

# 燕山西段元古界下马岭组层序地层特征及地层格架

林东升, 张立伟, 汪 凯

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京

收稿日期: 2023年5月17日; 录用日期: 2023年8月18日; 发布日期: 2023年8月30日

## 摘 要

以野外露头观察和室内详细研究为基础, 结合沉积模式和层序地层学基本原理, 系统分析了燕山西段下马岭组的沉积特征, 进行了单剖面层序地层划分。燕山西段下马岭组以陆源碎屑滨浅海沉积为主, 部分地区发育少量碳酸盐岩夹层。涿鹿盘到底剖面是研究区下马岭组发育最全的剖面, 可以识别出2个三级层序(S.1和S.2), 都由海侵体系域、早期高水位体系域和晚期高水位体系域组成。延庆千沟剖面下马岭组三分性不明显, 仅可以划分出海侵体系域和高水位体系域两部分。由于构造抬升破坏, 下马岭组在赤城大岭堡剖面仅保留海侵体系域。通过空间上的大范围追索和对比, 建立了燕山西段下马岭组的层序地层格架, 为燕山地区前寒武纪的进一步研究提供了基础资料。

## 关键词

燕山西段, 下马岭组, 沉积相, 层序地层学, 地层格架

# Sequence Stratigraphic Characteristics and Stratigraphic Framework of the Proterozoic Xiamaling Formation, Western Yanshan Mountains

Dongsheng Lin, Liwei Zhang, Kai Wang

Sinopec Petroleum Exploration and Development Research Institute, Beijing

Received: May 17<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 18<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on a comprehensive study on outcrop and laboratory, combined with the fundamental

principles and methods of sequence stratigraphy, this paper analyzes the sedimentary characteristics of the Xiamaling Formation developing in Western Yanshan Mountains, which are mainly composed of terrigenous clastic rocks. Pandaodi Section is the most complete section in study area, which can be divided into two third-order sequences, (S.1 and S.2). Every third-order sequence in Pandaodi Section includes three parts, which is Transgressive System Tract, Early Highstand System Tract, and Late Highstand System Tract. However, the trichotomy of Xiamaling Formation in Qiangou Section is not obvious, which only can be divided into Transgressive System Tract and Highstand System Tract. Due to the destruction of tectonic uplift, the Xiamaling Formation in Dalingpu Section only preserves the Transgressive System Tract. By correlation of sequences in the study area, the sequence stratigraphic framework is established, which provides basic data for the further study of Precambrian in Yanshan area.

## Keywords

Western Yanshan Mountains, The Xiamaling Formation, Sedimentary Facies, Sequence Stratigraphy, Sequence Stratigraphic Framework

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

前寒武纪岩石地层化石贫乏, 并且受后期构造运动改造强烈, 所以在沉积相研究和古地理重建上存在许多困难[1] [2] [3] [4]。燕山地区中元古代地层出露广泛、连续性强、顶底界线清楚, 是研究元古界的理想地区[5] [6] [7]。自 20 世纪初期叶良辅建立“下马岭页岩”、高振西建立“景儿峪灰岩”以来, 许多学者从岩石地层、生物地层和年代地层角度对发育于燕山地区新元古界青白口系的地层划分和对比进行了研究[5] [8]-[14], 使其成为中国新元古界的典型剖面, 划分为下马岭组、龙山组和景儿峪组。随着层序地层学理论和方法的应用, 一些学者陆续对其层序地层进行研究[15]-[20]。也有学者从石油地质的角度, 研究了该地层的沉积特征和烃源岩的生成环境[21] [22] [23] [24]。前人虽从不同角度对区内下马岭页岩进行了研究, 但对区域地层格架研究涉及不多。

关于下马岭组的沉积环境, 不同研究者的观点基本类似但稍有差异, 笔者认为, 下马岭组整体显示水体相对安静的近清水沉积, 在一些特殊时期, 能够形成碳酸盐岩清水沉积, 可以划分为四个岩性段[25]。

刘振锋等认为下马岭组构成一个 II 型层序, 自下而上为陆架边缘体系域(SMST)海侵体系域(TST)高水位体系域(HST), 分别对应于一、二、三段[26]; 高林志等认为天津蓟县本组构成一个 I 型层序, 且仅有一个高水位体系域, 其副层序堆叠型式总体上是退积的[15]; 赵澄林等认为十三陵下马岭组由低水位体系域(LST)、海侵体系域(TST)、高水位体系域(HST)组成, 亦分别与各段对应[21]; 梅冥相[20]等、周洪瑞等也认为其为 I 型层序, 可识别出 TST、HST, 三段的黑色页岩为凝缩段沉积[22]。事实上, 这些层序的划分均未考虑四段沉积, 同时下马岭组沉积序列的发育是否仅受控于海平面变化, 还有待商榷。

本文结合前人研究成果, 以系统野外和室内工作为基础, 本文讨论了燕山西段下马岭组的岩相单元和沉积体系, 进一步确认了当时的沉积环境为水动力较弱的还原环境, 构成了华北元古界重要的烃源岩; 通过对下马岭组发育和保存最为完整的剖面——涿鹿盘到底剖面的研究, 识别出了两个三级层序, 每个层序都代表了一个复杂有序的海平面升降旋回。从局限潮间坪相到局限潮上坪相再到局限潟湖相, 这种沉积相的纵向演化, 反映了相对海平面的相对下降趋势; 建立了下马岭组层序地层格架综合模式, 为燕

山地区前寒武纪的进一步研究提供了素材。

## 2. 区域地质背景

二十世纪中期,苏联地质学家沙茨基首先提出裂陷槽概念,指位于地台内部的两个性质相同的构造带之间的槽沟型复杂构造[27]。随后,霍夫曼、狄畏、贝克等将裂陷槽概念修订为三叉裂谷系中未能充分扩展或中途夭折的一支,另外两支充分扩展为地槽[28]。中元古代早期,包括华北地台、西伯利亚地台在内的克拉通大陆开始大规模三叉型破裂,南侧一支成为夭折的裂谷——燕山裂陷槽,北侧两支发展为大洋[29] [30] [31] [32]。

中元古代铁岭组沉积末期的“芹峪运动”使研究区整体抬升为陆,形成区域性平行不整合,发育分布广泛的铁质风化壳和底砾岩。进入下马岭组沉积期,海水由北东向入侵,形成和广海时断时连的广海和内陆海,在研究区形成以页岩为主的沉积地层[33]。下马岭组沉积末期发生“蔚县运动”,再次将研究区整体抬升为陆地,造成下马岭组与上覆长龙山组呈平行不整合接触[29] [33]。下马岭组沉积期,研究区已经进入克拉通盆地阶段,具有同升同降的特征,表现为整体抬升形成不整合,或整体沉降形成沉积地层[34] [35] [36]。

## 3. 岩相及相序特征

下马岭组主体为一套陆源碎屑滨浅海细碎屑沉积,部分地区发育少量碳酸盐岩。通过野外露头观察和室内研究,根据岩性组合特征和沉积构造特征,笔者将燕山西段下马岭组的陆源碎屑滨浅海沉积环境进一步分为潮间坪、潮上坪和局限潟湖三个相带。

燕山西段下马岭组主要由下列岩相单元组成:① 局限潮坪相深灰色及灰褐色硫质泥页岩,发育水平纹层,常夹薄层砂质泥页岩;② 局限潮坪相灰绿色薄层泥质粉砂岩与深灰色及深灰绿色粉砂质泥页岩互层构成韵律层;③ 局限潮坪相灰绿色及黄绿色粉砂质泥页岩,发育水平纹层,夹泥质砂岩透镜体和透镜层;④ 局限潮间坪至潮上坪相深灰色、灰黄色粉砂质白云质泥页岩与深灰色中薄层含碳质白云质泥页岩互层构成韵律层,发育泥质粉砂岩透镜体和透镜层;⑤ 局限潟湖相深灰色及灰黑色粉砂质钙质泥页岩,发育水平纹层,局部见泥质粉砂岩透镜体;⑥ 局限潟湖相深灰色及灰褐色炭质泥页岩,发育水平纹层,含少量泥质粉砂岩透镜体;⑦ 局限潟湖相深灰色碳质粉砂质泥页岩,发育水平纹层,局部夹灰黄色泥质粉砂岩透镜体或透镜层。

## 4. 层序地层划分

### 4.1. 涿鹿盘到底剖面下马岭组层序地层划分

涿鹿盘到底剖面下马岭组可以划分为两个三级层序(S.1 和 S.2),都由海侵体系域(TST)、早期高水位体系域(EHST)和晚期高水位体系域(LHST)三部分组成,且岩性组合相似,沉积环境均为向上变浅的局限潮间坪——局限潮上坪——局限潟湖,形成进积序列(图 1)。TST 和 EHST 以局限潮间坪至潮上坪相深灰色、局部为灰黄色粉砂质白云质泥页岩与深灰色中薄层含碳质白云质泥页岩互层构成的韵律层为特征,下部粉砂质泥页岩单元层厚 10~30 cm,发育泥质粉砂岩透镜体和透镜层;上部含碳质泥页岩单元层厚 5~10 cm,发育水平纹层。LHST 为局限潟湖相深灰色碳质粉砂质泥页岩,发育水平纹层,局部夹灰黄色泥质粉砂岩透镜体或透镜层,这种透镜体或透镜层一般厚 2~5 cm,横向延伸 10~100 cm。大套碳质粉砂质泥页岩地层的消失和大套粉砂质白云质泥页岩的出现是识别三级层序 S.1 和 S.2 分界面的标志。大套砂岩地层的出现为识别 S.2 顶界面的标志,同时也是下马岭组和长龙山组的分界面,该界面是一个区域性平行不整合,所代表的构造抬升被称为“蔚县上升”。

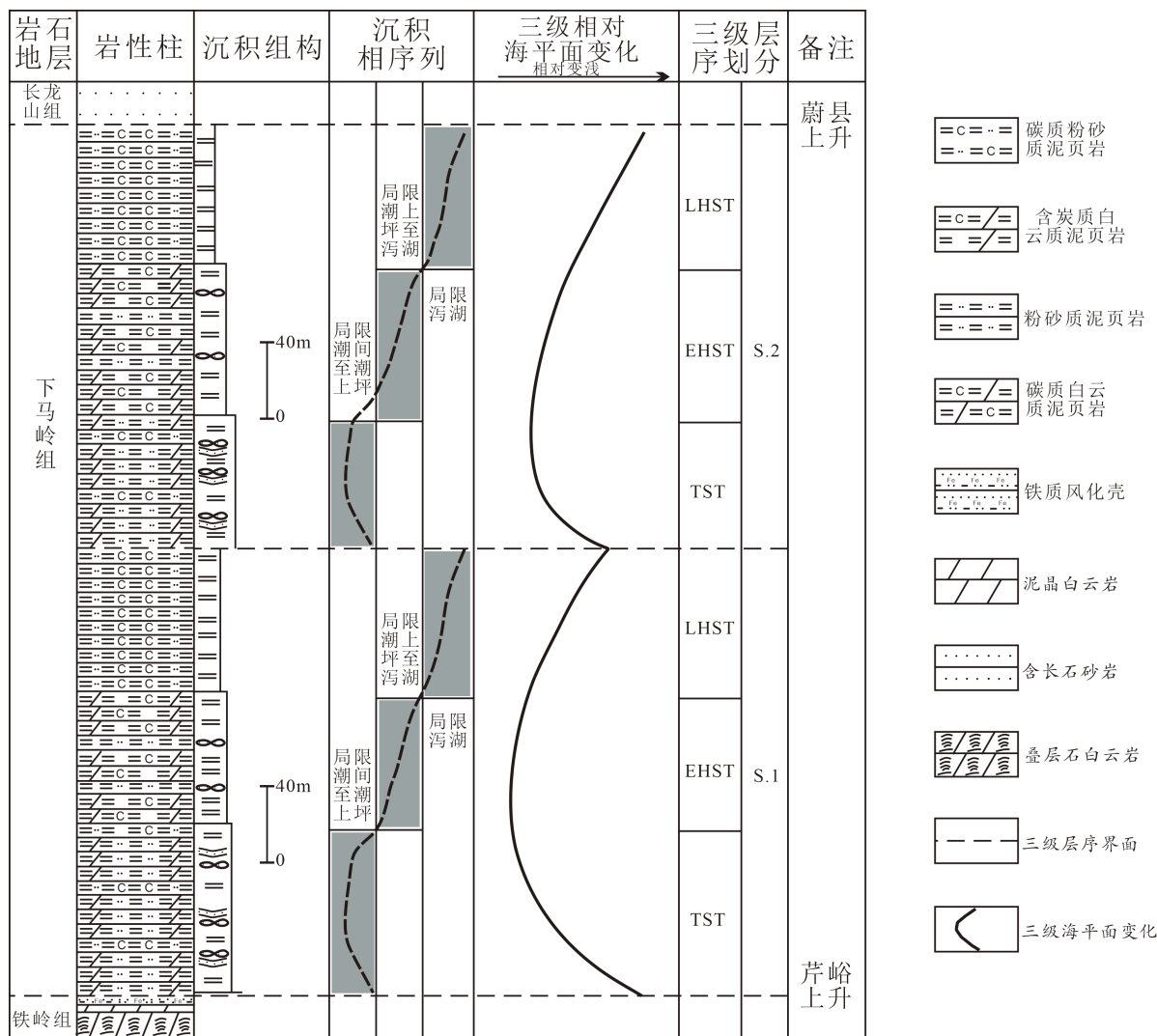


Figure 1. Sequence stratigraphic division of the Xiamaling Formation in Pandaodi Section  
 图 1. 涿鹿盘到底剖面下马岭组层序地层划分

### 4.2. 延庆千沟剖面下马岭组层序地层划分

延庆千沟下马岭组分为两个三级层序(S.1 和 S.2)。这两个三级层序都由海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST)组成, 沉积环境均为向上变浅的局限潮坪——局限潟湖, 形成进积序列(图 2)。三级层序 S.1 的 TST 以局限潮坪相深灰色及灰褐色硫质泥页岩为特征, 发育水平纹层, 常夹薄层砂质泥页岩, 下部发育较多的泥质粉砂岩透镜体, 底部发育铝土铁质岩透镜体, 偶见底砾岩透镜体; HST 以局限潟湖相深灰色及灰黑色粉砂质钙质泥页岩为特征, 发育水平纹层, 局部见泥质粉砂岩透镜体。大套粉砂质钙质泥页岩的消失为识别 S.1 和 S.2 层序界面的标志。三级层序 S.2 的 TST 以局限潮坪相灰绿色薄层泥质粉砂岩与深灰色及深灰绿色粉砂质泥页岩互层构成韵律层, 下部泥质粉砂岩单元层厚 2~10 cm 不等, 夹少量泥质细砂岩透镜体和透镜层, 上部粉砂质泥页岩单元层厚 10~30 cm, 夹少量泥质粉砂岩透镜体和透镜层; HST 以局限潟湖相深灰色及灰褐色炭质泥页岩为特征, 发育水平纹层, 含少量泥质粉砂岩透镜体。大套砂岩地层的出现为识别 S.2 顶界面的标志, 同时也是下马岭组和长龙山组的分界面, 该界面是一个区域性平行不整合, 所代表的构造抬升被称为“蔚县上升”。

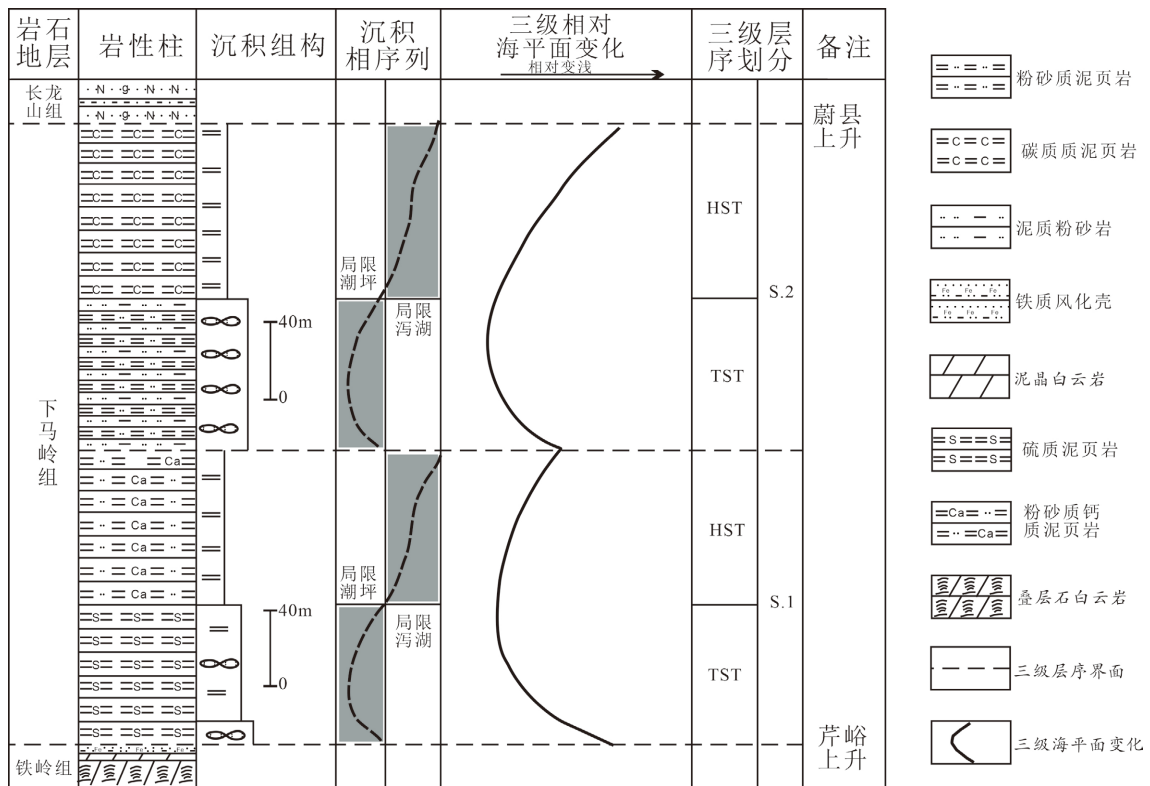


Figure 2. Sequence stratigraphic division of the Xiamaling Formation in Qiangou Section

图 2. 延庆千沟剖面下马岭组层序地层划分

### 4.3. 赤城大岭堡剖面下马岭组层序地层划分

由于构造运动破坏和抬升剥蚀，赤城大岭堡剖面下马岭组在赤城地区发育不全，仅三级层序 S.1 的海侵体系域(TST)在该剖面中保存下来，以局限潮坪相灰绿色及黄绿色粉砂质泥页岩为主，发育水平纹层，夹泥质砂岩透镜体和透镜层(图 3)。上覆侏罗系厚层紫红色砂砾岩层以角度不整合的形式覆盖其上，该角度不整合面既是下马岭组与侏罗系的分界面，也是三级层序 S.1 的顶界面。

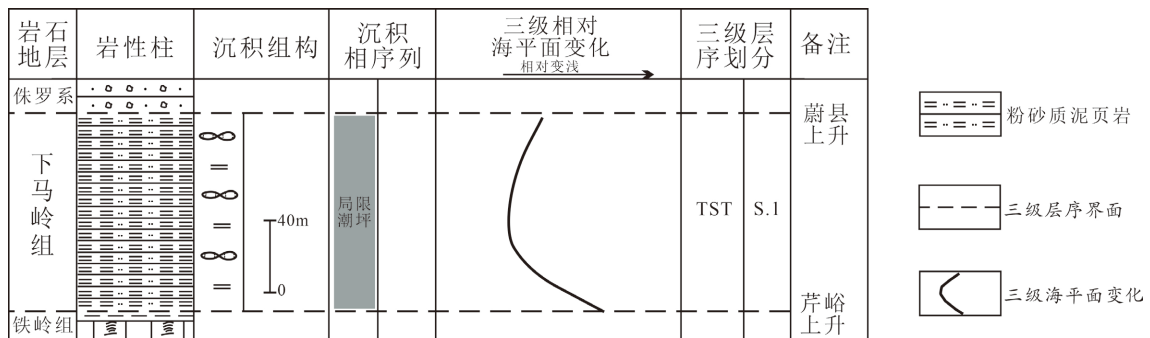


Figure 3. Sequence stratigraphic division of the Xiamaling Formation in Dalingpu Section

图 3. 赤城大岭堡剖面下马岭组层序地层划分

## 5. 层序地层格架

地层格架是指岩石地层厚度和分布的区域性时空变化和排列形式，可以为沉积古地理研究提供重要



线索，尤其是时间约束性较差的前寒武纪地层[1] [4]。根据层序地层学研究，通过在区域范围内追索层序地层界面、对比体系域和层序，可以建立层序地层格架，剖析岩石地层序列的空间展布特征。尽管在不同的剖面位置上，三级层序的相序组构和厚度存在差异，但是根据“空间上相序的有序性及时间上环境变化的同步性”特征[37]，仍然可以在区域上对层序进行大范围的追索。

在综合分析前人资料的基础上，通过对燕山西段涿鹿盘到底、延庆千沟和赤城大岭堡剖面的详细研究，运用层序地层学方法[38] [39] [40] [41] [42]，对层序界面进行横向追索，初步分析了下马岭组在燕山西段的分布，建立了层序地层格架(图 4)。下马岭组沉积于芹峪运动形成的不整合面之上，整体沉积环境以潮坪和潟湖为主。从涿鹿盘到底到涿源金水口，下马岭组迅速减薄尖灭。三级层序 S.1 在涿鹿盘到底剖面、延庆千沟和赤城大岭堡剖面都有发育，并且依次减薄。在涿鹿盘到底剖面，S.1 下部发育较厚的潮上至潮间坪相深灰色粉砂质白云质泥页岩与深灰色中薄层含碳质白云质泥页岩互层构成的韵律层；向东到延庆千沟剖面逐渐过渡为局限潮坪相灰绿色及黄绿色粉砂质泥页岩；再向北至赤城大岭堡剖面为局限潮坪相灰绿色及黄绿色粉砂质泥页岩。在涿鹿盘到底剖面，S.1 上部为局限潟湖相深灰色碳质粉砂质泥页岩；向东到延庆千沟剖面逐渐过渡为局限潟湖相粉砂质钙质泥页岩；向北至赤城大岭堡方向逐渐尖灭。

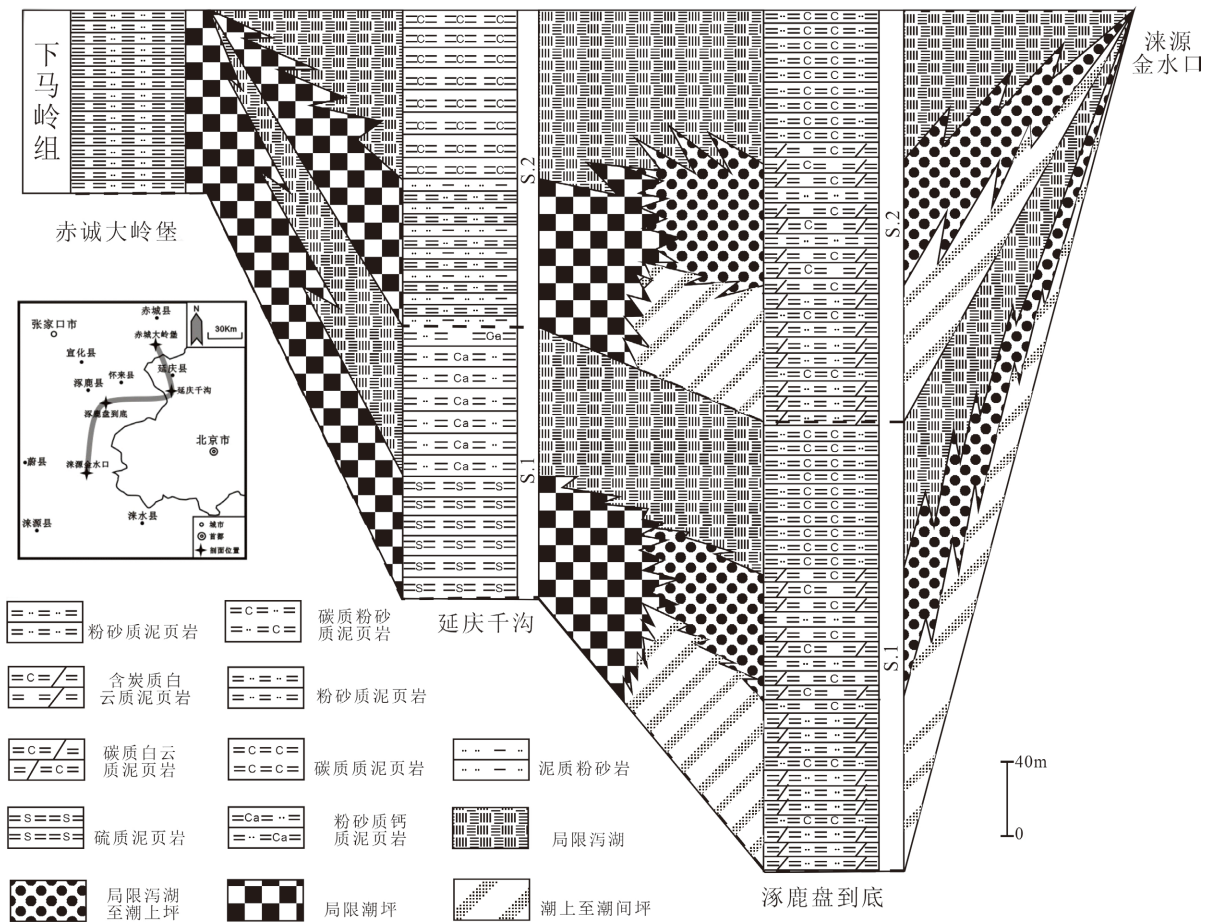


Figure 4. The sequence stratigraphic framework of the Xiamaling Formation in Yanshan area  
图 4. 燕山西段下马岭组地层格架栅状图

三级层序 S.2 在涿鹿盘到底和延庆千沟都有发育，由于蔚县上升的破坏和后期剥蚀，赤城大岭堡剖面缺失层序 S.2。在涿鹿盘到底剖面，S.2 下部发育较厚的潮上至潮间坪相深灰色粉砂质白云质泥页岩与

深灰色中薄层含碳质白云质泥页岩互层构成的韵律层；向东到延庆千沟剖面逐渐过渡为局限潮坪相灰绿色薄层泥质粉砂岩与深灰绿色粉砂质泥页岩互层构成的韵律层；再向北至赤城大岭堡方向逐渐尖灭。在涿鹿盘到底剖面，S.2 上部为局限潟湖相深灰色碳质粉砂质泥页岩；向东到延庆千沟剖面逐渐过渡为局限潟湖相深灰色及灰褐色炭质泥页岩；再向北至赤城大岭堡方向逐渐尖灭。

通过剖面对比和分析可以发现，下马岭组沉积期，燕山西段沉积盆地范围较小，沉积环境以局限潮坪和局限潟湖为主。岩性以暗色细粒碎屑沉积为主，富含丰富的有机质，且多发育水平层理，故推测当时的沉积环境为水动力较弱的还原环境，构成华北元古界重要的烃源岩[23] [24]。

## 6. 结论

1) 下马岭组沉积期，研究区进入稳定的克拉通盆地阶段，整体比较稳定，沉积环境以局限潮坪和局限潟湖为主。岩性以暗色细粒碎屑沉积为主，富含丰富的有机质，且多发育水平层理，故推测当时的沉积环境为水动力较弱的还原环境，构成华北元古界重要的烃源岩。

2) 涿鹿盘到底剖面是研究区下马岭组发育和保存最为完整的剖面，可以识别出两个三级层序，每个层序都代表了一个复杂有序的海平面升降旋回。从局限潮间坪相到局限潮上坪相再到局限潟湖相，这种沉积相的纵向演化，反映了相对海平面的相对下降趋势。

3) 通过剖面对比和分析可以发现，下马岭组沉积期，燕山西段沉积盆地范围较小，水体相对较浅。在三级层序相序有序叠加样式研究的基础上，通过对层序的横向追索，建立的下马岭组层序地层格架是反映地层空间变化特征的综合模式，为燕山地区前寒武纪的进一步研究提供了素材。

## 参考文献

- [1] Eriksson, P.G., Altermann, W., Nelson, D.R., Mueller, W.U. and Catuneanu, O. (2004) The Precambrian Earth: Tempos and Events. Elsevier, Amsterdam. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(04\)80003-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(04)80003-3)
- [2] Catuneanu, O., Martins-Neto, M. and Eriksson, P.G. (2005) Precambrian Sequence Stratigraphy. *Sedimentary Geology*, **176**, 67-95. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.12.009>
- [3] Catuneanu, O. (2006) Principles of Sequence Stratigraphy. Elsevier, Amsterdam, 327-334.
- [4] Eriksson, P.G., Catuneanu, O., Nelson, D.R., et al. (2012) Events in the Precambrian History of the Earth: Challenges in Discriminating Their Global Significance. *Marine and Petroleum Geology*, **33**, 8-25. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2010.01.009>
- [5] 陈晋镛, 张惠民, 朱士兴, 等. 蓟县震旦亚界的研究[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1980: 56-114.
- [6] 宋天锐, 赵震, 王长尧, 等. 华北元古宙沉积岩[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1991.
- [7] 高林志, 丁孝忠, 庞维华, 等. 中国中-新元古代地层年表的修正——锆石 U-Pb 年龄对年代地层的制约[J]. 地层学杂志, 2011, 35(1): 1-7.
- [8] 乔秀夫. 青白口群地层学研究[J]. 地质科学, 1976(4): 246-265.
- [9] 杜汝霖, 田立富. 燕山地区青白口纪宏观藻类[M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1984: 1-114.
- [10] 北京市地质矿产局. 北京市岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-138.
- [11] 天津市地质矿产局. 天津市岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-102.
- [12] 河北省地质矿产局. 河北省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-134.
- [13] 李明荣, 王松山, 裘冀. 京津地区铁岭组、景儿峪组海绿石  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  年龄[J]. 岩石学报, 1996, 12(3): 416-423.
- [14] 乔秀夫, 高励. 中国北部青白口系碳酸盐岩 Pb-Pb 同位素测年及意义[J]. 地球科学, 1997, 22(1): 1-7.
- [15] 高林志, 章雨旭, 王成述, 等. 天津蓟县中-新元古代层序地层初探[J]. 中国区域地质, 1996(1): 64-74.
- [16] 徐德斌, 孙立新, 白志达. 河北兴隆地区新元古界下马岭组复合海平面变化及其控制因素[J]. 现代地质, 1998, 12: 63-68.
- [17] 孙恺菀, 徐德斌, 朱迎堂. 河北兴隆地区新元古界长龙山组旋回层序分析[J]. 现代地质, 1998, 12: 69-74.

- [18] 孙立新, 朱更新. 燕山地区青白口系沉积特征及层序地层学研究[J]. 现代地质, 1998, 12: 99-106.
- [19] 王鸿祯, 史晓颖, 王训练, 等. 中国层序地层研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 2000: 1-457.
- [20] 梅冥相, 周洪瑞, 杜本明, 等. 天津蓟县中新元古代沉积层序的初步研究——前寒武纪(1800~600Ma)一级层序划分及其与显生宙的一致性[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 47-59.
- [21] 赵澄林, 李儒峰, 周劲松. 华北中新元古界油气地质与沉积学[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 143-178.
- [22] 周洪瑞, 梅冥相, 罗志清, 邢矿. 燕山地区新元古界青白口系沉积层序与地层格架研究[J]. 地学前缘, 13(6): 280-290.
- [23] 鲍志东, 陈践发, 张水昌, 等. 北华北中上元古界烃源岩发育环境及其控制因素[J]. 中国科学 D 辑, 2004, 34(z1): 114-119.
- [24] 陈践发, 孙省利. 华北新元古界下马岭组富有机质层段的地球化学特征及成因初探[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(2): 110-114.
- [25] 范文博. 华北克拉通中元古代下马岭组地质特征及研究进展——下马岭组研究百年回眸[J]. 地质论评, 2015, 61(6): 1383-1406.
- [26] 刘振锋, 郑桂森. 燕山地区蓟县纪——青白口纪层序地层学初探[J]. 北京地质, 1994(3): 10-15.
- [27] 夏邦栋. 一个加里东期的裂陷槽——对浙江早古生代沉积盆地成因类型的新认识[J]. 石油实验地质, 1986, 8(1): 8-21.
- [28] 王宜昌. 隐伏裂陷槽的识别[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(2): 165-167.
- [29] 白瑾, 黄学光, 王惠初, 等. 中国前寒武纪地壳演化[M]. 第 2 版. 北京: 地质出版社, 1996.
- [30] 和政军, 宋天锐, 丁孝忠, 等. 燕山中元古代裂谷早期同沉积断裂活动及其对事件沉积的影响[J]. 古地理学报, 2000, 2(3): 83-91.
- [31] 乔秀夫. 中朝板块元古宙板内地震带与盆地格局[J]. 地学前缘, 2002, 9(3): 141-149.
- [32] 黄学光. 燕山中、新元古代沉积盆地构造演化[J]. 地质调查与研究, 2006, 29(4): 263-270.
- [33] 赵澄林, 许元恺, 白光勇, 等. 太行山中北段高于庄——雾迷山组的沉积特征及其相分析[J]. 华东石油学院学报, 1977, 1(3): 118-138.
- [34] 王鸿祯, 乔秀夫. 中国元古代构造单元及边界性质[M]. 北京: 地质出版社, 1986: 1-15.
- [35] 柳永清, 刘晓文, 李寅, 等. 新元古代裂陷槽构造旋回层序研究——兼论裂陷槽构造旋回概念及级序的划分[J]. 地球学报, 1997, 18(2): 142-149.
- [36] 乔秀夫, 高林志. 燕辽裂陷槽中元古代古地震与古地理[J]. 古地理学报, 2007, 9(4): 337-352.
- [37] 梅冥相. 从地层记录的特征论“岩石地层学”的困惑[J]. 地层学杂志, 1996, 20(3): 207-212.
- [38] Vail, P.R., Mitchum Jr, R.M. and Thompson III, S. (1977) Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In: Payton, C.E., Eds., *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration*, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, 49-212.
- [39] Posamentier, H.W. and Vail, P.R. (1988) Eustatic Controls on Clastic Deposition II—Sequence and Systems Tract Models. In: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall St, C.G., et al. Eds., *Sea-Level Changes: An Integrated Approach*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Dallas, 125-154. <https://doi.org/10.2110/pec.88.01.0125>
- [40] Hunt, D. and Tucker, M.E. (1992) Stranded Parasequences and the Forced Regressive Wedge Systems Tract: Deposition during Base-Level Fall. *Sedimentary Geology*, **81**, 1-9. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(92\)90052-S](https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90052-S)
- [41] Embry, A.F. and Johannessen, E.P. (1992) T—R Sequence Stratigraphy, Facies Analysis and Reservoir Distribution in the Uppermost Triassic-Lower Jurassic Succession, Western Sverdrup Basin, Arctic Canada. *Norwegian Petroleum Society Special Publications*, **2**, 121-146. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88943-0.50013-7>
- [42] Catuneanu, O., Bhattacharya, J.P., Blum, M.D., et al. (2010) Sequence Stratigraphy: Common Ground after Three Decades of Development. *First Break*, **28**, 21-34. <https://doi.org/10.3997/1365-2397.2010002>