

岩石·矿物

皖南浙西热水成因硅岩的含矿性探讨

赵国连^{1,2,3}

(1. 中国地质科学院地质力学所, 北京 100081; 2. 塔里木博士后工作站, 库尔勒 841000;
3. 北京大学博士后工作站, 北京 100029)

[摘 要] 皖南浙西分布着一条硅质岩带, 时代为晚震旦世的皮园村组及早寒武世的荷塘组。这套硅岩已经得到了一定程度的研究, 研究内容主要集中于硅岩的岩石学、环境类型、物质来源, 近年来关于硅岩带作为金矿源层及金矿直接产层引起了人们的关注。研究区硅岩的地球化学、环境与物源的探讨都揭示了其作为热水成因的特点。笔者在积累前人资料的基础上, 揭示了金矿源及其在附近寻找接触热液型的金矿床的可能性。本区硅岩作为矿源层或矿层, 属于层控型, 由当时海底热液喷流成岩作用和地下水热液成矿作用形成。

[关键词] 皖南浙西硅岩 热水成因 矿源层 层控型

[中图分类号] P584 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2008)01-0055-07

0 引言

在皖南浙西地区, 关于晚震旦世的皮园村组及早寒武世的荷塘组中的泥岩硅岩带的岩石学、环境类型、物质来源已经取得了一些成果(赵国连, 1999)^[1]。近年来硅岩作为金矿源层及金矿直接产层引起了人们的关注, 应汉龙(2000)认为含金硅质岩是云南墨江金矿床的主要围岩之一, 具有沉积结构构造, 含热水沉积矿物^[2,3]; 周永章(1994)认为粤西河台金矿田的矿源层包括了热水沉积硅岩^[4]; 刘家军等(2000)研究了西秦岭寒武系硅岩建造中金矿床成矿物质来源^[5]。本区硅岩经研究, 其含金量比一般的石英岩、石英脉都要高, 是非常有前途的矿源层。本文主要从岩石学、地球化学、成矿作用的过程研究硅岩作为矿源层的可能性。

1 硅岩的岩石学特征

1.1 剖面类型

硅岩从颜色、结构、构造、物质组成等在空间的分布特征, 可以分为三种剖面类型:

开化型剖面——层位属下寒武系荷塘组, 底部出现磷结核, 以灰黑色中层状泥质硅岩为主, 剖面夹有较厚的石煤, 黄铁矿含量丰富; 兰田型剖面——层位属上震旦系皮园村组, 黑色与灰色硅岩层交互出

现, 由底向上由厚层状-中层状-中薄层状变化, 顶部薄层硅岩中夹泥岩, 与含磷结核的寒武统的底部呈假整合接触; 临安型——层位属上震旦系皮园村组, 以黑色中层状构造硅岩为主, 中上部夹石煤层, 顶部见薄层硅岩。

1.2 岩石矿物组成

硅岩中的微晶石英含量达到 50%~60%, 其余为非晶质的杂质及超显微晶石英, 杂质可能为一些有机质, 含量 5%~8%。

据光学显微镜、扫描电镜分析, 硅岩的主矿物是微晶石英的各种变体, 大致可以分为以下几类: 粒状自形-半自形微晶石英, 粒状自形者晶形大小为 0.0025mm~0.05mm, 呈六方双锥晶形、柱状及葡萄粒状晶形和粒状晶形, 也有粒状石英集合体组成放射虫壳体; 纤维状微晶石英, 即玉髓——在空洞、晶洞、裂隙中呈球形集合体产出, 单偏光下呈淡黄色; 它石英组成的棉絮状集合体、草莓状集合体及致密块状集合体, 一般都无晶形。

泥质硅岩、硅质泥岩、泥岩中的石英主要是碎屑石英, 可能是火山晶屑。硅岩、泥岩中的自生矿物主要有磷结核、磷灰石、各种硫化物及少量重晶石和白云石等。

本区荷塘组中常见黄铁矿, 如开化剖面上可占泥岩总量的 10%~20%, 临安剖面的中部开始发育

[收稿日期] 2006-12-18; [修订日期] 2007-03-14。

[第一作者简介] 赵国连(1964年—), 男, 2000年毕业于中国科学院地质与地球物理研究所, 获博士学位, 现主要从事沉积地球化学研究, 副研究员。

呈菱铁矿假象的黄铁矿。

1.3 结构构造类型

硅岩的主要结构类型有以下几种：

纤维状微晶结构—由纤维状、放射状的玉髓组成,以上震旦皮园村组偶见；泥晶结构—微晶石英的含量少于 20%,一般发育于荷塘组；放射虫结构—本地区各个剖面见到由放射虫的硅质骨骼经重结晶保存下来的大致呈五边形的轮廓结构；菌藻结构—据唐世荣等人报道,上扬子晚震旦世至早寒武世地层中,藻类生物痕迹发育^[6,7]。

硅岩的构造比较简单,以条带状构造、层状构造及块状构造为主：

条带状构造—黑色条带与白色条带构成的韵律层,白色条带以微晶石英组成,单层宽 2~5mm,在兰田剖面地层中常见,也见于临安顺溪剖面,但条带变窄；纹层状构造—仍以黑色条纹相间构造为主,条带宽度变化较大,且黑色条纹间有渐变现象。

块状构造—较普遍发育于兰田剖面。

2 硅岩的热液沉积特征

2.1 主量元素

主量元素的含量情况见表 1。

Si的含量高,Al、Ti低,是热水成因沉积作用的特点^[5]。

SiO₂含量高,凡野外定名为硅岩者, SiO₂ 都在 93%以上;泥岩的 SiO₂ 也在 75%左右,基本上为泥质硅岩或硅质泥岩,虽然有的岩石 SiO₂ 未达到 75%,但考虑本区泥岩实际情况而仍称之为泥质硅岩。

本区硅岩的 CaO 含量较低 (0.02~0.31), Al₂O₃ 与 SiO₂ 呈负相关性。

Al/Ti一般被当作陆源组分, Mn/Fe 被当作热水端员^[4];其中 Mn含量高的沉积物被当作深海沉积物,反之被当作是大陆边缘沉积物。

据 Al/(Fe+Mn+Al) < 0.21 被当作典型的热液沉积硅岩,本区硅岩即落在此范围内。

2.2 微量元素

微量元素的数据分析情况见表 2。

本区泥岩比硅岩除 CO、Ni、Cu、Pb 外,其余元素 Rb、Sr、Ba、Sn、Y、Cr、Au 都比地壳元素丰度要高;与地壳丰度值相比,无论是泥岩还是硅岩都富集 Au、Ba,金的富集系数达 696~1276,钡的富集系数 1.08~9.98。

总之,硅岩泥岩建造相对富集金元素及其他金属元素,如庄村泥岩达 5.46 × 10⁻⁶,硅岩泥岩建造

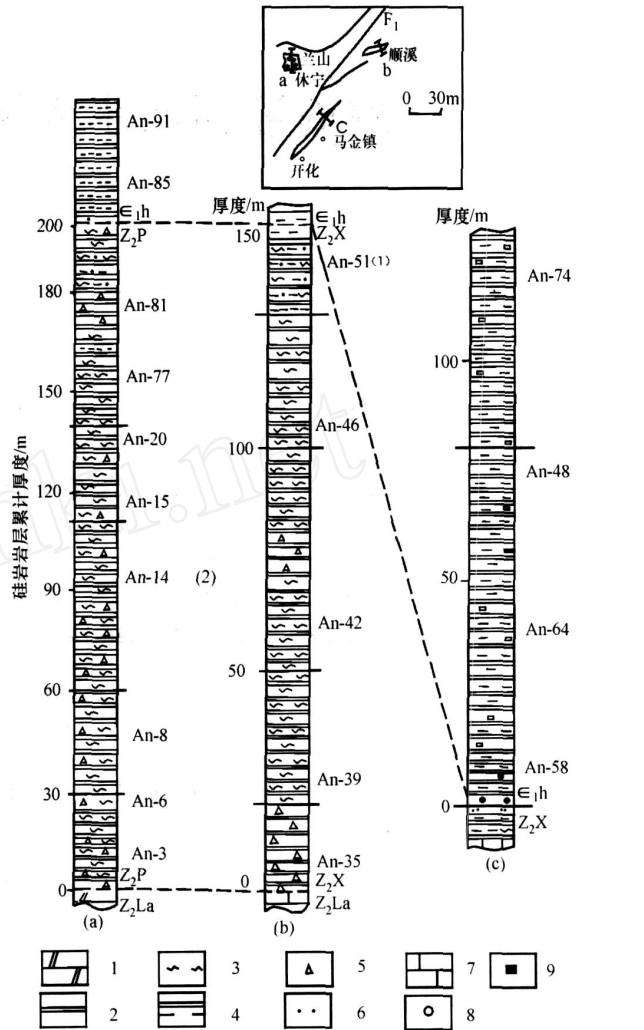


图 1 研究区硅岩的主要剖面类型及取样位置
1—白云岩;2—硅岩;3—条带状构造硅岩;4—硅质泥岩;5—块状构造硅岩;6—长石石英砂岩;7—灰岩;8—磷结核;9—黄铁矿;Z₂LU—上震旦统兰田组;Z₂P—上震旦统皮园村组;ε₁h—下寒武统荷塘组;Z₂X—上震旦统西溪寺组

中的金含量大大高于地壳平均丰度。

从表 2 中可以看出,金与铬和钡有类似的剖面间分布特点以及相类似的地化行为。

开化剖面泥岩中元素富集不明显,石煤层发育,可见还原程度过高妨碍了生物对元素的吸收。

本区的样品 Co/Ni 比大多在 0.05~0.28, Toth 认为,富 Ni 贫 Co 是热水硅沉积物的特点。热水来源的 SiO₂ 对纯硅岩的意义较大^[4,7]。

Ba 元素的含量比较高,最低的 82 × 10⁻⁶,最高的 6000 × 10⁻⁶,一般 Ba 来自深部并溶解于海水中,但兰田硅岩的 Ba 含量却不高,原因在于兰田硅岩是热水成因,且沉积速率快而 Ba 吸收不充分。

U/Th 比大于 1,属于热水沉积^[4,7]。

2.3 稀土元素

硅岩的稀土元素含量和特征参数见表 3。

$\sum \text{REE}$ 变化于 3.38 ~ 21.07ppm 间, $\sum \text{L} / \sum \text{H}$

在 1.24 ~ 3.86之间, δCe 在 0.19 ~ 0.85之间,硅岩稀土总量不高,有重稀土元素富集的现象。纯硅岩的 Ce有一定的分异,呈现 Ce亏损。

表 1 皖南浙西硅岩主元素含量表

$\omega_{\text{B}} / \%$

位置	样品号	层位	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	挥发份
兰田剖面	An3	Z2P	硅岩	96.76	0.04	0.32	1.10	0	0.15	0.01	0.21	0.06	0	0.01	0.24	0.39	0.59
	An - 6	Z2P	硅岩	96.62	0.05	0.34	0.88	0	0.13	0	0.72	0.05	0	0.01	0.09	0.09	0.41
	An - 8	Z2P	硅岩	96.36	0.04	0.31	0.82	0	0.12	0	0.51	0.05	0.17	0.02	0.41	0.21	0.43
	An - 14	Z2P	硅岩	96.51	0.04	0.46	0.78	0	0.11	0	0.87	0.02	0	0	0.32	0.36	0.45
	An - 15	Z2P	硅岩	96.94	0.05	0.55	0.57	0	0.09	0	0.08	0.11	0	0.01	0.29	0.19	0.48
	An - 20	Z2P	硅岩	95.83	0.06	1.17	0.82	0	0.09	0	0.29	0.26	0.59	0.01	0.35	0.22	
	An - 77	Z2P	硅岩	96.35	0.04	0.37	0.97	0	0.15	0	0.47	0.03	0	0.03	0.04	1.20	
	An - 81	Z2P	硅岩	93.93	0.07	1.04	0.92	0	0.13	0	0.71	0.32	0	0.01	0.27	2.66	
	An - 85	Z2P	硅岩	87.85	0.12	1.94	0.79	0.29	0.07	0.1	0.33	0.74	0	0.03	0.49	0.28	6.03
	An - 91	1	泥岩	74.43	0.27	4.87	1.08	0.83	0.02	0	1.23	1.33	0	0.07	1.54	0.58	13.86
顺溪剖面	An - 35	Z2X	硅岩	95.83	0.07	0.86	0.47	0.58	0.09	0	0.80	0.23	0	0.06	0.26	0.04	0.43
	An - 39	Z2x	硅岩	92.87	0.09	1.66	0.84	0.22	0.10	0.31	1.75	0.53	0.43	0.08	0.51	0.72	
	An - 42	Z2x	硅岩	97.96	0.03	0.21	0.76	0	0.13	0	0.48	0.04	0.04	0.01	0.05	0.31	
	An - 46	Z2x	硅岩	97.71	0.04	0.28	0.38	0.20	0.08	0	0.85	0.06	0	0.01	0.18	0.09	
	An - 51	1h	泥岩	94.75	0.06	0.88	0.93	0.34	0.15	0.10	0.60	0.22	0.12	0.17	0.04	0.11	1.07
庄村剖面	An - 23	Z2P	硅岩	98.35	0.03	0.28	0.43	0	0.08	0	0.27	0.06	0.17	0.01	0.04	0.29	
	An - 28	Z2P	硅岩	93.79	0.10	1.31	0.88	1.43	0.09	0	1.00	0.23	0	0.05	0.41	0.11	0.63
	An - 30	1h	硅岩	67.57	0.58	15.89	0.67	0.97	0.03	0	2.32	6.43	0	0.03	2.43	0.37	2.33
开化剖面	An - 58	1h	泥岩	79.04	0.50	8.81	0.62	1.67	0.03	0	2.21	2.86	0	0.12	2.17	0.21	1.49
	An - 64	1h	泥岩	81.72	0.11	1.84	0.44	1.02	0.12	0.02	1.62	0.75	0	0.03	0.34	0.43	11.97
	An - 68	1h	泥岩	76.38	0.35	7.14	0.76	1.07	0.05	0	2.66	3.81	0	0.06	1.19	0.70	5.37
	An - 74	1h	泥岩	75.85	0.37	8.07	0.77	0.97	0.03	0	2.14	4.48	0	0.03	1.16	0.23	5.18

(本次全部样品由中国科学院地质与地科物理所中心实验室于 1997年完成,下同)。

表 2 研究区硅岩微量元素分析成果表

$\omega_{\text{B}} / 10^{-6}$

剖面位置	样品号	层位	岩性	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr
兰田剖面	An - 3	Z2P	硅岩	43.652	40.625	4.8950	16.146	38.57	12.711	2.6204	5.6233
	An - 6	Z2P	硅岩	64.647	52.786	4.0475	16.774	41.434	16.727	2.4594	4.3825
	An - 8	Z2P	硅岩	21.844	22.554	2.2991	11.072	47.221	6.7634	1.7618	10.232
	An14	Z2P	硅岩	22.863	30.394	3.3699	22.373	38.450	17.500	1.1526	7.6672
	An15	Z2P	硅岩	19.222	22.252	2.5327	19.369	36.729	9.779	4.3264	5.9256
	An20	Z2P	硅岩	45.378	34.212	3.1603	13.883	32.433	13.611	8.7363	5.5255
	An - 77	Z2P	硅岩	23.873	34.624	4.841	19.325	41.952	6.541	1.5547	8.9261
	An - 81	Z2P	硅岩	75.913	44.659	3.2724	18.566	26.413	13.612	9.622	4.9305
	An - 85	Z2P	硅岩	191.83	164.37	4.7075	64.447	39.809	70.749	16.366	30.180
	An - 91	1h	泥岩	2421.6	81.022	8.8692	345.80	107.30	27.954	63.207	9.5633
顺溪剖面	An - 35	Z2x	硅岩	34.113	31.791	2.0896	14.883	43.823	13.336	7.1952	5.6443
	An - 39	Z2x	硅岩	49.277	42.141	5.5129	49.528	47.319	66.574	11.891	21.072
	An - 42	Z2x	硅岩	5.7085	7.8120	6.2829	8.9967	20.379	6.2993	0.8095	3.9095
	An - 46	Z2x	硅岩	14.304	22.111	2.2804	18.903	29.774	21.663	1.9573	2.0309
	An - 51	1h	泥岩	59.762	37.762	3.6768	20.594	38.975	14.216	4.1819	21.18
庄村剖面	An - 23	Z2P	硅岩	15.317	15.780	1.1680	12.385	17.427	34.649	2.0208	2.2267
	An - 28	Z2P	硅岩	129.29	133.14	2.2668	30.851	218.95	27.372	8.2152	35.016
	An - 30	1h	泥岩	134.89	120.06	3.1692	21.886	33.466	102.98	209.57	33.50
开化剖面	An - 58	1h	泥岩	84.469	85.696	6.1353	30.359	23.759	18.683	108.67	17.32
	An - 64	1h	泥岩	115.13	16.874	4.02	53.962	32.921	59.309	11.739	7.0571
	An - 68	1h	泥岩	393.00	66.955	7.6374	82.385	84.878	21.05	88.602	22.841
	An - 74	1h	泥岩	232.27	70.542	9.015	65.48	64.114	44.058	95.537	32.622

续表 2

剖面名称	样品号	Zr	Nb	Sn	Cs	Ba	Hf	Ta	Pb	Th	U
兰田剖面	An - 3	18.915	0.32253	2.3969	0.62816	82.001	0.29477	0	2.764	0.54878	5.958
	An - 6	27.595	0.38167	1.9642	0.72963	169.78	0.48145	0	2.6395	0.69014	5.5088
	An - 8	7.2925	0.35026	1.4471	0.34641	1114.7	0.14334	0	0.98441	0.43619	3.6168
	An14	11.218	0.28716	1.7926	0.60144	1721.6	0.14869	0.01141	1.4111	0.26773	4.5823
	An15	6.9346	0.33183	1.3329	1.1616	550.91	0.26086	0	1.5177	0.61011	1.6077
	An20	14.239	0.66612	1.5164	0.96562	305.72	0.2041	0.03212	3.4687	0.97619	2.2974
	An - 77	8.3759	0.46919	2.3481	0.4899	1149.6	0.11943	0.044	2.1914	0.58784	2.1557
	An - 81	15.552	0.6699	1.8208	1.0591	460.56	0.3234	0.0106	6.0883	1.4059	1.7084
	An - 85	43.729	3.4118	1.4161	1.4639	6638.4	0.77379	0.23428	7.8866	2.6692	4.4960
	An - 91	74.113	7.9539	1.2296	3.8055	1020.4	1.2026	0.51864	16.639	5.1193	25.422
顺溪剖面	An - 35	15.036	0.78185	1.2827	0.32655	439.63	0.22299	0.01946	3.5847	1.0232	2.7630
	An - 39	21.056	1.0365	1.3850	0.53966	1487.0	0.30331	0.01252	6.1843	1.1997	2.5665
	An - 42	2.7798	0.37261	1.6560	0.06572	799.21	0.16523	0.03683	2.4576	0.26544	0.7226
	An - 46	30.08	0.37493	1.2289	0.15857	100.01	0.62915	0	2.7016	0.34674	5.3582
	An - 51	13.491	0.85661	2.1761	0.2087	3542.9	0.11716	0.12505	6.4816	0.90514	12.004
	An - 23	5.3379	0.30769	1.0803	0.10633	191.85	0.05784	0	0.10844	0.33753	0.75444
庄村剖面	An - 28	53.494	1.7132	1.5819	0.57225	449.13	0.80485	0.03501	7.9903	1.9420	15.184
	An - 30	108.35	13.739	3.5578	6.1930	6485.5	2.4531	0.61884	15.967	11.029	4.8525
	An - 58	101.81	12.325	2.7096	6.4241	1028.8	2.2924	0.98801	8.369	6.3024	1.2407
开化剖面	An - 64	11.301	2.0585	1.9193	0.4405	1554.6	0.333249	0.15994	7.375	1.4563	49.37
	An - 68	66.679	8.9007	2.4494	3.7985	3641.3	1.8725	0.65869	12.429	7.3982	12.462
	An - 74	82.735	12.406	2.8926	3.1352	6605.6	2.0223	0.71612	16.136	8.7592	11.325

表 3 研究区硅岩页岩稀土元素分析成果表

$\omega_B / 10^{-6}$

	样品号	层位	岩性	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm
兰田剖面	An - 3	Z2P	硅岩	9.0984	3.2856	6.3578	0.77999	3.3551	0.57358
	An - 6	Z2P	硅岩	13.53	3.7678	6.8445	0.85948	3.3822	0.54995
	An - 8	Z2P	硅岩	6.5774	1.9114	3.6589	0.41923	1.9034	0.56202
	An - 14	Z2P	硅岩	2.4850	2.6166	0.80016	0.08733	0.42815	0.10654
	An - 20	Z2P	硅岩	5.0434	5.3180	8.0678	1.0220	3.6996	0.56236
	An - 77	Z2P	硅岩	5.0098	2.1993	3.1224	0.42302	1.8700	0.54517
	An - 81	Z2P	硅岩	4.5861	9.4303	18.045	2.3719	8.1414	0.56162
	An - 85	Z2P	硅岩	17.204	21.301	25.015	3.8135	14.190	2.2378
	An - 91	1h	泥岩	16.540	7.1183	8.2249	1.0013	3.3483	0.86014
	An - 35	Z2x	硅岩	3.9531	3.9886	4.3956	0.68126	2.4646	0.56022
顺溪剖面	An - 42	Z2x	硅岩	1.1974	0.88267	1.0593	0.11161	0.5444	0.11836
	An - 46	Z2x	硅岩	13.819	1.1129	2.0769	0.26483	1.6059	0.53527
	An - 51 -	1h	硅岩	27.583	11.956	13.582	2.511	1.709	3.2918
	An - 58	1h	泥岩	11.239	5.5755	8.729	1.3537	6.126	1.7821
开化剖面	An - 64	1h	泥岩	8.0055	7.9922	10.548	1.1078	3.5308	0.57369
	An - 68	1h	泥岩	18.430	24.779	42.894	4.8214	15.54	3.5590
	An - 74	1h	泥岩	14.879	32.982	48.479	5.6932	19.27	4.6527

不同成因的硅质岩的稀土元素含量及特征不同,热水成因的深海硅质岩具有 Ce 负异常,δCe 平均值为 0.29,非热水成因的浅水陆源沉积具有正 Ce 异常。

正铈异常是热水成因硅岩的特征,本区硅岩大部份呈正铈异常^[4]。

热水硅岩的上述特征,主要是因为海水先下渗而后上升,热水沉积物基本上保持了海水的特点,即

ΣREE 总量低,而 Ce 亏损,是由于(近)热水喷口的快速沉积作用造成^[1,4]。

热水沉积物 ΣREE 北美页岩标准化模式图上表现为 Ce 负异常,曲线左倾。本区硅岩的北美页岩标准化具此特征。

2.4 铈同位素地球化学

为了研究硅岩成岩作用的年代及地层年代,特别对铈同位素进行了测定,并做出了相关的等时线。

从该区采集到的硅岩样品中选取 6个硅岩样品进行 Rb, Sr同位素分析 (见表 4)结果表明,硅岩的 Rb含量为 $0.0727 \times 10^{-6} \sim 7.781 \times 10^{-6}$ 、平均值为 2.73×10^{-6} , Sr含量为 $3.231 \sim 6.247 \times 10^{-6}$ 、平均值为 4.7×10^{-6} , Rb/Sr值为 $0.12 \sim 1.89$ 、平均 0.64 ;在⁸⁷

Sr/⁸⁶ Sr - ⁸⁷ Rb/⁸⁶ Sr等时线图上, 6个硅岩样品点基本位于同一条直线, 相关系数 $\gamma = 0.998209$, 呈极显著相关, 硅岩的 $\{^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}\}_i = 0.711505$, 表明形成硅岩的物质来源以热水来源和火山来源为主。

续表 3

剖面位置	样品号	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	La/Yb
兰田剖面	An - 3	0.19844	0.799231	0.14039	0.89214	0.20701	0.61852	0.11200	0.91380	0.0805	3.595
	An - 6	0.18385	0.813142	0.13492	1.0015	0.30890	1.0182	0.13623	0.99550	0.17376	3.78
	An - 8	0.23397	0.695077	0.11260	0.80008	0.18946	0.5557	0.06300	0.46424	0.07941	4.1
	An - 14	0.25335	0.248777	0.01758	0.28080	0.06540	0.17839	0.03731	0.41445	0.07272	6.3
	An - 20	0.12109	0.42999	0.08434	0.61582	0.14384	0.44787	0.07010	0.41205	0.11310	12.9
	An - 77	0.23317	0.641147	0.13374	0.61642	0.11870	0.37960	0.04762	0.42932	0.07229	5.1
	An - 81	0.20530	0.53538	0.07904	0.45881	0.15139	0.55429	0.09525	0.61625	0.11551	15.3
	An - 85	1.1447	2.03345	0.25009	1.7159	0.40337	1.4005	0.22526	1.8753	0.31198	11.0
	An - 91	0.28447	0.92367	0.22127	1.6459	0.37668	1.4491	0.24900	1.4408	0.23976	4.9
顺溪剖面	An - 35	0.16514	0.439474	0.07398	0.51087	0.10322	0.28977	0.06691	0.50826	0.09378	7.8
	An - 42	0.04969	0.11479	0.03200	0.15975	0.04178	0.16782	0.03793	0.079	0.01518	11.0
	An - 46	0.16779	0.771677	0.14391	1.2433	0.28426	0.92254	0.14828	0.9893	0.14937	1.1
	An - 51 -	1.1659	3.385499	0.64884	3.6538	0.76317	1.9746	0.27532	1.423	0.27311	8.4
开化剖面	An - 58	0.40559	1.36423	0.27568	1.7527	0.41858	1.2872	0.22741	1.4711	0.18929	3.79
	An - 64	0.28644	0.62194	0.11933	0.79774	0.22059	0.80627	0.08561	0.38904	0.05191	20.54
	An - 68	1.0898	3.65216	0.49143	2.7637	0.60670	1.5572	0.25415	1.8649	0.24581	13.0
	An - 74	1.6349	3.32998	0.55950	2.5453	0.51042	1.1914	0.25603	1.0383	0.30389	31.7

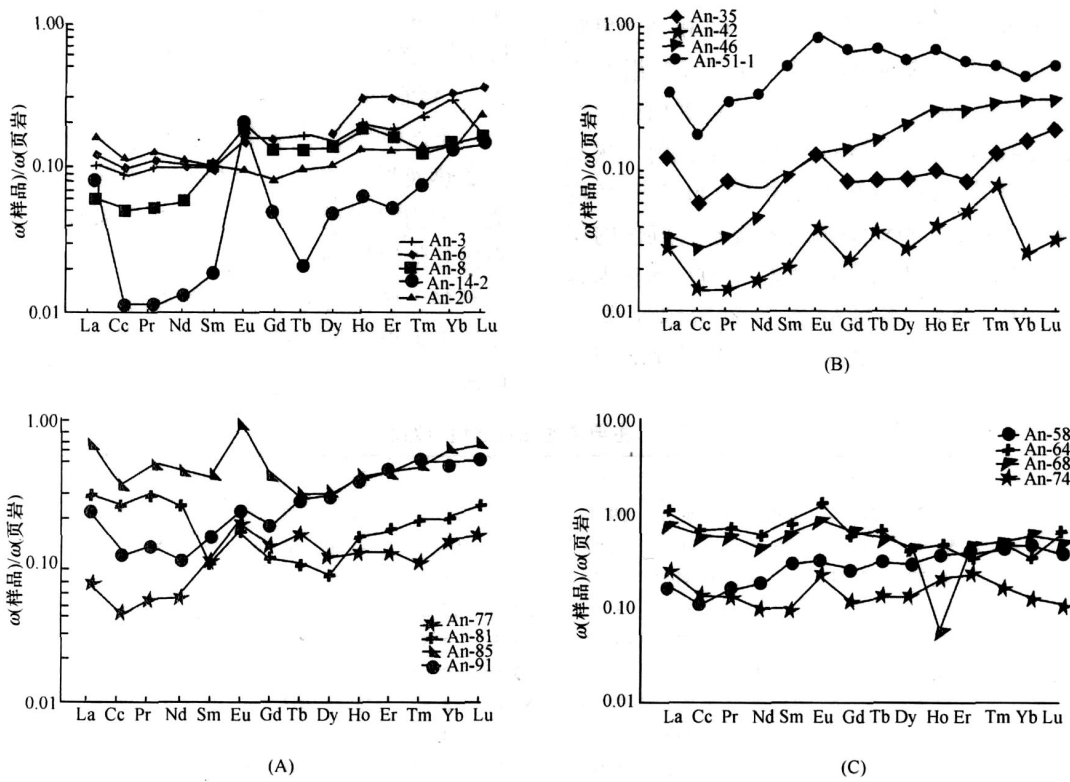


图 2 皖南浙西硅岩稀土元素配分模式图
A. 兰田剖面; B. 顺溪剖面; C. 开化剖面

表 4 锶同位素分析成果表 (兰田剖面)

样品号	层位	采样地点	Rb(10^{-6})	Sr(10^{-6})	Rb/Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
An - 3	Z2P	兰田	1.661	4.67	0.36	1.03963	0.71716
An - 6	Z2P	兰田	1.732	3.231	0.536	1.55015	0.721728
An - 14 - 2	Z2P	兰田	0.727	5.968	0.12	0.35202	0.714212
An - 15 - 1	Z2P	兰田	3.447	4.393	0.78	2.2696	0.724659
An - 20	Z2P	兰田	7.781	4.107	1.89	5.49208	0.746545
An - 77		兰田	1.036	6.247	0.16	0.479319	0.714132

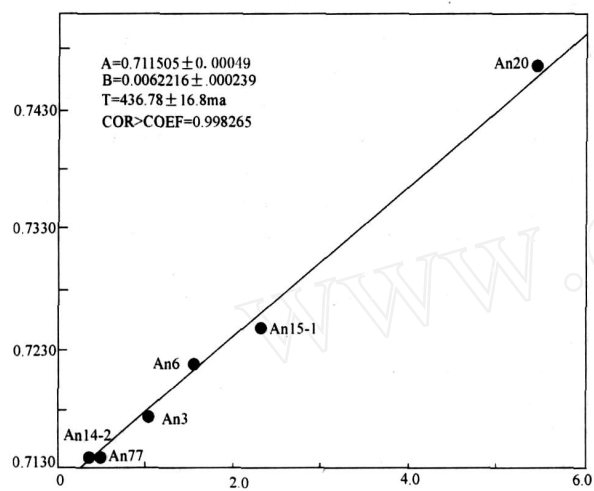


图 3 硅岩兰田剖面硅岩的 Rb - Sr全岩等时线图

同时求得同位素年龄为 4.36 亿年 (相当于奥陶世末),与硅岩所在的地层晚震旦统皮园村组的年龄 (6~5.7 亿年)相距甚远,说明本区在沉积成岩作用之后,又经过了后期重结晶,其影响远比前一次要深远。据唐世荣,陆壳风化壳提供的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 平均初始比为 0.720 ± 0.005 ;海相碳酸盐岩石风化的初始锶比为 0.708 ± 0.001 ;海水锶为 0.709;热水来源为 $0.739 \sim 0.7183$ 。本区硅岩的初始锶比值为 0.7115,接近热水来源的范围,而与其他类型的初始

锶比值相差较大。表 4 中,6 个样品 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值的平均值为 0.72307,落入热水来源的范围^[7]。

3 硅岩的含矿性及金矿成因

3.1 硅岩含矿性与地壳元素丰度值比较

本区硅岩金含量与云南墨江地区热水硅岩含金量相近^[2,3]。

在兰田硅岩样品中,观察到正方形黄铁矿晶体,其特征清楚,于底部少见,越往上硅岩中黄铁矿晶体越多;至泥岩层,黄铁矿晶体含量增多,黄铁矿易赋存金,含金量最高的是庄村的泥岩,达 5.49×10^{-6} ;其余硅岩样品的金含量达 3×10^{-6} 。

本区样品的微量元素 Sr , Ba , Sn , Y 平均值比云南墨江金矿区含矿石英脉与含矿硅质岩高, Rb , Cr , Ni 比无矿石英脉高、但比含矿硅岩及石英脉低, Co , Pb 都比含矿单元与非含矿单元低。

3.2 硅岩的金矿成因

本区硅岩作为矿源层或矿层,属于层控型,由海底热液喷流成岩作用和地下水热液成矿作用形成。王驹 (1991) 用实验研究寒武系硅岩的金浸出率比其他地层高^[6],大于 300 时硅岩建造中有有机质和黏土矿物的金萃取率会大大提高,而酸碱度变化时效果更明显;本区硅岩含金的丰度很高,是主要矿源。

表 5 主要微量元素比值对照表

样品	Rb	Sr	Ba	Sn	Y	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
维氏地壳丰度	150	340	650	2.5	29	83	18	47	47	16	83	0.0043	
含金石英岩 (6) *	51.96	7.91	36.94	1.30	0.70	1685.7	101.37	2224.79	32.06	18.71	35.06	0.41	5.66
含金石英脉 (4) *	58.77	5.34	16.16	0.94	1.07	129.24	8.02	55.79	25.17	9.87	16.31	1.71	1.24
无矿石英脉 (5) *	26.41	28.13	82.15	1.37	8.1	27	15.2	12.87	35.82	13.17	41.75	0.02	0.34
本区平均	30.09	13.5	1797.2	1.87	10.54	53.5	4.3	43.54	10.86	6.15	28.45	3.8(11)	
兰田硅岩 (9)	5.39	9.2	1355.05	1.78	7.05	49.6	3.69	22.44	38.1	3.2	18.7	3.74	
兰田泥岩 (1)	107.3	9.56	1020.4	1.22	7.11	81.0	8.87	345.8	107.3	16.6	27.95	3.74	
顺溪硅岩 (4)	5.25	8.16	706.25	1.389	1.99	25.96	4.04	23.08	35.3	3.7	26.97	4.63	
顺溪泥岩 (1)	4.18	21.18	3542.9	2.176	11.96	37.76	3.67	20.594	38.975	6.48	14.22	4.19	
庄村硅岩 (2)	5.1	18.6	320.49	1.33		74.45	1.7	21.6	118.2	4.0	31		
庄村泥岩 (1)	209.57	108.35	6485.5	3.5578		120.06	3.1	21.89	33.47	15.967	102.98	5.49	
开化泥岩 (4)	76.14	65.63	3207.6	2.49	17.8	60.02	4.7	63.68	51.4	11	35.78	2.99	

* 据应汉龙 (2000 年), 括号内为样品数。

表 6 皖南浙西硅岩的含矿量表

$\omega_B / 10^{-6}$

样号	An - 3	An - 15	An - 81	An - 85	An - 91	An - 30	An - 39	An - 51 - 2	An - 58	An - 64	An - 68
地点	兰田	兰田	兰田	兰田	兰田	庄村	顺溪	顺溪	开化	开化	开化
岩性	硅岩	硅岩	硅岩	硅岩	泥岩	泥岩	硅岩	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩
Au含量	3.95	3.27	3.55	4.19	3.74	5.49	4.63	4.19	3.05	2.49	3.44

金的成矿过程包括了淋滤作用与扩散作用^[8,9]。硅岩发育在还原环境中,其中 HS^- , S^{2-} 都可使金形成络合物,与海水、大气水一起参加成岩作用,这些金溶解于同生水中。

在沉积埋藏过程中,沉积物孔隙水中细菌分解硫酸盐产生 H_2S 或 HS^- ,并与孔隙水的 Fe^{2+} 结合成 FeS ,某些草莓状黄铁矿是早期成岩作用产物,释放的含矿孔隙水向上运移使金离解出来,金则在孔隙、粒间缝、同生成因的黄铁矿晶格及晶体缺陷内赋存。

本区硅岩具有喷流作用的特点。本区附近有大断裂通过,在喷口以下形成成矿流体补给系统(热液通道)和其上的海底热水化学沉积系统,在补给系统中产生典型的内生-后生热液矿化^[10,11]。

喷出海底的热液可形成海底喷流的层控矿床。喷流岩是热水化学沉积,包括硅岩、重晶石岩、电石英、毒重石以及碳酸盐岩及铁锰氧化物和贱金属硫化物堆体。通常硫化物在下而铁锰质在上。海底卸载堆积机制形成近源喷流矿床^[12,13]。

就本区情况而言,金含量与岩性有关,典型硅岩的金含量值较高。另外,从本区硅岩成岩年龄与地层年龄相差很大推断,加里东运动很可能影响硅岩的矿物质后期的迁移。

4 结论

区内硅岩从主量元素、微量元素、稀土元素来看,都具有热水成因的特点,锶同位素也证明了这一点。

区内硅岩、泥岩在多组微量元素、贵金属元素上都显示出了较高的含量。

区内硅岩作为矿源层及含矿层应值得重视。如在后期的岩体边缘寻找接触型金矿床及层控型金矿床,应很有前途。

[参考文献]

[1] 赵国连.生物作用在硅岩的聚集沉淀中的意义,以皖南浙西的硅岩为例[J].沉积学报,1999,17(1):30-37.

[2] 应汉龙,蔡新平,刘秉光.云南墨江金矿床成矿作用探讨[J].地球化学,2000,28(1):1-8

[3] 李元.墨江金矿床的成矿物质来源探讨[J].云南地质,1992,1992,11(2):130-143

[4] 周永章,涂光炽,Edward H. Chown, Jayanta Guha,卢焕章.粤西古水剖面震旦系剖面顶部层状硅岩的热水成因属性:岩石学和地球化学证据[J].沉积学报,1994,12(3):1-11.

[5] 刘家军,郑明华,刘建明,等.西秦岭寒武系硅岩建造中金矿床成矿物质来源研究[J].矿床地质,1997,16(4):330-339.

[6] 李任伟.扬子地台早古生代沉积有机质的聚集、热演化及成矿作用研究[A].叶连俊主编.生物成矿作用研究[M].北京:海洋出版社,1993.65-83

[7] 唐世荣.上扬子晚震旦世硅岩岩石学与地球化学研究[D].中国科学院地质研究所博士论文.

[8] 汪东坡.沉积喷流作用与金矿化的关系.地质与勘探,1999,35(1):1-5

[9] 谢世业,陈大经,李毅.桂西北热水沉积型金矿系列、找矿标志及找矿前景[J].地质与勘探,2006,42(3):32-50.

[10] Rona, P. R. Hydrothermal mineralization at seafloor spreading centers[J], Earth Sci Rev, 1984,20:1-104

[11] Helgeson, H. C. Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperatures and pressures[J], Am. J. Sci, 1969, 267: 729-804

[12] 郑明华.喷流型与浊积型层控金矿床[M].成都:四川科学技术出版社,1994:23-31.

[13] 朱上庆,郑明华.层控矿床学[M].北京:地质出版社.1991.

ORE POTENTIAL IY OF HYDROTHERMAL CHERT FROM SOUTHERN ANHUI TO WESTERN ZHEJIANG

ZHAO Guo - lian^{1,2,3}

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081;

2. Postdoctor Station, Tarim Oil field, Kuerle 841000; 3. Postdoctor Station, Beijing University, Beijing 100029)

Abstract:A chert belt occurs from western Zhejiang to southern Anhui, and belongs to early Cambrian Hetang Formation and late Sinian Piyuncun Formation. Some studies have been done on chert including petrology, sedimentary environment and material sources. Recently, more attention has been paid to chert because chert belt can be as gold source bed or gold-bearing strata. Geochemistry, sedimentary environment and material sources of chert from western Zhejiang to southern Anhui all proclaimed that chert is hydrothermal origin. Potentiality to find hydrothermal gold deposit in the chert belt is discussed.

Key words: chert, western Zhejiang and southern Anhui, hydrothermal, source bed, stratigraphy type