第 44 卷 第 4 期 西 北 地 质 Vol.44 No.4
2011年（总180期） NORTHWESTERN GEOLOGY 2011 (Sum180)

文章编号：1009-6248(2011)04-0105-08

# 新疆达坂城西南一带奇尔古斯套组硅质岩地球化学特征及成因讨论

王行军[1]，王根厚[1]，潘立成[2]，王德强[2]，专少鹏[2]，李广栋[2]

（1. 中国地质大学地球科学与资源学院，北京 100083；
2. 河北省区域地质矿产调查研究所，河北 廊坊 065000）

**摘 要**：奇尔古斯套组硅质岩 $SiO_2$ 含量较高，$Al_2O_3$、$TiO_2$ 含量变化较大，反映出较多的外来物质的加入；Si/（Al+Fe+Mn）、Al/（Al+Fe+Mn）、$MnO/TiO_2$、$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_3O_2)$ 值较高，反映其为生物化学成因，形成于大陆边缘环境；$Fe_2O_3/TiO_2$ 对 $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 图解同样说明其形成于大陆边缘环境。REE 较高，HREE 富集不明显，北美页岩标准化后的稀土配分模式曲线较为平坦，向左倾斜不明显，$(La/Ce)_{shale}$ 值较低，$\delta Ce_{shale}$ 值较高，无明显 Ce 负异常，反映奇尔古斯套组硅质岩属生物化学成因硅质岩，形成于大陆边缘环境；$(La/Ce)_{shale}$ 对 $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 图解亦说明其形成于大陆边缘环境。微量元素中 Hf 含量高，而 Be、Li、Nb、Rb、Sr、Ta、Th、U、V、Zr 含量低；Ba 元素含量低；Co、Ni 贫富相当，Co/Ni 值较高，U/Th 值低，说明奇尔古斯套组硅质岩属于正常的生物化学成因的硅质岩。

**关键词**：达坂城；奇尔古斯套组；地球化学；生物化学；大陆边缘

**中图分类号**：P59 **文献标识码**：A

在新疆维吾尔自治区中部沿伊连哈比尔尕—乌鲁木齐—达坂城一线发育一套呈东西向展布着厚度巨大的硅质岩建造——奇尔古斯套组，前人只粗略地确定其形成于深海环境，并未对其成因及形成环境进行详细地研究（新疆维吾尔自治区地质矿产局，1993、1999）。笔者在达坂城一带进行 1∶5 万区域地质矿产调查时，对奇尔古斯组硅质岩的地球化学特征进行了较为详细的研究，确定其形成于大陆边缘，属生物化学成因硅质岩。

## 1 区域地质背景

奇尔古斯套组发育于哈萨克斯坦-准噶尔板块（Ⅰ级）、准噶尔-马尔喀什微板块（Ⅱ级）南缘，巴尔喀什-准噶尔-吐哈古陆的南缘（Ⅲ级），依连哈比尔尕晚古生代残余海盆的东南缘（Ⅳ级）（何国琦等，2003）（图 1）。研究区内除大面积发育上石炭统奇尔古斯套组以外，还发育下二叠统阿尔巴萨依组、中上三叠统小泉沟群、下侏罗统三工河组、中侏罗统西山窑组和头屯河组、渐新统—中新统桃树园组、上新统葡萄沟组。

依据岩性组合特征，奇尔古斯套组可划分 4 个岩性段：一段岩性以灰绿色、灰黑色中厚层含凝灰质硅质岩、含砂质硅质岩、含放射虫硅质岩为主，夹灰色钙质长石岩屑砂岩、含砾（含生屑）长石岩屑砂岩；二段以灰黑色薄层—中厚层含凝灰质砂质

**收稿日期**：2011-04-14；**修回日期**：2011-09-16

**基金项目**：新疆乌鲁木齐市达坂城西南一带 1∶5 万区域地质矿产调查项目（XJQDZ2004-13）资助

**作者简介**：王行军（1970-），男，河北沧州人，在读博士，高级工程师，主要从事区域地质矿产调查研究工作，主要研究方向为构造地质学、沉积学。E-mail：791150442@qq.com

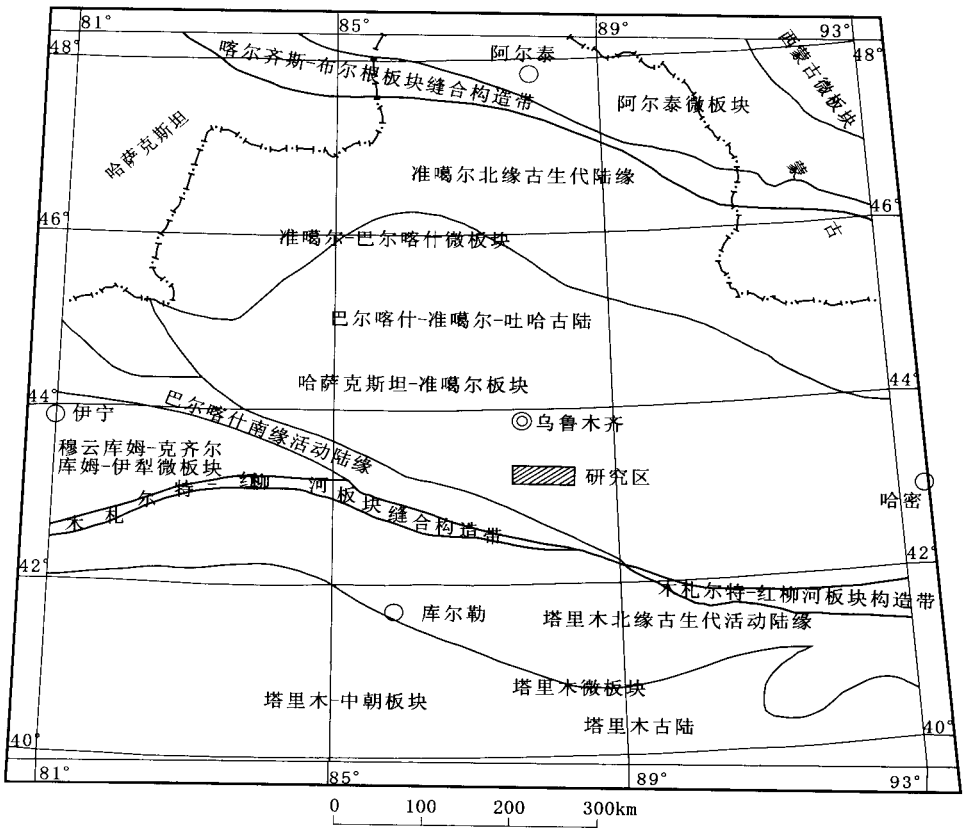


**图 1 研究区大地构造位置**

（据何国琦，2003）

Fig. 1 Tectonic location of study area

硅质岩、硅质岩、含放射虫硅质岩为主，夹灰色薄层泥晶灰岩、褐红色硅质岩和灰黑色泥质粉砂岩，局部见有零星灰绿色橄榄玄武岩、灰绿色玄武岩夹层或透镜体；三段岩性以灰黑色薄层硅质岩、含放射虫硅质岩、含砂质硅质岩及粉砂岩、泥质粉砂岩为主，夹灰黑色中厚层黏土质砂质砾岩、灰黑色中厚层长石岩屑砂岩，局部夹褐红色含铁硅质岩、泥粉晶灰岩及玄武岩透镜体；四段以灰黑色厚层硅质砾岩、含黏土质砂质砾岩为主，夹灰黑色薄层泥质粉砂岩、灰黑色薄层含砂质硅质岩。

## 2 硅质岩岩石学特征

硅质岩是奇尔古斯套组的主要岩石类型，根据其含有陆源碎屑物质、火山物质、铁质以及放射虫的多少，可以划分为含砂质硅质岩、含黏土质硅质岩、含凝灰质硅质岩、硅质岩、含放射虫硅质岩、褐红色硅质岩（铁质含量低于5%）和褐红色含铁质硅质岩（铁质含量高于5%）等7种类型。

硅质岩主要为灰黑色、灰绿色，其次为紫红色、褐红色、深灰色。具隐晶-微晶结构，块状构造、缝合线构造、纹层状构造。硅质（玉髓）是岩石的主体，颗粒极细，一般为0.05～0.01mm，甚至更细，呈近于等轴状的不规则晶粒堆积镶嵌在一起。陆源碎屑砂由长石、石英颗粒构成，粒度为0.01～0.2 mm，杂乱的不均匀分布，以次棱角状为主，部分呈棱角状，砂的含量一般为5%～20%，最高可达40%。黏土呈细小鳞片状，杂乱分布，部分集合体呈不规则状分布，粒度小于0.005mm，含量一般为5%～10%，最高含量可达20%。凝灰物主要为玻屑，玻屑的弧面呈棱角状，脱玻化明显，呈假象产出，部分界线已模糊不清，凝灰物含量最高可达25%。岩石之中放射虫呈圆形、椭圆形，大小一般为0.05～0.25mm，呈星散

状分布，部分已被长石、石英、方解石、黏土所交代。经中国地质科学院地质研究所王乃文鉴定分别为：*Entactinid indet* 和 *Entactinosphaera* sp.。铁质呈杂乱分布，一般含量为 1%～5%，最高含量可达 15%，铁质物质主要产于褐红色硅质岩之中。

硅质岩的沉积构造主要有块状构造和纹层状构造两种。块状构造是硅质岩极为发育的一种沉积构造，形成岩石较为均匀，岩层厚度一般较大。纹层状构造是硅质岩较为发育的一种沉积构造，宏观上主要由色调深浅不一的层反映出厘米级—毫米级的纹层构造，主要由“杂质”——陆源碎屑物质含量在纵向上变化显示出来。缝合线构造是本区硅质岩较为发育的一种显微构造，肉眼观察不到，缝合线呈波状—齿状，内有褐铁矿、黏土等的分布。

## 3　硅质岩地球化学特征

笔者在地质调查工作时，对不同类型的硅质岩进行了分别采样，共采集硅质岩分析样品 11 件，其中含黏土质硅质岩 2 件，含砂质硅质岩 3 件，含凝灰质硅质岩 1 件，含放射虫硅质岩 1 件，褐红色硅质岩 2 件，褐红色含铁质硅质岩 2 件，分析结果见表 1。

### 3.1　硅质岩岩石化学特征

硅质岩成因归纳起来大致可存在 3 种：①生物或生物化学沉积成因。②化学沉积，包括火山喷发成因、超碱性条件下沉积及热水沉积成因。③交代（硅化）成因（曾普胜，2004）。Murray（1994）将硅质岩形成的大地构造环境分为 3 种：大洋中脊附近（距洋中脊约 400 km 范围）、大洋盆地和大陆边缘（离陆地约 1 000 km）。

样品分析结果表明，所有硅质岩样品的 $SiO_2$ 含量较高，为 61.30%～96.90%；$Al_2O_3$ 含量含量差别较大，为 0.36%～13.79%；$TiO_2$ 含量为 0.01%～0.53%，$Fe_2O_3$ 含量为 0.30%～5.53%。分析结果表明，$SiO_2$ 与 $Al_2O_3$、$TiO_2$ 呈负相关关系，反映有陆源物质的加入；$Fe_2O_3$ 在褐红色含铁质硅质岩中较高。前人（Sugisali, et al., 1982；邓希光等，2003）的研究表明，硅质岩中 $Al_2O_3$、$TiO_2$ 是极好的陆源物质注入的指示剂，两者具有很好的正相关关系，表明其源于剥蚀大陆和岛弧相或及其附近。岩石化学特征研究表明，奇尔古斯套组硅质岩含有较多的源于剥蚀大陆的碎屑物质，且距离大陆边缘较近。

Bostrom（1973）认为，Al、Fe 和 Mn 的含量对讨论硅质岩成因具有重要意义，他提出了 Al/（Al＋Fe＋Mn）值是反映沉积物中热水参与多少的标志，纯热水沉积比值接近 0.01，而纯生物成因的比值接近 0.6。奇尔古斯套组硅质岩 Al/（Al＋Fe＋Mn）值为 0.31～0.85，平均 0.76，说明其主要为生物成因。Si/（Si＋Al＋Fe）值也是判断硅质岩成因的重要参数，生物成因的比值高，一般大于 0.9（Aitchison and Flood，1990）。研究区硅质岩的 Si/（Si＋Al＋Fe）值为 0.76～0.98，平均为 0.85，表明奇尔古斯套组硅质岩为生物成因。

Baltuck（1982）的研究表明，典型大陆边缘硅质岩 Al/（Al＋Fe＋Mn）值为 0.619，典型深海生物沉积的硅质岩 Al/（Al＋Fe＋Mn）值为 0.319，而洋中脊硅质岩则更低，Al/（Al＋Fe＋Mn）值为 0.008 15。奇尔古斯套组硅质岩 Al/（Al＋Fe＋Mn）值为 0.31～0.85，且大多数样品的比值大于 0.70，与大陆边缘硅质岩特征一致。

$MnO/TiO_2$ 值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，离陆较近的大陆和边缘海沉积的硅质岩的 $MnO/TiO_2$ 值较低，一般小于 0.5，而远离大陆的大洋中的沉积物 $MnO/TiO_2$ 则较高，可达 0.5～3.5（邓希光等，2003；何俊国等，2004；梁锦等，2008）。本区硅质岩大多数样品的 $MnO/TiO_2$ 值小于 0.40，仅有褐红色硅质岩、褐红色含铁质硅质岩的 8、9、11 号样品 $MnO/TiO_2$ 值大于 1，分别为 25.00、2.30、1.23。这说明本区硅质岩形成于大陆边缘环境，可能在褐红色硅质岩、褐红色含铁质硅质岩中有外来 Mn 加入。

$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_3O_2)$ 值是判断硅质岩沉积环境的一种重要的参数，洋中脊环境下发育的硅质岩该比值常小于 0.4，大洋盆地内的硅质岩该比值为 0.4～0.7，大陆边缘硅质岩的该比值则高达 0.5～0.9（梁锦等，2008）。奇尔古斯套组硅质岩的 $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_3O_2)$ 值为 0.21～0.89，且大多数大于 0.7，这说明奇尔古斯套组硅质岩形成于大陆边缘环境。

在 $Fe_2O_3/TiO_2$-$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 图

解中，9 号样品投影于洋中脊区附近，8 号样品由于 $Fe_2O_3/TiO_2$ 值较高投影于空白区，10、11 号样品投影于深海与大陆边缘的交叉区，其余各样品均投影于大陆边缘区（图 2），这亦说明奇尔古斯套组硅质岩主要形成于大陆边缘环境。

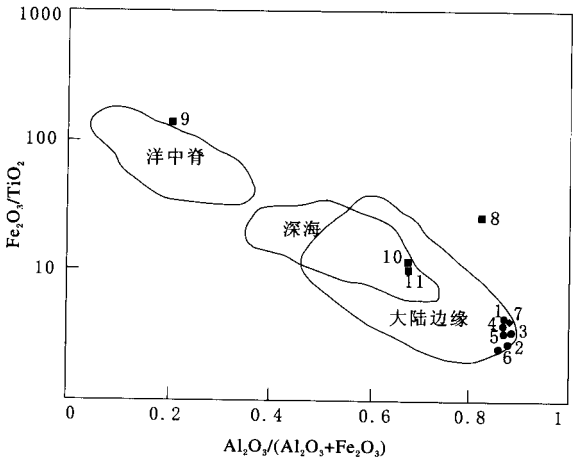


**图 2 奇尔古斯套组硅质岩 $Fe_2O_3/TiO_2$-$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 图解**

（据 Murray，1994）

Fig. 2 $Fe_2O_3/TiO_2$-$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ diagrams of cherts from Qiergusitao Formation

(After Murray, 1994)

### 3.2 硅质岩稀土元素特征

分析结果显示，奇尔古斯套组硅质岩稀土总量（ΣREE）相差较大，为 $2.06\times10^{-6}\sim177.20\times10^{-6}$。其中，含陆源碎屑物硅质岩、含凝灰质硅质岩、含铁质硅质岩稀土总量相对较高，为 $83.66\times10^{-6}\sim177.20\times10^{-6}$；含放射虫硅质岩则较低，为 $44.06\times10^{-6}$；而褐红色硅质岩最低，仅为 $2.06\times10^{-6}\sim10.43\times10^{-6}$。这说明区内硅质岩的稀土元素主要来源于外来物质的稀土元素，少部分是吸附海水中的稀土元素。轻重稀土比值（LREE/HREE）中等，为 5.47～8.92，说明轻稀土元素富集；$(La/Yb)_N$ 值较高，为 4.18～7.53，说明轻重稀土分馏程度中等；$(La/Sm)_N$ 值较高，为 2.55～4.29，说明轻稀土元素富集；$(Gd/Yb)_N$ 值较小，为 1.13～1.39，说明重稀土元素分馏不明显，重稀土元素富集。稀土配分曲线为向右倾斜的曲线，曲线较为平滑（图 3）。

Shimizu, et al.（1977）研究了热水成因与非热水成因硅质岩的 Ce 含量，发现热水成因硅质岩具负 Ce 异常，且 $\delta Ce_{shale}$（以北美页岩为标准）平均值为 0.29；非热水成因硅质岩具正 Ce 异常，$\delta Ce_{shale}$ 平均值为 1.20。Fleet（1983）系统地研究了世界上属于热水成因的金属沉积与非热水成因金属沉积中的稀土元素之后认为，热水沉积的稀土总量（ΣREE）低，Ce 为负异常，重稀土（HREE）有富集的趋势；非热水沉积的稀土总量（ΣREE）高，Ce 为正异常，重稀土（HREE）不富集。奇尔古斯套组硅质岩除褐红色硅质岩、含放射虫硅质岩稀土总量（ΣREE）低以外，其余各岩性样品稀土总量（ΣREE）较高，Ce 异常为无异常—正异常，重稀土不富集；$\delta Ce_{shale}$ 值为 0.85～1.50，平均值为 1.08。稀土元素地球化学特征表明奇尔古斯套组硅质岩是非热水成因沉积的产物（表 1）。

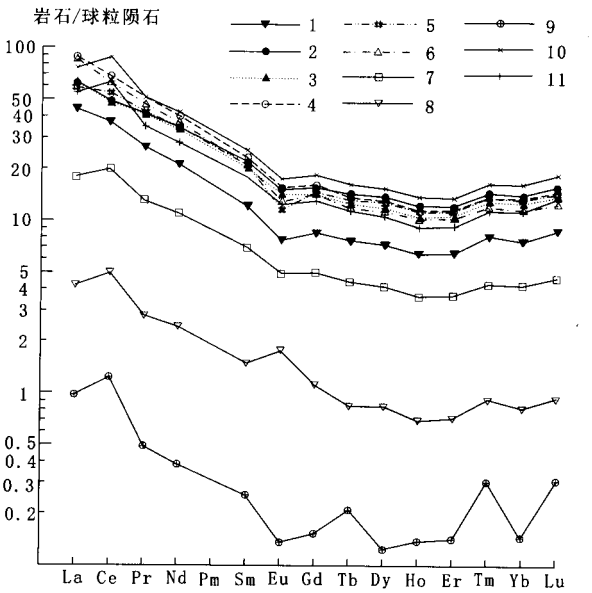


**图 3 奇尔古斯套组硅质岩球粒陨石标准化稀土配分模式图**

（球粒陨石值据 Boynton，1984）

Fig. 3 REE distribution pattern for normalized cherts of Qiergusitao Formation by chondrite

(Chondrite REE values from Boynton, 1984)

Fleet（1983）的研究表明，在北美页岩标准化的稀土配分模式图上，热水沉积岩的稀土配分曲线均表现出不同程度的向左倾斜，倾斜程度越高，热水沉积岩中热水的沉积物的比例就越大。奇尔古斯套组硅质岩在经北美页岩标准化后的稀土配分模式图上，曲线总体表现较为平坦，$(La/Yb)_{shale}$ 值

**表 1　新疆达坂城西南一带奇尔古斯套组硅质岩主量元素、微量元素及稀土元素分析结果**

Tab. 1　Major element, trance element and rare earth element content in cherts of Qiergusitao Formation in the southwestern area of Dabancheng, Xinjiang

| 元素 | 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 样品 | P1-1 | PV-3 | P1-4 | P1-5 | PⅣ-2 | PⅨ-1 | PV-2 | P1-2 | PⅨ-2 | PⅣ-1 | PV-1 |
| | 岩性 | 含黏土质硅质岩 | 含黏土质硅质岩 | 含砂质硅质岩 | 含砂质硅质岩 | 含砂质硅质岩 | 含凝灰质硅质岩 | 含放射虫硅质岩 | 褐红色硅质岩 | 褐红色硅质岩 | 褐红色含铁质硅质岩 | 褐红色含铁质硅质岩 |
| 主量元素 | $SiO_2$ | 79.01 | 68.00 | 66.66 | 61.30 | 70.74 | 73.52 | 87.30 | 94.56 | 96.90 | 70.28 | 76.00 |
| | $Al_2O_3$ | 8.74 | 13.69 | 12.79 | 13.22 | 12.66 | 11.26 | 5.40 | 1.26 | 0.36 | 11.99 | 10.03 |
| | $TiO_2$ | 0.31 | 0.72 | 0.49 | 0.51 | 0.53 | 0.52 | 0.18 | 0.01 | 0.01 | 0.51 | 0.39 |
| | $Fe_2O_3$ | 1.44 | 1.90 | 1.66 | 2.19 | 1.85 | 1.26 | 0.85 | 0.30 | 1.40 | 5.53 | 4.70 |
| | FeO | 0.79 | 2.90 | 1.75 | 2.06 | 2.37 | 1.77 | 0.84 | 0.02 | 0.02 | 0.24 | 0.02 |
| | CaO | 0.82 | 1.53 | 3.80 | 5.84 | 1.02 | 1.89 | 0.51 | 1.45 | 0.71 | 1.61 | 0.51 |
| | MgO | 0.87 | 1.83 | 1.63 | 1.72 | 1.75 | 1.09 | 0.87 | 0.34 | 0.00 | 1.21 | 1.38 |
| | $K_2O$ | 1.98 | 2.19 | 2.82 | 3.32 | 1.29 | 2.94 | 0.80 | 0.13 | 0.03 | 2.05 | 2.08 |
| | $Na_2O$ | 2.25 | 3.45 | 2.85 | 3.15 | 4.62 | 3.08 | 1.32 | 0.06 | 0.04 | 3.92 | 1.66 |
| | MnO | 0.096 | 0.113 | 0.088 | 0.077 | 0.228 | 0.092 | 0.050 | 0.254 | 0.023 | 0.204 | 0.475 |
| | $H_2O^+$ | 2.52 | 2.49 | 2.29 | 2.53 | 2.00 | 1.42 | 1.26 | 0.71 | 0.07 | 1.34 | 1.92 |
| | $H_2O^-$ | 0.65 | 0.65 | 0.62 | 0.67 | 0.40 | 0.34 | 0.35 | 0.28 | 0.06 | 0.57 | 0.95 |
| | LOS | 3.25 | 3.45 | 4.93 | 6.82 | 2.60 | 1.97 | 1.73 | 1.79 | 0.65 | 2.27 | 2.72 |
| | 总和 | 99.61 | 99.91 | 99.60 | 100.33 | 99.76 | 99.51 | 99.89 | 100.19 | 100.16 | 99.90 | 100.03 |
| 微量元素 | Li | 21 | 29 | 21 | 26 | 27 | 19 | 20 | 19 | 8 | 14 | 16 |
| | Sc | 7.4 | 14.4 | 12.9 | 12.5 | 13.2 | 11.4 | 5.9 | 1.6 | 1.5 | 20.6 | 16.0 |
| | Be | 1.18 | 1.39 | 1.23 | 1.60 | 1.45 | 1.68 | 0.69 | 0.20 | 0.16 | 1.14 | 1.58 |
| | Ba | 288 | 359 | 487 | 508 | 412 | 504 | 166 | 427 | 19 | 1331 | 1289 |
| | P | 229 | 532 | 460 | 484 | 390 | 507 | 130 | 75 | 53 | 332 | 230 |
| | Co | 5.4 | 10.6 | 8.9 | 10.7 | 11.1 | 10.4 | 8.2 | 4.8 | 3.3 | 21.8 | 20.0 |
| | Ni | 7 | 11 | 16 | 17 | 16 | 13 | 15 | 4 | 1 | 61 | 45 |
| | Zr | 89 | 167 | 153 | 158 | 145 | 139 | 53 | 12 | 9 | 143 | 118 |
| | Hf | 2.5 | 5.0 | 4.6 | 4.7 | 4.4 | 4.2 | 1.4 | 0.2 | 0.1 | 4.2 | 3.3 |
| | V | 47.9 | 99.9 | 77.1 | 73.6 | 88.0 | 67.7 | 53.2 | 6.3 | 6.2 | 45.8 | 66.9 |
| | Ti | 1964 | 4127 | 3277 | 3305 | 3200 | 3081 | 1156 | 188 | 22 | 3284 | 2847 |
| | Nb | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 4 | 1 | 1 | 7 | 6 |
| | Ta | 0.39 | 0.45 | 0.50 | 0.60 | 0.58 | 0.68 | 0.19 | 0.05 | 0.04 | 0.60 | 0.42 |
| | Rb | 65 | 58 | 77 | 99 | 24 | 95 | 22 | 5 | 2 | 58 | 70 |
| | Sr | 115 | 214 | 308 | 321 | 292 | 198 | 98 | 47 | 9 | 222 | 119 |
| | U | 1.51 | 1.30 | 1.95 | 2.13 | 1.42 | 2.30 | 1.42 | 0.17 | 0.10 | 1.33 | 1.01 |
| | Th | 6.0 | 6.6 | 7.8 | 8.8 | 7.6 | 8.4 | 3.5 | 2.3 | 0.7 | 7.6 | 5.7 |
| 稀土元素 | La | 13.7 | 19.1 | 19.6 | 27.0 | 18.3 | 26.7 | 5.5 | 1.3 | 0.3 | 23.6 | 16.9 |
| | Ce | 30 | 40 | 39 | 55 | 44 | 51 | 16 | 4 | 1 | 71 | 51 |
| | Pr | 3.23 | 5.02 | 5.00 | 6.26 | 5.01 | 5.75 | 1.59 | 0.34 | 0.06 | 6.31 | 4.27 |
| | Nd | 12.55 | 20.82 | 20.08 | 24.28 | 20.38 | 21.89 | 6.57 | 1.44 | 0.23 | 25.35 | 16.85 |
| | Sm | 2.35 | 4.24 | 3.91 | 4.50 | 3.98 | 3.93 | 1.36 | 0.29 | 0.05 | 4.97 | 3.43 |
| | Eu | 0.56 | 1.10 | 1.04 | 1.12 | 0.86 | 0.94 | 0.36 | 0.13 | 0.01 | 1.28 | 0.91 |
| | Gd | 2.20 | 4.02 | 3.68 | 4.17 | 3.79 | 3.73 | 1.29 | 0.29 | 0.04 | 4.80 | 3.38 |
| | Tb | 0.36 | 0.68 | 0.59 | 0.64 | 0.62 | 0.58 | 0.21 | 0.04 | 0.01 | 0.77 | 0.54 |
| | Dy | 2.33 | 4.45 | 3.81 | 4.09 | 4.07 | 3.63 | 1.34 | 0.27 | 0.04 | 4.96 | 3.40 |
| | Ho | 0.46 | 0.88 | 0.75 | 0.81 | 0.81 | 0.73 | 0.26 | 0.05 | 0.01 | 0.98 | 0.66 |
| | Er | 1.36 | 2.53 | 2.22 | 2.39 | 2.34 | 2.17 | 0.77 | 0.15 | 0.03 | 2.82 | 1.96 |
| | Tm | 0.26 | 0.47 | 0.42 | 0.44 | 0.44 | 0.39 | 0.14 | 0.03 | 0.01 | 0.53 | 0.37 |
| | Yb | 1.58 | 2.92 | 2.63 | 2.72 | 2.72 | 2.39 | 0.88 | 0.17 | 0.03 | 3.37 | 2.37 |
| | Lu | 0.28 | 0.50 | 0.44 | 0.47 | 0.46 | 0.40 | 0.15 | 0.03 | 0.01 | 0.59 | 0.43 |
| | Y | 12.4 | 25.0 | 21.0 | 22.6 | 23.3 | 20.9 | 7.3 | 1.7 | 0.4 | 26.0 | 16.8 |

为 0.74～1.16，向左倾斜不明显（图 4），表明其热水沉积特征不明显。

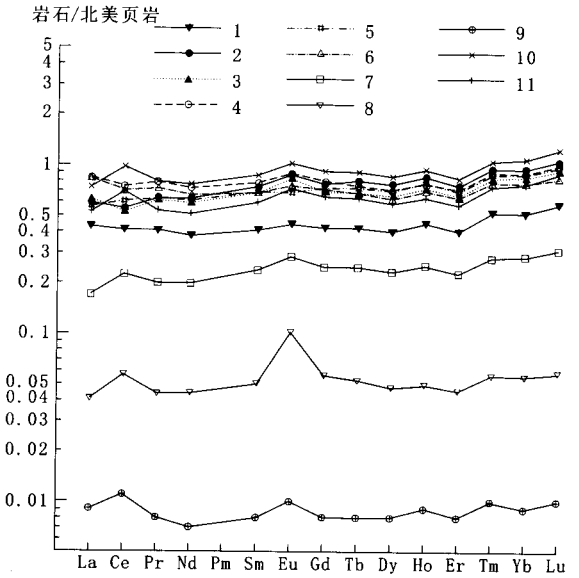


**图 4 奇尔古斯套组硅质岩北美页岩标准化稀土配分模式图**

（北美页岩值据 Haskin，et al.，1968）

Fig. 4 REE distribution pattern for normalized cherts of Qiergusitao Formation by North America shale

(North America shale REE values from Haskin, et al., 1968)

利用北美页岩标准化的 $(La/Ce)_{shale}$ 和 $\delta Ce_{shale}$ 对于判别硅质岩和页岩的沉积环境非常有效。前人（Murray，1994；徐跃通，1996；陈翠华等，2004；梁锦等，2008）的研究表明，扩张脊环境 $(La/Ce)_{shale} \geqslant 3.5$，$\delta Ce_{shale}$ 约 0.29；远洋环境 $(La/Ce)_{shale}N \approx 2 \sim 3$，$\delta Ce_{shale}$ 约 0.55；陆缘环境的 $(La/Ce)_{shale} \approx 1$，$\delta Ce_{shale}$ 约 0.90～1.30。奇尔古斯套组硅质岩 $(La/Ce)_{shale}$ 为 0.67～1.16，$\delta Ce_{shale}$ 为 0.85～1.50，表明奇尔古斯套组硅质岩形成大陆边缘环境。

Murray（1994）提出 $(La/Ce)_{shale}$ 用 $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 图解来判别硅质岩的形成环境，在图解中，奇尔古斯套组硅质岩大部分样品投影点落于大陆边缘环境区或及其附近（图 5），说明其形成于大陆边缘环境。

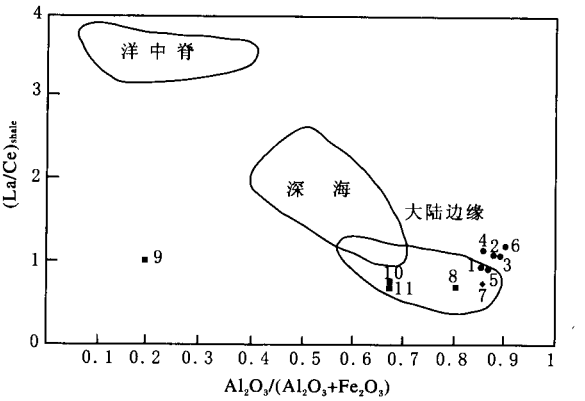


**图 5 奇尔古斯套组硅质岩 $(La/Ce)_{shale}$-$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ 判别图解**

（据 Murray，1994）

Fig. 5 $(La/Ce)_{shale}$-$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ diagrams of cherts from Qiergusitao Formation

(After Murray, 1994)

### 3.3 硅质岩微量元素特征

从分析结果来看，奇尔古斯套组硅质岩中 Hf 元素含量明显高于地壳丰度值，而 Be、Li、Nb、Rb、Sr、Ta、Th、U、V、Zr 则明显偏低于地壳丰度值；Ba、Co、Ni、Sc、Ti 则规律不明显。Ba、Co、Ni、Sc、Ti 等微量元素含量出现明显差别，这可能与不同外来物质参与其中有关。据刘云（1998）、曾普胜等（2004）的研究，Ba 元素高含量是热水成因的重要特征。奇尔古斯套组硅质岩 Ba 的含量较低，为 $19\times10^{-6}$～$1\,331\times10^{-6}$，浓集系数为 0.03～2.05。与维氏地壳丰度值相比较，除褐红色含铁质硅质岩 Ba 元素含量高于维氏地壳丰度值以外，其余各样品 Ba 元素含量均低于维氏地壳丰度值。这说明硅质岩以生物化学成因为主。

曾普胜等（2004）的研究表明，热水沉积岩相对贫 Co、富 Ni，Co/Ni 值远远小于 1。奇尔古斯套组硅质岩的 Co/Ni 值为 0.36～3.30，平均为 0.93，Co、Ni 贫富相当，不符合热水沉积的特征。

据 Rona（1978）对全球 17 个地区 21 件热泉沉积的研究，热泉沉积物的 U/Th 值一般大于 1。奇尔古斯套组硅质岩 U/Th 值为 0.07～0.41，不符合热水沉积特征，属于非热水沉积。

## 4 结论

（1）奇尔古斯套组硅质岩的岩性特征和主量元素以及 Si/（Si＋Al＋Fe）、Al/（Al＋Fe＋Mn）、$MnO/TiO_2$、$Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_3O_2)$ 等特征参数的研究表明，这些硅质岩为生物化学成因硅质

岩，与热水沉积和火山活动无关，形成于大陆边缘环境，距离大陆较近，因此有大量的陆源碎屑物质参与其中。$Fe_2O_3/TiO_2$-$Al_2O_3$/（$Al_2O_3+Fe_2O_3$）图解的投图结果，亦表明奇尔古斯套组硅质岩形成于大陆边缘环境。

（2）硅质岩球粒陨石标准化后和北美页岩标准化的稀土配分模式曲线表明，其热水沉积特征不明显，属于正常生物化学沉积的产物。稀土特征参数$(La/Ce)_{shale}$和$\delta Ce_{shale}$表明，奇尔古斯套组硅质岩形成于大陆边缘环境；$(La/Ce)_{shale}$-$Al_2O_3$/（$Al_2O_3+Fe_2O_3$）图解的投图结果，亦证明其形成于大陆边缘环境。

（3）微量元素特征表明，硅质岩中有外来物质加入。Ba 元素含量以及 Co/Ni、U/Th 值表明，奇尔古斯套组硅质岩非热水成因，属正常的生物化学成因。

（4）通过对奇尔古斯套组硅质岩常量元素、稀土元素、微量元素的研究，表明在伊连哈比尔尕—乌鲁木齐—达坂城在晚石炭世时没有广阔的海洋，只是一个残余海盆。

致谢：本文是区调项目的集体成果。范永贵、白君武、梁国庆、鲁艳明、赵华平等同志参加了野外工作，在野外地质调查工作过程中得到了新疆地矿局第一地质大队各级领导的大力支持。岩石化学全分析样品由河北省区域地质矿产调查研究所实验室分析测试，稀土全分析、微量元素分析样品由中国地质科学院物化探研究所实验室分析测试，朱更新教授级高级工程师对全文进行了审阅，并提出了修改意见，在此一并表示衷心感谢！

## 参考文献（References）：

邓希光，李献华，陈志刚．广西钦州板城晚泥盆世硅质岩地球化学特征及沉积环境探讨［J］．地质科学，2003，38（4）：460-469.

Deng Xiguang, Li Xianhua, Chen Zhigang. Geochemical features and sedimentary setting of late Devonian cherts in Bancheng of Qinzhou, Guangxi［J］. Chinese Journal of Geology, 2003, 38 (4): 460-469.

陈翠华，何彬彬，顾雪祥，等．桂西北高龙金矿床含矿硅质岩成因及沉积环境分析［J］．沉积学报，2004，22（1）：54-58.

Chen Cuihua, He Binbin, Gu XIexiang, et al. Analysis of genesis and depositional environment of the immediate host siliceous rocks from Gaolong gold deposit in Northwestern Guangxi［J］. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22 (1): 54-58.

何国琦，成守德，徐新，等．中国新疆及邻区大地构造图（1∶2 500 000）及说明书［M］．北京：地质出版社，2003.

He Guoqi, Cheng Shoude, Xu Xin, et al. The map of tectonics of Xinjiang and its neighbouring areas and its explanatory text［M］. Geological Publishing House, Beijing, 2003.

何俊国，周永章，杨志军，等．藏南硅质岩地质地球化学特征及其成矿效应［J］．矿产与地质，2004，18（5）：405-409.

He Junguo, Zhou Yongzhang, Yang Zhijun, et al. Geological and geochemical cheracteristics and related mineralization of cherts in South Tibet［J］. Mineral Resources and Geology, 2004, 18 (5): 405-409.

梁锦，李红中，付伟，等．硅质岩的传统研究方法及意义［J］．中山大学研究生学刊，2008，29（3）：24-32.

Liang Jin, Li Hongzhong, Zhou Yongzhang, et al. Traditional ways of study on chert and its significance［J］. Journal of the graduates of Sunyat - sen university, 2008, 29 (3): 24-32.

刘云．皖南晚震旦世硅质岩的成因研究［J］．地层学杂志，1998，22（2）：155-160.

Liu yun. On the origin of the upper Sinian cherts of southern Anhui［J］. Journal of Stratigraphy, 1998, 22 (2): 155-160.

新疆维吾尔自治区地质矿产局．新疆维吾尔自治区区域地质志［M］．北京：地质出版社，1993.

Bureau of Geology and Mineral Resource of Xinjiang Uygur Autonomours Region. Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region［M］. Geological Publishing House, Beijing, 1993.

新疆维吾尔自治区地质矿产局．新疆维吾尔自治区岩石地层［M］．武汉：中国地质大学出版社，1999.

Bureau of Geology and Mineral Resource of Xinjiang Uygur Autonomours Region. Lithostratigraphy of Xinjiang Uygur Autonomous Region［M］. China University of Geological Press, Wuhan, 1999.

徐跃通．浙江西裘晚元古代层状硅质岩热水沉积地球化学标志及其沉积环境意义［J］．地球化学，1996，25（6）：600-608.

Xu Yuetong. The geochemical characteristics of hydrothermal sediment chert of the late Proterozoic Era and their sedimentary environmental implication in Xiqiu area, Zhejiang province［J］. Geochemical, 1996, 25 (6): 600-608.

曾普胜，杨竹森，蒙义峰，等．安徽铜陵矿集区硅质岩成因及意义[J]．地质论评．2004，50(2)：153-161.

Zeng Pusheng, Yang Zhusen, Meng Yifeng, et al. Petrogenesis and significance of cherts in Tongling mineralization cluster area, Anhui [J]. Geological Review, 2004, 50 (2): 153-161.

Aitchison J. C. and Flood P. G.. Geochemical constraints on the depositional setting of Paleozonic cherts from the New England orogeny, NSW, Eastern Arstralis [J]. Marine Geology, 1990, 94: 79-95.

Baltuck M. Provernance and distribution of Tethyan pelagic and hemipelagic ailiceous sediments, Pimdos Mountains, Greece [J]. Sedimentary Geology, 1982, 31: 63-88.

Bostrom K. The origin and fate of fermomanganoan active ridge sediments [J]. Stockholm Contribution to Geoolgy. 1973, 27: 149-243.

Boynton W. V. Geochemistry of the rare earth element: meteorite studies. In: Henderson P. (ed.), Rare earth element geochemistry [J]. Elservier, 1984: 66-114.

Fleet A. J. Hydrothermal and hydrogeneous ferromanganese deposots. In: P A Rona et al. esa. Hydrothemal Procerss at Sea Floor Spreading Centers Amsterdam [J]. Elsevier Science, Publishers B V. 1983, 537-570.

Haskin L. A., Haskin M. A., Frey F. A. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. In: Ahrens L. H. (ed), Origin and distribution of the elements [M]. 1968 (1): 889-911.

Murray R. W. Chenmical eriteria to identify the depositional environment of chert : general principles and applications [J]. Sedimentary Geology, 1994, 90: 213-232.

Rona P A. Critria for recognition fo hydrothermal mineral deposits in ocean crust [J]. Economic Geology, 1978, 73 (2): 135-160.

Shimizu H., Masuda A. Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation [J]. Nature, 1977, 266 (5600): 346-348.

Sugisali R., Ytamamoto K and Adachi M. Triassic bedded cherts in central Japan are non-pelagic [J]. Nature, 1982, 298: 644-647.

# Origin and Geochemical Characteristics of Cherts of Qiergusitao Formation in Southeastern of Dabancheng Area, Xinjiang

WANG Xing-jun[1], WANG Geng-hou[1], PAN Li-cheng[2], WANG De-qiang[2], ZHUAN Shao-peng[2], LI Guang-dong[2]

(1. *Academy of Geoscience and Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*
2. *Hebei Institute of Regional Geological and Mineral Resource Survey, Langfang* 065000, *China*)

**Abstract**: The cherts of Qiergusitao Formation show the addition of more foreign substances with high content of $SiO_2$, and great transformable content of $Al_2O_3$, and $TiO_2$. Also the high ratios of Si/ (Al+Fe+Mn), Al/ (Al+Fe+Mn), $MnO/TiO_2$, and $Al_2O_3$/ ($Al_2O_3$ + $Fe_3O_2$) reflect that the cherts of Qiergusitao Formation are the biochemical cherts and formed in a continental margin. Moreover, the $Fe_2O_3$/ $TiO_2$-$Al_2O_3$/ ($Al_2O_3$+$Fe_2O_3$) diagram shows that Qiergusitao Formation formed in a continental margin as well. Meanwhile the cherts of Qiergusitao Formation have high content of REE, unobvious enrichment of HREE, low ratios of (La/Ce) shale, high values of $\delta$Ceshale and typical NASC-normalized flat REE patterns without visible negative anomaly and visible leaning to the left. Furthermore the characteristics of the lanthanon element show that the cherts of Qiergusitao Formation are the biochemical cherts and formed in a continental margin. In addition, the (La/Ce) shale-$Al_2O_3$/ ($Al_2O_3$+$Fe_2O_3$) diagram proves that Qiergusitao Formation formed in a continental margin. And the samples of Qiergusitao Formation have the high content of trance element Hf, low content of Li, Nb, Rb, Sr, Ta, Th, U, V and Zr; unobvious enrichment of Co and Ni, the high ratios of Co/Ni, and low ratios of U/Th. The characteristics of the trace element show that the cherts of Qiergusitao Formation is normal biochemical origin.

**Key words**: Dabancheng; Qiergusitao Formation; geochemistry; biochemistry; continental margin