平流 (水流)	气体吸附
地表水扩散	土壤淋溶/流失
地表水平流 (水流)	沉积物埋藏
地表水扩散	沉积物-水交换

转化过程: 非生物降解

为了描述转化过程的特征，人们定义了标准化试验，以便能对化学物质在环境中的降解性进行一定程度的预测。这些试验一般分为非生物降解（或化学降解）试验和生物降解性试验。

非生物降解主要依靠光解作用、水解作用和氧化作用。这些反应会将化学品转化为降解产物，但通常无法整体转换为成分原子（例如，CO、H、H₂O）的无机形式。因此，了解降解产物和降解速度对于评估环境效应非常必要。

目前，用于确定水解速度和光解速度的试验已实现标准化。

光解作用、水解作用和氧化反应会将化学品转化为降解产物

水解作用

水解作用是指物质被水分解的过程。人们已经充分了解这个化学过程。人们已对能够水解的化学品类型和该过程的催化作用进行了大量研究。针对水解的标准试验包括制备 pH 值为 4、7 和 9 的水溶液，在 50° C 的温度下进行培育，以及分析不同时间间隔的浓度。如果能够保持一周以上的稳定性，则表明没有发生明显水解作用。在正常环境条件下，烃类中的键无法水解。

光解作用

光解作用依靠波长大于 290 nm 的阳光的吸收。波长较短的光照强度过低，无法造成光解作用。分子需要具有此区间内较强的吸附谱带，才能在环境中经历明显的光解作用，因此将使用化学品的 UV/可见光谱来筛查发生光解作用的可能性。对于埃克森美孚化工流体，光解作用不太可能是归宿途径，或者不太可能通过光解作用转化为 Jayflex™ 增塑剂、Exxal™ 醇类和埃克森美孚™ 新酸。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



感光氧化作用

大气感光氧化作用是指空气中的化学品由于与臭氧或羟自由基反应而发生的降解。对于大多数化学品而言，羟自由基攻击是主导机制。羟自由基是通过阳光与大气中的氧和其他物质相互作用产生的。该反应取决于化学品的结构和浓度以及羟自由基的浓度。由于碳氢溶剂的挥发性，它们会在空气中通过羟自由基迅速氧化。这是大多数烃类的主要环境归宿。

目前已有大量有关化学品羟自由基反应速度的试验数据；借助这些数据，可以开发用于计算大气半衰期的 QSAR 模型。

转化过程: 生物降解

生物体内积累过程

生物体内积累过程将导致物质从主要环境介质（即空气、水、土壤、沉积物）直接或间接传输到次要介质（即水生和陆生植物及动物）。

通常为生物体内积累潜力带来最大问题的物质（如某些氯化杀虫剂 [例如 DDT] 和多氯联苯 [PCB]）具有以下特征：

- 通过扩散源（例如喷洒杀虫剂）进入环境
- 在主要介质中的降解较差
- 高亲油性
- 抗植物和动物的生物化学转化（代谢分解）。

可以通过不同的试验评估生物体内积累：

实验室试验和现场试验: BCF 和 BAF

通常使用生物富集系数 (BCF) 和生物体内积累系数 (BAF) 通过水生生物体量化生物体内积累潜力。BCF 和 BAF 的单位都是 L/kg（湿重）（即 $\text{mg/kg [湿重]} \div \text{mg/L}$ ）。

BCF: 实验室测量值

BCF 是实验室测量值，它反映仅由于实验室中的水生接触而产生的积累。BCF 测量值适用于明确单个组分的试验物质，而不适用于复杂混合物。

BAF: 现场测量值

BAF 是通过监测数据确定的现场推导测量值。该值通过使用观察到的现场组织浓度除以对应的水中溶解浓度来计算。它反映了通过现场可能出现的所有可能的接触途径（即水、沉积物、食物）实现的积累。

虽然 BAF 为现场生物体内积累提供了更切实的估计，但由于环境和相关污染物的可变性，它们具有较高程度的不确定性。此外，通常没有用于计算 BAF 的可靠现场数据集。因此，BCF 为评估不同物质在受控实验室条件下的相对生物体内积累潜力，提供了一个宝贵的替代参数。

当前已有很多关于生物体内积累的全球监管标准。有些监管机构认为 BCF 高于指定值的物质具有生物体内积累的风险。其他监管机构在缺少 BCF 数据的情况下，使用 K_{ow} 值来评估生物体内积累潜力。

现在已从早期的 QSAR 演化出了多种评估模型，并且人们认为这些模型更切实，因为它们可将生物转化对生物体内积累的影响纳入 BCF 预测。食物生物体内积累试验可以演示生物转化如何限制石化产品的生物体内积累潜力。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

OECD 305 试验

OECD 305 试验用于描述物质在鱼类体内的生物富集潜力。该试验由吸收阶段和净化阶段组成，通过该试验可推导出一个简单模型，用于估算试验物质的 BCF 和半衰期。

在吸收阶段，使水生生物体接触恒定水溶液接触浓度的试验物质。定期对生物体进行取样和分析，以确定组织浓度。

达到稳态组织浓度后，将试验生物体转移到清洁的水中，以确定试验物质从组织内流失的速度。根据在吸收和净化阶段测量的组织浓度，通常使用一个简单模型来估算试验物质的 BCF 和半衰期。

食物接触和试验方法

食物接触试验的设计与 BCF 试验相似，只是让生物体通过食物而不是水接触物质。试验结果以生物放大系数 (BMF) 来表示，它代表生物体体内的稳态浓度与其食物中的稳态浓度之比，二者均在脂类标准化的基础上表示：

- 如果 $BMF > 1$ ，则物质预计会经历生物放大。
- 如果 BMF 接近于 1，则通过简单的平衡分配描述生物体内积累。
- 如果 $BMF < 1$ ，则物质预计会经历生物稀释，并且浓度在更高营养层级中会减少（例如水蚤被鱼类吃掉；通过生物稀释，鱼类体内的试验物质浓度要比水蚤低）。

陆生食物链中生物体内积累潜力的 QSAR

目前普遍缺乏用于评估陆生食物链中生物体内积累潜力的标准化实验室试验程序。现在已使用来自实验室试验和现场监测研究的有限数据来开发经验 QSAR，以便估算陆生食物链中的生物体内积累潜力。

例如，现在已有可用于估算污染物从空气和土壤转移到植物中以及从植物转移到牛肉和牛奶中的 QSAR。不过，这些 QSAR 都基于数量有限的化学品分类（例如氯化有机化合物）中的几种物质的数据。因此，此类 QSAR 对于其他工业化学品分类的普适性存在高度不确定性，并且由于通常不考虑生物转化的影响，因此有可能非常保守。

归宿模型

可以通过使用可转化为计算机算法的数学模型，量化评估各种归宿过程的相对重要性。环境归宿模型大致可分为两个类别：

位点特异性模型

示例包括大气扩散或废水稀释模型。这些模型的用途是描述环境归宿以及释放点源附近的接触的特征。

通用评估模型

借助通用评估模型，可以更广泛地了解物质在区域或大陆尺度内的关键归宿过程和多介质分布。因此，假设存在环境的典型特性（例如空气、水、土壤、沉积物的量，以及风速、降雨量等）。根据复杂性，评估模型可进一步分类为三个级别。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



通用评估 I 级模型

I 级模型仅基于物质的物理化学特性，假设环境区划（例如空气、水、土壤、沉积物）之间的简单平衡分配。由于不考虑降解过程，因此 I 级模型提供的环境接触评估最不切实际。

不过，I 级模型能够针对哪些环境区划对物质的环境行为影响最大提出有用见解，并帮助区分环境分类与相应物质的实际风险。

这些见解对于凸显环境分类与此类物质带来的实际风险之间的区别非常重要。例如，在没有顶部空间（即试验系统中没有可供物质蒸发的空气空间）的密闭实验室系统中进行试验时，几种 Iso-par™ 产品表现出了水生生物毒性。不过，在现实中，这些物质预计不会带来较高的环境风险，因为物理特性（如挥发性）会限制实际（水生）环境接触潜力，并且实际场景中的挥发量较高。

通用评估 II 级和 III 级模型

II 级模型基于简单的平衡分配，但将各个环境区划中的生物降解和非生物降解过程纳入考虑范围。

III 级模型不假设平衡分配，并且考虑各个区划之间质量转移的限制。因此，与 II 级模型不同，III 级模型的结果不仅取决于排放总量，还取决于排放场景，即物质将释放到其中的区划。

评估环境持续性

II 级和 III 级评估模型越来越多地用于各种监管举措中，以评估物质的环境持续性和长距离传输：

持续性是测量物质的环境寿命的指标

长距离传输潜力表明物质在存续于环境期间能够传输多远的距离。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

水生生物毒性

水生环境中的归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量



环境接触评估

环境接触评估的目标是，为种群或环境可能接触的物质剂量或浓度提供定量和定性评估。此类评估可以考虑物质生命周期的所有阶段（生产、使用和废弃），以便估算排放量和环境浓度。

欧盟 REACH 率先确立了接触评估，并基于整个供应链中的危害和风险，针对要评估的物质实施了一套严格的流程。此后，美国的 TSCA 也开始朝着这个方向发展。



关键概念

环境接触评估的关键概念包括地理尺度和接触量估算的终点：PEC 和 PNEC

释放估算：ERC 和 SpERC

释放估算是指在化学品生命周期的各个阶段对释放到环境中化学品进行定量分析的过程。

接触量估算

接触量估算是接触评估过程中的关键步骤，其中包括确定作业条件和风险管理措施。

下游用户义务

REACH 已经建立了严格的流程，将接触场景附加到安全数据表中并沿着供应链向下传达。

关于接触评估的进一步指导

有关如何制定接触评估的进一步指导位于此处。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算：ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量

关键概念

环境接触评估的关键概念包括:

- 地理尺度
- 接触量估算的终点: PEC 和 PNEC

本地和区域尺度

在原则上, 要在两个空间尺度内评估环境接触:

- 本地尺度是指在释放点源附近, 例如在空气中、在本地草原、田野或水域中
- 区域尺度适用于更大地区, 包括所有点源和该地区内广泛分散的源。

在大陆尺度的释放被视为向区域环境提供流入浓度。

接触量估算的终点: PEC 和 PNEC

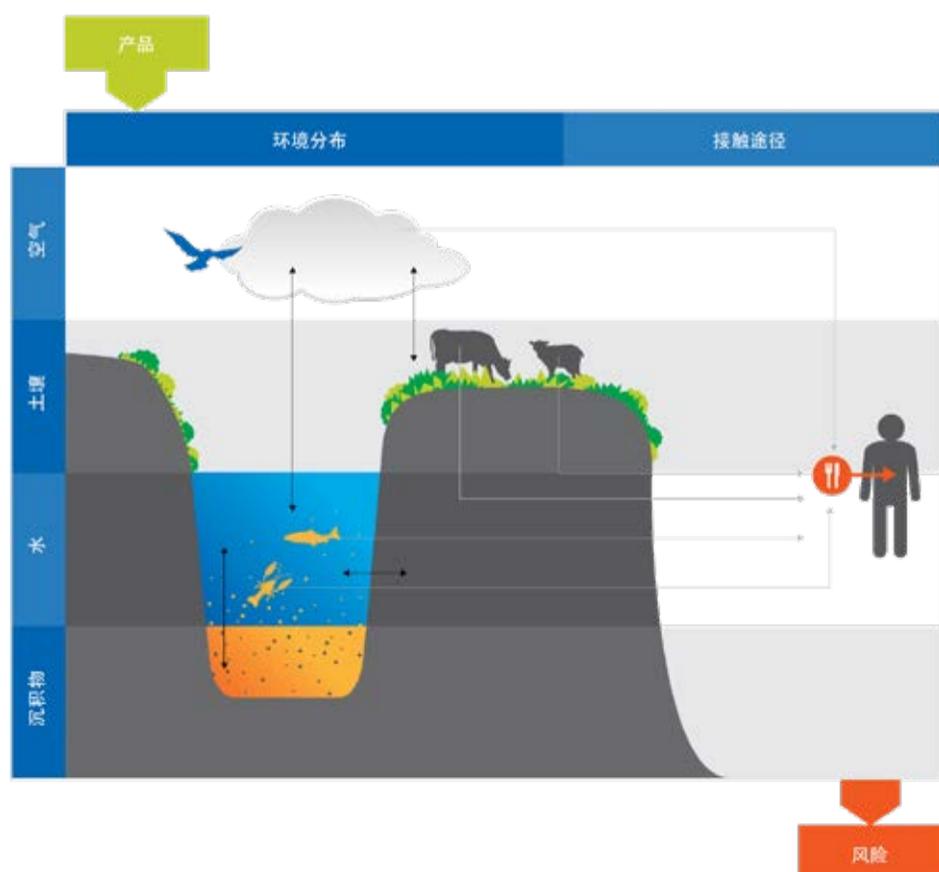
接触量估算的最终结果包括环境区划 (如空气、地表水 [淡水或海水]、土壤、沉积物和生物 [例如用于二次中毒试验的蚯蚓和鱼类]) 中的**预测环境浓度 (PEC)**, 以及在本地和区域尺度内人类日常通过环境吸收的物质的量。

PEC 是以下两项的结果:

- 化学品释放到环境中, 产生了接触场景
- 释放后发生的归宿过程, 导致化学品以某种浓度水平分布于各个环境区划 (空气、土壤、水、沉积物和生物), 并且包括通过水和空气实现的被动传输 (即各个区划之间的平流交换)、扩散、降解或沉积。

随后, 风险评估过程将对 PEC 与预计不会对环境造成有害影响的物质浓度 (即预测无效应浓度 [PNEC]) 进行比较。在这方面, 风险评估务必要将来自不同来源的排放归入同一个区划, 这样还能评估累积接触量。

人类接触环境



生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算: ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量



释放估算: ERC 和 SpERC

释放估算是指在化学品生命周期的各个阶段对释放到环境中化学品进行定量分析的过程。

对于释放估算, 需要考虑的信息包括:

- 使用或生产的物质的数量
- 生命周期阶段
- 相应生命周期阶段中的使用类型
- 市场上的产量分布
- 排放模式 时间和空间尺度上的分布
- 排放途径 (空气、土壤、水)
- 多种排放
- 排放因素
- 接收环境区划
- 旨在减少排放的风险管理措施 (RMM)

对于可能接触的各个环境区划 (空气、土壤、水、沉积物), 在考虑化学品进入环境后的分布和归宿过程的情况下, 通过**测量 (监测数据)** 或**模型预测**推导接触浓度或预测环境浓度 (PEC)。

现已开发出 ERC 和 SpERC, 用于简化释放估算和数据收集

在应用模型计算时, 还将考虑具有相似使用和接触模式或相似特性的物质的相关测量数据 (如果可用)。

为了简化释放估算, 并使其可用于供应链中的数据收集, 现已开发并对应了环境释放类别 (ERC) 和特定环境释放类别 (SpERC)。以下情况需要同时使用这两个类别:

- 预测针对与职业活动和文章分类关联的环境的相关排放
- 从环境角度对物质的使用进行分组
- 在考虑风险管理措施的情况下执行初步接触量估算
- 通报供应链中的排放量和释放量
- 提供计算物质生命周期中的释放量时所需的输入参数 (以及产品数量和风险管理措施)。

环境释放类别 (ERC)

环境释放类别 (ERC) 描述物质的代表性使用模式, 并且是说明物质被释放到环境中的可能性的首要指标。已将它们对应到各个一般接触场景 (GES) 主题。

每个 ERC 都与固定的默认环境释放组分关联, 这些组分可用于估算向相关环境区划 (空气、水、土壤) 释放的速度。但这些释放组分非常保守, 并且通常需要针对接触评估进行细化。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算: ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量



特定环境释放类别 (SpERC) 提供与作业条件 (OC) (例如现场数量、释放组分等) 和风险管理措施 (RMM) 相关的、更切实的参数值。

有关更多信息:

- [有关使用描述体系的 ECHA 指导](#)
- [ECHA 《信息要求和化学品安全评估指导》第 12 章: 使用描述体系](#)
- [ECHA 《信息要求和化学品安全评估指导》第 16 章: 环境接触量估算](#)

特定环境释放类别 (SpERC)

为了符合 REACH 对于环境释放类别 (ERC) 的要求, 业界开发了 SpERC, 但使用的是现实数据和对特定使用情况 (例如现场数量、释放组分等) 的假设, 而不是使用默认的一套保守接触条件。

虽然 SpERC 参数值是通用的, 但它们源自文献值和/或行业知识, 因此通常不像与 ERC 相关的值那样保守。

由 ESIG/ESVOC 开发的 SpERC 已经纳入用于评估单一物质的 [ECETOC TRA](#) 接触工具, 以及用于评估复杂混合物的 [Petrorisk](#) 模型。

[CHESAR](#) (化学品安全评估和报告) 工具是由欧洲化学品管理局 (ECHA) 开发的最新工具, 它还能使用预定义的 SpERC 行列式文件。

如果使用环境释放类别 (ERC) 的评估得出的结果表明需要合理的风险管理措施, 则不必再使用 SpERC 进行相同的评估。评估员可以酌情决定从 ERC 转移到 SpERC, 或从头开始使用 SpERC。对于评估员而言, 认识和了解每个 SpERC 的边界条件/限制同样重要。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算: ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量

接触量估算

为了遵守欧盟 REACH 法规，接触量估算是整个环境接触评估过程中的关键步骤。

其中包括确定**作业条件 (OC)**和**风险管理措施 (RMM)**，例如包括：

- 物质的量；
- 工艺温度；
- 使用或活动的持续时间和频率；
- 工业废水处理厂、过滤器、洗涤塔；
- 城市污水处理厂等。

其最终目的是将感兴趣的环境区划（如水、沉积物、土壤、空气和顶级捕食者）的**预测环境浓度 (PEC)**与**预测无效应浓度 (PNEC)**进行比较，这是**评估风险并计算风险特征比 (RCR)**所必需的。

一般接触场景 (GES) 和扩展解决方案

一般接触场景 (GES) 表示评估和传达健康和环境风险的高效而务实的解决方案。它们可以确定：

- 物质是如何使用以及如何处理的。
- 在每个生命周期步骤中，哪些是典型的作业条件 (OC)。
- 执行了哪些风险管理措施 (RMM)。
- 哪些潜在的接触可能会影响环境和工人。

每个 GES 包含几个影响场景（或默认场景），它们描述物质在一个生命周期步骤内的处理活动，即物质的具体用途。物质接触场景 (ES) 描述在一个生命周期步骤中使用特定物质被认为是安全的典型条件。所有这些因素，以及环境的具体预测无效应浓度 (PNEC) 和物质对人类健康的衍生无效应水平 (DNEL) 都是评估风险并计算风险特征比 (RCR) 所必需的。

对于环境，典型的 OC 在特定环境释放类别 (SpERC) 中定义，并且在资料表中记录时可以用于化学品安全评估 (CSA)。在某些情况下，所定义的典型 OC 不能确保安全使用，例如非常大量使用高有毒物质。在这种情况下，注册人将需要修改 GES 数据，并可能需要采取额外的 RMM 来确保安全使用，例如个人防护装备。

确立了安全使用的条件后，接触场景会记录在化学品安全报告 (CSR) 中，并按照 REACH 的要求将其附在安全数据表 (SDS) 上形成扩展安全数据表 (ext-SDS)，进而沿着供应链向下传达。

埃克森美孚化工与 ESIG（GES 中的 ESIG）等组织密切合作，在行业中一直站在努力发展该领域的最前沿。因此，我们的扩展安全数据表 (ext-SDS) 完全纳入了 GES 原则和解决方案。GES 已获得广泛认可，被纳入欧洲化学品管理局 (ECHA) 的化学品安全评估和报告工具 (Chesar) 及 [CEFIC 关于 REACH 接触场景的指导](#)中。

扩展解决方案

当使用条件略微超出由 GES 定义的框架之外时，有一个解决方案：扩展，该活动必须由物质的用户执行。它旨在确定 ext-SDS 中包含的接触场景 (ES) 中确定的接触控制措施是否与用户应用的一致。它确定如果使用尚未注册或局部接触控制条件与 GES 中概述的条件有明显差异，则需要采取哪些行动。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算：ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量



如果您的条件在 GES 框架之外，我们可以帮助您定义扩展解决方案

如果您想了解有关扩展技术和解决方案的更多信息，请联系您的销售代表。

风险特征和 Petrorisk 模型

为了描述发生环境排放的接触场景的风险特征，将预测环境浓度 (PEC) 与感兴趣的环境区划的安全限值 (PNEC) 进行比较，以针对每个环境区划计算风险特征比 (RCR)。

风险特征比 (RCR)

计算 RCR 的方程式是： $RCR_{environment} = PEC/PNEC$ ，其中 PNEC 是对环境无效应的最高浓度。不同环境区划的 PNEC 可以是不同的值：

- 水相环境（淡水和海水）
- 沉积物（淡水和海水）
- 陆地环境
- 二次中毒，即由于在食物链中累积而可能出现的影响。
- 污水处理对微生物活动的可能效应

估计各种环境介质中物质排放的风险至关重要

Petrorisk 模型

Petrorisk 是一种电子表格工具，可以使用欧洲化学品管理局 (ECHA) 根据欧盟 REACH 法规对履行利益相关方义务的规定所提供的原则，对石油物质执行环境风险评估。它基于 ECHA REACH 实施指南，使用碳氢分区法对复杂石油物质执行风险评估。

Petrorisk 模型 可以评估与本地和区域性范围内产品生命周期中不同阶段相关的风险，例如在生产、配制和分销阶段，以及在工业、专业和消费者领域的一般用途方面。

它可基于从 EUSES 多介质接触模型中获得的结果，计算在土壤、空气、水、废水处理厂 (WWTP) 污水、饮用水、鱼、肉和牛奶等各个区划中每个分区内分配的代表性烃（由组成分析定义）的预测环境浓度 (PEC)。

对于水、污水、土壤和沉积物区划，由 PEC 除以预测无效应浓度 (PNEC) 计算得出环境风险商 (RCR)：

- 然后通过为用于模拟包含物质的烃分区的代表性烃结构添加 PEC/PNEC 比来量化这些区划的生态风险。风险商 ≥ 1 表示潜在的不安全使用。
- 使用 EUSES 规定的默认接触途径集也可以计算人类接触的总烃。可以输入以总烃接触量或剂量表示的用户定义的衍生无效应水平 (DNEL)，以执行人类健康风险评估。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算：ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

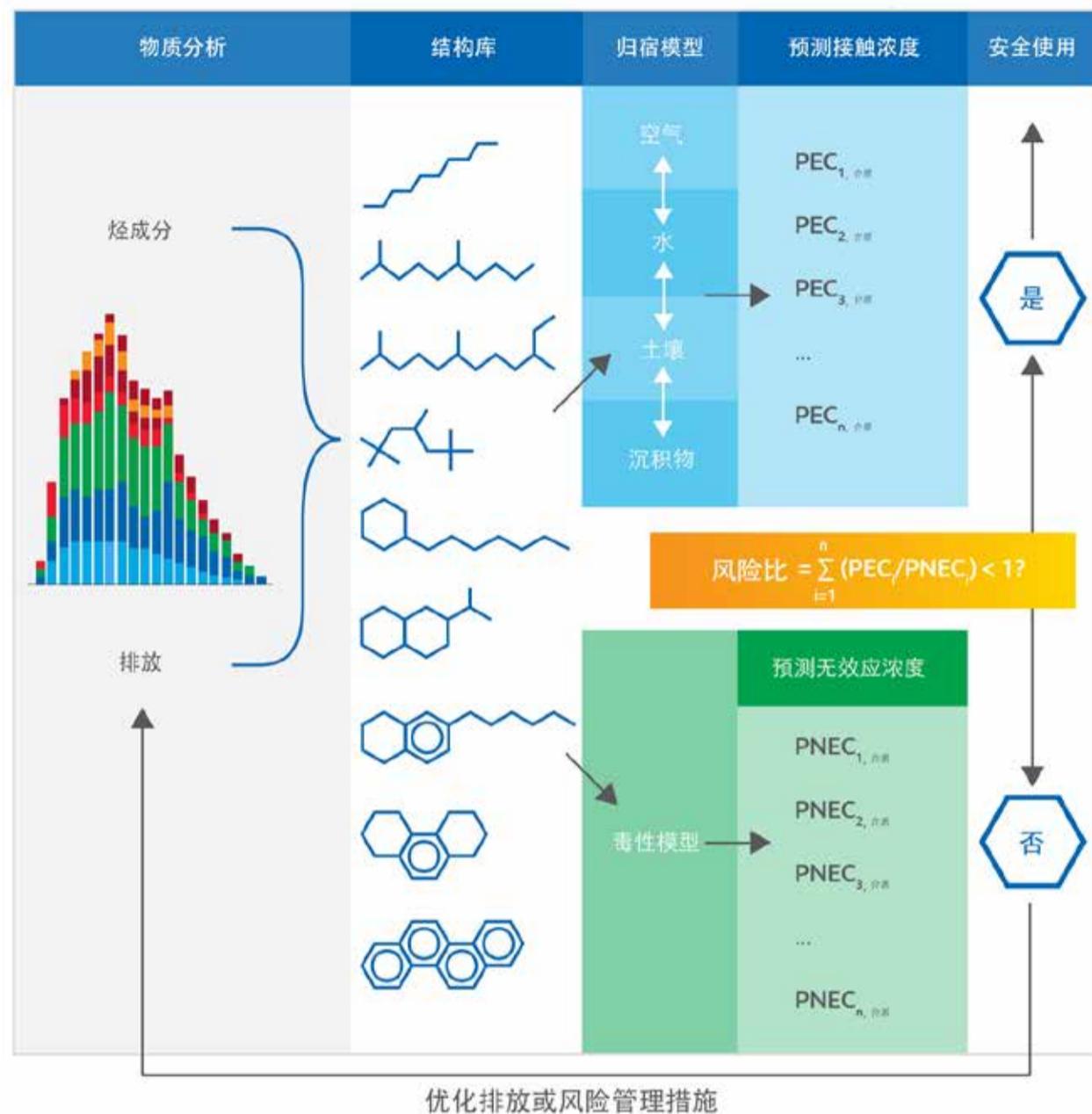
关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量



使用 Petrorisk 模型的烃 UVCB (未确定和可变成分与生物) 的接触和风险评估计算示意图:

环境 - 环境接触评估 - 风险特征



- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
 - 关键概念
 - 释放估算: ERC 和 SpERC
 - 接触量估算
 - 下游用户义务
 - 关于接触评估的进一步指导
- VOC 和室外空气质量



下游用户义务

作为欧盟 REACH 的一部分，欧洲是第一个遵循标准化流程应用风险评估的地区。美国正在探索类似的路线，但尚没有任何定义。

根据欧盟 REACH，通过将接触场景 (ES) 附加到安全数据表 (SDS) (即扩展安全数据表 [ext-SDS]) 中，将它们沿着供应链向下传达。

下游用户 (DU) 在适当情况下必须沿着供应链进一步向下传递接触场景。DU 必须验证通过 ext-SDS 收到的接触场景是否描述了现场相应使用的条件。

- 首先，需要完成检查，以通过 ES 标题、使用描述词、主要接触决定因素确定是否包含了 DU 已经确认的用途。
- 然后，检查以确认所有推荐的作业条件 (OC) 和风险管理措施 (RMM) 是否到位。

如果 DU 符合相关 ES 中的条件，则需要记录，并且必须能够在检查时向各个机构出示此信息。

接触评估是生产商和下游用户的责任

如果没有，可以使用以下几个方案：

- 实施推荐的 RMM 和 OC
- 向供应商通报 DU 具备的现场条件，并请求相应地更新相关 ES
- 准备 DU 化学品安全评估
- 扩展：使用现场条件并利用建模工具重新计算接触量和风险。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算：ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量



关于接触评估的进一步指导

欧洲化学品管理局 (ECHA) 制定了提供有关接触评估的指南的文档:

- ECHA 《信息要求和化学品安全评估指导》第 12 章: 使用描述体系
- ECHA 《信息要求和化学品安全评估指导》第 16 章: 环境接触量估算

请在安全数据表的附则中提供[接触评估的示例](#)。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

关键概念

释放估算: ERC 和 SpERC

接触量估算

下游用户义务

关于接触评估的进一步指导

VOC 和室外空气质量

VOC 和室外空气质量

挥发性有机化合物 (VOC) 是在正常大气条件下可蒸发的化学物质。在全球范围内, VOC 的主要来源是天然排放物 (例如来自松树或农业) 或运输用燃料, 少部分来自溶剂。

VOC 对环境的直接影响最小。它们与大气中的其他因素相互作用可能会影响环境。

虽然溶剂涉及各种物质, 但我们的 VOC 重点为含氧溶剂和碳氢溶剂, 这是埃克森美孚化工生产的唯一溶剂。Jayflex™ 增塑剂, Exxal™ 醇和埃克森美孚™ 新酸本质上没有很大的挥发性, 通常不用作溶剂。



关键概念

VOC 和大气中存在的其他物质之间的反应可能导致臭氧和颗粒性物质 (PM) 的形成并决定 VOC 对环境的影响。

VOC 在大气中的作用

需考虑的 3 个主要空气质量问题是: 对流层 (地面) 臭氧、颗粒性物质和气候变化。

大气反应性

根据 VOC 的化学结构, 其在参与导致臭氧形成的大气反应中的潜势是不同的。

VOC 排放管理

控制 VOC 的排放需要采取系统化的方法: 对所有排放源制定名录、排放量的量化以及减排计划。

VOC 和室外空气质量法规

以下是对欧洲和美国有关 VOC 的主要法规的概述。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



关键概念

评估含氧溶剂和碳氢溶剂对环境的影响时，应考虑和理解的主要因素有：VOC、臭氧和颗粒性物质。

VOC 和大气中存在的其他物质之间的反应可能导致臭氧和颗粒性物质 (PM) 的形成并决定 VOC 对环境的影响。

VOC

为了帮助我们了解 VOC 如何影响空气的质量，我们需要知道以下几个定义：有机化合物、挥发性有机化合物 (VOC) 和蒸气压、主要措施。它们有助于阐明与全球各种监管定义相关的差异。

有机化合物

有机化合物至少含有元素碳和氢、卤素（例如氯、氟或溴）、氧、硫、磷、硅或氮中的一种或多种。这个定义的例外是碳氧化物和无机碳酸盐及碳酸氢盐。

定义有机化合物、VOC 和蒸气压有助于阐明全球各地的监管差异

挥发性有机化合物 (VOC)

挥发性有机化合物 (VOC) 是在正常大气条件下可蒸发的有机化学物质。在全球范围内，VOC 的主要来源是天然排放物（例如来自松树或农业）或运输用燃料，少部分来自溶剂。挥发性有机化合物 (VOC) 的定义因监管用途和区域而异。它们的定义基于沸点或挥发性限值，或参与大气化学反应。

示例包括：

在欧洲：

- [欧盟指令 1999/13/EC](#)（溶剂排放指令）：
欧盟针对溶剂最常用的 VOC 定义是：在 293.15 K（即 20°C）下蒸气压为 0.01 kPa 或以上的有机化合物，或在特定使用条件下具有相应的挥发性的有机化合物。
- [油漆指令 2004/42/EC](#)：
在 101.3 kPa 的大气压下，初始沸点低于或等于 250°C 的有机化合物。
- [欧盟国家排放上限指令 2001/81/EC](#)：
除了甲烷之外，人为性质的任何有机化合物，能通过在阳光下与氮氧化物反应而产生光化学氧化剂。

在美国：

- VOC 是参与大气光化学反应的任何有机化合物。已经确定具有可忽略的光化学反应性（低于乙烷）的有机化合物被排除在定义之外。
- 消费品中存在低蒸气压 (LVP) 免除。蒸气压在 20°C 时低于 0.1 mm Hg 的 VOC 不包括在产品的重量百分比 VOC 计算中（[联邦公报 1998 - 第 63 卷第 176 号](#)）。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规

蒸气压

VOC 的挥发性是通过评估其蒸气压来定义的:

- 挥发性是固体或液体物质在给定温度下进入蒸气状态的趋势（《Hawley's Condensed Chemical Dictionary》）。
- 蒸气压是任何给定温度下，气相其固相和液相平衡的蒸气的的压力特性（《Hawley's Condensed Chemical Dictionary》）。纯化学物质的蒸气压通常是众所周知的。

ESIG 蒸气压工具：有助于评估碳氢溶剂是否为 VOC 的行业标准

欧洲溶剂工业集团 (ESIG) 开发了一种工具，用于估计低挥发性（蒸气压在 20°C 时在 0.01KPa 左右）复杂碳氢溶剂的蒸气压，并根据 VOC 的定义（参见有关工业排放的指令 2010/75/EU）对产品进行评估。

该工具已被采用为行业标准，可在 [ESIG 网站](#) 上找到。

有关更多信息，请联系您的埃克森美孚销售代表。

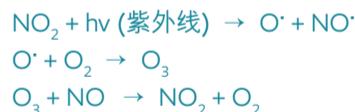
臭氧

了解 VOC 在不同臭氧层中如何反应非常重要。臭氧 (O₃) 是活性很强的氧的存在形式和强氧化剂。它是在平流层和对流层中发现的气体:

- **平流层**（超过地面 10 多公里）：平流层臭氧对人类健康和环境有益，因为它吸收侵蚀性紫外线 (UV) 射线，保护我们免受其不良效应。
- **对流层**（大气层的最低层，从海平面到地面上 10-16 公里）：地面臭氧没有已知的保护或有益作用，却已被证明对人类呼吸道有明显的危害。

含氧溶剂和碳氢溶剂属于对平流层臭氧没有影响的 VOC 类别。然而，在特定条件下，它们可能在对流层中发生反应，并有助于对流层臭氧的形成。

臭氧是如何生成的？



生成地面臭氧是一个复杂的过程。要发生，需要 3 种元素的相互作用:

1. 氮氧化物 (NO_x)。由燃烧产生的高度污染的气体，例如在发动机中，引起烟雾和酸雨
2. 挥发性有机化合物 (VOC)（例如不饱和烃）
3. 阳光

没有 NO_x 和阳光，VOC 不能生成地面臭氧。在夜间，不能形成臭氧。在存在 NO_x 的情况下，VOC 自由基与氮氧化物自由基相互作用，从而导致地面臭氧的形成。

来自不同化学种类的 VOC 具有形成地面臭氧的不同潜力。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



颗粒性物质

VOC 与大气颗粒性物质 (PM 或颗粒) 相互作用, 因此区分主要和次要 PM 很重要:

- 主要 PM 主要是由地壳粉尘 (源于地壳的颗粒) 和有机及元素碳颗粒构成的颗粒排放物组成。
- 次要 PM 是通过气体排放物的大气反应形成的颗粒性物质, 分为两类:
 - 次要无机气溶胶, 即硝酸铵、硫酸铵和铵和氯化物气溶胶
 - 二次有机气溶胶 (SOA), 通过光化学反应由有机化合物形成。

溶剂性 VOC 是总颗粒性物质的次要促成因素。

二次有机气溶胶 (SOA) 通过有机气体氧化的低蒸气压产物的冷凝, 在大气中形成。它们由三个过程形成: 气态化合物的化学反应产生浓度大于其大气饱和浓度的产物; 固体表面冷凝 (吸附); 以及在液滴上冷凝 (吸收)。

有利于 SOA 形成的化学结构包括双键、芳环和 C6 与 C10 之间的分子量。一些天然 VOC (如单萜) 的化学特性有利于气溶胶形成。

颗粒性物质很重要, 因为它在空气中传播, 我们都吸入它。溶剂性 VOC 是总 PM 的次要促成因素。它们参与导致二次有机气溶胶 (SOA) 形成的大气反应。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



VOC 在大气中的作用

目前，大气中含氧溶剂和碳氢溶剂性 VOC 的排放带来 3 个主要的空气质量问题：

- 对流层（地面）臭氧
- 颗粒性物质
- 气候变化

VOC 和臭氧

臭氧是一种强氧化剂。浓度高时，它对人体有害，并会对环境造成破坏。

因此，监管空气质量标准是为了限制地面臭氧，避免污染高峰。目前正在制定国际法规，以减少氮氧化物（NO_x，臭氧产生反应发生时也需要存在）和 VOC 的排放。

臭氧对人类健康的影响

在特定条件下，对流层的臭氧水平可能超过世界卫生组织设定的最大值：100 μg/m³ 或 50 ppb 作为每日 8 小时最大平均值。对流层中高水平的 O₃ 会影响人类健康，如眼睛和呼吸道刺激，会导致咳嗽和胸部充血以及呼吸系统疾病。患有呼吸系统疾病（如哮喘和支气管炎）的人被认为最易受臭氧的影响。

臭氧对植被的影响

臭氧可以通过气孔（空气进入植物的表面孔隙）进入植物叶子，穿透细胞壁并破坏细胞膜和其他细胞结构。臭氧会损害植物细胞的某些部分，进而抑制光合作用，减少糖从芽到根的运动，加速叶子老化和损伤的过程。植物组织的病变和作物产量降低可能由过度暴露于臭氧引起。

有关 VOC 和臭氧建模的更多信息（来自 ESIG [欧洲溶剂工业集团]），请单击[此处](#)。

VOC 和颗粒性物质

T颗粒的大小很重要。较小的颗粒可以进入人类呼吸道和血液。

溶剂性 VOC 是形成总颗粒性物质 (PM) 的次要促成因素，它们可能参与导致二次有机气溶胶 (SOA) 形成的大气反应。由于 PM 会影响人类健康，因此制定了空气质量标准来限制 PM。

促成 SOA 形成的 VOC 来自自然来源的比来自人为 VOC 的多 10 倍

最近的研究表明，促成 SOA 形成的 VOC 来自自然来源的比来自人为 VOC 的多 10 倍。在人为 VOC 中，芳烃化合物是最重要的 PM 促成因素。然而，芳烃化合物对 SOA 的总体贡献被认为是次要的。芳烃化合物的感光氧化估计占来自自然和人为烃排放量的总 SOA 量的 10%。

在这个全球大环境下，溶剂对 SOA 形成的贡献非常小。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



VOC 和气候变化

溶剂性 VOC 可以形成 CO₂、O₃ 和二次有机气溶胶 (SOA)，但与其他来源相比，估计对气候变化影响最小。

人们普遍认为，尽管这一过程相当复杂，但是在大气中存在增加的“温室气体”可能会对全球气候产生影响。温室气体通过允许进入的太阳辐射穿透地球表面并重新吸收从其发出的红外辐射，可以促进加热地球表面。

二氧化碳和甲烷以及较小程度的 N₂O 和含氯氟烃是主要的温室气体。对流层上层的臭氧是一种次要温室气体。

VOC 不是温室气体，因此与全球变暖没有直接关系。然而，VOC 的降解和燃烧导致形成二氧化碳，并且可能导致形成臭氧。因此，VOC 与全球变暖过程有间接关系，但是它们也参与大气反应，导致形成具有冷却效应的 SOA。

与其他来源相比，溶剂对二氧化碳 (CO₂) 排放的贡献通常被认为是微不足道的。

要了解有关此主题的更多信息，请单击[此处](#) (ESIG [欧洲溶剂工业集团])。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



大气反应性

根据 VOC 的化学结构，其在参与导致臭氧形成的大气反应中的潜势是不同的。有几种不同的指标用来表示 VOC 参与导致臭氧形成的大气化学反应的相对潜势。该过程称为大气反应性或 VOC 反应性或光化学反应性。

两个最常见的指标是：

- 欧洲通常使用光化学臭氧形成潜势 (POCP)
- 美国通常使用最大增量反应性 (MIR)。

POCP

POCP 尺度表示可能导致形成对流层臭氧的化学反应性的连续统。POCP 的计算需要估算 VOC 和 NO_x 排放，并对空气的传播进行建模，同时考虑对流层中成分之间发生的许多反应。

由于不同地点的气象和排放量各不相同，因此特定烃的 POCP 估算在不同地理区域之间将不同。但是，如果给出类似的假设，个别化学品的相对排名不会明显变化。Derwent 分析的假设旨在产生代表在区域基础上对臭氧形成的相对贡献的 POCP 估计。使用其他假设计算的 POCP 值的相对排名（如较短的时间尺度）显示出较大的变化；较短的时间尺度可能更能代表当地而不是区域分析。

选定有机化合物的 POCP 值

为欧洲多天条件确定的选定有机化合物的 POCP 值来自 (1) 德文特河等地，2007 年和 (2) Carter 2010 年的 US CARB 中的 MIR 值。

烷烃		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
乙烷	8	0.28
丙烷	14	0.49
丁烷	31	1.15
异丁烷	28	1.23
戊烷	40	1.31
异戊烷	34	1.45
新戊烷	18	0.67
己烷	40	1.24
2-甲基戊烷	41	1.5
3-甲基戊烷	43	1.8
2,2-二甲基丁烷	22	1.17
2,3-二甲基丁烷	50	0.97
庚烷	35	1.07
2-甲基己烷	32	1.19
3-甲基己烷	42	1.61
辛烷	34	0.9
2-甲基庚烷	34	1.07
3-甲基庚烷	37	1.24
壬烷	34	0.78
2-甲基辛烷	34	0.83
3-甲基辛烷	34	0.99

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



烷烃		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
4-甲基辛烷	37	0.95
3,4-二甲基庚烷	36	1.24
癸烷	36	0.68
2-甲基壬烷	35	0.73
3-甲基壬烷	39	0.75
4-甲基壬烷	35	0.86
2,5-二甲基辛烷	38	1.03
2,6-二甲基辛烷	36	1.08
2-甲基-3-乙基庚烷	34	0.99
2,2-二甲基-3,3-二甲基己烷	19	
十一烷	36	0.61
2-甲基癸烷	34	北美
3-甲基癸烷	36	0.65
4-甲基癸烷	36	0.68
5-甲基癸烷	35	北美
十二烷	33	0.55
十三烷	42	0.53
十四烷	46	0.51

环烷		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
甲基环戊烷	49	2.19
环己烷	28	1.25
甲基环己烷	65	1.7
乙基环己烷	63	1.47
丙基环己烷	60	1.29
1,2,3-三甲基环己烷	57	1.22
异丙基环己烷	60	1.29
丁基环己烷	59	0.99
异丁基环己烷	59	0.99
1-甲基-3-丙基环己烷	60	北美
1-甲基-4-丙基环己烷	56	北美
戊基环己烷	56	0.84
己基环己烷	56	0.65

烯烃		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
乙烯	100	9.0
丙烯	117	11.66
丁-1-烯	104	9.73
顺式-2-丁烯	113	14.24
反式-2-丁烯	116	15.16
丁烯	63	北美
1,3-丁二烯	89	12.61
顺式-2-戊烯	109	10.38

- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规



烯烃		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
反式-2-戊烯	111	10.56
1-戊烯	95	7.21
2-甲基-1-丁烯	75	6.4
3-甲基-1-丁烯	73	6.99
2-甲基-2-丁烯	82	14.08
异戊二烯	114	10.61
1-己烯	88	5.49
顺式-2-己烯	104	8.31
反式-2-己烯	102	8.62
α-蒎烯	68	4.51
β-蒎烯	33	3.52
柠檬烯	71	4.55
2-甲基-3-丁烯醇	-2	北美

芳烃		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
苯	10	0.72
甲苯	44	4
邻二甲苯	78	7.64
间二甲苯	86	9.75
对二甲苯	72	5.84
乙苯	46	3.04
丙基苯	38	2.03
异丙苯	32	2.52
1,2,3-三甲苯	105	11.97
1,2,4-三甲苯	110	8.87
1,3,5-三甲苯	107	11.76
邻乙基甲苯	73	5.59
间乙基甲苯	78	7.39
对乙基甲苯	63	4.44
3,5-二甲基乙基苯	104	北美
3,5-二乙基甲苯二胺	98	8.9
1,2,3,5-四甲基苯	104	9.26
1,2,4,5-四甲基苯	100	9.26
1-甲基-4-i-丙基苯	75	4.44
1-甲基-3-i-丙基苯	88	7.10
苯乙烯	5	1.73

含氧化合物		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
甲醛	46	9.46
乙醛	55	6.54
丙醛	72	7.08
异丙醛	50	北美
丁醛	70	5.97
戊醛	71	5.08

- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规



含氧化合物		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
3-甲基丁醛	41	4.97
苯甲醛	-19	-0.67
2-甲基苯甲醛	-28	北美
3-甲基苯甲醛	-18	北美
4-甲基苯甲醛	5	北美
甲醇	13	0.67
乙醇	34	1.53
丙醇	48	2.5
异丙醇	18	0.61
丁醇	52	2.88
异丁醇	36	2.51
仲丁醇	40	1.36
第三丁醇	2	0.41
3-甲基-1-丁醇	44	3.16
苯酚	-5	2.76
邻甲酚	19	2.4
2,5-二甲苯酚	55	2.12
2,4-二甲苯酚	54	2.12
2,3-二甲苯酚	34	2.12
环己醇	45	1.95
双丙酮醇	29	0.6
丙酮	6	0.36
甲基乙基酮	32	1.48
甲基异丁基酮	52	3.14
环己酮	29	1.35
甲基丙基酮	-1	2.81
甲酸甲酯	3	0.057
乙酸甲酯	7	0.072
乙酸乙酯	19	0.63
乙酸异丙酯	21	1.07
乙酸丁酯	26	0.83
乙酸正丙酯	24	0.78
甲酸	3	0.066
乙酸	9	0.68
丙酸	13	1.22
二甲基乙醚	18	0.81
乙醚	46	3.76
二异丙基醚	44	3.52
乙二醇	33	3.13
丙二醇	39	2.58
2-丁氧基乙醇	45	2.9
1-甲氧基-2-丙醇	34	2.44
2-甲氧基乙醇	29	2.93
2-乙氧基乙醇	37	3.71
丙烯醛	54	7.45
异丁烯醛	92	6.01
乙二醛	22	12.5
甲基乙二醛	101	16.56

- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规



其他 VOC		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
乙炔	7	0.95
丙炔	73	6.72

卤代烃		
VOC 种类	POCP ¹	MIR ²
二氯甲烷	3	0.041
乙基氯	11	0.038
四氯乙烯	1	0.031
三氯乙烯	29	0.64
二氯乙烷	54	0.069
甲基氯仿	-1	0.0049
甲基氯	1	0.038
顺二氯乙烯	0	1.70
反二氯乙烯	-1	1.70
氯仿	0	0.022

MIR

MIR 尺度还代表了在美国特定气象和大气条件下计算的化学反应性的连续统。它表示会导致每克 VOC 的臭氧预测增加量达到最高值的大气模型条件下臭氧的增加量。使用更短的时间框架（单天，而非多天 POCP 尺度）计算 MIR 尺度。因此，与反应速率较慢的化合物相比，反应非常快的化合物的 MIR 尺度的绝对值之间的差异更大。

由于在监管目标、空气质量模型、使用基于质量的标准达到空气质量标准的能力以及对导致臭氧形成的当地排放物和条件的了解等方面的不同，各监管区域对 VOC 在臭氧形成潜势上有差异这一信息的运用各不相同。VOC 排放的限制通常是基于质量的。在美国，基于反应性的 VOC 控制措施已经在特定的消费品规则（如气溶胶涂料）和德克萨斯州休斯顿地区的州实施计划中实施。

- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规



碳氢溶剂混合物的 MIR 计算

根据 Carter 2010 年的 CARB 合同报告，下表提供了碳氢溶剂混合物（基于化学成分和沸点归类为烃类别）的 MIR 计算。

类别	平均沸点 (华氏度)	标准	MIR 值 (2001 年 7 月 18 日)	MIR 值 (2010 年 10 月 2 日)
1	80-205	烷烃 (<2% 芳烃)	2.08	1.42
2	80-205	正构烷烃和异烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	1.59	1.31
3	80-205	环烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	2.52	1.63
4	80-205	烷烃 (2% 至 <8% 芳烃)	2.24	1.47
5	80-205	烷烃 (8% 至 22% 芳烃)	2.56	1.56
6	>205-340	烷烃 (<2% 芳烃)	1.41	1.17
7	>205-340	正构烷烃和异烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	1.17	1.03
8	>205-340	环烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	1.65	1.44
9	>205-340	烷烃 (2% 至 <8% 芳烃)	1.62	1.44
10	>205-340	烷烃 (8% 至 22% 芳烃)	2.03	1.98
11	>340-460	烷烃 (<2% 芳烃)	0.91	0.70
12	>340-460	正构烷烃和异烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	0.81	0.62
13	>340-460	环烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	1.01	0.86
14	>340-460	烷烃 (2% 至 <8% 芳烃)	1.21	0.99
15	>340-460	烷烃 (8% 至 22% 芳烃)	1.82	1.57
16	>460-580	烷烃 (<2% 芳烃)	0.57	0.52
17	>460-580	正构烷烃和异烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	0.51	0.48
18	>460-580	环烷烃 (≥90% 和 <2% 芳烃)	0.63	0.60
19	>460-580	烷烃 (2% 至 <8% 芳烃)	0.88	0.66
20	>460-580	烷烃 (8% 至 22% 芳烃)	1.49	0.95

[1] SAPRC-07: 基于 Carter 2010 年) 的工作

- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量**
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规



VOC 排放管理

控制 VOC 的排放需要系统化方法:

- 准备所有排放源的名录和排放量的量化
- 制定基于此名录的减排计划并确定优先事项

制定排放名录的区域指导, 例如:

- 欧盟的[欧洲监测和评估程序员 \(EMEP\)](#) 和[欧洲环境局](#)
- 美国 [EPA 指导](#)

排放名录和其他相关数据 (其他物质排放名录、空气质量建模等) 随后由当地监管机构用于制定符合当地空气质量需求的空气质量战略。所形成的空气质量计划可能要求对多种物质和不同来源 (包括溶剂性 VOC) 进行减排。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



VOC 和室外空气质量法规

在寻求改善空气质量的过程中，事实表明，基于产品的法规对空气质量的影响远低于设施排放控制法规的影响。

重要的是要认识到，并不是所有 VOC 都是相同的，因为它们与 NOx 发生反应并产生地面臭氧的潜势差异很大。因此，根据 VOC 反应性做出选择更为合适。

我们建议使用“低臭氧油漆”，而不是“低 VOC 油漆”，以更好地保护环境和您的业务。

以下是对欧洲和美国有关 VOC 的主要法规的概述。

欧洲 VOC 法规

在欧洲，VOC 法规的三大要素是：

- 国家排放上限指令
- 工业排放指令
- 油漆指令

国家排放上限指令 (NEC)

在欧盟，按照[国家排放上限 \(NEC\) 指令](#)，按国家确立减排目标。该指令涉及 SO₂、NO_x、NH₃、PM_{2.5} 和 NM-VOCs。

NEC 指令于 2000 年首次发布，设定了 2010 年的减排目标。对于 VOC，目标是实现比 1990 年的排放量减少 28%，即表示比 1990 年的 380 万吨减少 110 万吨。

最新 NEC 指令评审于 2016 年底发布

最近对 NEC 指令进行了评审，最新资讯已于 [2016 年 12 月 17 日在官方公报](#) 中发布：

- 2020 年 VOC 排放量减排目标仍为降低 28%，这意味着中期来看，预计欧盟不会有针对溶剂性 VOC 的其他法规；
- 新设定的 2030 年 VOC 减排目标为 40%，即 150 万吨，2025 年的指示性目标为 34%。

根据最新名录，溶剂性 VOC 已达到新设定的 2030 年目标

如果使用更新的名录，溶剂性 VOC 排放已经实现新设定的目标。监管机构仍在使用 20 世纪 90 年代制定的原名录来设定当前和未来的目标。关于溶剂，名录是基于每年人均使用 1 吨溶剂计算的。此数据现在被认为高估了 30%，应在设定下一个排放目标之前进行修订。该行业正在与当局密切合作，以纠正设定未来排放目标应该参照的基准线。

对埃克森美孚产品没有影响

修订后的指令对埃克森美孚流体没有影响，因为该行业现在达到的溶剂性 VOC 减排水平已经超过了为 2020 年设定的目标，如果使用更新的名录，该水平相当于新设定的 2030 年目标。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



行业地位

欧洲溶剂工业集团 (ESIG) 欢迎 NEC 修订, 并支持提议的 2020 年 VOC 减排目标。自 1990 年以来, 欧洲溶剂行业一直致力于通过将溶剂性 VOC 排放量减少 60% 以上来改善空气质量。然而, 长期减排目标应基于对所有领域的环境、健康和经济影响的全面评估来设定。ESIG 一直在努力, 并将继续与欧盟机构合作以改善空气质量, 并找到有益于环境的可行解决方案, 同时保持欧洲溶剂行业的竞争力:

ESIG 与 INERIS (国家环保局) 和 TNO (荷兰应用科学研究组织) 联合制定的[臭氧建模](#)表明, 进一步的溶剂减少不会导致进一步的臭氧降低。

ESIG [对溶剂排放名录的分析](#)表明, 名录监管机构将 VOC 排放量估计值高估了 30%。

ESIG 的 [VOC 排放名录文件](#) 提出了更准确地计算来自溶剂的挥发性有机化合物 (VOC) 排放的方法。

2016 年 [EMEP/EEA 空气污染物排放名录指南](#), 制定国家排放名录的技术指导: 指导欧盟成员国首次如何使用溶剂行业推荐的方法向欧盟委员会报告其排放数据。这将使欧盟委员会能够更新其旧的数据名录。

下一步

2018 年 7 月 1 日: 成员国将该指令转换为国家法律的最后期限 (即指令生效后 18 个月)。

有关进一步的信息, 请联系您的埃克森美孚销售代表。

工业排放指令 (IED)

IED 是监管工业设施污染物排放的主要欧盟文书。IED 于 2010 年 11 月 24 日通过, 以取代以前存在的七项指令, 包括以前的《综合污染预防和控制指令》和《VOC 溶剂排放指令》。IED 于 2011 年 1 月 6 日生效, 成员国必须在 2013 年 1 月前置换

IED 所涵盖的工业设施的经营者必须从欧盟国家当局获得授权 (环境许可证)。许可证考虑到所有环境影响, 包括对空气、水和土地的排放, 能源消耗, 废物等。许可条件基于为每个行业定义的最佳可行技术。IED 涵盖约 50,000 种设施。

IED 包含单独的一章专门针对使用有机溶剂的设施和活动。它涵盖了各种溶剂使用活动, 例如印刷、表面清洁、车辆涂料、干洗和鞋类及药品制造。

- 它要求进行此类活动的设施符合“指令”中规定的排放限值或符合所谓减排计划的要求。
- 此外, 它还规定了废气中 VOC 的排放限值, 以及挥发性排放的最大值 (以溶剂输入的百分数表示) 或总排放限值。

减排方案的目的是允许经营者以其他方式实现相当于应用排放限值时所达到的减排量。通常可以通过将高含量溶剂的产品替代为低溶剂或无溶剂产品并改用无溶剂的生产流程来实现。新设施在开始活动时必须符合 IED 要求。

《油漆指令》或“指令”对某些油漆和清漆中 VOC 含量的限制

[油漆指令](#) 设定了油漆和清漆的 VOC 含量限制 (主要是建筑油漆和车辆修补产品)。它是第一个控制产品中 VOC 含量而不是相关排放物的欧洲“产品指令”。限制分两个阶段 (2007 年和 2010 年) 生效。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规

尽管前国际植物保护公约组织 (IPPC) 和 SED 法规 (现在称为 IED) 有助于减少地面臭氧, 但根据 2006 年进行的 ESIG 研究, 《油漆指令》没有那么有效。这项研究表明, 与设施相关的法规更有效, 相对于产品相关法规, 也是减少臭氧的最佳方式。

ESIG 委托进行的研究也得出结论, 进一步减少 VOC 排放量将不会促成显著的臭氧减少。

鉴于 2006 年 ESIG 研究的结果, 鼓励转化为较重溶剂 (如 Exxsol™ D120 或水性溶剂) 的“油漆指令”对减少臭氧无效。尽管如此, 埃克森美孚提供了一系列符合《溶剂排放上限指令》和《油漆指令》的非 VOC 流体:

流体在 20°C 时的效能 (欧盟)

产物 (*)	蒸气压 (千帕)	初始沸点 (C°)	根据 SED 的 VOC 状态	根据《油漆指令》的 VOC 状态
脱芳烃				
Exxsol™ D220/240	0.009*	223	非 VOC	VOC
Exxsol D100 ULA	0.004*	236	非 VOC	VOC
Exxsol D120	0.001*	254	非 VOC	非 VOC
Exxsol D140	<0.001*	277	非 VOC	非 VOC
异构烷烃				
Isopar™ N	0.005*	223	非 VOC	VOC
Isopar V	<0.001*	269	非 VOC	非 VOC
非脱芳烃				
Varsol™ 120	0.001*	257	非 VOC	非 VOC
芳烃				
Solvesso™ 200ND	0.001*	247	非 VOC	VOC
Solvesso 200	0.003*	237	非 VOC	VOC

*使用埃克森美孚计算机模型 [ESIG 工具] 计算得出

请参阅我们提供了欧洲所有埃克森美孚流体的 **VOC 状态** 的资料表。

在奥地利和瑞士

奥地利在其《1995 年溶剂条例》中要求最高沸点为 200°C, 限制许多应用中的有机溶剂; 而瑞士在其《VOC 条例》中实施了税收计划, 其中 VOC 是指最大沸点为 240°C 的有机化合物。

有关更多信息, 请参阅[针对油漆和清漆的欧洲生态标签计划 \(2002/739/EC 修订 1999/10/EC\)](#)。

另请参阅

[ESIG 蒸气压工具](#): 有助于评估碳氢溶剂是否为 VOC 的行业标准

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

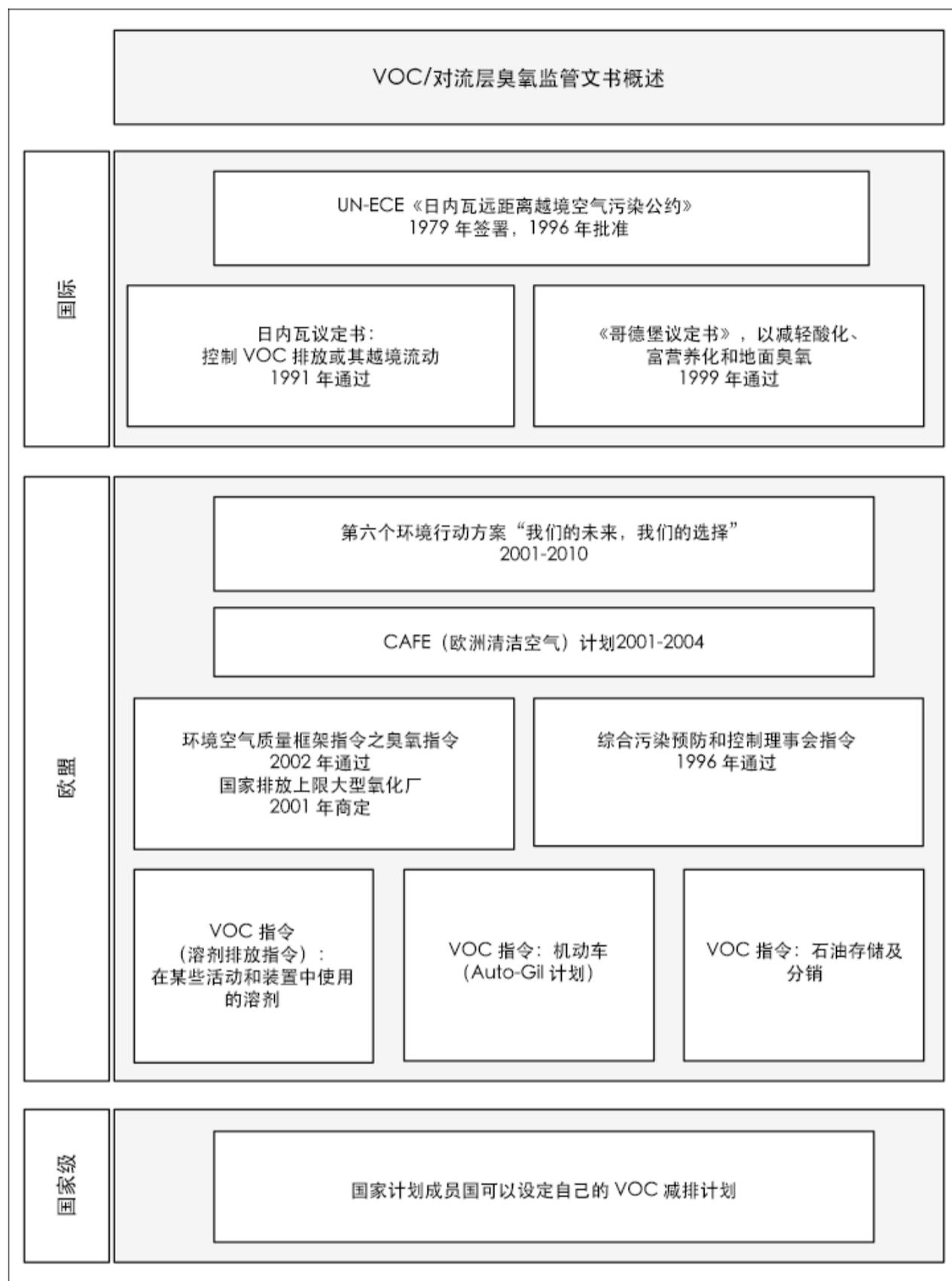
大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



关于欧盟 VOC/对流层臭氧的主要监管文书的总结



- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规



文书	地理范围	日期
UN-ECE 《日内瓦远距离越境空气污染公约》	国际	1979 年 11 月签署 1996 年 6 月由 40 个国家批准
UN-ECE 关于控制 VOC 排放或其跨界流动的《日内瓦议定书》	国际	1991 年通过。 由 22 个国家和欧盟签署
UN-ECE 《哥德堡议定书》，以减轻酸化、富营养化和地面臭氧	国际	1999 年通过
第五个环境行动方案“走向可持续发展”	欧盟	方案从 1992 年至 2000 年实施
综合污染预防和控制理事会指令	欧盟	1996 年通过
环境空气质量评估和管理环境理事会框架指令	欧盟	1996 年通过
欧洲议会和理事会关于环境空气中臭氧的指令	欧盟	2002 年通过
欧洲议会和理事会关于某些大气污染物国家排放上限的指令	欧盟	2001 年通过
欧洲议会和理事会关于预防机动车排放导致空气污染的相关措施及修订指令 70/220/EEC 和 70/156/EEC	欧盟	1996 年通过
关于控制汽油存储及其从集散站到加油站的分销导致的 VOC 排放的理事会指令	欧盟	1994 年通过
关于限制在某些工艺和工业设施中使用有机溶剂导致的有机化合物排放的理事会指令	欧盟	1999 年通过
第六个环境行动方案“我们的未来，我们的选择”	欧盟	方案实施至 2010 年
欧洲清洁空气计划	欧盟	2001-2005
欧洲议会和理事会关于限制在某些油漆和清漆以及车辆修补产品中使用有机溶剂导致的挥发性有机化合物排放的指令	欧盟	2004 年 4 月通过

- 生态毒理学基础知识
- 水生环境中的毒性和归宿
- 环境接触评估
- VOC 和室外空气质量**
 - 关键概念
 - VOC 在大气中的作用
 - 大气反应性
 - VOC 排放管理
 - VOC 和室外空气质量法规

美国 VOC 法规

在美国，监管的重点工作在国家层面。然而，一些州也纳入了自己的立法。

1970 年的“清洁空气法” (CAA) 于 1977 年和 1990 年修订

在美国，空气中的 VOC 控制在 1977 年和 1990 年修订的 1970 年 [清洁空气法案 \(CAA\)](#) 中列出。CAA 的目标是减少 VOC 排放，并对臭氧水平较高的地区实施减排策略。此类策略包括减少汽车使用量、降低 VOC 排放量，以及季节性转变为氧化合物浓度较高的新配方汽油。目前，《清洁空气法案》要求采用 MACT（最大可行控制技术）来帮助达到所要求的臭氧空气质量标准。美国环境保护署 (EPA) 将对其余的 VOC 排放进行人类健康风险评估。这些风险评估的结果可能会刺激采取进一步的监管行动。

应该指出的是，美国主要采用 EQO/EQS 方法，并且正在必需的地方应用 MACT。这种方法有助于确保最有效地利用资源。

臭氧国家环境空气质量标准

美国还制定了 [臭氧国家环境空气质量标准](#)。目前的人类健康（初级标准）和生态终点（二级标准）的标准设定为 8 小时平均时间 0.070 ppm 的水平，其形式为三年平均每年第四高的每日最大 8 小时浓度。

在联邦层面上，美国环境保护署目前使用乙烷作为基于反应性考虑的 VOC 豁免的基准。加利福尼亚州将 MIR 纳入气溶胶涂料法规。

用于消费品的低蒸气压 (LVP) 流体选项

对空气质量和臭氧的关注继续推动消费品制定决策。为了帮助我们的客户符合不断变化的法规要求，埃克森美孚针对消费品应用销售几种 LVP-VOC 流体，其满足加利福尼亚空气资源委员会 (CARB) 和美国环境保护署定义的低蒸气压要求：

- 在 20°C 时蒸气压小于 0.1 mm Hg，或
- 由超过 12 个碳原子组成（如果蒸气压未知），
- 煮沸或蒸馏 >216°C（此附加标准包括在 CARB 法规中）

产品	CAS 编号	符合 LVP 标准
Exxsol® D 95 流体	64742-47-8	100%
Exxsol D 110 流体	64742-47-8	100%
Exxsol D 130 流体	64742-46-7	100%
Isopar™ M 流体	64742-47-8	100%
Isopar V 流体	64742-46-7	100%
芳烃 200 / ND / ULN	64742-94-5	100%

有关其他信息，请参阅：[消费品挥发性有机化合物国家排放标准](#)，或联系您的销售代表或经销商。

生态毒理学基础知识

水生环境中的毒性和归宿

环境接触评估

VOC 和室外空气质量

关键概念

VOC 在大气中的作用

大气反应性

VOC 排放管理

VOC 和室外空气质量法规



安全数据表



安全数据表

埃克森美孚化工安全数据表的在线数据库可从以下网址获取。

访问数据表

埃克森美孚化工对产品质量有着坚定的承诺。我们致力于尽量减少与我们的产品生产、使用和处置相关的不利风险和影响。

在我们的产品开发期间和销售之前，我们会针对产品的生产地和目标市场，评估产品的安全、健康和环境 (SHE) 方面以及产品安全法律合规情况。我们会执行政府机构要求的严格评估，并在新信息可用时更新评估以确保我们的产品质量。

通过安全数据表 (SDS)，我们将以下信息提供给运输、使用和处置我们产品的人：适当的用途、潜在的健康和环境影响、个人保护和接触控制、急救措施及处置注意事项。

我们将通过自动系统、互联网或工作程序将 SDS 提供给客户。请始终查阅 SDS 的最新版本。根据我们的政策，我们将为客户提供我们的任何化学产品的 SDS，即使可能没有法律要求这样做。

GHS 标准分为 16 个部分，是大多数地区的标准：

- 在欧盟，被 REACH 采用。
- 在亚太地区，被广泛使用。
- 在美国，在实施 GHS 时，SDS 格式与 GHS 建议一致。

在不同国家/地区之间，SDS 的格式或内容可能存在微小差异以适应当地特定的法律要求，例如，如果产品在一个国家/地区已分类，但在另一个国家/地区未分类。欧盟 SDS 的一个显著差异在于欧盟 SDS 包含接触场景。附有接触场景的欧盟 SDS 通常被称为扩展安全数据表或 ext-SDS：

- [REACH 之前的 SDS 和 ext-SDS 之间的差异概述](#)
- [ext-SDS 示例](#)

以下部分将介绍 SDS 的每个部分中提供的信息摘要。更多详细信息，请参见我们的[安全数据表用户指南](#)。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 1 部分：产品和公司标识

信息概述：

- 产品标识；
- 化学家族；
- 产品描述；
- 预期用途；
- 供应商信息；
- 急救电话号码。

安全数据表 (SDS) 显示了产品所属的化学家族（例如溶剂、增塑剂等）以及产品描述、其外观和物理状态。它还标明了物质或制剂的最重要或常见已知用途。

还提供埃克森美孚化工相应关联公司的名称、地址和电话号码，以便客户需要更多信息或发生紧急情况时使用。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 1 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 2 部分：危害标识

信息概述：

- 健康危害；
- 环境危害；
- 物理和化学危害/火灾和爆炸危害；
- 物质或混合物的分类；
- 标签信息。

本部分描述产品（物质或混合物）的危害以及适当的警告信息（信号词、危害说明和防范说明）。有关这些危害的更详细信息，请参见安全数据表 (SDS) 中的其他地方。有关分类和标签的所有必要信息也显示在本部分中。

单击 [此处](#) 可查看真实 SDS 的第 2 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 3 部分：组成和有关成分的信息

信息概述：

- CAS 编号（仅适用于物质）；
- 可报告的有害成分；
- GHS 分类。

本部分中的信息将标识产品，包括本身已被分类并有助于产品分类的可报告杂质和稳定添加剂。

对于混合物产品，将提供关于化学性质和浓度或所有有害物质浓度范围（高于临界水平）的信息。

单击[此处](#)可查看真实SDS 的第 3 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息

第 4 部分：急救措施

本部分描述了未经培训的反应者在不使用复杂设备的情况下可获得的初始护理。说明书将说明是否需要医疗观察及其紧急程度。本部分提供的措施是对所确定接触途径立即进行急救治疗的建议：

- **吸入：**吸入烟、雾、蒸气或灰尘。
- **皮肤（皮肤接触），**可能会发生两种效应：
 - 局部效应，如产品直接作用在皮肤第一接触点上引起的皮肤刺激。
 - 全身效应，即由于产品穿透皮肤屏障并进入身体而导致的组织损伤。
- **眼睛：**这通常局限于局部眼睛效应（如刺激或灼伤），但有几种物质可以通过眼睛吸收到体内，这些物质可能会引起全身毒性效应。
- **摄取：**吞咽产品。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 4 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 5 部分：消防措施

信息概述：

- 灭火介质；
- 消防；
- 易燃性特性；
- 具体注意事项。

本部分提供有关消防及适当灭火剂的一般指导，以协助事件主管人员。如果消防或灭火方法可能释放危险副产品，请详见消防人员应注意的预防措施。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 5 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 6 部分：意外释放措施

信息概述：

- 通告程序；
- 防护措施；
- 溢出管理；
- 环境防范。

本部分提供适当应对溢出、泄漏或释放的一般建议，以防止或尽量减少对人、财产和环境造成任何不良效应。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 6 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息

第 7 部分：处理和存储

信息概述：

- 存储温度；
- 运输温度；
- 装载/卸载温度；
- 存储/运输压力；
- 静电积聚危害；
- 常规运输容器；
- 适合/不适合材料和涂料；
- 存储/处理一般注意事项；
- 其他警告。

本部分提供有关产品存储、运输或转移温度的信息，以及其他相关数据，以支持安全处理、运输和存储。目的是协助雇主制定适当的工作程序和组织措施。本部分还提供有关适合或不适合存储和转移操作的材料和涂料的一般指导。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 7 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息

第 8 部分：接触控制、个人防护

信息概述：

- 工程控制措施；
- 职业接触限值；
- 衍生无效应/最小效应水平（欧盟）；
- 预测无效应水平（欧盟）；
- 个人防护装备。

本部分的建议和数据旨在实现工作场所良好的工业卫生和环境控制实践。本部分提供适用的接触限值以及推荐的相关接触控制措施。如果是欧盟 SDS，还提供了衍生无效应/最小效应水平以及预测无效应水平。

本部分提供的防范措施仅适用于原始提供的产品。将产品与其他材料混合后，防范措施可能会改变。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 8 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 9 部分：物理和化学特性

本部分介绍与产品相关的经验物理和化学特性数据，并包括以下信息：

- 外观；
- 物理状态；
- 熔点等。

这些值仅为“典型”数据，不应视为所销售产品的规格。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 9 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 10 部分：稳定性和反应性

信息概述：

- 稳定性和规避条件；
- 有害聚合作用和规避条件；
- 不相容的材料；
- 有害分解产物；
- 有害燃烧产物。

本部分介绍产品的稳定性和在某些使用条件下发生危险反应的可能性，以及是否向环境中释放。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 10 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 11 部分：毒理学信息

信息概述：

- 通过吸入、皮肤接触、眼睛接触、摄取引起的急性毒性危害；
- 致敏；
- 吸入；
- 生殖细胞诱变性；
- 慢性毒性/致癌性；
- 生殖/发育毒性；
- 特定靶器官效应；
- 其他信息。

本部分主要供医疗专业人员、职业健康和安全专业人员和毒理学家使用。还提供了有关材料健康危害的信息。如有必要，它还提及了某些组分的特定健康效应。

本部分提供的信息描述了产品可能引起的健康危害。毒理学信息还为“急救措施”（第 4 部分）和“接触控制和个人防护”（第 8 部分）中的建议提供了依据。

对于已确定为致癌物并在权威监管清单上确定的物质，也可能提供了参考。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 11 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 12 部分：生态学信息

信息概述：

- 毒性；
- 持久性和降解性；
- 生物体内积累潜力；
- 在土壤中的移动性；
- 物质的持久性、生物体内积累性和毒性；
- 其他不良效应。

本部分提供的信息描述了产品在空气、水和/或土壤中的可能效应、行为和环境归宿。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 12 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 13 部分：处置注意事项

信息概述：

- 处置建议；
- 监管处置信息。

废弃物处理方法在许多情况下受本地和国家立法监管。在处置前，应咨询专家。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 13 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 14 部分：运输信息

信息概述：

- 陆运（铁路/公路，如 RID/ADR）：
 - RID/ADR 类、项；
 - 危险指数；
 - 危险标签；
 - 运输单证名称；
 - 运输应急卡产品名称；
 - 空容器；
 - 物质 ID 编号。
- 内陆水运（如 ADN/R）：
 - ADN/R 类；
 - 联合国编号；
 - 运输单证名称。
- 海运 (IMDG):
 - 联合国编号；
 - IMDG 类或部门；
 - 包装种类；
 - EMS 编号；
 - 海洋污染状况；
 - 风险标签；
 - 次要风险。
- 空运 (ICAO/IATA) ICAO/IATA 类：
 - 打包种类；
 - 联合国编号。

本部分介绍公路/铁路运输、驳船运输、海运和空运的分类和标签。如有需要，还提供了对相关运输法规各部分的参考。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 14 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 15 部分：监管信息

信息概述：

- 监管状态及适用法律和法规；
- 专门针对物质或混合物的安全、健康和环境法规/法律。

本部分提供专门针对物质或任何具有健康或环境危害的组分的安全、健康和环境法规或法律。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 15 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息



第 16 部分：其他信息

信息概述：

- 修订摘要；
- 其他注释。

前面的部分中未涵盖并且可能对安全、健康或环境产生影响或与之有重要关系的信息将在此处列出。

单击[此处](#)可查看真实 SDS 的第 16 部分。

安全数据表

第 1 部分：产品和公司标识

第 2 部分：危害标识

第 3 部分：组成和有关成分的信息

第 4 部分：急救措施

第 5 部分：消防措施

第 6 部分：意外释放措施

第 7 部分：处理和存储

第 8 部分：接触控制、个人防护

第 9 部分：物理和化学特性

第 10 部分：稳定性和反应性

第 11 部分：毒理学信息

第 12 部分：生态学信息

第 13 部分：处置注意事项

第 14 部分：运输信息

第 15 部分：监管信息

第 16 部分：其他信息