

江淮北部前寒武纪变质岩系 划分及构造特征

涂荫玖 陈成涛 唐良贵

(安徽地矿局 312 队)

摘要 重新厘定后的前寒武纪变质岩系从下至上包括上太古界蚌埠群、下元古界五河群、中元古界凤阳群。它们之中发育了三期褶皱。由蚌埠群、五河群组成的东西向线状紧闭等斜褶皱与其间变形较弱的中岳期混合花岗岩穹窿共同组成区域基本构造格架。区内还发育了东西向右旋韧性平移剪切带，以及南北向韧性逆冲剪切带。

研究区位于江淮地区北部，北起淮河北岸，南到凤阳山区，西至淮南，东抵郟一庐断裂带（图1）。区内寒武纪地层发育，但因第四系掩盖较多，以往研究程度不高。

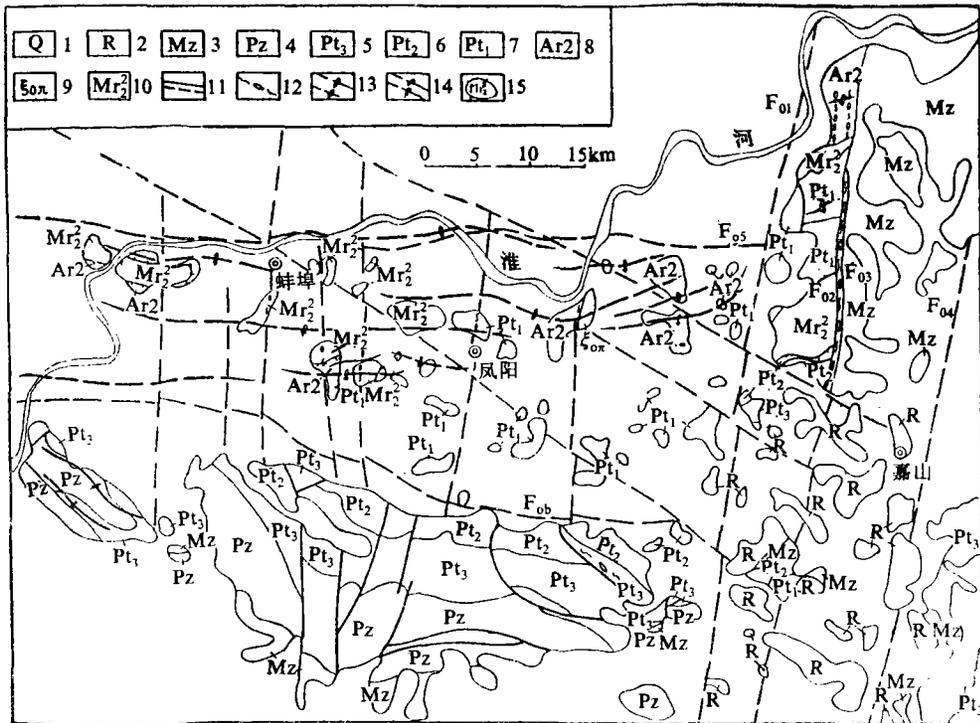


图 1 江淮北部地区构造略图

Fig. 1. Structural sketch map of northern Jianghuai.

1—第四系；2—第三系；3—中生界；4—古生界；5—上元古界；6—中元古界；7—下元古界；8—上太古界；9—石英正长斑岩；10—混合花岗岩；11—实测、推测断裂；12—韧性剪切带；13—实测及推测背、向斜轴迹；14—实测及推测倒转背、向斜轴迹；15—混合花岗岩穹窿

1987~1989年,我们遵循构造—地层学准则,在前人工作的基础上,修测了区内变质地层剖面,重新厘定了晚太古代至中元古代地层;编制了1:10万构造—岩浆岩图,查明了区域构造特征及演化,建立了热—构造事件表。

1. 前寒武纪变质岩系划分

区内前寒武纪地层分布广泛,自青白口系以下皆经受区域变质,但由于多被第四系覆盖,加之构造变形强烈,以及本区东、西部在变质作用上的差别(西部变质深,东部受郯—庐断裂带影响,退化变质明显),给研究带来很大困难,以往对前寒武纪变质岩系划分争议颇大,见下表(表1)。

通过研究,我们发现安徽区调队1976年所建立的五河群实际上包括了从晚太古代、早元古代,甚至含部分中元古代地层,因此应予解体。其理由如下。

1.1 在建群的五河县西垭堆至嘉山县小张庄地区,原五河群下部的西垭堆组与上覆的五河群庄子里组至小张庄组在沉积建造、变质作用、构造变形强度、同位素年龄等方面存在明显差别。西垭堆组下部为变质基性火山岩,夹蛇纹岩,钻孔中见变质超基性岩(阳起石化、蛇纹石化辉石岩等)和基性岩,并夹有玄武质科马提岩(桑宝梁等,1981),厚度>446m;中部为变质基—酸性火山岩,厚度1271m;上部为变质杂砂岩,厚度>425m,组成一个大型的火山—沉积旋回;据岩石学、岩石化学研究成果表明,属绿岩建造^①。变质程度较深,主要矿物组合为普通角闪石—中长石,中长石—石英—微斜长石,普通辉石—普通角闪石等,属铁铝榴石—角闪岩相,混合岩化普遍。中小尺度内褶皱样式以片内无根褶皱极其发育为特征。锆石U-Pb法年龄2650 Ma(664队,1982),其时代应属晚太古代。而上覆的庄子里组到小张庄组由火山复陆屑建造、白云岩型蒸发岩建造、复陆屑建造组成另一个大型火山—沉积旋回;变质程度较浅,主要矿物组合为阳起石—微斜长石—绿帘石,石英—微斜长石—白云母,方解石—白云石—石英—绿泥石等,属绿片岩相,无混合岩化。片内无根褶皱不如西垭堆组发育。庄子里组锆石U-Pb法年龄1914 Ma(664队,1982),K-Ar法1767 Ma,应属早元古代。

1.2 原五河群庄子里组下段岩性与峰山李组岩性一致;而且根据板劈理、牵引褶皱、变余韵律层理等小构造推断,两者实为同一地层单元在东西向大金山复向斜的南北两翼重复出现所致(图2),因此原峰山李组应予废除,而保留庄子里组。重新定义的庄子里组只包含原庄子里组下段的大部分,在庄子里地区岩性以阳起辉长变粒岩、角闪辉长变粒岩为主。原庄子里组上段以白云石大理岩为主,在五河大金山出露最为完整,所以我们新建了大金山组,代替原庄子里组上段。

1.3 312队的航磁验证工作中,在淮河以北的怀远城皇庙,蚌埠以南的凤阳施家洼等地钻孔中揭露了一套变粒岩、角闪斜长片麻岩,夹斜长角闪岩、磁铁石英岩的含铁岩系,在西芦山地表也有少量出露,并据此建立了城皇庙组(312队,1979)。按区域地质、物探资料分析,西垭堆组分布于蚌埠复式背斜的核部,而城皇庙组则分布于蚌埠复式背斜的两

① 312队,1990年,安徽蚌埠—五河地区金矿成矿条件及找矿方向。

表 1 江淮北部地区寒武纪变质岩系划分沿革表
Table 1. Historical review of the division of the Precambrian metamorphic rock series in northern Jianghuai.

界	安徽区调队 (1978)	312队 (1979)	桑宝梁等 (1981)	高焕章等 (1982)	安徽区调队 (1987)	本 文 (1990)
上元古界	青白口系	青白口系	青白口系	青白口系	青白口系	青白口系
中元古界	宋集组	宋集组	宋集组	宋集组	宋集组	宋集组
	青石山组	老青山组	老青山组	青石山组	青石山组	青石山组
	白云山组	殷河组	老青山组	白云山组	白云山组	白云山组
下元古界	殷家湾组	君王村组	殷家湾组	殷家湾组	宋集组	小张庄组
	小张庄组	城皇庙组	大管山组	殷家湾组	青石山组	大金山组
	峰山李组	鲁山组	西烟堆组	殷家湾组	白云山组	庄子里组
	庄子里组	门头城组	马头城组	庄子里组	殷家湾组	城皇庙组
	西烟堆组	门头城组	城皇庙组	小张庄组	小张庄组	西烟堆组
上太古界			蚌埠群	下五河群	五河群	蚌埠群
			上五河群	上五河群	凤阳群	五河群

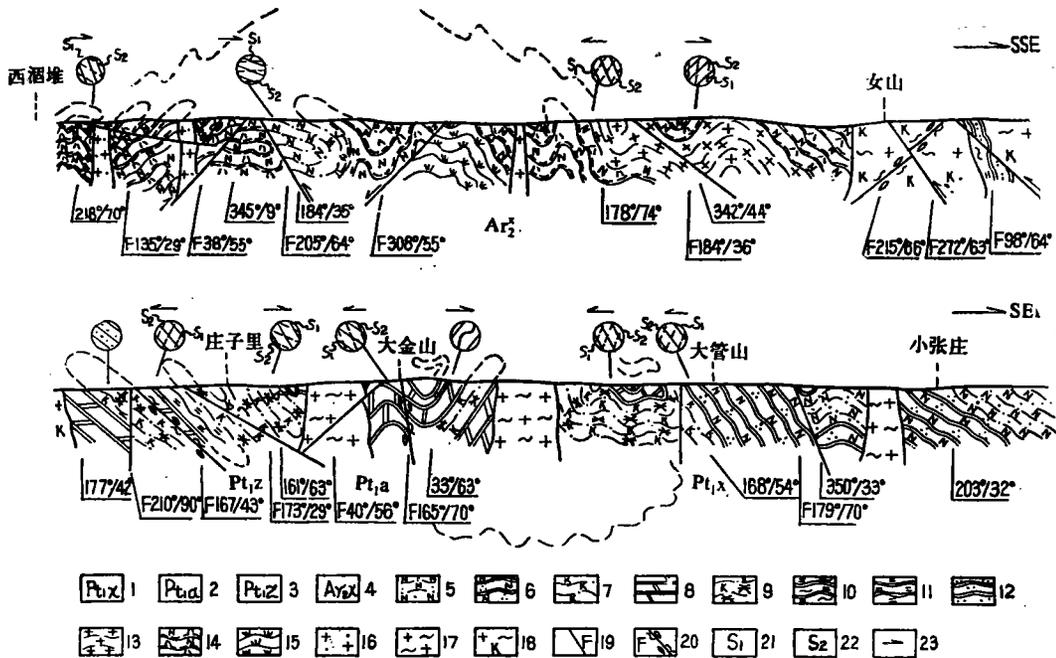


图 2 五河西垆堆—嘉山小张庄早前寒武纪地层—构造剖面图

Fig. 2. Precambrian stratigraphic-structural section of Xigutui—Xiaozhangzhuang.

1—小张庄组；2—大金山组；3—庄子里组；4—西垆堆组；5—浅粒岩；6—长石石英岩；7—钾长浅粒岩；8—白云质大理岩；9—钾长阳起变粒岩；10—绢云绿泥片岩；11—绢云片岩；12—变质砂岩；13—花岗质混合片麻岩；14—角闪斜长片麻岩；15—蛇纹岩；16—花岗斑岩；17—混合花岗岩；18—钾长混合花岗岩；19—脆性断裂；20—韧性断裂；21—片麻理；22—板劈理；23—降向

翼，其层位应在西垆堆组之上，五河群庄子里组之下；白云母 K-Ar 法年龄 1952 Ma。两者同属晚太古代，并据此建立了蚌埠群。五河西垆堆附近未见城皇庙组出露，可能是晚太古代末期蚌埠运动所造成的结果。

1.4 原五河群上部的殷涧组受太和一刘府断裂控制，仅分布于该断裂以南，是一套陆相喷发的基—酸性火山岩建造，代表大陆裂谷早期拉张环境下的产物^①，其中白云母 K-Ar 法年龄为 1650 Ma。凤阳群青石山组含微古植物 *Protosphaeridium* sp., *Lignum* sp., *Polyporata* cf. *obsoleta*, *Taeniutum* cf. *crassum*, 后者见于华北地区蓟县系，因此殷涧组与原凤阳群应同属中元古代，所以我们将殷涧组从原五河群顶部划入凤阳群底部。重新厘定后的前寒武纪变质岩系如表 2。

2. 构造特征

2.1 基本构造格架及主要特点

区域构造线及重力、磁法异常走向皆近东西，反映出区域基本构造格架为东西向，从广义上属秦岭—昆仑东西向构造带东段的北亚带。

前寒武纪变质岩系构造主要特征如下：（1）由太古代蚌埠群绿岩及五河群组成之东

① 涂荫玖，1989，凤阳裂陷槽

表 2 江淮北部地区前寒武纪变质岩系列分简表
 Table 2. Summary of the division of the Precambrian metamorphic rock series in northern Jianghuai

界	群	组	厚度(m)	岩性简述	沉积建造	同位素年龄 (Ma)
中元古界	凤阳群	宋集组	86 } 223	上部含铁千枚岩, 顶部含砾石, 中部千枚岩与变质砂岩互层, 下部千枚岩夹石英砂岩。	复理石建造	
		青石山组	269 } 459	硅质条纹白云石大理岩, 夹含铁石英砂岩。	白云岩型蒸发岩建造	
		白云山组	236 } 490	石英岩, 底部为绢英片岩, 含砾石。	单陆屑建造	
		殷涧组	>291	上部云母石英片岩, 下部绿帘角闪片岩、绿泥片岩, 夹绿帘石岩。	大陆基-酸性火山岩建造	白云母 K-Ar 法 1650
下元古界	五河群	小张庄组	>475	含电气石浅粒岩、长石石英岩, 夹白云母石英片岩。	复陆屑建造	
		大金山组	>214 } 761	白云石大理岩、含石墨, 金云母白云石大理岩。	白云岩型蒸发岩建造	
		庄子里组	>265 } >790	阳起钾长变粒岩、角闪钾长变粒岩, 角闪斜长片麻岩、斜长片麻岩。	火山杂陆屑建造	锆石 U-Pb 法 1911
上太古界	蚌埠群	城皇庙组	>814	上部浅粒岩、黑云变粒岩; 中部角闪斜长变粒岩; 下部角闪斜长片麻岩、黑云变粒岩, 夹斜长角闪岩、磁铁石英岩, 有混合岩化。	碧玉铁质建造	白云母 K-Ar 法 1952
		西塘堆组	>1786 } >2142	上部花岗岩质混合片麻岩, 夹角闪斜长片麻岩; 中部角闪斜长片麻岩; 下部蛇纹岩、阳起石化辉(闪)石岩, 夹斜长角闪岩; 混合岩化强烈。	绿岩建造	锆石 U-Pb 法 2650

西向线状紧闭等斜褶皱, 与其间的中岳期混合花岗岩穹穹共同组成, 形成一幅强应变带与弱应变域的混合花岗岩—绿岩区构造图象。(2) 发育有强烈的构造置换及多期构造变形叠加。可以识别出三期褶皱变形, 即划分为东西向、南北向、北北东向三种构造型式。其中北北东向断裂常常迁就、利用早期形成的南北向断裂, 只有在变质岩系上覆的显生宙地层中, 才形成典型的北北东向构造。(3) 不同尺度的韧性剪切带十分发育。

2.2 三期褶皱构造变形特征简述

2.2.1 第一期 (D₁) 以发育由近东西向的大型线状紧闭等斜褶皱组成的复式背斜为特征, 在靠近郟一庐断裂带处, 走向逐渐转变为北东东向。其主体大致分布在涂山混合花岗岩穹穹的南北两侧, 北侧部分为第四系掩盖, 是根据钻孔和磁法资料推断的; 南侧部分我们

沿用安徽区调队(1976)所用的“蚌埠复背斜”一名,但其含义和内容则有所修改。该复背斜自北向南由:①涂山—临淮关复背斜,②老山—九华山复向斜,③西芦山—板桥复背斜,三个次级褶皱组成。复背斜、复向斜核部分别由蚌埠群、五河群组成。在剖面上,两翼次级褶皱降向指向复背斜转折端,其构造样式属所谓天台式^[2]。这一特征在郟—庐断裂带内,蚌埠复背斜东段的西堍堆至大管山表现最为典型(图2)。

中、小型尺度上所见褶皱样式,则以片内无根褶皱、平卧褶皱广泛发育为特征。本期褶皱(F_1)轴面片理发育,为区域性置换面理。线理 L_1 极为发育,主要有无根、平卧褶皱枢纽。此外,本期褶皱构造特征之一是发育有混合花岗岩穹窿,由西到东有涂山穹窿、西芦山穹窿、老山穹窿、磨盘山穹窿等,反映了地壳较深层次的底辟作用。按其特征又可以分为两种类型(表3):

表3 江淮北部地区两类混合花岗岩穹窿构造

Table 3. Two kinds of migmatitic granite dome structure in northern Jianghuai

类型	构造特征	稀土元素特征	岩石类型	实例
混合花岗岩穹窿	四周为晚太古代绿岩环绕,岩体内围岩残留体多。	球粒陨石标准化曲线,呈平滑右倾凹型。	I型	涂山、西芦山、老山
似披盖混合花岗岩穹窿	北侧为早元古界环绕,南侧为中元古界不整合覆盖,围岩残留体少。	曲线呈“V”型,具明显Eu亏损。	S型	磨盘山

根据磨盘山钾长混合花岗岩的Rb-Sr等时线年龄 1796 ± 9 Ma(桑宝梁等,1979),扶扞李钻孔中城皇庙组的白云母K-Ar法年龄1952Ma,推测本期褶皱发生时间大致在1900~1800Ma,相当于吕梁、中岳运动^[3]。

2.2.2 第二期(D_2) 为中、小型南北向褶皱(F_2),褶皱样式由紧闭→开阔。轴面片理不发育,主要发育在凤阳群宋集组、青石山组柔性地层内;在白云山组石英岩中发育为破劈理。而在凤阳群下伏的五河群、蚌埠群中则表现为南北向韧性剪切带,它们是同一构造作用在不同深度构造层次中的反映。线理(L_2)主要为近南北向小皱纹线理。

本期褶皱仅见于凤阳群以下地层中,其上覆地层中未见其踪迹。此外,根据殷涧组内伟晶岩的钾微斜长石K-Ar法年龄为895 Ma,推测其形成时期大约在1000 Ma,与华北的芦峪运动,华南的四堡运动时代大体相当。

2.2.3 第三期(D_3) 形成晚期东西褶皱(F_3),构造样式为短轴状平缓开阔褶皱,叠加于早期东西向褶皱 F_1 之上,常形成一些背形、向形构造(图2)。以往常将开阔褶皱 F_3 误认为是早前寒武纪变质岩中的基本构造样式,实际上它是 F_3 叠加在 F_1 之上共轴变形的叠加褶皱,甚至在手标本上也可以见到这种褶皱叠加现象。本期褶皱仅影响三叠系及其下伏地层,说明它形成于印支期。

2.3 断裂构造

区内断裂极为发育,按岩石被破坏的力学性质和物理状态,可以分为韧性、脆性,以及介于两者之间过渡类型的脆—韧性、韧—脆性断裂等几类。按方位组合,主要以近东

西向,近南北向两类为主,它们的共同特点是:主要形成于早、中元古代;活动时间长,不同时期的力学性质和剪切位移方向发生多次变更,早期表现为强烈的剪切应变及塑性流变,发育有不同规模的糜棱岩带、片理化带,S-C及L-S组构十分发育,属韧性剪切带^①;印支期以来常有脆-韧性及脆性变形叠加。次级断裂除东西向、南北向者外,还有北西、北东、北北东向几类。以下按断裂方位组合进行叙述。

2.3.1 南北向断裂

规模最大的是著名的郟一庐断裂带,它是我国东部的一条十分重要的巨型断裂带,从本区东部通过,走向NE 5° ~ 10° ,宽15~20 km,自西向东由五河—红心铺断裂(Fo1)、朱顶—石门山断裂(Fo2)、丁冲—石龙咀断裂(Fo3)、紫阳—嘉山断裂(Fo4)四条断裂组成,其中Fo3是Fo2东侧的次级断裂。它们在航磁、重力图上反映为异常密集梯度带,航、卫片上线性影象反映清晰。Fo1与Fo2形成宽5~8 km的韧性剪切带,走向NE 5° ~ 10° ,断面陡倾向东,具有多级组合的特点。大型韧性剪切带由若干近平行的次级韧性剪切带,以及夹于其间应变较弱的透镜状岩块组合而成。

除郟一庐断裂带外,自东向西还有毛山、京山、临淮关—江山、李楼、龙子湖等南北向韧性剪切带,其规模一般宽数十至数百米,长几公里以上。另外,据磁法推断,蚌埠群、五河群中有许多南北向断裂呈近等距分布,间距大致在3~6 km。

据统计,南北向韧性剪切带走向NW 11° ~NE 10° ,倾角变化较大,极密有四组:① NE 3° /SE 32° ,② NE 3° /NW 65° ,③ NE 3° /NW 22° ,④ NE 3° /SE 70° 。①与②、③与④组分别在剖面上组成一对共轭剪切带,五河—红心铺断裂与临淮关—江山断裂间主要发育①、②组,而五河—红心铺断裂以东、及临淮关—江山断裂以西,则主要发育③、④组,它们原始倾角应大致相等,只是由于在喜山期上述断裂的掀斜作用,导致其倾角有规律的变化。

根据糜棱面理上拉伸线理、滑痕线理、a型褶皱枢纽侧伏角大多在 80° 左右,镜下旋转碎斑系及显微褶皱指示右旋。郟一庐断裂带内次级南北向韧性剪切带呈右行斜列,凤阳山区凤阳群在靠近郟一庐断裂带时显右旋韧性牵引,说明南北向韧性剪切带属韧性逆冲剪切带,兼有右行斜冲。印支期至燕山期,南北向韧性剪切带转变为左行走滑性质,据郟一庐断裂带西侧的重、磁异常及中、晚元古代地层界线推断,Fo1左行走滑位移量约40 km,整个郟一庐断裂带累积位移量100 km左右^②是可信的。

荆山、临淮关以及郟一庐带内等处尚见小型南北向断裂切过燕山晚期脉岩,其擦痕及阶步显示右旋,但位移已经很小。

2.3.2 东西向断裂

较大的有怀远—新集断裂(Fo5),太和一刘府断裂(Fo6),皆为隐伏断裂,在重、磁图上反映清晰。它们形成早,在中、新生代活动较强烈。

地表所见较大的东西向韧性剪切带有大金山剪切带、沙庄剪切带、临淮关剪切带、板桥剪切带、小殷家剪切带等。一般宽数米至数十米,长数百米,个别长达数千米。糜棱面理(Sm)多与区域片麻理(As₁)一致,倾角较陡。拉伸线理、滑痕线理、a型褶皱枢纽等侧伏角大多小于 10° 。露头上Sm与剪切带内面理(Ss)交角指向,剪切带内小褶皱轴

① 涂荫玖等,1990,安徽蚌埠—五河地区韧性剪切带及与金成矿作用关系。

② 安徽区调队,1987,安徽省区域地质志。

面倒向，镜下S-C组构、不对称压力影与旋转碎斑系等，都指示东西向韧性剪切带属右旋韧性平移剪切带。

怀远涂山、蚌埠西芦山、五河小溪等地，东西向韧性剪切带内糜棱岩有混合岩化，说明其主要形成时期应早于区域混合岩化作用时期（中岳期）。根据糜棱面理大多平行于区域片麻理，推测其形成于第一期褶皱（ F_1 ）变形的晚期阶段（D. H. W. Hutton, 1980）。形成时应以韧性逆冲为主，印支期转变为右行走滑。南北向韧性剪切带切过东西向韧性剪切带，仅发育于蚌埠群、五河群中；根据它们与南北向褶皱的关系，推测形成于中元古代末期。

据剪切带内有限应变测量及动态重结晶统计结果，上述两类剪切带变形参数如下（表4）。

表4 韧性剪切带应变参数一览表

Table 4. Strain parameters of ductile shear zones

类型	名称	产状	位置	K	$\bar{\epsilon}$	$\sigma_1 - \sigma_3$ (MPa)	$\dot{\epsilon}$ (sec^{-1})
东西向韧性剪切带	大巩山	N 75°E/NW 88°	内部	0.19	0.78	49	1.82×10^{-11}
南北向韧性剪切带	柴渡	N 0°E/E 60°	内部	0.07	1.05	70	6.86×10^{-11}
	雷打山	N 5°E/NW 80°	边部（东侧）	0.16	0.99	62	4.29×10^{-11}
			内部	0.09	1.10	65	5.10×10^{-11}
			边部（西侧）	0.46	0.80	49	1.43×10^{-11}
	大巩山3#脉	N 3°W/SW 77°	边部			30	2.31×10^{-12}
			内部			60	3.43×10^{-11}
毛山	N 2°W/NE 24°	边部	0.50	0.42	39	5.72×10^{-12}	
京山	N 13°E/SE 35°	内部	0.06	0.92	53	2.0×10^{-11}	

表中K—弗林指数， $\bar{\epsilon}$ —应变强度参数， $\sigma_1 - \sigma_3$ —差异应力， $\dot{\epsilon}$ —应变速率

表5 江淮北部地区前寒武纪变质岩系构造序列简表

Table 5. Summary of Precambrian metamorphic rock series structural sequence in northern Jianghuai

构造旋迴	褶皱期	构造变形特征	变质作用	岩浆活动
印支旋迴	第三期	晚期东西向褶皱（ F_3 ），短轴状，平缓—开阔，郟—庐断裂及南北向断裂左行走滑，东西向断裂右行走滑	沿断裂带动力变质	
凤阳旋迴	第二期	南北向紧闭—开阔褶皱（ F_2 ），小皱纹线理（ L_2 ）；南北向韧性剪切带形成	绿片岩相	辉绿岩、伟晶岩
中岳旋迴	第一期	东西向线状紧闭等斜褶皱、片内无根褶皱、平卧褶皱（ F_1 ），轴面为区域置换面理，线理（ L_1 ）发育；混合花岗岩穹窿；东西向韧性剪切带形成	铁铝榴石—角闪岩相	混合花岗岩

从上表看出，上述两类韧性剪切带弗林指数都小于0.5，应变状态为三轴扁椭球状。

2.4 构造序列

综上所述, 结合变质作用及岩浆活动, 本区主要热—构造事件归纳如下表(表5)。

本文蒙 312 队孙嘉定总工程师、安徽区调队毕治国总工程师审阅, 并提出宝贵意见, 在此深表谢意。

3. 参考文献

- 〔1〕 马杏垣等, 1987, 中国前寒武纪构造格架及研究方法, 地质出版社。
- 〔2〕 索书田等, 1987, 我国前寒武纪变质岩的构造特征。地球科学, 12 卷 5 期。
- 〔3〕 李廷栋, 1982, 中国构造运动期序和构造发展阶段。中国区域地质, 第 1 期。
- 〔4〕 郑亚东等, 1985, 岩石有限应变测量及韧性剪切带, 地质出版社。
- 〔5〕 Белоусов. В. В., 1986, Структурная Геология, стр 164—177.

THE CLASSIFICATION AND STRUCTURAL FEATURES OF THE PRECAMBRAN METAMORPHIC ROCK SERIES IN THE NORTHERN PART OF THE JIANGHUAI REGION

Tu Yingjiu, Chen Chengtao and Tang Lianggui

Abstract

The redefined Precambrian metamorphic rock series in the northern part of the Jianghuai region consists in ascending order of the Upper Archean Pengfu Group, Lower Proterozoic Wuhe Group and Middle Proterozoic Fengyang Group. There occurred three phases of folding in them. The E-W-trending linear tight isoclinal folds made up of the Pengfu and Wuhe Groups and the Zhongyue'an weakly deformed migmatitic granite dome in between combine to form the basic tectonic framework of the region. There also occur the E-W-trending dextral ductile strike-slip shear zone and N-S-trending ductile thrust shear zone in the region.