



· 鄂尔多斯盆地岩相古地理与沉积演化 ·

六盘山盆地新生界沉积微相与沉积演化

李克永¹, 苏小林达¹, 徐帅康¹, 杨文鹏¹, 李文厚²

(1. 西安科技大学 地质与环境学院/期刊中心, 陕西 西安 710054;
2. 西北大学 地质学系/大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069)

摘要 为研究六盘山盆地新生界沉积微相特征与沉积演化规律,以盆地周缘野外露头岩性、沉积构造与沉积微相特征为研究对象,对六盘山盆地新生界沉积微相与沉积演化进行研究。结果表明,六盘山盆地新生界发育始新统寺口子组、渐新统清水营组、中新统彰恩堡组与干河沟组,与下伏不同时代地层不整合接触;六盘山盆地新生界沉积相为冲积扇、辫状河、三角洲、湖泊及沙漠沉积;根据砂、泥沉积在纵向上的组合特征,识别出砂泥薄互层式、厚泥厚砂式、薄泥厚砂式、厚泥薄砂式4种沉积充填样式;受青藏高原隆升的影响,六盘山盆地填充初始期寺口子组以辫状河冲积扇为主,在横向和纵向上变化较大,高峰期清水营组蒸发强烈,以膏盐等碎屑岩为特色的湖相沉积为主,衰退期彰恩堡组南部以湖相为主,北部以河流相为主,消亡期干河沟组自下而上砾石增多,以河流相为主,整个新生界沉积微相反映了六盘山盆地新生代沉积演化过程。研究结果对六盘山盆地新生界沉积微相与沉积演化规律有了新认识,也为不同层位、不同沉积盆地的研究提供借鉴。

关键词 沉积微相;沉积演化;新生界;六盘山盆地

中图分类号:TE111.3 DOI:10.16152/j.cnki.xdxbr.2024-06-015

Sedimentary microfacies and evolution of Cenozoic Liupanshan Basin

LI Keyong¹, SU Xiaolinda¹, XU Shuaikang¹, YANG Wenpeng¹, LI Wenhong²

(1. School of Geology and Environment/Periodical Center, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Department of Geology/State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract In order to study the characteristics of Cenozoic sedimentary microfacies and sedimentary evolution of Liupanshan Basin, the Cenozoic sedimentary microfacies and sedimentary evolution of Liupanshan Basin are studied based on the lithology, sedimentary structure and sedimentary microfacies characteristics of outcrops around the basin. The results show that the Cenozoic in Liupanshan Basin developed the Sikouzi Formation of Eocene, the Qingshuiying Formation of Oligocene, the Zhangebao Formation of Miocene and the Ganhegou Formation, which were in unconformity with the underlying strata of different ages. The Cenozoic sedimentary facies in Liupanshan Basin are alluvial fan, braided river, delta, lake and desert deposits. According to the combination characteristics of sand and mud deposition in the longitudinal direction, four kinds of sedimentary filling styles are identified: sand and mud thin interlayer type, thick mud and sand thick type, thin mud and sand thick type. Influenced by the uplift of the Tibetan Plateau, the Sikouzi Formation was dominated by braided river-alluvial fans during the initial filling period of the Liupanshan Basin, which varied greatly in both

收稿日期:2024-07-26

基金项目:国家科技重大专项(2017ZX05005002-004)

第一作者:李克永,男,博士,副编审,从事沉积学和石油地质学研究,likeyong@xust.edu.cn。

transverse and longitudinal aspects. During the peak period, the Qingshuiying Formation was dominated by lacustrine sediments characterized by clastic rocks such as salt and salt. During the decline period, the Zhanghenbao Formation was dominated by lacustrine facies in the south and fluvial facies in the north. The whole Cenozoic sedimentary microfacies reflects the Cenozoic sedimentary evolution of Liupanshan Basin, mainly fluvial facies. The results of this study provide a new understanding of the sedimentary microfacies and sedimentary evolution of the Cenozoic in Liupanshan Basin, and provide reference for the study of different strata and sedimentary basins.

Keywords sedimentary microfacies; sedimentary evolution; Cenozoic; Liupanshan Basin

青藏高原东北缘弧形构造带是中国大陆重要的活动构造带,晚新生界构造变形十分强烈,形成一系列逆冲-走滑的弧形构造带,主体为近北东-南西向的活动断裂带以及活动断裂带之间的新生界压陷沉积盆地^[1-3]。强烈的差异升降运动造成构造断裂带与湖盆相间的构造格局^[3]。新生代以来青藏高原的隆升对整个东亚地质构造运动产生了重要影响,从而影响着六盘山盆地新生界的沉积微相与沉积演化^[4]。

六盘山盆地是青藏高原东北缘的次级盆地,为中国北方构造、地貌及各种地球物理场分异的枢纽地带^[4-5]。《宁夏回族自治区区域地质志》提出六盘山盆地新生界发育始新统寺口子组、渐新统清水营组、中新统彰恩堡组及中新统干河沟组。寺口子组为河流、湖泊相沉积,发育砖红色砂岩夹少量砾岩,清水营组富含石膏,为湖泊相沉积,彰恩堡组以河流相与湖泊相沉积为主,干河沟组以河流相为主。后众多学者对六盘山盆地新生界沉积做出较多研究,赵杨、韩鹏认为寺口子组下部发育冲积扇、上部发育辫状河,清水营组为盐湖沉积,彰恩堡组发育滨浅湖、河流沉积,干河沟以河流相为主^[1-2];林秀斌、LIN、杨帆等认为寺口子地区寺口子组以沙漠沉积为主^[6-8];张进等对六盘山盆地新生界野外露头进行详细分析,提出盆地新生界经历了湖盆填充的初始期到消亡期,发育冲积扇、辫状河等沉积相^[4]。在前人研究基础上,笔者根据六盘山盆地野外露头的岩性组合、沉积构造、沉积特征进一步研究六盘山盆地新生界沉积微相特征与沉积演化规律。

1 区域地质特征

1.1 区域构造特征

六盘山盆地位于青藏高原东北缘,东接鄂尔多斯盆地,西临北祁连造山带,南连秦岭造山带,

北望贺兰山逆冲推覆带^[1-2,5-9],是中国内陆的中新生界沉积拗陷盆地^[10-12],也是海原断裂带东段的重要组成部分^[3](见图 1)。也有学者认为六盘山盆地为河西走廊向东的延伸,属华北古板块西南部边缘^[5,10,13-16]。

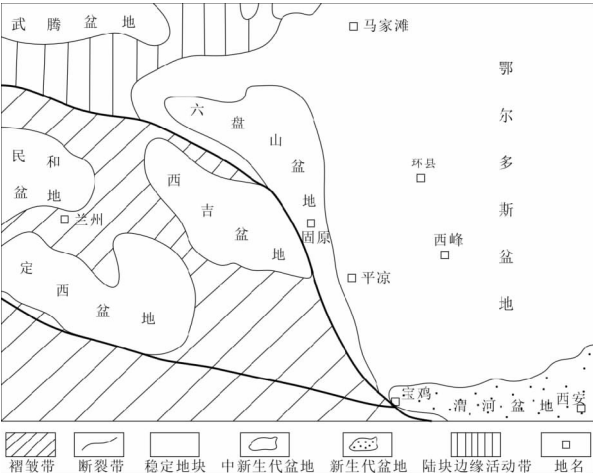


图 1 六盘山盆地新生界区域地质图
Fig. 1 Regional geological of Cenozoic in Liupanshan Basin

六盘山盆地处于中国构造格局东西分异的南北向构造带北端,西侧构造为北西西-北西向,东侧为近北东向^[5];元古界和下古生界组成六盘山盆地的结晶和褶皱双重基底,晚石炭世末祁连走廊地区整体沉降,海水向南退却,盆地内形成稳定的海陆交互相、陆相沉积建造,板块持续挤压产生向东北突出的弧形逆冲断裂^[10,14];晚侏罗世燕山造山运动导致湖盆隆升,“古脊梁”的形成分割了鄂尔多斯盆地与六盘山盆地,六盘山盆地缺失鄂尔多斯盆地西缘发育的晚侏罗世芬芳河组粗粒碎屑沉积,自此盆地进入独立演化阶段;白垩纪六盘山群沉积了 1 000 m 以上的河流、湖泊、三角洲沉积^[11,17];古近纪、新近纪是构造活动最剧烈的时期,喜马拉雅运动使盆地进入山前拗陷演化阶段,板块挤压下的逆冲推覆活动导致地层倒转,中新生界广泛出露地表,形成“东西分带、南北分块”

的构造格局^[13-14]。

1.2 六盘山盆地地层特征

六盘山盆地古近系、新近系广泛发育,缺失古新统,发育始新统寺口子组、渐新统清水营组、中新统彰恩堡组及干河沟组^[18-19],为紫红色、棕红色砂岩、砾岩、泥岩夹石膏-含膏岩建造,富含脊椎动物、双壳类、介形虫、轮藻、孢粉等化石,以富含石膏的渐新统清水营组分布最广。

始新统寺口子组主要出露于六盘山两侧及海原至同心一带,申旭辉等结合清水营组连续沉积于寺口子组之上以及清水营组底部化石年龄

35.8 Ma B. P. ,推断寺口子组为始新统^[20];程彧通过古地磁学研究认为寺口子组年龄为 32.47 ~ 30.21 Ma B. P. ^[21];韩鹏、房建军测定年龄 47.9 ~ 29.4 Ma B. P. ,为中始新世-早渐新世^[2,22];寺口子水库古地磁确定寺口子组沉积时代为 29 ~ 25.3 Ma B. P. ,为渐新世中晚期^[23]。六盘山盆地寺口子组为冲积扇-辫状河沉积,岩性为砖红色砂岩、砂砾岩夹少量砾岩,顶部常含钙质结核,见大型槽状交错层理、板状交错层理^[1],固原寺口子地区发育最好,平行不整合于下白垩统乃家河组(或更老地层)上,与上覆清水营组整合接触(见图 2)。

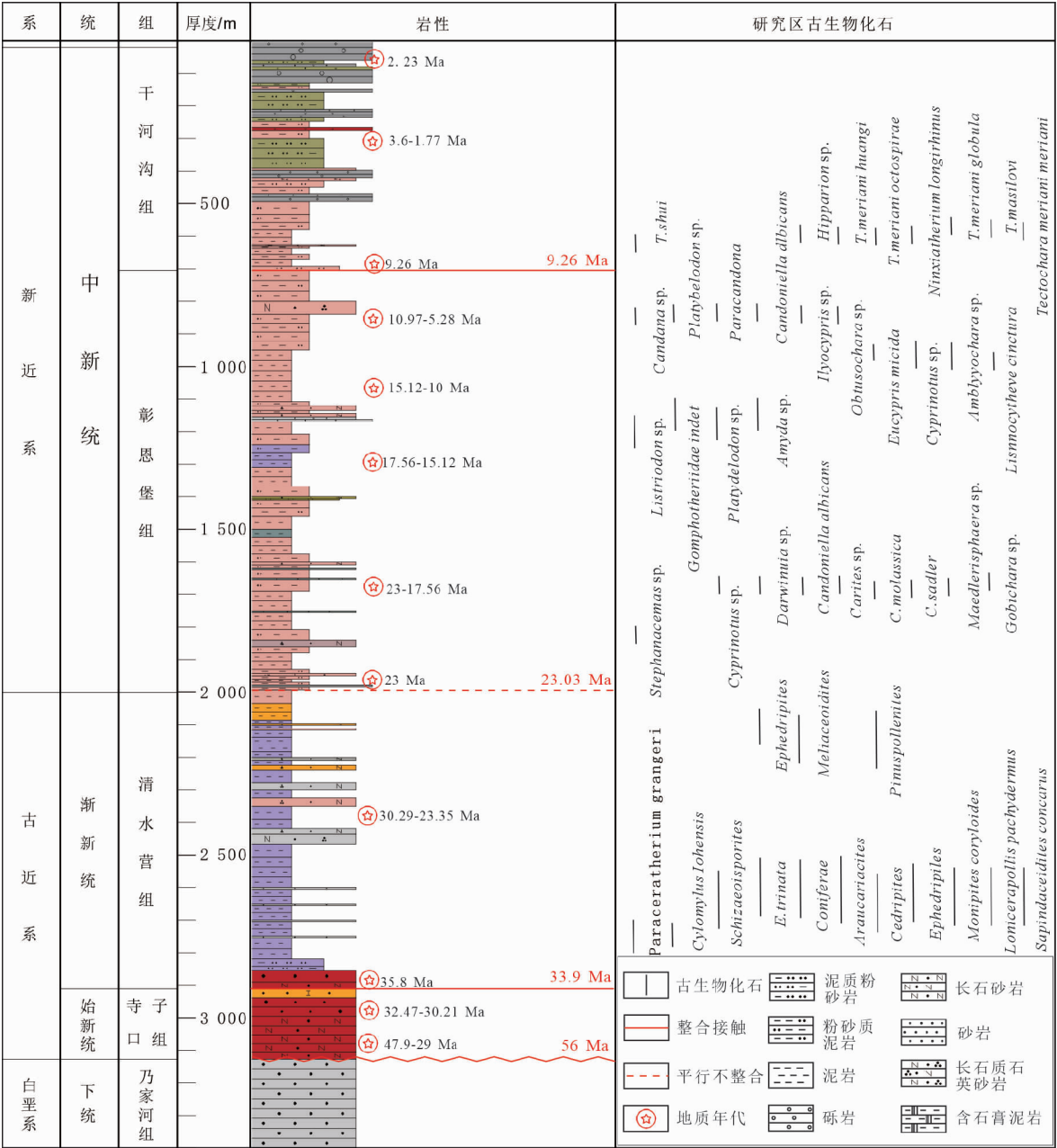


图 2 六盘山盆地新生界地层、岩性与古生物剖面
Fig. 2 Stratigraphy, lithology and paleontological profile of Cenozoic in Liupanshan Basin

渐新统清水营组在隆德、寺口子、海原、同心等地沉积厚度较大,向盆地边缘变薄。《宁夏回族自治区区域地质志》将清水营组归于中渐新统,申旭辉等运用古地磁学方法确定清水营组年龄 30.29 ~ 23.35 Ma B. P.^[20];赵杨根据贺家口子剖面古地磁研究认为清水营组时代为 22.92 ~ 16.618 Ma B. P.,属中新世早-中期^[1]。六盘山盆地清水营组岩性为褐红色细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩以及紫红色、灰绿色泥岩,石膏发育,为滨浅湖、浅湖沉积,其中咸湖相较为发育,与下伏寺口子组整合接触,与上覆彰恩堡组平行不整合接触。清水营组富含生物化石,下部主要有 *Paraceratheriumgrangeri*、*Cylomyluslohensis*、*Schizaeoisporites*、*E. trinata*、*Coniferae*、*Araucariacites*、*Cedripites*、*Ephedripites*、*Monipitescoryloides*、*Lonicerapollispachydermus*、*Sapindaceiditesconcarus*,上部主要有 *Ephedripites*、*Meliaceoidites*、*Pinuspollenites*(见图 2)。

下中新统彰恩堡组主要出露在中宁红柳沟、同心丁家二沟、固原寺口子、海原车家湾等地。申旭辉等运用古地磁学方法将彰恩堡组时代定为 23 ~ 9.26 Ma B. P.^[20]。六盘山盆地彰恩堡组为滨湖相沉积,以桔红色泥岩为主,底部含有薄层石膏,偶见泥灰岩团块或条带与下伏清水营组平行不整合接触,与上覆干河沟组整合接触。彰恩堡组富含古生物化石,下部有 *Stephanacemas* sp.、*Cyprinotus* sp.、*Darwi-nuia* sp.、*Candoniella albicans*、*Carites* sp.、*C. molassica*、*C. sadler*、*Maedleri-sphaera* sp.、*Gobichara* sp.,中部含有 *Listriodon* sp.、*Gomphotheriidae* indet、*Platydelodon* sp.、*Amyda* sp.,上部有 *Candana* sp.、*Platy-belodon* sp.、*Paracandona*、*Candonielladlbicans*、*Ilyocypris* sp.、*Obtusochara* sp.、*Eucyprismicida*、*Cyprinotus* sp.、*Amblyyochara* sp.、*Lisnocythevecinctura*(见图 2)。

上中新统干河沟组主要出露于中宁干河沟、张义沟及固原寺口子一带,西吉、海原、同心等地有零星露头,申旭辉等通过古地磁学研究将干河沟组沉积时代定为 9.26 ~ 2.23 Ma B. P.^[20];赵杨根据贺家口子剖面古地磁研究将干河沟组沉积时代定为 7.69 ~ 2.58 Ma B. P.,属中新世晚期-上新世^[1]。六盘山盆地干河沟组以河流相沉积为主,为灰白色砾岩、砂岩、砂砾岩,土黄、土红、桔黄色粉砂岩、砂质泥岩,整合于下伏彰恩堡组,上部被第四系覆盖。干河沟组古生物化石主要有 *T. shui*、*Hipparion* sp.、*T. merianihuangi*、*T. merianioc-*

tospirae、*Ninxiatheriumlongirhinus*、*T. merianiglobula*、*T. masilovi*、*Tectocharamerianimeriani*(见图 2)。

2 沉积微相特征

2.1 沉积微相

2.1.1 冲积扇

冲积扇发育在山谷出口处,多为干热气候,地势起伏较大且沉积物补给丰富,主要由暂时性洪水水流形成的粗碎屑堆积物组成^[20]。干旱环境下冲积扇有明显丘状隆起,分布范围局限,泥石流较为发育,河流相对积少^[24]。

六盘山盆地新生界冲积扇发育较多,湖盆沉积早期盆地南北边缘始新统寺口子组发育含砾的冲积扇沉积。丁家二沟剖面寺口子组为紫红色砾岩夹透镜状粗砂岩,砾石颗粒支撑,呈棱角状,分选、磨圆较差,为冲积扇近端沉积。大佛寺沟、中宁、贺家口子、隆德剖面寺口子组下部为褐红色泥岩夹大量砾石,砾石磨圆度与分选较好,成分主要为硅质,为冲积扇远端沉积[见图 3(a)]。

2.1.2 辫状河

辫状河形成于坡度较大、水流较急的地区,发育河道、溢岸、泛滥平原等亚相,河道是辫状河沉积体系中砂岩、砾岩沉积的主要相带^[25]。六盘山盆地新生界辫状河道多发育在湖盆沉积初期和晚期,盆地北部寺口子组早期发育含大量砾岩的冲积扇沉积。随着山体剥蚀、水量增加、砾岩减少、砂岩增多,寺口子组晚期主要为辫状河[见图 3(b)、(c)、(d)]^[26-27]。盆地中部寺口子地区以砖红色砂岩为主,不同学者提出水成和风成沉积的观点,由西向东砾石增多,为辫状河沉积。同心丁家二沟寺口子组为砖红色中厚层砂岩、粉砂岩、砂砾岩及粉砂质泥岩及少量砾岩,砾岩中发育大型槽状交错层理,砂岩中发育板状交错层理、槽状交错层理;同心贺家口子寺口子组砂岩中含大量砾石,分选、磨圆中等;贺家口子干河沟组以土黄色泥岩为主,含较多砾石,磨圆分选较好,粒径较小,为辫状河沉积。

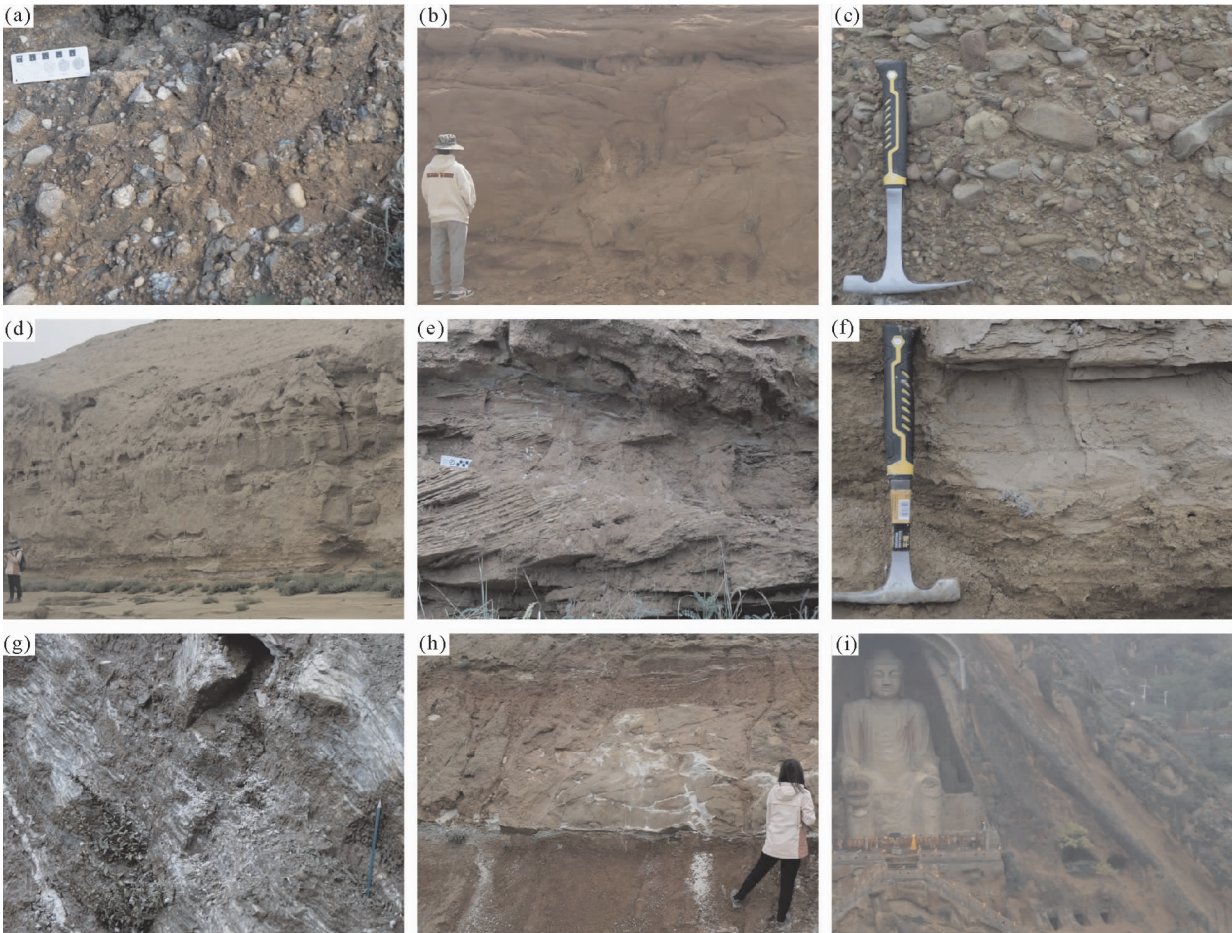
2.1.3 湖泊

湖泊相以砂岩、粉砂岩、泥岩为主,砾岩少见,泥岩中常见水平层理,砂岩中常见波纹层理、板状交错层理等,根据洪水面、枯水面和浪基面的不同,可划分滨湖、浅湖、半深湖和深湖亚相。

六盘山盆地清水营组和彰恩堡组湖泊发育

[见图 3(e)、(f)、(g)],由于环境干旱,蒸发量大于补给量,盆地处于封闭和半封闭状态,可见大量石膏,为咸湖^[28]。清水营组沉积期六盘山盆地构造活动弱,以碎屑岩为特征,同心、隆德、固原为沉积中心,沉积厚度较大,以青灰色泥岩、褐红色泥岩、砂岩夹石膏为主,由三角洲转变为盐湖沉积,可见水平层理、平行层理、波纹层理;丁家二沟见青灰色泥岩、褐红色泥岩垂向变化,反映了由还原

环境到氧化环境的转变;中宁一带为滨浅湖相^[1,4,27]。彰恩堡组沉积期,盆地大部分地区以细碎屑沉积为主,隆德、固原、同心地区以湖相沉积为主,湖盆面积较清水营组时期变小,进入湖盆充填的衰退期,由浅湖变为滨湖再到河流相沉积。干河沟时期,湖盆进一步缩小,盆地沉积以河流相为主。



(a)砾石发育,为冲积扇沉积寺口子组隆德剖面;(b)槽状交错层理发育,为辫状河沉积寺口子组丁家二沟剖面;(c)辫状河寺口子组贺家口子剖面;(d)辫状河干河沟组贺家口子剖面;(e)板状交错层理清水营组寺口子剖面;(f)水平层理滨浅湖彰恩堡组寺口子剖面;(g)含石膏盐湖清水营组袁家窝窝剖面;(h)含石膏三角洲清水营组寺口子剖面;(i)高角度板状交错层理沙漠沉积寺口子组寺口子剖面

图 3 六盘山盆地新生界沉积微相特征

Fig. 3 Sedimentary microfacies characteristics of Cenozoic in Liupanshan Basin

2. 1. 4 三角洲

六盘山盆地新生界三角洲相以砂岩、泥岩、粉砂岩为主[见图 3(h)]。清水营组沉积晚期固原地区为三角洲沉积,物源来自固原东侧,岩性为灰白色砂岩、褐红色泥岩,见平行层理;彰恩堡组沉积晚期海原地区为三角洲沉积,物源来自西北部香山地区。

2. 1. 5 沙漠

六盘山盆地寺口子地区寺口子组沉积成因有水成和风成 2 种成因观点,林秀斌、LIN 等根据寺口子组砂岩粒度分析、砂岩结构及沉积构造等特征,认为寺口子组砂岩为干旱环境风力作用下的沙漠沉积^[6-7];杨帆等研究提出固原寺口子组砂岩顶部底部发育少量河流相沉积,主体为行星风系

控制下的沙漠沉积,并进一步划分出风成沙丘和丘间地^[8][见图 3(i)]。

2.2 沉积充填样式

六盘山盆地新生界发育河流、湖泊、冲积扇等

沉积相,在垂向上出现砂体与泥质的交互沉积。根据砂、泥沉积在纵向上的组合特征^[29],划分出砂泥薄互层式、厚泥厚砂式、薄泥厚砂式、厚泥薄砂式 4 种沉积充填样式(见图 4)。

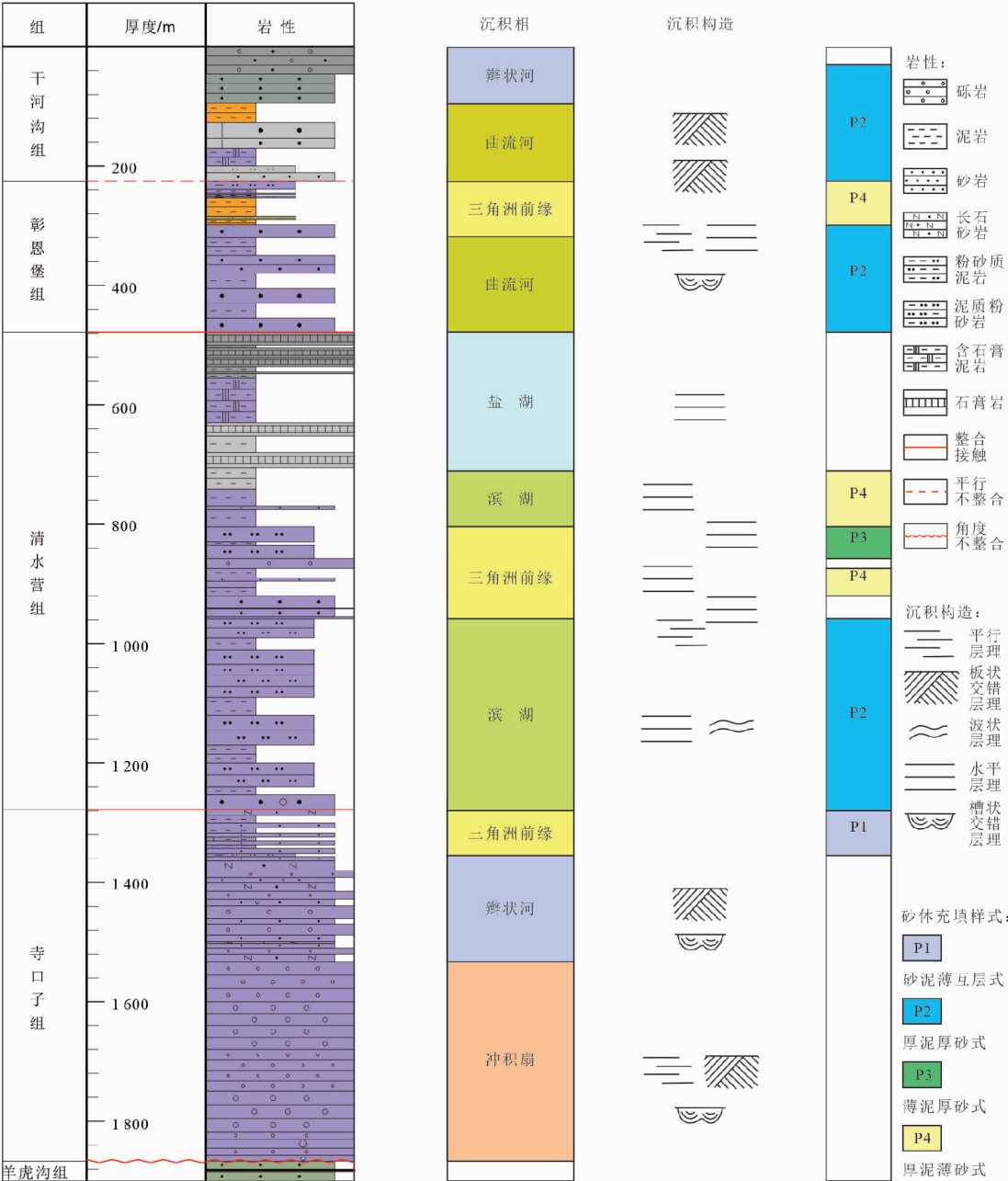


图 4 六盘山盆地新生界沉积特征与垂向序列

Fig. 4 Sedimentary characteristics and vertical sequence of Cenozoic in Liupanshan Basin

2.2.1 砂泥薄互层

砂泥薄互层式在纵向上表现为砂质层与泥质层很薄且交互沉积,砂泥互层较多,以紫红色砂岩、长石砂岩与紫红色泥岩互层为主。

2.2.2 厚泥厚砂

厚泥厚砂式在纵向上表现为砂质层与泥层很

厚且交互沉积,表现为下砂上泥的沉积序列,以紫红色砂岩粉砂岩与紫红色泥岩互层为主,发育水平层理、平行层理、波状层理、槽状交错层理。

2.2.3 薄泥厚砂

薄泥厚砂式在纵向上表现为薄层泥与厚层砂交互沉积,互层数较少,以紫红色砂岩粉砂岩与紫

红色泥岩互层为主,发育平行层理。

2.2.4 厚泥薄砂

厚泥薄砂式在纵向上表现为厚层泥与薄层砂的交互沉积,互层数较少,以紫红色砂岩、粉砂岩与紫红色泥岩互层为主,发育水平层理、板状交错层理。

3 新生界沉积演化

六盘山盆地新生界始新统寺口子组、渐新统清水营组、中新统彰恩堡组及中新统干河沟组在平面及纵向上都有很大的变化,反映了湖盆沉积初始期到衰退期发展的沉积演化过程,主要有河流、湖泊、冲积扇、三角洲、沙漠沉积。

3.1 寺口子组沉积相

六盘山盆地寺口子组为盆地新生界湖盆形成初始期,岩性以砖红色砂岩夹少量砾岩为主,辫状河、冲积扇沉积为主要沉积类型,在横向和纵向上变化较大。盆地北部香山发育冲积扇,中宁、大佛寺沟地区寺口子组为冲积扇远端沉积,砾石以紫红色砂岩和灰色砾岩为主,磨圆度很差,没有经过太远搬运,属近源沉积^[2,4];贺家口子地区寺口子组发育冲积扇沉积,砾石倾向 $118^{\circ}\sim 217^{\circ}$,倾角 $19^{\circ}\sim 60^{\circ}$;同心地区寺口子组早期发育冲积扇沉积,晚期为辫状河沉积,砾石以砂岩、灰岩、石英岩为主,推测物源来自东侧的大小罗山地区^[1];固原地区寺口子组棕红色中细砂岩磨圆度较好,发育大型高角度交错层理,认为是风力作用下的沙漠相沉积;隆德地区寺口子组为冲积扇远端沉积,砾石倾向 $310^{\circ}\sim 10^{\circ}$,倾角 $26^{\circ}\sim 70^{\circ}$,推测物源来自东部古陆梁。寺口子组沉积期同心、隆德地区为盆地寺口子组2个沉积中心,地层厚度较大,为冲积扇、辫状河沉积^[4,30-31]〔见图5(a)〕。

3.2 清水营组沉积相

六盘山盆地清水营组沉积范围较寺口子组明显扩大,以碎屑岩为主,富含石膏,常见泥岩、石膏互层,早期以河流相为主,晚期以膏盐沉积为特色的盐湖相沉积为主,沉积中心主要在同心、隆德、固原海原等地区。隆德地区清水营组以褐红色泥岩为主,由河流、三角洲相向滨浅湖演化,厚度达1 000 m,是六盘山盆地沉积厚度最大的地区^[2],推测物源来自东部古陆梁;海原地区清水营组以褐红色泥岩夹石膏层、灰白色砂岩、青灰色泥岩为主,辫状河、三角洲及盐湖相变较快,为清水营组

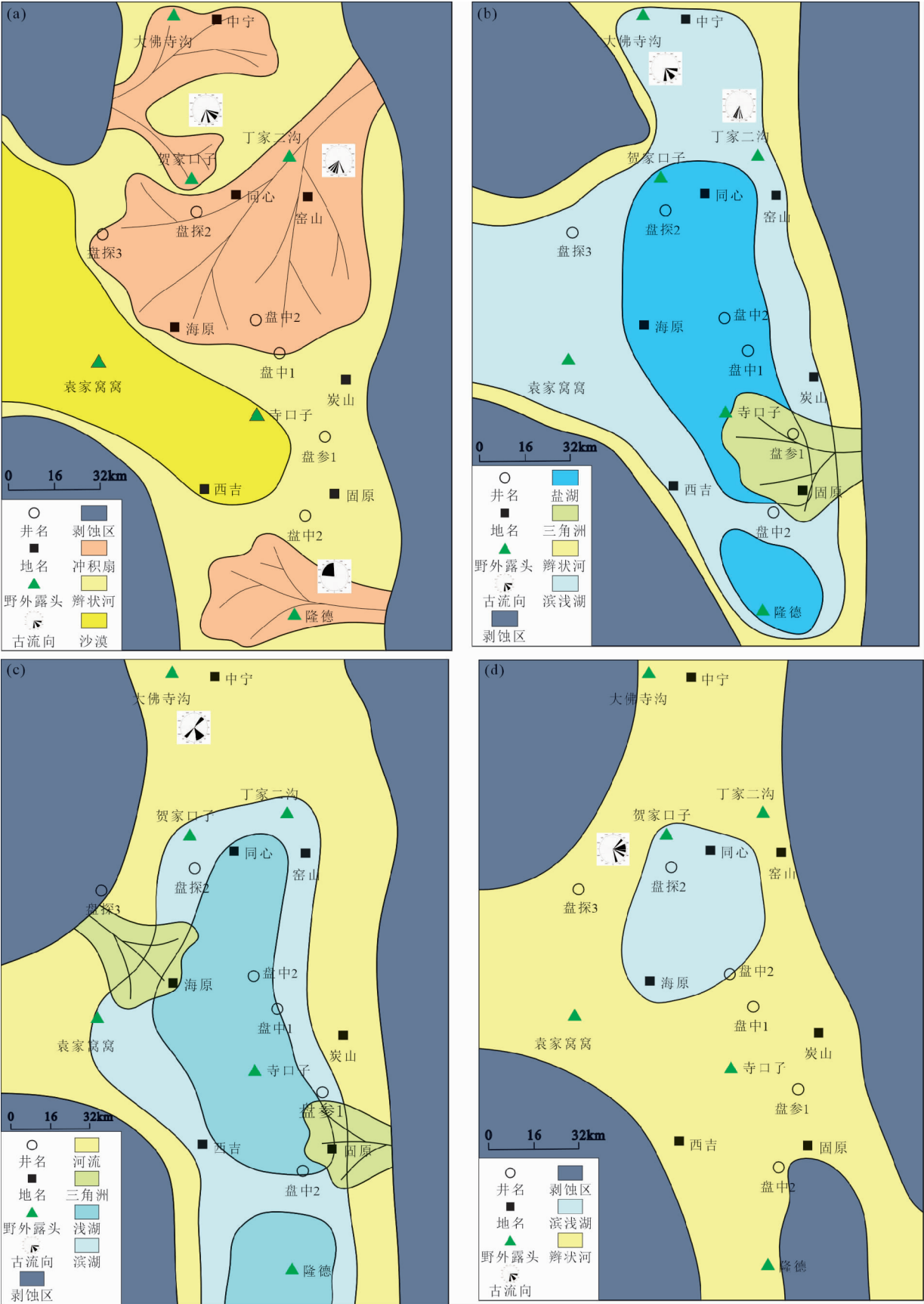
盐湖沉积中心^[4]。同心地区以泥岩和石膏层为主,横向上连续性好,分布广^[1],为河流相与滨浅湖沉积,砾石倾向 $212^{\circ}\sim 236^{\circ}$,倾角 $15^{\circ}\sim 42^{\circ}$,推测物源来自东北方部;中宁地区大佛寺沟地层厚度减小,具有边缘相特征。盆地清水营组沉积期由河流相、三角洲相向盐湖相演化,表明为盆地新生界湖盆填充高峰期〔见图5(b)〕。

3.3 彰恩堡组沉积相

六盘山盆地彰恩堡组以浅红、桔黄色泥岩为主,局部见石膏,沉积环境相对稳定,分布范围更加广,厚度变化不大。盆地南部以湖相沉积为主,北部以河流相为主,中宁、固原、隆德等地区为沉积中心。隆德地区彰恩堡组以浅红色泥岩为主,属湖相沉积;固原海原地区为浅红色砂质黏土,发育水平层理,为三角洲、滨浅湖沉积,其中寺口子地区厚度最大,可达1 200 m^[2];同心地区彰恩堡组为辫状河、滨浅湖,野外测量古水流向南,推测物源来自西北香山地区及东北部大小罗山一带^[4],其中,丁家二沟剖面彰恩堡组为浅红、桔黄色泥岩,底部见薄层石膏,为典型的滨湖相沉积,贺家口子剖面为红色夹灰绿色泥岩、含石膏的滨湖相沉积。彰恩堡组沉积期为湖泊相向三角洲、河流相转变,为盆地新生界湖盆填充的逐渐衰退期〔见图5(c)〕。

3.4 干河沟组沉积相

六盘山盆地干河沟组与下伏彰恩堡组角度或平行不整合接触,以河流相的土黄、土红、粉砂质泥岩、泥岩和泥质粉砂岩夹灰色含砾砂岩、砂砾岩、砾岩为主,比较松散,自下而上砾石增多^[2]。盆地中南部固原地区是干河沟组的一个沉积中心,以河流相为主,常见土黄色泥岩;同心地区干河沟组相对水动力较强,搬运能力强,砾石增多,粒径较大,为河流滨湖相红色碎屑岩沉积^[27],古水流为北北西-南南东向,六盘山及南部陇山开始隆起^[4];同心贺家口子干河沟组为土黄色泥岩,属河流滨湖相沉积,砾石倾向 $311^{\circ}\sim 355^{\circ}$,倾角在 $3^{\circ}\sim 30^{\circ}$;同心丁家二沟干河沟组以砾岩、砂岩、砂砾岩为主,属河流相沉积;北部干河沟地区以灰绿色含砾砂岩为主,为河流相。六盘山盆地干河沟期盆地抬升,盆地南部、北部以河流相为主,中部出现湖相,南部发育细碎屑岩,北部发育粗碎屑岩,代表六盘山盆地新生界湖盆消亡〔见图5(d)〕。



(a) 寺口子组; (b) 消水营组; (c) 彰恩堡组; (d) 干河沟组

图 5 六盘山盆地新生界沉积相平面分布图

Fig. 5 Sedimentary facies and sedimentary evolution of Cenozoic in Liupanshan Basin

4 结论

1)六盘山盆地新生界寺口子组发育冲积扇、辫状河、沙漠沉积,清水营组发育盐湖、辫状河、三角洲沉积,彰恩堡组发育滨浅湖、河流、三角洲沉积,干河沟发育河流、滨浅湖沉积。

2)六盘山盆地新生界岩性组合特征在纵向上可以分为砂泥薄互层式、厚泥厚砂式、薄泥厚砂式、厚泥薄砂式4种沉积充填样式。

3)六盘山盆地新生界经历了寺口子组湖盆充填初始期、清水营组填充高峰期、彰恩堡组填充衰退期、干河沟组湖盆消亡期沉积演化过程。

参考文献

- [1] 赵杨. 宁南盆地丁家二沟剖面古近纪新近纪沉积特征及其构造意义[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2019.
- [2] 韩鹏. 宁南盆地群第三系磁学特征及地质构造意义[D]. 西安:西北大学, 2008.
- [3] 张广良. 青藏高原东北缘六盘山—马东山地区晚新生界构造变形综合研究[D]. 北京:中国地震局地质研究所, 2007.
- [4] 张进, 马宗晋, 任文军. 宁夏中南部新生界沉积特征及其与青藏高原演化的关系[J]. 地质学报, 2005, 79(6): 757-773.
ZHANG J, MA Z J, REN W J. The sedimentary characteristics of Cenozoic strata in central and southern Ningxia and their relationships with the development of the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(6): 757-773.
- [5] 刘俊伟. 早白垩世六盘山盆地沉积-构造演化[D]. 兰州:兰州大学, 2010.
- [6] 林秀斌. 六盘山地区中新世构造事件及沉积响应[D]. 杭州:浙江大学, 2010.
- [7] LIN X B, WYRWOLL K H, CHEN H L, et al. An active east Asian monsoon at the Oligocene-Miocene boundary: Evidence from the Sikouzi section, northern China[J]. Journal of Geology, 2015, 123(4): 355-367.
- [8] 杨帆, 李孝泽. 宁夏固原古近系寺口子组砂岩成因探讨[J]. 古地理论, 2017, 19(3): 445-456.
YANG F, LI X Z. Discussion about origin of the Paleogene Sikouzi formation sandstones in Guyuan, Ningxia[J]. Journal of Palaeogeography (Chinese Edition), 2017, 19(3): 445-456.
- [9] 李明涛, 李黎明, 梁志荣. 宁夏同心地区古近纪新近纪沉积岩地球化学特征及意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2020, 39(2): 304-318.
LI M T, LI L M, LIANG Z R. Geochemical characteristics and their significances of the Paleogene-Neogene sedimentary rocks in the Tongxin area, Ningxia, China[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2020, 39(2): 304-318.
- [10] 宗立一, 李陇堂, 温万成, 等. 宁夏六盘山盆地中新世地质演化研究[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2012, 33(2): 214-219.
ZONG L Y, LI L T, WEN W C, et al. A research on geological evolution of Mesozoic-Cenozoic of Liupanshan Basin in Ningxia[J]. Journal of Ningxia University (Natural Science Edition), 2012, 33(2): 214-219.
- [11] 常小斌. 六盘山白垩纪李洼峡组狼鳍鱼化石的埋藏学及古环境分析[D]. 西安:长安大学, 2023.
- [12] 田勤俭, 丁国瑜. 青藏高原东北隅似三联点构造特征[J]. 中国地震, 1998, 14(4): 29-37.
TIAN Q J, DING G Y. The tectonic feature of a Quasi-trijunction in the northeastern corner of Qinghai-Xizang Plateau[J]. Earthquake Research in China, 1998, 14(4): 29-37.
- [13] 杨福忠, 刘三军. 六盘山盆地构造特征及勘探方向[J]. 勘探家, 1997, 2(4): 27-30.
YANG F Z, LIU S J. Structural feature and exploration direction of Liupanshan Basin[J]. China Petroleum Exploration, 1997, 2(4): 27-30.
- [14] 舒志国. 六盘山盆地西缘逆掩推覆构造的发现与油气地质意义[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(3): 176-177.
SHU Z G. Discovery of overridden structure in the western margin of Liupanshan Basin and its geologic significance of oil and gas[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2007, 29(3): 176-177.
- [15] 屈红军, 李文厚, 何希鹏, 等. 六盘山盆地地下白垩统沉积层序与含油气系统[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 33(1): 70-74.
QU H J, LI W H, HE X P, et al. Discussion on sequence stratigraphy and petroleum system of the lower cretaceous in Liupanshan Basin[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2003, 33(1): 70-74.
- [16] 李克永, 李文厚, 刘哲, 等. 宁夏六盘山盆地早白垩世六盘山群原型盆地特征[J]. 地质通报, 2016, 35(Z1): 383-389.
LI K Y, LI W H, LIU Z, et al. Characteristics of early cretaceous prototype basin of Liupanshan Group in Liupanshan Basin[J]. Geological Bulletin of China,

- 2016,35(Z1):383-389.
- [17] 朱国胜. 六盘山盆地中新生界构造特征分析及有利油气区预测[D]. 西安:长安大学,2016.
- [18] 王元青,李茜,白滨,等. 中国古近纪岩石地层划分和对比[J]. 地层学杂志,2021,45(3):402-425.
WANG Y Q, LI Q, BAI B, et al. Lithostratigraphic subdivision and correlation of the Paleogene in China [J]. Journal of Stratigraphy, 2021, 45(3):402-425.
- [19] 侯素宽,李强,王世骥,等. 中国新近纪岩石地层划分和对比[J]. 地层学杂志,2021,45(3):426-439.
HOU S K, LI Q, WANG S Q, et al. Lithostratigraphic subdivision and correlation of the Neogene in China [J]. Journal of Stratigraphy, 2021, 45(3):426-439.
- [20] 申旭辉,田勤俭,丁国瑜,等. 宁夏贺家口子地区晚新生界地层序列及其构造意义[J]. 中国地震, 2001,17(2):56-66.
SHEN X H, TIAN Q J, DING G Y, et al. The late Cenozoic stratigraphic sequence and its implication to tectonic evolution, Hejiakouzi area, Ningxia Hui Autonomous Region [J]. Earthquake Research in China, 2001, 17(2):56-66.
- [21] 程彧. 六盘山山前新生界沉积盆地高精度磁性地层与青藏高原东北边界变形隆升[D]. 兰州:兰州大学,2005.
- [22] 房建军. 宁南盆地沉积构造演化与改造[D]. 西安:西北大学,2009.
- [23] 王伟涛. 宁夏南部新生界盆地沉积演化及其对青藏高原东北角构造变形的响应[D]. 北京:中国地震局地质研究所,2012.
- [24] 郭建华,朱美衡,杨申谷,等. 辽河盆地曙一区馆陶组湿地冲积扇沉积[J]. 沉积学报,2003,21(3):367-372.
GUO J H, ZHU M H, YANG S G, et al. Wet alluvial fan sedimentary in the Guantao formation of Shuyi area [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3):367-372.
- [25] 金振奎,杨有星,尚建林,等. 辫状河砂体构型及定量参数研究:以阜康、柳林和延安地区辫状河露头为例[J]. 天然气地球科学,2014,25(3):311-317.
JIN Z K, YANG Y X, SHANHG J L, et al. Sandbody architecture and quantitative parameters of single channel sandbodies of braided river: Cases from outcrops of braided river in Fukang, Liulin and Yanan areas [J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(3):311-317.
- [26] 邓辉. 宁南盆地新生代沉积-构造面貌及其演化[D]. 西安:西北大学,2014.
- [27] 陆茂欣,田景雄,李明涛,等. 中宁贺家口子砾石研究对青藏高原东北缘隆升提供的证据[J]. 世界地质,2023,42(1):37-49.
LU M X, TIAN J X, LI M T, et al. Evidence of tectonic uplift in northeastern margin of Tibetan Plateau: Constrained by gravel of Hejiakouzi section in Zhongning county [J]. World Geology, 2023, 42(1):37-49.
- [28] 李宜. 陆相盐湖盆地蒸发岩与碎屑岩混合沉积模式研究[D]. 荆州:长江大学,2024.
- [29] 商晓飞,段太忠,侯加根,等. 湖泊滨岸砂坝沉积砂泥空间配置关系及其地质意义[J]. 石油勘探与开发,2019,46(5):902-915.
SHANG X F, DUAN T Z, HOU J G, et al. Spatial configuration of sand and mud in the lacustrine nearshore sand bar deposits and its geological implications [J]. Petroleum Exploration and Development, 2019, 46(5):902-915.
- [30] 张进,马宗晋,肖文霞,等. 宁夏中南部中新世构造活动的地质证据及其意义[J]. 地质学报,2006,80(11):1650-1659.
ZHANG J, MA Z J, XIAO W X, et al. Geological evidences of the deformation in central-southern Ningxia in the Miocene and its significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(11):1650-1659.
- [31] 李克永,李文厚,刘哲,等. 宁夏六盘山盆地早白垩世六盘山群原型盆地特征[J]. 地质通报,2016,35(2/3):383-389.
LI K Y, LI W H, LIU Z, et al. Characteristics of early Cretaceous prototype basin of Liupanshan Group in Liupanshan Basin [J]. Geological Bulletin of China, 2016, 35(2/3):383-389.

(编辑 李波)