

教学目的和要求

一、固体废物处理实验的学习目的和要求

“固体废物处理实验”是环境工程专业的一门实践性必修课,是“固体废弃物的处理与处置”课程的配套实验指导书,是环境工程技术人员解决固体废弃物污染处理中各种问题的重要依据。

1. 本课程的学习目的

(1) 掌握实验所用仪器设备的构造、流程、原理及实验操作方法,加深对基本概念的理解;巩固新的理论知识。

(2) 初步掌握固废实验的研究方法和基本测试技术,进而了解如何进行实验方案的设计。

(3) 能够独立进行实验,包括装配和调节实验装置,观察实验现象,记录、处理、归纳分析实验数据,综合分析实验结果,做出正确的实验报告,运用实验成果验证已有的概念和理论等。

2. 本课程的学习要求

(1) 通过实验操作、现象观察和数据处理及分析,加强学生动手能力的培养,锻炼学生针对问题“归纳”“演绎”的逻辑思维方法,进一步培养自主学习、理性探索和科学创新的能力。

(2) 培养学生实验过程中实事求是的科学态度和严肃认真、一丝不苟的科学作风。忠于所观察到的实验现象,养成严谨、细致、认真、整洁的良好实验习惯。树立求真务实的科学价值观,塑造“科技兴国”的理想信念和家国情怀。

二、固体废物处理实验的学习方法

学生必须按照相应的实验教学程序进行实验。

1. 实验预习

为完成每个实验,学生必须在课前认真阅读实验教材,清楚地了解实验项目的目的和要求、实验原理和实验内容,写出简明的预习提纲,熟悉相应玻璃仪器的操作规范。预习能够帮助学生理解实验原理,了解实验内容,熟悉操作步骤,有利于完成实验和达到较好的实验效果。实验预习的具体要求是:

(1) 了解实验的目的、要求,掌握实验原理。

(2) 了解实验设备、实验操作步骤及有关注意事项。

- (3) 按照实验指导书要求,掌握玻璃仪器的操作规范,明确实验任务。
- (4) 掌握测取实验数据的方法,并设计原始实验数据记录表格。
- (5) 和同组同学进行讨论,商讨实验过程中的关键步骤和相互配合等问题。
- (6) 对实验小组成员进行适当的分工。

2. 实验操作过程

正确规范地进行实验操作是实验成功的关键。学生必须认真按照实验流程按部就班地进行实验操作。具体要求如下所述:

(1) 实验进行之前,应检查所需设备、仪器是否齐全和完好,包括固定安装设备和设施、临时安装设备、移动设备等。对动力设备(如离心泵、压缩机等)进行安全检查,保证设备正常运转及人身安全,确保实验的圆满完成。

(2) 实验操作过程中必须严格遵照操作规程、实验步骤及操作注意事项。实验过程必须穿实验服,带好实验记录本、实验预习报告和教材。

(3) 实验操作中,注意玻璃仪器的使用规范、准确。

(4) 实验操作中,如果需要分步、分工地测取数据,应当使参与实验的学生在实验小组内进行交换操作,确保每位学生均能得到全面的实验操作训练,有利于学生对整个实验过程的全面了解和参与。

(5) 为测取正确的实验数据,需要注意数据的准确性和重现性。只有当数据测取准确后,方能改变操作条件,进行另一组数据的测取。

(6) 若在操作过程中发生故障,应及时向指导老师及实验室工作人员报告,以便及时进行处理。

(7) 实验过程中注意实验安全。尤其是进行垃圾渗滤液收集处理等实验时,产生沼气的实验过程需格外注意实验安全。

(8) 实验数据全部测取完,经指导老师检查通过后,方可结束实验。

(9) 实验结束后归还所借仪器仪表,恢复设备原始状态。清洗所有玻璃仪器,将所有物品回归原位。实验废液倒入废液桶,整理桌面和地面,指导老师检查通过后,方可离开。

3. 实验数据的读取

正确读取实验数据是实验操作的重要步骤,其关系到实验结果正确与否。规范地记录实验数据是防止实验数据产生误差的有效方法之一,其步骤及要求如下所述:

(1) 实验操作开始之前应拟好实验数据记录表格(在预习时准备),表格中应标明各项物理量的名称、符号及单位。实验记录要求完整、准确、条理清楚。

(2) 实验数据一定要在实验系统稳定后才可读取和记录。由于测试仪表存在滞后现象,条件改变后往往需要一段时间稳定,不能一改变条件就读取数据,这样会降低所测得的数据的可靠性,应在新的条件稳定后才能读取和记录数据。

(3) 同一条件下至少要读取3次数据,且只有当3次读数相近时,才能改变操作条件继续进行实验。实验测取的数据,应及时进行复核,以免发生读数或记录数据的错误。如读数和记录是两人分头进行的,则记录数据的同时还需往复读数。

(4) 数据记录必须真实地反映仪表的精度。一般记录至仪表最小分度下一位数。根据仪器的精确度,通常记录数据中的末位数是估计数字,例如温度计读数刚好为 10°C 时,则数据应记为 10.0°C ,而不是记为 10°C 。

(5) 记录数据要以当时的实际读数为准,如规定的水温为 30.0°C ,读数时实际水温为 30.5°C ,就应该读记为 30.5°C 。如果数据仍稳定不变,该数据每次都应记录,不留空格,如果漏记了数据,应该留出相应的空格。

(6) 实验过程中,如果出现不正常情况以及数据有明显误差,应在备注栏中加以说明。

(7) 读取数据后,应该分析其是否合理,如果发现不合理情况,应立即分析原因,以便及时发现问题并加以处理。

(8) 不得擅自更改实验测试的原始数据。

4. 实验数据的处理

通过实验取得大量数据以后,必须对数据做科学的整理分析,去粗取精、去伪存真,以得到正确可靠的结论。同时,为求得各物理量间的变化关系,往往需要记录多组数据。在实验中,可以将每一参数相同条件下多次测定的结果求取平均值。实际上测量次数有限,由此得出的平均值只能近似于真值,可以将误差用绝对误差和相对误差来表示。测量中,某测量值与其真值之差称为绝对误差。绝对误差与被测量真值(或平均值)之比乘以 100% 所得的数值称为相对误差。同时,在整理实验数据时,应注意有效数字及误差理论的运用,有效数字通常由测量仪表的精确度决定,一般应记录到仪表最小刻度的十分之一位。

在实验中,由于测量仪表和人为的观察等方面的原因,实验数据总存在一些误差。因此,在整理数据时,首先应对实验数据的可靠性进行客观评定,进行相应的误差分析。误差分析的目的在于评定实验数据的准确性,通过误差分析,可以了解误差来源及其影响,并设法排除数据中所包含的无效成分,还可进一步改进实验方案。在实验中需要注意哪些是影响实验精确度的主要方面,细心操作。

误差一般可以分为 3 类:

(1) 系统误差是指由于测量仪器不良,如刻度不准、零点未校准;或测量环境不标准,如温度、压力、风速等偏离校准值;实验人员习惯和偏向等因素引起的误差。这类误差在一系列测量中具有重复性和单向性,数值大小系统偏高或系统偏低且有固定规律,经过精确的校正可以减少或者消除。

(2) 随机误差(也称偶然误差):是由一些不易控制的因素引起的误差,如测量值的波动、肉眼观察欠准确等。这类误差在一系列测量中的数值和符号是不确定的,而且无法消除,但其遵循统计规律。

(3) 过失误差:主要由实验人员粗心大意,如读数错误、记录错误或操作失误所致。这类误差往往与正常值相差较大,应在整理数据时加以剔除。

5. 实验报告的编写

将实验结果整理编写成一份实验报告,是实验教学必不可少的组成部分。这一环节的训练极为重要,是今后写好科学论文或科研报告的基础。实验报告是一次实验的总结,能直接反映学生对实验原理、实验操作技能、实验数据处理、实验结果讨论等方面知识的掌握情况。通过编写实验报告,可提高学生分析问题和解决问题的能力。实验报告应坚持以科学的态度及实事求是的精神进行编写,必须依据所得实验数据以及观察到的现象,并对实验结论和思考题进行讨论,不能篡改或凭臆想推测修改数据。

实验报告一律使用学校规定的报告纸书,编写实验报告的具体要求如下:

- (1) 实验题目。
- (2) 报告人姓名、学号及所在小组,实验日期。
- (3) 实验目的。
- (4) 实验原理。
- (5) 实验装置流程图及实验过程设备及试剂的规格、型号说明。
- (6) 详细的实验步骤。
- (7) 实验数据原始记录表(注意采用表格格式)。
- (8) 实验数据的整理,包括计算数据、结果及误差分析。
- (9) 实验结果的表述(可用图示法、列表法及经验式表示)。
- (10) 实验结论与思考题、问题的分析与讨论。

实验报告要求参加实验的同学独立完成,每人一份,并以此作为实验考核的重要依据。

三、固体废物处理实验的成绩评定

“固体废物处理实验”课程采取综合评定的办法给出实验成绩,由平时成绩和期末成绩构成。平时成绩的评定包括考勤、实验预习、实验操作规范、实验数据记录、实验态度和实验报告。学期初根据学时选择实验次数,所有实验报告的平均分为实验报告得分。实验态度采用组内学生互评的方式给出分数,以鼓励学生相互监督和评价。

实验室安全操作与管理

安全是教育事业不断发展、学生成长成才的基本保障。高校实验室是开展科研和教学实验的固定场所和重要基地,体量大、种类多、安全隐患分布广,包括危险化学品、生物、机械、电气、易制毒制爆材料等,重大危险源和人员相对集中,安全风险具有累加效应。

实验室的安全管理是实验工作正常进行的基本保证。随着我国经济及各学科的快速发展,各类实验室无论从数量上还是科研硬件上都有很大的发展,但实验室安全问题也随之而来。实验室火灾、爆炸、人员伤亡和中毒等事故的频发给大家敲响了实验室安全问题的警钟。因此,为了更好地使实验室为教学和科研服务,为大学生服务,实验室的安全问题应排在第一位,只有安全才能使实验室各项工作得以顺利进行。

一、实验室的安全问题

1. 实验室物品及环境的安全

实验室物品可能存在的安全隐患:

- (1) 操作间与仪器间无温湿度仪,实验环境条件不清楚。
- (2) 无“三废”收集处理装置,对环境造成威胁。
- (3) 实验室墙壁脱落,地面粗糙不平,杂物乱放,台面凌乱,环境感官不佳,有粉尘污染实验的风险。
- (4) 实验室无强制通风设备,无防火、防水、防腐和急救设施,有人身安全风险。
- (5) 废旧和长期停用设备未清出检测现场,有误用风险。
- (6) 检测工作时无环境条件记录,检测结果无法复现。
- (7) 微生物实验室的物流与人流未分开,一更、二更和三更不规范,有交叉污染风险。
- (8) 致病性微生物实验室无生物安全装置,对操作人员有病毒感染风险。
- (9) 相互有影响的工作空间没有有效隔离,影响检测结果准确性。
- (10) 办公室、检测室、仪器室混用,相互交叉污染,存在安全隐患和实验结果准确性风险。

2. 实验室仪器的安全

为满足检测项目的要求,实验室需配备各种大型的精密仪器。实验室应有应急动力供应系统,否则在仪器使用中如果突然停电,易造成仪器设备损坏。实验室内消防应急设备、仪器防静电接地、排风设施、仪器标志应齐全有效。

实验室仪器设备可能存在的风险:

- (1) 相互有影响的仪器设备放置在一起,相互干扰,造成测量数据不准。
- (2) 仪器设备长期不校准/检定,准确性无保障。
- (3) 仪器设备不做定期核查,性能不可掌控。
- (4) 仪器设备无状态标识或标识混乱,容易错用。
- (5) 仪器设备无安全保护装备,对操作员有安全风险。
- (6) 气瓶没有分类储存,无固定和防漏设施,有爆燃隐患。
- (7) 仪器设备气路交叉杂乱,有火灾安全隐患。
- (8) 仪器设备使用无记录,出现异常无法溯源。
- (9) 仪器设备档案信息不全,对维护造成困难。
- (10) 仪器设备无强排风装置,对操作人员有伤害。

3. 实验室检验人员的安全

实验过程中的每一个细节都决定着实验结果的好坏,甚至实验人员的安全。特别是公共实验安全部分,个人的不良实验习惯或者不安全操作,会直接影响他人,应足够重视,并积极改正。

实验室人员的不良实验习惯:

- (1) 取用有刺激性气味和有毒有害药品实验时,不佩戴防护用品或未在通风橱里进行。
- (2) 取用腐蚀性药品时,不佩戴防护用品。
- (3) 取用化学试剂时,用手直接拿取。
- (4) 药匙使用不规范,一匙多用、药匙用后未及时清洗干净放回公共区域,药品取用后,直接把药匙放在药瓶里;药品取用后,未将试剂瓶二层盖盖回;实验剩余的药品放回原瓶,或者随意丢弃,或直接拿出实验室,未放至指定的容器内。
- (5) 样品散落在天平或者台面上不及时清理,会对天平造成腐蚀或者给他人留下潜在危险。
- (6) 实验室用的抹布,随用随丢,成为实验室最危险的毒物。
- (7) 戴着防护手套的手,到处乱摸门把手、电梯按钮等公用设施。
- (8) 手里拿着反应容器在实验室到处乱逛。
- (9) 配制溶液,不在盛药品的容器上贴标签、注明名称和溶液浓度。
- (10) 向下水道倾倒大量有机液体,导致可燃挥发物充斥下水道,有些有机物还会腐蚀管路。
- (11) 玻璃碎片、微量进样器针头、一次性滴管、离心管等未分类处理,混在生活垃圾内。
- (12) 实验室内随意私接插座,插线板散乱放在地上。
- (13) 使用过的化学试剂空瓶,不进行固定摆放。
- (14) 通风橱内大量试剂凌乱堆放阻碍空气流通,降低通风橱效率。实验室马弗炉放置在通风橱中存在一定安全隐患,可能损坏通风橱设备等。

4. 实验室排放物对环境的安全隐患

在实验过程中会产生大量的废液、废气和废物,实验室已成为了一个不可忽视的污染源。过期或失效的有机试剂及强酸碱腐蚀药品,含有多种有毒、有害物质,若不经妥善处理,在未达到规定排放标准的情况下而排放到环境(大气、土壤、水)中,很容易污染环境,破坏生态平衡和自然资源。

5. 实验室的用电安全

实验人员用电不当而引起火灾的现象十分普遍,尤其对存有易燃易爆药品的实验室非常危险。分析原因有:忘记断电;仪器操作不慎或使用不当;供电线路老化、超负荷运行;烟头引起火灾;防毒、防爆设施不全。

二、危险化学品存放

根据国务院《危险化学品安全管理条例》第三条的规定,危险化学品主要是指具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质,对人体、设施、环境具有危害的剧毒化学品和其他化学品。对高校和科研院所而言,按照理化性质和危害特点,实验室常用的危险化学品包括爆炸品、压缩气体和液化气体、易燃液体、易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品、氧化剂和有机过氧化物、毒害品、腐蚀品等。其事故种类有火灾、爆炸、中毒和窒息、灼伤、毒气或毒液泄漏等。

1. 危险化学品的分类和特性

根据《危险货物分类和品名编号》(GB 6944—2012)、《危险货物品名表》(GB 12268—2012)、《化学品分类和危险性公示 通则》(GB 13690—2009),将危险品分为9类。

(1) 爆炸品:①有整体爆炸危险的物质和物品;②有迸射危险,但无整体爆炸危险的物质和物品;③有燃烧危险并有局部爆炸危险或局部迸射危险或这两种危险都有,但无整体爆炸危险的物质和物品;④不呈现重大危险的物质和物品;⑤有整体爆炸危险的非常不敏感物质;⑥无整体爆炸危险的极端不敏感物品。

(2) 气体:①易燃气体;②非易燃无毒气体;③毒性气体。

(3) 易燃液体。

(4) 易燃固体、易于自燃的物质、遇水放出易燃气体的物质:①易燃固体、自反应物质和固态退敏爆炸品;②易于自燃的物质;③遇水放出易燃气体的物质。

(5) 氧化性物质和有机过氧化物:①氧化性物质;②有机过氧化物。

(6) 毒性物质和感染性物质:①毒性物质;②感染性物质。

(7) 放射性物质。

(8) 腐蚀性物质。

(9) 杂项危险物质和物品,包括危害环境物质。

2. 危险化学品的存储

危险化学品管理严格遵守分类储存、专门运输、出入库登记、规范查验等原则。依据《危险化学品安全管理条例》、《易燃易爆性商品储存养护技术条件》(GB 17914—2013)、《腐蚀性商品储存养护技术条件》(GB 17915—2013)、《毒害性商品储存养护技术条件》(GB 17916—2013)进行存储。

化学品储存的首要原则是分类分开存放、存放位置有指示、MSDS盒及试剂标签有标识,易燃易爆品、有毒有害品、强酸强碱腐蚀品、氧化剂还原剂、固体液体等分开存放,不得叠放。除此之外,易燃易爆品要存储于专业防爆安全柜中,设置醒目的易燃易爆品标签,专人保管、双人双锁、使用登记、按量取用、及时归还,同时,要保证安全柜柜体的隔绝层能够实现有效阻隔热源长达15 min以上;在易燃易爆品的存放与管理条件基础上,有毒有害品的储存柜体还应注意防腐与密封。

此外,剧毒品的制造、购买、储存、运输、使用、残余处置执行严格的审批与备案制度,所有环节资料留档,监控报警系统与110报警平台联网、实行严格管控,其中,高挥发、低闪点

的剧毒品应存放于控温药品柜中；易泄漏、易挥发的试剂应存放于具备通风、吸附功能的试剂柜里，以防泄漏等不安全事件发生、保证人员安全；腐蚀性化学品存放于 PP 板材等耐腐蚀柜中，设置醒目的腐蚀品标签；酸、碱、氧化剂等分开存放，腐蚀品试剂柜配置防漏液板，并在底部配有二次防漏液托盘。

作为实验室带压设备之一的气瓶，其储运基本原则为注意通风、远离热源、远离人员密集地与公共区域。可燃气体、易燃易爆、惰性气体均分开存放，剧毒气体及易燃易爆气体应张贴安全警示标识，惰性气体及 CO_2 存放区加装氧气含量报警器。单独气体钢瓶入柜，正确固定；气体钢瓶房等密集储存区域加装防爆检测、报警及通风联动设备。此外，使用时还注意气瓶颜色与使用状态标识。依据《气瓶使用安全管理规范》(QSY 1365—2011)，进行气体钢瓶的定期安全检测，腐蚀性气体瓶如 H_2S 等每 2 年检验一次，一般气体瓶如 H_2 等每 3 年检验一次，惰性气体瓶每 5 年检验一次。在新建实验室中，进行多管路规划、设置集中供气、标识气体管路与连接，则更为安全、可控、可靠。

固体废物理化性质分析

实验一 城市生活垃圾采样和物理组分测定

生活垃圾指在日常生活或者为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物。生活垃圾种类繁多、来源组成复杂、性质多样。由于受自然环境、居民生活消费水平、社会经济发展水平、气候、季节变化、人口数量、居民生活习惯、地域差异以及能源结构等诸多因素的影响,其产生量和垃圾组分都具有不均匀性。只有通过合理的垃圾采样、制样,才能获取一个地区较为准确的生活垃圾基础数据,才能确定其具体的组成和性质,为有效处理处置垃圾提供基础数据。

一、实验目的

- (1) 根据《生活垃圾采样和分析方法》(CJ/T 313—2009),了解采样点数的确定原则。
- (2) 掌握生活垃圾采样、制样和物理性质测定方法。
- (3) 掌握垃圾分类的基本方法。

二、实验原理

生活垃圾成分多变、危害大。在习近平生态文明思想引领下,垃圾分类逐步成为推动绿色低碳转型、实现美丽中国愿景的战略需求。垃圾分类是对传统垃圾收集和处理方式的改革,是促进垃圾有效处置的科学管理方法。垃圾中含有金属、塑料、纸张等资源,具有很高的可利用性。通过分类投放、分类收集,可以将可回收利用的生活废弃物与有害物质、厨余垃圾等垃圾分离,变废为宝,促进垃圾资源化。同时,推进垃圾分类可以促进城市生活垃圾减量化、无害化,是避免“垃圾围城”的有效途径;可以降低垃圾收集与处理成本和可能产生的环境负面影响,会带来节省土地资源等社会、经济、生态多方面的效益。根据垃圾成分或者类别,在垃圾源头(即居民端)对其进行分类,并以此为基础,开展垃圾分类投放并实现分类收集和分类处理。不同城市垃圾分类政策不完全相同,因此,进行有效、正确的垃圾分类是测定垃圾各组分的必要条件,为后期相应处理设施的建设提供依据。

固体废物的性质主要包括物理、化学、生物化学及感官性能。感官性能是指废物的颜色、臭味、新鲜或者腐败程度,可以直接判断。城市生活垃圾的物理性质与垃圾成分密切相

关,组成不同,物理性质也不同。垃圾的物理性质一般包括物理组成(physical composition)、粒径(particle size)、含水率(moisture)和容积密度(bulk density)等。

三、实验仪器

(1) 样品制备设备包括:

- a. 粗粉碎机: 可将生活垃圾中各种成分的粒径粉碎至 100 mm 以下。
- b. 细粉碎机: 可将生活垃圾中各种成分的粒径粉碎至 5 mm 以下。
- c. 研磨仪: 可将生活垃圾中各种成分的粒径粉碎至 0.5 mm 以下。
- d. 天平: 感量为 0.0001 g 的分析天平。

(2) 主要工具: 铁锹、耙、锯、药碾、小铲、锤、十字分样板、强力剪刀。

(3) 其他: 250~500 mL 带磨口的广口玻璃瓶、分选筛(孔径为 10 mm)、磅秤、台秤、硬质塑料圆筒、电热鼓风恒温干燥箱、干燥器。

四、实验步骤

1. 采样点数的确定

生活垃圾产生源设置采样点的原则是: 该点垃圾具有代表性和稳定性。根据表 3-1 所调查区域的人口数量经验确定最少采样点数,并根据表 3-2 中功能区分布、生活垃圾特性等因素确定采样点分布。

表 3-1 市区人口数量与最少采样点数

市区人口数量/万人	<50	50~100	100~200	≥200
最少采样点数/个	8	16	20	30

表 3-2 功能区种类

区别	居民区			事业区	商业区	清扫区	特殊区		混合区
类别	燃煤	半燃煤	无燃煤	办公文教	商店(场)饭店、娱乐场所、交通站(场)、超市	街道、园林、广场	医院	使领馆	垃圾堆放处理厂

在生活垃圾产生源以外的垃圾流节点设置采样点,应根据该类节点(设施或容器)的数量确定最少采样点数(表 3-3)。在调查周期内,地理位置发生变化的采样点数不宜大于总数的 30%。

表 3-3 生活垃圾流节点数与最少采样点数

生活垃圾流节点(设施或容器)数量/个	最少采样点数
1~3	所有
4~64	4~5
65~125	5~6
126~343	6~7
>344	每增加 300 个容器或设施,增加 1 个采样点

2. 采样频率和间隔时间

产生源生活垃圾采样与分析以年为周期,采样频率宜每月 2 次,同一采样点的采样间隔