



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

甲醇生产 工艺与操作

JIACHUN SHENGCHAN
GONGYI YU CAOZUO

主 编 李发旺 斯钦德力根



12

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

甲醇生产工艺与操作

主 编 李发旺 斯钦德力根
副主编 王少青 白风荣
主 审 孟旭光

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍以煤炭为原料的甲醇生产技术,涉及相关的生产操作原理、工艺流程、生产设备及实训操作。本书按照甲醇生产工序为主线编写,内容包括甲醇产品概述、甲醇原料气生产、甲醇原料气净化、甲醇合成、粗甲醇精制等。

本书将学习、教学、实践相结合,是便于开展“教、学、做一体化”的指导教材。这一思路来自长期的教学实践,符合培养高技能人才的学习规律。本书可作为高等学校化工技术专业教材,也可供从事甲醇生产的技术人员以及甲醇生产企业职工培训使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

甲醇生产工艺与操作 / 李发旺, 斯钦德力根主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 7865 - 2

I. ①甲… II. ①李… ②斯… III. ①甲醇 - 生产工艺 - 高等学校 - 教材
IV. ①TQ223. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 144860 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 324 千字

版 次 / 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 52.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前 言

本书以培养面向生产、建设、服务和管理的高技能人才为目标，从转变传统教育思想出发，重组了课程体系，重点加强对学生实践技能及综合运用知识能力的培养。

为了满足高等教育的改革要求，我们通过对甲醇生产企业所涉及的工作岗位调研分析，并结合企业工程技术人员的宝贵经验，总结了甲醇生产各个工序应具备的岗位知识及技能。本书以煤炭为原料的甲醇生产工序为主线，以岗位知识及技能为切入点，体现了“教、学、做一体化”的原则。

本书整体布局按照“教、学、做一体化”的教学模式设计。从便于自学、教学、实际应用出发，全书分为学习篇、教学篇及实践篇三大模块。在每个模块中设置了与甲醇生产各工序相对应的学习、教学、实践项目，并列出了学习每个项目的具体工作任务。学生在完成工作任务的同时，可提高分析及解决甲醇生产实际问题的能力。

本书由李发旺、斯钦德力根担任主编，王少青、白风荣担任副主编。其中甲醇产品概述、粗甲醇精制由李发旺编写，甲醇原料气制备由白风荣编写，甲醇原料气净化由王少青编写，甲醇合成由斯钦德力根编写，全书由李发旺统稿定稿，孟旭光主审。

本书在编写过程中，得到了相关院校各级领导、内蒙古博源联合化工有限公司的技术人员、北京东方仿真软件技术有限公司、陕西省石油化工研究设计院、北京理工大学出版社编辑的大力支持和协助，在此一并致谢。

限于编者水平和本领域知识发展更新迅速，书中不当之处敬请广大读者批评指正。

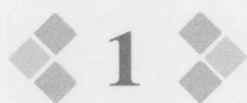
编 者

目 录

1 学习篇	1
学习项目 1 甲醇产品概述	3
任务 1 甲醇的物理化学性质	3
任务 2 甲醇生产工艺技术简介	6
任务 3 甲醇合成工艺技术进展	7
学习项目 2 甲醇原料气的生产技术原理	10
任务 1 甲醇原料气的要求	10
任务 2 以固体燃料为原料制甲醇原料气	12
任务 3 炔类造气	26
任务 4 重油部分氧化制气的基本原理及方法	34
学习项目 3 原料气的净化操作技术原理	39
任务 1 甲醇原料气脱硫	40
任务 2 甲醇原料气中一氧化碳的变换	52
任务 3 甲醇原料气中二氧化碳的脱除	63
学习项目 4 甲醇的合成操作技术原理	77
任务 1 合成甲醇的方法及原理	77
任务 2 合成甲醇的工业催化剂	85
学习项目 5 粗甲醇精制的操作技术原理	93
任务 1 工业粗甲醇组成概况	93
任务 2 影响甲醇质量的杂质及种类	95
任务 3 精甲醇的质量标准及精制要求	97
任务 4 精甲醇质量指标的工业分析方法	99
任务 5 粗甲醇精制的工业方法	101
任务 6 甲醇精馏操作的基本原理	103
2 教学篇	107
教学项目 1 甲醇生产技术特点及下游产品开发	109
任务 1 甲醇生产技术特点	109
任务 2 甲醇下游产品开发	112
教学项目 2 甲醇原料气的生产工艺流程及主要设备	117

任务 1	以固体燃料为原料制水煤气的工艺流程	117
任务 2	天然气蒸气转化的工艺流程	139
任务 3	重油部分氧化制气的工艺流程	140
教学项目 3	甲醇原料气的净化操作工艺流程及主要设备	144
任务 1	脱硫(低温甲醇洗)岗位的操作规程	144
任务 2	变换岗位的操作规程	152
教学项目 4	甲醇合成的生产工艺流程及主要设备	154
任务 1	甲醇合成的工艺条件	154
任务 2	甲醇合成的工艺流程	157
任务 3	甲醇合成的主要设备	168
教学项目 5	粗甲醇精制的生产工艺流程及主要设备	193
任务 1	传统高压法粗甲醇的精制工艺流程	193
任务 2	简化的粗甲醇精制工艺流程	196
任务 3	高纯度无水甲醇的精制工艺流程	198
任务 4	节能型粗甲醇的精制工艺流程	199
任务 5	精甲醇精制的主要设备	201
3 实践篇	207
实践项目 1	甲醇原料气生产的工艺操作与控制	209
任务 1	生产工艺及流程	209
任务 2	操作步骤	216
实践项目 2	原料气净化的操作与控制	223
任务 1	变换工段开车操作规程	223
任务 2	净化工段开车操作规程	231
实践项目 3	合成甲醇生产过程的操作与控制	244
任务 1	开车准备	244
任务 2	冷态开车	245
任务 3	正常停车	247
任务 4	紧急停车	248
任务 5	事故列表	249
任务 6	下位机画面设计	251
实践项目 4	粗甲醇精制的操作与控制	254
任务 1	冷态开车操作规程	254
任务 2	正常操作规程	257
任务 3	停车操作规程	258
任务 4	事故操作规程	260

实践项目 5 典型甲醇下游产品（二甲醚）生产的操作与控制	261
任务 1 合成及精制工段开车操作	262
任务 2 合成及精制工段停车操作	265
任务 3 事故工况	267



学 习 篇

学习项目 1

甲醇产品概述

任务 1 甲醇的物理化学性质

一、甲醇的物理性质

甲醇是最简单的饱和一元醇，因为它最先是木材加工中得到的，所以俗名又称为“木精”“木醇”，分子式为 CH_3OH ，相对分子质量为 32.04。常温常压下，甲醇是易燃的无色液体，具有类似酒精的气味。甲醇能和水以任何比例互相溶解，但不能与水形成共沸混合物，因此，可以用分馏方法来分离甲醇和水。甲醇能溶解多种树脂，因此是一种良好的有机溶剂，但不溶解脂肪。

甲醇是易挥发的液体，甲醇蒸气在空气中的浓度随温度升高而迅速增大。甲醇蒸气与空气能形成爆炸性混合物，爆炸范围为 6.0% ~ 36.5%（体积分数），燃烧时呈蓝色火焰。空气中甲醇蒸气的最高允许浓度为 0.05 mg/L。

甲醇比水轻，具有很强的毒性，误饮能使眼睛失明，甚至致死。甲醇对呼吸道及黏膜也有强烈的刺激作用，即使不纯的甲醇对皮肤也有刺激作用，并经由皮肤也能使人发生中毒现象。其物理性质列于表 1.1.1。

表 1.1.1 甲醇的物理性质

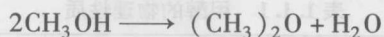
性质	数据	性质	数据
密度	0.810 0 g/mL (0 °C)	导热系数	$2.09 \times 10^{-3} \text{ J}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot \text{K})$
相对密度	0.791 3 (d_4^{20})	表面张力	$22.55 \times 10^{-5} \text{ N/cm}$ 注: $1 \text{ dyn/cm} = 10^{-3} \text{ N/m}(20 \text{ °C})$
沸点	64.5 °C ~ 64.7 °C	折射率	1.328 7 (20 °C)
熔点	-97.8 °C	蒸发潜热	35.295 kJ/mol (64.7 °C)
闪点	16 °C (开口容器), 12 °C (闭口容器)	熔融热	3.169 kJ/mol
自燃点	473 °C (空气中), 461 °C (氧气中)	燃烧热	727.038 kJ/mol (25 °C 液体), 742.738 kJ/mol (25 °C 气体)

性质	数据	性质	数据
临界温度	240 ℃	生成热	238.798 kJ/mol (25 ℃ 液体), 201.385 kJ/mol (25 ℃ 气体)
临界压力	79.54×10^5 Pa (78.5 atm)	膨胀系数	0.001 10 (20 ℃)
临界体积	117.8 mL/mol	腐蚀性	在常温无腐蚀性, 对于铅、铝例外
临界压缩系数	0.224	爆炸性	6.0% ~ 36.5% (体积分数) (在空气中爆炸范围)
蒸气压	1.2879×10^4 Pa (98.6 mmHg) (20 ℃)	黏度	5.945×10^{-4} Pa · s (0.594 5 bcP) (20 ℃)
热容	2.51 ~ 2.53 J/(g · ℃) (20 ℃ ~ 25 ℃ 液体), 45 J/(mol · ℃) (25 ℃ 气体)		

二、甲醇的化学性质

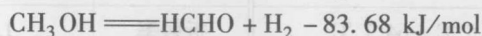
甲醇不具酸性，其分子组成中虽然有碱性极微弱的羟基，但也不具有碱性，对酚酞和石蕊均呈中性。甲醇含有一个甲基与一个羟基。因它含有羟基所以能进行醇类的典型反应；因它又含有甲基，所以又能进行甲基化反应。甲醇可以与一系列物质反应，所以在工业上有着十分广泛的应用。

(1) 高温下，在催化剂上进行甲醇的脱水，可以制得二甲醚。



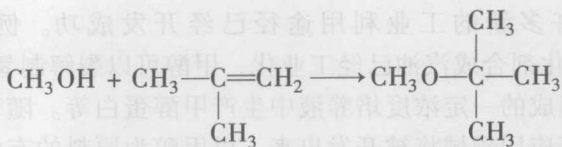
二甲醚再脱水生成乙烯。

(2) 甲醇可在银催化剂上，在 600 ℃ ~ 650 ℃ 下进行气相氧化生成甲醛。这是工业上生产甲醛的主要方法。

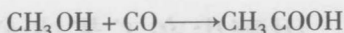


或用其他固体催化剂，如铜、铁钼等。甲醇在铁钼催化剂上的氧化温度为 320 ℃ ~ 350 ℃。

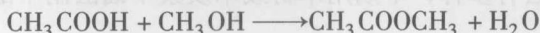
(3) 以离子交换树脂作催化剂，在 60 ℃ ~ 80 ℃ 以上，甲醇与异丁烯进行液相反应，生成甲基叔丁基醚，加在汽油里可以提高辛烷值而取代有害的烷基铅。



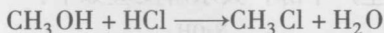
(4) 在铑催化剂的存在下, 在 $30.40 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下, $150 \text{ }^\circ\text{C} \sim 220 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, 一氧化碳和甲醇可以合成醋酸。



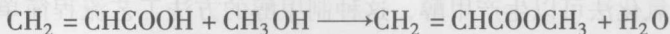
(5) 酸与甲醇反应时, 甲醇分子中的甲基易被取代, 在有强酸或无机酸存在时反应加快, 如乙酸与甲醇生成乙酸甲酯。



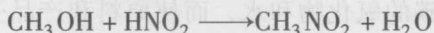
① 甲醇与氢卤酸反应得到甲基卤化物。



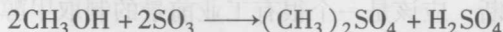
② 丙烯酸与甲醇在离子交换树脂催化剂存在下, 在沸点下进行酯化反应生成丙烯酸甲酯。



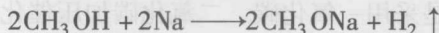
③ 甲醇与亚硝酸作用生成烈性炸药硝基甲烷。



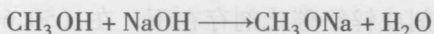
④ 甲醇与三氧化硫作用很容易生成硫酸二甲酯。



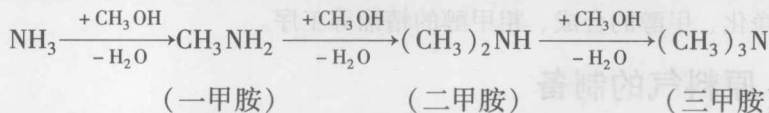
(6) 甲醇分子羟基中的氢可以被碱金属钠取代而生成甲醇钠。



甲醇钠在没有水的条件下才稳定, 因为水可以使它水解生成甲醇和氢氧化钠。工业上生产甲醇钠的方法, 是将甲醇和氢氧化钠在 $85 \text{ }^\circ\text{C} \sim 100 \text{ }^\circ\text{C}$ 下连续反应脱水制得。

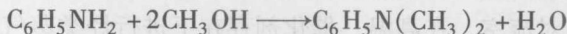


(7) 加压下, 在 $370 \text{ }^\circ\text{C} \sim 400 \text{ }^\circ\text{C}$ 有脱水催化剂存在时, 甲醇与氨生成甲胺。

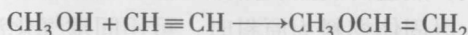


然后, 经萃取, 精馏, 将一甲胺、二甲胺、三甲胺进行分离。

(8) 在硫酸存在时, 在 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $30.40 \times 10^5 \text{ Pa}$ (30 atm) 下, 甲醇与苯胺作用生成二甲基苯胺。



(9) 在 $20.27 \times 10^5 \text{ Pa}$ (20 atm) 下, $150 \text{ }^\circ\text{C} \sim 170 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, 在碱金属的醇化物存在下, 甲醇与乙炔作用生成甲基乙烯基醚。

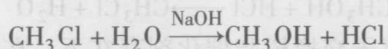


目前, 甲醇许多新的工业利用途径已经开发成功。例如, 甲醇通过 ZSM-5 分子筛催化剂合成汽油已经工业化, 甲醇可以裂解制氢用于燃料电池, 在甲醇和无机盐组成的一定浓度培养液中生产甲醇蛋白等。随着科学技术的发展, 甲醇更多的新应用领域将被开发出来, 以甲醇为原料的有机化工发展前景将更为广阔。

任务 2 甲醇生产工艺技术简介

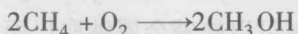
生产甲醇的方法有多种, 早期用木材或木质素干馏法制甲醇的方法, 现在在工业上已经被淘汰。

氯甲烷水解法也可以生产甲醇, 其水解反应如下:

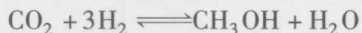
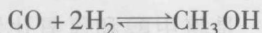


但因水解法价格昂贵, 没有得到工业上的应用。

甲烷部分氧化法可以生产甲醇, 这种制甲醇的方法工艺流程简单, 建设投资节省, 且将便宜的原料甲烷变成贵重的产品甲醇。但是, 这种氧化过程不易控制, 常因深度氧化生成碳的氧化物和水, 而使原料和产品受到很大损失。因此, 甲烷部分氧化甲醇的方法仍未实现工业化。但它由于具有上述优点, 国外在这方面的研究一直没有中断, 应该是一个很有工业前景的制取甲醇的方法。



目前工业上几乎都是采用一氧化碳、二氧化碳加压催化氢化法合成甲醇。碳的氧化物与氢合成甲醇的反应式如下:



以上反应是在铜系催化剂或锌铬催化剂存在下, 在 $(50.66 \sim 303.98) \times 10^5 \text{ Pa}$ ($50 \sim 300 \text{ atm}$)、温度 $240 \text{ }^\circ\text{C} \sim 400 \text{ }^\circ\text{C}$ 下进行的。典型的流程包括原料气的制备、原料气的净化、甲醇的合成、粗甲醇的精馏等工序。

一、原料气的制备

合成甲醇, 首先是制备含有氢和碳的氧化物的原料气。天然气、石脑油、重油、煤、焦炭和乙炔尾气等含碳氢或含碳的资源均可作为生产甲醇合成气的原料。天然气与石脑油的蒸气转化需在结构复杂、造价很高的转化炉中进行。转化炉设置有辐射室与对流室, 在高温、催化剂存在下进行烃类蒸气转化反应。转化炉的设计、操作, 炉管的材料都有非常严格的要求。重油部分氧化需在高温气化炉中进行。炭黑的回收, 热量的利用, 高温下油、气混合喷嘴的结构与材料等都是很复杂的技术问题。以固体燃料为原料时, 可用间歇气化法或连续气化法制水

煤气。间歇气化法以空气、蒸汽为气化剂，将吹风、制气阶段分开进行；连续气化以氧气、蒸汽为气化剂，过程连续进行。

二、原料气的净化

净化有两方面的内容。一方面是脱除对甲醇合成催化剂有毒害作用的硫的化合物，另一方面是调节原料气的组成。为了满足氢碳比例，使氢碳比例达到甲醇合成的比例要求，当原料气中氢多碳少时（如以天然气为原料），则在制造原料气时，还要补充二氧化碳，与原料同时进入转化设备；如果原料气中一氧化碳含量过高（如水煤气、重质油部分氧化气），则采取蒸汽部分变换的方法，使其形成如下变换反应： $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{CO}_2$ ，这样增加了有效组分氢气，若是二氧化碳显得多余，也比较容易脱除；如果原料气中二氧化碳含量过多，使氢碳比例过小，可以采用脱碳方法除去部分二氧化碳，脱碳方法一般均采用溶液吸收，有物理和化学两种方法。

三、甲醇的合成

甲醇的合成是在高温、高压、催化剂存在的条件下进行碳的氧化物与氢的合成反应，由于受催化剂选择性的限制，生成甲醇的同时，还有许多副反应伴随发生，所以得到的产品是以甲醇和水为主以及多种有机杂质混合的溶液，称为粗甲醇。随着甲醇合成催化剂技术的不断发展，目前总的趋势是由高压向低、中压发展。

四、粗甲醇的精制

粗甲醇存在水分、高级醇、醚、酮等杂质，需要通过精馏及适当的辅助方法处理，才能获得纯净的甲醇组分。精制过程包括化学处理与精馏。化学处理主要用碱破坏在精馏过程中难以分离的杂质，并调节 pH。精馏主要是除去易挥发组分，如二甲醚，以及难以挥发的组分，如乙醇、高级醇、水等。

任务 3 甲醇合成工艺技术进展

1661 年，德国 Robert Boyle（波义耳）发现焦木酸含有一种“中性物质”，称其为木精“Wood Alcohol”。1834 年，Dumas（杜马）和 Peligot（彼利哥）从焦木酸中分离出甲醇，并测定了甲醇的相对分子质量。1857 年，Berthelot（伯特格）用氯甲烷在碱性溶液中水解，首次通过化学方法合成了甲醇。

甲醇的大规模工业化生产是从 20 世纪 20 年代高压法合成甲醇的工业实现开始的。1913 年，德国 BASF 公司在其高压法合成氨的试验装置上进行了一氧化碳

和氢气合成含氧化合物的研究，并于1923年在德国 Leuna 建成了世界上第一座年产3 000吨合成甲醇的生产装置，并成功投产。该装置采用Zn - Cr氧化物为催化剂，一氧化碳和氢气为原料，反应在30 ~ 35 MPa、300 °C ~ 400 °C条件下进行，该法称为甲醇高压合成法。1965年采用该法生产的甲醇已达298.8万吨。

高压法合成甲醇生产装置的成功投产，引起了世界各国的广泛重视，于是各国纷纷开展甲醇的实验室合成和工业生产研发。1927年，美国 Commerical Solvent 公司建成了世界第一座利用二氧化碳和氢气合成甲醇的工业装置，并投入工业生产。该装置采用Zn - Cr氧化物或Cu - Zn - Cr氧化物为催化剂，反应压力为31.6 MPa，产物组成为68%甲醇和32%水，由于经济原因，该装置于1951年停止使用。

高压法合成甲醇工业投资大，生产成本高，为此，世界各国都在探求能够降低合成压力的工业生产方法。英国 ICI 公司和德国 Lurgi 公司分别成功地研制出中低压甲醇合成催化剂，降低了反应压力，促进了甲醇生产的高速发展。1966年，ICI 公司使用Cu - Zn - Cr氧化物催化剂，成功地实现了操作压力为5 MPa的CO和H₂合成甲醇的生产工艺，该过程称为ICI低压法。1972年，ICI公司又成功地实现了10 MPa的中压甲醇合成工艺。1970年，德国 Lurgi 公司采用Cu - Zn - Mn 或 Cu - Zn - Mn - V、Cu - Zn - Al - V氧化物铜基催化剂，成功地建成了年产4 000吨甲醇的低压生产装置，该法称为Lurgi低压法。与此同时，世界其他化学公司也竞相开发自己的中低压甲醇合成工艺，建立甲醇合成装置，但ICI和Lurgi中低压法合成工艺是普遍采用的合成技术。到1982年，世界各国采用ICI中低压法生产甲醇的年总生产能力达1 028万吨，占世界甲醇总生产能力的50%，装置规模为年产5.0万~82.5万吨；采用Lurgi低压法已经建成和正在建设的甲醇装置总生产能力达606万吨，占世界甲醇总生产能力的30%，装置规模为年产4.5万~81万吨。

随着甲醇合成技术的不断发展和生产规模的不断扩大，其原料路线也发生了很大的变化，由原来的以煤和焦炭气化为生产合成气的路线发展到目前的以天然气为主，煤、石脑油、重油等并存的合成路线。20世纪50年代以前，合成甲醇的合成气以煤和焦炭为原料，在常压或加压下气化，用水蒸气、空气为气化剂，通过生产水煤气，再经过水汽变换逆反应和脱除部分二氧化碳来获得甲醇合成气，该方法类似于合成氨生产半水煤气。20世纪50年代以来，石油和天然气资源大量开采，特别是储量丰富而价廉的天然气的蒸气转化技术的发展使生产甲醇的原料气成本降低，成为甲醇生产的主要原料路线。目前天然气路线约占甲醇生产能力的80%，中东和拉丁美洲以其廉价而丰富的天然气成为近年来甲醇生产能力增长最快的地区。石脑油蒸气转化技术和重油部分氧化制合成气技术的发展，也将使石脑油和重油逐渐成为生产甲醇的主要原料来源，特别是对于那些无

天然气资源的国家和地区。煤作为制备甲醇合成气传统原料，由于环保和气体净化等方面问题，成本相对较高，但对于缺油、少气、富煤的国家和地区仍是主要的原料路线。从长远发展的趋势来看，煤是世界化石能源储藏量最多的能源，远远超过天然气和石油的储藏量，且随着气化净化技术的发展和甲醇作为车用洁净燃料及甲醇燃料电池的原料的应用，煤将重新成为合成甲醇的主要原料。

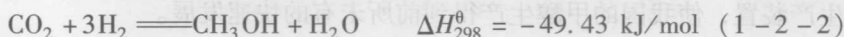
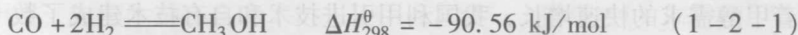
我国的甲醇工业始于 20 世纪 50 年代，新中国成立以后，我国利用苏联技术在兰州、太原和吉林采用锌铬系催化剂建起了高压法甲醇合成装置。60 至 70 年代，上海吴泾化工厂先后自建了以焦炭和石脑油为原料的甲醇合成装置，南京化学工业公司研究院研制了合成氨联用的中压铜基催化剂，推动了合成氨联产甲醇的工业发展。70 年代，四川维尼纶厂引进了我国第一套低压甲醇合成装置，以乙炔尾气为原料，采用 ICI 低压冷激式合成工艺。80 年代后期，齐鲁第二化工厂引进了德国 Lurgi 公司的低压甲醇合成装置，以渣油为原料。进入 90 年代，随着甲醇需求的快速增长，我国利用引进技术和自有技术建成了数十套甲醇和联醇生产装置，使我国的甲醇生产得到前所未有的快速发展。

学习项目 2

甲醇原料气的生产技术原理

任务 1 甲醇原料气的要求

甲醇由一氧化碳、二氧化碳与氢气在一定温度、压力和催化剂条件下反应生成，反应式如下：



甲醇合成反应在不同压力（低压、中压、高压）下进行，当使用铜基催化剂时，反应温度为 220 ℃ ~ 290 ℃；当使用锌-铬催化剂时，反应温度为 350 ℃ ~ 420 ℃。根据上述反应方程式，确定甲醇原料气的组成要求。

一、原料氢碳的配比

氢气与一氧化碳合成甲醇的化学当量比为 2，与二氧化碳合成甲醇的化学当量比为 3，当一氧化碳与二氧化碳都存在时，对原料气中氢碳比（ M 值）用下式表达：

$$M = n(\text{H}_2)/n(\text{CO} + 1.5\text{CO}_2) = 2 \sim 2.05 \quad (1-2-3)$$

采用不同原料和不同工艺所制得的原料气组成，往往偏离上述 M 值。

生产中合理的氢碳比例应比化学计量比稍高一些，按化学计量比值， M 值约为 2，实际上控制得略高于 2，即通常保持略高的氢含量。原料气中的氢碳比略高于 2，在合成塔中氢气与一氧化碳、二氧化碳是按化学计量比例生成甲醇的，所以甲醇合成回路中循环气体的氢气含量就高得多，例如鲁奇合成流程中，甲醇合成塔入口气含 CO 10.53%、CO₂ 3.16%、H₂ 76.4%；托普索合成流程中，合成循环气含 CO 5%、CO₂ 5%、H₂ 90%。过量的氢气可抑制羰基铁与高级醇的生成，并对延长催化剂寿命起着有益的作用。

甲醇分子式中碳氢比为 0.5，从表 1.2.1 所列总反应式中可以看出，当反应物中碳氢体积比 < 0.5 时，如天然气蒸气转化，会造成氢气过剩，需补充二氧化碳；反应物中碳氢体积比 > 0.5 时，要将二氧化碳从系统中脱除。因而使用重油与煤、焦炭为原料的甲醇装置中，必须设置变换与脱碳工序。