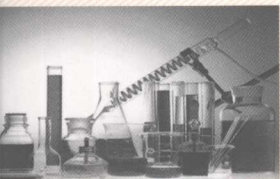


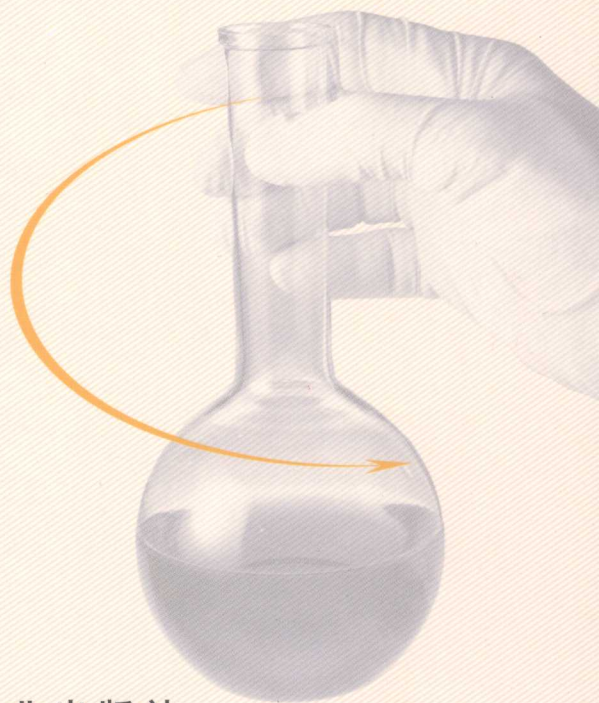


全国高等农林院校“十一五”规划教材



基础化学实验

汪建民 主编



 中国农业出版社

全国高等农林院校“十一五”规划教材

基础化学实验

汪建民 主编

中国农业出版社

北京朝阳区麦子店街32号

（邮政编码 100026）

责任编辑 王慧芳

北京农业大学北京农业大学 中国农业大学出版社

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

开本：720mm×960mm 1/16 印张：21

字数：370千字

定价：28.50元

（中国农业出版社北京出版集团）

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础化学实验/汪建民主编. —北京: 中国农业出版社,
2007. 8

全国高等农林院校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-109-11888-1

I. 基… II. 汪… III. 化学实验-高等学校-教材
IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 113000 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 曾丹霞 王芳芳

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 21

字数: 370 千字

定价: 28.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 汪建民

副主编 尹洪宗 姜 林 王日为

李丽芳 刘 葵

参 编(按姓氏笔画为序)

万福贤 包丽华 曲祥金

宋少芳 张 坤 张丽丽

高吉刚 盛 锋 蓝孝征

主 审 周 杰

前 言

近 10 年来, 化学实验教学改革有了长足的发展, 教学理念发生了深刻转变, 教学内容、教学方法、教学手段都有了很大改变, 新的实验技术和实验方法不断涌现。为适应新形势的发展需要, 强化综合性、创新性人才的培养, 实现实验教学的试剂用量小型化、环境保护绿色化、教学形式开放化的要求, 我们在原有《农科化学实验》的基础上, 编写了本教材。

本教材是我校 8 年实验教学改革和教材改革成果基础上的进一步发展, 是我校化学人 20 余年不懈努力的结晶。本教材有以下几方面特点。

(1) 将无机、有机、分析、物化实验整合为一个新的课程体系, 搭建成一个更加全面、完善的基础化学实验教学平台。

(2) 实验内容突出农业院校的特点及时代发展的要求, 增加与生命科学和农业科学相结合的实验内容, 特别是天然产物提取和色谱分离技术方面的内容。

(3) 鉴于近代物理分析方法在农业科学中的广泛应用, 增加了部分仪器分析实验内容。

(4) 增加了综合性、开放性实验内容, 以便于学生选择。

(5) 制作了大量多媒体教学资料以配合教材使用, 教学方法采用网上教学、视频观摩、教师指导、学生独立操作、计算机模拟实验等方式, 强化动手能力培养。

(6) 在实验教学中融入绿色化学实验的思想, 培养学生的环保意识。

本教材对化学实验基本操作和实验方法做了较为详细而精炼的描述, 为加强基本实验技能训练, 使学生加深对实验原理和实验操

作的理解，书中在每个实验中附有详细的注释和思考题，以便于教和学。本教材内容比较全面，除作为本科生实验教材外，还可作为生命科学和农业科学各专业研究生的参考书。

我们始终把培养学生的能力、拓宽知识面、增加适应性放在首位。力求编写出一部体现现代教学理念和新世纪人才培养目标，体现现代教学技术和方法，具有农业院校特色的基础化学实验教材；本教材力图更贴近学生、贴近生活、贴近应用，增加学生的兴趣，开拓学生的思路，增加学生的创新空间。

本教材在编写过程中得到了学校教务处和化学院领导的大力支持，得到了化学院全体教师的鼎力帮助，化学院院长周杰教授在百忙之中审阅了全部书稿，给予了热情指导并提出了许多修改意见，在此一并表示真诚的感谢。由于我们水平有限，错误和不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2007年5月

目 录

前言

绪论	1
一、化学实验的重要意义	1
二、化学实验教学的目的	1
三、基础化学实验的学习方法	2
第一章 化学实验基本知识、基本操作和基本技术	4
一、化学实验基本知识	4
(一) 实验室规则	4
(二) 实验室安全知识	5
(三) 化学实验常用仪器	8
(四) 常用化学手册和主要参考书	16
二、基本操作和基本技术	18
(一) 玻璃仪器的洗涤与干燥	18
(二) 试剂的取用	20
(三) 滤纸、滤器及其应用	22
(四) 加热和制冷方法	24
(五) 固液分离方法	28
(六) 气体的发生、净化、干燥与收集	32
(七) 化合物的干燥与干燥剂	36
(八) 常用有机溶剂的纯化	39
三、光电仪器的使用	44
(一) 酸度计的使用	44
(二) 分光光度计的使用	49
(三) 电导率仪的使用	51
(四) 电子天平的使用	53
(五) 分析天平的使用	55
第二章 物质的分离与提纯	59
实验一 纯水的制备	59

实验二 粗食盐的提纯	61
实验三 重结晶	63
实验四 蒸馏与分馏	66
实验五 水蒸气蒸馏	71
实验六 萃取	75
实验七 升华	79
实验八 色谱法	81
第三章 物理常数的测定	91
实验九 熔点、沸点的测定	91
实验十 旋光度的测定	96
实验十一 折射率的测定	99
实验十二 相对密度的测定	102
实验十三 醋酸电离度和电离常数的测定	103
实验十四 化学反应焓变的测定	105
实验十五 化学反应速率与活化能的测定	106
实验十六 二氯化铅标准溶度积常数的测定	109
实验十七 凝固点下降法测定萘的相对分子质量	111
第四章 物质的一般性质实验	114
实验十八 电离平衡与沉淀溶解平衡	114
实验十九 氧化还原反应与电化学	117
实验二十 配位化合物的性质	120
实验二十一 胶体与吸附	123
实验二十二 烃的含氧衍生物的性质	126
实验二十三 烃的含氮衍生物的性质	131
实验二十四 糖类化合物的性质	135
第五章 物质的化学分析	139
实验二十五 滴定操作练习	139
实验二十六 盐酸溶液的配制与标定	145
实验二十七 氢氧化钠溶液的配制与标定	147
实验二十八 食醋中总酸度的测定	153
实验二十九 铵盐中含氮量的测定 (甲醛法)	154

实验三十 工业纯碱总碱度的测定	155
实验三十一 亚铁盐中 Fe 含量的测定 ($K_2Cr_2O_7$ 法)	156
实验三十二 过氧化氢含量的测定 ($KMnO_4$ 法)	157
实验三十三 胆矾中铜含量的测定	159
实验三十四 维生素药片中维生素 C 的测定 (直接碘量法)	161
实验三十五 铝盐中铝含量的测定	162
实验三十六 水的总硬度及钙、镁含量的测定	164
实验三十七 氯化物中 Cl^- 含量的测定	167
实验三十八 水样中化学耗氧量 (COD) 的测定	168
实验三十九 土壤 pH 及可溶性 SO_4^{2-} 含量的测定	170
实验四十 漂白粉中有效氯含量的测定	172
第六章 仪器分析实验	174
实验四十一 分光光度法测铁	174
实验四十二 分光光度法测磷	175
实验四十三 食盐中碘含量的测定	177
实验四十四 氯离子选择性电极测水中 Cl^- 的含量	179
实验四十五 苯甲醛的紫外吸收光谱分析	180
实验四十六 苯甲酸的红外吸收光谱分析	182
实验四十七 荧光法定量测定 8-羟基喹啉铝	183
实验四十八 溶出伏安法测定水中微量铅和镉	185
实验四十九 高效液相色谱法测定 APC 药片中咖啡碱的含量	187
第七章 化合物的制备	190
实验五十 乙酰苯胺的合成	190
实验五十一 乙酸乙酯的合成	191
实验五十二 乙酰水杨酸的合成	193
实验五十三 正溴丁烷的合成	195
实验五十四 苯氧乙酸的合成	197
实验五十五 明矾的制备与检验	198
实验五十六 五水硫酸铜的制备与提纯	199
实验五十七 硫酸亚铁铵的制备	201
实验五十八 硫代硫酸钠的制备与检验	202
实验五十九 聚碱式氯化铝的制备及净水实验	203

第八章 物理化学实验	205
实验六十 液体饱和蒸气压的测定	205
实验六十一 液体表面张力的测定	208
实验六十二 固液吸附法测定活性炭的比表面积	212
实验六十三 完全互溶双液系的平衡相图	214
实验六十四 溴百里酚蓝解离常数的测定	217
实验六十五 配位反应平衡常数的测定	218
实验六十六 乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定 (电导率法)	222
实验六十七 蔗糖转化速率常数的测定	224
实验六十八 黏度法测定聚合物的相对分子质量	227
实验六十九 溶胶的制备、净化及聚沉值的测定	230
实验七十 电导法测定弱电解质电离常数	233
实验七十一 差热分析	236
实验七十二 燃烧热的测定	239
实验七十三 磁化率的测定	243
第九章 综合性及设计性实验	248
实验七十四 实验室含铬废液的处理及 Cr(VI) 含量的测定	248
实验七十五 三草酸合铁(III)酸钾的制备及组成测定	250
实验七十六 反-[Co(en) ₂ Cl ₂] ₃ [Fe(ox) ₃] · 4 $\frac{1}{2}$ H ₂ O 的制备及其 组成的测定	252
实验七十七 大环配合物 [Ni(14),11-二烯-N ₄] I ₂ 的合成和 组成分析	256
实验七十八 从松节油合成樟脑	259
实验七十九 邻硝基苯酚和对硝基苯酚的合成	262
实验八十 苯甲醇和苯甲酸的合成	264
实验八十一 溴苯的合成	266
实验八十二 三苯甲醇的合成	267
实验八十三 从茶叶中提取咖啡碱	270
实验八十四 油料作物中油脂的提取及油脂的性质	273
实验八十五 肉桂树皮中肉桂醛的提取及鉴定	275
实验八十六 植物叶绿体色素的提取、分离及鉴定	277

实验八十七 槐米中芦丁的提取、提纯及鉴定	282
实验八十八 辣椒红色素的提取、分离及鉴定	285
实验八十九 乙酰水杨酸的提纯及含量测定	287
第十章 附录	289
附录一 常见化合物的摩尔质量	289
附录二 常见无机化合物的溶解度	292
附录三 常见离子和化合物的颜色	294
附录四 常用酸、碱溶液的浓度	297
附录五 常用缓冲溶液、洗液的配制方法	298
附录六 常用试剂的配制方法	302
附录七 常用指示剂及试纸	306
附录八 弱电解质的电离平衡常数	310
附录九 难溶化合物的溶度积 (298 K)	313
附录十 配位化合物的稳定常数	314
附录十一 常见的共沸混合物	315
附录十二 常用有机溶剂的沸点和折射率	316
附录十三 乙醇水溶液的密度及组成	317
附录十四 水的饱和蒸汽压 (0~100 °C)	318
附录十五 不同温度下水的黏度 ($10^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$)	318
附录十六 不同温度下水的表面张力	319
附录十七 元素周期表	320

绪 论

一、化学实验的重要意义

化学是一门中心和应用性科学，已成为描述生命科学和农业科学的基本语言。化学肥料、化学农药对农业生产和环境产生了巨大的影响，化学分离分析技术对蛋白质的分离纯化和鉴定，基因组学和蛋白质组学等方面的研究起到了不可替代的作用。化学是生命科学和农业科学的重要基础。

化学离不开实验。化学实验的重要性主要表现在三个方面。首先，化学实验是化学理论产生的基础，化学的规律和成果都是建立在实验成果之上。第二，化学实验也是检验化学理论正确与否的唯一标准，一切理论设想和“分子设计”化学合成，都将由实验来验证，并通过实验技术来完成。第三，化学学科发展的最终目的是发展生产力，新型材料和生物质能源将是本世纪发展最快的领域之一。在生命科学和农业科学研究中，需要用到大量的化学实验技术，良好的化学实验基础对专业课程学习、将来的研究工作和发展将起到不可估量的作用。

二、化学实验教学的目的是

化学实验是培养学生动手能力的重要手段，对于提高学生的综合素质，培养学生的创新精神和实践能力，强化学生的科学精神具有不可替代的作用。

通过化学实验的训练，学生可以直接获得大量的化学感性知识，经思维、归纳、总结，从感性认识上升到理性认识，从掌握基本理论和基本知识上升到运用知识。经过化学实验的严格训练，使学生能规范地掌握基本操作、基本知识，了解化合物的一般分离、提纯和制备方法，了解确定物质组成、含量和结构的一般方法，掌握常用滴定方法，掌握常见离子的基本性质，确立严格的“量”的概念，学会运用误差理论正确处理数据。

学生通过自己查阅资料，设计方案，动手实验，观察现象，测定数据，并加以正确分析和处理，正确表达实验结果，解决研究中的问题，以培养学生的观察力，提高他们分析问题、解决问题的能力，为后续课程的学习和科学研究打下良好的基础。

三、基础化学实验的学习方法

学好基础化学实验不仅需要学生有一个正确的学习态度，而且还要有正确的学习方法，现将学习方法归纳为以下几个步骤。

1. 实验前 实验前的主要工作是做好预习。预习是做好实验的前提和保证，预习可分为看、查、写三个方面。

(1) 看：就是认真阅读实验教材的内容，查看有关参考资料，预习和复习有关基本操作和仪器的使用方法，或从网络资源库中查看有关视频资料、操作示范及模拟实验。做到目的明确，了解实验原理，熟悉实验内容，概括实验步骤，标明注意事项，合理安排实验时间。

(2) 查：就是查阅有关手册，列出实验所需的物理化学数据。

(3) 写：在前两项工作的基础上写好预习报告。

2. 实验中

(1) 严格按照实验室安全管理规定进行实验，确保人身及实验室安全。

(2) 按照预习拟定的实验步骤独立操作，仔细观察实验现象，认真测试实验数据，做到边实验、边思考、边记录。实验数据要如实地记录在实验记录本上，不得随意删改。实验中遇到问题，可与教师讨论获得指导。实验如不成功，要检查原因，经教师同意后重做实验。

(3) 实验中要保持实验台面和地面的整洁，实验结束后要及时清洗仪器，打扫卫生，经教师检查同意后方可离开实验室。

3. 实验后 做完实验仅仅是完成实验工作的一半，更重要的是分析实验结果，整理实验数据，把直接的感性认识提高到理性思维阶段，要做好以下三方面的工作。

(1) 认真、独立完成实验报告。对实验现象进行解释，对实验数据进行处理（包括计算、作图等），并得出结论。

(2) 对实验结果进行分析、讨论，对实验提出改进意见和建议。

(3) 认真回答课后思考题。

4. 实验报告要求 实验报告是总结实验情况，分析实验中出现的問題，整理归纳实验结果必不可少的基本环节。实验报告的核心内容是要写清楚做的什么、怎么做的、得到什么结果。

不同类型的实验，其实验报告的格式和内容也不同，下面介绍几种实验报告的格式，仅供参考。

(1) 性质实验报告要求：

绪 论

实验题目_____

- 一、实验目的
- 二、实验内容

实验步骤	实验现象	化学反应式或解释

- 三、讨论
- 四、思考题

(2) 制备实验报告要求:

实验题目_____

- 一、实验目的
- 二、实验原理 (主反应和主要副反应)
- 三、主要试剂用量及规格
- 四、实验装置图
- 五、实验步骤和现象记录
- 六、产率计算
- 七、问题讨论 (写出实验的心得体会和对实验的意见、建议等)
- 八、思考题

(3) 定量分析实验报告要求:

实验题目_____

- 一、实验目的
- 二、基本原理
- 三、实验数据及结果处理
- 四、讨论
- 五、思考题

(4) 基本操作实验报告要求: 因基本操作实验内容差别较大, 没有固定的格式。

实验题目_____

- 一、实验目的
- 二、基本原理
- 三、实验装置图
- 四、实验步骤和内容
- 五、实验数据及结果处理
- 六、讨论
- 七、思考题

第一章 化学实验基本知识、 基本操作和基本技术

一、化学实验基本知识

(一) 实验室规则

实验室是教学、科研的重要场所。为确保实验能安全顺利进行，进入实验室的所有人员，必须严格遵守实验室的各项规章制度。

(1) 实验前应认真预习，明确实验的目的与要求，了解实验原理、方法、步骤及注意事项，写出预习报告。

(2) 遵守纪律，不迟到早退，完成实验后经指导教师检查同意后方可离开实验室。

(3) 实验时严格遵守操作规程，保证实验安全。

(4) 节约药品、水、电，爱护仪器和实验室设施。使用精密仪器后，及时填写使用记录，发现仪器有故障，要立即停止使用，并报告教师。

(5) 实验过程中要听从教师指导，保持实验台面和地面的整洁。火柴梗、纸屑等只能丢入垃圾桶中，不得丢入水槽，以免堵塞。有毒或有腐蚀性化学废液及废渣，要按规定分类收集到指定的容器内，以便集中处理，决不能倒入下水道。

(6) 实验过程中要按需取用试剂，多取的试剂不要倒回原瓶中，试剂取用后应立即盖好瓶盖，千万不要盖错。公用仪器和试剂瓶等用完后要立即放回原处，不得挪用其他人或其他实验台的仪器和药品。遇有试剂不足时，应报告教师请求补充。

(7) 实验过程中要仔细观察，将实验现象和实验数据如实、详细地记录在报告本上。根据原始记录认真写出实验报告。

(8) 保持实验室安静。实验室内不准吸烟、饮食。

(9) 对实验内容和实验方法不合理的方可提出改进意见，实施前一定要与指导教师商讨，经同意后方可进行。

(10) 实验完毕后，应将仪器洗净放回原处，整理好桌面，洗净双手。值日生负责打扫实验室，包括拖地，整理和擦净实验台、试剂架、通风橱、公用台面、水槽等；清理废物和废液，关好水、电、门窗等。经指导教师同意，方

可离开实验室。

(二) 实验室安全知识

化学实验中常常使用水、电、煤气、化学试剂和各种仪器，还会经常遇到高温、低温、高压、真空、高电压、高频和带有辐射源的实验条件和仪器，化学试剂中很多是易燃、易爆、有毒或有腐蚀性的，存在着许多不安全因素。为确保实验能安全顺利进行，学生除了严格遵守安全规则外，还必须熟悉各种仪器、药品的性能及一般事故的处理等实验室安全知识。

1. 实验室安全规则

(1) 实验开始前应检查仪器是否完整无损，装置是否正确、稳妥。了解实验室内水、电、安全用具放置的位置，熟悉使用各种安全用具（如灭火器、沙桶、急救箱等）的方法。

(2) 实验进行过程中不得擅离岗位。水、电、煤气、酒精灯等用后要立即关闭。

(3) 实验室内严禁吸烟、饮食，实验中不得口尝任何试剂。

(4) 决不允许随意混合各种化学药品，以免发生事故。

(5) 洗液、浓酸、浓碱等具有强烈腐蚀性，使用时要十分小心，不要洒在皮肤和衣服上，尤其不能溅入眼睛中。

(6) 有机溶剂（如乙醇、乙醚、丙酮、苯等）多易燃、易爆，使用时一定要远离明火，用后要立即塞紧瓶塞，放在阴凉处。

(7) 有刺激性、毒性或恶臭味气体（如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 SO_2 、 Br_2 等）的实验，应在通风橱中进行。

(8) 有毒试剂（如氰化物、砷化物、汞盐、铅盐、钡盐、重铬酸钾等）要严防进入口内或接触伤口，也不能随意倒入水槽，应回收统一处理。

(9) 实验过程中，应使用防护眼镜、面罩、手套等防护用具。

(10) 使用电器设备，首先要检查电源电压与仪器设备使用电压是否相符，确认后才能使用；电器设备的功率不得超过电源负载能力。使用完毕及时关闭电源。

2. 实验室意外事故的处理

(1) 玻璃割伤：若伤口有玻璃碎片，必须首先挑出，然后在伤口处抹上红药水，必要时撒上一些消炎粉或敷消炎膏，并用绷带包扎，若伤口过大，应立即到医院医治。

(2) 烫伤：切勿用水冲洗。可用稀 $KMnO_4$ 或苦味酸溶液冲洗灼伤处，再涂上凡士林或烫伤膏、红花油即可。

(3) 受强酸致伤：应立即用大量水冲洗，然后用 5%NaHCO₃溶液洗，最后用水冲洗。

(4) 受强碱致伤：先用大量水冲洗，再用 2%醋酸或 2%硼酸溶液洗，最后用水冲洗。如果溅入眼睛内，则用硼酸溶液洗。

(5) 中毒：若吸入气体中毒，应立即到室外呼吸新鲜空气。吸入少量氯气和溴气者，可用 NaHCO₃溶液漱口。若溅入口中尚未咽下的毒物应立即吐出来，并用水冲洗口腔；如已吞下时，应根据毒物的性质服解毒剂，然后立即送医院急救。

(6) 触电：先切断电源，必要时进行人工呼吸并及时通知急救中心。

(7) 起火：实验室失火后，要立即组织灭火，同时尽快切断电源和移开可燃物，以防火势扩大。灭火的方法可根据情况而定，一般的小火用湿布、石棉布或沙覆盖燃烧物即可灭火。如火势大时用灭火器灭火，但要注意电器设备所引起的火灾，不能用泡沫灭火器，以免触电，可选用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。若实验人员衣服着火时，应立即用石棉布或厚外衣盖熄，火势较大时，应卧地打滚。

(8) 发生较大事故，应及时报告消防、急救中心、学校有关部门，立即按预定应急方案处理；如有重伤员，应立即送医院治疗。

(9) 常用的化学危险品应急处理方法见表 1-1。

表 1-1 常用化学危险品应急处理方法

化学品名称	特 性	应急处理方法
苯胺	有毒，易燃	用乙醇、稀酸溶液清洗，用泡沫、干粉灭火
硝基化合物	有毒，易燃，易爆	用乙醇清洗，用泡沫、干粉灭火，进入体内可用维生素 C 解毒
苯、甲苯类	有毒，易燃，易爆	易挥发，用沙覆盖，用泡沫、干粉、CCl ₄ 灭火
低沸点醚类	有毒，易燃，易爆	易挥发，用沙覆盖，用泡沫、干粉、CCl ₄ 灭火
低沸点醛、酮	易燃，易爆	易挥发，用沙覆盖，用泡沫、干粉、CCl ₄ 灭火
低沸点醇类	易燃，易爆	易挥发，用沙覆盖，用泡沫、干粉、CCl ₄ 灭火
酚类	腐蚀，易燃，易爆	用乙醇或肥皂液清洗，可氧化分解，用泡沫、干粉灭火
液体石蜡	易爆	用沙覆盖，用泡沫、干粉灭火
金属钾、钠	易燃，易爆	用沙覆盖，用干粉、CCl ₄ 灭火，切勿用水
强酸类	强腐蚀性	大量水冲洗、中和处理
强碱类	强腐蚀性	大量水冲洗、中和处理
氰化物	剧毒	氧化分解，硫代硫酸钠具有分解氰化物的作用
磷、硫	易燃，燃气有毒	用沙覆盖，用泡沫、干粉灭火