

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 宁波盆地早白垩世孢粉组合及古气候

王开发

章永昌

(同济大学海洋地质系)

(国家海洋局第一研究所)

宁波盆地早白垩世孢粉组合以裸子植物花粉占绝对优势(约75%),蕨类孢子其次,为24%左右,被子植物花粉极少,仅占0—2%,为 *Classopollis-Cicatricosisporites-Inaperturopollenites* 组合,其时代相当于早白垩世的 Barremin-Aptian 期,反映为热带、亚热带的热干气候。

宁波盆地位于浙江省东北部,濒临东海,面积达1070km<sup>2</sup>,属北东向断陷型向斜盆地,中部两条 NWW向断层(即半浦—邱隘断层、弗市—大池头断层)将盆地切割成三个块段,由北而南为庄市向斜、裘市断堑、栎社向斜。盆地基底为侏罗系火山岩,盆地外围为上侏罗统磨石山组火山岩及火山碎屑岩系,与盆地内地层呈断裂接触。

近年来由于石油地质和水文地质、工程地质勘探的进展,在盆地内打了许多钻孔,较好地揭露了地下白垩系及其岩性(图1)。

## 宁波盆地白垩系孢粉组合特征

几年来我们对宁<sub>1</sub>、宁<sub>2</sub>、宁<sub>3</sub>、宁<sub>10</sub>、宁<sub>11</sub>、宁<sub>14</sub>井以及一部分水文地质钻孔中的砾石层以下的碎屑岩进行孢粉分析,获得相当多的孢粉化石(图版),其孢粉成份如下:

孢粉名称	孢粉含量 (%)	孢粉名称	孢粉含量 (%)
徐氏孢 <i>Hsuisporites</i>	6	杉科粉 <i>Taxodiaceapollenites</i>	< 2
紫萁孢 <i>Osmundacidites</i>	< 0.8	破隙杉粉 <i>Taxodiaceapollenites hiatus</i>	< 3
希指蕨孢 <i>Schizaeoisporites</i>	6	无口器粉 <i>Inaperturopollenites</i>	0—4
肋纹孢 <i>Cicatricosisporites</i>	14	皱球粉 <i>Psophosphaera</i>	7
海金沙孢 <i>Lygodiumsporites</i>	3	松粉 <i>Pinuspollenites</i>	4
金毛狗孢 <i>Cibotiumidites</i>	< 0.6	云杉粉 <i>Piceapollenites</i>	1
凤尾蕨孢 <i>Pterisisporites</i>	< 1	雪松粉 <i>Cedripites</i>	< 3
阴地蕨 <i>Botrychium</i>	< 4	落叶松粉 <i>Laricoidites</i>	< 2
具唇三缝孢 <i>Toroisporis</i>	< 1	罗汉松粉 <i>Podocarpidites</i>	0—2
带环三缝孢 <i>Cinglatisporites</i>	3	原始松柏类 <i>Protoconiferus</i>	0—4
本内苏铁粉 <i>Bennettitales</i>	< 1	麻黄粉 <i>Ephedripites</i>	< 1
苏铁粉 <i>Cycadopites</i>	3	被子植物花粉 <i>Anigosperrae pollen</i>	0—2
银杏粉 <i>Ginkgoretectina</i>	1	蕨类植物孢子比例	12.9—27.7
内环粉 <i>Classopollis</i>	35—72	裸子植物花粉比例	72.3—92.5
南美杉粉 <i>Araucariaceae</i>	< 2	被子植物花粉比例	0—2

从上述孢粉成份和孢粉图式(图2)可以看出,孢粉组合的特征如下:

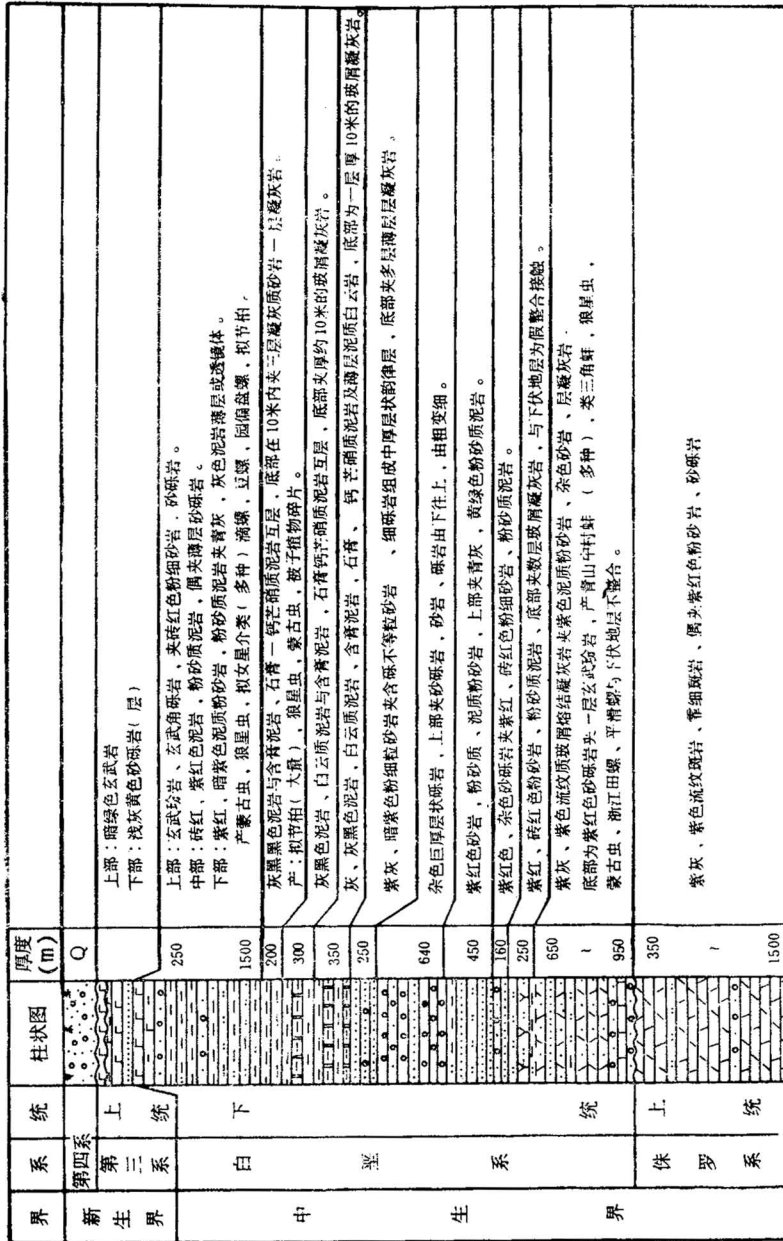


图 1 宁波盆地下白垩统综合柱状图  
Fig. 1 Columnar section of the lower Cretaceous in Ningbo basin

1. 孢粉组合中, 裸子植物花粉占绝对优势, 约为孢粉总数75%左右, 蕨类孢子次之, 为24%左右, 而被子植物花粉极少, 仅占0—2%。

2. 裸子植物花粉中, 以内环粉为主, 占孢粉总数35—72%, 其次为皱球粉, 约7%, 松粉、罗汉松粉等继续出现, 本内苏铁、苏铁粉、银杏粉数量不多, 亦有少量气囊未完全分化的松科花粉。

3. 蕨类孢子以肋纹孢为主, 达孢粉总数14%, 徐氏孢和希指蕨孢(白垩希指蕨孢、库兰德希指蕨孢、条纹希指蕨孢)也有相当数量, 各占孢粉总数6%, 此外尚有一定数量的海金砂孢和带环三缝孢。

4. 被子植物花粉仅零星见到三沟的花粉。

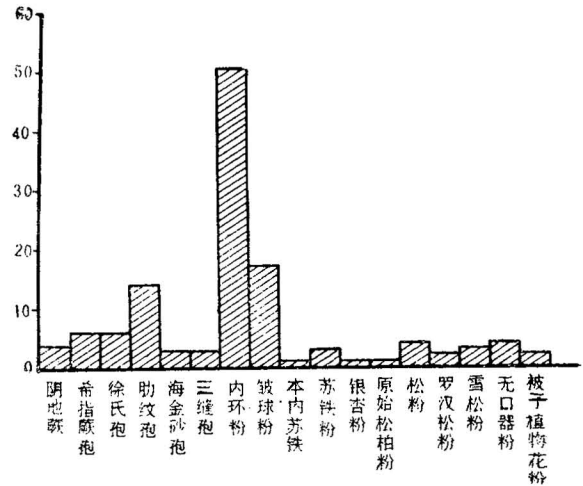


图 2 宁波盆地下白垩统孢粉图式

Fig. 2 Palynological diagram of the early Cretaceous in Ningbo basin

## 孢粉组合的地质时代

从上述孢粉组合特征看出, 组合中的优势份子为内环粉, 而且种类较多有具环内环粉、小内环粉、克拉梭内环粉、伊藤内环粉、网纹内环粉。内环粉是中生代一类非常重要的花粉化石, 自 H. D. pflug 1955 年建属以来<sup>[1]</sup>, 近三十年来各国孢粉学者对它进行了详细的研究和讨论, 发表的文章很多, 根据研究表明, 可靠的内环粉出现于欧亚大陆的中、晚三叠世, 一直延续至古新世早期, 但也有人认为晚白垩世 Turonian 期以后的内环粉是再沉积的。B. A. Вахрамев (1980) 研究苏联侏罗—白垩纪的内环粉分布指出<sup>[2]</sup>, 内环粉在苏联侏罗—白垩纪分布曲线出现四个高峰, 在早侏罗世的 Toarcian 阶为第一高峰, 含量为 30% 左右, 晚侏罗世—早白垩世早、中期出现第二高峰, 于 Oxfordian 阶含量达 80—90%, 晚白垩世早期出现第三高峰, Turonian 阶含量为 40% 以上, 晚白垩世晚期的 Maestrichtian 阶, 又出现第四高峰, 含量约 50%, 他同时指出, 内环粉分布从地理上看是有差别的, 从北向南数量明显增加, 苏联境内内环粉分布的四个高峰, 在东亚不一定相同。但内环粉在欧亚大陆繁盛于侏罗—白垩纪是各国学者所公认的。我国早白垩世内环粉的分布十分广泛, 如新疆的吐鲁番群, 甘肃下惠回堡系底部<sup>[3]</sup>, 吉林蛟河乌林组, 河北丘县组, 江苏葛村组, 安徽朱巷组, 江西泰和县的下白垩统沉积, 湖北宜昌五龙组, 鄂城大冶的灵乡组, 湖南文明司组, 藏江洞下场组, 桃源三阳港组, 衡阳的东井组和神王山组, 广东三水的白鹤洞组和广西的下白垩统都有丰富的内环粉<sup>[4]</sup>。

组合中的另一优势成份为海金砂科孢子, 据 H. A. Болховитина 研究该科四属在侏罗纪出现, 到早白垩世早期, 欧洲和美洲等地便很繁盛, 在苏联西伯利亚 Виллюйской 盆地, 蒙古人民共和国下白垩统和英国的 Wealden 层均含有大量的海金砂科孢子, 如本组合中所见的细纹无突肋纹孢在苏联的早白垩世 Cenomanian 阶, 加拿大的白垩系, 我国东北的穆棱组, 吉林蛟河的下白垩统均有发现。多洛格无突肋纹孢出现于苏联的远东、西伯利亚, 加拿大, 新西兰和我国的甘肃酒泉, 黑龙江鸡西盆地的下白垩统<sup>[5]</sup>。南京短突肋纹孢为江苏句容葛村组发现的新种<sup>[6]</sup>, 在黑龙江鸡西穆棱组, 苏北下白垩统的葛村组, 安徽的朱巷组都有。希指蕨孢中的光型希指蕨孢出现于

早白垩世至晚白垩世, 条纹希指蕨和库兰德希指蕨孢见于早白垩世的Wealden期—晚白垩世<sup>[6]</sup>。其他如和苏铁杉有关的皱球粉, 广泛出现于苏联和欧洲的早白垩世。徐氏孢为我国黑龙江省鸡西早白垩世的新种, 在苏联的苏昌盆地的下白垩统, 江苏的葛村组、安徽的朱巷组均有出现。组合中松属花粉虽然不太多, 并含一定数量气囊未分化完全的松柏类花粉, 这类花粉在我国晚侏罗世尚有一定的数量, 早白垩世仅是残余分子, 晚白垩世则不出现。组合中尚有少量的单沟类型花粉, 本内苏铁、苏铁粉、银杏粉主要分布于中生代, 尤其是中生代中期最为繁盛, 晚期已是残留分子。

近年来国际上有许多探索被子植物起源及其花粉在划分白垩纪地层方面的意义的文章, 最早的被子植物花粉出现于Hauterivian期, Barremian期, 这时才发现为多数学者所公认的被子植物花粉——棒纹粉, Aptian期出现了三沟和三孔沟的花粉, 但数量很少, Albia期三沟、三孔沟花粉分布广, 但数量仍然很少, Senonian期出现了三孔花粉, Turonian期被子植物花粉更为多样化, 本组合中被子植物花粉极少, 说明其时代不会迟于早白垩世。

以内环粉为主的孢粉组合, 见于本区附近的嵛县苏秦村及永康盆地早白垩世的馆头组, 其孢粉组合为裸子植物花粉中短叶杉(即内环粉)占孢粉总数的30—72.2%, 其次为原始松柏类、松科和罗汉松。蕨类孢子中海金砂科占孢粉总数的30%左右, 被子植物花粉缺少或未发现<sup>[7, 8]</sup>, 这与宁波盆地下白垩统所见的孢粉组合非常一致。

相类似的孢粉组合尚见于邻近省区的苏北睢宁县葛村组和安徽合肥盆地的朱巷组。睢宁县葛村组的孢粉组合, 裸子植物花粉占孢粉总数74%左右, 其中 *Classopollis* 占40%, 皱球粉占20%, 单远板沟粉为10%, 具气囊花粉占4%。蕨类孢子占总数的23%, 其中和海金砂科有关的孢子占11%, 还有徐氏孢、紫萁孢和里白孢等少量出现。仅出现个别的三沟型被子植物花粉, 其时代为早白垩世。合肥盆地朱二段的孢粉组合为裸子植物花粉占总数的71%, 蕨类孢子占28%, 被子植物花粉少量。裸子植物花粉以内环粉占优势, 为总数的19.6—63.12%, 单沟型花粉有相当数量, 并有松科各属花粉和一定数量气囊未分化完全的松柏类花粉。蕨类孢子中海金砂科各属都有一定数量, 并有里白孢、徐氏孢等, 被子植物仅有少量三沟型花粉, 其时代为早白垩世中期, 相当于Barremian-Aptian期。

以内环粉、肋纹孢为主的孢粉组合尚见于湖南衡阳东井组、汝城文明司组、湖北灵乡组、山东莱阳盆地莱阳组上部<sup>[9]</sup>, 河南西峡核桃园组, 甘肃酒泉的下惠回堡系等, 这些组合的时代皆为早白垩世的早、中期。

综上孢粉化石属种时代分布的叙述和相应地区的组合对比, 宁波盆地井下含本组合化石的地层时代应为早白垩世的早—中期。

## 古植被、古气候探讨

一定的孢粉组合能反映一定的植物群, 而一定的植物群要求有相应的生态环境, 因此孢粉化石组合能灵敏地反映当时的古植被和古环境, 尤其是古气候。

宁波盆地井下白垩纪孢粉组合是以内环粉和肋纹孢占优势, 其他尚有皱球粉、松粉、罗汉松粉、本内苏铁、苏铁、银杏以及徐氏孢、紫萁孢、海金砂孢、希指蕨孢等, 反映当时是以内环粉的母体植物和肋纹孢母体植物为主的植被景观, 有些地区内环粉的母体植物几乎成片分布或杂有与皱球粉有关的苏铁杉, 在低凹处生长着海金砂科植物, 而周围山地或山坡分布着松、罗汉松、银杏、苏铁等林木。

有关内环粉(*Classopollis*)母体植物的亲缘关系和生态, 众说不一, 一般认为 *Classopollis* 是和短叶杉、尖叶杉有亲缘关系的花粉E. C. Jeffery (1909) 认为尖叶杉可能和现代南美杉科有

亲缘关系<sup>[10,11]</sup>, M. W. Kendall (1941) 研究美国六种尖叶杉也证实其角质层与南美杉科近似, 后来他又研究了英国约克郡等的短叶杉, 认为和尖叶杉的表皮构造相似, 因此一般研究者把 *Classopollis* 花粉归于南美杉科。1970年苏联学者 B. B. Вахрамев 研究了 *Classopollis* 花粉和掌鳞杉 (Cheirolepidiaceae) 的关系, 指出产生 *Classopollis* 花粉的母体植物应归于掌鳞杉科。1977年周志炎、曹正尧研究我国东部白垩纪八种新的松柏类化石 (分别属于短叶杉、缝鞘杉、袖套杉和节柏四属) 的形态和表层构造, 提出它们的自然位置应属于伏脂杉的希默杉亚科 (Hirmerolloidea Jang 1968), 即过去称为掌鳞杉, 并指出希默杉亚科的花粉是 *Classopollis*<sup>[12]</sup>。

由于 *Classopollis* 花粉在世界各地侏罗—白垩纪大量出现, 因此国际上许多孢粉文献讨论了 *Classopollis* 花粉母体植物的生态特征, 不少孢粉学者统计了许多海相和滨海相成因地层中的 *Classopollis* 花粉, 如 N. F. Huguens 和 J. M. Stuar 提出由于 *Classopollis* 花粉在三角洲前缘环境中出现, 因此认为其母体植物是生长在沿海沼泽地区<sup>[13]</sup>。B. B. Зауер 等研究 *Brachyphyllum* (即 *Classopollis*) 花粉时提及其属叶芽的旱生形态, 认为该属生活于干燥地区<sup>[14]</sup>。E. Д. Закгинская 也认为 *Classopollis* 花粉的母体植物是适应于干旱气候条件下的矮小松柏植物。З. К. Пономаренко 等研究哈萨克斯坦侏罗—早第三纪 *Classopollis* 花粉的地层意义, 进一步探讨了由于植物群的演变和干燥气候引起掌鳞杉科在时间和空间上发展的规律, 指出 *Classopollis* 花粉的增加是和干燥气候的扩大有关。在澳大利亚、印度、加拿大、苏联及我国广大的内陆沉积中 *Classopollis* 花粉含量高表明, 当时的植被是生长于内陆干燥地区。

与肋纹孢有亲缘关系的植物应是 *Anemia* 和 *Mohra* 两属, *Anemia* 目前仅产于热带及亚热带美洲和南非, *Mohra* 是南非的孑遗植物, 皆为喜热习性。海金砂属分布于全世界热带和亚热带, 希指蕨各种也见于热带和南半球干燥地区, 我国希指蕨有两种, 分布于海南岛、台湾和雷州半岛干燥、贫瘠的砂质土。松属产于温带的山地, 罗汉松广泛分布于大洋洲、塔斯马尼亚、新西兰、印度、日本、南非洲、美洲热带和亚热带。苏铁分布于东西两半球的热带和亚热带, 银杏产于我国的四川和日本。

根据上述各种植物的现代分布环境看出, 多数为热带、亚热带的植物属种, 反映宁波盆地当时应是热带、亚热带的干热气候。

### 参 考 文 献

- [1] Pocock S. J. and Jansonius J., 1961, The pollen genus *Classopollis* Pflug. *Micropaleontology* Vol. 7, No. 4, pp 439—449.
- [2] Вахрамев, В. А., 1980, Пыльца *Classopollis* как индикатор климата юры и мела. *Сов. Геол* No. 8 стр. 48—56.
- [3] 徐仁, 1958, 根据孢粉组合推论湖南汝城文明司红色岩系的地质时代。古生物学报, 第6卷, 第2期, 141—158页。
- [4] 张振来, 1979, 中南地区白垩纪孢粉组合。华南中、新生代红层。278—287页, 科学出版社。
- [5] 宋之琛、郑亚惠、刘金陵、叶宜萍、王从凤、周山富, 1981, 江苏地区白垩—第三纪孢粉组合。地质出版社。
- [6] 张春彬, 1962, 江苏句容早白垩世孢粉组合。古生物学报, 第10卷, 第6期, 246—273页。
- [7] 韩秀萍, 1983, 浙江寿昌盆地横山组孢粉化石的发现。石油地质文集 (地层古生物), 1—13页, 地质出版社。
- [8] 王开发、张玉兰、章永昌, 1979, 浙江金衢盆地白垩纪孢粉组合。同济大学学报, 第2期, 153—161页。
- [9] 余静贤、张望平, 1982, 莱阳盆地莱阳群上部早白垩世孢粉组合。中国孢粉学会第一届学术会议论文集, 93—99页, 科学出版社。
- [10] Bcltenhagen E., 1968, Revision due genre *Classopollis* Pflug. *Rerie de Micropaleontologi* Vol. 11, No. 1, pp29—44.
- [11] 张璐瑾, 1978, 浙江中生界火山碎屑沉积岩中的孢子花粉。古生物学报, 第17卷, 第2期, 434—440页。
- [12] 周志炎、曹正尧, 1977, 中国东部白垩系八种新的松柏类化石及其分类位置和演化关系。古生物学报, 第16卷, 第2期, 168—184页。

- [13] Filatoff, J. 1975, Jurassic palynology the Perth Basin Western Australia. *Palaeontographica*. ABT. B. 154. pp. 231—252.
- [14] Зауер, В. В., Мчедlishvili Н. Д., 1954, О пыльце *Brachyphyllum* Bronn материалы по палинологии и стратиграфии. Тр. Всес. М.-Н. Геол. ин-та. стр. 7—10.
- [15] 三木昭, 1973, 北海道北地方の中部虾夷层群上部层産の化石花粉、孢子群。地质学杂志, 第79卷, 第8号, 第205—219页。

### 图 版 说 明

1. 假巨形海金砂孢 *Lygodiumsporites pseudomaximus* (Thomson & Pflug) Song & Zheng
2. 南京短突肋纹孢 *Plicatella nankingensis* (Zhang) Ye
3. 美丽无突肋纹孢 (相似种) *Cicatricosisporites* aff. *bellus* Zhang
4. 多洛格无突肋纹孢 *C. dorogensis* Kedves
6. 肋纹孢 (未定种) *C.* sp.
- 7—9. 细肋无突肋纹孢 *C. minutaeistriatus* (Bolch) Pocock
10. 11. 皱纹徐氏孢 *Hsuisporites rugatus* Zhang
12. 希指蕨孢 (未定种) *Schizaeoisporites* sp.
13. 库兰德希指蕨孢 *S. kulandyensis* (Bolch) Song & Zheng
14. 光型希指蕨孢 *S. laevigataeformis* (Bolch) Gao et Zheng
15. 16. 本内苏铁 *Bennettitales*
17. 18. 苏铁粉 *Cycadopites*
19. 20. 银杏粉 *Ginkgoretectina*
- 21—23. 小内环粉 *Classopollis parvus* (Brenner) Wang et Zhang
24. 网纹内环粉 *Cl. reticulatus* Wang et Zhang
25. 克拉梭内环粉 *Cl. classoides* (Pflug) Pocock & Tamsonius
26. 伊藤内环粉 *Cl. itunensis* Pocock
27. 28. 环圈内环粉 *Cl. annulatus* (Verb) Li
29. 30. 小型双束松粉 *Pinuspollenites labdacus* f. *minor* R. Potonic

## PALYNOLOGICAL ASSEMBLAGE AND PALEOCLIMATE OF THE EARLY CRETACEOUS IN NINGBO BASIN

Wang Kaifa

(Department of Marine Geology, Tongji University)

and Zhang Yongchang

(Second Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

### Abstract

The Lower Cretaceous assemblage from the Ningbo basin is dominated by *Classopollis* and *Cicatricosisporites* with a certain amount of *Psophosphaera*, *Schizaeoisporites*, *Hsuisporites*, *Lygodiumsporites*, *Taxodiaceae pollenites* and *Pinuspollenites* and a small amount of *Bennettitales*, *Cycadopites*, *Ginkgoretectina* and primary species of *Pinus* and *Cupressaceae*. Their age is considered to be Barremin—Aptian Early Cretaceous. This assemblage implies a hot and dry climate of the tropical and sub-tropical zones at that time.

