

汞矿地质与普查勘探编写组

汞矿地质 与普查勘探

地质出版社

汞矿地质与普查勘探

《汞矿地质与普查勘探》编写组

地质出版社

汞矿地质与普查勘探
《汞矿地质与普查勘探》编写组

•

国家地质总局书刊编辑室编辑
地 质 出 版 社 出 版
地 质 印 刷 厂 印 刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

1978年9月北京第一版·1978年9月北京第一次印刷
印数1—4,210册·定价0.60元
统一书号: 15038·新319

前 言

我国的汞矿在世界上是著名的。早在三千多年前，我们的祖先就知道应用辰砂和水银了。现在，经过多年的汞矿普查勘探工作，积累了大量丰富的地质资料，对这些宝贵的材料和经验进行整理、总结是必要的，也是有条件的。我们受上级委托，担负了这一任务，依据总结的材料，写成了本书。

汞矿床属于“岩浆期后”的“低温热液”矿床一类，构造和热液是汞矿成矿的必要条件，这是久已被多数地质学家所承认的。但通过我国的实践，特别是西南汞矿区的普查勘探工作，发现层控现象非常明显，而构造因素，在这些地区已不是控制成矿的主要条件，褶皱构造离开目的层（含矿层位），对汞矿普查就没有独立的指导意义，故我们在本书中将汞矿床分为层控类型、断裂类型和综合类型。这一观点，不能不影响到普查勘探方法。我们在全书中都贯穿了“层控”的思想。

关于汞矿床的成因，涉及的方面和问题较多，在本书中不能详加探讨。依据现有资料，我们提出我国西南层控现象显著的矿床，其汞质来源是“沉积源”的论点，而汞矿床，则是在沉积作用、成岩作用阶段，汞初步富集的矿源层的基础上，在构造力、热力作用过程中，经地下热液搬运，在适宜的构造和物理化学条件下，进一步聚集形成的，所以几乎所有的汞矿床都表现出与构造有关的热液矿床的外貌特点。

本书的第三章，只写了与汞矿有关的特殊性内容，对于一般矿种在地质工作中应普遍遵循的原则和工作方法，则未写或写得较少。

《汞矿地质与普查勘探》编写组，由贵州省地质局、西南地质科学研究所和贵州工学院的有关同志组成。书中引用的资料，是

全国地质部门和汞矿开采部门广大汞矿工作者辛勤劳动的成果。初稿写成之后，汞矿地质队和汞矿山的代表、地质院校和科研部门的代表，对初稿进行了集体审查。但由于编写人员水平不高，书中可能存在不少缺点和错误，请广大读者批评指正。

目 录

第一章 概论	1
第一节 我国汞矿开采、利用历史简述	1
第二节 汞的特性及主要汞矿物	2
第三节 汞的用途	7
第四节 国外汞矿资源及产销情况	8
第五节 汞矿的开采、选矿和冶炼	10
第二章 汞矿地质	16
第一节 汞矿成矿条件及分布规律	16
一、地质构造	16
二、岩浆活动	39
三、区域地球化学条件	40
四、地层	42
五、围岩	46
六、热液作用	52
第二节 汞矿床的类型	65
一、层控类型	71
二、断裂类型	84
三、综合类型	93
第三节 汞矿床的成因问题	109
一、成矿物质来源问题	110
二、成矿作用及其过程问题	113
第三章 汞矿普查勘探	116
第一节 汞矿普查	116
一、普查区的选择	117
二、综合地质测量	117
三、矿点检查	130
第二节 详查评价	134

一、矿点的选择.....	135
二、地质研究.....	138
三、评价方法.....	142
第三节 矿床勘探.....	149
一、勘探类型.....	150
二、勘探方法.....	154
三、勘探矿床实例.....	156
四、勘探程度.....	162
五、储量计算.....	163

第一章 概 论

第一节 我国汞矿开采、利用历史简述

史料证实，早在三千多年以前我国就已开采利用汞矿了，这比国外利用汞矿最早的希腊人和罗马人还要早一千多年。我国古代利用汞矿，主要是用于颜料、医药和提取金、银几个方面。颜料和医药是用辰砂矿物；提取金、银则用水银。辰砂，据说是因为古代在辰州（现在湖南省的沅陵）发现而得名。根据辰砂的颜色和用途，对辰砂又有朱砂、丹砂、丹朱等一些别称。用朱砂作颜料，称为朱红。在我国历史上，一些封建主常将其门窗用朱砂漆成红色以示其豪华；而广大劳动人民则无衣无食，常常冻死在道，故有“朱门酒肉臭，路有冻死骨”的名诗句以揭露当时残暴的阶级剥削。据近年在湖北省考古发掘的商代盘龙城遗迹资料，早在商代中期（距今约三千四百余年）以前就已用朱砂来作绘画棺椁外壁图案的颜料了；公元二百一十年前，我国最早的地形图上的河流和海洋都是用朱砂来描绘的。在医药方面，古代除了将辰砂用作一般药物外，还把辰砂作为炼丹之用，故在古代，辰砂又有丹砂之称。古代炼丹，是因为封建主梦想长生不老。其实所谓“丹”，就是硫化汞，何能延寿？但在炼丹过程中对汞的化学性质却积累了不少知识。东汉时，魏伯阳所著的《周易参同契》（我国较古的炼丹文献）一书中便描写了汞的挥发性和它能与硫相化合的性质，他说“河上姤女（指汞），灵而最神，得火则飞（指升华），不见埃尘……将欲制之，黄芽（指硫）为根”。东晋时，炼丹家葛洪所著的《抱朴子内篇》20卷中就更深刻地总结了汞的化学变化，他说：“丹砂烧之成水银，积变又还成丹砂”，就是说将辰

砂加热，能分解出汞，汞与硫作用又可再生辰砂，很清楚地说明了硫化汞化学反应的可逆性。我国古代劳动人民利用汞提取金、银的创举更是一种重大的贡献。

所有这些都证明我国汞矿开采利用历史悠久，但长期受到封建社会的统治而得不到较好的发展，许多丰富的生产知识和经验亦未得到整理流传。尤其是到了近代资本主义发展时期，一些较早兴起的资本主义国家的工业已很发达了，而我国却又在反动的清朝和国民党的统治下，不但不发展矿业，反而为帝国主义大开方便之门，让帝国主义对我国的矿产资源进行大肆掠夺。清末民初，在汞矿上就有英、法帝国主义组织英、法炼汞公司，对我国著名的万山矿区进行大肆掠夺。直到解放后，我国劳动人民的革命斗争胜利了，压在我国人民头上的三座大山被推翻了，在伟大的社会主义建设中，我国的汞矿业在毛主席革命路线的指引下，才得到了迅速巨大的发展，现在勘探开发的汞矿资源已满足了我国蓬勃发展的社会主义建设需要。我国现已跃居世界产汞国家的前列。

第二节 汞的特性及主要汞矿物

一、汞 (Hg)，又名水银，是常温下唯一呈液态的金属，在 -38.89°C 时凝结成固体。比重很大，在 0°C 时为13.59546，在 20°C 时为13.54616，在 100°C 时为13.35166。蒸气压很显著，在 0°C 时为0.00019毫米，在 20°C 时为0.0013毫米，在 100°C 时为0.285毫米，这一特性使得汞不断蒸发而进入空气中。汞经加热后有强烈的膨胀性，在 $0-300^{\circ}\text{C}$ 间，其体膨胀系数为 $\alpha=1.8006 \times 10^{-4} + 2 \times 10^{-8}$ ，非常规则。汞的沸点、熔点均很低，沸点为 357.25°C ，熔点为 -38.7°C 。汞的蒸气是单元子的，在低温时不导电。但是，当电弧产生时就很易导电，同时还发射出绿色及紫外光的光谱。这一特性，使汞在电气工业方面有很重要的价值。在一立方米的饱和汞蒸气中， 200°C 时含汞14毫克， 100°C 时含汞2.4毫克，

所以汞具有亲气性质。汞可溶于水，在一立升水中，能溶解汞0.02毫克。汞在室温下不能被空气氧化，加热沸腾才能慢慢形成氧化汞。

汞的原子序数为80，原子量为200.59。现知汞的同位素有15种（质量符号为191—205）。其中稳定的有六种（质量符号为196、198、200、201、202、204），其余是不稳定的。汞的化合物有一价和二价。在自然界中常见的是二价高汞形式。汞易与硫生成硫化汞（ HgS ），与氯生成氯化汞（又名升汞， HgCl_2 ）和氯化亚汞（又名甘汞， Hg_2Cl_2 ）。硫化汞在高温下氧化，能直接生成汞和二氧化硫气体，这是火法炼汞的基本原理。汞不溶于冷的稀硫酸和盐酸，但溶于硝酸，特别易溶于王水。各种碱溶液一般不与汞发生作用。汞能溶解其他金属生成合金，这种合金叫汞齐，人们常利用汞的这种特性提取某些金属，如金、铊等。在常温下，水银不溶解铁族金属，所以装水银的容器常为用生铁或熟铁制成的铁罐。汞是亲铜元素，能与其他亲铜元素共生。汞在亲铜元素中具有较高的电离势能，由于这种原因，便容易从各种化合物中还原成自然汞，所以在汞矿床中常会发现汞的复杂矿物都不大稳定，如汞黝铜矿 $[\text{3}(\text{Cu}_2\text{Hg})\text{S}\cdot\text{Sb}_2\cdot\text{S}_3]$ 和硫汞锑矿 $(\text{HgS}\cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3)$ 等，都容易转变成辰砂等简单的汞化合物。这便是汞矿床中汞矿物主要是辰砂矿物的原因。汞的原子半径是 $1.49\text{\AA}$ ，两价的离子半径是 $1.12\text{\AA}$ ，根据类质同象规律，便可能与他种元素的原子或离子半径相似的及其所形成的晶格类型相同的矿物相互置换，从而产生汞的类质同象混入。

二、汞元素的分布广泛，不仅在地壳的各类岩石中有着广泛的分布，而在地壳外部的水圈中、大气圈中、生物圈中亦有其普遍存在；但与其他大部分元素相较，其含量却是少量和微量的。根据对岩石的研究计算，汞在地壳中的平均含量（即克拉克值）约为 $7.7 \times 10^{-6}\%$ （按重量计算），这个数字即等于一吨地壳物质中平均含汞0.077克，或等于每一立方公里的岩石中平均含汞215.6吨。又据计算研究，地壳中99.8%的汞均呈分散状态赋存

于各类岩石之中，而仅0.02%的汞才集中富集成为矿床，从而说明了汞元素在地壳中的极度分散状态。

据统计，火成岩中基性岩和碱性岩的含汞量要比酸性岩高，沉积岩中的含汞量要比火成岩中高，而沉积岩中则又是页岩中最高。

水圈中亦含汞。在水圈中，汞的来源主要是两大途径：一是从岩石圈中风化后进入水圈；二是从气圈中与雨水一起进入水圈。此外，亦还可以从生物体中进入，但这就微不足道了。水圈中的含汞量是极低的，研究数据是0.03 γ /升，这一数据被认为约略可作为汞在水圈中的克拉克值看待。各种水体中含汞的情况是不一样的（表1）。

表 1

水 体 类 别	含量范围 (PPb)	平均含量(PPb)
雨 水	0.05—0.48	0.20
雪	<0.005—0.05	0.01
溪水、河水、湖水	0.01—0.1	0.03
温泉水及某些矿水	<0.1—2.5	0.10
地 下 水	0.01—0.10	0.05
海 洋	0.03—5.00	0.20
煤田、油田及其他碱水	0.1—23.0	

汞在水圈中的赋存状态，一般认为可能是呈两种形式：一部分是成溶解的气体，以原子状态存在；另一部分则可能与各种阴离子化合物呈解离形式存在。

在气圈中同样有汞的存在，由于汞有极易蒸发的特点，汞便经常呈蒸气状态进入大气中。大气中汞蒸气的来源是多方面的，可以从汞矿床中蒸发（自然汞蒸发），可以从冶炼汞矿石和其他含汞硫化矿石中蒸发，可以从燃烧煤、木柴及其他燃料中蒸发，更可以从水圈中蒸发；此外，还有在火山喷发时进入大气中的汞蒸气，从现代温泉中进入大气中的汞蒸气等许多方面。根据研究，大气圈的含汞量约为0.2—1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。但不同气体的含汞量

是很不一样的，如火山气中的含汞量就很高，其次是汞矿床上的大气和汞矿床上的壤中气中的含汞量亦高，其含量如下所列：

火山气	100—9600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
汞矿床上的大气	30—1600 $\mu\text{g}/\text{m}^2$
汞矿床上的壤中气	21—1600 $\mu\text{g}/\text{m}^2$

汞在大气中赋存的状态，主要是呈原子的显微分散状态。

此外，汞亦同样在生物圈中存在，根据研究，动、植物中均较普遍地含汞，其含量一般均可由(0.2—10) $\gamma/100\text{g}$ 以上。从分析研究中发现，在动物中淡水及海水中鱼类的含汞量较高，在植物中则是海藻类的含量较高。据研究，在动物机体内部，汞主要聚集在肝和肾中。有一种含汞豆科植物，汞主要是呈粒子形式浓集在豆夹中。

三、目前已知的汞矿物约有二十种，其中大量的的是汞的硫化物，其余则是少量的自然汞、硒化物、碲化物、硫盐、卤化物及氧化物等。汞的硫化物主要是辰砂，在工业上利用的几乎仅是辰砂一种矿物。辰砂的分子式是 HgS ，含 Hg 86.2%， S 13.8%，为颜色鲜红的重矿物。条痕鲜红色，硬度 2—2.5°，比重 8.09—8.20，金刚光泽，半透明，性脆，不导电。显微镜下观察为非均质，正交偏光的反射光下具鲜艳的红色的内部反射，折射率极高， $N_g=3.272$ ， $N_m=2.913$ 。结晶属三方晶系，常呈菱面体、三方柱等晶形，亦有成六方晶系之菱面体或薄板状晶体的。一般良好的晶体不常见，但在我国黔东、湘西地区常有良好的单晶体和穿插双晶产出。在汞矿床中，有时偶有少量的黑辰砂产出，其化学式和化学成分与辰砂相同，常呈细小晶体产出，也常呈土状粉末或黑色薄膜产出，颜色为灰黑色，条痕为黑色，比重 7.7—7.8，硬度 2—3，结晶为等轴晶系之四面体或四六面体，具金属光泽，不透明，性脆，在反射光下无色、均质。

在汞矿床中，一般都可见到少量或极少量的自然汞产出，主要是因汞矿物的不稳定性所致。其他的汞矿物在汞矿床中则很少见到或很难见到，其中一些较主要矿物的特征如下：

灰硒汞矿 分子式是 HgSe ，含 Hg 71.7%， Se 28.3%。多为灰色致密块状，结晶为等轴晶系之四面体。硬度 2.5，比重 8.19—8.47，颜色为钢灰或淡铅灰色，条痕近黑色，金属光泽，不透明，性脆。

辉汞矿（辉硒汞矿） 分子式是 $\text{Hg}(\text{S}, \text{Se})$ ， Hg 83.8%， S 11.5%， Se 4.7%。为黑灰色之金属状矿物，常为块状或细粒状。硬度 2.5，比重 7.98—8.1，淡黑灰色，条痕为黑色，金属光泽，不透明，性脆，结晶为等轴晶系。我国尤塘坳永矿床中有较多的辉硒汞矿。

碲汞矿 分子式是 HgTe ， Hg 61.5%， Te 38.5%。常为黑色或灰色之块状及粒状，硬度 3，比重 8.63，熔度 1，条痕黑色，金属光泽，不透明。

硫汞锑矿 分子式是 HgSb_4S_7 ， Hg 22%， Sb 53.4%， S 24.6%。成光亮铅灰色之细小柱状结晶群产出，与辉锑矿极相似。硬度 2，比重 4.81，熔度 1，为光亮之铅灰色，条痕淡红色，不透明，半金属光泽。木炭上烧之，生白色浓烟。在磨光片上可见一个方向或两个方向的解理，在正交偏光镜下极不均质，具强烈的深红色内部反射。

汞银矿（汞膏，银汞齐） 分子式是 Ag, Hg 或 Ag_2Hg_3 至 Ag_{36}Hg 。为银白色金属状矿物，常成等轴晶系之十二面体，亦有块状及皮壳状。硬度 3—3.5，比重 13.75—14.1，条痕亦为银白色，强金属光泽，不透明，性脆。锤击之，发特异之臭。木炭上烧之，汞被蒸发而留有展性之银。

甘汞 分子式是 Hg_2Cl_2 ， Hg 84.9%， Cl 15.1%。为一种淡灰色或褐色微透明之角质矿物，常成皮壳状被覆于岩石表面，偶成正方晶系之板状或锥状晶体。硬度 1—2，比重 6.4—6.5，有白、淡黄灰、淡黄白、淡灰及褐等色，条痕为淡黄白色或灰色，金刚光泽，半透明至不透明，性柔软。

氯汞矿 分子式是 $\text{Hg}_4\text{Cl}_2\text{O}$ ， Hg 90.21%， Cl 7.99%， O 1.8%。普通为黄褐色等轴晶系之小十二面体，其他晶形尚有二十多种。

硬度2—3，比重8.23。为淡黄褐色，日光下曝晒则变为黑色，粉状者为淡黄绿或淡黄色。金刚光泽或树脂光泽，透明，性脆。

黄氯汞矿 分子式是 Hg_2ClO ，Hg 88.65%，Cl 7.85%，O 3.5%。为单斜晶系之柱状晶体，晶体形状甚多。硬度2—3，比重8.73，颜色呈硫磺黄色，粉末为柠檬黄色。曝晒久时则变为橄榄绿色。金刚光泽，性脆，置于硝酸溶液内，加硝酸银少许，则生氯化银之白色沉淀。

橙红石 分子式是 HgO ，Hg 92.87%，O 7.13%。为橙红色斜方晶系之柱状晶体，晶形甚多，亦有绒状之皮壳产出。硬度1.5—2，比重10，金刚或玻璃光泽。条痕橙红色，惟较淡，透明，性脆。

第三节 汞 的 用 途

汞的用途很广泛，无论是金属汞，还是辰砂矿物，在现代工业中都有十分重要而广泛的用途。据统计，汞的用途已在一千种以上。其主要用途有：

一、提取有色金属。用混汞法提取金和从炼铅的烟尘中提取铊。最近又研究成功用于提取金属铝。

二、在电器和仪器工业上，汞用来制造汞弧整流器、水银灯、反光镜、紫外线灯、自动电开关、交通信号的自动控制器、汞盐干电池、蓄电池、汞槽、真空管、血压计、温度计、气压计、水银真空泵、水平仪及其他物理仪器。

三、在化学工业上，用汞作电极电解食盐，生产氯气和烧碱，可获得较高纯度和浓度的产品。用水银的化合物可制造苛性钠、醋酸、丙酮、氯气等的电解设备。用水银的化合物可以制皮革和植物的防霉剂、木材防腐剂以及防腐油漆（船舰水下部分的涂漆）。

四、红色硫化汞是一种高贵颜料，广泛用于绘画、化妆制品、石印术等方面。

五、医药上,被广泛用于消毒、利尿,治疗胃病、皮肤病等。用氧化汞可制镇定剂、收敛剂。

六、汞和铋、铅、锡、镉可以合成低熔点合金,汞钢合金为重要的牙科材料。

七、军事工业上用汞生产雷汞和化学武器。雷汞 $[\text{Hg} \cdot (\text{CNO})_2 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}]$ 在干燥状态下极易爆炸,用来作重要的起爆剂,用来生产雷管和引火帽。

八、在动力技术上用汞的高压蒸汽开动涡轮机,汞的蒸汽冷凝后重新回到锅炉,这样可以节约燃料消耗约一半。

九、汞的新用途不断出现,如用于精密铸件的铸模,铯原子反映堆的冷却剂,镉基轴承合金等。

第四节 国外汞矿资源及产销情况

汞矿在世界的产出分布非常广泛,遍及了世界六大洲,但重要的产出地区则是分布在地中海北岸、美洲西海岸和我国南部三个地理区。国外主要产汞国家是西班牙和意大利,两国的总产量可占到国外总产量的三分之二左右,其次是美国、加拿大、墨西哥、苏联等一些国家。世界较重要的产汞国家约十余个,其中的绝大多数都在前述三大区中。据估计(表2),国外产汞国家汞矿的总储量在65万吨以上,其中以西班牙为最大,占国外总储量的66%,次为意大利,占国外总储量的16%。

历史上世界汞的产销量变化幅度不大,据统计,1950—1970年的二十年中,世界汞产量由0.49万吨增至0.98万吨,即增长了一倍。国外1968年前,每年汞消费量要比产量高180—680吨,但1969年开始到1970年,汞产量比消费量要高出260—350吨。见表3。

资本主义国家中最大的汞消费国是美国,但近两年汞消费量有所下降,整个资本主义国家汞消费量亦有所下降,产量亦低于1969年。

表 2 国 外 汞 储 量

国 家	储量 (吨)	国 家	储量 (吨)
西班牙	400000	奥地利	6000
意大利	100000	菲律宾	3000
美 国	50000	秘 鲁	2000
苏 联	46500	日 本	1800
加拿大	15000	智 利	1000
墨西哥	15000	突尼斯	700
土耳其	8000	爱尔兰	500
阿尔及利亚	7000	总 计	656500

注：该资料系引用1971年苏联《1970年初工业发达的资本主义国家和发展中国家矿产资源》资料，其中苏联储量是据1965年美国矿业局《矿产实况与问题》资料。这些统计资料不够完全，有些只近似准确，如上表中缺重要的产汞国——南斯拉夫的储量（有的资料统计为10341吨），秘鲁的资料亦统计较低，仅引供参考。

表 3 世界汞产销量变化 (吨)

年 份	世界产量	世界消费量	产 消 差
1964	9134	9651	- 517
1965	9823	10340	- 517
1966	9469	9651	- 182
1967	8449	9134	- 685
1968	9469	9651	- 182
1969	10168	9905	+ 263
1970 (初步)	9823	9469	+ 354

据1971年3月美国《采矿与工程杂志》

汞的产品质量要求，因用途不同而不同。资本主义国家市场上一般要求含汞99.5%以上，加热至300℃的残渣不得超过0.02%，包装为铁罐，每罐净重76磅。

根据不同的用途，对汞的质量要求是：

一、用于提金、银等金属用的汞，要求含汞99.5%就可以了。

二、制造汞化合物及汞盐用的金属汞，对品质上的最低要求

是含Hg 99.5%，铅及锡痕迹。

三、用于制药方面，要求具有高度纯的金属汞，杂质中砷、铜及锌须完全除尽。大多数用货部门要求不含铜及锌，铁痕迹，其他非挥发性物质不得超过0.01%。

四、用于船舶防腐油漆用的氧化汞（HgO）（红色或黄色）含量至少须在91%以上，不能通过325细目的筛余不得超过10%。

根据历史资料分析，国际市场上汞的价值上升波动与战争有关，在战争或战备年代里，价格猛涨，产量亦显著增加；汞价下跌，则常与资本主义经济危机有关。表4是纽约市场上几个不同年代里的价格统计。

表 4

年 代	价格 美元/吨	年 代	价格 美元/吨
1913	1158	1943	5660
1928	3636	1950	2350
1938	2180		

第五节 汞矿的开采、选矿和冶炼

汞矿的开采方法与其他有色金属相同。

汞矿选矿方法有：1.手选；2.破碎筛选、重选；3.浮选；4.重选、浮选相结合。

由于汞矿易冶炼，入炉品位要求不高，所以富矿石稍经手选即可送去焙烧。至于要从不能手选的低品位矿石获得辰砂精矿时，则用浮选法处理。另外，如要求生产出作为药材用的很纯的朱砂时，则用重选、浮选联合流程处理。

汞的冶炼方法颇多，主要分火法和湿法两大类。目前，汞的生产仍以火法为主。原矿直接冶炼有高炉法、回转窑法、沸腾焙烧法；精矿冶炼有蒸馏法和湿法。冶炼方法不同，所需的矿石粒