

金屬礦床工業類型目錄

1. 緒論……………(馮景蘭稿)
2. 鉄……………(馮景蘭稿, 祁思敬补充实例)
3. 錳……………(祁思敬、邓熾昌稿, 馮景蘭校补)
4. 鉻……………(祁思敬、金景福編, 馮景蘭校补)
5. 鈦……………(祁思敬、霍承禹編, 馮景蘭校)
- ✓ 6. 鋁……………(祁思敬、趙鳳池、馬新兴集稿, 馮景蘭校編)
- ✓ 7. 鈷……………(祁思敬、趙鳳池資料, 馮景蘭改編)
8. 釩……………(馮景蘭編)
9. 銅……………(馮景蘭編)
- ✓ 10. 鉛、鋅、銀……………(馮景蘭稿, 白士魁、熊曾熙、丰淑庄补充实例)
11. 鋁……………(霍承禹編, 馮景蘭校)
12. 錫……………(馮景蘭編, 胡祖桂、黃茂新、卫冰洁补充实例)
13. 鎢……………(馮景蘭稿, 蔡时玉补充实例)
14. 鉬……………(蔣明霞稿, 馮景蘭校补)
15. 碑……………(祁思敬稿, 馮景蘭校补)
16. 鉍……………(夏宏远稿, 馮景蘭校补)
- ✓ 17. 汞……………(朱文清編, 馮景蘭校补)
18. 鎘……………(馮景蘭編, 朱文清补充实例)
- ✓ 19. 金……………(馮景蘭編)
- ✓ 20. 鉑……………(馮景蘭編)
21. 放射性金属……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)
22. 稀土及分散金属……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)

第八章 钒

(馮景蘭編)

I. 概 論

(1) 钒的地球化学：钒在地壳中的平均含量为 0.02%；在稀有金属中，是比较高的，但因钒易趋分散，所以富集成工业矿床很少。在内生条件下钒常为三价，高度富集可见于基性和超基性岩中，很少见于硷性和酸性岩中。在表生条件下钒常为五价，易被溶液带走，并被粘土、铝土矿、褐铁矿等所吸附，集中于植物和其他生物中。含钒溶液，易与铅、锌、铜矿物（特别是氧化带中的矿物）起反应。把潜水自岩石中淋滤出来的钒留下来富集成矿。

(2) 钒矿物中，只有少数，能成工业矿石：

钒云母， $K V_2 (AlSi_3O_{10}) (OH)_2$ ，含 V_2O_5 19—23%。

钒钾铀矿 $K_2U_2(VO_4)_2O_4 \cdot 3H_2O$ ，含 V_2O_5 20%。

绿硫钒矿， VS_2 或 V_2S_5 ，含 V_2O_5 在 25% 以下。

褐铅矿 $Pb_5(VO_4)_3Cl$ ；含 V_2O_5 19%。

此外尚有钒铅铀矿 $4(Pb, Zn)O \cdot V_2O_5 \cdot H_2O$ ，钒磁铁矿 $Fe(Fe, V)_2O_4$ ，重石、榍石、石榴子石、閃石、黑云母等，也含少量 (V_2O_5 1—5%) 的钒。

(3) 钒矿石中，钒的最低含量是 0.5—0.7%，在钛磁铁矿矿石中，最低允许含量是 0.25%，在可順便提取钒的鲕状铁矿石中，钒的含量，一般不多于 0.05—0.1%。

(4) 关于钒矿石的处理方法：一般是先用手选，次用机械富选，然后还原熔炼，制成钒铁。

(5) 钒的用途：自 1905 年以来钒主要用在黑色冶金方面，以钒铁，钒酸钙，或钒铁等状态，用制生铁合金和钢合金。含钒 0.1—0.35% 的合金生铁，广泛应用于机器制造业以制造机车的汽缸、活塞、联轴和活门。含钒 1% 或更多的合金钢广泛应用于飞机制造，汽车制造，机器制造和军事工业。钒和钨、铬、钼在一起，可制造快速切削工具。在这种特殊钢中，加入钒 1%，可增切削和鑽进的效能一倍。钢中加钒，能大增钢的硬度，弹性和抗裂强度，减低内燃机壁的磨损。只需加钒 0.25%，就增钢的弹性一倍，也就是可以减少汽车轴直径，弹簧厚度的 $\frac{1}{2}$ ；加钒 0.5%，来制活塞，可将磨损减少到 $\frac{1}{2}$ ；加钒 0.5%，到装甲钢板，可以减少钢板厚度 $\frac{1}{2}$ 。

钒铜和钒青铜也大量应用，小部分钒，用于制造颜料，并在硫酸制造工业中，用钒代铂作接触剂。

(6) 钒的世界产量，约为 5,000 吨/年，其中 $\frac{1}{3}$ 产自美国， $\frac{1}{4}$ 产自秘鲁，其余 $\frac{1}{4}$ 产自北罗德西亚，和西南非洲。世界储量，未见统计。

(7) 钒的成矿时代和成矿地区：钒的主要聚集与寒武志留纪，部分与二叠纪砂质和炭质页岩有关，其次是与侏罗纪白垩纪砂岩有关，地壳上产钒地区为美国西部，秘鲁、非洲，和波罗的海一带。

II. 钒矿床工业类型

别傑赫琴在他的金属矿床学中，将有价值的钒矿床分为 (i) 岩漿矿床，(ii) 热液矿

床, (iii) 淋滤(淋积)矿床, (iv) 沉积矿床四类; 但实际上含有硫钒铜矿($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{V}_2\text{S}_5$) 的热液石英矿脉很少, 工业意义不大, 可以省略。

馬加克揚在「金屬矿床」中, 將钒矿床的成因类型及矿石建造分为 (i) 属于岩浆矿床的钛磁铁矿建造, (ii) 属于淋滤矿床的钒钾铀矿砂岩、綠硫钒矿建造, 和钒铅矿建造, 及 (iii) 属沉积矿床的铝土矿建造、可燃性有机岩(煤, 瀝青和石油) 建造、鲕状褐铁矿建造和钒頁岩建造。

茲依据其工业重要性的次第, 將钒矿分为淋积型, 沉积型, 和岩浆型三类, 分述如下:

1. **淋积型**: 是現在钒的主要工业类型, 几乎可以保证钒的全部产量。当含钒岩石受到化学分解时, 钒酸随水移动遇各种鹽基 (CaO , CuO , PbO , K_2O) 与之化合形成各种钒酸盐类, 此型可分为下列三种建造:

(1) **钒钾铀矿砂岩**: 主要矿物是钒钾铀矿和钒云母, 用以采铀, 同时也可順便取钒, (含 UO_2 0.5%, V_2O_5 1—1.5%), 属于这类矿床的有美国猶他和柯罗拉多的矿床, 澳洲南部及中亞灰岩中的秋亞穆云矿床, 这是钒的最主要来源, 世界钒产量的一半取給于此种矿床。茲以柯罗拉多州西南部和猶他州东南部, 帕拉多克斯谷钒铀矿床为例:

帕拉多克斯谷钒铀矿床: 矿区地层为近于水平的侏罗白堊紀厚层杂色砂岩并加有頁岩和礫岩。

含钒矿物的堆积, 主要在侏罗紀白色砂岩內, 亦生于角礫岩帶和傾斜緩和的裂隙里。

矿石矿物有钒钾铀矿, 水钒矿和钒云母, 通常与石膏共生, 钒钾铀矿 $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_2 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 成鮮黄色粉末, 往往替换树干成为特富矿体。水钒矿 $2\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 含钒最富呈黑色土狀, 常置换砂岩或石膏細脉中的膠結物, 钒云母是綠褐色或紅褐色的含钒白云母, 含 V_2O_5 20—29%, 它也分散在砂岩中, 有些砂岩夹层中钒云母可以高达 20%。

根据化学分析, 矿石中除钒、铀、钾外, 尚有鈣、鋁、銅、鉛、鋅、砷、富矿石含 V_2O_5 3—5%, UO_2 1.5—3%。

关于此矿床的成因有二种見解: 第一种見解以为矿体限于沉积层內, 可能属于沉积型, 第二种見解以为钒铀矿物通常成細脉产出, 显見淋积有关。第二种說法, 得到一般矿床学者的贊同。

(2) **綠硫钒矿建造**: 常与瀝青脉和瀝青矿层有密切关系, 矿石含钒頗富, 有时并含鎳鉛雜質, 是钒的重要来源之一, 約佔世界产钒总量的 $1/4$, 秘魯明納斯拉格拉, 和美、苏都有这种矿床, 茲以前者为例:

秘魯明納斯拉格拉矿床: 拔海 4,700 公尺, 矿区由白堊紀泥質頁岩, 砂岩和灰岩構成, 被斑岩岩牆所穿切。矿床为生于頁岩中的矿脉和凸鏡体, 最大者, 沿走向延長 100 公尺, 厚自数公分至 12 公尺。矿石为黑色非晶質綠硫钒矿, 在类似地瀝青的物質中, 后者含硫及次生鎳硫化物(輝鉄鎳矿)和銅的硫化物雜質。矿石很富, V_2O_5 达 15%, Ni 1.5%, Mo 0.5—1.5%。

矿床成因, 不够明了, 可能在地瀝青生成的过程中分出二硫化氢, 后者在上部地帶, 一部分氧化为自然硫, 一部分使含 V, Ni, Mo, 化合物的地水溶液中沉淀出来, 而这些金属硫化物是从圍岩淋滤出来的。

本矿床自 1906 年开始采钒, 現在产量达世界产量的四分之一。

(3) **钒铅矿建造**: 产于某些多金属矿床的氧化帶中, 矿石中的钒, 是从圍岩(頁岩)中帶出来的元素, 从潛水中沉淀下来。哈薩克共和国, 北罗德西亞的希罗肯希尔, 西南非洲的阿本那布, 都有这种矿床, 也有相当产量。

2. 沉积型：在沉积条件下，釩与鉄鋁矿石，同时沉积，并也集中于煤和石油中，在欧洲洛林和克赤半岛等地的鲕状鉄矿中 V_2O_5 含量达 0.05—0.1%。

在意大利鋁土矿中，在许多煤灰中（ V_2O_5 达千分之几），在石油和瀝青中（伊朗石油灰燼中， V_2O_5 5.03%， NiO 2.7%），都有可以利用的釩。

近年来发现在波罗的海地区志留紀笔石頁岩內，哈薩克社会主义共和国寒武紀地层中，以及美国三叠紀含磷地层的厚頁岩中，都有釩与炭質物質共生聚集，并有鉬及有色金属伴釩聚集。

釩的沉积型矿床，特别是含釩頁岩建造，今后可能成为釩的最大来源。兹述釩頁岩的一般情况：

釩頁岩矿床：是沉积型釩矿床中，最有发展前途的类型。他的特点是炭泥質和矽質頁岩，交互成层，总厚达数十公尺，个别层厚約 0.5—2.0 公尺之間。含釩地层，沿走向延長数十至数百公里，和海盆地的陆棚帶的含磷层，同期产生。

釩主要集中在炭質頁岩中，含釩达 1—2%，而在矽質頁岩中平均只 0.2—0.3%。

矿石成分复杂，已确定有許多新矿物，主要成分，是炭質和泥質，含有炭酸鹽类（方解石，白云石，菱鉄矿）釩酸鹽类（釩鉛矿，三水釩銅矿，水鈣釩銅矿），磷酸鹽，重晶石，釩云母，和少量硫化物，（其中已鑑定者有黄鉄矿，閃鋅矿，黝銅矿，輝鉬矿，黄銅矿，輝銅矿，銅藍，方鉛矿，綠硫釩矿，硫銅釩矿等。

厚大工业矿层平均含 V_2O_5 1%， Mo 0.02%，在个别矿床中，含 Zn 0.5%， Pb 0.5—1.0%， Cu 0.1—0.2%，还有少量 Mn ， As ， Ni ， Ag 等，碳素含量 2—5%，很少超过此数。

釩頁岩是海盆地沉积，从大陆运来的物質有釩，銅及其他有色金属的可溶化合物，釩和部分銅的来源可能是基性和超基性的侵入岩和噴出岩，而部分銅和有色金属的来源，是酸性侵入岩和噴出岩。

金属被浮游生物从海水稀薄溶液中吸取出来，聚积在淤泥里，因之与含炭頁岩有密切关系。

显見所有金属都和頁岩同期生成，頁岩中硫化物細脉網的存在，乃溶液循环使硫化物再沉积的結果。

中国内蒙武川炭密溝元古代地层中，有含釩頁岩，厚达 1—5 公尺，含 Mn ， Fe ， Ti ， V ， Ni ， Cu 等，未經詳探。

3. 与輝長岩和輝岩有关的鈦磁鉄矿矿石建造的岩漿矿床：这种矿石中 V_2O_5 含量平均为 0.1—0.3%；在精矿砂中，可达 0.5—0.7%；从这种矿床中，可以綜合采取 Fe ， Ti ， V ，三种金属。如苏联烏拉尔的庫薩，卡亦卡那等矿床；芬蘭社会主义共和国的普多日山和維里买刻矿床；瑞典塔別格矿山；非洲坦噶尼喀的兆木拜矿区；中国的大庙鉄矿、（見前鉄矿章中）都是此型釩矿床的代表；但对釩來說，工业意义不大。

参 考 文 献

1. 馬加克揚，金属矿床，113—118 頁，中譯本，地質出版社，1957
2. 別傑赫琴，矿床学第二編 44—47 頁，中譯本地質部出版室，1953
3. Lindgren, Economic Mineral Deposits. 1950
4. Argall, The Occurrence and Production of Vanadium, Quarterly of the Colorado School of Mines, V. 38, N4, X. 1943

5. Bertrand, O., the Biochemistry of Vanadium, NY, Bull. of the Am. Mus. of Nat. Hist., v. 94, pt. 7, 1950
6. Wright, C. W., Vanadium in Peru, Foreign Mineral Quart., Jan., 1940.
7. Schwellnus, C. M., Vanadium Deposits in the Otavi Mountains, S. W. Africa, Trans. of the Geol. Soc. of South Africa, V. 48, 1945.
8. Ore Deposits of the Western States. Uranium and Vanadium Ores of Colorado by F. L. Hess A. I. M. E., N. Y., 1933. chap x. pt II.
9. Пятницкий, П. П., Ванадий и Нахождение его Распределения в минералах и горных породах, укр. отд. ВНИИМС, Вып. XXIV, Киев, 1936
10. Разумов, А. И. Зеленский Ванадий, цветмет-здат, 1932