

关注实验室环境安全



高校实验室环境污染治理技术探索与实践

白向玉

中国矿业大学环境与测绘学院

2022年4月18日



目录/CONTENTS



01

高校实验室环境污染现状

02

高校实验室环境污染治理现状

03

高校实验室环境污染治理方法及技术探索

04

高校实验室环境污染治理集成技术的应用

05

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效

06

思考与建议



PART ONE

高校实验室环境污染现状

- 污染源-废液(水)
- 污染源-废气
- 现状及问题

污染源-废液（水）

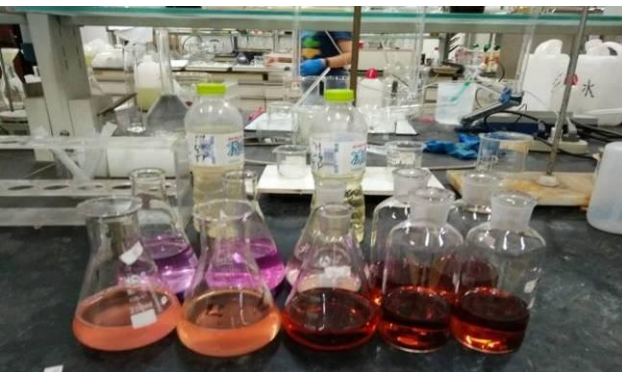
高校实验室环境污染主要来自实验过程中产生的实验废液、废水、废气以及实验固体废弃物。



废液概念

实验室废液是指实验室在实验过程中产生的具有毒性或其他危险性，其浓度或数量足以影响人体健康或污染环境的液态废弃物。

实验室废液主要为**液态的失效试剂**、**液态的实验废弃物或中间产物**（如各种有机溶剂、离心液、液体副产物等）以及**各种高浓度的洗涤液**。

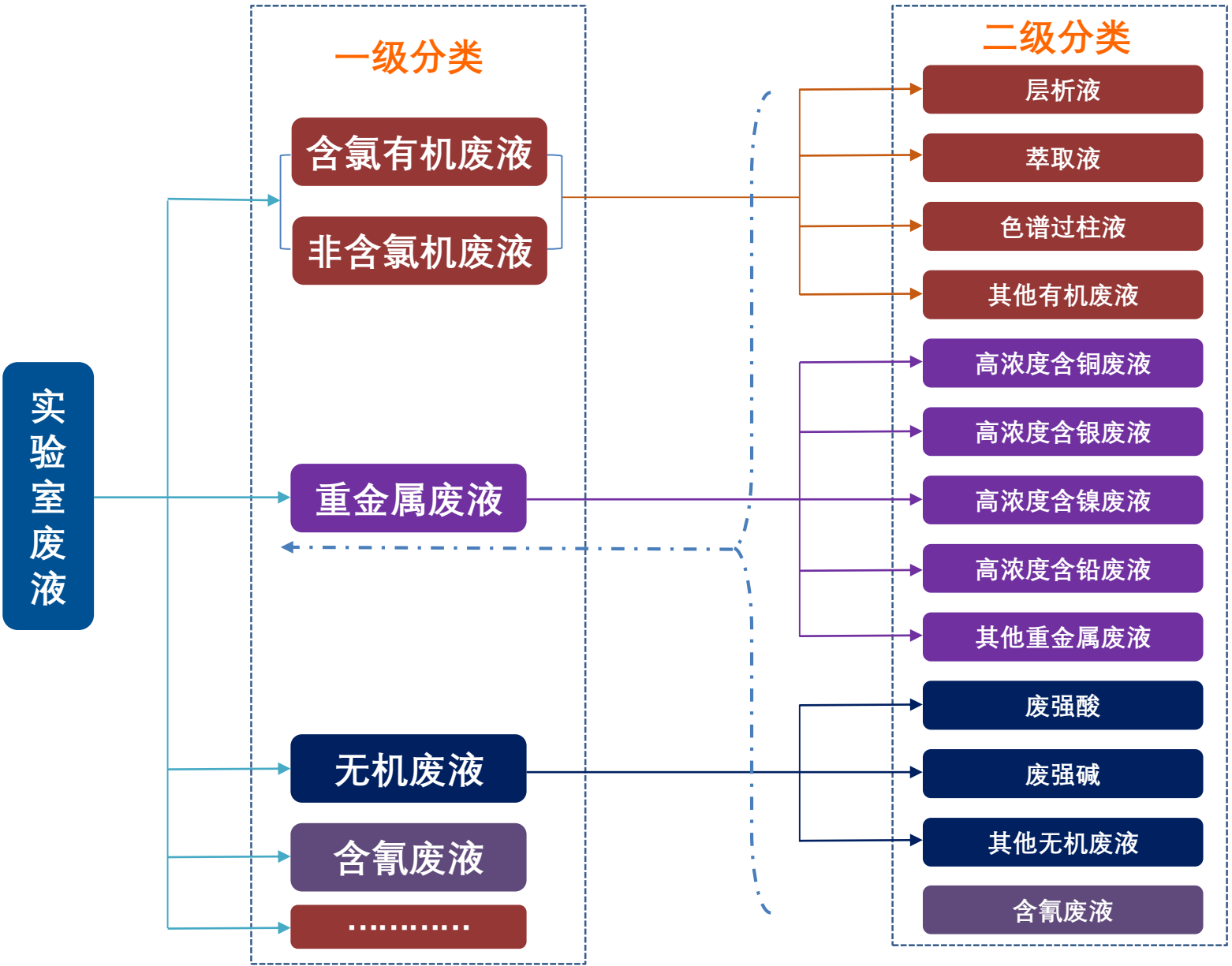




污染源-废液（水）

按污染程度可分为高浓度**实验室废液**和低浓度**实验室废水**。

实验室废液主要成分为液态的失效试剂，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等)



实验室废（尾）气：实验室试剂和样品的挥发物，实验及分析过程中间产物的挥发物，容器残留物挥发，泄漏和排空的标准气和载气等。

无机废气

多指废气中含有硫氧化物、氮氧化物、碳氧化物、卤素及其化合物等的气体。

有机废气

多指废气中含有甲醛、苯甲苯、二甲苯、丙酮、丁酮、乙酸乙酯、油雾、糠醛、苯乙烯、丙烯酸、树脂、添加剂、漆雾、天那等含碳氢氧等有机物的气体。

恶臭废气

多指废气中含有氨气、胺、硫化物、脂肪酸、芳香族、硫醇和二甲基硫等的气体。

粉尘废气

多指废气中含有粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的固体悬浮物的气体。

无机废气主要包括：氮氧化物、硫酸雾、氯化氢、二氧化碳、二氧化硫、氯气、溴蒸气、氨气等。

有机废气主要由以下四部分组成：

芳香类

醛酮类

脂类

醇类



废气危害

实验室无机废气中有很多都是含硫化合物、含氮化合物及卤素化合物，危害极大。例如，对人群而言，人如果吸入过多的硫化氢 H_2S ，轻者会头疼恶心，重者则会休克。

芳香胺类有机物：致癌，二苯胺、联苯胺等进入人体可以造成缺氧症。

有机氮化合物：可致癌。

有机磷化合物：降低血液中胆碱酯酶的活性，使神经系统发生功能障碍。

有机硫化合物：低浓度硫醇可引起不适，高浓度可致人死亡。

含氧有机化合物：吸入高浓度环氧乙烷可致人死亡。

丙烯醛：对黏膜有强烈的刺激；戊醇可以引起头痛、呕吐、腹泻等。

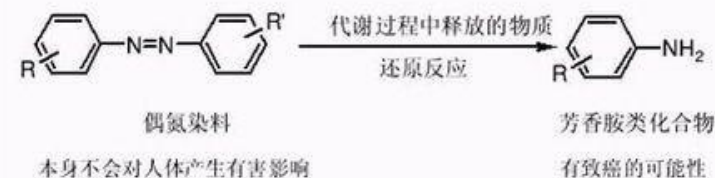


图1 偶氮染料对人体及环境产生危害的原理示意图

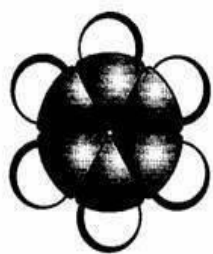


苯类有机物：损害人的**中枢神经**、造成神经系统障碍，当苯蒸汽浓度**过高**时（空气中含量达2%），可以引起**致死性**的急性中毒。

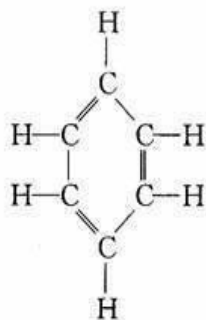
多环芳烃对人体的危害

胃癌 肺癌
皮肤癌 直肠癌
膀胱癌

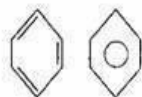
• PAHs 通过皮肤、呼吸道、消化道等均可被人体吸收，有诱发皮肤癌、肺癌、直肠癌、膀胱癌等作用。长期呼吸含PAHs的空气，引用或食用含有PAHs的水和食物，则会造成慢性中毒。
• 职业中毒调查表明，在 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 浓度下工作5年和20年的工人，前者大部分诱发肺癌，后者患多种癌症。



苯分子模型



结构式



结构简式

多环芳烃有机物：强烈的**致癌性**。

苯酸类有机物：使**细胞蛋白质**发生变形或凝固，致使全身中毒。

腈类有机物：可引起**呼吸困难**，严重**窒息**、**意识丧失**甚至**死亡**。

有机物硝基苯：影响**神经系统**、**血相**和**肝、脾器官**功能，皮肤大面积吸收可致人死亡。

挥发性有机物，简称**VOCs**（ $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 和 O_3 的前体物）：

- 室温下可以挥发到空气中的有机气体物质，如“**甲醛、苯**”等
- “十三五”、“十四五”环境污染**治理重点**



区域环境危害

臭氧污染

细粒子污染

对雾霾贡献值达**20-50%**

局部环境危害

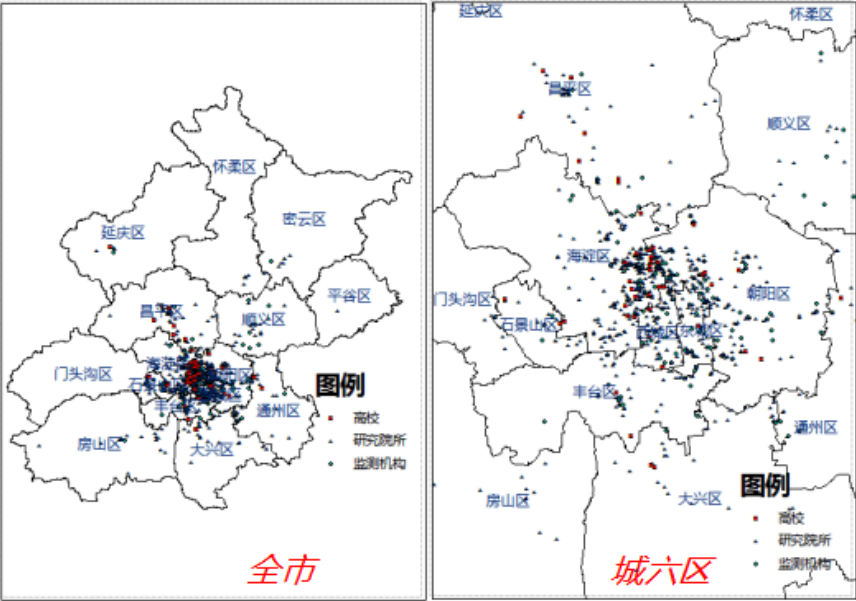
健康毒性

臭味扰民

致癌、致畸、致突变

实验室VOCs 室外排放情况

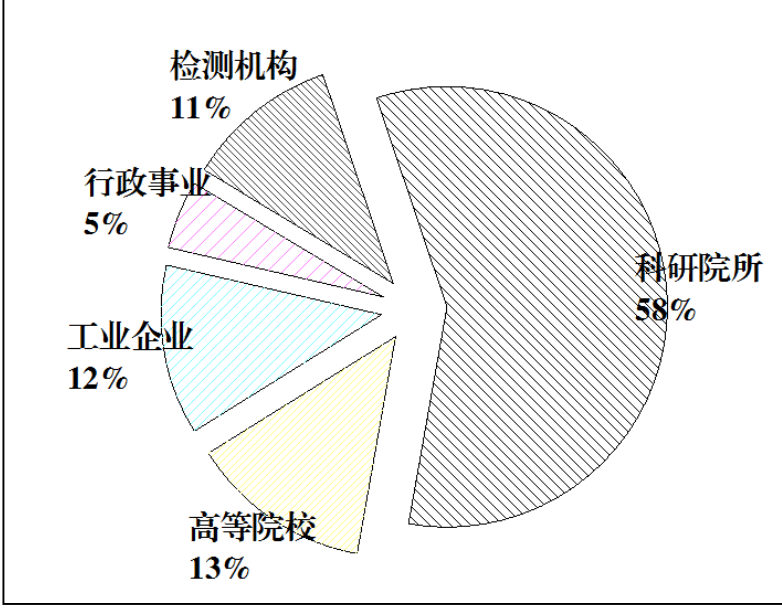
北京市实验室分布情况



不同单位类型实验室VOCs排放水平及贡献比例

表 1 典型实验室有机废气排放水平

类别	非甲烷总烃	苯	甲苯	乙苯	二甲苯	苯乙烯	异丙烯
有组织	1#	15.3	0.070 8	0.051 7	0.014 8	0.075 8	0.008 8
	2#	39.6	0.006 5	0.197	—	0.012 3	0.006
	3#	37.1	0.012 2	0.325	—	0.024 6	0.003 9
	平均值	30.67	0.03	0.19	0.01	0.04	0.01
无组织	1#	28.7	0.066 5	0.075 4	0.007	0.009 5	0.010 7
	2#	30.1	0.008 6	0.294	0.006 6	0.008 5	0.004 1
	3#	28.4	0.023 7	0.087 7	0.001 8	0.001 8	0.003 8
	平均值	29.07	0.03	0.15	0.01	0.01	0.01



薛亦峰，等，北京市实验室VOCs 排放水平及控制对策，实验技术与管理，DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2020.02.003

2016年，北京市实验室VOCs排放量约为4500吨左右。

实验VOCs室内污染情况

实验室内外空气VOCs检出情况 药品柜VOCs检出情况 实验室VOCs检出情况

表 1 室内外空气中检出的挥发性有机物的种类					
Table 1 VOC species identified in indoor and outdoor air					
编号	化合物	编号	化合物	编号	化合物
1	乙烷	30	2-甲基-1-丁烯	59	溴甲烷
2	丙烷	31	2-甲基-2-丁烯	60	碘甲烷
3	正丁烷	32	3-甲基-1-丁烯	61	二氯甲烷
4	异丁烷	33	1,3-丁二烯	62	1,1-二氯乙烷
5	2,2-二甲基丁烷	34	1-戊烯	63	1,2-二氯乙烷
6	2,3-二甲基丁烷	35	反-2-戊烯	64	1,1-二氯乙烯
7	正戊烷	36	异戊二烯	65	顺-1,2-二氯乙烯
8	异戊烷	37	1-己烯	66	1,2-二氯丙烷
9	2-甲基戊烷	38	α -萜烯	67	顺式-1,3-二氯丙烯
10	3-甲基戊烷	39	β -萜烯	68	反式-1,3-二氯丙烯
11	2,3-二甲基戊烷	40	苯	69	间-二氯苯
12	2,4-二甲基戊烷	41	甲苯	70	邻-二氯苯
13	2,2,4-三甲基戊烷	42	乙苯	71	对-二氯苯
14	2,3,4-三甲基戊烷	43	邻二甲苯	72	一氯二氟甲烷
15	正己烷	44	间/对二甲苯	73	三氯甲烷
16	2-甲基己烷	45	正丙苯	74	1,1,1-三氯乙烷
17	3-甲基己烷	46	异丙苯	75	1,1,2-三氯乙烷
18	正庚烷	47	间乙基甲苯	76	三氯乙烯
19	2-甲基庚烷	48	邻乙基甲苯	77	一溴二氯甲烷
20	3-甲基庚烷	49	对乙基甲苯	78	溴仿
21	正辛烷	50	1,2,3-三甲基苯	79	一氟三氯甲烷
22	正壬烷	51	1,2,4-三甲基苯	80	二氟二氯甲烷
23	正十一烷	52	1,3,5-三甲基苯	81	四氯甲烷
24	乙烯	53	间二乙基苯	82	四氯乙烯
25	丙烯	54	邻二乙基苯	83	三氯三氯乙烷
26	1-丁烯	55	苯乙烯	84	四氯二氯乙烷
27	异丁烯	56	氯甲烷	85	环戊烷
28	顺式-2-丁烯	57	氯乙烷	86	甲基环戊烷
29	反式-2-丁烯	58	氯苯	87	环己烷
				88	甲基环己烷
				89	乙醛
				90	丙烯醛
				91	丙醛
				92	丁醛
				93	异丁烯醛
				94	戊醛
				95	己醛
				96	丙酮
				97	甲基乙基酮
				98	丁酮
				99	2-戊酮
				100	3-戊酮
				101	4-甲基-2-戊酮
				102	2-己酮
				103	乙醇
				104	丙醇
				105	异丙醇
				106	正丁醇
				107	硝酸甲酯
				108	硝酸乙酯
				109	硝酸正丙酯
				110	硝酸异丙酯
				111	硝酸异丁酯
				112	甲基叔丁基醚(MTBE)
				113	乙炔
				114	二甲基硫
				115	二硫化碳
				116	乙腈

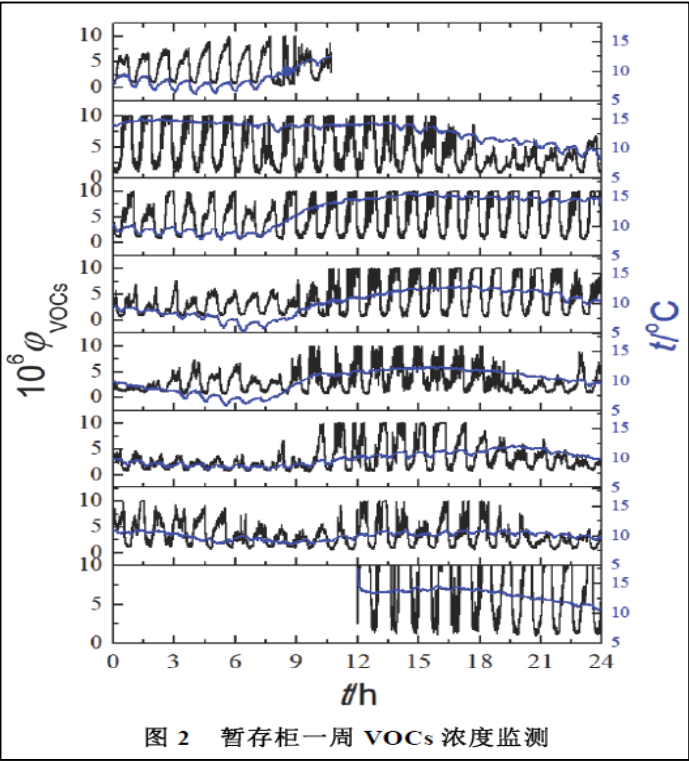


图 2 暂存柜一周 VOCs 浓度监测

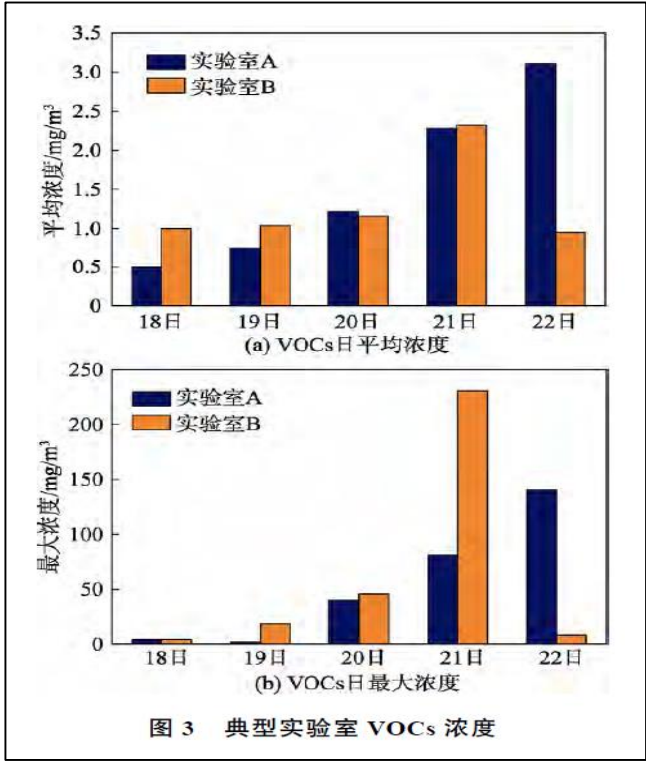


图 3 典型实验室 VOCs 浓度

现状:

1. 实验“三废”的违规排放对校园环境造成严重污染，**威胁师生和公众的健康和安全。**
2. 随着对企业污染治理的逐步到位，环保部门已开始把注意力投向高校及科研院所实验室的污染排放问题上，解决实验室“三废”处理问题已成为**高校所面临的现实而紧迫的问题。**

全国多所高校被环保部门处罚、约谈！加强实验室污染治理已成为高校实现实验室环境安全的首要任务。



解决实验室废液（水）废气处理，已成为高校所面临的现实而紧迫的问题。

[illegible]

现状和问题



南充市顺庆区环境保护局
行政处罚决定书
南顺环罚[2019] 1号

业中专学校:
统一社会信用代码: 52511300749603751T
住 所: 南充市顺庆区金鱼岭正街192号
法定代表人: 王晓晴
公民身份号码: 512XXXXXXXXXXXXXX
住 址: 四川省南充市顺庆区仪凤街228号
2018年6月23日,南充市环境监测中心站对你校废水进行监测。南充市环境监测中心站出具的《监测报告》(南环监字(2018)第078号)监测结论显示:参考《污水综合排放标准》(GB8978-1996)表4一级标准最高允许排放浓度要求,“废排水口原液”化学需氧量超标0.30倍,氨氮超标1.22倍。

处罚

生态环境局长安分局约谈[]职业学院

来源:市生态环境局 发布时间:2019-11-04 14:07 【字体:大 中 小】 打印 保存

2019年11月1日上午,生态环境局长安分局针对[]职业学院总磷不能稳定达标排放环境违法行为公开约谈该学院负责人。
依据《中华人民共和国水污染防治法》第八十三条的规定,结合你校超过水污染物排放标准排放水污染物的实际情况,经我局重大行政处罚案审会集体讨论,我局决定对你校作出如下行政处罚:
罚款(大写):人民币壹拾伍万元整。
限于接到本处罚决定之日起15日内缴至指定银行和账号。逾期不缴纳罚款的,我局可以根据《中华人民共和国行政处罚法》第五十一条第一项的规定,每日按罚款数额的3%加处罚款。

处罚

山东报道 > 山东要闻

[]大学、[]等3单位 环保局喊你交罚款!

2017-05-24 15:31:00 来源: 舜网-济南时报

23日,济南市环保局公布了拒不执行已生效环境行政处罚决定的企业名单,有3家单位“上榜”。分别是山东建筑大学、济南万润肉类加工有限公司、历城区集中供热管理服务中心。上述3家单位均因超标排放大气污染物被罚,分别被罚款60万元、100万元和50万元。
据悉,这三家单位收到的处罚决定均在今年3月之前,因未按时缴纳罚款,是再行一次督促这几家单位及时按照处罚决定缴纳罚款。如果到期限企业再不缴纳罚款,环保部门将依法申请法院采取强制执行。

处罚

新闻中心 民主与法制网 · 首页 > 法治新闻 > 案件 > 大案要案 > 正文

南京一高校拒付环保处罚金 环保局欲申请强制执行

发布:2013-05-22 13:53:03 来源:中国江苏网 作者:戚卓生 浏览: 次【大 中 小】

“1-4月份,南京市共立案查处144件环境违法案件,较去年同期立案数增加了44%。”今天下午,记者从南京市环保局举行的新闻通气会上获悉,144个案件主要涉及施工水污染、大气污染、固废污染以及建设项目,涉案对象不乏像中石化、南京财经大学等知名单位。

强制执行

[]大学:拒不履行环保处罚决定

在环保部门公布的案例中,作为高等学府,[]大学拒不履行环保处罚决定格外引人注目。据悉,[]学仙林校区项目一直未办理环保“三同时”验收手续,环保部门依法责令其按环评要求完善相关手续,并处以8.5万元罚款。时至今日,该学校既未缴纳罚款也未办理验收手续。环保部门表示,待期限届满,将会依法向法院申请启动强制执行程序。

处罚

吉林两所高校被启动环境污染按日连续处罚 罚金超百万

来源: <http://item.btime.com> | 发表于2017-06-12

中立 #环保处罚

核心提示:今年长春宽城区[]学院新校区、[]信息学院新校区两所大学就被启动了二轮按日连续处罚。
2017年,吉林省环保部门严格执行按日计罚、停产限产等办法,对于环境风险隐患和问题跟踪督查。1月至4月,全省依法查处环境违法案件364起,同比增长100%;处罚金额2269万元,同比增长99%。其中按日连续处罚案件6件,罚款金额361.8581万元,下达限产停产整治决定书14份。
今年长春市宽城区[]学院新校区、[]信息学院新校区两所大学就被启动了二轮按日连续处罚,处罚金额分别由第一轮处罚的39万元、19.5万元增长至第二轮的87万元、43.5万元。
新修订的《环境保护法》及配套办法赋予了执法部门足够的权力,除了可实施按日连续处罚外,对于超过污染物排放标准或者超过重点污染物排放总量控制指标排污的排污单位,在依法实施行政处罚的基础上,可同时下达限制生产、停产整治决定。今

处罚

依据《中华人民共和国水污染防治法》第八十三条的规定,结合你校超过水污染物排放标准排放水污染物的实际情况,经我局重大行政处罚案审会集体讨论,我局决定对你校作出如下行政处罚:
罚款(大写):人民币壹拾伍万元整。
限于接到本处罚决定之日起15日内缴至指定银行和账号。逾期不缴纳罚款的,我局可以根据《中华人民共和国行政处罚法》第五十一条第一项的规定,每日按罚款数额的3%加处罚款。

环境污染问责制，违法成本增大！

问题:

- 1.有毒有害废弃物**直接排放**的现象依然大量存在。
- 2.没有引起足够的重视，相关职能部门未能及时采取有效的措施进行**干预和处理**。
- 3.缺乏完善的实验室环境污染**防治方法、手段与投入**。
- 4.部分老师、学生及实验室工作人员**环保意识薄弱**，没有充分认识到实验室环境污染的严重性和危害性。
- 5.由于实验废液、废水和废气的污染物种类复杂，极易形成**交叉污染**，有可能产生**新的毒性更大的物质**。
- 6.产生的污染物种类和数量不确定，污染物的排放具有间歇性和不可预见性，造成实验室污染**处理技术难度大、成本较高**，实验室的“三废”治理率非常低。



PART TWO

高校实验室环境污染治理现状

- 实验室废液（水）处理现状
- 实验室废（尾）气处理现状
- 实验室污染治理的难点与痛点



废液（水）、废气污染治理现状

- ◆ 截至2019年6月15日，教育部公布的全国高等学校共计2956所，其中拥有化学化工类教学及科研实验室的高校达1000多所，这些实验室排放的废液（水）、废气已成为影响环境和人员安全健康不可忽视的污染源。
- ◆ 高校新建校区、新建大楼、老楼改造都或多或少的涉及化学类实验室，这必然要考虑废液、废气的排放与处理。
- ◆ 高校的用户单位、设计单位、基建部门对化学实验室的排污问题认识不足、重视不够，专业性不匹配，导致一些项目效率低下、返工整改。
- ◆ 高校实验室污染物种类和数量的不确定性、排放的间歇性和不可预见性，致使处理技术难度大、成本较高，“三废”治理率低下。



废液（水）处理现状

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，现有实验室废液的出路主要有以下几种：

倾倒入水道

部分高校环保意识淡薄，为节省费用，对废液的收集不及时不充分，废液随意倾倒现象大量存在，严重污染环境。

超过90%以上高校的实验室废水未经处理直接排放下水道。

违规违法

实验室简易处理

方法简便，利用实验室现有条件就地完成明确成分的废液处理；成本较低；省却收集过程。**组织困难**；有一定的**安全隐患**，只能对明确成分的废液进行处理；**无法完成最终处置**。

存在安全隐患

添置暂存柜

如不能及时清运处理，学校需建中转站或添置专业暂存柜。虽然解决了临时存贮废弃物的问题，但长期混合存储**存在安全隐患**，所储存得废液仍需及时处理。

只是临时储存

外送处置

废液外送处理费用很高且在逐年增加，加上运输费用，废液处置的**资金投入相当可观**。许多城市只有1家有资质处置企业，甚至没有。有时收储不及时，价格无竞争且不得跨境。

某些地区出路困难

自建处理装置

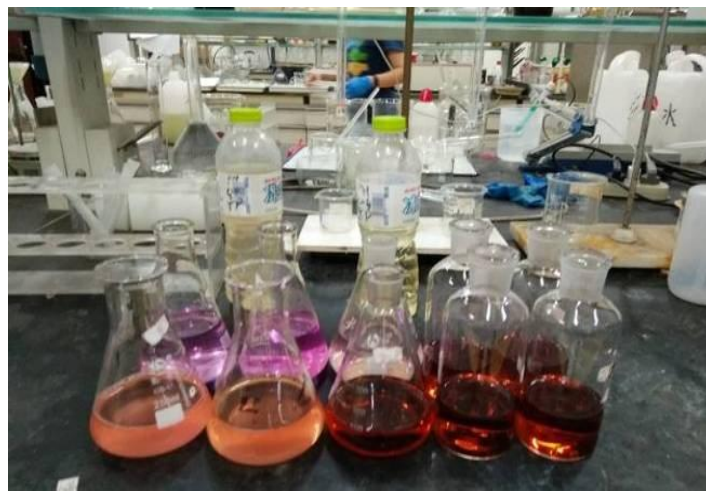
采用**成熟、安全**的全流程常温、常压工艺进行分类处理，处理出水**达标排放**。具有很好的社会、环境效益，**学校经济效益显著**，提供相关专业学生的**实验、实习、实践教学平台**。

对有需求的学校是福音

处置方式1：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，典型的**违法行为**。
- **环保执法越来越严格，这种处置方式越来越少**



废液（水）处理现状

处置方式2：分类收集，外送有资质的公司处置



添置专业暂存柜，废液外送处理

- **大部分高校采用**
- 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。
- 废液外送处理费用高，价格一般为20-30元/Kg，个别超过100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——垄断？
- 受制于专业处置公司，处置不及时，暂存风险大。
- 很多高校所在地无专业处置单位，异地处置难度大。——有些地方超过1000公里

处置方式3：自行简单处理

- 少数高校采用
- 处理工艺和设备不合理、不可靠
- 处理不合规、不达标
- 实验室废液处理技术具有一定的局限性，适用范围窄，只是针对特定有害成分的实验废液处理才有效
- 主要是无机废液的处理，酸碱中和、沉淀法等精馏法提纯有机溶剂—危险性大

排泄物,造成了养殖水中的氮和磷的营养盐的浓度偏高。同时,水产养殖过程中所使用的化学药品和抗生素等,也增加了养殖废水的污染性。

3 废液的处理

《中华人民共和国水污染防治法》明确指出:含有重金属、病原体和难以实现生物降解的废水,不得稀释排放,必须按照规定单独处理达标后,方可排放。教育部国家环境保护总局《关于加强高等学校实验室排污管理》也指出:各高校应切实履行国家、地方环境保护法规和制度,把环境保护工作、尤其是实验室排污管理纳入学校日常工作计划,将实验室污染防治费用纳入学校年度预算。实验室科研教学活动中产生和排放的污染物,应按环境保护行政主管部门的要求进行申报登记、收集、运输和处置。严禁把废气、废液、废渣和废弃化学品等污染物直接向外界排放。污染物排放频繁、超出排放标准的实验室,应安装符合环境保护要求的污染治理设施,保证污染治理设施处于正常工作状态并达标排放。

3.1 无污染性的废液

无污染性废液,可直接或稀释后排放到下水道,或者储存起来循环利用,以达到节约和环保的双重收益。

3.2 有污染性的废液

3.2.1 废酸碱溶液

一般根据酸、碱中和反应的原理进行处理:实验室设置废酸、废碱的废液缸,将废液中和至 pH 值为 6~9,用水稀释后方可排放至下水道。

3.2.2 有机污染废液

(1) 含甲醇、乙醇、醋酸类的可溶性溶剂的处理。可以用大量的水稀释后排放,因为这些溶剂能被细菌分解。

(2) 氯仿和四氯化碳等废液。水浴蒸馏,收集馏出液,密闭保存,回收再利用。达到无害化处理以及节约的双重目的。

(3) 烃类及其含氧衍生物的处理。最简单的方法就是用活性炭吸附。具体方法:为先将废水分为有机无机两相并将有机相分离出来,之后经过活性炭二级吸附,化学需氧量的去除率可达到 93%。宣晓梅等研究发现实验室的有机废水经过粉煤灰吸附处理后,去除了实验室废液中大部分的 COD^[11]。

目前,有机污染物最广泛最有效的处理方法是生物降解法、活性污泥法等^[12]。厦门大学开发的高浓度有机废水水解-好氧循环一体生物处理技术,实现了高浓度有机废水的高效生物处理^[13]。北京大学有机教学实验室对其实验室所产生废液的一个处理流程^[14](见图1)。可借鉴之,并结合不同实验室的特点处理实验室的有机废液。

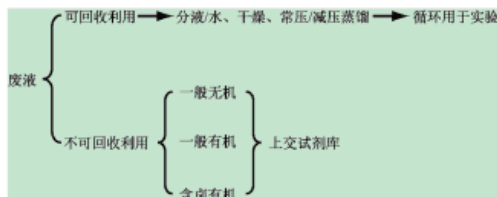


图1 有机实验室废液处理流程

3.2.3 重金属污染废液的处理

重金属废液处理方法可分成以下几类^[15](见表1),并在实际处理重金属废水中都得到广泛应用,其中低成本的吸附剂和生物吸附剂的吸附法,被确认为是一种可以替代活性炭而对低浓度重金属废水进行处理的有效且经济的方法。膜过滤技术去除重金属离子具有很高的去处效率,但成本较高。这些方法各有利弊,选择哪种方法处理含重金属的废水,要依据实际情况(金属的初始浓度、废水中金属的主要组成部分、资本投资和运营成本、操作的灵活性和可靠性以及对环境的影响)来决定^[16]。而一般采用化学沉淀之后,所含有 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 NO_2^- 等阴离子的溶液可以稀释之后喷洒在土壤中以供绿色植物吸收^[17]。

处置方式4：自建废液（水）处理系统，达标排放



自建废液处理系统

- 采用成熟的“**分类预处理+物化+生化+过滤+消毒**”处理工艺，属于常温常压工艺分类处理，处理出水达标排入市政下水道—**新技术、新趋势**
- 提供相关专业学生的实验、实习、实践教学平台
- 经济、社会、环境效益显著
- 已建成高校：扬州大学、延边大学、宁波工程学院、中国矿业大学、浙江工业大学德清校区、江苏科技大学、**阜阳师范大学**等

废（尾）气处理现状



废（尾）气处理现状

(1) 不经任何处理直接排放

- ◆ 存在于大量老旧实验室。
- ◆ 对实验室及周围环境影响极大。

(2) 简易处理后排放

- ◆ 存在于许多改造和新建实验室。
- ◆ 处理技术单一，处理工艺及设施不合理，甚至形同虚设，无法做到达标排放，对实验室及周围环境影响基本等同于直接排放。



形同虚设的
活性炭箱

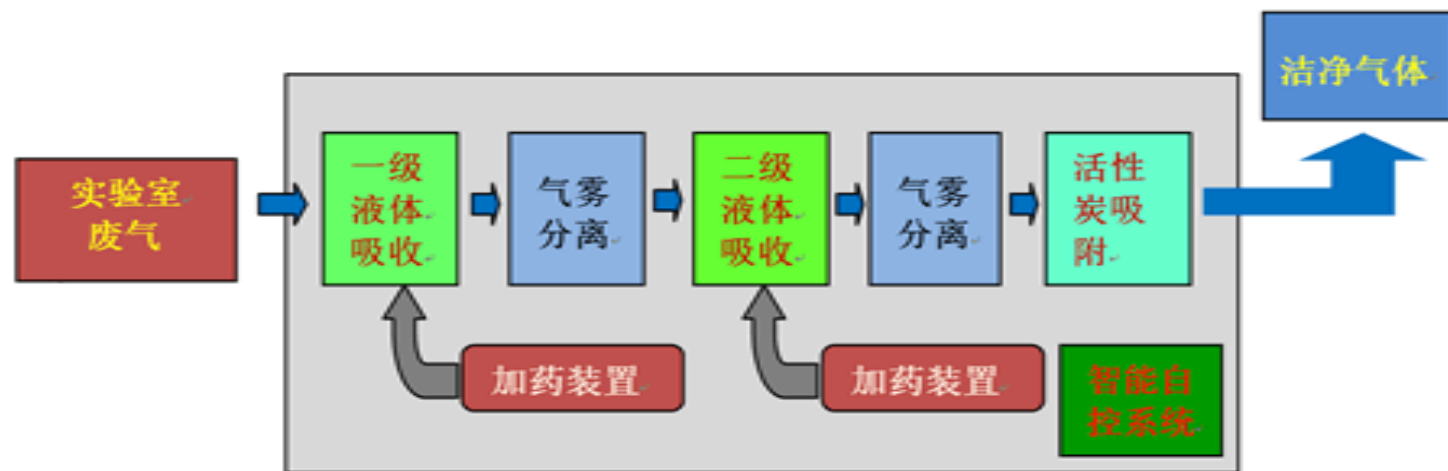
(3) 采用传统工业化工工艺处理后排放

- ◆ 为目前很多高校实验室新建和改建中采用的主要模式。
- ◆ 高校实验室废气排放的污染物种类多、成分复杂、排放不稳定，直接沿用一些现有的工业废气处理技术，往往花费大但处理效果差。
- ◆ 多数采用单一活性炭吸附、单一水喷淋吸收方式或采用这两种方式的简单组合，处理效果不够理想，仍难以做到达标排放。
- ◆ 前期建设成本大，后期运维费用高（活性炭购买和废炭处置、催化床更新等）。



（4）采用适合高校实验室特点的新工艺处理后排放——新技术、新趋势

- ◆ 目前在一些高校实验室建设中逐渐开始采用。
(华中科技大学、浙江工业大学、浙江大学、扬州大学、江南大学、广西大学等)。
- ◆ 针对高校实验室废气特点，采用“两级吸收+吸附”组合式工艺进行处理，并辅以自动加药、排放口TVOC在线监控等技术，确保达标排放。



- 碱液吸收氯化氢、溴化氢等无机污染物
- 有机尾气吸收液吸收极性和弱极性有机污染物
- 蜂窝状活性炭吸附非极性有机污染物
- 高效的级间除雾技术，保证装置高效运行

废（尾）气处理现状



浙大项目的楼顶设备层



浙工大项目的楼顶设备层

活性炭活化再生装置， $n \geq 5$ ，大大降低使用成本。





实验室污染治理的难点与痛点

- ◆ 现有的法规、政策、规范更多是适合于企业，高校落地有难度。
- ◆ 部分高校在实验室建设规划、设计、建设、使用中**环保意识薄弱**，投入不足。
- ◆ 实验室排风系统建设项目成效良莠不齐——**设计、招投标、建设？**
——老楼改造、新楼建设
- ◆ 废液处置第三方专业处置公司数量少、分布不均、处置费用高、处置不及时，导致高校长期暂存废液，极大的增加了校园安全风险。
——某些地区高校愿意出钱处置废液，但没出路！
- ◆ 高校依托以培养学生为主的实训中心处置废液是一种新模式，既有教学功能又有实际的废液处置功能，但目前缺少相应的政策支持。



PART THREE

高校实验室环境污染治理方法及技术探索

- 实验室污染治理的相关法律法规
- 实验室废液（水）处理工艺及技术
- 实验室废气处理工艺及技术
- 实验室污染治理技术—校企合作双百计划

废液处理可行性



1998
2008
2016
2020



危险废物

Hazardous Waste

指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。

实验室部分废液属于危险废物

很多生产、生活废水也属于危险废物



腐蚀性、毒性、
易燃性、反应性
或者感染性

《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》

●2005年，教育部、国家环保总局出台了《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》（教技〔2005〕3号）

●**通知中第四条明确要求：**废气、废液、固体废物、噪声、放射性等污染物排放频繁、超出排放标准的实验室，应安装符合环境保护要求的污染治理设施，保证污染治理设施处于正常工作状态并达标排放。**不能自行处理的废弃物，必须交由环境保护行政主管部门认可、持有危险废物经营许可证的单位处置。**

工作指南

纳入监管



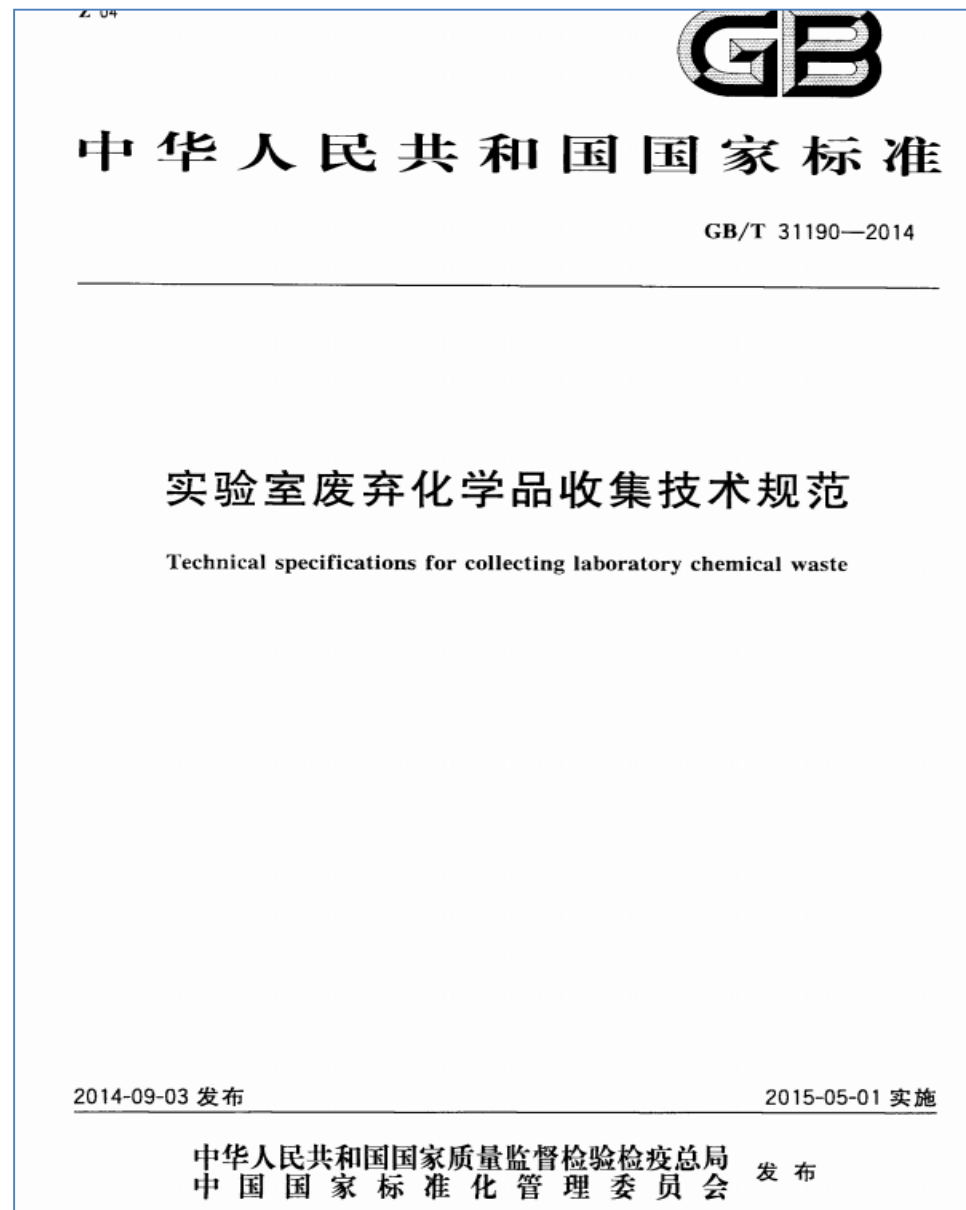
《实验室废弃化学品收集规范》

●2014年，国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会发布了《实验室废弃化学品收集规范》（GB/T31190-2014）

●**规范中6.1明确要求：**实验室废弃物化学品产生者如无妥善处理的技术设施自行处理的，必须交由环境保护行政主管部门认可、持有危险废物经营许可证的单位处置。

国家标准

技术规范

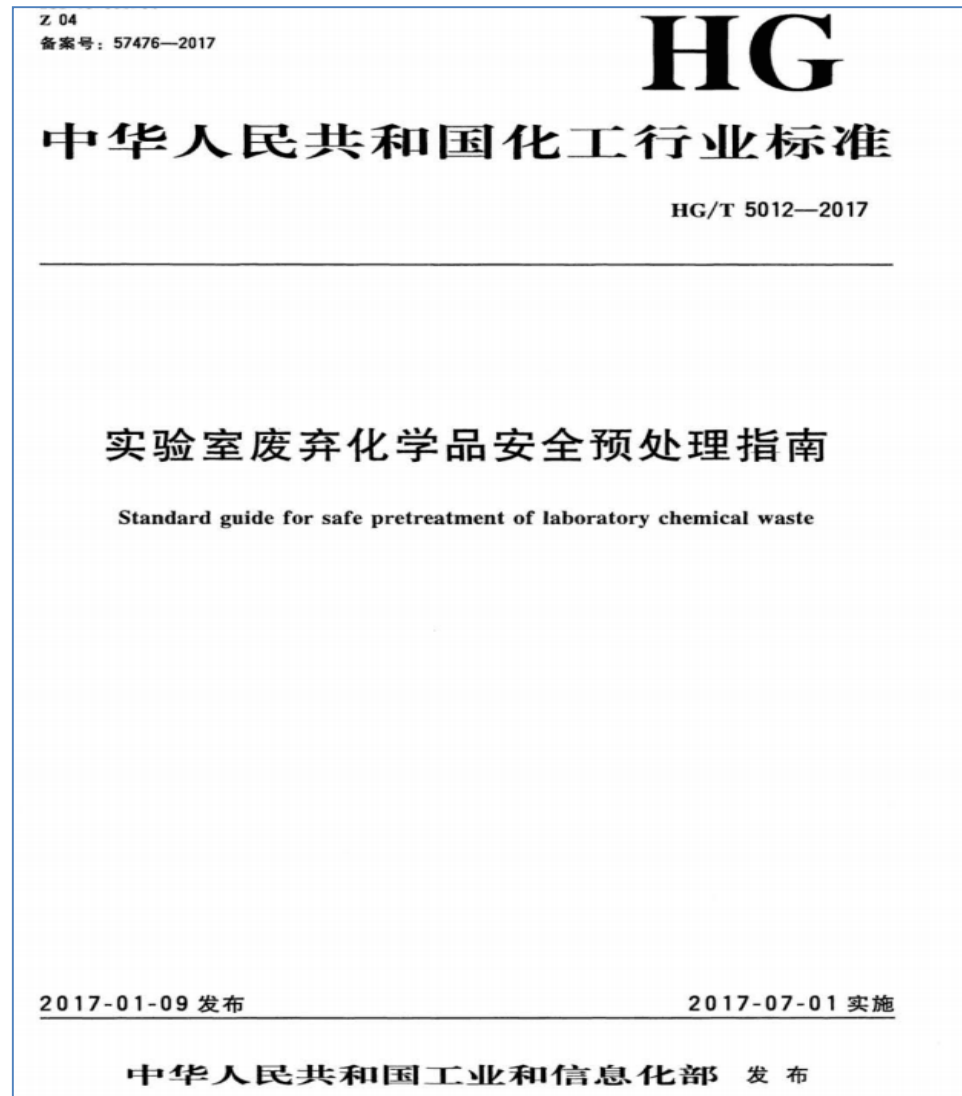


《实验室废弃化学品安全预处理指南》

- 2017年，工业和信息化部发布了《实验室废弃化学品安全预处理指南》（HG/T5012-2017）
- 标准中3.1明确要求：**在废弃化学品最终处置前，需要进行安全预处理。废弃化学品产生者应通过回收再利用、稀释、中和、氧化、还原等方式消除或减少废弃化学品危害。

国家标准

技术规范





实验室污染治理的相关法律法规

生态环境部对全国人大代表、政协委员的答复

●2015年、2016年两会期间，2位全国人大代表、8位全国政协委员提出了“高校实验室危险废物处置出路的提案”。

●生态环境部答复第五条：将鼓励有条件的高校购入废液回收设备，力争从源头解决实验室废物的安全隐患，还将支持有条件的高校探索成立专门的废液处置机构。科技部将继续实施“水体污染控制与治理”科技重大专项，推动“废物处置与资源化”重点专项组织实施，加快高浓度高污染废液处理和资源化利用技术研发与示范，为实验室废物处理提供科技支撑。



中华人民共和国生态环境部

Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China

索引号: 000014672/2016-011133

分类: 环境政务管理信息其他环境政务管理信息

发布机关: 环境保护部

生成日期: 2016年08月26日

名称: 关于政协十二届全国委员会第四次会议第4029号(教育类419号)提案答复的函

文号: 环提函(2016)92号

主题词:

关于政协十二届全国委员会第四次会议第4029号(教育类419号)提案答复的函

环提函(2016)92号

邢新会等8位委员:

你们提出的“关于解决高校实验室危险废物处置出路的提案”由我部会同财政部和教育部办理。经研究，现答复如下:

随着我国高等教育事业的快速发展以及高校科技创新能力的不断增强，实验教学和科学研究过程中产生的废物日益增多，其中有机废液、含卤有机废液、废酸、废碱、含重金属元素的无机废液、实验室动物尸体、生物类废物、固体化学污染物及置于容器中的有毒废气等，大多属于《国家危险废物名录》中的其他废物中的“研究、开发和教学活动中，化学和生物实验室产生的废物”。实验室废物具有产生源分散、成分复杂、种类繁多等特点，因而存在收集难、运输难、处置难等问题。为防止实验室废物造成环境污染，近年来有关部门主要开展了以下几方面的工作。

人大代表提案

郭淑芹
曹雪芹

政协委员提案

邢新会
等8位

1. 关于政协十二届全国委员会第四次会议第4029号(教育类419号)提案答复的函

加强实验室类污染环境监管的通知》，要求各级环境保护部门将实验室污染纳入环境监管范围，加强管理。2005年，教育部会同原环保总局联合印发《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》，对高校实验室废物的管理制度、部门职责、人员培训、经费安排、应急处置及处罚措施等提出明确要求。“十一五”期间，我部在山东青岛等地区开展实验室废物规范化管理试点，在试点基础上，将实验室废物作为...

2016-08-26

2. 对十二届全国人大四次会议第1838号建议的答复

加强实验室类污染环境监管的通知》，要求各级环境保护部门将实验室污染纳入环境监管范围，加强管理。2005年，教育部会同原环保总局联合印发《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》，对高校实验室废物的管理制度、部门职责、人员培训、经费安排、应急处置及处罚措施等提出明确要求。“十一五”期间，我部在山东青岛等地区开展实验室废物规范化管理试点，在试点基础上，将实验室废物作为...

2016-08-19

4. 对十二届全国人大四次会议第2955号建议的答复

成效。教育部鼓励在高校成立环境保护协会，开展废旧电池回收等活动，如复旦大学每年举行废旧电池回收、世界环境日主题宣传等活动；东北师范大学“绿色电力环保”志愿者回收废旧电池后交由高校实验室处理。

虽然各有关部门在废旧电池回收方面做了大量工作，取得了一定的效果，但在废旧电池回收政策解读和实施等方面仍然存在不足。目前，我部已启动《废旧电池污染防治技术政策》修订，正在开展...

2016-08-11

5. 对十二届全国人大三次会议第2524号建议的答复

室类污染环境监管的通知》，要求各级环境保护部门将实验室污染纳入环境监管范围，加强管理。2005年，教育部会同我部(原环保总局)联合印发《关于加强高等学校实验室排污管理的通知》，对高校实验室废物的管理制度、部门职责、人员培训、经费安排、应急处置及处罚措施等提出明确要求。“十一五”期间，我部在山东青岛等地区开展实验室废物规范化管理试点，在试点基础上，将实验室废物作为...

2015-06-23

《关于加强高校实验室安全工作的意见》

- 2019年，教育部出台了《关于加强高校实验室安全工作的意见》（教技函[2019]36号）
- **《意见》中第8条明确要求：**实验后产生的废弃物要统一收储并**依法依规科学处置**。对危险源进行风险评估，建立重大危险源安全风险分布档案和数据库，并制订危险源分级分类处置方案。

部属文件

科学处置

中华人民共和国教育部

教技函〔2019〕36号

教育部关于加强高校实验室安全工作的意见

各省、自治区、直辖市教育厅（教委），新疆生产建设兵团教育局，有关部门（单位）教育司（局），部属各高等学校、部省合建各高等学校：

安全是教育事业不断发展、学生成长成才的基本保障。近年来，教育系统树立安全发展理念，弘扬生命至上、安全第一的思想，高校实验室安全工作取得了积极成效，安全形势总体保持稳定。但是，高校实验室安全事故仍然时有发生，暴露出实验室安全管理仍存在薄弱环节，突出体现在实验室安全责任落实不到位、管理制度执行不严格、宣传教育不充分、工作保障体系不健全等方面。为深入贯彻落实党中央、国务院关于安全工作的系列重要指示和部署，深刻吸取事故教训，切实增强高校实验室安全管理能力和水平，保障校园安全稳定和师生生命安全，提出以下意见。

一、提高认识，深刻理解实验室安全的重要性

1. 进一步提高政治站位。各地教育行政部门和高校要从牢固树立“四个意识”和坚决做到“两个维护”的政治高度，进一步增强



《危险废物经营许可证管理办法》

●2017年，生态环境部将修订后的《危险废物经营许可证管理办法》向外部33个单位、内部13个部门公开征求意见；2020年，向社会公开征求意见。

●修订后管理办法第5条：仅收集、贮存、利用、处置本单位产生的危险废物的单位，无需申领危险废物经营许可证，依法执行排污许可证管理制度的要求。

禁止对外

达标排放

中华人民共和国生态环境部
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China

政府信息公开

名称	关于征求《危险废物经营许可证管理办法（修订草案）（征求意见稿）》意见的函		
索引号	000014672/2017-02162	分类	土壤环境管理
发布机关	环境保护部办公厅	生成日期	2017-12-22
文号	环办土壤函〔2017〕2001号	主题词	

关于征求《危险废物经营许可证管理办法（修订草案）（征求意见稿）》意见的函



《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案》

- 2021年5月11日，国务院办公厅印发了《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案》；6月17日，生态环境部就实施方案回答了记者提问。
- 第十一条：**鼓励在有条件的高校集中区域开展实验室危险废物分类收集和预处理示范项目建设。
- 第二十九条：**加强高校、科研院所的危险废物治理相关学科专业建设。加强危险废物相关从业人员培训，依托具备条件的危险废物相关企业建设培训实习基地。

禁止对外

达标排放



中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn

国务院

总理

新闻

政策

互动

服务

数据

首页 > 信息公开 > 国务院文件 > 城乡建设、环境保护 > 其他

索引号：000014349/2021-00044

发文机关：国务院办公厅

标 题：国务院办公厅关于印发强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案的通知

发文字号：国办函〔2021〕47号

主 题 词：

主题分类：城乡建设、环境保护\其他

成文日期：2021年05月11日

发布日期：2021年05月25日

国务院办公厅关于印发强化危险废物监管和
利用处置能力改革实施方案的通知

国办函〔2021〕47号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：
《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案》已经国务院同意，现印发给你们，
请认真组织实施。

国务院办公厅
2021年5月11日

（此件公开发布）

《关于进一步加强实验室危险废物管理工作的通知》

- 2020年，**江苏省**生态环境厅等5部门共同出台了《关于进一步加强实验室危险废物管理工作的通知》（苏环办[2020]284号）
- 文件要求：秉持绿色发展理念，按照“**减量化、资源化、无害化**”要求，支持产废单位购置设备对实验室废物进行净化和达标处理，切实减轻实验活动对生态环境的影响。

地方文件

严格管理

江苏省生态环境厅 江苏省教育厅 江苏省科学技术厅文件 江苏省卫生健康委员会 江苏省市场监督管理局

苏环办〔2020〕284号

关于进一步加强实验室危险废物 管理工作的通知

各设区市生态环境局、教育局、科技局、卫生健康委、市场监管局，各高等学校：

近年来，随着我省经济社会以及教育科研、医疗卫生等事业的不断发展，教育单位、科研院所、医院、检测机构等实验室建

《强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案》

- 2021年6月30日，**浙江省**生态环境厅出台了《浙江省强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案（征求意见稿）》。
- 第十条：**对环境风险小的危险废物类别实行特定环节豁免管理。
- 第十一条：**探索在高校集中区域开展实验室废弃物分类收集和预处理示范项目。

地方文件

严格管理

浙江省生态环境厅

浙江省生态环境厅关于征求《浙江省强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案（征求意见稿）》意见的函

各有关单位：

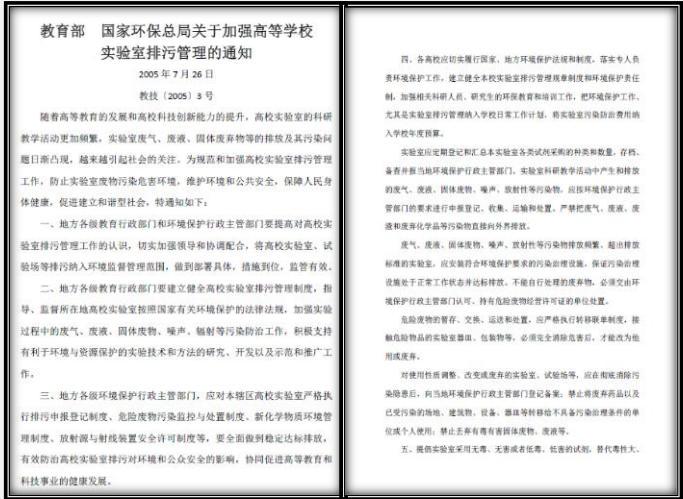
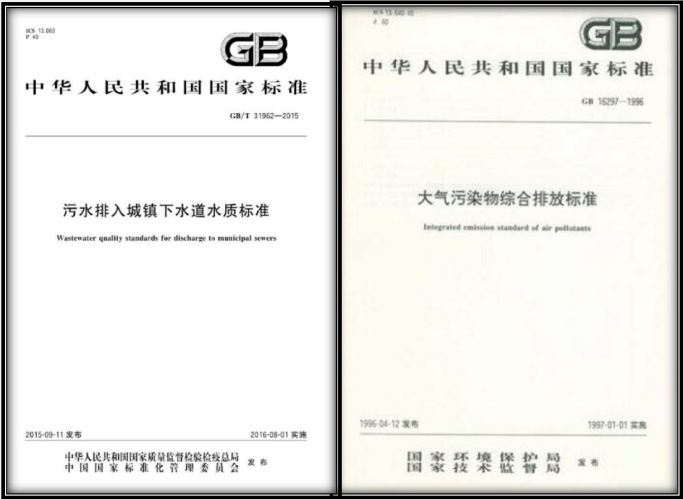
为贯彻落实《国务院办公厅关于印发强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案的通知》（国办函〔2021〕47号），根据省领导批示精神，我厅牵头起草了《浙江省强化危险废物监管和利用处置能力改革实施方案（征求意见稿）》。请贵单位研究提出意见，于7月15日前书面反馈我厅。其中，各设区市生态环境局须经市政府同意后反馈（反馈意见中注明“经市政府同意”）。

联系人：省生态环境厅土壤固废处 王叶杰

电 话：0571-28058157 传 真：0571-28869121

地 址：杭州市学院路117号





应满足两个基本条件：

- 一是不能以营利为目的**对外经营**；
- 二是废液经环保设施处理后必须**达标排放**，不能对周边环境造成污染

环保部《危险废物经营许可证管理办法(修订草案)(征求意见稿)》（2017.12）
第三十九条以下危险废物利用或者处置活动免于领取危险废物经营许可证：
(一)产生危险废物的单位在其厂区(场所)内，自行或者委托第三方专业机构对本单位产生的危险废物进行利用或者处置。
(二)在同一省级行政区内，同一母公司或集团公司所属的子公司之间使用共享设施，对各子公司产生的危险废物进行利用或者处置。
(三)仅将位于同一工业园区内的特定企业产生的特定种类的危险废物作为生产原料进行定向利用。
(四)以技术研发、验证为目的对危险废物进行利用或者处置。

生态环境部交流情况 (2020年12月4日)

- 高校通过实训平台自行处置的做法可行，但必须遵循两个原则：一是不能对外运营；二是稳定达标排放。
- 结合现有做法和案例，形成一套完备的技术资料，主要包括适用范围、处理工艺、规模、投资成本和经济效益等。同时，要充分考虑技术的集成化和智能化。
- 目前，徐州市是全国无废城市试点，可将中国矿业大学的做法作为一个案例融入到徐州无废城市建设中。

地方文件

严格管理



《大气污染物综合排放标准》

- 1996年，国家环保总局、国家技术监督局发布了《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- 标准中的要求：废气经治理达到《大气污染物排放标准》（GB16297-1996）二级要求后排放。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。

国家标准

技术规范





实验室VOCs排放控制标准

ICS 13.020.40
Z 05

DB11

北京市地方标准

DB11/T 1736—2020

实验室挥发性有机物污染防治技术规范

Technical specification for pollution prevention and control of volatile organic compounds emission from laboratory

2020-06-30 发布

2020-10-01 实施

北京市市场监督管理局

发布

ICS 13.020.40
Z 05

团体标准

T/ACEF 001—2020

实验室挥发性有机物污染防治技术指南

Technical guidelines for pollution prevention and control of Volatile Organic Compounds (VOCs) emission from laboratory

2020-06-28 发布

2020-07-01 实施

中华环保联合会

发布

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2026—2013

吸附法工业有机废气治理工程技术规范

Technical specifications of adsorption method for industrial organic emissions treatment project

2013-03-29 发布

2013-07-01 实施

环境保护部

发布



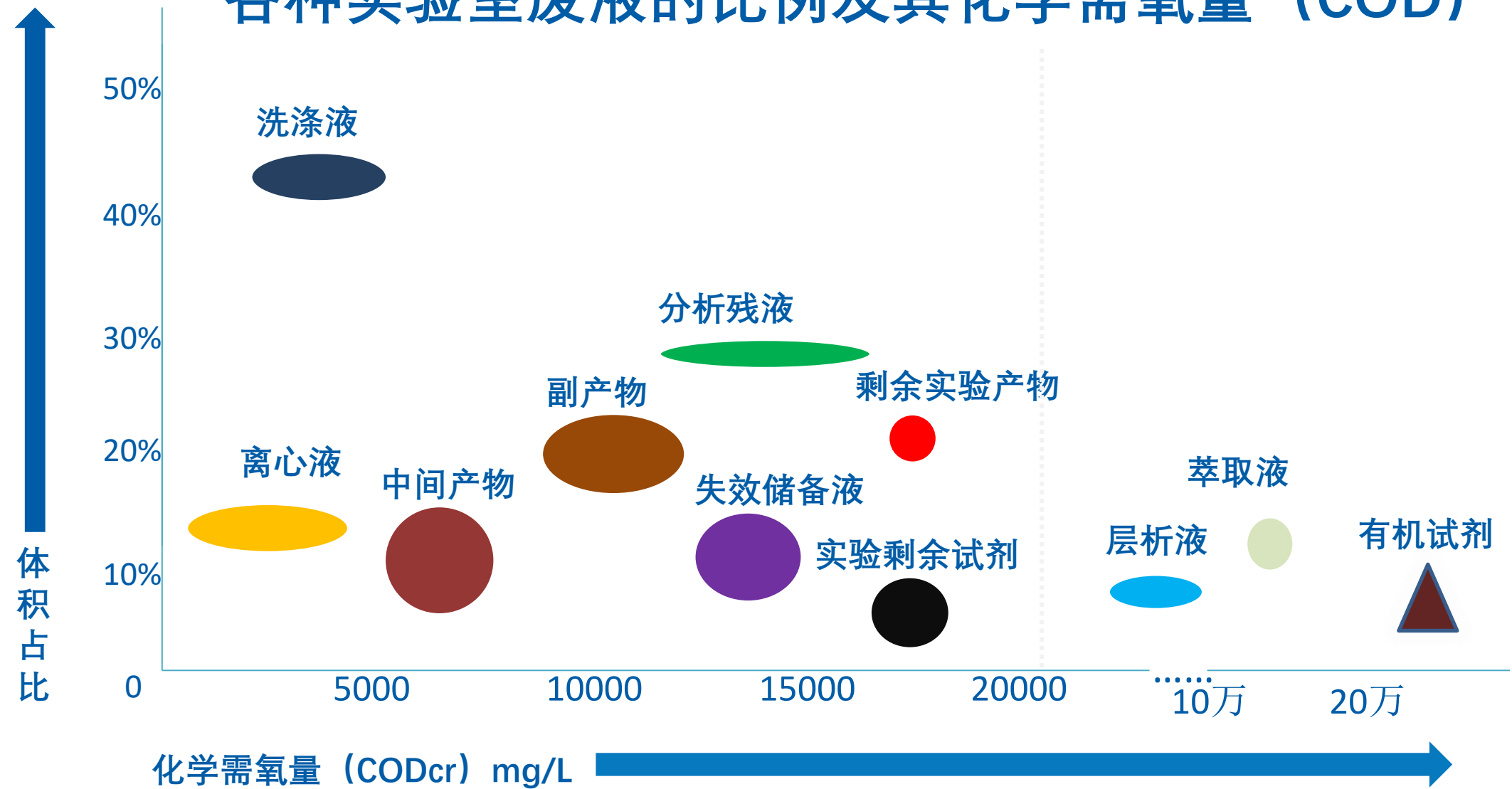
实验室内VOCs控制标准

臭气强度	0级	1级	2级	2.5级	3级	3.5级	4级	恶臭污染物排放标准 (厂界)	
单位:ppm	感觉不到臭味	勉强感觉到臭味	容易感到微弱臭味	感觉到明显臭味			感觉到强烈臭味	GB 14554-93 浓度限值	征求意见稿 浓度限值
氨	<0.1	0.1	0.6	1	2	5	10	1.5~5.0	0.2
硫化氢	<0.0005	0.0005	0.0006	0.02	0.06	0.2	0.7	0.06~0.6	0.02
甲硫醇	<0.0001	0.0001	0.0007	0.002	0.004	0.01	0.03	0.007~0.035	0.002
甲硫醚	<0.0001	0.0001	0.0002	0.01	0.05	0.2	0.8	0.07~1.10	0.02
二甲二硫	<0.0003	0.0003	0.003	0.009	0.03	0.1	0.3	0.06~0.71	0.05
三甲胺	<0.0001	0.0001	0.001	0.005	0.02	0.07	0.2	0.08~0.8	0.05
苯乙烯	<0.03	0.03	0.2	0.4	0.8	2	4	5.0~19	1.0

ICS 13. 040. 01 Z 50				GB			
中华人民共和国国家标准				GB/T 18883—2002			
室内空气质量标准				Indoor air quality standard			
污染物名称	I 类建筑工程	II类建筑工程	标准号				
甲醛	≤0.08mg/m3	≤0.10mg/m3	GB50325-2010				
苯	≤0.09mg/m3	≤0.09mg/m3	GB50325-2010				
氨	≤0.20mg/m3	≤0.20mg/m3	GB50325-2010				
TVOC	≤0.50mg/m3	≤0.60mg/m3	GB50325-2010				



各种实验室废液的比例及其化学需氧量（COD）





实验室废液（水）处理工艺及技术——实验室废液的特性

废液主要污染特征指标如下：

废液类别	无机废液	重金属废液	有机废液	含汞废液	含铬废液
收集量 (平均每周)	0.5m ³	0.1m ³	1.5m ³	0.025m ³	0.05m ³
主要水质指标 (平均值)	pH: 1-12 COD _{Cr} : 1000mg/L	pH: 5.6 Zn ²⁺ : 97mg/L Pb ²⁺ : 34mg/L Cu ²⁺ : 78mg/L	pH: 3.4 COD _{Cr} : 25500mg/L NH ₃ -N: 150mg/L TP: 69mg/L SS: 1100mg/L	pH: 6.7 Hg ²⁺ : 125mg/L SS: 320mg/L	pH: 5.2 Cr ⁶⁺ : 430mg/L

数据来源：某高校废液最大月收集量及水质检测平均值（年最大收集量100m³）

处理后水质要求：

根据要求，处理后出水排入城市下水道，因此出水水质均执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）中的**B级标准**。

项目	pH	COD _{Cr} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)
标准值	6.5-9.5	≤500	≤350	≤400	≤45

实验室废液（水）处理工艺及技术——实验室废液的特殊性

pH值

实验室废液的pH值一般为2-10，但其缓冲性极强

COD

实验室废液COD值随类型和批次变化较大，有机废液的COD值最高可达5万mg/L，一般在2-3.5万mg/L之间，B/C平均值小于0.05。

悬浮物

实验室废液悬浮物浓度随类型和批次变化较大，最高值可达30000mg/L，但悬浮物易于被去除。

氨氮及总氮

实验室废液氨氮以氨态氮和硝态氮为主，一般为150mg/L左右，有时高达600mg/L，有机氮占总氮的1/5~1/10浓度，随类型和批次变化较大，有时需要辅助物化脱氮。

重金属

实验室废液中重金属种类和浓度变化较大，浓度较高且常见的有铁、铅、铜、锌、锰等，对微生物有强烈的抑制作用。

营养元素比例失调

实验室废液有机物和氨氮含量高，磷元素有时缺乏，生化处理时需要进行水质调理。



1. 污染物种类繁多、形态复杂
2. 单一种类数量少、浓度变化大
3. 分散性、件数多
4. 具有毒性和腐蚀性等多种危害性，气味难闻

实验室废液（水）处理工艺及技术——境内外高校的经验



德国gehr公司一体化处理系统
降低实验室废水的BOD和脱氮



日本国立筑波大学实验室有机废
液处理中心



中国台湾成功大学实验
废液处理中心

国（境）外高校基本上是在水处理中心（环保中心）进行处理，处理中心无法处理的委托校外有资质的专业公司进行最终处置。

实验室废液（水）处理工艺及技术——非实验室废液的处理

垃圾
渗滤
液处
理工
艺

混凝沉淀

电芬顿氧化预处理

厌氧生化

MBR系统 (AO+RO)

纳滤

类

比

氧化还原分类预处理

高级氧化

一级物化前处理

二级物化处理

三级生化处理

化学沉淀

过滤消毒



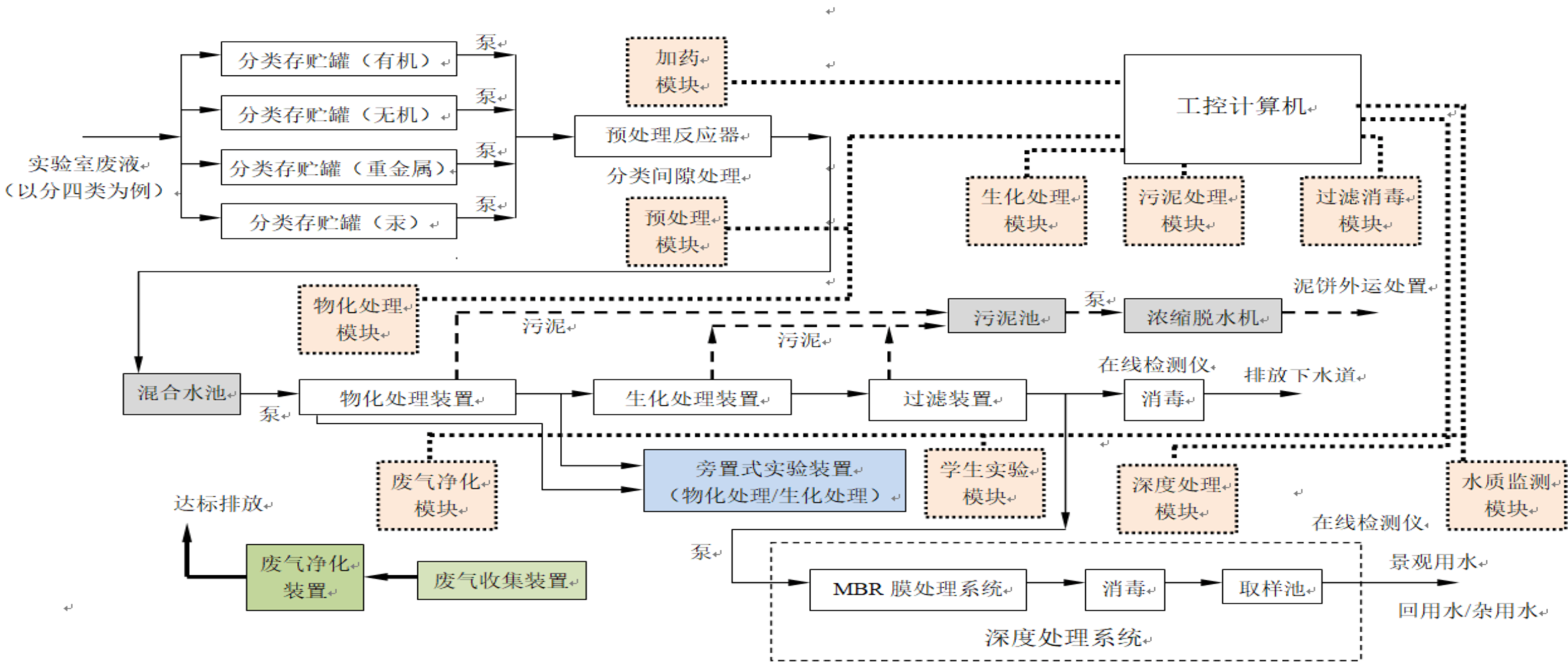


实验室废液（水）处理工艺及技术——集成处理技术原理

由于实验室废液水质的特殊性，导致实验室废液处理是一个复杂的过程。由于成分复杂性、污染物质复杂多变等原因，实验室废液处理需要多重处理工艺相结合的集成处理方案，才能完成实验室废液的有效处理。



实验室废液处理工艺流程框图

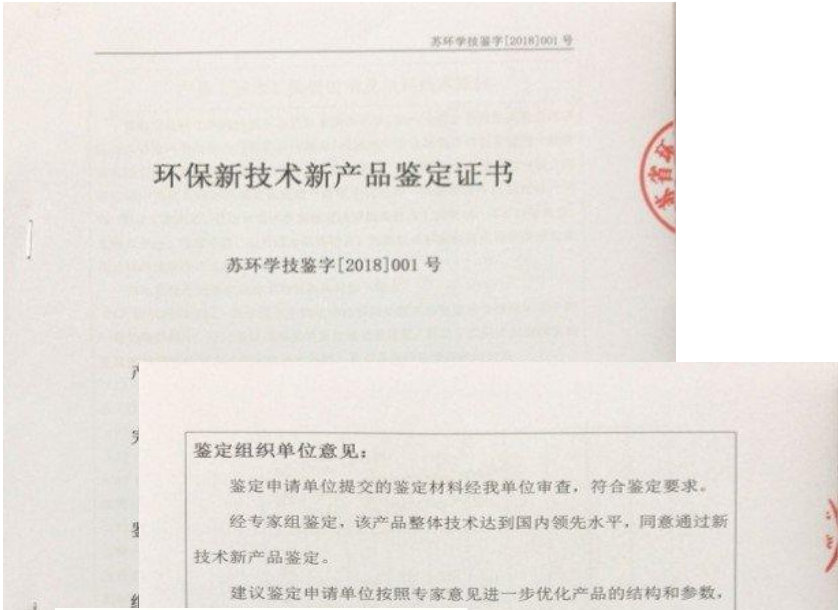


- ✓处理过程常温、常压，确保了过程的**安全性**
- ✓采用**分类收集**和**分类处理**原则，降低了废液处理难度，提高了处理的效率。
- ✓工艺流程采用多级串联模式，对各种复杂成分、具有良好的**适应性**。
- ✓采用**模块化设计**，具有较强的组合型、开放性和可扩展性
- ✓采用**全自动过程控制**模式。自动控制部分包含工控组态系统-现场控制单元-水质传感器测控，可实现对主要监控对象的远程数据在线检测、处理与控制。



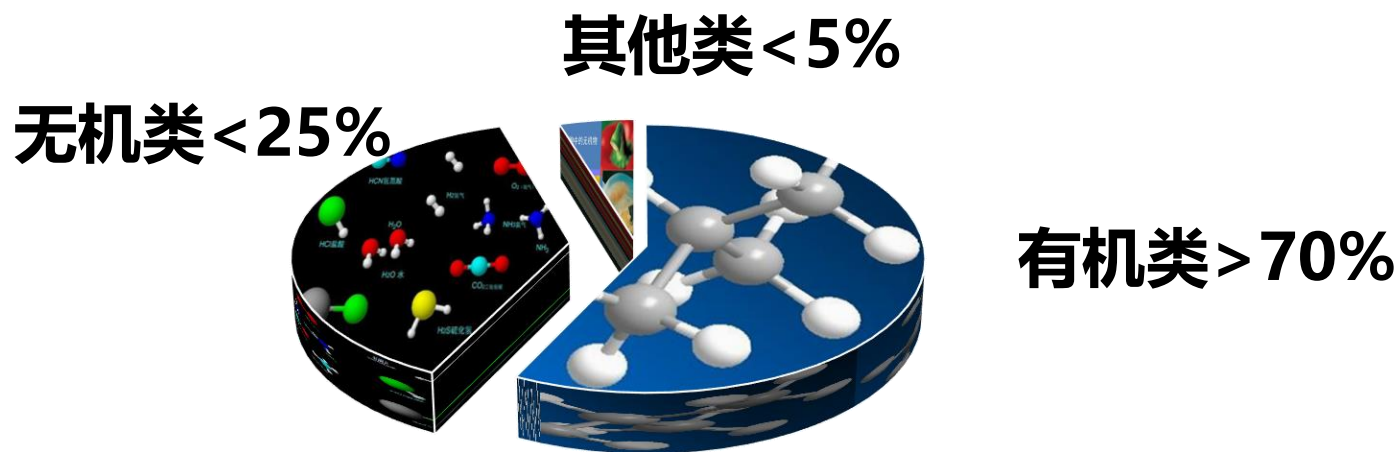
实验室废液（水）处理工艺及技术——集成处理技术的成效

- 1.实现了废液的无害化处理，能实现**长期稳定达标排放**；
- 2.能同时解决实验楼实验室**洗涤废水处理**问题；
- 3.有效利用部分废弃试剂，做到**以废制废**；
- 4.研究成果通过**省级鉴定**，取得多项**专利授权**。



实验室废气净化工艺及技术——实验室废气的特性

实验室废气成分上主要有三大特性：**不同挥发性、不稳定性、易混合反应。**



实验室废气的组成

实验室废气的特点：

❖种类繁多，成分复杂

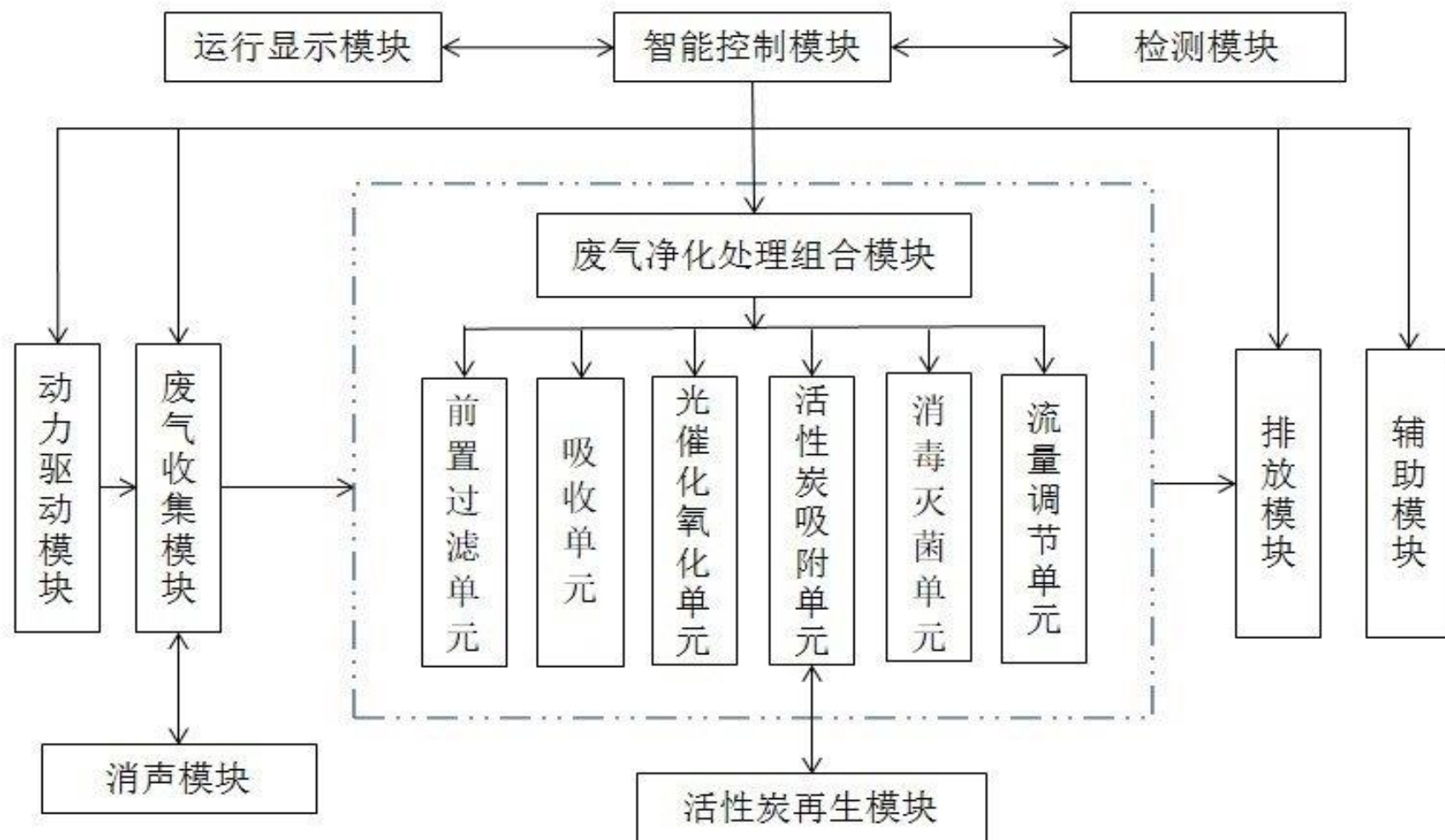
❖风量较大，浓度较工业废气低

❖排放浓度及排放量极不稳定

❖产生点源分散，呈立体型污染



实验室废气净化组合工艺技术体系集成了目前废气净化领域的最新技术和最新工艺，包括物理过滤工艺、可溶性及酸雾喷淋法吸收工艺、光催化氧化技术、活性炭吸附与热空气原位再生工艺、变频风机加电动调节风阀联动调节技术等。



实验室废气净化工艺及技术——组合处理技术

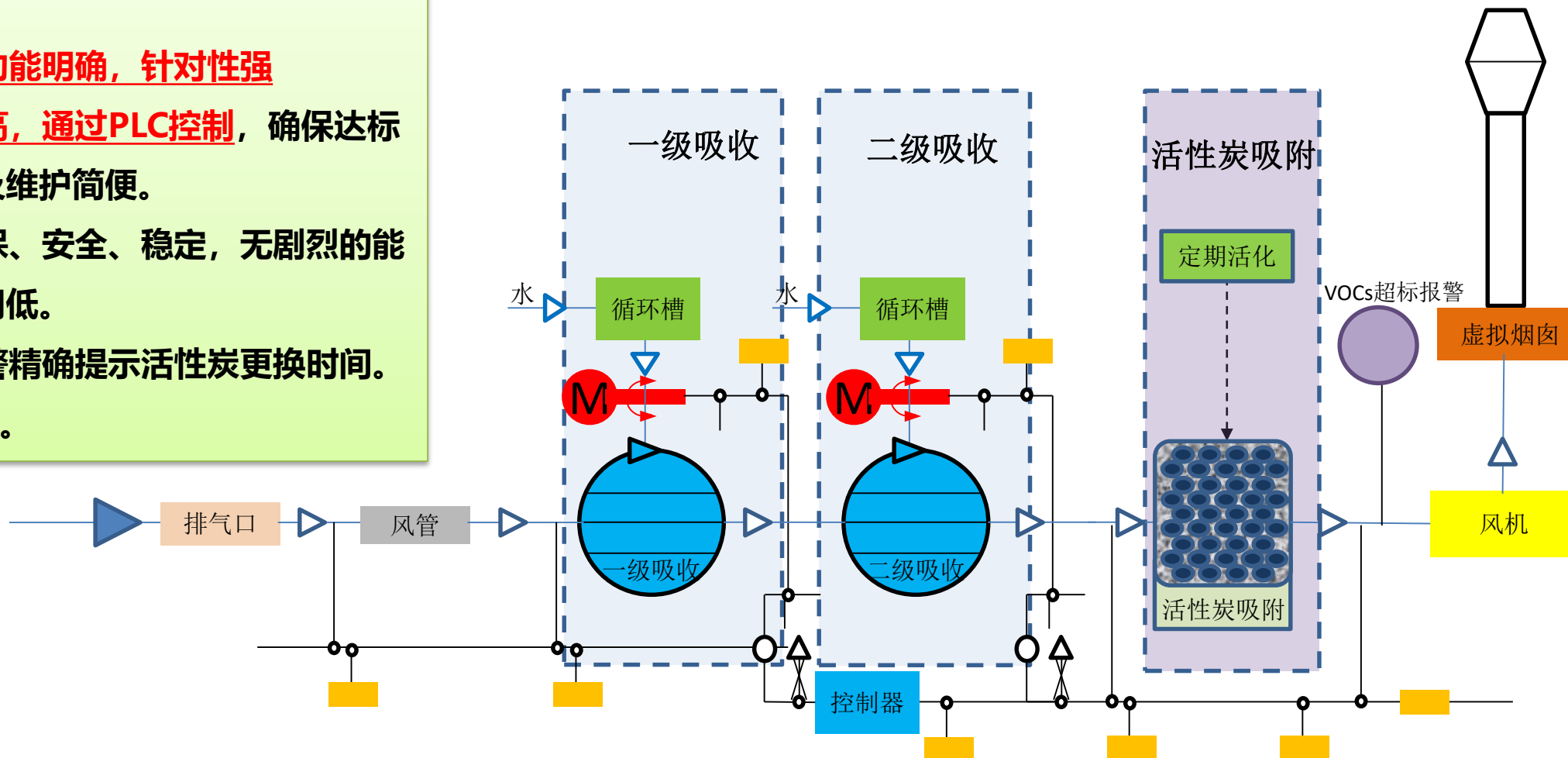
混合废气: **一级吸收+二级吸收+活性炭吸附**

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。**

混合废气

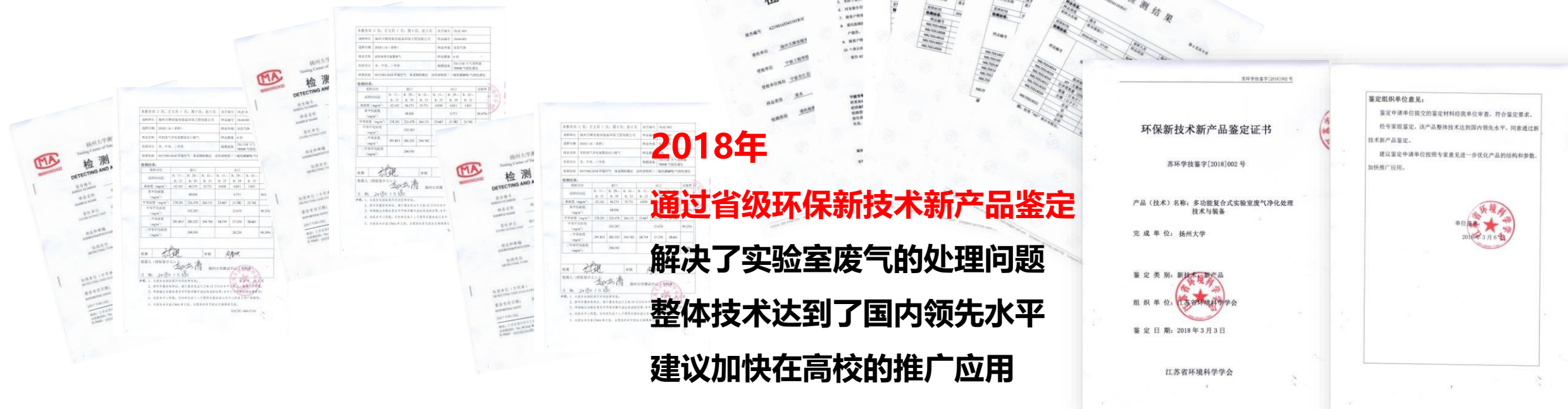
有机废气、无机废气, 其他废气等



实验室废气净化工艺及技术——主要成效



部分高校实验室废气处理第三方检测报告，结论：达标排放



2018年
通过省级环保新技术新产品鉴定
解决了实验室废气的处理问题
整体技术达到了国内领先水平
建议加快在高校的推广应用



实验室污染治理技术——校企合作双百计划

“校企合作 双百计划” 入围2020年度典型案例提名

“实验室废液处理集成技术与装备” 和 “复杂成分实验室废气净化一体化处理成套技术装备研发”
产学研项目接受2020 年度中国高教学会、中国
高等教育博览会双走访活动现场考察





“校企合作 双百计划” 入围2020年度典型案例提名

专家组对提名案例给予了高度评价，认为：

一是该案例是校企深度合作的产物，**合作成果再次反哺高校，具有典型性；**

二是该案例成果**解决了高校实验室环境安全的痛点**，能有效防止实验室废气对环境的污染，符合国家环保对大气污染防治的重点需求，值得倡导推动带头典型示范作用；

三是该案例具有科学性、特色性和典型性，**尤其是实效性和推广性特别强，非常希望能在高校推广应用；**

四是该案例双聚焦有特色，学校关注，对**人才培养有帮助**，对企业科技创新有推动。





PART FOUR

高校实验室环境污染治理集成技术的应用

- 实验室废液（水）处理技术的应用
- 实验室废（尾）气处理技术的应用



实验室废液(水)处理技术的应用

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100m³/y, 实验室废水20m³/d	2011年投入运行
延边大学	废液60m³/y, 实验室废水15m³/d	2018年投入运行
宁波工程学院	废液60m³/y, 实验室废水16m³/d	2019年投入运行
中国矿业大学	废液80m³/y, 实验室废水20m³/d	2019年投入运行
阜阳师范大学	废液60m³/y, 实验室废水30m³/d	2020年投入运行
浙江工业大学	废液120m³/y, 预留扩展至200m³/y	2021年投入运行
江苏科技大学	实验室废水50m³/d, 预留废液20m³/y	2021年投入运行
拟建高校：全国有十多所高校正在申报、设计、招标过程中		





实验室废液(水)处理技术的应用

水污染治理与控制实训中心



废液废水建设案例

中国矿业大学实验室废液废水处理装置

Waste water treatment device of Laboratory of China University of mining and technology



实验室废液(水)处理技术的应用

2019年11月
交付使用

80m³
废液年处理量

20m³
废水日处理量

实习、实验、实
训教学平台

废液废水建设案例

中国矿业大学实验室废液废水处理装置

Waste water treatment device of Laboratory of China University of mining and technology

实验室废液(水)处理技术的应用

学生实验实训系统：由旁置式实验装置、实验台、水处理实验装置、实训教学教室、控制室组成。

建设实训中心可 以实现以下功能：

对专业认证具有重要
支撑作用。

改善环境工程专业的实
验教学条件；构建具有系
统先进、典型示范的本科
综合实验教学与实训体系。

提升环境工程专业学
生综合实践能力和创新能
力。。



实验室废液(水)处理技术的应用

(2019)徐测(水)字第(319)号

原水指标

检测结果

表1、废水检测结果

采样点位		废水进口	
采样时间		2019年11月15日 14时46分	2019年11月15日 16时35分
样品编号		B19WT287 Sw01-1	B19WT287 Sw01-2
化学需氧量	mg/L	2.50×10^4	2.53×10^4
悬浮物	mg/L	105	95
氨氮	mg/L	494	505
总磷	mg/L	229	246
样品状态		暗黄色、刺激性气味、无浮油	暗黄色、刺激性气味、无浮油

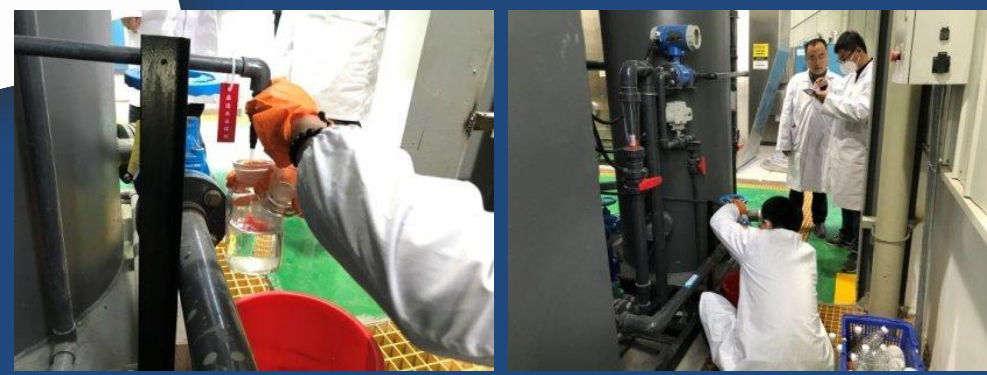
(2019)徐测(水)字第(319)号

出水指标

检测结果

表1、废水检测结果(续1)

采样点位		废水出口		《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015)表1B级标准限值	达标情况
采样时间		2019年11月15日 14时53分	2019年11月15日 16时40分		
样品编号		B19WT287 Sw02-1	B19WT287 Sw02-2		
化学需氧量	mg/L	100	78	500	达标
氨氮	mg/L	0.276	0.249	45	达标
总磷	mg/L	0.01	0.01	8	达标
总锌	mg/L	0.60	0.65	5	达标
总铅	mg/L	ND	ND	0.5	达标
总铜	mg/L	ND	ND	2	达标
总汞	mg/L	4.1×10^{-4}	8.5×10^{-4}	0.005	达标
样品状态		无色、刺激性气味、无浮油	无色、刺激性气味、无浮油	/	/



原水COD由25300mg/L
降至100mg/L左右

实现达标排放



实验室废液（水）处理技术的应用

10年
累计运行

100m³
废液年处理量

20m³
废水日处理量

30万元/年（平均）
运行费用



水污染控制与治理实训中心

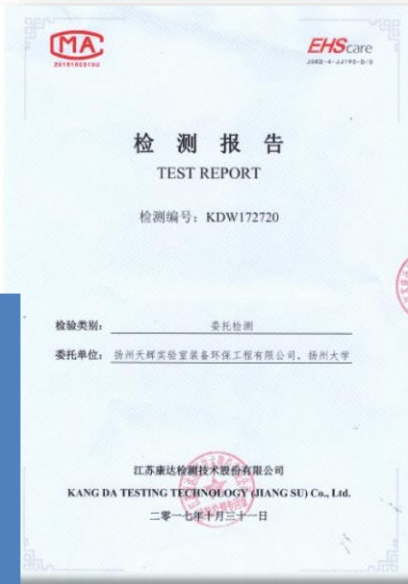
扬州大学水污染控制与治理实训中心

Waste water treatment device of Yangzhou University Laboratory

实验室废液(水)处理技术的应用



原水COD由
20200mg/L降
至200mg/L以
下



原水氨氮由
144mg/L降至
10mg/L以下

JSK-4-JJ190-D/0

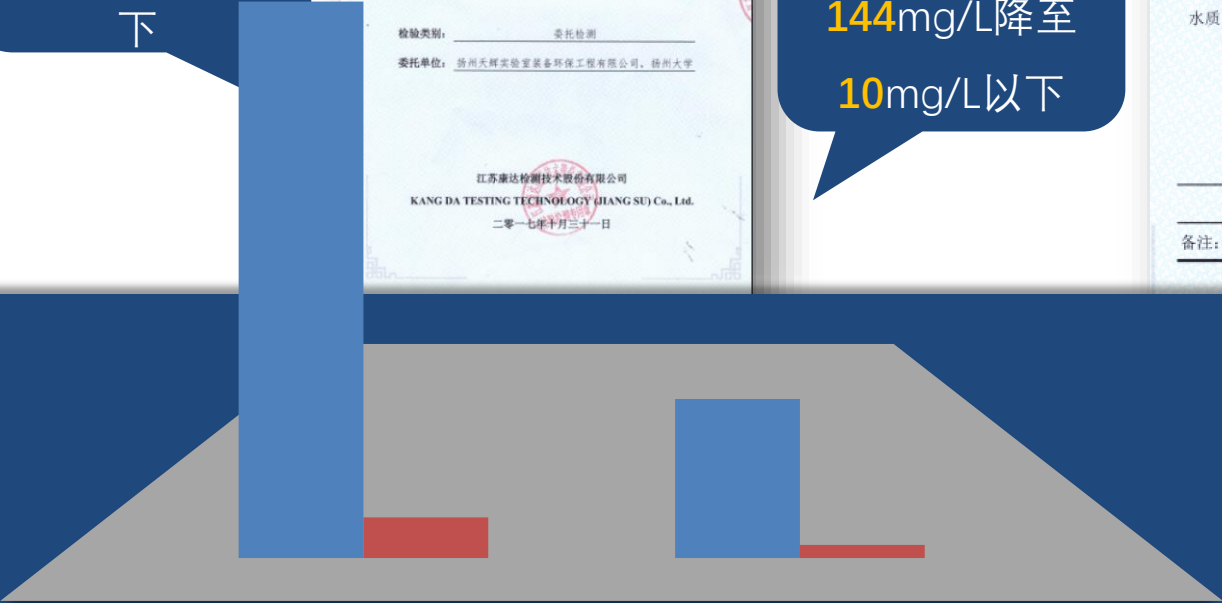
KDW172720

质量控制结果统计表

类别	项目	样品数 (个)	平行样检查								加标回收检查					有证物质	
			现场平行				实验室平行				空白加标		样品加标				
			平行样 (个)	质控 方式	计算值 %	控制值 %	平行样 (个)	计算 方式	计算值 %	控制值 %	加标样 (个)	回收率 (范围)%	加标样 (个)	回收率 (范围)%	指标 控制%	检测值 (mg/L)	标准值 (mg/L)
水质	总磷	1	/	/	/	/	1	②	0	20	/	/	/	/	/	0.449	0.451±0.018
	pH值	2	/	/	/	/	1	④	0	0.1pH	/	/	/	/	/	4.11 (无量纲)	4.12±0.07 (无量纲)
	COD _{Cr}	2	/	/	/	/	1	②	2.0	10	/	/	/	/	/	154	151±8
	氨氮	2	/	/	/	/	1	②	0.4	10	/	/	/	/	/	0.444	0.453±0.015
	铜	1	/	/	/	/	1	①	0.8	20	1	95.0	/	/	/	/	/
	铅	1	/	/	/	/	1	①	/	/	1	96.3	/	/	/	/	/
	锌	1	/	/	/	/	1	①	/	/	1	99.3	/	/	/	/	/
	总汞	1	/	/	/	/	1	①	0	20	1	101	/	/	/	/	/
质控率%		/					50.0~100				100		/			/	

备注：①相对偏差；②相对允许差；③相对标准偏差；④绝对允许差。

*****报告结束*****



生化需氧量 氨氮 ■ 原水 ■ 处理排水

99.9%

实验室废液（水）处理技术的应用



扬州大学水污染控制与治理实训中心

学生实验实训系统

能实现环境工程类专业实验、毕业实习、工程能力训练等功能

由旁置式实验装置、实验台、水处理实验装置、实训教学教室、控制室组成。



2017年交付使用

设计年处废液理量 35m^3



延边大学实验室废液废水处理装置

Waste water treatment device of Yanbian University Laboratory

实验室废液(水)处理技术的应用



表 1 污水排入城镇下水道水质等级标准(最高允许值,pH 值除外)

序号	控制项目名称	单位	A 等级	B 等级	C 等级
1	水温	℃	35	35	35
2	色度	倍	50	70	60
3	易沉固体	mL/(L·15 min)	10	10	10
4	悬浮物	mg/L	400	400	300
5	溶解性固体	mg/L	1 600	2 000	2 000
6	动植物油	mg/L	100	100	100
7	石油类	mg/L	20	20	15
8	pH 值	—	6.5~9.5	6.5~9.5	6.5~9.5
9	五日生化需氧量(BOD ₅)	mg/L	350	350	150
10	化学需氧量(COD)*	mg/L	500(800)	500(800)	300
11	氨氮(以 N 计)	mg/L	45	45	25
12	总氮(以 N 计)	mg/L	70	70	45
13	总磷(以 P 计)	mg/L	8	8	5
14	阴离子表面活性剂(LAS)	mg/L	20	20	10

3

pH、 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、SS 监测结果详见表 2。

表 2 有机废液样品监测结果一览表 单位:mg/L (pH 无量纲)

监测点位	采样日期	监测项目				
		pH	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$	SS	TP
有机废液储罐	2017.05.23	3.19	23780	194	422	30

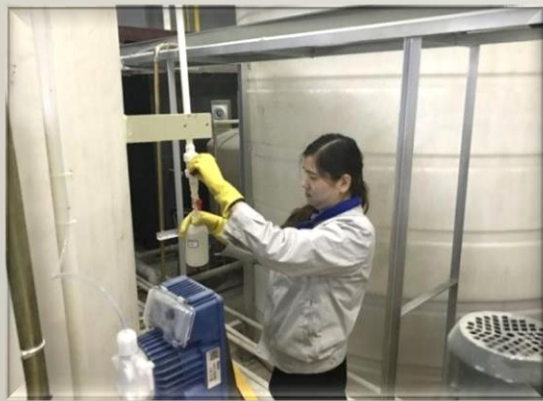
有机废液储罐	2017.05.23	3.19	23780	194	422	30
--------	------------	------	-------	-----	-----	----

表 3 处理后出水样品监测结果一览表 单位:mg/L (pH 无量纲)

监测点位	采样时间	监测项目								
		pH	COD	NH ₃ -N	SS	TP	Zn	Pb	Cu	Hg
处理后出水	10 时	7.40	165.5	13.14	28	1.038	0.06	0.08	0.73	未检出
处理后出水	13 时	7.51	180.6	13.58	21	1.077	0.11	0.24	0.88	未检出
处理后出水	16 时	7.54	180.6	13.29	24	1.042	0.09	0.40	1.18	未检出

处理后出水	10 时	7.40	165.5	13.14	28	1.038	0.06	0.08	0.73	未检出
处理后出水	13 时	7.51	180.6	13.58	21	1.077	0.11	0.24	0.88	未检出
处理后出水	16 时	7.54	180.6	13.29	24	1.042	0.09	0.40	1.18	未检出

检测结论：达标排放





实验室废液（水）处理技术的应用

2019年
交付使用

60m³
废液年处理量

20m³
废水日处理量

16万元/
年运行费用



化工水污染治理与控制实训中心



宁波工程学院
NINGBO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

宁波工程学院实验室废液废水处理装置

Waste water treatment device of Laboratory of Ningbo Institute of Engineering

实验室废液(水)处理技术的应用

化工水污染治理与控制实训中心 旁置式实验装置

学生实验实训系统，实现化工工程类专业实验、毕业实习、工程能力训练等功能，由旁置式实验装置、现场控制、中央控制室组成。



采用成熟的全流程常温、常压工艺进行分类处理，在线COD监测处理出水，达标后排入市政下水道。



实验室废液(水)处理技术的应用



宁波工程学院
NINGBO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



检测报告

报告编号 A2190214424101C 第1页共8页

委托单位 宁波工程学院

受检单位 宁波工程学院化工水污染治理与控制实训中心

受检单位地址 宁波市江北区风华路201号

样品类型 废水

检测类别 委托检测



No.2095516159



原水指标

检测结果

报告编号 A2190214424101C

第3页共8页

表1:

样品信息:			
样品类型	废水	采样人员	余毅豪、史习伟
采样点名称	氧化还原进水采样阀	样品状态	暗棕、较浑浊、较腥臭味、无浮油
采样时间	2019-08-23 09:09	检测日期	2019-08-23~2019-08-26
检测结果:			
样品编号	检测项目	结果	单位
NBL81914007	pH(无量纲)	4.06	/
NBL81914003	悬浮物	240	mg/L
NBL81914005	化学需氧量	7.13×10^4	mg/L
NBL81914009	总磷	16.5	mg/L
NBL81914001	氨氮	60.2	mg/L



出水指标

检测结果

报告编号 A2190214424101C

第5页共8页

表3:

样品信息:				
样品类型	废水	采样人员	余毅豪、史习伟	
采样点名称	废水排放口	样品状态	微黄、微浑浊、微弱异味、无浮油	
采样时间	2019-08-23 09:23	检测日期	2019-08-23~2019-08-26	
检测结果:				
样品编号	检测项目	结果	中华人民共和国国家标准 《污水排入城镇下水道水质标准》 (GB/T 31962-2015) 表1 污水排入城镇下水道水质控制项目限值 B级	单位
NBL81914013	悬浮物	12	400	mg/L
NBL81914017	pH (无量纲)	7.59	6.5~9.5	/
NBL81914015	化学需氧量 (COD)	48	500	mg/L
NBL81914011	氨氮 (以 N 计)	42.0	45	mg/L
NBL81914019	总磷 (以 P 计)	0.45	8	mg/L
NBL81914023	总汞	1.6×10^{-4}	0.005	mg/L
NBL81914021	铅	ND	0.5	mg/L
	总铜	ND	2	mg/L
	总锌	0.036	5	mg/L

注:结果“ND”表示未检出。



2019年7月5日和8月23日
第三方现场采样检测。

检测结论: 达标排放

实验室废液（水）处理技术的应用

处理能力:

各类废液 $120\text{m}^3/\text{年}$ (可升级至 $200\text{m}^3/\text{年}$ 废液废水处理装置)

工艺流程:

成熟可靠的常温常压

达标排放保证:

全自动过程控制, 在线监测

废液类别

有机、无机、重金属等。含水溶性和非水溶性废液

实训功能:

环境、化工专业实验实训



浙江工业大学实验副产物绿色转化中心



实验实训系统：旁置式实验装置、分析实验室、线上教学实验室、实训教学教室、有机溶剂提纯装置组成。



实验室废液（水）处理技术的应用

江苏科技大学实验室废水（液）处理装置

- 1、实验室高浓度废水(COD小于3000);
- 2、**常温、常压**、无激烈化学反应、无二次污染;
- 3、专利技术，多流程处理，**稳定达标排放**;
- 4、自动化程度高，**全自动运行**，无须专人职守;
- 5、**在线监测**功能;
- 6、具有学生**实训功能**;
- 7、远程服务、故障自动报警及处理功能;

设施建设规模：100m³废水收集池一座；50m³/d废水处理装置一套，预留20m³/年废液处理装置接口，**增加了环境类实训装置及学习设施**。**全自动运行一体化设备，无人值守运行方式**。地下室一体化设备式，占地面积约为260m²。



实验室废液（水）处理技术的应用

- 1、实验室废水(COD3000以下);
- 2、**常温、常压**、无激烈化学反应、无二次污染;
- 3、专利技术, 多流程处理, **稳定达标**排放;
- 4、自动化程度高, **全自动运行**, 无须专人职守;
- 5、**在线监测**功能;
- 6、**远程服务**、故障自动报警及处理功能;



实验室废水处理设备的处理量等级
10T\20T\30T\50T\100T及以上

扬州大学功能材料研究所



高校实验室废气处理装置建设一览表

学校名称	规模	现状
华中科技大学材料学院	通风终端：90台(套)，变频系统，总处理风量110000m³/h	投入运行
浙江大学化学物理地科	通风终端：253台(套)，变风量系统，总处理风量640000m³/h	投入运行
浙江工业大学化工学院	通风终端：221台(套)，变风量系统，总处理风量270000m³/h	投入运行
江南大学食品生工学院	通风终端：150台(套)，变风量系统，总处理风量220000m³/h	投入运行
华中科技大学化工学院	通风终端：210台(套)，变风量系统，总处理风量330000m³/h	投入运行
广西大学化工生科学院	通风终端：60台(套)，变风量系统，总处理风量80000m³/h	投入运行
其他高校：中国矿业大学、扬州大学、南通大学、常州大学、宁波工程学院等等		投入运行
在建高校：南宁师范大学、河北医科大学等等		
拟建高校：全国有数十所高校正在申报、设计、招标过程中		



实验室废 (尾) 气处理集成技术应用



华中科技大学

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY



华中科技大学实验室废气处理装置

Waste gas treatment device in Laboratory of Huazhong University of science and technology

实验室废(尾)气处理集成技术应用



检测报告

中测检字[2018]777号

项目名称: 废气、噪声
委托单位: 扬州天顺实验室
检测类别: 环境检测
报告日期: 2018.8.10
单位: (盖章)

BYT 博源中测

检测报告

报告编号(Report ID): 中测检字[2018]777号 第 1 页, 共 11 页

一、项目由来

扬州天顺实验室环保工程有限公司于2018年07月30日委托武汉博源中测检测技术有限公司对华中科技大学化学楼1-2层实验室通风系统建设工程废气、噪声及振动进行检测。我单位接受委托后,依据国家有关环境监测技术规范和相关标准,组织技术人员进入现场,对华中科技大学化学楼1-2层实验室通风系统建设工程废气进行检测,对采集样品进行检测,并对噪声和振动进行现场检测,根据检测结果编制完成本项目废气、噪声、振动检测报告。

二、企业概况

1、基本情况

企业名称	企业地址
华中科技大学化学楼	武汉市洪山区珞喻路1037号

2、被检测污染源及治理设施

污染源名称	主要污染物	治理设施	排放规律
实验室废气	非甲烷总烃、颗粒物	臭氧催化氧化+活性炭吸附+UV光解	连续排放
振动	振动	—	—
噪声	噪声	—	连续排放



检测报告

报告编号(Report ID): 中测检字[2018]777号 第 10 页, 共 11 页

表 3 环境振动检测结果

检测日期	检测点位	检测结果dB(A)	
		VL _{Zeq}	VL _{max}
2018年07月31日 (昼间 9:00~10:00)	4#风机边(风机关)	85.21	86.68
	1#2#3#中间点(风机关)	62.95	74.76
	1#2#3#中间点(风机开)	76.22	79.00
	4#风机边(风机开)	88.81	90.30
	5#(106,108)	61.40	65.01
	6#(107)	53.92	62.21
	7#(102-1)	53.03	60.16
	8#(102)	56.49	62.26
	9#(202,204)	56.98	61.31
	10#(207,205)	60.67	64.98
2018年08月01日 (昼间 9:00~10:30)	4#风机边(风机关)	86.84	87.89
	1#2#3#中间点(风机关)	58.94	62.72
	1#2#3#中间点(风机开)	65.15	67.84
	4#风机边(风机开)	88.91	91.28
2018年08月02日 (昼间 9:00~11:00)	4#风机边(风机关)	90.23	91.51
	1#2#3#中间点(风机关)	58.28	63.07
	1#2#3#中间点(风机开)	63.20	69.81
	4#风机边(风机开)	90.38	92.29

结论: 废气处理达标排放, 通风系统工程主要指标达到国家标准规范, 通过验收。



检测报告

报告编号(Report ID): 中测检字[2018]777号 第 11 页, 共 11 页

表 3 环境振动检测结果(续表)

检测日期	检测点位	检测结果dB(A)	
		VL _{Zeq}	VL _{max}
2018年08月03日 (昼间 17:10~17:40)	4#风机边(风机关)	88.74	89.75
	1#2#3#中间点(风机关)	56.67	62.24
	1#2#3#中间点(风机开)	62.81	74.16
	4#风机边(风机开)	89.61	91.52
2018年08月04日 (昼间 17:10~17:40)	4#风机边(风机关)	91.16	92.72
	1#2#3#中间点(风机关)	55.97	63.20
	1#2#3#中间点(风机开)	61.41	64.04
	4#风机边(风机开)	86.09	89.45

编制: 齐二 复核: 罗利霞 审核: 张红伟
日期: 2018.08.10 日期: 2018.08.10 日期: 2018.8.10
报告结束



华中科技大学实验室废气处理装置

Waste gas treatment device in Laboratory of Huazhong University of science and technology



实验室废 (尾) 气处理集成技术应用



本项目为紫金港西区理工农组团（涉及化学系、地科学院、物理系等3个院系）实验室排风系统，
合同金额：**1700万元**，其中共有排风柜**253台**，废气处理系统**40套**系统，其中：**13套**有机废气、**21套**混合废气、**6套**无机废气处理变频通风系统。

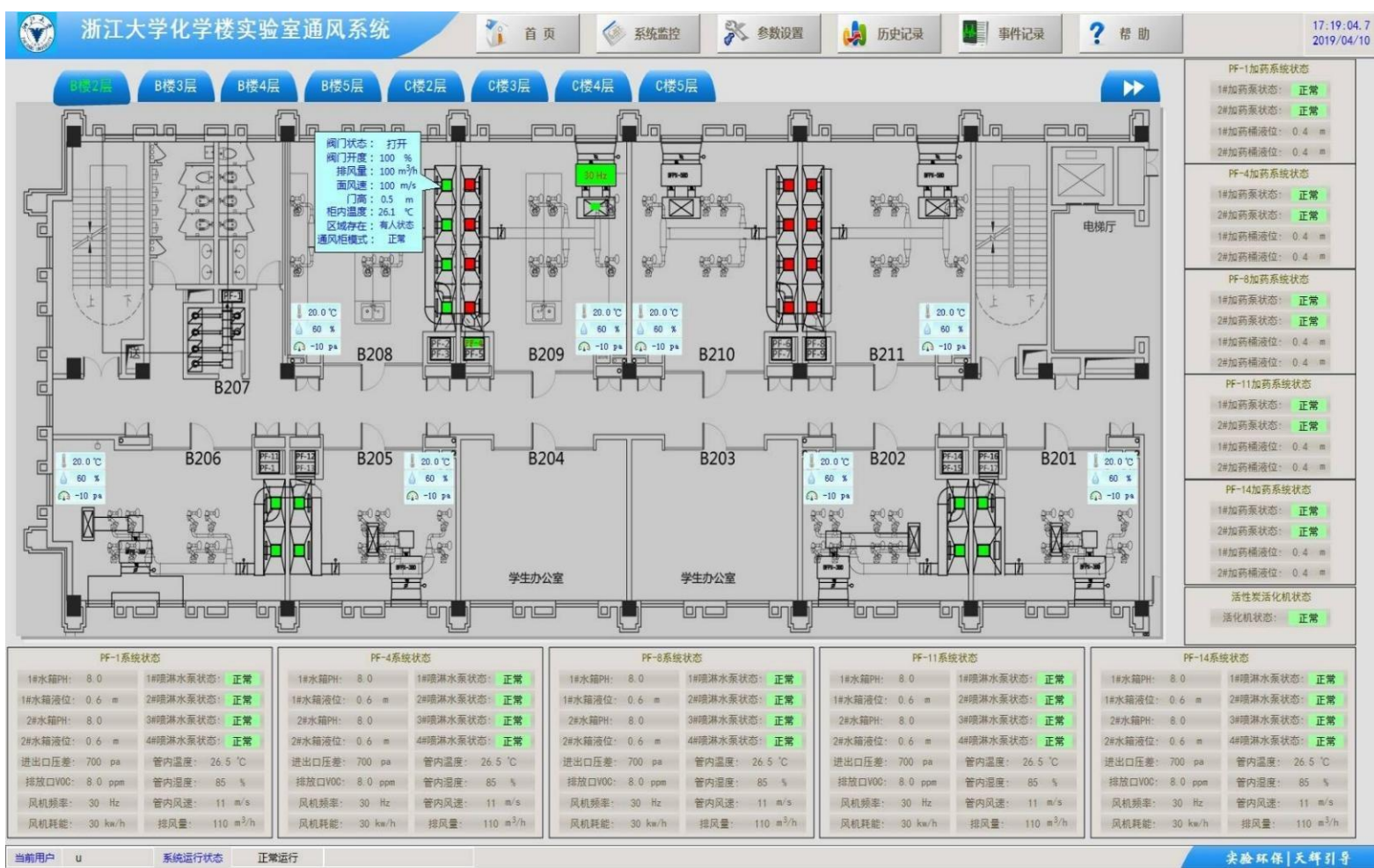


浙江大学实验室废气处理装置

Waste gas treatment equipment of Zhejiang University Laboratory



实验室废(尾)气处理集成技术应用



- 1, 实时监控全楼系统运行状态;
- 2, 实时联动新风保证室内微负压;
- 3, 实时在线监控通风柜运行参数;
- 4, 实时显示活化装置运行状态;
- 5, 实时在线监控TVOC、pH.

紫金港西区理工农组团通风 废气处理自控系统



浙 江 大 学 实 验 室 废 气 处 理 装 置

Waste gas treatment equipment of Zhejiang University Laboratory



实验室废 (尾) 气处理集成技术应用

装置处理规模 $10000\text{m}^3/\text{h}$, 净化效率大于98%, 处理后的废气排放达到《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)。

配置:

双级两相错流吸收液吸收/
催化氧化/
活性炭吸附 /
全流程自控系统/
自动加药系统/
在线PH/在线TVOC/
在线温湿度/风速/报警/
自动补(排)液系统



中国矿业大学实验室混合废气处理装置

Mixed waste gas treatment device in Laboratory of China University of mining and technology



实验室废(尾)气处理集成技术应用



浙江工业大学
ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

浙江工业大学化工4号楼实验室通风及废气处理系统工程包含：台式通风柜**123**个，桌上型通风柜**100**个，通风试剂柜**57**个，不锈钢排风罩**30**个，万向抽气罩**195**个以及各类实验台柜等，总共**17**套通风系统，其中废气处理装置的有8套。



浙江工业大学实验室废气处理装置

Waste gas treatment equipment of Zhejiang University Laboratory

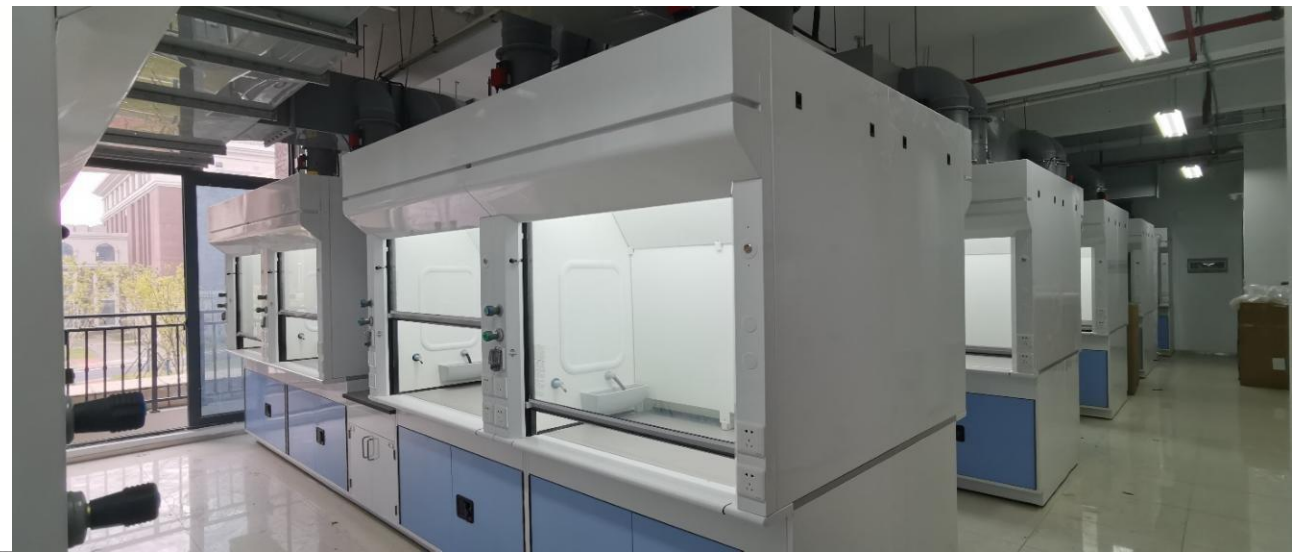
实验室废(尾)气处理集成技术应用



浙江工业大学
ZHEJIANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VAV变风量通风系统

通风管道采用V0级抗紫外线
防腐阻燃PP板材，延长管道使
用寿命。



通过VAV变风量系统的
变风量蝶阀**2S快速稳定控制**，
保证视窗平均**面风速恒定在**
0.5M/S；

废气处理配套必备装置（**活性炭的再生装置**）：该装置集**再生、吸收、控制**于一体；自动化程度高，脱附时采用热风循环利用，具有脱附效率高、能耗低的优点；脱附废气采用吸收方式净化处理达标排放；适用范围广。通过本装置可使活性炭达到**五次**以上活化再生。



废气处理系统配套装置-活性炭活化机

实验室废 (尾) 气处理集成技术应用



2020年12月22日，用户、天辉公司、第三方机构代表现场鉴证采样

通过国家CMA计量认证的环保类检测第三方机构-德清中天环科检测有限公司检测



PART FIVE

中国矿业实训中心的建设历程与成效

- 历程
- 成效



水污染治理与控制实训中心

——建设背景

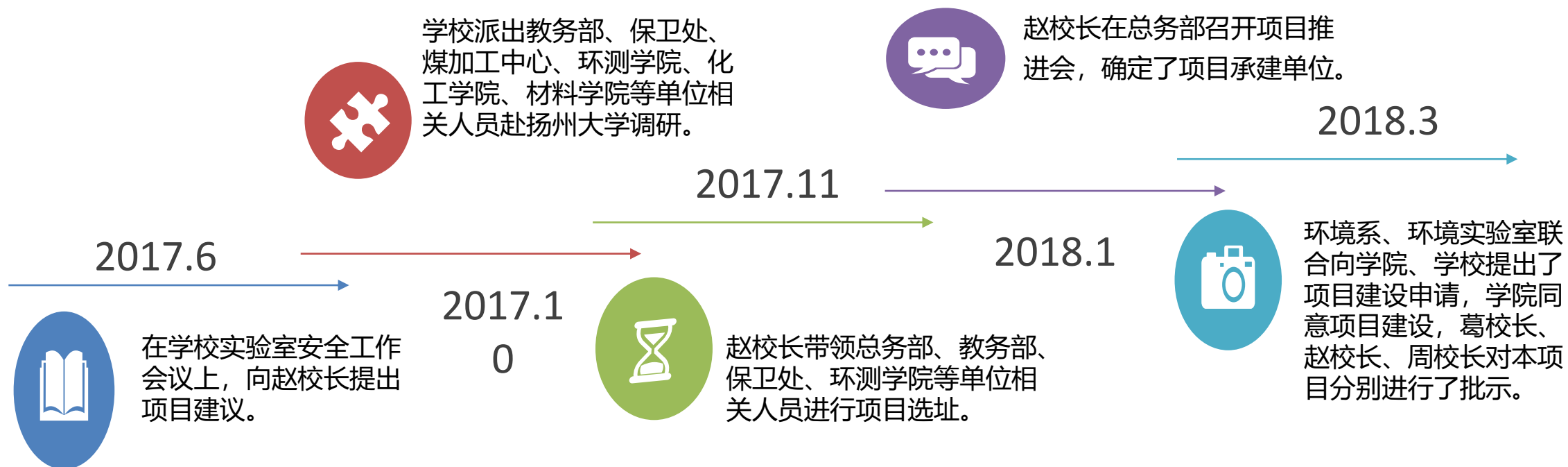
建设学生实践教学平台 解决学校废液处置难题



水污染治理与控制实训中心

——建设过程

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



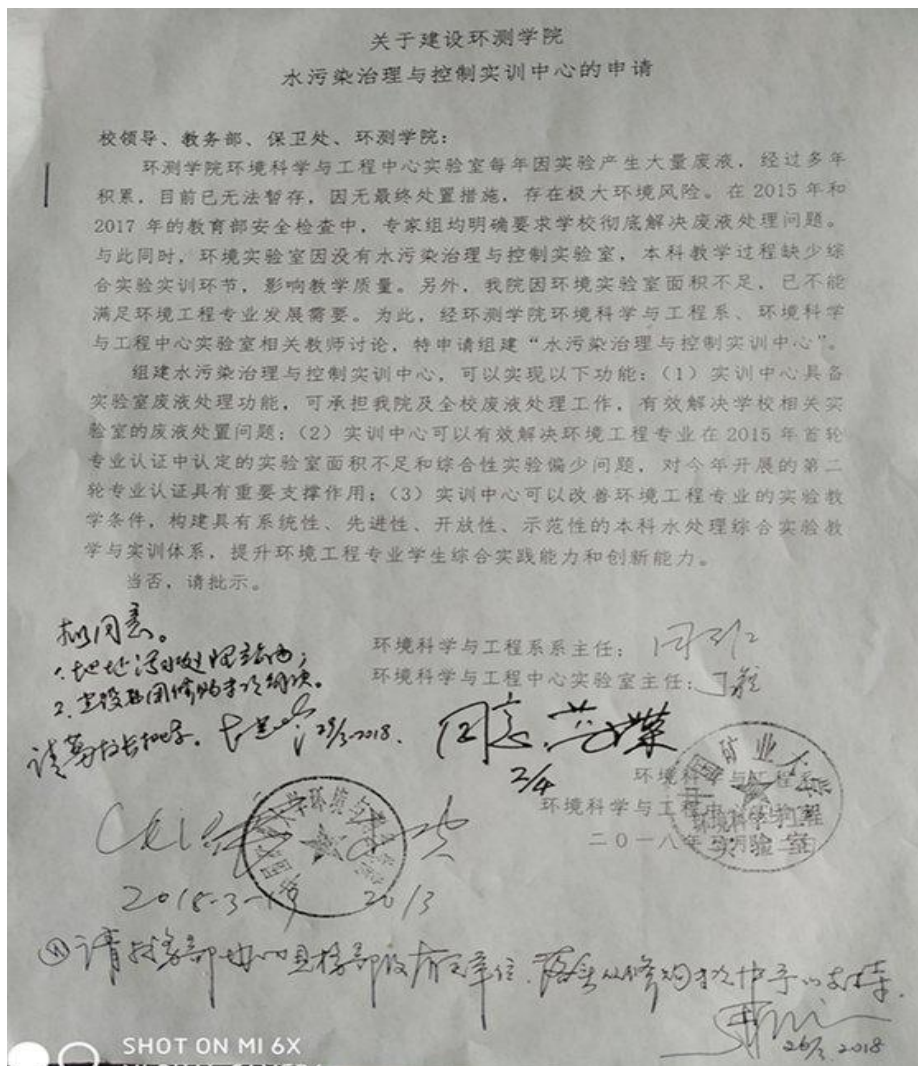
中国矿业大学实训中心的建设历程与成效





相关人员赴扬州大学调研

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



实训中心建设申请书



教育部评审答辩



水污染治理与控制实训中心建设工作推进会 会议纪要

时间： 2018 年 4 月 16 日 第 1 次会议

4 月 16 日上午 9:00，环境与测绘学院在环 A506 召开了水污染治理与控制实训中心建设工作推进会第 1 次会议。周来副院长、郭东副院长、李智、刘汉湖、丁毅、白向玉、李燕、张明青参加了会议，会议由周来副院长主持。

水污染治理与控制实训中心建设工作推进会 会议纪要

时间： 2018 年 4 月 27 日 第 2 次会议

4 月 27 日下午 3:00 环境与测绘学院在环 A506 召开了水污染治理与控制实训中心建设工作推进会第 2 次会议。周来副院长、郭东副院长、李智、刘汉湖、丁毅、白向玉、张洁、何士龙、张传义、蒋家超参加了会议，会议由周来副院长主持。

水污染治理与控制实训中心建设工作推进会 会议纪要

时间： 2018 年 6 月 29 日 第 3 次会议

2018 年 6 月 29 日上午 10:00，环境与测绘学院在行政楼召开了水污染治理与控制实训中心建设方案论证会。学校教务部吴祝武副部长、朱宜斌主任，财务资产部吴刚副部长，保卫处孙志强主任，总务部污水处理站王广斌站长，扬州大学设备处周骥平处长，扬州大学环境科学与工程学院实验室张键主任，扬州大学环保与智能装备研究所李跃，环境与测绘学院周来副院长、李智、刘汉湖、丁毅、白向玉参加了会议，会议由吴祝武副部长主持。

水污染治理与控制实训中心会议纪要



环测学院水污染治理与控制实训中心 周围高压供电设施安全性论证意见

2018 年 5 月 10 日，中国矿业大学环境与测绘学院在环测楼 A512 组织召开了水污染治理与控制实训中心周围高压供电设施安全性论证会。经过专家现场查看和讨论，形成如下意见：

- 一、拟建建筑物设计施工控制线满足 110KV 高压线安全防护距离。
- 二、房屋西侧到南北向 110KV 电缆沟距离不少于 2 米，房屋北侧到东西向入地 10KV 电缆距离不少于 1 米，房屋东北至西南向入地 10KV 电缆须避开建筑物或加沟牢固。
- 三、建筑物屋顶建议使用耐火材料，并对屋顶进行加固，防止大风造成危险。
- 四、施工期间，110KV 高压线保护区 10m 内禁止堆放建筑材料和使用吊车，如确需在保护区内施工作业，须提前与徐州市供电部门联系。

专家签名：赵守强 黄延庆 孙刚

环测学院水污染治理与控制实训中心

周围高压供电设施安全性论证会专家名单

序号	姓名	单位	职务或职称	签名
1	赵守强	供电公司输检室	工程师	赵守强
2	黄延庆	供电公司输检室	工程师	黄延庆
3	孙刚	总务部水电中心	主任	孙刚

环测学院水污染治理与控制实训中心

周围高压供电设施安全性论证会参会人员名单

序号	姓名	单位	职务或职称	签名
1	周来	环境与测绘学院	副院长	周来
2	郭东	环境与测绘学院	副院长	郭东
3	孙志强	保卫处	主任	孙志强
4	李智	环境与测绘学院	院长助理	李智
5	田立江	环境与测绘学院	系主任	田立江
6	丁毅	环境与测绘学院	实验室主任	丁毅
7	白向玉	环境与测绘学院	实验室副主任	白向玉

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



2019年10月15日，系统调试

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



2019年11月8日，开始进入试运行阶段

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



2019年11月8日，开始进入试运行阶段



中国矿业大学实验室废液处理装置出水检测

第三方检测



检测报告

检测类别：委托检测
委托单位：扬州天辉实验室装备环保工程有限公司

徐州徐测环境检测有限公司
地址：徐州市贾汪区黄河南路60号3幢
邮编：221002 电话：0516-82365299
2019年11月19日

(2019)徐测(水)字第(319)号

原水指标

检测结果

表1、废水检测结果

采样点位		废水进口	
采样时间		2019年11月15日 14时46分	2019年11月15日 16时35分
样品编号		B19WT287 Sw01-1	B19WT287 Sw01-2
化学需氧量	mg/L	2.50×10^4	2.53×10^4
悬浮物	mg/L	105	95
氨氮	mg/L	494	505
总磷	mg/L	229	246
样品状态		暗黄色、刺激性气味、无浮油	暗黄色、刺激性气味、无浮油

(2019)徐测(水)字第(319)号

出水指标

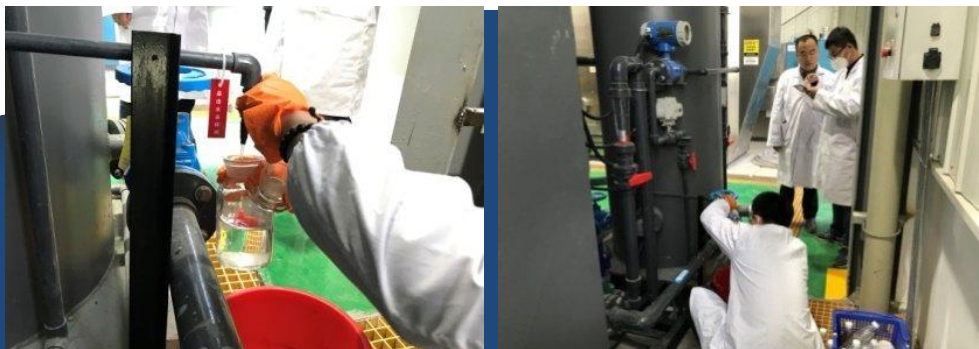
检测结果

表1、废水检测结果(续1)

采样点位		废水出口		《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015)表1B级标准限值	达标情况
采样时间		2019年11月15日 14时53分	2019年11月15日 16时40分		
样品编号		B19WT287 Sw02-1	B19WT287 Sw02-2		
化学需氧量	mg/L	100	78	500	达标
氨氮	mg/L	0.276	0.249	45	达标
总磷	mg/L	0.01	0.01	8	达标
总锌	mg/L	0.60	0.65	5	达标
总铅	mg/L	ND	ND	0.5	达标
总铜	mg/L	ND	ND	2	达标
总汞	mg/L	4.1×10^{-4}	8.5×10^{-4}	0.005	达标
样品状态		无色、刺激性气味、无浮油	无色、刺激性气味、无浮油	/	/

原水COD由25300mg/L降至78-100mg/L

检测结论：达标排放





中国矿业大学实验室废液废水处理装置

Waste water treatment device of Laboratory of China University of mining and technology

2019年11月
交付使用

80m³
废液年处理量

20m³
废水日处理量

实习、实验、
实训教学平台

中国矿业大学实验室废液废水处理装置

Waste water treatment device of Laboratory of China University of mining and technology



2019年7月13日，宋校长莅临建设现场



2019年9月9日，曹校长莅临建设现场





2019年11月19日，揭牌仪式



水污染治理与控制实训中心

——基本情况



水污染治理与控制实训中心简介

中国矿业大学水污染治理与控制实训中心主要由水处理实验室、虚拟仿真实验室、仪器分析室和学生综合实践平台组成，是教育部土地修复与生态演替观测站进行水质分析的测试平台，是环境专业学生进行实践教学、创新实践的重要场所，也是非环境专业学生进行环保教育的重要基地。本项目于2019年5月开工建设，2019年10月正式投入运行，由扬州大学实验室环保与智能装备研究所设计，扬州天辉实验室装备环保工程有限公司承建，占地面积450m²，建筑面积650m²，总投资约520万元。

水污染控制与治理实训中心可以实现以下功能：（1）实训中心可以改善环境专业的实践教学条件，构建具有系统性、先进性、开放性、示范性的水处理综合实验教学与实训体系，提升环境专业学生的综合实践能力。（2）实训中心可作为环境专业学生的创新实践平台，为学生的创新能力培养发挥重要作用。（3）实训中心为环境专业增添了实验室面积，改善了环境专业办学条件，对环境工程专业认证具有重要支撑作用。（4）实训中心具备实验室废液处理功能，可承担全校废液处理工作，有效解决学校相关实验室的废液处置难题。



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 $80\text{m}^3/\text{y}$ （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。



水污染治理与控制实验实训中心

“校企合作 双百计划” 入围2021年度典型案例提名

水污染治理与控制实训中心

——实践基地



案例名称

基于水污染治理与控制实训中心的环境专业实践教学新模式

案例类别

✓ 实践基地建设类

案例负责人	白向玉	联系方式	13775898911
开始时间	2019年10月	完成时间	2021年10月

新时代环境人才培养的必然要求

融合开放
学科交叉
复合创新

新需求

知识机构
素质结构
能力结构

新结构



新模式

产教融合
科教融合
理实融合

新标准

专业认证
国际标准
产出导向



产教融合的必然要求

产教融合

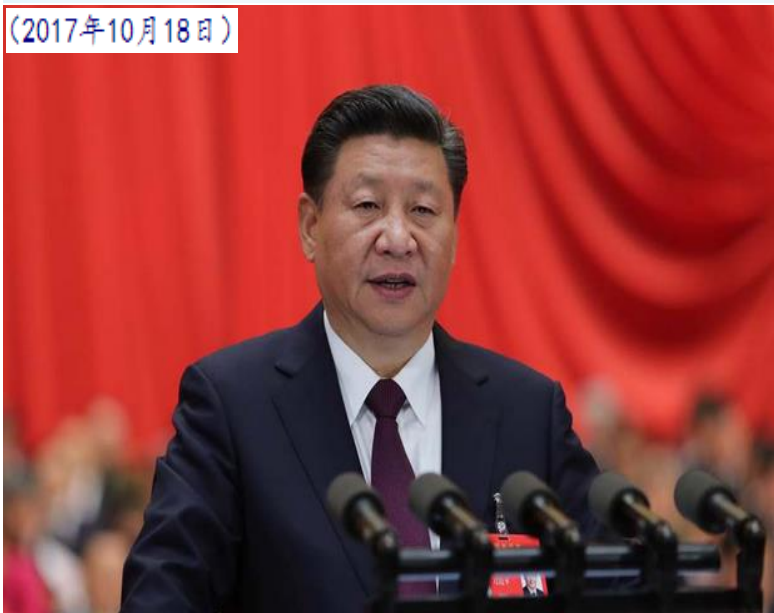
校企合作

产学研一体

立体化培养模式

中国共产党第十九次全国代表大会

(2017年10月18日)



“深化产教融合、校企合作”

国务院办公厅文件

国办发〔2017〕95号

国务院办公厅关于 深化产教融合的若干意见

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

进入新世纪以来，我国教育事业蓬勃发展，为社会主义现代化建设培养输送了大批高素质人才，为加快发展壮大现代产业体系作出了重大贡献。但同时，受体制机制等多种因素影响，人才培养供给侧和产业需求侧在结构、质量、水平上还不能完全适应，“两张皮”问题仍然存在。深化产教融合，促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，是当前推进人力资源供给侧结构性改革的迫切要求，对新形势下全面提高教育质量、扩大就业创业、推进经济转型升级、培育经济发展新动能具有重要意义。

- 1 -



中华人民共和国教育部 Ministry of Education of the People's Republic of China

当前位置：首页 > 公开

深化创新创业教育改革

信息名称：教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见
信息索引：360A08-07-2019-0022-1 生成日期：2019-10-08 发文机构：
发文字号：教高〔2019〕6号 信息类别：高等教育
内容概述：教育部发布《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》。



中华人民共和国教育部 Ministry of Education of the People's Republic of China

全方位全过程深融合的协同育人新机制

信息名称：教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见
信息索引：360A08-07-2018-0017-1 生成日期：2018-10-08 发文机构：中华人民共和国教育部
发文字号：教高〔2018〕2号 信息类别：高等教育
内容概述：教育部发布《关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见》。

教育部关于加快建设高水平本科教育
全面提高人才培养能力的意见

教高〔2018〕2号

□ 反哺教学的必然要求

- 2019年10月，实训中心建成并试运行；2019年11月，实训中心挂牌并正式投入运行。
- 实验室废液成分复杂性、污染物质的复杂多变，实验室废液处理需要多重处理工艺相结合的集成处理方案。
- 集成、智能、模块化，具有丰富的实践教学元素。



实训中心揭牌仪式



废液（水）处理装置



主要应用技术



2019年11月，四方（学校、企业、研究所）开展产学研合作，并签订产学研合作协议。



校企产学研合作挂牌

水污染治理与控制实训中心 产学研合作协议书

甲方：中国矿业大学环境与测绘学院
乙方：扬州天辉实验室装备环保工程有限公司
丙方：扬州大学实验室环保与智能装备研究所

为解决实验室废液处置难题、打造新型实践育人平台，中国矿业大学环境与测绘学院（以下简称甲方）、扬州天辉实验室装备环保工程有限公司（以下简称乙方）与扬州大学实验室环保与智能装备研究所（以下简称丙方）本着互利互惠的原则，经友好协商，在充分发挥各自优势的基础上，就联合开展水污染治理与控制实训中心工作达成如下协议：

一、合作原则

本着“优势互补、资源共享、双向赋能”原则，充分发挥各自优势，通过多种形式开展全面合作，共同构建新型产学研长期合作关系，共同推进企业与高校的全面技术合作，努力实现“校企合作、产学研双赢”。

二、合作内容

1、甲乙丙三方在实验教学设备研发、虚拟仿真资源开发、实践类课程资源建设、实验室科技创新等领域进行全面广泛的合作。

2、甲乙丙三方在人才培养方面加强合作。乙方、丙方高级专家参加甲方环境学科专业建设工作，为专业建设规划、人才培养方案与培养目标、学生知识能力结构、持续改进与人才培养质量提升提供建设

有，合作过程中共同参与与开发所形成的知识产权原则上归三方共同所有，具体事宜可另行签订协议。

七、合作期限

本协议有效期三年，自协议签订之日起开始计算。如甲乙丙三方一致同意继续合作的，应在本协议有效期届满前三个月内协商一致后另行签署书面协议。

八、其他

- 1、本协议未尽事宜，甲乙丙三方应本着友好协商的原则予以解决。
- 2、本协议一式陆份，甲乙丙三方各执贰份，具有同等法律效力。本协议自甲乙丙三方法定代表人或授权代表签字。

甲方：中国矿业大学环境与测绘学院
代表（签字）：
日期：2019年11月23日

乙方：扬州天辉实验室装备环保工程有限公司
代表（签字）：
日期：2019年11月23日

丙方：扬州大学实验室环保与智能装备研究所
代表（签字）：
日期：2019年11月23日

水污染治理与控制实训中心 产学研合作协议书

甲方：中国矿业大学环境与测绘学院
乙方：江苏科仕达实验室环保科技有限公司
丙方：扬州大学实验室环保与智能装备研究所

为解决实验室废液处置难题、打造新型实践育人平台，中国矿业大学环境与测绘学院（以下简称甲方）、江苏科仕达实验室环保科技有限公司（以下简称乙方）与扬州大学实验室环保与智能装备研究所（以下简称丙方）本着互利互惠的原则，经友好协商，在充分发挥各自优势的基础上，就联合开展水污染治理与控制实训中心工作达成如下协议：

一、合作原则

本着“优势互补、资源共享、双向赋能”原则，充分发挥各自优势，通过多种形式开展全面合作，共同构建新型产学研长期合作关系，共同推进企业与高校的全面技术合作，努力实现“校企合作、产学研双赢”。

二、合作内容

1、甲乙丙三方在实验教学设备研发、虚拟仿真资源开发、实践类课程资源建设、实验室科技创新等领域进行全面广泛的合作。

2、甲乙丙三方在人才培养方面加强合作。乙方、丙方高级专家参加甲方环境学科专业建设工作，为专业建设规划、人才培养方案与培养目标、学生知识能力结构、持续改进与人才培养质量提升提供建设

有，合作过程中共同参与与开发所形成的知识产权原则上归三方共同所有，具体事宜可另行签订协议。

七、合作期限

本协议有效期三年，自协议签订之日起开始计算。如甲乙丙三方一致同意继续合作的，应在本协议有效期届满前三个月内协商一致后另行签署书面协议。

八、其他

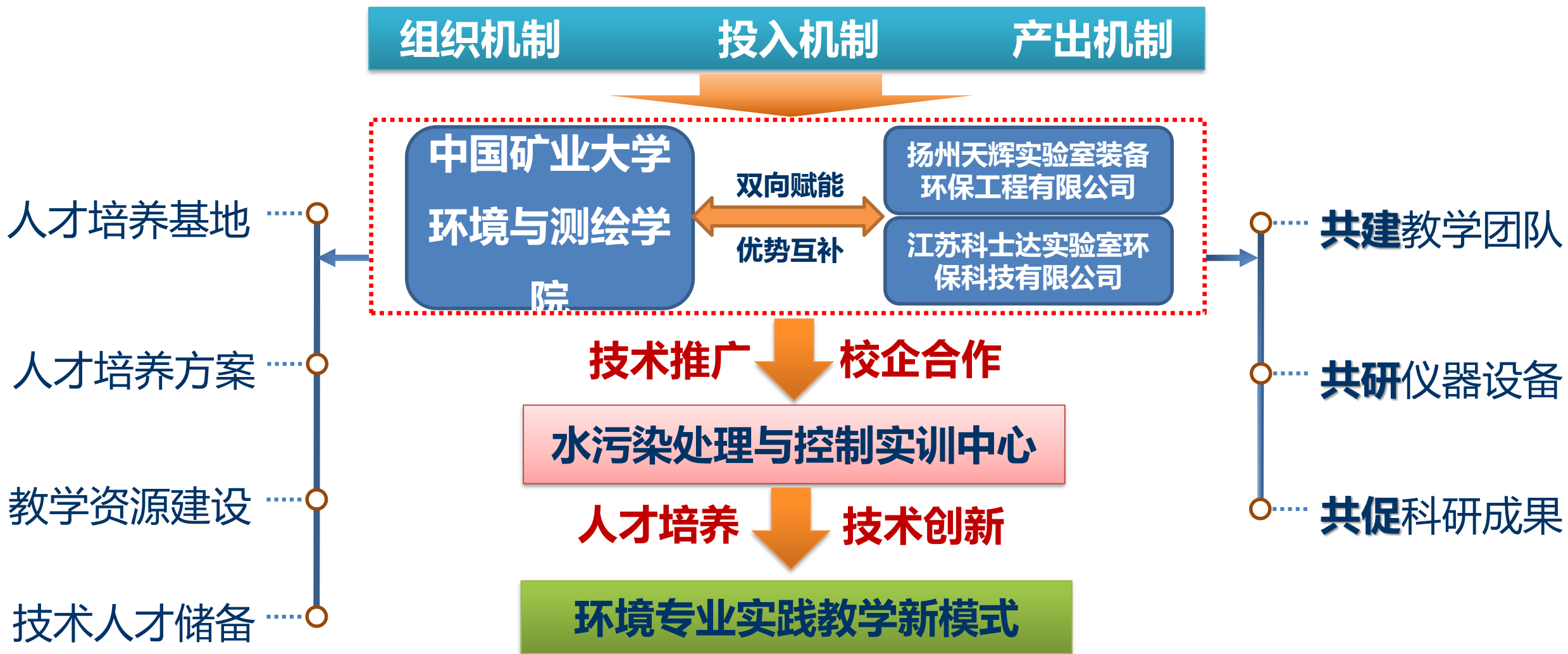
- 1、本协议未尽事宜，甲乙丙三方应本着友好协商的原则予以解决。
- 2、本协议一式陆份，甲乙丙三方各执贰份，具有同等法律效力。本协议自甲乙丙三方法定代表人或授权代表签字。

甲方：中国矿业大学环境与测绘学院
代表（签字）：
日期：2019年11月23日

乙方：江苏科仕达实验室环保科技有限公司
代表（签字）：
日期：2019年11月23日

丙方：扬州大学实验室环保与智能装备研究所
代表（签字）：
日期：2019年11月23日

校企产学研合作协议书



重点领域： 实验教学设备研发、虚拟仿真资源开发、实践类课程资源建设、实验室科技创新

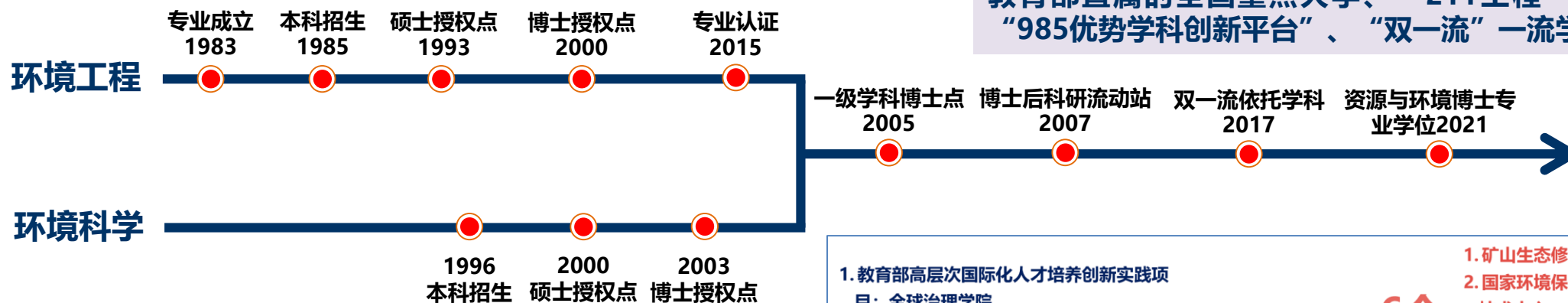


中国矿业大学环境与测绘学院

School of Environment and Spatial Informatics, CUMT



教育部直属的全国重点大学、“211工程”重点建设高校、“985优势学科创新平台”、“双一流”一流学科建设高校。



- 教育部教学指导委员会委员2名；
- 江苏省“双创计划”团队2个；
- 全国“挑战杯”金奖1项、“互联网+”大学生创新创业大赛银奖1项；
- ESI全球排名528名，位列中国大陆高校第36名。

1. 教育部高层次国际化人才培养创新实践项目：全球治理学院
2. “中国矿业大学-徐州矿务集团有限公司”国家级实践教育基地

2个国家级教学平台

6个
省部级学术平台

1. 矿山生态修复教育部工程研究中心
2. 国家环境保护清洁煤炭与矿区生态恢复工程技术中心
3. 教育部野外科学观测研究站
4. 江苏省资源环境信息工程重点实验室
5. 江苏省老工业基地资源利用与生态修复协同创新中心
6. 煤基温室气体减排与资源化利用重点实验室

1. 徐州市环境能源技术研发工程研究中心

1个
科研平台

2个
省级教学平台

1. 环境科学与工程中心实验室
2. “优用创”众创空间江苏省级众创空间

中国矿业大学实训中心的建设历程与成效



扬州天辉实验室装备环保工程有限公司

Yangzhou Tian Hui laboratory equipment Environmental Protection Engineering Co., Ltd.

安全 环保 智能
Safety / Environmental protection / Intelligence



案例简介 合作模式



成立于1999年

江苏省扬州市国家级高新技术
产业开发区内企业

- ☑ 实验室废液废水废气处理系统;
- ☑ 实验室防腐通风系统;
- ☑ 实验台柜。





江苏科仕达实验室环保科技有限公司

成立于2018年

江苏省扬州市国家级高新技术产业开发区内企业

- ✓ 实验室环保智能装备
- ✓ 环保设备自动化控制系统
- ✓ 实验室废气净化处理专用技术设备
- ✓ 实验室废水集成处理装备
- ✓ 高性能补风型实验室通风柜





聚焦环境类专业人才培养、聚焦环保企业科技创新，通过校企合作，深挖实训中心实践育人潜力，形成基于实训中心的环境专业实践教学新模式。

- 01

教育部野外科学观测研究站水质分析中心
- 02

环境专业学生实践教学中心
- 03

环境专业学生创新实践平台
- 04

非环境专业学生环保教育基地
- 05

青年马克思主义者培养工程教育基地
- 06

实验室废液废水处理中心

中国矿业大学
CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY

水污染治理与控制实训中心
Training Center for Water Pollution Treatment and Control

学生综合实践平台简介

一、废水（废液）处理系统

以实验室废水、废液为研究对象，采用“分类预处理+两级物化处理+生化处理”的工艺流程进行处理，处理后出水达到《污水排入城市下水道水质标准》（GB/T31962-2015）。该系统具有功能性强、系统性和开放性好、可靠性高、造价低、操作方便、处理效果好和运行成本低等特点，特别适用于高校环境及化学类实验室废液处理和实验大楼排放的污水处理。



二、废气处理系统

以实验室废气为研究对象，采用“吸收+催化氧化+吸附”的工艺流程，对废液贮罐、各类反应器、实验室产生的废气进行集中处理，净化后的尾气排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）。该系统具有自动化程度高、操作方便、处理效果好等特点，适用于高校相关实验室产生的废气处理。



中国矿业大学
CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY

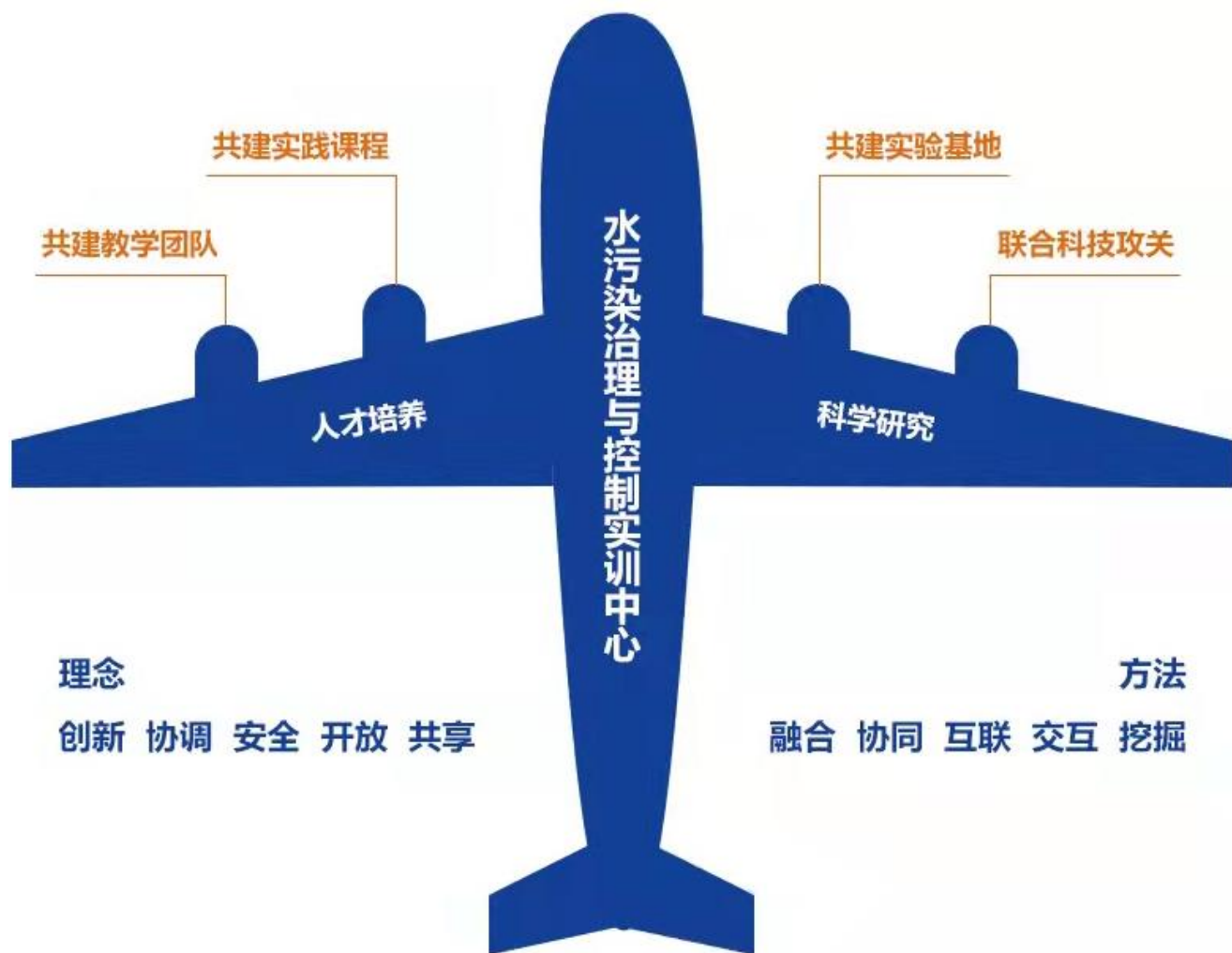
水污染治理与控制实训中心
Training Center for Water Pollution Treatment and Control

水污染治理与控制实训中心实践教学项目

根据环境科学、环境工程专业培养大纲要求，水污染治理与控制实训中心可为环境专业学生开设11个实验项目，其中《水污染控制工程》课程实验项目8个，《环境监测》课程实验项目3个。同时，环境专业学生可依托实验室废液废液处理系统、实验室废气处理系统进行认识实习、生产实习、毕业实习和课程设计等。

开设的实验项目名称

序号	实验项目名称	所属课程
1	SBR反应器处理污水实验	水污染控制工程
2	UASB反应器处理高浓度有机废水实验	
3	曝气充氧实验	
4	过滤与反冲洗实验	
5	活性污泥法动力学系数的测定实验	
6	自由沉淀实验	
7	活性污泥性能测定实验	
8	污泥比阻的测定实验	
9	水中溶解氧的测定	环境监测
10	水中重金属含量的测定	
11	水中化学需氧量的测定	



- 一 体：水污染治理与控制实训中心
- 两 翼：人才培养、科学研究
- 四引擎：共建教学团队
共建实践课程
共建实验基地
联合科技攻关

“一体两翼四引擎”环境专业实践教学体系图

➤ 共建教学团队

- 凝聚企业技术专家，组建双师型教师
- 依托高校科创团队，助力企业新发展

➤ 共建实验基地

- 综合和创新实验设备的研发
- 相关虚拟仿真实验资源研发

共同需求
持续创新

➤ 共建实践课程

- 实验系列课程
- 劳动教育实践

➤ 联合科技攻关

- 实验室废水（液）和废气处理
- 实验室安全环保智能管理系统



企业研究专家聘任



企业导师



兼职教授



校企座谈交流



兼职教授校内讲学

□ **组建了高校-企业-研究所人员构成的双师型教学团队**，通过聘任、授课、报告、研讨等方式，常态化开展教学法交流活动，提升教师教学水平，助力企业发展。



企业导师聘任证书



企业导师聘任证书



企业导师聘任证书



兼职教授聘任证书



兼职教授聘任证书



企业研究专家聘任证书



兼职教授校内报告



兼职教授校内授课



校企线上研讨培养方案



校企座谈交流

□ 丰富优化了《环境工程综合实验》《环境化学与毒理综合实验》《劳动教育与实践》等系列实践课程资源；企业全过程参与培养方案-课程大纲-实践指导书等制定与编写。



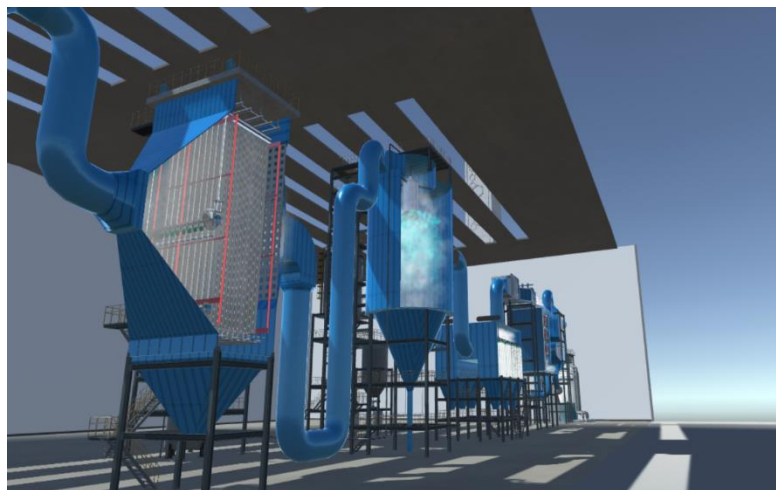
环境科学专业、环境工程专业实践教学材料



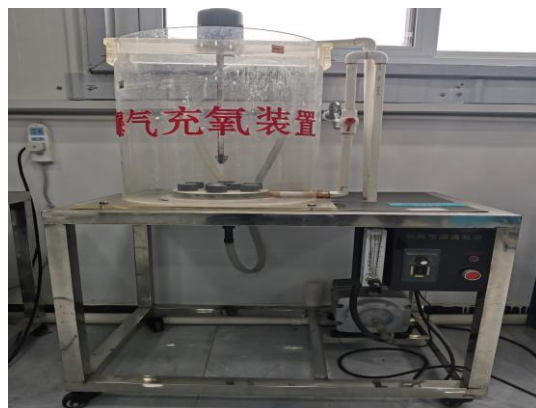
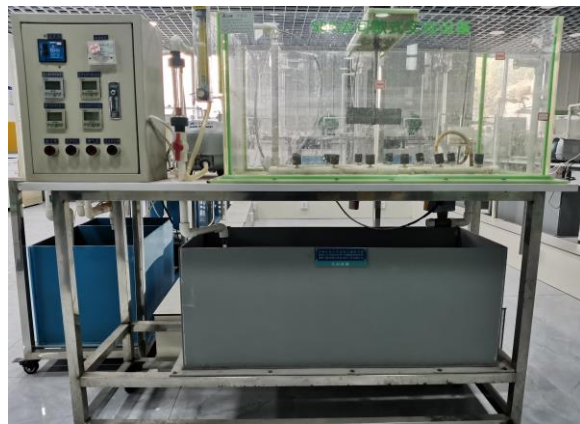
序号	实验名称	实验性质		改动备注
		16版大纲	20版大纲	
1	自由沉淀实验	验证	设计	设计1
2	混凝沉淀实验	综合设计	设计	
3	活性炭吸附实验	验证	设计	设计2
4	酸性废水中和吹脱实验	验证	设计	设计3
5	曝气设备充氧能力的测定实验	验证	验证	
6	SBR生化反应实验	综合设计	综合	
7	粉尘粒径分布实验	验证	综合	综合1
8	烟气参数测定实验	验证	验证	
9	电除尘实验	设计	设计	
10	旋风+布袋除尘实验	设计	综合	综合2
11	烟气脱硫实验	设计	设计	
12	含锌废物强碱浸取实验	设计	设计	
13	含锌强碱溶液电解回收金属锌实验	设计	设计	
14	固废破碎、分选与资源化利用可行性分析	无	设计	设计4

《环境工程综合实验》设置的实验项目

联合开发了虚拟仿真、实验设备等系列实践教学资源，支撑了学生创新创业思维和工程素质培养。



□ 联合开发了虚拟仿真、实验设备等系列实践教学资源，支撑了学生创新创业思维和工程素质培养。

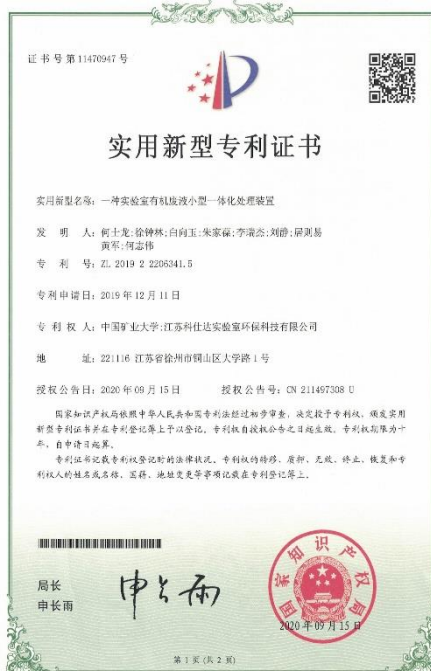


学校-企业-研究所共同研发的实验装置

□ **形成了协同育人、共享共建的互融共生校企共同体，有力支持了学生工程能力与创新思维训练、企业技术研发与成果产业化，在产教融合、科研反哺教学方面具有示范作用。**



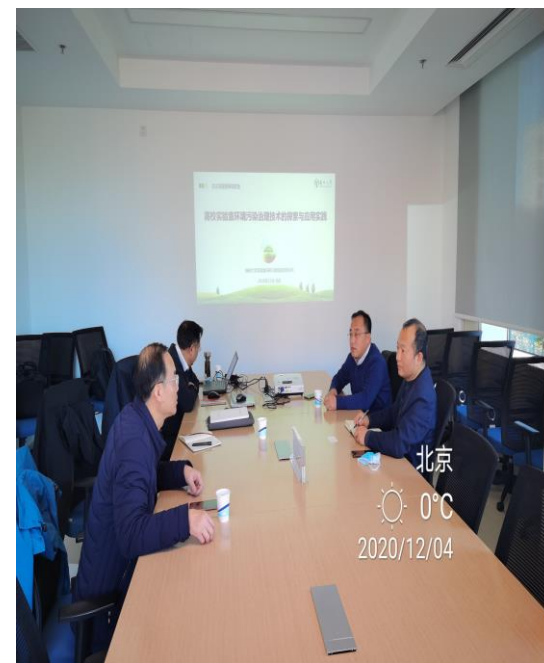
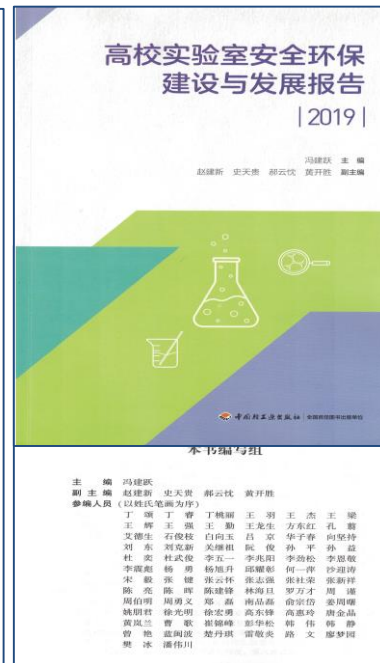
校企合作获奖证书



其他事项参见备注



校企合作专利与专著

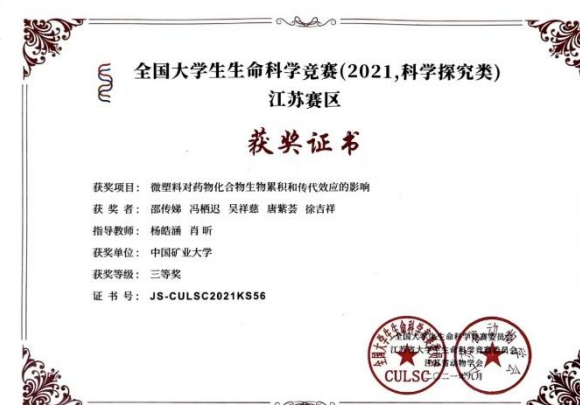


生态环境部座谈交流

□ 形成了以实验废液处理装置、虚拟仿真系统、环境专业实验设备为主的虚实结合的多维协同实践实训中心，实现理实融合、技术竞赛实训、多专业实践教学、劳动技术教育与思政育人。



学生各类实习



学生获奖证书

示范效应显著，教育部科技发展中心、江苏省人大、江苏省环保厅、徐州市政府、清华大学、北京大学、中山大学、暨南大学等50多家单位来校调研参观，分享了研究成果。



教育部科技发展中心



江苏省人大



江苏省环保厅



徐州市政府



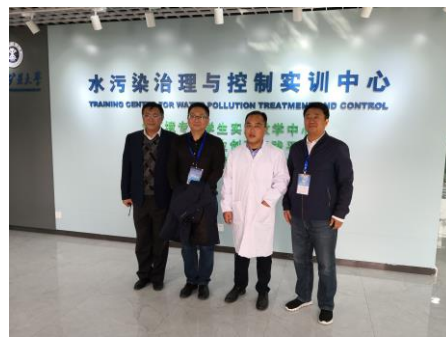
徐州市纪委



北京大学



中山大学



扬州大学



环境科学理转工会议



学校承办会议现场考察



适用范围

适用于全国高校具有环境、化工、材料、生物等相关专业的院系人才培养。

应用场景

依托已有或共建的实训平台，结合高校人才培养目标，纳入人才培养全过程。



水污染治理与控制实训中心

——未来展望

虚拟仿真实验室的建设
学校污水处理站的结合
校外实践教学基地建设



PART SIX

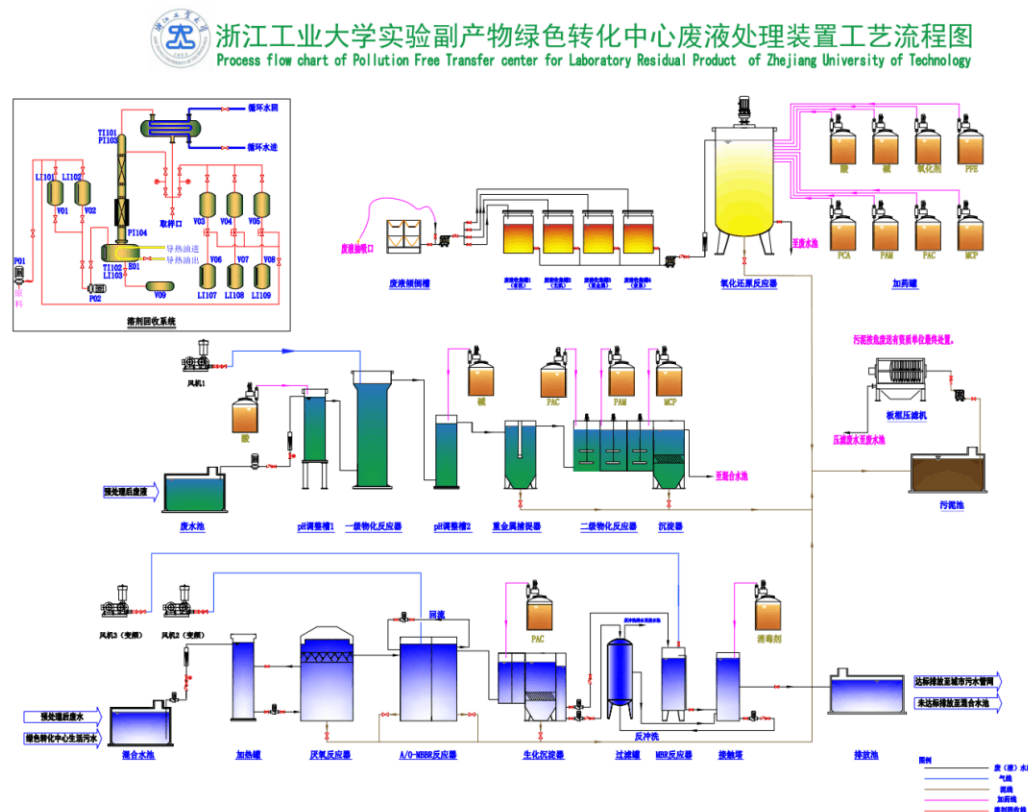
高校实验室环境污染治理的思考与建议

- 思考
- 建议

思考1

如何采购到适合自己学校的、符合环保要求的处理系统？

- 1, 邀请专家论证处置技术、工艺和经济可行性；
- 2, 考察高校成功案例，了解工艺的成熟可靠性；
- 3, 选择安全可靠（常温、常压）的工艺技术；
- 4, 选择智能化程度高的自动控制技术；
- 5, 选择有旁置实验实习教学平台的建设模式；
- 6, 招投标时工艺、技术参数要明确，防止采购到简单、短期应付环保检查的、缺少必须工艺段的、运行成本高的产品；
- 7, 选择有可靠、长期的维保能力的单位。





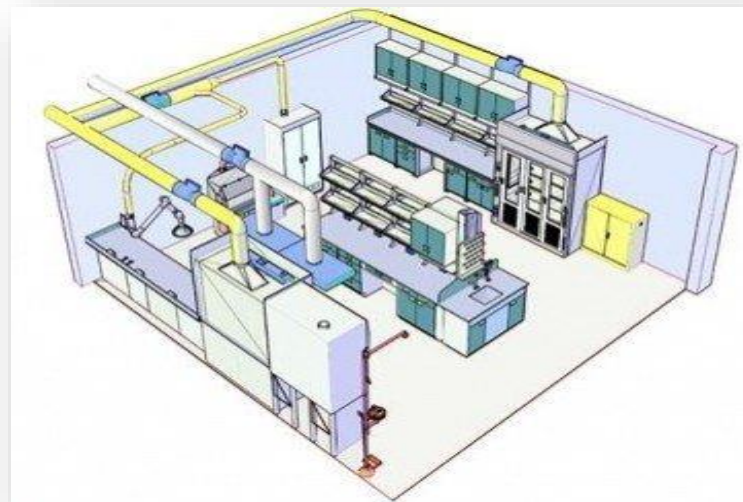
思考2

自建实验室废液（水）处理、废气处理系统必要的条件

- 1、高校依托实训中心自建三废处理装置**合法、合规**，应满足两个基本条件：**不能对外经营；达标排放。**
- 2、废液（水）处理项目：年废液处理量在**30-120吨**，建议布置在污染源较多的实验楼附近绿化空地或者校园角落，占地面积**200-500平方**（实训功能）；年废液处理量在**30吨**以下（或者日废水20吨以下）的小型处理设施，建议采用集成房方式，占地面积**30-50平方**；
- 3、建筑楼顶楼面普遍存在设备荷载承重的问题，建议采取**相应的钢平台加固或者翻梁加工字钢基础**措施，确保满足原设计承载力的要求。

废气处理装置-钢平台承重基础：①设备荷载全部分担在结构柱上，更能承重；②不破坏原有楼面保温层；③降低设备运行震动及噪声；④方便给排水及电气桥架布置；⑤适合全楼整体设计，统一预留设备布置空间。

提倡和鼓励高校依托自身的学科专业人才优势，依托专业实训平台自建废液（水）处理装置和废气净化处理系统，以自我消化所产生的实验室废液、废水和废气，减少社会层面上处理负担，培养环保人才，成为生态文明建设的表率。



规范高校自建实验室废液、废水和废气处理设施的**行为和方式**，通过制定实验室废液处理装置、实验室废水处理装置和实验室废气净化处理系统的实施标准，使其规范化；同时加强对高校实验室废液、废水和废气处理设施的监督和管理，通过定期检测和监测，确保其长期稳定达标排放。



鼓励和推荐在高校自建废液（水）处理装置和废气净化处理系统设施的过程中，要以减量化为前提，以无害化为核心，以资源化为归宿；做好前期论证调研，编制可行性论证报告；采用具备一定资质的成熟可靠工艺与技术装备，确保能长期稳定达标排放。





白向玉

TEL: 13775898911

谢谢!
THANKS

感 / 谢 / 您 / 的 / 关 / 注

共建共治共享 创治理新格局