

京津冀农产品产地土壤污染防治战略及典型工程案例

姜玉^{1,2}, 杨予宁^{1,3}, 李瑞¹, 席北斗¹, 李鸣晓¹, 郝艳¹, 孟繁华¹, 高绍博¹, 陈雷^{3,4}

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100020; 2. 上海大学, 上海 200444; 3. 吉林建筑大学, 长春 130118;

4. 吉林省人大环境与资源保护委员会, 长春 130000)

摘要: 京津冀协同发展是我国政治、经济、科技、文化建设的核心战略, 区域农产品产地环境保护是污染防治攻坚战的战略要地。京津冀农产品产地土壤重金属 Cd、Hg 超标问题在北京市和天津市周边较为突出, 污染风险不容忽视。京津冀农产品产地土壤污染的主要原因是工业开发区重金属污染、污水灌溉、污水处理能力不足、法规政策不完善、技术标准落后等。本文提出统筹部署“天地一体化”农产品产地环境监测体系、落实工矿企业清洁生产、推进畜禽养殖污染综合治理等土壤污染防治综合战略, 列举了天津某坑塘污染场地和非正规垃圾填埋场农产品产地环境污染防治工程案例, 为京津冀农产品产地土壤污染防治战略决策提供参考。

关键词: 京津冀; 农产品产地; 土壤污染防治; 战略; 工程案例

中图分类号: X53 **文献标识码:** A

Soil Pollution Prevention Strategies and Typical Engineering Cases of Agricultural Products Producing Areas in Beijing–Tianjin–Hebei Region

Jiang Yu^{1,2}, Yang Yuning^{1,3}, Li Rui¹, Xi Beidou¹, Li Mingxiao¹, Hao Yan¹, Meng Fanhua¹, Gao Shaobo¹, Chen Lei^{3,4}

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100020, China; 2. Shanghai University, Shanghai 200444, China;

3. Jilin Jianzhu University, Changchun 130118, China; 4. Jilin Provincial People's Congress Environment and Resources Protection Committee, Changchun 130000, China)

Abstract: The coordinated development of Beijing, Tianjin, and Hebei is the core strategy of China's political, economic, scientific, and cultural construction. The environmental protection of regional agricultural producing areas is a strategic location for the battle against pollution. The problem of excessive heavy metals Cd and Hg in the soil of agricultural producing areas is prominent in Beijing and Tianjin, and the pollution risk cannot be ignored. The main causes of soil pollution in the agricultural producing areas in the Beijing–Tianjin–Hebei region are heavy metal pollution by industrial development zones, sewage irrigation, inadequate sewage treatment capacity, imperfect regulations and policies, and backward technical standards. This study proposed to comprehensively deploy a “sky-ground integrated” environment monitoring system for the agricultural producing area, implement the clean production of in-

收稿日期: 2018-08-15; 修回日期: 2018-08-23

通讯作者: 李瑞, 中国环境科学研究院, 助理研究员, 研究方向为地下水污染控制; E-mail: 518lirui@163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国农业资源环境若干战略问题研究”(2016-ZD-10)

本刊网址: www.enginsci.cn

dustrial and mining enterprises, and promote comprehensive strategies of soil pollution prevention and control such as comprehensive management of livestock and poultry pollution. Engineering cases for environmental pollution prevention and control of a pit-pond pollution site and an informal refuse landfill in Tianjin are enumerated to provide references for strategic decisions of soil pollution prevention and control in the Beijing-Tianjin-Hebei agricultural producing areas.

Keywords: Beijing-Tianjin-Hebei region; agricultural products producing areas; soil pollution prevention; strategy; engineering case

一、前言

京津冀协同发展是我国政治、经济、科技、文化建设的核心战略，区域农产品产地环境保护是污染防治攻坚战的战略要地。京津冀协同发展区域农产品产地土壤环境保护，是促进农业可持续发展、保障农产品安全、提高农产品质量、满足城乡居民日益增长的美好生活需要的客观需求，是实现农业供给侧结构性改革、冲破“绿色堡垒”、扩大农产品出路、提升农产品国际竞争力的必经之路。

二、土壤污染情况

近年来，京津冀农产品产地土壤环境不容乐观，引起了社会公众普遍重视。经调查，土壤 Cr 超标点位分布于迁安县，点位超标率为 0.90%。Pb、Zn 超标点位仅分布于天津市，点位超标率分别为 0.40%、1.40%。Cu 在赵县、昌黎县、天津市点位超标率分别为 5.70%、5.20%、1.60%。As 超标点位在天津市、永清县周边零散分布，点位超标率分别为 1.1%、3.3%。Cd 超标点位密集分布于天津市，点位超标率为 11.30%；零散分布于迁西县、北京市、栾城县、唐海县，点位超标率分别为 33.30%、1.8%、9.10%、2.50%。Hg 超标点位在天津市零散分布，在北京市密集分布，点位超标率分别为 5.30%、9.80%。Ni 超标点位零散分布在天津市、蓟县、卢龙县，点位超标率分别为 1.60%、1.00%、2.40%。土壤 Ni 超标点位在遵化县密集分布，点位超标率为 29.53%；尚清洁点位在涿州市、保定市、石家庄市、沙河市一带连片分布，仍需引起重视 [1]。

2015 年，京津冀地区废水排放总量为 5.553×10^9 t，占全国的 7.55%。其中，废水中化学需氧量（COD）排放总量为 1.579×10^6 t，Hg 排放总量为 174.8 kg，Cd 排放总量为 16.2 kg，Pb 排放总量为 437.1 kg。2014 年京津冀地区有涉水工

业企业约 1.53 万家，其中化工行业污染源对农田土壤污染的相对贡献率最高（51%），其次为畜禽养殖业（27%）、金属冶炼加工业（9%）、电镀业（7%）。同时，京津冀的不同地区又有其特有的污染特点，天津市农业用水极度缺乏，在过去的 40 多年部分地区常年引污农灌 [2]；工矿企业是迁西县土壤重金属污染的主要成因 [3]；北京各区县规模相对较大的工业开发区有 34 个，产业涉及石油化工、医药、冶金与机械制造、电子信息、航空物流、食品加工、纤维橡塑与纺织印染、造纸印刷等行业 [4]；石家庄市 80% 以上的污水排入东明渠和洨河 [5]，根据计算 2010 年石家庄的污水产生量约为 3.9×10^8 m³，而石家庄市区当时仅有 2 座污水处理厂，致使其中大量污水未经处理就经污水管网直接排入洨河 [6~8]，导致排污河段土壤化学组分含量偏高；栾城县是一个以农业为主的地区，自 20 世纪七八十年代起，洨河流域地区曾大面积使用污水灌溉农作物 [9]；唐海县内重点污染源包括造纸、化肥等重污染工业，县外南临唐山市南堡化学工业区，农田土壤环境受农业化工原料、工业、交通等影响 [10]。

京津冀区域缺乏完善的农产品产地环境安全法规体系，《土壤污染防治法》尚未完成立法工作 [11,12]。政策措施和市场运行机制缺失、资金投入有限是制约土壤环境保护的关键瓶颈 [13]。长期以来，土壤环境受到环保、农业、国土等部门多头监管，环境监测预警能力不足，相关政策与技术标注、规范、指南缺乏衔接 [14]。此外，化工行业、金属冶炼加工业、电镀业、畜禽养殖业、垃圾填埋场等重点污染行业技术落后，污染治理能力不足。

本研究针对京津冀农产品产地土壤污染问题，从环境监管能力提升、重点污染源治理等方面提出了区域性土壤污染防治战略，列举了典型场地环境污染防治工程案例，旨在为京津冀农产品产地土壤污染防治战略决策提供参考。

三、污染防治战略

(一) 总体思想

坚持预防为主、保护优先、管控为主、修复为辅、示范引导、因地制宜等原则，形成由法律法规、标准体系、管理体制、公众参与、科学研究和宣传教育组成的支撑体系。以全国总体规划为指导，以京津冀区域环境特征为出发点，从政策法规、技术标准、示范工程等多方面着手，加强区域性突出农产品产地环境污染专项治理。

(二) 政策建议和防治对策

1. 健全环保法制体系，建设多部门联动环境监管机制

在京津冀进一步加强、健全环保法制体系 [15]，从源头上严格控制污染。同时，制订京津冀农产品产地环境保护的技术标准，增强环境保护工作的科学性、实用性和可操作性。健全京津冀农产品产地环境保护规划体系，界定基于基本农田的生态红线，全面分析农产品产地环境承载能力。建设生态补偿机制 [16]，促进污染源头管控。明确补偿责任主体，实行自然资源的有偿使用。加强区域部门协作，制定区域性污染应急管理方案，完善地区间、部门间突发事件信息通报、联动响应制度，建立突发环境污染事件应急监测体系，健全各级应急监测队伍。

2. 构建“水、土、气、生、人”一体化环境监测预警体系

建设京津冀地区环境质量动态监测网络，按照统一规划、统一监测、统一评价的原则，实行农作物和土壤环境质量协同监测，界定京津冀农产品产地污染区，识别重点污染行业，全面分析京津冀地区农产品产地污染时空分布及变化趋势，开展农产品质量全程追踪监控工程示范。建立区域性环境通信网络系统，实现环境监测数据的公开、共享、透明。目前，京津冀地区环境监测初步具备了网络化、体系化的监测组织机构和技术体系 [17]，建议统筹“水、土、气、生、人”等环境要素，编制环境监测标准规范与监测网络布设方案。深入调查土壤重金属、有毒有机物污染现状，探究不同污染组分在土壤中的迁移转化规律，分析污染物在土、水、气、作物、人体等介质中的交互作用机制，为京津冀农产品产地污染防治措施提供客观的科学手段及

理论依据。

3. 淘汰落后产能，鼓励工矿业清洁生产

开展化工行业、金属冶炼加工业、电镀业、畜禽养殖业、垃圾填埋场等重点污染源在线监控预警。以中央环保督察为契机，推进化工、冶金行业清洁生产 [18]，坚决淘汰散、乱、污工矿企业及其落后工艺，鼓励落后生产技术改造，强化行业的环保、能耗、技术、工艺、质量、安全等方面的指标约束，提高准入门槛。推广应用化工生产过程污染物浓缩、分离、纯化、内部资源化循环利用技术。使用湿法冶金工艺逐渐替代火法工艺，减少有害重金属源头排放量，提高有害金属回收率。建议制（修）订工矿企业污染综合防控监督管理指南。完善工矿企业环境应急标准化建设规范，定期组织开展有害重金属环境和健康风险评估，完善工矿污染严重企业及落后产能退出机制。

4. 推进畜禽养殖污染综合治理

根据京津冀畜禽养殖现状和资源环境特点，因地制宜确定主推技术模式。以源头减量、过程控制、末端利用为核心，重点推广经济适用的通用技术模式。京津冀是我国粮食主产区和畜产品优势区，应根据土地承载力及环境承载力，优化调控畜禽养殖总量，重点推广种养结合、粪污资源化还田与沼气能源化并重的技术模式 [19]。科学划定京津冀畜禽养殖禁养区、限养区、宜养区。加大国家财政专项支持力度，结合以奖促治，解决农村畜禽养殖污染问题。优化畜牧业结构，提升供给质量和效率。

四、典型工程案例

(一) 天津某坑塘污染场地调查及风险评估报告、场地环境综合治理工程

1. 坑塘污染场地基本情况与特征描述

天津某纳污坑塘面积约为 1200 m²，水面面积约为 800 m²，平均水深约 1.5 m，污水总方量约为 1200 m³，水面呈土黄色。根据卫星历史影像资料，至 2017 年 5 月，该纳污坑塘西侧土地被平整，并出现活动厂房，存在生产作业迹象。紧邻坑塘北侧为乡村道路，道路北侧为闲置农用地，目前坑塘周边企业都已停止生产作业。当地相关部门采取投加生石灰等措施，以改善水质酸碱性。

该纳污坑塘污染疑似工业废水偷排所致，偷排

企业主要为颜料印染及电镀企业等。颜料生产过程产生的废水具有高酸度、高 COD、高色度、高含盐量、有机物难生化降解的特点。而电镀废水主要分为含铬废水、含氰废水以及其他废水（包括铜、镍、锌等）三类，其水质复杂，成分不易控制，其中含有铬、镉、镍、铜、锌、金、银等重金属离子和氰化物等。根据《天津市生态用地保护红线划定方案》，该纳污坑塘土地处于天津市生态红线范畴，属于农业生产保护绿地，坑塘周边农田土壤存在较高的环境风险隐患。

2. 坑塘污染场地环境调查与污染风险

由于该纳污坑塘废水、底泥治理周期短，为提高污染源治理效率，在采样调查的同时进行废水移出处理，并开展底泥移出暂存。该坑塘石油类物质含量较高，石油类污染物进入土壤后，会破坏土壤结构，分散土粒，使土壤的透水性降低。其富含的反应基能与无机氮、磷结合并限制硝化作用和脱磷酸作用，从而使土壤有效磷、氮的含量减少。特别是其中的多环芳烃，因有致癌、致变、致畸等活性和能通过食物链在动植物体内逐级富集，其在土壤中的累积更具危害性。石油类污染物在我国已列入危险废物名单，该污染物应列入关注污染物。此外，底泥中半挥发性有机物均有邻苯二甲酸酯类物质检出。邻苯二甲酸酯类作为塑料增塑剂，常用于农药载体、染料助剂以及涂料和润滑油中，具有种类多、难降解、生物富集性强等特点，对人体、生物体及植物均有较大的毒性，该类污染物对人类的危害主要表现在致癌、致畸性以及免疫抑制性。

在健康风险评估阶段，将锌、铜、铬、镍、邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯作为主要关注污染物，并以土壤中最大浓度在不同暴露途径进行致癌和非致癌风险值的计算，按照污染物的致癌风险可接受值为 10^{-6} 、非致癌风险可接受值小于 1 作为污染场地的风险评价基准，得出如下结论：关注污染物中铬总致癌风险值为 2.89×10^{-7} ，总非致癌风险大于 1，为 1.963，具有一定的健康风险性；其他污染物总致癌风险小于 10^{-6} ，非致癌风险小于 1，处于可接受的致癌风险范畴。铬经直接摄入途径的非致癌风险值为 0.093，占非致癌风险的 4.73%；经皮肤接触暴露途径的非致癌性风险值为 1.87，占非致癌风险的 95.27%，健康风险性主要来源于皮肤接触暴露途径。

3. 坑塘污染场地污染综合治理工程

针对坑塘废水中含有锌、硒重金属污染物，先采用碱析沉淀去除，然后采用次氯酸钠溶液去除废水中的氨氮，最后在形稳性阳极（DSA）电极的电催化作用下进一步去除废水中的 COD、氨氮、有机氮，确保出水水质达到纳管标准。总体工艺为采用碱析 + 次氯酸钠氧化 + DSA 电催化。本着防止二次污染、就近处理及经济有效等原则，本项目采用了一体化撬装装置处理废水。

坑塘废水、底泥经应急工程移出处理后，原纳污坑塘可进行覆土、平整、绿化，恢复其使用功能。在覆土过程中，可在底层土壤中添加微生物菌剂，利用微生物对土壤中重金属元素具有特殊吸附、转化、溶解和沉淀的能力进一步降低重金属等有毒污染物活性或降解成无毒物质；在绿化植物选择上，选取对重金属等有毒污染物有特定吸附作用的修复植物，利用微生物菌剂调节土壤肥力和植物吸收固定协同重金属等有毒污染物，通过微生物-植物协同修复技术降低坑底土壤污染程度，达到改善土壤环境的目的。

（二）天津某非正规垃圾填埋场场地调查及风险评估报告、场地环境综合治理工程

1. 垃圾填埋场场地基本情况与特征描述

天津市某非正规垃圾填埋场所处规划原为农业用地，随着城市发展生活垃圾产量不断增加，原农业用地从 2013 年开始逐渐沦为附近居民生活垃圾的接纳场所，该垃圾填埋场占地约 240 亩（1 亩 $\approx 666.667 \text{ m}^2$ ），填埋深度约 11 m，垃圾填埋量约 $6 \times 10^5 \sim 7 \times 10^5 \text{ m}^3$ ，渗滤液总量约 $7 \times 10^5 \sim 8 \times 10^5 \text{ m}^3$ ，地下水埋深较浅，填埋垃圾长期浸泡在地下水中。场地水文地质条件复杂，80 m 以浅自上而下可分为潜水含水层、第一层弱透水层、第一至三层承压水，场地区域潜水含水层顶、底高程分别为 -2 m、-16 m。21 m 以浅的潜水含水层，其岩心主要以黏性较高的粉土层，渗透性较差，富水量差。场地地下水流向为由北向南，地下水流速约为 0.043 cm/d。地下水 pH 值范围为 7.07~8.54，整体呈现弱碱性。填埋场上游方向 300 m 的背景点电导率为 7.5 mS/cm，氨氮浓度为 0.35 mg/L，氯化物浓度为 $1.71 \times 10^3 \text{ mg/L}$ ，硝酸盐浓度为 0.39 mg/L，TOC 浓度为 5.3 mg/L。目前场内垃圾主要分为两个

区域,一区域为垃圾填埋压实区,该区位于垃圾填埋场西侧,占地面积约为 $3.7 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。另一区域主要为垃圾漂浮区域,占地面积约为 $5.2 \times 10^4 \text{ m}^2$,初步判断漂浮厚度为2~3 m(含有覆土层)。由于没有防渗、渗滤液处理、填埋气体导排等环保设施,该非正规垃圾填埋场周边为永久基本农田,存在极大的生态环境安全隐患。

2. 垃圾填埋场场地环境调查与污染风险

本案例依据《污染场地环境调查技术导则》(HJ25.1—2014)和《污染场地环境监测技术导则》(HJ25.2—2014),对填埋场周边土壤环境进行调查。调查结果表明,土壤中有机物邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二正辛酯、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二正辛酯均有不同程度检出;铅、镉、铬、砷、汞重金属浓度范围为12.1~38.5 mg/kg、0.10~0.32 mg/kg、32.1~243.6 mg/kg、5.4~16.0 mg/kg、0~0.50 mg/kg;氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮浓度范围分别为0.24~27.3 mg/kg、0~1400 mg/kg、13.5~128 mg/kg。参考《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3—2014),根据污染调查结果对填埋场进行风险评估,表明该场地周边农田土壤存在较高污染风险,需进一步采取防治措施。

对地下水环境进行调查,地下水pH值范围为7.07~8.54,氨氮是填埋场周边地下水中的主要超标特征污染物。从有机物组分分析来看,萘、蒽、菲、葱、荧葱、芘、苯并(b)、荧葱、茚并(1,2,3-cd)-芘、二苯(a,h)并葱、苯并(g,h,i)芘、 δ -HCH、七氯、邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二正辛酯、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二正辛酯、苯酚、2-甲酚、4-甲酚、4-氯-3-甲基苯酚均有不同程度的检出。此外,高锰酸盐指数存在不同程度超标现象。从地下水可生化性来看,填埋场周边地下水可生化性普遍较差,其生化需氧量/化学需氧量(BOD/COD)比值在0.04~0.54之间。

3. 垃圾填埋场场地污染综合治理工程

该场地选择原位封场技术方案,主要包括以下工程措施。

(1) 设置10口输氧曝气井及曝气系统进行垃圾原位稳定化处理,加快填埋堆体稳定、严防火灾爆炸等安全隐患。

(2) 设置20口渗滤液导排井并建设 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ 处理规模的垃圾渗滤液全量处理工程,核心工艺包括高级氧化耦合强化生化技术(包含臭氧催化氧化系统、生物活性炭反应系统、赤铁矿生物反应系统和膜生物反应系统、FENTON高级氧化技术、电催化氧化技术等),实现渗滤液全量化(无浓缩液生成)达标外排,从源头上对污染物进行削减。

(3) 建设总长约1700 m,平均施工深度为14.7 m的止水帷幕工程,并在填埋区域第一层弱透水层顶板以下2 m进行水泥灌浆实施补漏工程,实现污染阻断。

(4) 采用1.5 mm高密度聚乙烯膜对整个垃圾填埋场240亩进行简易覆膜,其中场内水面区域采用浮床式柔性膜进行覆盖;铺设 $2 \times 10^4 \text{ m}^2$ 草皮,改善填埋场外观。同时,采取生态绿化种植、防洪与地表径流导排措施。

(5) 建设地下水、填埋气、垃圾堆体沉降检测预警设备,实现封场后填埋场地下水监控预警、场区内安全防控。同时,在场区南部地下水污染区域建设漏斗门式渗透性反应墙(PRB)地下水污染原位生物修复工程,对地下水中C、N污染同步去除。

五、结语

京津冀农产品产地土壤重金属Cd、Hg超标问题较为突出、污染风险不容忽视。Cd污染高风险区域分布在天津市周边;Hg污染高风险区域分布在天津市与北京市周边。化工行业、畜禽养殖业、金属冶炼加工业是京津冀农产品产地土壤重金属污染的主要潜在污染源。本文提出农产品产地环境污染综合防治战略,推进京津冀农田污染治理重点工程。以天津某坑塘污染场地和某非正规垃圾填埋场农产品产地环境污染防治工程为案例,为京津冀农产品产地土壤污染防治战略决策提供参考。

参考文献

- [1] 郭莉. 京津冀平原区土壤环境质量和土地资源分布特征[J]. 城市地质, 2017, 12(2): 60-64.
Guo L. Soil environmental quality of and land resources distribution characteristics in Beijing-Tianjin-Hebei Plain[J]. Urban Geology, 2017, 12(2): 60-64.
- [2] 田丽梅, 贾兰英, 韩建华, 等. 天津市土壤重金属污染现状与综合治理对策[J]. 天津农业科技, 2006(4): 32-34.
Tian L M, Jia L Y, Han J H, et al. Present situation of soil heavy

- metal pollution in Tianjin and comprehensive management countermeasures [J]. *Science and Technology of Tianjin Agriculture and Forestry*, 2006 (4): 32–34.
- [3] 孟丽静, 李彦丽. 迁西县农业生态环境质量综合评价 [J]. *国土与自然资源研究*, 2005 (3): 39–40.
Meng L J, Li Y L. Ecological comprehensive appraisal of environmental quality of agriculture in Qianxi County [J]. *Territory and Natural Resources Study*, 2005 (3): 39–40.
- [4] 向梅华. 北京市东南郊原污灌区土壤重金属污染评价及生物有效性分析 [D]. 北京: 中国地质大学(硕士学位论文), 2007.
Xiang M H. The assessment of contamination and bioavailability of heavy metals in soil, east-south area of Beijing [D]. Beijing: China University of Geosciences (Master's thesis), 2007.
- [5] 崔那涛, 栾文楼, 石少坚, 等. 石家庄污灌区土壤重金属污染现状评价 [J]. *地球与环境*, 2010, 38(1): 36–42.
Cui X T, Luan W L, Shi S J, et al. Soil heavy metal pollution assessment in the sewage irrigation region of Shijiazhuang City [J]. *Earth and Environment*, 2010, 38(1): 36–42.
- [6] 栾文楼, 温小亚, 崔那涛, 等. 石家庄污灌区表层土壤中重金属环境地球化学研究 [J]. *中国地质*, 2009, 36(2): 465–473.
Luan W L, Wen X Y, Cui X T, et al. Environmental geochemistry of heavy metals in surface soil of Shijiazhuang sewage irrigation district [J]. *Chinese Geology*, 2009, 36(2): 465–473.
- [7] 谷宁. 石家庄市水环境中微量有机物的污染规律研究 [J]. *地理与地理信息科学*, 2002, 18(2): 85–87.
Gu N. On the study of the polluted rule of minim organic matter in water circumstance in Shijiazhuang [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2002, 18(2): 85–87.
- [8] 裴青, 杜丽娟, 刘淑玲. 石家庄市水环境现状与保护对策 [J]. *河北省科学院学报*, 2001, 18(3): 189–192.
Pei Q, Du L J, Liu S L. Water environment current situation of Shijiazhuang and countermeasure of protect [J]. *Journal of the Hebei Academy of Sciences*, 2001, 18(3): 189–192.
- [9] 高海楼, 常春平, 张芳, 等. 栾城县地下水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 污染现状调查 [J]. *中国农学通报*, 2011, 27(32): 275–280.
Gao H L, Chang C P, Zhang F, et al. Survey on $\text{NO}_3\text{-N}$ pollution of underground water in Luancheng County [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(32): 275–280.
- [10] 栾文楼, 宋泽峰, 崔那涛, 等. 唐海县农田土壤重金属元素来源解析 [J]. *土壤通报*, 2010 (5): 1170–1174.
Luan W L, Song Z F, Cui X T, et al. Sources analysis of heavy metals in soils on the Tanghai Country, Hebei Province [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2010 (5): 1170–1174.
- [11] 冯嘉. 农产品产地保护与管理的法律创新 [J]. *农业环境与发展*, 2006 (6): 12–14.
Feng J. Legal innovation in the protection and management of agricultural products producing areas [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2006 (6): 12–14.
- [12] 夏家淇. 对于修订土壤环境质量标准的若干建议 [C]. 南京: 安全与生态学基准/标准国际研讨会, 2013.
Xia J Q. Some suggestions for the revision of soil environmental quality standards [C]. Nanjing: International Symposium on Safety and Ecology Benchmarks/Standards, 2013.
- [13] 陈怀满, 郑荣春, 周作美, 等. 关于我国土壤环境保护研究中一些值得关注的问题 [J]. *农业环境科学学报*, 2004 (6): 1244–1245.
Chen H M, Zeng R C, Zou Z M, et al. Some issues worthy of attention in the study of soil environmental protection in China [J]. *Journal of Agro-Environmental Science*, 2004 (6): 1244–1245.
- [14] 张红振, 骆永明, 夏家淇, 等. 基于风险的土壤环境质量标准国际比较与启示 [J]. *环境科学*, 2011, 32(3): 795–802.
Zhang H Z, Luo Y M, Xia J Q, et al. Some Thoughts of the comparison of risk based soil environmental standards between different countries [J]. *Environmental Science*, 2011, 32(3): 795–802.
- [15] 赵细康. 健全生态环境保护体制机制 [N]. *中国环境报*, 2013-11-20(02).
Zhao X K. Improve the institutional mechanism of ecological environmental protection [N]. *China Environmental News*, 2013-11-20(02).
- [16] 孙名浩, 傅晓华, 陈美璇. 论我国生态补偿机制的完善 [J]. *贵州省党校学报*, 2018 (3): 122–128.
Sun M H, Fu X H, Chen M X. On the perfection of ecological compensation mechanism in China [J]. *Journal of Guizhou Provincial Party School*, 2018 (3): 122–128.
- [17] 元洁, 陈魁, 肖致美, 等. 新标准下天津市大气环境监测预警体系的构建 [J]. *环境与可持续发展*, 2015, 40(4): 75–77.
Yuan J, Chen K, Xiao Z M, et al. Warning system construction on atmospheric environmental monitoring under new standard in Tianjin [J]. *Environment and Sustainable Development*, 2015, 40(4): 75–77.
- [18] 刘铮, 党春阁, 李子秀, 等. 环保新形势下工业园区推进清洁生产框架思路研究 [J]. *环境保护*, 2017, 45(22): 60–65.
Liu Z, Dang C G, Li Z X, et al. Research on the idea of promoting clean production framework in industrial parks under the new situation of environmental protection [J]. *Environmental Protection*, 2017, 45(22): 60–65.
- [19] 吕英然, 杨杨. 加强畜禽养殖污染治理促进畜牧业与环境保护协调发展 [J]. *吉林农业*, 2018 (15): 73.
Lv Y R, Yang Y. Strengthen pollution control of livestock and poultry breeding, promote coordinated development of animal husbandry and environmental protection [J]. *Agriculture of Jilin*, 2018 (15): 73.