doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.03.10

引用格式:何娇月,王金贵,申宗义,等.太行山中北段神仙山逆冲推覆构造发展与演化[J].中国地质调查,2020,7(3):75-81.

太行山中北段神仙山逆冲推覆构造发展与演化

何娇月,王金贵,申宗义,郭彬,陈圆圆,季虹,张立国,张鹏程

(河北省区域地质调查院,廊坊 065000)

摘要:太白维山逆冲推覆构造是太行山中北段多金属矿的主要控矿因素,前人对该逆冲推覆构造的变形特征、演 化机制及其与成矿作用的关系进行了详细研究,而对南东侧神仙山逆冲推覆构造的研究较少。根据野外第一手 资料,对神仙山逆冲推覆构造的几何学特征进行了统计,对各组成单元(飞来峰、逆冲推覆断裂、外来岩系(推覆 体)及原地岩系)的展布特征、产出形态和变形机制进行了分析,根据组合样式、地层厚度及各逆冲推覆断裂与切 割地层之间的几何关系,对其运动学特征进行了研究,得出神仙山逆冲推覆构造总体推覆方向为由 NW 向 SE,总 推覆平均距离约为 23.3 km。结合该推覆构造切割的地质体与被覆盖、被改造的先后关系,探讨了神仙山逆冲推 覆构造的发展与演化过程,该逆冲推覆构造经历了华力西中、晚期—燕山早期的初始活动,燕山中、晚期的主期发 展和喜马拉雅期的后期改造 3 个阶段,为进一步研究神仙山逆冲推覆构造带上地层、岩浆岩、矿产与构造的关系 提供了构造地质资料。

关键词:逆冲推覆构造;炭灰铺构造盆地;发展与演化;神仙山;太行山中北段
中图分类号: P542.3

文献标志码: A
文章编号: 2095 - 8706(2020)03 - 0075 - 07

0 引言

神仙山逆冲推覆构造位于太行山中北段,区域 上与山西灵丘南太白维山逆冲推覆构造为同期同 一构造系统^[1],位于燕山造山带和太行山造山带交 汇部位。强烈的逆冲推覆和伸展构造变形为岩浆 活动提供了动力学基础和运移通道^[2]。前人对灵 丘南太白维山的构造地质特征进行了详细报 道^[3-8].对南东侧神仙山的研究多集中于中生代火 山岩地球化学特征分析[9-14]及多金属矿区矿床成 因^[15-20].有关逆冲推覆构造变形特征及发展演化 的研究较少,仅少部分学者对太行山中北段的构造 形迹、造山机制和隆起时限进行了报道^[6,21]。本文 从构造变形几何学及运动学入手,在野外第一手调 查资料的基础上,对神仙山逆冲推覆构造的展布特 征、产出形态及变形机制进行了研究,并结合区域 太白维山逆冲推覆构造特征,对神仙山逆冲推覆构 造的运动学特征及构造发展与演化进行了探讨.为区 域构造对比和矿产成因分析提供了构造地质资料。

1 地质概况

太行山中北段神仙山逆冲推覆构造分布于阜 平县与涞源县交界处的古道—神仙山一带(图1 (a),(b)),位于上黄旗—灵山区域断裂北西侧,发 育于炭灰铺(或神仙山)火山 - 沉积盆地(构造盆 地)内,出露中元古代高于庄组、雾迷山组、角砾岩 层,寒武纪—奥陶纪馒头组、张夏组、崮山组、炒米 店组、冶里组、亮甲山组、马家沟组,晚石炭世本溪 组和中一晚侏罗世髫髻山组等地质体,是太行山中 北段燕山中、晚期重要的构造类型之一。该逆冲推 覆构造由一系列飞来峰及逆冲断裂组成,与邻区山 西灵丘南太白维山的逆冲推覆构造为同期同一构造 系统,两者相距 23.3 km(图 1(c))。飞来峰在研究 区北部、中部及南部均有分布,北部分布较多。综合 分析区域地质构造特征,发现整个炭灰铺(或神仙 山)构造盆地可能为一个级别更高、规模更大的复合 飞来峰,覆于早前寒武纪变质基底之上(图1(d)), 整体具有规模较大、运移距离较远的特点。

收稿日期: 2019-04-08;修订日期: 2019-07-18。

基金项目:中国地质调查局"河北省地质系列图件编制与综合研究(编号:1212011120111)"项目资助。 第一作者简介:何娇月(1985—),女,工程师,主要从事地质矿产调查与研究。Email:860983344@qq.com。 通信作者简介方数据(1986—),男,工程师,主要从事区域地质调查与研究。Email:airstarry@163.com。



图 1 山西灵丘南太白维山大地构造位置(a,b)及其逆冲推覆构造(c)和神仙山逆冲推覆构造 $(d)^{[8,22]}$

Fig. 1 Tectonic location of Taibaiwei Mountains in southern Lingqiu of Shanxi Province (a, b) with its overthrust 万方数据 structure (c) and the overthrust nappe structure of Shenxian Mountains (d)^[8,22]

2 基本特征

神仙山逆冲推覆构造由飞来峰、逆冲推覆断 裂、外来岩系(推覆体)及原地岩系组成,被后期正 断层破坏。整个炭灰铺(或神仙山)构造盆地被后 期不规则环形或弧形正断层围限,根据正断层及其 附近残存的倾角较小的挤压型构造岩的特征,结合 邻区太白维山逆冲推覆构造整体被逆冲推覆断裂 围限的事实,发现研究区不规则环形或弧形正断层 是继承早期逆冲推覆断裂形成的。

2.1 飞来峰

研究区发育大小不等的飞来峰9个,长轴0.21~ 1.6 km,短轴0.14~1.1 km,分布面积0.03~ 1.8 km²。分布不均匀,北部5个,中部1个,南部3 个。飞来峰呈不规则封闭状,断面以围斜内倾状为 主,少数呈围斜外倾状,倾角15°~45°。单个飞来峰 由中元古代中期高于庄组与雾迷山组—早奥陶世 马家沟组和中—晚侏罗世髫髻山组组成,多数覆于 相对较新的地质体之上,少数覆于相对较老的地质 体之上。研究区飞来峰多数为主推覆体经后期抬 升剥蚀改造而形成的孤立状残留体,少数为脱离了 根带的小型推覆体。

2.2 逆冲推覆断裂

研究区有7条逆冲推覆断裂,发育于软弱岩层 内和沉积间断面上,呈 NNE - NE - NEE 向弧形展 布,具向南东凸出的蛇曲状特征和分支复合现象 (图1(d)),相距0.5~3 km。断面呈 NWW - NW -NNW 向倾斜,倾角为10°~35°,北侧局部呈近水平 状产出,中南侧局部倾角达70°,整体具有北缓南陡 的特征。断裂长 3~12 km, 单个断裂宽 2~5 m。 断裂带内以挤压脆性变形为主,发育碎裂岩和碎粉 岩等。剖面上呈叠瓦状或羽状排列,组成单冲型逆 冲断裂系或单冲型叠瓦扇,具有向下变缓和交汇的 特征(图2)。切割与被覆盖的关系分析显示:南部 炭灰铺南—神仙山南逆冲推覆断裂(Fn1)形成于印 支期,切割了晚石炭世及之前的地层,被中晚侏罗 世髫髻山组覆盖,活动于近 SN 向挤压构造环境: 中、北部6条逆冲推覆断裂(Fn2)形成于燕山中、晚 期或燕山晚期较早阶段,切割了晚侏罗世及之前的 地质体,之后被后期正断层切割,活动于 NW - SE 向强烈挤压构造环境^[23-26]。



 中一晚侏罗世髫髻山组; 2.晚石炭世本溪组; 3.早奧陶世马家沟组; 4.早奧陶世亮甲山组; 5.早奧陶世冶里 组; 6.寒武纪馒头组、张夏组、崮山组、炒米店组; 7.中元古代晚期角砾岩层; 8.中元古代中期高于庄组、雾迷山 组; 9.角度不整合界线/平行不整合界线; 10.逆断层/正断层; 11.整合界线/后期正断层; 12.印支期逆冲推覆断 裂/燕山中、晚期逆冲推覆断裂

图 2 陈士庵—炭灰铺一带神仙山逆冲推覆构造剖面示意图

Fig. 2 Overthrust nappe structure profile of Shenxian Mountains in Chenshian—Tanhuipu area

由陈士庵—炭灰铺一带神仙山逆冲推覆构造剖面示意图(图2)可知,炭灰铺(或神仙山) 构造盆地边缘被后期正断层改造,形成不规则环 形或弧形逆冲推覆断裂,在构造盆地底部连为一 体,整体具有槽状和不规则锅底状断裂特征,是 神仙山及太白维山逆冲推覆构造的主逆冲推覆 断裂。现有物据条逆冲推覆断裂为其次级分支 断裂,在构造盆地底部交汇于主逆冲推覆断裂 之上。

各逆冲推覆断裂带内发育的构造岩以碎裂岩 和碎粉岩为主(图3),局部可见构造角砾岩和糜棱 岩化岩石,构造岩多平行化,与断面产状一致,部分 构造岩发育定向指向构造,指示运动方式与上、下 盘岩石一致。



图 3 燕山中、晚期逆冲推覆断裂带剖面示意图 Fig. 3 Overthrust nappe fault zone profile of Middle – Late Yanshanian

近逆冲推覆断裂带上盘岩石以碎裂岩化灰岩和 碎裂岩化白云岩为主,多发育牵引褶皱(图4(a)), 指示在剖面上逆冲推覆断裂初期由 NNW 向 SSE、主 期由 NW 向 SE 作逆冲推覆运动;近逆冲推覆断裂 带下盘岩石以糜棱岩化白云岩和糜棱岩化粗安岩为 主,多发育定向指向构造及石香肠构造(图4(b)), 指示挤压剪切构造背景,剖面上指示的运动方向与 上盘岩石一致。野外露头可见糜棱岩化粗安岩中包 裹的外来花岗闪长岩和灰岩岩块,多发育逆冲断层 形成的牵引褶皱及剪节理(图4(c))。在显微镜下, 糜棱岩化粗安岩中的钾长石残斑同样发育定向构造 (图4(d)),指示在剖面上逆冲推覆断裂主期由 NW 向 SE 做逆冲推覆运动。



(b) 断裂带下盘岩石内石香肠构造(镜头方向 NE)



(a) 断裂带上盘岩石牵引褶皱(镜头方向 NNE)





2.3 外来岩系(推覆体)及原地岩系

外来岩系即推覆体,与原地岩系相对应。神仙 山逆冲推覆构造主逆冲推覆断裂之上(上盘)为外 来岩系,由中元古代中期高于庄组至中—晚侏罗世 髫髻山组及晚侏罗世花岗斑岩组成,在太白维山— 带还发育太古宙变质岩系,平面上整体呈向南东凸 出的不规则长椭圆状,剖面上呈饼状复合飞来峰产 出;主逆冲推覆断裂之下(下盘)为原地岩系,在神 仙山一带由太古宙—古元古代变质基底组成,在太 白维山—带发育中元古代中期高于庄组—晚石炭 世本溪组万方数据 由各次级逆冲推覆断裂及主逆冲推覆断裂分 割的次级逆冲推覆体,平面上多呈向南东凸出的不 规则月牙状和不规则弧带状,剖面上呈 NW 向倾斜 的叠瓦状楔形岩片,构成各逆冲推覆断裂的相对上 盘与下盘。上盘底部为相对较老的地层,下盘顶部 为相对较新的地层,构成区内新、老地层多次重复 叠置的格局。研究区北部的次级逆冲推覆体比南 部的次级逆冲推覆体变形更强,断面处岩石有较明 显的碎裂岩化现象。上盘下部与下盘上部多发育 小型牵引褶皱,上盘下部以不对称背斜为主,下盘 上部以向斜为主,指示与逆冲推覆断裂为同期同一 构造应力场形成的特点。

3 运动学特征

3.1 逆冲推覆方向

不同露头尺度运动学特征表明,神仙山逆冲推 覆构造总体推覆方向为由 NW 向 SE。平面上,各 次级逆冲推覆体多呈向南东凸出的不规则月牙状 和不规则弧带状,各逆冲推覆断裂多呈向南东凸出 的蛇曲状弧形产出,具有"弓箭式"组合特点^[27]; 剖面上,各次级逆冲推覆体呈 NW 向倾斜的叠瓦状 楔形,各逆冲推覆断裂呈叠瓦状或羽状产出,具有 "单冲型叠瓦扇式"组合特点。独特的构造组合样 式显示该逆冲推覆构造的矢量方位为 SE 向,各逆 冲推覆体由 NW 向 SE 运移扩展,具有前展式的逆 冲扩展方式^[28]。

3.2 逆冲推覆距离

根据该逆冲推覆构造的产状与组合样式、相关 地层的发育厚度与产状特征及各逆冲推覆断裂与 所切割地层之间的几何关系,推算上盘推覆体相对 下盘推覆体的位移距离下限为3.9~10.9 km,之后 结合区域地质构造特征及太白维山逆冲推覆体与 神仙山逆冲推覆体的相对距离,推测其总推覆距离 大于 20 km,平均距离为 23.3 km 左右。

4 构造发展与演化

由前述逆冲推覆断裂切割的地质体与被覆盖、 被改造的先后关系可知,神仙山逆冲推覆构造经历 了初始活动、主期形成与后期改造3个阶段^[29]。

4.1 初始活动阶段

神仙山逆冲推覆构造最初活动时期为印支期或 华力西中、晚期—燕山早期,仅有南部1条逆冲推覆 断裂(Fn1)形成。通过分析带内构造岩与上、下盘岩 石中发育的牵引褶皱、擦痕阶步等定向指向构造可 知,该时期神仙山逆冲推覆构造活动于 NNW – SSE 向挤压构造环境,与同时期区域构造演化—致^[29]。

4.2 主期形成阶段

燕山中、晚期或燕山晚期较早阶段是区域燕山 期板内造山最强烈的阶段,也是神仙山和太白维山 逆冲推覆构造的主期形成阶段(图5(a))。主逆冲



还山组、用味石层;10. 中九百代中朔高了庄组、雾还山组;11. 太百亩一百九百代变质塞底;12. 太百亩变质塞底; 13. 印支期逆冲推覆断裂;14. 燕山中、晚期逆冲推覆断裂;15. 后期正断层;16. 整合界线;17. 平行不整合界线; 18. 角度不整合界线;19. 正断层;20. 逆断层

图 5 太白维山—神仙山逆冲推覆构造剖面示意图

万方数据 5 Overthrust nappe structure profile of Taibaiwei Mountains—Shenxian Mountains

推覆断裂与各次级逆冲推覆断裂在该阶段活动强 烈,根据带内构造岩σ旋斑及上、下盘岩石中发育 的牵引褶皱和剪切节理等定向指向构造,该时期神 仙山与太白维山逆冲推覆构造活动于 NW – SE 向 板内造山强烈的挤压构造环境,与同时期区域构造 演化一致^[29]。主推覆体与各次级推覆体、各飞来 峰在主逆冲推覆断裂面上由 NW 向 SE 不断推覆、运 移、扩展,该阶段末在神仙山一带最终形成并定位。 通过区域对比,发现神仙山逆冲推覆构造外来岩系 来自其 NW 向太白维山一带,而太白维山一带逆冲推 覆体来自其 NW 向王城庄一带,运移距离 > 20 km。

4.3 后期改造阶段

晚白垩世—古新世早期,该逆冲推覆构造整体 处于隆起状态,主要遭受风化剥蚀与夷平改造。

古新世晚期一中新世,神仙山逆冲推覆构造经 历了新生和继承性正断层(Fz)的切割改造,尤其继 承主逆冲推覆断裂形成的不规则环形、弧形、围斜 内倾状高角度正断层的改造,整体下降 2 km 以上 (图 5(b))。该逆冲推覆构造主期形成时,神仙山 比太白维山高 2 km 以上。研究区后期改造强烈, 而太白维山一带后期改造较弱,目前神仙山比太白 维山低 425 m。该时期的构造演化形成于拉张构造 环境,与区域构造演化一致^[29]。

上新世—全新世,神仙山逆冲推覆构造经风化 剥蚀与夷平改造后,最终形成目前的构造形态。

5 结论

(1)神仙山逆冲推覆构造由飞来峰、逆冲推覆 断裂、外来岩系(推覆体)及原地岩系组成,被后期 不规则环形或弧形正断层破坏,总体推覆方向为由 NW 向 SE,总推覆平均距离为23.3 km 左右。

(2)神仙山逆冲推覆构造经历了华力西中、晚 期—燕山早期的初始活动,燕山中、晚期的主期发 展和喜马拉雅期的后期改造3个阶段:华力西中、 晚期—燕山早期,神仙山逆冲推覆构造活动于近 SN向挤压构造环境,逆冲推覆断裂形成;燕山中、 晚期,神仙山主逆冲推覆断裂与各次级逆冲推覆断 裂在该阶段强烈发展,并最终定位;喜马拉雅期, 神仙山逆冲推覆构造整体处于隆起状态,主要遭受 风化剥蚀与夷平改造。

参考文献:

[1] 米会斌,李妤斌,张廷,等.灵丘南山中生代逆冲推覆构造特

征及其意义[J].科学技术与工程,2015,15(28):112-119, 124.

- [2] 陈超.太行山中北段构造控矿作用研究[D].北京:中国地质 大学(北京),2013.
- [3] 门文辉,张海东,黄水文,等.山西灵丘支家地银铅锌矿床地 质特征、找矿标志及矿床成因探讨[J].西北地质,2012,45 (增刊1):140-143.
- [4] 申旭辉, 汪一鹏. 太白维山山前断裂活动特征的初步研究[J]. 华北地震科学, 1994, 12(3):17-26.
- [5] 王永超.太行山北段褶皱逆冲事件及其地层记录[D].北京: 中国地质大学(北京),2014.
- [6] 张长厚,李程明,邓洪菱,等.燕山—太行山北段中生代收缩 变形与华北克拉通破坏[J].中国科学:地球科学,2011,41
 (5):593-617.
- [7] 牛树银,国连杰,许传诗,等.太行山中北段褶皱构造序 列[J].华北地质矿产杂志,1995,10(2):190-196.
- [8] 曹毅.太行山北段忻州—五台—蔚县一带中生代逆冲构造变 形[D].北京:中国地质大学(北京),2012.
- [9] 许博,刘阳.太行神仙山髫髻山组火山岩锆石 SHRIMP U Pb 年龄及其地质意义[J].矿物岩石地球化学通报,2012,31
 (3):257-260.
- [10] 张苏楠. 太行山王安镇杂岩体地球化学特征及成因探讨[D]. 西安:长安大学,2014.
- [11] 盛肖宁. 太行山中生代侵入岩地球化学特征及构造环境[D]. 北京:中国地质大学(北京),2016.
- [12] 王志云. 河北省涞源王安镇岩体地球化学特征及成因研 究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2013.
- [13] 陈斌,田伟,翟明国,等.太行山和华北其它地区中生代岩浆 作用的锆石 U – Pb 年代学和地球化学特征及其岩浆成因和 地球动力学意义[J].岩石学报,2005,21(1):13-24.
- [14] 蔡剑辉,阎国翰,常兆山,等.王安镇岩体岩石地球化学特征 及成因探讨[J].岩石学报,2003,19(1):81-92.
- [15] 夏帅,牛树银,王雨豪,等.河北涞源县东团堡—黄土岗地区 成矿地质作用分析[J].科技视界,2016(4):265,282.
- [16] 夏帅.河北省苇家峪金矿成矿地质特征及构造研究[D].石家 庄:河北地质大学,2016.
- [17] 郭长华,刘志明,陆树文,等.河北省涞源县连巴岭—东团堡
 地区金-多金属矿地质特征及找矿方向[J].地质找矿论丛,
 2010,25(2):112-117.
- [18] 白丽琴,贺斐,高雄.冀西南款—红岭子金多金属矿田成矿地 质特征及控矿因素分析[J].西部资源,2012(2):53-56.
- [19] 罗易. 镰巴岭铅锌多金属矿床成矿物质来源及成因研究[D]. 石家庄:石家庄经济学院,2012.
- [20] 吴继莲,门文辉,陆春云,等.河北涞源连巴岭铅锌矿地质特 征及成矿模式[J].西北地质,2012,45(S1):163-166.
- [21] Li J H, Niu X L, Chen Z, et al. Discovery of deep-level foreland thrust-fold structures in Taihang Mt. and its implication for early tectonic evolution of North China[J]. Prog Nat Sci, 2005, 15(3): 229 – 238.
- [22] 张醒,张浩亮.太行山北段岩体测年方法分析及其岩体形成 演化[J].世界有色金属,2016(17):48-50.

- [23] 刘少峰,林成发,刘晓波,等.冀北张家口地区同构造沉积过 程及其与褶皱-逆冲作用耦合[J].中国科学:地球科学, 2018,48(6):705-731.
- [24] 史肖飞,刘少峰,林成发.燕山构造带西段千家店盆地生长构 造与生长地层[J].中国科学:地球科学,2019,49(7):1116-1133.
- [25] 卢俊浩,张达,狄永军,等. 赣东北船坑—铜山推覆构造及其 与同构造成矿岩浆的关系[J]. 中国地质调查,2016,3(3): 29-37.
- [26] 李猛,王超,张鑫,等.柴达木盆地北缘鱼卡地区构造混杂岩带解剖填图新进展[J].中国地质调查,2017,4(5):40-47.
- [27] Elliott D. A discussion on natural strain and geological structure the energy balance and deformation mechanisms of thrust sheets[J]. Phil Trans Roy Soc A, 1976, 283 (1312):289 – 312.
- [28] Lowell J D. Structural styles in petroleum exploration [M]. Tulsa: OGCL Publications, 1985.
- [29] 河北省区域地质矿产调查研究所.中国区域地质志・河北 志[M].北京:地质出版社,2017,1134-1138.

Development and evolution of Shenxian Mountains overthrust nappe structure in the middle and north section of Taihang Mountains

HE Jiaoyue, WANG Jingui, SHEN Zongyi, GUO Bin, CHEN Yuanyuan, JI Hong, ZHANG Liguo, ZHANG Pengcheng (Regional Geological Survey Institute of Hebei Province, Langfang 065000, China)

Abstract: The deformation characteristics, evolution mechanism and metallogenic relationship of overthrust nappe structure in Taibaiwei Mountains which is the main ore-controlling factor of polymetallic deposits in the middle and north section of Taihang Mountains, have been studied in detail by predecessors, but Shenxian Mountains overthrust nappe structure in southeastern Taihang Mountains is rarely studied. Based on the first-hand data in the field, the geometrical characteristics of the overthrust nappe structure in Shenxian Mountains were statistically analyzed. The distribution, occurrence pattern, deformation mechanism of each unit (Feilai Peak, overthrust nappe fault, exotic rock series (nappe) and autochthone) were analyzed. And the kinematics characteristics were studied based on the assemble pattern, the development thickness of relevant stratum, and the geometric relationship between each overthrust nappe fault and cut stratum. The overall nappe direction of the overthrust nappe structure in Shenxian Mountains is from NW to SE, with the average distance of total thrust about 23.3km. Combined with the precedence relationship between the geological body cut by the nappe structure and the covered and reconstructed performance, the authors discussed the development and evolution process of the overthrust nappe structure in Shenxian Mountains. This overthrust nappe structure has gone three stages, namely the initial activity in Middle and Late Hualixi - Early Yanshan Period, main development in Middle and Late Yanshan Period and reform activity in Late Himalaya Period, which provides tectonic geological data for further study on the strata, magmatic rocks, and the relationship between minerals and structures in this overthrust nappe structure belt.

Keywords: overthrust nappe structure; Tanhuipu structural basin; development and evolution; Shenxian Mountains; the middle and north section of Taihang Mountains

(责任编辑:刘丹)