

山西平陆地区古近纪河湖相地层的重新厘定与划分

朱大岗 孟宪刚 邵兆刚 雷伟志 王 津
韩建恩 余 佳 吕荣平 王 艳

(中国地质科学院地质力学研究所, 国土资源部新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081)

摘要:通过对山西平陆地区河湖相地层的野外地质调查和实测剖面, 对分布于该区内的古近系进行了详细的研究和划分, 重新厘定了该区古近系岩石地层单元, 建立了生物地层和年代地层层序, 提供了新的 ESR 测年数据。将该套河湖相地层从新到老重新划分为: 渐新统柳林河组(E_3^1l)、小安组(E_3^1x); 始新统西滩组(E_3^1x)、赵家岭组(E_3^1z)、坡底组(E_3^1p)、门里组(E_3^1m); 古新统坝头组(E_1^1b)。为华北地区乃至全国古近纪地层的研究与划分对比提供了重要依据。

关键词:山西平陆; 古近系; 岩石地层; 生物地层; 电子自旋共振

中图分类号: P534.61⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)04-0656-15

平陆县地处山西省南部与河南省三门峡市交界的黄河流域(在北纬 $34^{\circ}50'$ 、东经 $111^{\circ}20'$ 一带), 属于汾渭地堑中运城晚新生代断陷盆地的南缘山地。山地的基底为石炭—二叠纪灰岩、砂岩和浅变质岩, 上面不整合堆积了厚达千米的古近纪河湖相沉积地层^[1]。为研究华北地区古近纪湖泊演化、气候变化、古地理变迁、地层划分等提供了有利的记录。

2006 年 7—9 月和 2007 年 7—9 月, 笔者两次在开展“华北地区古近纪和新近纪地层格架厘定”工作中, 根据野外观测、实测地层剖面和古地磁法、ESR 法同位素测年、古生物化石鉴定、孢粉分析、介形虫化石鉴定等资料, 结合沉积相、岩相组合等特征, 将该地区的古近系河湖相沉积地层从新到老重新划分为: 渐新统柳林河组(E_3^1l)、渐新统小安组(E_3^1x); 始新统西滩组(E_3^1x)、赵家岭组(E_3^1z)、坡底组(E_3^1p)、门里组(E_3^1m); 古新统坝头组(E_1^1b) (图 1)。

1 山西平陆地区河湖相地层研究沿革

对山西平陆地区河湖相地层的研究起始于 20

世纪 20 年代, 1917—1923 年, JG Andersson^[2]对灵宝至黄河桥黄河河谷进行地质调查时, 初步对“三门系”进行了研究。1927 年, Zdansky O^[3]、Teilhard de chardin P and Yong C C^[4]对灵宝、三门峡一带的地层进行了研究。Berkey C P and Granger W^[5]、杨钟键等^[6], 也在华北许多地区做了地层工作。比较系统的古近纪地质调查, 是在 20 世纪 50 年代末以后到 60 年代由山西省地质局区测队进行的, 并建立了平陆群^[1]。此后, 裴文中等^[7]、郑家坚等^[8]、王乃文等^[9], 也对山西古近纪地层进行了广泛的调查与研究, 取得了一系列新进展。

山西古近系目前有山西地矿局的划分方案: 门里组(E_1m)、凹里组(E_2w)、河堤组(E_2h)、白水组(E_3b)、柳林河组(E_3^1l)等^[3]; 中国地层典的划分方案: 高峪沟组(E_1g)、大章组(E_1d)、潭头组(E_2t) / 玉皇顶组(E_2y)、济源群(E_3j)、大峪组? (E_3d)^[8]。最新的划分方案中王乃文等^[9]将平陆县三门乡内一套产孢粉、双壳、轮藻及介形类的浅红、棕红色砾岩、含砾砂岩与红色泥岩不等厚互层, 夹灰绿、灰黑色泥岩、砂质泥

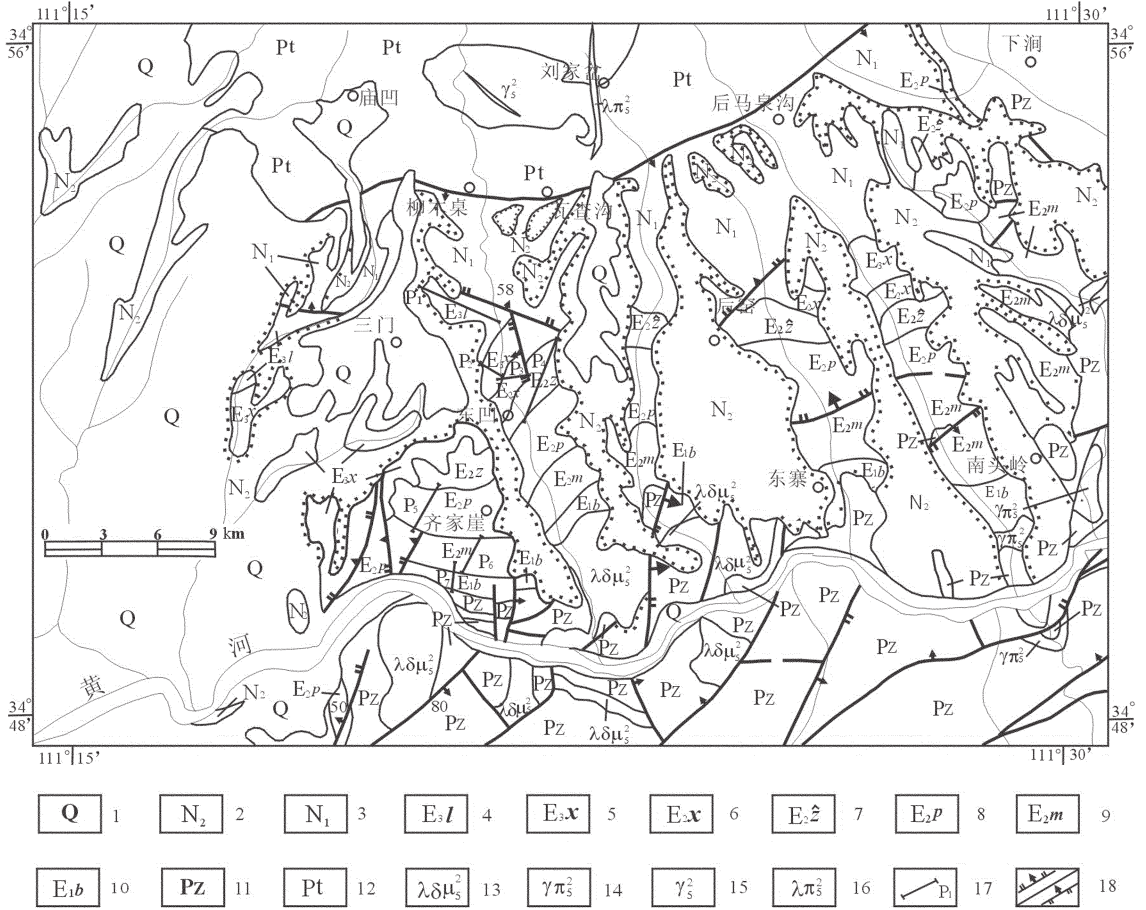


图 1 山西平陆地区地质构造简图

1—第四系;2—上新统;3—中新统;4—渐新统刘林河组;5—渐新统小安组;6—始新统西滩组;7—始新统赵家岭组;8—始新统坡底组;9—始新统门里组;10—古新统坝头组;11—古生界;12—元古宇;13—石英闪长岩;14—花岗岩斑岩;15—花岗岩;16—石英板岩;17—实测剖面位置及编号;18—正断层、逆断层

Fig.1 Geological sketch map of the Pinlu area, Shanxi

1-Quaternary;2-Pliocene;3-Miocene;4-Oligocene Liulinhe Formation;5-Oligocene Xiao'an Formation;6-Eocene Xitan Formation;7-Eocene Zhaojialing Formation;8-Eocene Podi Formation;9-Eocene Menli Formation;10-Paleocene Batou Formation in; 11-Paleozoic;12-Proterozoic;13-Quartz diorite; 14-Granite-porphry;15-Granite;16-Quartz slate;17-Location of measured section and number; 18-Normal fault and reverse fault

岩、灰白色泥灰岩、砾岩组合命名为柳林河组(E₃l)。小安组(E_{2-3x})上段称白水河段,为一套灰绿、紫红等杂色泥岩、泥质白云岩夹炭质泥岩与褐煤;下段称西滩段,为浅棕红色泥岩,下部夹褐黄色砂岩与层状石膏,上部夹白云岩,底部有砾岩。坡底组(E₂p)上段称赵家岭段,为棕红、紫红、灰绿色砂质泥岩夹泥质白云岩与石膏;下段称峪里段,为棕红、砖红色砾岩、砂砾岩、中粗砂岩夹砂质泥岩。门里组(E_{1-2m})上部夹灰白、灰绿色泥岩、泥质白云岩;下部为砖红、棕红色砾岩、砂砾岩与泥岩、砂质泥岩不等厚互层。

综上所述,前人对平陆地区古近纪河湖相地层,虽多次进行了划分,但对群、组内的岩相和岩性变化、沉积韵律所做工作不多,尤其是标志层基本未予重视,认为该套地层均为整合接触,无明显的划分界线,因而造成了跨统地层多的局面。当时主要划分依据是古生物和岩性,而缺少地层年龄资料。针对这一问题,笔者在2006—2007年二次野外工作期间,对晋南地区原划为门里组(E_{1-2m})、坡底组(E₂p)(包括峪里段、赵家岭段)、小安组(E_{2-3x})(包括西滩段、白水河段)、刘林河组(E₃l)等地层,进行了剖面观测、

草测、实测和大量 ESR 测年样品采集,用以跨统的地层组分解,并进一步细划。

2 山西平陆地区河湖相的重新厘定与划分

在平陆地区及其周缘进行野外地质调查和实测河湖相沉积地层工作中,通过大量的路线观察、剖面测量、样品采集等细致的野外工作,确定了 7 个组的顶、底和该套河湖相地层的厚度,采集到了大量的动植物化石。

2.1 对山西平陆地区古近纪地层的厚度提出质疑

古近系在山西西南部平陆一带十分发育,据山西省地矿局区测队资料^①,该地古近系厚达 2000 余米,其中刘林河组为 0~807 m,白水组 300~380 m,河堤组 900~1400 m,凹里组 127~325 m,门里组 0~200 m,这一厚度可能有误。野外观测这一带古近系顶部的刘林河组(E₃l)出现在三门乡柳林河划为村北部,其最高海拔在 1000 m 左右;其底部门里组(E₁₋₂m)出现在三门峡水库大坝的坝头附近,海拔为 400 m 左右,且古近系产状平缓,最大倾角不超过 20°,多 5~15°。各组累积高差在 900 m 的范围内,倾角在 5~15°的斜度内,地层厚度应在 1000 m 左右。故原作者可能有地层重复测量之嫌。2007 年,笔者通过野外实测地层剖面,得到该套河湖相地层的真实厚度为 1026.3 m。

2.2 对山西平陆地区古近纪地层进行了重新划分

根据该套地层的沉积岩性、所含化石、固结程度、标志层和岩相的变化,尤其是比较典型的几套底砾岩,以及 4 套含有石膏层的岩组连续出现,可将这套近水平产出、原顶底和接触关系不明的古近系河湖相地层,从新到老重新划分为渐新统柳林河组(E₃l)、小安组(E₃x);始新统西滩组(E₂x)、赵家岭组(E₂z)、坡底组(E₂p)、门里组(E₂m);古新统坝头组(E₁b)(表 1)。

3 剖面特征和河湖相地层层序

根据山西平陆地区不同区段实测的 7 条河湖相地层剖面(P₁~P₇)中的沉积物特征、堆积物位置差异、接触关系等特征,可将该套河湖相出露地层的 7 个组划分为 58 层,实测剖面的总厚度为 1026.3 m。每个组的分层、岩性、所含化石、接触关系等基本特征,从新到老概述如下。

3.1 古近系渐新统上部柳林河组(E₃l)

山西省平陆县三门镇东柳林河组剖面(图 2)。剖面起点坐标: E111°21.180', N34°52.318', 海拔 657 m (GPS 测量), 剖面终点坐标: E111°21.202', N34°52.312', 海拔 636 m (GPS 测量), 出露地层总厚度为 242 m, 可分为 8 层, 与上覆保德组(N₁²b)不整合接触, 与下伏地层小安组(E₃x)整合接触(图版 1-1)。

上覆:保德组(N₁²b)

表 1 山西省古近纪地层划分沿革
Table 1 Historical review of the stratigraphical division of the Paleogene in Shanxi Province

时代 \ 地层		山西区域地质志 (1989) [1]	郑家坚等 (1999) [8]	王乃文等 (2005) [9]	本文 (2008)
新近系	中新统	东沙坡组 (N ₁) / 保德组 (N ₁ ² b)			
古近系	渐新统	柳林河组	大峪组?	刘林河组 (E ₃ l)	
		白水组		小安组 (E ₂₋₃ x)	白水河段
	始新统	河堤组	济源群		西滩段
		凹里组		坡底组 (E ₂ p)	赵家岭段
			潭头组/ 玉皇顶组		峪里段
	古新统	门里组	门里组	门里组 (E ₁₋₂ m)	坡底组 (E ₂ ² p)
高峪沟组					坝头组 (E ₁ b)
白垩系/石炭系		秋扒组 (K) / 山西组 (CP)			下石盒子组 (P ₁ x)

①山西省地矿局区测队. 1:20 万平陆幅区调报告, 1970.

~~~~~不整合~~~~~

|                                                                                                     |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 刘林河组( $E_3^1l$ )                                                                                    | 厚度    |
| 1.灰白色钙质砾岩,砾石均为泥灰岩,棱角状,大小在 0.5~1.5 cm,角砾占 60%,可能为同生砾岩。顶部有薄层白云岩。产状: $250^\circ \angle 11^\circ$       | 1 m   |
| 2.灰白色砾岩,砾石成分有砂岩、石英岩、片岩、花岗岩等。砾石多为次圆状。上部砾径在 2~5 cm,砾石占 30%,下部砾径增大,可达 20~40 cm,砾石占 70%。上部为钙质胶结,下部为砂质胶结 | 50 m  |
| 3.紫红色薄层粉沙岩及白色泥灰岩。产状: $285^\circ \angle 15^\circ$                                                    | 30 m  |
| 4.紫红色泥岩                                                                                             | 3 m   |
| 5.灰绿色砂质泥岩夹灰白色泥质白云岩,下部夹紫红色薄层泥岩                                                                       | 100 m |
| 6.紫红色、灰色泥岩夹灰白色细砂岩。产状: $300^\circ \angle 20^\circ$                                                   | 45 m  |
| 7.紫红色细砂岩                                                                                            | 5.5 m |
| 8.灰白色砾岩夹薄层泥岩                                                                                        | 7.5 m |
| —————整合—————                                                                                        |       |

下伏:小安组( $E_3^1x$ )

**3.2 古近系渐新统下部小安组( $E_3^1x$ )**

山西省平陆县三门峡柳林河东小安组剖面(图 3)。剖面起点坐标: $E111^\circ 21.213'$ , $N34^\circ 52.314'$ ,海拔 622 m(GPS 测量),剖面终点坐标: $E111^\circ 21.286'$ , $N34^\circ 52.307'$ ,海拔 575 m(GPS 测量),出露地层总厚度为 67 m,可分为 3 层,与上覆刘林河组( $E_3^1l$ )整合接触,与下伏地层西滩组( $E_2^1x$ )呈整合接触。

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 上覆:刘林河组( $E_3^1l$ )             | 厚度     |
| —————整合—————                    |        |
| 小安组( $E_3^1x$ )                 | 厚度     |
| 3.灰绿色泥岩夹薄层泥灰岩                   | 14.2 m |
| 2.紫红色泥岩夹薄层钙质细砂岩                 | 3 m    |
| 1.灰绿色、紫红色泥岩夹泥质白云岩,产哺乳类、介形类、孢粉化石 | 49.8 m |
| —————整合—————                    |        |
| 下伏:西滩组( $E_2^1x$ )              |        |

**3.3 古近系始新统上部西滩组( $E_2^1x$ )**

山西省平陆县刘家庄西滩组剖面(图 4)。剖面起点坐标: $E111^\circ 21.420'$ , $N34^\circ 52.362'$ ,海拔 528 m(GPS 测量),剖面终点坐标: $E111^\circ 21.672'$ , $N34^\circ 51.785'$ ,海

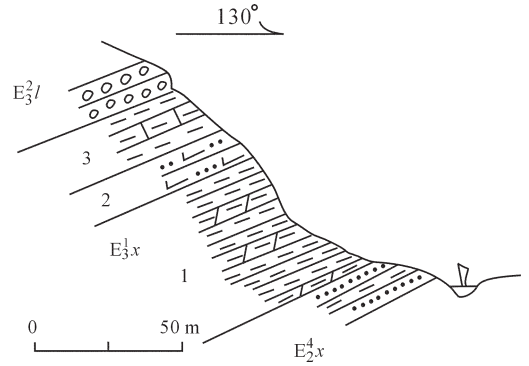


图 3 山西平陆三门峡柳林河东小安组( $E_3^1x$ )实测剖面( $P_2$ )  
Fig.3 Measured section of the Xia'an Formation east of the Liulin River, Sanmenxie Dam, Pinglu County, Shanxi

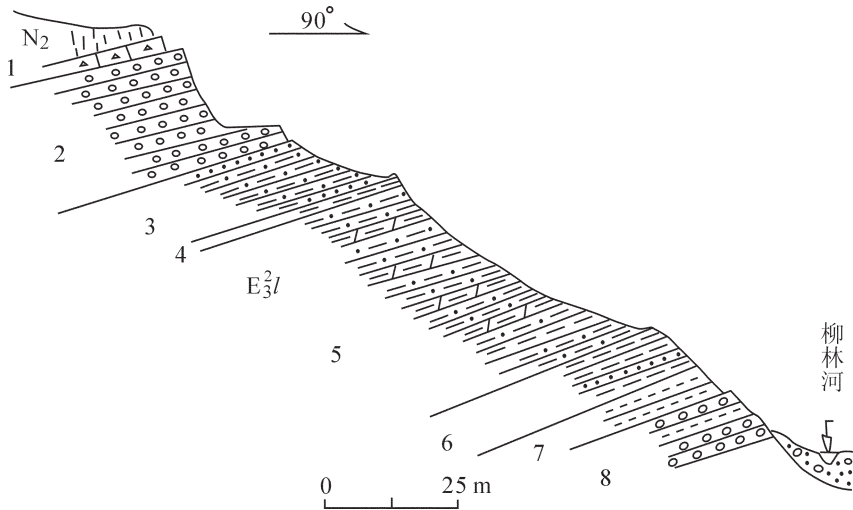
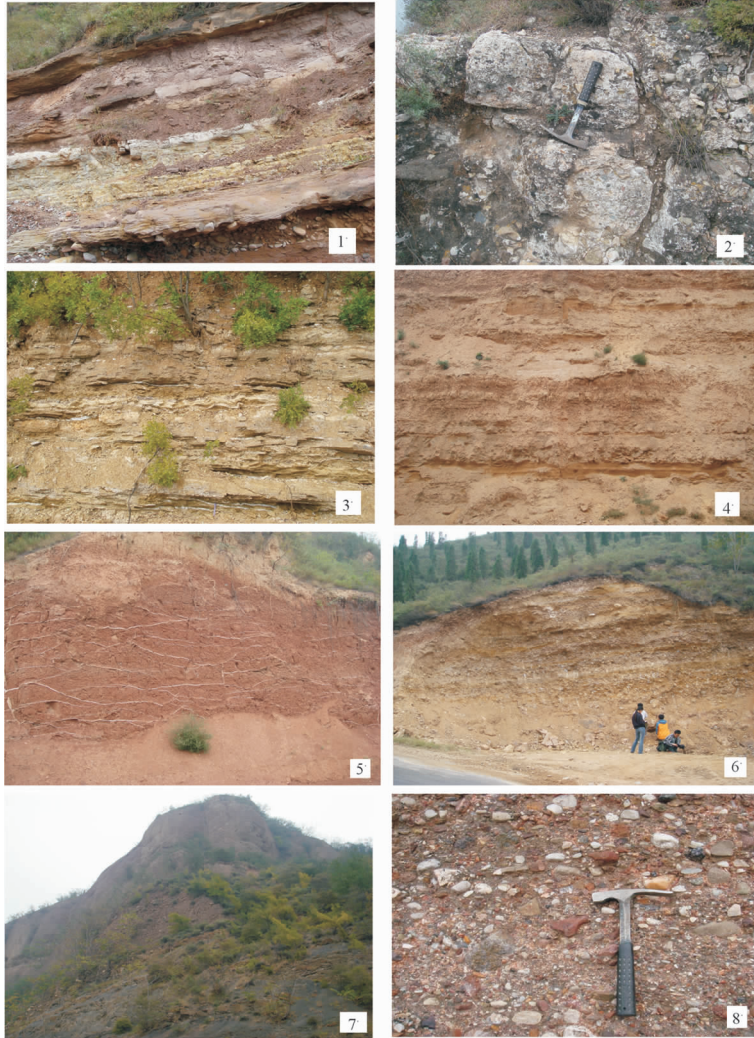


图 2 山西平陆三门镇东柳林河组( $E_3^1l$ )实测剖面( $P_1$ )  
Fig.2 Measured section of the Liulinhe Formation east of Sanmen Township, Pinglu County, Shanxi

图版 I ( Plate I )



- 1—平陆县三门镇东渐新统柳林河组( $E_3^l$ )紫红色泥岩,镜头朝向 W;  
 2—平陆县三门峡古新统坝头组( $E_1^b$ )底砾岩,镜头朝向 S;  
 3—平陆县刘家庄始新统西滩组( $E_3^x$ )的灰绿色、灰黄色泥岩,镜头朝向 N;  
 4—平陆县刘家庄东北始新统赵家岭组( $E_3^z$ )的紫红色粘土岩,镜头朝向 N;  
 5—平陆县三门峡始新统门里组( $E_3^m$ )棕红色砂质泥岩与砂岩、含网状石膏,镜头朝向 E;  
 6—平陆县三门峡始新统门里组( $E_3^m$ )由灰白色含砾砂岩、灰绿色泥岩和紫红色砂质泥岩组成,镜头朝向 S;  
 7—平陆县三门峡大坝北古近系古新统坝头组( $E_1^b$ ) (上)和下石盒子组( $P_1^x$ ) (下)呈角度不整合接触,镜头朝向 N;  
 8—平陆县三门峡大坝北古近系古新统坝头组( $E_1^b$ )砾岩,镜头朝下;
- 1—Purplish red mudstone in the Oligocene Liulinhe Formation in Sanmen Town, Pinglu County, Looking W;  
 2—Basal conglomerate in the Oligocene Batou Formation in Sanmenxie, Pinglu County, Looking S;  
 3—Grayish green and grayish yellow mudstone in the Eocene Xitan Formation in Liujiazuang, Pinglu County, Looking N;  
 4—Purplish clayrock in the Eocene Zhaojialing Formation northeast of Liujiazuang, Pinglu County, Looking N;  
 5—Brownish red sandy mudstone, sandstone and net gypsum in the Eocene Menli Formation in Sanmenxie, Pinglu County, Looking E;  
 6—Eocene Menli Formation, composed of grayish white pebbly sandstone, grayish green mudstone and purplish red sandy mudstone in Sanmenxie, Pinglu County, Looking S;  
 7—Angular unconformity between the Paleogene Batou Formation (upper) and Xiashihezi Formation (lower) north of the Sanmenxie Dam, Looking N;  
 8—Conglomerate of the Paleogene Tou Formation, north of the Sanmenxie Dam, Looking down

拔 540 m(GPS 测量),出露地层总厚度为 140.6 m,可分为 10 层,与上覆小安组( $E_3^1x$ )整合接触,与下伏地层赵家岭组( $E_3^3z$ )整合接触(图版 1-3)。

| 小安组( $E_3^1x$ )                     | 厚度     |
|-------------------------------------|--------|
| —————整合—————                        |        |
| 西滩组( $E_3^2x$ )                     |        |
| 10.灰绿色细砂岩(未见顶)                      | 35.9 m |
| 9.灰白色、灰绿色、灰黄色泥岩,含网状石膏               | 35.0 m |
| 8.紫红色泥岩                             | 20.0 m |
| 7.灰色-灰紫色泥灰岩                         | 3.3 m  |
| 6.紫红色泥岩夹灰色-灰紫色薄层泥灰岩                 | 5.2 m  |
| 5.灰紫色泥岩                             | 2.5 m  |
| 4.紫红色泥岩夹灰色钙质结核层(厚 10~30 cm)及灰色薄层泥灰岩 | 13.0 m |
| 3.紫红色泥岩夹宽 1~2 cm 石膏矿                | 5.0 m  |
| 2.灰紫色泥灰岩与泥岩互层                       | 8.7 m  |
| 1.灰色砾岩                              | 12.0 m |

- - - -平行不整合- - - -

下伏:赵家岭组( $E_3^3z$ )

### 3.4 古近系始新统中上部赵家岭组( $E_3^3z$ )

山西省平陆县刘家庄东北柳林河赵家岭组剖面(图 5)。剖面起点坐标: $E111^{\circ}22.180'$ , $N34^{\circ}52.418'$ ,海拔 486 m,剖面终点坐标  $E111^{\circ}22.095'$ , $N34^{\circ}52.091'$ ,海拔 456 m(GPS 测量),出露地层总厚度为 99.6 m,可分为 18 层,与上覆西滩组( $E_3^2x$ )平行不整合接触,与下伏地层坡底组( $E_3^2p$ )整合接触(图版 1-4)。

西滩组( $E_3^2x$ ) 厚度

- - - -平行不整合- - - -

赵家岭组( $E_3^3z$ )

- 1.土红色粘土,近水平产出

- - - -平行不整合- - - -

- 2.灰色砾岩,顶部为泥灰岩,砾石成分以灰岩和砂岩为主,其次为花岗岩和石英岩,钙质胶结,砾径一般在 3~8 cm,小者 1~2 cm,大者在 20~30 cm,个别可达 50 cm,次棱角-次圆状,分选性,磨圆度差。与顶部粘土层( $N_2$ )呈角度不整合接触

12 m

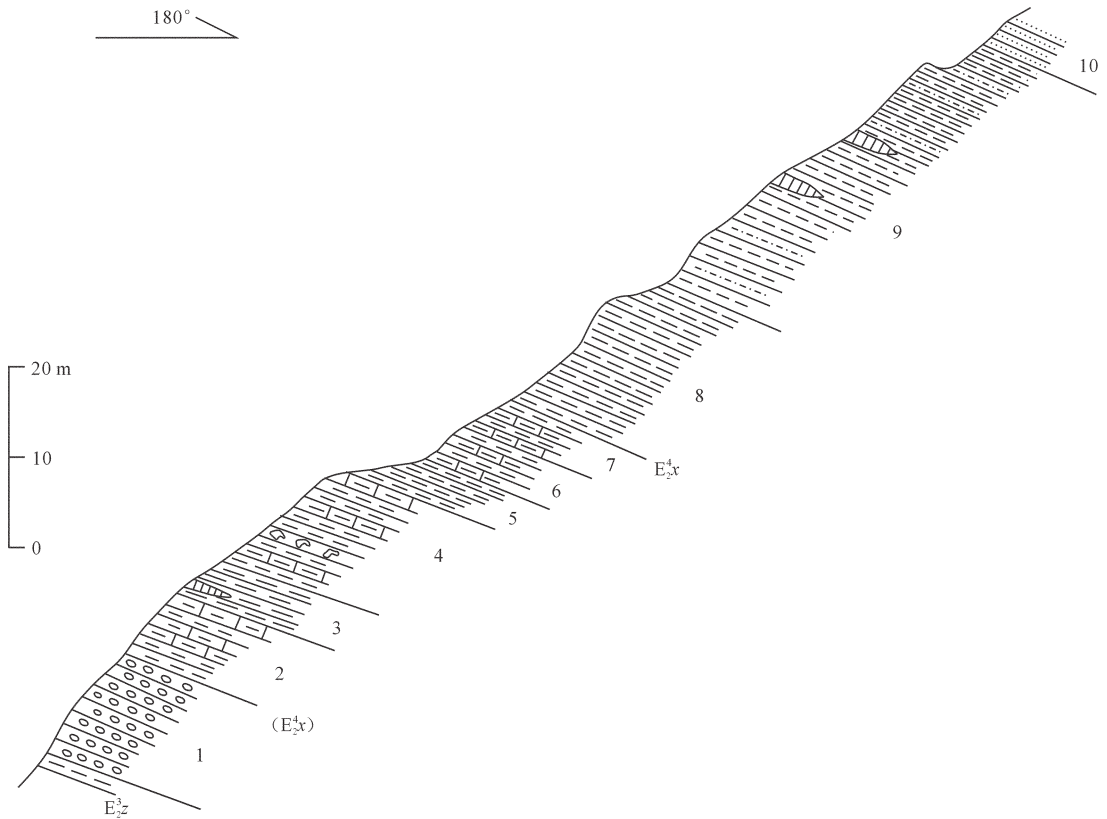


图 4 山西平陆刘家庄西滩组( $E_3^2x$ )实测剖面( $P_3$ )  
Fig.4 Measured section of the Xitan Formation in Liujiazhuang, Pinglu County, Shanxi

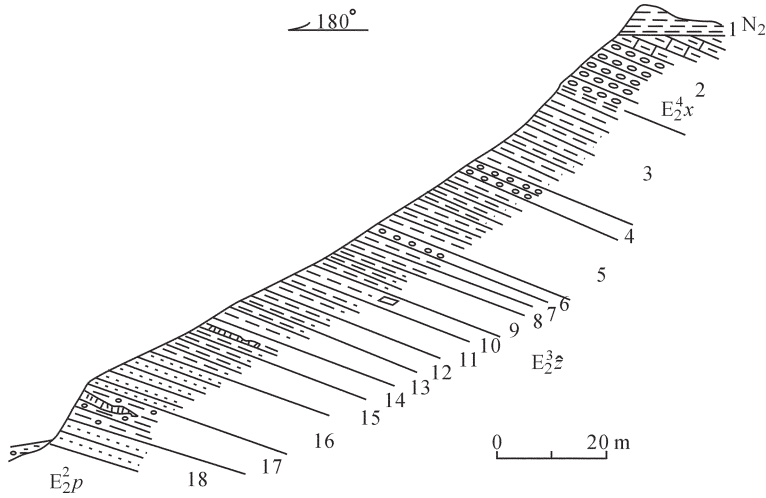


图 5 山西平陆刘家庄东北赵家岭组( $E_2^z$ )实测剖面( $P_4$ )  
Fig.5 Measured section of the Zhaojialing Formation northeast of Liujiazhuang, Pinglu County, Shanxi

|                                                                               |        |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 3.紫红色粘土岩                                                                      | 19.5 m |
| 4.灰色砾岩,岩性同 2 层,胶结物以砂质为主                                                       | 3.0 m  |
| 5.紫红色粘土岩                                                                      | 15 m   |
| 6.灰色砾岩,岩性与 2 层相似,但砾石以灰岩为主,砾径多在 3~8 cm,次圆状                                     | 1.8 m  |
| 7.紫红色粘土岩夹薄层砾岩                                                                 | 2.0 m  |
| 8.黄绿色粘土岩,平行细层理发育                                                              | 1.7 m  |
| 9.猪肝色粘土岩                                                                      | 5.0 m  |
| 10.灰黄色粘土岩,薄层状夹顺层石膏层,石膏较纯白,厚 1~3 cm,本层见厚 3~6 cm,顺层不纯的膏盐层                       | 3.2 m  |
| 11.紫红色粘土层                                                                     | 5.0 m  |
| 12.黄绿色泥岩与猪肝色粘土岩互层,二者均呈薄层状,单层厚 2~5 cm                                          | 3.5 m  |
| 13.紫红色粘土岩,胶结不佳,向下变为土黄色                                                        | 4.5 m  |
| 14.紫红色粘土岩夹薄层灰绿色泥岩,含网脉状白色石膏,宽 0.5~2 cm                                         | 4.2 m  |
| 15.紫红色粘土岩                                                                     | 5.5 m  |
| 16.土黄色粗粒硬砂岩,局部含细砾,砾径 2~4 mm,风化面呈大球状,直径 20~50 cm,含石膏碎块                         | 8.2 m  |
| 17.紫红色含砾粘土岩,砾石以灰岩和砂岩为主,次圆状,大小在 2~10 cm,占 30%,本层产白色石膏细脉,宽 3~8 mm,多为顺层产出,部分为网脉状 | 3.5 m  |
| 18.砂岩                                                                         | 2.0 m  |
| —————整合—————                                                                  |        |
| 下伏:坡底组( $E_2^p$ )                                                             |        |

3.5 古近系中下始新统坡底组( $E_2^p$ )

山西省平陆县三门峡坡底组剖面(图 6),剖面起点坐标: $E111^{\circ}20.708'$ , $N34^{\circ}50.022'$ ,海拔 394 m(GPS 测量),剖面终点坐标: $E111^{\circ}19.164'$ , $N34^{\circ}49.904'$ ,海拔 388 m(GPS 测量),出露地层总厚度为 200 m,可分为 2 层,与上覆赵家岭组( $E_2^z$ )整合接触,与下伏地层门里组( $E_2^m$ )整合接触。

上覆:赵家岭组( $E_2^z$ )

—————整合—————

坡底组( $E_2^p$ )

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 2.棕红色砂质泥岩与砂岩、砂砾岩互层 | 184 m |
| 1.浅红色砾岩夹砂岩透镜体      | 16 m  |

—————整合—————

下伏:门里组( $E_2^m$ )

3.6 古近系始新统下部门里组( $E_2^m$ )

山西省平陆县三门峡门里组剖面(图 7),剖面起点坐标: $E111^{\circ}18.531'$ , $N34^{\circ}49.520'$ ,海拔 343 m(GPS 测量),剖面终点坐标: $E111^{\circ}18.290'$ , $N34^{\circ}49.262'$ ,海拔 382 m(GPS 测量),出露地层总厚度为 184 m,可分为 8 层,与上覆坡底组( $E_2^p$ )整合接触,与下伏地层坝头组( $E_1^b$ )整合接触(图版 1-5、图版 1-6)。

上覆:坡底组( $E_2^p$ )

—————整合—————

门里组( $E_2^m$ )

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 8.灰白色紫红色砂质泥岩夹泥岩、砂岩,产哺乳类、介形类、孢粉 | 45.3 m |
|--------------------------------|--------|

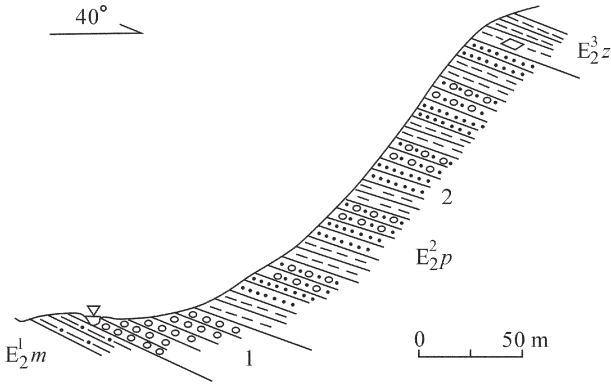


图 6 山西平陆三门峡坡底组( $E_2^p$ )实测剖面( $P_5$ )  
Fig.6 Measured section of the Podi Formation in the Sanmenxie Dam, Pinglu County, Shanxi

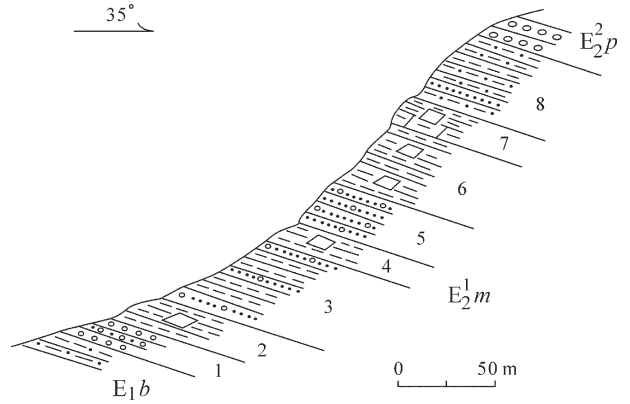


图 7 山西平陆三门峡门里组( $E_2^m$ )实测剖面( $P_6$ )  
Fig.7 Measured section of the Menli Formation in Sanmenxie, Pinglu County, Shanxi

- 7.灰绿色泥岩夹白云质泥岩及石膏层 15.2 m
- 6.紫红色、灰绿色泥岩含网脉状石膏 38.2 m
- 5.紫红色含砾砂岩 11.5 m
- 4.紫红色泥岩含网脉状石膏 5.2 m
- 3.紫红色泥岩夹含砾砂岩,产腹足类、介形类、孢粉 48 m
- 2.紫红色泥岩含网脉状石膏 18.1 m
- 1.灰白色砾岩与含砾砂岩互层 2.5 m

—————整合—————

下伏:坝头组( $E_1b$ )

### 3.7 古近系古新统坝头组( $E_1b$ )

山西省平陆县三门峡大坝北坝头组剖面(图 8),剖面位置坐标: $E111^{\circ}20.852'$ , $N345^{\circ}49.915'$ ,海拔 347 m(GPS 测量),出露地层总厚度为 93.1 m,可分为 9 层,与上覆门里组( $E_2^m$ )整合接触,与下伏地层下石盒子组( $P_1x$ )呈角度不整合接触(图版 1-7、图版 1-8)。

上覆:门里组( $E_2^m$ ) 厚度  
—————整合—————

坝头组( $E_1b$ )

- 9.砖红色砂质泥岩,多被覆盖,厚达数米以上,其上见浅色砾岩层 8.5 m
- 8.灰白色砾岩夹紫红色泥岩 12.7 m
- 7.砾岩,岩性同 3 层 13 m
- 6.紫红色砂质泥岩 3.5 m
- 5.砾岩,岩性同 3 层 2.5 m
- 4.紫红色砂质泥岩 3.3 m
- 3.暗紫红色砾岩,砾石成分同 2 层,磨圆较好,多为次圆-圆状,分选性较差,下部砾径多在 10~15 cm,上部多在 3~6 cm。砂、钙质胶结,砾石占 70%。上部夹薄层或透镜状紫红色粗砂岩,成岩较佳 42.5 m

- 2.暗紫红色巨砾岩,砾石成分有砂岩、花岗岩、灰岩。砾石磨圆度较好,多为次圆-圆状,分选性较差,其上部砾径多在 15~30 cm,底部砾径在 30~100 cm,砂质钙质胶结,砾石约占 60%,成岩较好 10.6 m

~~~~~角度不整合~~~~~

1.下伏:下石盒子组(P_1x),灰黑色炭质板岩夹灰绿色砂岩

4 生物地层特征与时代讨论

4.1 哺乳动物化石

在本区河湖相地层中已发现的哺乳动物化石有:门里组上部含哺乳类 *Coryphodon cf. dobuensis*; 赵家岭组产哺乳类 17 种,如 *Amyon odon mongoliensis*, *Sianodon mienchiensis*, *Prohyacondon cf. meridionalis*, *Deperetella similes*, *D. deperiti*, *Anthracokeryx sinensis*, *A. ambiguus*, *Anthracothema minima*, *Huanghoniuss stehlini* 等,另有爬行类; 西滩组产哺乳类 *Sianodon sinensis*, *Anthracokeryx sinensis*, *Amynodon mongoliensis*, *Hyaenodon yuanchuensis*, *Rhinotitan mongoliensis* 等; 小安组产早渐新世特有的哺乳类 *Cricetodon schaubi*, *Brachyodon hui*, 以及 *Sianodon sinensis*, *Anthracokeryx sinensis* 等。这一动物群中某些种类可能与北美中始新世勃力吉期 (Bridgerian) 相对比; 从哺乳动物群性质和特点来看,它与内蒙古中始新世的阿山头动物群甚为相似,其时代为早始新世—渐新世早期^[10,11]。

4.2 其他化石

在本区河湖相地层中已发现的其他化石有:门里组下部的腹足类 *Truncatella*, 介形类 *Crestocyridina*, 上部的介形类 *Eucypris*; 赵家岭组产介形类 *Cyprinotus*,

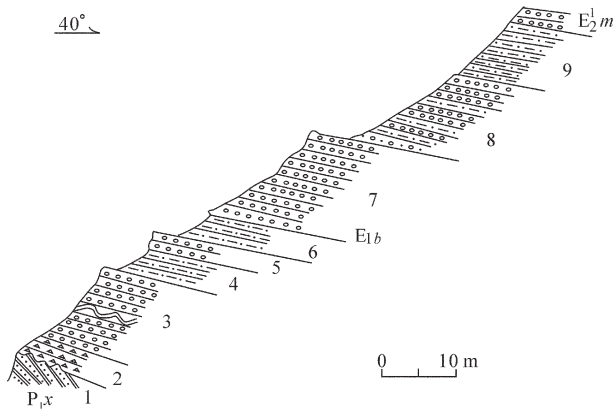


图8 山西平陆坝头组(E_{1b})实测剖面(P_7)
Fig.8 Measured section of the Batou Formation
in Pinglu County, Shanxi

Candona 等；西滩组产腹足类 *Succinea*, *Valvata*, *Bithynia*, *Physa*, *Sinoplanorbis*, *Palaeancylus* 等，轮藻 *Grumbastichara*, *Harrischara*, *Raskyaechara*, *Stephanochara* 等；小安组介形类以 *Cyprinotus*, *Candona*, *Ilyocypris* 为主；柳林河组轮藻为 *Maedllersphaera chinerusis*, 介形类以 *Cyprinotus*, *Ilyocypris*, *Candona* 为主，还产双壳类等。从腹足类、轮藻、介形类组合及其演化上讲，其地层时代应定为古新世晚期—始新世晚期为宜^[12]。

4.3 孢粉组合特征

从下部的门里组到上部的柳林河组地层中的孢粉组合^①种属变化不大，仅有数量上的区别，但由于保存不好，有些地段孢粉未检出。总体说来，在孢粉组合中被子植物占 66%~33%，裸子植物 55%~33%，蕨类约 11%。其中，以云杉粉(*Piceapollis* spp.)、似八角枫之种(*Lanagiopollis* sp.)、光山核桃粉(*Caryaollenites simplex*)、宽园云杉粉(*P. tobolicus*)、圆形栎粉(*Q. rotundus*)、哈氏水龙骨单缝孢(*P. haardti*)、三角孢多种(*Deltoidospora* sp.) 为主，可能反映了从古近纪早期^[13,14]到古近纪晚期气候以轻湿气候下的森林、灌丛交混环境为主^[15-19]。

4.4 生物地层的时代划分

根据山西平陆地区河湖相沉积物的动物化石特征，并结合孢粉组合和介形类化石的鉴定结果，可将平陆地区河湖相沉积划分为不同的生物地层时代：柳林河组、小安组的形成时代为渐新世；西滩组、赵

家岭组、坡底组和门里组的形成时代为始新世；坝头组河湖相沉积的形成时期为古新世。

5 河湖相沉积的年代地层

5.1 ESR 法测年

在平陆地区的河湖相地层中，以 20 m 左右的间隔，共采集了 39 个 ESR 测年样品，样品自然风干后，粉碎为 0.2~0.125 mm 粒度，由成都理工大学 ESR 实验室用 KJD-2000N 低本底伽马仪和微机数据采集系统测定 α 和 γ 天然放射性，同时进行含水量校正。分选出 0.2~0.45 mm 粒度单矿物石英样品，每件样品进行热活化处理，每份质量 120 mg，经过热活化的样品需要冷却一周，然后用德国 ER-2000D-SRC 电子自旋共振仪测定其顺磁中心浓度值^[20]。

测试结果表明：柳林河组顶部的 ESR 年龄为 23.3 Ma，底部 ESR 年龄为 31.3 Ma；小安组顶部 ESR 年龄为 31.6 Ma，底部 ESR 年龄为 32.0 Ma；西滩组顶部的 ESR 年龄为 33.5 Ma，底部 ESR 年龄为 38.9 Ma，赵家岭组顶部的 ESR 年龄为 40.0 Ma，底部 ESR 年龄为 42.0 Ma，坡底组顶部的 ESR 年龄为 42.3 Ma，底部 ESR 年龄为 47.5 Ma，门里组顶部的 ESR 年龄为 50.5 Ma，底部 ESR 年龄为 56.1 Ma，坝头组顶部的 ESR 年龄为 56.6 Ma，底部 ESR 年龄为 65.0 Ma(表 2)。

若按前人得出的 ESR 年龄的误差范围 $\pm 10\%$ ^[21-23]计算，柳林河组顶部年龄介于 20.97~25.63 Ma，底部年龄介于 28.17~34.43 Ma；小安组顶部年龄介于 28.44~34.76 Ma，底部年龄介于 28.80~35.20 Ma；西滩组顶部年龄介于 30.15~36.85 Ma，底部年龄介于 35.01~42.79 Ma；赵家岭组顶部的 ESR 年龄 36.00~44.00 Ma，底部年龄介于 36.63~44.77 Ma；坡底组顶部的 ESR 年龄 38.07~46.53 Ma，底部年龄介于 42.75~52.25 Ma；门里组顶部的 ESR 年龄 45.45~55.55 Ma，底部 ESR 年龄 50.49~61.71 Ma；坝头组顶部的 ESR 年龄 50.94~62.26 Ma，底部 ESR 年龄 58.50~71.50 Ma；故柳林河组和小安组年龄基本上介于渐新世 23.3~32 Ma，西滩组、赵家岭组、坡底组和门里组年龄在始新世 32~56.5 Ma，坝头组在古新世 56.5~65 Ma 的年龄范围内^[26]。这是首次得到的平

①孢粉由中国地质科学院水文地质环境地质研究所童国榜研究员鉴定，2007。

表 2 山西平陆地区古近系 ESR 测年结果
Table 2 ESR dating of Paleogene strata
in the Ping area, Shanxi

| 样品编号 | 地层 | 年龄/Ma | 样品编号 | 地层 | 年龄/Ma |
|-----------|------|----------|-----------|------|----------|
| PSE-2/K25 | 柳林河组 | 23.3±2.3 | PLE12/K33 | 西滩组 | 36.2±4.0 |
| PSE-3/K23 | 柳林河组 | 23.7±2.4 | LLE-6/W6 | 西滩组 | 38.9±1.6 |
| PSE-4/K22 | 柳林河组 | 24.3±2.4 | PSE13/K45 | 赵家岭组 | 40.0±4.0 |
| PSE-5/K21 | 柳林河组 | 24.9±2.5 | PSE12/K46 | 赵家岭组 | 40.7±4.0 |
| PSE-6/K26 | 柳林河组 | 25.5±2.5 | LLE-7/W7 | 赵家岭组 | 40.4±1.8 |
| PSE-7/K27 | 柳林河组 | 25.9±2.6 | LLE-8/W8 | 赵家岭组 | 42.0±2.0 |
| PSE-8/K28 | 柳林河组 | 26.6±2.7 | PDE13/K57 | 坡底组 | 42.3±4.0 |
| PSE-9/K29 | 柳林河组 | 27.3±2.9 | PDE12/K55 | 坡底组 | 44.0±4.0 |
| PSE11/K31 | 柳林河组 | 28.1±2.8 | PDE11/K56 | 坡底组 | 45.8±4.6 |
| PSE-9/K36 | 柳林河组 | 30.0±3.0 | PDE10/K58 | 坡底组 | 47.5±4.6 |
| PSE10/K35 | 柳林河组 | 30.8±3.0 | PDE-9/K50 | 门里组 | 50.5±5.0 |
| PSE-3/K42 | 柳林河组 | 30.0±3.0 | PDE-8/K53 | 门里组 | 51.9±5.0 |
| PSE-4/K41 | 柳林河组 | 30.5±3.0 | PDE-7/K54 | 门里组 | 53.8±5.0 |
| PSE-5/K40 | 柳林河组 | 31.3±3.0 | PDE-6/K52 | 门里组 | 55.1±5.0 |
| PLE-6/K39 | 小安组 | 31.6±3.2 | PDE-5/K51 | 门里组 | 56.1±5.0 |
| PLE-7/K38 | 小安组 | 32.0±3.2 | PDE-4/K47 | 坝头组 | 56.6±6.0 |
| LLE-4/W1 | 西滩组 | 33.5±1.0 | PDE-3/K48 | 坝头组 | 59.4±6.0 |
| LLE-2/W3 | 西滩组 | 34.5±1.0 | PDE-2/K49 | 坝头组 | 62.1±6.1 |
| LLE-1/W4 | 西滩组 | 35.8±1.0 | PDE-1/K59 | 坝头组 | 65.0±6.1 |
| PLE13/K32 | 西滩组 | 35.9±4.0 | | | |

陆地区古近纪河湖相地层年代学的系统数据,也是年代学研究上的一个大的进展。

5.2 年代地层划分

山西古近系原以古生物、岩性划分组,而无地层年龄资料,现测得 39 个 ESR 年代数据属首次获得,且获得的 ESR 年代数据所划分的地层时序与标准断代的划分相一致^[25]:

柳林河组 ($E_3^1 l$):其沉积物的 ESR 法同位素测年结果表明,它们的形成时间介于 23.3~31.3 Ma,综合判断其形成时代属古近纪渐新世晚期。

小安组 ($E_3^1 x$):此次测得的 ESR 年龄为 31.6~32.0 Ma,属古近纪渐新世早期。

西滩组 ($E_3^1 x$):其 ESR 年龄为 33.5~38.9 Ma,属古近纪始新世晚期。

赵家岭 ($E_3^1 z$):其沉积物的 ESR 法同位素测年结果表明,它们的形成时间介于 40.0~42.0 Ma,综合判断其形成时代属始新世中晚期。

坡底组 ($E_2^2 p$):此次测得的 ESR 年龄为 42.3~47.5 Ma,属古近纪始新中早期。

门里组 ($E_2^1 m$):现测得的 ESR 年龄为 50.5~56.1 Ma,证实为 E_2 ,属古近纪始新世早期。

古新统坝头组 ($E_1^1 b$):测得的 ESR 年龄为 56.5~65.0 Ma,属古近纪古新世;其底部 ESR 年龄为古新世底界年龄 65 Ma。

因此,山西平陆地区的河湖相沉积形成的时间为古近纪。该套地层由渐新统柳林河组、小安组;始新统西滩组、赵家岭组、坡底组、门里组;古新统坝头组组成(图 9)。

6 平陆群(EP)各组的定义

平陆群系 1959 年三门勘探总队创名平陆系,1972 年山西省区测队改称平陆群,作为三门峡、垣曲盆地中下第三系的总称^①。现作为古近系的总称,分为门里组、坡底组、小安组和柳林河组等 4 个地层组^②。本文重新厘定,划分为 7 个组,各组定义有所改变。

6.1 柳林河组 ($E_3^1 l$) 的定义

柳林河组为平陆群顶部组级岩石地层单位。主要由灰白色砾岩、灰绿色粉砂质泥岩、灰白色白云岩、紫红色泥岩和细砂岩组成。含渐新世中晚期双壳类和轮藻类化石,地层测年在 31.3~23.3 Ma。下伏地层为小安组,以底部砾岩底面为界,整合接触;上覆地层为新近系红土,以巨厚层砾岩顶为界,小角度或平行不整合接触。

6.2 小安组 ($E_3^1 x$) 的定义

小安组为平陆群上部组级岩石地层单位。主要由灰绿色、紫红色泥岩夹泥质白云岩、钙质砂岩及泥灰岩组成。含渐新世早期哺乳动物化石,地层测年在 32.0~31.6 Ma。下伏地层为西滩组,上覆地层为柳林河组(砾岩),均呈整合接触。

6.3 西滩组 ($E_3^1 x$) 的定义

西滩组为平陆群中上部组级岩石地层单位。主要由紫红色泥岩、灰绿-灰白色细砂岩、泥灰岩及底部砾岩组成,含网状及层状石膏层。产始新世晚期哺乳动物化石及腹足类化石,地层测年在 38.9~33.5 Ma。下伏地层为赵家岭组,以底部砾岩底面为界,平行不整合接触;上覆地层为小安组,整合接触。

6.4 赵家岭组 ($E_3^1 z$) 的定义

赵家岭组为平陆群中部组级岩石地层单位。主

①山西地质矿产局,全国地层多重划分对比研究《山西省岩石地层》,2002.

| 地层系统 | | | | | 柱状图 | 层厚
(m) | 描 述 | ESR
(Ma) |
|-------|---------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------|
| 界 | 系 | 统 | 群 | 组 | | | | |
| 新 生 界 | 古 近 系 | 渐 新 统 | 平 陆 群 | 保德组 | | 红土 | | |
| | | | | 柳林组 | 51.0 | 灰白色砾岩, 顶部为角砾岩 | 23.3±2.3 | |
| | | | | | 33.0 | 灰绿色粉砂质泥岩夹紫色粉砂岩 | 24.3±2.4
25.5±2.5 | |
| | | | | 河组 | 100.0 | 灰绿色粉砂质泥岩夹灰白色泥质白云岩 | 26.6±2.7 | |
| | | | | | 45.0 | 紫红色泥岩夹灰白色细砂岩 | 28.1±2.8
30.8±3.0 | |
| | | | | | 5.5 | 紫红色细砂岩 | 30.5±3.0 | |
| | | | | | 7.5 | 灰白色砾岩夹薄层泥岩 | 31.3±3.0 | |
| | | | | E ₃ ² l | 14.2 | 灰绿色泥岩夹薄层泥灰岩 | 31.6±3.2 | |
| | | | | | 3.0 | 紫红色泥岩夹薄层钙质细砂岩 | | |
| | | | | E ₃ ¹ x | 49.8 | 灰绿色、紫红色泥岩夹泥质白云岩 | 32.0±3.2 | |
| | | | | | 32.5 | 紫红色泥岩与灰白色细砂岩互层 | 33.5±1.0 | |
| | | | | 西滩组 | 25.7 | 灰绿色细砂岩与紫红色泥岩互层, 泥岩含网脉状石膏 | 34.5±1.0
35.8±1.0 | |
| | | | | | 41.2 | 紫红色泥岩夹薄层状和网脉状石膏 | 35.9±4.0 | |
| | | | | | 20.5 | 紫红色泥岩夹钙质结核及石膏细脉 | 36.2±4.0 | |
| | | | | | 8.7 | 灰紫色泥灰岩与泥岩互层 | 38.9±1.6 | |
| | | | | E ₂ ³ z | 12.0 | 灰色砾岩 | 40.0±4.0 | |
| | | 39.3 | 紫红色粘土岩夹砾岩 | | 40.7±4.0 | | | |
| | | 赵家岭组 | 36.6 | 紫红色、灰黄色粘土岩夹薄层石膏 | 40.7±4.0 | | | |
| | | | 13.7 | 土黄色粗砂岩、紫红色含砾粘土岩含网脉状石膏 | 40.4±1.8
42.0±2.0 | | | |
| | | E ₂ ² p | 184.0 | 棕红色砂质泥岩与砂岩、砂砾岩互层 | 42.3±4.0
44.0±4.0 | | | |
| | | | 45.8±4.6 | | | | | |
| | | | 16.0 | 浅红色砾岩 | 47.5±4.6 | | | |
| | | | 45.3 | 灰白色紫红色砂质泥岩夹泥岩、砂岩 | | | | |
| | | E ₂ ¹ m | 15.2 | 灰绿色泥岩夹白云质泥岩及石膏层 | 50.5±5.0 | | | |
| | | | 38.2 | 紫红色、灰绿色泥岩含网脉状石膏 | 51.9±5.0 | | | |
| | | | 11.5 | 紫红色含砾砂岩 | 53.8±5.0 | | | |
| | | | 5.2 | 紫红色泥岩含网脉状石膏 | | | | |
| | | E ₂ ¹ n | 48.0 | 紫红色泥岩夹含砾砂岩 | | | | |
| | | | 18.1 | 紫红色泥岩含网脉状石膏 | 55.1±5.0 | | | |
| | | EP | 2.5 | 灰白色砾岩与含砾砂岩互层 | 56.1±5.0 | | | |
| | | | 5.0 | 砖红色砂质泥岩 | 56.6±6.0 | | | |
| | | 古 新 统 | 坝头组 | 25.7 | 暗紫色砾岩夹紫红色泥岩 | 59.4±6.0 | | |
| 9.3 | 紫红色砂质泥岩夹砾岩 | | | 62.1±6.1 | | | | |
| 53.1 | 暗紫色砾岩, 底部为巨砾岩 | | | 65.0±6.1 | | | | |
| 下伏地层 | | 下石河子组 (P ₁ x) | | 砂岩、页岩及煤层 | | | | |

图 9 晋南地区古近纪地层岩性综合柱状图

Fig.9 Composite columnar section of Paleogene strata and lithology in southern Shanxi

要由土黄色粗砂岩、紫红色含砾粘土岩含网状石膏、灰黄色粘土岩夹薄层石膏及紫红色粘土岩夹砾岩组成。产始新世中晚期哺乳动物化石,地层测年在 42.0~38.9 Ma。下伏地层为坡底组,整合接触;上覆地层为西滩组,平行不整合接触。

6.5 坡底组(E_2^p)的定义

坡底组为平陆群中下部组级岩石地层单位。主要由浅红色厚层砾岩及棕红色砂质泥岩与砂岩、砂砾岩互层组成。地层测年在 47.5~42.3 Ma。下伏地层为门里组,以底部砾岩底面为界,整合接触;上覆地层为赵家岭组整合接触。

6.6 门里组(E_2^m)的定义

门里组为平陆群下部组级岩石地层单位。主要由灰白色砾岩、含砾砂岩、紫红色、灰绿色泥岩含网脉状石膏及灰白色、紫红色砂质泥岩组成。产始新世早期哺乳动物及腹足类化石,地层测年在 56.1~50.5 Ma。下伏地层为坝头组,以底部砾岩底面为界,整合接触;上覆地层为坡底组,整合接触。

6.7 坝头组(E_1^b)的定义

坝头组为平陆群底部组级岩石地层单位。主要由暗紫色底砾岩、砾岩、上部夹紫红色泥岩及砂质泥岩组成。产古新世腹足类化石,地层测年在 65.0~56.6 Ma。下伏地层为二叠系下石河子组砂岩、页岩、煤系地层(或前古近纪地层、岩体),以底砾岩底面为界,角度不整合接触;上覆地层为门里组,整合接触。

7 结论与讨论

(1)根据沉积岩性、不整合面、所含化石、固结程度和岩性的变化,可将山西平陆地区的河湖相地层划分 7 个组、58 层,实测剖面的总厚度为 1026.3 m;孢粉、动物化石、介形类化石组合特征和 ESR 法测年结果表明,山西平陆地区河湖相沉积地层的形成时间为古近纪古新世—渐新世。

(2)根据岩石地层、生物地层和年代地层的综合研究结果,可将山西平陆地区原上渐新统柳林河组(E_3^l)、下渐新统一上始新统小安组(E_{2-3}^x)、中始新统坡底组(E_2^p)、下始新统一古新统门里组(E_{1-2}^m),从新到老重新划分为:渐新统柳林河组(E_3^l)、小安组(E_3^x);始新统西滩组(E_2^x)、赵家岭组(E_2^z)、坡底组(E_2^p)、门里组(E_2^m);古新统坝头组(E_1^b)。

(3)上述地层重新划分的是笔者根据野外和室内的综合研究的结果所提出的,与《中国地层典》“第

三系”(1999)和“中国各地质时代地层划分与对比”(2005)的划分不尽一致。

(4)山西平陆地区的柳林河组、小安组、西滩组、赵家岭组、坡底组、门里组和坝头组的地层层序十分清楚,在区域地质调查中具较强的可对比性。同时,这 7 个组的地层中所含动植物化石都十分丰富,对地层单元时代的确定和研究古近纪生物地层具有重要意义。

致谢:在工作中得到孙立菡、王建平、马天林研究员的具体指导和大力帮助,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献(References):

- [1] 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1988.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Shanxi Province. Regional Geology of Shanxi Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988(in Chinese with English abstract).
- [2] Andersson J G. Essays on the Cenozoic of northern China [J]. Mem. Geol. Surv. China, Ser. A, 3, Peking, 1923.
- [3] Zdansky O. Die Alttertiären Säugetiere Chinas nebst Stratigraphischen Bemerkungen[J]. Palaeont. Sinica, New Series C, 1930, 6(2): 1-87.
- [4] Teilhard de Chardin P and Young C C. Fossil Mammals from the Late Cenozoic of North China [J]. Pal. Sin., Ser. C, 1931, 9 (1): 1-67.
- [5] Berkey C P and Granger W. Later sediments of the desert basins of Central Mongolia [J]. Amer. Mus. Novitates, 1923, No. 77, 1-16.
- [6] 杨钟键, 卞美年. 山东汶河泗水区域之新生代地质 [J]. 中国地质学会志, 1935, 14(2): 221-241.
Yang Zhongjian, Bian Meinian. Cenozoic geology of Wenhe - Sishui region in Shandong Province [J]. Bulletin of Chinese Geological Society, 1935, 14 (2): 221-241(in Chinese).
- [7] 裴文文, 周明镇, 郑家坚. 中国的新生界 [M]. 北京: 科学出版社, 1963.
Pei Wenzhong, Zhou Mingzhen, Zheng Jiajian. Cenozoic Group of China [M]. Beijing: Science Press, 1963(in Chinese).
- [8] 《中国地层典》编委会. 第三系(郑家坚, 何希贤, 邱铸鼎等编著) [M]. 北京: 地质出版社, 1999.
Editorial committee of Stratigraphical Lexicon of China. The Tertiary [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).
- [9] 王乃文, 何希贤. 古近系 [C]//中国地质调查局地层古生物研究中心. 中国各地质时代地层划分与对比. 北京: 地质出版社, 2005: 487-522.
Wang Naiwen, He Xixian. The Palaeogene [C]//Stratigraphic division and correlation of each geologic period in China. Beijing: Geology Publishing House, 2005: 487-522(in Chinese).
- [10] 童永生. 中国始新世中、晚期哺乳动物群 [J]. 古生物学报, 1989,

- 28(5):663-682.
- Tong Yongsheng. A review of Middle and Late Eocene mammalian faunas from China [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 1989, 28 (5):663-682(in Chinese with English abstract).
- [11] 董永生, 郑少华, 邱铸鼎. 中国新生代哺乳动物分期 [J]. *古脊椎动物学报*, 1995, 33(4):290-314.
- Tong Yongsheng, Zheng Shaohua, Qiu Zhuting. *Vertebrata Palasiatica*[J]. 1995, 33 (4):290-314(in Chinese with English abstract).
- [12] 王强. 察尔汗盐湖的突然形成与地表系统巨变——据介形类研究[J]. *地质力学学报*, 1998, 4(4):82-87.
- Wang Qiang. Abrupt formation of the Charhan Salt Lake and the megaevolution of the earth surface system -on the basis of Ostracoda [J]. *Journal of Geomechanics*, 1998, 4 (4):82-87 (in Chinese with English abstract).
- [13] 李浩敏, 郑亚惠. 早第三纪植物群[C]//李星学主编. 中国地质时期植物群. 广州:广东科技出版社, 1995:355-382.
- Li Haomin, Zheng Yahui. Flora during Early Tertiary [C]// Li Xingxue (ed.). *Flora during Geologic Era in China*. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1995:355-382 (in Chinese).
- [14] 陶君容. 中国第三纪植物和植物区系历史分区 [J]. *植物分类学报*, 1992, 30(1):25-43.
- Tao Junrong. Historic district of Chinese Tertiary plants and flora [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1992, 30 (1):25-43(in Chinese).
- [15] 吴珍汉, 吴中海, 叶培盛, 等. 青藏高原晚新生代孢粉组合与古环境演化[J]. *中国地质*, 2006, 33(5):966-979.
- Wu Zhenhan, Wu Zhonghai, Ye Peisheng, et al. Late Cenozoic environmental evolution of the Qinghai-Tibet Plateau as indicated by the evolution of sporopollen assemblages [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (5):966-979(in Chinese with English abstract).
- [16] 朱大岗, 孟宪刚, 赵希涛, 等. 西藏纳木错和藏北高原古大湖晚更新世以来的湖泊演化与气候变迁 [J]. *中国地质*, 2004, 31(3):269-277.
- Zhu Dagang, Meng Xiangang, Zhao Xitao, et al. Evolution and climatic change of Nam Co of Tibet and an ancient large lake in the northern Tibetan Plateau since the late Pleistocene [J]. *Geology in China*, 2004, 31 (3):269-277(in Chinese with English abstract).
- [17] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏札达盆地及周缘高山区第四纪冰川堆积及冰川进退程讨论[J]. *中国地质*, 2006, 33(1):86-97.
- Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Quaternary glacial deposition and glacial advance and retreat in the Zanda basin and its surrounding mountains in Ngari, Tibet [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (1):86-97(in Chinese with English abstract).
- [18] 王津, 朱大岗, 孟宪刚, 等. 西藏札达盆地古格组剖面沉积环境演化特征[J]. *中国地质*, 2006, 33(5):1005-1012.
- Wang Jin, Zhu Dagang, Meng Xiangang, et al. Features of the change in Pliocene depositional environment at the Guge Formation section in the Zanda basin, Tibet [J]. *Geology in China*, 2006, 33 (5):1005-1012 (in Chinese with English abstract).
- [19] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿里札达盆地早更新世早期沉积及其古气候与古环境变化 [J]. *中国地质*, 2006, 33(6):1276-1284.
- Zhu Dagang, Meng Xiangang, Shao Zhaogang, et al. Early Pleistocene deposits and paleoclimatic and paleoenvironmental changes in the Zanda basin, Ngari area, Tibet[J]. *Geology in China*, 2006, 33 (6):1276-1284 (in Chinese with English abstract).
- [20] 梁兴中, 童运福. 古剂量勘查技术 [J]. *物探化探计算技术*, 1996, 18(增刊):27-30.
- Liang Xingzhong, Tong Yunfu. A Method of Paleodose Exploration [J]. *Computing Technique for Geophysical and Geochemical Exploration*, 1996, 18:27-30 (in Chinese with English abstract).
- [21] Ye Y G, Diao S B, He J, et al. ESR dating studies of palaeo-debris-flow deposition in Donggechuan, Yunnan Province, China [J]. *Quaternary Geochronology*, 1998, 17:1073-1076.
- [22] Bluszcz A, Goslar T, Hercman H. Comparison of TL, ESR and ¹⁴C dates of speleothems [J]. *Quaternary Science Reviews*, 1988, 7:417-421.
- [23] 史正涛, 张世强, 周尚哲, 等. 祁连山第四纪冰碛物的 ESR 测年研究[J]. *冰川冻土*, 2000, 22(4):353-357.
- Shi Zhengtao, Zhang Shiqiang, Zhou Shangzhe, et al. Study of ESR dating of Quaternary moraine, Qilian Mountains[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2000, 22 (4):353-357 (in Chinese with English abstract).
- [24] 朱大岗, 孟宪刚, 邵兆刚, 等. 西藏阿伊拉日居山南麓第四纪冰川沉积物及其 ESR 年龄测定[J]. *冰川冻土*, 2005, 27(2):194-198.
- Zhu Dagang, Zhao Xitao, Meng Xiangang, et al. Quaternary glacial deposits and their ESR dating results on the south slopes of the Ayilariju Mountains, Tibet Autonomous Region [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2005, 27 (2):194-198 (in Chinese with English abstract).
- [25] 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书(2000年第三次全国地层委员会会议通过)[M]. 北京:地质出版社, 2001.
- National Commission on Stratigraphy. *The Stratigraphy in Guide and Explanatory of China* [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001(in Chinese).

Revision and classification of Paleogene fluvial-lacustrine strata in the Pinglu area, Shanxi

ZHU Da-gang, MENG Xian-gang, SHAO Zhao-gang, LEI Wei-zhi, WANG Jin,
HAN Jian-en, YU Jia, LÜ Rong-ping, WANG Yan

*(Key Laboratory of Neotectonic Movement & Geohazard, Ministry of Land and Resources;
Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)*

Abstract: Recently the authors have carried out field geological survey and measured sections in the Pinglu area, Shanxi. According to the survey and section they have made a detailed study and classification of the Paleogene strata distributed in the study area, redefined Paleogene lithostratigraphic units in the area, established the biostratigraphic and chronostratigraphic sequences and provided new ESR dating data. The fluvio-lacustrine strata have been divided from younger to older into the Oligocene Liulinhe Formation ($E_3^2 l$) and Xiaolan Formation ($E_3^1 x$), Eocene Xitan Formation ($E_2^4 x$), Zhaojialing Formation ($E_2^3 z$), Podi Formation ($E_2^2 p$) and Menli Formation ($E_2^1 m$) and Paleocene Batou Formation ($E_1 b$). This study provides an important basis for the study, division and correlation of the Paleogene of North China and even the whole country.

Key words: Pinglu, Shanxi; Paleogene; lithostratigraphy; biostratigraphy; ESR

About the first author: ZHU Da-gang, male, born in 1951, senior researcher, director of doctors, engages in research on regional geology, sedimentary facies and paleoenvironment; E-mail: dagangzhu@sohu.com.