

初论碲的成矿问题

涂光炽

(中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002)

关键词: 碲的成矿类型; 铋碲矿床; 含碲化物金矿床

中图分类号: P618.83 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2000) 04-0211-04

长期以来, 碲元素一直作为伴生组分, 主要从一些铜-镍硫化物矿在铜矿石中作为综合利用对象被回收。由于碲的地壳丰度很低, 甚至低于金和铂, 人们就很少考虑它的成矿问题。这里提到的碲成矿, 是指碲为主要开发利用对象的矿床(即独立碲矿床)或碲具有很高含量的其他元素矿床的形成作用。

从我国西南石棉大水沟独立碲矿床被发现以后^[1,2], 碲元素可以成矿已毋庸置疑。如果将思路拓宽一些, 若干大型-超大型金矿床矿石中碲的含量与金储量相当, 就矿床中碲的含量与品位而言, 完全可以考虑其工业回收与利用。这样, 含较多碲化物金矿床作为碲成矿的另一个侧面, 是可以成矿的。因此, 就目前所知, 碲与铋结合, 形成独立碲矿床(如大水沟)和含碲化物金矿床是碲成矿的两个重要组成部分。

目前, 对大水沟独立碲矿床的研究程度已相当深入^[1,2], 本文不拟赘述。类似的铋碲矿床在国外尚未见报导, 但有不少人研究过铋碲矿化, 在俄文文献中有少量介绍。本文将对具经济价值或科学意义的铋碲成矿做概略论述。碲化物含量较高的金矿床在国内已多处出现, 国外也不鲜见, 也将扼要讨论。在探讨碲成矿问题前对碲的矿物学进展作简略回顾, 也会对成矿给出若干启示。

早在 1959 年, 辛捷也娃^[3]指出碲有独立矿物约 40 种。她认为分散元素的主要标志是不形成独立

矿物; 考虑到传统观念, 她建议将碲作为一般元素与分散元素之间的过渡元素。随着微细粒矿物分离、鉴定与测试水平的不断提高, 最近 40 年来, 碲矿物有不少新发现。据王濮等^[4]报导, 累计至 1989 年底, 碲化物矿物达 50 种, 硒碲酸盐矿物达 13 种, 亚碲亚碲酸盐矿物 42 种。最近发表的“碲矿物综述”一文^[5], 提出 1980 年前世界上已发现并被国际矿物协会新矿物与矿物命名委员会正式承认的碲矿物有 95 种, 与王濮等的统计基本一致。该文又进一步指出, 1981 年以来, 世界各地新发现和报道的碲矿物又达 80 余种, 这样, 现今已知的碲矿物种数是 40 年前的 4 倍多。无疑, 在元素矿物学中, 碲元素矿物学研究进展是十分快速的。

碲在自然界可以与不少重金属组成碲化物、碲酸盐、亚碲酸盐矿物(硫、硒可部分取代碲)。这些重金属包括 Cu、Pb、Bi、Pt、Pd、Au、Ni、Hg、Sb、Ag 等, 其中 Bi 和 Au(Ag)的碲化物矿物无论其种数和产出量无疑位列前茅。早在 1963 年 F. H. Day^[6]在其著作《自然界的化学元素》一书中就指出了这一点。Bi 和 Au(Ag)的碲化物矿物的突出赋存反映到成矿作用上, 就是铋碲结合组成独立碲矿床, 碲金(银)结合形成含碲化物金(银)矿床。自然界实际情况更要复杂一些, 如某些金矿床也可以含较多铋碲矿物(小秦岭杨砦峪), 而铋碲矿床也可以是含金(银)碲化物矿床(大水沟)。顺便提一下, 除 Bi 和 Au(Ag)外, Pb 的

收稿日期: 2000-08-30 收到

作者简介: 涂光炽(1920—), 男, 研究员, 中国科学院院士, 从事地球化学研究。

碲化物矿物在自然界也产出较多。尽管目前还未找到铅锌独立矿床,但在个别铅锌矿床中有碲铅矿及共生碲银矿两种矿物局部大量存在的报道(阿尔泰、查沃金斯克铅锌矿床)^[3]。

下面将就碲成矿的两个侧面做概略宏观介绍与剖析。目前独立碲矿床在国外尚未见诸报道,但类似矿化却有出现。据拉扎廉柯^[7]在前苏联欧洲部分最西南的外喀尔巴阡依列柯夫切-波德耳基地区即出露铋碲矿化。矿化赋存于上第三系火山岩-火山碎屑岩系中,后者厚达 600 余 m,底部为火山角砾岩,其上绝大部分为熔岩夹火山碎屑岩。火山岩系上、下多安山质、玄武安山质、安山英安质岩石,中部则多流纹英安质岩石。矿化部分火山岩系遭受强烈

蚀变。可以在地表圈出两个蚀变区,一个面积为 2 km²,另一个为 4 km²。蚀变有两期,早期产物是电气石、黄玉、萤石、石英等,类似于云英岩化蚀变。晚期蚀变则以粘土化、硅化、明矾石化、碳酸岩化为主。局部发育蓝线石。从蚀变矿物组合可以看到 B、F 等矿化剂的作用。各种蚀变岩石中都有一定含量的碲。矿化类型是石英脉和石英细脉带(图 1)。据拉扎廉柯^[7]报导,矿区找到的唯一碲矿物是叶碲铋矿(wehrlite¹,或 pilsenite),其 Bi 含量为 70.63%,Te 含量 28.33%,合计 99.76%,大致相当于 Bi₃Te₂。还给出了矿物的 X 射线谱、比重(8.53)、反射率(65)和硬度(2.2)。除叶碲铋矿外,还有自然铋。

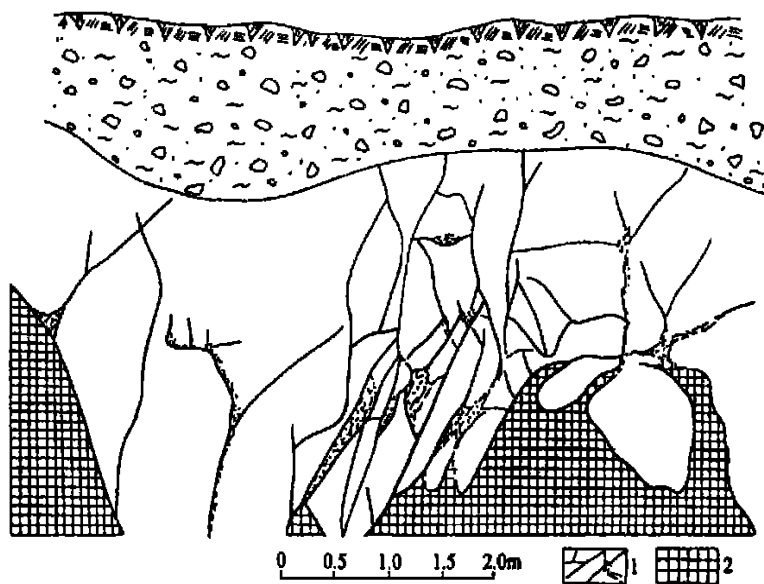


图 1 伊利柯夫切-波杜尔基铋-碲矿化剖面素描

1. 含碲碲矿物石英网脉; 2. 电气石、硅化火山岩

含碲化物金矿床在国内外均有较多报道。如果剖析一下它们产出的地质背景与赋存情况,便不难发现相当一部分的这种矿床与碱性、偏碱性侵入岩和火山杂岩存在密切的时空联系。这里试以若干大型-超大型金矿为例,加以说明。

东坪金矿床赋存于华北克拉通北缘张家口附近水泉沟碱性杂岩体的内接触带。杂岩体主要由正长岩、石英正长岩和二长岩等组成,侵入到太古代深变

质岩系中。矿石为少硫化物石英脉和蚀变岩型。据赵振华口述,金矿石含碲量大致与含金量相当,即 Au 平均 8.74 g/t,而 Te 平均值为 6.71 g/t, Te/Au 为 0.8。碲矿物组合复杂,包括未正式定名者在内,矿物可达 30 种左右。与碲形成矿物的元素有 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Fe、Bi、S 和 O,主要是碲化物,也存在碲酸盐和硫酸碲酸盐。

西南太平洋斐济群岛的 Emperor 金银矿床产于

¹ 国际新矿物及矿物命名委员会已决定不用“叶碲铋矿”一词。由于此矿物在 50 年代发现,为便于读者查询,故暂时保留旧名称。

主要由玄武岩、粗面玄武岩、粗面岩、正长岩、二长岩等的岩流和凝灰岩、角砾岩,以及少量侵入岩组成的火山盆地中(或大型破火山口)。据 Ahmad^[8]等,此矿床自 1934 年至 1986 年(著作发表时间)已产出 112 t 金和 40 t 银,现年产金 1.8 t、银 0.9 t。自 1975 年起,该矿床每年还生产 4 000 kg 碲。矿石金品位大致为 7.5 g/t。

矿石中除自然金、自然碲外,碲化物矿物也相当发育。Ahmad 等^[8]罗列的金(银)碲化物矿物包括碲金矿(AuTe₂)、碲金银矿(krennerite, Au₄AgTe₁₀)、针碲金银矿(AuAgTe₄)、另一种碲金银矿(petzite, AuAg₃Te₂)、碲银矿(hessite, Ag₂Te)与粒碲银矿(empressite, Ag₅Te₃)。还有碲汞矿、碲铅矿和碲镍矿。值得一提的是,在蚀变矿物中有钒云母(roscoelite),分布较广,其 V₂O₅ 量可达 23.75%。

Saunders 和 May^[9]指出,与著名的美国 Cripple Creek 金矿床座落于同一科罗拉多成矿带中的 Bessie G 含碲化物金矿床可能与下伏第三纪正长岩-二长岩-闪长岩及其斑岩相岩石组成的杂岩有关。这是根据这些岩石在矿区周围广泛分布(正长岩分布面积最大)而得出的推断。矿床直接围岩则为二叠-三叠纪沉积岩。

矿体为石英小脉。成矿可划分为 4 个阶段(自早到晚): 1) 黄铁矿及少量铜、铅、锌硫化物阶段; 2) 硫酸盐矿物,主要是黝铜矿阶段; 3) 碲化物阶段; 4) 自然金阶段。矿石中 95% 以上的 Au 赋存于自然金中。自然金含银,最多达 15%; 另一部分银则存在于碲银矿中。矿石之 Au/Ag 值为 0.8~1.0。金银碲化物,如斜方碲金矿(AuAgTe₂)、针碲金银矿(AuAgTe₄)和碲金银矿(AuAg₃Te₂)都较发育。但碲化物在矿石中分布最多的却是碲汞矿(HgTe),还出现少量辰砂;在蚀变矿物中也有钒云母。

据科瓦连克尔等^[10],阿尔美尼亚的美格拉德佐尔矿床赋存于第三纪火山-侵入杂岩中,由安山岩流及正长岩-二长岩岩株、正长斑岩-二长斑岩岩脉、闪长玢岩岩脉等组成。可以划分出 4 个成矿阶段: 绢英岩化、硫化物和硫酸盐矿物、金银和碲矿物、石英-碳酸岩。矿床中黄铁矿与铜、铅、锌的硫化物及黝铜矿等十分发育,分布于整个矿床。碲化物矿物只在局部富集,碲铅矿是含量最多的碲化物。科瓦连克尔

等^[10]指出,报道过的自然界的 Au-Ag-Te 系矿物在美格拉德佐尔矿床均有分布。另外,碲铋矿和辉碲铋矿也有产出。就本文作者接触到的文献而言,美格拉德佐尔矿床所含碲化物矿物种数最多,这与该矿床所含元素多种多样且量较大有关,也与细微而系统的矿物学研究有密切关系。矿床自然金成色大致为 810~980。

作者曾指出,金矿床对岩石类型无选择性,即可以赋存于任何岩石中,对侵入-火山岩类也是如此。但是,诚如上述实例和其他国内外类似矿床所发现的,含碲化物金矿床的地质产出都存在一定的制约,即对侵入-火山杂岩而言,它们主要与碱性-偏碱性者有关。是否二者之间存在某种成因联系,或者二者都受相似地质背景的制约,这是今天应当加以思考的问题。当然,含碲化物金矿床也可以产出于其他岩类,如古老绿岩带变质岩中(河北小营盘、小秦岭杨砦峪等),关于它们的来龙去脉,本文暂不讨论。

经过多年来对富碱、偏碱侵入-火山杂岩的综合地质、地球物理、地球化学研究,人们已逐渐达成共识: 这类杂岩是上地幔部分熔融,多为后造山期或非造山期地壳处于拉伸状态的产物,不排除在岩浆及热液上升过程中受到地壳物质混入的可能。在这次事件之后形成的、并赋存于碱性-偏碱性侵入-火山杂岩体或附近地质体中的含碲化物金矿床,其成矿物质有可能部分来自上地幔或地壳深部,即二者在物源和通道上存在某种吻合。

下面我们将试图剖析两种类型碲成矿的若干共同点,将同时涉及它们的形成机制和分布规律的某些方面。

前述两种碲的成矿内涵,即独立碲矿床和含碲化物金矿床的形成具有下列共同之处:

(1) 两种碲的成矿类型均首先取决于较多独立碲化物矿物的形成,即较多铋和金(银)碲化物矿物种和产出量的出现是成矿的前提。有了独立矿物的聚集和富集便有了成矿的可能。

(2) 高碲逸度和低硫逸度的介质是碲化物矿物能多量形成和积累的重要条件。高碲逸度和低硫逸度介质体现于下列几种观察: 不少含碲化物金矿床为少硫化物石英脉,矿石中各种硫化物矿物(主要为黄铁矿)总量一般在 3%~5% 之下,如河北东坪、小

- [1] 曹志敏,温春齐,刘永丰,等.四川碛化物脉型矿床矿物序列与矿石成因[A].中国矿物学岩石学地球化学研究新进展[C].兰州:兰州大学出版社,1994.257-258.
- [2] 陈毓川,毛景文,骆耀南,等.四川大水沟磷(金)矿床地质和地球化学[M].北京:原子能出版社,1996.
- [3] Скоблев А. °С в ±А' АН А° А' фААААА, мА° А° ААА' ф ЕААА' Se K TQ M], 'μ±А , ААА' ±1959
- [4] 王濮,翁玲宝,陈代璋.系统矿物学与矿物种[J].现代地质,1992,6(4):411-417.
- [5] 钱汉东,陈斌,谢家东,黄瑾.碛矿物综述[J].高校地质学报,2000,6(2):178-187.
- [6] Day F H. The chemical elements in nature[M]. G. G. Harrap & Co., London, 1963.
- [7] ±АА'А . 'ААА'А° ТБ к Бю Б щцАБ а а а Г [A]. ААА'А'А' 'АА°А° [C]. 'А'А' f³ í ААА', í³А³, 1959, 272-297.
- [8] Ahmad M, Solomon M, Washe J L. Mineralogical and geochemical studies of the Emperor gold telluride deposit, Fiji[J]. Econ. Geol., 1987, 82: 345-370.
- [9] Saunders J A, May E R. Bessie G: A high-grade epithermal gold telluride deposit, La Plata Co., Colorado, U.S.A.[C]. Proceedings Gold 86. An international symposium on the geology of gold deposits, Toronto, 1986.
- [10] А'А'А'А' , Б°²А'А' , ААА'А' А' , КД . А'í¹ЕАМ'А' Б'А КдоаГ коБа ка НГ ТБддщц ПЦ АдоиЩ щГ А'А'А'°[J]. 'А½. А. -оқс, 1990, (3): 65-81.
- [11] Thompson T B, Trippel A D, Dwelley P C. Mineralized veins and breccias of the Cripple Creek district, Colorado[J]. Econ. Geol., 1985, 80: 1669-1688.