藏南硅质岩地质地球化学特征及其成矿效应①

何俊国, 周永章, 杨志军, 张澄博, 付　伟
(中山大学地球科学系/地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275)

摘　要: 西藏南部地区广泛发育中、新生代硅质岩, 具有层状构造、纹理状构造、块状构造和角砾状等典型古热水沉积构造, 其 Al/(Al+Fe+Mn) 比值、Co/Ni 比值、Fe/Ti 比值、氧同位素以及 TiO_2-Al_2O_3 图解等地球化学特征显示为热水成因。藏南沉积硅质岩与锑、金多金属等矿化关系密切, 成矿流体和热水流体有很强的相关性。

关键词: 地质地球化学特征; 热水成因; 成矿效应; 藏南
中图分类号: P588.244　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1001-5663(2004)05-0405-05

硅质岩对于揭示区域地质演化背景以及反映区域动力学演变特征具有重要的指导意义。雅鲁藏布江缝合带和藏南地区广泛发育中生代、新生代硅质岩, 是研究区域古生代以来沉积演化特征的重要地层单元, 对研究追索特提斯洋的发育和消亡以及雅鲁藏布江缝合带的形成演化具有重要意义。由于条件所限, 藏南地区地质研究程度不高, 对硅质岩的研究更是甚少, 因此, 很有必要对该区域硅质岩建造进行深入研究。

1　硅质岩的地质特征

藏南硅质岩主要可分为两类: 蛇绿岩套硅质岩和非蛇绿岩套硅质岩, 其中蛇绿岩套硅质岩分布于雅鲁藏布江缝合带沉积序列中, 东西延伸 1000km 以上, 厚度由数十米至几百米, 分别由深浅不同的灰、绿、红和紫色等色彩鲜艳的硅质岩和硅质页岩组成, 多呈层状、似层状。硅质岩普遍含有放射虫残骸, 为蛇绿岩套的一部分[1], 它的产出与超基性岩、基性岩紧密相关, 有些和海底火山熔岩共生, 如泽当蛇绿岩套、罗布莎蛇绿岩套硅质岩等。非蛇绿岩套硅质岩完整地出现在中生代的江孜朗学杰组、加不拉组、吉隆组、卓宗组以及羊卓雍盆地中的日当组等晚侏罗世—早白垩世剖面中(图 1), 以巨厚层或不规则的大透镜体产出, 发育致密块状、条纹状和假角砾状构造。加不拉组和卓宗组岩性组合类型相似, 是一套硅质岩夹黑色泥页岩、细碎屑砂岩、灰岩建造。羊卓雍地区日当组地层中硅质岩多以夹层和结核状发育, 地层建造以灰黑色页岩和钙质页岩为主, 硅质岩呈黑色、深灰色, 主要矿物有隐晶硅质玉髓和细粒石英, 杂质矿物有黄铁矿、方解石、炭质和粘土矿物等。在江孜县沙拉岗锑(金)矿区及周围, 广泛发育硅质角砾岩, 产出层位相当稳定, 岩石致密坚硬, 呈棕黄、乳白、碧绿、灰白及灰黑等色调, 主要由微晶石英组成, 含少量粘土矿物, 典型沉积构造有层状构造、纹理状构造、块状构造和角砾状构造, 块状构造由内部组构均一的层状硅质岩组成, 条带(纹理)状构造主要由硅质条带、硫化物碳酸盐条带、泥质条带等组成, 网脉状构造主要由硅质岩小脉呈网状产于硅质岩中, 以上沉积构造指示了本区硅质岩是古地热系热水活动的产物。条带(条纹)构造在桂西北丹池盆地热水成因的榴江组硅质岩中亦有发育, 其中富含 SiO_2 的条带是热水沉积活动高峰期的产物, 而富铁硫化物条带可能是热水活动安定期的沉积, 另外块状硅质岩可能是由于热水溶液与海底骤冷的海水混合或热水溶液去压沸腾使 SiO_2 迅速沉积的产物[2]。而热水沉积岩石和矿石中最为常见的是条带和纹层构造[3~4], 因此, 该区硅质岩具有热水沉积

① 收稿日期: 2004-05-11　作者简介: 何俊国(1968-), 男, 博士研究生, 从事地球化学和矿床地球化学的教学与研究。
基金项目: 获国家科技部 973 项目(G1999043200)、国家自然科学基金(40073010)、全国高等学校博士点基金(2000099815)、教育部优秀青年教师资助计划(教育司 2001—39)项目资助。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

成因的岩石学证据, 上述特征与华南地区热水沉积硅　　质岩很相似。

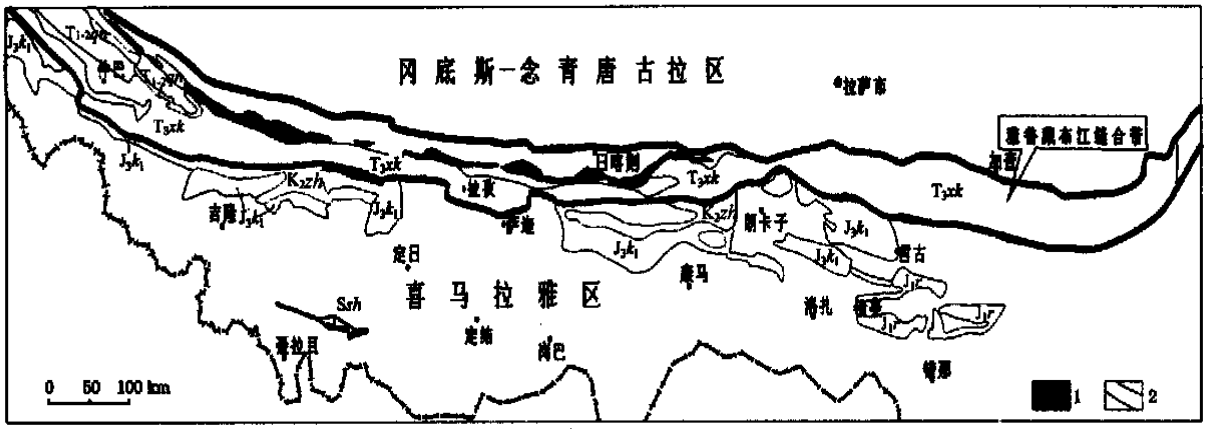


图 1　雅鲁藏布江缝合带和藏南硅质岩层分布图

Fig. 1　Sewing zone of the River Brahmabutra and distribution of siliceous stratum

K_2zh- 宗卓组　J_3k_1- 加不拉组　J_1r- 日当群　T_3xk- 修康群　$T_{1-2}qn$- 穷果群　Ssh- 石器坡群　1- 蛇绿岩　2- 逢合带界线

2　硅质岩的元素地球化学特征

2.1　Al/(Al+ Fe+ Mn)比值

Fe、Mn、Al 等主要元素的含量对于区分热液成因硅质岩和生物成因硅质岩具有重要意义。硅质岩中 Fe、Mn 的富集主要与热液的参与有关, 而 Al 的富集则与陆源物质的介入有关。Bostrom[5]提出, 海相沉积中 Al/(Al+ Fe+ Mn)值是衡量沉积物中热液沉积物含量的标志, 该比值随着沉积物中热液沉积物的减少而增加。Adachi[6]和 Yamamoto[7]等指出, 这个比值在 0.01(纯热液成因)到 0.6 (纯生物成因)之间变化。对于正常海洋环境中的沉积物, Al/(Al+ Fe+ Mn)值= 0.6, 而与热水作用有关的沉积物的 Al/(Al+ Fe+ Mn)值则要小的多, 如北太平洋海底热水沉积形成的燧石该比值只有 0.03～0.04。从表 1 中藏南地区 21 个硅质岩样品的 Al/(Al+ Fe+ Mn)值在 0.014～0.45 之间变化, 平均为 0.126, 低于正常海洋环境中沉积物的比值, 属于典型的热水沉积。在 Al-Fe-Mn 三角图上, 21 件硅质岩样品投影点均落在 Adachi(1986)的热水沉积硅质岩区内(图 2), 属于典型热水沉积。

2.2　TiO_2- Al_2O_3图解

TiO_2 和 Al_2O_3 标准化值可用来表征硅质岩的化学特征和沉积环境, 并成功地用于区分热水沉积和正常沉积。在 TiO_2- Al_2O_3图解中, 本区硅质岩样品皆投影于热液区或火山-热泉区, 与生物化学参加沉积的硅质岩有着明显的差别(图 3)。

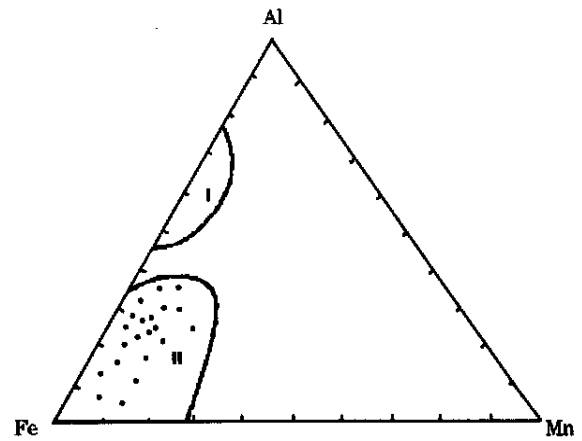


图 2　硅质岩 Al- Fe- Mn 三角图

Fig. 2　Triangle diagram of Al-Fe-Mn of cherts
(After M. Adachi, 1986; K. Yamamoto, 1987)

Ⅰ- 生物硅质岩　Ⅱ- 热水沉积硅质岩　·- 研究区硅质岩

2.3　Co/Ni 比值

某些常量元素和微量元素的含量特征可以作为判断硅质岩沉积成因的重要标志[8～10], 本区硅质岩的 Co/Ni 比值较小(表 2), 平均为 0.25, 表明硅质岩相对贫 Co 而富 Ni, 与现代热水沉积物相对富含 Cu 和 Ni, 而贫 Co 的特征相似, 说明为热水沉积的产物。

2.4　Fe/Ti 比值

硅质岩中, Fe 的富集主要与热水的参与有关, 而 Ti 的相对集中则多与陆源物质的介入有关, 热水物

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

质的加入会使沉积物的 Fe/Ti 比值增大[11~12], 本区此比值除白- 51 号样品外, 比值很大, 介于 19 和 254 之间, 平均为 121. 74, 属于典型的热水成因, 进一步说明本区是热水沉积的产物(表 1)。

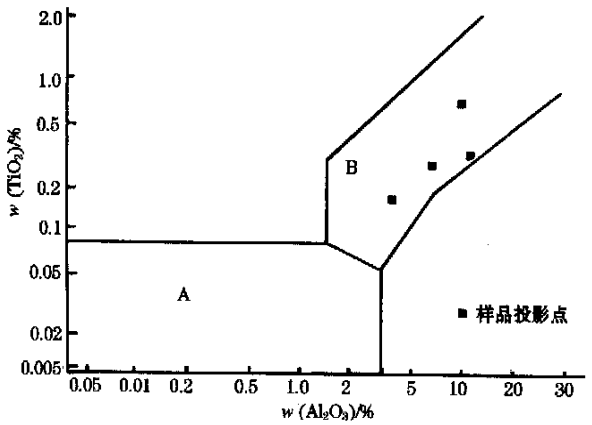


图 3 不同成因硅质岩中 TiO_2-Al_2O_3 的关系图

Fig. 3 TiO_2 versus Al_2O_3 diagram for the cherts of different origins

A- 生物成因硅质岩 B- 火山- 热泉成因硅质岩

表 1 藏南硅质岩常量元素比值表

Table 1 Major element ratios for the cherts of Southern Tibet

样品号	采样地点	Al/Al+ Fe+ Mn	Fe/Ti	MnO/TiO2
Ts- 116	江孜	0. 04	254	2. 5
Ts- 114	江孜	0. 045	245	1. 78
白 s- 42	白朗	0. 028	67	0. 5
T- 144(1)	吉隆	0. 18	158	3. 28
仲- 86	仲巴	0. 014	250	2. 8
仲- 257	仲巴	0. 09	160	0. 73
仲- 259	仲巴	0. 12	90	0. 73
布- 65	仁布	0. 25	19	0. 4
布- 70	仁布	0. 18	25. 7	0. 21
江- 148	江孜	0. 03	128	0. 5
江- 144	江孜	0. 23	29. 5	0. 14
白- 39	白朗	0. 03		
白- 41	白朗	0. 03	-	-
白- 45	白朗	0. 14	64. 4	1. 42
白- 51	白朗	0. 1	9. 18	0. 27
日- 33	日喀则	0. 09	165	7
日- 39	日喀则	0. 1	-	-
日- 91	日喀则	0. 22	50	0. 31
GD04[1)]	古堆	0. 11	179. 6	0. 63
GD06[1)]	古堆	0. 45	238	0. 19
日- 93	日喀则	0. 16	59. 5	0. 47
平均		0. 126	121. 74	1. 29

1. 数据来源为王东安(1995)。1) GD04, GD06 数据来自本文。

表 2 藏南地区硅质岩化学成分

Table 2 Chemical compositions of cherts in Southern Tibet $w_B/10^{-2}$

样号	地点	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	MnO	Na_2O	P_2O_5	TiO_2	SiO_2	Co/Ni
Gd04	古堆	7. 79	7. 52	46. 18	0. 07	4. 21	0. 19	0. 12	1. 34	0. 3	24. 84	0. 03
Gd06	古堆	3. 79	12. 98	3. 4	0. 52	1	0. 03	0. 23	0. 39	0. 16	61. 65	0. 36
JZ- 1	江孜	6. 24	27. 09	3. 52	0. 63	1. 44	0. 25	0. 89	0. 08	0. 43	40. 05	0. 26
DL06	道不垅	15. 06	1. 52	1. 93	3. 97	0. 61	0. 06	3. 89	0. 11	0. 2	70. 92	0. 33

注: 测试单位为广州地球化学研究所实验室, 2003 年。

2. 5 MnO/TiO_2 比值

MnO/TiO_2 比值(质量分数比)是判断硅质岩沉积古地理环境的重要指标, 许多研究表明, MnO 作为来自大洋深部的标志, 而 TiO_2 则是与陆源物质的介入有关, 离陆较近的大陆坡和边缘海沉积的硅质岩的 MnO/TiO_2 比值较低, 一般小于 0. 5, 而远离大陆的大洋环境中的沉积物的 MnO/TiO_2 则较高, 可达 0. 5 ~ 3. 5[6~7], 来自江孜、日喀则、白朗、仲巴、古堆和仁部等藏南地区的 21 个硅质岩样品(见表 1), MnO/TiO_2 值多数> 0. 5, 变化在 0. 14~ 7 之间, 平均值为 1. 29, 可见本区硅质岩的硅质来源于大洋深部, 形成于开阔的大洋之中, 是特提斯洋发育期间的沉积产物。

表 3 羊八井热田冷热水氧同位素组成

Table 3 The oxygen isotope compositions of cold and thermal water in Yangbajing thermal field

采样位置	类型	$\delta^{18}O$/‰(SMOW)
电厂	地下水	16. 77
ZK311	地热流体	21. 93
ZK325	地热流体	20. 07
ZK325	热水	19. 11
ZK325	冷凝水	21. 69
ZK309	地热流体	18. 34
ZK304	地热流体	19. 15

注: 数据来源为廖志杰, 赵平(1999)。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 5 氧同位素

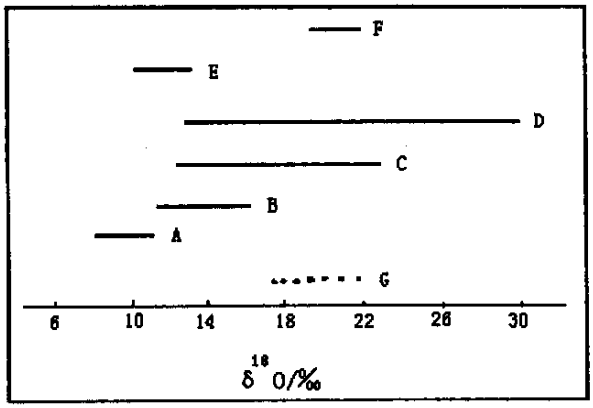


图 4 不同成因石英的 $\delta^{18}O$ 值

Fig. 4 $\delta^{18}O$ values of quartz with various origins

A- 火成石英 B- 变质石英 C- 热泉华石英 D- 成岩石英 E- 海滩石英沙 F- 嵌晶状石英 G- 本区样品

洋八井热气田氧同位素值如表 3 所示, $\delta^{18}O$ (‰) 变化范围为 16.77～21.93, 落在热泉华石英(C)和成岩次生加大石英(D)范围内, 而与其他成因之石英有较大区别(图 4), 据 Knauth 等[13]硅质岩—海水氧同位素平衡温度计算公式: $1000\ln\alpha_{(硅质岩-水)} = 3.09 \times 10^{-6}T^{-2} - 3.29$, 求得 SiO_2 沉淀时水的温度为 102℃～148℃, 平均温度为 121℃, 表明 SiO_2 沉淀时温度相当高。

3 硅质岩与成矿的关系

藏南沉积硅质岩与锑、金多金属等的矿化存在密切关系, 是许多锑、金矿床的重要含矿围岩和含矿岩系的组成部分, 如尼玛县锑多金属矿、哲古锑矿、雪拉锑矿和江孜县沙拉岗锑(金)矿区等。

在江孜县沙拉岗锑(金)矿区及周围, 硅质岩和硅质角砾岩的发育是相当特征的, 它们产出层位相当稳定, 岩石致密坚硬, 主要由微晶石英组成。微晶石英是二氧化硅重结晶作用的产物, 原始沉积物可能是非晶质二氧化硅(蛋白石- A)、方英石(蛋白石- CT 或蛋白石- C)、鳞石英或玉髓。角砾状硅质岩多沿断裂交汇部位产出, 粒径一般为 1～10cm, 大者为 5～8cm, 角砾成分复杂, 包括硅质岩、石英砂岩和灰岩等, 并发育大量空洞, 空洞中常充填有成矿期或成矿后的梳状石英、方解石、辉锑矿和少量粘土矿物等。典型的沉积构造有层状构造、纹理状构造、块状构造和角砾状构造。它们和华南地区的热水沉积硅岩很相似[14]。

中生代以来, 由于印度板块不断向北漂移, 特提斯洋壳由扩张到闭合演化, 在此演化过程中, 由于洋壳中构造作用和深部岩浆作用活跃, 下渗海水在洋壳中形成热水流体循环, 随着下地壳的重熔以及超基性岩、基性岩和火山熔岩的溢出喷发, 都会分异出大量的含 SiO_2 和 Sb、Au 等的含矿溶液, 当含矿热流水沿构造裂隙喷出与海水混合时, 由于物理化学条件的改变, SiO_2 过饱和而沉淀形成硅质岩, 同时成矿元素也发生沉淀形成锑矿体, 并在时间和空间上和硅质岩密切共生, 形成层状硅质岩和相应的多金属矿床。

4 结论

4 1 藏南地区硅质岩的特点

(1) 藏南地区硅质岩可分为蛇绿岩套硅质岩和非蛇绿岩套硅质岩, 普遍发育层状构造、纹理状构造、块状构造和角砾状构造等, 具有典型古热水沉积构造特征。

(2) 硅质岩 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 比值在 0.014 至 0.45 之间变化, 平均 0.126, 属于典型的热水沉积。

(3) 在 TiO_2- Al_2O_3 图解中, 硅质岩样品皆落于热液区。

(4) Co/Ni 比值小, 相对贫 Co 而富 Ni, 与现代热水沉积物特征相似。

(5) Fe/Ti 比值介于 19 和 254 之间, 平均值为 121.74, 具有热水成因特性。

(6) MnO/TiO_2 比值多数大于 0.5, 平均值为 1.29, 表明硅质岩的硅质来源于大洋深部, 形成于开阔的大洋之中。

(7) 洋八井热气田氧同位素值 $\delta^{18}O$ (‰) 变化范围为 16.77～21.93, 落在热泉华石英范围内, 表明硅质岩为热水沉积的产物。

4 2 硅质岩的类型及成矿

(1) 藏南地区硅质岩的所有特征证明它是属于典型的热水沉积硅质岩。

(2) 藏南沉积硅质岩与锑、金多金属等的矿化关系密切, 成矿流体和热水流体有很强的相关性。

参考文献:

[1] 王东安, 陈瑞君. 雅鲁藏布缝合带硅岩的地球化学成因标志及其地质意义[J]. 沉积学报, 1995, 13(1): 1.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[2] 周永章. 丹池盆地热水成因硅质岩的沉积地球化学特征[J]. 沉积学报, 1990, 8(3): 75-83.
[3] 吴朝东, 储著银. 黑色页岩微量元素形态分析及地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(2): 119-123.
[4] 周永章, 涂光炽等. 粤西古水剖面震旦系顶部层状硅质岩的热水成因属性: 岩石和地球化学证据[J]. 沉积学报, 1994, 12(3): 1-2.
[5] Bostrom K, Peterson M N A. The origin of Al-poor ferromaganoan sediments in areas of high heat flow on the East Pacific Rise[J]. Mar. Geol, 1969, 7: 427-447.
[6] Adachi M, Yamamoto K, Sugisaki R. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the Northern Pacific, their geological significance as indication of ocean ridge activity [J]. Sedimentary Geology, 1986, 47: 125-148.
[7] Yamamoto K. Geochemical characteristics and depositional environments of chert and associated rocks in Rona P the Franciscan and Shimanto Terranes [J]. sediment. Geol. 1987, 52: 65-108.
[8] Crerar D A, Namson Jand ChyiM S, et al. Manganiferous chert of the Franciscan assemblage: General geology ancient and modern analogues and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centres [J]. Economic Geology, 1982, 77(3): 519-540.
[9] Bostrom K, Rydell H, Joensuu O. Langbank: An exhalative sedimentary deposit[J]. Econ Geol, 1979, 74(5): 1002-1011.
[10] 刘家军, 郑明华. 硅质岩的新成因——热水沉积作用[J]. 四川地质学报, 1991, 11(4): 251-254.
[11] Bostorm K. Genesis of ferromanganese deposits-diagnostic criteria for recent and old deposits [A]. //A, et al. Hydrothetmal Processes at Seafloor Spreading Centers[M]. New York: Plenum Press, 1983, 473-483.
[12] 张汉文. 秦岭泥盆系的热水沉积岩及其与矿产的关系——概论秦岭泥盆纪的海底热水作用[A]. //中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊[C]. 北京: 地质出版社, 1991. (13): 15-37.
[13] Knauth P L, Epstein S. Hydrogen and oxygen isotope ratios in nodular and bedded cherts. Geoch[J]. Cosmoch. Acta, 1976, 40(9): 1095-1108.
[14] 周永章, 杨志军, 李文, 张澄博, 等. 对西藏硅质岩的初步考察认识[A]. //中国矿物岩石地球化学学会 2003 年宁波会议论文集[C]. 中国地球化学研究会秘书处, 2003.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND RELATED MINERALIZATION OF CHERTS IN SOUTH TIBET

HE Jun-guo, ZHOU Yong-zhang, YANG Zhi-jun, ZHANG Cheng-bo, FU Wei
(*Dep. Of Earth Science / Center for Earth Environment & Resources, Zhongshan University, Guangdong Guangzhou* 510275, *China*)

Abstract: There occurred abundant cherts of Mesozoic and Cenozoic Age in south Tibet, the layered, laminated, massive and breccia structures indicate that the cherts are hydrothermal origin. Ratios of Al/(Al + Fe + Mn), Co/Ni, Fe/Ti and W (TiO_2) W (Al_2O_3) diagram also show that they are the results of hydrothermal sedimentation. The cherts have a close relationship with Sb、Au polymetallic mineralization and ore- forming fluid correlates strongly with hydrothermal water.

Key Words: Geological and Geochemical Characteristics, hydrothermal origin, mineralization, Southern Tibet

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net