

永译文集



贵州省冶金设计研究院

1979年12月

目 录

汞	1
汞矿床类型例范	15
汞冶金	26
世界最大的汞矿——阿尔马登	34
日本依套木卡选矿厂	46
日本依套木卡矿山的汞冶炼厂	57
大和矿山的汞冶炼厂	64
日本龙升殿矿业所的汞冶炼	71
加利福尼亚汞矿石的火法处理	75
从低品位矿石中提取汞	81
平西湖——加拿大唯一的汞矿	85
从朱砂中回收汞	89
汞硫化碱溶液的电解	103
从焙烧气体中分离汞和硒	112
铜精矿脱汞的方法	121
多米尼加罗萨里奥新蒸馏车间从多尔合金中脱汞	133
自动加料竖炉	149
汞生产的烟尘的电气性和物理机械性质的研究	155
汞生产中汞愈的矿物学评价	162
加拿大汞矿及世界前景	167
加拿大矿物年鉴	
水银 1972年	178
水银 1975年	184
水银 1976年	193

汞

汞存在于地球上的固态、液态和气态的一切天然物体中，其含量为一个ppb到几百个ppb的数量级，汞与其他重金属不同的是具有相对高的挥发性和常温下是液态。

由于汞对人体有相当大的毒性，故近十年内就详细地研究了。

矿物学

几种汞矿及其化学成分。

天然金属、合金和汞齐：

汞（水银）	Hg
银汞齐（银汞膏）	(Ag, Hg)
金汞齐	(Au, Hg_3)
银汞膏	(Ag, Hg_3)
铂汞膏	(Pd, Hg_2)

硫化物及硫化盐：

朱砂	HgS
黑朱砂	$Hg(S, Se)$
辉汞矿	$Hg(S, Se)$
灰硒汞矿	$Hg(Se, S)$
碲汞矿	$HgTe$
汞锌矿	$(Hg, Zn)S$ (含1%Hg)
Leviglianite	$(Cu, Fe, Hg)_{12}Sb_4$
汞黝铜矿	S_{13} (含17.6%Hg)
硫汞绿矿	$HgSb_4S_8$

氯化物、氯氧化物、氧化物、硫酸盐等々、

角汞矿	$HgCl$
氯汞矿	Hg_4OCl_2
黄氯汞矿	Hg_2OCl
氯氧汞矿	$(Hg, NH_4)(Cl, SO_4)$
黄铋汞矿	$Hg_2(NH_3)(Cl, SO_4, MoO_4, CO_3) \cdot H_2O$
橙红石	HgO
水硫汞矿	$HgSO_4 \cdot 2H_2O$
辉绿汞矿	汞—辉绿矿

地球化学

分析：

汞的测定有许多种方法，可分近似的、精确的和极精确的实验方法：原子和分子吸收法，中子活化法、重量法、分光光度法、原子放射法等々。

十九世纪末，探矿者采用广泛的简单定性测定，是在紫外光沉和辉矿屏之间加热样品，并注意到被汞蒸气吸收的象光一样的射线（原子吸收）。“汞探测仪”是这个方法的改进，从加热样品中，汞富集到金或银的丝、片、栅板或衬垫上，即着磁针汞齐化了汞，通过光电管——紫外光装置（图29）。此法，可在一分钟内分析1克样品中的1ppb的汞。

双踪与 Hg^{2+} 能形成深的颜色和提取，此法，可用来做广泛的实验和测定约150ppb的汞。

原子吸收法或“汞探测仪”技术，是随使用雾化喷雾或汞在银丝上如汞齐一样富集都行，然后，汞蒸气用分光光度计可分析0.1ppb Hg。

曾用重量法对低于100000ppb是不行的，采用灵敏度度的天平，而使此法大大改善。

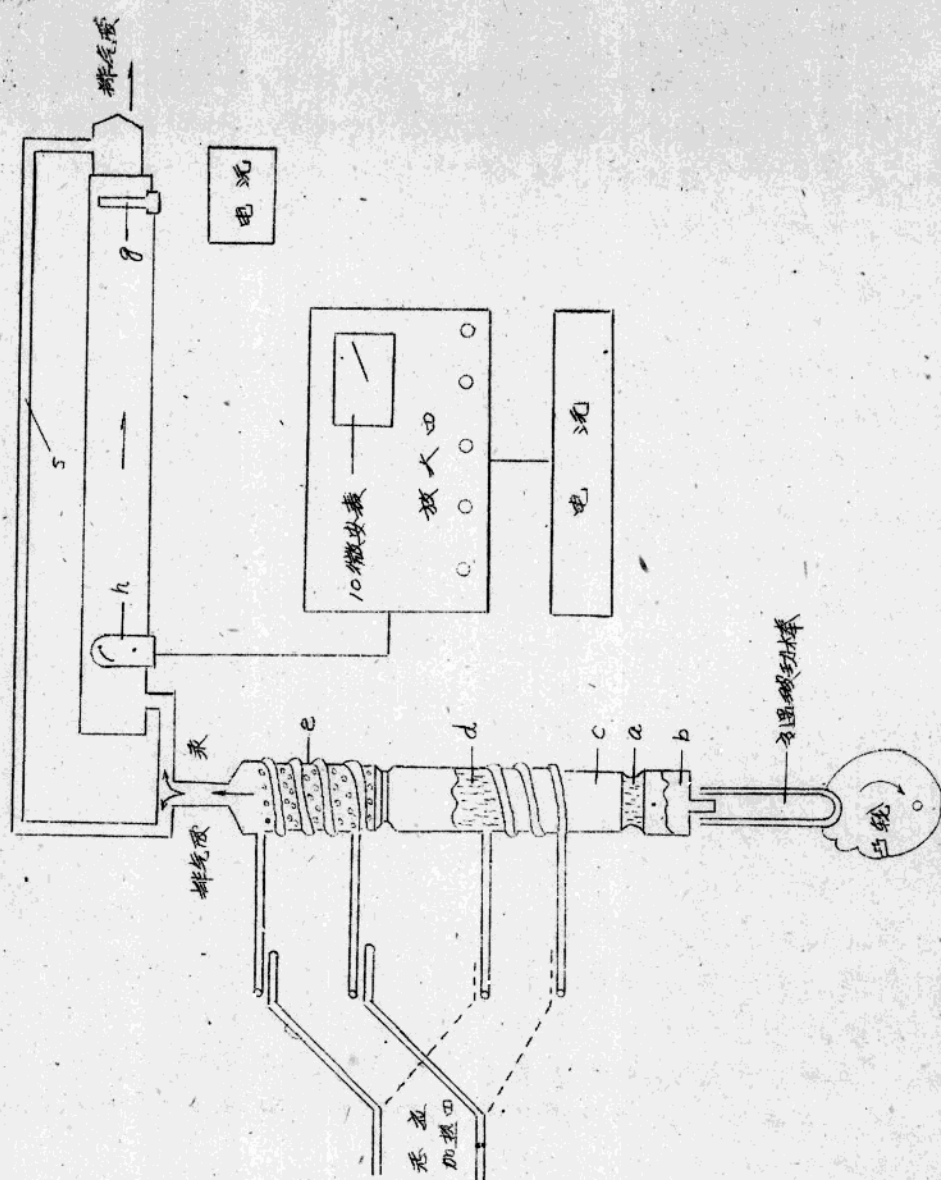


图29 汞蒸气探测口的示意图：包括汞蒸气及其他挥发性物料。

a. 加热岩石样品, b. 竖式石英放料盘, c. 醋酸盐浸透过的玻璃丝滤口装置, d. 银汞网, e. 迂回的旁道, f. 紫外灯, g. 光电管, h. 射线

大批的光谱测定，既灵敏又快速，在 $0.1 \sim 30$ 毫微克范围内，给出好的灵敏度。

中子活化法已达最大的灵敏度，可测定水溶液汞的浓度达 0.05 ppb ，这必须用中子辐射样品四小时或更长的时间而生成 Hg^{197} 或 Hg^{197m} ，并分离了依 Hg^{197} 活化的同位素，用放射技术测定（沃德（Ward, 1970））。

丰度：

因受分析方法的限制，老的分析资料，在岩石中汞的含量是有怀疑的，新的资料是很准确的。

由于汞趋向于在硫化物集中，汞与云母铜矿分类一样。它是伟晶的地球化学勘探法能发现汞的根多挥发性而导致在空气中的含量。汞离子半径接近于铀、铊和钍，可解释一些重晶石、天青石和碱性火成岩中汞的含量。

地球化学和汞的丰度资料如下：

元素号	200.59
离子半径	$1.06 \sim 1.12 \text{ \AA}$
宇宙丰度	$0.003 \text{ 原子}/10000 \text{ 原子 Si}$
地壳丰度	0.5 ppm
海水丰度	0.00003 ppm

除分析数据的准确度外，获得成分平均数据的主要问题是，几乎在所有的岩石分析中最大含汞量，在世界上的许多地区（著名的多思爱（Donets）盆地、克尔夫——塔曼（Kerck-Tam am）地壳和苏联的克里米亚（Crimea, USSR））都十分明显地表示出来了。

火成岩：

火成岩的分析一般小于 200 ppb ，大概的平均数小于 100 ppb ，超碱岩的最新分析小于 10 ppb 。史密斯（Smith）提出的早期方法，在多数碱性火成岩中汞的浓度相当高；较后的新近分析指出，在铁质和硅质火成岩没有明显的差别，虽然

这是小小的改进，但硅质岩获得稍多的含量。

火成岩的两种类型：位于深处的辉辉岩、角闪云母橄榄岩和碱性岩，都明显地表示出汞的较少含量。单个平均值为百分之一到十亿分之一，分析一览表列于表Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ中（弗莱谢尔（Fleisher 1970））。

火成岩与侵入岩不是不一致的，但有广泛的波动和不是组成而是地区的变化。

碱性岩的单个矿石分析清楚地表明，主要组成矿物的岩石中汞有相同的分布，但在含钙、锶和钡（辉石、霞石、肉叶石）方的一些次矿石中，其浓度较少。

沉积岩：

从克里米亚（Crimea）、多涅茨（Donets）盆地和克尔奇（Kerch）半岛收集的石灰石、页岩、粘土、砂岩、混杂沉积物、海洋与湖沉积物和土壤的相当丰实的样品，进行分析表明区域的变化。石灰石和砂岩小于 200 ppb Hg，其平均值为 30 ~ 50 ppb Hg；粘土和页岩出现相当大的变化，大概是吸附或共沉淀汞聚集在氧化铁和二氧化锰中；汞在含沥青的页岩中比其他页岩中丰实，认为一些有机络合物的组成中含有汞之故。

土壤中的汞，可沉入许多领域里如沉积岩。

科罗拉多（Colorado）马尼地马钻地区形成的莫埃科皮（Moenkopi）和钦乐（Chinle）的沉积物，可含 > 10000 ppb Hg。

变质岩：

仅用小量的变质岩，进行汞的分析，它们基本表明象沉积岩一样分布和变化，这样看来，象变质岩推断一样，似乎没有把汞取尽。

煤和石油：

煤中汞的分析资料，还没有得出满意的结论。在苏联的多

恩兹 (Donets USSR) 盆地发现质量低劣的汞矿与砷有关，对此没有重大价值。对从 200~700 ppb 范围的成矿作用也无关，但是在这些砷的扁互体内汞含量为 300000 ppb。汞最集中在砷中的硫化铁里。从弗吉尼亚 (Virginia) 西部的砷灰中报导了汞 < 100000~260000 ppb。

仅分析了加利福尼亚 (California)、西姆斯 (Cymric) 油田的石油大约为 2000 ppb。

天然水：

天然水中汞的最大含量为亿分之一。但油田盐水和温泉汞含量是明显的。

众所周知，有一些温泉沉积硫砂和黑硫砂。从新的泽兰德 (Zealand, 1955) 温泉中的可溶性报导为 3200 ppb 浓度的汞。但大多数的温泉没有发现汞的含量。

空气：

汞被污染的空气正常含量小于 1—10 毫微克/立方米 Hg。存放汞矿或其他碱金属的附近地区中，挥发性的汞可多于 60 毫微克/立方米。火山喷气和火山泥浆，亦放出相当量的汞。

水介质中的化学物质：

在平衡条件下，图 30 和 31 (赫如, Hem, 1970) 标明汞的无机化学的主要特征。当中等氧化条件和 pH 值 5 以上时，未溶解汞可支配很大程度的平衡的话，汞的可溶性几乎是恒量 (约为 25 ppb)。要完全支配平衡的话，还原态金属才是稳定的。这描述了在水面上和氯化物低的液面上的汞浓度有限。

中等地还原条件，能引起汞象硫化物一样的沉淀。在中性溶液中，有极低的溶解度 (< 0.002 ppb)。在极酸还原条件下，不管怎样，汞离子可再次转变或自由金属，这样增加了溶解度。

在氯化物高的溶液中，由于形成不带电荷的 $HgCl_2$ 络合物

表 VI

样 品	分析 样品数	范 围		平均 数	参 考
		最小号	最大号		
玄武岩 BCR-1; 华盛顿	1	4	16	9	Five Labs
辉绿岩 W-1; 弗吉利亚	1	94	340	231	Eight Labs
三种玄武岩; 二种辉绿岩; 冰岛 夏威夷和塔斯马尼亚	5	5	21	13	Ehman and Lovering (1967)
玄武岩 海洋沉积物; 冰岛	-----	180	300	-----	Aidinyan Ozerova and Gipp (1963)
辉长岩 魁北克	1	-----	-----	1	Jovanovic and Reed (1968)
辉长岩混合物 II 德忌志	1	-----	-----	100	Preuss (1940)
辉长岩混合物 II " "	-----	-----	-----	80	Stock and Cucuel (1934a)
辉长岩: 雅库特	11	0	50	26	Nekrasov and Timofeeva (1963)
" " 北高加索山脉	13	20	250	100	Afanasev and Aidinyan (1961)
" " "	6	<1100	500	240	Ozerova (1962)
玄武岩 德忌志	1	-----	-----	190	Stock and Cucuel (1934a)
" " 雅库特	3	6	40	20	Nekrasov and Timofeeva (1963)
" " 堪察加半岛和千 岛群岛	63	20	100	47	Ozerova and Unanova (1965)
玄武岩, 安山岩, 闪长岩, 火 山, 千岛群岛	-----	100	120	-----	Ozerova and Others (1969)
熔岩: 中心堪察加半岛	-----	-----	-----	460	Aidin'yan and Ozerova (1964)
" " 东堪察加半岛	-----	-----	-----	640	Do
与粗玄武岩聚合的花斑岩; 塔斯马尼亚	1	-----	-----	26	Ehmann and Lovering (1967)

样 品	分析 样品数	范 围		平均数	参 考
		最小号	最大号		
安山岩 AGV-1 俄勒冈	1	4	26	17	Five Labs
安山岩: 堪安加半岛和千岛群岛	209	20	400	75	Ozerova and Unanova (1965)
粗石岩: 北方加拿大山脉	5	60	200	130	Afanasev and Aidinyan (1961)
极好粗石岩: " "	19	70	500	160	Do
火成角砾岩: " "	1	-----	-----	500	Do
角砾岩: " "	7	20	300	100	Do
英安岩: 堪安加半岛	37	20	150	83	Ozerova and Unanova (1965)
" " 千岛群岛	6	2	30	10	Nekasov and Tirofeeva (1963)
流纹岩 " "	4	15	200	70	Do
" " 北方加拿大山脉	3	40	80	60	Afanasev and Aidinyan (1961)
Ignimbrites 北方加拿大山脉	4	40	80	65	Do

表 VII

花岗岩岩石中十亿分之几的测定
(N. f. 不用表 6 对照)

样	品	分析 样品数	范 围		平均 数	参 考
			最小	最大		
花岗岩 G-1	爱得艾多	1	70	340	155	Seven Labe
" " G-2	"	1	29	120	55	Six Labe
花岗岩 G-1	科罗拉多	1	15	41	22	Five Labe
花岗岩混合物	德忌尔	1	-----	-----	58	stock and Cucuel (1934a)
" "	"	1	-----	-----	100	Preuss (1940)
花岗岩	干雷尼里	1	-----	-----	100	Aidin'yan Troitskii and Balayevskaya
花岗岩, 闪长岩, 花岗岩闪长岩 塔吉克	"	64	10	75	30	Aidin'yan, Mogarovsky and Me'nith (1969)
花岗岩岩石	延尼基区域	68	5	180	28	Golovnya and Volobuev (1970)
花岗岩,	雅库特	45	N. f	80	20	Nekrasov and Timofeeva (1963)
闪长岩, 花岗岩闪长岩	" "	26	"	40	13	Do
闪长岩, 玢岩	" "	8	2	20	5	Do
花岗岩和闪长岩	"	18	<100	400	190	Ozerova (1962)
花岗岩	北方加索山脉	2	130	200	165	Afanasev and Aidin'yan (1961)
喷出花岗岩,	" "	4	100	200	150	Do
硅质斑岩,	" "	4	60	50	110	Do
斑 岩:	" "	5	60	200	130	Do

表 VIII 超碱岩和深埋火成岩中十亿分之几的汞的测定

样 品	分析 样品数	范 围		平均 数	参 考
		最小	最大		
橄榄岩 PCC; 加利福尼亚	1	4	11	7	Five labs
纯橄榄岩 DTS-1; 华盛顿	1	4	12	8	Do
蛇纹岩;	4	< 20	500	140	Ozerova (1962)
角闪云母橄榄岩 南非洲	1	-----	-----	200	Ekman and Lovering (1967)
角闪云母橄榄岩中辉绿岩包体; 南非洲	1	-----	-----	640	Do
角闪云母橄榄岩中橄榄岩包体 南非洲	1	-----	-----	780	Do
霞状矿脉中辉绿岩包体; 澳大利亚	1	-----	-----	1480	Do
霞状矿脉中粒岩包体; 澳大利亚	1	-----	-----	1230	Do

表 IX 碱性岩中十亿分之几的汞的测定
(用表 6 对照)

样 品	分析 样品数	范 围		平均 数	参 考
		最小	最大		
对四种花岗正长岩斑岩的平均 与内蒙山脉 90, 700, 4000, 5000.	-----	50	8000	90 ~ 5000	Abucv, Divakov, and Red'ko (1965)
霞石、正长石等 4. 洛沃泽断层 块; 苏联科拉半岛	64	140	580	273	Aidin'yan, Shilin, and Unabova (1968)
霞石、正长石等 4. 基安断层块 苏联科拉半岛	179	30	4000	530	Aidin'yan, Shilin, and Belavskaya (19)
霞石、正长石	72	60	200	200	Ozerova (1962)

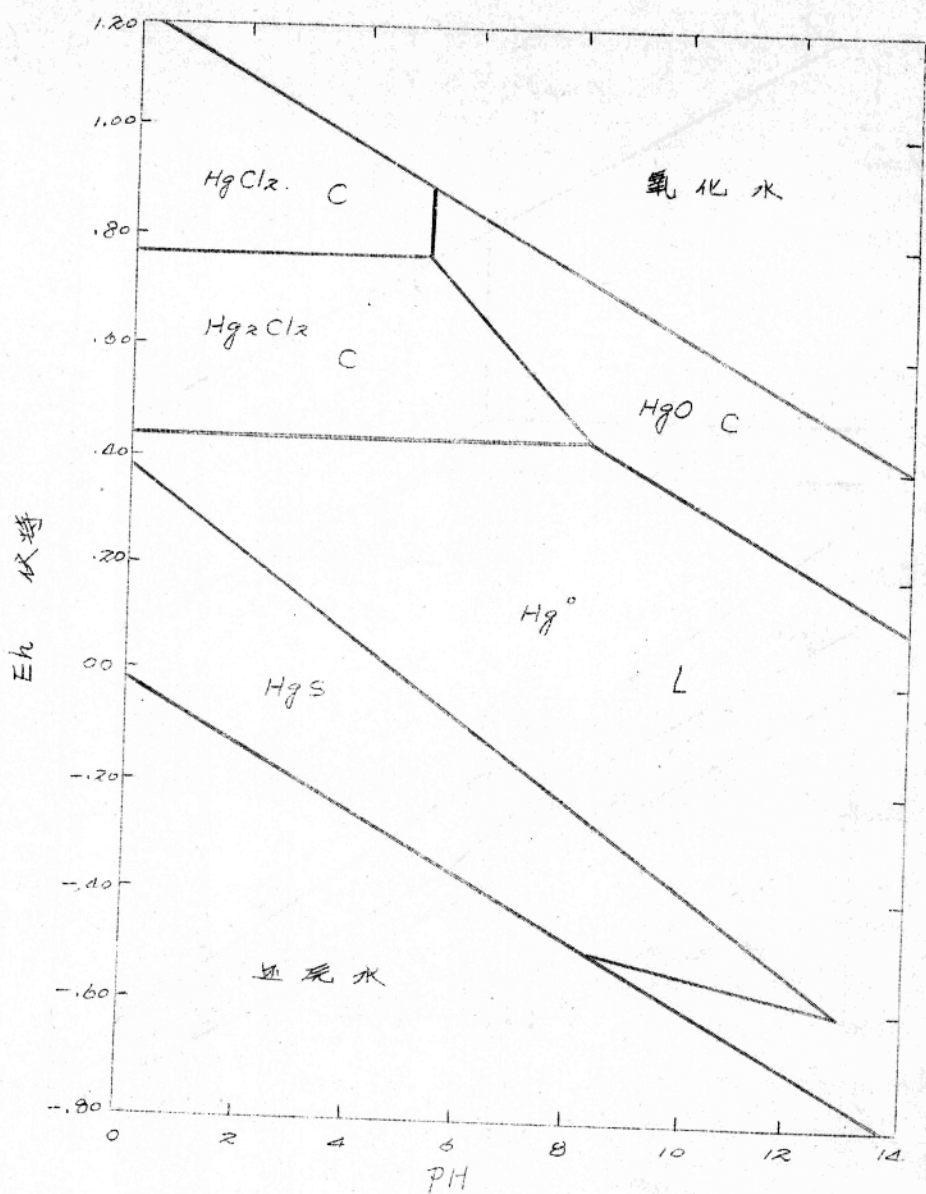


表30:

在25°C和一大气压下,汞的固态(C)与液态(L)的稳定区域,水体系含汞等于36ppb Cl^- ,总硫量96ppm如 SO_4^{2-} (赫姆 (Hem 1970)。

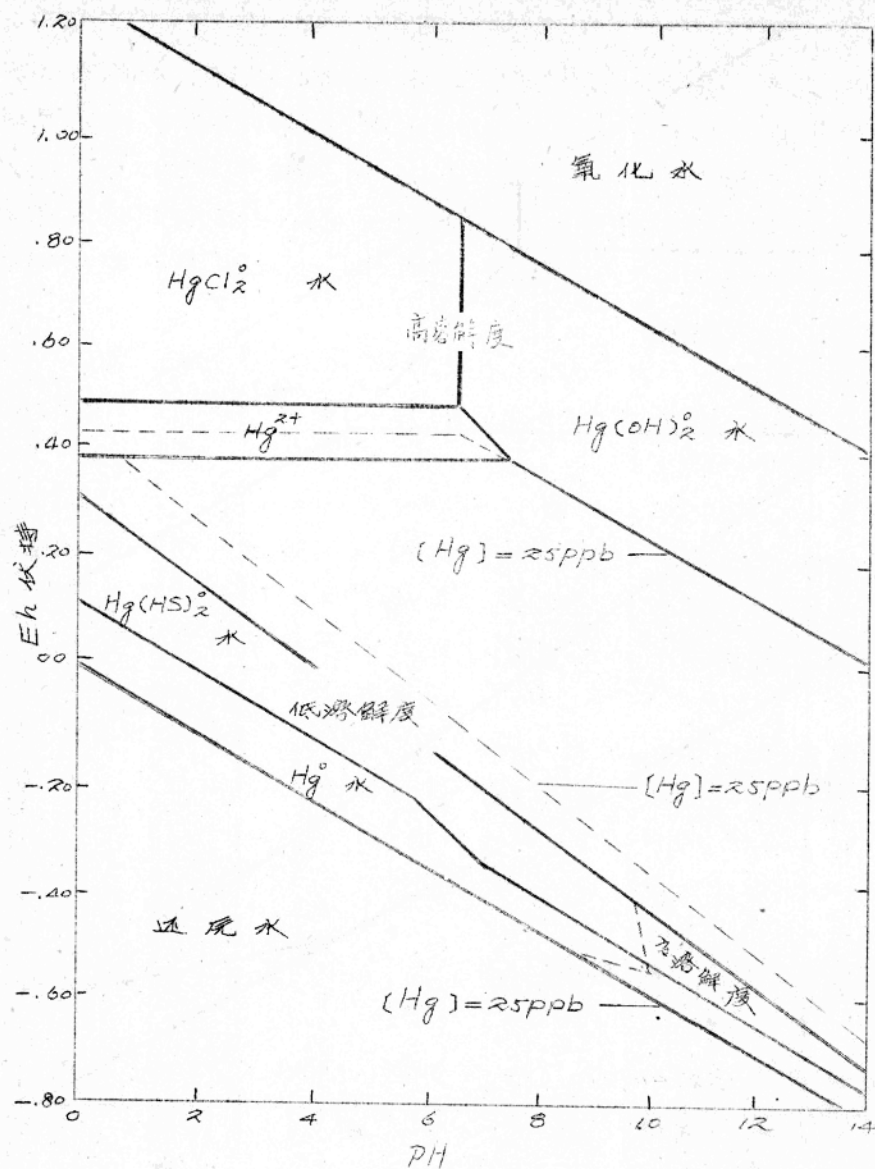


表31:

在25°C和一大气压下，含汞水状态的稳定区域。水体系含氯等于36ppm Cl^- ，总硫为96ppm 如 SO_4^{2-} 。

或阴离子络合物如 $HgCl_4^{2-}$ 。用氧饱和了的水中，汞的溶解度是增大了。

很多汞类，在有机溶剂中比在水中较为溶解，溶解自由汞常以被有机溶剂溶解，这允许动物生体、腐植后或石油产品提取汞。

只要连续还原程度适当，汞进行还原沉淀是不变的，若还原硫，无论如何，在 pH 值高的条件下，硫化汞离子能变为极为溶解的。

在 pH 值 6~9 范围内，两种二硫化物络合物： $Hg(HS)_3^-$ 和 $HgS \cdot (HS)_2^{2-}$ 对汞的迁移是可借的；在 pH 值 9 以上， HgS_2^{2-} 对汞的迁移是可借的。

溶道中二氧化硅的存在，降低了汞的溶解度（如硫化物），但携带具有地质意义的汞，还是可能的。溶道中硫化铁的存，大幅度地降低了磁砂的溶解度，这样，它们将共沉淀，沉积磁铁矿的溶道要携带大量的硫化汞，在地质上未必是可能的。

怀特 (White, 1967) 表明，来自与汞沉淀有关的温泉天然水，具有较多的碳酸氢钠、硼和氯的特征。普通或替代矿物为岭石、dickite、伊利石和胶岭石发现与汞的沉淀有关，认为在近中性的 pH 值的环境里。

对汞化学的认识还有许多空白，而是不完全的。

分 类

贝特曼 (Bateman, 1950) 提出汞矿床的分类法如：

1)、空穴充填：

a. 裂隙矿脉：Monte Amiata 意大利。

b. 网状脉：New Idria, New Almaden

加尼那尼亚

c. 角砾石充填 Idria, Monte 意大利

d. 微隙充填 Idria

2)、交代作用

a. 石英岩: Almaden

西班牙。

b. 石灰岩: Huancavelica

秘鲁。

汞的生成是不受任何一种矿床岩石类型或任一特定年代，
(迄今是最丰富的历史火山地带)限制的。它不存在于伟晶
岩或火成矿床中，但在粗玄岩常与砷化金一起成脉生成。然而，
在不深的浅或热液的环境中更有利的，判断是矿脉状脉，角
砾岩，微孔充填或交代作用实在无关；三种因素是主要的：一
个火山系统；一个不可渗透区域，覆盖岩层岩石，以及一种适当的
特殊槽沟耕成的岩石。

译自《Precious Metal Exploration
September》 1977

贵州汞矿 唐德保 译校

汞矿床类型例范

因为汞的价格波动大，多数汞矿属小规模，并且是徘徊不定的生产，其中少数雇用着地质人员，但记载地质的资料文献在近年来是较少的。最好的记载是老的文献如（一九三〇年）的 Shuette。

西班牙，阿尔马登（Almeden）：

在西班牙有三个主要产汞中心：在西班牙中部的阿尔马登、比斯开（Biscay）以及奥维多（Oviedo）地区；以及西班牙南部格拉纳达（Granada）和阿尔麦里亚（Almeria）省的第三细地带。这些矿山最重要的是距马德里（Madrid）东南200公里的阿尔马登，它是汞采矿的发源地至今维持着世界主要汞矿的地位——没有金属开采的其他平行技术。

阿尔马登出现于 Ciudad Real 地方。这个区域是老第三纪和泥盆纪水成岩多褶皱和断层的水成岩被内长岩脉（dioritic clikes）以及小岩体晶云英岩岩干所侵入。

汞矿（辰砂）矿床生成于砂岩（或石英化）与炭质页岩交互层中。在矿床下坪之上是一块体名为“frailesca”，为极细角砾石和断层泥所组成认为系沿断层构造而形成。在矿床其成矿走向为东西方向，其倾斜近于垂直，矿体石英化之两侧为黄铁矿化黑色页岩地层。

不同层位的矿化：San Pedro, San Francisco, 以及 San Nicholas. 这些层位被页岩和石英岩所分开。矿体围岩一般为页岩或有时为緻密的无生矿的石英化岩，或“葡萄状”一角砾岩及断层泥（Gouge）。任何一层矿名可以忽然呈现于石英岩层中以及连续生成于毗连的石英化岩石中。（1878）年