

# 咸阳市区黄土显微结构研究

苏英<sup>1</sup>, 刘俊峰<sup>2</sup>

(1. 咸阳师范学院 资源环境与城市科学系, 陕西 咸阳 712000; 2. 咸阳市建筑设计研究院, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 应用扫描电镜对咸阳市区黄土微结构进行研究, 发现市区黄土的微结构特征在平面上随地形地貌不同而异, 在剖面上随土层及深度不同而变化。在同一剖面上, 黄土层与古土壤层的微结构差异最为明显, 黄土层以支架大孔—镶嵌微孔半胶结式结构为主, 古土壤以絮凝—凝块胶结式结构为主。在地貌单元上, 渭河三级阶地、二级阶地黄土微结构较为疏松, 主要为支架大孔—镶嵌微孔半胶结式结构, 一级阶地黄土微结构较为致密, 主要为镶嵌微孔胶结式结构和絮凝胶结式结构。黄土微结构特征沿黄土剖面垂直方向上及沿地貌单元平面上的变化, 主要是受黄土堆积环境、成土环境及埋藏环境共同作用的结果。

**关键词:** 黄土; 古土壤; 微结构

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2006)05-0004-06

**中图分类号:** S152.4

## Study on Micro-structures of Loess in the Xianyang Dometown Area

SU Ying<sup>1</sup>, LIU Jun-feng<sup>2</sup>

(1. Department of Resources Environment and Urban Science, Xianyang Normal College, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China; 2. Xianyang Institute of Architecture Design, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** Micro-structural characteristics of loess in the Xianyang dometown area were revealed using scanning electron microscope. Results show that loess microstructures are horizontally different with different landscape units, and vertically vary with different loess layers. The micro-structural difference between loess layers and paleosols in a given profile is most obvious. Loess layers mainly have supporting-macropore and mosaic-microspore semi-cementation structures, whereas paleosols mainly have flocculent and coagulum cementation structures. Within a landscape unit, loess in the third and second terraces of the Weihe River is mainly characterized by supporting-macropore and mosaic-microspore semi-cementation structures, and loess in the first terrace, by mosaic-microspore and flocculent cementation structures. Structure characteristics are mainly controlled by the environments of sedimentation, soil formation and loess burying.

**Keywords:** loess; paleosol; micro-structure

黄土(包括黄土状土)不仅是第四纪特殊的沉积物,而且是一种具有独特湿陷性质的结构性土,在我国北方(尤其在西北)分布范围广,厚度大。黄土地区的城市、道路、水利等工程建设与黄土的力学性质和工程性质密切相关,黄土微结构特征研究对了解黄土结构性的形成及其工程特性具有重要的理论意义和实践意义。

我国黄土微结构的研究开始于20世纪50年代末,60年代到70年代末主要利用光学显微镜从二维角度进行研究,70年代末开始采用扫描电镜对黄土的颗粒形态及接触关系、孔隙大小及胶结程度等从三维角度进行了观察研究,从而对黄土微结构特征有了一定的认识,取得了丰富的研究成果<sup>[1-8]</sup>。由于我国黄土分布区的环境互不相同,使得黄土的性质及微

结构特征也存在区域上的差异。所以,对不同地区黄土的微结构进行系统研究,有助于深刻了解当地黄土的微结构特征和工程性质,更好地为工程建设服务。本文作者对咸阳市区的黄土微结构分地貌单元进行系统研究,对该区黄土微结构的基本特征进行了形态描述和定性分析,对准确认识和评价该区黄土工程性能有一定的指导作用,也对渭河流域其它地区黄土工程性质评价具有一定的参考意义。

## 1 咸阳市区地貌与黄土地层

### 1.1 地貌特征

咸阳市区地处渭河河流阶地,地势西北高东南低,呈台阶状,划分为三级阶地、二级阶地、一级阶地和河漫滩,沿渭河呈不规则带状展布。三级阶地位于

收稿日期:2006-02-16

修稿日期:2006-05-24

资助项目:国家自然科学基金项目(49472132);咸阳师范学院科研基金项目(05XSJK107)

作者简介:苏英(1961—),女(汉族),陕西泾阳县人,副教授,主要从事自然地理及区域资源环境研究。E-mail:suying61@sohu.com。

市区北部,阶地面较宽,海拔高度 418~424 m。二级阶地分布于渭河北侧市中心和西部宽阔地带,向东变窄,呈楔形,阶地面较平坦,海拔高度 387~397 m。一级阶地市区南北都有分布,主要分布在渭河以南,渭河以北较窄且局部地段缺失,阶地面较平坦,海拔高度 380~388 m。河漫滩位于渭河河道两侧,西部分布范围较小,东部较宽,海拔高度 378~382 m。

## 1.2 黄土地层分布

咸阳市区渭河河流阶地上均有黄土地层的分布,渭河高河漫滩上分布的黄土很少。由渭河三级阶地至一级阶地,黄土地层的厚度逐渐变小,地层时代也由新老地层共存逐渐变化为全由新地层组成,黄土的特征也有一定差异。

渭河三级阶地黄土地层厚度 24 m 左右,其时代属中更新世晚期以后的典型风积黄土地层。黄土地层分为 4 层,自上而下分别为:① $S_0$  黑垆土,② $L_1$  黄土,③ $S_1$  古土壤,④ $L_2$  黄土。其下为中更新统冲积相的粉质黏土和砂层。

二级阶地地表下 13 m 以上主要为风积成因的黄土和残积古土壤,黄土地层也分为 4 层:① $S_0$  黑垆土,② $L_1^2$  黄土,③ $L_1^1$  黄土(呈饱和状态)和④ $S_1$  古土壤。以下为河流冲积相的粉质黏土与砂土互层。

一级阶地黄土地层厚度较小,仅 7.5 m。为冲积风积综合成因,分为 3 层:全新统风积、冲积  $L_0$  黄土状土,② $S_0$  黑垆土,③上更新统风积、冲积黄土状粉质黏土。其下为冲积粉质黏土、细砂等地层。

## 2 咸阳市区黄土的微结构特征

在黄土地层中共采集 23 件土样,将风干样分别制作成水平和垂直自然断面,经烘干、镀金膜处理,在扫描电镜下对各土样的骨架颗粒特征、孔隙特征、胶结物特征、胶结程度及显微结构类型进行观察分析。

### 2.1 三级阶地黄土微结构

样品采自华宇豪庭工程场地。

(1)  $L_1$  黄土(图 1 照片 T3—1)。骨架颗粒特征表现为颗粒较粗,轮廓较为清楚,呈次棱角状及次圆状,以支架排列为主。其次为镶嵌排列,骨架颗粒排列较为疏松。虫孔、根孔等大孔隙发育,但主要为粒间孔隙和支架孔隙。胶结物特征表现在细粒物质起胶结作用,石英、方解石、伊利石等黏附在骨架颗粒表面,胶结程度差,胶结物含量也较少。显微结构类型为支架大孔—镶嵌微孔半胶结结构,微结构特征表明土质疏松。

(2)  $S_1$  古土壤。骨架颗粒轮廓不清,多被包埋在黏粒物质之中。粒间孔隙不太发育,仅局部可见,且

主要为黏粒间的微孔隙,大多数孔隙被胶结物沿孔壁充填,孔隙小而呈次圆状。胶结物发育,含量较高,可分为 3 种:a. 针状次生方解石,呈簇状、放射状或零星状分布;b. 片状、鳞片状黏粒物质非常发育,多为伊利石;c. 流胶状黏粒物质呈片状分布,形成块体,表面密实而光滑(图 1 照片 T3—2)。表现在结构类型上以絮凝胶结结构为主,次为凝块胶结结构。古土壤层黏粒物质发育,使得土体胶结程度高,微结构特征表现为土比较致密。

(3)  $L_2$  黄土。属中更新世晚期黄土,骨架颗粒较粗,轮廓较清楚,团块仅在局部分布,骨架颗粒以镶嵌排列为主,颗粒以棱边—粒面或面—面相互接触,土质较为密实。孔隙较小而少,主要为粒间镶嵌微孔隙。细粒胶结物含量相对较少,可见有少量鳞片状黏粒物质零星分布。显微结构类型为镶嵌微孔半胶结结构,结构排列相对较为密实(图 1 照片 T3—4)。

三级阶地黄土微结构特征在剖面上的变化较为明显,同为黄土地层,随埋藏深度增加, $L_1$  黄土以支架大孔半胶结结构为主,到  $L_2$  黄土变为镶嵌微孔半胶结结构,土性变得相对密实。黄土与古土壤微结构特征差异最大, $S_1$  古土壤中黏粒含量高,骨架颗粒多被包埋在黏粒物质之中,粒间孔隙不太发育,主要为黏粒间的微孔隙,土质比较密实,呈絮凝或凝块胶结结构。

### 2.2 二级阶地黄土微结构

样品采自中华苑工程场地。

(1)  $S_0$  黑垆土(图 1 照片 T2—1)。骨架颗粒被包埋在黏粒物质之中而轮廓不清,团块发育,呈不规则状,疏松排列。虫孔、根洞之类的大孔隙很发育,孔壁较密实而光滑,在高倍镜下见有针状次生方解石黏附在孔壁上。团块间孔隙较大,且不规则,致使土体在整体上较疏松,团块内多为黏粒间孔隙,呈似圆状。胶结物中粒径小于 0.005 mm 的微细物质以流胶状黏粒物质为多,黏附于骨架颗粒表面或孔壁上呈光滑状,次生方解石也多以针状或棒状晶体呈簇状产出。结构以支架—镶嵌胶结为主,次为絮凝胶结结构。

(2) 黄土( $L_1^1$ )。骨架颗粒较细,多被包埋在细粒物质之中,仅局部颗粒可见骨架颗粒轮廓,颗粒呈镶嵌、支架状排列,团块较发育,相互支架呈较大的孔隙。虫孔、根洞发育,孔壁较为密实,多为黏粒物质黏附,呈光滑状。其次是粒间孔隙发育,较小,呈似圆状。细粒胶结物含量较多,尤其是流胶状(即非晶质细粒物质)黏粒较发育,黏附在骨架颗粒表面,更多的是粘附碎屑颗粒呈团块。结构类型为镶嵌—支架半胶结结构。

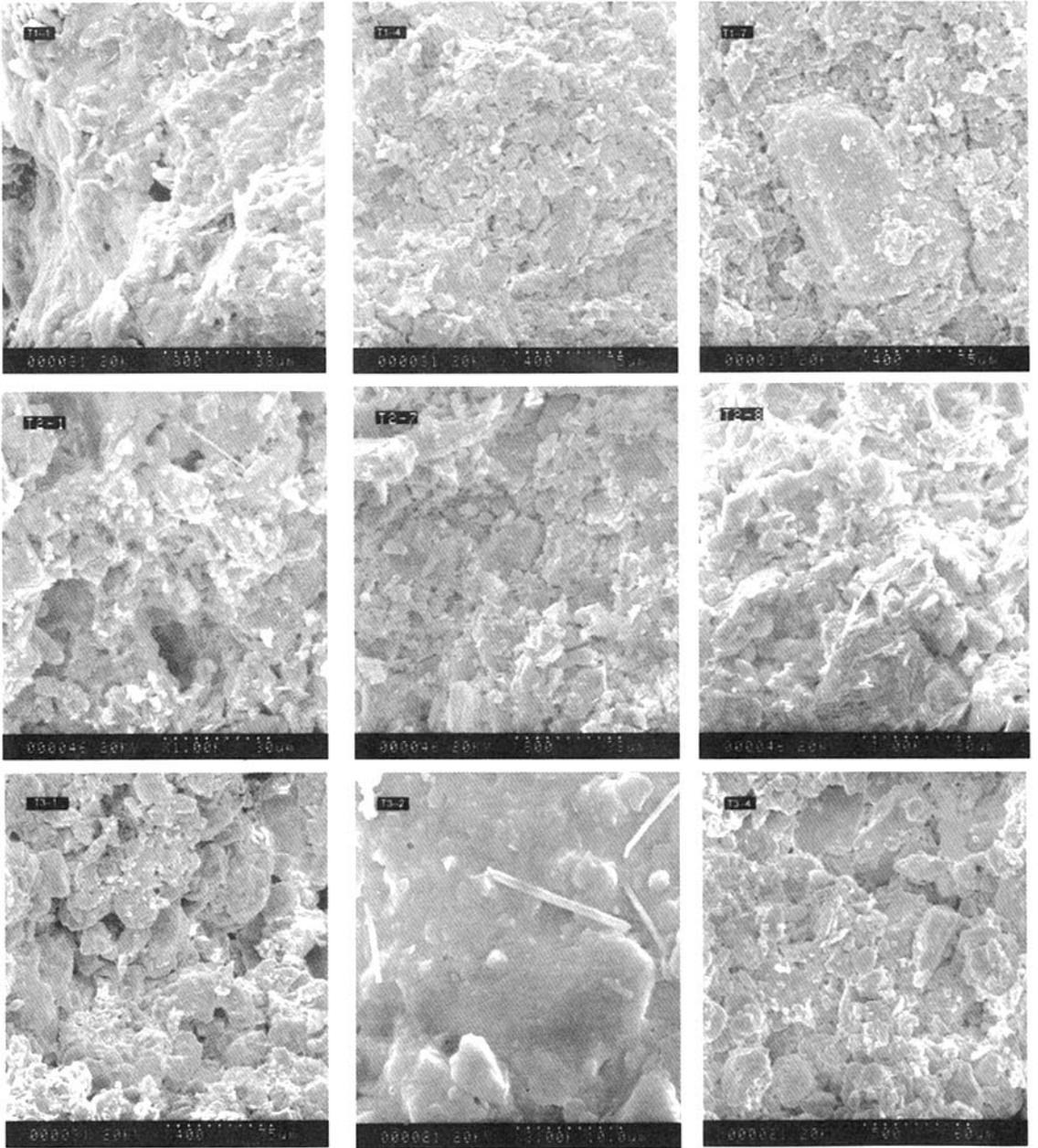


图 1 咸阳市区黄土微结构电镜扫描照片

(T1 一级阶地; T1-1 黑垆土; T1-4 黄土状粉质黏土; T1-7 粉质黏土, 含零星粗颗粒砂; T2 二级阶地; T2-1 黑垆土; T2-7 饱和黄土; T2-8 S<sub>1</sub> 古土壤; T3 三级阶地; T3-1 Q<sub>3</sub> 黄土; T3-2 S<sub>1</sub> 古土壤, 流胶状黏粒与次生针状方解石; T3-4 Q<sub>2</sub> 黄土)

(3) 饱和黄土(L<sub>1</sub>)。骨架颗粒较细, 均一, 大多数骨架颗粒轮廓清楚, 少部分骨架颗粒被细粒物质包裹, 颗粒以镶嵌状排列为主, 并以棱一面接触者居多, 就是在高倍镜下也显示镶嵌接触, 土质整体相对于②

层黄土较密实。虫孔、根洞之类的孔隙也多见, 孔壁光滑而密实, 孔壁断面见有流胶状黏粒物质。粒间孔隙较发育, 多呈缝隙状, 但更多的是黏粒间的微小孔隙, 支架大孔已不多见。胶结物含量较多, 且多为黏

黏物质,并见有片状矿物,黏粒物质多黏附在骨架颗粒表面或颗粒接触处,也有呈流胶状分布,起到胶结作用。结构类型为镶嵌微孔半胶结结构(图1照片T2—7)。

(4) 古土壤( $S_1$ )。骨架颗粒多被包埋在黏粒物质之中而轮廓不清楚,仅局部颗粒可见骨架颗粒轮廓,颗粒呈镶嵌状排列,比较密实。虫孔、根洞相对较少,多为黏粒间细小孔隙。次为粒间孔隙,但也较小,多呈缝隙状。黏粒胶结物含量较多,见有片状、鳞片状伊利石。针状、棒状次生方解石多见,局部见有流胶状黏粒。结构类型为絮凝胶结结构(图1照片T2—8)。

二级阶地各层土的显微结构特征总体上有如下变化规律:由上而下,骨架颗粒排列渐变紧密,支架大孔逐渐消失,虫孔、根洞之类的孔隙和粒间孔隙也渐变少而小,结构由支架—镶嵌结构渐变为镶嵌结构和絮凝状胶结结构。黑垆土和古土壤层受成壤作用的影响,微结构中流胶状黏粒物质较多,片状、鳞片状伊利石和针状、棒状次生方解石较发育,多为絮凝状胶结结构。

### 2.3 一级阶地黄土微结构

样品取自华宇碧水茗居工程场地。

(1) 黑垆土( $S_0$ )。骨架颗粒较细,被细粒物质包埋而轮廓不清楚,虫孔根洞发育,孔壁多为微细黏粒物质胶结,壁面较光滑。粒间孔隙被胶结物黏附而细小。微细胶结物含量高,黏粒物质包埋骨架颗粒,部分呈流胶状。微结构类型属絮凝—凝块胶结结构(图1照片T1—1)。

(2) 黄土状粉质黏土( $L_1^2$ )。颗粒细而粒度较均匀,部分颗粒形态呈次棱角状,多被包埋在黏粒物质之中,轮廓不清楚。骨架颗粒以镶嵌排列为主,多以面—面接触,排列较紧密。本层下部土样中扫描照片见有零星粗大砂粒,颗粒分选较差。孔隙中见有虫孔、根洞等大孔隙,但以粒间孔隙为主,孔隙壁多为黏粒物质黏附,孔隙形态呈圆状或次圆状,其次为黏粒间孔隙。细粒胶结物含量较多,多为微细的碎屑物质如石英、长石、碳酸盐等。细粒物质包埋骨架颗粒,或黏附在骨架颗粒表面,胶结程度较高,显微结构类型以镶嵌微孔胶结结构为主,次为絮凝胶结结构(图1照片T1—4)。

(3) 粉质黏土。骨架颗粒也较细,多数骨架颗粒轮廓不清楚,被细粒物质包裹,颗粒以镶嵌状排列为主,并以面—面接触者居多,土质较密实。土样中见有零星粗大砂粒,颗粒分选较差。粒间孔隙较发育,多呈缝隙状,但更多的是黏粒间的微小孔隙。黏粒物质含量多,起胶结作用,并见有片状矿物,黏粒物质多

黏附在骨架颗粒表面或颗粒接触处,也有呈流胶状分布。结构类型为镶嵌微孔胶结结构,次为絮凝胶结结构(图1照片T1—7)。

一级阶地黄土状粉质黏土与二级阶地和三级阶地比较,黏粒物质含量多,骨架颗粒较小且排列也较为紧密,粒间孔隙比较小,不存在支架大孔结构,主要是镶嵌微孔胶结和絮凝胶结结构,土较为密实。

## 3 黄土微结构特征影响因素分析

黄土包括典型风积黄土及其中所夹古土壤和冲积黄土状土等,黄土微结构特征表现在骨架颗粒大小及排列方式、孔隙大小及类型、细粒和黏粒等胶结物含量多少以及胶结类型4个方面。咸阳市区黄土微结构特征表现在同一剖面上随深度变化而有所不同,黄土层与古土壤层之间微结构存在着较大差异;不同地貌单元上的黄土之间微结构特征也有区别。咸阳市区黄土微结构特征的这些差异均与其形成环境有关。堆积环境、成土环境和埋藏环境的不同,必然导致所形成黄土的微结构特征各不相同。

### 3.1 堆积环境

黄土有风积成因,也有洪积、冲积成因。成因不同,他们的堆积方式及堆积环境就不同,黄土中的颗粒组成及排列方式亦存在着差异。风积成因,土颗粒的搬运动力是风(气流),风力减弱,尘土物质降落地面,日积月累堆积成黄土,土颗粒之间排列呈架空状接触,多粒间孔隙,土的结构疏松。风积形成的黄土的骨架颗粒多为角一面或棱一面接触,具有支架结构。渭河二级阶地和三级阶地上的黄土为风积成因,堆积时的环境较为干冷,风力较大,堆积的黄土颗粒相对稍粗,堆积速度也较快,黄土中细粒黏土物质较少(图1照片T3—1)。而古气候相对暖湿的时期为古土壤发育形成的时期<sup>[1-2]</sup>,风力相对较小,堆积的粉尘物质颗粒较细,黏粒物质相对较多(图1照片T2—8, T3—2)。

洪积冲积形成的黄土(黄土状土或黄土状粉质黏土),土颗粒的搬运动力是水流,介质是水,由于组成黄土的物质颗粒细小,堆积往往是在水流很慢或静水环境下进行的,水的密度较空气大得多,堆积在水中的土颗粒排列相对紧密些,黄土的骨架颗粒多为棱一面和面一面接触,具有镶嵌结构。渭河一级阶地上的黄土状粉质黏土具有这种结构(图1照片T1—4)。

### 3.2 成土环境

粉尘物质堆积后要经过成土作用,成土时期的气候环境决定着粉尘是形成黄土还是形成古土壤。黄土层与古土壤层的成土环境不同,前人曾通过黄土与

古土壤中的古生物遗存、地质地球化学及土壤发生学和微形态学等方面对黄土与古土壤的形成环境进行研究,其表明:黄土形成于气候相对干旱的草原环境,而古土壤形成于气候相对湿润的林森草原或森林环境<sup>[8-13]</sup>。不同生物气候环境下的成土作用强度不同,形成黄土或古土壤的微结构就有明显差异。

黄土形成于草原环境,气候相对干旱寒冷,粉尘物质堆积后的风化成土作用较弱,骨架颗粒轮廓清楚,细粒物质较少,部分细粒物质受生物化学作用而发生次生碳酸盐化,使得粉尘颗粒被碳酸盐胶结起来成为团块。受生物和少量雨水的作用,土中少量原生碳酸盐溶解发生移动,在一些虫孔或植物根洞的壁上可见到少量细小针状方解石晶粒。由于降雨较少,土壤淋溶微弱,土中未见到细粒(黏粒)物质移动的痕迹,土的胶结作用也较弱,骨架颗粒多为不稳定的架空状排列接触(图 1 照片 T3—1)。

古土壤形成于气候相对湿润的林森草原或森林环境,粉尘物质堆积后经历了较强的风化成土作用,不仅部分骨架矿物颗粒(长石、云母)发生黏化作用,而且细粒和黏粒物质随土壤溶液向下迁移,包裹骨架颗粒,充填粒间空隙,呈流胶状分布或形成凝块状,表面密实而光滑,表现在结构类型上为絮凝—凝块胶结结构,使得土质变得较为密实(图 1 照片 T3—2)。流胶状黏粒物质即光性方位黏土或者黏粒胶膜,它是土壤细粒物质中黏粒机械移动和淀积的标志,是淋溶较为强烈的森林土壤所具备的特征<sup>[8-11]</sup>。唐克丽 1981 年研究陕西武功黄土沉积中古土壤微形态学及其发生学后认为该古土壤具有暖温带落叶阔叶林植被环境棕壤的特征<sup>[12]</sup>。作者研究了陕西关中第一层古土壤中的孢粉组合,也表明当时的成壤植被环境为含亚热带成分的落叶阔叶林<sup>[13]</sup>,说明古土壤的成土环境温暖湿润,相对较强烈的成土作用使得古土壤的微结构具有黏粒含量较高、土质相对密实的絮凝—凝块胶结结构,该结构类型与黄土微结构所表现的骨架颗粒粗、黏粒含量少的支架—镶嵌大孔半胶结结构有较大的不同。

### 3.3 埋藏环境

黄土(包括黄土状粉质黏土和古土壤)经过成土作用后,随着上覆黄土的不断堆积,逐渐被埋藏起来,埋藏后的环境对黄土的微结构也有一定影响。主要受上覆土压力和地下水的作用。随着上覆黄土堆积厚度的增加,黄土中骨架颗粒所受的应力加大,原来土颗粒之间不稳定的角一面或棱一面排列呈架空状的接触必然会发生变化,向着较紧密的棱一面接触或更紧密的面一面接触关系发展,黄土中的粒间孔隙减

少,土的微结构变得较为密实。咸阳市三级阶地(2)层黄土与(4)层黄土的堆积环境和成土环境基本相同,而黄土的密实程度截然不同,微结构类型分别为支架大孔半胶结结构和镶嵌微孔半胶结结构,其成因就是不同的埋藏应力环境造成的。

黄土埋藏后,地下水的作用对黄土微结构也有影响。当地下水位上升到黄土层后,黄土中的孔隙中充满了地下水,土中易溶物质的溶解和浮力对土颗粒的作用,使得土颗粒的位置会产生微小变化或者发生位移。当地下水位下降时,土中水的浮力消失,土颗粒所受有效应力增加,加上土中含水量较高,土颗粒表面水膜的存在,降低了土颗粒之间的摩擦力,使得骨架土颗粒发生滑动,接触关系变得较为稳定和密实。水位反复升降变化,使土的微结构变得更为密实。咸阳市渭河二级阶地(2)层黄土和(3)层饱和黄土本来属相同堆积环境下的同一层黄土,由于地下水位在该层反复上升和下降变化,下部黄土受地下水影响较大,变成饱和黄土,微结构与上部的黄土明显不同,即由镶嵌—支架半胶结结构变为镶嵌微孔半胶结结构。

## 4 结 语

(1) 同一黄土剖面,同为黄土地层,随埋藏深度增加,黄土微结构由支架大孔半胶结结构为主,变为镶嵌微孔半胶结结构。表明黄土被埋藏后,随着埋藏应力环境的变化,土颗粒之间不稳定的角与棱或棱与棱的接触关系逐渐变成相对较为稳定的棱与面或面与面的接触关系,土性变得相对密实。

(2) 同一黄土剖面,黄土与古土壤层的微结构明显不同,古土壤中黏粒物质含量高,骨架颗粒轮廓不清楚,多被黏粒物质包裹。粒间孔隙小,黏粒物质呈流胶状胶结骨架颗粒,次生方解石发育,絮凝—凝块胶结结构、土质较密实。黄土多为支架—镶嵌半胶结结构,黏粒物质含量低、骨架颗粒轮廓较清楚,粒间孔隙大,土质疏松。黄土与古土壤微结构上的差异,反映出黄土与古土壤形成的环境及成土环境的不同。

(3) 不同地貌单元上的黄土的微结构也有差异。二级阶地和三级阶地黄土的微结构均具有支架—镶嵌半胶结结构,粒间孔隙大,黏粒物质含量少,土质疏松,但二级阶地饱和黄土相对较密实一些。一级阶地黄土状粉质黏土骨架颗粒细,黏粒物质含量高,孔隙小,且下部出现砂粒粗颗粒,表明有冲积成因的特征,微结构主要为镶嵌微孔胶结结构和絮凝胶结结构,土质密实。由三级阶地—二级阶地—一级阶地,表现在黄土地层微结构总的变化趋势是土的密实度逐渐增强,工程特性也逐渐变好。

(4) 咸阳市区黄土地层微结构的上述变化特征受环境影响,其中堆积环境、成土环境和埋藏环境起主要作用。黄土的微结构与工程性质关系密切,认识和掌握该区黄土微结构特征,必将对城市规划、道路建设及黄土地基的处理与利用有重要意义。

**致谢:**本研究工作受到西北大学雷祥义教授的指导,野外工作得到咸阳市建筑设计研究院地基公司的协助,在此一并致谢。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [2] 雷祥义. 黄土的显微结构与古气候的关系[J]. 地质论评,1989,35(4):333—341.
- [3] 雷祥义. 黄土显微结构类型与物理力学性质关系[J]. 地质学报,1989,63(2):182—190.
- [4] 王永焱,林在贯. 中国黄土微结构特征及物理力学性质[M]. 北京:科学出版社,1990. 150—170.
- [5] 王永焱,滕志宏. 中国黄土微结构及其在时代上和区域上的变化[J]. 科学通报,1982,27(2):102—105.
- [6] 高国瑞. 黄土显微结构分析及其在工程勘察中的应用[J]. 工程勘察,1980,28(6):25—28.
- [7] 高国瑞. 中国黄土微结构[J]. 科学通报,1980,25(20):945—948.
- [8] 贺秀斌,冯桓,冯兆东. 土壤显微结构的 X 光同步加速器计算机三维图像透视技术[J]. 土壤学报,2005,2(2):328—329.
- [9] 安芷生,魏兰英. 淀积铁质黏粒胶膜及其成因意义[J]. 科学通报,1979,24(24):356—359.
- [10] 赵景波. 西安附近第 1、第 5 层古土壤研究[J]. 地理研究,1992,10(4):51—58.
- [11] 朱显谟,程文礼. 中国黄土高原古土壤黏粒移动问题探讨[J]. 土壤学报,1994,35(4):371—375.
- [12] 唐克丽. 武功黄土沉积中埋藏古土壤微形态及其发生学探讨[J]. 科学通报,1981,26(3):177—179.
- [13] 刘俊峰. 陕西关中黄土地层中第一层古土壤的孢粉组合及其意义[J]. 西北大学学报(自然科学版),1989,19(1):77—80.

## 欢迎订阅 2007 年《西北农林科技大学学报》(自然科学版)

《西北农林科技大学学报》(自然科学版)是国内外公开发行的综合性农业科学类学术期刊,创刊于 1936 年,是西北地区创办最早的农业学术期刊,其前身是《西北农业大学学报》。本刊立足学校,面向社会,主要刊登农业科学、林业科学、植物保护、资源与环境科学、园艺科学、动物科学与动物医学、食品科学、农业水利与建筑工程、农业机械与电子工程、生物技术与基础学科等方面具有创新性或适用性的学术论文、研究简报、文献综述以及反映最新科研成果的快报。读者对象为国内外农林科技工作者、高等院校教师、研究生和农林管理干部。

本刊主办单位西北农林科技大学为国家“985 工程”和“211 工程”建设大学,是教育部直属综合性全国重点大学。本刊为中国自然科学核心期刊、全国综合性农业科学核心期刊、中国科学引文数据库核心期刊和中国科技核心期刊,论文被国内外多家权威性数据库和文摘期刊固定转载和收录。1994 年以来,本刊连续进入“被引频次最高的中国科技期刊 300 名排行榜”,在全国和陕西省科技期刊综合质量评比中,先后 20 余次获奖,其中 1997 年获第二届全国优秀科技期刊二等奖,1999 年获全国优秀自然科学学报及教育部优秀科技期刊一等奖、陕西省高校“十佳学报”及陕西省科技期刊“十佳期刊”,2001 年入选“中国期刊方阵”,2004 年获第四届全国优秀农业期刊一等奖。在促进学术交流、发展学科理论、推动科技进步等方面做出了较大贡献。

《西北农林科技大学学报》(自然科学版)为月刊,A4,164 页,每月 25 日出版。每期定价 10 元,全年 120 元。邮发代号为 52—82,全国各地邮局均可订阅,亦可直接向本刊编辑部订阅。国外总发行机构为中国出版对外贸易总公司。

**联系地址** 陕西杨凌 西北农林科技大学 西农校区 40 号信箱

**邮编** 712100

**电话** 029—87092511

**E-mail:** xb2511@yahoo.com.cn

**http:** //XBNY.chinajournal.net.cn;

**http:** //xbnydxxb.periodicals.net.cn