

# 重庆地区紫色土和紫色泥岩的物质组成 与微结构研究\*

赵景波<sup>1,2</sup> 贺秀斌<sup>3</sup> 邵天杰<sup>1</sup>

(1 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062)

(2 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075)

(3 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610000)

**摘要** 根据紫色土与紫色泥岩的 X-射线矿物鉴定、粒度分析、电镜鉴定及野外观察, 研究了紫色土与紫色泥岩的矿物组成、粒度组成及其易发生侵蚀的原因。结果表明, 紫色土与紫色泥岩矿物成分与含量差异很小, 均以石英和长石为主, 黏土矿物中蒙脱石含量较其他矿物多; 粒度成分也非常接近, 以粉砂和黏粒为主。紫色土以碎屑粒状孔隙充填式胶结微结构为主, 另有少量粒状接触胶结微结构和粒状块状胶结微结构, 胶结物以黏土为主, 仅含有 3% 左右的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  化学胶结物; 紫色泥岩微结构的突出特点是微型片结构和微型块状结构占主要地位。蒙脱石的较高含量指示紫色泥岩与紫色土为膨胀类岩土。紫色泥岩与紫色土在湿润气候条件下的频繁胀缩是它们易于发生物理风化和易受侵蚀的主要原因, 微型块状结构、微型片状结构和密集微型裂隙也是其抗蚀性差的重要原因。紫色泥岩的微型块状与微型片状结构和密集微型裂隙主要是在成岩过程中产生的, 是原始沉积形成的大量球形、椭球形黏土形态受到成岩过程中挤压作用的结果。

**关键词** 重庆地区; 紫色土与泥岩; 膨胀性; 微型薄片结构; 侵蚀原因

**中图分类号** S152.2 **文献标识码** A

前人曾对四川盆地的紫色土进行过许多研究<sup>[1-3]</sup>。现已认识到紫色土受母岩影响显著, 其紫色、矿物成分与粒度成分等许多特点是从母质紫色泥岩中继承下来的。由于紫色泥岩粒度细小, 胶结较差, 易于受到物理风化作用影响, 所以紫色土的形成速度快, 但发育进程慢, 能大面积分布, 并具有优良的生产性能<sup>[1-3]</sup>。经过数年的时间紫色泥岩就可变为紫色土(岩性土)。紫色土不是四川盆地的地带性土壤, 该区地带性土壤为黄壤。虽然紫色土易受侵蚀, 持水性较差, 但其仍是较好的利于农业发展的土壤资源。近年来, 对紫色土降雨形成的结皮<sup>[4]</sup>、坡面水分分布差异、降雨在坡面上的侵蚀<sup>[5]</sup>、耕作方式对侵蚀的影响<sup>[6]</sup>、紫色土的持水性<sup>[7]</sup>以及紫色土的退化<sup>[8]</sup>等进行了研究, 取得了许多重要新认识。湿润地区土层常因含有蒙脱石而显示出膨胀性<sup>[9]</sup>, 紫色土是否为膨胀土, 目前还缺少明确认识。土壤微结构是鉴别土壤类型、土壤发生强弱的重要依据<sup>[10]</sup>。然而, 到目前为止对紫色土与紫色泥岩的微结构和电子显微结构研究很少。在国外, 对土壤侵蚀进行了长期的大量研究<sup>[11-13]</sup>, 然而, 国外结合我国紫

色土的性质与侵蚀性的研究很少。

紫色土显微结构的研究不仅具有重要科学意义, 而且对建设土壤水库和保持土壤水肥具有很重要的实际意义。本文主要根据紫色土与紫色泥岩的矿物组成、粒度组成的分析、显微结构和超微结构的鉴定, 研究紫色泥岩易于崩解和紫色土易于侵蚀的原因。

## 1 研究区概况与研究方法

研究区主要选在重庆市虎溪镇附近、重庆忠县石宝镇附近以及缙云山前的金刚村附近(图1)。虎溪镇位于重庆沙坪坝区, 距市中心解放碑西约 45 km。虎溪镇地貌为侵蚀平原和丘陵区, 海拔高度一般为 200 ~ 300 m。忠县石宝镇位于重庆市东北约 180 km, 位于长江左岸边, 地貌以丘陵为主。金刚村位于缙云山南部山前。研究地区为亚热带湿润季风气候, 年平均气温 18 °C 左右, 年平均降水量 1 100 ~ 1 200 mm<sup>[3]</sup>。春季降水少, 易发生干旱。夏季降水占全年降水量的 60% ~ 70%, 大暴雨较多, 易产生径流和土壤侵蚀。秋季多绵阴雨,

\* 国家自然科学基金项目(40672108)资助

作者简介: 赵景波(1953—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事第四纪与环境科学研究。E-mail: zhaobjb@snnu.edu.cn

收稿日期: 2011-03-20; 收到修改稿日期: 2011-10-25

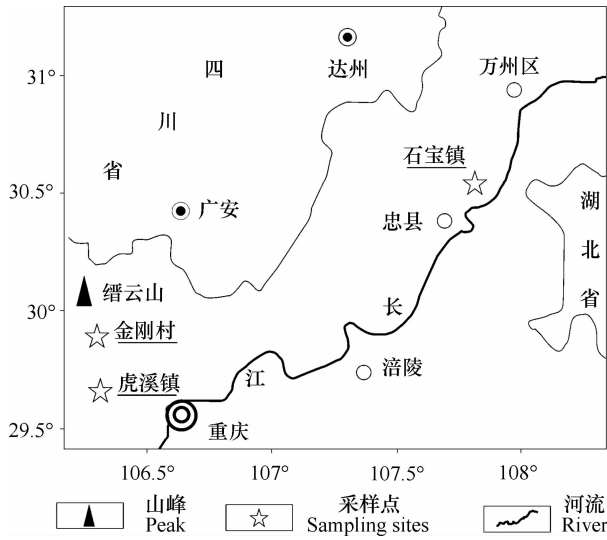


图1 重庆地区采样剖面位置

Fig. 1 Location of profiles collecting samples in Chongqing area

是土壤含水量最多的季节。研究区广泛分布的地层主要为侏罗系的紫色泥岩和部分砂岩。

矿物鉴定用 X-射线衍射法, 粒度成分分析用激光粒度仪分析法, 微结构和超微结构分别用光学显微镜和电子显微镜鉴定。

## 2 实验与观测结果

### 2.1 紫色土与紫色泥岩的矿物组成

虽然前人对紫色土黏土矿物进行过 X-射线鉴定, 但缺少定量的分析结果, 这不利于查明紫色泥岩易风化和紫色土易侵蚀的原因。为查明紫色土矿物成分及其来源, 我们对紫色土、紫色泥岩和黄壤剖面分别进行了 9、7 和 5 个样品的 X-射线衍射。由 X-射线衍射结果(表 1)可知, 紫色土矿物成分

表 1 重庆地区紫色土与紫色泥岩用 X-射线衍射获得的矿物含量

Table 1 Mineral content of purple soil and purple mudstone in Chongqing areas obtained by X-ray diffraction (%)

地点与土层 Site and soil layer	蒙脱石 Smectite	伊利石 Illite	绿泥石 Chlorite	石英 Quartz	长石 Feldspar	赤铁矿 Haematite	其他 Others
石宝镇紫色土	13.4 <sup>1)</sup>	13.3	5.7	28.3	33.0	3.1	3.4
Purple soil at Shibaotown	7~22 <sup>2)</sup>	12~15	3~11	23~36	25~37	3~4	3~5
虎溪镇紫色土	9.5	9.0	9.0	37.5	29.0	3.0	3.0
Purple soil at Huxi Town	7~12	8~10	7~11	35~40	27~31	3~3	3~3
石宝镇紫色泥岩	15.0	12.3	7.3	26.3	33.0	3.3	2.7
Purple mudstone at Shibaotown	14~16	12~13	6~8	22~31	30~35	3~4	3~4
虎溪镇紫色泥岩	9.3	14.8	11.8	30.0	28.8	3.5	3.0
Purple mudstone at Huxi Town	3~16	13~16	9~13	26~33	27~31	3~4	3~3
金刚村黄壤	7.8	9.4	10.4	50.4	19.4	1.8	3.0
Yellow earth at Jingang Village	3~13	8~12	5~14	35~65	11~28	0~3	3~3

1) 平均含量 Mean content; 2) 含量范围 Content range

以石英为主, 含量一般在 23%~40% 之间, 平均为 30.3%; 斜长石含量占第二位, 含量一般在 23%~32% 之间, 平均含量为 26.9%; 蒙脱石与伊利石含量占第 3 位, 两者含量相近, 分别在 7%~22% 之间和 8%~14% 之间, 平均含量分别为 12.6% 和 12.1%; 其他矿物少量。紫色泥岩矿物成分(表 1)也以石英为主, 含量一般在 22%~33% 之间, 平均为 28.4%; 斜长石含量占第二位, 一般在 17%~29% 之间, 平均含量为 23.3%; 蒙脱石与伊利石含量占第三位, 两者含量相近, 分别在 3%~16% 之间和 12%~16% 之间, 平均含量分别为 11.7% 和 13.7%。紫色土与紫色泥岩矿物成分非常接近, 表明紫色土的

矿物成分主要是从紫色泥岩继承来的。黄壤矿物成分与紫色土差异明显, 主要表现为黄壤石英含量高, 长石与黏土矿物含量低, 这主要是黄壤发育在花岗岩母质上决定的。由上可见, 紫色土与紫色泥岩矿物成分特点是石英含量低, 黏土矿物含量高。

### 2.2 紫色土与紫色泥岩的粒度成分

以往用传统方法对紫色土与紫色泥岩粒度成分进行过分析<sup>[1,3]</sup>, 但对重庆地区的紫色土与紫色泥岩粒度成分分析较少。为查明重庆地区紫色土与紫色泥岩粒度成分, 我们作了 11 个剖面 79 块样品的粒度分析。我们采用的粒度分级标准是小于

0.002 mm 的为胶粒, 0.002 ~ 0.005 mm 的为黏粒, 0.005 ~ 0.01 mm 的为细粉砂, 0.01 ~ 0.05 mm 的为粗粉砂, 0.05 ~ 0.10 mm 为极细砂, 0.10 ~ 0.25 mm 的为细砂, 0.25 ~ 0.50 mm 的为中砂, 0.50 ~ 2 mm 的为粗砂, 大于 2 mm 的为砾石。根据重庆忠县石宝镇新政村剖面(图 2)和沙坪坝区虎溪镇剖面(图 3)粒度成分分析结果可知, 紫色土(图 2 与图 3 剖面中的第 1 层)与紫色泥岩(图 2 与图 3 剖面中的第

2 层及以下各层)粒度成分非常接近, 粗粉砂平均含量一般在 20% ~ 35% 之间, 细粉砂平均含量一般在 12% ~ 20% 之间, 极细砂平均含量一般在 7% ~ 15% 之间, 黏粒平均含量一般在 20% ~ 25% 之间, 胶粒平均含量一般在 10% ~ 20% 之间, 细砂平均含量一般在 1% ~ 9% 之间。由于紫色土经历了地表的风化成壤作用, 其粒度成分较紫色泥岩略细。上述粒度分析表明, 紫色土与紫色泥岩主要由粉砂和黏粒组成。

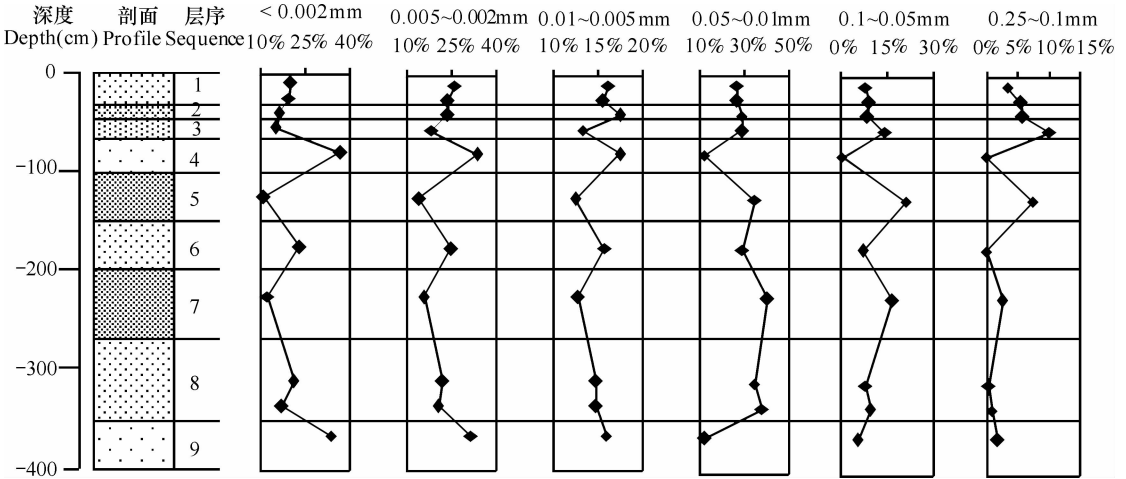


图 2 石宝镇新政村附近紫色土与紫色泥岩粒度成分含量

Fig. 2 Grain size content of purple soil and purple mudstone at Xinzheng Village in Shibao Town

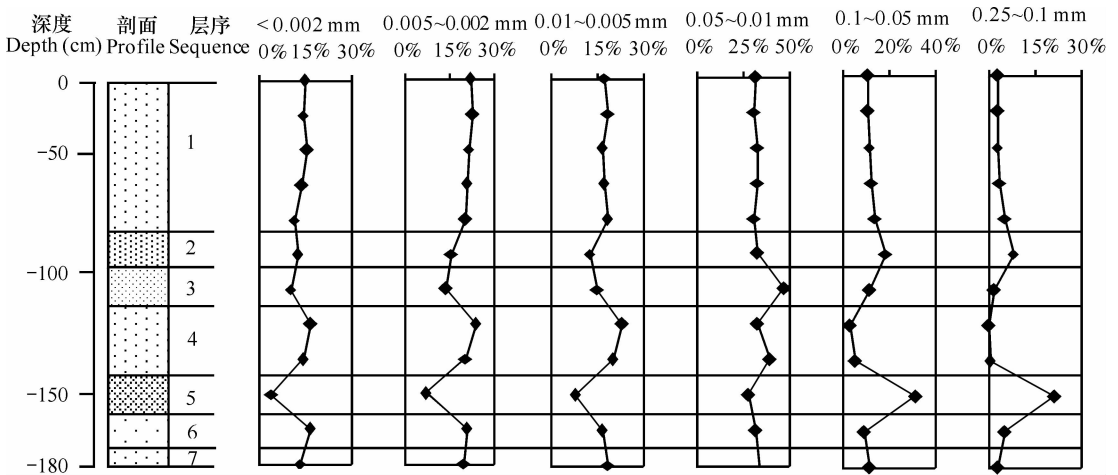


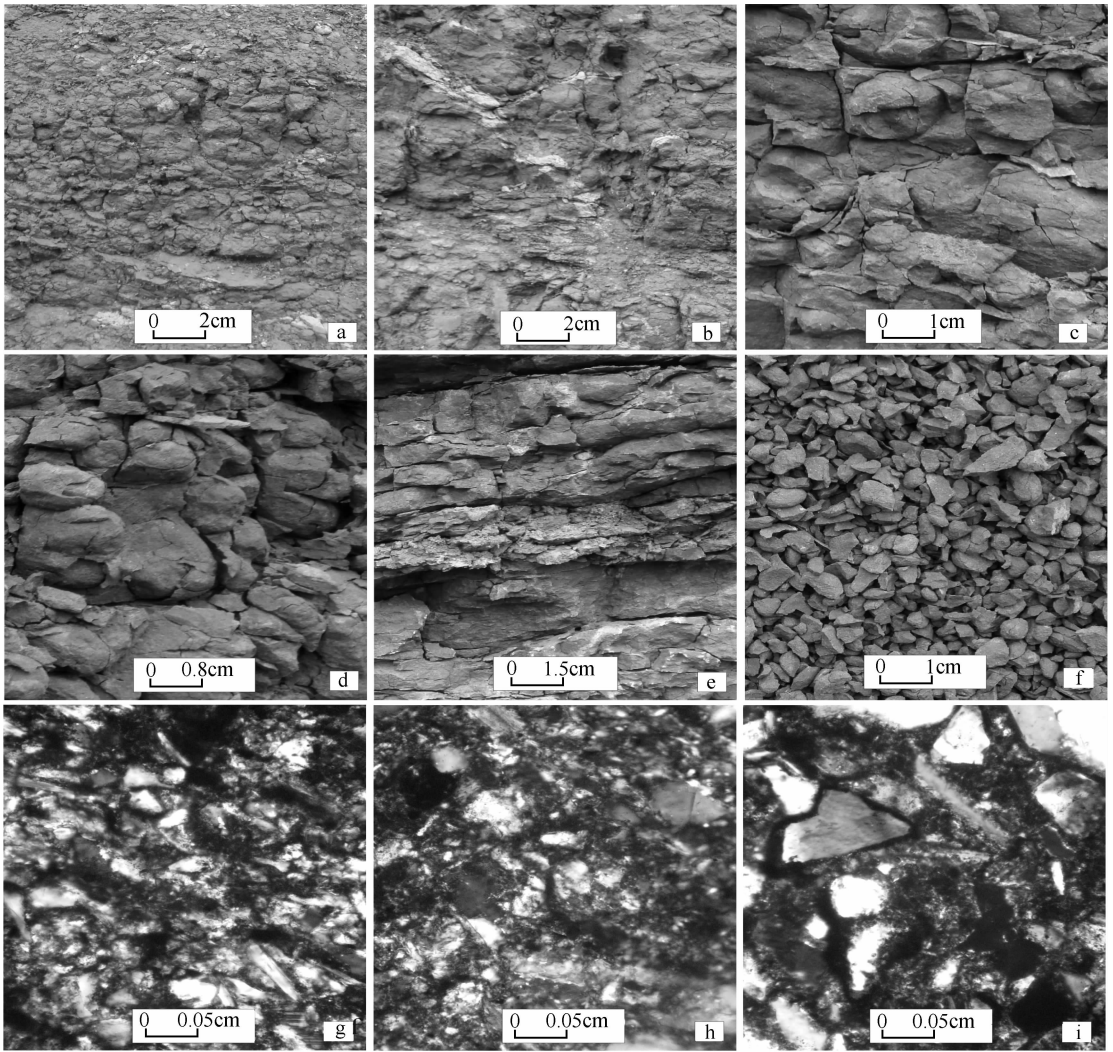
图 3 虎溪镇附近紫色土与紫色泥岩粒度成分含量

Fig. 3 Grain size content of purple soil and purple mudstone in Huxi Town

### 2.3 紫色泥岩的隐形微裂隙与胶结物

根据我们的野外调查, 重庆地区的紫色泥岩宏观裂隙非常发育(图 4a ~ e), 这为雨水入渗提供了通道, 促进了泥岩物理风化和化学风化的作用。野外深挖土层可见, 该区未受现代风化作用影响的紫色泥岩土体内部也有很多隐形裂隙存在。隐

形微裂隙在地表的发展是宏观裂隙的主要来源(图 4a ~ e)。隐形微裂隙不易识别, 在岩层表面看来无裂隙表现, 打开土体可见内部存在许多平整的裂隙面。这些裂隙面的表面平整、光滑的特性说明其在现代风化之前就已存在。隐形裂隙发育密集, 方向不定, 各个方向均有分布。隐形裂隙在敲击打开之



注：a, b. 虎溪镇红褐色泥岩中的裂隙；c. 虎溪镇褐色泥岩中黏土结核边缘的裂隙；d. 石宝镇紫色泥岩中黏土结核边缘的裂隙；e. 石宝镇紫色泥岩中平行与垂直于层理的为裂隙；f. 石宝镇泥岩风化碎块；g. 虎溪镇紫色泥岩的粒状接触胶结微结构；h. 虎溪镇紫色泥岩的粒状孔隙充填式胶结微结构；i. 石宝镇紫色泥岩粒状基底胶结微结构 Note: a, b. Cracks in the reddish-brown mudstone in Huxi Town; c. Cracks in the edge of clay concretion of brown mudstone in Huxi Town; d. Cracks in the edge of clay concretion of purple mudstone in Shibao Town; e. Cracks in the parallel and perpendicular bedding of purple mudstone in Shibao Town; f. Debris formed by weathering of purple mudstone in Shibao Town; g. The microstructures of purple mudstone present contact cement near Huxi Town; h. The microstructures of purple mudstone present block in pores near Huxi Town; i. The microstructures of purple mudstone present basement cement in Shibao Town

图 4 重庆地区紫色泥岩中的裂隙与微结构

Fig. 4 Cracks and microstructure of purple mudstone in Chongqing area

前看不出裂隙存在,受力和风化作用影响就易于裂开,形成张开的宏观裂隙。隐形裂隙是造成泥岩易风化破碎的重要原因之一。它受风化作用的影响并容易转变成泥岩表层的现代风化裂隙,从而加快了泥岩的破坏与崩落。由于隐形裂隙发育密集,在风化作用影响下土体易分割成为碎块状。成碎块状的泥岩更易为雨水浸入,崩解破碎更快,并在约 1 年时间内可破碎成 1~2 cm 的碎块(图 4f)。

隐形裂隙危害很大,它的发展导致了土体严

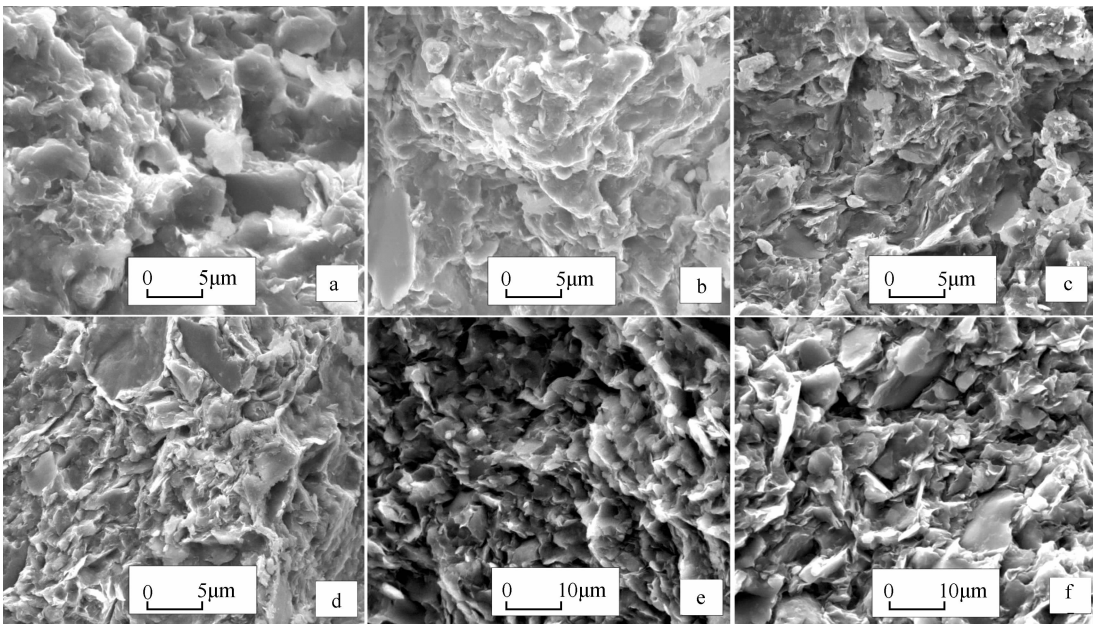
重破坏,造成崩塌、滑坡,而形成泥石流。其成因初步调查应有以下几种:一是泥岩沉积时化学物质成分不均一,在较粗粒成分与细粒成分各自聚集的土体之间产生隐形裂隙;二是泥岩含  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等胶体成分,胶体物质的失水收缩会产生隐形微裂隙;三是泥岩中含有较多的蒙脱石(表 1),它的遇水膨胀会产生大量隐形和非隐形的密集微裂隙。

化学胶结物的多少对岩石的抗风化能力起到了主要作用。X-射线衍射资料显示,泥岩中除个别

样品之外,一般不含方解石,表明泥岩缺少  $\text{CaCO}_3$  胶结物。泥岩中含有 3% 左右的赤铁矿,它是很好的胶结物,但其含量低,对泥岩的胶结较弱。我们通过显微镜下的观测可知,泥岩中起胶结作用的主体是细粒的黏土颗粒,化学胶结物很少,这是其易于受到物理风化和易受侵蚀的主要原因之一。显微镜下观察表明,紫色泥岩胶结物与微结构主要有以下 3 种。一是粒状接触胶结微结构(图 4g),胶结物以黏土级碎屑为主,胶结物含量少,呈线状分布在粗颗粒边缘或孔隙的边缘,此种结构不是紫色泥岩的主要微结构。二是粒状孔隙充填式胶结微结构(图 4h),胶结物充填在孔隙内,一般将孔隙充满,这种微结构是紫色泥岩最主要的微结构类型。三是粒状基底胶结微结构(图 4i),胶结物以黏土为主,有时含有一定量的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  胶结物,胶结物含量明显多于粗颗粒,呈较大面积分布,粗颗粒呈分散分布,互不接触,为黏土胶结物包围。这种微结构在紫色泥岩中也较常见。

## 2.4 紫色泥岩电镜下的微结构

观察得知,紫色泥岩电镜下的微结构与紫色土大不一样,主要有以下几种类型。一是不规则的微型块状结构(图 5a)。在这种结构中,泥岩主要由大量不规则状的微型黏土块构成,黏土块之间为微型裂隙。二是微型长柱状块状结构(图 5b)。在这种结构中,黏土块成柱状,表面光滑,黏土块之间为无定形的黏土胶结物,风化时易于沿裂隙裂开,并形成黏土块表面的光滑表面。在黏土块脱落后,留下许多凹槽与薄片状黏土胶结物。三是片状结构(图 5c, 图 5d)。泥岩成片状,各片之间为微裂隙分开,黏土片表面光滑。四是微型鳞片结构(图 5e)。此种结构也较常见。在这种结构中,可见泥岩由大量黏土粒级的鳞片构成,鳞片个体小,表面光滑,中间厚,四周薄,鳞片之间相互叠置,密集排列,鳞片之间微裂隙非常发育(图 5e),受风化作用影响时,鳞片易于剥落。除上述结构之外,有时还可见到片状结构与块状结构混合的结构(图 5f)。



注: a. 虎溪镇紫色泥岩的微型块状结构与光滑破裂面; b. 虎溪镇紫色泥岩中微型长柱状结构; c. 石宝镇北紫色泥岩中微型片状结构与光滑破裂面; d. 石宝镇新政村附近紫色泥岩中的片状结构; e. 石宝镇太平村紫色泥岩中的微型鳞片状结构; f. 石宝镇太平村紫色泥岩中的微型片状与块状混合结构, 光滑裂隙面发育  
 Note: a. Micro-block structure and smooth fracture surface of purple mudstone in Huxi Town; b. Tiny and elongated column structure of purple mudstone in Huxi Town; c. Miniature laminated structure and smooth micro-fracture plane of purple mudstone in Shibao Town; d. Laminated structure of purple mudstone near Xinzhen Village in Shibao Town; e. Miniature scaly texture of purple mudstone in Taiping Village of Shibao Town; f. Miniature laminated structure, blocky structure and smooth fracture surface of purple mudstone in Taiping Village of Shibao Town

图 5 重庆地区紫色泥岩的电镜结构

Fig. 5 Microstructure of purple mudstone under electronic microscope in Chongqing area

## 3 讨 论

### 3.1 粒度成分对紫色土侵蚀性的影响

泥岩粒度成分对侵蚀性的影响主要通过土壤结构和物理性质产生影响。土壤粒度成分适中,会使土壤产生更多的孔隙,能增加大气降水的入渗,削弱地表径流,减少地表径流的侵蚀<sup>[14]</sup>。泥岩中黏粒与胶粒含量较高,两者合计含量一般在30%~45%之间。黏粒与胶粒含量较高的土壤不利于大气降水的入渗,易于产生地表径流,加速了地表土壤的侵蚀。黄土地区的研究表明,黏粒含量高的土壤孔隙度低,粉砂含量高的土壤孔隙度高<sup>[15]</sup>,黏粒含量高的土壤渗透系数小,粉砂含量高的土壤渗透系数大<sup>[16]</sup>。粉砂含量增加黏粒减少会使较大的孔隙增多,使孔隙联通性增强,入渗的水增多,削弱了地表径流,减弱了土壤侵蚀。由于紫色土黏粒含量较高,孔隙度低且孔隙联通性较差,所以易于产生地表径流和土壤侵蚀。

### 3.2 紫色土成壤快的主要原因

紫色土成壤速度快,经过数年的时间,紫色泥岩就可以变为紫色土。过去认为这主要是因为紫色泥岩粒度成分细,并含有较多裂隙,易于风化破碎形成紫色土<sup>[3]</sup>。然而紫色泥岩是较强烈的风化产物经过搬运沉积成岩形成的,其矿物成分在地表是很稳定的,粒度成分也是稳定的。由此而论,泥岩在地表应当是较稳定的。泥岩易于成为紫色土的原因除了过去认为的因素之外,我们认为下面的因素起到了主要作用。一是紫色泥岩化学胶结物含量很少,胶结作用弱,造成岩层松软。X-射线衍射资料(表1)显示,研究区的紫色泥岩化学胶结物很少,一般只有3%左右 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 胶结物。如果泥岩含有较多的 $\text{CaCO}_3$ 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 胶结物,将能够大大提高抗物理风化的性能。二是作为紫色成壤母质的紫色泥岩为膨胀类岩石,这是造成泥岩能够很快转变成紫色土的最主要原因。紫色泥岩中含有7%以上的蒙脱石,有的超过了15%,使紫色泥岩具有弱至中等膨胀岩石的性质。紫色泥岩处在降水丰富的湿润区,干湿的频繁变化会导致泥岩的快速崩解和紫色土的形成。

### 3.3 紫色土膨胀性与抗蚀性

土体膨胀性主要是由蒙脱石引起的。按照膨胀性的强弱,可将土层分为弱膨胀土、中等膨胀土和强膨胀土,其膨胀率分别为4%~8%、8%~12%

和大于12%<sup>[9]</sup>。由上述泥岩X-射线衍射资料(表1)可知,紫色土中蒙脱石含量均大于7%,平均含量为12.26%,最大含量为22%。多数紫色泥岩样品蒙脱石含量也大于7%,少数低于7%。根据蒙脱石含量和膨胀性的不同,人们将蒙脱石含量在7%~14%之间的土层划分为弱膨胀土,将蒙脱石含量在14%~25%之间的土层划分为中等膨胀土,将蒙脱石含量大于25%的土层划分为强膨胀土<sup>[9]</sup>。由膨胀土等级划分标准可知,所研究的紫色土均属于膨胀土,多数为弱膨胀土,少数为中等膨胀土。紫色泥岩一般属于膨胀性岩石。膨胀土具有胀缩性,在降水多的地区,胀缩变化频繁,加快了土体破碎,削弱了抗侵蚀性。

### 3.4 紫色泥岩微型块状结构和微型片状结构形成原因

大量密集微裂隙的存在是紫色泥岩易于风化破碎的重要原因,也是紫色泥岩能够很快转变为紫色土的重要原因。查明紫色泥岩微型黏土块和密集裂隙产生的原因对深入认识紫色土的性质非常重要。微型块状结构中黏土块的形态能够为判断其成因提供有力的依据。在所观察到的微型块状结构和微型片状结构中,较多地呈现片状和不规则的块状(图5c~f),这些黏土块的形态与黏土围绕微小中心凝聚形成的原始黏土块通常呈球形和椭球形明显不同,显然它们不是直接凝聚沉积形成的。然而,从微型黏土块的规则分布和有时可见具有一定几何形态(图5b~f)判断,它们是由原始沉积的微球形黏土和椭球形黏土体经过挤压变形产生的。根据微型黏土块常有定向排列(图5b~f)可知,紫色泥岩的微型块状结构、微型片状结构和微裂隙主要是在成岩过程中受到挤压作用产生的或成岩之后受到挤压作用产生的,有些片状结构是沉积微层理受到了后期挤压产生的(图5a~d)。由于紫色泥岩的微结构和微裂隙不是在地表风化过程中产生的,所以深层的泥岩也同样具有这样的结构,即只要深部的泥岩出露于地表,就易于风化破碎和产生侵蚀。

## 4 结 论

1) 重庆紫色土和紫色泥岩蒙脱石含量大于7%,它们属于膨胀性土壤和岩石。多数紫色土和紫色泥岩为弱膨胀土,少数为中等膨胀土。膨胀变形是它们易于受到物理风化破碎和易于受侵蚀的主

要原因。

2) 在电镜下,紫色土以小块状胶结微结构或孔隙充填式胶结微结构为主,另有少量粒状接触胶结微结构和粒状块状胶结结构,胶结物以黏土为主,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>化学胶结物含量低,这是易于破碎的原因之一。

3) 紫色泥岩的超微片状结构、超微块状结构和密集微裂隙的发育是其抗蚀性弱的重要原因。成壤作用强的紫色土较成壤弱的紫色土抗侵蚀性强。

4) 紫色泥岩的微型块状结构与微型片状结构和密集微型裂隙主要是在成岩过程中产生的,是原始沉积形成的大量球形、椭球形黏土形态受到成岩过程中挤压作用的结果,而不是后期地表风化造成的,这决定了只要泥岩出露于地表,就易于风化破碎和产生水土流失。

5) 紫色土成壤速度快的主要原因是作为其母质的紫色泥岩具有膨胀性和其化学胶结物含量低和隐形微裂隙发育。降水较多和频繁的干湿变化也加速了土壤的形成。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 唐时嘉. 四川盆地红层的古风化壳. 土壤学报,1986,23(2): 163—170. Tang S J. Ancient weathering crust in red earth layer in Sichuan basin (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1986, 23(2): 163—170
- [ 2 ] 唐时嘉. 四川盆地红层古风化壳的地球化学特征. 地球化学,1987,16(1): 40—46. Tang S J. Geochemical characteristics of the ancient weathering crust in red earth layer in Sichuan basin (In Chinese). Geochimica, 1987, 16(1): 40—46
- [ 3 ] 四川农牧厅. 四川土壤. 成都: 四川科学技术出版社,1997. Department of Agriculture and Animal Husbandry of Sichuan Province. The soil in Sichuan (In Chinese). Chengdu: Science and Technology Press of Sichuan, 1997
- [ 4 ] 卜崇峰,蔡强国,程琴娟,等. 紫色土表土结皮发育特征的试验研究. 土壤学报,2007,44(3): 385—389. Bu C F, Cai Q G, Cheng Q J, et al. Development of soil crust on the surface of purple soil (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2007, 44(3): 385—389
- [ 5 ] 王玉宽,王勇强,傅斌,等. 紫色土坡面降雨侵蚀试验研究. 山地学报,2006,24(5): 597—600. Wang Y K, Wang Y Q, Fu B, et al. A study on the process simulation of soil erosion by rainfall on the purple soil slopes (In Chinese). Journal of Mountain Science, 2006, 24(5): 597—600
- [ 6 ] 王勇强,王玉宽,傅斌,等. 不同耕作方式对紫色土侵蚀的影响. 水土保持研究,2007,14(3): 333—335. Wang Y Q, Wang Y K, Fu B, et al. Study of soil erosion in areas of purple soil under various cultivation systems (In Chinese). Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(3): 333—335
- [ 7 ] 周德锋,雍国玮. 四川紫色土持水特性的研究. 西南农业大学学报,1991,13(2): 142—147. Zhou D F, Yong G W. Studies on moisture retention characteristics in the purple soils in Sichuan Province (In Chinese). Journal of Southwest Agricultural University, 1991, 13(2): 142—147
- [ 8 ] 何毓蓉,黄成敏. 四川紫色土退化及其防治. 山地学报,1993, 11(4): 209—215. He Y R, Huang C M. Purple soil degradation and its control in Sichuan Province (In Chinese). Journal of Mountain Science, 1993, 11(4): 209—215
- [ 9 ] 肖荣久. 陕南膨胀土及其灾害地质研究. 西安: 陕西科学技术出版社,1995: 14—36. Xiao R J. Study on the swelled ground and its disaster geology of Southern Shaanxi (In Chinese). Xi'an: Shaanxi Science and Technological Press, 1995: 14—36
- [ 10 ] Fedoroff N, Glodberg P. Comparative micromorphology of two Pleistocene palaeosols in the Paris Basin. Catena, 1982, 9: 227—251
- [ 11 ] Mandal U K, Rao K V, Mishra P K, et al. Soil infiltration runoff and sediment yield from a shallow soil with varied stone cover and intensity of rain. European Journal of Soil Science, 2005, 56: 435—443
- [ 12 ] Mishra A, Kar S, Singh V P. Prioritizing structural management by quantifying the effect of land use and land cover on watershed runoff and sediment yield. Water Resource Manage, 2007, 21: 1 899—1 913
- [ 13 ] Bhatt R, Khera K L. Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the submontaneous tract of Punjab, India. Soil & Tillage Research, 2006, 88: 107—115
- [ 14 ] 朱显谟. 维护土壤水库确保黄土高原山川秀美. 中国水土保持,2006,6(1): 6—7. Zhu X M. Maintain soil reservoir and insure mountains beautiful of the Loess Plateau (In Chinese). Soil and Water Conservation in China, 2006, 6(1): 6—7
- [ 15 ] 赵景波,牛俊杰,王娜,等. 长安少陵塬黄土含水条件与控制因素研究. 中国沙漠, 2007, 27(6): 955—959. Zhao J B, Niu J J, Wang N, et al. Moisture content of loess profile in Shaolingyuan in Chang'an of Shaanxi Province (In Chinese). Journal of Desert Research, 2007, 27(6): 955—959
- [ 16 ] 赵景波,张允,陈宝群,等. 陕西洛川中更新统下部黄土入渗规律. 土壤学报,2009,46(6): 965—972. Zhao J B, Zhang Y, Chen B Q, et al. Law of water infiltration of lower part of Middle Pleistocene loess in Luochuan of Shaanxi (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2009, 46(6): 965—972

## MATERIAL COMPOSITION AND MICROSTRUCTURE OF PURPLE SOIL AND PURPLE MUDSTONE IN CHONGQING AREA

Zhao Jingbo<sup>1,2</sup> He Xiubin<sup>3</sup> Shao Tianjie<sup>1</sup>

(1 College of Tourism and Environment, Shannxi Normal University, Xi'an 710062, China)

(2 State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, China)

(3 Chengdu Institute of Mountainous Calamity and Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610000, China)

**Abstract** Based on X-ray mineral identification, particle-size analysis, electron microscopic identification and field observation of purple soil and purple mudstone, mineral composition and particle size composition as well as susceptibility to erosion were studied. Results show that little difference was observed in mineral composition and content between purple soil and purple mudstone, which are both mainly composed of quartz and feldspar, plus Smectite-dominated clay mineral. They are all very close in particle size and consisted dominantly of fine silt and clay. The micro-structure of purple soil appears to be mainly of clasts with pores cemented, and some of granulars cemented through contact and of granular cemented with lumps. Clay played a key role in cementing, of which only about 3% was attributed to  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , chemical agglutinate. The microstructure of purple mudstone is characterized predominantly by miniature laminate structure and micro-lump structure, which take up the main part. The high smectite content indicates that both purple soil and purple mudstone are dilatable soils. Purple soil and purple mudstone frequently swell and shrink when the weather is humid, making them susceptible to physical weathering and erosion and their miniature block structure, miniature laminate structure and dense micro-pores are also important causes of its poor erosion resistance. These structures of the purple mudstone are mainly formed during the diagenetic process, as a result of the compression during the diagenetic process of the large amounts of spheric and ellipsoidal clays formed during primitive sedimentation.

**Key words** Chongqing area; Purple soil and purple mudstone; Dilatability; Miniature flake structure; Cause of erosion