

河北阳原盆地井儿洼钻孔岩心氧化铁变化的古环境记录

迟振卿^{1,2} 闵隆瑞¹ 武志军³

(1.中国地质科学院地质研究所 北京 100037;

2.中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊沉积与环境开放实验室 江苏 南京 210008;

3.河北省泥河湾地质遗迹自然保护区管理处 河北 张家口 075000)

摘要:系统分析了阳原盆地西部井儿洼钻孔剖面的 Fe_2O_3 、 FeO 、 TFe (全铁)、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 的变化特点,探讨了阳原古湖氧化铁地球化学特征及其所记录的气候变迁规律。结果表明,阳原盆地的沉积环境相对富集铁,气候总体较温和,垂向上的变化记录了气候的变化过程分为7个明显的阶段。0.2 Ma以前以还原环境为主,以后以氧化环境为主。井儿洼岩心沉积物中全铁谱分析表明,0.78 Ma之后,具有显著的21.7 ka岁差周期,证明了天文因素对气候的影响,而100 ka的周期不明显,这与黄土、深海沉积物的记录存在差别。另外还存在390 ka、156 ka、52 ka、33.9 ka及14.4 ka等周期,表现了湖泊记录的古气候周期的复杂性。

关键词:河北;阳原盆地;氧化铁;古环境

中图分类号: X14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-255X(2002)10-0632-06

泥河湾层自1924年巴尔博^[1]命名以来,已有近80年的研究历史,至今泥河湾层的划分仍存在较多的分歧^[1~10]。泥河湾层中蕴含了丰富的古气候、古环境信息,前人在孢粉、叠层石、古冰缘和古地理方面取得了大量成果^[11~17],但由于取样密度低,样品分析的数量少,分辨率低,其研究精度远不足以与全球变化成果进行对比。因此,对泥河湾层进行高分辨率的古气候变化特征研究是一项重要的研究课题。为了探讨泥河湾地区气候演化特征,我们在泥河湾盆地西部近中心部位的井儿洼进行了钻探,对该孔进行高密度的地球化学指标采样。铁元素在沉积过程中形态的变化受环境因素影响而变化,因而可将铁作为环境指示元素之一,把 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} 的相互转化关系作为推算古温度的标志^[18~21]。本文就井儿洼钻孔岩心沉积物中铁元素的记录及其反映的环境特点进行讨论。

1 地质剖面及区域背景

研究区地处河北省西北部的山间盆地之中,桑干河流经其间,为北东走向的狭长河谷盆地,盆地平均海拔800 m,区内相对高差300~800 m。研究区属中温带亚干旱区大陆季风气候,年平均气温7.3℃左右,年降水量360~490 mm。

1997年为完成地调任务,在井儿洼村北桑干河南岸的沉积台地之上打一深200.8 m的钻孔。井位:40°7'E,114°21'N,井口标高:海拔896 m,岩心取心率大于90%。该孔沉积变化表明^[3],107.8 m以下为褐灰、褐色与灰黑、灰、青灰色相间出现粉砂质粘土、粘土质粉砂,107.8~20.6 m之间为以灰、灰黑色为主的粉砂质粘土、粉细砂,具有典型的纹层,20.6 m以上主要为灰绿色粉砂质粘土夹粉细砂层,顶部为白色粉

收稿日期:2002-05-08;修订日期:2002-07-12

基金项目:国家自然科学基金项目《湖泊中长链烯酮的母源及其与温度的关系》(编号:40102016)、河北省阳原幅、井儿沟幅1:5万区域地质调查项目。

作者简介:迟振卿,1970年生,女,博士,副研究员,从事第四纪地质和全球变化研究。

砂质粘土。古地磁研究表明,该湖岩心是一套约 2.0 Ma 以来的连续沉积层序^[3],自 122.4 m 以上系统采了地球化学样品,时限达 1.2 Ma 左右,为研究泥河湾地区第四纪环境演化提供了良好的条件。

2 沉积物氧化铁的地球化学特征

在 122.4 m 深的井儿洼钻孔岩心沉积物中以 20 cm 间距(顶部 5 m 以 5 cm 间距)取样分析了 Fe₂O₃ 和 FeO,共采样品 676 件。样品经自然风干后,称 0.5 g 放于聚四氟乙烯坩锅内,加入氢氟酸、高卤酸、硫酸,加热至冒白烟,用盐酸提取,移入容量瓶中,定容,将已熔好的样品根据含量不同加以稀释,在 Z-8000 型原子吸收仪上测定三价铁。称 0.1 g 样品,采用氢氟酸等分解后,再用重铬酸钾容量法测定获得 FeO 的值。井儿洼钻孔沉积物氧化铁的丰度范围见表 1。Fe³⁺和 Fe²⁺的含量分别根据公式(1)(2)求出。

表 1 河北省阳原县井儿洼钻孔沉积物中铁的丰度
Table 1 Abundance of iron in sediments
of the Jingerwa core from Yangyuan County, Hebei Province

名称	FeO(%)	Fe ₂ O ₃ (%)	(Fe ₂ O ₃ +FeO)/%	Fe ³⁺ /Fe ²⁺
范围值	0.53~4.29	0.99~7.27	1.82~8.85	0.45~5.54
平均值	1.62	2.63	4.24	1.55
标准差	0.39	0.62	0.72	0.57

$$\text{Fe}^{3+}\text{含量} = \frac{2 \times \text{Fe 的原子量}(112) \times \text{Fe}_2\text{O}_3\text{含量}}{\text{Fe}_2\text{O}_3\text{的分子量}(160)} \quad (1)$$

$$\text{Fe}^{2+}\text{含量} = \frac{\text{Fe 的原子量}(56) \times \text{FeO 含量}}{\text{FeO 的分子量}(72)} \quad (2)$$

井儿洼钻孔沉积物中的全铁含量与青藏高原甜水海^[19]、地壳^[22]、沉积岩^[22]、中国黄土^[23]和南极燕窝湖^[24]的平均含量之比,即沉积物中全铁的相对富集系数 Ki 值(表 2),说明井儿洼钻孔沉积物中的铁相对富集。数据表明阳原古湖岩心沉积物中铁元素变化界线清楚,是反映气候环境的敏感元素之一。

井儿洼钻孔岩心沉积物中铁的相对频率分布表明(图 1):FeO 的含量主要分布在 1%~2.5% 之间,其中含量在 1%~1.5% 之间的相对频数为 35.1%,1.5%~

2.0% 之间的相对频数为 44.8%,2%~2.5% 之间的相对频数为 15.7%,总频数为 95.6%。Fe₂O₃ 的含量主要分布在 1.5%~3.5% 之间,其中含量在 1.5%~2.0% 之间的相对频数为 12.6%,2%~2.5% 之间的相对频数为 28.6%,2.5%~3.0% 之间的相对频数为 35.4%,3.0%~3.5% 之间的相对频数为 13.2%,总频数为 89.8%。全铁的含量主要分布在 3.5%~5.0% 之间,其中含量在 3.5%~4.0% 之间的相对频数为 16.3%,4.0%~4.5% 之间的相对频数为 32.0%,4.5%~5.0% 之间的相对频数为 27.5%,总频数为 75.8%。Fe³⁺/Fe²⁺ 的含量主要分布在 0.5%~2% 之间,其中含量在 0.5%~1.0% 之间的相对频数为 12.6%,在 1%~1.5% 之间的相对频数为 42.3%,在 1.5%~2.0% 之间的相对频数为 26.5%,总频数为 81.4%。这些数据表明阳原盆地的沉积环境相对富集铁,温度较高,但以还原环境为主。

3 井儿洼钻孔沉积物中氧化铁反映的气候演化阶段

Fe₂O₃、FeO、TF_{Fe}(Fe₂O₃+FeO)和 Fe³⁺/Fe²⁺ 在垂向上的变化规律反映了泥河湾地区自 1.2 MaBP 以来的气候变迁历史经历了 7 个阶段(图 2)。现自下至上分别加以描述。

阶段 7(122.4~95 m,约 1.21~0.78 Ma):本段下部为褐色、灰褐色粘土质粉砂,上部为灰黑、灰色粉砂质粘土。FeO 含量为 1.47%~4.29%,平均 2.08%;Fe₂O₃ 含量为 1.23%~4.56%,平均含量为 2.49%;TF_{Fe}3%~8.85%,平均含量为 4.57%;Fe³⁺/Fe²⁺ 比值 0.52~1.94,平均为 1.21。FeO 含量高于全孔平均值 1.62%,Fe₂O₃ 含量低于全孔平均值,全铁含量高于全孔平均值,而 Fe³⁺/Fe²⁺ 比值低于全孔平均值。上述特征说明本段气候温和,沉积环境以还原环境为主,风化作用较强,较多的铁质被带入湖区,并部分被还原。

阶段 6(48.2~95.8 m,约 0.52~0.78 Ma):本段沉积物以灰、浅灰色粘土质粉砂为主,夹粉砂、粉细砂层,具纹层层理。这一气候期冷暖干湿波动均比较明显,表现了温凉的气候特点,沉积环境为弱还原环境,明

表 2 井儿洼钻孔岩心沉积物中氧化铁的相对富集系数
Table 2 Relative enrichment coefficients of iron oxides in sediments of the Jingerwa core

元素的丰度值(%)							相对富集系数(%)				
元素	井儿洼	甜水海	地壳	沉积岩	中国黄土	燕窝湖	甜水海	地壳	沉积岩	中国黄土	燕窝湖
全铁	4.24	1.88	5.63	3.33	3.88	5.32	2.26	0.75	1.27	1.09	0.8

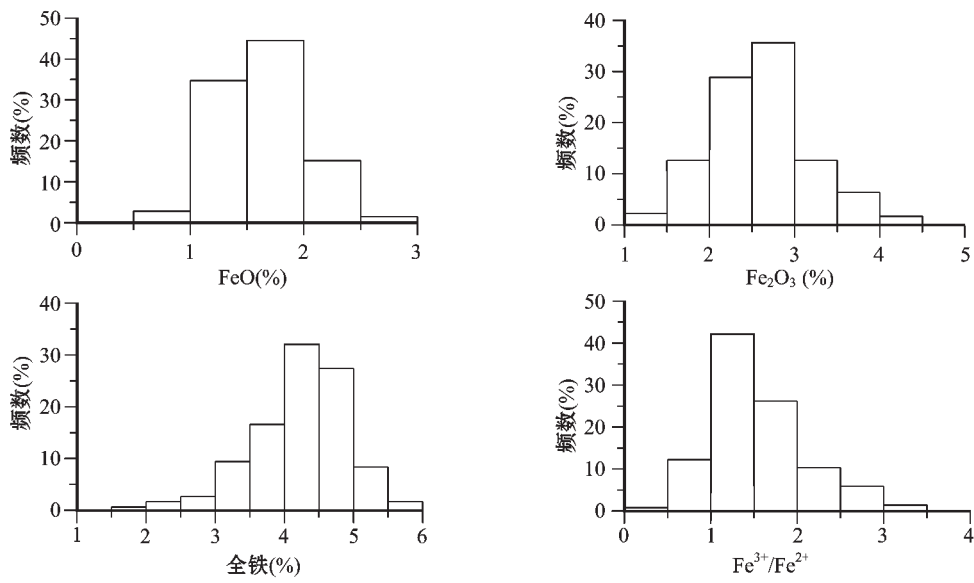


图1 井儿洼钻孔岩心沉积物中氧化铁的频率分布

Fig.1 Frequency distribution of iron oxides in sediments of the Jingerwa core

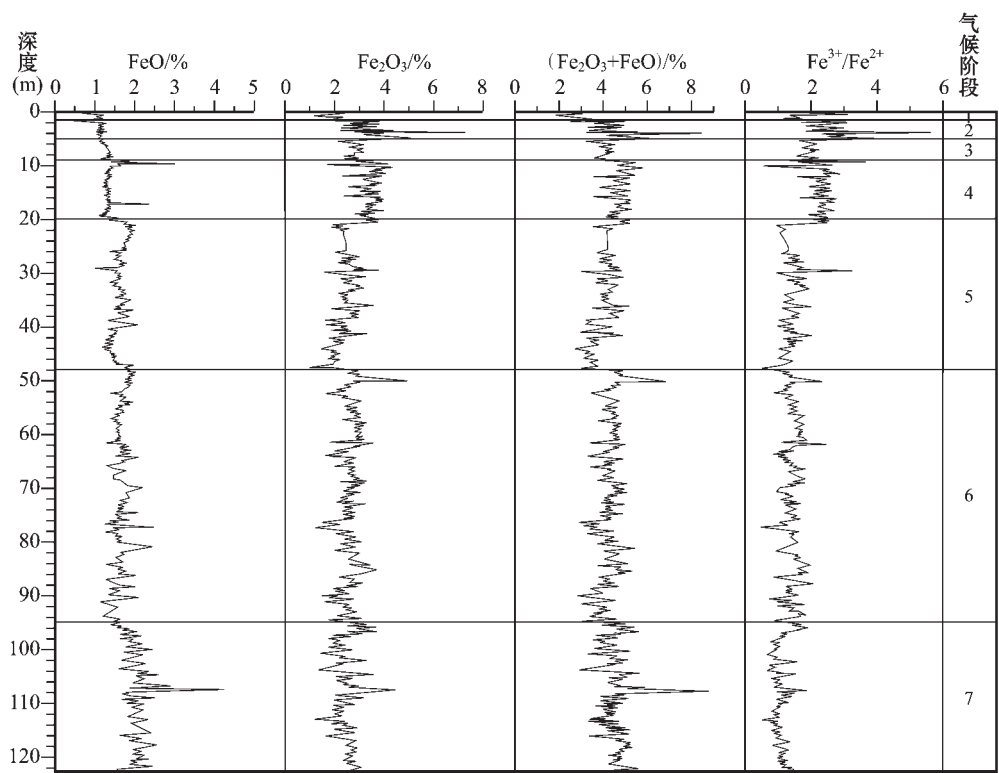


图2 井儿洼钻孔岩心沉积物中氧化铁反映的古气候演化特征

Fig.2 Characteristics of the paleoclimatic evolution reflected by iron oxides in sediments of the Jingerwa core

暗纹层反映了季节性湖泊环境的改变。

阶段5(20.8~48.2 m, 约0.20~0.52 MaBP): 浅灰、灰黑色粘土、粘土质粉砂夹粉细砂层。 FeO 含量为1.04%~2.07%, 平均1.60%, Fe_2O_3 含量为0.99%~3.71%, 平均2.35%, TFe含量为2.74%~5.16%, 平均3.95%, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值0.47~3.21, 平均为1.33。冷凉气候期, 还原的沉积环境, 本期气候早期较寒冷, 波动上升。

阶段4(9.2~20.8 m, 约0.20~0.075 Ma): 本段下部为黄绿色粘土夹黄色粉砂、细砂层, 并有白色芒硝析出。具水平层理, 局部见砂透镜体和波状层理; 上部为灰绿色、灰黄绿色粘土夹细砂层, 并有黄褐色条带, 水平层理。 FeO 含量为0.89%~3.08%, 平均1.38%, Fe_2O_3 含量为1.68%~4.28%, 平均3.43%, TFe含量为3.52%~5.8%, 平均4.79%, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值0.49~3.59, 平均为2.32。本段除 FeO 含量低于全孔平均水平外, 各项指标均高于全孔平均水平, 反映了温和气候条件下的氧化沉积环境。

阶段3(5.05~9.2 m, 0.07~0.045 Ma): 本段岩性主要为黄色粉砂夹粘土质粉砂薄层, 局部见小砾石, 含云母成分增多, 水平层理。 FeO 含量为1.04%~1.4%, 平均1.24%, Fe_2O_3 含量为1.9%~4.26%, 平均2.82%, TFe含量为3.15%~5.42%, 平均4.06%, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值1.37~3.30, 平均为2.06。各项指标较前期均有所下降, 表明气温降低, 相当于末次冰期早冰阶, 属温凉偏湿, 氧分仍较充足, 以氧化环境为主。

阶段2(2.05~5.05 m, 0.045~0.02 MaBP): 本段岩性为黄色、灰黄色粉砂, 中间夹有1m厚的灰白色粉砂, 有锈黄斑点。 FeO 含量为0.96%~1.32%, 平均1.14%, Fe_2O_3 含量为2.11%~7.27%, 平均3.18%, TFe含量为3.18%~8.45%, 平均4.32%, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值1.61~5.54, 平均为2.5。相当末次冰期间冰阶, 在井儿洼孔表现了暖湿的气候特征。包含干旱、湖泊萎缩的波动, 形成含钙质较多、呈白色的粉砂层。

阶段1(0~2.25 m, 0.02~0.01 Ma): 本段沉积物下部为灰白色粉砂层, 夹多层薄层钙板层。 FeO 含量为0.2%~0.53%, 平均1.14%, Fe_2O_3 含量为1.12%~3.16%, 平均1.92%, TFe含量为1.82%~4.2%, 平均4.2%, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值1.18~3.09, 平均为1.83。本段中 FeO 、 Fe_2O_3 以及TFe含量均为全孔最低水平, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比值却高于全孔的平均值(1.55)。以上特征反映了寒冷干旱的氧化环境, 相当于末次冰期冰盛期。本段顶部有20~60 cm厚的黄土状土堆积, 属湖泊消亡后的残坡积或

洪坡积层。

以古地磁事件界线年龄及所测得的绝对年龄为控制点^[3], 依厚度在两个绝对年龄控制点间线性内插, 获得钻孔沉积物的深度与年龄的关系。根据拟定的年龄模式, 把井儿洼钻孔岩心122.4 m以上样品所分析的随深度分布的全铁含量转变为全铁含量时间序列, 按20 cm(约2 ka)的间距抽样, 得到分析用的数据集。对全铁含量的时间序列作谱分析, 计算结果(图3)显示变化有明显的旋回性。

从井儿洼钻孔岩心沉积物中铁的含量及比值变化可以看出, 泥河湾地区自1.2 Ma以来气候变化与深海同位素、黄土的古气候记录存在一定的相似及区别。例如, 在0.78 Ma附近各类地质记录中均存在气候转型, 黄土、深海沉积物记录的0.8 Ma之后以轨道偏心率100 ka的周期为主^[25, 26], 井儿洼全铁记录具有明显的岁差周期21.7 ka(图3), 另外还存在390 ka、156 ka、52 ka、33.9 ka及14.4 ka等周期, 而碳酸盐则具有明显的地轴倾斜周期46 ka和31 ka^[27], 表现了湖泊记录的古气候周期的复杂性。结果表明, 湖泊沉积物不同的代用指标对全球的、区域的或湖泊本身的演化表现出程度的信号加强或减弱。井儿洼孔记录了在0.52 MaBP之后, 气候逐渐转冷湿, 由沼泽相演化为浅湖相。与其相反, 青藏高原在0.48 MaBP之后, 由于高原进一步隆升, 海拔高度增大, 阻碍了水汽的输送, 气候趋干^[28]。黄土高原的气候转型发生于0.55 MaBP, 井儿洼表现的环境可能比黄土高原湿润。青藏高原较泥河湾地区和黄土高原的气候转型时间滞后。0.2~0.075 MaBP为温和偏湿的气候, 黄河

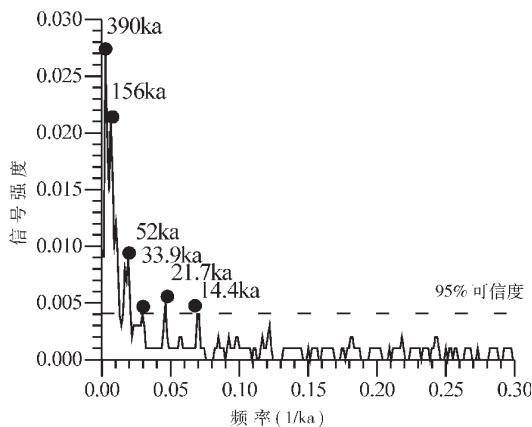


图3 井儿洼钻孔全铁功率谱

Fig.3 Fe power spectrum of the Jingerwa core
虚线代表噪音, 虚线以上所示周期可信度较高

源区青海玛多地区斗格涌盆地钻孔剖面孢粉和易溶盐研究表明, 0.11~0.08 MaBP 为寒温较湿的气候^[29]; 西昆仑山南侧的甜水海湖岩芯铁变化记录了 0.023~0.015 MaBP 为温干型气候, 0.015~0.0074 MaBP 为温湿型^[19]。在研究区的虎头梁剖面顶部发育的两层叠层石, 测得年龄分别为 0.13 MaBP 和 0.09 MaBP 左右^[11~13], 属末次间冰期, 根据现代叠层石的生活特点, 推测当时气候较热; 湖相层在南部山前扩张至阎家窑等台地之上, 说明处于偏湿的气候阶段。各地剖面研究表明, 在 0.2~0.07 MaBP 这段时期, 虽然有干、湿、冷、暖的变化, 但主体气候以温湿为主。井儿洼孔的 TFe 在 0.07 MaBP 突然降低, 代表末次冰期的突然降临, 但降温幅度不大, 是一个凉偏湿的时期。0.045~0.02 MaBP, 相当末次冰期间冰阶, 在井儿洼孔表现了暖湿的气候特征, 与夏季风的增强有关。在中国西南、西北广大地区存在异常的湖泊急剧扩张^[30], 这类广大范围的湖泊扩张与印度季风的影响有关^[31]。井儿洼孔^[1]阶段揭示的是另一个冷期, 即末冰期冰盛期, 表现大幅度的降温和干旱化, 湖水咸化。从平顶村剖面的研究中发现, 末次冰期冰盛期, 研究区有温凉偏湿—温凉偏干—寒冷偏湿的波动, 周围出现反映寒冷偏湿的森林植被^[16]。

4 结 语

(1) 阳原盆地井儿洼钻孔岩心沉积物中氧化铁的丰度值较高, FeO 含量为 0.53%~4.29%, 平均 1.62%; Fe₂O₃ 含量为 0.99%~7.27%, 平均 2.63%; 全铁为 1.82%~8.85%, 平均 4.24%; Fe³⁺/Fe²⁺ 比值为 0.45~5.54, 平均 1.55。它们在垂向上的变化记录了气候的变化过程分为 7 个明显的阶段, 阳原盆地的沉积环境相对富集铁, 温度较高, 0.2 Ma 以前以还原环境为主, 以后以氧化环境为主。

(2) 井儿洼岩心沉积物中全铁谱分析表明, 0.78 Ma 之后, 具有显著的 21.7 ka 岁差周期, 证明了天文因素对气候的影响。100 ka 的周期不明显, 这与黄土、深海沉积物的记录存在差别。另外还存在 390 ka、156 ka、52 ka、33.9 ka 及 14.4 ka 等周期, 表现了湖泊记录的古气候周期的复杂性。

参考文献:

- [1] Barbour G B. Preliminary observation in Kalgan area[J]. Bull. Geol. Soc. China, 1924, 2(2): 167~168.
- [2] 陈茅南. 泥河湾层的研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1988. 1~145.
- [3] 闵隆瑞, 迟振卿, 朱关祥. 从井儿洼孔岩心看阳原盆地第四纪湖相层的划分[J]. 地质学报, 2000, 74(2): 108~115.
- [4] 黄万坡, 汤英俊. 泥河湾盆地新生代几个地层剖面的观察[A]. 见: 卫奇, 谢飞编. 泥河湾研究论文选编[C]. 北京: 文物出版社, 1989. 353~364.
- [5] 吴子荣, 孙建中, 袁宝印. 对泥河湾地层的认识与划分[A]. 见: 卫奇, 谢飞编. 泥河湾研究论文选编[C]. 北京: 文物出版社, 1989. 373~383.
- [6] 袁宝印, 朱日祥, 田文来, 等. 泥河湾组的时代、地层划分和对比问题[J]. 中国科学(D辑), 1966, 26(1): 67~73.
- [7] 周昆叔, 梁秀龙, 严富华, 等. 从泥河湾层花粉分析谈南沟冷期等问题[A]. 见: 卫奇, 谢飞编. 泥河湾研究论文选编[C]. 北京: 文物出版社, 1989. 306~317.
- [8] R X Zhu, K A Hoffman, R Potts, et al. Earliest presence of humans in northeast Asia[J]. Nature, 2001, 413: 413~417.
- [9] 韩云生. 论“泥河湾层”[A]. 见: 卫奇, 谢飞编. 泥河湾研究论文选编[C]. 北京: 文物出版社, 1989. 397~405.
- [10] 陶书华. 试论“上泥河湾层”与“午城黄土”的时代归属问题[J]. 地质论评, 1980, 26(1): 47~50.
- [11] 夏正楷, 张昀, 陈铁梅, 等. 泥河湾层中叠层石的发现及其古环境意义[J]. 中国科学(B辑), 1993, 26(1): 67~74.
- [12] 夏正楷, 韩军青. 泥河湾盆地虎头梁湖相叠层石的生态环境分析[J]. 第四纪研究, 1998, 18(4): 344~350.
- [13] 夏正楷, 韩军青, 金德秋, 等. 泥河湾盆地末次间冰期气候变化的氧碳同位素记录[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1998, 34(1): 119~124.
- [14] 迟振卿, 闵隆瑞, 朱关祥. 河北阳原东目连第四纪湖相叠层石[J]. 中国区域地质, 2001, 20(2): 153~157.
- [15] 周廷儒, 李华章, 刘清泗, 等. 泥河湾盆地新生代古地理研究[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 1~162.
- [16] 迟振卿, 闵隆瑞. 平顶村剖面古气候变化记录[J]. 地质力学学报, 1999, 5(4): 66~72.
- [17] 迟振卿, 闵隆瑞, 朱关祥. 阳原盆地井儿洼钻孔磁化率、粒度反映的环境意义[J]. 地质力学学报, 2002, 8(1): 87~96.
- [18] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 238~255.
- [19] 余素华, 朱照宇, 李世杰, 等. 西昆仑山南侧甜水海湖岩心铁变化的环境记录[J]. 地球化学, 1997, 26(6): 88~98.
- [20] 周延兴. 论沧州沿海地区第四纪沉积物的 Fe³⁺/Fe²⁺ 垂直变化周期性及其应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4(2): 103~110.
- [21] 朱诚. 对用 Fe³⁺/Fe²⁺ 探讨庐山地区第四纪古温度的讨论[J]. 地质论评, 1994, 40(3): 216~219.
- [22] 中国科学院贵阳地球化学研究所. 简明地球化学手册[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 60~83.
- [23] 文启忠, 等. 中国黄土地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 36~63.
- [24] 余素华, 郑洪汉, 陈肖伯, 等. 西南极乔治王岛长城站区晚第四

[1] Barbour G B. Preliminary observation in Kalgan area[J]. Bull.

- 纪燕窝湖岩心元素地球化学特征[J]. 南极研究, 1992, 4(3): 31~37.
- [25] Ding Z L, Yu Z, Rutter N W, et al. Towards an orbital time scale for Chinese loess deposits[J]. Quaternary Science Reviews, 1994, 13: 39~44.
- [26] Hays J D, Imbrie J, Shackleton N J. Variation in the earth's orbit: pacemaker of the ice ages[J]. Science, 1976, 194: 1121~1132.
- [27] 迟振卿, 闵隆瑞, 朱关祥, 等. 泥河湾湖相沉积层记录的古气候周期性[J]. 地学前缘, 2002, 9(1): 187~192.
- [28] 王苏民, 薛滨. 中更新世以来若尔盖盆地环境演化与黄土高原比较研究[J]. 中国科学(D辑), 1996, 26(4): 323~328.
- [29] 张玉芳, 张俊峰, 徐建明, 等. 黄河源区距今13万年来古气候演化[J]. 地质力学学报, 1998, 4(4): 69~75.
- [30] 王苏民, 王富葆. 全新世气候变化的湖泊记录[A]. 见: 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境[C]. 北京: 海洋出版社, 1992. 146~152.
- [31] 张振克, 吴瑞金, 王苏民, 等. 2600年来居延海环境演变的湖泊沉积记录[J]. 湖泊科学, 1988, 10(2): 156~161.

Paleoenvironmental records of iron oxides variations in drill core from Jing'erwa, Yangyuan basin, Hebei Province

CHI Zhenqing^{1, 2} MIN Longrui¹ WU Zhijun³

(1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

2. Lake sedimentation and Environment Lab., Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008, Jiangsu, China;

3. Management Office of Nihewan Nature Reserve of Geological Heritage, Zhangjiakou 075000, Hebei, China)

Abstract: This paper systematically analyzes the characteristics of variations of Fe_2O_3 , FeO , TFe (total iron oxides) contents and $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ratio in sediments of cores from Jing'erwa drill hole in the Yangyuan basin, and on that basis the paper discusses the geochemical characteristics of iron oxides in the Yangyuan paleo-lake and the paleoclimatic changes recorded in the iron oxides. The research results show that the sedimentary environment in the Yangyuan basin is relatively enriched in iron and that the climate was generally relatively warm in the region. The climatic changes recorded in the iron oxides occurred in seven stages. The reducing environment predominated in the lake before 200 ka, and the oxidizing environment was dominant after 200 ka. The TFe spectrum analysis of the core sediments clearly shows the presence of a precessional period of 21.7 ka after 780 ka, which proves that the climatic change was influenced by the astronomic factor. However, the 100 ka period after 780 ka is not pronounced, which is different from the records of loess and deep-sea sediments. In addition, the periods of 390, 156, 52, 33.9 and 14.4 ka are also involved in the climatic change, indicating the complexity of the palaeoclimatic periods recorded by lacustrine deposits.

Key words: Hebei Province; Yangyuan basin; iron oxide; paleoenvironment