

# 江西理工大学

## 2016年硕士研究生入学考试试题 B

考试科目代码及名称: 834 钢铁冶金原理

要求: 答案一律写在考场发放的答题纸上, 写在试题上无效。

可自带自来水笔、铅笔、直尺、橡皮、计算器。

### 一、填空题 (每空 2 分, 共 50 分)

- 1、氧势 ( $\pi_o$ ) 的定义式: (1), 对于 CO-CO<sub>2</sub> 混合气体, 已知反应  $\text{CO} + 1/2\text{O}_2 = \text{CO}_2$  的  $\Delta_r G_m^\ominus = A + BT \text{ (J} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$ , 则混合气体的氧势 (2)。
- 2、溶液的超额吉布斯自由能衡量了溶液的不理想程度, 针对理想溶液、正规溶液、稀溶液、实际溶液, 其计算的主要参数相应是 (3)、(4)、(5)、(6)。
- 3、等温方程式  $\Delta_r G_m = \Delta_r G_m^\ominus + RT \ln J$  中  $\Delta_r G_m$ 、 $\Delta_r G_m^\ominus$  的作用分别为 (7)、(8)。
- 4、炉渣的酸-碱性决定于其占优势的氧化物的酸-碱性。表示炉渣碱性的指标有 (9)、(10)。
- 5、扩散是体系中物质自动迁移、浓度变均匀的过程。它可分为两大类, 分别为 (11)、(12)。
- 6、化合物的分解压除受温度及压力的影响外, 还受到 (13)、(14)、(15) 因素的影响。
- 7、反应过程速率的影响因素有 (16)、(17)、(18)、(19)。
- 8、高炉冶炼中脱硫过程可分为三个过程分别为 (20)、(21)、(22)。
- 9、钢液脱氧按脱氧方式的不同可分为 3 种, 分别为 (23)、(24)、(25)。

### 二、简答题 (每题 8 分, 共 40 分)

- 1、试述  $\gamma_B^\ominus$  的物理意义及其表达式。
- 2、试说明氧势图应用的原理。
- 3、什么是炉渣的氧化性及还原性? 为什么要用 FeO 的活度来表征熔渣的氧化能力?
- 4、碳的气化反应在高炉中有哪些作用?
- 5、试述不锈钢冶炼中“去碳保铬”的热力学条件。

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题 B

三、分析题（每题 15 分，共 30 分）

1、图 1 为有两个不稳定二元化合物 ( $D_1, D_2$ ) 的三元系相图。请标出：(1) 各晶区的析出相名称；(2)  $P_1, P_2, E_1, E_2$  点的性质；(3)  $P_1P, P_2P$  线的相平衡；(4)  $\triangle AD_1D_2$  内  $b$  点及  $\triangle CD_1D_2$  内  $a$  物系点的结晶终点, 并分别绘出  $a, b$  点的结晶过程。

2、什么叫洁净钢，用什么方法才能生产出洁净钢？

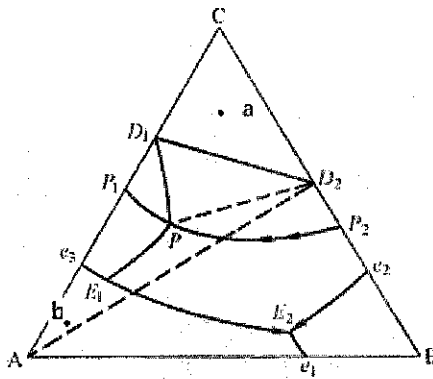
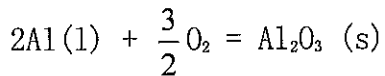


图 1

四、计算题（每题 10 分，共 30 分）

1、溶解于铁液中的铝的  $x[\text{Al}] = 0.2$ ，而  $\gamma_{\text{Al}} = 0.034$ ，试计算 1873 K 时溶解铝分别以纯液铝、 $w[\text{Al}] = 1\%$  溶液为标准态时，被氧 ( $p_{\text{O}_2} = 100\text{kPa}$ ) 氧化反应的  $\Delta_r G_m$ 。已知  $\gamma_{\text{Al}}^0 = 0.029$  (1873K)，反应：



$$\Delta_r G_m^\ominus(\text{Al}_2\text{O}_3, s) = -1682927 + 323.24T \quad (\text{J/mol})$$

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题 B

2、在 100kPa 下用固体碳还原纯  $\text{SiO}_2(\text{s})$ , 获得的铁液中硅的活度为 0.12 (质量 1% 溶液标准态), 试计算  $\text{SiO}_2(\text{s})$  的还原开始温度.  $\Delta_r G_m^0(\text{CO}) = -228800 - 171.54T$   $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\Delta_r G_m^0(\text{SiO}_2, \text{s}) = -814850 + 215.25T \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$

3、试利用炉渣的光学碱度计算成分为  $w(\text{CaO}) = 42.5\%$ ,  $w(\text{SiO}_2) = 36.26\%$ ,  $w(\text{MgO}) = 11.3\%$ ,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 11.1\%$  炉渣的流容量  $C_s$ , 温度 1773K. 组分的光学碱度 ( $\wedge$ ) 见表 1.

表 1

氧化物	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
$\wedge$	1	0.48	0.78	0.605

# 江西理工大学

## 2016年硕士研究生入学考试试题(B)答案

一、填空题(每空2分,共50分)

(1)  $\pi_o = RT \ln P_{O_2}$ , (2)  $\Delta G^o - 2RT \ln P_{CO} / P_{CO_2}$

(3)  $X_b$  (4)  $\alpha$  (5)  $\gamma^o$  (6)  $\gamma$

(7) 是反应在恒温恒压下方方向的判据、(8) 表示反应的限度。

(9) 过剩碱、(10) 光学碱度

(11) 分子扩散 (12) 对流传质扩散。

(13) 固相物的相变、(14) 固相物的分散度、(15) 固相物的溶解

(16) 矿石的粒度及孔隙率 (17) 还原温度 (18) 还原剂气体的组成 (19) 压力 (20) 气化脱硫、(21) 熔渣脱硫、(22) 炉外脱硫。

(23) 沉淀脱氧 (24) 扩散脱氧 (25) 真空脱氧。

二、简答题(每题8分,共40分)

1、试述  $\gamma_B^o$  的物理意义及其表达式(8分)

由稀溶液的组分活度的计算式:可知,  $\gamma_B^o$  是稀溶液内组分 B 以纯物质 B 为标准态的活度系数,对于一定的溶液,仅与浓度有关(温度不变时)。有下列表达式:

$$\gamma_B^o = \frac{k_{B(H)}}{P_B^*}$$
, 是两种标准态的蒸汽压之比

$$\gamma_B^o = \frac{\alpha_{B(H)}}{\alpha_{B(H)}}$$
, 是两种标准态的活度之比

$$\gamma_B^o = \frac{\gamma_{B(R)}}{f_{B(\%)}}$$
, 是两种标准态的活度系数之比

$\gamma_B^o = \gamma_{B(R)}$ , 表示稀溶液既是理想溶液。

2 试说明氧势图应用的原理。(8分)

答:氧势图的应用原理:图中任两类氧势线相交时,交点为该两氧势线所代表的氧势相等,  $\pi_{o(I)} = \pi_{o(II)}$ ;在此交点温度,由此两氧势线组分构成的反应达到平衡,因此交点的温度即此反应的平衡温度,而两氧势线的组分或其比值即是反应的平衡成分或平衡分压比。此交点温度又称为此反应的转向温度。因为在交点温度以下和其上,反应的  $\pi_{o(I)}$  和  $\pi_{o(II)}$  大小相反,所以交点以后,反应反向。

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题 (B) 答案

3、什么是炉渣的氧化性及还原性？为什么要用 FeO 的活度来表征熔渣的氧化能力？（8 分）

熔渣的氧化性是熔渣向与之接触的金属液供给 [O] 的能力，亦即熔渣能氧化金属液中元素的能力。而熔渣的还原性则是熔渣能从金属液排除溶解氧的能力。

组成钢铁冶炼炉渣的诸多氧化物中，以 FeO 的氧势最高，易于放出氧，进行氧化反应，而其他氧化铁，如 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 又易于转变成 FeO，所以通常以 FeO 总和来表示炉渣的氧化性。

4 碳的气化反应在高炉中有哪些作用？（8 分）

答：碳的气化反应 ( $C + CO_2 = 2CO$ ) 是可逆的，标准状态下，平衡温度为 700°C。在高炉中，它有 3 种作用：

(1) 在风口前碳的燃烧产物是  $CO + CO_2$ ，其中的  $CO_2$  在焦炭表面能与碳反应，生成  $CO$ ，再与外面扩散来的  $O_2$  反应，转变成  $CO_2$ ， $CO$  在这里起了固体碳燃烧的主导作用；

(2) 在 700°C 以下， $CO$  能在还原铁的表面吸附，分解出的碳，使还原铁渗碳： $3Fe(s) + 2CO = FeC(s) + CO_2$ ；

(3) 在 700°C 以上，参与氧化铁的间接还原反应，提高间接还原反应中  $CO$  的还原能力，实际上，是执行了直接还原的作用。

5、试述不锈钢冶炼中“去碳保铬”的热力学条件（8 分）

答：“去碳保铬”的最低温度是钢液中 [Cr] 与 [C] 氧化的转化温度。2) 降低  $CO$  的分压可在 [Cr] 不变时降低 [C]。3) 提高 [C] 的活度系数也能降低 [C] 的质量分数。

三、分析题（每题 15 分，共 30 分）

1、(1) 各区的析出相，为 A, B, C, D1, D2

(2) P1:  $L+C=D1$ ; P2:  $L+C=D2$ ; (转熔点)

E1:  $L \rightarrow D1+D2+A$ ; E2:  $L \rightarrow D2+A+B$  (共晶点)

(3) P1P 的平衡关系:  $L+C=D1$ ; (转熔线)

P2P 的平衡关系:  $L+C=D2$  (转熔线)

(4)  $\Delta AD1D2$  内 b 点及  $\Delta CD1D2$  内 a 物系点的结晶终点分别为 E1, P;

a 点的结晶路线 a-a, -P。b 点的结晶过程 b-b, -E1。

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题 (B) 答案

2、什么叫洁净钢，用什么方法才能生产出洁净钢？

答：洁净钢是指对钢中非金属夹杂物（主要是氧化物和硫化物）进行严格控制的钢种，即要求钢中氧和硫的总量低，夹杂物的数量少、尺寸小、分布均匀，脆性夹杂物少且形状、分布合适。

要生产出洁净钢主要在于：

(1) 尽可能地减少钢中杂质元素(O,S,P,H,N或C)的含量。这主要在于采用铁水的“三脱”预处理，由钢液的二次精炼设备营造的去除杂质的热力学及动力学的最佳条件来实现。

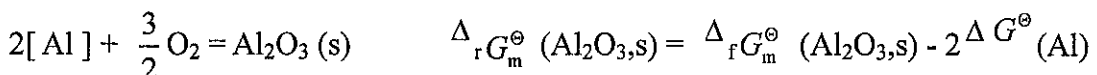
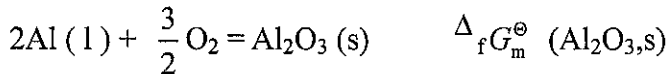
(2) 严格地控制钢中夹杂物的数量、尺寸、分布和类型。这主要是为了减少冶炼及凝固过程中夹杂物的生成量及加大其排出量，并对其进行变形处理。

洁净钢的生产通常由以下技术单元组成：铁水预处理（“三脱”）、复吹转炉吹炼、二次精炼（真空、吹氩、喷粉、合成渣洗等）。

四、计算题（每题 10 分，共 30 分）

1、解：  $2[Al] + \frac{3}{2}O_2 = Al_2O_3(s)$   $\Delta_r G_m = \Delta_f G_m^\ominus (Al_2O_3,s) + RT \ln [1/(a_{Al}^2 p_{O_2}^{3/2})]$   
溶解铝采用不同标准态时， $\Delta_r G_m^\ominus$ 和 $a_{Al}$ 有不同的数值。为求 $\Delta_r G_m$ ，需要计算出 $\Delta_r G_m^\ominus$ 及各标准态的 $a_{Al}$ 。

反应的 $\Delta_r G_m^\ominus (Al_2O_3,s)$  由下列组合反应求出：



(1) 纯液铝标准态：

$$\Delta_f G_m^\ominus (Al_2O_3,s) = -1682927 + 323.24 \times 1873 = -1077500 \text{ J/mol}$$

$$2\Delta G^\ominus (Al) = 0$$

$$a_{Al(R)} = \gamma_{Al} x[Al] = 0.034 \times 0.2 = 6.8 \times 10^{-3}$$

$$\Delta_r G_m = \Delta_f G_m^\ominus (Al_2O_3,s) + RT \ln [1/(a_{Al}^2 p_{O_2}^{3/2})]$$

# 江西理工大学

## 2016 年硕士研究生入学考试试题 (B) 答案

$$= (\Delta_f G_m^\ominus (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{s}) - 2 \Delta_f G_m^\ominus (\text{Al})) - RT \ln (a_{\text{Al}(\text{R})}^2 p_{\text{O}_2}^{3/2})$$

$$= (-1077500 - 0) - 19.174 \times 1873 \times \lg [(6.8 \times 10^{-3})^2 \times 1] = -922037 \text{ J/mol}$$

(2)  $w[\text{Al}] = 1\%$  溶液标准态:

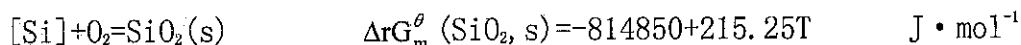
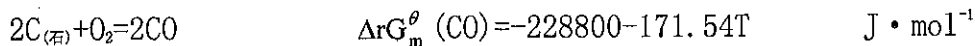
$$2 \Delta_f G_m^\ominus (\text{Al}) = 2RT \ln \left( \frac{55.85}{100 \times 27} \times 0.029 \right) = -231093 \text{ J/mol}$$

$$a_{\text{Al}(\%) } = a_{\text{Al}(\text{R})} / \left( \frac{55.85}{100 \times 27} \times 0.029 \right) = 11.33$$

$$\Delta_f G_m = (\Delta_f G_m^\ominus (\text{Al}_2\text{O}_3, \text{s}) - 2 \Delta_f G_m^\ominus (\text{Al})) - RT \ln (a_{\text{Al}(\%) }^2 p_{\text{O}_2}^{3/2})$$

$$= [-1077500 - (-231093)] - 19.147 \times 1873 \times \lg (11.33^2 \times 1) = -922021 \text{ J/mol}$$

2 解: 还原反应  $\text{SiO}_2(\text{s}) + 2\text{C}(\text{石}) = [\text{Si}] + 2\text{CO}$  由以下二反应组成:



则  $\text{SiO}_2(\text{s})$  的还原开始温度为

$$T_{\text{开}} = \frac{\Delta_r H_m^\ominus (\text{CO}) - \Delta_r H_m^\ominus (\text{SiO}_2, \text{s})}{[\Delta_r S_m^\ominus (\text{SiO}_2, \text{s}) - \Delta_r S_m^\ominus (\text{CO})] + 19.147 (\lg a_{\text{SiO}_2} a_{\text{C}}^2 - \lg a_{[\text{Si}]} p_{\text{CO}}^2)}$$

$$= \frac{-228800 + 814850}{(215.25 + 171.54) + 19.147 (\lg 1 \times 1 - \lg 0.12 \times 1)} = 1449 \text{ K}$$

3、解:  $\lg C_s = 12.0 \wedge -11.9$

$$\wedge = \sum x_B \wedge_B \quad X_B = n_0 x_B' / \sum n_0 x_B'$$

组分	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{MgO}$
$n_B$	0.6	0.759	0.111	0.285
$x_B'$	0.34	0.432	0.063	0.162

$$\sum n_0 x_B' = 2 \times x_{\text{SiO}_2}' + x_{\text{CaO}}' + 3 \times x_{\text{Al}_2\text{O}_3}' + x_{\text{MgO}}' = 1.463$$

$$\therefore \wedge = \sum x_B \wedge_B = 2 \times 0.339 \times 0.48 / 1.463 + 0.438 \times 1 \times 1 / 1.463 + 3 \times 0.063 \times 0.605 / 1$$

$$.463 + 1 \times 0.162 \times 0.78 / 1.463 = 0.686$$

$$\therefore \lg C_s = 12.0 \times 0.686 - 11.9 = -3.668$$

$$\therefore C_s = 2.1 \times 10^{-4}$$