

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

# 农药水生生物 基准制定方法与技术

周军英 葛 峰 主编



科学出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

# 农药水生生物基准制定方法与技术

周军英 葛 峰 主编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是近年农药水生生物基准理论与方法成果的总结与提炼。在分析国内外最新研究成果的基础上,针对我国农药环境管理的实际需求,比较系统地开展了农药水生生物基准方面的理论及试验技术研究。提出了我国农药水生生物基准制定受试物种筛选的原则和方法,筛选了长江三角洲流域基准制定受试物种名录,并建立了受试物种的实验室培养繁殖技术及毒性测试技术;提出了我国优先控制农药品种的筛选程序,筛选出了我国保护水生生物优先控制农药品种名录;通过对基准推导方法的比较研究,提出了推荐用于我国农药水生生物基准制定的推导方法。提炼形成了我国农药水生生物基准制定方法指南。并应用该指南推导出了两种典型农药品种的水生生物基准值。

本书适合从事水质基准、水质标准、风险评估、生态毒理学、环境科学等领域的科研与管理人员阅读、参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

农药水生生物基准制定方法与技术/周军英,葛峰主编. —北京:科学出版社, 2014.11

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-03-042558-4

I. ①农… II. ①周… ②葛… III. ①水生生物-农药施用-标准-制定 IV. ①S96

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第267696号

责任编辑:陈岭啸 顾晋饴 孟素英/责任校对:李 影

责任印制:肖 兴/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014年11月第一版 开本:787×1092 1/16

2014年11月第一次印刷 印张:26

字数:620 000

定价:98.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

## 编著委员会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

## 《农药水生生物基准制定方法与技术》编写组

### 主 编

周军英 环境保护部南京环境科学研究所

葛 峰 环境保护部南京环境科学研究所

### 副主编

单正军 环境保护部南京环境科学研究所

孙红英 南京师范大学

陈敏东 南京信息工程大学

### 编写组

程 燕 环境保护部南京环境科学研究所

王 蕾 环境保护部南京环境科学研究所

焦少俊 环境保护部南京环境科学研究所

宋宁慧 环境保护部南京环境科学研究所

姜锦林 环境保护部南京环境科学研究所

李建宏 南京师范大学

张光富 南京师范大学

戴建华 南京师范大学

赵 强 南京师范大学

李朋富 南京大学

续卫利 环境保护部南京环境科学研究所

田 丰 环境保护部南京环境科学研究所

宋玉芝 南京信息工程大学

周丽敏 南京信息工程大学

## 环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

### 序 言

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目234项，涉及大气、水、生态、土壤、固体废物、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等在内的几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，

专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量的技术方案，形成了一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项经费项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得的资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011年10月

## 前 言

农药在农田使用后,会随地表径流流失进入地表水或随土壤孔隙水渗漏进入地下水,进入地表水的这部分农药会对地表水体造成污染,从而对水生生物乃至人类健康造成危害和影响,因此,必须加强对水体农药污染的控制。水质标准对于控制水体污染、保护水体生物多样性以及整个水生生态系统的结构和功能具有重要作用。水质标准是以水质基准为科学依据,在考虑自然条件和国家或地区的人文社会、经济水平、技术条件等因素的基础上制订的具有法律效力的管理限值。水质基准是指一定自然特征的水生态环境中污染物对特定对象(水生生物或人)不产生有害影响的最大可接受剂量(或无损害效应剂量)、浓度水平或限度。水质基准按保护对象可分为保护人体健康的卫生基准和保护水生生物的水生生物基准。水质基准是基于科学实验而获得的客观结果,不具有法律效力,但它是制订水质标准的科学依据,只有依据基准制订的标准才是科学的标准。

各国出于环境保护的需要,同时为了保证环境法规的公正性、准确性,都对环境质量基准研究给予了高度重视,投入了大量的人力和物力,其中对水质基准的研究最为重视。美国是较早开展水质基准研究工作的国家之一,目前已形成了较为完善的水质基准推导方法体系。其《国家推荐水质基准》(*National Recommended Water Quality Criteria*)从最初形成到现行经历了多次修订,从1968年的《绿皮书》到1973年的《蓝皮书》,再到1976年的《红皮书》,10年之后,又形成了《金皮书》,之后又经历了1999年、2002年、2004年、2006年、2009年、2012年的多次修订,在修订过程中,涉及的污染物越来越多,且随着基础数据、资料的增多以及基准推导方法的更新,污染物基准数值也有了很大的变化。美国《国家推荐水质基准》分为水生生物基准和人类健康基准两部分,其中,水生生物基准包含淡水急性(freshwater CMC)、淡水慢性(freshwater CCC)、海水急性(saltwater CMC)、海水慢性(saltwater CCC)4类基准值。现行《国家推荐水质基准》(2012)包含了26种优先污染物和31种非优先污染物的水生生物基准。在57种具有水生生物基准的污染物中,有20种为农药。

除了美国,近年来,其他国家在农药水质基准制定方面,也取得了前所未有的成就和进展。加拿大在2007年发布了《推导保护水生生物水质指导方针》,对保护水生生物水质基准推导所需的毒性数据作了明确规定,同时建议将物种敏感度分布法作为基准推导的方法,在此基础上,加拿大制定了37种农药的保护水生生物基准值。澳大利亚和新西兰于2000年联合发布了《澳大利亚和新西兰淡水与海水水质导则》,导则规定采用物种敏感度分布法和评价因子法推导基准值,具体采用何种方法视毒性数据的质量和数量而定。澳大利亚和新西兰联合发布了28种农药的保护水生生物基准值。

我国现行地表水环境质量标准即《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)(以下简称“现行《标准》”)包含的农药品种较少,只在“现行《标准》中的表3——集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值”中列出了14种农药的标准限值。由于该标准



于 2002 年颁布,距今已有十多年,在此期间,我国农药的生产使用情况发生了很大的变化,其中所列的农药品种中有些已被禁用多年,如滴滴涕、林丹、环氧七氯早在 1983 年就被禁用,对硫磷、甲基对硫磷于 2008 年被禁用。虽然由于有机氯农药的长残留性,至今在水体中的检出率仍较高,但检出浓度都比较低。但是,一方面,目前在我国使用量大且对水生生态风险大的农药品种(如毒死蜱、三唑磷、硫丹、乙草胺及一些菊酯类农药等)却没有包含进去;另一方面,现行《标准》制订时,我国农药环境基准方面的基础研究特别缺乏,定值主要参考国外的环境基准和标准。随着国外环境基准值的不断更新以及我国在水质基准研究方面的发展,以当前的科技及认知水平再来审视这些标准限值,就会发现有些标准值不足以保护人类健康和水生生态系统。例如,现行《标准》中,百菌清的标准值为  $10\mu\text{g/L}$ ,而根据最新研究成果,百菌清对水生生物的慢性基准值为  $0.136\mu\text{g/L}$ ,相差约 70 倍。此外,由于水生生物基准具有区域性,不同国家和地区代表性物种不同,因而水生生物基准也会随之不同,如果过分依赖国外水生生物基准值,可能会造成对我国水生生物的“过保护”或“欠保护”。总之,我国现行《标准》无论从包含的农药品种的数量上,还是从包含农药品种的标准限值上都已跟不上我国农药环境管理的需求。

近年来,国家也很重视环境质量基准研究工作,在科技部“973”、水专项及基准专项等项目的支持下,我国启动了水质基准的系统研究,在水质基准制定方面取得了一定的进展。但农药等特定污染物的水生生物基准制定工作尚未开展。在此背景下,2010 年度环保公益性行业科研专项经费项目“地表水环境质量农药生态基准预研究”于 2010 年 10 月立项,由环境保护部科技标准司组织,环境保护部南京环境科学研究所负责实施。

本书针对我国农药环境管理的实际需求,开展农药水生生物基准研究,重点开展典型区域内代表性本土水生生物的筛选、培育研究;优先控制农药品种的筛选研究;基准推导方法学研究及毒性效应评价方法研究。在此基础上提炼形成《农药水生生物基准制定方法指南》,并应用该指南对典型农药品种开展基准制定实例研究,提出农药水生生物基准建议值。研究成果可为今后进一步开展国家地表水环境质量农药水生生物基准制定及标准的制定、修订提供技术支持,为我国农药的登记及环境安全管理提供科学参考。

本书的写作,得到了环境保护部科技标准司以及环境保护部南京环境科学研究所领导的关心和支持,项目协作单位南京师范大学、南京信息工程大学在基准受试物种的筛选、受试物种培养繁殖技术和毒性效应评价技术的建立等方面付出了辛勤的努力。项目实施还得到了南京大学在毒性测试方面的大力配合,在此致以衷心的感谢!

由于时间仓促和作者水平有限,本书还存在不少疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

“地表水环境质量农药生态基准预研究”课题组

2014 年 7 月

# 目 录

序言

前言

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第 1 章 导论                      | 1   |
| 1.1 农药生产和使用对水生生态环境的影响         | 1   |
| 1.2 水生生物基准在水环境管理中的作用          | 1   |
| 1.3 国外农药水生生物基准研究进展            | 2   |
| 1.4 我国农药水生生物基准研究现状            | 7   |
| 1.5 研究背景及研究内容                 | 7   |
| 第 2 章 农药水生生物基准制定受试物种筛选研究      | 10  |
| 2.1 国外水生生物基准制定受试物种筛选概况        | 10  |
| 2.2 我国农药水生生物基准制定受试物种筛选        | 15  |
| 2.3 各受试物种的分类地位及其在水生生态系统中的生态功能 | 55  |
| 第 3 章 基准制定受试物种规范化培育技术研究       | 68  |
| 3.1 藻类规范化培养技术研究               | 68  |
| 3.2 浮萍与紫萍规范化培育技术研究            | 70  |
| 3.3 大乳头水螅规范化培育技术研究            | 75  |
| 3.4 中华圆田螺规范化培育技术研究            | 77  |
| 3.5 狭萝卜螺规范化培育技术研究             | 79  |
| 3.6 大型溞规范化培育技术研究              | 81  |
| 3.7 日本沼虾规范化培育技术研究             | 85  |
| 3.8 长江华溪蟹规范化培育技术研究            | 87  |
| 3.9 中华绒螯蟹大眼幼体规范化培育技术研究        | 89  |
| 3.10 红裸须摇蚊规范化培育技术研究           | 91  |
| 3.11 鲫鱼规范化培育技术研究              | 93  |
| 3.12 白鲢规范化培育技术研究              | 96  |
| 3.13 黄颡鱼规范化培育技术研究             | 99  |
| 3.14 泽陆蛙蝌蚪规范化培育技术研究           | 101 |
| 3.15 黑斑侧褶蛙蝌蚪规范化培育技术研究         | 103 |
| 3.16 中华大蟾蜍蝌蚪规范化培育技术研究         | 105 |
| 3.17 小结                       | 107 |
| 第 4 章 毒性效应评价技术研究              | 108 |
| 4.1 淡水生物急性毒性效应评价技术研究          | 108 |
| 4.2 淡水生物的慢性毒性效应评价技术研究         | 121 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 4.3 生化及分子水平毒性效应终点筛选研究           | 129 |
| <b>第5章 水生生物基准推导方法学研究</b>        | 138 |
| 5.1 评价因子法                       | 138 |
| 5.2 物种敏感度分布法                    | 142 |
| 5.3 毒性百分数排序法                    | 146 |
| 5.4 生态毒理模型法                     | 150 |
| 5.5 其他方法                        | 153 |
| 5.6 我国农药水生生物基准推导方法研究            | 153 |
| 5.7 结论                          | 192 |
| <b>第6章 我国保护水生生物优先控制农药品种筛选研究</b> | 193 |
| 6.1 国外地表水优先控制污染物筛选研究概况          | 193 |
| 6.2 我国保护水生生物优先控制农药品种筛选原则和方法     | 201 |
| 6.3 我国保护水生生物优先控制农药品种筛选          | 207 |
| 6.4 用于我国保护水生生物基准制定案例研究的品种       | 254 |
| 6.5 结论                          | 255 |
| <b>第7章 典型农药品种水生生物基准制定实例研究</b>   | 257 |
| 7.1 毒死蜱水生生物基准制定研究               | 257 |
| 7.2 氟乐灵水生生物基准制定研究               | 267 |
| 7.3 基准值比较研究                     | 275 |
| 7.4 基准值的描述                      | 276 |
| 7.5 结论                          | 276 |
| <b>第8章 总结与建议</b>                | 278 |
| 8.1 研究成果总结                      | 278 |
| 8.2 加强我国农药水质基准研究的建议             | 280 |
| <b>参考文献</b>                     | 282 |
| <b>附录1 农药水生生物基准制定方法指南</b>       | 297 |
| 附录 1.1 总则                       | 297 |
| 附录 1.2 术语和定义                    | 297 |
| 附录 1.3 农药水生生物基准制定的一般程序          | 300 |
| 附录 1.4 农药水生生物基准制定方法             | 301 |
| 附录 1.5 农药水生生物基准值描述              | 309 |
| 附录 1.6 农药水生生物基准值修正              | 309 |
| <b>附录2 基准制定受试物种培育技术导则</b>       | 310 |
| 附录 2.1 普通小球藻和羊角月牙藻培养技术导则        | 310 |
| 附录 2.2 浮萍和紫萍培育技术导则              | 314 |
| 附录 2.3 大乳头水螅的野外采集及培育技术导则        | 319 |
| 附录 2.4 中华圆田螺的野外采集及培育技术导则        | 323 |
| 附录 2.5 狭萝卜螺的野外采集及培育技术导则         | 328 |

|             |                                 |            |
|-------------|---------------------------------|------------|
| 附录 2.6      | 大型溇培育技术导则 .....                 | 333        |
| 附录 2.7      | 日本沼虾饲养技术导则 .....                | 335        |
| 附录 2.8      | 长江华溪蟹的野外采集及饲养技术导则 .....         | 338        |
| 附录 2.9      | 中华绒螯蟹大眼幼体饲养技术导则 .....           | 343        |
| 附录 2.10     | 红裸须摇蚊幼虫的野外采集及饲养技术导则 .....       | 345        |
| 附录 2.11     | 鲫鱼培育技术导则 .....                  | 349        |
| 附录 2.12     | 白鲢的培育技术导则 .....                 | 354        |
| 附录 2.13     | 黄颡鱼培育技术导则 .....                 | 358        |
| 附录 2.14     | 黑斑侧褶蛙蝌蚪培育技术导则 .....             | 363        |
| 附录 2.15     | 泽陆蛙蝌蚪培育技术导则 .....               | 367        |
| 附录 2.16     | 中华大蟾蜍蝌蚪培育技术导则 .....             | 371        |
| <b>附录 3</b> | <b>基准制定受试物种毒性效应评价技术导则 .....</b> | <b>376</b> |
| 附录 3.1      | 浮萍类（浮萍和紫萍）生长抑制试验技术导则 .....      | 376        |
| 附录 3.2      | 大乳头水螅急性毒性试验技术导则 .....           | 380        |
| 附录 3.3      | 螺类（中华圆田螺和狭萝卜螺）急性毒性试验技术导则 .....  | 384        |
| 附录 3.4      | 长江华溪蟹急性毒性试验技术导则 .....           | 387        |
| 附录 3.5      | 鱼类（鲫鱼、黄颡鱼和白鲢）急性毒性试验技术导则 .....   | 390        |
| 附录 3.6      | 蛙类（黑斑侧褶蛙、中华大蟾蜍）急性毒性试验技术导则 ..... | 394        |
| 附录 3.7      | 黄颡鱼慢性毒性试验技术导则 .....             | 398        |

# 第1章 导 论

## 1.1 农药生产和使用对水生生态环境的影响

以水生生物为主体的水生生态系统,在维系自然界物质循环、净化环境、缓解温室效应等方面发挥着重要作用。水生生物资源是人类的宝贵财富,也是人类赖以生存和发展的基础。我国江河湖泊众多,为水生生物提供了良好的繁衍空间和生存条件。我国水生生物具有特有程度高、变异物种数量大、生态系统类型齐全等特点,在世界生物多样性中占有重要地位。

但随着我国经济社会发展和人口不断增长,目前我国水生生物资源严重衰退,水域生态环境不断恶化,水生生态环境的恶化势必对整个生态系统乃至人体健康造成严重危害。在造成水生生态环境恶化的众多因素中,农药的生产和使用是其中的一个主要因素。农药在现代农业中发挥着不可替代的作用,但农药是一把双刃剑,在带给人们巨大的经济效益的同时,农药的生产和使用也可能对生态环境及人体健康造成严重威胁。

因农药使用而造成的水环境污染现象在世界各地普遍存在。美国国家环境保护局(United States Environment Protection Agency, USEPA)在20世纪60年代曾对30个可能含有农药的水源进行取样分析,结果发现多数水中含有氯丹、环氧七氯等有机农药。USEPA于1980年进行了一项全国性饮用水水井农药污染调查,对1349口饮用水水井进行取样,检测出127种农药。结果表明,约10%的社区饮用水水井和约4%的家庭饮用水水井都含有至少1种可检出的农药残留物。法国是仅次于中国和美国的世界第三大农药使用国。1999年的一项研究表明,法国大约有一半的地下水受到了污染。有“巴黎的母亲河”之称的塞纳河由于流域周围农田滥施农药,已受到杀虫剂的严重污染。西班牙一项研究表明,在地中海附近 Alemeia 蔬菜种植基地,近300km<sup>2</sup>的研究区域中,约1000口井中取样,调查结果显示马拉硫磷和克线磷的浓度高于最大允许残留量,在地下水中还检测到杀螟硫磷、杀霉利、甲霜灵、百菌清和甲氰菊酯。

我国是世界上农药生产和使用的大国,农药对水体的污染也时有发生。2001年7月和2002年4月,新疆石河子地区的两个农场分别发生了农药污染自来水管网事故,分别造成40余人中毒;2003年9月,浙江丽水市发生一起因农药污染学校饮用水井而导致57名中小学生中毒的事件;2009年3月四川合江县合江镇柿子田村发生的农药污染,导致农作物大面积死亡,给当地农民造成了巨大经济损失。

综合国内外农药污染现状表明,农药污染已对水生生物和水生生态系统构成了严重的现实危害,且其潜在危害影响更加不容忽视。

## 1.2 水生生物基准在水环境管理中的作用

### 1.2.1 水生生物基准的相关概念

基准:某一化学物质的浓度限值,具体到水或沉积物时,超过这个浓度限值将会对

环境中的人或生物有危害或有风险。

**水质基准：**水质基准是指以保护人类健康和生态平衡为目的，用可信的科学数据表示水体中各种污染物质的允许浓度。水质基准按保护对象可分为保护人体健康的卫生基准和保护水生生物的水生生物基准。

**水生生物基准：**水环境中的污染物对水生生物及其用途不产生短期和长期不良或有害效应的最大允许浓度。

### 1.2.2 水生生物基准在水环境管理中的作用

随着经济社会的持续高速发展，水生态环境正面临着各种污染物的严重威胁。水环境污染问题已经引起环境管理部门的广泛关注，为了控制水环境污染，保护和改善水生态环境质量，世界各国已经广泛采用水质标准作为控制水环境污染和改善水生态环境质量的重要措施。水质标准是水环境管理的核心之一，是改善水生态环境质量的手段，水质标准制订的科学性、合理性和可行性是加强水环境管理的必要条件。水质标准是指以水生生物基准为依据，在考虑自然条件和社会经济技术条件的基础上，由国家颁布的具有法律效力的限值。

水生生物基准是科学试验的客观记录和科学推论，是制订水质标准的基础和科学依据。水生生物基准对于控制水环境污染物的种类和数量，保护水生生物多样性及整个水生生态系统的结构和功能具有重要作用。水生生物基准决定水质标准的科学性、准确性和可靠性，不同的水生生物基准可能导致水环境管理行为和结果的显著差异。水生生物基准还可以为水生生态风险评价提供可利用的参数，可以为水环境风险决策管理提供科学依据。水生生物基准的研究对于水环境管理具有重要作用。

## 1.3 国外农药水生生物基准研究进展

国外对农药水生生物基准的研究比较系统，目前美国、加拿大、澳大利亚和新西兰等国家已经建立了农药水生生物基准。美国拥有世界上体系最完善、科学性最强的农药水生生物基准，加拿大、澳大利亚和新西兰也是较早开展农药水生生物基准研究的国家。

### 1.3.1 美国农药水生生物基准研究进展

美国于 1976 年发布了《国家推荐水质基准》，简称《红皮书》，包括 15 种农药的基准值，每一个基准的论述包括推荐的基准值、该农药的介绍、支持推荐基准值的依据和参考文献。1985 年，美国发布了《推导保护水生生物及其用途的数值型国家水质基准指南》，提出了推导水生生物数值基准的详细方法和步骤。1986 年 5 月美国修订了《国家推荐水质基准》，简称《金皮书》。《金皮书》与《红皮书》相比增加了一些农药。此后，美国于 1999 年、2002 年、2004 年、2006 年、2009 年和 2012 年相继多次完善农药水生生物基准。

美国于 2012 年发布了最新的保护水生生物的基准，其中包括 26 种优先控制污染物和 31 种非优先控制污染物。优先控制污染物中有 12 种农药，非优先控制污染物中有 8

种农药，具体见表 1-1。

表 1-1 美国农药水生生物基准（2012 年）

| 序号 | 农药品种                             | CAS 登录号<br>CASRN | P/NP <sup>1)</sup> | 发布年份 | 淡水水生生物                               |                                      | 海水水生生物                               |                                      |
|----|----------------------------------|------------------|--------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|    |                                  |                  |                    |      | 基准最大浓度<br>CMC<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 基准连续浓度<br>CCC<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 基准最大浓度<br>CMC<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 基准连续浓度<br>CCC<br>( $\mu\text{g/L}$ ) |
| 1  | 艾氏剂 aldrin                       | 309002           | P                  | 1980 | 3.0                                  | — <sup>2)</sup>                      | 1.3                                  | —                                    |
| 2  | $\alpha$ -硫丹<br>alpha-Endosulfan | 959988           | P                  | 1980 | 0.22                                 | 0.056                                | 0.034                                | 0.0087                               |
| 3  | $\beta$ -硫丹<br>beta-Endosulfan   | 33213659         | P                  | 1980 | 0.22                                 | 0.056                                | 0.034                                | 0.0087                               |
| 4  | 氯丹 chlordane                     | 57749            | P                  | 1980 | 2.4                                  | 0.0043                               | 0.09                                 | 0.004                                |
| 5  | 毒死蜱 chlorpyrifos                 | 2921882          | NP                 | 1986 | 0.083                                | 0.041                                | 0.011                                | 0.0056                               |
| 6  | 内吸磷 demeton                      | 8065483          | NP                 | 1985 | —                                    | 0.1                                  | —                                    | 0.1                                  |
| 7  | 二嗪农 diazinon                     | 333415           | NP                 | 2005 | 0.17                                 | 0.17                                 | 0.82                                 | 0.82                                 |
| 8  | 狄氏剂 dieldrin                     | 60571            | P                  | 1995 | 0.24                                 | 0.056                                | 0.71                                 | 0.0019                               |
| 9  | 异狄氏剂 endrin                      | 72208            | P                  | 1995 | 0.086                                | 0.036                                | 0.037                                | 0.0023                               |
| 10 | 林丹 gamma-BHC                     | 58899            | P                  | 1995 | 0.95                                 | —                                    | 0.16                                 | —                                    |
| 11 | 谷硫磷 guthion                      | 86500            | NP                 | 1986 | 0.01                                 | —                                    | 0.01                                 | 3                                    |
| 12 | 七氯 heptachlor                    | 76448            | P                  | 1980 | 0.52                                 | 0.0038                               | 0.053                                | 0.0036                               |
| 13 | 环氧七氯 heptachlor<br>epoxide       | 1024573          | P                  | 1981 | 0.52                                 | 0.0038                               | 0.053                                | 0.0036                               |
| 14 | 马拉硫磷 malathion                   | 121755           | NP                 | 1986 | 0.1                                  | —                                    | 0.1                                  | 4                                    |
| 15 | 甲氧氯 methoxychlor                 | 72435            | NP                 | 1986 | —                                    | 0.03                                 | —                                    | 0.03                                 |
| 16 | 灭蚁灵 mirex                        | 2385855          | NP                 | 1986 | —                                    | 0.001                                | —                                    | 0.001                                |
| 17 | 对硫磷 parathion                    | 56382            | NP                 | 1995 | 0.065                                | 0.013                                | —                                    | —                                    |
| 18 | 五氯苯酚<br>pentachlorophenol        | 87865            | P                  | 1995 | 15                                   | 13                                   | 7.9                                  | 1995                                 |
| 19 | 毒杀芬 toxaphene                    | 8001352          | P                  | 1986 | 0.73                                 | 0.0002                               | 0.21                                 | 0.0002                               |
| 20 | 4, 4'-滴滴涕 4, 4'-<br>DDT          | 50293            | P                  | 1980 | 1.1                                  | 0.001                                | 0.13                                 | 0.001                                |

注：1) P/NP: P 表示优先控制污染物，NP 表示非优先控制污染物

2) —：表示没有数据，下同

由表 1-1 可以看出，美国将农药分为优先控制污染物和非优先控制污染物，优先控制污染物占多数，分别制订了淡水和海水水生生物基准，优先控制污染物的水生生物基准值比非优先控制污染物的全面。

### 1.3.2 加拿大农药水生生物基准研究进展

加拿大最新的有关农药水生生物基准的文件是 2007 年发布的《推导保护水生生物水



质指导方针》，文件中提出对毒性数据的要求，也给出了基准推导所采用的方法，即物种敏感度分布法。加拿大制订的基准值涉及的农药品种有 37 种，具体见表 1-2。

表 1-2 加拿大保护水生生物的农药指导值（2007 年）

| 序号 | 农药品种                                                         | 保护水生生物水质指导值    |                |            |                |                |            |
|----|--------------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|
|    |                                                              | 淡水水生生物         |                | 时间<br>(年份) | 海水水生生物         |                | 时间<br>(年份) |
|    |                                                              | 短期浓度<br>(μg/L) | 长期浓度<br>(μg/L) |            | 短期浓度<br>(μg/L) | 长期浓度<br>(μg/L) |            |
| 1  | 3-碘-2-丙炔基丁基<br>氨基甲酸酯<br>3-Iodo-2-propynyl<br>butyl carbamate | —              | 1.9            | 1999       | —              | —              | —          |
| 2  | 涕灭威 aldicarb                                                 | —              | 1              | 1993       | —              | 0.15           | 1993       |
| 3  | 艾氏剂 aldrin                                                   | —              | 0.004          | 1987       | —              | —              | —          |
| 4  | 莠去津 atrazine                                                 | —              | 1.8            | 1989       | —              | —              | —          |
| 5  | 除草定 bromacil                                                 | —              | 5              | 1997       | —              | —              | 1997       |
| 6  | 溴苯腈 bromoxynil                                               | —              | 5              | 1993       | —              | —              | 1993       |
| 7  | 克菌丹 captan                                                   | —              | 1.3            | 1991       | —              | —              | —          |
| 8  | 甲萘威 carbaryl                                                 | 3.3            | 0.2            | 2009       | 5.7            | 0.29           | 2009       |
| 9  | 克百威 carbofuran                                               | —              | 1.8            | 1989       | —              | —              | —          |
| 10 | 氯丹 chlordane                                                 | —              | 0.006          | 1987       | —              | —              | —          |
| 11 | 百菌清<br>chlorothalonil                                        | —              | 0.18           | 1994       | —              | 0.36           | 1994       |
| 12 | 毒死蜱<br>chlorpyrifos                                          | 0.02           | 0.002          | 2008       | —              | 0.002          | 2008       |
| 13 | 氰草津 cyanazine                                                | —              | 2              | 1990       | —              | —              | —          |
| 14 | 溴氰菊酯<br>deltamethrin                                         | —              | 0.0004         | 1997       | —              | —              | 1997       |
| 15 | 麦草畏 dicamba                                                  | —              | 10             | 1993       | —              | —              | —          |
| 16 | 滴滴涕 DDT                                                      | —              | 0.001          | 1987       | —              | —              | —          |
| 17 | 二氯硫醚 diclofop-<br>methyl                                     | —              | 6.1            | 1993       | —              | —              | —          |
| 18 | 二癸基二甲基氯化<br>铵 DDAC                                           | —              | 1.5            | 1999       | —              | —              | 1999       |
| 19 | 乐果 dimethoate                                                | —              | 6.2            | 1993       | —              | —              | 1993       |
| 20 | 地乐酯 dinoseb                                                  | —              | 0.05           | 1992       | —              | —              | —          |
| 21 | 硫丹 endosulfan                                                | 0.06           | 0.003          | 2010       | 0.09           | 0.002          | 2010       |
| 22 | 异狄氏剂 endrin                                                  | —              | 0.0023         | 1987       | —              | —              | —          |
| 23 | 草甘膦 glyphosate                                               | —              | 65             | 1989       | —              | —              | —          |
| 24 | 七氯 heptachlor                                                | —              | 0.01           | 1987       | —              | —              | —          |
| 25 | 林丹 lindane                                                   | —              | 0.01           | 1987       | —              | —              | —          |



续表

| 序号 | 农药品种              | 保护水生生物水质指导值    |                |            |                |                |            |
|----|-------------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|------------|
|    |                   | 淡水水生生物         |                | 时间<br>(年份) | 海水水生生物         |                | 时间<br>(年份) |
|    |                   | 短期浓度<br>(μg/L) | 长期浓度<br>(μg/L) |            | 短期浓度<br>(μg/L) | 长期浓度<br>(μg/L) |            |
| 26 | 利谷隆 linuron       | —              | 7              | 1995       | —              | —              | 1995       |
| 27 | 2-甲-4-氯苯氧基乙酸 MCPA | —              | 2.6            | 1995       | —              | 4.2            | 1995       |
| 28 | 异丙甲草胺 metolachlor | —              | 7.8            | 1991       | —              | —              | —          |
| 29 | 噻草酮 metribuzin    | —              | 1              | 1990       | —              | —              | —          |
| 30 | 氯菊酯 permethrin    | —              | 0.004          | 2006       | —              | 0.001          | 2006       |
| 31 | 2, 4-D            | —              | 4              | 1987       | —              | —              | —          |
| 32 | 氨氯吡啶酸 picloram    | —              | 29             | 1990       | —              | —              | —          |
| 33 | 西玛津 simazine      | —              | 10             | 1991       | —              | —              | —          |
| 34 | 丁噻 tebuthiuron    | —              | 1.6            | 1995       | —              | —              | 1995       |
| 35 | 毒杀芬 toxaphene     | —              | 0.008          | 1987       | —              | —              | —          |
| 36 | 三氯烯丹 triallate    | —              | 0.24           | 1992       | —              | —              | —          |
| 37 | 氟乐灵 trifluralin   | —              | 0.2            | 1993       | —              | —              | —          |

由表 1-2 可以看出，加拿大制订的农药水生生物基准值较多，基准值分为短期浓度和长期浓度，分别制订了淡水和海水水生生物基准，但海水水生生物基准数据较少。此外，加拿大在推导水生生物基准时，优先使用慢性毒性数据。

1.3.3 澳大利亚和新西兰农药水生生物基准研究进展

澳大利亚和新西兰于 2000 年联合发布了《澳大利亚和新西兰淡水与海水水质导则》。导则指出用触发值作为基准值。触发值包括高可靠性触发值（HRTV）、中可靠性触发值（MRTV）和低可靠性触发值（LRTV）。HRTV 采用的毒性数据为多物种毒性数据或无可观察效应浓度（no observed effect concentration, NOEC）值。MRTV 采用的毒性数据为急性毒性数据，这两种值是采用物种敏感度分布法（species sensitivity distribution, SSD）获得。如果缺乏足够的毒性数据，采用评价因子法（assessment factors, AF）推导 LRTV。澳大利亚和新西兰发布的水生生物基准中有关农药的水生生物基准见表 1-3。表 1-3 中没有包括低可靠性触发值。