

# 湖南省高等教育自学考试

## 课程考试大纲

### 稀、贵金属冶金学

(课程代码: 12132)

湖南省教育考试院组编  
2016 年 12 月

# 高等教育自学考试课程考试大纲

课程名称：稀、贵金属冶金学

课程代码：12132

## 第一部分 课程性质与目标

### 一、课程性质与特点

稀、贵金属冶金学是高等教育自学考试冶金工程（本科）专业的专业核心课程。主要介绍稀有金属(以钨、钼为代表)和贵金属(以金、银为代表)生产的基本理论和基础知识。重点介绍生产的主要方法，生产工艺流程，技术经济指标和生产过程的主要设备及其结构。本课程具有明显的冶金工程技术背景和注重冶金工程实际运用的特点，在培养本专业人才中占有重要地位。通过本课程的学习，应使考生掌握稀贵金属冶炼的基本理论、基本方法，为后续的毕业设计打下坚实的理论基础，并提高分析问题和解决问题的能力，树立理论联系实际的科学作风。

### 二、课程目标与基本要求

通过本课程的学习，应使考生了解稀有金属(以钨、钼为代表)和贵金属(以金、银为代表)的性质、用途及其冶炼工艺的现状与发展动态；掌握钨、钼和金银提取的主要方法及其冶炼工艺、基本原理、主体设备的构造和技术经济指标控制；并提高自身的创新能力、分析问题和解决问题的能力，为今后从事相关冶金工作打下良好的专业知识基础。同时，通过本课程的学习，应使考生达到以下几方面的要求：

1. 了解稀有金属（以钨、钼为代表）和贵金属（以金、银为代表）的性质、用途及其冶炼工艺的现状与发展动态；
2. 掌握钨、钼和金银提取的主要方法，冶炼工艺，基本原理，主体设备的构造和技术经济指标；
3. 能够利用所学的理论知识分析稀贵金属冶金过程的影响因素，选择合适的工艺流程和工艺条件；
4. 具备严谨、科学的态度、求实的作风，提高自身的创新能力、分析问题和解决问题的能力。

### 三、与本专业其他课程的关系

先修课程：普通化学、物理化学、冶金原理，冶金传输原理，这四门课程是学习本门课程的理论基础。后续课程为毕业设计（论文），是对学习此门课程的检验。

## 第二部分 考核内容与考核目标

### 稀有金属冶金学部分

#### 第一篇 钨钼冶金

#### 第一章 钨钼冶金概论

##### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握钨钼冶金史，钨钼及其主要化合物的性质与用途，钨钼冶金的原料。

##### 二、考核知识点与考核目标

###### （一）钨钼及其主要化合物的性质（重点）

识记：钨钼的主要化合物

理解：钨钼及主要化合物的性质，同多酸、杂多酸及盐类

应用：同多酸及盐类的转化

###### （二）钨钼冶金的原料（次重点）

识记：钨钼冶金的矿物

理解：矿物的特征

应用：钨钼冶金原料的再生

###### （三）钨钼冶金史及用途（一般）

识记：钨钼冶金史

理解：钨钼材料的用途

应用：钨钼冶金生产的基本方法

#### 第二章 钨矿物原料的分解

##### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握钨矿物分解的生产方法及工艺过程，熟悉生产工艺指标及设备。

##### 二、考核知识点与考核目标

###### （一）钨矿物原料分解的方法概述、苛性钠浸出法（重点）

识记：苛性钠浸出法的原理

理解：钨矿物分解方法的选择

应用：影响分解过程的主要因素、如何提高浸出率

###### （二）酸分解法（次重点）

识记：酸分解法的特点

理解：酸分解钨矿物的原理

应用：影响分解过程的主要因素、如何提高浸出率

###### （三）苏打高压浸出法、苏打烧结法，分解钨矿物原料的其他方法，钨的二次金属回收（一般）

识记：分解钨矿物原料的其他方法

理解：钨的二次金属回收

应用：苏打高压浸出法、苏打烧结法

### 第三章 纯钨化合物制取

#### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握钨矿物分解后的钨酸钠溶液净化方法及工艺过程与设备。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）离子交换法

识记：离子交换法的原理（一般）

理解：离子交换法的特点（次重点）

应用：离子交换法的工艺过程及指标（重点）

##### （二）化学净化法

识记：化学净化法的特点（一般）

理解：化学净化法的原理（次重点）

应用：化学净化法的工艺过程及指标（重点）

##### （三）有机溶剂萃取法

识记：有机溶剂萃取法的特点（一般）

理解：有机溶剂萃取法的原理（次重点）

应用：有机溶剂萃取法工艺过程及指标、如何选择合适的萃取体系（重点）

### 第四章 从辉钼精矿生产纯钼化合物

#### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握处理辉钼矿的方法及纯钼化合物的生产的工艺过程设备。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）辉钼精矿的湿法氧化（一般）

识记：辉钼精矿的湿法氧化的原理

理解：辉钼精矿的湿法氧化各种方法的原理及特点

应用：如何选择合适的氧化方法

##### （二）纯钼化合物的生产（次重点）

识记：纯钼化合物的生产方法

理解：经典的湿法冶金法的原理及工艺过程

应用：如何提高经典湿法冶金法的浸出率

##### （三）辉钼精矿的氧化焙烧（重点）

识记：氧化焙烧的目的及几种焙烧方法

理解：几种焙烧方法的优缺点

应用：如何选择合适的焙烧方法

## 第五章 金属钨粉、钼粉的生产

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握金属钨粉、钼粉的生产原理及设备，金属钨粉在还原过程中的粒度控制。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）三氧化钨氢还原法生产金属钨（重点）

识记：三氧化钨氢还原法生产金属钨的原理

理解：三氧化钨氢还原法生产金属钨的历程

应用：三氧化钨氢还原法生产金属钨过程中影响还原速度的因素、粒度的控制、还原设备的选择

#### （二）三氧化钼氢还原法生产钼粉（次重点）

识记：三氧化钼氢还原法生产钼粉原理

理解：三氧化钼氢还原法生产钼粉与三氧化钨氢还原法生产金属钨的区别

应用：三氧化钼氢还原法生产钼粉的工艺

#### （三）卤化物氢还原法生产金属钨钼，金属热还原法生产金属钼（一般）

识记：目前制备钨钼的方法

理解：金属热还原法生产金属钼

应用：卤化物氢还原法生产金属钨钼的方法及原理

## 第二篇 钛锆钪冶金（不作考试要求）

## 第三篇 钽铌冶金（不作考试要求）

## 第四篇 稀土金属冶金（不作考试要求）

## 第五篇 高纯及致密稀有金属生产

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握高纯致密稀有金属生产的方法及原理。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）高温真空精炼的基本原理、区域熔炼法及定向凝固法提纯稀有金属（重点）

识记：目前制取高纯致密稀有金属的方法

理解：高温真空精炼的基本原理

应用：区域熔炼法及定向凝固法提纯稀有金属

#### （二）高温烧结法制取高纯致密稀有金属（次重点）

识记：高温烧结法的进步过程

理解：高温真空烧结法制取高纯致密钼条的过程

应用：高温烧结法制取致密钨、钼条的原理及过程

#### （三）真空熔炼法制取高纯致密稀有金属（一般）

识记：真空熔炼的加热方式

理解：等离子束熔炼及充气电渣熔炼  
应用：电弧熔炼及电子束熔炼的工艺过程

## 贵金属冶金及产品深加工部分

### 第一篇 贵金属的性质、资源、用途

#### 第一章 贵金属及化合物的性质

##### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握贵金属的种类，贵金属的命名，贵金属生产历史，贵金属的使用，国内外贵金属生产的基本状况，金银的物理性质，金银的化学性质与主要用途。

##### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 金银的物理性质，金银的化学性质与主要用途（重点）
  - 识记：金银的物理性质及变化规律
  - 理解：金银的化合物、配合物
  - 应用：金银的化学性质与主要用途
- (二) 贵金属的种类和国内外贵金属生产的基本状况（次重点）
  - 识记：贵金属的种类
  - 理解：贵金属的命名
  - 应用：国内外贵金属生产的基本状况
- (三) 贵金属生产历史，贵金属的使用（一般）

#### 第二章 贵金属的资源

##### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握金、银矿石和矿床类型，金、银的矿物，我国的金、银资源以及生产概况。

##### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 金、银的矿物
  - 识记：矿石和矿床类型，金、银的矿物（一般）
  - 理解：提取金、银的一般原则（次重点）
  - 应用：我国的金、银资源以及生产概况（重点）

#### 第三章 贵金属的用途（不在考试范围）

#### 第二篇 金、银冶金

#### 第四章 金、银提取前的矿石加工

##### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握从矿石中提取金、银的原则流程，矿石准备，金银矿石

的重力选矿及浮选的原理、工艺及设备。

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）金银矿石的重力选矿（次重点）

识记：金银矿石重力选矿的概念及原理

理解：金银矿石重力选矿的设备及使用范围

应用：金银矿石重力选矿的工艺选择

### （二）金银矿石的浮选（一般）

识记：金银矿石的浮选概念、原理

理解：金银矿石的浮选药剂

应用：金银矿石的浮选机

### （三）从矿石中提取金、银的原则流程，矿石准备（重点）

识记：矿石准备的任务

理解：磨矿的经济合理性的确定、各种磨矿设备的特点

应用：从矿石中提取金、银的原则流程，根据矿石的特点选择合适的工艺处理

## 第五章 混汞法提金

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握混汞法提金的原理、混汞提金的主要影响因素、混汞提金的设备与操作及汞膏的处理、汞毒的防治。

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）混汞提金的设备与操作（重点）

识记：混汞方法

理解：内混汞设备与操作

应用：外混汞设备与操作、外混汞作业及影响因素

### （二）混汞提金的原理（次重点）

识记：混汞历史

理解：混汞原理

应用：混汞提金的主要影响因素

### （三）汞膏的处理（一般）

识记：处理汞膏的目的与任务

理解：汞膏处理的步骤

应用：汞膏处理的工艺及格工序技术指标

## 第六章 氰化浸金

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握氰化过程热力学，氰化过程动力学，工业条件下影响氰

化速度的因素，氰化物水解与保护碱，渗滤浸出法，搅拌氰化浸出法，氰化废水的处理，氰化物的安全防护。

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）氰化过程原理、氰化浸金的主要影响因素（重点）

识记：氰化过程动力学（主要是扩散控制）

理解：氰化过程热力学（通过氰化的电位 - PH 图，了解氰化过程的热力学特征）

应用：氰化浸金的主要影响因素

### （二）氰化物水解与保护碱，渗滤浸出法，搅拌氰化浸出法（次重点）

识记：渗滤浸出法

理解：氰化物水解与保护碱

应用：搅拌氰化浸出法

### （三）氰化废水的处理，氰化物的安全防护（一般）

识记：氰化物的安全防护

理解：氰化废水的处理

## 第七章 氰化物溶液与伴生矿物的作用

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握氰化物溶液与伴生矿物（铁矿物、铜矿物、砷和锑矿物、铅锌汞矿物、其他矿物）的作用，氰化物溶液的疲劳。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）氰化物溶液与伴生矿物（铁矿物、铜矿物、砷和锑矿物、铅锌汞矿物、其他矿物）的作用，氰化物溶液的疲劳

识记：氰化物溶液的疲劳

理解：氰化物溶液与伴生矿物（铁矿物、铜矿物、砷和锑矿物、铅锌汞矿物、其他矿物）的作用原理

应用：在实践中如何消除伴生矿物氰化时的有害影响

## 第八章 从常规氰化浸出液中置换金银

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握锌置换沉淀的原理，加锌沉淀金、银的实践，金泥的处理。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）锌置换沉淀的原理，加锌沉淀金、银的实践，金泥的处理

识记：金泥的处理

理解：锌置换沉淀的原理

应用：加锌沉淀金、银的实践



## 第九章 现代氰化提金工艺

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握传统的氰化法存在的主要问题，炭浆法和树脂浆法工艺流程及炭浆法和树脂浆法生产的原理，工艺过程及指标，其它氰化提金新工艺。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）炭浆法（重点）

识记：活性炭、良好的活性炭具备的条件

理解：活性炭吸附金的机理

应用：炭浆法提金的工艺、影响吸附过程的主要因素、载金活性炭的解吸、炭再生、从解吸液中回收金

#### （二）树脂浆法（次重点）

识记：离子交换树脂、交换机理、提金离子交换树脂的选择

理解：树脂浆法工艺流程

应用：载金树脂的解吸与再生、从解吸液中回收金、银、树脂浆法与炭浆法的比较

#### （三）堆浸法和其它氰化提金新工艺（一般）

识记：堆浸法、其它氰化提金新工艺

理解：堆浸法对矿石的要求

应用：常规氰化堆浸、制粒氰化堆浸

## 第十章 非氰化浸金方法

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握氰化法浸金存在的缺点，并由此产生的新的非氰化浸金工艺，如硫脲法、硫代硫酸盐法、多硫化物法、卤化物法、硫氰酸盐法和其他浸金方法（丙二腈法、腐殖酸法、氰溴酸法、细菌法）。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）硫脲法浸金（重点）

识记：硫脲的性质

理解：硫脲溶解金、银的原理（热力学和动力学）、影响硫脲浸金的因素

应用：硫脲提金的工艺（常规硫脲浸出法、硫脲浸出- $\text{SO}_2$ 还原法、硫脲浸出-铁板置换法）

#### （二）其他非氰化浸金（次重点）

识记：其他各种方法

理解：各种方法浸金原理

应用：硫脲法和炭浆法的比较

## 第十一章 难处理金矿的预处理

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握难处理金矿的特征，含微细粒包裹金的矿石、含铜矿石、含铋矿石、含碳矿石及含碲金矿石处理方法和工艺。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）含微细粒包裹金的矿石（重点）

识记：难处理金矿的特征

理解：含微细粒包裹金的矿石（石英包裹和硫化物包裹）的特点

应用：硫化物包裹型难处理金矿的预处理（焙烧法、加压氧化法、细菌氧化法、硝酸氧化法）

#### （二）含铜矿石、含铋矿石（次重点）

识记：含铜矿石、含铋矿石的特点

理解：含铜矿石的处理方法

应用：含铋矿石的处理方法与工艺

#### （三）含碳矿石及含碲金矿石（一般）

识记：含碳矿石及含碲金矿石的特点

理解：含碳矿石及含碲金矿石的处理方法

## 第十二章 从重金属冶金副产品中提取金银（不作考试要求）

## 第十三章 从二次资源回收金银（不作考试要求）

## 第十四章 金银的精炼与铸锭

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握金泥或合金及粗金、银精炼的方法，主要有金银的化学法精炼，金银的电解精炼，金银的萃取精炼原理，金银电解精炼的原理及工艺技术指标、设备及操作、成品金银的熔铸。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）金银的电解精炼（重点）

识记：金银的电解精炼的基本原理

理解：金银的电解精炼过程中各种杂志的行为

应用：金银的电解精炼电解液的制备、电解的技术条件、设备与操作、电解废液和洗液的处理

#### （二）成品金银的熔铸（一般）

识记：熔铸所需设备与试剂

理解：金银熔铸的过程

#### （三）金银的化学精炼与萃取精炼（次重点）

识记：氯化精炼

理解：化学法精炼的方法（硫酸浸煮法、硝酸浸出法、王水浸金法）

应用：金银的萃取精炼的体系和工艺

**第三篇 铂族金属冶金(不作考试要求)**  
**第四篇 贵金属产品深加工(不作考试要求)**

**第三部分 有关说明与实施要求**

**一、考核的能力层次表述**

本大纲在考核目标中,按照“识记”、“理解”、“应用”三个能力层次规定其应达到的能力层次要求。各能力层次为递进等级关系,后者必须建立在前者的基础上,其含义是:

识记:能知道有关的名词、概念、知识的含义,并能正确认识和表述,是低层次的要求。

理解:在识记的基础上,能全面把握基本概念、基本原理、基本方法,能掌握有关概念、原理、方法的区别与联系,是较高层次的要求。

应用:在理解的基础上,能运用基本概念、基本原理、基本方法联系学过的多个知识点分析和解决有关的理论问题和实际问题,是最高层次的要求。

**二、教材**

**1. 指定教材:**

稀有金属冶金学,李洪桂,冶金工业出版社,1990年版

贵金属冶金学及产品深加工,杨天足,中南大学出版社,2005年版

**2. 参考教材:**

钨冶金学,李洪桂,中南大学出版社,2010年版

钨钼冶金,张启修、赵秦生,冶金工业出版社,2005年版

贵金属冶金学,卢宜源、宾万达,中南大学出版社,2004年版

金银冶金(第2版),孙戡,冶金工业出版社,2003年版

金银提取技术(第2版),黄礼煌,冶金工业出版社,2001年版

**三、自学方法指导**

1. 在开始阅读指定教材某一章之前,先翻阅大纲中有关这一章的考核知识点及对知识点的能力层次要求和考核目标,以便在阅读教材时做到心中有数,有的放矢。
2. 阅读教材时,要逐段细读,逐句推敲,集中精力,吃透每一个知识点,对基本概念必须深刻理解,对基本理论必须彻底弄清,对基本方法必须牢固掌握。
3. 在自学过程中,既要思考问题,也要做好阅读笔记,把教材中的基本概念、原理、方法等加以整理,这可从中加深对问题的认知、理解和记忆,以利于突出重点,并涵盖整个内容,可以不断提高自学能力。
4. 完成书后作业和适当的辅导练习是理解、消化和巩固所学知识,培养分析问题、解决问题及提高能力的重要环节,在做练习之前,应认真阅读教材,

按考核目标所要求的不同层次，掌握教材内容，在练习过程中对所学知识进行合理的回顾与发挥，注重理论联系实际和具体问题具体分析，解题时应注意培养逻辑性，针对问题围绕相关知识点进行层次（步骤）分明的论述或推导，明确各层次（步骤）间的逻辑关系。

#### 四、对社会助学的要求

1. 应熟知考试大纲对课程提出的总要求和各章的知识点。
2. 应掌握各知识点要求达到的能力层次，并深刻理解对各知识点的考核目标。
3. 辅导时，应以考试大纲为依据，指定的教材为基础，不要随意增删内容，以免与大纲脱节。
4. 辅导时，应对学习方法进行指导，宜提倡“认真阅读教材，刻苦钻研教材，主动争取帮助，依靠自己学通”的方法。
5. 辅导时，要注意突出重点，对考生提出的问题，不要有问即答，要积极启发引导。
6. 注意对考生能力的培养，特别是自学能力的培养，要引导考生逐步学会独立学习，在自学过程中善于提出问题，分析问题，做出判断，解决问题。
7. 要使考生了解试题的难易与能力层次高低两者不完全是一回事，在各个能力层次中会存在着不同难度的试题。
8. 助学学时：本课程共 5 学分，建议总课时 90 学时，其中助学课时分配如下：

稀有金属冶金学部分		
章 次	内 容	学 时
第 1 章	钨钼冶金概论	6
第 2 章	钨矿物原料的分解	8
第 3 章	纯钨化合物制取	8
第 4 章	从辉钼精矿生产纯钼化合物	6
第 5 章	金属钨粉、钼粉的生产	6
第五篇	高纯及致密稀有金属生产	6
合计		40
贵金属冶金及产品深加工部分		
章 次	内 容	学 时
第 1 章	贵金属及化合物的性质	4
第 2 章	贵金属的资源	4
第 4 章	金、银提取前的矿石加工	4
第 5 章	混汞法提金	6
第 6 章	氰化浸金	4
第 7 章	氰化物溶液与伴生矿物的作用	4

第 8 章	从常规氰化浸出液中置换金银	4
第 9 章	现代氰化提金工艺	4
第 10 章	非氰化浸金方法	4
第 11 章	难处理金矿的预处理	6
第 14 章	金银的精炼	6
合 计		50
总 计		90

## 五、关于命题考试的若干规定

1. 本大纲各章所提到的内容和考核目标都是考试内容。试题覆盖到章，适当突出重点。
2. 试卷中对不同能力层次的试题比例大致是：“识记”为 20 %、“理解”为 40%、“应用”为 40%。
3. 试题难易程度应合理：易、较易、较难、难比例为 2：3：3：2。
4. 每份试卷中，各类考核点所占比例约为：重点占 60%，次重点占 30%，一般占 10%。
5. 试题类型一般分为；单项选择题、填空题、名词解释、简答题、论述题、工艺分析题。
6. 考试采用闭卷笔试，考试时间 150 分钟，采用百分制评分，60 分合格。

## 六、题型示例（样题）

### 一、单项选择题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，请将其选出并将“答题卡”上的相应字母涂黑。错涂、多涂或未涂均无分。

1. 下列金属中属于稀有高熔点金属的是

A. Li                      B. Sc                      C. Ga                      D. W

### 二、填空题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 稀有金属生产流程各不相同，但一般来说都经历四个阶段，分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

### 三、名词解释题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 保护碱

### 四、简答题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

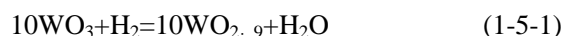
1. 写出辉钼矿氧化焙烧过程中随着氧分压的提高，钼的物相转化顺序及生成三氧化钼的主要反应。

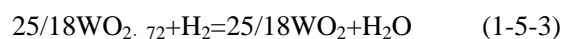
### 五、论述题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 三氧化钨氢还原过程，影响钨粉粒度的因素主要有哪些？简述其影响行为。

### 六、工艺分析题（本大题共 1■小题，每小题■分，共■分）

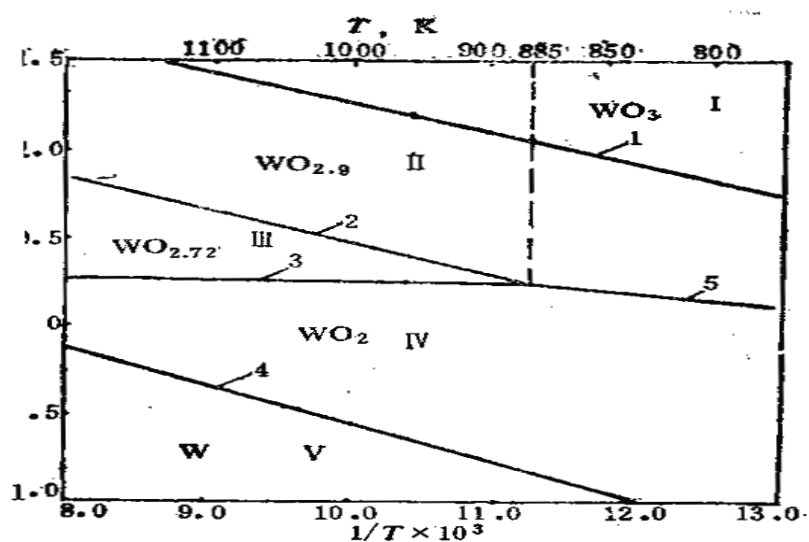
1.  $\text{WO}_3$ 被氢还原过程中将进行一系列中间反应，分别如下：





请根据下图回答以下问题：

- (1) 随着系统中氧分压的降低，钨的稳定态将发生怎样的变化？
- (2) 为了得到金属钨粉，应该如何控制系统的条件？
- (3) 不同温度下，还原顺序是怎样的？



1-5-1 钨氧化物氢还原反应的 $\lg K_p$ 与 $1/T$ 关系

2—反应1-5-2； 3—反应1-5-3； 4—反应1-5-4； 5—反应1-5-5