



高等教育“十一五”规划教材

高职高专专业基础课教材系列

无机化学实训

马春玉 李 博 主编



科学出版社
www.sciencep.com

高等教育“十一五”规划教材

高职高专专业基础课教材系列

无机化学实训

马春玉 李 博 主编
汤长青 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据高职高专化工类各专业无机化学实训课程的教学基本要求,密切配合无机化学理论课的教学内容,注重加强基本操作训练和综合实践技能的培养。主要内容包括化学实验基本操作技术、混合物分离纯化操作技术、物理常数的测定操作技术、无机合成与制备操作技术和综合应用实验操作技术等五部分。

本书既可作为高职高专院校、成人高校化工技术类、冶金技术类、环保技术类、分析技术类等专业的师生用书,也可以作为相关企事业单位的管理人员、分析检测人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实训/马春玉,李博主编. —北京:科学出版社,2010
(高等教育“十一五”规划教材·高职高专专业基础课教材系列)
ISBN 978-7-03-028751-9

I. ①无… II. ①马…②李… III. ①无机化学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①O61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 163836 号

责任编辑:周 恢/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 9 月第一次印刷 印张:15 1/4

印数:1—3 000 字数:356 000

定价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8212 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

本书编写人员

主 审 汤长青

主 编 马春玉 李 博

副主编 杨继朋

参 编 马科友 苏小莉 王保玉 张晓杰 张新海

前 言

本书是根据“全国工业分析与检验、轻工分析类专业‘十一五’规划课程改革研讨会”的研讨精神，结合近几年的教学实践而编写的，本书的编写力求做到反映高职教育的特点，突出实用性和实践性，有利于学生综合素质的形成和科学思维方法与创新能力的培养。

本书在编写中力求突出以下特点：

(1) 实验项目的编写从培养高等技术应用型人才目的出发，突出高职高专的教学特点，突出实用性和实践性；着力培养学生的综合素质，以有利于后续课程的学习；注重培养学生的科学思维方法和创新能力。

(2) 突出基础知识和技能的综合应用，结合新技术、新知识和生产实践设置实验。

(3) 分项目进行教学，注重知识之间的相互联系和前后衔接，内容由浅入深，循序渐进，结构合理，难易适中。

(4) 考虑到高职学校的教学特点，对每个实训任务有任务分析，知识准备和知识拓展等内容，有利于学生自学和独立开展实验。

(5) 任务要求明确具体，每个任务附有实训评价，实训评价合理有序，有利于学生自我评价和教师随堂考核。

全书共分5个项目，由21个具体的实验任务，包括化学实验基本操作技术、混合物分离纯化操作技术、物理常数的测定操作技术、无机合成与制备和综合应用实验操作技术等内容。本书系统性和教学适应性强，可作为高职高专、成人高校化工技术、冶金技术、环保技术、分析技术类专业的师生用书，相关企事业单位的管理人员、分析检测人员的参考资料。

本书在编写过程中参考了相关专家、学者的资料，从中得到不少有益的启发，在此向他们表示衷心的感谢。本书由济源职业技术学院马春玉和鹤壁职业技术学院李博任主编，济源职业技术学院马科友编写了项目一的任务一至任务四，鹤壁职业技术学院张新海编写了项目一的任务五和任务六，济源职业技术学院苏小莉、王保玉、张晓杰和杨继朋分别编写了项目二、项目三、项目四和项目五，全书由河南省教学名师济源职业技术学院的汤长青统稿主审。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏、不当之处，敬请同行和读者批评指正。

目 录

前言

项目一 化学实验基本操作技术	1
任务一 化学实验室基本操作工作规范	3
任务二 实验仪器、设备的辨识和操作	15
任务三 化学实验室的安全与防护操作	36
任务四 化学试剂的取用与贮存操作	53
任务五 玻璃管(棒)和塞子的加工与连接操作	76
任务六 物质的称量操作技术	90
项目二 混合物分离纯化操作技术	103
任务一 粗食盐的提纯操作实训	103
任务二 液-液萃取法分离 Fe^{3+} 和 Al^{3+} 操作实训	121
项目三 物理常数的测定操作技术	152
任务一 温度和压力的测定操作技术	152
任务二 密度的测定操作技术	158
任务三 电导率的测定操作技术	166
任务四 溶液 pH 的测定操作技术	171
项目四 无机合成与制备操作技术	180
任务一 气体的制备、收集与净化操作技术	183
任务二 硝酸钾的制备与提纯	194
任务三 以废易拉罐为原料制备硫酸铝钾	200
任务四 硫酸亚铁铵的制备	205
任务五 硫代硫酸钠的制备	209
项目五 综合应用实验操作技术	214
任务一 废烂版液的综合利用	214
任务二 净水剂聚合硫酸铁的制备	218
任务三 植物中某些元素的分离与鉴定	222
任务四 废旧电池的综合回收利用	226
主要参考文献	233

项目一 化学实验基本操作技术

化学是自然科学的基础学科之一，无论是作为基础知识，还是作为其他学科的基础，或是研究问题的方法，给人的启迪以及作为解决各类难题的特殊手段等，都是其他任何学科所无法替代的，现代社会几乎所有的领域都离不开化学。然而，作为一名新世纪的大学生，作为一名未来的工程技术人员，没有现代化学的基本知识，很难成为一个全面发展的出色人才。可以这么说，现代科学技术的发展一日千里，各门学科间的交叉渗透也在日益增加。一个人要想在科学事业上有所建树，就必须有广阔的视野、渊博的学识。化学作为研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学，其本身的发展极其迅速。时至今日，由于量子力学计算理论的日趋完善，随着计算能力的不断提高，使得人们已能从理论上对分子、原子的结构参数，光谱数值，反应中的能量变化，反应速率常数，新分子的合成可能性等做出相当可信的计算、说明和预言。但从总体而言，化学仍然是一门实验性很强的学科，从新元素的发现、新化合物的合成，化学反应规律的研究到新理论、新假设的证实，都离不开实验的方法。同时，实验也是自然科学中研究问题的最重要、最基本的方法之一。它可以借助于科学仪器设备所创造的条件，排除各种偶然、次要因素的干扰，使要研究的问题更为简化明了。它还可以造就自然界中无法直接控制而在生产过程中又难于实现的特殊条件（例如，超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场等），按照人们的设想，能动地控制研究体系，去获取生产实践中不易或不可能得到的新发现。科学史表明，近代自然科学的重大发现、一般不是直接来自生产实践，而往往是来自于实验这个环节。因此，化学实验教学不仅仅是传授知识，让你去验证、巩固和扩大课堂上学过的知识，掌握一些实验操作的基本技术，提高学习的兴趣；同时还是在学习化学实验过程中，培养自己创造性的思维能力以及进行科学研究和发明创造的基本方法，为将来从事科学研究打下基础，也为学生在日后工作中分析解决问题提供更多的思路和途径。

无机化学实训作为一门基础实验课程，若要在有限时间内达到很高的实验水平是不现实的。但通过实验基础知识的学习，通过一个个具体的实验，学生可以在亲自动手、实际训练的过程中，去掌握它的基本操作方法和技能，并在实验过程中获得有关物质的性质、变化、反应规律等大量感性认识。巩固课堂知识、验证有关理论，同时学会一些分析解决问题的思维方法。还可以培养学生实事求是的科学态度，理论联系实际的科学方法以及准确、细致、整洁等良好的实验习惯，使学生具有较高的科学实验素质，为以后的学习和工作打下坚实的基础，这正是学习本课程的目的之所在。要学好无机化学实训应有正确学习方法，它包括以下几个方面。

1. 预习

为了使实验能够获得良好的结果，实验前必须进行预习。预习应达到下列要求：

(1) 认真阅读实验教材和参考资料中有关内容,明确本次实验的目的,搞懂实验原理及操作要求,了解实验内容和注意事项。

(2) 对于设计实验要写出详细的操作步骤,对同一实验内容应尽量多考虑几种方案,对各项实验应预测各种可能出现的现象。

(3) 对于仪器的使用,在实验前要熟悉操作使用的要领。

(4) 简明扼要地写好预习报告。

2. 实验

根据实验教材及自己的预习报告进行实验操作,并应该做到下列几点:

(1) 认真正确地进行操作,细心观察实验现象,用已学过的知识判断、理解、分析和解决实验中所观察到的现象和所遇到的问题,培养分析问题和解决问题的能力。

(2) 应及时、如实并有条理地记录实验现象及数据。

(3) 遇到问题或实验结果与预测现象不符时,应查找原因,力争自己解决,在自己难以解决的情况下,请教指导教师。若实验失败,应找出原因,经指导教师同意,可重做。

(4) 在实验过程中,应保持肃静,严格遵守实验室的工作规则。

(5) 严格遵守实验室的各项规章制度,注意节约水电、药品和器材,爱护仪器和实验室各项设备。

3. 实验报告

做完实验后要写出符合要求的实验报告。实验报告是一次实验的完整总结,实验报告的内容、格式及要求将视实验内容的不同而不同。实验报告必须字迹工整(绝不允许涂涂改改、勾勾画画)、步骤简明、记录实验现象完整、数据真实、解释明确、计算无误、结论正确。实验报告要按时提交,不允许拖延。在每一份实验报告中均应写明实验名称、实验日期、实验地点、气温条件、实验者的班级及姓名。除此之外,不同类型的实验报告的写法也应该不尽相同,下面是几类常见实验报告的一般写法。

(1) 利用仪器测定常数或物质的某些性质以验证某一化学原理。对于这类实验,实验报告中一般先简述测定的原理和方法,然后是数据记录及其处理,得出实验结果,最后是对本次实验的得失进行的讨论。

(2) 无机物性质实验。这类实验多在试管、烧瓶中进行反应。反应物浓度的差别,试剂加入先后次序的不同,都会引出反应现象及反应结果的改变。故而实验报告中一般先叙述实验内容,包括项目与步骤,对应观察到的现象以及对反应现象做简单说明并写出相应的主要化学反应方程式(或离子方程式)。然后对实验所得到的现象进行归纳小结,得出结论。最后也应对实验中所遇到的有关问题进行讨论。

(3) 无机制备类实验。一般先简述基本原理,然后写出实验所采用的简单流程和主要反应条件,描述实验过程中主要的现象,并对实验结果做出明确的评价,包括产量和产率及产品的纯度鉴定项目、方法和结果以及环境保护。最后进行问题讨论。

任务一 化学实验室基本操作工作规范

一、任务目标

- (1) 了解实验室的功能,熟悉化学基本操作实验室各项守则。
- (2) 熟悉实验室的布局及其物品摆放要求。
- (3) 熟悉实验室的环境要求,并按 6S 要求整理实验室。
- (4) 能够根据实验室实际情况提出合理化改进建议。

二、任务分析

实验室规范管理的目的是要营造一个洁净、整齐、具有科学实验氛围的文明、安全的实验教学环境,以激励学生探索进取,获取知识。实验室的环境管理要做好以下五方面工作。

(1) 要保持实验室(楼)周围环境的整洁,做到无垃圾、杂草、瓦砾,要植树种花草,绿化环境,有些植物如夹竹桃能吸收有害气体,可栽培,以净化空气。实验室内要坚持天天打扫,做到室内六面光,经常保持洁净。

(2) 实验室、仪器室、准备室的布局要合理。同一学科实验室要紧靠准备室、仪器室,并有内通道相联。如果实验室和准备室、仪器室相隔很远,甚至不在同一排房或同一层楼上,这种布局不仅增加了实验教师的劳动强度,也增加了事故发生几率,是不可取的。实验室(仪器室、准备室)内的各种配套设施要合理安排,做到整齐划一。

(3) 存放仪器的橱柜要色调一致,摆放整齐,一般情况下仪器柜呈一字形排列,柜门要与窗户垂直,以利通风;各排仪器柜之间要留有不少于 1m 的通道,以利操作。仪器柜一般不要靠墙摆放,大量靠墙不可的,柜墙间应留 100cm 左右通风空间。

(4) 要妥善处理实验教学中产生的废气、废料。在实验教学及仪器药品保管过程中会产生各种有害气体,实验室(仪器室、准备室)要建立良好的通风排气装置,及时把有害气体排出室外。目前,我国中小学一般采用比较经济的排气扇通风装置,有条件的学校应采用先进的、吸气能力强、噪声低的管道汇流式通风装置,能排除有害气体 90% 以上。化学实验中产生的废液应倒入废液缸内,集中倒入废液池内,不能随地泼洒;清洗实验室器皿的废水不得排入下水管道或沟渠,应排入废水池内,自然下渗入土,废液池内要经常洒石灰,以减少环境污染。

(5) 营造实验室的科学氛围,实验室内正前方黑板一侧应张贴“学生实验守则”,两边墙上张贴科学家画像及其名人名言,或张贴学科实验挂图,如实验操作方法、电器仪表使用方法、生物挂图等。有条件的学校可在实验室的后墙布设展览橱窗,摆放可定期更换的典型实验装置或标本、模型等,供学生观看,使他们从中得到获得知识。要在仪器室内的显著位置张贴各种管理制度,陈列各项管理记录及本学科实验室账册。

三、知识准备

无机化学实训课程包含教师课堂演示实验、边讲边实验、学生分组实验和学生课外创新实验等,这就需要有一个设备较为完善和管理较为规范的实验室。为了保证学生能安全有效地训练,逐渐养成良好的工作素养,掌握好每一项技能,首先要了解实训室的环境要求、基本布局、内部设施及有关实验的基本知识。根据教育部《高等学校基础课教学实验室评估标准》中规定的实验室合格评估的内容和标准共有六项 39 个条目,其中重点条目(带*号)19 条。第五项中第 2 条(*)“设施及环境”指出:“实验室的通风、照明、控温度、控湿度等设施完好,能保证各项指标达到设计规定的标准;电路、水、气管道布局安全规范。”第 5 条“环境保护”又指出:“实验室有三废(废气、废液、废渣)处理措施;噪声小于 70 分贝。”结合无机化学实验室的功能和特点,对新建或修建的化学实验室要尽量符合下列基本要求:

(一) 化学实验室环境要求及基本布局

(1) 实验室要比较宽敞,以每个学生占地 1.5m^2 为宜。一般来说,实验室长宽比是 2:3 左右。尽量采用耐火材料,地面采用水磨石。

(2) 实验室的光线要充足,最好南北向都有窗户,所配窗帘以白色为宜,这样光线能够透过而且均匀。

(3) 实验室内的空气流通良好,墙上要安装排风扇。门应该向外开,大的实验室应设两个出口。

(4) 实验室里易燃、易爆、强腐蚀性和剧毒性的药品甚多,因此,化学实验室必须要有安全设施,如独立的储藏室、各种灭火器具、急救药品等。

(5) 实验室要求远离生产车间、锅炉房和交通要道,避免粉尘、震动、噪声对实验的影响和干扰。

(6) 储藏室贮存暂不使用的仪器、药品。对于易燃、易爆、强腐蚀和剧毒性的药品应另辟专门的储藏室或地下室储藏。

(7) 天平室应注意以下几个方面的问题:

① 天平室应防震、防尘、保持温度稳定。

② 天平室内除放置与天平使用有关的物品外,不可放置其他物体。

③ 天平室不要经常敞开门窗,以免灰尘侵入天平框内。称量时应关好门窗以防气流影响。

④ 如天平室较潮湿可在墙角放一箱生石灰。天平框内是否放变色硅胶作为干燥剂,要视天气潮湿程度而定。如在湿度太大的雨季或在潮湿的南方,可放干燥剂,在干燥的季节可不放干燥剂。

(8) 实验台是实验操作、物品试剂摆放的平台,实验台的高度、长度、宽度、间距等应符合有关规定,试验中使用的药品必须整齐有序地放置在实验台的试剂架上,玻璃器皿应有序地摆放在台面上,工艺设备应按照要求固定放置在实验台面得指定区域。一

般原则是:

- ① 实验台上使用的物品应按照高低大小前后有序放置。
- ② 橱柜要清洁卫生, 物品要干净有序分类摆放。
- ③ 室内各设备、设施分布合理, 力求美观、便捷。

(二) 实验室三废的处理

实验中经常会产生某些有毒的气体、液体和固体, 需要及时处理和排弃。否则可能造成环境污染, 损害人体健康。因此对废液、废气和废渣要经过一定的处理后, 才能排弃。

1. 废气排放基础设施及措施

化学实验室废气量大, 成分比较复杂(尤其是科研项目多的院校, 这个问题尤为突出)。有的单位曾尝试用活性炭吸附过滤的办法对废气来处理, 但成本较高, 维护不便, 还带来了新的污染。更不利的是增加了风阻, 影响了排风效果因此没有推广。而即便是教学科研任务繁重的重点大学位于六层高楼距楼顶 2m 高度的风机排风在自然通风扩散稀释条件下的废气排放仍难满足环境保护的要求。因此在目前的国情条件下, 普遍还是采取高位直排的方式。废气排放是一个系统工程, 有的实验楼因为用途变更抑或规划的疏漏, 在补充排废气设施时出现了风管爬外墙和廊道顶部塞满风道的尴尬局面, 既影响了排废效率又不美观实用, 教训深刻。因此在筹建新楼时就须对实验室布局、通风柜及实验台位置、风量大小、排风设施的种类、风道的走向以及通风竖井的安排等由有资质的专业人员设计, 实验室工作人员全程参与、密切配合方能尽善尽美。在配置实验设施时除了须由资质厂商提供设计—安装—维护的一条龙服务外, 若条件许可最好能从风机、风管到室内排废设施都由同一厂商提供, 以提高排废效率, 方便日后维护。

基于风压小、扬程短, 容易发生废气短路和影响周边环境的缺点, 化学实验室较少采用轴流风机。除非在废气量少而整片外墙又没有窗户的个别特殊场合才在较高楼层由轴流风机向墙外直排。普遍规范的做法是在楼顶安置塑料或玻璃钢离心风机。由于不锈钢在潮湿的氯化物气氛下易被腐蚀, 化学楼不宜使用不锈钢风机。风机底部应有橡胶减震垫。在建筑上采取隔音、防震措施后在顶层的实验室内的噪音通常都能满足要求。

化学实验室的室内排废气设施针对不同的实验类型采用了多种方式: 无机实验通常采用桌面吸风罩和悬顶式吸风罩; 万向轴吸风罩通常应用于仪器分析的原子吸收分光光度计、色谱仪等大型精密仪器局部排废气的场合; 通风柜是各类实验室配置试剂最常用的设施。近年来在有机实验场合广泛采用了两两相对的台式通风柜装置。这种设施排废气效率高, 柜门可灵活调节, 便于实验操作, 柜体四壁透明。台式通风柜的使用一改过去有机实验室刺激性气体弥漫的旧貌, 产生了良好的效果。

化学通风柜的框架结构采用耐酸碱并适应较高温度的材质, 例如, 喷涂环氧的全钢、喷涂环氧的铝合金型材或玻璃钢等。以理化板和抗倍特板做内衬和扰流板。实验台面为理化板、陶瓷板(应对高温和抗机械磨损)等。透明部分为厚度 5~6mm, 不低于 4mm 的钢化玻璃(极少数特殊防爆场合采用夹丝防爆玻璃)。通常要求在柜门开启

0.4m 的条件下,面平均风速为 0.3~0.5m/s。

近年来,为了顺应使用空调或在北方寒冷情况下排废气的需要有的厂商已开发出带有补新风装置的通风柜。这种通风柜在窗户内侧的吊顶口配置了补新风的斜流风机,通风柜的柜门设有门高感应系统,由微机控制电动风阀、斜流风机和顶楼风机的变速器,调节排气量并同步保持约 70% 的补新风量。在“自动”挡下通风柜开动排风时按前次操作的状态工作。在选择“手动”挡时可以根据需要人工调节补风量和排气量。当处置不慎倾倒试剂或遇不可预见的剧烈反应时,可采用“强排风”挡。这种通风柜在使用上更为灵活,更具人性化,排废气效果更好:通常总是几个通风柜共用一台风机,各柜排风情况在动态下达到平衡,避免了相互影响,更不会出现逆流;随着废气发生量的大小可以人为权衡热气流(夏天)、冷气流(冬天)的补新风量,改善了实验人员的舒适度;根据反应物挥发性的强弱调节排风量可以节约资源、友善环境。和其他新生事物一样,补新风通风柜还有待于进一步完善,但毕竟是迈出了国产的智能型通风柜的第一步。常见废气的处理措施如下:

(1) 产生少量有毒气体的实验室应在通风橱进行,排气管必须高于附近屋顶 3m,毒性大的气体可参考工业废气处理办法用吸附、吸收、氧化、分解等方法处理后排放。

(2) 通过通风设备将少量毒气排到室外(使排出气体在外面大量气体中稀释),以免污染室内空气。

(3) 产生毒气量大的实验室却必须备有吸收或处理装置。如 NO_2 、 SO_2 、 Cl_2 、 H_2S 、 HF 等可用导管通入碱中使其大部分吸收后排出,CO 可点燃转成 CO_2 。在反应、加热、蒸馏中,不能冷凝的气体,排入通风橱之前,要进行吸收或其他处理,以免污染空气。常用的吸收剂及处理方法如下:

① 氢氧化钠稀溶液:处理卤素、酸气(如 HCl 、 SO_2 、 H_2S 、 HCN 等)、甲醛、酰氯等。

② 稀酸(H_2SO_4 或盐酸):处理氨气、胺类等。

③ 浓硫酸:吸收有机物。

④ 活性炭、分子筛等吸附剂:吸收气体、有机物气体。

⑤ 水:吸收水溶性气体,如氯化氢、氨气等。为避免回吸,处理时用防止回吸的仪器。

⑥ 氢气、一氧化碳、甲烷气:如果排出量大,应装上单向阀门,点火燃烧。但要注意,反应体系空气排净以后,再点火。最好,事先用氮气将空气赶走再反应。

⑦ 较重的不溶于水挥发物:导入水底,使下沉。吸收瓶吸入后再处理。

⑧ 汞蒸气及其他废气:长期吸入汞蒸气会造成慢性中毒,为了减少汞液面的蒸发,可在汞液面上覆盖化学液体;甘油效果最好,5% Na_2S 溶液次之,水效果最差。对于溅落的汞,应尽量拣拾起来,颗粒直径大于的汞可以用吸气球或真空泵抽吸的拣汞器拣起来。撒落过汞的地点可以洒上多硫化钙、硫磺或漂白粉,或喷洒药品使汞生成不挥发的难溶盐,干后扫除。药品为:

(a) 20%三氯化铁溶液。

(b) 1%碘-1.5%碘化钾溶液,每平方米使用 300~500mL。对吸附在墙壁、地板

及设备表面上的汞可以用加热熏碘法除去,按每平方米 0.5g 碘,加热熏蒸,或按每 10m^2 用 0.02m^2 蒸发面积的碘片,下班前关闭门窗,任其自然升华,次日移去。以上除汞方法中,三氯化铁及碘蒸气对金属有腐蚀作用,采用这两种方法时要注意对室内精密仪器的保护。

另外,也可用紫外灯除汞,紫外辐射激发产生的臭氧可使分散在物体表面和缝隙中的汞氧化为不溶性的氧化汞。紫外灯(市售品常为 30W, 220V 的安装方法与一般荧光灯相同。放置高度 2.5~3.0m 按每立方米 0.5~0.8W 选择灯的规格)可以利用无人的非工作时间辐照。

2. 废水排放基础设施及措施

化学废水排放系统由水槽、排水管和消纳池组成。水槽通常采用专用陶瓷盆或人造石盆。消纳池是针对化学实验排放废水中的酸、碱性无机溶液而设立的预处理装置。废水通常在整体上呈酸性,由专人管理并定期投放石灰等碱性物质中和达标后排放到环境污水系统。过去排水管采用铸铁管,使用十余年后往往被铁锈堵塞甚至因严重腐蚀而漏水。目前较通用的排水竖管(包括弯头、三通等附件)是内壁涂复环氧树脂的铸铁件或 UPVC 管材。横管为维修方便起见多用 UPVC 管材。

UPVC 是不添加增塑剂的聚氯乙烯,通常用于制造民用水管。上水管较厚,抗水压,用的稳定剂无毒;下水管稍薄,采用较廉价的低毒稳定剂。二氯乙烷、乙酮(甲乙酮)、四氯乙烷和四氢呋喃等化学试剂对 UPVC 管有强烈溶胀作用。尤其是前四种试剂,不溶于水,相对密度大于水,极易沉积在排水管的储水弯(俗称“P 弯”)内,即使是少量也足以使弯头腐蚀。对于倾斜度不足或因有沉积物而排水不畅的管道,会使整段腐蚀,造成严重后果。现在,很多高职院校都对无机实验进行了改革,采用了小量和微量实验,减少了废液量。即使如此,按照实验室评估的标准,废液也必须专门收集并由具有化学废弃物处理认证资质的厂商进行焚烧处理。(尤其是含氯的有机溶液,必须通过 1500°C 以上的高温燃烧才能分解为二氧化碳、水和氯化氢。若低温燃烧则会产生剧毒致癌物质)。但在实际操作中,因为疏忽或管理不善而将有机废液甚至违禁试剂倒入排水系统,这是绝对要禁止的。

我国国家标准 GB8978—1988《污水综合排放标准》中对能在环境或动植物体内蓄积,对人体产生长远影响的污染物称第一类污染物,对其允许排放浓度做了严格的规定。对于长远影响小于第一类污染物的称第二类污染物,根据排入水域的 3 种级别,对挥发酚、氰化物、氟化物、生化需氧量、化学耗氧量等 20 种污染物规定了最高允许排放浓度,参考 GB8978—1988。常见废液的处理措施如下:

(1) 实验室中的废液通常是大量的废酸液。废酸缸中废酸液可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤,滤液加碱中和,调 pH 至 6~8 后就可排出。少量滤渣可埋于地下。

(2) 实验室中含铬量比较大的是废铬酸洗液。这可以用高锰酸钾氧化法使其再生,继续使用。(氧化方法:先在 $110\sim 130^\circ\text{C}$ 下不断搅拌加热浓缩,除去水分后,冷却至室温,缓缓加入高锰酸钾粉末。每 1000mL 加入 10g 左右,直至溶液呈深褐色或微紫色。边加边搅拌直至全部加完,继续加热至有 SO_3 出现,停止加热。稍冷,通过玻璃砂芯

漏斗过滤, 除去沉淀; 冷却后析出红色 CrO_3 沉淀, 再加适量硫酸使其溶解即可使用) 少量的废液可加入废碱或石灰石使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀, 将此废渣埋于地下。

(3) 氰化物是剧毒物质, 含氰废液必须认真处理。少量的含氰废液可先加 NaOH 调至 $\text{pH} > 10$, 再加入几克高锰酸钾使 CN^- 氧化分解。量大的含氰废液可用碱性氯化法处理。先用碱调至 $\text{pH} > 10$, 再加入加次氯酸钠, 使 CN^- 氧化成氰酸盐, 并进一步分解为 CO_2 和 N_2 。

(4) 含汞盐废液应先调至 pH 至 $8 \sim 10$, 然后加适当过量的 Na_2S , 使生成 HgS 沉淀, 并加 FeSO_4 生成 FeS 沉淀, 从而吸附 HgS 共沉淀下来。静置后分离, 再离心、过滤; 清液含汞量可降到 0.02mg/L 以下排放。少量残渣可埋于地下, 大量残渣可用焙烧法回收汞, 但要注意一定要在通风橱内进行。

(5) 重金属离子的废液, 最有效和最经济的方法是加碱或加 Na_2S 把重金属离子变成难溶性的氢氧化物或硫化物而沉淀下来, 从而过滤分离, 少量残渣可埋于地下。

(6) 氢氧化钠、氨水: 用 6mol/L 盐酸水溶液中和, 用大量水冲洗。

(7) 含汞、砷、锑、铋等离子的废液: 控制 H^+ 浓度为 0.3mol/L , 使其生成硫化物沉淀。

(8) 含氟废液: 加入石灰使生成氟化钙沉淀。

(9) 可燃性有机物: 用焚烧法处理。焚烧炉的设计要确保安全、保证充分燃烧, 如有有毒气体产生应设洗涤器。不易燃烧的可先用废易燃溶剂稀释。

3. 废渣处理的基础设施及措施

化学实验室会有失效药品, 实验过程中也会产生少量的废渣, 这些废弃的有害固体药品严禁倒在生活垃圾处, 必须经处理解毒后丢弃; 一些特殊的重金属和有害物质一起存放在回收瓶里, 回收后交专人处理。常见的处理方法有:

(1) 溶于水的药品用大量水冲稀, 流入地沟。

(2) 不溶于水的油状易挥发溶液, 尤其是二硫化碳、乙醚、苯等不能倒入地沟, 以免地沟着火爆炸, 或散发有害气体, 量大的废液应回收, 量小的要在通风橱内销毁, 或于空旷通风处销毁。销毁办法: 可燃性液体, 放在盘内燃烧。不可燃液体, 让其自然挥发。溅到外面的药品用乳化剂使之乳化再冲入地沟。

(3) 剧毒药品: 用化学方法处理成无毒品或毒性低药品, 再排放。汞盐: 用亚硫酸钠还原成亚汞, 再以氯化亚汞形式沉淀, 冲走; 小量的铅、铬等的盐: 加大量水稀释排走; 砷化物: 大量加入石灰沉淀去除, 少量则用水冲稀排走; 草酸: 在硫酸中用高锰酸钾氧化; 酚类: 若大量必须回收。小量则加烧碱溶解, 排入地沟。

(4) 自燃物、易爆物的销毁, 销毁此类药品时要远离火源, 并备有灭火器。金属钠、金属钾: 小量的用乙醇分解, 大量的要在空旷处烧掉; 存放久的金属钾须及时销毁; 溅出物立即收入煤油中, 着火应立即扑灭; 锌等较活泼金属: 分别加入 5% 盐酸反应; 黄磷: 用湿沙盖着, 铲入盘中, 放在空旷处使自燃, 如少量可在通风橱内自燃之; 高氯酸等危险物用水冲稀、排走。苦味酸: 用碱液溶解, 用水冲稀, 排走; 过氧化苯甲酰等过氧化物: 分批加入氢氧化钠中搅拌, 变稠后, 加水冲稀, 排走; 自燃物、缓慢燃

烧过氧化物：小量分散于盘中，在空旷处燃烧。

(5) 酸酐、酰氯类，一般是将药物小心分批慢慢倒入地沟中，同时放大量水冲走。酰氯化合物最好先在毒气橱中，慢慢倒入水中分解，排走浓烟，再倒入地沟用水冲走；而下述药品要特别小心，发烟硫酸：用大量碳酸钠围在容器周围，在安全地方将瓶子打碎，慢慢加入地沟中，同时用大量水冲走；氟氢酸：在安全地方碎瓶，用碳酸钙小心中和，然后用大量水冲走。

(6) 油状物：加乳化剂乳化后排走。

(7) 溴：用碳酸钠吸收，或用硫代硫酸钠等还原，用水冲走。

(8) 凡溅出挥发性、刺激性药品，有毒药品，应立即打开室内排风，工作人员离开实验室，由有经验人员处理。处理时要戴防护用品；如护目镜、胶手套、胶围裙及呼吸器等。

(9) 凡染有危险药品的容器、滤纸、废渣原则上与该药品处理方法相同。不要随便抛弃在垃圾箱内。

(10) 凡用完药的空瓶，必须洗净才能弃去。以免别人洗瓶时发生事故，同时空的盛过低温溶剂瓶，其气体与瓶中空气混合，可能形成爆炸混合物，非常危险。

(三) 实验室的 6S 管理

6S 管理作为现代企业的基础管理手段之一，体现了国际先进企业现场管理的内涵，它使工厂整齐有序，员工自主管理，营造出舒适、安全的工作环境，使企业进入现代、先进、文明的更高层次。为了能与企业技术平台对接，培养目标直接与用人单位岗位实现零对接，高职院校应在实验实训教学与管理中推行 6S 管理模式，以此训练学生的职业素养，提高实验实训教学与管理水平。

1. 6S 管理的内涵

日本质量管理大师今井发明了“5S 运作”模式，即整理 (Seiri)、整顿 (Seiton)、清扫 (Seiso)、清洁 (Seiketus) 和素养 (Shitsuke)。海尔在今井的“5S”管理模式的运作上有加了一个“S” (Safety)，一切工作均以安全为前提，成为海尔“6S”。于是，“6S”成为海尔优化工作环境，提高员工自身素质、技能，不断自我改进的一个重要手段，也成为海尔 OEC (Overall Everycontrol and Clear；中文意思表示为“日事日毕，日清日高”) 管理的重要支持。我国在企业管理中应用“6S”管理模式来完善企业的现场管理并取得了相当大的成果。在此我们模拟企业管理，把“6S”运用到高职院校实验实训室管理中，其内涵如下：

整理：将工作场所中的任何物品区分必要的与不必要的，必要的留下来，不必要的彻底清除。目的是改善、拓宽实验实训 (含实习) 作业面积；通道畅通，提高工效；减少和避免器皿、物件磕碰，保证质量。

整顿：必要的东西分门别类按规定的位置放置，并摆放整齐，加以标志。目的是使物品类别、数量、质量清晰，取放方便，井然有序。

清扫：将岗位保持在无垃圾、无灰尘、干净整洁的状态。目的是随时保持一个整

洁、明快、舒畅的实训作业环境,保证安全、优质、高效地工作。

清洁:岗位人员(含实验实训学生)在整理、整顿、清扫的基础上对实训现场认真维护,保持最佳完美状态,是前三项的继续与细化,并形成制度化、规范化。目的是通过制度化来维持成果。

素养:人人养成好习惯,按规定行事,培养积极进取的精神。目的是培养具有良好习惯、遵守规则的学员。

安全:消除隐患,创造良好的安全实验实训(含实习)环境。目的是避免各类事故的发生。

2. 6S模式的必要性

职业教育是以社会需求为导向,培养学生职业能力为本位的教育。为了实现这一培养目标,实验实训是极为关键的教学环节,而校内各实验实训室是学生进行实验实训的主阵地。要提高实验实训质量,在注重硬件建设的同时还必须注重实验实训管理的软件建设。在实验实训室管理中推行6S模式,具有以下几个方面的必要性。

(1) 推行6S管理,利于提高教师的工作效率和学生的实验实训效率。6S是节约家。通过6S管理,合理规划实验实训室内空间,使得室内外变得整洁、卫生,要用的仪器、设备、工具都按规定整齐摆放在做好了标志的指定位置,降低很多不必要的空间的占用,减少实验实训过程中“寻找”的浪费,大大提高了教师在实验准备和指导过程中的工作效率及学生的实验实训效率。

(2) 推行6S管理,利于学生的职业素养培养。现代企业对员工的职业素养要求日益提高,高职院校就是为社会输送生产、管理、服务第一线的高素质技能型人才,因此我们在注重学生职业技能培养同时也必须注重学生职业素养的训练,在实验实训室硬件建设方面考虑与企业技术平台对接,在管理方面也应考虑与企业管理平台的对接。我们模拟企业6S管理,在实验实训室管理中推行6S模式,就是要融合企业管理氛围的职场训练环境,规范操作行为,让学生养成良好的职业习惯,提高学生的职业素养,为实现“零距离”上岗打下基础。

(3) 推行6S管理,提高了学校实验实训管理质量和社会声誉。6S管理的推行不但使实验实训场所变得明亮、整洁有序,保障各实训环节安全进行,而且规范了教师和学员的现场操作行为,把这种规范管理要求落实到教师工作考核和学生的实训成绩中,提高效率的同时也提高了实验实训教学质量。严谨规范的管理,培养出训练有素的企业欢迎的人才,自然提高了学校的社会声誉。

(四) 化学实验室操作守则

实验室操作守则是人们在长期的实验室工作中,从正反两方面的经验、教训中总结出来的,可有效防止意外事故,保持正常的实验环境和工作秩序。遵守实验室操作守则是做好实验的重要前提,人人必须遵守实验室操作守则。

(1) 必须坚持安全第一、预防为主的原则。在实验室工作的所有人员都应熟悉“化学实验室安全制度”和其他有关安全的规章制度,应掌握消防安全知识、化学危险品安

全知识和化学实验的安全操作知识。实验室安全负责人应定期进行安全教育和检查。实验课指导教师和实验室工作人员有责任进行实验前的安全教育和指导,并要求学生遵守实验室的安全制度。

(2) 实验前(尤其具有危险性的新实验)任何人员都必须事先制订缜密的操作规程并严格遵守,应熟悉所用试剂及反应产物的性质,对实验中可能出现的异常情况应有足够的防备措施(如防爆、防火、防溅等);进行危险性实验(如剧毒、易燃、易爆的实验)时,房间内不应少于2人;进行危险性实验操作时必须佩戴防护器具;危害性很大的实验(如高压实验、放大试验以及能产生危险气体而危及本人或周围人员人身安全的实验)不可在化学楼内进行。熟悉实验室环境,明确实验任务,进入实验室前必须穿着实验服,检查仪器药品是否齐全。

(3) 实验过程要集中精力,认真操作,仔细观察,积极思考,如实详尽地做好实验记录。实验进行中操作者不得擅自离开实验室,离开时必须有人代管(具有安全保障和仪器运行可靠的实验可短时间离开)。

(4) 实验中要保持肃静,不得大声喧哗、随意串岗,不得无故缺席,因故缺席的实验实训项目应该找时间补做。

(5) 爱护国家财物,小心使用仪器和实验设备,注意节约水、电和气;每人应取用自己的仪器,不得私自动用他人的仪器;公用仪器和临时供用的仪器用毕应洗净,并立即送回原处。如有损坏必须及时登记补领。

(6) 验台上的仪器应整齐地放在指定的位置上,并经常保持台面的清洁。实验室的化学试剂管理应按实验室化学试剂管理的若干规定进行。严禁往下水口、垃圾道倾倒有机溶剂及有毒、有害废物。废纸、火柴梗和碎玻璃等应倒入垃圾箱内,废液应倒入废液缸内,切勿倒入水槽,以防堵塞或锈蚀下水管道。

(7) 按规定的量取用药品,注意节约。称取药品后,及时盖好原瓶盖,放在指定地方的药品不得擅自拿走。

(8) 实验后,应将所用仪器洗净并整齐地放回柜内。实验台及试剂架必须擦净,最后关好电闸、水和煤气开关。实验柜内仪器应存放有序,清洁整齐。

(9) 每次实验后由学生轮流值勤,负责打扫和整理实验室,最后离开实验室的人员,有责任检查水龙头、煤气开关,门、窗是否关紧,电闸是否开启,窗户是否关好,锁好门再离开。以保持实验室的整洁和安全。

(10) 发生意外事故应保持镇静,不要惊慌失措;遇有烧伤、烫伤、割伤时应立即采取相应措施并报告教师,及时急救和治疗。

(11) 非工作需要不许在实验室过夜。学生因工作需要过夜时,必须将导师或实验室主任批准并签字的材料预先交实验楼值班室。

(12) 实验室严禁吸烟。

(13) 贵金属、贵重物品、贵重试剂及剧毒试剂应有专人负责保管。

(14) 氢气瓶、乙炔瓶等危险钢瓶必须放在室外指定地点(钢瓶间或阳台),放在室内的钢瓶须用铁链或其他方式进行固定,应经常检查是否漏气,严格遵守使用钢瓶的操作规程。