

华北地块东南缘上元古界风暴沉积^①

王翔 王战

(西安地质学院 地质构造研究所)

提 要 本文对华北地块东南缘上元古界中新近发现的风暴沉积层位进行了研究,并划分出九种风暴沉积剖面结构和三种有关的沉积环境。结论认为,本区刘老碑组风暴岩形成于潮下开阔陆棚环境,倪园组风暴沉积形成于台地边缘斜坡环境,而望山组风暴沉积属湖下局限台地相产物。

关键词 上元古界 风暴沉积 岩剖面结构

第一作者简介 王翔 男 37岁 讲师 硕士 应用构造地质学与岩石力学

位于华北地块东南缘的苏皖北部地区(图1),由于发育有一套面貌独特的晚元古代地层,而为众多地质工作者所瞩目。大多数研究者都认为,本区是研究我国南、北晚元古代地层衔接对比问题的关键地区之一。八十年代后期,一些学者(葛铭等,1987;乔秀夫,1987)相继指出,本区晚元古代地层中存在有风暴沉积;乔秀夫等(1989)还对本区张渠组风暴沉积进行了详细的研究,提出了一些新的认识。通过近几年的研究,笔者等又进一步在该区发现了一些新的风暴沉积的层位,并对其进行了研究。本文仅就这些新发现的风暴沉积产物,提出一些初步的认识,希望能为本区前寒武纪沉积学及事件地层学的深入研究,提供一些有用的资料

1 地层概况

苏皖北部地区的晚元古代地层可以被划分为三群十四组,总厚度可达5000m以上。下部的淮南群自下而上包括曹店组,八公山

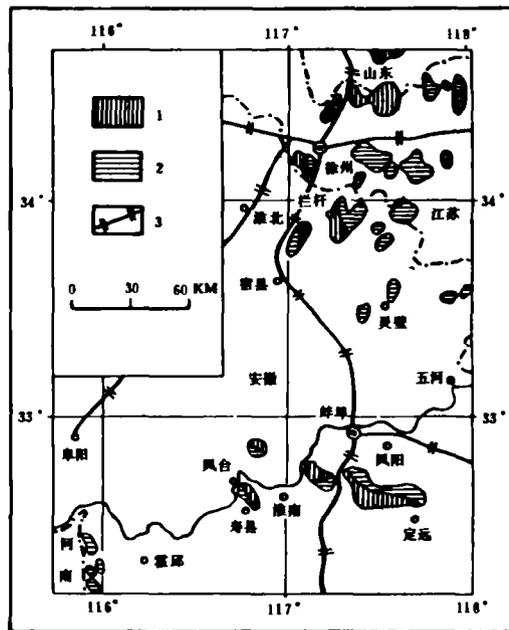


图1 苏皖北部上元古界露头略图

1. 下寒武统; 2. 上元古界; 3. 铁路

Fig. 1 Sketch showing the distribution of Upper Proterozoic in northern Jiangsu and Anhui provinces

① 本文系地矿部资助的“华北地块南缘元古宙构造演化”项目中的部分成果

组,刘老碑组,寿县组和九里桥组;中部的徐淮群自底向顶包括赵圩组,倪圆组;上部的宿县群包括金山寨组和沟后组。关于这一套晚元古代地层更进一步的时代归属和区域对比,不同研究者的认识,目前还不尽相同。由于对此问题的进一步探讨,越出了本文的范畴,故笔者在此不做深入讨论。

对于本区晚元古代风暴岩的层位,以往的研究和报道仅限于徐淮群中的张渠组(葛铭等,1987;乔秀夫,1987;乔秀夫等,1989)和魏集组(葛铭等,1987)。根据近几年来对本区上元古界的研究,笔者先后在淮南群的刘老碑,徐淮群的倪圆组和望山组中,又识别出几处风暴沉积层位,它们主要发育于碳酸盐岩中,并表现出多种不同的剖面结构类型。

2 风暴沉积岩石类型

上述晚元古代地层中的风暴沉积岩石类型主要有以下几类:

2.1 原地型风暴砾屑灰岩

砾石形态为扁片状,成份单一,为下伏的薄层泥灰岩,表面无明显磨蚀,但多有氧化圈。颗粒支撑为主,略呈放射状排列(图版1.1),岩石含砾率较高(>80%)。底界面大致平整,而顶界面略有起伏。此种砾屑灰岩属风暴浪将已固结的沉积物打碎、搅起,并就地堆积而成。

2.2 异地型风暴砾屑灰岩

砾石形态不规则,次棱角状,无分选,排列杂乱,基质支撑。相邻的下伏层位为具微细水平层理的泥质条带泥晶灰岩,而砾屑灰岩中砾石的成份为具槽状交错层理的砂屑灰岩。底界面为一不规则起伏的冲刷面,顶界面平整。此类岩石中的砾石可能来自相对较浅的潮间—潮下高能带,并经过了风暴重力流的搬运。

2.3 风暴浊积钙质砂岩

为厚度较薄的钙质砂岩,显示正粒序性。系由风暴诱发的低密度浊流沉积而成。

2.4 具丘状交错层理的砂屑灰岩

主要为一些具有丘状交错层理的砂屑灰岩,厚度一般不大(大多<10cm)。是风暴期间形成的。其形成位置一般介于正常浪基面与风暴浪基面之间。

3 风暴成因沉积构造

对于风暴作用形成的各种沉积构造,国内外已有许多学者进行过研究(G. Kelling,等,1975;R. D. Kreisa,1981;R. H. Dott等,1982;W. L. Duke,1985;孟祥化等,1986;刘宝珺等,1986,1987;乔秀夫等,1989)。根据已有的模式和准则,作者在本区晚元古代地层中识别出以下几种主要的风暴成因沉积构造。

3.1 底面构造

主要发育于粒序层,异地砾屑灰岩等的底部,为风暴重力流对底床造成的形态各异的冲刷及刻蚀(图2),其中包括大致平整的,波状起伏的,不规则形状(图版1.3)等等。其规模一般与其上沉积物类型有关。在薄粒序层的底部,多表现为小型及微型的冲刷槽模,而在砾屑灰岩的底部,则多表现为明显的冲刷面。

3.2 丘状交错层理

主要为一些小型的丘状交错层理(图版1.4),丘高一般为4~5cm,丘距为15~20cm。有

时可见其与凹状交错层(SCS)伴生。这类构造一般认为是形成于正常浪基面之下,风暴浪基面之上,由风暴流产生的强摆动水流形成。本文根据刘宝珺(1986)提出的分类方案,将本区晚元古代地层中的丘状交错层理分为两类:①简单式,单一的丘状交错层直接覆于粒序层或泥晶灰岩等之上;②复合型多个丘状交错层叠置,其间有冲刷或截切现象存在。



图2 风暴重力流形成的不同形态的底面构造

1. 平整的 2. 微型槽模 3. 波状起伏的 4. 不规则的 5. 复杂的

Fig. 2 Sketch showing the scour and truncation structures produced by storm-generated gravity flow

3.3 粒序层构造

一般为较薄的粒序层(厚度多为 2~5cm),不含砾级碎屑,显示正粒级递变性。底面基本平整或具小型、微型冲刷槽模。这类构造主要产于砂岩或钙质砂岩之中,垂向上与具平行层理或丘状交错层理的砂屑灰岩相邻。此外,在个别风暴重力流成因的砾岩中,可见粗尾递变。

4 风暴岩剖面结构

风暴岩剖面结构的概念已被广泛用于风暴沉积的研究当中。通过对各种不同的剖面结构的研究,可以进一步了解风暴作用的特点、风暴岩的沉积特征以及相应的沉积环境特征。

4.1 刘老碑组风暴岩剖面结构

刘老碑组风暴沉积形成于该组中下部的薄—中厚层泥灰岩、页岩之中,其剖面结构可分为两类(图 3):

I 型:整个序列厚约 10cm,由 A,B,C,D 四个单元组成。单元 A 为具粒级递变性的砂岩,厚 2~3cm,其下伏岩性为具微细水平层理的泥灰岩,两者接触面大致平整。单元 B 为具水平层理的钙质粉砂岩,厚约 2~3cm,其上为单元 C——具小型简单式丘状错层理的泥灰岩。最上部的单元 D 为具水平层理的泥灰岩或钙质页岩。A,B,C 单元为风暴期间由风暴浊流及风暴流形成,而单元 D 为好天气中的披盖层(fair weather capping)。

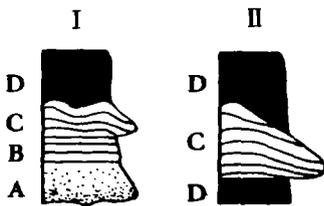


图3 刘老碑组风暴岩剖面结构类型

Fig. 3 Sketch showing the types of sectional texture of tempestites in Liulaobei Formation

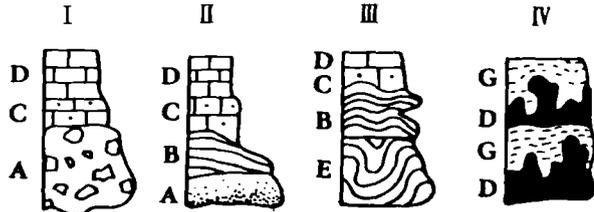


图4 倪圆组风暴岩剖面结构类型

Fig. 4 Sketch showing the types of sectional texture of tempestites in Niyuan Formation

II 型:整个序列厚约 30cm。由 C,D 两个单元构成。单元 C 为具简单式丘状交错层理的钙

层粉砂岩(图版 1.5),厚约 30cm。下伏层位为显示水平层理的页岩,两者接触面大致平整。单元 D 为具水平层理的钙质页岩。

4.2 倪园组风暴岩剖面结构

风暴沉积发育于倪园组中部的台地前缘缓坡相中,相邻层位中水下滑动构造极为发育。风暴岩的剖面结构主要有以下几种(图 4)

I 型:整个序列厚约 50cm,由 A,C,D 三个单元组成。单元 A 为异地型风暴砾屑灰岩,底面不规则起伏。砾石的分选、磨圆均较差,且排列无序。下伏岩性为具微细水平层理的泥晶白云质灰岩。单元 C 为砂屑白云质岩,显示微波状~水平层理。单元 D 为具微细水平层理的泥晶灰岩,代表风暴过后的正常沉积。

II 型:序列厚约 30cm,包括 A,B,C,D 四个单元。单元 A 是风暴成因的低密度浊流所形成的薄粒序层,岩性为钙质砂岩,厚约 3~6cm,底面有小型冲刷槽模,顶面平整。B 单元为具简单式丘状交错层理的砂屑灰岩,丘高 4 厘米左右,丘距 15~25cm。单元 C 为具波状层理的砂灰岩,厚度为 2~10cm,属风暴衰减期的产物。单元 D 为具有微细水平层理的含泥质泥晶灰岩,属晴好天气中的披盖层沉积。

III 型:序列厚约 50cm,含 E,B,C,D 四个单元。E 单元为具水下滑动构造的白云质灰岩,厚 20~30cm,其上的单元 D 为砂屑灰岩,并具有复合式上状交错层理,厚 10~15cm。单元 C,D 与 II 型中的相同。

IV 型:序列厚 40~80cm 厘米,包括 D,G 两个单元。D 单元为含泥质泥晶灰岩,具微细水平层理或块状,单元 G 为灰白色泥灰岩,底面为一极不规则的冲刷截切面,顶部基本平整,与上覆岩性的分界十分清楚。在相邻层位中可以见到水下滑动构造及球枕状构造。D 单元应属好天气中的正常沉积,而 G 单元属风暴重力流尾部的细粒沉积。

4.3 望山组风暴岩剖面结构

风暴岩主要发育于本组中、上段的碳酸盐岩中,剖面结构可分为三种类型(图 5):

I 型:序列厚约 25cm,由 A,B,C,D 四个单元组成。A 单元为薄层钙质砂岩,显示正粒级递变性,底面平整,顶面略有起伏,厚 2~3cm。B 单元厚约 1cm,为具平行层理的粉屑灰岩。单元 C 为具复合式立状交错层层理的砂屑灰岩,厚约 12cm。单元 D 为代表好天气中正常沉积的泥晶灰岩,具水平层理,厚约 0.5cm。再向上,出现丘状交错层理,厚约 10cm,其上再次出单元 D。这是一种复合型剖面结构,代表风暴的多次活动。这种剖面结构的风暴岩(图版 1.6)出现在望山组中段上部。

II 型:序列厚 30~40cm,由 A,D 两个单元构成。A 单元为原地型风暴砾屑灰岩,砾石呈板片状,略呈放射状排列,底面大致平整,下伏岩性为薄层泥晶灰岩,A 单元的顶部显示波状起伏,厚度约为 25cm。单元 D 为泥晶灰岩,厚约 15~20cm,为晴好天气中的正常沉积。

III 型:由 D,C 两个单元组成。D 单元为具水平层理的泥晶灰岩,为晴天里的正常沉积,其沉积环境的水动力条件较弱。C 单元则比较特别,由风暴期间强摆动水流形成的丘状交错层理或凹状交错层与晴好天气中由潮汐作用形成的波状层理叠加而成。岩性主要为砂屑灰岩。

5 风暴岩沉积环境

根据上述各组风暴沉积的岩石类型,剖面结构以及风暴岩的上、下相邻层位的岩性,沉积

构造特征等,可以将上述风暴岩的沉积环境划分为以下几种类型。

5.1 浅海陆棚相

刘老碑组风暴岩形成于此相带中。在该组风暴岩的上、下相邻层位中,主要的岩石组合为薄板状泥晶灰岩、泥灰岩及黄绿色页岩,镜下多见海绿石及鲕绿泥石,说明其形成于弱氧化—弱还原的条件下,广泛发育的水平层理和微细水平层理,表明水动力条件较弱,因而可能属潮下低能环境。此相带大致相当于威尔逊提出的碳酸盐岩相带模式(J. L. Wilson, 1975)中的广海陆棚相。

5.2 台地前缘缓坡相

倪圆组风暴岩主要形成于此相,该组风暴岩的上、下相邻层位的主要岩性为灰白色泥晶灰岩,其层理类型主要是反映静水环境的微细水平层理,另外还广泛发育有中、小型的水下滑动构造(图版 I. 7)。在区内几条主要剖面中,此相还常常表现出垂向上与台地边缘滩相(竹叶状灰岩、鲕粒灰岩、交错层理,再作用面等较发育)或台地边缘叠层石礁相相邻。从该组风暴岩自身的特征来看,除了发育有丘状交错层这种一般形成于正常浪底之下,风暴浪底之上的构造外,还发育有低密度浊流活动形成的薄粒序层、浊流尾部富含细粒物质的含砾泥晶灰岩以及异地型风暴砾屑灰岩。因此,倪圆组风暴岩很可能是形成于台地前缘缓坡相的上部。根据对该组水下滑动构造及古流的统计分析,推测当时北侧的徐(州)宿(县)地区古斜坡的倾向介于 NE 和 SE 之间,而南侧的淮南寿县一带,古台地前缘斜坡主要倾向 NW。这与目前所能恢复的本区晚元古代沉积盆地的轮廓是相吻合的。

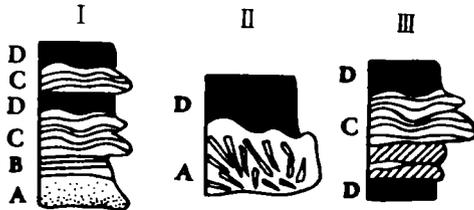


图 5 望山风暴岩剖面结构类型

Fig. 5 Sketch showing the types of sectional texture of tempestites in Wangshan Formation

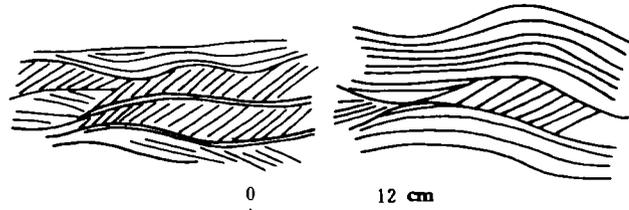


图 6 望山组丘状交错层和凹状交错层与波状层理的叠加(宿县大黄山剖面)

Fig. 6 Sketch showing the superimposition of hummocky cross-stratification or swaley cross-stratification on wave bedding in Wangshan Formation

5.3 局限台地相

望山组风暴岩主要形成于此相带中。在该组风暴岩之下,主要为一套具微细水平层理的薄~中厚层泥晶灰岩及泥质条带灰岩。在风暴岩层位之上,岩性仍以薄—中厚层泥晶灰岩为主,但其中的沉积构造特征已发生改变,自下向上依次出现水平层理。小型水流波痕、波状交错层理、脉状层理及小型槽状交错层理。对古流向的统计证明,主要为双向水流。再向上则可见冲刷充填构造,泥裂及鸟眼构造。以上特征表明相应的沉积实体是在一个波浪作用较弱,主要受

潮汐作用影响的局限台地相的潮间—潮下带中形成的。整个序列具有向上变浅的演化趋势。望山组风暴岩主要形成于这一局限台地的潮下低能带中。在一些层位中,还可以见到丘状交错层或凹状交错层叠加到通常形成于潮下一潮间带的波状层理之上(图6),表明风暴作用叠加到了潮汐作用带上。

收稿日期:1991年6月4日

参 考 文 献

- [1] 刘宝珺,张继庆,许效松,1986,四川兴文四龙下二叠统碳酸盐风暴岩,地质学报,1期,55~67页
- [2] 刘宝珺等,1987,中国扬子地台西缘寒武纪风暴事件与矿砂沉积.沉积学报,5卷,3期,28~39页
- [3] 乔秀夫,邢裕盛等,1989,皖北震旦系张渠组风暴沉积,地质学报,4期,297~309页
- [4] 孟祥化,乔秀夫,葛铭,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卷2期,1~22页
- [5] Dott R. H. Jr and Bourgeois J., 1982, Hummocky stratification: Significance of its variable bedding sequences. *Geol. Soc. America. Bull.*, V. 93, p. 663~680
- [6] Duke W. L. 1985, Hummocky cross-stratification, tropical hurricane, and intense winter storms. *Sedimentology*. V. 32, p. 167~194
- [7] Kelling G. and Mullin P. R., 1975, Graded limestone and limestone-quartzite couplets: Possible storm-deposits from the Moroccan Carboniferous. *Sed. Geol.*, V. 3, p. 161~190
- [8] Kreisa R. D., 1981, Storm-generated sedimentary structure in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of southwestern Virginia. *Jour. Sed. Petrol.*, V. 5, p. 823~848
- [9] Reading H. G. (ed). 1978, *Sedimentary environments and facies*. Blackwell Scientific Publications, Oxford London Edinburgh Melbourne

Storm-Deposits in Upper Proterozoic in Southeastern Huabei Sino-Forean Massif

Wang Xiang, Wang Zhan

(Xian Geological College)

Abstract

The area of northern Jiangsu and Anhui provinces locates on the southeastern edge of Huabei massif (Sino-Korean massif), and is one of the key areas for the division and correlation of Upper Proterozoic in China. Since late 80's, some geologists have reported or studied some storm-deposits of the Upper Proterozoic (Ge Ming et al., 1987; Qiao Xiufu, 1987; Qiao Xiufu et al., 1989). However, their researches are concerning only on the storm-deposit levels in Zhangqu Formation and Weiji Formation. Through the research in this area during recent years, the authors have discovered some storm-deposits in Liulaobei Formation, Niyuan Formation, and Wangshan Formation in the Upper Proterozoic.

This paper is mainly carried out to approach the characteristics of the newly recognized storm-deposits in some aspects such as types of the tempestites, storm-generated sedimentary structures, sectional textures of tempestites, and sedimentary environment of tempestites. According to our research, the major rock types of the storm-deposits include autochthonous calcirudite, allochthonous calcirudite, turbidite-generated calcisiltite and micritic limestone, etc. Storm-generated sedimentary structures include different scour or truncation structures (e. g., flate, wave-like, complex and irregular, etc.); hummocky cross-stratification (which can be classified into two types; simple and complex); swaley cross-stratification, swaley cross-stratification, and thin graded bed. Moreover, the sectional texture of the newly recognized storm-deposits can be classified into 9 types. Most of them are incomplete, and some of them belong to complex ones, which mean the existence of episodic storm activity. The sedimentary environment of tempestites, we think, includes three types; subtidal zone in open shelf, platform edge gentle ramp, and subtidal zone in confined platform.



1. 望山组原地型风暴砾屑灰岩(宿县大黄山剖面) 2. 倪园组异地型风暴砾屑灰岩(寿县四顶山剖面) 3. 倪园组风暴重力流造成的截切构造(灵璧焦山剖面) 4. 望山组丘状交错层理(宿县栏杆大黄山剖面) 5. 刘老碑组丘状交错层理(寿县刘老碑剖面) 6. 望山组I型剖面结构风暴岩(宿县栏杆大黄山剖面) 7. 倪园组水下滑动构造(宿县青铜山剖面)