

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

# 化工安全与

HUAGONGANQUAN YU HUANBAO

智恒平 主编 魏葆婷 主审

# 环保



化学工业出版社

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

# 化工安全与环保

智恒平 主编

魏葆婷 主审



化学工业出版社

·北京·

本书是学习和掌握化工安全技术和环境保护知识的实用教材。全书包括化工生产防火防爆技术, 电气、静电及雷电安全防护技术, 工业毒物的危害及防护, 危险化学品的安全储运, 劳动保护技术常识, 压力容器的安全技术, 化工设备的腐蚀与防护, 化工设备的安全检修, 环境保护概论, 化工“三废”的污染与治理, 化工安全与环保管理等内容。本书内容注重理论与实践相结合, 突出重点与难点, 并结合典型事例进行分析, 具有较强的针对性和实用性。

本书可作为中职学校化工中级技工教材, 也可作为化工企业工人培训教材使用, 还可供从事化工生产安全及环境保护工作的技术人员及管理人员阅读参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

化工安全与环保/智恒平主编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 1

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材  
ISBN 978-7-122-01916-5

I. 化… II. 智… III. ①化学工业-安全技术-专业学校-教材②化学工业-环境保护-专业学校-教材  
IV. TQ086 X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 004831 号

---

责任编辑: 旷英姿 于 卉  
责任校对: 周梦华

文字编辑: 张林爽  
装帧设计: 朱 曦

---

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 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 9½ 字数 230 千字 2008 年 3 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: 16.00 元

版权所有 违者必究

# 中等职业学校规划教材 全国化工中级技工教材编审委员会

主 任 毛民海

副主任 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王黎明 | 刘 雄 | 苏靖林 | 张文兵 | 张秋生 |
| 律国辉 | 曾繁京 |     |     |     |

委 员 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马武飏 | 王 宁 | 王跃武 | 王黎明 | 毛民海 |
| 刘 雄 | 米俊峰 | 苏靖林 | 李文原 | 李晓阳 |
| 何迎建 | 宋易骏 | 张 荣 | 张文兵 | 张秋生 |
| 陈建军 | 林远昌 | 周仕安 | 郑 骏 | 胡仲胜 |
| 律国辉 | 郭养安 | 董吉川 | 韩 谦 | 韩立君 |
| 程家树 | 曾繁京 | 雷 俊 |     |     |



## 前 言

本书是根据中国化工教育协会批准颁布的《全国化工中级技工教学计划》，由全国化工高级技工教育教学指导委员会领导组织编写的全国化工中级技工教材，也可作为化工企业工人培训教材使用。

本书主要介绍化工生产防火防爆技术、工业毒物的危害及防护、危险化学品的安全储运、劳动保护技术常识、压力容器的安全技术、化工设备的安全检修、化工设备的腐蚀与防护、环境保护概论、化工“三废”污染与治理、化工安全与环保管理等内容。本书整体内容注重理论与实践相结合，重点突出，并结合典型事例进行分析，具有较强的针对性和实用性。

为了体现中级技工的培训特点，本教材内容力求通俗易懂、涉及面宽，突出实际技能训练。本书按“掌握”、“理解”和“了解”三个层次编写，在每章开头的“学习目标”中均有明确的说明以分清主次。每章末的阅读材料内容丰富、趣味性强，是对教材内容的补充，以提高学生的学习兴趣。

本书在处理量和单位问题时执行国家标准（GB 3100~3102—93），统一使用我国法定计量单位。本书为满足不同类型专业的需要，增添了教学大纲中未作要求的一些新知识和新技能。教学中各校可根据需要选用教学内容，以体现灵活性。

本书由山西省工贸学校智恒平主编，河南化工高级技校魏葆婷主审。全书共分十一章。绪论、第一至五、八章由智恒平编写；第六、七、十一章由广西石化高级技校陆江春编写；第九、十章由河南化工高级技校穆晨霞编写；全书由智恒平统稿。

本教材在编写过程中得到了中国化工教育协会、全国化工高级技工教育教学指导委员会、化学工业出版社、山西省工贸学校及相关学校的领导和同行们的大力支持和帮助，太原化学工业集团有限公司教授级高级工程师智北超同志提出了许多宝贵的建议和意见，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，不完善之处在所难免，敬请读者和同行们批评指正。

编者

2008年1月

# 目 录

|                                 |    |                         |    |
|---------------------------------|----|-------------------------|----|
| 绪论                              | 1  | 阅读材料 怎样消除人体静电           | 28 |
| 一、安全生产和环境保护工作在化工<br>生产过程中的地位和作用 | 1  | 第三节 防雷电安全技术             | 28 |
| 二、化工安全技术和环境保护的发展<br>趋势          | 1  | 一、雷电现象                  | 28 |
| 第一章 化工生产防火防爆技术                  | 3  | 二、雷电的危害                 | 29 |
| 第一节 燃烧与爆炸                       | 3  | 三、防雷电措施                 | 29 |
| 一、燃烧                            | 3  | 本章小结                    | 30 |
| 二、爆炸                            | 6  | 第三章 工业毒物的危害及防护          | 31 |
| 第二节 防火防爆技术                      | 8  | 第一节 毒性物质类别与有效剂量         | 31 |
| 一、火灾爆炸危险性分析                     | 8  | 一、毒物概述                  | 31 |
| 二、防火防爆的技术措施                     | 10 | 二、毒物分类                  | 31 |
| 第三节 消防灭火技术                      | 12 | 三、毒物的毒性                 | 32 |
| 一、灭火原理                          | 12 | 第二节 毒物进入人体的途径与<br>毒理作用  | 33 |
| 二、灭火剂及其应用                       | 13 | 一、毒物侵入人体的途径             | 33 |
| 三、灭火器及其应用                       | 14 | 二、毒物在人体内的分布、生物转化<br>及排出 | 34 |
| 四、消防设施                          | 15 | 三、职业中毒的类型               | 34 |
| 五、火灾的扑救原则                       | 15 | 四、职业中毒对人体系统器官<br>的损害    | 34 |
| 阅读材料 防火防爆十大禁令                   | 16 | 五、常见毒物及其危害              | 35 |
| 本章小结                            | 17 | 六、防毒措施                  | 36 |
| 第二章 电气、静电及雷电安全防护<br>技术          | 18 | 阅读材料 “吸烟”与危害            | 37 |
| 第一节 电气安全技术                      | 18 | 本章小结                    | 37 |
| 一、电气安全基本知识                      | 18 | 第四章 危险化学品的安全储运          | 38 |
| 二、电气安全防护技术措施                    | 21 | 第一节 危险化学品的基本概念          | 38 |
| 三、触电急救                          | 23 | 一、危险化学品                 | 38 |
| 第二节 防静电安全技术                     | 25 | 二、危险化学品的分类              | 38 |
| 一、静电产生的物质特性和条件                  | 25 | 第二节 包装                  | 39 |
| 二、物体和人体静电的带电过程                  | 26 | 一、安全技术要求                | 39 |
| 三、静电的危害                         | 26 | 二、包装容量和标志               | 40 |
| 四、静电的防护措施                       | 27 | 第三节 储存                  | 40 |

|                            |    |                             |    |
|----------------------------|----|-----------------------------|----|
| 一、分类储存 .....               | 40 | 二、锅炉的安全运行 .....             | 65 |
| 二、专用仓库 .....               | 41 | 三、锅炉事故 .....                | 67 |
| 三、专用仓库的管理 .....            | 41 | 阅读材料 气瓶颜色标志 .....           | 70 |
| 第四节 装卸和运输 .....            | 42 | 本章小结 .....                  | 70 |
| 一、装卸场地和运输设备 .....          | 42 | <b>第七章 化工设备的腐蚀与防护</b> ..... | 71 |
| 二、装卸和运输 .....              | 42 | 第一节 腐蚀概述 .....              | 71 |
| 三、人员培训和安全要求 .....          | 43 | 一、腐蚀的定义 .....               | 71 |
| 四、危险化学品的使用和报废              |    | 二、腐蚀的分类 .....               | 72 |
| 处理 .....                   | 43 | 第二节 腐蚀与防护 .....             | 73 |
| 本章小结 .....                 | 44 | 一、工业腐蚀的类型 .....             | 73 |
| <b>第五章 劳动保护技术常识</b> .....  | 45 | 二、腐蚀的防护技术 .....             | 78 |
| 第一节 化学灼伤及其防护 .....         | 45 | 阅读材料 美国塌桥事故——鸽子             |    |
| 一、灼伤及其分类 .....             | 45 | 成隐形杀手 .....                 | 80 |
| 二、化学灼伤的预防措施 .....          | 45 | 本章小结 .....                  | 81 |
| 三、化学灼伤的现场急救 .....          | 46 | <b>第八章 化工设备的安全检修</b> .....  | 82 |
| 第二节 噪声的危害与预防 .....         | 47 | 第一节 化工设备检修的分类和              |    |
| 一、噪声及其危害 .....             | 47 | 特点 .....                    | 82 |
| 二、噪声污染控制预防措施 .....         | 49 | 一、化工设备检修的分类 .....           | 82 |
| 第三节 辐射的危害与防护 .....         | 49 | 二、化工设备检修的特点 .....           | 83 |
| 一、辐射线的种类 .....             | 49 | 第二节 化工设备检修前的准备              |    |
| 二、非电离辐射的危害与防护 .....        | 50 | 工作 .....                    | 83 |
| 三、电离辐射的危害与防护 .....         | 51 | 一、组织准备 .....                | 83 |
| 阅读材料 如何预防电脑辐射 .....        | 52 | 二、技术准备 .....                | 83 |
| 第四节 工业卫生设施和防护器具 .....      | 52 | 三、材料备件准备 .....              | 83 |
| 一、通风与采暖 .....              | 52 | 四、安全措施的准备 .....             | 83 |
| 二、照明与采光 .....              | 53 | 五、安全用具准备 .....              | 84 |
| 三、辅助设施 .....               | 53 | 六、检修器具合理堆放方案 .....          | 84 |
| 四、防护器具 .....               | 53 | 第三节 停车检修前的安全处理 .....        | 84 |
| 本章小结 .....                 | 57 | 一、计划停车检修 .....              | 84 |
| <b>第六章 压力容器的安全技术</b> ..... | 58 | 二、临时停车检修 .....              | 86 |
| 第一节 概述 .....               | 58 | 第四节 化工设备检修作业的安全             |    |
| 一、压力容器的分类 .....            | 58 | 要求 .....                    | 86 |
| 二、压力容器的特点 .....            | 59 | 一、动火作业 .....                | 86 |
| 三、安装压力容器的安全要点 .....        | 60 | 二、动土作业 .....                | 87 |
| 第二节 压力容器的安全使用 .....        | 61 | 三、管内罐内作业 .....              | 88 |
| 一、压力容器的安全附件 .....          | 61 | 四、高空作业 .....                | 89 |
| 二、压力容器的使用管理 .....          | 62 | 五、起重与搬运作业 .....             | 89 |
| 三、气瓶的安全使用 .....            | 63 | 第五节 化工设备检修后的交工              |    |
| 第三节 工业锅炉的安全技术 .....        | 65 | 验收 .....                    | 90 |
| 一、锅炉设备概述 .....             | 65 | 一、交工验收和试车 .....             | 90 |

|                            |            |                           |            |
|----------------------------|------------|---------------------------|------------|
| 二、开工安全 .....               | 91         | 一、固体废弃物对环境的污染 .....       | 120        |
| 本章小结 .....                 | 91         | 二、化工废渣的处理和利用 .....        | 121        |
| <b>第九章 环境保护概论 .....</b>    | <b>92</b>  | 阅读材料 二噁英 .....            | 124        |
| <b>第一节 环境和环境问题 .....</b>   | <b>92</b>  | 本章小结 .....                | 125        |
| 一、环境及其分类 .....             | 92         | <b>第十一章 安全与环保管理 .....</b> | <b>126</b> |
| 二、环境问题 .....               | 93         | <b>第一节 安全管理概述 .....</b>   | <b>126</b> |
| 三、中国环境问题 .....             | 95         | 一、安全管理的概念 .....           | 126        |
| <b>第二节 近代环境科学 .....</b>    | <b>98</b>  | 二、安全管理的内涵 .....           | 126        |
| 一、环境科学的研究对象及任务 .....       | 98         | 三、安全管理理论 .....            | 126        |
| 二、环境科学的内容 .....            | 98         | <b>第二节 安全管理制度 .....</b>   | <b>128</b> |
| 三、环境工程学简介 .....            | 99         | 一、安全标准与规章制度 .....         | 128        |
| <b>第三节 环境保护法律、法规</b>       |            | 二、安全生产责任制 .....           | 128        |
| <b>体系 .....</b>            | <b>100</b> | 三、安全培训与教育 .....           | 128        |
| 一、环境保护法律、法规体系              |            | 四、安全检查 .....              | 129        |
| 的结构 .....                  | 100        | <b>第三节 安全事故管理 .....</b>   | <b>130</b> |
| 二、环境保护法律、法规体系              |            | 一、事故分类与分级 .....           | 130        |
| 组成 .....                   | 100        | 二、事故报告与抢救 .....           | 130        |
| 三、环境保护法的基本原则 .....         | 103        | 三、事故调查与处理 .....           | 131        |
| 四、环境标准 .....               | 104        | <b>第四节 环境管理 .....</b>     | <b>132</b> |
| 阅读材料 .....                 | 105        | 一、环境管理的概念 .....           | 132        |
| 一、中国应锁定五大清洁能源              |            | 二、工业企业环境管理的基本             |            |
| 项目 .....                   | 105        | 内容 .....                  | 132        |
| 二、天然气水合物——未来洁净             |            | 三、工业企业环境管理体制 .....        | 132        |
| 的新能源 .....                 | 106        | <b>第五节 HSE 管理体系 .....</b> | <b>133</b> |
| 本章小结 .....                 | 106        | 一、HSE 管理体系 .....          | 134        |
| <b>第十章 化工“三废”的污染与</b>      |            | 二、建立 HSE 管理体系必要性 .....    | 134        |
| <b>治理 .....</b>            | <b>107</b> | 三、建立 HSE 管理体系的目的 .....    | 134        |
| <b>第一节 化工废气污染及治理 .....</b> | <b>107</b> | 四、HSE 管理体系的要素及其主要         |            |
| 一、化工废气主要污染物及其              |            | 内容 .....                  | 135        |
| 危害 .....                   | 107        | 阅读材料 德国企业与环境保护 .....      | 136        |
| 二、化工废气污染物的治理 .....         | 110        | 本章小结 .....                | 136        |
| <b>第二节 化工废水污染及治理 .....</b> | <b>114</b> | <b>附录 .....</b>           | <b>137</b> |
| 一、水体污染物及其危害 .....          | 114        | 一、安全色标 .....              | 137        |
| 二、化工废水污染物的治理 .....         | 115        | 二、危险货物包装标志 .....          | 142        |
| <b>第三节 化工废渣污染及治理 .....</b> | <b>120</b> | <b>参考文献 .....</b>         | <b>144</b> |



# 绪论

当今世界，人们日常生活中的衣、食、住、行、医已经离不开化学工业的产品，同时，化学工业已经渗透到国民经济各个领域，成为国民经济的支柱产业，并得到迅速发展。但必须认识到化工生产过程中存在着潜在的不安全因素较多、危险性和危害性较大的特点。因此，对从事化学工业工作的人员来说，必须认真贯彻执行“安全第一，预防为主”的方针政策，必须重视环境保护的方针政策，通晓并贯彻安全环保技术与管理制度，确保安全生产，保护环境，促进化学工业持续发展，为创建和谐社会而努力。

## 一、安全生产和环境保护工作在化工生产过程中的地位和作用

安全生产和环境保护是按照社会化大生产的客观要求、人与自然生态平衡的要求、科学发展观的要求而从事的化工生产经营活动。

### 1. 安全生产和环境保护是化工生产的首要任务

由于化工生产中具有易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的物质多，高温、低温、高压设备多，工艺条件复杂、操作控制严格，如果管理不细，操作失误，就可能发生火灾、爆炸、中毒等事故以及废气、废水、废渣超标排放等，影响生产的正常进行。轻则导致产品质量不合格、产量波动、成本加大以及生产环境污染，重则造成人员伤亡、设备损坏、建筑物倒塌以及生态环境严重污染等事故。

### 2. 安全生产和环境保护是化工生产的保障

设备规模的大型化，生产过程的连续化，过程控制自动化，是现代化工生产的发展方向，但要充分发挥现代化工生产的优势，必须做好安全生产和环境保护的保证工作，确保生产设备长期、连续、安全运行，实现节能降耗，减少“三废”排放量。

### 3. 安全生产和环境保护是化工生产的关键

我国要求化工新产品的研究开发项目，化工建设的新建、改建、扩建的基本建设工程项目，技术改造的工程项目，技术引进的工程项目等的安全生产措施和防治污染环境的技术措施应符合我国规定的标准，并做到与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。这是管理单位、设计单位、监督检查单位和建设单位的共同责任，也是企业职工和安全、环保专业工作者的重要使命。

## 二、化工安全技术和环境保护的发展趋势

化工安全生产技术和环境保护是一门涉及范围很广、内容极为丰富的综合性学科，它涉及数学、物理、化学、生物、天文、地理、地质等基础科学，涉及电工学、材料学、劳动保护和劳动卫生学等应用科学，以及化工、机械、电力、冶金、建筑、交通运输等工程技术科学。在过去几十年中，化工安全与环保的理论、技术和管理随着化学工业的发展和各学科知



# 第一章 化工生产防火防爆技术



## 学习目标

1. 理解火灾爆炸事故产生的原因、影响因素、控制措施。
2. 掌握燃烧的的必要条件和燃烧的本质；掌握燃烧类型及特征参数。
3. 了解爆炸类型；掌握爆炸极限及影响因素。
4. 理解化工企业所采取的防火防爆的安全技术措施；熟练掌握各种消防器材的结构、灭火原理、使用方法及维护知识并会运用；了解化工企业常见的火灾爆炸事故。

在化工整个生产过程中，原料、生产中的中间体和产品很多都是易燃、易爆的物质，而且一般都在高温、高压、高速、真空或低温等复杂的工艺条件下操作。在生产或储运中，若设计不合理、操作不当、管理不善、用火不慎，都有可能引起火灾或爆炸事故。一旦发生火灾爆炸事故，常会带来非常严重的后果，造成巨大的经济损失和人员伤亡。所以，防火防爆对于化工生产的安全运行是十分重要的。

## 第一节 燃烧与爆炸

### 一、燃烧

#### 1. 燃烧及其条件

燃烧是可燃物质与助燃物质（氧或其他助燃物质）发生的一种发光发热的氧化反应，其特征是发光、发热、生成新物质。例如，氢气在氯气中的反应属于燃烧反应，而铜与稀硝酸反应生成硝酸铜、灯泡通电后灯丝发光发热则不属于燃烧。

燃烧发生必须同时具备以下三个条件。

(1) 可燃物 凡是能与空气、氧气或其他氧化剂发生剧烈氧化反应的物质，都称为可燃物。可燃物包括可燃固体，如木材、煤、纸张、棉花等；可燃液体，如石油、酒精、甲醇等；可燃气体，如甲烷、氢气、一氧化碳等。

(2) 助燃物 凡是能帮助和维持燃烧的物质，均称为助燃物。常见的有空气、氧气以及氯气和氯酸钾等氧化剂。

(3) 点火源 凡是能引起可燃物质燃烧的热能源都叫点火源。如撞击、摩擦、明火、高温表面、发热自燃、电火花、光和射线、化学反应热等。

可燃物、助燃物和点火源是构成燃烧的三个要素，缺少其中任何一个燃烧便不能发生。

然而，燃烧反应在温度、压力、组成和点火源等方面都存在着极限值。在某些情况下，比如可燃物没有达到一定的浓度、助燃物数量不足、点火源没有足够的热量或一定的温度，即使具备了三个条件，燃烧也不会发生。例如氢气在空气中体积分数低于4%时便不能点燃，一般可燃物质在含氧量低于14%的空气中不能燃烧，一根火柴燃烧时释放出来的热量不足以点燃一根木材或一堆煤。反过来，对于已经发生的燃烧，若消除其中的任何一个条件，燃烧便会终止。因此，一切防火和灭火的措施都是根据物质的性质和生产条件，阻止燃烧的三个条件同时存在、相互结合和相互作用。例如，降低厂房空气中可燃气体或粉尘的浓度，就是控制可燃物；把黄磷保存在水中，就是为了隔绝空气；有火灾危险的爆炸区严禁烟火等，就是为了消除点火源。

## 2. 燃烧过程

可燃物质的燃烧一般是在气相中进行的，由于可燃物质的状态不同，其燃烧过程也不相同。

可燃气体最易燃烧，只要达到其本身氧化分解所需要的热量便能燃烧，其燃烧速度很快。

液体燃烧物在火源作用下，首先发生蒸发，然后蒸气再氧化分解，进行燃烧。

固体燃烧物分为简单物质和复杂物质。简单物质，如硫、磷等，受热时首先熔化，而后蒸发为蒸气进行燃烧，无分解过程；复杂物质在受热时分解成气态和液态产物，然后气态产物和液态产物的蒸气着火燃烧。

各种物质的燃烧过程如图1-1所示。从中可知，任何可燃物的燃烧都经历氧化分解、着火、燃烧等阶段。

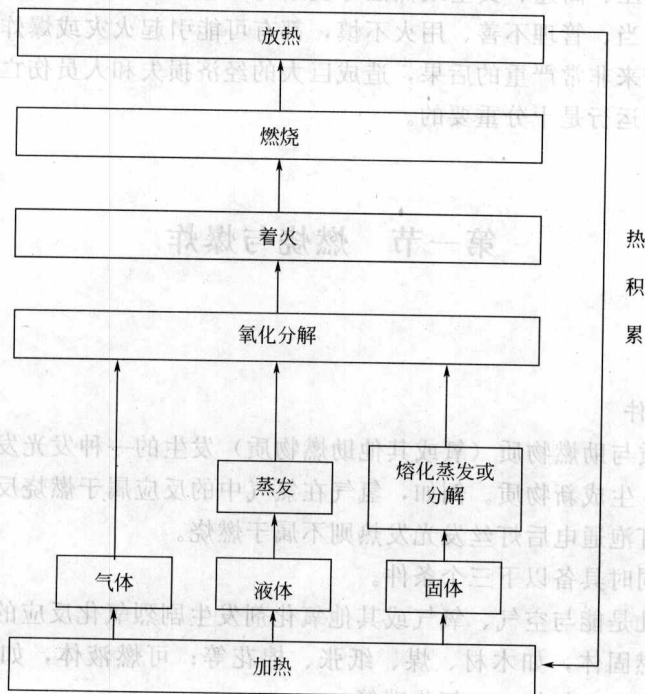


图 1-1 物质燃烧过程

物质在燃烧时，其温度变化也是很复杂的。如图1-2所示， $T_{初}$ 为可燃物开始加热的温度。最初一段时间，加热的大部分热量用于熔化或分解、气化，故可燃物温度上升较缓慢。到达 $T_{氧}$ ，可燃物质开始氧化，由于温度较低，故氧化速度不快，还需外界供给热量，此时若停止加热，尚不会引起燃烧。如继续加热，至 $T_{自}$ 时，氧化产生的热量和系统向外界散失

的热量相等，此时温度再稍有升高，超过平衡状态，即使停止加热，温度仍自行升高，到达  $T'_{自}$  就着火燃烧起来。这里， $T_{自}$  是理论上的自燃点； $T'_{自}$  是开始出现火焰的温度，为实际测得的自燃点； $T_{燃}$  为物质的燃烧温度； $T_{自}$  到  $T'_{自}$  间的时间间隔称为诱导期，在安全技术管理上有一定实际意义，诱导期越短，说明物质越易燃烧。

### 3. 燃烧类型

根据燃烧的起因不同，燃烧可分为闪燃、自燃和着火三种类型。

(1) 闪燃和闪点 各种可燃液体的表面空间由于温度的影响，都有一定量的蒸气存在，这些蒸气与空气混合后，一旦遇到点火源就会出现瞬间火苗或闪光，这种现象称为闪燃。引起闪燃的最低温度称为闪点。可燃液体的温度高于其闪点时，随时都有被火点燃的危险。某些可燃液体的闪点列于表 1-1。

表 1-1 某些可燃液体的闪点

| 物质名称 | 闪点/℃  | 物质名称 | 闪点/℃  | 物质名称 | 闪点/℃  |
|------|-------|------|-------|------|-------|
| 戊烷   | -40   | 丙酮   | -19   | 乙酸甲酯 | -10   |
| 己烷   | -21.7 | 乙醚   | -45   | 乙酸乙酯 | -4.4  |
| 庚烷   | -4    | 苯    | -11.1 | 氯苯   | 28    |
| 甲醇   | 11    | 甲苯   | 4.4   | 二氯苯  | 66    |
| 乙醇   | 11.1  | 二甲苯  | 30    | 二硫化碳 | -30   |
| 丙醇   | 15    | 乙酸   | 40    | 氰化氢  | -17.8 |
| 丁醇   | 29    | 乙酸酐  | 49    | 汽油   | -42.8 |
| 乙酸丁酯 | 22    | 甲酸甲酯 | -20   |      |       |

(2) 自燃和自燃点 自燃是可燃物质自发着火的现象。可燃物质在没有外界火源的直接作用下，常温中自行发热，或由于物质内部的物理（如辐射、吸附等）、化学（如分解、化合等）、生物（如细菌的腐蚀作用）反应过程所提供的热量聚积起来，使其达到自燃温度，从而发生自行燃烧。自燃的最低温度称为自燃点。表 1-2 列出了某些可燃物质的自燃点。

表 1-2 某些可燃物质的自燃点

| 物质名称 | 自燃点/℃ | 物质名称 | 自燃点/℃   | 物质名称 | 自燃点/℃   |
|------|-------|------|---------|------|---------|
| 二硫化碳 | 102   | 苯    | 555     | 甲烷   | 537     |
| 乙醚   | 170   | 甲苯   | 535     | 乙烷   | 515     |
| 甲醇   | 455   | 乙苯   | 430     | 丙烷   | 466     |
| 乙醇   | 422   | 二甲苯  | 465     | 丁烷   | 365     |
| 丙醇   | 405   | 氯苯   | 590     | 水煤气  | 550~650 |
| 丁醇   | 340   | 萘    | 540     | 天然气  | 550~650 |
| 乙酸   | 485   | 汽油   | 280     | 一氧化碳 | 605     |
| 乙酸酐  | 315   | 煤油   | 380~425 | 硫化氢  | 260     |
| 乙酸甲酯 | 475   | 重油   | 380~420 | 焦炉气  | 640     |
| 丙酮   | 537   | 原油   | 380~530 | 氨    | 630     |
| 甲胺   | 430   | 乌洛托品 | 685     | 半水煤气 | 700     |

(3) 着火和着火点 足够的可燃物质在有足够的助燃物质存在下，遇明火而引起持续燃烧的现象，称为着火。使可燃物发生持续燃烧的最低温度称为着火点，又叫燃点。表 1-3 列出某些可燃物质的燃点。

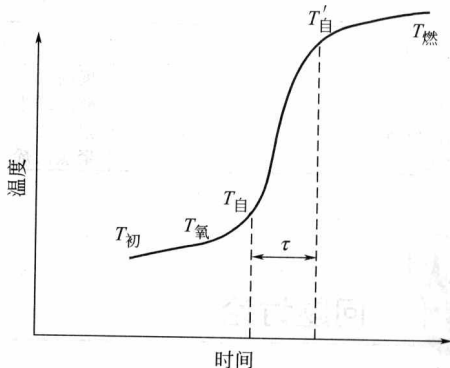


图 1-2 物质燃烧时的温度变化

表 1-3 某些可燃物质的燃点

| 物质名称 | 燃点/℃    | 物质名称 | 燃点/℃ | 物质名称 | 燃点/℃ |
|------|---------|------|------|------|------|
| 赤磷   | 160     | 聚丙烯  | 400  | 吡啶   | 482  |
| 石蜡   | 158~195 | 醋酸纤维 | 482  | 有机玻璃 | 260  |
| 硝酸纤维 | 180     | 聚乙烯  | 400  | 松香   | 216  |
| 硫黄   | 255     | 聚氯乙烯 | 400  | 樟脑   | 70   |



## 问题讨论

1. 可燃物、氧化剂、温度共同存在一定燃烧吗？
2. 物质在燃烧过程中，温度将发生什么样的变化？人为控制燃烧的关键在什么时期？

### 二、爆炸

#### 1. 爆炸及其分类

爆炸是物质发生急剧的物理、化学变化，在瞬间释放出大量的能量并伴有巨大声响的过程。

按爆炸的过程可将其分为物理爆炸、化学爆炸和核爆炸三类，前两者较常见。

(1) 物理爆炸 物理爆炸是指物质的物理状态发生急剧变化而引起的爆炸。例如蒸气锅炉、压缩气体、液化气体超压等引起的爆炸，都属于物理爆炸。物质的化学成分和化学性质在物理爆炸后均不发生变化。

(2) 化学爆炸 化学爆炸是指物质发生急剧化学反应，产生高温、高压而引起的爆炸。物质的化学成分和化学性质在化学爆炸后均发生了质的变化。化学性爆炸时按所发生的化学变化的不同又可分为如下三类。

① 简单分解爆炸。引起简单分解的爆炸物在爆炸时并不一定发生燃烧反应，爆炸所需的热量是由爆炸物本身分解时产生的。属于这一类的物质有叠氮化铅 ( $PbN_6$ )、乙炔银 ( $Ag_2C_2$ )、碘化氮 ( $NI_3$ ) 等，这类物质受到轻微震动即可引起爆炸。

② 复杂分解爆炸。所有炸药的爆炸都属于这一类。这类物质爆炸时伴有燃烧现象，燃烧所需的氧是由爆炸物质分解产生的。

③ 爆炸性混合物的爆炸。这类爆炸发生在气相里，所有可燃气体、蒸气及粉尘同空气的混合物遇明火发生的爆炸均属此类。爆炸性混合物的爆炸需要一定的条件，如可燃物质的含量、氧气含量及明火源等，危险性较上两类低，但由这类物质爆炸造成的事故很多，损失很大。气相爆炸分类见表 1-4。

表 1-4 气相爆炸分类

| 类别      | 爆炸原因                             | 举 例                    |
|---------|----------------------------------|------------------------|
| 混合气体爆炸  | 可燃气体和助燃气体以适当的浓度混合，由于燃烧的迅速加剧转化成爆炸 | 空气和甲烷、汽油蒸气构成混合气的爆炸     |
| 气体的分解爆炸 | 单一气体由于分解反应产生大量分解热引起爆炸            | 乙炔、乙烯等气体在分解时引起爆炸       |
| 粉尘爆炸    | 分散在空气中的可燃粉尘由于快速地燃烧引起爆炸           | 空气中漂浮的面粉、亚麻纤维、镁粉等引起的爆炸 |
| 喷雾爆炸    | 可燃液体被喷成雾状分散在空气中，在剧烈燃烧时引起爆炸       | 液压机喷出的油雾、喷漆作业引起的爆炸     |

爆炸对化工生产具有很大的破坏力，其破坏性质主要包括震荡作用、冲击波、碎片冲

击、造成火灾等。震荡作用在遍及破坏作用范围内，会造成物体的震荡和松散；爆炸产生的冲击波向四周扩散，会造成附近建筑物的破坏；爆炸后产生的热量会将由爆炸引起的泄漏可燃物点燃，引发火灾，加重危害。



## 案例1-1

2004年，某制药厂发生甲苯反应釜爆炸事故，造成两人死亡，一人受伤。事故的主要原因是某车间的液氨、甲苯等化工原料泄漏遇高温而引发爆炸。

### 2. 爆炸极限

(1) 爆炸极限 可燃气体、可燃液体的蒸气或可燃粉尘、纤维与空气形成的混合物遇火源会发生爆炸的极限浓度称为爆炸极限。通常用体积分数来表示，其中在空气中能引起爆炸的最低浓度称为爆炸下限，最高浓度称为爆炸上限。混合物中可燃物浓度低于爆炸下限时，因含有过量的空气，空气的冷却作用阻止了火焰的蔓延；混合物中可燃物浓度高于上限时由于空气量不足，火焰也不能蔓延。所以，浓度低于下限或高于上限时都不会发生爆炸，只有在这两个浓度之间才有爆炸危险。某些常见物质的爆炸极限见表1-5。

表 1-5 某些常见物质的爆炸极限

| 物质名称 | 爆炸极限/% |      | 物质名称 | 爆炸极限/% |      |
|------|--------|------|------|--------|------|
|      | 下限     | 上限   |      | 下限     | 上限   |
| 氢气   | 4.0    | 75.6 | 丁醇   | 1.4    | 10.0 |
| 氨气   | 15.0   | 28.0 | 甲烷   | 5.0    | 15.0 |
| 一氧化碳 | 12.5   | 74.0 | 乙烷   | 3.0    | 15.5 |
| 二硫化碳 | 1.0    | 60.0 | 丙烷   | 2.1    | 9.5  |
| 乙炔   | 1.5    | 82.0 | 丁烷   | 1.5    | 8.5  |
| 氰化氢  | 5.6    | 41.0 | 甲醛   | 7.0    | 73.0 |
| 乙烯   | 2.7    | 34.0 | 乙醚   | 1.7    | 48.0 |
| 苯    | 1.2    | 8.0  | 丙酮   | 2.5    | 13.0 |
| 甲苯   | 1.2    | 7.0  | 汽油   | 1.4    | 7.6  |
| 邻二甲苯 | 1.0    | 7.6  | 煤油   | 0.7    | 5.0  |
| 氯苯   | 1.3    | 11.0 | 乙酸   | 4.0    | 17.0 |
| 甲醇   | 5.5    | 36.0 | 乙酸乙酯 | 2.1    | 11.5 |
| 乙醇   | 3.5    | 19.0 | 乙酸丁酯 | 1.2    | 7.6  |
| 丙醇   | 1.7    | 48.0 | 硫化氢  | 4.3    | 45.0 |

注：根据爆炸极限可以知道它们的危险程度。

- ① 爆炸极限范围越大，其危险性越大。
- ② 爆炸下限越低，危险性越大，稍有泄漏即容易进入下限，应特别防止物料的跑、冒、滴、漏。
- ③ 某些爆炸上限较高的可燃气体，只需不多的空气进入设备和管道中就能达到爆炸范围，所以应特别注意设备的密闭和保持正压，严防空气进入。



## 案例1-2

2005年，某高速公路隧道工程右线隧道特大瓦斯爆炸事故的直接原因是：由于掌子面处塌

方, 瓦斯异常涌出, 致使模板台车附近瓦斯浓度达到爆炸极限, 模板台车的配电箱附近悬挂的三芯插头短路产生火花, 引起正在施工的隧道右洞发生瓦斯爆炸事故, 共造成 44 人死亡, 11 人受伤。

(2) 爆炸极限的影响因素 爆炸极限不是固定的数值, 而是受一系列因素的影响而变化。影响爆炸极限的因素主要有以下几点。

① 初始温度。混合物初始温度越高, 爆炸极限范围增大。

② 初始压力。系统初始压力增高, 爆炸极限范围也扩大。

③ 惰性气体含量。爆炸性混合物中惰性气体含量增加, 其爆炸极限范围缩小。当惰性气体含量增加到某一值时, 混合系不再发生爆炸。

④ 容器。容器的材质和尺寸对物质爆炸极限均有影响。若容器材质的传热性能好, 则由于器壁的热损失大, 混合气体的热量难于积累, 而导致爆炸范围变小。容器或管道直径越小, 爆炸极限范围越小。

⑤ 能源。火花能量、热表面的面积、火源与混合物的接触时间等对爆炸极限均有影响。

另外, 光对爆炸极限也有影响。在黑暗中, 氢与氯的反应十分缓慢, 在光照下则会发生连锁反应引起爆炸。



## 问题讨论

1. 何谓爆炸极限? 爆炸时会发生哪些现象? 为何具有破坏作用?
2. 爆炸性混合物的爆炸条件是什么?

## 第二节 防火防爆技术

### 一、火灾爆炸危险性分析

#### 1. 物料的火灾危险性的评价

(1) 气体 爆炸极限和自燃点是评价气体火灾爆炸危险性的主要指标。气体的爆炸极限范围越大, 爆炸下限越低, 火灾爆炸的危险性越大。气体的自燃点越低, 越容易起火, 火灾爆炸的危险性也越大。另外, 气体的化学活泼性、扩散、压缩和膨胀等特性都影响其危险性。气体化学活泼性越强, 火灾爆炸的危险性越大。可燃气体或蒸气在空气中的扩散速度越快, 火焰蔓延的越快, 火灾爆炸的危险性就越大。相对密度大的气体易聚集不散, 遇明火容易造成火灾爆炸事故。易压缩液化的气体遇热后体积膨胀, 压力增大, 容易发生火灾爆炸事故。

(2) 液体 闪点和爆炸极限是评价液体火灾爆炸危险性的主要指标。闪点越低, 越容易起火燃烧。爆炸极限范围越大, 危险性越大。爆炸的温度极限越宽, 温度下限越低, 危险性越大。另外, 饱和蒸气压、膨胀性、流动扩散性、相对密度、沸点等特征也影响其危险性。液体的饱和蒸气压越大, 越易挥发, 闪点也就越低, 火灾爆炸的危险性就越大。液体受热膨



胀系数越大，危险性就越大。液体流动扩散快，会加快其蒸发速度，易于起火蔓延。液体相对密度越小，蒸发速度越快，发生火灾的危险性就越大。液体沸点越低，火灾爆炸危险性就越大。

液体的化学结构和相对分子质量对火灾爆炸危险性也有一定的影响。在有机化合物中，醚、醛、酮、酯、醇、羧酸等火灾危险性依次降低。不饱和有机化合物比饱和有机化合物的火灾危险性大。有机化合物的异构体比正构体的闪点低，火灾危险性大。同一类有机化合物，相对分子质量越大，沸点越高，闪点也越高，火灾危险性越小。但是相对分子质量大的液体，一般发热量高，蓄热条件好，自燃点低，受热容易自燃。

(3) 固体 固体的火灾爆炸危险性评价主要指标取决于固体的熔点、着火点、自燃点、比表面积及热分解性能等。固体燃烧一般要在气化状态下进行。熔点低的固体物质容易蒸发或气化，着火点低的固体则容易起火。自燃点越低，越容易着火。同样的固体，比表面积越大，和空气中氧的接触机会越多，燃烧的危险性越大。物质的热分解温度越低，其火灾爆炸危险性就越大。

## 2. 工艺装置的火灾爆炸危险

化工装置的火灾和爆炸事故主要原因可以归纳为以下五项，各项中都包含一些小的条目。

### (1) 装置有隐患

① 高压装置中高温、低温部分材料选型不当；

② 接头结构和材料选型不当；

③ 有易使可燃物着火的电热装置；

④ 防静电措施不够完善；

⑤ 装置开始运转时无法预料的影响。

### (2) 操作失误

① 阀门的误开或误关；

② 燃烧装置点火不当；

③ 违规使用明火。

### (3) 装置故障

① 储罐容器、配管的破损；

② 泵和机械的故障；

③ 测量和控制仪表的故障。

### (4) 不停产检修设备

① 带压力切断配管连接部位时发生无法控制的泄漏；

② 破损配管没有修复即在压力下降的条件下恢复运转，升压后物料泄漏；

③ 不知装置中有压力，而误将配管从装置上断开；

④ 在加压条件下，某一物体掉到装置的脆弱部分而发生破裂。

### (5) 异常化学反应

① 反应物质匹配不当；

② 不正常的聚合、分解等；

③ 安全装置配备不合理或不齐全。

在工艺装置危险性评价中，物料评价占有很重要的位置。火灾和爆炸事故的蔓延和扩