

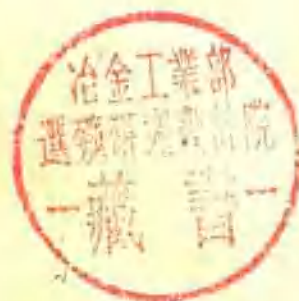
中等專業學校教學用書

# 稀有金屬冶金學

上 冊

A.H. 澤利克曼 Г.В. 薩姆索諾夫 O.E. 克列茵 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯



重工業出版社

中等專業學校教學用書

# 稀有金屬冶金学

上 册

A. H. 澤利克曼, Г. Б. 薩姆索諾夫, О. Е. 克列茵 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

本書係根据苏联黑色与有色冶金科技書籍出版社 (Металлургиздат) 出版的, 澤利克曼 (А. И. Зеликман), 薩姆索諾夫 (Г. В. Самсонов), 克列茵 (О. Е. Крейн) 合著“稀有金屬冶金学 (Металлургия редких металлов)” 1954年版譯出。原書經苏联冶金工業部教育司審定為教學參考書。

本書敘述了製取各種重要稀有金屬——鎢、鋁、鉍和鈮、鈦、鉍、鈳、鎳、錳、鈷和鎳、汞和銻——的冶金過程。

本書對每種金屬的物理化學性質、應用範圍、自不同原料製取各種化合物的基本方法及純金屬的生產技術操作均有論述。

本書是冶金中等專業學校的教學參考書, 並可供稀有金屬工業的工程技術人員利用。

本書第三、四、五、六、七、八、九章為重工業部有色金屬工業管理局編譯科徐珍娥譯, 原序, 第一、二章為馮國魁譯, 由中南礦冶學院教授陳展猷校訂。

А. И. Зеликман, Г. В. Самсонов, О. Е. Крейн  
МЕТАЛЛУРГИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ  
Металлургиздат (Москва 1954)

### 稀有金屬冶金学(上册)

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯  
重工業出版社 (北京市灯市口甲45号) 出版  
北京市書刊出版業登記證出字11-15号

重工業出版社印刷厂印

一九五六年四月第一版

一九五六年四月北京第一次印刷 (1-1,541)

850×1188 •  $\frac{1}{32}$  • 206,000字 • 7 $\frac{14}{32}$ 印張 • 定價 (10) 1.10元

書号 0418

發行者 新華書店

# 上 冊 目 錄

|           |   |
|-----------|---|
| 原 序 ..... | 3 |
|-----------|---|

## 第一篇 冶金学概論

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第一章 稀有金屬冶金学概論 .....       | 10 |
| 第1節 冶金学的概念 .....          | 10 |
| 第2節 稀有金屬的概念 .....         | 11 |
| 第3節 稀有金屬的分類 .....         | 17 |
| 第4節 苏联稀有金屬工業的發展 .....     | 19 |
| 第二章 稀有金屬精礦各主要处理階段概說 ..... | 23 |
| 第5節 稀有金屬礦石的特點 .....       | 23 |
| 第6節 处理精礦的各个階段 .....       | 24 |
| 第7節 精礦的分解 .....           | 25 |
| 火冶法 .....                 | 25 |
| 水冶法 .....                 | 23 |
| 第8節 稀有金屬純化合物的生產 .....     | 23 |
| 溶解度小的化合物的沉澱 .....         | 23 |
| 鹽的結晶 .....                | 30 |
| 第9節 从化合物生產金屬 .....        | 31 |

## 第二篇 高熔點稀有金屬

|                 |    |
|-----------------|----|
| 第三章 鎢 .....     | 33 |
| 第10節 鎢的概論 ..... | 33 |
| 簡史 .....        | 33 |
| 鎢的性質 .....      | 34 |
| 鎢化合物的性質 .....   | 35 |
| 应用範圍 .....      | 39 |

|      |                      |    |
|------|----------------------|----|
| 第11節 | 礦物、礦石及精礦 .....       | 42 |
|      | 錫礦物 .....            | 42 |
|      | 錫礦石及錫礦床 .....        | 43 |
|      | 錫礦的精選 .....          | 44 |
| 第12節 | 錫精礦處理方法概述 .....      | 46 |
| 第13節 | 錫錳鐵礦精礦的處理 .....      | 48 |
|      | 苏打燒結法 .....          | 48 |
|      | 用氫氧化鈉溶液分解錫錳鐵礦 .....  | 53 |
|      | 除去溶液中的雜質 .....       | 54 |
|      | 使錫化合物從溶液中析出 .....    | 56 |
| 第14節 | 錫酸鈣礦精礦的處理 .....      | 59 |
|      | 用苏打燒結 .....          | 59 |
|      | 用苏打水溶液分解錫酸鈣礦精礦 ..... | 61 |
|      | 用酸分解錫酸鈣礦精礦 .....     | 64 |
| 第15節 | 錫酸的淨化 .....          | 66 |
| 第16節 | 三氧化錫的生產 .....        | 63 |
| 第四章  | 金屬錫的生產 .....         | 72 |
| 第17節 | 用氫還原三氧化錫 .....       | 72 |
|      | 還原爐 .....            | 74 |
|      | 還原方法 .....           | 76 |
|      | 錫粉顆粒的大小 .....        | 76 |
| 第18節 | 用碳還原三氧化錫 .....       | 77 |
|      | 裝料的製備 .....          | 78 |
|      | 還原爐 .....            | 79 |
| 第19節 | 密鑲錫的生產 .....         | 80 |
|      | 壓鑄 .....             | 80 |
|      | 煅合 .....             | 81 |
|      | 煅合坯塊的機械加工 .....      | 85 |
| 第五章  | 鉍 .....              | 83 |
| 第20節 | 鉍的概論 .....           | 89 |
|      | 簡史 .....             | 89 |
|      | 鉍的性質 .....           | 90 |

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
|      | 鉍化合物的性質 .....        | 91  |
|      | 應用範圍 .....           | 96  |
| 第21節 | 礦物、礦石及精礦 .....       | 98  |
|      | 鉍礦物 .....            | 98  |
|      | 鉍礦石及鉍礦床 .....        | 99  |
|      | 鉍礦石的精選 .....         | 100 |
| 第22節 | 輝鉍礦精礦處理方法概述 .....    | 101 |
| 第23節 | 輝鉍礦精礦的氧化焙燒 .....     | 101 |
|      | 在反射爐和隔焰爐焙燒 .....     | 104 |
|      | 在筒形迴轉爐中焙燒 .....      | 104 |
|      | 在多膛爐中焙燒 .....        | 107 |
|      | 鉍在焙燒時鉍礦時的行為 .....    | 110 |
| 第24節 | 純三氧化鉍的生產 .....       | 110 |
|      | 用昇華法生產三氧化鉍 .....     | 110 |
|      | 處理焙燒礦的化學法 .....      | 112 |
| 第25節 | 不合格精礦及生產廢料的處理 .....  | 118 |
| 第26節 | 金屬鉍的生產 .....         | 121 |
|      | 用氫還原三氧化鉍 .....       | 121 |
|      | 展性鉍的生產 .....         | 122 |
| 第六章  | 鉍和銻 .....            | 124 |
| 第27節 | 鉍和銻的概論 .....         | 124 |
|      | 鉍和銻的性質 .....         | 124 |
|      | 化合物的性質 .....         | 125 |
|      | 應用範圍 .....           | 129 |
| 第28節 | 礦物、礦石及精礦 .....       | 130 |
|      | 礦物 .....             | 130 |
|      | 礦石和精礦 .....          | 133 |
| 第29節 | 精礦的處理 .....          | 134 |
| 第30節 | 苛性鈉熔化法 .....         | 134 |
| 第31節 | 鉍和銻的分開 .....         | 138 |
| 第32節 | 用氫氟酸分解鉍 鐵礦 鈣鐵礦 ..... | 145 |

|              |                            |     |
|--------------|----------------------------|-----|
| 第33節         | 鈦鉍鈳精礦的處理 .....             | 146 |
|              | 硫酸分解法 .....                | 146 |
|              | 氯化法 .....                  | 148 |
| 第34節         | 金屬鉍和金屬鈳的生產方法 .....         | 160 |
| 第35節         | 關於金屬熱還原法的一般概念 .....        | 161 |
| 第36節         | 用還原鉍氟酸鈉的方法生產鉍和鈳的金屬粉末 ..... | 166 |
| 第37節         | 用电解法生產鉍粉 .....             | 168 |
| 第38節         | 密緻鉍的生產 .....               | 153 |
|              | 壓塑 .....                   | 153 |
|              | 熾合 .....                   | 160 |
| 第39節         | 金屬鉍和金屬鈳殘料的翻新 .....         | 165 |
| <b>第七章 鈦</b> | .....                      | 167 |
| 第40節         | 鈦的概論 .....                 | 167 |
|              | 鈦的性質 .....                 | 167 |
|              | 化合物的性質 .....               | 169 |
|              | 應用範圍 .....                 | 172 |
|              | 蘇聯鈦工業的發展 .....             | 174 |
| 第41節         | 鈦礦物、鈦礦石及鈦精礦 .....          | 176 |
| 第42節         | 處理鈦精礦所得的產品 .....           | 178 |
| 第43節         | 从鈦鐵礦生產二氧化鈦 .....           | 179 |
|              | 鈦鐵礦精礦的分解 .....             | 179 |
|              | 除去溶液中的鐵 .....              | 182 |
|              | 加水分解 .....                 | 186 |
| 第44節         | 四氯化鈦的生產 .....              | 190 |
| <b>第八章 鋯</b> | .....                      | 196 |
| 第45節         | 鋯的概論 .....                 | 196 |
|              | 鋯的性質 .....                 | 195 |
|              | 化合物的性質 .....               | 197 |
|              | 應用範圍 .....                 | 201 |
| 第46節         | 礦物、礦石及精礦 .....             | 203 |
| 第47節         | 處理鋯英石精礦所得的產品 .....         | 205 |

|            |                         |            |
|------------|-------------------------|------------|
| 第48節       | 分解鉛英石精礦的方法 .....        | 206        |
| 第49節       | 苛性鈉熔化法 .....            | 206        |
| 第50節       | 用石灰燒結法分解鉛英石 .....       | 211        |
| 第51節       | 鉛氟化鉀的生產 .....           | 213        |
| 第52節       | 四氯化鉛的生產 .....           | 213        |
| <b>第九章</b> | <b>金屬鈦和金屬鉛的生產 .....</b> | <b>217</b> |
| 第53節       | 鈦和鉛的製煉方法 .....          | 217        |
| 第54節       | 还原氯化物 .....             | 218        |
|            | 用鈉还原氯化鈦 .....           | 219        |
|            | 用鎂还原氯化鈦 .....           | 222        |
|            | 用鎂还原氯化鉛 .....           | 224        |
| 第55節       | 用金屬鈉还原鉛氟酸鉀 .....        | 228        |
| 第56節       | 还原鈦和鉛的氧化物 .....         | 228        |
|            | 用金屬鈣还原氧化物 .....         | 229        |
|            | 用氧化鈣还原氧化物 .....         | 231        |
| 第57節       | 密緻鈦和密緻鉛的生產 .....        | 232        |
|            | 粉末冶金法 .....             | 232        |
|            | 熔化法 .....               | 233        |
|            | 熱分解碘化物法 .....           | 233        |



# 原序

第十九次黨代表大會關於 1951~1955 年蘇聯發展第五個五年計劃的指示中規定要進一步大力發展我國的工業。

稀有金屬在解決面臨的任務方面起着很大的作用，稀有金屬決定着下列各重要工業部門的發展：特殊鋼生產，硬質合金及熱合金的生產，真空技術等。

在蘇維埃政權年代裏所建立並發展起來的稀有金屬及其合金與化合物的生產，在目前是一重要的冶金工業部門，它能滿足各個不同工業部門對稀有金屬的不斷增長的需要。

由於稀有金屬工業的產生和發展，就開始培養了這些金屬的冶金及化學工藝方面的工程技術幹部。

現有文獻中的稀有金屬書籍，都是一般性的或者僅涉及個別金屬的生產。

本書是作者根据他在有色冶金中等專業学校所講授的“稀有金屬及幼金屬冶金学”課程的教學大綱所編寫的。

本書敘述了下列稀有金屬的冶煉：鎢、鉬、鈮和鉭、釷、銻、鉍、鐳、錒、銾、銩、銪、鏷、以及兩種“幼金屬”——汞與鋇。

作者在叙述各种金属的冶金学时，特别注意自矿石原料製取稀有化合物（氧化物及鹽類）及生產純金属的一些典型技術作業过程的物理化学实質。

在这个基础上，学生就能瞭解本书中未叙述到而在实际工作中可能遇到的其他各种不同的技术作业过程。

中等專業學校的學生在學習“稀有金屬冶金學”以前，或在同時，應學習下列課程：“冶金的物理化學原理”，“選礦學”，“冶金爐”，“收塵”，“水法冶金的过程与設備”。這樣就能根據學生們已經瞭解的概念來闡述本書的材料，並且可以不再敘述水法冶金的標準設備（浸出器，稠濃器，過濾機等）、磨碎機，以及收塵設備的作用原理等。

本書第一、二、六、七、八、九、十二、十三、十四及十五章是 A. H. 澤利克曼所寫，第三、四及五章是 A. H. 澤利克曼與 O. E. 克列茵所寫，第十、十一及十六章是 Г. B. 薩姆索諾夫所寫，第十七章是 O. E. 克列茵所寫。

作者謹向評閱者致以衷心的謝意，他們的意見已在準備書稿付印時加以考慮。

---

# 第一篇 冶金学概論

## 第一章 稀有金屬冶金学概論

### 第1節 冶金学的概念

關於从礦石、化合物和生產部門的廢料中提取金屬的生產过程的科学叫做冶金学。

同時，从各种原材料提取各种金屬的工業部門就叫做冶金工業。

金屬和各种合金是現代機器和勞動工具的基本結構材料。因此，冶金工業是主要工業部門之一。沒有強大的冶金工業來保證整個國民經濟所需的金屬，機器製造業、鐵路、汽車、海洋和內河運輸業、航空工業、電器工業、國防工業的發展都是不可能的。

冶金工業起源於远古時代。研究过我國和其他國家（中國、埃及、希臘）領土上的人類最古居住地的考古學家們，都曾經發現用过鐵和青銅製造的武器、家庭用具和裝飾品。

科学已經証明，在“史前”時代，人類已經生產鐵、銅、金、銀、鉛、錫、汞和鎳。

這些金屬之所以比別的金屬早一些為人類所利用，是因為這些金屬大部分以自然金屬狀態產出於自然界和容易从礦石煉出。最初這些金屬可能是从落到篝火中的礦物塊偶然得到的。

某些民族是先學會生產銅和錫以及這兩種金屬的合金——青銅（於是有“青銅時代”），然後又過渡到生產鐵；而另外一些民族則是从石器時代直接過渡到鐵器時代，而未經過青銅時代。

到中世紀開始生產鉀和鈹。所有其他在現代工業技術上應用金屬：鋁、鎂、鎳、鈷、鉻、錳、鉍族金屬以及所謂“稀有金屬”，都是經過幾百年之後，於十八世紀末、十九世紀和二十世紀生產的，這時候所達到的科学与技術水平，已能从礦石和化合物分离出這些金屬。

在目前已知的100种化学元素中（包括新的超鈾元素），約有80

種元素是金屬。其中現時在工業上应用的至少有 60 種。

冶金工業通常分為黑色冶金工業和有色冶金工業，黑色冶金工業包括鐵、生鐵、鋼和鐵合金（鉻鐵、錳鐵等）的生產；有色冶金工業包括所有其餘各種金屬的生產。

有色冶金工業所處理的金屬為數很多，使得必須根據生產方法的共同性、礦石原料的特性及其他特徵把這些金屬加以分類。

有色冶金工業現在分為下列各個部門：

- 1) 有色重金屬冶金工業——生產銅、鋁、鈷、鉛、鋅、錫等金屬；鎳、汞、鎘和鉍也歸入這一類金屬。
- 2) 有色輕金屬冶金工業——生產鋁、鎂、鈣及其他鹼土金屬和鹼金屬。
- 3) 貴金屬冶金工業——生產金、銀、鉑及鉑族金屬（銻、鉭、鈮、釷、鐳等）。
- 4) 稀有金屬冶金工業——生產所有其餘各種金屬（約 50 種）。

## 第 2 節 稀有金屬的概念

從二十世紀開始的時候起，各種從前未找到用途的一些化學元素開始在工業上起着越來越重要的作用。A. E. 費爾士曼院士於 1939 年研究 Д. И. 門德雷耶夫週期系中各種元素在工業技術上的使用情況時曾經指出，在當時已知的 88 種元素中，只有幾種（鋁、氮、氫、鉍）沒有用途。

從那個時候起又過去了許多年，在科學和技術方面又獲得了新的成就。Д. И. 門德雷耶夫週期系中所有空位都填滿了：發現了序數為 43 的元素錳，序數為 61 的元素鉕，序數為 85 的元素釷，序數為 87 的元素釷，並且人為地製造了各種新的超鈾元素。週期系的各種元素在工業上的應用都擴大了。

在所有已知的元素中，有一半以上屬於所謂“稀有金屬”類。在週期系中用方格圈着的金屬（圖 1）都屬於這一類。

Д. И. 門德雷耶夫週期系中每一族的金屬都有屬於“稀有”金屬類的。自然，屬於這一類的各種金屬在物理化學性質方面是有巨大區別的。

|   | I                               | II                              | III                             | IV                             | V                               | VI                             | VII                             | VIII                           | IX                              |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | H <sup>1</sup><br>氫<br>1.008    |                                 |                                 |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |
| 2 | Li <sup>3</sup><br>鋰<br>6.940   | Be <sup>4</sup><br>鈹<br>9.012   | B <sup>5</sup><br>硼<br>10.82    |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |
| 3 | Na <sup>11</sup><br>鈉<br>22.997 | Mg <sup>12</sup><br>鎂<br>24.32  | Al <sup>13</sup><br>鋁<br>26.97  |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |
| 4 | K <sup>19</sup><br>鉀<br>39.096  | Ca <sup>20</sup><br>鈣<br>40.08  | Sc <sup>21</sup><br>釷<br>45.10  | Ti <sup>22</sup><br>鈦<br>47.90 | V <sup>23</sup><br>釩<br>50.95   | Cr <sup>24</sup><br>鉻<br>52.01 | Mn <sup>25</sup><br>錳<br>54.93  | Fe <sup>26</sup><br>鐵<br>55.85 | Co <sup>27</sup><br>鈷<br>58.94  |
| 5 | Rb <sup>37</sup><br>鉀<br>85.48  | Sr <sup>38</sup><br>銣<br>87.63  | Y <sup>39</sup><br>釷<br>88.92   | Zr <sup>40</sup><br>鋯<br>91.92 | Nb <sup>41</sup><br>鎢<br>92.91  | Mo <sup>42</sup><br>鉬<br>95.96 | Tc <sup>43</sup><br>錳<br>98.91  | Ru <sup>44</sup><br>鈷<br>101.7 | Rh <sup>45</sup><br>銻<br>102.91 |
| 6 | Cs <sup>55</sup><br>銣<br>132.91 | Ba <sup>56</sup><br>鋇<br>137.36 | La <sup>57</sup><br>釷<br>138.92 | Hf <sup>72</sup><br>鈦<br>178.6 | Ta <sup>73</sup><br>鎢<br>180.88 | W <sup>74</sup><br>鉬<br>183.92 | Re <sup>75</sup><br>銻<br>186.31 | Os <sup>76</sup><br>銻<br>190.2 | Ir <sup>77</sup><br>銻<br>193.1  |
| 7 | Fr <sup>87</sup><br>鈉<br>223.02 | Ra <sup>88</sup><br>銣<br>226.05 | Ac <sup>89</sup><br>釷<br>227.03 |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |

## 錒系

|                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Ce <sup>58</sup><br>鈰<br>140.13 | Pr <sup>59</sup><br>釷<br>140.92 | Nd <sup>60</sup><br>釷<br>144.27 | Pm <sup>61</sup><br>釷<br>144.91 | Sm <sup>62</sup><br>釷<br>150.43 | Eu <sup>63</sup><br>釷<br>152.0 | Gd <sup>64</sup><br>釷<br>157.25 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|

## 錒系

|                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Th <sup>90</sup><br>釷<br>232.04 | Pa <sup>91</sup><br>釷<br>231.04 | U <sup>92</sup><br>釷<br>238.03 | Np <sup>93</sup><br>釷<br>237.05 | Pu <sup>94</sup><br>釷<br>239.07 | Am <sup>95</sup><br>釷<br>243.06 |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|

圖 1 門德雷夫化學元素週期系

|                                 | I                               | II                              | III                             | IV                              | V                               | VI                              | VII                             | VIII                            |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | He <sup>2</sup><br>氦<br>4.003   |
|                                 |                                 |                                 |                                 | C <sup>6</sup><br>碳<br>12.01    | N <sup>7</sup><br>氮<br>14.008   | O <sup>8</sup><br>氧<br>16.00    | F <sup>9</sup><br>氟<br>19.00    | Ne <sup>10</sup><br>氖<br>20.183 |
|                                 |                                 |                                 |                                 | Si <sup>14</sup><br>矽<br>28.06  | P <sup>15</sup><br>磷<br>30.98   | S <sup>16</sup><br>硫<br>32.066  | Cl <sup>17</sup><br>氯<br>35.457 | Ar <sup>18</sup><br>氩<br>39.994 |
| Ni <sup>28</sup><br>鎳<br>58.69  | Cu <sup>29</sup><br>銅<br>63.54  | Zn <sup>30</sup><br>鋅<br>65.38  | Ga <sup>31</sup><br>鎵<br>69.72  | Ge <sup>32</sup><br>鍺<br>72.60  | As <sup>33</sup><br>砷<br>74.91  | Se <sup>34</sup><br>硒<br>78.96  | Br <sup>35</sup><br>溴<br>79.916 | Kr <sup>36</sup><br>氪<br>83.7   |
| Pd <sup>46</sup><br>鉑<br>106.7  | Ag <sup>47</sup><br>銀<br>107.88 | Cd <sup>48</sup><br>鎘<br>112.41 | In <sup>49</sup><br>銦<br>114.76 | Sn <sup>50</sup><br>錫<br>118.70 | Sb <sup>51</sup><br>銻<br>121.76 | Te <sup>52</sup><br>碲<br>127.61 | I <sup>53</sup><br>碘<br>126.92  | Xe <sup>54</sup><br>氙<br>131.3  |
| Pt <sup>78</sup><br>鉑<br>195.23 | Au <sup>79</sup><br>金<br>197.2  | Hg <sup>80</sup><br>汞<br>200.61 | Tl <sup>81</sup><br>鉍<br>204.39 | Pb <sup>82</sup><br>鉛<br>207.21 | Bi <sup>83</sup><br>鉍<br>209.00 | Po <sup>84</sup><br>鉈<br>(208)  | At <sup>85</sup><br>砹           | Rn <sup>86</sup><br>氡<br>222.0  |

## 元 素

|                                |                                 |                                 |                                |                                |                                 |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Tb <sup>65</sup><br>釷<br>159.2 | Dy <sup>66</sup><br>鐳<br>162.46 | Ho <sup>67</sup><br>釷<br>164.94 | Er <sup>68</sup><br>鈳<br>167.2 | Tm <sup>69</sup><br>釷<br>169.4 | Yb <sup>70</sup><br>釷<br>173.04 | Lu <sup>71</sup><br>釷<br>174.99 |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|

## 元 素

|                       |                       |                       |                       |                        |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Gm <sup>96</sup><br>鐳 | Bk <sup>97</sup><br>鐳 | Cf <sup>98</sup><br>鐳 | Ae <sup>99</sup><br>鐳 | Ct <sup>100</sup><br>鐳 |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|

(用方格圈着的是稀有金屬)

究竟是什麼使得這些在性質方面如此不同的金屬併合為一類呢？

這種併合是由於歷史的關係而形成的。稀有金屬類所包括的都是由於一系列原因而較遲應用於工業範圍的金屬。

這首先是因為大多數稀有金屬是在十八世紀末葉和十九世紀才發現的，而且開始應用這些金屬自然要經過一定的時期。此外，許多稀有金屬在地殼中分佈很少而且很分散，同時某些稀有金屬很難提取以及很難煉成純淨的金屬，這些都是掌握這些金屬的極其重大的障礙。

在B.H. 維爾納得斯基和A.E. 費爾士曼院士所編製的表1中，表明人類從最古的時候起，對化學元素的利用是不斷擴大的。從表1可見，所有屬於稀有金屬類的金屬，都是在十九世紀和二十世紀才開始在工業上應用的。

由此可見，“稀有金屬”一詞的概念，原來是同在工業上稀有的即在技術上很少應用或完全不用的金屬發生聯系的。但是，目前稀有金屬中許多已經成為現代技術上很尋常的金屬了。不應用稀有金屬，許多工業部門的存在是不可想像的。

因之，“稀有金屬”一詞的概念不是絕對的，而是反映着由於歷史的關係而形成的習慣。

把“稀有金屬”一詞的概念與在自然界中分佈很少的概念（即地球化學方面的“稀有”）混為一談是一種普遍性的錯誤。

為了弄清楚這一點，我們來看一下關於各種元素在地殼中的分佈情況的現代資料。

地球化學家們曾經在綜合各種岩石的許多分析結果的基礎上計算了地殼即厚16公里的地球表層的組成。按重量百分數計的地殼組成表，最初是由Ф. 克拉克於1889年編製的。後來這些表逐漸地編製得更準確了。

● 在研究各種元素在地殼中的分佈情況這一事業上，蘇維埃學者B.H. 維爾納得斯基院士、A.E. 費爾士曼院士、B.Γ. 赫洛平院士以及A.П. 維諾格拉多夫院士曾經作出了很大的貢獻。

根據A.E. 費爾士曼院士的建議，各種元素在地殼中含量的平均數字稱為“克拉克”。

表 1

## 化学元素应用範圍擴大情况

(不僅考慮到游離元素的应用, 並且考慮到各元素的化合物的应用)

| 時 期         | 元 素                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 元素總數 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 古代          | N, Al, Fe, Au, K, Ca, O, Si, Cu, Na, Sn, Hg, S, Pb, Ag, C, Cl, Zn, Sb                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 19   |
| 十八世紀以前      | 除上列元素外, 還有: As, Mg, Bi, Co, B, Ni, P                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 26   |
| 十八世紀        | 除上列元素外, 還有: H, Pt, Ir, J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 30   |
| 十九世紀        | 除上列元素外, 還有: Ba, Br, <span style="border: 1px solid black;">V</span> , <span style="border: 1px solid black;">W</span> , Cd, Mn, <span style="border: 1px solid black;">Mo</span> , Os, Pd, <span style="border: 1px solid black;">Ra</span> , Sr, <span style="border: 1px solid black;">Ta</span> , F, <span style="border: 1px solid black;">Th</span> , <span style="border: 1px solid black;">U</span> , Cr, <span style="border: 1px solid black;">Zr</span> 及釷系元素(15種元素)                                                                                                                                                                   | 62   |
| 二十世紀1915年以前 | 除上列元素外, 還有: Ne, <span style="border: 1px solid black;">Li</span> , He, <span style="border: 1px solid black;">Ti</span> , <span style="border: 1px solid black;">Ac</span> , Ru, Rh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 69   |
| 二十世紀1932年以前 | 除上列元素外, 還有: <span style="border: 1px solid black;">Be</span> , Ar, <span style="border: 1px solid black;">Ga</span> , <span style="border: 1px solid black;">Sc</span> , <span style="border: 1px solid black;">Rb</span> , <span style="border: 1px solid black;">Y</span> , <span style="border: 1px solid black;">In</span> , <span style="border: 1px solid black;">Te</span> , <span style="border: 1px solid black;">Nb</span> , <span style="border: 1px solid black;">Hf</span> , <span style="border: 1px solid black;">Re</span> , <span style="border: 1px solid black;">Tl</span> , <span style="border: 1px solid black;">Cs</span> | 82   |

說明: 下面劃有綫的是古代已經应用的金屬; 用方格圍着的是稀有金屬。

表 2 所列是各种化学元素在地殼中分佈情况的數據 (以重量百分數計)。在表中各元素係按十進制分組的: 排列在第一个十進級的是克拉克值大於 10 的元素; 排列在第二個十進級的是克拉克值在 10 至 1 之間的元素; 排列在第三個十進級的是克拉克值在 1 至 0.1 之間的元素; 餘類推。



