黄土高原内部松散沉积层中未固结构造岩显微结构*

朱照宇　　刘东生

（中国科学院地球化学研究所广州分部，广州 510640；
中国科学院西安黄土与第四纪地质开放研究实验室，西安 710061）

关键词　活断层、未固结构造岩、显微结构

黄土高原内部松散层中存在着两大类破裂形迹，一类为外动力作用形成的土体原生节理、次生风化-卸荷节理、湿陷节理、重力滑坡-滑塌-崩塌节理与断裂，称之为非构造破裂；另一类为内动力作用形成的构造节理、劈理、片理和活断层，称之为活动构造破裂。非构造破裂分布局限，具随机性，平、剖面形态不规则，密度大但延伸不远，除滑坡断裂外，破裂面一般无应力作用特征而略显张开性质；活动构造破裂具明显区域系统性，其延伸长、规模大、方向性、平剖面组合形态、配套网络均与地壳应力场具有成生联系，并有明显位错及裂面应力应变特征，从而形成各类未固结构造岩。

对于活断层的显微结构研究，近二十年来逐渐引起人们重视。以往多侧重于断层泥及其石英颗粒的研究，而对于不同岩性松散沉积层构造岩的显微动力学、运动学特征极少系统研究报道，尤其是对于"稳定"黄土高原内部的研究更少。本文仅以内力作用下活动构造岩的系统显微结构特征，阐明黄土高原所遭受的构造动力形式及其在松散沉积中所能留下的痕迹。

一、构造岩采样点及其活动断层一般特征

样品采自甘肃、宁夏、陕西、山西不同时代（上新世-全新世）、不同岩性（红粘土、砂砾、粉砂、粘土、黄土与古土壤）和不同活动性质（正、逆、平移、开断层及过渡型）的活断层。数十个样品均在野外定向并加固包装，室内用环氧树脂配三乙醇胺将其胶结固化成"岩"。每一样品均切制了三块相互垂直的薄片，供光学显微镜观察研究，另挑选了部分样品取其自然断面作扫描电镜分析。表 1、图 1 列举了部分典型地区采样点及其所在活断层一般特征。除了 06、08、09、40、42号样采自汾渭地堑断裂系和 12、15、28 号样采自陇西活动构造外，其它样均采自黄土高原内部新发现的活断层[1]。

二、显微结构与构造

1. 上新世红粘土　纵贯高原中部的子午岭一线的红粘土中发育了大量压、张剪性断层。红粘土构造岩具碎裂结构与组构定向构造。其中长石、云母、石英、方解石、显微钙结核均呈定

本文 1990 年 5 月21日收到。
* 本文得到中国科学院西安黄土与第四纪地质开放研究实验室资助。

表 1　采样点活动断层及构造岩特征

样号	活断层地点	断层产状	上盘地层	下盘地层	运动性质	构造岩原岩	构造岩类型
01	甘肃子午岭黄土梁	70°∠65°	K、N_2	Q_1砂	左旋逆冲-平移	红粘土	压碎岩
02	(同上)	150°∠65°	K、N_2	午城黄土	右旋逆冲-平移	红粘土	碎裂岩
06	山西大同地堑边部	300°∠70°	Q_1 玄武岩	N_2	右旋正-平移	红粘土	碎裂岩
08	山西临汾地堑边部	300°∠37°	午城黄土	N_2、D	右旋正-平移	红土	角砾岩
09	陕西宝鸡黄土塬边	190°∠60°	N_2	Q_1、黄土	右旋平移-逆冲	第四纪砂砾	压碎岩
12	甘肃兰州黄河阶地	200°∠87°	Q_3	Q_3	张开	第四纪砾	碎裂岩
15	宁夏中宁黄河阶地	100°∠40°	Q_4	N_2	左旋平移-正	第四纪砂	碎裂岩
16	宁夏甜水堡丘陵	155°∠65°	离石黄土	离石黄土	左旋逆-平移	砂质黄土	碎裂岩
17	陕西延安黄土峁	250°∠68°	马兰黄土	马兰黄土	正	黄土	碎裂岩化
18	陕西洛川黄土塬	280°∠70°	S_5 土壤	L_9 黄土	右旋平移-正	黄土、古土壤	碎裂岩化
19	甘肃子午岭黄土梁	150°∠67°	N_2	午城黄土	右旋逆冲-平移	黄土	压碎岩
20	(同上)	290°∠80°	午城黄土	N_2	右旋正-平移	黄土	碎裂岩
21	(同上)	250°∠68°	L_5 黄土	Q_1 砂砾	左旋正-平移	黄土	碎裂岩化
28	甘肃兰州黄土台地	0°∠85°	S_1 土壤	马兰黄土	左旋平移-逆冲	黄土	碎裂岩化
33	陕西洛川黄土塬	75°∠50°	T、N_2	Q_1、Q_4	左旋平移	第四纪粘土	糜棱岩
34	(同上)	285°∠57°	Q_1、Q_4	T、N_2	右旋正-平移	第四纪粘土	糜棱岩化
35	陕西甘泉黄土塬	40°∠70°	Q_1、Q_2	J、N_2	左旋正-平移	第四纪粉砂	压碎岩
36	陕西吴旗古湖相层	255°∠55°	N_2	Q_1	左旋逆-平移	第四纪粘土	压碎岩
40	陕西韩城古三门湖	130°∠40°	Q_1	←-C	右旋正-平移	第四纪粘土	碎裂岩
42	山西大同泥河湾层	225°∠70°	Q_1	N_2	左旋逆-平移	第四纪粘土	压碎岩

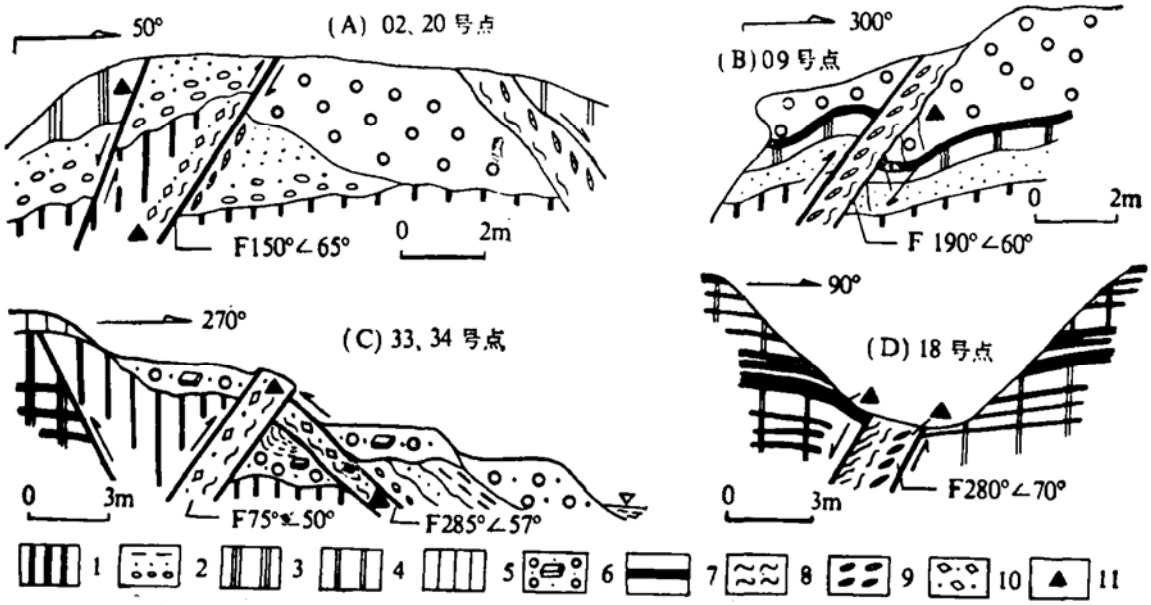


图 1　黄土高原内部若干典型活断层剖面

1.上新世红粘土；2.第四纪早中期砂、砾、粘土；3.午城黄土；4.离石黄土；5.马兰黄土；6.全新世含文化层阶地砂砾；7.古土壤；8.糜棱岩及片理；9.压碎岩；10.碎裂岩；11.构造岩采样点

向排列. 在与黄土相接的断裂带中见二者相互穿插，并均被压成定向排列的微透镜体. 具波状消光的充满大量气-液-固态包裹体的碳酸盐脉沿裂隙贯入 (01 号). 在正断层中组构定向不明显，仅局部具碎裂结构和显微裂纹. 扫描电镜下可见斜列状分布的长石、石英及具有定向片状包裹结构的水云母 (图 2-1).

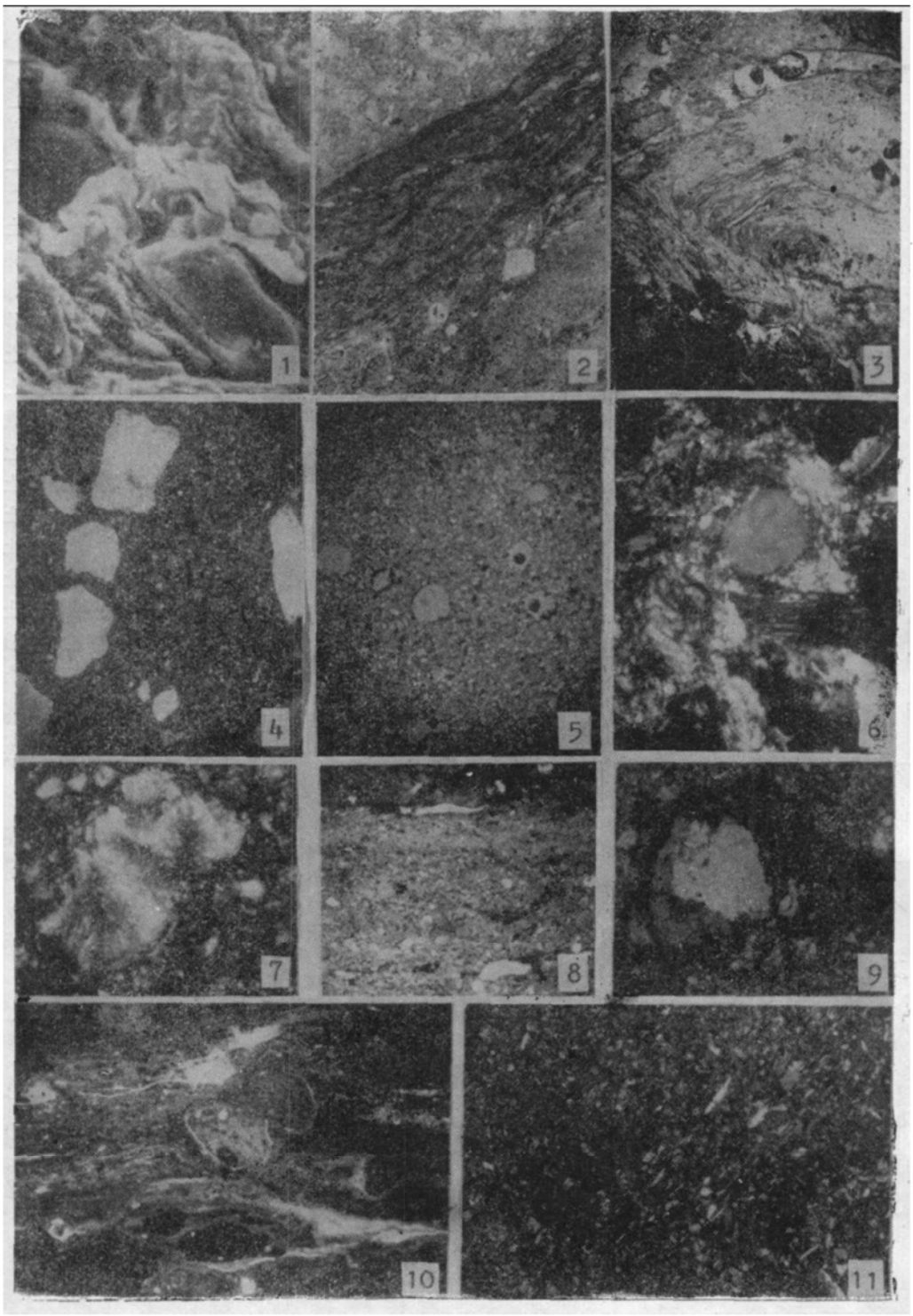


图 2　不同类型松散沉积物构造岩显微结构

1. 02 号红粘土定向包裹结构，扫描电镜，×764；　2. 33 号粘土糜棱结构，单偏光，×64；　3. 34 号粘土微褶曲，单偏光，×25.6；　4. 09 号砂砾定向结构，单偏光，×25.6；　5. 28 号黄土X型包体群，单偏光，×25.6；　6. 34 号粘土颗粒旋转，正交偏光，×128；　7. 21 号黄土中云母共轭波状消光，正交偏光，×160；　8. 33 号粘土中压溶石英，单偏光，×64；　9. 09 号砾石压力影，单偏光，×64；　10. 33 号粘土眼球、透镜、石香肠构造，单偏光，×25.6；　11. 18 号古土壤颗粒定向，正交偏光，×160

2. 第四纪砂层与砂砾层　在压剪、剪性断层中具碎裂结构与玻化结构. 小砾石、岩屑发生转动，重新定向排列（图 2-4）. 砾石受后期交代溶蚀作用呈港湾、砂钟构造，其波状消光臂以相近的角度与断面斜交. 砂质矿物定向排列组成变形带，伴有密集的剪切节理纹，与定向砾

石群斜交(15、16 号). 压溶、玻化是砂砾层光性变异的最大特点. 在子午岭和宝鸡塬均见许多呈全消光的均质硅质砾石、玻璃质细脉及花岗质砾石的压力影构造 (图 2-9). 砾石边部被压溶产生绢云母化、褐铁矿化. 在张性开断层中颗粒散布,无定向结构 (12 号).

3. 第四纪黄土与古土壤层 最大特点是具X型变形构造与组构定向,并含大量包体.在洛川的离石黄土、延安的马兰黄土、兰州的午城黄土、马兰黄土及古土壤层中的水云母、绢云母、伊利石的 001 面均具优选方位, 大体平行于 S 面(片理或X型节理面). 长石、石英、钙结核、针铁矿及一些长轴矿物也伴随 001 面定向排列 (图 2—11). 兰州马兰黄土中见单相或不均一相包体群沿X型微裂隙交叉分布(图 2-5). 子午岭离石黄土中许多绢云母集合体及其周围基质中具有两组夹角为 60° 的共轭波状消光臂 (图 2-7). 方解石解理面错动也屡见不鲜.

4. 第四纪粘土、粉砂质粘土、含砾粘土层 在吴旗、大同早更新世和洛川清池全新世粘土层中发育了逆冲-逆掩断层. 构造岩特点是具有压碎、糜稜岩化结构,矿物变形、变位、定向、光性异常较明显. 岩屑、矿物被压碎呈残斑、粉末状. 粘土矿物重新排列组成糜稜条带 (图 2-2). 显微褶曲、揉皱、膝折带及伴生小断错发育, 片理与流劈理面之间发育了显微透镜、石香肠、眼球构造 (图 2-3、10) 及压力影. 原生矿物及变斑晶发生剪切旋转并牵动了流劈理扭转 (图2-6). 石英被压扁、压溶呈蠕虫、透镜、尖钪锤和短脉状 (图 2-8). 石英、长石、云母等局部见波状消光,消光臂斜交断面. 破劈理切错矿物,使两侧消光位反向. 扫描电镜下可见片状定向包裹结构、压扁石英及表面密集的一至两个世代的应力纹 (35、36、42 号). 在正断层中,与地面平行的切片中无定向结构.

三、讨 论

综上述事实,我们至少可得到两点认识:

1. 地壳构造应力作用同样可以在松散沉积层中留下可观形迹. 未固结构造岩组构特点主要为粒间运动,光性异常十分普遍;其结构以碎裂结构为主,糜稜岩化结构为次;其形变以脆性为主,塑性为次. 这种应变特征是与非构造破裂的最大差别. 因此,老构造的显微结构分析同样适用于新构造,并可为活断层研究提供大量新信息及定量化指标(另文详述).

2. 黄土高原内部同样存在着不同时期的各类活动断层,其中以逆(正)-平移断层为主, 其构造岩以压碎岩、碎裂岩为主,糜稜岩、角砾岩为次. 依据经典的构造动力学、运动学理论[1-5], 这些显微结构所反映的应力作用为挤压、剪切和拉张, 而它们所反映的运动学特征(见表 1)与宏观典型活断层相似(如右旋拉张-剪切型汾渭断裂系和左旋剪切型陇西断裂系等),其北西向断层左旋运动和北东向断层右旋运动所反映的近东西向的主压应力与区域应力场一致. 因此,黄土高原内部并非十分稳定, 它也受到了与周边活动断陷区相同的地壳运动的影响,具有中等强度的活动性.

参 考 文 献

[1] 朱照宇、刘东生,第四纪研究, 1990 (待刊).
[2] Longan, J. M., 国外地质,1984,1: 35—49.
[3] Sibson, R.H., *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 1986, 14: 149—175.
[4] 徐和聆、张荣阁,中国地质科学院地质力学研究所所刊,1985,5: 157—167.
[5] F. J. 特纳、L.E. 韦斯,变质构造岩的构造分析,地质出版社,北京,1978.