渭河地堑南北源汇特征及其对沉积体系与储层特征的影响

柏立广[1]，王维[1*]，刘子玉[2]，杨香华[1]，刘志峰[2]，刘慧[3]

1. 中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074；
2. 中海石油（中国）有限公司北京研究中心，北京 100028；
3. 中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司勘探开发研究院，河北 任丘，062552

第一作者，E-mail：b186786104@163.com

* 通信作者，E-mail：wang.wei@cug.edu.cn

2023-09-18 收稿；2024-01-09 修回；2024-01-10 接受

基金项目：国家自然科学基金项目(42002131)

中图分类号：P618.13　　文章编号：2096-8523(2025)02-0270-15　　doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.tb20230531

摘　要：物源性质对于我国近海盆地古近系沉积与储层发育具有重要的控制作用，然而受限于取心成本与地震资料多解性，相关认识缺少直观证据支撑。渭河地堑为新生代断陷盆地，区域地质研究揭示其南北物源体系差异显著，其构造背景、物源配置与近海盆地具有较强的可类比性。基于渭河地堑野外露头与系统采样进行锆石 U-Pb 年代学、铸体薄片、背散射以及 X 衍射分析，对渭河地堑南北砂体物源体系、沉积及储层特征进行了精细解剖。研究表明，北部花城剖面碎屑锆石具有华北克拉通 2 个典型古老峰值以及对应加里东与海西运动的年轻峰值，层序底部砾岩砾石类型以碳酸盐岩、钙质碎屑岩以及变质岩为主，具备鲜明的渭北隆起物源特征；南部骊山周缘剖面碎屑锆石以加里东晚期与印支晚期峰值为主，砾石类型以花岗岩与变质岩为主，具备鲜明的南部秦岭物源区特征。渭北隆起碳酸盐岩物源区对应沉积体规模小且富泥，储层中泥质与钙质含量高。南部秦岭造山带对应沉积体展布规模大，多旋回富砂沉积，储层以砂砾岩、净砂岩为主，储层钙质含量低。不同类型物源体系为储层及后续成岩作用提供了物质基础与先决条件。渭河地堑野外露头的系统分析可以为我国近海盆地相关研究提供借鉴。

关键词：渭河地堑；源汇特征；沉积体系；储层特征；新生界

近年来，在近海盆地油气勘探中，研究人员逐渐认识到母岩性质对沉积体系与储层发育具有重要控制作用，母岩性质不同造成的储层差异是不同区域勘探效果差异的重要原因[1-14]。在渤海海域，基于地震与钻井资料在盆内渤南低凸起、辽西凸起以及石臼坨凸起等物源区确定的火山岩、碳酸盐岩以及变质岩母岩具备差异显著的沉积与储层效应[1, 3, 5, 7-8, 11]，在南海北部珠江口盆地，研究发现中生界沉积岩与花岗岩母岩的不同是造成陆丰与惠州古近系储层差异性的重要原因[6, 9-10, 12]；在东海西湖凹陷，研究发现以岩浆岩为母岩对应的砂体石英含量高，抗压实较强，为西湖凹陷深层低渗背景下有效储层的发育提供了先天条件，扩展了低渗储层窗口[1, 4, 14]。

然而，对于含油气盆地，特别是我国近海盆地，受深层地震资料分辨率与多解性约束，沉积体系构型特征、展布规律难以直观观察，地质认识以呈现基于地震与钻井资料约束的沉积相与沉积模式为主，缺乏露头的直观地质现象支撑，使得相关图件理论性与模式性强，但相对缺乏“眼见为实”的露头佐证。同时海洋钻井及岩心采集成本高昂，覆盖率低，可供测试分析的样品少[15]，也在一定程度上制约了对深部沉积体系与储层发育的深入认识。

著录信息：柏立广，王维，刘子玉，等. 渭河地堑南北源汇特征及其对沉积体系与储层特征的影响［J］. 地质科技通报，2025，44(2)：270-284.
BAI Liguang, WANG Wei, LIU Ziyu, et al. Source-sink characteristics of the Weihe Graben and their controlling effects on sedimentary system and reservoir characteristics[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2025, 44(2): 270-284.

© Editorial Office of Bulletin of Geological Science and Technology. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.　https://dzkjqb.cug.edu.cn

渭河地堑位于鄂尔多斯地块与秦岭造山带之间，为新生代断陷湖盆，与我国古近纪近海盆地类似，均为陆相断陷湖盆，尤其与渤海湾盆地的构造演化过程具有相似性。渭河地堑南北物源母岩性质差异巨大，同时南北的砂体展布与储层的发育也呈现巨大差异，可以利用渭河地堑直观的野外露头和丰富的样品资料建立可应用于我国近海盆地的沉积模式，研究呈现的露头特征及相关认识能够对其他富油凹陷的油气勘探提供一定的借鉴。

本次研究以锆石 U-Pb 年代学结合区域地质背景，对渭河地堑南北地区进行物源沉积体系分析，通过薄片、背散射与能谱确定样品的主要砾石类型，结合前人研究成果确定南北物源区母岩岩性组成；根据野外露头对南北砂体进行针对性对比解剖，分析南北不同物源类型下砂体类型、岩性组合与规模差异；最后利用铸体薄片对储层进行微观分析，利用 X 衍射进行矿物定量分析，探究渭河地堑南北不同岩性物源控制下沉积体与储层发育的差异性，以期为近海盆地沉积与储层发育提供借鉴。

1 区域地质概况

渭河地堑位于陕西省中部，为新生代断陷盆地，又称渭河盆地。构造上，渭河地堑介于北部鄂尔多斯地块与南部秦岭造山带之间，西起宝鸡峡，东至潼关，东西长 360 km，南北宽 30 ~ 60 km[16-17]。渭河地堑北部渭北隆起是鄂尔多斯盆地南部构造单元，早白垩世以前整体以沉降接受沉积为主，早白垩世开始整体抬升，于燕山期隆起形成基本构造格局[18-19]。南部秦岭造山带夹持在华北板块和扬子板块之间，从元古宙到中生代早期经历了多期的地质构造事件，最终在三叠纪中晚期形成[20-21]。渭河地堑整体划分为 8 个次级构造单元(2 个深凹陷、2 大斜坡和 4 个凸起或隆起)[22-23]。西安凹陷、固市凹陷、乾县斜坡区、蒲城–富平浅凹、合阳–韩城凸起、咸渭凸起、骊山凸起及西部隆起(图 1)。

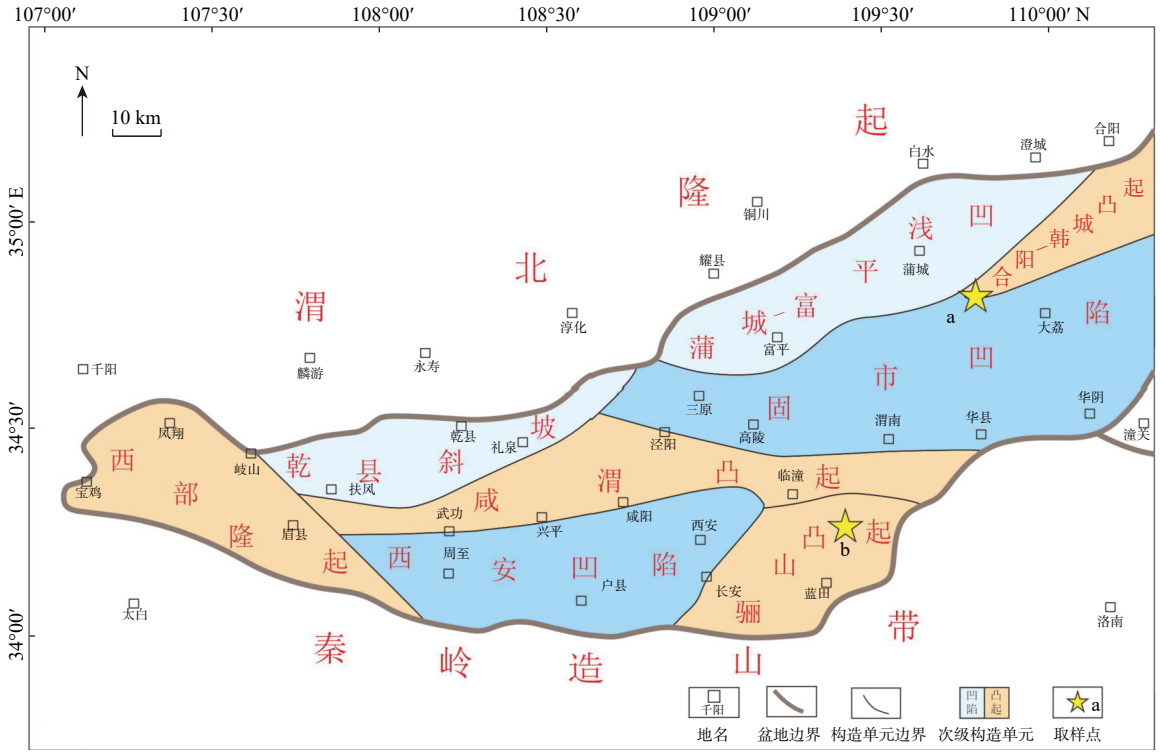


图 1　渭河地堑构造单元分布平面图及取样位置典型剖面地理位置（据文献 [22, 24] 修改）

Fig. 1　Geographical distribution of the Weihe graben tectonic unit and sampling locations

渭河地堑古近纪沉积范围较小，中新世盆地沉积范围急剧扩展，新近纪沉积–构造格局基本稳定[24-25]。新生代地层自下而上依次为红河组、白鹿塬组、冷水沟组、寇家村组、灞河组、游河组、三门组以及黄土–古土壤沉积(图 2)。现今渭河地堑老地层多被第四系覆盖，露头仅在山前或深切河谷可见。盆地南部，晚中新世骊山凸起的隆升使得围绕骊山呈扇状展布的露头发育最好。而盆地北部露头出露较少，以大荔花城剖面游河组与三门组出露较好。因此，本研究以南部秦岭物源区主控的支家沟系列

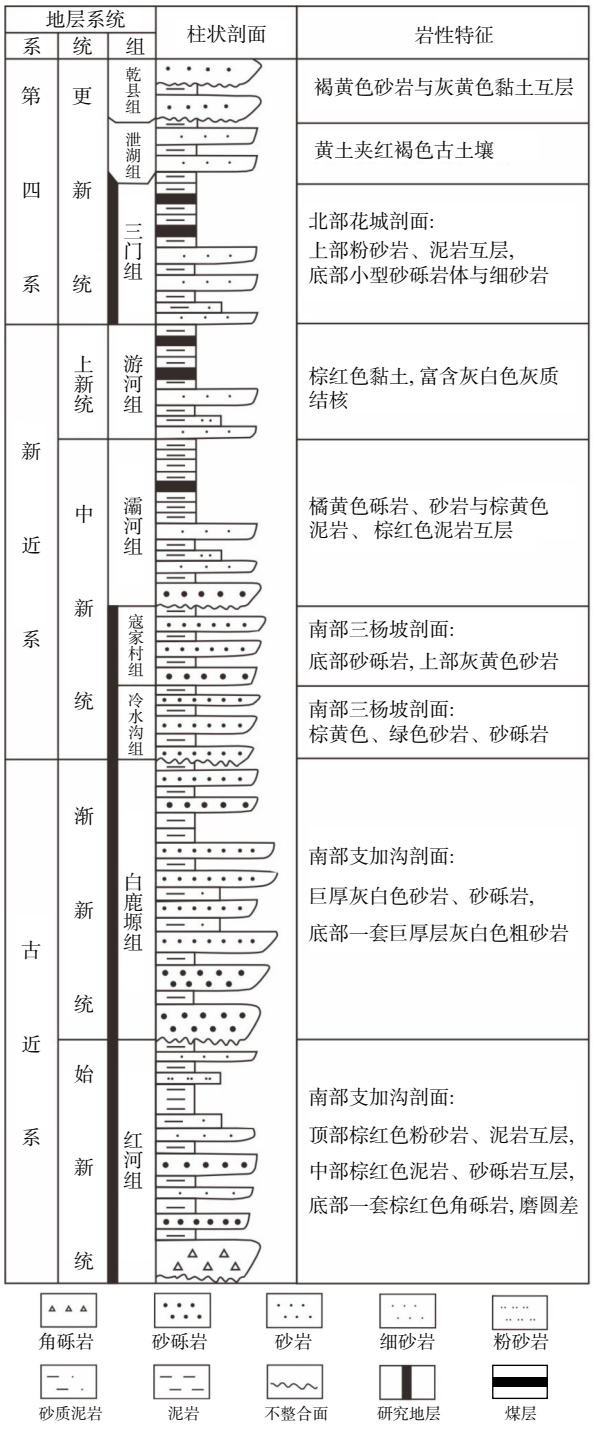


图 2　综合岩性柱状图（据文献 [22] 修改）

Fig. 2　Comprehensive lithology column diagram

剖面与北部渭北隆起物源区主控的花城剖面为例，探讨物源性质及沉积储层响应。

2　母岩性质示踪

2.1　沉积特征

渭河地堑内部钻井稀少，仅有几条二维地震剖面。基于有限的钻井资料结合野外露头剖面，前人对其沉积相进行了分析[22]。整体上，渭河地堑南北双断，沉积相南北相似，以冲积平原、滨浅湖、较深湖以及扇三角洲为主，但露头剖面显示南北沉积体规模与含砂率存在差异。以古近系白鹿塬组为例，其沉积期湖泊发育局限，发育 2 个沉积中心。南部冲积平原范围较大，物源供给强，扇三角洲发育规模较大，而北部扇三角洲发育局限（图 3）。尽管前人对于渭河地堑沉积特征进行了刻画分析[22]，但受限于缺乏地球物理资料约束，相关分析较为模式化，本研究着重基于典型的野外露头进行岩相、岩性特征描绘与分析。

渭河地堑北部构造相对稳定，持续接受沉积，地层多被第四系黄土覆盖，露头出露较差。其中，大荔县花城剖面以三门组、游河组沉积为主，以底部小型砂砾岩沉积与上部厚层粉砂岩、泥岩沉积为特征（图 4a, b）。渭河地堑南侧骊山周缘出露多个典型露头，古近系主要发育始新统红河组与渐新统白鹿塬组，其中以支家沟剖面最为典型。红河组以红色的冲积扇与冲积平原复合体为主（图 4c），白鹿塬组以典型的厚层分流河道灰白色砂岩为特征，发育多个正旋回（图 4c, d）。毛东村三杨坡剖面主要为中新统冷水沟组上部及寇家村组厚层砂砾岩（图 4e），寇家村组下部为厚层灰白色、棕色砂砾岩、粗砂岩（图 4f）；冷水沟组上部岩性以棕黄色、绿色中粗砂岩及砂砾岩为主（图 4g）。自渐新统白鹿塬组开始，骊山周缘沉积体整体特征以旋回底部砾岩、砂砾岩沉积为主向上逐渐过渡为粗砂岩沉积。区域构造背景与前人研究成果[18, 22, 24] 显示，南部骊山周缘露头与北部花城剖面分属南北两大物源体系。然而，前人研究[18, 22, 24] 多基于物源区区域地质特征，其物源体系特征与物源效应缺乏进一步分析厘定。

2.2　碎屑锆石物源示踪

研究区北部花城剖面露头中三门组中部粉细砂岩出露，质地均匀（图 4b）；南部支家沟剖面白鹿塬组砂体规模大、质纯，其粗砂岩具备区域代表性（图 4c）。因此，分别在研究区北部三门组与南部白鹿塬组中敲取新鲜面选取砂岩样品，样品均固结较弱，较为松散。对采集样品进行碎样、重选、磁选提纯，双目镜挑选完成锆石制靶剖光，阴极发光拍照，随机选点通过 LA-ICP-MS 进行定年分析。GeolasPro 激光剥蚀系统由 COMPexPro 102 ArF 193 nm 准分子激光器和 MicroLas 光学系统组成，ICP-MS 型号为 Agilent 7900。激光剥蚀过程中采用氦气作载气、氩气为补偿气以调节灵敏度，二者在进入 ICP 之前通过一个 T 型接头混合，激光剥蚀系统配置有信号平滑装

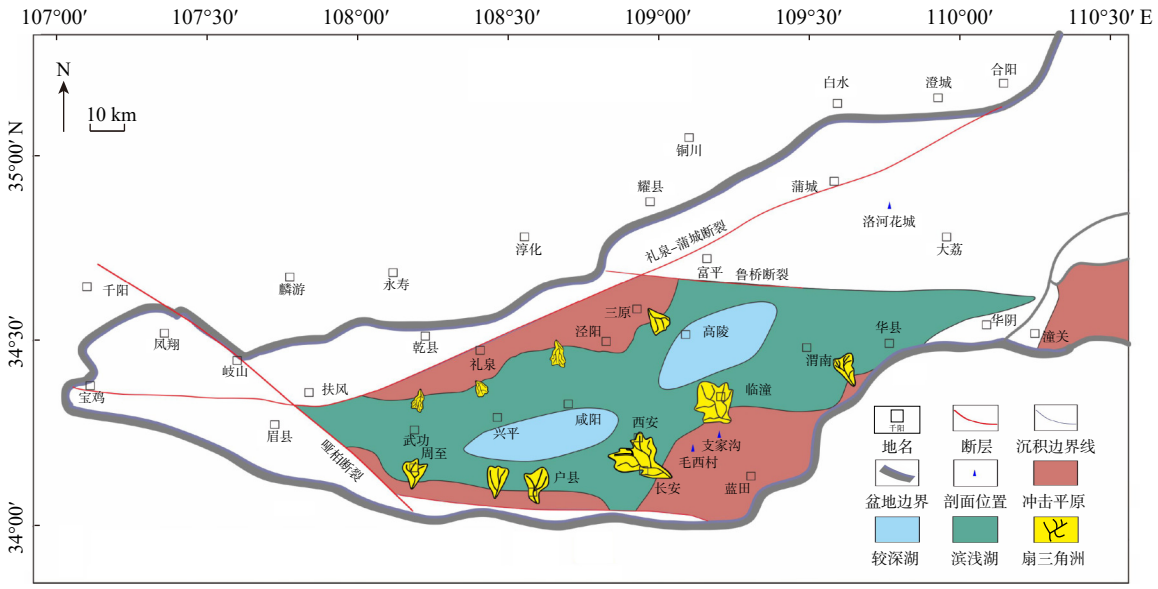


图 3　渭河地堑白鹿塬组沉积相图（盆地范围与边界断层据文献 [22] 修改）

Fig. 3　Sedimentary facies of the Bailuyuan Formation in the Weihe Graben

置[26]。本次分析的激光束斑为 30 μm。U-Pb 同位素定年和微量元素含量分析采用锆石标准 91500 和玻璃标准物质 NIST610 作外标分别进行同位素和微量元素分馏校正。每个时间分辨分析数据包括大约 20 ~ 30 s 空白信号和 50 s 样品信号。对分析数据的离线处理(包括对样品和空白信号的选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量及 U-Pb 同位素比值和年龄计算)采用软件 ICPMSDataCal[27-30] 完成。锆石数据谐和度较高，南部白鹿塬组砂岩样品打点 100 个，谐和点 97 个；北部三门组样品打点 100 个，谐和点 100 个，锆石 U-Pb 实验投点大部分落在一致性曲线上及其附近(图 5)，但不同年龄锆石颗粒呈现不同阴极发光特征(图 6)。

根据 Kernel Density Estimation（简称 KDE）方法绘制锆石年龄谱图[31]，北部三门组样品锆石主要集中在 4 个区间，南部白鹿塬组样品主要集中在 3 个区间(图 7a, b)。第 1 个区间北部三门组有 28 个测点([156, 352]Ma)，加权年龄为 282 Ma，锆石阴极发光较浅，震荡环带明显，自形程度较好；南部白鹿塬组有 42 个测点([200, 229]Ma)，加权年龄为 223 Ma，锆石阴极发光图像较暗，震荡环带不明显，自形程度较好。第 2 个区间北部三门组有 13 个测点([419, 462]Ma)，加权年龄为 453 Ma，锆石阴极发光图像变暗，震荡环带清晰；南部白鹿塬组有 35 个测点([382, 455]Ma)，加权年龄为 433 Ma，锆石颗粒发光暗，震荡环带相对不清晰，部分颗粒自形程度较差；第 3 个区间，北部三门组有 30 个测点([1 699, 1 991]Ma)，加权年龄为 1 868 Ma，锆石颗粒阴极发光暗，震荡环带不清晰；南部白鹿塬组有 10 个测点([1 629, 1 972]Ma)，加权年龄为 1 767 Ma，锆石阴极发光与北部样品呈现巨大差异，整体阴极发光亮，自形程度较差；第 4 个区间北部三门组有 27 个测点([2 022, 2 570]Ma)，加权年龄为 2 542 Ma，锆石阴极发光相对较浅，震荡环带清晰；南部白鹿塬组仅有 5 颗锆石年龄在 2 000 Ma 之上，颜色较深，部分呈现长柱状，震荡环带较不清晰。总的来说，在不同年龄区间锆石数量与锆石形态呈现出较大的差异，表现出物源体系的差异性。

锆石定年的结果与区域地质构造及演化较为一致。北部三门组样品中约 2 542 Ma 与约 1 868 Ma 2 个显著峰值是华北克拉通结晶基底的典型特征(图 7c)。而约 453 Ma 与约 282 Ma 推测记录了区域性的加里东运动早期与海西期构造与岩浆活动。这些碎屑锆石颗粒可能来自于北部物源区局部出露的古老基岩以及岩浆岩、变质岩露头，同时也可能来自于多旋回沉积岩，反映华北克拉通南缘前寒武系古老岩体及古生界–中生界沉积岩母岩特征。而南部白鹿塬组支家沟剖面位于秦岭脚下，其碎屑锆石中华北克拉通基底古老年龄显示较弱峰值，指示明显微弱的北部华北克拉通影响。而约 433 Ma 与约 223 Ma 2 个显著峰值相较于北部 2 个年轻峰值明显年轻(图 7a, b)，指示了秦岭形成过程的多期性与复杂性[34]；而约 223 Ma 的主要峰值更加鲜明地对应印支晚期陆–陆碰撞导致秦岭最终形成期[35]，反映出物源以南部秦岭造山带为主。秦岭作为较为年轻的华南华北碰撞造山带年轻锆石较为富集，南北两侧新老锆石的组



a. 大荔花城剖面; b. 花城剖面三门组; c. 支家沟墨玉河剖面; d. 支家沟剖面白鹿塬组; e. 毛东村三杨坡剖面; f, g 为 e 的局部放大

图 4　渭河地堑典型野外露头

Fig. 4　Typical outcrop in the Weihe Graben

合差异, 特别是约 2.5 Ga 与约 1.8 Ga 古老锆石的丰度差异, 显示出南北物源体系的差异性(图 7a ~ d)。尽管渭北隆起与秦岭造山带不同时代、不同年龄岩性组成复杂, 然而渭北隆起位于华北克拉通之上, 不管是局部出露的前寒武纪基岩还是碎屑岩中古老的继承性锆石都具有鲜明的华北克拉通特征, 其对应于克拉通基底广泛分布的约 2.50 Ga TTG 以及东西陆块元古宙碰撞造山带的约 1.85 Ga(图 8)古老年龄的锆石颗粒丰度高。

2.3　地层砾石类型示踪

沉积岩中岩屑, 特别是砾石颗粒直接来自于物源区, 能够直观反映物源区母岩性质[37-38]。以北部花城剖面三门组砾岩层与南部三杨坡剖面冷水沟组砾岩中的砾石类型进行系统分析, 可以直接有效获取物源区信息。

然而, 砾石颗粒经历了源区的风化剥蚀、搬运过程以及沉积后成岩过程, 原始矿物发生蚀变, 单纯依靠薄片光学性质难以有效落实砾石类型。此次研究

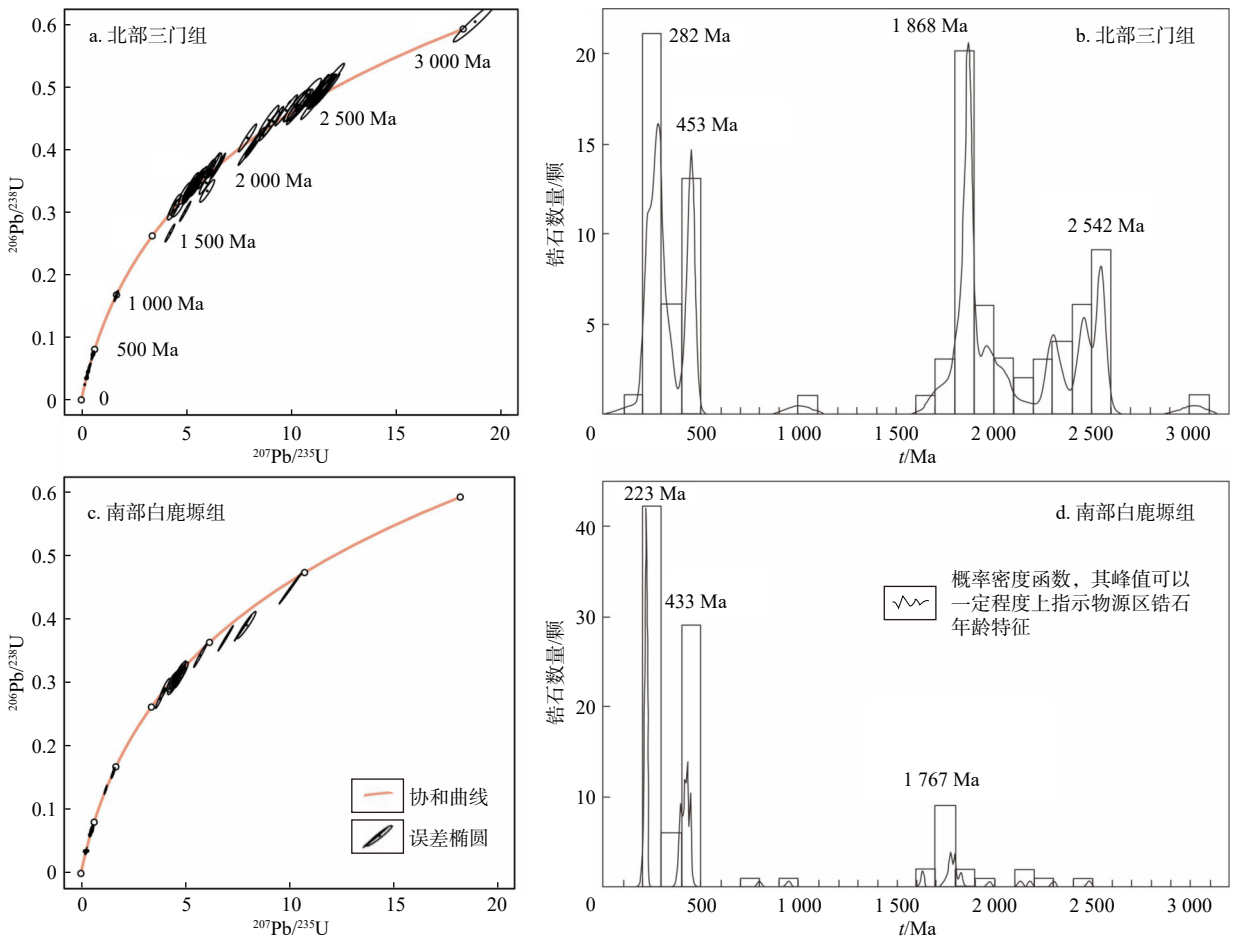


图 5　锆石年龄谐和图 (a, c) 与年龄谱 (b, d) 图（取样位置见图 1）

Fig. 5　Zircon age harmony diagram and age spectrum

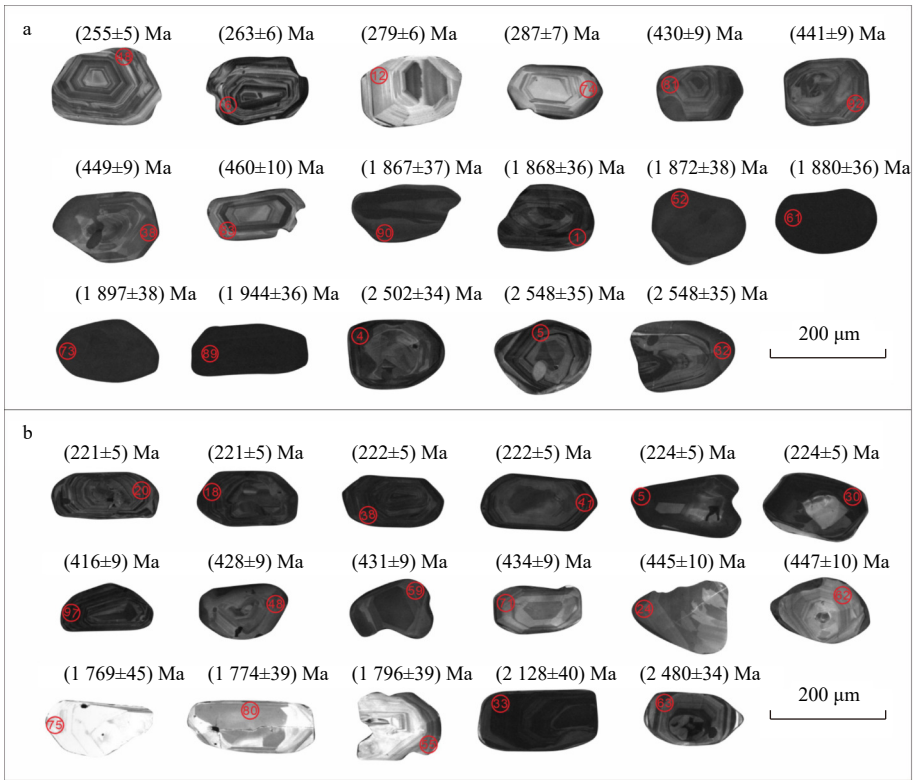
将薄片与背散射以及能谱分析方法相结合，基于光学性质、背散射图像与能谱成分特征对砾石类型进行精确厘定。背散射和能谱分析在武汉上谱分析科技有限责任公司完成。仪器为高真空扫描电子显微镜(JSM-IT300)，配备日本电子 JEOL 的 EX-230 能谱仪。

北部花城剖面三门组底部砾岩层整体面貌、其中砾石类型与南部冷水沟组砾岩层中砾石类型差异显著。三门组砾石颜色较深，结晶程度明显较低(图 9a, b)，而冷水沟组砾石结晶程度高，肉眼可分辨石英、长石等结晶矿物颗粒(图 9c, d)。

对三门组典型砾石类型进一步分析，可以识别出结晶白云岩、泥晶灰岩、石英岩以及钙质胶结砂岩 4 种主要类型，其中碳酸盐岩砾石占据主导。结晶白云岩白云石呈自形，中细晶，辅助能谱元素分析，可确定背散射下暗色晶体为白云石，亮色为方解石胶结物(图 10a)；泥晶灰岩以方解石矿物为主(图 10b)；石英岩以石英矿物为主，发育缝合线，局部发育点状的方解石(图 10c)；钙质胶结砂岩以方解石致密胶结石英、长石等矿物为特征(图 10d)。碳酸盐岩砾石占据主导反映了渭北隆起广泛发育的古生界碳酸盐岩，而石英岩与砂岩砾石推测来自于局部出露的古老的变质岩以及残留的上古生界–中生界残留地层。

相对于渭北隆起，南部秦岭物源区的砾石类型比较单一，南部冷水沟组砂砾岩中砾石通过镜下照片结合背散射分析进一步精细观察，认为主要为花岗岩类与变沉积岩(图 10e, f)。其中花岗岩类主要以石英长石矿物为主，具有花岗岩结构，个别砾石暗色矿物含量较高(图 10e)，这类砾石占据主导。同时还发育少量变质砂岩砾石，矿物主要由石英与钾长石组成，背散射照片下呈现暗色，钾长石呈现亮色，矿物颗粒之间界限模糊，发生弱变质作用，石英与长石仅残留颗粒形态(图 10f)。花岗岩类既可能来自于秦岭碰撞造山伴随的花岗岩岩浆活动，也可能与变质砂岩共同来自于秦岭古老的花岗岩基底。

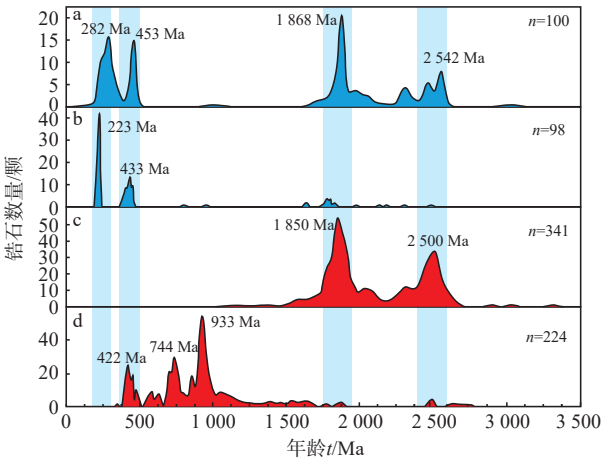
碎屑锆石物源示踪与砾石类型分析结果较为一致，共同为南北物源体系的表征提供了证据。渭河地堑北部物源以鄂尔多斯南部的渭北隆起为主，物



a. 北部三门组; b. 南部白鹿塬组; 红色圆代表激光斑束, 斑束大小为 30 μm, 圆内数字代表打点序数; 取样位置见图 1

图 6　部分典型锆石阴极发光照片

Fig. 6　Cathodoluminescence images of typical zircons



a. 北部三门组样品; b. 南部白鹿塬组样品; c. 华北南缘碎屑岩样品锆石年龄谱图[32]; d. 北秦岭造山带碎屑岩样品锆石年龄谱图[33]; a, b 取样位置见图 1

图 7　样品与潜在物源区锆石年龄频率对比图

Fig. 7　Age distribution and frequency of zircons in the sample, along with the potential source area

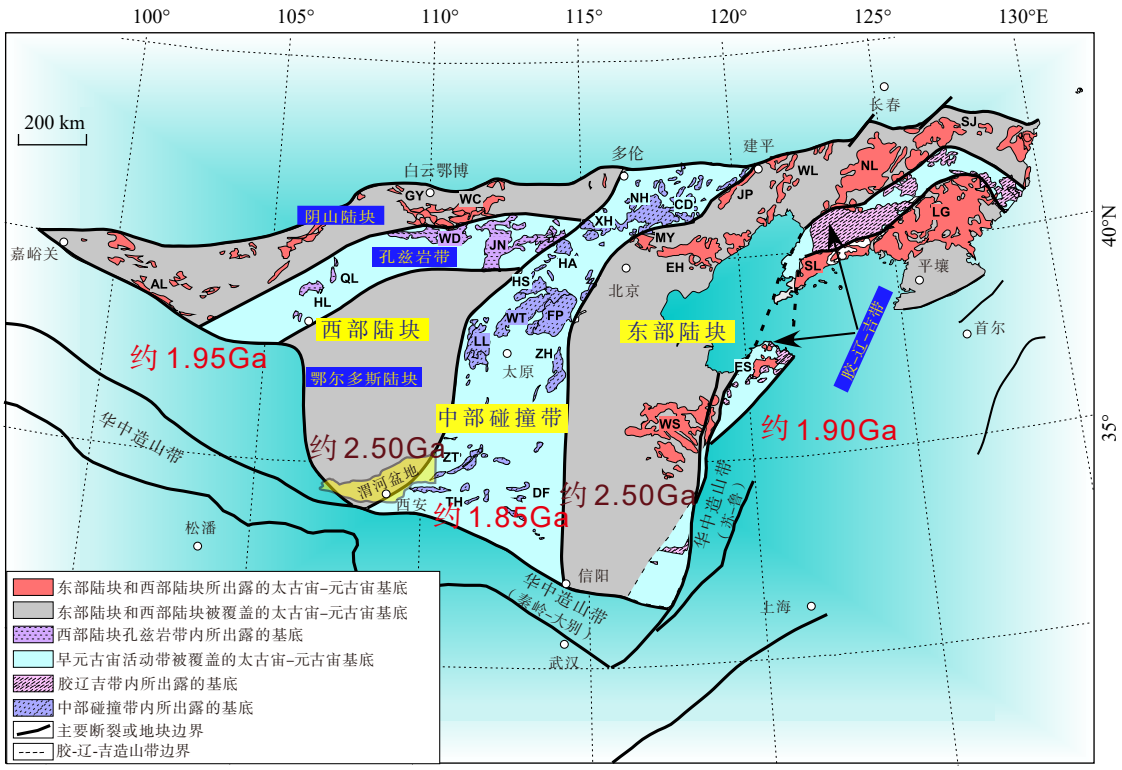
源组成相对复杂, 与前人认识一致[18, 22, 24], 整体以古生界碳酸盐岩为主, 但分析揭示同样存在古老的结晶基底与残留的碎屑岩地层影响。南部物源以秦岭造山带为主, 以前寒武纪变质岩与中生代侵入岩等结晶岩为主要物源体系, 以刚性、高结晶度为特征。这种物源体系的差异性对沉积体系产生重要的影响。

3　源汇特征对沉积体系的影响

渭河地堑为南北双断地堑结构, 差异显著的物源性质较为鲜明地体现在南北沉积体系之中, 且在野外剖面露头中可以直观观察到南北沉积体系的显著差异。

北部渭北隆起碳酸盐岩及碎屑岩源汇体系下花城剖面三门组沉积面貌以细粒沉积物为主, 砂体规模有限, 砂地比低(图 4a, b), 以底部小型砂砾岩沉积与中上部粉细砂岩及厚层泥岩沉积为主(图 4b)。底部砂砾岩沉积迅速过渡为粉细砂岩与泥岩沉积。

南部骊山周缘一系列露头呈现出截然不同的沉积面貌, 秦岭物源区对应沉积体以大规模强富砂沉积为特点。支家沟剖面位于骊山周缘蓝田县境内, 红河组沉积于裂陷初期, 以点状局部物源为主。到白鹿塬组沉积期, 呈现鲜明的秦岭区域物源特征, 沉积单层巨厚的砂砾岩、砂岩。底部以一套灰白色厚层粗砂岩与红河组接触(图 4c)。整体上以典型的厚层辫状河灰白色砂岩、砂砾岩为特征, 多旋回垂向叠加。砂层底部发育冲刷面, 可见大量砾石(图 4d), 向



华北克拉通基底构造单元缩写: AL. 阿拉善; CD. 承德; DF. 登封; EH. 冀东; ES. 胶东; GY. 固阳; HA. 怀安; HL. 贺兰; JN. 集宁; JP. 建平; LG. 狼林; LL. 吕梁; MY. 密云; NH. 冀北; NL. 辽东; QL. 千里山; SJ. 吉南; SL. 辽南; TH. 太华; WD. 乌拉山–大青山; WL. 辽西; WS. 鲁西; WT. 五台; XH. 宣化; ZH. 赞皇; ZT. 中条

图 8　渭河地堑前寒武纪构造演化与地质格局（据文献 [36] 修改）

Fig. 8　Precambrian tectonic evolution and geological framework of the Weihe graben

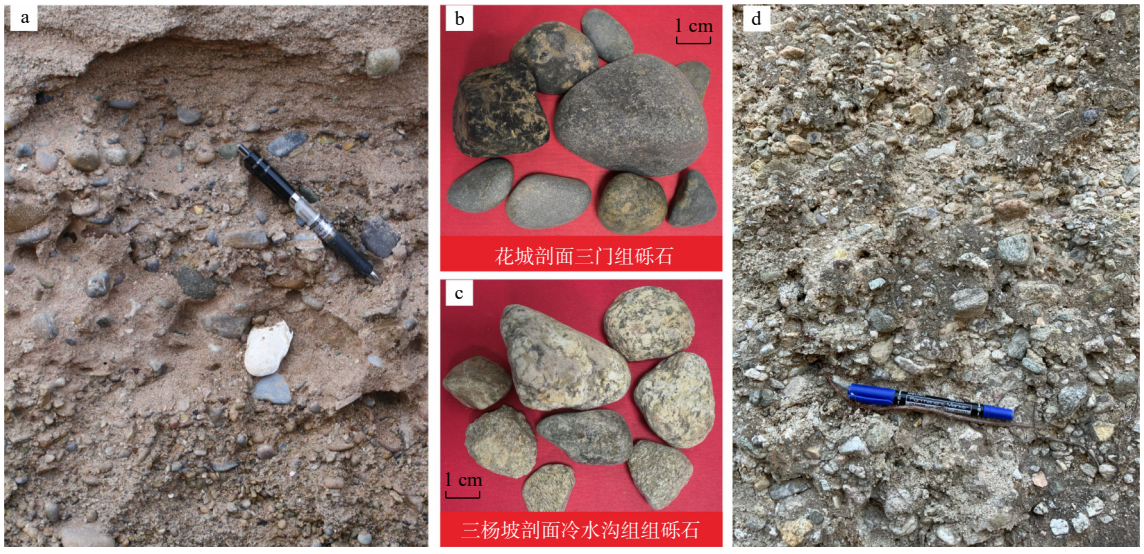
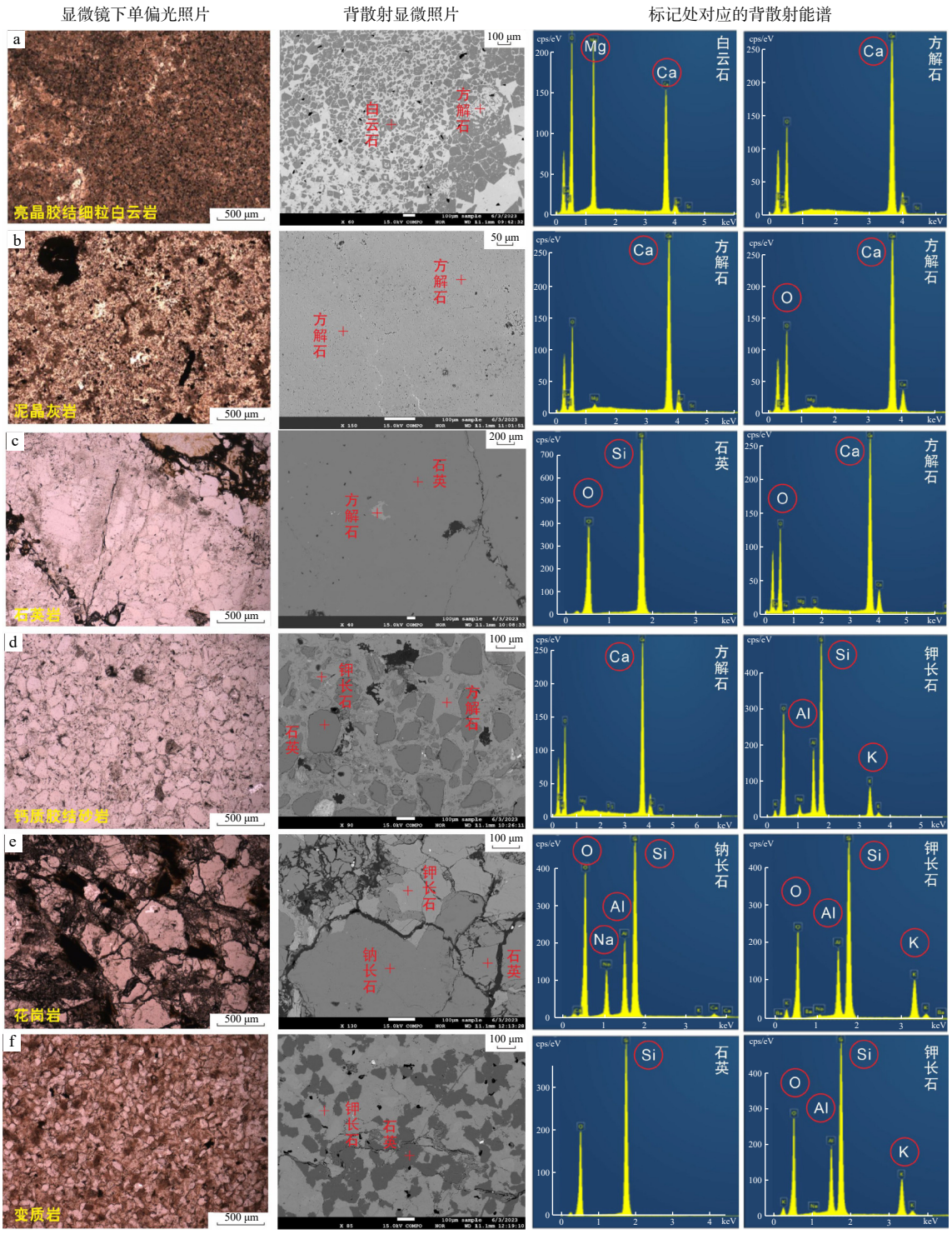


图 9　花城剖面三门组 (a, b) 与三杨坡剖面冷水沟组 (c, d) 砾石类型差异

Fig. 9　Comparison of gravel type between the Sanmen Formation in the Huacheng section (a, b) and the Lengshuigou Formation in the Sanyangpo section (c, d)

上多正旋回沉积叠合, 旋回顶部仍以中砂岩为主, 整体极为富砂, 基本不见泥质层(图 4d), 显示物源区强烈的供给能力。骊山周缘毛东村三杨坡剖面主要为冷水沟组上部中粗砂岩沉积与寇家村组下部厚层砾岩、砂砾岩沉积(图 4e, f), 冷水沟组顶部岩性以绿色中粗砂、砂砾岩为主(图 4e, g), 寇家村组与冷水沟组为整合接触关系。以分流河道微相为主, 旋回底部以厚层砾岩、砂砾岩沉积为主, 向上逐渐过渡为中



a ~ d 花城剖面三门组; e, f 三杨坡剖面冷水沟组

图 10　砾石类型识别与背散射能谱特征

Fig. 10　Identification of gravel types and backscatter spectral characteristics

粗砂岩沉积, 基本不发育泥岩, 体现出物源区愈加增强的供给能力。

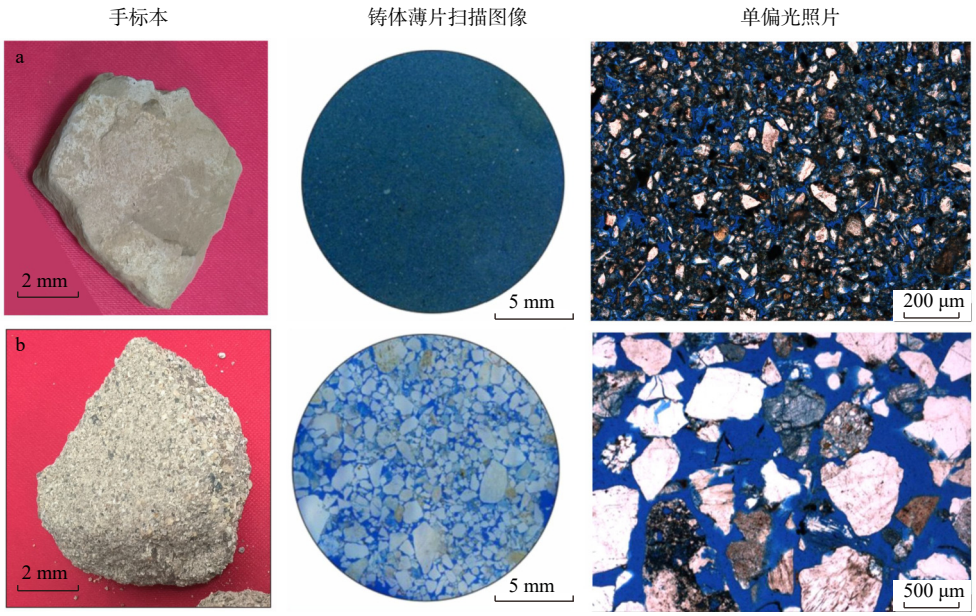
野外剖面整体来看, 北部以渭北隆起碳酸盐岩及碎屑岩物源为主, 成砂率相对低, 物源供给弱。旋回底部底砾岩沉积过后, 尽管大型交错层理显示出较强的水动力条件(图 4b), 但粒度迅速变化为粉细砂岩, 揭示碳酸盐岩母岩风化颗粒伴随搬运距离增加, 抗风化能力弱, 迅速分解, 对应的沉积体系整体富泥, 砂体发育规模小。而南部秦岭物源区控制沉积体系不管是白鹿塬组还是冷水沟组与寇家村组, 沉积体系呈现类似的特征, 多旋回沉积, 由底部砾岩向上过渡到中粗砂岩。尽管水动力条件变化, 但强

劲的物源供给使得即使在旋回顶部仍以中砂岩沉积为主。体现出秦岭造山带以变质岩、花岗岩为主的母岩风化成砂率高，物源供给强的特点。

4 源汇特征对储层特征的影响

物源区岩石风化为沉积作用及沉积后储层成岩作用提供了物质基础，是储层发育的先决条件[39-43]。本研究样品来自于野外露头，经历长期的地表淋滤与风化作用，加之埋深浅，压实弱，不管南北砂体样品，整体较为松散，固结较差，然而，这些松散的矿物成分将决定储层深埋后成岩改造与储层演化过程。

为表征南北物源体系下储层结构与成分特征，本研究选取北部三门组与南部白鹿塬组、寇家村组与冷水沟组样品固结相对较好的典型样品进行铸体薄片磨制与分析。北部三门组沉积时间短、埋深浅，基本未固结。底部砾岩层松散难以磨制薄片，较均一的粉细砂岩储层薄片显示整体储层面貌呈现杂砂岩特征，大小较为混杂，钙质含量较高，由于暴露地表，溶蚀淋滤现象较强烈(图 11a)。



a. 北部三门组 b. 南部白鹿塬组

图 11 南北不同层段储层对比

Fig. 11 Comparison of reservoir characteristics in northern and southern intervals

白鹿塬组、冷水沟组和寇家村组砂岩、砂砾岩样品粒度粗，砂体干净。以固结相对较好的白鹿塬组砂岩为例，铸体薄片下呈现典型的净砂岩，孔隙非常发育，长石及岩屑颗粒溶蚀作用强烈，粒间孔与溶蚀孔均成为主要储集空间(图 11b)。

针对大多数松散未完全固结的样品，在南部白鹿塬组、寇家村组与冷水沟组以及南部三门组采集了均一的松散砂岩样品进行了 X 衍射矿物成分分析，仪器采用理学 SmartLab SE X 射线衍射仪，测试依据采用《沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物 X 射线衍射分析方法》(SY/T5163-2018)，扫描速度为 20°(2θ)/min。

X 衍射的结果与物源性质有较强响应关系，北部三门组样品有着稳定的碳酸盐岩与碎屑岩物源，样品中方解石矿物体积分数为 7%～27%，而相对于南部花岗岩富长石物源，三门组长石含量整体较低，石英含量整体较高(图 12)。而南部白鹿塬组和寇家村组以及冷水沟组样品整体以石英长石为主，钙质含量低，黏土矿物含量较高，推测以长石溶蚀产物为主。

不同的矿物组成一定程度决定储层深埋后成岩作用，碳酸盐岩母岩风化后增加了沉积物质中灰泥与沉积水介质中 Ca、Mg 离子的浓度，可能会增强储层胶结强度，在不具备地表淋滤条件下一定程度对储层产生负面影响。而南部刚性母岩供给强度大，经过沉积改造淘洗净砂岩粒间孔发育，且较高的长石含量可以为溶蚀作用提供物质成分，从物质基础角度来讲为优质储层发育创造了良好条件。

渭河地堑南北物源体系的差异性能够鲜明体现在对应的沉积体系规模与储层发育过程中，碳酸盐岩主导物源区沉积体具有规模小、相对富泥特征，且富砂层段薄，粒度变化快，储层具备含量稳定的钙质。而花岗岩类主导物源区沉积体规模大，强富砂，强供

给下，粒度粗泥质欠发育，原始物质长石含量较高。这些建立在野外露头的直观认识可以为近海盆地油气勘探相关认识提供佐证与借鉴。

5　沉积与储层发育模式

基于前文露头描述、物源示踪与储层分析可以总结渭河地堑在南北差异物源下沉积与储层发育特征与模式(图 13)。北部渭北隆起物源区岩性相对复杂，沉积体中可观察到结晶白云岩、泥晶灰岩、石英岩以及钙质胶结砂岩 4 种砾石类型，显示以低成砂率碳酸盐岩物源为主；而南部的秦岭物源区岩性相对单一，仅观察到花岗岩和变质岩 2 种砾石类型，以刚性物源为主。根据野外剖面直观观察得出，北部扇三角洲发育规模相对较小且以细粒沉积物为主，底部砂砾岩迅速过渡为粉砂岩以及泥岩沉积；而南

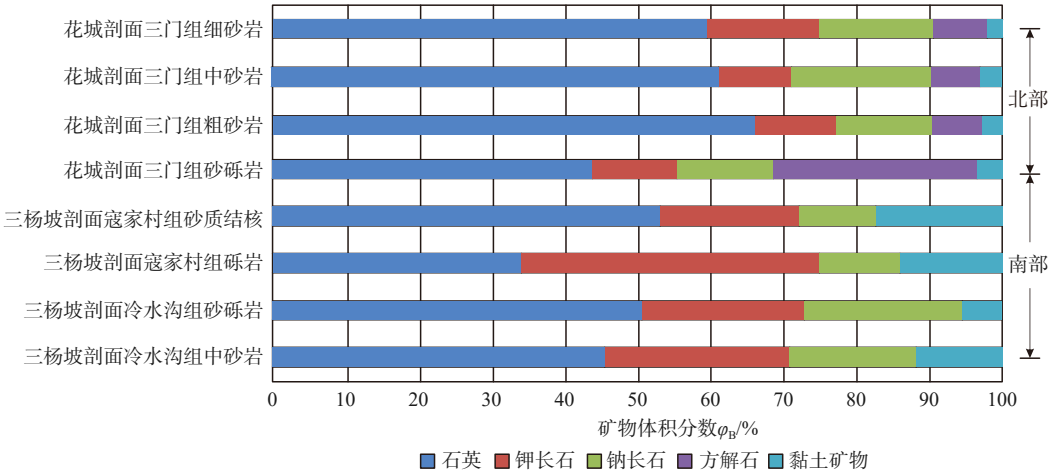


图 12　南北砂岩样品 X 衍射分析矿物组分差异

Fig. 12　Analysis of mineral composition Differences in sandstone samples from northern and southern China via X-ray diffraction

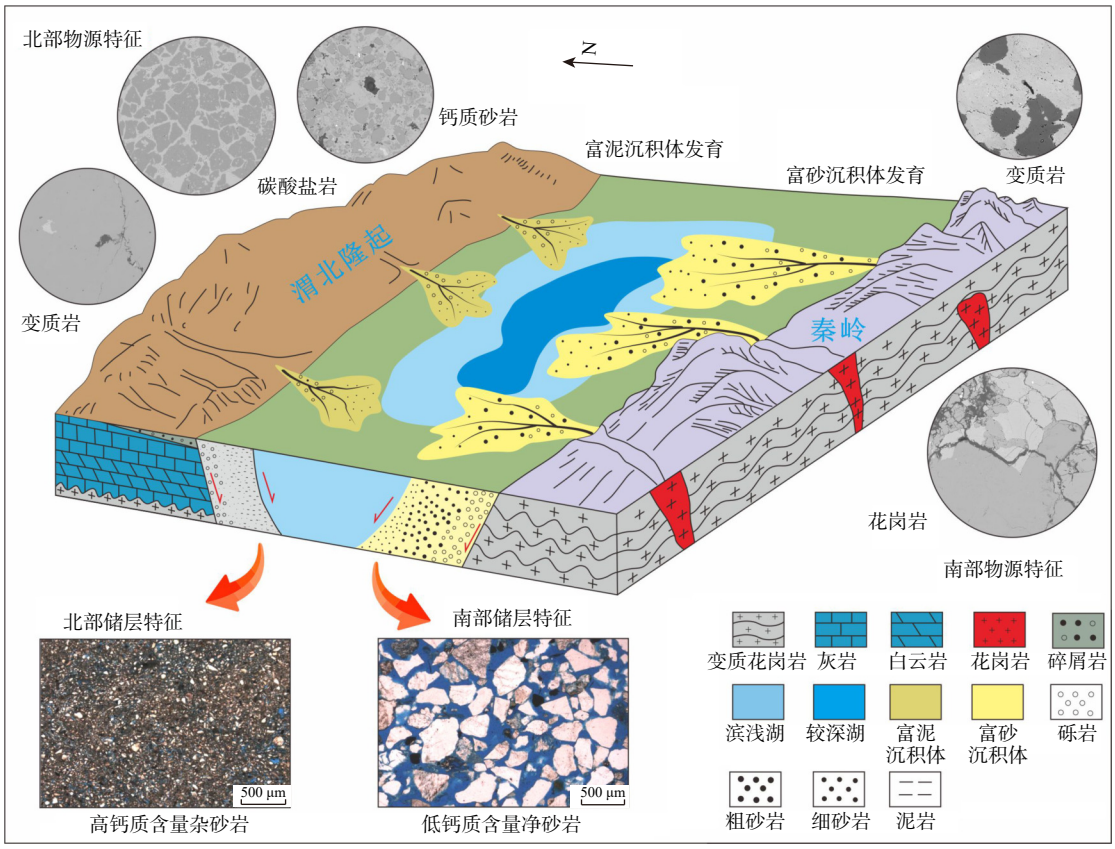


图 13　渭河地堑南北母岩性质对沉积体系与储层发育的控制作用

Fig. 13　Provenance characteristics of the Weihe graben and their controlling effect on deposition and reservoir properties

部扇三角洲发育规模较大且强富砂，大规模多期正旋回厚层砂体叠加，从底部砾岩向上过渡到中粗砂岩，尽管水动力条件变化，但仍然呈现富砂的特征，体现出秦岭刚性物源成砂率强的特征。在储层特征上，通过铸体薄片与X衍射分析得出，北部碳酸盐岩物源体系下形成钙质含量高、大小较为混杂的杂砂岩；而南部刚性物源体系下形成钙质含量较低、溶蚀作用强烈的净砂岩，强烈的溶蚀作用与较高的长石含量为南部优质储层的发育创造了良好的条件。

总的来说，渭河地堑北部物源主要来源于渭北隆起与华北板块南缘，母岩岩性以碳酸盐岩为主，在这种母岩性质下形成的扇三角洲规模较小且成砂率低，形成的储层以高钙质含量杂砂岩为特征；而南部的物源主要来源于秦岭构造带，母岩岩性以刚性的花岗岩和变质岩为主，这种母岩性质下形成的扇三角洲规模较大且成砂率高，形成的储层以低钙质含量净砂岩为特征。

6 结论

（1）渭河地堑南北野外露头考察与样品测试分析揭示南北物源体系差异显著，北部渭北隆起以古生界碳酸盐岩为主，加之古生界–中生界碎屑岩与前寒武纪变质石英岩；南部秦岭造山带物源区以造山演化过程中花岗岩类侵入岩及前寒武纪变质基底等结晶岩为主。

（2）物源体系的差异性造成北部碳酸盐岩主导物源区砂体规模小、粒度变化快，以细粒沉积物为主的整体沉积面貌。南部刚性物源区对应沉积体具有规模大、粒度粗、强富砂、泥岩层欠发育的特征。

（3）物源体系的差异性造成北部钙质含量较高，以杂砂岩为主，物质成分与结构利于后期压实与胶结作用进行；南部储层以净砂岩为主，钙质含量低，长石含量高，物质基础与储层结构较好，相对利于优质储层发育。

所有作者声明不存在利益冲突。

The authors declare that no competing interests exist.

参考文献：

[1] 陈春峰, 钟楷, 朱伟林, 等. 东海丽水凹陷物源及其对储层物性影响 [J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(5): 963-972.
CHEN C F, ZHONG K, ZHU W L, et al. Provenance of sediments and its effects on reservoir physical properties in provenance of sediments and its effects on reservoir physical properties in Lishui Sag, East China Sea Shelf Basin[J], Oil & Gas Geology, 2017, 38(5): 963-972.(in Chinese with English abstract)

[2] 杜晓峰, 庞小军, 王清斌, 等. 石臼坨凸起东段围区沙一二段古物源恢复及其对储层的控制 [J]. 地球科学, 2017, 42(11): 1897-1909.
DU X F, PANG X J, WANG Q B, et al. Restoration of the paleo-provenance of the Es_{12} in the eastern of Shijiutuo Uplift and its control on reservoir[J]. Earth Science, 2017, 42(11): 1897-1909.(in Chinese with English abstract)

[3] 宋章强, 杜晓峰, 王启明, 等. 辽西低凸起北段源—汇系统精细描述与油气勘探实践 [J]. 地球科学, 2017, 42(11): 2069-2080.
SONG Z Q, DU X F, WANG Q M, et al. Source-to-sink system fine description and petroleum exploration practice of the northern section of Liaoxi Low Uplift[J]. Earth Science, 2017, 42(11): 2069-2080.(in Chinese with English abstract)

[4] 张武, 侯国伟, 肖晓光, 等. 西湖凹陷低渗储层成因及优质储层主控因素 [J]. 中国海上油气, 2019, 31(3): 40-49.
ZHANG W, HOU G W, XIAO X G, et al. Genesis of low permeability reservoirs and main controlling factors of high quality reservoirs in Xihu Sag, East China Sea Basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2019, 31(3): 40-49.(in Chinese with English abstract)

[5] CAZZADOR D O, RAINATO R, CAVALLI M, et al. Integrated analysis of sediment source areas in an Alpine Basin[J]. CATENA, 2020, 188: 104-416.

[6] 周凤娟, 丁琳, 马永坤, 等. 陆丰13东洼文昌组碎屑锆石U-Pb年龄特征及其物源示踪意义 [J]. 中国海上油气, 2020, 32(4): 46-55.
ZHOU F J, DING L, MA Y K, et al. Detrital zircon U-Pb age characteristics of Wenchang Formation in Lufeng 13 Eastern Sag and its significance for provenance tracing[J]. China Offshore Oil and Gas, 2020, 32(4): 46-55.(in Chinese with English abstract)

[7] 鲍怡晨, 刘强虎, 杜晓峰, 等. 基于砾石–基质–裂缝三元素的砂砾岩岩相划分 [J]. 地球科学, 2021, 46(6): 2157-2171.
BAO Y C, LIU Q H, DU X F, et al. Division of glutenite lithofacies based on the trielement of gravel-matrix-fracture[J]. Earth Science, 2021, 46(6): 2157-2171.(in Chinese with English abstract)

[8] 杜晓峰, 庞小军, 王清斌, 等. 渤海海域辽东凹陷东南缘沙二段优质储层差异及成因 [J]. 沉积学报, 2021, 39(5): 1239-1252.
DU X F, PANG X J, WANG Q B, et al. Differences and genesis of high-quality reservoirs in the second member of the Shahejie Formation at the southeastern margin of the Liaodong Sag, Bohai Sea[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2021, 39(5): 1239-1252.(in Chinese with English abstract)

[9] 丁琳, 李晓艳, 周凤娟, 等. 珠江口盆地珠一坳陷古近系优质储层差异发育特征及主控因素：以陆丰地区和惠州地区文昌组为例 [J]. 岩石矿物学杂志, 2022, 41(1): 75-86.
DING L, LI X Y, ZHOU F J, et al. Differential development characteristics and main controlling factors of the Paleogene high-quality reservoirs from the Zhu l Depression in the Pearl River Mouth Basin: A case on Wenchang Formation at Lufeng area and Huizhou area[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2022, 41(1): 75-86.(in Chinese with English abstract)

[10] 周凤娟, 丁琳, 张月霞, 等. 惠州凹陷西南部文昌组储层特征及优质储层主控因素 [J]. 中外能源, 2022, 27(9): 30-37.

ZHOU F J, DING L, ZHANG Y X, et al. Reservoir characteristics and main controlling factors of high-quality reservoirs in Wenchang Formation in southwestern Huizhou Sag[J]. Sino-Global Energy, 2022, 27(9): 30-37.(in Chinese with English abstract)

[11] 庞小军, 杜晓峰, 王冠民, 等. 渤海海域渤中 19-6 构造及围区深层孔店组砂砾岩优质储层成因及孔隙演化 [J]. 地球科学, 2023, 48(11): 4153-4174.
PANG X J, DU X F, WANG G M, et al. Genetic mechanism and pore evolution of high-quality glutenite reservoirs of the deep Konqdian Formation in southwestrern, BZ19-6, Bohai Sea[J]. Earth Science, 2023, 48(11): 4153-4174.(in Chinese with English abstract)

[12] 陶文芳, 葛家旺, 雷永昌, 等. 转换斜坡型辫状河三角洲沉积特征: 以珠江口盆地惠州凹陷始新统为例 [J]. 地质科技通报, 2023, 42(5): 103-114.
TAO W F, GE J W, LEI Y C, et al. Depositional characteristics of a relay ramp controlled braided deltaic system: A case study in the Eocene Huizhou Sag, Pearl River Mouth Basin, China[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2023, 42(5): 103-114.(in Chinese with English abstract)

[13] 王翀岠, 魏钦廉, 胡榕, 等. 不同物源体系致密储层微观结构特征及成因分析: 以陇东地区樊家川和南梁长 6 段为例 [J]. 地质科技通报, 2023, 42(1): 286-298.
WANG C H, WEI Q L, HU R, et al. Microstructure characteristics and genetic analysis of tight reservoirs with different provenance systems: A case study of Fanjiachuan and Nanliang region of Chang 6 reservoir in Longdong area, Ordos Basin[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2023, 42(1): 286-298.(in Chinese with English abstract)

[14] 肖晓光. 西湖凹陷深层有效储层形成机理及深度下限研究 [J]. 高校地质学报, 2023, 29(4): 630-643.
XIAO X G. Study on genetic mechanism and lower limit of deep effective reservoirs in the Xihu Sag[J]. Geological Journal of China Universities, 2023, 29(4): 630-643.(in Chinese with English abstract)

[15] 赖维成, 徐长贵, 王晓刚, 等. 秦南凹陷古近系层序地层和沉积体系研究及油气勘探方向探讨 [J]. 中国海上油气, 2007, 19(5): 300-305.
LAI W C, XU C G, WANG X G, et al. A study on Paleogene sequence stratigraphy and sedimentary systems and a discussion on hydrocarbon exploration directions in Qinnan Depression[J]. China Offshore Oil and Gas, 2007, 19(5): 300-305.(in Chinese with English abstract)

[16] 易明初. 渭河地堑盆地新构造运动及其基本特征 [J]. 中国地质科学院院报, 1993(增刊 1): 27-41.
YI M C. The neotectonic movement and its basic characteristics in Weihe Graben Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 1993(S1): 27-41.(in Chinese with English abstract)

[17] 王婷, 张航, 孙有斌. 渭河盆地南缘早更新世风成相和湖相沉积环境演化 [J]. 地质科技通报, 2023, 42(6): 95-105.
WANG T, ZHANG H, SUN Y B. Sedimentary evolution revealed by aeolian and lacustrine depositions in the southern margin of the Weihe Basin during the Early Pleistocene[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2023, 42(6): 95-105.(in Chinese with English abstract)

[18] 王建强. 鄂尔多斯盆地南部中新生代演化—改造及盆山耦合关系 [D]. 西安: 西北大学, 2010.
WANG J Q. Mesozoic-Cenozoic basin evolution-reforming and basin-mountain coupling in southern Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2010.(in Chinese with English abstract)

[19] MERCIER J L, VERGELY P, ZHANG Y Q, et al. Structural records of the Late Cretaceous-Cenozoic extension in eastern China and the kinematics of the southern Tan-Lu and Qinling Fault Zone (Anhui and Shaanxi Provinces, PR China) [J]. Tectonophysics, 2013, 582: 50-75.

[20] 王峰, 刘玄春, 邓秀芹, 等. 鄂尔多斯盆地纸坊组微量元素地球化学特征及沉积环境指示意义 [J]. 沉积学报, 2017, 35(6): 1265-1273.
WANG F, LIU X C, DENG X Q, et al. Geochemical characteristics and environmental lmplications of trace elements of Zhifang Formation in Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2017, 35(6): 1265-1273.(in Chinese with English abstract)

[21] ENKELMANN E, RATSCHBACHER L, RAYMOND J, et al. Cenozoic exhumation and deformation of northeastern Tibet and the Qinling: Is Tibetan lower crustal flow diverging around the Sichuan Basin[J]. GSA Bulletin, 2006, 118: 651-671.

[22] 李智超. 渭河盆地新生代岩相古地理及环境演化 [D]. 西安: 西北大学, 2017.
LI Z C. The lithofacies paleogeography and paleoenvironmental evolution of the Cenozoic in the Weihe Basin, China[D]. Xi'an: Northwest University, 2017.(in Chinese with English abstract)

[23] 宋有桂, 兰敏文, 刘慧芳, 等, 关中盆地新生界地层划分对比与第四纪下限 [J]. 地质科技通报, 2021, 40(2): 24-35.
SONG Y G, LAN M W, LIU H F, et al. Cenozoic stratigraphic correlation and the lower limit of Quaternary in Guanzhong Basin [J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2021, 40(2): 24-35.(in Chinese with English abstract)

[24] 王建强, 刘池洋, 高飞, 等. 陕西渭河盆地前新生界地质特征及其油气意义 [J]. 地质通报, 2015, 34(10): 1981-1991.
WANG J Q, LIU C Y, GAO F, et al. Pre-Cenozoic geological characteristics and oil-gas significance in Weihe Basin, Shaanxi Province[J]. Geological Bulletin of China, 2015, 34(10): 1981-1991.(in Chinese with English abstract)

[25] 芦佳飞. 渭河盆地新生代以来构造–热演化研究 [D]. 武汉: 长江大学, 2024.
LU J F. Tectono-thermal evolution study in the Weihe Basin since the Cenozoic[D]. Wuhan: Yangtze University, 2024.(in Chinese with English abstract)

[26] HU Z C, ZHANG W, LIU Y S, et al. "Wave" signal-smoothing and mercury-removing device for laser ablation quadrupole and multiple collector ICPMS analysis: Application to lead isotope analysis[J]. Analytical Chemistry, 2015, 87(2): 1152-1157.

[27] COMPSTON W, WILLIAMS I S, KIRSCHVINK J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale[J]. Geol. Soc., 1992, 149: 171-184.

[28] VERMEESCH P. Isoplot R: A free and open toolbox for geo-

chronology[J]. Geoscience Frontiers, 2018, 9(5): 1479-1493.

[29] LIU Y S, HU Z C, GAO S, et al. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard[J]. Chemical Geology, 2008, 257(1/2): 34-43.

[30] LIU Y S, GAO S, HU Z C, et al. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths[J]. Journal of Petrology, 2010, 51(1/2): 537-571.

[31] VERMEESCH P. On the visualisation of detrital age distributions[J]. Chemical Geology, 2012, 312/313: 190-194.

[32] 王峰, 刘新社, 赵伟波, 等. 鄂尔多斯盆地南部二叠系砂岩碎屑锆石年代学特征及地质意义 [J]. 沉积学报, 2023, 41(5): 1396-1413.
WANG F, LIU X S, ZHAO W B, et al. Detrital zircon U-Pb geochronology characteristics of Permian sandstone and its constraints on the tectonic evolution of the southern Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2023, 41(5): 1396-1413.(in Chinese with English abstract)

[33] 蒋子文. 鄂尔多斯盆地南部上古生界山 1-盒 8 段物源分析及盆山耦合关系研究 [D]. 西安: 西北大学, 2020.
JIANG Z W. The study of provenance and basin mountain coupling of Shan1-H8 Member, Upper Palaeozoic, southern Ordos Basin, China[D]. Xi'an: Northwest University, 2020.(in Chinese with English abstract)

[34] 翟文建, 赵焕, 崔霄峰, 等. 北秦岭孤山坪地区辉长岩地球化学特征、锆石 U-Pb 年龄及 Lu-Hf 同位素组成 [J]. 地质科技通报, 2020, 39(5): 127-138.
ZHAI W J, ZHAO H, CUI X F, et al. Geochenical characteristics, zircon U-Pb ages and Lu-Hf isotope composition of gabbro in Gushanping area, north Qinling[J]. Bulletin of Geological Science and 'Technology, 2020, 39(5): 127-138.(in Chinese with English abstract)

[35] MENG Q, WU G, FAN L, et al. Tectonic evolution of Early Mesozoic sedimentary basins in the North China block[J]. Earth-Science Reviews, 2019, 190: 416-438.

[36] ZHAO G C, ZHAI M G. Lithotectonic elements of Precambrian basement in the North China Craton: Review and tectonic implications[J]. Gondwana Research, 2013, 23: 1207-1240.

[37] 单祥, 邹志文, 孟祥超, 等. 准噶尔盆地环玛湖地区三叠系百口泉组物源分析 [J]. 沉积学报, 2016, 34(5): 930-939.
SHAN X, ZOU Z W, MENG X C, et al. Provenance analysis of Triassic Baikouquan Formation in the area around Mahu Depression, Junggar Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2016, 34(5): 930-939.(in Chinese with English abstract)

[38] 赵海涛, 郭进京, 刘重庆, 等. 西秦岭北缘上新世韩家沟砾岩岩石学特征及物源分析 [J]. 西北地质, 2021, 54(2): 86-98.
ZHAO H T, GUO J J, LIU C Q, et al. Petrology and provenance analysis of Hanjiagou conglomerates in the northern margin of West Qinling[J]. Northwestern Geology, 2021, 54(2): 86-98.(in Chinese with English abstract)

[39] 滕建彬, 刘惠民, 邱隆伟, 等. 东营凹陷古近系湖相细粒混积岩沉积成岩特征 [J]. 地球科学, 2020, 45(10): 3808-3826.
TENG J B, LIU H M, QIU L W, et al. Sedimentary and diagenetic characteristics of lacustrine fine-grained hybrid rock in Paleogene Formation in Dongying Sag[J]. Earth Science, 2020, 45(10): 3808-3826.(in Chinese with English abstract)

[40] 薛永安, 庞小军, 郝轶伟, 等. 渤海海域秦南凹陷东南缘沙一段混积岩优质储层成因及勘探意义 [J]. 地球科学, 2020, 45(10): 3527-3542.
XUE Y A, PANG X J, HAO Y W, et al. Genesis of high-quality mixed rock reservoir and its exploration significance in Es_1 around southeast margin of Qinnan Sag, Bohai Sea[J]. Earth Science, 2020, 45(10): 3527-3542.(in Chinese with English abstract)

[41] 王红岩, 段瑶瑶, 刘洪林, 等. 煤层气水平井开发的理论技术初探: 兼论煤层气和页岩气开发条件对比 [J]. 煤田地质与勘探, 2024, 52(4): 47-59.
WANG H Y, DUAN Y Y, LIU H L, et al. Preliminarily exploring the theories and technologies for coalbed methane production using horizontal wells: Comparison of conditions for coalbed methane and shale gas exploitation[J]. Coal Geology & Exploration, 2024, 52(4): 47-59.(in Chinese with English abstract)

[42] 魏新辉. 沾化凹陷义东断裂带沙三段下亚段砂砾岩体有利储层发育特征 [J]. 油气地质与采收率, 2025, 32(1): 53-62.
WEI X H. Development characteristics of favorable reservoirs of glutenite bodies in Es_3^L of Yidong Fault Zone, Zhanhua Sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2025, 32(1): 53-62.(in Chinese with English abstract)

[43] 李龙, 吴松, 李刚权, 等. 黔北地区安场向斜常压页岩气储层特征与主控因素 [J]. 中国石油勘探, 2024, 29(2): 58-69.
LI L, WU S, LI G Q, et al. Characteristics and main controlling factors for normal pressure shale gas reservoir in Anchang syncline in northern Guizhou[J]. China Petroleum Exploration, 2024, 29(2): 58-69.(in Chinese with English abstract)

Summary for “渭河地堑南北源汇特征及其对沉积体系与储层特征的影响”

Source-sink characteristics of the Weihe Graben and their controlling effects on sedimentary system and reservoir characteristics

BAI Liguang[1], WANG Wei[1*], LIU Ziyu[2], YANG Xianghua[1], LIU Zhifeng[2], LIU Hui[3]

1. School of Earth Resources, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China;
2. Research Institute of China National Offshore Oil Corporation Limited, Beijing 100028, China;
3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Huabei Oilfield Company, PetroChina, Renqiu Hebei, 062552, China

First author, E-mail: b186786104@163.com

* Corresponding author, E-mail: wang.wei@cug.edu.cn

Abstract: [**Objective**] The properties of provenance play a crucial role in controlling Paleogene deposition and reservoir development in China's offshore basins. However, due to the high costs of coring and the interpretation ambiguities associated with seismic data, there is a lack of visual evidence to support related understandings. The Weihe Graben is a Cenozoic rifting basin, and regional geological studies indicate significant differences in provenance system between the northern and southern of the Weihe Graben, These differences and the tectonic setting and provenance systems exhibit strong similarities with the offshore basins. [**Methods**] Based on outcrops and systematic sampling in Weihe Graben, zircon U-Pb dating, cast thin section, backscattering, and X-ray diffraction analysis are carried out to investigate the source system, deposition, and reservoir characteristics of the northern and southern sandbodies within the graben. [**Results**] The findings reveal that the detrital zircons in the northern Huacheng section exhibit two prominent ancient peaks from the North China Craton, alongside a younger peak corresponding to Caledonian and Hercynian tectonic movements. The conglomerate gravel types at the base of the sequence predominantly consist of carbonate rocks, calcareouss clastic rocks, and metamorphic rocks, which reflect distinct characteristics of Paleozoic carbonate and clastic rocks from the Weibei Uplift in the north. In contrast, the southern profiles are dominated by detrital zircons from late Caledonian and Late Indosinian peaks, with gravel types primarily consisting of granites and metamorphic rocks, indicative of provenance from the southern Qinling Mountains. Observations of profiles demonstrate that these provenance differences result in significant disparities in the sedimentary system and reservoir characteristics. The carbonate provenance area of the Weibei Uplift corresponds to a small, mud-rich sedimentary body, where the bottom conglomerate transitions directly to silty sand and mudstone, resulting in high calcium content in the reservoir. Conversely, the southern Qinling orogenic belt features extensive sedimentary bodies, multi-cycle sand-rich deposits, and low calcium content. [**Conclusions**] The distinct types of provenance systems provide the material basis and prerequisite for reservoir development and subsequent diagenesis. The analysis of outcrop systems in the Weihe graben offers valuable reference on offshore basin research in China.

Key words: Weihe Graben; source-sink characteristics; sedimentary system; reservoir characteristics; Cenozoic

Received: 2023-09-18; Revised: 2024-01-09; Accepted: 2024-01-10

doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.tb20230531