

学校编码: 10384

密级_____

学号: 33320131151729

廈門大學

硕士学位论文

福建省人为源氨排放清单研究

Research on Ammonia Emission Inventory in Fujian
Province

刘元隆

指导教师姓名: 吴水平 副教授

专业名称: 环境科学

论文提交日期: 2016年5月

论文答辩时间: 2016年5月

2016年5月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

()2. 不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年 月 日

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景和意义.....	1
1.2 氨排放清单研究进展.....	3
1.2.1 国外研究进展.....	4
1.2.2 国内研究进展.....	5
1.3 研究目标、内容和方法.....	7
第 2 章 福建省人为氨源排放清单估算.....	9
2.1 大气氨的来源和分类.....	9
2.2 大气氨排放量的计算公式.....	11
2.2.1 氮肥施用氨排放量.....	11
2.2.2 畜禽养殖业氨排放量.....	11
2.3 活动水平收集.....	12
2.3.1 畜禽养殖.....	12
2.3.2 氮肥施用.....	14
2.3.3 化工生产.....	15
2.3.4 人体排放.....	16
2.3.5 道路移动源.....	17
2.3.6 生物质燃烧.....	19
2.3.7 燃料燃烧.....	20
2.3.8 废物处理.....	21
2.4 排放因子选取.....	21
2.4.1 畜禽养殖.....	22
2.4.2 氮肥施用.....	26
2.4.3 排放因子汇总.....	26
2.5 氨排放清单结果及分析.....	28

2.5.1 2013 年福建地区人为源氨排放清单.....	28
2.5.2 人为氨排放源特征分析.....	29
2.5.3 同类排放清单结果比较.....	30
2.6 清单不确定性分析.....	32
2.7 本章小节.....	34
第 3 章 福建省人为氨排放时空特征	36
3.1 空间分配.....	36
3.2 时间分配.....	39
第 4 章 气溶胶颗粒物与大气氨浓度特征关系研究	43
4.1 福建省大气氨监测	43
4.1.1 样品采集及处理.....	43
4.1.2 质量控制与保证(QA/QC)	45
4.1.3 NH ₃ 大气浓度校正	46
4.2 结果与分析	47
4.2.1 大气氨浓度季节变化及区域差异.....	47
4.2.2 大气中水溶性离子浓度季节变化及区域差异.....	53
4.2.3 相关性分析.....	58
第 5 章 排放清单的预测及验证	60
5.1 排放清单的预测.....	60
5.2 排放清单的验证.....	62
第 6 章 主要结论和展望	65
6.1 主要结论.....	65
6.2 展望.....	66
参考文献.....	67
附录.....	74
致谢.....	89

Table of contents

Abstract (in Chinese)	I
Abstract (in English)	II
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Research background and meaning	1
1.2 Research progress of ammonia emission inventory	3
1.2.1 Abroad research progress	4
1.2.2 Domestic research progress	5
1.3 Research purposes、 contents and route	7
Chapter 2 Calculating methods of ammonia emission inventory	9
2.1 Ammonia sources and classification	9
2.2 Calculating methods of ammonia emission inventory	11
2.2.1 Ammonia emission of nitrogen fertilizer	11
2.2.2 Ammonia emission of livestock	11
2.3 Activity level collection	12
2.3.1 Livestock	12
2.3.2 Nitrogen fertilizer	14
2.3.3 Chemical production	15
2.3.4 Human emissions	16
2.3.5 Mobile sources	17
2.3.6 Biomass burning	19
2.3.7 Fuel combustion	20
2.3.8 Waste treatment	21
2.4 Emission factors selecting	21
2.4.1 Livestock	21
2.4.2 Nitrogen fertilizer	25
2.4.3 Emission factors summary	26
2.5 Results and analysis	28

2.5.1 Anthropogenic ammonia emission inventory of Fujian Province	28
2.5.2 Emission characteristics	29
2.5.3 Contrast between research	30
2.6 Uncertainty analysis	32
2.7 Conclusion	34
Chapter 3 Temporal and spatial distribution	36
3.1 Spatial distribution	36
3.2 Temporal distribution	39
Chapter 4 Atmospheric aerosols and ammonia	43
4.1 Atmospheric ammonia detection in Fujian Province	43
4.1.1 Sample collection and treatment	43
4.1.2 Quality control and assurance(QA/QC)	45
4.1.3 Concentrations of ammonia correction	46
4.2 Results and analysis	47
4.2.1 Characteristics of ammonia concentration	47
4.2.2 Characteristics of aerosol ion concentration	53
4.2.3 correlation analysis	58
Chapter 5 Forecast and validation	60
5.1 Forecast	60
5.2 Validation	62
Chapter 6 Conclusion and prospections	65
6.1 Conclusion	66
6.2 Prospections	66
References	67
Appendix	74
Acknowledgements	89

摘要

近年来,随着福建地区经济快速发展,城市化进度不断加快,环境与经济发展的矛盾日益突出,大气灰霾污染频繁发生,空气质量和能见度下降。氨是大气霾污染生成的促进剂,对大气污染有着直接和间接的影响。本研究建立了福建省人为源氨排放清单,分析氨的排放特征和时空分布,预测未来氨排放水平,探讨氨排放与氨监测和颗粒物离子的关系,为该地区空气质量改善提供了重要的基础数据。

首先,本研究以 2013 年为基准年,基于排放因子法建立了福建省人为源氨排放清单。研究显示,2013 年福建地区人为源氨总排放量是 25.24 万吨,氮肥施用是福建地区最大的排放贡献源,其次是畜禽养殖,两者占人为源氨总量的 88.81%,农业源是福建地区人为氨排放的主要来源。肉猪是畜禽源氨排放的主要贡献源,占畜禽源总量的 38%,其次是肉鸡和肉牛。漳州是氨排放量最大的城市,年排放量 4.45 万吨,占总排放量的 18%;厦门的排放量最小,占总排放量的 2%。同类排放清单对比和不确定分析表明本研究结果具有可比性,建立的排放清单也存在一定合理性。在此基础上,结合 GIS 技术,以 1 km×1 km 分辨率对排放清单进行网格化分配,结果显示,沿海城市氨排放强度分布特征比内陆城市要明显。

其次,利用 2015-2016 年大气氨监测数据和气溶胶采样数据,分析氨监测数值与气溶胶成分的关系。结果显示,福建地区氨监测数值具有明显的地域特征和季节特征。从不同城市来看,泉州采样点大气氨浓度最高($9.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$),厦门采样点大气氨浓度最低($3.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。从不同季节来看,大气氨季节平均浓度为夏季($8.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > 春季($5.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > 秋季($4.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$) > 冬季($4.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。

最后,通过对福建省各市 2003 年-2014 年的地方统计年鉴、行业统计年鉴等信息统计分析,分别进行回归曲线拟合,预测了 2015 年氨排放量,并与大气氨监测数值进行比较,结果发现大气氨监测值与氨排放量和降雨量显著相关,并用 SPSS 软件拟合回归方程。

关键词: 人为源氨; 排放清单; 时空分布; 浓度监测; 预测验证

Abstract

In recent years, with the rapid economic development and accelerated progress of urbanization, the contradiction between environment and economy is increasingly prominent. Frequent atmospheric hazy aerosol pollution have caused the deterioration of air quality and visibility. As the accelerator of atmospheric hazy pollution, ammonia can influence atmospheric pollution directly or indirectly. For better understanding of the characteristics and trend of ammonia emission, time-space distribution and its relationship with atmospheric ammonia detection, we developed anthropogenic ammonia emission inventory for Fujian Province, in order to provide important basic data for the improvement of regional air quality.

Firstly, a 2013-based anthropogenic ammonia emission inventory was developed for Fujian Province based on the method of emission factor, and the total ammonia emission was 252.4 kt. The agriculture emission including livestock and application of nitrogen fertilizers were major contributors of anthropogenic ammonia source, sharing 88.81% of total ammonia emission. Pig was the largest contributor among livestock sources followed by broiler and beef cattle. Zhangzhou was the city of largest ammonia emission, and conversely Xiamen contributed the lowest emission in Fujian Province. The emission results were comparable and reasonable by contrasting with similar emission inventories as well as using uncertainly analysis. Spatial ammonia emission inventory with a resolution of 1 km×1 km by using GIS technology, and it's showed an obvious spatial distribution characteristics in coastal cities.

Secondly, we analysis the relationship of ammonia detection and aerosol components with the monitoring data in 2015-2016. The results showed that the ammonia concentration in atmosphere has obvious seasonal variation and regional features. From different cities, the concentrations of ammonia in atmosphere were highest in Quanzhou, and lowest in Xiamen. From different seasons, the concentrations of ammonia were 8.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 5.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in summer, spring, autumn and winter

respectively.

Finally, we predict ammonia emission of 2015 by analyzing the statics about different cities in Fujian Province from 2003-2014, and compared with ammonia concentration. We found that the concentration of ammonia was significantly correlated with ammonia emission and rainfall, and fitting regression equation with SPSS software.

Key words: Anthropogenic Ammonic Emission, Emission Inventory, Temporal and Spatial Allocation, Concentration Monitoring, Prediction and Verification.

第 1 章 绪论

1.1 研究背景和意义

福建地处中国东南部，东隔台湾海峡，与台湾省相望，东北与浙江省毗邻，西北横贯武夷山脉与江西省交界，西南与广东省相连，处于珠江三角和长江三角两个国内最大的经济区之间。研究区域陆地面积 12.14 万平方公里，海域面积 13.63 万平方公里。福建靠近北回归线，受季风环流影响，形成暖热湿润的亚热带海洋性季风气候，热量丰富，雨量充沛，年平均气温 17-21 °C，平均降雨量 1400-2000 毫米，是中国雨量最丰富的省份之一。

随着社会经济的快速发展，福建地区工业、城市规模不断扩大，人口逐年增加，能源消耗日益增多，造成大气污染不断加剧。同时作为中国雾霾污染严重的长三角地区和珠三角地区与福建接壤，对福建地区空气质量有着不可忽视的负面影响。据报道，自 1998 年以来，厦门地区的霾日迅速增加，尤其是 2003 年以后到 2008 年，霾日数 5 年内增长 6 倍以上，呈直线上升趋势^[1]。叶光营等对比 1968-2007 前后 20 年的霾日数分布，发现福清、福州、闽侯 3 个站的霾日数出现异常增多，闽侯站增多 28.0 倍，福清站增多 13.7 倍，福州站增多 5.6 倍^[2]。郑秋萍等利用 2006 年 1 月-2010 年 12 月福建省沿海 6 个城市相对湿度、降水、天气形势和大气污染物资料，对霾天气时空变化特征进行了分析，发现漳州市霾日数最多，2007 年漳州霾日数达 118 天，平均每三天就有一个霾日^[3]。李岩等利用气象资料、空气质量监测资料及后向轨迹方法，对 2008 年-2012 年福州市污染日的天气形势及气流来向轨迹进行分析，研究表明：长江三角洲地区污染物排放源是福州的主要外来污染源^[4]。

霾本来是一种自然现象，随着人类活动影响的加剧，霾的出现频率越来越高。霾天气使能见度恶化，不仅影响着环境空气质量和危害人体健康，也逐渐成为社会可持续发展的制约因素。吴兑利用气溶胶粒子谱仪对广州气溶胶谱研究发现，0.25-1.0 μm 的粒子对能见度恶化的贡献率是 69%，在较重气溶胶污染导致低能见度的事件中，细粒子的比重会更大。细颗粒物来源广泛，既有火电、钢铁、水泥、燃煤锅炉等工业源排放，又有机动车、船舶、飞机、工程机械、农机等移动源的排放，

还有餐饮油烟、装修装潢等量大面广的面源排放。研究表明,细粒子 $PM_{2.5}$ 成因复杂,约 50%来自燃煤、机动车、扬尘、生物质燃烧等直接排放的一次细颗粒物;约 50%是空气中的二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、氨等气态污染物,经过复杂的光化学反应形成的二次细颗粒物^[5]。彭应登等研究发现大气氨是北京春、秋、冬这 3 个季节生成二次粒子的主控因子,二次粒子是影响北京在各季节颗粒物超标的重要因素,同时也是造成北京夏、秋季重污染天气的首要因素^[6]。彭应登^[7]在对北京市雾霾成因的研究中发现,雾霾 $PM_{2.5}$ 的主要组分中比例最高的为二次硫酸盐和硝酸盐粒子,约 42%。刘煜等通过敏感性实验研究 NH_3 在二次气溶胶形成中的作用,研究发现 NH_3 对华北地区硫酸盐和硝酸盐气溶胶的形成起着至关重要的作用,如果没有 NH_3 的存在大气中硫酸盐气溶胶大约减少 30%,硝酸盐气溶胶将消失,地面 $PM_{2.5}$ 减少三分之二以上^[8]。排放到大气中的氨只有和空气中的 HNO_3 和 H_2SO_4 发生中和反应生成二次硫酸盐和硝酸盐^[9, 10],才能够远距离传输,继而引起区域性大气环境污染问题^[11]。大气中的 NH_3 对颗粒物的形成和增长起着极其重要的作用,可以说是大气霾污染的生成促进剂。

作为大气中最主要的碱性气体,氨(NH_3)可以对空气质量、气候变化、土壤酸化和人体健康以及生态系统造成直接或间接的影响^[12]。氨是大气气溶胶的重要前体物,能够与大气中的二氧化硫、氮氧化物等酸性物质发生中和反应^[13],减弱酸雨的危害;另一方面,反应会生成硝酸铵(NH_4NO_3)、硫酸铵(NH_4HSO_4 和 $(NH_4)_2SO_4$)等二次颗粒物,而后者正是 $PM_{2.5}$ 的重要来源^[14],一些研究表明 $PM_{2.5}$ 和大气中高浓度的氨有很大的关系^[15, 16]。同时反应生成的这种细粒子能够通过光的直接散射和吸收太阳辐射减少大气能见度、影响气候变化^[17, 18],也会直接沉积在人的身体中,进而影响人类健康^[19]。 NH_3 和 NH_4^+ 也是大气氮循环的重要组成部分,当在氮受限的生态系统沉积,氨可用作肥料,这可能会造成陆地生态系统生物多样性的减少,以及水环境中藻类的大量繁殖^[14],导致河流湖泊的富营养化。此外,沉降到土壤的 NH_4^+ 可以由植物根部直接吸收或者经过硝化产生 NO_3^- 和 H^+ ,导致土壤酸化^[20, 21]。

2005年-2008年的全球 NH_3 排放监测显示,中国每年的 NH_3 排放量约 840 万吨,美国约 280 万吨,而欧盟约 310 万吨^[22]。空气中的 $NH_3(NH_4^+)$ 主要来源于农业耕种

和人畜粪便的排放^[23]，董艳强等对长江三角地区氨排放的研究显示，氮肥施用约占长三角地区氨排放总量 49.3%；其次为畜牧源，占 44.1%^[24]。Streets 等估算了亚洲地区大气中氨的排放量，结果表明，农业源为最大氨排放源(45%来自氮肥使用，38%来自畜禽)^[25]。通过哈伯-博施法生产的工业氨在全球粮食增产方面发挥了巨大作用，1950-2000 年粮食产量提高了三倍^[26]。目前，中国已成为世界上最大的化肥生产国和消费国，耕地面积仅占世界耕地总面积 7%的中国消费了接近世界 1/3 的肥料^[27]，单位面积用量是世界平均水平的 3.7 倍^[28]。陈同斌等对全国化肥利用率的研究显示，我国的化肥利用率大多集中在 15%-35%^[29]，欧美地区可达 60%-70%，农业系统较低的利用率导致大量的 N 流向环境当中^[30]，包括 NH_3 释放到大气中^[31]。农业活动是迄今为止全球大气 NH_3 的最大来源^[32]。

鉴于氨在大气气溶胶污染、大气灰霾等环境问题中的重要作用，研究该地区大气氨排放情况和时空分布规律显得尤为重要，这将有助于解决大气气溶胶污染、大气灰霾以及酸雨等关键问题。根据环保部最新发布的《大气氨源排放清单编制技术指南》，氨排放源包括农田化肥、畜禽养殖业以及生物质燃烧、人体排放、化工行业、废物处理和机动车尾气等行业。本研究将通过氨源分类，建立福建省大气氨源排放清单的编制工作，并分析其排放特征。此外，在福建的福州、莆田、泉州、厦门、漳州和龙岩六个地方设置有 13 个采样点，进行大气氨环境浓度的监测。同时在在福州、莆田和厦门四个季节进行颗粒物分级采样。通过观测氨的浓度和大气气溶胶污染特征，验证污染源清单的准确性，以期为环境研究者和管理者在制定科学有效的大气污染控制政策和改善空气质量的研究中提供科学参考和决策依据。

1.2 氨排放清单研究进展

排放清单是指在特定的地理区域和特定的时间间隔内，空气污染源排放情况的综合表述，是搞清大气污染状况、形成和发展，消除和控制污染源的排放，解决环境污染问题的首要环节。污染源排放清单的建立是一项十分复杂细致的工作，并且由于现实原因，在研究过程中可能产生诸多不确定因素。然而，源排放清单的精确程度对研究区域环境空气质量问题起着关键性的作用，也是环境空气质量数值模拟研究的基础数据。大气氨排放的估算主要是排放因子法和模型法，早期的估算以排

放因子法为主。

1.2.1 国外研究进展

美国的排放清单发展始于 20 世纪 70 年代,在 1968 年发布了第一版 AP-42 排放因子系数,并与二十世纪九十年代初建立了全国性的大气污染物清单,其中包括对氨的评估;目前开发的 NEI2002(National Emission Inventory 2002),包括了六种标准污染物—CO、NO_x、SO₂、PM_{2.5}、PM₁₀、NH₃ 和 VOCs,以及 188 种有毒污染物。

欧洲也是比较早开展研究排放清单的地区,1979 年联合国欧洲经济委员会(United Nations Economic Commission for Europe, UNECE)组织 51 个国家签订了《长距离越境空气污染公约》(Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, CLRTAP)。在该公约的影响下,欧洲开始实施欧洲监测和评估计划(the European Monitoring and Evaluation Programme, EMEP)^[33],对欧洲地区多种污染物进行了调查,其中包括 NH₃ 的研究^[34]。Moller 等分别用排放因子法计算了欧洲各国在 1950-1975 年氨的排放量,得出氨的排放主要产生于畜牧业和农业,动物排放的贡献最大,占 75% 以上;其次是使用化肥;工业生产中氨的排放主要发生在氮肥、氨和硝酸的生产过程中,燃煤过程只有少量氨排放^[35]。各种源的氨排放因子的大小与地区的特点、大气环境、生产方式和人们的生活习惯有关,因此在统计氨排放量前要首先确定排放因子。Buijsman 等对欧洲氨排放清单研究中,对各类大气氨源分类标准、活动水平以及排放因子等方面进行了详细的讨论^[36]。

亚洲地区的氨源排放清单研究相对较晚,Streets 等根据 NASA 的 TRACE-P 项目建立了一套完整的 2000 年亚洲空气污染物排放清单,得到 SO₂、NO_x、CO₂、CO、CH₄、NMVOC、BC、OC、NH₃ 在整个亚洲中的排放量,采用排放因子的方法估算了亚洲地区 NH₃ 的排放清单,结果表明,农业源为最大氨排放源(45% 来自氮肥使用,38% 来自畜禽)^[25]。Ohara 等建立了 1980 年至 2020 年亚洲区域排放清单 REAS(Regional Emission Inventory in Asia),是亚洲目前最完整的综合性排放清单,其中包括对氨的估算^[37]。

随着各种大气环境问题对氨的关注,氨排放源清单开发在国外得到了普遍重视,计算方法、排放系数以及分类标准得到不断完善。例如:欧盟《EMEP/EEA2013 年

《空气污染物排放清单编制指南》，对畜禽养殖业氨排放量的估算的作了详细的规定，不同养殖方式和粪便管理方式对应有不同的排放因子，并根据排放源的重要性以及数据资料的详细程度开发 3 种估算方法，尽可能根据实际情况作出准确的估算。PAIN 等根据不同畜禽养殖方式和粪便管理方式，估算了英国畜禽氨的排放^[38]。氨排放清单的研究不仅仅局限在农业源氨排放清单的开发，在不同氨源种类以及不同空间尺度等方面也取得一定进展和丰富的成果。除了农业源，国外学者对非农业源和天然源也进行了大量的研究，Sutton 等对氨排放源做了详细分类，建立了非农业源英国国家氨排放清单^[39]。Sarwar 等针对松林和橡木林，估算了德克萨斯州天然土壤和植被的 NH_3 排放情况^[40]。Mansell 等对美国西部地区氨排放源清单进行了改善研究，覆盖了农业源、非农业源和天然源的氨排放估算^[41]。Olivier 等全面估算全球尺度氨排放清单，将涉及到的排放源分为人为源和天然源，人为源涵盖了化石燃料燃烧、工业工艺、动物排泄、肥料施用、农作物分解、生物质燃烧和人体、宠物排泄等七大类，天然源主要涵盖了土壤微生物产物、海洋和野生动物三大类^[42]。模型估算法晚于排放因子法，Klimont 采用了 RAINS-Asia 模型计算了 1990 年和 1995 年中国大气 NH_3 排放清单，并且预测了 2030 年的排放量^[43]。Dentener 等运用模型估算法估算了全球氨的排放清单^[44]。

1.2.2 国内研究进展

与国外相比，我国排放清单的编制工作开展较晚。排放清单的编制工作开始于 20 世纪 80 年代，以 SO_2 和烟尘、粉尘的排放量为主，涵盖污染物种类少；到 20 世纪 90 年代，开始针对 SO_2 、 NO_x 、VOC 和 PM 等污染物的排放清单研究，但在大气氨排放清单方面的研究还很少；早期氨排放研究从 1997 年前后进行。例如，王文兴等根据畜禽、人口、氨肥施用和生产的数量及其相应的排放因子，分析了 1951-1991 年全国大气 NH_3 的排放趋势，并计算了各省 1991 年氨的排放量，畜禽和氨肥施用的排放量为 64% 和 18%^[45]。孙庆瑞等根据我国的实际情况讨论了各种氨排放源的排放因子，计算了 1993 年各省大气 NH_3 排放量，计算了各种氨源的贡献，其中动物的贡献最大，占 52%，同时在北京、广西、广东、湖南、江西和山东测定了大气中 NH_3 的浓度^[46]。这一阶段对大气氨的研究主要是在宏观氨排放方面，研究对象主要

是人为源，且集中在农业和畜禽养殖业方面，氨源种类少；在排放因子方面，由于这一时期国内还没有足够代表性的实测值可以利用，排放因子均选自国外的实测值。但中国的自然和社会条件与欧洲存在一定差异，并且在农业组成、动物粪便处理、氮肥组成和施用等方面也不完全相同。所以氨排放估算结果的不确定性较大，很难客观详实的反应我国氨排放现状。要消除这些不确定性，全面实测和研究本国的排放因子是解决问题的关键。

近年来，随着国内学者对大气氨污染的重视和排放清单的不断发展，对氨排放清单的研究更加深入。本地化排放因子得到完善，杨志鹏根据我国家畜粪便学、家畜环境卫生学和植物营养学等相关研究的大量基础数据，核定了符合我国畜牧生产实践的畜禽氮排量；然后利用粪、尿进入粪肥管理过程(圈养、放牧、储存、还田四个阶段)后的不同氮挥发率，修正了畜禽的氨排放因子；并编制了 2005 年全国、广东省、珠三角地区不同空间精度的氨排放清单，并估算了 1998-2006 年中国畜牧业氨排放变化情况^[47]。董文宣等利用排放因子法，基于牲畜养殖、化肥施用、化工生产、人体呼吸排汗和排泄等部门的排放因子和分省活动水平，建立了 1994-2006 年我国分省分部门的大气氨排放清单，分析了其历史变化趋势和地理分布特征；并将人体排放细分为城市人口和农村人口^[48]。杨俊基于机动车尾气测试平台，对 30 辆各类车型车辆在进行尾气检测的同时做同步尾气采样，并利用纳氏试剂分光光度法对采集的尾气进行分析，得到了单车氨排放因子^[49]。2014 年国家环保部发布了《氨排放清单编制技术指南(试行)》的意见稿，详细介绍了大气氨排放源分类分级体系、大气氨排放量计算公式、排放数据获取方法和途径以及排放清单的评估和应用，意味着我国在氨源排放清单编制方面将有权威的技术指导规范。

在福建省，针对氨排放的研究相对较少，黄成以“自下而上”为主的方法建立了 2007 年海峡西岸地区的人为源大气污染物排放清单^[50]。本课题组鲁斯唯等对 2009 年海峡西岸经济区大气污染物排放清单进行了研究^[51]，其中有涉及到氨排放清单的开发，但排放源种类较少，没有包含机动车尾气和工业燃料排放；活动水平和排放因子的选取也不够精确，没有针对不同化肥类型和人口进行细分；空间分辨率也较低，以市级为单位。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.