

# 甘肃通渭县黄土堆积区全新世环境变迁

付淑清<sup>1</sup>, 陈淑娥<sup>2</sup>, 魏明建<sup>3</sup>, 李英<sup>2</sup>, 李勇<sup>2</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 长安大学地球科学与国土资源学院, 西安 710054; 3. 首都师范大学地理系, 北京 100037)

[摘要] 通过对甘肃通渭县四家庙全新世黄土剖面的粒度和磁化率分析, 并依据前人研究成果对年均气温和年均降水量的相应恢复, 揭示了该区全新世期间气候演化的特点和规律。分析认为, 研究区全新世以来的环境变化是不稳定的, 无论古土壤发育期还是黄土堆积期, 气候都具有频繁的次级波动。尤其在全新世中期, 两层古土壤间的黄土夹层, 反映该区在全新世大暖期经历过一次历时千年之久的气候显著恶化事件。

[关键词] 粒度; 磁化率; 环境变迁; 全新世; 通渭; 甘肃

[中图分类号] P532 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)04-0074-04

[作者简介] 付淑清(1977-), 女, 内蒙古乌盟人, 博士, 现从事第四纪地质及全球变化研究工作。

## 0 引言

过去几十年的研究使人们认识到, 中国黄土是一种十分理想的陆相信息载体, 它不仅可以与深海沉积记录相对比, 而且能够准确可靠的提供时空分辨率更高的全球变化信息<sup>[1-2]</sup>。在目前的全球变化研究中, 就中国黄土的研究已经开展了大量的工作, 并取得了许多令人瞩目的进展, 进一步的工作目标逐步集中在短周期事件上。因此, 与人类社会及当代自然环境密切相关的全新世环境研究也就成为了过去全球变化的一个热点。

围绕这一主题学者们已做了不少工作, 也取得许多重大进展。如越来越多的研究证明, 处于冰后期的全新世也存在明显的气候波动。然而, 即使全球性的气候事件也具有一定的区域差异性, 可以对区域的社会经济发展造成不同程度的影响。笔者的研究区位于中国季风环境的敏感地带, 同时也是最早进行农业耕作的地区之一<sup>[3]</sup>, 然而由于环境变迁及长期的农牧业发展, 使得区内目前森林覆盖率极低, 水土流失严重。因此, 在全球变化的背景下, 深

入揭示该区近万年来的环境变迁规律, 对于预测未来气候及制定正确的土地利用方式具有重要意义。

## 1 地层划分及断代

### 1.1 剖面地层划分

剖面位于通渭县四家庙梁顶公路边, 海拔高度2 100 m左右, 地理坐标34°58'N, 104°5'E, 属陇中黄土高原丘陵沟壑区。当地年平均气温约7.7℃, 年均降水量330 mm左右。对剖面的地层学、土壤学特征描述见表1。为获取较高分辨率的古环境变化信息, 以2 cm为间距对剖面进行了系统采样, 共采集综合样品80件。

### 1.2 剖面地层断代

目前普遍采用的全新世时段划分方案<sup>[4-6]</sup>, 把11 500 a BP作为全新世的起始年龄, 8 500 a BP和3 100 a BP分别作为早、中、晚全新世的分界。另外, 前人研究还指出, 6 000~5 000 a BP为全新世中期的一个气候显著恶化阶段<sup>[4-5]</sup>。由于条件限制, 本剖面未能做年代分析, 故在此暂时引用前人方案, 根据剖面的地层特征及实验分析结果, 将11 500 a BP和8 500 a BP分别定为过渡层Lt的下界和上界年龄, 6 000~5 000 a BP对应剖面中的Lx层位, 而3 100 a BP则定为古土壤层的上界年龄, 初步确立了剖面的年代序列(如图1、图2)。

[收稿日期] 2004 12 16

[基金项目] 国土资源部区域地质调查项目(I48C002003)

表 1 四家庙全新世土壤剖面地层学、土壤学特征描述

Table 1 Stratigraphic and Pedological Descriptions of the Loess Palaeosol Sequence at Sijiamiao Site

深度/cm	地层划分	颜色	土壤特征描述
0~18	现代黄土(L <sub>0</sub> )和表土层(TS)	浊棕色 (7.5YR, 6/3)	粉沙质,粒状-团粒状结构,疏松,含较多虫孔和根孔,孔径一般<2 mm,有蚯蚓粪便及少量的白色钙质假菌丝
18~34	上层古土壤(S <sub>0</sub> <sup>1</sup> )	浊棕色 (7.5YR, 5/3)	粉沙质,团粒结构发育,较坚实、坚硬,虫孔和根孔仍较多,孔径一般1~2 mm,蚯蚓粪粒及白色钙质假菌丝和薄膜较上层发育
34~50	黄土夹层(L <sub>x</sub> )	浊棕色 (7.5YR, 6/3)	粉沙质,团块状结构,略硬,孔隙内见少量白色钙质
50~70	下层古土壤(S <sub>0</sub> <sup>2</sup> )	浊棕色 (7.5YR, 5/3)	粉沙质,团粒结构发育,较上层古土壤略坚实,较坚硬,蚯蚓粪粒及白色钙质假菌丝和薄膜发育
70~90	过渡层(L <sub>t</sub> )	浊棕色 (7.5YR, 6/3)	粉沙质,疏松易碎,上部团粒结构,向下渐变为团块结构,有较大虫孔和植物根孔,白色钙质假菌丝发育
90~?	马兰黄土(L <sub>1</sub> )	浊橙色 (7.5YR, 7/3)	粉沙质,均质块状结构,疏松易碎,断面不平。虫、根孔较少,孔径一般小于1 mm,钙质多呈斑点状分布,亦有少量钙质假菌丝体,可见许多蜗牛化石

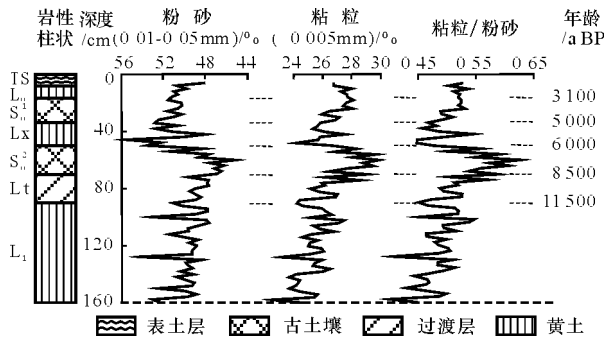


图 1 通渭四家庙全新世黄土剖面粒度曲线

Fig. 1 Diagrams Showing the Analytical Result of Grain Size in the Holocene Epoch Loess Palaeosol Sequence at Sijiamiao Site Tongwei County

2 粒度组成及其古气候意义

据大量研究表明,黄土粒度的粗细变化与东亚季风变化的强弱具有良好的相关关系,可视为冬季风变化的一个替代性指标<sup>[7]</sup>,并已得到广泛应用。目前常用的粒度指标有小于 0.005 mm 的粘粒组和 0.05~0.01 mm 的粗粉砂组。另外,粘粒粉砂比值

的高低能够反映黄土堆积后次生改造作用的强弱,亦可视为古季风环流变化的一个代用指标<sup>[7]</sup>。

2.1 粒度分析的方法

黄土、古土壤的粒度分析,传统多用吸管法和比重计法。本研究采用激光粒度仪法,在中国科学院地球环境研究所沉积学实验室完成粒度分析。样品采用鹿化煜<sup>[7]</sup>粒度分析前处理方法进行前处理,测量所用仪器为德国 FRITSCH 公司生产的 ANALYSETTE 22 型激光粒度仪。

2.2 粒度分析结果及其指示的古环境意义

粒度分析结果(如图 1)显示,四家庙剖面的粘粒(小于 0.005 mm)体积分数 22%~30%,粉砂(0.05~0.01 mm)占 45%~56%,黄土层对应于粉砂含量的波峰位置,古土壤层则以低的粉砂含量和高粘粒含量为特征。粘粒粉砂比 0.4~0.63,其值的变化在剖面不同层位表现十分明显,指示了不同时期土壤次生粘化作用的差异。

粒度指标综合反映:在黄土堆积时期,西北季风强盛,导致尘暴事件频发,为研究区带来了大量的粗颗粒物;而在古土壤发育阶段,西北季风势力相对减弱,其携带的颗粒粒径减小,同时,暖湿的东南季风还导致成壤作用加强,因而粘粒含量明显增加。其中,在古土壤层 S<sub>0</sub><sup>2</sup>,粉砂含量达到了全剖面最低,粘粒含量则呈现了最高值,反映其发育时期为研究区全新世以来气候条件最好的阶段。

3 磁化率特征及其古气候意义

安芷生院士等,1977 年最早在中国进行了黄土、古土壤的磁化率测量之后,大量研究均证实了磁化率记录可以指示过去的全球环境变化,并且已在国际上广泛地应用于海陆古气候对比和过去全球变化研究<sup>[9]</sup>。

初始磁化率或低频磁化率,即一般统称的磁化率,其值高低反映了夏季风强度和成壤作用的强弱。相比磁化率而言,频率磁化率的变化不仅能反映出类似磁化率记录的大幅度气候变化,而且对磁化率不能明确指示的弱小气候波动反映也很敏感<sup>[10]</sup>。

3.1 磁化率的测定方法

样品的磁化率测量在中国科学院地球环境研究所环境磁学实验室完成。测量时,取风干的粉末样品约 10 g,用英国 Bartington 公司制造的 MS2 型磁化率仪,在仪器稳定的状态下分别测量了低频

(0.47 kHz)和低频(4.7 kHz) 磁化率值,并依据公式计算出质量磁化率和频率磁化率

$$\chi_{\text{LF}} = 10\{K - (b_1 + b_2) / 2\} / m$$
$$\chi_{\text{HF}} = 100(\chi_{\text{LF}} - \chi_{\text{HIF}}) / \chi_{\text{LF}}$$

式中:  $K$  为样品测量值;  $\chi_{\text{LF}}$ 、 $\chi_{\text{HF}}$  分别为低频和高频质量磁化率;  $\chi_{\text{HIF}}$  为质量频率磁化率百分含量;  $b_1$ 、 $b_2$  为测量前后的本底值;  $m$  为样品质量。

### 3.2 磁化率测定结果及其指示的古环境意义

测定结果(图 2)显示, 四家庙剖面磁化率为( $45 \sim 75$ ) $\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , 其中马兰黄土层磁化率值最低, 然后波动上升, 在古土壤层  $S_0^1$  和  $S_0^2$  形成 2 个峰值区。频率磁化率为 4%~13%, 且绝大部分与磁化率呈良好的正相关关系。磁化率曲线变化特点表明, 黄土形成期间, 气候干冷, 生物风化成壤作用很弱; 而在古土壤( $S_0$ )发育时期, 夏季风强盛, 气候温暖湿润, 生物风化成壤作用强烈。同时, 无论古土壤层还是黄土层, 磁化率曲线(尤其频率磁化率曲线)的频繁次级波动, 指示研究区全新世期间气候波动频繁。

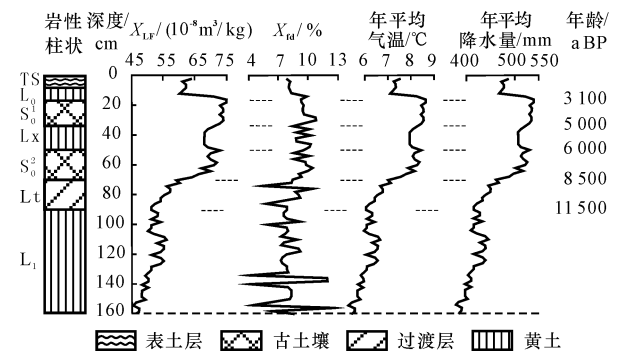


图 2 通渭四家庙全新世黄土剖面磁化率、年均气温和降水量曲线

Fig. 2 Diagrams Showing the Magnetic Susceptibility, the Estimated Mean Annual Temperature and Rainfall in the Holocene Epoch Loess Palaeosol Sequence at Sijiamiao Site, Tongwei County

需要指出, 与粒度指标相反,  $S_0^2$  的磁化率值低于  $S_0^1$ , 这一现象似有失真, 然而由于磁化率的影响因素颇多, 具体原因还有待进一步研究。另外, 频率磁化率很高, 而磁化率值却很低, 可能暗示在湿度过量条件下的成壤作用<sup>[11]</sup>, 如剖面 137 cm, 156 cm 深度处产生的高频率磁化率和低磁化率现象, 可能代表了末次冰期期间的湿热事件。

磁化率作为一种古气候的代用指标, 其研究的最终目的在于将其转变成定量或半定量的气候参数。这里, 笔者根据吕厚远先生等<sup>[12]</sup> 提出的磁化率与温度和降水量的四次回归方程, 对剖面形成期间

的古温度和古降水量进行了相应的恢复, 以便对研究区全新世以来气温和降水变化有一个概略的认识。四次回归方程为

$$Y_1 = -2.3731 + 0.21567X - 1.1053 \times 10^{-3}X^2 + 2.7069 \times 10^{-6}X^3 - 2.65275 \times 10^{-9}X^4$$
$$Y_2 = -22706 + 11.554X - 6.7166 \times 10^{-2}X^2 + 1.8684 \times 10^{-4}X^3 - 1.9264 \times 10^{-7}X^4$$

式中:  $Y_1$  为年均气温;  $Y_2$  为年均降水量;  $X$  为磁化率值。

恢复结果显示(见图 2), 四家庙全新世期间年均气温  $6^\circ\text{C} \sim 8.6^\circ\text{C}$ , 年均降水量 412~534 mm, 其中古土壤发育时期, 气候温暖湿润; 而在黄土堆积期, 气温和降水量都趋于减小。其中全新世大暖期时(包括  $S_0^1$ 、 $S_0^2$  及  $Lx$ ), 年均气温和降水量分别大于  $8^\circ\text{C}$  和 500 mm, 可见, 当时的气候条件明显较现在( $7.7^\circ\text{C}$ , 330 mm)优越。

## 4 讨论与结论

受传统冰期间冰期理论的影响, 加上早期有关格陵兰冰心的研究报道认为, 全新世的气候是相当稳定的, 从而导致过去多数学者认为全新世是一个气候稳定的温暖湿润期。但越来越多的研究都证明, 事实并非如此, 全新世期间经历过多次剧烈的气候波动和寒冷事件<sup>[3]</sup>。这里, 笔者主要根据黄土-古土壤序列的粒度、磁化率测试分析结果及其环境指示意义, 对研究区全新世环境变迁特点进行探讨。

全新世早期(11 500~8 500 a BP), 对应剖面中的过渡层  $Lt$ 。该层位的粒度分析和磁化率测定结果显示: 这一阶段粉砂含量较马兰黄土堆积形成时期趋于降低, 但与大暖期时相比仍然较高; 粘粒含量和磁化率值均呈现波动上升趋势, 年均气温和年均降水量较前期增加, 综合指示东亚夏季风逐渐增强, 本区气候总体开始转暖变湿, 土壤成壤作用加强。前人的研究也表明, 中国西北地区的湖泊在 11 000~10 000 a BP 开始出现高湖面, 广东东部海洋于 12 000~10 000 a BP 开始海进<sup>[15]</sup>; 长白山地区在 11 500~9 500 a BP 左右气温开始上升<sup>[15]</sup>; 阿尔卑斯地区主要的谷地冰川在 10 000 a BP 已全部消失, 到 8 400 a BP, 冰川范围比现在还要小<sup>[16]</sup>。

全新世中期(8 500~3 100 a BP), 发育了古土壤  $S_0^1$  和  $S_0^2$  及黄土夹层  $Lx$ 。从粒度、磁化率曲线的变化也可以发现, 这一时期的气候存在较为频繁的冷

暖波动,尤其在剖面 L<sub>x</sub> 层位,粉砂含量明显增加,同时磁化率值和粘粒含量显著减小,反映期间经历了一个历时较长的气候恶化阶段。有研究表明,中国全新世大暖期期间发生过许多冷暖与干湿气候的波动,其中 6 000~5 000 a BP 是气候波动剧烈、包含有显著寒冷事件、环境较差的阶段<sup>[4]</sup>。考古研究<sup>[17]</sup>也发现,新石器时代的文化衰落也在此时代发生。另外, O' Brien 等<sup>[18]</sup>研究了 Younger Dryas 事件发生以来的冰心记录,结果表明 6 100~5 000 a BP 冰岩心中盐类陆源粉尘含量增高。北美山岳冰川在 5 800~4 900 a BP 活动性加强,冰川在此期间扩张, Denton 称之为新冰期<sup>[9]</sup>。据此推断,本剖面的 L<sub>x</sub> 层位发育约在 6 000~5 000 a BP,期间的气候恶化事件在距其不远的甘谷县谢家湾剖面中也有反映<sup>[29]</sup>。

全新世晚期(3 100 a BP 以来),全球气候呈现变冷趋势。四家庙剖面的各项气候指标显示,期间区内气候已趋于恶化,区内年均气温及降水量都较前期降低。孢粉浓度较低,且以草本占据优势<sup>[21-23]</sup>。反映受全球气候变化的影响,冬季风势力再次加强,黄土堆积加速,从而覆盖 S<sub>0</sub>,使其成为了古土壤。敦德冰心  $\delta^{18}\text{O}$  记录<sup>[24]</sup>也显示出 3 000 a BP 左右气候开始变冷。黄土高原在 3 100 a BP 前后,季风格局快速转变,水土生物资源急剧退化<sup>[25]</sup>。格陵兰冰心 GISP2 在日历年 3 100 a BP,陆源尘埃浓度显著增加,一直延续到 2 400 a BP<sup>[18]</sup>。加拿大西部的洛基山脉于 3 100~2 500 a BP 发生显著冰进<sup>[29]</sup>。

迄今为止,已有许多研究都证实了全新世气候的不稳定性具有全球性意义。而以上分析表明,本研究区全新世的气候变化与中国其他地区具有良好的吻合性,在急剧的气候转型事件上与全球气候演变具有一致性。

在粒度分析和磁化率测量中得到了中国科学院地球环境研究所鹿化煜,强小科研究员的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 刘东生. 第四纪环境[ M ]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [ 2 ] 李秉成. 第四纪与环境[ J ]. 西安工程学院学报, 2001, 23( 2 ): 63 - 64.
- [ 3 ] 冯绳武. 从大地湾的遗存试论我国农业的渊源[ J ]. 地理学报, 1985, 40( 3 ): 207 - 214.
- [ 4 ] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件[ J ]. 中国科学: B 辑, 1992, 22( 12 ): 1300 - 1308.
- [ 5 ] Huang C C, Pang J L, Huang P, et al. High resolution

studies of the oldest cultivated soils in the southern Loess Plateau of China[ J ]. Catena, 2002( 47 ): 29 - 42.

- [ 6 ] 张兰生, 方修琦, 任国玉. 全球变化[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [ 7 ] 鹿化煜, 安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义[ J ]. 中国科学: D 辑, 1998, 28( 3 ): 278 - 283.
- [ 8 ] 刘东生. 黄土与环境[ M ]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [ 9 ] 乌居雅之, 福田浩司, 苏黎, 等. 黄土-古土壤磁化率评述[ J ]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19( 3 ): 83 - 96.
- [ 10 ] 刘秀铭, 刘东生, F Heller, 等. 黄土频率磁化率与古气候冷暖变化[ J ]. 第四纪研究, 1990( 1 ): 42 - 49.
- [ 11 ] 孙有斌, 孙东怀, 安芷生. 灵台红粘土-黄土-古土壤序列频率磁化率的古气候意义[ J ]. 高校地质学报, 2001, 7( 3 ): 300 - 306.
- [ 12 ] 吕厚远, 韩家懋. 中国现代土壤磁化率分析及其古气候意义[ J ]. 中国科学: B 辑, 1994, 24( 12 ): 1290 - 1297.
- [ 13 ] 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.
- [ 14 ] 毕福志, 袁又申, 林耀光, 等. 中国全新世海平面变化周期与世界未来海平面变化规律[ J ]. 第四纪研究, 1991( 1 ): 43 - 54.
- [ 15 ] 刘金陵. 我国长白山西部地区全新世高温期[ C ] // 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992: 25 - 32.
- [ 16 ] Billard A, Orombelli G. Quaternary glaciations in the French and Italian piedmonts of the Alps[ J ]. Quaternary Science Reviews, 1986( 5 ): 407 - 411.
- [ 17 ] 施少华. 中国全新世高温期环境与新石器时代古文化的发展[ C ] // 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社, 1992: 185 - 191.
- [ 18 ] O' Brien S R, Mayewski P A, meeker L D, et al. Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core[ J ]. Science, 1995( 270 ): 1962 - 1964.
- [ 19 ] Denton G A, W Karlen. Holocene climatic variations, their pattern and possible cause[ J ]. Quaternary Research, 1973( 3 ): 155 - 205.
- [ 20 ] 付淑清, 陈淑娥, 魏明建, 等. 谢家湾全新世环境变迁及人地关系演化[ J ]. 地球科学与环境学报, 2004, 26( 2 ): 81 - 84.
- [ 21 ] 黄春长. 甘肃秦安大地湾遗址植被气候变迁[ J ]. 地理科学, 1991, 11( 1 ): 328 - 335.
- [ 22 ] 夏敦胜, 马玉贞, 陈发虎, 等. 秦安大地湾高分辨率全新世植被演变与气候变迁研究[ J ]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1998, 34( 1 ): 119 - 127.
- [ 23 ] 莫多闻, 李非, 李水成, 等. 甘肃葫芦河流域中全新世环境演变及对人类活动的影响[ J ]. 地理学报, 1996, 51( 1 ): 59 - 69.
- [ 24 ] 姚檀栋, Thompson L G. 敦德冰心记录与过去 5 ka 温度变化[ J ]. 中国科学: B 辑, 1992, 22( 10 ): 1089 - 1093.
- [ 25 ] 黄春长. 渭河流域 3100 年前资源退化与人地关系演变[ J ]. 地理科学, 2001, 21( 1 ): 30 - 35.
- [ 26 ] Luckman B N. Neoglacial glacier fluctuation in Canadian Rockies[ J ]. Quaternary Research, 1993, 39( 2 ): 144 - 153.

(下转第 78 页)

## 4 结语

为了使陕北的有限水资源得到合理保护与利用, 又保证原油高产、稳产, 使环境质量保持基本稳定, 因此, 油气田开发中水资源必须得到综合利用。污水回注是水资源综合利用的最有效途径。坚持“增产不增污”的原则, 使污水消化在生产工艺之中。实现环境效益、经济效益、社会效益三者的统一。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王大卫. 石油工业污染防治技术回顾与展望[J]. 油气田环境保护, 2000, 10(4): 6-10.
- [2] 王洪涛, 罗剑. 含油污水外排对土壤和潜水层污染的模拟分

- 析[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(11): 109-113.
- [3] 刘刚, 胡文胜. 油气田污染物处理方法初探[J]. 天然气与石油, 2000, 18(2): 47-51.
- [4] 张德生, 沈冰. 土壤中溶质迁移的数学模型及其解析[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23(4): 44-47.
- [5] 王洪涛, 罗剑, 李雨松, 等. 石油污染物在土壤中迁移的数值模拟初探[J]. 环境科学学报, 2000, 20(6): 755-760.
- [6] 尹先清, 周兰芳, 曾玉彬, 等. 炼油厂废水处理回注的研究[J]. 工业水处理, 1998, 18(2): 22-24.
- [7] 范高功. 陕北地区生态环境与水资源合理开发利用问题研究[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23(2): 21-25.
- [8] 王永清, 李海涛, 蒋建勋. 油田注入水水质调控决策方法研究[J]. 石油学报, 2003, 24(3): 68-73.
- [9] 胡书勇, 陈军, 任德雄, 等. 注水过程中储层深部污染的试井诊断及应用[J]. 西南石油学院学报, 2002, 24(1): 67-71.

## Comprehensive Exploitation of Water Resource When Developing Oil and Gas Field in Northern Shaanxi Province

GAO Yun wen<sup>1</sup>, CAO Hai dong<sup>1</sup>, CHANG Zheng<sup>1</sup>, ZHANG Rong fu<sup>2</sup>, GAO Wen bing<sup>1</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. The Third Geology Exploration Team, North China Bureau, SINOPEC, Xianyang 712000, Shaanxi, China)

**Abstract** The reason of water resource shortage in the North Shaanxi is studied by conducting an investigation into waste industrial water in the oilfield. And it is discovered that the contamination of the waste chemical water hardly provides the people to live, but it is serviceable to the oil field water injection development after it was passed the heavy metal ion, which not only can make up lack of the water resources of North Shaanxi, but also can raise the crude oil yield and exploit the waste water of oil field. The result indicates that waste water re injection obviously has the economic and social efficiency.

**Key words:** North Shaanxi; oilfield development; waste industrial water; waste water re injection; comprehensive exploitation of water resource

[ 英文审定: 苏生瑞 ]

(上接第 74 页)

## Environmental Changes During Holocene Epoch in Loess Area in Tongwei County of Gansu Province

FU Shu qing<sup>1,2</sup>, CHEN Shu e<sup>2</sup>, WEI Ming jian<sup>3</sup>, LI Ying<sup>2</sup>, LI Yong<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, China; 2. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 3. Department of Geography, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

**Abstract** A Holocene loess profile in Tongwei County, Gansu Province, was studied by field investigation and laboratory analysis of grain size (GZ) and measurement of magnetic susceptibility (MS). Meanwhile, based on the MS records, this paper estimated the mean annual temperature and rainfall since about 10 ka BP. These records indicate that the climatic environment of Holocene in Tongwei county is unstable, especially during the middle Megathermal period, a cold and arid event occurred in the studied area, which is represented by loess Lx lying between S<sub>0</sub><sup>1</sup> and S<sub>0</sub><sup>2</sup>.

**Key words:** Grain size; magnetic susceptibility; change of climatic environment; Holocene; Tongwei County; Gansu Province

[ 英文审定: 苏生瑞 ]