

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

有毒有害化学品

在体脂中的蓄积及健康风险分析

——重点污染物判定方法及应用研究

YOU DU YOU HAI HU A XUE PIN ZAI TI ZHI ZHONG
DE XU JI JI JIAN KANG FENG XIAN FEN XI
ZHONG DIAN WU RAN WU
PAN DING FANG FA JI YING YONG YAN JIU

石利利 刘济宁 主编

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

有毒有害化学品在体脂中的蓄积及健康风险分析 ——重点污染物判定方法及应用研究

石利利 刘济宁 主编

中国环境出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

有毒有害化学品在体脂中的蓄积及健康风险分析:
重点污染物判定方法及应用研究/石利利, 刘济宁主编.
—北京: 中国环境出版社, 2015.2
ISBN 978-7-5111-2215-5

I. ①有… II. ①石…②刘… III. ①体脂—化学
污染物—沉积—研究②化学污染物—影响—健康—风险
分析 IV. ①X503.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第010454号

出版人 王新程
责任编辑 张维平
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)
010-67112738 (管理图书出版中心)
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 2015年4月第1版
印 次 2015年4月第1次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 12.5
字 数 274千字
定 价 52.00元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究。】

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

《有毒有害化学品在体脂中的蓄积及健康风险分析 ——重点污染物判定方法及应用研究》

编写组

主 编

石利利 环境保护部南京环境科学研究所

刘济宁 环境保护部南京环境科学研究所

编写组

王 蕾 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

曹彦忠 秦皇岛出入境检验检疫局技术中心

王 娜 环境保护部南京环境科学研究所

刘永明 秦皇岛出入境检验检疫局技术中心

陈国松 南京工业大学

周林军 环境保护部南京环境科学研究所

郭 敏 环境保护部南京环境科学研究所

张圣虎 环境保护部南京环境科学研究所

吉贵祥 环境保护部南京环境科学研究所

吴晟旻 环境保护部南京环境科学研究所

孔德洋 环境保护部南京环境科学研究所

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和新举措。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。

环保科技为全面完成“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

化学品是化学研究和化工过程的产品，与国民经济各个部门、尖端科学技术各个领域以及人民生活各个方面都有着密切联系。目前，全球化学物质达 1 000 余万种，每年仍以 10 余万种的速度递增，其中常用的有 7 万~8 万种；在我国常用的化学物质有 4.6 万多种。高强度的工业生产和频繁的人类活动直接导致大量的有毒有害化学品进入环境中，对环境和人体健康构成直接的或潜在的威胁。如持久性有机污染物（POPs）、环境激素类（EEDs）、多环芳烃类（PAHs）与其他化学农药等有毒有害物质，它们可能干扰人与脊椎动物的内分泌系统，从而诱发重大疾病（如癌症）、影响生长发育、影响生殖功能，进而影响生物群体正常的性别比例。世界卫生组织《2010 年世界卫生统计》报告中指出：从世界范围的情况看，1/4 的疾病总负担是由环境危害造成的，其中有 1/3 以上发生在儿童当中。环境危害对健康造成的影响涉及 80 多种疾病和伤害类型。

有毒有害污染物对人体健康的影响途径及作用特点包括下列几个方面：① 化学物质在生产、分装、运输及施用过程中，直接接触者通过呼吸道、皮肤和肠胃等途径对人体产生中毒作用。主要表现为急性中毒，如接触敌敌畏等有机磷农药可能出现血液胆碱酯酶活力下降等。② 化学农药等有毒有害污染物的大量使用，污染土壤、地下水、空气以及农副产品，进而通过各种渠道进入人体，在体内蓄积进而产生健康危害作用。这些作用主要为长期接触低水平的有毒有害污染物，不易产生明显的急性中毒症状，但会对人体产生长期的慢性影响。如长期暴露于微量有机氯农药滴滴涕中可出现男性不育、免疫系统及内分泌系统障碍，甚至癌症等危害影响。有毒有害污染物的这种长期暴露影响反应比较慢，不易察觉，但危害更大、范围更广。

另外，改革开放以来，我国的社会经济发展取得了举世瞩目的成就，但是环境保护也面临前所未有的压力，环境与健康问题凸显，给社会经济、人民生活带来

了巨大的负担。环境与健康管理已成为我国环境保护的重要工作内容。为了解国内外高度关注的有毒有害污染物在我国人群中的暴露状况及其潜在的健康风险,确定重点关注的污染物品种,环境保护部在2008年环保公益性行业科研专项中设立了“有毒有害污染物在体脂中的蓄积与健康风险分析”课题(编号:200809102),旨在为国家加强“环境与健康”管理提供基础技术支撑。该项目以“典型地区、高关注度有毒有害污染物”的健康安全性为主要研究目标,在建立脂肪、土壤、水、农(水)产品中有毒有害污染物的快速筛查测定技术的基础上,在我国东部地区选择了3个典型地区,开展典型地区体脂中有毒有害物质蓄积水平的调查分析,取得了大量原创性数据资料。通过该项研究,探索了环境与健康研究的诸多技术问题,如综合环境化学、环境毒理、化学计量学与统计分析方法,建立了体脂中蓄积危害重点污染物判定方法;针对典型地区人群体脂中主要检出的污染物,综合评估确定环境健康潜在影响的重点污染物名录等。本书为“体脂中有毒有害物质蓄积水平与健康风险分析”的续篇,共6章,第1章概述了有毒有害化学品危害排序分类方法研究进展,第2章主要介绍因子分析法及其在有害物质环境危害与健康影响评估中的初步应用,第3~5章较系统地介绍了3个典型地区人群体脂中蓄积危害重点污染物的判定,第6章主要为重点污染物的环境化学、健康毒理及环境毒理学信息等内容。

期望能为从事环境健康研究的科研人员、技术人员,分享该项目研究的实践经验,并为相关同仁们提供参考与帮助。

感谢国家环保公益性行业专项的资助,感谢编写组全体成员的共同努力,感谢对本书提供了指导和帮助的各位专家与领导。

由于编者经验有限,书中难免存在一些问题,敬请各位读者多提宝贵意见。

著者

2012年12月

目 录

第 1 章 有毒有害物质危害排序分类方法研究概述	1
1.1 标量法	1
1.1.1 CHEMS-1 模型	1
1.1.2 CHEMS-2 模型	2
1.1.3 EURAM 模型	3
1.1.4 SCRAM 模型	3
1.2 向量法	5
1.2.1 Hasse 图解法	5
1.2.2 因子分析法	6
1.2.3 其他方法	7
1.3 问题讨论	7
1.3.1 标量法与向量法的对比	7
1.3.2 原始数据可能存在的问题	8
第 2 章 因子分析法在有毒有害物质健康影响评估中的应用	9
2.1 因子分析法原理简介	9
2.2 因子分析法在化学农药环境危害评估中的应用	12
2.2.1 数据前处理	12
2.2.2 因子分析软件操作程序	12
2.2.3 环境危害评估因子分析	13
2.3 因子分析法在有毒有害物质健康影响评估中的应用	22
2.3.1 数据前处理	22
2.3.2 健康影响评估因子分析	22
第 3 章 基于有毒有害物质慢性毒性影响的重点污染物判定	27
3.1 数据来源	27
3.2 有机氯农药污染地区重点关注污染物判定	27

3.2.1	提取特征值 >1 (2 因子)	29
3.2.2	提取累积方差贡献率 $>80\%$ (4 因子)	31
3.2.3	排序结果讨论	33
3.3	农用化学品高量使用区重点关注污染物判定	35
3.3.1	提取特征值 >1 (2 因子)	36
3.3.2	提取累积方差贡献率大于 80% (4 因子)	38
3.3.3	排序结果讨论	40
3.4	典型化工生产区重点关注污染物判定	42
3.4.1	提取特征值 >1 (2 因子)	43
3.4.2	提取累积方差贡献率 $>80\%$ (4 因子)	46
3.4.3	排序结果讨论	48
第 4 章	基于有毒有害物质的毒理学与生态毒理学及环境行为特性的重点污染物判定	51
4.1	数据来源	51
4.2	有机氯农药污染地区重点关注污染物筛选	51
4.2.1	提取特征值 >1 (5 因子)	51
4.2.2	提取累积方差贡献率 $>85\%$ (9 因子)	57
4.2.3	排序结果讨论	61
4.3	农用化学品高量使用地区重点关注污染物筛选	63
4.3.1	提取特征值 >1 (5 因子)	63
4.3.2	提取累积方差贡献率 $>85\%$ (9 因子)	68
4.3.3	排序结果讨论	71
4.4	典型化工生产区重点关注污染物筛选	73
4.4.1	提取特征值 >1 (5 因子)	73
4.4.2	提取累积方差贡献率 $>85\%$ (9 因子)	78
4.4.3	排序结果讨论	81
第 5 章	典型地区环境健康潜在影响重点关注污染物综合判定	84
5.1	基于主要检出目标物慢性毒性影响的重点关注污染物筛选	84
5.1.1	提取特征因子 >1 (3 因子)	84
5.1.2	提取累积方差贡献率 $>80\%$ (4 因子)	87
5.1.3	排序结果讨论	90
5.2	基于主要检出目标物生态与健康毒理特性的重点关注污染物筛选	93
5.2.1	提取特征值 >1 (5 因子)	93
5.2.2	提取累积方差贡献率 $>85\%$ (9 因子)	98

5.2.3 排序结果讨论	102
5.3 综合环境暴露的重点关注有机污染物筛选	104
5.3.1 提取特征值 > 1	105
5.3.2 提取累积方差贡献率 > 85% (12 因子)	111
5.3.3 排序结果讨论	118
第 6 章 重点污染物环境化学、生态毒理及健康毒理学信息	121
6.1 POPs 杀虫剂	121
6.1.1 滴滴涕 (DDT)	121
6.1.2 六六六 (HCH)	123
6.1.3 氯丹 (Chlordane)	125
6.1.4 灭蚁灵 (Mirex)	126
6.1.5 七氯 (Heptachlor)	127
6.1.6 六氯苯 (HCB)	128
6.2 其他化学农药	130
6.2.1 氟戊菊酯	130
6.2.2 溴氟菊酯	131
6.2.3 氯氟菊酯	132
6.2.4 甲基对硫磷	133
6.2.5 克百威 (Furadan)	134
6.2.6 硫丹	135
6.2.7 久效磷	136
6.3 多环芳烃 (PAHs)	137
6.3.1 苯并[<i>g,h,i</i>]芘	137
6.3.2 苯并[<i>a</i>]芘 (BaP)	138
6.3.3 荧蒽	139
6.3.4 苯并[<i>a</i>]蒽	139
6.3.5 二苯并[<i>a,h</i>]蒽 (DBA)	140
6.3.6 苯并[<i>k</i>]荧蒽 (BaF)	140
6.3.7 茚并[1,2,3- <i>c,d</i>]芘	141
6.4 邻苯二甲酸酯 (PAEs)	141
6.4.1 邻苯二甲酸二乙酯 (DEP)	141
6.4.2 邻苯二甲酸丁基苄基酯 (BBP)	142
6.4.3 邻苯二甲酸二异丁酯 (DEHP)	144
6.4.4 邻苯二甲酸二正丁酯 (DBP)	146

参考文献.....148

附录 1 重点地区体脂与环境样本中有毒有害物质检测结果.....163

附录 2 美国有毒物质和疾病登记管理局（Agency for Toxic Substances and
Disease Registry, ATSDR）优先污染物清单.....175

第 1 章

有毒有害物质危害排序分类方法研究概述

目前,人类合成的化学物质已经超过了 10 万种,并且全球每年还有 1 000~2 000 种新化学物质问世,其中常用的有 7 万~8 万种;在我国常用的化学物质有 4.6 万多种,化学物质与国民经济各个部门、尖端科学技术各个领域以及人民生活各个方面都有着密切联系。化学品作为人类改变自然的一种产品,其生产、储存、销售、使用及其废弃后的处理处置过程中,直接导致大量的有毒有害物质进入环境,对环境和人类健康构成直接的或潜在的威胁。如何综合运用环境化学、环境毒理、化学计量学与统计分析方法,筛选确定重点污染物,实施优先监测监管制度,以有效防控其对环境与健康的危害风险,已引起国内外学者与政府部门的高度关注。

20 世纪 80 年代,Halfon 等就开始从事化学物质环境危害排序分类方面的研究,并把化学物质危害性排序分类方法分为标量法(scalar approach method)和向量法(vector approach method)。本章将结合美国、加拿大、欧盟、日本、德国、中国等已报道的污染物排序分类模型,详细介绍和对比分析这些方法的优缺点与适用范围。

1.1 标量法

标量法的数据处理从单个物质入手,依次计算每个化学物质的总得分,并据此对化学物质的危害性进行排序分类。

1.1.1 CHEMS-1 模型

1994 年,美国环境保护局(Environmental Protection Agency, EPA)针对化学物质管理策略提出了化学品危害评估模型(Chemical Hazard Evaluation for Management Strategies, CHEMS-1)。该模型对 158 种有毒有害物质进行了计分排序,其中包括美国 1989 年公布的《有毒化学物质排放转移清单》(Toxics Release Inventory, TRI)中的 140 种化学品和高产量农药年度报告中的 21 种化学农药(该两份文稿中有 3 种物质重复)。

CHEMS-1 模型考察了健康影响、环境影响、暴露潜力 3 个方面的指标,根据是否包含“排放量”分别对 158 种化学物质进行了危害性及风险排序。

CHEMS-1 模型的计分步骤如图 1-1 所示。① 计算化学物质的健康影响得分,包括急

性健康影响与慢性健康影响，其中急性健康影响得分（HHE），分别将急性毒性的每个指标（如急性经口毒性 LD₅₀、急性吸入毒性 LC₅₀ 等）通过对数运算转换成 0~5 范围内分值；慢性健康影响又包括致癌性与非致癌性慢性影响，致癌性得分（HV_{CAR}）是根据国际癌症研究机构（International Agency for Research on Cancer, IARC）和 EPA 关于化学物质致癌性分类结果赋分；非致癌性得分（HV_{NC}）根据非致癌性影响的类别数赋分。② 计算化学物质的环境影响得分（EF），包括哺乳动物影响（鼠急性经口毒性 LD₅₀）、水生生物鱼类的急性毒性（半致死浓度，LC₅₀）与慢性毒性（最高无作用剂量，NOEL）等指标，分别将各指标通过对数运算转化成 0~5 范围内的得分值。③ 计算化学物质的暴露潜力得分（EE），具体指标包括持久性（如生物降解性、水解性等）与生物富集性，分别将各指标通过对数运算转化成 1~2.5 的得分。④ 计算化学物质的危害性得分（HS），即环境暴露得分乘以健康影响与环境影响得分的加和。⑤ 计算化学物质的风险得分（RS）：化学物质环境排放量包括水中排放量（RF_W）、空气中排放量（RF_A）及总排放量（RF_T），将各排放量通过对数运算转换成 0~10 的排放得分后与相应的健康影响得分和环境影响得分的加和相乘加权，最后计算风险得分。

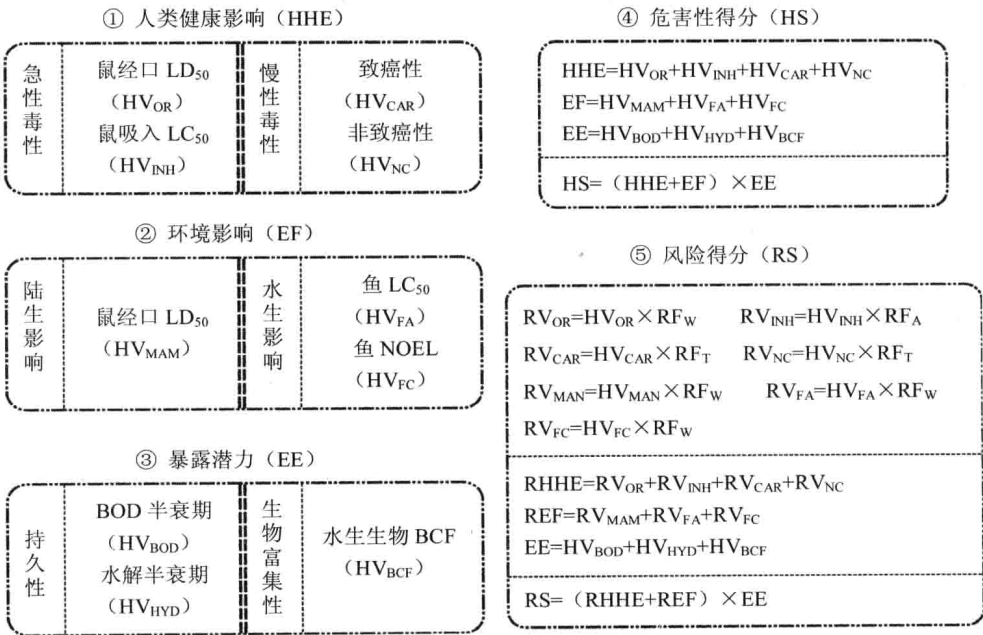


图 1-1 CHEMS-1 模型计分示意图

1.1.2 CHEMS-2 模型

2009 年，加拿大环保部对 1997 年公布的《全国污染物排放清单》（National Pollutant Release Inventory, NPPI）中的总排放量超过 10 t 或者有 5 家以上公司生产的 98 种化学物

质进行了计分排序分析,并对CHEMS-1模型进行了部分改进,提出了新的模型(CHEMS-2模型)。其中,主要改进之处包括下列方面:

(1) 毒理学指标。CHEMS-1模型在健康影响和环境影响中都计算了“鼠经口 LD_{50} ”的影响得分,“鼠经口 LD_{50} ”的影响被人为加倍了,所以CHEMS-2中只计算了1次“鼠经口 LD_{50} ”的影响得分;CHEMS-2中用水生生物藻类生长抑制半数效应浓度(EC_{50})代替了鱼类最高无作用浓度(NOEC),因现有文献中很难查询得到鱼类NOEC的具体数值,且CHEMS-1中绝大多数化学物质的鱼类NOEC值都是通过急性半致死浓度(LC_{50})外推得到,所以实际上鱼NOEC和 LC_{50} 所代表的意义重复,该指标的影响也被人为加倍了。

(2) 暴露潜力指标。CHEMS-2对考察化学物质持久性的指标做了改进,用空气、水、土壤和沉积物4种环境介质中的降解半衰期替代了CHEMS-1中基于BOD测定的生物降解半衰期及水解半衰期,较为全面地反映了化学物质在整个环境中的降解性或持久性特征。

(3) 排放指标。CHEMS-2模型中增加了化学物质在土壤中的排放量(RF_L),在计算风险得分时,将土壤和水中的排放得分作为“鼠经口 LD_{50} ”的权重因子进行加权计分。

总体上,CHEMS-2模型关于化学物质危害性及风险排序计分的具体计算方法和CHEMS-1基本相同。

1.1.3 EURAM 模型

1997年,欧盟提出了欧盟现有化学物质风险排序模型(European Union Risk Ranking Method, EURAM),并成功地应用于筛选优先污染物名录。EURAM模型以国际统一化学品信息数据库(International Uniform Chemical Information Database, IUCLID)中的化学物质为对象,计算了化学物质的环境影响得分和健康影响得分,并分别排序。

EURAM的计分规则主要根据环境暴露得分和环境影响得分的乘积计分,其中环境暴露得分根据排放值、环境介质中浓度值(空气、水、土壤及鱼体4种介质)、水环境中的降解性三方面数据进行计算,并将环境暴露得分通过归一化计算,最后得到0~10的得分;环境影响得分根据环境生物毒性数值(如陆生毒性、水生毒性)及欧盟67/548指令附件I、附件VI中给出的风险分类标准计算,经归一化后得到0~10的得分。所以EURAM模型计算的最后得分为0~100,根据得分大小即得出化学物质环境危害影响的排序。

1.1.4 SCRAM 模型

2000年,美国EPA为评估化学物质对北美五大湖的污染影响,建立了有毒有害物质赋分与排序评估模型(Chemical Scoring and Ranking Assessment Model, SCRAM)。根据持久性、生物富集性及毒性三方面数据,计算有毒有害物质的得分并排序。其中持久性指标包括生物降解半衰期、空气中降解半衰期、土壤降解半衰期、沉积物降解半衰期、水解半衰期;生物富集性指标包括生物累积因子(BAF)、生物富集因子(BCF)、辛醇水分配系数(K_{ow});毒性指标分为急性毒性和慢性毒性,其中急性毒性包括水生生物急性毒性与陆

生生物急性毒性；慢性毒性包括水生生物慢性毒性、陆生生物慢性毒性与人类健康慢性毒性。具体步骤和程序如图 1-2 所示。① 计算化学物质的生物富集性得分；② 计算化学物质的持久性得分，若为非持久性物质，则执行步骤 3.1、4.1，否则执行 3.2、4.2 步骤；③ 计算化学物质的毒性影响得分；④ 分别计算化学物质的环境影响与健康影响得分及其不确定度；⑤ 计算化学物质的总得分。

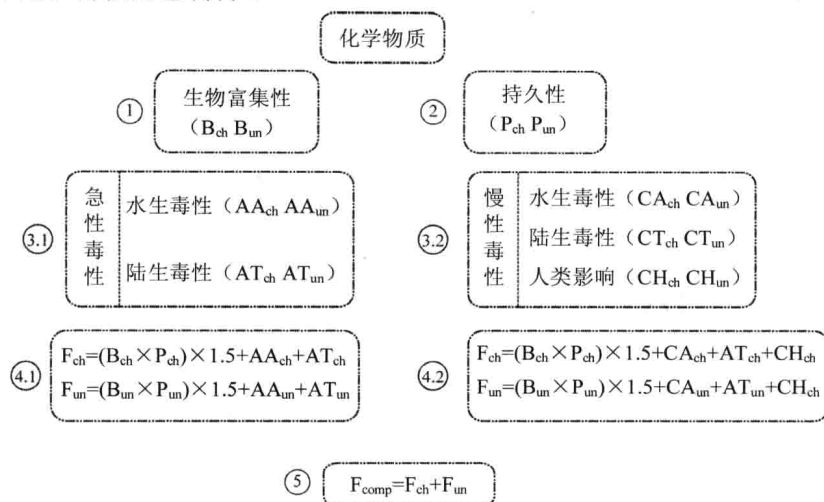


图 1-2 SCRAM 模型计分示意图

注：图中 B、P、AA、AT、CA、CT、CH、F 分别表示生物富集性、持久性、水生生物急性毒性、陆生生物急性毒性、水生生物慢性毒性、陆生生物慢性毒性、慢性毒性得分；下标 ch、un、comp 分别表示各化学品得分、不确定度、总得分；1.5 为模型缺省参数值。

该模型与前面 3 种模型计分方式有所不同：

(1) 赋值规则不同：前 3 种模型是将化学物质的某项指标值，通过对数运算得到 0~5 或 0~10 范围内的分值并加权求和；而 SCRAM 模型是将各指标划为 5 个区间范围，并给每个区间分别赋予 1~5 的分值，然后判断化学物质各指标值在哪个区间，则赋予相应的分值。

(2) 评价指标不同：前 3 种模型都考察了排放量或生产量的影响，SCRAM 模型并没有考虑这个因素，只从化学物质的固有特性出发，进行环境危害评估。因为如多氯代二苯并二噁英 (PCDD)、多氯代二苯并呋喃 (PCDF) 等并不是由生产或直接排放而产生的，所以如果考虑了排放量或生产量显然会低估这类化学物质对环境的危害影响。

(3) SCRAM 模型有针对性地考察了毒性的影响，将化学物质的持久性分为非持久性和持久性两个类别。对于非持久性有害物质，主要考察急性毒性影响，即以急性毒性得分计作为毒性影响得分；对于持久性有害物质，主要考察慢性毒性影响，即以慢性毒性得分计作为毒性影响得分。因有害物质的持久性将影响其毒性效应，分类考察不同持久性物质的毒性影响，更具合理性。