

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

吕梁山中段晚二叠世早期 “紫斑泥岩”的物质成分及其成因

贾 炳 文

(山西矿业学院地质系)

一、本区紫斑泥岩的一般特征

吕梁山中段交城-古交区,二叠纪地层十分发育,主要为一套陆相泥砂质沉积,由下统山西组陆相含煤建造逐渐过渡为上统石千峰组紫红色砂泥岩建造。总厚 550 余米。

由交城水峪贯地区二叠纪地层简表(表1)可见,早二叠世早期山西组沉积时,无论岩性特征、植物化石及含煤性均属典型的泥炭沼泽相沉积;早二叠世晚期下石盒子组岩性中有机碳含量减少,几乎不含可采煤层,说明当时气候条件已由温暖潮湿逐渐转变为半潮湿性大陆气候,地层厚度各地变化不大,当时地表仍大致处于准平原化湖泊相环境;至晚二叠世早期,即上石盒子组沉积时,代表半干旱气候的杂色岩层逐渐增多,植物化石零星稀少,根本不含煤层。各地层厚、岩性和岩相均有较大的变化,表明当时陆地已开始缓慢上升,局部地区遭受风化和剥蚀,而在低

表 1 交城水峪贯地区二叠系层序简表

系	统	组	层 厚 (M)	主 要 岩 性 特 征
二 叠 系	上 统	石千峰组	38	紫红色砂质泥岩、含钙质结核
			47	紫红色泥岩、砂质泥岩，向上变为灰紫色中粒长石砂岩
			59	灰白、灰绿色长石质杂砂岩与灰紫色砂质泥岩互层
		上石盒子组	39	灰白、灰绿色含砾砂岩及灰绿色、紫红色砂质泥岩，含少量植物化石
			34	灰白色含砾粗砂岩，向上变为紫红色砂质泥岩
			27	紫红、黄绿色砂岩及砂质泥岩
			36	灰白色含砾砂岩，紫红色，灰绿色泥岩与紫斑泥岩互层
			31	灰色细砂岩，下部为灰绿色、紫红色砂质泥岩，含植物化石
			64	紫红色、灰绿色泥岩与紫斑泥岩互层，夹两层细砂岩，含植物化石
	下 统	下石盒子组	34	灰绿、灰黑色细砂岩夹砂质泥岩及铝土页岩
			44	灰色中细粒砂岩、灰黑色页岩、铝土页岩与灰色砂质页岩互层、含植物化石
			24	灰白色中细粒砂岩及灰色砂质页岩
		山西组	39	暗灰色砂质页岩、铝土页岩，顶部夹煤线，富含植物化石
			45	灰黑色砂质页岩，细砂岩，上下夹有可采煤层，富含植物化石

洼地带, 接受巨厚的泥砂质沉积; 晚二叠世晚期, 石千峰组沉积时, 岩性已大部分转变为紫红色砂泥岩, 几乎不含植物化石, 代表了极为干旱的大陆性气候。

正是在气候条件由半潮湿向半干旱转化的上石盒子组下部, 发育了大量的“紫斑泥岩”, 其中紫色斑块呈不规则的云朵状、团块状、蠕虫状, 散布于灰绿色粘土杂基中, 露头上十分醒目。这种紫斑泥岩, 剖面上常与灰绿色泥岩及紫红色泥岩相互过渡, 且多次重复, 代表了当时气候条件、古地理环境及水动力状态周期性的变异。在上石盒子组下部, 紫斑泥岩约占 $1/4$ 左右, 其中紫斑的数量约占岩石的 $1/4-1/2$ 不等, 分布也不均匀, 一般向灰绿色泥岩过渡时, 紫斑减少, 紫斑增多则过渡为紫红色泥岩。紫斑与周围粘土杂基之间的界限一般比较清楚。紫斑的分布与岩石中节理裂隙系统没有明显的关系。

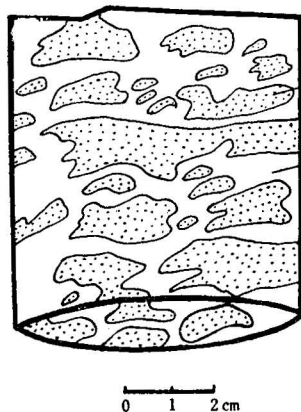


图 1 古交区钻孔中上石盒子组紫斑泥岩岩芯, 紫斑在灰绿色粘土杂基中分布状态及形态特征素描图
灰绿色粘土杂基(空白); 紫色斑块(细点)

由交城水峪贯地区紫斑泥岩的磨光面和古交区紫斑泥岩的岩芯标本素描图(图 1)可见, 紫斑在岩石中呈大小不等的不规则团块, 大可达 $3-5\text{cm}$, 小仅 $1-2\text{mm}$, 平行层理略呈定向分布。外观呈云朵状、蠕虫状或不规则条带状, 多具分叉或撕裂的边缘, 显示出它们在半塑性或半固结状态下, 被水流冲刷、破碎、扭动和拖曳的特征¹⁾。此外在某些紫斑泥岩的磨光面上, 发现有的紫斑中央部分呈鲜红色(主要由赤铁矿和粘土组成), 而边缘部分由于铁质淋滤和扩散变成棕褐色(主要由褐铁矿和粘土组成)。

作者对紫斑泥岩进行了系统的采样, 并在室内作了薄片观察、化学分析和矿物学研究, 发现其中紫斑部分及其周围的灰绿色粘土杂基, 无论在化学成分还是矿物成分上都具有一定的差异, 现分述如下:

(一) 薄片观察

对交城及古交区紫斑泥岩的露头标本及钻孔岩芯, 磨制了不同方向的 10 个薄片, 进行了详细的观察。镜下, 岩石呈团块状构造, 其中紫色斑块呈泥质胶状结构(照片 1), 主要由近乎不透明的铁染粘土矿物组成; 而灰绿色粘土杂基部分, 为无色至浅黄色, 呈显微鳞片粒状结构(照片 2), 主要由 $<0.001\text{mm}$ 的水云母粘土矿物鳞片状集合体组成, 并混有 $10-35\%$ 的棱角一次棱角状石英、长石碎屑, 大小在 $0.01-0.5\text{mm}$ 之间; 水云母呈低正突起、平行消光、负延性。紫斑与粘土杂基之间的界线一般都很清楚(照片 1, 3), 有时也呈过渡状(照片 4)。在垂直层理的薄片上, 可见塑性或半塑性紫红色泥质团块(即紫斑), 在水流的冲刷、牵引和拖曳下形成不规则的拉长形态(照片 3)。

(二) 化学分析及光谱半定量分析

将水峪贯地区上石盒子组下部的紫斑泥岩, 用连续拣块法取样 3 公斤, 在室内将紫斑与灰绿色粘土杂基分别选纯, 粉碎后分别过筛、缩分, 取 $<0.05\text{mm}$ 的粉末样品 5 克, 进行了化学全分析和光谱半定量分析。现将分析结果列于表 2, 3 中。

表 2 两个样品中, Al_2O_3 , SiO_2 , H_2O^+ 总量均在 85% 以上, 说明岩石中主要由石英、长石及粘土矿物组成, 其中紫色斑块 Fe_2O_3 含量高出灰绿色粘土杂基约 2.5 倍, 说明紫色斑块富含赤铁矿(部分褐铁矿)所致。与镜下鉴定相对照, 灰绿色粘土杂基中 FeO , CaO , MgO , MnO , K_2O 含量略高于紫色斑块, 说明其中粘土矿物除水云母外, 可能还混有较多的蒙脱石和绿泥石。

由表 3, 紫色斑块与灰绿色粘土杂基中所含微量元素略有差别, 前者不含 Co 而含 P 略低,

¹⁾ 罗正华, 1977, 南京地区上青龙组沉积特征及其与蒸发盐矿床的关系。地质科技, 第 4 期。

表 2 化学全分析结果

氧 化 物	紫 色 斑 块 (重量%)	灰绿色粘土杂基 (重量%)
SiO ₂	62.45	65.19
Al ₂ O ₃	20.18	21.98
TiO ₂	0.81	0.86
Fe ₂ O ₃	8.16	3.31
FeO ₂	1.17	1.24
CaO	0.43	0.52
MgO	0.37	0.49
MnO	0.044	0.20
K ₂ O	0.50	0.70
Na ₂ O	0.20	0.20
CO ₂	0.096	0.064
H ₂ O ⁺	5.56	5.66
总 计	99.97	100.41

表 3 光谱半定量分析结果

微 量 元 素	紫 色 斑 块 (%)	灰绿色粘土杂基 (%)
Pb	≤0.001	—
Zn	—	—
Cu	0.005	0.003
Ag	0.0001	0.0001
Ni	≤0.001	<0.001
Co	—	<0.001
Cr	0.001	0.001
V	0.005	0.003
Be	<0.0001	—
Ga	<0.001	<0.001
Zr	0.003	0.003
S	0.004	0.004
P	0.029	0.048

(据山西冶金勘探公司化验室)

后者不含 Pb, Be, 而含 Cu, V 略低。说明紫斑泥岩中这两部分物质来源和生成条件略有差异。

(三) 碎屑矿物鉴定

取水峪贯地区紫斑泥岩中紫色斑块与灰绿色粘土杂基粉碎样品中<0.05mm 的粉末, 用瓷皿淘洗, 冲去其中粘土质点, 取其中粉砂样品, 分别用三溴甲烷进行了重液分离, 获得的轻重矿物分别称重, 并作了油浸法鉴定, 发现两部分样品中轻重矿物的含量、矿物种属以及各种矿物的标型特征均有一定的差异, 现分述如下:

1) 轻矿物部分: 紫色斑块部分轻矿物占 98.3%, 而灰绿色粘土杂基部分轻矿物占 99.6%。在显微镜下用计数法统计, 将两部分样品中轻矿物的含量、种属及其标型特征列于表 4。

2) 重矿物部分: 紫色斑块部分, 重矿物占全部粉砂级的 1.7%, 矿物成分除大量的赤铁矿、褐铁矿外, 还有钙铝榴石、铁铝榴石、锆英石、黑云母等; 而灰绿色粘土杂基中、重矿物占全部粉砂级的 0.4%, 矿物成分除少量赤铁矿、褐铁矿外, 主要有钙铝榴石、黑电气石、锆英石等(主要重矿物特征见照片 5—8)。现将两部分样品中重矿物相对含量及其标型特征列于表 5。

表 4 紫斑泥岩粉砂样品中轻矿物含量及其标型特征

轻 矿 物	紫 色 斑 块		灰 绿 色 粘 土 杂 基	
	含量%	标 型 特 征	含量%	标 型 特 征
石 英	55.2	次棱角状, 次圆状, 含较多的(液包裹体	69.5	次棱角状、包裹体较少
正 长 石	20.6	不规则棱角状, 表面风化呈土状、低负突起、有时具卡氏双晶	14.3	表面风化更为强烈, 其他同左
酸性斜长石	15.1	不规则棱角状, 大部分绢云母化、低正突起, 有时具聚片双晶	16.2	绢云母化更为强烈, 其他同左
微斜长石	9.1	棱角—次棱角状, 表面风化呈土状、低负突起, 具格子双晶	无	

表 5 紫斑泥岩粉砂部分重矿物含量及其标型特征

重 矿 物	紫 色 斑 块		灰 绿 色 粘 土 杂 基	
	含量%	标 型 特 征	含量%	标 型 特 征
赤铁矿、褐铁矿*	大量	不透明粒状	少量	不透明粒状
钙铝榴石	25	无色-淡黄色, 棱角状, $N = 1.731$, 均质体	48	淡黄色, 棱角状, 均质体
铁铝榴石	15	红褐色, 不规则粒状, 有异常干涉色, $N > 1.74$	无	
锆英石	16	无色-淡黄色, 具双晶的柱状, 含金红石包裹体, 平行消光, 极高突起	21	无色, 具双锥的柱状, 包裹体甚少
镁电气石	5	柱状, $N_o =$ 棕绿, $N_e =$ 无色, 高正突起, 平行消光	无	
黑电气石	8	浑圆柱状, $N_o =$ 黑色, $N_e =$ 淡红褐色, 高正突起, 平行消光	10	光性同左
透辉石	6	无色柱状, 解理发育, $C \wedge Ng = 41^\circ \pm$	7	光性同左
透闪石	9	无色不规则柱状, $C \wedge Ng = 15^\circ$	6	光性同左
黑云母	10	淡黄色, 不规则鳞片状	8	光性同左
蓝晶石	3	无色-淡蓝色柱状, 沿两组解理风化较烈, 消光角 $30^\circ \pm$, 二轴负晶, $2V$ 很大	无	
黝帘石	3	无色柱状, 解理不甚发育, 高正突起, 干涉色异常, 平行消光二轴正晶, $2V$ 极小	无	

* 赤铁矿、褐铁矿未统计在百分含量内。

由表 4、表 5 可见, 水峪贯地区紫斑泥岩中紫色斑块与灰绿色粘土杂基的碎屑矿物相比较, 前者轻矿物中石英、酸性斜长石含量略低, 正长石含量略高, 并混有一定数量的微斜长石, 同时石英中气液态包裹体较多, 长石风化略轻。在重矿物中, 两部分除共同含有不等量的赤铁矿、褐铁矿、钙铝榴石、锆英石、黑电气石、透辉石、透闪石外, 紫斑部分矿物成分更为复杂, 还含有灰绿色粘土杂基中缺乏的铁铝榴石、镁电气石、蓝晶石、黝帘石等, 表明其物质成分部分来自变质岩区^[1]。

(四) 粘土矿物鉴定

将交城水峪贯地区紫斑泥岩中紫色斑块和灰绿色粘土杂基分别粉碎, 用沉速法(沙巴宁法)获得其中 $< 0.001\text{mm}$ 的粘土微粒, 分别进行了油浸法鉴定、差热分析、X 射线粉晶衍射分析、电子显微镜研究, 现分述如下:

1. 油浸法鉴定:

用沉速法吸取 $< 0.001\text{mm}$ 的悬浮液, 置于玻璃皿上静置烘干, 形成粘土薄膜, 大致平行 (001) 晶面定向排列, 用小刀轻轻刮取小片粘土薄膜, 在显微镜下用油浸法进行了鉴定, 镜下粘土薄膜呈无色至淡黄色, 平行 (001) 的切面为全消光, 垂直 (001) 的切面干涉色可达二级蓝绿, 平行消光、负延性。紫色斑块的粘土薄膜实测折光率为 $Ng = 1.564$; $Np = 1.537$; $Ng - Np = 0.027$ 。灰绿色粘土杂基的粘土薄膜实测折光率为 $Ng = 1.570$; $Np = 1.539$; $Ng - Np = 0.031$ 。根据光性特征及实测折光率, 二者均属水云母。但在部分粘土薄膜中, 折光率偏低, 重折率偏高, 似有蒙脱石混入。

2. 差热分析:

将紫色斑块和灰绿色粘土杂基的 $< 0.001\text{mm}$ 的粘土微粒, 分别作了差热分析。实验条件:

升温速度 15℃/分，最高温度 1100℃，热电偶为镍铬-镍铝丝，中性体为 Al₂O₃。两个样品的差热曲线如图 2。

图 2 中，R₁、R₂ 两个样品均在 160℃，640℃ 有两个明显的吸热谷，在 240°，820°，920℃ 有三个不太明显的吸热反应，而在 960℃ 及 1000℃ 有两个明显或不太明显的放热反应，说明两个样品均非由单一的粘土矿物组成^[2]。但从 160℃，640℃ 及 920℃ 三个吸热谷判断，似乎主要由水云母组成。而从 160℃ 吸热谷的温度偏高，640℃ 吸热谷范围宽阔而强烈的特点，反映了两个样品均有少量绿泥石和蒙脱石的混入，特别是样品 R₂ 的差热曲线上 820℃ 的吸热反应及其后紧接着的放热反应，使水云母 920℃ 的吸热效应变得极不明显，很可能是由于蒙脱石含量较高而使曲线受到干扰所致^[2]。两个样品中 240℃ 左右的吸热反应，可能由于针铁矿的混入物引起。总之，由差热曲线反映，紫色斑块部分与灰绿色粘土杂基部分，粘土矿物主要是水云母，并混有不等量的绿泥石、蒙脱石和针铁矿。而灰绿色粘土杂基部分，蒙脱石混入物含量较高。

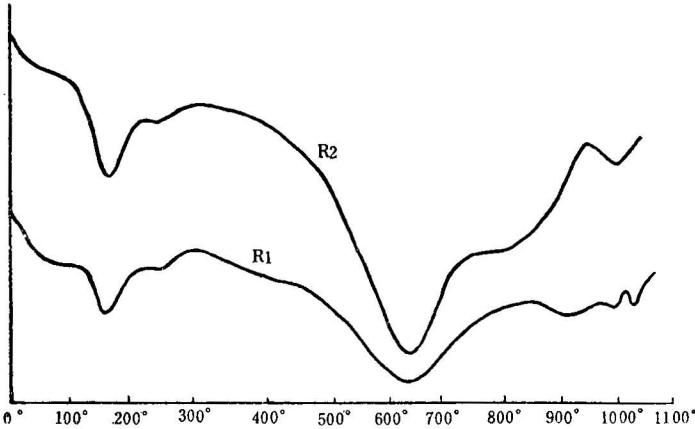


图 2 紫斑泥岩中紫色斑块内粘土部分(R₁)与灰绿色粘土杂基内粘土部分(R₂)的差热分析曲线(据北京大学地质系)
R₁ 紫色斑块中粘土样品；R₂ 灰绿色粘土杂基中的粘土样品

3. X射线粉晶衍射分析:

将紫色斑块与灰绿色粘土杂基<0.001mm的粘土样品，分别进行了X射线粉晶衍射分析。实验条件：Cu 靶，发散狭缝 1°/2，接收 0.4mm，电压 36kv，电流 20mA。现将两个样品的粉晶衍射数据，即面网间距d(Å)及强度 I 值列于表 6。

表 6 紫斑泥岩粘土微粒X射线粉晶衍射数据

紫 色 斑 块 中 粘 土 微 粒				灰 绿 色 粘 土 杂 基 中 粘 土 微 粒			
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
12.30	21	2.25	4	13.92	20	2.53	21
9.83	63	2.17	2	9.89	50	2.46	60
7.10	17	2.16	20	6.92	15	2.42	26
4.60	25	1.98	30	5.05	30	2.31	2
4.44	78	2.08	3	4.67	20	2.14	25
4.26	39	1.85	5	4.46	85	2.09	3
3.51	11	1.81	10	4.40	39	1.99	28
3.32	100	1.72	16	4.35	17	1.84	6
3.31	71	1.68	18	3.31	80	1.70	19
3.05	26	1.66	19	3.22	5	1.68	8
2.67	4	1.65	13	3.03	20	1.65	16
2.56	67	1.63	16	2.68	5	1.57	28
2.45	80	1.56	28	2.61	25	1.52	5
2.43	7	1.50	26	2.56	80	1.49	25

(据北京大学地质系)

由表 6, 紫斑部分和灰绿色粘土杂基部分均有较强的水云母特征谱线 (如 $d=9.83, 9.89, 4.44, 4.46; 3.32, 3.31; 2.45, 2.56$ 等)。另有绿泥石的特征谱线 (如 $d=4.60, 4.67; 1.98, 1.99; 1.56, 1.57$ 等) 和针铁矿的特征谱线 (如 $d=3.05; 2.16, 2.14; 1.72, 1.70$ 等)。说明两个样品中除水云母外, 还混有一定量的绿泥石和针铁矿。此外在灰绿色粘土杂基中, 还出现较多的蒙脱石特征谱线 (如 $d=13.92; 5.05; 2.53; 3.03; 1.49$ 等), 说明在灰绿色粘土杂基中, 还混有多量的蒙脱石, 这与差热分析的结果基本吻合。

4. 电子显微镜照片解释:

将紫斑部分和灰绿色粘土杂基部分的粘土微粒, 分别制成悬浮液, 在电子显微镜下放大至 8000 倍或 26000 倍并摄成照片 (拍摄条件: $M=3; H.V=80; I=36$)。

由两个样品的电子显微镜照片 9、10、11 可见, 粘土矿物大多呈不规则的鳞片状、长条状集合体, 边缘轮廓清楚, 证明绝大部分由水云母组成^[3]。灰绿色粘土杂基样品的放大照片 11 中, 隐约见到鹅毛状、鳞片状轮廓不清晰的晶体, 可能为蒙脱石^[3]。

根据以上分析鉴定, 证明交城水峪贯地区紫斑泥岩中的粘土矿物, 主要由水云母组成, 同时不同程度地混有绿泥石、针铁矿和蒙脱石。灰绿色粘土杂基部分, 蒙脱石的含量较多, 反映当时水盆地的沉积条件由中性向弱碱性转变^[3]。

二、紫斑泥岩成因的初步讨论

从紫斑泥岩所处的地质剖面位置, 上下岩层的接触关系, 露头及钻孔岩芯的观察, 薄片鉴定, 化学分析以及矿物成分的详细研究, 均证明它是在特殊的古气候条件、古地理环境和水动力条件下沉积而成。

从交城和古交地区剖面及钻孔岩芯的观察, 紫斑泥岩大量出现在下石盒子组灰绿色地层的上部, 上石盒子组紫红色地层的下部, 代表由早二叠世晚期半潮湿性大陆气候的准平原化湖泊相逐渐向晚二叠世半干旱性大陆气候局部受冲刷的河流湖泊相过渡, 后者突出地表现在上石盒子组厚度变化较大, 含砾砂岩及紫红色岩层的比例增加及植物化石大量减少上。

晚二叠世初期, 由于造陆运动, 地壳缓慢上升, 局部地区特别是毗邻吕梁山古老变质岩隆起地带高出水面, 气候也开始变得干旱, 正是在这种半干旱气候条件下, 古老变质岩系包括其中变质铁矿层长期遭受风化和剥蚀, 产生大量泥砂质碎屑及铁质风化壳, 其中高价铁的氧化物 (Fe_2O_3) 和氢氧化物 ($\text{Fe}_2(\text{OH})_3$) 呈胶体薄膜状态附着于细粉砂颗粒的周围在腐植质的保护下经流水的携带, 以悬浮状态长期被搬运, 直至流入低洼的湖泊地带, 这些富含粉砂质点的带正电荷的铁质胶体与湖水中大量悬浮的带负电荷的粘土胶体相结合, 由于电荷中和发生凝聚而下沉, 结果形成富含高价铁的紫红色软泥沉积物。此后, 由于古地理环境的改变, 如湖泊的局部隆起, 河流的改道, 水动力条件的变化等, 使湖底早先沉积的半塑性的紫红色软泥, 在波浪的冲刷和搅动下, 或浅水浊流的影响下, 被重新搅动掀起, 形成大小不等的紫红色软泥团块, 并与湖泊中大量悬浮的泥砂物质掺和在了一起, 就近重新堆积而成紫斑泥岩。当然, 在沉积过程中, 由于水体的流动和震荡, 使这些半塑性的软泥团块, 不断地受到破裂、变形、和拖曳, 最后沉积成各种大小不等的, 具有分叉和撕裂边缘的、云朵状、蠕虫状或不规则条带状的紫色斑块。紫斑总体分布大致与层理平行。

在紫红色泥岩与紫斑泥岩沉积之后, 水盆地趋于平静, “异地”来源的含铁悬浮物质大为减少, 盆地中只沉积灰绿色泥岩或粉砂岩。因此, 上石盒子组剖面的下部, 紫斑泥岩、紫红色泥岩与灰绿色泥岩及粉砂岩常密切共生相互过渡。由于当时气候和古地理条件周期性的变异, 导致紫斑泥岩在地层剖面上的多次重复。

如上所述, 紫斑泥岩中的灰绿色粘土杂基, 主要是沉积盆地本身及其附近泥砂物质“就地”堆积而成, 它们在水体中经过长期的化学分解, 使其中不稳定组分及重矿物的含量大大减少, 只保留石英、正长石、石榴石、锆英石、电气石等稳定矿物, 同时由于介质条件由中性向弱碱性转化, 致使其中水云母局部转化为蒙脱石^[3]。另外紫斑泥岩中的紫色斑块, 物质成分主要来自远离沉积盆地的吕梁山古老变质岩隆起地带。因此, 除其中混有沉积盆地本身的泥砂物质外, 必然含有来自变质岩地区的陆源矿物, 如微斜长石、蓝晶石、黝帘石、镁电气石及大量铁矿物。

应该指出, 关于紫斑泥岩的成因, 武汉地质学院煤田专业曾对河南禹县同类岩石作了一定的研究¹⁾。他们正确地指出, 紫斑的形成代表了半干旱气候条件, 其分布与岩层节理裂隙无关; 并指出, 紫斑部分富含赤铁矿呈凝聚团块状, 其中粘土矿物主要为水云母, 这些都与作者对交城-古交区紫斑泥岩所作的研究结果基本一致。遗憾的是, 他们未将紫斑泥岩中紫色斑块与灰绿色粘土杂基分别进行研究, 只是将紫色泥岩与灰绿色泥岩的化学分析结果, 简单地进行了对比, 得出紫斑泥岩中灰绿色部分是高价铁被有机物局部还原成低价铁的推论, 显然这一推论值得商榷。

综上所述, 根据紫色斑块形态和产状, 表明它是在特定的水动力条件下由紫红色软泥团块与泥砂物质相互掺和就近重新堆积的产物, 没有发现成岩作用过程中物质重新聚集和改造的明显标志。紫色斑块与灰绿色粘土杂基, 无论在化学成分、矿物成分以及重矿物的种属和含量上, 两者均有较明显的不同, 因而排除了紫色斑块由成岩作用形成的可能。当然, 在晚期风化条件下, 由于部分铁质的淋滤和扩散, 有时可使紫色斑块与周围灰绿色粘土杂基之间的界限变得模糊不清。

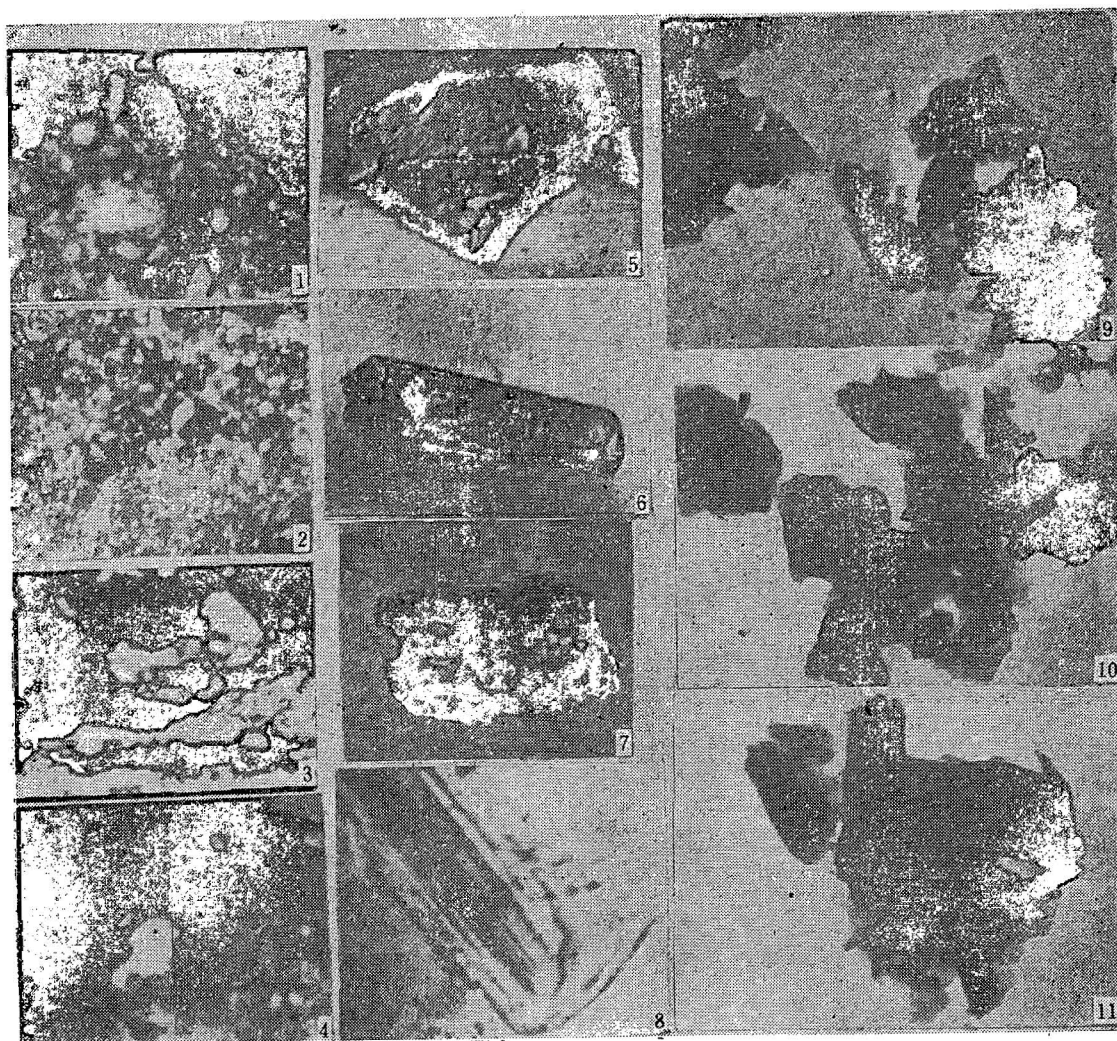
本文, 对紫斑泥岩的物质成分作了较系统的研究, 对它的形成条件作了初步的探讨, 不妥之处, 欢迎批评指正。

本文由北京大学地质系、山西冶金地质勘探公司提供了有关测试数据, 谨致谢意。

参 考 文 献

- 〔1〕 巴图林В. П., 1963, 根据陆源组分研究地史的岩石学方法。中国工业出版社。
- 〔2〕 Чухров, Ф. В., 1955, Коллоиды в земной коре. Издательство АН СССР Москва.
- 〔3〕 谢德列茨基И. Д., 1957, 胶体分散矿物学 科学出版社。

¹⁾ 武汉地质学院煤田专业, 1975, 河南禹县晚古生代含煤地层的划分。地质科技资料 (武汉地质学院情报室), 第3期。



1. 紫斑泥岩中紫斑（黑色）与周围粘土杂基（浅色）界限清楚；2. 紫斑泥岩粘土杂基呈显微鳞片粒状结构；3. 紫斑泥岩垂直层理可见紫斑（黑色）受流水冲刷，拖曳而不规则拉长；4. 紫斑泥岩紫斑（黑色）与粘土杂基（浅色）呈过渡关系（1—4. 单偏光 10×10 ）；5. 泥岩紫斑中的钙铝榴石；6. 泥岩紫斑中的镁电气石；7. 泥岩紫斑中的蓝晶石；8. 泥岩紫斑中的透闪石（5—8. 单偏光 10×40 ）；9. 泥岩紫斑部分粘土样品电子显微镜照片（ $\times 8000$ ）；10. 泥岩灰绿色粘土杂基部分粘土样品电子显微镜照片（ $\times 8000$ ）；11. 泥岩灰绿色粘土杂基部分粘土样品放大的电子显微镜照片（ $\times 25000$ ）；（9—10. 据北京大学电子显微镜室）