

高等学校教学用书

化学反应工程

例题与习题

丁百全
房鼎业
张海涛
主编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教学用书

化学反应工程例题与习题

丁百全 房鼎业 张海涛 主编

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化学反应工程例题与习题/丁百全等主编. —北京:
化学工业出版社, 2001.6
高等学校教学用书
ISBN 7-5025-3040-1

I. 化… I. 丁… III. 化学反应工程-高等学校-
教学参考资料 IV. TQ03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 14921 号

高等学校教学用书
化学反应工程例题与习题
丁百全 房鼎业 张海涛 主编
责任编辑: 赵玉清
责任校对: 蒋 宇
封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010)64918013
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
三河市宇新装订厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 9½ 字数 254 千字
2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月北京第 1 次印刷
印 数: 1—4000
ISBN 7-5025-3040-1/G·763
定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

“化学反应工程”从 20 世纪 50 年代在国际上被确认为专门的学科领域以来,取得了不断的发展,特别是在 90 年代,随着新兴技术与产业的崛起,化学反应工程与材料工程、生物科学、微电子技术等结合,形成了新的学科交叉增长点。同时,化学反应工程的基础理论,也得到了进一步深化发展。

高等教育对 21 世纪的化工类专业改革提出了更高的要求。作为化工类专业的主干课程《化学反应工程》的教材建设,自然占有重要的地位。《化学反应工程例题与习题》是面向 21 世纪的《化学反应工程》教材的配套书籍,可帮助学生理解书中所阐述的基本概念。

本书的前身是由朱炳辰、房鼎业、姚佩芳等编著的《化学反应工程例题与习题》,由华东化工学院出版社 1993 年出版,基本素材是以石油化工、无机化工、天然气化工、煤化工、精细化工和工业催化等化工领域中的工程问题为背景,按照化学反应规律、热质传递规律、反应器行为特征等共性归纳,并分类编成习题集。此次重新编写出版,更加拓宽了范围,丰富了内容,加入了聚合反应、生物反应以及电化学反应等工程领域的有关素材。本书的内容反映了作者与其同事们、乃至同行们多年来在化学反应工程领域的科研成果与教学实践经验。

化学反应工程是一门工程科学,重在分析、阐述实际工程问题,而《化学反应工程例题与习题》,则更是强调解决实际工程问题的能力。因此,本书力求在提示基本概念与要点的基础上,强调解决实际问题的思路与运算方法,并试图让学生通过大量的演算练习,提高对化学反应工程基本概念的理解,培养和增强他们的工程观念和计算能力,进而提高解决化工工程问题的实际能力。

本书共十二章,其中绪论、第一至第八章、第十二章,由房鼎业、丁百全编写,第九章由曹贵平编写,第十章由张元兴编写,第十一章

由张新胜编写，全书的文字、图表处理以及部分习题的运算工作，由张海涛担任。姚佩芳也参加了部分习题的运算。

全书由朱炳辰教授审稿。

尽管编者倾注了大量的精力，但错误之处仍在所难免，恳请读者指教。

编 者

2001 年 1 月

内 容 提 要

本书是面向 21 世纪的高等院校化学工程与工艺类专业教材《化学反应工程》(朱炳辰主编)配套的例题与习题集。本书的编写出版,是在全国化工类专业教学改革的过程中进行的,也是适应了化学反应工程领域不断扩展与深入的形势需要。本书共十二章,内容包括绪论、气-固相催化反应本征动力学、气-固相催化反应宏观动力学、理想流动反应器、反应器中的混合及对反应的影响、气-固相催化反应工程、气-液反应及反应器、气-液-固三相反应工程、流-固相非催化反应、聚合反应工程、生物反应工程、电化学反应工程及实验室反应器。除绪论外,每章均由概念与思考、主要计算公式、例题、习题及习题参考答案等内容组成,这种结构使本书具有相对的独立性。本书力求做到开阅读者思路、理论联系实际,使学习者掌握解题方法并学以致用。

本书可供大学本科化学工程与工艺及相近专业的师生使用,也可供化工、石油、轻工、冶金等行业的科研与生产技术人员参考应用。

目 录

绪论	1
第一章 气-固相催化反应本征动力学	2
第一节 化学计量学	2
第二节 化学反应速率的表示方式	10
第三节 动力学方程	21
第四节 温度对反应速率的影响	26
第五节 固体催化剂	28
第六节 气-固相催化反应本征动力学	29
第一章习题答案	36
第二章 气-固相催化反应宏观动力学	41
第一节 气-固相催化反应宏观过程	41
第二节 催化剂颗粒内气体的扩散	43
第三节 内扩散有效因子	48
第四节 气-固相间热、质传递过程对催化反应速率的影响	59
第五节 固体催化剂的失活动力学	66
第二章习题答案	69
第三章 理想流动反应器	73
第一节 流动模型概述	73
第二节 理想流动反应器	73
第三章习题答案	132
第四章 反应器中的混合及其对反应的影响	137
第一节 连续反应器中物料混合状态分析	137
第二节 停留时间分布及其性质	137
第三节 非理想流动模型	144

第四节	混合程度及其对反应结果的影响	146
第五节	非理想流动反应器的计算	148
第四章	习题答案	153
第五章	气-固相催化反应工程	155
第一节	概述	155
第二节	固定床流体力学	160
第三节	固定床热量与质量传递过程	165
第四节	绝热式固定床催化反应器	167
第五节	连续换热式固定床催化反应器	180
第六节	流化床催化反应器	187
第五章	习题答案	194
第六章	气-液相反应及反应器	197
第一节	气-液反应平衡	197
第二节	气-液相反应动力学	199
第三节	气-液反应器	205
第六章	习题答案	212
第七章	气-液-固三相反应工程	214
第一节	气-液-固三相反应动力学	214
第二节	气-液-固三相反应器	217
第八章	流-固相非催化反应	220
第一节	流-固相非催化反应的分类及特点	220
第二节	流-固相非催化反应的模型与速率	220
第三节	流-固相非催化反应器	231
第八章	习题答案	236
第九章	聚合反应工程	238
第一节	概述	238
第二节	聚合过程的工艺和设备基础	238
第三节	聚合反应动力学	241
第四节	聚合反应器的选型	247
第九章	习题答案	247

第十章 生物反应工程	249
第一节 酶催化反应动力学.....	249
第二节 细胞生长和产物生成的动力学.....	253
第三节 生物反应器.....	257
第四节 连续培养.....	259
第十章习题答案.....	262
第十一章 电化学反应工程	264
第十一章习题答案.....	276
第十二章 实验室反应器	277
第一节 实验室反应器.....	277
第二节 实验设计与数据处理.....	281
第十二章习题答案.....	290

绪 论

概念与思考

1. 化学反应工程的研究对象、任务及内容是什么？
2. 化学反应工程的形成历史和发展现状如何？
3. 化学反应工程的学习和研究方法有何特点？
4. 工业化学反应器的基本类型和应用特征。

第一章 气-固相催化反应本征动力学

第一节 化学计量学

一、概念与思考

1. 低压下单一反应系统的反应热 ΔH_R 、平衡常数 K_p 、平衡组成 Y_{Ae} (或 C_{Ae}) 分别与哪些因素有关, 如何计算? 高压下单一反应系统的反应热 ΔH_R 、平衡常数 K_f 、 K_p 、 K_r 、平衡组成 Y_{Ae} 分别与哪些因素有关, 如何计算?

2. 复合反应系统在计算化学平衡问题时, 如何确定独立反应数? 如何选取关键反应及关键反应组分?

3. 以氨的合成和甲醇合成反应为例说明变摩尔气相反应过程的物料衡算方法。

4. 试对 $2\text{NO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_5$ 反应写出 NO_2 、 O_2 消耗速率与 N_2O_5 生成速率之间的关系。

5. 化学反应方程式之前的计量系数变化 (如 $\frac{1}{2}\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{R} + \frac{1}{2}\text{S}$, 写成 $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons 2\text{R} + \text{S}$), 反应速率表达式有何变化?

6. 复合反应系统的选择率与收率的概念与表达方式。

二、主要计算公式

(1) 化学反应平衡常数 K_p 、 K_f

$$K_p = \prod_{i=1}^n (p_{i,P}^*)^{\gamma_i} / \prod_{i=1}^m (p_{i,R}^*)^{\gamma_i} \quad (1.1.1)$$

$$K_f = \prod_{i=1}^n (f_{i,P}^*)^{\gamma_i} / \prod_{i=1}^m (f_{i,R}^*)^{\gamma_i} \quad (1.1.2)$$

式中 K_p ——以组分分压表示的平衡常数;

K_f ——以组分逸度表示的平衡常数;

p_i, f_i ——分别为 i 组分的分压和分逸度；

γ_i —— i 组分的化学计量系数；

m, n ——分别为反应物组分的总数和产物组分的总数。

(2) 恒压方程式

$$\ln K_{p,T} = \ln K_{p,298} + \int_{298}^T \frac{-\Delta H_R}{RT^2} dT \quad (1.1.3)$$

式中 $K_{p,T}$ ——温度 T 下的化学反应平衡常数；

$K_{p,298}$ ——标准温度 298K 下的化学反应平衡常数；

$-\Delta H_R$ ——温度 T 下的化学反应热效应, kJ/mol。

(3) 等温方程式

$$\ln K_{p,298} = - \left(\sum_{i=1}^n \Delta G_{298, \text{产}} - \sum_{i=1}^m \Delta G_{298, \text{反}} \right) / RT \quad (1.1.4)$$

式中 $\Delta G_{298,i}$ —— i 组分的标准自由能, kJ/mol。

(4) 化学反应热 ΔH_R

$$\Delta H_R = \Delta H_{R,298} + \int_{298}^T \left(\sum_{i=1}^n C_{p,i,\text{产}} - \sum_{i=1}^m C_{p,i,\text{反}} \right) dT \quad (1.1.5)$$

式中 $\Delta H_{R,298}$ ——标准温度 298K 下的反应热, kJ/mol；

$C_{p,i}$ —— i 组分的摩尔定压热容, kJ/(mol · K)。

(5) 标准反应热 $\Delta H_{R,298}$

$$\Delta H_{R,298} = \sum_{i=1}^n \Delta H_{i,\text{产}}^{298} - \sum_{i=1}^m \Delta H_{i,\text{反}}^{298} \quad (1.1.6)$$

式中 ΔH_i^{298} ——为 298K 下 i 组分的生成热或反应热, kJ/mol。

(6) 转化率 x_A

$$x_A = \frac{n_{A0} - n_A}{n_{A0}} \quad (1.1.7)$$

式中 n_{A0}, n_A ——分别为反应前、后 A 组分的物质的量。

(7) 化学膨胀因子 δ_A

$$\delta_A = \frac{1}{\gamma_A} \left(\sum_{i=1}^n \gamma_{i,\text{产}} - \sum_{i=1}^m \gamma_{i,\text{反}} \right) \quad (1.1.8)$$

(8) 膨胀率 ϵ_A

$$\epsilon_A = y_{A0} \delta_A \quad (1.1.9)$$

(9) 变摩尔反应系统流量与浓度的转换

$$V = V_0(1 + \epsilon_A x_A) \quad (1.1.10)$$

$$y_A = y_{A0} \frac{1 - x_A}{1 + \epsilon_A x_A}$$

式中 V, V_0 ——分别为反应前、后物系的总体积, m^3 ;

y_{A0}, y_A ——分别为反应前、后 A 组分的摩尔分数。

(10) 复合反应体系的选择性 S

$$S = r_{\text{主}} / r_{\text{总}} \quad (1.1.11)$$

式中 $r_{\text{主}}$ ——主产物的生成速率, $\text{kmol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$;

$r_{\text{总}}$ ——总反应速率, $\text{kmol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$ 。

(11) 复合反应体系的对比速率 α

$$\alpha = r_{\text{主}} / r_{\text{副}} \quad (1.1.12)$$

式中 $r_{\text{副}}$ ——副产物的生成速率, $\text{kmol}/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$ 。

(12) 复合反应体系主产物的收率 Y

$$Y = c_{\text{主f}} / c_{A0} \quad (1.1.13)$$

式中 $c_{\text{主f}}$ ——反应后主产物的摩尔浓度, kmol/m^3 。

三、例题

【例 1.1.1】 甲醇 (CH_3OH) 合成反应物料衡算

CO, CO_2 加 H_2 合成 CH_3OH , 已知甲醇分解基各组分摩尔分数分别为 $y_{\text{CO}}^0, y_{\text{CO}_2}^0, y_{\text{H}_2}^0, y_{\text{H}_2\text{O}}^0, y_{\text{N}_2}^0, y_{\text{CH}_4}^0$, 反应器出口 CH_3OH 与 CO_2 摩尔分数分别为 y_m, y_{CO_2} , 试推导反应器出口各组分 ($\text{CO}, \text{H}_2, \text{N}_2, \text{CH}_4$) 摩尔分数表达式。

解: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$

$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$

以甲醇分解基气体混合物为 N_{T0} , 反应过程物料衡算如下:

$$N_T = \frac{N_{T0}}{1 + 2y_m}$$

因此,

$$y_{\text{H}_2} = y_{\text{H}_2}^0 (1 + 2y_m) - 2y_m - y_{\text{CO}_2}$$

$$y_{\text{CO}} = y_{\text{CO}}^0 (1 + 2y_m) - y_m - y_{\text{CO}_2}$$

$$y_{\text{H}_2\text{O}} = y_{\text{H}_2\text{O}}^0 (1 + 2y_{\text{m}}) - y_{\text{CO}_2}$$

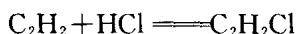
$$y_{\text{N}_2} = y_{\text{N}_2}^0 (1 + 2y_{\text{m}})$$

$$y_{\text{CH}_4} = y_{\text{CH}_4}^0 (1 + 2y_{\text{m}})$$

甲 醇 分 解 基			有 甲 醇 基	
	摩尔分数	摩尔流量	摩 尔 流 量	摩尔分数
CO	y_{CO}^0	$N_{\text{T0}}y_{\text{CO}}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{CO}}^0 - N_{\text{T}}y_{\text{m}} + (N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2}^0 - N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2})$	y_{CO}
CO ₂	$y_{\text{CO}_2}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2}$	y_{CO_2}
H ₂	$y_{\text{H}_2}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{H}_2}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{H}_2}^0 - 2H_{\text{T}}y_{\text{m}} - (N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2}^0 - N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2})$	y_{H_2}
CH ₃ OH	—	—	$N_{\text{T}}y_{\text{m}}$	y_{m}
H ₂ O	$y_{\text{H}_2\text{O}}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{H}_2\text{O}}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{H}_2\text{O}}^0 + (N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2}^0 - N_{\text{T0}}y_{\text{CO}_2})$	$y_{\text{H}_2\text{O}}$
N ₂	$y_{\text{N}_2}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{N}_2}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{N}_2}^0$	y_{N_2}
CH ₄	$y_{\text{CH}_4}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{CH}_4}^0$	$N_{\text{T0}}y_{\text{CH}_4}^0$	
Σ	1	N_{T0}	$N_{\text{T}} = N_{\text{T0}} - 2N_{\text{T}}y_{\text{m}}$	1

【例 1.1.2】 化学计量系数与转化率

氯乙烯单体的合成反应式如下：



若原料混合物中摩尔比 $\text{C}_2\text{H}_2 : \text{HCl} = 1 : 1.1$ 并测得反应器出口气体中氯乙烯含量摩尔分数为 0.85，试计算乙炔和氯化氢的转化率。

解：为便于计算，假设进入反应器的 C_2H_2 为 1mol，反应的量为 Z mol，按此列出物料衡算关系

组 分	反应器进口物质的量/mol	反应器出口物质的量/mol
C_2H_2	1	$1 - Z$
HCl	1.1	$1.1 - Z$
$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}$	0	Z
Σ	2.1	$2.1 - Z$

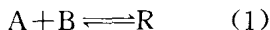
$$\text{由已知条件可得：} \frac{Z}{2.1 - Z} = 0.85 \quad Z = 0.965 \text{mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_2 \text{ 的转化率 } x_{\text{C}_2\text{H}_2} = 0.965/1 = 0.965$$

$$\text{HCl 的转化率 } x_{\text{HCl}} = 0.965/1.1 = 0.877$$

【例 1.1.3】 连串-平行反应物料衡算

在完成



连串-平行反应中, 所给原料中各组分的摩尔浓度为 $c_{A0} = 2.0$ mol/L, $c_{B0} = 4.0$ mol/L, $c_{R0} = c_{S0} = 0$, 在间歇反应操作了一定时间后, 得到 $c_A = 0.3$ mol/L, $c_R = 1.5$ mol/L, 设反应系统近似为定容系统, 问此时组分 B 和 S 的摩尔浓度为多少?

解: 设此时 B 和 S 的浓度为 c_B 、 c_S , 物料衡算见下表

组 分	反应前物质的量/mol	反应后物质的量/mol
A	2.0	$2.0 - (4.0 - c_B) - c_S = 0.3$
B	4.0	c_B
R	0	$(4.0 - c_B) - c_S = 1.5$
S	0	c_S

解之, 得

$$c_B = 2.4 \text{ mol/L}$$

$$c_S = 0.1 \text{ mol/L}$$

四、习题

【题 1.1.1】 恒压下, 反应 $A + 2B \longrightarrow R$, 原料气组成 $c_{A0} = c_{B0} = 100$, 问当 $c_B = 20$ 时, 转化率 x_A 、 x_B 及反应物 A 组成 c_A 各为多少? 并对计算结果进行解释。

【题 1.1.2】 试推导 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ 反应中的转化率 α 与组成的关系式为,

$$\alpha = \frac{y_{\text{CO}, \mp}^0 - y_{\text{CO}, \mp}}{y_{\text{CO}, \mp}^0 (1 + y_{\text{CO}, \mp})}$$

式中 $y_{\text{CO}, \mp}^0$ 与 $y_{\text{CO}, \mp}$ 分别为反应前后气体混合物中 CO 干基摩尔分数。

【题 1.1.3】 某氨合成塔进塔空速 (标准状态) 为 20000 h^{-1} , $p = 200 \text{ atm}$, 进塔组成为 $\text{NH}_3 3\%$, $\text{CH}_4 8.5\%$, $\text{Ar} 4.5\%$, $\text{H}_2 63\%$, $\text{N}_2 21\%$, 催化床平均温度为 475°C , 出塔氨摩尔分数为 13% 。计算: ① 标准状

态下氨分解基空速为多少？② 出塔气体中 H_2 、 N_2 、 CH_4 、Ar 的摩尔分数为多少？

【题 1.1.4】 某氨合成塔进塔气量（标准状态）为 $120000\text{m}^3/\text{h}$ ，催化剂质量为 7.5t ，堆积密度为 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ， $p=150\text{atm}$ ，进塔气体中各组分摩尔分数为 $\text{H}_2 63\%$ ， $\text{N}_2 21\%$ ， $\text{NH}_3 3\%$ ，Ar 4.5% ， $\text{CH}_4 8.5\%$ ，催化床平均温度为 460°C ，出塔氨 NH_3 为 17% 。

试计算：① 出塔空速为多少？

② 气体混合物与催化床的标准接触时间为多少？

③ 出塔气体中 H_2 、 N_2 、 CH_4 、Ar 的摩尔分数为多少？

【题 1.1.5】 某氨合成塔入塔氨分解基混合物流量（标准状态）为 $20000\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^3)$ ，催化剂体积为 1.5m^3 ，出塔气体混合物中氨含量是 20% （体积分数），试求氨合成催化剂的生产强度 $\text{kgNH}_3/(\text{h} \cdot \text{L})$ 。

【题 1.1.6】 N_2 和 H_2 合成 NH_3 ，已知 NH_3 分解基各组分摩尔分数分别为 $y_{\text{H}_2}^0$ 、 $y_{\text{N}_2}^0$ 、 $y_{\text{CH}_4}^0$ 、 y_{Ar}^0 ，反应器出口氨摩尔分数为 y_{NH_3} ，试推导反应器出口各组分（ N_2 、 H_2 、 CH_4 、Ar）摩尔分数表达式。

【题 1.1.7】 用水蒸气转化 CO 变换反应的平衡常数

$$K_c = \frac{c_{\text{CO}_2} \cdot c_{\text{H}_2}}{c_{\text{CO}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}}} = 1$$

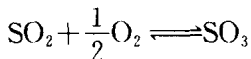
已知原料气中， $\text{CO} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2$ （摩尔比），试确定反应混合物的平衡组成和平衡转化率。

【题 1.1.8】 在常压、高温及催化剂存在下进行氨分解反应，反应器进口含氨 90% （摩尔分数），惰性气体 10% ，反应器出口含氨 10% ，试求反应器出口其他各组分的摩尔分数。

【题 1.1.9】 一氧化碳与氢合成甲醇，已知反应器进口各组分摩尔分数为 y_{CO}^0 、 $y_{\text{H}_2}^0$ 、 $y_{\text{CH}_4}^0$ ，反应器出口甲醇摩尔分数为 y_m ，试推导反应器出口其他各组分（CO、 H_2 、 CH_4 ）的摩尔分数表达式。

【题 1.1.10】 恒压恒温下进行气相分解反应 $\text{CH}_3\text{CHO} \longrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}$ ，原料气中含乙醛 0.60 （摩尔分数），惰性气体 0.40 ，当乙醛的摩尔分数为 90% 时，反应物系体积变化为多少？

【题 1.1.11】 二氧化硫催化氧化反应为



已知反应中各组分的标准生成热、标准生成自由焓及摩尔定压热容的数据如下：

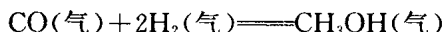
组分	$\Delta H_f^0/(\text{J/mol})$	$C_p/[\text{J}/(\text{mol} \cdot ^\circ\text{C})]$	$\Delta G_{f,298}^0/(\text{J/mol})$
SO_2	-297095	$212.01 + 39.82 \times 10^{-3}T + 14.70 \times 10^{-6}T^2$	-300106
SO_3	-395443	$25.44 + 98.54 \times 10^{-3}T - 2.88 \times 10^{-6}T^2$	-370368
O_2	0	$25.74 + 12.99 \times 10^{-3}T - 3.86 \times 10^{-6}T^2$	0

(1) 试导出该反应的热效应与温度的关系式,并计算温度为 750K 时的反应热效应。

(2) 试计算该反应在 750K 下的平衡常数 K 。

(3) 在 $1.013 \times 10^5 \text{MPa}$ (1atm) 下 1mol SO_2 和 1mol O_2 反应,试计算气体混合物的平衡组成。

【题 1.1.12】 在 250°C 、 0.1013MPa (1atm) 下用物质的量比为 1:2 的 CO 和 H_2 合成甲醇,其反应式为



试估算平衡混合物中甲醇的摩尔分数。假设气体服从理想状态方程,在 $25 \sim 250^\circ\text{C}$ 范围内反应热与温度无关。已知数据如下

组 分	CO(气)	H_2 (气)	CH_3OH (气)
$\Delta H_{f,298}^0/(\text{J/mol})$	-110541	—	-202840
$\Delta G_{f,298}^0/(\text{J/mol})$	-137277	—	-162506
$S_{298}^0/[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$	197903	130583	239701

【题 1.1.13】 甲醇合成反应在 300°C 、 300kPa 下进行,在 H_2 对 CO 之比符合化学计量的情况下,反应混合物中甲醇的平衡含量为 37.8% (体积分数),试计算反应混合物的平衡组成与平衡常数。

【题 1.1.14】 反应物 A 按下列方程式发生分解反应



在 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ (1atm)、温度 600K 时, A 的平衡转化率为 40%,已知该反应的反应热为 $\Delta H_R = 8000 \text{J/mol}$ (忽略反应热随温度的变化),试求 650°C 时的平衡转化率。