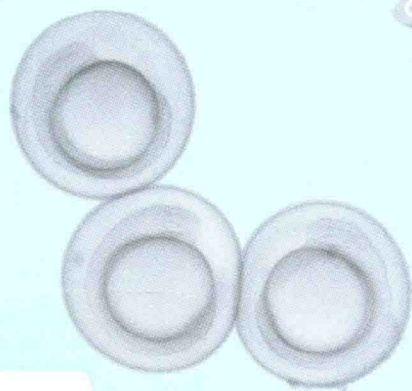
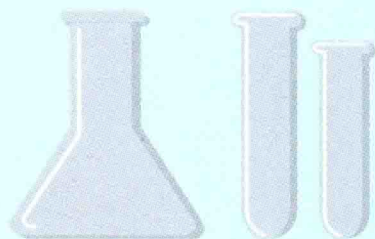
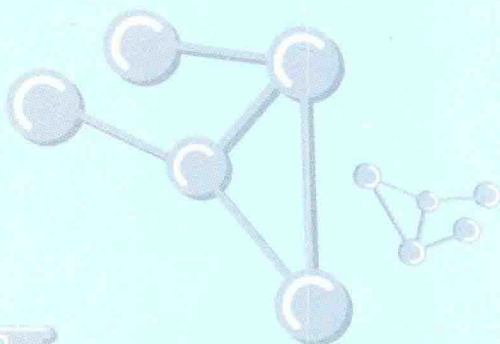


化学品生物降解 与蓄积测试优化策略

环境保护部固体废物与化学品管理技术中心
《化学品生物降解与蓄积测试优化策略》编委会

编著



中国环境出版社

化学品生物降解与蓄积测试优化策略

环境保护部固体废物与化学品管理技术中心

编著

《化学品生物降解与蓄积测试优化策略》编委会

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

化学品生物降解与蓄积测试优化策略/环境保护部
固体废物与化学品管理中心,《化学品生物降解与蓄积
测试优化策略》编委会编著. —北京: 中国环境出版
社, 2016.7

ISBN 978-7-5111-2846-1

I. ①化… II. ①环… ②化… III. ①化工产品
—生物降解—测试技术 IV. ①X172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 143489 号

出 版 人 王新程
责任编辑 张维平
责任校对 尹 芳
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2016 年 11 月第 1 版
印 次 2016 年 11 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 17.5
字 数 364 千字
定 价 75.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编 委 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

《化学品生物降解与蓄积测试优化策略》编委会

编写组组长：臧文超

副 组 长：刘纯新 石利利 殷浩文 蔡磊明

主 编：刘纯新 刘济宁 赵华清

副 主 编：周林军 杨 婧 王彦华

编写人员：刘新洋 古 文 杨鸿波 吕 露 阳臻彦 林绍霞

顾芮冰 王 星 胡秀卿 俞瑞鲜 刘心亮 安凤艳

王一喆 杨先海 张 芹 王 蕾

审 校：沈英娃 石利利 蔡磊明 刘纯新

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、固废、核与辐射等领域，共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技术方案，形成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“十一五”环保公益性行业科研专项经费系列丛书。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

我国已成为化学品研发、生产、使用和进出口的大国，多种化学品的产量、产值连续多年稳居世界首位。同时，我国正处于重化工阶段向高端化学品制造阶段发展的过渡期，生产、使用的有毒有害化学品种类多，量大面广，而对化学品的危害识别和风险防控的能力不足，导致我国处于化学品健康和环境问题的高发期。

2011年修订实施的《危险化学品安全管理条例》（国务院令 第591号）规定环保部门组织化学品的环境危害性鉴定和环境风险程度评估，确定实施重点环境管理的危险化学品。同年国务院发布《国家环境保护“十二五”规划》，提出健全化学品环境风险防控体系，加强化学品污染控制和环境风险防范的科技支撑。环境保护部2012年发布实施《化学品测试合格实验室管理办法》，2013年印发《化学品风险防控“十二五”规划》和《国家环境监管能力建设“十二五”规划》，对化学品环境危害性测试进行规范和加强。

自2003年实施《新化学物质环境管理办法》以来，我国化学品测试工作不断推进。先后出版、再版了《化学品测试方法》，发布了100多项化学品测试方法的国家标准，制（修）订了《化学品测试导则》（HJ 153）、《化学品测试合格实验室规范导则》（HJ 155）、《化学品测试合格实验室符合性监督导则》、《化学品测试合格实验室检查和审核导则》、《化学品测试合格实验室检查报告编制导则》，建立十几家化学品测试合格实验室，完成上万项测试。由于化学品种类繁多、性质各异，环境危害性测试难度大，每一项测试都是一项研究，这与常规的污染物环境监测和化学品质量检测明显不同。我国在这方面起步晚，基础薄弱，多数实验人员是从相关专业“半路出家”转向该领域研究，缺少系统训练，技术积累不足。实践中发现，在已完成的化学品生物降解性、生物富集性测试项目中，存在对测试方法的理解不到位、试验设计和操作不当等

问题。

为了深入理解与解读化学品生物降解性、生物蓄积性方面的测试方法，与国内外同行共同探讨相关技术，促进我国化学品生物降解性、生物蓄积性测试水平的全面提升，结合环保公益性行业科研专项“化学品生物降解与富集等环境行为参数测试技术研究”的研究，环境保护部固体废物与化学品管理技术中心、环境保护部南京环境科学研究所、上海市检测中心、浙江省农业科学院等单位的科研人员经过两年多的努力，共同编撰了本书。

本书系统介绍了化学品生物降解性测试技术研究现状、技术要点和关键要素、优化评估方法及策略，化学物质在水生生物体内生物富集与生物蓄积的影响因素和基本理论；阐述了鱼类生物富集测试现有的优化策略原则，以及国际上最新整合的鱼类生物蓄积测试标准下的优化策略；指出试验设计和操作方面可能存在的不当做法，避免测试人员走弯路。

鉴于国际上对化学品生物降解性、生物蓄积性测试方法及优化策略尚处于不断发展、完善的过程中；而我国处于追踪国际前沿与探索本土的测试方法、优化策略并举的阶段，同时受课题组的研究水平所限，本书必然存在不完善、甚至错误的内容，请广大读者批评指正。

沈阳化工研究院、上海市环境科学研究院、上海化工研究院等多家实验室，赵玉艳、沈根祥、胡双庆、蔡翔、范宾、舒耀皋、顾海蓉、朱英、赵庆节、张洪昌等研究人员提供了相关素材和信息，在此一并感谢。

作 者

2016年5月18日

目 录

第一章 化学品生物降解测试技术研究现状	1
第一节 OECD 关于化学品生物降解性的测试方法及策略	2
第二节 欧盟关于化学品生物降解性的测试方法及策略	8
第三节 美国与化学品生物降解性测试相关的方法	12
第四节 我国关于化学品生物降解性的测试方法及策略	15
第五节 化学品生物降解性测试技术发展趋势	19
第二章 化学品生物降解性测试方法的技术要点	28
第一节 快速生物降解性测试方法的技术要点	29
第二节 固有生物降解性测试方法的技术要点	42
第三节 生活污水好氧处理模拟试验技术要点	46
第四节 化学品在排水系统中生物降解性模拟试验技术要点	54
第五节 模拟自然环境降解试验的技术要点	63
第三章 化学品生物降解性测试方法的接种物	75
第一节 接种物来源	75
第二节 接种物细胞密度	78
第三节 接种物前处理	81
第四节 驯化	86
第四章 化学品生物降解性测试方法关键要素	96
第一节 营养盐	96
第二节 理化条件	102
第三节 受试化学物质	104
第四节 试验时间	113
第五节 取样分析	116
第六节 其他需要注意的要素	122

第五章 生物降解性优化评估方法	127
第一节 优化测试和评估意义	127
第二节 优化评估的一般理念和常用方法	128
第三节 结论与建议	135
第六章 生物降解性优化测试策略	136
第一节 引言	136
第二节 降解性数据的收集、测试和信息评估	137
第三节 优化测试策略	145
第四节 降解性评估与测试案例	156
第五节 结论与建议	166
第七章 化学物质在水生生物体内生物富集与生物蓄积的影响因素和基本理论	168
第一节 引言	168
第二节 生物富集	169
第三节 生物蓄积	205
第四节 所选化学物质和化学农药的结构	213
第八章 鱼类生物蓄积效应判别与测试优化策略	217
第一节 鱼类生物蓄积效应的判别指标	218
第二节 鱼类蓄积测试现有的优化策略原则和框架	221
第三节 新整合标准下的鱼类生物蓄积测试优化策略	231
第九章 结论与展望	249
第一节 结论	249
第二节 展望	256
参考文献	258

第一章 化学品生物降解测试技术研究现状

人类生产和使用大量化学品，这些化学品与人接触或释放进入环境，可能引起意想不到的化学和生物作用，从而危害人体健康和生态环境。化学物质造成的危害，取决于其理化特性和物理危险性、生物系统效应、降解和蓄积、健康效应等方面的固有特性及其在环境中的浓度和暴露持续时间。而浓度和暴露与化学物质的理化特性密切相关，各种理化参数从不同方面、不同程度地反映了化学物质的迁移、转化、蓄积的情况。

为了防止化学品（包括医药、化妆品、农药和兽药、工业化学品等）危害人体健康和生态环境，发达国家在发展化学工业的过程中，陆续开发出一系列测试、筛选方法，对化学品的爆炸性、燃烧性、氧化性、腐蚀性等物理危险性，对急性毒性、慢性毒性、致癌性、生殖毒性等健康危害性，对各种生物的毒性及降解、蓄积性等环境危害性进行鉴别或初筛。根据测试数据或筛选结果，进行危害性分类并采取相应的防控措施，减少其危害，控制其风险。各国相继出台各类法规和标准，对医药、化妆品、农药和兽药、工业化学品的生产、进口、包装、运输、使用、处置等环节做出测试、注册、许可、限制等规定。

但是，随着化学品国际贸易的发展，一些化学品在各国进出口过程中，不断重复某些测试项目，浪费了时间并增加了成本。为了解决这一问题，经济合作与发展组织(OECD)在1981年推出了“安全性数据国际互认”(mutual acceptance of safety data, 缩写为“MAD”)制度，促进 OECD 成员国之间用于申请登记或许可的农药、医药、兽药等化学品安全评价资料要求协调一致。该制度是建立在两个基础上：统一的测试方法和规范的实验室质量管理体系。为此，OECD 于1981年发布了《OECD 化学品测试准则》(*OECD Guideline for Testing of Chemicals*)，指导各成员国按统一的方法进行测试。随后，自1982年起陆续颁布一系列合格实验室规范的指导文件 (*OECD Principles on Good Laboratory Practice, GLP*)，指导各成员国对医药、化妆品、农药、兽药、食品添加剂、饲料添加剂和工业化学品的测试机构在质量管理方面建立 GLP 体系，实施 GLP 管理。

由于测试方法在技术方面涉及多个学科、专业领域，而且各个国家、国际组织在研发、运用等方面的历程不同，美国、日本、德国等发达国家都是 OECD 成员国，他们在化学品测试技术方面的研究成果，会及时体现在 OECD 的测试方法中；同时，这些成员国的实验室也要按《OECD 化学品测试准则》开展测试。

OECD 在推出 MAD 时,其成员国(绝大多数是发达国家)的化学品生产和贸易量占全世界的 75%,凭借其在化学品生产、贸易以及测试技术等方面的优势,《OECD 化学品测试准则》同时被多数非 OECD 成员国家接受并实施;GLP 的指导文件也成为发达国家以及众多发展中国家实施化学品危害测试(安全评价)的质量管理准则。OECD 化学品工作组与国际标准化组织(ISO)的水质技术委员会、土壤质量技术委员会有密切的联系,在开发、改进相关测试方法、国际标准方面,彼此借鉴,相互促进。欧盟的多数成员国同时也是 OECD 成员国,欧盟化学品法规中要求执行的测试方法与《OECD 化学品测试准则》是相互协调的,有些方法是欧盟直接采用 OECD 的,有些 OECD 的测试方法是沿用原来欧共体(欧盟的前身)的方法。

于是,在为政府的管理需要而开展的化学品测试方面,OECD 逐渐成为处于领导地位的国际组织。OECD 在化学品测试方面的发展历程和趋势,可以代表全球化学品测试技术发展的现状、变化及走向。我国自 2003 年开始实施《新化学物质环境管理办法》以来,借鉴《OECD 化学品测试准则》,出台了一系列化学品测试方法标准,已对数千种新化学物质进行危害测试。

第一节 OECD 关于化学品生物降解性的测试方法及策略

1981 年经济合作与发展组织(OECD)发布《OECD 化学品测试准则》(OECD *Guidelines for Testing of Chemicals*),作为各成员国在化学品测试方面统一执行的方法。由于化学品千差万别,没有哪个测试方法完全适用于所有化学品的试验。所以,这些方法为指南性质,在实际测试过程中,根据受试化学物质的具体性质,采取相应的措施。

一、OECD 关于化学品生物降解性的测试方法

1981 年的《OECD 化学品测试准则》中有十个关于化学品生物降解性的测试方法,包括 301 系列快速生物降解性试验五个方法:“301A 改进的法国标准协会试验(AFNOR)”^①、“301B 改进的斯特姆(Sturm)试验”^②、“301C 改进的 MITI 试验(I)”、“301D 密闭瓶法试验”、“301E 改进的 OECD 筛选试验”;302 系列固有生物降解性试验三个方法:“302A 改进的半连续活性污泥(SCAS)试验”、“302B 改进的赞恩-惠伦斯试验”、“302C 改进的 MITI 试验(II)”、“303A 污水好氧处理—模拟试验:偶联单元试验”;“304A 土壤中的固有生物降解性”。

1992 年对《OECD 化学品测试准则》进行了修订。其中,301 系列原来五个快速生物降解性试验方法的改动较大,特别是 301A 和 301B 两个方法的名称被分别改为“301A

①通过测试溶液中有机碳(DOC)的消减来计算受试物的生物降解率。

②通过测 CO₂ 产生量来计算受试物的生物降解率。

DOC 消减试验”和“301B CO₂产生试验”；另外增加了“301F 测压呼吸计量法”，使快速生物降解性测试方法增加到 6 个。1992 年还对“302B 改进的赞恩-惠伦斯试验”进行了修订。另外，1984 年 OECD 发布“209 活性污泥呼吸抑制试验”用于评价化学物质对微生物的毒性（对污水处理厂活性污泥的抑制作用）；1992 年 OECD 发布“306 海水中的生物降解”，包括摇瓶法和密闭瓶法，用于评价化学物质在海水中能否降解。

1993 年，OECD 对化学品测试方法的进展进行了一次详细的回顾和分析，认为分别评估《OECD 化学品测试准则》在某个具体领域的技术发展水平非常重要。详细回顾文件以及《OECD 化学品测试准则》发展过程的更多详细资料，列在 OECD 环境专论第 76 号《OECD 化学品测试准则进展的指导文件（1993）》，作为 1992 年后重新发布的测试准则系列的第 1 号文件。

1995 年，OECD 对化学品生物降解性测试方法的研究及进展再次进行了详细回顾。通过总结生物降解性测试领域过去十几年的经验，根据科技发展的实际情况，探讨了是否需要修订现行的 OECD 测试方法或开发新的方法。随后作为环境专论第 98 号、测试准则系列的第 2 号文件发布《关于生物降解测试的详细回顾文件（1995）》。

在这次回顾中，他们对于 1980—1995 年生物降解性测试方法的研究进展进行了文献调研，范围扩展到微生物学和生物化学与化学品测试相近领域的文献。这些文献对观察到的现象进行解释，可能引导开发新的测试方法，或引导对现有测试方法进行重大改进。

这次回顾总结了外源性化学物质、营养物、细菌种群和其他生物的混合体，以及生物降解性试验中受试物浓度等对生物降解性的影响。另外也讨论了吸附作用、抑制作用、硝化作用和代谢物等其他方面可能存在的影响。对 1995 年以前《OECD 化学品测试准则》的方法所有实用的方面，包括模拟试验，从基质组分到试验程序都进行了讨论，分析了它们的局限性。

在回顾生物降解性试验的技术问题的同时，也探讨了在获得危害性数据和测试费用之间如何平衡兼顾。考虑到化学品测试数据的经济成本，很多方法可用于获得更多、更精确的数据，但是由于费用过高而不宜采用。OECD 和欧盟根据化学品在环境中迁移、转化的特性，以及化学品快速生物降解性、固有生物降解性和模拟试验的特点，在为化学品管理提供测试数据的要求方面，相继出台了分级测试的要求，并希望 OECD 在修订原有的测试方法之后，给出一个新的 OECD 分级测试要求或策略。这对我国化学品管理和测试研究有重要的参考价值。

在《关于生物降解测试的详细回顾文件（1995）》中，按重要性由高到低的顺序，对大幅度修订当时已有的测试方法和开发新方法，提出了如下建议：

- a) 开发难溶性化学物质好氧测试技术指南；
- b) 开发适合难溶性化学物质的 2 相密闭瓶（不溶性物质生化需氧量，简称“BODIS”）方法；

- c) 修订“301B 改进的 Sturm 试验”;
- d) 开发模拟水/沉积物中生物降解的测试方法;
- e) 开发评估厌氧生物降解(甲烷产生量)的测试方法;
- f) 开发评估抑制厌氧微生物甲烷产生量的测试方法。

最重要的建议是关于不溶的、难溶化学物质的测试指南。其次是开发难溶性物质的生化需氧量(BODIS)测试方法。国际标准化组织(ISO)在这两方面开展了很多研究。ISO 在 1994 年 10 月的一个会议上讨论该方法的草案,并于 1995 年修订发布了“ISO 10634:1995 水质—评价难溶有机物在水中生物降解性的前处理指南”,1997 年发布“ISO 10708:1997 水质—评价有机物在水中的最终好氧生物降解性—用 2 相密闭瓶试验测定生化需氧量”。OECD 于 2000 年发布了测试和评价系列第 23 号文件“困难物质和混合物的水生毒性试验指南”,但未见困难物质生物降解性测试相关的专门文件。

OECD 成员国代表在讨论修订《OECD 化学品测试准则》时,多数人认为,挥发性化学物质由于在水中停留时间较短,在评估其对水环境的危害和风险时,涉及持久性筛查的生物降解性数据,不如不溶性化学物质的生物降解性数据重要。因此,不急于开发挥发性化学物质的生物降解性测试方法。

因为 1992 年 OECD 修订的快速生物降解性测试方法中,相比 1981 年的方法,增加了 10 d 观察期的规定。反对这项规定的人认为“301B 改进的 Sturm 试验”(二氧化碳产生试验)提供了否定 10 d 观察期的理由,要求废除 10 d 观察期。因此,Sturm 试验成为受到格外重视的一个特例,在实验室研究二氧化碳吸收效率,并通过分析培养基中 DOC 浓度进行修正。随着工作的深入,考虑到顶空法并不麻烦,并且能测定低浓度受试化学物质,逐渐完善了顶空方法且保留了 10 d 观察期。其间,ISO 于 1990 年发布,1999 年修订了“ISO 9439:1999 水质—评价水介质中有机化合物好氧最终生物降解性—二氧化碳产生试验”;ISO 于 1998 年提出一个标准草案,1999 年正式发布“ISO 14593:1999 水质—评价水介质中有机化合物最终生物降解性—密闭瓶无机碳分析方法(CO₂ 顶空试验)”。OECD 于 2006 年发布“310 快速生物降解性—密闭瓶二氧化碳法(顶空试验)”,并于 2014 年进行了修订。

1981 年的《OECD 化学品测试准则》在生物降解模拟试验方面,只有模拟活性污泥法污水处理厂运行条件的一个方法:“303A 模拟试验—好氧污水处理:偶联单元试验”。欧盟版本的活性污泥模拟试验,即后来列入《欧盟化学品测试方法法规》(COUNCIL REGULATION (EC) No. 440/2008)的 C 部分“生态毒性测试方法”中的“C.10 生物降解—活性污泥模拟试验”(C.10 BIODEGRADATION—ACTIVATED SLUDGE SIMULATION TESTS)。2001 年 OECD 修订了“303A 模拟试验—好氧污水处理:偶联单元试验”,改为“303A 模拟试验—污水好氧处理:活性污泥单元试验”,除包括哈斯曼(Husmann)单元、多点进水等多种方式外,所有试验组的 DOC 浓度为 10~20 mg/L,与 OECD 同系列方法较为接近。模拟生物滤池(biofilters)的旋转管方法虽然没有活性污泥重

要, 但有其独特作用。OECD 于 2001 年发布了“303B 模拟试验—污水好氧生物处理—生物膜法”。2014 年《欧盟化学品测试方法法规》修正案 (COMMISSION REGULATION (EU) No. 260/2014) 采用 OECD 于 2001 年版方法, 将“C.10 生物降解—活性污泥模拟试验”改为“C.10 模拟试验—污水好氧处理: C.10-A: 活性污泥单元试验”和“C.10-B: 生物膜法”(C.10 SIMULATION TEST AEROBIC SEWAGE TREATMENT: C.10-A: ACTIVATED SLUDGE UNITS—C.10-B: BIOFILMS)。这些方法在 10 $\mu\text{g/L}$ 浓度范围模拟污水处理运行, 更接近真实的环境。

为了更准确评估化学物质在不同环境条件下的降解、迁移、转化等特点, 越来越重视研究、开发各种环境场景的模拟试验方法。《关于生物降解测试的详细回顾文件 (1995)》中把开发模拟化学品在自然界水/沉积物体系中降解的方法作为第 4 项重点。2002 年 OECD 发布“308 水—沉积物系统中好氧厌氧转化试验”, 模拟化学品在自然水体中水—沉积物系统的降解。该方法可用于测有机化学物质的初级降解性, 也可以测矿化过程。

为了评估低浓度受试物在好氧天然水体中的生物降解情况, OECD 于 2004 年发布“309 地表水中的好氧矿化—生物降解模拟试验”, 模拟测定自然界中低浓度受试物在好氧天然水体中的生物降解过程, 并用一种动力学形式来量化其结果。该方法是在 ISO 于 2002 年发布“ISO 14592-1: 2002《水质—低浓度有机物好氧降解性评价—第 1 部分: 地表水浮水或地表水悬砂的摇瓶试验》”的基础上出台的。

为评估随污水排放进入环境的有机化学品对水生和陆生生物栖息地的暴露水平, 测定受试物质在这种持续或间歇进入环境的过程中的初级生物降解性和最终生物降解性及其降解动力学, 2008 年 OECD 发布“314 评价化学品在污水排放系统中生物降解性的模拟试验”, 包括五个相对独立但又相互关联的模拟试验, 即“314A 化学品在污水管道系统中的生物降解性模拟试验”、“314B 化学品在活性污泥中的生物降解性模拟试验”、“314C 化学品在厌氧消化污泥中的矿化和转化试验”、“314D 化学品在二级出水—地表水混合带中的生物降解性模拟试验”、“314E 化学品在直排污水—地表水混合带中的生物降解性模拟试验”, 分别用于评估化学品随污水在排污管道、污水二级处理的活性污泥处理系统、厌氧消化池污泥, 处理后二级出水以及直接排入地表水的未处理的污水与地表水混合后发生的初级和最终生物降解性。

1981 年推出《OECD 化学品测试准则》时, 测试方法有限。1984 年, 发布“OECD 209 活性污泥呼吸抑制试验”, 开始关注化学物质对污水处理厂活性污泥的抑制作用。《关于生物降解测试的详细回顾文件 (1995)》中把开发评估厌氧生物降解 (甲烷产生量) 的方法和评估抑制厌氧消化污泥甲烷产生量的方法分别排在第五和第六重要的位置。对于厌氧生物降解性, 显然需要评估产生甲烷和二氧化碳潜力的方法, 也需要用于测定化学物质抑制厌氧微生物产生气体的方法。

OECD 在开发和修订化学品测试方法的过程中, 与国际标准化组织 (ISO) 之间保持沟通和协调, ISO 的水质专业委员会在这方面做了很多工作。1995 年发布“ISO 11734:

1995 水质—评价有机物在消化污泥中的最终厌氧生物降解—测定甲烷产量法”。2003 年发布了两个厌氧细菌产气抑制方面的 ISO 标准, 分别是“ISO 13641-1: 2003 水质—厌氧细菌气体生成量抑制测定—第 1 部分: 常规测试”和“ISO 13641-2: 2003 水质—厌氧细菌气体生成量抑制测定—第 2 部分: 低生物量浓度测试”。这些 ISO 标准中的技术内容, 被 OECD 相关的化学品测试方法采用。OECD 于 2006 年发布“OECD 311 消化污泥中的厌氧生物降解: 测定气体产生法”, 作为评价在厌氧消化池中有机化学物质厌氧生物降解性的试验方法。2007 年发布“OECD 224 厌氧细菌活性抑制试验——厌氧消化污泥气体生成量减少测定法”, 用于测定化学物质抑制厌氧微生物产生气体的作用。

在《关于生物降解测试的详细回顾文件(1995)》中, 建议在以下方面对原有的试验方法进行部分修改:

- i. 不易快速生物降解的参比物, 或接种前对培养基灭菌;
- ii. 适于非生物对照组和样品保存的杀菌剂替代品;
- iii. 重新考虑通过水平和稳定的代谢产物;
- iv. 将以 Th OD 和 Th CO_2 为指标的通过水平从 60%降低至 50%;
- v. 与国际标准化组织(ISO)的土壤中化学物质降解性试验方法工作组适当联络。

这些建议在某些方面使这些方法更有效、更可靠、更有用。ISO 第 190 技术委员会第 4 分技术委员会(ISO/TC 190/SC 4)在土壤质量测试、采样等方面做了很多工作。1994 年发布的“ISO 11266: 1994《土壤质量—土壤中有机化学物质好氧生物降解性实验室测试指南》”; 1997 年发布“ISO 14239: 1997《土壤质量—用于测定土壤中有机化学物质好氧矿化作用的实验室培养系统》”。这两个标准往往协同使用, 用指定的 3 个培养系统测定有机化合物在土壤中的生物降解、矿化的速率和程度。

OECD 组织各成员国的一些实验室开展了一些工作, 为完善《OECD 化学品测试准则》中的方法在技术方面做准备。2002 年, OECD 发布“307 土壤中的好氧和厌氧转化”, 用于测定有机化学物质在土壤中好氧和厌氧条件下的生物降解和矿化作用。2008 年该方法列入《欧盟化学品测试方法法规》(COUNCIL REGULATION (EC) No. 440/2008) 的 C 部分“生态毒性测试方法”中的“C.23 生物降解—土壤中好氧厌氧转化试验”。

二、OECD 关于化学品生物降解性方法的选择和测试策略

化学品生物降解性测试条件是在理想目标和实际条件、经济效益之间妥协的结果。这些快速生物降解性的方法, 因为偏离真实环境条件, 经常受到质疑。快速生物降解性试验是设计出筛选方法(在实验室条件下, 操作简便、经济可行), 用于初步判断一种化学物质在水环境中是否具有容易生物降解的潜力。此阶段的目标不是预判一种化学物质在某种具体环境条件下是否会降解, 也不是判断在这些条件下的生物降解程度。

不通过这类测试的化学物质并不意味着不能生物降解, 但是意味着有必要进一步研究。这可以进行另一种快速生物降解性试验, 或进行一项测试条件更有利于生物降解的