

黄金科技丛书

金银矿产选集

第十一集

冶金工业部黄金情报网
冶金工业部长春黄金研究所

一九八九年七月

89413713

目 录

1、世界金矿找矿的新趋势.....	徐国风	(1)
2、金矿密集区—金矿的一条基本成矿规律.....	徐光荣 王宝珠	(9)
3、绢云母化形成的机理及其与金矿化的关系.....	林文通	(19)
4、韧性剪切带与金矿.....	刘连登	(33)
5、矿物包裹体研究在金矿床中的应用.....	廖凤先 郭定亮 张振儒	(44)
6、论金银矿床中的Au—Ag完全固溶体系列 矿物.....	帅德权 唐 林	(49)
7、论金矿床的矿源层问题.....	真允庆	(64)
8、我国最重要的岩金矿床类型.....	杜劲光	(75)
9、从金装饰品工业看探采金矿的紧迫性.....	郭贤才	(79)
10、金矿储量计算的一种新方法及其初步探讨.....	祁月明	(92)
11、国内外金矿地质研究和找矿评价新进展.....	王靖才	(98)
12、岩浆活化型金矿床的地质特征.....	吴尚全	(110)
13、我国卡林型金矿成矿地质特征成因探讨及其找矿方向.....	张甲忠	(118)
14、化探找金中几个问题的讨论.....	刘庆成	(126)
15、原生金矿床上磁异常特征.....	潘勇飞	(130)
16、长江中下游铁帽型金矿床矿石的物质组成研究.....	邵洁涟 李立平	(134)
17、砂金矿成因：两次成矿模式.....	戴问天	(149)
18、寻找细谷型砂金值得注意的问题.....	王忠录	(154)
19、中国东南沿海金、银矿床成矿规律.....	王文斌 周汉民 朱韶华	(156)
20、吉林夹皮沟金矿的地球物理勘探.....	付万城	(164)
21、试论吉林小西南岔金铜矿床金的(伴)生规律.....	张兆昆	(171)
22、吉林省金矿床成矿的几个问题.....	王书丹 陈洪才	(175)
23、辽宁大青山地区金地球化学特征.....	江淑娥	(183)
24、山东招掖金矿带焦家式金矿的矿床分带.....	王 燕 卢作祥	(191)

25、山东招掖金矿带若干地质问题的讨论·····	孔庆存 (202)
26、山东招远西北部金矿与韧性剪切带和糜棱岩化带的 关系·····	赵 信 马志红 宫润谭 (210)
27、浙江横山金矿带韧性剪切构造控矿特征 分析·····	李培铮 吴延之 贺 庆 (217)
28、对陕西小秦岭地区熊耳群找金矿的几点认识·····	赵金发 (224)
29、陕西潼关金矿床围岩蚀变特征与产出规律·····	陈在劳 (228)
30、鄂东地区金矿床的基本地质特征及其找矿意义·····	梁裕智 (234)
31、论湖南省金矿成矿地质条件及找矿方向·····	杨舜全 (245)
32、发现和评价广东河台金矿过程及其技术关键·····	赵士杰 (255)
33、广东河台式金矿床动力变质分异石英成因 矿物学研究·····	梁兆佳 陈楚湘 (266)
34、内蒙赛乌素金矿氧化带特征及其意义·····	郭砚田 (271)
35、辉长岩类及花岗岩类侵入体不同期岩石中金的 分布·····	A.Φ.卡洛浜尼柯夫 (279)
36、金矿物质成分研究的若干问题 and 新疆原生金矿找矿 标志的讨论·····	杨炳浜 (289)

世界金矿找矿的新趋势

徐 国 风

(中国地质大学矿产系)

法国地质矿产调查局(BRGM) J.J. Bache在汇集世界500个金矿床资料的基础上于1982年编著《世界金矿床》首版法文书。该书将苏联、中国等社会主义国家以外的世界金矿床分为三大类、八个类型和十八个亚类型(见表1),并按亚类型分别介绍了各类金矿床地质特征、储量、矿石品位和矿例(共379个大、中型金矿床列出了储量,几十个具代表性的重点金矿床介绍了地质特征)。1987年由J. Wanklyn将1982年的法文原版书译成英文(由牛津科学出版公司出版),增订了自1982年津巴布韦Harare “Gold 82”讨论会(R.P. Foster 1984年报道)及其以后的新资料。后来这些二十世纪八十年代的最新资料包括有世界132个新发现的大、中型金矿床的储量、品位、矿床类型等方面的有用材料,并给出了按金矿床类型和主要产金国、大产金区的统计分类表(见表2)。

综合表1、表2和其他新资料分析,当前世界金矿找矿有如下六个方面的新趋势:

一、由“兰德型变质砾岩型金矿床”一型独霸发展到“多极化”的新趋势

南非变质砾岩型金矿床(表1的7型)自1886年发现以来,已有超过一百年的开采历史。截至1985年已采黄金40214吨。产量占资本主义国家和发展中国家总量的73%,储量占63%。到1977年底该类型占世界金矿的57.93%(南非50000吨、加纳Tarkwa 250吨),到1984年底则占55.65%。由于这种“层状含金变质砾岩型金矿床”形成地质条件的优越性,近年来除了在南非新发现特大型的德兰士瓦省的Elansrand金矿床(储量777吨)、奥兰治自由邦的Beatrix金矿床(275吨)和Jurgenshof金矿床(187吨)外,还在澳大利亚维多利亚州的中、西部地区新发现670吨这种类型的金矿,并在芬兰、赞比亚等国家找矿有新进展。这样使该类型金矿床仍占世界总储量的53.68%。1987年的新资料(表2)表明这种类型金矿床近年新增的储量只占世界新增黄金储量(6992吨)的27.3%。

“多极化”形势的形成与新类型金矿的发现有关。近年来发现在火山-沉积环境中除了形成“层状铁金建造金矿床”(表1中的2型Homestak型金矿床)之外还形成“层状非铁金建造金矿床”。这种新建造金矿主要是钼、钨、铀、汞、锑金建造金矿床(加拿大安大略省的Hemlo金矿床有平均品位为7.64克/吨的金矿石76802000吨、黄金储量586.6吨)、铜、铀金建造金矿床(澳大利亚南澳大利亚省的Olympic Dam金矿

表 1 世界金矿床分类表 (J.J.Bache, 1982)

大 类	构 造 区	类 型	亚 类	典 型	1977年底 前的产量 (吨)	1984年底 前的产量 (吨)	类型占全 部产量的 比重(%)	大类占全 部产量的 比重(%)
I. 造山前的火 山-沉积 建造金矿床	I. 造山前的火 山-沉积 建造金矿床	1型 块状硫化物矿床	1a 亚型, 与钙碱性火山作用有关 1b 亚型, 与具蛇纹岩特点的基性火山作用有关 1c 亚型, 产于沉积岩内, 可能与火山作用有关		2235 140 140	2791	2.9	20.1
		2型 铁金建造矿床			3165	4517	4.8	
		3型 火山-沉积不 整合型矿床			11250	11621	12.4	
	I. 造山后的 深成-火 山建造金 矿床	4型 含金 斑岩铜矿床	4a 亚型, 含铜、金斑岩铜矿床 4b 亚型, 含金斑岩铜矿床		2115 1480	4262	4.5	14.0
		5型 交代矿床或 砂卡岩矿床	5a 亚型, 与多金属共生的金矿床 5b 亚型, 含少量铜的金矿床 5c 亚型, 微细浸染型金矿床		230 180 365	1640	1.8	
		6型 侵入体内的 脉状矿床	6a 亚型, 以铜为主的脉状金矿床 6b 亚型, 以铅锌为主的脉状金矿床 6c 亚型, 以金银为主的脉状金矿床 6d 亚型, 第三纪火山岩中富银的脉状矿床		382 73 520 6000	7188	7.7	
II. 碎屑建造 金矿床或 砂金矿床	古老地盾区	7型 古砂金矿床	硫化物脉岩型矿床 氧化脉岩型矿床		50000 250	52159	55.6	64.5
		8型 新砂金矿床	冲积和残积新砂金矿床 海滩新砂金矿床 (环太平洋地区)		2525 5790	>2525 >5790	8.9	
复合类型金矿床						572	0.6	1.4
中间类型金矿床						738	0.8	
总 计					86740	93731	100.0	100.0

表 2 近年新发现金矿床的潜在储量

国家或国家集团	总潜在储量 (吨)	矿床类型 (储量吨数)								
		1型	2型	3型	4型	5型	6型	7型	复合类型	中间类型
加拿大	816.1— 1176.1	18	292—640	82					356.7—366.7	67.4
美国	1360.2— 1372.7		13	105	29	854.5—867	4.2		120	234.5
拉丁美洲	≥772.1	≥140	≥500			4.6	89.5			38
欧洲 (不包括苏联)	40.4— 50.4	35—54	2.4	3						
非洲 (南非除外)	127.4	6.4	53							68
南非	1239							1239		
亚洲 (不包括中国)	526.4			57	200.2		19.2		90	160
大洋洲 (澳大利亚除外)	603.5				368		200			35.5
澳大利亚	1305.4— 1325.4		369.5	61.2—81.2	70			670		134.7
总计	6790.5— 7193	199.4— 209.4	1176.9— 1526.9	361.2—381.2	667.2	859.1—871.6	312.9	1909	566.7—576.7	738.1
概略平均值	6992	204	1352	371	667	865	313	1909	572	738
各类比重 (%)	100.0	2.9	19.3	5.3	9.5	12.4	4.5	27.3	8.2	10.6

床, 1983年求出工业储量4.5亿吨矿石, 平均含金0.6克/吨、银6克/吨、铜1.6%、氧化铀0.06%, 可产金270吨、银2700吨、铜11000000吨、 U_3O_8 360000吨; 远景储量有20亿吨矿石)和金建造金矿床(巴西亚马逊流域地区Serra Pelada金矿床有500吨以上黄金储量, 澳大利亚西澳大利亚州Telfer金矿床有36.5吨黄金储量矿石、品位为9.6克/吨)。另沉积岩中微细浸染型(表1中的5c亚型)金矿床的“新崛起”也促进“多极化”形势的发展。美国近年来已勘查出这种类型金矿床(卡林型金矿床)新增储量867吨。美国除了内华达州新发现的Gold Quarry(306吨)、Bell(93吨)、Boulder Creek(19吨)、Pinson(15吨)、Maggic Creek(13.6吨)等金矿床外, 还新发现有在犹他州的Meccur(48吨)和新墨西哥州的Ortiz(12.4吨)金矿床。此外, 在苏联阿尔丹地区和我国西北、西南、中南等地区也都有这种新类型金矿的发现。截至1977年底, 这种新类型金矿床的储量只有365吨, 仅占当时黄金总储量的0.42%。目前, 这种新类型金矿床的新增储量竟占新增总储量的12%左右, 提高了二十多倍。而且从1987年起新发现了深部大吨位富金矿, 值得高度重视。

斑岩型金矿床(表1中的4型)截至1977年底只占总储量的4.2%, 到1984年底也只占4.5%, 但到1987年新增加的储量(667吨)则升高到占新增总储量的9.5%。这种“新跃进”主要是由于在巴布亚新几内亚新发现了Frieda斑岩金矿床(230吨)和OK Tedi斑岩金矿床(158吨), 在澳大利亚新南威士州新发现了Goonuabla-Parkes斑岩金矿床(70吨)、在菲律宾新发现了Dizon(91吨)和Taysan(39.2吨)斑岩金矿床以及在巴基斯坦新发现了Saindak金矿床(70吨)。事实上, 我国东北等地区也发现了斑岩型金矿床多处, 黄金储量可达几百吨。

有意义的是, 火山岩型金银矿床(表1中的6d亚类型)近年来在找矿上有重大突破。在巴布亚新几内亚新发现储量达200吨(有新资料报道为287吨)的Porgera矿床、利海尔岛金矿床(311吨), 在日本鹿儿岛新发现菱刈(Sumitomo)金矿床(112吨, 品位高达80克/吨)以及在美国加利福尼亚州新发现McLaughlin金矿床(100吨)和智利的El Indio矿床(金54吨、银527吨、铜250000吨)等也都使“兰德型”金矿床的重要性相对降低。应该指出, 在黄金产量和金矿储量均居世界第二位的苏联, 火山岩型金银矿床相当发育, 产有世界著称的Бакей金银矿床(东外贝加尔)和Карамкен金银矿床(鄂霍次克-楚科特火山带)。这加强了火山岩(次火山岩)型金矿床的地位和找矿上的重要性。

二、层状、层控型金矿床的重要性引起新的关注

层状(Strataform)、层控(Stratabound)型金矿床近年来除了新发现上述Hemlo、Serra Pelada、Olympic Dam等金矿床之外, 还新发现了另外一些层状、层控金矿床。一为在加拿大魁北克省新发现的Destor金矿床(15吨)和Chadbourne金矿床(5吨), 在塞内加尔新发现的Sabodala金矿床(12吨)和马里的Loulo金矿床(15吨)。这种新类型金矿床是一种后生的层状矿床, 系由网脉状金矿石或角砾状金矿石构成的一个特殊“矿层”。它是在火山-沉积环境中形成的。这种后生层状矿床与表1中的3型矿床(火山-沉积环境中的不整合矿床)比较, 不同之处在

于后者为切穿几个岩层的矿脉或矿化剪切带。以Destor金矿床为代表的“后生层状矿床”表现出具有某种程度上的层控性质，值得在找矿勘查时重视其找矿方向。另一为贵金属（金、银、铂族）页岩型新类型层状金矿床的发现。Henryk Kucha Dr. Eng 1983年报道波兰新发现Polish和Zechstein层状贵金属页岩矿床。层状矿体产于古生代沉积岩系中，上覆白云质页岩、白云岩和石灰岩，下覆厚层白色砂岩。矿石含金5克/吨以上、银200克/吨以上、铂族金属100克/吨以上。再加上沉积岩中微细浸染型金矿床的新发现，近年来层状、层控金矿床新增加黄金矿量达千吨以上，其重要性引起了新的关注。

三、风化型金矿床初露头角、方兴未艾

近年来在澳大利亚西澳大利亚州佩思附近新发现一种由红土风化作用形成的风化壳铝土矿型Boddington金矿床，这是一种具有很大找矿潜力的新类型金矿床的首次突破。J.J. Bache还是根据老资料记载Boddington金矿床仅17吨储量、年产2.8吨金、矿床属于3型火山—沉积不整合型金矿床（与南非Barberton山地金矿床、加拿大Kerr Addison金矿床和澳大利亚Golden Mile金矿床为同一类型）。但新资料报道在西澳皮尔巴拉地盾的西南太古代片麻岩区的Boddington金矿床，储量已达80吨（也有报导为150—300吨），矿石品位为3.5克/吨。目前已年产5.3吨黄金，易采（露采）、易选，经济效益很高。金矿体呈扁豆体状、透镜体状产于风化壳“红土帽”、铝土矿带和含铁的粘土层中，分布在地表到地下25米之间。整个风化壳及金矿石均系含微量金的基性岩、超基性岩和安山玢岩、霏细岩在长期稳定的地台区经红土化风化淋滤作用形成。新的研究表明，均匀分布在超基性岩中的微量金，还可以在正常的红土化风化作用下发生化学溶解、重新沉淀形成具有工业意义的砂矿。应该强调，Boddington新型红土化壳铝土矿型金矿床的发现可以预示具有同样成矿条件的加勒比地区、南美北部沿岸、美国东南部、哥斯达黎加等地很有可能找到这种新类型的金矿床。

关于“铁帽型”金矿床，最著名的是多米尼加共和国Pueblo Viejo（“老村庄”）金矿床，其氧化带中铁帽型金矿床的价值（品位为含金4.32克/吨、银23.3克/吨的氧化矿石2654万吨，即115吨金、600吨银）超过了该矿床原生硫化物矿石的价值（品位为含金3.75克/吨、银26.1克/吨、铜1.43%、铅2.19%、锌1.4%的原生矿石2111万吨，即75吨金、500吨银）。澳大利亚昆士兰州Mount Morgan金矿床铁帽含金高达180—600克/吨。塞浦路斯与蛇绿岩基性火山活动有关的块状硫化物金矿床有上部的铁帽型金矿石含金高达60克/吨、银400克/吨。近年来又继续在中美洲新发现Los Cacaos铁帽型金矿床（品位为含金3.42克/吨、银14.1克/吨的氧化矿石1000万吨，即34吨金、141吨银）、苏联和澳大利亚新发现Telfek铁帽型金矿床（矿石含金高达15—60克/吨）。这些都表明风化型金矿床虽系“初露头角”，但其找矿潜力很大、方兴未艾，前景颇佳。

四、太古代绿岩带中不整合型金矿床“活力不足”和块状硫化物型金矿床“活力不减”

众所周知，太古代绿岩带不整合型矿床（表1中的3型火山—沉积不整合型金矿

床)具有重要经济价值。许多世界著名金矿山均属于这种类型的金矿床,如主要产在超基性岩石中的澳大利亚Kalgoorlie金矿床(储量金1250吨,银156吨),矿石含金11.45克/吨、含银1.43克/吨)、南非Barberton山地金矿床(储量金270吨、银12吨,矿石含金13.1克/吨、银0.58克/吨)和津巴布韦的Cam和Motor金矿床(145吨)等;主要产在基性岩石中的加拿大Kerr Addison金矿床(储量325吨金、17.5吨银,矿石含金5.82克/吨、银1.06克/吨)、Dome金矿床(储量金333吨、银53吨,矿石含金9.57克/吨、银1.52克/吨)、McIntyre金矿床(储量金400吨、银86吨,矿石含金12.6克/吨、银2.72克/吨)、Beattie金矿床(40吨金)和Pickle Crow金矿床(63吨金、7吨银)以及委内瑞拉的EL Callao金矿床(储量180吨金)等。截至1984年底这种类型金矿已找到11621吨,占当时金矿总储量的12.4%。但近年来的找矿实践表明,这种类型金矿床现在的活力不足,仅新增加20吨矿量,占新增矿量的6.01%。仅新发现美国加利福尼亚州Jamestown金矿床(105吨),加拿大Hygrade金矿床(62吨)、Golden Pond金矿床(48吨、品位6.86克/吨),沙特阿拉伯Mahd Adh Dhahab金矿床(57吨)、苏丹Kamoeb金矿床(6吨)和非洲的Poura金矿床(22吨)等几个矿床。

相比之下,造山前的火山-沉积建造中的块状硫化物型金矿床却“活力不减”。至1984年年底这种类型金矿床的矿量为2719吨,占当时总金矿量的2.9%。主要产地为加拿大的Horne金矿山(279吨,品位5.24克/吨)、Flin-Flon金矿山(180吨,品位1.23克/吨,含铜2.75%、锌2.97%,瑞典的Boliden金矿山(173吨,品位14.4克/吨),西班牙的Huelva金矿山(250吨),土耳其的Ergani Weiss金矿山(45吨,品位1.4克/吨,含铜5.23%)和澳大利亚的Mount Morgan金矿山(295吨,品位4.75克/吨)、Cobar金矿山(48吨,品位1.6克/吨,含锌10%,铅2.5%、铜1.3%)等,近年来又新找到加拿大的Kidd Creek金矿床(222吨,品位1.86克/吨,含锌9.73%、铜1.53%、铅0.39%)、多米尼加的Los Cacaos原生硫化物型金矿床(65吨)、巴西的Faixa Weber(75吨以上)、西班牙的Rio Tinto矿床(20-30吨金)和Tharsis矿床(10吨金),苏丹的Hassai矿床(6吨金)等。总共约新增426吨金矿量,占新增总矿量的5.9%,使该类型矿床所占比重由2.9%上升到3.12%。

五、复合类型和中间类型矿床急剧增加

由于金矿床形成条件的复杂性、多样性以及成矿作用的长期性、继承性,导致新发现的金矿床归类为“复合类型”的金矿床或“中间类型”的金矿床。世界金矿找矿实践表明,至1984年底复合类型金矿床的矿量仅占当时总矿量的0.6%、中间类型金矿床仅占0.8%。而近年来新发现的复合类型金矿床占新增总矿量的8.2%、中间类型金矿床占10.6%(均跃增十多倍)。如加拿大安大略省的近年新发现Dome金矿山(333吨)为造山前火山-沉积建造中的后生层状金矿床亚类型和造山后深成-火山建造中的含金斑岩铜矿床以及侵入体内的脉状金矿床等三种类型的复合金矿床。美国内华达州的Battle山金矿床(80吨)和蒙大拿州的Golden Sunlight金矿床(40吨)均为造山后的深成-火山建造中的交代型和侵入体内的脉状金矿床两种类型的复合矿床。马来西亚婆罗

州新发现的 Mamut 金矿床 (90 吨) 为造山后的深成-火山建造中的含金斑岩铜矿床和交代型金矿床两种类型的复合矿床。津巴布韦新发现的 Renco 金矿床 (30 吨) 则为造山前火山-沉积建造中的块状硫化物金矿床和铁金建造矿床的中间类型金矿床。新西兰的 Martha Hill 金矿床 (25 吨) 和 Karangahake 金矿床 (10.5 吨) 也都是中间类型的金矿床。看来, 今后随着研究手段的完善和研究程度的加深, 复合类型金矿床和中间类型金矿增长的趋势还将继续下去。

应该指出, 有些金矿床由于成矿物质的多来源和多种成矿作用以及多阶段形成, 往往成为多成因矿床 (或称复式成因矿床、多因复成矿床)。例如加拿大拉尔德尔湖地区的 Kerr Addison 金矿床, 可能系沉积-热卤水-火山热液-构造活动 (褶皱和断裂) 等多种成矿作用形成; 或者系火山沉积-蒸发沉积-构造改造-变质蚀变-重熔岩浆活化转移成矿。

六、低品位大吨位金矿床的开发和矿石的综合利用势不可挡

关于金矿石品位, 按金矿床类型来看:

(1) 块状硫化物型金矿床一般品位为含金 1—2 克/吨。其中与分异的钙-碱性火山活动有关的块状硫化物矿床则一般为 1—4 克/吨, 铜矿床金的品位较高 (如加拿大 Horne 矿床矿石含金 4—5 克/吨), 铅、锌矿床金的品位相对较低 (如加拿大 Matagami 矿床为 0.51 克/吨、Sam Geosly 矿床为 0.87 克/吨, 芬兰 Aitik 矿床为 0.3 克/吨, 澳大利亚 Mount Lyell 矿床为 0.4 克/吨)。与蛇纹岩基性火山活动有关的块状硫化物矿床一般为 1—2 克/吨 (如塞浦路斯 Limni 矿床为 1.19 克/吨)。产在沉积岩中块状硫化物矿床矿石含金相对较低 (如美国 Jerome 矿床为 2 克/吨、联邦德国 Meggen 矿床为 0.8 克/吨、Rammelsberg 矿床为 1 克/吨)。

(2) 铁金建造型金矿床一般含金相当高, 如巴西 Morro Velho 矿床为 15—16 克/吨、美国 Homestake 矿床为 9.3 克/吨。

(3) 火山-沉积环境中的不整合型金矿床一般为高品位矿石。如澳大利亚 Golden Mile 为 12 克/吨, 加拿大 Giant Yellowknife 为 11 克/吨、Campbell Red Lake 矿床为 24 克/吨、Robin Red Lake 矿床为 28 克/吨, 津巴布韦 Shamva 矿床为 8 克/吨、Dalny 矿床为 7.8 克/吨。

(4) 含金斑岩铜矿床绝大多数矿床含金 0.5 克/吨, 但有些矿床含金相对较富。如菲律宾的 Santo Thomas I 矿床为 0.88 克/吨、Kennon 矿床和 Mariau 矿床都为 0.7 克/吨, 马来西亚 Mamut 矿床为 0.8 克/吨, 巴布亚新几内亚 OK Tedi 矿床为 0.6 克/吨, 阿根廷 Bajode La Alumbrera 矿床为 0.7 克/吨等。

(5) 造山后深成-火山建造中的交代型、砂卡岩型金矿床矿石含金不等, 如美国 Tintic 矿床为 7 克/吨、Bell 矿床为 7.9 克/吨、Getchell 矿床为 3.4 克/吨, 加拿大 Hedley 矿床为 12.5 克/吨、Queen Charlotte 岛矿床为 2 克/吨和尼加拉瓜 Rosita, Laluz 矿床为 43.3 克/吨等。

(6) 中、新生代火山岩型金银矿床矿石一般含金不高 (含银高), 如墨西哥的 Guanajuato 为 2.2 克/吨 (Ag 514 克/吨)、Pachuca and Real del Monte 矿床为

2.66克/吨 (Ag 511.6克/吨) 和La Natividad矿床为4.3克/吨 (Ag 200克/吨) 等。但也有 一些 矿床 含金 较富, 如美国Comstock矿床为37.9克/吨 (Ag 3000 克/吨)、San Juan mountain 矿床为9.8克/吨 (Ag 212.6克/吨), 墨西哥的Tayoltitp和San Luis矿床为12.6克/吨 (Ag 6100克/吨), 尼加拉瓜的El Limon为43.3克/吨 (Ag 70.8克/吨)。

(7) 兰德型古砂矿矿石一般含金较富, 如南非Evander公司开采的金矿石为10克/吨, Wit Nigel公司为7.5克/吨, 东Rand公司为8克/吨、中Rand公司为8.4克/吨、西Rand公司为5.7克/吨、Fan wast Rand和Libanon公司为20克、Klerksdorp公司为12.5克/吨、Welkom和Virginia公司为9.5克/吨。含铀较高的以下金矿床矿石含金量为: Blyvoornitzcht 12.5克/吨、Buffesfontein 9.1克/吨、Harmonu 5.15吨、Hartebeestfontein 11.39克/吨、Vaal Reefs 10.04克/吨、西Driefontein 22.59克/吨、西Deep Levels 15.14克/吨。加纳的Tarkwa金矿床为6克/吨。

(8) 近代砂矿含金为0.8克/立方米以上。

从总的趋势来看, 是由开采富矿石发展为开采贫矿石到低品位矿石、储量平衡表外矿石以至回收废石和尾砂中的金。例如美国Homestake金矿床原来开采品位9.3克/吨以上的富矿石, 现在则发展为开采品位6.5克/吨的矿石。再如南非1970年开采的矿石平均品位为13.28克/吨, 1971年为13克/吨, 1981年为7.32克/吨, 1982年为7克/吨, 1985年为6.09克/吨, 1986年为5.63克/吨。由于堆浸法(堆淋法)的采用, 可使生产费用大大降低并扩大金矿储量(使近地表的低品位矿床进入可开发矿床的行列), 美国目前生产的黄金约三分之一是用堆浸法处理获得的。经计算, 若一个平均品位仅为1.86克/吨、边界品位为0.69克/吨的露天金矿床, 用堆浸法生产30克黄金的费用只需150美元, 可盈利200美元以上。而1981年南非生产30克黄金需206美元、加拿大需240美元、美国需255美元、澳大利亚需246美元、菲律宾需350美元。可以说, 低品位、大吨位的美国内华达州产生在沉积岩(碳酸盐类岩石)中微细浸染型金矿床的开发与堆浸, 的采用密切相关。美国一个不到10吨黄金的小金矿(矿石为硅质岩和粘土混合物组成, 品位仅含金1.65克/吨, 近矿废石为1克/吨)用堆浸法开采以半年时间建成年处理100万吨矿石的金矿山, 生产30克黄金只需140美元。5年内可盈利46,200,000美元, 雇员70名, 人均创利润660000美元。美国科罗拉多州Cripple Creek金矿床1894年开始开采, 至1940年坑采近1000米深, 采矿范围长达11公里。长期以来堆积了大量废石, 废石平均含金1.8克/吨, 1985年和1986年该矿山用堆浸法每年处理了约83万吨和300万吨废石一共提取获得6.9吨黄金, 经济效益很好。加拿大由于气候寒冷使堆浸法的效果不佳, 正考虑建设生物池淋滤厂、利用细菌萃取难溶矿石中的金。生物选矿法具有回收高、成本低、可防止污染环境的优点。另外, 综合利用矿石十分重要。例如巴布亚新几内亚Panguna矿床由于矿石含金仅0.5克/吨(但金矿储量多达507吨)、含铜0.48%(铜储量4407000吨), 不能单独作为铜矿或金矿开采。但综合利用矿石中的金、铜、银(矿石含银3克/吨, 储量共4796吨), 建设成年产金20吨、银120吨、铜192000吨矿山, 一年的盈利即得以偿还矿山的全部投资。美国含金斑岩铜矿由于选冶技术提高, 综合利用开采品位金低到0.025克/吨、铜低到0.2%的矿石已可获利。

金矿密集区—金矿的一条基本成矿规律

徐光荣 王宝珠

(长春冶金地质专科学校)

金矿床与一般金属矿床相比较,其地质特征和成矿规律均具有其独特性。众所周知,金矿床在成因方面其成矿物质具多源性,成矿作用具多样性,多期性和多成因性。金可以说是一种遍在元素。无论在岩浆活动、热液活动、表生作用和变质作用过程中均有可能富集成矿。火成岩、岩性、地层、成矿时代等控矿因素对于金的成矿作用说来似乎都不显示明显的专属性。近年来金矿地质研究的大量资料和事实表明金矿床往往具有成群成带产出、在一定的地理位置和地质环境中大量金矿床汇集组成金矿密集区,这可以概括为金矿的一条突出的成矿规律,可以说是金矿成矿学研究的一大进展。金矿密集区这一规律的提出,将对金矿远景区的预测,找矿靶区的选择提供可靠的地质依据。从而推动金矿成矿学的发展,提高金矿预测和找矿的效率。

从全球范围看来,世界各主要产金国和地区的金矿储量和金矿产地普遍集中在一定的地理位置和地质环境,即普遍产在一定的金矿密集区,金矿床的产出很少是零星的或孤立的。比较著名的金矿密集区大体有如下述:

北美加拿大地盾上的大奴湖金矿密集区和苏必利尔湖金矿密集区;巴西地盾北部金矿密集区;西澳大利亚地盾金矿密集区;巴布亚新几内亚金矿密集区;印度地盾迈索尔邦金矿密集区;中国滨太平洋金矿密集区;日本鹿儿岛金矿密集区;苏联贝加尔金矿密

关于金的尾砂,国外已普遍重新处理以回收金(一般可回收尾砂中50%的金)。南非有一金矿山1914年投产,到1962年关闭,共积存3.6亿吨尾砂。尾砂含金0.59克/吨,按可回收50%计算即可获得106.2吨黄金。南非东Rand公司仅处理11690000吨尾砂,即回收了2.64吨黄金和114.9吨 U_3O_8 ,盈利10000000美元。事实上,苏联正广泛采用少尾砂和无尾砂工艺。除回收尾砂中的有用组分之外,还可把最终尾砂作为充填物的建筑材料利用(生产矿渣水泥等)。巴西对砂金过采区重新淘金,经济效益很高。许多砂金过采区的品位几乎为原砂矿品位的25—45%,仍可高达4克/立方米以上。

从有色金属矿山和化工矿山的冶炼炉渣和硫酸烧渣中提取金银等都是大有可为的。

我们相信,掌握以上世界金矿找矿的新趋势对于我国采取有效的金矿找矿对策以取得寻找金矿资源的重大突破具有重要意义。

主 要 参 考 文 献 略

集区；南非地盾金矿密集区等。

金矿密集区的相同或相似的提法有母瑞身等（1985）叫金的矿化集中区，他们以金的地球化学场为基础，认为金的矿化集中区是地壳上金矿化的基本单元。栾世伟（1987）将母瑞身的金的矿化集中区视为金的成矿区，“在成矿区内随着地质历史的发展，不同地质事件的发生，往往可形成不同时代不同类型金矿的同地聚集，以及同一矿床的不同成因迭加”。张甲忠（1986）叫“金矿集中区”。他对金矿集中区下的定义是“具有成群、成带展布，分段集中的特点。就是在不太大的范围内，分布着数个、数十个甚至百余个金矿床（点），构成金矿组、金矿带，多半沿古陆边缘和边疆地区分布。从现有成矿作用等资料看来，这些矿床的成因多半不受类型限制、亦不受固定的地质构造和地质时代限制。”

著者近年来对金矿成矿学进行了一些探索，对金矿床具有普遍性的密集分布现象进行了一些探讨。认为把金矿床往往在一定的局部地区成群、成带密集分布的现象概括为〈金矿密集区〉较之〈金的矿化集中区〉或〈金矿集中区〉看来要更为确切一些。当然，这并不影响别的金矿地质工作者继续使用“金的矿化集中区”或“金矿集中区”等已有的概念。对于“金矿密集区”的定义问题，著者认为有必要进行研究和讨论，著者对这个问题的具体看法是，金矿密集区是在一定的地理位置和地质环境中，有数以十计或上百个金矿床和金矿点成群、成带产出在比较有限的特定范围内。这些矿床的成矿地质条件大体相同或相似，它们的矿床成因和矿床类型亦大体相同或相似。一般说来，任何一个金矿密集区它的面积至少有数百、数千甚至上万平方公里，而不是小于 100 km^2 的狭小地域，它所拥有的金矿床数目一般都是上百的。如果仅仅找到1至数个规模有限的小矿床或矿化点，而且，从成矿地质条件和找矿远景方面看不大可能有大的发展，即矿床组的分布范围不能超过 100 km^2 ，拥有的矿床数目难以超过10个，且经过详细工作，不可能找到中至大型的金矿床，或者，由于研究程度的限制，目前暂时未达到密集区的程度的地方以叫含金区为宜，不宜划为金矿密集区。就著者了解的情况而言，金矿密集区的出现受特定的成矿地质条件的制约，相应地在一个具体的金矿密集区内，往往以某种或某几种矿床类型为特征，并非不受类型限制。金矿密集区在空间分布上是有一定的规律可循的，但不一定都分布在古陆边缘，就我国的情况而言，也并不是多半分布在边疆地区，因为，边疆指的是地理位置，它本身并不赋有特定的与金矿成矿作用有关的成矿地质条件方面的含义。事实上，我国的金矿密集区主要分布在中国环太平洋金矿成矿带的内带、外带Ⅰ和外带Ⅱ*。以我国著名的胶东金矿密集区为例，据孙培基的统计，仅招掖地区，东西长 60 km ，南北宽 20 km ，面积约 1200 km^2 范围内已探明或在开采的金矿床达100多个。其中大型、特大型矿床约6个，平均分布密度约每平方公里0.1个矿床。母瑞身等划为“招远—乳山集中区”，具体范围指掖县—招远、乳山一带。著者根据已有资料认为胶东金矿密集区不限于招—掖地区，也不限于掖县—招远、乳山一带，而是该地区深断裂网络影响所及的整个胶东半岛，即北起蓬莱、南至胶东，日照；南起掖县、平度、五莲，东至荣成，乳山，整个金矿密集区的总面积约 $24,000\text{ km}^2$ 。

* 徐光荣1988试论中国环太平洋金矿成矿带的特征〈金银矿产选集〉第十集24—35

金矿密集区的基本特征大体如下:

一、空间分布的普遍性

金矿床在特定的有限的空间范围内成群、成带出现,其数目数十或上百个,组成金矿密集区。这是金矿成矿作用的一条基本规律,具有全球适用的普遍性。如上所述,世界各主要产金国或地区的金矿储量和矿山普遍集中在有限的若干个金矿密集区内。凡是大型、特大型金矿床产出的地方,普遍有为数众多的中小型金矿床作为其“卫星矿”分布在与其相邻的成矿条件与之相同或相似的地方。它们的总和就是金矿密集区。这就是金矿密集区在其结构方面的一个特征。

二、密集区规模的多层次性

根据著者的意见,金矿成矿作用的主要控矿因素是构造,主要是硅铝层壳型深断裂控矿。根据硅铝层壳型深断裂的级别和类型的不同,金矿密集区大体可分为下述二级。

(1) 一级金矿密集区(星球级或地质级金矿密集区)

主要受行星级深断裂系统或洲级深断系统的控制,已知的星球级金矿密集区是滨太平洋大金环^{*}。已知的主要的洲级或地质级金矿密集区为:

1. 北美加拿大地盾金矿密集区
2. 巴西地盾北部金矿密集区
3. 西澳大利亚地盾金矿密集区
4. 巴布亚新几内亚金矿密集区
5. 印度地盾迈索尔邦金矿密集区
6. 中国滨太平洋金矿密集区
7. 苏联贝加尔金矿密集区
8. 南非地盾金矿密集区。

(2) 二级金矿密集区(地区性金矿密集区)

主要受几组硅铝层壳型深断裂交叉组成的深断裂网络的控制。其面积一般为1000至上万平方公里。其主要特征为往往与太古宙绿岩地体有关,成矿往往具有多年代性、且以较晚的成矿年代为主要成矿期,矿床类型往往受某一种控矿因素的影响而以某一种或二种类型为特征。按二级金矿密集区特征性矿床类型为依据。可以将其划分为下述类型:

(1) 胶东型—石英脉及蚀变构造岩型。这种类型分布最广,一般品位变化大,矿床规模多为中小型。

(2) 兰德型—变质砾岩型,储量大,规模大,但分布不广。主要分布在南非地盾。

(3) 卡林型—微细浸染型

(4) 金瓜石型—浅成低温火山热液型,或斑岩型、次火山岩型;主要分布在滨太平洋大金环的内带或邻近大洋的大陆边缘。该类型成矿时代最新,为新生代或中生代。

^{*} 徐光荣1988试论太平洋大金环〈长春冶金地质专科学校学报〉(88)1:16-21

- (5) 穆龙套型—变质热液型。
- (6) 赫姆洛型—太古宙绿岩地体内的层控浸染型。
- (7) 霍姆斯塔克型—前寒武纪含金硅铁建造型。
- (8) 博丁登型—红土化风化壳型。

形成金矿密集区的主要条件有下述三个方面：

一、断裂深及断裂构造

断裂构造、包括(硅铝层壳型)深断裂构造对金矿的控制作用是众所周知的,也是在原则上争议最少,看法最一致的一个金矿控矿因素,但是对这个问题研究的深度和广度都还有许多工作要做。著者认为构造对金矿成矿作用的制约关系可以概括为构造对金矿成矿作用的专属性,构造对金矿密集区的影响主要包括构造单元和构造运动两个方面。星球级或洲(或地盾)级深断裂系统控制一级金矿密集区的形成及其具体地理位置。深断裂网络控制二级(地区性)金矿密集区的形成及其地理位置。构造活动则是导致金矿成矿活动的热动力条件。构造活动频率和构造活动历史的研究,应当是金矿密集区研究的主要内容之一。

除了深断裂的控制作用外,对于二级金矿密集区的具体研究内容而言,与金矿成矿活动有密切关系的不同级别的断裂构造*,包括主干断裂带,长断裂和容矿段构造亦是重要的控矿因素。控矿断裂构造决定金矿密集区内金矿床的可能规模,矿床分布的密集程度,金矿密集区内矿床之间的排列组合关系即密集区的内部结构。

二、金的地球化学场

这是一个地区能否出现金矿密集区的物质前提。大量研究资料和矿床实例表明金的成矿过程普遍经过多次富集作用,需要有经过初次富集使其丰度显著高于金的克拉克值的分布范围广大的矿源层,构成金的地球化学场。为金的成矿作用提供矿源。一般认为分布最广泛的矿源层就是太古宙绿岩地体,它们是含金丰度普遍比较高的变质超镁铁质—镁铁质火山—沉积建造,据王中刚等(1976)的资料,太古宙地壳内Au的丰度为0.01ppm,前太古宙为0.17ppm,显生宙则仅为0.0035—0.004ppm。前二者的含Au丰度是显生宙地壳含金丰度的2.5—42.5倍。我国著名的金矿密集区胶东金矿密集区就产生在矿源层胶东群广泛分布的地球化学场内。组成太古宙胶东群的变质火山—沉积岩的金的丰度平均值为19ppb,是金在地壳中的丰度值的5倍左右。因此,世界上75%的金矿储量集中在太古宙老变质岩地区,而且,世界主要产金地区包括南部非洲、印度、北美、西澳大利亚等地的大型,特大型金矿床都产在先寒武纪变质基性火山岩系中(据C.Д.谢尔1972,1974)。同样,金矿是我国太古宙地体内的特征性矿产*,占我国各类型内生金矿储量的70—80%。

*徐光荣1986.试论金的构造地球化学及其找矿的几个问题《地质与勘探》(86)10 57—61.

*徐光荣1988中国太古宙地体及其成矿作用《长春冶金地质专科学校学报》(88)3 1—6

可能构成金的矿源层,为金矿密集区的形成提供金的地球化学场的岩石建造,除太古宙绿岩地体外,还可能具有金的高背景值的含碳泥质页岩建造。含碳陆源碎屑建造以及碳酸盐岩建造。它们是微细浸染型(卡林型)金矿密集区赖以形成的地球化学场。

三、热动力条件

在具有金的高丰度值的地球化学场内,如果有深断裂及断裂构造存在,要构成金矿密集区,还需要有必不可少的热动力条件,为Au从主要是分布在埋藏较深的地壳硅铝层范围内的矿源层内活化转移出来提供热源。这种热动力条件主要表现为构造-岩浆热事件,这种与Au的成矿作用有关的岩浆主要是使矿源层受到重熔的再生岩浆,它们在地壳内部冷凝后就成为与金矿在空间上关系密切的中酸性火成岩即花岗岩类侵入体,若喷溢至地表则表现为与金矿成矿关系密切的火山-侵入岩建造。特殊情况下,强大的构造活动所导致的构造-热事件,可以成为金矿成矿活动的热动力条件。构造运动所产生的机械能有可能转化为巨大的热能、在条件有利时使地下水加热而成为能从矿源层中溶滤出金元素的含矿热液或含矿热卤水。由于金的矿源层普遍为构成地壳硅铝层的硅酸盐岩石。因此,作为导矿和导岩的主要通道的深断裂构造的类型,主要不是深度很大的岩石圈或超岩石圈的硅镁层深断裂,而主要是在深断裂类型中下延深度比较小的硅铝层壳型深断裂,尤其是深断裂网络和星球级、地盾级深断裂系统。孤立的单个的硅铝层壳型深断裂很难成为形成金矿密集区的构造条件。

中国金矿密集区的划分方案

在近年来的金矿地质文献中,已有不少学者提出了一些对我国金矿密集区的划分方案,其中比较早的、影响范围比较广的是母瑞身等提出的中国金矿集中区的划分方案(1985),他们将全国的金矿划分为23个金矿化集中区,并简述了每个金矿集中区的地质背景控矿因素和典型矿床实例。陈汤民等(1984)编制了1:200万中国金矿成矿远景区划图,将全国内生金矿划分为35个成矿带,57个成矿远景区。还划分了13个外生金矿远景区。张甲忠(1986)根据金矿床(点)成群成带展布的特点,将它们按照密集程度和所处的构造位置,划分了108个金矿集中区。罗镇宽等于1986年,大体与张甲忠同时,引用板块构造学说,认为由古岛弧、古俯冲带形成的褶皱带是显生宙以来金矿成矿最有利的环境。并应用板块构造观点,根据中国板块构造的轮廓以及近几年来在板块构造研究方面的新进展将中国金矿划分为四大成矿域和58个成矿带。

上述作者对金矿密集区都称之为金矿集中区,他们对这一概念的理解、都是属于定性状态的,即凡是金矿床(点)成群成带分布的地方都是金矿集中区,有的地方仅有少数几个不大的金矿床或矿化点也被划为“金矿集中区”,而且,有把成矿学中常用的成矿带与金矿集中区等同使用的情况。著者本着各抒己见进行学术探讨的精神、认为金矿密集区较之比较流行的金矿集中区这个概念存在比较明显的差别,它与成矿学上的成矿带不宜划等号。二者之间亦存在显著的差别。从金矿地质研究的角度看来,金矿密集区是金矿成矿作用中的一条宏观的比较确定的成矿规律,它是指在特定的有限的范围内金矿

床成群密集分布，其地理面积为成百上千甚至上万平方公里，矿床数目达数十个或上百个相邻分布。这些相邻近的矿床普遍具有相同或相似的成矿地质条件，在矿床类型上一般属于相同类型，矿床分布密度高，每十平方公里应产有一个以上的工业矿床。从成矿学的角度来看，对于矿床的分布密度应予以分类，著者认为可以分为：

1. 金矿密集区—已如上述，在特定范围内金矿床分布的密度大，个数多，而且找矿潜力往往很大、是比较有把握的找矿靶区，例如胶东金矿密集区和以夹皮沟金矿群为代表的吉林省东部金矿密集区。近年来“就矿找矿”成效显著。

2. 含金区—从宏观上看，金矿床和金矿点分布比较稀少，一般仅有一个或不超过3—5个中小型矿床(点)孤立出现，矿床规模限于中小型而尚无或尚未找出大型特大型金矿的地方。这种地方的找金工作往往在长时间内无突破性进展，经过系统研究证实其成矿条件欠佳或不具备的地方，不宜称为金矿密集区，而宜如实地称之为含金区。当然，由于工作的深入，找矿成果的扩大，有的含金区有可能升格为密集区，二者之间并不存在一条不可逾越的鸿沟。

对于金矿密集区可以根据它们的现实性程度的不同予以分类：

1. 现实型金矿密集区指符合上述条件的金矿密集区，简称金矿密集区。

2. 潜在型金矿密集区指根据可靠的成矿地质条件的分析和充分的野外工作、有现实可能在相邻地方找到十个以上具有工业意义的金矿床的地方，它们是希望比较大的成矿预测区和找矿靶区。

著者根据对金矿区域性成矿地质条件的分析，考虑到金矿床的分布密度，从深断裂控矿的角度对中国金矿密集区及其分布规律提出下述划分方案。

深断裂系统 一级成矿带 金矿成矿系统
深断裂系 二级成矿带 金矿成矿系
深断裂带 三级成矿带 金矿带或含金带
(深断裂网络) (三级成矿带) (金矿密集区)

一、中国滨太平洋金矿成矿系统(中国环太平洋金矿成矿带)

受位于东亚和中朝板块与太平洋板块之间的深断裂系统所控制，由于二者之间的边界具有往大洋方向呈间歇性迁移的历史特点。这个深断裂系统由六条大体上互相平行的深断裂系所组成。这些深断裂系的延伸方向基本上平行东亚大陆边缘的走向。它们各自组成独立的金矿成矿系，这些成矿系具由大陆往大洋方向，即由北西往南东方向金矿成矿系的形成地质年代。具有由老至新的趋势，这就是中国滨太平洋金矿成矿系统所具有的金矿成矿作用向洋迁移性的特点。

每个金矿成矿系由沿其延展方向断续相连的若干条深断裂带组成。三级金矿成矿带(简称金矿带)受深断裂带的控制，如果有若干条不同方向的深断裂带与主体方向的深断裂带交叉又组成深断裂网络。这就是控制金矿密集区形成的构造条件。反之，比较单调的深断裂带很难形成金矿密集区、些样的三级金矿成矿带称之为含金带或含金区。

兹将产生在中国滨太平洋金矿成矿系统内的金矿密集区及含金区按金矿成矿系的顺序分述如下：