

文章编号: 1001-1412(2000) 04-0307-07

新疆莫托萨拉铁锰矿硅质岩 特征及其成因探讨

姚国龙, 覃志安, 朱恺军, 最佳巧

(天津地质研究院, 天津 300061)

摘要: 莫托萨拉铁锰矿硅质岩呈层状产于铁矿中, 含热水沉积矿物。岩石的 Fe_2O_3 , Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg 质量分数高, Cr, Ni, Co, FeO, Al_2O_3 质量分数低, $w(\text{Al})/w(\text{Al}+\text{Mn}+\text{Fe})$ 比值低, 这些元素组合指示出其热水沉积成因。在判别硅质岩形成作用的主元素和微量元素关系图上, 硅质岩主要位于热水沉积作用的范围内或接近于热水沉积作用。岩石的稀土元素和 O, Si 同位素组成表明硅质岩是由热水沉积作用形成的。

关键词: 硅质岩; 热水沉积作用; 铁锰矿床; 莫托萨拉; 新疆

中图分类号: P581; P588.2

文献标识码: A

莫托萨拉矿床最早以铁矿名列书刊, 70 年代初发现了具有一定规模的菱锰矿层, 名为莫托萨拉铁锰矿, 相继又发现了伴生的银、铅、锌、铜、镓、钼、金、钨、钒等。莫托萨拉矿床最初被认为是陆源沉积矿床, 随着勘探和研究工作的进展, 认为莫托萨拉铁锰矿为火山-沉积成因。本文试图通过对夹于铁矿层中硅质岩的地质、地球化学特征来探讨硅质岩的成因, 从而为矿床成因的研究提供一些佐证。

1 地质概况

莫托萨拉铁锰矿位于莫托萨拉向斜的北翼。矿区断裂发育, 走向多为 NWW 和 NEE 向。含矿层受褶皱、断裂影响, 其产状、厚度发生变化, 有的断层使矿层重复, 有的使其抬高而遭受侵蚀和破坏。

矿区出露的地层主要有下石炭统和下三叠统。下石炭统分下部灰色岩段、中部含矿段和上部灰色岩段。下部灰色岩段由薄层结晶灰岩、黑灰色生物灰岩和砾岩组成。中部含矿段由花岗质砾岩、安山质砾岩、砂岩、粉砂岩、含铁砂岩、含锰砂岩、硅质岩、铁矿和锰矿组成。上部灰色岩

收稿日期: 2000-06-21; 修订日期: 2000-10-31

基金项目: 国家科技攻关项目(96-915-03-05B) 资助。

第一作者简介: 姚国龙(1971-), 男, 浙江定海人, 工程师, 硕士, 从事矿床地球化学研究。

段由灰白色结晶灰岩、砾状灰岩、钙质砾岩和少量灰绿色硅质岩、泥岩、钙质砂岩组成。下三叠统由紫红色钙质、花岗质砾岩和一些紫红色薄层砂岩及泥质砂岩组成。

矿区北部有少量闪长岩脉, 东北部见火山角砾凝灰岩、安山岩、玄武岩和流纹岩。

2 硅质岩的岩石学特征

硅质岩多呈层状分布于铁矿层中, 厚度多在 1~4 m 之间, 顺层产出, 延伸稳定, 分布范围大; 少部分硅质岩产于铁矿层之顶底部, 厚度变化大, 揭示其沉积成因。

硅质岩主要矿物成分为细晶—隐晶质石英和非晶质 SiO₂, 其次为白云母、赤铁矿, 有些样品中见黄铜矿、黄铁矿等金属矿物。硅质岩中见有较强烈的重晶石化、碳酸盐化等, 形成重晶石脉、方解石脉等。矿区内未发现后期侵入体的存在, 且后期热液作用对矿区内其他类型岩石的影响很微弱, 故此认为较强的重晶石化、碳酸盐化主要是由同期热液形成。

3 硅质岩岩石化学特征

表 1 硅质岩的岩石化学成分(*w_B* / %)
Table 1 Chemical composition of chert

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	S	loss
N083	52.82	1.07	15.74	1.36	0.072	0.077	7.50	0.06	0.20	0.20	0.10	1.85	8.00	5.92
N087	42.67	0.42	21.98	0.65	0.021	0.052	7.01	0.03	0.16	0.10	0.04	0.50	7.74	7.13
莫-3	80.84	0	5.09	0.14	0.02	1.02	0.28	0.27	0.13	0.04	0.15	4.29		2.26
莫-11	76.85	0.44	13.1	0	1.32	0.013	1.21	0.072						

注: N083, N087 由有色金属华北地质矿产测试中心测定, 莫-3, 莫-11 据西北冶金地质勘探公司研究所, 1980, 新疆新源—巴仑台地区富铁矿成矿条件及找矿远景考察报告

从表 1 可知, 莫托萨拉铁锰矿硅质岩的 SiO₂ 的质量分数变化较大(42.67%~80.84%), 前二个样品显得较低, 主要因为样品中有较多的重晶石、碳酸盐等非金属矿物和赤铁矿、黄铁矿等金属矿物, 后二样品 *w* (SiO₂) 较高, 与其所含上述矿物较少有关。*w* (Fe₂O₃) 较高, *w* (FeO), *w* (Al₂O₃) 和 *w* (TiO₂) 较低。

海洋沉积物的 Fe, Mn 富集主要与热水参与有关, 而 Al 的富集与陆源物质参与有关, *w* (Al) / *w* (Al+ Mn+ Fe) 比值可以作为判断热水组分参与沉积作用的指标。对于正常海洋环境中的沉积物, *w* (Al) / *w* (Al+ Mn+ Fe) = 0.6^[3], 与热水作用有关沉积物的 *w* (Al) / *w* (Al+ Mn+ Fe) 值则小得多, 如北太平洋海底热水沉积形成的燧石该比值只有 0.03~0.04^[4]。莫托萨拉铁锰矿硅质岩的 Fe₂O₃, FeO 和 MnO 的质量分数相对较高, Al₂O₃ 相对较低, *w* (Al) / *w* (Al+ Mn+ Fe) = 0~0.08, 低于正常海洋环境中沉积物的比值, 与典型热水沉积燧石相似。

硅质岩的 *w* (SiO₂), *w* (TFe), *w* (Al₂O₃) 的关系也是区别热水沉积和非热水沉积成因的标

志。在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{TFe})$ 和 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 图上, 非热水沉积岩在图中均表现出良好的负相关关系, 硅质岩样品投影点均落在回归线近原点一端的线旁, 页岩以及其他海相沉积岩位于远离原点一端的线段的两侧; 而热水沉积硅质岩在图上不显负相关性, 样品投影点在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 图上落在回归线下方, 在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{TFe})$ 图上处于回归线上方。本区硅质岩样品在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 图上, 都落在热水沉积岩区内, 在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{TFe})$ 图中, 大部分落入热水沉积岩区内, 这与样品含有较多金属矿物和非金属矿物的干扰有关。总体来看, 本区硅质岩具有热水沉积的成因特点。

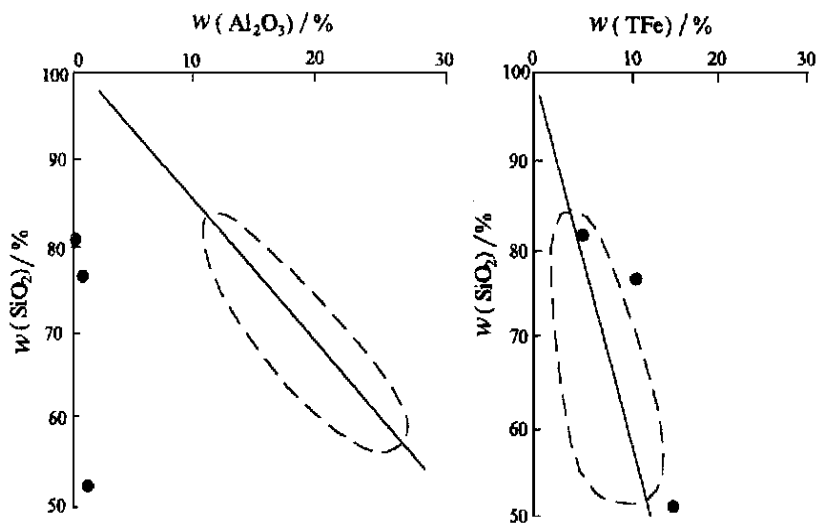


图 1 硅质岩在 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 和 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{TFe})$ 图上的投影点

Fig. 1 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ and $w(\text{SiO}_2) - w(\text{TFe})$ diagram of cherts

黑点为硅质岩, 原图据文献[5]; 图中回归线由 Mino 地体硅质岩样品的数据按最小二乘法计算得出;
虚线内为硅质岩以外的非热水沉积物

热水物质加入会使沉积物的 $w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)$ 和 $w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ 的比值增大。在 $w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2) - w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ 图上, 非热水沉积的 Kamiso 生物硅质岩分布于 $w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)$ 和 $w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ 非常低的范围, 而所有现代洋底热水沉积物和 DSDP-32 热水硅质岩的分布范围较广, 几乎所有样品都位于一个相近的、或富 Fe 的区域, 并且多数位于坐标原点与东太平洋隆起 (EPRD) -III 热水之下。莫托萨拉铁锰矿硅质岩 $w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ 比值大, 在 $w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)$ 和 $w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ 图上位于热水沉积硅质岩的范围。

虽然莫托萨拉铁锰矿硅质岩的岩石化学成分和火山活动或海底地热系统有关的硅质岩有一些差别, 但岩石化学成分的一系列图解表明, 硅质岩是由热水沉积作用而成。

4 硅质岩的微量元素特征

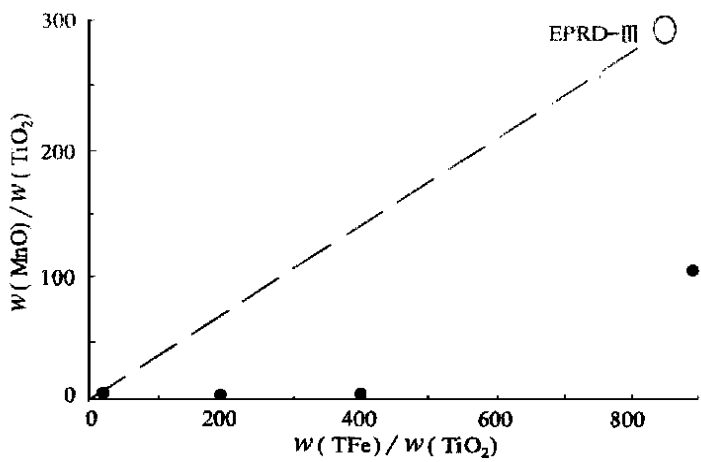


图 2 硅质岩在 $w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)-w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ 图上的投影点
Fig. 2 $w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)-w(\text{TFe})/w(\text{TiO}_2)$ diagram of cherts
黑点为硅质岩, 原图据文献[5]

表 2 硅质岩微量元素的质量分数($w_B/10^{-6}$)

Table 2 Trace element content of chert

样号	Au*	As	Sb	Hg	B	Cu	Pb	Mn	W	Cr	Ni	Ti	Bi	Sn	Mo	V	Zn	Ag	Co
N083	420	85.5	74	12.3	5.1	2108	5000	487.7	22	7.2	1.5	363.9	1.0	3.3	8.49	28.9	115.0	46.5	1.6
N087	100	300	29.5	1.33	5.1	821.8	5000	202.4	2.6	5.1	1.5	219	1.2	0.8	8.81	39.9	259.7	48.5	2.9
N139	400	129	29.2	1.90	16.9	679.1	5000	536.2	2.2	53.2	5.4	723.9	5.9	12.8	14.51	193.5	519.2	50.0	4.3
N140	15	107	2.1	0.076	26.6	34.9	276.4	2721	2.5	73.8	25.1	2743	0.3	0.9	3.10	118.7	803.2	0.45	6
N141	19	113	6.4	0.14	55.3	77.3	141.5	1394	2.4	107.2	32.3	2639	0.3	1.6	4.32	106.1	1403	0.68	9.1
N169	191	92	7.6	1.86	5.0	320	5000	375.1	6.4	45.5	2.9	375.6	21.2	19.8	4.17	24.4	366.9	50.0	6.1
N178	83.4	11.8	2.1	2.93	5.0	92.5	5000	454.3	6.4	17.0	3.8	167.1	3.0	4.9	3.41	11.1	292.2	50.0	1.6
N186	472	32	4.2	1.12	19.6	55.0	5000	224.2	6.0	11.2	1.8	182.2	6.1	2.2	9.20	3.5	126.5	50.0	1.6
N187	186	226	15	0.69	14.0	299	5000	3532	13	20.8	1.5	245.2	8.8	6.5	16.01	21.4	926.8	50.0	4.8
N202	157	63.0	10	5.24	12.7	11.88	5000	9650	2.4	7.6	2.2	72.8	1.0	7.9	22.94	28.8	2943	20.87	1.5
N207	112	38.4	2.7	0.976	5.0	157	5000	348.9	33.1	10.9	4.0	197.3	9.8	5.6	3.81	5.4	3343	50.0	15.0
克拉 克值	4	1.8	0.2	0.08	10	55	12.5	950	1.5	100	75	5700	0.17	2	1.5	135	70	0.07	25

注: 冶金工业部物化探测试中心测定; * $w(\text{Au})/10^{-9}$

从表中可以看出, Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, Hg, As 的质量分数远高于地壳丰度值, 而 Cr, Ni, Ti, Co 则小于地壳丰度值, Mn 值有高有低, 从以上元素组合特点来看, 硅质岩为热水沉积成因。硅质岩中 Ba, Sr 高^[2]也为硅质岩的热水沉积成因提供了旁证。

硅质岩某些主元素和微量元素的质量分数特征是判别硅质岩成因的标志, 在 $w(\text{Fe})-w(\text{Mn})-w(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Cu})$ 图上, 有 17 个地区的 21 个热水沉积物的数据分布于 Fe-Mn 底线附近^[6]。莫托萨拉硅质岩的 3 个数据的投影点落在热水沉积区内。

5 硅质岩稀土元素特征

表 3 硅质岩的稀土元素质量分数和地球化学参数($w_B/10^{-6}$)

Table 3 REE content and geological parameters of cherts

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	REE	Ce	Ce/ Y
N083	12.09	13.29	1.60	4.36	1.22	0.45	1.20	0.23	1.49	0.34	1.09	0.19	1.23	0.21	18.34	57.31	0.62	1.36
N087	6.71	10.22	1.36	4.23	1.13	0.38	0.82	0.14	0.76	0.15	0.38	0.06	0.36	0.06	7.06	33.82	0.74	2.45
N088	7.96	17.01	2.03	5.72	1.22	0.40	0.91	0.17	1.04	0.23	0.63	0.10	0.69	0.11	7.97	46.18	0.91	2.90

注: 武汉综合岩矿测试中心分析, 参数据 40 个北美页岩 $w(\text{REE})$ 计算;

从表 3 可以看出, 硅质岩 $w(\text{REE}) = 33.82 \times 10^{-6} \sim 57.31 \times 10^{-6}$, $w(\text{Ce})/w(\text{Y}) = 1.36 \sim 2.90$, $\text{Ce} = 0.62 \sim 0.91$; $w(\text{REE})$ 较低, 稀土分异不明显, 多数硅质岩的 $w(\text{Ce})$ 有一定的亏损(表 3)。

由于热水沉积物热水源中混入了向下渗透而后上升的海水, 因此热水沉积物能够保留海水固有的 $w(\text{REE})$ 低, $w(\text{Ce})$ 亏损等特点。热水成因的深海硅质岩具有 $w(\text{Ce})$ 负异常, 非热水成因的浅水陆源硅质岩为 $w(\text{Ce})$ 正异常。而莫托萨拉铁锰矿硅质岩的 $w(\text{Ce}) = 0.62 \sim 0.91$, $w(\text{REE})$ 较低, 具有热水硅质岩的特点。

热水沉积岩在北美页岩标准化 REE 分布模式图上表现为 $w(\text{Ce})$ 负异常, 曲线向左倾斜的特征。硅质岩的北美页岩标准化分布模式如图 4, 样品主要表现为 $w(\text{Ce})$ 为负异常, 分布曲线向左倾斜, 但可能有热液叠加, $w(\text{Ce})$ 值变大, 分布曲线变平坦型或向右倾斜。总之, 硅质岩还是具有热水沉积的 REE 分布模式。

6 氧、硅同位素组成

硅质岩的 $(^{18}\text{O}) = 6.8 \times 10^{-3} \sim 14.1 \times 10^{-3}$ (表 4), 低于海底喷流硅质岩的 $(^{18}\text{O}) (16.5 \times$

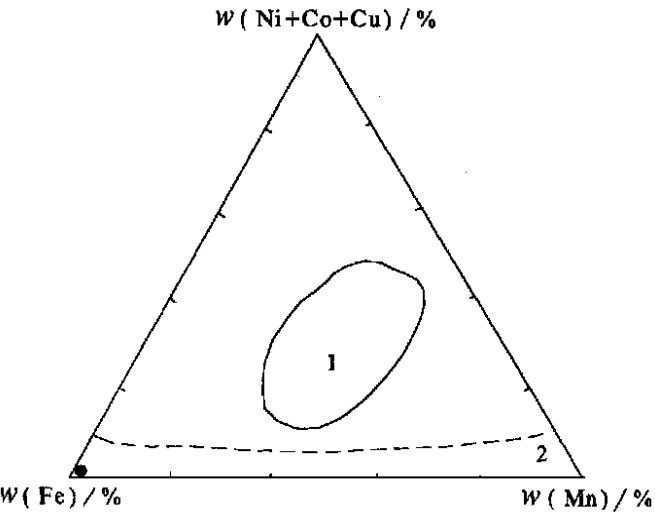


图 3 硅质岩在 $w(\text{Fe})-w(\text{Mn})-w(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Cu})$ 图上的投影

Fig. 3 Projection of cherts on $w(\text{Fe})-w(\text{Mn})-$

$w(\text{Ni}+\text{Co}+\text{Cu})$ diagram

1. 正常沉积物 2. 热水沉积物

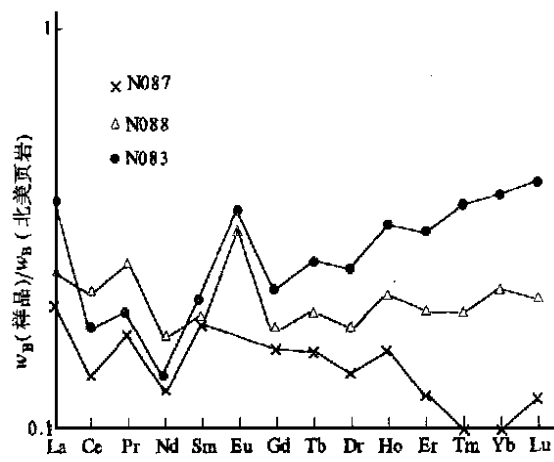


图4 硅质岩 REE 的北美页岩标准化模式
Fig. 4 North American shale-normalized REE distribution patterns of the cherts

为莫托萨拉铁锰矿床的火山-沉积成因提供了佐证。

$10^{-3} \sim 23.7 \times 10^{-3}$), 远低于美国正常海水中沉积硅质岩的 (^{18}O) 平均值 (25.6×10^{-3}), 与火山沉积的硅质岩 ($1.9 \times 10^{-3} \sim 12.4 \times 10^{-3}$) 和热泉型石英的 (^{18}O) 范围 ($12.2 \times 10^{-3} \sim 23.6 \times 10^{-3}$) 接近, 为热水沉积的产物^[7]。

不同来源的 Si 有不同的同位素组成, 低温水中自生沉积石英的 (^{14}Si)_{NBS-23} = $1.1 \times 10^{-3} \sim 1.4 \times 10^{-3}$, 热水来源硅质岩的 (^{14}Si)_{NBS-23} = $-1.5 \times 10^{-3} \sim 0.8 \times 10^{-3}$, 交代成因的硅质岩 (^{14}Si) = $2.4 \times 10^{-3} \sim 3.4 \times 10^{-3}$, 莫托萨拉铁锰矿的硅质岩 (^{14}Si) 值接近热水来源硅质岩的范围(表 4), 从中提示其热水沉积成因。

莫托萨拉硅质岩的地质特征、岩石化学、微量元素、REE 和 O, Si 同位素组成特征表明, 原生硅质岩是热水沉积作用形成的。从而

表 4 莫托萨拉铁锰矿的 O, Si 同位素组成($w/w \times 10^{-3}$)

Table 4 Oxygen and silicon isotope composition of the chert

样号	(^{14}Si) _{NBS-23}	(^{18}O) _{SMOW}
N083	- 0.7	6.8
N087	- 2.0	8.9
N088	- 2.2	14.1

注: 中国地质科学院矿床地质研究所分析, O 同位素和 Si 同位素用 SiF₄ 法。

参考文献:

[1] 覃志安. 新疆莫托萨拉铁锰矿中含铁硅质岩的地球化学特征[J]. 地球学报, 1999(增刊).

[2] 华明弟. 论莫托萨拉铁锰矿床的火山沉积成因[J]. 新疆地质, 1985, 3(3).

[3] Bostroem K, Harold R, Qiva J. Provenance and accumulation rates of opaline silica, Al, Fe, Ti, Mn, Cu, Ni and Co in Pacific pelagic sediment[J]. Chem. Geol., 1973, 11: 123-148.

[4] 应汉龙, 蔡新平, 刘秉光. 云南省墨江金矿床含金硅质岩的地球化学特征和成因[J]. 地球化学, 1999, 28(4).

[5] Adachi M, Yamamoto K, Sugisaki R. Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from northern Pacific; Their geological significance as indication of ocean ridge activity[J]. Sediment Geol., 1986, 47: 125-148.

[6] Rona P A. Criteria for recognition of hydrothermal depositional deposits in ocean crust[J]. Econ. Geol., 1978, 73: 135-160.

[7] 丁梯平, 万德芳, 蒋少涌, 等. 稳定同位素分析方法研究进展[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1992.

FEATURE AND GENESIS OF CHERT LAYER IN MOTUOSARLA Fe AND Mn DEPOSIT, XINJIANG

YAO Guo-long, QIN Zhi-an, ZHU Kai-jun, ZUI Gui-qiao

(Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061, China)

Abstract: Chert layer occurs in Motuosarla iron deposit and contain some hot water-deposited minerals. Analysis of the chert show high concentration of Fe_2O_3 , Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb and Hg and low concentration of Cr, Ni, Co, FeO, Al_2O_3 and $\text{Al}/(\text{Al} + \text{Mn} + \text{Fe})$ is low. In the genetic discrimination plot major and trace elements of the chert all fall into or near the field of hot water sedimentary rocks. REE and O, Si isotope analysis are characterized by hot water sedimentation. All the data indicate that the chert layer is formed by hot water sedimentation.

Key words: Chert layer; hot water-sedimentation; Fe, Mn deposit; Motuosarla; Xinjiang

《黄金》(月刊) 2001 年征订启事

《黄金》杂志是由国家科委批准、国家经贸委黄金管理局长春黄金研究院主办的综合性技术刊物, 是全国中文核心期刊, 也是全国黄金行业惟一的科技期刊, 已编入《中国学术期刊(光盘版)》, 并加入中国期刊网。

《黄金》主要报导地质、采矿、选冶、分析与环保、管理等方面的科研成果、新理论、新技术、新设备、新工艺、新方法、生产技术经验等内容; 同时新开辟了企业之窗、首饰之苑、中介之角等栏目。

《黄金》发行量大, 覆盖面广, 遍布黄金、冶金、地矿、有色、核工业、化工、金融等系统及金银珠宝首饰品行业。本刊内容翔实, 信息量大, 实用性强。

《黄金》现为月刊, 彩色封面, 64 页, 国际开本(297mm×210mm)。国内外公开发行, 邮发代号 12-47, 全国各地邮局均可订阅。本刊每期定价 7.00 元, 全年 12 期, 共计 84.00 元(如在邮局漏定者, 可与《黄金》杂志社联系补订, 我处长年办理零订邮购业务)。

为答谢广大读者朋友对我刊的厚爱, 2001 年实行有奖征订活动, 具体事宜请来电来函咨询。

本刊社现有部分库存期刊(1980~1999 年), 需订阅者请与我处联系, 索取订单。

《黄金》还承办广告业务, 欢迎国内外客户前来联系广告业务。

征订办法:

1 邮局汇款

地址: 长春市南湖大路 54 号 单位: 《黄金》杂志社 邮编: 130012

2 银行汇款

单位: 《黄金》杂志社 开户行: 工商银行长春市宽平大路分理处 帐号: 243-24909510

电 话: (0431) 5529838 传 真: (0431) 5511548