

收稿日期: 2021-06-05
改回日期: 2021-06-22

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目: “特殊地质地貌区填图试点” (DD20160060) 资助。

doi: 10.12029/gc2021Z203

论文引用格式: 施炜, 张宇, 秦翔, 王天宇, 杨谦, 赵子贤. 2021. 宁夏大坝站幅 1 : 50 000 地质图数据库 [J]. 中国地质, 48(S2): 23-31.

数据集引用格式: 施炜, 陈虹, 张宇, 秦翔, 王永超, 黄始琪, 刘晓波, 王天宇, 崔建军, 王开, 陈兴强, 陈鹏, 公王斌, 李振宏. 2021. 中国地质调查局: 宁夏大坝站幅 (J48E012016) 1 : 50 000 地质图数据库 [DB]. 地质科学数据出版系统. DOI:10.35080/data.C.2021.P11; <http://dcc.ngac.org.cn/cn/geologicalData/details/doi/10.35080/data.C.2021.P11>

宁夏大坝站幅 1 : 50 000 地质图数据库

施炜^{1,2} 张宇^{1,2} 秦翔^{1,2} 王天宇^{1,2} 杨谦^{1,2} 赵子贤^{1,2}

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081)

摘要: 宁夏大坝站幅 (J48E012016) 1 : 50 000 地质图是“宁夏 1 : 50 000 红崖子 (J48E011016)、大坝站 (J48E012016)、青铜峡铝厂 (J48E013016) 三幅新构造与活动构造区填图试点”子项目的区域地质调查工作之一, 属于“特殊地质地貌区填图试点”计划项目。大坝站幅 1 : 50 000 地质图是依据《1 : 50 000 区域地质调查技术要求》(DD 2019-01) 编制完成, 在资料收集与数据准备、野外地质调查与填图成果过程中, 均采用数字区域地质调查系统 (DGSS) 和 MapGIS 6.7 系统完成, 有效实现了地质填图数值化。依据《数字地质图空间数据库建库标准》(DD 2006-06) 等相关标准, 在原始资料数据库基础上, 建立了 1 : 50 000 地质图空间数据库。数据库有地质剖面 (1 : 2 000) 5 条, 钻孔 6 个, 地质体 156 个, 地质 (界) 线 334 条, 产状 340 个, 年代学样品 41 个, 照片 321 个, 素描图 61 个, 河湖岸线与断层 681 个。数据容量约 1.02 GB。本次地质图集中展示了测区新生代沉积、构造、地貌系统, 填图工作探索了新构造—活动构造区地质填图思路、技术路线和成果表达方式, 为特殊地质地貌区填图提供了参考。

关键词: 特殊地质地貌区填图试点; 新构造与活动构造区; 大坝站幅; 1 : 50 000; J48E012016; 地质填图; 宁夏回族自治区

数据服务系统网址: <http://dcc.ngac.org.cn/>

1 引言

宁夏大坝站幅 (J48E012016) 测区位于银川盆地西南缘, 行政区划分属内蒙古自治区和宁夏回族自治区管辖。图幅范围: 北纬 38°00′~38°10′, 东经 105°45′~106°00′, 面积为 404 km²。测区西南为低山区, 其余平原区, 海拔 1 100 ~ 1 200 m。测区总体地貌表现为两山夹一盆格局, 自南东至北西依次为牛首山、银川盆地、贺兰山, 海拔 1 300 ~ 1 500 m, 地形波状起伏, 平岗与宽谷相间, 沙地与沙丘遍布。测区处于青藏高原北东向挤压逆冲构造系统与银川盆地北西—南东伸展活动系统交汇区域, 是青藏高原北东向扩展的前锋 (图 1; Shi Wei et al., 2015)。

第一作者简介: 施炜, 男, 1971 年生, 研究员, 博士, 研究方向为中、新生代构造; E-mail: shiweimg@163.com。

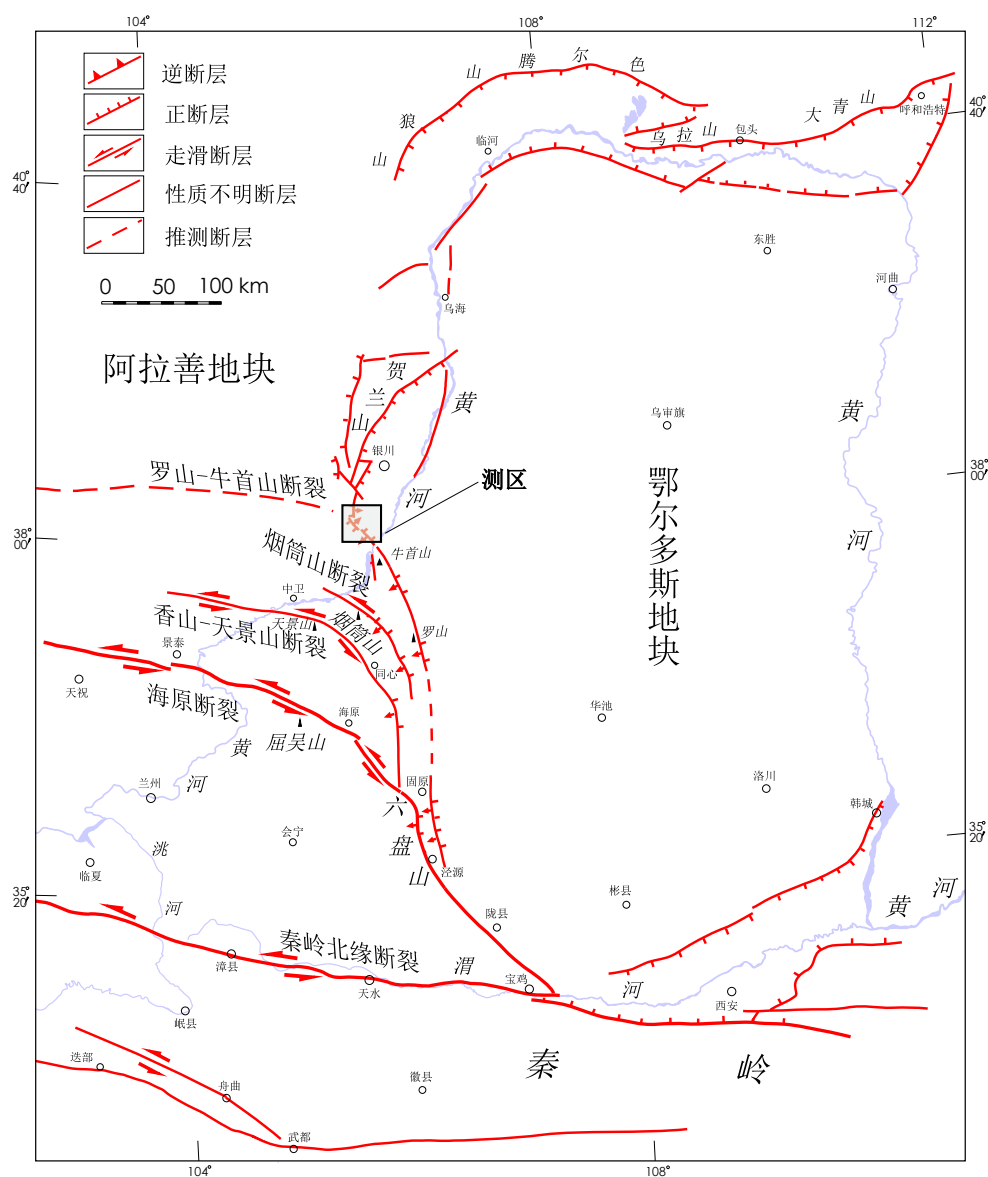


图1 宁夏回族自治区大坝站幅测区构造位置图

测区位于银川盆地西南缘,且大面积为覆盖区,工作程度总体较低,仅做过中小比例尺区域地质调查和物、化探工作,局部范围开展了水文地质、环境地质、地震地质等专项地质调查。

20世纪50—60年代,宁夏地质局宁西地质队、宁南地质队、石油工业部银川石油勘探局125队、西安地质调查处、中央燃料工业部陕北地质大队、地质部石油地质局633队、宁夏煤管局地质勘探处普查队等单位在该区进行了不同比例尺的普查找矿和区域地质测量工作。20世纪70—80年代,宁夏地质局区域地质调查队先后完成巴伦别立幅(J-48-16)、银川幅(J-48-17)、中卫幅(J-48-22)、吴忠幅(J-48-23)等4幅1:200 000区域地质调查工作,比较详细地划分了测区内的地层,初步明确了构造格架。并在牛首山东侧划分出渐新统清水营组(E_3q)、中新统红柳沟组(N_1h) (后在1:250 000区域地质调查中改为彰恩堡组(N_1z))、上新统干河沟组(N_{1-2g})。20世纪80—90年代,测区地质调查工作趋向于多样化。宁夏回族自治区区域地质调查队、宁夏回族自治区地质矿产局

矿产地质调查所、宁夏回族自治区矿产地质矿产勘察院(要用单位全称,且单位名字要准确)先后完成了测区周边的10幅1:50 000区域地质调查(马夫峡子幅、前古城子幅、土井子幅、木井子、井子泉幅东半幅、新城幅、渠口农场幅、扁担沟幅和银川幅)。20世纪90年代以来,宁夏地矿部门相继编纂出版了《宁夏回族自治区区域地质志》、《宁夏地质概论》、《宁夏回族自治区岩石地层》等专著,全面系统的总结了已往1:200 000区调和研究成果,统一了宁夏地区地层、岩浆岩、构造等。

宁夏回族自治区水文地质队开展了1:200 000区域水文地质普查工作以及城镇专门供水水文地质勘查工作。银川平原完成了农业生产基地地下水资源和环境地质综合勘查等。宁夏回族自治区国土规划办公室“宁夏2000年科技发展战略”生态环境专题组曾对测区内的生态环境现状和问题进行了综合评价和预测。

测区中地球物理工作始于20世纪50年代,石油部门开展小于1:500 000的重力、电法及航空磁测工作(卫宁北山地区)。1968年地质部航测大队903队进行了1:100 000航空磁测。宁夏综合地质大队物探队于1965年、1969年先后在元山子、前古城子地区进行了1:25 000及1:10 000地面磁测工作,同时还进行过单侧偶极剖面法、重力法、垂向电测深法测量工作。1984年宁夏地矿局物探队在新井地区为配合煤田地质调查,进行了电磁测深及地震工作。1985年宁夏地质矿产局物探队综合物探分队在土井子,前古城子,马夫峡子进行了1:50 000磁法和综合物探研究。宁夏有色金属地质勘察院在2010年完成了宁夏中卫市卫宁北山地区1:50 000航磁异常图。

测区地球化学工作在20世纪50年代末开展,宁西地质队及物探队在卫宁北山地区进行过1:50 000区测工作和重砂金属量测量工作。20世纪80年代以来,为配合矿区及周边找矿工作,测区及周边部分地区开展了1:50 000水系沉积物测量、1:10 000岩石地球化学测量等化探工作。20世纪70年代初期和中期宁夏地质局测队先后开展了中卫、巴伦别立幅1:200 000区域化探工作。1987年,宁夏地矿区调队化探分队在测区西缘利用水系沉积物测量等方法作了1:50 000土井子幅、前古城子幅、马夫峡子幅区域地球化学调查,配合完成了研究区1:50 000联合区域地质调查及区内综合异常图的编制工作。1990年宁夏回族自治区地矿局物探队完成了中卫等地1:200 000地球化学图。

宁夏地质局区域地质调查院在原有资料的基础上,修编了吴忠幅(J48C003003)(2001)和银川幅(J48C002003)(2008),更新测区地层格架。测区处于鄂尔多斯地块西缘,前人将其作为鄂尔多斯地块西缘逆冲构造带,进行详细的构造演化研究,提出了许多演化模型(汤锡元等,1988; Deng Qidong et al., 1989; 杨俊杰等, 1990; Liu Shaofeng, 1998; 申旭辉等, 2001; Darby Brian J & Ritts Bradley D., 2002; 张进等, 2005; 张岳桥等, 2006; Zhang Jin et al., 2010; Wang Weitao et al., 2013; Huang Xingfu et al., 2015; Shi Wei et al., 2015; 公王斌等, 2016)。

宁夏大坝站幅(J48E012016)1:50 000地质图数据库的元数据按照《地质信息元数据标准》(DD 2006—05),在前期资料基础上,通过地质路线调查获取地质要素,以不同形式(点、线、面)表示,并赋予其相应的属性和数值,形成地质图数据库(表1)。本次地质图集中展示了测区新生代沉积、构造、地貌系统,填图工作探索了新构造—活动构造区地质填图思路、技术路线和成果表达方式,为特殊地质地貌区填图提供了参考。

表1 数据库(集)元数据简介

条目	描述
数据库(集)名称	宁夏大坝站幅(J48E012016) 1:50 000地质图数据库
数据库(集)作者	施 炜, 地质力学研究所, 野外数据采集、入库, 数据质量检查 张 宇, 地质力学研究所, 野外数据采集、入库 秦 翔, 地质力学研究所, 野外数据采集、入库 王天宇, 地质力学研究所, 野外数据采集、入库 杨 谦, 地质力学研究所, 野外数据采集、入库 赵子贤, 地质力学研究所, 野外数据采集、入库
数据时间范围	2016年5月—2018年7月
地理区域	东经105°45′~106°, 北纬38°00′~38°10′
数据格式	MapGIS, JPG, PDF, CorelDraw, Illustrator
数据量	1.02 GB
数据服务系统网址	http://dcc.ngac.org.cn
基金项目	宁夏1:50 000红崖子(J48E011016)、大坝站(J48E012016)、青铜峡铝厂(J48E013016)3幅新构造与活动构造区填图试点
语种	中文
数据库(集)组成	基本要素类包括地质体面实体、地质(界)线、产状、样品、素描、照片、河、水库岸线、钻孔、年代学采样点;综合要素类包括标准图框(内图框)、地层岩性花纹、图切剖面;独立要素类包括责任表、引用格式、接图表、图例、综合柱状图、图切剖面、角图(构造纲要图和成矿区带位置图、新生代沉积相图、稳定性评价图);对象类包括断层、褶皱、角度不整合面、图幅基本信息等

2 数据采集和处理方法

数据库从资料准备,设计编写,野外地质调查,最终成果输出全程采用数字区域地质调查系统(DGSS)和MapGIS 6.7软件完成,实现了全数字化的工作流程(李超岭等, 2002)。

2.1 地理底图与野外地质手图制作

2.1.1 地理底图制作

首先是用MapGIS 6.7投影变换模块中的“工作区直接投影转换”将1:50 000比例尺的地形图数据放大,然后运用Section插件对放大到1:25 000的矢量地形数据进行裁剪,最后根据最新遥感影像(高分1号)等资料添加最新的地形地物,并地理底图的图面整饰,形成符合数字填图地理底图的要求和精度要求的区域地质调查地理地图(杨星辰等, 2017)。地理底图主要包括地理信息、水系、交通、居民地、境界、地形等要素。

2.1.2 野外地质手图准备

在MapGIS 6.7软件平台上,首先根据大坝站幅图幅范围生成1:50 000标准图框,数据投影参数,坐标系类型为投影平面直角,椭球参数为西安80;投影类型为高斯-克吕格投影(6度分带第18带);数据单位为毫米。

用大坝站幅1:50 000标准图框,将1:250 000吴忠幅地质图进行投影变换,作为底图。同时将高分1号、Landsat、ETM、DEM等数据加载到1:50 000大坝站幅中,并进行构造、地层、地貌信息的解译。综合这些地质和解译信息,放大到1:25 000,并加入地理底图,形成野外地质手图。

2.2 野外数据采集与处理过程

野外踏勘和实测地质剖面等实际材料,确定填图基本单元。野外用掌机系统开展地质剖面测量、路线地质调查,形成地质草图。本次地质调查数据库有地质剖面(1:2 000) 5条,钻孔6个,地质体156个,地质(界)线334条,产状340个,年代学样品41个,照片321个,素描图61个,河湖岸线与断层681个。

2.2.1 地质剖面测量

在野外用掌机系统进行剖面信息采集。野外实测地质剖面数据采集项模型包括实测剖面信息实体属性表(SECTION)、剖面导线测站实体属性表(SURVEY)、剖面分层数据实体属性表(SLAYER)、剖面采样数据实体属性表(SSAMPLE)、剖面产状数据实体属性表(SECATT)、剖面照片实体属性表(SPHOTO)、剖面化石实体属性表(SFOSSIL)、剖面分层描述实体属性表(LAYNOTE)、剖面素描图实体属性表(SKETCH)、剖面地质点实体属性表(GPOINT)等内容。各属性表数据项名称和描述内容 DGSDData 有具体约定,按技术要求准确定义并填写。剖面柱状图、剖面图、剖面小结等均按系统自动生成的文件名及根据需要自定义文件名进行存储。

2.2.2 路线地质调查数据

先设计野外地质路线(GROUTE.MPJ),然后进行野外地质路线调查,用掌机系统记录,包括地质点(P)、点间路线(R)、地质界线(B)、照片、素描图、样品等。图幅PRB库文件类型及文件名与野外手图库完全一致。实际材料图库继承PRB库野外路线实体观测数据点、线采集层及标注图层,同时自动生成点、线、面3个文件。

2.2.3 第四系钻孔数据

第四系钻探工程数据库以1:25 000图幅组织,储存在数字填图目录下第四系钻孔文件夹中,在勘探线(XL×)目录下以钻孔编号为文件名分别存放各钻孔数据,每个钻孔包括 EngDB(存放钻孔信息)、Histogram(钻孔柱状图)及 Image(岩心照片)3个文件夹。各属性表数据项名称和描述内容 DGSS 有具体约定,按技术要求准确定义并填写。钻孔柱状图、钻孔小结等均按系统自动生成的文件名及根据需要自定义文件名进行存储。

2.3 成果图件编制

在实测的实际材料图的基础上,结合地层层序划分,进行岩石组合划分,并勾连出岩石组合界线,充填颜色及花纹。同时对断层、地貌分类,形成地质图。图层内容主要包括:地理底图(地理.wp,地理.wl,地理.wt,河流.wl)、地质区(地层.wp)、地质界线(界线.wl)、断层(Fault.wl)、产状(产状.wt)、地质代号(地层符号.wt)、样品(测年样品.wt)、钻孔(钻孔.wt)等。角图内容包括接图表、柱状图、图例、图切剖面、大地构造位置图、稳定性评价图、台地地貌图、浅层地震剖面图、电阻率剖面图、沉积相图、责任表等。

3 数据样本描述

3.1 数据的命名方式

地质面.wp,地质线.wl,地质点.wt。

3.2 图层内容

主图内容包括沉积岩、第四系、构造、地貌、地质界线、第四系柱状图、产状、采

样点、地层代号等。

角图内容包括接图表、柱状图、图例、图切剖面、大地构造位置图、稳定性评价图、台地地貌图、浅层地震剖面图、电阻率剖面图、沉积相图、责任表等。

3.3 数据类型

实体类型名称：点、线、面。

点实体：各类地质体符号及标记、样品年龄、地质花纹。

线实体：断层、地质界线、地貌界线等。

面实体：沉积岩、第四系、地貌、第四系柱状图等。

3.4 数据属性

宁夏大坝站幅 (J48E012016) 1:50 000 地质图数据库包含地质实体要素信息、地理要素信息和地质图整饰要素信息。地理要素信息属性沿用国家测绘地理信息局收集数据的属性结构 (王海建等, 2020)。地质实体要素信息属性参考 1:50 000 覆盖区区域地质调查工作指南 (试行) 要求, 分为沉积岩、断层、地貌、产状、地质体年龄等分别建立数据库属性。

沉积岩数据属性：年代地层单位、岩石地层单位、组段名称、代码、岩性组合、地层时代、岩石结构、沉积构造、岩石颜色、沉积作用类型、沉积相类型等。

断层数据属性：断层名称、断层类型、断层长度、断层走向、断层倾向、断层倾角、运动方式、活动时代。

地貌数据属性：地貌类型、地貌时代、地貌特征。

产状数据属性：产状类型、倾向、倾角。

4 数据质量控制和评估

填图精度按照 1:50 000 覆盖区区域地质调查工作指南 (试行), 采用地质剖面、地质调查路线方法开展填图工作。填图过程中使用 DGSS 系统数据采集仪, 提高了工作效率, 也保证了数据精度。建库流程按照数字填图系统数据库建设流程, 统一使用 DGSS 数字填图系统库, 保证了各类图形统一描述。拓扑造区按照相关要求, 精度符合数据库建设质量要求。图面地层接触关、断层与地质界线的压盖关系合理, 数据完整, 逻辑一致性好, 属性数据填写准确, 图面整饰规范。

项目实施单位中国地质科学院地质力学研究所对项目实施进行监管。原始资料自检率与互检率均为 100%, 项目组抽检率 30%, 项目抽检 30%, 单位抽检 10%, 严格实行计划项目、子项目承担单位、各工作组的三级质量检查验收制度, 符合地质调查项目质量管理要求。2018 年 10 月 8 日—11 日, 中国地质科学院地质力学研究所组织专家在银川市采用室内资料检查与野外抽查相结合的方式对项目进行了野外验收, 野外验收为优秀级。

5 数据价值

宁夏回族自治区 1:50 000 大坝站幅区域地质调查在青藏高原东北缘新生代地层格架、构造系统 (活动构造)、新生代构造演化方面取得了重要进展 (施伟等, 2016; 秦翔等, 2017; Shi Wei et al., 2019; Liu Xiaobo et al., 2019)。

(1) 确定测区 10 个组级岩石地层单位, 21 个段级岩石地层单位。精确厘定了渐新世

以来的古地磁地层年龄:清水营组(E_3q , ?~21.768 Ma)上限、中新世彰恩堡组(N_{1z} , 21.77~9.92 Ma),中新世晚期—上新世干河沟组(N_{1-2g} , 9.58~2.78 Ma)。首次确定了银川盆地中新统内部存在为0.59 Ma的沉积间断(彰恩堡组与干河沟组),精确限定了时限。结合区域构造,将青藏高原北东向扩展影响到银川盆地的最早时间限定为9.92 Ma。

(2) 厘定了测区的断裂与褶皱构造系统

测区断裂构造主要有北西走向和北东走向2组。北西走向断裂更为发育,盆地内部发育贯穿测区中部的北东走向断层。NW走向断裂:柳木高断裂,三关口断裂,主要为晚更新世右行走滑活动,部分活动时代主要为全新世;NNE走向断裂:贺兰山山前断裂,红崖子断裂,活动时代主要为古近纪—新近纪正倾滑活动,部分为全新世。测区中部主要发育2组区域性北西—北北西褶皱构造(柳木高向和斜庙山湖背斜),且2组褶皱为北西走向的区域性断层(柳木高断层)分隔。测区南北的牛首山与贺兰山均表现为北东走向与北西走向的褶皱构造。

(3) 确定了早更新世砾岩台地分布特征,并通过宇宙核素测年确定其沉积时代为1.04~0.6 Ma,从而精确限定青藏高原东北缘强烈地壳缩短的时间。

1:50 000新构造—活动构造区填图,确定测区海拔高度不同(1210~1260 m)的台地的时空分布特征。为台地由近水平产出的早更新世砾岩与下伏的前更新世地层呈角度不整合接触。不同高程砾岩台地的宇宙核素测年获得的年龄为1.03 Ma,结合下伏最新地层为干河沟组的年龄(9.58~2.78 Ma),提出青藏高原强烈的北东向构造扩展的形式和时代,确定青藏高原东北缘于早更新世末—第四纪期间褶皱成山。

(4) 提出了宁夏青铜峡段黄河地貌演化过程与形成机制

位于宁夏中部的青铜峡黄河大峡谷是黄河上游最后一个峡谷,长约10 km。黄河在该段切穿了牛首山的北段奥陶系米钵山组砂岩和灰岩,形成反“S”型的拐弯。通过古河道恢复、阶地地貌对比和构造分析,获得黄河在晚更新世早期,从牛首山西侧穿越新近系进入银川盆地,在晚更新世(85~65 ka)由于斜列的北西走向断裂系统右行走滑活动,关闭河道。黄河转弯切穿牛首山(青铜峡)进入银川盆地。

(5) 建立测区青藏高原东北缘盆—岭构造新生代以来构造演化历史

本区作为青藏高原北东向扩展前锋部位,其变形过程与青藏高原向北东构造扩展一致。新生代以来测区主要经历两大构造演化阶段,第一阶段(渐新世—中新世,30~10.5 Ma)为太平洋板块NW向俯冲—消减阶段,该阶段可划分为两个次级构造演化阶段,即渐新世—中新世(30~10.5 Ma)受区域性NW—SE向构造伸展作用,鄂尔多斯地块西缘广泛发育沉积盆地;中新世中晚期(10.5 Ma)在NW—SE向构造挤压作用下,沉积盆地发生构造反转,盆地沉积结束,为该区盆—岭构造地貌演化提供了基础。第二阶段(9.5 Ma以来)为青藏高原北东向扩展阶段,该阶段可进一步划分为4个次级阶段:中新世中晚期—上新世晚期(9.5~2.5 Ma)盆—岭构造地貌初始发育期,青藏高原向东北扩展增生逐渐影响到本区,可能受NNE—SSW向构造挤压作用,青藏高原东北缘沉积环境发生剧变,由湖相沉积转变为河流相沉积,海原断裂带南缘发育新近纪拉分盆地;上新世末—早更新世(2.5 Ma)盆—岭构造地貌形成期,这一时期构造应力场转变为NE—SW向构造挤压,青藏高原东北缘强烈褶皱缩短,导致向北东突出的弧形盆—岭地貌的形成;晚更新世盆—岭构造稳定期,受NE—SW向构造伸展作用控制,本区以断陷盆地发育为主,香山—天景山与烟筒山之间发育同心古大湖;晚更新世末期为盆—岭构造地貌改造期,NE—SW向构造挤压转换为ENE—WSW向构造挤压,本区NW向断裂强烈左行走滑活

动,沿海原断裂带发育一系列晚第四纪小型拉分盆地,同时NNW向牛首山—罗山断裂发生右行走滑活动,从而改造了局部构造地貌。变形分析表明青藏高原东北缘现今地貌格局主要缘于上新世末—早更新世NE—SW向强烈褶皱缩短变形,导致4列弧形盆—岭构造大致同步形成;而晚期ENE—WSW向构造挤压导致断裂走滑活动,改造局部地貌(Shi Wei et al., 2020)。

6 结论

(1) 通过宁夏回族自治区1:50 000大坝站幅区域地质调查,查明大坝站幅(J48E012016)新生代地层格架,并精确厘定了新近系和早更新统地层时代,为研究青藏高原东北缘构造扩展提供了地层学依据。

(2) 通过本次测区沉积于构造调查和分析,提出了宁夏青铜峡段黄河地貌演化过程与形成机制,建立了青藏高原东北缘新生代构造演化模式。为通过区域地质调查解决地质科学问题提供了工作范式。

(3) 宁夏大坝站幅(J48E012016)1:50 000地质填图属于中国地质调查局地质调查项目“特殊地质地貌区填图试点(DD 20160060)”,积极探索了新构造—活动构造区地质填图思路、技术路线和成果表达方式,为特殊地质地貌区填图提供参考。

致谢: 该数据库是中国地质科学院地质力学研究所“宁夏1:50 000红崖子(J48E011016)、大坝站(J48E012016)、青铜峡铝厂(J48E013016)三幅新构造与活动构造区填图试点”项目组全体人员辛勤工作的成果。王永超,黄始琪,刘晓波,崔建军,王开,陈兴强,陈鹏,公王斌,李振宏等参加了野外地质调查工作。工作过程中,先后多次得到中国地质调查局、中国地质科学院地质力学研究所、宁夏地质调查院、中国地质大学(北京)专家的检查指导,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢!

参考文献

- Darby Brian J, Ritts Bradley D. 2002. Mesozoic contractional deformation in the middle of the Asian tectonic collage: the intraplate Western Ordos fold-thrust belt, China[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 205: 13–14.
- Deng Qidong, Zhang Weiqi, Zhang Peizhen, Jiao Decheng, Song Fangmin, Wang Yipeng, B. C. Burchfiel, P. Molnar, L. Royden, Chen Shefa, Zhu Shilong, Chai Zhizhang 1989. The Haiyuan strike-slip fault zone and the compressional structures at its end[J]. *Earthquake Research in China*, 3(1): 29–43.
- Huang Xingfu, Shi Wei, Chen Peng, Li Hengqiang. 2015. Superposed deformation in the Helanshan Structural Belt: Implications for Mesozoic intracontinental deformation of the North China Plate[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 114: 140–154.
- Liu Shaofeng. 1998. The coupling mechanism of basin and orogen in the western Ordos Basin and adjacent regions of China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 16: 369–383.
- Liu Xiaobo, Shi Wei, Hu Jianmin, Fu Jianli, Yan Jiyan, Sun Lanlan. 2019. Magnetostratigraphy and tectonic implications of Paleogene–Neogene sediments in the Yinchuan Basin, western North China Craton[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 173: 61–69.
- Shi Wei, Hu Jianmin, Chen Peng, Chen Hong, Wang Yongchao, Qin Xiang, Zhang Yu, Yang Yong. 2019. Yumen conglomerate ages in the South Ningxia Basin, north-eastern Tibetan Plateau, as

- constrained by cosmogenic dating[J]. *Geological Journal*.
- Shi Wei, Dong Shuwen, Hu Jianmin. 2020. Neotectonics around the Ordos Block, North China: A review and new insights[J]. *Earth-Science Reviews*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102969>.
- Shi Wei, Dong Shuwen, Liu Yuan, Hu Jianmin, Chen Xuanhua, Chen Peng. 2015. Cenozoic tectonic evolution of the South Ningxia region, northeastern Tibetan Plateau inferred from new structural investigations and fault kinematic analyses[J]. *Tectonophysics*, 649: 139–164.
- Wang Weitao, Kirby Eric, Zhang Peizhen, Zheng Dwen, Zhang Guangliang, Zhang Huiping, Zheng Wenjun, Chai Chizhang. 2013. Tertiary basin evolution along the northeastern margin of the Tibetan Plateau: Evidence for basin formation during Oligocene transtension[J]. *Geological Society of America*, 125: 377–400.
- Zhang Jin, Cunningham Dickson, Cheng Hongyi. 2010. Sedimentary characteristics of Cenozoic strata in central-southern Ningxia, NW China: Implications for the evolution of the NE Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 39: 740–759.
- 公王斌, 施伟, 陈虹, 邱士东, 尹艳广, 赵燚. 2016. 牛首山—罗山断裂带北段柳木高断裂第四纪活动特征 [J]. *地质力学学报*, 22(4): 1005–1014.
- 李超岭, 杨东来, 于庆文, 其和日格. 2002. 数字地质调查与填图技术方法研究 [J]. *中国地质*, 29(2): 213–217.
- 秦翔, 施伟, 李恒强, 张宇. 2017. 基于 DEM 地形特征因子的青藏高原东北缘宁南弧形断裂带活动性分析 [J]. *第四纪研究*, 37(2): 213–233.
- 申旭辉, 田勤俭, 丁国瑜, 韦开波, 陈正位, 柴炽章. 2001. 宁夏贺家口子地区晚新生代地层序列及其构造意义 [J]. *中国地震*, 17(2): 156–166.
- 施伟, 陈虹, 李振宏, 公王斌, 邱士东. 2016. 新构造—活动构造区填图技术方法初析—以宁夏 1:50 000 红崖子、大坝站、青铜峡铝厂三幅新构造与活动构造区填图试点为例 [J]. *地质力学学报*, 22(4): 856–867.
- 汤锡元, 郭忠铭, 王定一. 1988. 鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆构造带特征及其演化与油气勘探 [J]. *石油与天然气地质*, 9(1): 1–10.
- 王海建, 吴玉诗, 车海龙, 李爱民, 赵虹旭, 刘臣臣, 李东宇, 孙冬雪, 马录录, 马铭. 2020. 吉林省石人镇幅 1:50 000 矿产地质图数据库 [J]. *中国地质*, 47(S2): 16–30.
- 杨俊杰, 赵重远, 刘和甫, 张伯荣. 1990. 鄂尔多斯盆地西缘逆冲带构造与油气 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1–160.
- 杨星辰, 叶培盛, 蔡茂堂, 周维. 2017. 数字地质填图野外手图地理底图制作方法 [J]. *地质力学学报*, 23(3): 333–338.
- 张进, 马宗晋, 任文军. 2005. 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*, 79(6): 757–773.
- 张岳桥, 廖昌珍, 施伟, 胡博. 2006. 鄂尔多斯盆地周边地带新构造演化及其区域动力学背景 [J]. *高校地质学报*, 12(3): 85–297.