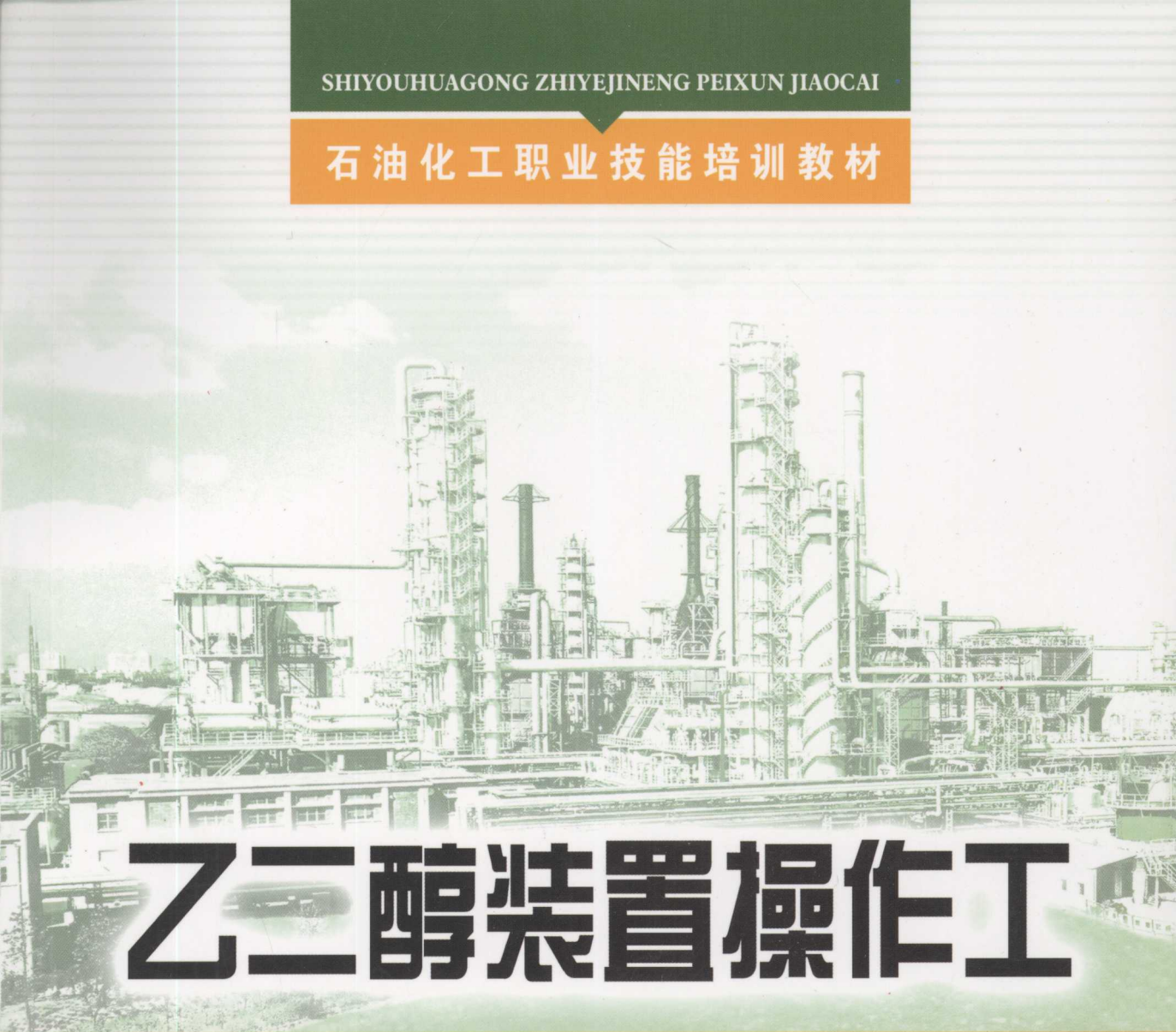


SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



乙二醇装置操作工

中国石油化工集团公司人事部
中国石油天然气集团公司人事服务中心

编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工职业技能培训教材

乙二醇装置操作工

中国石油化工集团公司人事部 编
中国石油天然气集团公司人事服务中心

中国石化出版社

内 容 提 要

《乙二醇装置操作工》为《石油化工职业技能培训教材》系列之一, 涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》中对该工种初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别的专业理论知识和操作技能的要求, 主要内容包括: 乙二醇(EG, Ethylene Glycol)、环氧乙烷(EO, Ethylene Oxide)的性质及用途、乙烯氧化生产环氧乙烷及进而生产乙二醇的主要工业方法, 重点介绍了SD、Shell 两种乙二醇生产装置的生产技术、装置开停车、正常操作及控制、装置日常巡检、设备维护保养、各类异常现象和事故原因的判断及处理、乙二醇装置安全与环保基本知识以及装置节能、节水和降低物耗的措施等内容。

本书是乙二醇装置操作人员进行职业技能培训的必备教材, 也是专业技术人员必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

乙二醇装置操作工/中国石油化工集团公司人事部,
中国石油天然气集团公司人事服务中心编.
—北京: 中国石化出版社, 2007
石油化工职业技能培训教材
ISBN 978-7-80229-459-2

I. 乙… II. ①中…②中… III. 乙二醇-化工设备-操作-技术培训-教材 IV. TQ223.16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 175503 号

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010)84271850

读者服务部电话: (010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 14 印张 339 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定价: 30.00 元

《石油化工职业技能培训教材》

开发工作领导小组

组 长：周 原

副组长：王天普

成 员：（按姓氏笔画顺序）

于洪涛	王子康	王玉霖	王妙云	王者顺	王 彪
付 建	向守源	孙伟君	何敏君	余小余	冷胜军
吴 耘	张 凯	张继田	李 刚	杨继钢	邹建华
陆伟群	周赢冠	苟连杰	赵日峰	唐成建	钱衡格
蒋 凡					

编审专家组

（按姓氏笔画顺序）

王 强	史瑞生	孙宝慈	李兆斌	李志英	岑奇顺
杨 徐	郑世桂	姜殿虹	唐 杰	黎宗坚	

编审委员会

主 任：王者顺

副主任：向守源 周志明

成 员：（按姓氏笔画顺序）

王力健	王凤维	叶方军	任 伟	刘文玉	刘忠华
刘保书	刘瑞善	朱长根	朱家成	江毅平	许 坚
余立辉	吴 云	张云燕	张月娥	张全胜	肖铁岩
陆正伟	罗锡庆	倪春志	贾铁成	高 原	崔 昶
曹宗祥	职丽枫	黄义贤	彭干明	谢 东	谢学民
韩 伟	雷建忠	谭忠阁	潘 慧	穆晓秋	

前言

为了进一步加强石油化工行业技能人才队伍建设,满足职业技能培训和鉴定的需要,中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心联合组织编写了《石油化工职业技能培训教材》。本套教材的编写依照劳动和社会保障部制定的石油化工生产人员《国家职业标准》及中国石油化工集团公司人事部编制的《石油化工职业技能培训考核大纲》,坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心,以“实用、管用、够用”为编写原则,结合石油化工行业生产实际,以适应技术进步、技术创新、新工艺、新设备、新材料、新方法等要求,突出实用性、先进性、通用性,力求为石油化工行业生产人员职业技能培训提供一套高质量的教材。

根据国家职业分类和石油化工行业各工种的特点,本套教材采用共性知识集中编写,各工种特有知识单独分册编写的模式。全套教材共分为三个层次,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》各职业(工种)对初级、中级、高级、技师和高级技师各级别的要求。

第一层次《石油化工通用知识》为石油化工行业通用基础知识,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各职业(工种)共性知识的要求。主要内容包括职业道德,法律常识,安全环保,生产管理,质量管理,生产记录、公文及技术文件,制图与识图,计算机基础,培训与鉴定等方面的基本知识。

第二层次为专业基础知识,分为《炼油基础知识》和《化工化纤基础知识》两册。其中《炼油基础知识》涵盖燃料油生产工、润滑油(脂)生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识;《化工化纤基础知识》涵盖脂肪烃生产工、烃类衍生物生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识。

第三层次为各工种专业理论知识和操作技能,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各工种操作技能和相关知识的要求,包括工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、事故判断与处理等内容。

《乙二醇装置操作工》是第三层次教材,详细叙述了乙二醇、环氧乙烷的性质及用途、乙烯氧化生产环氧乙烷及进而生产乙二醇的主要工业方法,重点介

绍了SD、Shell两种乙二醇生产装置的生产技术、装置开停车、正常操作及控制、装置日常巡检、设备维护保养、各类异常现象和事故原因的判断及处理、乙二醇装置安全与环保基本知识以及装置节能、节水和降低物耗的措施等内容。

《乙二醇装置操作工》教材由燕山石化负责组织编写，主编陈昱(燕山石化)，参加编写的人员有姜巍、王容刚、郭伟华、姜东、程延、李金月等(燕山石化)、王茂凤(天津石化)。本教材已经中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过，主审：黎宗坚、唐杰；参加审定的人员有王宪久、傅林江、邹源兴、张松友、张名鑫、杨徐、何胜君。审定工作得到了燕山石化、天津石化、茂名石化的大力支持；中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合，在此表示感谢。

由于石油化工职业技能培训教材涵盖的职业(工种)较多，同工种不同企业的生产装置之间也存在着差别，编写难度较大，加之编写时间紧迫，不足之处在所难免，敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

目 录

第1章 基础知识

1.1 概述	(1)
1.1.1 环氧乙烷(EO)行业发展概况	(1)
1.1.2 乙二醇(EG)行业发展概况	(1)
1.1.3 EO/EG 行业的生产现状	(2)
1.1.4 先进技术	(6)
1.2 纯氧氧化法生产环氧乙烷基本原理	(10)
1.2.1 氧化反应	(10)
1.2.2 水合反应	(11)
1.2.3 其他化学反应	(12)
1.3 主要原辅材料	(13)
1.4 产品	(17)
1.4.1 一乙二醇	(17)
1.4.2 二乙二醇	(20)
1.4.3 三乙二醇	(21)
1.4.4 环氧乙烷	(23)
1.5 公用工程	(25)
1.6 常用计算	(26)

第2章 工艺流程及工艺原理

2.1 SD 工艺流程及原理	(29)
2.1.1 氧化反应系统	(29)
2.1.2 环氧乙烷吸收系统	(31)
2.1.3 二氧化碳脱除系统	(34)
2.1.4 环氧乙烷精制系统	(35)
2.1.5 水合蒸发系统	(36)
2.1.6 乙二醇精制系统	(38)
2.1.7 水处理系统	(41)
2.2 Shell 工艺技术	(41)
2.2.1 氧化反应系统	(41)
2.2.2 二氧化碳脱除和环氧乙烷回收系统	(42)
2.2.3 轻组分脱除和环氧乙烷精制系统	(45)
2.2.4 乙二醇反应系统	(46)

2.2.5 多级闪蒸乙二醇提浓系统	(46)
2.2.6 乙二醇泄放液回收系统	(47)
2.2.7 乙二醇精制系统	(47)

第3章 主要设备及其使用与维护

3.1 氧化反应系统	(49)
3.1.1 氧化反应器	(49)
3.1.2 氧气混合器	(49)
3.1.3 汽包	(50)
3.1.4 循环气压缩机	(50)
3.1.5 氧化反应系统主要机泵设备	(54)
3.2 环氧乙烷吸收系统	(58)
3.2.1 尾气回收压缩机	(58)
3.2.2 环氧乙烷吸收塔	(59)
3.3 二氧化碳脱除系统	(60)
3.4 环氧乙烷精制系统	(60)
3.4.1 冷冻机	(61)
3.4.2 主要机泵设备	(62)
3.4.3 环氧乙烷储罐	(63)
3.5 水合蒸发系统	(64)
3.6 乙二醇精制系统	(64)
3.7 测量工具与常用工具	(65)
3.7.1 测量工具	(65)
3.7.2 常用工具	(67)
3.8 设备管路的防冻保温	(68)

第4章 开车准备

4.1 系统开车准备总体说明	(70)
4.1.1 催化剂系统的确认	(70)
4.1.2 装置的吹扫、试漏要求	(71)
4.1.3 辅助系统开车准备	(71)
4.1.4 开车条件确认	(72)
4.2 SD 工艺氧化反应系统开车准备	(72)
4.2.1 原料气、循环气系统的处理要求及操作	(72)
4.2.2 仪表系统的确认	(75)
4.2.3 投料前系统确认及原辅料引入的操作	(76)
4.2.4 蒸汽系统引入的操作	(77)
4.2.5 各机组的开车前准备	(78)

4.3	SD 工艺环氧乙烷吸收系统开车准备	(79)
4.3.1	联锁系统	(79)
4.3.2	环氧乙烷吸收系统开车准备工作	(80)
4.4	SD 工艺二氧化碳脱除系统开车准备	(80)
4.4.1	联锁系统	(81)
4.4.2	二氧化碳脱除系统开车准备工作	(81)
4.4.3	碳酸钾溶液的配制	(82)
4.4.4	二氧化碳压缩机开车前的准备	(83)
4.5	SD 工艺环氧乙烷精制系统开车准备	(83)
4.5.1	联锁系统	(83)
4.5.2	环氧乙烷精制系统开车准备工作	(83)
4.5.3	冷冻系统开车准备工作	(84)
4.5.4	环氧乙烷储运系统开车准备工作	(84)
4.6	SD 工艺水合蒸发系统开车准备	(85)
4.6.1	水合蒸发系统操作特点	(85)
4.6.2	联锁系统	(86)
4.6.3	水合蒸发系统开车准备工作	(86)
4.6.4	水处理系统开车准备工作	(88)
4.7	SD 工艺乙二醇精制系统开车准备	(89)
4.7.1	联锁系统	(89)
4.7.2	乙二醇精制系统开车准备工作	(89)
4.8	Shell 工艺开车准备	(91)

第5章 开车操作

5.1	系统开车操作总体说明	(93)
5.2	SD 工艺氧化反应系统开车操作	(94)
5.2.1	循环气压缩机系统	(94)
5.2.2	辅助系统	(95)
5.2.3	投料开车	(95)
5.2.4	催化剂的活化	(96)
5.2.5	反应系统提负荷	(97)
5.2.6	其他注意事项	(98)
5.3	SD 工艺环氧乙烷吸收系统开车操作	(100)
5.3.1	换热系统操作	(100)
5.3.2	工艺系统开车操作	(100)
5.3.3	其他注意事项和操作	(101)
5.4	SD 工艺二氧化碳脱除系统开车操作	(101)
5.5	SD 工艺环氧乙烷精制系统开车操作	(102)
5.6	SD 工艺水合蒸发系统开车操作	(104)
5.7	SD 工艺乙二醇精制系统开车操作	(107)

5.8 Shell 工艺开车操作	(111)
5.8.1 投料过程中工艺操作的调整要点	(111)
5.8.2 氧化反应系统开车操作	(111)
5.8.3 环氧乙烷吸收系统开车操作	(112)
5.8.4 环氧乙烷精制系统开车操作	(115)
5.8.5 水合蒸发系统开车操作	(117)
5.8.6 乙二醇精制系统开车操作	(119)

第6章 正常操作的影响因素及调整

6.1 系统正常操作总体说明	(120)
6.1.1 系统正常操作的调节	(120)
6.1.2 三废处理	(121)
6.1.3 最优化运行的原则	(121)
6.2 SD 工艺氧化反应系统正常操作	(121)
6.2.1 催化剂工艺操作的相关知识	(121)
6.2.2 反应器的正常操作	(122)
6.2.3 各操作参数对反应系统的影响	(123)
6.2.4 反应系统的优化	(127)
6.2.5 氧化反应系统基本操作	(127)
6.3 SD 工艺环氧乙烷吸收系统正常操作	(129)
6.4 SD 工艺二氧化碳脱除系统正常操作	(131)
6.5 SD 工艺环氧乙烷精制系统正常操作	(133)
6.6 SD 工艺水合蒸发系统正常操作	(135)
6.7 SD 工艺乙二醇精制系统正常操作	(139)
6.8 Shell 工艺正常操作	(144)
6.8.1 氧化反应系统正常操作	(144)
6.8.2 环氧乙烷吸收系统正常操作	(144)
6.8.3 二氧化碳脱除系统正常操作	(145)
6.8.4 环氧乙烷精制系统正常操作	(145)
6.8.5 水合蒸发系统正常操作	(146)
6.8.6 乙二醇精制系统正常操作	(147)

第7章 停车操作

7.1 系统停车操作总体说明	(149)
7.1.1 正常停车步骤	(149)
7.1.2 异常停车时的注意事项	(150)
7.1.3 三废要求	(151)
7.1.4 设备交出检修的要求	(151)

7.2 SD 工艺氧化反应系统正常停车操作	(151)
7.2.1 停车操作	(151)
7.2.2 设备交出检修的要求	(152)
7.2.3 催化剂的保护	(153)
7.3 SD 工艺环氧乙烷吸收系统正常停车操作	(153)
7.3.1 停车操作	(153)
7.3.2 设备交出检修的要求	(154)
7.4 SD 工艺二氧化碳脱除系统正常停车操作	(154)
7.4.1 停车操作	(154)
7.4.2 设备交出检修的要求	(154)
7.5 SD 工艺环氧乙烷精制系统正常停车操作	(155)
7.5.1 停车操作	(155)
7.5.2 设备交出检修的要求	(156)
7.6 SD 工艺水合蒸发系统正常停车操作	(156)
7.6.1 停车操作	(156)
7.6.2 设备交出检修的要求	(157)
7.7 SD 工艺乙二醇精制系统正常停车操作	(158)
7.7.1 停车操作	(158)
7.7.2 设备交出检修的要求	(159)
7.8 Shell 工艺正常停车	(160)
7.8.1 正常停车时全装置的停车程序	(160)
7.8.2 氧化反应系统正常停车操作	(160)
7.8.3 环氧乙烷吸收系统正常停车操作	(161)
7.8.4 环氧乙烷精制系统正常停车操作	(163)
7.8.5 水合蒸发系统正常停车操作	(164)
7.8.6 乙二醇精制系统正常停车操作	(166)

第8章 事故判断与处理

8.1 事故分类	(168)
8.1.1 工艺系统	(168)
8.1.2 设备异常现象判断与处理	(169)
8.1.3 仪表异常现象判断与处理	(170)
8.1.4 电气系统事故处理	(171)
8.1.5 其他事故处理	(171)
8.2 SD 工艺氧化反应系统异常现象判断与处理	(172)
8.2.1 工艺系统异常现象判断与处理	(172)
8.2.2 设备异常现象的处理	(177)
8.2.3 仪表、电气及其他系统异常现象的处理	(177)
8.3 SD 工艺环氧乙烷吸收系统异常现象判断与处理	(177)
8.3.1 工艺系统的异常现象判断与处理	(177)

8.3.2	设备异常现象判断与处理	(179)
8.3.3	仪表、电气及其他系统异常现象判断与处理	(179)
8.4	SD 工艺二氧化碳脱除系统异常现象判断与处理	(179)
8.4.1	工艺系统异常现象判断与处理	(179)
8.4.2	设备异常现象判断与处理	(181)
8.4.3	仪表、电气及其他系统异常现象判断与处理	(181)
8.5	SD 工艺环氧乙烷精制系统异常现象判断与处理	(181)
8.5.1	工艺系统异常现象判断与处理	(181)
8.5.2	设备异常现象判断与处理	(184)
8.5.3	仪表、电气及其他系统异常判断与处理	(186)
8.6	SD 工艺水合蒸发系统异常现象判断与处理	(187)
8.6.1	工艺系统异常现象判断与处理	(187)
8.6.2	设备异常现象判断与处理	(189)
8.7	SD 工艺乙二醇精制系统异常现象判断与处理	(190)
8.7.1	工艺系统异常现象判断与处理	(190)
8.7.2	设备异常现象判断与处理	(193)
8.8	Shell 工艺系统异常现象判断与处理	(194)
8.8.1	系统异常事故判断与处理	(194)
8.8.2	氧化反应系统异常现象判断与处理	(195)
8.8.3	环氧乙烷吸收系统异常现象判断与处理	(195)
8.8.4	环氧乙烷精制系统异常现象判断与处理	(196)
8.8.5	水合蒸发系统异常现象判断与处理	(198)
8.8.6	乙二醇精制系统异常现象判断与处理	(198)

第9章 安全与环保

9.1	乙二醇装置的安全系统	(199)
9.1.1	安全设备、设施介绍	(199)
9.1.2	环氧乙烷物料储存系统的安全要求	(199)
9.1.3	聚合物的产生及危害	(201)
9.1.4	装置安全自保联锁系统及其作用	(201)
9.1.5	正常生产中危害因素分析及其防范措施	(203)
9.1.6	开停工时危害因素分析及其防范措施	(203)
9.2	乙二醇装置环保特点	(204)
9.2.1	清洁生产	(204)
9.2.2	环境保护设施及相关知识	(206)
9.3	乙二醇装置 HSE(健康、安全和环境)管理体系简介	(206)
9.4	装置发生的典型或重大事故	(207)
	参考文献	(210)

第1章 基础知识

1.1 概述

1.1.1 环氧乙烷(EO)行业发展概况

环氧乙烷是石油化工的重要原料,主要用作化学制品的中间体,大部分用于生产乙二醇,用作防冻液、冷却剂、聚酯纤维和塑料生产的原料,还大量用于生产非离子表面活性剂、乙二醇醚、乙醇胺、防腐涂料、熏蒸剂、杀菌剂及其他多种化工产品。

首次合成环氧乙烷这种化学物质的时间可以追溯到1859年。当时德国化学家伍兹(Wurtz)用2-氯乙醇与氢氧化钾溶液进行液相反应时,首先制得了环氧乙烷这种产物,即氯乙醇法。20世纪60年代以前生产的环氧乙烷主要采用此方法。

1931年,法国勒福特(Lefort)成功完成了在银催化剂上用空气直接氧化乙烯制取环氧乙烷的实验,并开发了以空气为氧化剂的直接氧化法。1938年,美国联合碳化学公司(UCC)采用此方法建成了世界上第一座用直接氧化法生产环氧乙烷的工厂。

第二次世界大战后,由于环氧乙烷的需求量增加,原料乙烯随着石油化工的发展而廉价易得,纯氧的供应又有充足来源,世界上一些工业发达的国家便对直接氧化法进行了改进。1958年,美国壳牌油品开发公司(Shell Oil Development Co.)最先完成了以纯氧替代空气直接氧化乙烯制取环氧乙烷的实验,开发了Shell技术。此后,空气法和氧气法就成了世界生产环氧乙烷的两大主要方法,原先占统治地位的氯乙醇法逐渐被淘汰。

空气法使用空气做氧化剂,氧化反应分为二段或三段完成,系统中因为大量气体循环,需要相应规模的吸收、解吸、空气压缩以及净化等设备,显然,工艺流程比较复杂,动力消耗也较大;而且,系统中惰性气体含量多,循环排空量大,乙烯损失也较大。而氧气法由于工艺流程较短,反应物浓度高,虽然反应转化率低一些,但是选择性高,损失乙烯少得多。因此,纯氧直接氧化法的经济效益远远高于空气直接氧化法。另外,20世纪70年代以后,随着石油化工及石油化工产品需求的飞速发展,环氧乙烷生产装置的规模不断扩大,空气法生产环氧乙烷的技术经济指标远远落后于纯氧氧化法。因此世界上空气法生产环氧乙烷的装置逐步被淘汰。

世界EO/EG的生产技术,形成了美国壳牌油品开发公司(Shell)、美国科学设计公司(SD)和美国联合碳化学公司(UCC)三家统治的格局,而且三家均采用乙烯在银催化剂上进行纯氧氧化这一基本化学原理。

1.1.2 乙二醇(EG)行业发展概况

乙二醇(MEG)及其同系物二乙二醇(DEG)和三乙二醇(TEG)都是非常重要的有机原料。现代乙二醇的生产均是采用环氧乙烷水合反应生成,其生产装置也都是联合生产EO和EG产品。

1859年,人们通过乙二醇二醋酸酯和氢氧化钾进行水解制取乙二醇。到1860年由环氧乙烷水解法制取乙二醇的试验获得成功。

1904年,用乙二醇又合成了硝化乙二醇酯,并发现这一化合物能降低硝化甘油的凝固

点。在第一次世界大战期间，德国由于缺少甘油制造炸药，同时为了解决硝化甘油容易结块问题，便利用硝化乙二醇酯作为硝化甘油的代用品。研究并采用了从酒精脱水制乙烯出发，先转化成二氯乙烷，再经脱水制成乙二醇的工艺。但是，由于此法的收率较低，设备腐蚀问题又极其严重，所以后来很少采用。

1915年由氯乙醇制取乙二醇的专利发表，到1922年，美国联合碳化学公司(UCC)首先用此法建了第一个工业生产车间，此后美国道化学公司(DOW)相继也用此法建设了两套生产装置。以后，氯乙醇法就成为60年代以前生产乙二醇的主要方法。

50年代，由于石油化工的迅速发展，解决了乙烯的来源问题，人们便纷纷转向用环氧乙烷水解法生产乙二醇。到1975年，世界上所有乙二醇产品已全部由环氧乙烷水解法生产。

乙二醇物系具有独特的物理和化学性能，所以被广泛应用于合成高分子材料(包括聚酯、树脂等)、炸药、溶剂、增塑剂、松香酯、防冻剂、干燥剂、湿润剂和柔软剂等。其中用量最多的是制造聚酯及用作防冻剂。

1.1.3 EO/EG 行业的生产现状

随着高性能银催化剂的开发、工艺技术的日益完善以及EO/EG产品应用市场的开拓和发展，EO/EG已经成为乙烯系列继聚乙烯和聚氯乙烯之后的第三大乙烯衍生物工业。

2005年世界EO、EG的生产能力分别为1940.3万t/a和1994.9万t/a，见表1-1。

表1-1 2005年全球EO/EG产能

地 区	国家或地区	生产能力/(万 t/a)	
		EO	EG
北 美	美 国	581.6	553.9
	加拿大	423.3	359.9
	墨西哥	122.3	151.0
		36.0	43.0
南 美	巴 西	39.7	41.3
	委内瑞拉	31.2	31.3
		8.5	10.0
西 欧	比利时	321.4	177.6
	法 国	87.0	64.0
	德 国	22.0	1.5
	荷 兰	102.6	32.7
	西班牙	46.8	33.0
	瑞典	12.0	8.5
	土耳其	10.0	0.7
	英 国	9.2	10.0
东 欧		31.8	27.2
	俄罗斯	90.8	75.7
	其 他	64.0	48.0
中 东		26.8	27.7
	伊 朗	384.8	479.8
	科威特	11.0	11.0
	沙 特	39.6	51.0
		334.2	417.8

续表

地 区	国家或地区	生产能力/(万 t/a)	
		EO	EG
亚 太		522	666.5
	中国大陆	64.0	135.3
	印 度	81.5	96.8
	印度尼西亚	21.6	22.0
	日 本	103.6	89.0
	韩 国	73.8	82.0
	马来西亚	38.5	38.5
	新加坡	12.0	13.0
	中国台湾	103.0	160.0
	泰 国	24.0	30.0
总 计		1940.3	1994.9

鉴于乙二醇市场的前景广阔,全球范围内还会陆续新建乙二醇生产装置(单套最大规模为 80 万 t/a),预期于 2010 年底前全球的乙二醇(MEG)产能将达到近 3000 万 t/a。

至 2005 年底,我国(不包括台湾)的当量环氧乙烷(EOE,氧化反应生产 EO 的能力)的生产能力达到了 142.69 万 t/a,最大一乙二醇(MEG)的生产能力为 135.32 万 t/a,商品环氧乙烷(EO)的生产能力为 45.46 万 t/a,见表 1-2。

表 1-2 2005 年我国 EO、MEG、EOE 生产能力

万 t/a

厂 名	原设计能力			2005 年装置能力			备 注
	EO	MEG	EOE	EO	MEG	EOE	
燕 化	0.6	6.0	4.8	1.7	5.875	6.4	1998 年扩产
上 海	2.59	12	12	5.6	23	22.5	2002 年扩产
扬 子	1.6	20	16	10.2	26.25	24	2002 年扩产
辽 化	1.2	5.83	5.34	1.2	5.83	5.34	1989 年改氧气法
抚 顺	3.0	4.0	5.0	3.0	5.2	6.5	2000 年扩产
吉化 EO	4		4	6		6	2003 年扩产
吉化 EG		10.0	8.0		15.9	13.5	2002 年扩产
天 津	2.2	4.18	5.5	3.8	6.27	7.0	2001 年扩产
东 方	1.86	4.0	5.0	1.86	4.0	5.0	1996 年投入
独山子		4.0	3.2	0.1	5.0	4.05	2002 年扩产
茂 名	1.6	8.0	8.0	4.0	8.0	13.4	2005 年底扩产
扬-巴		30	24		30	24	2005 年 5 月投入
乍 浦	6		6	6		6	2005 年 12 月投入
宿 州	2		2	2		2	2005 年 4 月投入
合 计	26.65	108.01	108.84	45.46	135.325	142.69	

注:上表中的厂名分别代表所在公司或所在地区的乙二醇装置。

由于亚洲经济快速增长,市场对聚酯(PET)及环氧乙烷衍生物乙二醇醚、乙醇胺、乙氧基化合物等产品需求增加,推动了 EO/EG 需求的增长,目前需进口 300 万 t/a 以上才能满足需要。为了缓解我国乙二醇供需矛盾,“十一五”期间我国还将有一批乙二醇的新建和扩建项目建成投产。预计到 2010 年,我国 EO/EG 总 MEG 生产能力可达 400 万 t/a 左右,总 EOE 生产能力 350 万 t/a。其中新增 MEG 生产能力 250 万 t/a,新增 EOE 生产能力 200 万 t/a。

目前世界上的 EO/EG 装置均采用几乎相同的工艺路线,即均为乙烯在银催化剂上进行纯氧化生成环氧乙烷,环氧乙烷再与水进行水合生成乙二醇系列产物。乙烯作为主要原

料,其单耗决定了产品成本的高低(通常占生产成本的70%以上)。乙烯单耗的高低又主要取决于催化剂的选择性,因此开发应用高性能银催化剂,降低乙烯消耗是生产环氧乙烷的核心。

世界上银催化剂的研究已有70多年的历史,催化剂的性能一直在不断提高。国外可提供环氧乙烷催化剂技术的公司主要有壳牌公司(Shell)、美国科学设计公司(SD)、美国联合碳化学公司(UCC)和日本触媒化学株式会社(NSKK)四家。根据统计,世界上50%的银催化剂由Shell提供,SD、UCC提供的催化剂各占催化剂总量的10%,日本触媒占5%。另外,日本三菱油化、英国ICI、德国BASF、Huels、美国Dow和我国燕山石化研究院也进行催化剂的开发和生产。其中,燕山石化研究院的YS系列催化剂首先于1989年在燕化乙二醇装置实现工业化,至今已经在国内Shell、SD、UCC三种专利技术的所有生产装置上成功使用,其银催化剂的研究水平已经处于世界先进水平。

近些年,世界环氧乙烷催化剂技术进展较快,第一类为高活性催化剂(以Shell研制的S-860系列和燕化院研制的YS-7为代表),具有初始反应温度低、初始选择性为82%以上、活性与选择性下降慢、不易发生飞温、技术成熟等特点,为现有绝大部分装置所使用;第二类为高选择性催化剂(以Shell研制的S-880系列、燕化院正在研制的YS-8500为代表),性能更加优越,初始选择性达到88%以上,但其活性和稳定性稍差。鉴于两类催化剂的不同特点,目前呈现出新建装置均采用高选择性催化剂、现有装置(由于反应工艺和反应器传热条件的限制)均采用高活性催化剂的趋势。

能耗是构成EO/EG产品生产成本的另一要素,与装置的生产规模密切相关。产品的能耗包括在生产单位产品时所耗用的蒸汽、电、冷却水、燃料气等,装置生产能力越大,单位产品能耗越低。我国目前现有EO/EG装置11套,平均装置规模约为10万t/a,其能耗成本约占全部生产成本的11%。对比国内最大(扬子乙二醇)和最小(新疆独山子乙二醇)装置规模,其单位能耗相差约50%。可见,今后我国EO/EG装置技术进步的主要方向是节能降耗,优化装置的用能结构,提高装置的能量综合利用效率。例如,尽量综合利用装置副产的蒸汽,避免蒸汽降级使用,优化装置的换热网络。

(1) 国内EO/EG装置分析

2005年我国(不包括台湾)10个厂家11套生产装置EOE产量为109.5万t,生产规模最大的是南京扬子装置,2000年该装置扩能至当量环氧乙烷(EOE)24万t/a,生产规模最小的是新疆独山子装置,只有当量环氧乙烷(EOE)4万t/a。从专利技术上看,所有装置均是引进国外,世界主要3大EO/EG专利商在国内均能够找到踪影。辽化装置是中国最早引进的空气法装置,后来采用UCC专利技术进行了氧气法改造,代表了其20世纪60年代的技术水平。燕化装置70年代从美国SD公司引进,是我国最早引进的氧气法装置,代表了SD公司70年代的技术水平。之后,在80年代至90年代,中国又陆续引进了SD公司的上海金山装置、南京扬子装置、北京东方装置、新疆独山子装置和吉电、吉联装置,天津联化、茂名和抚顺装置则是引进Shell专利技术。总体上看,后引进的装置由于技术的先进性,装置能耗较低,经济效益明显;Shell技术的EO/EG装置比SD技术的EO/EG装置在乙二醇产品紫外透光率(UV值)等质量指标上要好一些。

(2) 国内EO/EG行业的消耗状况

装置物耗是指主要原材料的消耗,能耗指的是生产过程所消耗的能量。计算物耗的依据是每生产一吨当量环氧乙烷(EOE)所消耗的乙烯量,物耗的单位是kg乙烯/tEOE。能量的

消耗指包括甲烷氢、电、高压蒸汽、中压蒸汽、循环水、脱盐水、氮气(包括致稳氮气)等的消耗,它们以不同的热值折算成 kg 标油,其能耗的单位是 kg 标油/t EOE。2004 年和 2005 年全国 EO/EG 装置的物耗和能耗状况如表 1-3、1-4 所示。

表 1-3 2004 年、2005 年 EO/EG 生产装置的物耗

厂 名	2004 年				2005 年			
	乙烯/(kg/t)		氧/(kg/t)		乙烯/(kg/t)		氧/(kg/t)	
	MEG	EOE	MEG	EOE	MEG	EOE	MEG	EOE
独山子	638.8	821.9	739.4	951.3	628.8	809.9	713.1	918.5
东 方	622.2	789.4	705.1	894.5	633.5	803.9	740.0	938.5
上 海	650	812	814	1018	642	802	795	993
吉化 EG	651	814	780	975	655	818	798	998
抚 顺	676	845	743	929	664	830	728	910
辽 阳	665	841	752	956	662	840	748	950
吉化 EO		835.6		988		842		1017
茂 名	674	842	801	1000	672	840	798	998
燕 山	663.6	836.6	747.7	942.0	672.6	840.7	773	973.0
扬 子	675.0	844.6	998.7	1020	675.8	844.7	800.0	1000.1
天 津	684.2	855.2	861.8	1077.3	676.1	845.1	772.6	965.7

表 1-4 2004 年、2005 年 EO/EG 生产装置的能耗

厂 名	2004 年		2005 年	
	燃动能耗/(kg 标油/t)		燃动能耗/(kg 标油/t)	
	MEG	EOE	MEG	EOE
吉化 EG	117	146	123	154
吉化 EO		186.87		200.6
上 海	204	255	209	261
天 津	205.3	256.6	212.4	265.5
扬 子	232.8	287.46	222.94	278.7
东 方	199.6	281	200.7	282.7
抚 顺	238.52	298.14	238.92	298.65
独山子	254.18	327.01	256.41	330.24
茂 名	289	361.3	293	366.3
燕 山	452.58	565.73	449.08	561.35
辽 阳	468.66	593.112	466.47	591.85

从总体来看,每吨当量环氧乙烷(EOE)的乙烯单耗有升有降,这与各装置是否进行了催化剂的更换有很大关系。表中的数据表明 EO/EG 装置的物耗水平与装置规模关系不大,主要取决于所选用的催化剂以及工艺的特点。东方 EO/EG 装置尽管规模小,但历年排名第一,其原因在于东方装置所用的氧气是医用纯氧,纯度高(>99.9%),所以排放气相杂质损失的乙烯少。从能耗数据的分析,表明装置的规模与技术的先进性对燃动能耗的影响很大。表 1-5 为近年新建 EO/EG 装置(设计生产能力 30 万 t/a)的基本技术指标。

从表中数据可以看出,我国目前的 EO/EG 装置的物耗和能耗状况与现代的装置有着很大的差距。