

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

六 水文地质 工程地质 第4号

陕西黄土工程
地质性质研究

陕西省地质矿产局第二水文地质队

陈云

地质出版社

P36
9.6.4

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

六 水文地质 工程地质 第4号

陕西黄土工程地质性质研究

陕西省地质矿产局第二水文地质队

陈 云

地质出版社

内 容 简 介

陕西是中国黄土主要分布地区之一，开展陕西黄土的工程地质研究，有助于广泛了解我国黄土的工程特性。本书通过几个典型的比较完整的黄土堆积序列的综合分析，探讨了陕西黄土的岩石特征、地层和堆积环境，并用大量系统的黄土样品的物理力学、化学试验资料，样品的光学显微镜和扫描电镜鉴定资料以及黄土中的粘土矿物的X射线衍射分析资料等，研究了陕西黄土的工程地质性质及其某些变化规律。

本书可供黄土区工程建设的合理布局、资源的综合利用与环境监测等有关国土整治工作者参考。也可供从事第四纪地质、工程地质水文地质的科技人员及有关院校师生参考。

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

六 水文地质 工程地质 第4号

陕西黄土工程地质性质研究

陕西省地质矿产局第二水文地质队

陈 云

责任编辑：韩 震

地质出版社出版

(北京西四)

河北省蔚县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆；印张：5³/₁₆；字数：117,000

1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数：1—1,570册 定价：2.75元

统一书号：13038·新286

前 言

陕西是中国黄土的重要堆积中心，黄土分布广泛。作为一种地质体，它如此遍布，从工程地质的角度予以研究，无论在工程建筑实践上和理论上，都是极为重要的。但以往这方面的工作则多偏重于某些工程建设点上，而且主要围绕着表征黄土若干性质指标的讨论，研究的范围仅限于建筑物基础以内，从地层上说，主要是第四纪晚期黄土。对整个黄土堆积序列，其工程地质性质有哪些差异，这些性质在区域上怎样变化，为什么有这样的变化等，则研究的较少。故此，我们研究的主要任务是通过典型地点，比较深入的工作，探讨陕西黄土的工程地质性质及其变化规律。

已有的工作表明，不同的黄土地貌区，具有不同的黄土堆积序列特征。鉴此，我们选择狄青塬、洛川塬和渭南塬，分别代表陕北的梁峁区、黄土塬区和关中台塬区，深入进行研究。

工作的基本原则是野外的宏观调查与室内的试验和微观分析相结合。具体方法是，测制典型剖面，辅以必要的地质调查。室内试验工作，除了常规的土工试验外，力图在较高的起点上采用一些先进的手段，并互相渗透比较。比如黄土的粘粒部分，不仅用了化学分析、差热分析，而且采用了X射线衍射分析；黄土的矿物成分和结构研究，不仅应用偏光显微镜，而且采用了扫描电子显微镜；在地层年代分析上，除一般的沉积岩石学、古生物地层学的研究外，还尽可能应用一些测年手段及其资料，诸如 ^{14}C ，热释光，古地磁方法等。

关于黄土的工程地质研究，已有不少单位作过工作，如陕西建筑科学研究所对黄土地基基础的研究；西北水利科学研究所对黄土性质及其地基湿陷变形特性的研究；西北农学院水利系、西北建筑工程学院、西北冶金勘察设计院、陕西综合勘察设计院对黄土的物理力学性质及地基沉陷问题的研究；铁道部科学研究院西北研究所对黄土边坡稳定问题的研究；地质部水文地质研究所对黄土主要工程地质问题的研究等。本书正是在前人工作的基础上，完成了野外黄土剖面的测制、取样、室内试验分析和资料的收集与研究等工作后编写的。它通过几处比较完整的黄土堆积序列的综合研究，分析了陕西黄土的地层、岩石特征及其堆积环境，探讨了陕西黄土的工程地质性质及其区域变化规律，为今后更深入的研究，积累了较系统的资料。但是，还应该看到，我们测制的剖面，虽然是典型的、有代表性的，所取各类样品也较系统，但作为研究全省黄土工程地质性质的区域变化来看，这个数量和密度，还不是十分充足。此外，在分析评述黄土的工程地质性质时，没有与具体的工程实例结合起来讨论，这就不能不使本书的研究深度受到一定的限制。

这本书是集体创作，是各方面通力合作的成果。参加本项具体工作的同志有陈云、阎永定、王孝信、苗德廉、段文、耿战辉，柴振声、白恩辉、李艳等，此外，陕西省地质矿产局张治平高级工程师和陕西省第二水文地质队的各级领导，在组织开展本项研究工作时，均给予了很大的支持与鼓励。在本项成果的评审会上，许多专家、学者曾对本书的初稿提出过宝贵的意见。在此，谨致衷心的铭谢。

鉴于编者水平所限，错误和不妥之处尚希读者给予批评指正。

编 者

一九八五年十二月

目 录

第一章 黄土的堆积环境	(1)
第一节 黄土地层的划分对比	(1)
一、实测剖面的记述	(2)
二、黄土的古气候记录	(7)
三、黄土的磁性地层	(8)
四、黄土地层的划分对比	(9)
第二节 黄土的粘土矿物	(11)
一、黄土粘粒试验资料的分析	(11)
二、黄土中粘土矿物的组合类型	(14)
第三节 黄土的微结构	(16)
一、黄土微结构的镜下鉴定	(16)
二、关于黄土的显微结构单元问题	(17)
三、黄土的微结构类型及其基本特征	(18)
第四节 黄土的堆积环境及其成因问题	(19)
一、黄土的堆积环境	(19)
二、黄土的成因问题	(20)
第二章 黄土的工程地质性质	(22)
第一节 黄土的物理力学性质	(22)
一、黄土的颗粒组分	(22)
二、容 重	(27)
三、孔隙比	(29)
四、压缩性	(30)
五、抗剪性	(32)
第二节 黄土的水理性质	(34)
一、可塑性	(34)
二、崩解性	(36)
三、渗透性	(37)
第三节 黄土工程地质性质指标的相关分析	(38)
一、压缩系数与孔隙比之间的关系	(38)
二、凝聚力与孔隙比之间的关系	(39)
三、抗剪强度与粘粒含量之间的关系	(39)
四、液限、塑限与粘粒含量的关系	(40)
第四节 黄土的湿陷性	(40)

一、湿陷性的若干特征.....	(41)
二、黄土湿陷原因机理的讨论.....	(44)
三、用微结构指标评价黄土湿陷性的可能性问题.....	(50)
第五节 黄土工程地质性质变化规律及其形成问题	(51)
结论	(52)
主要参考文献	(55)
图版说明及图版	(57)
英文摘要	(69)

RESEARCH ON ENGINEERING GEOLOGICAL PROPERTIES OF THE LOESS IN SHAANXI PROVINCE

CONTENTS

Chapter I Accumulational environment of loess in Shaanxi	(1)
1. Stratigraphic division and comparing of loess in Shaanxi.....	(1)
(1) Narrate of measured loess profiles.....	(2)
(2) Record of paieoclimate	(7)
(3) Magnetostratigraphy	(8)
(4) Stratigraphic division and comparing.....	(9)
2. Clay mineral of loess in Shaanxi	(11)
(1) Analysing of experiment information of clay grained part	(11)
(2) Combined types of clay mineral.....	(14)
3. Microtexture of loess in Shaanxi	(16)
(1) Microscope identifications of microtexture	(16)
(2) Microtexture units	(17)
(3) Microtexture types and basic features	(18)
4. Accumulational environment and genesis of loess in Shaanxi	(19)
(1) Accumulational environment.....	(19)
(2) Genesis	(20)
Chapter II Engineering geological properties of loess in Shaanxi	(22)
1. Physics - mechanical properties of loess in Shaanxi.....	(22)
(1) Component of particals	(22)
(2) Bulk density	(27)
(3) Void radio	(29)
(4) Compressibility	(30)
(5) Shearity	(32)
2. Hydrophysical properties of loess in Shaanxi	(34)
(1) Plasticity	(34)
(2) Distintegratability.....	(36)
(3) Permeability.....	(37)
3. Corelation analysis of engineering geological properties index of	

loess in Shaanxi	(38)
(1) Relationship between compressibility coefficient and void ratio	(38)
(2) Relationship between cohesion and void ratio	(39)
(3) Relationship between shearing strength and clay grain content	(39)
(4) Relationship between liquid limit, plastic limit and clay grain content	(40)
4. Collapsibility of loess in Shaanxi	(40)
(1) Features of collapsibility	(41)
(2) Discussing mechanism	(44)
(3) Possibility of appraisal collapsibility of loess by microtex- ture index	(50)
5. Variable laws and their genesis of engineering geological proper- ties of loess in Shaanxi	(51)
Conclusions	(52)
References	(55)
Explanation of plates and plates	(57)
Abstract in English	(69)

第一章 黄土的堆积环境

第一节 黄土地层的划分对比

对黄土进行地层上的划分对比，重建黄土堆积环境，一直是黄土研究的主要课题之一。陕西黄土地层的划分，过去做过不少工作。近年来，随着区域地质调查工作的深入开

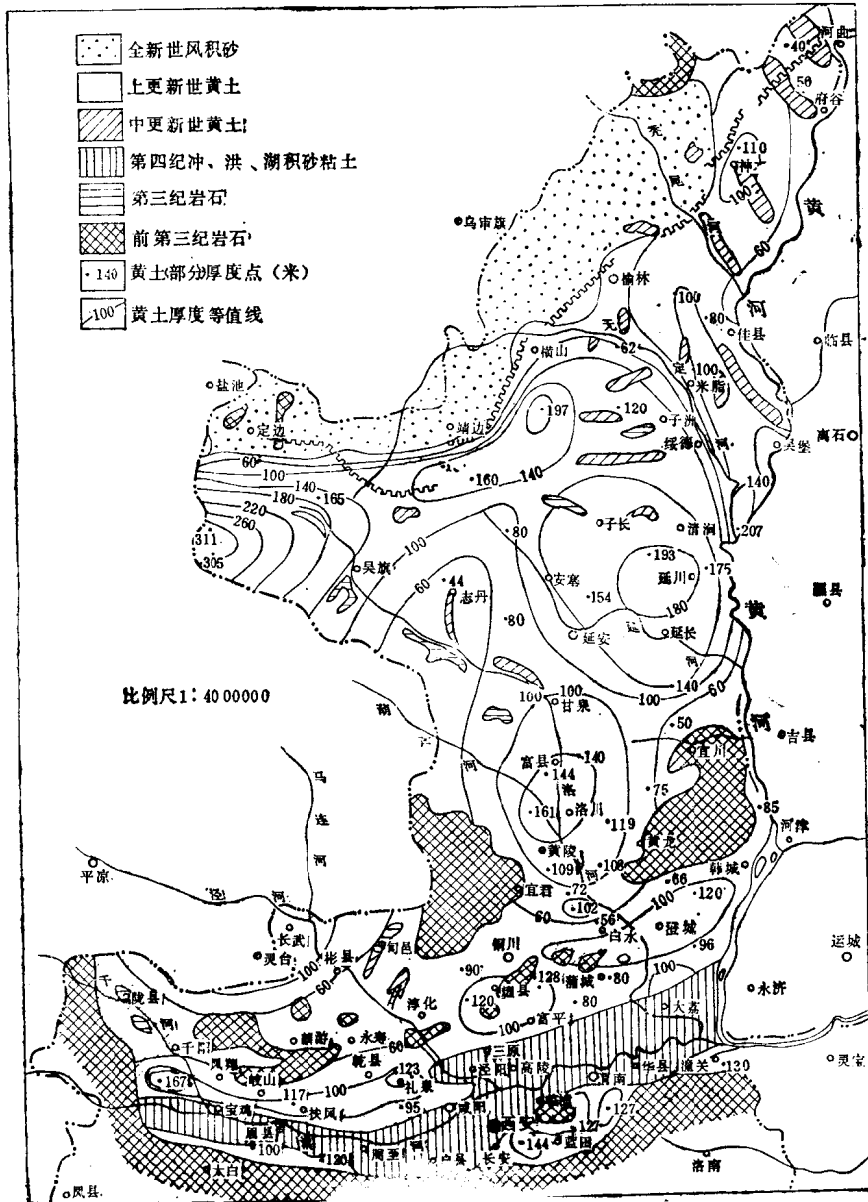


图 1 陕西黄土分布图

展，在黄土的岩石性质、地层特征和成因方面，积累了更多的资料。这就为更详细、更精确地解决黄土地层的划分对比问题，奠定了基础。本节将在综合前人资料的基础上，主要依据实测剖面取得的新资料，来探讨陕西黄土地层的划分和对比问题。

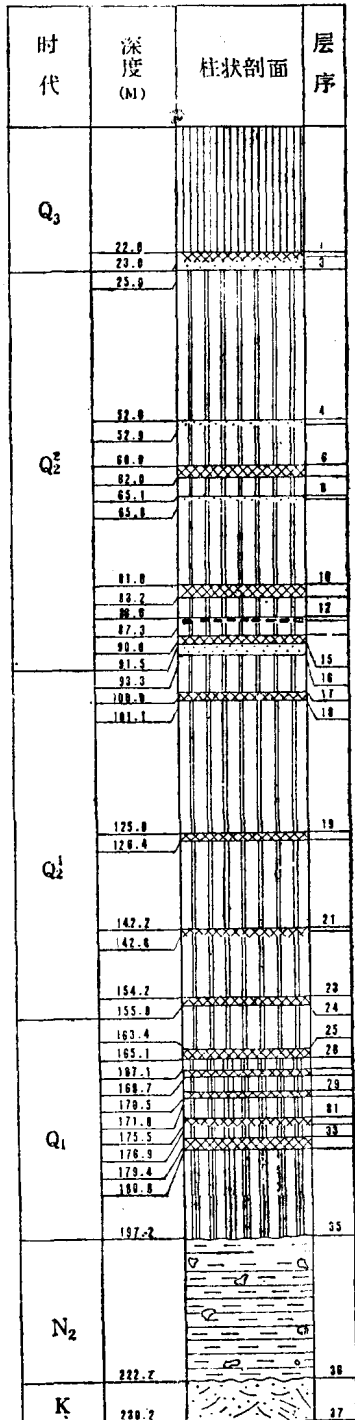


图 2 陕西横山狄青塬黄土柱状剖面图

一、实测剖面的记述

陕西黄土分布范围和实测剖面的位置见陕西黄土分布图 (图1)。

(一) 横山狄青塬剖面 (图2, 3)

位于横山县塔湾公社狄青塬东侧。剖面总厚230.2m, 其中黄土厚197m。由上而下各层简述如下:

1. 黄土, 灰黄色, 厚 22m
2. 古土壤, 浅棕色, 厚 1m

-----假整合-----

3. 细砂, 灰白灰黄色, 厚 2m
4. 黄土, 灰黄色, 厚 27m
5. 粉砂, 灰黄色, 厚 0.9m
6. 黄土, 灰黄色, 厚 7.1m
7. 古土壤, 浅棕红色, 厚 2m
8. 黄土, 浅黄色, 厚 3.1m
9. 粉砂, 灰黄色, 厚 0.7m
10. 黄土, 浅黄色, 厚 15.2m
11. 古土壤, 色淡, 厚 2.2m
12. 黄土, 浅黄色, 厚 3.4m
13. 古土壤, 浅棕红色, 厚 0.7m
14. 黄土, 浅黄色, 厚 2.7m
15. 古土壤, 色淡, 厚 1.5m

-----假整合-----

16. 粉砂, 灰白略带黄色, 厚 1.8m
17. 黄土, 灰黄色, 厚 6.7m
18. 古土壤, 色淡, 厚 1.1m
19. 黄土, 浅黄色, 厚 23.9m
20. 古土壤, 色较18层深, 浅棕褐色, 厚 1.4m
21. 黄土, 浅黄色, 厚 15.8m
22. 古土壤, 色比相邻的古土壤深, 厚 0.6m
23. 黄土, 浅黄色, 厚 11.4m
24. 古土壤, 浅棕红色, 厚 1.7m

-----假整合-----

25. 黄土, 浅黄色, 厚 7.5m
26. 古土壤, 色较深, 厚 1.7m
27. 黄土, 黄略显红, 厚 2m
28. 古土壤, 浅棕红色, 厚 1.6m
29. 黄土, 浅褐黄色, 厚 1.8m

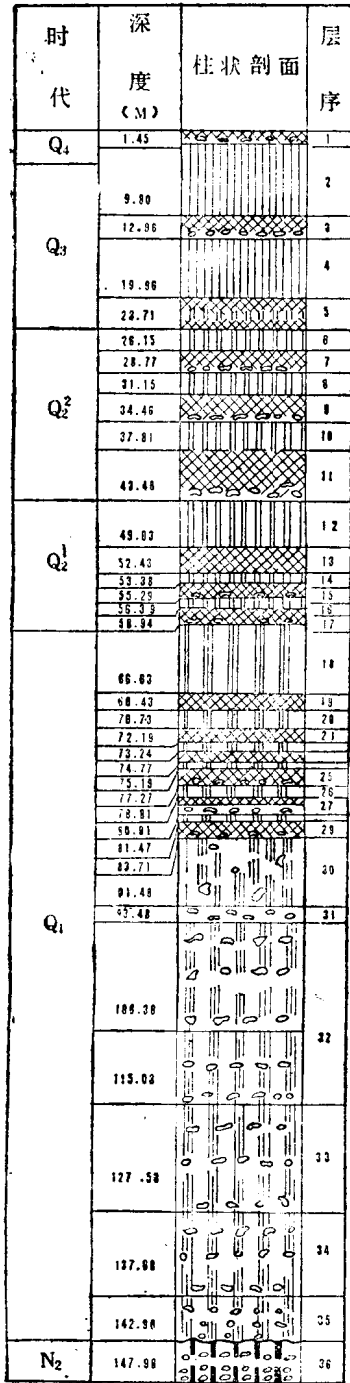


图 4 陕西洛川黑木沟黄土柱状剖面图

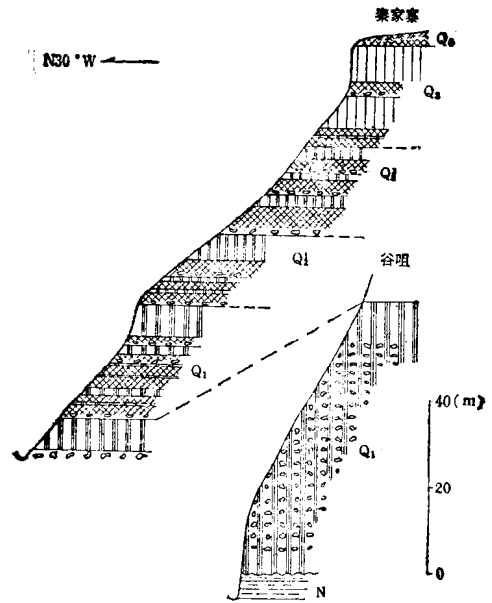
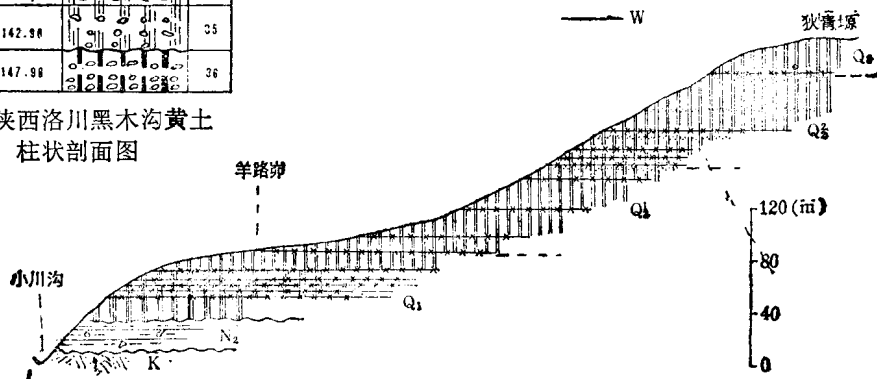


图 5 洛川县黑木沟秦家寨谷咀实测黄土剖面图

图 3 横山县狄青塬东侧实测黄土剖面图



30.古土壤, 色淡, 厚	1.3m
31.黄土, 浅黄色, 厚	3.7m
32.古土壤, 色稍红, 厚	1.4m
33.黄土, 浅黄色, 厚	2.5m
34.古土壤, 浅棕红色, 厚	1.4m
35.黄土, 褐黄色, 厚	16.4m

~~~~~不整合~~~~~

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 36.红色粘土(N), 棕红色, 厚 | 25.0m |
|--------------------|-------|

~~~~~不整合~~~~~

37.砂岩(K), 棕红色, 未见底。

(二) 洛川黑木沟剖面 (图4, 5)

位于洛川县城南黑木沟东侧, 由上游的秦家寨剖面与下游的谷咀剖面连接组成。黄土堆积总厚142.96m, 由上而下, 各层简述于下:

| | |
|----------------|-------|
| 1.耕作层和黑垆土, 厚 | 1.45m |
| 2.黄土, 灰黄色, 厚 | 8.35m |
| 3.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 3.16m |
| 4.黄土, 灰黄色, 厚 | 7m |
| 5.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 3.75m |

-----假整合-----

| | |
|----------------|-------|
| 6.黄土, 灰黄色, 厚 | 2.44m |
| 7.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 2.62m |
| 8.黄土, 黄色, 厚 | 2.38m |
| 9.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 3.31m |
| 10.黄土, 棕黄色, 厚 | 3.35m |
| 11.古土壤, 红褐色, 厚 | 5.67m |

-----假整合-----

| | |
|-----------------|-------|
| 12.黄土, 浅棕黄色, 厚 | 5.55m |
| 13.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 3.4m |
| 14.黄土, 色显红, 厚 | 0.95m |
| 15.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 1.19m |
| 16.黄土, 棕黄色, 厚 | 1.1m |
| 17.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 2.55m |

-----假整合-----

| | |
|-----------------|-------|
| 18.黄土, 灰黄色, 厚 | 7.69m |
| 19.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 1.80m |
| 20.黄土, 黄褐色, 厚 | 2.30m |
| 21.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 1.46m |
| 22.黄土, 红黄色, 厚 | 1.05m |
| 23.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 1.53m |
| 24.黄土, 黄褐色, 厚 | 0.42m |
| 25.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 2.08m |
| 26.黄土, 棕黄色, 厚 | 1.54m |

- 27.古土壤, 色稍淡, 厚 2.01m
- 28.黄土, 黄略带红, 厚 0.56m
- 29.古土壤, 浅红色, 厚 2.24m
- 30.黄土, 灰黄色, 厚 7.77m
- 31.结核层, 厚 2.0m
- 32.黄土与钙核层, 厚 21.55m
- 33.黄土与钙核层, 厚 12.50m
- 34.黄土与钙核层, 厚 10.15m
- 35.黄土, 黄或灰黄色, 厚 5.30m

~~~~~不整合~~~~~

- 36.红色粘土 (N), 上部色较混杂, 中下部呈紫红色, 未见底。

(三) 渭南严峪剖面 (图6, 7)

位于渭南阳郭庙沟上游严峪东壁, 黄土总厚79.14m, 由上而下各层简述如下:

- 1.古土壤, 红褐色, 厚 2.2m
- 2.黄土, 棕黄色, 厚 1.0m
- 3.古土壤, 厚 3.1m
- 4.黄土, 棕黄色, 厚 2.7m
- 5.古土壤, 红褐色, 厚 3.85m
- 6.黄土, 色黄, 厚 4.50m
- 7.古土壤, 红褐色, 厚 3.65m
- 8.黄土, 色黄, 厚 2.2m
- 9.古土壤, 红褐色, 厚 1.08m
- 10.黄土, 淡黄色, 厚 0.9m
- 11.古土壤, 红褐色, 厚 1.4m

~~~~~不整合~~~~~

- 12.黄土, 淡黄色, 厚 3.78m
- 13.古土壤, 红褐色, 厚 1.8m
- 14.黄土, 灰黄色, 厚 1m
- 15—20.为密集的古土壤层, 总厚 10.40m
- 21.黄土, 灰黄色, 厚 0.7m
- 22.古土壤, 红褐色, 厚, 2.80m
- 23.黄土, 棕黄色, 厚 3.60m
- 24.古土壤, 色较淡, 厚 0.6m
- 25.黄土, 棕黄色, 厚 1.6m
- 26.古土壤, 棕红色, 厚 1.4m
- 27.古土壤, 红褐色, 厚 2.52m

-----假整合-----

- 28.黄土, 棕黄色, 厚 4.48m
- 29.古土壤, 棕红色, 厚 1.6m
- 30.黄土, 色较深, 厚 0.7m

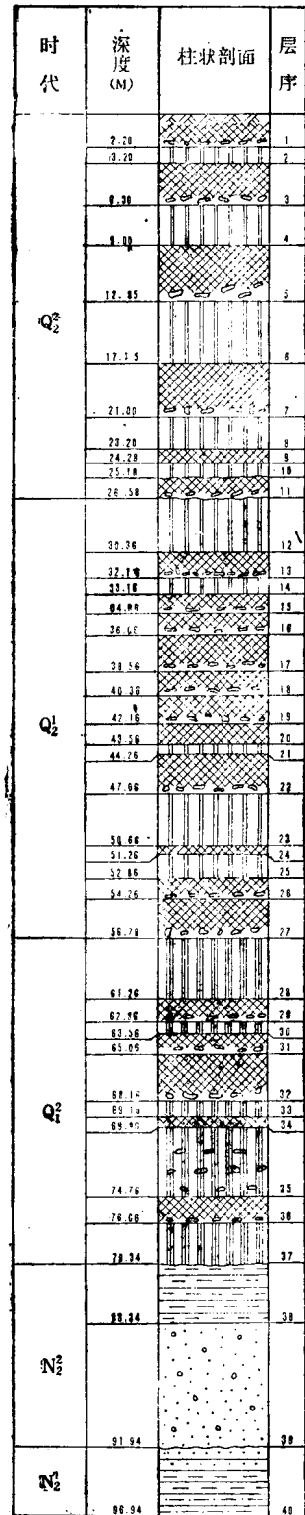


图6 渭南严峪黄土柱状剖面图

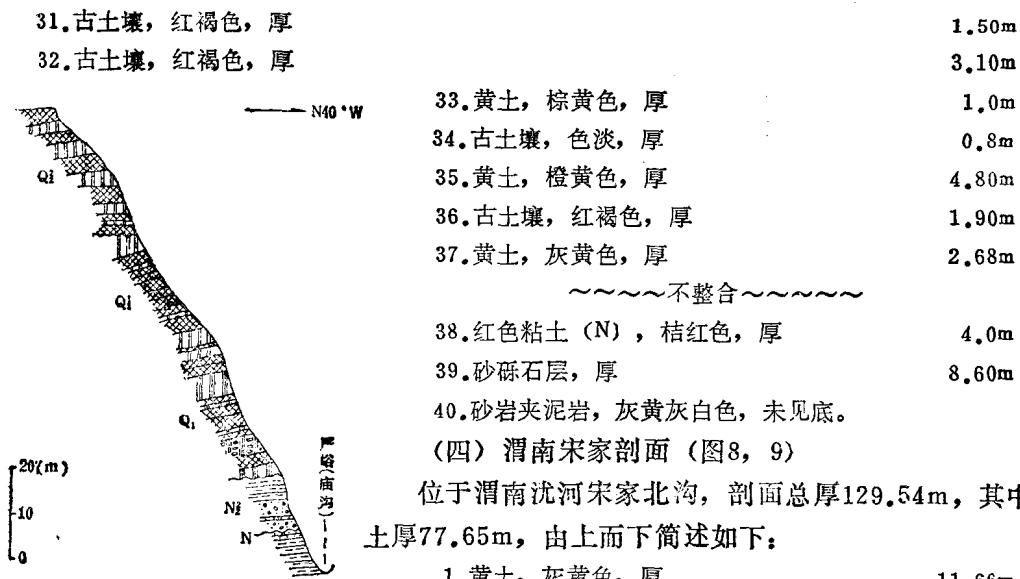


图 7 渭南阳郭严峪实测黄土剖面图

- | | |
|-----------------------------|-------|
| 4.古土壤, 浅红褐色, 厚 | |
| -----假整合----- | |
| 5.黄土, 灰黄色, 厚 | 5.53m |
| 6.古土壤, 由两层浅红褐色古土壤密集而成, 总厚 | 4.21m |
| 7.黄土, 灰黄色, 厚 | 3.58m |
| 8.古土壤, 浅红褐色, 厚 | 2.50m |
| 9.黄土, 橙黄色, 厚 | 5.52m |
| 10.古土壤, 由两层发育良好的古土壤密集一起, 总厚 | 3.45m |

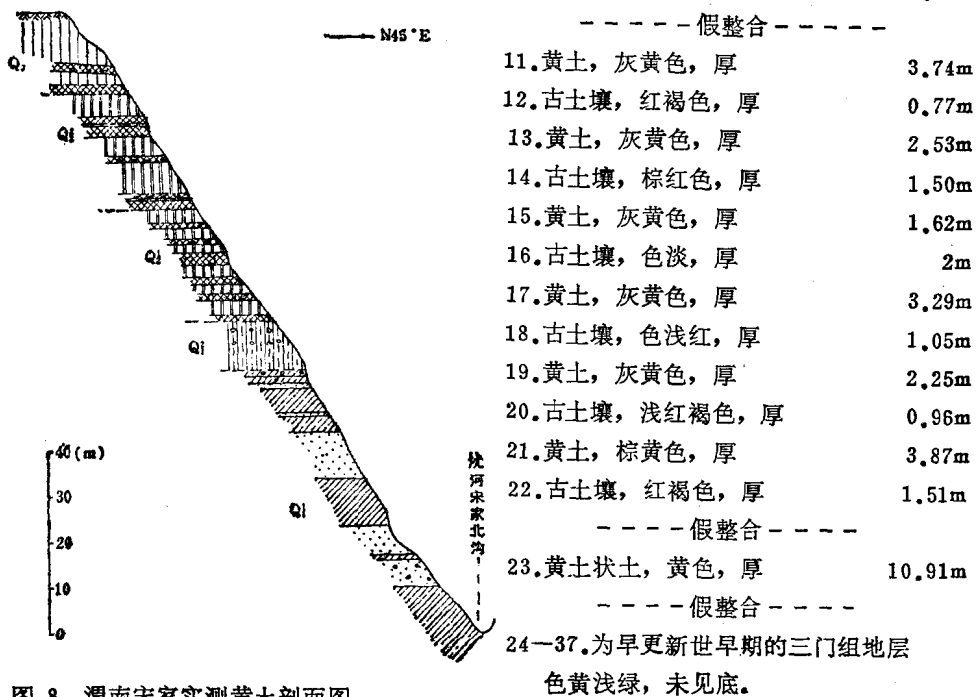


图 8 渭南宋家实测黄土剖面图

二、黄土的古气候记录

黄土作为典型的陆相地层，较完整的记录了大陆第四纪古气候的变化。著名学者G.J. Kukla, 将中欧黄土与深海沉积物进行对比后认为，黄土—古土壤序列是研究第四纪古气候演化的一个理想地质体。黄土堆积的古气候记录，主要有如下几方面。

(一) 黄土堆积序列的地层结构

上述黄土剖面的记述表明，黄土堆积底部与其下伏地层之间，往往夹有较粗颗粒相堆积物(砂、砂砾或含砂砾显具水平层理的土状堆积物)，这反映了黄土堆积前和堆积初期的气候较黄土堆积时期湿润，或是处于由比较湿润的环境逐渐向干旱环境的过渡阶段。狄青塬剖面上部，有四层粉细砂间断了黄土堆积，反映了中更新世以来的气候环境至少有四次比较明显的改变。渭南严峪剖面上部地层的角度不整合接触，也说明中更新世以来，关中地区黄土堆积的环境，包括气候环境，也有过明显的变化。

尤其需要强调的是，黄土堆积序列中，黄土与古土壤多次叠复出现。各古土壤层以其鲜明的不同色泽、粘化现象和碳酸盐的淋溶与淀积，区别于黄土母质。这是古气候环境发生变化的突出标志。过去一直认为，黄土剖面中的古土壤以褐色土、黑垆土为主。最近的研究表明，从某些古土壤的微形态特征看，粘粒有明显的移动，在孔隙内或孔隙壁有铁质胶膜的折出和聚积，这一般需要在森林植被、酸性环境和湿润气候影响下才能形成，从而认为，黄土剖面中还存在有基本上接近于棕色森林土的古土壤层，如洛川剖面的第一层和第五层古土壤即是。另外，剖面中古土壤发育的条数、厚度及淀积层的情况等，陕北与关中也有差异。关中某些古土壤层常保留有黑褐色的腐殖质层，如渭南阳郭塬的第一层古土壤，类似于陕北的黑垆土，但这层古土壤发生的特征却接近于棕壤型，反映了纬度对土壤类型的影响。所有这些可以说明，黄土堆积序列中的古土壤层及其成壤程度的不同，很好地记录了黄土堆积演化过程的各个不同阶段的气候波动以及波动幅度的差异。

(二) 古生物化石

上述由地层结构所反映的古气候环境也被保存在黄土堆积中的古生物化石所忠实记录。

前人研究结果表明，黄土堆积序列下部曾经找到具有森林草原习性的动物化石，如三趾马 (*Hipparion* sp.)、牛 (*Bovinae*)、短耳兔 (*Ochotona* sp.) 等，啮齿类动物较少；中部含有多量草原习性的鹿和啮齿类化石，如肿骨大角鹿 (*Megaloceros Pachyosteus* Young)、洛川大角鹿 (*M. lochuanensis* Xue)、似斑鹿 (*Cervus* sp.)、鼯鼠

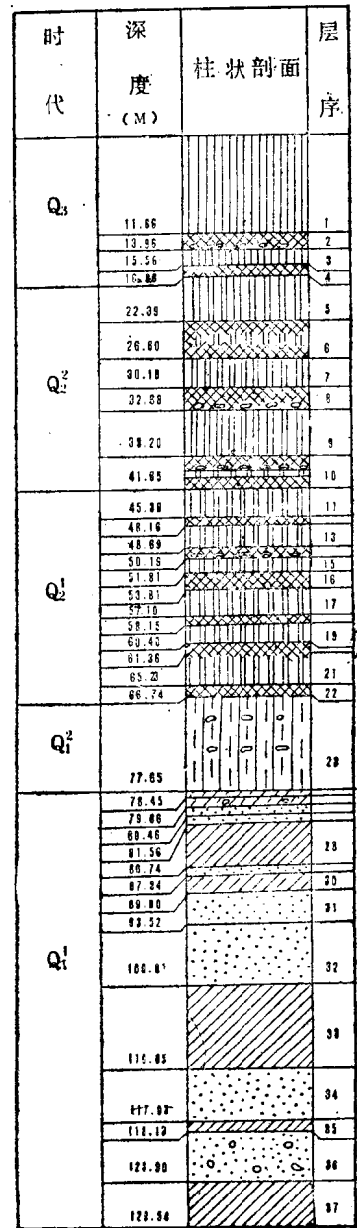
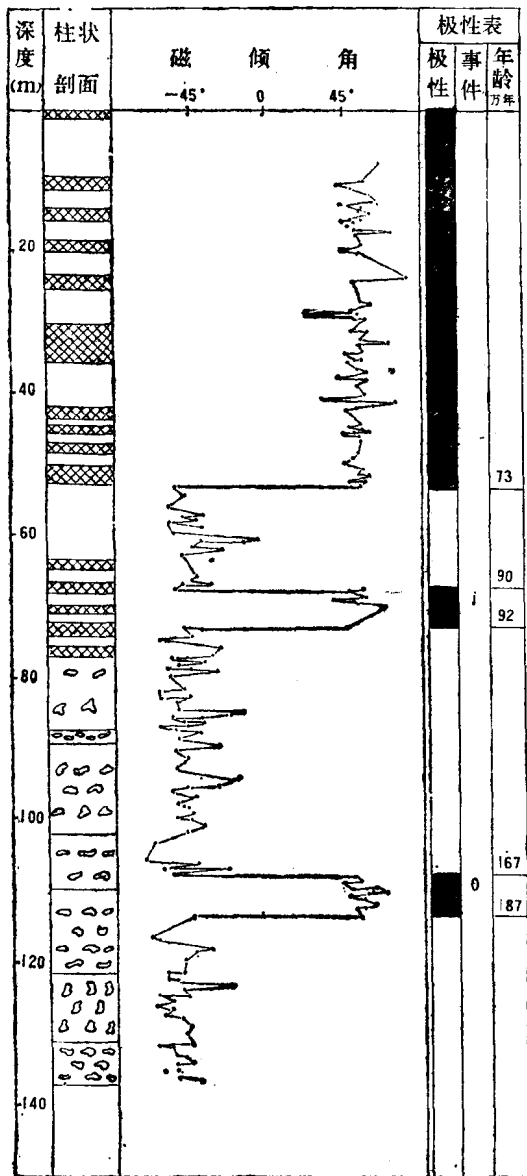


图9 渭南宋家黄土柱状剖面图

(*Myospalax* sp.)；上部则主要发现啮齿类和鸵鸟蛋化石。反映了黄土堆积的古气候环境是由湿润森林草原向干草原、荒漠草原过渡的演化过程。

西北大学地质系对洛川黄土剖面进行孢粉分析，得出这样的结果：在早更新世黄土中有松属、山毛榉属 (*Fagus*)，添属 (*Rhus*)、榆属 (*Ulmus*) 等木本植物；小灌木及草本植物有松属及藜科等；在中更新世黄土中主要发现松属、云杉属 (*Picea*)、柏科 (*Cupressaceae*)、栎属、榆属、槭属 (*Acer*)、蒿属、藜科及禾本科等孢粉；在晚更新世黄土中却没有发现木本植物花粉，只有一粒豆科和一粒百合科花粉。由此说明，从早更新世到晚更新世，木本植物逐渐减少甚至完全消失，而小灌木及草本植物却逐渐增多，反映了气候由湿润逐渐变为干燥的变化趋势，与哺乳类化石所反映的气候环境变化状况基本一致。

现代陆生腹足类蜗牛对于湿度和温度的要求比较严格，对生活环境的改变十分敏感。



据中国科学院动物研究所研究，洛川剖面代表温暖气候环境的汉山间齿螺，主要出现在古土壤层顶部及其上覆黄土层底部，说明这些古土壤形成时期具有比较温湿的气候环境。而具有耐干旱、寒冷特征的粉华蜗牛，则主要出现在灰黄色的厚层黄土中，反映了这些层位形成时的干冷草原的生物气候环境。值得注意的是，上述两类化石在某些层位交错出现，也许正好说明整个黄土堆积序列形成过程中，其生物气候环境变化不一定是突变的，而可能具有一定的过渡系列。

(三) 矿物组分特征

据前人(以洛川为例)研究结果，黄土剖面中，不稳定矿物与稳定矿物，方解石与石英的比值自上而下呈有节奏的波动上升，粘土矿物的蒙脱石含量以及伊利石的蒙脱石间层矿物也自上而下有所增多(详见下节)。这些都反映了与地层结构和古生物化石所记录的气候环境一致。

三、黄土的磁性地层

近些年来我国黄土的磁性地层，已经有了相当广泛的研究。但是，由于取样密度和测试精度的不同，各研究成果尚存在一定分歧。洛川剖面先后有数个研究、生产单位进行了古地磁研究，而且采用了诸如超电导磁力计这种先进的测试仪器，结果相近。因此可以认为，洛川剖面是目前我国黄土磁性地层的标准剖面之一。

图 10 洛川黄土磁性地层分析图

现按中国科学院地质所结合地质科学院

水文所在黄土高原其他剖面的测试结果(图10)介绍如下:

由图看出,洛川剖面53m以上这段地层,属正磁化带;53m以下,除去67—72m,107—113m,130m左右表现为正磁性外,其余为负磁化带。因此,可将53m,即大致相当剖面由上而下第九层黄土的顶界,作为布仑正极性世与松山负极性世的界限,年龄73万年。

由图10看出,洛川剖面松山倒转极性世地层中,记录距今90—97万年的哈拉米勒事件的是一组密集的古土壤组合。在剖面107—113m处,出现极强的奥尔都维异常事件。接近剖面底部有极性漂移的两个点,对比我国黄土高原其他地点磁性地层剖面,这个漂移反映了留尼旺事件的存在。

在洛川剖面中,第四纪黄土堆积与第三纪红色粘土接触地带普遍见到岩性十分混杂的土层,说明第三纪红土堆积后曾有过侵蚀再堆积作用。此混杂层位于留尼旺磁性地层下,高斯正极性世红色粘土层之上,可见,第四纪黄土堆积实始于高斯与松山期之间。

四、黄土地层的划分对比

陕西黄土地层的划分和对比,目前已经有基本的划分方案,唯不甚统一,主要分歧是,对黄土堆积的时间标尺和 Q_2/Q_1 、 Q_3/Q_2 的界限问题认识不一致。近些年来,随着磁性地层学工作的开展,黄土地层测年资料的积累以及将黄土地层与标准的深海沉积物进行对比等,使得有可能应用各种资料及不同的标志来综合解决这些问题。

(一) 黄土堆积的时间标尺

据地磁研究结果表明,陕西黄土剖面记录了自松山倒转极性世以来地磁极性的分布状况。洛川剖面与黄土高原其他剖面的下部都记录了明显的奥尔都维事件,剖面底部还有表示留尼旺事件存在的磁性漂移。记录这个漂移的具体层位之下,正是上新世红色粘土与第四系的岩性过渡带,其下的层位全部为正磁性,属高斯期。由此可见,第四纪黄土堆积应始于高斯正极性世之后的松山负极性世初期,即距今243万年。

(二) 黄土地层的划分对比

对陕西黄土目前沿用的分层方案是,将整个黄土堆积序列四划分,即早更新世的午城黄土(阳郭组);中更新世的离石黄土(泄湖组);晚更新世的马兰黄土(乾县组)以及全新世黄土。虽然这些地层可能有人采用不同的解释,界限位置也放得不甚一致,但从其实质内容看,大家所指的却是大致相当的层位,说明黄土地层层序区域上的对比是可能的。

表1 陕西黄土地层划分表

| 距今年龄
(万年) | 地质时代 | 黄土地层 | |
|--------------|---------------|------|----|
| 1 | 全新世(Q_0) | 近代黄土 | |
| 12 | 晚更新世(Q_3) | 晚期黄土 | |
| 24 | 中更新世(Q_2) | 中期黄土 | 上部 |
| 73 | | | 下部 |
| 243 | 早更新世(Q_1) | 早期黄土 | |

根据上述黄土的气候记录和磁性地层的分析结果,以前人工作为基础,将陕西黄土地层作如下的划分(图11,表1):

- 1.按黄土剖面的磁性地层分析,留尼旺事件前,已经有第四纪黄土堆积,可能始于高斯正极性世之后,距今243万年。可以此作为确定黄土堆积的下限和对比的依据。
- 2.目前一致公认,早更新统与中更新统的界线,可放在记录布仑极性世与松山极性世界界的层位,其年龄距今73万年。由于截止目前为止,洛川剖面是我国古地磁测试精度很高的剖面,所以,可以第八层古土壤与其他黄土剖面对比。