

中国锑矿主要矿集区及其资源潜力探讨

王永磊¹ 陈毓川² 王登红¹ 徐 珏¹ 陈郑辉¹ 梁 婷³

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点开放实验室, 北京 100037;

2. 中国地质科学院, 北京 100037; 3. 长安大学, 陕西 西安 710064)

摘要: 锑矿是中国的优势矿种之一, 但 2011 年被英国地质调查局列为全球第一紧缺矿种。本文在全国矿产资源潜力评价项目的基础上, 结合前人的资料及 III 级成矿区带研究成果, 简要总结了我国锑矿资源特点, 初步将中国锑矿划分为 13 个矿集区, 简单介绍了这些矿集区的基本地质特征, 剖析了 6 个重点锑矿集区的成矿特征。结合近几年锑矿勘查的新进展, 对锑矿集区的资源潜力和找矿方向进行了探讨, 认为藏南、西昆仑等地尚有一些有待开展工作的空白区, 已有老矿山深部及外围仍有找矿潜力, 指出了新的找矿方向。

关键词: 锑矿; 矿集区; 资源潜力; 中国

中图分类号: P618.66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2013)05-1366-13

1 概 述

锑在地壳中的含量很低, 分布不均匀, 且极难富集, 主要以硫化物及硫酸盐矿物的形式存在, 目前已知锑矿物和含锑矿物有 120 余种, 但具有工业利用价值的仅 10 多种。中国是世界上发现、利用锑较早的国家之一。秦墓出土文物的秦代箭, 经光谱分析含锑, 由此可知中国对锑的利用很早。明朝末年(1541 年), 中国就发现了世界上最大的锑矿床——湖南锡矿山。中国的锑矿资源也比较丰富, 目前储量和产量均居世界首位。截至 2012 年底, 据《全国矿产资源储量通报》, 中国已探明有储量的锑矿区 184 处, 锑矿保有查明资源储量 238.34 万 t。2012 年, 据全国矿产资源潜力评价项目统计, 目前查明中国锑矿床(点)共计 724 处, 其中超大型 2 处, 大型 16 处, 中型 68 处, 小型 134 处, 矿点(矿化点)504 处。总体而言, 中国锑矿资源特点^[1-7]可以简单概括为:

(1) 资源分布相对集中。目前所探明的锑矿床分布于中国 19 个省(自治区), 主要集中在湖南(占总查明资源储量的 25.2%, 下同)、广西(20.9%)、西藏(14.8%)、贵州(12.6%)、云南(9.4%)、甘肃(5.8%)、广东(2.4%)等省(自治区)。

(2) 赋矿地层具有多时代性, 但在不同成矿带及其不同地段具有一定产出趋向性, 集中产出在某层位上。中国锑矿床赋矿地层几乎包括了各个时代的地层, 但根据赋矿地层中所探明的矿产储量统计: 锑矿赋矿地层主要为泥盆系, 其次为前寒武系、二叠系、三叠系及白垩系等。国外锑矿床赋矿地层则以中、新生界为主。

(3) 容矿岩石种类具有多样性。中国锑矿床的容矿岩石既有沉积岩, 又有变质岩与岩浆岩, 但大约 90% 以上赋存在沉积岩地层中, 而国外大型锑矿床的容矿岩石则多为火山岩或火山碎屑岩。

(4) 容矿岩石较少以单一岩性出现, 常与其他

收稿日期: 2013-02-17; **改回日期:** 2013-06-28

基金项目: 全国矿产资源潜力评价项目(1212010633901)、国家自然科学基金青年基金项目(41202060)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(K1326)、深部探测技术与实验研究专项之南岭成矿带地壳岩浆系统结构探测试验课题(Sinoprobe-03-01)、中国地质大调查之我国重要矿产和区域成矿规律研究项目(1212010633903)共同资助。

作者简介: 王永磊, 男, 1980 年生, 副研究员, 主要从事矿床学研究; E-mail: yongleiw@163.com。

沉积岩组合在一起呈互层状。一般而言,单一的脆性岩石(如砂岩、硅质岩及灰岩等)或塑性岩石(如页岩、泥岩及泥灰岩等),由于岩性组合简单,多不利于成矿,而复杂的岩性组合(比如有起屏蔽作用的塑性岩石,下有起支撑作用的脆性岩石),常能形成较好的运、储、盖封闭环境,对成矿较为有利。

(5) 多数锑矿床未见有一定规模的侵入体与矿体直接接触或出露,但在矿区或矿田(带)内多多少少还存在岩浆活动的迹象,尤其是可见到发育程度不同的煌斑岩或其他中基性岩的脉体,如锡矿山超大型锑矿发现有辉绿岩脉^[8]。世界上锑矿床也有部分与煌斑岩或基性岩墙密切共生,如澳大利亚新南威尔东北新英格兰造山带南部的 Au-Sb-(As-W)矿床在空间上与煌斑岩墙紧密共生^[9]。这些现象表明锑的成矿可能与深部构造动力或岩浆活动有关。因此,在锑矿床研究中不应忽视岩浆活动迹象的研究,它不但可能是重要找矿标志,而且能为进一步研究锑的成矿作用提供新思路。

(6) 空间分布特征与大地构造单元具有一定的相关性。中国锑矿床多处于各种大地构造单元的边缘地带,并受板块缝合线或深大断裂(超岩石圈或岩石圈断裂带)制约,反映了构造单元对锑成矿带产出位置的控制。

(7) 大多数锑矿床受断裂和褶皱构造的控制较为明显,特别是大型锑矿床,往往产于短轴背斜或穹隆的、加断裂(主要是纵断裂)的构造形迹中,尤其是平缓开阔的封闭背斜,加上规模较大,多次活动的纵断裂,且其上又覆有渗透性弱或防渗性好的盖层时成矿最为有利。

(8) 以原生矿床为主,次生和氧化矿床较少。在原生矿床中,独立(或单一)锑矿床占有重要地位,即以辉锑矿为主,其他矿石矿物不足 10%,主要分布在贵州、云南、湖南以及广西等地,其余则为共伴生锑矿床,即矿石矿物组分较多,锑矿物仅是其中一种,主要有 Hg-Sb 矿床、Sn-Sb 矿床、Pb-Zn-Sb 矿床、Au-Sb 矿床、W-Sb 矿床、Ag-Sb 矿床等。

(9) 围岩蚀变类型相对简单。其中绝大多数锑矿床中具有较为明显的硅化蚀变,甚至有的地质工作者将其视为近矿围岩蚀变及找矿标志。

(10) 成矿时代具有多期性,但多数锑矿床目前未获精确的成矿年龄。由于锑矿赋存的特殊性,矿物组合相对简单,多缺乏合适的可供常规同位素定年

的矿物,同时空间上又往往与岩浆活动缺乏明显的联系,而且即使对于同一锑矿床,不同矿物或不同测年方法获得的成矿年龄也可能有较大差别(图 1),因此对于大部分锑矿床的成矿时代依然尚有不同认识。根据目前已有的资料^[10-29],中国锑矿床的成矿期主要有加里东期、印支期、燕山期及喜山期。

2 中国锑矿矿集区的圈定

2.1 矿集区圈定的原则

成矿作用具有客观规律性,往往与特殊的地质构造环境、成矿能量的持续传输、成矿物质的充足供给与聚集,以及相应的有利成矿堆积空间等密切相关,时空上具有一定的非均一性和集中性,往往在成矿区带或成矿省中表现为某些成矿物质的聚集,形成矿集区^[30-31]。中国锑矿床的分布多受区域性大断裂控制,多数矿床定位于区域性大断裂旁侧次级断裂与背斜交汇处,在空间分布上具有相对集中的趋向,常在成矿带中组成若干成矿集中区,本次锑矿集区的划分是建立在成矿区带之上,依据区域矿床的时空分布规律,相似的或密切联系的成矿作用形成的空间相近的一组矿床(点)的集中区,同时考虑不同时期形成的矿床在同地区的叠加和密集分布,结合地质成矿理论及区域成矿地质特征,并综合本次全国矿产资源潜力评价项目的成果等因素划分出矿集区^[32-37]。

锑矿集区的命名采用了两种方式:一是采用大地构造、地质构造单元命名,如秦岭锑矿集区;二是按照地理位置命名,如滇黔桂锑矿集区。

2.2 矿集区圈定的结果

根据上述矿集区的划分原则,结合锑矿床的时空分布特征及所在地质构造单元的具体特征,初步将中国锑矿划分为 13 个大的锑矿成熟矿集区及潜在矿集区(图 2,表 1)。

3 重要锑矿矿集区特征及资源潜力评述

3.1 湘中—湘西矿集区

该区泛指湖南沅陵—益阳一带,受雪峰弧形构造及其延伸部位控制的锑成矿区和其南缘以湘中盆地为主的锑成矿区,目前是中国探明储量和保有储量最多的锑矿集区,也是中国最重要的锑矿产地,许多著名的锑矿床均产于本区,如锡矿山超大型锑矿床、龙

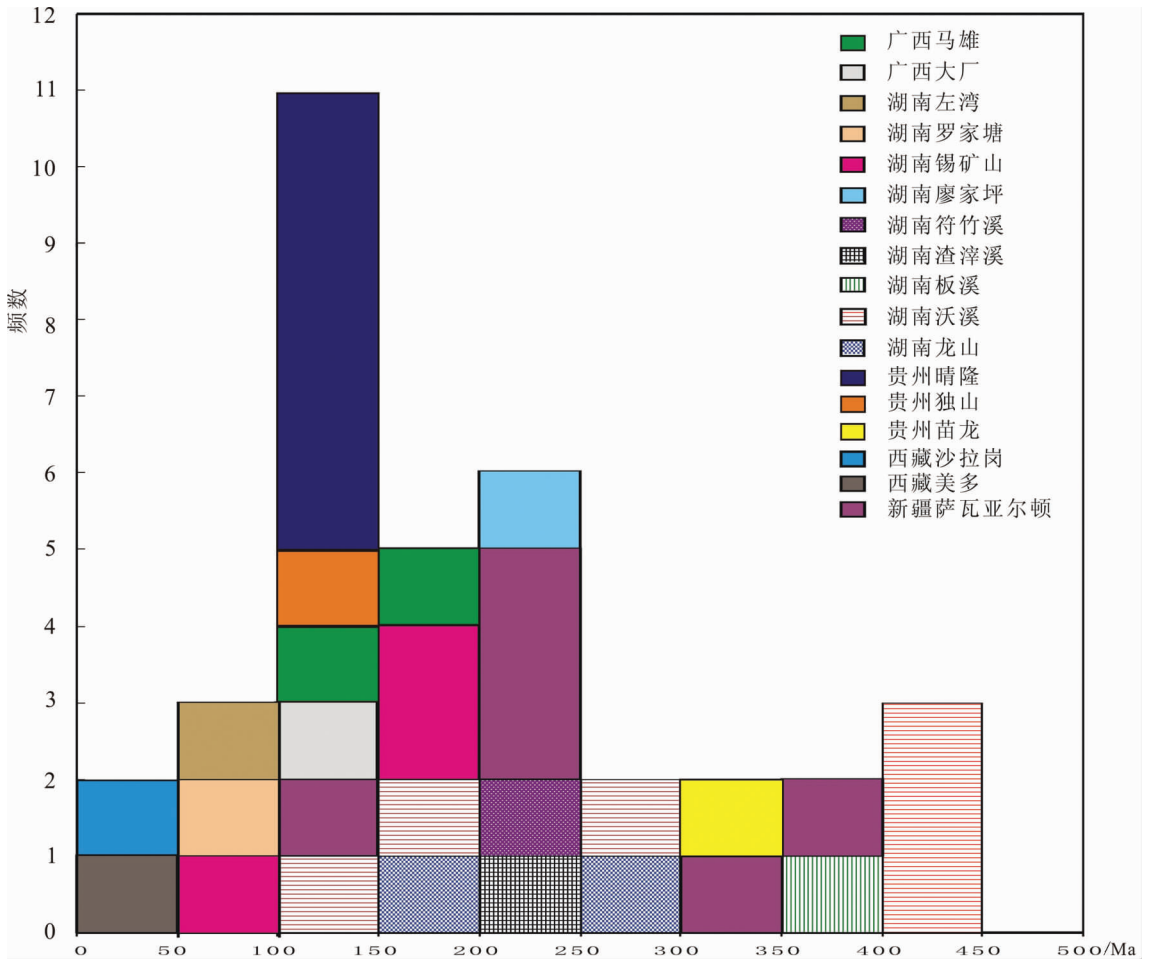


图1 中国锑矿成矿时代分布直方图
Fig.1 Age histograms of Sb deposits in China

山 Au-Sb 矿床、沃溪 Au-Sb-W 矿床等。

湘中地区属于湘南—粤北后加里东坳陷的一部分,在大地构造上位于东安—雪峰期古岛弧的南缘,湘桂海西—印支弧间盆地的北侧,其基底为下古生界和构成江南古岛弧带主体的元古宇巨厚浅变质碎屑岩系,盖层由晚古生代碳酸盐岩及碎屑岩组成。湘中地区赋矿层位较多,除以中、下泥盆统为主外,还有下石炭统、中—下寒武统及下震旦统。大多位于短轴褶皱构造中,受层间构造控制,形成规模较大的热液型层状矿床,少数位于断裂带中,形成热液型脉状矿床,矿化作用均以锑为主,汞矿化较弱。矿石矿物相对比较简单,既有大型独立的锑矿床,如锡矿山 Sb 矿床,也有 Sb-Au 组合和 Sb-W 组合的共生矿床,如龙山 Au-Sb 矿床。

湘西地区主要出露中、新元古界浅变质地层,而中元古界冷家溪群和新元古界板溪群组成元古宇

Au-Sb-W 含矿建造。冷家溪群和板溪群是该区不同大地构造发展阶段的产物,目前已发现的锑矿床主要产于新元古界板溪群浅变质岩系中,少数产于中寒武统、下震旦统与上泥盆统中,矿床大多数属于热液型脉状共生矿床,最常见是 W-Sb-Au 组合,矿床规模多为中小型,如湖南沃溪 Au-Sb-W 矿床、安化符竹溪 Sb-Au 矿床、渣滓溪 W-Sb 矿床等。

湘中—湘西矿集区以锑矿化为代表的热液矿床在区域成矿背景上产于基本无岩浆活动或岩浆活动很弱的沉积岩和浅变质岩系中,在区域构造上主要产于前寒武系隆起带即雪峰弧形构造带的转折部位。目前对湘中—湘西地区锑矿床成矿年龄资料的综合研究表明,有关矿床的成矿时代跨度很大,在 476~70 Ma 之间,显示从加里东,经印支到燕山期的多时代成矿特征。马东升等^[9]认为该区在其东南缘与著名的华南花岗岩钨-锡-稀有金属高温热液成

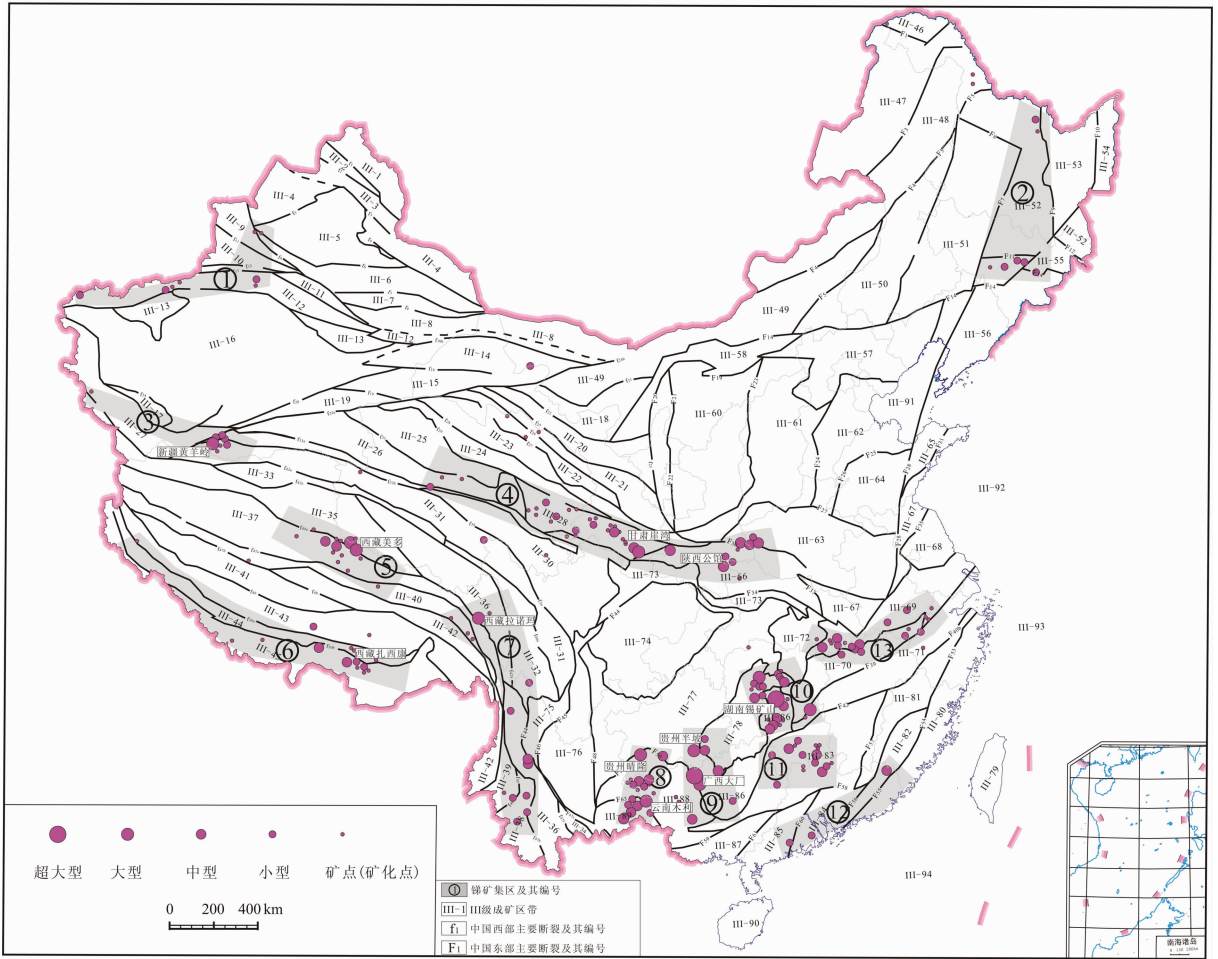


图 2 中国锑矿床及矿集区分布图(底图据徐志刚等^[38])

Fig.2 Distribution of Sb deposits and ore concentration areas in China(base map after Xu Zhigang et al.^[38])

矿带毗邻,其西北部与川贵油、气、煤盆地以及西南低温成矿域相连,它们共同在华南大陆上构成了一个自东南向北西的,相当完整的高-中-低温巨型矿化分带。

湘中—湘西矿集区已探明的大型—超大型矿床较多,其中沅陵—溆浦和新化—新邵尽管已发现中国规模最大的锡矿山锑矿床以及渣滓溪等一批大中型锑矿床,但潜在资源量巨大,仍有很大的找矿潜力,而在湖南板溪地区和常宁—临武地区虽然已经发现中小型锑矿床,但与预测的潜在资源量相比,依然具有很大的找矿前景。另外,区内新化、安化断裂带两侧及相关地层中见有脉状、细薄层—似透镜状锑矿,但目前矿产地质调查评价程度低,尚具有较好的找矿前景。

此外,从已有的剖面图来看(图 3),许多锑矿老

矿山的外围和深部依然具有良好的找矿潜力,部分矿体向下应有较大的延伸,深部仍有较大的资源潜力,例如南非梅尔其松锑矿带的矿体延伸在 1000 m 以上。

3.2 桂北—黔南矿集区

桂北—黔南矿集区位于扬子地块与华夏地块的碰撞拼贴带附近,区域上属雪峰隆起锑(金)成矿带西南端的一部分。矿集区的构造以断裂构造为主,具明显的多期活动性,而区内锑矿的产出受构造控制明显,主要充填于大断裂旁侧的背斜构造(如贵州半坡锑矿的箱状背斜、广西南丹大厂矿田的丹池大背斜)及与之平行伸延的次级断裂或层间破碎带,赋矿地层主要为中、下泥盆统。

矿集区内锑矿床主要有 3 种类型,一是南丹大厂矿田锡多金属矿产共生、伴生产出的锑矿床,锑以

表 1 中国锑矿集区及潜力分析一览表

Table 1 Sb ore concentration areas in China and their potential analyses

编号	矿集区名称	已知典型矿床	主要特征及找矿远景区
1	西南天山矿集区 *	查汗萨拉 Sb 矿床、萨瓦亚尔顿 Au-Sb 矿床	赋矿地层主要有志留系、石炭系, 区内 Sb 矿床在空间上表现出与深大断裂具有一致性。西天山及南天山地区具有很好的找矿前景, 如查汗萨拉远景区、卡拉脚古牙远景区、萨瓦亚尔顿远景区等
2	小兴安岭—张广才岭矿集区 *	连珠山 Au-Sb 矿床、三合屯 Hg-Sb 矿床	区内 Sb 矿床多与岩浆岩密切相关, 矿化作用多受花岗岩断裂破碎带或火山岩层间构造控制, 矿石成分较为单一
3	西昆仑矿集区 *	黄羊岭 Sb 矿床、肖尔库勒 Sb 矿床	赋矿地层主要为二叠系。随着区域化探全面覆盖显示 Sb 的区域性富集及黄羊岭等 Sb 矿床的发现, 展示出该矿集区的巨大 Sb 矿找矿潜力
4	秦岭矿集区	崖湾 Sb 矿床、公馆 Hg-Sb 矿床	区内赋矿地层主要有元古界、泥盆系、石炭系及三叠系, 其中陕南地区以泥盆系为主, 甘南地区以三叠系为主。秦岭矿集区的 Sb 矿床多与 Hg 形成共生关系, 还常与其他金属相伴生或共生。区内部分矿床具有“上 Sb 下 Au”的矿体空间赋存规律, 暗示秦岭矿集区深部潜力巨大
5	藏北矿集区	美多 Sb 矿床、尕尔西姜 Sb 矿床	赋矿地层主要为三叠系, Sb 矿床主要受北西向断层与北东-北北东向断层控制, 矿集区内岩浆岩出露较少, 含矿岩系中仅见英安-流纹质凝灰岩零星出露, 但矿集区北部见有大面积喷发的中性钾质熔岩
6	藏南矿集区	扎西康 Sb-Pb-Zn 多金属矿床、沙拉岗 Sb 矿床	赋矿地层主要为三叠系、白垩系, Sb 矿床主要受藏南拆离系、近东西向断层及近南北向断层联合控制, 矿集区见有辉绿岩、花岗斑岩呈脉状、岩墙状产出, 规模较小, 而矿集区外围见有一定规模的中酸性侵入岩
7	三江矿集区 *	拉诺玛 Pb-Zn-Sb 多金属矿床、笔架山 Sb 矿床	赋矿地层主要为三叠系, 部分 Sb 矿床与逆冲-推覆构造带关系密切, 受断裂和褶皱构造的控制明显
8	滇黔桂矿集区	木利 Sb 矿床、马雄 Sb 矿床、晴隆 Sb 矿床	区内地层自寒武系至三叠系中均有 Sb 矿床(点)产出, 赋矿地层主要为泥盆系、二叠系, Sb 矿化构造控矿作用较为明显, 岩浆岩活动不明显, 多数矿床 Sb-Au 矿化共存。本区 Sb 金属资源量具有巨大的远景, 尤其是已知矿区外围仍然具有巨大的勘探潜力
9	桂北—黔南矿集区	箭猪坡 Sb-Pb-Zn 多金属矿床、半坡 Sb 矿床、大厂 Sn-Pb-Zn-Sb 多金属矿床	赋矿地层主要为泥盆系, 区内 Sb 矿的产出受构造控制明显。地层中 Sb 元素的富集程度较高, 具有良好的 Sb 成矿地球化学背景
10	湘中—湘西矿集区	锡矿山 Sb 矿床、渣滓溪 W-Sb 矿床	目前是中国探明储量和保有储量最多的 Sb 矿集区, 赋矿地层主要有元古宇、泥盆系, 其次有寒武系、石炭系, Sb 矿床多产于基本无岩浆活动或岩浆活动很弱的沉积岩和浅变质岩系中
11	南岭矿集区 *	新开 Sb 矿床、梅花 Sb 矿床、乐家湾 Sb 矿床	赋矿地层主要为寒武系、泥盆系, Sb 矿床受构造和地层控制较为明显, 部分地区岩浆岩发育, 目前尚未发现大型 Sb 矿床
12	东南沿海矿集区 *	嵩溪 Ag-Sb 矿床	赋矿地层主要为侏罗系, Sb 矿床多受火山机构控制
13	长江中下游矿集区 *	驼背山 Sb 矿床、徐家山 Sb 矿床	赋矿地层主要为震旦系、寒武系, Sb 矿床受断裂和褶皱构造的控制明显

注: * 潜在矿集区。

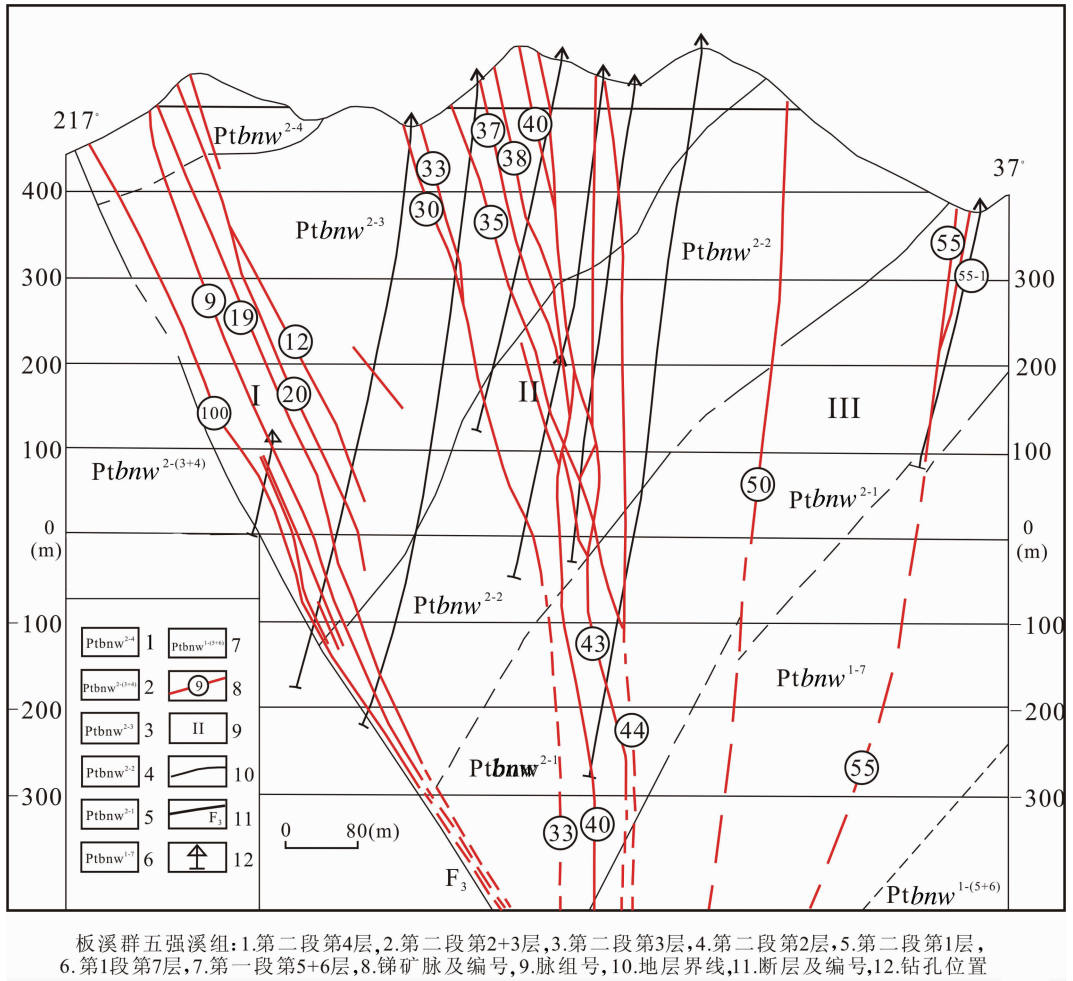


图 3 渣滓溪 Sb(钨)矿区地质剖面图(据渣滓溪矿业有限公司)

Fig.3 Geological section of the Zhazixi W-Sb deposit (after Zhazixi Mining Co., Ltd.)

复杂的硫盐矿物为主;二是贵州半坡等地的单一辉锑矿形式出现,成分简单、含量较高;三是河池五圩多金属矿床,锑以硫盐矿物和辉锑矿共同产出。其中丹池地区是中国重要的锑矿产地,目前已查明锑矿床特大型 1 处,大型矿床 4 处,中型 3 处,小型 1 处。丹池大背斜和丹池大断裂组成的丹池褶断带,主要构造呈 NW-SE 走向的紧密线型褶皱,背斜轴部逆冲断层发育。在此基础上,叠加 EW 向、SN 向的断裂和次一级褶皱构造,形成大厂、芒场和五圩三个构造隆起,控制了成矿带内主要矿田的成岩、成矿作用^[40]。

该矿集区地层中 Sb 元素的富集程度较高,具有良好的锑成矿地球化学背景。成矿元素 Sb 及伴生元素 Hg、As 等具有相似和较活泼的地球化学性质,沿构造有较强的迁移能力,而在独山东部半坡锑矿床一带,异常面积中等,平均含量高,断裂构造复杂,在

NW 向、近 EW 向及 SN 向构造相交复合部位,其深部层间断裂和层间破碎带,有隐伏矿存在的可能性较大,有扩大已知锑矿储量远景的希望。此外,丹池地区的深部和外围找矿潜力巨大,以五圩矿田为例,地表未见岩浆岩,物探资料则推断有隐伏岩体的存在^[41],现已探明箭猪坡大型锑铅锌多金属矿床,该区成矿地质条件与大厂矿田相似,总体以锑、铅、锌矿化富集为主,锡的富集程度较低,但深部已发现有锡富集的趋势,成矿元素总体具有一定的垂直分带性,而且化探扫面发现有 Sn、Sb、Pb、Zn、As、Cu、Ag 组合异常,地表也已发现含锡铁帽和锡多金属矿点,其深部值得进一步工作。

3.3 藏南矿集区

藏南矿集区泛指介于印度河—雅鲁藏布江缝合带与藏南拆离系主拆离面之间的特提斯喜马拉雅的

部分,区内各时代地层出露广泛、构造形迹复杂,岩浆岩发育和金属矿床(点)星罗棋布,为青藏高原最具特色和最重要的 Au-Sb 成矿带^[42]。该地区大规模 EW 向逆冲-推覆断裂和近 SN 向张裂构造均十分发育,代表性深大断裂有大反向逆冲断裂(GCT)、藏南拆离系(STDS)、主中央逆冲断裂(MCT)和主边界逆冲断裂(MBT),其中近南北向张性断裂(地堑、谷和正断层)分布广泛,并且与 Au 和 Sb 矿床(点)具密切空间分布关系^[43]。前人^[44]认为这些张性断裂不仅明显切割了近 EW 向构造形迹,同时也为岩浆、热水和含矿流体上涌提供了有利通道。

该矿集区目前已发现锑矿床(点)40 余处,从北而南、自西向东代表性的锑矿床有阿布纳布、鲁鲁、萨拉岗、沙包、特劣、勇日、壤拉等;Au-Sb 矿床有马扎拉、车穷卓布、哲古错和古堆、乌拉堆与然巴;锑(硫酸)多金属矿床有扎西康,其中扎西康锑(硫酸)多金属矿床可能成为该区锑矿床中规模最大者。

藏南矿集区内锑矿床的含矿围岩较为复杂,赋矿地层主要为三叠系、白垩系,含矿岩性主要为中生代碎屑岩及浅变质碎屑岩,这是藏南锑成矿带的一大特色。区内 Sb、Sb-Au 矿床的空间分布总体上受特提斯喜马拉雅地体中部的构造热穹隆带及周缘的拆离断层、SN 向断层和两者交汇部位控制,呈现东西成带、成片或南北成群、成串分布特征,杨竹森等^[45-46]认为该区 Sb(Au)成矿事件与热穹隆及其相关的拆离断裂系和淡色花岗岩有着密切的关系。

该矿集区内所处的特提斯—喜马拉雅成矿带是全球重要的巨型锑矿带,包括有土耳其、西班牙、法国、意大利、葡萄牙、阿尔及利亚、希腊等众多产锑国^[47-51],但该矿集区的多数锑矿床因工作程度偏低而处于中小规模,且目前所发现的大多数锑矿床也主要分布在藏南拆离系的东端,结合已有的初步潜力分析,表明该矿集区有望成为青藏高原最大,乃至中国最有潜力的锑矿远景区。

3.4 藏北矿集区

藏北矿集区位于金沙江大断裂和藏北富碱火山岩带的南侧,目前已发现锑矿床(点)20 多处,代表性矿床有美多、扎那、尕尔西姜等锑矿床,其中又以美多矿床规模最大。锑矿主要赋存于上三叠统,受 NW 向和 NE 向断裂联合控制,断裂构造交汇、叠加部位往往形成富矿囊或矿柱,总体呈 NW 向展布。矿体呈脉状、囊状和鸡窝状,金属矿物主要为辉

锑矿。该矿集区内目前发现的矿床(点)除美多锑矿床伴生少量 Ag 组分外,其余的多数未见有其他共生组分的存在^[52-53]。

藏北矿集区经历了古特提斯(可可西里—金沙江洋)和中特提斯(班公湖—怒江洋)开裂、闭合、汇聚和增生作用,印度板块俯冲于欧亚大陆之下产生的陆-陆碰撞作用对本区影响也很强烈,与此相对应,伴随有不同强度、不同规模的构造变形、变质作用和矿化作用,但因其平均海拔较高,环境较为恶劣,以至于研究程度普遍很低。不过,目前已有成果揭示出该矿集区在锑矿等优势矿种上具有巨大的资源潜力。据区域资料,该带的北、东缘有寻找锑(硫酸)多金属矿床点的可能性。此外,该锑矿集区似有西延与新疆黄羊岭锑矿带西南缘相接的趋势,今后找矿工作中应予以重视。

3.5 秦岭矿集区

秦岭矿集区呈 NW 向展布,区内锑矿床主要产在秦岭褶皱系内,少部分产在西延的昆仑褶皱系及北邻的祁连褶皱系中,西延与中亚锑矿带相连。区内的代表性锑矿床主要包括西坡岭、丁家山、公馆、青铜沟、大槽及砂铜沟矿等 Hg-Sb 矿床,含崖湾、水眼头、高岭沟、蔡凹、掌耳沟及大河沟等锑矿床,伴生 Hg、Sb 矿有铅洞山、九塬、拉尔玛等。区内赋矿地层主要有元古宇(如大河沟锑矿床)、泥盆系(如公馆汞锑矿床)、石炭系(如西坡岭汞锑矿床)及三叠系(如崖湾锑矿床),其中陕南地区以泥盆系为主,甘南地区以三叠系为主。整体而言,秦岭矿集区锑矿床的赋矿地层由西至东具有从新到老的变化趋势。

秦岭矿集区的锑矿床多与 Hg 共生,还常与其他金属相伴生或共生。区内与 Hg-Sb 成矿关系密切的矿产有 Au、Pb、Zn、Cu、Mo、W、U、V、Cr、Se 等。

秦岭矿集区内锑矿床多定位于多断裂体系的联合或复合地域,且矿床附近多数未见岩浆岩出露,如旬阳地区的成矿受宁陕—旬阳—山阳大型帚状构造制约,其特点是向 NW 收敛,向 SE 撒开,成为 Hg、Sb、Au、Pb、Zn、V 富集部位;商州—丹凤—卢氏地区的成矿受商丹卢大型帚状构造控制,其特征也是西敛东撒,成为 Sb、Cu、Mo、W、Cr 富集部位。

秦岭矿集区成矿类型齐全,成矿规模也较为可观,尤其是镇安金龙山超大型 Au 矿的发现,显示该区可能具有“上锑下金”的矿体空间赋存规律(图 4),暗示秦岭矿集区深部潜力巨大,但目前对该区

Sb 矿床的重视研究程度不够。

3.6 滇黔桂矿集区

滇黔桂矿集区主要包括贵州西南部、云南东南部及广西西北部，兼具扬子地台和华南褶皱系的部分特点。目前已发现矿床(点)20 余处,代表性锑矿床有木利锑矿床、晴隆锑矿床、马雄锑矿床等。矿床多位于区域性断裂带旁侧或区域性褶皱的次级褶皱转换部位，锑矿产于背斜轴部或近轴部的断裂带或次级断裂中，矿体则受不同级次的褶皱与断裂的联合控制,主要呈似层状和脉状产出,其产出特点各处有所差别。矿石矿物组分简单,以辉锑矿为主。区内地层自寒武系至三叠系中均有锑矿床(点)产出,区内锑矿床(点)的赋矿围岩有碳酸盐岩、碎屑岩、硅质岩,其中以碳酸盐岩和碎屑岩为主,矿体主要富集于两种不同岩性特别是碳酸盐岩与碎屑岩的接触带及其附近,其次是不纯的碎屑岩和碳酸盐岩中,其中黔西南地区锑矿床多产于下二叠统碳酸盐岩与上二叠统火山岩之间,即所谓“大厂层”中,如贵州晴隆大厂、小井湾等矿床。

该矿集区与秦岭矿集区的部分矿化特征较为相似,多数矿床 Sb-Au 矿化共存,但部分矿床两者的赋存空间有所不同,如云南革档金矿床的金赋存在上寒武统与下泥盆统不整合面附近的层间破碎带,而锑矿化空间却在金矿化带之西 500~1000 m 横穿不整合破碎带的近 S-N 向断层中。此外,滇黔桂矿集区与秦岭矿集区的汞矿在全国所占比重很大。

目前滇黔桂矿集区的锑矿资源勘查取得了一定的进展,如贵州晴隆锑矿通过为期两年的接替资源勘查,探获锑资源储量 5.1 万 t(相当于发现一个中型矿床),也标志着该矿集区地质找矿的潜力很大。此外,该矿集区内的部分矿点具有较好的找矿远景,断裂构造发育的“古隆起区”边缘、地层不整合面附近、区域性断裂构造及其次级断裂、层间断裂,褶皱轴部及倾伏端等构造部位应是今后找矿的重点方向,而其中又以地层不整合面与断裂构造的叠加部位最为有利。

4 找矿新进展

锑是中国优势矿产之一,多年来无论是储量还是产量都一直雄居世界榜首,但目前中国的锑矿资源正在快速消耗,资源形势不容乐观,而近十几年,中国锑矿地质勘探工作跟不上,尽管在商业性勘查、

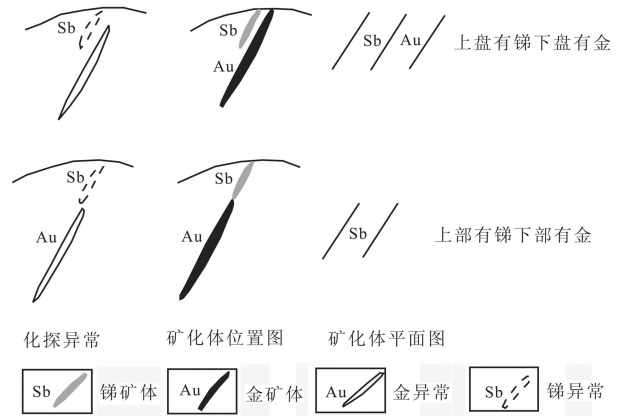


图 4 金龙山矿区东部 Au-Sb 矿体位置图(据刘新会等^[54])
Fig.4 Location of Au-Sb ore body in the east part of the Jinlongshan ore district (after Liu Xinhui et al.^[54])

新一轮国土资源大调查及全国危机矿山接替资源找矿勘查项目中取得一定进展,但 2012 年相对于 2011 年全国 Sb 矿查明资源量不升反降,减少了 9.9%^[55],资源危机程度进一步加大,不过各地还是有不少新成果,尤其是藏南扎西康等一些空白区的突破,将带动 Sb 矿找矿新进展。

秦祁昆成矿域的昆仑山中西部 Sb 矿找矿长期属于空白,地质矿产研究相对薄弱。新一轮国土资源大调查自 1999 年开始实施以来,在昆仑山腹地发现了一批具有找矿前景的 Sb-Hg 地球化学异常区,如黄羊岭 Hg 地球化学省、苦牙克及卧龙岗—黄羊岭 Sb 地球化学异常带。2002 年在上述异常区发现了极有远景意义的黄羊岭 Sb 矿床,填补了新疆昆仑山腹地 Sb 矿产的空白。在黄羊岭—卧龙岗一带陆续发现野马滩、盼水河、卧龙岗等一系列 Sb 矿床(点),证实了秦岭中亚 Sb 成矿带的存在,其中黄羊岭 Sb 矿已提交资源量近 10 万 t,在外围新发现 6 处 Sb 矿化集中地段,预测 Sb 资源潜力 50 万 t 以上,这表明昆仑山中段 Sb 矿也具有很大的找矿前景。

此外,新疆境内南天山先后发现查汉萨拉、卡拉脚古牙等 Sb、Au-Sb 矿床,与西邻的吉尔吉斯斯坦海达尔坎 Hg-Sb 矿床(大型)、卡达姆扎伊 Sb 矿床、捷列克 Sb 矿床等,一同构成南天山中 Hg-Sb 成矿带。

西藏地区也发现南、北两条重要的 Au-Sb 成矿带,其一为藏南喜马拉雅成矿带的江孜—隆子 Au-Sb 矿带,其二为藏北唐古拉成矿带的美多—尕尔西姜 Sb-Au 成矿带,代表性的大、中型 Au(Sb)或 Sb 矿床

有萨拉岗、马扎拉、姜仓、扎西康、车穷卓布、美多及尔西姜等。目前,在中部的冈底斯成矿带东段也发现了浅成低温热液型 Au-Sb 矿(弄如日 Au-Sb 矿)。

中国地质调查局先后于 2000 年和 2001 年运用地球化学块体理论与方法,分别对中国东部地区及中西部地区区域化探资料进行深入剖析,并筛选出了数十处 Sb 地球化学块体。从其宏观分布特征及展布形态上看,中国中西部地区 Sb 地球化学块体成区或条带状分布特征明显,尤其在西昆仑、松潘—甘孜北缘、塔里木南缘、祁连山北缘及三江地区具有明显的 NNE 或 NW 向条带状展布趋势,而在滇—黔—桂三角区则主要呈不规则面状分布,且规模巨大。其中部分 Sb 地球化学块体浓集中心清晰,浓集度很高,具有较大 Sb 矿成矿意义,而目前无已知 Sb 矿床产出,也具有一定的找矿远景。

全国危机矿山接替资源找矿勘查项目在已知老矿区(田)的找矿勘查工作也取得了一定的成果,并于 2007 年新增(333 及以上)资源储量 8.8 万 t,2008 年新增(333 及以上)资源储量 4.3 万 t,其中贵州省晴隆县 Sb 矿接替资源勘查项目探获 Sb 资源储量 5.1 万 t,按照采、选、冶回收率 70% 计算,新探明储量可生产金属 Sb 37500 t。2009 年贵州独山半坡 Sb 矿接替资源勘查项目预计获得(333)Sb 资源金属量 3 万 t 以上。2009 年新邵县龙山锑金矿接替资源勘查项目也取得了显著的地质找矿成果,截至 2009 年 6 月底,初步估算新增 333 金属量 Sb 51003 t,年内新增金属量 Sb 15532 t。

5 结论与建议

世界锑矿主要集中分布在环太平洋成矿带、特提斯—喜马拉雅成矿带及中亚天山构造成矿带。中国 Sb 成矿作用亦受全球构造控制,与世界巨型的 Hg、Sb 成矿带基本吻合,而中国 Sb 矿在这三大成矿带中亦均有分布,如西南天山矿集区属于中亚天山构造成矿带,藏南矿集区在特提斯—喜马拉雅成矿带的范畴之内,而东南沿海矿集区可归结为环太平洋成矿带之中。

综上所述,中国不同锑矿集区的赋矿地层及成矿时代不尽相同,而中国锑矿集区的形成也有许多因素,除有利的赋矿地层和容矿岩石外,与成矿构造性质和类型及其相互配制也有密切关系。

锑是中国优势矿产之一,多年来无论是储量还

是产量都一直雄居榜首。但经过长年开发,中国 Sb 资源优势正在逐渐丧失,尤其是近十几年来带有盲目性的开发以及十分严重的非法开采,使资源形势发生了变化,资源优势在一定程度上被削弱。初步估算,现有储量仅能维持年产 10 多万吨规模 20 年左右,而各省区 Sb 矿资源情况也有较大变化,相对而言,西部地区比东部地区资源开发慢,Sb 矿找矿进展较大,保有储量所占比例较高,如西藏、新疆等省区,而对于 Sb 矿大省,如湖南、贵州、广西等省区则开发强度过大。

因此,针对目前 Sb 矿资源现状,对中国 Sb 矿的发展提出以下几点建议:

(1)目前中国的 Sb 矿资源形势不容乐观,对于 Sb 矿的开采需要及时限量,必要时可进一步限制出口。

(2)应适当投入地勘力量,寻找 Sb 资源后备基地,尤其是西部地区的 Sb 矿找矿长期属于空白,地质矿产研究相对薄弱,而近年在西部地区先后发现了一批具有找矿前景的 Sb-Hg 地球化学异常区及一系列 Sb 矿床(点),证实了其找矿潜力巨大。

(3)许多 Sb 矿老矿山的深部和外围依然具有良好的找矿潜力,应及时调整工作思路和部署,加强老矿区外围和深部找矿。目前已经实施的几个 Sb 矿接替资源勘查项目也都探获了新的 Sb 资源金属量,这也证明,对于 Sb 矿老矿山外围和深部仍有较大的资源潜力。

(4)合理开发与综合利用共生矿产资源。例如曾有报道在内蒙古敖包特 Ag-Pb-Zn 矿的伴生矿产中发现了 Sb,其 Sb 金属量储量估算为 15.51 万 t,平均品位 0.69%,已达综合利用指标,而下一步也将通过提高回收伴生组分的验证,达到综合回收目的。

(5)尽量采用新技术、新工艺、新药剂,探索处理难选 Sb 矿的方法,进一步降低 Sb 选矿尾矿中的 Sb 品位,并对老尾矿及含 Sb 炉渣进行再选研究,以提高 Sb 资源的利用率。

(6)相对于 W、Sn 等优势矿种,Sb 矿研究较为薄弱,应加强中国典型 Sb 矿床的对比研究,确定其成矿时代及矿床成因,总结其成矿规律,从而更好地服务于地质找矿工作。

致谢:参加“全国矿产资源潜力评价项目”的各级地勘单位、科研院所及技术人员给予了资料支持;审稿专家对本文初稿提出了宝贵意见和建议,在此

一并致谢!

参考文献(References):

- [1] 北京矿产地质研究所. 中国锑矿地质及矿床实例 [M]. 中国有色金属工业总公司地质勘查总局, 1996:1-224.
Beijing Institute of Geology for Mineral Resources. Antimony Deposits in China and Their Examples [M]. Geological Exploration Bureau of China National Non-ferrous Metals Industry Corporation, 1996:1-224 (in Chinese).
- [2] 中国矿床编委会. 中国矿床[M]. 北京:地质出版社, 1989:1-544.
Editorial Committee of Chinese Deposits. Chinese Deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989:1-544(in Chinese).
- [3] 肖启明, 曾笃仁, 金富秋, 等. 中国锑矿床时空分布规律及找矿方向[J]. 地质与勘探, 1992, 12:9-14.
Xiao Qiming, Zeng Duren, Jin Fuqiu, et al. Time-space distribution feature and exploration guide of China's Sb deposits[J]. Geology and Exploration, 1992, 12:9-14 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张国林, 姚金炎, 谷相平. 中国锑矿床类型及时空分布规律[J]. 矿产与地质, 1998, 12(5):306-312.
Zhang Guolin, Yao Jinyan, Gu Xiangping. Time and spatial distribution regularities and deposit types of antimony in China[J]. Mineral Resources and Geology, 1998, 12(5):306-312 (in Chinese with English abstract).
- [5] 赵一鸣, 吴良士, 白鸽, 等. 中国主要金属矿床成矿规律 [M]. 北京:地质出版社, 2004:194-221.
Zhao Yiming, Wu Liangshi, Bai Ge, et al. Metallogeny of the Major Metallic ore Deposits in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004:194-221(in Chinese).
- [6] 赵一鸣, 吴良士. 中国汞锑矿矿产资源图[M]. 北京:地质出版社, 2003.
Zhao Yiming, Wu Liangshi. Chinese Hg-Sb Mineral Resources Map[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003(in Chinese).
- [7] Wu Jiada. Antimony vein deposits of China [J]. Ore Geology Reviews, 1993, 8:213-232.
- [8] Hu Xiongwei, Pei Rongfu, Zhou Su. Sm-Nd dating for antimony mineralization in the Xikuangshan deposit, Hunan, China [J]. Resource Geology, 1996, 46(4):227-231.
- [9] Ashely P M, Cook N D J, Hill R L, et al. Shoshonitic lamprophyre dykes and their relation to mesothermal Au-Sb veins at Hill-groves, New South Wales, Australia[J]. Lithos, 1994, 32(3/4):349-272.
- [10] 王登红, 陈郑辉, 陈毓川, 等. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据[J]. 地质学报, 2010, 84(7):1037-1040.
Wang Denghong, Chen Zhenghui, Chen Yuchuan, et al. New data of the rock-forming and ore-forming chronology for China's important mineral resources areas [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(7):927-931 (in Chinese with English abstract).
- [11] 彭建堂, 胡瑞忠, 林源贤, 等. 锡矿山 Sb 矿床热液方解石的 Sm-Nd 同位素定年[J]. 科学通报, 2002, 47(10):789-792.
Peng Jiantang, Hu Ruizhong, Lin Yuanxian, et al. Sm-Nd isotope dating of hydrothermal calcites from the Xikuangshan antimony deposit, Central Hunan [J]. Chinese Bulletin of Sciences, 2002, 47(13):1134-1137.
- [12] Peng Jiantang, Hu Ruizhong, Burnard P G. Samarium-neodymium isotope systematics of hydrothermal calcites from the Xikuangshan antimony deposit (Hunan, China): The potential of calcite as a geochronometer[J]. Chemical Geology, 2003, 200(1-2):129-136.
- [13] 彭建堂, 胡瑞忠, 赵军红, 等. 湘西沃溪 Au-Sb-W 矿床中白钨矿 Sm-Nd 和石英 Ar-Ar 定年 [J]. 科学通报, 2003, 48(18):1976-1981.
Peng Jiantang, Hu Ruizhong, Zhao Junhong, et al. Scheelite Sm-Nd dating and quartz Ar-Ar dating from the Woxi Au-Sb-W deposit, Western Hunan, China[J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(23):2640-2646.
- [14] 王永磊, 陈毓川, 王登红, 等. 湖南渣滓溪 W-Sb 矿床白钨矿 Sm-Nd 测年及其地质意义 [J]. 中国地质, 2012, 39(5):1339-1344.
Wang Yonglei, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. Scheelite Sm-Nd dating of the Zhazixi W-Sb deposit in Hunan and its geological significance [J]. Geology in China, 2012, 39(5):1339-1344 (in Chinese with English abstract).
- [15] 史明魁, 傅必勤, 靳西祥, 等. 湘中锑矿[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1994:1-110.
Shi Mingkui, Fu Biqin, Jin Xixiang, et al. Antimony Metallogeny in Central Part of Hunan Province[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1994:1-110(in Chinese).
- [16] 金景福, 陶琰, 赖万春, 等. 湘中锡矿山式锑矿成矿规律及找矿方向[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1999:1-176.
Jin Jingfu, Tao Yan, Lai Wanchun, et al. Metallogenic Regularities and Direction for Prospecting of Xikuangshan Type Antimony Deposits in Central Part of Hunan Province, China[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1999:1-176 (in Chinese).
- [17] 韦文灼. 马雄锑矿床地质特征[J]. 西南矿产地质, 1993, 2:8-16.
Wei Wenzhuo. Geological characteristics of Maxiong antimony deposit [J]. Geology and Mineral of Southwest, 1993, 2:8-16(in Chinese).
- [18] 王秀璋. 中国改造型金矿床地球化学 [M]. 北京:科学出版社, 1992:1-177.
Wang Xiuzhang. Geochemistry of the Reformed Gold Deposits in China[M]. Beijing: Science Press, 1992:1-177(in Chinese).
- [19] 俸月星, 陈民扬, 徐文圻. 独山锑矿稳定同位素地球化学研究[J]. 矿产与地质, 1993, 7(2):119-126.
Feng Yuexing, Chen Minyang, Xu Wenxing. Stable isotope geochemistry research of Dushan antimony ore deposits[J]. Mineral Resources and Geology, 1993, 7(2):119-126 (in Chinese with English abstract).
- [20] 朱赖民. 扬子地块西南缘(贵州)低温金属成矿域元素共生分异

- 机制研究 [R]. 中国科学院地球化学研究所博士后报告, 1998: 1-134.
- Zhu Laimin. Study on Detached Mechanism of Elements in Epithermal Mineralized Area of Southwestern Yangtze Massif (Guizhou province) [R]. Postdoctoral Dissertation of Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences, 1998: 1-134 (in Chinese with English abstract).
- [21] 何江, 马东升, 陈伟, 等. 湘西低温汞、锑、金矿床成矿作用地球化学研究[M]. 北京:地质出版社, 1998:1-101.
- He Jiang, Ma Dongshegn, Chen Wei, et al. Geochemical Study of Mineralization on Epithermal Au, Sb, Hg Ore Deposits in the West of Hunan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998:1-101(in Chinese)
- [22] 戚学祥, 李天福, 于春林. 藏南沙拉岗锑矿稀土和微量元素地球化学示踪及成矿物质来源[J]. 现代地质, 2008, 22(2):162-172.
- Qi Xuexiang, Li Tianfu, Yu Chunlin. Rare earth element and trace element geochemistry of Shalagang antimony deposit in the Southern Tibet and its tracing significance for the origin of metallogenic elements [J]. Geoscience, 2008, 22 (2):162-172 (in Chinese with English abstract).
- [23] 叶庆同, 叶锦华. 新疆萨瓦亚尔顿金锑矿的成矿机制和成因[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊):287-290.
- Ye Qingtong, Ye Jinhua. Genesis and metallogenic mechanism of Sawaya'erdun Au-Sb deposit, Xinjiang[J]. Mineral Deposits, 1998, 17(supp.):287-290(in Chinese with English abstract).
- [24] 叶锦华, 王立本, 叶庆同, 等. 西南天山萨瓦亚尔顿金(锑)矿床成矿时代与赋矿地层时代[J]. 地球学报, 1999, 20(3):278-283.
- Ye Jinhua, Wang Liben, Ye Qingtong, et al. Metallogenic epoch and ore-bearing strata age of the Sawayaerdun gold-antimony deposit in Tianshan mountains, China [J]. Acta Geoscientica Sinica, 1999, 20(3): 278-283 (in Chinese with English abstract).
- [25] 刘家军, 龙训荣, 郑明华, 等. 新疆萨瓦亚尔顿金矿床石英的⁴⁰Ar/³⁹Ar 快中子活化年龄及其意义 [J]. 矿物岩石, 2002, 22(3): 19-23.
- Liu Jiajun, Long Xunrong, Zheng Minghua, et al. The metallogenic age of Sawaya'erdun gold deposit in Southwestern Tianshan Mountains, Xinjiang [J]. J. Mineral. Petrol., 2002, 22(3): 19-23 (in Chinese with English abstract).
- [26] Liu Jiajun, Zheng Minghua, J. Cook Nigel, et al. Geological and geochemical characteristics of the Sawaya'erdun gold deposit, southwestern Chinese Tianshan [J]. Ore Geology Reviews, 2007, 32: 125-156.
- [27] 陈富文, 李华芹. 新疆萨瓦亚尔顿金锑矿床成矿作用同位素地质年代学[J]. 地球学报, 2008, 24(6):563-567.
- Chen Fuwen, Li Huaqin. Metallogenic chronology of the Sawayaerdun gold-antimony deposit in Xinjiang [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2008, 24(6): 563-567(in Chinese with English abstract).
- [28] 陈富文, 李华芹. 天山巴音布鲁克地区金锑矿床成矿作用同位素年代学研究[J]. 地球学报, 2004, 25(2):185-190.
- Chen Fuwen, Li Huaqin. Isotopic chronology of gold-antimony deposits in Bayinbuluke area of the Tianshan Mountains [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004, 25(2): 185-190(in Chinese with English abstract).
- [29] 胡世玲, 满发胜, 倪守斌, 等. 查汗萨拉锑、银矿带成矿时代研究[J]. 地震地质, 2000, 22(增刊):51-62.
- Hu Shiling, Man Fasheng, Ni Shoubin, et al. Study on the metallogenic times of the Chahansala Sb-Ag ore belt [J]. Seismology and Geology, 22 (supp.): 51-62 (in Chinese with English abstract).
- [30] 翟明国, 杨进辉, 刘文军. 胶东大型黄金矿集区及大规模成矿作用[J]. 中国科学(D辑), 2001, 3(7):545-552.
- Zhai Mingguo, Yang Jinhui, Liu Wenjun. Large clusters of gold and large-scale metallogenesis in the Jiaodong Peninsula, Eastern China[J]. Science China Earth Sciences, 2001, 44(8):758-768.
- [31] 毛景文, 华仁民, 李晓波. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J]. 矿床地质, 1999, 18(4):291-299.
- Mao Jingwen, Hua Renmin, Li Xiaobo. A Preliminary study of large-scale metallogenesis and large clusters of mineral deposits [J]. Mineral Deposits, 1999, 18 (4):291-299 (in Chinese with English abstract).
- [32] 陈毓川, 王登红, 李厚民, 等. 重要矿产预测类型划分方案[M]. 北京:地质出版社, 2010:1-222.
- Chen Yuchuan, Wang Dehong, Li Houmin, et al. Division for Prospecting Types of Important Mineral Resources in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010:1-222(in Chinese).
- [33] 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 等. 中国成矿体系与区域成矿规律[M]. 北京:地质出版社, 2007:1-1005
- Chen Yuchuan, Wang Dehong, Zhu Yusheng, et al. China Mineralization System and Regional Metallogeny [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007:1-1005(in Chinese).
- [34] 陈毓川, 叶天竺, 张洪涛, 等. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社, 1999:1-536.
- Chen Yuchuan, Ye Tianzhu, Zhang Hongtao, et al. China's Major Metallogenic Belt Prospective Evaluation of Mineral Resource for Major Metallogenic Belt in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999:1-536(in Chinese).
- [35] 李厚民, 王登红, 李立兴, 等. 中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析[J]. 中国地质, 2012, 39(3):559-580.
- Li Houmin, Wang Denghong, Li Lixing, et al. Metallogeny of iron deposits and resource potential of major iron minerogenic units in China[J]. Geology in China, 2012, 39(3):559-580(in Chinese with English abstract).
- [36] 黄凡, 陈毓川, 王登红, 等. 中国钨矿主要矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2011, 38(5):1110-1134.
- Huang Fan, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. A discussion on the major molybdenum ore concentration areas in China and their resource potential [J]. Geology in China, 2011, 38 (5):1339-1344(in Chinese with English abstract).
- [37] 王成辉, 王登红, 黄凡, 等. 中国金矿集区及其资源潜力探讨[J].

- 中国地质, 2012, 39(5):1125-1142.
- Wang Chenghui, Wang Denghong, Huang Fan, et al. The major gold concentration areas in China and their resource potentials[J]. *Geology in China*, 2012, 39 (5): 1125-1142 (in Chinese with English abstract).
- [38] 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社, 2008:1-138.
- Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. The Scheme of the Classification of the Minerogenetic Units in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008:1-138(in Chinese).
- [39] 马东升, 潘家永, 卢新卫. 湘西北-湘中地区金-锑矿床中-低温流体成矿作用的地球化学成因指示[J]. 南京大学学报(自然科学), 38(3):435-445.
- Ma Dongsheng, Pan Jiayong, Lu Xinwei. Geochemical signals for ore-forming process by mid-low temperature fluid in Au-Sb deposits in NW-Central Hunan, China [J]. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, 38 (3):435-445 (in Chinese with English abstract).
- [40] 陈毓川, 毛景文, 徐志刚, 等. 桂北地区金属矿床成矿系列和演化轨迹[M]. 南宁:广西科学技术出版社, 1995:1-433.
- Chen Yuchuan, Mao Jingwen, Xu Zhigang, et al. The Evolutionary History of Metallic Deposits in Northern Guangxi, China[M]. Nanning: Hunan Science and Technology Press, 1995: 1-433(in Chinese).
- [41] 蔡建明, 徐新煌, 李保华. 五圩多金属矿田包裹体地球化学特征研究[J]. 成都理工学院学报, 1995, 22(1):69-77.
- Cai Jianming, Xu Xinhuan, Li Baohua. A study of the geochemical characteristic of inclusions in the Wuxu polymetallic ore field [J]. *Journal of Chengdu Institute of Technology*, 1995, 22 (1):69-77(in Chinese with English abstract).
- [42] 杜觉树, 冯喜良, 陈福忠, 等. 西藏金矿地质[M]. 成都:西南交通大学出版社, 1993:1-177.
- Du Jueshu, Feng Xiliang, Chen Fuzhong, et al. The Geology of the Gold Deposits in Xizang(Tibet) [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 1993:1-177(in Chinese with English abstract).
- [43] 聂凤军, 胡朋, 江思宏, 等. 藏南地区金和锑矿床(点)类型及其时空分布特征[J]. 地质学报, 2005, 79(3):373-385.
- Nie Fengjun, Hu Peng, Jiang Sihong, et al. Type and temporal-spatial distribution of gold and antimony deposits (prospects) in Southern Tibet, China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79(3):373-385(in Chinese with English abstract).
- [44] 李振清, 侯增谦, 聂凤军, 等. 藏南上地壳低速高导层的性质与分布:来自热水流体活动的证据[J]. 地质学报, 2005, 79(1):68-77.
- Li Zhenqing, Hou Zengqian, Nie Fengjun, et al. Characteristic and distribution of the partial melting layers in the upper crust: Evidence from active hydrothermal fluid in the South Tibet [J]. *Acta Geologica Sinica*, 79 (1): 68-77 (in Chinese with English abstract).
- [45] 杨竹森, 侯增谦, 高伟, 等. 藏南拆离系锑金成矿特征与成因模式[J]. 地质学报, 2006, 80(9):1377-1391.
- Yang Zhusen, Hou Zengqian, Gao Wei, et al. Metallogenic characteristics and genetic model of antimony and gold deposits in south Tibetan detachment system [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(9): 1377-1391(in Chinese with English abstract).
- [46] Yang Zhusen, Hou Zengqian, Meng Xiangjin, et al. Post-collisional Sb and Au mineralization related to the South Tibetan detachment system, Himalayan orogen [J]. *Ore Geology Reviews*, 2009, 36:194-212.
- [47] Neiva A M R, András P, Ramos J M F. Antimony quartz and antimony-gold quartz veins from northern Portugal [J]. *Ore geology Reviews*, 2008:1-14.
- [48] Ortega L, Oyarzun R, Gallego M. The Mari Rosa late Hercynian Sb-Au deposit, western Spain [J]. *Mineralium Deposita*, 1996, 31: 172-187.
- [49] Munoz M, Courjault-Radé P, Tollon F. The massive stibnite veins of the French Palaeozoic basement: A metallogenic marker of Late Variscan brittle extension[J]. *Terra Nova*, 1992, 4:171-177.
- [50] Gökce A, Spiro B. Stable isotope study of antimony deposits in the Muratdagi region, western Turkey [J]. *Mineralium Deposita*, 1994, 29:361-365.
- [51] Guminel P, Arribas A. Antimony deposits in the Iberian Peninsula [J]. *Economic Geology*, 1987, 82:1453-1463
- [52] 余金杰. 藏北锑矿带矿床地质特征及与藏南锑矿带粗略对比[D]. 中国地质科学院博士论文, 2001: 1-91.
- Yu Jinjie. Mineralization of Antimony Metallogenic Zone in Northern Tibet and a Simple Comparison of Antimony Metallogenic Zones in Northern Tibet and Southern Tibet [D]. PhD Thesis of Chinese Academy of Geological Sciences, 2001: 1-91(in Chinese with English abstract).
- [53] 闫升好, 余金杰, 赵以辛, 等. 藏北美多锑矿带地质地球化学特征及其地球动力学背景探讨[J]. 地球学报, 2004, 25(5):541-548.
- Yan Shenghao, Yu Jinjie, Zhao Yixin, et al. Geology and geochemistry of the Meiduo antimony ore belt in Northern Tibet: its origin and geodynamic setting [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2004, 25(5):541-548(in Chinese with English abstract).
- [54] 刘新会, 刘爽, 杨登美. 南秦岭金龙山金矿床地质特征及成矿预测[J]. 矿床地质, 2008, 27(增刊):55-62.
- Liu Xinhui, Liu Shuang, Yang Dengmei. Geological characteristics and ore prognosis of the Jinlongshan gold deposit in Southern Qinling[J]. *Mineral Deposits*, 2008, 27(supp.): 55-62(in Chinese).
- [55] 国土资源部. 2012中国矿产资源报告 [R]. 北京: 地质出版社, 2012:14.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. Report of Mineral Resources in China in 2012 [R]. Beijing: Geological Publishing House, 2012: 14(in Chinese).

The principal antimony concentration areas in China and their resource potentials

WANG Yong-lei¹, CHEN Yu-chuan², WANG Deng-hong¹,
XU Jue¹, CHEN Zheng-hui¹, LIANG Ting³

(1. MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Chang'an University, Xian 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Antimony is one of the dominant minerals in China, which was listed as the first global shortage minerals by British Geological Survey in 2011. In this paper, based on the mineral resource potential assessment project, in combination with data available and grade III metallogenic belt research, the authors summarized the characteristics of antimony resources in China and preliminarily assigned antimony deposits in China to 13 large ore concentration areas, with a brief description of their geological characteristics. Meanwhile, based on the existing data and new advances in the exploration of antimony deposits in recent years, this paper makes a comment on the metallogenic characteristics of the six most important antimony ore concentration areas with an analysis of their resource potentials. The authors hold that there are still some blank areas for working as well as some potential prospecting areas around the known mines. The new prospecting direction is also pointed out.

Key words: antimony deposit; ore concentration area; resource potential; China

About the first author: WANG Yong-lei, male, born in 1980, associate researcher, mainly engages in the study of mineral deposits; E-mail: yongleiw@163.com.