

张建斌, 丁建华, 南格利. 中国锡矿资源特征及主要远景区潜力分析[J]. 中国地质, 2015, 42(4): 839–852.

Zhang Jianbin, Ding Jianhua, Nzn Geli. The characteristics and potential of tin resources in China[J]. Geology in China, 2015, 42(4): 839–852(in Chinese with English abstract).

中国锡矿资源特征及主要远景区潜力分析

张建斌¹ 丁建华² 南格利¹

(1. 中国有色金属建设股份有限公司, 北京 100029; 2. 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实验室, 北京 100037)

摘要: 中国是全球锡矿资源最丰富的国家, 已查明资源储量约占全球查明资源储量的 32%。中国锡矿资源分布集中、储量集中, 大中型矿床多, 锡矿的类型主要有与花岗岩有关的层状似层状锡矿、与花岗岩有关的脉状锡矿、矽卡岩–云英岩型锡矿、斑岩型锡矿、陆相火山岩型锡矿、砂锡矿等, 其中又以与花岗岩有关的层状似层状、脉状以及矽卡岩–云英岩型锡矿最为重要。锡矿的成矿时代从元古宙到新生代都有, 但以印支中晚期–燕山早期最为集中。中国目前还有不足 10 年的基础储量, 为此, 作者建议通过各种调控手段对锡矿实行保护性开采, 同时, 文章还圈定了 17 个锡远景区, 建议加大勘查投入来获得更多的资源储备。

关键词: 锡矿; 资源特征; 潜力分析; 对策建议

中图分类号: P618.44 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–3657(2015)04–0839–14

The characteristics and potential of tin resources in China

ZHANG Jian-bin¹, DING Jian-hua², NAN Ge-li¹

(1. Foreign Engineering and Construction Co., Ltd., China Nonferrous Metal Industry Beijing 100029, China; 2. MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract: As one of the countries extremely rich in tin resources, China possesses 32% Sn resources of the whole world. The striking features of tin deposits in China lie in concentrated distribution, concentrated reserves and many large-sizes deposits. The types of tin deposits in China include stratiform and stratoid tin deposits connected with granite, veinlike tin deposits related to granite, skarn–greisen tin deposits and porphyry tin deposits, with the first two types being more important. The major metallogenic ages of tin deposits are concentrated in middle to late Indosinian to early Yanshanian periods. Now, the proved resources of tin in China can only afford less than 10 years' mining. Hence strengthening of exploitation will be urgently required. In order to get more reserves, the authors mapped 17 tin prospective areas and analyzed their resource potential.

Key words: tin deposit; resources characteristics; potential analysis; countermeasure and suggestion

About the first author: ZHANG Jian-bin, male, born in 1968, senior engineer, majors in mineral resource prospecting and

收稿日期: 2014–12–25; 改回日期: 2015–02–12

基金项目: 国土资源部地质调查项目(1212010733806、1212011220872)联合资助。

作者简介: 张建斌, 男, 1968 年生, 本科, 高级工程师, 矿产普查与勘探专业; E-mail: zhangjianbin@nfc-china.com。

通讯作者: 丁建华, 女, 1969 年生, 教授级高级工程师, 矿产普查与勘探专业; E-mail: 514164372@qq.com。

exploration; E-mail: zhangjianbin@nfc-china.com.

About the corresponding author: DING Jian-hua, female, born in 1969, senior engineer, majors in mineral resource prospecting and exploration; E-mail: 514164372@qq.com.

1 概述

随着中国工业化、城镇化的快速发展,矿产资源需求持续增长,资源储量被大量消耗。近15年来,中国矿产资源消费保持两位数增长,累计消费超过历史总和的2倍,石油、天然气、铁、铜、铝等大宗矿产品的进口量大幅攀升,对外依存度近年来一直维持在50%以上。以2012年为例,中国有21种矿产消费量居世界第一,消费占全球30%以上。中国有10余种矿种的查明资源储量具居世界第1、2位,如稀土、钨、锡、钼、锑、菱镁矿、萤石、重晶石、膨润土、石墨、滑石、芒硝、石膏等,这些矿种不仅已查明资源储量可观,而且资源质量高,开发利用条件好,在国际市场具有明显的优势和较强的竞争能力。如果不对这些矿种很好地加以保护利用,它们的优势将不复存在。

国土资源大调查10余年来,中国新发现矿产地1000余处,深部找矿理论和勘查取得突破,一大批原来是小型、矿点、矿化点的矿产地又有了新的找矿突破,扩大了规模,其中大、中型锡(多金属)矿就有20余处(表1)。2006—2013年,国家实施并完成了2项矿产国情调查项目:“全国重要矿产资源储量核查”和“全国重点矿产资源潜力评价”,基本摸清了中国非油气重要矿产煤炭、铀、铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钾、金、铬、钼、锑、稀土、银、硼、锂、磷、硫、萤石、菱镁矿、重晶石等25个矿种的利用现状及资源潜力。

笔者目前的工作主要是调研国际矿山开发市场,从国外寻找矿山建设商务时机,同时为国家寻找可供利用的后备资源基地。为此,笔者选择了锡矿(中国传统优势矿种之一)作为研究内容(虽然以往也不乏相类似的文章,但数据均相对比较老旧),充分搜集了最新的科研成果和找矿成果,在综合分析研究的基础上对它的资源禀赋特征、利用现状等进行了综合分析,在总结成矿规律的基础上,划定锡矿的远景区,对锡矿将来的找矿、开发和利用提出建议。

表1 新发现(或有重大找矿突破的)大中型锡矿产地
Table 1 Newly discovered large and superlarge tin deposits
(or those with great breakthrough)

序号	名称	主要矿种	规模
1	湖南白腊水矿区	锡	特大型
2	湖南锡田矿区垄上矿段	钨锡多金属	大型
3	湖南锡田矿区桐木山矿段	钨锡多金属	大型
4	湖南锡田矿区晒禾岭矿段	锡多金属	大型
5	江西淘锡坝锡矿	锡	大型
6	四川热隆矿	锡	大型
7	广东天门嶂锡矿	锡	大型
8	广东和尚田锡钨多金属矿	锡	大型
9	湖南山门口锡矿	锡	大型
10	江西尖峰坡坡西锡矿	锡	中型
11	云南木梁河(西侧)锡矿	锡	中型
12	云南省西盟县力梭锡矿	锡	中型
13	江西桐木坑锡矿	锡	中型
14	江西邓家山锡矿	锡	中型
15	广东沟子坑锡矿	锡	中型
16	广东潭岭锡矿	锡	中型
17	广东东坑坪锡铅锌矿	锡铅锌多金属	中型
18	广东大金山钨锡矿	钨锡	中型
19	广西大坪锡钨(钨)矿	锡钨(钨)	中型
20	广西板塘坪锡铜矿	锡铜	中型
21	江西东陡崖锡钨矿	锡钨	中型
22	新疆柯可卡尔德锡矿	锡	中型

2 世界锡资源概况

锡是人类最早发现和使用的金属之一,中国对锡的使用最早可以追溯到商代。锡由于质软、展性好、化学性质稳定、抗腐蚀、易熔、锡盐无毒、磨擦系数小等,因此被广泛应用于工业、国防、尖端科技等人类生活。

全球的锡矿分布比较集中,主要产于东南亚、南美中部、俄罗斯东部,其次是中非洲北部、欧洲西部及北美西部(图1)。

据美国地质调查局发布的“Minerals Commodity Summaries 2011”数据显示,全球查明储量约1100万t,主要分布在中国、印度尼西亚、秘鲁、巴西、玻利维亚、马来西亚等地(图2)。

资料^[2-8]显示,目前世界上正在开采的锡矿有原生锡和砂锡2类。原生锡的矿床类型主要有:①含锡伟晶岩矿床,以中小型为主,锡品位偏低,但矿石易选,回收率高。主要分布在非洲、巴西、澳大利亚等地。世界锡产量中大约10%来自这类矿床。②锡石-石英脉矿床,以中小型为主,少数大型,个别



图1 世界锡矿产地分布图(据文献[1]修改)

Fig.1 Distribution of tin producing areas in the world (modified after reference [1])

特大型。矿石品位高,易选,回收率70%~80%,多数矿床可露天开采。主要分布于东南亚和欧洲,是形成砂锡矿的最主要物质来源。③锡石-硫化物矿床,多为大中型,少数特大型。矿石品位0.2%~1.5%,多为地下开采,选矿流程复杂,回收率较低,一般30%~60%,这类矿床主要分布在中国、玻利维亚和俄罗斯东北沿海地区。砂锡矿床,一般为中小型,也有大型和特大型,矿石含锡0.05%~0.3%,可露采,选矿流程简单,回收率一般为50%~95%。主要分布于东南亚、中南非洲、西澳大利亚等地。

中国的锡资源储量位居全球第一。据资料数据显示,2010年世界锡查明资源储量总量为1100万t^[9],其中,中国已查明资源量约350万t,占全球查明资源储量的32%(图2)。

实际上,中国2010年查明资源储量为431.9万t^①,而俄罗斯的锡矿查明资源储量也远非上图中显示的35万t,仅笔者近2年调研的几个远东地区的锡矿查明的剩余资源储量就已达67万t(表2)。

3 中国锡矿资源特点

3.1 矿产地与分布

根据全国2008年矿产地数据库^②,补充了全国矿产资源潜力评价最新数据,中国目前已发现锡矿

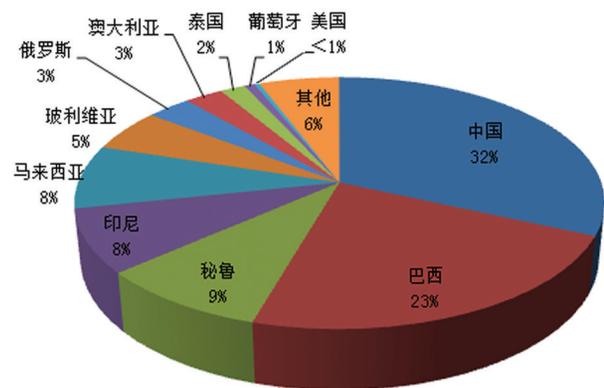


图2 世界锡查明资源储量分布

Fig.2 Proved tin reserves in the world

(含矿点、矿化点)520余处(图3),分属于全国19个省、自治区。主要集中于华南:广西135处、湖南67处、云南55处、广东51处、江西48处、四川35处,矿床数占了全国的锡矿床总数的75%。近年来,矿产勘查在西部也有了重大进展,截止目前,西藏发现有锡矿产地29处,新疆有23处,只是由于工作程度很低,除新疆的柯可卡尔德锡矿达中型规模外,其余均为小型矿床及矿点、矿化点。

中国锡矿的特点之一是大、中型矿床多,笔者搜集并综合整理的500余处锡矿产地中,特大型矿

①国土资源部矿产资源储量司,国土资源部信息中心编制.全国矿产资源储量通报.2011.

②中国地质调查局发展研究中心,全国矿产地数据库.

表2 2013—2014年俄罗斯若干锡矿新增查明资源储量

Table 2 Newly increased proved reserves of some tin deposits in Russia form 2013—2014

矿床名称	矿床类型	锡金属量/万 t	平均品位/%	伴生矿种	勘探级别
蒂普塔斯克锡矿 ^①	石英脉型	20	1.15		B+C ₁
皮卡笠锡钨矿 ^②	石英脉型	23.8	0.51	W	(相当于 333)
帕拉活明斯克锡多金属矿 ^③	石英脉型	14.2	0.41	Cu、W、Ag	
素柏林锡多金属矿 ^④	石英脉型	9.1	0.87	Cu、W、Bi、Ag、In	
合计		67.1			

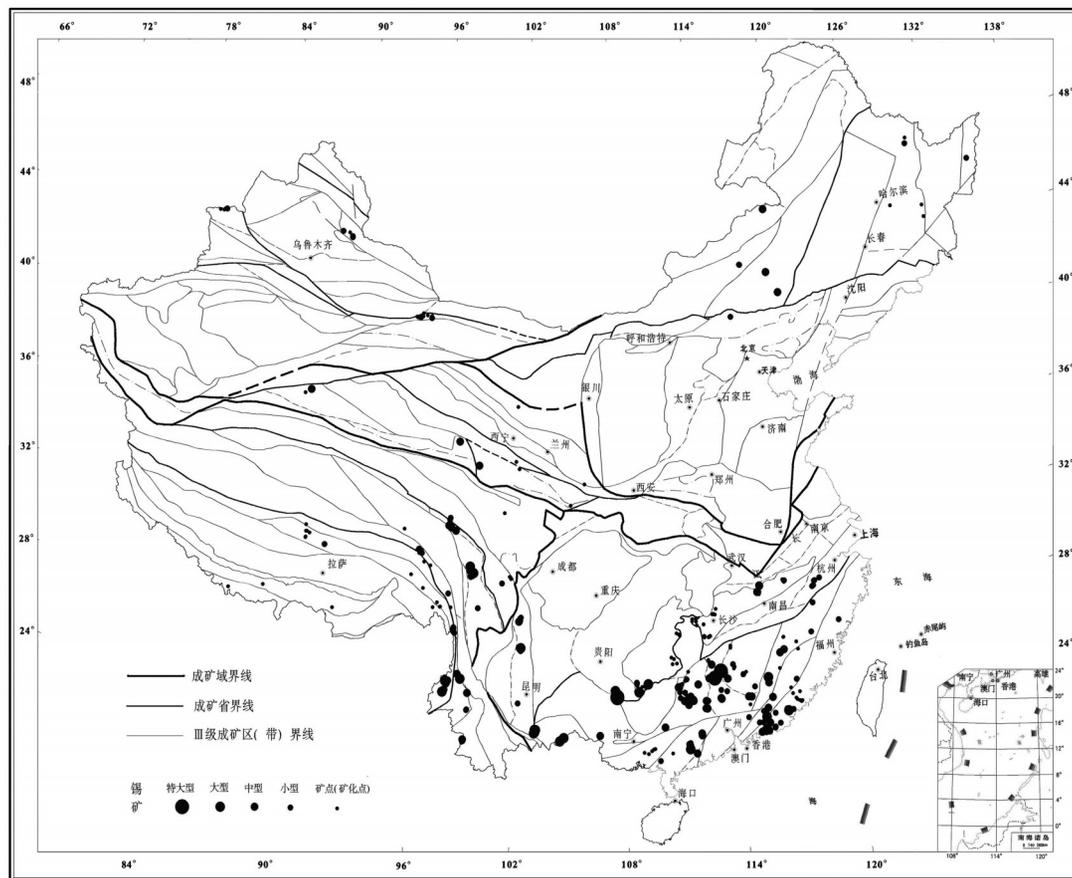


图3 中国锡矿产地分布图

Fig.3 Distribution of tin deposits in China

床4处,大型矿床30处(表3),中型70余处。其中,仅4个特大型矿床的查明资源储量就占了全国总查明资源储量的47%。

3.2 矿床类型及产出特征

中国锡矿成因类型主要有原生锡矿床及砂锡矿床。原生锡矿可分为5个大类^[20-25]:与花岗岩有关的层状似层状锡矿、与花岗岩有关的脉状锡矿、矽卡岩-云英岩型锡矿、斑岩型锡矿、陆相火山岩型锡矿。其中又以与花岗岩有关的层状似层状、脉状以及矽卡岩-云英岩型锡矿最为重要。各类矿床特征见表4。

3.3 锡矿床的成矿时代

中国锡矿的成矿时代从中元古代到新近纪均有(图4),其中侏罗纪—白垩纪最多,无论从矿床的数量,还是从资源量数据分析,均表现如此。锡矿的生成常与中深至浅成的黑云母花岗岩、斑状花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩的岩株、岩墙、岩脉有关,成矿最有利的围岩是钙质碳酸盐,其次为硅铝质岩石。

3.4 矿床共生特征

中国锡矿的另一个重要特点是伴生矿种多。锡矿作为单一矿产形式出现的占了36.2%,锡作为主矿产的锡矿占全国总储量的36.9%,作为共、伴生

表3 中国特大型、大型锡矿产地
Table 3 Large and superlarge tin deposits in China

序号	矿床名称	位置	规模	矿种	成矿类型	成矿时代
1	铜坑	广西	特大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	晚白垩世 ^[10]
2	龙头山	广西	特大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	晚白垩世
	100-1号矿体					
3	白腊水	湖南	特大型	锡矿	与花岗岩有关的脉状锡矿	侏罗纪
4	柿竹园	湖南	特大型	钨锡钼铋	砂卡岩-云英岩型	侏罗纪-白垩纪 ^[11]
5	银岩	广东	大型	锡矿	斑岩型	晚白垩世
6	铁嶂	广东	大型	锡矿	与花岗岩有关的脉状锡矿	晚侏罗世-早白垩世
7	厚婆坳	广东	大型	锡铅铋银矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	早白垩世
8	新洲	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中生代
9	一洞	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中元古代
10	九毛	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中元古代
11	六秀	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中元古代
12	长坡	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中生代
13	龙头山	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中生代
	105号矿体					
14	大福楼	广西	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中生代
15	大山	广西	大型	锡铅矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	中元古代
16	长营岭	广西	大型	钨矿	与花岗岩有关的脉状锡矿	白垩纪
17	大顶	广东	大型	铁锡矿	砂卡岩-云英岩型	三叠纪
18	岩背	江西	大型	锡矿	斑岩型	白垩纪
19	来利山	云南	大型	锡矿	砂卡岩-云英岩型	始新世
20	小龙河	云南	大型	锡矿	砂卡岩-云英岩型	白垩纪
21	漕涧铁厂	云南	大型	锡矿	砂卡岩-云英岩型	白垩纪
22	个旧老厂	云南	大型	锡多金属矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪 ^[12-13]
23	个旧卡房	云南	大型	锡多金属矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪
24	个旧马拉格	云南	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪
25	个旧高松	云南	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪
26	个旧松树脚	云南	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪
27	个旧芦塘坝	云南	大型	锡矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪
28	新寨	云南	大型	锡多金属矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪
29	都龙	云南	大型	锡多金属矿	与花岗岩有关的层状似层状锡矿	白垩纪 ^[14]
30	瑶岗仙	湖南	大型	钨锡矿	砂卡岩-云英岩型	侏罗纪-白垩纪 ^[15]
31	热隆	四川	大型	锡矿	砂卡岩-云英岩型	燕山晚期-喜山期
32	脚跟玛	四川	大型	锡铋矿	砂卡岩-云英岩型	燕山晚期-喜山期 ^[16]
33	岔河	四川	大型	锡矿	岩浆热液型	晋宁末期 ^[17-19]
34	个旧老厂	云南	大型	砂锡矿	砂矿型	新近纪

组分的锡矿占全国总储量的26.9%(图5)。

共生及伴生的矿产多种多样,有铜、铅、锌、钨、锑、钼、铋、银、铌、钽、铍、铟、镓、锗、镉,以及铁、硫、砷、萤石等。如云南个旧锡矿田,与锡共、伴生的矿种有18种之多,其中最主要的为铜、铅、锌、钨、银、萤石、硫、砷等,著名的广西大厂镇锡矿田,与锡共、伴生的矿种也有其锑、铅、锌、钨、铟、镉、银等。

如云南个旧锡矿,锡储量数十万t,占全国总储量的28%,主要为原生锡,砂锡次之,矿体的形成与花岗岩类和风化作用有关,伴生、共生组分多,有铜、铅、锌、钨、银、铍、镓、铟、镉、萤石、砷、硫等。其中铜的储量有50多万t,铅90多万t、锌20多万t。又如广西大厂锡矿田,是中国重要的锡矿原料基地之一,锡储量占全国总储量的14.2%,也伴生有大量的铅、锌、锑、铜、钨、汞等矿产。

多数锡矿山共伴生元素价值超过主金属锡的

价值,但此类矿石需要采用流程复杂且生产费用较高、但分离和回收效果较好的选矿工艺及选冶联合工艺来处理。

3.5 资源利用情况

中国作为世界最大的产锡国,同时也是锡消费大国。近10年,中国锡精矿的产能和消费如表5和图6所示。从图上数据分析可知,中国锡精矿的消耗在2008年以前低于锡精矿产量,2008—2010年间,表现为自身的产量不能满足消费需求,之后,则表现为相对持平。

表6^[31-36]和图7为中国锡进出口量统计数据。从图表可以看出,2003年是一个转折点,之前,中国是锡的净出口国,且出口的产品主要是精锡、焊锡、锡基合金等初级产品,而锡的精加工产品不得不从日本、韩国等地进口大量的深加工锡产品,而他们的原材料正是从中国出口的锡初级产品。2003年

表4 中国锡矿床类型及主要特征
Table 4 Main features of tin deposit types in China

矿床类型	产出特征	典型矿床	主要分布地区
与花岗岩有关的层状似层状锡矿	<p>又称锡石-硫化物型;</p> <p>该类矿床的形成与花岗质岩石有关, 形成于岩浆期后热液阶段, 锡石与硫化物、硫酸盐紧密共生, 矿物赋存于花岗岩与碳酸盐岩、硅质岩、细碎屑岩的接触带附近, 矿体主要呈似层状、透镜状等;</p> <p>矿化以致密块状、密集浸染状为主, 围岩蚀变强烈, 主要有矽卡岩化、硅化、绿泥石化等;</p> <p>成矿时代以燕山中、晚期为主;</p> <p>该类型矿床是中国最重要的锡矿类型, 经济价值巨大, 中国的许多大、中型矿床均属此类</p>	<p>云南个旧、都龙</p> <p>广西大厂、龙头山</p>	滇东南、桂北
与花岗岩有关的脉状锡矿	<p>又称石英脉型矿床;</p> <p>该类型矿床与花岗岩有关, 是花岗岩浆期后热液的产物, 矿体同在在花岗岩体内或花岗岩与围岩的内、外接触带中, 矿体为大脉状、细脉状、网脉状等, 矿床多为锡与钨、铅、锌等共生;</p> <p>矿床主要产于燕山期;</p> <p>矿床围岩蚀变较强, 多为钾长石化、钠长石化、硅化、云英岩化、电气石化、云母化等</p>	<p>江西漂塘</p> <p>广西珊瑚、恭城栗木、老虎头、水溪庙</p> <p>江西曾家垅</p>	<p>赣南、粤北、广西、福建</p>
矽卡岩-云英岩型锡矿	<p>该类矿床与花岗岩有关, 是花岗岩期后热液与碳酸盐、碎屑岩交代作用的产物, 矿体呈脉状、透镜状产于矽卡岩或云英岩中, 矿床多为大中型, 具较重要的经济价值;</p> <p>值得一提的是, 有些锡铁共生的矿, 如内蒙黄岗梁, 锡较难以提取</p>	<p>湖南柿竹园</p> <p>云南老平山、来利山、小龙河</p> <p>内蒙黄岗梁, 广东大顶</p> <p>广西钦甲</p>	<p>湘南、赣南、粤北、桂西南、内蒙古东部、滇西等</p>
斑岩型锡矿	<p>该类矿床与花岗岩有关, 矿化常呈细脉状、浸染状产于花岗岩体、花岗岩体或围岩接触带内, 矿体多为似层状或脉状, 与之共生的还有钼、钨、铋、铌等, 围岩蚀变较强, 主要为钾长石化、硅化、绢英岩化等;</p> <p>成矿时代主要为燕山期</p>	<p>广东银岩、托盘垌</p> <p>江西岩背</p> <p>福建乌竹管</p>	<p>广东、福建、江西等</p>
砂锡矿	<p>为原生矿床化学风化、风化淋滤富集而成, 以残积、坡积和洪积物分布于各类原生矿附近, 一般距离原生矿1到数km;</p> <p>砂锡矿埋深可达数十米, 含矿层厚2~10m, 相伴的重矿物主要有独居石、锆石、钛铁矿、金红石、黑钨矿等, 可作为重砂矿物找矿的标志;</p> <p>砂锡矿易采、易选, 因此具投资少、见效快、经济效益高的特点</p>	<p>云南老厂、大龙洞</p> <p>广西牛庙、珊瑚、水岩坝等</p>	<p>云南、广西、赣南</p>
陆相火山岩型锡矿	<p>该类矿床成矿与火山-次火山热液有关, 锡矿化呈密集且不规则的细脉、网脉状产于英安质-流纹质火山岩中, 矿体多呈椭球状矿囊;</p> <p>围岩蚀变较强烈, 主要有绢云母化、叶蜡石化、硅化等;</p> <p>成矿时代主要为燕山早期;</p> <p>矿床多为小型, 但因易采、易选, 因此仍具一定的工业意义</p>	<p>广东西岭、风地山</p>	东南沿海

以后, 随着中国变成了锡的净进口国, 且进出口逆差额越来越大。进口的锡除了精加工的产品外, 也包括大量的锡精矿, 且锡精矿的进口比例, 主要来自印度尼西亚、马来西亚和玻利维亚^[37-42]。

全国矿产资源利用现状调查显示, 截至2010年, 中国已利用的锡矿区470余处(包括原生矿、砂锡矿和共伴生矿), 这些矿山的累计查明资源储量中, 还有尚未开采的基础储量近120万t, 而中国2013年锡产能为16万t(表4), 据此估算, 现有基础储量仅能维持不到10年, 这将意味着中国正在丧失储量和产量一直雄居榜首的锡矿资源优势。

4 中国锡矿找矿远景区

4.1 中国锡矿资源潜力

4.1.1 中国锡矿查明资源量分布

中国锡矿的另一个特点是储量高度集中。以2012年为例, 全国锡查明资源储量为412万t^①, 主要集中在云南、广西、湖南、广东、内蒙、江西6个省、区, 图8为中国查明锡资源储量的统计图。从图分析, 仅云南一省的查明资源量就占了全国总资源储量的32%。

中国锡矿资源品位主要集中在0.1%~1%, 此区间的锡查明资源储量占总量的84.3%; 而品位介于

① 国土资源部矿产资源储量司, 国土资源部信息中心编制. 全国矿产资源储量通报. 2013.

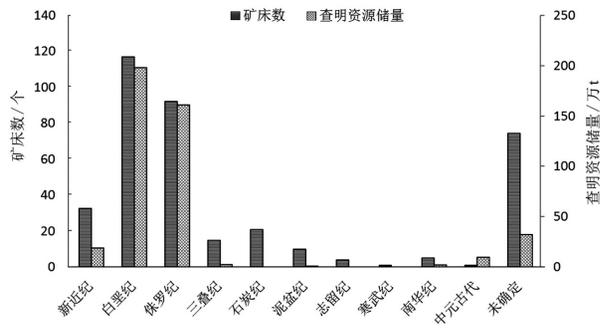


图4 中国锡矿床成矿时代统计

Fig.4 Statistic chart of metallogenic epoch of tin deposits in China

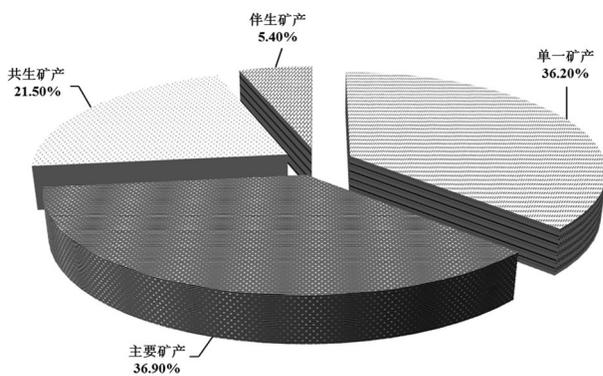


图5 中国主要锡矿产出类型储量分布图

Fig.5 Statistic chart of tin reserves of different associated and coexistent modes

0.5%~1%的查明资源储量占总量的61.3%。

4.1.1 中国锡矿预测资源潜力

2006年,国土资源部组织实施了全国矿产资源潜力评价专项,项目对煤炭、铀、铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钾、金、铬、钼、锑、稀土、银、硼、锂、磷、硫、萤石、菱镁矿、重晶石等25个矿种的地表以下2000 m的潜在资源量进行了估算^[43-45]。其中,15个省份(自治区)对锡矿进行了预测,共获得预测资源量(锡金属)1860余万t(注:“预测资源量”数据为扣除已查明资源储量的数据,下文同)。本次潜力评价资源定量估算按500 m以浅、1000 m以浅和2000

m以浅分别做了统计,其中,500 m以浅的锡预测资源量为1500万t,约占总预测资源量的80%,即80%的预测资源量为较易开采利用的资源。

图9为预测资源量的分省统计图。与查明资源储量(图8)对比分析,排前三位的仍然是湖南、云南和广西三省(自治区),不同的是湖南由查明资源储量的第三位上升到了预测资源量的第一位,说明中国锡矿资源总的分布格局没有很大变化,湖南的钨锡找矿近年来取得了重大进展,投入了较多的地质工作应该是预测资源量较多的重要原因。内蒙的预测资源量从原来的第五上升到了第四名,排在了广东前面,但它的预测类型主要是黄岗梁式的铁矿,锡主要是伴生锡,选冶成本会比较高。

4.2 中国锡矿的主要成矿特点

从中国锡矿床各成矿带的区域地质、地球化学背景和矿区控岩控矿诸因素看,锡矿床的产出主要受3个因素的综合制约:成矿的物质来源或矿源层、花岗岩类成因类型、一定的大地构造和矿区构造环境。

4.2.1 矿质来源或矿源层

中国的锡矿床均产出于锡及有关元素本底值高的地球化学异常区带上。以华南为例,华南地区之所以有丰富的锡矿产资源,不仅有若干含锡矿源层、不同时代的含锡花岗岩类,还有不少含锡高的基性、超基性岩类,构成了一个锡(钨)地球化学成矿省。

含锡高值层在一定的地质条件下,既是工业矿床的矿源提供者,又往往是层控矿床的赋矿层位,从前寒武纪的结晶基底开始,在多旋回构造-岩浆活动中,通过内生和外生作用,继承性地不断迁移、富集,绝大多数矿床形成于燕山晚期的晚阶段,也有形成于晋宁期(雪峰期)古老早熟、早产的锡矿床。在华南有5个以上矿源层和赋矿层:元古宇、寒武系、泥盆系、三叠系、侏罗系,其中元古宇含锡建造均出现于扬子准地台区,包括下元古界四堡(梵净山)群、中元古界会理(昆阳)群,上元古界震旦系灯影组等。东北大兴安岭南南部锡矿的赋矿地层主要

表5 中国锡精矿产能和消耗一览(万t)

Table 5 The production capacity and consumption of tin concentrates in China (10⁴ t)

	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
产能	11.82	12.16	12.63	14.73	12.91	13.44	14.94	15.6	14.81	15.85
消耗	9.29	11.55	11.48	13.39	12.77	14.3	15.28	15.4	14.6	15.2

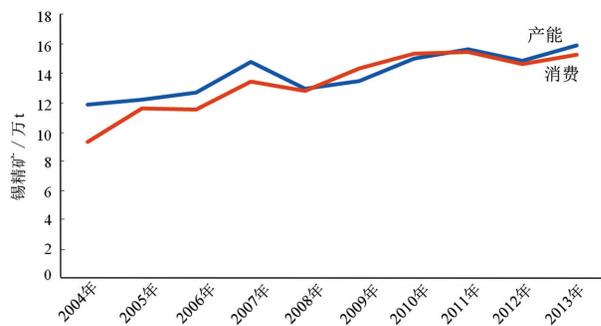


图6 中国锡矿山产能统计分析图

Fig.6 Statistic chart of tin production capacity in China

为二叠系。

4.2.2 花岗岩类对矿源的活化、迁移、富集作用

在多旋回构造-岩浆活动中,重熔-再生岩浆使矿源层中的亲花岗岩元素以级塔式不断活化转移,形成了从雪峰期-燕山期花岗岩含锡量呈波浪式不断浓集的继承和发展,构成了与各时代花岗岩有关的锡矿床。据粗略统计,中国各时代花岗岩有关原生锡矿床所占比例为:雪峰-加里东期4%、海西-印支早期19%、燕山晚期75%、喜马拉雅期2%。

4.2.3 地质构造的控岩控矿作用

中国东部几个锡(钨)多金属成矿带大都产在太平洋板块插向中国古亚洲板块的“犁(铲)式”俯冲带上,在多旋回构造-岩浆成矿活动中,由西北向东南锡矿产在由元古宙、古生代至中、新生代的陆壳板块仰冲(外)带、弧后岩浆带和板内断裂、裂谷活动带,多数产在近东西向的褶皱断裂构造系与近南北向或北东向断裂构造带之上及其邻近地区,两组构造带的交汇处,矿产尤为富集,形成矿带^[46]。

中国东部不同级别的构造控制了锡成矿带和矿区、矿田、矿体,一般是II-III级构造控制成矿带和亚带。如:华南的右江锡成矿带,受山前断陷盆地即海西-印支拗陷II级构造的控制,该带下有含锡的老基底,旁侧有含锡的古陆剥蚀区,台沟(大厂)、海湾(个旧)等有利锡沉积的构造古地理和岩相古地理环境,导致该区泥盆系、三叠系地层中锡的

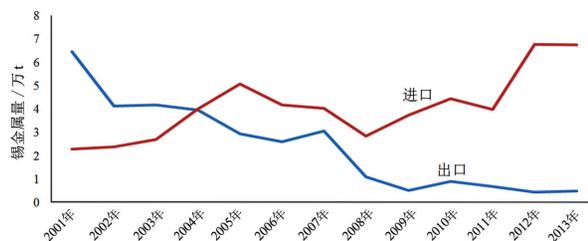


图7 中国锡进出口情况分析

Fig.7 Statistic chart of tin import and export in China

预富集;又如:大厂和个旧2大锡矿区的形成,可能是受“广西弧”和“云南弧”这2个III级“山字形”构造的制约;都龙锡矿区处于粤北弧形构造带;滇西锡矿带受腾(冲)龙(陵)弧和“临沧弧”控制的现象也较明显;大兴安岭南段的黄梁岗、粤西的银岩等锡矿也处于弧形转折地段。

矿区内的矿田受IV-V级褶皱断裂控制的实例很多。背斜轴部特别是背斜倾没端和向斜扬起端以及相应的断裂系等,均是有利控岩控矿的构造,产出了许多重要的矿田和矿体,如长坡、香花岭、宝坛、珊瑚、老厂、马拉格、松树脚、来利山、都龙、栗木和柿竹园等。

综上所述,矿源、花岗岩、构造三者对锡矿床的产出都很重要,而起主导作用的还是矿源和矿源层。锡矿床可以产出于不同的大地构造环境和不同时期、不同类型的花岗岩体内外,既可与深成岩浆花岗岩有关,也可与浅成的火山斑岩乃至中、酸性喷出岩有关,又可以呈没有任何火成岩相伴的沉积变质或沉积再造型矿床出现。因此,在一定的意义上,锡矿床的形成主要取决于区域地球化学背景即富锡地壳的局部存在。

4.3 锡矿远景区的圈定及资源潜力分析

综合考虑中国锡矿资源的产出特征,结合近年来找矿、科研^[47-49]新进展及全国矿产资源潜力评价预测新成果,在全国划分了17个远景区(图10,表7),主要分布于华南的云南、广西、湖南、广东一带,在东北的大兴安岭南段、张广才岭、新疆的东准噶

表6 中国锡进出口情况统计(万吨)^[31-36]Table 6 Data of tin import and export in China (10⁴ t)^[31-36]

	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
出口	6.45	4.13	4.18	3.96	2.94	2.59	3.06	1.09	0.51	0.91	0.69	0.45	0.5
进口	2.3	2.39	2.69	4	5.08	4.17	4.03	2.83	3.74	4.44	3.98	6.76	6.57

注:表中数据为砂锡矿、锡精矿、焊锡、巴氏合金、锡合金、锡废料、锡制品折合成锡金属量的总和。

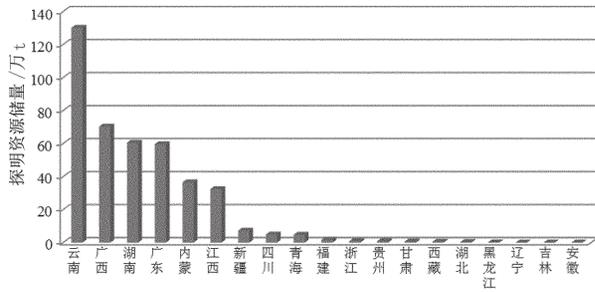


图8 中国锡查明资源储量统计图

Fig.8 Statistic chart of tin proved reserves in china

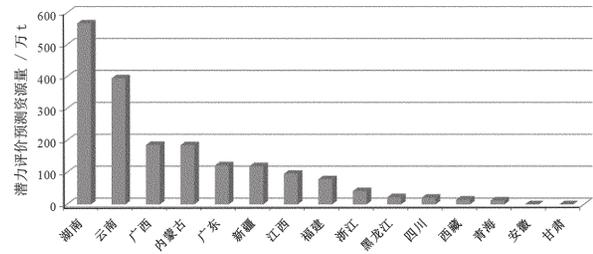


图9 全国锡预测资源量分省统计图

Fig.9 Distribution of tin in different provinces of China

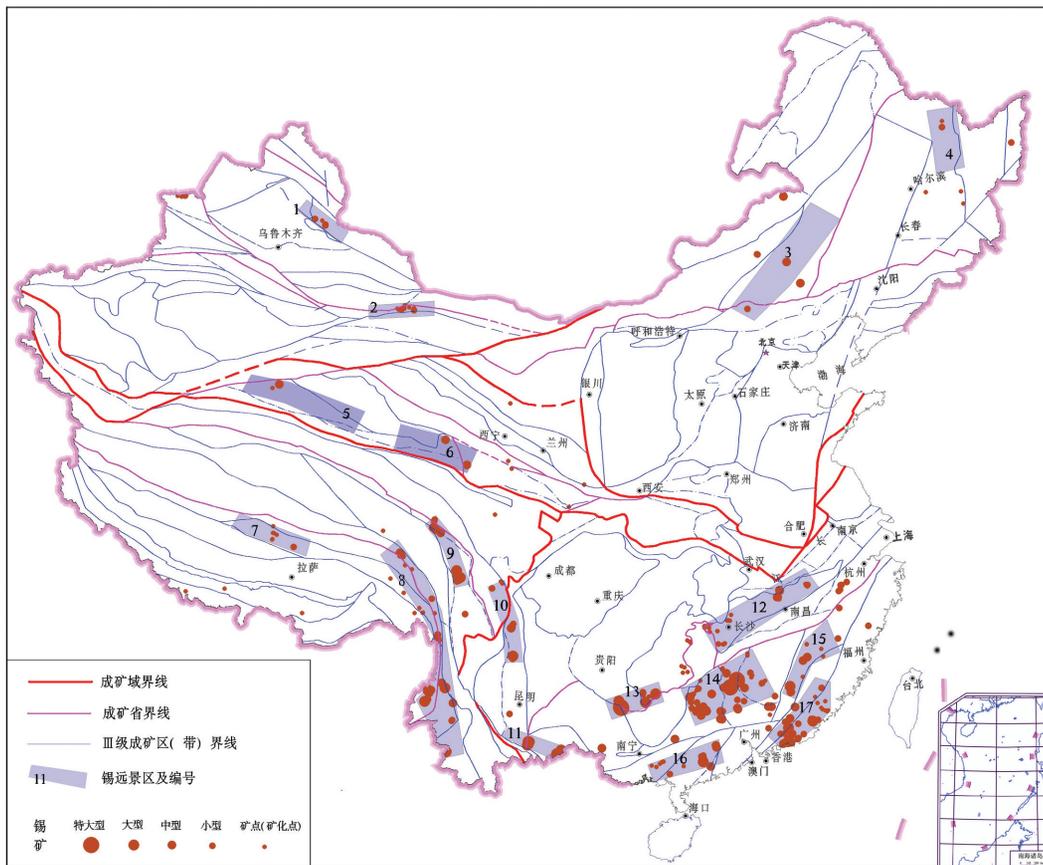


图10 中国锡矿远景区分布图

Fig.10 Tin prospective areas in China

尔及东昆仑、祁连地区也有部分资源潜力。

从图10、表7中可以看出,锡矿主要远景区的预测资源量合计为1624万t, 占了全国总预测资源量的87%。其中,南岭、滇东南个旧2个远景区的预测资源量超过了300万t,内蒙黄岗梁及桂北大厂2个远景区的预测资源量也达100万t以上。

文章在此选择最主要的4个有代表性的远景区

进行综合分析说明。

4.3.1 南岭远景区(14)

该远景区位于南岭成矿带中南段,包括了湘南、粤北、桂东和赣西的交汇部。大地构造位置位于华夏板块的武夷—云开造山系,Ⅲ级构造单元包括了赣南隆起、湘粤坳陷和桂东大瑶山隆起。

该区构造运动频繁,主要经历了加里东期、印

表7 中国锡矿主要远景区一览

Table 7 List of tin prospective areas in China

序号	远景区名称	远景区面积 /万 km ²	查明资源 储量/万 t	预测 资源量/万 t	区内主要矿产地
1	东准噶尔萨热什克	1.74	0.66	9.26	卡姆斯特、贝勒库都克、萨尔什克
2	北山双井子	2.06	0.01	0.02	明锡山、星星峡、黄羊泉、伊雷克
3	内蒙黄岗梁	9.80	77.39	172.61	黄岗梁、二道沟、大井子北、千斤沟
4	张广才岭	4.05	0.36	3.66	五星、汤林线
5	祈连白干湖-野马泉	6.14	1.71	10.15	柯可卡尔德、曼勒赛
6	祈连都兰-兴海	4.83	3.92	11.28	小卧龙、日龙沟
7	班-怒期波下日	3.04			期波下日、更乃锡、扎西弄迁、多巴、来磨青、棋玛
8	西南三江	11.23	27.92	95.50	来利山、铁厂、小龙河、阿莫、石缸河、娃底、西月各、柯有弄、赛北弄、昌凹、永龙
9	川西德格-巴塘	2.43	13.03	16.11	热隆、脚根玛、洞中达、身小基岭、宽宗院、
10	川西南康定-会理	3.40	5.86	4.81	六巴合德、大顶山、岔河
11	滇东两个旧	1.76	166.17	313.93	卡房、老厂、马拉格、高松、松树脚、芦塘坝
12	赣北-湘东	7.61	9.76	46.80	曾家垅、尖峰坡、邓家山、桐木坑、茅棚店
13	桂北大厂	2.61	136.64	123.74	铜坑、龙头山、大福楼、一洞、九毛、六秀、沙坪、巴里、新洲、五地、亢马、长坡、巴黎、大山
14	南岭	8.71	167.99	597.43	白腊水、柿竹园、塘官铺、黄家山、谢家山、鱼田、应塘湾、坪头岭、大冲、牛庙、白面山、水岩坝、水溪庙、金竹源、狮子岭、老虎头、尚家坪
15	武夷山会昌-建瓯	3.78	13.53	81.81	岩背、乌竹管、下伊、凤凰崇、松岭
16	粤西-桂南银岩	3.52	20.14	44.61	银岩、罗罅乡、马水公社、九曲岭、金子窝
17	粤东惠州-龙岩	4.68	21.47	92.15	厚婆坳、高筒村、宝山嶂、长埔、吉水门、牛头山、赤坑、吉溪乡、马铁山
	合计	81.38	666.56	1623.87	

支期、燕山期以及喜山期等构造运动,加里东运动、印支运动表现为挤压造山构造环境,燕山运动为伸展拉张构造环境。南华纪一志留纪地层主要为类复理石浅变质碎屑岩,夹少量不纯碳酸盐岩,沉积上万余m,属深海至次深海相陆源碎屑沉积,成为该区锡石硫化物型锡矿的围岩。中泥盆世一早三叠世地层主要为较稳定的浅海台地相碳酸盐岩夹滨海相碎屑岩沉积,构成区内矽卡岩型钨锡钼多金属矿的主要围岩。区内岩浆活动频繁强烈,各期均有发育,又以燕山期岩浆岩最为主要,对区内锡钨多金属矿床在空间上、时间上、成因上表现出密切的关系,对成矿起着重要的控制作用。区内成矿条件非常好。

该区是中国著名的Sn-W-Nb-Ta多金属产地,区内已探明大型-超大型锡矿,如柿竹园超大型锡钨钼多金属矿、白腊水超大型锡矿等,另还有塘官铺、黄家山、谢家山、鱼田、应塘湾等中型锡(多金属)矿,显示出巨大的找矿潜力。区内已有累计查明资源储量127万t,全国矿产资源潜力评价在本区获得了2000m以浅的预测资源量597万t,具有相当可观的前景。该区主攻类型为矽卡岩-云英岩型和与花岗岩有关的层状似层状锡多金属矿(锡石硫化物型)。

4.3.2 滇东两个旧远景区(11)

该远景区位于云南省东南部,是中国滇东南锡矿带上最重要、规模最大的锡多金属矿集区之一。其大地构造位置处于环太平洋成矿带与地中海—喜马拉雅成矿带的交汇处,为印度板块、欧亚板块、太平洋板块碰撞相接的部位。区域地质构造位置为扬子准地台、华南褶皱系及唐古拉—昌都—兰坪—思茅褶皱系三大地质构造单元汇聚地带之华南褶皱系西南角。长期的构造运动,形成了区内的五子山复式背斜及贾沙复式向斜2大褶皱及相应的断裂构造格局。地层出露以三叠系中统个旧组碳酸盐岩为主;断裂构造则以近东西向为主,并呈梯格状近等间距分布。岩浆岩有印支旋回安尼期变基性玄武岩(变玄武岩)及燕山旋回晚期花岗岩2类,前者产于个旧组卡房段第一层上部,后者主要为斑状黑云母花岗岩和粒状黑云母花岗岩呈岩株、岩枝等复杂形态侵入于个旧组地层内。个旧组卡房段地层、背斜轴部与断裂构造交汇处凹陷带构造、印支期变玄武岩均对成矿有一定的贡献,但最主要的成矿期为燕山期。

区内大型矿床就有8个之多,如:卡房、老厂、马拉格、高松、松树脚、芦塘坝、新寨、都龙等,累计查

明资源储量为166万t。区内预测2000m以浅的锡潜在资源量为314万t,更是显示了很好的找矿前景。区内主攻矿种及类型为矽卡岩型和锡石硫化物型锡矿。

4.3.3 黄岗梁远景区(3)

该远景区位于天山—兴蒙造山系大兴安岭弧盆系锡林浩特岩浆弧,发育有黄岗梁复式背斜北西翼,属单斜构造,倾向北西。区内断裂构造发育,其中,北东向压性兼扭性断裂,该组断裂长期多次活动,为本区成岩、成矿提供了有利条件,所以是控矿、导矿、容矿的主要构造;北西向张性为主兼扭性断裂,该组断裂由于围岩条件不利,所以控矿性能不如北东向断裂。区内岩浆活动十分强烈。除大量的火山喷发外,侵入作用也十分强烈。燕山晚期的岩浆岩与成矿关系密切,岩性主要为钾长花岗岩、黑云母钾长花岗岩。区内成矿条件良好。

远景区内已有锡矿产地10余处,包括黄岗梁大型铁锡矿、二道沟中型锡矿、大井子北中型锡矿、千斤沟中型锡矿等,目前已累计查明锡资源储量77万t,全国潜力评价又获得2000m以浅的预测资源量173万t,潜力很好。建议的主攻类型为矽卡岩型锡矿,应同时加强选冶工艺的研究,以便提高资源的可利用性。

4.3.4 桂北大厂远景区(13)

该远景区位于丹池成矿带中段,大地构造位置处于扬子陆块右江前陆盆地与凤凰—大庸(宜州)台缘盆地交汇处丹池凹陷褶皱带,属晚古生代—中生代基底断陷带,中生代后挤压褶皱呈紧密的复式褶皱—断裂构造组合。中生代晚期酸性岩浆侵入,以黑云母花岗岩为主,为燕山晚期产物,属铝过饱和系列。区内的地层主要由泥盆系、石炭系、二叠系和三叠系下统的滨海相—浅海相的陆源细粒碎屑岩、碳酸盐岩及硅质岩组成,主要的赋矿层位为中、上泥盆统。区内构造的基本格局表现为一组北西向平行展布的褶皱和逆断层,被一组北东向张性正断层错断而组成的网格状体系,北东向断裂多以顺时针方向错断北西向构造,南北向构造常与北西向构造复合,部分被岩脉充填。该区褶皱和断裂控制着矿床呈带状分布。区内岩浆活动频繁,岩石种类较多,其中以燕山晚期黑云母花岗岩与锡矿化关系最为密切。区内矿床的形成,受地层、构造和岩浆岩的共同制约。

远景区内已有超大型锡矿床2处:铜坑、龙头山100,另有大、中型矿床10余处:大福楼、一洞、九毛、六秀、沙坪、巴里、新洲、五地、亢马、长坡、巴黎、大山等,区内已查明资源储量为137万t,预测2000m以浅潜在资源量锡矿为124万t,潜力可观。建议的主攻类型为与花岗岩有关的层状似层状锡多金属矿。

5 分析与思考

中国是全球锡矿资源最丰富的国家,也是当今产量最大的国家,在国际市场占有优势地位。锡矿近年国内查明资源储量增速低于矿山开发消耗的增速,资源储量呈下降状态。目前已有的近120万t基础储量,在不到10年的时间内将被消耗殆尽。近年来,中国虽然勘查新发现了一批大、中型的锡资源产地,但国家对于保护性开采的锡矿产,还是要计划好矿权的审批节奏,以保持中国在国际锡界的话语权。

近年来,随着中国对锡消费需求的增加,我们从锡的净出口国,几乎变成了锡的净进口国,进口的产品从原来的深加工产品变成现在对锡精矿的进口。这就要求中国一方面加大危机矿山深部资源地质勘查力度,加大外围远景区的整装勘查力度,努力保持个旧和大厂等重要锡工业基地的可持续发展。另一方面要加强综合利用研究,提高综合利用率。以湖南柿竹园矿为例,虽然该矿为一个特大型钨锡矿床,但由于Sn品位低、锡石粒度细、实验室试验选矿回收率低,一直未开采利用;又如黄岗梁远景区的铁锡矿,虽然获得了170余万t的预测资源量,但因为锡难以提取,而使得可利用锡矿资源量大打折扣。因此,如何从提高选冶技术水平入手,实现难选冶锡资源的综合回收利用,是中国锡矿开发的重大实际问题。

与此同时,要改造和提升传统产业,使资源依赖型向创新驱动型转变,力争以较少的资源支撑更大规模的经济。但短期内急需做的是提高锡资源开发利用技术水平,向绿色、循环、低碳、环保方向发展。

我国在自我应对的同时,也在实施走出去战略。仅2013年一年,笔者就评价了4个俄罗斯远东地区的锡(多金属)矿,品位均在0.5%以上,评价的锡资源总量达67万t。此类项目,如能付诸实施,将有效地对缓解中国锡的资源供需矛盾。

致谢: 在文章完成过程中, 杨国俊博士、赵汀博士、审稿专家以及编辑部杨艳老师对论文提出了宝贵的修改意见, 在此一并致以诚挚的谢意!

参考文献(References):

- [1] Reategui R E. Production outlook of tin in South - Africa[C]// Conference Proceedings of International tin BBS, China. 2013: 40-45.
- [2] 俞开基, 刘钰, 梁珍庭. 泰国锡矿成矿地质特征[J]. 地质与勘探, 1982, (1): 31-36.
Yu Kaiji, Liu Jue, Liang Zhenting. Metallogenic characteristics of tin in Thailand[J]. Geology and Exploration, 1982, (1): 31-36(in Chinese).
- [3] 孙思. 2012年世界主要锡矿山项目开发进展[J]. 世界有色金属, 2013, (11): 72-73.
Sun Si. Development of tin mining of the world in 2012 [J]. World Nonferrous Metals, 2013, (11): 72-73(in Chinese).
- [4] 祁腾飞, 杨艳. 玻利维亚波托西 Sannicolas 锡银矿地质特征[J]. 矿产勘查, 2013, 4(5): 578-583.
Qi Tengfei, Yang Yan. Geological characteristics of Potosi Sannicolas tin - silver deposit, Bolivia [J]. Mineral Exploration, 2013, 4(5): 578-583 (in Chinese with English abstract).
- [5] 孙建虎. 刚果(金)砂锡矿地质特征及找矿方向[J]. 地质学刊, 2013, 37(2): 268-272.
Sun Jianhu. On geological properties and ore exploration orientation of alluvial tin in Democratic Republic of Congo[J]. Journal of Geology, 2013, 37(2): 268-272(in Chinese with English abstract).
- [6] 宋国明. 马来西亚金属矿业概览[J]. 中国金属通报, 2010, (44): 36-37.
Song Guoming. Overview of metal mining industry in Malaysia[J]. China Metal Bulletin, 2010, (44): 36-37(in Chinese).
- [7] 张福良, 殷腾飞, 周楠. 全球锡矿资源开发利用现状及思考[J]. 现代矿业, 2014, 538(2): 1-10.
Zhang Fuliang, YinTengfei, Zhou Nan. The current situation and thinking of the tin ore resources development and utilization all over the world[J]. Modern Mining, 2014, 538(2): 1-10(in Chinese with English abstract).
- [8] 马娟, 秦德先, 薛传东. 世界锡矿资源形势预测[J]. 昆明理工大学学报, 2002, 27(6): 13-17.
Ma Juan, Qin Dexian, Xue Chuandong. Prediction of the situation for the world tin mines[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology, 2002, 27(6): 13- 17(in Chinese with English abstract).
- [9] 张莓. 全球锡矿资源及开发现状[J]. 中国金属通报, 2011, 32: 19-21.
Zhang Mei. Status of tin resource mining in the world [J]. China Metal Bulletin, 2010, 32: 19-21(in Chinese).
- [10] 王登红, 陈毓川, 陈文, 等. 广西南丹大厂型锡多金属矿床的成矿时代[J]. 地质学报, 2004, 78(1): 132-138.
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Chenwen, et al. Dating the Dachang giant tin-polymetallic deposit in Nandan, Guangxi [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1): 132-138(in Chinese with English abstract).
- [11] 刘善宝, 陈毓川, 范世祥, 等. 南岭成矿带中、东段的第二找矿空间-来自同位素年代学的证据[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1034-1049.
Liu Shanbao, Chen Yuchuan, Fan Shixiang, et al. The second ore-prospecting space in the eastern and central parts of the Nanling metallogenic belt: evidence from isotopic chronology [J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1034- 1049(in Chinese with English abstract).
- [12] 程彦博, 毛景文, 谢桂清, 等. 与云南个旧超大型锡矿床有关的花岗岩锆石 U-Pb 定年及意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(3): 297-312.
Cheng Yanbo, Mao Jingwen, Xie Guiqing, et al. Zircon U-Pb dating of granites in Gejiu superlarge tin polymetallic orefield and its significance [J]. Mineral Deposits, 2009, 28(3): 297-312(in Chinese with English abstract).
- [13] 杨宗喜, 毛景文, 陈懋弘, 等. 云南个旧老厂细脉带型锡矿白云母 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(3): 336-344.
Yang Zongxi, Mao Jingwen, Chen Maohong, et al. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ dating of muscovite from Laochang veinlet-like Sn deposit [J]. Mineral Deposits, 2009, 28(3): 336-344(in Chinese with English abstract).
- [14] 刘玉平, 李正祥, 李惠民, 等. 都龙锡锌矿床锡石和锆石 U-Pb 年代学: 滇东南白垩纪大规模花岗岩成岩-成矿事件[J]. 岩石学报, 2007, 23(5): 967-976.
Liu Yuping, Li Zhengxiang, Li Huimin, et al. U - Pb geochronology of cassiterite and zircon from the Dulong Sn - Zn deposit: Evidence for Cretaceous large-scale granitic magmatism and mineralization events in southeastern Yunnan province, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(5): 967- 976(in Chinese with English abstract).
- [15] 王登红, 李华芹, 秦燕, 等. 湖南瑶岗仙钨矿成岩成矿作用年代学研究[J]. 岩矿测试, 2009, 28(3): 201-208.
Wang Denghong, Li Huaqin, Qin Yan, et al. Rock-forming and ore-forming ages of the Yaogangxian tungsten deposit of Hunan Province [J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28(3): 201-208 (in Chinese with English abstract).
- [16] 林青. 四川理塘肢根玛锡锌矿床地质特征及找矿标志[J]. 四川地质学报, 2011, 31(1): 37-43.
Lin Qing. Geological features and prospecting criteria for the Jiaogenma Sn - Zn deposit in Litang, Sichuan [J]. Sichuan Acta Geologica, 2011, 31(1): 37-43(in Chinese with English abstract).
- [17] 谭榜平, 张成江. 四川盆河锡矿地质地球化学特征及成因分

- 析[J]. 矿物岩石, 2001, 21 (1): 67-70.
Tan Bangping, Zhang Chengjiang. The characteristics of geology and geochemistry in Chahe tin deposit, Sichuan province [J]. Mineral Petrol, 2001, 21 (1): 67-70(in Chinese with English abstract).
- [18] 彭齐鸣. 四川会理岔河元古宙锡矿床的地质特征及成因探讨[J]. 长春地质学院学报, 1987, 17(2): 177-188.
Peng Qiming. Geology and genesis of the Proterozoic tin deposit at Chahe, Huili, west Sichuan [J]. Journal of Changchun College of Geology, 1987, 17(2): 177-188(in Chinese with English abstract).
- [19] 李立主. 四川岔河锡矿床地质特征及找矿标志[J]. 云南地质, 1984(1): 59-71.
Li Lizhu. Geologic features and prospecting criteria of Chahe tin deposit, Sichuan province [J]. Yunnan Geology, 1984(1): 59-71 (in Chinese).
- [20] 《中国矿床》编委会. 中国矿床(中册)[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 105-186.
Editorial Committee. Mineral deposits of China (Volume two) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 105-186 (in Chinese).
- [21] 陈毓川, 王登红. 重要矿产预测类型划分方案[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 173-184.
Chen Yuchuan, Wang Denghong. Division for Prospecting Types of Important Mineral Resources in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 173-184(in Chinese).
- [22] 毛景文, Lehmann B, Schneider H J. 锡在地球中初始富集与锡矿床成矿关系[J]. 河北地质学院学报, 1991, 14(1): 46-61.
Mao Jingwen, Lehmann B, Schneider H J. Preliminary enrichment of tin in the earth and its relationship to metallogenesis of tin deposits[J]. Journal of Hebei College of Geology, 1991, 14(1): 46-61(in Chinese with English abstract).
- [23] 裴荣富, 毛景文. 锡矿床研究新进展述评[J]. 矿床地质, 1989, 8 (2): 91-94.
Pei Rongfu, Mao Jingwen. Review of new development in tin deposit research[J]. Mineral Deposits, 1989, 8(2): 91-94(in Chinese with English abstract).
- [24] 王成发. 内生锡成矿系列的地质特征及其成矿规律[J]. 成都地质学院学报, 1986, 13(4): 12-22.
Wang Chengfa. Geologic characteristics and minerogenetic series of primary tin deposits[J]. Journal of Chendu College of Geology, 1986, 13(4): 12-22(in Chinese with English abstract).
- [25] 高文翔. 中国锡工业前景展望[C]//2013中国国际锡业论坛论文集, 2013: 9-14.
Gao Wenxiang. Prospecting of Chinese tin industry[C]// Conference Proceedings of International tin BBS, China. 2013: 9-14(in Chinese with English abstract).
- [26] 庚莉萍. 国内外金属锡供求形势及价格趋势[J]. 有色金属加工, 2007, 36(6): 4-7.
Yu Liping. Supply, consumption and price of tin metal in the world and China[J]. Nonferrous Metals Processing, 2007, 36(6): 4-7(in Chinese with English abstract).
- [27] 孙虎, 王建平, 王玉峰, 等. 我国锡矿开发利用现状及可持续发展建议[J]. 资源与产业, 2012, 14(4): 58-62.
Sun Hu, Wang Jianping, Wang Yufeng, et al. Status and suggestions of sustainable development to Chinese tin ores[J]. Resources & Industries, 2012, 14(4): 58-62(in Chinese with English abstract).
- [28] 中国有色金属网. 锡[OL]. <http://www.metalchina.com/tags/锡-1.html>.
MetalChina.com. tin[OL]. <http://www.metalchina.com/tags/锡-1.html>(in Chinese).
- [29] 中商情报网. 2006-2011年全球锡精矿产量情况[OL]. <http://www.askci.com/news/201205/11/1111343257618.shtml>. 2012-5-11.
www.askci.com. Production of tin ore concentrate from 2006-2011 in the world[OL]. <http://www.askci.com/news/201205/11/1111343257618.shtml>. 2012-5-11(in Chinese).
- [30] 中国产业信息网. 2013年中国锡行业产量分析[OL]. <http://www.chyxx.com/industry/201402/228588.html>. 2014-2-12.
www.chyxx.com. Analysis of tin production in China 2013[OL]. <http://www.chyxx.com/industry/201402/228588.html>. 2014-2-12.
- [31] 崔荣国, 刘树臣. 我国锡矿资源状况及国际竞争力分析[J]. 国土资源情报, 2010, (8): 29-33.
Cui Guorong, Liu Shuchen. The status and international competitiveness of tin resource in China [J]. Land and Resources Information, 2010, (8): 29-33. (in Chinese)
- [32] 袁启奇. 锡市场分析[J]. 工程设计与研究, 2013, (6): 34-37.
Yuan Qiqi. Tin market analysis[J]. Engineering Design and research, 2013, (6): 34-37. (in Chinese)
- [33] 黄仲权, 黄茜蕊. 我国锡矿业优势转换战略探讨[J]. 世界有色金属, 2008, (2): 9-13.
Huang Zhongquan, Huang Xirui. Analysis on the strategy of transforming the advantage of tin industry in China[J]. World Nonferrous Metal, 2008, (2): 9-13(in Chinese).
- [34] 中国产业信息网. 2011-2012年我国锡进出口现状 [OL]. <http://www.chyxx.com/industry/201304/198617.html>. 2013-4-07.
www.chyxx.com. The status of tin export and import in China from 2011-2012 [OL]. <http://www.chyxx.com/industry/201304/198617.html>. 2013-4-07(in Chinese).
- [35] 商务部外贸司: 2010年中国锡市场运行报告[OL]. http://www.alu.cn/aluNews/NewsDisplay_57123.html. 2011-3-11.
Ministry of Commerce of the People's Republic of China Department of Foreign Trade. The report of tin market in China in 2010 [OL]. http://www.alu.cn/aluNews/NewsDisplay_57123.html. 2011-3-11(in Chinese).
- [36] 中华人民共和国商务部对外贸易司网站. 2013年锡市场运行年

- 度情况分析[OL]. http://wms.mofcom.gov.cn/article/zt_gypck/kcpbg/201404/20140400554847.shtml, 2014-03-15.
- Ministry of Commerce of the People's Republic of China Department of Foreign Trade. Annual analysis of tin market in 2013 [OL]. http://wms.mofcom.gov.cn/article/zt_gypck/kcpbg/201404/20140400554847.shtml, 2014-03-15(in Chinese).
- [37] 张富. 中国锡工业发展思路[J]. 中国有色金属, 2013, (13): 38-39.
- Zhang Fu. The development of tin industry in China [J]. China Nonferrous Metals, 2013, (13): 38-39(in Chinese).
- [38] 刘梦飞. 中国“锡”望[J]. 中国金属通报, 2011, (32): 16-18.
- Liu Mengfei. Prospect of tin resource in China [J]. China Metal Bulletin, 2011, (32): 16-18(in Chinese).
- [39] 吴荣庆. 我国锡矿综合利用水平有待提高[J]. 中国金属通报, 2009, (9): 32-33.
- Wu Rongqing. The comprehensive utilization level of tin ore needs to be improved in our country [J]. China Metal Bulletin, 2009, (9): 32-33(in Chinese).
- [40] 韦栋梁, 何绘宇, 夏斌. 对我国锡矿业发展的几点思考[J]. 中国矿业, 2006, 15(1): 58-61.
- Wei Dongliang, He Huiyu, Xia Bin. Some views of the development of tin industry in China [J]. China Mining Magazine, 2006, 15(1): 58-61(in Chinese with English abstract).
- [41] 杨学善, 秦德先, 张洪, 等. 我国锡矿资源形势分析及可持续发展对策探讨[J]. 矿产综合利用, 2005, (5): 17-21.
- Yang Xueshan, Qin Dexian, Zhang Hong, et al. Analysis of China's tin resources conditions and strategy for sustainable development of its tin industry [J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2005, (5): 17-21(in Chinese with English abstract).
- [42] Peter Kettle. Global prospect of tin industry[C]//Conference Proceedings of International tin BBS, China, 2013: 15-24.
- [43] 肖克炎, 张晓华, 李景朝, 等. 全国重要矿产总量预测方法[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 20-26.
- Xiao Keyan, Zhang Xiaohua, Li Jingchao, et al. Quantitative assessment method for national important mineral resources prognosis [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(5): 20-26(in Chinese with English abstract).
- [44] 叶天竺, 肖克炎, 炎光生. 矿床模型综合地质信息预测技术研究[J]. 地学前缘, 2007, 14(5): 11-19.
- Ye Tianzhu, Xiao Keyan, Yan Guangsheng. Methodology of deposit modeling and mineral resource potential assessment using integrated geological information [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14(5): 11-19(in Chinese with English abstract).
- [45] 叶天竺. 矿床模型综合地质信息预测技术方法理论框架[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2013, 43(4): 1053-1072.
- Ye Tianzhu. Theoretical framework of methodology of deposit modeling and integrated geological information for mineral resource potential assessment[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2013, 43(4): 1053-1072(in Chinese with English abstract).
- [46] 郭文魁, 刘兰笙, 俞志杰. 中国东部成矿域与成矿期的基本特征[J]. 矿床地质, 1982, 1(1): 1-14.
- Guo Wenkui, Liu Lansheng, Yu Zhijie. The fundamental features of metallogenic megaprovince and epochs of eastern China. [J]. Mineral Deposits, 1982, 1(1): 1-14.
- [47] 刘大文, 谢学锦. 基于地球化学块体概念的中国锡资源潜力评价[J]. 中国地质, 2005, 32(1): 25-32(in Chinese with English abstract).
- Liu Dawen, Xie Xuejing. Evaluation of China's tin resources potential based on the geochemical block concept[J]. Geology in China, 2005, 32(1): 25-32(in Chinese with English abstract).
- [48] 蔡新华, 贾宝华. 湖南锡田锡矿的发现及找矿潜力分析[J]. 中国地质, 2006, 33(5): 1100-1108.
- Cai Xinhua, Jia Baohua. Discovery of the Xitian tin deposit, Hunan, and its ore potential[J]. Geology in China, 2006, 33(5): 1100-1108(in Chinese with English abstract).
- [49] 魏道芳, 潘仲芳, 金光富. 南岭锡矿调查评价主要进展及找矿前景分析[J]. 华南地质与矿产, 2005, (2): 2-11.
- Wei Daofang, Pan Zhongfang, Jin Guangfu. Main exploration achievements and prospecting potential of tin resources in Nanling region[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2005, (2): 2-11(in Chinese with English abstract).