

# 关于胶东半岛“柳芥红层”沉积特征及其成因的探讨\*

杨光复 韩有松 张铭汉 王少青

(中国科学院海洋研究所)

早在1962年,中国科学院海洋研究所海岸地貌组在山东半岛北岸东段海岸地貌调查报告中,首先将分布于柳芥、礼村一带山前的红棕色砂层命名为“柳芥红层”<sup>1)</sup>。后来,又依据其分布特征和沉积物粒度分析资料等,论述了“柳芥红层”的成因,认为属于海相沉积<sup>2)</sup>。1978年,金波、郭旭东又将此红棕色砂质沉积物确定为中一晚更新世的海相沉积。并由此推论,山东半岛北岸存在60—70米的更新世高海面<sup>3)</sup>。1981年,郭永盛等亦根据红层的分布、产状和粒度特征,认为属中一晚更新世时期的风成沉积<sup>4)</sup>。

前人对柳芥红层的研究有“海成说”和“风成说”之争,尤其更新世高海面的提出,已成为研究胶东半岛海岸地貌、海面升降及新构造运动的重要问题之一。为此,我们于1980年再次进行了实地考察,并做了沉积物岩石学、微体古生物、孢粉及古地磁年代学等实验分析工作。期望进一步廓清“柳芥红层”的沉积特征、成因及其地质意义。

## 一、柳芥红层的分布及产状

### 1. 区域地质地貌概况

柳芥红层主要分布于胶东半岛东端成山头附近柳芥、礼村一带。本区处于胶东古陆东端,西侧有海西头—偃岛断裂控制的北西向中生代地堑发育。红层分布区段的龙须岛为燕山期似斑状花岗岩分布区。其西部城厢一带出露为构成古陆基底的前震旦纪胶东群变质岩系,主要是旌旗山组的黑云母混合片麻岩和条带状黑云母片麻岩。西侧地堑中为青山组火山岩系,主要是灰白色安山角砾岩夹灰紫色安山斑岩、球粒状流纹岩和薄层页岩等。第四纪松散沉积物分布于山间冲沟和滨海地带,前者为中一晚更新世棕黄色黄土状沉积,后者为全新世—现代海成或风成砂质沉积物。

红层分布的成山头地区,其地貌特点是伸入黄海中的半岛,由花岗岩构成的低山丘陵。由于陆地窄狭,坡面较陡,仅发育季节性山间溪流。海岸地貌主要是岬湾相间的基岩海岸。尤其东岸突出外海,水深崖峻,海蚀地貌发育。南岸则以串珠状砂坝—泻湖发育为

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第703号。山东师范学院郭永盛同志参加了野外调查工作;本所郑开云、董太禄、黄秋获、孟广兰同志分别协助进行粘土X射线分析、石英颗粒扫描电镜观察和孢粉分析;本所绘图室协助清绘图件;谨此一并致谢。

本刊编辑部收到稿件日期:1981年4月7日。

1) 高明德等,1962。山东半岛东端海岸基本特征及其演化。(未刊稿)

2) 张宏才、黄庆福,1962。对柳芥—大西庄红层成因问题的初步探讨。(未刊稿)

3) 金波、郭旭东,1978。山东半岛北部第四纪高海面遗迹的发现及其地质意义。海洋科技资料,第6期。

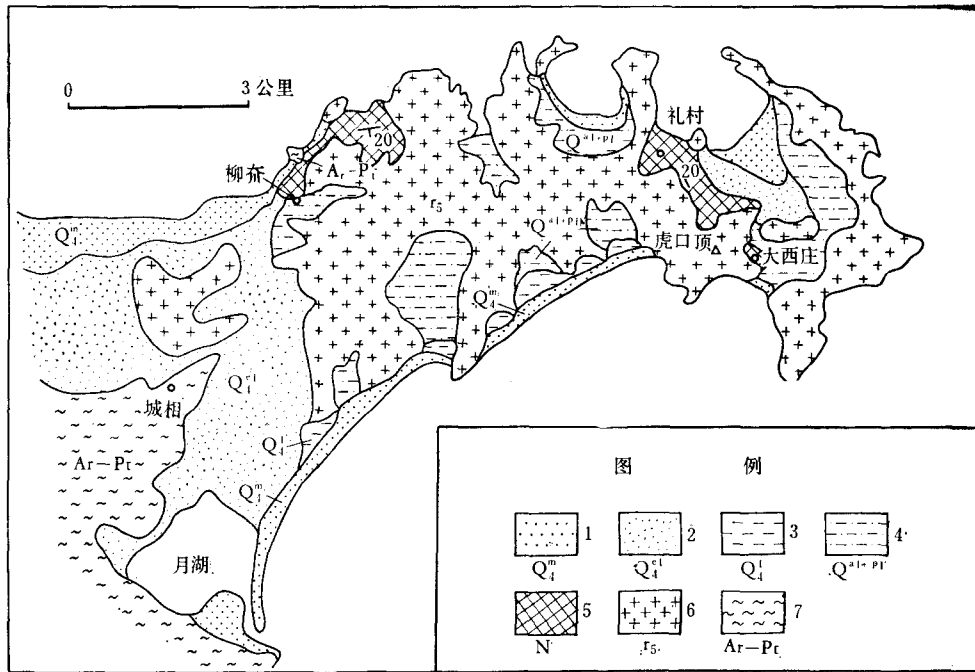


图1 胶东半岛一成山头地区地质图

- 1. 全新世滨海砂砾沉积物； 2. 全新世风成砂沉积物； 3. 全新世泻湖沉积物； 4. 全新世坡积与洪积物；
- 5. 中、上新世中-粗砂沉积物(柳奝红层)； 6. 燕山期似斑状花岗岩； 7. 前震旦纪胶东群变质岩系。

其特征。

### 2. 分布及产状

柳奝红层是由一些中-粗砂组成的沉积层，于大西庄—礼村、柳奝一带呈零星分布(图1)。岩性疏松，遭到地面流水的强烈冲刷侵蚀，形成冲沟地形，冲沟中可见到较好的露头，但整个地层保存极不完整，现今所见仅是其残余部分。在标高小于50米的山前坡地上，以柳奝村东北双脖子附近残留的剖面较为完整。另外，威海远遥墩亦有类似的沉积物出现，但已遭到海岸波浪、潮流、地面流水及现代风力作用的改造。

红层直接不整合超覆于燕山期花岗岩之上(图2)。红层底部花岗岩风化壳表面凹凸不平(图版 I:1)。礼村附近红层产状大多倾向北东东、南东东，倾角12—30°，与现代地

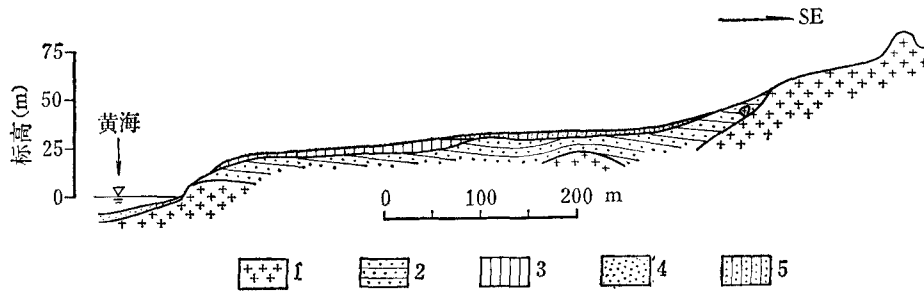


图2 柳奝附近红层剖面图

- 1. 花岗岩(燕山期)； 2. 棕红色中-粗砂(红层)； 3. 坡积-洪积黄土状沉积物； 4. 海滨砂； 5. 风成中砂。

面倾斜方向大体一致,倾角大于地面坡度,与古风化壳表面(倾向  $15^{\circ}$ , 倾角  $21^{\circ}$ ) 相斜交。柳芥附近红层大多倾向南南东, 倾角  $15^{\circ}$ — $27^{\circ}$ , 与现代地面倾斜方向及花岗岩风化壳表面倾斜方向相反。

### 3. 层位关系

现就柳芥及礼村所见红层层位及一般特征自上而下综述如下。

(1) 现代沉积: 由于红层出露地区处于山东半岛东端, 东南风及西北风盛行, 海滩被风吹扬, 在半岛山坡地带堆积。柳芥东北双膀子临海面向东北, 现代风砂在地形较高的地方直接覆盖于红层之上。

(2) 黄土状沉积: 主要为黄色、棕黄色亚粘土及粉砂质沉积物, 含有大小不等的棱角状粗砂及砾石。厚度变化约 2—4 米不等, 不整合覆盖于红层之上。本地区的黄土状沉积物属中一晚更新世坡积-洪积类型。

(3) 红层: 本文所讨论的目的层, 全层主要由红色、红棕色中、粗砂组成。残留地层的高度在礼村附近约为 3—4 米, 柳芥附近 4—6 米, 其真实厚度难以确定, 按其产状及出露情况估计大致为 20—30 米。

(4) 花岗岩风化壳: 由灰白色粘土及砂质粘土组成, 含花岗岩砾石及长石、石英碎屑, 位于红层底部与花岗岩之间, 厚度大多小于 1 米。

(5) 花岗岩: 为粗粒似斑状花岗岩, 在这个地区有大面积出露, 时代属燕山期。

## 二、柳芥红层的岩石学特征

### 1. 沉积构造特征

红层中广泛发育了由粒度变化构成的层理。大型斜层理及交错层(图版 I:4) 是出现在红层中的主要层理类型。斜层理的层面倾角可达  $27^{\circ}$ — $30^{\circ}$ 。一些地方砂层中夹有粘土透镜体, 厚 10—30 厘米, 在砂层重压下产生变形层理。砂层中局部有砂波出现, 波长 25 厘米左右, 波高 5 厘米左右。柳芥附近红层的顶部见有较大的波状层理(图版 I:3), 其上为水平层理并逐渐过渡为小型波状层理(图版 I:2), 单层厚约 1 至数厘米, 波长 15—20 厘米, 波高 3—4 厘米。依据这些层理在柳芥剖面中的相互关系, 可组成一个不太完整的河流沉积层序(图 3)。下部斜层理及交错层理, 主要是河流侧向移动时沉积的点坝沉积物。上部水平层理及波状层理, 主要是洪水期于点坝上面的河漫滩沉积, 它们反映了沉积物形成时水动力条件逐渐减弱的过程。

### 2. 粒度分布特征

沉降法<sup>1)</sup>粒度分析的结果, 红层以中砂为主, 含量均在 50% 以上。次为粗砂, 含量小

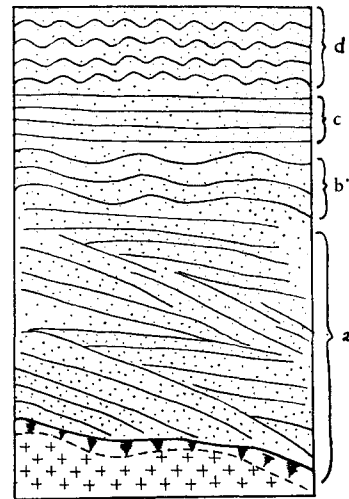


图 3 柳芥红层的沉积层序  
a. 大型斜层理及交错层; b. 波状层理;  
c. 水平层理; d. 小型波状层理。

1) 粒度分析利用我所自制 CSZ-1 型自动砂粒分析仪, 分析前样品只用 5% 的 HCl 进行处理。

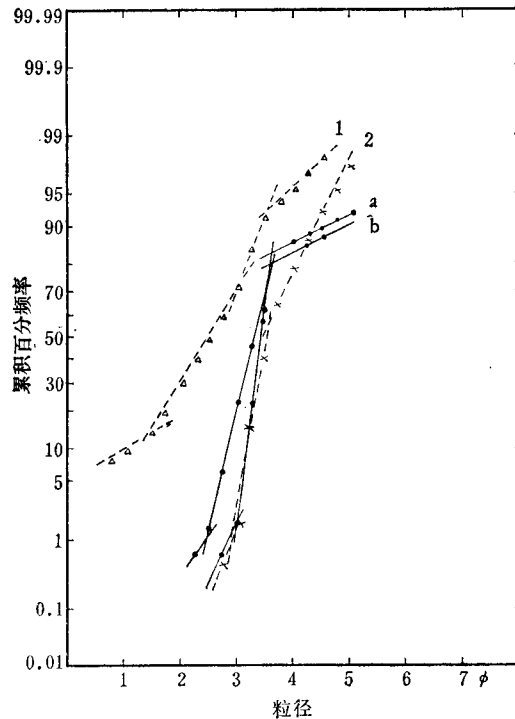


图4 粒度分布概率曲线

a, b. 柳芥红层; 1. 现代海滩砂; 2. 现代风成砂。

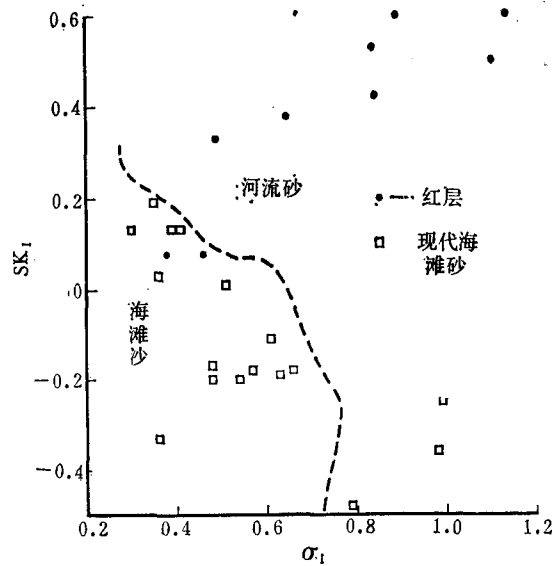
于30%。而粉砂含量一般均小于10%。在三角图表分类中,属中砂、粗中砂及细中砂。粒度概率曲线(图4a, b)由三个直线段组成,跃移组分占整个分布的80—90%,分选好;悬浮组分占5—20%,分选差,少含滚动组分。曲线具有单向牵引流沉积的特征,与常见的河流砂粒度概率曲线一致,与这个地区出现的现代海滩砂及风砂的粒度概率曲线(图4:1, 2)有明显的区别,与 Visher(1969)<sup>[6]</sup> 研究的海滩砂,砂丘砂的粒度分布特征也有很大差别,而与河流沉积物的粒度分布特征接近(表1)。但红层的粗截点与细截点出现的粒径均较粗。

按 Fork-Ward 图解法<sup>[4]</sup>计算的粒径参数(表2),红层具有很好的分选性及正偏态的特征。在  $SK_I$  与  $\sigma_I$  绘制的散点图(图5)上,与这个地区的现代海滩砂比较,红层大部分分布均落点于 Friedman(1967)<sup>[5]</sup> 的河流砂范围内,而海滩砂正好落点于海滩砂的范围。 $SK_I$  与  $KG$  散点图(图6)上,海滩砂位于图的左下部分,红层位于左上角,而风砂位于它们之间,三者间也可以划出明显的分界线。由此可见,红层的粒度分布与该地区现代海滩砂及风砂在粒度分布特征上具有明显的差别,它具有河流沉积物的特征。

Passaga(1969)<sup>[6]</sup> 利用粒度参数“M”(中值粒径:微米)及“C”(含量百分之一的粒径:微米)绘制的 C-M 图,能反映沉积物搬运和沉积的状态,并对沉积物形成时的水动力条件提供了非常有益的资料。红层的M多在400微米左右,C在700—1000微米之间,其 C-M 图(图7)接近于 Passaga 牵引流沉积模式<sup>[7]</sup>中悬浮与滚动相结合的 PQ 区段,表明具有较活跃的水动力条件。红层样品落点于该图的 IV 区,即河流水下砂堤、砂坝沉积区。

表 1 红层粒度分布特征

站号	跃移组分 (A)				悬浮组分 (B)				滚动组分 (C)			
	含量 (%)	分选	粗截点 ( $\phi$ )	细截点 ( $\phi$ )	含量 (%)	分选	混合性 A 及 B	细截点 ( $\phi$ )	含量 (%)	分选	粗截点 ( $\phi$ )	混合性 A 及 C
8009-1	81.0	好	0.40	1.70	19.0	差	少		<1	差		少
8011-1	79.0	好		1.55	21.0	差	少					
8004-1	84.0	好	0.40	1.80	16.0	差	少		0.8	差		
8007-1	87.0	好	0.60	1.75	11.5	差	少		1.5	差		
8005-1	90.0	好		1.65	10.0	中	少					
8005-2	95.0	好		1.60	5.0	中	少					
8011-3	84.0	好	1.25	1.95	14.0	差	少		2.0	中		
8025-2	55.0	好		1.35	45.0	中	少					
河流*	65.0 -98.0	好	1.5 -1.0	2.75 -3.50	2.0 -35.0	差	少		不定	差	无穷	小
海滩*	50.0 -90.0	2 个组分	2.0	4.50	0.0 -40.0	好-较好	少	3.50 ->4.50	0-50.0	好	-1.0 -无穷	平均
砂丘*	97.0 -99.0	优良	1.0 -2.0	3.00 -4.00	1.0 -3.0	好	平均	4.0 ->4.5	0-2.0	差	1.0-0.0	少

\* 按 Visher<sup>[8]</sup>图 5 红层与现代海滩砂  $\sigma_1$ - $SK_1$  散点图  
(虚线为 Friedman 河流砂、海滨砂分界线)

## 3. 矿物组成

用筛选取红层优势粒级——0.25—0.5 毫米粒级, 双目镜下对主要造岩矿物进行鉴

表 2 红层粒径参数

粒径参数	$Md_{\phi}$	$M_z$	$\sigma_1$	$SK_1$	KG
变化范围	1.00—1.70	1.00—1.80	0.40—1.13	0.06—0.32	1.19—2.17
平均值	1.33	1.47	0.74	0.39	1.52
风砂	1.33	1.38	80.46	0.21	1.36
海滩砂	0.85	0.81	10.58	-0.15	1.38

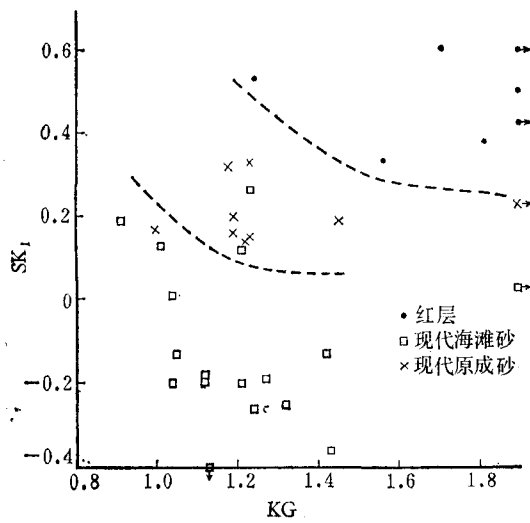
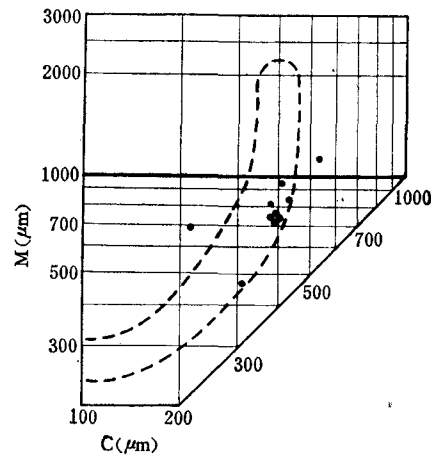
图 6 红层与现代海滩砂、风砂  $SK_1$ -KG 散点图图 7 红层 C-M 图  
(虚线范围是 Passaga 河流模式的 IV 区)

表 3 红层的主要矿物成份

取样地点	石英	长石	岩屑
礼村	80.2	18.1	1.7
礼村东	81.6	17.4	1.0
柳芥	84.8	15.2	少

定,结果见表 3。其矿物组成以石英为主,含量 80—85%,长石(包括正长石,斜长石)次之,含量 15—18%,岩屑含量小于 2%,不含云母。属长石石英砂。另外有大量褐色铁矿沉淀于石英颗粒表面,致使沉积物具有红色及棕红色的特征。长石大多风化,表面呈褐色土状,部分长石仍保存新鲜断面。

红层中的粘土透镜体夹层, x-射线衍射分析(图 8)所含粘土矿物主要为处于水化初期阶段的水云母( $9.84 \text{ \AA}$ );  $7.03 \text{ \AA}$  衍射峰在 8004-3 号样加热  $500^\circ\text{C}$  后消失,反映有微量高岭石。而 8025 及 8027-2 号样品保持不变,证明有微量绿泥石存在。8004-3 及 8007-2 号样品出现  $7.63 \text{ \AA}$  衍射峰,加热  $500^\circ\text{C}$  即消失,说明样品中还有微量石膏。另外还含有一定量的石英( $3.33 \text{ \AA}$ )。

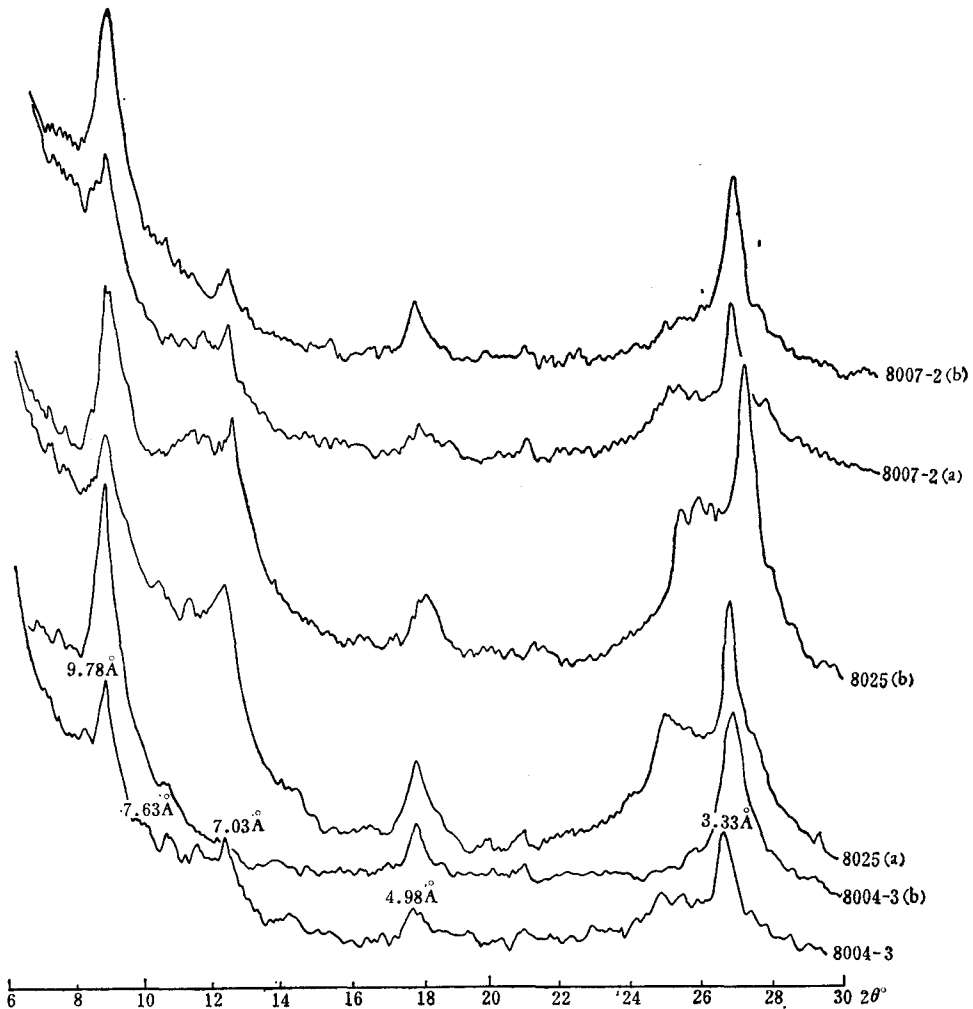


图 8 粘土夹层 x-射线衍射图谱

a. 未加热; b. 加热 500°C 半小时, CuK $\alpha$ , <2 微米定向片。

#### 4. 石英颗粒的磨圆度及表面结构

砂粒的磨圆度极大地取决于颗粒的大小,为了便于与区内的现代海滩砂及风砂对比,筛取 0.25—0.5 毫米粒级在双目镜下评价 300—400 个颗粒,按一般常用的分级方法分为五级,统计百分含量,计算磨圆系数(P)<sup>1)</sup>,结果见表 4。石英颗粒以半棱角状为主占 50—60%;次为半滚圆状,占 27—34%。磨圆度系数为 36—39,低于本区的现代海滩砂,略低于现代风砂的磨圆度。

扫描电子显微镜下对石英颗粒的表面结构进行了观察。观察前用盐酸清洗颗粒表面。石英颗粒表面具有机械撞击磨蚀形成的断口(图版 II:1);磨蚀面及棱角处常有不规则

1)  $P = \frac{0n_0 + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4}{4(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)}$ ,  $n_0, n_1, n_2, n_3, n_4$  分别为 0——棱角状; I——半棱角状; II——半滚圆状; III——滚圆状; IV——极滚圆状颗粒的个数。

表 4 石英颗粒的磨圆度

站号	级别 (%)					磨圆度系数 (P)
	0	I	II	III	IV	
8009-1	3.6	51.1	33.9	9.2	2.2	38.8
8004-1	0.4	55.6	34.2	8.6	1.2	38.7
8025-2	3.4	59.0	27.2	9.3	1.1	36.4
风砂	2.7	50.3	35.8	9.7	1.4	39.2
海滩砂	3.4	41.5	38.4	13.6	2.0	42.1

则分布的三角形坑(图版 II:2); 二氧化硅沉淀形成的平整表面(图版 II:3); 颗粒边缘有机械及溶蚀作用形成的翻卷边(图版 II:4), 表面有二氧化硅的沉淀粘附物(图版 II:5), 有些凹坑中能见到自生石英晶体(图版 II:6)。表明它们是在高能环境下经过强烈的机械破碎、磨蚀, 同时搬运介质对石英颗粒有溶蚀作用, 沉积后又有二氧化硅的沉淀及自生石英晶体生长。

### 5. 柳芥红层中的生物化石

野外考察时, 在红层中未发现生物化石。室内对所采集的标本进行了处理, 亦未发现任何微体生物化石。仅在个别样品中有少量孢子花粉, 一般只有几粒, 多者数十粒。种属单调, 最多的为松属(*Pinus*) 花粉, 其个体偏小, 体长约为 50—70 微米, 高 30 微米左右, 个别有破裂褶皱现象。另外还有现今生长在热带、亚热带的燕尾蕨(*Cheiropleuria presl*) 以及藜科(*Chenopodiaceae*), 麻黄(*Ephedra*), 柏科(*Cupressaceae*) 桦属(*Betula*) 孢粉。

## 三、柳芥红层的成因及沉积环境的讨论

关于柳芥红层的成因问题, 曾经有过海成<sup>1)</sup>与风成<sup>2)</sup>之争, 通过我们的调查研究, 初步认为它既非海成亦非风成, 而是属河流沉积。主要依据为:

1. 尽管现代红层分布于山前坡地, 但其产状与山坡倾斜方向不一致, 柳芥附近与地形倾斜方向相反, 显然不是顺坡堆积的风成沉积物。另外在沉积构造上具有河流沉积物的特征。只是红层上面有与现代风力作用有关的风成沉积, 但它与红层并不是同一时代的产物。

2. 沉积物的粒度分布具有河流沉积的特征, 与现代海滩砂、风砂截然不同。从 C-M 图可以看出, 它们属河流水下砂堤或砂坝沉积。

3. 红层中粘土透镜体夹层经微体古生物分析未发现任何古生物化石, 特别是海相生物化石, 因而不可能为海相沉积。从其物质组成及其与红色砂层的关系分析, 它们是基岩风化形成处于水化初期阶段的水云母类粘土, 被流水搬运至河谷中的小水湾或小水潭内沉积而成。

4. 石英砂粒的磨圆度均低于本区现代海滩砂及风砂的磨圆度。其表面具有机械形成的磨蚀表面及撞击形成的不规则三角形坑及溶蚀沉淀作用形成的表面, 而无风力作用撞

1) 见第 231 页中的 1), 2) 和第 233 页中的 1)。



击形成的碟形坑。

组成红层的中-粗砂是富含跃移组分及夹带有滚动组分的沉积物,这种大小的砂粒能以跃移(Passage 称为悬浮<sup>[1]</sup>)状态被流水搬运。表明当时河流水动力条件是相当活跃的。另外红层直接覆于花岗岩上,并有花岗岩砾石存在,推测可能属于低山丘陵区的河流沉积物。大量铁质氧化物沉淀于石英颗粒表面,铁染为红色。石英颗粒表面的溶蚀和二氧化硅再次沉淀以及粘土夹层中微量石膏的出现,表明当时气候炎热,具有强烈的化学风化作用。个别样品中细小带气囊的松属花粉的出现可能与风力从外地搬运有关,因为如此细小的孢粉不能与中-粗砂共同搬运沉积。

#### 四、关于柳芥红层的时代问题

为了确定柳芥红层的时代,除进行了孢粉、微体古生物分析外,还进行了古地磁的测量。柳芥附近采集的7块标本经古地磁测量的分析结果均为正极性,因而对确切地确定其年代带来困难,据前人<sup>[2], [3]</sup>认为,红层时代为中更新世( $Q_2$ ),我们根据胶东半岛区域地质发展的历史,红层的产状、层位及形成环境推断其时代可能属上新世,主要依据为:

1. 胶东半岛地区有不少黄土状沉积,前人对它们作过不少研究,先后发现了一些古脊椎动物化石,确定其时代属中更新世及晚更新世<sup>[2]</sup>。不整合覆盖于红层上的黄土状沉积物与上述黄土状沉积物相当。另外红层又不整合超覆于燕山花岗岩上,因而红层形成的时代应晚于燕山花岗岩而早于中一晚更新世。

2. 鲁东地区早更新世时期处于上升剥蚀阶段,极少地方发现这个时期的沉积物,而且这个时期处于寒冷时期,不可能形成这种红色地层。

3. 上新世时期,华北地区曾经有过炎热的气候条件,广泛发育,红色沉积层。鲁东地区沂水和蓬莱等地也有棕红色的残积层及唐山砾岩沉积<sup>[4]</sup>。柳芥红层即是这个时期炎热气候条件下的河流沉积物。

4. 古地磁测量结果表明红层为正极性,根据Cox古地磁年表<sup>[3]</sup>,中、晚更新世大致相当于布伦赫斯正极性,而早更新世大致相当于松山负极性世。前面已述,红层时代晚于燕山期花岗岩而早于中更新世,因此红层的正极性既不相相当于中、晚更新世的布伦赫斯正极性世,又不能代表早更新世以负极性为主的松山负极性世,而可能是相当于Cox古地磁年表的高斯正极性世。而高斯正极性世出现的时代大致相当于上新世及早更新世的底部。

5. 早第三纪末喜马拉雅运动以来,胶东地区上新世及早更新世曾发生较大幅度的不均衡的抬升,目前红层出露的高度较大可能与这个时期的抬升运动有关。

#### 参 考 文 献

- [1] 杨学君, 1965. 山东低山丘陵地区地貌发育史的初步探讨. 山东海洋学院学报 2: 1—20.
- [2] 郭永盛、王连弟、李道高, 1981. 山东成山头附近“柳芥红层”的成因及其意义. 海洋与湖沼论文集. 科学出版社, 105—114页.
- [3] Cox, A., 1969. Geomagnetic reversals. *Science* 1963(3864): 237—244.
- [4] Folk, R. L. and W. C. Ward, 1957. Brazos river bar: A study in the signification of grain size parameters. *J. Sedim. Petro.* 27: 3—27.

1) 见第231页1), 2), 第233页1)。

- [5] Friedman, G. M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *J. Sedim. Petro.* 37: 327—354.
- [6] Passaga, R. and R. Byrmjee, 1968. Grain-size image of elastic deposits. *Sedimentology* 13: 235—252.
- [7] Passaga, R., 1957. Texture as characteristic of elastic deposition. *Bull. AAPG.* 41: 1952—1984.
- [8] Visser, G. S., 1969. Grain size distribution and depositional processes. *J. Sedim. Petro.* 39: 1074—1106.

## A DISCUSSION ABOUT THE SEDIMENTARY CHARACTER AND THE ORIGIN OF "LIUKUANG RED BED" IN THE EAST SHANDONG PENINSULA\*

Yang Guangfu Han Yousong Zhang Minhan and Wang Shaoqing

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

### ABSTRACT

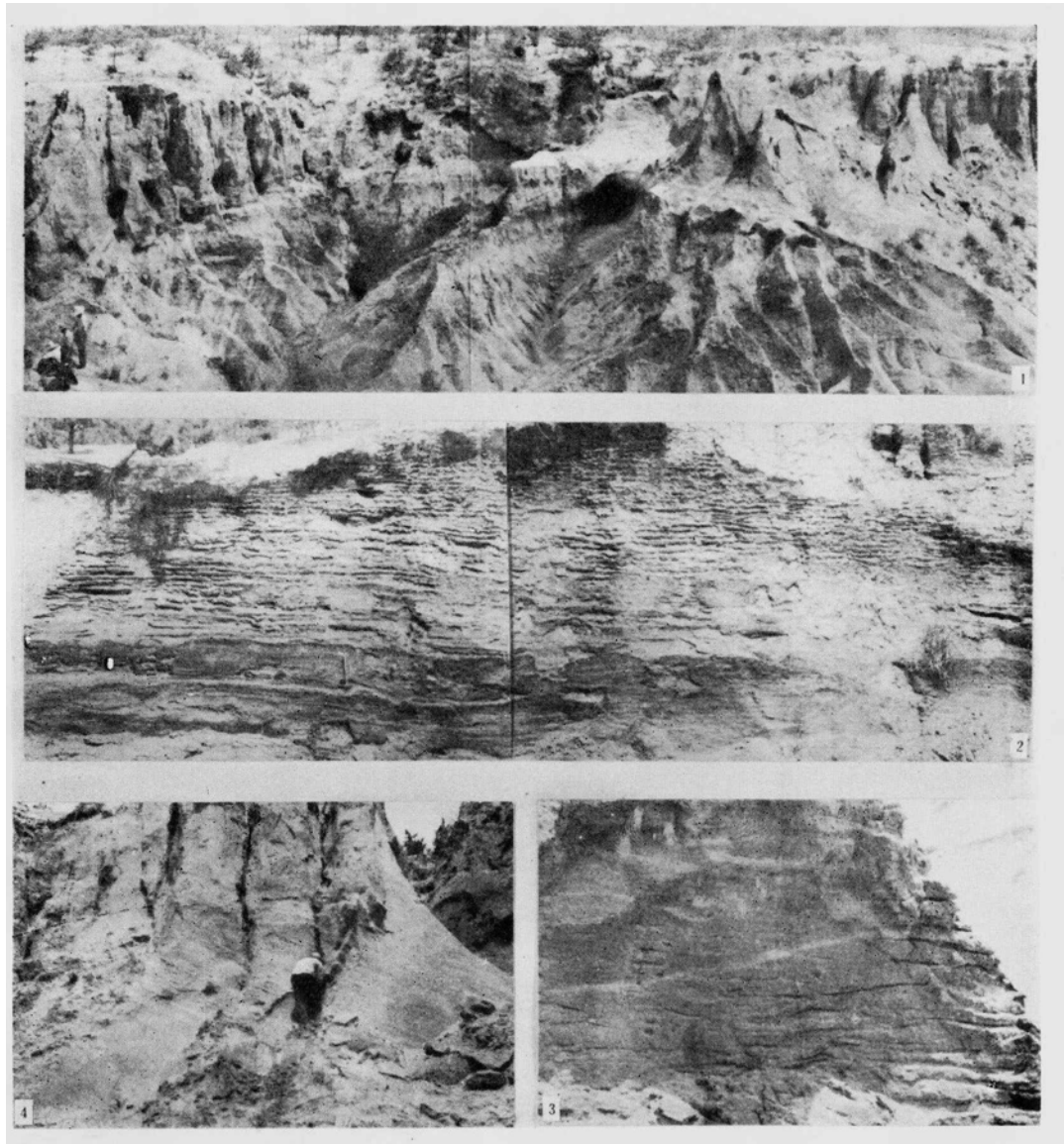
Previous studies have not yet resolved and remained an problem whether the "Liukuang Red Bed" distributed in the East Shandong Peninsula was originally formed by marine or aeolian sediments. Particularly when the high sea level was suggested its origin became an even more important subject of eustatic and neotectonic studies.

Based on our investigation in 1980, we found:

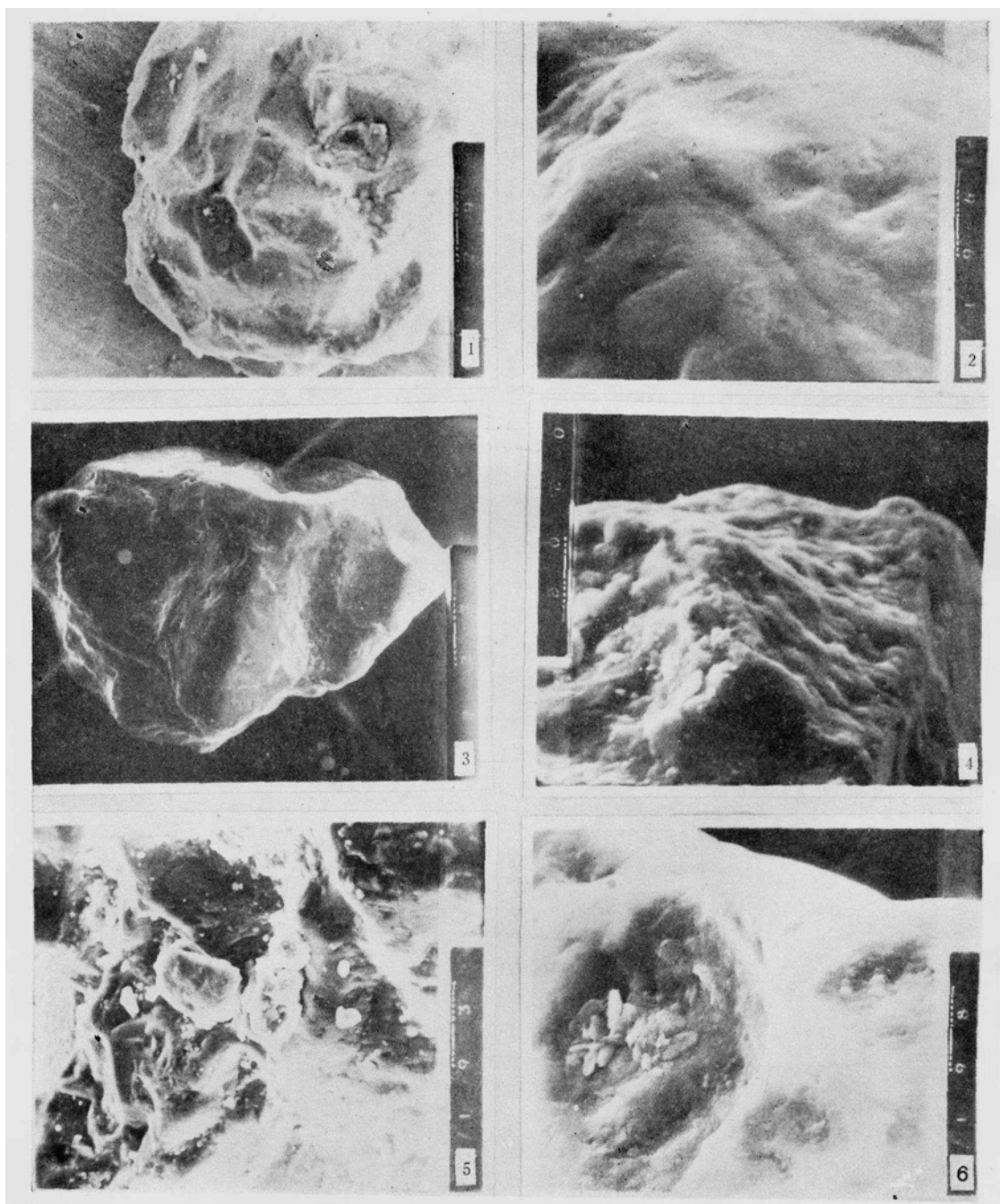
The "Liukuang Red Bed" consists of medium and coarse sands which are distributed in front of mountain with an altitude below 50 meters. However we have not found any traces of fossil except a few fragment of pollens in the bed. The grain size distribution of the "Red Bed" is characteristic of fluvial sediment which is quite different from both the modern shore and the aeolian sediments. In sedimentary structure, the "Red Bed" exhibited the huge crossbeds, horizontal beds and wave beds, clearly showing the fluvial depositional sequence. Under scanning electron microscopic observation, the surface texture of quartz grains which are present of numerous abrasive and corrosive marks that are formed in a high energy condition has been observed. So that, "Liukuang Red Bed" may be considered as fluvial sediments under the condition of hot and moist climate. It's depositional age is in the Pliocene.

---

\* Contribution No. 703 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica



1. 红层覆盖于花岗岩上,花岗岩风化壳呈弧形; 2. 出现于红层顶部的波状层理及水平层理;  
3. 出现于红层上部的波状层理; 4. 出现于红层中的大型斜层理及交错层理。



石英颗粒扫描电子显微镜照片

1.机械撞击形成的断口,180×; 2.机械撞击形成的不规则三角坑,1800×; 3.二氧化硅沉淀形成的平整表面,108×; 4.机械和化学溶蚀作用形成的翻卷边,600×; 5.二氧化硅沉淀物,600×; 6.凹坑中的自生石英晶体,900×。