

DOI:10.20176/j.cnki.nxdz.000122

贺兰山国家公园候选区典型地质遗迹及其演化历史

毛静雯¹, 梁咏亮², 李江海^{1*}, 李润楠³, 谢仲军³, 朱亚超²,
王宝华³, 杨昊坤¹, 郭晓非¹

(1. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871; 2. 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局,
宁夏 银川 750021; 3. 林产工业规划设计院, 北京 100010)

摘要:基于野外实地调查结果,综合贺兰山地区地质、地貌等方面资料,系统梳理贺兰山国家公园候选区的地质遗迹类型、分布特征及规律,并结合该区的构造演化历史,阐释地质遗迹多样性的动力学背景。结果表明,在贺兰山国家公园候选区共识别出44处典型地质遗迹,其中,基础地质大类35处,地貌景观大类9处。区域分布方面,地质遗迹集中分布在黄旗口—苏峪口—插旗沟、汝箕沟及石炭井3个区域。在贺兰山古元古代基底形成后,从中新元古代到新生代经历的复杂构造演化过程,是贺兰山国家公园候选区地质遗迹形成的主要原因。

关键词:地质遗迹;构造演化;贺兰山国家公园候选区;分布特征

分类号:(中图)P548

文献标志码:A

地质遗迹通常指在地质历史过程中,受各种地质综合作用形成的不可再生地质现象,不仅是地质历史变迁的重要记录^[1],更是集保护价值、科学价值、美学价值及教育意义于一体的景观资源^[2]。随着生态保护意识的提升及生态保护制度的落实,中国地质遗迹研究也逐渐发展,促成了地质、地理及旅游三学科的交叉融合^[3]。近年来,地质方面的研究涉及地质遗迹的类型特征^[4-7]、形成演化^[8-9]、成因分析^[2, 10-11]与地学意义^[12-14]等。国家公园是我国建设自然保护地体系的主要组成部分,对保护生物多样性与生态服务功能、建设生态文明等具有重要意义^[5]。贺兰山位于宁夏回族自治区与内蒙古自治区交界处。2022年,《国家公园空间布局方案》遴选出贺兰山为国家公园候选区。贺兰山是黄河流域布局的9个国家公园候选区之一,贺兰山国家公园候选区除生物多样性、典型景观分布突出外^[15],还拥有丰富的地质遗迹资源。长期以来,学者们对贺兰山地质、地貌和生态等方面开展了大量研究^[16-23],积累了众多成果和资料,但有关贺兰山地质遗迹及其类型特征、分布和形成演化等研究较少。因此,贺兰

山地质遗迹的潜在价值未能充分发掘。文中基于贺兰山相关研究成果及野外实地考察结果,参考DZ/T 0303—2017^[24],首次对贺兰山国家公园候选区内的地质遗迹进行分类归纳,并对其分布特征和形成演化进行深入探讨,以期挖掘该候选区地质遗迹价值,并为该选区区内地质遗迹的保护及国家公园的建设提供重要参考。

1 贺兰山区域地质背景

贺兰山地跨宁夏、内蒙古两自治区,其东侧隶属宁夏回族自治区石嘴山市、银川市和吴忠市,西侧属于内蒙古自治区阿拉善盟阿拉善左旗^[25]。贺兰山地处黄土高原、青藏高原和蒙古高原3个高原的交接地段。贺兰山是北北东—南南西走向,微呈弧形条带状山地,绵亘250 km,北起巴彦敖包,南至毛土坑敖包及青铜峡^[26]。贺兰山总体呈楔形体,属阿拉善地块与鄂尔多斯陆块之间的过渡地带^[27-28](图1(a)),位于我国西部南北向的巨型构造带,由多条南北走向褶皱带和逆冲断裂带组成,地质结构相对破碎。贺兰山以宗别立—正

收稿日期:2025-05-13

基金项目:国家重点研发计划基金资助项目(2023YFC2906500);林产工业规划设计院项目(HCZB-2024-(采)-014-2)

作者简介:毛静雯(2003—),女,硕士研究生,主要从事石油地质学研究,(电子信箱)2733804094@qq.com。

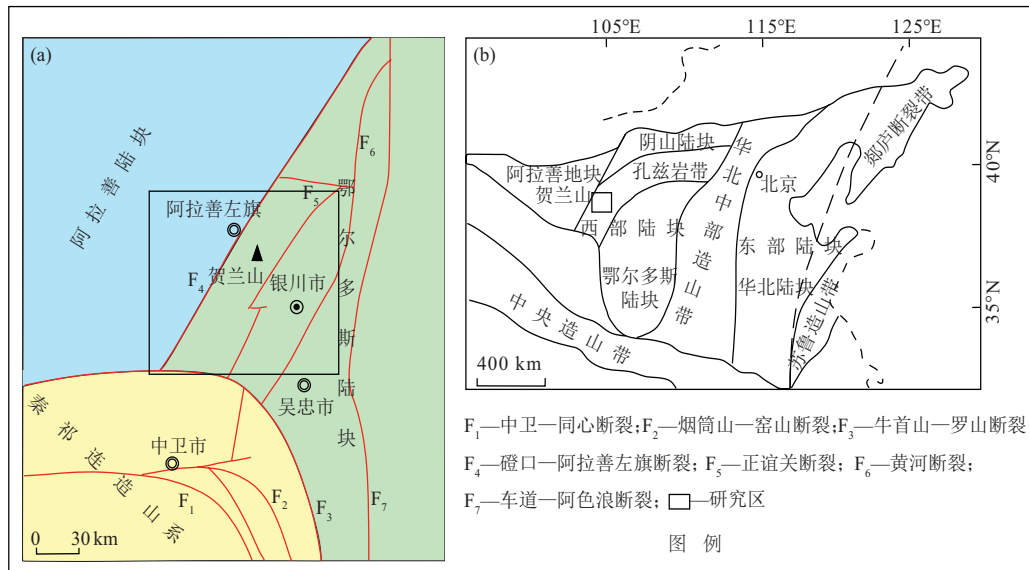
*通信联系人:李江海(1965—),男,教授,博士,主要从事全球构造研究,(电子信箱)jhli@pku.edu.cn。

引用格式:毛静雯,梁咏亮,李江海,等.贺兰山国家公园候选区典型地质遗迹及其演化历史[J].宁夏大学学报(自然科学版中英文),2026,47(1):79-89.

谊关断层和三关口—青铜峡断层为界线,据此可进一步将贺兰山分为北段、中段和南段^[23],其中,南段与六盘山脉构造带相接。

贺兰山地层发育较全且保存较为完整^[29],主要由变形变质的太古界—下元古界结晶基底和晚元古界—新生界盖层组成。该基底广泛分布于贺兰山构造带北段^[23],包含古元古界贺兰山岩群,是一套由片麻岩、变粒岩等组成的中级角闪岩相变质岩系固结形成的结晶基底,也是华北克拉通北缘孔兹岩带的组成部分^[20,28,30](图1(b))。沉积盖层自下而上包括中元古界长城系、蓟县系、新元古界震旦系,下古

生界寒武系、奥陶系,上古生界石炭系、二叠系,中生界三叠系、侏罗系和白垩系,新生界古近系、新近系和第四系^[28,31]。中元古界部分地层以碳酸盐岩为主。新元古界沉积物中有冰水沉积物^[28]。下古生界寒武系、奥陶系主要以陆表海、台地相沉积的石灰岩、砂岩及页岩为主。上古生界石炭系与二叠系同等发育,以海陆交互的页岩、砂岩为主,且含煤层。中生界三叠系以河湖相砂岩、砾岩及页岩为主。侏罗系以河流相的各种页岩、砂岩为主,也含有煤层。第四系则以洪积相的山麓堆积物、坡积物等为主^[28]。



注:(a)参考宁夏回族自治区1:25 000银川幅建造构造图(公开版),(b)参考文献[32-33]。

图 1 贺兰山大构造位置略图(a)与华北克拉通基底构造单元划分图(b)

Fig. 1 Schematic map of the tectonic location of the Helan Mountains (a) and tectonic unit division map of the North China Craton Basement (b)

2 贺兰山国家公园候选区地质遗迹的类型及分布特征

依据DZ/T0303—2017^[24]中的分类标准,结合地质遗迹资源的性质、形态和特征等^[34],认为贺兰山国家公园候选区内的地质遗迹主要包括基础地质和地貌景观2大类;地层剖面、构造剖面、化石产地、岩矿石产地、岩土地貌、冰川地貌6类;典型剖面、不整合面、褶皱构造、断裂构造、古植物化石产地、古动物化石产地、古生物遗迹化石产地、典型矿床类露头、典型矿物岩石命名地、花岗岩岩基地貌、变质岩地貌、碎屑岩地貌和现代冰川遗迹13亚类,共识别出44处主要地质遗迹。贺兰山国家公园候选区内具体地质遗迹划分见表1、图2。

贺兰山国家公园候选区内地质遗迹在空间分布上呈现出一定的规律(图2),且基本分布于贺兰

山中段。从分布的集中程度看,地质遗迹点自北向南在石炭井、汝箕沟和黄旗口—苏峪口—插旗口三地集中程度最高。

石炭井集中区位于贺兰山中段北部,临近北中段分界处宗别立—正谊关断裂。该区域内遗迹点均为化石产地,是贺兰山国家公园内最具代表性的化石产地。该区域内化石多为二叠纪不同层组的硅化木化石及古植物茎干,是古气候信息的重要表征载体,科普及科研价值较大。汝箕沟集中区位于贺兰山中段偏西北部,除了是无烟煤太西煤的主要产地外,因邻近断裂构造,受到的挤压作用强烈,区域内还出露多个完整褶皱,反映出贺兰山脉晚中生代以来经历了强烈褶皱造山作用过程。黄旗口—苏峪口—插旗口集中区位于贺兰山中段中部偏南部,出露地层年代较古老,地质遗迹也均为寒武纪及前寒武纪的遗迹化石和地层剖面,垂向序列完整保存了

表 1 贺兰山国家公园候选区地质遗迹景观分类

Tab. 1 Classification of geological heritage landscapes in the candidate area of Helan Mountain National Park

大类	类	地质遗迹点名称	数目
基础地质	地层剖面	阿拉善左旗四水站新太古界贺兰山群斜长片麻岩和混合岩剖面、红果子沟古元古界孔兹岩剖面、苏峪口新元古界震旦系冰碛层剖面、苏峪口五道塘寒武系层型剖面、苏峪口寒武纪风暴岩剖面、石嘴山王全沟中元古界蓟县系剖面	6
	构造剖面	震旦系正目观组与蓟县系王全口组平行不整合接触、下寒武统苏峪口组与震旦系兔儿坑组平行不整合接触、中三叠统二马营组与上二叠统石千峰群孙家沟组平行不整合接触、中侏罗统延安组与上三叠统上田组角度不整合接触、平罗县大水沟三叠系地层褶皱系、响水—桥沟门—汝箕沟向斜、庙前梁子—北寺—红石崖向斜、苏峪口—红石嘴背斜、贺兰山东麓断裂、苏峪口外洪积扇断层陡坎、红果子沟长城错动、宗别立—正谊关断裂、古元古界贺兰山岩群与中元古界长城系黄旗口组不整合接触	13
	化石产地	乌达二叠纪植物化石、南圈子上三叠统上田组植物群化石、玻璃滩晚二叠世硅化木、大磴沟早二叠世硅化木、煤梁子早二叠世硅化木、坑土梁晚石炭世植物化石、小渠子沟晚二叠世硅化木、丰安街晚石炭世植物化石、大风沟三叠纪植物化石、苏峪口寒武纪三叶虫化石、石炭井石炭系蠕类化石、阿拉善左旗下岭南沟—中梁子奥陶纪古动物化石、呼鲁斯太石炭纪牙形石、黄疙瘩蓟县纪叠层石产地、笔架山—后山长城纪遗迹、苏峪口震旦纪生物遗迹化石	16
	岩矿石产地	苏峪口下寒武统磷矿产地、苏峪口五道淌白云岩产地、汝箕沟太西煤产地及煤矿自燃点、滚钟口笔架山小口子沟贺兰石产地	4
	地貌景观	<p>岩土地貌 黄旗口古元古代末斜长花岗岩体、寒冻风化区变质岩地貌(贺兰山睡佛)、贺兰山碎屑岩彩色山地(苏峪口、拜寺口)、贺兰山东麓第四系冲积洪积物、风积物和山麓堆积物</p> <p>冰川地貌 贺兰山第四纪冰川群遗迹</p>	4 1

华北克拉通西缘沉积记录,对于区域地层对比研究有重要意义。

3 贺兰山国家公园候选区地质遗迹及其地学价值

3.1 地层剖面

贺兰山国家公园候选区内有 6 处典型地层剖面地质遗迹,主要为出露的层型剖面及特殊岩石(如变质岩、风暴岩、冰碛岩等)剖面,剖面地层年代均为古老的寒武纪及前寒武纪。文中选取具代表性的红果子沟古元古界孔兹岩剖面和苏峪口五道塘寒武系层型剖面进行具体分析。

红果子沟古元古界孔兹岩剖面(图 3(a)),位于石嘴山市惠农区红果子运煤古路沿线,是贺兰山构造带中段少量出露的结晶基底之一。该类变质岩为一套富镁铝的含石榴石黑云斜长片麻岩(图 3(b)),为鳞片粒状变晶、片麻状构造,其中主要矿物成分为钾长石、斜长石、石英、黑云母、石榴子石(粒径达 25 mm)。该岩系属古元古界贺兰山群,锆石年龄在 2 200 Ma 左右,是华北克拉通北部孔兹岩带的组成部分^[35]。对孔兹岩带变质年龄进行研究,对确定贺兰山地区的变质事件与周围地块之间的碰撞及碰撞后伸展、折返过程研究均有重要意义^[21,36]。

苏峪口寒武纪地层剖面中地层出露完整、层理分明,垂向序列完整保存了华北克拉通西缘构造单位沉积记录,从底部到顶部依次为苏峪口组含磷碎屑岩、五道淌组灰岩、陶思沟组钙质页岩、胡鲁斯台组白云岩及阿不切亥组风暴沉积序列^[37-38]。该剖面作为华北地台西部陆表海沉积的标志性露头,已被贺兰山国家级自然保护区纳入重点保护范围,对于区域地层对比研究具有重要意义。

3.2 构造剖面

研究区地处鄂尔多斯西缘,是连接我国北方西部与东部不同大地构造单元的枢纽区,区内构造长期经历不同方式的构造变动^[39]。贺兰山地区构造剖面遗迹有不整合接触剖面(角度不整合与平行不整合)、背斜、向斜、断裂及断层陡坎等多种类型,共计 13 处(表 1~表 2)。

地壳的稳定抬升会造成沉积间断,残余地层的分布和沉积厚度则会继承地壳抬升之前的盆地内地层特征^[40]。研究区内 6 处不整合接触的构造剖面显示,该区在前寒武纪—寒武纪初、晚二叠纪—晚三叠纪均出现过短暂的地壳隆升现象^[23,28,31,40]。

褶皱构造中大水沟三叠系地层褶皱系(图 4)剖面最为典型,主要发育灰黑色泥页岩夹中厚层长石砂岩、粉砂岩,砂岩层面发育不对称波纹层理。内部

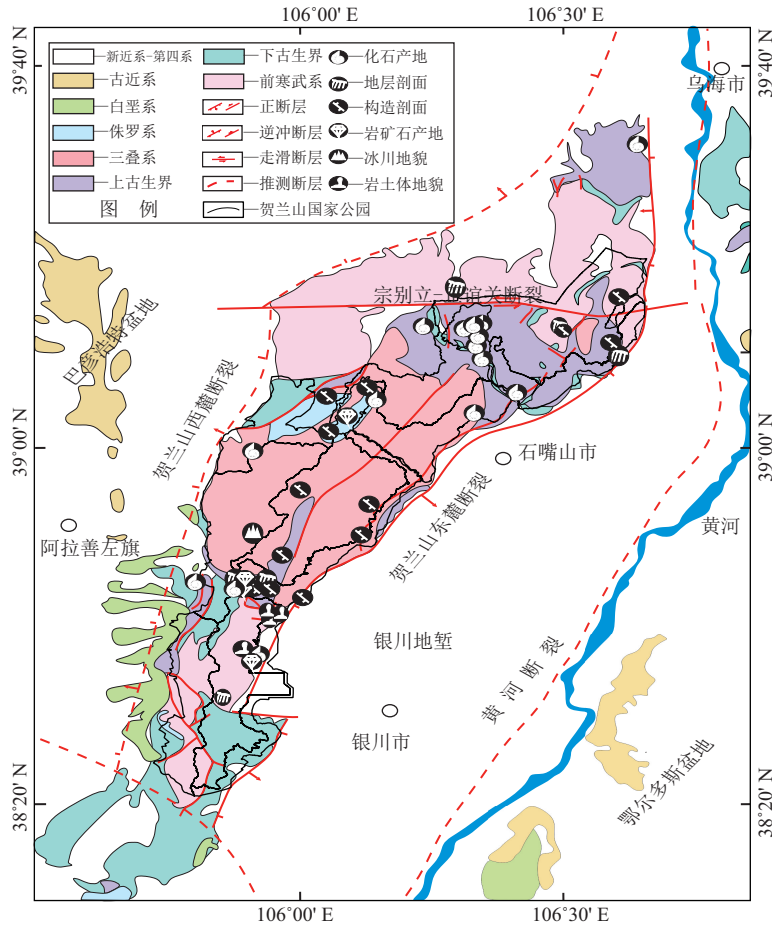


图 2 贺兰山地质遗迹分布图^[27]

Fig. 2 Distribution map of geological heritage in the Helan Mountains



(a) 红果子沟古元古界孔兹岩剖面图

(b) 含石榴石黑云斜长片麻岩(孔兹岩)

图 3 地层剖面地质遗迹

Fig. 3 Geological heritage of stratigraphic sections

延长群地层局部褶皱变形极为发育,出现平卧褶皱、倒转褶皱,反映出贺兰山山脉晚中生代以来经历了强烈褶皱造山作用过程。响水—桥沟门—汝箕沟向斜,为两翼形态宽缓、开阔及略呈S型的对称褶皱,是贺兰山中段规模最大、保存最完整的褶皱。

在贺兰山东麓断裂、黄河断裂、宗别立—正谊关断裂等众多活动断层背景下,强烈地震屡有发生,因此,贺兰山地区是中国西部现代构造运动较活跃的地带之一,也是历史上地震多发区域。贺兰

山东麓断裂是现贺兰山及其邻区主要发震区之一^[28,44],红果子沟长城错动就是该断裂引发地震产生的现象^[43],也是新构造运动最典型的代表,其中,明长城水平、垂直两方向的错断就是地质构造活动的很好表征。

3.3 化石产地

贺兰山国家公园候选区内化石丰富,根据化石类型,可将化石产地类型细分为古植物、古动物和古遗迹3类,在该区发现16处化石产地遗迹(表1、表3)。

表 2 贺兰山国家公园候选区构造剖面地质遗迹

Tab. 2 Tectonic section geological heritage in the candidate area of Helan Mountain National Park

亚类	名称	遗迹特征	文献
	古元古界贺兰山岩群与中元古界长城系黄旗口组不整合接触	黄旗口组(Pt_2h)为一套灰白色石英岩状砂岩及杂色泥质岩石,下部砂岩多呈特有的紫红色,区别于其他各组碎屑岩。下伏贺兰山岩群(Pt_1HI)为一套石榴黑云斜长片麻岩	[28]
	震旦系正目观组与蓟县系王全口组平行不整合接触	正目观组(Zz)以冰碛砾岩为主,厚度变化大,砾石多呈棱角状-次圆状,分选性差。中元古代蓟县系王全口组(Pt_2w)岩性为硅质条带灰岩,接触面下灰岩产状为 $13^\circ\angle 20^\circ$	[40]
	下寒武统苏峪口组与震旦系兔儿坑组平行不整合接触	苏峪口组(ϵ_{1s})底部为磷质砾岩,局部地段砾岩之上夹含磷砂岩或灰质白云岩,再向上为砂质灰岩,含三叶虫、腕足类和腹足类化石。兔儿坑组(Zt)主要由粉砂质板岩、泥质板岩构成。在贺兰山地区,见夹少量细砂岩、粉砂岩条带,底部泥质板岩含炭质,在横向上层位岩性均较稳定。不整合面上砂岩产状为 $345^\circ\angle 27^\circ$	[40]
不整合面	中三叠统二马营组与上二叠统石千峰群孙家沟组平行不整合接触	二马营组(T_2e)为一套灰紫色厚层中粗粒砂岩,发育大型板状平行层理。孙家沟组(P_{3sj})为一套浅灰-灰白色中厚层砂砾岩、砾岩夹少量凝灰质含砾粗砂岩	[31]
	中侏罗统延安组与上三叠统上田组角度不整合接触	延安组(J_2y)为灰黑色页岩与细粒石英砂岩互层。上田组(T_3s)为灰黑色页岩夹长石英砂岩。上下层产状分别为 $272^\circ\angle 30^\circ$ 、 $297^\circ\angle 65^\circ$	[31]
	平罗县大水沟三叠系地层褶皱系	处于贺兰山中北段,自平罗县大水沟到惠农区韭菜沟的东北向复式向斜核部。该向斜西北侧以苏峪口—响水断裂为界,轴向北东,核部为上三叠统上田组灰黑色页岩夹石英砂岩、长石石英砂岩,核部向两翼逐渐出露上三叠统大风沟组,中三叠统二马营组,上二叠统石千峰组,上、中二叠统石盒子组和下二叠统山西组	本文
	响水—桥沟门—汝箕沟向斜	自响水经桥沟门、汝箕沟至白芨芨沟东,轴向南段 10° 、中段 45° 、北段 10° ,轴长 36 km,枢纽向两端倾伏,轴面近直立。核部地层为中侏罗统直罗组,两翼为中侏罗统延安组、上三叠统上田组及大风沟组	[41]
	庙前梁子—北寺—红石崖向斜	自庙前梁子向北东,经北寺、红石崖,至白芨芨沟车站,为形态宽缓、两翼近对称的向斜,轴长 21 km,轴向 45° ,轴面近直立,枢纽向两端倾伏。核部地层为中侏罗统安定组,两翼为中侏罗统直罗组、延安组、上三叠统上田组、大风沟组。北西翼产状为 $95^\circ\sim 140^\circ\angle 25^\circ\sim 75^\circ$,南东翼产状为 $290^\circ\sim 340^\circ\angle 25^\circ\sim 85^\circ$	[41]
褶皱构造	苏峪口—红石嘴背斜	分布于贺兰山脊东侧,自苏峪口北西下场子,经红石嘴,至神水,轴长 35 km,轴向 $30^\circ\sim 45^\circ$,轴面向北西倾,枢纽向北东倾伏。核部为下二叠统山西组,两翼为二叠系石盒子组、石千峰组和三叠系二马营组。西翼产状较缓;东翼受断层影响地层出露不完整,岩层陡,局部地区发育倒转褶皱	[42]
	贺兰山东麓断裂	断裂北起柳条沟,向南经汝箕沟口、插旗口、苏峪口、紫花沟口、头关,到井石子梁等;向南延伸到牛首山东麓和大罗山。断裂带的北段略显北北东向,与贺兰山山麓线大体平行,地貌特征与遥感影像十分明显	[28]
	苏峪口外洪积扇断层陡坎	陡坎的平均高度为 5~7 m,最高超过 10 m,延伸达 20 余 km。在苏峪口外山前洪积扇的坡度一般为 $3^\circ\sim 4^\circ$,而断层陡坎的下部为陡度达 60° 的自由面、坡度为 $20^\circ\sim 30^\circ$ 的主坡。在断层陡坎的剖面上可见断层多期活动的崩积楔等遗迹	[43]
	红果子沟长城错动	位于贺兰山东麓北段红果子沟外,水平错断为 1.45 m,垂直错断为 0.35~0.95 m,沿长城错动的两侧形成高约 2 m 的陡坎。探槽揭露长城附近洪积扇晚更新世浅红色砂质黏土层也被断裂活动所错断,断层面两侧的砾石顺断层定向排列,还可见近于水平的断层擦痕	[43]
断裂构造	宗别立—正谊关断裂	呈东西走向,总体向南倾斜,断层北盘为古元古代贺兰山岩群麻粒岩、片麻岩和混合岩。南盘为古元古代、中-新元古代和古生代地层。横贯贺兰山北段,西起呼举鲁托,向东经本坑、古列呼都格,终于干沟口,长度为 60 km。以别立呼都格为界分为东、西两段	[28]

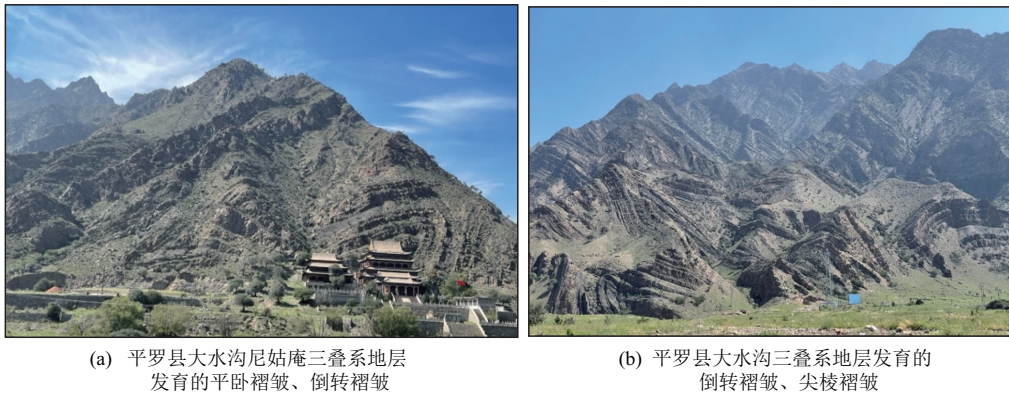


图 4 构造剖面地质遗迹

Fig. 4 Tectonic section geological heritage

表 3 贺兰山国家公园候选区内典型化石遗迹及特征

Tab. 3 Typical fossil heritage and their characteristics in the candidate area of Helan Mountain National Park

亚类	产地	地层年代	化石及特征	文献
古植物化石产地	乌达	二叠系	植物化石群由石松类、有节类、蕨类、种子蕨类、瓢叶目、苏铁类及科达树等 7 大植物类群组成,赋存于火山凝灰岩层	[45]
	南圈子	三叠系上田组	楔叶纲、真蕨纲和种子蕨纲、苏铁纲、银杏纲、松柏纲等 20 属 35 种植物化石	[46]
	丰安街	石炭系太原组	芦木茎干印痕化石和其他未定种属古植物茎干印痕化石	—
	大风沟	三叠系大风沟组 and 上田组	双壳类和植物等化石,植物化石主要呈碎片状,赋存于薄层粉砂岩,局部密集,单体不清晰,个体较小,植物纹理不清晰	[47]
古动物化石产地	苏峪口	寒武系呼鲁斯太组	以三叶虫化石为主,兼有少量腕足、腹足类化石	[48]
	夏岭南沟—一中梁子	奥陶系大南池组和天景山组	产牙形石、头足类、腕足类、腹足类和叠层石化石	[28]
	呼鲁斯太	石炭系羊虎沟组	含腕足类、苔藓虫及牙形刺化石,还有少数产珊瑚、头足类、腹足类、棘皮动物、海百合茎化石;页岩多含植物碎片、植物化石;还有少量鱼化石	[49]
	笔架山—后山	长城系黄旗口组	数条遗迹形态各异,呈波曲状、微弯棒状及环状,两端较细,呈钝圆形	[50]

古生物化石是指示古生态环境的重要载体。如贺兰山长城纪地层中有数条生物成因构造的遗迹,反映了滨-浅海碎屑沉积环境,显示长城纪时期贺兰山地区水体具有环境好、营养丰富和适宜生物生长的特点^[50]。蓟县纪地层中的大量叠层石遗迹,侧面证明了,受吕梁运动影响跃升为陆地的贺兰山,在中元古代再次下沉为海的事实^[51];奥陶系地层含牙形石、头足类、腕足类等化石,显示奥陶纪仍延续寒武纪盆地格局,接受稳定海洋沉积^[28];二叠纪硅化木残块和一些古植物茎干,显示二叠纪时期贺兰山地区气候湿热,植物群发育达到顶峰。

化石产地遗迹具有较高的科学、科普价值。例如,震旦纪地层中含有的蠕虫动物、有孔虫等遗迹化石,是极其典型且稀有的地质遗迹,是在宁夏发现的最古老动物遗迹化石,距今约 6.5 亿 a;苏峪口

地区寒武纪三叶虫、腕足及腹足类化石,多是生物地层学的建带化石,对贺兰山区地层学研究有重要科学价值^[48]。

3.4 岩矿石产地

研究区内的岩矿石产地包括典型矿床类露头和典型矿物岩石命名地两类,共计 4 处地质遗迹(表 1)。

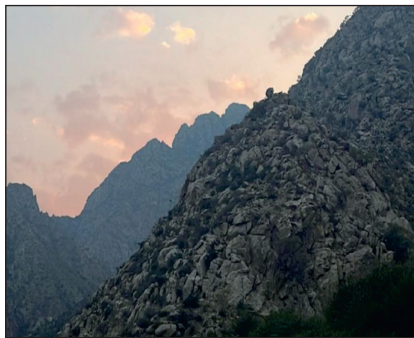
贺兰石是中国砚用名石之一,正因产地在贺兰山而得名^[52]。贺兰石主要产于长城系黄旗口组底部,是紫色、灰绿色的粉砂质板岩,属低级区域变质岩,其矿物成分为绢云母和伊利石,具有变余泥质、变余砂质泥质结构,为板状构造。矿层呈单层产出,结构单一,无夹石,在各矿区内基本连续出露,层位、形态、结构和质量相对稳定^[53]。

白云岩、磷矿和煤矿除均可被用于工业原材料、能源外,地质上也可作为古气候、植被等演化的

载体。五道淌组盐席主要为厚层灰色白云岩,是重要的白云岩矿石产地。因苏峪口组局部地段发生磷元素富集,底部岩性多为含磷砾岩和磷块岩。该地段是苏峪口式生物化学沉积型磷矿产地,矿床勘查程度最高,且曾被开发利用^[54]。太西煤产地位于石嘴山市汝箕沟煤矿区(图 5),为侏罗系延安组的无烟煤层。在三叠纪和侏罗纪早期,贺兰山地区以湖泊及煤炭沼泽相沉积为主,沉积物中有机质含量高,生油、成煤条件较好^[55]。



图 5 煤产地地质遗迹(汝箕沟煤矿区)
Fig. 5 Geological heritage of coal mine sites
(Rujigou coal mining area)



(a) 滚钟口古元古代花岗岩地貌



(b) 拜寺口双塔景区三叠系、侏罗系碎屑岩彩色山地地貌



(c) 插旗口第四纪洪积扇沉积

图 6 岩土地貌地质遗迹

Fig. 6 Geological heritage of rock-soil landforms

3.6 冰川地貌

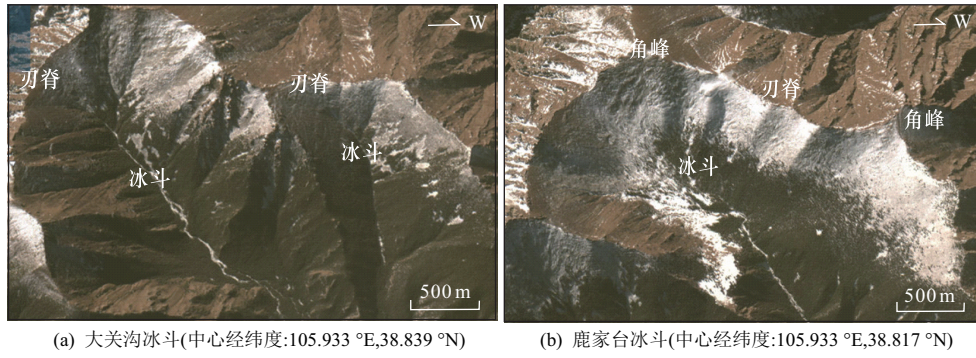
新生代“喜山运动”引起的强烈地表隆升,使喜马拉雅地区成为全球海拔最高的地区,导致全球地貌气候格局发生重大改变^[58]。远程的构造应力同样使贺兰山山脉隆升。高海拔及适宜的地形使冰川在贺兰山地区的形成成为可能,研究区内第四纪冰川遗迹群的发育也证明了这一点。

在贺兰山国家公园候选区内,第四纪冰川主要分布在贺兰山中段山脊,包括冰斗和冰坎两类,其特点为有明显的冰斗后壁,在平面上呈围椅状及海拔均在 2 800 m 以上。在盆沟和照北山沟附近有 7 个第四纪冰川遗迹发育,冰川区总面积大约为 68.75 km²^[59],包

3.5 岩土地貌

贺兰山国家公园候选区内岩土地貌主要是由花岗岩、变质岩、碎屑岩和第四系沉积物形成的特色地貌(表 1)。斜长花岗岩基地貌呈近南北向展布,始于苏峪口,在拜寺口、滚钟口等地均有出露,展布面积约 58.5 km²,是宁夏最大的一块花岗岩岩体^[56](图 6(a));寒冻风化区变质岩地貌(海拔均在 3 000 m 以上),是由贺兰山中北段的上古生界、中生界碎屑岩经强烈褶皱断裂隆升和部分变质,再经持续反复的冻融风化作用,形成的贺兰山独特山景(如双塔、睡佛造型);碎屑岩彩色山地地貌,在贺兰山中生代三叠系、侏罗系砂岩与页岩,红色、黄色、褐色、黑色、绿色、灰色等多色岩层间交替出现,是经频繁的干燥寒冷、冻融流水交替的洗刷染色作用,形成的独特彩色山地,如双塔景区山坡(图 6(b))、北寺山岭谷地和苏峪口谷地山坡。贺兰山东麓地形起伏小,西南高、东北低,基本呈斜坡状,土壤以砾石、砂粒为主。受断层控制和断裂活动影响,山体持续上隆,发育大量山间河流,河流沉积体沿出水口伸展,形成一系列山前洪积扇地貌(扇顶砾石粗大)^[57](图 6(c))。

括边渠子冰斗、大关沟冰斗、鹿家台冰斗(图 7)等^[59]。鹿家台冰斗是该区较典型的冰斗,在其内部发育两条高 6 m、长 500 m 左右、宽 2~3 m 的侧碛垄。该碛垄的前缘延伸至冰坎附近,后缘与鹿家台冰斗后壁上的寄生冰斗相接,且在冰碛垄中砾石上可见明显的冰川擦痕^[60]。冰川对全球气候变化反应非常灵敏,目前鹿家台冰斗底部已出现轻微的沼泽化,原来明显的冰斗后壁也因寒冻风化作用发生剥蚀改变^[60]。因此,在全球变暖的大背景下,对贺兰山国家公园候选区内冰川地貌的变化及影响因素等进行研究^[58],对区内地质遗迹资源环境保护至关重要。



(a) 大关沟冰斗(中心经纬度:105.933 °E,38.839 °N) (b) 鹿家台冰斗(中心经纬度:105.933 °E,38.817 °N)

图 7 第四纪冰川地貌地质遗迹(遥感图)

Fig. 7 Geological heritage of Quaternary glacial landforms (remote sensing image)

4 贺兰山构造演化过程

贺兰山地区自古元古代区域变质结晶基底形成后,从中元古代开始转入稳定的盖层沉积^[28],并经历了

复杂的构造演化过程:中新元古代开始的陆缘盆地拗陷和裂谷发展阶段;晚古生代至中三叠世的陆相盆地拗陷沉积阶段;晚三叠世局部伸展后中生代大规模逆冲推覆阶段;新生代的盆地构造形成阶段^[23,61](图8)。

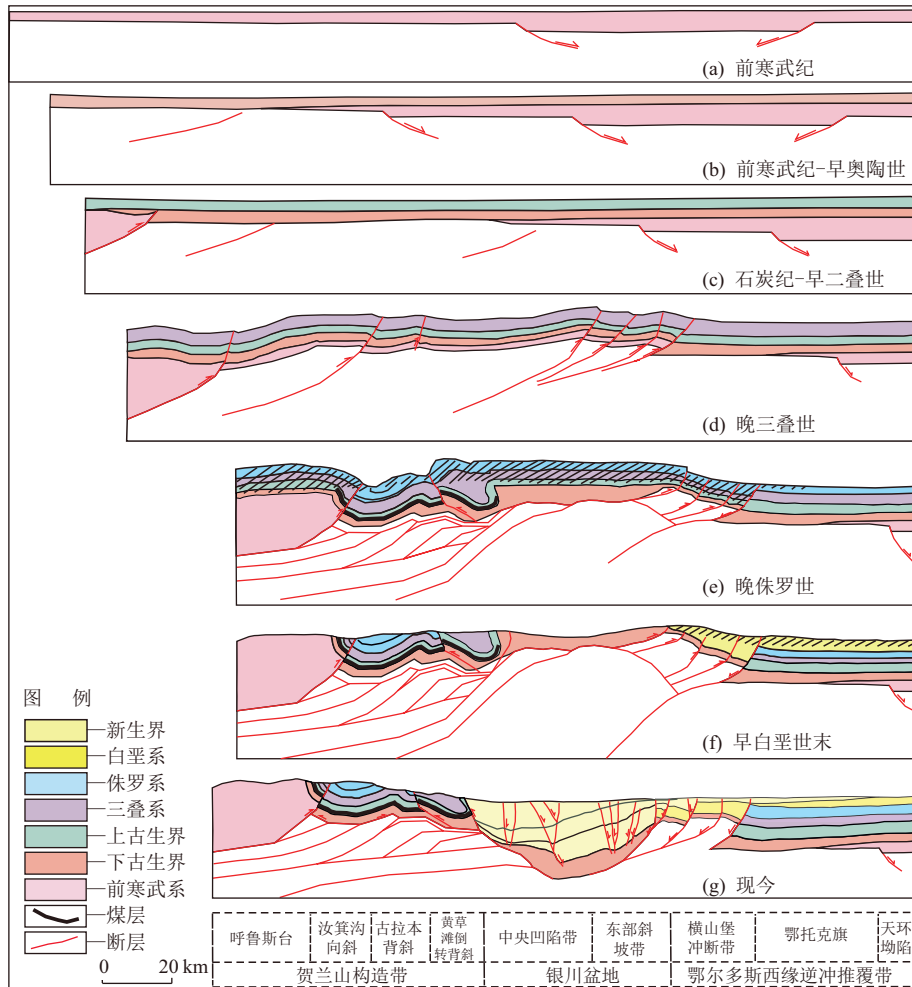


图 8 贺兰山构造演化剖面^[61]

Fig. 8 Tectonic evolution section of the Helan Mountains

贺兰山受吕梁运动等构造运动的影响,经历了抬升挤压成陆、下沉拉张成海的过程。因长城纪时期水体环境较好,现地层中发育有生物成因构造遗迹。蓟县纪时期,宁夏北部属华北古陆,南部属祁

连海,此时期发育有叠层石。青白口纪时期,贺兰裂谷的形成,同生了古元古代末的大型花岗岩体^[56]及区域变质岩,同时使华北古陆接受了祁连海侵。震旦纪冰期时期沉积了正目观组冰碛岩^[62],晚期海

浸范围扩大,潮坪相碳酸盐岩建造取代了早期的石英砂岩建造^[63],在此过程中形成了震旦系正目观组与蓟县系王全口组平行不整合、下寒武统苏峪口组与震旦系兔儿坑组平行不整合的构造剖面地质遗迹^[40]。

早古生代北祁连洋不断向北发生俯冲并逐渐关闭,形成北祁连岛弧。此时,鄂尔多斯西缘地区为弧后环境,研究区为弧后前陆盆地。北祁连造山运动在早古生代晚期进入尾声,弧后前陆盆地消失,贺兰山地区连带鄂尔多斯西缘均发生逆冲活动^[64-65]。此过程中,贺兰山地区沉积了完整的寒武纪地层层序,普遍发育寒武纪三叶虫等多种建带石。奥陶纪时期,贺兰山地区延续寒武纪盆地格局,接受稳定海洋沉积^[28],区内发育牙形石等化石。

晚奥陶世后,贺兰山及邻区经历了漫长的沉积间断、缺失志留与泥盆纪沉积,直至石炭纪开始发育陆表海相沉积。该时期气候温暖潮湿,地层中除大量植物群外,还有蠕类、有孔虫、牙形刺等化石。石炭纪构造可能与古亚洲洋向南东俯冲、洋壳回撤的弧后伸展有关^[23],该时期周缘沉积盆地为弧后伸展盆地。二叠纪时期,研究区受到华北北缘增生造山作用,演变为湖沼相沉积环境,故该时期区内植物化石非常丰富。

随着古亚洲洋关闭,贺兰山发生隆起,形成了诸如中三叠统二马营组与上二叠统石千峰群孙家沟组的平行不整合。在三叠纪和侏罗纪早期,贺兰山地区是相对稳定的平原陆相环境,该环境下植物类型丰富,属极好的成煤环境。但此时期构造应力环境复杂,延续了印支期伸展性的同时又受到区域构造挤压改造^[23]。晚侏罗世,受强烈挤压形成的贺兰山褶皱冲断带,是古太平洋板块沿亚洲大陆东缘向西北俯冲的响应,导致贺兰山的初始隆升和形成,同时形成大水沟三叠系地层褶皱系、响水一桥沟门一汝箕沟向斜等多个构造剖面遗迹。贺兰山自此成为鄂尔多斯盆地中生代的西边界^[22]。

在新生代初期,受早期喜马拉雅运动的影响,印度板块与欧亚大陆于始新世发生碰撞,青藏高原向东北方向挤出隆升,在高海拔的低温条件下,冰川也随之发育。贺兰山地区受到隆升引起的西南方向挤压力、鄂尔多斯地块与阿拉善古陆块相对阻挡力的综合作用,形成逆冲构造带及逆冲推覆^[61]。在贺兰山东麓断裂、黄河断裂、宗别立一正谊关断裂等众多活动断层背景下,贺兰山地区成为我国西部现代构造运动较活跃的地带之一,易形成第四纪洪积物、断层陡坎等。

5 结论

1)在贺兰山国家公园候选区内识别出主要地质遗迹44处,包括基础地质和地貌景观两大类。其中,基础地质大类包括地层剖面、构造剖面、化石产地和岩矿石产地4类地质遗迹,共计35处;地貌景观大类包括岩土地貌、冰川地貌两类地质遗迹,共计9处。

2)贺兰山国家公园候选区内地质遗迹主要集中在分布于黄旗口一苏峪口一插旗口、汝箕沟及石炭井3个地区。其中,黄旗口一苏峪口一插旗口一带出露地层年代均较老,地层对比意义较大;汝箕沟区内构造型地质遗迹丰富,充分反映了褶皱造山过程;石炭井区是研究区内化石产地遗迹的集中区,科普及科研价值较大。

3)在构造演化方面,贺兰山自古元古代基底形成,从中新元古代到新生代,依次经历了拗陷和裂谷演化、陆相拗陷沉积、局部伸展、逆冲推覆及盆岭构造的复杂演化过程。贺兰山国家公园候选区内地质遗迹形成,与多期构造运动引起的演化过程密切相关。

参考文献:

- [1] 高竹军,王东,李忠东,等.四川稻城县重要地质遗迹特征及保护利用思路分析[J].地质论评,2024,70(4):1607-1617.
- [2] 孙智杰,黄波,何杰,等.湖北省重要地质遗迹空间分布特征及其影响因素[J].现代地质,2024,38(6):1613-1623.
- [3] 解智涵,刘敏,闫旭纲.山西重要地质遗迹空间分布特征及旅游响应[J].地理研究,2024,43(7):1809-1826.
- [4] 张子康,顾承串,吴基文,等.安徽淮南舜耕山地质遗迹资源类型及特征[J].高校地质学报,2024,30(1):89-99.
- [5] 吕昭英,薛桂澄,何玉生,等.海南热带雨林国家公园重要地质遗迹特征及综合评价[J].地质论评,2024,70(1):383-398.
- [6] 张向格,张绪教,王一凡,等.克什克腾世界地质公园达里诺尔园区重要地质遗迹特征及其对湖泊演化的指示[J].现代地质,2023,37(3):834-844.
- [7] 负杰,赵力颖,高尚,等.河北古生物地质遗迹资源特征及保护研究[J].地质论评,2023,69(增刊1):40-42.
- [8] 贺瑾瑞,徐尚智,宋庆伟,等.北京西山门头沟地区主要地质遗迹分布特征及形成演化[J].水文地质工程地质,2024,51(3):210-221.
- [9] 魏玉燕,张雄,胡峰,等.大巴山国家地质公园地质遗迹成因及演化历史分析[J].地质论评,2021,67(增刊1):245-246.
- [10] 潘天望,史文强,李成展,等.云南麻栗坡老山地区岩溶地貌地质遗迹特征及成因分析[J].中国岩溶,

- 2024,43(6):1430-1444.
- [11] 任娟刚,洪增林,张静,等. 陕西宁强禅家岩天坑群喀斯特地质遗迹特征及成因[J]. 中国岩溶, 2021, 40(3):539-547.
- [12] 王璐琳,朱青峰. 内蒙古阿尔山世界地质公园地质遗迹特征及其地学意义[J]. 现代地质, 2023, 37(4): 1075-1088.
- [13] 蒙永辉,赵希涛,程鸿雁,等. 山东烟台门楼水库火山岩剖面特征及地学意义[J]. 地球学报, 2022, 43(5): 730-736.
- [14] 张向格,张绪教,刘超,等. 五大连池世界地质公园老黑山景区火山地震遗迹的发现及其意义[J]. 地球学报, 2022, 43(1):111-122.
- [15] 苏云,袁丽丽,王晓勤. 砥砺前行贺兰山生物多样性保护成效显著[J]. 内蒙古林业, 2022, 44(5):21-25.
- [16] 宋永飞,何原荣,刘丽,等. 基于 Landsat-8 的贺兰山生态环境质量时空演变分析[J]. 测绘科学, 2025, 50(1):82-93.
- [17] 魏佳媛,任侠,袁丽丽,等. 贺兰山西坡不同海拔土壤有机碳热稳定性[J]. 生态学报, 2025, 45(4):1999-2010.
- [18] WU Cheng, WANG Yu, YUAN Wanming, et al. A complex Meso-Cenozoic history of Far-Field extension and compression: Evidence from fission track analysis in the Helanshan Mountain Tectonic Belt, NW China [J]. Applied Sciences, 2024, 14(9): 3559. DOI:10.3390/AP14093559.
- [19] 李娜,张玉钧. 生态美学视角下宁夏贺兰山国家级自然保护区视觉景观特征评估[J]. 生态学报, 2023, 43(22):9177-9192.
- [20] XU Xiaofei, GOU Longlong, DONG Yunpeng, et al. Metamorphic P-T evolution of the pelitic granulites from the Helanshan in the North China Craton revealed by phase equilibrium modeling and garnet trace elements: Implications for Paleoproterozoic collisional orogenesis [J]. Precambrian Research, 2023, 394: 107093. DOI:10.1016/j.precamres.2023.107093.
- [21] LI Liming, YANG Fanyan, LI Mingtao, et al. U-Pb zircon dating of the Paleoproterozoic khondalite series in the northeastern Helanshan region and its geological significance [J]. Open Geosciences, 2022, 14(1): 544-567.
- [22] LI Wei, JIANG Dazhi, DONG Yunpeng, et al. Mesozoic contractional deformation in central East Asia: Constraints from deformation and sedimentary record of the Helanshan Fold and Thrust Belt, North China Craton [J]. Gondwana Research, 2022, 107: 235-255.
- [23] 董云鹏,李玮,张菲菲,等. 南北构造带北段贺兰山的形成与演化[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2021, 51(6):951-968.
- [24] 中华人民共和国国土资源部. 地质遗迹调查规范: DZ/T 0303—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [25] 张立汉. 中国山河全书 上下卷[M]. 青岛: 青岛出版社, 2005.
- [26] 钟雷. 中国东部晚更新世冰川发育气候与构造运动的耦合关系研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2010.
- [27] YANG Xiangyang, DONG Yunpeng. Mesozoic and Cenozoic multiple deformations in the Helanshan Tectonic Belt, Northern China [J]. Gondwana Research, 2018, 60:34-53.
- [28] 宁夏回族自治区地质调查院. 中国区域地质志 宁夏志[M]. 北京: 地质出版社, 2017.
- [29] 马学东,李明涛,马彦云,等. 贺兰山东北段中奥陶统克里摩里组地球化学特征及其沉积环境分析[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2018, 39(2):160-164.
- [30] 宁夏贺兰山国家级自然保护区管理局. 宁夏贺兰山国家级自然保护区志 2006—2020[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2023.
- [31] 马静辉,何登发. 贺兰山构造带及邻区中-新生代构造事件: 来自不整合面和裂变径迹的约束[J]. 岩石学报, 2019, 35(4):1121-1142.
- [32] 余淳梅,杨华本,曾佐勋,等. 华北西部贺兰山中段黄旗口花岗岩成因及地质意义[J]. 地球科学, 2019, 44(4):1266-1282.
- [33] 张成立,苟龙龙,第五春荣,等. 华北克拉通西部基底早前寒武纪地质事件、性质及其地质意义[J]. 岩石学报, 2018, 34(4):981-998.
- [34] 刘持恒,李江海,崔鑫,等. 青海可可西里地质遗迹及其构造演化[J]. 中国地质, 2016, 43(6):2202-2215.
- [35] ZHANG Qiao, NIU Yazhuo, YAO Jinlong, et al. Paleogeographic affinity of the Alxa Block across the Archean-Proterozoic: Insights from metamorphosed Archean basement [J]. Precambrian Research, 2022, 381: 106864. DOI: 10.1016/j.precamres.2022.106864.
- [36] QIAO Hengzhong, ZHAO Guochun, YIN Changqing, et al. Geochronology of the Paleoproterozoic Helanshan ductile shear zones: Insights into temporal framework of polyphase deformation in the Khondalite Belt, North China Craton [J]. Precambrian Research, 2024, 410: 107481. DOI: 10.1016/j.precamres.2024.107481.
- [37] 吴鹏. 贺兰山地区早古生代地层分区研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [38] 柳坤峰,王永和,曾佐勋. 贺兰山中段寒武系阿不切亥组风暴岩的发现与地质意义[J]. 西北地质, 2019, 52(1):14-22.
- [39] 孙保平. 贺兰山断裂构造[D]. 西安: 长安大学, 2007.
- [40] 董晓朋. 华北克拉通西部新元古代沉积格局及大地构造意义[D]. 武汉: 中国地质大学, 2018.
- [41] 傅定伍. 鄂尔多斯盆地西缘中段构造建模[D]. 北京: 中国地质大学, 2017.
- [42] 杨向阳. 贺兰构造带构造变形特征研究[D]. 西安: 西北大学, 2018.
- [43] 李龙堂,米文宝,安令选. 宁夏自然历史遗迹及其初步评价[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 1993, 14(3):20-26,36.

- [44] 黄喜峰. 贺兰山显生宙构造格局与区域矿产分布规律[D]. 西安:长安大学,2009.
- [45] WANG Jun, PFEFFERKORN H W, OPLUŠTIL S, et al. Permian “vegetational Pompeii”: A peat-forming *in situ* preserved forest from the Wuda Coalfield, Inner Mongolia, China—Introduction to a volume of detailed studies[J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 2021, 294: 104502. DOI:10.1016/j.revpalbo. 2021. 104502.
- [46] 马彦云,马学东,王成,等. 贺兰山上三叠统上田组植物化石研究[J]. 地质通报,2018,37(4):538-544.
- [47] 杨卿,王金敏,杨克成. 宁夏贺兰山大凤沟三叠纪古生物化石资源的开发利用[J]. 中国科技信息,2017,28(24):58-60.
- [48] 韩加银. 宁夏贺兰山苏峪口寒武纪生物特征及地质意义[J]. 中国科技信息,2019,31(6):82-84.
- [49] 符俊辉,于芬玲. 贺兰山北段呼鲁斯太石炭纪羊虎沟组的牙形刺[J]. 古生物学报,1998,37(4):97-103.
- [50] 华洪,邱树玉,肖丽君. 中元古代长城纪遗迹化石在宁夏贺兰山的发现[J]. 西北大学学报(自然科学版),1993,23(5):459-462,485,491.
- [51] ZHANG Tianran, MYROW P M, FIKE D A, et al. Sedimentology, stratigraphy, and detrital zircon geochronology of Mesoproterozoic strata in the Northern Helan Mountains, western margin of the North China Block[J]. Precambrian Research, 2020, 343:105730. DOI:10.1016/j.precamres. 2020. 105730.
- [52] 孟长峰,薛俊辉. X射线荧光光谱-X射线衍射研究宁夏贺兰石岩石矿物学特征[J]. 岩矿测试,2018,37(1):50-55.
- [53] 王金敏,赵福寿. 宁夏贺兰石的岩石学特征与工艺性能[J]. 西部探矿工程,2013,25(5):153-155.
- [54] 向连格,杨合群,刘颖,等. 宁夏苏峪口磷矿绿色开发的技术思路探讨[J]. 现代矿业,2023,39(3):244-248.
- [55] 赵红格,刘池洋,王锋,等. 贺兰山隆升时限及其演化[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2007,37(S1):185-192.
- [56] 解国爱,张庆龙,任文军,等. 贺兰山中段古元古代层状花岗岩成因探讨[J]. 地层学杂志,2004,28(3):276-280.
- [57] 李红霞,石云,沈爱红,等. 基于随机森林算法的贺兰山东麓洪积扇微地形分类研究[J]. 第四纪研究,2025,45(1):178-190.
- [58] 李昱春,肖思祺. 西藏日喀则地质遗迹特征及地质公园建设可行性分析[J]. 现代地质,2024,38(1):260-268.
- [59] 王志麟. 贺兰山的冰川与环境[D]. 大连:辽宁师范大学,2011.
- [60] 张威,崔之久,李永化,等. 贺兰山第四纪冰川特征及其与气候和构造之间的耦合关系[J]. 科学通报,2012,57(25):2390-2402.
- [61] 马静辉,何登发,开百泽,等. 贺兰山构造带构造—地层层序及构造演化[J]. 地质科学,2020,55(3):852-876.
- [62] 李海锋,宋召军,司维柳,等. 贺兰山苏峪口正目观组冰碛砾岩的形成环境分析[J]. 山东科技大学学报(自然科学版),2011,30(1):27-30.
- [63] 温万成,宗立一,杨卿,等. 宁夏贺兰山地质演化研究[J]. 中国科技博览,2014,25(31):306-308.
- [64] 朱淑玥,刘磊,虎建玲,等. 鄂尔多斯盆地西缘晚石炭世羊虎沟组源—汇系统特征及古地理格局[J]. 沉积学报,2023,41(5):1430-1450.
- [65] 王栋. 阿拉善与华北地块晚古生代构造关系:来自沉积和物源方面的约束[D]. 西安:西北大学,2019.

Typical Geological Heritage and Evolutionary History in the Proposed Helan Mountain National Park Area

MAO Jingwen¹, LIANG Yongliang², LI Jianghai^{1*}, LI Runman³, XIE Zhongjun³, ZHU Yachao²,
WANG Baohua³, YANG Haokun¹, GUO Xiaofei¹

(1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Administration Bureau of Helan Mountain National Nature Reserve in Ningxia, Yinchuan 750021, China;

3 Academy of Forest Product Industry Planning and Design, Beijing 100010, China)

Abstract: This study is based on field investigations and integrates previous data on the geology, geomorphology, and other aspects of the Helan Mountain area. It systematically sorts out the types, distribution characteristics, and laws of geological heritage in the candidate areas of Helan Mountain National Park, and combines them with the tectonic evolution history to explain the dynamical context of the diversity of geological heritage. A total of 44 typical geological heritage sites have been identified in the area, including 35 in the primary geological category and 9 in the geomorphological category. In terms of regional distribution, geological heritage sites are concentrated in three areas: Huangqikou-Suyukou-Chaqigou, Rujigou, and Shitanjing. The complex tectonic evolution that occurred from the Middle Neoproterozoic to the Cenozoic after the formation of the Helan Mountain Paleoproterozoic basement is the main reason for the formation of geological heritage in the area.

Key words: geological heritage; tectonic evolution; the proposed Helan Mountain National Park Area; distribution

(责任编辑 高继红)