维普资讯 http://www.cqvip.com

第42卷 第1期
2006年1月

地质与勘探
GEOLOGY AND PROSPECTING

Vol. 42 No. 1
January, 2006

地质·矿床

个旧锡矿印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn(Au)矿床成矿雏议

谈树成[1],秦德先[2],赵筱青[1],李 俊[2],夏既胜[1],蒋顺德[2],崔银亮[2],张学书[2]
(1. 云南大学资源环境与地球科学学院,昆明 650091;2. 昆明理工大学矿产地质研究所,昆明 650093)

[摘 要]个旧锡矿长期以来在花岗岩成因模式指导下进行找矿,曾取得了显著的找矿效果。近年来,随着研究和勘查工作的深入,个旧锡矿的非花岗岩成矿作用也日益受到了重视。在全面研究和总结个旧锡多金属矿区成矿理论的基础上,以系统论为指导,以成矿系列研究为切入点,探讨了印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn(Au)矿床成矿观点,并论述了该类型矿床的地质地球化学特征。

[关键词]成矿系列 海底基性火山－沉积成矿 找矿预测 个旧锡矿 地质地球化学特征
[中图分类号]P618.44;P618.41 [文献标识码]A [文章编号]0495－5331(2006)01－0043－08

个旧锡矿的研究基础较好,提出有多种成矿观点,为多因复成矿床。但分析已有资料,个旧锡矿长期以来以花岗岩浆期后汽化热液成矿观点占主导地位,并以此成因模式指导找矿,曾取得了一些明显的成果[1~10],在此基础上,很多学者建立了典型的接触交代夕卡岩型成矿模式[1,2,11~19]。但是,随着多年的生产勘探和科研工作的深入开展,已陆续发现有更多的地质事实难以用花岗岩成因模式解释。如老厂、卡房地区及其外围的玄武岩(过去认为是变辉绿岩[2,3],根据产出范围广,层位稳定,具有大量杏仁气孔构造及镜下鉴定特征,笔者研究后认为是玄武岩)层中产出有层状铜锡矿体,矿石具层状、纹层状或致密块状构造,成矿与玄武岩关系密切,具有较为明显的基性火山成矿作用特征;矿石或岩石的地球化学特征也显示出基性火山沉积的地球化学特征等等。有鉴于此,笔者在全面研究和总结个旧锡多金属矿区成矿理论的基础上,以系统论为指导,以成矿系列研究为切入点,对个旧锡矿床的成矿系列进行了研究,并建立了印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn(Au)矿床系列、印支中晚期海底喷流—沉积 Sn－Cu－Pb－Zn 矿床系列、燕山晚期花岗岩叠加改造 Sn－Cu－W－Be－Bi－Pb－Zn－Ag 矿床系列和喜山期陆相表生沉积砂矿矿床系列等4大矿床系列,并论述了各矿床系列的地质地球化学特征[20],本文即为该研究成果的一部分,主要讨论印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn(Au)矿床成矿观点。

1 矿床地质特征

矿体呈层状、似层状、透镜状赋存在个旧组下部的卡房段($T_2g_1^1$)玄武岩层内或玄武岩与碳酸盐岩(大理岩)或花岗岩的接触带部位,规模较大,沿走向具有较大的延伸,一般都在200～400m以上(图1)。成矿溶液的同位素具岩浆水和幔源为主的特征。该类矿床多数受到燕山晚期花岗岩浆热液的叠加改造而增富或加厚。

据镜下鉴定,主要金属矿物有磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂、锡石、辉钼矿、自然铋、自然金及白钨矿等;脉石矿物主要为方解石、透辉石、石榴子石、阳起石、绿泥石、绿帘石、符山石和透闪石等。

矿石结构主要有自形粒状结构、半自形粒状结构、他形粒状结构、胶状结构、树枝状结构、海绵晶铁状结构、压碎状结构等;构造主要有致密块状构造、纹层条带状构造和浸染状构造。

常见的围岩蚀变有硅化、阳起石化、金云母化、绿泥石化、绿帘石化和透辉石化等。

2 矿床地球化学特征

2.1 微量元素及稀土元素特征

为了揭示本系列矿床的微量元素及稀土元素特

[收稿日期]2004－11－30;[修订日期]2005－04－04;[责任编辑]余大良。
[基金项目]云南省省院省校科技合作项目(编号:2000YK－05)和云南大学理(工)科青年教师基金项目(编号:2002Q013ZH)联合资助。
[第一作者简介]谈树成(1970年－),男,2004年毕业于昆明理工大学,获博士学位,副教授,现主要从事矿产地质勘查及 GIS 应用研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

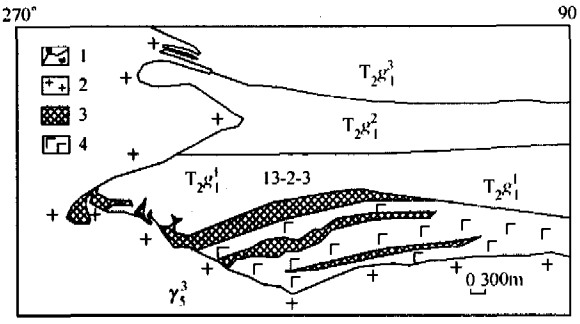

图 1　老厂矿田 13 -2 -3 矿体 124 线地质剖面图

1—地层分界线及名称；2—花岗岩；3—硫化矿；4—玄武岩；$T_2g_1^1$—个旧组卡房段第 1 层灰色、浅灰色中厚层状夹薄层状灰岩，沿层产有玄武岩；$T_2g_1^2$—个旧组卡房段第 2 层灰色、黄灰色中厚层状泥质灰岩与泥质白云岩互层；$T_2g_1^3$—个旧组卡房段第 3 层，上部为黄灰色以薄层为主夹中厚层状泥质灰岩，下部为黑灰色、黄灰色薄层夹中厚层状炭质灰岩、泥质灰岩，中夹一层硅铝质层

征，研究矿床与各类不同围岩的亲缘关系，尤其是与基性火山岩的关系，笔者共采集硫化矿矿石、玄武岩、灰岩和花岗岩等样品 50 余件，挑选锡石、黄铁矿等单矿物和矿石进行微量元素和稀土元素分析（表 1，表 2，表 3），并做出矿石和各类岩石相应的微量元素和稀土元素分配曲线图（图 2，图 3）。发现竹叶山玄武岩型硫化物型矿石的配分曲线图模式与玄武岩的配分曲线图模式近似，表明其可能属于基性火山成矿系列。由表 1、表 2 和表 3 还可以看出：

1）本区玄武岩成矿元素 Cu 、Zn、Sn ，铁族元素 Cr、Ni、Co 大多都比花岗岩高，可能暗示矿床中的 Cu，大量的 Fe ，至少部分 Sn 来自基性火山作用。

2）对比研究火山岩型硫化矿、老厂花岗岩和麒麟山（$T_2g_1^3$）黑色泥质灰岩三者中黄铁矿的微量元素分析结果可以看出，黑色泥质灰岩含 Sn 比火山岩型硫化矿、老厂花岗岩高，而火山岩型硫化矿又比老厂

表 1　个旧矿区岩矿微量元素含量（多样均值）　　$\omega_B/10^{-6}$

岩矿类型	样数	测试对象	Ti	Mn	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	W	Mo	Sr	Ba	V	Ga	In	Sn	B	Se	Te	Nb	Ta	Zr	Hf	Ag
竹叶山玄武岩型硫化矿	1	矿石	0.04	1320	7.83%	5	2372	8	4	42.8	464	1.8	13	28	48	15	40	0.24%	4.2	1.1	0.32	2.7	0.64	32	2.2	86.5
老厂硫化矿	4	矿石	0.092	574	1.07%	4	258.3	16	12	3.55	277.7	0.7	14	43.5	53.25	52.25	18.6	6.52%	12.85	1521	0.325	12	0.89	59.5	2.7	18.9
竹叶山玄武岩型硫化矿	3	黄铁矿	0.014	16	3138	68	55	4	80	128	4.8	3.25	7.7	12.4	32.7	0.4	1.9	228.7	2.6	43.5	6.6	1.1	<0.5	53.3	1.4	5.5
老厂硫化矿	3	黄铁矿	0.021	1.7	6293.33	664.67	139.3	4	15	1.5	609	0.74	5.33	13.13	29.33	1.42	5.1	3.25%	11.4	0.82	0.24	14	<1	29	0.8	14.9
芦塘坝硫化矿	1	黄铁矿	0.02	6	331	96	9	10	8	0.4	\	\	6	9.8	31	3.2	3.6	2.99%	\	0.32	0.23	0.7	<0.5	20	0.8	5.2
老厂花岗岩	1	黄铁矿	0.014	110	636	3010	6857	8	28	0.4	\	\	7	11.6	31	2.4	9.3	0.67%	\	0.99	0.51	5.8	1.3	59	1.7	\
麒麟山灰岩	1	黄铁矿	0.074	169	985	838	4341	0	113	27.2	\	\	14	187	31	6.3	14	4.72%	\	2.38	0.81	\	\	\	\	\
老厂硫化矿	2	锡石	0.149	\	570	4	17	6	3	2	600	0.8	<1	<1	34	13	13.5	77.66%	3.3	0.07	0.14	85	3.65	50.5	1	2.13
芦塘坝氧化矿、硫化矿	4	锡石	0.06	\	62	301	44.3	6.7	4	1.86	545.6	0.6	<1	<1	90	93.5	96.5	77.75%	2.56	0.09	0.15	3.1	0.5	26.3	0.7	1.21
老厂含锡花岗岩	1	锡石	5	\	18	549	12	20	5	2.2	7.8	1	<1	<1	27	5.8	4.1	76.93%	27	0.4	0.2	100	0.67	54	0.9	4.76
龙树脚 1700 富锡氧化矿	1	方铅矿	\	\	118	65.38%	8.22	25	7	0	\	\	<1	<1	<1	1.0	3.2	0.50%	\	0.64	0.21	\	\	\	\	\
塘子凹凝灰岩	1	锡石	0.09	\	\	\	无样	\	\	\	\	\	\	\	\	9.3	17	68.30%	38	0.03	0.14	230	12	57	1.5	13.6
竹叶山玄武岩	1	岩石	\	\	584	23	189	341	324	48.9	306	0.22	165	31	272	8.2	0.5	885	15	1.69	0.2	34	1.8	160	4.5	2.28
冬瓜林、卡房玄武岩	2	岩石	\	\	48.5	10	137.5	364	184	40.6	1.9	0.15	1304	128.5	515.5	7.65	0.6	219	6.2	0.19	0.07	35	1.85	165	4.6	0.09
小石岩寨玄武岩	2	岩石	\	\	78	3	60.5	272	181	34.2	7.45	0.32	470	202	251.5	9.25	<0.2	51.5	35.35	0.1	0.09	50	3.05	193	5	0.03
老厂凝灰岩	2	岩石	0.063	820	1.11%	12.5	66.5	8	5.5	3.45	77.5	0.76	37	15.5	21.5	20.25	9.2	0.65%	23	1.11	0.21	3.1	<0.5	33.5	1.5	18.6
竹叶山中粒黑云母花岗岩	1	岩石	0.066	462	31	95	46	2	4	2	358	0.7	75	168	4	18	<0.2	22	82	0.11	0.06	33	5.6	82	3.1	0.35
塘子凹花岗岩	1	岩石	0.06	443	59	56	23	3	6	2.1	6.7	0.84	34	39	4	17	<0.2	67	64	0.05	0.09	46	7.4	96	4.6	0.48
冬瓜林灰岩	2	岩石	\	\	420	108.5	207	29	7	2.25	620	6.4	640	23	118	7.9	0.27	185	64	34.2	2.34	46	3.2	125	4.5	3.78

分析单位：国土资源部宜昌矿产地质研究所岩矿测试室，2003。

表 2　个旧矿区矿石稀土元素含量（多样均值）　　$\omega_B/10^{-6}$

岩矿类型	送样号	单矿物或岩石	分析项目														
			La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
老厂 5#矿条带状硫化矿（-118m）	52'	锡石	13.200	21.000	2.250	9.210	1.800	0.160	1.300	0.200	1.460	0.250	0.890	0.140	0.960	0.150	7.200
老厂 3 -1 -1 条带状含锡花岗岩	55'	锡石	0.920	1.640	0.090	0.540	0.130	<0.01	0.097	0.015	0.086	<0.01	0.051	<0.01	0.032	<0.01	0.900
老厂条带状 PbZn 硫化矿（-100m）	71', 72'	黄铁矿	1.510	26.740	0.410	3.340	0.990	0.044	0.520	0.038	0.140	<0.01	0.102	0.015	0.010	<0.01	0.215
老厂 3 -1 -1#含锡花岗岩（-98m）	70'	黄铁矿	7.660	31.300	0.110	0.500	0.120	<0.01	<0.01	<0.01	0.045	0.013	0.047	<0.01	<0.01	<0.01	0.082
老厂 5#矿条带状硫化矿（-118m）	30,31,32,33	矿石	12.787	24.619	2.760	10.289	2.318	0.122	1.329	0.249	1.572	0.304	0.978	0.160	1.214	0.182	11.164
竹叶山玄武岩型硫化矿	64', 65', 66'	黄铁矿	3.720	50.100	0.380	0.910	0.160	<0.01	0.330	0.026	0.080	<0.01	0.026	<0.01	<0.01	<0.01	0.090
竹叶山玄武岩型硫化矿	24	矿石	2.213	4.161	0.432	1.587	0.396	0.069	0.246	0.047	0.274	0.049	0.148	0.023	0.195	0.049	1.922

岩矿类型	送样号	单矿物或岩石	计算参数						
			∑REE	∑LREE	∑HREE	∑LREE/∑HREE	Gd/Yb	Eu/Sm	Sm/Nd
老厂 5#矿条带状硫化矿（-118m）	52'	锡石	60.170	47.620	12.550	3.794	1.354	0.089	0.195
老厂 3 -1 -1 条带状含锡花岗岩	55'	锡石	4.501	3.320	1.181	2.811	3.031		0.241
老厂条带状 PbZn 硫化矿（-100m）	71', 72'	黄铁矿	34.074	33.034	1.040	31.763	52.000	0.044	0.296
老厂 3 -1 -1#含锡花岗岩（-98m）	70'	黄铁矿	39.877	39.690	0.187	212.246			0.240
老厂 5#矿条带状硫化矿（-118m）	30,31,32,33	矿石	70.047	52.895	17.152	3.084	1.095	0.053	0.225
竹叶山玄武岩型硫化矿	64', 65', 66'	黄铁矿	55.822	55.270	0.552	100.127			0.176
竹叶山玄武岩型硫化矿	24	矿石	11.811	8.858	2.953	3.000	1.262	0.174	0.250

上标为 1 的样品为国土资源部宜昌地质矿产研究所分析，其余为中国科学院贵阳地球化学研究所分析，2003。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 3　个旧矿区岩石稀土元素含量(多样均值)　　$\omega_B/10^{-6}$

岩矿类型	样数	岩矿	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	ΣLREE/ΣHREE	Gd/Yb	Eu/Sm	Sm/Nd
芦塘坝灰岩	6	岩石	1.080	2.046	0.232	0.866	0.179	0.029	0.126	0.028	0.168	0.034	0.099	0.015	0.087	0.014	1.159	6.162	4.432	1.730	2.562	1.448	0.162	0.207
塘子凹花岗岩	1	岩石	22.468	50.684	6.069	22.920	7.014	0.088	4.915	1.118	6.982	1.332	3.948	0.641	4.549	0.641	43.408	176.777	109.243	67.534	1.618	1.080	0.013	0.306
塘子凹玄武岩	1	岩石	25.985	57.564	7.066	31.279	7.697	1.712	5.516	0.954	5.360	0.946	2.484	0.332	2.073	0.288	24.509	173.765	131.303	42.462	3.092	2.661	0.222	0.246
竹叶山中粒黑云母花岗岩	1	岩石	27.193	58.603	6.385	24.042	6.538	0.252	4.855	1.082	7.012	1.287	3.893	0.684	4.428	0.658	42.022	188.934	123.013	65.921	1.866	1.096	0.039	0.272
竹叶山黑色致密玄武岩	2	岩石	31.853	69.736	8.436	35.519	8.755	1.778	6.176	1.247	7.271	1.237	3.142	0.404	2.375	0.325	32.464	210.718	156.077	54.641	2.856	2.600	0.203	0.246
冬瓜林灰岩	2	岩石	6.627	15.572	1.877	7.870	2.293	0.124	1.593	0.339	2.101	0.410	1.248	0.208	1.402	0.212	12.351	54.227	34.363	19.864	1.730	1.136	0.054	0.291
卡房、冬瓜林致密玄武岩	3	岩石	35.536	71.800	8.314	35.462	8.642	1.800	6.292	1.119	6.172	1.044	2.627	0.342	2.015	0.281	28.979	210.425	161.554	48.871	3.306	3.123	0.208	0.244
小石岩寨玄武岩	3	岩石	41.577	83.029	9.549	40.417	9.256	1.918	6.352	1.063	5.819	0.982	2.536	0.336	2.168	0.297	25.922	231.221	185.746	45.475	4.085	2.930	0.207	0.229
麒麟山致密玄武岩	2	岩石	22.247	50.542	6.251	27.697	6.683	1.521	4.943	0.852	4.948	0.834	2.222	0.287	1.836	0.239	22.210	153.312	114.941	38.371	2.996	2.692	0.228	0.241
麒麟山灰岩	1	岩石	16.832	30.159	3.360	14.807	3.061	0.565	2.219	0.367	2.061	0.373	0.971	0.131	0.848	0.129	11.647	87.530	68.784	18.746	3.669	2.617	0.185	0.207
老厂凝灰岩	2	岩石	0.263	0.995	0.202	1.022	0.480	0.014	0.267	0.066	0.423	0.078	0.252	0.055	0.558	0.101	2.377	7.153	2.976	4.177	0.712	0.478	0.029	0.470
玄武岩(小石岩寨除外)	8	岩石	30.099	64.190	7.673	33.012	8.062	1.714	5.829	1.064	6.039	1.028	2.637	0.343	2.068	0.282	27.599	191.638	144.750	46.887	3.087	2.819	0.213	0.244
凝灰岩	2	岩石	0.263	0.995	0.202	1.022	0.480	0.014	0.267	0.066	0.423	0.078	0.252	0.055	0.558	0.101	2.377	7.153	2.976	4.177	0.712	0.478	0.029	0.470
花岗岩	2	岩石	24.831	54.644	6.227	23.481	6.776	0.170	4.885	1.100	6.997	1.310	3.921	0.663	4.489	0.650	42.715	182.856	116.128	66.728	1.740	1.088	0.025	0.289
灰岩	9	岩石	4.063	8.175	0.945	3.971	0.969	0.110	0.685	0.135	0.808	0.155	0.451	0.071	0.464	0.071	4.811	25.884	18.234	7.650	2.383	1.476	0.113	0.244

样品由国土资源部宜昌地质矿产研究所和中国科学院贵阳地球化学研究所分析,2003。

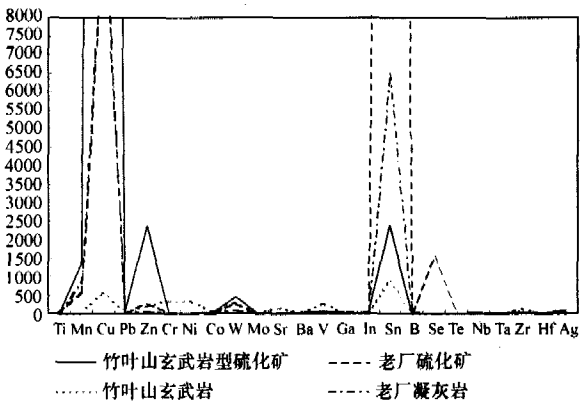

图 2　个旧矿区基性火山岩与玄武岩型硫化矿微量元素曲线模式图($w_B/10^{-6}$)

花岗岩高,这可能说明至少部分锡来自火山沉积岩系。黄铁矿中铜含量以火山岩型硫化矿最高,其次是泥灰岩,花岗岩最低,说明铜可能来自火山—沉积岩系。花岗岩中黄铁矿的铅含量最高,暗示铅可能来自花岗岩。

3) 对比老厂深部硫化矿、芦塘坝硫化矿,塘子凹凝灰岩及含锡花岗岩中锡石的含 Sn 量可以看出,芦塘坝和老厂硫化矿中的锡石含 Sn 最高,而含锡花岗岩中锡石含 Sn 较低,可能说明锡矿床的形成主要来自火山成因的硫化矿。锡石中 Nb 、Ta、Mo 的含量以花岗岩最高,硫化矿最低,可能指示这些元素源于花岗岩。

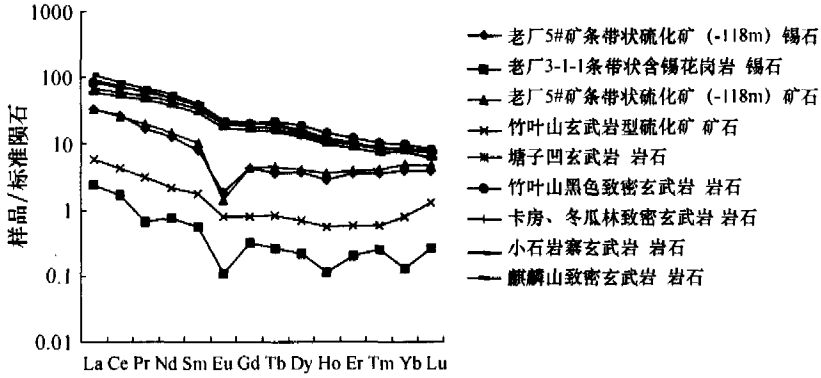

图 3　个旧矿区基性火山岩与玄武岩型硫化矿稀土元素配分曲线模式图

注:配分采用的是里德常数,数据来自表 2 和表 3

4) ΣREE 以玄武岩最高,平均(196×10^{-6}),其次是花岗岩(183×10^{-6}),最低是灰岩(31×10^{-6})。ΣLREE/ΣHREE 以玄武岩最大(3.26),其次是灰岩(1.96),最小是花岗岩(1.74)。

5) 对比个旧竹叶山火山岩型条带状硫化矿、芦塘坝硫化矿以及含 Sn 花岗岩中的黄铁矿稀土含量,ΣREE 以竹叶山条带状硫化矿最高,其次是含 Sn 花岗岩,最低是芦塘坝硫化矿;ΣLREE/ΣHREE 以芦塘坝最高,其次是含 Sn 花岗岩,最低是条带状硫化矿。

2.2　硫同位素特征

这次共采集矿石和围岩并挑选硫化物单矿物样品 21 件,进行硫同位素分析(表 4)。结合云南有色地质局三 0 八地质队原分析的样品资料,做出同位素频数组成直方图(图 4)。从表和图可以看出:

1) 碳酸盐岩围岩中硫化物 $\delta^{34}S$ 值高,为 7.14‰～11.12‰,而竹叶山及老厂 5# 矿体底部矿石中硫化物 $\delta^{34}S$ 低,在 －1.9‰ ～ +3.56‰,大多数在 ±0‰附近,接近幔源硫,反映出这类矿床的基性火

维普资讯 http://www.cqvip.com

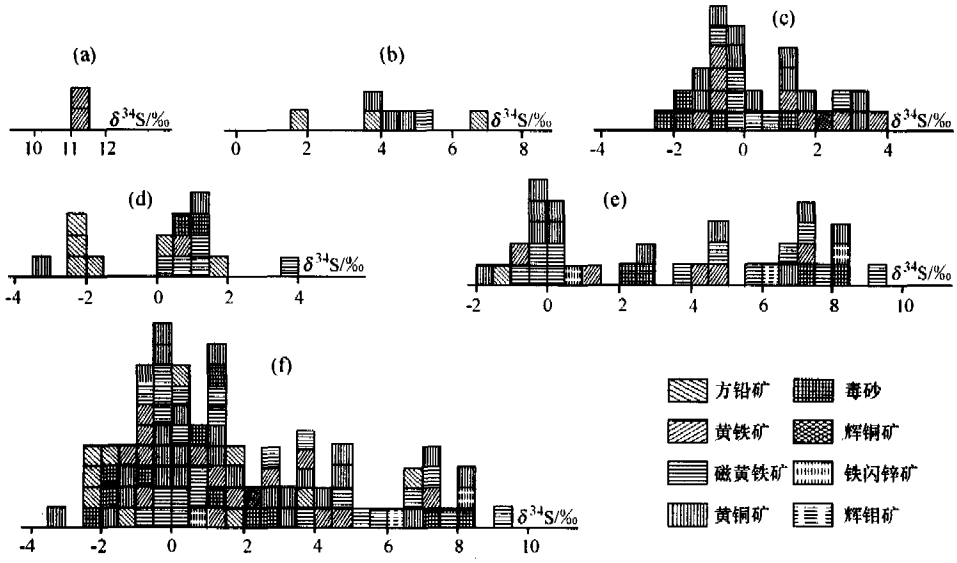

图 4 个旧锡矿矿石及围岩中硫同位素组成直方图

(据云南有色地质局 308 队和本文实测资料整理)

a—个旧组卡房段地层($n=2$);b—东西向断裂带型矿石($n=7$);c—玄武岩型矿石($n=32$);d—层状锡石－硫化物型矿石($n=16$);e—花岗岩接触带型矿石($n=36$);f—个旧东区($n=93$)

表 4 个旧锡矿 S 同位素测试结果表

送样编号	野外编号	地质体及岩性	测定矿物	$\delta^{34}S_{-CDT}/‰$
62	R19－1	麒麟山 $T_2g_1^3$ 黑色含黄铁矿泥质灰岩	黄铁矿	11.10
62	R19－1	麒麟山 $T_2g_1^3$ 黑色含黄铁矿泥质灰岩		11.12
63	B33	马吃水 1720 中段 5 支 203 平巷 203#硫化矿		1.00
66	Z40	竹叶山 1750 中段西巷 5#井 13－2#玄武岩型硫化矿		－0.52
67	LC04	老厂 504 块(－118m)细条带状绢云母萤石化硫化矿		－0.82
73	龙 6－2	龙树脚 1520 中段 25 穿Ⅱ－11－1#碳酸盐型石英硫化矿	磁黄铁矿	0.83
75	马 1800	塘子凹 1800 中段顺层条带状阳起石硫化大理岩		7.14
77	T9	塘子凹坑 1850 中段 32#硫化矿		－0.23
78	LC01	老厂 5#(－118m)含锡石萤石黑云母硅质硫化物条带矿		－0.26
81	LC04	老厂 504 块(－118m)细条带状绢云母萤石化硫化矿		－0.83
84	LC07	老厂 3－1－1#北 3 块条带状顺层黄铜矿斑点黑云母化硫化矿		0.46
87	B7	芦塘坝 1720 中段 2 号堑沟 10－14#硫化矿		1.13
88	B12	芦塘坝 1690 中段 115#脉状硫化矿		1.23
89	B23	芦塘坝 1690 中段 10－5#硫化矿		3.56
108	B18	芦塘坝 1690 中段 10－12#硫化矿		0.45
91	B42	芦塘坝 1720 中段 10－14#硫化矿	方铅矿	－1.90
95	T1	塘子凹 1800 中段 32#硫化矿	黄铜矿	1.86
96	Z8	竹叶山 1750 中段西巷 13－2#中部硫化矿		－0.01
98	龙 6－2	龙树脚 1520m25 穿Ⅱ－11－1#脉状矿	毒砂	1.02
98	龙 6－2	龙树脚 1520m25 穿Ⅱ－11－1#脉状矿		0.94
100	Zβ2	竹叶山 1750m 东巷 13－2#中、下部硫化矿(Z_{10-1}、Z_{11}、Z_{12}、Z_{16})		－0.59

分析单位:国土资源部宜昌地质矿产研究所同位素测试分析室,2003。

山成因特征。

2) 图中火山—沉积矿床与层间锡石—硫化物矿床 $\delta^{34}S$ 分布范围相一致,都在 －4‰ ~ ＋4‰之间,说明二者硫来源的一致性,反映出喷流成矿系列与基性火山成矿系列有成因联系,可能暗示海底火山热水喷流。

3) 碳酸盐岩地层中硫化物 $\delta^{34}S$ 值为正值,且都大于 ＋5‰。硫可能来自还原环境中的沉积地层硫。野外观察,黑色硅质灰岩中黄铁矿呈散点状沿纹层分布,也说明了沉积地层硫。值得注意的是地层中硫化物正值不大,是否地层中硫也受到了火山活动的影响,值得进一步研究。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.3　铅同位素特征

采集各类矿石和围岩样品并挑选单矿物样品19件，进行了铅同位素分析。其中，铅同位素比值采用热电离子质谱法在 MAT－261 质谱计上完成，U、Th、Pb 用 ICP－MS 测定，加上伍勤生，汪志芬等(1983)的分析测试资料，将结果列于表5。由表5可以看出：

1）铅同位素分布范围为：$^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 17.986～18.557，变化率 3.07%；$^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.538～15.942，变化率 2.53%；$^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 38.102～39.082，变化率 2.50%。数据集中，分布范围稳定，具有单阶段铅的组成特点。

2）$\mu(U^{238}/Pb^{204})$ 为 9.51～9.65，$K(Th^{232}/U^{238})$ 为 3.83～3.95，参数分布集中、稳定、变化小，说明各矿床、岩石源区铀、钍分布比较均匀。

3）据铅 Φ 年龄计算结果(表5)，多数样品年龄介于 240～230Ma，表明为印支期成矿。

表5　个旧东区矿石及围岩中铅同位素组成表

序号	样号	测定矿物	同位素比值 $^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	Φ值	μ值	Th/U	Φ年龄 Ma	取样位置及地质情况	来源
1	R19－1	Py	18.408±0.01	15.562±0.01	38.794±0.02	0.589	9.57	3.89	233	麒麟山 $T_2g_1^3$ 凝灰岩	本文
2	B33		18.403±0.01	15.624±0.01	38.728±0.02	0.586	9.51	3.86	202	马吃水 203#矿体 1720m 5 支 203 平巷	
3	B7	Pyr	18.413±0.01	15.662±0.01	38.873±0.02	0.589	9.59	3.93	241	芦塘坝 10－14#硫化矿体 1720m 2#堑沟	
4	B12		18.447±0.01	15.694±0.01	38.971±0.02	0.591	9.64	3.96	256	芦塘坝 115#脉状硫化矿体 1690m	
5	B23		18.442±0.01	15.663±0.01	38.873±0.02	0.589	9.59	3.92	236	芦塘坝 10－5#硫化矿体 1690m	
6	B18		18.384±0.01	15.619±0.01	38.735±0.01	0.587	9.50	3.88	210	芦塘坝 10－12#硫化矿体 1690m	
7	B42	Ga	18.425±0.01	15.674±0.01	38.914±0.01	0.590	9.61	3.94	247	芦塘坝 10－14#硫化矿体 1720m	
8	LC01	Pyr	18.557±0.01	15.657±0.01	38.837±0.02	0.580	9.56	3.83	132	老厂 5#含锡石萤石黑云母硅质硫化物条带矿体－118m	
9	LC04		18.439±0.01	15.659±0.01	38.821±0.03	0.587	9.58	3.89	219	老厂 504 块细条带状绢云母萤石化硫化	
10	LC04	Py	18.412±0.01	15.650±0.01	38.741±0.01	0.588	9.56	3.87	228	矿体－118m	
11	LC07	Pyr	18.421±0.01	15.617±0.01	38.714±0.01	0.584	9.50	3.85	180	老厂 3－1－1#北 3 块条带状顺层黄铜矿斑点黑云母化硫化矿体－98m	
12	马 1800		18.509±0.01	15.700±0.01	38.921±0.02	0.587	9.65	3.90	219	塘子凹 1800m 中段顺层条带状阳起石硫化大理岩	
13	T1	Cpy	18.421±0.01	15.644±0.01	38.715±0.01	0.587	9.55	3.85	214	塘子凹 32#硫化矿体 1800m	
14	T9	Pyr	18.330±0.01	15.637±0.01	38.799±0.01	0.592	9.55	3.93	271	塘子凹 32#硫化矿体 1850m	
15	Z8	Cpy	18.428±0.01	15.653±0.01	38.821±0.01	0.588	9.57	3.89	220	竹叶山 13－2#中部火山岩型硫化矿体 1750m 西巷	
16	Z40	Py	18.432±0.01	15.663±0.01	38.763±0.03	0.588	9.59	3.87	229	竹叶山坑 13－2#火山岩型矿体 1750m 西巷 5#井	
17	Z12	Apy	18.402±0.01	15.619±0.01	38.708±0.01	0.585	9.50	3.85	197	竹叶山 13－2#中下部火山岩型硫化矿体 1750m 东巷	
18	龙 6－2		18.342±0.01	15.618±0.01	38.719±0.05	0.589	9.51	3.89	239	龙树脚Ⅱ－11－1#碳酸盐型石英硫化矿	
19	龙 6－2	Pyr	18.391±0.01	15.674±0.01	38.893±0.02	0.592	9.61	3.95	272	体 1520m 25 穿	

序号	样号	测定矿物	同位素比值 $^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	Φ年龄 Ma	取样位置及地质情况	来源
20	79－04	Ga	18.410±0.016	15.622±0.012	38.721±0.032	0.8487±0.0006	120	神仙水岩体边部大凹矿	伍勤
21	80－9－3－1		18.467±0.013	15.643±0.014	38.770±0.047	0.8468±0.0004	180	马拉格外围 EW 向断裂带脉状 PbS	生等，
22	白泥洞 12		18.385±0.029	15.606±0.005	38.775±0.009	0.8489±0.0014	190	白泥洞层间氧化矿	1983
23	B6		18.401±0.014	15.674±0.013	38.884±0.041		260	白泥洞 2000m807 采场	
24	79－MPb13		18.524±0.008	15.761±0.010	39.082±0.018	0.8511±0.0004	290	白泥洞地表层间氧化矿	
25	194－9870		18.416±0.016	15.626±0.005	38.523±0.015	0.8486±0.0006	190	松树脚层间条状矿	
26	80/81－10		18.417±0.014	15.671±0.018	38.894±0.066	0.8509±0.0005	240	芦塘坝 1720m 层间氧化矿	
27	80/81－10		18.411±0.021	15.661±0.025	38.875±0.093	0.8508±0.0004	240	芦塘坝 1720m 层间氧化矿	
28	79－1232		18.357±0.0009	15.624±0.006	38.647±0.012	0.8512±0.0003	230	老厂远离接触带 2－4－1 层间氧化矿	
30	L－38		18.447±0.017	15.715±0.009	38.904±0.035	0.85818±0.00046	320	老厂 2－4－7#矿体－37m 富铅氧化矿	
31	80－L9		18.188±0.022	15.643±0.013	38.267±0.045	0.8601±0.0006	380	老厂 1－5#矿体－75m 正接触带矿	
32	L73		18.3478±0.00087	15.538±0.014	38.712±0.020	0.84755±0.00021	130	老厂碌子庙 2165m 南 5 穿氧化矿	
33	L76		18.485±0.002	15.890±0.013	38.768±0.031	0.8590±0.0007	450	碌子庙 2138m 北 5m31－8#矿体	
34	L77		18.650±0.022	15.942±0.020	39.766±0.077	0.8548±0.0004	500	碌子庙 2138－25m5#氧化矿	
35	79－X29		17.986±0.030	15.655±0.009	38.102±0.022	0.8702±0.0005	530	龙树脚 EW 向断裂带脉状 Ga	
36	DH1	Kf	18.359	15.613	38.723	0.8504	216	龙岔河斑状黑云母花岗岩	汪志
37	DH2		18.415	15.640	38.741	0.8493	209	北炮台斑状黑云母花岗岩	芬，
38	DH3	Py	18.551	15.619	38.630	0.8419	84	马拉格 $T_2g_1^6$ 灰岩	1983

Ga—方铅矿；Pyr—磁黄铁矿；Py—黄铁矿；Cpy—黄铜矿；Apy—毒砂；Sph—闪锌矿；Kf—钾长石；1 至 19 号样品系本文测试数据，由宜昌地质矿产研究所同位素测试分析室李华芹测定，2003。

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.4 气液包裹体特征

采用均一法测定均一温度,冷冻法测定盐度,低-中等盐度包裹体的压力测定方法和 CO_2 包裹体测定压力的方法测定成矿压力,笔者在昆明理工大学岩矿分析室进行了各种矿石中的石英、方解石、萤石等矿物流体包裹体特征观测和均一温度测定,在显微镜下对包裹体的特征进行了观察,其结果如表6和表7。由分析结果可以看出:

表6 个旧锡矿流体包裹体发育特征

样号	矿体及地质情况	测定矿物	包裹体类型	含量/%	气液比/%	大小/μm	相态组合	形状	分布
LC01	老厂-118m 5#矿体含锡石萤石黑云母硅质硫化物条带矿	石英	1 液体包裹体	60	10~20	3~15	L+V	浑圆形、圆形、椭圆形	不均匀分布
			2 纯液体包裹体	40	0	<5	L		
LC04	老厂-118m 5#矿体504块细条带状绢云母萤石化硫化矿	石英	1 液体包裹体	70	5~10	6~8	L+V	负晶形、圆形、浑圆形	不均匀分布
			2 纯液体包裹体	30	0	1~6	L		
Z23	老厂-118m 5#矿体具条纹、包卷构造铜矿石	方解石	1 液体包裹体	60	10~15	6~10	L+V	圆形、椭圆形、长条状	零星或孤立状分布
			2 纯液体包裹体	40	0	1~5	L		
LC12	老厂-100m 5#矿体(7-47171点)条带状阳起石辉石萤石化矽卡岩	石英 萤石	1 液体包裹体	60	10~30	3~70	L+V	负晶形、浑圆形、圆形、长条状、不规则状	成群密集分布;S为芒硝子矿物
			2 纯液体包裹体	25	0	1~15	L		
			3 气体包裹体	9	70~100	5~15	V+L		
			4 纯 CO_2 包裹体	5	10~15	6~15	$V_{CO2}+L_{CO2}$		
			5 含子矿物包裹体	1	10~15	5~10	L+V+S		
Z17	竹叶山1758东巷5#井13-2#矿体层纹状蚀变火山岩型萤石辉石硫化矿	萤石	1 液体包裹体	65	5~30	1~60	L+V	圆形、浑圆形、不规则状	不均匀分布;K为KCl子矿物
			2 纯液体包裹体	28	0	1~15	L		
			3 气体包裹体	4	60~80	5~10	V+L		
			4 含液体 CO_2 包裹体	2	40~60	5~13	$V_{CO2}+L_{CO2}+L$		
			5 含子矿物包裹体	1	10~15	8~12	L+V+K		
L14	老厂-100m3~1-1#矿体硫化物条带状含矿大理岩	白云石	1 液体包裹体	70	10~30	1~17	L+V	不规则状、圆形、椭圆形、棱角状	散点状分布
			2 纯液体包裹体	30	0	1~6	L		
			3 含子矿物包裹体	少量	10~15	5~10	L+V+K		
							L+V+N		

测试单位:昆明理工大学岩矿测试室,2002。

表7 个旧锡矿流体包裹体均一温度及盐度

样号	取样位置及地质情况	测定矿物	包裹体类型	气相百分数/%	大小/μm	均一温度/℃ 测定次数	均一温度/℃ 范围	均一温度/℃ 平均	盐度/ω_{NaCl}% 测定次数	盐度/ω_{NaCl}% 范围	盐度/ω_{NaCl}% 平均	备注
LC01	老厂-118m 5#矿体含锡石萤石黑云母硅质硫化物条带矿	石英	液体包裹体	10~20	6~15	15	224~255	242	15	5.6~7.5	6.5	426℃大量
LC04	老厂-118m 5#矿体504块细条带状绢云母萤石化硫化矿	石英	液体包裹体	5~15	6~8	10	190~238	209	15	3.8~5	4.3	爆裂
Z23	老厂-118m 5#矿体具条纹、包卷构造铜矿石	萤石	液体包裹体	10~20	6~10	12	216~249	228	15	2.5~4	4.6	
LC12	老厂-100m 5#矿体(7-47171点)条带状阳起石辉石萤石化矽卡岩	石英	液体包裹体	15~40	6~12	11	215~278	240	12	8.1~10.6	3.4	
		萤石	液体包裹体	5~15	6~8	10	136~170	158	10	3.3~5.2	8.8	
Z17	竹叶山1758东巷5#井13-2#矿体层纹状蚀变火山岩型萤石辉石硫化矿	萤石	液体包裹体	10~20	8~10	10	209~267	239	12	7.3~8.6	4	370℃大量
L14	老厂-100m3~1-1#矿体硫化物条带状含矿大理岩	白云石	液体包裹体	10~30	8~40	15	221~288	246	15	5~7.6	8	爆裂

测试单位:昆明理工大学岩矿测试室,2002。

本系列矿床流体包裹体类型较为单一,以液体、纯液体包裹体为主,均属原生包裹体,含少量子矿物多相包裹体,量多个小,大于15μm的相当少,形态以不规则状、浑圆形、圆形为主。在样品Z17、LC12的包裹体中发现了少量子矿物和纯气相包裹体,表明矿物形成时发生了气液沸腾现象。

流体包裹体的温度和盐度测定结果为:均一温度190℃~288℃,平均235℃;盐度5 wt_{NaCl}%~10.6 wt_{NaCl}%,平均6.6 wt_{NaCl}%,具中偏低温矿床特征。

3 控矿因素与基性火山沉积成矿探讨

由以上地质地球化学特征可以看出,个旧锡矿

维普资讯 http://www.cqvip.com

发育有与基性火山活动有关的印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn(Au)矿床，与成矿作用有关的岩浆岩为印支期海底喷溢碱性橄榄玄武岩类。矿床在矿体产状、矿物组合、矿石组构等方面都具有明显的基性火山沉积特征：①矿体的赋存严格受地层控制，矿层与地层同步褶曲。块状硫化物矿石中普遍发育纹层构造和条带构造，层纹清晰。② 部分层状矿产在花岗岩凹兜中形成凹兜状的矿体。我们研究认为，这种矿体在花岗岩浆侵入之前就已存在。据矿山采矿揭示，这种“凹兜矿”实际上是夹于玄武岩层内的层状矿体。③玄武岩的铜、锡丰度值均较高。④卡房铜锡多金属矿床不具环带状金属分带特征。⑤多期成矿特征显著。据镜下观察，黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿等硫化物都有两次或两次以上的成矿作用；成矿物源来自深部，具有幔源特征，与玄武岩关系密切；成矿作用和过程可以概括为：碱性玄武岩浆喷发分异作用使玄武岩的某些部位富集星点状、浸染状自然铜、铜的硫化物和锡的矿物。火山气液和海水混合后发生火山沉积作用，并同时沉淀成矿物质形成铜锡“雏体矿”。再经过长期的成岩分异作用和自变质作用，分散在沉积物和玄武岩中的铜、锡及其他成矿元素被活化迁移，进一步在“雏体矿”聚集形成由磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿和锡石组成的层状、似层状的硫化物矿体即基性火山沉积型矿床；矿床具中偏低温矿床特征，成矿时代为印支中晚期(240～230Ma)(表5)。主要的矿床类型有块状硫化物型铜锡锌矿和块状硫化物型铜金矿，代表矿床有竹叶山13－2－3#矿体、卡房1－9#矿体、金光坡7#矿体、8#矿体、9#矿体等。该类矿床是 Cu、Sn、Au 等金属的来源之一，具有中－大型矿床远景。本类矿床的主要地质特征见表8。

表8　个旧锡矿印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn (Au)矿床特征

特　征	印支中晚期海底基性火山—沉积 Sn－Cu－Zn (Au)矿床	
矿种	Sn－Cu(Au) －Zn	
成矿大地构造演化	地壳拉张，裂谷下沉，海底基性火山作用	
成矿作用	基性火山－沉积成矿作用	
成矿时代	印支中晚期(240～230Ma)	
矿床类型	块状硫化物型铜锡锌矿	块状硫化物型铜金矿
产出位置及围岩	产于 $T_2g^1_1$ 基性火山岩中，含矿围岩为玄武质凝灰岩	产于 $T_2g^1_1$ 基性火山岩中，含矿围岩为玄武质凝灰岩
矿体形态、产状	矿体呈似层状、纹层状、透镜状与围岩整合产出	矿体呈似层状、透镜状与围岩整合产出
矿石组构	致密块状、纹层条带状构造，胶状、自形、半自形结构	致密块状、纹层条带状构造，胶状、自形、半自形结构
矿物组合	锡石，磁黄铁矿，黄铁矿，黄铜矿，毒砂，辉钼矿，自然铋，自然金	磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、辉铋矿、白钨矿、自然金
围岩蚀变	硅化、阳起石化、金云母化	硅化、阳起石、透辉石、绿泥石化、绿帘石化等
主要控矿因素	地层，基性火山	地层，基性火山
找矿思路及前景	沿基性火山岩层找矿	沿基性火山岩层找矿
矿床规模	中－大型	中－小型
典型矿床实例	老厂竹叶山13－2－3#矿体	卡房金光坡7#矿体、8#矿体、9#矿体

[参考文献]

[1] Peng Chengdian, Recent new discoveries in geological prospecting for tin and the techniques and methods employed at the Gejiu tin fields. China[R]. ICCP project No. 282 First Meeting 1989.

[2] 冶金工业部西南冶金地质勘探公司. 个旧锡矿地质[M]. 北京：冶金工业出版社，1984.

[3] 庄永秋，王任重，杨树培，等. 云南个旧锡铜多金属矿床[M]. 北京：地震出版社，1996.

[4] 钟立志，肖景霞. 个旧老厂细脉带型锡矿生产勘探实践[J]. 矿山地质，1987，(3)：46～52.

[5] 肖景霞，钟立志. 个旧老厂锡铋多金属细脉带矿床地质特征及成矿富集规律[J]. 云南地质，1988，7(3)：272～281.

[6] 杨世瑜. 滇东南锡矿带矿床类型及其组合特征[J]. 矿床地质，1990，9(1)：35～48.

[7] 彭程电. 试论个旧锡矿成矿地质条件及矿床类型、模式[J]. 云南地质，1985，4(1)：17～32.

[8] 唐尚涛. 个旧锡矿床空间分布特征及控矿模式[J]. 地质与勘探，1985，21(12)：17～21.

[9] 彭程电. 略论个旧锡矿床地质找矿的新发现及途径[J]. 矿床地质，1986，5(3)：37～47.

[10] 伍勤生，许俊珍，杨　志. 个旧含 Sn 花岗岩的 Sr 同位素特征及找矿标志的研究[J]. 地球化学，1984(4)：293～302.

[11] 彭程电，王任重. 个旧超大型锡铜多金属矿床区域地学背景研究[J]. 西南矿产地质，1996，1～2：1～5.

[12] 於崇文. 云南省个旧锡多金属成矿区内生成矿作用的动力学体系[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1998.

[13] 彭程电. 中国云南省个旧锡矿矿化特征、矿化类型及矿床规模式、矿床成因论[A]. 第八界国际矿床成因协会科学讨论会论文集[C]. 福州：福建科学技术出版社 1991.

[14] 黄廷燃. 个旧原生锡矿典型矿床概论[J]. 云南地质，1984，3(1)：36～47.

[15] 王任重，殷成玉. 云南个旧松树脚锡矿西部成矿地球化学特

维普资讯 http://www.cqvip.com

征及找矿方向[J]. 地质找矿论丛,1988,3(3):1 ~ 11.
[16] 冯贤仁. 个旧含锡花岗岩付矿物类型、成因及其与矿化关系问题[J]. 云南地质, 1982,1(2):129 ~ 133.
[17] 赵一鸣,李大新. 云南个旧锡矿床花岗岩接触带的交代现象[J]. 中国地质科学院院报,1987,16:237 ~ 252.
[18] 魏明秀. 我国个旧夕卡岩型锡矿床的地质 - 地球化学研究[J]. 地球化学,1993(2):146 ~ 154.
[19] 杨世瑜,颜以彬. 云南的锡矿床与花岗岩类在时空分布上的关系[J]. 云南地质,1994,13(2):149 ~ 157.
[20] 谈树成. 个旧锡 - 多金属矿床成矿系列研究[D]. 昆明理工大学博士学位论文. 昆明:昆明理工大学,2004.

SUBMARINE BASIC VOLCANO - SEDIMENTARY Sn - Cu - Zn(Au) DEPOSIT METALLOGENIC SERIES OF THE MIDDLE - LATER INDO - CHINESE EPOCH IN GEJIU TIN DEPOSIT

TAN Shu - cheng[1,2], QIN De - xian[2], ZHAO Xiao - qing[1], LI Jun[2], XIA Ji - sheng[1],
JIANG Shun - de[2], CUI Yin - liang[2], ZHANG Xue - shu[2]
(1. *School of Mineral Resource, Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming* 650091;
2. *Institute of Mineral Resource, Kunming University of Science and Technology, Kunming* 650093)

Abstract: The ore - finding has been guided by the theory of granitic genesis and model for a long time in the Gejiu tin deposit, and remarkable prospecting results were once got. In recent years, theory of non - granitic genesis is paid more and more attention. After summarizing geological and geochemical characteristics at Gejiu, submarine basic volcano - sedimentary Sn - Cu - Zn(Au) deposit series of the medium - later Indo - Chinese epoch is established.

Key words: metallogenic series, submarine basic volcano - sedimentary mineralization, metallogenic prognosis, Gejiu Sn deposit, geological and geochemical characteristic

温家宝主持国务院常务会研究部署加强地质工作

中新网 12 月 28 日电,国务院总理温家宝 2005 年 12 月 28 日主持召开国务院常务会议,研究部署加强地质工作。

会议听取了国土资源部关于加强地质工作意见的汇报。会议认为,地质工作是经济社会发展的先行性、基础性工作。加强地质工作,充分挖掘资源潜力,加大地质和矿产资源勘查力度,提高资源供给能力和保障程度,对于全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化具有重要意义。

会议指出,当前地质工作的主要任务是:突出能源矿产勘查,重点加强主要含油气盆地勘查,加快大型煤炭基地普查,努力增加可采储量;加强非能源重要矿产勘查,加快危机矿山、现有油气田和资源枯竭城市接替资源勘查,大力推进深部和外围找矿工作,形成一批重要资源基地;进一步提高基础地质调查程度,强化地质灾害和地质环境调查监测,加快地质工作现代化步伐。为了适应形势和任务的需要,会议要求进一步做好几个方面的工作:一是深化地质工作体制机制改革。二是加大政策支持力度。三是增强地质科技创新能力。四是提高地质工作管理水平。