

收稿日期: 2021-06-07
改回日期: 2021-06-07

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目: “狼山尔驼庙幅 1:5 万构造地质填图试点” (12120115069601)。

doi: 10.12029/gc2021Z201

论文引用格式: 张北航, 张文龙, 张进, 曲军峰, 赵衡, 牛鹏飞. 2021. 内蒙古巴彦哈拉幅 1 : 50 000 地质图数据库 [J]. 中国地质, 48(S2): 1–11.

数据集引用格式: 张进, 曲军峰, 张北航, 赵衡, 郑荣国, 张庆龙, 赵硕, 刘建峰, 张义平, 牛鹏飞, 惠洁, 云龙, 田荣松, 艾米尔丁·艾尔肯, 李法浩, 解国爱. 2021. 中国地质调查局: 内蒙古巴彦哈拉幅 (K48E021017) 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.P12; <http://dcc.ngac.org.cn/cn/geologicalData/details/doi/10.35080/data.C.2021.P12>

内蒙古巴彦哈拉幅 1 : 50 000 地质图数据库

张北航¹ 张文龙² 张进^{1*} 曲军峰¹ 赵衡¹ 牛鹏飞¹

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 黑龙江省自然资源调查院, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要: 内蒙古巴彦哈拉幅 (K48E021017) 1 : 50 000 地质图是在充分收集、综合分析已有地质资料基础上, 依据《1 : 50 000 区域地质调查技术要求》(DD 2019–01) 和行业统一标准及要求, 应用数字填图技术, 通过路线地质调查、实测剖面和大比例尺填图等多种手段相结合的方法完成的。在野外地质数据采集过程中, 通过自查、互查及项目组抽查等方式对数据质量进行了监督, 确保原始数据真实可靠。在填图数据采集完成的基础上, 以中国地质调查局《数字地质图数据库标准》(DD 2006–06) 为标准, 建立了巴彦哈拉幅 (K48E021017) 1 : 50 000 地质图数据库, 详细表达了不同地质体的基本属性。本地质图数据库为 MapGIS 格式, 包括 12 个正式填图单位、6 期岩浆岩事件、8 期构造变形事件以及 9 个样品的锆石 U–Pb 年龄数据, 数据量为 210 MB。图幅采用造山带填图新理论和新方法, 在图面表达中突出了多期构造形迹及其产状要素, 全面反映了填图区自古元古代以来的多期构造变形样式及时代。同时开展了复杂构造区地质填图方法指南的编写, 为系统构建构造地质填图新方法提供重要依据。该图幅为构造试点填图图幅, 在 2018 年度全国区域地质调查图幅展评中荣获“特优图幅”奖。

关键词: 内蒙古; 狼山地区; 巴彦哈拉幅; 1 : 50 000; K48E021017; 构造填图; 数据库
数据服务系统网址: <http://dcc.ngac.org.cn/>

1 引言

阿拉善地块位于华北克拉通西部, 中亚造山带南缘, 南邻特提斯构造域 (图 1a), 对其大地构造属性的认识历来存在争议 (Huang TK, 1945; 杨德振等, 1988; 葛肖虹等, 2009), 传统观点认为阿拉善地块属于华北克拉通的一部分 (Huang TK, 1945; Zhao Guochun et al., 2005; Gong Jianghua et al., 2016), 最近的研究表明阿拉善地块在古生代之前为相对独立的块体 (耿元生和周喜文, 2010; Yuan Wei and Yang Zhenyu, 2015a; Zhang Jin et al., 2015), 并在古生代或者早中生代与华北克拉通拼合 (李锦轶

第一作者简介: 张北航, 男, 1990 年生, 博士, 研究方向为构造变形和区域构造; E-mail: chungbh@yeah.net。

通讯作者简介: 张进, 男, 1973 年生, 博士, 研究员, 研究方向为构造变形和区域构造; E-mail: zhangjinm@sina.com。

等, 2012; 张进等, 2012; Zhang Jin et al., 2013, 2016; Yuan Wei et al., 2015b)。晚古生代末期, 受北侧古亚洲洋闭合的影响, 在阿拉善地块北缘形成恩格尔乌苏和查干楚鲁蛇绿(混杂)岩带(王廷印等, 1992; 吴泰然和何国琦, 1992; Zheng Rongguo et al., 2014), 同时伴随大量的岩浆活动(张文等, 2013; Dan Wei et al., 2014; Shi Xingjun et al., 2014; Zhang Jianjun et al., 2015; Liu Q et al., 2017)。中生代之后, 阿拉善地块整体进入陆内演化阶段, 记录了多期变形事件(Zhang Jin et al., 2014, 2020; 赵衡等, 2020; 张北航等, 2021)。

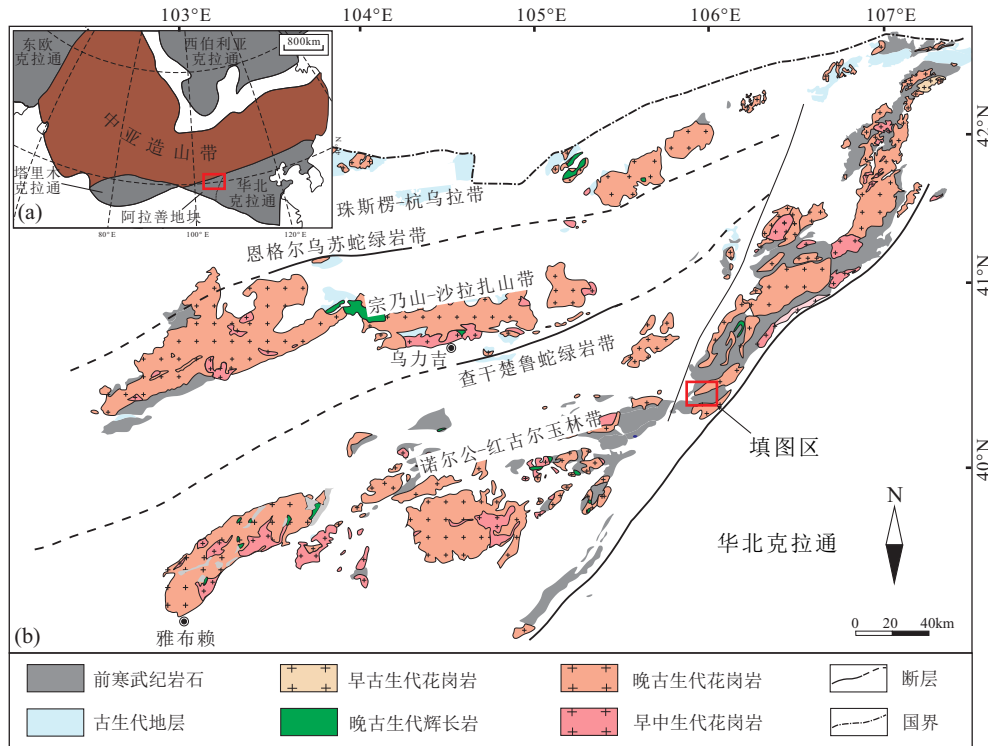


图1 内蒙古巴彦哈拉幅填图区大地构造位置图

内蒙古巴彦哈拉幅位于阿拉善地块东北缘的狼山地区(图1b), 该地区出露大量前寒武基底和古生代侵入岩(耿元生等, 2006, 2007; Dan Wei et al., 2012, 2015; Zheng Rongguo et al., 2019; 田健等, 2020; 邹雷等, 2020; Wang Zengzhen et al., 2021; Zou Lei et al., 2021), 同时还发育有中-新生代多期构造变形(Darby Brian J and Ritts Bradley D, 2007; Zhang Jin et al., 2014, 2020; 赵衡等, 2019, 2020; 张北航等, 2021), 是研究阿拉善基底属性、古亚洲洋闭合过程以及陆内构造变形的天然实验室。研究区开展过1:50 000航磁测量、1:200 000区域地质调查, 以及针对矿区的大比例尺填图。同时一些研究者还对测区内的古元古代变质岩、狼山群以及古生代侵入岩开展了独立研究(Hu Jianmin et al., 2014; Dan Wei et al., 2012, 2015; 田健等, 2019, 2020; Zheng Rongguo et al., 2019; Wang Wenlong et al., 2020; Wang Zengzhen et al., 2021; 邹雷等, 2020; Zou Lei et al., 2021), 取得了重要成果。这些调查研究为巴彦哈拉幅地质图的编制提供了丰富的基础数据。但是, 研究区还未开展过标准的1:50 000地质调查, 同时, 由于早期地质调查的比例尺较小以及研究工作的侧重点不同, 图幅内还存在一些关键问题缺少专题研究, 如填图区繁多的构造变形事件的分期性以及整体的构造演化序列等。鉴于此, 在该地区开展了系统的1:50 000地质填图。作为构造填图

试点图幅, 巴彦哈拉幅通过详细的野外路线地质调查以及构造解析工作, 主要厘定了图幅内自古元古代以来的多期构造变形事件的变形特征及时代, 并创新性地将多期构造变形事件在图幅上展示了出来。根据以上区域地质调查资料, 建立了内蒙古巴彦哈拉幅1:50 000地质图数据库(表1), 旨在反映新的构造地质填图方法在复杂构造区的应用成果, 为该区地质矿产调查、重大地质问题研究提供基础地质图件, 为后续在复杂构造区开展构造填图工作提供参考。

表1 数据库(集)元数据简介

条目	描述
数据库(集)名称	内蒙古巴彦哈拉幅(K48E021017)1:50 000地质图数据库
数据库(集)作者	沉积岩类: 张进, 中国地质科学院地质研究所 火山岩类: 惠洁, 中国科学院大学 岩浆岩类: 郑荣国, 中国地质科学院地质研究所 变质岩类: 曲军峰, 中国地质科学院地质研究所
数据时间范围	2016—2018年
地理区域	东经106°00′~106°15′, 北纬40°30′~40°40′
数据格式	MapGIS, JPG, PDF, CorelDraw, Illustrator
数据量	210 MB
数据服务系统网址	http://dcc.ngac.org.cn/
基金项目	中国地质调查局地质调查项目: “狼山尔驼庙幅1:50 000构造地质填图试点”(12120115069601)
语种	中文
数据库(集)组成	1:50 000地质图库、角图和图饰。地质图库包括沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、构造形迹、地质界线、产状、岩性花纹、各类代号等。角图包括综合柱状图、侵入岩填图单位、图切剖面、大地构造位置图、构造纲要图、中深层次变形要素图。图饰包括接图表、图例、责任表、引用格式等

2 数据采集和处理方法

2.1 数据采集

2.1.1 基础数据

内蒙古巴彦哈拉幅1:50 000地质图以《1:50 000区域地质调查技术要求》(DD 2019-01)为基本要求, 在充分收集、综合分析已有的地质资料基础上, 综合了野外路线调查、实测剖面、大比例尺填图等多种技术手段, 以构造变形的调查为主, 进行了数据采集。地理底图采用国家测绘局最新地理数据, 坐标系统为国家2000大地平面直角坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000, CGCS 2000)。1:50 000地质调查是在已有技术标准的指导下, 全程采用数字填图系统(DGSS)进行。

2.1.2 数据采集

在野外路线调查开始之前, 根据测区已有的地质资料, 在卫星影像上对测区内主要的地质体及构造迹线的展布进行了初步解译, 在此基础上针对不同对象采用不同方法设置野外调查路线。野外路线的布置以穿越法为主, 对一些重点地质体和地质界线以追索法开展野外调查。同时对重点区域和构造复杂区开展1:10 000大比例尺填图。

本图幅共布置野外调查路线99条, 地质观察点1446个, 实测剖面3条, 平均每

461 m 有一个地质点。在野外采集过程中,以 1:25 000 数字化地形图为底图,通过野外实际路线调查,应用数字填图野外采集系统,主要采集地质点、点间路线、地质界线等数据信息,初步建立数字填图 PRB 数据库。其中地质点 (P) 采集过程中,主要填写路线号、地质点号、微地貌、风化程度、露头情况、点性、填图单元、接触关系以及该点的野外露头现象描述等;点间路线 (R) 主要记录路线所属地质点号、路线号、填图单元和岩石名称等,沿途所见地质现象为重点记录内容,路线方位角、距离等数据则由采集系统自动计算得出;地质界线 (B) 主要记录界线类型、界线两侧填图单元、界线走向、倾角及倾向等信息,在记录过程中,根据野外路线行进方向,正确区分左、右地质体。此外,在 PRB 信息采集过程中,还采集有野外测量的地质体产状、照片、素描及采集的标本等信息,这些地质要素的空间位置信息均由填图系统自动计算得出。

2.2 数据处理

2.2.1 野外采集数据整理

将野外采集的数据资料导入电脑,利用数字地质调查综合信息平台对野外数据进行适当的补充整理。其中,地质点 (P) 中有关岩性的描述,根据后期薄片鉴定结果进行分析定名,名称不一致时进行必要的批注。点间路线 (R) 进行光滑处理,并在处理完成之后重新进行点间路线计算,修正路线方位角和距离。地质界线 (B) 也进行了必要的光滑线及延长线的处理。此外,野外采集的产状、照片、样品等要素,完善必要的属性信息。同时,对于采集的产状,根据具体的产状类型(如层理、片麻理、劈理等),修正为相对应的符号。完成野外路线数据的补充完善之后,将 PRB 数据库生成实际材料图,在实际材料图上进行连图。在连图过程中,参考地质点、点间路线及地质界线等所记录的信息,对地质体进行连接,地质界线按照“V”字形法则进行勾绘;同时,根据实际情况,对一些重要的,但是整体出露较小的地质体进行了适当的夸大处理,保证图面结构合理性和客观性的同时,又突出一定的科学意义。

1:25 000 的实际材料图完成后,在此基础上形成 1:50 000 编稿原图。对编稿原图进行一系列规范性和标准化的处理,包括整理地质体界线、地质体面、产状、地质体标注、地质图整饰等图层。在此过程中,根据野外实际调查结果,对图幅内的构造变形进行期次划分,用不同的颜色来展示图幅中不同时期的构造。

2.2.2 角图和图饰整理

巴彦哈拉幅 1:50 000 地质图角图主要包括:综合地层柱状图、侵入岩序列图、图切剖面、大地构造位置图、构造纲要图和中深层次变形要素图等;图饰主要包括接图表、图例和责任表等(图 2)。

(1) 综合地层柱状图:根据野外实测剖面资料和测年结果,对图幅内各地层单元的地层层序、岩石组合、地层厚度、接触关系及时代属性等进行了表达。

(2) 侵入岩序列图:按照岩浆演化和相互之间的侵入关系,结合同位素测年结果,编制岩浆岩填图单元,根据野外采集数据对其岩性特征进行描述,同时标注填图单元代号及年龄信息。

(3) 大地构造位置图:该图主要表达了填图区在区域上所处的大地构造位置,展示了填图区周边主要的大地构造单元。

(4) 图切剖面:根据测区内构造线及地质体展布方向特征,设置一条北北西—南南东方向的图切剖面。图切剖面主要控制了图幅内所有的填图单元,同时也展示了图幅内不

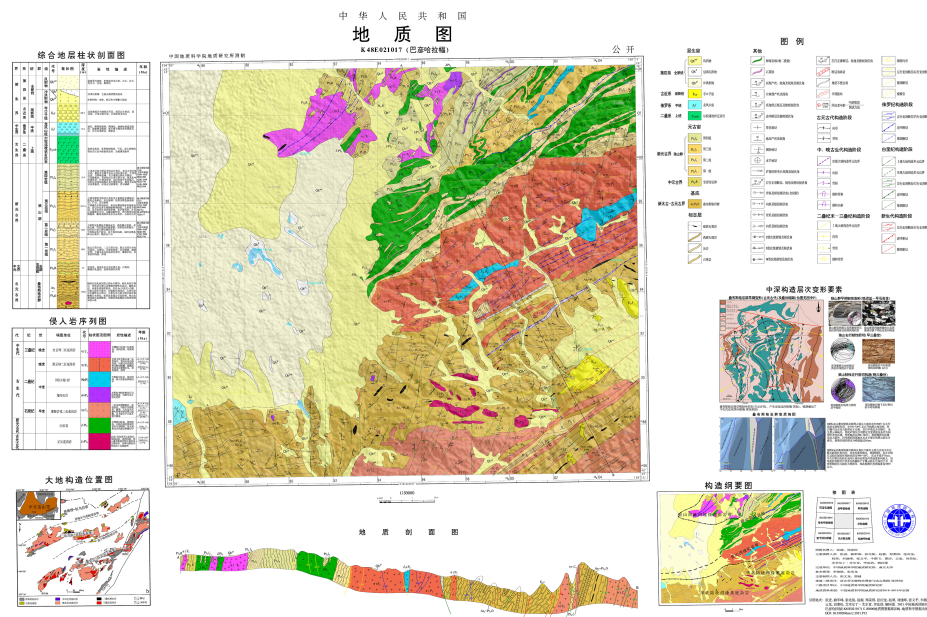


图2 内蒙古巴彦哈拉幅(K48E021017) 1:50 000地质图示意图

同时期的构造变形特征。图切剖面中地质体花纹与主图一致,同时标注地质体代号。剖面中展示的不同时期构造变形也与主图相一致,采用不同颜色进行表示。

(5) 构造纲要图:以板块构造理论为基础,综合野外调查资料和实验测试结果,对图幅内不同地质体或地质体组合所代表的大地构造环境进行了划分。

(6) 中深层次变形要素图:根据对野外路线调查所得数据进行详细的构造解析以及针对前寒武纪变质基底(叠布斯格岩群)的大比例尺构造填图和变质相分析,以大比例尺构造地质图、变形岩石的野外露头及显微照片和变质相图的形式展示了图幅内中深构造层次的变形特征。

(7) 图例和责任表:图例中展示说明了主图中出现的地质体类型、花纹、颜色、填图单位、产状类型、年龄信息、剖面位置、断层等地质要素;责任表按照《1:50 000区域地质调查技术要求》(DD 2019-01)最新要求编制。

3 数据样本描述

3.1 图层内容

内蒙古巴彦哈拉幅1:50 000地质图数据库包括地质图主图和其他角图。主图内容主要包括侵入岩、沉积岩、变质岩、火山岩、第四系、地质界线、断层、填图单位及产状等。角图内容包括综合地层柱状图、侵入岩序列图、大地构造位置图、图切剖面、构造纲要图、大比例尺构造地质图、变质相图、图例和责任表。

3.2 数据类型

数据类型包括点实体、线实体和面实体,其中点实体包括各类地质体填图单位、产状、花纹等;线实体包括地质界线、断层、岩相界线等;面实体包括侵入岩、沉积岩、变质岩、火山岩和断层破碎带等。数据样本坐标系采用国家2000平面直角坐标系(CGCS 2000),投影类型采用高斯-克吕格投影。

3.3 数据属性

巴彦哈拉幅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局提供的数据属性结构。地质实体要素信息属性按照1:50 000区域地质调查专项地质填图数据库建库要求分4大岩类(沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩)、断裂构造、产状要素等分别建立数据库属性。地质图基本要素类、综合要素类和对象类各数据项属性见表2。

4 数据质量控制和评估

内蒙古巴彦哈拉幅1:50 000地质图总体按照《1:50 000区域地质调查技术要求》(DD 2019-01)的填图精度标准来进行野外填图。在实际填图过程中,根据野外露头情况及任务要求,对基岩区采取加密地质路线调查,对第四系覆盖区采取遥感解译为主、野外验证为辅的方式进行。

本图幅共布置野外调查路线99条,地质观察点1446个,实测剖面3条,平均每461 m有一个地质点,总体精度达到了1:50 000区域地质专项填图的具体要求。针对数据质量,采用自检、互检和项目组抽检的方式进行质量把控,其中自检率和互检率均为100%,项目组抽检率为30%,符合地质调查项目质量管理要求。图面拓扑无错误率,属性填写规范,填写率达90%以上,保证了数据库的质量。野外采集原始数据丰富、详实、可靠,总体完成或超额完成了各项工作量。在地层划分、地质界线厘定、侵入岩解体和年代学研究、构造期次划分及图面表达等方面均取得了明显进展。巴彦哈拉幅(K48E021017)1:50 000地质图野外验收为优秀级,参加了2018年全国区域地质调查优秀图幅展评,并被评为“特优图幅”。

5 数据价值

内蒙古巴彦哈拉幅(K48E021017)1:50 000地质图通过在测区开展详细的野外调查、构造解析、年代学测试等工作,建立了填图区从碰撞造山到陆内演化完整构造序列,为讨论古亚洲洋演化提供限定,为开展北方油气地质背景研究提供了重要依据。在此基础上开展构造地质填图方法指南的编写,为系统构建填图新的方法以及修订填图规范提供重要依据。取得以下主要成果:

(1) 确定狼山群的存在及其时代。在狼山群中发现了新元古代的花岗岩砾石(锆石U-Pb年龄898 Ma)及侵入狼山群的新元古代闪长岩脉(墙)(锆石U-Pb年龄814 Ma),表明狼山群沉积发生在898 Ma之后,814 Ma之前,是新元古代沉积。结合沉积学、锆石Hf同位素等,确定狼山群物源为阿拉善地块。

(2) 划分出中元古代宝音图群。在原1:200 000磴口幅中,将狼山群顶部的一套糜棱岩化的云母石英片岩加大理岩划归为狼山群第五组。此次填图中,通过对比岩石组合、变质特征及变形特征,发现该套地层与狼山群其他4个组差别很大,而与图幅北侧地区的宝音图群非常类似,同样都是一套糜棱岩化的云母石英片岩,因此将该套地层单独划分为宝音图群。同时确定其与狼山群第四组之间以韧性剪切带过渡,不是原1:200 000磴口幅中显示的整合接触。

(3) 在测区发现了二叠纪枕状玄武岩(儿驼庙玄武岩),分布于图幅中部一条断裂沿线,地球化学表明其产出环境既有OIB,也有大陆弧玄武岩,可能代表了查干础鲁弧后

表2 内蒙古巴彦哈拉幅1:50 000地质图空间数据库数据属性表

数据类型	名称	标准编码	数据项属性
基本要素类	地质体面实体	_GeoPolygon	地质体面实体标识号, 地质体面实体类型代码, 地质体面实体名称, 地质体面实体时代, 地质体面实体下限年龄值, 地质体面实体上限年龄值, 子类型标识
	地质(界)线	_GeoLine	要素标识号, 地质界线代码, 地质界线类型, 界线左侧地质体代号, 界线右侧地质体代号, 界面走向, 界面倾向, 界面倾角, 子类型标识
	产状	_Attitude	要素标识号, 产状类型名称代码, 产状类型名称, 走向, 倾向, 倾角, 子类型标识
	样品	_Sample	要素标识号, 样品编号, 样品类型代码, 样品类型名称, 样品岩石名称, 子类型标识
	照片	_Photograph	要素标识号, 照片编号, 照片题目, 照片说明, 子类型标识
	素描	_Sketch	要素标识号, 素描编号, 素描题目, 素描说明, 子类型标识
	同位素测年	_Isotope	要素标识号, 样品编号, 样品名称, 年龄测试方法, 测定年龄, 被测定出地质体单位及代号, 测定分析单位, 测定分析日期, 子类型标识
	河、湖、海、水库岸线	_Line_Geography	要素标识号, 图元类型, 图元名称, 子类型标识
综合要素类	构造变形带	_Tectzone	要素标识号, 变形带代码, 变形带类型名称, 变形带岩石名称, 变形带组构特征, 变形带力学特征, 形成时代, 活动期次, 含矿性, 子类型标识
	标准图框(内图框)	_Map_Frame	图名, 图幅代号, 比例尺, 坐标系统, 高程系统, 左经度, 下纬度, 图形单位
对象类	沉积(火山)岩岩石地层单位	_Strata	要素分类, 地层单位名称, 地层单位符号, 地层单位时代, 岩石组合名称, 岩石组合主体颜色, 岩层主要沉积构造, 生物化石带或生物组合, 地层厚度, 含矿性, 子类型标识
	侵入岩岩石年代单位	_Intru_Litho_Chrono	要素分类, 岩体填图单位名称, 岩体填图单位符号, 岩石名称(岩性), 岩石颜色, 岩石结构, 岩石构造, 岩相, 主要矿物及含量, 次要矿物及含量, 与围岩接触关系, 围岩时代, 与围岩接触面走向, 与围岩接触面倾向, 与围岩接触面倾角, 流面产状, 流线产状, 形成时代, 含矿性, 子类型标识
	断层	_Fault	要素分类代码, 断层类型, 断层名称, 断层编号, 断层性质, 断层上盘地质体代号, 断层下盘地质体代号, 断层破碎带宽度, 断层走向, 断层倾向, 断层面倾角, 估计断距, 断层形成时代, 活动期次, 子类型标识
	脉岩(面)	_Dike_Object	脉岩分类代号, 脉岩名称, 脉岩符号, 岩性, 颜色, 结构, 构造, 主要矿物及含量, 次要矿物及含量, 与围岩接触面走向, 与围岩接触面倾向, 与围岩接触面倾角, 形成时代, 含矿性, 子类型标识
	面状水域	_Water_Region	要素分类代码, 图元类型, 图元名称, 图元特征, 子类型标识
	图幅基本信息	_Sheet_Mapinfo	地形图编号, 图名, 比例尺, 坐标系统, 高程系统, 左经度, 右经度, 上纬度, 下纬度, 成图方法, 调查单位, 图幅验收单位, 评分等级, 完成时间, 出版时间, 资料来源, 数据采集日期

盆地的位置,并限定了弧后盆地关闭于晚二叠世。二叠纪玄武岩的发现,可能限定了华北陆块与阿拉善地块之间的边界。

(4) 发现三叠纪白云母花岗岩。在测区西北角发现具有一定规模的粗粒白云母花岗岩,原1:200 000磴口幅中划为二叠纪花岗岩,但是该花岗岩与出露于图幅中部的典型的二叠纪花岗岩差别很大,地球化学特征也区别明显,地球化学研究认为属于同碰撞花岗岩,代表了古亚洲洋关闭的产物。

(5) 确定测区内最古老的变形类型及时代,为古元古代近南北向褶皱。褶皱主要发生在古元古带叠布斯格杂岩内,为近南北向的同斜褶皱,代表了华北克拉通西北边缘陆块聚合变形,同期变质达到高角闪相—麻粒岩相。同时,该期褶皱在后期被三叠纪的近东西向褶皱所叠加改造。

(6) 确定狼山群的变形极性和时代。狼山群中可识别出最早的变形是早古生代晚期,而主变形则发生在二叠纪末期,这是中亚造山带的最后碰撞造山的直接结果;而狼山群的变形则指示出查干砬鲁弧后盆地俯冲的极性(向北俯冲),这与二叠纪玄武岩指示的环境一致。

(7) 发现三条大型韧性剪切带及其位移量。最早期为早石炭世NE—SW走向剪切带,记录了阿拉善地块与华北克拉通之间的逆冲挤压;第二期为晚二叠世—早三叠世近EW向右行剪切,代表了古亚洲洋闭合后的一期陆内变形;最后一期为晚三叠世NE—SW走向左行剪切,走滑距离约140~160 km,代表了华北克拉通与扬子克拉通碰撞的远程效应,该期变形奠定了测区的构造走向。

(8) 确定一组脆性走滑断裂带时代与位移。在阿拉善地块东缘确定一组近南北向的左行断层组,这套断裂累积位移量达60 km左右,代表了晚白垩世一期重要的陆内变形事件。

6 结论

(1) 内蒙古巴彦哈拉幅(K48E021017)1:50 000地质图是中国地质调查局新一轮地质调查中构造试点填图图幅,在野外数据收集及图面表达中均对构造地质相关数据和要素进行了加强,对区域地质调查特别是复杂构造区填图起到了示范作用。

(2) 以中国地质调查局《数字地质图数据库标准》(DD 2006—06)为标准,编制了巴彦哈拉幅(K48E021017)1:50 000地质图并建立了数据库,详细表达了不同地质体的基本属性。

(3) 通过详细的野外调查,结合岩石地球化学及年代学测试结果,在填图区内新发现了火山岩、侵入岩,对狼山群沉积时代进行了限定。同时通过详细的构造解析,识别出图幅内古元古代以来的多期构造变形事件。测区内最早的变形为发育于叠布斯格杂岩中的古元古代近南北向褶皱,同期变质达到高角闪相—麻粒岩相,记录了华北克拉通西北边缘陆块聚合。晚古生代变形为一系列向东南倒伏的同斜倒转褶皱,主要发育于狼山群中,代表了古亚洲洋的闭合。测区内分布三条大型韧性剪切带,最早期为早石炭世NE—SW走向剪切带,记录了阿拉善地块与华北克拉通之间的逆冲挤压;第二期为晚二叠世—早三叠世近EW向右行剪切,代表了古亚洲洋闭合后的一期陆内变形;最后一期为晚三叠世NE—SW走向左行剪切,走滑距离约140~160 km,代表了华北克拉通与扬子克拉通碰撞的远程效应,该期变形奠定了测区的构造走向。测区在中、新生代发育

多期陆内变形。晚侏罗世发育 NE—SW 走向逆冲推覆构造；晚白垩世发育大型脆性左行走滑断裂，位移量约 60 km。自新生代中期开始受青藏高原隆升的影响，中新世发育近南北走向逆冲构造。

致谢：内蒙古巴彦哈拉幅 1:50 000 地质图是一项集体成果，在原始地质资料收集过程中，项目组所有地质工作人员不畏艰辛，力求原始数据真实可靠。在地质图绘制及数据库建立过程中，得到来自黑龙江省自然资源调查院的邢健工程师的指导和帮助，在此表示感谢。

参考文献

- Dan Wei, Li Xianhua, Guo Jinghui, Liu Yu, Wang XuanCe. 2012. Paleoproterozoic evolution of the eastern Alxa Block, westernmost North China: evidence from in situ zircon U–Pb dating and Hf–O isotopes[J]. *Gondwana Research*, 21(4): 838–864.
- Dan Wei, Li Xianhua, Wang Qiang, Tang Gongjian, Liu Yu. 2014. An Early Permian (ca. 280 Ma) silicic igneous province in the Alxa Block, NW China: A magmatic flare-up triggered by a mantle-plume?[J]. *Lithos*, 204: 144–158.
- Dan Wei, Li Xianhua, Wang Qiang, Wang Xuance, Derek A. Wyman, Liu Yu. 2015. Phanerozoic amalgamation of the Alxa Block and North China Craton: Evidence from Paleozoic granitoids, U–Pb geochronology and Sr–Nd–Pb–Hf–O isotope geochemistry[J]. *Gondwana Research*, 32: 105–121.
- Darby Brian J., Ritts Bradley D. 2007. Mesozoic structural architecture of the Lang Shan, North–Central China: Intraplate contraction, extension, and synorogenic sedimentation[J]. *Journal of Structural Geology*, 29: 2006–2016.
- Gong Jianghua, Zhang Jianxin, Wang Zongqi, Yu Shengyao, Li Huaikun, Li Yunshuai. 2016. Origin of the Alxa Block, western China: New evidence from zircon U–Pb geochronology and Hf isotopes of the Longshoushan Complex[J]. *Gondwana Research*, 36: 359–375.
- Hu Jianmin, Gong Wangbin, Wu Sujuan, Liu Yang, Liu Shaochang. 2014. LA–ICP–MS zircon U–Pb dating of the Langshan Group in the northeast margin of the Alxa block, with tectonic implications[J]. *Precambrian Research*, 255: 756–770.
- Huang TK. 1945. On the major tectonic forms of China[J]. *Geological Memoir*, Ser. A, 20: 1–165.
- Liu Q, Zhao GC, Han YG, Eizenhofer PR, Zhu YL, Hou WZ. 2017. Geochronology and geochemistry of Permian to early Triassic granitoids in the Alxa terrane: Constraints on the final closure of the Paleo–Asian Ocean[J]. *Lithosphere*, 9: 665–680.
- Shi Xingjun, Wang Tao, Zhang Lei, Castro Antonio, Xiao Xuchang, Tong Ying, Zhang Jianjun, Guo Lei, Yang Qidi. 2014. Timing, petrogenesis and tectonic setting of the Late Paleozoic gabbro–granodiorite–granite intrusions in the Shalazhashan of northern Alxa: Constraints on the southernmost boundary of the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Lithos*, 208: 158–177.
- Wang Wenlong, Teng Xuejian, Liu Yang, Wang Rui, Cheng Yinhang, Xin Houtian, Wang Shuqing. 2020. From subduction to post - collision: Early Permian - middle Triassic magmatic records from Langshan Belt, Central Asian Orogenic Belt[J]. *Geological Journal*, 55(3): 2167–2184.
- Wang Zengzhen, Han Baofu, Feng Lixia, Liu Bo, Zheng Bo, Kong Lingjie, Qi Chengyuan. 2021.

- Early–Middle Permian plutons in the Langshan area, western Inner Mongolia, China, and their tectonic implications[J]. *Lithos*, 382–383, 105934.
- Yuan Wei, Yang Zhenyu. 2015a. The Alashan Terrane was not part of North China by the Late Devonian: Evidence from detrital zircon U–Pb geochronology and Hf isotopes[J]. *Gondwana Research*, 27: 1270–1282.
- Yuan Wei, Yang Zhenyu. 2015b. The Alashan Terrane did not amalgamate with North China block by the Late Permian: evidence from Carboniferous and Permian paleomagnetic results[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 104: 145–159.
- Zhang Jin, Li Jinyi, Xiao Wenxia, Wang Yannan, Qi Wenhua. 2013. Kinematics and geochronology of multistage ductile deformation along the eastern Alxa block, NW China: New constraints on the relationship between the North China Plate and the Alxa block[J]. *Journal of Structural Geology*, 57: 38–57.
- Zhang Jin, Li Jinyi, Li Yanfeng, Qi Wenhua, Zhang Yiping. 2014. Mesozoic - Cenozoic Multi - Stage Intraplate Deformation Events in the Langshan Region and their Tectonic Implications[J]. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, 88(1): 78–102.
- Zhang Jin, Zhang Yiping, Xiao Wenxia, Wang Yannan, Zhang Beihang. 2015. Linking the Alxa Terrane to the eastern Gondwana during the Early Paleozoic: Constraints from detrital zircon U–Pb ages and Cambrian sedimentary records[J]. *Gondwana Research*, 28(3): 1168–1182.
- Zhang Jin, Zhang Beihang, Zhao Heng. 2016. Timing of amalgamation of the Alxa Block and the North China Block: Constraints based on detrital zircon U–Pb ages and sedimentologic and structural evidence[J]. *Tectonophysics*, 668 – 669: 65–81.
- Zhang Jin, Wang Yannan, Qu Junfeng, Zhang Beihang, Zhao Heng, Yun Long, Li Tianyi, Niu Pengfei, Nie Fengjun, Hui Jie, Zhang Yiping. 2020. Mesozoic intracontinental deformation of the Alxa Block in the middle part of Central Asian Orogenic Belt: A review[J]. *International Geology Review*, 1–31.
- Zhang Jianjun, Wang Tao, Zhang Lei, Tong Ying, Zhang Zhaochong, Shi Xingjun, Guo Lei, Huang He, Yang Qidi, Huang Wei, Zhao Jianxin, Ye Ke, Hou Jiyao. 2015. Tracking deep crust by zircon xenocrysts within igneous rocks from the northern Alxa, China: Constraints on the southern boundary of the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 108: 150–169.
- Zhao Guochun, Sun Min, Simon A.Wilde, Li Sanzhong 2005. Late Archean to Paleoproterozoic evolution of the North China Craton: key issues revisited[J]. *Precambrian Research*, 136(2): 177–202.
- Zheng Rongguo, Wu Tairan, Zhang Wen, Xu Cao, Meng Qingpeng, Zhang Zhaoyu. 2014. Late Paleozoic subduction system in the northern margin of the Alxa block, Altai: Geochronological and geochemical evidences from ophiolites[J]. *Gondwana Research*, 25: 842–858.
- Zheng Rongguo, Zhang Jin, Xiao Wenjiao. 2019. Association of Permian gabbro and granite in the Langshan, southern Central Asian Orogenic Belt: Age, origin, and tectonic implications[J]. *Lithos*, 348 – 349: 1–17.
- Zou Lei, Guo Jinghui, Liu Lishuang, Ji Lei, Tian Zhonghua, Wang Wei, Shi Jianrong, Liu Chaohui. 2021. Paleoproterozoic granulite–facies metamorphism in the eastern Alxa Block: New petrological and geochronological evidence from the Diebusige Complex[J]. *Precambrian Research*, 354.

- 葛肖虹, 马文璞, 刘俊来, 任收麦, 刘永江, 袁四化, 王敏沛. 2009. 对中国大陆构造格架的讨论 [J]. 中国地质, 36(5): 949-965.
- 耿元生, 王新社, 沈其韩, 吴春明. 2006. 内蒙古阿拉善地区前寒武纪变质基底阿拉善群的再厘定 [J]. 中国地质, 33(1): 138-145.
- 耿元生, 王新社, 沈其韩, 吴春明. 2007. 内蒙古阿拉善地区前寒武纪变质岩系形成时代的初步研究 [J]. 中国地质, 34(2): 251-261.
- 耿元生, 周喜文. 2010. 阿拉善地区新元古代岩浆事件及其地质意义 [J]. 岩石矿物学杂志, 29(6): 779-795.
- 李锦轶, 张进, 曲军峰. 2012. 华北与阿拉善两个古陆在早古生代晚期拼合——来自宁夏牛首山沉积岩系的证据 [J]. 地质论评, 58(2): 208-214.
- 田健, 辛后田, 滕学建, 刘洋, 郭硕, 滕飞, 何鹏, 王文龙. 2019. 内蒙古狼山地区石炭纪-三叠纪岩浆作用及其构造意义 [J]. 地球科学, 44(01): 206-219.
- 田健, 滕学建, 刘洋, 滕飞, 郭硕, 何鹏, 王文龙. 2020. 内蒙古狼山地区早二叠世花岗岩闪长岩的年代学、地球化学特征及其构造背景 [J]. 中国地质, 47(3): 767-781.
- 王廷印, 王金荣, 王士政. 1992. 阿拉善北部恩格尔乌苏蛇绿混杂岩带的发现及其构造意义 [J]. 兰州大学学报, 1992(02): 194-196.
- 吴泰然, 何国琦. 1992. 阿拉善地块北缘的蛇绿混杂岩带及其大地构造意义 [J]. 现代地质, 6(3): 286-296.
- 杨振德, 潘行适. 1988. 阿拉善断块及邻区地质构造特征与矿产 [M]. 科学出版社, 1-254.
- 张北航, 张进, 曲军峰, 赵衡, 牛鹏飞, 惠洁. 2021. 阿拉善东北缘晚中生代以来陆内变形、古应力特征及构造背景 [J]. 地质通报, 40(1): 110-124.
- 张进, 李锦轶, 刘建峰, 李岩峰, 曲军峰, 冯乾文. 2012. 早古生代阿拉善地块与华北地块之间的关系: 来自阿拉善东缘中奥陶统碎屑锆石的信息 [J]. 岩石学报, 28(9): 2912-2934.
- 张文, 吴泰然, 冯继承, 郑荣国, 贺元凯. 2013. 阿拉善地块北缘古大洋闭合的时间制约: 来自乌力吉花岗岩体的证据 [J]. 中国科学: 地球科学, 43(8): 1299-1311.
- 赵衡, 张进, 李岩峰, 曲军峰, 张北航, 张义平, 云龙, 王艳楠. 2019. 内蒙古狼山地区新生代断层活动特征: 对正断层生长的限定 [J]. 中国地质, 46(6): 1433-1453.
- 赵衡, 张进, 曲军峰, 张北航, 牛鹏飞, 惠洁, 云龙, 李岩峰, 王艳楠, 张义平. 2020. 阿拉善地块东缘新生代中新世挤压变形及动力学背景 [J]. 地球科学, 45(4): 1337-1361.
- 邹雷, 刘平华, 刘利双, 王伟, 田忠华. 2020. 东阿拉善地块叠布斯格杂岩的形成与变质时代: 来自黑云斜长片麻岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年的新证据 [J]. 地球科学, 45(9): 3313-3329.

