

# 我国 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的异 形叶性及生态

张 泓

(煤炭科学院地质勘探分院)

沈 光 隆

(兰州大学地质系)

## 一、前 言

椭圆楔叶 (*Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger) 是北半球石炭、二叠纪广泛分布的重要植物之一。它的叶为长楔形至长椭圆形,六枚组成一轮,呈三对型排列,上两对等大,向两侧伸展,下一对较小,沿轴下垂或斜伸;叶端平截,具细齿;叶脉二歧分叉,直达前缘齿内。这些特征是古植物学家所熟知的,并以此很容易与 *Sphenophyllum* 的其它各种相区别。自该种在我国正式描述 (Halle, 1927; 斯行健, 1934, 1953, 1954; Stockmans 和 Mathieu, 1939, 1957; Asama, 1970; 黄本宏, 1976, 1980; 刘子进, 1982) 以来,除个别标本(李星学, 1963, 图版 4, 图 6—8; 图版 6, 图 1—4) 外,均为末级枝的残段或单独保存的叶轮标本。因而,对它的个体变化、异形叶性或叶的多形性认识不足,不仅在鉴定中产生了某些混乱现象,同时,对它的生态习性的解释也缺乏依据。

本文根据采自山西省怀仁县太原组顶部的大量保存完美的印痕化石,并结合前人的研究,讨论 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的异形叶性和生态。

鲁杏林、庄军同志协助参加野外工作,李白云同志摄制化石照片,谨此致谢。

## 二、形态描述

### 椭圆楔叶 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger

(图版 I, II; 插图 1)

茎: 图版 I, 图 3 代表当前材料中最宽的茎干(主枝?)印痕的一部分,宽 6 mm,节间长 19—20 mm,具细纵纹,节部略膨大,节上轮生全裂的线状叶,叶脱落后留下圆点状印痕。

分枝: 至少 2 次单轴式分枝(图版 I, 图 1, 2; 图版 II, 图 1, 2),分枝自节上伸出,较叶的着生位置稍高,一般为单生,很不规则,至少隔两个节间(图版 II, 图 1),或 5—6 个节间以上(图版 I, 图 1, 2)。较大的分枝宽 3—5 mm,节间长 6—26 mm; 较小的次级分枝宽 1—2 mm,节间长 2—11 mm。节间具细纵肋 3—5 条,在节处上、下直通。同一级分枝上,节间的长度有向枝的顶端和基部渐次短缩现象。节部明显膨大。

叶的多形性: 在当前材料中,叶的形态变化很大。根据分裂程度和形态特征,可分为 6 种类型(插图 1):

A 型——全裂的线状叶(图版 I, 图 2—4; 图版 II, 图 2(下部)—6; 插图 1: 1—3); 轮生于主枝或一级侧枝的节上,二歧分叉 1—2 次,

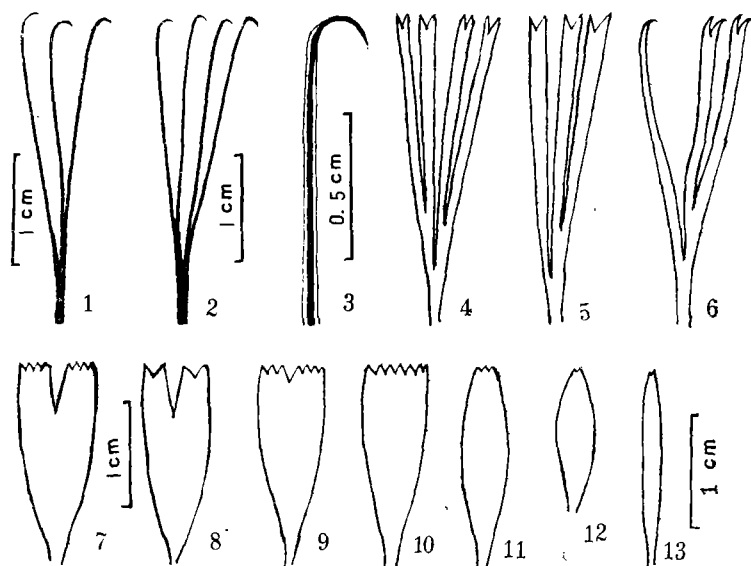


插图 1 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的叶型

1—3. A型——全裂线状叶; 4—6. B型——深裂的楔形叶; 7, 8. C型——半深裂的楔形叶; 9, 10. D型——浅裂的楔形叶; 11, 12. E型——长椭圆形叶; 13. F型——披针形叶。

Showing the leaf types of *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger.

1—3. A-linear; 4—6. B-partite lacinate; 7, 8. C-semipartite cuneiform; 9, 10. D-shallow lobate; 11, 12. E-anguste oblong; 13. F-lanceolate.

裂片纤细, 每个裂片含一条叶脉; 叶脉在顶端处略变宽, 并突出裂片前缘向远轴面弯曲呈钩状。线状叶依其着生位置不同大小不等, 宽 0.2—0.7 mm, 长 5—27 mm。

**B 型——深裂的楔形叶**(图版 I, 图 1; 图版 II, 图 1; 插图 1: 4—6): 着生在高序次分枝的节上。叶呈长倒楔形, 长 15—25 mm, 最宽处在上部; 两侧平直, 向基部逐渐狭缩。叶首先深裂 1—2 次, 形成 3—4 个细长裂片, 每个裂片至顶端附近再浅一次, 有时不再分裂。基出脉一条, 二歧分叉 2—3 次, 每个细长裂片含 2 条叶脉, 个别 1 条, 直达前缘的末次裂片。叶脉向外突出, 并有向远轴面弯曲的趋势。

**C 型——半深裂的楔形叶**(图版 I, 图 1; 图版 II, 图 1, 2; 插图 1: 7, 8): 着生在低序次的分枝上。叶呈倒楔形, 顶端截形, 基部收缩, 两侧略外凸。首先半深裂一次, 形成两个几乎等大的裂片, 每个裂片的前缘呈齿状。基出脉 1—2 条, 二歧分叉 3—4 次, 直达前缘齿内, 每

齿含一条叶脉。

**D 型——浅裂的楔形叶**(图版 I, 图 1; 图版 II, 图 1, 2; 插图 1: 9, 10): 着生在低序次分枝上部的节上。叶的形态和脉序与 C 型相似, 主要区别是裂片分裂很浅, 前呈齿状。

**E 型——长椭圆形叶**(插图 1: 11, 12): 常位于末级分枝顶端。叶的前缘具浅缺刻或钝尖, 两侧外凸, 基部收缩。基出脉一条, 二歧分叉。

**F 型——长披针形叶**(图版 I, 图 2; 插图 1: 13): 叶狭长, 顶端尖, 两侧略外凸, 或几近平行, 基部收缩, 具单脉, 或含 2—3 条叶脉。

上述 C—E 型叶之间有一系列过渡类型。这些不同类型的叶着生在不同级别分枝的不同部位, 且具不同的排列方式: A 型叶等大, 辐射状排列, 每节着生 9—12 枚; B 和 F 型叶大小几等, 6—9 枚组成一轮, 具上叶隙, 呈假三对型排列; C—E 型叶作典型的三对排列, 6 枚组成一轮。表 I 表示各种叶型和排列方式与茎或分枝宽度的关系。

**表 I 叶型及排列方式与茎或分枝宽度的关系**  
**系 (T: 三对型排列; P: 假三对型排列;**  
**R: 辐射轮状排列)**

Relationship between the leaf type and width of the axis to which it is attached (T: trizygia; P: pseudo-trizygia; R: radial whorl arrangement)

叶型 (leaf type)	茎宽 (mm) (width of axis)
A (R)	6; 4.3; 2; 1
B (P)	5; 4.5
C (T)	2; 1.5; 1.2
D (T)	2; 1.5
E (T)	2; 1
F (P)	2

### 三、讨 论

复查已经发表的 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的中国标本的

叶型, 除个别标本外, 绝大多数属于本文划分的 C、D 型叶 (表 II); 国外的情况也大体如此。由于对这种植物的个体变化和异形叶性估计过低, 已经出现了鉴定上的混乱现象。

首先, 我们赞同李星学教授 (1963) 关于 Stockmans 和 Mathieu (1957, 51 页, 图版 8, 图 3, 3a) 的 *S. grandcoblomifolium* 是 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的同物异名的意见。前者的叶为 D 型, 只是面积较大, 但未超出后者的个体变化范围。

河南宜阳下石盒子组的 *S. elagatifolium* Xi (冯少南等, 1977, 638 页, 图 236, 图 1, 2) 的叶为纺锤形, 顶端全缘, 作三对型排列, 和本文的 E 型叶雷同, 可能代表末级分枝顶部的形态。如果这个推断是正确的, 它可能也是 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的同物异名。至于被定名为 *S. yiyangense* Xi (冯少南等, 1977, 639 页, 图版 236, 图 3—6) 和斯行健

**表 II 中国已发表的 *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的叶型**

Leaf type of *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger published in China

作者 Authors	图 版 Plate (s)	图 Figure (s)	叶 型 Leaf type
Halle (1927)	8	11—17	C, D
斯行健 (1934)	1	2, 3	C, D
Stockmans et Mathieu (1939)	4	3	C
Stockmans et Mathieu (1957)	29	7—9	D
斯行健、李星学 (1945a)	3	6, (?) 7	D
斯行健、李星学 (1945b)	1	4—6	D
李星学 (1963)	4 6	6—8 1—4	A, B, C, D
Asama (1970)	1	1	C, D
黄本宏 (1976)	208	1—4	D
黄本宏 (1980)	217	7—9	C, D
刘子进 (1982)	160	1	D
杨关秀 (1983)	5	10	D

(1934, 597 页, 图版 1, 图 6—9) 没有确切定名的 *Sphenophyllum* 的标本一样, 都是代表着生全裂线状叶的老年茎干标本。这些线状叶即使不是 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的异形叶, 也是其它 *Sphenophyllum* 的异形叶。

*S. yiyangense* Xi 不能代表一个独立种。

杨关秀等 (1983, 78 页, 图版 5, 图 1—3) 将内蒙古自治区准格尔旗山西组中几块具二歧分叉的全裂线状叶的标本和产自北美宾夕法尼亚亚系中部的 *S. faciculatum* (Lesq.) White 视

为同种植物。我们认为,这个意见是十分冒险的。它无疑是 *Sphenophyllum* 的异形叶,从产出层位和她的化石名单判断,可能和 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 有关。

我们注意到,我国学者由于某种原因(标本的限制或对异形叶性认识不足),对 *S. oblongifolium* Germ. et Kaulf.) Unger 的研究,多侧重于 C、D 型的形态和排列方式的观察,而忽略了对 A、B、E、F 型叶的研究。如果发现了这些叶型的标本,往往乐意建立新种,或归于较古老类型的已知种里。这是造成某些混乱现象的原因。

当前材料中的一个重要事实就是不仅 B 型叶顶端细裂片有弯向远轴面的趋势,还在 A 型叶上发现了向远轴面弯曲的钩。据 Batenburg (1977, 1981),欧洲的 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的深裂楔形叶(相当于本文的 B 型叶)上具有钩子存在,但没有全裂线状叶的标本。

斯行健 (1934)、李星学 (1963)、杨关秀 (1983)和冯少南等(1977)的标本上,都有线状异形叶,但没有钩子出现。然而,这并不表明它们不呈钩状。根据我们的经验,钩状异形叶在化石状态下仍是轮状展开的,并时常包埋于不同平面的岩石基质里。用针仔细地剔除正面(或副面)标本相应部位的岩石基质,钩子就会自然裸露出来。这些钩子都是由突出的叶脉形成的。因此,我们推测上述标本也可能有钩子存在。

#### 四、生态习性的解释

据 Storch (1966), *Sphenophyllum* 按叶型和脉序特征可分为三组: 第一组 (*Sphenophyllum* Group I), 只有二歧分叉的全裂线状叶的种,如 *S. tenerrimum* Ett., *S. pseudotenerrimum* Sze (上泥盆统至维斯法 D); 第二组 (*Sphenophyllum* Group II), 具正常楔形叶, 全部叶脉直达前缘的种,如 *S. emarginatum* Brongn., *S. verticillatum* (Schloth.) Brongn., *S. oblongifolium*

(Germ. et Kaulf.) Unger 等(下石炭统上部至上二叠统); 第三组——“畸楔叶”组 (“*Sphenophyllum thonii*” Group), 具各种形态的楔形叶, 叶脉外弯, 部分交于前缘, 部分交于侧边的种, 如 *S. thonii* Mahr, *S. neofimbriatum* Halle, *S. miravalis* Vetter 等(斯梯芬统至上二叠统)。Batenburg (1981, 1982) 提出, 异形叶性是第二、第三组楔叶的共同特征。在我国, 除江苏南部五通群上部的 *S. lungtanense* Goth. et Sze 和本文的 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 是属于第二组具异形叶的楔叶外, 我们手头还有许多属于“畸楔叶”组的具异形叶的楔叶标本(另文讨论)。我们深信, 随着材料的积累, Batenburg 的意见将逐步得到证实。

各家对 *Sphenophyllum* 的异型叶性的认识 and 解释意见不一。Zimmermann (1959) 和 Storch (1966) 认为, *Sphenophyllum* 的异型叶性应该用“生物遗传的基本法则”(“Biogenetisches Grundgesetz”)即 Haeckel 的重演理论解释。也就是说, 着生在第二、三组楔叶主轴或较大分枝上的全裂和深裂异形叶应该是幼态成熟现象, 而不具生态学意义。

早期的古植物学者以为具异型叶 *Sphenophyllum* 可能和现生毛茛科的 *Ranunculus aquatilis* 的状况类似, 属水生植物: 沉水部分着生全裂线状叶, 浮出水面的气生部分着生正常的楔形叶。但是, Pant 和 Mehra (1963) 对 *S. speciosum* (Royle) Zeiller, Storch (1966) 和 Boureau (1964) 对 *S. spinulosum* Yabe et Oishi, Batenburg (1981) 对 *S. emarginatum* Brongn. 和 *S. zuickaviense* Storch, Hettnerascheid 和 Batenburg (1984) 对 *S. miravalis* Vetter 等种的茎、楔形叶、深裂异形叶的表皮细胞、腺毛、刺等特征的详细研究, 得出了 *Sphenophyllum* 是陆地中生或旱生植物的结论, 排除了属水生植物的意见。

本文报道的钩状全裂线状叶在化石状态下仍作轮状展开, 表现出相当刚硬的实质表明, 这种异形叶不仅可以用重演理论解释, 同时, 也是

生态型异形叶。它虽然和正常的楔形叶同源,但和后者的同化功能不同,主要行使攀缘功能。

Storch (1979, 1980) 反对钩状异形叶具攀缘功能的解释,认为钩子是叶干枯萎缩后的一种保存状况。但是,在一些其它楔叶中也发现了这种弯向远轴面的钩子;从当前化石的保存状况分析,即使因沉积条件使线状异形向不同方向作不规则伸展,钩子都无例外地弯向远轴面(图版 I, 图 2)。这就很难使人相信,它们是线状叶埋藏时形成的弯曲现象。

Abbott (1958), Radforth 和 Walton (1960) 以及 Remy (1962) 认为,某些 *Sphenophyllum* 的叶脉在齿端增粗,成亚尖状,并认为钩子具“排水器”功能。但是,像 *S. emarginatum* Brongn. 那样的异形叶的钩子是纤维鞘加厚使得脉端变粗、并向顶端渐尖的结果 (Batenburg, 1981)。当前材料中,钩子弯曲的角度很大(图版 II, 图 3),和现生植物中的“排水器”或滴水尖完全不同。此外,线状叶的面积很小,不可能接受很多的大气降水,接受到的雨水也能沿线状叶通过茎或分枝上的纵肋排到地面。因此,*S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的钩子不可能具“排水器”功能。

连同本文报道的 *Sphenophyllum* 所有钩子的形态、大小和现生植物芒刺牛蒡 (*Ardicum lappa* L.) 的苞片十分相似,后者的钩状苞片可借助动物来传播。*Sphenophyllum* 的茎和分枝很容易因机械效应(如暴风雨、动物践踏等)脱落,加之 *Sphenophyllum* 的许多种里已发现了不定根 (Laggewie, 1953; Baxte'r, 1948; Phillips, 1959; Storch 和 Barthel, 1980; Snigirevskaya, 1959; Hetterascheid et al., 1984), 推测 *Sphenophyllum* 可能具营养繁殖功能。然而,石炭、二叠纪没有披毛动物,即使具鳞片的四足动物也十分罕见 (Romer, 1962)。因此,这些事实不足以证明钩状异形叶是借助动物传播进行营养繁殖的假设。

在否定了钩状异形叶具动物传播繁殖和“排水器”功能以及是沉积埋藏时的保存状况的

意见之后,我们认为,它是对于攀缘习性适应作用结果的认识是可信的。类似的攀缘钩在欧洲也有若干报道,如在 *S. lacinatum* Storch, *S. emarginatum* Brongn., *S. cuneifolium* Sternb., *S. saxonicum* Remy et Remy 的楔形叶和 *S. miravalis* Vetter 的线状叶上 (Storch, 1966, 1979, 1980; Batenburg, 1977, 1981; Hetterascheid 和 Batenburg, 1984), *S. zwickaniense* Storch 的生殖穗的苞片上 (Storch, 1979, 1980) 都发现有这种类型的攀缘钩。

许多古植物学家相信 *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的枝条具腹背性、叶轮呈三对型排列的特征是攀缘习性的适应现象,钩状异形叶的发现进一步证实了这个认识。在对其化石埋藏特征的研究中,我们注意到,*S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的大型枝条常呈稠密的集团出现,很少与其它的支撑植物共生;结合沉积学的研究表明,它们在三角洲平原或冲积平原泛滥盆地边缘的沉积裸地上最初建立的草本植物群落中占主导地位。因此,我们认为,*S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger 的个体在生长时可能是互相依托、互相支撑的,并在低地形成相当单一的低矮草本丛群。行使同化功能的正常楔形叶着生在低序次的分枝上,着生在主轴和较大分枝上的钩状异形叶是它的攀缘器官。至于它们在构成上比较复杂群落里(如热带雨林)的生长习性细节仍需进一步研究。

## 参 考 文 献

- 中国科学院南京地质古生物研究所、植物研究所《中国古生代植物》编写小组, 1974: 中国植物化石, 第一册, 中国古生代植物。科学出版社。
- 冯少南、陈公信、席运宏、张采繁, 1977: 植物界。中南地区古生物图册(二)。地质出版社。
- 刘子进、沈光隆, 1982: 古植物。西北地区古生物图册, 陕甘宁分册(二)。地质出版社。
- 李星学, 1963: 华北月门沟群植物化石。中国古生物志, 总号 148 册, 新甲种, 6 号。
- 杨关秀、陈钟惠、张守良, 1983: 内蒙准格尔旗东部太原组、山西组植物群特征。地球科学——武汉地质学院学报, 4 期。
- 黄本宏, 1976: 植物部分。华北地区古生物图册, 内蒙古分

- 册(一)。地质出版社。
- , 1980: 古植物。东北地区古生物图册(一)。地质出版社。
- 斯行健, 1953: 中国古生代植物图鉴。科学出版社。
- , 徐 仁, 1954: 中国标准化石——植物。中国科学院古生物研究所编辑。地质出版社。
- Abbott, M. L., 1958: The American species of *Asterophyllites*, *Annularia* and *Sphenophyllum*. -Bull. Am. Palaeontol. 38(174): 289—290.
- Asama, K., 1970: Evolution and classification of *Sphenophyllales* in Cathaysia land. -Bull. Nat. Sci. Tokyo, 13(2): 291—317.
- Batenburg, L. H., 1977: The *Sphenophyllum* species in the Carboniferous flora of Holz (Westphalian D, Saar Basin, Germany). -Rev. Palaeobot. Palynol., 24: 69—99.
- , 1981: Vegetation anatomy and ecology of *Sphenophyllum zwickaviense*, *S. emarginatum* and other "compression species" of *Sphenophyllum*. -Ibid., 32: 275—313.
- , 1982: "Compression species" and "potrifaction species" of *Sphenophyllum* compared. -Ibid., 36: 335—359.
- Baxter, R. W., 1948: A study of the vegetative anatomy of the genus *Sphenophyllum* from American coal balls. -Ann. Mo. Bot. Garden, 35(3): 209—231.
- Boureau, E., 1964: Traité de Paléobotanique, III: Sphenophyta, Noeggerathiophyta. Masson Paris.
- Halle, T. G., 1927: Palaeozoic plants from Central Shansi. -Palaeontol. Sinica, 2(10): 1—316.
- Hettlerascheid, W. L. A. and Batenburg, L. H., 1984: *Sphenophyllum miravalis* Vetter and *Bowmanites cupulatus* sp. nov. from the "Illinger Flozzone" (Heusweiler "Scheicheten", Lower Stephanian, Saar Basin, German Federal Republic). -Rev. Palaeobot. Palynol., 40: 263—293.
- Leggiewie, W., 1933: Beiträge zur Kenntnis der oberen Magerkohle, Esskohle und unteren Fettkohle des Gebietes von Essen, mit besonderer Berücksichtigung der Flora. -Arb. Ist. Palaeobot. Petrog. Brennstein, Berlin, 3(1): 194—264.
- Pant, D. D. and Mahra, B., 1963: On the epidermal structure of *Sphenophyllum speciosum* (Royle) Zeiller. -Palaeontog., B112(1—3): 51—57.
- Phillips, T. L., 1959: A new sphenophyllalean shoot system from Pennsylvanian. -Ann. Mo. Bot. Garden, 46(1/2): 1—17.
- Radforth, N. W. and Walton, J., 1960: On some fossil plants from the Minto Coalfield, New Brunswick, Senckenberg. -Leth., 41(1—6): 101—119.
- Remy, W., 1962: *Sphenophyllum majus* Bronn sp., *Sphenophyllum saarenses* n. sp. und *Sphenophyllum orbiculatum* n. sp. aus dem Karbon des Saargebietes. -Monatsber. Dtsch. Akad. Wiss., Berlin, 4(3/4): 235—246.
- Romer, A. S., 1962: The Vertebrate body, Saunders, Philadelphia, Penn. 3rd ed.
- Snigerevskaja, N. S., 1959: On the morphology and anatomy of the genus *Sphenophyllum*: *Sphenophyllum plurifoliatum* in the coal layers of the Donets Basin. -Akad. Nauk, SSSR Palaeontol. Zh., 2: 109—122 (in Russian).
- Stockmans, F. and Mathieu, F. F., 1939: La flore Paleozoïque du bassin houiller de Kaiping (China). -Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique, Bruxelles.
- and ———, 1957: La flore Paleozoïque du bassin houiller de Kaiping (Chine), (Deuxième partie). -Publ. Assoc. Paleont. Stratig. Houill., Bruxelles, (32): 1—89.
- Storch, D., 1966: Die Arten der Gattung *Sphenophyllum* Brongniart im Zwickau-Lugau-Oelnizer Steinkohlenrevier: Ein Beitrag zur Revision der Gattung. -Palaeont. Abh., B 2 2: 195—326.
- , 1979: Ergebnisse der Neubearbeitung der *Sphenophyllum*-Arten aus drei mitteleuropäischen intramontanen Karbecken. -Z. Geol. Wiss., Berlin, 7(5): 673—681.
- , 1980: *Sphenophyllum*-Arten aus intramontanen Karbonbecken: Pflanzengeographische Besonderheiten im mitteleuropäischen Karbon. -Schrif. Geol. Wiss., Berlin, 16: 171—273.
- D. und Barthel, M., 1980: Adventivwurzeln bei *Sphenophyllum*-Arten. -Z. Geol. Reichsanst., 15: 327—328.
- Sze, H. G., 1934: Über die Palaeozoische Flora der Provinz Suiyuan. -Bull. Geol. Soc. China, 13(4): 593—618.
- Sze, H. G. and Lee, H. H., 1945a: Palaeozoic plants from Ninghsia. -Bull. Geol. Soc. China, 25: 227—260.
- and ———, 1945b: The Upper Palaeozoic flora from Tungwei, Kansu. -Bull. Geol. Soc. China, 25: 261—272.
- Zimmermann, W., 1959: Die Phylogenie der Pflanzen. Fischer, Stuttgart. 2nd ed.

# HETEROPHYLLY AND HABIT OF *SPHENOPHYLLUM* *OBLONGIFOLIUM* (GERM. ET KAULF.) UNGER IN CHINA

Zhang Hong

(Xi'an Institute of Geology & Exploration, CCMRI, Ministry of Coal Industry)

Sheng Guang-long

(Department of Geology, Lanzhou University)

## Summary

In this paper, the heterophylly or polymorphous foliage of *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger is studied in some detail based on the well-preserved specimens which consist mainly of impressions collected from the uppermost Taiyuan Formation in North Shanxi, China. The new material indicates a large variability of foliage in this species with 6-types of leaf-forms which can be recognized as follows: (A) linear; (B) partite-lacinate; (C) semipartite-cuneiform; (D) shallow-lobate; (E) angulate-oblong and (F) lanceolate. Although the heterophylly of linear foliage no doubt can be partially explained by Haeckel's theory of recapitulation, it has an adaptive nature as well, indicating the climbing habit of the plant. The idea is strongly supported by the normal cuneiform leaves arranged as trizygian at the node, and

the linear and lacinate ones terminated in a solid, acutely pointed hook which curved towards the abaxial surface and was most probably the climbing organ.

*S. grandeoblongifolium* Stockm. et Math. recorded from the Tongshan Formation in the Kaiping Basin, and probably *S. elegatiefolium* Xi obtained from the Lower Shihhotze Formation in West Henan are considered as the heterotypic synonyms of *S. oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger. The specimens collected from the Shansi Formation in West Henan and Inner Mongolia previously determined as *S. yiyangense* Xi and *S. faciculatum* (Lesq.) White respectively appear to be the shoots with linear heterophylly of *Sphenophyllum*. They are not representatives of any peculiar species, and most probably belong to the species as reported here.

## 图 版 说 明

全部标本采自山西省怀仁县太原组顶部;野外号: Hr-10; 登记号: Mp-85452, Mp-85473—85480; 保存在西安煤炭科学院地质勘探分院; 未经任何润饰。

### 图 版 I

1—4. *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger

1, 2. 示单轴式分枝及叶形变化,  $\times 1$ 。3. 最宽的茎干(主枝?)印痕, 节上着生线状异形叶,  $\times 1$ 。4. 带钩的全裂线状叶(A型), 图2主轴第三个节(自下而上)左侧的局部放大,  $\times 3$ 。

### 图 版 II

1—6. *Sphenophyllum oblongifolium* (Germ. et Kaulf.) Unger

1, 2. 示单轴式分枝和叶形变化,  $\times 1$ 。3. 钩状异形叶; 图版1, 图4的局部放大,  $\times 10$ 。4—6. 带钩的线状异形叶,  $\times 3$ 。

