

冀北滦平侏罗-白垩系界线 层序地层学研究*

田树刚** 柳永清 李佩贤

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

庞其清

(石家庄经济学院, 石家庄 050031)

牛绍武

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要 据沉积旋回和相序分析, 将冀北滦平张家沟剖面陆相侏罗-白垩系界线系统划分为 5 个层序、13 个亚层序和 139 个副层序. 应用亚层序与副层序的稳定延续时限标定地层单位界线年龄值, 层序 I(大北沟组)的底界为 142.90 Ma, 层序 II 的底界为 141.16 Ma, 层序 III(大店子组)的底界为 140.00 Ma, 层序 IV(张家沟组)的底界为 138.24 Ma, 层序 V(张家沟组)的顶界为 135.34 Ma. 在层序界面和标志层追索及化石带等时对比基础上, 建立滦平盆地大北沟组~张家沟组层序地层格架. 据层序与层序界面成因分析和分布特征, 论述了构造阶段和盆地演化. 5 个层序代表盆地发育的 5 个断陷-上升旋回, 6 个层序界面的形成都显示构造活动影响. 盆地演化宏观上分为三大阶段, 每个阶段包括强烈抬升→剧烈断陷(伴随火山喷发)→逐渐抬升的构造旋回, 证明盆地断陷对应于沉积范围窄小、而抬升对应于范围扩展的演化规律.

关键词 层序地层学 陆相层型 侏罗-白垩系界线

陆相侏罗-白垩系界线划分对比是一个重大疑难问题, 数十年来始终存在激烈争论. 究其原因, 关键是没能找到沉积连续的界线过渡剖面, 缺少完整的界线地层标准层序. 发生在侏罗-白垩系界线处的强烈构造运动, 造成冀北-辽西及周邻地区频繁火山喷发和不同程度的沉积间断. 地层缺失和生物演化谱系的脱节使该问题的讨论一直没有统一的基准.

2001 年, 本文作者组成的课题组在冀北滦平火斗山乡张家沟发现了沉积连续、化石丰富、出露完全的界线过渡剖面, 开始了建立陆相层型和再次解决侏罗-白垩系界线问题的研究^[1~4](图 1). 层序地层学的理论和方法可以提高地层的分辨率^[5], 研究沉积基准面的变化, 证实沉积的连续性, 建立地层等时格架, 预测层序界面和地质体的分布, 帮助确定有利的“层型剖面点”(GSSP). 层序地层的成果是建立“层型”必不可少的证据^[6].

2003-05-20 收稿

* 中国地质调查局地质调查项目“中国地层标志化石及重点层型剖面”资助(批准号: 200013000173)

** E-mail: sgtian@cags.net.cn

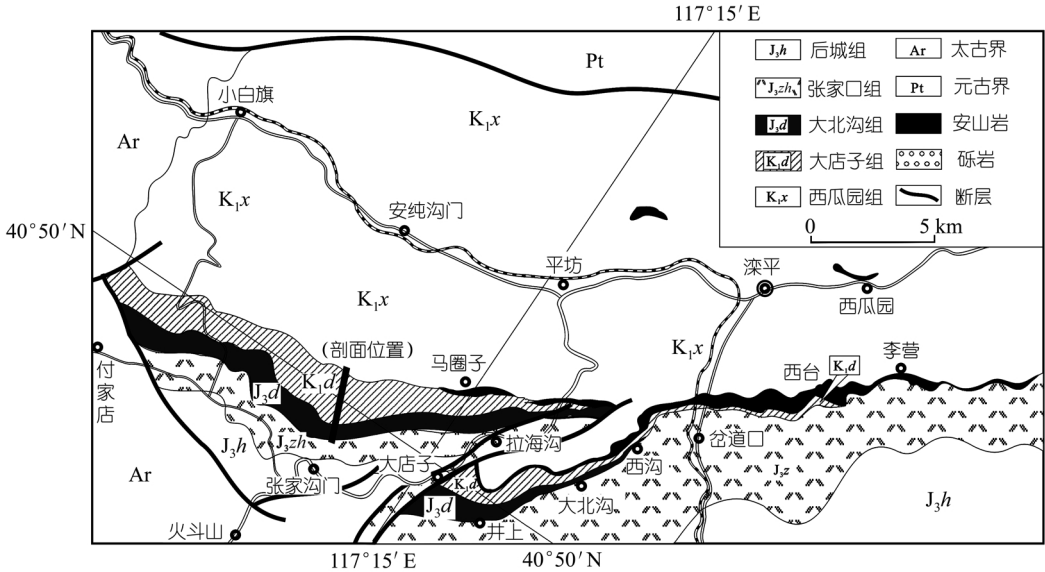


图 1 研究区地质与交通略图

1 副层序与亚层序

研究资料统计证明, 大部分副层序(5~6 级层序)和亚层序(4 级层序)的形成与 Milankovitch 旋回有关, 它们分别对应于地球轨道的偏心率周期和黄赤交角与岁差周期^[7-9]. 它们有相对一致的稳定时限(最佳延续时限分别为 0.02 ~ 0.04 和 0.1 ~ 0.4 Ma), 具有岩石地层和年代地层的双重性质, 能标定地层单位的确切时限, 进行高分辨率地层划分对比.

1.1 副层序

张家沟剖面侏罗-白垩系界线过渡地层包括大北沟组、大店子组和张家沟组. 其中张家沟组为本文新建. 三岩组中可识别副层序 139 个, 按沉积特征和沉积相位归于 12 种类型, 代表 5 种沉积环境(见图 2).

(1) 滨-浅湖相副层序 这类副层序在张家沟剖面出现频率较低, 特征变化较大, 往往出现在层序界面附近, 成为两个层序间的转换层. 它们归为三种类型. 第一种仅出现在大北沟组底部, 岩石颗粒明显较粗, 未见化石; 岩性以中层状(少数厚层)凝灰质胶结的含细砾粗砂岩为顶和底层, 夹薄层凝灰质砂岩、粉砂岩、粉砂凝灰岩; 属近岸浅水滨-浅湖相沉积. 岩层厚度横向延展稳定, 副层序规模不大, 厚度多在 0.5 ~ 1.0 m. 第二种为典型的浅湖相沉积, 出现在各层序界面附近, 形成层序的转换层. 副层序的顶、底岩层为中层夹厚层泥质、粉砂质胶结的中、细粒砂岩, 间夹薄层板状或透镜状细砂岩、粉砂岩、粉砂泥岩组成的韵律层; 岩层横向延展稳定; 化石相对较少, 以浅水双壳类、腹足类、叶肢介和植物碎片为主. 副层序的规模多在 1 ~ 2 m. 第三种为远岸浅湖相沉积, 岩性以粉砂泥岩和泥岩为主, 代表构造稳定、湖盆扩展、远离物源的浅水环境, 它们集中出现在大店子组下部. 副层序顶、底岩层多为薄-中层或透镜状中、细粒砂岩; 砂岩层横向追索很快尖灭, 属扇三角洲前缘的浊积砂体; 主体由灰绿色粉砂岩、泥岩组成, 夹有顺层排列直径数十厘米的含钙泥质结核. 结核中含较多小个体介形虫、腹足类、

砾岩为主, 间夹漫岸和漫滩环境的砂岩和砂质泥岩. 它们往往反映构造活动引起的基底抬升. 按是否具有暴露标志, 分为水上扇分流河道亚相和水上扇分流河道亚相.

水下扇分流河道副层序的岩性为厚层块状砂-细砾充填的砾岩, 间夹中-薄层或透镜状含细砾粗砂岩、砂质泥岩和泥岩. 砾石组成以硅质砾为主, 还有少量火山岩砾和白云岩砾; 砾径 2~5 cm, 磨圆不等, 分选较差. 副层序厚度一般 1.5~3.0 m. 水上扇分流河道副层序具有短暂暴露标志, 如充填胶结物呈红色, 砾石具有氧化圈, 砂质泥岩层面发育泥裂或呈铁染状等. 这两种亚相的副层序组在地层中常叠覆共生, 形成湖侵或湖退序列.

(3) 扇三角洲前缘副层序 这类副层序在剖面中出现较多. 特征是发育扇三角洲前缘的浊积砂体, 即大大小小的透镜层状含细砾砂岩、中-细粒砂岩密集出现. 砂岩斜层理发育, 横向追索透镜层相变为分流河道砾岩. 按透镜层间所夹粉砂岩和泥岩的沉积环境, 即浊积砂体的堆积背景, 该副层序归为三种类型. 第一种是近岸浅湖型, 透镜层间夹粉砂岩、砂质泥岩和小砂岩透镜体组成的韵律, 沉积物粒度较粗; 副层序厚度 2~4 m, 变化较大; 含化石较少, 多浅水的双壳类、腹足类、介形虫和叶肢介等. 第二种为远岸浅湖型, 集中出现在大店子组的底部. 透镜层间夹粉砂质泥岩和泥岩及顺层分布的含钙泥质结核, 沉积物粒度较细; 结核中含有少量浅水型小个体腹足类、介形虫和叶肢介等. 第三种为半深湖型, 透镜层间夹泥岩、粉砂质泥岩、页岩和泥灰岩结核; 岩石中含有丰富的叶肢介、介形虫、双壳类和植物碎片等化石. 后两种副层序厚度相对较薄, 约 2.0 m 左右.

(4) 半深湖相副层序 这类副层序与下述深湖相副层序在剖面上出现最多. 其特征是岩性为灰绿色粉砂泥岩和泥岩, 夹泥灰岩、粉-细砂岩透镜体; 岩层中化石丰富、保存较好, 有叶肢介、介形虫、双壳类、轮藻和植物碎片等. 按岩性组合可以归为两种类型. 第一种为薄层状泥灰岩透镜层做副层序的顶、底层, 间夹灰绿色泥岩、钙质泥岩、粉砂泥岩和小泥灰岩透镜体组成的韵律. 第二种为薄层状中-细粒状砂岩做副层序的顶、底层, 间夹灰绿色粉砂岩、泥岩和小砂岩透镜体组成的韵律. 两种类型岩性的差异可能是沉积物来源不同造成的.

(5) 深湖相副层序 这类副层序以黑色、黑灰色泥岩和页岩为特征, 出现在层序的最高湖泛面附近; 按所夹的薄层状泥灰岩或细砂岩透镜层划分副层序. 副层序中各类化石丰富, 仅粉砂质页岩中保存欠佳. 依岩性组合特征可以分为两种类型: 一种是由黑色钙质页岩和绿灰色泥岩组成的韵律; 另一种是由黑色泥质页岩和黑色粉砂质页岩组成的韵律.

1.2 亚层序

亚层序在剖面上表现为副层序的有序叠加, 反映一套沉积体系(如扇三角洲沉积体系)或一个完整的湖平面升降旋回. 它们受构造活动影响较小, 亚层序界面除少数与构造间断界面重合者外, 均为沉积连续的相转换面. 在张家沟剖面中可识别出 13 个亚层序, 归为 4 种相型.

(1) 扇三角洲型亚层序(亚层序 1, 9, 10) 亚层序 1 以浅水滨-浅湖相和扇三角洲分流河道沉积为特征. 湖侵域以滨-浅湖相中-薄层凝灰质砂岩和粉砂质沉凝灰岩为主, 夹分流河道细砾粗砂岩透镜体. 最大湖泛面附近为浅湖相 3.5 m 厚的灰绿色粉砂质沉凝灰岩. 高位域为分流河道细砾粗砂岩和砂砾岩, 夹凝灰质砂岩和砂质沉凝灰岩组成的副层序, 砾岩具氧化圈和铁染胶结物等短期暴露标志.

亚层序 9 和 10 为典型的扇三角洲沉积, 反映三级层序湖侵期快速堆积的沉积旋回. 亚层序 9 湖侵域下部由分流河道厚层-块状砾岩夹中-薄层细砾粗砂岩和砂泥岩组成. 湖侵域上部和

高位域均为扇三角洲前缘亚相浊积水道堆积, 砂岩透镜层和漫岸、漫滩环境的砂、泥岩; 只是湖侵域上部的副层序较厚, 沉积物颗粒较粗. 最大湖泛面附近地层为浅湖相灰绿色粉砂质泥岩夹浊积的细砂岩透镜体. 亚层序 10 沉积水体较亚层序 9 加深, 湖侵域下部的分流河道堆积主要为砂岩, 其他部位特征同亚层序 9.

(2) 远岸浅湖相亚层序(亚层序 6) 仅见于大店子组下部. 亚层序主体为灰绿色泥岩和粉砂质泥岩夹钙质泥岩结核、砂岩透镜层组成的副层序叠置而成. 底、顶部为含细砾粗-细砂岩透镜层夹泥岩、粉砂质泥岩组成的扇三角洲前缘副层序. 最大湖泛面附近仍为远岸浅湖相.

(3) 半深湖相亚层序(亚层序 3, 5, 8, 10) 与深湖相亚层序一样均为剖面上出现最多的亚层序类型. 亚层序中以灰绿色粉砂泥岩和泥岩夹泥灰岩和砂岩透镜层组成的半深湖相副层序最发育. 亚层序 3 和 5 的底、顶部为浅湖相副层序, 表明当时扇三角洲不发育; 而亚层序 8 和 10 的底、顶部为扇三角洲副层序. 最大湖泛面附近地层均为深灰色、黑色页岩夹泥灰岩、砂岩透镜体的深湖相副层序.

(4) 深湖相亚层序(亚层序 2, 4, 7, 11, 12) 出现于每个层序的最大湖泛面附近. 其特征是发育较厚的深灰色、黑色粉砂页岩、钙质页岩和泥岩, 夹泥灰岩、砂岩透镜层. 底、顶部通常出现浅湖、半深湖和扇三角洲前缘的副层序.

1.3 各级层序和地层单位的时限

关于滦平盆地已经积累了许多岩石年龄资料. 胡华光等^[10]在姚营子村张家口组下部流纹岩采样, 测得 Rb-Sr 等时线年龄 145.3 Ma; 罗修泉等^[11]测得大店子东沟北山梁和李营的张家沟组(原称义县组)玄武安山岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 升温年龄分别为 136.0 和 137.0 Ma, 平均年龄 136.5 ± 0.7 Ma; 李佩贤等^[12]依据沉积速率推定大北沟组与大店子组界线年龄为 140 ± 1 Ma.

根据以上岩石年龄数据, 本文计算出张家沟剖面上不同级别层序的平均延续时限. 副层序的平均时限为 0.06 Ma, 亚层序为 0.58 Ma, 三级层序为 1.51 Ma. 它们符合 Vail 等^[13]提出的各级层序的延续时限标准. 利用各平均时限, 可以标定不同地层单位和界线的年代. 层序 I(大北沟组)的底界为 142.90 Ma, 层序 II 的底界为 141.16 Ma, 层序 III(大店子组)的底界为 140.00 Ma, 层序 IV(张家沟组)的底界为 138.24 Ma, 层序 V(张家沟组)的顶界为 135.34 Ma.

2 层序划分与盆地演化

陆相断陷盆地层序(三级层序)乃至更大的超层序形成均受构造活动和气候变化的双重影响, 沉积特征反映了盆地演化和构造活动周期. 张家沟剖面的侏罗-白垩系界线地层可分为 5 个层序, 6 个层序界面的形成与盆地基底抬升和火山喷发事件相吻合(图 2). 追索层序、层序界面与标志层的延伸, 依靠化石带和同位素测年数据的等时对比, 本文建立了滦平盆地大北沟组~张家沟组层序地层格架(图 3).

2.1 层序与界面特征

(1) 层序 I 湖侵体系域由滨浅湖相-扇三角洲分流河道-半深湖相-深湖相的副层序叠置而成. 沉积环境快速变化反映盆地基底剧烈断陷, 短期内达到很大深度. 深湖相钙质页岩和泥灰岩中含大量的黄铁矿晶体和矿化结核, 说明湖底出现滞流还原环境. 高位体系域则表现了基底小幅度升降, 总体缓慢抬升的趋势. 高位域以半深湖相副层序为主, 夹少量深湖相副层序, 顶部出现远岸浅湖相副层序.

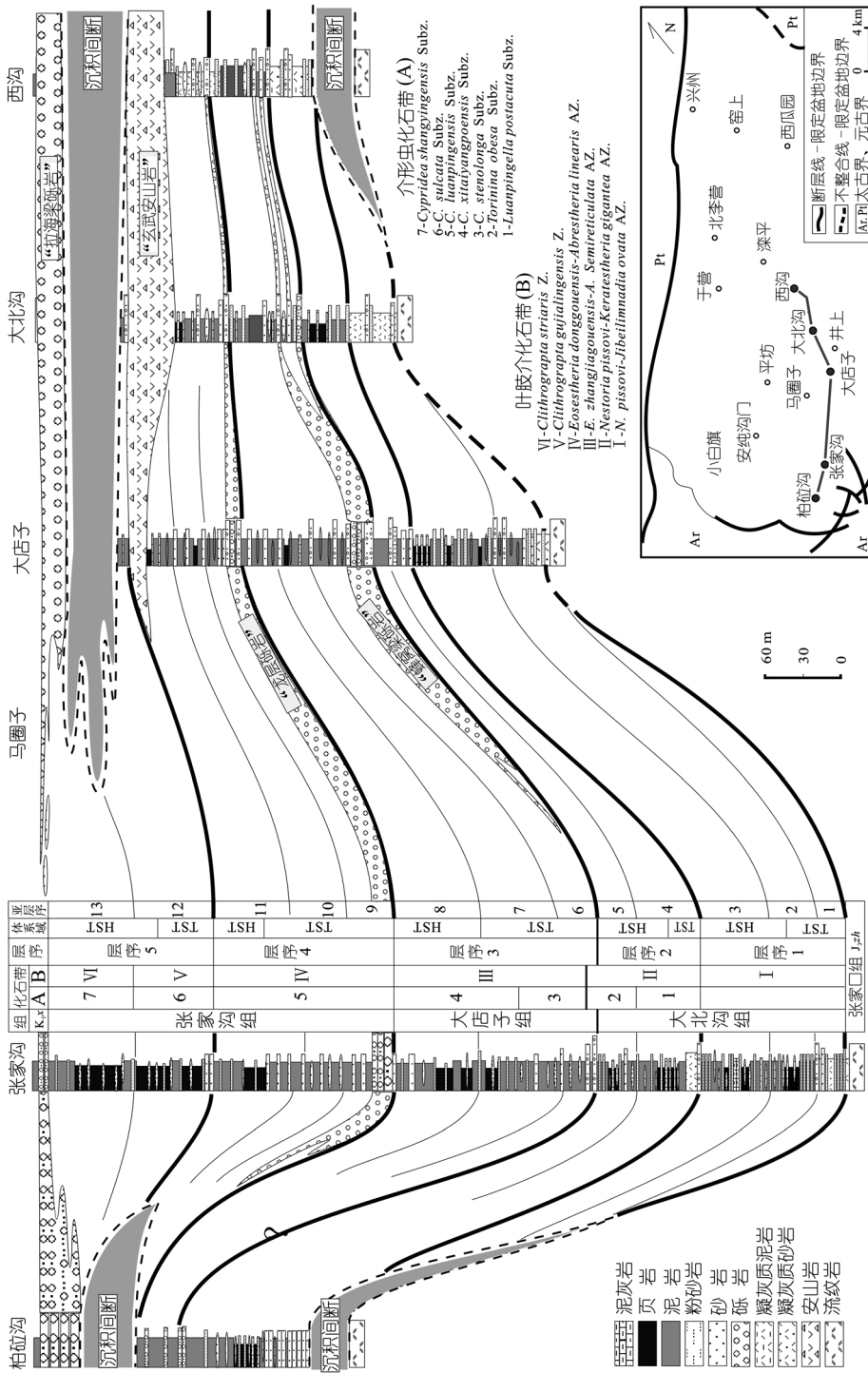


图 3 冀北滦平盆地大北沟组~张家沟组层序地层格架

该层序的横向分布局限,底部向两侧明显超覆。由3个亚层序组成。亚层序1向东只延到拉海村西的三道沟,亚层序2上超到井上村东,到了西沟垭口就只见到该层序上部的沉积。超覆特征说明盆地剧烈断陷时范围很小,随后曾伴随缓慢抬生而扩展。

该层序底界在张家沟一带没有发现暴露证据。滨-浅湖相中-薄层或透镜状含砾凝灰质砂岩或砂质凝灰岩直接覆盖在张家口组灰绿色凝灰岩之上。而在大北沟村东见到侵蚀间断面,在柏砬沟见到小角度的不整合,其他地区可根据地层超覆推断为假整合接触面。

(2) 层序Ⅱ 层序Ⅱ沉积特征显示的沉积环境是层序Ⅰ的继续,整体沉积水深稍变浅,但沉积范围横向扩展明显。地层以半深湖相灰绿色泥岩、粉砂质泥岩为主;深湖相沉积特征为黑色泥灰岩、页岩与绿灰色泥岩、粉砂泥岩的频繁交互,未见黄铁矿化现象。各类化石大量出现,有介形虫、叶肢介、双壳类、螺类、轮藻等。层序Ⅱ的覆盖范围向西到盆地边缘的柏砬沟,向东可到西沟村以东。

层序Ⅱ底部为一层1.77 m厚的酸性凝灰质胶结火山角砾岩,角砾粒径1~5 cm,在基质中分布不均匀;上覆7.94 m灰绿色砂屑凝灰岩,平行层理不甚发育。二者应为准原地沉积,代表了基底断陷引发的一期小规模火山喷发。这套火山岩仅见于张家沟一带。

(3) 层序Ⅲ 该层序即为大店子组。沉积范围在所研究地层中分布最广,代表盆地大扩展时期。沉积特征显示较下伏层序的水体明显变浅。湖侵体系域主要是远岸浅湖相泥岩和粉砂泥岩,夹中-薄层砂岩和钙质泥岩结核;高位体系域以半深湖相粉砂泥岩、泥岩夹砂岩透镜层为主。化石为大量的浅水型介形虫、叶肢介、双壳类、螺类等。

层序Ⅲ底部的两个副层序虽夹有3~4层扇三角洲前缘含砾粗砂岩,但它们主要由泥岩、粉砂泥岩组成。扇三角洲前缘砂体的沉积背景属远岸浅湖相,与其上覆和下伏副层序的沉积环境(远岸浅湖)一致,这样就构成了侏罗-白垩系界线上下同相地层序列,成为建立陆相层型的可靠基础。

张家沟剖面层序Ⅲ底部的3~4层扇三角洲前缘含砾粗砂岩透镜层向东追索到井上村后的蜂窝梁,相变成为45 m左右的扇三角洲分流河道砾岩堆积。这套砾岩从三道沟到西沟村都可以找到,地貌特征明显,可作为标志层,本文称为“蜂窝梁砾岩”。由于分流河道的切割冲蚀作用,“蜂窝梁砾岩”在很多地点直接覆盖在浅湖或半深湖相泥岩之上,造成不同程度的沉积缺失。

(4) 层序Ⅳ 以发育扇三角洲沉积体系为特征,代表一次强烈基底抬升之后对断陷了的盆地快速充填过程。湖侵体系域包括两个扇三角洲型亚层序,厚度异常,约等于高位体系域的3倍,由扇三角洲分流河道亚相和前缘亚相夹浅湖相的副层序组叠置而成。高位体系域很薄,完全由远岸浅湖相副层序组成。最大湖泛面附近地层为半深湖相粉砂泥岩、泥岩夹页岩和中-细砂岩透镜层。

层序Ⅳ底部的分流河道砾岩层巨厚,约20~30 m;砾石多为硅质,少数为火山角砾;砾径2~5 cm,分选与磨圆不均一。砾岩层有的可见粉红色胶结物、薄层铁染的暴露壳和一些砾石具氧化圈,明显多次短期暴露。砾岩层下伏浅湖相砂岩、粉砂泥岩和粉砂岩,相序没有发现明显“跳跃”,但不排除有层位被冲蚀。该套砾岩分布很广,在西沟村以东和盆地西缘的柏砬沟都见有延伸,可以作为追索的标志层。由于在大店子东沟该套砾岩中发现了鸚鵡嘴龙化石(*Psitta-cosaurus* sp.),所以本文称为“龙层砾岩”。

该层序上部在张家沟一带为正常湖相沉积. 向东从拉海西部的二道沟一直到县城以东的李营, 堆积了 10 ~ 30 m 不等的灰黑色玄武安山岩; 并且在这一大范围内, 层序 IV 上部和层序 V 的地层缺失. 表明层序 IV 沉积初期强烈抬升之后, 基底断陷接受沉积, 伴随着大规模的火山喷发. 该层火山岩可用于地层等时对比, 本文称为“玄武安山岩”层.

(5) 层序 V 仅发育于张家沟一带. 层序 V 以深湖相沉积占绝对优势, 黑色泥质页岩和粉砂质页岩占整体沉积的 2/3; 湖侵体系域很薄, 占高位体系域厚度的 1/2. 这些说明, 湖盆在很短的时间内就断陷达到很大深度, 随着基底急剧断陷沉积范围而大大缩小. 该层序底部地层为浅湖相粉砂质泥岩, 夹扇三角洲前缘相砂岩, 与下伏层的沉积环境一致, 说明层序底界沉积连续. 顶部浅湖相粉砂泥岩被西瓜园组分流河道砾岩覆盖, 不排除有地层被冲蚀.

张家沟剖面西瓜园组底部的砾岩层厚 6~8 m, 横向呈透镜状; 泥砂质胶结, 砾石以硅质砾为主, 含许多火山角砾; 砾径 2~8 cm, 分选中等; 属水下分流河道沉积. 在盆地西部的柏硷沟和东部的拉海梁, 该套砾岩层明显增厚, 可达数十米, 地貌特征明显; 砾石以硅质为主, 还含一些碳酸盐岩砾石, 砾径 3~10 cm, 磨圆好, 属河口扇堆积. 这套砾岩在拉海梁发育最显著, 本文称“拉海梁砾岩”, 标志着又一次大的构造抬升.

2.2 构造阶段与盆地演化

断陷陆盆的形成和演化受构造活动期挤压抬升与间歇期拉张断陷的交替影响^[14-16]. 上述张家沟剖面层序的所有湖侵体系域都显示盆地基底拉张断陷的过程, 而高位体系域反映了挤压抬升. 5 个沉积层序代表了盆地发育的 5 个拉张断陷-挤压抬升轮回. 6 个层序界面的成因显示每期构造活动的顶峰及造成的基底抬升和火山喷发. 纵观后期~张家沟期的盆地演化过程, 宏观上又可分为三大阶段. 后城组及张家口组为第一阶段, 大北沟组至大店子组为第二阶段, 张家沟组为第三阶段. 每个阶段包括强烈抬升→剧烈断陷(或伴随火山喷发)→继续断陷伴随火山喷发→逐渐抬升的复杂过程, 并且显示断陷对应于盆地范围缩小、而抬升对应于盆地范围扩展的演化规律(图 4).

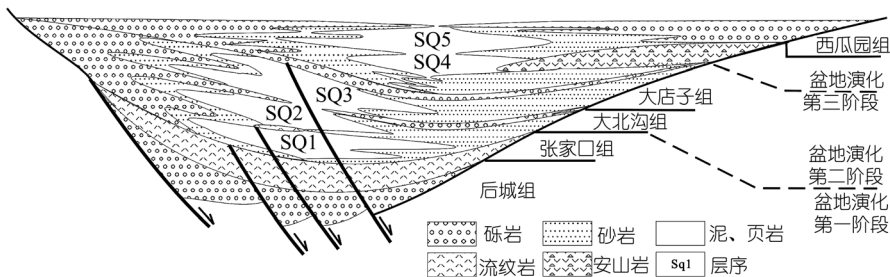


图 4 滦平盆地后期~张家沟期演化示意图

晚侏罗世开始的早期燕山运动较强的一幕造成地壳强烈抬升, 随后地壳拉张、剧烈断陷, 形成盆地, 伴随大规模火山喷发. 出现了后期巨厚砾岩堆积和张家口组酸性喷发岩. 当时盆地活动(断陷)边缘在西南侧, 东北方向属被动(缓坡)边缘, 盆地呈簸箕形.

大北沟早期(层序 I)为第二阶段. 盆地快速断陷达到很大深度, 但沉积分布范围狭小, 限

于张家沟至大北沟村地区。大北沟晚期(层序Ⅱ), 经基底短暂微弱抬升伴随小规模火山喷发后, 盆地继续断陷; 后期开始缓慢基地抬升, 盆地范围逐渐扩展。大店子期(层序Ⅲ), 基底继续抬升, 盆地范围也随之扩展最大。“蜂窝梁砾岩”仅指示加速基底抬升的构造活动。该演化阶段的沉积中心位于兴隆沟至张家沟一带。

张家沟早期(层序Ⅳ), “龙层砾岩”标志基底的强烈抬升使湖盆大部分露出水面或短暂暴露, 第三演化阶段开始。基底开始再度断陷, 广泛发育扇三角洲充填, 沉积范围迅速缩小。特别是“玄武安山岩”的大范围喷发, 使盆地沉积范围萎缩到张家沟一带。张家沟晚期(层序Ⅴ), 基底进一步断陷, 保持沉积范围窄小但很深的湖盆环境。该演化阶段的盆地沉积中心北东向推移, 位于张家沟至马圈子一带。

“拉海梁砾岩”标志另一演化阶段(属西瓜园期)的开始, 砾岩规模大, 延伸广, 几乎覆盖整个盆地, 并且已在马圈子村找到了与之相伴的酸性火山喷发岩体。

3 陆相层型意义

本文上述研究对建立陆相侏罗-白垩系层型具有如下意义:

(1) 盆地演化研究证实, 滦平盆地存在连续的侏罗-白垩纪界线期湖盆沉积环境。燕山运动早期较强烈的一幕致使冀北-辽西普遍抬升, 造成张家口期~张家沟期地层不同程度缺失, 惟独在滦平盆地的张家沟地区沉积了连续的湖相地层。

层序Ⅳ和层序Ⅴ属盆地演化第三阶段。这套地层为滦平盆地独有的盆地剧烈断陷的湖盆沉积, 张家沟一带发育最完整。岩性以扇三角洲相、半深湖相和深湖相沉积为特征; 生物化石组合主要包括介形虫: *Cypridea granulosa granulosa*, *C. granulosa subgranulosa*, *C. sulcata*, *C. shangyingensis*; 叶肢介: *Eosestheria donggouensis*, *E. bella*, *Clithrograpta gujialingensis*, *C. striaris*; 还有狼鳍鱼 *Lycoptera* sp.等。因此本文建立张家沟组。

(2) 层序地层格架的相序和分布表明张家沟地区为界线期盆地沉积中心。张家沟地区侏罗-白垩系界线地层以扇三角洲相、半深湖相和深湖相沉积为主, 形成连续的沉积序列; 界线点附近地层属同一的远岸浅湖相, 成为建立层型(GSSP)的极好剖面。

(3) 依据地层成因, 进行系统的高分辨率地层划分, 标定地层单位时代。张家沟剖面侏罗-白垩系界线地层划分为5个层序、13个亚层序、139个副层序。据前人同位素测年数据, 计算了标定各级层序的平均延续时限和地层单位间界线的年代。

(4) 详细研究了各级层序和界面特征, 论述了构造分期和盆地演化。剖面的5个层序代表盆地发育的5个断陷-上升旋回, 6个层序界面都显示构造成因特征。盆地演化宏观上分为三大阶段, 每个阶段包括强烈抬升→剧烈断陷(或伴随火山喷发)→继续断陷伴随火山喷发→逐渐抬升的复杂过程, 显示断陷对应于盆地范围缩小、而抬升对应于盆地范围扩展的演化规律。

(5) 湖平面升降旋回证明界线点为生物群演化复苏的开始。侏罗-白垩系界线生物标志为介形虫 *Cypridea stenolonga* Pang 的首现, 代表着生物群演化的初始。这一界线点恰位于层序Ⅲ底界之上第一湖泛面。

参 考 文 献

- 1 柳永清, 田树刚, 李佩贤, 等. 滦平盆地大北沟组-大店子组沉积和地层格架及陆相层型意义. 地球学报, 2001, 22(5):

391 ~ 396

- 2 庞其清, 李佩贤, 田树刚, 等. 冀北滦平张家沟大北沟组-大店子组介形类的发现及生物地层界线研究. 地质通报, 2002, 21(6): 329 ~ 338
- 3 牛绍武, 李佩贤, 田树刚, 等. 冀北滦平盆地大北沟组叶肢介化石研究新进展. 地质通报, 2002, 21(6): 322 ~ 328
- 4 牛绍武, 李佩贤, 田树刚, 等. 冀北滦平盆地大店子组中网雕饰叶肢介 *Clithrograpta* 属的发现及其意义. 地质通报, 2003, 22(2): 95 ~ 104
- 5 Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continentated strata. AAPG Bulletin, 1994, 78(4): 544 ~ 568
- 6 Remene J, Bassett M G, Cowie J W, et al. Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standard by the International Commission on Stratigraphy (ICS). Episodes, 1996, 19(3): 77~81
- 7 Fischer A G, Bottjer D J. Orbital forcing and sedimentary sequences. Jour Sediment Petro, 1991, 61(7): 1063 ~ 1069
- 8 Wang H, Shi X. A scheme of the hierarchy for sequence stratigraphy. Jour China Univ Geosci, 1996, 7(1): 1~12
- 9 孟祥化. 沉积节律性及其动力学研究. 地学前缘, 1997, 4(3-4): 147~154
- 10 胡华光, 胡世玲, 王松山, 等. 根据同位素年龄讨论侏罗、白垩纪火山岩地层的时代. 地质学报, 1982, 56(4): 315 ~ 323
- 11 罗修泉, 李佩贤. 侏罗系-白垩系界线年代研究. 地球学报, 1997, 18(3): 242 ~ 247
- 12 李佩贤, 庞其清, 程政武. 中国北方陆相侏罗系与白垩系分界和临界阶的建立. 见: 第三届全国地层会议论文集. 北京: 地质出版社, 2000. 243 ~ 251
- 13 Vail P R, et al. The stratigraphic dignatures of tectonics, eustasy and sedimentology——an overview. In: Cycles and Events in Stratigraphy. Berlin: Springer-Verlag, 1990. 617~659
- 14 王鸿祯. 中国东部及邻区中、新生代盆地发育及大陆边缘地区的构造发展. 地质学报, 1983, 57(3): 214 ~ 223
- 15 李思田, 杨士恭, 吴冲龙. 中国东部晚中生代断陷作用和东北亚断陷盆地系. 中国科学, B 辑, 1987, (2): 185 ~ 195
- 16 解习农, 任建业, 焦养泉, 等. 断陷盆地构造作用与层序样式. 地质论评, 1996, 42(3): 239 ~ 244