

河北平泉地区高于庄组 风暴沉积序列及沉积环境演变

杨进辉 吴福元 马 力 周美玲

(长春地质学院地球科学系)

〔内容提要〕 河北平泉高于庄组发育三种类型的风暴岩,其岩石类型、沉积构造特征以及风暴沉积序列各不相同。它们是不同海水深度下风暴作用的产物。由此反映出高于庄组在沉积时经历了海进—海退的沉积旋回演变。

关键词 沉积环境 沉积序列 风暴岩 高于庄组 河北平泉

平泉地区位于河北省东部,是我国中上元古界地层发育较完全的地区之一。近几年来,有关该区中、上元古界的地质演化已有不少论著问世(孙大中等,1987),但详细地有关各组沉积环境的研究相对较少。本文从高于庄组地层发育的风暴岩特点出发,据不同层位上风暴沉积序列的研究,恢复其形成的沉积环境演变。

1 地层发育特点及风暴岩分布的总体特征

高于庄组地层假整合于大红峪组地层之上,岩性较复杂,以白云质灰岩为主,其中局部出现含锰粉砂岩、含锰灰岩。在上部出现有三层特征突出的石鼓灰岩,底部发育一厚度不大的含砾中粗粒砂岩。

该组岩层厚度达 628m,可划分为四个岩性段,其剖面如下:

上覆地层:杨庄组(pt_3y)

— — — — — 假整合 — — — — —

4. 白云质灰岩段:底部灰色中薄层灰岩、白云质灰岩;中部灰白色中厚层灰岩与薄板状灰岩;上部灰白色中薄层含砾白云质灰岩夹钙质砂岩。该岩性段发育有三层石鼓灰岩和数十层风暴岩,层位稳定 408m
3. 砂质灰岩段:岩性为灰色钙质砂岩、砂质灰岩,并发育钙质粉砂岩和含燧石结核的白云质灰岩。该岩性段发育数十层风暴岩,主要为风暴回流形成的浊流沉积 96m
2. 含锰灰岩段:岩性主要为暗灰色厚层含锰、含燧石结核的灰岩。该岩性段发育有数十层竹叶状灰岩为标志的风暴岩 36m
1. 砂岩、粉砂岩段:岩性为灰绿色钙质石英粉砂岩和细粒石英砂岩,底部为中、粗粒含砾石英砂岩 88m

— — — — — 假整合 — — — — —

下伏地层:大红峪组(pt_3d)

在上述 2、3、4 岩性段中,均发育有各具特色的风暴岩(图 1)。

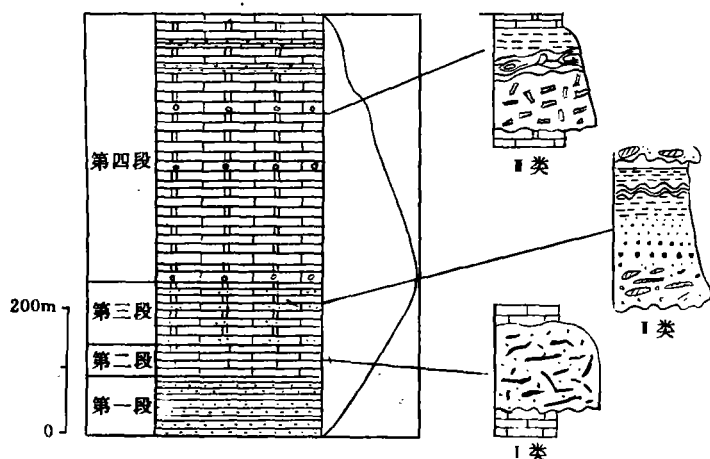


图 1 研究区 pt_2g 剖面结构及风暴岩沉积

I 型风暴岩,风暴碎屑流沉积(异地型风暴岩); II 型风暴岩,风暴浊积岩; III 型风暴岩,原地型风暴岩

Fig. 1 Sectional architecture and tempestite types in the Middle

Proterozoic Gaoyuzhuang Formation in the study area

I-type tempestite are interpreted as the storm debris flow deposits(allochthonous tempestite);

II-type tempestites as the tempestitic turbidites,III-type tempestites as the autochthonous tempestites

第二段,风暴岩为菊花状或杂乱排列的竹叶状碎屑,以成分与下部岩层成分不同为特征,多为碎屑流形成的异地风暴岩,本文称之为 I 型风暴岩。

第三段,风暴岩多呈似鲍玛序列,为风暴浊流沉积,本文称之为 II 型风暴岩。

第四段,风暴岩多具撕裂构造,竹叶状砾屑呈倒小字形、砥柱状或平行于层面排列。砾屑成分与下伏岩层岩性相同,是原地型风暴岩,本文称之为 III 型风暴岩。

2 风暴岩的岩石类型及构造特征

高于庄组地层中发育的三种风暴岩,各具自己的岩石类型和沉积构造,代表不同深度的沉积物在风暴作用影响下水流条件的演化过程。沉积构造是风暴作用不同演化阶段的产物,是确定风暴作用特点的良好标志。

2.1 I 型风暴岩

岩石类型:主要为砾屑灰岩,砾屑大小相差较大,0.2—20cm,磨圆、分选不好。砾屑多呈竹叶状,少数为不规则状,并具有塑性弯曲。竹叶状砾屑成分复杂,为石英、燧石、泥晶灰岩,与下部岩层的含锰灰岩成分不同。砾屑呈菊花辐射状排列或杂乱排列。

沉积构造: I 型风暴岩的底面侵蚀构造发育(图 2a),多呈不规则状和复杂状(王翔等,1993)。底面侵蚀构造是风暴流对底床造成的形态各异的冲蚀和刻蚀,是风暴强度、性质等因素的反映(胡志水等,1993);另一沉积构造特征为块状层理(图 2b),是风暴衰减期碎屑颗粒快速堆积的结果。

I 型风暴岩为风暴作用较强的异地型风暴岩。

2.2 I型风暴岩

岩石类型:主要为钙质砂屑石英砂岩、钙质粉屑石英砂岩、砂质砂屑灰岩和砾屑砂质灰岩。该四种岩石的碎屑颗粒由陆源碎屑和内源碎屑组成。陆源碎屑成分主要为石英,不含长石,有次生加大现象,磨圆度中等,分选性差。内源碎屑为泥晶方解石、亮晶方解石、鲕粒灰岩及生物碎屑,形态多为长条状。鲕粒有放射状鲕和同心鲕,具有碎裂现象。胶结物为泥晶灰岩的钙质、泥质胶结。

沉积构造:(1)底部侵蚀构造以微型槽状和不规则状为主;(2)递变层理,是该种风暴岩所独特的沉积构造标志(图 2c),是风暴浊流将碎屑物搬运到深水中,水流强度衰减所致;(3)平行层理和水平层理,平行层理发育在风暴沉积粒序层之上,一般不超过 5cm,多由砂屑

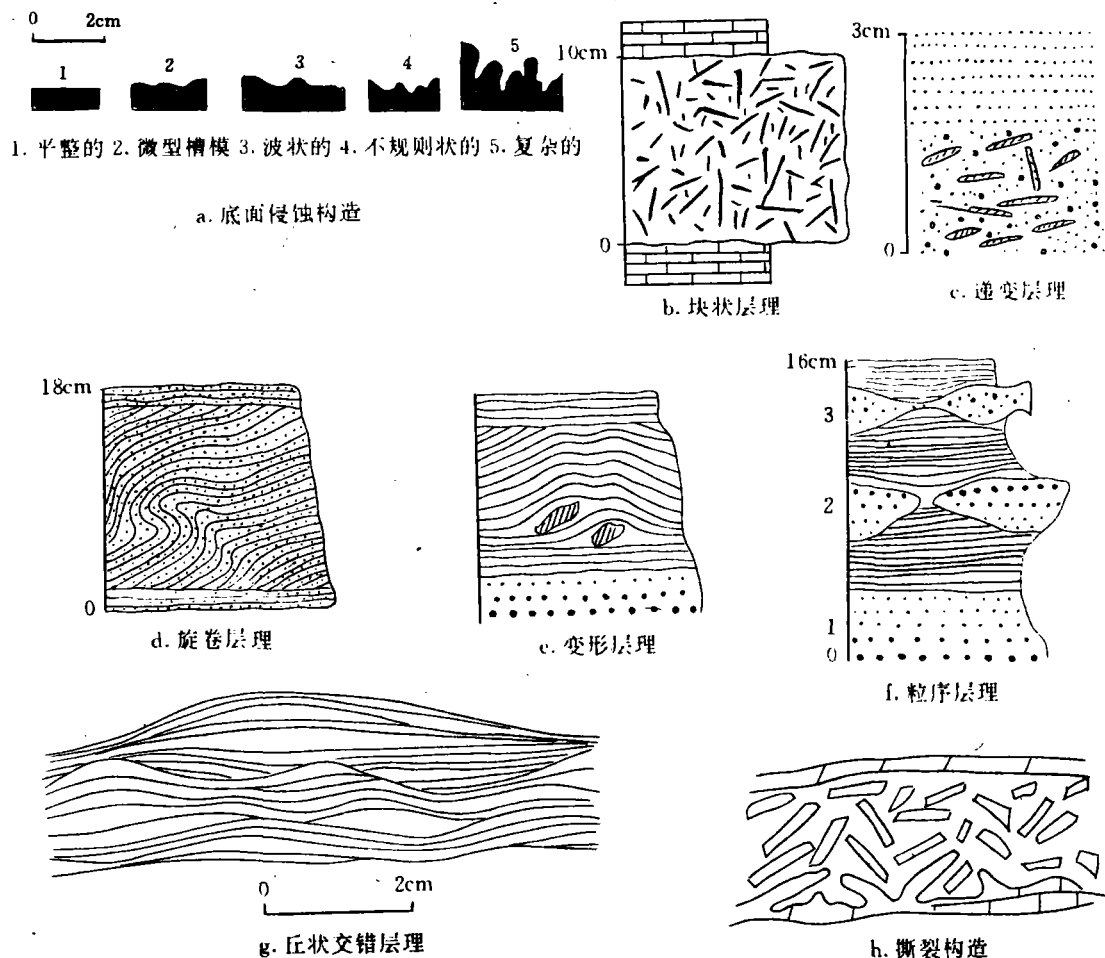


图 2 高于庄组风暴岩沉积构造素描图

Fig. 2 Sketches of sedimentary structures of the tempestites in the Gaoyuzhuang Formation in the study area

a=sole erosion structure, 1=smooth; 2=minor flute cast; 3=wavy; 4=irregular; 5=complicated;
b=massive bedding; c=graded bedding; d=rolling bedding; e=deformed bedding;
f=graded bedding; g=hummocky cross-bedding; h=rip-up structure

组成,说明水动力条件较强。水平层理发育在斜层理之上,一般认为它是在风暴衰退期间从缓慢运动的风暴悬浮物中沉淀下来的(Reineck 和 Singh, 1972),也可是在风暴衰退条件下,当波浪水流达到海底不久时沉积的(Kreisa 1981);(4)缓波状交错层理、旋卷层理(图 2d)、变形层理(图 2e),据近年来的最新研究表明,波状交错层理、旋卷层理是风暴浊流形成的砂岩与其它成因的砂岩相区别的一个重要标志(Seilacher, 1982);(5)粒序层理,本区高于庄组风暴岩正、逆粒序均发育(图 2f),它是在风暴回流期间,当颗粒从高密度悬浮中沉淀时,同时受到重力与切刀力作用,当重力大于剪切力时,颗粒由大到小或由重到轻依次沉降,形成正粒序,反之则形成逆粒序;而当重力等于剪切力时,则形成无粒序层理。

由以上岩石类型和沉积构造特征可以确定 I 型风暴岩是风暴衰减期风暴流向浊流转变的产物,为风暴浊积岩。

2.3 II 型风暴岩

岩石类型:主要为砾屑白云质灰岩,砾屑呈竹叶状,成分与下伏岩层相同,基质为泥灰岩和粘土,基质胶结,基质支撑。砾屑磨圆度差,并见撕裂构造。

沉积构造:(1)底面侵蚀构造为平整状和缓波状(图 2a);(2)丘状交错层理(HCS),丘状或凹状交错层理是风暴流强劲的摆动或多向水流作用于海底床砂上而形成(Duke, 1985),其主要特征为各层组有一低角度的侵蚀底面,其上的纹层与底面平行,纹层在横向上有规律地变厚,倾角有规律地向上减小或散乱。本区丘状交错层理层面为泥晶泥质灰岩,而层内则为亮晶白云质灰岩。它是风暴作用衰减的产物,其波长 10—20cm,波高 5—8cm(图 2g);(3)撕裂构造,其砾屑层与下伏的微晶白云质灰岩没有明显的界线,见微晶白云质灰岩被撕裂扯起,其断块呈旋式雁形排列,局部相间呈帐篷状,砾块根部与原岩层相连。一般认为它是风暴旋浊流作用的产物(陈林洲等, 1991),而笔者认为是风暴作用较弱的产物。撕裂构造是确定原地型风暴沉积、分析风暴作用的典型证据(图 2h)。

高于庄组第四段发育的风暴岩被认为是风暴衰减期的原地型风暴岩。

3 风暴沉积序列

目前对风暴作用形成的岩石序列有不同的认识,Aigner(1982)将一次风暴事件分成高峰期、衰减期和停息期,并据此建立了风暴垂向沉积模式。Allen(1982)更详细地把风暴事件分为风暴前期、风暴增强期、风暴高峰期、风暴衰减期、风暴后期五个阶段,认为典型的风暴沉积序列应由侵蚀底面(滞留面)、粒序段、块状段、丘状层理、平行层理段、弱砂纹交错层理段及泥岩段组成。上述划分是一种理想化的模式。在不同的沉积环境中由于水深、海底坡度、底质性质及海水运动等因素影响,风暴沉积的基本序列不同。下面分别根据三个岩性段中常见的风暴岩剖面组合建立其基本沉积序列:

3.1 I 型风暴岩的沉积序列

高于庄组第二段中常见的风暴沉积剖面组合有:I型,只由砾屑层组成(图 3a);I型,由滞留面、粒序层、平行层理段组成(图 3b)。它说明当时风暴作用较强,将底面强烈冲蚀之后,快速沉积粒序层,并形成平行层理。

3.2 II 型风暴岩的沉积序列

在平泉区高于庄组第三岩性段发育的风暴岩剖面组合为:I₁型(图 3c),由滞留面(A)、粒序层(C)、斜层理段(F)、水平层(G)、泥质岩段(H)组成;I₂型(图 3d),由滞留面(A)、下

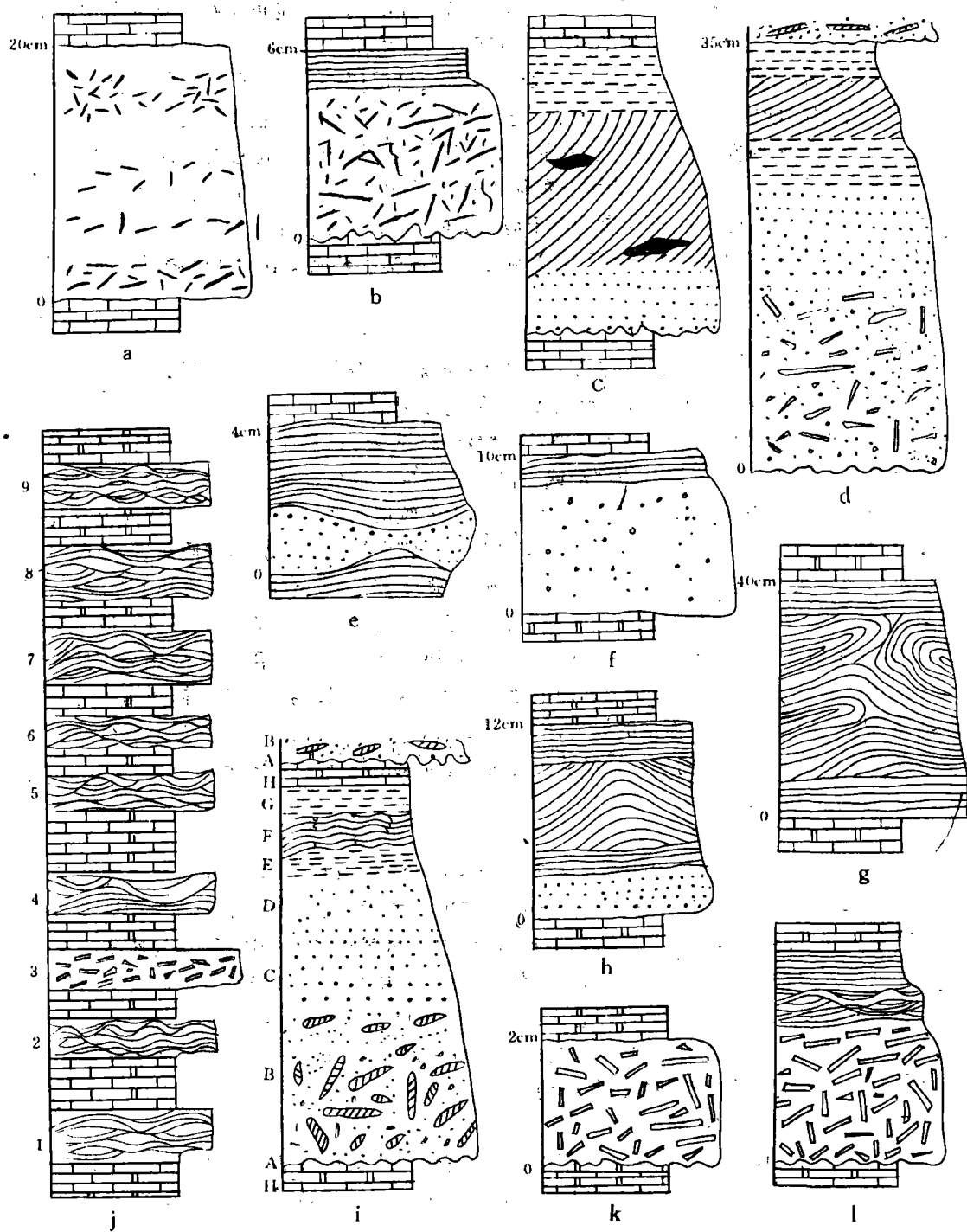


图3 高于庄组风暴岩沉积序列

Fig. 3 Depositional sequences of the tempestites in the Gaoyuzhuang Formation, Hebei

块状层(B)、粒序层(C)、下水平层(E)、斜层理段(F)、上水平层(G)组成;Ⅰ型(图 3e),由粒序层(C)、下水平层(E)组成;Ⅱ型(图 3f),由上块状层(D)、下水平层(E)组成;Ⅲ型(图 3g),由下水平层(E)、斜层理层(F)、上水平层(G)组成;Ⅳ型(图 3h),由粒序层(C)、下水平层(E)、斜层理(F)、上水平层(G)组成。

Ⅰ型风暴岩的基本沉积序列为滞流面(A)、下块状段(B)、粒序段(C)、上块状段(D)、下水平段(E)、斜层理段(F)、上水平段(G)、泥质岩段(H)组成(图 3i)。此类风暴岩是风暴作用后期由风暴流向浊流转变的产物,在沉积序列上呈似鲍玛序列。

3.3 Ⅲ型风暴岩的沉积序列

在第四岩性段中常见有以下风暴岩剖面组合:Ⅲ型(图 2h),由砾屑层组成;Ⅳ型(图 3j),由丘状交错层理组成;Ⅴ型(图 3k),由滞流面和砾屑层组成;Ⅵ型(图 3l),由滞流面、砾屑层、丘状层理、平行层理组成。

Ⅲ型风暴岩的基本沉积序列为:滞留面、砾屑层、丘状交错层理段、水平层(图 3l)。该种沉积序列反映了风暴作用较弱,是风暴作用衰减期的产物。

4 沉积环境及其演变

高于庄组地层中发育的大量风暴岩是在赤道附近环境下形成的,这与古地磁研究的结果是相一致的(张文治等,1980)。同时,高于庄组不同层位的风暴岩的特点及风暴沉积序列明显地反映它的古沉积环境的变迁。

高于庄组第一岩性段的岩性和沉积构造都反映了当时处于能量较高的近滨和滨外陆棚沉积环境。

高于庄组第二岩性段,其岩性主要为含锰、含燧石结核的灰岩,发育Ⅰ型风暴岩和重力流滑塌堆积。根据Ⅰ型风暴岩特征和沉积序列可知该型风暴岩为碎屑流沉积,当时风暴作用很强,处于正常浪基面与风暴浪基面之间(孟祥化等,1986)。另外重力流滑塌堆积中大量粒级混杂碎屑呈棱角状,磨圆不好,搬运距离短,由大的风暴作用形成,必处于风暴浪基面之上。所以可知高于庄组第二岩性段当时处于浅海陆棚环境。

高于庄组第三岩性段的岩性主要为风暴浊流成因的砂质灰岩、钙质砂岩。该段内风暴岩内源碎屑物质和陆源碎屑物质相混,是风暴作用将二者从不同的物源区搬运所至。该风暴沉积序列呈似鲍玛序列,说明当时沉积环境一定是位于风暴浪基面以下的较深浅海环境。

高于庄组第四岩性段的岩性主要为白云质灰岩,据该段发育的Ⅲ型风暴岩特点及沉积序列可知,该岩段是风暴作用衰减期的产物。再据该风暴岩序列所发育的丘状交错层理可知其当时沉积环境位于风暴浪基面之上或附近的浅海碳酸盐盆地沉积环境。

由上可知,平泉地区高于庄组地层沉积经历了一个海进—海退的沉积旋回,沉积环境演变由较深滨海环境→浅海斜坡环境→较深浅海碳酸盐盆地→浅海碳酸盐盆地(图 4)。

参 考 文 献

- 陈林洲、罗新民、肖劲东,1991,鄂东南早三叠世钙质风暴沉积特征及其初步研究,岩相古地理,第三辑。
胡志水、赵永胜,1993,重庆中梁山三叠系飞仙关组三段风暴沉积,沉积学报,11(2),84—89。
孟祥化、葛铭、乔秀夫,1986,华北古浅海碳酸盐风暴沉积和丁家滩相序模式,沉积学报 4(2),1—15。
孙大中、陆松年,1987,华北地台的元古宙构造演化,中国地质科学院院报,NO. 16,55—70。
王翔、王战,1993,华北地台东南缘上元古界风暴沉积,沉积学报,11(2),91—96。

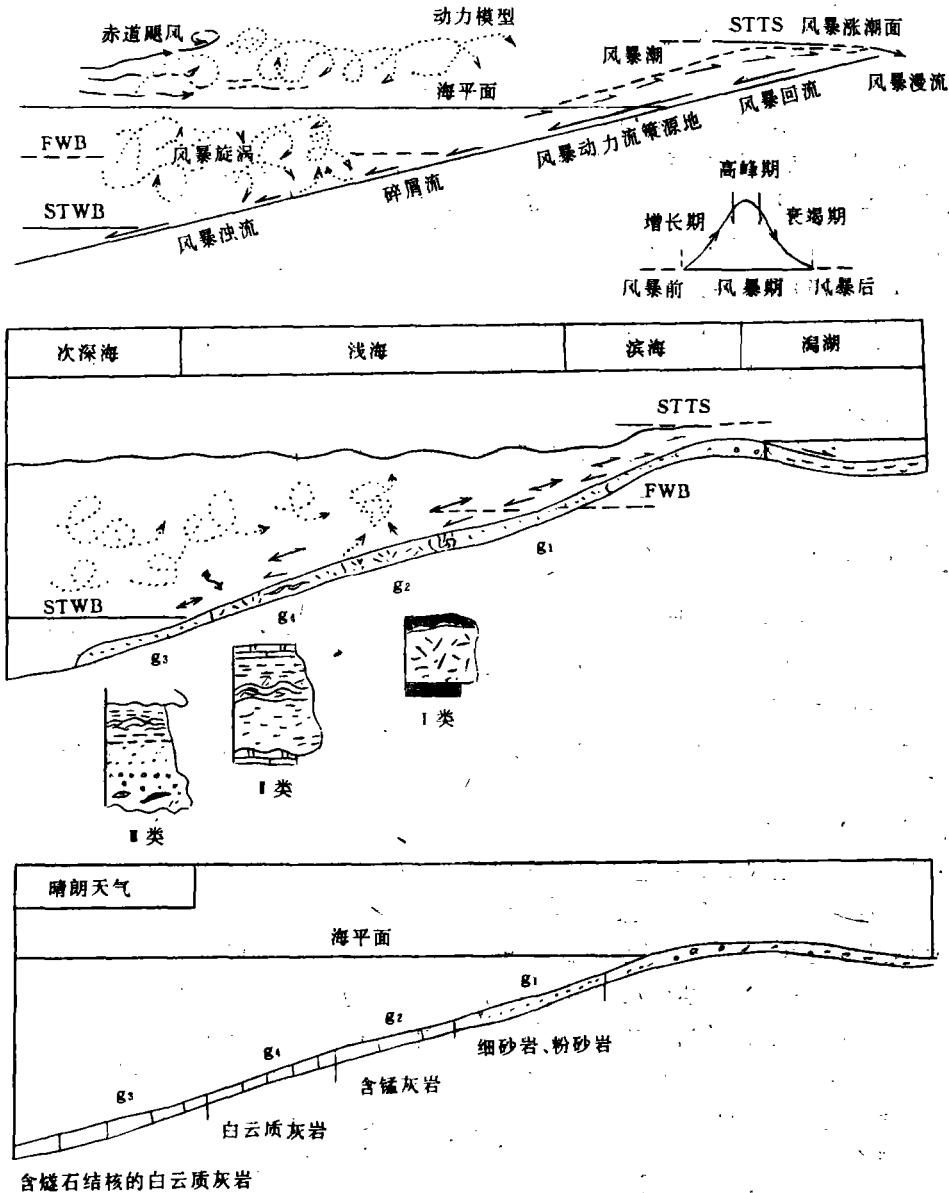


图4 平泉地区高于庄组沉积环境演化图

Fig. 4 Diagrams showing the evolution of sedimentary environments in the Gaoyuzhuang Formation, Pingquan district, Hebei

张文治、李普, 1980, 中国蓟县震旦亚界的古地磁特征, 中国地质科学院, 天津地质矿产研究所刊 1(1), 111-122.

Aigner, T., 1982. Calcareous tempestites, storm-dominated stratification in Upper Muschelkalk limestone. In, *Cyclic and Event Stratification* (ed. by G. Einsele and A. Seilacher).

Aigner, T., 1982. Event stratification in Nummulite Accumulations and in shell beds from the Eocene of Egypt. In, *Cyclic and Event Stratification*, (ed. by G. Einsele and A. Seilacher, pp. 248-263.

Allen, J. R. L., 1982. *Sedimentary structures, their character and physical basis* E. S. P. C 2, Amsterdam, Oxford, New York.

Duke, W. L. , 1985. Hummocky cross-stratification, tropical hurricane, and intense winter storms. *Sedimentology*, 32, pp. 167—194.

Kreisa, R. D. , 1981. Storm-generated sedimentary structure in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of southwestern Virginia. *J. Sed. Petrol*, 5, pp. 823—848.

Kreisa, R. D. and Bambach, R. L. , 1982. The role of storm process in generating shell beds in Paleozoic shelf environment. in *Cyclic and Event Stratification* (ed. by G. Einsele and A. Seilacher, pp. 200—208.

Seilacher, A. , 1982. Distinctive features of sandy tempestites. In *Cyclic and Event Stratification* (ed. by G. Einsele and A. Seilacher, pp. 333—350.

THE TEMPESTITE SEQUENCES AND SEDIMENTARY ENVIRONMENTAL EVOLUTION OF THE GAOYU-ZHUANG FORMATION IN PINGQUAN, HEBEI

Yang Jinhui Wu Fuyuan Ma Li Zhou Meiling

Department of Earth Sciences, Changchun University of Earth Sciences

ABSTRACT

The three types of tempestites, developed in the Gaoyuzhuang Formation, Pingquan, Hebei, are quite different each other in rock types, sedimentary structures and tempestite sequences. They are interpreted as the products of storm processes at different depths of sea water, thus suggesting the sedimentary environmental evolution from marine incursion to regression in the study area during the deposition of the Gaoyuzhuang Formation.

Key words, sedimentary environment, depositional sequence, tempestite, Gaoyuzhuang Formation, Pingquan, Hebei