

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 从层序地层学研究试论华北地区 寒武系与奥陶系分界

季强

章雨旭

(中国地质博物馆,北京) (中国地质科学院,北京)

**内容提要** 华北地区寒武系—奥陶系过渡沉积可划分为三个层序:凤山层序、两河口-红花园层序和大湾层序,凤山层序与两河口-红花园层序之间的界面为Ⅱ型层序界面(SB2),而两河口-红花园层序与大湾层序之间的界面为Ⅰ型层序界面(SB1)。华北地区寒武系—奥陶系界线应置于两河口-红花园层序的海侵体系域的下界面,在徐州地区为三山子组(狭义)与韩家组之间,在北京西山为非园组微晶丘与冶里组之间。

**关键词** 寒武系—奥陶系界线 层序地层 华北

华北地区是我国研究寒武系和奥陶系的经典地区之一,历来为国内外学者所瞩目。不过由于该区寒武系—奥陶系之交的过渡沉积往往化石稀少,而且普遍白云岩化,这给该地区寒武系—奥陶系分界问题的深入研究造成了极大困难。1993—1994年间,笔者和乔秀夫等以层序地层学方法研究了北京西山、河北涞源、河南林县、山东新泰、江苏贾汪、安徽淮南等地的寒武系—奥陶系,以副层序(parasequence)为基本单位测制了地层剖面,继而确定副层序组(Parasequence set)、体系域(tract)和层序(sequence)。在实际工作中我们规范地将副层序自下而上划分为A,B,C等单元,分别代表底部滞留砾岩、下部相对深水沉积和上部相对浅水沉积。本文试图在前人工作基础上,以北京西山下苇甸剖面和江苏徐州贾汪寨山剖面为例,从层序地层学角度探讨华北地区寒武系与奥陶系分界问题。

## 1 北京西山寒武系—奥陶系过渡沉积的层序地层分析

北京西山下苇甸一带寒武系—奥陶系界线附近地层为一套相对深水的、以碳酸盐岩为主的沉积,自下而上可识别出三个层序:凤山层序、两河口-红花园层序和大湾层序(图1)。其划分方法包括笔者在内的研究组已有另文阐述<sup>[1,2]</sup>。

值得指出的是,原奥陶纪冶里组底部的浅灰色巨厚层泥晶灰岩,因CaCO<sub>3</sub>含量特别高,俗称“纯灰岩”,层位较稳定,以往人们对此“纯灰岩”的性质和成因了解甚微,意见亦有分歧。据野外观察和室内分析,此“纯灰岩”有如下特征:①具有明显圆丘状形态(图2)。②分布层位稳定,区域分布较广,在北京西山、河北涞源等地均下伏于下奥陶统冶里组灰色薄层泥晶灰岩之下。③显微结构较均一,为泥晶灰岩。少数切片中可见亮晶团块。④Fe,Ti,Al,Mn,Ba,Mg,La,Ce等元素的含量均很低,明显低于下伏凤山组顶部的砂屑砾屑灰岩和上覆冶里组下部薄层泥晶

注:本文为国家攀登项目“中国古大陆及边缘层序地层及海平面变化研究”成果之一。

本文1995年4月收到,1996年8月改回,萧品芳编辑。

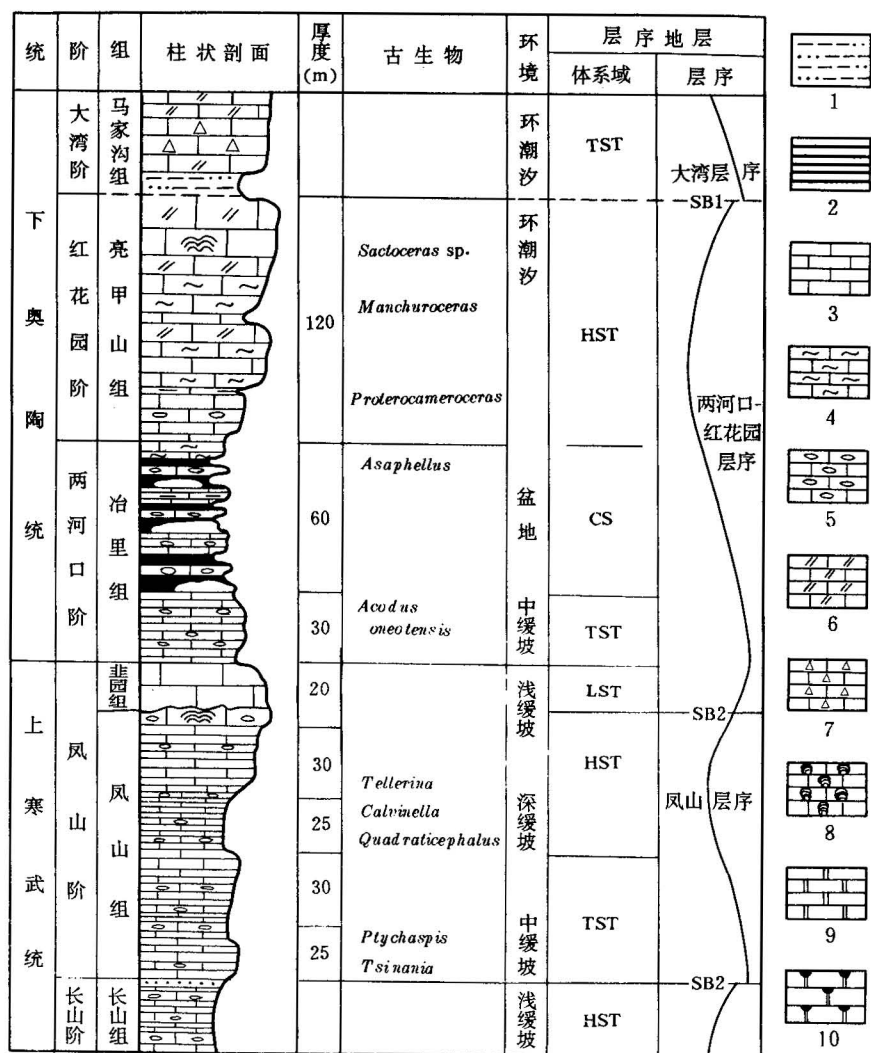


图1 北京西山寒武系—奥陶系过渡沉积的层序地层分析

Fig. 1 An analysis of sequence stratigraphy of the Cambrian—Ordovician transitional deposits in the Xiaweidian section, Xishan, Beijing

1—泥岩和粉砂岩; 2—黑色页岩; 3—泥晶灰岩; 4—虫迹灰岩; 5—竹叶状灰岩; 6—白云质灰岩; 7—角砾灰岩;  
8—叠层石灰岩; 9—白云岩; 10—含燧石团块白云岩

1—Mudstone and siltstone; 2—black shale; 3—micrite; 4—bioturbate limestone; 5—flat pebble conglomerate; 6—dolomitic limestone; 7—brecciated limestone; 8—stromatolitic limestone; 9—dolomite; 10—dolomite with cherts

灰岩中这些元素的含量。而与亮甲山组上部纹层状叠层石灰岩中的含量接近。从地球化学特征看,此“纯灰岩”可能不会是后期纯化的产物,因为Fe, Mn, Ti, Al等是很难被活化带出的。⑤此“纯灰岩”中至少含有8个代表短期暴露的界面,界面附近常发育大量晶洞构造。这些晶洞构造有的呈条带状,有的呈团块状,四周发育有马齿状巨晶方解石。晶洞的内部有些为空洞,有些

为黄灰色白云岩。

通过此次研究,笔者认为所谓的“纯灰岩”实际上是大型微晶丘(micrite mound),它的形成与藻类或其他微生物的活动有关,而且生物的粘结作用是不容忽视的。一般说来,这种微晶丘生成于中等水深的中缓坡上部或浅缓坡下部环境,而且常平行于海岸线呈带状分布<sup>①</sup>。与曲阳等地对比可以发现,微晶丘与三山子白云岩

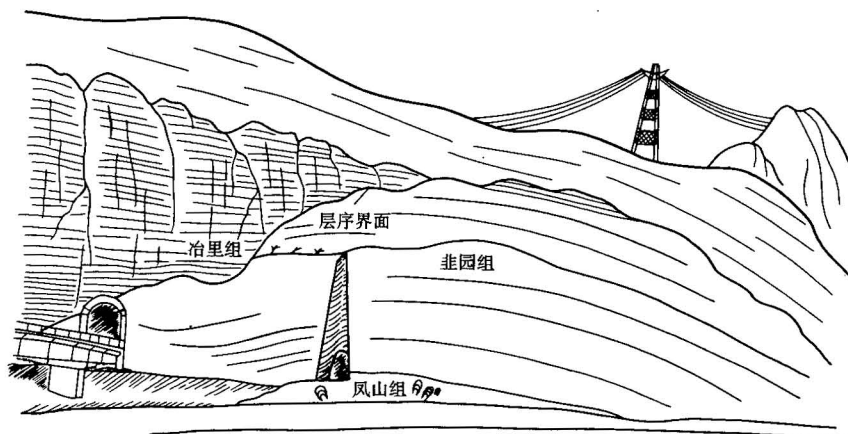


图 2 北京西山非园早奥陶世冶里组超覆于晚寒武世非园组素描图  
Fig. 2 Showing the relationship between the Jiuyuan Formation of Late Cambrian and the Yeli Formation of Early Ordovician at Jiuyuan, Xishan, Beijing

层位相当。而三山子白云岩的最终形成与海退有关。可以认为,在寒武纪末的海退中,海水退出了曲阳以南等地的三山子白云岩分布区,而没有退出北京、涞源、浑源等微晶丘分布区。因此,微晶丘应该单独划出为低水位体系域<sup>[1]</sup>。

鉴于大型微晶丘有一定的区域分布,地层层位稳定,岩性特征显著,野外易于识别,笔者正式命名其为非园组,同时指定北京西山非园剖面为新组的命名剖面(图 1,图 2)。

北京西山寒武系—奥陶系界线问题以往争议不大,习惯上将所谓的“纯灰岩”(非园组大型微晶丘)归于冶里组,并将“纯灰岩”之底界视为寒武系—奥陶系的界线<sup>[3]</sup>。实际上,北京西山以往发现的晚寒武世晚期三叶虫:*Tellerina chinhsiensis*, *Calvinella walcotti* 等均采自凤山组中部,而早奥陶世早期的牙形类:*Paltodus bicostaatus*, *Oneotodus variabilis*, *Drepanodus* sp. 等则采自治里组下部深灰色薄层泥晶灰岩,三叶虫 *Asaphellus* sp. 采自治里组上部。凤山组上部 40m 厚的地层和其上的非园组大型微晶丘中迄今尚未发现可资确定寒武系—奥陶系界线的化石。

在层序地层学中,层序界面一般置于低水位体系域之下。但是,地质历史的发展常常是在海侵体系域开始之时发生质变,特别是由于环境从海退向海侵的转变,生物演化往往会发生重大转折。因此笔者认为系或统等地层界面应优选于海侵体系域的底界,而不是低水位体系域的底界。所以笔者认为北京地区寒武系—奥陶系界线应置于非园组微晶丘与冶里组之间,与两河口-红花园层序的海侵体系域底界面一致,而不是与该层序的底界面一致。

## 2 江苏徐州贾汪寒武系—奥陶系过渡沉积的层序地层分析

江苏徐州贾汪寒武系—奥陶系地层十分发育,著名的三山子组和贾汪组均创名于该区<sup>[4]</sup>。现以贾汪大泉寨山剖面为例,对该区寒武系—奥陶系过渡沉积进行层序地层分析(图 3)。

① 彭 阳,季 强,章雨旭,乔秀夫. 北京西山及邻区奥陶系底部微晶丘特征及层序地层意义(待刊).

风山层序的下界面为Ⅱ型界面(SB2),风山组底部的灰色薄层泥晶灰岩与长山组顶部的褐黄色中厚层貌似砂岩状的鲕粒灰岩呈整合接触;其上界面亦为Ⅱ型界面,三山子组顶部的灰黄色中层细晶白云岩与韩家组底部的紫灰色薄层泥粉晶白云岩呈整合接触。

海侵体系域仅由一个副层序组构成,每一个副层序的下部一般为灰色薄层泥晶灰岩夹灰色薄层竹叶状灰岩或鲕粒灰岩;上部为灰色中层泥晶灰岩、砂屑灰岩和叠层石灰岩。海侵体系域副层序的叠置方式显示出加积特征,岩石类型和组合反映当时处在相对深水的中缓坡环境。

高位体系域由三个副层序组构成,产有三叶虫 *Prosaukia* sp., *Dictyites* sp., *Ptychaspis* sp. 等。下部副层序组基本由灰色中层泥晶灰岩和生物搅动灰岩组成,偶尔夹有竹叶状灰岩和鲕粒灰岩,显示明显的

加积特征。中部副层序组相当于风山组上部,产有三叶虫 *Dictyites* sp., *Quadraticephalus* sp., *Kingstonia* sp. 等。该副层序组副层序的下部单元一般为灰色薄—中层泥晶灰岩,上部单元通常为灰色中厚层生物搅动灰岩、涡卷状叠层石灰岩和黄灰色中层细晶白云岩。岩层的单层厚度自下而上逐渐增大,说明中部副层序组为一进积序列。上部副层序组相当于三山子组(狭意),显示出明显的加积特征。上部副层序组可进一步分为两部分:下部的副层序一般为浅灰色、黄灰

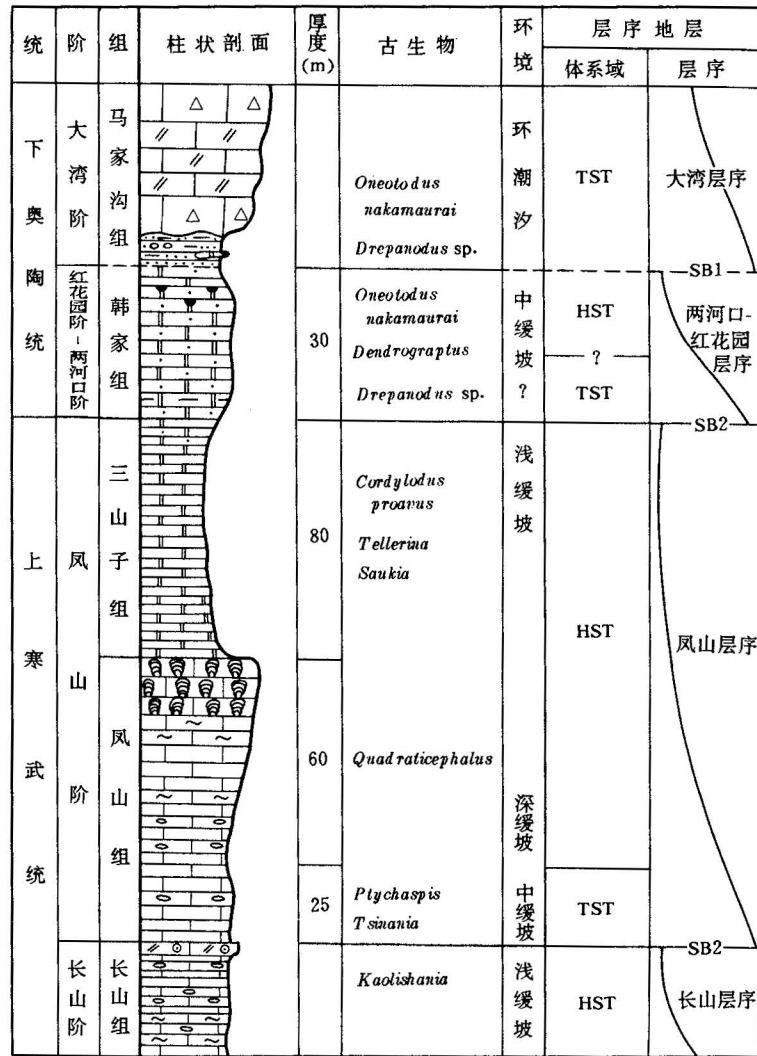


图3 江苏徐州贾汪寨山寒武系—奥陶系过渡沉积的层序地层分析

(图例说明见图1)

Fig. 3 An analysis of sequence stratigraphy of the Cambrian—  
Ordovician transitional deposits in the Zhaishan section,  
Jiawang, Xuzhou, Jiangsu province

(The codes and their explanations are the same as those in Fig. 1)

色薄—中层白云质粉晶灰岩、白云质生物搅动灰岩和细晶白云岩,产有 *Tellerina* sp., *Saukia* sp. 等,牙形类: *Oneotodus gracilis*, *O. nakamaurai*, *O. bulbosus*, *Cordylodus proavus*, *Proconodontus* sp. 等,以及腕足类: *Lingulella* sp., *Eoorthis* sp. 和 *Hansotretra* sp. 等,上部的副层序一般为灰黄色或黄灰色薄—中层细晶白云岩,偶尔见有残余的虫迹、斜层理等构造,化石稀少,仅发现一些牙形类: *Oneotodus nakamaurai*, *Cordylodus proavus* 和腕足类: *Hansotretra* sp. 等。综观凤山层序高位体系域副层序的堆叠方式,基本反映了由深缓坡向浅缓坡发展,海水逐渐变浅的环境变化过程。

两河口-红花园层序均为褐灰色、紫灰色薄—中层具刀砍状纹的细晶白云岩和泥质白云岩,仅零星发现牙形类: *Oneotodus nakamaurai*, *Cordylodus proavus*, *Drepanodus* sp. 和笔石

*Dendrograptus* sp. 以及少量腕足类化石。两河口-红花园层序的下界面为 II 型层序界面 (SB2),三山子组上部的灰黄色中层细晶白云岩与韩家组下部紫灰色薄层白云岩呈整合接触;其上界面为 I 型界面 (SB1),韩家组上部灰黄色中层含燧石结核细晶白云岩与贾汪组黄绿色、灰黄色钙质页岩、粉砂岩和页状白云质灰岩呈平行不整合接触。两河口-红花园层序的沉积始终显示加积的特征,白云岩中化石稀少,未见到任何明显的残余沉积结构构造或沉积相标志,

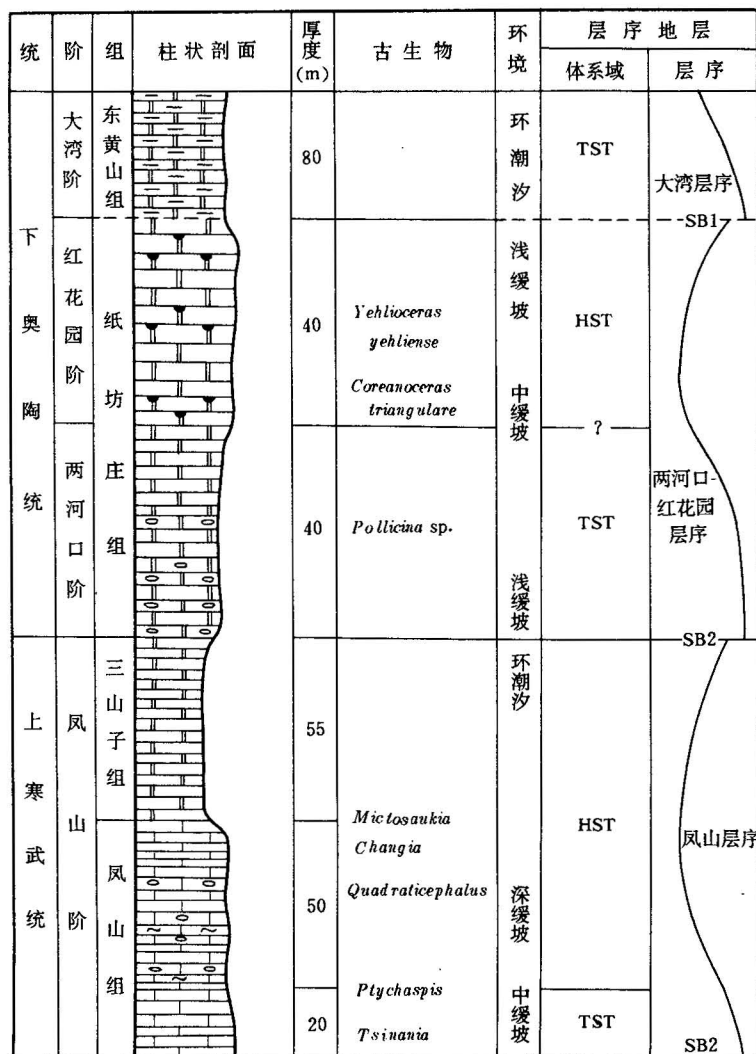


图 4 山东新泰汶南寒武系—奥陶系过渡沉积的层序地层分析  
(图例说明见图 1)

Fig. 4 An analysis of sequence stratigraphy of the Cambrian—Ordovician transitional deposits in the Wennan section, Xintai, Shandong province

(The codes and their explanations are the same as those in Fig. 1)

因而体系域的划分和沉积环境的确定有很大困难。笔者仅根据邻区(山东新泰汶南和安徽宿县夹沟)相当地层的沉积特征及其岩性与下伏地层三山子组颇为相似,推测当时处于相对深水的中缓坡环境。

根据层序地层分析,结合古生物证据,本文将徐州贾汪一带两河口-红花园层序的下界面作为寒武系—奥陶系界线,即置于三山子组与韩家组之间。

### 3 三山子组的涵义和时代

三山子组系由谢家荣先生(1932)创建的“三山子石灰岩”演变而来,命名剖面位于徐州贾汪大泉村东南的三山子山。“三山子石灰岩”的原始涵义为:“本层介于中上奥陶纪之纯石灰岩及寒武纪鲕状及竹叶状石灰岩之间,全层厚 300—500m,系一种灰或灰白色之结晶质石灰岩,颇似一种砂岩层,因硅化甚深,故硬度甚高,呈整齐之薄层,富于裂隙,浸蚀面现暗灰色,现不规则之浅纹。其时代或属寒武纪、或属下奥陶纪,尚未能定,但似以属下奥陶纪为近似。”此后,三山子组这一地层名称被广泛用于华北地区,然而人们对其涵义、时代、成因诸方面的认识颇不相同。有人将贾汪页岩之下的白云岩统称“三山子组”,时代为晚寒武世至早奥陶世。有人将贾汪页岩之下产有早奥陶世化石的白云岩称为“三山子组”,而将余下白云岩划归凤山组。还有人将贾汪页岩之下的白云岩统称为“三山子组”,时代为晚寒武世。为了对“三山子组”的涵义和时代有一客观的认识,兹将徐州贾汪寨山寒武系—奥陶系过渡沉积简介如下:

#### 19 上覆地层:贾汪组:

灰黄色、黄绿色薄层粉砂岩、钙质页岩和页状白云质灰岩,产少量牙形类:*Oneotodus gracilis*, *O. nakamaurai* 和 *Drepanodus* sp. 等 6.0m

— — — — 平行不整合 — — — —

#### 韩家组:

18 黄灰色薄—中层细晶白云岩和含燧石结核白云岩,产牙形类:*Oneotodus nakamaurai* 4.5m

17 黄灰色中厚层具刀砍纹构造的细晶白云岩 7.5m

16 灰色、紫灰色中层细晶白云岩,产笔石 *Dendrograptus* sp. 和牙形类:*Drepanodus* sp. 9.0m

15 黄灰色、紫灰色中厚层具刀砍纹构造的细晶白云岩 3.5m

14 灰色、紫灰色中—中厚层细晶白云岩和泥质白云岩,产牙形类:*Oneotodus nakamaurai*, *Cordylodus* sp. 以及少量腕足类:化石 5.5m

————— 整合 —————

#### 三山子组:

13 灰色、灰黄色薄层细晶灰岩,偶见残余斜层理构造,产牙形类:*Oneotodus nakamaurai*, *Cordylodus proavus* 等 6.5m

12 灰黄色薄—中层细晶白云岩,产少量微体腕足类:*Hansotretra* sp. 4.0m

11 灰黄色薄层细晶白云岩,夹黄灰色薄层残余竹叶状泥质白云岩,产牙形类:*Cordylodus proavus* 和腕足类:*Hansotretra* sp. *Obolus* sp. 等 4.0m

10 灰色薄层细晶白云岩,表面具刀砍纹构造 5.5m

9 灰—浅灰色薄—中层细晶白云岩,夹灰黄色薄层泥质白云岩,产牙形类:*Cordylodus proavus*, *Oneotodus gracilis*, *O. bulbosus*, *O. nakamaurai*, *Proconodontus carinatus* 和 *Pr. mulleri* 11m

8 灰色薄层含残余虫迹构造泥晶白云岩,产三叶虫 *Tellerina* sp. 和 *Saukia* sp., 牙形类:*Oneotodus gracilis*, *O. nakamaurai*, *O. bulbosus* 和 *Cordylodus proavus*, 及腕足类:*Linguella*



	sp. , <i>Obolus</i> sp. 和 <i>Hansotreta</i> sp.	12. 5m
7	灰色薄—中层泥晶白云岩,夹灰黄色薄层泥质白云岩,产腕足类: <i>Obolus</i> sp.	3. 5m
6	灰色中层泥晶白云岩,夹灰色薄层残余竹叶状白云岩	8. 0m
5	灰色薄层具残余构造泥晶白云岩,产牙形类: <i>Proconodontus</i> sp. 和 <i>Cordylodus</i> sp.	6. 5m
4	灰色薄—中层泥晶白云岩,产腕足类: <i>Linguella</i> sp.	4. 0m
3	灰色中层—中厚层具残余虫迹构造泥晶白云岩,夹灰色薄层白云质生物搅动灰岩,产牙形类: <i>Oneotodus gracilis</i> , <i>O. nakamaurai</i> 和 <i>Cordylodus</i> sp.	8. 5m
2	灰色中厚层白云质生物搅动灰岩、夹灰色中层泥晶白云岩	7. 5m
———整合———		
1	下伏地层:凤山组:灰色厚层涡卷状叠层石灰岩、灰色中层泥晶灰岩和生物搅动灰岩。	

据贾汪寨山剖面的研究,笔者对三山子组的涵义、时代和成因等获得几点粗浅的看法:

①谢家荣(1932)创建三山子石灰岩时实际是指介于凤山组与贾汪组之间的白云岩。②根据层序地层分析,这些白云岩分属两个层序,是两套没有成因联系的白云岩。下部厚约 80m 的薄—中层泥晶白云岩是凤山层序高位体系域晚期的沉积,而上部厚约 30m 的中厚层细晶白云岩代表了两河口-红花园层序的沉积。这两套白云岩在山东(图 4)、安徽和河南均有着广泛的分布。③从生物地层角度来看,下部厚约 80m 的属于凤山层序的白云岩产有三叶虫 *Tellerina* sp. 和 *Saukia* sp.,说明其时代为凤山阶晚期,而上部厚约 30m 的细晶白云岩产有笔石 *Dendrograptus* sp. 和牙形类:*Oneotodus nakamaurai*, *Cordylodus* sp. 和 *Drepanodus* sp. 等,表明其时代应为早奥陶世两河口-红花园期。④可以看出谢家荣所建三山子石灰岩的原始涵意相当于群一级的岩石地层单位。鉴于苏鲁皖豫等省寒武系—奥陶系之交的白云岩分属两个层序,上下地层岩性亦有差异,故笔者倾向于将下部厚约 80m 的属于凤山层序的泥晶白云岩称为三山子组,而将上部厚约 30m 的属于两河口-红花园层序的细晶白云岩引用邻区韩家组一名称之。寒武系—奥陶系界线置于三山子组(狭意)与韩家组之间<sup>[5-8]</sup>。⑤根据笔者观察,贾汪寨山及其他地区三山子组白云岩中见有残余的斜层理、虫迹、小竹叶等构造,表明白云岩不是原生的,而是后期白云岩化的产物。

#### 4 两河口-红花园层序底、顶界面的性质

华北地区早奥陶世两河口-红花园层序海侵体系域的底界与该区寒武系—奥陶系界线基本一致,在北京西山两河口-红花园层序的下部存在一低水位体系域。在河南林县姚村两河口-红花园层序的底界为一明显的假整合面,早奥陶世待命名的白云岩组与晚寒武世三山子组之间存在明显的沉积间断。在山东新泰汶南、江苏徐州贾汪、安徽淮南洞山等地两河口-红花园层序的底界为一整合面,早奥陶世纸坊庄组(或韩家组)与晚寒武世三山子组虽为整合接触,但均存在自进积(海退)到退积(海侵)的转变。

两河口-红花园层序的顶界,即怀远运动面,在华北地区是一明显的大区域性侵蚀面。值得提及的是河南林县姚村早奥陶世漳河组的沉积特征。它与下伏待命名的白云岩组和上覆贾汪页岩均为平行不整合关系,其岩性主要为浅肉红色、黄褐色、灰黄色含砾石英砂岩和中粒砂岩。砾石成熟度较高,主要是下伏地层中的燧石和白云岩。漳河组的砂岩中见有平行层理、斜层理、板状交错层理和槽状交错层理,下伏地层有明显被冲刷、切蚀等痕迹,显示出明显的河流相沉积特征。从层序地层学角度来看,漳河组是怀远运动引起的大规模海退后形成的切谷充填沉

积,表明两河口-红花园层序的顶界应属 I 型层序边界。

笔者衷心感谢乔秀夫研究员等共同参加野外工作,并对本文的修改和完成提出了许多建设性意见。

### 参 考 文 献

- 1 Wang Chengshu, Zhang Yuxu, Gao Linzhi, Ji Qiang et al. . Sequence stratigraphy of Cambrian—Ordovician carbonates in the Western Hills, Beijing. *in* Deng Naigong eds: 30th IGC Field Trip Guide (T202), 1996, Beijing: Geological Publishing House.
- 2 章雨旭,彭 阳,高林志.北京西山寒武系—奥陶系主要副层序类型及形成机制探讨.地质论评,1997,43(2):148—154.
- 3 北京市地质矿产局.北京市区域地质志.地质专报,一、区域地质,第 27 号,北京:地质出版社,1991.97—139 页
- 4 谢家荣.山东铜山县贾汪煤田地质.地质汇报,第 18 号.1932.
- 5 山东省地质矿产局.山东省区域地质志.地质专报,一、区域地质,第 26 号,北京:地质出版社,1991.78—122 页
- 6 江苏省地质矿产局.江苏省区域地质志.地质专报,一、区域地质,第 1 号,北京:地质出版社,1984.86—146 页
- 7 安徽省地质矿产局.安徽省区域地质志.地质专报,一、区域地质,第 5 号,北京:地质出版社,1987.55—93 页
- 8 河南省地质矿产局.河南省区域地质志.地质专报,一、区域地质,第 17 号,北京:地质出版社,1989.125—169 页

## A DISCUSSION ON THE CAMBRIAN—ORDOVICIAN BOUNDARY IN NORTH CHINA PLATE IN THE LIGHT OF SEQUENCE STRATIGRAPHY

Ji Qiang

Zhang Yuxu

(*The Geological Museum of China, Beijing*)

(*Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*)

### Abstract

Based on the sequence stratigraphic analysis of the transitional deposits of Cambrian-Ordovician boundary in North China Plate, are recognized three depositional sequences; the Fengshan depositional sequence (DS F), the Lianghekou-Honghuayuan depositional sequence (DS LH) and the Dawan depositional sequence (DS D). The boundary between DS F and DS LH is considered as the II-type sequence boundary (SB2), and the boundary between DS LH and DS D the I-type sequence boundary (SB1). The Cambrian-Ordovician boundary should be placed at the bottom of the TST of the DS LH, i. e. between the micrite mound of Jiuyuan Fm. and Yeli Fm. in Western Hills, Beijing and between the dolostone of Sanshanzi Fm. and Hanjia Fm. in Xuzhou area.

**Key words:** Cambrian-Ordovician boundary, sequence stratigraphy, North China plate

### 作 者 简 介

季 强,男,1951 年生.1988 年于中国地质科学院获理学博士学位.1990—1992 年获德国洪堡奖学金资助在德国作博士后研究.现任中国地质博物馆馆长,并从事地层古生物等方面研究工作.通讯地址:北京西四中国地质博物馆,邮政编码:100032。