

多介质环境目标值在环境评价中的应用

吕平毓¹, 米武娟²

(1. 长江水利委员会 长江上游水文水资源勘测局, 重庆 400014; 2. 中国科学院 水生生物研究所, 湖北 武汉 430072)

摘要: 对于环境中污染物对人体或生态系统的影响以及对一些尚没有环境标准值的有毒污染物质的评价, 可参照美国环保局推算出来的介质环境目标值。介绍了多介质环境目标值的含义、推算模式, 并将其应用到某市自来水水源的环境评价工作中。以最基础的毒性数据为依据的水体有毒有害有机物的环境安全性及污染源评价, 对制定我国环境质量标准具有参考和借鉴作用, 尤其在农药生产污染物排放标准的确定方面有着重要的应用价值。实例分析表明, 其系统性和可比性较好。

关键词: 多介质环境目标值; 排放标准; 环境评价; 生态系统

中图分类号: X821 文献标志码: A

环境系统中存在着复杂的物理、化学及生物联合作用和反应过程, 排放到环境中的污染物会在多种环境介质之间进行分配, 同化学污染物有关的各种环境影响因素, 与这些污染物在不同环境介质单元中的浓度水平和停留时间关系密切。由于多介质环境的存在, 在进行环境质量评价、污染物的危险评估及对生物体的暴露分析时, 需要关注污染物排放到多介质环境中对人体及生态环境的影响。

美国环保局于 1977 年公布了 600 多种化学物质在各种环境介质(空气、水、土壤)中的含量及排放量的限定值, 称为多介质环境目标值(Multimedia Environmental Goals, 缩写为 MEG)。化学物质含量低于 MEG 时, 不会对人类及生态系统产生有害影响。美国环保局于 1980 年对化学污染物名录进行了增补, 目前已在美国环境影响评价中广泛应用。本文主要介绍多介质环境目标值的推算模式及其应用。

1 多介质环境目标值推导模式

MEG 包括周围环境目标值(AMEG)和排放环境目标值(DMEG)。其中, AMEG 表示化学物质环境介质中可以容许的最大浓度, 生物体与这种浓度的化合物终生接触都不会受到有害影响; DMEG 是指生物体与排放流短期接触时, 排放流中的化学物质最高可容

许浓度。这种浓度的污染物不会对人体或生态系统产生不可逆转的有害影响, 也称最小急性毒性作用排放值。

根据对健康和生态系统的影响, 由经验数据推算出来的 AMEG 和 DMEG 分别有 6 项, 如表 1 所示。表中各项角标含意为: A - 空气; W - 水; L - 土壤; H - 健康; E - 生态。

表 1 MEG 的表示方法和意义

环境 介质	AMEG		DMEG	
	以对健康 影响为依据	以对生态系统 影响为依据	以对健康 影响为依据	以对生态系统 影响为依据
空气	AMEG _{AH}	AMEG _{AE}	DMEG _{AH}	DMEG _{AE}
水	AMEG _{WH}	AMEG _{WE}	DMEG _{WH}	DMEG _{WE}
土	AMEG _{LH}	AMEG _{LE}	DMEG _{LH}	DMEG _{LE}

MEG 值分别由阈限值、推荐值以及经验数据确定, 此 3 种值互为补充, 取其较小、保守值。估算 MEG 所依据的各项毒理学数据含义分别如下。

(1) 阈限值。美国政府工业卫生学家协会(ACGIH)对工作场所空气中有毒物质制定的职业接触限值。它分为 3 种规定的浓度: ① 8 h 时间加权平均浓度(TLV - TWA); ② 短时间接触限值(TLV - STEL); ③ 上限值(TLV - C)。一般采用第一种浓度值。

收稿日期: 2011 - 07 - 13

作者简介: 吕平毓, 男, 高级工程师, 主要从事水资源与水环境评价和研究工作。E-mail: lupingyu@263.net

(2) 推荐值。美国国家职业安全和卫生研究所 (NIOSH) 制定的车间空气最高浓度推荐值。

(3) LD_{50} 。半数致死量,即在一定的实验条件下,引起受试动物半数死亡的剂量(一般取大鼠经口给毒的 LD_{50} ,若无此数据,可取与其接近的毒理学数据,单位为 mg/kg)。

(4) LD_{Lo} 。实验动物的最低致死剂量,表示在某实验总体的一组受试动物中,仅引起个别动物死亡的剂量。

(5) LC_{50} 和 LC_{Lo} 分别表示半致死浓度和实验动物的最低致死浓度。

1.1 周围环境目标值

推导 $AMEG_{AH}$ 的模式是 MEG 法的核心,其他项目的 MEG 推导模式都是在此基础上扩展得到的。以对健康影响为例,用毒理学资料估算 AMEG 的模式见表 2。其中 $AMEG_{WH}$ 是一个与水体中污染物最高容许浓度有着同等意义的参数,由 $AMEG_{AH}$ 或化合物的阈值或 LD_{50} 推算出。

表 2 估算 AMEG 的模式

项目	方法	公式
$AMEG_{AH}$	由阈值(单位为 mg/m^3)或推荐值进行推算	$AMEG_{AH} = 0.01 \times [(8 \times 5) / (24 \times 7)] \times \text{阈值} \times 10^3 = \text{阈值} \times 10^3 / 420 (\mu g/m^3)$
	以大鼠经口给毒的 LD_{50} 为依据	$AMEG_{AH} = 0.107 \times LD_{50} (\mu g/m^3)$
$AMEG_{WH}$	$AMEG_{WH}$ 即水环境中某化学物质的限定值,称水环境目标值	$AMEG_{WH} = (AMEG_{AH} \times 30) / 2 = 15 \times AMEG_{AH} = 1.605 \times LD_{50}^{[1]} (\mu g/L)$
$AMEG_{WE}$	由 LC_{50} 计算推导出	$AMEG_{WE} = LC_{50} \times 0.01$ (生物半衰期小于 4 d,选 0.05)

1.2 排放环境目标值

在推导 DMEG 值时,由于化学物质毒性资料之间存在着差异,应选用其中保守的数据。Handy 和 Schindler 用回归法研究了 241 种化学物质的阈值与大鼠经口给毒的 LD_{50} 之间的关系,获得了从 LD_{50} 推算阈值的回归方程^[2]。并采用低于 95% 可信限的数据,所以将推算出的阈值称阈值_低,得到的回归方程为:

$$\text{阈值}_{低} = 4.5 \times 10^{-4} \times LD_{50} (\text{mg}/m^3) \quad (1)$$

以 100 作为安全系数可将阈值_低 转为 $AMEG_{AH}$ 。估算 DMEG 的模式见表 3。

表 3 公式中系数 5 是美国科学院和美国工程学会 (NAS/NAE) 考虑化学物质的生物半衰期以及对机体作用强度等因素后确定的,可能使 $DMEG_{WH}$ 偏保守一些。对水中污染物的最小危害浓度(指长期接触)和有害浓度之间关系的分析表明,估计的有害浓度一般

是推荐的最小危害浓度的 2~5 倍。因 DMEG 是指短时间接触,故取其上限 5 为系数^[1]。

表 3 估算 DMEG 的模式

项目	方法	公式
$DMEG_{AH}$	根据阈值 _低 或与 LD_{50} 较接近的毒理学数据	$DMEG_{AH} = 100 \times \text{阈值}_{低} = 100 \times 4.5 \times 10^{-4} \times LD_{50} \times 10^3 = 45 \times LD_{50} (\mu g/m^3)$
	LC_{50} 、 LC_{Lo} 乘以安全系数 100	$DMEG_{AH} = 100 \times LC_{50}$ 或 $(LC_{Lo}) (\mu g/m^3)$
$DMEG_{WH}$	$DMEG_{AH}$ 推算(无饮水标准)	$DMEG_{WH} = 15 \times DMEG_{AH} (\mu g/L)$
	有饮水标准的推算模式	$DMEG_{WH} = 5 \times \text{最低引用水标准} (\mu g/L)$
	LD_{50} 估算模式	$DMEG_{WH} = 0.675 \times LD_{50} (\mu g/L)$
$DMEG_{WE}$	水质基准值推算	$DMEG_{WE} = 5 \times \text{最严格的水质基准值} (\mu g/L)$
	水生生物的 LC_{50}	$DMEG_{WE} = 0.1 \times LC_{50} (\mu g/L)$

2 MEG 的应用

2.1 水中有机物环境安全性初步评价

由于地表水(包括饮用水源)中许多痕量有毒有机物质的危害或潜在危险很大,人们对其也越来越关注,因此开展对地表水有机物的环境安全性评价十分必要。美国环保局(EPA)提出的多介质环境目标值,是目前包括有机物种类最多的一种评价基准值,可以用来评价水中有机物的环境安全性。为此,引入水环境(健康)影响度的概念。水环境影响度指水体中某化合物的实际浓度及其在水环境中的环境目标值之比,以 AS (Ambient Severity) 表示:

$$AS_i = C_i / C_A^i \quad (2)$$

式中, AS_i 为化合物 i 在水体中的环境影响度; C_i 为化合物 i 在水中的浓度; C_A^i 为化合物 i 在水体中的目标值,可根据需要选用水环境目标值 $AMEG_{WH}$ 或 WHO 推荐值、国标值等标准值。

某一化合物的 AS_i 大于 1 时,则表明该化合物具有显著潜在危害作用,反之,则不会对人体健康发生显著的危害^[1-2]。

2009 年,对某市城市饮水水源地的 37 个水厂进行了调查,其中 8 个水厂的水中共检出主要有毒有害化合物 34 种,虽然浓度较低,但大多具有较大的危害性。参考 EPA 公布的 600 多种化学物质的 $AMEG_{WH}$ 值并根据推导模式,计算 34 种化合物的水环境影响度,即化合物的最高检出浓度、水环境目标值或世界卫生组织(WHO)推荐值或我国国标值 3 种标准值中取最低值的比值,具体结果见表 4(表中检测值小于 10^{-3} 时,结果取为 0)。

结果表明 34 种化合物的环境影响度均小于或远

小于 1 表明该市饮水水源地检测出的有机物指标目前对环境和人体健康尚无显著危害。

需要注意的是, $AMEG_{WH}$ 是影响水环境健康的环境目标值, WHO 环境推荐值的制定依据也是根据毒性阈值制定的, 而各国的控制标准值不仅要参考 WHO 环境推荐值和最高允许值, 而且还要考虑本国环境背景等因素。

表 4 某市主要水源有毒有机物最高暴露水平及环境影响度

名称	最高浓度/ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	$AMEG_{WH}$ / ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	标准值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	AS
三氯甲烷	0.592	138	60	0.00987
四氯化碳	0.36	174	2	0.18
三溴甲烷	0.1	69	100	0.00149
二氯甲烷	11.033	3590	20	0.55165
1,2-二氯乙烷	2.467	276	30	0.82233
环氧氯丙烷	6.2	8169	20	0.31
氯乙烯	0.5	803	5	0.1
1,1-二氯乙烯	0.1	321	30	0.00333
1,2-二氯乙烯	0.1	10900	50	0.002
三氯乙烯	0.1	7383	70	0.00143
四氯乙烯	0.1	9246	40	0.0025
六氯丁二烯	0.17	8571	0.6	0.2833
苯乙烯	1.5	5800	20	0.075
甲醛	25	1284	900	0.02778
乙醛	5	3098	50	0.1
丙烯醛	10	8099	100	0
三氯乙醛	0.3433	1065	20	0.01711
苯	1	107	10	0.1
甲苯	0.25	5175	700	0
乙苯	0.25	5617	300	0
二甲苯	0.5	6000	500	0.001
异丙苯	0.5	3450	250	0.002
氯苯	0.25	4.83	300	0
1,2-二氯苯	0.25	4140	1000	0
1,4-二氯苯	0.25	6210	5	0.05
三氯苯	0.037	81534	20	0.00185
四氯苯	0.109	417	20	0.00545
六氯苯	0.04	3500	50	0
硝基苯	0.37	69	17	0.02177
二硝基苯	0.18	8158	500	0
2,4-二硝基甲苯	0.04	80680	0.3	0.1333
2,4,6-三硝基甲苯	26	81626	500	0.052
硝基氯苯	0.09	14	50	0.0018
2,4-二硝基氯苯	0.08	804217	500	0

2.2 对我国环境质量标准体系的补充和完善

在评定有机物对水环境质量影响的实际工作中, 针对我国《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 和《地面水环境质量标准》(GB3838-2002) 存在的问题, 国内外学者都曾做过一些探索性工作, 如从有机物对水体和生态环境的危害方面考虑加以修正, 这些对我国水环境标准的完善有参考作用。

(1) 我国现有环境质量排放标准中没有某些有毒

有机污染物。有些具有持久性污染的有机污染物具有一些特殊化学结构的同系物或异构体, 其中, 大多数有机物没有相应的水质标准, 如邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯、双(2-氯代乙基)醚、亚硝基二丙胺、亚硝基二甲胺、六氯乙烷等。

(2) 个别有机污染物控制标准偏低, 控制目标难以达到。以乙苯为例, 我国《地表水环境质量标准》集中式生活饮用水源地特定项目标准限值规定, 乙苯限值为 0.3 mg/L, 而以大鼠经口给毒的 LD_{50} 为(其 $LD_{50} = 3500$) 依据推算出来的该化学物质水环境目标值为 $AMEG_{WH} = 1.605 \times LD_{50} = 1.605 \times 3500 = 5.617$ mg/L。依据该化学物质的阈值(其阈值时间加权平均值为 435 mg/m³) 推算出来的水环境目标值为 $AMEG_{WH} = (AMEG_{AH} \times 30) / 2 = 15 \times AMEG_{AH} = 15 \times \text{阈值} \times 10^3 / 420 = 15 \times 435 \times 10^3 / 420 = 15.536$ $\mu\text{g}/\text{L} = 15.536$ mg/L。

(3) 有些有机污染物控制标准偏高, 超出水环境的承受能力。五氯酚属于强持久毒性化合物, 主要用作杀虫剂、杀真菌剂等。《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 规定的最高允许排放浓度三级标准限值分别为 5.0、8.0 mg/L 和 10 mg/L。而根据毒理学数据计算出来的排放水环境目标值 $DMEG_{WH}$ 为 0.005 mg/L。

2.3 农药生产污染物排放标准的制定

根据农药行业的特点, 排放标准除控制常规因子外, 还要针对农药生产的特点, 对特征污染因子加以控制。这些特征污染因子可能是农药生产的中间体, 也可能是最终产品, 毒性与危害性往往很大, 如不加以控制, 则将对生态环境、食品安全和人体健康造成严重威胁。

例如对百草枯农药生产污染物排放标准的制定, 通过对目前国内百草枯生产工艺流程及三废排放情况进行调查分析, 确定特征污染物有吡啶、百草枯离子和 2,2',6',2''-三联吡啶。其中百草枯离子是标准制定中最为重要的特征污染物, 其化学名为 1-1-二甲基-4-4-联吡啶阳离子。由于它只是在百草枯生产过程中才能涉及到的污染物, 具有很强的特殊性, 因此国内外至今没有见到相关的排放标准, 只有美国等国家有关于百草枯的饮用水质量标准。对于百草枯离子排放限值的确定, 采取了多介质环境目标值(MEG)方法中几种不同估算模式相互补充、相互印证的方法。在计算百草枯离子 MEG 值过程中, 阈值(时间加权平均值)估算模式的阈值为 0.1 mg/m³; 饮用水标准估算模式中采用美国联邦饮用水指导方针规定的值 30

$\mu\text{g/L}$; 生态环境估算模式中最低的生态毒性数据值 (目前所获资料中最低的是 LC_{50}) 为 1.8 mg/L ; 以 LD_{50} 估算模式的大鼠经口给毒的 LD_{50} 值为 150 mg/kg 。

4 种计算模式计算的 $DMEG_{WH}$ 值分别为: $150, 150, 180, 101.25 \mu\text{g/L}$ 。

由计算结果可知, 基于估算模式计算出的百草枯离子排放环境目标值为 $101.25 \mu\text{g/L}$, 基于生态环境影响估算模式计算出的目标值为 $180 \mu\text{g/L}$ 。为保证排放的安全性, 取 $100 \mu\text{g/L}$ 为企业排放标准限值。预计, 如果排放流中的百草枯离子浓度不超过 $100 \mu\text{g/L}$ 时, 在短间接接触的条件下, 不会对人体或生态系统产生不可逆转的有害影响。

此外, MEG 在污染源评价方面, 将污染源各排放流中各化学物质的浓度与相应的 DMEG 值作比较, 以便确定不同排放流、不同污染物的相对危害级数, 可为进一步分析评价主要污染源和主要污染物、评定所排污染物治理措施的效果、选择最佳治理方案提供依据^[3]。

3 结 语

多介质环境目标值是以最基础的毒性数据为依据, 而且数据来源均为国际公认权威机构公布, 在某些化学物质的环境质量标准未建立之前, 可对大量环境数据做分析评估, 它作为综合环境评价依据的替代值, 是一种经济适用、合理的评价依据及可选方法。

然而在运用多介质环境目标值评价复杂的混合物时, 尚未考虑协同及拮抗作用, 对其安全系数也还需进一步探讨, 所以上述推荐值还有待于在实践过程中不断修正和完善。

参考文献:

- [1] 王玲玲, 多克辛. H 省 18 城市饮用水源水中微量有毒有机污染现状安全性评价[J]. 重庆环境科学, 2003 (11): 115-117.
- [2] 王彻华, 彭彪. 长江干流主要城市江段微量有机物污染分析[J]. 人民长江, 2001, 32(7): 20-22.
- [3] 沈德富. 排放物的环境目标值与污染源评价[J]. 交通环保, 1995, (2): 6-7.

(编辑: 常汉生)

Application of Multimedia Environmental Goal Values in environmental assessment

LU Pingyu¹, MI wujuan²

(1. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Upper Yangtze River, Changjiang Water Resources Commission, Chongqing 400014, China; 2. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: To evaluate the influence of the pollutants on human body and ecological environment system, and some toxic pollutants which have not been included in environmental quality standard, we can refer to the Multimedia Environmental Goal Values suggested by the United States Environmental Protection Agency. The implication of Multimedia Environmental Goal Values, its calculation mode and the application in water source environmental assessment of tap water of a city are introduced. The environmental safety and pollution sources evaluation of poisonous/harmful organic matter by Multimedia Environmental Goal Values based on the most basic toxicity data can be referred for making environmental quality standard of China, especially has important application value in making the standard of pollutant release in pesticide production.

Key words: Multimedia Environmental Goal Values; release standard; environmental evaluation; ecological system

· 简 讯 ·

中小河流水文监测系统建设全面推进

水利部于 2011 年 8 月底全面部署中小河流水文监测系统建设工作后, 水利部水文局组织制定了《中小河流水文监测系统建设技术指导意见》。目前, 各级各地水利部门深入宣传贯彻该指导意见, 水文监测系统建设工作正全面推进。

为指导各地全面开展中小河流水文监测系统建设工作, 水利部水文局已分别于 2011 年 11 月和 12 月先后在广西和辽宁召开西南片和东北片中小河流水文监测技术研讨会暨监测技术培训班, 请有关专家就中小河流水文监测系统设计、水文数据传输、公共数据平台技术、水文前期系统数据交换、水情报汛

业务与水文资料整编业务实践、新技术设备的应用实例等进行专题讲座。

据了解, 中小河流水文监测系统建设分为水文测站、水文巡测基地、应急机动监测能力、预警预报系统等单项工程建设, 工程总投资约 160 亿元, 其中中央投资约 90 亿元。2011 年中小河流水文监测系统建设主要以现有水文测站改造为重点, 2012 年将以新建水文站和水文巡测基地建设为重点, 2013 年将全面完成中小河流水文监测系统建设的各项任务。

(长 江)