

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

# 农业活动区农药污染地下水 风险评估与系统管理

——许其功 席北斗 何小松 等 著



科学出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

# 农业活动区农药污染地下水 风险评估与系统管理

许其功 席北斗 何小松 等 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是一部介绍农业活动区农药污染地下水风险评估与系统管理的专著。全书共分10章,内容包括农业活动区农药污染调查技术方案框架,我国南方典型稻麦轮作区和北方典型大棚蔬菜种植区农药污染现状、差异及成因,南方典型稻麦轮作区和北方典型大棚蔬菜种植区中土壤饱气带-地下水中农药迁移转化特征与影响因子,典型农业活动区农药污染地下水风险评估方法,以及典型农业活动区地下水农药污染风险分级管理方法。本书对于认识我国农业活动区农药的来源、分布特征、迁移转化规律及对地下水污染的风险具有非常重要的价值,对农业活动区农药的使用和管理也具有重要的指导意义。

本书可作为环境科学、环境工程、环境管理、地下水科学与工程、土壤学、农药学等专业的参考书,也可对相关管理人员提供参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

农业活动区农药污染地下水风险评估与系统管理/许其功等著. —北京:科学出版社,2013. 10

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-03-038711-0

I. ①农… II. ①许… III. ①农业生产-地下水污染-农药污染-风险评估 ②农业生产-地下水污染-农药污染-系统管理 IV. ①X523②X592

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 229467 号

责任编辑:杨 震 刘 冉 / 责任校对:钟 洋

责任印制:赵德静 / 封面设计:东方人华

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>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年10月第一次印刷 印张:22 1/4

字数:530 000

定价:120.00 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  
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

# 农业活动区农药污染地下水风险评估与系统管理

## 著 者

许其功 席北斗 何小松

姜永海 许 艇 裴元生 杨 彦

黄 爽 杨 昱 胡将军 潘红卫

李 敏 李定龙 赵媛媛 李 翔

李 季 黄种买 白默涵 杨金忠

# 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

我国是一个农业大国,每年农药使用量在 23 万吨左右,除少部分农药被作物吸收外,其他大部分进入土壤、地表水和地下水中。作为我国城乡居民最主要的饮用水源,农药对地下水的污染直接关系到数以亿计人民的身体健康。开展我国农业活动区农药使用和污染现状分析,揭示农药进入地下水的键影响因子,分析地下水农药污染的健康风险,并基于此制定农业活动区农药使用和管理技术方法,是我国农业活动区地下水环境管理面临的迫切需求。

本书在系统分析和总结前人研究工作的基础上,阐述了我国南方典型稻麦轮作区和北方典型蔬菜种植区农药使用、土壤和地下水中残留现状,揭示了农药在土壤和地下水中迁移转化特征和关键阻控因子,建立了农业活动区农药污染风险的评价方法,并基于农药理化特征、施用方法及区域地下水脆弱性,制定了一套农业活动区农药污染风险管理技术方法。

全书共分 10 章,第 1 章阐述了农业活动区农药污染调查技术方案框架;第 2~5 章分别对我国南方典型稻麦轮作区和北方典型蔬菜种植区农药使用现状、土壤和地下水残留及来源进行了分析,并对土壤和地下水中农药污染水平进行了评估;第 6 章从区域水文地质、农业管理和农药残留等方面比较和概括不同农业活动区农药污染特征,指出了我国典型农业活动区地下水污染特征农药和潜在特征农药;第 7 章和第 8 章分别对我国南方和北方典型土壤和地下水中农药的迁移转化过程进行了模拟和研究,揭示地下水农药污染的关键阻控因子;第 9 章构建了农业活动区农药污染地下水风险的评估方法并进行了应用;第 10 章建立了一套农业活动区农药污染地下水的风险管理方法,并结合实例指出农业活动区地下水农药污染地下水风险管理的步骤。

本书将推动我国地下水农药污染风险分析与管理技术的研究,可供从事农业、农药及地下水方面研究的科研人员、高校研究生、农药生产企业及政府管理人员参考使用。



# 目 录

## 环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书序言

### 前言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 农业活动区农药污染调查技术方案框架    | 1  |
| 1.1 调查原则                   | 1  |
| 1.2 调查程序                   | 1  |
| 1.3 调查内容与方法                | 2  |
| 1.4 采样点布设                  | 3  |
| 第 2 章 湖北荆门稻麦轮作区农药污染现状调查与评估 | 4  |
| 2.1 研究区概况                  | 4  |
| 2.2 调查内容                   | 4  |
| 2.3 调查方法                   | 5  |
| 2.3.1 基础信息调查               | 5  |
| 2.3.2 农药调查                 | 5  |
| 2.3.3 其他指标调查               | 8  |
| 2.4 土壤农药残留调查结果             | 8  |
| 2.4.1 目标农药构成               | 8  |
| 2.4.2 目标农药残留水平             | 10 |
| 2.4.3 空间分布特征               | 16 |
| 2.4.4 土壤农药残留源解析            | 19 |
| 2.5 土壤农药污染状况评估             | 24 |
| 2.5.1 基于超标倍数的污染评估          | 24 |
| 2.5.2 基于熵权和 TOPSIS 模型的污染评估 | 26 |
| 2.5.3 土壤农药污染状况的分级与分区       | 28 |
| 2.6 地下水农药调查结果              | 28 |
| 2.6.1 目标农药构成               | 28 |
| 2.6.2 目标农药残留水平             | 30 |
| 2.6.3 空间分布特征               | 31 |
| 2.6.4 影响因素分析               | 31 |
| 2.6.5 地下水农药污染源解析           | 32 |
| 2.7 地下水农药污染评估              | 34 |
| 2.7.1 基于超标倍数模型的地下水农药污染评估   | 34 |
| 2.7.2 地下水农药污染状况的分级与分区      | 35 |
| 2.8 本章小结                   | 35 |

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| 参考文献 .....                               | 35        |
| <b>第3章 江苏常州稻麦轮作区农药污染现状调查与评估 .....</b>    | <b>36</b> |
| 3.1 研究区概况 .....                          | 36        |
| 3.1.1 研究区位置及采样点布置 .....                  | 36        |
| 3.1.2 研究区水文地质状况 .....                    | 37        |
| 3.1.3 研究区地下水补排关系 .....                   | 38        |
| 3.1.4 浅层地下水水位 .....                      | 39        |
| 3.2 农药使用状况 .....                         | 40        |
| 3.3 检测内容 .....                           | 41        |
| 3.4 土壤农药残留调查结果 .....                     | 41        |
| 3.4.1 目标农药构成 .....                       | 41        |
| 3.4.2 目标农药残留水平 .....                     | 43        |
| 3.4.3 空间分布特征 .....                       | 46        |
| 3.4.4 季节变化特征 .....                       | 48        |
| 3.4.5 土壤理化指标分布特征 .....                   | 49        |
| 3.4.6 土壤农药残留源解析 .....                    | 50        |
| 3.5 土壤农药污染状况评估 .....                     | 52        |
| 3.5.1 基于超标倍数模型的土壤农药污染评估 .....            | 52        |
| 3.5.2 土壤农药污染状况的分级与分区 .....               | 53        |
| 3.6 地下水农药污染调查结果 .....                    | 53        |
| 3.6.1 目标农药构成 .....                       | 53        |
| 3.6.2 目标农药残留水平 .....                     | 54        |
| 3.6.3 空间分布特征 .....                       | 56        |
| 3.6.4 季节变化特征 .....                       | 57        |
| 3.6.5 地下水农药污染源解析 .....                   | 57        |
| 3.7 地下水农药污染状况评估 .....                    | 58        |
| 3.7.1 基于超标倍数模型的地下水农药污染评估 .....           | 58        |
| 3.7.2 地下水农药污染状况的分级与分区 .....              | 58        |
| 3.8 本章小结 .....                           | 58        |
| <b>第4章 天津大棚蔬菜种植区农药污染地下水现状调查与评估 .....</b> | <b>60</b> |
| 4.1 研究区概况 .....                          | 60        |
| 4.2 农药使用状况调查 .....                       | 61        |
| 4.3 检测内容 .....                           | 61        |
| 4.4 检测方法 .....                           | 62        |
| 4.5 土壤农药残留调查结果 .....                     | 62        |
| 4.5.1 目标农药构成 .....                       | 62        |
| 4.5.2 目标农药残留水平 .....                     | 65        |
| 4.5.3 空间分布特征 .....                       | 74        |

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 4.5.4 | 土壤理化指标分布特征 .....             | 77  |
| 4.5.5 | 土壤农药残留源解析 .....              | 79  |
| 4.5.6 | 土壤农药分布影响因素 .....             | 84  |
| 4.6   | 土壤农药污染状况评估 .....             | 88  |
| 4.6.1 | 基于超标倍数模型的土壤农药污染评估 .....      | 88  |
| 4.6.2 | 土壤农药污染状况的分级与分区 .....         | 89  |
| 4.7   | 地下水农药污染调查结果 .....            | 89  |
| 4.7.1 | 目标农药构成 .....                 | 89  |
| 4.7.2 | 目标农药残留水平 .....               | 90  |
| 4.7.3 | 空间分布特征 .....                 | 92  |
| 4.7.4 | 地下水农药污染源解析 .....             | 94  |
| 4.7.5 | 地下水农药污染影响因素分析 .....          | 94  |
| 4.8   | 地下水农药污染状况评估 .....            | 95  |
| 4.8.1 | 基于超标倍数模型的地下水农药污染评估 .....     | 95  |
| 4.8.2 | 地下水农药污染状况的分级与分区 .....        | 96  |
| 4.9   | 本章小结 .....                   | 96  |
| 第5章   | 山东寿光大棚蔬菜种植区农药污染现状调查与评估 ..... | 97  |
| 5.1   | 研究区概况 .....                  | 97  |
| 5.1.1 | 研究区地理位置 .....                | 97  |
| 5.1.2 | 自然气候条件 .....                 | 97  |
| 5.1.3 | 水文地质条件 .....                 | 98  |
| 5.2   | 调查内容与调查方法 .....              | 100 |
| 5.3   | 采样点位置 .....                  | 101 |
| 5.4   | 农药使用状况调查 .....               | 102 |
| 5.5   | 土壤理化特性 .....                 | 106 |
| 5.6   | 土壤农药残留调查结果 .....             | 107 |
| 5.6.1 | 目标农药构成 .....                 | 107 |
| 5.6.2 | 目标农药残留水平 .....               | 111 |
| 5.6.3 | 季节变化特征 .....                 | 113 |
| 5.6.4 | 土壤农药残留源解析 .....              | 114 |
| 5.7   | 土壤农药污染状况评估 .....             | 115 |
| 5.7.1 | 基于超标倍数模型的土壤农药污染评估 .....      | 115 |
| 5.7.2 | 土壤农药污染状况的分级与分区 .....         | 115 |
| 5.8   | 地下水农药污染调查结果 .....            | 115 |
| 5.8.1 | 目标农药构成 .....                 | 115 |
| 5.8.2 | 目标农药残留水平 .....               | 118 |
| 5.8.3 | 空间分布特征 .....                 | 124 |
| 5.8.4 | 季节变化特征 .....                 | 128 |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 5.8.5 地下水农药污染源解析 .....                     | 131        |
| 5.9 地下水农药污染状况评估 .....                      | 132        |
| 5.9.1 基于超标倍数模型的地下水农药污染评估 .....             | 132        |
| 5.9.2 地下水农药污染状况的分级与分区 .....                | 133        |
| 5.10 本章小结 .....                            | 133        |
| 参考文献 .....                                 | 133        |
| <b>第6章 中国南北方典型农业活动区农药污染特征比较</b> .....      | <b>134</b> |
| 6.1 地理特点比较 .....                           | 134        |
| 6.1.1 地理位置 .....                           | 134        |
| 6.1.2 气候特点 .....                           | 134        |
| 6.1.3 地形地貌 .....                           | 135        |
| 6.2 农业管理特点 .....                           | 135        |
| 6.2.1 种植和耕作制度 .....                        | 135        |
| 6.2.2 灌溉制度 .....                           | 136        |
| 6.2.3 农药使用状况 .....                         | 136        |
| 6.3 土壤特点 .....                             | 137        |
| 6.4 水文地质特点 .....                           | 137        |
| 6.5 土壤农药残留特点 .....                         | 138        |
| 6.6 地下水农药污染特点 .....                        | 140        |
| 6.7 土壤特征农药 .....                           | 142        |
| 6.8 地下水特征农药 .....                          | 144        |
| 6.9 本章小结 .....                             | 146        |
| 参考文献 .....                                 | 147        |
| <b>第7章 典型农业活动区包气带中农药迁移转化模型的构建与优化</b> ..... | <b>148</b> |
| 7.1 土壤理化参数的测定 .....                        | 151        |
| 7.1.1 土壤有机质 .....                          | 151        |
| 7.1.2 土壤 pH 值 .....                        | 151        |
| 7.1.3 土壤质地 .....                           | 152        |
| 7.1.4 土壤容重 .....                           | 152        |
| 7.2 土壤水分特征曲线及水力传导度实验 .....                 | 153        |
| 7.2.1 实验材料 .....                           | 153        |
| 7.2.2 实验方法 .....                           | 153        |
| 7.2.3 实验原理 .....                           | 153        |
| 7.2.4 土壤水分特征曲线测定结果与讨论 .....                | 154        |
| 7.3 土壤对农药毒死蜱吸附特性实验 .....                   | 157        |
| 7.3.1 批平衡实验方法 .....                        | 158        |
| 7.3.2 批平衡实验结果 .....                        | 158        |
| 7.3.3 柱实验方法 .....                          | 162        |

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| 7.3.4 柱实验结果 .....                          | 164        |
| 7.4 农药毒死蜱在土壤中降解实验 .....                    | 165        |
| 7.4.1 概述 .....                             | 165        |
| 7.4.2 实验材料 .....                           | 166        |
| 7.4.3 实验方法 .....                           | 167        |
| 7.4.4 毒死蜱在土壤中降解的结果 .....                   | 168        |
| 7.4.5 降解实验结果的讨论 .....                      | 170        |
| 7.5 农药在包气带中迁移的数值模拟 .....                   | 171        |
| 7.5.1 南方典型稻麦轮作区农药转化迁移数值模拟 .....            | 171        |
| 7.5.2 北方典型蔬菜种植区农药转化迁移数值模拟 .....            | 194        |
| 7.6 不同农业活动区农药迁移关键影响因子排序 .....              | 213        |
| 7.7 农业活动区减小农药污染地下水风险的建议措施 .....            | 213        |
| 参考文献 .....                                 | 213        |
| <b>第8章 典型农业活动区地下水中农药迁移转化模型的构建与优化 .....</b> | <b>217</b> |
| 8.1 地下水流及溶质迁移数值模拟研究进展 .....                | 217        |
| 8.2 农药在土壤-地下水中迁移转化模拟研究进展 .....             | 219        |
| 8.3 农药理化性质 .....                           | 220        |
| 8.4 南方典型稻麦轮作区 .....                        | 220        |
| 8.4.1 自然地理概况 .....                         | 220        |
| 8.4.2 水文气象条件 .....                         | 221        |
| 8.4.3 水文地质概念模型 .....                       | 221        |
| 8.4.4 数学模型 .....                           | 222        |
| 8.4.5 南方稻麦轮作区水流模型参数 .....                  | 224        |
| 8.4.6 识别与验证 .....                          | 225        |
| 8.4.7 模型预测 .....                           | 231        |
| 8.5 北方典型蔬菜种植区 .....                        | 235        |
| 8.5.1 自然地理概况 .....                         | 235        |
| 8.5.2 气候条件 .....                           | 235        |
| 8.5.3 水文地质条件 .....                         | 235        |
| 8.5.4 北方蔬菜种植区水流模型参数 .....                  | 236        |
| 8.5.5 参数确定 .....                           | 237        |
| 8.5.6 水文地质概念模型 .....                       | 238        |
| 8.5.7 地下水水流模型 .....                        | 241        |
| 8.5.8 地下水溶质模型 .....                        | 244        |
| 8.5.9 浓度预测 .....                           | 247        |
| 8.6 小结与建议 .....                            | 250        |
| 8.6.1 本章小结 .....                           | 250        |
| 8.6.2 讨论与建议 .....                          | 251        |
| 参考文献 .....                                 | 251        |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| <b>第9章 典型农业活动区地下水农药污染风险评价方法</b> .....    | 254 |
| 9.1 地下水污染风险研究进展 .....                    | 254 |
| 9.1.1 地下水脆弱性评价 .....                     | 254 |
| 9.1.2 地下水污染风险评价 .....                    | 257 |
| 9.2 存在问题 .....                           | 260 |
| 9.3 区域地下水农药污染风险评价方法的构建 .....             | 260 |
| 9.3.1 地下水农药污染风险影响因素分析 .....              | 260 |
| 9.3.2 多因素耦合综合评价方法 .....                  | 264 |
| 9.3.3 区域地下水农药污染风险评价技术流程 .....            | 268 |
| 9.3.4 评价步骤 .....                         | 269 |
| 9.4 应用实例 .....                           | 277 |
| 9.4.1 区域地下水脆弱性评价 .....                   | 277 |
| 9.4.2 区域污染源特性评价 .....                    | 278 |
| 9.4.3 地下水污染物健康风险评价 .....                 | 281 |
| 9.4.4 区域地下水价值评价 .....                    | 286 |
| 9.4.5 常州市地下水污染风险评价 .....                 | 286 |
| 9.4.6 结论与分析 .....                        | 286 |
| 参考文献 .....                               | 288 |
| <b>第10章 典型农业活动区地下水农药污染风险分级管理技术</b> ..... | 292 |
| 10.1 国内外农药污染地下水污染风险表征方法研究 .....          | 292 |
| 10.1.1 风险指数法 .....                       | 292 |
| 10.1.2 过程模拟法 .....                       | 294 |
| 10.2 农业活动区地下水农药污染风险分级管理指标初选 .....        | 295 |
| 10.2.1 分级指标建立步骤 .....                    | 295 |
| 10.2.2 分级指标筛选原则 .....                    | 295 |
| 10.2.3 分级指标构建方法 .....                    | 296 |
| 10.2.4 分级指标初选 .....                      | 297 |
| 10.3 农业活动区地下水农药污染风险分级方法建立 .....          | 300 |
| 10.3.1 聚类分析法 .....                       | 300 |
| 10.3.2 农业活动区地下水农药污染风险分级方法 .....          | 301 |
| 10.4 农业活动区地下水农药污染风险分级管理方法 .....          | 324 |
| 10.4.1 风险分级管理内涵 .....                    | 324 |
| 10.4.2 风险分级管理原则 .....                    | 324 |
| 10.4.3 分级管理程序 .....                      | 325 |
| 10.4.4 分级管理方案 .....                      | 326 |
| 10.5 典型农业活动区地下水农药污染风险案例分析 .....          | 335 |
| 10.6 小结 .....                            | 337 |
| 参考文献 .....                               | 338 |

# 第 1 章 农业活动区农药污染调查技术方案框架

## 1.1 调查原则

调查遵循针对性、规范性、完整性和可操作性四个基本原则。

### (1) 针对性原则

根据项目的研究目标,紧紧围绕农业活动区农药迁移转化规律及对地下水污染风险,确定场地边界和调查内容。

### (2) 规范性原则

采用规范的数据收集和采样方法进行农业活动区环境调查,保证调查过程的科学性、客观性和系统性。

### (3) 完整性原则

调查过程中要保证信息收集的完整性,不能缺项,全面反映出场地基本信息及污染物种类、污染程度等信息。

### (4) 可操作性原则

综合考虑调查技术水平、人力物力、项目经费和时间等,使调查过程切实可行。

## 1.2 调查程序

依据以上四个原则分三个阶段对场地实施调查,具体如下:

### (1) 第一阶段场地环境调查

这是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段。针对农业活动区土壤使用历史,有针对性地进行场地资料收集;依据收集资料所反馈出的信息,有目的地实施现场勘查,获得切实所需的场地数据;在资料收集和现场勘察进行的同时,开展场地人员访谈,提高场地调查效率,完善调查数据收集。收集的资料主要包括:土地利用历史资料、土地环境资料、农药使用资料、有关政府文件以及场地所在区域自然社会信息五部分。

### (2) 第二阶段场地环境调查

若第一阶段场地环境调查表明场地内或周围区域存在可能的污染源,则需进行第二阶段场地环境调查,确定污染种类、程度和范围。第二阶段场地环境调查是以采样与分析为主的污染证实阶段。在第一阶段调查的基础上,依据项目所需有针对性地开展第二阶段场地环境调查。现场踏勘的主要内容包括:场地的现状,场地历史,相邻场地的现状,相邻场地的历史情况,周围区域的现状与历史情况,地质、水文地质、地形的描述。其主要方法有:采用现场快速检测设备进行定性或半定量分析,初步判断场地污染物及其分布,指导样品采集及监测井布设。



### (3) 第三阶段场地环境调查

若第二阶段调查确认污染事实,需要进行风险评估时,则要进行第三阶段场地环境调查。第三阶段场地环境调查以补充采样和测试为主,满足风险评估和土壤及地下水污染物迁移转化所需参数。

## 1.3 调查内容与方法

针对不同场地条件(农药使用种类及使用规模、土壤介质结构、水文地质条件、自然气候情况和敏感受体分布等),进行相关数据资料收集和现场实地观测,具体调查内容包括:

### (1) 研究区域农药使用状况调查

采用统计数据和现场调查相结合的方式,详查农药的施用量、种类、施用方式、施用周期等参数。经分析整理,识别和筛选能反映农业活动区地下水污染状态的特征污染物。具体调查内容与方法如下:

① 农药使用调查:历史资料包括所使用农药的种类、施用量、施用时间、施用方式、施用周期、农业耕种方法、场地种植作物种类等。主要调查方法为历史资料的收集和人员访谈;尽可能多地收集该场区作物种植和农药使用情况的历史资料,并通过人员访谈的方法补充资料收取的不足。

② 特征农药理化特性收集:包括溶解度、水解作用、土壤吸附性能、微生物降解性等。主要通过资料查询的方式进行,部分数据可通过实验室试验获得。

### (2) 研究区域地下水水井调查

地下水水井调查包括现有水井井位、钻井日期、井深、成井方法、抽水试验数据、钻探单位、使用价值、水质资料等,以水井资料收集为主。

### (3) 研究区土壤理化特性调查

土壤理化特性调查包括土壤类型、土壤容重、含水率、渗透率、土壤粒度、孔隙率等,包气带岩性组成、厚度、结构及分布特征,收集研究区域不同土壤类型分布图。调查通过资料查询、现场采样和实验室分析等方式进行。

### (4) 研究区域地下水文状况调查

探明研究区域地下水分布状况,绘制研究区域水文地质图件,测定关键水力学参数,具体如下:

① 含水层调查:包括含水层的埋深、组成、厚度及分布,边界条件,弱透水层的岩性、分布与厚度,渗透系数、水力传导系数等。

② 相关水力学参数:包括研究区边界,地下水补给来源、地下水流量、流速与排泄方式和排泄量。数据资料的获得以场区水文地质资料收集为主,现场打井测量作为补充。

③ 研究区地下水环境质量现状调查:地下水常规水质指标与特征农药污染物调查,包括电导率、氟离子、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、大肠菌群,六六六、滴滴涕以及能够反映研究区域主要农药污染的项目。

④ 研究区自然气候情况调查:包括湿度、蒸发量、降雨量、风速、最低最高温度等,以

场区气候资料收集为主。

⑤ 研究区周围敏感点信息调查:包括研究区居民分布、研究区饮水来源、研究区人群的构成(年龄、性别、体重、病史等)、食物构成、饮用水量、暴露于农药污染地下水(污染土壤及食物)的时间及频率等,以场区周围人口居住情况资料收集为主,人员访谈及现场调查作为补充。

## 1.4 采样点布设

研究单元土壤、地表水和地下水采样点的布设遵循以下原则:

### (1) 土壤采样点布设原则

参照《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166—2004)布点原则,采用网格布点法。

### (2) 地表水采样点布设原则

参照《地表水和污染监测技术规范》(HJT91—2002),地表水监测断面应具有代表性,真实反映各环境介质受污染程度。

### (3) 地下水采样点布设原则

通过测定各污染控制监测井的水位值,利用三孔法来确定地下水流向,即任选地理位置呈平面三角形的三口井,通过对其进行水位测定,确定地下水走向。

背景值监测井应尽量选择远离农药化肥施放区、农灌区及交通道路的地区。

污染控制监测井确定原则参考《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164—2004)和《水环境监测规范》(SL219—98)关于监测井布置的相关要求,结合网格布点法。