



# 有色冶金手冊

第二卷 第一分冊

H.H.穆拉契 編著  
重工業部專家工作室 譯

重工業出版社

# 有色冶金手册

第二卷 第一分册

(重金屬冶金学)

博士, H.H. 穆拉契教授編著

重工業部專家工作室譯

重工業出版社

〔有色冶金手册〕第二卷，包括銅、鐵、錳、鉛、錘、鋅、鎳、錫及再生重金屬等有色金屬冶煉原料與成品的特性，及其冶煉方法、狀態圖與計算數據。

本手册為有色冶金工作者，高等工業學校及中等專業學校學生的參考書。

本手册第二卷的譯者為重工業部專家工作辦公室王忠義（第一篇），姜振忠（第二、七、八、九篇），馮國魁（第三篇），黎青茹、李良華（第四篇），曹澤壽（第五篇），刘文啓（第六、十一、十二篇），邵文華（第十篇），傅順和（第十三篇）；校者為中南礦冶學院冶金系馬恒儒（第一篇），周則岳（第二、八、十二篇），樂頌光（第三篇），何名茂（第四、六、七篇），傅崇說（第三、六、七篇），黃培雲（第四篇），方紹富（第八篇），趙天从（第二、八、九、十一篇），汪健（第九篇），陳洲溪（第十篇），羅耀天（第十一篇），陳展猷（第十三篇）。第四、五、十、十一、十二篇因校對工作尚未完成，擬作為第二分冊出版。

## 第二卷 第一分冊

### 總目錄

序言.....	( 4 )
第一篇 有色重金屬冶金的重要狀態圖與系平衡 ( 博士, H. H. 穆拉契教授) .....	( 5 )
第二篇 冶煉方法簡述及計算數據 ( 博士, H. H. 穆拉契教授) .....	( 91 )
第三篇 銅冶金.....	(155)
I. 火法冶煉(卡查赫科學院通訊院士, 博士, X. K. 阿維齊祥教授) .....	(158)
II. 精煉(技術科學副博士, B. A. 科爾達少夫).....	(201)
III. 濕法冶煉(博士, H. H. 穆拉契教授) .....	(255)
第六篇 鉛冶金(斯大林獎金得獎人, 蘇聯科學院 通訊院士, 博士, П. M. 契日科夫教授) .....	(265)
第七篇 鈹冶金(斯大林獎金得獎人 H. П. 薩仁教授) ..	(315)
第八篇 鋅冶金(博士, Ф. M 勞斯庫托夫教授) .....	(327)
第九篇 鋁冶金(工程師, M. A. 瑪可維茲卡雅) .....	(335)
第十三篇 有色冶金工業中的集塵 ( 博士, Ю. B. 柏馬可夫教授) .....	(401)

## 序 言

【有色冶金手冊】第二卷，包括銅、鎳、鈷、鉛、鈹、鋅、鎘、銻、錫及再生重金屬等有色重金屬冶煉方面的材料。

每種金屬在本手冊中所佔篇幅與章節的結構略有不同：凡可以找到大量參考文獻的一些金屬，均不加詳述，只列舉最新的與重要的數據，並指出所根據的文獻；對某些在文獻中少見的金屬，則詳述其冶煉方法與流程。

本卷未列入有關生產設備的詳細數據，因為這對許多種有色金屬是共通性的問題，擬單成一卷出版。

Б.А. 馬連柯夫工程師，對此卷的準備工作曾給予極大的幫助，博士 А.А. 柴德勒教授曾做了珍貴的指示。

Н.Н. 穆拉契

莫斯科、1946年

## 第一篇

# 有色重金屬冶金的重要狀態圖與系平衡

博士，H.H. 穆拉契教授 著

# 第一篇 目 錄

<b>I. 元素—氧系</b> .....	(11)
1. Bi — O 系 .....	(11)
2. C — O 系 (圖1,2,3,) .....	(11)
3. Cd — O 系 .....	(12)
4. Co — O 系 .....	(12)
5. Cu — O 系 (圖4) .....	(13)
6. Cu — Cu <sub>2</sub> O 系 (圖5) .....	(13)
7. Fe — O 系 (圖6) .....	(14)
8. Fe — Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 系 (圖7) .....	(15)
9. Mn — O 系 (圖8) .....	(15)
10. Ni — O 系 (圖9) .....	(15)
11. Pb — O 系 (圖10) .....	(15)
12. S — O 系 .....	(16)
13. Si — O 系 .....	(16)
14. Sn — O 系 .....	(16)
<b>II. 元素—硫系</b> .....	(16)
15. Bi — S 系 (圖11) .....	(16)
16. C — S 系 .....	(17)
17. Cd — S 系 .....	(17)
18. Co — S 系 (圖12) .....	(17)
19. Cu — S 系 (圖13) .....	(18)
20. Fe — S 系 (圖14,15) .....	(19)
21. H — S 系 .....	(20)
22. Mn — S 系 .....	(21)
23. Ni — S 系 (圖16) .....	(21)
24. Ni — Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> 系 (圖17) .....	(22)
25. Pb — S 系 (圖18) .....	(22)
26. Sn — S 系 (圖19) .....	(23)



27. Sb — S 系 (圖20) .....	(23)
28. Zn — S 系 .....	(24)
<b>III. 元素—砷系 .....</b>	<b>(24)</b>
29. Co — As系 (圖21) .....	(24)
30. Fe — As系 (圖22) .....	(25)
31. Ni — As系 (圖23) .....	(26)
32. Sn — As系 (圖24) .....	(27)
<b>IV. 元素—磷—氧(硫)系 .....</b>	<b>(28)</b>
33. Ca — C — O 系 (圖25) .....	(28)
34. Cu — S — O 系 (圖26) .....	(28)
35. Fe — C — O 系 (圖27) .....	(29)
36. Fe — C — S 系 (圖28) .....	(30)
37. H — C — O 系 (圖29) .....	(30)
38. Mg — C — O 系 (圖30) .....	(31)
39. Mn — Fe — O 系 (圖31) .....	(32)
40. Pb — S — O 系 (圖32) .....	(32)
41. S — C — O 系 .....	(33)
42. Si — C — O 系 .....	(33)
<b>V. 二金屬氧化物系 .....</b>	<b>(34)</b>
43. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —SiO <sub>2</sub> 系 (圖33) .....	(34)
44. BaO—SiO <sub>2</sub> 系 (圖34) .....	(34)
45. BiO—SiO <sub>2</sub> 系 .....	(34)
46. CaO—SiO <sub>2</sub> 系 (圖35) .....	(35)
47. CoO—SiO <sub>2</sub> 系 .....	(35)
48. Cu <sub>2</sub> O—SiO <sub>2</sub> 系 .....	(35)
49. FeO—SiO <sub>2</sub> 系 (圖36) .....	(36)
50. K <sub>2</sub> O—SiO <sub>2</sub> 系 (圖37) .....	(36)
51. MgO—SiO <sub>2</sub> 系 (圖38) .....	(37)
52. MnO—SiO <sub>2</sub> 系 (圖39) .....	(37)
53. Na <sub>2</sub> O—SiO <sub>2</sub> 系 (圖40) .....	(38)

- 54. NiO — SiO<sub>2</sub>系 ..... (38)
- 55. PbO — SiO<sub>2</sub>系 (圖41) ..... (38)
- 56. SnO — SiO<sub>2</sub>系 (圖42) ..... (39)
- 57. ZnO — SiO<sub>2</sub>系 (圖43) ..... (39)
- 58. CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖44) ..... (39)
- 59. CaO — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖45) ..... (40)
- 60. CaO — MgO系 (圖46) ..... (40)
- 61. FeO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖47) ..... (41)
- 62. MgO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖48) ..... (41)
- 63. PbO — As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>系(圖49) ..... (42)
- 64. PbO — CuO系 (圖50) ..... (42)
- 65. PbO — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖51) ..... (42)
- 66. PbO — Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖52) ..... (43)
- 67. SnO — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系(圖53) ..... (43)

**VI. 三金屬氧化物系** ..... (44)

- 68. CaO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub> 系(圖54) ..... (44)
- 69. CaO — FeO — SiO<sub>2</sub>系 (圖55,56,57) ..... (45)
- 70. CaO — MgO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系 (圖58,59) ..... (47)
- 71. CaO — MgO — SiO<sub>2</sub>系 (圖60) ..... (48)
- 72. FeO — MnO — SiO<sub>2</sub>系 (圖61) ..... (49)
- 73. MgO — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — SiO<sub>2</sub>系 (圖62) ..... (50)

**VII. 二金屬硫化物系** ..... (51)

- 74. Ag<sub>2</sub>S — Cu<sub>2</sub>S系 (圖63) ..... (51)
- 75. Ag<sub>2</sub>S — FeS系 (圖64) ..... (51)
- 76. Ag<sub>2</sub>S — PbS系 (圖65) ..... (52)
- 77. Ag<sub>2</sub>S — ZnS系 (圖66) ..... (52)
- 78. Cu<sub>2</sub>S — FeS系 (圖67,68) ..... (53)
- 79. Cu<sub>2</sub>S — Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>系(圖69) ..... (54)
- 80. Cu<sub>2</sub>S — PbS系 (圖70) ..... (54)
- 81. Cu<sub>2</sub>S — ZnS系 (圖71) ..... (55)

- 82. FeS — MnS系 (圖72) ..... (55)
- 83. FeS — Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>系(圖73) ..... (56)
- 84. FeS — PbS系 (圖74) ..... (56)
- 85. FeS — SnS系 (圖75) ..... (56)
- 86. FeS — ZnS系 (圖76) ..... (57)
- 87. Na<sub>2</sub>S—Cu<sub>2</sub>S 系(圖77) ..... (57)
- 88. Na<sub>2</sub>S— FeS系(圖78) ..... (58)
- 89. Na<sub>2</sub>S—Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>系(圖79) ..... (58)
- 90. PbS —Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>系(圖80) ..... (59)
- 91. PbS — SnS系 (圖81) ..... (59)
- 92. PbS — ZnS系 (圖82) ..... (59)
- 93. SnS — CaS系 (圖83) ..... (59)
- 94. Na<sub>2</sub>S— Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>—Cu<sub>2</sub>S系 (圖84,85) ..... (60)

**四. 二金屬与硫或砷系**

- 95. Co — Ni — S系..... (61)
- 96. Cu — Ni — S系..... (61)
- 97. Cu — S —Zn系 (圖86) ..... (61)
- 98. Fe — Cu— S系 (圖87) ..... (62)
- 99. Fe — Sn— S系 (圖88) ..... (63)
- 100. Ni — As— S系..... (63)
- 101. Ni — Fe—As系 (圖89) ..... (63)
- 102. Ni — Fe — S系 (圖90, 90a, 91) ..... (64)
- 103. Pb — Cu — S系 (圖92) ..... (66)
- 104. Pb — Fe — S系 (圖93) ..... (66)

**IX. 二金屬系**

- 105. Ag — Pb 系 (圖94) ..... (67)
- 106. Bi — Ca 系 (圖95) ..... (68)
- 107. Bi — Pb 系 (圖96) ..... (69)
- 108. Bi — Sn 系 (圖97) ..... (69)
- 109. Ca — Pb 系 (圖98) ..... (70)

110. Cd — Zn 系 (圖99) .....	(71)
111. Co — Fe 系 (圖100).....	(72)
112. Co — Ni 系 (圖101).....	(73)
113. Cu — Fe 系 (圖102).....	(74)
114. Cu — Pb 系 (圖103).....	(75)
115. Cu — Sb 系 (圖104).....	(76)
116. Cu — Sn 系 (圖105).....	(77)
117. Fe — Ni 系 (圖106).....	(78)
118. Fe — Sb 系 (圖107).....	(79)
119. Fe — Sn 系 (圖108).....	(80)
120. Pb — Ni 系 (圖109).....	(81)
121. Pb — Sb 系 (圖110).....	(82)
122. Pb — Sn 系 (圖111).....	(82)
123. Pb — Zn 系 (圖112).....	(83)
124. Sb — Sn 系 (圖113).....	(84)
<b>X. 三金屬系</b> .....	(85)
125. Cu — Zn — Pb系 (圖114).....	(85)
126. Cu — Sn — Pb系 (圖115).....	(85)
127. Pb — Ag — Zn系 (圖116 与 ,116a).....	(86)
128. Ni — Co — Fe系.....	(87)
129. Sn — Fe — Si系 (圖117).....	(87)
130. Sn — Sb — Cu系.....	(87)
<b>XI. 其他系</b> .....	(88)
131. FeO —FeS系 (圖118).....	(88)
132. PbCl <sub>2</sub> —PbS 系(圖119).....	(88)
133. PbCl <sub>2</sub> —Su 系 (圖120).....	(88)
134. Me — S —O系 (圖121).....	(89)
135. S <sub>2</sub> —MeS 系(圖122,123).....	(89)
<b>参考文献</b> .....	(90)

# I. 元素—氧系

## 1. Bi—O 系

铋的氧化物有： $\text{BiO}$ ， $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ， $\text{Bi}_2\text{O}_4$ ， $\text{Bi}_2\text{O}_5$  及在室溫中不穩定的過氧化物 $\text{Bi}_4\text{O}_7$ ， $\text{Bi}_2\text{O}_6$ 。（詳見〔3〕\*，卷Ⅲ原書265—269頁）。

## 2. C—O 系

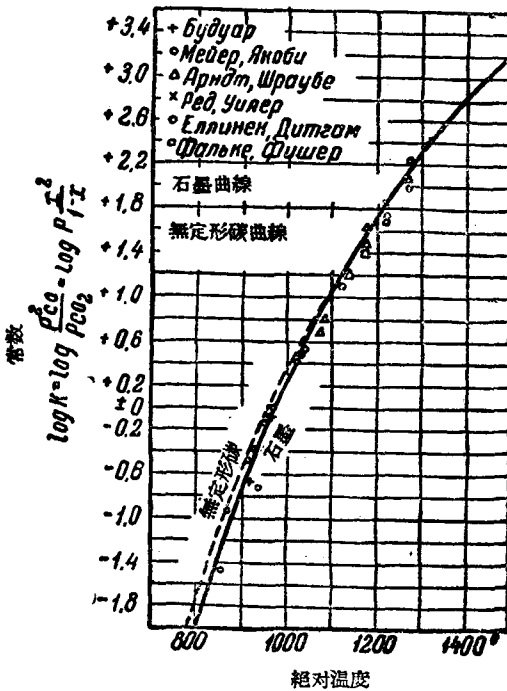
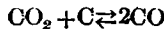


圖 1 布杜阿尔 (Будуар) 反应平衡常数



\* 此处及後面方括号中的数字，表示章末所附文献的编号。

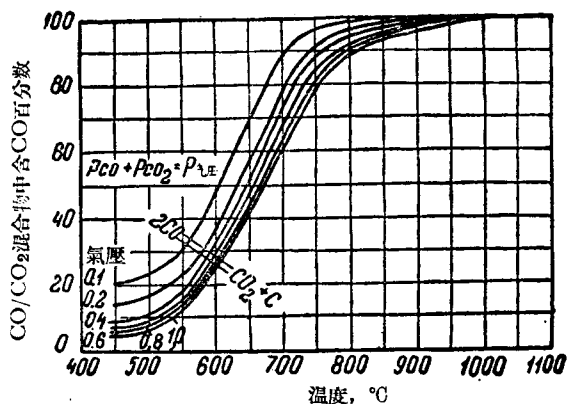


圖 2 布杜阿爾等壓反應平衡曲線

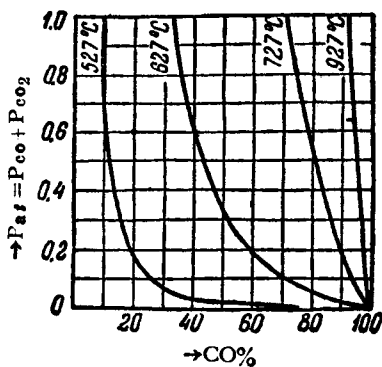


圖 3 布杜阿爾等溫反應平衡曲線

### 3. Cd—O 系

只有一種化合物—CdO (詳見[3], 卷Ⅲ原書304—306頁)。

### 4. Co—O 系

某些數據可參閱 (Gmelins Handb. d. anorgan. Chemie, B. 58-a. Kobalt) 一書。

$2\text{Co}_3\text{O}_4 \rightleftharpoons 6\text{CoO} + \text{O}_2$  平衡系中氧氣壓力的值, 會由佛特與斯密(Footers-Smith) (Journ. Americ. Chem. Soc. 30, P. 1344, 1908) 測定如下:

°C	毫米水銀柱	°C	毫米水銀柱
800	10	910	183
850	28	950	521
900	144	970	765

5与6. Cu—O与Cu—Cu<sub>2</sub>O 系  
CuO重量%

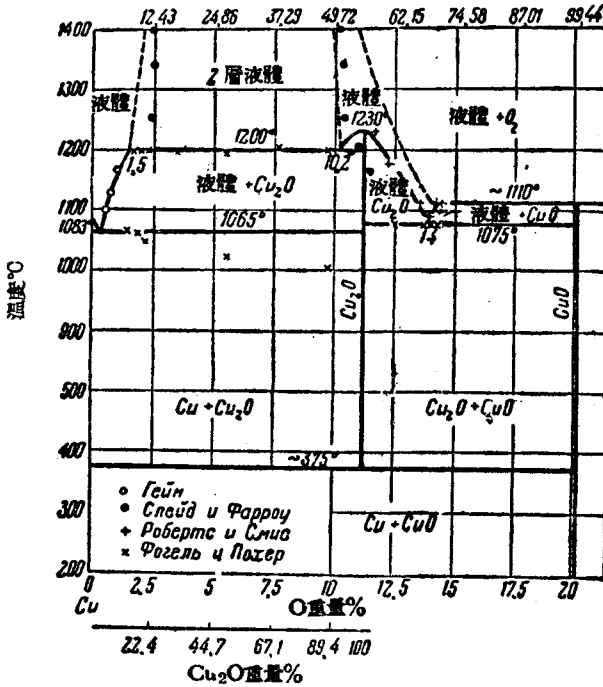
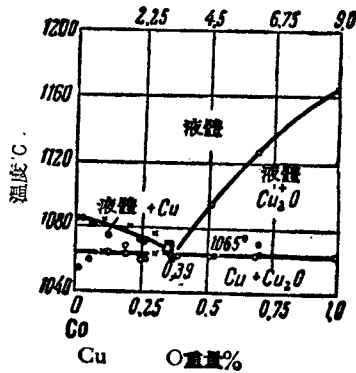


圖 4 銅—氧 (罗伯茲Робертс, 斯密史密斯)

Cu<sub>2</sub>O重量%

圖 5 銅—氧 (O<sub>2</sub>至1%)  
(海因Гейн, 弗格尔Фогель,  
坡赫尔Похер)



7. Fe—O 系

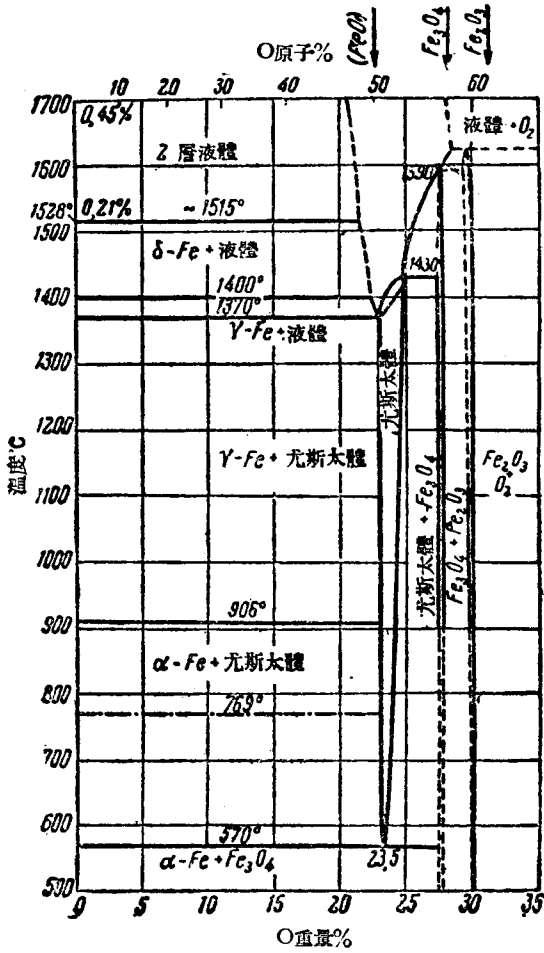


圖 6 鐵—氧

(詳細數據見 [1], 卷 II, 原書 675—680 頁)。



8. Fe—Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>系

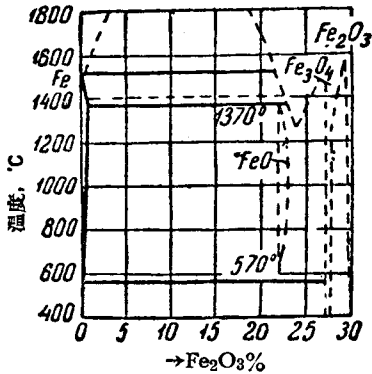


圖 7 鐵—氧化鐵 (別奈吉科斯 Бенедикс, 勞魁斯特 Ловвист)

9. Mn—O 系

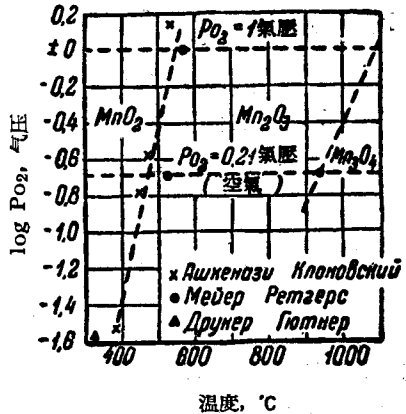


圖 8 氧气与錳的氧化物的平衡压

11. Pb—O 系

10. Ni—O 系

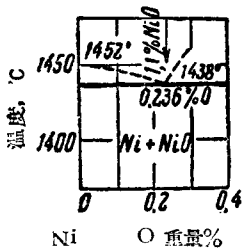


圖 9 鎳—氧 (梅力卡 Мерика, 翁平貝格 Умшенберг)

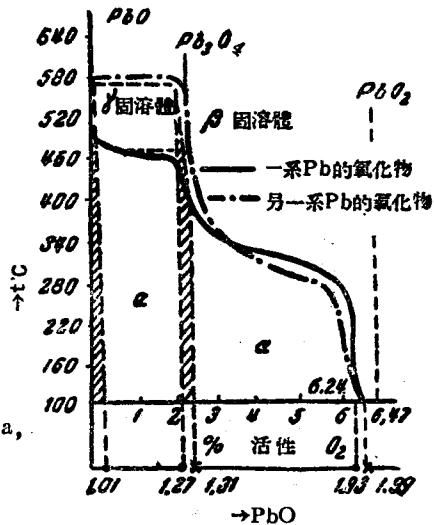


圖 10 鉛—氧 (罗德 Роде)