

许家窑遗址

■ 苏 朴 樊行昭 著

磁性地层学研究

地质出版社



许家窑遗址磁性地层学研究

苏 朴 樊行昭 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

分布在河北阳原、山西阳高一带的泥河湾层,其年代范围在地学界和考古学界一直是有争议的问题。本书在分析前人研究成果的基础上,详细介绍了许家窑文化遗址剖面泥河湾层湖相沉积物的组分、岩性特征、不同层位的划分和对比,并对高分辨率古地磁学研究的采样方法、样品测试、沉积物磁组构、磁性矿物分析、剩磁分量的识别、极性地层柱等均进行了详细阐述;对国内开展较少的岩石磁学研究方面有关磁性参数的概念、物理意义及其应用途径等也作了一定的论述。最后对泥河湾层年代范围这一国内持有争议的问题,提出了新的看法,认为分布在许家窑文化遗址的泥河湾层湖相沉积物形成的年代应为早更新世晚期至中更新世早中期。这一研究成果对地学界进一步厘定泥河湾层的年代范围及第四纪有关组段的划分具有重要意义和参考价值。

本书适合广大地质工作者、考古界人士和有关院校的师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

许家窑遗址磁性地层学研究/苏朴,樊行昭著. —北京:地质出版社, 2001. 12
ISBN 7-116-03409-9

I. 许… II. ①苏…②樊… III. 地磁学-应用-地层学-研究-华北地区-更新世
IV. P539.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第095606号

责任编辑:刘学琼 张新元

责任校对:田建茹

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324506(邮购部):(010)82324571

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:7.5

字 数:180千字

印 数:1—200册

版 次:2001年12月北京第一版·第一次印刷

定 价:18.00元

ISBN 7-116-03409-9/P·2189

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

分布在河北阳原盆地—山西大同盆地东翼的泥河湾层湖相沉积物，因其含丰富的哺乳动物化石和大量古人类文化遗物而闻名于国内外。自其被命名以来，它的沉积特点、组合规律、分布范围、化石特征及其形成年代一直倍受中外地质工作者和考古界人士的关注。

对泥河湾层的研究始于 20 世纪 20 年代。1924 年，美国地质学家巴尔博（G. B. Barbour）对泥河湾一带的湖相沉积物进行了考察并将这一套灰、绿、蓝色的沉积物定名为泥河湾层（Nihewan beds）。之后，巴尔博、桑志华（E. Leconte）和德日进（P. Teilhard）在对泥河湾村一带的泥河湾层进行系统研究后，发现其中含有能和欧洲维拉弗朗组（Villafranchian）群相对比的化石，从而将泥河湾层定为下更新统^[1~3]。由此开始，历经中外学者多方研究，泥河湾层一直被作为华北下更新统的标准地层，泥河湾层中的动物群被视为华北早更新世哺乳动物群的代表。而中国的早更新世也因此被称为泥河湾期。

1976 年，贾兰坡和卫奇在泥河湾村西约 70km 处的许家窑泥河湾层及其周边地层中，发掘出大量的古人类化石及旧石器时代文化遗物和各种动物化石^[4~5]。根据哺乳动物遗骨的铀子系法绝对年龄测定值（10 万年）^[6~7]，人们认为分布在桑干河流域的，长期以来称之为华北下更新统的标准地层——泥河湾组不只是单一的下更新统，还包括上更新统。由此看来，许家窑泥河湾层的年代范围是泥河湾层的年龄是否能延伸至晚更新世的关键。

但是我们仔细翻阅了有关文化遗址的文献，并实地考察了遗址附近泥河湾层的地质剖面，便可发现遗址附近的湖相沉积物被后期河流的冲刷、改造，破坏作用严重，河流相与湖相沉积物成角度不整合接触。而用以铀子系法绝对年龄测定的动物骨骼样品恰恰取自湖相地层顶部附近与河流相接壤处，为此人们不排除埋藏许家窑遗物的地层是河流相的可能。由于其间角度不整合的存在，其年代值应大大晚于泥河湾组。为此，进一步对泥河湾层采取多种方法进行综合研究，查证其真实的年代范围（上限）是十分必要的。

1990 年，刘椿及笔者在对许家窑文化遗址剖面上开始了以追踪布莱克负向极性带为宗旨的古地磁研究。研究过程中，在剖面的底部河床以上发现大约 1m 厚的反向极性带，当时并未对该反向极性带向下深入追踪，对剩磁分量也未进行期次分析；仅根据负向极性带以上 4m 左右的铀子系法年代值，就将该负向极性定为布莱克负向极性偏移，并由此进一步认定了许家窑的泥河湾组形成于晚更新世^[8]。但由于 1990 年所进行的古地磁研究是粗略的，采样间距较大（30cm），原、次生剩磁分量的分析程度也不够，加之未向河床以下继续追踪，因而，布莱克反向极性偏移带是否确实存在该剖面存在，尚待进一步查证。1994 年，旨在详细追踪出现在许家窑文化遗址剖面的课题“布莱克亚时期间的地磁场特征”获国家自然科学基金资助，继而被列入中国国家自然科学基金委员会和挪威

国家研究理事会共同资助的国际合作项目。之后,经过3年对许家窑文化遗址剖面进行多次反复采样,并通过挖竖井向河床以下追踪,连续采集了大批样品。除部分样品在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室进行先期测试外,其余样品均在挪威卑尔根大学古地磁实验室测试。凡能进行热退磁的样品均进行全程热退磁处理及磁化率、剩磁以及岩石磁学等方面的多参数综合测试及高分辨率磁性地层学研究。由此,在文化遗址附近的剖面(简称西剖面)得出了较为可靠的极性地层柱状图,并发现在剖面的中下部,存在厚度达6m的负向极性带(未见底)。为了进一步验证在许家窑文化遗址西剖面测得的古地磁成果,在遗址剖面以东梨益沟东崖陡壁,选择了层位基本能和西剖面对比的地段,新开一东剖面,重复进行相同内容的高分辨率古地磁学研究。结果发现,其正负极性分布大体与西剖面相当。只是反向极性带顶部位置较西剖面偏高,反向极性带厚度达11m之多(未见底),并且穿过河床向下达4m之多。根据剩磁分量分析,发现从标志面以下4.4~5.5m为一次级正向极性带。在一些负向极性带内,样品中正向重磁化现象严重,这表明沉积物可能在后期正向磁场期间受化学作用的影响。为了确定正负极性的年代,在东剖面以东300余米处的火山口,采集K-Ar绝对年龄样品2个,经测定,其绝对年龄值:HOUV0为 (0.53 ± 0.05) Ma, HOUV2为 (0.65 ± 0.03) Ma,根据这一年代值,以及东剖面底部存在从火山口延伸过来的火山碎屑这一事实,不难得出,火山碎屑岩层以下的反向极性带,应形成于松山反向时。松山反向极性时带在许家窑文化遗址的发现否定了布莱克反向偏移在许家窑文化遗址剖面的存在,同时也否定了分布在许家窑遗址剖面的泥河湾层形成时间为晚更新世的观点。为从整体上厘定分布在河北阳原、山西阳高一带的泥河湾组湖相沉积物的形成年代提供了有力的证据。

本书概述了前人对泥河湾层的研究历史及泥河湾层在许家窑的分布特点,详细地介绍了在许家窑文化遗址剖面所进行的古地磁研究的样品采集,多参数磁性测定,磁性矿物分析及极性地层柱,并结合K-Ar同位素绝对年龄测定,提出了许家窑泥河湾层年龄问题的新观点。

许家窑文化遗址磁性地层学的研究得到国家自然科学基金(NSFC,批准号49774200)及挪威研究理事会(NRC)以及山西自然科学基金的资助,在此谨表示衷心的感谢!同时对参与本项研究工作并给与帮助和支持的同志们表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,缺点和错误在所难免,希望读者提出宝贵意见。对本书所引用的有关作者的观点和成果,在这里表示衷心的感谢。

作者
2001年8月

目 录

前 言

第一章 许家窑文化遗址地理、地貌及地质概况.....	(1)
一、地理位置及交通.....	(1)
二、地貌特征.....	(2)
三、地质概况.....	(3)
(一) 地层.....	(3)
(二) 构造运动及火山活动.....	(11)
第二章 古地磁研究工作.....	(12)
一、研究基础.....	(12)
二、采样工作.....	(12)
(一) 第四系沉积物的采样原则	(12)
(二) 采样方法	(13)
(三) 许家窑东、西剖面的采样工作.....	(13)
三、样品测试.....	(13)
(一) 磁化率测量.....	(14)
(二) 剩磁测量	(67)
第三章 岩石磁学研究.....	(88)
一、等温剩磁分析.....	(88)
(一) 基本概念和方法	(88)
(二) 弱、强磁场的产生方法.....	(88)
(三) 基本参数.....	(88)
(四) 基本参数的应用方法.....	(89)
(五) 许家窑东、西剖面的等温剩磁研究.....	(89)
二、非磁滞剩磁分析.....	(94)
(一) 非磁滞剩磁产生的原理	(94)
(二) 非磁滞剩磁磁化率	(94)
(三) 判定磁性矿物粒度的几个比值.....	(94)
(四) 许家窑剖面的非磁滞剩磁.....	(94)

三、热磁分析.....	(95)
(一) 热磁分析的原理.....	(95)
(二) 几种常见磁性矿物的热磁转换特征.....	(95)
(三) 测量过程和相关公式.....	(95)
(四) 从热磁曲线确定居里温度的图解方法(以冷却曲线为例)	(96)
(五) 许家窑东、西剖面部分样品的热磁测量和分析.....	(97)
第四章 X 射线衍射晶体结构分析	(99)
一、X 射线衍射晶体结构分析的原理.....	(99)
二、许家窑样品的 X 射线衍射晶体结构分析.....	(100)
(一) 样品的加工.....	(100)
(二) 曲线分析	(100)
第五章 许家窑极性地层分析.....	(104)
一、极性地层的概念.....	(104)
二、正负极性认定的基本原则.....	(104)
三、许家窑东、西剖面极性地层的建立.....	(104)
第六章 绝对年龄测定.....	(108)
一、铀子系法(U-Th)	(108)
(一) 基本原理.....	(108)
(二) 许家窑文化遗址的铀子系法前人测定结果	(108)
二、K-Ar 绝对年龄测定.....	(108)
(一) K-Ar 样品应具备的条件.....	(109)
(二) 许家窑遗址附近火山口和火山豆的 K-Ar 绝对年龄的测定.....	(109)
第七章 许家窑泥河湾层的年代范围.....	(110)
一、泥河湾层年代的传统认识.....	(110)
二、泥河湾层延至晚更新世的主要依据.....	(110)
三、许家窑泥河湾层极性地层柱所反映的年代信息.....	(110)
主要参考文献	(113)

第一章 许家窑文化遗址地理、地貌及地质概况

一、地理位置与交通

许家窑文化遗址位于山西省阳高县古城镇许家窑村东南约1km梨益沟西岸的断崖上，海拔高程为980m，地理坐标为东经113°59′，北纬40°06′，地处大同盆地的东缘。遗址西距大同市50km，东距河北阳原县城20km，向南7 km 的东井集镇与109国道及大秦铁路衔接，交通较为便利（图1-1）。

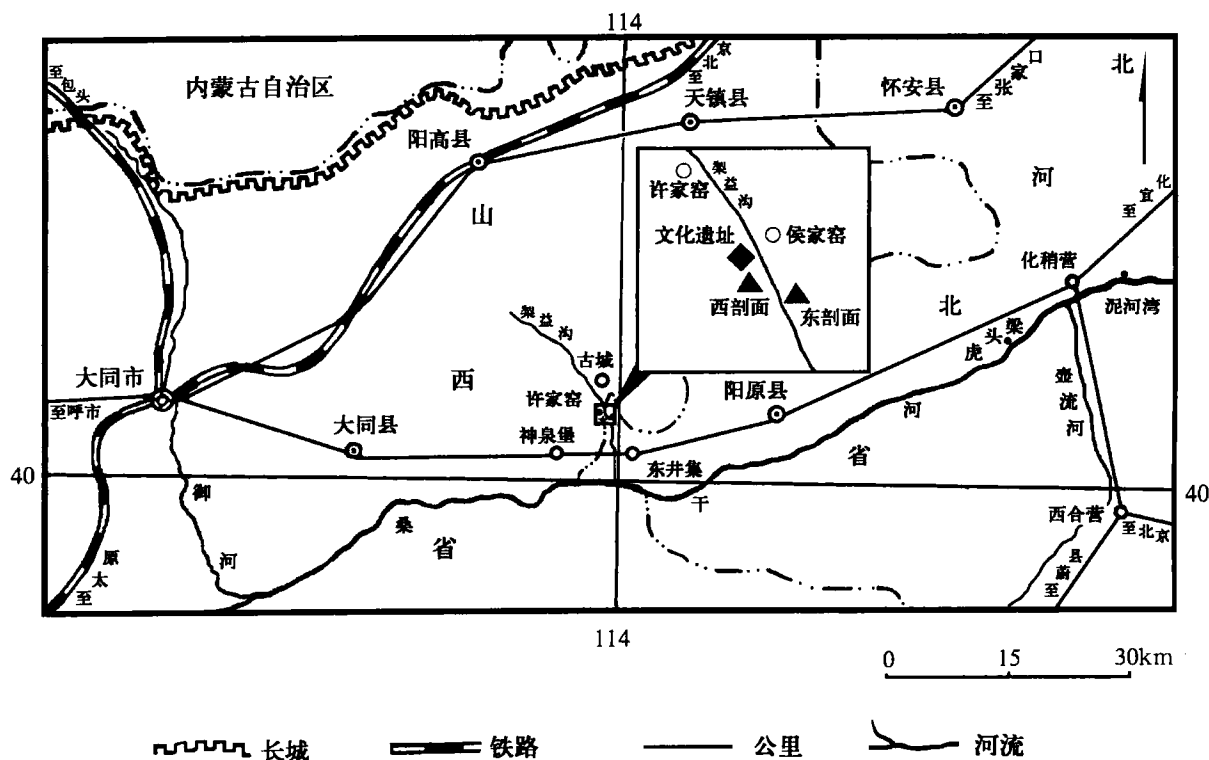


图 1-1 许家窑地理及交通位置图

二、地貌特征

大同盆地位于山西省东北部，为桑干河流域内的一个大型盆地。该盆地呈长条形沿北东东—南西西方向分布，东西长约 100km，南北宽约 30km，平均海拔高程在 1000m 左右，地势自西向东逐渐降低；桑干河由西向东纵贯盆地。流经许家窑文化遗址的梨益沟溪流由北西向南东在东井集镇汇入桑干河。在盆地东部散布着近 20 座火山锥，统称大同火山群。其形状呈马蹄形、锥形等，其中以金山、黑山、狼窝山为最大，相对高度分别为 150m、130m、120m；其余火山锥高度都在 70m 以下，构成盆地独特的地貌景观^[21]（图 1-2）。在许家窑文化遗址北东 800m 处出露有一个中心喷发式火山，其火山碎屑物质穿插于遗址附近泥河湾组湖相沉积物中（图 1-3）。

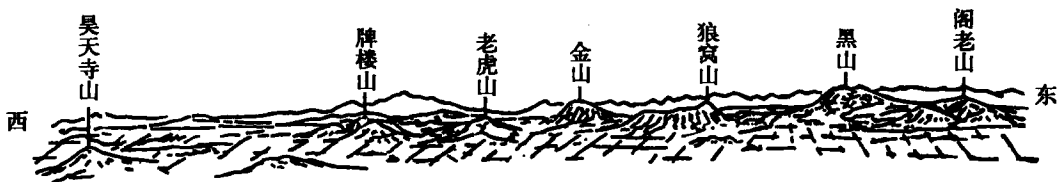


图 1-2 大同火山群地貌景观

（引自杨景春，1961）

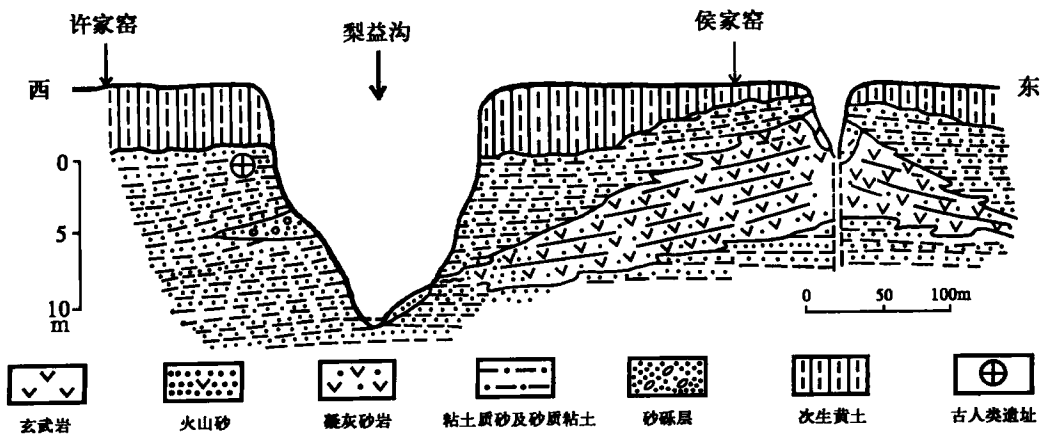


图 1-3 许家窑文化遗址东、西剖面与火山口、火山碎屑相对位置图

（引自周昆叔，1983）

三、地质概况

许家窑文化遗址附近出露的地层主要是泥河湾组的一套河湖相沉积物，在泥河湾组顶部可见到被后期河流冲刷之后再沉积的河流相沉积物，最上部不整合覆盖着厚度不等的马兰黄土，梨益沟溪流自北西向南东流经本区。在遗址的北东方向约 800m 处出露一座中心喷发式火山锥，火山喷出物局部穿插于泥河湾层中，在遗址剖面以北 300m 的梨益沟西岸河床底部可见火山碎屑物质成层状分布，梨益沟东岸的火山碎屑分布的水平位置和层位与西岸大体相当。在梨益沟东岸的陡崖上可见一北西西向的小型正断层，西盘下降，东盘上升，断距为 3m。梨益沟两岸地层的颜色组合特征显著，层位稳定，标志层明显，完全可以进行对比。

(一) 地层

在许家窑文化遗址所处的梨益沟东西两岸分别实测了两个完整的地层剖面（以下简称东剖面和西剖面），以便准确对比地层，为古地磁研究奠定基础。关于许家窑文化遗址的发掘剖面以及东、西剖面的地层情况将在下面进行简述。

1. 许家窑文化遗址的发掘剖面

据贾兰坡、卫奇 1976 年发掘报告记载，许家窑文化遗址地层的层位清楚，在离地表深约 8m 左右的灰褐色粘土或黄绿色粘土的砂结核层里发现有文化遗物和动物化石，地层水平岩相变化相当大（图 1-4），地层相对较简单。在遗址南面约 10m 的地层（图 1-5）就比较复杂；而再往南 40m 的地层（图 1-6）就更加复杂（尽管在这些图中，某些层位关系表达得不十分准确，然而这 3 幅图基本上反映了文化遗物出土的层位与湖相沉积物和砾石层的相对位置关系）。下面按从上到下的顺序对遗址的地层进行综合叙述。

全新统

- (1) 为褐色砂质土或近代河流相沉积。褐色砂质土层中含陶片，与下伏
地层逐渐过渡（剖面图中未表示） 厚 0.3~0.5m
- (2) 为砂质黄土或黄褐土。质地粗，有时表现为砂层，具水平层理，（见
图 1-4 中的 3，图 1-5 中的 9 和图 1-6 中的 11） 厚 3~5m

~~~~~ 侵蚀不整合 ~~~~~

##### 泥河湾组

- (1) 为黄褐色粉砂土（微红色）。水平层理不太显著，垂直节理发育，偶  
含小砾石，和砂砾层水平过渡，或夹砂砾透镜体层，含披毛犀牙  
齿残片，中华鼯鼠和鸵鸟蛋壳化石（见图 1-5 和图 1-6 中的 8） 厚约 5m

~~~~~ 侵蚀不整合 ~~~~~

(2) 为淡红色粉砂岩质土。含少量砾石, (见图 1-6 中的 7)

厚度 1~3m

~~~~~ 侵蚀不整合 ~~~~~

(3) 为黄绿色粉砂质粘土层。该层的顶部约有 0.1m 厚的一层胶结砂质盖板 (见图 1-6 中的 6)

厚约 4m

(4) 为褐红色粘土层 (古土壤层)。 (见图 1-6 中的 5)

厚 0.3m

(5) 为黄绿色粘土层。含砂砾, 上部有砂质结核, 水平岩相变化显著, 向北表现为灰褐色粘土层, 文化遗物和主要动物化石发现于此层, 系所谓的泥河湾文化层 (见图 1-4 中的 2、图 1-5 中的 7 和图 1-6 中的 4)

厚约 6m

(6) 为灰蓝、灰绿、灰褐色亚粘土层。水平层理明显, 局部夹有薄层灰白色粘土或灰黄色粉砂, 出露可见 (见图 1-4 中的 1、图 1-5 中的 1~6 和图 1-6 中的 1~3)

厚 4~8m

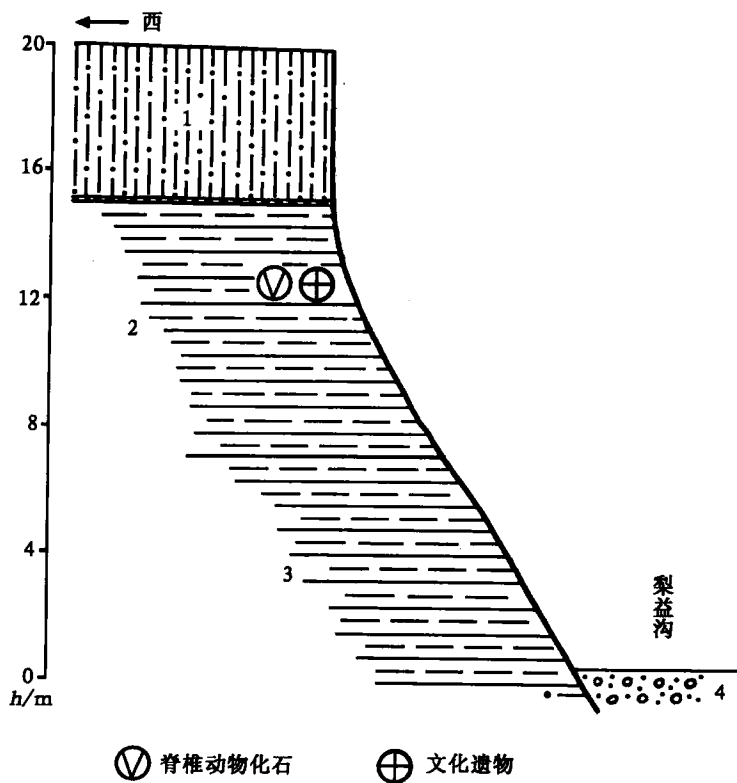


图 1-4 许家窑文化遗址剖面图

(贾兰坡、卫奇, 1976)

1—灰蓝色粘土; 2—灰褐色粘土; 3—砂质黄土; 4—近代河流堆积

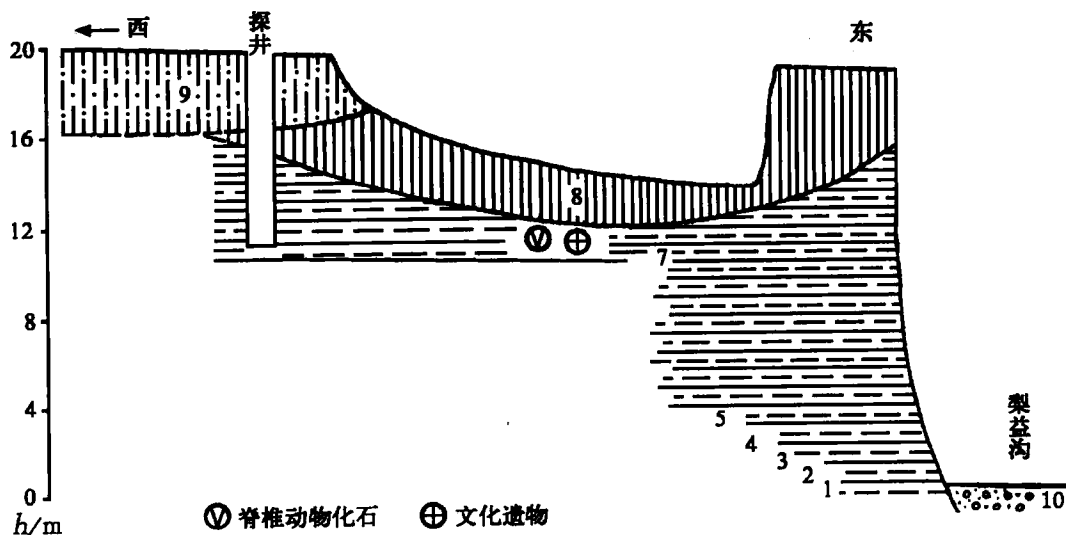


图 1-5 许家窑文化遗址剖面图 II

(贾兰坡、卫奇, 1976)

1—灰褐色粘土；2—灰黄色粉砂；3—黄褐色粘土；4—灰黄色粘土；5—黄绿色粘土；6—灰白色粘土；

7—黄绿色粘土；8—黄褐色（微红）粉砂；9—砂质黄土；10—近代河流堆积

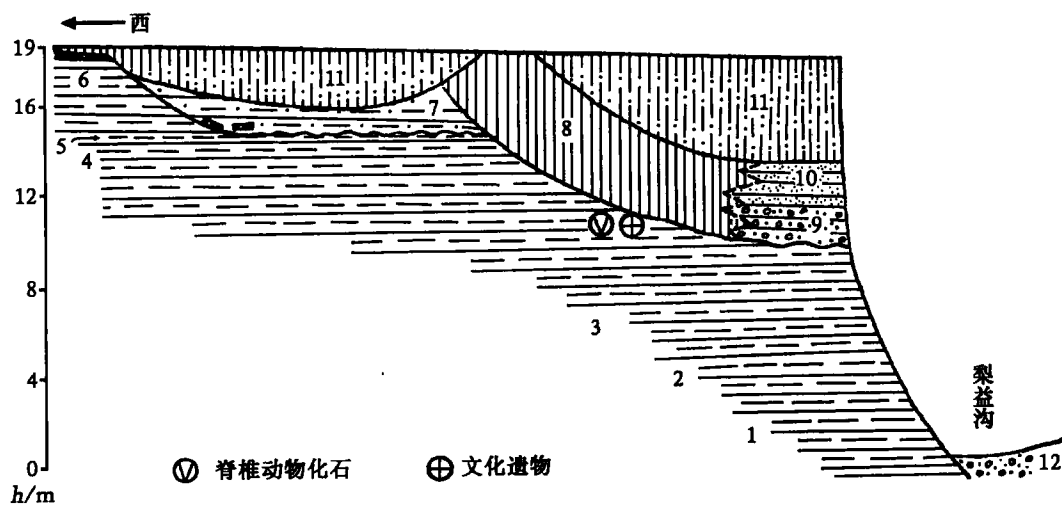


图 1-6 许家窑文化遗址剖面图 III

(贾兰坡、卫奇, 1976)

1—灰褐色粘土；2—灰黄色粘土；3—灰蓝色粘土；4—黄绿色粘土；5—古土壤层；6—黄绿色粘土；7—淡红色粉砂土；

8—黄褐色（微红）粉砂；9—砂砾层；10—细砂层；11—砂质黄土；12—近代河流堆积



| 岩性柱状 | 层号 | 层厚<br>m | 累厚<br>m | 岩性描述                                        | 绘图深度<br>m | 备注         |
|------|----|---------|---------|---------------------------------------------|-----------|------------|
|      | 1  | 2.00    | 2.00    | 马兰黄土                                        | -14.10    |            |
|      | 2  | 0.10    | 2.10    | 灰白色钙质粘土                                     | -12.10    |            |
|      | 3  | 0.80    | 2.90    | 黄绿色粉砂质粘土                                    | -12.00    |            |
|      | 4  | 2.50    | 5.40    | 浅红色粉砂质粘土                                    | -11.20    | 红色层        |
|      | 5  | 0.60    | 6.00    | 棕红色粘土（古土壤）                                  | -8.70     |            |
|      | 6  | 1.20    | 7.20    | 黄绿色粘土                                       | -8.10     |            |
|      | 7  | 0.30    | 7.50    | 红色粘土                                        | -6.90     |            |
|      | 8  | 0.25    | 7.75    | 灰绿色粘土                                       | -6.60     |            |
|      | 9  | 0.35    | 8.10    | 棕红色粘土                                       | -6.35     |            |
|      | 10 | 0.35    | 8.45    | 黄绿色粘土，顶部为黄砂                                 | -6.00     |            |
|      | 11 | 0.20    | 8.65    | 浅红色粘土                                       | -5.65     |            |
|      | 12 | 0.30    | 8.95    | 棕红色（粘土）古土壤，由三层棕红色粘土夹两层浅黄绿色粉砂质粘土组成           | -5.45     |            |
|      | 13 | 0.80    | 9.75    | 黄绿色粘土                                       | -5.15     |            |
|      | 14 | 0.15    | 9.90    | 棕红色粘土                                       | -4.35     |            |
|      | 15 | 0.75    | 10.65   | 灰绿色粘土                                       | -4.20     |            |
|      | 16 | 0.20    | 10.85   | 棕红色粘土                                       | -3.45     |            |
|      | 17 | 0.95    | 11.80   | 黄绿色粘土，下部变为淡红色                               | -3.25     |            |
|      | 18 | 0.80    | 12.60   | 暗红色粘土                                       | -2.30     |            |
|      | 19 | 0.15    | 12.75   | 淡红色粘土，含铁锈网纹                                 | -1.50     |            |
|      | 20 | 0.20    | 12.95   | 淡红色粘土                                       | -1.35     |            |
|      | 21 | 1.15    | 14.10   | 淡黄红色粘土，上部有铁锈纹，下部致密                          | -1.15     |            |
|      | 22 | 0.20    | 14.30   | 灰白色钙质粘土，致密坚硬                                | 0.20      | 白色<br>黄绿色层 |
|      | 23 | 0.40    | 14.70   | 暗红色粉砂质粘土                                    | 0.60      |            |
|      | 24 | 0.20    | 14.90   | 灰白色钙质粘土，致密坚硬                                | 0.80      |            |
|      | 25 | 0.75    | 15.65   | 黄绿色粘土，块状层理，底部含铁质结核                          | 1.55      |            |
|      | 26 | 1.30    | 16.95   | 暗红色粉砂质粘土                                    | 2.85      |            |
|      | 27 | 0.25    | 17.20   | 灰绿色粉砂                                       | 3.10      |            |
|      | 28 | 0.80    | 18.00   | 灰绿色粘土，层理清晰，风化后成碎块，含大量铁质结核                   | 3.90      |            |
|      | 29 | 1.75    | 19.75   | 绿灰色粘土，颜色比较复杂。在暗红色粘土中夹杂着似层状、不规则状的灰绿色粘土，层理不明显 | 5.65      |            |
|      | 30 | 2.00    | 21.75   | 浅红色粉砂质粘土，层理发育。上部有三条褐黄色砂线                    | 7.65      | 灰绿色层       |
|      | 31 | 1.00    | 22.75   | 灰黑色粉砂质粘土                                    | 8.65      |            |
|      | 32 | 1.70    | 24.45   | 浅红色粘土，夹数条灰黑色条带及砂线                           | 10.35     | 灰黑色层       |
|      | 33 | 0.40    | 24.85   | 灰黑色粘土                                       | 10.75     |            |
|      | 34 | 0.60    | 25.45   | 浅红色粉砂质粘土                                    | 11.35     |            |
|      | 35 | 0.65    | 25.60   | 灰黑色粘土                                       | 12.00     |            |

图 1-8 许家窑西剖面实测地层柱状图

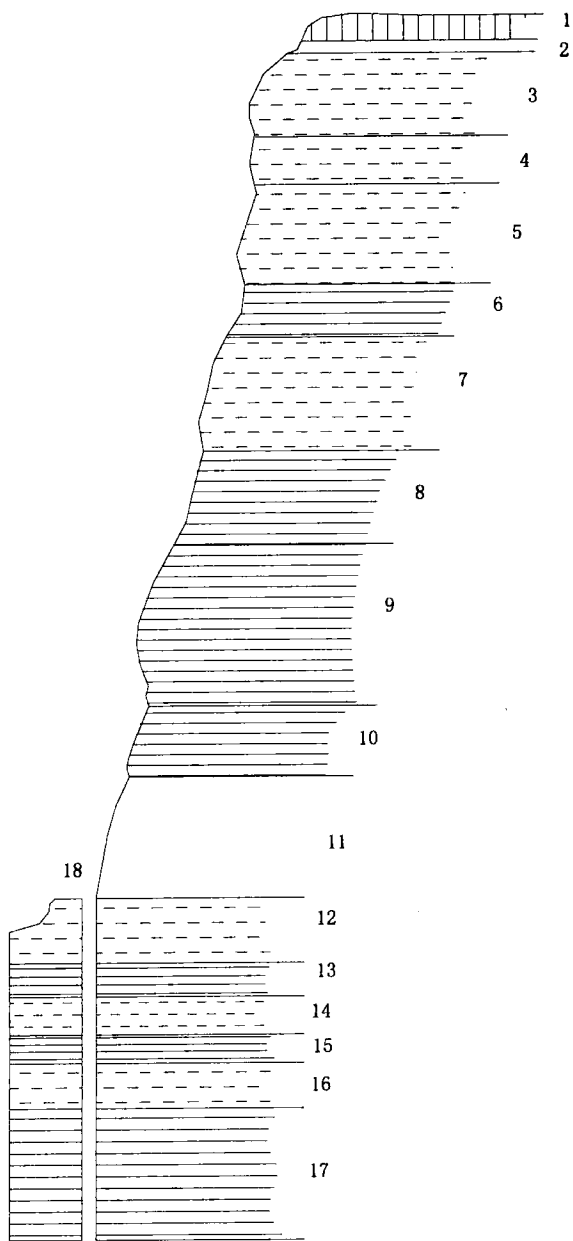


图 1-9 许家窑东剖面沉积物特征及地质工程布置图

1—马兰黄土； 2—砂砾层； 3—土黄色粉砂质粘土； 4—灰绿色粉砂质粘土； 5—浅黄色粉砂质粘土； 6—棕红色粘土； 7—浅灰绿色粉砂质粘土； 8—棕红色粘土； 9—灰白色粘土； 10—黄红色粘土； 11—浅黄色粉砂； 12—黄绿色粉砂质粘土； 13—浅红色粘土； 14—黄绿色粘土； 15—灰黑色粘土； 16—浅红色粉砂质粘土； 17—灰黑色粘土； 18—竖井

| 岩性柱状 | 层号 | 层厚<br>m | 层厚<br>m | 岩 性 描 述                      | 绘图深度<br>m | 备 注        |
|------|----|---------|---------|------------------------------|-----------|------------|
|      | 1  | 0.80    | 0.80    | 上部马兰黄土，下部砂砾                  | -11.60    | 红色层        |
|      | 2  | 1.75    | 2.55    | 土黄色粉砂质粘土，含大量云母片              | -10.80    |            |
|      | 3  | 1.00    | 3.55    | 灰绿色粉砂质粘土                     | -9.05     |            |
|      | 4  | 2.10    | 5.65    | 浅黄色粉砂质粘土                     | -8.05     |            |
|      | 5  | 0.65    | 6.30    | 棕红色粘土（古土壤），底部为粉砂质粘土          | -5.95     |            |
|      | 6  | 0.45    | 6.75    | 黄绿色粘土                        | -5.30     |            |
|      | 7  | 2.40    | 9.15    | 浅灰绿色粉砂质粘土，中间夹一层不稳定的粉砂        | -4.85     |            |
|      | 8  | 0.40    | 9.55    | 棕红色粘土（古土壤）                   | -2.45     |            |
|      | 9  | 0.55    | 10.10   | 灰白微带绿色粉砂质粘土                  | -2.05     |            |
|      | 10 | 0.30    | 10.40   | 淡红色粘土                        | -1.50     |            |
|      | 11 | 0.70    | 11.10   | 浅绿色粘土                        | -1.20     |            |
|      | 12 | 0.50    | 11.60   | 淡黄红色粘土                       | -0.50     |            |
|      | 13 | 0.30    | 11.90   | 灰白色钙质粘土，致密坚硬                 | 0.30      | 白色<br>黄绿色层 |
|      | 14 | 1.20    | 13.10   | 灰绿色粉砂质粘土                     | 1.50      |            |
|      | 15 | 1.20    | 14.3    | 灰白色钙质粘土，致密坚硬                 | 2.70      |            |
|      | 16 | 0.20    | 14.50   | 浅灰绿色粉砂，风化后呈粉末                | 2.90      |            |
|      | 17 | 1.50    | 16.00   | 黄红色粘土，块状层理                   | 4.40      |            |
|      | 18 | 2.40    | 18.40   | 浅黄色粉砂，上部粉砂中斜层理发育，下部粉砂中波状层理发育 | 6.80      |            |
|      | 19 | 0.15    | 18.55   | 绿灰色粉砂                        | 6.95      |            |
|      | 20 | 1.35    | 19.85   | 黄绿色粉砂质粘土，层理清晰，风化后成碎块         | 8.30      |            |
|      | 21 | 0.70    | 20.55   | 浅红色粘土                        | 9.00      |            |
|      | 22 | 0.80    | 21.35   | 上部黄绿色、下部浅红色粉砂质粘土，中间含薄层粉砂层    | 9.80      |            |
|      | 23 | 0.60    | 21.95   | 灰黑色粘土                        | 10.40     | 灰黑色层       |
|      | 24 | 0.95    | 22.90   | 浅红色粉砂质粘土                     | 11.35     |            |
|      | 25 | 2.79    | 25.69   | 灰黑色粘土                        | 14.14     |            |

图 1-10 许家窑东剖面实测地层柱状图

图中●分别表示标志面、西井口和河床面的位置

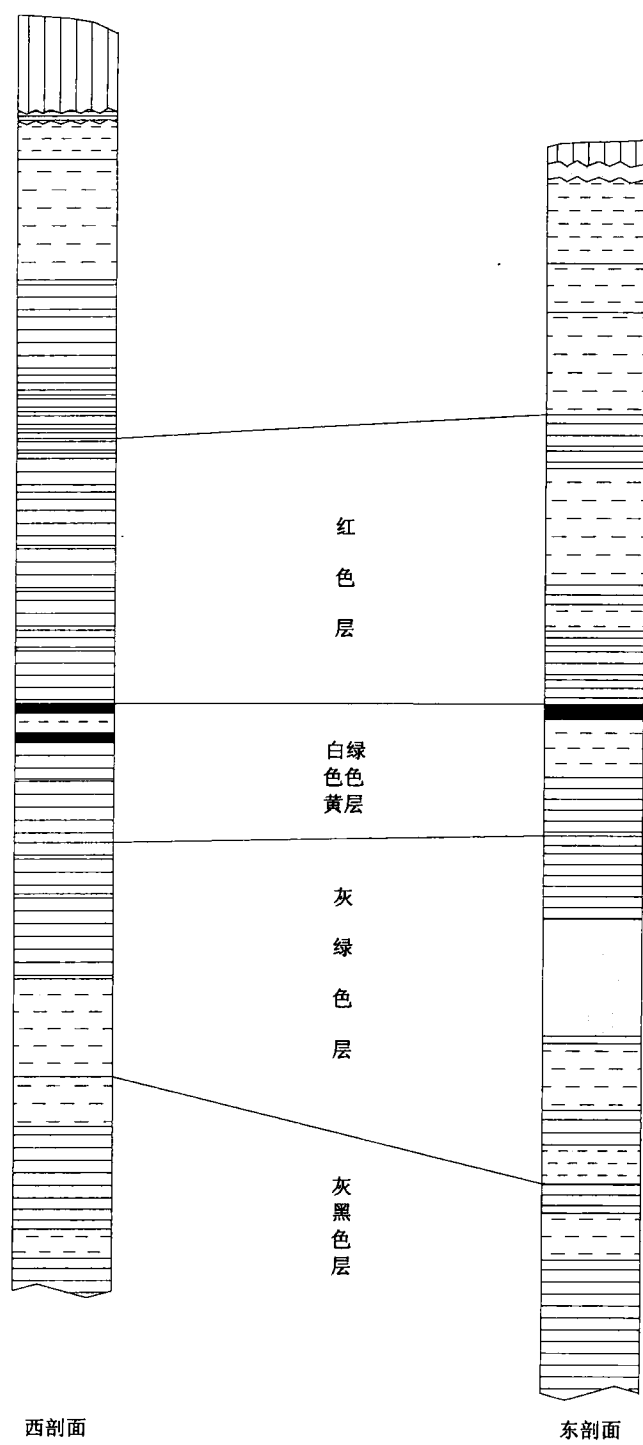


图 1-11 许家窑东、西剖面的地层对比