

83/
10
22039

化 学 工 程

(化 学 反 应 及 反 应 器)



北 京 化 工 学 院

一 九 七 二 年 十 月

目 录

第一章 化学反应基本原理

第一节 化学反应热效应.....	1—1
一、化学反应热效应.....	1—1
二、反应热效应的计算.....	1—3
三、反应热效应与温度的关系(基尔戈夫公式).....	1—9
四、化工生产中化学反应热的特点.....	1—18
第二节 化学平衡.....	2—1
一、化学反应达到平衡时所遵循的规律.....	2—1
二、外界条件对平衡移动的影响.....	2—9
附录.....	2—21
第三节 化学动力学的基本原理.....	3—1
一、化学反应的速度.....	3—4
二、各种因素对化学反应速度的影响.....	3—8
三、催化作用.....	3—36

第五篇 化学反应及反应器

第一章 化学反应基本原理

第一节 化学反应热效应

在进行化学反应时，由于分子之间的旧键断裂和新键生成，发生了能量改变，从而就有热量的吸收或放出即产生热效应。本章讨论化学反应热效应以及在化工过程热量衡算中的应用。例如，乙苯脱氢制苯乙烯是吸热反应，丁烯氧化脱氢制丁二烯是放热反应。在生产中，为维持反应在一定温度下进行，就必须加入或取走一定热量，到底需加入或取走多少热量？这就是学习本章所要解决的问题。在反应器的设计中，只有在热量衡算的基础上才可以进一步确定加热剂或冷却剂的用量，以及必须的传热面积。

一、化学反应热效应

遵照毛主席“只有感觉的材料十分丰富和结合实际，才能根据这样的材料造出正确的概念和理论来”的教导，我们在讲述化学反应热效应的概念和计算方法之前，先从实验事实来分析。

测定化学反应热效应的基本原则是：将反应器放在充满水的绝热容器中，如果反应是放热的，则所产生的热量就传入水中，根据水的重量、比热以及准确测量水温的变化，就可以求出反应所放出的热量。

所测定的水温变化就是反应前后的温度差，这个温度差是以反应前温度（始态温度）为比较标准的，从温度的变化，我们可以计算需从量热计中取出多少热量，才能恢复反应前的温度。也就是说，“热效应”是指在等温条件下进行化学反应所放出的热量。因此，为了比较化学反应热效应，我们规定以始、终态温度相同为标准（反应在等温下进行）。

另一个规定是体系除了做膨胀功外，不做其他功。因为，如果体系做其他功（如电功）则必须消耗一部分热量，这样所测量的热量就不等于化学反应所放出（或吸收）的实际热量。

因此，我们把化学反应热效应规定为：当产物与反应物的温度相同，而且在反应过程中只做膨胀功，不做其他功，这时化学反应所吸收或放出的热量。

化工生产大多数在等压或等容条件下进行，因此热效应按过程进行的特征区分为等压热效应和等容热效应两种。根据热力学第一定律，某过程的等压热效应（ Q_p ）或等容热效应（ Q_v ）可以分别用该过程的 ΔH 和 ΔU 来表示。即 $\Delta H = Q_p$ ， $\Delta U = Q_v$ 。 Q_p 与 Q_v 的关系如下：

$$Q_p - Q_v = \Delta H_p - \Delta U_v = (\Delta U_p + P\Delta V) - \Delta U_v \quad (5-1)$$

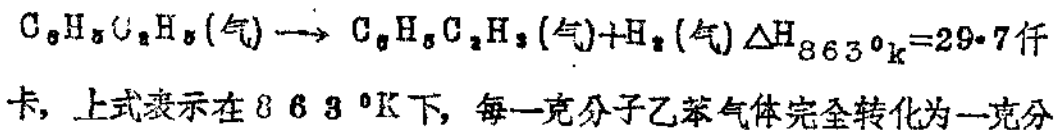
$$\Delta U_p \text{ 与 } \Delta U_v \text{ 不相等，但对液、固的反应，} \Delta U_p \cong \Delta U_v, \text{ 而且} \\ \Delta V \cong 0, \text{ 此时 } Q_p \cong Q_v \text{ (液、固相反应)} \quad (5-2)$$

如果是气相反应，当压力不太大时，可将气体看成是理想的，则内能 U 只是温度的函数，与 P 、 V 无关，则 $\Delta U_p = \Delta U_v$ ， $Q_p - Q_v = P\Delta V$ （理想气体的反应）。

根据 $PV = nRT$ ，在等温等压条件下， ΔV 必然是由于克分子数（ n ）的变化（ Δn ）引起的， $P\Delta V = \Delta nRT$ ，所以对于理想气体的反应 $Q_p - Q_v = P\Delta V = \Delta nRT$ (5-3)

实际上化学反应在等压条件下进行最常见，通常不另外注明，就是指等压热效应。

化学反应热效应可以用热化学方程式表示：



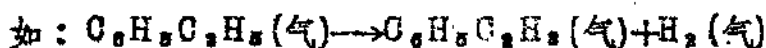
子苯乙烯气体和一克分子氢气需吸收 29.7 仟卡的热量。

写热化学方程式应注意：

1. 表示该反应放热或吸热多少时应注意符号。热效应的正负号是相对的，是人为规定的。一般均以正号表示吸热，负号表示放热，本教材也这样表示。但有的书上符号规定恰恰相反，即正号表示放热，负号表示吸热。大家看书时要注意。

2. 标明反应物与产物的状态。因为“H”是状态函数 $H_{终} - H_{始} = \Delta H = Q_p$ ，等压热效应等于过程的终态焓与始态焓之差。因此热化学方程式必须注明反应温度、参与反应的物质的聚集状态，若反应中某一固体物质的晶型不同，则需注明晶型如 C（石墨）或 C（金刚石），气体应注明压力，若不特殊注明就表示压力为一大气压。

3. 标明反应方程式的系数。因反应热效应是与参加反应物质的数量有关，当反应物数量增加一倍，则反应热效应的数值也增加一倍。



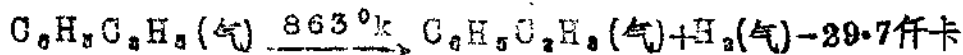
$$\Delta H'_{863} = 29.7 \text{ 仟卡}$$



$$\Delta H''_{863} = 59.4 \text{ 仟卡}$$

根据“H”是状态函数，因此对于始终态相同的正向反应热效应与逆向反应热效应是数值相等而符号相反。

热效应也可以用下式表示：



此式与上述表示式不同之处在于将反应热效应直接标在方程式右边，并以负号表示吸热，正号表示放热。

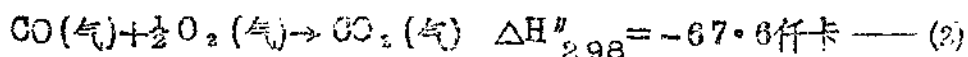
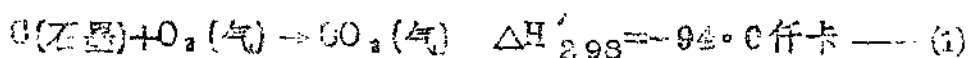
二、反应热效应的计算

获得反应热效应数据的办法有两种。其一、实验测定法。化学反

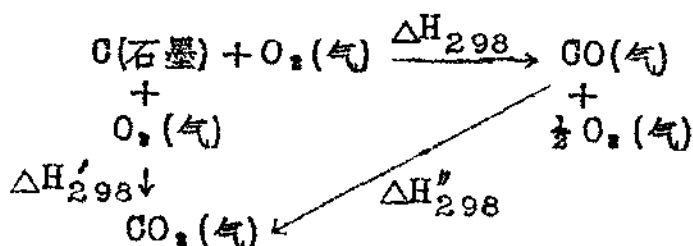
应热效应可以通过实验测定，但是由于化学反应数目繁多，我们不能一一测量，同时要准确地测量反应热效应是比较困难的，因为在测量过程中热的辐射和传导是不能完全避免的，而且某些反应的热效应是难以直接测量或根本无法测量。其二、计算法。即通过已经测量得到的一些化学反应热效应数据，利用“H”是状态函数的性质来进行计算的。下面通过具体例子来说明计算方法。

例一：求 $C(\text{石墨}) + \frac{1}{2}O_2(\text{气}) \rightarrow CO(\text{气})$ 的 ΔH_{298}°

这个反应的热效应难以直接测定，但可由下面两个已测定过的反应热效应计算。



解：由 C 氧化为 CO_2 可以一步完成，也可以分两步进行，即先氧化为 CO，后 CO 再氧化为 CO_2 。

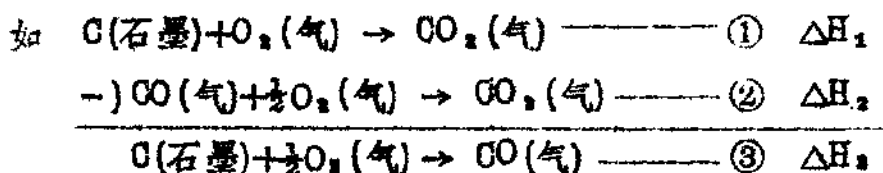


因为“H”是状态函数，则 $\Delta H_{298} + \Delta H''_{298} = \Delta H'_{298}$

$$\Delta H_{298} = \Delta H'_{298} - \Delta H''_{298} = -94.0 - (-67.6) = -26.4 \text{ 仟卡}$$

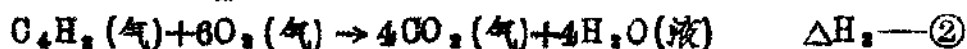
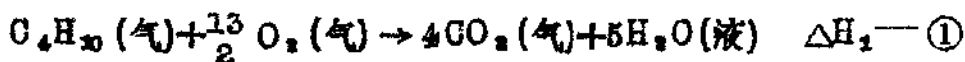
等压热效应只依物质的始终状态而定，而与变化的途径无关。一般热量与过程有关，而热效应是在特定条件——等温等压或等温等容下的热量，因此就“有它的特殊矛盾和特殊本质”，这就是等压（或等容）热效应具有与过程无关的性质。这又称为盖斯定律。根据盖斯定律，在求一个反应的热效应时，可以假定一些过程，只要这些过程

是与这个反应的初态和终态一致，这个反应的热效应就可以利用这些过程的热效应之间简便的加减运算来求得。



$$\text{①式} - \text{②式} = \text{③式} \quad \Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$$

例2，已知某温度下



解：根据盖斯定律

$$\text{①式} - \text{②式} - \text{③式} = \text{④式}$$

$$\Delta H_1 - \Delta H_2 - \Delta H_3 = \Delta H_4 \text{ ————— ⑤}$$

比较① ② ③式发现它们有一共同点，即都为某物质的燃烧反应，我们把燃烧反应的热效应称为燃烧热。即一克分子物质完全燃烧时的热效应。以 $\Delta H_{\text{燃烧}}$ 表示。所谓完全燃烧指氧化为高价氧化物，对C来说氧化为 $\text{CO}_2(\text{气})$ ，对 H_2 来说氧化为 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ ，对其他元素均指氧化为最高价稳定氧化物。 $\text{CO}_2(\text{气})$ 和 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ 的燃烧热则为零。25℃、一大气压下的燃烧热称为标准燃烧热，以 $\Delta H_{\text{燃}}^{\circ}$ 表示。

$$\text{⑤式可写成 } \Delta H = \sum (\Delta H_{\text{燃}})_{\text{反应物}} - \sum (\Delta H_{\text{燃}})_{\text{产物}}$$

(5-4)表示某反应的热效应等于反应物的燃烧热总和减去产物的燃烧热总和。25℃、一大气压下一些物质的燃烧热可由手册中查到。

例如计算 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{液}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{气}) \rightarrow \text{HCHO}(\text{气}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液})$ 的 ΔH_{298}°

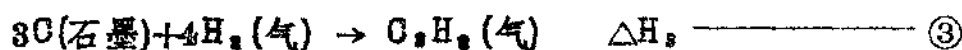
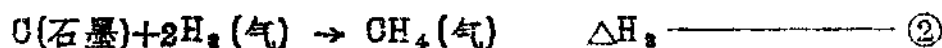
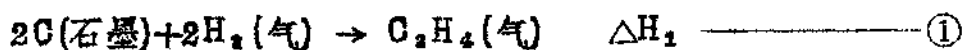
查表得 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{液})$ 的 $\Delta H_{\text{燃}}^{\circ} = -173.67$ 千卡/克分子

HCHO(气)的 $\Delta H_{\text{燃}}^{\circ} = -134.7$ 仟卡/克分子

H₂O(液)和 O₂(气)的 $\Delta H_{\text{燃}}^{\circ} = 0$

$$\begin{aligned}\Delta H_{298}^{\circ} &= \sum(\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{反}} - \sum(\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{产}} = [(\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{CH}_3\text{OH}} + \frac{1}{2}(\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{O}_2}] \\ &- [(\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{HCHO}} + (\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{H}_2\text{O}}] = -173.67 - (-134.7) \\ &= -39.0 \text{ 仟卡}\end{aligned}$$

例 3. 已知某温度下



求在同一温度下丙烷裂解为乙烯和甲烷



的反应热效应。

解：根据盖斯定律

$$\text{①式} + \text{②式} - \text{③式} = \text{④式}$$

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3 = \Delta H_4 \text{ ————— ⑤}$$

比较①②③式有一共同特点，即都是由单质生成化合物，这种反应叫做生成反应，其热效应称生成热。

生成热：由稳定单质在一大气压某温度下生成一克分子某化合物时的热效应，以 $\Delta H_{\text{生成}}$ 表示。25℃时的生成热称为标准生成热以 $\Delta H_{\text{生成}}^{\circ}$ 表示。

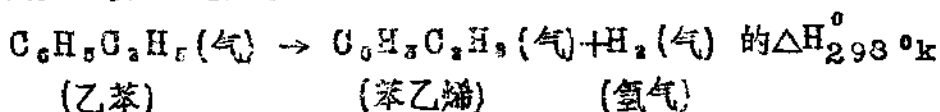
我们规定在一大气压下，反应温度时该元素的最稳定单质的焓为零。

将⑤式写成一般通式：

$$\Delta H = \sum(\Delta H_{\text{生}})_{\text{产}} - \sum(\Delta H_{\text{生}})_{\text{反}} \text{ ————— (5-5)}$$

表示某反应的热效应为产物的生成热总和减去反应物的生成热总和。

例如，由标准生成热计算



查表得 $(\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{乙苯}} = 7.12$ 仟卡/克分子

$(\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{苯乙烯}} = 35.2$ 仟卡/克分子

$(\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{氢}} = 0$

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \sum (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{产}} - \sum (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{反}} = (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{苯乙烯}} + (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{氢}} - (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{乙苯}}$$

$$= 35.2 - 7.12 = 28.1 \text{ 仟卡/克分子}$$

综上所述，一般化学反应热效应可以由生成热效应和燃烧热效应来求得：

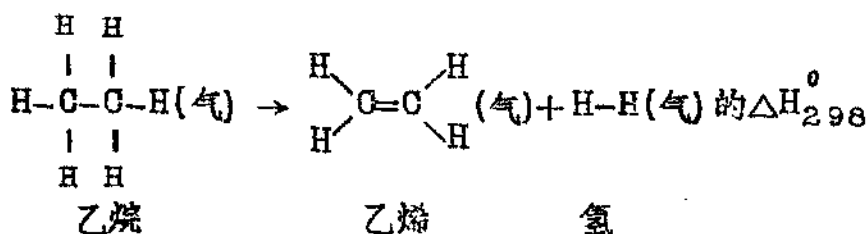
$$\Delta H = \sum (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{产}} - \sum (\Delta H_{\text{生}}^{\circ})_{\text{反}}$$

$$\Delta H = \sum (\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{反}} - \sum (\Delta H_{\text{燃}}^{\circ})_{\text{产}}$$

除了上面计算反应热效应的方法外，我们还可以利用键能来估算反应热效应。

在化学反应中化学键总是有破有立的，旧键断裂需要吸收热量，新键生成必须放出热量，其净结果就是反应热效应。

例如，估算下列反应



在上述反应中乙烷分子中的一个 C - C 单键和六个 C - H 键转变为乙烯分子中的一个 C = C 双键、四个 C - H 键以及氢分子中的一个 H - H 键。

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \Sigma \text{断裂键能} - \Sigma \text{新生成的键能} \quad (5-6)$$

$$\Sigma \text{断裂键能} = E_{\text{C-C}} + 2E_{\text{C-H}}$$

$$\Sigma \text{新生成的键能} = E_{\text{C=C}} + E_{\text{H-H}}$$

查表得 25℃ 时 $E_{\text{C-C}} = 83$ 仟卡/克分子 $E_{\text{C-H}} = 99$ 仟卡/克分子

$$E_{\text{C=C}} = 146 \text{ 仟卡/克分子} \quad E_{\text{H-H}} = 104 \text{ 仟卡/克分子}$$

$$\Delta H_{298}^{\circ} = 83 + 2 \times 99 - 146 - 104 = 31 \text{ 仟卡}$$

必须指出，用键能数据来估算反应热效应，结果比较粗略。因为我们在归纳出键能数据时只强调了不同分子中同一种键的共性，而忽视了它们的特殊性，即同一种键在不同分子中其键能是不同的（由于其他原子的影响），但在上述计算中并没有考虑，因此用键能估算反应热效应只在缺乏标准生成热、标准燃烧热的数据或粗略估算时才用。

下表列出某些键能数据（25℃）

单键键能（仟卡/克分子）

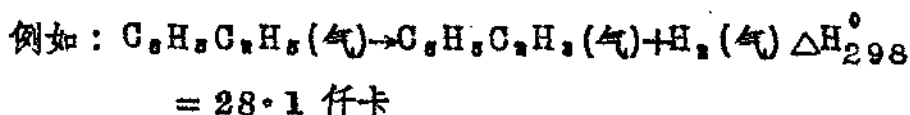
	F	O	N	Cl	Br	I	C	H	Si
Si	129	88	...	86	69	51	69	70	43
H	135	110	93	103	87	71	99	104	
C	105	84	70	77	66	57	83		
I	...	...	...	50	43	36			
Br	61	...	...	52	46				
Cl	61	49	48	58					
N	65	...	38						
O	44	33							
F	37								

双键和叁键的键能 (千卡/克分子)

	CC	NN	OO	CO	CN
双键	$>C=C<$ 147	$-N=N-$ 100	$O=O$ 96	$>C=O$ 176	$>C=N-$ 147
叁键	$-C\equiv C-$ 194	$N\equiv N$ 226			$-C\equiv N$ 210

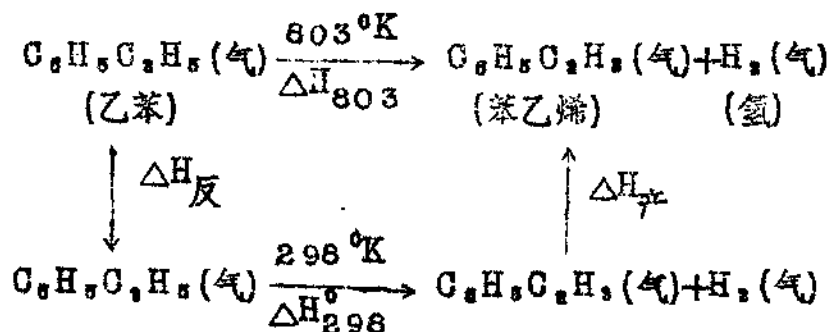
三、反应热效应与温度的关系 (基尔戈夫公式)

由标准燃烧热、标准生成热数据计算的反应热效应是常压下, 25°C 时的热焓变化, 但生产上遇到的化学反应常常是在高温下进行。下面介绍如何由常温的反应热效应计算高温下的反应热效应。



求此反应在 803 °K 下的热效应?

解: 利用 H 是状态函数这一性质则



$$\Delta H_{803} = \Delta H_{298}^0 + \Delta H_{反} + \Delta H_{产}$$

$$\therefore C_p = \frac{\delta Q_p}{dT} = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p \quad \delta Q_p \stackrel{\text{等压}}{=} dH = C_p dT$$

$$\therefore \Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad (\text{对于一克分子物质})$$

$$\Delta H_{反} = \int_{803}^{298} C_{p, 乙苯} dT \quad \Delta H_{产} = \int_{298}^{803} (C_{p, 苯乙烯} + C_{p, 氢}) dT$$

$$\Delta H_{803} = \int_{803}^{298} C_{p, 乙苯} dT + \Delta H_{298}^{\circ} + \int_{298}^{803} (C_{p, 苯乙烯} + C_{p, 氢}) dT$$

$$= \int_{803}^{298} \sum C_{p, 反应物} dT + \Delta H_{298}^{\circ} + \int_{298}^{803} \sum C_{p, 产物} dT$$

$$= \Delta H_{298}^{\circ} + \int_{298}^{803} (\sum C_{p, 产} - \sum C_{p, 反}) dT \quad \text{令 } \Delta C_p = \sum C_{p, 产} - \sum C_{p, 反}$$

可把反应热效应与温度的关系写成下列式子：

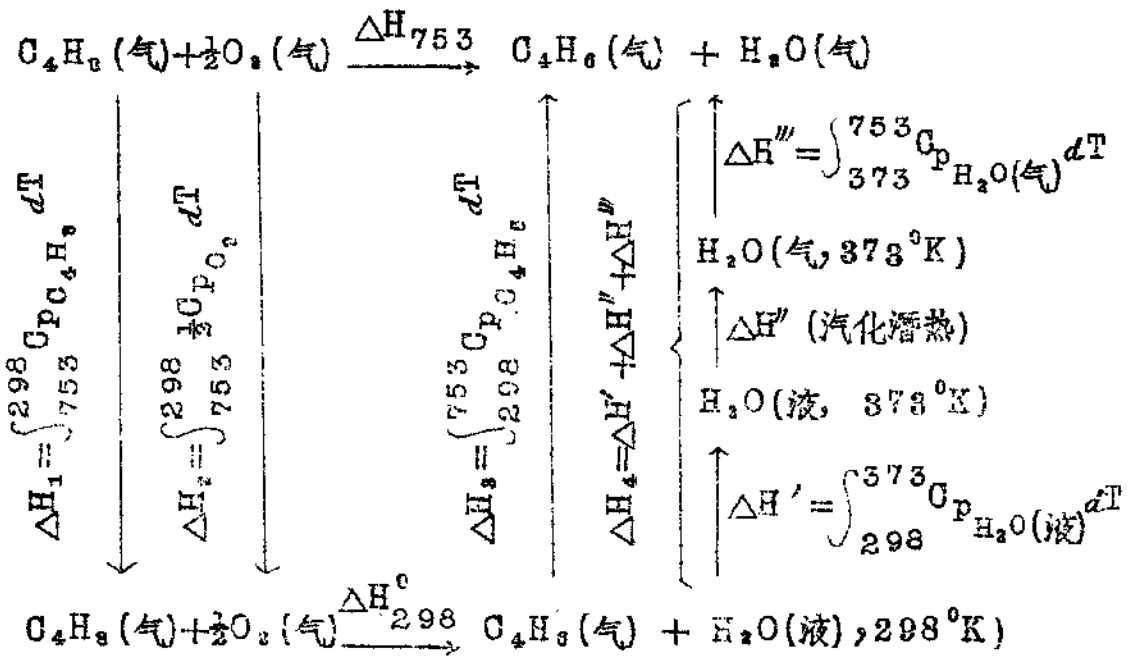
$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT \quad \text{————— (5-7)}$$

此式又称为基尔戈夫公式。应用此式应注意：

1. 聚集状态变化时，将相变热加入计算。
2. 聚集状态变化时，热容有变化。

例如，计算 $C_4H_8(气) + \frac{1}{2}O_2(气) \rightarrow C_4H_6(气) + H_2O(气)$ 的 $\Delta H_{753}^{\circ} K$

解：



$$\Delta H_{753} = \Delta H_{298}^0 + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

下面我们讨论应用基尔戈夫公式的计算方法。

1. 若温度变化不大时，可利用 T_2 与 T_1 范围内物质的平均等压热容来计算，即：

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta \bar{C}_p (T_2 - T_1) \quad (5-8)$$

2. 若温度变化较大时，或需精确地计算反应热效应随温度变化时，应利用 $C_p \sim T$ 关系的经验公式来计算。即：

$$C_p = a + bT + cT^2 + \dots \quad (5-9)$$

式中 C_p 为等压热容， T 为绝对温度。 a 、 b 、 c 与物质的种类、状态、温度范围有关，一般可以从手册上查到。经验公式 (5-9) 的项数决定于准确度的要求和温度范围的大小。

将 $C_p \sim T$ 关系代入基尔戈夫公式积分：

$$\Delta C_p = \Delta a + \Delta bT + \Delta cT^2 + \dots$$

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} (\Delta a + \Delta b T + \Delta c T^2) dT$$

$$= \Delta H_{T_1} + \Delta a (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \Delta b (T_2^2 - T_1^2) + \frac{1}{3} \Delta c (T_2^3 - T_1^3)$$

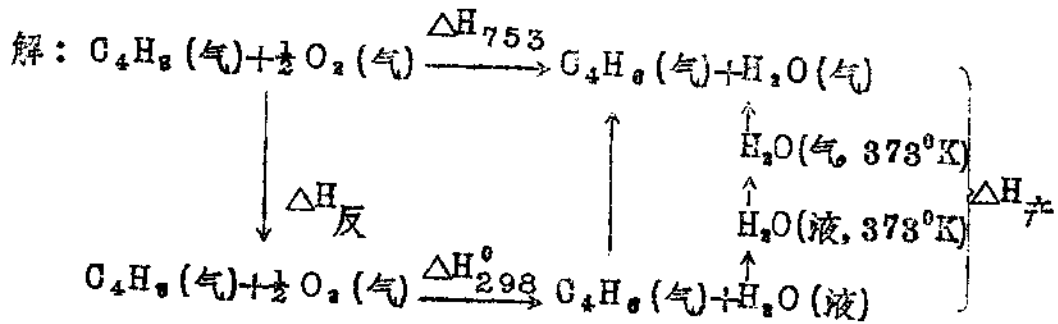
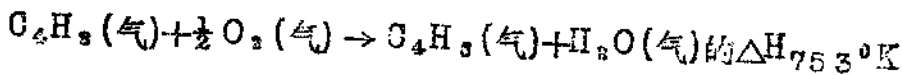
$$= \Delta H_{T_1} - \Delta a T_1 - \frac{1}{2} \Delta b T_1^2 - \frac{1}{3} \Delta c T_1^3 + \Delta a T_2 + \frac{1}{2} \Delta b T_2^2 + \frac{1}{3} \Delta c T_2^3$$

令 $A = \Delta H_{T_1} - \Delta a T_1 - \frac{1}{2} \Delta b T_1^2 - \frac{1}{3} \Delta c T_1^3$, $B = \Delta a$, $C = \frac{1}{2} \Delta b$, $D = \frac{1}{3} \Delta c$

T_1 用 298°K 代入, T_2 用 T 表示, 可得到 ΔH 与 T 函数关系式:

$$\Delta H = A + B T + C T^2 + D T^3 + \dots \quad (5-10)$$

例如计算:



已知 $C_p \sim T$ 关系如下: (单位卡/克分子·度)

$$C_{p\text{H}_2\text{O}(\text{气})} = 7.17 + 2.56 \times 10^{-5} T$$

$$C_{p\text{H}_2\text{O}(\text{液})} = 18.0$$

$$C_{p\text{C}_4\text{H}_8(\text{气})} = 5.132 + 61.760 \times 10^{-5} T - 19.322 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_{p\text{C}_4\text{H}_8(\text{气})} = -0.707 + 81.282 \times 10^{-5} T - 53.463 \times 10^{-6} T^2$$

$$+ 13.511 \times 10^{-9} T^3$$

$$C_{p_{O_2}} = 8.186 + 0.594 \times 10^{-3} T$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{反}} &= \int_{753}^{298} (C_{p_{C_4H_8}} + \frac{1}{2} C_{p_{O_2}}) dT \\ &= \int_{753}^{298} [(5.132 + 61.760 \times 10^{-3} T - 19.822 \times 10^{-6} T^2) \\ &\quad + \frac{1}{2} (8.186 + 0.594 \times 10^{-3} T)] dT \\ &= (5.132 + 4.093)(298 - 753) + (0.0618 + 0.000297) \left(\frac{298^2 - 753^2}{2} \right) \\ &\quad + (-0.0000198 \times \frac{298^3 - 753^3}{3}) \\ &= -4.20 \times 10^3 - 1.48 \times 10^4 + 2.58 \times 10^3 \\ &= -16.4 \text{ 仟卡} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{正}} &= \int_{298}^{753} C_{p_{C_4H_8}} dT + \int_{298}^{373} C_{p_{H_2O(\text{液})}} dT + \Delta H_{H_2O \text{ 汽化热}} \\ &\quad + \int_{373}^{753} C_{p_{H_2O(\text{气})}} dT \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{其中: } \int_{298}^{753} C_{p_{C_4H_8}} dT &= \int_{298}^{753} (-0.707 + 81.28 \times 10^{-3} T \\ &\quad - 58.46 \times 10^{-6} T^2 + 13.511 \times 10^{-9} T^3) dT \\ &= -0.707(753 - 298) + 81.28 \times 10^{-3} \times \frac{753^2 - 298^2}{2} \\ &\quad - 58.46 \times 10^{-6} \times \frac{753^3 - 298^3}{3} + 13.511 \times 10^{-9} \times \frac{753^4 - 298^4}{4} \\ &= -3.22 \times 10^2 + 1.94 \times 10^4 - 7.14 \times 10^3 + 1.05 \times 10^3 \\ &= 13.0 \text{ 仟卡} \end{aligned}$$

$$\int_{298}^{373} C_{p_{H_2O}}(\text{液}) dT = 18.0 \times 75 = 1.35 \text{ 仟卡}$$

$$\Delta H_{H_2O \text{ 汽化热}} = 9.70 \text{ 仟卡}$$

$$\int_{373}^{753} C_{p_{H_2O}}(\text{气}) dT = \int_{373}^{753} (7.17 + 2.56 \times 10^{-5} T) dT$$

$$= 7.17(753 - 373) + 2.56 \times 10^{-5} \times \frac{753^2 - 373^2}{2}$$

$$= 2.73 + 0.548$$

$$= 3.28 \text{ 仟卡}$$

$$\Delta H_{\text{产}} = \int_{298}^{753} C_{p_{C_4H_8}} dT + \int_{298}^{373} C_{p_{H_2O}}(\text{液}) dT + \Delta H_{H_2O \text{ 汽化热}}$$

$$+ \int_{373}^{753} C_{p_{H_2O}}(\text{气}) dT$$

$$= 13.0 + 1.35 + 9.70 + 3.28 = 27.3 \text{ 仟卡}$$

$$\Delta H_{298}^{\circ} = [(\Delta H_{\text{生 } C_4H_8}^{\circ}) + (\Delta H_{\text{生 } H_2O}^{\circ})] - [(\Delta H_{\text{生 } C_4H_8}^{\circ}) + \frac{1}{2}(\Delta H_{\text{生 } O_2}^{\circ})]$$

$$= (26.75 - 68.32) - (0.28 + 0)$$

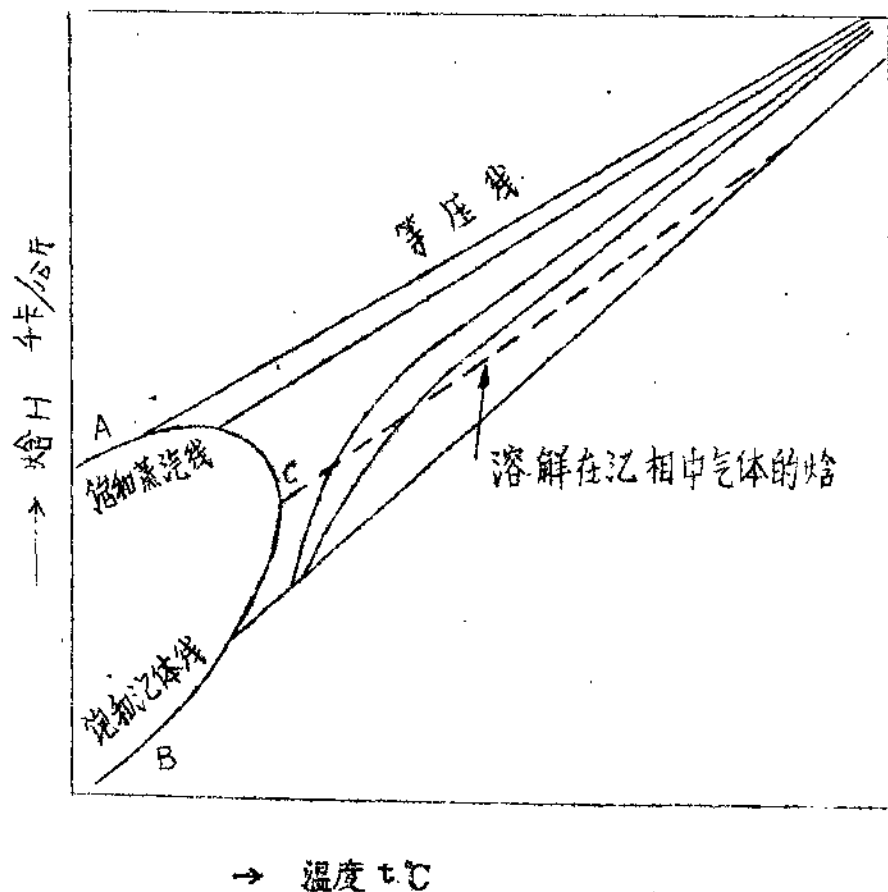
$$= -41.85 \text{ 仟卡}$$

$$\Delta H_{753} = -16.4 - 41.85 + 27.3 = 31.0 \text{ 仟卡}$$

3. 利用 H - T 图表计算

用 $C_p - T$ 关系代入基尔戈夫公式积分，其计算是比较麻烦的，工业过程的热量计算中常常利用 H - T 图（焓与温度关系图）来进行计算。

焓温图的构成如图(5-1)。



图(5-1) H-T图

图(5-1)中纵坐标为焓 H (工程上有时用 I 或 i 表示),横坐标为温度($t^{\circ}\text{C}$),图中画有等压线和以临界点 C 为分区的饱和蒸汽线 CA 与饱和液体线 CB ,从 C 点引出的虚线表示该组份在临界温度以上溶解于其他液相中的焓值。 $H-T$ 图中还标明基准温度(见附录图),这表示从图中查出的焓值都是相对于基准温度的焓值而言的(一般指定在基准温度下的焓值为零),它是一个相对值,不是绝对值。多数化工计算都只需要焓差值,即组分由图中的某一点(一定温度、压力、聚集状态)到另一点(另一温度、压力、聚集状态)的焓差值,因此与基点无关。