内蒙古固阳福顺店一带渣尔泰山群褶皱构造研究

高德臻[1]　李　龙[1]　魏荣珠[2]

（1. 中国地质大学地球科学与资源学院，北京　100083；2. 山西区调队，榆次　030600）

摘要：通过区调填图对内蒙古固阳一带渣尔泰山群褶皱构造进行了分析研究. 在地质演化过程中，渣尔泰山群主要经历了 3 期褶皱变形，即早期的层内褶皱，主期同斜倒转褶皱与晚期叠加褶皱. 早期褶皱形成于中元古代，系由层间的剪切滑动所至，主要发育于阿古鲁沟组；主期褶皱形成于中元古代，晚期褶皱形成于早古生代；主期与晚期褶皱均形成于纵弯褶皱机制. 由于晚期褶皱对主期褶皱的改造，形成了较为复杂的叠加构造网络.

关键词：渣尔泰山群；褶皱构造；内蒙古固阳.
中图分类号：P542^{+}.2　　文献标识码：A
文章编号：1000－2383(2000)03－0247－06

作者简介：高德臻，男，副教授，1946 年生，1982 年毕业于武汉地质学院北京研究生部，获硕士学位，从事构造地质与区域构造方面的科研与教学工作.

0　引言

华北地台北缘发育一套中元古代以碎屑岩为主夹碳酸盐的浅变质沉积地层——渣尔泰山群. 该套地层在长期的地质历史演化过程中形成了一套较为复杂的叠加褶皱构造，对它的分析、研究对揭示该地区的构造演化具有重要的实际意义.

早在 20 世纪 80 年代，胡骁等[1]即对该群的褶皱构造进行了研究. 自 1997—1999 年，中国地质大学(北京)固阳区调队对固阳地区三幅 1∶5 万图幅进行了地质填图，此前西永兴等 6 幅 1∶5 万地质调查亦于 1996 完成. 本文是在区调实际资料的基础上完成的，对该群褶皱构造的认识与前人有许多不同之处.

1　研究区地质概况

研究区位于 1∶5 万固阳幅、西永兴幅北部山区. 渣尔泰山群总体呈 NWW－SEE 方向展布. 但在福顺店—哈什忽洞南北一线以东其地层走向线发生弯曲摆动，呈 S 型，与总体展布方位不协调(图 1). 其北部与新太古代石英闪长岩体($Ar_3\delta o$)呈逆冲断层接触，其南部被晚古生代花岗闪长岩岩体($P\gamma\delta$)所侵入. 其东部及东南部被下白垩统红色河、湖相沉积层及第四系沙砾石层与黄色亚粘土层所覆盖.

2　渣尔泰山群与小褶皱

在大区域上，渣尔泰山群呈残留块体零星分布于南自包头以北到乌拉特中旗、西自狼山以北东至固阳的广大地域内. 区域地层划分将书记沟组分为 3 个岩性段，主体均为石英砂岩；在阿古鲁沟组之上为刘鸿湾组，岩性为石英砂岩夹白云岩透镜体. 在研究区内未出露刘鸿湾组；书记沟组一段之含砾石英砂岩仅在东部极个别地方零星出露，故未表示在图、表中.

渣尔泰山群中小褶皱构造异常发育，但从表 1 可以看出，研究区内小褶皱主要发育于渣尔泰山群增隆昌组一段和阿古鲁沟组各段中. 小褶皱的发育程度主要取决于层片状岩石的单层厚度及泥砂质岩、灰岩等易于变形的地层.

经前人研究[2]，渣尔泰山群经受了低绿片岩相浅变质作用，以低温动力变质作用为主，其温压条件为：260～350 ℃，5×10^2～8×10^2 MPa. 经变质作用后，泥质、粉砂质岩石变质为板岩. 千枚岩、灰岩、石英砂岩等仅出现大理岩化和石英岩化，原生沉积构造均未发生破坏.

收稿日期：2000－01－23
基金项目：地质矿产部“内蒙古固阳地区三幅 1∶5 万联测”项目.

图 1 内蒙古固阳福顺店构造地质略图

Fig. 1 Structural sketch map of Fushundian of Guyang, Inner Mongolia

1. 第四系；2. 下白垩统；3～8. 渣尔泰山群：3. 阿古鲁沟组三段，4. 阿古鲁沟组二段，5. 阿古鲁沟组一段，6. 增隆昌组二段，7. 增隆昌组一段，8. 书记沟组二段；9. 晚古生代花岗闪长岩；10. 新太古代石英闪长岩；11. 角度不整合界线；12. 层理与片理（S_0-S_1）产状；13. 逆断层；14. 主期小褶皱枢纽；15. 晚期小褶皱枢纽

表 1 渣尔泰山群岩性与小褶皱发育程度

Table 1 Lithologic and development level of small fold in the Zhaertaishan Group

群	组	段	岩性	代号	单层厚度/cm	小褶皱发育程度
渣尔泰山群	阿古鲁沟组	三	黑色炭质、粉砂质泥岩	Pt_2a^3	2～5	极发育
		二	灰－灰白色含炭、含砂质灰岩、泥质条带灰岩	Pt_2a^2	5～10	极发育
		一	黑色炭质、粉砂质泥岩	Pt_2a^1	<5	极发育
	增隆昌组	二	青灰色灰质白云岩、砾屑白云岩	Pt_2z^2	20～30	很少发育
		一	褐色含黄铁矿粉砂岩、粉砂质泥岩	Pt_2z^1	2～5	极发育
	书记沟组	二	灰白色长石石英砂岩、石英杂砂岩	Pt_2s^2	30～50	不发育

3 渣尔泰山群的变形特征

3.1 早期褶皱与构造置换

早期褶皱主要发育于阿古鲁沟组之中，在增隆昌组一段中亦发育. 在上述地层中因岩性不同早期褶皱的构造样式亦不同. 在 Pt_2a^2 含炭质灰岩中，早期褶皱以 A 型褶皱为主；当灰岩中含有硅质条带时，则条带被拉成断续相连的透镜状，在透镜体的两端则呈钩状（显示褶皱之转折端，图 2b）. 在平行灰岩层走向的剖面，A 型褶皱的形态为扁平化强烈的平卧褶皱，其转折端明显加厚（转折端与两翼的厚度比>10）. 卷入这种褶皱的面理是单层中的微细层理，褶皱形成的轴面面理（S_1）极发育且与单层层理（S_0）平行，但 S_0 仍能识别出来（图 2a）. 在垂直灰岩层走向的剖面中，则 A 型褶皱多数呈 Ω 状，个别呈压扁的同心环状. 在 Pt_2a^1，Pt_2a^3，Pt_2z^1 炭质、砂质板岩中，早期褶皱主要表现为平卧褶皱. 在平行岩层走向的剖面，S_0 的褶皱清晰可见. 褶皱的轴面劈理（S_1）发育. 在褶皱的翼部 $S_1 // S_0$，在褶皱的转折端部位则 S_1 与 S_0 呈大角度相交. 在垂直岩层走向的剖面，则可以看到相互近于平行的杆状构造，即上述平卧褶皱的枢纽线理. 这些枢纽线理的产状与岩层倾

图 2　早期褶皱形态(根据照片素描)

Fig. 2　Style of folds of earlier stage

向面的产状基本一致(图 2c).

从上述褶皱的表现形态、与原始层理(S_0)的关系可知，这些褶皱是在近 EW 向层间的剪切滑动所形成的一套层内褶皱.

构造置换指的是原始沉积层理(S_0)在褶皱变形的过程中被新生轴面面理(S_1)置换改造. 在研究区内，由上述层内褶皱所形成的轴面劈理(S_1)不同程度地置换了原生层理 S_0，使 $S_1 // S_0$ 形成了新的宏现构造面理($S_0 + S_1$). 区内被构造置换最为强烈的是 Pt_2z^1，Pt_2a^1，Pt_2a^2 和 Pt_2a^3. 而 Pt_2s^2，Pt_2z^2 这两套中厚层状的石英岩化砂岩和白云岩则很少有置换现象：看来在低绿片岩相条件下，这种由层间剪切所导至的构造置换其程度与原始沉积岩石的岩性与单层厚度有关，说明变形时，该套地层所处的地壳层次并不深.

3.2　主期褶皱变形

主期褶皱是渣尔泰山群分布区规模最大，变形最强的褶皱构造，形成了以书记沟组为核部的大型背斜及以阿古鲁沟组为核部的向斜. 研究区内，由于北部逆冲断层系的破坏及第四系覆盖，仅存以阿古鲁沟组为核部的复式向斜构造，在复式向斜内存在由阿古鲁沟组不同岩性段所表现出来的次级褶皱(图 3).

3.2.1　主期褶皱的形态　通过经牛场湾—黑布沟北及前四成功西经老王店所做实测构造剖面(图 3a，b)可以看出，主期褶皱的形态总体为一轴面向北(或为 NE，NW)中等角度(60°±)倾斜的同斜倒转复式向斜构造. 由阿古鲁沟组上部层位(Pt_2a^2，Pt_2a^3)所表现出来的次级褶皱的形态与主体褶皱相协调，隶属于主期褶皱的露头级小褶皱构造非常发育，它们枢纽的走向与大构造一致(图 1). 通过对这些小褶皱要素统计便可以归结出主期褶皱的形态. 通过对全区 100 个主期小褶皱的测量，它们主体反映的褶皱要素为：枢纽倾角为 20°～40°；两翼间夹角 <90°；轴面倾角 60°～70°. 因此可以得出，主期褶皱的形态总体为枢纽呈小角度倾伏，两翼较为紧闭的同斜褶皱. 根据 Ramsay[3] 倾斜线的褶皱分类，主期褶皱属 Ic 型，即平行等厚向相似褶皱的过渡形式. 次级褶皱的枢纽平面分布见图 4. 主期褶皱的轴面面理(S_2)发育，表现形式为狭窄的密集劈理带.

图 3　构造剖面

Fig. 3　Structural section

a. 福顺店以西；b. 福顺店以东. 1. 板岩；2. 灰岩、白云岩；3. 石英岩、石英砂岩；4. 石英闪长岩；5. 花岗闪长岩；6. 逆冲断层. 其他图例同图 1

3.2.2　主期褶皱的变形机制　主期褶皱的变形面理，Pt_2s^2，Pt_2z^2 为 S_0；Pt_2z^1 与阿古鲁沟组为 $S_0 + S_1$. 在垂直褶皱枢纽的剖面中 Pt_2s^2(中厚层状石英岩)，Pt_2z^2(中厚层状白云岩)层间劈理发育，它与层面的锐夹角指示上层面向背斜的顶部滑动. 在阿古鲁沟组中，由于次级小褶皱极为发育，且这些褶皱的横剖面多以两翼不等长的歪斜褶皱为主，轴面总体

图 4 内蒙古固阳渣尔泰山群构造纲要图

Fig.4 Structural outline map of Zhaertaishan Group, Guyang, Inner Mongolia

1～11 同图 1;12.逆断层;13.主期背斜轴迹;14.主期倒转背斜轴迹;15.主期倒转向斜轴迹;16.晚期背斜轴迹;17.晚期向斜轴迹

倒向向斜之核部.当强硬层(灰岩)间夹软岩层(板岩、千枚岩)发生褶皱变形时,软岩层在褶皱两翼分别发育"Z","S"型牵引褶曲;而在褶皱核部发育"M"型褶曲.所有这些说明,主期褶皱属于纵弯褶皱变形,即其形成于近南北向的纵向挤压应力场.

3.3 晚期变形与构造序列

从图 1 可以看出,渣尔泰山群的平面展布及主期小褶皱枢纽在福顺店以东由 NW 向转为 NE 向,总体呈 S 型弯曲摆动.在哈巴士达沟南、黑布沟南及前四成功以东形成主期褶皱的枢纽隆起,而在它们之间形成凹陷(从地层产状及主期小褶皱枢纽的倾向表现出来),同时存在一期与前两期形态均不同的小褶皱构造.上述的事实表明,在主期褶皱变形之后存在着晚期变形.晚期变形对早期变形进行了叠加与改造.

3.3.1 晚期褶皱变形特征 晚期褶皱的变形面理为 S_0,S_1 与主期褶皱形成的轴面面理 S_2.经过对晚期近 20 个小褶皱的统计,该期褶皱要素特点为:枢纽呈中等角度(30°±)倾伏;翼间角>90°;多为 120°±;轴面倾角近直立(80°～90°).晚期小褶皱集中产出于主期褶皱枢纽的弯转部位,该部位可见主期小褶皱之两翼、轴面的弯曲变形及与晚期褶皱轴面相一致的密集劈理带.

3.3.2 主期褶皱枢纽位态变化 晚期变形导至主期褶皱枢纽的位态发生改变,这种改变主要表现在平面方位的改变及空间位态的改变.

(1)平面方位的改变.从图 4 可以看出,黑布沟与牛场湾间主期褶皱次级向斜轴迹走向方位在哈巴士达沟—牛场湾间总体为 NW320°,牛场湾—哈叶忽洞北转为近 EW 向,哈叶忽洞北—老王店北转为 NE50°,自老王店北向东则又转为近 EW 向.该次级向斜东部因 NW 向逆冲断层的破坏而未保留完整,实际上其与南部由 Pt_2s^2 所显示的次级背斜轴迹呈同步弯曲摆动.从上述主期褶皱的几何要素可知,主期褶皱为紧闭同斜构造样式,且两翼产状均为以中等角度倾斜、倾斜角度变化不大.Ramsay[3]认为,当这种褶皱被改造叠加时,所形成的新褶皱只发育一个主要的褶皱轴,而且该褶皱轴的方向较为稳定.从图 1 可以看出,晚期小褶皱的枢纽走向主要为 NNW,SN,NNE,其倾角为 20°～30°(主要受控于卷入褶皱面理的倾角).故此,本区晚期褶皱基本符合 J.G.Ramsay 之理论.晚期褶皱形成机制仍属于纵弯褶皱.

(2)空间位态的改变,以牛场湾与黑布沟间的次

图 5　π 圆投影(S_0,S_1)

Fig. 5　π diagram of S_0, S_1

等值线:5%～10%～20%(共 85 个). β_1,β_2 分别代表主期褶皱与晚期褶皱枢纽的投影位置

级向斜枢纽为例. 据统计该枢纽自哈巴士达沟—老王店在空间上呈波状起伏. 主期褶皱枢纽在平面与空间位态的改变指示了晚期褶皱变形对主期褶皱的叠加改造作用. 老王店西阿古鲁沟组 S_0,S_1 面理的 π 圆投影(图 5)亦显示了后期褶皱的叠加作用. 从图 5 可以看出,在 S_0,S_1 的 π 圆图解中可以分解为两个大圆环带组构,其右侧不完整大圆环带代表了主期褶皱,其枢纽 β_1 产状为 250°∠30°,下侧的完整大圆环带代表了晚期褶皱变形,其枢纽 β_2 产状为 353°∠35°. β_1,β_2 所在的赤平投影的位置分别与该段地层所发育的主期小褶皱枢纽与晚期小褶皱枢纽投影的极密点吻合. 据同样的方法,参照主期褶皱枢纽空间起伏的波峰与波谷的位置,推断晚期褶皱与主期褶皱相互叠加的具体位置(图 4). 图 4 显示出,在福顺店以东晚期褶皱发育的强度大且轴线方位为 NNW;而福顺店以西晚期褶皱发育的强度小且轴线方位为 NNE:推测引起晚期褶皱的主动力在东侧.

3.3.3　构造序列　通过上述的分析可知,本区渣尔泰山群分布区构造序列为:(1)早期层内褶皱变形,(2)主期纵弯褶皱变形,(3)晚期叠加褶皱变形. (2),(3)两期褶皱使本区呈现了一幅相互叠加的构造网络.

4　构造演化

通过上述对本区构造序列的分析,本区渣尔泰山群主要经历了 3 次构造变形,它们所揭示的构造演化过程如下:

(1)中元古代,在华北板块北缘裂陷槽中沉积了巨厚渣尔泰山群砂泥质、灰质沉积层. 中元古代末,由于北部蒙古洋板块由北向南向华北板块俯冲,使渣尔泰山群受到该方向的挤压并开始褶皱回返①. 早期,由于所派生的近东西向伸展作用,使渣尔泰山群薄层泥质、灰质岩发生层内塑性剪切形成早期 A 型褶皱系统且 S_1 强烈转换 S_0.

(2)随近南北向挤压作用力的持续作用,纵弯褶皱变形成为主导,形成轴向近东西的褶皱,经递进变形及后期北部逆冲断层作用使褶皱形态呈轴面北倾的同斜倒转褶皱系. 该期变形在宏现上构成了本区的主体构造线.

(3)在早古生代,在华北板块北缘又呈现强烈的近南北向的拉张,其派生的东西向的挤压作用使区内先存的同斜倒转褶皱被叠加改造,使其枢纽在平面及空间上均发生变位,最终形成一套轴向呈近南北向的小型褶皱群横跨其上的构造格局. 其后的构造对上述的构造格局主要起破坏作用,使其表现得不完整.

5　结语

自 20 世纪 80 年代中期,由单文琅等[4]提出在元古界中存在"褶叠层构造"概念以来,许多地质工作者对于"褶叠层"这一构造形式是否广布于华北地台元古代地层存在争论. 分布于华北地台北缘的渣尔泰山群相当于中元古界长城系. 在该套地层中同样有选择地发育"褶叠层"构造,而且近 EW 向拉伸线理与周口店褶叠层中 SE110°拉伸线理方位一致. 这就给宋鸿林等人的论点提供了支持的依据. 作者认为,在整个华北地台长期的地质构造演化过程中,确应在元古界中广泛存在"褶叠层"这一构造样式;但其发育程度主要取决于:(1)所处的构造部位,(2)易于褶叠的岩性与其单层厚度. 其形成机制与西伯利亚板块、华北板块相互作用有关,其形成时代可能为中元古代末—晋宁运动期.

参考文献:

[1] 胡骁,许传诗,牛树银. 华北地台北缘早古生代大陆边缘演化[M]. 北京:北京大学出版社,1990. 81～90.

[2] 谭林,朱坤玉,周盛德,等. 内蒙古渣尔泰山群岩相古地

①内蒙古第一区域地质研究院. 色尔腾山地区 1:5 万区域地质调查报告. 内蒙地矿局,1994. 140～145.

理[M]. 北京:地质出版社,1991. 3～7.
[3] Ramsay J G. 岩石的褶皱作用和断裂作用[M]. 单文琅,宋鸿林,蒋荫昌,等译. 北京:地质出版社,1985. 369～375.
[4] 单文琅,傅昭仁. 北京本山水平分层剪切流变构造初探[J]. 地球科学——武汉地质学院学报,1987,12(2):20～25.

FOLD STRUCTURE OF ZHAERTAISHAN GROUP IN FUSHUNDIAN, GUYANG COUNTY, INNER MONGOLIA

Gao Dezhen[1] Li Long[1] Wei Rongzhu[2]
(1. *Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*; 2. *Regional Geological Surveying Team of Shanxi, Yuci* 030600, *China*)

Abstract: The regional geological mapping is used to analyze the fold structure of the Zhaertaishan Group in Guyang County, Inner Mongolia. In the geological evolution of the fold structure, this suite of strata experienced three stages of fold deformation: the intraformational fold in the early stage, the homoclinal reverse fold in the major stage, and the superimposed fold in the late stage. The intraformational fold that occurred in the Meso-Proterozoic and developed in the Agulugou Formation, was caused by the shear-slip between formations. The homoclinal reverse fold occurred in the Meso-Proterozoic. The superimposed fold in the late stage occurred in the Early Paleozoic. The latter two folds were both derived from the longitudinal folding mechanism. The restructuring of the fold in the major stage by the fold in the late stage resulted in the formation of a relatively complex superimposed structural network.

Key words: Zhaertaishan Group; fold structure; Guyang, Inner Mongolia.