

基于流域单元的河北蔚县盆地新生代断块变形及运动*

秦明辉¹ 刘峰旭^{1*} 唐虎² 向长峰¹

1. 河北省煤田地质局 第四地质队; 2. 有色金属矿产地质调查中心 新疆地质调查所

摘要: 河北蔚县盆地是新生代以来造就的陆内断陷沉积盆地, 其构造地貌与当地人居环境存在密切联系。本次研究以蔚县盆地活动断块为对象, 通过构造地貌剖面拟合断块几何形态, 分析了断块运动模式速率。结果认为, 蔚县盆地断块活动方式基本为掀斜抬升; 新生代以来的掀斜抬升速率在0.15~1.40mm/a之间; 南山地区断裂掀斜速率低于北山地区, 但垂直抬升更强; 导致断块掀斜抬升的动力机制为深部岩浆物质强烈上涌。研究结果可为区域构造地貌研究和减灾防灾提供参考。

关键词: 蔚县盆地; 活动断块; 构造地貌剖面; 几何体; 掀斜速率

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.10.124

引言

蔚县盆地位于华北地块西缘, 系太行山、恒山和燕山的三山交汇区, 印支期蔚县山间外流盆地为一向斜构造, 古岩溶洼地广泛分布其上, 逐渐联合形成湖盆; 燕山期控盆断裂形成, 将盆地分割为矩形断块, 喜马拉雅期由于构造应力反转, 断块东升西降, 山体隆升, 盆地断陷沉积(张弼斌等, 1988; 周江, 2019)。蔚县盆地是太行山—华北地块新生代以来构造运动的产物, 北部紧邻泥河湾盆地, 北西紧邻宣化盆地和怀来—涿鹿盆地, 南西部紧邻大同盆地, 这些盆地在构造运动和地貌演化上具有相似性(李泓泉等, 2020), 因此, 研究蔚县盆地断块新生代以来的构造变形和运动, 对该地区区域构造地貌研究具有积极意义, 同时构造地貌演化与地质灾害孕灾环境密切相关, 本次研究对当地减灾防灾工作也可提供一定参考。

一、研究区概况

蔚县盆地位于河北省张家口市最南端, 地理位置为114°13'~115°04'E, 39°34'~40°10'N, 其整体呈北东—南西向展布。盆地南部中—低山区海拔约1700~2800m, 北部低山和丘陵区海拔约1200~1700m, 盆地内部平均海拔约900m。蔚县盆地属温带半干旱大陆性季风气候区, 年均气温为6.42℃, 年均降雨量为407.41mm。在区域构造上, 蔚县盆地处于阴山近东西向构造带与北东向新华夏构造带交接部位, 区内主要断裂有松枝口—右所堡断裂、阳原南山断裂、蔚县南山断裂及大湾—暖泉断裂。蔚县盆地内地层由新到老依次为第四系、侏罗系、奥陶系、寒武系、蓟县系、长城系等。

二、研究方法

(一) 数据来源及预处理

本次研究所使用的地形数据为ALOS-12.5m的DEM数据, 该数据通过ASF Data Search网址下载获得, 将该数据导入Arcgis10.8平台, 进行空间校准, 统一投影坐标系为CGCS2000_GK_Zone_20。

(二) 流域单元提取

流域单元对反应断块轮廓形态具有重要指示, 其边界往往是断裂活动形成的深切汇水沟谷。利用ALOS-12.5m的DEM数据, 通过Arcgis10.8平台的水文分析工具, 来提取蔚县山间外流盆地的流域单元和水系网络, 为提取出最佳尺度的流域单元和水系网络, 对累积流量的阈值进行多次不同的设置, 提取不同密度的流域单元和水系网络, 进行对比分析。

(三) 构造地貌剖面构建

盆地的地貌单元往往沿盆地长轴(一级河流)呈对称分布, 需沿垂直盆地长轴方向进行流域单元分区。合并小流域单元, 来形成与盆地区域尺度相当的流域单元, 组合在一起形成横跨盆地的完整的流域条带。以单条流域条带为例, 在垂直流域条带走向且不与流域条带相交的一定位置设置基准面, 在平行流域条带走向且不与流域条带相交的一定位置设置投影面, 将流域条带内的山脊线和水系线转化为点图层, 统计各点高程和距离基准面的最短距离, 即Y和X坐标, 利用这两个坐标将山脊点和水系点投射到投影面上, 最终形成对应的流域条带的构造地貌剖面图。

(四) 断块识别及运动参数估算

通过构造地貌剖面图, 对断块地貌要素的位置和形态进行识别, 利用盆地流域下游终点的位置大致确定侵蚀基准面的位置, 侵蚀基准面以上的区域大致代表了断块出露地表的部分, 利用这些地貌要素, 来拟合断块在

地表上的出露形态。在拟合出各流域条带的断块几何体之后，对各个断块的掀斜抬升速率进行定量的计算，华北地区夷平面掀斜运动主要发生在新生代以来，即运动时间距今约为40Ma（耿爽，2021），利用掀斜角度除以运动时间可得到角速度，而又已知掀斜的夷平面长度，即旋转半径，则利用角速度乘以半径可得线速度。

三、结果与分析

（一）流域单元和水系特征

提取出的蔚县山间外流盆地内的水系共分为1~6共6个级别，第5、6级水系为盆地中心SW-NE走向的壶流河，第3、4级水系主要为从山区垂直盆地长轴方向汇入壶流河的辫状河，第1、2级水系为分布在山区呈树枝状的细小支流。不同地块之间的边界构造带往往被水系所分隔，这些地方水系的线性形态往往受到相应构造带及断层走向的控制和影响。利用块体之间高级别水系，并结合流域单元自然边界，将整个蔚县山间外流盆地的流域单元划分为10条大体平行、以壶流河断裂为对称轴，横跨盆地构造的流域条带，即YL1~YL10（图1）。

（二）断块几何体形态特征

利用对应流域条带内的山脊和水系高程构建的构造地貌剖面如图2所示。在每个流域条带断块的构造地貌剖面中，通过残存的断层崖和夷平面的形态，以及山前冲积扇底部的基准面，可约束得到掀斜断块的大致形态，并可由此分析断块的构造变形和运动特征。

总结出断块掀斜运动和流域切割侵蚀各自的空间变化规律和相互之间的关系为，流域切割侵蚀程度与断块掀斜抬升程度之间具有正相关性，随着断块掀斜角度的增加，前山区域横跨断块掀斜抬升前缘的流域的下切侵蚀、溯源侵蚀的程度都相应增加。掀斜断块几何体呈现出来的构造变形及运动特征具有以下几个特点：各个断块的运动方式总体上都呈掀斜运动，有的断块内部被次一级的断裂所断错开来，断块整体的掀斜运动发生分解，次级断层吸收了一部分掀斜运动；单个断块的掀斜运动程度有所差异，表现为断块的掀斜角度各不相同，这种掀斜运动的差异被断块之间的一系列NW向的断层，以及垂直断块走向的山前控盆断层各分段活动性差异所调节；从掀斜运动程度的空间分布特征来看，受阳原南山断层控制的断块的掀斜程度最大，受松枝口—右锁堡断层控制的断块掀斜程度次之，受蔚县南山断层控制的断块掀斜程度相对较小，但蔚县南山断层规模和活动性

最大，推测是主断层下的系列次级断层吸收了部分掀斜运动。

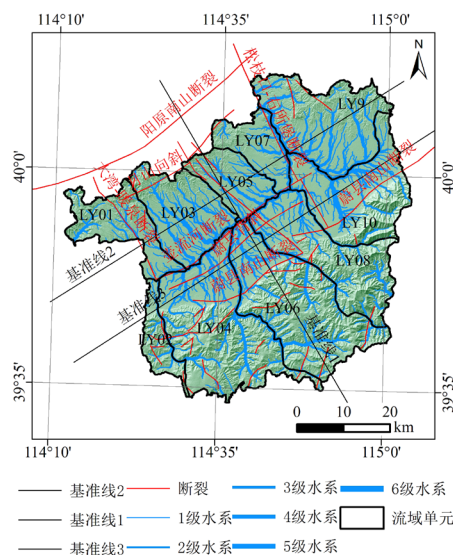


图1 流域单元分布图

（三）断块几何体运动特征

利用识别出的断块几何体来计算各断块前缘新生代以来的掀斜抬升速率，结果如表1所示。结果显示，蔚县山间外流盆地北山地区断块前缘的掀斜抬升速率范围为0.77~1.33mm/a，整体上从西到东断块掀斜抬升速率呈先增后降趋势，指示阳原南山断层中段的掀斜抬升速率最高，为1.33mm/a，西段的掀斜抬升速率次之，为1.28mm/a，而东段的掀斜抬升速率最低，在0.77~1.12mm/a之间。蔚县山间外流盆地南山地区断块前缘的掀斜抬升速率范围为0.15~1.27mm/a，整体上与北山地区断块自西向东掀斜抬升速率的递变规律一致，呈现先增后降趋势，指示蔚县南山断层中段的掀斜抬升速率最高，为1.27mm/a，东段的掀斜抬升速率次之，在0.61~0.15mm/a之间，而西段的掀斜抬升速率最低，为0.17mm/a。蔚县山间外流盆地东部的松枝口—右锁堡断裂带地区断块的掀斜抬升速率范围为0.48~1.40mm/a，整体上从北到南断块的掀斜抬升速率呈上升趋势，指示松枝口—右锁堡断裂南段掀斜抬升的速率高于北段，南段掀斜抬升速率为1.40mm/a，北段掀斜抬升速率为0.48mm/a。

总体来看，蔚县山间外流盆地中阳原南山断裂带地区的断块掀斜抬升速率整体上高于蔚县南山断裂带地区的断块掀斜抬升速率，然而以往资料显示，蔚县南山断裂和阳原南山断裂走向、倾向相似，但规模和活动性

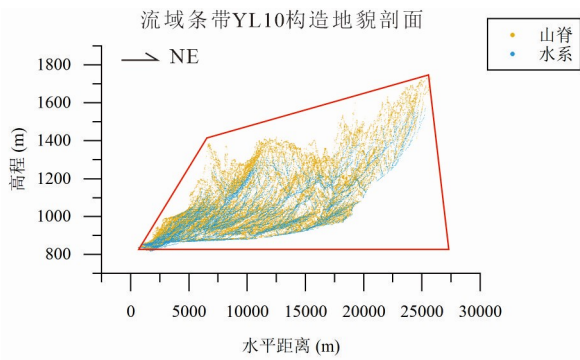


图2 典型构造地貌剖面图

蔚县南山断裂显然更强，这与计算出的南北二山掀斜抬升速率相悖，推测一方面是蔚县南山断裂由于规模和活动性更强，次级断裂更发育，次级断裂吸收了一部分掀斜变形和运动，另一方面，推测与蔚县南山断裂活动以垂直抬升为主，垂直抬升幅度大于掀斜抬升幅度，在蔚县南山山前地区发育的近乎垂直、落差较大的断层崖是这一对论的有力证据。

表1 断块掀斜速率计算结果

编号	倾向	倾角/°	长度/m	掀斜速率 (mm/a)
YL01	SE	2.55	20000	1.28
YL02	SE	2.65	20000	1.33
YL03	SE	4.97	9000	1.12
YL04	SE	3.43	9000	0.77
YL05	SE	0.74	9000	0.17
YL06	SE	1.45	35000	1.27
YL07	SE	1.11	22000	0.61
YL08	SE	2.00	3000	0.15
YL09	SW	1.02	19000	0.48
YL10	SW	4.31	13000	1.40

四、讨论与结论

(一) 讨论

蔚县盆地属新生代地堑型断陷陆内沉积盆地，小五台山地区出露有变质核杂岩，变质核杂岩的隆升与出露与深部岩浆物质的上涌密切相关。太平洋板块NW向俯冲于欧亚板块之下，发生俯冲的太平洋洋片前缘在欧亚板块之下不断地向着NW方向推进。蔚县山间外流盆地区域上总体上处于该俯冲洋片区域之上，洋片上方的软流圈地幔对流、底辟等作用造成岩浆物质在地壳内上涌，形成变质核杂岩，形成拆离带，造成拆离带上方脆性地壳拉伸、变薄，为蔚县山间外流盆地提供了区域性拉张的

构造应力环境。同时，蔚县南山断层、阳原南山断层和壶流河断层等主要NE-SW向控盆断层，是蔚县山间外流盆地地堑断块的边界，断层的活动使断块呈现差异性升降和掀斜运动的关键机制，推测这些地堑断块的差异升降，即断层活动，很可能是由于下方深部岩浆物质的强烈上涌而造成的（耿爽，2021；张亚光等，2023）。

(二) 结论

本文基于ALOS-12.5m的DEM，通过Arcgis10.8平台，利用流域条带构造地貌剖面，分析了断块拟合的几何体形态和构造变形及运动特征。主要结论为：

蔚县山间外流盆地的水系可划分为6个级别，流域单元、水系以及划分出的10个流域条带基本垂直盆地构造走向，以盆地中心的壶流河为对称中心，呈条带状双向对称分布，掀斜构造对区域水文地质流场结构具有显著控制作用。

断块活动方式基本为掀斜抬升，掀斜抬升受主要控盆断裂活动影响，系列断块新生代以来的掀斜抬升速率在0.15~1.40mm/a之间，南山地区断裂掀斜速率低于北山地区，但垂直差异抬升更强，导致断块掀斜抬升的动力机制为深部岩浆物质强烈上涌。

参考文献

- [1]张弼斌, 黄克兴. 河北蔚县煤田控煤构造演化规律[J]. 西安矿业学院学报, 1988(01): 32-40.
- [2]周江. 蔚县盆地地热成因分析[J]. 煤炭科技, 2019, 40(05): 6-10.
- [3]李泓泉, 张树胜, 谢明忠, 等. 冀西北蔚县盆地地热资源赋存特征及勘查开发方向[J]. 地质论评, 2020, 66(04): 919-932.
- [4]耿爽, 2021. 基于夷平面三维形态研究活动断块新生代构造变形与运动[D]. 北京: 中国地震局地震预测研究所.
- [5]张亚光, 马梦玲, 周明兴, 等. 河北蔚县盆地晚上新世以来沉积古环境演化分析[J]. 地质论评, 2023, 69(S1): 37-39.

作者简介: 秦明辉(1986-), 男, 本科, 高级工程师, 就职于河北省煤田地质局第四地质队, 主要研究方向为区域地质和矿产地质。

基金项目: 河北省煤田地质局财政专项资金项目(13000024P00B04410073H)

通信作者: 刘峰旭。