

# 北京西山水峪复合型旋扭构造研究

杜子图 李东旭 高德臻

(中国地质大学,北京)

**摘要** 以北京西山水峪为中心有3条弧形断裂,总体呈涡轮状,且都具有压扭性特征,外旋呈逆时针扭动。组成这个旋扭构造的结构面产状不规则,力学性质较复杂,不易辨认。通过构造复合系统分析,查明该旋扭构造的旋回面大都是追踪早期不同系统、不同性质结构面归并复合的结果,为燕山期新华夏系SN向对扭构造应力场的派生产物。

**关键词** 北京西山 旋扭构造 构造复合

在地形及地质特征方面有明显反映的大型或巨型旋卷构造或旋涡构造易于被人们认识,Wellman(1966),Selingzak(1972),Papazachos and Comninahis(1977),Macdonald and Fox(1983),Tritton(1988),Searle(1989),Meyerhoff(1992)等都曾从不同角度作过报导。但在大陆岩石圈中一些规模较小、地形地质特征没有明显反映的旋卷构造也很普遍,却往往被人们忽视,或作出歪曲实际的解释。本文论述的北京西山水峪旋扭构造就是一个典型实例。组成这一旋扭构造的主要断层——红煤厂—大安山断层,早在30年代就已发现(陈恺、熊永先、1995),但长期以来,对这一断层与周围构造之间的成生联系,未能给予令人信服的阐述。此次笔者采用旋扭理论,不仅较好的解释了过去的问题,同时还发现这一旋扭构造不是无限平板的简单旋扭一次变形的结果,而是追踪早期破裂,牵就、归并、重接形成的复杂的变形图象。

## 1 涡轮状断裂系统结构及变形特征

水峪旋扭构造位于北京西山NE向髻髻山复式向斜和十渡穹状背斜之间的过渡部位。值得注意的是,该旋扭构造的东西两侧发育二条走向NNE向压扭性大型断裂带。西侧为马栏—洪水峪断裂带( $F_1$ ),东侧为上苇店—房山断裂带( $F_1$ )。

水峪旋扭构造主要由3条呈涡轮状展布的弧型断裂构成(图1),分别是教军场—水峪断裂( $F_1$ );水峪—中山—大安山断裂( $F_2$ )及水峪东大尖NE向弧形断裂( $F_3$ )。每条断裂延伸长度约8km,断裂的弯曲弧度大小不等。在宏观上,3条断裂表现为不同时代的老地层直接压盖在时代较新的地层上,其力学性质都为压扭性斜冲断裂,且旋扭方向一致,但具体的结构和变形历史各有差异。

### 1.1 教军场—水峪压扭性斜冲断裂带( $F_1$ )

该断裂带为向东突出的弧形,断面产状南部陡立,北部缓倾。如图1中的①点处产状为 $70^\circ$

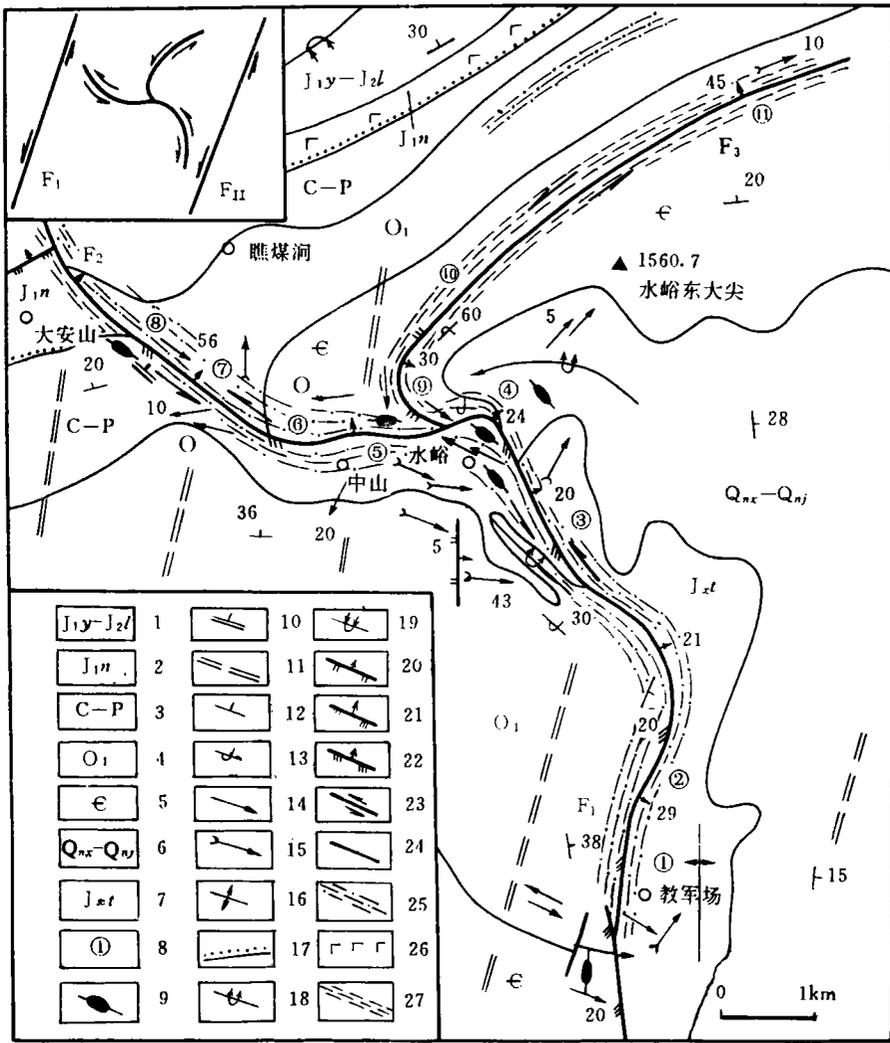


图1 涡轮状构造简图

Fig. 1 Sketch map of the turbine-like structure

1. 侏罗系密坡组·龙门组; 2. 侏罗系南大岭组; 3. 石炭—二叠系; 4. 下奥陶统; 5. 寒武系; 6. 元古界下马岭组—景儿峪组; 7. 元古界铁岭组; 8. 构造观测点; 9. 有限应变椭球体; 10. 劈理产状; 11. 脆性破裂带; 12. 地层产状; 13. 倒转地层产状; 14. 拉伸线理; 15. 小褶皱枢纽; 16. 背斜轴; 17. 角度不整合线; 18. 倒转背斜轴; 19. 倒转向斜轴; 20. 正断层; 21. 逆断层; 22. 压扭性断层; 23. 平移断层; 24. 性质不明断层; 25. 糜棱岩带; 26. 基性玄武岩; 27. 片理化带

$\angle 60^\circ$ , 它的北面③点处为  $30^\circ \angle 20^\circ$ 。沿断裂带没有明显的断裂破碎带及大型断层面等构造痕迹。在教军场一带, 断裂下盘为寒武系徐庄组鲕状灰岩, 在邻近断裂 30m 范围内, 顺层劈理强烈发育, 灰岩中鲕粒压扁拉长, 长短轴比为  $2:1-3:1$ 。断裂上盘为元古界铁岭组白云岩(图 2), 靠近断面约 30m 范围内, 变形标志物硅质条带变形强烈, 由初始的薄层状变形为断续分布的布丁状、透镜状及具拖尾的眼球体, 顺层展布。断层擦线在图 1 中①点处, a 线理近于水平, 侧伏角为  $0-5^\circ$ , 线理指向为  $110^\circ$ , 该点断层线走向为  $160^\circ$ , 二者夹角为  $50^\circ$ 。反映了断裂上盘

在逆向上冲运动过程中,兼有水平剪滑,为压扭性斜冲断裂。该点垂向 b 线理指向 NNE20°,此外,在图 1 中③点附近观测到断裂上盘的铁岭组白云岩中,背斜枢纽指向 NE40°。这些 b 线理构造与主断层构成的平面入字型构造反映  $F_1$  断裂具逆时针扭动。

### 1.2 水峪—中山—大安山压扭性斜冲断裂带( $F_2$ )

该断裂在水峪到中山一带为 EW 向,过中山之后渐变为 NW 向,呈现向西南突出的弧形。断面倾向 NE,倾角平缓(20°),上下盘构造不协调,以水峪(图 1 中④)最具代表性,可直接观测到断面及断裂破碎带(图 3)。断裂上

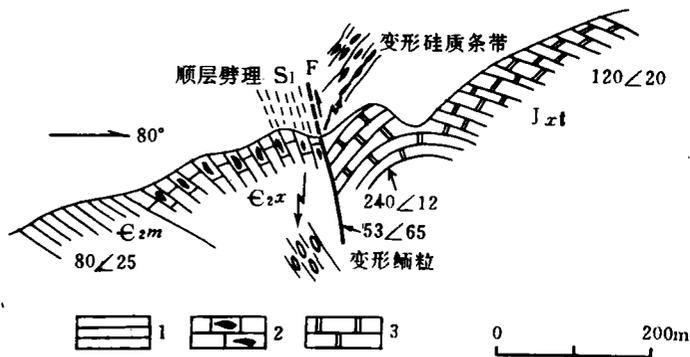


图 2 教军场断裂构造剖面

Fig. 2 Structural cross section of Jiao Junchang fault

1. 寒武系慢毛组砂板岩; 2. 寒武系徐庄组鲕状灰岩; 3. 元古界铁岭组白云岩

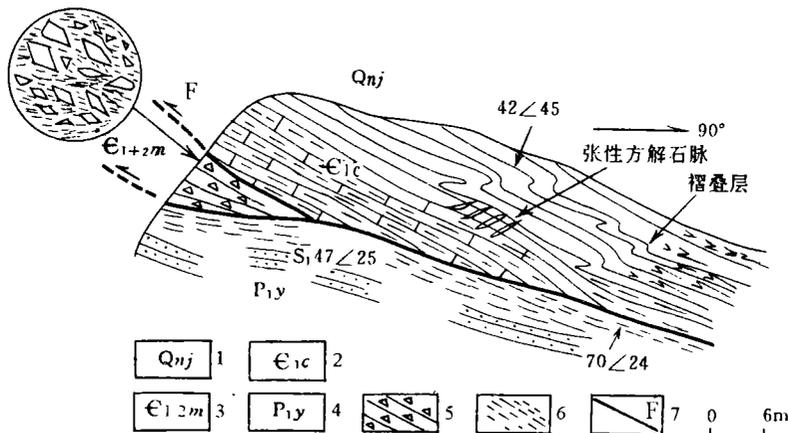


图 3 水峪断层构造剖面

Fig. 3 Tectonic profile of Shuiyu fault

1. 元古界景儿峪组钙质板岩; 2. 寒武系昌平组灰岩; 3. 寒武系慢毛组白云岩构造角砾岩带;  
4. 下二叠统杨家屯组砂岩; 5. 构造角砾岩破碎带; 6. 劈理带; 7. 断层

盘依次为寒武系慢毛组、昌平组及元古界景儿峪组,且地层层序倒置,昌平组压在慢毛组之上,景儿峪组压在昌平组之上,它们沿断层延伸呈楔形尖灭;下盘为二叠系杨家屯组岩屑砂岩层。断裂附近 20—30m 范围内,上、下盘地层发生顺层劈理化。断层破碎带主要发育在寒武系慢毛组白云岩中,其中白云岩角砾为尖棱角状,大小不等,混杂分布,具定向排列。角砾被钙质、硅质胶结致密且发生硅化。测得该处主断面产状为  $70^\circ/24^\circ$ ,可划分出两期构造,即早期为张性断层,形成张性构造角砾岩;晚期被改造为压扭性断裂。说明断裂结构面为牵就归并的复合型结构面。

在中山一带(图 1 中⑤点),断层上盘为中寒武统张夏组鲕状灰岩,鲕粒压扁拉长,长轴平

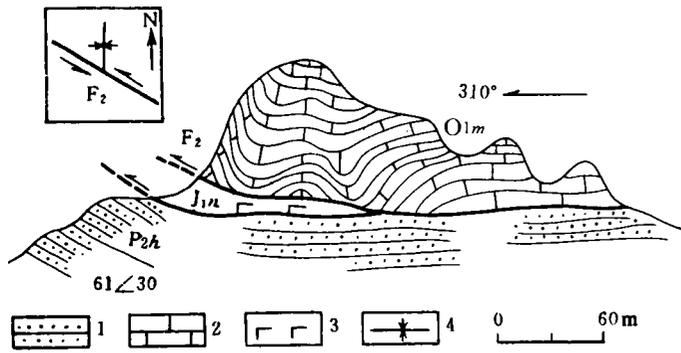


图4 大安山断裂剖面图

Fig. 4 Cross section showing Daanshan fault

1. 二叠系红庙岭组砂岩; 2. 奥陶系马家沟组灰岩;
3. 侏罗系南大岭组玄武岩; 4. 背斜轴

发育, 线理指向  $260^\circ$ , 与断面走向  $310^\circ$  呈  $50^\circ$  斜交。在该点断层上盘奥陶系灰岩中, 派生的小褶皱显示该断裂呈 SN 向扭动。此外, 在靠近断裂上盘剖面上, 观测到张性方解石脉呈小型入字型构造。在图 1 中⑧点处, 下奥陶统马家沟组灰岩被推覆到侏罗系南大岭组玄武岩之上, 玄武岩沿断裂逐渐尖灭。上盘马家沟组灰岩发生褶皱变形(图 4), 褶皱轴为 SN 向。此处断层走向为  $NW310^\circ$ , 二者也呈入字型相交。上述现象, 皆为统一构造应力场下变形的产物。依据上述平、剖面三维空间内的小型入字型构造, 可以判定水峪—中山—大安山压扭性斜冲断裂带上盘由 SE 向 NW 斜向上冲, 而在平面上则为逆时针向剪切。

### 1.3 水峪东大尖 NE 向弧形断裂( $F_3$ )

$F_3$  断层从水峪向 NE 延伸大约 6km, 发育在水峪倒转背斜倒转翼的慢毛组地层内, 表现为顺层滑动劈理带及破碎带(图 1 中⑨⑩⑪), 破碎带宽约 5—8m。图 1 中⑨点处由于劈理强烈发育, 导致岩石破碎成鳞片状, 此处断层产状为  $80^\circ \angle 30^\circ$ , 上盘由 SE 向 NW 上冲(图 5)。在水峪, 该断面呈弧形弯曲, 向 NE 方向延伸, 断面倾向变为  $NW320^\circ$ (图 1 中⑩), 呈麻花状, 且断面产状变陡, 至图 1 中⑪点处断层产状变为  $330^\circ \angle 45^\circ$ 。

$F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  断层带中常见强烈顺层劈理化构造岩, 镜下观察为钙质糜棱岩。糜棱结构, 塑性定向流动构造发育, 据  $\sigma$  型残斑显微构造及方解石岩组资料分析, 上述断裂均为逆时针向剪切运动的产物。

图 1 显示的变形图象表明, 在靠近旋扭中心的水峪一带, 地层界线发生强烈的扭曲, 形成轴线呈弧形弯曲的倒转平卧褶皱, 呈箭鞘状向东收敛倾伏, 向西撒开, 也说明本区曾发生过较强烈的逆时针向旋扭变形。

## 2 旋扭断裂系统变形时序及其演化

综上所述, 由  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$  弧形断裂构成了旋轴直立的涡轮状断裂系统, 旋回面为压扭性, 均具逆时针扭动。但是, 该旋扭构造又有其自身特点: 即每条断裂在旋扭作用以前, 曾有过不同的变形史, 甚至一条断裂的不同区段也有所不同。就是说, 该旋扭构造是归并了前期不同构造系统的不同成分, 由于追踪或迁就, 从而造成旋扭面复杂的产状变化。现将该涡轮状断裂系统变

行断层走向, 长短轴比为 2.5 : 1。下盘为二叠系杨家屯组砂岩。邻近断裂 20m 范围内, 上、下盘岩层顺层劈理发育, 劈理产状与断裂产状近于一致。此处(图 1 中⑤)测得断层下盘断层擦线(a 线理)产状为  $205^\circ \angle 20^\circ$ , 擦线指向与断层走向呈  $65^\circ$  斜交。在该点观测到相应的小褶皱枢纽(b 线理)指向  $110^\circ$ , 垂直于 a 线理指向, 与主断层构成入字型构造, 反映了该断裂具逆时针扭动。在瞧煤涧路口(图 1 中⑦点)出露与主断层一致的次级滑动面, 面上斜向擦线发育,

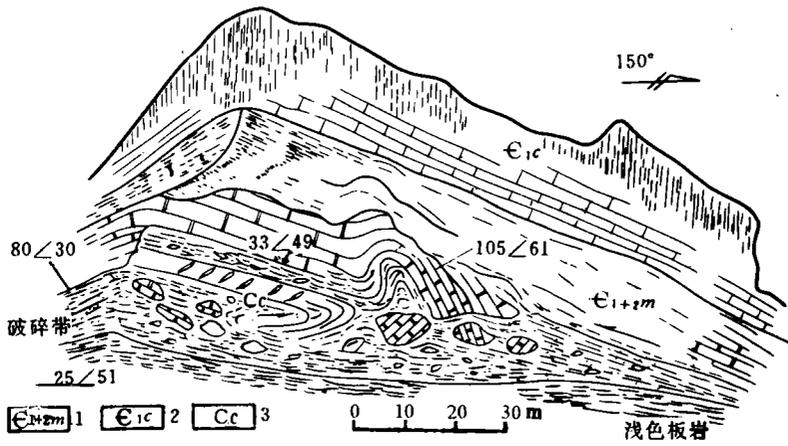


图5 F<sub>3</sub>断层破碎带素描(水峪东)

Fig. 5 Cross section of the fault-fracture zone (F<sub>3</sub>) east of Shuiyu

1. 寒武系馒头组粉砂质板岩; 2. 寒武系昌平组灰岩; 3. 张性方解石岩

形时序及其演化过程列于表1。

表1 涡轮状断裂系统构造变形时序

Table 1 Tectonic sequence of the turbine-like structural system

变形时序	构造期	构造应力场	断裂变形阶段及力学性状	断裂变形段落分解	构造变形系统
D <sub>II</sub>	燕山晚期			涡轮状断裂系统	新华夏系
D <sub>I</sub>	燕山早中期			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 水峪—中山—大安山断裂 (F<sub>2</sub>)</li> <li>• 水峪东大尖北东向断裂 (F<sub>3</sub>)</li> </ul>	NE向变形系统
D <sub>I</sub>	印支期			教军场—水峪断裂 (F <sub>1</sub> )	EW向构造系统

**D<sub>I</sub> (印支期)** SN向水平挤压构造应力场作用, 在大白石尖—谷积山一带形成EW向背斜褶皱带, 早期F<sub>1</sub>断裂为该EW向构造带的晚期变形产物, 形成近SN向的横张断裂。这一结论基于: (1) 在水峪观测点④见有早期的张性断层角砾后期被改造为压扭性; (2) 在教军场观测点①见有SN向高角度(倾角60°)断层面。以上均为早期张性断层残留。

**D<sub>I</sub> (燕山早、中期)** 由于SN向反扭力偶作用导生出SE—NW向水平挤压应力的作用, 形成NE向髻髻山向斜及其伴生的纵弯顺层滑动面(F<sub>3</sub>), 十渡穹状背斜的NNW向横张断裂及中山—大安山NW向扭性断裂(F<sub>2</sub>)。从D<sub>I</sub>到D<sub>II</sub>, 由于构造应力场的转变, D<sub>I</sub>期形成的F<sub>1</sub>

断裂力学性质发生转化,在继承原有结构面的基础上,断面力学性质由张性变为反钟向压扭性结构面。

**D<sub>1</sub>(燕山晚期)** 是旋扭断裂系统的主要变形时期。新华夏系早期(D<sub>1</sub><sup>1</sup>),受区域 SN 向反扭力偶作用,F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 在原有基础上再次活动,并且不断扩大,由于断裂力学性质的差异,F<sub>1</sub> 断裂南段转变为 NNE 向新华夏系压扭性断裂,北段转变为新华夏系 NNW 向大义山式张扭性断裂,F<sub>2</sub> 断裂东段转变为 NEE 向或近 EW 向新华夏系泰山式压扭性结构面,F<sub>2</sub> 断裂西段仍为扭性结构面;F<sub>3</sub> 断裂主体为 NE 向压扭性结构面,仅在水峪西北部靠近水峪的局部区段为 NNW 向的大义山式张扭性结构面。新华夏系晚期(D<sub>1</sub><sup>2</sup>),受 SN 向反扭力偶持续而强烈的作用,本区东西两侧的 NNE 向边界断裂 F<sub>1</sub>、F<sub>1</sub> 发生左行错动,致使夹持其间的地块产生平面逆时针向旋扭作用,F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 不同部位早期形成的不同力学性质的各段断裂串通并卷入旋扭系统,此时断裂力学性质转变为逆时针向压扭性断裂,由于断面的多重复合效应,F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub> 断裂最终表现为弧形弯曲,形成涡轮状断裂构造系统。

### 3 动力学环境分析

水峪涡轮状断裂系统切割了元古界到中生界早侏罗纪南大岭组玄武岩地层,因此形成时间至少在早侏罗世以后。据各构造变形系统之间的复合关系,该涡轮状构造应属燕山晚期构造变形的产物。沿断裂带分布的钙质糜棱岩带表明断裂带曾经历过韧性变形,是地壳浅层环境中形成的韧性-韧脆性变形。中生代以来,西太平洋地块与欧亚大陆之间发生 SN 向逆时针对扭,导致燕山晚期新华夏系 NNE 向边界断裂(F<sub>1</sub>、F<sub>1</sub>)发生强烈逆时针扭动,毗邻地块沿断面位移时,由于断面磨擦派生出不均衡的旋扭应力场,驱使本区岩块在边界断裂围限范围内产生逆时针扭动,于是形成了该涡轮状断裂构造系统。可见,它是新华夏系派生的低序次变形产物。该旋扭构造的独特之处在于其中的 3 条弧形断裂不是一次构造应力场作用下形成的,而是在继承不同的原生或派生构造形迹的基础上,经多次复合发展而来,为复合型旋扭构造。

水峪旋扭构造之所以长期未被认识,就在于它的每一个旋回面都是复合型的断裂,均是由于早期不同性质断裂被卷入旋扭构造中,经追踪、归并、重接等复合变形之后形成。该旋扭构造的厘定,对本区(1:5 万 大台幅)弧形断裂的成因给予了合理的解释。

### 参 考 文 献

- 1 陈恺、熊水先,北京西山之逆掩断层。中国地质学会会志(14),1935。
- 2 李四光,莲花状构造。地质学报,1957,37(4)。
- 3 李四光,地质力学概论。北京:科学出版社,1973。
- 4 李东旭,北京周口店牛口峪地区连环式旋卷构造。地质力学论丛(3),北京:科学出版社,1976。
- 5 李东旭,构造复合系统分析。构造地质论丛(1),武汉:中国地质大学出版社,1983。
- 6 李东旭、周济元,地质力学导论。北京:地质出版社,1986。
- 7 G Mandl & G N Shippam, Mechanical model of thrust sheet gliding and imbrication. Thrust and Nappe Tectonics, 1981.

# NOTE ON SHUIYU COMPOUNDING VORTEX STRUCTURE IN WEST MOUNTAINS, BEIJING

Du Zitu Li Dongxu Gao Dezhen

(China University of Geosciences, Beijing)

**Abstract** There are three arcuate faults that surround Shuiyu in the form of a turbine in the West Mountains, Beijing, forming a vortex structure. These faults are characteristic of compresso-shear structural planes, and their arrangement indicates a counterclockwise rotation of the outer side relative to the inner side of the structure. By an analysis of the compounding relation of the structural elements present in the area, we find that the vortical surfaces of the vortex structure were produced by trailing the preexisting structural planes of other systems. So we come to the conclusion that it was derived from a N—S shearing responsible for the Neocathaysian structural system during the Yanshanian movement.

**Key words** West Mountains in Beijing, vortex structure, compounding of structures

## 第一作者简介

杜子图,男,1965年生,讲师,博士。1987年毕业于中国地质大学(武汉)地质力学专业。现主要从事地质力学等方面的科研和教学。通讯地址:北京学院路29号中国地质大学地矿系。邮政编码:100083。