

焦炉煤气制甲醇企业岗位培训教材



甲醇生产基础知识

JIACHUN
SHENGCHAN
JICHU
ZHISHI

尹明德 主编



化学工业出版社

焦炉煤气制甲醇企业岗位培训教材

甲醇生产基础知识

JIACHUN
SHENGCHAN
JICHU
ZHISHI

尹明德 主编



化学工业出版社

· 北京 ·



本书阐述了从基础化学、化工知识到有关单元操作、需要的机械、电气、仪表知识,还有所需化工计算、化工安全与环保知识等。全书注重强化理论知识在实践中的应用,简化计算难度,强调思考方法。考虑到技术工人对知识要求的差别和衔接问题,本书尽量做到叙述通俗易懂,文字简明扼要,并配合适量的图和表,以求方便读者阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

甲醇生产基础知识/尹明德主编. —北京:化学工业出版社, 2011.2
焦炉煤气制甲醇企业岗位培训教材
ISBN 978-7-122-10453-3

I. 甲… II. 尹… III. 甲醇-生产-技术培训-教材
IV. TQ223.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第012665号

责任编辑:白艳云
责任校对:战河红

装帧设计:史利平

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 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张14 $\frac{1}{4}$ 字数367千字 2011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: 39.00 元

版权所有 违者必究



前言

以焦炉煤气为原料生产甲醇，具有显著的经济、环境和社会效益。山西天浩化工股份有限公司通过对国内外技术考察和研究，采用换热式焦炉煤气加压催化部分氧化法制取合成气的工艺技术（专利号：ZL01116056X），在我国第一个完成初步设计，经工程化设计优化和建设，率先实现了产业化。该项目的顺利投产，为我国焦炉煤气的合理利用开辟了一条新途径，对焦化行业的可持续发展具有积极的示范意义，符合国家的产业政策。项目自投产至今已连续三年多，其工艺技术先进成熟、设备选型合理，运行安全平稳可靠，各项工艺参数和装置负荷均达到设计要求，所产甲醇质量达到国标优等品。

近年来，国内焦炉煤气制甲醇企业得到了迅猛发展，已达数十家之多，遍布全国。为适应企业安全生产和企业发展对职工教育培训的需要，根据国家有关部门员工技能培训标准，结合焦炉煤气制甲醇企业技术人员职业技能培训及员工平时学习需求，编写此系列教材，该教材也可以作为企业管理人员的参考书。

《甲醇生产基础知识》阐述了从基础化学、化工知识到有关单元操作、需要的机械、电气、仪表知识，还有所需化工计算、化工安全与环保知识等。全书注重强化理论知识在实践中的应用，简化计算难度，强调思考方法。考虑到技术工人对知识要求的差别和衔接问题，本书尽量做到叙述通俗易懂，文字简明扼要，并配合适量的图和表，以求方便读者阅读和参考。

本书共分十章，第一、二、七、八章由尹明德编写，第三、五、六章由尤加强编写，第四章由韩宪亮编写，第九、十章由孟凡华、吴波编写。全书由尤加强统稿校核，尹明德审核。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者
2010年12月

目录

■ 第一章 化学基础

1

- 第一节 基本概念 1
- 第二节 无机化合物基础 4
- 第三节 有机化合物基础 5

■ 第二章 化工基础

9

- 第一节 化工生产基本概念 9
- 第二节 传热 11
- 第三节 催化剂 12
- 第四节 焦炉煤气的净化 14
- 第五节 制冷 15
- 第六节 化工生产反应 18
- 第七节 吸收 20
- 第八节 蒸馏、精馏 24
- 第九节 保温 27
- 第十节 工艺图例 28

■ 第三章 化工计算题

35

- 第一节 气体物质的计算 35
 - 一、气体物质分子量的计算 35
 - 二、气体物质的量的计算 35
 - 三、气体分压计算 35
 - 四、理想气体方程的应用 36
- 第二节 溶液的计算 38
- 第三节 化学反应速率和化学平衡的计算 40
- 第四节 化学方程式及其计算 42
- 第五节 物质测量方面的计算 42
- 第六节 传热计算 44

■ 第四章 安全与环保	58
■ 第五章 法定计量单位及单位换算	68
第一节 计量	68
第二节 法定计量单位	68
第三节 法定计量单位的使用方法	71
第四节 常用计量单位及其换算	73
■ 第六章 供水及水处理	76
第一节 新鲜水、循环水和雨污水	76
第二节 污水处理	84
第三节 脱盐水	91
第四节 换热站	100
■ 第七章 锅炉	102
第一节 锅炉	102
第二节 电除尘和输煤排渣	121
■ 第八章 汽轮机	124
■ 第九章 空分	139
■ 第十章 甲醇	161
第一节 脱硫转化	161
第二节 压缩	170
第三节 合成精馏	177
■ 附录一 甲醇操作工技能比武理论考试模拟试题 (A 卷)	198
■ 附录二 甲醇操作工技能比武理论考试模拟试题 (B 卷)	201
■ 附录三 锅炉运行值班员技能比武理论考试模拟试题 (A 卷)	204
■ 附录四 锅炉运行值班员技能比武理论考试模拟试题 (B 卷)	206
■ 附录五 汽轮机运行值班员技能比武理论考试模拟试题 (A 卷)	209

■ 附录六 汽轮机运行值班员技能比武理论考试模拟试题 (B卷)	211
■ 附录七 压缩机操作工技能比武理论考试模拟试题	213
■ 附录八 水处理工技能比武理论考试模拟试题	215
■ 附录九 空分控制室操作工技能比武理论考试模拟试题	217
■ 参考文献	219

第一章 化学基础

第一节 基本概念

1 物质的质量守恒定律和能量守恒定律是什么？

不论是物理变化还是化学变化，实质上是分子或原子重新排列和组合，其质量是守恒的，这个定律叫质量守恒定律。

能量既不会消灭，也不会创生，它只能从一种形式转化成另一种形式，或从一个物体转移到另一个物体，而能的总量保持不变，这个定律叫能量守恒定律。

2 物质是由什么组成的？

① 分子，保持某物质一切化学性质的最小粒子叫做该物质的分子。

② 原子，物质在化学变化中的最小粒子叫原子。

原子是由原子中心带正电的原子核和核外带负电的电子组成的，每一个电子带有一个单位的负电荷。原子核是由质子和中子组成的。

③ 元素，元素是具有相同核电荷数的同一类原子的总称。

由同一种元素组成的物质叫做单质；由不同种元素组成的物质叫化合物。

3 原子量、分子量、摩尔和气体摩尔体积是怎样定义的？

① 原子量，在化学里规定：把 ^{12}C 的原子量定为12，任一元素的原子量是该元素的原子相对于 ^{12}C 碳原子的重量。

② 分子量，分子量是组成分子的所有原子的原子量总和。一般由分子式可计算出物质分子的分子量。

③ 摩尔，任何物质中，只要含有 6.02×10^{23} 个微粒（分子、原子、离子、电子等），这种物质的量叫做1摩尔。摩尔是化学上一个常用的基本物质质量的单位，它是以微粒量表示物质的量。摩尔以 mol 表示。

1 摩尔物质的质量叫做摩尔质量，单位是克/摩尔（g/mol）。

④ 气体摩尔体积，在标准状况下，（温度为 273.15K 和压力为 $1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，即 0°C 和 1atm），1mol 任何气体所占的体积都约为 22.4L，这个体积叫做气体的标准摩尔体积。

4 体积和密度是如何定义的？

① 体积是物体占有空间的大小。体积的单位是立方米（ m^3 ）或其导出单位升（L， $1\text{L} = 10^{-3}\text{m}^3$ ）、毫升（mL）等。

② 密度是单位体积中含有物质的质量。密度是物质的一种物理性质。物质的密度与温度、压强有关，尤其是气体的密度，与温度、压强的关系更大。密度的单位是千克每立方米（ kg/m^3 ）及克每立方厘米（ g/cm^3 ），也可用克每升（g/L）表示。

5 什么是温度和压强？

① 温度是表示物体冷热程度的物理量。

温度的单位：摄氏度（℃）和热力学温度（K）。0K 的温度称为绝对零度，它等于 -273.15℃。水的凝固点的热力学温度是 273.15K。

② 物体单位面积上受力的大小叫压强，记作 P 。

压强的单位是帕斯卡（Pa）。1Pa=1N/m²。工厂中常把压强称为压力，常把压力表上的读数称为表压力。它是当地的大气压为零起算的压力。表压力与当地的大气压之和叫做绝对压力。

绝对压力=表压力+当地大气压力（通常为 101.3kPa）

当测量的压力低于 101.325kPa 时，就需用真空压力表。从真空压力表上读出来的数称为真空度。

真空度=大气压力-绝对压力

绝对压力=大气压力-真空度

6 气体的基本定律是什么？

(1) 气体的体积与压力的关系——波义耳定律 在一定温度下，一定量的气体体积与压强乘积是一常数，即 $PV=C$ (C 为常数)。

(2) 气体和体积与温度的关系——盖·吕萨克定律 一定量的气体，在压力不变的情况下，气体的体积与热力学温度成正比，即 $V=KT$ (K 为常数)。

(3) 气体和体积与其分子数的关系——阿佛加德罗定律 在同温同压下，相同体积和任何气体都含有相同数目的分子数，即温度、压强一定时，气体的体积与气体的摩尔数成正比，即 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 。

以上三个气体定律只能用于低压的气体。

(4) 理想气体状态方程 从气体基本定律出发，可以导出理想气体的压强、体积、温度和摩尔数之间的关系式，即理想气体状态方程式。

公式：
$$PV=nRT$$

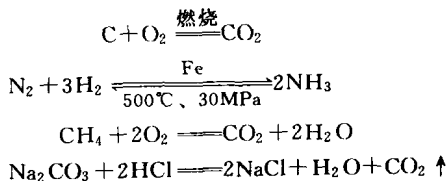
其中， P 、 V 、 T 为理想气体压强、体积和温度； n 为理想气体的物质的量； R 为摩尔气体常数 [$R=8.31\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$]。

适用条件：压力不太高，温度不太低（与室温相比）。

7 什么是分子式和化学方程式？

① 分子式是用元素符号来表示物质分子组成的式子。例如：氨 NH_3 ；硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ；二氧化碳 CO_2 ；硫化氢 H_2S ；盐酸（氯化氢） HCl ；碳酸钾 K_2CO_3 ；甲醇 CH_3OH ；纯碱（碳酸钠） Na_2CO_3 ；尿素（碳酰二胺） $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ；醋酸（乙酸） CH_3COOH 。

② 化学方程式，用分子式来表示化学反应的式子叫化学方程式。例如：



8 溶液的 pH 值是什么？

为了表示和使用的方便，常用 H^+ 浓度的负对数，即 pH 值来表示溶液的酸碱度，数学表达式为： $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ 。

中性溶液 $\text{pH}=7$ ；酸性溶液 $\text{pH}<7$ ；碱性溶液 $\text{pH}>7$ 。pH 值越小，pOH 值越大，溶

液的酸性越强；反之，pH 值越大，pOH 值越小，溶液的碱性越强。

溶液 pH 值的测定可以用 pH 计或是借助酸碱指示剂来实现。

9 化学反应速率是怎样定义的？

化学反应速率指的是化学反应进行的快慢程度。

化学反应速率通常用单位时间内反应物浓度的减少量或生成物浓度的增加量来表示。其单位是： $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 或 $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min})$ 。

10 影响化学反应速率的因素有哪些？

(1) 浓度对反应速率的影响 反应物质的浓度越大，反应速率越快，反之则越慢。

(2) 温度对反应速率的影响 提高温度是常用的加快反应速率的方法。当反应浓度不变时，改变温度，速率就改变。可见，反应速率常数 K 随温度的升高而增大。

(3) 催化剂对反应速率的影响 催化剂是一类能改变化学反应速率，而本身的组成、质量和化学性质在反应前后保持不变的物质。能加快反应速率的催化剂叫做正催化剂；能减缓反应速率的催化剂叫负催化剂。不同的化学反应需要不同的催化剂，这是催化剂的选择性。每一种催化剂必须在一个合适的温度范围内才能发挥最大的催化效力，这个温度范围称为催化剂的活性温度范围。

11 何为化学反应的浓度平衡常数及压力平衡常数？

对于化学反应： $m\text{A} + n\text{B} \rightleftharpoons p\text{C} + q\text{D}$

在一定温度下达到平衡时，则有 $\frac{[\text{C}]^p [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m [\text{B}]^n} = K_c$ ，上式叫做平衡常数表达式， K_c 叫做浓度平衡常数。

对于有气体参加的反应：



平衡关系式中物质的平衡浓度也可用各气体的平衡分压表示，此时平衡常数以 K_p 表示， K_p 叫压力平衡常数。则 $\frac{P_C^p P_D^q}{P_A^m P_B^n} = K_p$ 。

12 影响化学平衡的因素有哪些？

(1) 浓度对化学平衡的影响 对任何可逆反应，在其他条件不变的情况下，增大某一反应物的浓度或减少生成物的浓度，都能使平衡向增加生成物方向，即正反应方向移动；增大生成物浓度或减小反应物浓度，都可以使平衡向逆反应方向移动。

(2) 压力对化学平衡的影响 当增加气体反应的总压力时，平衡向气体分子数减少的方向移动；减少压力，平衡向增加气体分子数方向移动。

(3) 温度对化学平衡的影响 在其他条件不变的情况下，升高温度会使化学平衡向吸热反应的方向移动；降低温度会使化学平衡向放热反应的方向移动。

(4) 催化剂对化学平衡的影响 由于催化剂只能同等程度地增加正、逆反应速率，因此，它只能使平衡较快达到，而不能使平衡发生移动。

13 化学平衡移动的原理是什么？

假如改变平衡体系的条件之一，如浓度、压力和温度，平衡就向减弱这个改变的方向移动。这就是勒沙特列原理。根据这个原理，当增加反应物浓度时，平衡就向减少反应物浓度的方向移动；减少生成物浓度时，平衡向增加生成物浓度的方向移动。当增大压力时，平衡就向减小压力的方向移动；当减小压力时，平衡就向增大压力的方向移动。升高温度时，平衡就向吸热的方向移动，降低温度时，平衡就向放热的方向移动。

14 何为氧化剂和还原剂?

在氧化-还原反应中得到电子的物质叫氧化剂,失去电子的物质叫还原剂。

一般常用的氧化剂都是一些易获得电子的非金属,如 O_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 等,以及高价态元素的化合物,如 $KMnO_4$ 、 $KClO_3$ 、 H_2SO_4 等。

一般常用的还原剂都是一些易失去电子的金属,如 Zn 、 Mg 、 Na 、 Al 、 Fe 等,以及含有低价态元素的化合物 H_2 、 KI 、 Na_2SO_3 、 H_2S 等。

第二节 无机化合物基础

1 重要的无机化学反应的分类是怎样的?

(1) 化合反应 由两种或两种以上的物质生成一种新物质的反应叫化合反应,例如:
 $C + O_2 \xrightarrow{\quad} CO_2$ 。

(分解反应) 由一种物质生成两种或两种以上其他物质的反应叫分解反应。例如:
 $2KClO_3 \xrightarrow[\Delta]{MnO_2} 2KCl + 3O_2 \uparrow$ 。

(2) 置换反应 由一种单质的原子代替了化合物中另外一种元素的原子,生成一种新的单质和另一种新的化合物的反应叫置换反应。例如: $Zn + 2HCl \xrightarrow{\quad} ZnCl_2 + H_2 \uparrow$ 。

(3) 复分解反应 两种化合物互相交换成分,生成两种新的化合物的反应叫复分解反应。例如: $HCl + NaOH \xrightarrow{\quad} NaCl + H_2O$ 。

(4) 氧化还原反应 一种物质被氧化,另一种物质同时被还原,氧化反应和还原反应必然是同时发生,这类反应称为氧化还原反应。例如: $CuO + H_2 \xrightarrow{\quad} Cu + H_2O$ 。

2 试述常见的无机化合物及性质。

(1) 氢气 (H_2) 在通常情况下氢气是无色、无味、无臭的气体。在 $0^\circ C$ 和 $101.3 kPa$ 下,氢气的密度为 $0.089 g/L$,是同一状况下空气重量的 $1/14.4$ 。在所有气体中氢气最轻。易与空气中的氧燃烧,生成水,氢气难溶于水,加压降温可液化成无色液体,氢是制造合成氨、盐酸、甲醇的重要原料。

(2) 氧气 (O_2) 在常温常压下是无色、无味、无臭的气体。在 $0^\circ C$ 和 $101.3 kPa$ 下,氧气的密度是 $1.429 g/L$ 。微溶于水。液态氧是淡蓝色的,沸点为 $-183^\circ C$,熔点为 $-218.4^\circ C$ 。

氧是一种化学性质活泼的元素,几乎能和所有其他元素直接或间接化合形成氧化物。工业上制造氧气的方法是空气液化分馏,同时得到氧和氮。

(3) 水 (H_2O) 纯净的水是无色、无味、无臭的透明液体,易导电,常压下水的冰点是 $0^\circ C$,沸点是 $100^\circ C$ 。水的密度在 $4^\circ C$ 时最大为 $1 kg/L$ 。水在凝固时体积增大,冰的密度是 $0.92 g/L$ 。水蒸气有较大的潜热,因而大量地作为加热剂。

(4) 氯化氢 (HCl) 氯化氢是无色有刺激性气体,极易溶于水。在标准状态下,1 体积水可溶解 500 体积的氯化氢,溶于水后即得到盐酸。氯化氢的比热容 $812.24 J/(kg \cdot ^\circ C)$; 临界温度 $51.28^\circ C$; 临界压力 $8266 kPa$ 。

盐酸是常用的强酸之一。纯盐酸是无色液体(工业用盐酸由于含有 $FeCl_3$ 等杂质而显黄色),可和水以任意比例混合。工业盐酸约含 31% 的 HCl , $15^\circ C$ 时密度为 $1.158 g/mL$,31% 盐酸在 $20^\circ C$ 时比热容为 $2574.88 J/(kg \cdot ^\circ C)$,容易挥发,在空气中冒白雾。

盐酸的化学性质很活泼,具有酸的一切通性。

(5) 硫 (S) 硫又称硫黄,是一种淡黄色的晶体,沸点为 $444.6^\circ C$,质脆,无毒,有一种特殊的臭味。不溶于水,而溶于二硫化碳和四氯化碳中。燃烧时呈蓝色火焰。

硫主要用于制造硫酸、硫化染料、火柴、炸药、橡胶等。

(6) 硫化氢 (H_2S) 硫化氢是无色而有臭鸡蛋味的气体, 比空气稍重, 并有剧毒, 硫化氢微溶于水, 其水溶液呈弱酸性, 叫氢硫酸。

硫化氢是一种可燃性气体, 在氧气充足条件下, 能完全燃烧生成二氧化硫和水, 如空气不足, 则发生不完全燃烧而生成单质硫和水。硫化氢常用作还原剂使用。

(7) 硫酸 (H_2SO_4) 纯硫酸是无色油状液体, 凝固点为 10.5°C , 98.3% 的硫酸的沸点为 338°C , 市售浓硫酸一般含有 H_2SO_4 96%, 相对密度为 1.84。硫酸是一种难挥发的强酸, 具有氧化性、吸水性、脱水性。

(8) 氨 (NH_3) 氨是无色有刺激性气味的气体, 比空气轻, 密度为 0.588g/L , 极易溶于水, 在常温下, 1 体积水可溶 700 体积的氨。氨的水溶液叫氨水。氨极易溶化, 在常温下加压到 $7\sim 8\text{atm}$ ($1\text{atm}=0.1\text{MPa}$) 就凝聚为无色液体。液氨密度为 0.617kg/L , 沸点为 33.33°C 。而当液氨气化时, 吸收大量的热量, 致使周围介质温度降低, 因此常用作制冷剂。

(9) 硝酸 (HNO_3) 纯硝酸是无色、易挥发、有刺激气味的液体, 沸点为 86°C , 密度为 1.50g/L 。市售浓硝酸的浓度约为 69%, 密度为 1.40kg/L (20°C)。浓度为 96%~98% 的硝酸叫发烟硝酸。硝酸是强酸之一, 具有酸的一般通性。

硝酸越浓越易分解。为防止硝酸分解, 应将其置于棕色瓶中避光保存, 并置于阴凉处。

(10) 一氧化碳 (CO) 一氧化碳是一种无色无臭的气味, 比空气稍轻, 难溶于水。 CO 是一种有毒气体, 临界温度 -140.2°C , 临界压力 3.5MPa 。

CO 的爆炸极限: $12.5\%\sim 74.2\%$, 其危险特性: 与空气混合能形成爆炸性混合物, 遇明火、高热能引起燃烧爆炸。

(11) 二氧化碳 (CO_2) 二氧化碳是一种无色无臭的气体, 比空气重, 微溶于水。二氧化碳易液化, 在 20°C 时, 加压到 56.5atm ($1\text{atm}=0.1\text{MPa}$) 即可成液体。当温度降到 -78.5°C 时可得到二氧化碳即“干冰”。

二氧化碳不能燃烧, 也不能助燃, 常用于灭火。

(12) 烧碱 烧碱的化学名称叫氢氧化钠 (NaOH), 又叫苛性钠或火碱。烧碱为白色固体, 密度为 2.130kg/L , 熔点为 318.4°C 沸点为 1390°C 。固体烧碱暴露在空气里容易潮解。在水里的溶解度很大, 溶解时放出大量的热, 烧碱具有很强的腐蚀性。

(13) 纯碱 纯碱的化学名称碳酸钠 (Na_2CO_3), 白色粉末, 味涩。密度为 2.532kg/L , 熔点为 851°C 。易溶于水, 其水溶液水解而呈碱性。纯碱在空气中极易吸潮而生成重碱。

(14) 氮气 (N_2) 纯氮气是一种无色、无味的气体, 比空气稍轻。在一个标准大气压下, -195°C 时, 变成无色的液体; 氮气的结构很稳定, 通常情况下, N_2 的化学性质很不活泼, 很难跟其他物质发生化学反应, 只有在高温、高压、催化剂的条件下, 才能和 H_2 反应生成 NH_3 , 与氧气反应生成 NO 和 N_2O_3 , 用于制取 HNO_3 。氮气在空气中的含量为 79%。因而氮气在自然界中的储量非常丰富, 但要获得纯的氮气, 须经过深冷分离或分子筛筛分获得。

第三节 有机化合物基础

1 什么叫有机化合物?

有机化合物简称有机物, 是指含碳元素的化合物。一般来说, 把不含碳元素的化合物叫

做无机物。而一氧化碳、碳酸、碳酸盐等，虽然它们也含有碳元素，因为它们的分子结构和性质跟无机化合物相似，所以习惯上还把它们分属为无机化合物。

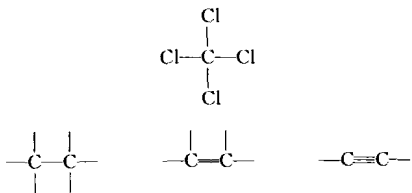
2 有机化合物的特点。

- ① 熔点较低，多数有机化合物的熔点在 300℃ 以下。
- ② 容易燃烧，多数有机化合物燃烧后变成 CO_2 和 H_2O 。
- ③ 难溶于水，易溶于有机溶剂中。
- ④ 有机化合物不能电离，也不导电，是非电解质。
- ⑤ 化学反应复杂，还伴有副反应发生，反应速度缓慢，且不易完成。

3 有机化合物的结构。

有机化合物除了主要元素以外，还含有少数几种其他元素，如 H、O、S、P 和卤素等。它们之间的结合，排列和相互影响，就在于碳的特殊性质。碳元素在形成化合物时，它既不易失去电子而形成正离子又不易获得电子而形成负离子，而是以共价键与其他原子相结合，即碳原子以四价键同其他非金属元素或金属元素结合形成分子。

碳原子不仅能与其他原子形成共价键，碳原子与碳原子之间也能以共价键相结合，它们可以共用一个、两个或三个电子对，形成单键、双键或三键。



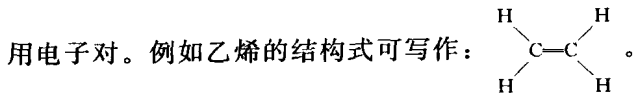
碳原子之间还可以相互结合成链状、环状、网状的有机化合物的基本骨架。

4 最简式。

用元素符号表示化合物分子中元素的种类和各元素的原子数量最简单整数比的式子，称为最简式或实验式。不同的有机化合物会有相同的最简式。

5 结构式。

用一条短线连接有机化合物中各原子之间排列的式子称为结构式。一条短线代表一对共用电子对。例如乙烯的结构式可写作：



6 结构简式。

简化了的结构式叫结构简式。它省略了表示单键的短线，保持分子中的主要结构和官能团，能反映出各类有机化合物的主要特性，故也叫“示性式”。如乙烷和二甲醚的结构简式为： CH_3-CH_3 ； $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ 。

7 烃。

含有碳和氢两种元素的有机化合物统称为烃类化合物，例如甲烷、乙烯、乙炔、苯等。

8 饱和烃。

烃分子中如果碳原子与碳原子之间都以单键相连，其余价键都为氢原子所饱和，这类烃叫饱和烃。饱和烃中碳原子间结合的碳链如不闭合，则叫烷烃，或称链烷烃；若碳链闭合成环，则叫环烷烃，如丙烷、环丙烷。

9 不饱和烃。

在链状烃中，碳原子之间存在双键或三键，氢原子数目比相应的烷烃少的烃称为不饱和

烃；分子中有一个双键的链状烃叫烯烃；有两个双键的链状烃叫二烯烃；有一个三键的链状烃叫炔烃，如乙烯、丁二烯、乙炔。


10 脂环烃。

在烃分子中，有一个或多个由碳原子组成的环，性质与脂肪族烃相似，这类化合物称为脂环烃。

11 芳香烃。

分子中有一个或多个苯环的烃称为芳香烃，简称芳烃，如苯、萘。

12 烃基。

烃分子失去一个或几个氢原子后剩余的部分叫做烃基，常用“R—”表示，有时为书写方便，烃基可简写。如乙基 CH_3CH_2- 可写成 C_2H_5- 。常见的烃基有：甲基 CH_3- 、乙基 CH_3CH_2- 、丙基 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$ 、异丙基 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{CH}- \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 、苯基 C_6H_5- （或 ）。

13 官能团。

分子中比较活泼，容易发生反应且决定化合物特性的原子或原子团，称为官能团。例如：乙烯的（烯类）官能团结构 $\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \end{array}$ ，官能团名称双键；卤代烃的官能团结构 X （F、Cl、Br、I），官能团名称卤素；醇、酚类的官能团结构 $-\text{OH}$ ，名称羟基。

14 同系物、同系列。

结构相似（有相同的官能团，化学性质相似，物理性质发生规律变化），通式相同，在分子组成上相差一个或若干个 CH_2 原子团的物质，互称为同系物。由同系物组成的一系列物质群，称为同系列。

例如：下列物质互为同系物甲烷 CH_4 、乙烷 CH_3CH_3 、丙烷 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。

15 同分异构体。

分子式相同而结构不同的化合物，互称为同分异构体，简称异构体。

例如：分子式为 C_4H_{10} 的丁烷有两个同分异构体： $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 正丁烷（沸点 -0.5°C ）， $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$ 异丁烷（沸点 -10.2°C ）。

16 衍生物。

一种化合物分子里的某一原子或原子团直接和间接被其他原子团取代而形成的新化合物，叫做衍生物。例如卤代烃、醇、羧酸等都是烃的衍生物。


17 卤代烃。

烃分子中氢被卤素原子取代后的生成物，叫做卤代烃（一卤代烃、多卤代烃），例如一氯甲烷、二氯甲烷。

18 醇。

链烃基与羟基相结合而构成的有机物叫做醇。可以看成醇是烃分子中的氢原子（与芳香环碳原子直接连的氢原子除外）被羟基取代后的产物（一元醇或多元醇），例如：乙醇 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ，乙二醇 $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ 。

19 酚。

羟基与苯环直接相连而构成的化合物叫做酚。可以看成酚是苯分子中一个氢原子被羟基取代后的产物。例如苯酚（）。

20 醛。

由烃基和醛基相连而构成的化合物叫醛。例如：乙醛 ($\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$)。

21 羧酸。

由烃基和羧基相连而构成的化合物叫羧酸。例如：乙酸 (CH_3COOH)。

22 酯。

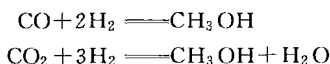
由羧酸与醇作用脱水而成的产物叫羧酸酯。例如：乙酸乙酯 ($\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_3$)。

23 试述甲醇的性质。

甲醇 (CH_3OH) 为无色易燃易挥发性液体，可与水、乙醚、苯等大多数有机溶剂混溶。相对密度 0.791，沸点 64.7°C ，熔点 -97.1°C ，自燃点 470°C ，爆炸极限 $5.5\% \sim 36.5\%$ ，甲醇分子中含有烷基和羟基，甲醇氧化生成甲醛，进一步氧化成 CO_2 和甲酸。

24 写出甲醇合成的化学反应方程式。

甲醇制法：



首先制备含有 H_2 、 CO 或 CO_2 的全成分气体，然后加压在催化剂存在下合成甲醇。生产工艺条件有高、中、低压之分，目前都有采用。山西天浩化工股份有限公司的甲醇合成采用低压法。

25 甲醇的质量标准。

甲醇的质量标准执行工业用甲醇国家标准 GB 338—2004。

外观：工业甲醇为无特殊异臭气味，无色透明液体，无可见杂质。

工业甲醇的质量应符合下表要求。

项 目	指 标			
	优等品	一等品	合格品	
色度/Hazen 单位(铂-钴色号)	≤	5	10	
密度(ρ_{20})/(g/cm ³)	0.791~0.792	0.791~0.793		
沸程(0℃,101.3kPa,在 64.0~65.5℃范围内,包括 64.6℃±0.1℃)/℃	≤	0.8	1.0	1.5
高锰酸钾试验/min	≥	50	30	20
水混溶性试验		通过试验(1+3)	通过试验(1+9)	—
水的质量分数/%	≤	0.10	0.15	—
酸的质量分数(以 HCOOH 计)/%	≤	0.0015	0.0030	0.0050
或碱的质量分数(以 NH ₃ 计)/%	≤	0.0002	0.0008	0.0015
羰基化合物的质量分数(以 HCHO 计)/%	≤	0.002	0.005	0.010
蒸发残渣的质量分数/%	≤	0.001	0.003	0.005
硫酸洗涤试验/Hazen 单位(铂-钴色号)	≤	50		—
乙醇的质量分数/%		供需双方协商	—	

第二章 化工基础

第一节 化工生产基本概念

1 物质的形态。

物质有三种聚集状态：固态、液态和气态。固体具有一定的形状和一定的体积，液体虽有一定的体积，但可以取任意的形状，气体可具有任意的形状和体积。

2 物质的性质。

物质有固态、液态、气态三种聚集状态，一般物质都是受热时膨胀，冷却时收缩。在同样条件下，气体膨胀量最大，液体次之，固体最小。

3 流体。

液态和气体物质，无一定形状能自由流动，这类物质统称为流体。

4 黏度。

衡量流体黏性大小的物质量。

5 压强的单位。

N/m^2 或 Pa ，压力的实际数值称为绝对压力；从压力表上读得的压力值称为表压；真空表上的读数是所测的压力的实际值比大气压低多少，也称为真空度。压力表上所测得的压力并不是真实压力。

6 管路阻力。

包括直管阻力、局部阻力。

7 流量。

单位时间内流过任一流通面积的流体。单位 kg/h ， m^3/h ， t/h 。

8 流速。

单位时间内流体在流动方向上流过的距离。单位： m/s 。

9 沸点。

1 个大气压下，液体沸腾时的温度。

10 露点。

湿气在湿含量不变的条件下，冷却到出现第一滴液滴时的温度。

11 空速。

单位时间内通过单位催化剂体积气数称为空间速度，简称空速，单位 h^{-1} 或 s^{-1} 。

12 蒸馏。

分离液体混合物典型单元操作。此操作是将液体混合物部分气化，利用其中各组分挥发度不同的物性以实现分离的目的。

13 结晶。

固体物质以晶体状态从蒸气、溶液或熔融物质中析出的过程。

14 蒸发。

利用加热的方法使溶液中一部分溶剂气化并除去，以提高溶液中溶质的浓度或析出固体溶质的操作。

15 气化。

物质由液相变成气相的过程称之为气化过程。

16 冷凝。

物质由气相变成液相的过程称之为冷凝。

17 转化率。

指某一反应物转化的百分率或分率，即 $X = \frac{\text{某一反应物的转化量}}{\text{该反应物的起始量}}$ ，转化率是针对反应物而言的。

18 保温。

为减少设备、管道及其附件向周围环境散热，在其一面采取增设保温层的措施。

19 任意状态下气体的密度公式。

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{T_0 P}{P_0 T}$$

其中， ρ 、 T 、 P 为任意状态下的密度、温度、压强； ρ_0 为标准状态下的密度（273K、101.325kPa，即标况下）； T_0 为 273K； P_0 为 101.325kPa。

20 气体混合物密度公式。

$$\rho = \rho_1 X_1 + \rho_2 X_2 + \cdots + \rho_n X_n$$

其中， ρ_1 、 ρ_2 、 $\rho_3 \cdots \rho_n$ 为混合气体中各组分的密度； X_1 、 X_2 、 $X_3 \cdots X_n$ 为混合气体中各组分的体积分数。

21 柏努利方程。

在液体输送过程中，进入系统的总机械能加外功等于离开系统的机械能加损失能量，即

$$Z_1 + P_1/\rho g + U_1^2/2g + H_e = Z_2 + P_2/\rho g + U_2^2/2g + \sum H_n$$

其中， Z_1 、 Z_2 为两系统截面高度，m； P_1 、 P_2 为两系统压强，Pa； U_1 、 U_2 为两系统流速，m/s； ρ 为介质密度； g 为重力加速度； H_e 为系统吸入能量压力； $\sum H_n$ 为总能量损失。

22 柏努利方程的适用条件是什么？

①不可压缩流体；②恒温、连续、稳定流动。

23 化工生产的基本任务是什么？

- ① 研究产品生产的基本过程和反应原理；
- ② 化工生产的工艺流程和最佳工艺条件；
- ③ 生产运用的主要设备的构造、工作原理及强化生产的方法。

24 什么是化工单元操作？

化工生产门类多，来源广泛，产品种类繁多，加工生产过程各不相同，人们在长期的生产实践中发现，在复杂多样的加工过程中，除化学反应外，其步骤可归纳为一些基本加工过程，如流体的输送与压缩、沉降、过滤、传热、蒸发、结晶、干燥、蒸馏、吸收、萃取、冷冻、粉碎等，这些基本的加工过程称为化工单元操作。若干单元操作串联起来就构成了一个化工产品的生产过程，不同生产过程中的同一化工单元操作，它们所遵循的原理相同，所使