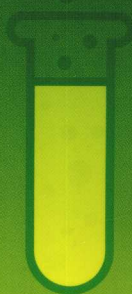




WUJI HUAXUE SHIYAN

无机化学实验

● 丁杰 主编 黄生田 副主编



化学工业出版社

无机化学实验

丁 杰 主 编

黄生田 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是在多年无机化学实验讲义的基础上编写而成,除了对无机化学实验的基本知识和实验基本操作加以介绍之外,共收编了20个实验,包括:基本操作训练、基础实验以及综合、设计实验。内容涵盖了无机化学理论教学的主要内容,按照循序渐进的原则,训练学生掌握基本操作和分析问题、解决问题的综合能力;每个实验还设置了“实验思考”部分,帮助学生了解实验的关键所在,启迪学生思维,更好地进行预习和实验工作。书后附录收集了各类实验常用数据表,便于查阅。

本书可作为高等学校化学、化工、材料、轻工、食品、冶金、生物工程等专业的无机化学实验教材,也可供从事化学实验室工作或化学研究工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无机化学实验/丁杰主编. —北京:化学工业出版社, 2009.11
ISBN 978-7-122-06727-2

I. 无… II. 丁… III. 无机化学-化学实验
IV. 061-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 174185 号

责任编辑:曾照华
责任校对:凌亚男

文字编辑:向东
装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂
720mm×1000mm 1/16 印张9¼ 彩插1 字数154千字
2010年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:23.00 元

版权所有 违者必究

前 言

无机化学实验是化学、化工、生工、轻工、材料等专业开设的第一门基础化学实验课程，也是后续化学实验课程的基础。我国著名化学家戴安邦院士指出，通过实验，可以更好地掌握化学知识和技能，训练科学思维，培养科学精神和品德，适应化学学科的发展，满足培养应用型人才的需要。今天，进入大众化阶段的高等教育，强调素质教育与能力培养，但由于各高校的学生生源、教学条件和教学环境的不同，办学思想和目标也有一定的差异，为此，我们利用四川省《无机化学》精品课程建设平台，在多年教学实践的基础上编写了本教材。我们编写本书时，着重注意了以下几点。

一、适应减少课内学时，优化课程结构的时代要求。本教材编写的实验力求具有代表性，做到既加强无机化学基础理论和实验技能的训练，又提高学生的兴趣。在有限的实验学时中，让学生掌握基本实验技能和相关知识。

二、力求少一些验证式、注入式，多一些讨论式和研究式，以调动学生的主观能动性，培养学生查阅文献、自学及综合运用知识解决问题的能力。

三、启迪思维，克服“照方抓药”的弊病，加强实验能力的培养。

1. 根据每个实验的特点编写了较多的思考题，通过对问题的分析讨论，让学生在实验前对本次实验的原理、内容以及操作细节都做到心中有数，提高学习的主动性。

2. 培养观察能力。本书编写中力求使学生通过自己观察得出结果，对于现象结论，书中一般不给予描述。

3. 注意循序渐进地培养独立实验能力。编写中力图避免学生不加思索就进行实验，要求既动手又动脑，把实验课作为实践尝试和探索知识的机会。

4. 注意培养分析、比较、概括、综合的能力。在综合、设计性实验内容中，选择有一定实用性的小课题，要求学生查阅有关资料，设计实验方案，在教师指导下完成。

本书第三章的实验三、实验四、实验五、实验六、实验八、实验十、实验十二、实验十四、实验十五、实验十六、实验十七、实验十八、实验二十、附录编写由丁杰完成；第一、二章和第三章的实验二、实验九由黄生田

编写完成；第三章的实验一、实验七、实验十三由曾凤春编写；实验十九、实验十一由何锡阳编写。全书由丁杰统稿。在编写过程中，化学与制药工程学院无机教研室的有关老师给予了大力支持，特此表示感谢。

由于我们水平有限，本书难免有不足之处，敬请广大师生在使用过程中提出批评指正。

编 者

2009 年 9 月于四川理工学院

目 录

无机化学实验的学习方法	1
第一章 实验室基本知识	3
一、实验室规则	3
二、实验室安全	4
三、实验数据处理	10
第二章 实验基本操作	15
一、玻璃仪器的洗涤与干燥	15
二、加热与冷却	17
三、称量	22
四、化学试剂的使用	27
五、固液分离	32
第三章 实验内容	37
一、基本操作训练	37
实验一 洗涤、加热、称量、试剂取用 (3 学时)	37
实验二 玻工操作 (4 学时)	40
实验三 溶液配制 (4 学时)	45
实验四 分离、提纯——食盐提纯 (4 学时)	47
二、基础实验	50
实验五 沉淀反应 (4 学时)	50
实验六 氧化还原反应 (4 学时)	54
实验七 气体常数的测定 (4 学时)	57
实验八 醋酸电离常数的测定 (4 学时)	61
实验九 化学反应速率及活化能测定 (3 学时)	67
实验十 常见非金属元素重要化合物的性质 (4 学时)	71
实验十一 常见金属元素重要化合物的性质 (4 学时)	79
实验十二 常见离子的鉴别、鉴定 (3 学时)	88
三、综合、设计实验	93
实验十三 硫酸亚铁铵制备 (4 学时)	93

实验十四	氯化亚铜的制备 (4 学时)	97
实验十五	给定范围混合物分析 (4 学时)	101
实验十六	钢铁制品化学成分定性分析 (4 学时)	104
实验十七	硫代硫酸钠制备 (4 学时)	107
实验十八	营养药葡萄糖酸锌的制备 (5 学时)	112
实验十九	废干电池综合利用 (5 学时)	117
实验二十	由鸡蛋壳制备丙酸钙 (4 学时)	122
附录		126
附录 1	常用酸碱指示剂	126
附录 2	常见酸碱的近似浓度	126
附录 3	常见弱电解质的电离常数	127
附录 4	难溶电解质的溶度积	128
附录 5	常见无机化合物在不同温度下的溶解度	129
附录 6	常见配合物的稳定常数	132
附录 7	标准电极电势	133
附录 8	无机实验常用仪器介绍	135
参考文献		141
元素周期表		142

无机化学实验的学习方法

实验主要由学生独立完成，因此实验效果与正确的学习态度和学习方法密切相关。关于化学实验的学习方法，应抓住下述三个环节。

1. 预习

预习是实验前必须完成的准备工作，是做好实验的前提。但是，这个环节往往没有引起学生足够的重视，甚至不预习就进实验室，对实验的目的、要求和内容不清楚，结果是浪费了时间和药品。为了确保实验质量，实验前任课教师要检查学生的预习情况。对没有预习或预习不合格者，任课教师有权不让他参加本次实验，学生应听从教师的安排。

实验预习一般应达到下列要求。

① 认真阅读实验教材和有关参考书，明确本次实验的目的，了解实验原理以及实验的全部内容。

② 熟悉所用试剂、仪器装置的性能，了解实验中有关操作的正确方法和安全注意事项。

③ 通过对“实验思考”中问题的分析讨论和有关理论课程的复习（或自学），根据本实验要求领会或设计实验操作步骤、方案。

④ 在预习的基础上写出实验预习报告。预习报告是进行实验的依据，因此预习报告应包括简要的实验步骤与操作、需要记录实验现象和数据的表格等。准备一本专用实验预习记录本（不准用散页纸张代替），用简洁的语言、符号或图表写出预习报告，进入实验室后交指导教师检查。

2. 实验

实验是培养独立工作和思维能力的重要环节，必须认真、独立地完成。

① 按照教材内容，认真操作，细心观察，一丝不苟，如实将实验现象、数据填写在预习报告中，这是养成良好科学学习习惯必需的训练。

② 对于设计性实验审题要确切，方案要合理，现象要清晰。在实验中发现设计方案存在问题时，应找出原因，及时修改方案，直至达到满意的结果。

③ 在实验中遇到疑难问题或者“反常现象”，应认真分析操作过程，思

考其原因，自觉养成研究问题的习惯。为了正确说明问题，可在教师指导下，重做或补充进行某些实验。

④ 实验中自觉养成良好的科学习惯，遵守实验工作规则。实验过程中应始终保持桌面布局合理、环境整齐和清洁。

3. 实验报告

实验报告是每次实验的总结，它反映学生的实验水平，必须严肃认真如实撰写。

一份合格的报告一般应包括以下内容（除实验名称、日期外）。

① 实验目的或要求。

② 实验内容、步骤 尽量采用表格、框图、符号等形式，清晰、明了地表示实验内容，避免照抄书本。

③ 实验现象和原始数据记录 实验现象要表达正确，数据记录要完整。绝不允许主观臆造、抄袭，若经发现，本次实验按不及格处理。

④ 现象分析、数据处理和结论 对现象加以简明的分析解释，写出主要反应方程式、计算公式和结果表示，计算过程要表述清楚。

⑤ 问题讨论 针对实验中遇到的疑难问题提出自己的见解或收获。对实验方法、教学方法和实验内容等提出意见、建议。

⑥ 实验的心得、体会，存在问题及失败原因的分析。

第一章

实验室基本知识

一、实验室规则

化学实验的目的不仅仅是简单地培养实验技术和巩固化学理论的知识，更重要的是培养严谨的实验作风和科学的思维方法，不断地调动学生的主动性和创造性。为此，每个学生在实验中，必须遵守下列实验规则。

① 实验前必须做好预习和实验准备工作，检查实验所需药品和仪器是否齐全，如有缺少或损坏，立即请老师核实并补发。做规定以外的实验，应先经老师允许。

② 实验中要听从指导教师和实验技术人员的指导，做到独立思考、正确操作、仔细观察，并认真如实地记录实验现象和测量数据。

③ 遵守学习纪律和实验室的规章制度，保持实验室安静，不得擅自离开实验岗位，不进行与实验无关的活动，创造良好的实验环境。不得无故缺席，因故缺席未做的实验应补做。

④ 养成良好的实验习惯，经常保持实验室的整洁，做到桌面、地面、水槽和仪器四净，严格遵守水、电、气、易燃、易爆及有毒药品的安全使用规则。废液入桶，杂物（如废纸、废沸石、火柴梗等）可先放入烧杯中，实验完后杂物倒入垃圾箱内，严禁倒入水槽，以防堵塞下水管道。有毒废液不能随便倒入下水道，应倒入废液桶统一处理。

⑤ 爱护仪器设备，节约水、电、气和化学试剂。实验中使用自己的仪器，不得随意动用他人的仪器；公用仪器和临时公用的仪器用毕应洗净，并立即送回原处。因违反操作规程所造成的仪器设备损坏，请填写报损单，并负一定的赔偿责任。

⑥ 按规定用量取用药品，注意节约。取药品时要小心，不要撒落在实验台上；从瓶中取出后，不能再放回原瓶中；取药品后，应及时盖好瓶盖，放在指定地方的药品不得擅自移动位置。

⑦ 使用精密仪器时，必须严格按照操作规程进行操作，细心谨慎，避

避免因粗心大意而损坏仪器。如发现仪器有故障，应立即停止使用，报告老师，及时排除故障。使用后必须自觉填写登记本。

⑧ 实验结束后，应立即将仪器清洗干净，并妥善放好；共用物品、仪器、工具等要整理好后放回原处；整理实验台、药品架并擦拭干净。

⑨ 轮流值日，值日生要负责整理公用器材，打扫整个实验室，将废液和垃圾倒入指定的地方；关闭水、电、气阀门，经指导老师认可后方可离去。

⑩ 发生意外事故时应保持镇静，不要惊惶失措；遇有烧伤、烫伤、割伤时应立即报告老师，及时进行急救和治疗。

⑪ 每次实验完成后，要及时完成实验报告。实验报告要求文字表达清楚、语言简单明确。

二、实验室安全

实验中会不可避免地要遇到有毒、易燃和易爆物品，同时所用仪器大部分是玻璃仪器，在进行化学实验时，常常潜藏着发生如割伤、烫伤、烧伤甚至着火、触电、中毒和爆炸等不安全因素，但是这些安全隐患都是可以避免的。每次实验前做好预习，熟悉本实验的安全注意事项，实验过程中集中注意力，遵守安全守则，严格执行操作规程，加强安全措施，就能有效地维护实验室的安全，避免事故的发生。要了解一般救护、处理等安全知识，一旦发生意外事故，可进行及时处理。

（一）实验室安全守则

① 进入实验室首先要了解、熟悉实验室的水、电、气开关及安全用具、防火器等的放置地点及使用方法，不能随意移动位置或移作它用。

② 实验时不能穿短裤、拖鞋；严禁在实验室吸烟、饮食、打闹。

③ 实验开始前应检查仪器是否完整无损，装置是否正确稳妥。实验进行时，不得擅自离开岗位，要经常注意观察仪器有无破裂、漏气、漏水，反应进行是否正常等。

④ 水、电、气使用完毕立即关闭。

⑤ 洗液、浓酸、浓碱具有强腐蚀性，应避免溅落在皮肤、衣服、书本上，更应防止溅入眼睛里。

⑥ 注意安全操作，具体要求如下。

a. 产生刺激性或有毒气体的实验，都应在通风橱内进行。

b. 有易挥发和易燃物质的实验, 都应在远离火源的地方进行, 最好在通风橱内进行。

c. 加热试管时, 不要将试管口对着自己或别人, 也不要俯视正在加热的液体, 以免液体溅出受到伤害。

d. 嗅闻气体时, 应用手轻拂气体, 把少量气体扇向自己再闻。

e. 有毒试剂(如氰化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等)不得进入口内或接触伤口, 也不能随便倒入下水道, 应回收统一处理。

f. 不得随意混合各种试剂药品, 以免发生意外事故。当进行危险性较大的实验时, 要采取必要的安全措施, 如戴防护眼镜、防护面罩或橡皮手套等。

⑦ 实验室所有仪器和药品(包括制备的产品)不得带出室外, 用毕应放回原处。

⑧ 实验完毕, 应将实验桌整理干净, 洗净双手, 关闭水、电、气等阀门, 方能离开。

(二) 实验事故的预防、处理和急救常识

1. 着火

预防着火必须注意以下几点。

① 使用易燃溶剂如乙醇、乙醚、二硫化碳、苯等以及其它易燃品时, 严禁在敞口容器(如烧杯)中存放或加热, 要根据溶剂性质选用正确的加热方式, 但切勿用明火直接加热。

② 加热易挥发性液体或反应中产生有毒气体时, 必须在通风橱内进行, 或在反应装置出口处接一橡皮管, 导出室外。加热易挥发性液体还要注意远离火源。

③ 易燃及易挥发物, 不得倒入废液桶内, 量大时, 要专门作回收处理, 少量时可倒入水槽, 用水冲走(与水有猛烈反应的物质则应单独处理)。

着火的处理: 一旦发生着火事故, 应沉着镇静及时采取下列措施。首先切断电源, 关闭煤气灯或熄灭其它火源, 然后将燃烧物与其它可燃物、助燃物迅速隔离, 防止火势进一步扩大。同时视燃烧物性质选用适当的灭火器材进行灭火。

① 容器内溶剂着火或小范围着火可用石棉布、石棉网、玻璃布、湿毛巾等覆盖着火物, 使之与空气隔绝而灭火。

② 若衣服着火, 切勿奔跑, 可用厚的外衣包裹使其熄灭, 火势较大时就地打滚(以免火焰烧向头部), 也可以打开附近的自来水开关用水冲淋至

火熄灭。

③ 对于有机化学实验室一般不用水进行灭火，这是因为大多数有机溶剂不溶于水且比水轻，若用水灭火，有机溶剂会浮在水面上，反而扩大火势。有些药品（如金属钠、三氯化磷等）与水反应产生可燃、易爆、有毒气体，会引起更大事故。

实验室常备的灭火器材及其使用范围如下。

(1) 泡沫灭火器 泡沫灭火器所产生的泡沫（含 CO_2 ）在燃烧物表面形成覆盖层，从而封闭其表面，隔绝空气。泡沫灭火器主要用于扑灭不溶于水的可燃液体和一般固体的着火。不适用于活泼金属（如碱金属）及遇水能发生燃烧的物质和带电设备的灭火。

(2) 二氧化碳灭火器 二氧化碳灭火器以液体形式压装在灭火器中。当阀门一开，喷出的二氧化碳迅速气化，从灭火器喷出的是温度很低的气、固二氧化碳，可降低燃烧区空气中的氧含量。当空气中二氧化碳的浓度达到 30%~35% 时，火就会熄灭，同时，喷出二氧化碳的冷却作用也有助于灭火。二氧化碳无毒、不导电，对大多数物质无损坏，故适用于扑灭各种易燃液体和易受水、泡沫、干粉等灭火器污染的物质和带电设备的着火。

(3) 干粉灭火器 干粉灭火剂是由硫酸氢钠（钾）、磷酸铵、氯化钾、碳酸钠的干粉及适量的润滑剂和防潮剂组成，装在相应的灭火器内。使用时借压缩气体（二氧化碳或氮气）将干粉以雾状流喷向燃烧物。当干粉与火焰接触时，受热分解出不燃气体，稀释燃烧区域中氧气的含量，从而使火焰熄灭。它主要用于各种水溶性和非水溶性可燃液体及一般带电设备的着火。

(4) 1211 灭火器 手提式（BCF）1211 灭火器内装二氟一氯一溴甲烷，并充有 2.94MPa 压力的氮气。该灭火器质量轻、体积小、灭火率高，其喷射距离为 2~3m，喷射时间为 6~8s，可用于扑灭油类、电器、化学物质、仪器等的着火。

2. 爆炸

为避免事故，应注意下列问题。

① 常压操作时切勿将反应体系密闭，应使装置与大气相通；减压蒸馏时不可使用锥形瓶或平底烧瓶；加压操作应经常注意体系是否超过安全负荷。否则都可能引起爆炸。

② 接触易爆物质（如过氧化物、多硝基化合物等）时，要特别小心。不能加热、剧烈震动和摩擦。使用易爆物质时需在防爆装置中进行，用量不能太大。

3. 中毒

实验中应防止中毒，需做到以下几点。

① 药品不要沾到皮肤上，尤其是剧毒药品。接触这类药品必须戴橡皮手套，操作完后应立即洗手。称量任何药品都应使用工具，不得用手直接接触。嗅闻气体时，应用手将少量气体轻轻扇向自己，不要用鼻子对准气体逸出的管口。

② 处理有毒、有害或腐蚀性物质时，应在通风橱中进行，必要时戴上防护用具，尽可能地避免这些物质的蒸气扩散到实验室内，污染工作环境。

③ 对沾过有毒物质的仪器和工具，实验完后应立即清洗或采取适当措施处理，以破坏或消除其毒性。

④ 有毒药品应妥善管理，不得乱放。剧毒药品应有专人负责收发，并向使用者提供操作规范及使用注意事项。

一般药品溅到手上，可用水和乙醇洗去。实验者如有轻微中毒症状，应到空气新鲜的地方休息。若中毒症状较严重，如皮肤出现斑点、头昏、呕吐、瞳孔放大等应及时送医院救治。

4. 玻璃割伤

玻璃割伤多由于安装仪器时用力过猛或着力点远离连接部位，或仪器口径不合而勉强连接，或玻璃折断面未烧圆滑有棱角等原因造成。如果发生割伤要及时处理，先将伤口处的玻璃碎片取出，若伤口不大，用蒸馏水洗净伤口，再贴上创可贴即可。若伤口较大、流血不止，应压迫止血，并及时到医院处理。

5. 灼伤

皮肤接触高温蒸气、火焰、高热物体以及低温物质（如干冰、液氮）或腐蚀性试剂等都会造成灼伤。因此，实验时要避免皮肤与上述能引起灼伤的物质接触，特别要注意保护眼睛。取用有腐蚀性化学药品时，应戴上橡皮手套和防护眼镜。实验中发生灼伤时，要根据不同情况及时处理。

下面介绍一些受到伤害时的应急处理。

(1) 酸灼伤 如为大量浓酸（如硫酸、硝酸）倾倒或喷溅到皮肤裸露处，应软布或卫生纸轻轻沾去，然后再用大量水冲洗，再以 3%~5% 的碳酸氢钠溶液涂洗，最后用水冲洗。

(2) 碱灼伤 立即用大量水冲洗，再以 1% 醋酸液洗，最后用水冲洗。

(3) 溴灼伤 立即用大量水冲洗，再用酒精擦至无溴液存在，然后涂上甘油或烫伤油膏。

(4) 烫伤 轻者立即将烫伤部位浸入冷水或冰水中以减轻疼痛,洗净后涂上红花油。灼伤严重者按上述简单方法处理后,及时到医院治疗。

试剂溅入眼内,任何情况下均要先洗涤,紧急处理后送医院治疗。酸:用大量水冲洗,再用1%的碳酸氢钠溶液洗;碱:用大量水冲洗,再用1%的硼酸液洗;溴:用大量水冲洗,再用1%的碳酸氢钠溶液洗。

(三) 实验室废物的处理

化学实验中经常会产生一些有毒气体、液体或固体,为防止实验室的污染扩散,均需要及时处理、排弃。这些有毒污染物的一般处理原则为:分类收集、存放,分别集中处理,尽可能采用废物回收以及固化、焚烧处理。在实际工作中选择合适的方法进行检测,尽可能减少废物量、减少污染。废弃物排放需符合国家有关环境排放标准。

(1) 气体有毒物处理 少量有毒气体可通过通风设备(通风橱或通风管道)经空气稀释排出室外,防止污染室内空气;大量的有毒气体产生时,必须经过吸收或相应措施装置后,方可排放。如氮氧化物可用碱液吸收处理;一氧化碳可燃烧后排放。

(2) 少量有毒废渣处理 实验中产生的固体废弃物不能随便乱放,以免发生事故。可通过焚烧或用化学方法处理成无害物,少量有毒的废渣可埋于地下固定地点。

(3) 废液处理 化学实验产生的废液相对于气体、固体废物而言,种类较多、量较大且组成经常变化。这些废液若不处理,随意排放,将会造成环境污染,危害人体健康。

无机实验中通常大量产生的废液是废酸、碱液,可通过酸碱中和(pH值为6~8)、混凝沉淀(硫酸铝或碱式氯化铝混凝剂)、次氯酸钠氧化处理后排放。若有沉淀,过滤后滤渣可埋于地下。

无机有毒废液主要有含汞、铬、铅、氰、镉等废液。应根据其化学特性选择合适的容器和存放地点,通过密闭容器存放,不混合贮存,容器标签标明废物种类、贮存时间,定期处理。

具体处理方法如下。

1. 含铬废液的处理

Cr(VI)化合物具有强氧化性,毒性大,引起皮肤溃疡、贫血、肾炎,并有致癌作用。因此国家规定该化合物排放标准为0.5mg/L,对实验室产生的含铬废液必须认真、及时处理。含铬废液可用还原法将危害性大的

Cr(VI)还原成Cr(III),所用还原剂是 FeSO_4 或 Na_2SO_3 ,再用碱石灰或废碱调节 $\text{pH}=8\sim 9$,形成低毒的 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀,静置过滤,滤液经检验不含铬后方可排放。实验室常用废酸与铁屑制成的 FeSO_4 、石灰来处理含铬废液。

2. 含汞废液的处理

实验室含汞废液主要来源于金属汞和汞盐,汞中毒会引起神经损伤、瘫痪、精神错乱、失明等症状。汞毒性的大小与其存在形态有关。 $+1$ 价汞的化合物如甘汞 Hg_2Cl_2 (难溶于水)毒性小;汞蒸气浓度较大时($0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 以上),会使人慢性中毒; $+2$ 价汞的毒性大,如 HgCl_2 剧毒,致命剂量为 $0.2\sim 0.4\text{g}$;水中的无机汞在微生物的作用下,会转变成有机汞,如甲基氯化汞的毒性更大。废水中汞的最大允许排放浓度(以 Hg 计)为 $0.05\text{mg}/\text{L}$ 。

若不小心打碎温度计或极谱分析操作失误等,将金属汞散失或撒落在实验室,必须及时清除。用滴管、棉花将金属汞收集于烧杯中,用水覆盖,散落于地面难以收集的微小汞珠,应尽快撒上硫黄粉,使其化合成毒性较小的硫化汞后清除干净;或喷上 20% 氯化铁的水溶液,干后再清除干净,三氯化铁水溶液是对汞具有乳化性能并同时可将汞转化为不溶性化合物的一种理想的去汞剂。但金属器件(除铅)不能用氯化铁水溶液除汞,因金属本身会受氯化铁水溶液的作用而损坏。

含汞盐的废液可先调节 pH 值为 $8\sim 10$,然后加入过量的 Na_2S ,使其生成 HgS 沉淀(注意加入硫化钠不能过量太多,否则生成 $[\text{HgS}_2]^{2-}$ 配合物而溶解)。再加入 FeSO_4 (共沉淀剂),与过量的 S^{2-} 生成 FeS 沉淀,将悬浮在水中难以沉淀的 HgS 微粒吸附共沉淀,静置、分离,滤液的含汞量可降至 $0.05\text{mg}/\text{L}$ 以下,残渣可以用焙烧法来回收汞或制成汞盐。

3. 含铅、镉废液的处理

铅、镉盐在碱性溶液中可形成氢氧化物沉淀,所以对含镉、铅废液的处理通常采用中和沉淀法、混凝沉淀法。在废液中加入碱或石灰乳,将废液的 pH 值调到 $8\sim 10$,使废液中的 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 生成氢氧化铅和氢氧化镉沉淀,同时加入硫酸铁作为共沉淀剂,静置、分离,清液可排放,沉淀与其它无机物混合,进行烧结处理。

4. 含氰废液的处理

氰化物及其衍生物都是剧毒的,中毒途径由皮肤吸收、伤口侵入或经呼吸系统进入人体。含氰化物废液切不可与酸混合,否则会发生化学反应,生

成剧毒的氰化氢气体逸出，造成中毒事故。因此，含氰废液的处理必须十分谨慎，应在通风橱内进行。氰化物最高允许排放浓度为 0.5mg/L 。

低浓度的氰化物废液可加入 NaOH ，调节废液的 $\text{pH} > 10$ ，再加入高锰酸钾固体（约 3%），将 CN^- 氧化分解。如果氰化物浓度较高，可加碱使废水处于碱性条件下（ $\text{pH} \geq 10$ ），再加入次氯酸钠或漂白粉，充分搅拌，静置 12h 以上，使氰化物分解为二氧化碳和氮气。

三、实验数据处理

通常在实验工作中，实验的结果最初是以数据的形式表达的。要想进一步得出结果，必须对实验数据做进一步的整理，使人们清楚地了解各变量之间的定量关系，以便进一步分析实验现象，提出新的研究方案或找出所研究问题的规律和结论，指导生产与设计。

（一）测量误差和有效数字

1. 测量误差

为了评价实验测量结果的质量，首先需了解准确度、误差、精密度和偏差的概念。

① 准确度和误差 准确度是指某一测量或一组测量值的平均数与“真实值”接近的程度，常用误差来表征。误差越大，准确度越差。

严格说来，“真实值”是无法测得的。在实际工作中，常用专门机构提供的数据。如手册上的数据作为真实值。

误差又分绝对误差和相对误差，绝对误差是测量值与“真实值”的差值：

$$\text{绝对误差} = \text{测量值} - \text{真实值}$$

但是，往往更感兴趣的是相对误差。它是绝对误差与“真实值”之比：

$$\text{相对误差} = (\text{绝对误差} / \text{真实值}) \times 100\%$$

② 精密度和偏差 精密度表示几次平行测量结果相互接近的程度，精密度可用偏差来度量。

单次测量结果与多次测量结果的算术平均值之间的差值称绝对偏差：

$$\text{绝对偏差} = \text{单次测量值} - \text{多次测量的平均值}$$

绝对偏差与多次测量的平均值之比为相对偏差：

$$\text{相对偏差} = (\text{绝对偏差} / \text{多次测量的平均值}) \times 100\%$$

③ 误差产生的原因 引起误差的原因很多，一般分系统误差和偶然