

**【初试】2026年 长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理考研精品资料****说明：本套资料由高分研究生潜心整理编写，高清电子版支持打印，考研推荐资料。****一、2026年长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理考研资料****1. 《有色冶金原理》考研相关资料****(1) 《有色冶金原理》[笔记+提纲]**

①长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理之《有色冶金原理》考研复习笔记。

说明：本书重点复习笔记，条理清晰，重难点突出，提高复习效率，基础强化阶段推荐资料。

②长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理之《有色冶金原理》复习提纲。

说明：该科目复习重难点提纲，提炼出重难点，有的放矢，提高复习针对性。

**二、电子版资料全国统一零售价****本套考研资料包含以上部分(不含教材)，全国统一零售价：[¥]****三、2026年研究生入学考试指定/推荐参考书目(资料不包括教材)**

长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理考研初试参考书

傅崇说《有色冶金原理》冶金工业出版社

**四、本套考研资料适用院系**

不区分院系所

**五、本专业一对一辅导（资料不包含，需另付费）**

提供本专业高分学长一对一辅导及答疑服务，需另付费，具体辅导内容计划、课时、辅导方式、收费标准等详情请咨询机构或商家。

**六、本专业报录数据分析报告（资料不包含，需另付费）**

提供本专业近年报考录取数据及调剂分析报告，需另付费，报录数据包括：

①报录数据-本专业招生计划、院校分数线、录取情况分析及详细录取名单；

②调剂去向-报考本专业未被录取的考生调剂去向院校及详细名单。

**版权声明**

编写组依法对本书享有专有著作权，同时我们尊重知识产权，对本电子书部分内容参考和引用的市面上已出版或发行图书及来自互联网等资料的文字、图片、表格数据等资料，均要求注明作者和来源。但由于各种原因，如资料引用时未能联系上作者或者无法确认内容来源等，因而有部分未注明作者或来源，在此对原作者或权利人表示感谢。若使用过程中对本书有任何异议请直接联系我们，我们会在第一时间与您沟通处理。

因编撰此电子书属于首次，加之作者水平和时间所限，书中错漏之处在所难免，恳切希望广大考生读者批评指正。

## 目录

封面.....	1
目录.....	3
2026 年长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理考研核心笔记.....	4
《有色冶金原理》考研核心笔记.....	4
第 1 章 治金炉渣.....	4
考研提纲及考试要求 .....	4
考研核心笔记.....	4
第 2 章 化合物的离解—生成反应.....	15
考研提纲及考试要求 .....	15
考研核心笔记.....	15
第 3 章 氧化物的还原.....	26
考研提纲及考试要求 .....	26
考研核心笔记.....	26
第 4 章 硫化矿的火法冶金.....	41
考研提纲及考试要求 .....	41
考研核心笔记.....	41
第 5 章 氧化物和硫化物的火法氯化 .....	50
考研提纲及考试要求 .....	50
考研核心笔记.....	50
第 6 章 粗金属的火法精炼.....	61
考研提纲及考试要求 .....	61
考研核心笔记.....	61
第 7 章 湿法冶金浸出、净化和沉积.....	68
考研提纲及考试要求 .....	68
考研核心笔记.....	68
第 8 章 溶剂萃取和离子交换 .....	77
考研提纲及考试要求 .....	77
考研核心笔记.....	77
第 9 章 湿法冶金电解过程 .....	82
考研提纲及考试要求 .....	82
考研核心笔记.....	82
2026 年长沙矿冶研究院 814 有色冶金原理考研复习提纲.....	92
《有色冶金原理》考研复习提纲 .....	92

## 2026年长沙矿冶研究院814有色冶金原理考研核心笔记

## 《有色冶金原理》考研核心笔记

## 第1章 冶金炉渣

## 考研提纲及考试要求

考点：冶炼渣（熔炼渣）

考点：精炼渣（氧化渣）

考点：富集渣

考点：合成渣

考点：熔渣的其它作用

考点：重要的二元熔渣系相平衡图

考点：CaO—SiO<sub>2</sub>二元系体系特点

考点：CaO—FeO—SiO<sub>2</sub>系熔渣的等粘度曲线图

## 考研核心笔记

## 【核心笔记】概述

炉渣，熔化后称为熔渣，是火法冶金的一种产物，其组成主要来自矿石，熔剂和燃料灰份中的造渣成份。不同的熔渣所起的作用是不一样的，根据熔渣在冶炼过程中的作用，可将其分成冶炼渣、精炼渣、富集渣和合成渣四类。

**1. 冶炼渣（熔炼渣）**

（1）是在以矿石或精矿为原料、以粗金属或熔流为冶炼产物的熔炼过程中生成的。

主要作用—汇集炉料（矿石或精矿、燃料、熔剂等）中的全部脉石成分、灰分以及大部分杂质，从而使其与熔融的主要冶炼产物（金属、熔锍等）分离。

（2）例如，高炉炼铁中，铁矿石中的大量脉石成分与燃料（焦炭）中的灰份以及添加的熔剂（石灰石、白云石、硅石等）反应，形成炉渣，从而与金属铁分离。

（3）造锍熔炼中，铜、镍的硫化物与炉料中铁的硫化物熔融在一起，形成熔锍；铁的氧化物则与造渣熔剂SiO<sub>2</sub>及其他脉石成分形成熔渣。

**2. 精炼渣（氧化渣）**

（1）是粗金属精炼过程的产物。

（2）主要作用—捕集粗金属中杂质元素的氧化产物，使之与主金属分离。

**3. 富集渣**

（1）是某些熔炼过程的产物。（2）主要作用—使原料中的某些有用成分富集于炉渣中，以便在后续工序中将它们回收利用。

**4. 合成渣**

（1）是指由为达到一定的冶炼目的、按一定成分预先配制的渣料熔合而成的炉渣。（2）如电渣重熔

用渣、铸钢用保护渣、钢液炉外精炼用渣等。（3）这些炉渣所起的冶金作用差别很大。

### 5. 熔渣的其它作用

（1）作为金属液滴或流的液滴汇集、长大和沉降的介质冶炼中生成的金属液滴或流的液滴最初是分散在熔渣中的，这些分散的微小液滴的汇集、长大和沉降都是在熔渣中进行的。（2）在竖炉（如鼓风炉）冶炼过程中，炉渣的化学组成直接决定了炉缸的最高温度。对于低熔点渣型，燃料消耗量的增加，只能加大炉料的熔化量而不能进一步提高炉子的最高温度。（3）在许多金属硫化矿物的烧结焙烧过程中，熔渣是一种粘合剂。烧结时，熔化温度较低的炉渣将细粒炉料粘结起来，冷却后形成了具有一定强度的烧结块或烧结球团。（4）在金属和合金的精炼时，熔渣覆盖在金属熔体表面，可以防止金属熔体被氧化性气体氧化，减小有害气体（如  $H_2$ 、 $N_2$ ）在金属熔体中的溶解。

### 6. 熔渣的副作用

- （1）熔渣对炉衬的化学侵蚀和机械冲刷→大大缩短了炉子的使用寿命。
- （2）炉渣带走了大量热量→大大地增加了燃料消耗。
- （3）渣中含有各种有价金属→降低了金属的直收率

#### 【核心笔记】炉渣的组成

（1）熔渣主要由冶金原料中的氧化物或冶金过程中生成的氧化物组成的熔体。  
 （2）除氧化物外，炉渣还可能含有少量其它类型的化合物甚至金属  
 （3）熔渣组分的来源矿石或精矿中的脉石如高炉冶炼： $Al_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $SiO_2$  等为满足冶炼过程需要而加入的熔剂如  $CaO$ 、 $SiO_2$ 、 $CaF_2$  等——改善熔渣的物理化学性能冶炼过程中金属或化合物（如硫化物）的氧化产物如炼钢： $FeO$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $MnO$ 、 $TiO_2$ 、 $P_2O_5$  等 造锍熔炼： $FeO$ 、 $Fe_3O_4$  等。被熔融金属或熔渣侵蚀和冲刷下来的炉衬材料 如碱性炉渣炼钢时， $MgO$  主要来自镁砂炉衬  
 （4）炉渣氧化物组成炉渣的氧化物可分为三类：碱性氧化物：能提供氧离子  $O_2^-$ ，如  $CaO$ 、 $MnO$ 、 $FeO$ 、 $MgO$  等。酸性氧化物：能吸收氧离子而形成络合阴离子，如  $SiO_2$ 、 $P_2O_5$  两性氧化物：酸性氧化物过剩时可供给氧离子而呈碱性，而在碱性氧化物过剩时，则又会吸收氧离子形成络合阴离子而呈酸性。如  $Al_2O_3$ 、 $ZnO$  等。

（5）硅酸度的概念和计算在有色冶金中，习惯上用酸度（或硅酸度）表示炉渣的酸碱性。它指炉渣中所有酸性氧化物中氧的质量之和与碱性氧化物中氧的质量之和之比。用  $r$  表示。

$$r = \frac{\sum w_o(\text{酸性氧化物})}{\sum w_o(\text{碱性氧化物})}$$

一般来说，酸度小于或等于 1 的渣属于碱性渣；、反之，属于酸性渣。

#### 【核心笔记】炉渣系二、三元状态图

##### 1. 重要的二元熔渣系相平衡图

- （1） $Al_2O_3$ — $SiO_2$  二元系 1. 莫来石  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  ( $A_3S_2$ ) 是否一致熔融化合物？

①当试样中含有少量碱金属杂质，或相平衡实验是在非密闭条件下进行时， $A_3S_2$  为不一致熔融化合物；  
 ②当使用高纯试样并在密闭条件下进行实验时， $A_3S_2$  为一致熔融化合物。2. 莫来石是否形成固溶体？a. 莫来石 ( $A_3S_2$ ) 和刚玉 ( $Al_2O_3$ ) 之间能够形成固溶体，固溶体的组成范围为 71.8—77.5%  $Al_2O_3$ ；b. 常以化合物  $A_2S_3$  的组成点表示固溶体的组成。

体系特点体系中生成一个一致熔融化合物— $A_3S_2$ ，具有确定的熔点（1850℃）。 $A_3S_2$  将  $SiO_2$ — $Al_2O_3$  二元系划分成两个子二元系— $SiO_2$ — $A_3S_2$  和  $A_3S_2$ — $Al_2O_3$ 。 $SiO_2$ — $A_3S_2$  子二元系：简单低共熔型，低共熔温度 1595℃。 $A_3S_2$ — $Al_2O_3$  子二元系：简单低共熔型，低共熔温度 1840℃。→莫来石质 ( $A_3S_3$ ) 及刚玉质 ( $Al_2O_3$ ) 耐火砖可作为性能优良的耐火材料。二、 $CaO$ — $Al_2O_3$  二元系体系特点 3 个一致熔融化合物将

体系分解为4个独立的二元系 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3(\text{C}_{12}\text{A}_7)$ 或 $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3(\text{C}_5\text{A}_3)\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3(\text{CA})\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{CA}_2)$ 2个不一致熔融化合物 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3(\text{C}_3\text{A})\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3(\text{CA}_6)$ 所有化合物的熔化温度普遍较高，体系的最低熔化温度为 $1395^\circ\text{C}$ 。在 $\text{CaO}$ 含量为45~52%范围内，本体系能在 $1450\sim 1550^\circ\text{C}$ 温度范围内出现液相区。 $\rightarrow$ 配制的炉外合成渣常选择这一成分范围。

### 3. $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 二元系体系特点

(1) 体系中有四个化合物：

①硅酸三钙： $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{C}_3\text{S})$ ——不一致熔融II正硅酸钙： $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{C}_3\text{S})$ ——一致熔融III  
二硅酸三钙： $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{C}_3\text{S}_2)$ ——不一致熔融IV偏硅酸钙： $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{CS})$ ——一致熔融

(2) 一致熔融化合物 $\text{C}_2\text{S}$ 及 $\text{CS}$ 将整个相图分为三个独立部分 $\text{CaO}-\text{C}_2\text{S}$ 系——低共熔型含有一个在低温及高温下均会分解的化合物 $\text{C}_3\text{S}$ 。 $T < 1250^\circ\text{C}$ 时， $\text{C}_3\text{S} \rightarrow \alpha - \text{C}_2\text{S} + \text{CaO}$ ； $T > 1900^\circ\text{C}$ 时， $\text{C}_3\text{S} \rightarrow \alpha - \text{C}_2\text{S} + \text{CaO}$ 。 $\text{CaO}-\text{CS}$ 系——转熔型含有一个不一致熔融化合物 $\text{C}_3\text{S}_2(1475^\circ\text{C})$  $\text{CS}-\text{SiO}_2$ 系——包含一液相分层的低共熔型液相分层区： $\text{SiO}_2 74\sim 99.4\%$ ， $T > 1700^\circ\text{C}$ 。

(3) 一致熔融化合物 $\text{C}_2\text{S}$ 及 $\text{CS}$ 的稳定程度是不同的。 $\text{C}_2\text{S}$ 比较稳定，熔化时只部分分解； $\text{CS}$ 在熔化时则几乎完全分解。一般而言，可根据化合物组成点处液相线的形状（平滑程度），近似推断熔融态内化合物的分解程度。①若化合物组成点处的液相线出现尖峭高峰形，则该化合物非常稳定，甚至在熔融时也不分解；②若化合物组成点处的液相线比较平滑，则该化合物熔融时会部分分解；③化合物组成点处的液相线越平滑，该化合物熔融时的分解程度也越大。4.图中水平线可分为五大类：I 低共熔线：3条（ $2070^\circ\text{C}$ ， $1455^\circ\text{C}$ ， $1436^\circ\text{C}$ ）II 转熔线：1条（ $1475^\circ\text{C}$ ）III 偏晶线：一条（ $1700^\circ\text{C}$ ）IV 固相分解线：2条（ $1250^\circ\text{C}$ ， $1900^\circ\text{C}$ ）V 晶型转变线：6条（ $1470^\circ\text{C}$ ， $1420^\circ\text{C}$ ， $1210^\circ\text{C}$ ， $870^\circ\text{C}$ ， $725^\circ\text{C}$ ， $575^\circ\text{C}$ ）5.各种钙硅酸盐的熔化温度都很高①熔化温度不超过 $1600^\circ\text{C}$ 的体系只局限于含 $32\sim 59\% \text{CaO}$ 范围内。②超过 $50\% \text{CaO}$ 的体系，熔化温度急剧上升。 $\rightarrow$ 高炉渣中 $\text{CaO}$ 含量控制在 $35\sim 50\%$ 之间； $\rightarrow$ 有色冶金炉渣 $\text{CaO}$ 含量一般在15%以下。

(4)  $\text{CaO}$ 的作用 I 降低炉渣密度、减少重金属硫化物在炉渣中的溶解度 $\rightarrow$ 降低金属在炉渣中的损失。

(5) 体系中有一个一致熔融化合物 $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2(\text{F}_2\text{S}$ ，正硅酸铁或铁橄榄石），熔点 $1250^\circ\text{C}$ 。该化合物熔化时不稳定，分解为偏硅酸亚铁： $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 = 2(\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2) \Delta H_m > 0$

$T < 1205^\circ\text{C}$ 时，反应向左进行。 $\rightarrow \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2(\text{FS})$ 仅存在于熔体中，不会再熔度图中出现。 $\text{F}_2\text{S}$ 将 $\text{FeO}-\text{SiO}_2$ 二元系分成 $\text{SiO}_2-\text{F}_2\text{S}$ 和 $\text{F}_2\text{S}-\text{FeO}$ 两个分二元系。 $\text{F}_2\text{S}-\text{FeO}$ 分二元系：简单低共熔型，低共熔温度 $1180^\circ\text{C}$ 。 $\text{SiO}_2-\text{F}_2\text{S}$ 分二元系：靠近 $\text{SiO}_2$ 一侧，当温度高于 $1698^\circ\text{C}$ 时，体系中出现一个很宽的液相分层区；此分二元系包含一个低共熔点（ $1175^\circ\text{C}$ ）。体系中还存在一些高价铁的氧化物，如 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 或 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。

(6) 当 $\text{SiO}_2$ 含量为30%左右时，亚铁硅酸盐炉渣的熔化温度约为 $1200^\circ\text{C}$ 。I 理论上，这样的熔化温度符合有色金属矿物的造流熔炼及还原熔炼的要求。实际选用的炉渣中， $\text{FeO}$ 含量不宜过高。I 这种熔渣的比重大，不利于渣—锍或渣—金属的分离。II 随 $\text{FeO}$ 含量增加，重金属硫化物在渣中的溶解度（损失增大）。III 用高铁质碱性炉渣进行还原熔炼时， $\text{FeO}$ 也可能部分地被还原为金属铁，可能造成炉缸积铁。 $\rightarrow$ 加入 $\text{CaO}$ ，改善炉渣的性能。

### 5. $\text{CaO}-\text{FeO}$ 二元系体系特点

(1) 此体系不是一个真正的二元系，而是与金属铁平衡的 $\text{CaO}-\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 三元系相图在 $\text{CaO}-\text{FeO}$ 边的投影。体系中有一个不一致熔融化合物 $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，分解温度 $1133^\circ\text{C}$ 。 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 与 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 系形成低共熔体，低共熔温度为 $1125^\circ\text{C}$ 。六、 $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 二元系体系特点两性氧化物 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 与 $\text{CaO}$ 形成一个一致熔融化合物 $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{C}_2\text{F})$ 熔点 $1449^\circ\text{C}$ 。2个不一致熔融化合物： $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{C}_2\text{F})$ 和 $\text{CaO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{CF}_2)$ 。 $\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ：分解温度 $1218^\circ\text{C}$ ； $\text{CaO} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ：仅在 $1150\sim 1240^\circ\text{C}$ 范围内稳定存在。

$\text{CF}$ 和 $\text{CF}_2$ 的熔化温度均在 $1440^\circ\text{C}$ 以下。 $\rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$ 是石灰( $\text{CaO}$ )的有效助熔剂。1.3.2  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 三元系相平衡图1、 $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 三元系的应用冶金炉渣如高炉炼铁炉渣、铸钢保护渣、炉外精炼渣、锡电炉炉渣、氧化铝生产熟料硅酸盐领域如耐火材料、玻璃、水泥、陶瓷……