

附件 9

金属和金属化合物
在水生介质中的
转化/溶解指导

附件 9

金属和金属化合物在水生介质中的 转化/溶解指导*

A9.1 引言

A9.1.1 制订本试验指导的目的是确定金属和微溶金属化合物，在代表着自然界常见环境状况的标准试验室条件下的水生介质中，形成溶解离子和其它可溶性含金属物质的比率和程度。一经确定，该信息即可用于评价从中产生可溶性物质的金属或微溶金属化合物的短期和长期水生毒性。本试验指导是经合发组织领导下的制订金属和微溶无机金属化合物（SSIM）水生毒性试验和数据解释方法的国际努力的结果（参考文献 1、本附件和附件 8 中第 A8.7 节）。通过最近在经合发组织和欧盟内召开的会议和开展的讨论，开展了作为本试验指导之基础的多种金属和金属化合物的试验工作，并就此提出了报告（本附件参考文献 5 至 11）。

A9.1.2 通过比较（a）在标准水生介质中转化或溶解时产生的溶液中金属离子浓度，以及（b）通过溶解金属盐确定的适当的标准毒性数据（急性和慢性毒性值），可对于金属和微溶金属化合物的短期和长期水生毒性作出评价。本文件就如何进行转化/溶解试验给予了指导。利用溶解/转化协议的结果得出环境危害分类的方法，不在本指导文件的范围之内，但可参阅附件 8 第 A8.7 节。

A9.1.3 对于本试验指导，金属和微溶金属化合物的转化在试验中从以下方面定义和描述：

- (a) 金属， M^0 ，在其基本状态下，不能溶解于水，但可以通过转化形成现有形态。这意味着，一种处于基本状态的金属可与介质发生反应，形成可溶解阳离子或阴离子产物，并且在这一过程中，金属将发生氧化或转化，从中性或零氧化状态转变为高级状态；
- (b) 在一种简单的金属化合物内，比如在金属氧化物或硫化物内，金属已经以一种氧化状态存在，因此，当化合物进入一种水生介质后，就不太可能出现进一步的金属氧化。然而，当氧化状态没有改变的时候，与介质之间的交互作用将有可能产生更多的可溶解形态。可将微溶金属化合物视为一种可对其溶解性产物进行计算，而且将通过溶解形成少量现有形态的化合物。然而，应该认识到，最终溶解浓度可能受到多种因素的影响，其中包括在转化/溶解试验中沉淀的某些金属化合物的溶解产物，比如氢氧化铝。

A9.2 基本原理

A9.2.1. 本试验指导是作为标准试验室转化/溶解协议制定的，而它所依据的是一种简单的试验方法，即搅拌某一 pH 值缓冲水介质中不同量的试验物质，并在规定的时间间隔进行采样和分析，以确定已溶解金属离子在水中浓度。下面将介绍两种不同的试验类型：

* 经合发组织环境、健康和安全问题出版物，试验和评估系列，第 29 期，经济合作与发展组织环境局，2001 年 4 月，

A9.2.2 甄别转化/溶解试验——微溶金属化合物

A9.2.2.1 对于微溶金属化合物，总溶解金属的最大浓度可通过金属化合物溶解极限，或者根据甄别转化/溶解试验确定。在单一负荷下进行甄别试验的目的，是识别发生溶解或快速转化，以致很难从它们的溶解形态中找到生态毒性潜力的那些化合物。

A9.2.2.2 将从市场上可能买到的具有最小典型粒度的微溶金属化合物，以 100 mg/L 的单一负荷加到水介质中。将要发生的这种溶解，可在 24 小时试验时间内，通过搅拌方法得到。经过 24 小时搅拌后，检测已溶解金属离子浓度。

A9.2.3 完全转化/溶解试验——金属和微溶金属化合物

A9.2.3.1 完全转化/溶解试验的目的是确定金属和金属化合物在不同的水相负荷下，在一定时间后的溶解或转化水平。通常是将块状和/或粉状试验物质，以 1、10 和 100 mg/L 三种不同的负荷加到水介质中。如果无法预期能够显著释放已溶解金属物质，也可以只选用 100 mg/L 这种单一负荷。转化/溶解是通过标准化搅拌方法得到的，不会导致颗粒物磨损。短期转化/溶解试验的终点指标是根据为期 7 天的转化/溶解试验后所得到的已溶解金属离子浓度得到的。而长期转化/溶解试验的终点指标是在 1 mg/L 的单一负荷下，根据为期 28 天的转化/溶解试验得到的。

A9.2.3.2 由于 pH 值对转化/溶解有着显著影响，因此原则上，甄别试验和完全试验都应该在可获得溶液中最大已溶解金属离子浓度的 pH 值条件下进行。根据在自然环境中经常出现的酸碱度条件，除 28 天完全试验以外，必须将 pH 值控制在 6 至 8.5 之间。在进行 28 天完全试验时，应将 pH 值控制在 5.5 至 8.5 之间，以便将可能对酸性湖产生的长期影响考虑进去。

A9.2.3.3 此外，由于试验样本中颗粒物表面积的大小对转化/溶解比率和程度都会产生显著的影响，所以应采用从市场上能买到的具有最小典型粒度的粉剂进行试验，而在进行块状物质试验时，则应采用在正常处理和使用中具有代表性的粒度尺寸。在没有这方面的资料的情况下，缺省粒度尺寸为直径 1mm。对于块状金属，只有经过充分论证，方可超过这一缺省尺寸。此外，还应确定比表面积，以便对类似样品进行描述和比较。

A9.3 试验的适用性

本试验方法适用于所有的金属和微溶无机金属化合物。某些例外情况，比如某些与水起化学反应的金属，在使用本试验方法时需要经过论证。

A9.4 有关试验物质的信息

应将从市场能够买到的物质用于转化/溶解试验。为正确解释试验结果，获得有关试验物质的下列信息资料十分重要：

- 物质名称、化学分子式和在市场上的用途；
- 物理-化学制备方法；
- 试验所用物质批次标识；
- 化学特性：全纯度（%）和单位杂质含量（% 或 ppm）；
- 密度（g/cm³）或比重；

- 比表面积检测值 (m^2/g) ——通过 BET N_2 吸收法-吸附或类似方法测量;
- 存放期, 有效期;
- 已知溶解性数据和溶解产物;
- 危险标识和安全搬运方法;
- 材料安全数据单或类似文件。

A9.5 试验方法说明

A9.5.1 试验设备和试剂

A9.5.1.1 为进行试验, 需要使用下列试验设备和试剂:

- 经过预清洗和酸洗的封闭式玻璃样品瓶 (第 A9.5.1.2 段);
- 转化/溶解介质 (ISO 6341) (第 A9.5.1.3 段);
- 试验溶液缓冲装置 (第 A9.5.1.4 段);
- 搅拌设备: 轨道式震动器、径向叶轮、试验室震动器或相应设备 (第 A9.5.1.5 节);
- 适当的过滤器 (比如 $0.2 \mu\text{m}$ Acrodisc 过滤器) 或离心式固液分离器 (第 A9.5.1.7 段);
- 可将温度控制在温度范围 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 至 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 的 $\pm 2^\circ\text{C}$ 的反应罐温度控制装置, 比如温度控制柜或水浴装置;
- 注射器和/或自动吸液管;
- 在 $+ 0.2 \text{ pH}$ 单位内显示可接受的检测结果的 pH 值检测计;
- 具有温度显示功能的溶解氧计;
- 温度计或热电偶; 以及
- 金属分析设备 (比如, 自动吸收光谱仪、感应式偶合轴向等离子光谱仪)。

A9.5.1.2 必须按试验室标准做法认真清洗所有的玻璃试验容器, 然后再进行酸洗 (比如 HCl), 最后用去离子水冲洗。试验容器的容量和配置 (1 升或 2 升反应罐) 应足以装下 1 升或 2 升水介质, 而不会在规定的搅拌过程中溢出。如需采用空气缓冲方法 (在 pH 值等于 8 的条件下进行试验), 建议加大顶部空间/液体比例 (比如在 2.8 升长颈瓶内装 1 升介质), 以便增加介质的空气缓冲能力。

A9.5.1.3 必须将基于 ISO 6341 标准的再生标准水*, 作为标准转化/溶解介质使用。介质在用于试验之前, 必须通过过滤 ($0.2 \mu\text{m}$) 方法进行消毒。下面是标准转化/溶解介质的化学成分 (在 pH 值等于 8 的条件下进行试验):

NaHCO_3 :	65.7 mg/L
KCl:	5.75 mg/L
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$:	294 mg/L
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$:	123 mg/L

* 为进行危害分类, 应将溶解/转化协议结果与金属化合物的现有生态毒性数据进行比较。然而, 对于数据评估等等, 可能会出现这样情况, 即可将来自完全转化试验的水质量直接用于 OECD 202 和 203 水蚤和鱼的生态毒性试验。如果转化介质的 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 浓度减少到 ISO 6341 介质的五分之一, 完全转化介质也可用于 OECD 201 海藻生态毒性试验 (但需要加入微量营养素)。

对于在较低的 pH 值条件下进行的试验，第 A9.5.1.7 段给出了调整后的化学成分。

A9.5.1.4 有机碳在介质中的总浓度不得超过 2.0mg/L。

A9.5.1.5 除淡水介质外，当海水中含有的较高氯化物含量或其它特殊化学特性可能会显著影响金属化合物的溶解或转化，而且可以得到有关海洋物种的毒性试验数据时，也可以考虑使用标准化海水试验介质。在考虑使用海水时，标准化海水介质的化学成分应满足下列要求：

NaF:	3mg/L
SrCl ₂ ·6H ₂ O:	20mg/L
H ₃ BO ₃ :	30mg/L
KBr:	100mg/L
KCl:	700mg/L
CaCl ₂ ·2H ₂ O:	1.47g/L
Na ₂ SO ₄ :	4.0g/L
MgCl ₂ ·6H ₂ O:	10.78g/L
NaCl:	23.5g/L
Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O:	20mg/L
NaHCO ₃ :	200mg/L

含盐量应达到 34 ± 0.5 g/kg，pH 值应为 8.0 ± 0.2。还应去除再生盐水中的微量金属元素（来自 ASTM E 729-96）。

A9.5.1.6 转化/溶解试验应在规定 pH 范围内可使溶液中已溶解金属离子浓度达到最高的 pH 值条件下进行。对于甄别试验和 7 天完全试验，pH 值必须在 6 至 8.5 范围内；对于 28 天完全试验，pH 值必须在 5.5 至 8.5 范围内（第 A9.2.3.2 段）。

A9.5.1.7 通过与空气的平衡，可在 pH 值为 8 的条件下建立缓冲机制。在这种条件下，CO₂ 浓度可提供一种自然缓冲能力，足以使 pH 值在为期一周的试验期间内，其平均波动幅度始终保持 ± 0.2 pH 范围内（附件 9 参考文献 7）。可通过增大顶部空间/液体比的方法，改善介质的空气缓冲能力。

对于将 pH 值下降到 7 和 6 时的 pH 值调节和缓冲，表 A9.1 给出了介质的化学成分推荐值，以及通过顶部空间的空气中的 CO₂ 浓度值和在这种条件下的 pH 计算值。

表 A9.1: 试验介质化学成分推荐值

试验介质化学成分	NaHCO ₃	6.5 mg/L	12.6 mg/L
	KCl	0.58 mg/L	2.32 mg/L
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	29.4 mg/L	117.6 mg/L
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	12.3 mg/L	49.2 mg/L
试验容器中的 CO ₂ 浓度（其余成分为空气）		0.50%	0.10%
pH 计算值		6.09	7.07

注：pH 值是利用 FACT（化学热力学分析设备）系统计算的（<http://www.crct.polymtl.ca/fact/fact.htm>）。

A9.5.1.8 如果使用的缓冲器对化学物种形成和已溶解金属成分转化率的影响可能达到最小，也可以使用其它等效缓冲方法。

A9.5.1.9 在完全转化/溶解试验过程中，应采用适当的搅拌方法，以保持水介质不断流过试验物质，同时保持试验物质表面和在试验过程中形成的任何固体反应产物覆盖层的完整性。对于 1 升水介质，可通过下列装置进行搅拌：

- 径向叶轮组以 200 r.p.m. 的速度旋转；叶片从 1 升反应罐底部展开 5cm。径向叶轮由一根钢轴和装在轴上的两个固定式聚丙烯叶片组成。钢轴直径为 8mm，长度为 350mm，表面覆有一层 PVC 塑料包层；叶片宽度为 40mm，长度为 15mm；或者
- 一个 1.0 至 3.0 升长颈瓶，上面塞有一个橡皮塞，装在一个轨道式振荡器或实验室振荡器上，以 100 r.p.m. 的转速震荡搅拌。

也可以使用其它温和搅拌方法，前提是它们能够满足表面完整性和溶液均匀性标准。

A9.5.1.10 是否选择固-液分离方法，取决于可溶性金属离子是否能够吸附到过滤器上，以及是否可通过 A9.5.1.9 规定的搅拌方法形成悬浮物。这种搅拌方法本身又取决于粒度分布和颗粒密度。对于密度大于 6 g/cm^3 的固体物质和 50% 的粒径 $< 8 \mu\text{m}$ 这样低的粒度分布状况，经验表明，A9.5.1.9 规定的温和搅拌法不大可能产生悬浮物。所以，利用样品过滤方法，比如选用 25mm 直径 $0.2 \mu\text{m}$ 聚乙醚砜膜注射筒过滤器（作为一种可选做法，可覆盖一层 $0.8 \mu\text{m}$ 预滤器），可使溶液基本上不存在固体物质。

然而，当出现悬浮物时，一种有效的做法可能是：在提取样本之前，停止搅拌，使悬浮物沉淀大约 5 分钟。

A9.5.2 前提条件

A9.5.2.1 分析方法

适当有效的总溶解金属物质分析方法对试验研究必不可少。分析检测极限值应低于相应的外毒性试验慢性或长期值。

在报告中至少要说明下列分析确认结果：

- 分析方法的检测和量化极限；
- 在适用分析范围内的分析线性范围；
- 包括转化介质在内的对照试验（可在试验过程中进行）；
- 转化介质对已溶解金属离子的基体效应；
- 转化试验完成后的质量平衡（%）；
- 分析的可再现性；
- 可溶性金属离子在过滤器上的吸附特性（如果过滤器用于将溶液从固体金属离子中分离出来）。

A9.5.2.2 适当的溶解介质 pH 值的确定

如果没有相应的文献数据可供使用，则需要进行初步甄别试验，以确保试验是在 A9.2.3.2 和 A9.5.1.6 所述的 pH 值范围内选择的可使转化/溶解率最大的 pH 值条件下进行的。

A9.5.2.3 转化数据的可再现性

A9.5.2.3.1 对于一种配置 3 个重复试验容器，在每次采样时每个试验容器重复采集两个样本的标准试验模式，可以合理地预期，对于一种在较窄的粒度（比如 37-44 μm ）和总表面积范围内试验的物质，当试验物质负荷恒定时，转化数据的试验容器内波动应小于 10%，试验容器间波动应小于 20%（参考文献 5，本附件）。

A9.5.2.3.2 为估计转化试验的可再现性，下面将给出一些操作指导。其结果可用于通过改变重复试验容器配置数量和/或重复采样次数或颗粒物的进一步甄别，来调整最终试验设计和配置，从而最终提高试验的可再现性。也可以通过初步试验先对物质转化率作出初步评估，并利用初步试验来确定采样频率。

A9.5.2.3.3 在制备转化/溶解介质时，应先搅拌大约半个小时，使水介质与缓冲气体达到平衡状态，从而将介质的 pH 值调整到理想值范围内（空气缓冲或 CO_2 缓冲）。在加入物质之前至少应从试验介质中采集三个样本（比如 10-15 ml），并进行已溶解金属浓度检测，作为对照和背景资料。

至少采用五个试验容器，装有金属或金属化合物（比如 100 mg 固体物质/L 介质），按 A9.5.1.9 所述方法，在 20-25 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 温度波动下进行搅拌；在 24 小时后，用注射器从每个试验容器内采集三个样本。按 A9.5.1.10 所述方法，利用薄膜过滤器将固体和溶液分离。再用 1% HNO_3 将溶液进行酸化处理，并分析溶液中的已溶解金属总浓度。

A9.5.2.3.4 分别计算已溶解金属浓度检测值的试验容器内和试验容器间平均值和变异系数。

A9.5.3 试验性能

A9.5.3.1 溶解甄别试验——微溶金属化合物

A9.5.3.1.1 溶解介质制备后，将介质加入到至少三个试验容器内（试验容器数量取决于初步试验中确定的可再现性）。经过半个小时的搅拌，使水介质与气体或缓冲系统达到平衡（第 A9.5.1.6 至 A9.5.1.8 段），检测介质的 pH 值、温度和溶解 O_2 氧浓度。然后，从试验介质中至少采集两个 10-15 mL 样本（在加入固体之前），并进行已溶解金属浓度检测，作为对照和背景资料。

A9.5.3.1.2 将金属化合物喂入试验容器内，加入量为 100 mg/L，然后盖上试验容器盖，并进行快速而剧烈的搅拌。经过 24 小时搅拌后，在每个试验容器内进行 pH 值、温度和溶解 O_2 氧浓度检测，并用注射器从每个试验容器内采集两三个溶液样本。然后按前面 A9.5.1.10 段所述方法，让溶液通过薄膜过滤器。再用比如 1% HNO_3 将溶液进行酸化处理，并分析溶液中的已溶解金属总浓度。

A9.5.3.2 完全试验——金属和金属化合物

A9.5.3.2.1 重复 A9.5.3.1.1 所述步骤。

A9.5.3.2.2 对于 7 天试验，将试验物质分别按 1、10 和 100 mg/L 的用量，加入到装有水介质的试验容器内（试验容器数量取决于按 A9.5.2.3 小节所述初步试验方法确定的可再现性）。然后将试验容器密封，并按 A9.5.1.9 所述方法进行搅拌。如需进行 28 天试验，加入量为 1 mg/L 的试验可延续到 28 天，如果 7 天和 28 天试验都选择了相同的 pH 值。然而，由于 7 天试验只在 pH 值范围大于等于 6 的条件下进行，因

此，需要再分别进行 28 天试验，以覆盖 pH 值在 5.5 至 6 的区间范围。同时进行一项没有加入任何试验物质的对照试验（比如空白试验溶液），也可能是有用的。在规定的时间内（比如 2 小时、6 小时、1 天、4 天和 7 天），检测每个试验容器内的温度、pH 值和溶解 O₂ 浓度，并用注射器从每个试验容器内至少采集两个样本（比如 10-15 mL）。按上面 A9.5.1.10 所述方法将固体和溶解组分分离。再对溶液进行酸化处理（比如加入 1 % 的 HNO₃）和进行溶解金属浓度分析。在第一个 24 小时过后，加入一定量的相等于已采集介质成分的新鲜溶解介质，以补足溶解体积。经过后续采样后进行重复操作。从试验溶液中提取的最大总体积，不应超过原始试验溶液体积的 20%。当后续检测得到的三个总溶解金属浓度数据波动量不超过 15% 时，即可停止试验。10 和 100 mg/L 负荷的最长试验时间为 7 天（短期试验），1 mg/L 试验介质的最长试验时间为 28 天（长期试验）。

A9.5.4 试验条件

A9.5.4.1 转化/溶解试验应在恒定的环境温度下进行，温度应控制在 20-25 °C 范围内，温度波动为 ± 2 °C。

A9.5.4.2 转化/溶解试验应在第 A9.2.3.2 和 A9.5.1.6 段规定的 pH 值范围内进行。应在每隔一段时间进行的溶液测温取样时，记录试验溶液的 pH 值。在大多数试验期间，pH 值可能都会保持恒定不变（± 0.2 单位），尽管由于物质处于细分状态时的固有特性，当活性物质细粉加入量为 100 mg/L 时，会遇到一些短期 pH 值波动现象（本附件参考文献 7）。

A9.5.4.3 在水介质的上面，反应容器提供的顶部空间在多数情况下应足以将溶解氧浓度维持在其在空气中的饱和度的 70% 以上，即大约 8.5 mg/L。然而，在某些情况下，反应动力可能不仅受到位于溶液上面顶部空间内的分子氧的存量限制，而且可能受到溶解氧转化为反应产物，以及反应产物离开固液两相界面的限制。在这种情况下，除了等待恢复平衡以外，没有什么别的办法。

A9.5.4.4 为减少化学和生物污染及蒸发量，在可能的情况下，转化/溶解动态过程必须在封闭容器内和黑暗中进行。

A9.6 试验结果的处理

A9.6.1 甄别试验

计算 24 小时内溶解金属平均浓度（在置信区间内）。

A9.6.2 完全试验：确定转化/溶解程度

A9.6.2.1 短期试验

将不同的短期（7 天）试验中检测得到溶解金属浓度值，按时间座标绘制成曲线，如果可能的话，即可确定转化/溶解动力。下列动力学模型可用于描述转化/溶解曲线：

(a) 线性模型：

$$C_t = C_0 + kt, \text{ mg/L}$$

式中:

- C_0 = 时间 $t=0$ 时的初始总溶解金属浓度 (mg/L);
- C_t = 在时间 t 的总溶解金属浓度 (mg/L);
- k = 线性速度常数, mg/L-天。

(b) 一阶模型:

$$C_t = A (1 - e^{-kt}), \text{mg/L}$$

式中:

- A = 当表观平衡=常数时的极限溶解金属浓度 (mg/L);
- C_t = 在时间 t 的总溶解金属浓度 (mg/L);
- k = 一阶速率常数, 1/天。

(c) 二阶模型:

$$C_t = A (1 - e^{-at}) + B (1 - e^{-bt}), \text{mg/L}$$

式中:

- C_t = 在时间 t 的总溶解金属浓度 (mg/L);
- a = 一阶速率常数, 1/天;
- b = 二阶速率常数, 1/天;
- C = $A + B$ = 极限溶解金属浓度 (mg/L)。

(d) 反应动力方程式:

$$C_t = a[1 - e^{-bt} - (c/n) \{1 + (b e^{-nt} - n e^{-bt}) / (n-b)\}], \text{mg/L}$$

式中:

- C_t = 在时间 t 的总溶解金属浓度 (mg/L);
- a = 回归系数 (mg/L);
- B, c, d = 回归系数 (1/天);
- n = $c+d$.

也可以使用其它反应动力学方程式 (本附件参考文献 7 和 8)。

对于转化试验中的每个重复试验容器, 应通过回归分析方法估计这些模型参数。这种方法可避免在同一重复试验容器内前后两次检测结果之间出现相关关系问题。如果至少使用了三个重复试验容器, 可利用标准方差分析方法对系数的平均值进行比较。对决定系数 r^2 , 作为判断模型是否“拟合良好”的指标进行估计。

A9.6.2.1 长期试验

将 28 天试验中，从加入量为 1 mg/L 的溶液中检测到的溶解金属浓度值，按时间坐标绘成曲线，如果可能的话，按 A9.6.1 和 A9.6.2 所述方法，确定转化/溶解动力。

A9.7 试验报告

试验报告应包括（但不限于）下列信息（另见 A9.4 和 A9.5.2.1）：

- 写明发起人和试验设备；
- 说明试验物质；
- 说明再生试验介质和金属加入量；
- 说明所采用的试验介质缓冲系统和所用的 pH 值的有效性（按照第 A9.2.3.2 段 以及第 A9.5.1.6 至 第 A9.5.1.8 段），说明所用的分析方法；
- 详细说明试验仪器和试验方法；
- 标准金属溶液制备方法；
- 方法确认结果；
- 金属浓度、pH 值、温度和含氧量分析结果；
- 在不同时间间隔的试验和分析日期
- 在不同时间间隔的平均溶解金属浓度（及置信区域）；
- 转化曲线（总溶解金属量随时间变化情况）；
- 转化/溶解动力分析结果，如果已经确定的话；
- 通过估计方法得到反应动力学方程，如果已经确定的话；
- 研究计划偏差，如果有的话，还应说明出现的原因；
- 有可能影响试验结果的任何环境情况；以及
- 对记录和原始数据的参考。

附件 9

附录

参考文献

1. "Draft Report of the OECD Workshop on Aquatic Toxicity Testing of Sparingly Soluble Metals, Inorganic Metal Compounds and Minerals", Sept. 5-8, 1995, Ottawa
2. OECD Metals Working Group Meeting, Paris, June 18-19, 1996
3. European Chemicals Bureau. Meeting on Testing Methods for Metals and Metal Compounds, Ispra, February 17-18, 1997
4. OECD Metals Working Group Meeting, Paris, October 14-15, 1997
5. LISEC* Staff, "Final report "transformation/dissolution of metals and sparingly soluble metal compounds in aqueous media - zinc", LISEC no. BO-015 (1997)
6. J.M. Skeaff* and D. Paktunc, "Development of a Protocol for Measuring the Rate and Extent of Transformations of Metals and Sparingly Soluble Metal Compounds in Aqueous Media. Phase I, Task 1: Study of Agitation Method." Final Report, January 1997. Mining and Mineral Sciences Laboratories Division Report 97-004(CR)/Contract No. 51545
7. Jim Skeaff and Pierrette King, "Development of a Protocol For Measuring the Rate and Extent of Transformations of Metals and Sparingly Soluble Metal Compounds in Aqueous Media. Phase I, Tasks 3 and 4: Study of pH and of Particle Size/Surface Area.", Final Report, December 1997. Mining and Mineral Sciences Laboratories Division Report 97-071(CR)/Contract No. 51590
8. Jim Skeaff and Pierrette King, Development of Data on the Reaction Kinetics of Nickel Metal and Nickel Oxide in Aqueous Media for Hazard Identification, Final Report, January 1998. Mining and Mineral Sciences Laboratories Division Report 97-089(CR)/Contract No. 51605
9. LISEC Staff, "Final report "transformation/dissolution of metals and sparingly soluble metal compounds in aqueous media - zinc oxide", LISEC no. BO-016 (January, 1997)
10. LISEC Staff, "Final report "transformation/dissolution of metals and sparingly soluble metal compounds in aqueous media - cadmium", LISEC no. WE-14-002 (January, 1998)
11. LISEC Staff, "Final report "transformation/dissolution of metals and sparingly soluble metal compounds in aqueous media - cadmium oxide", LISEC no. WE-14-002 (January, 1998)

参考书目

1. OECD Guideline for testing of chemicals, Paris (1984). Guideline 201 Alga, Growth Inhibition test
2. OECD Guideline for testing of chemicals, Paris (1984). Guideline 202:Daphnia sp. Acute immobilisation test and Reproduction Test
3. OECD Guideline for testing of chemicals, Paris (1992). Guideline 203: Fish, Acute Toxicity Test
4. OECD Guideline for testing of chemicals, Paris (1992). Guideline 204: Fish, Prolonged Toxicity Test: 14- Day study
5. OECD Guideline for testing of chemicals, Paris (1992). Guideline 210: Fish, Early-Life Stage Toxicity Test
6. International standard ISO 6341 (1989 (E)). Determination of the inhibition of the mobility of Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea)

* LISEC, Craevenne 140, 3600 Genk, Belgium.

* CANMET, Natural Resources Canada, 555 Booth St., Ottawa, Canada K1A 0G1.