

**《养殖场粪污露天存放场氨挥发强度测定技术  
指南》  
(征求意见稿)  
编制说明**

标准编制组

二〇二〇年八月

# 目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准制订的意义和必要性.....	1
2.1 养殖场氨的性质和环境危害.....	1
2.2 我国养殖场氨排放的现状特点.....	2
2.3 养殖场氨排放测定存在的问题.....	5
3 国内外养殖场氨挥发测定方法.....	7
4 标准制订的基本原则和技术路线.....	8
4.1 标准制订的基本原则.....	8
4.2 标准制订的技术路线.....	9
5、标准主要条文说明.....	9
5.1 适用范围.....	9
5.2 规范性引用文件.....	9
5.3 术语和定义.....	10
5.4 原理.....	11
5.5 试剂、仪器和材料.....	11
5.6 监测点.....	13
5.7 采样和测定步骤.....	13
5.8 氨挥发强度计算.....	14
5.9 异常值的判断与处理.....	16
5.10 监测报告.....	16
6 与现行法律、法规、标准的协调性.....	16
7 对标准贯彻的建议.....	16
附录 A 监测点设计.....	17
A.1 密闭室间歇抽气-酸碱滴定/分光光度法.....	17
A.2 通气式氨气捕获-分光光度法.....	17
附录 B 密闭室间歇抽气法氨气采样装置.....	18
B.1 装置结构及其工作原理.....	18
B.2 采样时间的制订依据.....	19
B.3 抽气速率的制订依据.....	19
B.4 氨吸收液的选择和测定.....	20
附录 C 通气式氨气采样装置.....	21
C.1 装置结构及其工作原理.....	21
C.2 氨吸收液的选择.....	21
C.3 海绵更换频次和监测天数.....	21
C.4 样品洗脱方法.....	22

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

依据《中华人民共和国标准化法》、《国家标准化委员会、民政部关于印发〈团体标准管理规定的通知〉》（国标委联<2019>1号）文件精神，根据《中环环保联合会团体标准管理办法（试行）》（中环联字<2018>79号）的相关规定，中华环保联合会组织专家对《养殖场粪污露天存放场氨挥发测定方法》团体标准立项报告进行了评审立项。由河北农业大学、中科院南京土壤研究所、北京市环境保护科学研究院等单位组建专家组共同编制《养殖场粪污露天存放场氨挥发测定方法》团体标准，经费来源于国家重点研发计划项目《农业源氨排放控制技术及其标准研究（2016YFC0207906）》资助。

## 1.2 工作过程

### （1）成立标准编制小组

2019年成立了标准编制小组，成员主要为有多年污染源排放标准和相关技术规范制定经验的技术人员。

### （2）查询国内外相关标准和文献资料

编制组收集了国内外有关畜禽养殖场氨排放测定的研究成果，全面跟踪了解养殖场氨的减排、采样和分析方法现状。

### （3）编写开题报告并进行论证

召开论证会听取开题论证报告，确定了养殖场露天粪污存放地氨挥发强度测定方法标准编制的技术路线。针对畜禽养殖场氨排放测定存在的难题进行了重点研究，设计了探明养殖场露天粪污监测位点选择、数量与监测方法的试验方案。

### （4）编写标准征求意见稿和编制说明并组织验证

组织有关专家对要求适用范围、术语定义、主要技术内容，进行了深入剖析和探讨，编制了《养殖场粪污露天存放场氨挥发测定方法》（初稿）。经专家进行审查后更名为《养殖场粪污露天存放场氨挥发强度测定技术指南》

标准编制组按照计划任务书的要求，结合其它制定标准的要求，明确了养殖场不同露天排放源的氨挥发强度的测定技术类型。

# 2 标准制订的意义和必要性

## 2.1 养殖场氨的性质和环境危害

大气氨是导致雾霾形成的主要组分之一，这是由于进入大气中的氨仅有约10%通过沉降过程回到当地的陆地和水体，而其余90%存留在大气中与 $\text{SO}_4^{2-}$ 和 $\text{NO}_3^-$ 等形成无机铵盐，或与有机气溶胶结合产生有色气溶胶，其中铵盐可占 $\text{PM}_{2.5}$ 无机颗粒物含量的26.1-41.3%。研究发现，我国氨排放总量从2000年的12.1

Tg N 上升到 2015 年的 15.6 Tg N，年均增长率为 1.9%，期间农业源氨（种植业和养殖业）的贡献率始终维持在 80%左右（图 1），依据中国 74 个重点城市的原位实测 PM<sub>2.5</sub> 浓度数据和卫星遥感探测的污染物网格排放数据对比分析，发现我国氨排放可能被严重低估。随着“大气十条”的成功实施，京津冀及周边 PM<sub>2.5</sub> 浓度和重污染天数实现“双降”，然而，由于城市的 PM<sub>2.5</sub> 污染同时受 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和氨排放影响，若要实现区域空气质量完全达标，需要在大力控制硫化物和氮氧化物排放的基础上，进一步有效控制大气氨浓度，如在京津冀地区，农业氨减排使京津冀地区 PM<sub>2.5</sub> 的年均浓度下降 12.04μg/m<sup>3</sup>，下降比例约为 18.36%，因此，有效控制农业氨排放已成为当前雾霾治理的主要途径之一，且已引起社会的高度关注。作为世界畜禽养殖大国，畜禽养殖粪污氨排放所造成的环境污染问题，已成为制约行业可持续发展的重要因素之一。

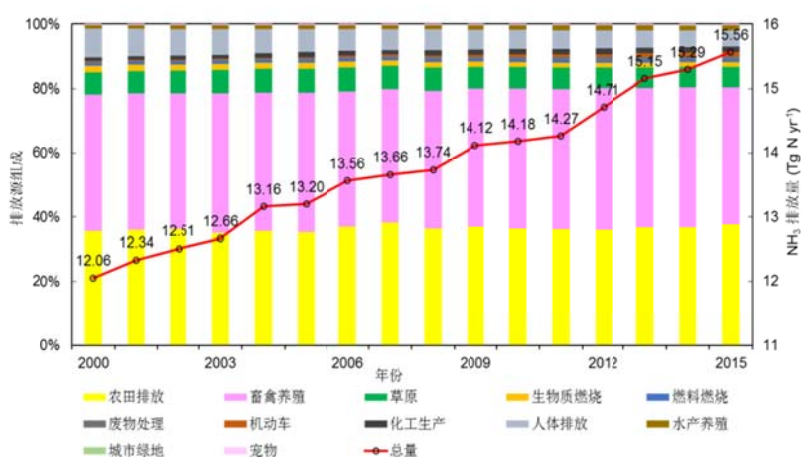


图 1 2000-2015 年中国氨排放总量和各排放源贡献

## 2.2 我国养殖场氨排放的现状特点

### 2.2.1 氨排放现状

随着农业生产的发展，不同类型农业源氨排放组成也随之发生变化。研究发现，1980-2012 年间，我国养殖业粪尿的排放量从 2.86 Tg 增加到 6.16 Tg，而后降低到 5.5 Tg，其中肉牛业对养殖业的氨排放贡献率最高，其次为蛋鸡和生猪养殖；由于肥料形态的改变（如碳酸氢铵用量的大幅减少），化肥的氨挥发从 2.1 Tg 增加到 4.7 Tg，之后降低 2.8 Tg。通过估算我国 1978-2008 年我国农业肥料的氨排放情况，发现 2008 年我国农业肥料氨排放量为 8.4 Tg，在 1978-2008 年间，分别于 1987，1996 和 2005 出现了氨排放高峰，总排放量从 3.2 增加到 8.4Tg，其中养殖业粪尿施用后的氨挥发从 37.0%增加到 45.5%，这是由于施肥措施的变化和养殖业的发展。城镇化的发展导致农村人口减少，人粪尿的贡献从 20.3%降低到 8.5%，饼肥和秸秆还田的占比为 3.8%和 4.5%，一直比较小而稳定。2010 年我国农业肥料的氨排放量为 10.7(8.9-12.3) Tg，其中有机肥施用引起的氨挥发贡献率为 47.5%，化肥氨挥发贡献率为 41.9%，农村人粪尿施入农田后氨挥发的占比为 5.0%，饼肥的氨挥发为 5.5%。本课题研究结果发现，我国农业肥料氨的排放与温度、播种时

间和栽培模式密切相关，排放主要集中在华北、松辽、长江中下游、珠江三角洲、四川盆地、塔里木盆地和雷州半岛（图2）。我国76个城市的氨排放占总量的50%，农业源氨的季节性排放特征明显，夏季最高贡献率为42%（7月份最高），冬季最低（1月份最低），约为14%。

综上所述，前期研究基本明确了养殖业（养殖场粪尿存储）和种植业（化肥氨挥发、粪尿有机肥氨挥发）是构成农业源氨排放的2个主要排放源，农村人粪尿施用以及饼肥、秸秆堆肥对农业源氨排放贡献率较小；氨气排放的季节性特征也较明显，春季和夏季比较高，冬季较低。然而也明确发现，由于构建清单时不同研究所采用的排放因子差异，导致不同研究结果的氨排放估算量、排放的地区特征都存在较大的不确定性。因此需增加我国农业源氨排放的测定等基础研究，进一步降低我国各主要农业源氨排放因子的不确定性，从而为我国农业源氨管理和减排提供理论依据和技术支持。

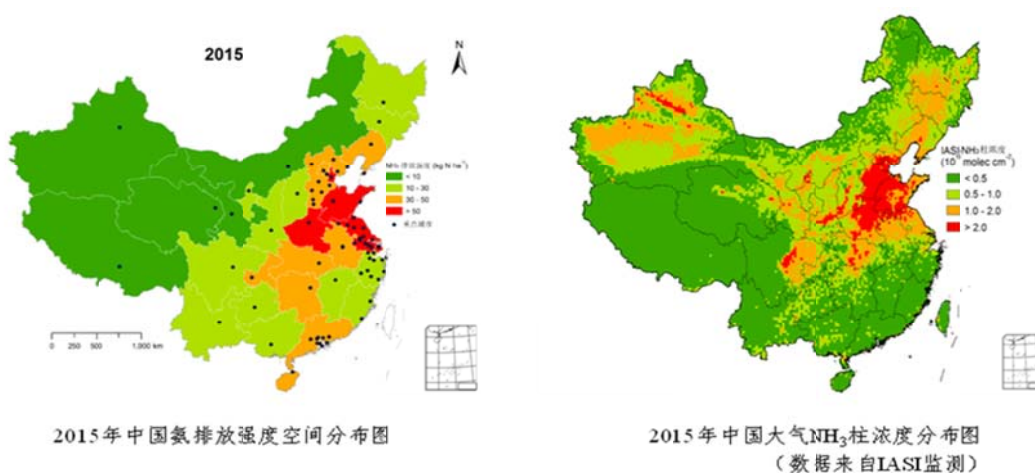


图2 2015年中国氨排放与卫星监测数据对比

### 2.2.2 养殖场氨排放特点

从污染物来源来看，规模化养殖场的氨排放隶属于农业源，是养殖业氮素气态损失的最重要途径，其排放源主要包括畜禽饲养、粪污存放/加工/处理设施以及田间施用等环节。本课题研究表明，规模化畜禽养殖场的氨排放源，如露天牛圈、粪污露天存放设施等，占地面积较大（通常数个公顷-数个平方公里），不存在统一的排放口，属于无组织排放，其氨排放速率受环境因素如温度、风速、湿度影响大，具有明显的日排放特征和季节排放特征（图3）。上述特点与本项目课题一提出的大气面源污染的定义（即在一定区域范围内，气态或颗粒态污染物从非特定地点或多个特定的呈面状的地点，在空气扩散作用下以低矮密集的方式自地面或近地面的高度排放污染物，弥散到大气环境中并引起大气质量降低的污染）基本吻合，因此规模化养殖场氨排放源属于大气面源污染。

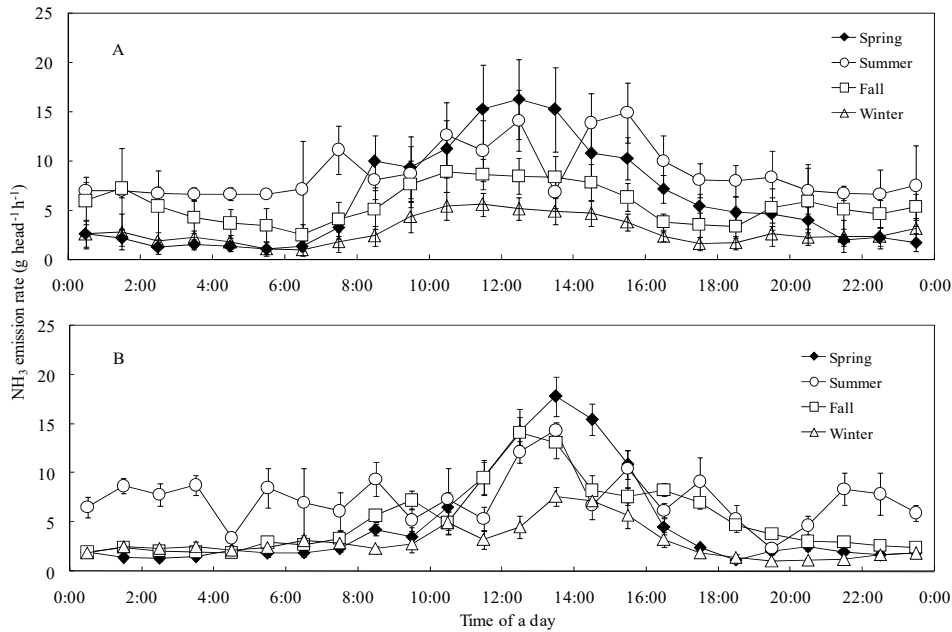


图3 奶牛养殖场氨排放特征

从规模化养殖场氨气浓度来看,本标准测定了奶牛、肉牛等露天养殖区氨浓度,如图4所示,其氨气浓度范围通常低于 $2.5\text{mg}/\text{m}^3$ ,符合畜禽场环境质量标准(NY/T388-1999),即低于畜禽场区浓度标准 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。然而,与农业源氨的另一个重要组成部分种植业相比,规模化畜禽养殖场的氨排放源面积相对较小,但排放速率高,例如,一个养殖规模1000头、占地面积约为4公顷的奶牛养殖场,其氨年排放量可达到48吨,约相当于800公顷(如年氮素投入量为400公斤、氨排放系数为15%)大田种植面积的氨排放,其单位面积氨排放量约是大田作物的200倍。规模化养殖场地点明确,场界清晰,养殖场内部的氨排放源易识别(如饲舍通风口、沼液存储池、粪污堆放场所、有机肥加工厂等),管理控制对象明确,养殖场法人(负责人)易于联系沟通,监管和执法目标可量化(图5)。此外,相对种植业氨排放的短期行为(主要发生在施肥后1-2周内),养殖业氨排放具有持续稳定排放的连续源特征,因此,在冬季雾霾相对较严重和集中爆发的时期,控制养殖业氨排放应是农业源氨的重点管控时期。鉴于此,在当前大气污染形势异常严峻的阶段,养殖业理应被优先列为农业氨排放的重点管控对象,国家和地方各级政府有必要在制定环境治理目标规划中,设定养殖业的氨减排近期和远期目标,并制订相应的实现氨减排目标的具体措施。

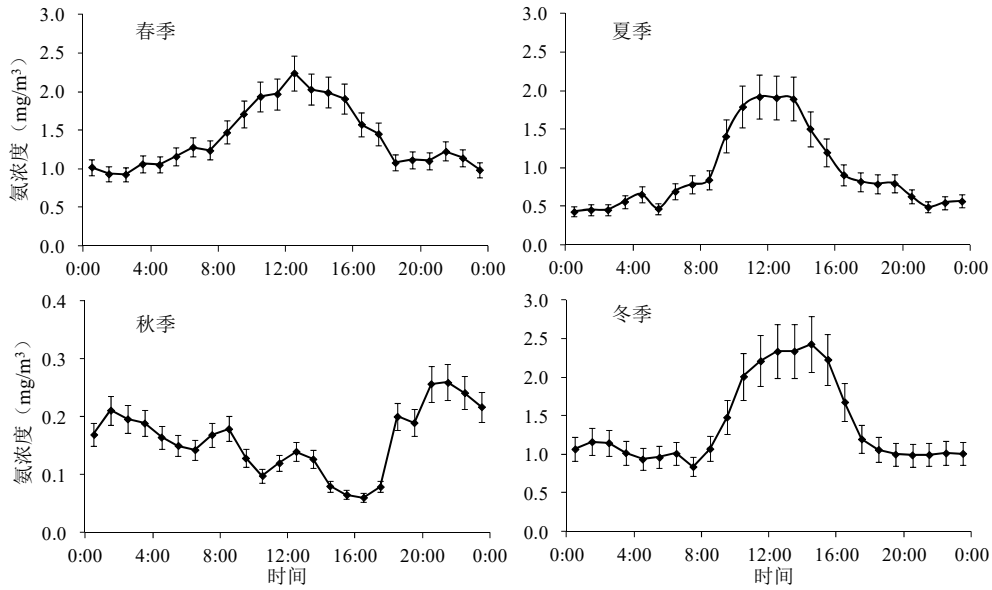


图4 奶牛养殖场氨浓度特征

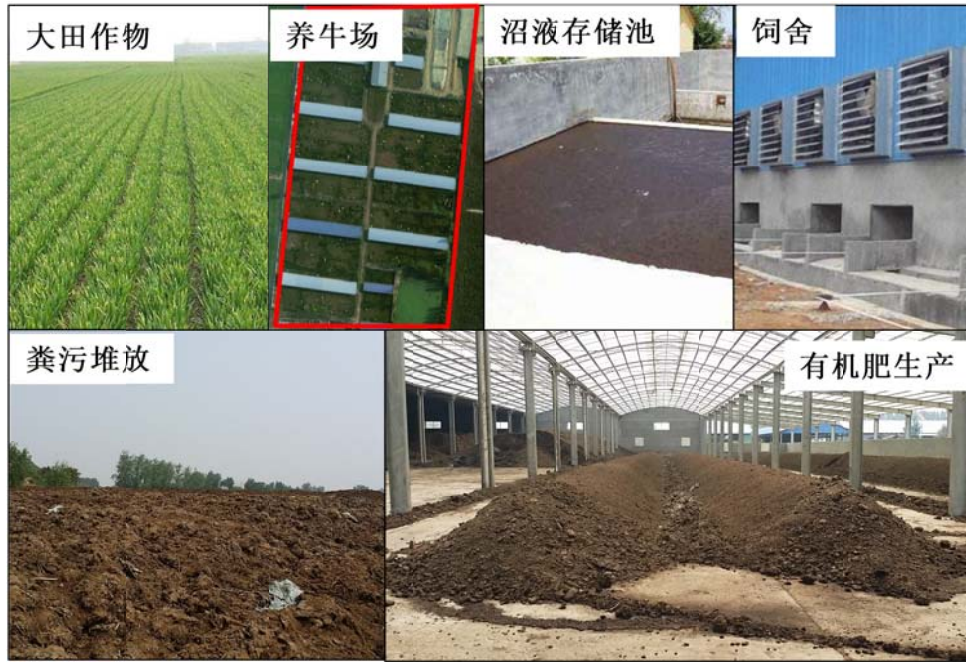


图5 规模化养殖场主要氨排放源

### 2.3 养殖场氨排放测定存在的问题

根据养殖场氨多环节、源强低、面积大等排放特点，探究养殖场各环节（饲料投入—饲舍—运动场—粪便堆放—沼气、沼液池—氧化塘）氨的挥发损失量可对养殖业的氨管控过程提供重要指南。在此基础上进一步实施合适的控氨措施，从而提高粪肥养分的利用率，不断减轻氨挥发造成的水体富营养化、土壤酸化、物种多样性减少、空气质量恶化等问题，逐步实现集约化畜禽养殖和生态环境的协调发展。

由前文分析可知，除畜禽饲舍之外，运动场、粪污堆放、堆肥处理、液态粪污存储池（沼液储存池、污水氧化塘）均为露天排放源。上述排放源的氨排放系数（%TAN）分别 30-53%、0.89-7.83%、39-41.5%



和 15.8-28.33%，均为养殖场尺度重要的氨排放源，同时也是有效降低氨排放的关键控制环节。另外，本课题组调研了京津冀地区规模化奶牛养殖场 447 个，生猪养殖场 302 个，蛋鸡养殖场 59 个，肉鸡养殖场 67 个，肉牛养殖场 31 个，通过系统跟踪收集上述规模化养殖场粪污管理环节、存储方式及其相对贡献，发现运动场、露天堆放、自然堆肥、污水氧化塘、沼液储存池等粪污露天管理环节的氨氮存储量占养殖场总量的 40-100%（图 6），并根据清单模型估算了不同粪污存储环节的氨排放，由图 7 所示，露天堆肥、沼液存储池、污水氧化塘以及露天堆放均为养殖场尺度最重要的氨源类型，上述露天源排放总量约占养殖场尺度总排放的 90%以上，因此是养殖场最重要的氨排放源。

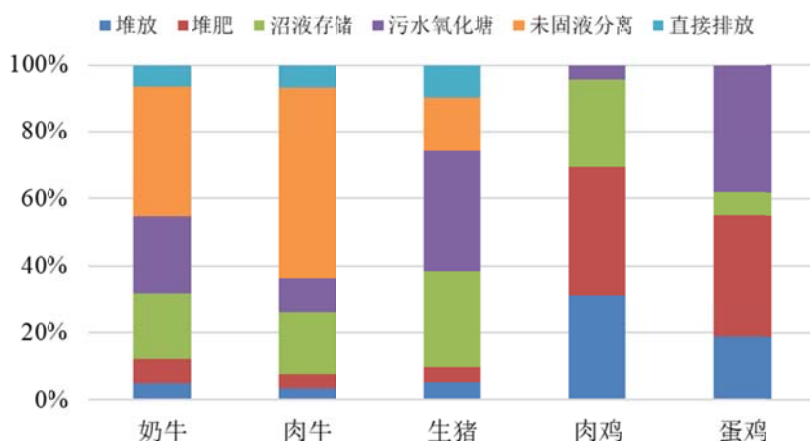


图 6 规模化养殖场主要粪污储存方式

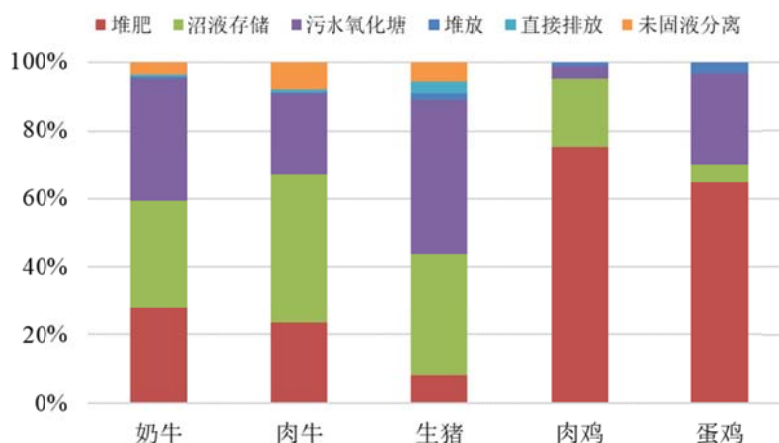


图 7 规模化养殖场主要粪污排放方式

选择简单易行且可靠的氨测定技术手段对探究养殖场各环节氨排放量存在重要意义。目前国内现有的养殖业氨挥发强度研究采用的测定方法不一，氨的吸收载体也不同，导致研究结果的可比性较差，同时阻碍了氨挥发的区域估算以及预测模型的应用。因此，有必要建立统一规范的适合我国养殖业生态系统氨排放的测定方法，进而补充完善我国养殖场氨排放测定技术标准与规范。



目前,我国越来越重视标准化工作,相继颁布了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》和《国务院关于印发深化标准化工作改革方案的通知》(国发〔2015〕13号),以及《国家标准化体系建设发展规划(2016-2020年)》文件。习总书记在党的十九大报告中强调“必须树立和践行绿水青山就是金山银山的理念”,可见经济发展与生态环境的保护密不可分。搞好畜禽养殖工作,规范养殖模式,降低养殖过程带来的污染对生态农业的建设至关重要。《环境保护税法实施条例》、《固体废物污染环境防治法》(2016年修订)以及《畜禽规模养殖污染防治条例》中均对养殖废弃物的处理有明确要求,因此,构建养殖场氨挥发强度测定标准对于指导我国养殖业污染气体氨的监测与监管有重要意义。

### 3 国内外养殖场氨挥发测定方法

养殖业氨挥发占据农业源氨排放的比例较大,国外氨挥发研究始于19世纪50年代,研究方法由间接法、气室法向微气象学法逐步过渡,现今以微气象学法为主。目前,养殖场粪污露天存放场氨挥发的测定方法可分为间接和直接采样两类。间接采样法主要是利用捕获装置被动吸收测定粪污在自然状态下挥发出来的氨气,进而估算存放场表面挥发氨量及累积量,主要包括通气法和标准比较法。通气法是一种适用于小区试验和多因素对比研究的方法(王朝辉等,2002),其氨捕获装置仅由一个聚氯乙烯硬质塑料管和两片浸过磷酸甘油溶液的海绵构成,结构简单。浸润每块海绵所需要磷酸甘油溶液15-20mL。试验过程中可以保证装置内的固态粪污堆体表面经海绵与外界环境的空气流通,上层海绵吸收空气中的氨,并防止其进入装置内而被下层海绵吸收,下层海绵用来吸收畜禽粪便固态堆体挥发的氨,吸收在下层海绵的氨可用1 mol/L KCl溶液浸提。但在露天环境氨挥发强度测定过程中,用于吸收氨挥发的海绵容易受到降雨的污染,从而影响准确性,因此在多雨的季节和地区,该法的应用易受到限制。标准比较法具备微气象学技术原位测定的特点,对氨挥发过程的干扰和影响较小,更适用于多重复、多处理的对比研究小区实验。此外,标准比较法氨捕获装置简单,由圆形PVC管制成,需在PVC采样管上开设通风口进行气体交换,并利用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>溶液捕获粪污堆体中挥发出来的氨气。但需配备氨主动释放装置计算氨传输系数,进一步精准计算氨排放通量。

直接法包括密闭(气)室法、微气象学法和欧洲一些国家较为流行的风洞法。微气象学法和风洞法直接从试区上方的空气采样测定,准确性高,但要求有较大的试区面积。微气象学方法是在被测对象无干扰的条件下,根据特定位点气体浓度和风向、风速等气象参数测定气体排放的方法。应用微气象学法要求试验区面积不能小于1 km<sup>2</sup>。对于多因素对比的小区试验,由于从不同小区挥发的氨在试验区上部混合,因此微气象学方法难以区分其来源,仅适合于大面积、均一性较好的养殖场氨挥发测定,无法用于多处理小区试验研究;风洞法要求的试验区面积虽可在1 km<sup>2</sup>以下,但亦不能很小。在风洞系统中,通过调节腔室内的气流以匹配外部的风,可以部分地将微气候条件调节到外部条件,但气流调节需要昂贵的技术设备。

因此，可用的风洞数量限制了可以同时测量的试验小区数量。风洞法无法模拟静态和下雨状态，会过高估计降雨期间和之后的氨排放。此外，微气象学方法和风洞法还要求高精密度和灵敏度的仪器测定风速、温度及大气中的氨浓度变化，试验费用大，因此在小区试验中难以大规模的应用。密闭（气）室法的氨捕获装置结构简单，能直接捕获从粪污堆体表面挥发的氨，其原理是利用空气置换密闭室内的氨，挥发出来的氨随着抽气气流进入吸收瓶中，被瓶中氨吸收液吸收，通过酸碱滴定或分光光度法测定氨浓度，进而估算固态粪尿堆体或液体表面挥发氨量及累积量。此法常用于小区试验，其缺点是密闭状态下的氨挥发过程不同于自然状态，且需配备动力设备，在供电不方便的野外不适用。与微气象法、风洞法相比不需要高精密度的检测仪器，操作简便易行，回收率高，且变异性小。因此，这一方法对于原位测定养殖场粪污堆存场氨挥发有较大的应用潜力。

## **4 标准制订的基本原则和技术路线**

### **4.1 标准制订的基本原则**

本标准按 GB/T 1.1-2009 的要求进行编写，在综合参考农田氨排放测定技术、我国现有的规模化养殖场露天粪污氨排放源类型、氨挥发强度、氨挥发特征、监测能力等实际情况，确定了固态和液态粪污存放场所的氨监测位点与数量，明确了基于氨挥发日变化特征的监测与采样时间，同时也规范了氨挥发测定技术的样品采集、存储、测定、数据计算以及数据质量控制等，以确保本测定技术的科学性、先进性、可行性和可操作性。

## 4.2 标准制订的技术路线

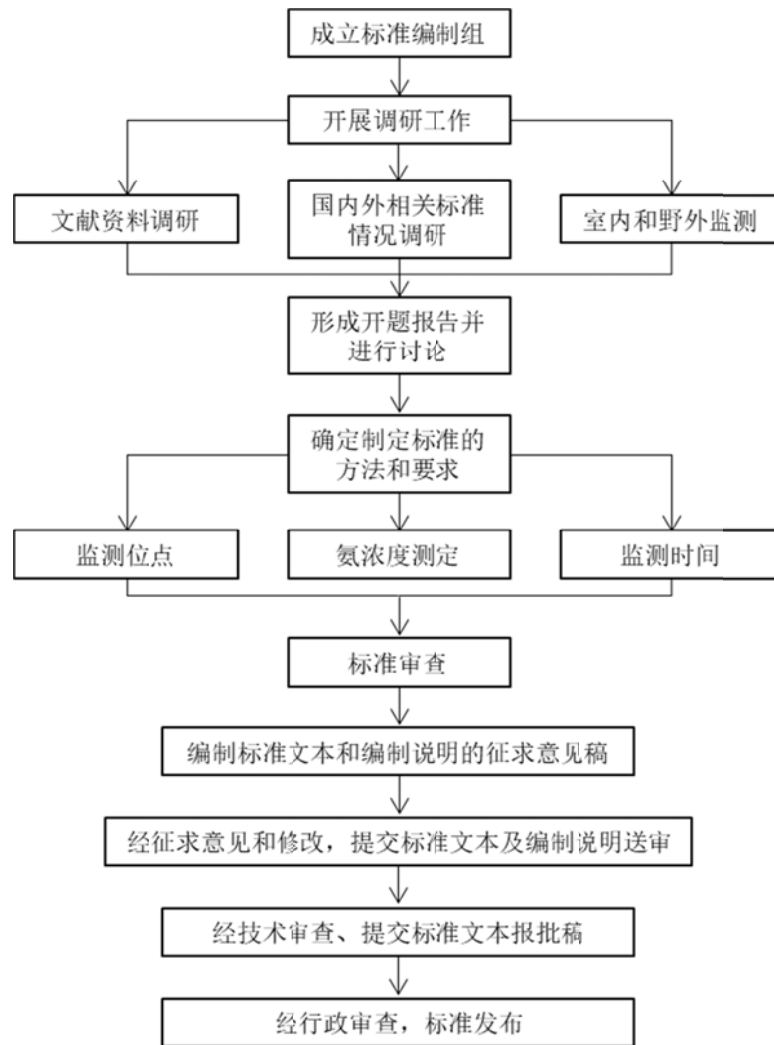


图 8 技术路线图

## 5、标准主要条文说明

### 5.1 适用范围

本标准规定了测定养殖场粪污露天存放场氨挥发强度测定技术的范围、规范性引用文件、术语和定义、原理与适用范围、试剂、仪器和材料、监测点、采样和测定步骤、通量计算、异常值的判断与处理、监测报告。本标准适用于畜禽粪便露天堆存、液态粪尿存贮过程的氨挥发强度。测定技术：密闭室间歇抽气-酸碱滴定/分光光度法、通气式氨气捕获-分光光度法。

### 5.2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 601 化学试剂标准滴定溶液的制备

GB/T 4883 数据的统计处理和解释-正态样本离群值的判断和处理

### 5.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 5.3.1

规模化畜禽养殖场 Intensively confined animal feeding operation

指以企业化运营为主要模式从事畜禽养殖活动的场所，或者以个体经营模式从事经营性畜禽养殖活动但达到省级人民政府规定的养殖规模标准的场所（表 5.1），以及从事畜禽养殖科研活动的场所。

表 1 集约化畜禽养殖场的适用规模（以存栏数计）

类别规模分级	猪（头） （25kg 以上）	鸡（万只）		牛（头）	
		蛋鸡	肉鸡	成年奶牛	肉牛
I 级	≥3000	≥10	≥20	≥200	≥400
II 级	500≤Q<3000	1.5≤Q<10	3≤Q<20	100≤Q<200	200≤Q<400

注：Q 表示养殖量。对具有不同畜禽种类的养殖场和养殖区，其规模可将鸡、牛的养殖量换算成猪的养殖量，换算比例为：30 只蛋鸡折算成 1 头猪，60 只肉鸡折算成 1 头猪，1 头奶牛折算成 10 头猪，1 头肉牛折算成 5 头猪。

#### 5.3.2

畜禽养殖区 Collectively confined animal feeding operation

指以集中建造畜禽圈舍、农户分户饲养为主要模式，按照畜禽养殖场所与居民生活区分离的原则，由地方人民政府、村民委员会、农村集体经济组织、畜牧业合作经济组织划定，或者由专门从事畜禽产品生产经营的龙头企业按照有关规定设置，集中从事畜禽养殖活动达到省级人民政府规定的养殖规模标准的区域（参见表 5.2）。

表 2 集约化畜禽养殖区的适用规模（以存栏数计）

类别规模分级	猪（头） （25kg 以上）	鸡（万只）		牛（头）	
		蛋鸡	肉鸡	成年奶牛	肉牛
I 级	≥6000	≥20	≥40	≥400	≥800
II 级	3000≤Q<6000	10≤Q<20	20≤Q<40	200≤Q<400	400≤Q<800

注：Q 表示养殖量。对具有不同畜禽种类的养殖场和养殖区，其规模可将鸡、牛的养殖量换算成猪的养殖量，换算比例为：30 只蛋鸡折算成 1 头猪，60 只肉鸡折算成 1 头猪，1 头奶牛折算成 10 头猪，1 头肉牛折算成 5 头猪。

#### 5.3.3

粪污 Manure

指畜禽排泄的粪便、尿液。

#### 5.3.4

畜禽养殖氨挥发 Ammonia volatilization from manure storage in animal operations

畜禽粪污露天存放场所（运动场、自然堆肥、氧化塘、沼液贮存池等）向大气排放气态氨的过程。

#### 5.3.5

密闭室间歇抽气 Intermittent airflow enclosure

用封闭的罩子将测定区域隔离开，抽气泵驱动气流，在 24 h 内抽气-停止-抽气-停止的方式，经吸收液收集气流中氨的一种采样方法。

#### 5.3.6

通气式氨气捕获 Vented chamber for ammonia capture

用无封口的罩子将测定区域隔离开，利用经氨吸收液浸润的海绵，在自然通气条件下采集挥发氨的一种采样方法。

### 5.4 原理

#### 5.4.1 密闭室间歇抽气-酸碱滴定/分光光度法

5.4.1.1 利用空气置换密闭室内的氨，挥发出来的氨随着抽气气流进入吸收瓶中，被瓶中氨吸收液吸收，通过酸碱滴定或分光光度法测定氨浓度，估算固态粪尿堆体或液体表面挥发氨量及累积量。

5.4.1.2 适用于固态粪尿堆体和沼液存贮池、稳定塘等液面氨挥发强度的测定。

#### 5.4.2 通气式氨气捕获-分光光度法

5.4.2.1 通过通气式氨气捕获装置将固态粪尿罩住，利用装置内含氨吸收液的海绵吸收粪尿挥发出来的氨气，通过测定海绵内氨的含量，估算存放场表面挥发氨量及累积量。

5.4.2.2 适用于固态粪尿堆体氨挥发强度的测定

### 5.5 试剂、仪器和材料

#### 5.5.1 试剂

##### 5.5.1.1 0.05mol/L 硫酸溶液

按照 GB/T 18204.2 配制。

##### 5.5.1.2 2%硼酸+甲基红-溴甲酚绿混合指示剂

称量 20 g 硼酸溶于 950 mL 热蒸馏水，加入 20 mL 混合指示剂，然后调节 pH 至约 4.5，定容至 1 L。

##### 5.5.1.3 0.01 mol/L 硫酸标准溶液

按照 GB/T 601 配制。

#### 5.5.1.4 磷酸甘油混合液

将 100 mL 磷酸与 80 mL 甘油混合，定容至 2 L。

#### 5.5.1.5 1 mol/L 氯化钾溶液

称量 149.1 g 氯化钾溶于 500 mL 水中，定容至 1 L。

#### 5.5.1.6 2%草酸溶液

称量 20 g 草酸溶于 950 mL 热蒸馏水，定容至 1 L。

#### 5.5.1.7 0.1 mol/L 硫酸铵溶液

称量 6.607 g 硫酸铵溶于水中，定容至 1 L。

#### 5.5.1.8 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液

称量 4 g 氢氧化钠溶于水中，定容至 1 L。

除非另有注明，分析时均使用符合国家标准的分析纯化学试剂，实验用水为无氨的蒸馏水或去离子水。

### 5.5.2 仪器

本文件规定的方法涉及的仪器包括：

pH 计；

真空泵；

流量计；

温度计；

风速计；

分光光度计；

天平（精度为 0.001 g）；

摇床；

冰箱；

半自动滴定管。

### 5.5.3 材料

本文件规定的方法涉及的材料包括：

有机玻璃罩；

PVC 管；

螺纹管；  
橡胶管；  
大气冲击式吸收瓶（250 mL）；  
玻璃缓冲瓶；  
聚胺脂材质、硬度 B8 软海绵；  
具塞比色管；  
聚乙烯瓶；  
玻璃烧杯（2 L）；  
蒸发皿（50 mL）。

## 5.6 监测点

### 5.6.1 选择原则

养殖场上有多个类似排放源时，选择有代表性、受周围其他排放源干扰较小的作为监测位点。

### 5.6.2 设计

按照附录 A。

## 5.7 采样和测定步骤

### 5.7.1 密闭室间歇抽气-酸碱滴定/分光光度法

#### 5.7.1.1 安装采样装置

装置结构和工作原理按照附录 B。

#### 5.7.1.2 准备氨吸收液

密闭室间歇抽气-分光光度法：每次加入 60 mL 0.05 mol/L 稀硫酸溶液（5.5.1.1）。

密闭室间歇抽气-酸碱滴定法：每次加入 80 mL 2% 硼酸+甲基红-溴甲酚绿混合指示剂（5.5.1.2）。

#### 5.7.1.3 样品采集

每次连续监测 5~7 天，采样时间为每日的 7:00~9:00 和 15:00~17:00。

采样时应打开气体采样泵，控制气室内的换气速率在 15~20 次/min。

#### 5.7.1.4 氨吸收液的测定

密闭室间歇抽气-分光光度法：铵态氮的浓度（C）按照 GB/T 18204.2 的靛酚蓝分光光度法执行，如当天未能测定，应放置在 4°C 冰箱内保存，在一周内完成测定。

密闭室间歇抽气-酸碱滴定法：用 0.01 mol/L 硫酸标准溶液（5.5.1.3）滴定，记录所用酸的



体积 (V)。

#### 5.7.1.5 回收率和精确度测定

将 3 套蒸发皿中分别加入已知铵态氮量的纯溶液作为气态氨的挥发源，调整溶液的 pH 值至 9.0 以上，置入氨挥发采样装置内。

参照 5.7.1.2, 5.7.1.3, 5.7.1.4 的采样和测定步骤测定气态氨挥发强度。

测定蒸发皿中残留溶液中铵量，确定理论气态氨的挥发量，与测得氨挥发量进行比对计算回收率、重复性以及标准偏差，回收率和精确度应达 90%以上。

#### 5.7.2 通气式氨气捕获-分光光度法

##### 5.7.2.1 安装采样装置

装置结构和工作原理按照附录 C。

##### 5.7.2.2 准备气态氨吸收液

磷酸甘油混合液 (5.5.1.4)。

##### 5.7.2.3 样品采集：

连续测定 5-7 天，每次样品采集时间为 24h。

记录采样前的下层海绵干重 ( $m_1$ )。

采样后，将 2 L 烧杯置于天平上调零后，放入下层海绵，加入 60 mL 氯化钾溶液 (5.1.5)，记录质量 ( $m_2$ )。

挤压下层海绵不少于 15 次，取 2 mL 洗脱液称重 ( $m_3$ )，洗脱液总体积 (V)。

##### 5.7.2.4 氨吸收液的测定

铵态氮的浓度 (C) 按照 GB/T 18204.2 的靛酚蓝分光光度法执行，如当天未能测定，应放置在 4 °C 冰箱内保存，在一周内完成测定。

##### 5.7.2.5 回收率和精确度测定

将 10 mL 硫酸铵溶液 (5.5.1.7) 和 20 mL 氢氧化钠 (5.5.1.8) 溶液按顺序分别加入 3 套 50 mL 蒸发皿，快速置入通气式氨气捕获装置内，并密封。

参照 5.7.2.2, 5.7.2.3, 5.7.2.4 的采样和测定步骤进行测定。实际测得的铵离子含量占挥发出来铵离子理论值的百分数即为装置回收率 (R)，回收率和精确度应达 90%以上。

## 5.8 氨挥发强度计算

#### 5.8.1 密闭室间歇抽气-分光光度法

氨挥发强度计算公式如下：

$$F = C \times 10^{-6} \times 60 \times \frac{10^4}{\pi \times r^2} \times 6 \quad (1)$$

式中:

$F$ ——氨挥发强度,  $\text{kg}/\text{hm}^2/\text{d}$ ;

$C$ ——吸收液铵态氮的浓度,  $\text{mg}/\text{mL}$ ;

$60$ ——稀硫酸吸收液的体积,  $\text{mL}$ ;

$10^{-6}$ ——质量转换系数;

$10^4$ ——面积转换系数;

$r$ ——气室的半径,  $\text{m}$ ;

$6$ ——24 h 与日氨挥发收集时间 4 h 的比值。

### 5.8.2 密闭室间歇抽气-酸碱滴定法

氨挥发强度计算公式如下:

$$F = V \times 10^{-3} \times C \times 0.014 \times \frac{10^4}{\pi \times r^2} \times 6 \quad (2)$$

式中:

$F$ ——氨挥发强度,  $\text{kg}/\text{hm}^2/\text{d}$ ;

$V$ ——滴定用硫酸的体积,  $\text{mL}$ ;

$10^{-3}$ ——体积转换系数;

$C$ ——滴定用硫酸的标定浓度,  $\text{mol}/\text{L}$ ;

$0.014$ ——氮原子的相对原子质量,  $\text{kg}/\text{mol}$ ;

$10^4$ ——面积转换系数;

$r$ ——气室的半径,  $\text{m}$ ;

$6$ ——24 h 与日氨挥发收集时间 4 h 的比值。

### 5.8.3 通气式氨气捕获-分光光度法

氨挥发量计算公式如下:

$$F = \frac{C \times V \times 10^{-6} \times 10^4}{\pi \times r^2 \times D_i \times R} \quad (3)$$

其中:

$F$ ——氨挥发强度,  $\text{kg}/\text{hm}^2/\text{d}$ ;

$C$ ——洗脱液中的铵态氮的浓度，mg/mL；  
 $V$ ——洗脱液总体积，mL；  
 $10^{-6}$ ——质量转换系数；  
 $10^4$ ——面积转换系数。  
 $r$ ——气室的半径，m；  
 $i$ ——表示第*i*次取样；  
 $D_i$ ——第*i*次取样时装置实际累积吸收氨的时间，d；  
 $R$ ——氨挥发捕获装置的氨回收率。

## 5.9 异常值的判断与处理

按照GB/T 4883执行。

## 5.10 监测报告

应形成监测报告，主要包括以下内容：  
养殖场类型、排放源类型、气候状况；  
采样人、采样时间和地点、采样方法；  
分析人、检测仪器、分析方法、数据；  
检测结果。

## 6 与现行法律、法规、标准的协调性

本技术指南的制定主要是规范我国养殖场粪污露天存放场氨挥发强度的测定技术，扩大其应用范围，为推荐性测定技术，与现行的法律、法规无冲突。

## 7 对标准贯彻的建议

《养殖场粪污露天存放场氨挥发强度测定技术指南》适用于集约化养殖场内部露天粪污堆放场地氨排放的测定，需要根据所研究的氨挥发环节选择合适的测定技术。能够适用我国养殖业环境监测的要求。本标准完成后，将在增强学科交流和数据共享、促进养殖场各环节氮素流动过程的研究有重要的意义。建议通过联合相关的标准化研究机构、检测公司和企业统一组织标准宣传，并提供技术咨询。

## 附录 A 监测点设计

### A.1 密闭室间歇抽气-酸碱滴定/分光光度法

养殖场结构复杂，存在多个氨排放源，空间上存在较大差异性。当有多个类似排放源时，选择有代表性、受周围其他排放源干扰较小的作为监测位点。另外，按照氨排放源的面积大小在粪污露天存放场所（自然堆肥、氧化塘、沼液存贮池等）选择9~12个监测点（图A.1，A.2）。

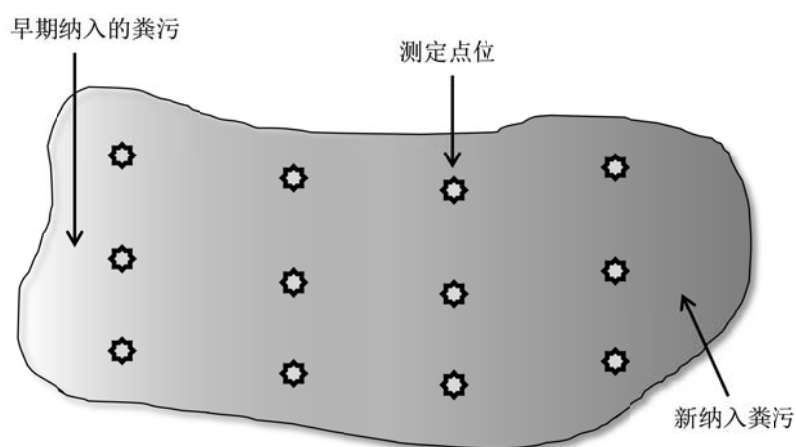


图 A.1 大面积氨排放源（堆肥场、氧化塘）氨排放测定点位布置

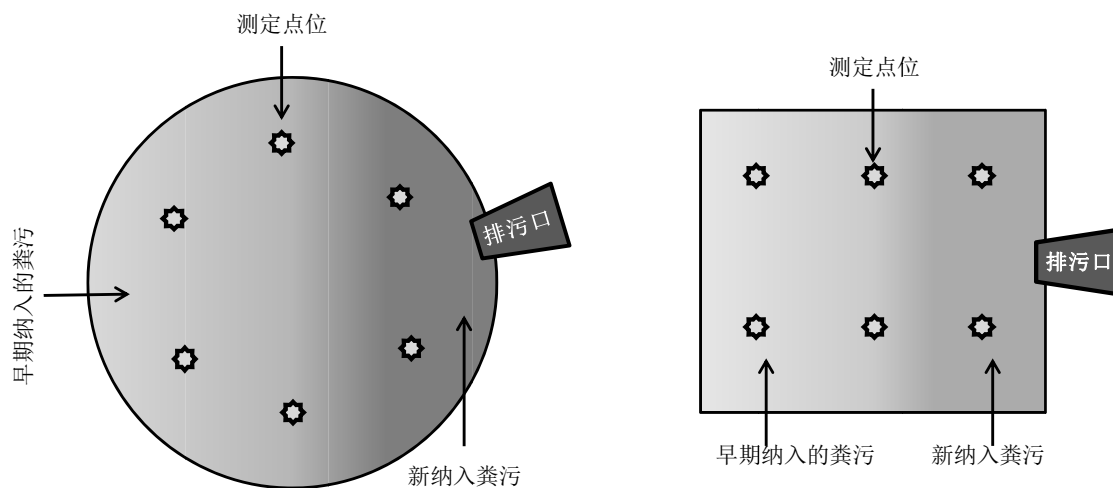


图 A.2 面积小且形状规则的排放源测定点位布置

### A.2 通气式氨气捕获-分光光度法

方法同A.1。

## 附录 B 密闭室间歇抽气法氨气采样装置

### B.1 装置结构及其工作原理

测定畜禽养殖场沼气池、氧化塘等液面的氨挥发的整套装置主要包括酸、碱吸收瓶、采气罩（PVC 或者有机玻璃，直径 20cm，高 15cm，底部开放，顶部有 2 个通气孔，两侧安装有浮块以维持采气罩能够浮在液面之上）、大型气泡吸收管、调节阀、流量计、气体采样泵及连接各部件的乳胶管，见图 B.1。采用密闭式间歇抽气法测定畜禽粪便固态堆体的氨挥发的装置同 B.1，但不用再采气罩两侧安装浮块，见图 B.2。

工作原理：在抽气泵的作用下，外界空气经酸碱吸收瓶去除干扰气体后，进入采气罩，并带动粪尿中挥发的氨进入吸收瓶，通过吸收瓶中的吸收液将氨吸收，通过测定吸收液中氨的总量计算其氨挥发强度。采集样品前，将氨吸收液注入吸收瓶，将各部件依次连接，把采气罩放置于待测区域，测定固态堆体时，底部插入堆体 2cm，控制调节阀保持空气交换室内空气交换速率为 15~20 次/min，抽气结束后测定吸收液中氨的总量。

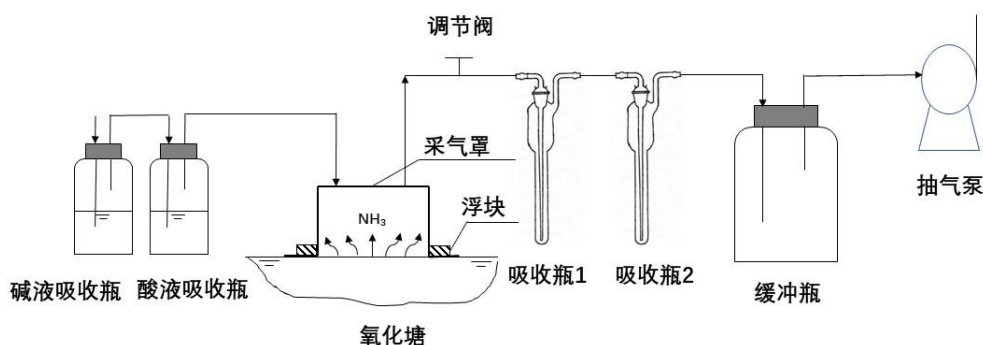


图 B.1 密闭式间歇抽气法装置示意图（氧化塘等粪尿存储场所）

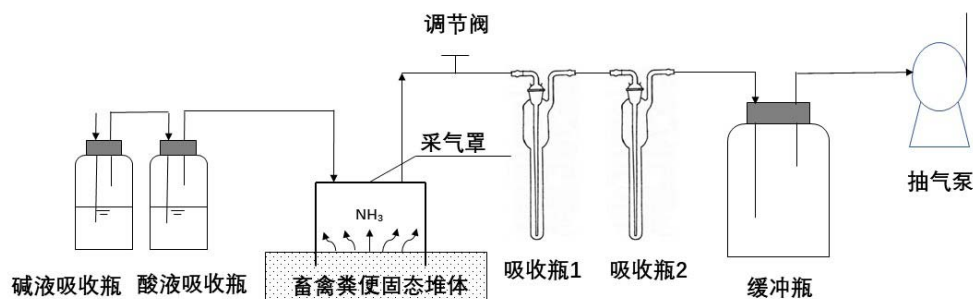


图 B.2 密闭式间歇抽气法装置示意图（畜禽粪便固态堆体）

## B.2 采样时间的制订依据

氨挥发强度监测天数：从养殖场氨挥发强度测定试验结果来看，养殖场内氨挥发是一个持续不断的过程，且受到外界环境（温度、湿度等）条件的影响，所以在测定养殖场氨挥发的过程中，至少进行 5-7 天氨排放监测，以便更好观察氨排放特点。

氨挥发强度监测时间：测定时间段的选择是依据不同时间段的氨挥发强度值计算出全天的氨挥发量，再与各时段氨挥发的加权平均值比较，找出最接近平均值的时段，作为以后研究的适宜氨挥发强度监测采样时间。其研究结果比较了各测定时段与一天的平均值，结果相近且相关性较好，不影响实际操作并避开高温时段的最佳采样时间是：选择 7:00-9:00 和 15:00-17:00 两个时间段作为适宜的氨挥发强度采样时间（间断式采样），以此来计算日氨挥发量。在实际养殖场氨挥发测定过程中，参照农田氨挥发强度测定时间段，根据现场情况进行了测定时间段的微调，分别为 8:00-10:00 和 14:00-16:00。测定数据如表 1：

表 B.1 养殖场氨挥发量测定比较

时段	8:00-10:00	14:00-16:00	平均 ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )
16-May	74.27	78.50	76.39
17-May	11.44	--	11.44
18-May	48.73	21.91	35.32
19- May	1.34	1.39	1.37
20- May	7.91	10.72	9.32
21- May	21.46	24.90	23.18
22- May	16.87	19.32	18.09
23- May	24.07	27.46	25.77
24- May	32.84	31.27	32.06
25- May	6.63	2.58	4.61
26- May	2.67	1.71	2.19
27- May	11.71	20.69	16.20
28- May	14.61	15.99	15.30
氨挥发总量 ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ )	6.59	6.15	6.51
各时段的离均差平方	0.0064	0.1296	--

## B.3 抽气速率的制订依据

借鉴农田氨挥发强度测定时的通气速率研究，在用  $^{15}\text{N}$  标记氮肥作水稻基肥混施时，氨的挥发性情况

如表 2 所示：随着通气速率的增高，氨的挥发及其在氮素损失中的重要性也增大，至换气频率达 15-20 次/min 时即接近或达到最大值。这与好气条件下得到的结果相一致。因此，在养殖场氨挥发强度测定中选用换气频率为 15-20 次/min 来测定氨挥发的潜力。

表 B.2 换气频率对 <sup>15</sup>N 标记硫铵的氮素平衡及氨挥发的影响

供试土壤	换气频率 (次/min)	水稻回收 (%)	土壤中残留 (%)	N 损失 (%)	NH <sub>3</sub> 挥发 (%)	反硝化损失 (%)	NH <sub>3</sub> 挥发占 N 损失的比例 (%)
酸性水稻土	不加盖	36.4	44.3	19.4a	--	--	--
	5	31.4	53.1	15.6a	1.1b	14.5	7.1
	10	32.4	51.9	15.6a	1.6ab	14.0	10.3
	15	27.9	54.2	17.9a	1.9a	16.0	10.6
石灰性水稻土	不加盖	28.9	41.5	29.6a	--	--	--
	5	30.0	43.9	26.2a	6.7c	19.5	25.6
	10	30.0	42.4	27.7a	9.5b	18.2	34.3
	15	28.9	41.4	29.8a	11.5a	18.3	38.6
	20	28.1	38.1	33.8a	12.9a	20.9	38.2

注：同一试验的同一栏内，带有相同字母的数据之间没有显著的差异（新复极差法，5% 显著水准）。

#### B.4 氨吸收液的选择和测定

密闭室间歇抽气-酸碱滴定法：以含有混合有指示剂的 2% 硼酸溶液作为氨吸收液，用标准稀硫酸溶液滴定来测算氨挥发强度，由于硼酸属弱酸，缓冲性较好，并且该法不需要精密的仪器，能快速测定。由于酸碱滴定法的灵敏度低，又容易受空气中酸性颗粒的干扰，尤其是当空气中含有较多的酸性颗粒时，这种现象可能更为明显，导致测定结果偏低；若在室外高温环境下，长时间曝气过程也会导致混合指示剂灵敏度降低，此外，当氨挥发量较低时常导致无法准确测定，重复间的变异性也非常大。

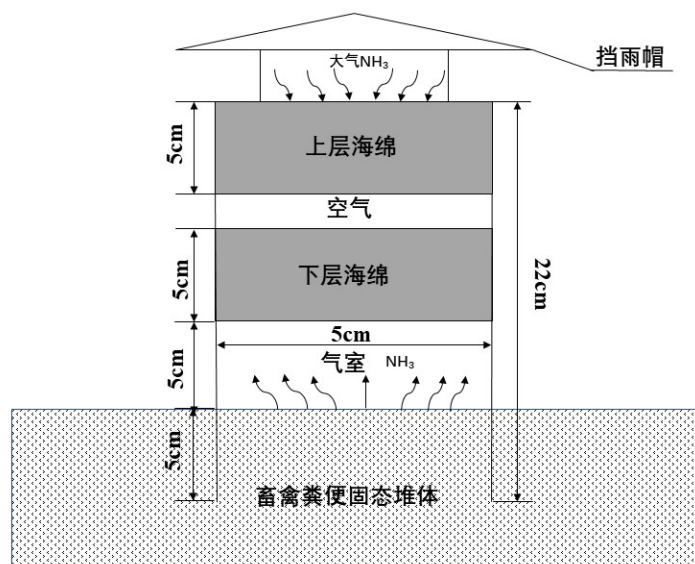
密闭室间歇抽气-分光光度法：以 0.05 mol/L 的稀硫酸溶液作为氨吸收液，在实验室内利用靛酚蓝比色法直接测定溶液中的铵浓度，由于干扰物质少、灵敏度高，此法常用于氨浓度的实验室自动分析。此法局限性表现为：需配备分光光度计，且受 pH 的影响很大。



## 附录 C 通气式氨气采样装置

### C.1 装置结构及其工作原理

整套装置包含圆柱形气室（高 22cm，内径 15cm，材质可为聚氯乙烯或聚甲基丙烯酸甲酯）、2 块圆片形海绵（直径 15cm，厚 5cm，测定前两层海绵灌注磷酸甘油混合液（5.1.4））和挡雨帽，见图 C.1。



图A.1 通气式氨气捕获装置示意图

利用经酸液浸润的海绵吸收地表挥发的氨，洗脱海绵吸收到的氨，以靛酚蓝分光光度法测定存放场氨挥发强度的方法。本法适用于测定畜禽粪尿固态堆体的氨挥发强度，测定时，先将两层圆片形吸收海绵中分别用注射器注入 20 mL 磷酸甘油（5.1.4）后将两层海绵分别放置到气室内，其中，下层吸收海绵距离挥发面 5cm，用于捕获挥发的氨；上层吸收海绵用于消除外界空气中的氨对下层吸收海绵的干扰。然后将圆柱形气室垂直插入堆体中，插入深度为 5 cm，遮雨板固定在圆柱形支柱顶端，与圆柱型气室间距 5 cm。

### C.2 氨吸收液的选择

2 层圆片形吸收海绵中分别以注射器注入 15-20 mL 磷酸和甘油的混合液，其中，磷酸浓度为 0.8 mol/L，甘油浓度为 0.7 mol/L。该浓度与国际期刊相关研究采用的参数一致。

### C.3 海绵更换频次和监测天数

由于养殖场粪污中氨挥发强度较大，为提升实验结果的准确性，建议在实验前期（1-5 天内）每天更换 2 次海绵，中期（6-10 天内）可调整为每天更换 1 次，后期（10-20 天内）可 2~3 天更换一次海绵。实际操作中根据测定时间的长短和天气状况适当调整更换海绵的次数。监测天数根据研究目的确定，根据所测定的养殖场氨挥发环节，确定适合的测定天数。例如在测定粪污堆存过程中的氨挥发时，可进行 20-30

天的监测；当测定养殖场整体环节上的氨挥发时，可选定在一年内各个季节分别进行 20 天左右的监测，进而估算一年内的氨排量。

#### C.4 样品洗脱方法

采用挤压提取法，将 2 L 烧杯置于天平上调零后，放入下层海绵，加入 60 mL 氯化钾溶液，记录质量 ( $m_2$ )，挤压下层海绵不少于 15 次，取 2 mL 洗脱液称重 ( $m_3$ )，洗脱液的密度 ( $\rho$ ) 为  $m_3 / 2$ ，海绵中的总洗脱液体积 ( $V$ ) 为  $(m_2 - m_1) / \rho$ ，即总洗脱液体积 ( $V$ ) 为  $2 * (m_2 - m_1) / m_3$ 。一般挤压法，很难保证将海绵中浸提液全部挤压出来，然而，本法采用重量/密度法可以避免该误差。