

职业技能培训教程

# 化工分析工

中国石油天然气集团公司人事服务中心 编

中国石油大学出版社

# 国家职业标准

说明:以下各表中大写英文字母表示各检验类别:A——试剂溶剂检验;B——日用化工检验;C——化学肥料检验;D——化学农药检验;E——涂料、染料、颜料检验;F——煤炭焦化检验;G——水泥检验。

## 初级化工分析工

| 职业功能   | 工作内容          | 技 能 要 求                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 相 关 知 识                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、样品交接 | (一) 礼仪        | 能主动、热情、认真地进行样品交接                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 常用礼貌语言</li> <li>2. 实验室样品交接的有关规定</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|        | (二) 填写检验登记表   | 能详尽填写样品登记表的有关信息(产品的基本状况、送检单位、检验的要求等),并由双方签字                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|        | (三) 查验样品      | 能认真检查样品状况,验证密封方式,做好记录,加贴样品标识                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|        | (四) 保存样品      | 能在规定的样品贮存条件下贮存样品                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 二、检验准备 | (一) 了解检验方案    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能读懂简单的化学分析和物理性能检测方法标准和操作规范</li> <li>2. 能读懂简单的检验装置示意图</li> </ol>                                                                                                                                                                                              | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 化工产品的定义和特点</li> <li>2. 简单的化学分析和物理性能检测的原理</li> <li>3. 简单的分析操作程序</li> <li>4. 检验结果的计算方法</li> <li>5. 各检验类别的相关基本知识               <ol style="list-style-type: none"> <li>A. 试剂的分类、包装及贮存要求,溶剂的用途</li> <li>B. 常见日用化工产品的定义和分类</li> <li>C. 化学肥料的定义、特点及分类</li> <li>D. 化学农药的分类、剂型及贮存要求</li> <li>E. 涂料的定义和组成,涂料的分类、命名和型号</li> <li>F. 煤炭的分类和分级</li> <li>G. 水泥的定义和分类</li> </ol> </li> </ol> |
|        | (二) 准备玻璃仪器等用品 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能正确识别、选用玻璃仪器和其他用品</li> <li>2. 能正确选择洗涤液,按规定的操作程序进行常用玻璃仪器的洗涤和干燥</li> <li>3. 能进行简单的玻璃棒、管的截断和弯曲等基本操作</li> <li>4. 能进行橡皮塞的配备钻孔,按示意图安装简单的检验装置,并能检查装置的气密性</li> <li>5. 能正确选用玻璃量器(包括基本玻璃量器,如滴定管、移液管、容量瓶和特种玻璃量器,如水分测定器),并能检查其密合性(试漏),能正确给酸式滴定管涂油,赶出碱式滴定管中的气泡</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 常用玻璃仪器和其他用品的名称和用途</li> <li>2. 玻璃仪器的洗涤常识</li> <li>3. 玻璃工操作知识</li> <li>4. 橡皮塞、橡胶管和乳胶管的规格和选用知识;打孔器的使用方法;检验装置气密性的检查方法</li> <li>5. 常用玻璃量器的名称、规格和用途;玻璃量器密合性的检查方法</li> </ol>                                                                                                                                                                                                        |

续表

| 职业功能    | 工作内容          | 技能要求                                                                                                                                                                                                                                                                          | 相关知识                                                                                                              |
|---------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 二、检验准备  | (三) 准备实验用水、溶液 | 1. 能正确使用一般化学分析实验用水<br>2. 能正确识别和选用检验所需的常用试剂<br>3. 能按标准或规范配制制剂、制品、试液(一般溶液)、缓冲溶液、指示剂及指示液;能准确稀释标准溶液                                                                                                                                                                               | 1. 实验室用水使用知识<br>2. 化学试剂的分类和包装方法<br>3. 常用溶液浓度表示方法;配制溶液注意事项                                                         |
|         | (四) 准备仪器设备    | 1. 能正确使用天平(包括分析天平和托盘天平)、pH计(附磁力搅拌器)、标准筛、秒表、温度计等计量器具<br>2. 能正确使用电炉、干燥箱、马弗炉(高温炉)、水浴、离心机、真空泵、电动振荡器等检验辅助设备<br>3. 能正确使用与本检验类别相关的一般专用检验仪器设备<br>A. 韦氏天平<br>B. 超静工作台、均质器、培养箱、高压灭菌器、显微镜、电冰箱<br>E. 刮板细度计、涂1和涂4粘度计、黑白格玻璃板、干燥试验器<br>F. 密度计组、快速灰分测定仪<br>G. 水泥稠度及凝结时间测定仪、雷氏夹测定仪、沸煮箱、水泥净浆搅拌机 | 1. 天平、pH计等计量器具的结构、计量性能和使用规则<br>2. 化验室辅助设备的名称、规格、性能、操作方法、使用注意事项<br>3. 专用检验仪器设备的名称、规格、性能、操作方法、使用注意事项                |
| 三、采样    | (一) 明确采样方案    | 采样前,能明确采样方案中的各项规定,包括批量的大小、采样单元、样品数、样品量、采样部位、采样工具、采样操作方法和采样的安全措施等                                                                                                                                                                                                              | 1. 采样的重要意义和基本原则<br>2. 固体产品、液体产品、气体产品的采样方法<br>3. 对化工产品样品保存的一般要求<br>4. 固体样品的制样方法                                    |
|         | (二) 准备采样      | 能检查抽样工具和容器是否符合要求,准备好样品标签和采样记录表格                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                   |
|         | (三) 实施采样      | 能在规定的部位按采样操作方法进行采样,填好样品标签和采样记录                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                   |
|         | (四) 保存样品      | 能使用规定的容器在一定环境条件下保存样品至规定日期                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                   |
|         | (五) 制备固体样品    | 能正确制备组成不均匀的固体样品,包括粉碎、混合、缩分                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                   |
| 四、检测与测定 | (一) 化学分析      | 1. 能正确进行试样的汽化分析操作,包括称量、加热干燥至恒量<br>2. 能正确进行试样的沉淀分析操作,包括称量、溶解、沉淀、过滤、洗涤、烘干和灼烧等<br>3. 能正确进行滴定分析的基本操作。能使用酸式滴定管和碱式滴定管进行连滴、一滴、半滴操作;能对不同类型的滴定管和装有不同颜色溶液的滴定管正确读数<br>4. 能识别标准滴定溶液和其有效期;能正确进行标准溶液体积的温度校正                                                                                 | 1. 称量分析挥发法操作规程<br>2. 称量分析沉淀法操作规程<br>3. 滴定分析的操作规程<br>4. 使用标准溶液的一般要求<br>5. 酸碱滴定和络合(配位)滴定的知识<br>6. 相关国家标准中各检验项目的相应要求 |

续表

| 职业功能    | 工作内容          | 技能要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 相关知识                                                                                                              |
|---------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 四、检测与测定 | (一) 化学分析      | 5. 能正确使用酸碱指示剂和金属指示剂,准确判断滴定终点,进行酸碱滴定和络合(配位)滴定分析<br>6. 针对各检验类别的技能要求<br>A. 能测定试剂的酸度、碱度、灼烧残渣;能用酸碱滴定法、络合滴定法、称量分析法测定试剂的主含量;能测定稀释剂、防潮剂的酸价<br>B. 能测定合成洗涤剂中总活性物的含量;能测定肥皂中的乙醇不溶物、游离苛性碱含量<br>C. 能测定化肥中氨态氮、有效五氧化二磷的含量;能用干燥法测定化肥中的水分<br>D. 能测定农药的酸度,能用蒸馏法测定农药中的水分<br>E. 能测定涂料的水分、涂料固体、挥发物和不挥发物、水性涂料中重金属的含量;能测定染料的水分、不溶物、水溶性染料的溶解度;能测定颜料的水溶物、耐水性、耐酸性、耐溶剂性<br>F. 能测定煤炭和焦炭的水分、灰分、挥发分、固定炭,能用艾氏法测定煤中全硫;能测定煤焦油中的水分、灰分和粗苯中的水分<br>G. 能测定水泥的烧失量、不溶物、纯二氧化硅、硫酸盐-三氧化硫、氧化镁含量 | 1. 称量分析挥发法操作规程<br>2. 称量分析沉淀法操作规程<br>3. 滴定分析的操作规程<br>4. 使用标准溶液的一般要求<br>5. 酸碱滴定和络合(配位)滴定的知识<br>6. 相关国家标准中各检验项目的相应要求 |
|         | (二) 仪器分析      | 1. 能用正确的方法溶解固体样品,稀释液体样品或吸收气体样品,制备 pH 测定液<br>2. 能用 pH 计测定各种化工产品水溶液的 pH 值                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | pH 计的操作方法                                                                                                         |
|         | (三) 检测物理参数和性能 | 能检测相应类别化工产品的物理参数和性能<br>A. 能检测化学试剂的密度、沸点、熔点、水不溶物、蒸发残渣、结晶点(或凝固点)<br>B. 能检测化妆品的耐热、耐寒性能;能进行肥皂、化妆品的感官指标检验<br>C. 能检测化肥的粒度(或细度)<br>D. 能检测农药的细度、润湿性<br>E. 能检测涂料的细度、粘度、遮盖力、干燥时间;能检测染料的细度;能检测颜料的颜色、遮盖力、筛余物、吸油量<br>F. 能检测粗苯和煤焦油的密度<br>G. 能检测水泥的细度、标准稠度用水量、凝结时间、安定性                                                                                                                                                                                            | 相关国家标准中各检验项目的相应要求                                                                                                 |
|         | (四) 微生物学检验    | 从事 B 类检验的人员能测定化妆品中微生物指标的菌落总数                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 微生物检验学的有关内容                                                                                                       |
|         | (五) 记录原始数据    | 能正确记录检验原始数据,填写试验记录表格                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 原始记录的填写要求                                                                                                         |

续表

| 职业功能   | 工作内容         | 技能要求                                                                               | 相关知识                               |
|--------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 五、测后工作 | (一) 清洗分析用器皿  | 能针对盛装不同种类残渣残液的器皿采用适宜的清洗方法;能正确存放玻璃仪器和其他器皿                                           | 玻璃仪器的洗涤知识                          |
|        | (二) 进行数据处理   | 1. 能根据检验结果有效数字位数的要求,正确进行数据的修约运算<br>2. 能根据标准要求,采用全数值比较法或修约值比较法判定极限数值附近的检验结果是否符合标准要求 | 1. 有效数字及数字修约规则<br>2. 极限数值表示方法及判定方法 |
| 六、养护设备 | (一) 保养维护仪器设备 | 能正确保养、维护所用仪器设备                                                                     | 一般仪器设备的维护、保养知识                     |
|        | (二) 发现仪器设备故障 | 能及时发现所用仪器设备出现的一般故障                                                                 | 简单仪器设备的结构及常见故障现象                   |
| 七、安全实验 | (一) 实验室安全    | 能执行实验室各项安全守则,正确使用消防器材,安全使用各种电器                                                     | 化学实验室的安全知识                         |
|        | (二) 实验人员安全防护 | 能正确使用通风橱,不乱排放废液、废渣;能正确使用防护用品                                                       | 化学实验人员的安全防护知识                      |

## 中级化工分析工

| 职业功能   | 工作内容          | 技能要求                                                                                                                                                                | 相关知识                                                                                 |
|--------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、样品交接 | 检验项目介绍        | 1. 能提出样品检验的合理化建议<br>2. 能解答样品交接中提出的一般问题                                                                                                                              | 1. 检验产品和项目的计量认证和审查认可(或验收)的一般知识<br>2. 各检验专业一般知识                                       |
| 二、检验准备 | (一) 明确检验方案    | 1. 能读懂较复杂的化学分析和物理性能检测的方法、标准和操作规范<br>2. 能读懂较复杂的检(试)验装置示意图                                                                                                            | 1. 化学分析和物理性能检测的原理<br>2. 分析操作的一般程序<br>3. 测定结果的计算方法和依据                                 |
|        | (二) 准备实验用水、溶液 | 1. 能正确选择化学分析、仪器分析及标准溶液配制所需实验用水的规格;能正确贮存实验用水<br>2. 能根据不同分析检验需要选用各种试剂和标准物质<br>3. 能按标准和规范配制各种化学分析用溶液;能正确配制和标定标准滴定溶液;能正确配制标准杂质溶液、标准比对溶液(包括标准比色溶液、标准比浊溶液);能准确配制 pH 标准缓冲液 | 1. 实验室用水规格及贮存方法<br>2. 各类化学试剂的特点及用途;常用标准物质的特点及用途<br>3. 标准滴定溶液的制备方法;标准杂质溶液、标准比对溶液的制备方法 |
|        | (三) 检验实验用水    | 能按标准或规范要求检验实验用水的质量,包括电导率、pH 范围、可氧化物、吸光度、蒸发残渣等                                                                                                                       | 实验室用水规格及检验方法                                                                         |

续表

| 职业功能    | 工作内容          | 技能要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 相关知识                                                       |
|---------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 二、检验准备  | (四) 准备仪器设备    | 1. 能按有关规程对玻璃量器进行容量校正<br>2. 能根据检验需要正确选用紫外-可见分光光度计;能按有关规程检验分光光度计的性能,包括波长准确度、光电流稳定度、透射比正确度、杂散光、吸收池配套性等<br>3. 能正确选用常见专用仪器设备<br>A. 阿贝尔折光仪、旋光仪、卡尔·费休水分测定仪、闭口杯闪点测定仪、沸程测定仪<br>B. 冷原子吸收测汞仪、白度测定仪<br>C. 颗粒强度测定仪<br>D. 卡尔·费休水分测定仪<br>E. 白度测定仪、附着力测定仪、光泽计、摆杆式硬度计、冲击试验器、柔韧性测定器<br>F. 转鼓、库仑测硫仪、恩氏粘度计<br>G. 抗折(压)试验机、恒温恒湿标准养护箱、水泥胶砂搅拌机、胶砂水泥振动台、手动脱膜器 | 1. 玻璃量器的校正方法<br>2. 分光光度计的检验方法<br>3. 各检验类别常见专用仪器的工作原理、结构和用途 |
| 三、采样    | (一) 制定采样方案    | 能按照产品标准和采样要求制定合理的采样方案,对采样的方法进行可行性实验                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 化工产品采样知识                                                   |
|         | (二) 实施采样      | 能对一些采样难度较大的产品(不均匀物料、易挥发物质、危险品等)进行采样                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |
| 四、检测与测定 | (一) 分离富集、分解试样 | 能按标准或规程要求,用液-液萃取、薄层(或柱)层析、减压浓缩等方法分离富集样品中的待测组分,或用规定的方法(如溶解、熔融、灰化、消化等)分解试样                                                                                                                                                                                                                                                              | 化学检验中的分离和富集、分解试样知识                                         |
|         | (二) 化学分析      | 能用沉淀滴定法、氧化还原滴定法、目视比色(或比浊)法、薄层色谱法测定化工产品的组分<br>A. 能测定化学试剂中的硫酸盐、磷酸盐、氯化物以及澄清度、重金属、色度<br>B. 能测定肥皂中的干皂含量和氯化物、洗涤剂中的4A沸石含量<br>C. 能测定化肥中的氮、磷、钾含量<br>D. 能测定农药的有效成分(用化学分析法或薄层色谱法,如氧乐果)<br>E. 能测定“环境标志产品”水性涂料的游离甲醛、重金属含量<br>F. 能测定煤焦油中的甲苯不溶物<br>G. 能测定水泥中的三氧化二铁、三氧化二铝、氧化钙                                                                         | 1. 沉淀滴定、氧化还原滴定、目视比色、薄层色谱分析的方法<br>2. 相关国家标准中各检验项目的相应要求      |
|         | (三) 仪器分析      | 能用电位滴定法、分光光度法等仪器分析法测定化工产品的组分<br>A. 能用卡尔·费休法测定化学试剂中的水分<br>B. 能用冷原子吸收法测定化妆品中的汞;能用分光光度法测定化妆品中的砷和洗涤剂中的各种磷酸盐                                                                                                                                                                                                                               | 1. 电位滴定法、分光光度法有关知识<br>2. 相关国家标准中各检验项目的相应要求                 |

续表

| 职业功能    | 工作内容            | 技能要求                                                                                                                                                                                                                              | 相关知识              |
|---------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 四、检测与测定 | (三) 仪器分析        | C. 能用电位滴定法测定过磷酸钙中的游离酸;能用卡尔·费休法测定化肥中的水分;能用分光光度法测定尿素中的缩二脲含量<br>D. 能用电位滴定法和紫外可见分光光度法测定农药的有效成分;能用卡尔·费休法测定农药中的水分<br>F. 能用库仑滴定法测定煤炭中的硫含量;能用分光光度法测定硫酸铵中的铁含量<br>G. 能用分光光度法测定可溶性二氧化硅的含量                                                    |                   |
|         | (四) 检测物理参数和性能   | 能检测化工产品的物理参数和性能<br>A. 能测定化学试剂的折射率、比旋光度;能测定溶剂的闪点和沸程<br>B. 能测定洗涤剂的去污力<br>C. 能测定化肥的颗粒平均抗压强度<br>D. 能测定农药乳油的稳定性<br>E. 能测定涂料的闪点和涂膜的光泽、硬度、附着力、柔韧性、耐冲击性、耐热性;能测定染料的颜色和强度;能用仪器法测定白度<br>F. 能测定焦炭的机械强度和焦化产品的馏程、粘度<br>G. 能用抗折(压)强度实验机测定水泥的胶砂强度 | 相关国家标准中各检验项目的相应要求 |
|         | (五) 微生物学检验      | 从事B类检验的人员能测定化妆品中的粪大肠菌、金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌等微生物指标                                                                                                                                                                                          | 微生物学及检验方法         |
|         | (六) 进行对照试验      | 1. 能将标准试样(或管理试样、人工合成试样)与被测试样进行对照试验<br>2. 能按其他标准分析方法(如仲裁法)与所用检验方法做对照试验                                                                                                                                                             | 消除系统误差的方法         |
| 五、测后工作  | (一) 进行数据处理      | 1. 能由对照试验结果计算出校正系数,并据此校正测定结果,消除系统误差<br>2. 能正确处理检验结果中出现的可疑值。当查不出可疑值出现的原因时,能采用Q值检验法和格鲁布斯法判断可疑数值的取舍                                                                                                                                  | 实验结果的数据处理知识       |
|         | (二) 校核原始记录      | 能校核其他检验人员的检验原始记录,验证其检验方法是否正确,数据运算是否正确                                                                                                                                                                                             | 对原始记录的要求          |
|         | (三) 填写检验报告      | 能正确填写检验报告,做到内容完整、表述准确、字迹(或打印)清晰、判定无误                                                                                                                                                                                              | 对检验报告的要求          |
|         | (四) 分析检验误差产生的原因 | 能分析一般检验误差产生的原因                                                                                                                                                                                                                    | 检验误差产生的一般原因       |

续表

| 职业功能     | 工作内容     | 技能要求                          | 相关知识                      |
|----------|----------|-------------------------------|---------------------------|
| 六、修理仪器设备 | 排除仪器设备故障 | 能够排除所用仪器设备的简单故障               | 常用仪器设备的工作原理、结构和常见故障及其排除方法 |
| 七、安全实验   | 安全事故的处理  | 能对突发的安全事故果断采取适当措施,进行人员急救和事故处理 | 意外事故的处理方法和急救知识            |

## 高级化工分析工

| 职业功能    | 工作内容          | 技能要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 相关知识                                                                                                                                                                               |
|---------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、样品交接  | 接待咨询          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能全面了解送检产品质量方面的有关问题</li> <li>2. 能正确回答样品交接中出现的疑难问题</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                   | 相应化工产品的性能和检测                                                                                                                                                                       |
| 二、检验准备  | (一) 准备实验用水、溶液 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能制备仪器分析用标准溶液和其他试剂试液</li> <li>2. 从事 D 类检验的人员应能制备符合液相色谱分析要求的一级实验用水和相应的试液</li> </ol>                                                                                                                                                                                             | 标准溶液的制备方法                                                                                                                                                                          |
|         | (二) 准备仪器设备    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能按照标准要求制备气相色谱分析用的填充柱(包括柱管和载体的预处理、载体的涂渍、色谱柱的装填和老化等),并能选用适当的毛细管柱;或能选用符合原子吸收分光光度法分析要求的空心阴极灯,并能正确评价阴极灯的优劣,包括发光强度、发光稳定性、测定灵敏度与线性、灯的使用寿命等指标</li> <li>2. 从事 D 类检验的人员应能按标准要求选用高压液相色谱分析柱</li> </ol>                                                                                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 色谱柱的制备方法</li> <li>2. 原子吸收分光光度仪的原理、结构、使用说明和注意事项</li> </ol>                                                                                |
|         | (三) 操作计算机     | 能熟练操作与分析仪器配套使用的计算机                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 计算机操作应用的一般知识                                                                                                                                                                       |
|         | (四) 设计检验记录表格  | 能根据不同类型检验项目的需要设计相应的原始记录表格                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 不同类型检验项目原始记录的设计要求                                                                                                                                                                  |
| 三、检测与测定 | (一) 仪器分析      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能按操作规程操作气相色谱仪(包括其配套设备,如高压气体钢瓶、减压阀、气路管线、净化器、色谱数据工作站或数据处理机等),能根据不同的检验项目选择适当的色谱分析条件,合理地调整色谱参数;或能按操作规程操作原子吸收光谱仪[包括其配套设备,如乙炔钢瓶(或乙炔稳压发生器)、压缩空气钢瓶(或空气压缩机),或其他燃气和助燃气、减压阀、气路管线、计算机及配套系统软件或数据处理机],能根据不同的检验项目选择适当的仪器分析条件,合理地调整仪器参数</li> <li>2. 能用色谱法或原子吸收分光光度法分析相应类别化工产品的有关项目</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 色谱分析的分离原理及分类,气相色谱基本术语,气相色谱仪的结构、操作方法,气相色谱定性和定量方法;或原子吸收分光光度仪的结构、原子吸收定量分析技术、最佳仪器条件的选择、干扰因素的消除方法等知识</li> <li>2. 相关国家标准中各检验项目的相应要求</li> </ol> |

续表

| 职业功能     | 工作内容             | 技能要求                                                                                                                                                                                                               | 相关知识                                                                                                                                    |
|----------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 三、检测与测定  | (一) 仪器分析         | A. 测定有机化学试剂的主含量,如苯胺<br>B. 测定化妆品中的铅含量<br>C. 测定微量元素叶面肥中的锌、锰、铁、铜等元素含量<br>D. 用气相色谱法和高压液相色谱法测定农药的有效成分(如氧乐果、辛硫磷),检测农药的悬浮性和热贮稳定性等<br>E. 测定涂料中的有害成分,如聚氨酯涂料中的游离 TDI 单体等<br>F. 测定精制焦化产品的组分,如邻甲酚的组分<br>G. 测定水泥中氧化钠、氧化钾、氧化镁的含量 | 1. 色谱分析的分离原理及分类,气相色谱基本术语,气相色谱仪的结构、操作方法,气相色谱定性和定量方法;或原子吸收分光光度仪的结构、原子吸收定量分析技术、最佳仪器条件的选择、干扰因素的消除方法等知识<br>2. 相关国家标准中各检验项目的相应要求              |
|          | (二) 监测“三废”排放     | 能按标准要求测定本单位产生的“三废”中的主要环境监测项目                                                                                                                                                                                       | 1. 与检验产品相关的环境污染的种类及主要来源<br>2. 废水、废气的主要监测项目<br>3. 环境控制标准和环境监测的主要分析方法                                                                     |
|          | (三) 解决检验技术问题     | 能解决检验过程中遇到的一般技术问题,并能验证其方法的合理性                                                                                                                                                                                      | 化学检验相关技术                                                                                                                                |
| 四、测后工作   | (一) 审定检验报告       | 能对其他检验人员制作的检验报告按管理规定进行审核,内容包括<br>1. 填写内容是否与原始记录相符<br>2. 检验依据是否适用<br>3. 环境条件是否满足要求<br>4. 结论的判定是否正确                                                                                                                  | 对检验报告的要求                                                                                                                                |
|          | (二) 分析产生不合格品的原因  | 能协助企业生产技术管理部门分析产生不合格品(批)的一般原因                                                                                                                                                                                      | A. 试剂的工业分离提纯知识<br>B. 常见日用化学产品的简单工艺和常用原料的一般知识<br>C. 常见化肥产品的简单生产工艺<br>D. 农药加工所需助剂的一般知识<br>E. 涂料生产的一般工艺<br>F. 焦化工业的一般生产工艺<br>G. 硅酸盐水泥的生产过程 |
| 五、修理仪器设备 | (一) 安装、调试、验收仪器设备 | 能读懂一般仪器设备的说明书,能按规程进行安装、调试,并能验证其技术参数是否达到规定要求                                                                                                                                                                        | 一般仪器设备的工作原理及结构组成                                                                                                                        |
|          | (二) 排除仪器设备故障     | 1. 能独立设计简单的检修仪器设备的程序框图<br>2. 能按程序框图检查出常用仪器设备的故障,并能排除常见故障<br>3. 能正确更换仪器设备的易耗件                                                                                                                                       | 分析仪器的故障检修方法                                                                                                                             |

续表

| 职业功能      | 工作内容         | 技能要求                                                                              | 相关知识               |
|-----------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 六、技术管理与创新 | (一) 编写仪器操作规程 | 能制定一般检验仪器设备的操作规程                                                                  | 一般检验仪器设备的使用方法及注意事项 |
|           | (二) 编写检验操作规范 | 能编写相关产品和原材料的检验操作规范                                                                | 相关产品和原材料的检验方法和标准   |
|           | (三) 改进检验装置   | 能根据检验方法的需要改进试验装置,提高检验效率和检验结果的准确度                                                  | 各种试验装置的结构及各部件的作用   |
| 七、培训与指导   | 传授技艺         | 1. 能向初级、中级化学检验工传授与其工作内容相关的专业知识<br>2. 能较系统地示范化工产品的化学分析、仪器分析、物理参数和物理性能检测等实际操作的技术、技巧 | 传授技艺、技能的基本方法       |

## 化工分析技师

| 职业功能      | 工作内容             | 技能要求                                                                                               | 相关知识                                            |
|-----------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 一、检测与测定   | (一) 解决检验技术难题     | 能解决化学检验中遇到的技术难题                                                                                    | 1. 相应类别的检验项目<br>2. 化学检验技术                       |
|           | (二) 开展新检验项目      | 能根据本单位发展的需要,开展新产品、新项目的检验                                                                           |                                                 |
| 二、修理仪器设备  | (一) 安装、调试、验收仪器设备 | 能将新购置的、较复杂的仪器设备按说明书的要求进行安装、调试,并能验证其技术参数是否达到规定标准                                                    | 常用仪器设备的工作原理及结构组成                                |
|           | (二) 排除仪器设备故障     | 1. 能独立设计较复杂的检修仪器设备的程序框图<br>2. 能按程序框图检查出较复杂仪器设备产生故障的原因,并能排除其一般故障                                    | 较复杂的分析仪器的故障检修方法                                 |
| 三、技术管理与创新 | (一) 组合检验装置       | 能根据检验方法的需要,组合检验新项目所需的装置                                                                            | 各种化学实验室的电器设备、玻璃仪器及其他器皿和用品的用途                    |
|           | (二) 编写检验操作规范     | 能编写非标准检验方法(如生产过程控制检验)的操作规范                                                                         | 1. 各种产品的生产工艺<br>2. 化学检验操作规范的编写规定                |
| 四、培训与指导   | 传授技艺             | 1. 能向初级、中级、高级化学检验工传授与其工作内容相关的专业知识(包括安全环保)和常用的数据处理知识<br>2. 能较系统地指导相关化工产品的化学分析、仪器分析、物理参数和物理性能检测等实际操作 | 1. 技能培训的基本要求<br>2. 化学检验中化学分析、仪器分析的重点、难点和操作技能的要点 |

续表

| 职业功能      | 工作内容                | 技能要求                                                                                   | 相关知识                                       |
|-----------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| (五) 实验室管理 | (一) 制定购置计划          | 1. 能根据检验需要和单位的条件制定仪器设备购置的近期计划和长远规划<br>2. 能根据各个检验项目对化学试剂、标准物质的要求及检验批次的多少,估计其使用量,制定其购置计划 | 1. 各种仪器设备的用途、价格<br>2. 各种化学试剂和标准物质的规格、等级及用途 |
|           | (二) 检验质量管理          | 1. 能准确分析影响检验质量的原因,并制定有效的解决办法<br>2. 能制定并执行检验质量管理体系                                      | 检验质量管理基础知识                                 |
|           | (三) 仪器及试剂管理         | 1. 能定期安排实验室仪器的周期检定<br>2. 能针对实验室的仪器设备、化学试剂和标准物质的具体情况,制定并实施管理措施                          | 计量检定有关知识                                   |
|           | * (四) 计量认证和审查认可(验收) | 能根据实验室计量认证和审查认可(验收)的要求,编写管理手册中与相应类别检验有关的规章制度                                           | 计量认证、审查认可(验收)有关知识                          |
|           | * (五) 实验室认可         | 能根据实验室认可的要求,编制相应类别检验的操作指导书或检验细则                                                        | 实验室认可的有关知识                                 |
|           | * (六) 参与企业的质量管理     | 能根据质量管理和质量认证的要求,编制相关的程序文件和作业指导书                                                        | GB/T 19000 - ISO 9000 标准知识                 |
|           | * (七) 参与企业的环境管理     | 能根据企业的环境管理体系要素的相关要求,编制与相应类别检验相关的操作指导书和规程                                               | GB/T 24000 - ISO 14000 标准知识                |

注:前带有\*号的“工作内容”为选择项,申报人员可以从(四)~(七)的四项工作内容中任选两项。

## 化工分析高级技师

| 职业功能      | 工作内容         | 技能要求                               | 相关知识          |
|-----------|--------------|------------------------------------|---------------|
| 一、检测与测定   | (一) 解决检验技术难题 | 能处理并解决较高难度的检验技术问题                  | 国内外化学检验技术发展动态 |
|           | (二) 引进检验新技术  | 能将当今国内外化学检验的新技术、新方法引进检验工作中,并取得应用成效 |               |
| 二、技术管理与创新 | (一) 检索标准文献   | 能根据标准目录和标准化期刊检索标准文献,获得最新标准信息       | 标准化基础知识       |
|           | (二) 数理统计的应用  | 能运用数理统计方法判断标准曲线的线性关系和检测结果的精密度      | 数理统计的应用知识     |

续表

| 职业功能      | 工作内容          | 技 能 要 求                                                                                                              | 相 关 知 识                               |
|-----------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 三、培训与指导   | 专业培训          | 1. 能系统讲授化工产品检验的基本知识,并能指导学员的实际操作<br>2. 能制定化学检验培训班教学计划<br>3. 能合理安排教学内容,选择适当的教学方式                                       | 技能培训的方法                               |
| 四、实验室规划设计 | (一) 确定规划方案    | 能根据本单位的需要,规划实验室的规模和功能,并做到留有发展空间                                                                                      | 实验室规划一般要求                             |
|           | (二) 实验室设计     | 能提出各类实验用房(化学分析室、精密仪器室、钢瓶室、贮藏室和办公室等)合理布局的设计要求                                                                         | 实验室布局要求                               |
|           | (三) 实验室配套设施设计 | 能做到实验室的电源、水源、燃气源(可无)设计安全合理;实验室的照明、通风、排水、排气、实验台设计符合检验要求;钢瓶室、贮藏室设施设计符合贮存要求                                             | 实验室设施要求                               |
| 五、技术交流    | 参与技术交流与合作     | 能胜任下列工作之一<br>1. 能参与本地区化学检验技术人员的培训、技术交流、实验室间对比检验的工作<br>2. 能协助地方产品质量监督部门制定有关产品的监督检查检验细则,编写监督检查的质量分析报告;能组织召开有关产品的质量分析会议 | 本地区各化工生产企业的检验能力、实验室和检验人员的状况           |
| 六、制定标准    | 参与技术发展规划和标准制定 | 能胜任下列工作之一<br>1. 能根据国内外化学检验技术发展动态,适时提出行业发展规划的建议<br>2. 能参与国家标准、行业标准的制定和修订,能提出可得到各方代表广泛认可的建议或新条款<br>3. 能主持完成企业标准的制定工作   | 1. 国内外化学检验技术发展动态<br>2. 制定标准的相关要求      |
| 七、技术总结    | 技术探讨和经验总结     | 能完成下列工作之一<br>1. 能系统全面地总结化学检验的实践经验<br>2. 能正确总结检验仪器、设备的维护和检修经验与规律<br>3. 能撰写化学检验专题项目的研究报告<br>4. 能撰写检验技术诀窍的总结报告          | 1. 技术报告和技术总结写作的有关知识<br>2. 化学检验现状和发展趋势 |



# 第一部分 石油化工原料及产品分析

## 第一章 石油化工基础知识

### 第一节 石油化学工业及其基础原料

#### 一、石油化学工业

石油化学工业是 20 世纪 60 年代以来发展极快的一个工业部门。它以石油、天然气为原料,经过化学加工而生产出各种具有很高实用价值的产品,其中包括过去以煤为原料生产的化肥和各种基本有机化工原料,也包括合成橡胶、合成树脂、合成纤维、合成洗涤剂等生活用品。

石油化学工业的产品可以在很大程度上替代诸如钢铁、木材、天然橡胶、棉花、羊毛、皮革等天然原料。而且,以煤、电石、动植物油及农副产品为原料的传统有机化学工业所生产的化工产品,基本上也可由石油化学工业制得。例如,以糖或粮食发酵而制得的酒精,可由乙烯合成;从煤干馏得到的苯及其他芳烃,可由重整生成油或裂解汽油抽提得到;乙炔可由甲烷或其他烷烃热裂解得到;由动植物油脂生产的高级醇可由乙烯生产或由正构烷烃加工制得;就是单细胞蛋白这类生物化学品,也可由甲醇或正构烷烃加工而得。正是由于石油化工产品具有这样引人注目的替代能力,加上石油化学工业的技术条件及其经济上的合理性,使其很快发展成为一个重要的工业部门。

石油化学工业与石油炼制工业都是以石油为原料,两者既有差异又因相互渗透而难于严格区分。传统的石油炼制工业是以生产燃料油或润滑油等产品为主的工业部门;而石油化学工业则是以石油烃为原料生产基本有机原料、合成材料、化肥、精细化工产品等化学产品的部门。随着技术的发展和生产装置的大型化,有利于各种原料和产品间的综合利用,使得两者相互渗透,逐步形成大型化工-炼油联合企业,在生产燃料油和润滑油等产品的同时,也生产越来越多的石油化学产品。炼油和化工的相互结合和渗透既推动了石油化工技术的发展,同时也是提高石油经济效益的主要途径,成为现代石油化学工业的发展趋势。

#### 二、石油化工的基础原料

石油化学工业以石油和天然气为初始原料,经油气加工处理,先将这些以烷烃为主的初始原料按含碳数进行分离,得到甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等轻烃或石脑油、煤油、柴油、重质燃料油。这些轻烃和馏分油分别经热裂解、催化重整、蒸汽转化或部分氧化等加工手段制成石油化工的基础原料:炔烃(如乙炔)、烯烃(如乙烯、丙烯、丁二烯)、芳烃(如苯、甲苯、二甲苯)及合成气。由这些基础原料可进一步加工成多种中间产品,再由中间产品生产合成橡胶、合成树脂、合成纤维、合成洗涤剂及其他石油化工产品。

##### (一) 石油化工基础原料的加工流程

石油化工基础原料的加工流程框图如图 1-1-1 所示。

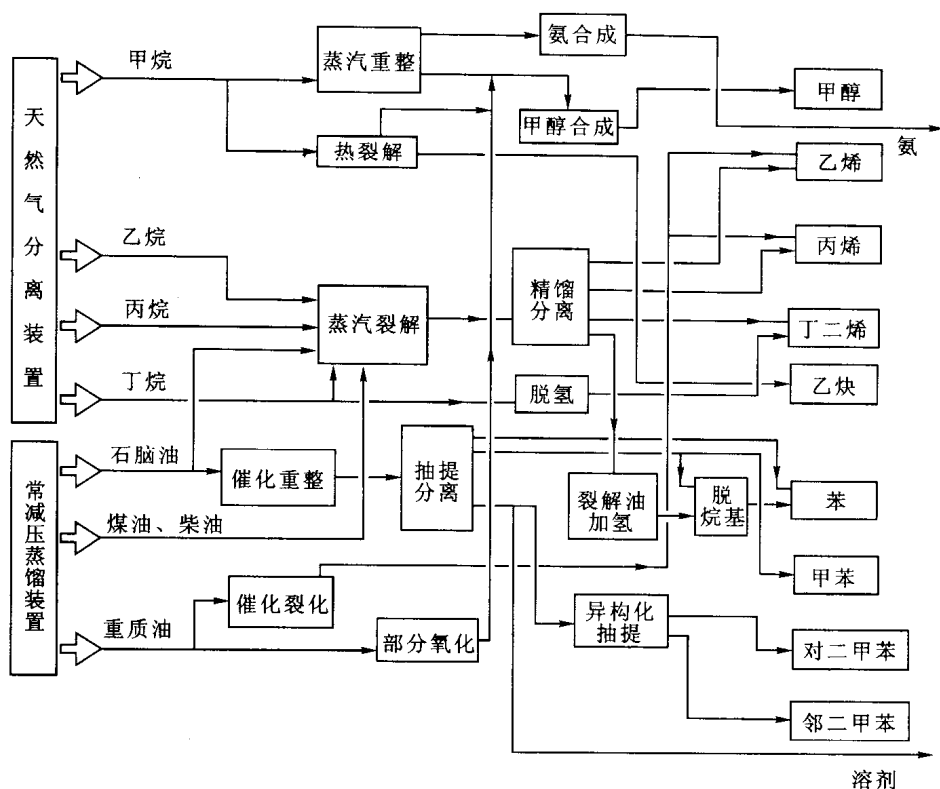


图 1-1-1 石油化工基础原料的加工流程框图

## (二) 石油化工基础原料及用途

(1) 乙烯。过去乙烯是由发酵法生产酒精脱水而得。为满足乙烯消费量大幅度增长的要求,石油烃裂解生产乙烯的方法迅速发展起来。目前石油烃生产的乙烯已占乙烯产量的绝大部分。

乙烯是烯烃中结构最简单的一种。石油化工初期发展的多种重要产品,即以乙烯为基础原料。乙烯用量最大的产品是聚乙烯,约占乙烯耗量的 45%;其次,是由乙烯生产的二氯乙烷和氯乙烷;乙烯氧化制环氧丙烷和乙二醇也在乙烯耗量中占有相当比例。此外,乙烯烃化制苯乙烯、乙烯氧化制乙醛、乙烯合成酒精、乙烯催化制取高级醇也都是乙烯的重要产品。

(2) 丙烯。在石油化学工业的发展初期,丙烯主要是由炼油厂催化裂化装置副产的液化气中回收而得。乙烯装置采用馏分油作为裂解原料时,联产的丙烯量也相应增加,在以馏分油为主生产裂解原料的国家和地区,丙烯主要来自乙烯裂解装置。在丙烷价格较低的少数地区,也有采用丙烷脱氢法生产丙烯的。

丙烯用量最大的产品是聚丙烯,除此之外,以丙烯为原料的产品有丙烯腈、异丙醇、苯酚和丙酮;丁醇和辛醇、丙烯酸及其酯类、环氧丙烷和丙二醇、环氧氯丙烷和合成甘油等均在丙烯消费中占有相当的比重。此外,丙烯醛、烷基苯也是丙烯的重要衍生物。近年来由烷基化或丙烯二聚生产汽油添加剂也有发展。

(3) 丁烯和丁二烯。丁烯的主要来源是炼油厂副产的液化石油气和馏分油裂解装置副产的 C<sub>4</sub> 馏分,其余少量丁烯主要由丁烷脱氢而来。丁二烯的生产曾以丁烯脱氢为主,现在已转为以乙烯装置副产 C<sub>4</sub> 馏分抽提而得。

作为石油化工原料的正丁烯主要用于丁二烯的生产,其余用于生产仲丁醇、庚烯、聚丁烯、

乙酸酐等。异丁烯主要用于生产气密性良好的丁基橡胶,也可与甲醛合成异戊二烯,也用于生产甲基丙烯酸酯、聚异丁烯及叔丁醇。近年来,用混合  $C_4$  中的异丁烯与甲醇生产甲基叔丁基醚(MTBE),既可直接作高辛烷值汽油添加剂,又可通过 MTBE 裂解而获得高纯度的异丁烯,其发展很快。

丁二烯是合成橡胶和合成树脂的重要单体。由丁二烯可生产顺丁橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶,也可生产聚丁二烯、ABS、BS 等树脂。此外可由丁二烯生产 1,4-丁二醇、己二胺(生产尼龙 66 的单体)。

(4) 芳烃(苯、甲苯和二甲苯)。过去,芳烃由炼焦工业的副产品煤焦油中提取。随着石油化工的发展,催化重整提供了大量的芳烃。同时,馏分油裂解装置生产乙烯时副产大量富含芳烃的裂解汽油,为生产芳烃提供了廉价的原料。

苯的最大用途是作为生产苯乙烯的单体原料;环己烷和苯酚也是苯的重要消费领域;此外,苯胺、烷基苯也都是由苯生产的重要衍生物。作为石油化工原料的甲苯,主要用于制苯(脱烷基)或经歧化生产二甲苯。此外,甲苯大量用于溶剂和涂料的生产方面,在炸药、农药、甲酚、甲苯二异氰酸酯(TDI)等的生产方面也耗用相当量的甲苯。二甲苯主要用于生产聚酯,其中邻二甲苯除通过异构化生产对二甲苯外,尚可生产邻苯二甲酸酐。其他则用于涂料、溶剂、农药等中间体的生产。

### (三) 石油化工在国民经济中的作用

#### 1. 石油化工是材料工业的支柱之一

金属、无机非金属材料和高分子合成材料,被称为三大材料。全世界石油化工提供的高分子合成材料,目前的产量约  $1.45 \times 10^8$  t,1996 年,我国的产量已超过  $800 \times 10^4$  t。除合成材料外,石油化工还提供了绝大多数的有机化工原料,在属于化工领域的范畴内,除化学矿物提供的化工产品外,石油化工生产的原料在各个部门大显身手。

#### 2. 石油化工促进了农业的发展

农业是我国国民经济的基础产业。石化工业提供的氮肥占化肥总量的 80%,农用塑料薄膜的推广使用,加上农药的合理使用以及大量农业机械所需的各类燃料形成了石化工业支援农业的主力军。

#### 3. 各工业部门离不开石化产品

现代交通工业的发展与燃料供应息息相关,可以毫不夸张地说,没有燃料,就没有现代交通工业。金属加工、各类机械毫无例外需要各类润滑材料及其他配套材料,消耗了大量石化产品。全世界润滑油脂产量约  $2000 \times 10^4$  t,我国约  $180 \times 10^4$  t。建材工业是石化产品的新领域,如塑料型材、门窗、铺地材料、涂料被称为化学建材。轻工、纺织工业是石化产品的传统用户,新材料、新工艺、新产品的开发与推广,无不有石化产品的身影。当前,高速发展的电子工业以及诸多的高新技术产业,对石化产品,尤其是以石化产品为原料生产的精细化工产品提出了新要求,这对发展石化工业是个巨大的促进。

#### 4. 石化工业的建设和发展离不开各行各业的支持

国内外的石化企业都是集中建设一批生产装置,形成大型石化工业区。在区内,炼油装置作为“龙头”,为石化装置提供裂解原料,如轻油、柴油,并生产石化产品;裂解装置生产乙烯、丙烯、苯、二甲苯等石化基本原料;根据需求建设以上述原料为主生产合成材料和有机原料的系列生产装置,其产品、原料有一定比例关系。如要求年产  $30 \times 10^4$  t 乙烯,粗略计算,约需裂解原料  $120 \times 10^4$  t,对应炼油厂的加工能力约  $250 \times 10^4$  t,可配套生产合成材料和基本有机原料

$80 \times 10^4 \sim 90 \times 10^4$  t。由此可见,建设石化工业区要投入大量资金,厂区选址要适当,不但要保证原料和产品的运输,而且要有充分的电力、水供应及其他配套的基础工程设施。各生产装置需要大量标准、定型的机械、设备、仪表、管道和非定型专用设备。制造机械设备涉及的材料品种多,要求各异,有些重点设备高度超过 50 m,单件重几百吨;有的要求耐热  $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,有的要求耐低温  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。有些关键设备需在国际市场采购。所有这些都需要冶金、电力、机械、仪表、建筑、环保各行业的支持。石化行业是个技术密集型产业。生产方法和生产工艺的确定,关键设备的选型、选用、制造等一系列技术,都要求由专有或独特的技术标准所规定,如从国外引进,要支付专利或专用技术使用费。因此,只有加强基础学科,尤其是有机化学、高分子化学、催化、化学工程、电子计算机、自动化等方面的研究工作,加强相关专业技术人员的培养,使之掌握和采用先进的科研成果,再配合相关的工程技术,石化工业才有可能不断发展,登上新台阶。

## 第二节 石油化工生产工艺

### 一、乙烯的生产工艺

乙烯是石油化学工业最重要的基础原料之一,乙烯消费量最大的部门是塑料工业,其中又以聚乙烯生产所消费的乙烯量最大,由于乙烯生产的重要性,因此常常以乙烯产量衡量石油化学工业的发展水平。

#### (一) 生产原理

高温下裂解石油烃类可获得大量的乙烯和丙烯,这是现代化乙烯生产的主要方法。其次还有从炼厂气中回收的乙烯和丙烯;乙醇脱水制乙烯;合成气制乙烯和丙烯等。

(1) 石油烃裂解过程的化学反应。石油烃裂解过程是十分复杂的化学反应过程,其中包括脱氢、断键、异构化、脱氢环化、芳构化、脱烷基、聚合、缩合、结焦等反应过程。从实用的目标出发,可将这复杂的化学反应简化为两个阶段,反应的第一阶段称为一次反应,反应的第二阶段称为二次反应。

在一次反应中,裂解原料通过自由基链式反应分解为一次裂解产物:氢、甲烷、乙烯、丙烯及碳数低于裂解原料的烃类。在二次反应中,一次反应生成的烃类进一步分解,同时发生烯烃的加氢及脱氢反应,由此消耗的烯烃生成烷烃、二烯烃及炔烃。此外,在二次反应中,两个或多个小分子发生缩合反应,缩合为分子较大的稳定化合物,并形成环二烯及芳烃。二次反应中生成的乙炔尚可进一步脱氢生成炭,而苯环可脱氢缩合为多环芳烃,继而发生多阶段脱氢缩合反应而结焦。二次反应不仅造成烯烃的损失,而且发生对生产极为不利的结焦反应。为了获得较高的烯烃收率而又不致发生严重的结焦,则必须在促使一次反应达到一定的转化率的同时,尽可能抑制或减少二次反应的发生。

(2) 裂解法制取乙烯的主要原料是石油天然气和炼厂气中的乙烷、丙烷和丁烷,石脑油(低辛烷值直馏汽油),以及芳烃抽提后的催化重整抽余油,经过加氢的焦化汽油等。近年来,以汽油作裂解原料来源紧张,且成本高,故裂解原料也采用石油中间馏分和重质馏分,甚至原油。

所有各类原料的裂解过程不仅生成乙烯,而且还生成丙烯、丁烯、1,3-丁二烯。丙烯产率为  $13\% \sim 18\%$  (重),丁二烯产率为  $2\% \sim 4.5\%$  (重)。汽油和粗柴油裂解时生成  $20\% \sim 40\%$  (重)的焦油,其中含有相当数量的宝贵芳烃。裂解气体中也含有相当数量的氢、甲烷,少量的