

中华人民共和国地质部
地质科学研究所论文集

乙 种

地层学 古生物学

第 1 号

中国工业出版社

1 9 6 5

中华人民共和国地质部
地质科学研究所论文集

乙 种

地层学 古生物学

第 1 号

江苏工业学院图书馆
藏书章

本論文集包括三篇論文。第一篇為“論三角筆石”，系作者根據保存極佳的立體標本，將三角筆石體的微細構造進行了詳細地研究。解決了一些長期以來懸而未決的問題，因而對前人所建立的三角筆石屬的特徵作了重新描述。其它二篇論文主要論述了泥盆系和石炭系的分界問題。在我國黔南、湘中的泥盆系石炭系發育著一套完整的地層剖面，作者詳細描述了晚泥盆世的菊石和早石炭世腕足類，並對泥盆系與石炭系分界提出了新看法。

本書可供地層古生物人員及區測人員閱讀之用。

中華人民共和國地質部
地質科學研究院論文集
乙 種
地層學 古生物學
第 1 號

•
地質部地質書刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地質部院內）

中國工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第110號

中國工業出版社第四印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

•
開本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印張8·插頁18·字數214,000

1965年7月北京第一版·1965年7月北京第一次印刷

印數0001—2,110·定價（科六）1.70元

•
統一書號：15165·3757（地質-310）

目 录

論三角笔石.....	許 杰、陈培洛 (1)
黔南晚泥盆世后期烏克曼菊石 (<i>Wocklumeria</i>) 层的菊石群及其 地层意义.....	孙云鑄、沈耀庭 (33)
湘中界岭早石炭世孟公坳組腕足类化石兼論石炭系下界	侯鴻飞 (111)

論三角筆石

許 杰 陳培洛

一、引 言

三角筆石 (*Trigonograptus*) 是奧陶紀常見的筆石之一，在世界各處有廣泛的分布。已知的三角筆石，絕大部分為劍形三角筆石 [*T. ensiformis* (Hall)]; 它的結構性狀，是完全代表三角筆石屬的。在有關筆石的文獻中，這一筆石的記述屢見不鮮，但前人的化石標本都是已被壓平的薄膜或印痕，使人們的觀察和了解受到很大限制，因而在生物機體的結構方面還存在不少問題。誠如艾麗斯及伍德所說：“關於這個屬的複體的結構，我們的知識是很不完全的” (Elles and Wood, 1908, p. 301)。首先是對於胞管性質的認識不夠確切。前人曾認為三角筆石的胞管與葉筆石 (*Phyllograptus*) 及網筆石 (*Retiolites*) 的相似，但又曾指出這一現象，即由三角筆石胞管口緣連接而成的複體的腹緣，為平滑的綫索，而在葉筆石及網筆石則並不如此。這個現象一定反映三角筆石的胞管與葉筆石及網筆石的胞管在結構上有所不同，這種不同的結構是什麼，是沒有闡明的。前人在描述劍形三角筆石時，有的曾指出兩列胞管是交錯排列的，有的則未說明是否為交錯排列，但從前人的一些標本圖象可以看出，很多標本的胞管是交錯排列的，但也有呈明顯的對稱排列的。在我們的保存為薄膜的劍形三角筆石標本中，其胞管的排列，也有上述兩種不同的排列方式。如果按照前人的見解，認為複體是由兩列胞管所構成，則同一個種為什麼會有這樣的差異，就成為難以理解的問題。三角筆石究竟是屬於有軸亞目的雙筆石科，還是屬於無軸亞目的葉筆石科，目前各方面的意見，也還不一致。這些問題都涉及胞管及複體的實際結構的性狀，自 1865 年赫爾發表劍形三角筆石的論述以來（當時被當作網筆石 *Retiolites ensiformis*，見 Hall, 1865, pp. 114—115, Pl. XIV, figs. 1—5），至今將近百年，依然是需要研究解決的問題。

1960 年，地質科學研究院趙裕亭同志從浙江衢縣及江山縣的寧國頁岩所採集的筆石標本中，有一部分保存為立體的三角筆石。其中保存較好的標本有 8 個（臨時號碼：1075, 1665—66, 1669—70, 1673 a—c），與寬心筆石 [*Cardiograptus amplus* (Hsu)]，假柵筆石 (*Pseudoclimacograptus* sp.) 及對筆石 (*Didymograptus* sp.) 等共生，其層位相當於燕形對筆石帶 (Zone of *D. hirundo*)。複體的原有物質已為粉末狀的褐鐵礦所代替和填充，可能是標本經過黃鐵礦化後再經過氧化。複體為四個攀合的筆石枝所組成；保存為立體的胞管及筆石枝不難從複體上剝離下來，使我們能夠對這一生物的各部分結構的性狀作比較詳細的觀

察。由于下面将要談到的結構上的原因，复体易于沿一定的縫合綫被剖裂，剖裂后所表現的一些基本性状和数据，与前人已描述的劍形三角笔石并无二致。这一事实把我們导向这一認識，即我們所觀察的标本即为劍形三角笔石；而前人所描述的劍形三角笔石标本，則只是完整复体剖裂后的一半，或是从复体上脫落下来的一个枝。

胞管的性状及其在枝上的組合方式，是規定整个复体結構的基本因素；复体之易于剖裂及其不同組成部分之易于脫落，則为化石标本的各种保存形式所以产生的主要原因。本文将依次陳述我們觀察到的胞管、笔石枝及复体的結構，并結合对化石的各种保存形式的比較研究，对上述存在問題分別加以闡述。

二、胞管的形状及結構

胞管的結構既复杂而又頗为精致，其結構的各部分的形状及其相互結合，是符合一定的几何学規則的。口部开敞，其四周輪廓近于一个扁而寬的凹八边形(Concave Octagon)。管身从寬敞的口部向下迅速变窄，形成尖削的底部，以与窄細的共通管相銜接；因此胞管的輪廓呈三角形，外形似压扁的漏斗或具有多面的楔形体(插图 1a—c，参看图版 I 及 II 中的各图)。充分发育的胞管，长度約为 2.5 毫米，口部正面的寬度約为 2.85 毫米，側面寬度約为 1 毫米。

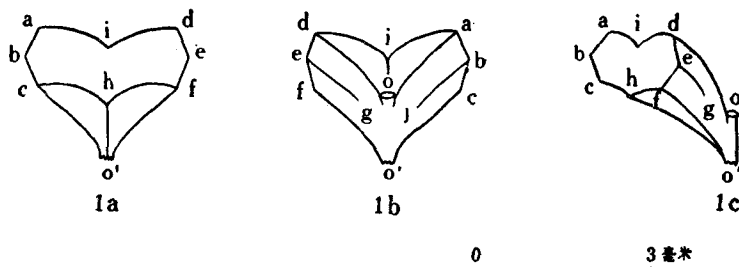


插图 1 胞管形状及結構

1a—胞管腹面；1b—背面；1c—側面斜視

Text-figs. 1 Diagrams showing form and structure of thecae.

1a—ventral view; 1b—dorsal view; 1c—oblique lateral view.

胞管管身是向着一个方向弯曲和傾斜，与呈垂直方向的共通管相交成相当大的傾角(45° — 50°)，以致胞管口部的正面輪廓只在管身所傾向的一側可以看見(見插图 1c)。通常把可以看見口部正面的这一側称为腹面，則这一面的管壁可称为腹壁；与此相对的一側(即靠近共通管的一側)的管壁，可称为背壁；連接腹壁与背壁的两个側旁的管壁，可称为側壁。这样，整个胞管的管壁是由腹壁、背壁、左側壁及右側壁四个部分合成的。四部分管壁的始端相汇合，以与共通管相銜接。管壁末端的边界綫构成胞管口部的边缘。插图 1a 为正面图，显示胞管的腹壁(即图中的 chfo' 面)及口部(即 abchfed i 凹八边形)。1b 为背面图，显示胞管的背壁(即 aodi 面)，左側壁(即 defo'o 面)，右側壁(即

a b c o' o 面)及附着于胞管始部的一段共通管(o' o)。1c 为胞管侧面斜视图,可以看见一个侧壁(d e f o' o), 口部(a b c h f e d i)及腹壁的一半(h f o')。

从插图 1a 可以看出, 腹壁(c h f o') 具有扇形的轮廓。在其中央有一条纵向的脊状突起(如 h o' 綫所示), 可称为腹脊。腹脊的横剖面呈倒置的 V 字形。它将腹壁分为对称的两半。腹壁从突起的腹脊向两旁缓缓地凹陷下去, 以后又缓缓地升起, 故腹壁的两半, 是两个微微下陷的凹弧面。腹壁两侧的边界綫(c o' 及 f o' 綫)即为胞管的腹缘。两条腹缘的始端相交成 90° 夹角。充分发育的胞管, 其腹缘长度可达 2.5 毫米。从插图 1c 可以看出, 腹缘(f o') 是凹折的, 其始部与共通管相交的倾角约为 30°, 由于向外弯折, 倾角很快增加到 45°。到接近口部时增加到 50°。

从插图 1b 可以看出, 背壁(a o d i)也具有扇形轮廓, 其大小形状与腹壁相同。在它的中央有一条纵向的凹沟, 可称为背沟(如 i o 綫所示)。背沟将背壁分成对称的两半。背壁从下陷的背沟向两旁缓缓地隆起, 以后又缓缓地低落, 故背壁的两半, 是两个微微隆起的凸弧面。背壁两侧的边界綫(a o 及 d o 綫)为胞管的背缘。

在每个侧壁的中央, 有一条纵向的稜綫(插图 1b 中的 b j 及 e g 綫), 可称为胞管的侧稜。侧稜将每个侧壁分成两半。侧壁从中央突起的稜綫向两旁缓缓地斜着低落下去, 故每个侧壁的两半, 是两个斜面, 这两个斜面都向侧壁的中央翘起, 它们在侧壁中央的接合綫就成为一条稜綫, 即侧稜。侧稜为较细的稜綫, 在多数标本上, 侧稜并不延伸到侧壁的始端, 而在达到始端之前即已逐渐消失。

总括上述, 胞管的腹壁是由两个凹弧面所组成; 背壁是由两个凸弧面所组成; 两个侧壁各由两个斜面所组成; 故胞管的四壁共是由八个面组成。这八个面的顶端边界綫, 构成胞管口部的近于一个凹八边形的边缘, 即口缘。

在插图 1a 中, 代表口缘的凹八边形(a b c h f e d i), 其上面的两个边(a i 及 i d)及下面的两个边(c h 及 h f)组成胞管的两条正面口缘(a i d 及 c h f), 它们的长度是相等的; 左侧的两个边(a b 及 b c)及右侧的两个边(d e 及 e f)组成胞管的两条侧面口缘(a b c 及 d e f), 它们的长度也是相等的, 但组成正面口缘的各边长度则远比组成侧面口缘的各边长度为大, 故凹八边形是扁长的, 而且如插图 1a 及 1c 所示, 它的中央部分是向着胞管腹壁这一方面弯折的。同时, 由于左侧的两个边及右侧的两个边虽然都是直綫, 而前面的两个边及后面的两个边则都是向口部的中央缓缓地隆起的弧綫, 故凹八边形的八个边不是在一个平面上, 而是在一个向中央稍稍隆起的、宽缓的曲面上(见插图 1a)。如插图 1c 所示, 这个凹八边形是垂直地安放着的, 与共通管(o o') 大致平行。凹八边形的左侧两边 a b 与 b c, 右侧两边 d e 与 e f, 皆相交呈“人”字形, 夹角约为 150°。凹八边形左右两侧相距最远的两点, 即 b 点与 e 点, 它们之间的水平距离约为 2.85 毫米, 这个数据即为胞管口部正面的宽度。左侧 a、c 两点的距离及右侧 d、f 两点的距离, 均约为 1 毫米, 则为胞管侧面口缘的宽度。因胞管常保存为侧面, 习惯上所指的口部宽度, 实际上只是侧面口缘的宽度。

当单个的胞管从枝上剥离下来后, 其背面始端常附有一小段(长约 0.5—0.7 毫米)很窄细的共通管。这显然是整个笔石枝的共通管被截断的一段。

上述胞管的形状和结构, 是从保存比较完整的胞管所观察到的。由于胞管的体壁为比

較柔弱的几丁质薄壳，在化石的埋藏过程中受到不同方向和不同强度的压力作用，胞管常被挤压或扭曲而产生不同程度的变形。例如：組成腹壁及背壁的弧面，組成側壁的斜面，在受压后皆易于被压平而变成平面；突起的腹脊及側稜，凹陷的背沟，在受到垂直方向的压力后，其突起及凹陷的程度就会减小而不显著或完全消失。当腹脊、背沟及側稜在受挤压后变为不显著时，胞管口部原有八边形的稜角即不显著或消失，以致口部輪廓变成圓滑，接近于扁长的橢圓形(插图 2 a)。在背沟及腹脊被压平而消失后，如果組成每个側壁的斜面及側稜仍保持原有的状态，則口部輪廓即成为扁长的六边形(插图 2 b)；如果每个側壁的两个斜面也被压平成为一个平面，則八边形的口部即进一步被簡化为矩形(插图 2 c)。所有上述保存形态，在不同的标本上常可見到，甚至同一复体不同部分的胞管，因受挤压的情况不同而保存形态也不一致。

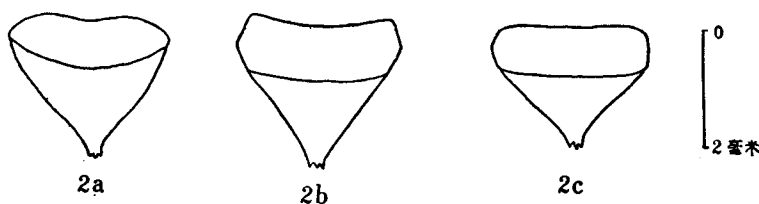


插图 2 显示胞管挤压变形后的形状

Text-figs. 2 Diagrams showing appearances of distorted thecae.

关于胞管管壁的組織，前人曾有不同的报道。赫尔最早指出管壁是有細孔的 (Hall, 1865, pp.114—115)，并把这一現象作为剑形三角笔石与細网笔石 (*Retiolites*) 所共有的特征之一。此后尼可尔逊 (Nicholson, 1869)，路德曼 (Ruedemann, 1904)，艾丽斯及伍德 (Elles and Wood, 1908) 都曾先后指出：管壁是相当厚的，并无网状结构的痕迹。

在我們的保存为立体的标本上，組成胞管管壁的原有物质已全被粉末状的褐鉄矿細粒所代替。管壁所包围的内腔，有的已被褐鉄矿所填充；有的則局部未被填充而仍保持为空洞 (见图版 I，图 1c 的始部)。从后面的这一种保存情况可以看出，管壁是比較厚的，外表相当光滑；当光滑的外层破損后，則露出比較粗糙的内层。内层的粗糙不平，可能是后来的矿化細粒所形成，不能因此肯定内层即为細网结构。

三、胞管在笔石枝上的組合

胞管在笔石枝上的基本組合方式，与一般无軸正笔石相似，即一系列胞管先后迭置，胞管口部都面向一方，构成枝的腹面；胞管的背面显示其始部都串連在一条共通管上，构成枝的背面。但由于胞管的结构特征，相邻胞管彼此接合的方式是很巧妙的：除以共通管相連外，每个胞管的突出的腹脊，都是恰好嵌入前一个胞管的凹陷的背沟中；一縱列胞管都以这种方式相結合。由于相邻胞管的腹壁全部被掩盖，枝的正面只露出一縱列胞管的口部 (3c—d；图版 I，图 5a, 6a)。在枝的背面，由于相邻胞管的背壁全被掩盖，只露出一縱列胞管左右两侧对称的側壁，及貫串于枝的中央的一条共通管(插图 3g—h；图版 I，图 4, 5b, 6b)。分列在共通管两旁的两縱列胞管側壁，組成枝的两个側面。因胞管的每个側壁

是由两个相交的斜面所組成，故由胞管的每一列側壁連接而成的枝的側面，为凹凸相間的折曲面，其形状与手风琴的折迭风箱相似（插图 3h）。枝的兩側的邊緣一般习惯称为枝的腹緣，因系由胞管側面的口緣連接而成，故为呈上下起伏的折曲綫；但在压平的标本上枝的腹緣亦被压平而失去其向上向下的起伏，就成为平滑的綫。如插图 3h 及图版 I 的图 6b 与图版 IV 的图 4 所示。一个枝的背面形状易于引起錯誤的認識，即一系列胞管的两列对称的側壁，排列在共通管的兩旁，易于被誤認為是两列胞管，从而把由单列胞管所組成的一個枝，当作具有双列胞管的双笔石。

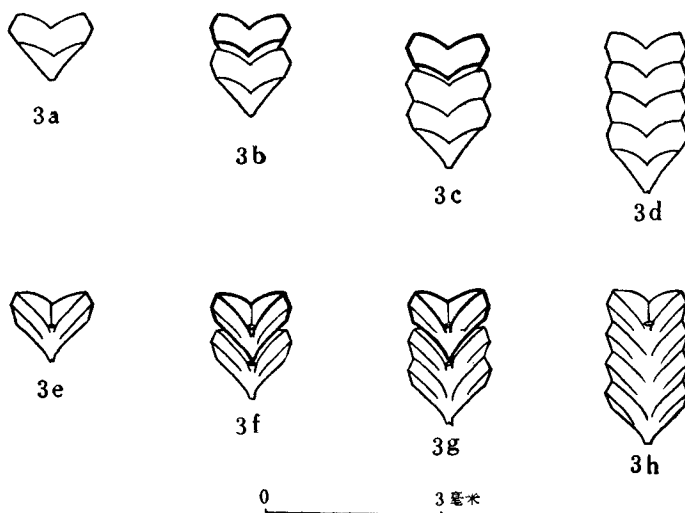


插图 3 显示胞管在笔石枝上的組合

3a—d, 正面; 3e—h, 背面

Text-figs. 3 Diagrams showing combination of thecae in a stipe.

3a—d, ventral view; 3e—h, dorsal view.

由单列胞管組成的枝，其横切面近于扇形。横切面上一条很平緩的弧綫，代表枝的腹面，亦即多边形的胞管口部所形成的弧面。通常是枝的中部胞管最大，向两端胞管逐渐变小；故枝的中部宽度最大，两端变窄。

四、笔石枝組成复体

与叶笔石复体的組合情况相似，三角笔石的复体是由四个向上攀合的枝，以“背靠背”的方式組合起来的；四个枝的共通管被包裹在复体的中心。与叶笔石不同之处，是各枝不仅象叶笔石那样以背緣相接触，而相邻各枝的胞管側壁，也紧密接触，互相掩盖。因此，如果四个枝組成的复体完好无破損，就只能是四縱列胞管的多边形口部露出于复体四周。只有当复体的某些部分因破損而脫落时，或者胞管从复体上被剝离下来之后，胞管及枝的其他部分的結構才能显露出来。

插图 4a—d 显示相邻两枝 A 及 B 的結合情况。图 4a 及 4b 为两枝的正面，只显示胞管口部；4c 及 4d 則为两枝的背面。从插图 4a 可以看出，A、B 两枝的結合，是以 A 枝右侧

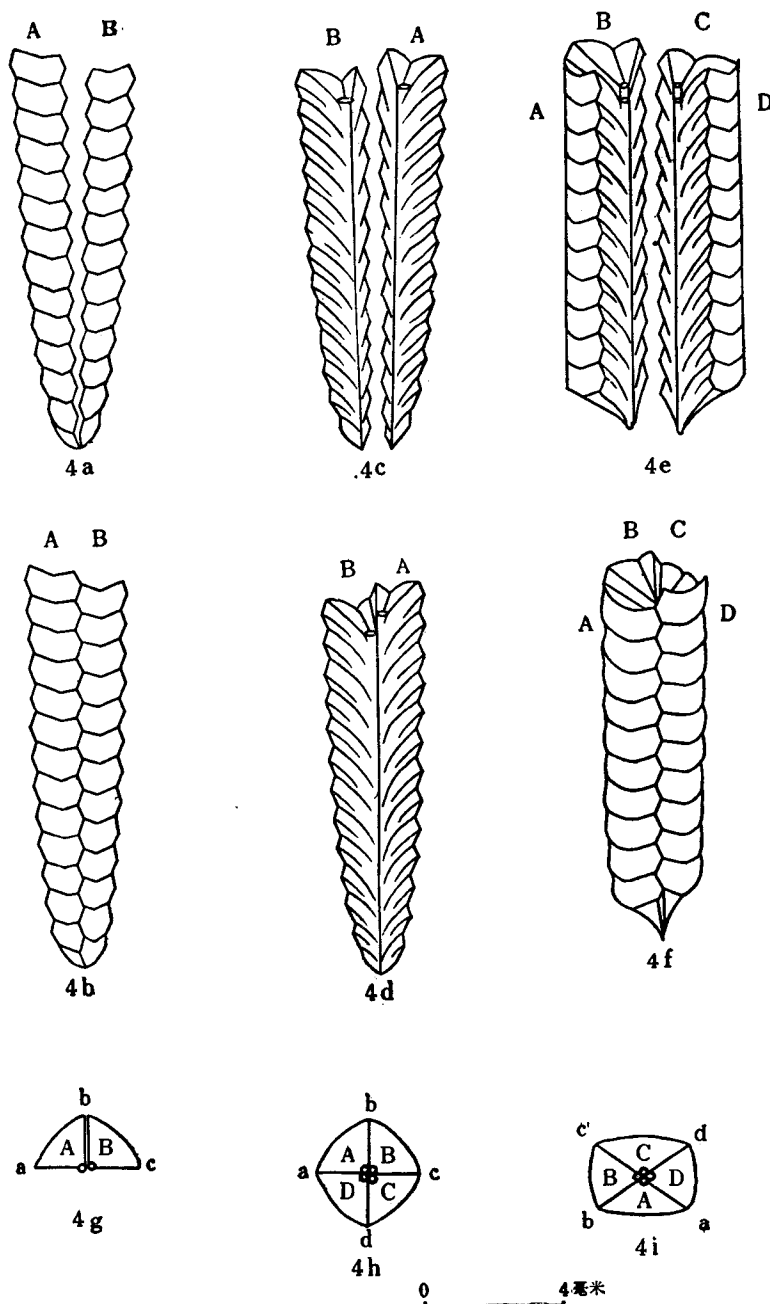


插图 4 显示笔石枝组合成复体

A、B、C、D为组成复体的四个枝；4a—d，相邻两枝的组合（正面视及背面视）；4e—f，四枝的组合；4g，相邻两枝的横切面；4h—i，完整复体的横切面。详细说明见正文

Text-figs. 4 Diagrams showing combination of stipes into polypary. 4a—d, combination of two adjacent stipes (in ventral and dorsal views); 4e—f, combination of four stipes; 4g, transverse section of two adjacent stipes; 4h—i, transverse sections of complete polyparies.

的折曲的邊緣与B枝左側的折曲邊緣相接触；接合的方法是以一个枝的折曲邊緣突出的拐角，嵌入另一个枝折曲邊緣的凹入拐角中。这样，两枝的邊緣“犬牙交錯”地接合在一起之后，如插图4b所示，其縫合綫仍为一条折曲綫，居于两枝的中間。在此縫合綫的两旁，两枝的胞管口部是交錯排列的。插图4c及4d为相邻两枝的背面。从这两图可以看出，两枝的結合，实际上是图中的A枝以右方的側面与B枝左方的側面相接触。如前所述，枝的每个側面是由一系列胞管的側壁所連接而成，因而是具有脊状突起部分（即胞管側壁中間的側稜所在之处）与V形凹陷部分（即每两个胞管側壁相交之处）互相間隔的折迭面。图中A、B两枝的側面互相結合的方式，是各以側面上的脊状突起部分，嵌入对方側面上的V形凹陷部分。紧密接合后，如插图4d所示，两枝的背緣靠攏，在两枝的中間形成一条直綫的縫合綫；两枝各以胞管的一系列側壁交錯地排列在縫合綫的两旁。

两枝結合后，其橫切面应如插图4g所示。图上ab及bc两弧綫，代表两枝胞管口部所形成的弧面，亦即两枝的腹面；ac綫的长度为两枝側面組合在一起的寬度；在ac綫中部上方靠攏在一起的两个小圓形，是两枝共通管的橫切面。

埋藏在岩石中的三角笔石完整的复体，本为四个枝所組成。当人們沿着层理将含有化石的岩石劈开后，完整的复体往往被剖分为两半，每一半含有两个枝，其形状即如插图4d所示。这是三角笔石最常見的一种保存形式。

上述相邻两枝A、B的結合，只組成复体的一半。如插图4e所示，另外两枝C、D以同样方式相結合，組成复体的另一半。这两半相結合的方式是：插图4e中的D枝以左方的側面与A枝右方的側面相接触；C枝以左方的側面与B枝的右方的側面相接触；每两枝的接触，仍是各以側面上的突起部分嵌入对方的凹陷部分。紧密接合后，即构成含有四个枝的复体，如插图4f所示。

象插图4h所表現的那样，完整复体的橫切面近似一个正方形；但它的四边(ab, bc, cd, da)为平緩的凸弧綫，代表四个枝的腹面。在每两个相邻的枝的側面之間，有一个縫合面；共有四个縫合面，它們呈放射状的排列。每两个縫合面連接成为一个平面，故共組成两个垂直交叉的平面，即两个“中間縫合面”，在插图4h中表現为ac及bd两个垂直交叉的对角綫。ac或bd綫的长度即为复体的寬度；每个枝的側面的寬度則为复体寬度的一半。圍繞橫切面中心的四个小圓形，表示四枝的共通管的橫切面。

在埋藏的过程中，复体常因受到挤压而发生不同程度的变形，有时不能保持其橫切面原有的形状。在我們的标本中，有两个复体显示其橫切面近于矩形，如插图4i所示。这显然是复体被压扁后所引起的橫切面形状的变更。

在过去的笔石文献中，三角笔石复体的橫切面都被說成是三角形，这是因为前人把三角笔石的一个枝，或組合在一起的两个枝誤認為就是完整的复体。

在我們的立体标本中，复体常沿着一个中間縫合面（即插图4h及4i中的ac綫或bd綫所代表的縫合面）被剖分为两半，因而显示其縱剖面。复体的易于剖裂，是由于一定的結構特征所致。我們常在复体的縱剖面上看到：两个枝的互相靠攏的共通管，平行排列在复体的中心。共通管的外壁是相当光滑的，两个共通管靠攏后所形成的縫合綫，为一条很細的凹綫或細沟（图版IV，图7）。如果各枝共通管的管壁在互相接触之处已融合为一，則

在复体被剖裂后，各枝的共通管亦被裂开，其表面就会留下裂口的粗糙痕迹，而不会是很光滑。同时，由每两枝的共通管互相靠攏所形成的縫合綫为一条凹綫或細沟，这条細沟也显示在靠攏的共通管之間仍有一綫的空隙。所有这些現象，都显示靠攏后的各枝的共通管，仍保有各自的、单独的管壁，即使是互相接触的那一部分管壁，也并未融合为一。正因为这样，各枝不难从复体上脫落，复体也常常易于沿中間縫合面被剖裂为对称的两半。

由四个向上攀合的枝所組成的复体，形似拉长的紡錘体。它的中部寬度最大，約为 4 毫米，两端变窄；充分发育的复体，长度可达 60 毫米以上。如果复体完整无破損，它的四周只能露出四个枝的四縱列多边形的胞管口部。每两列胞管口部的互相接触，就形成一条折曲縫合綫 (zigzag suture)，故在复体四周共有四条折曲縫合綫。胞管口部則交錯排列在每条縫合綫的两旁（参看图版Ⅱ，图 2a—b）。

五、保存形式的多样性

三角笔石的复体，常保存为各种不同的形态。保存形式的多样性，主要是由于：（一）埋藏时复体摆放的方位不同，分別显露出复体的不同部分；（二）不同的部分破損脫落，因而显露复体內部不同部分的結構；（三）复体的几丁质体壁比較薄弱，在埋藏过程中因受挤压扭曲而发生不同程度的变形。

图版Ⅱ，图 1a—e 为完整复体的再造图，显示由于复体摆放的方位不同而可能表現的外表形状：有的表現两个枝的胞管口部及一条折曲的中間縫合綫（1a, 1d）；有的表現三个枝的胞管口部（中間一枝胞管口部为完整的輪廓，两旁两枝胞管口部只能看到一半）及两条折曲縫合綫（1b, 1c, 1e）；有的表現胞管口部仍保持原有的凹八边形（图 1a—c）；有的則表現口部因挤压而变为近似六边形（1d—e）。当图版Ⅱ，图 7a 所显示的复体将面对观察者的一个枝或一个枝的一部分脫落后，这样保存下来的标本常露出另外两个枝的側面形状（参看图版Ⅱ，图 7c）。总之，复体保存的方式不同，則所表現的形态亦各异。

当复体沿着一个中間縫合面被剖分为对称的两半（参看插图 4d—e），由一块岩石剖裂出来的两块标本各据有复体的一半时，这样剖裂出来的两块标本，它們的互相等同，是容易看出的。但有时一个复体裂成几个不相等和不对称的部分，从这样的破裂而产生的几块标本，就可能表現出截然不同的形态。与此同时，同一个种的不同复体的碎片，由于保存方式的不同，也产生不同的形态。象这样的一些标本，由于保存形态的差异，如果个别地加以观察，缺乏綜合分析，找不出它們之間的联系，就往往不能認識到它們是同一个复体的不同部分，或者是保存为不同形态的同一个种的不同个体。因此，仔細研究复体的各种保存形式，对于正确鉴定化石、闡明复体各部分的結構以进一步明确其在分类上的地位，都是十分重要的。

三角笔石化石的保存形式虽然是多样的，但概括說来，最基本的保存形式只有两种，即（1）假网格式（Pseudo-clathrate form）与（2）假双列式（Pseudo-biserial form）。这两种基本保存形式所表現的形态是截然不同的。由于每一种基本形式在保存方式上仍可有这样或那样的变化，因而衍生出許多不同的保存形式。

(一) 假 网 格 式

这一保存形式，是复体以枝的腹面，即以胞管口部面向观察者时所表现的形状。当标本显示二至三纵列胞管口部时，则相邻各列口部的相互接触，就形成二至三条折曲缝合线。如图版Ⅲ中的图 1a—e 所示，纵向的折曲缝合线与横向的口缘相交，构成二至三纵列多边形的网格，每一列网格，代表组成复体的一个枝。这种网格形状，是由胞管口部紧密排列在一起所形成，并非复体的壁壳具有真正的网格结构 (Clathria)。由于标本所呈现的枝的数目及复体被保存的部分 (始部或末部) 的不同，假网格式又可分为 (a) “枪头三角笔石”式 (“*Lanceolatus*” aspect); (b) 似罟笔石式 (*Retiograptus*-like aspect) 及 (c) 梯格式 (Scalariform aspect)。

1. “枪头三角笔石”式

这一保存形式，是由相邻两枝末部的腹面所形成。图版Ⅲ中的图 3a 显示复体的比较尖窄的末部，压成扁平后，就成为图 3b 的形状。这一保存形式，与三角笔石属的建立人尼可尔逊 (Nicholson, 1869, p.232, Pl.I, fig.6) 及以后的艾丽斯等 (Elles and Wood, 1908, p.303, fig.203; Pl.XXXV, fig.2) 所描述的“枪头三角笔石” (*T. lanceolatus*) 所表现的基本性状相同；问题在于他们把复体尖窄的末部误作为始部 (因复体的始部也是尖窄的)，如果将他们所作的图象倒转过来 (图版Ⅲ，图 4)，恢复其应有的位置，就和图版Ⅲ，图 3b 并无二致。尼可尔逊在“枪头三角笔石”的描述中所说的“胞管隔壁” (Cell-partitions)，实际上是胞管的正面口缘；他们说的“折曲的中轴” (zigzag axis) 即艾丽斯与伍德所说的“隔板沟” (Septal groove)，则是两列胞管口部的侧缘互相接合的缝合线，即一条折曲的凹线。因此我们深信：前人的“枪头三角笔石”不过是我们所研究的具有四枝的复体的一种保存形式。本文在后面将要论证这种由四枝组成的复体，即为赫尔的剑形三角笔石，故所谓“枪头三角笔石”即为剑形三角笔石的一种保存形式，并非另外一个种或变种。尼可尔逊，艾丽斯及伍德都曾指出所谓“枪头三角笔石”是与剑形三角笔石产于同一层位，即英国的司克都板岩上部 (Upper skiddaw slates)，则是两者为二而一的佐证。但根据艾丽斯及伍德的描述，“枪头三角笔石”在每 10 毫米中有 14 个胞管，似乎胞管的排列较剑形三角笔石更紧密，这是她们把“枪头三角笔石”所显示的胞管口部，误作胞管管身之故。因为在剑形三角笔石复体的末部，每 10 毫米中所含胞管数可以达到 11—12 个，若按胞管口部计算，则可以达到 14 个。

前人又曾将“枪头三角笔石”复体向中部迅速加宽，即向末部迅速变窄，作为它的一个特征。事实上这也不能作为一个明显的差异；因为有些剑形三角笔石的复体，也向两端迅速变为尖窄 (参看路德曼，1904，图版 17，图 1, 2, 5, 8, 9)。

2. 似 罟 笔 石 式

这一保存形式，是由复体的始部及中部以两个枝或三个枝的腹面显露于外时所形成 (见图版Ⅲ，图 1a—e 的始部及中部)。这一形式所表现的网状，与盖氏罟笔石 [*Retiograptus*

geinitzianus(Hall)]的大网结构在外表上相似。其不同之处,是在这一保存形式中由胞管口部所形成的网格为扁宽的多边形;而在盖氏罟笔石大网结构中的网格则常为等边的多边形。

图版Ⅲ,图1c显示三角笔石复体三个枝的三列胞管口部:中间一枝正对观察者,因而可以看到胞管口部的全部轮廓,而两旁两枝则只能看到每个胞管口部轮廓的一部分。三角笔石的这一保存形式,与路德曼1908年发表的罟笔石图445(见本文图版Ⅲ,图5)在外形上的相似,更为显著。

3. 梯 格 式

当一个枝从复体脱落后,枝的腹面就显示一纵列胞管口部相连接,形如梯格(参看插图3d及图版Ⅳ,图6)。图版Ⅲ,图8为一个枝的背面,将此枝旋转 180° 后,即呈现枝的梯格式的腹面。

(二) 假 双 列 式

这一保存形式,是由两个枝的侧面,或一个枝的背面所形成。假双列式又可分为(a)交错式(alternate aspect);(b)对称式(symmetrical aspect)及两形式(biform aspect)三种。

1. 假双列交错式

图版Ⅲ,图6a为完整复体的再造图。当其前面的相邻两枝(即图中的A、B两枝)脱落后,则背后的相邻两枝(即图中的C、D两枝)的侧面即显露,其形状如图版Ⅲ,图6b所示。这一保存形式实际上是一个复体的纵剖面,它显示相邻两枝各以一个侧面彼此并列在一个平面上(参看插图4g)。这一保存形式所显示的各种结构特征,在前面讨论相邻两枝的组合一节中均已阐述。图版Ⅲ,图6c显示复体被压成扁平后,其两侧原来作上下起伏的、折曲的腹缘,也因被压平而成为平滑的线条。必须注意:由相邻两枝的侧面所形成的这一保存形式,两列胞管的侧壁是交错排列的。反过来说,凡是两列胞管的侧壁呈交错排列的,这两列胞管侧壁必定属于相邻的两个枝。

前人所描述的剑形三角笔石,大部分保存为这一形式。可以清楚地看出,前人在描述时,是把属于两个枝的两列胞管侧壁,误认为一个枝的双列胞管;把两个枝的背缘互相接触所形成的一条中间缝合线,误认为是一个双列笔石的中轴。

2. 假双列对称式

在图版Ⅲ图7a—e中显示这一保存形式的形成过程。当图7a的中间一枝(即表现胞管完整口部的一枝)的一段或全部从复体脱落后,就露出另外两个枝的侧面如图7b—c所示。当这两枝胞管露出来的口部完全被埋没在石中后,就只能显示两枝的侧面如图7d,压平后就成为图7e的形状。从图7c可以看出,这里露出侧面的两个枝,与图6b中的两枝不同,它们不是相邻的两枝,而是相对的两枝。相对两枝的侧面,不是并列在一个平面上,而是彼此相交形成 90° 的夹角(参看插图5c)。与相邻两枝的胞管侧壁呈交错排列的情况相反,

相对两枝胞管的側壁，是对称地排列在中間縫合綫的两旁。

从复体上脫落下来的一个枝，其背面显示一列胞管的两列側壁，对称地排列在共通管的兩旁，也为假双列对称式，如图版Ⅲ，图8所示（参看图版Ⅳ，图3,4）。这个枝的兩側的腹緣，在压平后也成为平滑的綫条。因此，假双列对称式可以由两种方式产生：一为相对两枝，各以枝的一个側面面向观察者；一为一个枝从复体脫落后，以背面面向观察者。

3. 两 形 式

这一保存形式，也是复体在脫落了一个枝之后所显示的相对两枝的形状。其中一枝以腹面即一列胞管口部面向观察者；另一枝則以側面面向观察者，因而表现为两种形态，如图版Ⅲ，图9a—b所示。艾丽斯及伍德在1908年所談到的一个爱尔兰的劍形三角笔石标本（Elles and Wood, 1908, p.302, fig. 202C），虽然已因挤压而稍有变形，但可以清楚地看出是属于这一保存形式。在許杰 1934 所描述的綫形三角笔石（*T. lineatus* Hsu）中，有的标本也表现了这一形式（許杰，1934，第49頁，插图11f；图版Ⅲ，图9p）。

六、假三角笔石为三角笔石的同义語

1958年穆恩之、李积金两同志第一次研究了复体为四个攀合的枝所組成的三角笔石（穆恩之、李积金，1958，397—398頁，插图4；图版Ⅲ，图13—14；图版Ⅳ，图1—10）。他們的保存为立体的标本，比較密致，尚未风化到能以将部分胞管从复体上剝离下来，以便于更詳細的观察。他們已經指出：“这个笔石（指假三角笔石的属型 *Pseudotrigonograptus uniformis* Mu et Lee）的压扁标本和劍形三角笔石几乎无法区别”，而由于复体具有四个枝，在当时的情况下，只得定为一个新属，即假三角笔石（*Pseudotrigonograptus*）。

由于我們的标本，提供了較為詳細的观察的可能，并把我們导向这一認識，即三角笔石复体原为四枝所組成，而前人已描述的三角笔石标本，都是属于由四枝組成的复体的一定保存形式。故假三角笔石应即为三角笔石。

在我們的实际材料中，由四枝构成的复体保存为假双列式时都呈窄长的劍形。充分发育的标本（見图版Ⅳ，图1a—b，2a），长约60毫米，最大寬度位于中部，約为4毫米，向两端逐漸变窄。复体的始端有时附有一个球形結構。在复体中部，胞管腹緣长约2—2.5毫米，口部的側面約寬0.9—1毫米，腹緣傾角約为45°—50°左右。每10毫米中所含胞管数目，在复体的中部为9个；在始部及末部則为11—12个。上叙基本性状和数据，都和前人所描述的劍形三角笔石相吻合。这一事实，說明我們所研究的立体标本，即为复体比較窄长的劍形三角笔石（据本种的建立人赫尔1865年的描述，复体长度可达二英吋半，即63.5毫米，寬度为百分之十六英吋，即約4毫米）。同时，在我們的材料中，保存为薄膜的、一般的劍形三角笔石标本，与保存为立体并表现为复体具有四个枝的标本，产生于同一层位中。当后者保存为假双列式时，其复体及胞管的性状与数据都与前者一致，显示其不仅应隶属于同一个属，而且还是同一个种，即劍形三角笔石。

为了进一步証实三角笔石复体原为四枝所組成的这一見解，最好能把前人已描述的那

些标本再加以检查。如前所述,在前人已描述的标本的图象中,大部分表现为假双列交错式,但也有表现为假双列对称式及两形式的。从我们保存为立体的标本得知,假双列对称式可以由两种保存方式产生,其中一种保存方式为一个枝(插图 5a 中的 B 枝)从复体脱落后,其两旁的相对两枝(插图 5b 中的 A、C 两枝)各露出一个侧面,就表现为假双列对称式。至于两形式,则只能是一个枝从复体脱落后,其两旁的相对两枝所表现的形状。既然在一个枝脱落之后还有两个枝(即上述相对的两枝),就说明组成复体的枝已经有了三个;实际上还有第四个枝(插图 5b 中的 D 枝)被掩盖在相对两枝的后面,即复体原为四枝所组成。

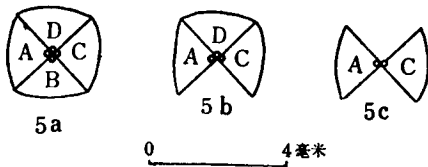


插图 5 显示复体在脱落一枝后的横切面形状

A、B、C、D 为组成复体的四个枝; 5a—完整复体的横切面; 5b—一枝脱落后的横切面; 5c—表示相对两枝位置关系的横切面

Text-figs. 5 Diagrams showing the transverse section of a polypary after one of its stipes broken off. A, B, C, D, four component stipes; 5a—section of a complete polypary; 5b—section of a polypary with one stipe broken off; 5c—relative position of two opposite stipes.

如果说复体原来只是由相对的两个枝所组成,则横切面应如插图 5c 所示,图中 A、C 两枝各以背侧的窄细的共通管相靠攏,各以宽大的腹面及侧面裸露于外。如前所述,组成三角笔石复体的各枝,它们的共通管虽然互相靠攏,但在靠攏之处的管壁并未融合起来。这样,象插图 5c 那样两个比较宽大的枝,仅仅依靠窄细的共通管并不紧密的接触,是很难将其维系在一起成为一个整体的。如果说复体是由相邻的两个枝(如插图 5a 中的 A、D 两枝,或 B、C、A、B 及 D、C 两枝)所组成,这样的两个枝除以枝的背缘靠攏外,并各以枝的一个侧面相结合(参看插图 4c—d),则结合成为一个整体的可能性就要大些;但如前所述,相邻两枝

的侧面为假双列交错式,不可能形成假双列对称式及两形式。只有复体为四枝所组成,既有相邻的枝,又有相对的枝,这些保存形式才都能产生。由于前人的标本图象表现了这些保存形式,因而可以推知,前人所描述的三角笔石,其完整的复体也应是由四枝组成的。

七、結 語

保存为立体的标本,使我们能对三角笔石进行较为详细地观察和了解,因而对这一笔石在结构性状方面所存在的问题有所阐明:(一)三角笔石的胞管,具有独特的性状,属于变相的均分笔石式,既不同于一般均分笔石式的直管状的胞管,更不同于细网笔石的胞管;(二)由胞管侧面的口缘连接而成的枝的腹缘,在常见的压成扁平的标本上表现为连续的平滑的线条,这是由于胞管口部特定的结构性状所致;(三)由于我们的立体标本保存为假双列式时所表现的基本性状和数据,与前人所描述的压成扁平的剑形三角笔石标本完全一致,可以断定我们所观察的由四枝组成的复体,即为剑形三角笔石,而前人所描述的剑形三角笔石标本的绝大部分,则是这种三角笔石最常见的一种保存形式,即假双列式;(四)尼可尔逊的“枪头三角笔石”只是剑形三角笔石的一种保存形式,而不是另外的一个种或变种;

(五) 复体为四个向上攀合的枝所組成，这一事实进一步証实了許杰在1934年所提出的这一見解，即三角笔石应属于叶笔石科，与有軸亚目的双列笔石有根本性的差异。

根据我們从保存为立体的标本所了解到的剑形三角笔石的实际結構，三角笔石属的特征，应重新概括如下：

复体为向上攀合的四枝所組成的紡錘体；此四枝不仅以背緣互相靠攏，其側面亦互相靠攏。复体的横切面近于正方形或圓形；每个枝的横切面則近于三角形。胞管口部寬敞，底部尖窄，形似压扁的漏斗；口部輪廓为扁寬的多边形；每个胞管的腹脊嵌入其前一胞管的背沟中；全部掩盖。

如果复体保存完整，在它的四周只能露出四列胞管的多边形的口部及四条縱向的折曲縫合綫。但复体常沿縫合綫裂开，从而露出两个枝併列的側面或一个枝的背面，并表现为假双列式，这是最常見的保存形式。

三角笔石与叶笔石的复体，同为向上攀合的四个枝所組成，而后者最初出現的时期則較早。我們初步認為：很可能是由叶笔石通过胞管向口部逐步扩展变寬的演化过程而演变为三角笔石。組成复体的四个枝的胞管，都向两侧繼續扩展变寬，最后必然碰在一起并互相挤压；三角笔石胞管的側壁之所以具有稜角（即側稜），并且每枝胞管的側稜都嵌入其相邻一枝每两个胞管側稜之間的凹入部分，則正是相邻各枝的胞管由于向側旁扩展变寬而互相挤压的結果。关于三角笔石与叶笔石具有亲緣关系的这一見解，尙需今后繼續钻研来进一步加以証实。

参考文献（限于文中已引用的）

- (1) Hall, J., 1865, Grapt. Quebec Group, Canad. Org. Rem., Dec. 11.
- (2) Nicholson, 1869, On some new species of Graptolites, Ann. Magz. Nat. Hist., ser. IV, vol. 4.
- (3) Ruedemann, 1904, Grapt. New York, pt. 1, N.Y. State Mus., Mem. 7.
- (4) Ruedemann, 1908, Grapt. New York, pt. 2, N.Y. State Mus., Mem. 11.
- (5) Elles and Wood, 1908, Monogr. Brit. Grapt., pt. VII.
- (6) 穆恩之, 李积金 (Mu, A. T. and Lee, C.K.), 1958, 浙西江山、常山一带宁国頁岩中的攀合笔石, 古生物学报第六卷第四期 (Acta Palaeont. Sinica, vol. 6, no. 4.)
- (7) 許杰 (Hsu, S.C.), 1934, 长江下游之笔石化石, 前中央研究院, 地质研究所, 专刊甲种第四号
(Grapt. Lower Yangtze Valley, Monogr. Ser. A, vol. IV, Inst. Geol., Academia Sinica).