



**卓越工程师**

教育培养计划食品科学与工程类系列规划教材

Chemical Analysis

Experiments of Food Physical and

# 食品理化分析实验

刘邻渭 雷红涛 主编



科学出版社

卓越工程师教育培养计划食品科学与工程类系列规划教材

# 食品理化分析实验

刘邻渭 雷红涛 主编



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

食品理化分析实验是以定性和定量检测食品化学成分为主的科学活动,正确完成它需要科学的(也是标准的)分析方法、工具和技能。本书将多个现代食品理化分析标准方法和流行的方法改编成教学实验指导,内容包括实验室安全管理、基本分析检验实验技能、物理检测方法、化学检测方法、仪器分析方法、营养素分析、微量元素分析、添加剂分析、农兽药残留分析、毒害物分析和综合实验组合,并配有相应的附录,旨在提供丰富的素材和方法,帮助食品专业师生顺利完成食品理化分析实践教学环节。

本书可供我国高校食品类各专业教学使用,也可供广大食品科技工作者参考和选用。

### 图书在版编目(CIP)数据

食品理化分析实验/刘邻渭,雷红涛主编. —北京:科学出版社,2015  
卓越工程师教育培养计划食品科学与工程类系列规划教材  
ISBN 978-7-03-046143-8

I. ①食… II. ①刘…②雷… III. ①食品分析-物理化学分析-实验-高等学校-教材 IV. ①TS207.3-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第255785号

责任编辑:席慧/责任校对:郑金红  
责任印制:赵博/封面设计:迷底书装

**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>

**北京市文林印务有限公司印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2016年1月第一次印刷 印张:16 3/4

字数:420 000

**定价:39.80元**

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 卓越工程师教育培养计划食品科学与工程类系列规划教材

## 编写、审定委员会

主任 朱蓓薇

### 编写委员会

副主任 王 硕 孙远明

委员 (以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 于国萍 | 马 涛 | 王世平 | 王喜波 | 王俊平 |
| 邓泽元 | 石彦国 | 刘光明 | 李云飞 | 李汴生 |
| 李雁群 | 张 敏 | 张英华 | 邵美丽 | 林松毅 |
| 赵新淮 | 高金燕 | 曹敏杰 | 章建浩 | 彭增起 |

### 审定委员会

委员 (以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 艾志录 | 史贤明 | 刘静波 | 江连洲 | 励建荣 |
| 何国庆 | 陈 卫 | 周 鹏 | 郑宝东 | 胡华强 |

秘书 席 慧

## 《食品理化分析实验》编委会名单

- 主 编** 刘邻渭 (西北农林科技大学)  
雷红涛 (华南农业大学)
- 副主编** 王玉堂 (西北农林科技大学)  
王建龙 (西北农林科技大学)  
白雪莲 (杭州师范大学)  
李巨秀 (西北农林科技大学)  
李桂玲 (吉林工程技术师范学院)  
沈玉栋 (华南农业大学)  
胡 坤 (广东药学院)  
徐小艳 (华南农业大学)
- 编 者** 刘邻渭 (西北农林科技大学)  
雷红涛 (华南农业大学)  
王玉堂 (西北农林科技大学)  
王建龙 (西北农林科技大学)  
白雪莲 (杭州师范大学)  
李巨秀 (西北农林科技大学)  
李桂玲 (吉林工程技术师范学院)  
沈玉栋 (华南农业大学)  
胡 坤 (广东药学院)  
徐小艳 (华南农业大学)  
肖苏尧 (华南农业大学)  
肖治理 (华南农业大学)  
杨瑞丽 (华南农业大学)  
罗凤莲 (湖南农业大学)  
秦公伟 (陕西理工学院)  
龚玉石 (广东药学院)  
郭 静 (西北农林科技大学)

# 总序

2010年6月23日，教育部在天津大学召开“卓越工程师教育培养计划”（即“卓越计划”）启动会，联合有关部门和行业协（学）会，共同实施卓越计划。以实施该计划为突破口，促进工程教育改革和创新，全面提高我国工程教育人才培养质量，努力建设具有世界先进水平、中国特色的社会主义现代高等工程教育体系，促进我国从工程教育大国走向工程教育强国。


为了推进“卓越计划”的实施，科学出版社经过广泛调研，征求广大专家、教师的意见，联合多所实施“卓越计划”的相关高校，针对食品科学与工程类本科专业组织并出版“卓越工程师教育培养计划食品科学与工程类系列规划教材”，该系列教材涵盖食品科学与工程、食品质量与安全、粮食工程、乳品工程、酿酒工程等相关专业，旨在大力推进教育改革，提高学生的实践能力和创新能力，建立一套具有开拓性和探索性的创新型教材体系，培养具有国际竞争力的工程技术人才。

根据教育部的学科分类，食品科学与工程类属于一级学科，与数学、物理、生物、天文、化工等基础学科属同等地位。它具有多学科交叉渗透的特点，涉及化学、物理、生物、农学、机械、环境、管理等多个学科领域。特别是20世纪50年代以来，随着计算机技术和生物技术 in 食品工业中的广泛应用，食品专业更是如虎添翼，得以蓬勃发展。据统计，全国开设食品科学与工程类本科专业的高校近300所，已有14所高校的食品科学与工程专业入选前三批的“卓越计划”。“卓越工程师教育培养计划食品科学与工程类系列规划教材”汇集了相关高校教师、企业专家的丰富教学经验和研究成果，整合相关的优质教学资源，保证了教材的质量和水平。

2013年4月13日，科学出版社“卓越计划”第一批规划教材的编前会议在东北农业大学食品学院举办；2014年6月13日，“卓越计划”第一批规划教材的定稿会议和第二批规划教材的启动会议在大连工业大学食品学院举行。经过科学出版社与广大教师的共同努力，保障了该系列规划教材编写的顺利实施。

该系列丛书注重对学生工程能力和创新能力的培养，注重与案例紧密结合，突出实用。丛书作者都是长期在食品科学与工程领域一线工作的教学、科研人员，有着深厚的系统理论知识和相关学科教学、研究经验。本系列教材的策划与出版，为培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才，为建设创新型国家，实现工业化和现代化的宏伟目标奠定了坚实的人力资源优势，具有重要的应用价值和现实意义。

中国工程院院士



2015年1月16日于大连

# 前 言

食品理化分析是食品科学技术的重要组成部分，它运用物理、化学和生物科学原理及现代技术建立可靠的分析方法，对食品原料、半成品、成品和包装材料的化学组成及性质进行定性和定量测定，从而获得科学数据。在食品界，它的意义主要表现在以下方面。

(1) 检测食品及其原辅料的关键理化指标（特别是食品和农产品标准中包含的、表明食品和农产品内外在品质及安全性的理化指标）是否达标或其优劣程度，为确保食品及其原料质量、供需双方利益及消费者的健康提供科学依据。

(2) 分析食品原料、辅料和成品的各种营养素、功能成分、有害成分和其他成分的含量及性质，确定对食品安全、营养、感官和稳定性有较大影响的成分及其含量，为科学认识食品原辅料和成品的物质构成、科学评价其利用价值、改进食品配方、改善食品品质及优化人们的膳食结构提供科学依据。

(3) 分析食品组成中重要化学物质在原料收获和贮运、食品加工和贮藏及产品营运和消费过程中的含量、结构、性质和功能变化，探寻食品物质变化与质量变化的趋势、机制及相互关系，为在食品生产与消费中促进有利变化和控制在不良变化提供科学依据。

在我国的食物质量安全专业教育中，普遍设有食品理化分析课程、仪器分析课程和食品理化分析实验课程，在食品理化分析教学体系中，它们缺一不可。

食品理化分析实验是一门内容丰富的实践教学课程，它侧重分析知识、技术和方法的实际应用。通过完成一系列分析实验，培养学生理解原理、配制试剂、采集样品、制备样品、前处理试样、调整仪器工作状态、建立标准曲线、测定试样、处理数据、计算结果、评价分析质量，以及最终撰写分析报告的能力。通过系统的实践活动，提高学生观察、动手和解决实际问题的能力和协作精神，并将书本知识转化为从事实际工作的聪明才智。

食品理化分析实验教材的内容主要包括食品中营养素、生理活性成分、感官成分（如色素）、食品添加剂、食品原料生产中的化学投入品（如农兽药和饲料添加剂）在食品中的残留物、环境污染物（如重金属）、微生物毒素及食品天然毒素含量测定的实验指导。通过对精选实验全过程的详细介绍，展现出现代理化分析方法、技术和装备的发展水平和实际应用过程，并相应给出了理化实验室安全管理知识。

为了加强系统性和遵循循序渐进原则，本教材从实验室安全管理、实验常规准备等实验内容开始展开，继而进入物理、化学和仪器三大分析技术实验组合。此后，根据现代食品分析实际工作中面临的各类检测对象和常见测定项目，组织编写了食品营养素、微量元素、保健成分、添加剂、农兽药残留和有毒有害物的分析实验组合内容。最后，本教材从现代食品科研和商品检验的实践活动中，分别选出一项较有代表性的综合分析内容，编成两个综合实验组合。通过参加前两部分实验，可使学生首先初步掌握食品理化分析的基本技能和技术，从而能在后续实验中更好地发挥主动性。通过参加第三部分实验，可使学生基本熟悉现代食品界现实面临的常见分析检测对象和项目，基本熟练掌握各类食品成分的分析与检验方法，

并能够使用紫外-可见分光光度计、荧光光谱仪、原子吸收光谱仪、气相色谱仪、液相色谱仪等现代分析仪器进行分析工作。通过参加综合实验,培养学生汇集和运用组合的单项分析方法,获取科学研究或商品形式检验等复杂工作所需分析数据的综合能力。总之,本教材力求编入内容重要、方法先进、实用性强、需时较短和难度适中的实验项目,并保持较高的系统性和较广的涵盖面,从而通过本课程的学习与实践,充分加强学生运用食品理化分析知识、技能和方法的能力。

因为在本教材中涉及多种现代仪器,所以在附录中,编者尝试加入了仪器使用简明指南这项内容。由于不同规格和型号仪器的使用指南彼此有较大差异,这一内容编写得不够细致,建议教师在课堂上对实际用到的仪器使用方法加以详细介绍。

为了确保本教材所含各个分析方法的科学性和实用性,本教材编写的实验指导多数是由现行有效的国标方法悉心改编而成,少数是由现代食品科研领域常用的可靠方法精心改编而成。在每一个实验指导里,实验原理、试剂配制、样品制备、仪器参考工作条件、实验步骤、结果计算和结果评价等内容均力求齐备和简明。同时,本教材力求短小精悍地写出实验指导,尽量不重复编入相近的分析方法和分析项目,密切注意加强与现有食品理化和仪器分析教材的衔接及互补,力求避免与同类教材不必要的重复。鉴于食品理化分析实验内容无法过分压缩,本教材总体篇幅相对较大。因此,使用本教材的教师可根据所在院系的课程体系和教学要求来进一步精选内容,保证在规定的教学时限内,圆满完成对学生实践能力的培养。

本教材是科学出版社组织出版的普通高等院校卓越工程师丛书中的食品科学与工程学科系列教材之一。参编者由西北农林科技大学、华南农业大学、广州药学院、杭州师范大学、吉林工程技术师范学院、湖南农业大学和陕西理工学院的一线专业教师组成。各章编写教师如下:第一章,雷红涛(第一节~第四节);第二章,白雪莲(实验一~实验六-V)、罗凤莲(实验六-VI);第三章,郭静(实验七和实验八)、肖苏尧(实验九和实验十)、龚玉石(实验十一);第四章,胡坤(实验十二~实验十六);第五章,王建龙(实验十七~实验二十二);第六章,沈玉栋(实验二十三~实验二十八、实验三十一和实验三十二)、罗凤莲(实验二十九和实验三十)、肖治理(实验三十三和实验三十四);第七章,李桂玲(实验三十五~实验三十九)、秦公伟(实验四十和实验四十一);第八章,雷红涛(实验四十二~实验四十四)、刘邻渭(实验四十五~实验四十九);第九章,李巨秀(实验五十~实验五十四);第十章,王玉堂(第一节和第二节、实验五十五~实验五十九);第十一章,徐小艳(实验六十~实验六十五)、杨瑞丽(实验六十六和实验六十七)、龚玉石(实验六十八);第十二章,刘邻渭(实验六十九和实验七十五);第十三章,雷红涛(实验七十六和实验七十七)、刘邻渭(实验七十八)。附录:雷红涛(一~七)、胡坤(八-I)、王建龙(八-II)、李桂玲(八-III)、徐小艳(八-IV和八-V)、刘邻渭(八-VI)、王玉堂(八-VII和八-VIII)。全书由刘邻渭和雷红涛统校。

由于我国食品专业教育历史尚短,可参考的实验教材较少,加之编者理论和实践水平有限,编写实验教材的经验不足,因此,本教材难免存有不足之处,敬请使用者批评指正。

编者

2015年10月



# 目 录

总序

前言

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第一章 食品理化分析室的要求与管理           | 1  |
| 第一节 食品理化分析的任务               | 1  |
| 第二节 理化分析实验室的基本要求            | 1  |
| 第三节 理化分析实验室的试剂管理            | 3  |
| 第四节 理化分析实验室的安全管理            | 5  |
| 第二章 理化分析实验准备                | 11 |
| 实验一 洗液的配制和使用                | 11 |
| 实验二 玻璃仪器的洗涤和干燥              | 12 |
| 实验三 氢氧化钠溶液配制和浓度标定           | 15 |
| 实验四 硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定         | 16 |
| 实验五 天平、pH计和分光光度计的维护         | 17 |
| 实验六 样品制备和前处理技术              | 21 |
| 第三章 物理分析实验组合                | 34 |
| 实验七 生乳相对密度和果酒酒精度的测定         | 34 |
| 实验八 果汁可溶性固形物含量和植物油折光率的测定    | 41 |
| 实验九 旋光度法测定蔗糖转化速率常数          | 45 |
| 实验十 食品用水色度和浊度的测定            | 47 |
| 实验十一 灯光透视法检验鸡蛋的新鲜度          | 49 |
| 第四章 化学分析实验组合                | 52 |
| 实验十二 食品中可滴定酸总量的测定           | 52 |
| 实验十三 食品中氯化钠含量的测定            | 54 |
| 实验十四 食品中叶绿素铜钠的测定            | 57 |
| 实验十五 酱油中氨基酸态氮的含量测定          | 60 |
| 实验十六 水中氟化物含量的测定             | 61 |
| 第五章 仪器分析实验组合                | 64 |
| 实验十七 分光光度法快速测定软饮料中还原型抗坏血酸含量 | 64 |
| 实验十八 荧光分光光度法测定果品中苯并(a)芘的含量  | 65 |
| 实验十九 气相色谱法分析酒中甲醇、高级醇和杂醇油含量  | 68 |
| 实验二十 液相色谱法分析食品中的胆固醇含量       | 70 |
| 实验二十一 气质联用法分析动物性食品克伦特罗的含量   | 72 |
| 实验二十二 石墨炉原子吸收法测定食品中铅的含量     | 77 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第六章 营养素分析实验组合</b> .....           | 80  |
| 实验二十三 灰分的测定 .....                    | 80  |
| 实验二十四 钙含量的测定 .....                   | 82  |
| 实验二十五 有机酸组成和含量测定 .....               | 84  |
| 实验二十六 还原糖含量测定 .....                  | 86  |
| 实验二十七 可溶性总糖含量的测定 .....               | 89  |
| 实验二十八 淀粉含量的测定 .....                  | 92  |
| 实验二十九 粗脂肪含量的测定 .....                 | 94  |
| 实验三十 乳脂含量的测定 .....                   | 96  |
| 实验三十一 粗蛋白质含量的测定 .....                | 98  |
| 实验三十二 不溶性膳食纤维含量的测定 .....             | 102 |
| 实验三十三 婴儿乳粉中维生素 A 和维生素 E 含量的测定 .....  | 104 |
| 实验三十四 维生素 C 总含量的测定 .....             | 107 |
| <b>第七章 食品微量元素分析实验组合</b> .....        | 110 |
| 实验三十五 食品中铁含量的测定 .....                | 110 |
| 实验三十六 食品中锌含量的测定 .....                | 112 |
| 实验三十七 食品中铜含量的测定 .....                | 114 |
| 实验三十八 海带中碘含量的测定 .....                | 116 |
| 实验三十九 食品中硒含量的测定 .....                | 118 |
| 实验四十 食品中砷含量的测定 .....                 | 121 |
| 实验四十一 食品中汞含量的测定 .....                | 124 |
| <b>第八章 食品保健成分分析实验组合</b> .....        | 128 |
| 实验四十二 大豆低聚糖含量的测定 .....               | 128 |
| 实验四十三 食用菌中粗多糖含量的测定 .....             | 130 |
| 实验四十四 保健食品中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的测定 ..... | 132 |
| 实验四十五 食品中番茄红素的测定 .....               | 134 |
| 实验四十六 植物和食品材料中总酚含量的测定 .....          | 137 |
| 实验四十七 植物和食品材料中总类黄酮含量的测定 .....        | 139 |
| 实验四十八 植物和食品材料中总花色苷含量的测定 .....        | 141 |
| 实验四十九 婴儿乳品中牛磺酸含量的测定 .....            | 143 |
| <b>第九章 食品添加剂分析实验组合</b> .....         | 147 |
| 实验五十 食品中苯甲酸、山梨酸和糖精钠含量测定 .....        | 147 |
| 实验五十一 食品中合成着色剂含量的测定 .....            | 150 |
| 实验五十二 食品中的亚硫酸盐含量的测定 .....            | 152 |
| 实验五十三 食品中亚硝酸盐和硝酸盐含量的测定 .....         | 155 |
| 实验五十四 食品中 BHT 和 BHA 含量测定 .....       | 158 |
| <b>第十章 食品中农、兽药残留量分析实验组合</b> .....    | 162 |
| 第一节 农药残留及其检测概述 .....                 | 162 |
| 第二节 兽药残留及其检测概述 .....                 | 163 |
| 实验五十五 粮、菜、油中有机磷农药残留的测定 .....         | 164 |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| 实验五十六       | 蔬菜中有机磷和氨基甲酸酯类农药残留量的快速检测                      | 167        |
| 实验五十七       | 肉与肉制品中喹乙醇残留量的测定                              | 169        |
| 实验五十八       | 动物肌肉中土霉素、四环素、金霉素、强力霉素残留量的测定                  | 171        |
| 实验五十九       | 动物源性食品中氯霉素残留量测定                              | 174        |
| <b>第十一章</b> | <b>食品中毒害物含量分析实验组合</b>                        | <b>177</b> |
| 实验六十        | 发酵酒中甲醛含量的测定                                  | 177        |
| 实验六十一       | 食品中 <i>N</i> -亚硝胺含量的测定                       | 179        |
| 实验六十二       | 油脂中苯并(a)芘含量的测定                               | 182        |
| 实验六十三       | 食品中黄曲霉毒素 M <sub>1</sub> 和 B <sub>1</sub> 的测定 | 185        |
| 实验六十四       | 聚乙烯、聚苯乙烯和聚丙烯中可溶出有机质含量的测定                     | 189        |
| 实验六十五       | 食品中生物胺含量的测定                                  | 190        |
| 实验六十六       | 牛奶和乳制品中三聚氰胺含量的测定                             | 194        |
| 实验六十七       | 食品中苏丹红染料的测定                                  | 197        |
| 实验六十八       | 小麦粉和米粉制品中甲醛次硫酸氢钠含量的测定                        | 201        |
| <b>第十二章</b> | <b>综合实验 I —— 婴儿食品质量安全检测</b>                  | <b>204</b> |
| 实验六十九       | 婴幼儿食品和乳品溶解度的测定                               | 204        |
| 实验七十        | 婴幼儿食品和乳品中乳糖和蔗糖的测定                            | 205        |
| 实验七十一       | 婴幼儿食品和乳品中维生素 D 的测定                           | 209        |
| 实验七十二       | 婴幼儿食品和乳品中反式脂肪酸的测定                            | 214        |
| 实验七十三       | 婴幼儿乳和乳制品中非蛋白质氮的测定                            | 217        |
| 实验七十四       | 婴幼儿食品和乳品中牛磺酸的测定                              | 219        |
| 实验七十五       | 婴幼儿食品和乳品中锌元素含量的测定                            | 219        |
| <b>第十三章</b> | <b>综合实验 II —— 脂质氧化程度和天然抗氧化剂活力测定</b>          | <b>222</b> |
| 实验七十六       | 脂肪氧化的初级产物的测定(过氧化值测定)                         | 222        |
| 实验七十七       | 脂肪深度氧化产物的测定(丙二醛的测定)                          | 224        |
| 实验七十八       | 天然抗氧化剂的抗脂质氧化活力测定                             | 226        |
| <b>参考文献</b> |  | <b>229</b> |
| <b>附录</b>   |  | <b>230</b> |
| 一、          | 标准滴定溶液的配制及标定                                 | 230        |
| 二、          | 淀粉和糊精的定性鉴别                                   | 236        |
| 三、          | 常用缓冲溶液的配制方法                                  | 236        |
| 四、          | 常用酸碱试剂的密度和浓度                                 | 241        |
| 五、          | 食品理化分析中常用的量和单位                               | 241        |
| 六、          | 标准电极电位表                                      | 243        |
| 七、          | 乳稠计读数转换为温度 20 °C 时的度数换算表                     | 245        |
| 八、          | 仪器操作简明指南                                     | 246        |

## 第一节 食品理化分析的任务

食品品质主要涉及食品的营养性、安全性和可接受性，即营养成分种类与含量、有毒有害物质种类与含量及食品理化性状等。食品理化分析是专门研究和运用食品成分及理化性状的检测理论及方法，进而评价食品品质的一门技术性学科。

食品理化分析是食品质量管理的重要环节，在原材料供应、产品生产、商品检验和食品消费过程中均起着“火眼金睛”般质量监控作用。食品理化分析又是食品发展与创新的重要环节，始终贯穿于原辅料改性、新产品研发、加工技术革新、膳食营养改良和食品安全技术与管理措施发展的全过程中。其基本任务是运用物理、化学、分析化学、生物化学等学科的有关理论及技术，对食品原料、辅助材料、半成品、成品、副产品等的成分、含量和性质进行检测，从而科学评价其质量和安全性，并探寻各种食品变化的趋势和机制，为科学生产和消费食品提供科学依据。展开来讲，食品理化分析一般涉及以下内容。

(1) 食品营养成分的分析：食品营养成分分析是食品理化分析的经常性项目和主要内容之一，包括对原料和产品的水分、糖类、脂类、蛋白质、矿物质、维生素等常见营养素，以及食品营养标签所要求的其他项目的检测。

(2) 食品安全性的检测：包括对食品中法定限量使用的食品添加剂、限量或有害元素、各种农兽药残留、环境污染物、来自包装材料的有害物、食品加工与贮藏中形成的有害物质和污染生物产生的毒素，以及食品材料中固有的天然有毒有害物的检测等。

(3) 食品理化性状及工艺参数分析：包括对食品物理性状和化学性状，以及组成食品的重要化学物质在原料收获和贮运、食品加工和贮藏、产品营运和消费过程中的含量及性质变化的分析。

### 思考题

食品理化分析主要涉及哪些内容和任务？

## 第二节 理化分析实验室的基本要求

概略言之，理化分析实验室应远离灰尘、烟雾、噪声和震动源等环境，应采用耐火或不易燃材料建成，地面应采用水磨石等耐腐蚀材料铺设，窗户防尘性、内部通气性和室内采光性应良好，大的房间设两个门，门应向外开，应具备必要的防火与防爆设施，应具备设计良好的供排水系统和电力系统。按照功能、安全和管理需要，理化分析实验室通常应分割为相对独立的三部分：化学分析室、精密仪器室和辅助室（办公室、药品库、钢瓶室等）。

## 一、化学分析室的要求

化学分析室主要进行样品的化学处理和分析测定，室内常有电气设备及各种化学试剂，除了上述要求外，还应注意以下几点。

(1) 供水与排水：供水要保证必要的水压、水质和水量，水槽上要装几个水龙头，室内总闸门应设在显眼易操作的地方，下水道应采用耐酸碱腐蚀的材料，地面要有地漏。

(2) 通风设施：具备良好的通风条件，以排除化验过程中产生的有毒或易燃气体。常见的通风设施有3种：①排风扇，其能力可达到全室通风换气5次/h；②在产生气体的位置上方设置局部排气罩；③通风柜，通风柜内应有热源、水源、照明装置等。通风柜应采用防火防爆的材料制作，管道要耐酸碱气体腐蚀，风机应有减少噪声的装置，并安装在建筑物顶层机房内，排气管应高于屋顶2 m以上。以一台排风机连接一个通风柜为好。

(3) 供电：分析室的照明电源和设备电源应分开。有条件的分析室，其电源还应当与生产用电源分开，最好配备双电源。设备用电最好每间房有单独的电源总开关，以利于维修，又不会互相影响。每台用电设备设专用的电源开关和熔断器。在室内和走廊上安装应急灯，以备夜间突然停电时使用。

(4) 实验台：台面应平整、不易碎裂、耐酸碱及有机溶剂腐蚀，常用木材、塑料或水磨石预制板制成。通常木制台面上涂以大漆或三聚氰胺树脂、环氧树脂漆等。

## 二、精密仪器室

精密仪器室内仪器价格昂贵、精密，多由光学材料和电器元件构成。因此要求精密仪器室具有良好的防火、防潮、防震、防腐蚀、防尘、防有害气体侵蚀的功能。室温可维持在18~25℃，湿度在60%~70%，室内通风良好。放有要求恒温环境仪器的精密仪器室应安装双层窗户及空调设备。窗户应有窗帘，避免阳光直接照射仪器。使用水磨石地面与防静电地面，不宜使用地毯，因其易积聚灰尘及产生静电。大型精密仪器应有专用地线，接地电阻要小于4Ω，切勿与其他电热设备或水管、暖气管、煤气管相接。

放置仪器的桌面要结实、稳固，四周要留下至少50 cm的空间，以便操作与维修。原子吸收、发射光谱仪与高效液相色谱仪等仪器上方都应安装排风罩，根据需要加接交流稳压器与不间断电源。高压气体钢瓶，应放于室外另建的钢瓶室。应在精密仪器室就近设置相应的化学处理室。

## 三、辅助室

辅助室通常包括办公室和药品库。药品库中药品不能放置过多，且应符合危险品存放安全要求。药品库要具有防明火、防潮湿、防高温、防日光直射、防雷电的功能。药品库应朝北、干燥、通风良好，其顶棚应遮阳隔热，门窗应坚固，门窗设遮阳板，门应朝外开。易燃液体贮存室应设排气降温风扇，室温一般不允许超过28℃。少量危险品可用铁板或水泥柜分类隔离贮存。药品库应采用防爆型照明灯具，具备消防器材。

## 四、理化分析实验室的清洁卫生要求

(1) 个人卫生：分析工作者工作时应穿清洁的白色工作服，应养成在工作前和工作后洗手的习惯。工作前不洗手，往往有污染实验增加误差的可能。例如，洗刷玻璃仪器时，手上

的油脂、污垢可能带来污染。又如，使用分析仪器时，脏手会污染仪器，导致生锈和造成实验误差（如比色杯皿的污染）。工作后洗手，是为了防止有毒的物质在吃饭、饮水时进入口中。

分析工作者应在每次工作结束或暂告一段落时，将仪器、用品排列整齐，台面擦拭干净，一切废物及时处理，放入特设的纸篓、废物箱中，切忌随便丢弃。

(2) 公共卫生：室内应设置废液缸和废物纸屑篓。破碎的玻璃仪器最好不要与废物一起倒掉，应有回收箱。固体废物、纸屑、料渣等不允许往自来水水盆里倒，以免堵塞下水道。特别是含有放射性物质的废水、废物不要随便乱倒，应作适当处理。每周应集体大扫除一次，将门窗、橱柜、水盆（槽）或平日不易注意或不易清理的死角，进行彻底擦拭和打扫。保持一个清洁、整齐、有条不紊的工作环境。

## 五、思考题

(1) 食品理化分析实验室的大致功能及其要求有哪些？

(2) 实验室的卫生有何要求？

## 第三节 理化分析实验室的试剂管理

### 一、化学试剂的分类、分级和规格

化学试剂的产品标准分为：基准试剂、一般无机试剂、一般有机试剂和有机溶剂、高纯试剂和高纯物质、指示剂和特效试剂、生化试剂和临床分析试剂、仪器分析试剂和其他试剂（包括同位素试剂）等。对于试剂质量，我国有国家标准或部颁标准，规定了各级化学试剂的纯度及杂质含量，并规定了标准分析方法。我国生产的试剂质量分为四级（表 1-1）。

表 1-1 我国化学试剂的分级

| 级别 | 习惯等级与代号 |          | 标签颜色 | 附注                          |
|----|---------|----------|------|-----------------------------|
| 一级 | 保证试剂    | 优级纯 (GR) | 绿色   | 纯度很高，适用于精确分析和研究工作，有的可作为基准物质 |
| 二级 | 分析试剂    | 分析纯 (AR) | 红色   | 纯度较高，适用于一般分析及科研用            |
| 三级 | 化学试剂    | 化学纯 (CP) | 蓝色   | 适用于工业分析与化学实验                |
| 四级 | 实验试剂    | (LR)     | 棕色   | 只适用于一般化学实验用                 |

### 二、化学试剂的安全管理

化学试剂大多数具有一定的毒性及危险性，应根据试剂的毒性、易燃性、腐蚀性和潮解性等不同特点，以不同的方式妥善管理。

食品理化分析实验室内只宜存放少量短期内需用的药品，一般试剂如无机盐，应有序地存放在试剂柜内，易燃易爆试剂应放在铁柜中，柜的顶部要有通风口。严禁在食品理化分析实验室内存放总量 20 L 以上的瓶装易燃液体，大量试剂应放在试剂库内。存放试剂时，要注意化学试剂的存放期限，某些试剂在存放过程中会逐渐变质，甚至形成危害物。例如，醚类、四氢呋喃、二氧六环、烯烃、液体石蜡等，在见光条件下，若接触空气可形成过氧化物，放置时间越久越危险。某些具有还原性的试剂，如苯三酚、 $TiCl_3$ 、四氢硼钠、 $FeSO_4$ 、

维生素 C、维生素 E，以及金属铁丝、铝、镁、锌粉等易氧化变质。

化学试剂必须分类隔离存放，不能混放在一起，通常把试剂分成以下几类。

(1) 易燃类：易燃类液体极易挥发成气体，遇明火即燃烧，通常把闪点在 25℃ 以下的液体列入易燃类。闪点在 25℃ 以下的有丁酮、甲苯、甲醇、乙醇、异丙醇、二甲苯、乙酸丁酯、乙酸戊酯、三聚甲醛、吡啶等。闪点在 -4℃ 以下者有石油醚、氯乙烷、溴乙烷、乙醚、汽油、二硫化碳、缩醛、丙酮、苯、乙酸乙酯、乙酸甲酯等。这类试剂要求单独存放于阴凉通风处，理想存放温度为 -4~4℃。闪点在 25℃ 以下的试剂，存放最高室温不得超过 30℃，特别要注意远离火源。

(2) 剧毒类：专指由消化道侵入极少量即能引起中毒致死的试剂。生物实验半数致死剂量在 50 mg/kg 以下者称为剧毒物品，如氰化钾、氰化钠及其他剧毒氰化物；三氧化二砷及其他剧毒砷化物；二氯化汞及其他极毒汞盐；硫酸二甲酯、某些生物碱和毒苷等。这类试剂要置于阴凉干燥处，与酸类试剂隔离，并锁在专门的毒品柜中，建立双人登记签字领用制度，以及使用、消耗、废物处理等制度。皮肤有伤口时，禁止操作这类物质。

(3) 强腐蚀类：指对人体皮肤、黏膜、眼、呼吸道和其他物品有极强腐蚀性的液体和固体（包括蒸气），如发烟硫酸、硫酸、发烟硝酸、盐酸、氢氟酸、氢溴酸、氯磺酸、氯化砒、一氯乙酸、甲酸、乙酸酐、氯化氧磷、五氧化二磷、无水三氯化铝、溴、氢氧化钠、氢氧化钾、硫化钠、苯酚、无水肼、水合肼等。强腐蚀类物品存放处要求阴凉通风，并与其他药品隔离放置。应选用抗腐蚀性的材料，如用耐酸水泥或耐酸陶瓷制成架子来放置这类药品。料架不宜过高，也不要放在高架架上，最好放在地面靠墙处，以保证存放安全。

(4) 燃爆类：这类试剂中，遇水猛烈反应而发生燃烧爆炸的有钾、钠、锂、钙、氢化锂铝、电石等。钾和钠应保存在煤油中。试剂本身就是炸药或极易爆炸的有硝酸纤维、苦味酸、三硝基甲苯、三硝基苯、叠氮或重氮化合物、雷酸盐等，对于这类试剂要轻拿轻放。与空气接触能发生强烈的氧化作用而引起燃烧的物质如黄磷，应保存在水中，切割时也应在水中。引火点低，受热、冲击、摩擦或与氧化剂接触能急剧燃烧甚至爆炸的物质有硫化磷、赤磷、镁粉、锌粉、铝粉、萘、樟脑等，此类试剂要求存放室内温度不超过 30℃，与易燃物、氧化剂隔离存放。料架用砖和水泥砌成，有槽，槽内铺消防砂，试剂置于砂中，加盖，一旦出现意外不致扩大事态。

(5) 强氧化剂类：这类试剂是过氧化物或含氧酸及其盐，在适当条件下会发生爆炸，并可与有机物或镁、铝、锌粉、硫等易燃固体形成爆炸混合物。这类物质中有的能与水起剧烈反应，如过氧化物遇水有发生爆炸的危险。属于此类的有硝酸铵、硝酸钾、硝酸钠、高氯酸、高氯酸钾、高氯酸钠、高氯酸镁或钡、铬酸酐、重铬酸铵、重铬酸钾及其他铬酸盐、高锰酸钾及其他高锰酸盐、氯酸钾或钠、氯酸钡、过硫酸铵及其他过硫酸盐、过氧化钠、过氧化钾、过氧化钡、过氧化二苯甲酰、过乙酸等。其存放处要求阴凉通风，最高温度不得超过 30℃。要与酸类，以及木屑、炭粉、硫化物、糖类等易燃物、可燃物或易被氧化物（即还原性物质）隔离，堆垛不宜过高过大，注意散热。

(6) 低温存放类：此类试剂需要低温存放才不至于聚合变质或发生其他事故。属于此类的有甲基丙烯酸甲酯、苯乙烯、丙烯腈、乙烯基乙炔及其他可聚合的单体、过氧化氢、氢氧化铵等。应存放于 10℃ 以下。

(7) 贵重类：单价贵的特殊试剂、超纯试剂和稀有元素及其化合物均属于此类，这类试剂大多为小包装。这类试剂应与一般试剂分开存放，加强管理，建立领用制度。常见的有钯

黑、氯化钡、氯化铂、铂、铍、铂石棉、氯化金、金粉、稀土元素等。

(8) 指示剂：指示剂一般都是固体有机物，可与其他稳定性较高的固体有机试剂放在同一柜中。可按酸碱指示剂、氧化还原指示剂、络合滴定指示剂及荧光吸附指示剂分类排列。有机试剂可按分子中碳原子数目多少排列。

(9) 一般试剂：一般试剂分类存放于阴凉通风、温度低于 30℃ 的柜内即可。

### 三、思考题

(1) 试述实验试剂的分类。

(2) 实验室的化学试剂存放时应注意哪些原则？

## 第四节 理化分析实验室的安全管理

在食品理化分析实验室中，常常潜藏着如发生爆炸、着火、中毒、灼伤、割伤、触电等事故的危险性，如何防止事故的发生及如何急救，是每一位实验工作者必须掌握的知识。实验室工作安全常涉及电气安全、压力容器安全、防火、防爆、防毒和防止环境污染等方面。

### 一、实验室用电注意事项

人体通过 50 Hz 的交流电 1 mA 就有感觉；10 mA 以上会使肌肉收缩；25 mA 以上则感呼吸困难，甚至停止呼吸；100 mA 以上则使心室产生颤动，以致死亡。因此使用电器设备时需注意防止触电。

(1) 操作电器时，手必须干燥，因为手潮湿时电阻显著变小，易于引起触电。

(2) 一切电源裸露部分都应外加绝缘物防护，如电开关应有绝缘匣，电线接头必须包以绝缘胶布或套胶管。所有电器设备的金属外壳应接上地线。

(3) 已损坏的接头或绝缘不好的电线应及时更换，不能直接用手去摸绝缘不好的通电器。

(4) 每个实验室都只能承载有限的用电负荷，每路电线也有限定电流，超过时会使导线发热着火，导线不慎短路也容易引起事故。因此，必需装配自动跳闸装置以控制超载，或按限定电流使用熔断片（保险丝）。更换保险丝时应按规定选用，不可用铜、铝等金属丝代替保险丝，以免烧坏仪器或发生火灾。

(5) 电线接头间要接触良好、紧固，避免在震动时产生电火花，电火花可能引起燃烧与爆炸。

(6) 禁止高温热源靠近电线。

(7) 电动机械设备使用前应检查开关、线路、安全地线等各部件是否完整妥当，工作时应检查运转情况是否良好。

(8) 严禁使用湿布擦拭正在通电的设备、电门、插座、电线等，严禁洒水在电器设备上和线路上。

(9) 使用高压电器时，要穿上胶鞋并戴上橡皮手套，地面铺上橡皮。

(10) 电器设备和电路不得私自拆动及任意修改，也不能在实验室自行加接电气设备和电路，必须由专门的技术人员进行。

(11) 每一食品理化分析实验室都应有电源总闸。停止工作时，必须把总电闸关掉。

(12) 多台大功率的电器设备要分开电路安装，每台电器设备有各自的熔断器。



(13) 有人触电时,要立即用不导电的物体把电线从触电者身上挪开,切断电源,把触电者转移到空气新鲜的地方进行人工呼吸,并迅速与医院联系。

## 二、高压气瓶的安全管理

(1) 气瓶必须存放于通风、阴凉、干燥、隔绝明火、远离热源、防曝晒的房间内。要有醒目的标志,如“乙炔危险,严禁烟火”等字样,并有专人管理。可燃性气体气瓶一律不得进入实验楼内。严禁乙炔气瓶、氢气瓶和氧气瓶、氯气瓶贮放在一起或同车运送(表 1-2)。

(2) 使用气瓶时要直立固定放置,防止倾倒。

(3) 搬运气瓶要用专用气瓶车,要轻拿轻放,防止摔掷、敲击、滚滑或剧烈震动。搬运的气瓶一定要在事前戴上气瓶安全帽,以防不慎摔断瓶嘴发生爆炸事故。钢瓶身上必须具有两个橡胶防震圈。乙炔瓶严禁横卧滚动。

(4) 气瓶应进行耐压试验,并定期进行检验。

(5) 气瓶的减压器要专用,安装时螺扣要上紧,应旋进 7 圈螺纹,不得漏气。开启高压气瓶时,操作者应站在气瓶口的侧面,动作要慢,以减少气流摩擦,防止产生静电。

(6) 乙炔等可燃气瓶不得放置在橡胶等绝缘体上,以利静电释放。

(7) 氧气瓶及其专用工具严禁与油类物质接触,操作人员也不得穿沾有油脂或油污的工作服和戴沾有油脂或油污的工作手套等。

(8) 氢气瓶等可燃气瓶与明火的距离不应小于 10 m。

(9) 瓶内气体不得全部用尽,一般应保持 0.2~1 MPa 的余压。

表 1-2 高压气瓶的颜色和标志

| 气体类别 | 瓶身颜色 | 标字颜色 | 字样   |
|------|------|------|------|
| 氮气   | 黑    | 黄    | 氮    |
| 氧气   | 天蓝   | 黑    | 氧    |
| 氢气   | 深蓝   | 红    | 氢    |
| 压缩空气 | 黑    | 白    | 压缩空气 |
| 二氧化碳 | 黑    | 黄    | 二氧化碳 |
| 氨    | 棕    | 白    | 氨    |
| 液氨   | 黄    | 黑    | 氨    |
| 氯    | 草绿   | 白    | 氯    |
| 乙炔   | 白    | 红    | 乙炔   |
| 氟氯烷  | 铝白   | 黑    | 氟氯烷  |
| 石油气体 | 灰    | 红    | 石油气  |
| 粗氩气体 | 黑    | 白    | 粗氩   |
| 纯氩气体 | 灰    | 绿    | 纯氩   |

## 三、防火、防爆与灭火

### 1. 防火

(1) 食品理化分析实验室内应备有灭火消防器材、急救箱和个人防护器材。实验室工作人员应熟知这些器材的位置及使用方法。