

文章编号: 1009-3850(2010)03-0039-07

# 山西芮城水峪地区罗圈组海侵沉积物

周恩恩, 许效松, 牟传龙

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081)

摘要: 华北陆块南缘、西南缘广泛分布的罗圈组及其相应地层多被认为是新元古代末期冰川沉积。山西南部芮城水峪剖面位于华北南缘罗圈组出露范围的最北端, 罗圈组受下伏蓟县系龙家园组白云岩风化面形态控制, 横向岩性变化剧烈, 分别由准原地堆积的风化角砾岩、紫红色含砾泥岩及一套特殊的“含砾砂质鲕粒白云岩”组成, 均为温暖气候下海侵或海侵改造产物, 与冰川作用无关。“含砾砂质鲕粒白云岩”在华北南缘罗圈组中尚属首次发现, 具有明显的指相意义。该地区罗圈组海侵沉积物的存在, 可能表明华北南缘罗圈组在各地区存在沉积环境乃至地层时代的巨大差异, 不能简单以某一冰期的“冰碛岩”笼统看待。

关键词: 新元古代冰川; 罗圈组; 芮城; 水峪; 鲕粒白云岩; 海岸牵引流

中图分类号: P588.24<sup>+5</sup>

文献标识码: A

在华北陆块南缘的豫西、陕中、晋南等地, 早寒武世沧浪铺期含磷碎屑岩系(辛集组)之下、中新元古界乃至更老地层之上, 发育一套以砾岩、含砾砂泥岩为主的地层, 统称为罗圈组。因在陕西洛南、河南灵宝、汝州、鲁山等地发现冰川沉积构造<sup>[1-2]</sup>, 罗圈组已被大多数研究者认为属新元古代末期冰碛岩。然而通过对比华北南缘若干典型剖面, 可以看出各地的罗圈组不仅在下伏地层上差别巨大(表 1), 其本身的岩性也不尽相同。曾有少数研究者根据罗圈组沉积岩相组合、沉积构造及垂向序列演化等依据, 提出其属于拗陷带正常重力流或滨浅海牵引流沉积<sup>[3]</sup>, 甚至可作为华北南缘早古生代海侵序列的“底砾岩”看待<sup>[4]</sup>。

因此, 对不同地区罗圈组沉积物性质与沉积环境的界定, 对于研究华北南缘新元古代末-早古生代初构造盆地属性以及中国主要克拉通陆块之间古气候-古地理对比具有重要意义。笔者通过对山西南部芮城水峪剖面的研究, 从岩相组合、沉积特征等方面证实了该地区罗圈组海侵沉积物的存在, 为不同地区罗圈组沉积环境的对比提供了重要依据。

表 1 华北南缘主要剖面罗圈组与上下地层关系  
Table 1 Stratigraphic division and correlation of the Luoquan Formation and overlying and underlying strata on the southern margin of the North China landmass

中国主要地层划分	华北南缘主要剖面					
	陕西洛南	鲁山辛集	山西芮城	临汝寺上	临汝罗圈	确山吴楼
寒武系	沧浪铺阶 梅树村-筲竹寺阶	辛集组	辛集组	辛集组	辛集组	辛集组
震旦系			罗圈组?			罗圈组?
南华系		罗圈组?		罗圈组?	罗圈组?	
下伏地层	青白口系大庄组	长城系云梦山组	蓟县系龙家园组	长城系洛峪口组	长城系北大尖组	青白口系董家组

## 1 剖面概况

罗圈组的分布大致沿华北陆块南缘呈北西南东向展布, 主要出露于陕西洛南、河南灵宝、卢氏、宜阳、鲁山和山西永济、芮城等地(图 1)。芮城水峪剖面位于山西省最南部, 与河南省以中条山脉一山相隔, 基本处于罗圈组出露范围的最北端。

收稿日期: 2010-06-29 改回日期: 2010-08-08

作者简介: 周恩恩(1981-), 博士研究生, 从事沉积学与岩相古地理研究

资助项目: 中国地质调查局《中国岩相古地理编图》项目, 编号: 121201091606Q 中国石化《中国南华纪-新近纪岩相古地理编图与综合研究》项目, YHP08108

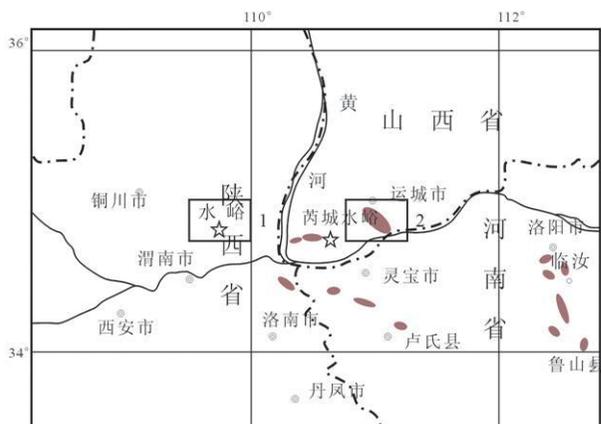


图 1 华北南缘罗圈组主要出露范围与水峪剖面位置

Fig 1 Distribution of the Luoquan Formation and location of the Shuyu section in the Luoquan Formation on the southern margin of the North China landmass

水峪剖面上沿中条山山腰出露,地层产状平缓。罗圈组与上下地层露头良好,序列清晰。罗圈组下伏的龙家园组白云岩与豫西卢氏、灵宝等地岩性及所含叠层石组合完全一致,归属蓟县纪无疑<sup>[5]</sup>;而罗圈组之上的早古生界海相地层是整个华北陆块上发育相对最为完整的,自下寒武统沧浪铺阶辛集组至中奥陶统马家沟组连续产出,其中辛集组为华北地区寒武系时代最老的地层单元。

## 2 地层形态与岩相变化

罗圈组及上覆辛集组均受下伏蓟县系龙家园组白云岩风化面形态控制,以短距离内出现剧烈岩相变化为显著特征:

罗圈组与下伏蓟县系龙家园组之间为平行不整合(微角度不整合)(图 2 a)。龙家园组可见厚度大于 300m,以含燧石条带泥粉晶白云岩、叠层石白云岩为主,其中均含有大量砂质成分,约占 20%以上。龙家园组自中元古代后遭受长期剥蚀,形成了规模巨大、高低起伏的风化面,可见高差在 35m 以上,导致其上沉积的罗圈组整体呈透镜状产出,岩相、厚度变化剧烈(图 3);风化面低凹处罗圈组以白云质角砾岩、含砾泥岩为主,厚度大于 20m;而高凸处仅厚 3~40m(图 2 b),为一套特殊的“含砾砂质鲕粒白云岩”,在华北南缘罗圈组中属首次发现。寒武系辛集组与罗圈组亦为平行不整合接触,其地层产状与岩相变化也明显受到底界面形态控制(图 3):在相对低凹处,辛集组以一套透镜状的滨岸相“底砾岩”覆于罗圈组含砾泥岩之上,形成典型的底冲刷面(图 2 c);而在相对高凸处,辛集组的含砾白云质石英砂岩直接超覆于罗圈组之上,缺失“底砾岩”

(图 2 d)。

## 3 罗圈组岩相组合与沉积特征

### 3.1 “含砾砂质鲕粒白云岩”

#### 1. 结构组分

(1) 鲕粒。作为岩石中最主要的组分,鲕粒总体占到 50%以上,形成颗粒支撑结构。鲕粒多为椭圆状、长条状,少数则形状不规则呈次棱角状,均明显受其核心形态控制。鲕核均为陆源碎屑颗粒,其中石英和岩屑颗粒基本各半,另有极少量玉髓等,石英颗粒大多呈棱角状(图 4 a)。粒径以 0.3~2mm 为主,少数条状鲕甚至可长 6~8mm,大小悬殊。考虑到其结构相同、成因一致,为避免混乱,本文不以“豆粒”等名称将其区分而统一称为“鲕粒”。鲕粒超过半数均为“薄皮鲕”,包壳厚度大都小于核心颗粒半径;常见复鲕,多由 3~5 个单鲕拥有共同而完整的包壳组成(图 4 b)。同心环状圈层明显,正交偏光下显十字消光,且呈现极细的明暗交叠特征。结合上述特征,不排除可能是由藻类包裹、捕捉作用形成的藻鲕。

(2) 砾石。与鲕粒共同堆积有大量砾块,约占 20%。砾石大小以 2~10cm 为主,分选一般。砾石成分较为单一,绝大多数为下伏龙家园组藻白云岩岩块,砾石内部常见藻纹层叠层构造,偶见石英质(硅质)砾石。藻白云岩砾石以次圆状为主,靠近下部的砾石磨圆程度明显更好,多为椭圆状(图 5 a)。值得注意的是,硬度更大的硅质砾石磨圆程度也较好,甚至可见滚圆状,结合其成分、形态判断,很可能来自下伏龙家园组白云岩中的燧石结核。

(3) 内碎屑。含量不超过 10%,主要位于层的中上部。内碎屑主要来自于前期原地沉积的鲕粒白云岩,是在半固结状态下被打碎后又原地堆积的一种结构组分,与来自下伏龙家园组地层的藻白云岩砾块有本质区别,不能等同视之。内碎屑颗粒均具有不清晰的边界,且内部结构与本层的鲕粒白云岩相同(图 5 b),因此与藻白云岩砾块完全可以区分。

(4) 填隙物。除粒屑、砾石等组分外,填隙物约占 10%~15%,主要为粉砂中砂级石英颗粒与少量泥质杂基。镜下统计,石英颗粒多在 0.03~0.2mm 之间,磨圆较差(图 4 c)。

通常在稳定的流水作用下形成的粒屑碳酸盐岩具有比较简单的结构组成,即粒屑与填隙物。粒屑在水动力作用下通常具有比较单一而规则的堆积方式,而填隙物虽视水动力条件的强弱而异,但基本都是碳酸盐泥晶基质或亮晶胶结物。本层“含砾砂质



图 2 芮城水峪剖面罗圈组与上下地层界面特征

a 罗圈组与龙家园组不整合面; b 罗圈组“含砾鲕粒白云岩”受下伏风化面形态控制呈透镜状层; c 罗圈组泥岩与辛集组底砾岩间的冲刷面; d 辛集组含砾砂岩直接覆于罗圈组之上, 缺失“底砾岩”

Fig 2 Contacts between the Luoquan Formation and its overlying and underlying strata within the Shuiyu section

a Parallel unconformity between the Luoquan Formation and Longjiayuan Formation b Special kind of oolitic dolostones from the Luoquan Formation c Scour surface between the mudstones from the Luoquan Formation and basal conglomerates from the Xinji Formation d Gravel-bearing sandstones overlain upon the oolitic dolostones from the Luoquan Formation

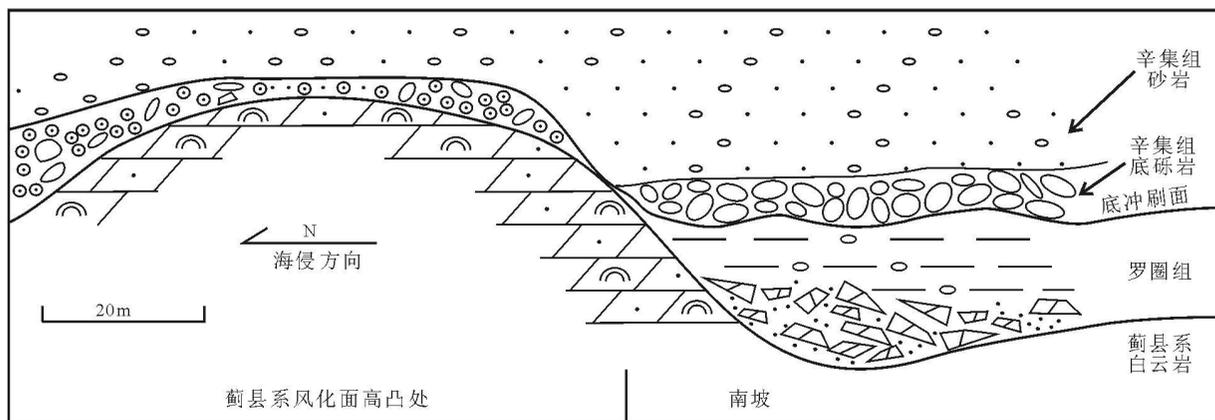


图 3 芮城水峪剖面罗圈组地层产状特征

Fig 3 Stratal occurrence in the Luoquan Formation

“鲕粒白云岩”与正常粒屑碳酸盐岩相比具有特殊性, 表现为:

①成分复杂。野外观察时曾将样品粉碎后滴稀

盐酸, 起泡反应微弱, 不符合通常情况下碳酸盐岩特征。镜下观察方探明其原因: 不仅鲕粒的核心均为石英、岩屑等非碳酸盐矿物, 而且填隙物也以陆源碎

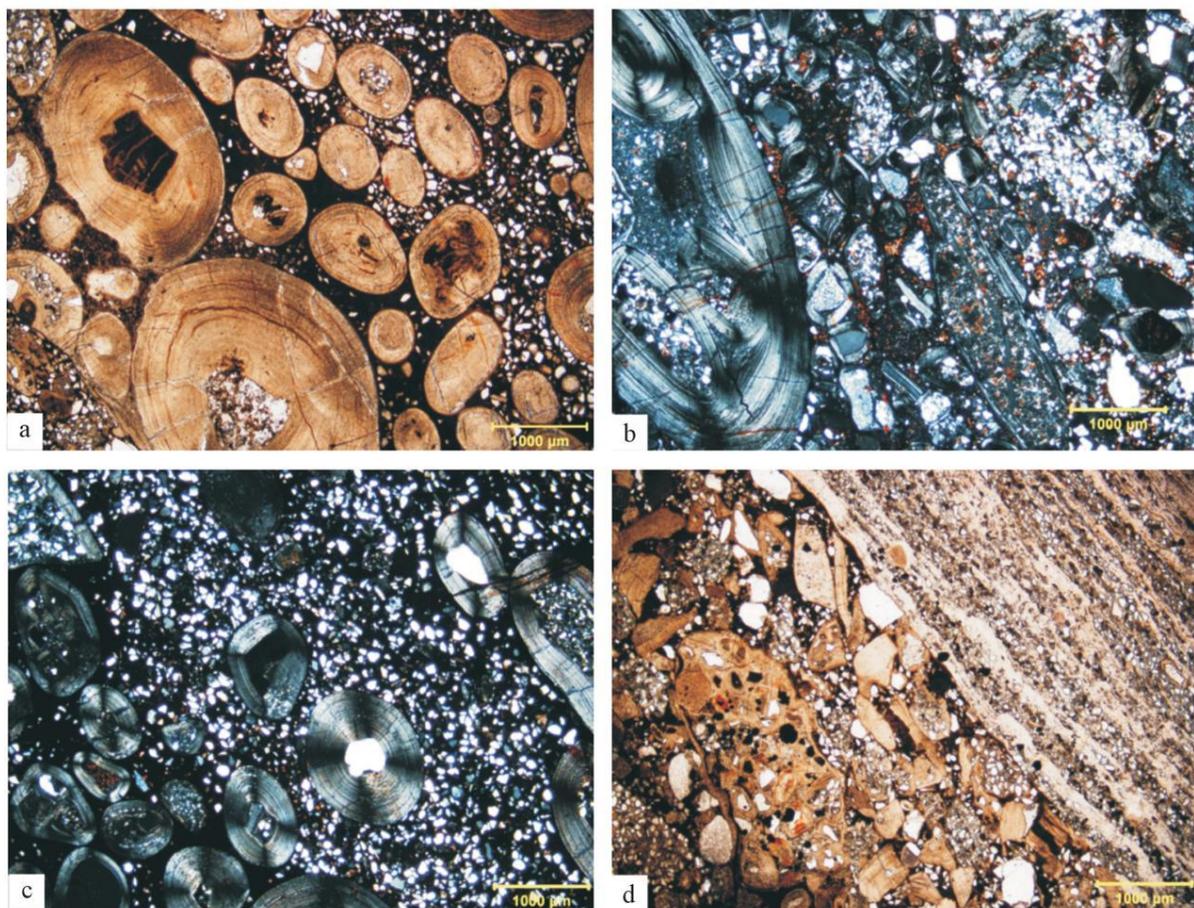


图 4 罗圈组“含砾砂质鲕粒白云岩”显微组构特征

a 鲕粒核心均为石英、岩屑等陆源碎屑颗粒； b 常见复鲕，由 3~5 个单鲕组成； c 石英砂质充填物； d 右侧为一块叠层石白云岩砾石，破碎变形的鲕粒、砂粒与之混杂堆积

Fig 4 Microscopic fabrics of the "oolitic dolostones" from the Luoquan Formation

a Oolitic cores composed of quartz and lithoclasts; b Composite ooids composed of several single ooids; c Quartz sand fillings; d Chaotic accumulation of stromatolitic dolostones, deformed ooids and sands

屑尤其是粉砂中砂级石英颗粒为主。从其磨圆度、成分特征上看，这些碎屑物质均未经长距离搬运，应当来自下伏龙家园组砂质白云岩的风化产物。此外还含有大量来自下伏地层的砾石和同生期形成的内碎屑，导致岩石总体成分更加复杂。总之，罗圈组“含砾砂质鲕粒白云岩”是一种陆源碎屑成分比重颇大的“非典型”粒屑碳酸盐岩。

②结构特殊。岩石中可见多种组分混杂，因此辨别各组分结构属性十分重要。仔细观察发现，在砾石、内碎屑含量较小的区域鲕粒更为富集，其堆积也较为规则，70%以上的条状或椭圆状鲕粒具有顺层的长轴（图 5 g），形成厚 5—10 cm 的薄层，侧向延伸可达 1-2.5 m，由此可见的确存在形成正常鲕粒结构的环境；但当砾石、内碎屑富集时，鲕粒的排列明显被打乱，或围绕砾石堆积，或形成极不连续的顺层条带（图 5 d）。此时，条状鲕粒也会表现为多向的

叠置，少数鲕粒甚至接近竖直排列，反映出至少两个方向的水流作用和较为快速的堆积。不仅如此，镜下常可见到许多鲕粒破碎、变形，与砾石、石英砂粒、内碎屑混杂堆积（图 4 d）。

由此可见，罗圈组的本层“含砾砂质鲕粒白云岩”与单一稳定环境下形成的正常粒屑碳酸盐岩有很大不同，是多源物质混杂堆积并受同生期水流改造的产物。其中藻白云岩砾石大都来自原地下伏地层风化物，藻鲕形成于间歇性的动荡水体，内碎屑来自同生期水流对前期沉积物的改造，石英粉砂及少量泥质则多为原地风化残留物。

## 2 沉积特征

在龙家园组白云岩与罗圈组“含砾砂质鲕粒白云岩”之间，普遍可见 0.5~2 cm 厚残留的褐红色铁硅质风化壳，以薄膜状紧密覆盖在龙家园组起伏不平的风化面上（图 5 e）。本层“含砾砂质鲕粒白云岩”

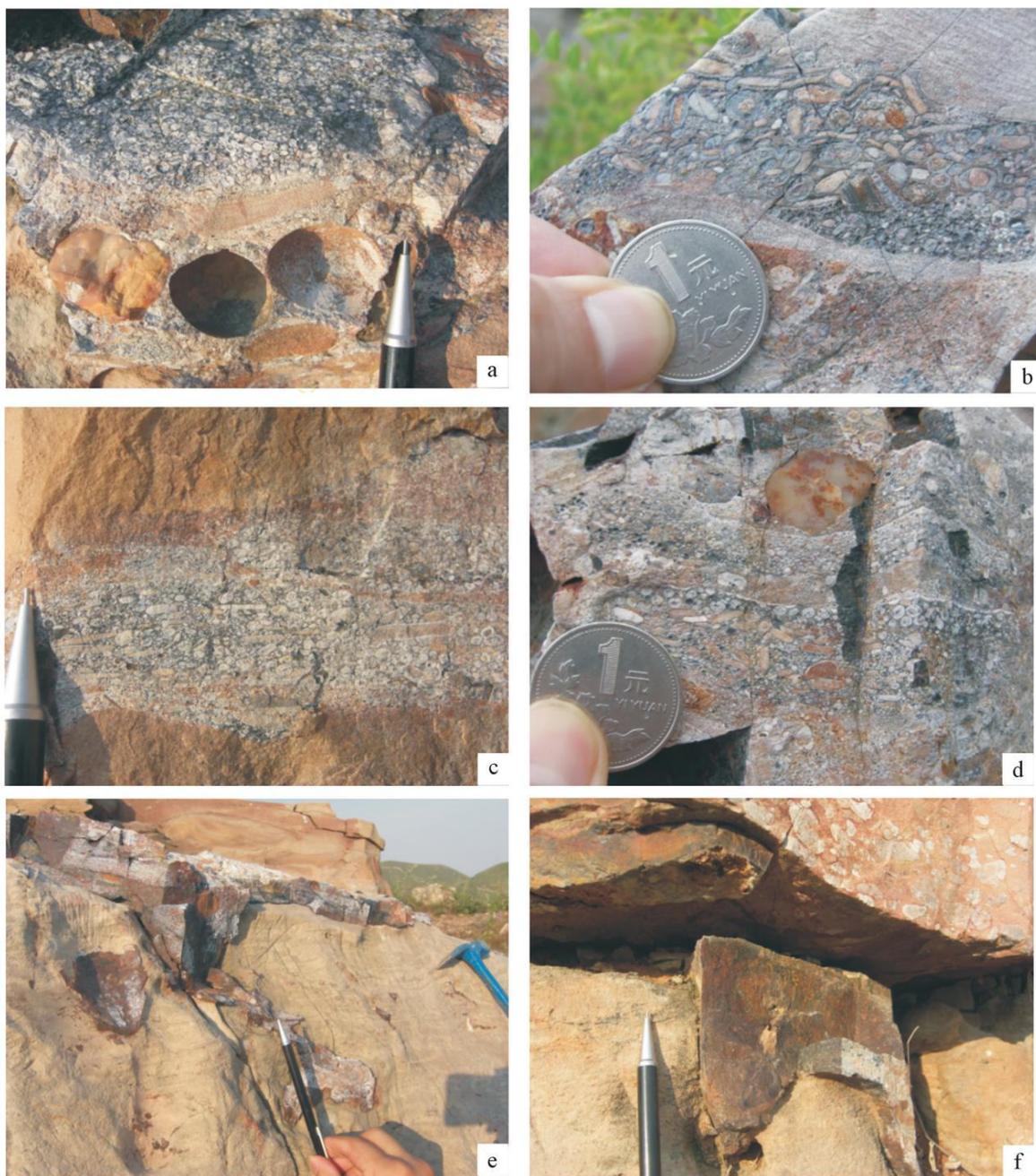


图 5 罗圈组“特殊鲕粒白云岩”沉积特征

a 罗圈组鲕粒白云岩中含大量白云质、硅质砾石,磨圆良好; b 鲕粒白云岩内碎屑; c 长条状鲕粒顺层规则排列; d 鲕粒与砾石、内碎屑混杂堆积; e 龙家园组之上的铁硅质薄层风化壳; f 罗圈组“含砾鲕粒白云岩”垂直贯入风化面裂隙

Fig 5 Sedimentary features of the “oolitic dolostones” from the Luoquan Formation

a Well rounded oolitic dolostones containing abundant dolomite and siliceous gravels; b Oolitic dolostones with intraclastics; c Elongated ooids in regular arrangements; d Chaotic accumulation of ooids, gravels and intraclastics; e Thin bedded ferrosiliceous residues above the Longjiayuan Formation; f Oolitic dolostones vertically penetrating into the fissures within the weathering surface

与风化壳在颜色、成分上呈过渡变化,两者显然为连续沉积,同时风化壳中也含有磨圆良好的白云岩砾石及其脱落后形成的椭圆空洞。此外,局部还可见两者一同以不规则的棱状体贯入白云岩风化面裂隙中(图 5 f)。因此,结合前述的本层“含砾砂质鲕粒

白云岩”成分、结构特征,可以判定其同时具有风化暴露和浅水氧化环境的沉积背景。

不仅如此,蓟县系龙家园组白云岩顶面除表现出典型的风化暴露面特征外,经过仔细观察,未发现任何刻蚀沟槽、羊背石、砾石擦痕等与冰川作用相关

的沉积构造,是否受到所谓“罗圈冰期”的影响颇有疑问。同时,本层沉积物对下伏面具有十分明显的“填平补齐”作用(图 2 b),使得超覆其上的辛集组滨海相含砾石英砂岩得以拥有相对平坦的“沉积基面”,从而在本区剖面上成层稳定出现。

### 3.2 白云质角砾岩

在龙家园组白云岩风化面低凹处,罗圈组以一套灰黄色 褐红色白云质角砾岩直接覆于其上,可见厚度约 0.5~1.5 m。角砾岩层与下伏龙家园组地层产状基本一致,地层界面平直,未见冲刷面或刻蚀面特征。属典型的单成分砾岩,砾石均来自下伏龙家园组白云岩,其中常可见到叠层石构造与燧石条带。砾石大小在 0.5~30 cm 不等,不具分选性,且均为棱角状 次棱角状,磨圆极差(图 6 a)。砾石杂乱排列,大小砾石均混杂堆积,无明显粒序特征。填隙物以砂泥为主,呈现紫红色 褐红色,应与铁质氧化物含量较高有关。

从该层角砾岩砾石成分、分选磨圆特征判断,极



图 6 水峪剖面罗圈组白云质角砾岩 (a) 与紫红色泥岩 (b)

Fig 6 Dolomitic breccias (a) and purple-red mudstone (b) in the Luoquan Formation

## 4 水峪罗圈组沉积环境

与华北南缘许多地区相同,芮城水峪地区在蓟县系龙家园组沉积后经历了漫长的沉积间断和风化剥蚀期,形成了高低不平的龙家园组顶部风化面和凹凸起伏的古地形。这样的背景决定了罗圈组沉积可容空间的复杂形态,也决定了罗圈组乃至其上辛集组沉积的快速相变。

龙家园组白云岩长期风化形成的白云质、硅质砾石与陆源碎屑为罗圈组的沉积提供了丰富物源,也造成了其结构组分与堆积方式的复杂性。当海侵到达本区后,这些风化产物首先在低凹处快速堆积。

可能就是前人所称的“中条山地区冰碛砾岩”。但通过本次研究,未发现其中具有任何冰川沉积的明显证据。从砾石来源、岩层产出位置、横向岩相对比及填隙物成分等方面来看,应属于就地或短距离搬运快速堆积的风化角砾岩。这种类型的角砾岩在母岩不坚固的地区(如碳酸盐岩区)较为常见,常常随母岩风化破碎快速堆积于地势低凹处,例如石灰岩碎屑组成的近岸陡崖、坡脚或是生物礁翼侧等。

### 3.3 含砾泥岩

在白云质角砾岩之上、辛集组底砾岩之下,罗圈组以一套单调的紫红色含砾泥岩为主,可见厚度约 15~20 m。由于风化剥蚀严重,仅见到其与辛集组底砾岩的不整合界面,未见与下伏角砾岩层的直接接触关系。但根据横向追索,该层泥岩产出十分稳定。泥岩中砾石含量小于 5%,多为砂岩、白云岩砾石,磨圆良好,以次圆状为主(图 6 b)。砾石大小在 2~8 cm 之间,条状或椭圆状砾石排列较规则,长轴大多顺层。泥岩中可见不清晰的水平层理与波状层理。

由于沉积速率较高,加之可能处于低能海岸体系,水体能量较低,这些沉积物并未受到太多的改造,遂形成大量角砾。而与此同时,龙家园组白云岩风化面的高凸部位则可能形成类似于“水下隆起”或“台缘浅滩”的地形,所受到的波浪、潮汐作用显然更为强烈。需要指出,长期风化作用可能已使母岩中的不稳定组分如泥质消失殆尽,残留的石英、玉髓、岩屑等较稳定组分并不妨碍本区成为有利于碳酸盐生成的“清水”环境。因此当气候等外界条件适宜时,“水下隆起处”受海水的反复洗荡(可能还有藻类捕捉作用的参与),即形成大量以石英、岩屑、玉髓等陆源碎屑颗粒为核心的鲕粒以及磨圆良好的砾石,

这些无疑都是海侵牵引流作用的明显标志。薄膜状铁硅质风化壳与“鲕粒层”的密切关系也可能指示了温暖的气候和浅水氧化环境,而这样的沉积环境显然与冰川无关。

随着丰富的碎屑物质堆积完毕,海侵作用的沉积产物转而以细粒的泥岩为主,并出现少量相对远源砾石的加入。此时本区可能仍然处于低能海岸的潮间潮下带环境,水深并无明显变化,致使泥岩中出现水平层理、波状层理。

最终,随着海水的再次退却,本区结束了罗圈组的海侵沉积史,再次接受暴露剥蚀,直至早寒武世辛集期大规模海侵的到来。

## 5 结论与讨论

(1)山西芮城水峪地区的罗圈组受下伏蓆县系龙家园组白云岩高低起伏的风化面形态控制,岩性、厚度变化明显。罗圈组主要由紫红色含砾泥岩、准原地堆积的风化角砾岩及一套特殊的“含砾砂质鲕粒白云岩”组成,均为温暖气候下海侵或海侵改造产物,与冰川作用无关。其中“含砾砂质鲕粒白云岩”在华北南缘的罗圈组中尚属首次发现,具有明显的指相意义。

(2)本区罗圈组的沉积物性质与沉积环境显然与前人在河南、陕西等地发现的“罗圈组冰碛岩”截然不同。通过本区罗圈组正常气候下海侵牵引流沉积物性质的确定,对于华北南缘不同地区罗圈组的对比提出了疑问:是否同时存在“冰期”和“非冰期”沉积的罗圈组?两者在沉积环境乃至地层时代上是否存在巨大差异?由此可见,对于不同地区的罗圈组,应视其具体特征认真甄别其沉积物性质与沉积环境,才能为恢复华北南缘新元古代末-早古生代初构造-古地理格局提供更为准确的依据。

成都地调中心闫剑飞、康建威、郑尚均等参与野外考察与采样,在此表示感谢。

## 参考文献:

- [1] 牟用吉. 罗圈组的冰碛成因和时代[J]. 河南国土资源, 1983(02): 35-46.
- [2] 吴瑞棠, 关保德. 论罗圈组的冰成特征及重力流改造[J]. 地质学报, 1988, 62(1): 78-89.
- [3] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 117-118, 342-343.
- [4] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [5] 武铁山主编, 山西省地质矿产局. 山西省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.

## Transgressive deposits from the Luoquan Formation in Shuiyu, Ruicheng, Shanxi

ZHOU Ken-ken, Xu Xiaosong, MOU Chuanlong

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The Luoquan Formation and its equivalents on the southern and southwestern margins of the North China landmass have long been interpreted as the latest Neoproterozoic glaciogenic deposits. In the Shuiyu region, Ruicheng, Shanxi, the Luoquan Formation shows a horizontal dramatic change due to the controls of the erosional surface of the underlying strata and only consists of a succession of extraordinary “gravel-bearing sandy oolitic dolostones” containing parautochthonous gravels and intraclasts. Viewed from lithology, sedimentary textures and structures, and sedimentary facies, the authors in the present paper argue that the “oolitic dolostones” in the Luoquan Formation should be originated from the coastal tractional currents under the conditions of warm climates rather than from the glaciation. The first report of the “oolitic dolostones” has important implications for the recognition of the sedimentary environments of the Luoquan Formation.

**Key words:** Neoproterozoic glaciation, Luoquan Formation, Ruicheng, Shuiyu, oolitic dolostone, coastal tractional current