

西藏西南部与蛇绿岩伴生的硅质岩特征 及地质意义

黄圭成 徐德明 雷义均 李丽娟

(宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌 443003)

提要:西藏西南部达巴—休古嘎布存在一条蛇绿岩带,与蛇绿岩伴生的中生界硅质岩分布广泛。其中与拉昂错蛇绿岩体伴生的硅质岩,常量元素和稀土元素地球化学特征参数,以及地球化学环境判别图,显示其沉积于大陆边缘盆地的构造环境,其形成包括生物作用和热液作用两种因素。含硅质岩的地层剖面自下而上岩性为石英砂岩→含岩屑石英砂岩、杂砂岩→放射虫硅质岩,形成环境是从三角洲或浅海过渡到大陆边缘,再到边缘盆地。硅质岩中含有大量放射虫,放射虫组合显示硅质岩的沉积时代为晚侏罗世晚期。含硅质岩地层和蛇绿岩都是印度大陆北缘小洋盆的组成部分,两者因洋盆碰撞闭合而汇聚在一起。硅质岩的形成环境反映了该陆缘小洋盆在晚侏罗世所处的构造背景。

关键词:西藏;蛇绿岩;硅质岩;地球化学;放射虫

中图分类号:P588.24⁺4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)01-0101-09

放射虫硅质岩在研究蛇绿岩的形成时代、洋盆的构造环境和演化等方面起着重要作用^[1-3]。沿西藏雅鲁藏布江缝合带,与蛇绿岩伴生的中生代海相地层广泛分布,包括三叠系、侏罗系和白垩系,这 3 个时代的地层中都含有与蛇绿岩关系密切的放射虫硅质岩,其沉积环境反映了喜马拉雅提斯洋的演化历程,多年来一直是中国地学界研究的重点课题之一^[4-12]。位于西藏西南部的达巴—休古嘎布蛇绿岩带,是与雅鲁藏布江蛇绿岩带不同的另一条蛇绿岩带^[13-15],该岩带也有中生界含放射虫硅质岩伴生。本文研究达巴—休古嘎布蛇绿岩带中与拉昂错蛇绿岩体伴生的放射虫硅质岩的地质地球化学特征,探讨其形成环境及与蛇绿岩有关的地质意义。

1 硅质岩的产出特征

在普兰县姜叶马一带,拉昂错蛇绿岩体西段的北缘、西缘和南缘三侧有含放射虫硅质岩的地层出露,与蛇绿岩呈断层接触,断层面都倾向蛇绿岩体,

即地层为下盘,蛇绿岩为上盘。北缘,地层自下而上大致分为 3 段(图 1-a):灰白色、黄灰色中—厚层状石英细砂岩,石英含量 90%左右,不等粒,分选差,滚圆度差至中等;灰绿色中薄层状含岩屑石英细砂岩、含岩屑石英杂砂岩,岩屑含量 15%~40%,分布不均,粒径 2~15 mm,主要成分为中基性火山岩,大多数已绿泥石化、粘土化,可见粒状、针状长石残晶;灰紫色薄层状硅质岩,单层厚 3~5 cm,薄片 90%为玉髓(石英)、10%为泥质及其他,80%以上为放射虫(由玉髓或石英组成),主要呈圆球形,粒径为 0.1~0.3 mm;地层产状,倾向 205~240°,倾角 20~36°,硅质岩直接与蛇绿岩断层接触。西缘,地层层序及岩性与北缘相似,亦可分为 3 段(图 1-b),自下而上为:灰—灰白色中厚层状石英细砂岩,石英含量 90%~99%,含微量电气石、锆石、辉石等重砂矿物,不等粒,分选较差,以次滚圆状为主;灰绿色中薄层状含岩屑石英杂砂岩、含岩屑杂砂岩,岩屑含量 20%~50%,成分以中基性火山岩为主,见柱状长石残晶,部分岩屑为泥

收稿日期:2009-06-08;改回日期:2009-09-02

基金项目:中国地质调查局矿产资源评价项目(1212010530108)资助。

作者简介:黄圭成,男,1963 年生,博士,研究员,主要从事地质矿产调查与研究工作;E-mail:yhguicheng@cgs.gov.cn。

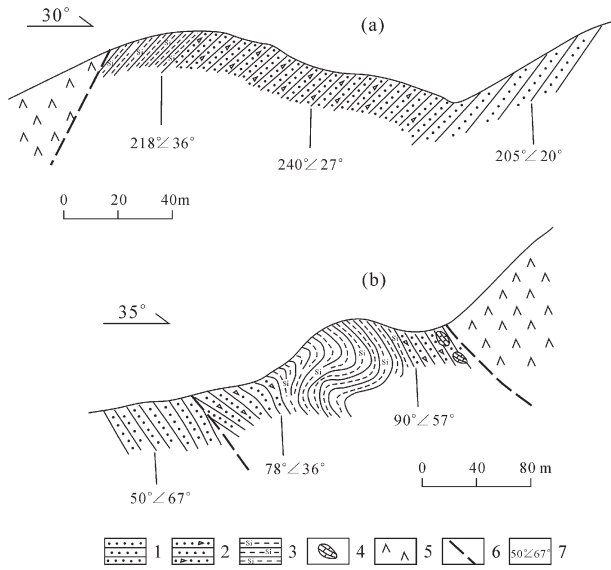


图1 硅质岩与蛇绿岩接触带剖面图

(a)—岩体北缘;(b)—岩体西缘;1—石英砂岩;
2—含岩屑石英砂岩、杂砂岩;3—硅质岩;4—灰岩透镜
体;5—方辉橄榄岩;6—断层;7—地层产状

Fig.1 Geological section of the contact zone
between chert and ophiolite

(a)—Northern edge of ophiolite body;(b)—Western edge of
ophiolite body;1—Quartz sandstone;2—Debris-bearing
quartz-sandstone and graywacke;3—Chert;4—Limestone
lense;5—Harzburgite;6—Fault;7—Attitude of strata

岩类;紫红色、深灰色薄层状硅质岩和硅质泥岩,单层厚3~6 cm,薄片中所见玉髓(石英)占40%~90%,含大量放射虫及少量藻屑和介形虫钙质壳(由玉髓或石英、泥质构成),占薄片面积70%~80%;另外,在硅质岩与蛇绿岩接触的断层杂岩带出现灰岩、大理岩透镜体,产状不清,部分灰岩具有纹层状、团粒状构造;该处地层产状为,倾向50~90°,倾角36~67°,因构造挤压变化较大。南缘,也出现类似于北、西缘的地层层序和岩性,其主要特点是,紫红色硅质岩、硅质泥岩呈薄层状,具褶皱变形,断续出露宽达百米以上,可能因挤压褶皱而部分重复,在硅质岩上部靠近蛇绿岩处见有长透镜状大理岩顺层产出,并同步褶皱变形,整套地层总体倾向360°,倾角20°。

上述3处地层岩石的粒序结构相似,即自下而上由粗变细,由灰白色的细砂岩至紫红色的硅质岩,基本可以对比,应为同一层位。还有一个值得重视的现象是,地层在蛇绿岩体周边对称出现,3处地层分别向西南、北东及向北倾向蛇绿岩体,出露于拉昂错西岸的同层位砂岩也是向南倾向蛇绿岩体,它们与

岩体周边的断层倾向一致,似乎蛇绿岩体从上往下“砸进”地层内,这一现象可能被应用于解释蛇绿岩体的侵位机制,值得进一步探讨。

2 地球化学特征

硅质岩的化学成分不仅反映岩石的物质组成,而且能够反映岩石成因、物质来源、形成时所处的古大地构造环境等方面的信息,这在地质研究领域业已形成共识,积累了较为丰富的成果。如依据常量元素Fe、Mn、Al、Ti等的指示意义,通过计算特征参数和作图解来判别硅质岩的成因、物质来源^[16-18],利用 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 MnO 之间的关系以及稀土元素(REE)含量特征总结判定硅质岩的形成环境^[19-21],已经成为当今硅质岩地球化学研究的重要基石。

2.1 常量元素

本次研究分析的3件样品采自拉昂错蛇绿岩体西段的西缘(DL733-3、DL733-4)和南缘(DL739-3)地层,均为含硅质高并且坚硬致密的典型硅质岩,其中DL733-3和DL739-3为紫红色,DL733-4为深灰色。样品经挑选、粉碎加工后,送宜昌地质矿产研究所岩矿测试中心分析,结果列于表1。其中常量元素采用X射线荧光光谱仪分析,稀土元素用ICP-MS分析。

从表1可知,样品中 SiO_2 含量较高,DL733-3达到了纯硅质岩的范围(91.0%~99.8%)^[20],另两件样品接近纯硅质岩的下限。 Al_2O_3 含量为1.96%~2.99%, Si/Al 比值为26~42,显著低于纯硅质岩的变化范围(80~1400)^[20],表明它们含有陆源泥质沉积物。据Murry(1994)^[21]研究总结, $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 比值可以作为指标用于判别硅质岩的形成环境,洋中脊硅质岩的比值<0.4,大洋盆地硅质岩为0.4~0.7,大陆边缘硅质岩为0.5~0.9,本研究区的硅质岩样品比值为0.72~0.77,属于大陆边缘。 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 比值是判断硅质岩成因的参数,该值随着与洋脊扩张中心距离的增大而增高,并且与热液系统的影响有关,海相沉积物中 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 比值小于0.4为热液成因,大于0.4则反映为碎屑来源^[16]。据分析数据计算,本区硅质岩的 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 比值为0.30~0.40,归属于热液成因。除了这些指标之外,通常还应用协变图来直观判定硅质岩的成因与形成环境。在Al-Fe-Mn三角图上(图2-a),样品DL733-3落在热液成因硅质岩区,其余两个样落在

表 1 硅质岩主量元素 (10^{-2}) 及稀土元素 (10^{-6}) 含量
Table 1 Major elements (10^{-2}) and rare earth elements (10^{-6}) content of chert

代号	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	总量	La _N /Yb _N	La _N /Ce _N
1	DL733-3	92.44	0.159	1.96	0.58	2.52	0.125	0.489	0.262	0.315	0.380	0.031	0.407	99.67	2.19	1.37
2	DL733-4	89.67	0.265	2.99	1.16	2.51	0.141	0.709	0.243	0.586	0.604	0.051	0.716	99.65	1.28	1.18
3	DL739-3	90.95	0.182	2.91	1.00	2.00	0.121	0.909	0.211	0.345	0.504	0.035	0.604	99.77	2.11	1.75

代号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	SREE	Ce _N /Ce*
1	10.70	16.50	1.62	6.64	1.36	0.26	1.09	0.18	0.93	0.17	0.42	0.06	0.46	0.06	40.45	0.91
2	12.90	23.10	2.47	10.90	2.19	0.48	1.92	0.31	1.79	0.35	0.92	0.14	0.95	0.12	58.54	0.96
3	17.00	20.50	2.51	9.39	1.60	0.32	1.38	0.19	1.32	0.25	0.64	0.11	0.76	0.08	56.05	0.72
北美页岩	31.5	66.5	7.9	27	5.9	1.18	5.2	0.79	5.8	1.04	3.4	0.5	2.97	0.44	160.10	

注:由宜昌地质矿产研究所岩矿测试中心分析,主量元素采用 XFS 分析,稀土元素采用 ICP-MS 分析。

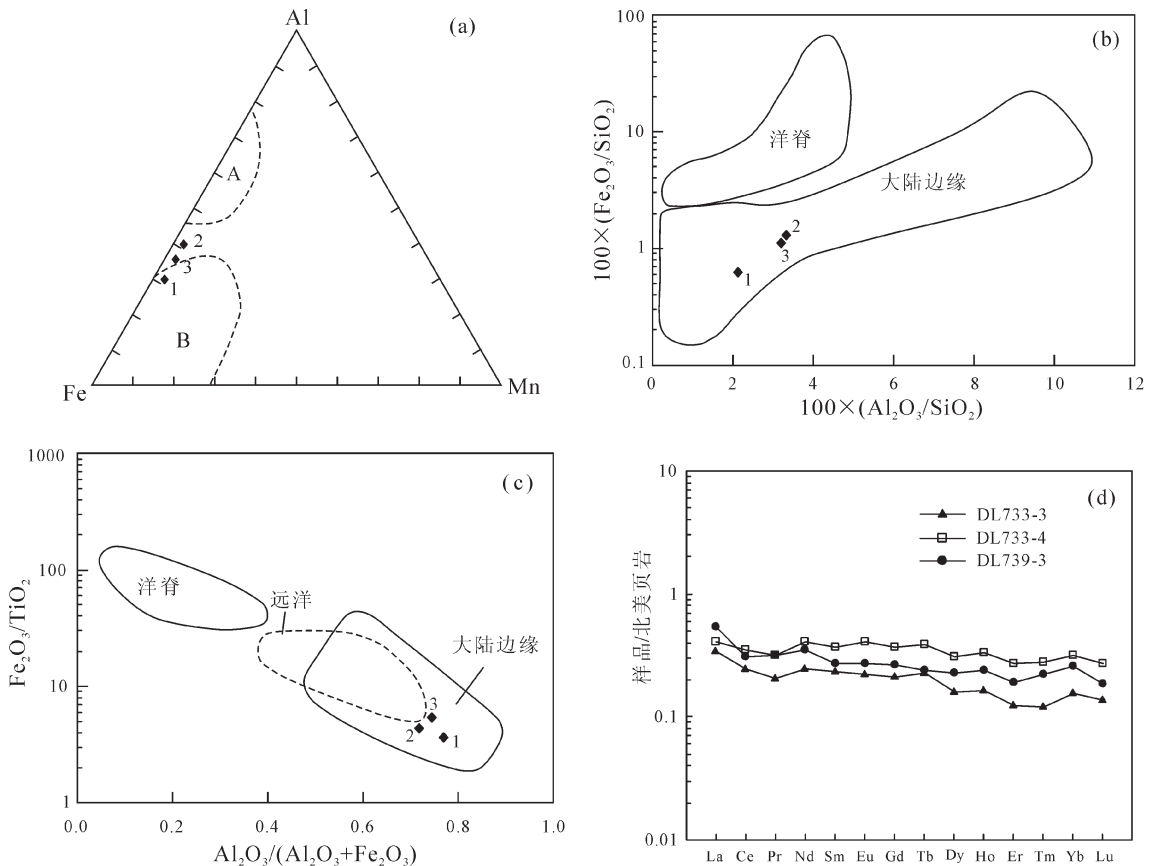


图 2 硅质岩的主量元素图解和稀土元素标准化分布模式图

(a)—Al-Fe-Mn 三角图(据 Adachi 等, 1986)^[17]: A—生物成因硅质岩区, B—热水沉积硅质岩区;
(b)— $100 \times (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2) - 100 \times (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ 图(据 Murry, 1994)^[21]; (c)— $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)$ 图(据 M urray, 1994)^[21]; (d)—稀土元素标准化分布模式图

Fig.2 Major elements diagrams and shale-normalized REE patterns of chert

(a)—Al-Fe-Mn triangle diagram of chert samples (after Adachi et al., 1986)^[17]: A—Biogenic chert area, B—Hydrothermal chert area; (b)— $100 \times (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2) - 100 \times (\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2)$ diagram (after Murry, 1994)^[21];
(c)— $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2)$ diagram (after Murray, 1994)^[21]; (d)—Shale-normalized REE distribution patterns

热液成因与生物成因过渡区域,与 $Al/(Al+Fe+Mn)$ 比值判别结合起来看,本区硅质岩的形成应当包含了生物与热液两种因素。在 $100 \times Al_2O_3/SiO_2 - 100 \times (Fe_2O_3/SiO_2)$ 和 $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3) - Fe_2O_3/TiO_2$ 两个环境判别图解上(图 2-b,图 2-c),本区硅质岩一致投入大陆边缘区域,与根据 $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 比值判别结果一致,反映形成于大陆边缘盆地的构造环境。

2.2 稀土元素

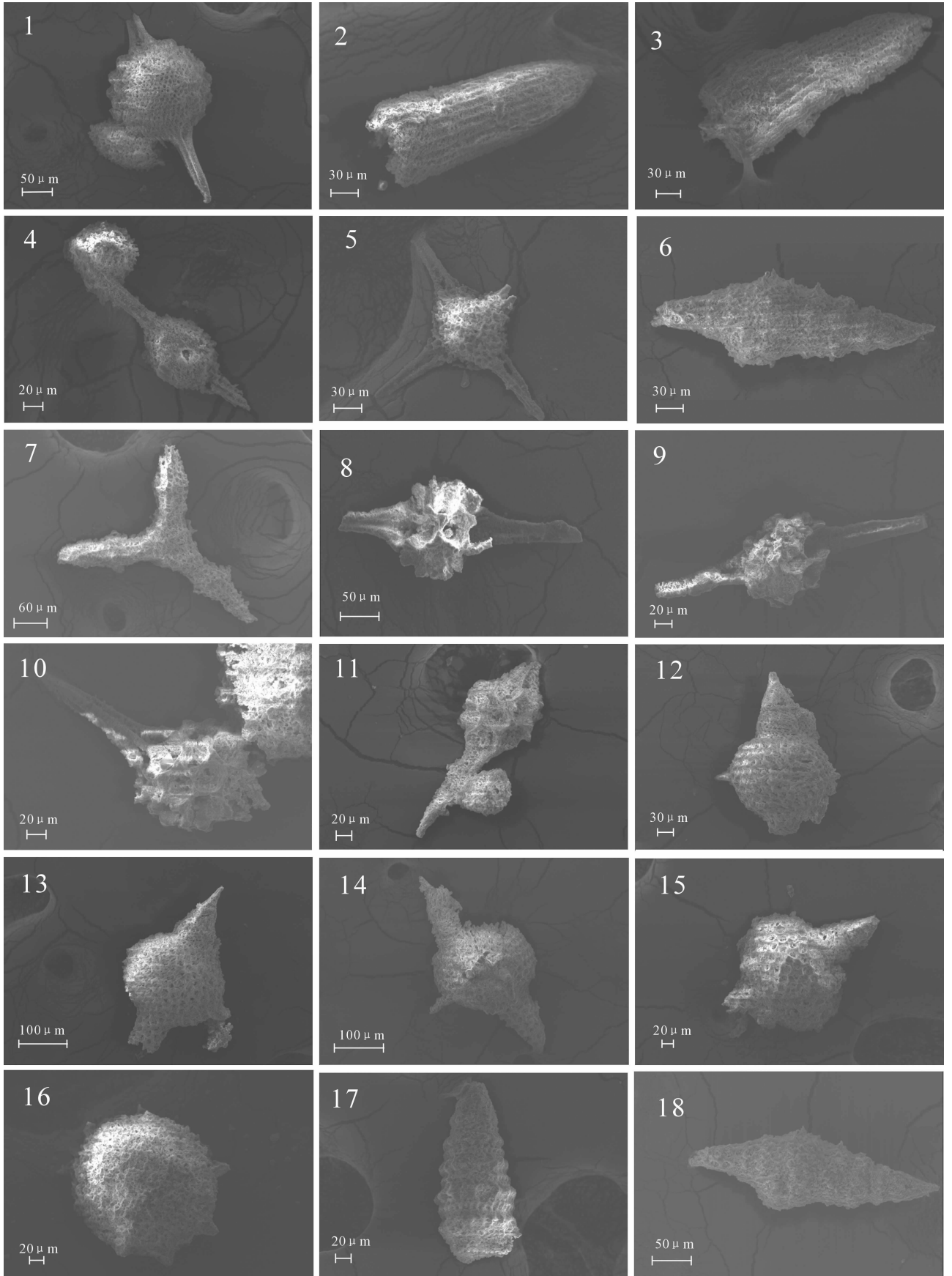
3 件硅质岩样品的稀土元素含量及特征值见表 1。选择被广泛应用的北美页岩对样品进行标准化,绘制分布模式曲线图(图 2-d)。稀土元素含量特征通常被应用于硅质岩形成环境和成因的判别。已有研究成果表明,从海水中吸收稀土元素是硅质岩中稀土元素的主要来源,其次是从陆源或海底火山等颗粒中继承稀土元素,因而硅质岩中稀土元素总量取决于沉积时各种来源的影响程度^[2]。可见,稀土元素含量受沉积环境的影响。一般而言,大洋中脊和大陆边缘的沉积速率较大,硅质岩暴露于海水中的时间较短,从海水中吸收的稀土元素就较少;但若有陆源物质的加入或海底火山活动的影响,硅质岩中的稀土含量就会因此而增加;深海平原远离大洋中脊或大陆边缘,沉积速率较小,硅质岩暴露于海水中的时间较长,吸收的稀土元素较多^[19,23]。这样,导致在不同环境条件下所形成的硅质岩,其稀土元素含量特征不同。本区硅质岩的 ΣREE 为 $40.45 \times 10^{-6} \sim 58.54 \times 10^{-6}$, 平均为 51.68×10^{-6} , 仅为北美页岩含量的三分之一,但高于雅鲁藏布江缝合带中段晚侏罗—早白垩世硅质岩的平均含量(32.65×10^{-6})^[9]。3 个样品的 La_N/Yb_N 平均值为 1.86,轻重稀土元素分异中等,在标准化模式图上曲线向右倾斜(图 2-d)。据前人研究^[2],形成于大陆边缘的硅质岩的 La_N/Ce_N 值约等于 1,大陆边缘与洋中脊之间的远洋硅质岩为 2~3,洋中脊硅质岩则 >3.5 。沉积物中 Ce_N/Ce^* 值与沉积介质有关,从大陆边缘向远洋环境,海水中的 Ce 异常从不明显到显著负异常,统计显示^[19]:大陆边缘硅质岩的 Ce_N/Ce^* 平均值为 0.93~1.09,大洋盆地为 0.58,扩张洋脊为 0.29。本研究区硅质岩的 La_N/Ce_N 值为 1.18~1.75,平均 1.43,属于大陆边缘硅质岩范畴;而 Ce_N/Ce^* 值为 0.72~0.96,基本在上述大陆边缘硅质岩 Ce_N/Ce^* 平均值范围之内,Ce 呈微弱亏损。这些特征综合反映本区硅质岩形成于大陆边缘

盆地的构造环境。

3 硅质岩的形成时代

沿雅鲁藏布江缝合带,中生代地层广泛分布,包括三叠系、侏罗系和白垩系,这 3 个层位的地层中均含有一定数量的放射虫硅质岩,可以通过鉴定放射虫来确定地层的时代。如日喀则地区雅鲁藏布江蛇绿岩带南侧的下鲁硅质岩,根据所含的放射虫化石确定其时代为晚侏罗世牛津期—早提索期,而白垩系冲堆组硅质岩的时代为晚白垩世初赛诺曼期^[4-8]。本文研究的这套与拉昂错蛇绿岩相伴产出的含放射虫硅质岩地层,前人将其时代定为晚三叠世到早侏罗世^[24]。笔者分别在蛇绿岩体的西缘、北缘和南缘这套地层的顶部采取 5 个硅质岩样品进行分析与鉴定,发现含有大量放射虫等生物化石,占薄片的 70%~80%,经过人工浸泡,分离出化石个体,其中采自岩体西缘的 DL733-4 样品所含放射虫化石保存最好,经中国科学院地质与地球物理研究所吴浩若研究员鉴定,主要化石名称及图片(图 3)如下(按名称字母顺序排列):*Acaniotype* sp. cf. *A. umbilicata* (Rust)(图 3-1),*Archaeodictyomitra excellens* (Tan Sin Hok)(图 3-2、图 3-3),*Archaeospongoprimum* sp.(图 3-4),*Emiluvia* sp. cf. *E. hopsoni* Pessagno(图 3-5),*Katroma* (?) sp.(图 3-6),*Paronella* sp.(图 3-7),*Pantanellium* sp. cf. *P. nazarovi* Cheng(图 3-8),*Pantanellium* sp. cf. *P. riedeli* Pessagno(图 3-9、图 3-10、图 3-11),*Podobursa* sp. cf. *P. triantha* (Fischli)(图 3-12、图 3-13、图 3-14),*Podobursa* sp.(图 3-15),*Praeconosphaera* sp. cf. *P. spinosa* Yang(图 3-16),*Pseudodictyomitra* (?) sp.(图 3-17),*Pseudoecyrtis* sp.(图 3-18),*Pseudoecyrtis* (?) sp.(图 3-19),*Stichomitra* sp.(图 3-20),*Stichomitra* (?) sp.(图 3-21),*Tritrabs ewingi* Pessagno(图 3-22),*Williriedellum* sp. aff. *W. carpathicum* Dumitrica(图 3-23),*Xitus* sp.(图 3-24、图 3-25),*Zhamoidellum* sp. aff. *Z. funtaensis* (Aita)(图 3-26)。

这些化石均为晚侏罗世和早白垩世常见的放射虫属。其中 *Acaniotype. umbilicata* (Rust) 出现于世界各地的上侏罗统上部和下白垩统,*Archaeodictyomitra excellens* (Tan Sin Hok) 见于欧洲阿尔卑斯、西太平洋和印度尼西亚等地的上侏罗统上部和下白垩统下部,*Emiluvia. hopsoni* Pessagno 见于美国加利福尼亚的上侏罗统上部,*Pantanellium. nazarovi* Cheng 见于



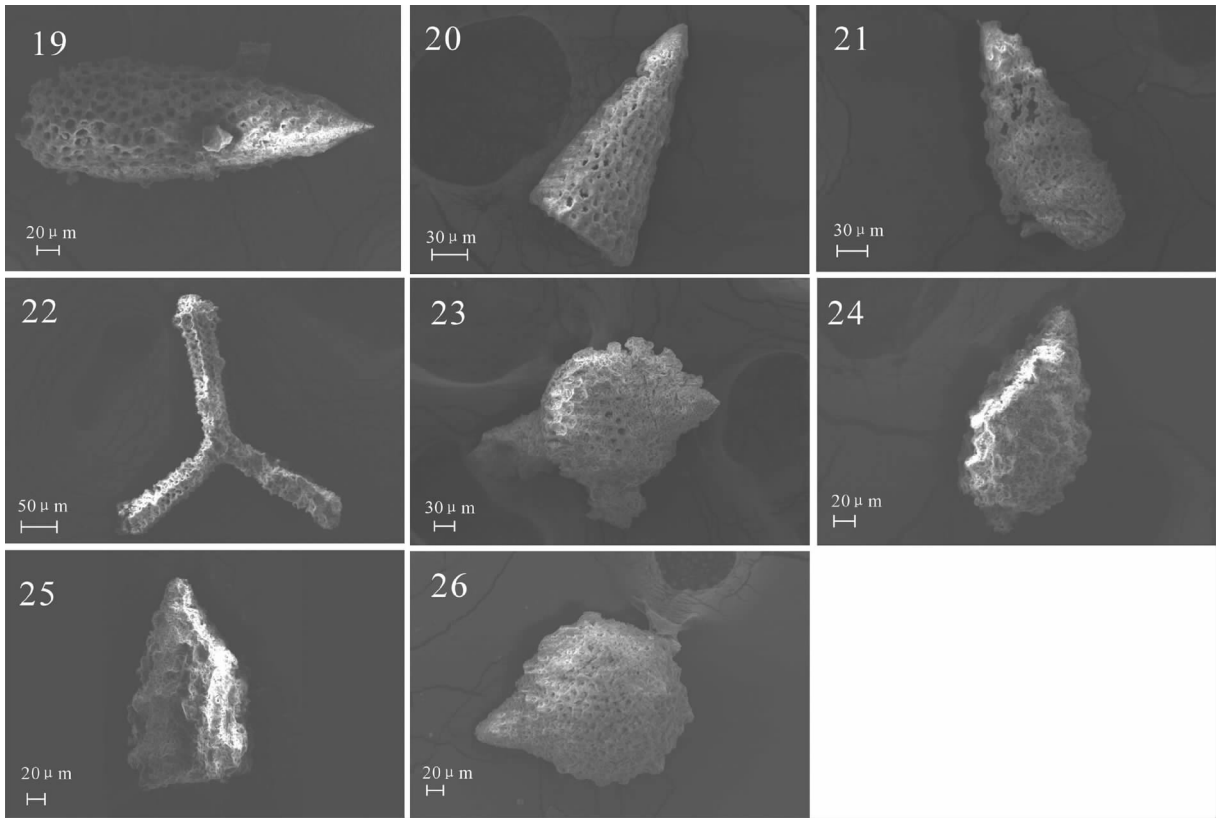


图3 硅质岩中的放射虫
Fig.3 Photographs of radiolarian in chert

菲律宾的上侏罗统, *Pantanellium. riedeli* Pessagno 见于美国加利福尼亚、阿曼和西太平洋的上侏罗统上部和下白垩统下部, *Podobursa. triantha* (Fischli) 见于美国加利福尼亚、欧洲阿尔卑斯、日本和西太平洋等地的上侏罗统上部和下白垩统下部, *Praeconosphaera. spinosa* Yang 见于美国加利福尼亚和墨西哥中东部的上侏罗统上部。 *Pseudoocyrtis* sp. (假美笼虫属) 见于北美西部和西藏南部, 时代为晚侏罗世中牛津期—早提索期。 *Williriedellum carpathicum* Dumitrica (喀尔巴阡维尔雷氏虫), 见于中国西藏日喀则地区和欧洲巴尔干地区上侏罗统, 时代为晚侏罗世中牛津期—启莫里期。 *Xitus* sp. (齐特斯虫属) 见于北美西部和西藏南部, 时代为晚侏罗世启莫里期—早提索期。 *Zhamoidellum. funtaensis* (Aita) (船户扎莫达虫) 见于日喀则地区、美国加利福尼亚和日本等地的上侏罗统, 时代为晚侏罗世卡洛期—早提索期。综合起来看, 这个化石组合的时代可以确定为晚侏罗世, 可能为晚侏罗世晚期。因此, 相应的硅质岩的沉积时代应为晚侏罗世晚期。

4 讨论与结论

4.1 硅质岩的形成环境

已有研究表明, 放射虫硅质岩可以形成于多种构造背景的洋盆, 其原始沉积环境包括开放大洋、岛弧、弧后盆地、初始洋盆、大陆边缘裂谷等^[25]。如前所述, 本文研究的硅质岩含有大量放射虫化石, 可以称为放射虫硅质岩, 与前人总结^[19,21]的形成于不同构造环境的硅质岩常量元素和稀土元素地球化学特征参数及判别图相比较, 显示其沉积于大陆边缘盆地的构造环境, 生物作用和热液作用两种因素共同参与其形成。从薄片观察, 与硅质岩连续沉积的含岩屑石英杂砂岩、含岩屑杂砂岩, 砂质成分成熟度不高, 含有火山岩屑, 可能形成于大陆边缘盆地, 并有中基性火山物质加入; 而位于含岩屑杂砂岩之下的灰-灰白色石英砂岩, 岩石成熟度较高, 其沉积环境应为浅海至三角洲。综合来看, 在与拉昂错蛇绿岩体接触的地层剖面, 从下部的灰-灰白色石英砂岩, 含岩屑石英杂砂岩, 到

上部的放射虫硅质岩,形成环境是从三角洲或浅海过渡到大陆边缘,再到边缘盆地的演变。

4.2 硅质岩与蛇绿岩的关系

1970 年代以前,一般认为蛇绿岩具有“三位一体”结构,由蛇纹石化超镁铁质岩、镁铁质岩、深海放射虫硅质岩组成。1972 年关于蛇绿岩的美国彭罗斯会议之后,对蛇绿岩重新定义,不再将放射虫硅质岩作为蛇绿岩的组成部分。然而,放射虫硅质岩与蛇绿岩密切伴生是不可否认的事实。如沿雅鲁藏布江缝合带与蛇绿岩伴生的中生代放射虫硅质岩分布广泛,朱杰等(2005)^[9]对放射虫硅质岩研究后认为,雅鲁藏布江地区中、晚三叠世存在强烈裂陷海盆构造环境,晚侏罗世—早白垩世放射虫硅质岩和层状玄武岩组合代表藏南特提斯初始洋盆环境,早白垩世放射虫硅质岩及共生的枕状玄武岩代表特提斯洋成熟洋盆。在日喀则地区,白垩系冲堆组硅质岩直接沉积覆盖于雅鲁藏布江蛇绿岩带的枕状熔岩之上,可以认为是蛇绿岩的组成部分,因此,根据硅质岩中放射虫组合的时代确定蛇绿岩的形成时代早于晚白垩世初赛诺曼期^[4-5,8]。Alastai 等(2002)^[2]认为,不应该在蛇绿岩定义中排除沉积岩,因为沉积岩是蛇绿岩形成构造背景最好的指示之一,如三叠纪主要的火山—沉积单元包括从碱性到 MORB 型喷出岩和放射虫硅质岩记录了新特提斯洋盆从裂开经过渡期到扩张期的历史。由此可见,放射虫硅质岩与蛇绿岩的关系是很重要的研究课题。

笔者已经论述过^[13-15],达巴—休古嘎布蛇绿岩带是雅鲁藏布江蛇绿岩带南面的另一条蛇绿岩带,是古印度大陆北缘裂解产生的陆缘小洋盆的洋壳残余;根据已经发表的年龄数据^[26-30],该蛇绿岩带形成于中侏罗世—早白垩世(120~173 Ma)。陆缘小洋盆位于喜马拉雅特提斯洋南面的古印度大陆北缘,中侏罗—白垩纪是其洋壳演化期。普兰县姜叶马一带的放射虫硅质岩,其沉积时代为晚侏罗世晚期,形成环境为大陆边缘盆地,这与上述作者对达巴—休古嘎布蛇绿岩带的认识相吻合,因此,放射虫硅质岩的形成环境反映了古印度大陆北缘小洋盆在晚侏罗世所处的构造背景。含硅质岩地层和蛇绿岩都是该陆缘小洋盆的组成部分,两者因洋盆碰撞闭合而汇聚在一起。

参考文献 (References):

[1] 吴浩若. 放射虫硅质岩与蛇绿岩[C]//张旗主编. 蛇绿岩与地球动力

学研究. 北京:地质出版社, 1996:40-44.

Wu Haoruo. Radiolarian Chert and Ophiolite [C]//Zhang Qi (ed.). Study on the Ophiolite and Geodynamics. Beijing:Geological Publishing House, 1996:40-44(in Chinese).

[2] Alastai H F, Robertson L. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region [J]. Lithos, 2002, 65:1-67.

[3] 周国庆. 蛇绿岩研究新进展及其定义和分类的再讨论 [J]. 南京大学学报(自然科学), 2008, 44(1):1-24.

Zhou Guoqing. Ophiolite: Some key aspects regarding its definition and classification [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 2008, 44(1):1-24(in Chinese with English abstract).

[4] 吴浩若. 西藏南部白垩纪深海沉积——冲堆组及其地质意义 [J]. 地质科学, 1984, (1):26-35.

Wu Haoruo. The Congdui Formation—Cretaceous deep-sea deposits in southern Xizang (Tibet) and its significance [J]. Scientia Geologica Sinica, 1984, (1):26-35 (in Chinese with English abstract).

[5] 吴浩若. 藏南晚白垩世赛诺曼期放射虫新属种 [J]. 微体古生物学报, 1986, 3(4):347-359.

Wu Haoruo. Some new genera and species of Cenomanian radiolaria from southern Xizang(Tibet)[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1986, 3 (4):347-359(in Chinese with English abstract).

[6] 吴浩若. 西藏南部雅鲁藏布蛇绿岩带下鲁硅岩中的侏罗、白垩纪放射虫化石及其地质意义 [J]. 中国科学院地质研究所集刊, 1988, 3: 191-212.

Wu Haoruo, Jurassic and Cretaceous radiolaria fossil and its significance from Xialu chert in Yarlung Zangbo ophiolite zone, southern Tibet [J]. Chinese Academy of Sciences Institute of Geology Papers, 1988, 3:191-212(in Chinese).

[7] 吴浩若. 西藏南部下鲁硅岩晚侏罗世罩笼虫(放射虫)新材料 [J]. 现代地质, 2000, 14(3):301-306.

Wu Haoruo. New data of the Late Jurassic nassellarian (radiolaria) from the Xialu chert in southern Tibet [J]. Geoscience, 2000, 14(3): 301-306(in Chinese with English abstract).

[8] 吴浩若. 白垩纪放射虫“*Turbocapsula costata*”带和藏南雅鲁藏布缝合带硅质岩系的时代问题 [J]. 微体古生物学报, 2007, 24(4): 370-373.

Wu Haoruo. The Cretaceous radiolarian “*Turbocapsula costata* zone” and age of the chert sequences in Yarlung Zangbo suture zone, southern Tibet [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2007, 24 (4): 370-373(in Chinese with English abstract).

[9] 朱杰, 杜远生, 刘早学, 等. 西藏雅鲁藏布江缝合带中段中生代放射虫硅质岩成因及其大地构造意义 [J]. 中国科学(D 辑), 2005, 35 (12):1131-1139.

Zhu Jie, Du Yuansheng, Liu Zaohue, et al. Genesis and tectonics significance of Mesozoic radiolarian chert from middle parts of Yarlung Zangbo suture zone, Tibet [J]. Science in China (Ser. D), 2005, 35(12):1131-1139(in Chinese).

[10] 周永章, 付伟, 杨志军, 等. 雅鲁藏布江缝合带及藏南地区硅质

- 岩微结构特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(3):742-750.
Zhou Yongzhang, Fu Wei, Yang Zhijun, et al. Microfabrics of chert from Yarlung Zangbo suture zone and southern Tibet and its geological implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(3): 742-750(in Chinese with English abstract).
- [11] 付伟, 周永章, 杨志军, 等. 西藏南部硅质岩的特征及相关问题探讨[J]. 地质通报, 2007, 26(4):492-501.
Fu Wei, Zhou Yongzhang, Yang Zhijun, et al. Chert in southern Tibet, China: its field geological features and related scientific problems[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(4):492- 501 (in Chinese with English abstract).
- [12] 何俊国, 周永章, 聂凤军, 等. 西藏南部热水沉积硅质岩岩石学和地球化学特征及地质意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2007, 26(1):74-81.
He Junguo, Zhou Yongzhang, Nie Fengjun, et al., Petrologic and geochemical characteristics of the hydrothermal chert in southern Tibet and its geological significance [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2007, 26(1):74-81(in Chinese with English abstract).
- [13] 黄圭成. 西藏雅鲁藏布江西段蛇绿岩及铬铁矿研究[D].北京: 中国地质大学, 2006.
Huang Guicheng. Study on Ophiolite and Chromitite in Western Yarlung Zangbo, Tibet [D]. Beijing:China University of Geosciences, 2006(in Chinese with English abstract).
- [14] 黄圭成, 莫宜学, 徐德明, 等. 西藏西南部达巴-休古嘎布蛇绿岩带的形成与演化[J]. 华南地质与矿产, 2006, 87(3):1-9.
Huang Guicheng, Mo Xuanxue, Xu Deming, et al. Origination and evolution of Daba -Xiugugabu ophiolite belt in the southwestern Tibet [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2006, 87(3):1-9(in Chinese with English abstract).
- [15] 黄圭成, 徐德明, 雷义均, 等. 西藏西南部达巴-休古嘎布绿岩带铬铁矿的找矿前景[J]. 中国地质, 2007, 34(4):668-674.
Huang Guicheng, Xu Deming, Lei Yijun, et al. Chromite prospects in the Daba -Xiugugabu ophiolite zone, southwestern Tibet[J]. Geology in China, 2007, 34(4):668-674(in Chinese with English abstract).
- [16] Bostrom K, Kraemer T, Gartner S. Provenance and accumulation rates of opaline silica, Ti, Fe, Mn, Cu, Ni, and Co in Pacific pelagic sediments[J]. Chemical Geology. 1973, 11:132-148.
- [17] 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.
- [18] Yamamoto K. Geochemical characteristics and depositional environments of cherts and associated rocks in the Franciscan and Shimanto Terranes [J]. Sedimentary Geology, 1987, 52:65-108.
- [19] Murray R W, Buchholtz Ten, Brink M R, et al. Rare earth, major, and trace elements in chert from the Franciscan complex and Monterey group, California: assessing REE sources to fine-grained marine sediments [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1991, 55(7):1875-1895.
- [20] Murray R W, Buchholtz Ten Brink M R, Gerlach D C, et al. Rare earth, and trace element composition of Monterey and DSDP chert and associated host sediment: Assessing the influence of chemical fractionation during diagenesis [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1992, 56:2657- 2671.
- [21] Murray R W. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert:General principles and applications [J]. Sedimentary Geology, 1994, 90:213-232.
- [22] 丁林, 钟大赉. 滇西昌宁-孟连带古特提斯洋硅质岩稀土元素和铈异常特征[J]. 中国科学(B辑), 1995, 25(1):93-100.
Ding Lin, Zhong Dalai. Characteristics of rare earth elements and Ce anomaly of chert from palaeo-Tethys in Changning Menglian belt, western Yunnan [J]. Science in China (Ser.B), 1995, 25(1): 93-100(in Chinese).
- [23] Murray R W, Buchholtz Ten Brink M R, Jones D L, et al. Rare earth elements as indicators of differentmarine depositional environments in chert and shale[J]. Geology, 1990, 18(3):268-271.
- [24] 郭铁鹰, 梁定益, 张宜智, 等. 西藏阿里地质 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991:201-260.
Guo Tieying, Liang Dingyi, Zhang Yizhi, et al. Geology of Ngari Tibet (Xizang)[M]. Wuhan:China University of Geosciences Press, 1991: 201-260(in Chinese).
- [25] Hein J R, Obradovic J. Siliceous deposits of the Tethys and Pacific regions [C]//Hein J R, Obradovic J. Siliceous deposits of the Tethys and Pacific Regions. Springer- Verlag, New York, 1989:1-8.
- [26] 周肃. 西藏冈底斯岩浆岩带及雅鲁藏布蛇绿岩带关键地段同位素年代学研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2002.
Zhou Su. Study on the Geochronology of Several Key Regions of Gangdese Magmatic and Yarlung Zangpo Ophiolite Belts Tibet[D]. Beijing:China University of Geosciences, 2002 (in Chinese with English abstract).
- [27] Christine Miller, Martin Thoni, Wolfgang Frank, et al. Geochemistry and tectonomagmatic affinity of the Yungbwa ophiolite, SW Tibet[J]. Lithos, 2003, 66:155-172.
- [28] 韦振权, 夏斌, 张玉泉, 等. 西藏休古嘎布蛇绿岩中辉绿岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义 [J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30(1):93- 97.
Wei Zhenquan, Xia Bin, Zhang Yuquan, et al. SHRIMP zircon dating of diabase in the Xiugugabu ophiolite in Tibet and its geological implications [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2006, 30(1):93- 97(in Chinese with English abstract).
- [29] 徐德明, 黄圭成, 雷义均. 西藏西南部休古嘎布蛇绿岩的 Sm-Nd 年龄及 Nd-Sr-Pb 同位素特征 [J]. 中国地质, 2008, 35(3): 429-435.
Xu Deming, Huang Guicheng, Lei Yijun, et al. Sm-Nd ages and Nd -Sr -Pb isotope signatures of the Xiugugabu ophiolite, southwestern Tibet[J]. Geology in China, 2008, 35(3):429-435(in Chinese with English abstract).
- [30] 李建峰, 夏斌, 刘立文, 等. 西藏普兰地区拉昂错蛇绿岩中辉绿岩

的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 地质通报, 2008, 27(10): 1739-1743.
Li Jianfeng, Xia Bin, Liu Liwen, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of

diabase in the La' nga Co ophiolite, Burang, Tibet, China, and its geological significance [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(10): 1739-1743(in Chinese with English abstract).

Characteristics and geological implications of chert associated with ophiolite in southwestern Tibet

HUANG Gui-cheng, XU De-ming, LEI Yi-jun, LI Li-juan

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, Hubei, China)

Abstract: In the Daba-Xiugugabu ophiolite belt of southwestern Tibet, there exists widely distributed Mesozoic chert associated with ophiolite. Geochemical parameters of major elements and rare earth elements and geochemical setting discrimination diagram of the chert associated with La' nga Co ophiolite mass suggest that the sedimentary environment of the chert was a continental margin basin, with its genesis attributed to biogenic origin and hydrothermalism. Geological section of the chert-bearing strata is composed in upward succession of quartz sandstone, debris-bearing quartz sandstone and graywacke, and chert, with the sedimentary environment being the transition from delta or shallow sea through continental margin to marginal basin. There exists abundant Radiolaria in the chert, and the radiolarian association suggests that the chert was formed in the last period of Late Jurassic. The chert-bearing strata and the ophiolite are the component parts of the small oceanic basin in northern Indian continental margin, and the oceanic basin was closed by the collision of plates which caused the collage of the strata and the ophiolite. The sedimentary environment of the chert reflects the tectonic setting of the small oceanic basin in Late Jurassic.

Key words: Tibet; ophiolite; chert; geochemistry; Radiolaria

About the first author: HUANG Gui-cheng, male, born in 1963, doctor and senior researcher, engages in the investigation and study of mineral deposit geology; E-mail: ychguicheng@cgs.gov.cn.