

北京西山寒武系层序地层

朱传庆^{1,2} 罗 杨³ 杨 帅⁴ 李金武³ 陈建强⁵

(1.中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029;2.中国科学院研究生院,北京 100049;
3.中国石化胜利油田有限公司,山东 东营 257001;4.中国黄金集团公司,北京 100011;
5.中国地质大学地球科学与资源学院,北京 100083)

摘要:为了使北京西山地质学方面的研究更为全面,并为其他地区寒武系的研究提供对比,以北京西山地区出露的寒武纪地层为根据,进行了层序地层学和沉积学方面的研究。该区寒武纪地层多为碳酸盐岩,岩石类型以各种灰岩及白云岩为主。按照层序地层学的原理和工作方法,结合区域层序界面特征把该区寒武系划为 16 个三级层序,其中 SQ1-SQ3 为 I 型层序,II 型层序则较为发育, SQ4-SQ16 都为 II 型层序。研究区寒武系属于典型的碳酸盐岩台地沉积。由于寒武纪研究区内地形地势平缓,构造沉降比较稳定,因而深切谷等标志不发育,所有层序都缺失低水位体系域(LST)或陆架边缘体系域(SMST)沉积。

关键词:北京西山;寒武系;层序地层;沉积环境

中图分类号:P534.41 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)01-0120-11

为了使北京西山地质学方面的研究更为全面,并为其他地区寒武系的研究提供对比,笔者对北京西山青白口地区寒武系进行了剖面实测以及地层学与沉积学方面的调查。在野外调查和室内薄片鉴定的基础上,总结和吸收前人的研究成果,对区内寒武系的层序地层学特征和沉积环境进行了分析。

1 研究背景

研究区位于北京城区正西偏南的门头沟区雁翅镇,东经 115°25′00″~116°10′07″,北纬 39°48′34″~40°10′37″(图 1),青白口—军响之间的公路一侧,寒武系出露良好,实测了寒武系剖面(图 1 中 A-B 剖面)。

北京西山构造背景上属于华北地台。地层分区为燕山分区,其范围是指山西五台以东,朝阳、锦州以西,包括整个北京市、河北省的大部分以及陕西东部及辽宁西部的一部分。研究区内寒武系分布广泛,大致沿北东—南西西方向延伸。目前本区所采用的地层系统如下:上寒武统,包括凤山组、长山组、崮

山组;中寒武统,包括张夏组、徐庄组、毛庄组;下寒武统,包括馒头组、昌平组。

北京西山是中国地质学的发源地之一,早在 20 世纪初期,地质学家就把研究目光投向了那里。解放后,北京西山地层学的研究迅速发展起来,并且取得了一系列丰硕的成果。80 年代以来,许多学者对华北寒武系进行了系统的研究,取得了一些重要的成果,地层学方面如卢衍豪等^[1],沉积学方面如冯增昭等^[2-4]。

王鸿祯^[5]运用层序地层学原则对西山及邻区进行了系统深入的综合研究,识别出了剖面的层序界面,分析了各层序内的沉积相及其演化,划分了副层序和体系域,提出了碳酸盐沉积环境模式,确立了层序地层基本格架,初步建立了西山及邻区寒武系相对海平面变化曲线。近年来,梅仕龙等^[6]、梅冥相等^[7,8]对该套地层进行了层序地层学及旋回地层学方面的研究^[6-8]。

华北地台的古地理位置、岩相古地理、古生物学等方面,已经取得了比较成熟的认识^[9-13];地层学、层

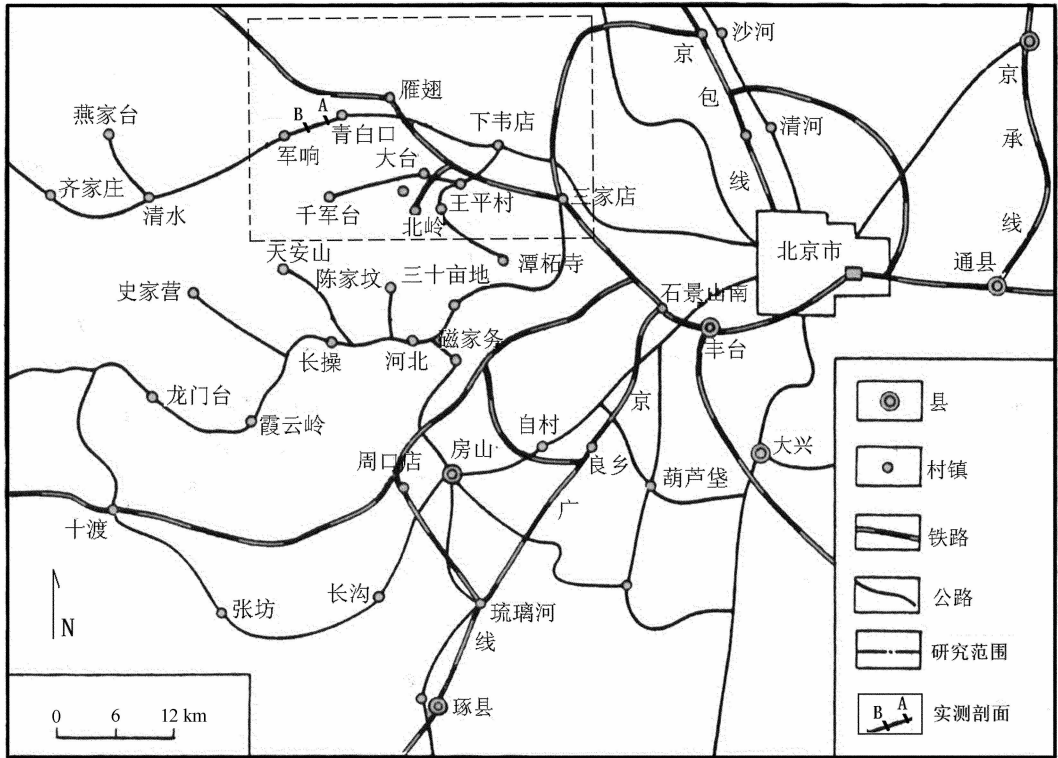


图 1 研究区域与剖面位置图

Fig.1 Locations of the study area and the sections

序地层学方面的研究成果也较为丰富^[14-23],这些成果是北京西山寒武系研究的基础。

2 寒武系岩性及沉积环境

2.1 寒武系岩性特征

北京西山青白口地区寒武系实测剖面(图 2),地层多为碳酸盐岩,岩石类型为各种灰岩及白云岩、泥岩、页岩等。各组岩石学主要特征如下:

昌平组:总体岩性为白云岩,多含角砾,细晶白云岩分布较多。下部为浅灰色块状含角砾薄层细晶白云岩,深灰色块状白云岩;中部为深灰色块状中厚层白云岩,灰色块状中厚层细晶白云岩,灰色块状含角砾中厚层细晶白云岩,深灰色块状中厚层细晶白云岩;上部为灰色块状中厚层灰质白云岩。

馒头组:下部为薄层白云质灰岩;中部为灰色块状含角砾白云岩,上部为灰色块状泥晶白云岩。该组底部以灰色薄层白云质灰岩与昌平组分界,两者呈平行不整合接触。从岩性上看出,馒头组的岩性与昌平组接近。

毛庄组:岩层含钙质、泥质较多,亦含有鲕粒及

粒屑。大部分岩层呈紫红色,反映出该组岩层多形成于浅水干旱的氧化环境。

徐庄组:岩层泥质含量较多,泥质条带发育,亦含钙质及云质。

张夏组:整体岩性为薄层泥晶灰岩与鲕粒灰岩或砂屑灰岩的互层。鲕粒灰岩和砂屑灰岩基质亦多为泥晶。

崮山组:岩性复杂,有颗粒石灰岩、泥晶石灰岩、含颗粒的泥晶石灰岩、钙质泥岩、钙质灰岩等。在颗粒石灰岩(泥亮晶鲕粒石灰岩、泥亮晶竹叶石灰岩)中普遍夹有砂质条带。陆源岩石较多。颗粒石灰岩中的颗粒种类增多,不是单一的鲕粒,含有方解石砾屑等。本组岩石泥质成分含量较高。

长山组:钙质泥灰岩成分较多,云泥质泥晶石灰岩,出现大量的砾屑灰岩(竹叶石灰岩),多为长形竹叶,有的具氧化圈。竹叶有的顺层排列,有的无定向排列,钙质粉砂岩较多。

凤山组:以云泥质条带泥晶石灰岩为主,夹有泥晶石灰岩条带的泥质泥晶石灰岩、准竹叶云泥质泥晶石灰岩和竹叶石灰岩。其特点是泥晶石灰岩呈条

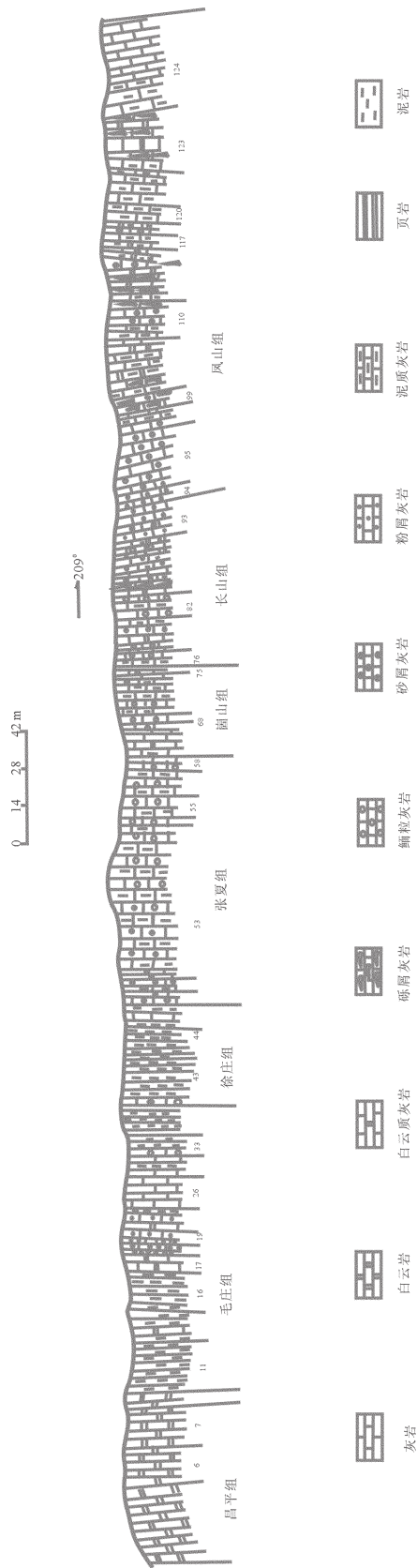


图 2 北京西山青白口地区寒武纪地层实测剖面图
 Fig.2 Measured geological section of Cambrian strata in Qingbaikou area of the Western Hills, Beijing

带、准竹叶或竹叶状夹于云泥质泥晶石灰岩中。

2.2 沉积环境演化

根据研究区寒武系岩石地层学特征,通过成因地层学的分析,得出区内寒武系属于典型的碳酸盐岩台地沉积的认识。

早寒武世,华北台地位于蒙辽吉槽地与秦岭槽地之间,包括华北陆、环华北陆的砂泥坪、泥坪及云坪、东部的鲁苏皖云坪、广阔的石灰岩台地、以及散布于台地北部的砂泥坪和云坪等。华北陆是早寒武世早期即辛集期海侵尚未到达的华北地台区,是一个地势起伏平缓的准平原化的古老陆地,围绕华北陆外围的环陆砂泥坪、泥坪和云坪,是华北陆的边缘相带^[9]。研究区早寒武世的沉积环境即为华北陆的边缘相带,区内下寒武统主要为潟湖和局限台地沉积。

中寒武世早期,主要为潮间带—潮上带沉积环境。除面积不大的两个陆地(伊盟陆和吕梁陆)及其外围的泥坪外,整个华北地区几乎全为碳酸盐岩台地占据,其中大体呈北东向或北东东向散布着至少 24 个鲕粒滩,呈现出高能的鲕粒滩和相对低能的滩间海相间分布的岩相古地理模式^[9]。图 3 为亮晶鲕粒灰岩的镜下素描图:鲕粒含量较高,达 70%以上;鲕粒大小在 1~3 mm;鲕粒结构有的呈同心圆状,有的呈放射状,或兼有两种鲕粒的性质;大部分鲕粒为圆形或近圆形,有的呈椭圆形;含有球粒,成分为石英或方解石;鲕粒之间为亮晶胶结物充填。反映了高能的沉积环境,为浅水动荡环境下的产物。徐庄阶迅速的海侵,使华北地区在中寒武世张夏期,成为一个

广阔的碳酸盐岩台地^[9]。

冯增昭等^[10]认为,晚寒武世的华北台地和中寒武世张夏期的一样,仍是一个广阔的碳酸盐岩台地,其范围也基本上一样,最大的变化是中寒武世张夏期广泛分布的鲕粒滩消失了,代之而起的是竹叶状砾屑组成的竹叶滩。图 4 所示为凤山组的竹叶状砾屑灰岩镜下素描图:砾屑成分 70%,以微晶方解石为主,磨圆度高,大小不等,呈竹叶状或椭圆状,之间为灰泥质充填,亦含方解石颗粒。竹叶状砾屑灰岩由原地的条带状泥晶灰岩经风暴作用改造而成,属原地型风暴砾屑灰岩,是弱动荡环境的产物。竹叶状砾屑石灰岩一般为中到薄层,常与中到薄层石灰岩互层。鲕粒石灰岩常为厚层至块状层。竹叶状砾屑石灰岩多为风暴成因,是间歇高能的产物。鲕粒石灰岩多为潮汐滩沉积,是持续高能的产物。两种岩石和两种滩反映两种不同的碳酸盐岩台地环境,这是华北碳酸盐岩台地在中寒武世至晚寒武世的重要变化^[9]:潮间带—浅缓坡→中缓坡。

白云石化广泛存在于碳酸盐岩地层中,即使在很纯的灰岩中也能发现其踪迹,其成因类型复杂多样。比如,北京西山昌平组的白云岩是形成于强烈蒸发的、高 Mg²⁺、高盐度的潟湖环境。张夏组鲕粒灰岩中的泥质条带、崮山—长山—凤山组中的泥质条带、竹叶状灰岩中的泥质充填物及冶里、亮甲山灰岩中的页岩夹层等,也都发生了白云石化,白云石化的范围受泥质组分的控制,该类白云石为成岩期埋藏白云石化作用形成^[2]。因此,北京西山寒武系不同层位

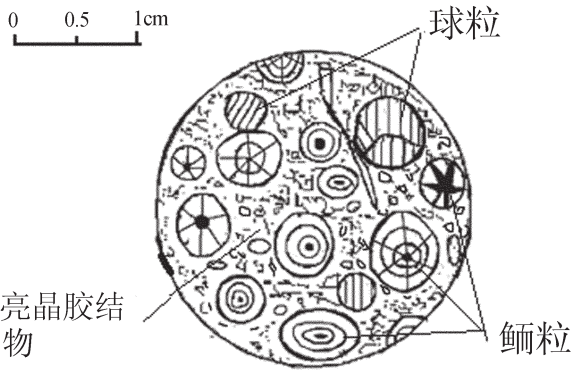


图 3 亮晶鲕粒灰岩镜下素描图

Fig.3 Sketch of oolite limestone under microscope

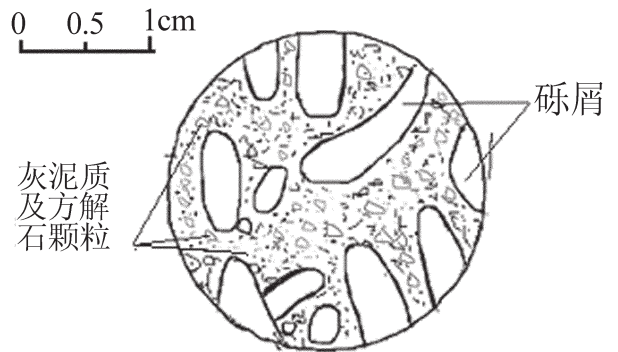


图 4 竹叶状砾屑灰岩镜下素描图

Fig.4 Sketch of edgewise calcirudyte

内都可见白云岩分布,但其形成环境各有不同。

3 寒武系层序地层

由于全球海平面变化具有明显的周期性和同时性,由各剖面点的古水深变化曲线,可以定性地综合出海平面变化曲线^[8]。因此沉积层序具有岩石地层单位和年代地层单位的双重意义。通过层序地层研究,不仅可以建立不同相区的高精度地层对比关系,而且还有可能建立以物理界线为标志、野外易于识别的年代地层序列和格架^[16]。

野外工作中对区内青白口寒武系剖面作了详细的测制,将整个寒武系划分了 124 层(图 2)。层序的主要识别标志是存在明显沉积间断或沉积相突变面。以此为原则,依据区内地层发育特点,在岩性、岩相、相序研究的基础上,按照层序地层学的原理和工作方法,结合区域层序界面特征,将北京西山地区青白口剖面寒武系划分出以下 16 个基本层序(图 5),其中 SQ1-SQ3 为 I 型层序, SQ4-SQ16 都为 II 型层序。

SQ1 层序:该层序相当于整个昌平组,位于青白口群的上部,实测剖面的 D1-D7 层,下界面为 SB1 型层序界面,与新元古界青白口群景儿峪组平行不整合接触。由海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST)两个体系域组成,属于 I 型层序。

海侵体系域(TST):剖面的 D1-D5 层,岩性主要为局限台地灰色白云质角砾灰岩,灰色细晶白云岩等。灰质成分有所减少,岩石的粒度也呈由粗到细的趋势变化。反映了海平面的相对上升。环境为潮间带。**高水位体系域(HST):**剖面的 D6-D7 层。岩性主要为潟湖相白云质灰岩和细晶白云岩,豹斑状白云质灰岩和条带状灰质白云岩。向上单层厚度逐渐增厚,泥质成分减少,代表了海平面明显下降。总体为潮上带环境。

SQ2 层序:位于馒头组,剖面的 D8-D10 层,为 I 型层序。SB1 面为岩性岩相突变面。本层序的 TST、HST 和 CS 发育不明显,沉积环境为蒸发台地沉积。主要岩石类型为白云质灰岩,含角砾白云岩和泥晶白云岩。含角砾白云岩,角砾呈棱角状广泛分布,大小不一,长 1~5 cm,宽 0.5~2 cm。底部含内碎屑、生物碎屑或藻屑。

SQ3 层序:位于毛庄组底部。剖面的 D11-D12 层,为 I 型层序,SB1 界面为岩性岩相突变面。本层序海侵体系域(TST)、高水位体系域(HST)与凝缩

段(CS)发育不明显。主要岩石类型为紫红色钙质泥岩,块状,层理不发育,底部有大小十几厘米到几十厘米不等的角砾,混杂堆积,为后期构造作用和垮塌作用所形成。本层序的紫红色钙质泥岩,代表了潮上带的沉积环境,属于干旱气候强氧化条件下典型沉积类型。

SQ4 层序:位于毛庄组中下部。剖面的 D13-D16 层。为 II 型层序,SB2 界面为岩性岩相突变面。本层序除发育 TST 与 HST 外,还发育明显的凝缩段(CS)沉积。

海侵体系域(TST):剖面的 D13-D14 层。主要是潟湖潮间带沉积,下部为浅灰色薄—中层白云质灰岩,向上单层逐渐增厚,层理发育,结构均一,构成一个副层序。上部为浅灰色薄层泥质灰岩与藻席灰岩。浅灰色薄层泥质灰岩,浅灰色,单层厚度为 5~10 cm,层理发育,致密均匀。浅灰色藻席灰岩,致密均匀,纹理发育,单层厚度为 10 cm 以上,是清水碎屑供给少的情况下形成的,为潮间带沉积。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D16 层。主要面貌为紫红色粉砂质泥岩,质地致密均匀,层理不发育,为潮上带沉积。属于干燥气候下氧化环境。

在 TST 与 HST 之间为毛庄组凝缩段(CS)沉积,即剖面的 D15 层。岩性表现为潮间带沉积的钙质泥岩。CS 段的紫红色泥岩,薄层,层理略发育,颜色不同而显出成层性,单层厚度从几厘米到十几厘米,层面平整,形成成分不同的条带。

SQ5 层序:位于毛庄组中部。剖面的 D17-D19 层。为 II 型层序,SB2 的下界面为岩性岩相突变面,界面之下为粉砂质泥岩,之上为白云质灰岩,反映了向上海水的明显加深。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D17 层。底部为一层厚约 1.7 m 的深灰色薄层白云质灰岩,风化面为褐黄色,层理发育,层面平整,反映潮间带下部沉积环境。其中含泥质多的黄色浅带与含泥质少的暗带相间排列,明暗带间距 1~3 cm,呈条带状,各带受构造影响,发生转折变形。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D19 层。上部为一层厚约 4.3 m 的灰色砂屑灰岩,厚层状,层理不发育,反映潮间带上部沉积环境。整个 HST 由 4 个向上变浅的副层序组成的进积型副层序组构成。每个副层序由下部单元潮间带下部和上部单元潮间带上部组成,副层序的组成结构和内容大致相同。下

部单元岩性为灰色白云质粉屑灰岩,上部单元岩性为浅灰色白云质砂屑灰岩,单层厚度20~60 cm,向上逐渐增厚。整体变化反映了海水由深到浅的过程。

SQ6层序:位于毛庄组中上部,剖面的20~28层。为II型层序,SB2的上界面为岩性岩相突变面,界面之下为钙质泥岩,之上为砂屑灰岩,反映了向上海水的明显加深。本层序发育有TST、HST。

海侵体系域(TST):位于剖面的D20-D21层。主要岩性为一层厚约1.7 m的灰色白云质灰岩,薄—中厚层,单层厚度10~20 cm,代表了潮间带沉积环境。

高水位体系域(HST):位于剖面的22~28层。主要面貌为灰色白云质灰岩,浅灰色砂屑灰岩,紫红色泥质灰岩和紫红色钙质泥岩。整个HST由向上变浅的2个副层序组成的进积型副层序组构成。

第一副层序下部单元岩性由下向上依次为灰色白云质粒屑灰岩,浅灰色砂屑灰岩,紫红色泥质灰岩和紫红色钙质泥岩。底部灰色白云质粒屑灰岩中夹有风暴岩。风暴岩层上下界面波状起伏,层与层之间夹灰绿色泥岩,构成3次风暴岩沉积。风暴岩层自下而上逐渐变薄。顶部岩性为紫红色条带状钙质泥岩和块状钙质泥岩。主体层理不发育,但水平层理非常发育,成分均一,反映了潮间带上部的沉积环境。

第二副层序下部单元岩性主要为砂屑灰岩,含不少石英质,为较深能量下的环境产物。上部单元为紫红色钙质泥岩,成分均一,致密,层理不发育。总体反映潮上带的沉积环境。

SQ7层序:位于毛庄组上部,剖面的D29-D37层。为II型层序,SB2为岩性、岩相突变面。

海侵体系域(TST):位于剖面的29~32层。主要是潮间带沉积。底部为砂屑灰岩与粉屑灰岩,砂屑灰岩层水平层理发育;中部为亮晶鲕粒灰岩;顶部为含角砾砂屑灰岩,角砾含量约占10%,具有水平层理。

高水位体系域(HST):为钙质泥岩夹有泥质灰岩,含白云质灰岩和颗粒灰岩的夹层。钙质泥岩,为潮上带沉积,属干燥气候下氧化环境。中部含白云质灰岩,颗粒较细,层理发育,层面平整。颗粒灰岩,颗粒粒度0.2~0.65 mm,层理不发育,上下层面不平整。

SQ8层序:位于毛庄组顶部和徐庄组下部,剖面的D38-D43层。包括毛庄阶下部和徐庄阶下部。为II型层序,SB2的下界面以岩性、岩相的突变面为特征,界面之下为钙质泥岩,之上为颗粒灰岩和钙质

泥岩,反映了向上海水的明显加深。

海侵体系域(TST):位于剖面的D38-D40层。整个TST由向上变浅的3个潮间带副层序组成的进积型副层序组构成。每个副层序由下部单元潮间带下部和上部单元潮间带上部组成,副层序的结构大致相同,岩性略有差别。副层序下部单元为颗粒灰岩,新鲜面为褐灰色,为潮间带下部沉积;上部单元为钙质泥岩,紫红色和绿色,绿色钙质泥岩为后期水流作用或灰岩对钙质的浸染作用形成的。

高水位体系域(HST):位于剖面的D41-D43层。以进积型沉积为主,岩性主要为下部潮间带沉积的亮晶鲕粒灰岩和上部潮上带沉积的紫红色块状钙质泥岩,反映了海水由深变浅的过程。下部亮晶鲕粒灰岩,总体环境为潮间带—潮上带泥坪沉积。

SQ9层序:位于徐庄组上部和张夏组下部地层,剖面的D44-D53层。为II型层序,SB2的上界面为岩性、岩相突变面,界面之下为块状钙质泥岩,之上为薄层含灰云泥岩。本层序发育有海侵体系域(TST)与高水位体系域(HST)。

海侵体系域(TST):位于剖面的D44-D46层。层序下部为紫红色薄层含灰云泥岩,中部为灰绿色钙质泥岩和灰绿色泥质灰岩。上部为深灰色砂屑灰岩,最上部为粉沙质页岩。总体环境为潮下带沉积。海水自下而上变深。

高水位体系域(HST):位于剖面的D47-D53层。下部为潮下带下部灰色中薄层泥晶灰岩域灰白色中厚层泥晶鲕粒灰岩互层。中部为潮下带下部灰色中层球粒灰岩。上部为薄层泥晶鲕粒灰岩。向上钙质泥岩变薄,泥晶灰岩相对减薄,鲕粒灰岩相对增厚,且鲕粒逐渐增大、增多。反映出海水相对变浅的过程。

SQ10层序:由张夏组上部组成。位于剖面的D54-D58层。SB2型层序界面,属于II型层序。内部划分为海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST)。

海侵体系域(TST):位于剖面的D54-D56层,下部为灰色薄层泥晶灰岩与中薄层泥晶鲕粒灰岩。自下而上泥晶灰岩相对变薄,鲕粒灰岩相对变厚,但鲕粒变小。上部自下而上泥晶灰岩变薄,鲕粒灰岩厚度变化不大,反映了海水向上相对变深的过程。

高水位体系域(HST):位于剖面的D57-D58层。下部由灰色薄层泥晶灰岩与灰色中薄层泥晶粒屑灰岩组成,自下而上泥晶灰岩相对减薄,粒屑灰岩

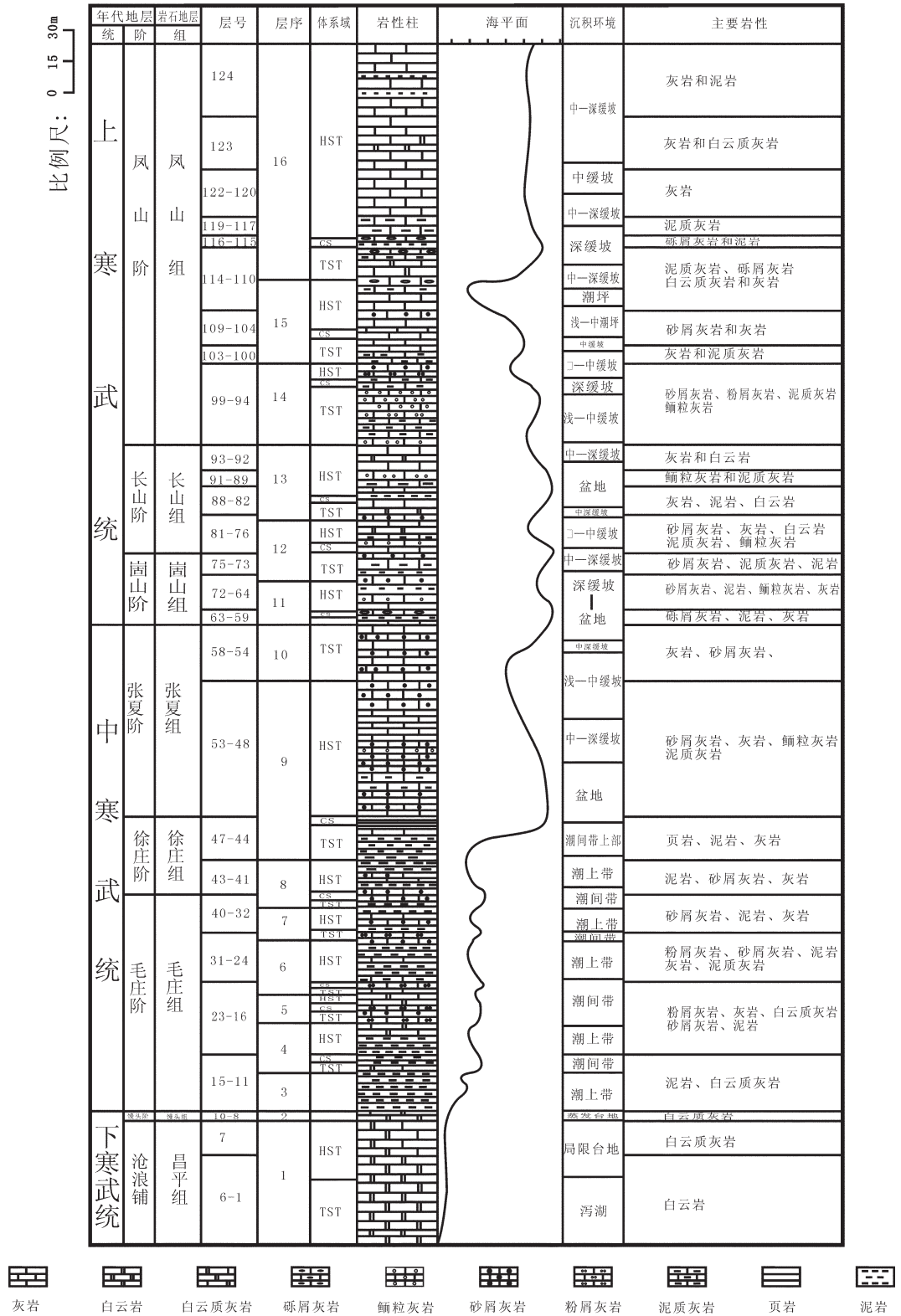


图5 北京西山寒武系综合柱状图

Fig.5 Integrated geological column of Cambrian strata in the Western Hills, Beijing

相对增厚。上部为灰色薄层泥晶灰岩与灰色中厚层泥晶砂屑灰岩。自下而上泥晶灰岩相对减薄,砂屑灰岩相对增厚,反映了海水由深变浅的过程。

SQ11 层序:该层序相当于崮山阶中下部,剖面的 D59-D68 层。SB2 型层序界面,由海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST)两个体系域组成,属于 II 型层序。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D59-D61 层。岩性主要为灰绿色微晶灰岩、含泥质灰岩与砂屑灰岩、泥质微晶灰岩等。总体沉积环境为中缓坡—浅缓坡环境。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D62-D68 层。岩性主要为灰绿色钙质泥岩、泥质条带泥晶灰岩,下部为灰绿色钙质泥岩与泥晶鲕粒灰岩互层,上部为泥质条带泥晶灰岩、含泥灰岩与鲕粒灰岩互层,单层总体环境为深缓坡—浅缓坡。

SQ12 层序:位于崮山组的上部和长山组的下部,剖面的 D69-D80 层。SB2 型界面为海侵面,以岩性、岩相突变为特征,由海侵体系域和高水位体系域组成,属 II 型层序。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D69-D75 层。主要岩性为薄层含泥质灰岩与含砾砂屑灰岩、微晶灰岩与含鲕粒砾屑灰岩、泥质条带灰岩与鲕粒灰岩、浅灰绿色薄层钙质泥岩与鲕粒灰岩互层为特征。总体沉积环境为中缓坡—深缓坡—盆地环境。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D76-D80 层。岩性主要为:薄层泥质条带灰岩与鲕粒灰岩、灰绿色薄层灰泥岩与鲕粒灰岩,以及上部的薄层泥晶白云质灰岩与砂屑灰岩。主要沉积环境为:盆地—深缓坡→中—浅缓坡的沉积环境。

SQ13 层序:相当于长山阶的中上部,剖面的 D81-D93 层。SB2 型层序界面为海侵面,属 II 型层序。厚度稳定,由海侵体系域和高水位体系域组成。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D81-D84 层。岩性由下至上主要为:薄层泥质泥晶灰岩与中层鲕粒灰岩,黄绿色薄层泥质与灰色薄层鲕粒灰岩,其上部夹有少量灰绿色的钙质页岩及少量薄层泥质条带灰岩。总体环境为中—深缓坡。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D85-D93 层。岩性从下到上主要为:浅灰绿色钙质泥页岩,灰绿色薄层泥灰岩与砾屑灰岩夹少量鲕粒灰岩,泥灰岩与泥质条带灰岩,泥质条带灰岩与中层鲕粒灰岩,

中厚层含砂屑鲕粒灰岩。总体沉积环境为盆地—中缓坡。

SQ14 层序:相当于凤山阶的下部,剖面的 D94-D99 层。SB2 型层序界面为海侵面,属 II 型层序,可分为海侵体系域和高水位体系域两部分。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D94-D97 层。岩性主要为灰色中层砂屑灰岩,灰色薄层泥质灰岩与灰色中层鲕粒灰岩,灰色薄层泥晶鲕粒灰岩。以退积型沉积为主,总体环境为浅缓坡—中缓坡。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D98-D99 层。岩性主要为灰色薄层泥质灰岩、含鲕粒砂屑灰岩,底部夹有一泥晶丘,宽约 34 cm,致密块状,层理不发育。自下而上,属加积型—进积型沉积,总体沉积环境为中缓坡→浅缓坡。

SQ15 层序:相当于凤山阶的中部,剖面的 D100-D110 层。SB2 层序界面为海侵面,II 型层序,由海侵体系域和高水位体系域组成。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D100-D104 层。厚约 15 m。主要岩性为浅黄色薄层泥质灰岩与薄层鲕粒灰岩,黄灰色中层含砾屑灰岩与灰色中层鲕粒灰岩,黄色薄层泥灰岩与薄层鲕粒灰岩,薄层泥质灰岩与薄层砂屑灰岩。其沉积类型以退积型沉积为主,环境为中缓坡。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D105-D110 层。岩性为灰色薄层泥质灰岩,薄层泥晶灰岩与含砾屑灰岩,浅灰色薄层微晶灰岩与灰色薄层含砾屑鲕粒灰岩。沉积类型为加积—进积型沉积,总体沉积环境为深缓坡—浅缓坡—局限台地。

SQ16 层序:相当于凤山阶的上部,剖面的 D111-D124 层。SB2 型层序界面为海侵面,属 II 型层序。可分出海侵体系域和高水位体系域。

海侵体系域(TST):位于剖面的 D111-D115 层。岩性主要为浅灰色薄层泥质灰岩与灰色中层砂屑灰岩,浅黄灰色泥质条带灰岩与含砾屑灰岩,灰色薄层含云泥质灰岩与砾屑灰岩。其沉积类型以退积型沉积为主,总体环境为中缓坡—深缓坡。

高水位体系域(HST):位于剖面的 D116-D124 层。岩性主要为灰色薄层含云泥灰岩,薄层砾屑灰岩,含云砾屑灰岩,灰色薄层泥质条带灰岩,薄层泥晶灰岩,灰色条带状泥晶灰岩。沉积类型为加积—进积型沉积,沉积环境为陆棚盆地—中缓坡环境。

史晓颖^[6]曾对华北地台东部的寒武系层序地层

做了系统的研究,划分出 14 个基本层序,与本次划分的差异主要在徐庄组之下的地层内,上寒武统的层序划分较为一致,这可能是认识的不同,也可能代表了地区差异。高林志等^[2]提出在寒武系底部昌平组内新建一个下苇甸组,并认为下苇甸组应为一个不完整(顶部被剥蚀)的但应该是独立的层序,但本次研究在青白口剖面的昌平组内并没有发现明显的不整合面。由于研究区内在寒武纪地形地势平缓,构造沉降比较稳定,深切谷等标志不发育,因而所有层序都缺失低水位体系域(LST)或陆架边缘体系域(SMST)沉积。

4 结 论

(1)北京西山地区青白口剖面寒武系共划分出 16 个基本层序,其中 SQ1~SQ3 为 I 型层序, SQ4~SQ16 为 II 型层序。

(2)由于寒武纪时地形地势平缓,构造沉降比较稳定,深切谷等标志不发育,因而所有层序都未识别出低水位体系域(LST)或陆架边缘体系域(SMST)沉积。

(3)SQ6 的整个 HST 由向上变浅的 2 个副层序组成的进积型副层序组构成, SQ4, SQ5 中也识别出了副层序。而在徐庄组以上的较深水环境沉积的地层中,没有划分出副层序。其原因为:当水深较大时,海平面变化幅度不足以导致相变化,副层序不易识别^[3]。

致谢:参加本次野外工作的还有钱宝生、贾韶辉、李政、吴艳国、梁世友。感谢中国地质大学(北京)岩石教研室莫少龙教授在薄片观察工作中的指导以及古生物与地层学教研室梅冥相教授、唐兰博士的帮助。

参考文献(References):

- [1] 卢衍豪, 张文堂, 项礼文. 关于我国寒武系建阶的建议[J]. 地层学杂志, 1994, 18(4):318.
Lu Yanhao, Zhang Wentang, Xiang Liwen. A suggestion to partition steps of Cambrian in China [J]. Journal of Stratigraphy, 1994, 18(4):318 (in Chinese).
- [2] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国早寒武世岩相古地理 [J]. 古地理学报, 2002, 4(1):1-14.
Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies palaeogeography of the early Cambrian in China [J]. Journal of Palaeogeography, 2002, 4 (1):1-14 (in Chinese with English abstract).
- [3] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国中寒武世岩相古地理 [J]. 古地理学报, 2002, 4(2):1-11.

- Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies palaeogeography of the middle Cambrian in China [J]. Journal of Palaeogeography, 2002, 4 (2):1-11 (in Chinese with English abstract).
- [4] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国晚寒武世岩相古地理[J]. 古地理学报, 2002, 4(3):1-10.
Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies palaeogeography of the late Cambrian in China [J]. Journal of Palaeogeography, 2002, 4 (3):1-10 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王鸿祯, 史晓颖. 沉积层序及海平面旋回的分类级别——旋回周期的成因讨论[J]. 现代地质, 1998, 12(1):1-15.
Wang Hongzhen, Shi Xiaoying. Hierarchy of depositional sequences and eustatic cycles: a discussion on the mechanism of sedimentary cycles [J]. Geoscience, 1998, 12(1):1-15 (in Chinese with English abstract).
- [6] 梅仕龙, 梅冥相, 陈建强. 华北地台中、上寒武统露头层序地层学研究的新认识[J]. 地层学杂志, 1996, 20(2):146-152.
Mei Shilong, Mei Mingxiang, Chen Jianqiang. New results from the study on the outcrop sequence stratigraphy of middle and upper Cambrian, North China [J]. Journal of Stratigraphy, 1996, 20(2): 146-152 (in Chinese with English abstract).
- [7] 梅冥相, 马永生, 梅仕龙, 等. 华北寒武系层序地层格架及碳酸盐台地演化[J]. 现代地质, 1997, 11(3):275-281.
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Mei Shilong, et al. Framework of Cambrian sedimentary sequence and evolution of carbonate platform in North China [J]. Geoscience, 1997, 11(3):275-281 (in Chinese with English abstract).
- [8] 梅冥相, 马永生. 华北北部晚寒武世层序地层及海平面变化研究——兼论与北美晚寒武世海平面变化的对比 [J]. 地层学杂志, 2001, 25(3):201-206.
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng. Study on Sequence-Stratigraphy and Sea-level Changes of Late Cambrian in Northern part of North China——Discussion on the Correlation of Sea-level Change with that of North America [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25(3):201-206 (in Chinese with English abstract).
- [9] 黄宝春, 朱日祥, Otofujii Y, 等. 华北等中国主要地块早古生代早期古地理位置探讨[J]. 科学通报, 2002, 45(4):337-345.
Huang Baochun, Zhu Rixiang, Otofujii Y, et al. Research on the positions of the important Chinese plots in early Paleozoic [J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 45(4):337-345 (in Chinese).
- [10] 乔秀夫, 张安棣. 华北块体、胶辽朝块体与郯庐断裂[J]. 中国地质, 2002, 29(4):337-345.
Qiao Xiufu, Zhang Andi. North China block, Jiao-Liao-Korea block and Tanlu fault [J]. Geology in China, 2002, 29(4):337-345 (in Chinese with English abstract).
- [11] 武铁山. 华北晚前寒武纪(中、新元古代)岩石地层单位及多重划分对比[J]. 中国地质, 2002, 29(2):147-154.
Wu Tieshan. Late Precambrian (Meso- to Neoproterozoic) lithostratigraphic units in North China and their multiple division

- and correlation [J]. *Geology in China*, 2002, 29 (2):147-154 (in Chinese with English abstract).
- [12] 张梅生. 华北地台晚寒武世长山期三叶虫生物地层序列[J]. *现代地质*, 1999, 1(2):247-248.
- Zhang Meisheng. Late Cambrian trilobite biostratigraphy of the Changshan stage on the North China platform [J]. *Geoscience*, 1999, 1(2):247-248 (in Chinese).
- [13] 唐烽, 高林志. 北京及邻区青白口纪化石生物相研究[J]. *地质论评*, 1999, 45(1):50-60.
- Tang Feng, Gao Linzhi. The biofacies of the Qingbaikouan period, Neoproterozoic, in Beijing area and its neighboring areas [J]. *Geological Review*, 1999, 45 (1):50-60 (in Chinese with English abstract).
- [14] 章雨旭. 试论华北板块寒武纪地层的穿时性[J]. *沉积与特提斯地质*, 2001, 21(1):78-87.
- Zhang Yuxu. Diachronism of the Cambrian strata on the North China platform [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2001, 21(1):78-87 (in Chinese with English abstract).
- [15] 季强, 章雨旭. 从层序地层学研究试论华北地区寒武系与奥陶系分界[J]. *地质论评*, 1997, 43(3):241-248.
- Ji Qiang, Zhang Yuxu. A discussion on the Cambrian-Ordovician boundary in North China plate in the light of sequence stratigraphy [J]. *Geology Review*, 1997, 43 (3):241-248 (in Chinese with English abstract).
- [16] 史晓颖, 陈建强, 梅仕龙. 华北地台东部寒武系层序地层年代格架[J]. *地学前缘*, 1997, 4(3/4):161-173.
- Shi Xiaoying, Chen Jianqiang, Mei Shilong. Cambrian sequence chronostratigraphic framework of the North China platform [J]. *Earth Science Frontiers*, 1997, 4 (3/4):161-173 (in Chinese with English abstract).
- [17] 陈建强, 史晓颖. 华北地台张夏组上部高频沉积层序与米兰科维奇周期[J]. *地学前缘*, 1997, 4(3/4):100.
- Chen Jianqiang, Shi Xiaoying. High-frequency sequence——stratigraphy of the upper Changhia formation and the Milankovich cycles in the North China Platform [J]. *Earth Science Frontiers*, 1997, 4(3/4):100 (in Chinese).
- [18] 陈建强, 史晓颖, 张国仁, 等. 华北地台中寒武统张夏组上部高频层序研究[J]. *地层学杂志*, 1998, 22(2):109-115.
- Chen Jianqiang, Shi Xiaoying, Zhang Guoren, et al. High-frequency sequence——stratigraphy of the upper Changhia formation in the North China platform [J]. *Journal of Stratigraphy*, 1998, 22(2):109-115 (in Chinese with English abstract).
- [19] 朱兆玲, 项礼文, 章森桂, 等. 华北上寒武统崮山阶研究新进展[J]. *地层学杂志*, 2005, 29(增刊):462-467.
- Zhu Zhaoling, Xiang Liwen, Zhang Sengui, et al. New advance in the study of the upper Cambrian kushanian stage of North China [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2005, 29 (Supp.):462-467 (in Chinese with English abstract).
- [20] 彭阳, 季强, 章雨旭, 等. 北京西山及邻区寒武系顶部微晶丘特征及层序地层学意义[J]. *地质论评*, 1998, 44(1):35-45.
- Peng Yang, Ji Qiang, Zhang Yuxu, et al. The characteristics and sequence stratigraphic significance of the micrite Mound at the top of Cambrian in Western Hills, Beijing and neighboring areas [J]. *Geology Review*, 1998, 44 (1):35-45 (in Chinese with English abstract).
- [21] 彭阳, 章雨旭. 北京西山及邻区下古生界白云石化与层序地层[J]. *地球学报*, 2000, 21(1):78-85.
- Peng Yang, Zhang Yuxu. Lower Paleozoic dolomitization in Western Hills of Beijing and its adjacent areas and its relationship with sequence stratigraphy [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2000, 21(1):78-85 (in Chinese with English abstract).
- [22] 高林志, 乔秀夫. 北京西山寒武系下苇甸组——一个新建议的组[J]. *地层学杂志*, 2001, 25(3):188-192.
- Gao Linzhi, Qiao Xiufu. Cambrian Xiaweidian Formation——A newly established formation in Western Hills, Beijing [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2001, 25(3):188-192(in Chinese with English abstract).
- [23] 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其形成机制探讨[J]. *地质论评*, 1997, 43(2):148-154.
- Zhang Yuxu, Peng Yang, Gao Linzhi. Characteristics of main types of parasequence in Cambrian-Ordovician system in Western Hills, Beijing and forming mechanism of parasequence [J]. *Geological Review*, 1997, 43(2):148-154 (in Chinese with English abstract).

Sequence stratigraphy of Cambrian in Western Hills, Beijing

ZHU Chuan-qing^{1,2}, LUO Yang³, YANG Shuai⁴, LI Jin-wu³, CHEN Jian-qiang⁵

(1. *Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China*; 2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; 3. *Shengli Oilfield Corporation, Dongying 257001, Shandong, China*; 4. *China National Gold Group Corporation, Beijing 100011, China*; 5. *Department of Geosciences, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

Abstract: For the purpose of obtaining more comprehensive geological knowledge and providing contrast to other areas, the authors studied the Cambrian strata exposed in the Western Hill area in the aspects of sequence stratigraphy and sedimentology. In the Western Hills, Cambrian strata are composed of many carbonate rock types comprising various kinds of limestone and dolomite. In accordance with the principles of sequence stratigraphy and the working methods, combined with sequence characteristics of interfaces between the Cambrian strata, the authors defined sixteen major third-order depositional sequences: SQ1–SQ3 for type I and much more (SQ4–SQ16) for type II. The Cambrian sedimentary strata in this area are typical sediments of stable platform. As Cambrian strata were deposited in the littoral area characterized by gentle topography and stable tectonic subsidence, deep valleys and other deep-cut phenomena are not very obvious, and deposits of lowstand system tracts (LST) or shelf marginal system tracts (SMST) are not found in all sequences.

Key words: Western Hills; Beijing; Cambrian; sequence stratigraphy; sedimentary environment

About the first author: ZHU Chuan-qing, male, born in 1981, doctoral candidate, majors in sedimentary basin analysis and structure geology; E-mail: zcq_igcas@163.com.