



高校实验室废液废气处理技术与实践



白向玉
中国矿业大学环境与测绘学院

目 录



01

高校实验室环境污染状况

02

高校实验室废液废气处理技术研究

03

应用实践

04

思考与展望

(1) 现状



目前，部分高校实验室的环境令人担忧，实验过程产生的**废气无组直排、废液随下水道直排、试剂瓶随意丢弃**，导致实验区异味难闻（更有甚者在实验室里需戴防毒面具），直接对实验室周边小环境造成**严重污染威胁**师生和公众的健康安全，存在**巨大安全隐患**。

实验室废液废气随意倾倒和排放容易带来意外伤害和区域环境污染，随着国家环保法律法规的日益完善，事故赔偿和责任追究在所难免。要提醒老师和学生予以高度重视！

1. 高校实验室环境污染状况



实验过程废液



集中收集废液



固体废弃物



废弃试剂瓶



废弃实验动物



实验过程废气

1. 高校实验室环境污染状况

实验室“三废”是指废气（有机、无机、粉尘、混合和恶臭等）、废渣（固体废弃物，如药品空瓶、手套、动物尸体等）、废液。

实验室废液主要成分为液态的实验废弃产物或中间产物（如各种有机溶剂，离心液，液体副产物等）以及各种洗涤液（产物或中间产物的高浓度洗涤液，仪器或器皿的润洗液和高浓度的洗涤废水等）。





(2) 特点

- ➡ **污染物种类复杂** 实验室涉及物理、化学、分析化学、辐射学等多门学科，实验项目众多、所用化学品千差万别。
- ➡ **污染数量少** 单个实验项目产生量小（相对于工业生产）。
- ➡ **污染危害大** 实验室排放的废液、废气不但污染周围环境，也对大气、河道、地下水或土壤产生严重。
- ➡ **污染治理设施少，管理不善** 我国实验室的污染长期以来未受到足够的重视，绝大多数实验室没有详尽和完善的管理措施。
- ➡ **污染呈隐性及间断特征** 高校实验室污染往往是隐性的，间断的，不连续的，不易被察觉，不易引起重视。



(3) 原因

- ◆ 实验室人员环保意识不强
- ◆ 监督管理体制不健全
- ◆ 处理设施及场所缺乏
- ◆ 专项经费缺乏



(4) 必要性和紧迫性

◆ 实验室“三废”治理是高校教育事业可持续发展的需要

高校实验室为学校教学和科研的发展作出了巨大的贡献。在收获教学和科研成果的同时，不得不承受实验室“三废”带来的可怕后果和深远影响。

- ▶ 不能以牺牲生态为代价来换取成绩
- ▶ 不能把实验室打造成环境污染的“杀手”
- ▶ 不能让师生及校园周边居民以健康为代价以身试毒



◆ 实验室及周边的环境迫切需要尽早治理实验室“三废”

因为缺乏专业的通风系统和废气处理装置，有的包含实验室的教学楼内，污气浑浊，气味熏人，师生苦不堪言；因为缺乏废液处理装置或不规范处理废液，实验室方圆几百米内水域污染致水里无鱼蟹生存；随地乱扔的动物尸体，混杂在教学及生活垃圾里，恶臭熏天、细菌滋生；废弃试剂瓶的随意倾倒，残留化学试剂的气味及试剂残渣也成为潜在的杀手。

必须切实保障从事教学、科研活动师生的身心健康。

1. 高校实验室环境污染状况



时间: 2018年6月8日

主办: 华东理工大学

主题: 华东区研发与实验过程环境政策法规研讨会



1. 高校实验室环境污染状况

1. 环保程序普遍缺失或是不全

环评、验收等流程不符合《环境影响评价法》相关要求。

2. 环境管理现状普遍混乱

- 高校环境管理的职责、管理、流程普遍不清
- 高校三废设施的环保台账、标识标牌普遍缺失

3. 污染物排放管理缺失

- 1) 废气：实验研发废气普遍直排，未经处理；无组织排放严重；
- 2) 废水：普遍未经处理直接排放，含大量的化学品（清洗废水）；
- 3) 危废：特别是实验废液，普遍收集不全，多数与废水混合排放；危废贮存普遍不满足标准要求等；
- 4) 应急：缺乏突发环境事件应急预案的编制，未明确环境应急的组织架构、程序、职责与方式，未建立预案，未实施演练。
- 5) 生物安全：动物尸体等无害化处理不规范，消毒及生物安全设施等配置不足；
- 6) 土壤地下水：污染状况不清。



1. 高校实验室环境污染状况

- 1. 建立管理体系：**完善实验室环境管理的架构、职责、流程等
- 2. 摸清污染现状：**定期开展废气、废水、土壤和地下水监测，调查危废去向
- 3. 建立环保台账：**针对危废、废气、废水等环境管理建立台账
- 4. 采取治理措施：**特别针对大气（排气筒并管与集中处理）等治理措施
- 5. 预警与应急：**编制《突发事件环境应急预案》，明确职责
- 6. 完善标识标牌：**危废、废气、废水、危废等的标识标牌
- 7. 加强培训：**针对实验室管理人员、操作人员、实验人员开展针对性培训
- 8. 明确考核制度：**无规矩无以成方圆、定期检查、落实制度！

根据教育部“高校实验废液问题研究”课题组近期的调查报告，实验室废液的**排放去向**主要有以下几种：

1



废液外送处理

废液外送处理费用高。价格一般为30-200元/Kg，且在逐年增加，加上运输费用，废液处置的资金投入相当可观。有资质处置企业少。

2



添置专业暂存柜

学校需建中转站或添置专业暂存柜。但所储存废液仍需及时处理。有泄露、燃烧等安全隐患。

3



废液随意倾倒

为节省费用或对废液的收集不及时不充分造成废液随意倾倒。环境及安全意识淡薄，**违法行为**。

4



自建废液处理系统

采用成熟的常温常压工艺分类处理，处理出水达标排入市政下水道。经济、社会、环境效益显著，提供相关专业学生的实验、实习、实践教学平台。

2. 高校实验室废液废气处理技术研究

2



添置专业暂存柜

序号	学校名称	序号	学校名称
1	清华大学	10	安徽师范大学
2	武汉大学	11	成都中医药大学
3	中山大学	12	江西科技大学
4	中国科学技术大学	13	韩山师范学院
5	中国矿业大学	14	徐州工程学院
6	贵州大学	15	遵义医学院
7	湖南师范大学	16	淮海工学院
8	河海大学
9	郑州大学		

2. 高校实验室废液废气处理技术研究



学校暂存柜



高校实训中心建设一览表

学校名称	规模	现状
扬州大学	废液 120m ³ /y, 废水 20m ³ /d	正常运行
延边大学	废液 60m ³ /y, 废水 15m ³ /d	正常运行
浙江工业大学	废液 60m ³ /y, 废水 15m ³ /d	正常运行 (水溶性废液)
南通大学	废液 60m ³ /y, 废水 18m ³ /d	招投标
中国矿业大学	废液 60m ³ /y, 废水 20m ³ /d	招投标
宁波工程学院	废液 60m ³ /y, 废水 16m ³ /d	安装
安徽阜阳师范学院	废液 60m ³ /y, 废水 20m ³ /d	设计



自建废液处理系统



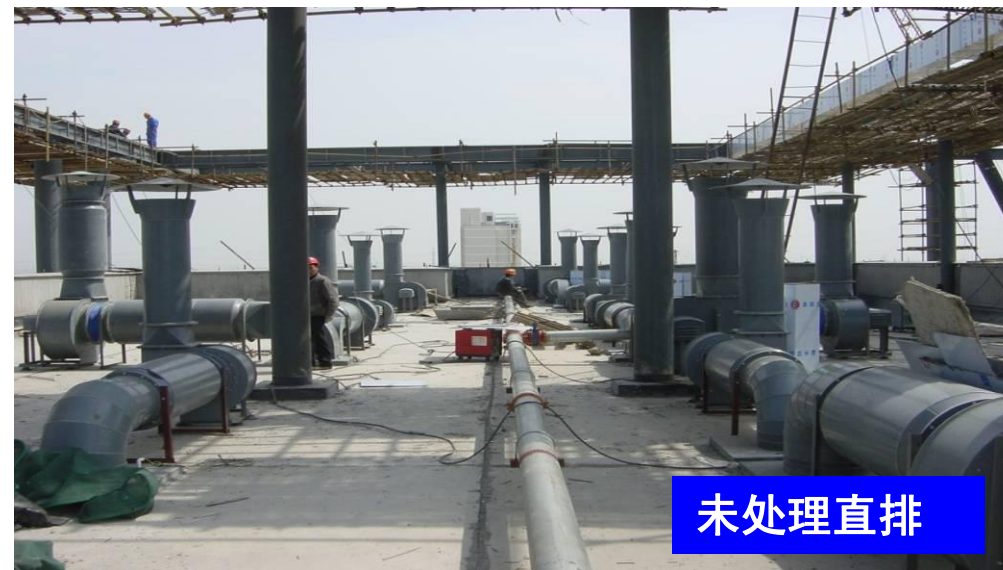
国（境）内外实验室废液处理技术

- 德国采用小型一体化处理系统可用来降低实验室废水的BOD和脱氮（gehr公司设计）。
- 日本国立大学建立实验室有机废液处理中心。
- 中国台湾成功大学与台南市合建实验废液处理中心。



中国台湾云林科技大学实验室废液处理装置

2. 高校实验室废液废气处理技术研究



实验室有机废气排放绝大多数采用的是**直接排放**的方式，一般实验室均采用管道集中到楼顶，用**风机**直接排放，也有的实验室采用**分散式排风扇**直接排放，基本上都未对有机废气进行处理，只有少数国家重点实验室对有机废气进行处理后排放。

随着国家和地方新的大气污染防治条例的出台，实验室废气直排方式将逐步淘汰。



实验室有机废气集中到楼顶排放则会对高层建筑室内的环境产生影响。

理想目标：经治理后废气排放达到《大气污染物排放标准（GB16297-1996）二级要求。



实验室废气主要治理方法



回收法：通过物理方法，在一定温度、压力下，用选择性吸附剂和选择性渗透膜等方法来分离挥发性有机化合物（VOCs），主要包括活性炭吸附、液体吸收、冷凝法和生物膜法等；

消除法：通过化学或生物反应，用光、热、催化剂和微生物等将有机物转化为水和二氧化碳，主要包括热氧化、催化燃烧、生物氧化、电晕法、等离子体分解法、光分解法等。

中和法：对于酸性或碱性较强的气体，用适当的碱或酸中和。

溶解法：用合适的溶剂将溶解度大的气体完全或大部分溶解。

高校实验室产生的废气种类较多也复杂，目前实验室产生的废气大致可划分为有机、无机、粉尘、混合和恶臭，因此不能简单统一采用活性炭吸附方法，应针对不同废气类型采用不同的处理工艺和装置。



无机废气处理装置

化学吸收或者干式吸附工艺



(1) 扬州大学



扬州大学实验室废液处理系统遵循了全过程的安全原则、分类收集和分类处理原则，降低了废液处理难度，提高了处理的效率。而且保证了处理工艺的有效性和通用性，对各种复杂成分的废液具有良好的适应性。

该设施自2011年5月开始正常运行以来，一直保持良好状态，年处理全校各类废液80-120吨，排放经定期检测均达到国家相关排放标准。

处理量：至2017年底，处理各类废液379吨（其中有机废液212吨、无机148吨、重金属12吨，其它7吨），2018年上半年处理各类废液41吨（其中有机废液21吨、无机18吨、重金属2吨）。

3. 应用实践



各学院分类收集暂存



废液统一收集转运



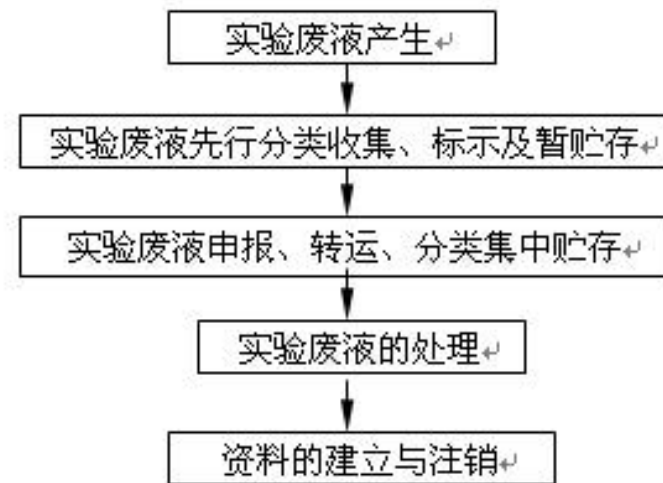
处理过程水质监控



处理中心签收

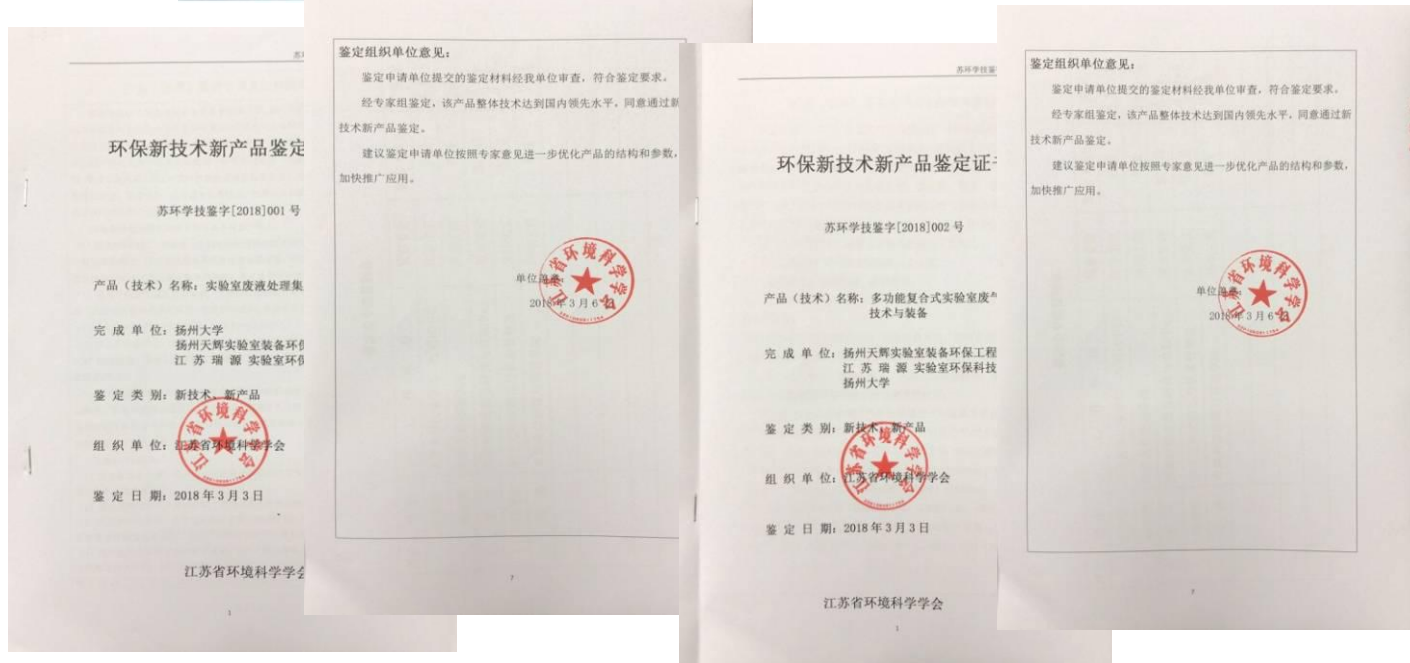
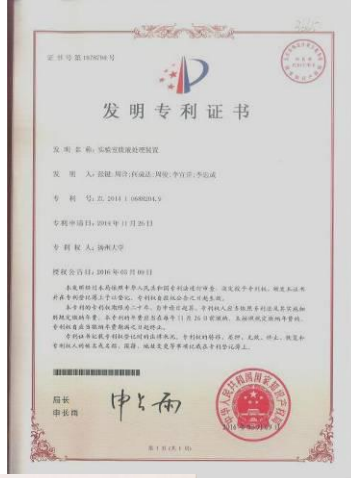


采样后分类存贮



实验室废液处置体系架构图

3. 应用实践



废液处理技术应用

项目概况

☑ 人才培养

研究生2名/年，本科生实验实训3840人时/年

☑ 年均处理量

四类废液共100-120m³，废水5500-6500m³

☑ 运行费用

18-22万元/年

☑ 管理人员

7名（教师1名，研究生2名，本科生4名）

☑ 其它

占地面积150m²，总投资（含废气处理）300余万元



废液处理总控室



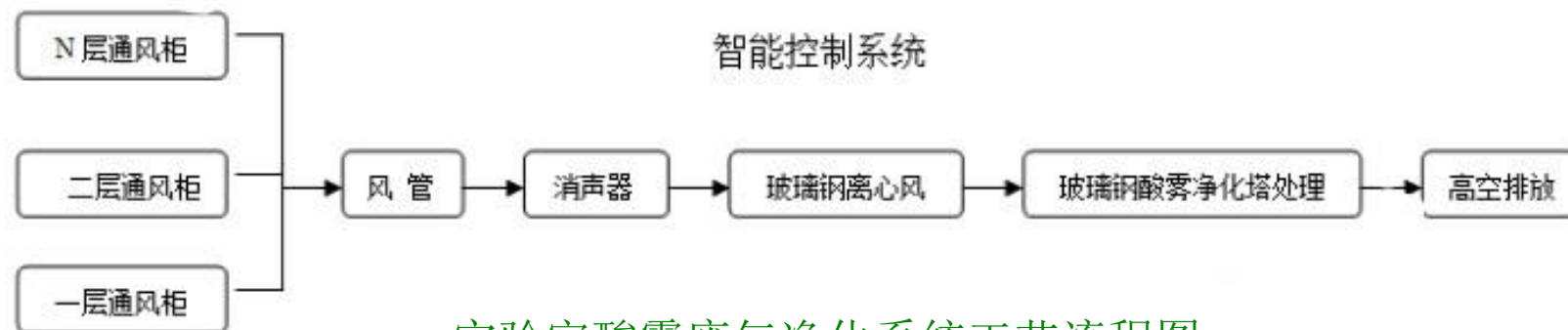
废液处理装置

实验室废气净化技术实践案例

针对**环境危害现象突出、师生反应强烈**的几类废气污染，扬州大学近两年先后建设了**实验室酸雾废气、实验室恶臭废气、实验室有机废气净化示范装置**。

酸雾废气净化

不少实验室在进行样品消煮过程中产生一定量含硫酸（ H_2SO_4 ）、氯化氢（ HCL ）、氟化氢（ HF ）、铬酸雾（ CrO_3 ）、氢氰酸（ HCN ）以及硫化氢（ H_2S ）等酸雾气体。为此，开发了“**实验室酸雾气体智能净化装置**”。



实验室酸雾废气净化系统工艺流程图

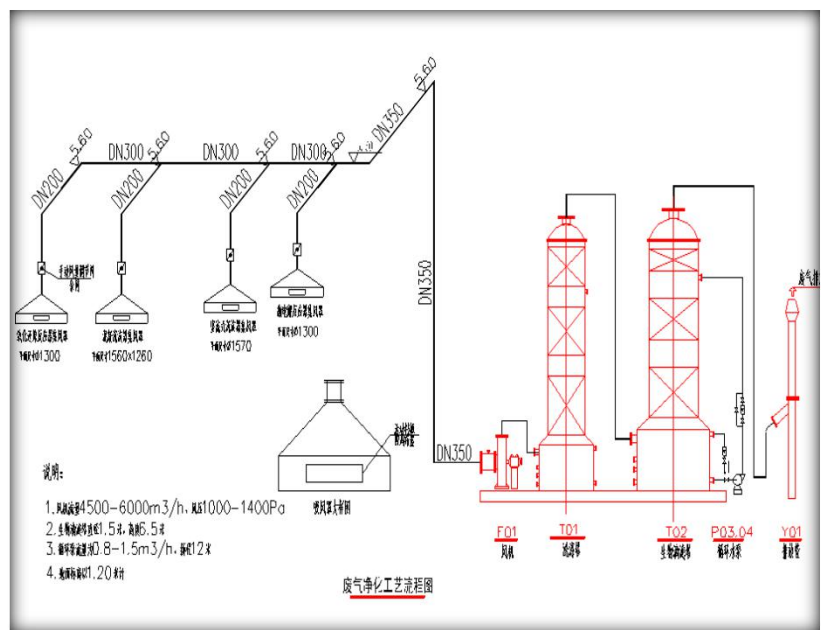
3. 应用实践



酸雾废气处理

环境学院高浓度废水处理实验室及实验室废液处理装置在实验和运行时会产生含有 SO_2 、 H_2S 、氨、挥发性有机物等恶臭气体，为此研发了实验室恶臭废气处理装置，该装置分为室内和室外两部分，室内部分主要是集风罩装置及电控设备；室外部分主要是风机、净化装置、排气筒。废气经洗涤塔、生物滴滤塔处理后达标排放。

恶臭气体净化装置（一）



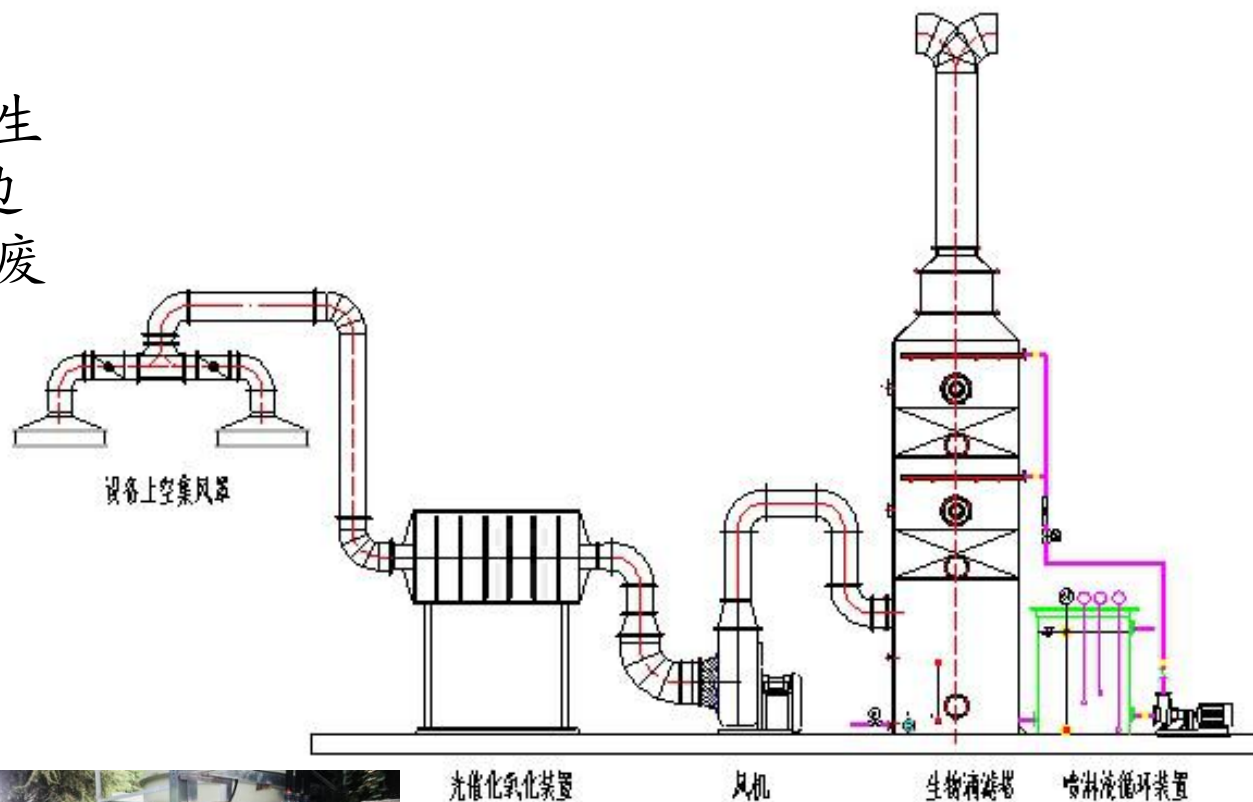
实验室恶臭废气处理装置工艺流程图



实验室恶臭废气处理

扬州大学废弃动物降解处理中心产生含有 H_2S 、氨、甲硫醇等恶臭气体，周边空气质量较差，为此研发了又一类恶臭废气净化设施。实施后效果良好。

恶臭气体净化装置 (二)

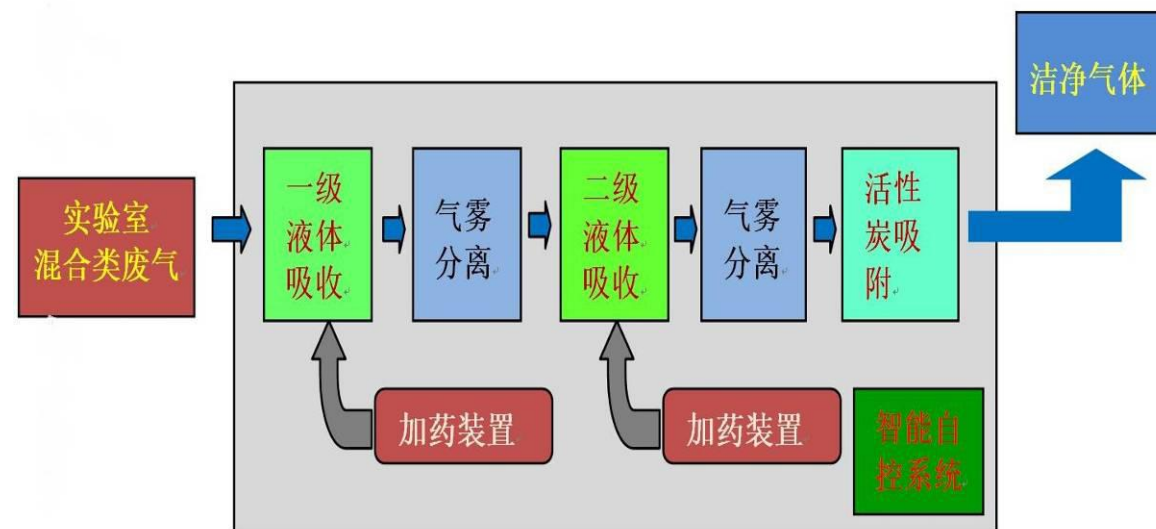


废弃动物生物降解恶臭废气净化装置
工艺流程图

由于实验室排放废气种类具有成份的多样性，在处理设备的设计中不能采用单一的工艺来解决排放达标问题，要根据各实验室排放有机、无机及混合废气的种类，综合当地的气候条件，采用**组合处理工艺**来达标排放。

特点：

- 1, 分级处理，功能明确，针对性强
- 2, 自动化程度高，通过PLC控制，确保达标排放，而且管理及维护简便。
- 3, 净化过程环保、安全、稳定，无剧烈的能量转换，运行费用低。
- 4, 在线检测报警精确提示活性炭更换时间。
- 5, 确保达标排放。



采用两级吸收+吸附组合式处理工艺，试验及应用效果表面，经组合工艺净化后，实验室混合废气能达到排放标准

(2) 延边大学

采用成熟的全流程常温、常压工艺进行分类处理，既可以处理水溶性有机废液，又可以处理非水溶性废液（在收集过程中区分“水溶”和“非水溶”是困难的）。

高校运行情况以及第三方检测机构定期检测结果表明，按有机、无机、重金属等分类是符合实际的，处理出水可达到《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）后排入市政下水道。



延边大学实验室废液处理技术同扬州大学

处理工艺将实验室的废液分为“四大类”：①有机废液；②无机废液；③重金属废液；④含汞废液。



废液处理量



废水处理量



占地面积



用电功率

废液最大处理量 $60\text{m}^3/\text{年}$ ，处理量：2017年5月建成运行以来，已处理各类废液38吨，每天处理实训楼废水20吨左右。

实验室废水处理量 $16\text{-}20\text{m}^3/\text{天}$

占地面积300平方

最大用电负荷17.5KW



3. 应用实践

延边大学废液废水处理系统



2017年5月27日在延边大学召开高校实验室废液处理技术与管理工作研讨会

全国有十多所高校参加研讨会



延边大学废液废水处理系统



会议主题：高校实验室废液处置与管理，处理设施建设和管理

会议主办：延边大学实验室与设备管理处

会议协办：扬州大学实验室与设备管理处、扬州大学环境科学与工程学院、扬州天辉实验室装备环保工程有限公司

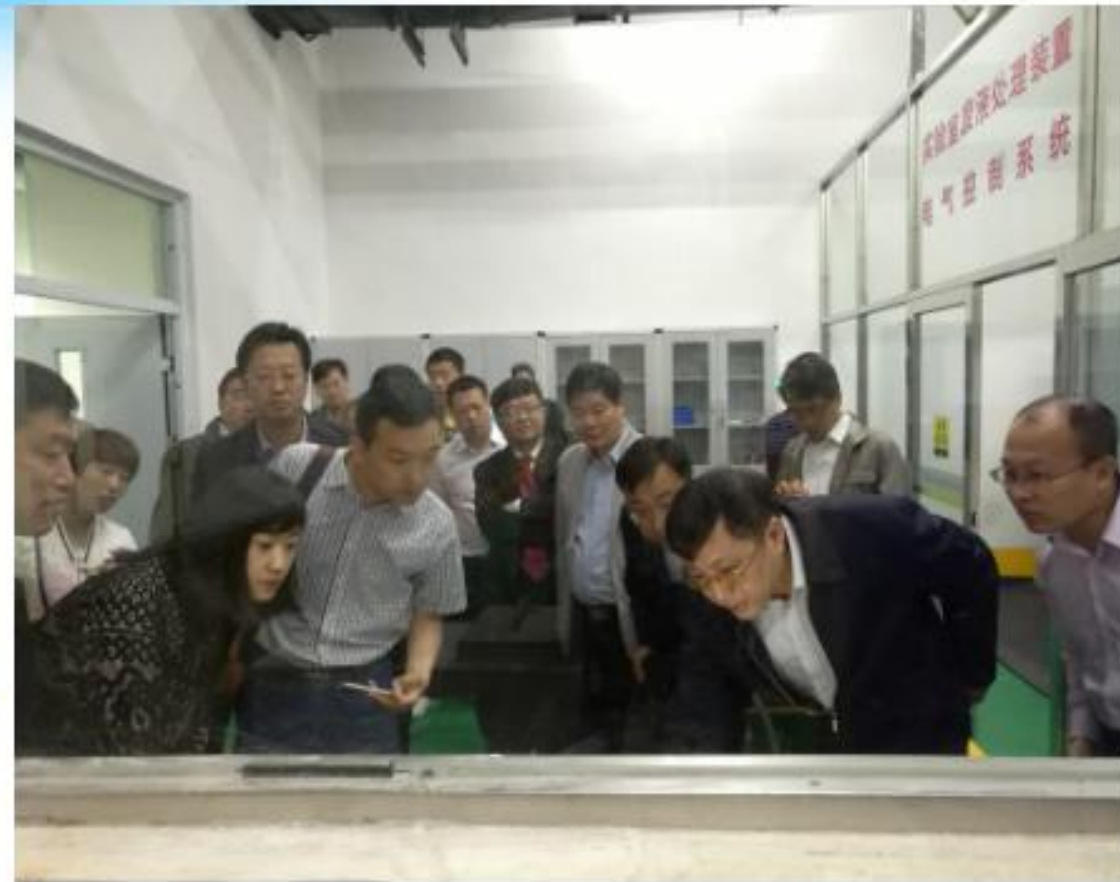
高校实验室废液处理技术与管理研讨会（延边大学）





高校实验室废液处理技术与管理工作研讨会（延边大学）





高校实验室废液处理技术与管理工作研讨会（延边大学）





废液处理技术应用

高校实验室废液处理技术与管理工作研讨会（延边大学）



(3) 中国矿业大学

● 实验室废液收集

- ◆ 产生废液的实验室放置废液收集桶
- ◆ 实验产生的废液分类收集，填写《实验室废液收集统计表》
- ◆ 定期收集废弃药品瓶



室内暂存柜

工艺要求：采用成熟的全流程**常温、常压**工艺进行分类处理，既可以处理水溶性有机废液，又可以处理非水溶性废液。

处理规模：实验室废液 $60\text{m}^3/\text{y}$ （各类废液总量），实验室废水 $20\text{m}^3/\text{d}$ 。

处理要求：可达到《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）后排入市政下水道。

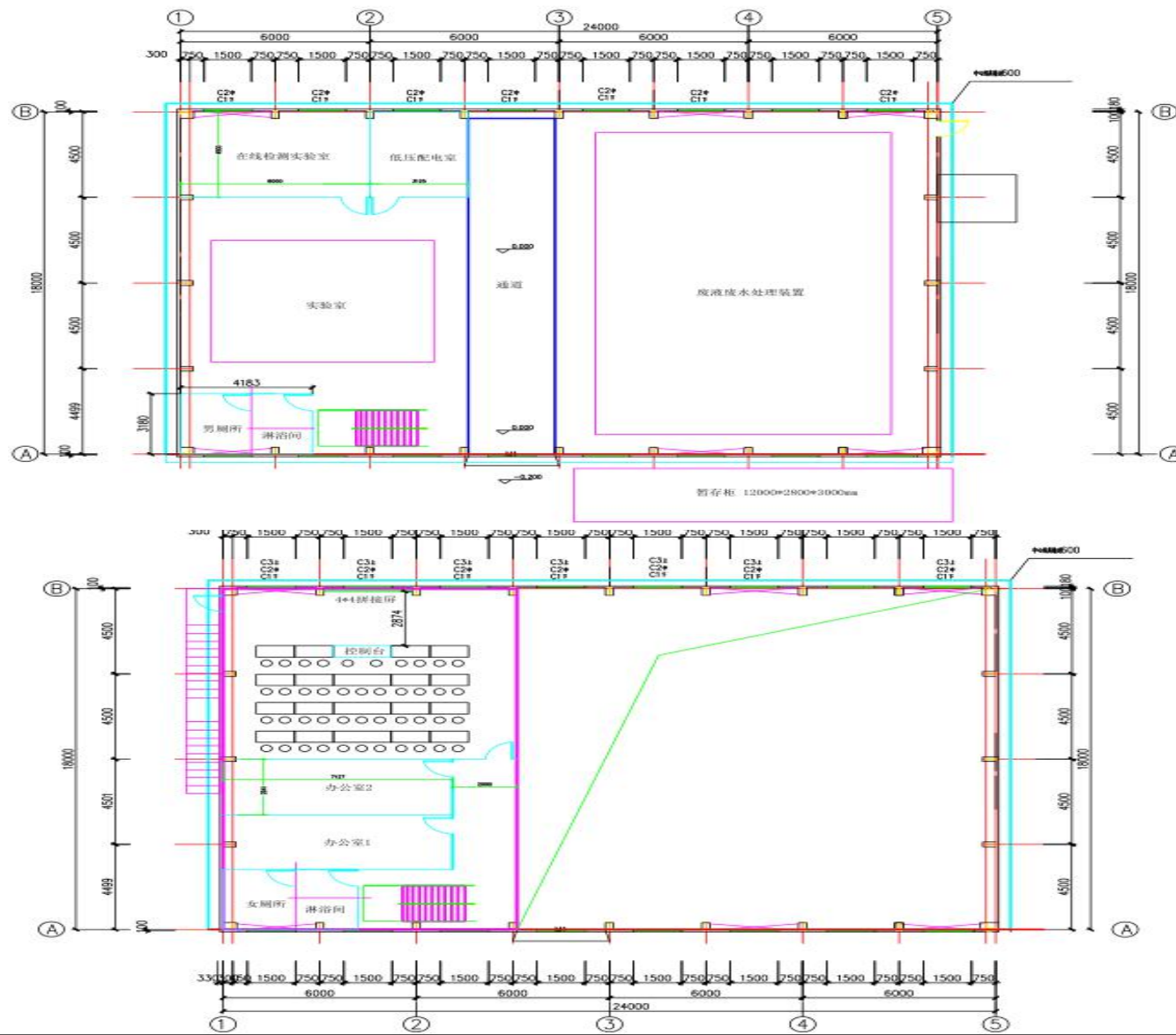


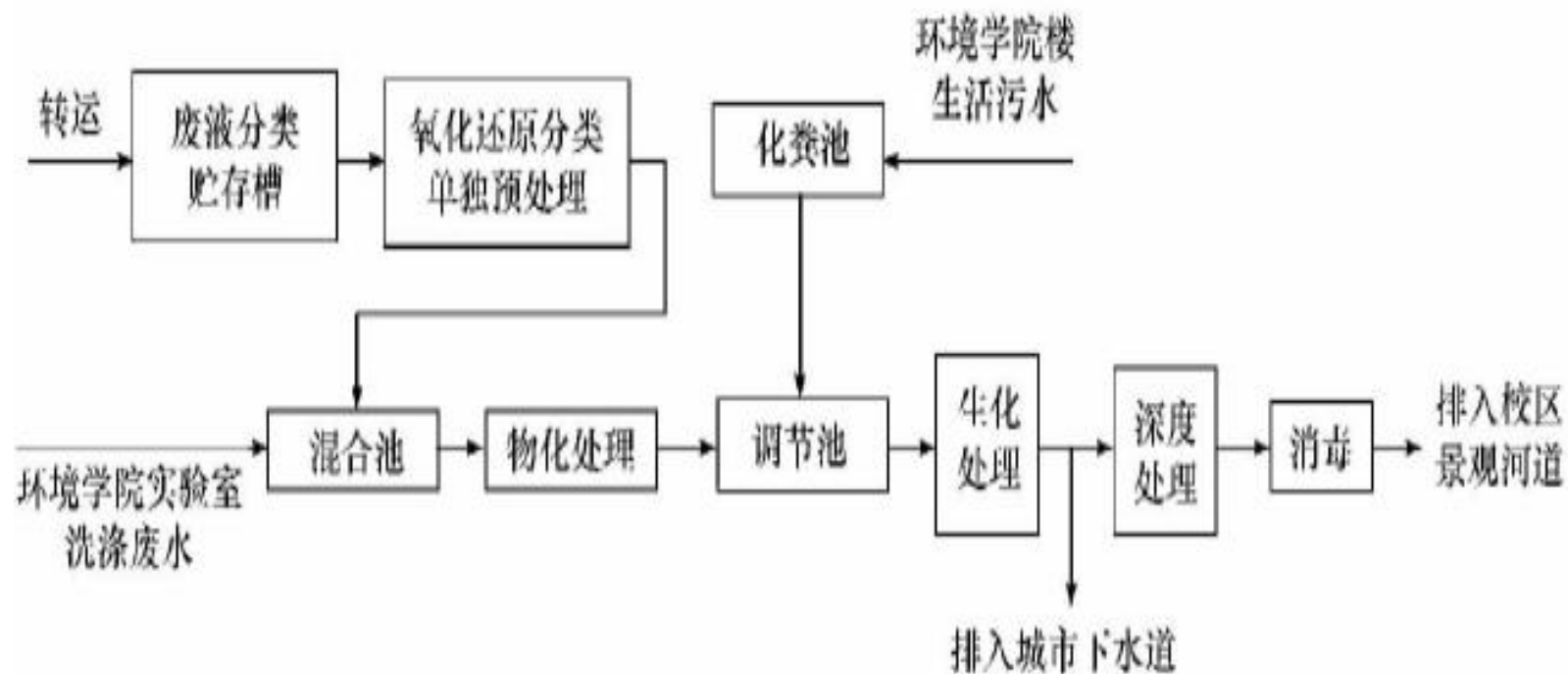
实验室水污染治理与控制实验实训中心效果图



水污染治理与控制实验实训中心

废液处理技术应用





实验室废液处理工艺流程图

- (1) 废液收集系统
- (2) 废液处理系统
- (3) 配电及自控系统
- (4) 过程废气净化系统
- (5) 在线监测系统
- (6) 远程控制系统
- (7) 学生实验实训系统



3. 应用实践

中国矿业大学拟开展的实训项目

序号	实训项目名称	实训设备	实训类型	备注
1	环境工程专业学生的认识实习、生产实习和毕业实习	实验室废液 废水综合处 理系统	实习	新增
2	环境工程专业学生《水污染控制工程》课程设计		课程设计	
3	《环境监测》课程的 COD 测定、重金属测定等实验		实验	
4	环境工程专业学生毕业设计	高浓难降解 工业废水综 合处理系统	毕业设计	新增
5	《废水与废水处理系统》《水处理高级氧化技术》课程的实训		课程实训	
6	高浓度有机废水厌氧-好氧生化处理实验及研究		实验	
7	高浓难降解废水絮凝沉淀实验		实验	
8	活性污泥反应动力学参数的测定实验及研究		实验	
9	膜生物反应器 (MBR) 处理工艺实验及研究		实验	
10	难降解废水的 Fe-C、O ₃ 、Fenton 等高级氧化处理技术研究		实验	
11	难降解废水的生物活性炭 (BAF) 深度处理技术研究		实验	
12	物化处理设计及运行综合实验	给水处理系 统实验装置	实验、《水污染控制工程(1)》 课程设计	已有
13	生化处理设计及运行综合实验	生活污水处 理实验装置	实验、《水污染控制工程(2)》 课程设计	已有
14	废水 SBR 处理实验装置			

实验试剂瓶因存储危化品而造成使用后空瓶处理的难题。针对校内各实验室存在的因废弃试剂瓶无法处理乱堆乱放影响实验室环境，以及由于个别学生乱扔试剂瓶而发生意外的现象，我校拟建立废弃试剂瓶回收处理中心。



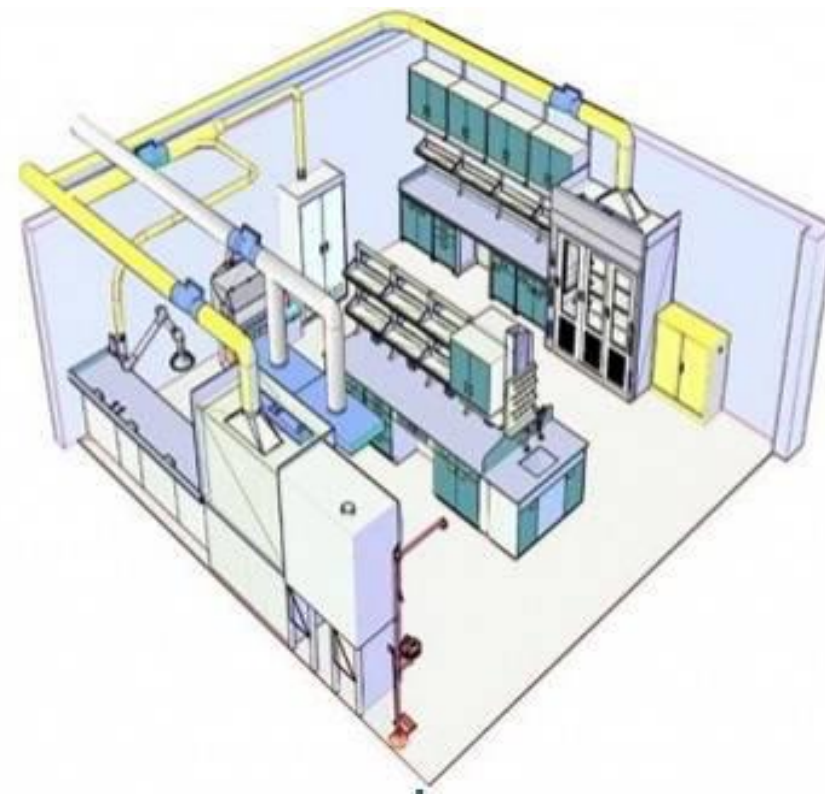
废弃试剂瓶处理流程图



废弃试剂瓶处理中心

思考1

实验室废液、废水、废气处理是高校环境保护工作的重要内容，也是社会发展和进步的必然趋势，建议与实验室规划、设计、建设同步落实。



“三同时”是我国在环境管理中防止出现新污染源污染环境的一项重要原则。这项原则要求一切企业、事业单位在进行新建、改建和扩建工程时，防治污染和其他公害的设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产，简称为“三同时”原则。

思考2

实验室有毒有害废弃物随意排放和丢弃容易带来意外伤害和区域环境污染。随着国家环保法律法规的日益完善，事故赔偿和责任追究在所难免。许多老师、学生甚至相关主管部门的领导尚未予以足够重视。



思考3

实验室废液的规范收集和分类收集是学校环保工作的重要内容，也是处理装置正常运行及良好处理效果的保证。

高浓度废液外送处理的高校，由于收集不全面，实验室废液废水污染问题依然存在。



思考4

从保证实验室安全和实验室设备维修维护方便角度考虑，实验室废液废气处理装置必须选用自动化程度高、安全性能好的产品。

与企业的管理模式不同不同！



高度重视实验室环境污染防治问题

近年来，我国高校实验室建设无论从数量和质量上都达到了前所未有的高度，而同时实验室环境保护工作也面临着巨大的压力和挑战。

高校实验室环境保护是一个应该重视但尚未引起高度重视的领域。



建议：

- ☑ 制定实验室环境保护工作规范
- ☑ 加大实验室环境安全设施建设投入，设立专项经费制度





Thank you

謝謝