黔东震旦系一下寒武统黑色岩系 稀土元素地球化学特征

杨兴莲1),朱茂炎2),赵元龙1),张俊明2),郭庆军3),皮道会3)

1) 贵州大学资源与环境工程学院,贵阳,550003;

2) 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学国家重点实验室,南京,210008;

3) 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室,贵阳,550002

内容提要:通过对黔东丹寨南皋剖面和三都渣拉沟剖面的稀土元素分析发现:两条剖面的梅树村期与筇竹寺期 分界处大量稀土元素明显富集,黑色页岩中存在明显的 Ce 负异常和 Eu、Y 正异常,表明为缺氧和热水沉积的产物。 这套黑色岩系总体沉积于缺氧和具热水注入的环境中,但发生缺氧和热水注入的时间和强度在不同地方会有不同 的表现。

关键词:黑色岩系;前寒武纪一寒武纪转换时期;稀土元素;黔东

最近 30 多年来,稀土元素地球化学日益受到人 们重视。一方面,稀土在农业和科学技术中显示出 越来越广泛的应用,促进人们对稀土资源的日益增 长的需求;另一方面,稀土元素作为示踪剂,显示出 他们在成岩和成矿过程中,对物质来源、形成环境和 构造位置等有着重要的指示作用(涂光炽等,1998)。

稀土元素的含量、总量及组合规律客观反映地 质体的演化过程、地质作用的物理化学条件以及成 矿的物质来源,常被用作地球化学作用的指示剂(刘 云,1998)。稀土模式可用来指示沉积岩的物源, LREE/HREE 比值低,无 Eu 异常,则物源可能为基 性岩石;LREE/HREE 比值高,有负 Eu 异常,则物 源多为酸性岩石(赵红格等,2003),因而对其组成和 配分的研究是探讨沉积岩岩石物源的重要途径之 一。

在我国南方下寒武统广泛发育一套以富含有机 质为特征的海相黑色岩系,包括各种暗色页岩、硅质 岩、粉砂岩和少量碳酸盐岩(高振敏等,1997)。这套 黑色页岩组合,蕴藏着丰富的石煤、钒、磷、钡及多金 属富集层等矿产资源,是地质历史发展进程中重要 的岩相标志层。近年来不少学者对这套黑色岩系进 行了多种地球化学分析,试图解释其物质来源、形成 环境和一些地球化学元素的富集机理等(李胜荣等, 1995;彭军等,1999;冯洪真等,2000;曹双林等, 2004;杨剑等,2005;Steiner et al.,2001;Feng et al.,2004;Pan et al.,2004;Jiang et al.,2003, 2006),基本都得出了该期沉积主要为缺氧环境,且 热水提供了大量多金属元素物质来源的结论。就贵 州地区而言,研究主要集中在扬子地台浅水相区,而 在扬子地台过渡区和江南区的研究几乎为空白。因 此本文对贵州东部深水相区的丹寨南皋剖面和三都 渣拉沟剖面进行了系统的稀土元素地球化学研究, 旨在探讨该区前寒武纪—寒武纪转换时期沉积的黑 色岩系的形成环境和物质来源。

1 地质背景

丹寨和三都地区位于贵州东南部,分属寒武纪 华南沉积区的过渡区和江南区(尹恭正,1987),发育 了不同的沉积组合及生物组合特征。

丹寨南皋下寒武统地层剖面位于丹寨以北南皋 乡九门村(图1),出露较好,剖面层序自下而上为灯 影组、老堡组、牛蹄塘组、九门冲组、变马冲组。老堡 组由黑色薄层硅质岩及磷块岩组成,厚7.8m;牛蹄 塘组由黑色炭质页岩、泥岩、粉砂质泥岩组成,厚 121.1m,产大量海绵化石,主要有 saetas pongia, Choia 和 Sansha pentella 等;九门冲组由深灰色、黑

注:本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40162002)、黔科合 J 字[2007]2151 号、973 项目(编号 2006CB806401)、中国科学院知识创 新工程重要方向项目(KZCX3-SW-141)和贵州大学博士启动基金项目的成果。

收稿日期:2007-05-20;改回日期:2007-09-19;责任编辑:章雨旭。

作者简介:杨兴莲,女,1976年生。副教授,博士。古生物学与地层学专业. Email: yangxinglian2002@163.com。





色中薄层灰岩组成,产三叶虫 Hupeidiscus,厚14.1m。

三都地区下寒武统全由黑色碳泥质粉砂岩、炭 质页岩和钙质泥岩组成,以渣拉沟剖面出露较好(图 1),剖面自下而上为灯影组、老堡组上段、渣拉沟组 等。老堡组上段由黑色薄层磷质硅质岩、硅质岩组 成,偶见海绵骨针,厚5.1m,与下伏灯影组呈平行不 整合接触;渣拉沟组由黑色炭质页岩、碳泥质粉砂岩 和钙质泥岩组成,含黄铁矿结核,产少量海绵骨针, 厚 88.6m。

根据有机碳同位素分析得出丹寨南皋老堡组 上、下段分界处和三都渣拉沟灯影组与老堡组的分 界处都有一明显负漂移,与全球许多地方寒武系的 底界通常有碳同位素的负漂移相吻合,结合其他多 种地层划分和对比方法可知这些分界处即是前寒武 系一寒武系界线处(Yang et al., 2007)。贵州及邻 区下寒武统牛蹄塘组底部的 Ni—Mo 矿多金属层的 成因,部分学者认为可能为热 水喷流作用所致(Steiner et al.,2001; Jiang et al.,2003; Pan et al.,2004; Yang et al., 2004),是一个比较稳定的凝缩 层(CS),而且也是最大海泛面 的标志,可作地层对比标志层, 在扬子地台分布比较稳定,所 以也被作为梅树村阶的顶界, 即筇竹寺阶底界(Zhu et al., 2003; Yang et al.,2005, 2007)。

2 分析方法

对贵州丹寨南皋剖面和三 都渣拉沟剖面上采集的 87 块 新鲜样品粉碎至 200 目以下 后,进行了稀土元素分析。

本项实验是在南京大学内 生金属矿床成矿机制研究国家 重点实验室完成。分析采用高 分辨率电感耦合等离子质谱分 析法,仪器精密度<5%,标样 结果与推荐值相对误差<10% (高剑锋等,2003)。具体步骤 如下:将粉碎至 200 目的样品 在烘箱内于 105℃烘干,烘干后

称取 25mg 样品于高压溶样罐 Teflon 内罐中;接着 加入 0.5mL 浓氢氟酸,于 120℃加热蒸干,去除样 品中部分 Si;蒸干后加入 1mL 浓氢氟酸和 0.5mL 浓 HNO₃,将 PTFE 内罐放入钢套中,旋紧后放入 180~190℃的烘箱中加热 96h;然后将溶解样品在 120℃蒸干至湿盐状,再加入 1mL HNO₃,于 140℃ 蒸干至湿盐状,去除样品中过量的 HF;再加入 5mL30%(v/v) HNO₃,于 140℃密封加热 4h,使样 品充分溶解于酸中,滤去残渣;冷却后加入适量 Rh 内标;最后用 2%的 HNO₃ 溶液稀释到 50mL,并使 用 ICP-MS 质谱仪进行分析。

3 稀土元素地球化学特征分析

丹寨南皋剖面黑色岩系的稀土元素丰度、比值 等地球化学参数(表1)与地壳中同类沉积岩稀土元 素地球化学特征相似,稀土总量以磷块岩和石煤层 中的磷结核最高,达719.2×10⁻⁶~675.1×10⁻⁶; 石煤层为 196.8×10⁻⁶;白云岩为 66.26×10⁻⁶~ 66.99×10⁻⁶;硅质岩的稀土总量较低,为 21.18× 10⁻⁶~91.25×10⁻⁶,其稀土总量随着含磷量的增高 而增加;灰岩最低,为17.09×10⁻⁶~70.67×10⁻⁶, 该稀土总量随泥质含量增加而增加。剖面沉积岩的 稀土元素以轻稀土相对富集(LREE/HREE=3.32 ~11.67),其中白云岩的轻稀土最富集,而磷块岩和 石煤层的轻稀土富集程度相对较小。在以北美页岩 为标准的丹寨南皋剖面沉积岩稀土元素分布模式图 和有关稀土参数剖面演化图(图 2,3)上,普遍存在 Eu 正异常(Eu/Eu*=0.82~4.73)和明显的 Ce 亏 损(Ce/Ce*=0.3~0.91),尤其在剖面 NG-53、48、 49 的碳质粉砂岩中 Eu 正异常最高,呈明显的高峰, 磷块岩和石煤层处,Ce亏损达最大。稀土元素总量 具有随海水深度增加而增高的特点,梅树村阶与筇 竹寺阶分界处大量稀土元素明显富集,可能反映了 同沉积期介质中稀土活度和沉积速率上的过渡状态 (向上方向)和岩石类型的差异(向下方向),代表 了一种非正常海水沉积作用,即热水沉积作用(李胜 荣等,1995)。

三都渣拉沟剖面稀土元素丰度、比值等地球化 学特征(表 2)与丹寨南皋剖面相似,稀土总量仍以 磷块岩最高,达 710.6×10⁻⁶~736.7×10⁻⁶,其次 为黑色碳质页岩,达 136.7×10⁻⁶~184.0×10⁻⁶, 硅质岩较低,不超过 100×10⁻⁶,最少可达 4.206× 10⁻⁶,白云岩为 38.21×10⁻⁶。剖面沉积岩中的稀 土元素以轻稀土相对富集(LREE/HREE=1.02~ 10.94),其中碳质页岩的轻稀土最富集,而硅质岩的 轻稀土富集程度相对较小。在以北美页岩为标准的 三都渣拉沟剖面沉积岩稀土元素分布模式图和有关 稀土参数剖面演化图(图 4,5)上,也以 Eu 正异常 (Eu/Eu*=1.13~4.27)和明显的 Ce 亏损(Ce/Ce* =0.27~0.89)为特征,其中 SD-32.33 的钙质泥岩 中 Eu 正异常最高,呈现高峰。

4 稀土元素地球化学参数

沉积岩的 Ce/Ce*,Eu/Eu*等稀土元素地球化 学参数,可用作判断物质来源和沉积环境演化等的 地球化学指示剂。

4.1 Eu 异常(Eu/ Eu*)

常用 Eu/ Eu* 表示地质体中 Eu 的异常性质特征。Eu 有 Eu²⁺和 Eu³⁺两种价态。在碱性、氧化条件下,Eu²⁺可以氧化成 Eu³⁺;而在强酸性、还原条件下可以还原成 Eu²⁺。本文采用公式 Eu/ Eu* =

 $Eu_N/(Sm_N \times Gd_N)^{1/2}$,其中N表示以北美页岩标准化。

以 Eu/ Eu* >1 时为正异常, Eu/ Eu* <1 为 负异常(王中刚等,1989)来判断,丹寨南皋老堡组硅 质岩、牛蹄塘组石煤层和炭质页岩 Eu/ Eu* 的值= 0.82~4.73,基本都大于 1,与太古宙以后的多数沉 积岩的 Eu 负异常相反。剖面中老堡组硅质岩的 Eu/ Eu* 值比较稳定,在 1 上下浮动,在石煤层处达 1.2,进入牛蹄塘组碳质页岩后,在 NG-32 和 NG-35 处出现两个明显的小峰,向上又负漂移至和 NG-35 以下的 Eu/ Eu* 值相近,并持续到 NG-44,即 19.5m 处时,Eu/ Eu* 值相近,并持续到 NG-44,即 19.5m 处时,Eu/ Eu* 值开始呈 3 次周期性的增加 后减少,又增加到 NG-53 处(55m)达最大值 4.73, 说明在此处环境最为还原,然后向上急剧减小至 1 左右,显示该地牛蹄塘组黑色页岩氧化还原环境呈 波动性变化。

三都剖面的 Eu/ Eu* 值=1.13~4.27,均大于 1,与丹寨南皋剖面类似,在老堡组和渣拉沟组下部 呈很多小锯齿状曲线,而在渣拉沟组中上部 Eu/ Eu* 值急剧增大至 4.27,然后向上减小。

所有的酸性热液流体的稀土模式表现出轻稀土 富集, Eu 和 Y 的正异常(Douville et al., 1999)。 Eu 的正异常在邻近洋中脊的热水溶液海相沉积中 是常见的(Ruhlin and Owen, 1986; Murray et al., 1991; Douville et al., 1999; Owen et al., 1999). 丹寨南皋剖面的老堡组硅质岩稀土模式表现出轻稀 土富集,Eu 无亏损或微弱亏损,主要为正常海水沉 积的产物,其上的黑色页岩表现出轻稀土富集,Eu 和 Y 的正异常,表现出热水沉积岩的地球化学特 征,并且 Eu 的正异常呈现几次明显的波动,即牛蹄 塘组底部石煤层开始至 NG-36 处有一次小峰, Eu/ Eu* 值为 1.08~1.95; 上至牛蹄塘组下部 NG-44 ~ NG-46 处又有一次小峰, Eu/ Eu* 值为 1.75~ 2.26; 而至牛蹄塘组中部 NG-48 ~ NG-53 时, 热水 作用最强烈,Eu/Eu* 值为 1.72~4.73,此层位正好 紧接于丹寨南皋剖面的牛蹄塘组黑色页岩段明显的 由缺氧到氧化环境变化的有机碳同位素组成突变界 面(Yang et al., 2007)和大量生物出现层位之下。 Eu和Y的正异常研究表明热水事件是多幕次的, 尤其在石煤层上下和紧接大量生物产出层位之下热 水作用强烈。三都渣拉沟整条剖面的稀土模式表现 出轻稀土富集, Eu和Y的正异常, 说明从老堡组的 硅质岩就开始表现出热水沉积岩的地球化学特征, 也为多幕次注入。

表 1 丹寨南皋剖面下寒武统黑色岩系稀土元素分析结果(×10⁻⁻)及有关参数

Table 1 Analytical results ($\times 10^{-6}$) of REEs and relatable parameter for black shale

series from the Nangao section, Danzhai County, Guizhou Province

地层	灯影组		老堡组												
岩性	白ī	5岩						硅质							
	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	NGYJC	
样晶号	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-20	-21	-22	
厚度(m)	-0.5	-0.1	0.55	0.85	1.15	1.45	1.75	2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	4	
La	22.37	19.72	10.14	5.65	4.91	4.94	6.17	5.89	8.02	10.37	12.57	16.50	16.87	15.55	
Ce	23.26	22.24	16.67	8.59	8.04	8.01	9.92	9.76	13.09	16.90	19.35	27.42	27.28	27.47	
Pr	3.10	3.41	2.41	1.20	1.17	1.11	1.42	1.30	1.77	2.38	2.75	4.25	4.10	4.40	
Nd	10.70	12.44	10.17	4.57	4.29	4.11	5.15	4.76	6.20	8.61	10.31	17.30	15.64	17.38	
Sm	1.80	2.06	1.87	0.67	0.70	0.59	0.73	0.62	0.79	1.20	1.40	2.80	2.39	2.67	
Eu	0.48	0.57	0 44	0.20	0.24	0.20	0.27	0.18	0.26	0.27	0.32	0.55	0.48	0.46	
Gd	1 80	2.06	1 87	0.77	0.79	0.56	0.79	0.60	0.80	1 28	1 31	2 41	2 24	2 17	
Th	0.24	0.28	0.29	0.12	0.11	0.09	0.12	0.10	0.12	0.19	0.21	0.42	0.38	0.38	
Dv	1 23	1 41	1 80	0.66	0.62	0.58	0.73	0.65	0.80	1 12	1.38	2 49	2 32	2 32	
Ho	0.25	0.27	0.39	0.15	0.13	0.12	0.17	0.15	0.17	0.21	0.30	0.48	0.49	0.49	
Er	0.76	0.79	1 14	0.45	0.39	0.37	0.51	0.44	0.56	0.64	0.91	1 43	1 44	1 49	
Tm	0.11	0.11	0.16	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0. 08	0.09	0.13	0. 21	0.20	0.22	
Yh	0.79	0.79	1 13	0.44	0.39	0.39	0.48	0.46	0.58	0.62	0.89	1 35	1 39	1 43	
Lu	0.12	0.12	0.18	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.14	0.20	0.19	0.20	
ΣREE	66, 99	66.26	48.66	23.59	21.89	21.18	26.59	25.05	33.33	43.98	51.99	77.80	75.40	76.62	
Σ LREE	61.70	60.44	41.70	20.87	19.35	18.95	23.66	22.51	30.13	39.73	46.72	68.82	66.76	67.93	
Σ HREE	5.29	5.83	6.95	2.72	2.54	2.23	2,93	2.53	3.19	4.25	5.28	8, 98	8.64	8.69	
_ L/H	11.67	10.37	6	7.68	7.62	8.49	8.08	8.88	9.44	9.35	8.86	7.66	7.73	7.82	
Ce/Ce*	0.56	0.56	0.73	0.72	0.77	0.79	0.78	0.78	0.78	0.77	0.74	0.73	0.73	0.75	
Eu/Eu*	1.14	1.21	1.01	1.19	1.42	1.52	1.57	1.36	1.45	0.96	1.04	0.95	0.92	0.83	
Y/Y*	1.38	1.28	1.22	1.6	1.25	1.27	1.45	1.2	1.23	1.15	1.07	1.16	1.1	1.05	
배르					北保加							止 脑 庙 加			
- 地広 -					毛塗出							十助塘耜			
地広					花塗组	含泥	白云质	含云碳	含云碳	碳质	碳质	十师塘组			
^地 层			硅质岩		老堂组	含泥 白云岩	白云质 泥岩	含云碳 质泥岩	含云碳 质泥岩	碳质 页岩	碳质 页岩	中	磷块岩	石煤层	
岩性	NGYJC	NGYJC	硅质岩 NGYJC	NGYJC	老陸组 NGYJC	含泥 白云岩 NGYJC	白云质 泥岩 NGYJC	含云碳 质泥岩 NGYJC	含云碳 质泥岩 NGYJC	碳质 页岩 NGYJC	碳质 页岩 NGYJC	中 <i></i> [·] · [·] · · · · · · · · · · · · ·	磷块岩 NGYJC	石煤层 NGYJC	
地云 岩性 样品号	NGYJC -12	NGYJC -13	硅质岩 NGYJC -16	NGYJC -15	之坚组 NGYJC -17	含泥 白云岩 NGYJC -18	白云质 泥岩 NGYJC -19	含云碳 质泥岩 NGYJC -23	含云碳 质泥岩 NGYJC -24	碳质 页岩 NGYJC -25	碳质 页岩 NGYJC -26	中暉塘组 白云岩 NGYJC -27	磷块岩 NGYJC -30	石煤层 NGYJC -29	
地 宏 岩性 样 品 号 厚度(m)	NGYJC -12 4.3	NGYJC -13 4.6	硅质岩 NGYJC -16 4.9	NGYJC -15 5.2	之 坚 组 NGYJC -17 5.5	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7	碳质 页岩 NGYJC -25 7	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3	中	磷块岩 NGYJC -30 7.8	石煤层 NGYJC -29 7.9	
地运 岩性 样品号 厚度(m) La	NGYJC -12 4.3 10.98	NGYJC -13 4.6 21.09	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33	NGYJC -15 5.2 18.76	之堡组 NGYJC -17 5.5 14.39	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13	中輝塘垣 白云岩 NGYJC -27 7.6 10.55	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93	
地伝 岩性 样品号 厚度(m) La Ce	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31	を達出 NGYJC -17 5.5 14.39 20.45	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37	中疏塘垣 白云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92	
地伝 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92	と 塗田 NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90	中輝塘垣 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44	
地伝 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66	と述知 NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27	中 瑞 媚 祖 白 云 岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32	
地伝 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37	硅质岩 NGYJC -16 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09	自云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86	中 中 中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89	
地伝 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63	自云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66	中 中 中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46	含泥 白云岩 NGYJC -18 3.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02	自云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06	中 中 - 第 - 年 自 云 岩 NGYJC 27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52	中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90	
地层 岩性 岩性 尾度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34	中 中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67	
地伝 岩性 岸度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72	中 中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80	
地伝 岩性 岸康(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28 0.85	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30	中 中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32	
地伝 岩性 岸面号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22	自云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37	中 中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14	
地层 地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44	自云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62	中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26	
地层 岩性 岸面号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40	中	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05	
地层 岩性 岸康(m) 上a Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16 51.76	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32 91.25	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14 42.20	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18 72.88	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18 1.18 0.18 61.78	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21 62.11	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27 61.83	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30 101.40	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27 54.21	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37 81.25	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40 81.52	中時項担 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43 0.25 1.54 0.33 1.05 0.15 1.09 0.17 35.92	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71 719.20	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05 196.84	
地层 岩性 岸度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ΣREE ΣLREE	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16 51.76 44.43	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32 91.25 80.19	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14 42.20 37.12	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18 72.88 65.94	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18 61.78 53.44	含泥 白云岩 NGYJC -18 3.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21 62.11 51.75	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27 61.83 52.76	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30 101.40 83.89	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27 54.21 45.61	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37 81.25 69.28	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40 81.52 68.19	中時項担 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43 0.25 1.54 0.33 1.05 0.15 1.09 0.17 35.92 29.90	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71 719.20 555.09	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05 196.84 151.27	
岩性 岸度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ΣREE ΣLREE ΣHREE	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16 51.76 44.43 7.32	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32 91.25 80.19 11.07	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14 42.20 37.12 5.09	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18 72.88 65.94 6.94	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18 61.78 53.44 8.34	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21 62.11 51.75 10.36	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27 61.83 52.76 9.07	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30 101.40 83.89 17.51	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27 54.21 45.61 8.61	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37 81.25 69.28 11.96	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40 81.52 68.19 13.33	中時項担 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43 0.25 1.54 0.33 1.05 0.15 1.09 0.17 35.92 29.90 6.02	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71 719.20 555.09 164.11	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05 196.84 151.27 45.60	
地伝 岩性 岸康(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tb Uy Ho Er Tm Yb Lu ΣREE ΣLREE ΣHREE L/H	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16 51.76 44.43 7.32 6.07	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32 91.25 80.19 11.07 7.25	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14 42.20 37.12 5.09 7.3	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18 72.88 65.94 6.94 9.5	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18 61.78 53.44 8.34 6.41	含泥 白云岩 NGYJC -18 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21 62.11 51.75 10.36 5	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27 61.83 52.76 9.07 5.82	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30 101.40 83.89 17.51 4.79	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27 54.21 45.61 8.61 5.3	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37 81.25 69.28 11.96 5.79	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40 81.52 68.19 13.33 5.12	中時項担 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43 0.25 1.54 0.33 1.05 0.15 1.09 0.17 35.92 29.90 6.02 4.97	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71 719.20 555.09 164.11 3.38	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05 196.84 151.27 45.60 3.32	
地区 岩性 岸康(m) に る で ア ア Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu 芝REE 芝LREE 芝LREE ンHREE L/H Ce/Ce*	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16 51.76 44.43 7.32 6.07 0.72	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32 91.25 80.19 11.07 7.25 0.75	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14 42.20 37.12 5.09 7.3 0.76	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18 72.88 65.94 6.94 9.5 0.7	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18 61.78 53.44 8.34 6.41 0.66	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21 62.11 51.75 10.36 5 0.57	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27 61.83 52.76 9.07 5.82 0.69	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30 101.40 83.89 17.51 4.79 0.56	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27 54.21 45.61 8.61 5.3 0.64	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37 81.25 69.28 11.96 5.79 0.74	 碳质 页岩 入GYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40 81.52 68.19 13.33 5.12 0.65 	中時項担 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43 0.25 1.54 0.33 1.05 0.15 1.09 0.17 35.92 29.90 6.02 4.97 0.45	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71 719.20 555.09 164.11 3.38 0.3	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05 196.84 151.27 45.60 3.32 0.44	
地伝 岩性 岸度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Th Dy Ho Er Tm Yb Lu 芝REE 芝LREE 芝LREE 之L/H Ce/Ce* Eu/Eu*	NGYJC -12 4.3 10.98 17.40 2.59 10.61 2.31 0.54 2.10 0.35 1.96 0.38 1.12 0.15 1.10 0.16 51.76 44.43 7.32 6.07 0.72 1.1	NGYJC -13 4.6 21.09 33.93 4.82 17.55 2.37 0.44 2.30 0.45 2.93 0.66 2.02 0.30 2.09 0.32 91.25 80.19 11.07 7.25 0.75 0.82	硅质岩 NGYJC -16 4.9 9.33 15.54 2.18 8.31 1.44 0.33 1.20 0.21 1.30 0.21 1.30 0.28 0.85 0.13 0.97 0.14 42.20 37.12 5.09 7.3 0.76 1.08	NGYJC -15 5.2 18.76 27.31 3.92 13.66 1.87 0.41 1.81 0.30 1.79 0.38 1.13 0.17 1.19 0.18 72.88 65.94 6.94 9.5 0.7 0.97	NGYJC -17 5.5 14.39 20.45 3.06 12.26 2.62 0.66 2.46 0.39 2.22 0.47 1.28 0.18 1.18 0.18 61.78 53.44 8.34 6.41 0.66 1.14	含泥 白云岩 NGYJC -18 5.8 13.33 17.70 3.28 13.72 3.09 0.63 3.02 0.51 2.88 0.54 1.55 0.22 1.44 0.21 62.11 51.75 10.36 5 0.57 0.91	白云质 泥岩 NGYJC -19 6.1 14.86 21.01 2.93 11.24 2.14 0.58 2.26 0.37 2.28 0.49 1.51 0.24 1.65 0.27 61.83 52.76 9.07 5.82 0.69 1.15	含云碳 质泥岩 NGYJC -23 6.4 17.83 26.15 6.12 26.92 5.69 1.19 5.75 0.90 4.72 0.93 2.53 0.32 2.06 0.30 101.40 83.89 17.51 4.79 0.56 0.91	含云碳 质泥岩 NGYJC -24 6.7 13.36 17.78 2.62 9.51 1.92 0.42 1.93 0.33 2.08 0.46 1.51 0.24 1.77 0.27 54.21 45.61 8.61 5.3 0.64 0.96	碳质 页岩 NGYJC -25 7 19.00 28.84 3.89 14.37 2.68 0.52 2.60 0.47 2.93 0.67 2.12 0.33 2.48 0.37 81.25 69.28 11.96 5.79 0.74 0.87	碳质 页岩 NGYJC -26 7.3 19.13 26.37 3.90 15.27 2.86 0.66 3.06 0.52 3.34 0.72 2.30 0.37 2.62 0.40 81.52 68.19 13.33 5.12 0.65 0.99	中時項担 自云岩 NGYJC -27 7.6 10.55 9.36 1.69 6.64 1.33 0.34 1.43 0.25 1.54 0.33 1.05 0.15 1.09 0.17 35.92 29.90 6.02 4.97 0.45 1.08	磷块岩 NGYJC -30 7.8 163.5 119.4 41.23 183.42 38.34 9.21 46.70 7.53 44.66 9.91 28.63 3.51 20.46 2.71 719.20 555.09 164.11 3.38 0.3 0.96	石煤层 NGYJC -29 7.9 42.93 42.92 9.44 44.32 8.89 2.77 11.44 1.90 11.67 2.80 8.32 1.14 7.26 1.05 196.84 151.27 45.60 3.32 0.44 1.2	

(续表1)

地层														
岩性	石煤层中 的结核				碳质页岩		. ,		含云碳 质泥岩	碳质页岩				
样品号	NGYJC -28	NGYJC -31	NGYJC -32	NGYJC -33	NGYJC -34	NGYJC -35	NGYJC -36	NGYJC -37	NGYJC -38	NGYJC -39	NGYJC -40	NGYJC -41	NGYJC -42	NGYJC -43
厚度(m)	8	8.3	8.6	8.9	9.2	10.2	11.2	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5
La	150.0	28.68	31.98	32.24	34.70	31.46	28.66	29.71	17.87	31.67	37.38	38.785	39.38	30.70
Ce	137.4	29.34	50.69	50.14	52.41	47.12	45.59	49.91	29.11	59.21	60.96	67.33	62.91	55.46
Pr	35.01	3.98	6.75	7.41	7.73	6.47	6.04	6.55	4.58	7.92	7.85	9.05	7.89	7.24
Nd	157.8	15.48	28.74	32.37	31.77	25.01	24.82	26.41	20.19	32.56	30.32	39.01	29.91	30.08
Sm	31.97	2.40	5.02	5.85	5.78	4.10	4.48	4.16	4.61	5.22	4.83	7.66	4.02	5.87
Eu	9.13	0.68	2.26	1.48	1.50	1.81	1.24	0.96	1.43	1.26	1.24	2.26	1.38	1.97
Gd	40.13	2.47	5.25	6.24	6.32	4.21	4.81	4.06	5.41	4.37	4.58	7.09	3.75	5.98
Tb	6.72	0.40	0.89	1.00	1.04	0.67	0.82	0.66	0.81	0.69	0.74	1.14	0.62	0.97
Dy	41.77	2.56	5.52	5.89	6.28	4.06	5.06	3.87	4.73	3.95	4.43	6.30	3.96	5.58
Ho	9.87	0.62	1.15	1.30	1.38	0.90	1.08	0.86	0.95	0.84	0.96	1.29	0.88	1.22
Er	28.71	2.12	3.33	3.89	3.91	2.84	3.32	2.58	2.74	2.59	2.97	3.82	2.66	3.72
Tm	3.65	0.36	0.46	0.50	0.55	0.40	0.48	0.37	0.35	0.37	0.40	0.51	0.39	0.51
Yb	20.23	2.68	3.19	3.43	3.63	2.81	2.97	2.56	2.07	2.50	2.66	3.40	2.61	3.51
Lu	2.64	0.44	0.44	0.49	0.52	0.41	0.44	0.36	0.30	0.38	0.39	0.49	0.39	0.51
\sum REE	675.10	92.20	145.69	152.21	157.52	132.28	129.81	133.03	95.14	153.52	159.71	188.13	160.75	153.32
Σ LREE	521.30	80.54	125.46	129.48	133.89	115.97	110.84	117.71	77.79	137.84	142.57	164.10	145.50	131.32
Σ HREE	153.70	11.66	20.23	22.73	23.63	16.31	18.97	15.33	17.35	15.68	17.14	24.04	15.25	22.00
L/H	3.39	6.91	6.2	5.7	5.67	7.11	5.84	7.68	4.48	8.79	8.32	6.83	9.54	5.97
Ce/Ce*	0.4	0.53	0.72	0.69	0.69	0.72	0.73	0.77	0.69	0.82	0.77	0.77	0.77	0.81
Eu/Eu*	1.12	1.2	1.95	1.08	1.09	1.91	1.17	1.03	1.25	1.15	1.16	1.36	1.57	1.46
Y/Y*	1.87	1 25	1 1 52	1 1 44	1 1 64	1 1 36	1 3	1 27	18	1 28	1 24	1 22	1 26	1 2 6
bl. 🖂		1.20	1.02	1.11	1.01	4. 112 112 411	1.0	1.27	1.0	1.00	1. 51	1.22	1.20	1.50
地层		1.20	1.02	1. 11	7.01	<u></u> 牛蹄塘组	1.0	1.27	1.0	1.20	1.21	九门	冲组	1. 20
地层岩性		碳质	页岩	1.11	截碳成がおがおがおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおおお	牛蹄塘组 泥	岩	1.27	炭质粉砂岩	4 1	泥岩	<u>九</u> 门	冲组 岩	1.00
地层 岩性 样品号	NGYJC -44	碳质 NGYJC -45	页岩 NGYJC -46	NGYJC -47	碳质粉 砂岩 NGYJC -48	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49	岩 NGYJC -51	1. 27 MGYJC -52	炭质粉砂岩 NGYJC -53	H 20	泥岩 NGYJC -55	九门	冲组 岩 NGYJC -57	
<u>地层</u> 岩性 样品号 厚度(m)	NGYJC -44 19.5	碳质 NGYJC -45 20.5	页岩 NGYJC -46 21.5	NGYJC -47 26.5	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37	式 7.3 岩 NGYJC -51 43	1.27 M NGYJC -52 49	 第一日、10 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 	H 20	泥岩 NGYJC -55 88	1.22 九门 灰 NGYJC -56 129	 ハGYJC -57 142 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La	NGYJC -44 19.5 30.75	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56	NGYJC -47 26.5 28.99	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30	岩 NGYJC -51 43 26.13	1. 27 NGYJC -52 49 36. 51	1.8 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94	H 20 H 20	泥岩 NGYJC -55 88 34.33	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23	 ハGYJC -57 142 3.93 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58	1. 27 MGYJC -52 49 36. 51 62. 97	 1.8 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 	4 NGYJC -54 65 26.68 46.47	泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42	神组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65	1. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13	 1.0 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 	H 20 NGYJC -54 65 26.68 46.47 5.42	泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33	沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25	1. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92	炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59	H 20 H 20	泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34	沖组 満 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82	1.27 NGYJC -52 49 36.51 62.97 7.13 26.92 3.70	 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 	NGYJC -54 65 26.68 46.47 5.42 20.62 3.07	泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34	 1.20 沖组 岩 -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31	I. 27 MGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46	 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 	H 20 H 20	泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03	I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75	 1.3 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 	H 20 H 20	泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55 2.20	沖组 満 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58	I. 27 Image: NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59	第二日本 第二日本 第二日本 第二日本 第二日本 第二日本 第二日本 第二日本	H 20 H 20	泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55 2.20 0.32	 沖组 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44	式 ポ NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46	I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54	炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31	H 20 H 20	泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97	九门 水门 水 水 水 水	 1.25 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74	I. 27 Image: NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78	炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69	H 20 H 20	泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68	九门 水子 水子 水子 水子 水子 水子 水子 水子 水子	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.555 0.08 0.44 0.09 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50	牛蹄塘组 米 米 第 米 第 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40	式 ポ ポ NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74 2.22	I. 27 MGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46	1.0 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09	H 20 H 20	 泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 	九门 灰 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55 2.20 0.32 1.69 0.33 0.90	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37	页 岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50	牛蹄塘组 米 米 第 米 第 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34	岩 NGYJC -51 43 26, 13 46, 58 5, 65 22, 25 3, 82 2, 31 4, 03 0, 58 3, 46 0, 74 2, 22 0, 31	I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46 0. 35	K 所 砂 ゲ ぞ K 所 砂 ゲ ぞ NG Y J C -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09 0.30	H 20 H 20	沢岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35	九门	 沖组 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42	牛蹄塘组 米 米 第 米 第 第 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74 2.22 0.31 2.00	I. 27 Image: NGYJC -52 49 36, 51 62, 97 7, 13 26, 92 3, 70 1, 46 3, 75 0, 59 3, 54 0, 78 2, 46 0, 35 2, 38	K 所 砂 ゲ 紀 K 质 粉 砂 岩 NG Y J C -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09 0.30 1.90	H 20 H 20	泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55	九门	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 0.227 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53 0.37	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40 0.37 1.40 2.40	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51	牛蹄塘组 水 小 小 小 小 小 小 小 小 小 パ パ 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35		I. 27 Image: NGYJC -52 49 36, 51 62, 97 7, 13 26, 92 3, 70 1, 46 3, 75 0, 59 3, 54 0, 78 2, 46 0, 35 2, 38 0, 34	ボージャング ボック ボック ボック ボック ボッ ディッ ディ ディ デッ ボック ボッ ジェア ジェア	H 20 H 20	泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39	九门 水门 水 水 水 水	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 0.227 0.03 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33 131.63	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53 0.37 141.18	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40 0.37 146.79	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34 125.65	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51 169.82	牛蹄塘组 水泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35 149.44	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74 2.22 0.31 2.00 0.29 120.36	I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46 0. 35 2. 38 0. 34 152. 88	ボージャング ボック ボック ボック ボック ボック デット ボック デッシュア ジャック ジャック デッジャック デッジャッジャッパ ジャッパ デッジャッパー ジャック ボック デッ デッ デッ デッシック デッシック デッ デッシック デッシッ デッシッ デッ デッシック デッシッ デッシッ デッシッ デッシッ デッシッ デッ ジャック デッシック デッシッシッ デッ デッシッ デッシッ デッシッ デッシッ デッシッ デッシッ デッシッシー デッシッ デッシッ デッ デッシッ デッシー デッシッ デッシー デッシー デッシー ディン デッシー デッシー デッシー デッシー デッシー デッシー デー	H 20 H 20	沢岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39 143.07 120.95	九门 水子 水子 水子 水子 水子 水子 水子 水子 水子	 1.25 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 0.227 0.03 17.09 15.41 	
地层 岩性 样晶号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE ∑LREE	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33 131.63 119.02		页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40 0.37 146.79 132.84	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34 125.65 112.12	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51 169.82 150.54 10.22	牛蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35 149.44 135.69 12.75		I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46 0. 35 2. 38 0. 34 152. 88 138. 69	1.0 炭质粉砂岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09 0.30 1.90 0.27 132.24 118.90	H 20 -54 65 26.68 46.47 5.42 20.62 3.07 0.80 3.07 0.65 2.03 0.29 1.96 0.28 114.84 103.06	沢岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39 143.07 130.85 12.22	九门	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 0.227 0.03 17.09 15.41 1.69 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE ∑LREE ∑HREE	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33 131.63 119.02 12.61 9.44	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53 0.37 141.18 127.40 13.79 9.24	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40 0.37 146.79 132.84 13.94 9.52	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34 125.65 112.12 13.53 8.28	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51 169.82 150.54 19.28 7.91	中端塘组 半蹄塘组 泥 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35 149.44 135.69 13.75 9.97	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74 2.22 0.31 2.00 0.29 120.36 106.73 13.62 7.94	I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46 0. 35 2. 38 0. 34 152. 88 138. 69 14. 19 9. 78	K 所 砂 ジ 炭 质 粉 砂 岩 NG Y J C -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09 0.30 1.90 0.27 132.24 118.90 13.34 8 01	H 20 H 20	沢岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39 143.07 130.85 12.23 10.7	九门 水门	 1.20 沖组 岩 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 0.227 0.03 17.09 15.41 1.68 9.15 	
地层 岩性 样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE ∑LREE ∑LREE ∑LREE ∑HREE L/H Ce/Ca*	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33 131.63 119.02 12.61 9.44 0.81	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53 0.37 141.18 127.40 13.79 9.24 0.85	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40 0.37 146.79 132.84 13.94 9.53 0.82	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34 125.65 112.12 13.53 8.28 0.78	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51 169.82 150.54 19.28 7.81 0.75	中端塘组 東端 水 小 小 小 小 小 小 小 小 パ パ 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35 149.44 135.69 13.75 9.87 0.87	岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74 2.22 0.31 2.00 0.29 120.36 106.73 13.62 7.84 0.83	1. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46 0. 35 2. 38 0. 34 152. 88 138. 69 14. 19 9. 78 0. 83	K 所 砂 ゲ 杉 砂 炭 K 所 砂 ゲ 杉 NG Y J C -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09 0.30 1.90 0.27 132.24 118.90 13.34 8.91 0.83	H 20 H 20	 泥岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39 143.07 130.85 12.23 10.7 0.86 	九门 水 水 水 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55 2.20 0.32 1.69 0.33 0.90 0.12 7.67 64.21 6.46 9.94 0.88	1.20 沖组 満 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.255 0.03 17.09 15.41 1.68 9.15 0.91	
地层 岩性 样晶号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu 芝REE 芝LREE 芝LREE 芝LREE E ンREE E L/H Ce/Ce* Eu/En*	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33 131.63 119.02 12.61 9.44 0.81 2.26	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53 0.37 141.18 127.40 13.79 9.24 0.85 2.06	页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.37 0.58 3.59 0.79 2.48 0.35 2.40 0.37 146.79 132.84 13.94 9.53 0.82 1.75	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34 125.65 112.12 13.53 8.28 0.78 1.28	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51 169.82 150.54 19.28 7.81 0.75 3.5	牛蹄塘组 火泥 小石 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35 149.44 135.69 13.75 9.87 0.87 3.01		I. 27 NGYJC -52 49 36, 51 62, 97 7, 13 26, 92 3, 70 1, 46 3, 75 0, 59 3, 54 0, 78 2, 46 0, 35 2, 38 0, 34 152, 88 138, 69 14, 19 9, 78 0, 83 1, 72	K 所 砂 ゲ 彩 砂 岩 NGYJC -53 55 29.94 52.10 5.80 22.59 4.02 4.45 4.22 0.56 3.31 0.69 2.09 0.30 1.90 0.27 132.24 118.90 13.34 8.91 0.83 4.73	H 20 H 20	沢岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39 143.07 130.85 12.23 10.7 0.86 1.41	九门 水円 水円 水 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55 2.20 0.32 1.69 0.33 0.90 0.12 70.67 64.21 6.46 9.94 0.88 1.06	1.20 沖组 井 NGYJC -57 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 0.227 0.03 17.09 15.41 1.68 9.15 0.91 1.31	
地层 岩性 样晶号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Σ REE Σ LREE Σ LRE	NGYJC -44 19.5 30.75 52.33 6.65 24.56 3.13 1.60 3.08 0.51 3.16 0.71 2.26 0.32 2.26 0.33 131.63 119.02 12.61 9.44 0.81 2.26 1.25	碳质 NGYJC -45 20.5 31.06 56.72 7.18 27.17 3.64 1.64 3.34 0.55 3.44 0.76 2.42 0.37 2.53 0.37 141.18 127.40 13.79 9.24 0.85 2.06 1.21	1.32 页岩 NGYJC -46 21.5 34.56 59.09 7.15 27.10 3.57 1.38 3.57 1.38 3.57 2.48 0.35 2.48 0.37 146.79 132.84 13.94 9.53 0.82 1.75 1.23	NGYJC -47 26.5 28.99 48.51 6.29 23.91 3.45 0.98 3.30 0.55 3.39 0.78 2.44 0.35 2.39 0.34 125.65 112.12 13.53 8.28 0.78 1.28 1.28	碳质粉 砂岩 NGYJC -48 32 40.96 63.34 8.07 30.20 4.33 3.64 4.80 0.73 4.71 1.11 3.50 0.50 3.42 0.51 169.82 150.54 19.28 7.81 0.75 3.5 1.26	中端塘组 東端 水 NGYJC -49 37 35.30 62.65 6.89 25.19 3.30 2.36 3.60 0.60 3.44 0.77 2.40 0.34 2.30 0.35 149.44 135.69 13.75 9.87 0.87 3.01 1.21	1.0 岩 NGYJC -51 43 26.13 46.58 5.65 22.25 3.82 2.31 4.03 0.58 3.46 0.74 2.22 0.31 2.00 0.29 120.36 106.73 13.62 7.84 0.83 2.58 1.23	I. 27 NGYJC -52 49 36. 51 62. 97 7. 13 26. 92 3. 70 1. 46 3. 75 0. 59 3. 54 0. 78 2. 46 0. 35 2. 38 0. 34 152. 88 138. 69 14. 19 9. 78 0. 83 1. 72 1. 33	第二日本の目的では 第二日本の目前での 第二日本の目前の 第二日本の目前の 第二日本の目前の 第二日本の日本の目前の 第二日本の目前の 第二日本の目前の 第二日本の目前の 第二日本のの 第二日本の目前の 第二日本の目前の 第二日本のの目前の 第二日本のの 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本の 第二日本の 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本のの 第二日本の 第二日本のの 第二日本のの 第二日本の 第二日本ののの 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本のの 第二日本の 第二日本のの 第二日本の 第二日本のの 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本の 第二日本の 第二日本のの 第二日本 日本の 日本の 日本の 日本の 日本の 日本の	H 20 Image: NGYJC -54 65 26.68 46.47 5.42 20.62 3.07 0.80 3.07 0.65 2.03 0.29 1.96 0.28 114.84 103.06 11.78 8.75 0.84 0.84	沢岩 泥岩 NGYJC -55 88 34.33 60.27 6.90 25.49 2.97 0.88 2.57 0.45 2.97 0.45 2.97 0.68 2.27 0.35 2.55 0.39 143.07 130.85 12.23 10.7 0.86 1.41 1.04	九门 水 水 水 NGYJC -56 129 15.23 29.42 3.33 13.34 2.34 0.55 2.20 0.32 1.69 0.33 0.90 0.12 70.67 64.21 6.46 9.94 0.88 1.06 1.23	1.25 沖组 満 第 142 3.93 7.12 0.74 2.97 0.49 0.16 0.55 0.08 0.44 0.09 0.25 0.03 17.09 15.41 1.68 9.15 0.91 1.31 0.13	

表 2 三都渣拉沟剖面下寒武统黑色岩系稀土元素分析结果(×10⁻⁶)及有关参数 Table 2 Analytical results(×10⁻⁶) of REEs and relatable parameter for black

shale series from the Zhalagou section, Sandu County, Guizhou Province

地层	灯影组	老堡组													
	含磷	硅质													
岩性	白云岩	磷均	央岩						硅质	友岩	1				
	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC	SDYIC
样品号	-1	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-0	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
厚度(m)	-0.3	0.1	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2 1	2 4	2 7	3	3 3	3.6	3.9
La	10.56	166.81	159.75	0.63	19.27	11.98	1.76	3. 56	5.30	5.09	12.14	2,90	3.18	0.87	1.19
Ce	9 10	156 53	155 /9	0.72	17 67	13 53	2 42	1 39	6.48	6 34	13 60	2.80	3 04	0.73	0.92
Pr	1 65	37 01	37 66	0.12	1 65	10.00	0.66	1.08	1 78	1.67	3 26	0.60	0.07	0.70	0.92
NJ	7 57	176 21	164 45	0.17	22 50	21 07	2 04	5 10	9.54	2 02	14 50	2 91	4 02	1 04	1 00
Nu Sm	1.57	25 60	22 21	0.10	5 4 E	5 06	0.56	1 02	1.96	0.03	2 55	0.67	4.90	0.25	1.00
Sm	1.00	30.00	33.31	0.10	5.45	5.00	0.00	1.02	1.00	1.71	2.00	0.07	1.19	0.20	0.23
Eu	0.81	13.87	13.36	0.10	1.53	1.58	0.21	0.40	0.59	0.62	0.73	0.31	0.42	0.12	0.13
Gd	1.96	43.21	41.27	0.23	6.46	6.12	0.65	1.16	2.15	1.95	2.78	0.84	1.53	0.31	0.40
Тb	0.31	6.90	6.59	0.05	1.12	1.06	0.12	0.21	0.37	0.31	0.42	0.14	0.26	0.06	0.10
Dy	1.79	40.26	39.52	0.37	6.97	6.52	0.77	1.30	2.28	1.90	2.41	0.87	1.74	0.42	0.82
Ho	0.38	8.86	8.75	0.09	1.56	1.44	0.18	0.30	0.52	0.41	0.53	0.19	0.41	0.10	0.23
Er	1.12	25.70	25.46	0.34	4.68	4.27	0.57	0.93	1.57	1.21	1.54	0.60	1.25	0.34	0.81
Tm	0.16	3.26	3.19	0.06	0.64	0.58	0.08	0.14	0.22	0.17	0.20	0.09	0.17	0.06	0.13
Yb	1.00	18.87	19.18	0.43	4.06	3.64	0.52	0.92	1.42	1.07	1.28	0.59	1.09	0.41	0.97
Lu	0.16	2.59	2.59	0.07	0.60	0.52	0.08	0.14	0.20	0.16	0.19	0.09	0.15	0.06	0.16
$\sum \text{REE}$	38.21	736.66	710.55	4.21	97.14	81.47	11.61	20.62	33.29	30.63	56.11	13.97	20.33	4.99	7.29
Σ lree	31.34	587.02	564.02	2.57	71.06	57.32	8.64	15.54	24.56	23.46	46.77	10.57	13.73	3.23	3.68
Σ HREE	6.87	149.64	146.54	1.64	26.08	24.16	2.97	5.08	8.74	7.17	9.35	3.40	6.61	1.76	3.61
L/H	4.56	3.92	3.85	1.56	2.72	2.37	2.91	3.06	2.81	3.27	5	3.11	2.08	1.84	1.02
Ce/Ce*	0.4	0.41	0.43	0.5	0.38	0.41	0.47	0.49	0.45	0.48	0.48	0.43	0.34	0.33	0.27
Eu/Eu*	1.96	1.55	1.58	2.31	1.13	1.24	1.49	1.61	1.3	1.48	1.21	1.8	1.34	2.04	1.77
Y/Y*	1.68	1.85	1.76	1.77	1.32	1.33	1.57	1.45	1.38	1.37	1.4	1.58	1.61	1.43	1.71
地层		老保细							渣拉	沟组					
		碳质													
岩性	硅质岩		硅质岩		碳质面岩						钙质泥岩	1			
		硅质岩	硅灰石												
一 一 日 日	SDYJC	硅质岩 SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC	SDYJC
样品号	SDYJC -17	硅质岩 SDYJC -18	唑质相 SDYJC -19	SDYJC -20	SDYJC -21	SDYJC -22	SDYJC -30	SDYJC -31	SDYJC -32	SDYJC -33	SDYJC -34	SDYJC -35	SDYJC -36	SDYJC -37	SDYJC -38
样品号	SDYJC -17	硅质岩 SDYJC -18	程版名 SDYJC -19	SDYJC -20	SDYJC -21	SDYJC -22	SDYJC -30 \in_2/\in_1	SDYJC -31 \in_2/\in_1	SDYJC -32 \in_2/\in_1	SDYJC -33 \in_2/\in_1	SDYJC -34 \in_2/\in_1	SDYJC -35 \in_2/\in_1	SDYJC -36 \in_2/\in_1	$\frac{\text{SDYJC}}{-37} \in 2^2 / \in 1$	SDYJC -38 \in_2/\in_1
样品号 厚度(m)	SDYJC -17 4.2	硅质岩 SDYJC -18 4.5	E (19) (19) (19) (19) (19) (19) (19) (19)	SDYJC -20 5.4	SDYJC -21 6	SDYJC -22 6.3	SDYJC -30 \in_2/\in_1 $\overrightarrow{\Gamma}$ 3.5	SDYJC -31 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 9.2	SDYJC -32 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 13	SDYJC -33 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 19.1	SDYJC -34 \in_2/\in_1 $\overrightarrow{\Gamma}$ 24	SDYJC -35 \in_2/\in_1 $\overrightarrow{\Gamma}$ 29	SDYJC -36 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 33.4	SDYJC -37 \in_2/\in_1 39	SDYJC -38 \in_2/\in_1 42.5
样品号 厚度(m) La	SDYJC -17 4.2 4.25	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73	E (成石) SDYJC -19 4.8 6.32	SDYJC -20 5.4 45.77	SDYJC -21 6 45.82	SDYJC -22 6.3 47.26	SDYJC -30 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{F} 3.5 35.37	SDYJC -31 \in_2/\in_1 \overrightarrow{F} 9.2 31.48	SDYJC -32 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 13 32.93	SDYJC -33 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 19.1 29.38	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 24 34.41	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 29 30.48	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72	SDYJC -37 \in_2/\in_1 39 40.90	SDYJC -38 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 42.5 38.29
样品号 厚度(m) La Ce	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25	E	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72	SDYJC -21 6 45.82 54.12	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62	SDYJC -30 \in_2/\in_1 \overrightarrow{F} 3.5 35.37 63.51	SDYJC -31 \in_2/\in_1 $\overline{7}$ 9.2 31.48 57.45	SDYJC -32 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 13 32.93 60.82	SDYJC -33 \in_2/\in_1 \overrightarrow{F} 19. 1 29. 38 51. 94	SDYJC -34 \in_2/\in_1 \overrightarrow{F} 24 34. 41 62. 73	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{F} 29 30.48 55.78	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72 68.60	SDYJC -37 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{F} 39 40.90 76.60	SDYJC -38 \in_2/\in_1 \overrightarrow{F} 42.5 38.29 70.54
样品号 厚度(m) La Ce Pr	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11	SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69	SDYJC -30 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{F} 3.5 35.37 63.51 7.34	SDYJC -31 $\in 2/\in 1$ $\overline{7}$ 9.2 31.48 57.45 6.57	SDYJC -32 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{F} 13 32.93 60.82 7.30	SDYJC -33 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 19.1 29.38 51.94 6.05	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 24 34. 41 62. 73 7. 46	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{F} 29 30.48 55.78 6.53	SDYJC -36 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72 68.60 7.99	$ SDYJC -37 \in 2/\in 13940.9076.608.82$	SDYJC -38 \in_2/\in_1 \overrightarrow{r} 42.5 38.29 70.54 8.21
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57	<pre>SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45</pre>	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34	SDYJC -30 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{F} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76	SDYJC -31 $\in 2/ \in 1$ $\overline{7}$ 9.2 31.48 57.45 6.57 25.64	SDYJC -32 $\in 2/\in 1$ $\boxed{13}$ 32.93 60.82 7.30 29.32	SDYJC -33 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ $\overline{7}$ 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{F} 29 30.48 55.78 6.53 25.26	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{F} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08	$SDYJC -37 \\ \in 2/ \in 1 \\ \hline 7 39 \\ 40.90 \\ 76.60 \\ 8.82 \\ 33.50 \\ \end{cases}$	SDYJC -38 $\in 2/ \in 1$ \overline{F} 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95	SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47	SDYJC -30 $\in 2/\in 1$ $\overline{7}$ 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43	SDYJC -31 $\in 2/\in 1$ $\overline{7}$ 9.2 31.48 57.45 6.57 25.64 4.64	SDYJC -32 $\in 2/\in 1$ $\boxed{13}$ 32.93 60.82 7.30 29.32 5.28	SDYJC -33 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \boxed{F} 24 34.41 62.73 7.46 30.84 6.22	$SDYJC -35 \\ \in 2/ \in 1 \\ \hline F 29 \\ 30.48 \\ 55.78 \\ 6.53 \\ 25.26 \\ 4.35 \\ \end{cases}$	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34	SDYJC -37 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{F} 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30	SDYJC -38 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{F} 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38	EDVIC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38	SDYJC -21 6 45. 82 54. 12 8. 06 29. 82 4. 25 1. 77	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99	$SDYJC -30 \\ \in 2/ \in 1 \\ \hline \hline 3.5 \\ 35.37 \\ 63.51 \\ 7.34 \\ 28.76 \\ 5.43 \\ 1.46 \\ \end{cases}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \in 2/ \in 1 \\ \hline \hline F \ 9.2 \\ 31.48 \\ 57.45 \\ 6.57 \\ 25.64 \\ 4.64 \\ 2.18 \end{array}$	SDYJC -32 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 13 32.93 60.82 7.30 29.32 5.28 4.94	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ \hline -33 \\ \in_2/\in_1 \\ \hline F \\ 19. 1 \\ 29. 38 \\ 51. 94 \\ 6. 05 \\ 23. 23 \\ 4. 01 \\ 3. 76 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -34 \\ \in_2/\in_1 \\ \hline r & 24 \\ 34. & 41 \\ 62. & 73 \\ 7. & 46 \\ 30. & 84 \\ 6. & 22 \\ 3. & 36 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -35 \\ \in_2/\in_1 \\ \hline r & 29 \\ 30. 48 \\ 55. 78 \\ 6. 53 \\ 25. 26 \\ 4. 35 \\ 2. 85 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -36 \\ \in_2 / \in_1 \\ \hline \hline & 33.4 \\ 35.72 \\ 68.60 \\ 7.99 \\ 31.08 \\ 5.34 \\ 1.81 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -37 \\ \in _2/\in _1 \\ \hline & 39 \\ 40. \ 90 \\ 76. \ 60 \\ 8. \ 82 \\ 33. \ 50 \\ 5. \ 30 \\ 1. \ 35 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -38 \\ \in 2/ \in 1 \\ \hline r \ 42.5 \\ 38.29 \\ 70.54 \\ 8.21 \\ 31.79 \\ 5.48 \\ 1.35 \end{array}$
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 	EDV1C -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -30 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ 13 \\ 32. 93 \\ 60. 82 \\ \hline \\ 7. 30 \\ 29. 32 \\ \hline \\ 5. 28 \\ 4. 94 \\ 4. 91 \end{array}$	SDYJC -33 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01 3.76 4.26	SDYJC -34 $\in 2/ \in 1$ $\overline{7}$ 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24	SDYJC -35 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99	SDYJC -36 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07	SDYJC -37 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49	SDYJC -38 $\in 2/\in 1$ \overline{r} 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 	EDV1C -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09	SDYJC -30 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	SDYJC -32 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 13 32.93 60.82 7.30 29.32 5.28 4.94 4.91 0.68	SDYJC -33 ϵ_2/ϵ_1 r 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01 3.76 4.26 0.61	SDYJC -34 $\in 2/ \in 1$ $\overline{7}$ 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ $\overline{7}$ 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78	SDYJC -37 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69	SDYJC -38 $\in 2/\in 1$ \overline{r} 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dv	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 	EDVJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21	SDYJC -30 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	SDYJC -32 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 13 32.93 60.82 7.30 29.32 5.28 4.94 4.91 0.68 3.71	SDYJC -33 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01 3.76 4.26 0.61 3.43	SDYJC -34 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 24 34.41 62.73 7.46 30.84 6.22 3.36 6.24 0.90 4.82	SDYJC -35 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37	SDYJC -37 $ \in 2/ \in 1$ 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88	SDYJC -38 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 	EDVJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74	SDYJC -30 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32. 93 \\ 60. 82 \\ \hline \\ 7. 30 \\ 29. 32 \\ \hline \\ 5. 28 \\ 4. 94 \\ 4. 91 \\ 0. 68 \\ 3. 71 \\ 0. 74 \end{array}$	SDYJC -33 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01 3.76 4.26 0.61 3.43 0.71	SDYJC -34 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 24 34.41 62.73 7.46 30.84 6.22 3.36 6.24 0.90 4.82 0.96	SDYJC -35 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68	SDYJC -36 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37 0.89	SDYJC -37 $ \in 2/ \in 1$ 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79	SDYJC -38 ϵ_2/ϵ_1 ϵ_2/ϵ_1 ϵ_2/ϵ_1 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Fr	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51 1.86	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60	SDYJC -30 $ \in _2/\in_1$ F 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92 2.72	SDYJC -31 $ \in _2/\in _1$ 9.2 31.48 57.45 6.57 25.64 4.64 2.18 4.38 0.66 3.66 0.73 2.12	SDYJC -32 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 13 32.93 60.82 7.30 29.32 5.28 4.94 4.91 0.68 3.71 0.74 2.16	SDYJC -33 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01 3.76 4.26 0.61 3.43 0.71 2.09	SDYJC -34 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 24 34.41 62.73 7.46 30.84 6.22 3.36 6.24 0.90 4.82 0.96 2.70	SDYJC -35 ϵ_2/ϵ_1 \overline{r} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06	SDYJC -36 ϵ_2/ϵ_1 ϵ_2/ϵ_2 ϵ_2/ϵ_1 ϵ_2/ϵ_1 ϵ_2/ϵ_2 ϵ_2/ϵ_1 ϵ_2/ϵ_2 $\epsilon_2/\epsilon_$	SDYJC -37 $ \in 2/\in 1$ 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79 2.35	SDYJC -38 $ \in 2/ \in 1$ interpretation + 1 = -38 interpretation
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51 1.86 0.30	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80	SDYJC -30 $\in 2/\in 1$ F 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92 2.72 0.39	SDYJC -31 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overline{F} 9.2$ 31.48 57.45 6.57 25.64 4.64 2.18 4.38 0.66 3.66 0.73 2.12 0.30	SDYJC -32 $ \in 2/(\in 1)$ in 13 32. 93 60. 82 7. 30 29. 32 5. 28 4. 94 4. 91 0. 68 3. 71 0. 74 2. 16 0. 31	SDYJC -33 $ \in_2/\in_1$ $ \overrightarrow{F}$ 19.1 29.38 51.94 6.05 23.23 4.01 3.76 4.26 0.61 3.43 0.71 2.09 0.30	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90 4. 82 0. 96 2. 70 0. 38	SDYJC -35 $ \in 2/ \in 1$ $ \overline{F} 29$ 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06 0.20	SDYJC -36 $\in 2/ \in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37 0.89 2.59 0.26	SDYJC -37 $ \in 2/ \in 1$ interpretation 5 = 30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79 2.35 0.34	SDYJC -38 $\leq 2/ \leq 1$ $\overline{7}$ 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84 2.44 0.35
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51 1.86 0.30 2.00	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 2.44	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83 5.57	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.42	SDYJC -30 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92 2.72 0.39 2.69	SDYJC -31 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overline{F} 9.2$ 31.48 57.45 6.57 25.64 4.64 2.18 4.38 0.66 3.66 0.73 2.12 0.30 2.04	SDYJC -32 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 13 32. 93 60. 82 7. 30 29. 32 5. 28 4. 94 4. 91 0. 68 3. 71 0. 74 2. 16 0. 31 2. 11	SDYJC -33 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overrightarrow{F}$ 19. 1 29. 38 51. 94 6. 05 23. 23 4. 01 3. 76 4. 26 0. 61 3. 43 0. 71 2. 09 0. 30 2. 00	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90 4. 82 0. 96 2. 70 0. 38 2. 50	SDYJC -35 $ \in 2/ \in 1$ $ \overline{F} 29$ 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06 0.29 2.05	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33. 4 35. 72 68. 60 7. 99 31. 08 5. 34 1. 81 5. 07 0. 78 4. 37 0. 89 2. 59 0. 36 2. 50	SDYJC -37 $ \in 2/(\in 1)$ in 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79 2.35 0.34 2.24	SDYJC -38 $ \in 2/\in 1$ $ \overrightarrow{F} 42.5$ 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84 2.44 0.35 2.22
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51 1.86 0.30 2.09 0.22	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.5 3.44 5 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.27	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.94	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83 5.57 0.82	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81	SDYJC -30 $ \in 2/ \in 1$ F 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92 2.72 0.39 2.68 0.20	SDYJC -31 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overline{F} 9.2$ 31.48 57.45 6.57 25.64 4.64 2.18 4.38 0.66 3.66 0.73 2.12 0.30 2.04 0.22	SDYJC -32 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 13 32. 93 60. 82 7. 30 29. 32 5. 28 4. 94 4. 91 0. 68 3. 71 0. 74 2. 16 0. 31 2. 11 0. 21	SDYJC -33 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overrightarrow{F}$ 19. 1 29. 38 51. 94 6. 05 23. 23 4. 01 3. 76 4. 26 0. 61 3. 43 0. 71 2. 09 0. 30 2. 00 0. 22	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90 4. 82 0. 96 2. 70 0. 38 2. 50 0. 27	SDYJC -35 $ \in 2/ \in 1$ $ \overline{F} 29$ 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06 0.29 2.05 0.22	SDYJC -36 $ \in 2/ \in 1$ $ \overrightarrow{r} 33.4$ 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37 0.89 2.59 0.36 2.50 0.27	SDYJC -37 $\overline{}2/\overline{}1$ $\overline{}2/\overline{}1$ $\overline{}2/\overline{}1$ $\overline{}2/\overline{}1$ $\overline{}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ 3 $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ $\overline{3}3$ 33 $\overline{3}3$ 33 33 33 33 33 33 33 33 33 33 33 $\overline{33}3$ $\overline{33}3$ 33	SDYJC -38 $ \in 2/(\in 1)$ interpretation in the second secon
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51 1.86 0.30 2.09 0.32	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.50 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83 5.57 0.82 121 82	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81	SDYJC -30 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92 2.72 0.39 2.68 0.39	SDYJC -31 earrow 9.2 31.48 57.45 6.57 25.64 4.64 2.18 4.38 0.66 3.66 0.73 2.12 0.30 2.04 0.30 142.12	SDYJC -32 $ \in 2/(\in 1)$ in 13 32, 93 60, 82 7, 30 29, 32 5, 28 4, 94 4, 91 0, 68 3, 71 0, 74 2, 16 0, 31 2, 11 0, 31 125, 51	SDYJC -33 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overrightarrow{F}$ 19. 1 29. 38 51. 94 6. 05 23. 23 4. 01 3. 76 4. 26 0. 61 3. 43 0. 71 2. 09 0. 30 2. 00 0. 30 1. 22 07	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90 4. 82 0. 96 2. 70 0. 38 2. 50 0. 37 162 87	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06 0.29 2.05 0.30	SDYJC -36 $ \in 2/(\in 1)$ $ \mp 33.4$ 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37 0.89 2.59 0.36 2.50 0.37 1.6	SDYJC -37 $\overline{}$ 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79 2.35 0.34 2.34 0.35 1.81 2.62 1.81 1.62 1.81 1.65 1.81 1.65 1.85 1.35	SDYJC -38 $ \in 2/(\in 1)$ $ \mp 42.5$ 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84 2.44 0.35 2.32 0.34
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE	SDYJC -17 4.2 4.25 3.24 0.84 3.46 0.63 0.23 1.04 0.23 1.82 0.51 1.86 0.30 2.09 0.32 20.83	 硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.50 80.84 57.20 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25 26.33 10.51	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84 147.99	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83 5.57 0.82 171.83	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81 184.03	$SDYJC -30 \\ \in 2/(< 1) \\ \hline F 3.5 \\ 35.37 \\ 63.51 \\ 7.34 \\ 28.76 \\ 5.43 \\ 1.46 \\ 5.10 \\ 0.81 \\ 4.63 \\ 0.92 \\ 2.72 \\ 0.39 \\ 2.68 \\ 0.39 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 \\ 14.5 \\ 159.51 \\ 14.5 $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32, 93 \\ 60, 82 \\ \hline \\ 7, 30 \\ 29, 32 \\ \hline \\ 5, 28 \\ 4, 94 \\ 4, 91 \\ 0, 68 \\ 3, 71 \\ 0, 74 \\ 2, 16 \\ 0, 31 \\ 2, 11 \\ 0, 31 \\ 155, 51 \\ 140, 55 \\ \end{array}$	SDYJC -33 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overrightarrow{F}$ 19. 1 29. 38 51. 94 6. 05 23. 23 4. 01 3. 76 4. 26 0. 61 3. 43 0. 71 2. 09 0. 30 2. 00 0. 30 132. 07	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90 4. 82 0. 96 2. 70 0. 38 2. 50 0. 37 163. 87	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06 0.29 2.05 0.30 138.59	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33.4 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37 0.89 2.59 0.36 2.50 0.37 167.47	SDYJC -37 $\overline{}$ 39 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79 2.35 0.34 2.34 0.35 181.68	SDYJC -38 $ \in 2/(\in 1)$ interpretation F 42.5 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84 2.44 0.35 2.32 0.34 171.93
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ∑REE ∑LREE	SDYJC -17 4. 2 4. 25 3. 24 0. 84 3. 46 0. 63 0. 23 1. 04 0. 23 1. 04 0. 23 1. 82 0. 51 1. 86 0. 30 2. 09 0. 32 20. 83 12. 66	硅质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.50 80.84 57 80.84 57 80 84	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25 26.33 18.51	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84 147.99 121.71	SDYJC -21 6 45. 82 54. 12 8. 06 29. 82 4. 25 1. 77 5. 16 1. 00 7. 06 1. 75 5. 80 0. 83 5. 57 0. 82 171. 83 143. 84	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81 184.03 155.37	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -30 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ 9.2 \\ \hline \\ 31.48 \\ 57.45 \\ \hline \\ 6.57 \\ 25.64 \\ 4.64 \\ 2.18 \\ 4.38 \\ 0.66 \\ 3.66 \\ 0.73 \\ 2.12 \\ 0.30 \\ 2.04 \\ 0.30 \\ 142.13 \\ 127.95 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32, 93 \\ 60, 82 \\ \hline \\ 7, 30 \\ 29, 32 \\ \hline \\ 5, 28 \\ 4, 94 \\ 4, 91 \\ 0, 68 \\ 3, 71 \\ 0, 74 \\ 2, 16 \\ 0, 31 \\ 2, 11 \\ 0, 31 \\ 155, 51 \\ 140, 59 \\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -33 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 19.1 \\ 29.38 \\ \hline \\ 51.94 \\ 6.05 \\ 23.23 \\ 4.01 \\ 3.76 \\ 4.26 \\ 0.61 \\ 3.43 \\ 0.71 \\ 2.09 \\ 0.30 \\ 2.00 \\ 0.30 \\ 132.07 \\ 118.38 \\ \end{array}$	SDYJC -34 $\in 2/\in 1$ \overline{r} 24 34. 41 62. 73 7. 46 30. 84 6. 22 3. 36 6. 24 0. 90 4. 82 0. 96 2. 70 0. 38 2. 50 0. 37 163. 87 145. 02	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -35 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ 29 \\ \hline \\ 30, 48 \\ \hline \\ 55, 78 \\ \hline \\ 6, 53 \\ \hline \\ 25, 26 \\ \hline \\ 4, 35 \\ \hline \\ 2, 85 \\ \hline \\ 3, 99 \\ \hline \\ 0, 59 \\ \hline \\ 3, 37 \\ \hline \\ 0, 68 \\ \hline \\ 2, 06 \\ \hline \\ 0, 29 \\ \hline \\ 2, 05 \\ \hline \\ 0, 30 \\ \hline \\ 138, 59 \\ 125, 25 \\ \end{array}$	SDYJC -36 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 33. 4 35. 72 68. 60 7. 99 31. 08 5. 34 1. 81 5. 07 0. 78 4. 37 0. 89 2. 59 0. 36 2. 50 0. 37 167. 47 150. 53	SDYJC -37 $ \in 2/(\in 1)$ $ \hline F 39$ 40.90 76.60 8.82 33.50 5.30 1.35 4.49 0.69 3.88 0.79 2.35 0.34 2.34 0.35 181.68 166.47	SDYJC -38 $ \in 2/(\in 1) $ $ \overline{F} 42.5$ 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84 2.44 0.35 2.32 0.34 171.93 15.66
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Σ REE Σ LREE	SDYJC -17 4. 2 4. 25 3. 24 0. 84 3. 46 0. 63 0. 23 1. 04 0. 23 1. 82 0. 51 1. 86 0. 30 2. 09 0. 32 20. 83 12. 66 8. 17 	硅质岩	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25 26.33 18.51 7.82	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84 147.99 121.71 26.28	SDYJC -21 6 45. 82 54. 12 8. 06 29. 82 4. 25 1. 77 5. 16 1. 00 7. 06 1. 75 5. 80 0. 83 5. 57 0. 82 171. 83 143. 84 27. 99	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81 184.03 155.37 28.66	SDYJC -30 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 3.5 35.37 63.51 7.34 28.76 5.43 1.46 5.10 0.81 4.63 0.92 2.72 0.39 2.68 0.39 159.51 141.86 17.65	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 9.2 \\ \hline \\ 31.48 \\ 57.45 \\ \hline \\ 6.57 \\ 25.64 \\ 4.64 \\ 2.18 \\ 4.38 \\ 0.66 \\ 3.66 \\ 0.73 \\ 2.12 \\ 0.30 \\ 2.04 \\ 0.30 \\ 142.13 \\ 127.95 \\ 14.19 \\ \hline \\ 3.61 \\ 127.95 \\ 14.19 \\ \hline \\ 3.61 \\ 142.13 \\ 127.95 \\ 14.19 \\ \hline \\ 3.61 \\ 142.13 \\ 142.13 \\ 142.13 \\ 142.13 \\ 142.13 \\ 142.13 \\ 142.13 \\ 142.14 $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32. 93 \\ 60. 82 \\ \hline \\ 7. 30 \\ 29. 32 \\ \hline \\ 5. 28 \\ 4. 91 \\ 0. 68 \\ 3. 71 \\ 0. 74 \\ 2. 16 \\ 0. 31 \\ 2. 11 \\ 0. 31 \\ 155. 51 \\ 140. 59 \\ 14. 92 \\ 0$	SDYJC -33 $\in 2/\in 1$ \overrightarrow{r} 19. 1 29. 38 51. 94 6. 05 23. 23 4. 01 3. 76 4. 26 0. 61 3. 43 0. 71 2. 09 0. 30 2. 00 0. 30 132. 07 118. 38 13. 69	SDYJC -34 ϵ_2/ϵ_1 r 24 34, 41 62, 73 7, 46 30, 84 6, 22 3, 36 6, 24 0, 90 4, 82 0, 96 2, 70 0, 38 2, 50 0, 37 163, 87 145, 02 18, 86	SDYJC -35 $\in 2/\in 1$ \overline{F} 29 30. 48 55. 78 6. 53 25. 26 4. 35 2. 85 3. 99 0. 59 3. 37 0. 68 2. 06 0. 29 2. 05 0. 30 138. 59 125. 25 13. 34	SDYJC -36 $ \in 2/(=1) $ $ \overrightarrow{r} 33.4$ 35.72 68.60 7.99 31.08 5.34 1.81 5.07 0.78 4.37 0.89 2.59 0.36 2.50 0.37 167.47 150.53 16.94	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -37 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \hline \\$	SDYJC -38 $ \in 2/(\in 1)$ $ \overline{F} 42.5$ 38.29 70.54 8.21 31.79 5.48 1.35 4.91 0.78 4.30 0.84 2.44 0.35 2.32 0.34 171.93 155.66 16.27 0.
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Σ REE Σ LREE E L/H	SDYJC -17 4. 2 4. 25 3. 24 0. 84 3. 46 0. 63 0. 23 1. 04 0. 23 1. 82 0. 51 1. 86 0. 30 2. 09 0. 32 20. 83 12. 66 8. 17 1. 55	 硅质岩 SDYJC 18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.50 80.84 57.98 22.86 2.54 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25 26.33 18.51 7.82 2.37	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84 147.99 121.71 26.28 4.63	SDYJC -21 6 45. 82 54. 12 8. 06 29. 82 4. 25 1. 77 5. 16 1. 00 7. 06 1. 75 5. 80 0. 83 5. 57 0. 82 171. 83 143. 84 27. 99 5. 14	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81 184.03 155.37 28.66 5.42	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -30 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 9.2 \\ \hline \\ 31.48 \\ 57.45 \\ \hline \\ 6.57 \\ 25.64 \\ 4.64 \\ 2.18 \\ 4.38 \\ 0.66 \\ 3.66 \\ 0.73 \\ 2.12 \\ 0.30 \\ 2.04 \\ 0.30 \\ 142.13 \\ 127.95 \\ 14.19 \\ 9.02 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32. 93 \\ 60. 82 \\ \hline \\ 7. 30 \\ 29. 32 \\ \hline \\ 5. 28 \\ 4. 91 \\ 0. 68 \\ 3. 71 \\ 0. 74 \\ 2. 16 \\ 0. 31 \\ 2. 11 \\ 0. 31 \\ 155. 51 \\ 140. 59 \\ 14. 92 \\ 9. 42 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -33 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 19.1 \\ 29.38 \\ \hline \\ 51.94 \\ 6.05 \\ 23.23 \\ 4.01 \\ 3.76 \\ 4.26 \\ 0.61 \\ 3.43 \\ 0.71 \\ 2.09 \\ 0.30 \\ 2.00 \\ 0.30 \\ 132.07 \\ 118.38 \\ 13.69 \\ 8.65 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -34 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 2/ \hline \\ 1 \\ \hline \\ 24 \\ 34. 41 \\ 62. 73 \\ 7. 46 \\ 30. 84 \\ 6. 22 \\ 3. 36 \\ 6. 24 \\ 0. 90 \\ 4. 82 \\ 0. 96 \\ 2. 70 \\ 0. 38 \\ 2. 50 \\ 0. 37 \\ 163. 87 \\ 145. 02 \\ 18. 86 \\ 7. 69 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -35 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 2 \\ 2 \\ 9 \\ \hline \\ 30, 48 \\ \hline \\ 55, 78 \\ 6, 53 \\ 25, 26 \\ 4, 35 \\ 2, 85 \\ 3, 99 \\ 0, 59 \\ 3, 37 \\ 0, 68 \\ 2, 06 \\ 0, 29 \\ 2, 05 \\ 0, 30 \\ \hline \\ 138, 59 \\ 125, 25 \\ 13, 34 \\ 9, 39 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -36 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -37 \\ \hline & -37 \\ \hline & 7 \\ 39 \\ \hline & 40. 90 \\ 76. 60 \\ 8. 82 \\ 33. 50 \\ 5. 30 \\ 1. 35 \\ 4. 49 \\ 0. 69 \\ 3. 88 \\ 0. 79 \\ 2. 35 \\ 0. 34 \\ 2. 34 \\ 0. 35 \\ \hline & 181. 68 \\ 166. 47 \\ 15. 22 \\ 10. 94 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -38 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu ΣREE ΣLREE ΣLREE ΣHREE L/H Ce/Ce*	SDYJC -17 4. 2 4. 25 3. 24 0. 84 3. 46 0. 63 0. 23 1. 04 0. 23 1. 82 0. 51 1. 86 0. 30 2. 09 0. 32 20. 83 12. 66 8. 17 1. 55 0. 33	 硅质岩 EDYJC 18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.50 80.84 57.98 22.86 2.54 0.38 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25 26.33 18.51 7.82 2.37 0.4	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84 147.99 121.71 26.28 4.63 0.5	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83 5.57 0.82 171.83 143.84 27.99 5.14 0.59	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81 184.03 155.37 28.66 5.42 0.59	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -30 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 9.2 \\ \hline \\ 31.48 \\ 57.45 \\ \hline \\ 6.57 \\ 25.64 \\ 4.64 \\ 2.18 \\ 4.38 \\ 0.66 \\ 3.66 \\ 0.73 \\ 2.12 \\ 0.30 \\ 2.04 \\ 0.30 \\ 2.04 \\ 0.30 \\ 142.13 \\ 127.95 \\ 14.19 \\ 9.02 \\ 0.86 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32. 93 \\ 60. 82 \\ \hline \\ 7. 30 \\ 29. 32 \\ \hline \\ 5. 28 \\ 4. 91 \\ 0. 68 \\ 3. 71 \\ 0. 74 \\ 2. 16 \\ 0. 31 \\ 2. 11 \\ 0. 31 \\ 155. 51 \\ 140. 59 \\ 14. 92 \\ 9. 42 \\ 0. 84 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -33 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 19.1 \\ 29.38 \\ 51.94 \\ 6.05 \\ 23.23 \\ 4.01 \\ 3.76 \\ 4.26 \\ 0.61 \\ 3.43 \\ 0.71 \\ 2.09 \\ 0.30 \\ 2.00 \\ 0.30 \\ 132.07 \\ 118.38 \\ 13.69 \\ 8.65 \\ 0.84 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -34 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 2/ \hline \\ 1 \\ \hline \\ 24 \\ 34. 41 \\ 62. 73 \\ 7. 46 \\ 30. 84 \\ 6. 22 \\ 3. 36 \\ 6. 24 \\ 0. 90 \\ 4. 82 \\ 0. 96 \\ 2. 70 \\ 0. 38 \\ 2. 50 \\ 0. 37 \\ 163. 87 \\ 145. 02 \\ 18. 86 \\ 7. 69 \\ 0. 83 \\ \end{array}$	SDYJC -35 $\in 2/ \in 1$ \overline{F} 29 30.48 55.78 6.53 25.26 4.35 2.85 3.99 0.59 3.37 0.68 2.06 0.29 2.05 0.30 138.59 125.25 13.34 9.39 0.85	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -36 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -37 \\ \hline & 39 \\ \hline & 40.90 \\ 76.60 \\ 8.82 \\ 33.50 \\ 5.30 \\ 1.35 \\ 4.49 \\ 0.69 \\ 3.88 \\ 0.79 \\ 2.35 \\ 0.34 \\ 2.35 \\ 0.34 \\ 2.34 \\ 0.35 \\ 181.68 \\ 166.47 \\ 15.22 \\ 10.94 \\ 0.88 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -38 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $
样品号 厚度(m) La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Σ REE Σ LREE Σ HREE L/H Ce/Ce* Eu/Eu*	SDYJC -17 4. 2 4. 25 3. 24 0. 84 3. 46 0. 63 0. 23 1. 04 0. 23 1. 82 0. 51 1. 86 0. 30 2. 09 0. 32 20. 83 12. 66 8. 17 1. 55 0. 33 1. 28	 硅质岩 基质岩 SDYJC -18 4.5 12.73 13.25 4.11 20.57 4.95 2.38 6.02 1.00 6.04 1.35 3.98 0.53 3.44 0.50 80.84 57.98 22.86 2.54 0.38 1.91 	EDQ1 SDYJC -19 4.8 6.32 5.39 1.11 4.45 0.85 0.39 1.28 0.27 1.95 0.51 1.70 0.25 1.62 0.25 26.33 18.51 7.82 2.37 0.4 1.65	SDYJC -20 5.4 45.77 42.72 6.48 22.43 2.94 1.38 4.20 0.88 6.54 1.71 5.68 0.83 5.60 0.84 147.99 121.71 26.28 4.63 0.5 1.71	SDYJC -21 6 45.82 54.12 8.06 29.82 4.25 1.77 5.16 1.00 7.06 1.75 5.80 0.83 5.57 0.82 171.83 143.84 27.99 5.14 0.59 1.66	SDYJC -22 6.3 47.26 57.62 8.69 34.34 5.47 1.99 5.97 1.09 7.21 1.74 5.60 0.80 5.43 0.81 184.03 155.37 28.66 5.42 0.59 1.53	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -30 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -31 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 9.2 \\ \hline \\ 31.48 \\ 57.45 \\ \hline \\ 6.57 \\ 25.64 \\ 4.64 \\ 2.18 \\ 4.38 \\ 0.66 \\ 3.66 \\ 0.73 \\ 2.12 \\ 0.30 \\ 2.04 \\ 0.30 \\ 142.13 \\ 127.95 \\ 14.19 \\ 9.02 \\ 0.86 \\ 2.13 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -32 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 13 \\ 32. 93 \\ 60. 82 \\ \hline \\ 7. 30 \\ 29. 32 \\ \hline \\ 5. 28 \\ 4. 94 \\ 4. 91 \\ 0. 68 \\ 3. 71 \\ 0. 74 \\ 2. 16 \\ 0. 31 \\ 2. 11 \\ 0. 31 \\ 155. 51 \\ 140. 59 \\ 14. 92 \\ 9. 42 \\ 0. 84 \\ 4. 27 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -33 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 19.1 \\ 29.38 \\ \hline \\ 51.94 \\ 6.05 \\ 23.23 \\ 4.01 \\ 3.76 \\ 4.26 \\ 0.61 \\ 3.43 \\ 0.71 \\ 2.09 \\ 0.30 \\ 2.00 \\ 0.30 \\ 2.00 \\ 0.30 \\ 132.07 \\ 118.38 \\ 13.69 \\ 8.65 \\ 0.84 \\ 4.01 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -34 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 2/ \hline \\ 1 \\ \hline \\ 24 \\ 34. 41 \\ 62. 73 \\ 7. 46 \\ 30. 84 \\ 6. 22 \\ 3. 36 \\ 6. 24 \\ 0. 90 \\ 4. 82 \\ 0. 96 \\ 2. 70 \\ 0. 38 \\ 2. 50 \\ 0. 37 \\ 163. 87 \\ 145. 02 \\ 18. 86 \\ 7. 69 \\ 0. 83 \\ 2. 37 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -35 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ 2 \\ 2 \\ -35 \\ \hline \\ \hline \\ \\ 2 \\ 5 \\ -35 $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -36 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -37 \\ \hline & 39 \\ \hline & 40.90 \\ 76.60 \\ 8.82 \\ 33.50 \\ 5.30 \\ 1.35 \\ 4.49 \\ 0.69 \\ 3.88 \\ 0.79 \\ 2.35 \\ 0.34 \\ 2.35 \\ 0.34 \\ 2.34 \\ 0.35 \\ 181.68 \\ 166.47 \\ 15.22 \\ 10.94 \\ 0.88 \\ 1.22 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{SDYJC} \\ -38 \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \hline \\ \\ \hline \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $



图 2 丹寨南皋下寒武统黑色岩系北美页岩标准化稀土元素分布模式:(a)一白云岩;(b)-(d)-硅质岩;(e)-磷块岩和 石煤层;(f)-(i)-碳质页岩;(j)-(k)-碳质粉砂岩和泥岩;(l)-灰岩

Fig. 2 NASC—normalized REE distribution patterns of the Lower Cambrian black shale series in Nangao section, Danzhai County, Guizhou Province: (a)—dolomite; (b)—(d)—chert; (e)—phosphorite and stone coal bed; (f)—(i) black shale; (j)—(k)—siltstone and mudstone; (l)—limestone



图 3 丹寨南皋剖面北美页岩标准化稀土元素参数剖面演化图 Fig. 3 NASC—normalized REE evolution in the Lower Cambrian black shale series at Nangao section, Danzhai County

4.2 Ce 异常(Ce/Ce()

现代海水中 Ce 异常的研究表明 Ce 对于判断 氧化还原环境来说是一个敏感的因素 (DeBaar et al., 1985; Elderfield and Sholkovitz, 1987; De-Baar et al., 1988; Sholkovitz and Elderfield, 1988; Sholkovitz et al., 1989; German and Elderfield, 1989; German et al., 1991; Schijf et al., 1991)。Ce/Ce* 值反映 Ce 富集和亏损的情况。在 海水及沉积物中稀土元素主要呈 Ce³⁺形式存在。 但由于原子结构的差异和环境氧化一还原条件的变 化,Ce 元素还可以呈 Ce⁴⁺离子形式存在于海水及 沉积物中,与其他三价稀土元素发生分离,出现异 常。通常在氧化条件下,Ce³⁺氧化成 Ce⁴⁺,Ce⁴⁺易 发生水解和被 Fe、Mn 的氧化物吸附而沉淀,与其他 稀土元素分离,造成海水中 Ce 亏损;在缺氧还原条 件中,Fe 的氧化物溶解,Ce⁴⁺还原为 Ce³⁺,导致 Ce



图 4 三都渣拉沟剖面下寒武统黑色岩系北美页岩标准化稀土元素分布模式:(a)—老堡组硅质磷块岩;(b)—(c)—老堡 组硅质岩;(d)—(e)—渣拉沟组底部黑色页岩;(f)—(h)—渣拉沟组顶部钙质泥岩

Fig. 4 NASC—normalized REE distribution patterns of the Lower Cambrian black shale series in Zhalagou, Sandu County, Guizhou Province (a)—Phosphorite (b)—(c)—Chert (d)—(e)—Black shale (f)—(h)—Calcareous mudstone

在海水中富集呈现正异常。

早寒武世的 CO₂ 浓度是今天的 20 倍(Crowley and Berner, 2001),高浓度的 CO₂ 增加温室效应,导致全球海平面的上升。在温室效应下,海洋水循环非常缓慢,造成深水盆地的缺氧海水盐度的分层性(Tucker,1992)。在现代分层海盆中(如黑海),

浅水层中部水中 REE 浓度明显降低,并且出现非常 明显的 Ce 负异常;而在现代氧化性大洋的浅水层 中不存在 Ce 负异常或者甚至是 Ce 正异常。氧化 性大洋环境水体中形成的化学或生物沉积物(如碳 酸盐)应该具有与水体一样 Ce 异常(即 Ce 负异 常);而分层性海盆氧化水体沉积物也具有 Ce 负异





Fig. 5 NASC-normalized REE evolution in the Lower Cambrian black shale series at Zhalagou section, Sandu County

常,但分层性海盆还原环境中的沉积物无 Ce 负异常(Shields and Stille, 2001)。

本文采用公式 $Ce/Ce^* = 3Ce_N/(2La_N + Nd_N)$ 来计算 Ce 异常,其中 N 表示以北美页岩标准化。 Ce/Ce^* 值变化过程反映了沉积环境还原一氧化变 化过程,并以 Ce/Ce* 值为 0.78 作为划分氧化还原 环境的参考值(Wright et al., 1987)。丹寨南皋剖 面的老堡组硅质岩 Ce/Ce* 值从 0.66~0.79 变化, 无明显负异常,应为弱还原到弱氧化环境;而老堡组 顶部的碳酸盐透镜体和其上牛蹄塘组底部石煤层附 近的 Ce 的负异常非常明显,从 0.3~0.74,平均值 为 0.53, 明显的氧化环境; 石煤层之上的牛蹄塘组 炭质页岩从 0.69~0.87, 即牛蹄塘组下部 Ce/Ce* 值为 0.72~0.69, 而上至中、上部 Ce/Ce* 值为 0.81 ~0.88,局部出现 0.77 和 0.75,表明丹寨牛蹄塘组 沉积时期由早一晚为氧化一弱还原环境。三都渣拉 沟剖面的老堡组上段硅质岩 Ce/Ce* 值从 0.27~ 0.5,平均值为0.4,为强氧化环境,其上渣拉沟组底 部炭质页岩 Ce/Ce(值从 0.5~0.59,仍为强氧化环 境,而到渣拉沟组上部钙质泥岩,Ce/Ce(值全部大 于 0.78,从 0.89~0.83,明显的还原环境。然而全 球早寒武世这段富含有机碳的黑色页岩地层沉积时 期普遍处于缺氧环境中,相当低的δ¹³C值主要是由 于当时在大气和海洋中高的 CO。浓度和缺氧海水 环境引起的(Cao et al., 2004; Goldberg et al., 2007; Yang et al., 2007),与 Ce/Ce(值判断的情况 正好相反。之所以会出现这种矛盾的解释,本文认 为可能受热水作用的影响。而且地层中 Ce 异常的 影响因素颇多:包括形成沉积岩的海洋是否分层,以 及沉积岩是否存在成岩作用及后期风化作用等 (Shields and Stille, 2001)。所有的酸性热液流体 的稀土模式表现出轻稀土富集,Eu和Y的正异常 (Douville et al., 1999),经北美页岩组合样标准化 后,Ce常有明显负异常,LREE/HREE较小,北美 页岩组合样标准化曲线近于水平或左倾(李胜荣等, 1995;杨剑等,2005)。而且海水中的 Ce 亏损程度 不仅仅取决于氧化潜力(German and Elderfield, 1990), 微生物的活动 (Moffett, 1990)、pH 值 (Brookins, 1989; Tricca et al., 1999; Stille et al., 2000)、水体深度(Piepgras and Jacobsen, 1992; Fig. 1b) 和海洋的时代(German and Elderfield, 1990)也能将 Ce³⁺ 氧化到 Ce⁴⁺,造成 Ce 亏 损。早寒武世处于最大海侵时期,海平面迅速上升, 大大提高了表层水生物繁育率(蒲心纯等,1993)。 Ce 异常与海平面升降的依赖关系说明水深控制了 底层水体的氧化还原程度和 Ce 的亏损程度:海平 面上升,底层水体溶解氧浓度降低,沉积物的 Ce 异 常值趋负;海平面下降,底层水体溶解氧浓度升高, 沉积物的 Ce 异常值趋正(Wilde et al., 1996; 冯洪 真等,2000)。鉴于上述解释,我们认为丹寨南皋剖 面的老堡组硅质岩未受热水作用,为弱还原到弱氧 化环境,牛蹄塘组的黑色页岩系由于受到热水作用, 海水环境发生明显变化,已由原来的正常海水环境 变化为强还原逐渐向氧化环境过渡;三都渣拉沟剖 面由于该期整套黑色页岩系都受到热水的影响而表 现出强烈的缺氧环境。

Ce 的负异常是指示燧石形成海洋环境的良好 指标(Shimizu and Masuda, 1977; 彭军等, 1999)。 在干燥气候条件下,Ce的迁移能力低,导致沉积海 盆中Ce的亏损,进而沉积岩中出现Ce的负异常 (于学元等,1996)。据 Murray 等(1991)研究报道, 在扩张洋脊、大洋底以及大陆边缘这三种不同沉积 背景中沉积的硅质岩,其平均 Ce/Ce(值分别为 0.29、0.58 和 1.03。丹寨南皋的硅质岩 Ce/Ce(比 值为 0.66~0.79,平均值为 0.75 来判断硅质岩的 沉积环境,处于深水盆地和斜坡边缘之间,结合岩相 古地理分析,说明本区硅质岩主要是在干燥气候的 上斜坡环境下形成的,与湘西的晚前寒武纪的层状 硅质岩(彭军等,1999)形成环境相似。牛蹄塘组下 部黑色页岩的 Ce/Ce(比值为 0.4~0.87,平均值为 0.75,与其下的硅质岩的沉积环境相似,但在牛蹄塘 组上部海水相对变浅,并稳定持续至九门冲组灰岩。 三都剖面的硅质岩的 Ce/Ce(比值为 0.27~0.5,平 均值为 0.41,处于扩张洋脊和大洋底之间,说明本 区的硅质岩的沉积环境主要是在较深的深海环境下 形成,结合当时的古地理环境,应为下斜坡底靠近海 盆的沉积。渣拉沟组顶部的黑色钙质泥岩的 Ce/Ce (比值为 0.83~0.89,平均值为 0.86,环境明显较 浅。

5 结论

研究表明丹寨南皋剖面并不像先前大多数学者 所认为的都处于缺氧的大陆架边缘,而是老堡组的 硅质岩仍为正常的弱氧化到弱还原海水环境,主要 沉积在大洋盆地的深海环境至大陆边缘斜坡的半深 海环境,并且不具热水沉积特征,进入牛蹄塘组以后 海水环境发生明显变化,随着热水沉积物的加入,已 由原来的正常海水环境变化为强还原逐渐向氧化环 境过渡。与黔北下寒武统牛蹄塘组黑色岩系主要表 现为 Ce 负异常的干燥气候的较深浅海的还原环 境,黑色岩系为正常海水与岩浆热卤水混合沉积的 产物(Feng et al., 2004;杨剑等, 2005)的稀土模式 特征相似。三都的水体在同期内明显比丹寨深,这 可表现在老堡组硅质岩的沉积环境主要是在靠近盆 地的水体较深的下斜坡底部环境,已为缺氧环境,且 三都生物化石明显较丹寨南皋剖面少得多,说明同 时期内比丹寨更为缺氧,且主要为海底热水沉积的 产物。

致谢:贵州大学王约副教授、剑河八郎农民刘 峰和刘冲协助野外工作;南京大学杨竞红副教授、潘 家永博士给予帮助并提供有益建议,在此一并致谢。

参考文献 / References

- 曹双林,潘家永,马东升,夏菲. 2004. 湘西北早寒武世黑色岩系微 量元素地球化学特征. 矿物学报,24(4):415~419.
- 冯洪真,Erdtmann B-D,王海峰. 2000. 上扬子区早古生代全岩 Ce 异常与海平面长缓变化. 中国科学(D辑),30(1):66~72.
- 高剑峰,陆建军,赖鸣远,林雨萍,濮巍.2003. 岩石样品中微量元素 的高分辨率等离子质谱分析. 南京大学学报(自然科学),39 (6):844~850.
- 高振敏, 罗泰义, 李胜荣. 1997. 黑色岩系中贵金属富集层的成因: 来自固定铵的佐证. 地质地球化学, 1:18~23.
- 刘云. 1998. 皖南晚震旦世硅质岩的成因研究. 地层学杂志,22(2): 154~160.
- 彭军,夏文杰,伊海生.1999. 湘西晚前寒武纪层状硅质岩的热水沉 积地球化学标志及其环境意义. 岩相古地理,19(2):29~37.
- 蒲心纯,周浩达,王熙林,罗安屏,李善姬等. 1993. 中国南方寒武纪 岩相古地理与成矿作用.北京:地质出版社,1~191.
- 涂光炽,等. 1998. 低温地球化学. 北京:科学出版社, 1~267.
- 王中刚,于学元,赵振华. 1989. 稀土元素地球化学.北京:科学出版 社,1~278.
- 杨剑,易发成,刘涛,李虎杰. 2005. 黔北黑色岩系稀土元素地球化 学特征及成因意义. 地质科学,40(1):84~94.
- 尹恭正. 1987. 寒武系. 见:贵州省地质矿产局. 编著. 贵州区域地 质志,地质专报(7). 北京:地质出版社,4 ~ 163.
- 于学元,郑作平,牛贺才,郭健. 1996. 八卦庙大型金矿床稀土元素 地球化学研究. 地球化学, 25(2):140~149.
- 赵红格,刘池洋. 2003. 物源分析方法及研究进展. 沉积学报,21 (3):409~415.
- Brookins D G. 1989. Aqueous geochemistry of rare earth elements. In: Lipin B R, McKay G A. Eds. Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. Min. Soc. Am., Rev. Mineral., 21: 221~225.
- Cao Shuanglin, Ma Dongsheng and Pan Jiayong. 2004. Stable isotopic geochemistry of organic carbon and pyrite sulfur from the Early Cambrian black shales in Northwestern Hunan, China. Progress in Natural Science, 14(2): 181~ 187.
- Crowley T J and Berner R A. 2001. Palaeoclimate: CO₂ and climate change. Science, 292(5518); 870~872.
- DeBaar H J W, Bacon M P, Brewer P G. 1985. Rare earth elements in the Pacific and Atlantic oceans. Geochim. Cosmochim. Acta, 49:1943~1959.
- DeBaar H J W, German C R, Elderfield H, Van Gaans P. 1988. Rare earth element distributions in anoxic waters of the Cariaco Trench. Geochim. Cosmochim. Acta, 52: 1203~1219.
- Douville E, Bienvenu P, Charlou J I, Donval J P, Fouquet Y, Appriou P, Gamo T. 1999. Yttrium and rare earth elements in fluids from various deep-sea hydrothermal systems. Geochimica Cosmochimica Acta, 63: 627~643.
- Elderfield H, Sholkovitz E R. 1987. Rare earth elements in the pore waters of reducing nearshore sediments. Earth Planet. Sci. Lett., 82: 280~288.
- Feng Hongzhen, Ling Hongfei, Jiang Shaoyong, Yang Jinghong.

2004. δ 13Ccarb and Ceanom excursions in the post-glacial Neoproterozoic and Early Cambrian interval in Guizhou, South China. Progress in Natural Science, 14(2): 188~192.

- German C R, Elderfield H. 1989. Rare earth elements in Saanicjh Inlet, British Columbia, a seasonally anoxic basin. Geochim. Cosmochim. Acta, 53: 2561~2571.
- German C R, Elderfield H. 1990. Application of the Ce anomaly as a paleoredox indicator: the ground rules. Paleooceanography, 5: 823~833.
- German C R, Holliday B P, Elderfieldd H. 1991. Redox cycling of rare earth elements in the suboxic zone of the Black Sea. Geochim. Cosmochim. Acta, 55: 3553~3558.
- Goldberg T, Strauss H., Guo Qingjun, Liu Congqiang. (in press). Reconstructing marine redox conditions for the Early Cambrian Yangtze Platform: evidence from biogenic sulphur and organic carbon isotopes. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.
- Jiang Shaoyong, Yang Jinghong, Ling Hongfei, Feng Hongzhen, Chen Yongquan and Chen Jianhua. 2003. Re-Os isotopes and PGE geochemistry of black shales and intercalated Ni—Mo polymetallic sulfide bed from the Lower Cambrian Niutitang Formation, South China. Progress in Natural Science, 13(10): 788~794.
- Jiang Shaoyong, Chen Yongquan, Ling Hongfei, Yang Jinghong, Feng Hongzhen, Ni Pei. 2006. Trace- and rare-earth element geochemistry and Pb-Pb dating of black shales and intercalated Ni—Mo—PGE—Au sulfide ores in Lower Cambrian strata, Yangtze Platform, South China. Minerallium Deposita, 41: 453 ~467.
- Moffett J W. 1990. Microbially mediated cerium oxidation in seawater. Nature, 345: 421~423.
- Murray R W, Buchholtz ten Brink M R, Gerlach D C, Russ G P, Jones D L. 1991. Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: Assessing REE sources to fine-grained marine sediments. Geochimica Cosmochimica Acta, 55: 1875~1895.
- Owen A W, Armstrong H A, Floyd J D. 1999. Rare earth element geochemistry of upper Ordovician cherts from the Southern Upland of Scotland. Journal of the Geological Society, London, 156: 191~204.
- Pan Jiayong, Ma Dongsheng, Cao Shuanglin. 2004. Trace element geochemistry of the Lower Cambrian black rock series from northwestern Hunan, South China. Progress in Natural Science, 14(1): 64~70.
- Piepgras D J, Jacobsen S B. 1992. The behavior of rare earth elements in seawater: precise determination of variations in the North Pacific water column. Geochim. Cosmochim. Acta, 56: 1851~1862.
- Ruhlin D E, Owen R M. 1986. The rare earth element geochemistry of hydrothermal sediments from the East Pacific Rise: examination of a seawater scavenging mechanism. Geochimica Cosmochimica Acta, 50: 393~400.
- Schijf J, DeBaar H J W, Wijbrans J R, Landing W M. 1991. Dissoved rare earth elements in the Black Sea. Deep Sea Res. 38: S805~S823.
- Shields G, Stille P. 2001. Diagenetic constraints on the use of cerium anomalies as palaeoseawater redox proxies: an isotopic and REE study of Cambrian phosphorites. Chemical Geology, 175: 29~

48

- Shimizu H, Masuda A. 1977. Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation. Nature, 266(5600): 346 \sim 348.
- Sholkovitz E R, Elderfield H. 1988. Cycling of dissolved rare earth elements in Chesapeake Bay. Global Biogeochem. 2, $157 \sim 176$.
- Sholkovitz E R, Piepgras D J, Jacobsen S B. 1989. The pore water chemistry of rare earth elements in Buzzards Bay sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 2847~2856.
- Steiner M, Wallis E, Erdtmann B-D, Zhao Yuanlong, Yang Ruidong. 2001. Submarine-hydrothermal exhalative ore layers in black shales from South China and associated fossils——insights into a Lower Cambrian facies and bio-evolution. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 169: 165~191.
- Stille P, Gauthier-Lafaye F, Jensen K A, Gomez P, Ewing R, Louvat D. 2000. REE migration in groundwaters close to the natural fission reactor or Bangombé(Gabon); Sm-Nd isotope evidence. Earth Planet. Sci. Lett. (submitted).
- Tricca A, Stille P, Steinmann M, Eikenberg J, Kiefel B. 1999. Rare earth elements and Sr and Nd isotopic compositions of dissolved and suspended loads from small river systems in the Vosges mountains(France), the river Rhine and groundwater. Chem. Geol., 160: 139~158.
- Tucker M E. 1992. The Precambrian—Cambrian boundary: seawater chemistry, ocean circulation and nutrient supply in metazoan, extinction and biomineralization. J. Geol. Soc., London, 149: 655.

- Wilde P, Quinby-Hunt M S, Erdtmann B-D. 1996. The whole-rock cerium anomaly: a potential indicator of eustatic sea-level changes in shales of the anoxic facies. Sediment Geol. , $101: 43 \sim 53$.
- Wright J, Schrader H, Holser W T. 1987. Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. Geochim. Cosmochim. Acta, 51: 631~644.
- Yang Jinghong, Jiang Shuanglin, Ling Hongfei, Feng Hongzhen, Chen Yongquan and Chen Jianhua. 2004. Paleoceangraphic significance of redox — sensitive metals of black shales in the basal Lower Cambrian Niutitang Formation in Guizhou Province, South China. Progress in Natural Science, 14(2): 152~157.
- Yang Xinglian, Zhao Yuanlong, Wang Yue and Wang Pingli. 2005. Discovery of sponge body fossils from the late Meishucunian (Cambrian) at Jinsha, Guizhou, South China. Progress in Natural Science, 15(8): 708~712.
- Yang Xinglian, Zhu Maoyan, Guo Qingjun, Zhao Yuanlong. 2007. Organic Carbon Isotopic evolution during the Ediacaran—Cambrian transition interval in eastern Guizhou, South China: Paleoenvironmental and Stratigraphic implications. Acta Geologica Sinica, 81(2): 194~203.
- Zhu Maoyan, Zhang Junming, Steiner M, Yang Aihua, Li Guoxiang and Erdtmann B-D. 2003. Sinian—Cambrian stratigraphic framework for shallow- to deep-water environments of the Yangtze Platform: an integrated approach. Progress in Natural Science, 13(12): 951~960.

REE Geochemical Characteristics of the Ediacaran—Lower Cambrian Black Rock Series in Eastern Guizhou

YANG Xinglian¹⁾, ZHU Maoyan²⁾, ZHAO Yuanlong¹⁾, Zhang Junming²⁾, GUO Qingjun³⁾, PI Daohui³⁾

1) College of Resource and Environment of Guizhou University, Guiyang, 550003;

2) State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and

Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, 210008

3) State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry,

Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002

Abstract

Analyses of REEs from the Ediacaran—Cambrian transition interval black rock series on Nangao section and Zhalagou section, eastern Guizhou, South China, characterized by: (1) lots of REEs enriched at the boundary between the Meishucunian and Qiongzhusian; (2) a distinct negative Ce anomaly and a positive Eu anomaly, indicate anoxic conditions with hydrothermal inputs. However, oxygen—deficient environment and hydrothermal inputs varied between the sections. The black shale of the Niutitang Formation in Danzhai was deposited in an oxygen—deficient environment gradually transformed to an oxic environment in the area of shallow shelf area, with occasional upwelling and hydrothermal fluid input. The black chert of the underlying Laobao Formation formed in an oxic environment between the shelf and slope. In contrast, the silicastone of the Laobao Formation in Sandu formed in an anoxic environment in deeper water with frequent hydrothermal activity, as in western Hunan and the Tarim Basin.

Key words: black rock series; Ediacaran-Cambrian transition interval; REEs; eastern Guizhou