

汞的原生分散晕

尼娜·A·奥泽罗娃 著

孟庆云 译 刘成湛 校

地 质 出 版 社

AZL

汞的尿生分散晕

尼娜·A·奥泽罗娃著

孟庆云译

刘成湛校

地质出版社

**PRIMARY DISPERSION
HALOS OF MERCURY**

Nina A. Ozerova

Published by AMERICAN GEOLOGICAL
INSTITUTE 1971.

汞的原生分散晕

尼娜·A·奥泽罗娃著

孟庆云 译

刘成湛 校

*

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

*

1976年3月北京第一版·1976年3月北京第一次印刷

印数1—3,400册·定价0.70元

统一书号: 15038·新142

内 容 提 要

《汞的原生分散晕》是介绍用汞的原生分散晕的方法,寻找汞矿、锑矿、多金属矿隐伏矿体的经验,同时也谈到黄铁矿、锡矿、钨矿等用这种方法去寻找的可能性。

请读者在应用本书的方法时,要“去粗取精”和“去伪存真”。

目 录

引言	1
汞分散晕的研究史	3
目前工作中汞的测定方法	7
第一章 汞矿床与汞锑矿床周围的汞分散晕	10
海达尔坎矿田	10
尼基托夫卡矿田	20
大萨彦矿床	34
汞矿床与汞锑矿床周围分散晕中汞的存在形式	39
结论	40
第二章 单金属锑矿床周围的汞分散晕	43
卡达姆扎伊矿田	43
其他锑矿床	52
锑矿床周围分散晕岩石中汞的存在形式	54
结论	57
第三章 多金属矿床的汞分散晕	58
南费尔干纳矿田	58
纳戈尔-克里亚兹矿田	83
阿莱基尔矿床	85
阿尔京-托普坎矿床	89
其他多金属矿床	94
多金属矿床分散晕中汞的存在形式	95
结论	96
第四章 其他类型矿床中的汞	98
黄铁矿	98
锡	101
钨	103
其他矿床	104
第五章 各种类型矿床中关于汞的分布资料的对比	106

第六章 汞的分布资料在勘探工作中的应用	113
矿产普查与找盲矿体	113
断裂的识别与追踪	118
断裂与硫化矿沉积的年代关系	126
第七章 汞的分布与矿床成因的关系	128
南费尔干纳汞锑矿与铅锌矿在成因上的联系	128
南费尔干纳汞锑矿床中汞的来源	135
南费尔干纳汞锑矿床中汞的年代	141
结论	145

引 言

地质工作的一项紧迫任务就是普查新的矿床和地表没有出露的矿体。新的地质方法，包括各种地球化学法正应用于这个目的。

使用最广泛的一种地球化学找矿方法是岩石化学法，它的根据是在矿床（在基岩与覆盖层内）周围的岩石圈中圈定原生与次生分散晕。次生分散晕找矿的方法已经发展了较长的时间并在普查中得到广泛应用，而原生晕法却是新的，由于研究得不够充分，还受到一定的限制。

原生分散晕包括在成矿作用中形成的矿体周围岩石的所有蚀变带。狭义的原生晕系指主岩中成矿元素与伴生元素浓度增高的带。本文所用原生分散晕一词即为狭义的。

这里介绍的是各种类型硫化物矿床周围汞的原生晕研究成果，主要是汞与汞锑，特别是锑和有色金属矿床。其次也研究了黄铁矿矿床与锡石硫化物矿床。

这项工作是1954—1960年，在南费尔干纳，天山北部，顿巴斯与外卡尔巴阡的若干矿床上完成的。这些矿床研究得最详细的有：海达尔坎（南费尔干纳）与尼基托夫卡（顿巴斯）汞矿床；卡达姆扎伊（南费尔干纳）锑矿床；以及费尔干纳卡腊与利亚坎（南费尔干纳）多金属矿床。此外，为了阐明某些成因问题，又研究了南费尔干纳的一些侵入岩与沉积岩。除了我们自己的样品外，还分析了其他矿床的材料。哈萨克斯坦中部阿莱基尔多金属矿床的样品；乌拉尔中部与高加索北部几个黄铁矿矿床的样品，雅库特与普里莫耶的锡石硫化物矿床的样品等等。

野外工作主要包括采集岩石与矿石的样品，以及研究矿床的地质特征、矿石的物质成分与矿体周围的蚀变。采岩石样的主要方法是沿测线采集。岩石采自地表、矿山巷道与钻孔中。这主要是

50—100 克的“检块”样品，可是有时也取混合样品。从矿床采集的矿石，既采单独样品，也采混合样品。此外还收集了物料以便为矿石与其他矿物聚集体分离用。

所采集的物料进行了光谱和化学分析。测定汞的主要方法是 E. A. 谢尔盖耶夫与 П. A. 斯捷潘诺夫 (1957) 的光谱法。此外又采用了化学法，包括 A. A. 萨乌科夫与 H. X. 艾丁扬 (1941) 的快速法，A. A. 萨乌科夫 (1938) 的浊度测定法，以及 H. X. 艾丁扬 (1960) 最近发展的测定汞的高灵敏度法。总共分析了 2665 个样品*。测定汞的方法叙述如下：

在总数为 1622 个样品中，除汞而外，还测定了其他几种元素，主要是亲铜元素，以便汞晕与其他元素晕之间进行对比，从而挑选最有效的指示元素。所有的亲铜元素都是用光谱半定量方法测定的。

为了找出光谱和化学数据与矿体周围的围岩蚀变和矿石成分的关系，还作了光、薄片的显微镜研究。

在这篇专论的 7 章中，前 4 章描述各种类型硫化矿床周围汞的分散晕：第一章——汞与汞锑；第二章——锑；第三章——多金属；第四章——其他几种类型的硫化矿床，主要是黄铁矿，锡矿，钨矿与铜镍矿。第五章对比了不同类型矿床汞在岩石、矿石与矿物中的分布情况。后面两章介绍了汞的分布数据在实际地质工作中的应用（第六章），以及矿床成因的若干问题（第七章）。

汞分散晕的研究史

A. A. 萨乌科夫的专论“汞的地球化学” (1946) 是研究汞晕的理论根据。在这篇著作的前言中，作者指出他从事这项研究

* 以后的表，用化学方法分析汞的样品将特别注明，其余均用光谱分析。
——作者

的目的是为了实际应用。他认为汞的地球化学方面的知识，即“支配汞在地壳中分散与分布的规律，是指明找矿与勘探方向的最重要的根据”当我们着手研究岩石中的汞分散晕，以及汞在气体与液体中的分散情况等问题时，A. A. 萨乌科夫的著作给我们提供了依据。

以后我们将要考察岩石中的汞分散晕，现在先让我们简略地回顾一下汞在气体与液体中分散的研究成果。

气体汞晕，在海达尔坎矿田，在已证实覆盖层中存在分散晕的矿段取了一系列的土壤气体和大气的样品并测定了汞含量。这项研究表明，土壤气体中的汞含量比大气高；也证实了汞矿床上存在气体汞晕。大气中的汞含量大约是 $0.01\text{r}/\text{m}^3$ ，不超过 $0.02\text{r}/\text{m}^3$ ，而土壤气体中的汞含量则变化在 $0.01—0.08\text{r}/\text{m}^3$ 范围内，有时甚至达到 $0.08\text{r}/\text{m}^3$ 。还可看到气晕的汞含量与覆盖层的汞含量之间的直接关系。现在还未明确在普查汞矿床中气体晕的实际意义。

A. A. 萨乌科夫等研究了汞的水化学分散晕。他们研究了苏联的许多汞矿床和锑矿床。这些矿床包括海达尔坎，潮瓦伊，锡马普（南费尔干纳），尼基托夫卡（顿巴斯）的汞矿床，维什科夫矿田（外卡尔巴阡），以及卡达姆扎伊锑矿床（南费尔干纳）。他们发现这些水中每公升含汞百万分之十克和百万分之2—3克，比背景值（ 5×10^{-7} 克/升）差不多高半个数量级。因此，水化学法不适宜于作为普查汞的独立方法，仅可用作解释水化学异常的辅助指标。

水中的汞在多金属矿床中的数据非常有趣。例如 IO. IO. 布格尔斯基的报告提到普里莫斯科耶铅锌矿床附近（南普里莫耶）含汞 $(1—5) \times 10^{-7}$ 克/升。据 B. И. 维诺格拉多夫的报告，在坎铅锌矿床（南费尔干纳）含汞 $(1—2) \times 10^{-6}$ 克/升。这里还可引用费尔干纳卡腊（南费尔干纳）某些汞的化学测定资料。这些资料证明，已知矿床范围以外的水含汞不超过 5×10^{-8} 克/升。但是，那些直接冲洗矿体，或流通于矿化破裂带的水，汞含量却

增加到 $(1.3-3) \times 10^{-7}$ 克/升。最后，弗莱伯格的三个矿坑水样品证实。含汞 $(1-2) \times 10^{-6}$ 克/升，所有这些资料都证明了水中的汞在解释水化学异常上，不仅对于汞、锑矿床，而且对于多金属矿床都可作为一个辅助指标。

然而，只用气体法和用水化学法普查汞、锑与多金属矿仍不完全可靠。

对于汞矿的岩石化学晕，也就是对于岩石中汞的分散晕就不是这样。松散物质（冲积物—洪积物）晕和基岩晕之间在这里有所不同，前者已经在普查设计上应用很久，后者的应用刚刚开始。

在这里没有必要对覆盖层的分散晕作详细叙述，因为这不是我们研究的目的。应当注意，分散晕可再划分为汞在溶液中搬运的化学分散晕，与汞作为辰砂而搬运的机械分散晕。在普查基岩中的汞矿床时，用淘砂法研究机械分散晕已经使用了很长时间。在奥伊罗特、外贝加尔、乌拉尔、中亚、外卡尔巴阡、克里米亚、普里莫耶、图瓦等地区，用这种方法发现了许多矿床，而且追索到很多矿带。汞的化学分散晕则很少受到注意。在这个领域里，A. A. 萨乌科夫与 H. X. 艾丁扬的研究是很重要的。这些研究涉及辰砂在浅成带中的蚀变以及汞被胶态物系的吸着作用，也涉及次生汞矿物——自然汞、次生辰砂、汞膏、汞矾等的形成。由于汞在浅成带中不仅呈辰砂颗粒产出，而且具有其他的存在形式，因此最近比较常见的是测定全汞含量，而不仅仅测定辰砂中的汞。分析是用光谱法与化学法作出的。这一类的研究主要是关于汞矿床的，例如 E. A. 谢尔盖耶夫（1957）在海达尔坎矿床，B. M. 叶尔绍夫（1958）在中乌拉尔，A. A. 布伊诺夫（1959）在普里莫耶都进行过这种工作。

下面讨论一下有关基岩中汞分散晕的研究史。

第一，汞在硫化矿床地球化学场（据费尔斯曼）以及在原子体积曲线中的位置证明它是一种亲铜元素。因此，它应该富集在硫化矿床中。A. A. 萨乌科夫认为硫化矿物中汞的含量高，其他

工作人员在随后发表的著作中所列数据也证实了这一事实。

第二，汞与汞的化合物表现出异常高的汞气压。即使在常温下，元素汞的蒸气压也是显著的；随着温度上升，蒸气压急剧增加。汞锑矿床形成的温度在286°—365℃范围内，热液矿化作用可以发生在400℃一直到差不多地表上的平均温度。为了衡量汞的蒸气压，让我们提出下列一些数字：

温度℃	20	40	70	126	204	290	323	357
蒸气张力*	毫米汞	0.0013	0.0063	0.05	1	20	200	400
				760				

其他金属具有低得多的蒸气压。同汞对比，若干金属元素其蒸气压达到1毫米时的温度是：

元素	汞	砷	锑	锌	铅	铜
温度℃	126	372	886	487	973	1628

这也可以由元素的挥发性在600℃时（花岗岩结晶后期的温度）与其硫化物达到平衡的数据来表明：

元素	汞	砷	锑	锌	铅	铜
蒸气张力, 大气压	10	0.1	0.7	$10^{-4.7}$	$10^{-2.3}$	$10^{-5.7}$

由此可见，在所有的金属中汞具有最高的蒸气张力。

除此而外，A. A. 萨乌科夫根据斯劳夫与程格里斯的实验工作指出在缺乏游离氧的情况下，汞可以呈硫化物挥发。我们知道辰砂的蒸气张力在580℃时为760毫米。正如斯劳夫的实验所证明，气化可以在较低温度下进行。因此，在315℃，一定量的辰砂可以在两小时内完全气化，而在237℃两小时内约气化3.77%。在这方面，B. П. 弗多尔丘克（1961）的实验值得注意。他证明磨得很细的含辰砂的岩石加热8个小时，在200℃汞量减少47%，而在100℃汞量减少12%。最后，应当注意氟化汞的高度挥发性。在许多情况下，汞可能是以这种形式搬运的。

汞与汞化合物的极高蒸气张力以及硫化热液矿床的矿物中出

* Vapor pressure 译蒸气压（力），Vapor tension译蒸气张力，两者实在是相同的。——校者

现汞的资料，使A. A. 萨乌科夫提出含矿热液上面有含汞的大气存在。B. И. 维尔纳德斯基也指出辰砂与自然汞有可能由气体汞形成。气体汞远比溶液更容易渗透围岩。因此，从含矿溶液和从气相形成的汞分散晕应当比其他亲铜元素形成的分散晕广阔得多，其他亲铜元素主要是在溶液中搬运的。

这些概念 A. A. 萨乌科夫在达吉斯坦的赫佩克与卡扎迪卡姆汞矿床作过检验。他可以证明，在这些矿床中存在着广阔清晰的分散晕。汞已分散到矿带以外1—2公里。晕中的汞含量变化在 $1 \times 10^{-4}\%$ 以下到十万分之2—3；一般含量为百万分之几。后来，O. B. 维尔什科夫斯卡娅等人用各种不同的方法研究了汞矿床周围的汞分散晕。

1948—1949年，H. A. 尼基沃罗夫与B. A. 科罗列夫开始研究围绕着一部分矿田的“辰砂晕”。他们从压碎的基岩所获得的精矿中，研究了辰砂的分布。结果在“盲”矿体上显现出一个清晰的辰砂分散晕。这种方法只能在比较大的硫化物堆积上检出汞；而分散得很细的硫化物或其他存在形式是觉察不到的。更有有效的办法是用光谱法与化学法分析测定全汞。

O. B. 维尔什科夫斯卡娅(1956b)研究海达尔坎矿田汞锑矿床上汞的垂直分布，并获得了有意义的成果。汞分散晕的存在得到了证实，而且在许多情况下，汞含量向矿层有规律地逐渐增多。

B. И. 费多尔丘克与H. A. 尼基沃罗夫(1958, 1959)研究了卡达姆扎伊汞锑矿床周围黄铁矿中的微迹元素，其成果是值得注意的。他们除了测定微迹元素外，还测定了汞，证明汞分散在距矿体350米以上的范围内。

目前，在海达尔坎，潮瓦伊与卡达姆扎伊矿田（南费尔干纳），地质勘探队的成员与中亚科学研究院的工作者正在对汞晕进行范围广泛的工作。

研究非汞矿床周围汞的分布资料，还有点欠缺。上面已提到的有卡达姆扎伊锑矿床的资料。除此而外，E. A. 谢尔盖耶夫(1957)、A. И. 索洛夫夫(1959)与B. Z. 弗尔索夫(1958)

有关多金属矿床的著作，还有 И. И. 金兹堡与 Г. Б. 皮塞姆斯基 (1952) 有关黄铁矿矿床的著作，以及 В. И. 费多尔丘克与冯启德有关白钨矿、辉锑矿、金矿床的著作都值得注意。

综上所述，可以看到汞的三种分散晕——岩石化学晕，气晕与水晕——中以岩石化学分散晕具有最大的找矿意义。用得最广泛的一种岩石化学方法是覆盖层中的分散晕。因为研究得不充分，目前还很少应用原生分散晕。在二十世纪五十年代研究汞矿床周围的原生晕时，其他类型的硫化矿床还研究得很少。如果考虑到硫化矿床周围存在着汞晕的有利理论根据，那么研究热液硫化矿床周围基岩中汞的分布情况，其重要意义就是可以理解的了。这篇论文以许多矿床为例专门研究这个问题。

目前工作中汞的测定方法

在研究汞的分散晕时，特别是非汞矿床周围含量很低的汞晕，有必要检出比克拉克值更低的值。除页岩外，在沉积岩中汞的含量低于地壳的克拉克值。

我们使用了 E. A. 谢尔盖耶夫与 П. A. 斯捷潘诺夫 (1957) 所发展的测汞光谱法。这种方法是半定量的，具有高的灵敏度，而且快速到足以保证大量生产。每个样品都分析两次。如果两次分析成果之间有重大的差别，那么样品就要做第三次分析。

这种方法有三个方案，每一个具有不同的灵敏度，视样品的重量 (Aliquot) 而定：对 0.4 到 0.5 克是 $3 \times 10^{-5}\%$ *；对 0.8 到 1 克是 $1 \times 10^{-5}\%$ ；对 8 到 10 克是 $(1-2) \times 10^{-8}\%$ 。第一个和第三个方案最常用。

对一些矿石与单矿物样品有必要作出准确的数值时，使用化学方法如：A. A. 萨乌科夫与 H. X. 艾丁扬 (1941) 具有灵敏度 $1 \times 10^{-4}\%$ 的快速法，A. A. 萨乌科夫 (1938) 的浊度测定法，

* 我们的分析是 $5 \times 10^{-5}\%$ 。

以及 H. X. 艾丁扬 (1960) 的方法, 两者都具有灵敏度 $1 \times 10^{-5}\%$ 。因此, 目前在测定汞的方法上, 有许多高灵敏度的光谱法与化学法。

为了确定分散晕的存在而测定岩石中大量汞的样品时, 我们的意见最理想的方法是半定量光谱法。但是由于这种方法能产生 50—100% 的误差, 为了求得更可靠的结果就有必要重复每一项分析。无论如何, 必需用化学法进行控制。化学分析对单矿物样品是理想的, 因为汞含量的微小差别都值得注意。

如上所述, 光谱法有两种主要的方案, 其灵敏度分别为 $(3-5) \times 10^{-5}\%$ 与 $(1-2) \times 10^{-6}\%$, 视样品的重量与曝光时间而定 (第一种方案曝光的时间只有第二种的四分之一) 表 1 列出了汞、锑与多金属矿的两种主要光谱分析方案的成果, 这些类型的矿床我们研究得最充分。

表 1 表明了用灵敏度 $(3-5) \times 10^{-5}\%$ 的方案, 只能确定很少汞矿床周围的汞分散晕。

表 1 不同光谱分析方法检出含汞样品的百分比

矿床类型	不同灵敏度的方法检出含汞样品的百分比	
	$>5 \times 10^{-6}\%$	$>(1-2) \times 10^{-6}\%$
汞	10—75	70—100
锑	7	99
多金属	10—25	75—100

正如下面的实例所表明, 锑矿床与有色金属矿床周围几乎辨认不出汞分散晕。在卡达姆扎伊锑矿床周围, 用灵敏度为 $5 \times 10^{-5}\%$ 进行分析, 许多钻孔都检查不出汞 (见图 11, 63 号钻孔), 但在同一钻孔使用高灵敏度的方法时, 就出现一个轮廓清晰的汞晕。在研究费尔干纳卡腊的别齐缅诺耶有色金属矿床时 (见图 14), 用低灵敏度的方法显示出的汞晕差不多与矿化带和其他亲铜元素的晕相吻合。在使用高灵敏度的方法时, 则呈现一条宽

1.8公里的汞晕，比矿化带宽几十倍。对于其他类型的硫化矿床如黄铁矿与锡石硫化物矿床，显然需要用高灵敏度的方法来测定汞。

当研究成因问题时，要求用高灵敏度的方案。在解决有关汞的来源，以及汞含量与克拉克值属于同一数量级的汞矿床的年代等问题上，使用高灵敏度的方案尤为重要。

因此，对于一切非汞矿床，必须使用高灵敏度的方法 $[(1-2) \times 10^{-6}\%]$ ，只有一些汞矿床才能使用低灵敏度 $[(3-5) \times 10^{-5}\%]$ 的方法。下面介绍汞矿床岩石分析的顺序。首先，有必要分析设想为富集部分的样品，如果这些样品的汞含量足够高，而且绝大部分样品都检出了汞，就可使用比较快速但灵敏度较差的方案。如果汞含量低，而且只有少数样品检出汞，就必须使用高灵敏度的方案。

第一章

汞矿床与汞锑矿床周围的汞分散晕

在海达尔坎（中亚）Hg—Sb—As 多金属矿床与尼基托夫卡（乌克兰）Hg矿床进行了汞分散晕的研究。此外，为了比较起见，还介绍了外卡尔巴阡大萨彦汞矿床的材料。

海达尔坎矿田

海达尔坎矿田位于中亚的南费尔干纳汞锑带内。这条带沿着海西一级褶皱构造——升降带的分界排列。带内矿田的分布与为冲断层复杂化的次一级褶皱有关。冲断层与伴生矿床构成一系列东西向的“雁行构造”（见图27）。这些雁行构造之一构成了海达尔坎矿田。

地质矿物概要*

海达尔坎矿田的下伏岩层为古生界的沉积物。火成岩起着次要作用（图1）。

沉积物属石炭纪，泥盆纪与志留纪。志留系岩层主要由拉德洛统块状石灰岩构成偶夹泥质页岩。还有一套未分层的志留—泥盆系的泥质页岩与砂岩岩系。有些地方，志留系沉积物厚达2—3公里。石炭系沉积物分两部分：下部由石灰岩构成，上部则由页岩、

* 根据 B. П. 费多尔丘克, H. A. 尼基沃罗夫, Г. A. 雅鲁雪夫斯基等人的著作。

砂岩、砾岩等碎屑岩与石灰岩构成。石炭系沉积物的总厚度在150、1000米之间。火成岩由小的侵入体与一些岩墙构成。侵入岩类型包括石英二长岩，石英正长闪长岩，二长正长岩与辉长闪长岩。辉绿斑岩为分布最广泛的墙岩，其次为石英钠长斑岩。

海达尔坎矿田岩层构造很复杂。该区位于卡特兰复背斜的南翼，属于一级褶皱构造，其中有两个东西向的背斜褶皱——北（或卡拉-阿尔查-铜山城）背斜与南（或主）背斜发生在海达尔坎矿田内。它们被一个大的向斜下翘分开。北背斜与南背斜为许多穹窿构造所复杂化。上冲断层与冲断层是分布最广泛的断层类型。冲断层发生在褶皱的时候，因而冲断层的基底是弯曲的。最大的冲断层是伊什麦陶断层，这是矿田的主要控矿构造。它将上志留统岩层向南带到石炭系的碎屑之上。有好几个断层与伊什麦陶冲断层有关，其中一些作东西向陡倾斜，其他则为北东—南西向，倾斜较缓（即所谓“斜”断层）。这些“羽毛状”断层为成矿通道。其中最大的有卡拉-阿尔查冲断层，北断层与中断层，以及斜断层（Diagonal fault）。

主要含矿层是一群在热液过程第一阶段经历了激烈硅化的、易裂的韦烈亚-卡希拉石灰岩，有些地方已全部变成了似碧玉岩。在下伏的块状石灰岩以及在其他地方，作为冠岩或屏障的上覆页岩中到处都发生矿化。矿化作用的主要类型是“层状”并与似碧玉岩有关。裂隙矿体是次要的。

矿化最强烈的岩层发生在北背斜与南背斜之间的圆丘中，特别是在那些为斜断层所干扰的带中。在海达尔坎，可以看到许多矿段。在北背斜，有北萤石山，铜山与中心锥矿段，而南背斜包括南萤石山，南区，扎沃德斯克，中矿田与主矿田等。

海达尔坎矿石的矿物成分比较多变。最常见的矿石矿物为辰砂与辉锑矿，雌黄、雄黄与自然汞为次要矿物，而黝铜矿、闪锌矿与方铅矿更为稀少。脉石矿物主要由石英、萤石与方解石组成，其次为粘土矿物。重晶石非常罕见。次生矿物包括锑赭石、红锑矿、黑辰砂、汞膏、次生自然汞、碳酸铜与霰石。