



教育部 财政部职业院校教师素质
提高计划职教师资培养资源开发项目

《化学工程与工艺》专业职教师资
培养资源开发 (VTNE042)

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书
职教师资本科化学工程与工艺专业核心课程系列教材

化工清洁生产

Chemical Cleaner Production



李 祝 高林霞 胡立新 主编



科学出版社

教育部 财政部职业院校教师素质提高计划成果系列丛书
职教师资本科化学工程与工艺专业核心课程系列教材

化 工 清 洁 生 产

李 祝 高林霞 胡立新 主编

科 学 出 版 社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本教材以化工清洁生产为核心,共分五个模块,每个模块含有四个单元。第一模块是清洁生产概述,主要介绍化工行业的环境污染、清洁生产的基本概念以及清洁生产理论基础绿色化学与清洁生产的关系;第二模块是清洁的原料与能源,以案例法分析讲解了清洁的原料与能源;第三模块是清洁的生产过程,介绍无废少废的工艺、高效的设备、无毒无害的中间产品以及物料的再循环;第四模块是清洁的产品,介绍产品生命周期、产品生态设计、产品的环境影响;第五模块是清洁生产审核,讲述清洁生产审核思路、流程、技巧及快速生产审核内容。

本教材可供化工、环境、工程技术等关注可持续发展的各类专业学生使用,同时可供相关学科领域以及社会企业读者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工清洁生产/李祝,高林霞,胡立新主编. —北京:科学出版社,2016.10
职教师资本科化学工程与工艺专业核心课程系列教材
ISBN 978-7-03-050245-2

I. ①化… II. ①李… ②高… ③胡… III. ①化工生产-无污染工艺-中等专业学校-教材 IV. ①X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 244412 号

责任编辑:闫 陶 杜 权/责任校对:董 丽

责任印制:彭 超/封面设计:苏 波

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>

武汉首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2016年10月第 一 版 印张:17 1/4

2016年10月第一次印刷 字数:440 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

教育部、财政部职业院校教师素质 提高计划成果系列丛书

项目牵头单位：湖北工业大学

项目负责人：胡立新

项目专家指导委员会

主任：刘来泉

副主任：王宪成 郭春鸣

成员：(按姓氏笔画排列)

刁哲军	王继平	王乐夫	邓泽民	石伟平	卢双盈
汤生玲	米靖	刘正安	刘君义	孟庆国	沈希
李仲阳	李栋学	李梦卿	吴全全	张元利	张建荣
周泽扬	姜大源	郭杰忠	夏金星	徐流	徐朔
曹晔	崔世钢	韩亚兰			

丛书编委会

主 编：胡立新

副主编：唐 强 胡传群 李 祝 范明霞 周宝晗 徐保明
何家辉

编 委：高林霞 李冬梅 陈 钢 杜 娜 查振华 陈 梦
毛仁群 俞丹青 赵春玲 张运华 刘 军 罗智浩
李 飞 姜 凯 张云婷 胡 蓉 李 佳 王 勇
万端极 张会琴 汪淑廉 皮科武 黄 磊 柯文彪
魏星星 李 俊 朱 林 程德玺 周浩东 彭 璟
刘 煜 张 叶 叶方仪 葛 莹 李毅洲 付思宇
殷利民 万式青 张 铭 金小影 闫会征

出版说明

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》颁布实施以来,我国职业教育进入到加快构建现代职业教育体系、全面提高技能型人才培养质量的新阶段。加快发展现代职业教育,实现职业教育改革发展新跨越,对职业学校“双师型6”教师队伍建设提出了更高的要求。为此,教育部明确提出,要以推动教师专业化为引领,以加强“双师型”教师队伍建设为重点,以创新制度和机制为动力,以完善培养培训体系为保障,以实施素质提高计划为抓手,统筹规划,突出重点,改革创新,狠抓落实,切实提升职业院校教师队伍整体素质和建设水平,加快建成一支师德高尚、素质优良、技艺精湛、结构合理、专兼结合的高素质专业化的“双师型”教师队伍,为建设具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系提供强有力的师资保障。

目前,我国共有60余所高校正在开展职教师资培养,但由于教师培养标准的缺失和培养课程资源的匮乏,制约了“双师型”教师培养质量的提高。为完善教师培养标准和课程体系,教育部、财政部在“职业院校教师素质提高计划”框架内专门设置了职教师资培养资源开发项目,中央财政划拨1.5亿元,系统开发用于本科专业职教师资培养标准、培养方案、核心课程和特色教材等系列资源。其中,包括88个专业项目,12个资格考试制度开发等公共项目。该项目由42家开设职业技术师范专业的高等学校牵头,组织近千家科研院所、职业学校、行业企业共同研发,一大批专家学者、优秀校长、一线教师、企业工程技术人员参与其中。

经过三年的努力,培养资源开发项目取得了丰硕成果。一是开发了中等职业学校88个专业(类)职教师资本科培养资源项目,内容包括专业教师标准、专业教师培养标准、评价方案,以及一系列专业课程大纲、主干课程教材及数字化资源;二是取得了6项公共基础研究成果,内容包括职教师资培养模式、国际职教师资培养、教育理论课程、质量保障体系、教学资源中心建设和学习平台开发等;三是完成了18个专业大类职教师资资格标准及认证考试标准开发。上述成果,共计800多本正式出版物。总体来说,培养资源开发项目实现了高效益:形成了一大批资源,填补了相关标准和资源的空白;凝聚了一支研发队伍,强化了教师培养的“校—企—校”协同;引领了一批高校的教学改革,带动了“双师型”教师的专业化培养。职教师资培养资源开发项目是支撑专业化培养的一项系统化、基础性工程,是加强职教教师培养培训一体化建设的关键环节,也是对职教师资培养培训基地教师专业化培养实践、教师教育研究能力的系统检阅。

自2013年项目立项开题以来,各项目承担单位、项目负责人及全体开发人员做了大

量深入细致的工作,结合职教教师培养实践,研发出很多填补空白、体现科学性和前瞻性的成果,有力推进了“双师型”教师专门化培养向更深层次发展。同时,专家指导委员会的各位专家以及项目管理办公室的各位同志,克服了许多困难,按照两部对项目开发工作的总体要求,为实施项目管理、研发、检查等投入了大量时间和心血,也为各个项目提供了专业的咨询和指导,有力地保障了项目实施和成果质量。在此,我们一并表示衷心的感谢。

编写委员会

2016年3月

丛 书 序

“十二五”期间,中华人民共和国财政部安排专项资金,支持全国重点建设职教师资培养培训基地等有关机构申报职教师资本科专业培养标准、培养方案、核心课程和特色教材开发项目,开展职教师资培训项目建设,提升职教师资基地的培养培训能力,完善职教师资培养培训体系。湖北工业大学作为牵头单位,与山西大学、西北农林科技大学、湖北轻工职业技术学院、湖北宜化集团一起,获批承担化学工程与工艺专业职教师资培养资源开发项目。

这套丛书,称为职教师资本科化学工程与工艺专业核心课程系列教材,是该专业培养资源开发项目的核心成果之一。

职业技术师范专业,顾名思义,需要兼顾“职业”“师范”和“专业”三者的内涵。简单地说,职教师资化学工程与工艺本科专业是培养中职或高职学校的化工及相关专业教师的,学生毕业时,需要获得教师职业资格和化工专业职业技能证书,成为一名准职业学校专业教师。

丛书现包括五本教材,分别是《典型化学品生产》《化工分离技术》《化工设计》《化工清洁生产》和《职教师资化工专业教学理论与实践》。作者中既有长期从事本专业教学实践及研究的教授、博士、高级讲师,也有近年来崭露头角的青年才俊。除高校教师外,有十余所中职、高职的教师参与了教材的编写工作。

这套教材的编写,力图突出职业教育特点,以技能教育作为主线,以“理实一体化”作为基本思路,以工作过程导向作为原则,将项目教学法、案例分析法等教学方法贯穿教学过程,并大量吸收了中职和高职学校成功的教学案例,改变了现有本科专业教材中重理论教学、轻技能培养的教学体系。这也是与前期研究成果相互印证的。

丛书的编写,得到兄弟高校和大量中职高职学校的无私支持,其中有许多作者克服困难,参与教学视频拍摄和编写会议讨论,并反复修改文稿,使人感动。这里尤其要感谢对口指导我们进行研究的专家组的倾情指导,可以说,如果没有他们的正确指导,我们很难交出这份合格答卷。

期待着本套系列教材的出版有助于国内应用技术型高校的教师和学生的培养,有助于职业教育的思想在更多的专业教育中得到接受和应用。我们希望在不太长的时期里,有更多的读者熟悉这套丛书,也期待大家对该套丛书的不足处给予批评和指正。

胡立新

2015年12月于湖北武汉

前 言

化学工业是社会发展的一个重要推手,提供了丰富的物质产品给人类消费和享受。但是众所周知,化学工业是产生“废气、废水、废渣”的“三废”大户,对环境和资源造成了极大的压力,给人类的生存和发展造成了危害。为了人民的身心健康,为了社会和经济的可持续发展以及子孙后代的可持续生存,必须采用各种措施减少工业污染、降低污染产生的危害。随着社会的发展和人们环境意识的提高,化工污染防治逐步从过去末端治理方式向清洁生产方式转变。清洁生产是一种新的创造性思想,该思想将整体预防的环境战略持续应用于生产过程、产品和服务中,以增加生态效率和减少人类及环境的风险。相对于先污染后治理的传统思维,与环境友好、以低废或无废为特征的清洁生产成为当前各国为实现可持续发展而关注的焦点。

本书是在教育部财政部职教师资本科专业培养标准、培养方案、核心课程和特色教材开发项目的资助下,按照化工类专业培养目标和专业特点而编写的。本教材可作为本科化学工程与工艺专业教学用书,也可以作为从事化工生产的工程技术人员的参考书。本书以化工清洁生产为核心,从化工行业的污染出发,针对清洁生产概述、清洁的原料与能源、清洁的生产过程、清洁的产品和清洁生产审核等五个模块做较系统、全面的阐述。本书编委多年担任清洁生产相关教学任务,并承担多项清洁生产创新工艺的研究项目,在编撰过程中结合教学和科研实践的经验总结,增加了案例分析,更注重知识的传递和实用性,使学生真正能学以致用。

本书是集体智慧的结晶,主要由湖北工业大学李祝、高林霞、胡立新担任主编,由张会琴、汪淑廉、皮科武、黄磊、万端极分专题进行编写,同时邀请华中师范大学杨娇艳老师参与案例教学法汇编和统稿。另外在本书的编写过程中参考了大量的相关书籍和资料,其中主要的参考文献附于书后,在此对这些著作的作者表示诚挚的感谢。

化工清洁生产近年发展迅速,加之编者水平和能力有限,虽已尽全力,但书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015年12月

目 录

第一模块	清洁生产概述	1
单元一	化工行业的环境污染.....	2
单元二	清洁生产概论	12
单元三	清洁生产理论基础	26
单元四	绿色化学与清洁生产	35
第二模块	清洁的原料与能源	41
单元一	清洁原料的概述	42
单元二	案例分析:清洁的原料在化工行业的应用.....	45
单元三	能源的概述	64
单元四	案例分析:清洁能源在化工行业的应用.....	70
第三模块	清洁的生产过程	102
单元一	无废、少废的工艺	103
单元二	高效的设备.....	113
单元三	无毒无害的中间产品.....	136
单元四	物料的再循环.....	149
第四模块	清洁的产品	160
单元一	产品生命周期.....	161
单元二	产品生态设计.....	173
单元三	产品生命周期的优化措施.....	182
单元四	案例分析.....	191
第五模块	清洁生产审核	199
单元一	清洁生产审核思路.....	200
单元二	清洁生产审核流程.....	207

单元三 清洁生产审核技巧.....	244
单元四 快速清洁生产审核.....	254
参 考 文 献	259

第一模块 清洁生产概述

模块重点

本章重点是清洁生产的基本知识,包括清洁生产的概念、目标和原则、清洁生产理论基础以及绿色化学与清洁生产之间的关系。

模块目标

通过本模块的学习,使受训者对化工行业的环境污染的严重性有一定的认识,并能深刻体会清洁生产的宗旨——节能、降耗、减污和增效,掌握清洁生产相关的基本概念和理论基础。

模块框架

单元序列	名 称	内 容
单元一	化工行业的环境污染	主要介绍化工行业的主要污染物类型、化工污染的特点及化工污染的控制措施
单元二	清洁生产概论	重点介绍清洁生产的发展历程,末端治理存在的弊端;清洁生产的各种定义、主要内容、目标和基本原则;总结清洁生产的意义和特点
单元三	清洁生产理论基础	本单元重点介绍清洁生产的三个理论基础:包括系统控制理论、可持续发展理论、环境承载力理论
单元四	绿色化学与清洁生产	本单元重点介绍绿色化学的概念、原理、实现途径,以及与清洁生产之间的关系

单元一 化工行业的环境污染

[单元目标]

1. 了解化工行业的环境污染的严重性。
2. 掌握化工行业污染对环境的危害。
3. 化工行业污染治理的措施。

[单元重点难点]

1. 化工行业的污染物、污染特点。
2. 化工行业污染治理的控制措施。

随着社会生产力的高度发展和经济改革的逐步深入,环境问题越来越引起人们的重视,已成为全球瞩目的热点问题。而现代环境问题归根结底绝大多数是由化学物质造成的,因此环境问题的重点是化工环境问题。1992年,联合国环境与发展大会以后,实行可持续发展战略,促进经济与环境协调发展已成为世界各国的共识。实践证明,以大量消耗资源、粗放型经营为特征的传统经济发展模式,经济效益低,排污量大,使环境不断恶化,人类的健康受到影响,而维持经济持续稳定发展也难上加难。在经济持续、快速、健康发展的同时,创造一个清洁、安静、优美、舒适的生活环境和工作环境,是历史赋予我们的艰巨任务,要完成这一任务,必须实事求是地按照客观规律,深刻理解人口、资源、发展、环境的辩证关系,彻底地、广泛地研究人类经济活动和社会行为对环境变化过程的影响,处理好正反两方面的关系。为此我们对化工环境污染、环境保护措施、污染环境治理技术等进行深入探讨,寻找良性、科学的途径,从根本上解决环境问题,创造未来美好的环境。

造成环境污染的污染物发生源称为污染源,与化工相关的污染物称为化工污染源。它通常指向环境排放有害物质或对环境产生有害物质的场所、设备和装置。按污染物来源,可分为天然污染源和人为污染源。天然污染源是指自然界自行向环境排放有害物质或造成有害影响的场所,如正在活动的火山、腐败的动植物。人为污染源是指人类社会活动所形成的污染源,后者是主要的防治对象。只有管理好污染源,才能达到环境效果和经济效果的统一。

一、人为污染源分类方法

人为污染源有以下几种分类方法:

- (1) 按排放污染的种类,可分为有机污染源、无机污染源、热污染源、噪声污染源、放射性污染源、病原体及混合污染源。
- (2) 按污染的主要对象,可分为大气污染源、水体污染源、土壤污染源。
- (3) 按排放污染物空间分布方式,分为点污染源、线污染源、面污染源。
- (4) 按人类活动功能,可分为工业污染源、农业污染源、交通污染源和生活污染源。

最常用的分类法是第四种,不管是来自工业、农业、交通还是生活的污染源,主要是由于化工产品直接或间接产生的。因此,我们主要研究化工产品带来的污染。

工业污染源有以下几种。

- (1) 燃料燃烧:燃煤可产生 C、N、S、Fe、Si、Hg、Pb 等。
- (2) 工业用水:循环水、溶剂水等。
- (3) 工业生产工艺:工艺落后,设计不合理等。

农业污染源有以下几种。

- (1) 药污染。
- (2) 化肥污染。
- (3) 增效剂及各类农业助剂污染。

交通污染源有以下几种。

- (1) 各类用油剂:汽油、柴油、煤油及各类润滑油等。
- (2) 燃烧废气:一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫、铅化物、苯等。

生活污染源有燃煤、燃气、洗涤用品等。

二、化工生产污染物

产生化工污染物的原因和污染物进入环境的途径多种多样,化工污染物主要来自以下两方面。

(一) 化工生产的原料、半成品及成品

(1) 化学反应不完全。在化工生产过程中,原料的转化率不可能百分之百,虽有一部分带入最终产品或被回收利用,但始终有一部分要被排放掉,如果该化工原料是有害物质,就会给环境造成污染。

(2) 原料不纯。化工原料本身也不可能很纯净,会有某些杂质,这些杂质不参与化学反应,常作为废物排放掉,给环境造成污染。

(3) 跑、冒、滴、漏。由生产设备落后、技术性问题造成设备密封不严,或生产中操作不规范,管理不严,在整个过程中有意无意地造成化工产品的泄漏,习惯称为跑、冒、滴、漏现象。这一现象不但会增加产品成本,造成经济损失,还会造成环境污染。

(二) 化工生产过程中排放的废弃物

1. 燃料燃烧

化工生产过程中需要一定的温度和压力,必须由外界提供,因而要燃烧大量的燃料。燃烧过程不可避免地排放大量的烟气和废渣,烟气和废渣中会有大量有害物质,对环境造成污染(表 1-1)。

表 1-1 燃烧重油各种污染物的单位排放量

污染物	排放量/(kg/m ³ 油)		污染物	排放量/(kg/m ³ 油)	
	大用户	小用户		大用户	小用户
乙醛	0.049	0.164	二氧化硫	12.874×5%	12.874×5%
一氧化碳	0.0033	0.164	三氧化硫	0.1968×5%	0.164×5%
烃类	0.2624	0.164	烟尘	0.656	0.984
氮类化合物	8.528	5.904			

2. 冷却水

在化工生产过程中除了需要大量的热量外,有时也需采用冷却水带走反应放出的热量。冷却水除了自身添加防腐剂、杀藻剂等化学物质外,在冷却过程中,会直接或间接被化工产品污染,因此排放掉的冷却水一旦进入自然界,就会给水源、土壤等造成一定的污染。

3. 副反应

化工生产中,在主反应进行的同时,往往因为条件制约或变化,伴随着许多副反应;有些副反应可被合理利用,有些副反应的产物因成分复杂,回收利用有一定困难,往往作为废物排弃或堆放,给环境带来污染。

4. 其他

除以上各种情况之外,还因工艺选用,给反应体系添加许多不参加反应的物质,如溶剂、催化剂、助剂等,这些物质的重新利用往往很难十分圆满,同样给环境造成污染。

归纳起来,化工主要污染物有以下几种。

(1) 化工废气中的主要污染物。无机化工废气主要来自制酸、制碱及化肥(氮、磷肥)等无机化工企业。主要污染物有二氧化硫与硫酸雾,二氧化氮与硝酸雾,氟与氟化氢,氯与氯化氢,还有硫化氢、氨气。有机化工废气主要来自石油化工、煤化工(焦化、煤气化)有机原料合成工业等。废气中的主要污染物包括甲烷、乙烯、丙烯、氯乙烯、氯丁二烯、苯、苯并芘、甲醛、乙醇、丙酮、甲硫醇、四氟化硅等。表 1-2 列出化工废气中污染物的主要来源。

表 1-2 化工废气中污染物的主要来源

污染物质	主要来源
二氧化硫及硫酸雾	硝酸厂、染料厂及石油化工厂等
二氧化氮及硝酸雾	硫酸厂、染料厂、合成纤维厂及炸药制造厂等
氯及氯化氢	氯碱、石油化工厂、农药厂、漂白粉生产
氟、氟化氢及四氟化硅	黄磷厂、磷肥厂、氟塑料厂等
氨	合成氨厂、氮肥厂、石油化工厂
硫化氢	炼油厂、化工脱硫、人造纤维、橡胶工业等

续表

污染物质	主要来源
乙烯、丙烯、丁二烯	石油裂解、聚烯烃厂、合成橡胶厂等
甲醛及其他含氟有机物	石油化工厂
甲硫醇	染料厂、石油化工厂
苯烃及其他有机溶剂	石油化工厂、焦化厂、化学试剂厂
苯并[α]芘	焦化厂

(2) 化工废水中主要污染物。化工废水一般含悬浮物少,但大多含有酸、碱、有毒物质、有机物以及易燃易爆物等。在我国 20 世纪 50 年代化学工业发展初期,化工废水中污染物主要是酸、碱及无机污染物,随着石油化工、煤化工、农药及染料等化学工业的兴起,废水中有毒物及有机物的污染日趋严重。化工废水中的主要污染物有以下几种:

无机酸,盐酸、硝酸、硫酸、磷酸等;

无机碱,纯碱、烧碱、硫化碱、消石灰等;

氰化物,氢氰酸、氰化钾、氰化钠;

重金属,汞、铅、钴、镉、铬、铜等;

有机酸,甲酸、乙酸、对苯二甲酸等;

苯及其衍生物,苯、甲苯、苯胺、硝基苯、氯苯、苯酚、甲酚、六氯苯、DDT 等;

含氧有机物,甲醇、乙醇、乙硫醇、丁硫醇、乙醛、丙烯醛、丙酮等。

(3) 工业废渣中主要污染物。化工废渣来源十分广泛,行业不同,所含污染物种类和含量各不相同。

(4) 盐泥。来源于氯碱工业。在以食盐为主要原料,用电解法制取氯、氢及烧碱过程中,排出泥浆中的主要成分是 $Mg(OH)_2$ 、 $CaCO_3$ 、 $BaSO_4$ 等。我国现有少数企业采用水银电解法制碱。每吨烧碱产盐泥 50~60 kg,其中含汞 0.15~0.2 kg,成为汞污染的重要来源。

(5) 电石渣。来源于电石法生产聚氯乙烯与乙酸乙烯。它是电石(CaC_2)和水反应生成乙炔时形成的副产物(浅灰色沉淀物)。每生产 1 t 聚氯乙烯排出 2 t 多电石渣。电石渣的主要成分是氢氧化钙,同时还有微量有毒物质 PH_3 、 AsH_3 、 H_2S 等。由于电石渣排量,含碱量高,又含有硫、砷等有毒物质,随意堆置既占地又污染周围环境(大气、水体和土壤)。

(6) 磷渣。磷渣是黄磷生产过程中产生的胶凝物质,故又称磷泥。每生产 1 t 黄磷产生磷泥 0.5 t,含磷 40%~60%。此外,还含有 20% 固体杂质(炭粉, SiO_2) 及少量氟。磷泥与空气接触可自燃生成 P_2O_5 的烟,磷泥难以处理,它是我国黄磷生产中一大难题。

(7) 炼油及石油化工废渣。主要来自精制、炼制和生产过程中产生的废滤渣、废树脂及反应不完全所生成的副产品。这类废渣常含大量油类物质并含有游离酸、磺酸、硫化物、聚烃类,或含有过剩的硫化钠、环烷酸钠、酚类化合物。

除上面列举的化工废渣之外,还有黄铁矿渣、油页岩灰渣、铬渣、纯碱渣、废催化剂、酸碱污染及各种废水处理过程产生的大量污泥,含有各种各样复杂污染物成分的化工废弃物。

三、化工污染的特点

(一) 化学工业的特点

(1) 行业、厂点多。有酸碱工业、化肥工业、石油化学工业、煤炭化学工业、塑料工业、橡胶工业、医药工业、染料工业、农药工业、炸药工业、化学试剂工业等,化学工业部门不但行业多,厂点也多,分布在各个城市。

(2) 产品品种多。CA 登记的化学品达 500 万种,经常使用的有 4.5 万种,每年新合成物有上千种,投入市场 500 种,而这些最终都要进入人们的生活环境。

(3) 原料路线和生产方法多种多样,一种产品可以采用不同的原料、不同的生产方法、不同的合成路线。

(二) 污染的特点

造成化工污染的途径多种多样,概括起来主要有三方面:水污染、大气污染、固体废弃物污染,它们有各自的特点。

1. 水污染特点

(1) 有害性。化工废水中含有大量有害物质,如氰、砷、汞、酚、镉、铅等,达到一定浓度,会毒害生物,使水源具有毒性。

(2) 耗氧性。化工废水有时含有醇、醛、酮、醚、酯、有机酸及环氧化物等,进入水源后,进行化学氧化和生物氧化,需要大量氧气,即化学需氧量(COD,表示由于水中的污染物进行化学氧化,而需要消耗的氧量)与生物需氧量(BOD,是指许多有机物在水体中成为微生物的营养源,被消化分解时所消耗的氧量)都很高,消耗的氧气影响水中的生物的正常需氧。

(3) 酸、碱性。pH 不稳定,有时酸,有时碱,破坏了正常生态环境的 pH。

(4) 富营养性。化工废水中含 N、P、K 等生物所需的营养成分,使水中藻类微生物大量繁殖,在水面上漂浮成片的“水花”“红潮”,使氧在水中的溶解量减少,造成水中的生物(藻类)因缺氧而死亡,发生腐烂,使水质恶化变质。

(5) 油覆盖层。石油废水含有大量有机物质,覆盖在水面上,形成覆盖层导致鱼类或食鱼鸟类等生物死亡。

(6) 高温。温度高,使水域环境温度升高,溶氧量降低,破坏了水生生物的生存条件。

水污染示意图如图 1-1 所示。

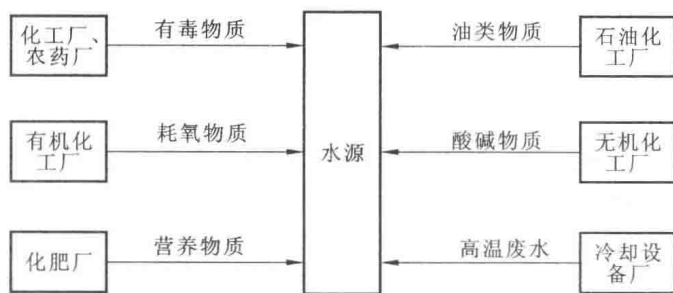


图 1-1 水污染示意图