

刺参粉和江汉粉的结构功能和演化

周 山 富

(华东石油地质局地质研究大队, 江苏扬州 225000)

内 容 提 要

刺参粉和江汉粉具有独特的萌发器和结构。依据结构形态,联系其出现的环境,分析了它们的结构和结构功能。从化石花粉与现生亲缘属花粉的差异,它们在上白垩统中出现的先后和形态结构的异、似情况,探讨了刺参粉的演化。概略地推测了刺参粉植物可能是从风媒植物到典型虫媒植物;由灌木到多年生草本植物;从生长于低山、丘陵到高山。描述了5新种。

关键词 刺参粉 江汉粉 结构功能 新种

江汉粉属 (*Jianghanpollis*) 和刺参粉属 (*Morinoipollenites*) 为王大宁和赵英娘(1979)创建,产于湖北江汉盆地上白垩统森努阶(Senonian)至古新统。在我国这两类化石从东北松辽盆地、内蒙古二连盆地,至湖北江汉盆地和广东三水盆地等,均可见到(周山富等,1987)。除在江汉盆地、江苏和南黄海陆棚的康尼亚(Coniacian)—梅斯特利克蒂阶(Maestrichtian)较易见到,其它地区和层段,均零星出现。它们是我国晚白垩世的重要化石,对我国微古植物地理分区,具有重要作用(周山富等,1987)。

王大宁、席以珍提供现代花粉照片,在此致以谢意。

一、江汉粉、刺参粉的结构和结构功能

Jianghanpollis 的萌发器较特殊,它的孔是由外壁外层在赤道区与外壁内层分离并稍上拱而成。内层与外层分离后,内拐并斜伸向体中央,形成漏斗状的较长孔道。这类外端宽大,内端窄小的漏斗状孔道,在镜下正视时,内、外孔口呈大菱形内含小菱形等形状的双重轮廓线(图版 II, 图 6, 12 和插图 1)。

内层在孔区基部迅速加厚,成唇状,此处的外壁常较别处的厚而坚,故常出现沿着外孔口轮廓线延伸的褶皱(图版 I, 图 1—2b)。它们伸向极部,有时呈两条近平行的带(图版 II, 图 10),有时呈两端间断的菱形(图版 I, 图 3, 4)。它们紧挨或与外孔口轮廓线重叠,易被误认为是孔或沟边的加厚带。而在同种标本中,时有,时无,时短,时长或达极部,说明它们确为褶皱。

漏斗状孔道的内、外孔口直径越近似,则两孔口的双轮廓线越不明显。当孔道两侧平行时,就见不到双轮廓线了,仅在赤道区呈两条平行的深色带和单个近菱形至椭圆形的孔口轮廓,如弓形江汉粉(*Jianghanpollis arciformis*) (王大宁等,1979,图版 II, 图 4)等。

Jianghanpollis 和 *Morinoipollenites* 的亲缘属现生刺参属(*Morina*) 主要分布于中亚干旱地区(王大宁等,1979; Винокурова, 1959; Verlage, 1983)。王大宁等(1980),从化石孢粉和地层中含石膏、盐等,论述了出现 *Morinoipollenites*, *Jianghanpollis* 的江汉盆地,

那时是干热气候。江苏地区的情况也类似。这就不难理解 *Jianghanpollis* 所具的短而细的沟和长的漏斗状孔道,可能是有利于保持花粉体内原生质的水份;花粉呼吸时,长的漏斗状孔道,可使外界较干热的空气,通过它达到适合于原生质所要求后,才与原生质接触,进行呼吸。

在 *Morinoipollenites* 的赤道处,有由外层膨突而成的半球形突起,一些孢粉工作者称之为“赤道突起”。将其作为与鹰粉类(*aquilapollis*)相比较的特征之一(王大宁等,1979)。笔者认为“赤道突起”应指本体在赤道部位的向外明显突出部份,是本体的一个部份,其顶端分布有单型萌发器,如三沟、三孔或三对半沟等(周山富,1986),而 *Morinoipollenites* 仅仅具有外层向外膨突而成的孔和孔腔,称“赤道孔突”或“孔突”似乎更为合适。

Morinoipollenites 的极部与孔突间,有次一级结构,称之为“次级极突起”(王大宁等,1979)。这种特殊的结构,至今仅见于 *Morinoipollenites*。单从多突起刺参粉(*Morinoipollenites polyprojectus*)看,无可非议。联系到正型刺参粉(*M. normalis*)和裸露刺参粉(*M. psilos*)等许多标本看,这“次级极突起”更接近或紧挨孔突,甚至基部与孔突相接触,而远离极部。似乎可把它们看作孔突上下的两个小“气囊”(图版 I, 图 6 等)。这 3 对小“气囊”的鼓瘪,可以调节控制萌发器,以适应气候和进行呼吸(Zhou, 1988),笔者称这次级结构为“控囊”(插图 2)。

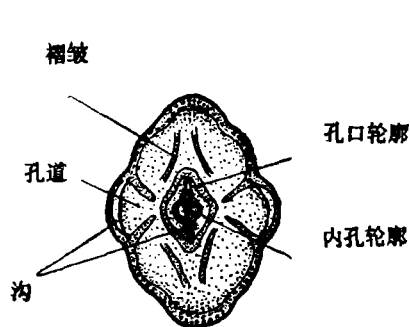


插图 1 江汉粉局部结构图
Local structures of *Jianghanpollis*

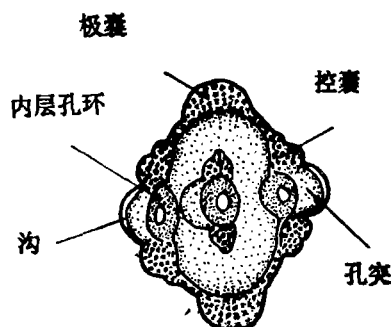


插图 2 刺参粉局部结构图
Local structures of *Morinoipollenites*

Morinoipollenites 有自己的独特结构来达到 *Jianghanpollis* 的萌发器的功能。它的外壁内层,在孔区与外层分离后,迅速加厚形成内层孔环,陷于孔腔底,它仅有较小的开口通向原生质。也许,那外层的半球形孔突和内层孔环的较小开口,可减少体内水份的损失、那宽大的孔腔,使外界空气在此滞留,从而改善空气,使其适应原生质的要求后,才进入体内与原生质接触,以利呼吸。当然,这些功能是在极短的时间内完成的。

由于 *Jianghanpollis* 和 *Morinoipollenites* 的萌发器的结构功能完善,故直至如今,其亲缘属保持了与化石形态的类似性。

Morinoipollenites 的孔突,总是高于其上下两侧的控囊,这样使它具有两个极囊或极和 3 个孔突共 5 个明显的角状突起。当花粉与柱头接触时,必有 3 个突出物与柱头接触,其中必有二个是孔突。这正如杨弘远(1978)所叙述的,有利于由绒毡层制造并转移而来的外壁蛋白质识别柱头,并由花粉本身制造的内壁蛋白质(主要是各种水解酶类)促使花粉管萌发,进行受

精。

有的 *Morinoipollenites* 具有发达的极囊、控囊和孔突。这些囊状结构和突起的功能,正如查隆纳(1976)指出的,气囊的作用,是减少整个小孢子的平均密度,增加它在风力传播中的飘浮力。这些显然是风媒花粉的特化结构。

二、刺参粉的演化

我国现生的 *Morina*, 花冠细而弯,长筒状或短筒状,为白、紫红、紫褐等色,雄蕊为短花丝等,表明是虫媒花的植物。它们的花粉粒很大,外壁厚,无足够的飘浮结构,表明是典型的虫媒花粉。*Jianghanpollis* 在地史过程中演化不明显。而 *Morinoipollenites* 在地史过程中,演化很明显。艾特曼(1952)研究 *Morina* 的现代花粉时,将它们分为两组。认为两组间,有一个清楚的花粉上的分界线:“原始的”(?) *Acanthocalyx* 组及较“进步的”(?) *Diotocalyx* 组。前一组为与 *Jianghanpollis* 相类似的,不具孔突的现代花粉;后一组与 *Morinoipollenites* 相类似的,具孔突的现代花粉。这样分组,正与地史过程中演化不明显的为“原始的”和演化明显的为较“进步的”相吻合。

就目前资料看, *Morinoipollenites* 最早见于江苏的森诺曼期 (Cenomanian), 仅偶然出

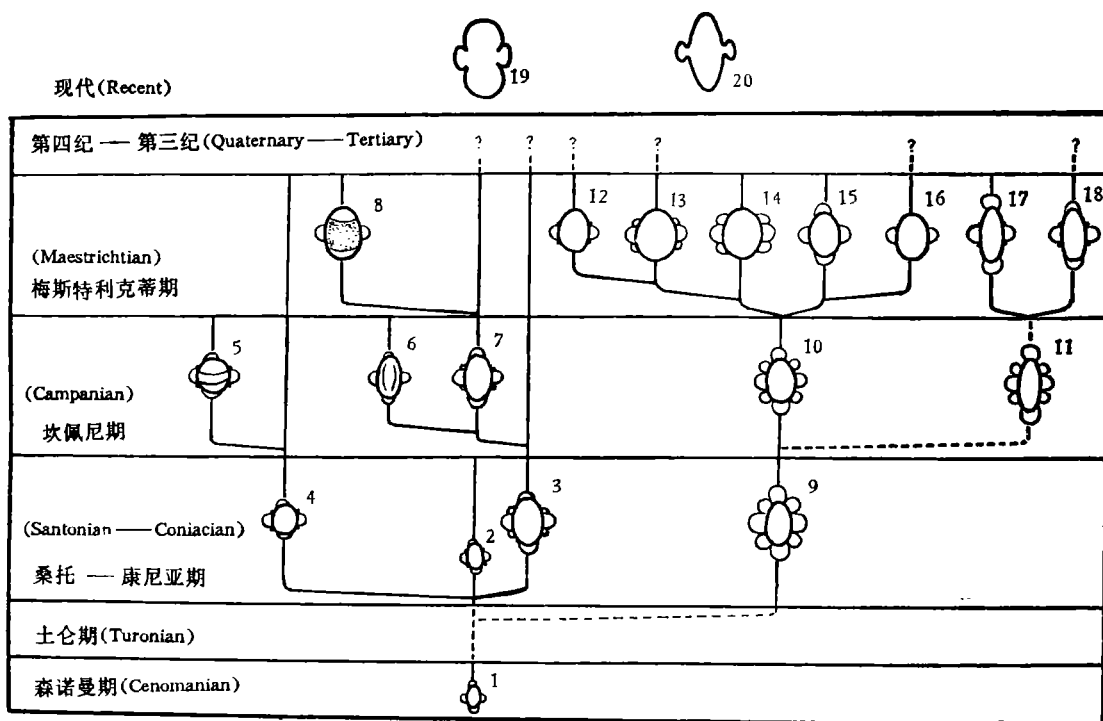


插图 3 刺参粉演化示意图

Interpreted evolutionary tree of *Morinoipollenites*

1. *Morinoipollenites* sp.; 2. *M. minor*; 3. *M. normalis*; 4. *M. rhombiformis*; 5. *M. cinctus*; 6. *M. botherus*; 7. *M. cf. normalis*; 8. *M. dilutus*; 9. *M. polyprojectus*; 10. *M. cf. polyprojectus*; 11. reasonable species; 12. *M. punctatus*; 13. *M. edys*; 14. *M. psilos*; 15. *M. sinensis*; 16. *M. sp. 2*; 17. *M. stephosus*; 18. *M. sp. 3*; 19. *Morina chinensis* type; 20. *Morina kōkaniika* type.

现,并伴同有小个体的 *Jianghanpollis*。这时的 *Morinoipollenites* 个体小,极轴(包括极囊)长 $38\mu\text{m}$,纹饰弱,但极囊和孔突已近半圆形。它出现于以克拉梭粉(*Classopollis*)和希指蕨孢(*Schizaeoisporites*)占绝对优势的盐系地层中。当时的干热气候,有利于囊状结构的鼓凸和飘浮。看来,当时的小个体 *Morinoipollenites* 已是风媒花粉。土仑期(Turonian),江苏一带沉积了一套疏松的、磨圆度好的、粒度均匀的砖红色碎屑沉积(即“赤山砂岩”)。一些地质工作者从其层理、岩石结构构造、粒度概率曲线和见有风棱石等,认为它是风成砂岩(陈荣林,1982)。虽未发现孢粉化石,但从有利于风媒角度看,很可能风媒的 *M. polyprojectus* 已经出现(?) (插图3)。桑托(Santonian)至康尼亚期,在湖北江汉盆地见到了4种: *M. polyprojectus*, *M. normalis*, 菱形刺参粉(*M. rhombiformis*)和小型刺参粉(*M. minor*) (王大宁等,1979)。*M. minor* 个体较小、纹饰较弱、结构较简单,它是它们中较原始的种。但它的个体已比在森诺曼阶中所见的大,极轴长为 $42-60\mu\text{m}$,且在孔突附近有外层加厚,为开始膨突为控囊的迹象。至目前,这是所见的森诺曼阶中的最原始的 *Morinoipollenites* 的演化结果。看来是 *M. minor* 的突变,横向产生了 *M. normalis* 和 *M. rhombiformis*。

Morinoipollenites polyprojectus 的囊状结构和孔突十分发育,它在空中的飘浮力可与带较小双气囊的风媒的松粉(*Pinuspollenites*)的或松属(*Pinus*)花粉的双气囊媲美。它可能是风媒花粉(Zhou, 1988)。坎佩尼和梅斯特利克蒂期的环境变化,尤其是湿度的增加和气温稍凉,不利于囊状结构和突起的膨鼓及飘浮,而有利于昆虫的生存和繁殖。气候的变化和昆虫常参于媒粉,导致囊状结构的退化,使风媒的 *M. polyprojectus*, 渐渐地演化为虫媒为主、风媒为次的 *Morinoipollenites* (插图3, 9—18)。而现生的 *Morina* 花粉是典型的虫媒花粉。这是 *Morinoipollenites* 演化中的一条渐变的从风媒演化为虫媒的演化分支(Zhou, 1988)。

这一点与吴印禅等(1961)在被子植物总结中的观点有些相似。他们认为:从起源方面说,风媒传粉比虫媒传粉发生得更早,在虫媒植物出现之后,一直和它平行地发展,并且上升到最完善的阶段……。因此,在白垩纪与第三纪初期,就存在着高度特化的风媒植物和适应于风媒的简化的花,也就不足为奇了。

Morinoipollenites minor 演化的第一条分支,是 *M. normalis*。它的适应性较强,自康尼亚期一直延续到梅斯特利克蒂期,或许更晚。*M. cf. normalis* 的突变,在不同时期出现了壕沟刺参粉(*M. botherus*)和薄极刺参粉(*M. dilutus*)。第二条分支是由 *M. rhombiformis* 演变,产生了腰带刺参粉(*M. cinctus*)。

Morinoipollenites botherus 和 *M. cinctus*, 仅经历了坎佩尼期就消亡了。*M. dilutus* 也只经历了梅斯特利克蒂期就消亡了。显然那些沟状的外壁变薄区和那极薄的极部外壁适应不了外界环境。

从 *Morinoipollenites* 的演化中,可以看出:

1. 囊状结构由发育到消失 极囊由大于半球形到消失,如 *Morinoipollenites polyprojectus* 到 *M. psilos* 等;控囊由大于半球形到近半球形,至消失,如 *M. polyprojectus* 经 *M. cf. polyprojectus*, 至中国刺参粉(*M. sinensis*);极囊和控囊,两者同时由发育或存在,变弱。到仅留痕迹或消失,如 *M. polyprojectus* 到斑点刺参粉(*M. punctatus*), 或 *M. normalis* 到 *M. dilutus* 等。笔者也观察到在同一粒标本中,花粉的赤道孔突至极的一侧,发育有控囊和极囊;而另一侧,两者均已消失,或仅留有痕迹。囊状结构按上述4种方式衰退。囊状结构是适应风媒的特化结构,它们的变小、变弱,表明风媒能力的削弱。

2. 孔突变化不大 由化石的近半球形变成现代的近球形、或孔突稍埋陷于体内。这类萌发器的结构、功能较完善,故保留至今。

3. 沟越来越短 化石中的沟纵贯孔突,现生花粉的沟仅占孔突顶端的一部分,呈短的沟状或孔状开口。化石中沟的渐渐变短与控囊的衰亡,可能是近乎同时进行的。控囊的鼓、瘪,使沟闭、开,使花粉停止或进行呼吸。控囊消失后,沟怎样闭、开?这在现代花粉中就很明显,在 *Morinoipollenites dilutus* (图版 II, 图 5)中也可见到。因为它们的沟或孔状开口,仅占孔突顶端的一部份,孔突本身的稍鼓、稍瘪,就足以控制沟的闭、张了。沟由较长变短,至类孔状,这也许就是代表了花粉的沟演化成孔的过程。

4. 花粉粒的个体由小渐变大 笔者就化石和现代花粉的本体的极轴长(不包括极囊)进行了比较,据不完全的统计,比较如下: 森诺曼期的为 $23\mu\text{m}$ 、桑托至康尼亚期的为 $30\text{--}73\mu\text{m}$ 、坎佩尼期的为 $40\text{--}90\mu\text{m}$ 、梅斯特利克蒂期的为 $56\text{--}113\mu\text{m}$, 现代花粉的为 $60\text{--}230\mu\text{m}$, 一般都超过 $150\mu\text{m}$ 。

三、对花粉植物体演化的几点推测

通过 *Morinoipollenites* 的整个演化过程,我们可以推测 *Morinoipollenites* [母体植物的一些演化。

1. *Morinoipollenites* 是从极囊、孔突较发育的小个体 *Morinoipollenites* 或极囊、控囊、孔突均较发育的 *M. polyprojectus* 演化而来,而它们可能是风媒花粉。囊状结构不发育的以虫媒为主的或典型的虫媒花粉,是从风媒演化来的。因此,或许可以说,某些被子植物可以从风媒植物向虫媒演化。

2. 江苏地区最原始的 *Morinoipollenites* 见于森诺曼期,当时的古地理是湖盆周围为开阔的平坦地,稍远处有丘陵地。*Morinoipollenites* 出现稍多的坎佩尼—梅斯特利克蒂期,湖盆周围附近已有稍多的山地了。如今现生的 *Morina* 几乎都生长在高山区。*Morinoipollenites* 从小个体向大个体的演化,一方面由于昆虫参于媒粉,同时也由于地势不断升高的外界环境,致使花粉粒在外壁增厚的同时,个体也渐变大。

3. 现生 *Morina* 几乎都为高山区的多年生草本植物。早期所见的 *Morinoipollenites*, 尤其是森诺曼期的和桑托至康尼亚期的 *M. polyprojectus*, 它们可能是风媒花粉,又是生长在干热的地区。草本植物是不利于较远距离风媒的。扎克琳斯卡娅(1948)指出,草本植物因树冠的保护作用,风在接近地表处影响极弱和孢子形态结构的特殊……。因而鳞毛蕨 (*Dryopteris filix*) 的孢子的基本数量(约 60%) 降落在离植冠中心 2—5m 的范围内,其它的 40% 降落到 5—21m 的距离上;弗道洛娃(1948)指出: 在开花期内,禾本科的大部份花粉降落在禾本科植物生长的范围内(宋之琛等,1965)。

小个体的 *Morinoipollenites* 和 *M. polyprojectus* 能在较长的时间内进行风媒传粉,从适应的角度看,它们的母体不可能是草本植物。那时的干热气候,也不利于被子植物乔木的生长。就气候和风媒而言,当时它们很可能是灌木。

从孢粉资料结合地质资料分析,从森诺曼至梅斯特利克蒂期,古地理从低平开阔的平坦地和丘陵,到后期的山地。*Morinoipollenites* 的生长地也随着海拔的升高而升高。风媒为主的 *Morinoipollenites* 植物也渐演化为以虫媒为主的植物。这一时期的后期,*Morinoipollenites* 植物很可能是半灌木至多年生草本植物。

后来, *Morinoipollenites* 植物生长随着海拔的升高, 至亚高山-高山的环境, 气温更低, 气候和环境也恶劣多变, 最终使半灌木至多年生草本的 *Morinoipollenites* 植物, 演化为典型虫媒的高山多年生草本植物。李星学等(1981)认为, 由于全球性气温下降, 更加速了草本植物的发展和进化……。草本植物的生活周期短, 能高度适应不良的环境, 有利于绵延后代。草本植物是由灌木演化而来的。起初, 灌木先演变为半木质的多年生草本植物, 然后, 进化到两年生和一年生的草本植物。上述论述, 与 *Morinoipollenites* 植物, 从低海拔向高海拔的迁移、演化, 是十分相似的。

四、新种描述

江汉粉属 Genus *Jianghanpollis* Wang and Zhao, 1979

多毛江汉粉(新种) *Jianghanpollis dasys* sp. nov.

(图版 1, 图 1—2b)

花粉侧面观长椭圆形—长菱形, 两极稍锐。大小: $112.7-104.7 \times 65.0-64.3 \mu\text{m}$ 。

赤道三孔沟, 孔正面观为椭圆或近圆形, 孔口、内孔轮廓近重叠, 侧面观为两孔壁近乎平行的长孔道, 宽 $7-8 \mu\text{m}$ 。沟细而短, 因孔缘附近的褶皱, 长达两极, 使沟被遮挡。

外壁两层, 厚约 $3-4 \mu\text{m}$, 外层约 $2.4-3 \mu\text{m}$, 在孔区与内层分离, 并变薄至 $1 \mu\text{m}$ 后, 稍上拱成孔口; 在极部亦明显变薄至 $1 \mu\text{m}$, 内层小于 $1 \mu\text{m}$, 仅在孔区基部明显加厚至 $4 \mu\text{m}$, 并以近直角内拐延伸, 呈长孔道并渐变薄。

棒状纹饰, 赤道部位较粗, 达 $1.5 \mu\text{m}$; 在孔区稍弱。棒纹向极部渐变弱变细, 至极区明显减弱至粒状或光滑, 或呈纹饰弱的极部。棒纹以孔或其附近为中心, 向四周辐射排列。

当前新种以其独特的辐射状棒纹, 密布于表面, 明显不同于其它种。

产地层位 江苏如东县, 泰州组下段。

刺参粉属 Genus *Morinoipollenites* Wang et Zhao, 1979

壕沟刺参粉(新种) *Morinoipollenites botherus* sp. nov.

(图版 1, 图 5, 9)

花粉侧面观椭圆-卵圆形, 大小: $50-92.8 \times 42.8-61.9 \mu\text{m}$ 。

具三孔沟于赤道。半圆形孔突, 高 $6-11.9 \mu\text{m}$, 宽 $14.3-30.9 \mu\text{m}$ 。孔腔底的内层环外径 $14-26 \mu\text{m}$, 环口圆, 有时呈纬向缝状, 环宽处可达 $7 \mu\text{m}$ 。

外壁两层, 厚 $3-5.5 \mu\text{m}$ 。外层厚, 在孔处与内层分离, 变薄, 且向外膨突成半圆形孔突; 在极区基部, 稍变薄且收缩, 极部加厚或呈月牙形的极囊。内层薄, 小于 $1 \mu\text{m}$, 孔处迅速加厚, 达 $4-6 \mu\text{m}$, 呈环状陷于孔腔底。

表面为平矮的瘤纹, 大小不一, 形状和分布皆不规则, 赤道部位稍粗。在孔沟两侧的表面, 各有一条下凹的“浅沟”, 伸向两极。

M. botherus 以孔沟两侧表面有下凹的“浅沟”(此处正是外层在极区基部稍变薄且收缩处)为特征, 明显区别于其它种。

产地层位 安徽滁县, 赤山组。

薄极刺参粉(新种) *Morinoipollenites dilutus* sp. nov.

(图版 II, 图 1,5)

花粉侧面观椭圆形至长椭圆形,大小: $69.4-82 \times 61-62 \mu\text{m}$ 。

赤道具三孔沟。半圆形孔突,孔腔底为内层孔环,环外径 $20.5-23 \mu\text{m}$,环宽 $7-8.5 \mu\text{m}$ 。沟细而短,仅占孔突顶端的一部分。

外壁两层,分层不太清楚,赤道附近较厚,达 $3-4 \mu\text{m}$,向极区变薄,极区基部明显减薄,呈浅色区或减薄区。由于厚度的明显减薄,致使有时在此出现一条稍宽的褶皱。外层在孔区与内层分离,向外膨突成孔突;内层加厚呈环状。无控囊,但有时可见残留的痕迹。

颗粒状至粗糙状纹饰,其间疏布些矮小的瘤。极区为斑点状或稍光滑。

M. dilutus 以其极区的特征,易与其它种相区分。该种从形态看与海桑科 (Sonneratiaceae) 中的海桑属 (*Sonneratia*) 和弗洛舒尔伊阿粉 (*Florshuetzia*) 有些相类似,但它具赤道三孔沟可与具三孔的 *Sonneratia*, *Florshuetzia* 相区分。

产地层位 江苏如东县,泰州组下段。

腰带刺参粉(新种) *Morinoipollenites cinctus* sp. nov.

(图版 II, 图 7,13)

花粉侧面观近菱形,大小: $54-77.1 \times 61.7-69.4 \mu\text{m}$ 。

具赤道三孔沟。半圆形孔突,沟细而短,裂缝状,纵贯孔突。

外壁两层,外层厚于内层。在极区与孔突间膨突,形成弱至痕迹状的控囊,有时可高达 $5 \mu\text{m}$ 。极囊呈月牙形或加厚状。内层薄,小于 $1 \mu\text{m}$,在孔区与外层分离,并突然加厚,内拐向体内延伸,与邻孔的相连,致使赤道区呈两条平行的加厚带,宽 $5-7 \mu\text{m}$ 。

表面粗糙或颗粒一细网状纹饰,极部有时网纹,网脊略呈放射状排列。

比较 当前种在赤道区有两条平行的内层加厚带,似腰带一般,明显区别于其它种。

产地层位 安徽滁县,赤山组。

愉快刺参粉(新种) *Morinoipollenites edys* sp. nov.

(图版 II, 图 2-4)

花粉侧面观椭圆形,大小: $79.3-113 \times 66.8-95 \mu\text{m}$ 。

具赤道三孔沟。半圆形孔突,高 $8-12.8 \mu\text{m}$,纵长 $23-25 \mu\text{m}$ 。沟细而短,微张开,纵贯孔突。

外壁两层,分层清楚,厚 $3-5 \mu\text{m}$ 。外层厚,无极囊,或在极部仅稍厚。孔突附近外层膨突而成较弱的控囊。孔区外层与内层分离并膨突成孔突。内层薄,小于 $1 \mu\text{m}$,孔基部迅速加厚至 $6.5-8 \mu\text{m}$,呈环状,下陷于孔腔底。

细颗粒一细网状纹饰,赤道部位稍弱,两极区为明显的细网状纹饰,网脊呈辐射状排列。

比较 *M. edys* 的特征是无极囊,控囊明显小于 *M. psilos* 的,而类似 *M. normalis* 的,但以极囊的缺失可与 *M. normalis* 明显区分。

主 要 参 考 文 献

- 中国科学院北京植物研究所主编,1975: 中国高等植物图鉴,第四册。科学出版社。
- 中国科学院植物研究所古植物室孢粉组、华南植物研究所形态研究室,1982: 中国热带亚热带被子植物花粉形态。科学出版社。
- 王大宁、赵英娘,1979: 湖北江汉盆地晚白垩世中被子植物花粉新属种。植物学报, **21**(4): 320—327。
- 王大宁、赵英娘,1980: 江汉盆地晚白垩世—早第三纪早期孢粉组合特征及其地层意义。地层古生物论文集, (9): 121—171。
- 宋之琛等,1965: 孢子花粉分析。科学出版社。
- 宋之琛、郑亚惠、刘金陵、叶萍宜、王从凤、周山富,1981: 江苏地区白垩纪—第三纪孢粉组合。地质出版社。
- 李星学、周志炎、郭双兴,1981: 植物界的发展和演化。科学出版社。
- 吴印禅、山东大学植物学教研室,1961: 植物学(下册)。高等教育出版社。
- 周山富,1986: 我国白垩纪第三纪的藁粉类。植物学报, **28**(2): 213—223。
- 周山富、徐淑娟,1987: 刺参粉和江汉粉。植物学报, **29**(1): 88—94。
- 陈荣林,1982: 苏南上白垩统赤山组风成砂初探。石油实验地质, **4**(3): 220—224。
- 杨弘远,1978: 花粉研究的新进展。植物学杂志, (30): 16—17。
- 查隆纳 W.G. (陈因硕译) 1976: 化石孢粉外壁适应特征的进化。孢粉学译丛, 第一集: 135—144。
- 艾特曼, G. (王伏雄、钱芬译) 1952: 花粉形态与植物分类。科学出版社。
- 瓦克尔 J.W. (席以珍译) 1974: 原始被子植物花粉萌发孔的进化。孢粉学译丛, (1): 66—90。
- Verlague, R., 1983: Contribution a l'etude du genre *Morina* L., Pollen et Spores, **XXV** (2): 143—162。
- Zhou Shanfu, 1988: Evolution from Anemophilous to Entomophilous *Morinoipollenites*. Abstracts 7 International Palynological Congress Brisbane。
- Винокурова, Л. В., 1959: Лалинологические Данные Ксистематике Семейств Dipsacaceae и Morinaceae. Проблемы Ботаники **IV**: 51—67。

[1988 年 4 月收到, 1991 年 12 月第 2 次修改]

STRUCTURAL FUNCTION AND EVOLUTION OF *MORINOIPOLLENITES* AND *JIANGHANPOLLIS*

Zhou Shan-fu

(Geological Institute, Huadong Bureau of Petroleum Geology, Yangzhou 225000, Jiangsu)

Key words: *Morinoipollenites*, *Jianghanpollis*, structural function, evolution, new species

Summary

Morinoipollenites and *Jianghanpollis* were established by Wang Daning and Zhao Yingniang in 1979, with unique apertures and structures. This paper expounds their structures and structural functions based on their morphology and palaeoenvironment, with exploration into the evolution of *Morinoipollenites* and the cause of its evolution based on the diversity as compared with recent pollen species, the sequence of fossil, the difference and similarity in shape and structure. The parents of *Morinoipollenites* might have evolved from anemophilous to entomophilous pollination, from bush to perennial herb and from living in lower mountains or hills to living in high mountains.

DESCRIPTION OF NEW SPECIES

Jianghanpollis dasys sp. nov.

(Pl. I, figs. 1—2b)

Pollen grain long-elliptic to long-rhomboid, $112.7—14.7 \times 65.0—64.3 \mu\text{m}$. Equator tricolpo-

rate; pore canal parallel on two sides, nearly band-shaped, 7—8 μm in width, adjoining each other. Colpus narrow, short and often closed. At pore area, nexine thickened, inflected and extended to form banded pore canal. Ornamentation baculate, becoming smooth or granular at the polar area, radially arranged from pore area towards periphery in four directions.

The new species differs from others in the radial baculate ornamentation looking like coarse wool.

Locality and occurrence Rudong County, Jiangsu; Lower Member of Taizhou Formation, Maestrichtian.

***Morinoipollenites botherus* sp. nov.**

(Pl. I, figs. 5, 9)

Pollen grain elliptic-ovate in equatorial view, 50—92.8 \times 42.8—61.9 μm . Projection semiorbicular, 6—11.9 μm in height, 14.3—30.9 μm in width; colpus narrow, short. Sexine expanded to form pore projection at equatorial area, and becoming thicker to form crescent polar sac at polar area. Nexine thickened to form pore ring located at vestibulate bottom. Ornamentation flat-verrucate; three channel-like pitfalls located on two sides of aperture, and extending towards polar area.

This species can be distinguished from others by the three channel-like pitfalls.

Locality and occurrence Chuxian, Anhui, topmost part of Chishan Formation (?), Com-
panian.

***Morinoipollenites dilutus* sp. nov.**

(Pl. II, figs. 1, 5)

Pollen grains elliptic to long-elliptic in equatorial view, 69.4—82 \times 61—62 μm . Pore projection semiorbicular, 20.5—23 μm in diameter; colpus short, limited within the top of pore projection. Exine becoming thinner towards the polar area, sometimes with plication at base of the thin polar area.

The new species can be distinguished from others by the thin polar area without polar sac and control sac.

Locality and occurrence Rudong County, Jiangsu; Lower Member of Taizhou Formation, Maestrichtian.

***Morinoipollenites cinctus* sp. nov.**

(Pl. II, figs. 7, 13)

Pollen grain elliptic to rhomboid, 54—77.1 \times 61.7—69.4 μm . Pore projection semiorbicular; colpus narrow and short, forming weaker control sac, 5 μm in height; polar sac crescent or only showing weaker trace with thicker sexine. At equatorial area, nexine thickened and then inflected and extended to form two parallel thicker bands, 5—7 μm in width. Ornamentation granulate-microreticulate, with retiferous ridges arranged in radial pattern at polar area.

The new species differs from others in the vestibulate wall, and the two parallel thicker bands looking like girdles.

Locality and occurrence Chuxian, Anhui, topmost part of Chishan Formation (?), Com-
panian.

***Morinoipollenites edys* sp. nov.**

(Pl. II, figs. 2—4)

Pollen grain elliptic in equatorial view, 70.3—113 \times 66.8—95.9 μm . Pore projection semiorbicular

lar, 8—12.8 μm in width; colpus narrow, short and across pore projection in longitudinal direction; control sac weaker; pore ring of nexine located at vestibular bottom. Ornamentation finely granulate-microreticulate, with retiferous ridges arranged in radial pattern at polar area.

The new species characterized by the absence of polar sac and the smaller control sac than that of *Morinoipollenites psilos* is similar to *Morinoipollenites normalis*.

Locality and occurrence Rudong County, Jiangsu, Lower Member of Taizhou Formation, Maestrichtian.

图 版 说 明

标本保存于华东石油地质局地质研究大队;除注明放大倍数外,其余照片均放大 800 倍

图 版 I

- 1—2b. *Jianghanpollis dasys* sp. nov.
1. $\times 500$; 标本号: R0120901, 2. $\times 500$; Holotype, 标本号: R 0160704; 江苏如东县梅斯特利克蒂阶泰州组下段。
3. *Jianghanpollis ringens* Wang et Zhao
标本号: R0240806; 产地层位同上。
4. *Jianghanpollis* sp.
标本号: R0200312; 产地层位同上。
- 5, 9. *Morinoipollenites botherus* sp. nov.
5. 标本号: W725742, 9. $\times 500$; Holotype, 标本号: W725840; 安徽滁县坎佩尼阶赤山组。
- 6, 7. *Morinoipollenites psilos* Zhou
6. $\times 500$; 标本号: R0100602, 7. $\times 500$; 标本号: R0100701; 江苏如东县梅斯特利克蒂阶泰州组下段。
- 8, 10. *Morinoipollenites sinensis* Zhou
8. 标本号: R131202, 10. $\times 500$; 标本号: R0200401; 产地层位同上。
11. *Morinoipollenites* cf. *polyprojectus* Wang et Zhao
 $\times 500$; 标本号: W725720; 安徽滁县坎佩尼阶赤山组。
12. *Morinoipollenites stephosus* Zhou
 $\times 500$; 标本号: 江苏如东县梅斯特利克蒂阶泰州组下段。
13. *Morinoipollenites* sp. 3
 $\times 500$; 标本号: R0160513; 产地层位同上。

图 版 II

- 1, 5. *Morinoipollenites dilutus* sp. nov.
1. Holotype, 标本号: R0170702, 5. $\times 500$; 标本号: R0170103; 江苏如东县梅斯特利克蒂阶泰州组下段。
- 2—4. *Morinoipollenites edys* sp. nov.
2. $\times 500$; Holotype, 标本号: R0170301, 3. 标本号: R0170106, 4. $\times 500$; 标本号: R0170401; 产地层位同上。
6. *Jianghanpollis argosopolus* Zhou et Xu
标本号: R0241901; 产地层位同上。
- 7, 13. *Morinoipollenites cinctus* sp. nov.
7. Holotype, 标本号: ZK4312, 13. 标本号: ZK43055; 安徽滁县坎佩尼阶赤山组。
8. *Morina kokanika* Rgl.
 $\times 400$; 现代花粉, 克什米尔。
9. *Morina chlorantha* Diels
 $\times 400$; 现代花粉, 四川宝兴县。
10. *Jianghanpollis radiatus* Wang et Zhao
 $\times 500$; 标本号: R0170506; 江苏如东县梅斯特利克蒂阶泰州组下段。
11. *Morina chinensis* (Batal. ex Diels) Pai.
 $\times 500$; 现代花粉, 四川。
12. *Jianghanpollis mikros* Wang et Zhao
标本号: R0180202; 江苏如东县梅斯特利克蒂阶泰州组下段。

