

GESAMP Hazard Evaluation Procedure for Chemical Substances

Yanli Zhi¹, Guangxun Liu^{1,2}, Weili Xi¹, Le Zhang³, Chao Li¹

¹R&D Centre, Tianjin Eco-City Environmental Technology Consulting Co., Ltd., Tianjin

²School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin

³Environment Assessment Centre, China Classification Society Industrial Corporation, Tianjin

Email: zhi_yanli@163.cm

Received: Sep. 23rd, 2017; accepted: Oct. 7th, 2017; published: Oct. 18th, 2017

Abstract

GESAMP hazard evaluation procedure for chemical substances carried by ships was revised in 2014, and *Revised GESAMP Hazard Evaluation Procedure for Chemical Substances Carried by Ships, 2nd Edition (2nd Edition)* was published, which provides an updated set of criteria for evaluating the hazards of chemical substances. The revised GESAMP hazard evaluation procedure in *2nd Edition* and its application in marine pollution hazard analysis of chemicals was introduced by taking phenol, acrylonitrile as examples, and etc. Application includes bioaccumulation and biodegradation, aquatic toxicity, acute mammalian toxicity, irritation, corrosion and long-term mammalian health effects, interference with other uses of the sea. GESAMP hazard evaluation procedure may also have some use in guidance for emergency, aquatic environmental impact and human health impact analysis. It hopes that the procedure would be used for the related research and work of the chemicals.

Keywords

Environmental Hazard Evaluation, Chemical Pollution, Marine Pollution, Environmental Impact, GESAMP

GESAMP化学品危害评估程序

支彦丽¹, 刘光逊^{1,2}, 西伟力¹, 张乐³, 李超¹

¹天津生态城环境技术咨询有限公司研发中心, 天津

²天津大学环境科学与工程学院, 天津

³中国船级社实业公司环境评估中心, 天津

Email: zhi_yanli@163.cm

收稿日期: 2017年9月23日; 录用日期: 2017年10月7日; 发布日期: 2017年10月18日

摘要

2014年, GESAMP对船载化学品危害评估程序进行了修订, 出版了*Revised GESAMP Hazard Evaluation Procedure for Chemical Substances Carried by Ships, 2nd Edition* (以下简称*2nd Edition*), 该版本更新了化学品危害评估标准。本文详细介绍了*2nd Edition*中修订后的GESAMP危害评估程序, 以苯酚、丙烯腈等为例, 介绍该程序在化学品海洋污染危害性分析中的应用, 包括: 生物富集与生物降解分析, 水生生物毒性分析, 哺乳动物急性毒性分析, 化学品的刺激、腐蚀及长期健康影响, 以及对海洋的其他危害分析。另外, 该程序还可用于指导应急救援、水体环境影响和人类健康影响分析。通过该评估程序的介绍以期可以用于相关领域的研究和工作。

关键词

环境危害评估, 化学品污染, 海洋污染, 环境影响, GESAMP

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

海洋环境保护科学联合专家组, 即 GESAMP, 全称 The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, 该组织成立于 1969 年, 致力于海洋环境保护, 其主要任务是提供有关预防、减少和控制海洋环境退化的科学咨询。目前, 已有 9 个国际组织加入, 包括: 国际海事组织(IMO, International Maritime Organization)、联合国粮食及农业组织(FAO, Food and Agriculture Organization)、联合国教科文组织政府间海洋学委员会(UNESCO-IOC, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization-the Intergovernmental Oceanographic Commission)、世界气象组织(WMO, World Meteorological Organization)、世界卫生组织(WHO, World Health Organization)、国际原子能机构(IAEA, International Atomic)、联合国(UN, United Nations)和联合国环境规划署(UNEP, United Nations Environment Programme) [1]。

2002 年, GESAMP 对船载化学品危害评估程序进行了修订, 2014 年, 进行了第二次修订, 并发布 *Revised GESAMP Hazard Evaluation Procedure for Chemical Substances Carried by Ships, 2nd Edition* [2] (以下简称 *2nd Edition*), 更新了化学品危害评估标准, 并配套化学品危害分析的结果清单, 最新清单为 2016 年发布的 *GESAMP Composite List 2016* [3]。目前未发现中文文献对该最新版本的介绍[4] [5] [6] [7] [8] [9], 因此, 本文对最新版本进行介绍, 该方法涉及化学品的危害评估, 包括对人体健康危害的分析, 是一种较全面的危害评估方法, 并且 *GESAMP Composite List 2016* 含有大量化学品危害信息, 有利于我们掌握相关数据资源, 有利于了解化学品的危害性。

2. GESAMP 危害评估程序

2nd Edition 中详细阐述了 GESAMP 危害评估程序, 分为 5 大项进行, 即 ABCDE 五栏标准法, 每一栏分析化学品的一类危害, 具体内容详见下文。GESAMP 采用国际通用标准, 以保证数据使用的相容性, 数据符合经合组织(OECD)良好实验室原则。化学品危害数据主要来源: 美国化学理事会(ACC)、欧洲化

学、工业协会(CEFIC)、日本化学工业协会(JCIA)、欧洲化学品管理局(ECHA)、美国环境保护署(EPA)等。

2.1. A 栏：分析化学品的生物富集与生物降解性质

A 栏：分析化学品的生物富集(A1)与生物降解性质(A2)。生物富集性采用辛醇/水分配系数($\log P_{ow}$)和生物富集系数(BCF)描述[10]，数据源于对水生生物进行生物富集实验。生物降解分为有机物和无机物，包括易生物降解有机物(R)，不易生物降解有机物(NR)，溶解性无机物(inorg.R)，不溶性无机物(inorg.NR)。详细分级描述见表 1。

2.2. B 栏：分析水生生物毒性

B 栏：用以分析水生生物毒性[11]，包括急性毒性(B1 栏)和慢性毒性(B2 栏)。急性毒性以半数致死浓度(LC₅₀)、半数效应浓度(EC₅₀)和半数抑制浓度(IC₅₀)来衡量，数据来自实验室鱼类、甲壳动物和微藻实验；慢性毒性是指水生生物长期暴露有害物质所受到的影响，以无效应剂量(NOEC)表示，数据来自鱼类、甲壳动物和微藻实验。详细分级内容见表 2。

2.3. C 栏：分析哺乳动物急性毒性

C 栏：哺乳动物急性毒性(人类健康)，包括口服毒性(C1 栏)、皮肤接触毒性(C2 栏)和吸入毒性(C3 栏)，采用急性毒性估计值(ATE)表示[11]。数据根据人类经验及可靠证据，进行实验室动物实验获得。危险分级详见表 3。

Table 1. Column A: Bioaccumulation and biodegradation

表 1. A 栏：生物富集与生物降解

生物富集 A1				生物降解 A2	
危险等级	描述	A1a $\log P_{ow}$	A1b BCF	危险等级	描述
0	无潜在生物富集危险	<1 或 >ca.7 或 Mol. Wt. >1000	无测量值	R	易生物降解有机物
1	非常低的潜在生物富集危险	1~<2	1~<10	NR	不易生物降解有机物
2	低潜在生物富集危险	2~<3	10~<100	inorg.R	溶解性无机物
3	中度潜在生物富集危险	3~<4	100~<500	inorg.NR	不溶性无机物
4	高潜在生物富集危险	4~<5	500~<4000		
5	非常高的潜在生物富集危险	5~<ca.7	≥4000		

Table 2. Column B: Aquatic toxicity

表 2. B 栏：水生生物毒性

急性毒性 B1			慢性毒性 B2		
危险等级	描述	LC/LL ₅₀ 、EC/EL ₅₀ 和 IC/IL ₅₀ (mg/L)	危险等级	描述	无效应剂量 (NOEC, mg/L)
0	无危害性	>1000	0	可忽略	>1
1	实验无毒性	>100~≤1000	1	低	>0.1~≤1
2	轻度毒性	>10~≤100	2	中度	>0.01~≤0.1
3	中度毒性	>1~≤10	3	高	>0.001~≤0.01
4	高度毒性	>0.1~≤1	4	极高	≤0.001
5	极高毒性	>0.01~≤0.1			
6	极端毒性	≤0.01			

Table 3. Column C: Acute mammalian toxicity by ingestion, skin contact and inhalation
表 3. C 栏: 哺乳动物急性毒性(人类健康)

危险等级	相对危害性描述	C1 急性口服毒性 急性毒性估计值 ATE (mg/kg)	C2 急性皮肤接触毒性 急性毒性估计值 ATE (mg/kg)	C3 急性吸入毒性急性毒性估计值 ATE (mg/1/4hr)
0	无危害性	>2000	>2000	>20
1	轻度危害	>300~≤2000	>1000~≤2000	>10~≤20
2	中度危害	>50~≤300	>200~≤1000	>2~≤10
3	较高危害	>5~≤50	>50~≤200	>0.5~≤2
4	高度危害	≤5	≤50	≤0.5

2.4. D 栏: 分析刺激、腐蚀及长期健康影响

D 栏: 刺激、腐蚀及长期健康影响[12], 包括皮肤刺激和腐蚀(D1 栏)、眼睛刺激和腐蚀(D2 栏)和长期健康影响(D3 栏)。数据根据人类经验及可靠证据, 进行实验室动物实验获得。长期健康影响主要是关注致癌、致突变等危害, 详细描述见表 4。

2.5. E 栏: 对海洋的其他危害

E 栏: 对海洋的其他危害, 包括对渔业污染(E1 栏)、对野生动物及海底生境的影响(E2 栏)和海岸应用舒适度的影响(E3 栏)。危害分级详见表 5。

其中, E1 栏已经被 IMO 组织删除, *The GESAMP Composite List 2016* 仍然保留了 E1 栏的数据, 但是相关污染数据不再进行进一步的评估。E2 栏描述化学品在海洋环境中的环境行为, 主要考虑 20°C 时化学品的物理状态、密度、蒸气压、溶解度, 以判断其环境行为。E3 栏主要描述港口或河口、渔业、海滩的使用情况和污染状态, 人类沿海人口的健康, 海洋生物资源的保护等, 数据支持主要是前面 C 栏、D 栏、E2 栏的数据以及化学品的易燃性数据。

3. GESAMP 危害评估程序的应用

GESAMP 危害评估程序的主要目的是协助《经 1978 年议定书修订的 1973 年国际防止船舶造成污染公约》(MARPOL 73/78)(以下简称 MARPOL 公约)的实施[2]。包括用于 MARPOL 公约附则 II 中危险化学品的污染种类的确定[5], 以及用于《散装运输危险化学品船舶构造与设备规范》(IBC code) [5]中船舶类型的确定, 另外用于化学品的危害性评估[5] [13] [14] [15] [16] [17]。

本文主要关注化学品危害性评估。GESAMP 危害评估程序提供了一系列化学品的属性信息, 涉及对水环境和人类健康的危害, 有利于迅速获得危害信息, 从而进行环境和人类健康的保护。

这里以常见化学品为例, 包括无机物和有机物, 有机物涉及烃、醚、酚、酯、胺、腈等。分析结果详见表 6。需要注意: *The GESAMP Composite List 2016* 中一个完整的评级数据, 表明该数据审查达成共识, 或是具备足够的证据; 括号中的评级数据, 表示该数据来自类似化学品, 或通过可接受的估计方法评估得到; “NI”是“no information”的缩写, 表示没有足够的证据支持[2] [5]。

1) 根据 *The GESAMP Composite List 2016* 和 *2nd Edition* 可以用以化学品危害性的评估和描述(详见表 6), 以分析苯酚和乙二醇为例进行分析。

苯酚: 根据 A 栏数据, 具有低潜在生物富集危险, 其中 $\log P_{ow}$ 在[1, 2)范围内, BCF 在[10, 100)范围内, 属于易生物降解有机物; 根据 B 栏数据, 具有中度急性水生生物毒性, 慢性毒性可忽略; 根据 C 栏数据, 具有中度急性口服毒性、中度急性皮肤接触毒性和较高的急性吸入毒性; 根据 D 栏数据, 对皮肤

Table 4. Column D: Irritation, corrosion and long-term health effects
表 4. D 栏: 刺激、腐蚀及长期健康影响(人类健康)

D1 皮肤刺激和腐蚀			D2 眼睛刺激和腐蚀			D3 长期健康影响
危险等级	描述	症状	危险等级	描述	临床症状	关注内容
0	无刺激	无临床症状/无炎症	0	无刺激	无临床症状/无炎症	
1	轻度刺激	轻微红斑无浮肿, 或有水肿(可快速恢复)	1	轻度刺激	轻度结膜充血无球结膜水肿, 或有球结膜水肿(7天可恢复)	
2	中度刺激	明显红斑; 明显的水肿; 其他局部受伤迹象	2	中度刺激	明显结膜充血, 球结膜水肿, 角膜损伤。以上症状 21 天内可恢复	C-致癌; M-致突变; R-生殖毒性; Ss-皮肤致敏 Sr-呼吸系统过敏
3	严重刺激或腐蚀	严重刺激, 造成局部组织损伤; 全层皮肤坏死, 暴露时间未报道	3	严重刺激, 伴有不可逆角膜损伤	严重的睑缘炎, 球结膜水肿, 角膜损伤或类似症状。以上症状 21 天内不能完全恢复	A-吸入有害物 T-靶器官毒性 L-肺部损害 N-神经毒性 I-免疫系统中毒
3A		全层皮肤坏死, 暴露时间 1~4 小时				
3B	腐蚀	全层皮肤坏死, 暴露时间 3 分钟~1 小时				
3C		全层皮肤坏死, 暴露时间不到 3 分钟				

Table 5. Column E: Interference with other uses of the sea
表 5. E 栏: 对海洋的其他危害

E1 渔业污染	E2 野生动物及海底生境的影响	E3 海岸应用舒适度的影响	
		危害等级	说明与措施
T: 污染 NT: 无污染	G: 气体; GD: 气体/溶解	0	无危害; 无警告
	ED: 挥发/溶解; FE: 漂浮/挥发	1	轻度危害; 警告, 不关闭休憩场所
	FED: 漂浮/挥发/溶解; FD: 漂浮/溶解	2	中度危害; 可能要关闭休憩场所
	Fp: 持久性漂浮; F: 漂浮	3	高度危害; 关闭休憩场所
	D: 溶解; DE: 溶解/挥发 SD: 沉淀/溶解; S: 沉淀		

具有严重刺激或腐蚀, 对眼睛有严重刺激, 伴有不可逆角膜损伤, 未提供长期影响相关内容; 根据 E 栏数据, 泄漏入海后, 沉淀, 对海岸具有高度危害。

乙二胺: 根据 A 栏数据, 具有非常低的潜在生物富集危险, 为易生物降解有机物; 根据 B 栏数据, 具有中度急性水生生物毒性和低慢性毒性; 根据 C 栏数据, 具有轻度急性口服毒性、中度急性皮肤接触毒性和轻度的急性吸入毒性; 根据 D 栏数据, 对皮肤具有严重刺激或腐蚀, 对眼睛有严重刺激, 伴有不可逆角膜损伤, 长期健康影响包括: Ss-皮肤致敏和 Sr-呼吸系统过敏; 根据 E 栏数据, 泄漏入海后, 溶解, 对海岸具有高度危害。

由上可见, 通过 GESAMP 危害评估程序, 在 *The GESAMP Composite List 2016* 中可迅速获得化学品的危害信息, 从而进行危害性评估。确定潜在的生态毒性, 物理性危害等。

2) GESAMP 危害评估程序可在紧急救援情况下给予帮助。

首先, 提供危害信息, 从表 6 中可以快速读取信息。其次, C 栏和 D 栏对人类健康危害的数据可帮

Table 6. Example of GESAMP hazard evaluation procedure for chemical substances
表 6. GESAMP 化学品危害性评估程序实例

化学品名称	Cas.No	A1a	A1b	A1	A2	B1	B2	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
硫酸 H ₂ SO ₄	7664-93-9	0	NI	0	Inorg	2	NI	0	(0)	3	3C	3	C	-	D	3
氢氧化钠 NaOH	1310-73-2	Inorg	0	0	Inorg	2	NI	1	1	3	3C	3	-	-	D	3
苯 C ₆ H ₆	71-43-2	2	1	1	R	2	NI	1	0	0	2	2	CTM	NT	E	3
苯酚 C ₆ H ₅ -OH	108-95-2	1	2	2	R	3	0	2	2	(3)	3	3	-	NT	S	3
1, 1 二氯 乙烯 CH ₂ CCl ₂	75-35-4	2	1	1	NR	2	NI	2	0	(2)	2	2	M	-	SD	3
甲基叔丁 基醚 C ₅ H ₁₂ O	1634-04-4	1	NI	1	NR	1	0	0	0	0	2	1	-	T	ED	2
甲基丙烯 酸甲酯 C ₅ H ₈ O ₂	80-62-6	1	NI	1	R	2	NI	0	0	0	2	2	Ss	-	ED	2
乙二胺 C ₂ H ₈ N ₂	107-15-3	0	1	1	R	3	1	1	2	1	3	3	SsSr	-	D	3
丙烯腈 C ₃ H ₃ N	107-13-1	0	2	2	NR	3	0	2	3	3	2	2	CMSs	NT	DE	3
丙烯酸 C ₃ H ₄ O ₂	79-10-7	0	0	0	R	4	NI	2	2	2	3C	3	-	-	D	3

助操作人员选择人员防护设备，如防护服、呼吸器等；再次，E 栏的环境行为数据(化学品的挥发性、溶解性等)能够帮助进行泄漏后的处理处置。

以丙烯腈为例，根据表 6 可以迅速获得危害信息。另外，根据 C 栏和 D 栏数据，具有中度急性口服毒性，较高的急性皮肤接触毒性和较高的急性吸入毒性；对皮肤和眼睛有中度刺激，长期健康影响包括 C-致癌、M-致突变和 Ss-皮肤致敏。针对救援时，需要注意眼睛、皮肤的防护，以及需要有呼吸器，可以提出如下建议：佩戴正压式空气呼吸器，穿封闭式防化服；下风向进行疏散，在上风处停留，切勿进入低洼处；进行气体浓度检测，根据有害气体的实际浓度，调整隔离、疏散距离等等。根据 E 栏数据，“DE”即“溶解伴有挥发”，可提出如下处理建议：由上风向使用泡沫覆盖水面，以减少泄漏化学品气体产生量；由上风向抛洒吸附聚合物材料和固化剂；当泄漏化学品不再产生蒸汽时，可使用回收网收集经吸附或固化的化学品。

3) GESAMP 危害评估程序及相关危害信息可以用于评估海源或陆源持续排放污染物进入水体的影响。如评价生物富集作用，对水生生物的毒害作用，对人体的健康影响等。

4. 结论

1) GESAMP 危害评估程序能够快速、准确的获得化学品的危害性质，利用 *The GESAMP Composite List 2016* 可以查到 950 多种危险化学品数据[2]。

2) GESAMP 危害评估程序主要利用 ABCDE 五栏及下面的亚栏介绍化学品危害性质，列出一系列人

类健康和安全标准,用以评估化学品危害性。本文列出了硫酸、苯、苯酚等 10 种化学品的危害评估数据,以苯酚、乙二胺为例详细介绍了 GESAMP 化学品危害性评估中的应用: A 栏化学品的生物富集与生物降解性质, B 栏水生生物急性毒性和慢性毒性, C 栏哺乳动物急性毒性(口服毒性、皮肤接触毒性和吸入毒性), D 栏刺激、腐蚀及长期健康影响, E 栏对海洋的其他危害。

3) 以丙烯腈为例介绍了 GESAMP 危害评估程序的其他应用,可在紧急救援情况下,对人员防护、化学品的处理处置等给予帮助和指导;另外,还可以用于评估海源或陆源持续排放污染物进入水体的影响。

参考文献 (References)

- [1] The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. <http://www.gesamp.org/about>
- [2] The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. (2014) Revised GESAMP Hazard Evaluation Procedure for Chemical Substances Carried by Ships. 2nd Edition. International Maritime Organization, London.
- [3] The Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. (2016) Gesamp Composite List 2016. <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/ChemicalPollution/Documents/GESAMP%20CompositeList%202016.pdf>
- [4] 浦宝康. 介绍 GESAMP[J]. 交通环保, 1998(3): 39-40.
- [5] 蒋文新, 张光玉. GESAMP 危险化学品评估方法及应用[J]. 中国海事, 2012(6): 41-44.
- [6] 张路平, 洪华生, 陈伟琪, 等. 海洋环境安全: 一种可持续发展的观点[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43(S1): 254-257.
- [7] 卢大平. 水运散装油类与化学品的分类方法及品名录研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2013.
- [8] 栗茂峰. 液体化学品的分类评估和散装运输条件的确定[J]. 航海技术, 2011(3): 34-36.
- [9] 董韩扬. 有关化学品船的国际公约和规则跟踪研究[J]. 上海造船, 2003(1):58-62.
- [10] 冯承莲, 赵晓丽, 侯红, 等. 中国环境基准理论与方法学研究进展及主要科学问题[J]. 生态毒理学报, 2015, 10(1): 2-17.
- [11] 付知雨, 卢玲, 孙锦业, 等. 化学品 GHS 急性毒性分类探讨[J]. 毒理学杂志, 2013, 27(1): 34-37.
- [12] 张毅, 张秀芝. 液体化学品生物积累性评价方法研究[J]. 交通环保, 1993, 14(1): 1-5.
- [13] 武娟. 上海港散装液态危险化学品水环境风险评估研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [14] 张耀伟. 天津港散装危险化学品事故风险评估及应急反应策略[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2009.
- [15] 李云峰, 刘欣娜, 韩丽娟. 海洋污染物的分类标准及包装运输研究[J]. 能源与节能, 2013(10): 74-77.
- [16] Zhang, Z.H. and Fan, Z.Z. (2007) Hazard Ranking Evaluation of Chemical Products in Ningbo Port. 大连海事大学学报, 33(S2): 13-17
- [17] 郭永华, 刘成斌, 王琛. 海洋污染物的鉴定分类研究[J]. 中国水运, 2010(10): 36-37.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5485，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aep@hanspub.org