

## 研究概述与理论基础

### 1.1 研究背景

山东省作为中国经济发展较快的地区之一,具有独特的地理、气候和经济特征。其广袤的土地资源和丰富的矿产资源为农业和工业的快速发展提供了良好的基础。然而,这种快速发展也带来了土壤和固废环境的显著问题,亟须引起关注。山东省的农业在全国范围内占有重要地位,在小麦、玉米和大豆等粮食作物的生产过程中,随着化肥和农药的过度使用,土壤质量逐渐下降,出现了土壤酸化、盐碱化和重金属污染等问题。这不仅影响了土壤的生态功能,还对粮食安全构成了威胁<sup>[1]</sup>。有效保护并逐步改善土壤环境,有助于提升农业可持续性与粮食安全。山东省工业化程度高,固废产生量大,尤其是随着城镇化进程的加快,生活垃圾、工业废物和建筑垃圾的处理成为一个突出的环境问题,它们不仅占用土地资源,还可能对土壤和水体造成二次污染。提高固废处理处置效率能够在有效降低环境风险的同时,提高资源利用水平。随着国家对生态文明建设的重视程度不断提高,山东省的生态环境保护任务尤为艰巨。本书通过对山东省典型区域土壤和固废问题的剖析,提出了科学有效的提质增效策略,为提升土壤环境质量和固废资源化利用水平提供理论依据与技术支撑,助力绿色高质量发展。

### 1.2 指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,全面贯彻落实党的二十大精神,紧紧围绕统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局,按照党中央、国务院决策部署,锚定“走在前列、全面开创”。认真践行习近平生态文明

思想,认真落实习近平在中央财经委员会第一次会议、全国生态环境保护大会及视察山东系列重要讲话精神,深入贯彻党中央、国务院关于深入打好污染防治攻坚战决策部署,坚持人与自然和谐共生的基本方略,按照党中央、国务院关于深入打好污染防治攻坚战部署和“摸底数、补短板、查漏洞、压责任、严监管、强能力”的总体思路,把握黄河流域生态保护和高质量发展带来的重大机遇,落实《国务院关于支持山东深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展的意见》(国发〔2022〕18号)<sup>[2]</sup>,坚守生态优先、绿色发展理念,以生态环境改善、人与自然和谐发展为目标,以科技创新和制度创新为动力,以减少污染物排放、降低资源能源消耗、提高资源能源利用效率为核心,全面提升土壤和固废管控的系统化、科学化、法治化、精细化、信息化水平,为全省“十五五”生态环境规划打下坚实的基础。

### 1.3 主要研究内容

图 1.1 为技术路线图。

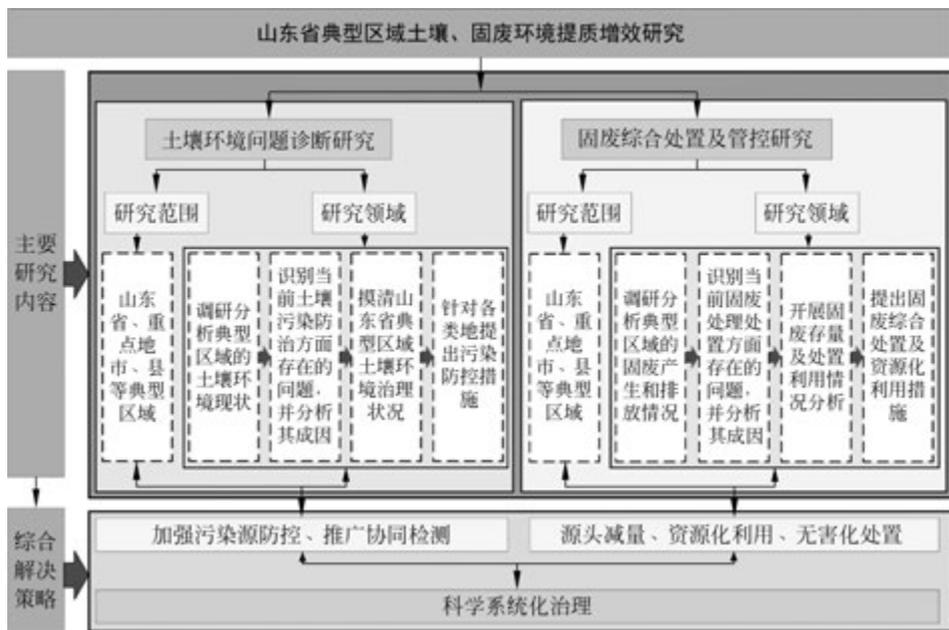


图 1.1 技术路线图

#### 1.3.1 土壤环境提质增效研究

本书将对山东省典型区域的土壤环境现状进行全面剖析,包括农用地、建设用地和未利用地的土壤质量状况;通过对土壤污染现状的详细调查与评估,明确当

前土壤环境的污染水平及特点；基于现状分析，识别土壤环境污染防治中的主要问题，特别是土壤污染改善难度大、环境风险管控不足的领域。污染源头识别将作为研究重点，包括农业及工业活动等。本书将针对识别出的问题，提出系统化的污染防控措施；通过典型土壤污染治理的经验借鉴，结合农用地和建设用地的实际情况，制定科学的污染防控策略，全面提升土壤环境质量。

### 1.3.2 固体废物提质增效研究

本书将对山东省典型区域的固体废物（简称固废）产生和排放情况进行全面剖析，调查固废种类、数量及分布特征，明确当前固废管理现状；识别当前固废处理处置方面存在的问题，并分析其成因，重点关注固废管理机制不完善、监管力度较小等因素；通过对固废存量及处置利用情况的分析，梳理山东省典型区域固废产生、利用、处置和贮存的基本情况，以识别潜在的环境风险；围绕科学规划、增强处理能力、完善管理体制和提升监管水平等方面，提出固废综合处置及资源化利用措施，促进固废监管和风险控制能力的提升。

## 1.4 目的及意义

### 1.4.1 贯彻落实《国务院关于支持山东深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展的意见》（国发〔2022〕18号）

在当前全球及我国绿色低碳发展的战略背景下，山东省作为中国重要的工业与农业基地，亟须在新旧动能转换的进程中协调推进环境治理与经济发展。《国务院关于支持山东深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展的意见》（国发〔2022〕18号）提供了完成上述转型的政策、明确了方向，强调了绿色发展和生态环境保护的重要性。在这样的政策指导下，开展山东省典型区域土壤、固废环境提质增效研究项目具有深远意义。本项目的实施将直接响应山东深化新旧动能转换的核心需求，通过改善土壤和固废管理现状，促进生态环境的整体改善，从而支撑绿色低碳的高质量发展战略。通过对典型区域土壤和固废的系统研究与综合治理，本项目将开发更为高效、经济且可持续的环境治理技术和方法，为山东省乃至全国提供可复制、可推广的经验和技术示范。项目成果的成功实施将优化地区资源配置，改善居民生活质量，增强公众环保意识，并为地区经济、社会发展提供坚实的生态保障。这不仅符合国家对生态文明建设的整体要求，也为地方政府在实现环境与发展双赢的策略中提供了强有力的支持。

#### 1.4.2 贯彻落实《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(国务院公报 2021 年第 31 号)

实现碳达峰碳中和是中国响应全球气候变化挑战、推动高质量发展的重大决策<sup>[3]</sup>。这一政策不仅强调了减碳的紧迫性,也提出了通过创新驱动和结构优化来实现绿色转型的路径。在这一政策框架下,开展山东省典型区域土壤、固废环境提质增效研究项目显得尤为重要。本项目的实施将有效促进山东省在碳排放管理和环境治理方面的能力提升,这对于在 2030 年前实现碳达峰和在 2060 年前实现碳中和具有重要意义。通过改善土壤质量和优化固废处理流程,本项目将有效减少农业和工业生产中的碳排放,同时提高碳汇能力,促进生态系统服务能力的恢复与提升。本项目将引入和开发低碳技术,如碳捕集、利用与封存技术,生态修复技术,以及资源循环利用技术,这些都是达到碳中和目标的关键技术途径。此外,通过系统研究固废资源化利用和土壤污染治理,本项目不仅有助于减少温室气体排放,也能促进资源的可持续使用,从而支持山东省乃至中国在全球气候治理中发挥积极作用。本项目不仅是对国家碳达峰碳中和战略的具体响应,也是山东省贯彻新发展理念、推动环境和发展方式绿色转型的实际行动。将项目成果结集出版可以显著提升地区的生态环境质量,推动社会经济向更加绿色、低碳的方向发展。

#### 1.4.3 贯彻落实《中共中央 国务院印发〈黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要〉》(国务院公报 2021 年第 30 号)

黄河流域的生态保护和可持续发展是国家战略的重要组成部分<sup>[4]</sup>。该规划纲要强调了生态保护的重要性,并提出了通过科技创新和系统管理来实现流域内生态环境的整体改善与资源的高效利用。开展山东省典型区域土壤、固废环境提质增效研究项目正是响应这一战略的重要举措。本书的研究对象是黄河流域的重要一环——山东省,专注于该地区土壤和固废的环境治理,对于改善黄河流域的生态环境具有深远意义。本书旨在通过科学研究和技术创新解决土壤污染和固废处理中的关键问题,如重金属污染的土壤修复、有害固废的安全处置与资源化利用等。这些措施将直接用于黄河流域的水质改善、生态恢复和生物多样性保护。此外,本书通过推广环保技术和管理模式,将为黄河流域其他省份提供可复制的经验和方法,助力整个黄河流域实现生态保护与高质量发展目标。这不仅有助于提升黄河流域的生态服务功能和社会经济发展,也符合国家对黄河流域的总体要求;不仅对山东省,更对整个黄河流域的生态保护和高质量发展具有重要意义,是实现区域内外环境质量提升、经济社会协调发展和全面建设生态文明的关键一步。

#### 1.4.4 贯彻落实《中共中央 国务院关于实施乡村振兴战略的意见》 (国务院公报 2018 年第 5 号)

推进农业现代化、农村生态环境改善及提高农村居民生活质量<sup>[5]</sup>是国家乡村振兴战略的重要内容,开展山东省典型区域土壤、固废环境提质增效研究项目正是响应这一战略的关键举措。本书通过针对山东省农村区域土壤污染的综合治理与固废管理,将极大地提升土地资源的利用效率和农作物的质量,从而支持农业的可持续发展和农村经济的繁荣。改善土壤质量能够提升农作物的抗病性并增加产量,从而增强农产品的市场竞争力,为农民创造更多的收入来源<sup>[6]</sup>。固废的有效管理和资源化利用将有助于减少农村环境污染,改善居民生活环境,提高居民健康水平,这也是实现乡村振兴战略中“绿色生活”和“生态宜居”目标的重要步骤。本书相关结论还将促进环境治理与农村教育、科技推广和文化提升相结合,以科技创新引领农业和农村现代化,增强农民对现代农业技术的认知和应用能力,从而提升整个社区的环保意识和生活质量。

#### 1.4.5 贯彻落实《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》(国务院公报 2021 年第 32 号)

国家强调了加强环境治理、系统性减少污染物排放和改善环境质量的重要性<sup>[7]</sup>。在此背景下,山东省典型区域土壤、固废环境提质增效研究项目的实施具有极其重要的战略意义。本书直接回应了国家对污染防治的紧迫需求,特别是在固体废物管理和土壤修复领域,这些都是当前污染防治工作的关键方面。本书聚焦于山东省内典型污染区域的土壤和固废问题,通过采用最新的科技成果和方法系统地解决这些问题。通过有效的土壤修复技术和固废资源化利用策略,可大幅降低有害物质的环境风险,恢复土地的生态功能,同时促进资源的循环利用和可持续发展。此外,本书将有助于制定更加科学和有效的地方政策,为地方和国家制定长远的环境保护战略提供数据支持和技术路线。在政策引导下,通过推广应用成熟的土壤和固废处理技术,可以为山东省乃至全国的环境质量改善做出示范,进而推动污染防治攻坚战的深入开展。本书符合国家关于生态环境保护和污染防治的总体要求,并展现了对这些政策精神的具体实施方法,对推动山东省环境质量整体提升和实现国家环保目标都发挥了重要作用。

## 1.5 研究依据

本书研究参考了以下文件。

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国土壤污染防治法》

- 《中华人民共和国土地管理法》
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》
- 《中华人民共和国清洁生产促进法》
- 《中华人民共和国循环经济促进法》
- 《地下水环境监测技术规范》(HJ 164—2020)
- 《危险废物鉴别技术规范》(HJ 298—2019)
- 《国家危险废物名录》(2025年版)
- 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597—2023)
- 《地下水质量标准》(GB/T 14848—2017)
- 《排污单位自行监测技术指南 工业固体废物和危险废物治理》(HJ 1250—2022)
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599—2020)
- 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600—2018)
- 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618—2018)
- 《中共中央 国务院印发〈黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要〉》(国务院公报 2021 年第 30 号)
- 《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(国务院公报 2021 年第 31 号)
- 《国务院关于支持山东深化新旧动能转换推动绿色低碳高质量发展的意见》(国发〔2022〕18 号)
- 《关于印发〈减污降碳协同增效实施方案〉的通知》(环综合〔2022〕42 号)
- 《关于进一步推进危险废物环境管理信息化有关工作的通知》(环办固体函〔2022〕230 号)
- 《关于“十四五”推进沿黄重点地区工业项目入园及严控高污染、高耗水、高耗能项目的通知》(发改办产业〔2021〕635 号)
- 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
- 《国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知》(国发〔2021〕33 号)
- 《中共中央 国务院关于进一步深化农村改革 扎实推进乡村全面振兴的意见》(国务院公报 2025 年第 7 号)
- 《关于印发〈“十四五”全国危险废物规范化环境管理评估工作方案〉的通知》(环办固体〔2021〕20 号)
- 《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》(环环评〔2021〕45 号)
- 《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见(试行)》(环环评〔2021〕

108号)

《关于加强重点行业建设项目区域削减措施监督管理的通知》(环办环评〔2020〕36号)

《山东省黄河流域生态保护和高质量发展规划》(2022年)

《山东省发展和改革委员会关于印发山东省“十四五”绿色低碳循环发展规划的通知》(2022年)

《山东省发展和改革委员会关于印发〈山东省新旧动能转换重大产业攻关项目管理实施细则〉的通知》(鲁发改动能办〔2022〕484号)

《山东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

《山东省人民政府关于印发山东省“十四五”生态环境保护规划的通知》(鲁政发〔2021〕12号)

《国务院办公厅关于转发国家发展和改革委员会住房和城乡建设部生活垃圾分类制度实施方案的通知》(国办发〔2017〕26号)

《国务院办公厅关于印发禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案的通知》(国办发〔2017〕70号)

《关于坚决遏制固体废物非法转移和倾倒 进一步加强危险废物全过程监管的通知》(环办土壤函〔2018〕266号)

《关于提升危险废物环境监管能力、利用处置能力和环境风险防范能力的指导意见》(环固体〔2019〕92号)

《山东省生态环境厅关于加强危险废物处置设施建设和管理的意见》(鲁环发〔2019〕113号)

# 山东省情况综合分析

## 2.1 土壤环境质量现状

2022年,山东省土地面积为23480万亩(1亩 $\approx$ 666.667平方米),其中农用地为17259万亩,约占73.5%;建设用地为4846万亩,约占20.6%;未利用地1375万亩,约占5.9%。农用地中,耕地11359万亩,园地1068万亩,牧草地9万亩,林地及其他用地4846万亩。建设用地中,城镇村及工矿用地4091万亩,交通用地383万亩,水利设施用地372万亩。山东省是传统的农业大省,是我国粮食和水果的主要产地。山东省又是我国的经济强省,工业经济发达,污染物排放量大,这对山东省土壤环境造成了一定程度的污染。

### 2.1.1 农用地

#### 1. 土壤类型及分布

山东省四季分明,气候温和,光照充足,热量丰富,雨热同季,适宜多种农作物生长,是我国种植业的发源地之一。山东省农用地以土壤类型划分,棕壤土类2532万亩,主要分布于胶东半岛和沭河以东丘陵地区<sup>[8]</sup>;褐土土类2538万亩,主要分布于鲁中南低山丘陵、山麓平原、山间盆地和河谷平原;潮土土类6646万亩,主要分布于鲁西北黄泛平原区等地;砂姜黑土土类764万亩,主要分布于鲁中南山地丘陵周围和鲁东丘陵区;粗土土类3415万亩,主要分布于全省中低山和丘陵坡地;其他土类1364万亩。

#### 2. 农业种植结构

随着现代农业的快速发展,山东省蔬菜种植面积迅速扩大,形成了多元化种植结构,主要作物有小麦、玉米、地瓜、大豆、高粱、谷子、水稻、棉花、花生、烤烟、麻类、

蔬菜、水果、茶叶、药材、牧草、蚕桑等,是全国粮食、棉花、花生、蔬菜、水果的主要产区之一,其产品产量和质量均居全国前列。

山东省主要农作物的种植面积如图 2.1 所示。当前,山东省主要粮棉类作物种植面积及分布如下:小麦 5800 万亩、玉米 5650 万亩、棉花 280 万亩、花生 1100 万亩、水稻 170 万亩、大豆 240 万亩。其中,小麦、玉米主要分布在菏泽、聊城、德州、滨州、济南、青岛;棉花主要分布在菏泽、德州、滨州;花生主要分布在聊城、菏泽、泰安、威海、青岛等地。

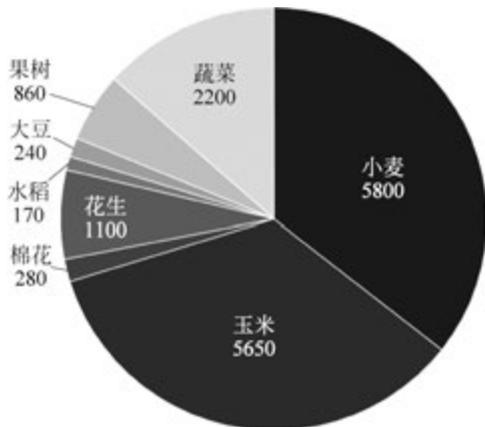


图 2.1 山东省主要农作物的种植面积(单位:万亩)

当前,山东省的果树种植面积约为 860 万亩、蔬菜种植面积约为 2200 万亩,果树主要分布在烟台、青岛、威海、临沂等地,蔬菜分布在济宁、淄博、潍坊、莱芜、青岛等地。与其他省市相比,山东省粮食作物的种植面积占绝大部分,蔬菜和果树的种植面积在总农用地面积中约占 17.8%,是除小麦和玉米以外占比较大的农作物。

### 3. 土壤污染现状

与林地、园地和牧草地相比,耕地土壤的污染较为严重,耕地土壤环境问题主要表现在以下几个方面。

(1) 土壤重金属污染。根据全省农产品产地土壤重金属污染普查结果,在一些有色金属开采和加工区的县(市、区),农田土壤的重金属点位超标率超过 10%,超标的主要元素为镉<sup>[9]</sup>。此外,部分地区的污灌历史长达几十年,其土壤出现重金属超标。再者,山东省还处于工业化、城镇化的快速发展时期,各类涉重金属污染源的排放总量有继续扩大态势,农田土壤环境质量面临严重威胁。

(2) 化肥过量施用。全省年折纯化肥施用量达 472.7 万吨,占全国化肥施用量的 8%,氮肥利用率为 30%左右,仅为发达国家水平的 1/2。平均化肥用量 27.2 公斤/亩,比全国平均用量高 6.0 公斤/亩,比世界平均用量高 19.2 公斤/亩。超量化肥投入造成土壤酸化、次生盐渍化加重。近年来,山东省土壤酸化速度加快,胶东地区尤为突出,pH 小于 5.5 的酸化土壤面积已达 980 多万亩。在全省 1300 万亩

的设施菜地中,有 260 万亩发生次生盐渍化。土壤酸化造成土壤养分比例失调,作物发病率升高,农产品品质下降<sup>[10]</sup>。在 pH 小于 4.5 的地块,一般作物减产 30% 以上。设施菜地种植 4 年后,土壤盐渍化现象逐年加重,严重影响作物产量和质量。

(3) 农药残留污染。2018 年,全省化学农药使用总量在 16 万吨左右,农药利用率不到 30%,比发达国家低 20 个百分点以上,其中大部分残留农药消解在土壤、水等环境介质中。农药残留污染不但会对有益生物(特别是微生物)造成伤害,破坏生态平衡,导致土传病害加重,耕地生产能力下降,而且会造成农产品农药残留超标,影响农产品质量安全,危及公众身体健康<sup>[11]</sup>。

(4) 地膜残留污染。全省地膜用量近些年来基本保持在 14 万吨左右,覆盖面积 3600 多万亩。地膜厚度小、易破损,基本不回收。残留地膜可在土壤中存留 200~400 年,在长期使用地膜覆盖的农田中,地膜残留量一般在 4 公斤/亩以上,最高已达 11 公斤/亩。残留地膜不仅破坏土壤结构,降低透气性、透水性,而且影响作物出苗,阻碍作物根系生长,可导致作物减产 10% 以上<sup>[12]</sup>。

(5) 禽畜粪便污染。2016 年,全省年畜禽粪便产生量为 1.89 亿吨、尿液产生量为 9436 万吨以上,耕地粪尿负荷达到 37.7 吨/公顷,比全国平均水平高 13 吨以上,有 15 个设区市耕地粪尿负荷超过了欧洲 30 吨/公顷的限值。目前,全省畜禽粪便无害化处理率还比较低,大量未经处理的畜禽粪便直接排入农田,不仅会造成耕地污染,还有可能引发动物疫病的传播和人畜共患疾病的发生<sup>[13]</sup>。

## 2.1.2 建设用地

### 1. 建设用地类型及规模

全省建设用地约 4846 万亩,城镇村与工矿企业用地主要包括城市、建制镇、村庄、采矿用地、风景名胜及特殊用地。全省城市建设用地 699 万亩,其中,居住用地 212 万亩,公共管理与公共服务用地 73 万亩,工业用地 154 万亩,道路与交通设施用地 95 万亩,其他建设用地 165 万亩。

### 2. 建设用地土壤污染现状

山东省是经济大省,能源和产业结构偏重,建设用地土壤污染风险较高。2022 年,在规模以上工业增加值占工业产值比例的统计中,采矿业占 6.7%,制造业占 87.3%(其中,石油、煤炭及其他染料加工业占 10.0%,化学原料和化学品制造业占 10.3%,黑色、有色金属冶炼及压延加工业占 9.2%,医药制造业占 4.3%,非金属矿物制品业占 4.2%,汽车制造业占 4.9%),电力、热力、燃气及水的生产和供应业占 6.0%。据统计,重金属污染排放量的 80.0% 以上分布在有色金属冶炼及压延加工业、化学原料和化学制品制造业、铅蓄电池制造业、皮革及其制品业、金属制品业、火力发电等行业。