

Longfengshania 的形态学特征和归属*

刘志礼

杜汝霖

(南京大学生物系)

(河北地质学院)

一、前言

自从杜汝霖、李培菊(1980)第一次在燕山怀来龙凤山南坡长龙山组(距今约 900—850 百万年)发现 *Longfengshania* sp. 以来,陆续又在燕山地区河北宽城、丰润、古冶、兴隆、蓟县、昌平、怀来、涿鹿等青白口系 11 个化石产地(插图 1),计 17 个化石点发现大量的该类宏观植物化石(杜汝霖,1982; Du and Tian, 1985; 杜汝霖、田立富,1985, 1986)。

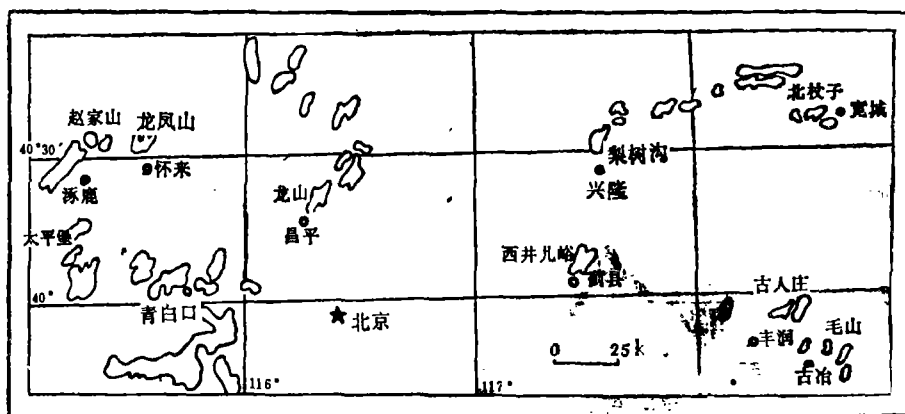


插图 1 燕山青白口系及化石产地分布图(仿杜汝霖等, 1986)

Distribution of Qingbaikou System and fossil localities in Yanshan Mountain
(from Du Rulin *et al.*, 1986)

这类化石所在层位稳定,数量丰富、保存完好、演化程度高级,是迄今世界上前寒武纪古生物地史上前所未有的。所以,如何认识它们的形态学特征,从而确定它们的归属不仅是前寒武纪古生物学上的大事,同时对于研究整个生物的起源和演化也是极为重要的。而且还由于它们主要是在中国国土上,由中国古生物工作者发现的,进一步深入地研究它、认识它是中国古生物工作者责无旁贷的。笔者基于上述想法拟对这类碳质宏观植物化石的形态学特征和归属问题发表一些看法,以供讨论。

二、*Longfengshania* 的形态学特征和归属

对于龙凤山藻的形态学特征是逐步认识的。1980年杜汝霖、李培菊对 *Longfengshania* sp. 作了如下描述: 单体与 *Chuarina* 和 *Shouhsienia* 相似, 但形态变化较大, 除圆形、椭圆形外, 还有心形、豆芽形及扇形等。其主要特征是叶状体边缘有一叶柄状突出物, 一般长 1—5mm,

* 国家自然科学基金资助课题。

最长达 10mm。其顶端常作尖状收缩。它常使叶状体平分为对称的两部分(插图 1; 图版 1, 图 1—10)。同年, 在“我国华北晚前寒武纪藻类化石的一个特殊类型——*Longfengshania*”一文中, 杜汝霖正式建立龙凤山藻属 (*Longfengshania* Du), 模式种 *Longfengshania stipitata* Du, 1980, 其特征为: 化石体具黑色碳质薄膜。单体个体较大, 一般在 7—10mm, 片状体呈短椭圆形、卵形、杯形等。其长轴一般为 5—7mm, 最长达 12mm, 大多不具边缘带。片状体基部边缘有拟叶柄状突出物。多具中长柄, 其与片状体长轴之比为 1/2—1, 似叶柄尖端多数收缩, 少数不收缩成柄状。并认为该属和 *Chuarina* Walcott, 1899, *Shouhsienia* Xing, 1979 区别在于 *Longfengshania* 都具拟柄状突出物。

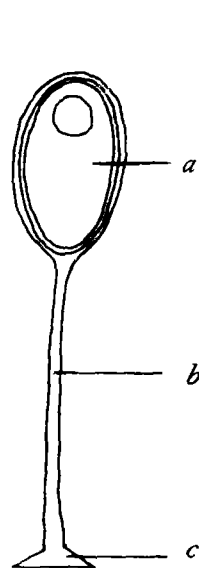


插图 2 化石构造示意图(仿杜汝霖等, 1985)

a. 叶状体, b. 似叶柄, c. 假根

A sketch showing structures of the Fossil bodies a. foliate; b. sub-leafstalk; c. rhizoid

(from Du Rulin *et al.*, 1985)

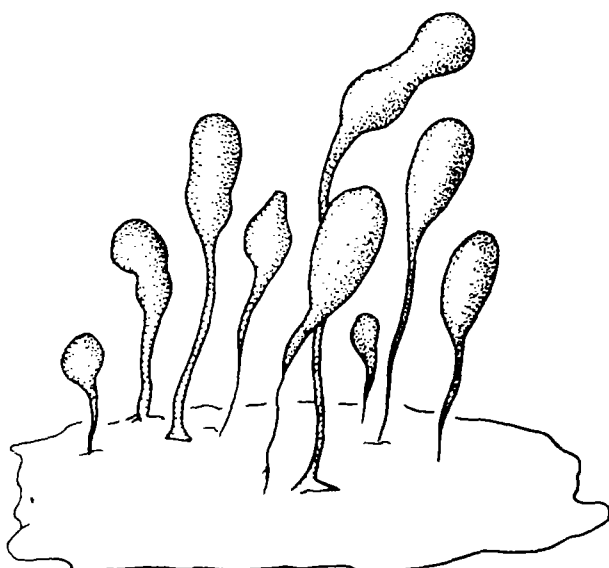


插图 3 龙凤山藻生态复原图(仿杜汝霖等, 1985)

Inferred ecological restoration of *Longfengshania*
(from Du Rulin *et al.*, 1985)

杜汝霖、田立富 1985 年又以“燕山青白口系宏观藻类龙凤山藻属的发现和初步研究”为题, 对龙凤山藻属形态学特征又作了更为详细的描述, 图解其构造(插图 2)。属征为: 化石均为单体, 呈黑色碳质薄膜, 保存在岩层面上。个体较大, 长度一般在 5—20mm, 具稳定、对称和扩展形态轮廓。化石体有叶状体和似叶柄 (foliate and sub-leafstalk), 有的似叶柄基端有假根状固着器 (rhizoidal fixat organs) 构造。叶状体呈清晰的圆盘形、椭圆形、卵圆形、梨形、枣形等。其长度以 5—15mm 为最常见。大都具有宽窄不等的边缘带, 有 1—4 圈同心环纹或不规则的皱纹。边缘带内侧盾面平坦光滑, 有的微向上凸, 在盾面中上部常有一圆形环纹, 直径 3—6mm, 称内环纹。叶状体基部边缘都有一拟叶柄。其长度变化很大, 最短的 1mm, 最长的 25mm, 一般 10—20mm, 宽度约 0.5—2mm, 由边部的柄缘和内部的柄髓组成。假叶柄 (pseudo-leafstalk) 的基部为柄基, 形态多样, 可分为楔状型、柄状型、假根型(固着器)等 3 种。有时保存不够完整。假根型固着器有成茎块状, 似根须状或盘状。同年在《Precambrian Research》又以“Algal Macrofossils from the Qingbaikou system in the Yanshan

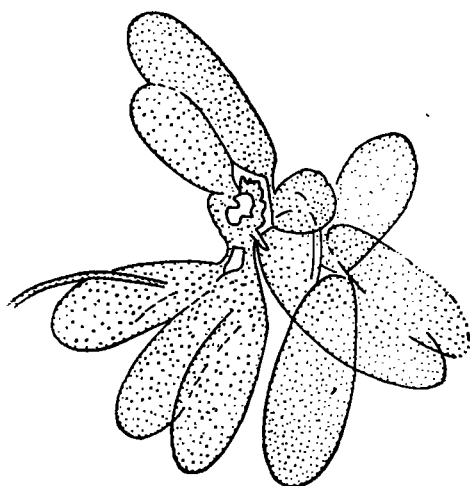


插图 4 *Longfengshania stipitata* Du, 标本产自加拿大西北部中元古代小达尔群(据 Hofmann, 1985。张忠英重绘, 1988)

from the Mid-Proterozoic Little Dal Group in the Mackenzie Mountains, Northwest Canada
(from Hofmann, 1985, redrawn by Zhang Zhongying, 1988)

Range of North China”为题指出龙凤山藻的藻体由叶状体和看起来像柄(stalk)的拟茎(parastem)组成。在某些拟茎的基部已发现有根茎(rhizome)。杜汝霖等根据这些特征建立一新科。龙凤山藻科(Longfengshaniaceae)。Hofmann (1985)在加拿大小达尔群(Little Dal)发现一种碳质化石亦归于 *Longfengshania stipitata* Du, 但他的标本有一很特殊之点在于化石为长卵形碳质薄膜簇生在一起, 呈近辐射状排列。其柄状物来自一个共同的中央位的碳质块(central carbonaceous mass)。他称该碳质块为一种附着器官(organ of attachment)(插图 4)。

1986 年杜汝霖、田立富在《燕山地区青白口系宏观藻类化石》一书中把龙凤山藻正式作为新科 Longfengshaniaceae Du et Tian, 1984, 含两属: *Longfengshania* Du, 1981 和 *Paralongfengshania* Du et Tian, 1986, 以 *Longfengshania stipitata* Du, 1980 作为 *Longfengshania* 的模式种, 其特征为: 化石体为黑色碳质薄膜, 分化为叶状体和拟茎两部分。叶状体轮廓呈椭圆形、卵圆形、圆盘形和长舌形等。叶状体的边缘带, 有的不发育, 有的有宽窄不同的边缘带, 具 1—3 圈同心状细环纹。盾面平坦光滑。在叶状体基部有一拟茎状突出物。拟茎基部多不收缩或多少逐渐收缩。有的拟茎基部有假根(固着器), 并依叶状体和拟茎的形态、大小、结构分为 6 种。拟龙凤山藻属(*Paralongfengshania*)的属征以模式种 *P. sicyoides* Du et Tian, 1983 为代表: 化石体呈串珠形或葫芦形。叶状体纵向伸长, 中段侧缘强烈缢缩, 分隔叶状体为上下两部分。上叶呈圆盘形, 为化石体最宽的位置, 下叶呈椭圆形。上下叶内各有 1—3 圈封闭的同心状环纹, 以上叶为最发育。拟茎较短小, 为叶状体结合部位呈过渡渐变关系。其基部迅速尖(插图 2; 图版 I, 图 9)。

1988 年张忠英对 *Longfengshania* 的形态学特征提出了新的解释。他认为 *Longfengshania* 是一种苔藓植物, 或与苔藓植物有关的化石孢子体(sporophyte)。他将卵圆形至椭圆形碳质薄膜即杜汝霖等称之为叶状体的部分称为孢子囊(sporangium)或孢蒴(capsule); 细长如柄, 杜汝霖等称为拟茎(parastem)或似叶柄的部分称为孢囊柄(sporangiophore)或蒴柄(seta), 而其基部即杜等称为假根或固着器的部分称为基足(foot)。并认为 *Longfeng-*

shania 的形态特征和苔藓植物或类似苔藓植物化石 *Sporogonites* 1916 “有着惊人的相似性”。因而将龙凤山藻属修订为龙凤山苔属 (*Longfengshania* Du, 1982, emend. Zhang, 1988), 有疑问地置于苔纲 (Hepaticae)。

上述种种变化,是化石样品逐步增加,研究趋向深入,人们的认识向深度发展的一种表现。鉴于 *Longfengshania* 的发现是中国晚前寒武纪生物演化中所出现的重要事件。而杜汝霖等和张忠英对此类化石所提出的解释及其归属又大相径庭。笔者认为对 *Longfengshania* 的形态学特征及其归属问题有进一步探讨的必要。

自 1979 年以来,笔者曾多次反复观察过收藏在河北地质学院的 *Longfengshania* 的全部化石标本和它们的各种照片。仅提出以下认识: *Longfengshania* 的一些叶状体边缘完整,显出边缘带和同心状的环纹 (ringed marks) 或同心皱纹 (wrinkle) (图版 I, 图 10) 表明埋藏之前为一种不同程度中空囊状体 (vesicular body)。不同程度的中空体现了植物体的不同发育期。植物体发育幼期,中空程度小或为实心。发育后期为中空程度大的囊状体。这样的结构有利于漂浮。和囊状体相连的部分可称为柄 (stipe)。这种柄是柔软的,可以随波扭动或弯曲 (图版 I, 图 2, 6—8)。这种形态构造是对动荡浅水环境的一种适应。其周边和中部有明显区别,说明中部是一空腔。可称为“髓腔” (pith cavities), 外部即为“皮层” (cortex, cotices); 没有周边和中部明显区别的柄可能是实心的。上述情况同样体现了植物体处于不同的发育期。柄的末端具种种形态的固着器 (holdfast) 或假根 (rhizoid)。其主要功能是使植物体固着在基物上 (插图 3; 图版 I, 图 2, 4, 7)。

Longfengshania 的形态学特征,笔者认为某些分化较高级藻类的形体特征,而不是苔藓植物孢子体的特征。从现代苔藓植物孢子体的主要特征来看,其形态构造有 3 种情况: 1. 孢

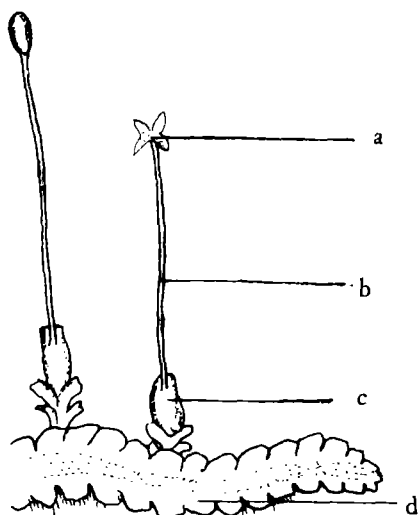


插图 5 现代苔类 *Schiffneria virides* 的孢子体与配子体,示蒴柄基部有蒴萼及成熟开裂的孢蒴 a. 开裂的孢蒴; b. 蒴柄; c. 蒴萼; d. 配子体 (仿胡人亮, 1987)

Gametophyte and sporophyte of *Schiffneria virides* (recent Hepaticae), Showing the basal portion of seta with vaginula and a split capsula. a. split capsula; b. seta; c. vaginula; d. gametophyte (from Hu Ren-Liang, 1987)

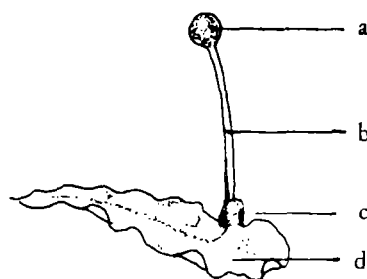


插图 6 现代苔类,波叶溪苔 (*Pellia neesiana*) 的孢子体与配子体。a. 孢蒴; b. 蒴柄; c. 蒴萼; d. 配子体 (仿胡人亮, 1987)

Gametophyte and Sporophyte of *Pellia neesiana* (recent Hepaticae). a. capsula; b. capsular stalk; c. vaginula; d. gametophyte (from Hu Renliang, 1987)

子体由孢蒴、蒴柄和基足 3 部分组成。孢蒴球形、椭圆形, 长可达 2.2mm, 粗达 1.5mm。它们成熟后一般都有一定的开裂方式(以放出孢子)。有的纵长开裂成不规则的纵长瓣(如 *Riccardia multifida* 等); 有的呈 4 瓣纵裂(如绿色塔叶苔 *Schiffnaria virides* 等, 插图 5); 有的在一定位置盖裂(如 *Grimaldia* 等)。它们在蒴柄的基部一般都具有蒴萼(来自配子体)(插图 5, 6)(苔纲的叶苔亚纲 *Jungermanniae*)。2. 孢子体绝大多数集中生在具柄的生殖托上, 有的完全没有柄和基足; 有的具基足和 1 很短的柄(苔纲的地钱亚纲 *Marchantiae*)。3. 孢子体由孢蒴和基足组成, 无蒴柄。孢蒴长角形或棒形, 长 1—10cm 或更长。孢蒴成熟后呈纵长 2 瓣开裂。孢蒴基部有鞘状蒴萼(插图 7)(角苔纲 *Anthocerotae*)。以上 3 种情况的孢蒴内均产生孢子和特有的散发孢子的弹丝(elaster)。4. 孢子体由蒴帽、孢蒴、蒴柄、基足 4 部分组成。孢蒴构造较复杂, 形状多样, 球形、卵形、葫芦形等。但其顶部多具形态构造特殊的蒴齿。成熟前孢蒴的顶端具钟形、兜形或帽形等形状的蒴帽。成熟后蒴帽脱落, 孢蒴纵向瓣裂或盖裂, 孢蒴内仅产生孢子(藓纲 *Musci*)。

笔者认为 *Longfengshania* 和上述苔藓植物的孢子体的形态特征难以相对比。特别值得

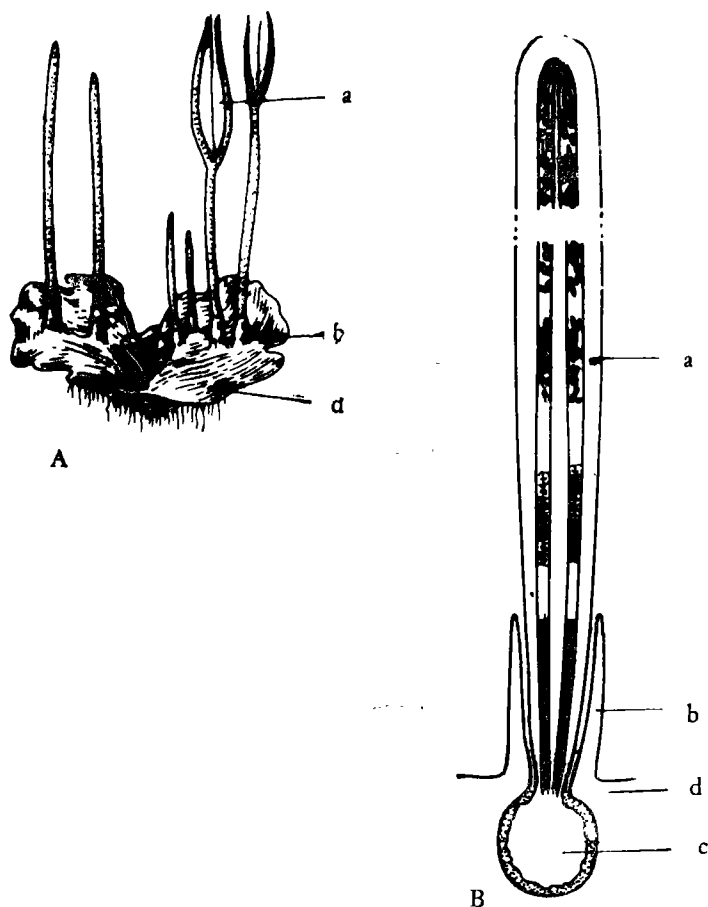


插图 7 角苔属 (*Anthoceros*)

A. 具孢子体的配子体; B. 孢子体纵切面; a. 孢蒴; b. 蒴萼; c. 基足; d. 配子体。

A. gametophyte with sporophytes; B. vertical section through a mature sporophyte; a. capsule; b. vaginula; c. basal foot; d. gametophyte.

注意的是: 1. *Longfengshania* 一般边缘完整。顶端没有蒴帽(或其残留物)或蒴齿等的保留特征, 也没有留下其某些可循的踪迹。在众多的标本中没有苔藓类孢蒴成熟开裂的特征。2. *Longfengshania* 的基部具外露的固着器特征而不是插入配子体组织中的基足特征, 因为基足不会外露, 更不会脱离配子体(插图 5—8)。3. 从大小来看, *Longfengshania* 的直径大的可达 10mm 以上而苔类孢蒴直径一般都比较小, 很少超过 1.5mm。4. 在发现 *Longfengshania* 的地层中没有发现具 4 分体形态特征的苔藓植物的孢子(不是厚缘孢子)。而其表面和孢蒴表面一样具有角质化的特征。如果产生孢子的孢蒴能够被保存下来, 它们也应有可能保存下来。5. Hofmann (1985) 所发现的碳质膜是簇生在一起呈辐射状排列, 其柄状物来自一个共同的炭质体, 把中央碳质体看成是一种附着器官。这也是苔藓植物孢子体中没有的现象, 它的蒴柄不可能分枝。6. 从生态学来说苔藓植物是属陆相环境生长的植物。有的生于湿生环境; 有的能耐较高温度、能抗盐碱, 可以生在温泉中或温泉附近, 甚至生在砂丘、沙漠环境, 但不能生活在海水中。少数喜盐种类可以生长在海岸石头上, 但是在高潮线以上。而 *Longfengshania* 的产地如怀来龙凤山组合化石的层位为粘土岩。其矿物成分主要是伊利石, 含少量高岭土、绢云母、石英砂屑有机质和黄铁矿。杜汝霖等(1986)认为这是滨海半封闭的近似潟湖的潮坪环境或潮汐三角洲温暖环境。这种环境不是苔藓植物所能生存的环境。7. 就 *Sporogonites* 而言, 其分类位置尚有争议。Halle(1916)最初认为可能与苔藓植物有关。后来, 随着英国苏格兰早泥盆世瑞尼(Rhynie)植物化石发现, Dixon (1927) 提出它和瑞尼蕨类(*Rhyniophytes*)有关。后来, Hall (1936) 本人也修正了自己的原来看法, 认为 *Sporogonites* 可能是裸蕨目或与其有关的植物的一部分。Andrews (1960) 将碳质薄膜看作原植体(thallus)。这里且不说上述看法的合理性如何, 单就把这种下泥盆统出现的类型和产于 9 亿年前的 *Longfengshania* 相联系和对比, 证据是不够的。再说 *Sporogonites* 并没有保存 Andrews 称之为原植体, 张忠英称为苔藓配子体的碳质薄膜部分。

笔者认为 *Longfengshania* 是后生植物中的低级类型——藻类。这种藻类的藻体有囊状体、柄和固着器的分化, 是适应于动荡的浅水环境中营固着生活的类型。

虽然现代藻类, 如绿藻门和褐藻门中都有具囊状体营固着生活的类型, 如绿藻门的粗枝藻目(*Dasycladales*)和褐藻门萱藻目(*Scytosiphonales*)中的某些成员可以和 *Longfengshania* 作某种程度的比较, 可能近缘。但 *Longfengshania* 尚属简单的多细胞组织体类型的宏观藻类。它可能是外形上分枝、组织分化更复杂的宏观藻类的祖先, 也可能是已绝灭的类型。所

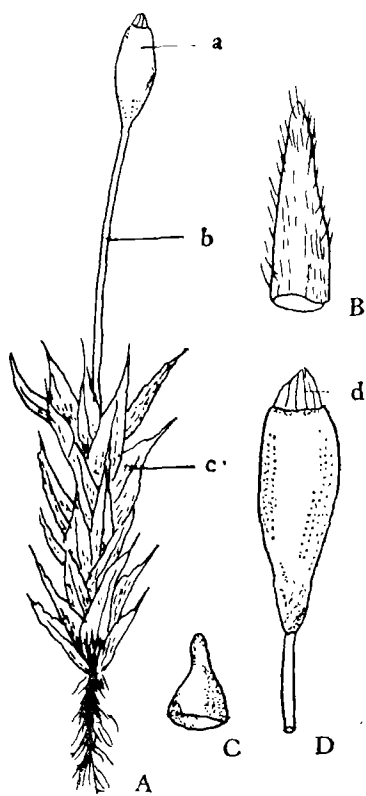


插图 8 小壶藓属 (*Tayloria*)

A. 具孢子体的配子体; B. 蒴帽; C. 蒴盖; D. 孢蒴放大; a. 孢蒴; b. 蒴柄; c. 配子体; d. 蒴齿(仿胡人亮, 1987)。

A. gametophyte with sporophyte; B. capsular cap; C. operculum; D. enlarged capsula; a. capsula; b. capsular stalk; c. gametophyte; d. peristome (from Hu Renliang, 1987).

以笔者认为这类宏观藻类不一定归于现代藻类的某一个门而暂作原始后生藻类 (Protometalgae) 或建立一个门, 即原始后生藻类门 (Protometaphycophyta), 龙凤山藻可作为一个目即龙凤山藻目 (Longfengshaniales), 或作龙凤山藻科 (Longfengshaceae), 下分一属龙凤山藻属 (*Longfengshania*) 或两属即龙凤山藻属和拟龙凤山藻属 (*Paralongfengshania*)。

三、龙凤山藻的重要意义

龙凤山藻化石的大量发现在整个地球生物起源和演化史上是一重大事件。自 1968 年 Schopf 在澳大利亚苦泉组记录某些所谓真核化石以后, 对于真核生物出现的最早时间和证据引起人们的兴趣, 一直在争论着。Schopf (1976) 等主张真核生物可能出现在 13—14 亿年前。Clond (1977) 根据红层初现于 19 亿年前, 认为真核生物可能出现在 20 亿年前。但这些都遭到 Knoll 和 Barghoorn (1975), Francis (1978) 等人的否定。长期以来人们只相信晚元古代埃迪卡拉 (Ediacaran) 动物群 (7 亿年) 为可靠的真核生物证据。1982 年阎玉忠在我国蓟县串岭沟组底部 (约 18 亿年) 发现数以千计的囊胞状的单细胞藻类化石 *Schizofusa*, 有力地说明真核单细胞浮游藻类在 18 亿年前就大量发生了。杜汝霖等在我国燕山地区龙凤山组发现的大量 *Longfengshania* 等宏观藻类化石表明在 8.5—9 亿年前大量后生藻类植物已经发生了。这类化石数量多、保存完好、地质时间之早都大大超过埃迪卡拉动物群的意义。

参 考 文 献

- 刘志礼, 1985: 关于前寒武纪真核藻类化石证据的讨论。第一届化石藻类会议论文集。地质出版社, 187—194 页。
- 杜汝霖、李培菊, 1980: 燕山西段震旦亚界。中国震旦亚界。天津科技出版社, 341—357 页。
- 杜汝霖、田立富, 1985: 燕山青白口系宏观藻类龙凤山藻属的发现和初步研究。地质学报, (3): 183—190。
- 杜汝霖、田立富、李汉椿, 1986: 蓟县长城系高于庄组宏观生物化石的发现。地质学报, (2): 175—120。
- 杜汝霖、田立富, 1986: 中国燕山地区青白口系宏观藻类化石及其地层意义。前寒武纪地质, 第 3 号, 495—511。
- 辽宁省林业土壤研究所, 1977: 东北藓类植物志。科学出版社。
- 胡人亮, 1989: 苔藓植物学。高等教育出版社。
- 高谦、张光初, 1981: 东北苔类植物志。科学出版社。
- 张忠英, 1988: 龙凤山苔属(新修订)——可能的最早的苔藓植物化石。古生物学报, 27(4): 416—426。
- Andrews, H. B. Jr., 1960: Notes on Belgium specimens of Sporogonites. Palaeobotanist, 7: 85—89.
- Cloud, P., 1977: Atmospheric and Hydrospheric Evolution on the Primitive Earth, The Archean Search for the Beginning, pp. 29—36. D. H. and R, Inc..
- Dixon, H. N., 1927: Musineae. In W. Jongmans (ed.), Fossilium catalogus. II. Plantae, Pars, 13: 106.
- Du Rulin and Tian Lifum, 1985: Algal macrofossils from the Qingbaikou System in the Yanshan Range of North China. Precambrian Res., 29: 5—14.
- Francis, L. et al., 1978: On the Experimental Silification of Microorganisms II. On the Time of Eukaryotic organisms in the Fossil Record, Precambrian Res., 6(1): 64—100.
- Halle, T. G., 1916: Lower Devonian Plants From Roragen in Norway. Kungl. Svenska Vet. Handl., 57: 3—46.
- Hofmann, H. J., 1976: Precambrian Microflora from Belcher Islands, Canada. Significance and Systematics. J. Paleont., 50(6): 1040—1070
- Hofmann, H. J., 1985: The mid-Proterozoic Little Dal macrobiota, Mackenzie Mountains, North-West Canada. Palaeontology, 28: 331—354.
- Knoll, A. H. and E. S. Barghoorn, 1975: Precambrian Eucaryotic Organisms: A Reassessment of the Evudeoce. Science, 190: 52—54.
- Schopf, J. W. and D. Z. Oehler, 1976: How old are the Eukaryotes? Science, 193(4274): 47—49.
- Smith, M. G., 1955: Cryptogamic Botany, Volume II, Bryophytes and Pteridophytes, McGRAW-HILL BOOK COMPANY INC.

[1989年7月10日收到]

MORPHOLOGY AND SYSTEMICS OF *LONGFENGSHANIA*

Liu Zhi-li

(*Nanjing University*)

Du Ru-lin

(*Hebei College of Geology*)

Summary

The genus *Longfengshania* was first found by Du Ru-lin and Li Pei-ju, generally round, elliptical, heart-shaped, bean sprout-shaped or fan-shaped in appearance, mainly characterized by a stalk-like projection on the foliate's fringes. The fossils were collected from the fine-sandy shales and fine-sandy claystones in the second member of the Changlongshan Formation in Longfengshan Mountain of Huailai, Hebei which ranges from 850 to 900 Ma BP in age.

This genus was established by Du Ru-lin (1982), occurring in the basal silty clay rocks in the second member of the Changlongshan Formation of the Qingbaikou System on the southern slope of the Longfengshan Mountain, northwestern Hualai.

Du Rulin and Tian Lifu (1985) discussed the fossils collected from the midlower to basal greyish-green to greyish-black illitic shales of the second member of the Changlongshan Subformation in Xinglong, Hebei. They suggested that the fossil bodies of *Longfengshania* are composed of the latter with rhizoidal fixed organs at their bases. Such differentiation of the algal body provides an important evidence for the multicellular organism, marking the evolution of the primary metaphyte, algae. Based on the forms and contacts of their foliate and sub-leafstalk, the fossils were identified as a single genus, *Longfengshania*. Du and Tian (1985) also discussed the *Longfengshania* from the Qingbaikou System in the Yanshan Mountain Area of North China, and considered that the genus represents the fossils of marine sessile multicellular Metaphyta with possible relationships to the Phaeophyta and Chlorophyta, providing remarkable evidence for the evolution of higher algae in the late Precambrian and that these fossils are possibly the earliest benthonic algal macrofossils in the world. *Longfengshania* exhibits clear differentiation of organs (foliate and parastem), in addition, a rhizome (organ for fixation) is also observable at the base of some of the parastems. Hofmann (1985) described the *Longfengshania* exhibiting subradial arrangement and superposition from the Mid-Proterozoic Little Dal Group in the Mackenzie Mountains, Northwest Canada, and suggested that the genus was possibly an alga of Phaeophyte or Rhodophyte affinities.

Du and Tian (1986) summed up the macroalgal fossils of the Qingbaikou Period in the Yanshan Range, and raised the *Longfengshania* to a family level. Longfengshaniaceae Du et Tian contain two genera, *Longfengshania* and *Paralongfengshania*; the latter genus differs in the contraction in the middle of foliate.

By comparing the morphology of *Longfengshania* with that of early fossil bryophytes, lower Devonian fossil *Sporogonites*, Zhang Zhong-ying proposed a new interpretation that *Longfengshania* probably represents sporophytes of bryophytic affinities consisting of a slender sporangiophore (seta) with a terminal sporangium (capsule), and an occasionally preserved foot at its base. The common carbonaceous mass in Canadian specimens might be interpreted as representing the remainder from the gametophyte of bryophytes. He considered the *Longfengshania* as evolved from aquatic ancestors, probably from the Chlorophyta (or Phaeophyta or Rhodophyta), representing the transition from

aquatic to terrestrial in habitat. Since 1979, the authors have observed all the specimens of *Longfengshania* from the Qingbaikou Period in the Yanshan area time and again. In morphology, *Longfengshania* should have been a thallophyte with three parts, vesicular body (pressed as foliate) and holdfast (rhizoid). The common carbonaceous mass in Canadian specimens (Hofmann, 1985, pl. 38, fig. 4, text-fig. 5) might be interpreted as representing a branch of the stalk base (or from the holdfast) of thallus, instead of a remainder from the gametophyte of bryophyte, because the branch is very distinct in preservation.

The authors consider that *Longfengshania* should not be attributed to the Hepaticae of Bryophyta, because there are still a lot of problems to be discussed. The life cycle of a bryophyte consists of a regular alternation of a sporophytic generation with a gametophytic generation. The gametophytes are developing and independent, but the sporophytes are all strictly limited in growth and wholly parasitic upon the gametophyte by foot which differs from the holdfast for fixation. Since the *Longfengshania* is a bryophyte, why couldn't its gametophytic fossil be preserved? The diameter of vesicular bodies in *Longfengshania* may be up to 10 nm, and that of capsules (special sporangia of Hepaticae) is usually smaller than 1.5 mm; the capsules have more complex structures and various shapes with special splitting function and characteristic tetrad spores, which should have been preserved. Although these structures could not be all preserved distinctly, yet some of their traces should be visible. In *Longfengshania*, the holdfasts for fixation on substrata differ from the feet of Hepaticae in which they insert themselves into the gametophyte. The stalk (stem) of *Longfengshania* exhibits various winding shapes and lengths in close relationship with the depth and motive force of the water in their living environments. On the other hand, mineralogical analysis of fossiliferous rocks reveals that they are chiefly composed of illitic shale with organic matter, with a subsidiary amount of kaolinite, sericite, pyrite and quartz. The macrofossils are well-preserved in association with some other probably sessile organisms and trace fossils. The habitat of such fossils is inferred to have been a restricted, relatively quiet, weakly reducing, warm, tidal flat of marine facies which differs from the habitat of Hepaticae belonging to terrestrial facies. Therefore, the authors suggest that the *Longfengshania* is a multicellular macroalga, a protometaphyte with simple tissue bodies which may be a group, meta-algae or a division of Metaphycophyta, with Longfengshaniales or two genera *Longfengshania* and *Paralongfengshania*.

The discovery of *Longfengshania* in the late Precambrian implies the appearance of a large number of metaphytes, a macroalga probably much earlier than 900 Ma BP. This is an important event in organic evolution on the Earth, with even greater significance than the discovery of the Ediacaran animal population in Australia.

图 版 说 明

1. *Longfengshania stipitata* Du

最初(1980年)发现于怀来龙凤山青白口系长龙山组,示柄状突出物。

2, 8. *Longfengshania stipitata* Du

示柄波状弯曲。2.固着器很发育。产地和层位同上。

3, 5, 6. *Longfengshania ovalis* Du et Duan

3, 5. 成群产于河北怀来龙凤山青白口系长龙山组。6. 示波状弯曲的柄。

4, 7. *Longfengshania longipetiolata* Du et Tian

4. 示发育的盘状固着器(a); 7. 示波状弯曲的柄和发育的固着器。产地和层位同上。

9. *Paralongfengshania sicyoides* Du et Duan

示囊状体轮廓为葫芦状。产地和层位同上。

10. *Longfengshania stipitata* Du

示囊状体具同心状环纹。产地和层位同上。

