

中国畜养产污综合区划 及趋势研究

付强著



科学出版社

非外借

中国畜养产污综合区划 及趋势研究

付 强 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书在分析农业非点源污染机理、构建畜养产污综合区划指标体系的基础上,利用多种空间统计分析方法,参考多种区划方案进行中国畜养产污的区域区划。以东北区为典型区核算多尺度的指标数据,借助数理统计和空间分析方法进行主要影响因素研究,并探索基于主导因素的类型区划方法。以畜禽养殖数据为基础,进行畜禽养殖及畜养产污空间格局和时间序列特征的核算研究。

本书可作为高校地理学、农业科学、环境科学相关专业人员的研究参考资料,也可作为畜禽养殖业管理与治理、行政管理人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

中国畜养产污综合区划及趋势研究/付强著. —北京:科学出版社,2019.1
ISBN 978-7-03-060392-0

I. ①中… II. ①付… III. ①畜禽-养殖场-污染防治-研究 IV. ①X713

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 001412 号

责任编辑:周 丹 沈 旭 / 责任校对:杨聪敏

责任印制:张欣秀 / 封面设计:许 瑞

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>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张:9 1/4

字数:200 000

定价:99.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

中国是水资源严重不足的国家，目前面临着水资源短缺和水环境污染的双重压力。点源污染和非点源污染共同作用导致了水环境的恶化，而随着点源污染防治水平的提高，非点源污染尤其是农业非点源污染已成为水环境污染的主要污染源之一。2010年发布的《第一次全国污染源普查公报》表明，畜禽养殖污染源是我国农业非点源污染的主要来源之一。然而，在中国的农业非点源污染管理与控制工作中存在着基础数据缺乏、实地实验区域覆盖不全、流域尺度定量化分析不足等突出问题。因此，在中国畜禽养殖污染研究中，基本数据获取与核算、结合土地利用方式特别是耕地进行产污分析、全国畜养产污规律等是研究的核心环节。鉴于此，本书尝试基于空间分析、数据驱动的中国畜养产污综合区划方法研究，期望寻求一种借助现有统计和调查资料进行全国范围畜养产污的分区方法。还有，随着地理学方法的引入，一些分析不同空间尺度畜禽养殖污染空间格局、趋势的成果出现，但这些文献中采用的畜禽养殖业污染的核算标准各不相同，本书瞄准畜禽养殖业产污核算领域，也期望为该领域的研究人员寻求畜养产污的核算方法。

在国内外文献综述的基础上，本书的研究思路是：首先，分析农业非点源污染机理，并构建畜养产污综合区划指标体系；然后，利用优化的等值图分级方法，参考中国自然区划、中国畜牧业综合区划、中国综合农业区划和畜养污染减排核算分区进行中国畜养产污的区域区划；接着，尝试以东北区为典型区核算多尺度的指标数据，借助数理统计和空间分析方法进行其影响因素的分析，进而探索基于主导因素的类型区划方法；最后，尝试选取现有的面板数据分析中国畜禽规模化养殖的区域差异，选取河南省作为畜养产污核算方法的案例省份研究单个省份的畜养产污时间序列趋势。通过一系列研究，本书取得了一些成果：第一，构建了中国畜养产污综合区划指标体系，包括自然条件、农业基础条件、农业社会经济条件、农业种养情况和产污情况等五类，其中共有12个二级指标和31个三级指标；第二，设计了定量分析与定性分析相结合、区域区划与类型区划相结合的产污综合区划方案；第三，得到了产污综合区划一级分区方案，包括甘新蒙区、北蒙黑区、青藏区、东北区、黄土高原区、内蒙古及长城沿线区、黄淮海区、西南区、长江中下游区和华南区十个一级区；第四，以东北区为例，采用多尺度指标数据，通过多种统计方法筛

选了东北区畜养产污的影响因素,并探索了各种因素的空间分异规律;第五,探索了利用年鉴数据分析特殊时段规模化畜禽养殖的区域差异;第六,探索了对接污染源普查核算工作,并综合考虑各畜种的养殖周期、养殖阶段的畜养产污核算方法,并以养殖大省河南省为案例进行时间序列数据的研究。

全书以中国畜养产污综合区划及趋势分析方法为主线,主要分为三个部分。第一部分为中国畜养产污综合区划研究,包括研究概述(第1章)、方法设计(第2、3章)和中国畜养产污综合区划(第4章);第二部分为中国畜养产污影响因素研究,包括格数据的影响因素探索性分析(第5章)、格网化数据的影响因素分析(第6章)和影响因素的地理加权回归分析(第7章);第三部分为畜禽养殖时空趋势及产污核算研究,包括规模化畜禽养殖量的区域差异研究(第8章)、省域畜禽养殖研究(第9章)和基于时间序列数据的省域畜养产污核算研究(第10章)。

需要说明的是本书瞄准中国畜养产污时空特征研究领域,尝试探索适用于该领域研究需求的研究方法,方法本身对数据要求不高。但是,由于不同的统计口径(污染源普查、农业调查、统计年鉴、实地调查等)获取的数据有一些差异,故而针对本书各个部分的研究目的,作者选取了适用于该阶段研究目标的相关数据,特做如下说明:①本书前两篇涉及复杂的自然、社会经济和农业经济领域的相关数据,选取全国第一次污染源普查年(2007年)作为全书前两部分的研究数据选取时点;②中国规模化畜禽养殖的数据时段选取2006年《全国畜牧业发展第十一个五年规划》“转变畜牧业生产方式,加快畜牧业现代化进程”策略的前后时间段(2002~2009年),有针对性地进行规模化畜禽养殖区域差异规律的探索;③省域畜养产污核算重在核算方法的提出和综合运用,选取单个省份的较长时间序列数据开展研究(河南省2000~2014年年鉴数据),由于养殖、种植数据来源于河南统计年鉴、调查年鉴、河南农村统计年鉴等不同年鉴,为保证研究数据的完整性选取了2000年以来的15个年度的数据进行研究。另外,为简化表述,本书中采用“畜养产污”表述畜禽养殖业产污,所述产污量包含猪、牛、鸡等的养殖产污。

本书的研究定位中国畜养产污时空规律的研究,是地理学、经济学、农业环境科学等研究领域的综合交叉。畜养产污空间格局的研究,尤其是畜养产污综合区划的研究,是中国农业非点源污染研究领域研究方法体系的重要补充,是定性分析与定量分析相结合、“自上而下与自下而上”区划方法相结合和空间统计分析方法综合应用的又一案例。本书尝试以地理学的区划视角切入农业环境污染问题,在畜禽养殖业污染的产污核算空间格局、时序规律方面进行研究探索,以期构建畜养产污时空特征研究的基本研究方法体系。本书是项目组全体成员集体智慧的结晶,全书由付强副教授担任主编,杨红新老师参编。诸云强研究员、吴根义教授分别在数据

规范、畜养产污核算方面给予了专业指导，尹佳文、杨壮、牛智慧、许文璐等参与部分章节编写及参考文献著录格式的修订，在此向他们表示感谢！

感谢国家自然科学基金青年科学基金（41501435）对本书的资助，感谢河南师范大学为作者提供的研究条件保障，感谢科学出版社周丹编辑及审校工作人员的辛勤付出！由于作者认识水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正！

作 者

2018年9月

目 录

前言

第一篇 中国畜养产污综合区划研究

第 1 章 中国畜养产污综合区划研究概述	3
1.1 非点源污染及畜禽养殖污染现状与防治	3
1.1.1 非点源污染现状	3
1.1.2 畜禽养殖污染现状	4
1.1.3 污染防治及面临的问题	5
1.2 中国畜养产污综合区划研究的意义	6
1.3 畜禽养殖污染相关研究	7
1.3.1 国外的农业非点源污染研究进展	7
1.3.2 国内的农业非点源污染研究进展	9
1.3.3 畜禽养殖污染危害研究进展	11
1.3.4 畜禽养殖污染物估算研究进展	13
1.3.5 畜禽养殖空间分布研究进展	15
1.4 污染空间分析方法相关研究	17
1.4.1 污染空间分布研究进展	17
1.4.2 空间统计与模型分析方法研究进展	19
1.5 综合区划理论及实践研究	21
1.5.1 综合区划研究：区划理论与方法	21
1.5.2 综合区划研究：综合区划实践	24
1.6 中国畜养产污综合区划研究内容	27
第 2 章 农业源污染机理分析与指标体系构建	28
2.1 借鉴天地人思想的农业源污染机理分析	28
2.2 综合区划指标选取原则	30
2.3 综合区划指标选取依据	31
2.4 自然条件指标体系构建	33
2.5 农业基础条件指标体系构建	34
2.6 农业社会经济条件指标体系构建	35
2.7 农业种养情况指标体系构建	37

2.8	产污情况指标体系构建	38
第3章	中国畜养产污综合区划方案设计	40
3.1	中国畜养产污综合区划的原则及方法	40
3.2	中国畜养产污综合区划的数据源	41
3.3	中国畜养产污综合区划指标标准化	44
3.4	中国畜养产污综合区划指标评分方法	46
3.5	中国畜养产污综合区划的分区方法	47
第4章	中国畜养产污综合区划一级区划分	50
4.1	自然条件指标综合评分分级	50
4.2	农业基础条件指标综合评分分级	51
4.3	中国畜养产污综合区划一级区划分	53
4.4	中国畜养产污综合区划一级区划分的合理性	55

第二篇 中国畜养产污影响因素研究

第5章	基于格数据的影响因素探索性分析	61
5.1	全国范围分省格数据的指标代表性	61
5.2	全国分省尺度的畜养产污影响因素分析	64
5.3	东北区分县格数据的指标代表性	65
5.4	东北区分县尺度的畜养产污影响因素分析	68
第6章	基于格网化数据的影响因素分析	71
6.1	空间抽样准备	71
6.2	东北区格网化数据的空间系统抽样	73
6.3	东北区分省格网化指标的代表性分析	74
6.4	东北区分省格网化数据的影响因素分析	77
6.5	东北区分县格网化指标的代表性分析	78
6.6	东北区分县格网化数据的影响因素分析	80
6.7	方法对比分析	81
第7章	基于影响因素地理加权回归分析的分区研究	83
7.1	东北区分县格数据与格网化数据的空间异质性	83
7.2	东北区分县格数据的影响因素 GWR 分析	84
7.3	东北区二级分区研究	86

第三篇 畜禽养殖时空趋势及产污核算研究

第8章	中国规模化畜禽养殖量区域差异	91
8.1	中国畜禽养殖业的规模化趋势	91

8.2	标准规模化养殖量核算与锡尔指数方法	91
8.3	中国规模化畜禽养殖量的总体特征	93
8.4	中国规模化畜禽养殖量的区域差异及分解	94
8.5	中国规模化畜禽养殖量区域差异贡献率分析	95
8.6	一些思考与政策建议	96
第 9 章	河南省畜禽养殖的基本时空趋势	99
9.1	河南省生猪出栏量的时空趋势	99
9.1.1	各地市生猪出栏量的基本时空趋势	100
9.1.2	河南省五大区生猪出栏量的时空趋势	102
9.2	河南省肉牛出栏量的时空趋势	105
9.2.1	各地市肉牛出栏量的基本时空趋势	105
9.2.2	河南省五大区肉牛出栏量的时空趋势	105
9.3	河南省家禽出栏量的时空趋势	108
9.3.1	各地市家禽出栏量的基本时空趋势	108
9.3.2	河南省五大区家禽出栏量的时空趋势	110
第 10 章	基于时间序列数据的省域畜养产污核算	112
10.1	省域畜养产污核算研究的必要性	112
10.2	省域畜养产污核算及农业消纳与承载负荷核算	113
10.3	2000~2014 年河南畜养产污核算	114
10.4	2000~2014 年河南畜养产污农田消纳及承载负荷	116
10.5	一些思考与对策分析	117
	参考文献	120
	附录 土地利用类型及含义	135

第一篇 中国畜养产污综合区划研究

第 1 章 中国畜养产污综合区划研究概述

1.1 非点源污染及畜禽养殖污染现状与防治

1.1.1 非点源污染现状

人类发展面临的人口、资源和环境三大问题与水资源的开发与利用密切相关，在 21 世纪，水资源也日益成为全球性的战略资源。《世界水发展报告》第三部指出，随着气候变化、人口增长和经济的发展，预计到 2025 年缺水人口将增至 35 亿人，涉及 40 个国家和地区。水问题的不断恶化不仅将制约世界经济和发展，还将进一步破坏自然生态系统，人类生存也将受到严重威胁（李强坤, 2010）。水资源问题关系到卫生、健康、环境、城市、食品、工业和能源生产等，因此 21 世纪将是水质问题和水资源管理最为重要的世纪（World Water Assessment Programme, 2001）。

中国人均水资源占有量不到世界平均水平的三分之一，是水资源严重不足的国家，目前也面临着水资源短缺和水环境污染的双重压力（朱梅, 2011）。近年来，由环保部发布的《中国环境状况公报》表明，我国淡水环境的总体状况是污染较重的。2010 公报（2011 年发布）指出我国七大水系总体为轻度污染，浙闽区河流和西南诸河水质良好，西北诸河水质为优，湖泊（水库）富营养化问题突出。204 条河流 409 个地表水国控监测断面中，I~III 类、IV~V 类和劣 V 类水质的断面比例分别为 59.9%、23.7% 和 16.4%。主要污染指标为高锰酸盐指数、五日生化需氧量和氨氮。其中，长江、珠江水质良好，松花江、淮河为轻度污染，黄河、辽河为中度污染，海河为重度污染。26 个国控重点湖泊（水库）中，满足 II 类水质的 1 个，占 3.8%；III 类的 5 个，占 19.2%；IV 类的 4 个，占 15.4%；V 类的 6 个，占 23.1%；劣 V 类的 10 个，占 38.5%。主要污染指标是总氮和总磷。大型水库水质好于大型淡水湖泊和城市内湖。

根据污染源发生类型，水环境污染常分为点源污染和非点源污染（Shrestha et al., 2008）。诸如工业废水排放等的点源污染有固定的排放位置且排放集中，而畜禽养殖排放的非点源污染没有固定的排放位置且向环境中的排放不连续，不能借助一般的污水处理方法改善水质（王晓燕, 2003）。一般从源强角度将非点源污染分为农田径流、畜禽养殖污水、城市径流、矿山径流和农村生活污水等五类，这种分类有利于认识各类非点源污染的规律，为非点源污染的控制提供参考依据（郝芳华等，

2006)。

点源污染和非点源污染共同作用导致了水环境恶化(李强坤, 2010)。随着点源污染防治水平的不断提高, 导致水体污染的主要原因已变为非点源污染, 而造成水源地污染的主要是农业非点源污染(柳建国, 2009)。据测算, 农业非点源污染已影响世界 30%~50% 的陆地面积, 其在 12 亿公顷退化耕地中的污染贡献率占 75% 左右, 它也是水体氮磷污染的主要来源(Candela, 1991; Corwin et al., 1998)。非点源污染尤其是农业非点源污染已成为当今水环境污染的主要污染源之一, 严重威胁着人类的生存与发展, 该问题已引起世界各国的普遍关注(郭鸿鹏等, 2008)。

1.1.2 畜禽养殖污染现状

随着畜禽养殖业经营方式的转变, 20 世纪中后期因畜禽养殖而造成的环境污染逐渐成为严重的社会问题。在发达国家, 集约化养殖因畜禽产品需求的快速增加而迅速发展, 产生的畜禽养殖废弃物超出了土地的消纳能力, 其污染问题越来越突出。20 世纪 60 年代日本的“畜产公害”事件使畜禽养殖业的污染问题首次被作为社会“公害”问题, 同时在美国的东北部、德国的西北部、意大利的波河流域、法国的布列塔尼地区、荷兰、亚洲的东南海岸及中国的大部分平原地区也出现了大量的土地养分过剩的情况(Steinfeld et al., 1997)。在来自美国宾夕法尼亚州的种养混合农场的土壤样品中, 有四成的磷钾水平过量(Narrood et al., 1994)。在法国布列塔尼地区, 土壤氮含量超过 40mg/L 的地区从 20 世纪 80 年代的一个区到 90 年代中期的全部八个区(Brandjes et al., 1995)。

我国学者也对区域畜禽养殖废弃物污染的分布进行了调查研究, 如上海市郊集约化的大中型畜禽场粪便流失(沈根祥等, 1994)、小苏州河畜禽污染治理(丁永良等, 1999)、广州市禽畜粪便废水 COD 和北京市畜禽养殖业废水 BOD(彭里等, 2006)等。我国的畜禽养殖业经历了六个发展阶段, 即 1950~1957 年的“私养公助”的恢复阶段、1958~1961 年的产量急剧下降阶段、1962~1965 年调整时期的迅速发展阶段、1966~1976 年的饲养量下降阶段、1977~1985 年的恢复大发展阶段和 1986 年至今的高速发展阶段(宋福忠, 2011)。我国集约化畜禽养殖起步较晚但发展迅猛, 从 20 世纪 80 年代起养殖年均增长约 10%, 产值在 20 年间增加近五倍(张克强和高怀友, 2004)。2007 年全国畜禽粪便总量约 26 亿吨, 是同期工业固体废弃物的 2.28 倍, 而到 2020 年我国畜禽粪便产生量预计将达 41 亿吨(马永喜, 2010)。2008 年全年生猪、肉牛、奶牛、肉鸡和蛋鸡的规模化养殖比例已分别达到 56.2%、38.0%、36.1%、81.6% 和 76.9%, 规模化养殖已成为我国畜禽养殖的主要生产方式(武淑霞, 2005)。

畜禽养殖从散养向规模化方向发展, 其养殖总量的地域差异随时间进一步增大, 地域产业化和规模化程度不断提高(彭里, 2009; 张维理等, 2004b, 2004c)。但是规模化养殖也带来了集中排放的问题, 如法国布列塔尼公用水硝酸盐含量超标

(Gerared-Marchant et al., 2005)、美国俄克拉荷马州沿海养猪场排放的硝酸盐(Thoma et al., 2005)和上海市郊集约化的大型畜禽场粪便流失造成地面及地下水质的污染危害(彭里, 2009)等。

我国针对畜禽养殖污染采取了一些政策措施。国家层面有八部法律与畜禽养殖污染防治相关,即畜牧法、农业法、固体废物污染环境防治法、清洁生产促进法、循环经济促进法、水污染防治法、大气污染防治法和动物防疫法。前五部明确提及畜禽养殖污染,后三部与畜禽养殖污染间接相关。2001年,原国家环保总局颁布《畜禽养殖污染防治管理办法》、《畜禽养殖业污染防治技术规范》和《畜禽养殖业污染物排放标准》等三部规章,是目前我国防治畜禽养殖污染的主要政策依据。同时,国家对畜禽养殖污染防治的政策主要有技术规范类政策(选址要求、场区布局等)、行政管理类政策(排污标准、排污申报等)和环境经济政策(财政专项资金支持、税收优惠或减免等)三种类型(彭新宇和张陆彪, 2009)。

《2010 中国环境状况公报》指出我国农村环境问题日益突出,农业源污染物排放总量较大,总体形势十分严峻,突出表现为:畜禽养殖污染物排放量巨大,农业非点源污染形势严峻;农村生活污染局部增加,农村工矿污染凸显;城市污染向农村转移有加速趋势,农村生态退化尚未得到有效遏制。2010年公布的《第一次全国污染源普查公报》中指出:在我国,农业源的主要水污染物占比重很大,四成以上的主要水污染物排放量来自农业污染源。农业源污染物排放中,COD排放量为1324.09万t,占水环境COD排放总量的43.7%。《第一次全国污染源普查公报》表明农业非点源污染已经成为我国地表水污染的主要来源。而在农业非点源污染中,畜禽养殖污染的COD、总氮和总磷分别占农业污染源的96%、38%和56%,是农业非点源污染的主要来源之一(吴丹, 2011)。

1.1.3 污染防治及面临的问题

畜禽养殖污染已成为中国日益严重的环境问题,目前我国的畜禽养殖业发展有如下趋势(郭金松和胡时庆, 2006):①畜禽养殖业向城郊和边远地区转移;②趋向发展育肥猪、育肥牛、快速养鸡等快生长型畜禽养殖;③自发性和随意性较强,环境管理滞后、污染治理措施不足,畜禽养殖业集中地区出现较严重环境污染。总之,畜禽养殖业的环境污染总量增加、程度加剧、范围扩大,对区域环境造成巨大压力。因此,如何在特定生态、社会、经济环境下发展畜禽养殖业,同时保证区域的可持续发展,成为目前急需解决的重要问题(宋福忠, 2011)。

虽然中国的农业非点源污染在近年来得到了重视,也取得了一些研究成果,但是仍然存在着缺少系统的农业非点源污染基础数据、缺乏广泛的实地实验、流域尺度量化研究薄弱、控制与管理研究滞后等问题(朱梅, 2011)。这些存在的诸多难题对畜禽养殖污染控制与管理及其他相关研究提出了更多的需求。

首先,非点源污染研究的关键是基本数据的获取(邹桂红,2007)。然而,由于其间歇性、随机性、突发性和不确定性,非点源污染的基础数据收集难度大、周期长、效率低、费用高、可靠性差。同时,野外实测方法多作为辅助非点源污染模型的验证和参数校正,很难进行全国范围的实测(余炜敏,2005)。全国尺度上的大面积区域研究和管理监测工作较为缺乏,致使基于定量分析的全国尺度畜养产污格局的研究少有涉及。国家近年来投入了大量的人力物力开展农业源污染系数的调查,编制了全国的农业源产排污系数手册,作为农业源污染核算的指导。但是,对于畜禽养殖来说,随着气候、养殖品种和养殖模式、市场需求的不断变化,不同地区、不同季节的产排情况会受以上因素的影响,产排污系数手册也仅能作为产排污核算基数的参考标准。因此,研究一种针对全国范围不同区域尺度的畜养产污量核算及其影响因素探索的方法是畜禽养殖污染研究的重要需求。

再者,虽然有很多畜禽养殖业废弃物的处理方法,但是考虑到诸如技术优势、处理投资、运行费用、操作便利程度等因素,目前还不能找出单一的处理方法达到所要求的满意效果。在相当长的时期内,畜禽粪便处理的主要渠道仍然是还田利用(彭里,2009)。因此,结合土地利用方式特别是耕地进行畜禽养殖的产污分析有重大的实际需求,研究畜养产污与农田消纳的关系十分必要。

还有,我国自然环境、社会经济的地域分异导致畜禽养殖业发展速度和水平存在区域差异。同时,我国不同区域农业基础条件、农作方式的差异也导致有机污染物纳污能力的不均衡分布。因养殖结构的差异,不同时段、区域的养殖规模和污染物的产生量不均衡,造成畜养产污的时空分布差异。然而,现有畜禽养殖污染的研究主要基于特定地域,全国尺度上各区域的畜禽养殖污染分布研究较少,不同时间段变化的研究也不多(彭里,2009)。因此,不同区域畜禽养殖污染排放的时空演变、全国畜养产污规律、不同区域畜禽粪便土壤适宜负荷量、不同地区与畜养产污密切相关的影响因素识别等是今后研究的重点。

1.2 中国畜养产污综合区划研究的意义

本书提出中国畜养产污综合区划方法研究,研究目标是提出一种从现有统计和调查资料出发、数据驱动的全局层面畜养产污的分区方法,同时以典型区为例探索区域影响因素分析及基于影响因素的分区划分方法,主要涉及三个方面:第一,分析农业非点源污染机理,构建畜养产污区划指标体系;第二,基于所构建的区划指标体系,采用数据驱动的、定量定性相结合的方法进行中国畜养产污区划研究;第三,基于多尺度的研究数据,借助多种统计和空间分析方法,选取典型区进行主要影响因素的研究,同时探索基于主导因素的分区方法。

中国畜养产污区划指标体系的提出,将对在全国范围不同区域尺度上进行畜禽养殖污染的研究有重要的意义。测量不同步、数据保密、养殖量市场波动等原因造成产排污实测资料获取困难或严重缺失,但中国畜养产污综合区划指标体系的构建需要基于现有统计和调查数据、地学数据科技基础条件平台共享数据来开展,因此提供一种基于现行可获取数据来核算畜养产污量的方法,为进行多尺度畜养产污分析提供支撑是必要的。

中国畜养产污综合区划研究为进行全国尺度的畜养产污的相关研究提供区域划分的参考。同时,本区划中采用考虑自然条件、农业基础条件的区域区划与考虑农业社会经济条件、农业种养条件的典型区类型区划相结合的综合区划方法,能够为其他专业领域的综合区划提供方法参考。畜养产污影响因素的分析方法对典型区外的其他区域的影响因素分析有参考价值,同时影响因素及其分布规律对了解畜禽养殖污染的区域分布、科学合理制定畜养污染物的处理政策、维护环境质量和农业可持续发展等方面都具有重要的意义。

1.3 畜禽养殖污染相关研究

作为研究的基础,本节从国内外的农业非点源污染研究、畜禽养殖污染危害与污染物估算、畜禽养殖污染空间分布与统计和综合区划研究四个方面进行文献综述。

1.3.1 国外的农业非点源污染研究进展

随着点源污染控制技术的发展和,非点源污染成为全球范围的突出问题,因其范围广、控制难、模拟过程中涉及复杂的不确定因素,而成为水污染控制领域的热点问题(Shen et al., 2012)。受气候、降雨、地质地貌、植被的影响,非点源污染的发生存在随机性和间歇性,污染物形成和污染过程不同步,其发生与传输机理涉及多学科研究领域(Novotný and Chesters, 1981; 邹桂红, 2007)。

欧美国家因非点源污染的严重危害而较早关注它,特别是发生较早、影响严重的农业非点源污染(曲环, 2007)。在欧洲,农业非点源排放的磷是造成地表水磷富集和地下水硝酸盐污染的首要原因(Vighi and Chiaudani, 1987)。在北海河口的污染物入海通量中,因农业非点源污染输入的总氮占60%,总磷占25%(Ongley, 1996)。根据英国环境署早在1998年的调查,英国43%的地表水磷负荷源于农业(朱梅, 2011),爱尔兰大多数富营养化湖泊流域内没有明显的点源污染,瑞典来自农业的氮占不同流域总输入量的60%~87%(Foy and Withers, 1995)。在荷兰,农业非点源污染对水体氮素和磷素的贡献率分别为60%、40%~50%(Boers, 1996)。在芬兰,五分之一的湖泊水质恶化,仅农业非点源排放的磷素和氮素就占总排放量的50%以

上 (Sharpley et al., 1994)。在奥地利北部地区, 进入水环境的非点源氮量远远大于点源 (Kronvang et al., 1996)。在丹麦, 农业非点源污染对其 270 条河流中氮素和磷素的贡献率分别为 94%、52% (Kronvang et al., 1996)。

在美国, 非点源污染占总污染量的三分之二, 其中农业非点源污染占总量的 57%~75% (Ongley, 1996)。农业已成为全美河流污染的第一污染源, 也成为美国水体的最大污染物来源 (Tim and Jolly, 1994)。1992~1997 年, 美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 调查了 138 个地区主要河口的富营养化问题, 结果显示有 40% 的河口由于氮素营养富集而出现严重的富营养化 (Bricker et al., 1999), 农业非点源污染成为被调查河流和湖泊水质的首要影响因素 (USEPA, 2003; Bruulsema, 2004)。

发达国家历经农业生产污染的沉痛教训, 意识到控制农业非点污染是控制和改善水环境质量和农村生产生活质量问题之一, 也总结出一些控制农业非点源污染的经验 (Novotný, 1999; 曲环, 2007)。

(1) 政策规范方面。欧盟制订了《农业环境规则》、《饮用水指令》和《硝酸盐指令》, 美国制定了《资源保护与回收法》, 日本制定了《再生资源法》、《包装容器再生利用法》和《节能与再生资源支援法》, 德国制定了《循环经济法》和《包装条例》等 (曲环, 2007)。

(2) 技术支持方面。美国对农业非点源污染实行全国性控制, 实施最优管理实践 (BMPs), 包括自 20 世纪 30 年代开始实施的保护性耕作制度 [1983 年和 1993 年分别有 23% 和 37% 的土地采用 (Bull and Sandretto, 1996)]、农田营养成分管理措施 [包括对化学肥料和动物粪便的控制 (Trachtenberg and Ogg, 1994)] 等措施。1972 年美国的清洁水法标志其全民治理水污染的开始, 主要通过控制进入水体的氮磷来减少农业非点源污染 (Shortle and Abler, 2001)。

(3) 税费方面。英国对农药生产发放许可证且对农药使用进行探索性征税, 西班牙建立投入税, 丹麦、瑞典和芬兰则针对化肥使用采用经济激励机制和主动权机制结合的管理方式 (曲环, 2007)。

(4) 补助和赔偿方面 (曲环, 2007)。美国由政府承担用于环保的大部分资金投入。英国在硝酸盐敏感地区, 农民可将全部或部分土地纳入补偿体系, 同时限制自身农业生产。德国通过转移支付 (富裕区向贫困区) 实现地区公共服务水平的平衡。

国外非点源污染的定量研究开展较早, 积累了大量的非点源污染估算模型, 能够定量描述流域非点源污染的形成及其负荷。农业非点源污染模型经历了 20 世纪 50~60 年代的起步阶段、70~90 年代的经验统计到复杂机理的发展阶段、90 年代起至今的结合 3S 技术阶段等三个发展阶段 (朱梅, 2011)。

起步阶段的代表模型有 USLE 通用土壤流失方程、SCS 径流曲线方程 (SCS, 1967) 和 Stanford 流域模型。SCS 和 USLE 在应用中被不断改进, 至今还用在很多