

第一章 宏观藻类的研究概况

宏观藻类或宏体多细胞原叶体植物是一个暂拟的名称，纯属化石藻类（Fossilalgae）的范畴。是指根据目前的研究程度，与现代藻类的亲缘关系尚未完全确定，在前寒武纪地层中肉眼可见的，以 *Chuar* 等为代表的藻类后生植物印痕或实体化石。

这类化石在世界各地已有不少的发现，通常以炭质薄膜的方式，呈各种规则的形状保存在富含泥质的岩层中。多数学者认为应属植物界范畴，推测是一种个体呈球形的浮游藻类或疑源类。

1981 年霍夫曼（H. J. Hofmann）和陈晋镛在讨论天津蓟县长城系串岭沟组的这类化石时，曾使用“炭质宏观化石”（Carbonaceous megafossils）一词^[17]。其后段承华在论述中国东部晚前寒武纪的 *Chuar* 和 *Tawuia* 化石时，又提出了“藻类宏观化石”（Algal megafossils）一词^[20]。上述名词都反映了这类化石的基本特征。1983 年段承华、邢裕盛、杜汝霖等在初步总结中国该类化石时，又使用了“宏观古藻”一词。

笔者在撰写本专著中，对该类化石名称问题做了进一步的讨论，认为宏观大生物的发生，是前寒武纪生物演化中的重要事件；其藻类的生物归属问题，最近已获得较大的进展，因此认为用“宏观藻类”一词能比较确切地反映该类化石的特征、实质和当前研究程度，建议正式使用“宏观藻类”（Macroalga）一词。

一、宏观藻类研究简史

宏观藻类的发现与研究已有一百多年的历史，但进展缓慢，停滞在零星报道的水平上。只在最近二十年，才获得较大的进展。

1879 年鲍威尔（J. W. Powell）在美国亚利桑纳州科罗拉多大峡谷的“志留系”一套未变质岩系中，发现了炭质小圆盘状化石。1893 年沃尔科特（C. D. Walcott）将上述岩系划归前寒武系，分为两部分：下部为恩卡（Unkar）群；上部为包括含化石层的丘阿尔（Chuar）群^②。在地质词典上，沃尔科特首先使用了“Chuar”一词。1899 年沃尔科特将丘阿尔群中的小圆盘状化石定名为 *Chuar* *circularis* *Walcott*^[18]。与此大致同时和以后，世界各地也陆续发现这种炭质小圆盘状化石，如 1894 年瑞典的维辛索组（Visingsö Fm.），1932 年印度的温德亚系（Vindhya system），1952 年苏联的上里菲系

参见《中国晚前寒武纪古生物及其地层意义的研究》第三章的宏观古藻部分。

对大峡谷超群的划分，近些年来倾向于三分：下部为恩卡群；中部为南科威珀群；上部为丘尔群。丘尔群，有的称丘阿尔群。

(Upper Riphean), 1963 年伊朗的索尔坦组查鲍鲁页岩 (Chpoghlu shales), 1963 年澳大利亚的阿德雷德群 (Adeleide group), 1974 年美国犹他州的红松组 (Red Pine Fm.), 1979 年加拿大的小达尔群 (Little dal group) 以及法国等地都有发现。

由于这类化石属种少 (很长时间只发现一个种), 个体小, 构造简单和缺少现代对应的生物, 因此, 对其生物分类位置、属种的确定与命名等都存在争论和分歧。

沃尔科特最初认为 *Chuarina* 是原始腕足类盘形贝的壳^[18]。温茨 (Wenz, 1938) 认为 *Chuarina* 是腹足类, 并把它定为 Tribidiacea 超科下的一个新科 (Chuaridae)^[19]。尼夫 (Neave, 1939) 认为是可疑生物^[20]。布罗兹 (Brotzeen, 1941) 认为是几丁质有孔虫^[21]。季莫菲也夫 (Timofeev, 1970)^[31]、福特 Ford, 1972) 和布里德 Breed, 1972)^[22] 均认为属疑源类。霍夫曼 (Hofmann, 1972) 认为是可疑化石^[23]。最近郑文武等在描述苏皖地区晚前寒武纪的 *Chuarina* 等化石时, 又提出了一个新的分类名称“大型疑源类, (Magniacritarch) 等。

疑源类 (Acritarch) 的命名是 1963 年美国埃维特 (W. R. Evitt) 正式提出来的, 其主要含义是指前寒武纪到新生代期间, 呈各种形态和表面装饰的、生物亲缘关系不明的单细胞或多细胞群体的微体化石。其个体大小一般不超过 500 微米, 其中以 20~200 微米最为常见。由于苏皖地区晚前寒武纪的 *Chuarina* 等化石的个体大小一般多为 2~4 毫米, 最大可达 10 毫米, 所以郑文武等将该类化石定名为“大型疑源类”。

早在 1928 年, 美国的戴维·怀特 (Davia white) 就提出了 *Chuarina* 可能属于藻类的观点, 最近二十多年来, 这一观点已得到较多人的支持, 如豪维尔 (Howell)、格莱斯纳 (Glassneer)、克劳德 (Cloud)、霍夫曼、邢裕盛、段承华等。

1971 年苏联的格尼罗夫斯卡娅 (М. Б. Гниловская) 描述了俄罗斯地台文德 (Венда) 系中带状藻类化石的两个新属, 包括两个新种: 古文德带藻 (*Vendotaenia antiqua*) 和帕道里基拉索带藻 (*Tyrasotaenia podolica*)^[24]。认为这些化石属于褐藻, 是上前寒武系中层位最高的藻类化石。

1979 年霍夫曼等报道了加拿大麦肯齐山脉 (Mackenzie Mountains) 小达尔群发现丰富的大型炭质压型化石, 包括 *Chuarina circularis*、*Beltina danai Walcott*、*Morania* 和新建一个属 *Tawuia*。他们认为这些化石可能是藻类的亲缘体, 并与其他共生的藻类微体化石等组成小达尔群的化石群。

二、中国宏观藻类的研究概况

中国晚前寒武纪地层的宏观藻类化石分布广泛, 层位稳定, 自从 1962 年郑文武等在安徽淮南地区相当青白口系的刘老碑组薄层泥灰岩、页岩内发现该类化石, 并于 1975 年经邢裕盛鉴定为 *Chuarina circularis Walcott* 之后, 相继在我国东部的辽宁、吉林、

① 参见郑文武等, 1983 年, 《苏皖北部晚前寒武纪的“大型疑源类”》。

河北、北京、天津、江苏、河南、湖北、山东等地的青白口系、震旦系或相当的层位中，陆续发现了大量多种类型的宏观藻类化石。

1978年，邢裕盛、刘桂芝和曹瑞骥大约同时研究了湖北三峡地区震旦系灯影组所产的文德带藻 (*Vendotaenia*) 化石^[1]。曹瑞骥等根据其对称性特征，建立了一个新种：对称文德藻 (*Vendotaenia didymos* Cao et zhao)^[2]。1979年，邢裕盛基于安徽寿县刘老碑组宏观藻类化石的标本，建立了一个新属和两个新种：寿县藻 (*Shouhsienia*)、寿县寿县藻 (*Shouhsienia shouhsienensis*)、长寿县藻 (*Shouhsienia longa*)。1980年郑文武对皖北地区青白口系刘老碑组和震旦系九里桥组中发现的 *Chuarialia* 化石群进行了较全面的描述，建立了 3 个新属和 4 个新种：鞋底形藻 (*Pumilibaxa*)、卵形藻 (*Ovidiscina*)、蚕豆形藻 (*Nephroformis*)、环形丘阿尔藻 (*Chuarialia annularis*)、八公山卵形藻 (*Ovidiscina bagongshanica*)、淮河鞋底形藻 (*Pumilibaxa huaiheiana*) 和刘老碑蚕豆形藻 (*Nephroformis liulaobeiensis*)^[4]。郑文武将这一化石群，包括共生的带藻类、蠕虫类以及后生动物遗迹化石合称为“淮南生物群”，时限范围在 950~650 百万年间。认为 *Chuarialia* 可能是一种多细胞的生物机体。1982年段承华对天津蓟县青白口系、吉林浑江和辽宁复县的细河群的宏观藻类化石做了较系统的描述与比较，建立了一个新种：中国塔乌藻 (*Tawuia sinensis*) 探讨了 *Chuarialia* 与 *Tawuia* 的亲缘关系，提出了二者都属于浮游多细胞藻类的观点。1982年杜汝霖对燕山西段怀来龙凤山区青白口系长龙山组发现的多种宏观藻类化石进行了描述，建立了一个新属和一个新种：龙凤山藻 (*Longfengshania*)、托柄龙凤山藻 (*Longfengshania stipitata*)，认为是与褐藻类有关的多细胞藻类化石^[6]。1983年，段承华、邢裕盛、杜汝霖等对近些年来我国上前寒武系中发现的宏观藻类化石，进行了初步的系统总结^①。文中描述的化石共有 1 科、2 群、10 属、17 种，其中有 4 个新属、11 个新种和 1 个相似种。现列化石名单于下：

Chuariaceae (Wenz), 1938 emend Duan, 1982

Chuarialia Walcott, 1899

C. circularis

C. multirugosa Du et Tian (sp. nov.)

Tawuia Hofmann, 1979

T. dalensis Hofmann

T. sinensis Duan

Shouhsienia Xing, 1979

Sh. shouhsienensis Xing

Sh. magna Duan (sp. nov.)

Glossophyton Duan et Du (gen. nov.), 1983

G. huailaiensis (gen. et sp. nov.)

① 参见《中国晚前寒武纪古生物及其地层意义的研究》第三章。

G. foliformis (gen. et sp. nov.)
G. mucronatus Duan et Du (gen. et sp. nov.)
Phascolites Duan et Du (gen. nov.), 1983
Ph. symmetricus (gen. et sp. nov.)
 Longfengshanides
Longfengshania Du, 1982
L. stipitata Du
L. ovalis Du et Duan (sp. nov.)
L. elongata Du et Duan (sp. nov.)
Paralongfengshania Du et Duan (gen. nov.) 1983
P. sicyoides Du et Duan (gen. et sp. nov.)
Vendotaenides
Vendotaenia Gnilovskaja, 1971
V. antiqua Gnilovskaja, 1971
Tyrasotaenia Gnilovskaja, 1971
T. cf. podolica Gnilovskaja, 1971
Fasciculella Duan (gen. nov.)
F. bagongshanensis Duan (gen. et sp. nov.)

三、宏观藻类的形态特征和描述用语

(一) 形态特征

宏观藻类化石体具有如下形态特征：

化石体 (*fossil body*) 呈单体产出。

以炭质薄膜的方式保存在岩层面上，可劈开为正负两模。

具稳定、规则的形态轮廓，可分为简单型和具茎型两个类型：简单型，即化石的原植体为简单的球形、叶状体或丝状体等，如 *Chuarina* 和 *Vendotaenia*；具茎型，即化石的原植体 (*thallus*) 分化为叶状体和拟茎（似叶柄）两部分，有的可分化为叶状体、拟茎和假根三部分，如 *Longfengshania longipetiolata* 等（图 1-1）。

化石体都具明显的对称性和扩展型的特征。

个体肉眼可见，大小均在 0.5 毫米以上，一般多在 2~6 毫米间，最大可达 32 毫米。河北怀来、兴隆等地个体较大，一般为 5~10 毫米。

化石体的边缘部位，大都具有宽窄不等的边缘带，边缘带上有 1~5 圈凸凹型同心状环纹，也有的具不规则的皱纹，边缘带内侧的盾面平坦光滑，有的微向上凸。

化石体的横切面一般呈平缓的凸镜状 (*lentiformis*) 也有的呈平直的线纹状（图 1-2）。

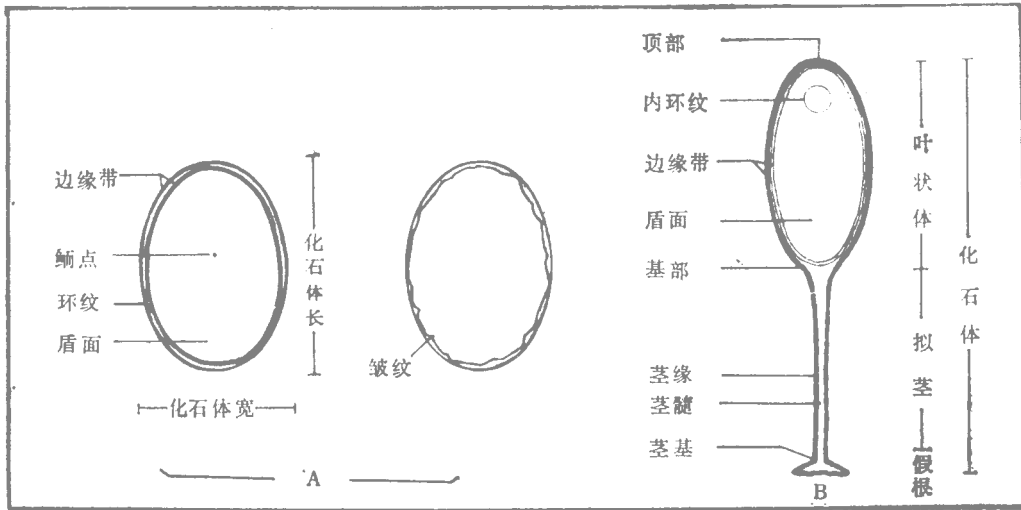


图 1-1 简单型和具茎型形态构造

A 简单型 B 具茎型

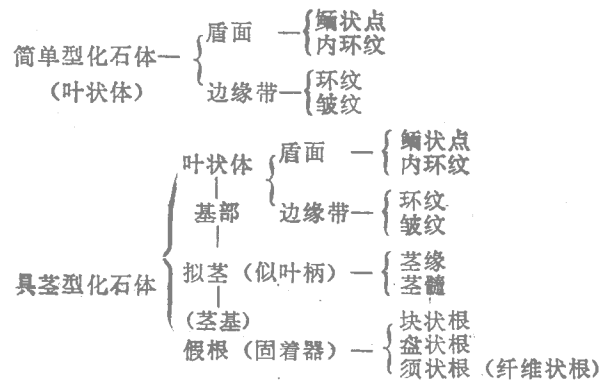


图 1-2 *Chuaria* 横切面图

同一类型或不同类型的化石体常群聚共生，有时可见到互相紧靠甚至叠覆的现象。
(图版IV，图 22)。

(二) 描述用语

宏观藻类化石的描述用语体系列下：



1. 简单型 (simply type)

化石原植体为叶状体 (foliate), 形状常呈规则的圆盘形、椭圆形、卵圆形、囊形、豆荚形、梨形、球形、盾形或片状体。

正视化石体的表面, 由盾面和边缘带两部分组成。

(1) 盾面 (shield face) 为化石体表面的中心部分, 一般为平坦光滑的平面, 有的微向上凸。有的盾面上具有鲐状点突起, 有的有内环纹。

鲐状点 (Oolitic spot) 指盾面上直径小于 0.25 毫米的点突起。有的盾面上只有一个鲐状点, 均居盾面的中心位置, 个别盾面上有 4 个以上鲐状点, 围绕盾面中心呈圆环状排列。

内环纹 (inside ringvien) 指盾面内部的环形纹圈, 位于盾面中上部或中下部, 纹圈 1~2 圈, 其直径一般在 3~6 毫米, 在龙凤山藻的盾面上常见有内环纹, 个别盾面上还见有上部和下部两个内环纹。

(2) 边缘带 (marginal zone) 为化石体表面边缘部位, 由环纹或皱纹组成的纹带, 是最常见的一种构造特征。

环纹 (ring vien) 是一种比较完整、连续且规则的圆环状凸起的细纹。在相邻两条凸起细纹之间, 有一凹状环沟相隔, 形成凸凹状纹带。环纹与外缘轮廓平行, 以与外缘的距离作为环纹的宽度, 最窄者 0.01 毫米, 最宽者 0.25 毫米, 一般由 1~3 圈组成, 最多的可有 5 圈。

皱纹 (wrinkle) 是一种不完整、不连续且不规则的似同心状或皱曲状的细纹。细纹距外缘的距离各处不等, 并常有互相叠置的现象, 这一现象多出现在较长的叶状体两端, 有的皱纹甚至可呈脊状突出, 一般由 1~3 圈组成。

环纹与皱纹在标本中是可以区别的, 但有的标本二者也不易区分, 一般由环纹组成的边缘带较窄, 而由皱纹组成的边缘带较宽。

若边缘带的宽度大于 1 毫米, 并具 4 圈以上同心状环纹或似同心状皱纹者, 为密纹构造或多皱构造。均匀、规则、多圈的密纹构造 (最多可达 7 圈) 的出现, 证明大多数边缘带是化石体固有的特征, 而不可能是球体压平的结果 (图版 IV, 图 13~21)。

2. 具茎型 (stem type)

化石原植体分化为叶状体和拟茎 (似叶柄) 两部分, 有的还分化为叶状体、拟茎、假根 (固着器) 三部分。

(1) 叶状体 与简单型叶状体一致, 呈规则的圆盘形、椭圆形、卵圆形、囊形、球形、豆荚形或片状体等。叶状体表面也由盾面和边缘带两部分组成, 所不同的是叶状体的基部边缘都有一拟茎突出物存在。有的拟茎基部逐渐收缩尖灭, 有的基部膨大成假根 (固着器)。

(2) 拟茎 (parastem) 为叶状体靠近中轴部位的基部边缘 (个别部位有些偏离) 有一类似茎状 (或柄状) 的突出物。拟茎是龙凤山藻科化石的重要特征, 也是与其他宏观藻类化石相区别的一个标志。拟茎的长度变化较大, 最短仅 1 毫米, 最长达 20 毫米。

按照化石体中拟茎与叶状体的相对长度的比例，可分为三个等级：短茎级，小于叶状体长轴长度的 $1/2$ ，通常在 $1\sim 3$ 毫米；中茎级，为叶状体长轴长度的 $1/2$ 到二者相等，通常在 $5\sim 10$ 毫米；长茎级，大于叶状体长轴的长度，通常在 10 毫米以上。拟茎的宽度一般为 $0.5\sim 1$ 毫米，少数可达 1.5 毫米。拟茎的内部叫茎髓 (stem pith)，拟茎的边缘叫茎缘 (stem edge)，在有些较宽的拟茎中，可以看出这两部分的界线。拟茎的基部叫茎基 (stem base)，形态多样，其特征是鉴定某些种的重要依据，也是判断生态的一个标志。可分为楔状型、柄状型、假根三种类型 (图 1-3)。楔状型是由拟茎两侧的茎缘向茎基

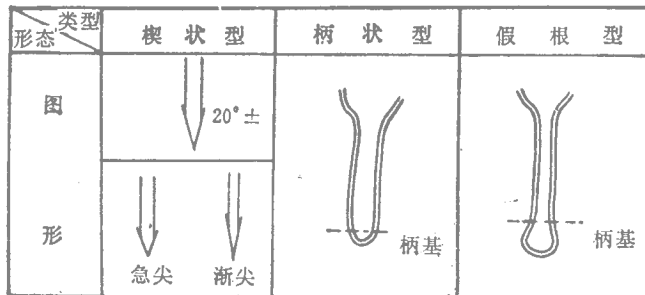


图 1-3 拟茎的茎基类型示意图

收缩尖灭而成。一般交角在 20° 左右，根据交角的大小，可分为急尖 (20° 左右) 和渐尖 ($10^\circ\sim 15^\circ$) 两种。柄状的类型较为常见，拟茎两侧的茎缘近于平行，基端呈浑圆状或钝圆状。假根是茎基发育膨大的特殊类型，是一个已具有特殊功能的独立器官，因此，应从茎基中分出，单独予以描述。

(3) 假根 (rhizoid) 为拟茎基部的发育膨大部分，起固着叶状体和拟茎的作用，是一个固着的器官 (fixed organ) 或叫固着器 (holdfast)。为鉴定种的一个重要特征。通常假根型 (rhizoid) 有块状根、盘状根 (Discoid holdfast)、须状根 (纤维状根) 三种类型。必须指出，拟茎在有些标本中常保存不够完整，有的认为是茎基，实际只是拟茎中上部的一部分，并不是真正的茎基，鉴定时要注意区别。

叶状体与拟茎的关系，主要表现在二者的连接部位上，该部位的特征是鉴定“种”的依据之一，根据化石叶状体与拟茎的接触关系，可分为分化型和过渡型两类 (图 1-4)。

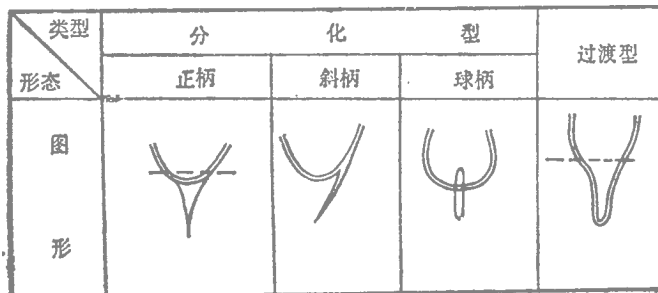


图 1-4 叶状体与拟茎接触类型示意图

分化型 (defferentiational type) : 是指叶状体与拟茎的接触界线截然分明, 叶状体基部一般不收缩, 叶状体的边缘带横绕拟茎。根据拟茎在叶状体基部的位罝, 可分为正柄、斜柄和球柄三种。正柄即拟茎位于叶状体中轴的基部, 这种类型多见, 斜柄即拟茎位于叶状体中轴的两侧, 斜柄少见^①; 球柄为拟茎位于叶状体的内部 (图版 XI, 图 4), 也较少见, 可能为球体压平的产物。过渡型 (transitianat type) : 是指叶状体与拟茎的接触呈连续渐变的过渡关系。由叶状体靠近中轴的基部收缩延长而成拟茎, 叶状体的边缘带与茎缘渐相连通。

侧视化石体横切面, 其厚度大约在 0.02~0.07 毫米间, 多呈平缓的双凸镜状或平直的线纹状、线条状, 也有的呈扁平的凸镜状及似凸镜状等。

化石体的定向: 简单型的叶状体如其形态有宽窄的变化则可以定向, 其较窄的部分向下为基部 (basic part), 较宽的部分向上为顶部 (apex part)。具茎型化石体都可以定向, 即拟茎或假根部分向下, 叶状体部分向上。

四、宏观藻类的分类

关于宏观藻类的分类问题, 目前国内外尚处在积累资料的探讨阶段。

在过去很长一段时间里, 各国发现的宏观炭质化石, 虽然都是 *Chuarria circularis* Walcott 这样一种简单的类型, 但却赋与不同的名称, 如印度、伊朗就称这种化石为 *Fermoria minima*。

1936 年莎尼 (Sahni) 依据 *Fermoria* 化石, 创建一个新科 *Fermoridae*^[27]。

1938 年温兹以美国标本 *Chuarria circularis* 为基础, 建立了一个新科 *Chuaridae*, 列入了腹足类的分类系统, 但一直未被引用^[19]。

1972 年福特和布里德等将北美的 *Chuarria* 和亚洲的 *Fermoria* 联系起来研究, 正确提出了 *Fermoria* 是 *Chuarria* 的同义语之后, 自然 *Fermoridae* 的新科就废弃了。

1982 年段承华根据中国发现多种宏观藻类化石的事实, 建议保留温兹原科的命名, 并对其含义和归属等问题给予了补充和修正。提出了 *Chuariaeae* (丘阿尔藻科) 代表了较原始、较低级的类型, 属浮游类藻体^[26]。

笔者认为龙凤山藻中拟茎的出现, 是个具有分类学意义的特征, 随着拟茎的出现, 不论在形态、大小、构造、器官和生态上都有较大的变化和分化。近年来又增加了一些新的属和种, 因此, 有必要建立一个以龙凤山藻属为基础的新科 (龙凤山藻科)。

根据上述化石体的形态特征, 可将中国燕山地区及邻区的宏观藻类化石定为 2 科: 丘阿尔藻科 (*Chuariaeae*) 和龙凤山藻科 (*Longfengshaniaceae*), 科内属和种的鉴定, 主要依据是:

化石体的形态特征 (是鉴定属的重要依据)。

在河北怀来龙凤山区长龙山组中采到几块斜柄类标本, 本书未予描述。

个体大小与短长轴之轴比率 (axial ratio)。在一些形态呈两种或两属间的过渡渐变关系时, 测量其长短轴的比率, 有助于属、种的确定, 如 *Chuarua* 与 *Shouhsienia* 两属的区别, 一般是以短长轴比率 0.8 为界限的。

叶状体边缘带的有无、宽窄、型式 (环纹或皱纹) 及特征。

盾面的特征及鲕状点的有无。

特殊的形态及构造, 如假根、内环纹、密纹构造以及纹饰 (ornament) 等。

叶状体拟茎的接触关系。

拟茎的有无及茎基的类型。

横切面的特征。

生态的类型及特征等。

根据上述原则, 将燕山地区的宏观藻类化石鉴定为 2 科、9 属、21 种, 其中有 1 个新科、5 个新种和 1 个相似种。名单列下:

Chuariaceae (Wenz) emend Duan, 1982

Chuarua Walcott, 1899

C. circularis Walcott

C. annularis Zheng

C. multirugosa Du et Tian

Shouhsienia Xing, 1979

Sh. Shouhsienensis Xing

Sh. longa Xing

Sh. multirugosa Du et Tian (sp. nov.)

Ovidiscina Zheng, 1980

O. bagongshanica Zheng

O. longa Du et Tian (sp. nov.)

pumilibaxa zheng, 1980

p. cf. huaiheiana Zheng

Glossophyton Duan et Du, 1983

G. huailaiensis Duan et Du

G. foliformis Duan et Du

G. mucronatus Duan et Du

Tawuia Hofmann, 1979

T. dalensis Hofmann

Phascolites Duan et Du, 1983

P. symmetricus Duan et Du

Longfengshaniaceae Du et Tian (Fam. nov.), 1984

Longfengshania Du, 1982

- L. Stipitata* Du
L. ovalis Du et Duan
L. gemmiforma Du et Tian (sp. nov.)
L. elongata Du et Duan
L. spheria Du et Tian (sp. nov.)
L. longipetiolata Du et Tian (sp. nov.)
Paralongfengshania Du et Duan, 1983
P. sicyoides Du et Duan

五.宏观藻类研究方法简述

由于过去宏观藻类化石发现较少，形态构造简单，研究程度很低，其生物成因和分类位置尚未完全确定，因而缺少一个较完整、系统的工作步骤和方法。

随着近些年来国内外新的化石产地和类型的不断发现，其形态与构造的内容也不断丰富和多样，其与藻类的亲缘关系和潜在的标志化石意义逐渐有所认识。这样就有必要，也有可能应用一般古生物学的方法以及其他的工作方法，按照一定的步骤，对宏观藻类进行较系统的观察、描述、鉴定、分类和研究，不断地积累各方面的资料，从而推动这个领域的研究不断深入和完善。

考虑到宏观藻类化石大小一般介于大化石和微体化石之间，因而对其研究除应用宏观大化石的古生物学方法外，还需要应用一般微体古生物学方法和其他工作方法。在工作步骤上分野外工作和室内工作，并使野外和室内、宏观和微观有机地结合起来。

野外工作：主要是野外的生物地层工作。即系统地采集化石标本，搜集和研究与化石有关的生物地层资料，包括化石层的层位、时代、厚度、化石丰度、埋藏情况、化石保存状况、组合特征、生态及岩性岩相特征等。

在怎样寻找宏观藻类化石上，前人资料已提供了不少可贵的经验和线索。化石受到明显的时代和环境的控制，与有机质关系密切，以海退系列的灰绿色—灰黑色含粉砂质伊利石页岩含化石最多。

在鉴定化石时要特别注意真假化石的区别。应该指出，区分真假化石是前寒武纪古生物学的一个重大课题。由于地质历史中较古老的生物形态与现代生物大不相同，又所知极少，而岩石中一些有机物质的凝聚和挤压变形也会形成类似 *Chuarina* 的形状，因此在含量较少、个体较小的情况下，就不易很好地区别。但是随着对宏观藻类研究的深入，如前所述，已初步总结出其生物属性和生物地层特征，其中最重要的是化石体具有稳定、规则的形态轮廓，具一定的大小和构造特征，产于一定的层位，并与一定的时代和岩性有关，化石的数量要多一些，上述一些特征，一般可在一定范围的地区里得到验证，而与任何构造作用无关。

宏观藻类还可与同层的微体化石互相验证。

近年来宏观藻类与其他成因的假化石的区别标志愈来愈明显，因而初步确立了其作为真正后生植物化石的地位。尽管如此，仍需加倍小心，谨慎从事，以便在向这未知的领域探索中，防止出现不应有的错误。

室内工作：主要是将化石放在立体显微镜下进行观察、描述和鉴定；其次是制成纵切面和横切面的化石薄片，在生物显微镜下观察其表面形态和微细构造及凸起情况。

通过对化石体的移离撕片和化学浸解，在高倍生物显微镜下可观察其边缘带和盾面内部的生物结构，但由于化石的炭化程度和降解作用很高，其生物结构往往观察不清，需要选择炭化程度和降解作用较低的标本，才能得到较理想的结果。

对其更微细的表面形态、构造特征和细胞组织等，可借助于透射电镜和扫描电镜的观察。

宏观藻类的成分分析，可采用红外光谱分析、显微激光光谱分析、有机碳分析、氨基酸测定、电子探针分析等多种方法进行比较和验证，为确定藻类的生物成因提供物质依据。

由于化石数量较多，需要选择一些有代表性的标本进行系统的描述、鉴定和编录。化石成分容易挥发，要密封保存，及早照像。

目前对宏观藻类的研究，已在前寒武纪古生物学中，逐渐形成一个崭新的研究领域，对其研究方法，还有待于发展和完善，应力求建立在坚实的古生物科学的基础上，并尽量应用生物学、生物化学、有机地球化学和沉积学等有关理论和方法，从形态学、分类学、系统发生学、生态学、生物地层学和生物演化等各种角度和方面进行综合研究，以便在较短时期内，能取得突破性的进展。

第二章 燕山地区青白口纪宏观藻类的分布、层位及类型

燕山是我国北部上前寒武系发育很好的地区，中外有名的蓟县剖面即位于该区的东部。燕山青白口系层序完整、界线清楚，岩性标志明显，微古植物及宏观藻类化石丰富。

自 1978 年陆宗斌在蓟县长龙山组^①发现了 *Chuarina* 化石后，1979 年，笔者等又在燕山西段长龙山组发现了多种宏观藻类化石。这对缺少足够化石证据的前寒武纪地层研究来说是一个重要进展，它提供了一个地理广布又易于识别的生物遗迹，并可能成为潜在的标志化石。

近四年来，笔者等在燕山全区青白口系工作中，发现该区宏观藻类化石分布广泛、个体较大、类型多样、保存完好、位层稳定、时代较老，是国内以前发现的其他各区所不能比拟的，并具有区域性的特色。

一、燕山地区青白口系发育概况

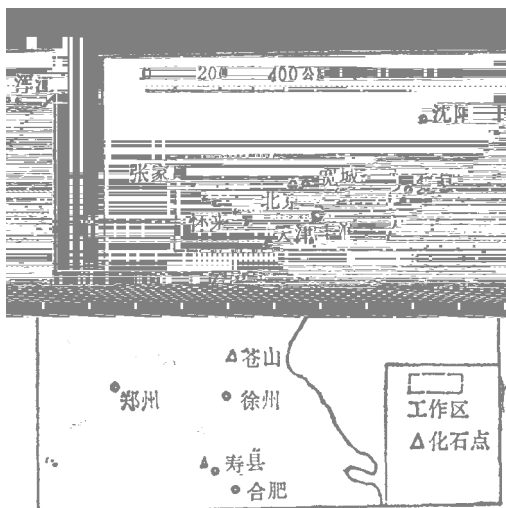


图 2-1 工作区域位置图

燕山地区地理范围大致为东经 $115^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ；北纬 $39^{\circ}40' \sim 41^{\circ}21'$ 。大部分地区隶属河北省，少部分地区隶属北京市、天津市和辽宁省（图 2-1）。

区内青白口系分布较为广泛，层序完整，与下伏蓟县系和上覆寒武系均呈平行不整合接触。以滨海相到浅海相的碎屑岩——泥质岩——碳酸盐岩为主，组成两个较大的正向沉积旋回。由下而上分为三个组：下马岭组、长龙山组和井儿峪组。各组之间都有明显的间断面。最大厚度为 765 米（图 2-2）。

^①对长龙山组的划分，尚有不同意见。陆宗斌等认为长龙山组为广义井儿峪组的一个段，即下段为长龙山段，有些人将其划为长龙山组，仅上段保留为井儿峪组（狭义），本文划分以狭义井儿峪组为准。

地系	层统	单组段	代号	岩性柱 1:7000	厚度 m	岩性描述	叠层石	古生植物	生物类植物	同位素 年令值	构造运动	
青	府君山组	井儿峪组	Q _{1f}		18	灰黑色厚层状豹皮灰岩 杂色泥灰岩，底部为含砾 燧石粗粒长石砂岩		<i>Archaea favosina</i> <i>Kildinella</i> <i>Asperatropophora</i> <i>Polyponia</i>	<i>Charnia circularis</i> <i>C. annularis</i> <i>C. multirugosa</i> <i>Shouhaitenia shoukstenensis</i>	800 m. y.	弱县上升	
			Q _{1n1}		16	黄绿色、灰黑色粉砂质页岩 夹含海绿石薄层石英砂岩		<i>Orygmaesphaeridium</i> <i>Trachysphaeridium</i>	<i>Sh. longe</i> <i>Sh. multifrugosa</i>	855 m. y.		
白	统	龙山组	Q _{1n1}		16	灰白色薄层—厚层石英砂岩夹 粉砂质页岩、粉砂岩，底部为 含砾石英砂岩				900 m. y.	弱县上升	
			Q _{1n4}		131	杂色页岩夹泥灰岩段，杂色页岩 与粉砂质页岩互层夹泥灰岩 透镜体，底部为薄层石英砂岩		<i>Institella</i> <i>Jurassonia</i> <i>Gymmosolen</i> <i>Qingbaikouia</i>	<i>Archaea favosina</i> <i>Leleoposphera</i> <i>Macropycha</i> <i>Magesaculina</i> <i>Microconchirica</i> <i>Protoetiosphaeridium</i> <i>Protospheropsis</i>			
口	下	马	Q _{1n3}		216	黑色页岩段。以灰黑色纸片状 页岩及粉砂质页岩为主，底部 夹薄板状硅质岩及薄层钙质石 英砂岩			<i>Phascolites symmetricus</i> <i>Long Jengshania</i> <i>L. stipitata</i> <i>L. ovalis</i> <i>L. elongata</i> <i>L. gemmi forma</i> <i>L. longipetiolata</i>	956 m. y.		
			Q _{1n2}		53	红绿色页岩段。紫红色和鲜绿 色纸片状页岩，底部含海绿石		<i>Quadratiomorpha</i> <i>Stictosphaeridium</i> <i>Stratimorphis</i> <i>Synsphaeridium</i> <i>Turachanica</i>	<i>Paralong Jengshania sicyoides</i> <i>Chuarlia</i> <i>Shouhaitenia</i> <i>Outdisctna</i> <i>Tawuia</i>			
系	府君山组	一段	Q _{1n1}		136	灰色粉砂质页岩段。以灰绿色 砂质页岩为主，韵律性明显	<i>Tielingella</i> <i>Baicalia</i>				1046 m. y.	芹峪运动
			Q _{1n1}			叠层石灰岩						

砾岩
 砂岩
 粉砂岩
 页岩
 粉砂质页岩
 海绿石砂岩
 含铁砂岩
 泥灰岩
 硅质岩
 灰岩
 化石

图 2-2 燕山地区青白口系综合柱状图

二、宏观藻类的分布、层位及类型

燕山地区青白口纪宏观藻类化石分布广泛，东起河北省宽城、丰润、古冶，中经兴隆、蓟县、昌平，西到怀来、涿鹿等地，已发现了 11 个化石产地和 17 个化石点。化石层位很稳定，绝大多数分布在长龙山组二段中。根据化石的分布、层位、类型和特征可分为两个区（图 2-3）。

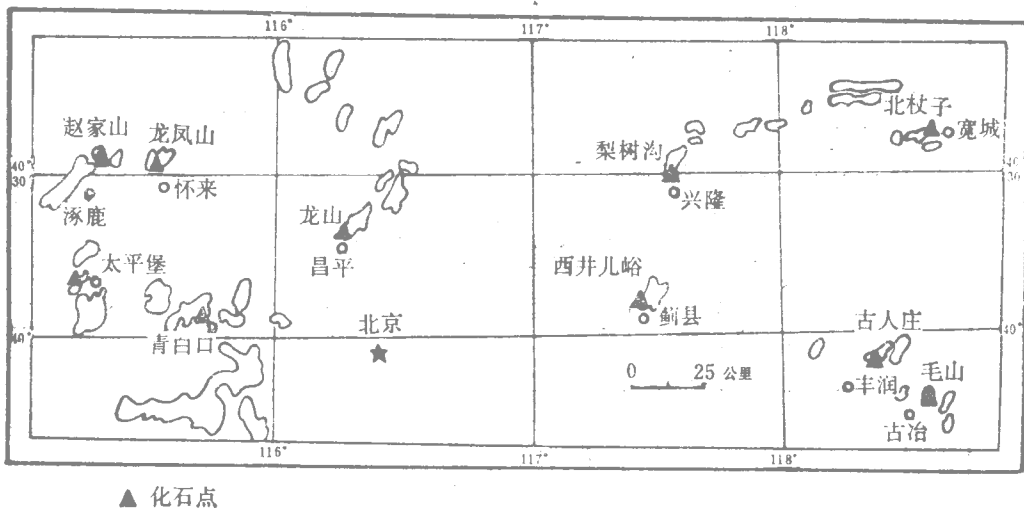


图 2-3 燕山地区青白口系的分布及化石产地

（一）燕山西段区

指北京市以西至河北省张家口西缘的地区。该区已发现了 6 个化石产地和 10 个化石点。除怀来赵家山和八宝山为下马岭组化石产地外，其他均为长龙山组化石产地。

1. 河北怀来下马岭组化石

笔者 1981 年在怀来赵家山发现了较原始的 *Chuarina* 等化石。这是我国目前发现时代较老的化石。同位素年龄接近 1000 百万年。

（1）产地与层位 冀西北怀来、涿鹿一带的下马岭组分布广泛，层序完整，上下界线清楚，厚度较大，分段标志明显，富含迭层石和微古植物，为燕山有代表性剖面的地区。以滨海相到浅海相的稳定的海进序列沉积为主，是一套粉砂岩、粉砂质页岩及泥质页岩等组成的地层。根据岩性可分四个段，厚 537 米。

化石产在怀来西北的赵家山村南约 500 米的沟东坡（图 2-4），下马岭组底部的灰白色粉砂质页岩中（相当于赵家山剖面的第四层）。该层距下马岭组底界仅有 10 米左右（图 2-5），该层岩性以页理发育、含有有机质及宏观藻类化石碎片为特征。厚约 20 厘米。在其中下部找到了 *Chuarina* 等较完整的化石。另外，在赵家山东部邻区八宝山南沟

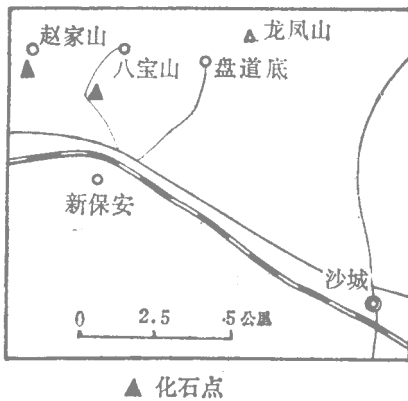


图 2-4 怀来赵家山下马岭组化石点位置图

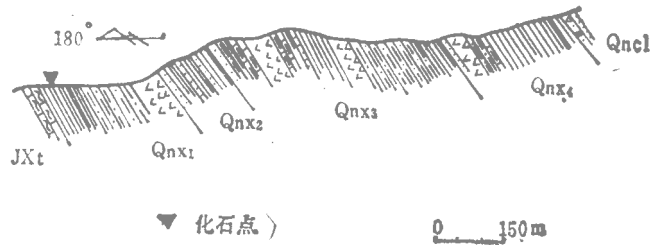


图 2-5 怀来赵家山下马岭组剖面图

相同层位，也找到少量的 *Chuarina* 等化石。

(2) 特征与分类 化石为海生多细胞的浮游藻类印痕化石。呈单体存在，具清晰的圆盘形、椭圆形、卵圆形、盾形、尖锥形、带形等。个体一般较小，多在 2~4 毫米，个别超过 10 毫米。不具边缘带构造，但一般有清楚的外缘。

根据国外和我国邢裕盛、段承华、郑文武及笔者等分类和描述的资料，按其形态特征，将该组化石定为 1 科、4 属、4 种。

Chuariaceae (Wenz), 1938 emend Duan, 1982

Chuarina Walcott, 1899

C. circularis Walcott

Shouhsienia Xing, 1979

Sh. Shouhsienensis Xing

Sh. longa Xing

Ovidiscina Zheng, 1980

O. bagongshanica Zheng

Tawuia Hofmann, 1979

2. 河北怀来、涿鹿长龙山组化石

(1) 产地与层位 主要分布于怀来西北约 15 公里的龙凤山和涿鹿东南 80 公里的太平堡两处。化石均产于长龙山组二段底部富含有机质的粉砂质页岩中。龙凤山的化石点位于龙凤山的南坡、西坡和东坡 (图 2-6 及图版 XVI)。该区是燕山全区中化石产量最丰富，类型最多的有代表性的地区。

该区蓟县系和青白口系的剖面连续，组成

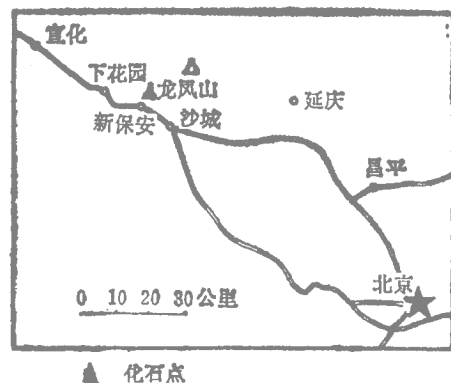


图 2-6 河北怀来龙凤山化石点位置图

向西北倾斜的单斜构造。层序较完整，标志明显。其中长龙山组发育较好，与下伏的下马岭组呈平行不整合接触。在西部邻区下花园一带下马岭组顶部富含迭层石。经朱士兴与杜汝霖鉴定有 *Gymnosolen comfufosus* Semikhatov, *Linella inconspicua* Zhu et Du, *Clavaphyton eunbiformis* Zhu et Du, *Jurusania asymmetrica* Zhu et Du, *Katavia cf karatavica* Krylov, *Insiticinia xiamalingensis* Zhu et Du^[6]等。这些迭层石的同位素年龄在 950~900 百万年之间，组成了燕山地区青白口系特有的一个迭层石组合（下花园组合或第六组合）。

长龙山组上部缺失井儿峪组，因而直接与寒武系府君山组呈明显的平行不整合接触。府君山组岩性为灰黑色巨厚层致密灰岩、角砾状灰岩。在东部邻区的北京昌平一带含有 *Palaeolenus fengyangensis*, *Redlichia chinensis* 等三叶虫化石^[7]。长龙山组为滨海潮间带的碎屑岩和泥质岩为主的沉积。由含砾粗砂岩、细砂岩、海绿石砂岩、粉砂岩及粉砂质页岩等组成四个较大的正向韵律层。可分为两个段（图 2-7）；一段为砂砾岩段；二段为砂页岩段。

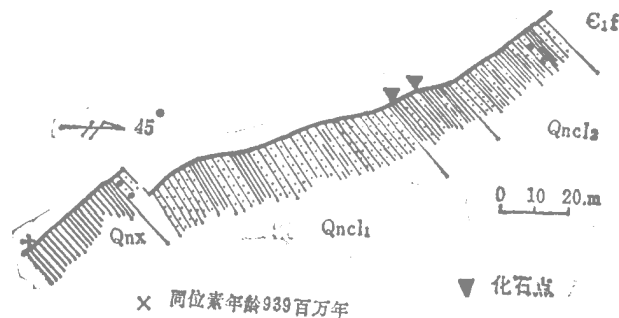


图 2-7 河北怀来龙凤山长龙山组剖面图

化石层位于二段底部具干枚岩化的含有机质的页岩中。可分两层：下化石层为深灰色~灰黑色粉砂质页岩及浅灰色页岩。厚度约 0.5 米。化石以 *Longfengshania* 含量最丰富，其次为 *Chuarina*, *Shouhsienia* 等；上化石层为富含有机质的灰黑色含粉砂质页岩，厚约 0.5 米。化石以 *Shouhsienia* 含量最丰富，*Chuarina* 及 *Longfengshania* 次之。两层相隔 0.5 米左右。在化石层中富含微古植物，经刘桂芝、罗其玲和李培菊等鉴定，共有下列属、种。

- Archæofavosina* sp.
- Kildinella sinica* Tim.
- Asperatopsophosphaera bacca* Luo
- Orygmatsphaeridium* sp.
- Polyporata obsoleta* Sin et Liu
- Trachysphaeridium aff. rugosum*
- Laminarites antiquissimus* Eic.

(2) 化石层的同位素年龄 青白口系的上下时限在 1050~800 百万年左右。关于化石层的下限年龄, 根据张学祺在本区西部赵家山(距龙凤山 9 公里)下马岭组三段测定的钾-氩法等时线年龄为 956 百万年^①。最近笔者曾在龙凤山西坡长龙山组下伏的下马岭组三段顶部黑色伊利石页岩中取样, 测得铷-锶法全岩等时线年龄值为 939 百万年^②[取样点位于龙凤山西坡化石点附近与化石层的水平距离约 500 米, 垂直距离约 70 米(见图 2-7)]。其同位素分析结果见表 2-1^③。

表 2-1 Rb、Sr 同位素分析结果表

样品号	实验号	样品名称	Rb(ppm)	Sr(ppm)	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ (原子比)	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ (m·y)
T-Lx3-1~11	83009~78	伊利石页岩	144	65	6.6354	0.8433
T-Lx3-1~1	—73	伊利石页岩	134	56	6.9101	0.8500
T-Lx3-1~13	—79	伊利石页岩	165	54	8.8439	0.8686
T-Lx3-1~3	—74	伊利石页岩	149	41	10.5870	0.8864
T-Lx3-1~17	—81	伊利石页岩	163	41	11.5064	0.9057
T-Lx3-1~5	—75	伊利石页岩	146	34	12.4407	0.9165
T-Lx3-1~7	—76	伊利石页岩	103	42	7.0235	0.8459
T-Lx3-1~14	—80	伊利石页岩	159	35	13.2453	0.9418
F-Lx3-1~9	—77	伊利石页岩	149	49	8.7681	0.8342
等时线样品点数		直线相关系数 R		(Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶) _i		等时线斜率
8		0.9862		0.7530±0.0092		0.013434
等时线年龄值 (10 ⁶ 年)				^λ Rb ⁸⁷ 值 (10 ⁻¹¹ 年 ⁻¹)		
939.77±64.89				1.42		

根据上表资料编绘的铷-锶等时线年龄见图 2-8。

从图 2-8 可看出等时线的线性关系较好, 939±60 百万年的数据是比较理想的, 与地质上的推断是吻合的, 其层位与张学祺所测得 936 百万年基本一致, 但稍高一些。因此, 根据这些数据推断, 900 百万年的年龄值可能接近下马岭组与长龙山组的分界年龄, 也大致代表了化石层的下限年龄。

关于化石层的上限年龄, 在龙凤山区化石层上覆的海绿石砂岩层中(与化石层相距 10~20 米)笔者曾试用钾-氩法测得其年龄, 未取得满意的结果。但海绿石砂岩层位

① 张学祺, 1982, 我国北方震旦界上部地层年表, 第二次全国同位素地质学讨论汇编。

② 对样品伊利石矿物的多型性及其结晶指数尚待测定。据张学祺、于荣炳的资料认为燕山下马岭组伊利石页岩主要是 IM 或 IMd 型, 测定年龄比较理想。

③ 同位素年龄样的分析测定工作由北京市地质局实验室承担, 表 2-1 资料由该实验室提供。