

再论龙凤山藻属(*Longfengshania* Du)的形态学特征与系统分类

牛绍武

NIU Shaowu

中国地质调查局天津地质矿产研究所, 天津 300170

Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin 300170, China

摘要: 龙凤山藻属(*Longfengshania*)由叶状体、柄和固着器三部分组成,类似高等植物根、茎、叶的器官分化,分别营光合作用、支撑藻体和固着功能,营海底固着生活。关于其形态学特征,特别是关于它的系统分类一直存在不同看法。根据形态学特征、个体发育中的生物重演律,以及古生态、古气候特征等认为,该属更接近于褐藻门海带目海带科的一些分子,似为海带目的早期原始类型。由于该属藻体较小,叶状体(叶片)全缘无褶皱或刻裂,固着器不分枝足状,与海带科也有较大区别,加之时代久远,在海带目中另立一科也是适宜的,经过适当修订后,进一步确认了龙凤山藻科的存在。对龙凤山藻属与龙凤山藻科的定义进行了重新修订,初步解决了它们的系统分类问题,为古藻类的早期演化提供了化石证据,具有生物学上的重要意义。概述了海藻类各门、纲、目及科级藻类的一般形态学特征,以供对比研究时参考,从而为确定龙凤山藻属的系统分类提供依据。

关键词: 龙凤山藻属;形态学;系统分类

中图分类号: Q914.82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2019)08-1259-07

Niu S W. More on the morphological characteristics and systematic taxonomy of genus *Longfengshania* Du, 1982 (Magasopic Alga). *Geological Bulletin of China*, 2019, 38(8):1259-1265

Abstract: The fossil bodies of *Longfengshania* are composed of the tow part with foliate and sub-leafstalk fixed organs, and thus the author considers that the genus represents the fossils of marine sessile multicellular Mataphyta with possible relationships to the Phaeophyta and Chlophyta. According to the morphological characteristics, biogenetic law and palaeoecology, the algal body of genus *Longfengshania* Du is composed of three parts with blade, stripe and holdfast, belonging to Phylum Phaeophyta, Order Laminariales, Family Longfengshaniaceae. The initial solution of systematic taxonomy of genus *Longfengshania* Du is of important significance in the study of biology and palaeontology.

Key words: *Longfengshania*; morphological characteristics; systematic taxonomy

龙凤山藻属(*Longfengshania* Du, 1982)化石产于河北北部怀来龙凤山、兴隆北水泉乡前马蹄子沟等地的原“青白口系”长龙山组,最早由河北经济学院杜汝霖教授发现并命名^[1],为中国研究新元古界的地层古生物学家所关注,故笔者做了进一步采集。在辽宁凌源大河北乡何仗子长龙山组也采到了该属,使该属的分布范围由河北延至辽宁省西部^[2]。1985年,加拿大古生物学家霍夫曼在劳伦

古陆西缘加拿大麦肯齐山地区拉皮坦群冰碛层下的小达尔群中也发现了该属,可见该属似为前冰期的产物,并具有世界性分布特征^[3]。由此证明,中国华北地台东缘燕山地区的青白口系长龙山组—景儿峪组完全可与劳伦古陆西缘小达尔群对比,该属的发现具有重要的地层对比意义。但是,关于该属的形态学特征与系统分类有不同看法,现讨论如下。

收稿日期:2017-07-10;修订日期:2018-03-10

资助项目:中国地质调查局项目《中国主要渐代地层建阶研究》(编号:200113900076)

作者简介:牛绍武(1938-),男,研究员,从事中—新元古代与中生代地层古生物研究。E-mail:402416024@qq.com

1 龙凤山藻属(*Longfengshania* Du, 1982)

形态特征

杜汝霖等^[4]早年在描述该属形态学特征时,谓其“化石体由叶状体和似叶柄两部分组成”。叶状体基部有一似叶柄,似叶柄的基部为柄基。柄基形态多样,可分为楔状形、柄状形、假根形(固着器)3种。假根型固着器有成茎块状、似根须状或盘状^[4]。之后,杜汝霖等^[5]又提出该属由叶状体和拟茎两部分组成。

经笔者对河北兴隆和辽宁凌源长龙山组宏观藻类化石的大量采集和研究,认为该属应由叶状体(叶片)、柄和固着器三部分组成。叶状体形状多样,近圆形、近方形、椭圆形、长椭圆形、舌形等,埋藏后可具同心状或不规则状皱纹,可有窄的边缘带。柄可细长,也可短粗,有向基部变粗的趋势。固着器一边尖长,一边短宽,总体呈足状而不是须状或盘状,以利于固着在海底^[2,5]。龙凤山藻属由叶状体(叶片)、柄与固着器三部分组成,类似于高等植物的根、茎、叶,形成简单而不分叉的茎叶状(膜状体)体制类型,并与现生褐藻门海带目海带科的海带属极类似(图1)。

叶状体的形态特点也有不同的判断,或为一近球形,或为较凸的透镜体^[4]。经大量标本观察,很多叶状体仅有不多的同心皱纹,经压扁脱水后在边缘

形成不稳定的边缘带,“盾面”反而平滑无饰^[2,4]。故笔者认为,该属为叶状体或近于扁平或近扁平的囊状体,最多为近扁平的透镜状,而不是近球形。球形浮力大,不利于在海底固着,如是近扁平的囊状物则更利于减轻海水的冲力,以利于海底固着。

2 龙凤山藻属(*Longfengshania* Du, 1982)

形态特征在系统分类中的意义

龙凤山藻属可分为叶状体(叶片)、柄和固着器三部分,形成一种茎叶状/膜状体的体制类型,有类似高等植物根茎叶的器官分化,分别营光和作用、支撑藻体与固着海底的功能,加之地层中含海绿石,该属显然属于海生真核多细胞的后生藻类植物。

与现生海藻类的对比研究发现,现生海藻类按细胞内有无细胞核分为原核生物与真核生物两大类。原核生物即蓝藻门(Cyanophycophyta);藻体形态为无细胞核的单细胞、单细胞群体或丝状体,显然无法与类似高等植物根、茎、叶分化的龙凤山藻属相比拟。在真核藻类植物中的红藻门(Rhodophycophyta)、隐藻门(Cryptophycophyta)、甲藻门(Pyrophyphyta)、金藻门(Chrysophycophyta)、硅藻门(Bacillariophycophyta)、黄藻门(Xanthophycophyta)等,多以单细胞或单细胞群体为主,可有丝状体,少数为膜状体与管状体,与类似高等植物根、茎、叶分化的龙凤山藻属不可比拟^[6]。

后生藻类植物中的褐藻门(Phaeophycophyta)没有单细胞或单细胞群体,都是多细胞体。多细胞体又分为异丝体、假膜体和膜状体3种。异丝体藻体由匍匐假根固着于基底;直立部分为单列细胞的分枝体。假膜体由许多藻丝胶粘在一起,又有单轴假膜体与多轴假膜体之分。膜状体外形已有类似根、茎、叶、气囊等的分化,为高级进化的类型。内部细胞向多方向分裂形成数层细胞的膜状体,构成内外皮层。高级进化的膜状体可分化为表皮、皮层与髓部,如墨角藻目(Fucales)与海带目(Laminariales)^[6]。

海带目一般为大型膜状体,单条或分枝带状、圆柱状至扁平状。有固着器、柄、叶片的分化,分生组织在柄部与叶片之间。孢子体大于配子体,配子体通常为微小的丝状体,具明显的异形世代交替。其中,海带科孢子体大型,由固着器、柄、叶片三部分组成。假根固着器多有分枝,柄一般不分枝,叶

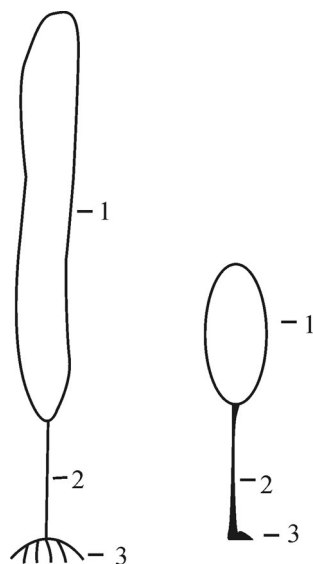


图1 龙凤山藻属(右侧)与海带属(左侧)形态结构对比模式

Fig. 1 Contrast model of the morphology between fossil genus

Longfengshania Du and present genus *Laminaria* Lamx

1—叶状体;2—柄;3—固着器

片简单或复杂。内部由表皮、皮层和髓部组成。固着器假根状或盘状,叶片单条或深裂为掌状,生活史有明显的异形世代交替现象。其中,以海带属(*Laminaria* Lamx.) 为典型代表,具褶皱的叶片、不分枝的柄和分枝须状的固着器(图2)^[6-7]。

龙凤山藻属与褐藻门海带目海带科海带属相比,在藻体形态结构上有许多相近甚至相同的地方,如藻体为简单的膜状体,并由固着器、柄和叶片三部分组成。目前保存下来的龙凤山藻化石体可能为宏观孢子体。据此,龙凤山藻属 *Longfengshania* Du 的系统分类似应归属褐藻门、海带目。由于龙凤山藻属 *Longfengshania* Du 固着器不分叉,呈小的足状,柄不分枝并相对较长,叶片简单全缘不起皱,扁的透镜状,边缘更不分裂,与海带属 *Laminaria* 也有较大区别。

3 个体发育在系统分类中的意义——生物重演律的证据

生物在个体发育过程中总是重演所有祖先在进化过程中的每个发育阶段,即个体发育重演了系

统发生的过程,这就是生物重演律。海带目海带科海带属在个体发育过程中可分为幼龄期、凹凸期、脆嫩期、后成期、成熟期与衰老期。其中,幼龄期至凹凸期叶片较长,柄较短,固着器尚未分叉并呈小的三角形,完全可以将其看作是龙凤山藻属^[6]。海带目巨藻科(Lessoniaceae)海囊藻属(*Nereocystis* Post. et Rupr.)的个体发育可分为4个阶段。其中,幼龄期藻体明显分为叶片、柄和固着器三部分。叶片与柄较长,固着器呈小的足状(图3-a),简直就是一个龙凤山藻。

由于海带目海带科与巨藻科的一些属的个体发育早期几乎都呈现龙凤山藻属的形态特征。因此龙凤山藻属应是它们最原始的类型,即孢子体分为叶片、柄和固着器三部分。叶片简单、全缘,柄较长,固着器不分叉,呈小的足状,这都是海带目有关属种个体发育早期的藻体特征。将龙凤山藻属归属褐藻门、海带目又得到生物重演律的支持。可见,个体发育过程中的生物重演律具有重要的分类学意义。

4 生态特征在系统分类中的意义

产龙凤山藻属化石的地层为原青白口系长龙山组-井儿峪组,根据古地磁的研究,井儿峪组后期蓟县的纬度达北纬76°左右,古气候可能已经很冷了^[8]。现生褐藻门海带目有4科30余属,主要产于寒带、亚寒带和寒温带海中。特别是海带科海带属是冷温带性的海藻,为北太平洋西部的地方种类,如俄罗斯远东、日本北海道、朝鲜等^[6]。将龙凤山藻属归入褐藻门海带目并与海带科相比,从生态学与气候学的角度分析也是合理的。

5 龙凤山藻属 *Longfengshania* Du 的系统分类

1985年杜汝霖提出,龙凤山藻与围岩中大量存在的古片藻有亲缘关系,古片藻多认为归属于褐藻类,初步认为龙凤山藻可能是与褐藻或绿藻有关的后生植物^[4]。1988年,南京大学张忠英教授认为该属应属苔藓植物,将其修订为龙凤山苔属^[9]。1991年,南京大学刘志礼教授与原河北地质学院杜汝霖教授对被修订的龙凤山苔属提出异议,认为龙凤山藻与苔藓植物的孢子体的形态特征难以对比^[10]。最后,他们认为这类宏观藻类不一定归于现代藻类的



图2 现生海带属(*Laminaria* Lamx)形态特征^[7]

(示叶片,柄和固着器)

Fig. 2 The morphological characteristics of the present genus *Laminaria* Lamx

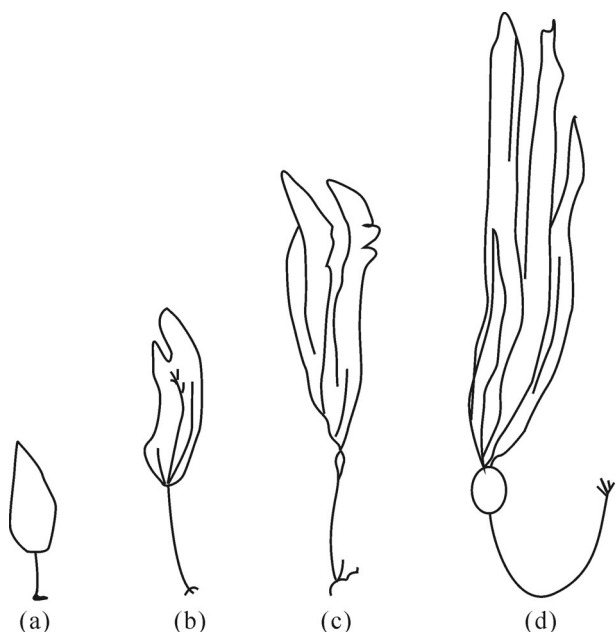


图3 海囊藻属(*Nereocystis* Post. et Rupr.)个体发育图解^[7]

Fig. 3 The individual growth of the present genus *Nereocystis*

Post. et Rupr

a—幼龄期;b~d—中~成熟期

某一个门而暂作原始后生藻类(Protometataalgae)或建立一个门(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(Longfengshaniaceae),下分一属龙凤山藻属(*Longfengshania* Du)或两属即龙凤山藻属和拟龙凤山藻属(*Paralongfengshania* Du)^[10]。总之,刘志礼和杜汝霖教授并没有给出明确的结论,其系统分类并没有真正解决。

笔者根据藻体形态学特征、个体发育过程中的重演律,以及生态学、古气候学等特点,将龙凤山藻属(*Longfengshania* Du)归于现生褐藻门、海带目,确认龙凤山藻科的成立,初步解决了龙凤山藻属的系统分类问题。不过,还有待在今后大量采集标本,找出更多完整的化石标本,以进一步验证其分类系统。

龙凤山藻属与现生绿藻类是否也有联系?绿藻门(*Chlorophycophyta*)藻体呈草绿色,叶绿体中色素与高等植物相似。现生绿藻门分为绿藻纲(*Chlorophyceae*)和接合藻纲(*Conjugaphyceae*)2个纲,后者为淡水种类,海产的绿藻只有绿藻纲。绿藻纲藻体有单细胞、群体、丝状体、膜状体、异丝体或管状体,海产种类绿藻纲又分为11个目。其中,

团藻目、四胞藻目、绿球藻目、溪菜目、绒枝藻目藻体或为单细胞或单细胞群体,外形变化大,有的可钙化。丝藻目和胶毛藻目或单列丝状体或分枝的异丝体,它们与龙凤山藻属具叶状体、柄和足状固着器的器官分化无法比较。

石莼目藻体基部细胞向下伸出盘状假根丝或许多假根丝形成固着器,与龙凤山藻固着器有些相似,但藻体由薄壁组织单层或双层细胞组成膜状体、管状体或圆柱状体,与龙凤山藻差别较大。刚毛藻目为分枝的或不分枝的丝状体,基部也有盘状、分枝状或假根状固着器,但藻体为分枝的或不分枝的丝状体,单生、单条或丛生,也不见中间的柄,可以区别。管藻目藻体为一个分枝的管状单细胞多核体,简单或由许多管状丝体交织而成,有匍匐假根和一个直立羽状分枝部分;或假根部、匍匐茎、直立部,为多分枝的管状多核体;或可有柄,但藻体外形多样,丝状、毛笔状、扇状、掌状等,并多为多核体藻类,具与陆生高等植物相似的叶绿体色素,龙凤山藻属藻体形态相对简单,无法与它们相比。总之,龙凤山藻属与绿藻门关系较远,似不能归入现生绿藻门的某一类型。

6 结 论

龙凤山藻属产于海相地层原青白口系长龙山组,藻体分化为叶片、柄与足状固着器组成膜状体(或茎叶状体)的体制类型,似应分别营光合作用、支撑藻体和固着海底之功能,藻体形态与功能是统一的,故该属由这三部分而不是两部分组成。纵观海生藻类,虽然褐藻门与绿藻门的一些藻类可有固着器、柄和叶状体的分化,但具有简单叶片、柄与固着器的类型更近于褐藻门海带目的分子。笔者通过藻体形态学、相关属种个体发育过程中的生物重演律、古生态、古气候特征等的分析,重新修订了龙凤山藻属的定义,将其归属褐藻门、海带目。同时,在重新修订其含义的情况下,确认了龙凤山藻科的成立,使海带目由原来现生的4个科增加到5个科,即远在新元古代拉伸纪的最原始的一个化石科。该科与现生的海带科最相近,是与海带科最相近的最原始类型。龙凤山藻属系统分类的初步解决,在

古生物学和生物科学研究中都具有重要的意义。

致谢:在成文过程中,得到中国地质调查局天津地质矿产研究所陈永胜博士的大力支持,吉林大学地球科学学院古植物学家、博士生导师孙春林教授审阅文稿,在此致以衷心感谢。

参考文献

- [1]杜汝霖.冀西北青白口系 *Chuar* 等化石的发现及其意义[J].地质论评,1982,28(1):1-6.
- [2]朱士兴,邢裕盛,张鹏远,等.华北地台中、上元古界生物地层序列[M].北京:地质出版社,1994:117-129.
- [3]Hofmann H J. The Mid-Proterozoic Little Dal Macrobiota, Mackenzie Mountain, North-West Canada[J]. Palaeontology, 1985, 28(2):331-354.
- [4]杜汝霖,田立富.燕山青白口系宏观藻类龙凤山藻属的发现和初步研究[J].地质学报,1985,59(3):183-190.
- [5]杜汝霖,田立富.燕山地区青白口纪宏观藻类[M].河北科学技术出版社,1986:1-114.
- [6]李伟新,宋仲嘉,刘凤贤.海藻学概论[M].上海:上海科学技术出版社,1982:1-249.
- [7]Bold H C, Wynne M J. Introduction to the Algae[M]. Printed in the United States of America, 1978:317-343.
- [8]陈晋镛,张惠民,朱士兴,等.蓟县震旦亚界的研究[C]//中国震旦亚界.天津科学技术出版社,1980:56-114.
- [9]张忠英.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,1988,27(4):416-426.
- [10]刘志礼,杜汝霖.*Longfengshania* 的形态学特征和归属[J].古生物学报,1991,30(1):106-114.

附化石系统描述

褐藻门 Phaeophycophyta

褐藻类没有单细胞体和群体,都是多细胞体。根据形态构造可分为3种类型:①异丝体:藻体由匍匐部和直立部组成异丝体。直立部为单列细胞的分枝体,匍匐部为匍匐假根固着于基底。②假膜体:较异丝体高级,已发展成许多藻丝胶粘在一起,组成假膜体。又可分为单轴假膜体和多轴假膜体。③膜状体:高级进化的类型,外形上已有类似根、茎、叶或气囊的分化。内部细胞或向多方面分裂形成数层细胞,或分化为内、外皮层,或高级的类型分化为表皮、皮层和髓部。

海带目 Laminariales

本目一般为大型膜状体,单条或分枝带状、圆柱状至扁平状。有固着器、柄、叶片的分化,生长方式为居间生长,分生组织位于柄部与叶片间。孢子体大于配子体,配子体通常为微小的丝状体,具明显的异形世代交替。包括现生的绳藻科(Chordaceae)、海带科(Laminariaceae)、巨藻科(Lesoniaceae)与翅藻科(Alariaceae)。

龙凤山藻科 Longfengshaniaceae Du et Tian 1986, emend Niu, 2018

藻体中等到小型,孢子体可分为叶片、柄和固着器三部分。叶片扁的囊状,简单单条,全缘。柄不分枝。固着器不分叉,简单足状。可能具有异形世代交替。

比较与讨论:现生海带目目前包括4个科,绳藻科(Chordaceae)

藻体褐色,丛生,高0.3~3m,无茎叶之分,为一条不分枝的圆柱体,中空,基部为盘状固着器。孢子体大,配子体小,具明显的异形世代交替。海带科(Laminariaceae)孢子体大型,由叶片、柄和固着器三部分组成。叶片形状多样,简单或复杂,全缘或有缺刻。柄一般不分枝。固着器分叉的假根状或盘状。具明显的异形世代交替。包括 *Laminaria* Lamx., *Hedophyllum* Setchell, *Agarum* Bory, *Costaria* Grev. 等属^[4,6-7]。其中,以海带属为代表,孢子体大型,最长可达5~6m。叶片单条或深裂为掌状。柄不分枝。固着器叉状分枝的假根状或盘状。巨藻科(Lesoniaceae)多为巨大型海藻,具有叉状分枝或分叉又不明显的柄。在柄的每一个分支的顶端各有一个叶片,丛生于柄部上端。孢子体大型,配子体微小,具明显的异形世代交替。翅藻科(Alariaceae)孢子体大型,配子体微小,可分为叶片、柄与分叉的假根(固着器)。据此,龙凤山藻科与绳藻科、巨藻科和翅藻科区别较大,而与海带科较相近。但海带科多为大型藻体(孢子体),固着器为叉状分枝,呈须状,且有较大区别,加之年代久远,故应建一新科。新科可能是海带目的远祖类型,藻体较小,叶片简单,全缘,柄不分叉,固着器不分叉,简单足状,以另立一科为宜,即修订后的龙凤山藻科。它是海带目中形态特征最原始的类型,使目前仅有4个科的海带目增至5个科。

杜汝霖教授最初建立该科时,认为藻体分化为叶状体与拟茎两部分,有的拟茎基部有假根(固着器)^[9]。通过上述理由,笔者认为应将该科的定义修订为藻体分化为叶状体(叶片)、柄和固着器三部分而不是两部分。修订后的龙凤山藻科 Longfengshaniaceae Du et Tian 1986, emend Niu, 2018 真正反映了藻体的形态特征和形态功能,可与现生海藻褐藻门、海带目进行可靠的对比,是海带目中唯一的一个化石科。

杜汝霖教授在该科内还建一属拟龙凤山藻 *Paralongfengshania* Du et Duan, 1983。笔者认为该属藻体可能也没有保存完整,是否也有固着器还有待进一步采集研究。

模式属:龙凤山藻属 *Longfengshania* Du, 1982 emend Niu, 2018

分布与时代:中国河北、辽宁,加拿大麦肯齐山地区;新元古代拉伸纪。

龙凤山藻属 *Longfengshania* Du, 1982 emend Niu, 2018

属征:孢子体明显,可分为叶片、柄与固着器三部分。叶片全缘,扁的囊状体,圆形、近圆形、卵形、椭圆形、长舌形等,埋藏后可见窄的边缘带,盾面光滑微凸,可有同心状或不规则状皱纹。柄不分叉,或长或短,粗细均匀,向基部略变粗。固着器小,一边尖长,一边短粗,呈足状。在某种特殊的情况下,小型丝状雌雄配子体可能聚集到一起而萌发为丛状孢子体,其固着器也聚集到一起呈环状,如加拿大小达尔群中的 *Longfengshnia* stipitata Du。

比较与讨论:该属孢子体相对较大,可分为叶片、柄与固着器三部分。柄不分叉,与海带科的模式属海带属 *Laminaria* 相同。但海带属固着器分叉须状,叶片褶皱,龙凤山藻属与其又有较大区别。另外,龙凤山藻属孢子体长仅2~3cm,最长可达4~5cm,而海带属孢子体一般2~4m,最长达5~6m,两者也有较大不同,应分属于不同的属。

杜汝霖教授自1982年建立龙凤山藻属以来,直到1986年发表的专著^[1,4],谓其属的定义是:化石体具黑色炭质薄膜,分化为叶状体和拟茎两部分,叶状体的基部都有一拟茎状的突出物,有的拟茎基部有假根(固着器)。有时将拟茎又称似叶柄,有时又称该属藻体类似高等植物根、茎、叶的分化,实际上杜汝霖教授已意识到是三部分

的藻体特征,只是将埋藏特征当做主要特征,而具叶片、柄和固着器分化的完整的藻体却忽略了其分类学意义,这从杜汝霖教授所选正型标本多是不完整的藻体就可看出。笔者认为,从藻体形态特征和生态功能分析不难看出,叶状体营光合作用,拟茎为支撑藻体,假根(固着器)起固定海底的作用。一个藻体3个不同部位,分别营不同的生态功能,则龙凤山藻属应该由三部分组成,而不是两部分。有什么形态就有什么功能,功能和形态是统一的。故笔者给予该属重新定义如上,并重新设立模式种。至于那些未见假根(固着器)的标本,可能是由于水流的冲刷而与假根(固着器)脱离,是一种埋藏特征。笔者大量采集该属标本,有些叶状体破裂,拟茎也长短粗细不一,是受到侵蚀后埋藏的结果(朱世兴等,1994,图版38,图8^[2,5];本文图版I,图7-8),不等于它们原来没有假根(固着器)。

应特别指出的是,杜汝霖所指该属的属型种托柄龙凤山藻 *Longfengshania stipitata* Du,1982,叶状体形状椭圆形,拟茎长短不一,描述中并没有提到拟茎基部有假根。以No.16为候选模式标本,从图版VII图4看,似也没有假根存在,而图3拟茎基部似乎还保留了部分假根。其中,图版VII图6为3个个体,呈似丛状保存。加拿大古生物学家霍夫曼以此将小达尔群中的该属定为 *Longfengshania stipitata* Du。总之,模式种 *Longfengshania stipitata* Du 藻体不全,定义不清,“托柄”的提法是基于藻体有两部分组成这一概念。这一概念太宽泛,所选图版VII,图4为正型标本藻体保存不全,还不如图版VII,图3柄的基部略见足状固着器。而这一标本与 *Longfengshania longipetiolata* Du et Tian 也无差别^[5]。故笔者选取 *Longfengshania longipetiolata* Du et Tian,1985 emend Niu,2018 为该属的模式种,藻体保存完好,并由三部分组成。属内其他种的建立都应以此为准,保存不完整的标本待采集后再重新修订确立。

模式种:长柄龙凤山藻 *Longfengshania longipetiolata* Du et Tian, 1986 emend Niu,2018

分布与时代:中国、加拿大;新元古代拉伸纪。

长柄龙凤山藻 *Longfengshania longipetiolata* Du et Tian,1986 emend Niu,2018

(图版I,图1-2)

藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,长22mm。叶片椭圆形,长8mm,最宽处4.4mm,边缘完整,可见窄的边缘带,盾面较平。柄细长,长12mm,近固着器处略变粗。固着器前部尖长,后部短粗,底面平直,高约2mm,长约5mm,总体呈小的足状。

比较与讨论:该种可分为叶片、柄和固着器三部分,叶片椭圆形,柄相对较长,与卵形龙凤山藻较相似。但后者叶片呈卵形,较柄长还长,两者可以区别。该种可分为叶片、柄和固着器三部分,固着器足状,与球形龙凤山藻相似,但后者叶片近圆形,短于柄长,两者可以区别。

之所以详细描述长柄龙凤山藻并作为该属的模式种,是因为其保存完整,叶片、柄和足状固着器非常清楚,是一个完整的藻体,最能代表其形态特征,故以此重新设立该属的模式种。至于杜汝霖教授描述该种的其他叶片形状都不能作为依据,如枣形、铲形、杯形等。所谓假根块状、盘状、根须状等也不准确,从正型标本看为明显的足状,其他保存不好的标本不能为据。杜汝霖教授虽然还定了许多种,由于藻体保存不全,仅根据叶片的形状是不够的,经过详细采集发现完整藻体后再予以讨论,如 *Longfengshania elongata* Du et Duan 等。

产地与层位:河北怀来龙凤山;长龙山组二段。

卵形龙凤山藻 *Longfengshania ovalis* Du et Duan,1983

(图版I,图3)

藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,长24mm。叶片长卵形,向柄的方向收缩,长13.2mm,上部最宽,宽5.6mm,具明显的窄的边缘带,盾面略突出。柄长10mm,宽度均匀,近固着器处略变粗。固着器小的足状,足底平直。叶片相对柄长要长,柄相对要短。

比较与讨论:与长柄龙凤山藻相比,叶片长卵形,向基部收缩,并长于柄长,两者可以区别。另外,根据正型标本,叶片长于柄长,也是该种的一大特点,原作者没有注意到。该种的其他标本或叶片形状不同(杜汝霖等,1986,图版VIII,图5)^[5],或藻体保存不全(杜汝霖等,1986,图版VIII,图2-4,6)^[5]。唯有正型标本保存完整,应以此为准描述该种特征。

产地与层位:同上。

球形龙凤山藻 *Longfengshania sphaeria* Du et Tian,1986

(图版I,图4)

藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,长14mm。叶片近圆形,直径6.5mm,局部撕裂,可见不连续窄的边缘带。柄细长,10mm,柄长于叶片。柄的基部略显足状固着器。

比较与讨论:叶片长小于柄长,与长柄龙凤山藻相似,但叶片近圆形,可以区别。目前看,只有这一标本保存略完整,待采到更好的标本后再确立正型。

产地与层位:河北兴隆北水泉乡前马蹄子沟;长龙山组二段。

短柄龙凤山藻(新种) *Longfengshania brachypodus* Niu (sp.nov.)

(图版I,图5)

藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,长9mm。叶片近圆形,长轴4.5mm,短轴4mm,可见不连续的边缘带。在近中部有一黑褐色圆点。柄粗短,向基部逐渐加粗。固着器足状。柄与固着器总长4.5mm,等于叶片的长度。

比较:藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,叶片近圆形,与球形龙凤山藻基本一致。但新种柄粗短,几乎与叶片长度相等,两者可以区别。

产地与层位:同上。

近椭圆形龙凤山藻(新种) *Longfengshania subelliptica* Niu (sp.nov.)

(图版I,图6)

藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,长17mm。叶片短的椭圆形,长轴7mm,短轴5mm。柄较粗,近固着器处略加粗,长8mm。固着器呈足状,足高2mm,长3mm。

比较:藻体由叶片、柄和固着器三部分组成孢子体,叶片短的椭圆形,柄相对较短粗,与短柄龙凤山藻(新种) *Longfengshania brachypodus* Niu et Chen(sp.nov.)相似。但叶片长,短的椭圆形,柄相对长,可以区别。

产地与层位:同上。

附图版说明:

图版I

1-2. *Longfengshania longipetiolata* Du et Tian,1986 emend Niu, 2018

1. 正模,登记号:LcNo782,x1.5。产地层位:河北怀来龙凤山;长龙山组。2. 登记号:LcNo122,x2。

产地层位:同上。

3. *Longfengshania ovalis* Du et Duan,1986

正模,登记号:LcNo243b,x2.5。产地层位:同上。

4. *Longfengshania spheria* Du et Tian,1986

待选模式标本,登记号:XcNo151,x2,产地层位:河北兴隆北水泉乡前马蹄子沟;长龙山组。

5. *Longfengshania brachypodus* Niu (sp.nov.)

正模,登记号:M135,x6。产地层位:同上。

6. *Longfengshania subelliptica* Niu (sp.nov.)

正模,登记号:M134a,x2。产地层位:同上。

7. *Longfengshania* sp.

登记号:LcNo242,x1.5。藻体叶片最宽处都朝相同方向,示有水流冲刷的迹象。柄与固着器可能已断掉,藻体保存不全。产地层位:河北怀来龙凤山;长龙山组。

8. *Longfengshania*,*Chuaria*,*Shouhsienia* 等成群产出,互相叠复,登记号:LcNo417,x1。

说明已有搬运再埋藏的现象。龙凤山藻体只见叶片与柄,固着器应该已断掉。产地层位:同上。

图版 I Plate I

