

辽宁北票附近中侏罗世晚期的 沙漠沉积

张川波

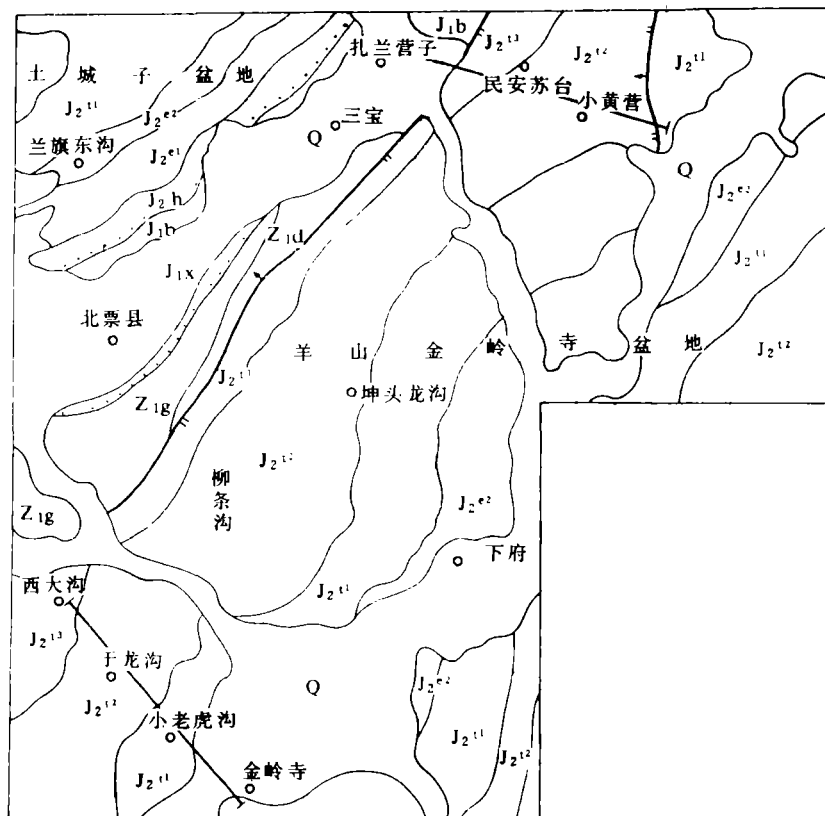
(长春地质学院)

何元良

(青海省地质研究所)

风成砂具有良好的孔隙度和渗透率，不仅常是主要的贮水层，又为极佳之油气聚集层，并含有盐类资源。如西北欧包括北海地区的Rotliegendes沙丘砂岩迭覆于含气岩层

1 : 100000



Q第四纪沉积 J₂^t南天门砾岩 J₂^t交斜砂岩 J₂^{t1}金岭寺砂岩 J₂^{c2}兰旗组二段 J₂^{c1}兰旗组一段 J₂^h海房沟组
J₁^b北票组 J₁^x兴隆沟组 Z₁^g房子庄组 Z₁^d大红峪组 剖面线

图1 辽宁北票地区地质略图

Fig.1 Geological sketch map of Beipiao district, Liaoning

(煤层)之上,而又被蒸发岩所覆,构成荷兰、北海南部的的主要储油层之一。当今世界能源奇缺,因此,对古代风成砂沉积的研究至为重要。

北票附近中侏罗统南岭群上部曾由日人森田义人(1939)以“交错层砂岩”为名首作报导,将该层归于白垩系。后西田彰一(1942)将该层单独命名为“淡绿色砂岩”,并讨论其时代,但尚未统一。1959年赵宗溥将该层定为中侏罗系南岭统,并认为可能属于沙漠沉积或半沙漠沉积。笔者¹⁾根据地层序列组合和生物化石等特征,确认属中侏罗世为宜,并初步确定以风成为主、兼具水成特征的南岭群上部为沙漠沉积,并可再分为旱谷、风成砂丘和小型的绿洲沉积。

一、地层概况

南岭群发育于金岭寺—羊山盆地和土城子盆地(图1)。下部为一套冲积相和裂隙性大陆火山喷发建造,上部则为一套复陆屑建造¹⁾。上部自下而上分为:

下段: J_2T^1 (原称金岭寺砾岩或土城子砾岩)

主要为紫红色复成分砾岩,砾径一般为0.5—1厘米,含30厘米的巨砾,呈次稜角状和次园状。砾岩呈透镜状产出,并夹杂色中、细粒岩屑砂岩,底部夹凝灰岩。至下府一带砾岩层变薄,砾石含量减少,相变为紫红色中粒岩屑砂岩,至小黄营附近砾石含量和层厚又递增。

中段: J_2T^2 (原称交错层砂岩或交斜砂岩),覆于下段页岩之上,以灰白色、淡紫色富存巨型交错层之石英砂岩为主,夹少量薄层紫红色复成分砾岩和砾屑砂岩。至下府一带则粉砂岩、粘土岩夹层增多。在于龙沟附近石英砂岩中产出小叶型的植物化石 *Pagiophyllum* 等。

上段: J_2T^3 (原称扎兰营子组或南天门组)

底部以紫色复成分砾岩、角砾岩为主,向上过渡为分选不佳之岩屑杂砂岩,长石砂岩及粉砂岩,粉砂岩中夹有凝灰岩,具直线型波纹状波痕和交错层理。

因此,南岭群上部的上、下段为复成分砾岩和砂岩,中段为厚层状分选极佳之石英砂岩,在序列上构成以中段为主体的上下对称结构。

二、岩石学成因标志

1. 成分成因特征

本区岩石主要呈紫红色、暗紫色、灰紫色及灰白色,次为灰褐色、灰色。仅有部分粉砂岩和粘土岩(或页岩)呈现灰绿色。在岩石成分上除中段为成熟度极高之石英砂岩外,上、下段之砾岩和角砾岩及部分砂岩均为低成熟度、分选极差之复成分砾岩、岩屑砂岩、长石砂岩及岩屑长石砂岩,且屡见风稜石。

岩石的颜色表明为干旱环境沉积,其物质组成除中段经较充分改造外,上、下段均以不稳定成分(长石、岩屑)为主之接近基岩区的沉积。

2. 构造特征及成因分析

1) 作者于1965年写“北票地区侏罗系中统交错层砂岩段的成因和所谓的扎兰营子组的层位问题”。

本区以巨型交错层理为主，次为巨型单斜层理，水平层理和小型交错层理，偶见波痕和递变层理。冲刷面亦屡有所见。

1) 巨型楔状、板状交错层理 主要产于中段灰白色石英砂岩中，上、下段亦有(图版 I)。层系厚达 5—10 米，细层厚 5—15 厘米，延伸稳定，方位为 $25^\circ \angle 30^\circ$, $95^\circ \angle 20^\circ$, $305^\circ \angle 10^\circ$ 等，大部分细层倾斜平缓(一般倾角为 10° — 18°)，亦有达 30° 角(图版 I)。有时略显放射状(图 2.a)。因细层倾向多方位，构成明显的交错状；层系底部有时可见滞留之细砾和粗砂，砾石层呈盔甲状。此种规模的交错层理乃为流水层理所不能及。

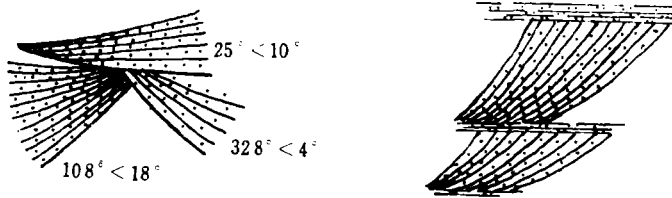


图 2.a 巨型束状交错层理

图 2.b 巨型单斜层理

Fig. 2 a Huge bunch Cross-bedding Fig. 2 b Huge monocline bedding

2) 巨型束状交错层理 主要分布于中段石英砂岩中，上、下段亦有之(图 2.a)。突出特征是细层束状放射延伸，层系彼此交切，方位为 $250^\circ \angle 10^\circ$; $108^\circ \angle 18^\circ$; $328^\circ \angle 4^\circ$ 等，在斜层系的顶部有滞留的风棱石和粗碎屑沉积，此乃风成沉积所独具特征。

3) 巨型单斜层理 层系厚 1—2.5 米，层系间夹水平纹层。此亦为风成沉积砂所特有之层理构造(图 2.b)。

4) 小型交错层理 层系厚仅有 10 厘米左右，具有流水层理特征。

5) 递变层理 主要见于上段的砂砾岩和砂岩中，由砾岩递变为砂岩或粗砂岩递变为细砂岩。可能为季节性暴洪所成，或为谷道迁移所致。

6) 层面构造 本区层面构造有冲刷面、干裂和波痕。波痕形态有两种，一为小型直线形不对称波痕，波峰直线延伸，波长 12—15 厘米，波高 1—2 厘米。偶见于中段砂岩中，为风成的纵向砂丘之一。另一波痕波峰弯曲，波长 6—15 厘米，波高 1.5—2 厘米(图版 I, 6)，波痕指数 3—10，波峰平缓且不对称，局部破坏呈孤立砂丘，据此形态实为流水所铸，分布于上段砂岩中。

从以上沉积构造来看，风成层理规模巨大，层系厚，细层方位多变，但以东南和东北风占主导地位(图 3)，倾角有陡有缓，以缓倾为主，表明常刮疾风，偶有常风。此外斜层系间夹有水平纹层，乃为丘间沉积物，斜层系的细层呈放射状延伸，层系底部有滞留砾石沉积等，系为各种不同形式的负载交替沉积，但以跳跃载荷沉积为主。

上述特征明显地有别于水成层理，而本区水成者表现为小型交错层理递变层理和非直线型波痕。

3. 结构特征及成因分析

1) 砾岩结构 本区砾岩层厚度变化较大，但分布较广，以上、下段为最多。砾径大小不等，分选极差，大者可达 30 公分，小者为 2 毫米，一般为 2—3 厘米。砾石呈

圆状、次圆状和稜角状，以长扁圆体和风稜状为主。风稜石主要出现于中段石英砂岩中，呈三稜、多稜或单稜石（图版 I），且多具一最大扁平面（图版 I 1、2、3、146）。表面光滑或具麻点，甚至呈小蜂窝状，具沙漠漆皮（图版 I，1、2、5、84）。

上段札兰营子组之砾石则以圆状、次圆状居多，常混有再次改造的风稜石，且自下而上砾径递增。下段则以圆状，次圆状和稜角状砾石不等量出现为特征。

根据砾石之结构可知，下段和上段主要为流水搬运的未经充分改造、结构成熟度不高的粗碎屑沉积，流水能量愈趋增强。而中段则以风稜石为主体，经过风力长期改造，为结构成熟度较高之粗碎屑沉积。

2) 砂岩结构 对中、上段部分砂岩进行粒度分析，绘制频率曲线皆为单峰（图 4），多由 3—1 个粒级组成，以中砂、细砂为主，次为粗砂和粗粉砂。

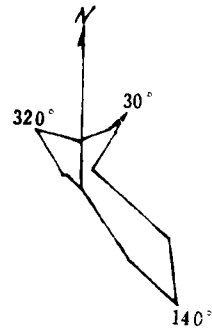
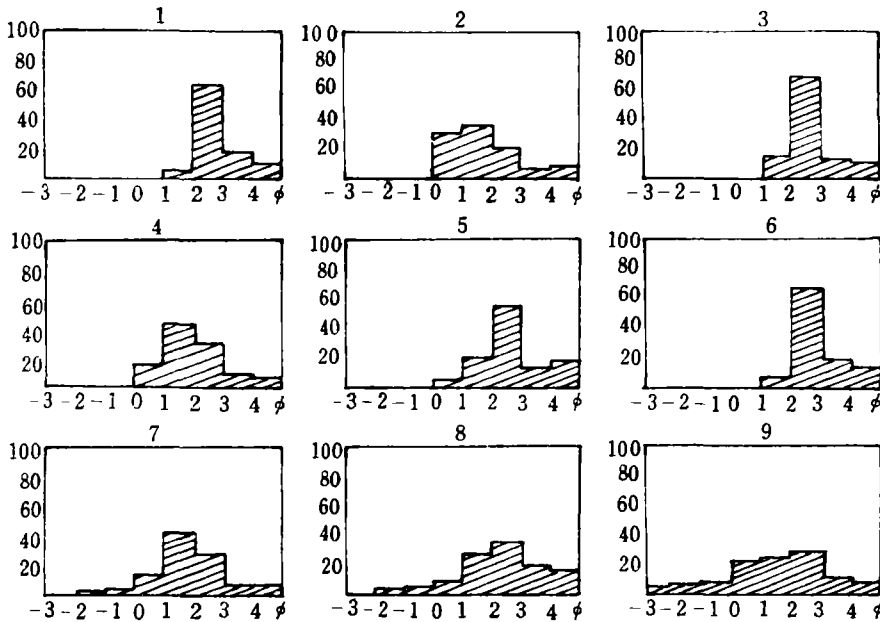


图 3 交错层倾斜方位玫瑰花图
Fig. 3 Cross bedding dip rose diagram



1.小老虎沟 2.小老虎沟 3.于龙沟 4.小黄营 5.东台子 6.柳条沟 7.三宝 8.9.南天门

图 4 风成砂岩粒度频率曲线图

Fig. 4 Grain size frequency curve diagram of aeolian sandstone

概率累积曲线可分为两种：（1）以跳跃次总体为主，少量为悬浮次总体（图5a），分选较好，斜率为 50—55°，多出现于中段。（2）以滚动和跳跃次总体组成，但主要为滚动（或拖动）次总体（图5b），斜率偏低约为 30—40°，分选较差，属此类者粒级偏粗，但仍以中、细粒砂为主，尚有粗粒、巨粒砂和细砾石，主要出现于上段。

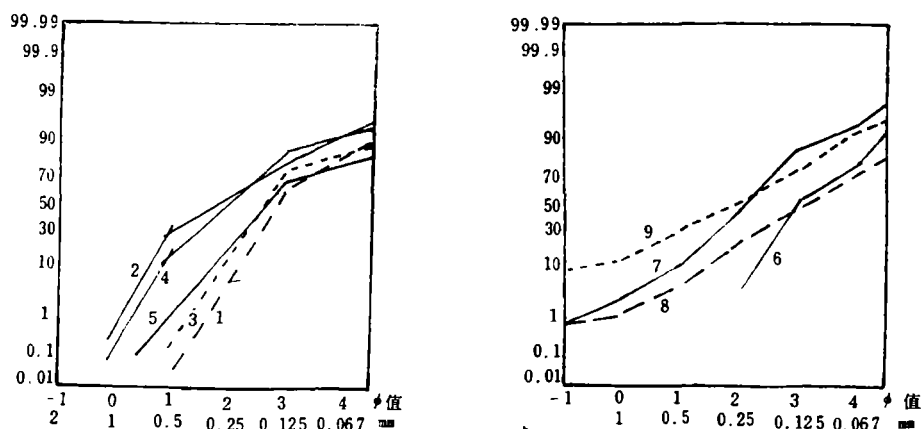


图5 风成砂岩概率累积曲线

Fig. 5 Cumulative probability curve of aeolian sandstone

所有样品的分选系数 (S_0) 均小于2.5, 而中段样品石英砂岩之 $S_0 < 1.7$, 表明均为分选好的沉积物。其平均直径亦有差异, 上下段较粗 ($Md 0.1-0.35\phi$), 中段偏细 ($Md 1.6-2.6\phi$) (表1)。据不对称系数 $sk\phi$, 除样品3、7、9、为负偏态外, 余者均为正偏态 (表1), 表明上段砂岩之频率曲线峰值不显, 粒度分散。中段砂岩稍偏粗的一端, 乃为风成砂所成之频率曲线特征。

表1 分选系数表

Table 1 Table of sorting coefficients

数值 样品编号	$M_d\phi$	$M_d(mm)$	$Q_1\phi$	$Q_3\phi$	$Q_d\phi$	$S_k\phi$	S_0
1	+2.55	0.152	+2.3	+3.15	0.43	+0.18	1.35
2	+1.525	0.346	+0.875	+2.35	0.74	+0.083	1.65
3	+2.5	0.177	+2.22	+2.75	0.27	-0.015	1.20
4	+1.85	0.277	+1.30	+2.5	0.60	+0.05	1.50
5	+2.1	0.189	+2.1	+3.15	0.53	+0.23	1.45
6	+2.6	0.165	+2.45	+3.15	0.35	+0.20	1.25
7	+1.90	0.268	+1.35	+2.3	0.18	-0.075	1.40
8	+2.3	0.201	+1.7	+3.25	0.775	+0.175	1.69
9	+1.70	0.301	+0.6	+2.6	1	-0.1	2.03

测定砂岩颗粒之圆度、圆度结果表明，中段的石英砂岩大部分颗粒均有良好之圆度和球度（表2、样品2、3、6）。由粗砂至细砂其圆球度递减（表2）。巨粒砂（-1-0φ）平均圆度为0.605—0.613，属极圆状；粗砂（0-1φ）为0.48—0.60，属圆状、极圆状；中砂（1-2φ）为0.39—0.668，属圆状、次圆状；而细砂（2-3φ）平均圆度为0.199—0.57，属次棱角状至次圆状；微粒砂则更次之，因此，粒度增大，圆度增高（图6）。但在个别样品中砾石至粗砂其圆度增高（图6、样品7），表面具红色氧化铁薄膜。

表2 砂岩颗粒球度和圆度

Table 2 Table of grain roundness and sphericity of sandstone

样品号	地点	圆度与球度												样品平均圆度与球度	
		>2		>1		>1/2		>1/4		>1/8		>1/16		圆度	球度
		圆度	球度	圆度	球度	圆度	球度	圆度	球度	圆度	球度	圆度	球度		
1	小老虎沟	—	—	—	—	0.48	0.815	0.48	0.74	0.43	0.75	0.35	0.70	0.38	0.74
2	小老虎沟	—	—	0.613	0.79	0.598	0.79	0.591	0.75	0.57	0.725	0.33	0.60	0.58	0.77
3	于龙沟	—	—	—	—	0.718	0.77	0.633	0.78	0.528	0.745	0.36	0.65	0.45	0.75
4	小黄营	—	—	0.605	0.789	0.483	0.82	0.394	0.725	0.199	0.62	0.153	0.625	0.23	0.72
5	东台子	—	—	—	—	0.588	0.785	0.48	0.68	0.408	0.705	0.055	0.475	0.23	0.71
6	柳条沟	—	—	—	—	—	—	0.668	0.80	0.55	0.78	0.47	0.72	0.50	0.80
7	三宝	0.375	0.84	0.473	0.64	0.556	0.73	0.474	0.655	0.299	0.52	0.305	0.54	0.33	0.62

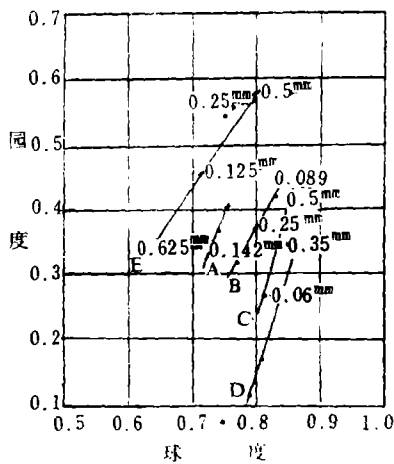


图7 风成砂岩的圆球度相互对比

Fig. 7 Interrelation comparison of roundness with sphericity of aeolian sandstone

A. 伊利湖滨砂三个标本(0.351—0.246mm) B. 伊利湖滨砂三个标本粒级七个标本之平均值·引自(Pettijohn) C. 圣彼得砂岩四个粒级(引自Wadell) D. 密西西比河床砂。(引自Russell & Taylor) E. J₂t²六个标本四个粒级平均值。

以上粒度分析和圆球度测定结果，基本上与近代沙漠沉积砂的分析结果相似。同时将本区砂岩之圆球度平均值绘制图7，并与河床砂(C)、湖滨砂(A)等类比，则发现本

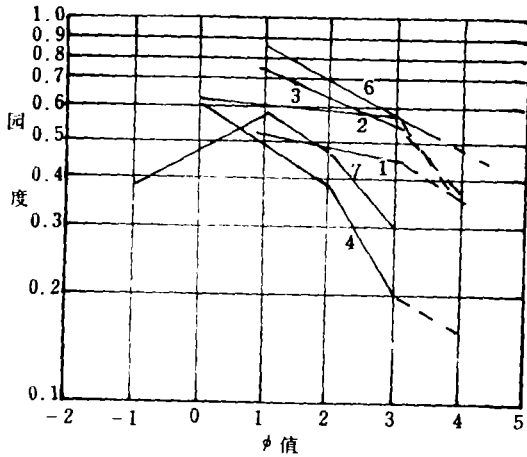


图6 风成砂之直径和圆度相关图

Fig. 6 Relationship between diameter and roundness of aeolian sands

进一步确定本区中段“交错层砂岩”和上、下段中某些砂岩夹层实为风成沉积。

三、沉积相分析

根据上述成因标志可将本区南岭群上部定为沙漠环境沉积，上、下段为早谷沉积，中段为风成沙丘沉积，其间发育小型绿洲。现将各沉积亚相特征分述于后：

1. 早谷沉积

所谓早谷沉积系指沙漠中具有暴洪特征的河流沉积，除刚降雨后有水流外，大部分时间处于干涸状态，故表现在层序和岩石学上兼具干旱和水成两方面特征。

1) 下段早谷沉积 此段以金岭寺剖面为代表，在岩相组合上自下而上可分为三部分(图8)。

底部 紫色砾岩与紫色、灰色中细粒长石岩屑砂层互层，两者间界线清晰。砾岩中常含巨砾风棱石。砂岩具水平纹层，分选不佳，砂粒呈浑圆状和稜角状，乃为未经充分改造，成熟度欠佳之水成砂混有滚圆之风成砂所致。

中部 以灰色、灰白色粉砂岩为主，夹中、细粒岩屑砂岩，长石砂岩和砾岩。砾岩切割下伏砂岩具冲刷面，被泥岩所覆。紫红色中粒砂岩分选好，具风成巨型板状交错层。岩屑砂岩层面上有水成波痕(图版1、6)。上为灰白色中粒长石砂岩，具巨型楔状交错层，结构成熟度较高。砂粒具“霜面”(Frosting)、“沙漠漆皮”等特征。

顶部 紫红色复成分砾岩冲蚀下伏砂岩，直接被薄层泥岩所覆，其上为紫红色粉砂岩夹灰白色细粒长石砂岩和流纹质凝灰岩，上又覆水成复成分的角砾岩和粘土岩，砾石排列微具方向。

上述组合表明：水成砾岩切割下伏具有风成特点之中、细粒砂岩，而中、细粒砂岩又覆于具水成波痕之细砂岩或砾岩层之上，指示搬运介质的更替以及介质能量的强弱变

区之砂岩样绘制之E线段位置高于其他沉积环境，表明本区砂岩圆球度胜于河床砂与湖滨砂，乃与当时改造营力有关，证明风是使砂，砾圆化的有效动力。

在砂岩之粒级组成上亦与现代沙漠沉积相类似，也可与某些古代沙漠的结构相比较。如彼得罗夫研究鄂尔多斯、东阿拉善等地的沙丘，我国朱震达研究新疆塔克拉玛之沙丘沙，其粒度分析均表明由3—4个粒级构成，且以中砂、细砂(2—3 ϕ)为主。乌顿、温德华研究美国约100个沙丘沙，亦发现大部分样品有同样的结果，均集中于中—细砂粒级，此外伯劳德等亦得出类同的结果。故可确认，风成沙丘沙不仅表现出结构成熟度较高的共性，且在粒级组成上亦有相同的规律。因此，进

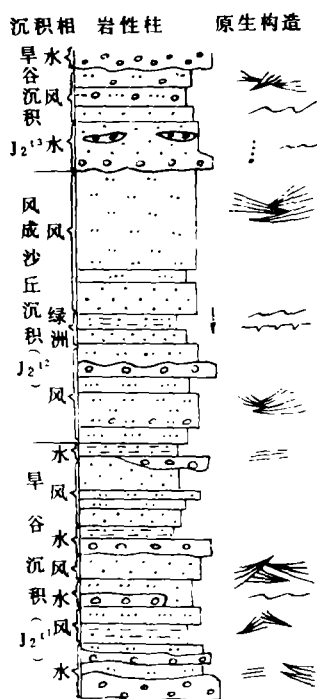


图 8 中侏罗世晚期沙漠沉积相序图

Fig. 8 Facies sequence of desert deposition at late Middle Jurassic

化。如此水、风营力不同成因序列的相互交替，正是沙漠环境中旱谷沉积的特殊组合。

但必须指出此旱谷呈北东向展布，在侧向上亦有变化，由金岭寺，小老虎沟，东至坤头龙沟附近，砾岩层变薄，砾石含量减少，粉砂岩和细砂岩、泥质岩递增，至小黄营一带在岩性组合等方面又同于西南端（图 9）。

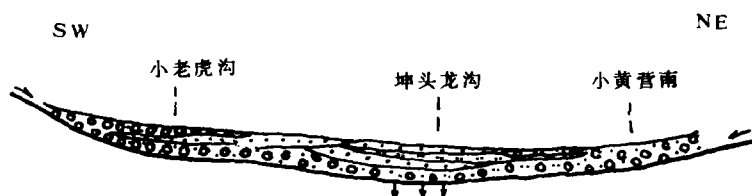


图 9 小老虎沟—小黄营南旱谷纵剖面

Fig. 9 Vertical section of Xiaolaohugou-Xiaohuangying wadi

由此可见，当时坤头龙沟一带为旱谷较低部位，物源来自东北和西南端，粗粒物质滞留于两端近基部位置，细粒沉积物被流水携带汇集于此，水体迅速渗滤，形成一个泄水区。

2) 上段旱谷沉积 本段旱谷沉积具有下段旱谷沉积的某些特征，但在具体相序上亦有差异，下部为中砾复成分砾岩，与下伏砂岩（ J_2t_2 ）为冲刷接触（图 11、12），砾石以圆状、次圆状砾石为主，含大量的风棱石、夹砂岩透镜体（图 10）。并具由砾石渐变为粗砂的递变层理。其上则以紫褐色中、细粒岩屑长石砂岩为主，含细砾石，分选不佳，

磨圆度差，混有浑圆之风成砂粒。上部则为具巨型楔状、束状交错层理之粗粒、中粒、细粒长石砂岩和岩屑砂岩，分选系数和圆度、球度随粒级变粗而趋于良好。砂岩之概率累积曲线以滚动迁移为主(图5.b)。且砾石和砂粒具“霜面”及“沙漠漆皮”，砂岩层面上具小型直线型不对称风成波痕。

显然，本段的下部具有流水作用沉积之结构、构造特征，而上部则具有风成之特征，但在层系的厚度上不及中段，层理规模有变小的趋势。

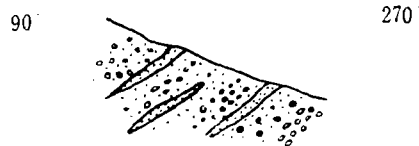


图10 烧锅地西500米处 J_2t^3 素描 比例尺: 1 : 500
Fig.10 J_2t^3 sketch at 500m west of shaogoude

2. 风成沙丘沉积

风成沙丘沉积系前人所称“交斜砂岩段”，夹于上、下段旱谷沉积之间，主要为灰白色不含化石的粗、中、细粒石英砂岩，偶夹紫色薄层复成分细砾岩和岩屑砂岩。

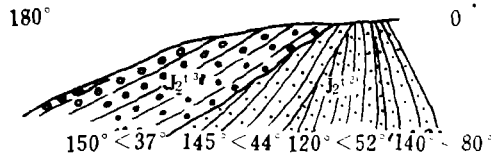


图11 扎兰营子南500米处 J_2t^2 与 J_2t^3 接触关系 比例尺: 1 : 200
Fig.11 Contact relationship of J_2t^2 and J_2t^3 at 500m south of Zalanyingzi

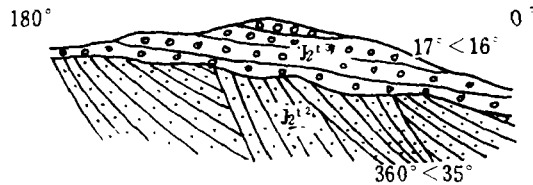


图12 小黄营西300米处 J_2t^2 与 J_2t^3 接触关系 比例尺 1 : 2000
Fig.12 J_2t^2 and J_2t^3 contact relationship at 300m west of Xiaohuangying

前述之巨型楔状、板状、束状交错层理主要发育于本段，在层系底部常有滞留之砾石。根据对本段砂岩之粒度分析，频率曲线呈单峰，正偏态(图4)。多数样品由四个粒级组成，而以中、细粒砂为主。同时砂粒球度、圆度高，也具有“沙漠漆皮”和“霜面”等。

本段砂岩之概率累积曲线以跳跃总体为主(图5.a)，分选系数 $S_0 < 1.7$ ，分选极好。在结构成因分析一节中所述之砂岩为风成结构样品大部分采自本段，在此不再重述。无疑，风成砂沉积之层系厚度变化亦示风力的强弱。有时在层系底部滞留砾石。值得注意的是，

砂岩交错层理之层系厚度由下至上亦有递减，细层偶有变陡，但大部分倾角平缓，表明随着地质时间的推移，风力日益减弱，湿度增加，砂粒粘性递增，时有常风作用之故。砂层中所夹薄层砾岩系为砾质沙漠（或称石漠），为受强风剥蚀之滞留沉积。

3. 小型绿洲沉积

中段风成沙丘沉积时，在于龙沟及坤头龙沟附近为沙漠绿洲沉积，其东缘恰与下部旱谷沉积晚期洼地相邻，主要沉积灰绿色、紫红色、粉砂岩，次为泥质岩。粉砂岩具水平纹层，泥质岩有干裂和波痕，其中产出早生松柏科植物 *Pagiophyllum* sp 等。表明短暂的积水所形成沙漠区的小绿洲（图13）。

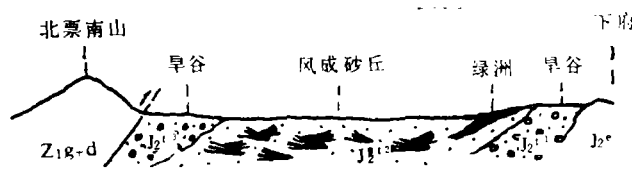


图13 北票南山一下府地表岩相剖面示意图 比例尺 1:100000

Fig. 13 Lithologic sketch profile of Beipiao southern hill-xiafu

以上各相构成本区相序的演化，即中侏罗世晚期先为风、水交替作用构成干、湿沉积间夹之特殊组合的旱谷沉积，侧向受旱谷谷道伸展和物源制约而有变化。继后，则信风频繁，气候更趋干燥，长时间为风吹所控制，故沉积一套具有巨型风成交错层理的中粒、细粒砂岩系列。最后气候湿润，雨量剧增，间夹风力作用，故又为风、水交替的旱谷沉积。

本区在中侏罗世晚期主要为沙漠沉积，伴有暴洪的冲蚀与水携沉积。中段沉积时主要盛行信风，沉积大量风成沙，而未显暴洪遗迹。上、下段时为暴洪与风扬脉动式交替，从而有风载和水携沉积以及滞留沉积相更替之旱谷沉积。因风蚀和吹扬的不均一挖掘，局部壳层被铸成洼地，间歇积水，渗滤迅速，悬浮物加积，植被生长形成绿洲。

该区中侏罗世沉积以风力作用为主，间有暴风雨和流水作用，甚至于出现阵发性湖泊沉积，故在层序上风成和水成沉积相交替，构成一种极为复杂的沙漠沉积的组合物。

四、几点认识

1. 本沙漠区位于活动构造背景之上，为一小型的沙海环境。各相带呈NE向展布，平行于盆地的长轴方位。南天门断裂控制盆地的迅速下陷，构成一良好的内陆泄水区，这与美国西部、萨哈拉等沙漠发育特点相一致。

2. 侏罗—白垩纪时期，古赤道位于现今北纬 45° — 50° 处（据M、Kuzwart; J、Konta, 1968）。本区当时则处于热带—亚热带区，受地球风系的控制，不携水份的东北季风从北 30° 吹向赤道，刮遍大陆，气压升高，形成热沙漠。因气温突变，骤降暴雨，冲蚀高地，在砂丘间低洼处形成具有洪积物特征的沉积。

3. 本区中侏罗世晚期沙漠沉积的发现，进一步证明H、G、Reading对南北美和东南亚研究的论断：“前侏罗纪以来，大部分大陆块内部存在着较大的沙漠区”。此乃受大洋与大气循环型式和区域地貌制约的结果。

4. 中侏罗世晚期(南岭群上部),从旱谷沉积相演变为风成沙丘沉积,继而又为旱谷沉积所更替。加之交错层系厚度的递减,规模趋小,表明本区朝着湿热气候转化。事实已证明,晚侏罗世,本区为潮湿、生物繁盛的湖盆地所代之。

本文对北票附近中侏罗世晚期的沙漠环境作了概略的划分,提出若干肤浅的看法。但因交错层产状测量较少,故对古风向的分析仅作参考。

野外和室内工作期间曾得到米家榕副教授、孟祥化副教授、王东坡副教授的指导和罗贵昌等的帮助,在此一并表示谢意。

(收稿日期:1982年11月18日)

参 考 文 献

- 朱震达等,1964,塔克拉玛干沙漠西南地区绿洲附近沙丘移动的研究。地理学报,第30卷第1期。
彼得罗夫,1959,鄂尔多斯、东阿拉善和黄河中游河谷的沙子的矿物成分及成因。地理学报第1期。
赵宗溥,1959,燕辽地区中生代地层及燕山运动时期的构造基本形态。地质月刊第4期。
森田义人,1943,满洲中生界区分四概要。地质学杂志,第50卷595号。
Gary Kocurek, 1981, Significance of interdune deposits and bounding surfaces in aeolian dune sands, *Sedimentology* Vol. 28, No. 6
Steven G. Fruberger, Christopher Schenk, 1981, Wind sedimentation tunnel experiments on the origins of aeolian strata, *Sedimentology* Vol. 28, No. 6
H. E. Reineck & I. B. Singh, 1980, *Depositional sedimentary environments*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
P. Turner, 1980, *Continental red beds*, Elsevier scientific publishing company Amsterdam-Oxford-New York
Harvey Blett, 1980, *Origin of sedimentary rocks*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs New Jersey
H. G. Reading, 1978, *Sedimentary environments and facies*. Blackwell scientific Publications Oxford London Edinburgh Melbourne
Pettijohn, F. J. 1975, *Sedimentary rocks*, New York Harper and Row
Franklyn, B. Van Houten, 1977, *Ancient continental deposits*, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Benchmark Papers in geology Vol. 43

LATE MIDDLE JURASSIC AEOLIAN DEPOSITS NEAR BEIPIAO, LIAONING

Zhang Chuanbo

(Changchun College of Geology)

He Yuanliang

(Qinghai Institute of Geology)

Abstract

In accordance with our study, the upper part of the middle Jurassic, the Nanling Group, in Beipiao district of Liaoning, is apparently of aeolian feature, either on sedimentary structure or texture, and it is affirmed that the Group is formed under a desert environment, mainly of aeolian, and in addition, carrying-water deposition.

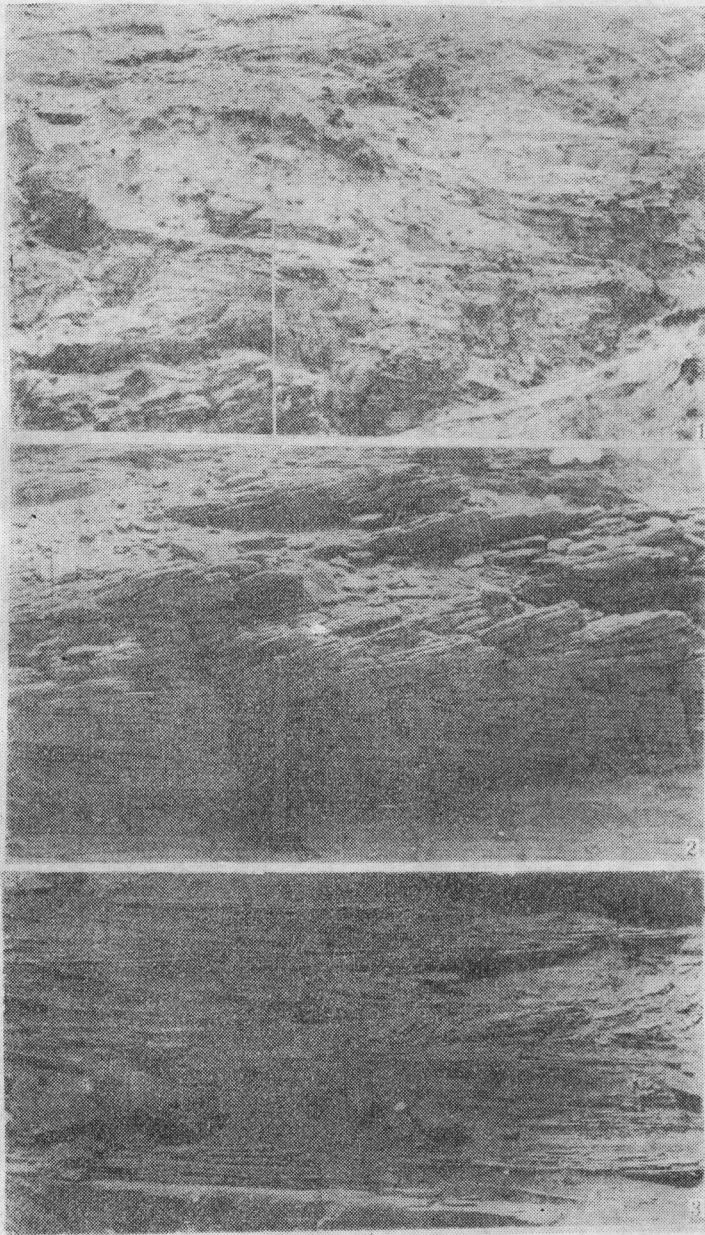
The deposit assemblage that is a multiple terrestrial detritus formation, may be subdivided into three members — the lower one, the middle one and the upper one. The lower member and the upper member consist of sandstone and conglomerate of multiple composition, which are mainly wadi deposits with lower maturity and intercalated with aeolian matters. The middle member is composed of well-sorted quartz sandstone of aeolian dune deposit, locally intercalated with mudstone of small oasis deposit. On sequent, these constitute a symmetrical texture with the middle member as its main part.

On lithology, this Group is composed primarily of purplish red, dark purple and grey-white quartz sandstone, and secondarily, the detritus arkose, arkose and conglomerate, involving a great quantity of ventifacts within it. The composition-texture maturity of quartz sandstone is relatively high, often showing a mono-mode and a bi-mode distribution. In general, it consists of 3—4 grades, mainly the medium-fine ones. The surface of quartz sand grain is smooth, coated with desert varnish, and the ventifaces is possessed of pitted surface. All results determined from the cumulative probability curve, the sorting coefficient, the grade analysis and the roundness and sphericity, show that the depositional character is identical with that of modern desert.

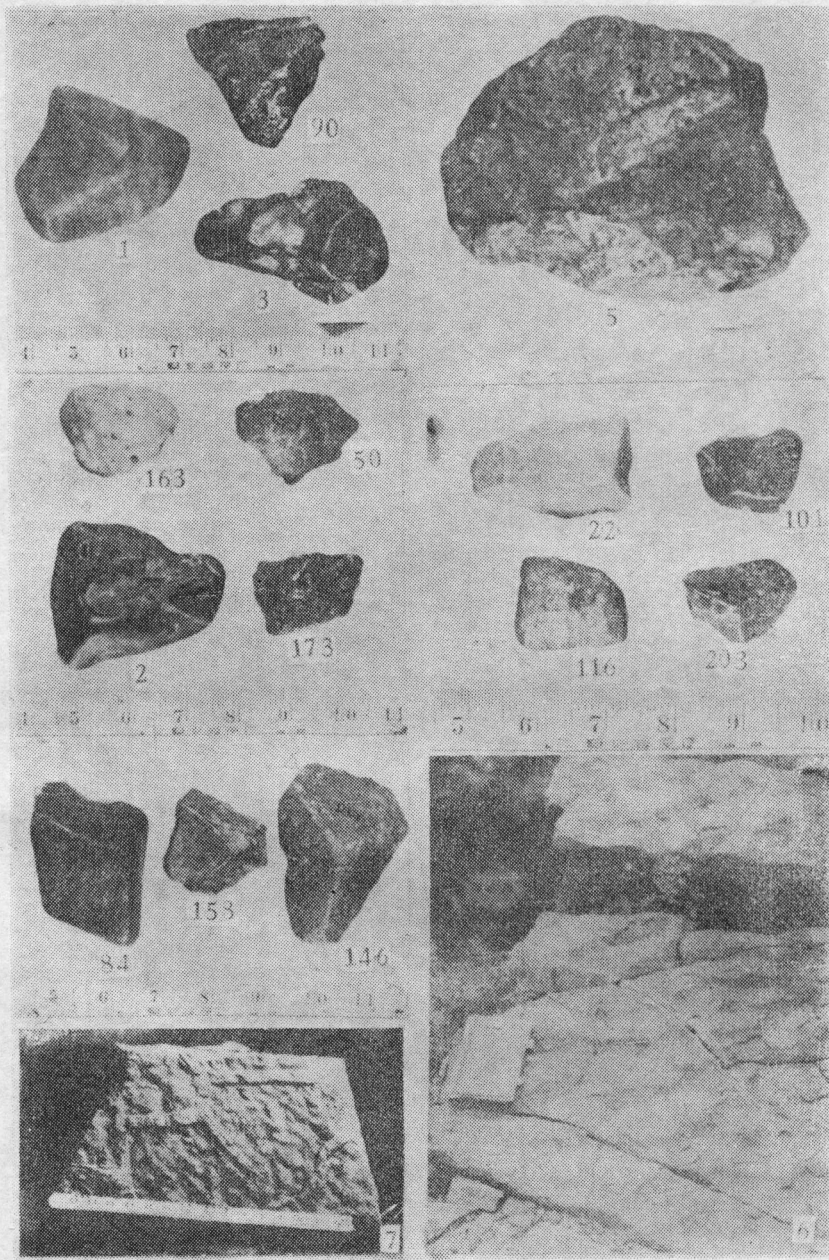
Sandstone of middle member develops tabulate and trough-shaped cross-bedding of big size (thickness of a set may be of 10—30m). The fine beds dip gently (10—15° in general) and there are also steeper ones, but the direction of inclination is variable. The foresets are steep in the upper part and gentle in the lower part. They tend to be horizontal near the bottom of a set and some fine beds expand radially in bundle form. There is often lagging ventifact deposit in the bottom of a set.

Then, this area is a small erg environment and a good continental drainage

area formed on active tectonic background of the Nantianmen fault. It is situated in the tropicsubtropic zone (the paleo-equator being situated in 45—50° of modern north latitude). Owing to the effect of northeastward monsoon, it has formed a hot desert environment of frequent storm. According to the development character (i. e. the progressive decrease in thickness and scale of cross-bedding sets etc.) of each members of the upper Nanling Group, it shows that the climate of this area approaches wet and the desert environment is progressively replaced by a lake condition at the end of middle Jurassic.



1. 东扎兰营子附近中侏罗统（所谓交斜砂岩）的巨型楔状交错层理（罗贵昌摄） 2. 柳条沟附近中侏罗统的楔状交错层理（王世麟摄） 3. 柳条沟附近中侏罗统的楔形交错层理和水平层理（王世麟摄）



1、2、3、金岭寺大桥附近中侏罗统中段（所谓金岭寺砾岩）中之风稜石，皆为石英岩 22、于龙沟附近中侏罗统（所谓交斜砂岩）夹层中之风稜石，为石英岩50、84、90、101、116，柳条沟附近中侏罗统夹层中之风稜石。除90为硅质岩外，其它皆为石英岩。 146、158、163、173、203，扎兰营子附近中侏罗统夹层中之风稜石、146、203为石英岩，158为细晶花岗岩，163为长石砂岩，173为细粒长石砂岩。5、下庙附近中侏罗统（所谓南天门组或扎兰营子组）夹层中之风稜石；为正长岩6、于龙沟附近紫色杂砂层岩面上的波痕（王世麟摄）7、于龙沟附近紫色杂砂层岩面上的泥裂（王世麟摄）