

# 长江—黄河中下游地区的宏观异常 与地壳运动的关系\*

谢 广 林

(国家地震局地震研究所)

## 引 言

1974年7月—10月, 淮河中游出现了大量的宏观异常, 随后虽有所缓和, 但1975年、1976年又相继出现, 特别在1976年7月以后, 已发展到长江、黄河中下游, 包括江苏、安徽、山东、河南、湖北和江西九江一带, 然而却未发生 $M_s \geq 5$ 级的地震, 因此分析这些宏观异常的原因, 对于今后监视地震是有所裨益的。

## 一、概 述

1976年7月—1977年2月期间, 长江—黄河中下游地区的宏观异常约有三万起, 其中以下列四种类型为主:

1. 地下水异常: 约一万起, 绝大多数为井水异常, 主要为水位升降和翻花冒泡。水位突然升降的幅度约0.5米, 个别达3米以上, 甚至漫流或者干枯。翻花冒泡的大小和形式各不相同, 小泡似黄豆, 大花似脸盆, 多呈串珠状出现, 有的象开锅一样。变色变味的形式多样, 有的发出臭气, 有的造成鱼类死亡。水温突然升高以湖北省圻春县张榜公社一口裂隙上升泉井较典型, 水温从 $20^{\circ}\text{C}$ 左右上升至 $41.5^{\circ}\text{C}$ 。一般来说, 井水异常的持续时间为数小时至三、五天, 山东省北部三区的持续时间较长。

2. 动物行为异常: 约一万起, 共有五十余种动物, 其中以感觉器官比较敏锐的蛇、老鼠、黄鼠狼较普遍, 鱼类、两栖类、鸟类和无脊椎动物也屡见不鲜。1976年7月—8月, 老鼠、和鱼的行为异常比较突出; 1976年11月中—1977年2月中, 以蛇的苏醒出洞占绝对优势。

3. 地裂缝: 1976年本区的地裂缝约2000处, 其中有一部分是在老地裂缝的基础上进一步发展的, 它们的走向大多数为北西西, 少数为北北西、北北东和北东东。裂口宽10—20厘米, 个别达50厘米。裂缝长数十米至数百米。怀远、五河、风台、蚌埠等地, 有的北西西向地裂缝断续延伸700米以上。它们主要发育在第四纪沉积物中, 河南省永城县和商城县可见到个别地裂缝切割了基岩。本区地裂缝的发育不受土质、地貌、气候与水文等因素的限制。

4. 火球: 约1000多起。火球的个体小似鸡旦, 大似兰球, 其颜色大多数为红色, 一部分为

\*李学伟同志和武汉大学生物系梁东瑞等五位师生参加收集与整理工作, 借此致谢!

白色、黄色、兰白色,有的先为白色后变为红色。火球上升消失的高度为1至10余米,一部分可达30—40米,多数为单发式,少数为连发式。单发式的每次出现一个,几秒钟至二分钟内消失;连发式的每次出现几个至十多个,持续时间可达四、五分钟。行进路线一般为垂直上升,有的为弧线上升,其中有的在上升过程中发生旋转或跳跃,出现地点的地表有裂缝,但多数看不到明显的形迹。

此外,尚有植物、雾气、响声等。这些宏观异常,除一小部分是由人为因素,或是由动物生理与生活习性、气候与水文、地形与土质等因素引起的之外,绝大多数的异常用这些因素是不能解释的。这些宏观异常,不是各自孤立的,而是彼此紧密地联系在一起,在时间上具有同步性,在空间上具有统一性(详见下节),实质上这是自然综合体(natural complex)变异的各个侧面,並受统一因素的影响和制约。

## 二、宏观异常的基本特征

本区各类宏观异常尽管各自表现不同,但仍可综合归纳为下列几点特征:

1.本区的宏观异常虽然大致连成一片,但不是均匀地散布着,而是相对集中在几个地区。图1表明,潍坊—新沂、菏泽—成武、淮河中游、扬州—海安与鄂东为五个强烈异常区,所出现的数量少者1000多起,多者4000多起和3000多起,总和约占全区域的一半以上,以淮河中游区的面积最大,异常数量最多,潍坊—新沂区次之。

2.各种宏观异常类型时起时伏,呈波浪式的发展,以致每一类型都出现几个异常高峰段,表现为时强时弱的节奏性变化。淮河中游区的地裂缝,1974年7月在河南固始开始发育,然后逐渐发展扩大,9—10月达到高潮,並发展至潢川—息县和寿县—六安等地,11月以后逐渐减弱以至平静;1975年7—8月和1975年12月—1976年元月,地裂缝的发生又出现两次高峰,但强度和范围比1974年9—10月小;1976年8—9月出现一个新的强烈阶段,並发展至漯河—信阳和扬州—海安等地。同样,地下水异常和动物行为异常等,也具有时起时伏的节奏性变化,並在1976年7月以后发展至整个长江—黄河中下游。

3.在1976年8月中至9月中的高峰段,不同地区、不同类型的宏观异常所出现的时间大致同步,不过扬州—海安区的持续时间短一些,只有十多天,其他地区均在二十天以上。在1976年11月中至1977年2月中的高峰段,具有自北而南逐渐落后的现象,山东境内出现在1976年11月中—12月下旬,淮河中游出现在1976年12月中—1977年元月中,鄂东出现在1977年元月下旬—2月中。除山东省外,后一个高峰比前一个高峰持续时间长,数量多,异常强度大,各异常区一天出现的宏观异常最高可达100—500起。

4.上述五个强烈区的面积大小,异常数量和程度,异常的优势类型,发展顺序和历史等均不同。下表说明1976年7月至12月期间,潍坊—新沂区以动物行为异常为主导,地下水异常为辅,其他类型较少;淮河中游区则以地下水异常为主,动物行为异常次之,並有大量的地裂缝和火球。宏观异常类型出现的先后顺序,淮河中游区在1974年9—10月的高峰段之前即以地裂缝为先驱,並以地裂缝的大量发育而达到高峰,又以地裂缝的逐渐减少而完成一个发展阶段;鄂东区1976年8月中—9月初的高峰段之前,火球屡见不鲜,並逐渐增加,然后以地下水和动物行为异常的大量出现达到高峰段。另一方面,这两个区的发展历史也不同,前者为一个老异常区,从1974年7月起开始出现宏观异常;后者为一个新异常区,从1976年6月才开始出现宏观异常。

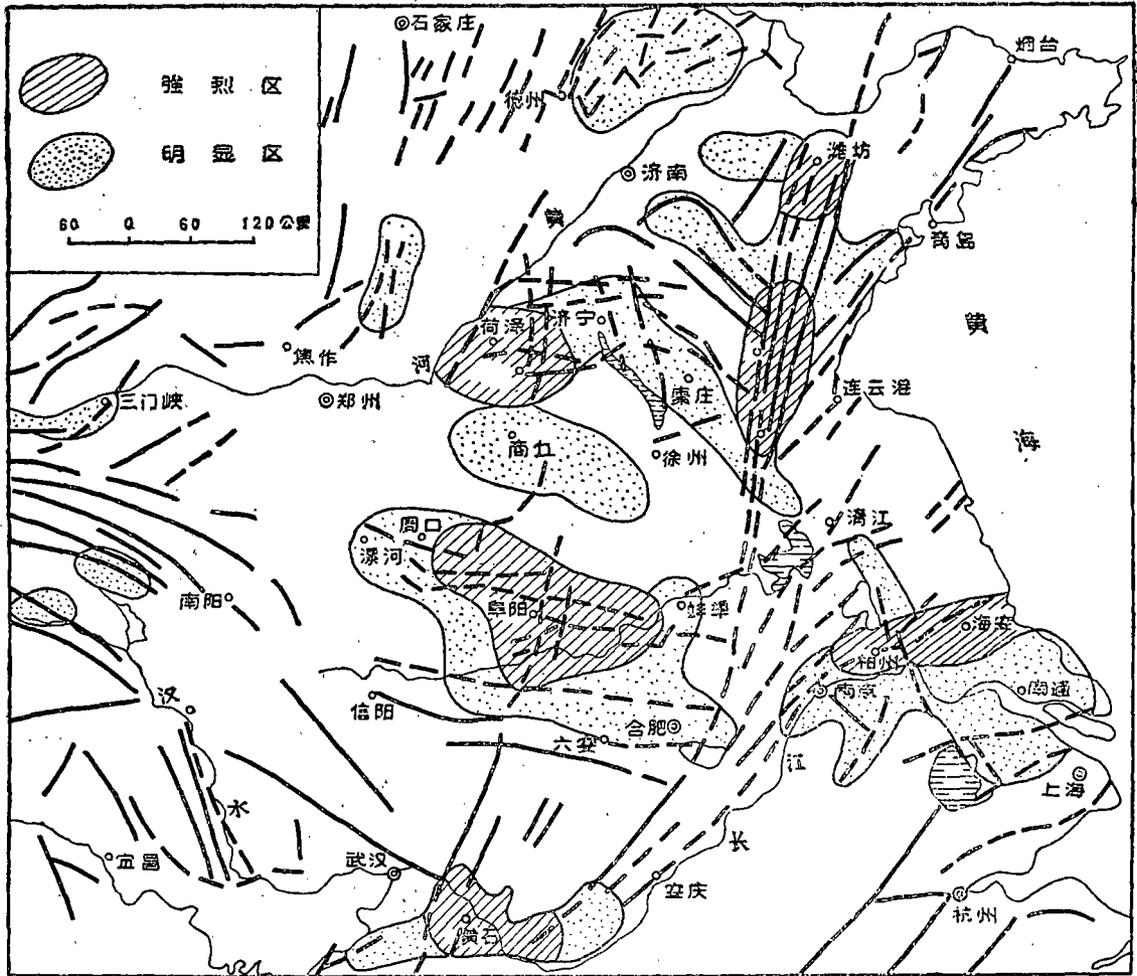


图1 长江—黄河中下游地区主要断裂与宏观异常分布示意图

潍坊—新沂区与淮河中游区的差异

异常区名称	异常总起数	地下水异常比率	动物异常比率	地裂缝火球等比率
潍坊—新沂	3000	40%	50%	10%
淮河中游 (只统计安徽省)	3300	45%	35%	20%

5. 每一个强烈区在不同的异常高峰段, 各有不同的表现。淮河中游区1974年9月—10月的高峰段, 以地裂缝的大面积发育为特色, 伴随较多的地下水和动植物异常; 1975年7月—8月期间, 以地下水异常为主, 动物行为异常和地裂缝次之; 1975年12月—1976年元月, 动物行为异常占绝对优势(60%以上), 地下水异常次之(30%左右)。鄂东区的两个异常高峰段中, 前一个以地下水异常为主, 动物行为异常与火球次之; 后一个以动物—特别是蛇的行为异常为绝对优势, 并在高峰段前后火球屡见不鲜。

### 三、宏观异常与地质构造的关系

本区宏观异常的展布与构造的关系极为密切,主要受下列几个巨型构造带所控制(图1):

1.秦岭纬向构造带东段:分南北两支,南支出现的宏观异常比较强烈,主要集中在大别山北麓淮河中游和扬州—海安区,以地裂缝的广泛发育为特色,而且淮河中游区历时最久。北支的宏观异常比南支少一些。

2.山字型构造:1976年7月以来,淮阳山字型的前弧和东翼反射弧北缘出现了大量的宏观异常,并且具有同步变化的特点。鲁中山字型与此不同,而是在整个山字型构造中普遍出现,以致宏观异常的分布图式呈现山字型的形态。

3.新华夏系构造:宏观异常主要出现在一些北北东向断裂带中,而且火球在其切割的花岗岩、变质岩地区较多。在山东省,北北东向构造与海城地震、唐山地震的相关性密切,宏观异常出现较早,持续时间较长,也比较强烈。

4.北北西向构造:太湖东缘—高邮湖—微山湖一带,有一北北西至北西向断裂带<sup>注①</sup>,地表表现为张性陷落,上地幔隆起2公里。在这个断裂带中,1976年7月以来出现一些宏观异常,但数量比其他构造带少,只有在与其他体系复合部位才比较强烈。

但是,宏观异常并不是平均散布在这些巨型构造带中,而主要出现在比较强烈的活动断裂带,如郯庐断裂带(山东省内称为沂沭断裂带)、聊城—兰考断裂、王老人集断裂、阜阳—风台断裂、丁沟—泰州断裂、沂水断裂等。这些断裂的最新活动造成了宏观异常呈条带状分布。另一方面,两个体系的复合部位或两组活动断裂带的交汇处,往往成为应力的集中地段和应变能的释放场所<sup>[1]</sup>,因此在地壳运动加剧过程中容易引起一系列宏观异常,以致形成了上述五个强烈区。

本区的宏观异常尚具有沿着构造线迁移的现象。山东省内两个强烈区的宏观异常具有明显的相关性,菏泽—成武区的宏观异常不仅持续不断,而且沿两个方向发展,1976年7月地下水异常开始出现,然后一方面沿着聊城—兰考断裂向北北东方向迁移,另一方面沿着一些近东西向断裂迁移至济宁、枣庄和临沂一带,8月中又从临沂沿沂沭断裂带向北北东方向迁移至临朐、益都、潍坊等地。淮河中游区的宏观异常,一般先出现在北北东向的固始断裂、王老人集断裂、口子集断裂与近东西向的合肥—明港断裂、阜阳—风台断裂等的复合部位,而后向东与西两个方向发展。鄂东区的宏观异常迁移图式,先从淮阳山字型的弧顶黄陂—广济一带开始,然后沿东西两翼迁移,东翼发展至安徽省的宿松、太湖等地,西翼顺襄樊—广济断裂自东南向西北发展,到黄石以后又沿一系列北东东向构造(包括斜列式槽地),向西发展到咸宁等地。但是,扬州—海安区的宏观异常却比较固定,向外扩散迁移的现象不明显。

总之,上述现象虽然反映了这些构造的最新活动,但尚不足以说明它们已积累了很大的应变能,因为除了扬州—海安区与菏泽—成武区的边缘,于1976年10月和1977年7月先后发生4.5级和4.8级地震之外,其他三个强烈区的宏观异常均迁移不定,表明应变积累尚不很强大,尚未导致岩层的显著错动和产生大于5级的强震。

注①:南京大学地质系地震地质组:未来苏北大震的地质分析,《构造地震形成的地质条件研究论文集》(铅印本),1978年。

#### 四、宏观异常与地壳运动的关系

宏观异常的各种迹象,往往可作为分析地壳运动的入门,尽管有一些暂时难以作出比较合理的推导,但有一些却比较显明:

##### 1. 一些宏观异常反映了微裂隙的发育:

当地壳运动加剧,介质进入到非弹性变形时,即会产生微裂隙<sup>[2]</sup>。在微裂隙发育初期,由于各水井的地质条件不尽相同,小区域内也不一定有统一的含水层,因此一个区域里的井水异常变化便呈现出多种形式、错综复杂的现象。有的裂隙串通地下承压水层,造成井水水位上升,或者漫流、喷水;有的潜水沿着裂隙流走,造成井水水位下降,甚至干枯;有的气体沿着裂隙逸出,造成井水翻花冒泡。安徽颖上县十八里铺有一口井在翻花时发出咕噜咕噜的响声,山东济宁有一口井逸出的气体可以使人窒息,菏泽有一口井逸出的气体可以点燃着火。一般来说,井水的异常变化可能表明其下有一通道,这个通道,或许是老裂隙的新发展,或许是新发育的裂隙,而当这些裂隙重新闭合或被其他物质充填时,井水的变化就会渐趋稳定,并且恢复正常。

有的微裂隙可能串通地下的油气层,造成一些可燃性气体逸出地表,并在空气中氧化燃烧形成火球。火球的出露地点不一定有明显的裂隙,因为火球的个体较小,某些微裂隙与地表砂土层中的孔隙勾通,也可使可燃性气体逸出地表形成火球。周口—阜阳、扬州—海安和鄂东的一些湖滨地区,第四纪时曾经历过河湖相沉积或海相沉积,有利于沼气的形成,因此这此地方大量出现火球,而且多呈红色。但是,在变质岩、火成岩的一些断裂带中,如郧西和英山等地的许多火球,则可能是地热中的高能离子沿着一些裂隙逸出地表,在空气中达到稳定状态时放出光子而发光,它们的高度较大(30—40米),而且比较明亮。

此外,有些动物的行为异常,例如鱼的浮起昏迷,有一部分可能与气体沿着裂隙注入水中,或者与其他化学元素溶解于水中相关。

##### 2. 蛇在冬天的苏醒可能与地热的逸出有关:

1976年冬,本区蛇的苏醒出洞近2000起,约占1976年7月—1977年2月动物行为异常的五分之一,因此分析蛇行为异常的原因,便成为一个突出的问题。

蛇对于周围环境变化的反应有四大特点<sup>注①</sup>: ①蛇的听觉对地表传播的振动极为敏感,能感觉10多米至60米外人走路时的轻微振动;②蛇的嗅觉对空气中化学成分的变化特别敏锐,能搜集空气中微量的化学变化;③有的蛇对气温变化极为敏感,能察觉周围气温0.003℃的变化;④蛇是一种变温动物,体温与周围环境的温度大致协调,但只有一定的适应范围,当温度太高(45℃—50℃以上)或太低(10°—0℃以下)时,蛇就会进入昏迷状态,甚至死亡,因此栖息在温带和北亚热带的蛇,冬天都有入眠的习性,而入眠与复苏的临界温度一般在日平均气温10℃左右。蛇的四大特点是它的机体生理所决定的,而周围环境引起蛇行为异常的原因却很多,其中地壳运动加剧,地表发生轻微振动,地球化学发生微量变化,地热沿着裂隙微量逸出等,也是引起蛇发生行为异常的重要因素。

水赤链游蛇、红点锦蛇和蝮蛇等的冬眠期,在长江中下游从十一月上旬开始至翌年三月初,在黄河中下游从十月中下旬开始至翌年三月中下旬,历时四、五个月,而1976年11月中一

注①: 武汉大学生物系动物研究室地震研究组: 蛇类的生活习性及其与地震关系的初步分析(油印本), 1977年。

1977年2月中却发现它们大量出洞,这完全是违反其机体生理的行为异常。湖北蒲圻县日平均气温(山东、河南与皖北的日平均气温远比此低)与本区蛇行为异常的对比表明(图2):

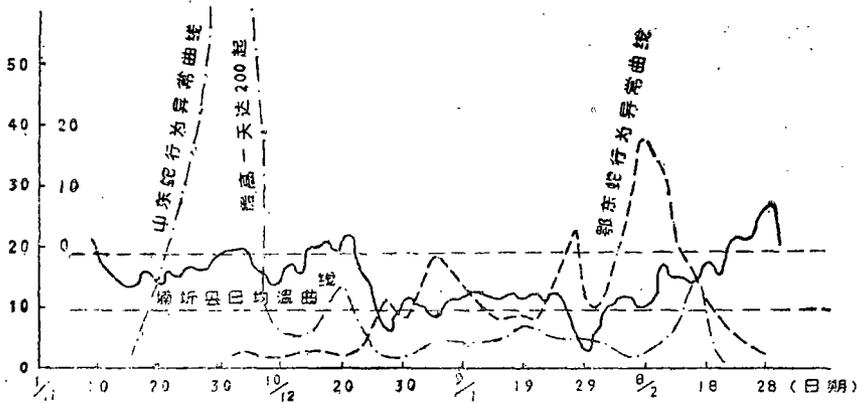


图2 1976年11月—1977年2月山东鄂东蛇行为异常与蒲圻县日均温对比图

①11月中下旬当气温下降至 $10^{\circ}\text{C}$ 以下时(山东省当时的日平均气温在 $0^{\circ}\text{C}$ 左右),山东的蛇大量出洞,最高一天发现200起,而湖北尚未发现。②12月中旬气温有所回升,蛇很少出洞。③12月下旬至翌年2月中,气温激剧下降,大雪纷飞,为这个冬天最寒冷时期,武汉极端最低气温在 $-14^{\circ}\text{C}$ 以下,但淮河中游和鄂东地区的蛇却大量出洞,并且常被冻僵冻死。④2月下旬天气回暖,蛇出洞逐渐减少,到2月底几乎极少发现。显然,蛇的出洞恰好与气温的升降成反比。

武汉大学梁东瑞等对水赤链游蛇进行解剖,发现1977年元月底冰天雪地时期出洞的雄性蛇,尚有脂肪10克,占体重的8.1%,若按雄性蛇冬眠期四个半月需要消耗脂肪总量50.7%推算,则过去冬眠三个月已消耗5.1克,今后一个半月还需要2.55克,实存脂肪7.45克,占刚刚入洞时脂肪量的49.3%,占出洞前体重的6.1%,已足够出蛰后长精巢的消耗,而且胃内还有少量未经消化的鱼残骸,更加说明完全适应蛇的生理需要,不必出洞喝水觅食,以致在严寒下冻僵冻死。

再联想到蛇大量出洞的地方,多数与活动断裂带一致,因此是否可以认为,在地壳运动加剧时,地热与某些化学气体沿着一些裂隙微量逸出,而有些裂隙恰好与蛇入蛰的洞穴勾通,致使洞穴中的温度升高,化学成分发生变化,和蛇的苏醒出洞。

### 3. 地裂缝的发育可能与近东西向的压应力作用有关:

本区的地裂缝受几个主要构造带的控制:①纬向构造带的南支为地裂缝的主要成生地带,北支次之;②新华夏系的北北东向断裂带,如沂沭断裂带、固始断裂和王老人集断裂,地裂缝也比较发育;③北北西向的湖区断裂带也出现一些地裂缝。

在纬向构造带南支,1974年的地裂缝具有疏密的带状分布:①北带:从息县的夏庄经淮滨南部、固始北部、霍丘北部至寿县境内,大致位于淮滨隆起轴部与淮河破碎带中。②中带:潢川中部,经固始中部至霍丘中部,大致在合肥—明港断裂带附近。③南带:从潢川南部、经商城、金寨北部,固始、霍丘南部,至六安县内,位于新生代沉降与隆起的转折带上。这三个带均呈近东西向至北西西向展布,每带宽15—20公里,带内地裂缝比较密集,两带之间比较稀少。

地裂缝的形态特征、规模大小和细微结构等，反映了不同走向的力学性质各不相同，但同一走向的从1974年至1976年基本上都保持着相同的力学性质。①近东西至北西西向：走向 $270^{\circ}$ — $300^{\circ}$ ，裂缝宽阔，宽10—50厘米以上，常追踪利用北北西和北东东向两组，呈锯齿状延伸，并在两个方向的转折处形成相对开阔深陷的张裂点，有些地方在主干地裂缝两侧发育一些侧裂，甚至形成杏核状结环或在其尾部出现分叉现象(图3)，表明它们属于张性开裂。

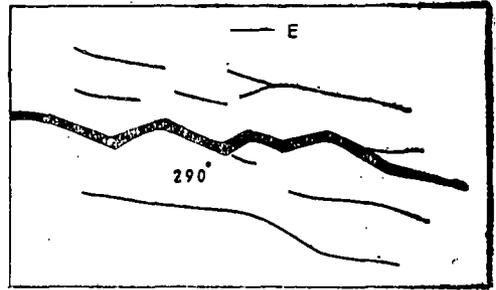


图3 安徽怀远新集的北西西向地裂缝及其侧裂与分叉现象

②北西至北北西向和北东至北东东向：走向 $325^{\circ}$ — $350^{\circ}$ 和 $50^{\circ}$ — $80^{\circ}$ ，裂缝平直细小，宽1厘米左右，但当被北西西向追踪时显得比较宽阔。常呈雁行排列，甚至出现疏密的韵律变化或羽裂现象，有些地方还可见到菱形结环或折尾现象(图4)，显示出它们为一对共轭的扭性裂隙，但前者兼具张性，并在山东省内较为多见。

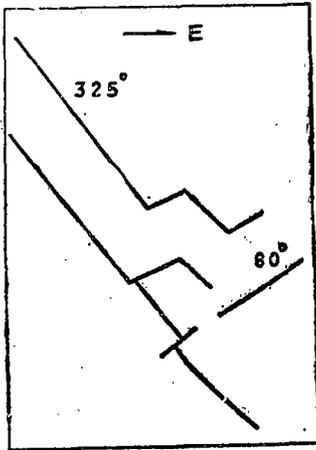


图4 安徽颖上六十里铺的北西、北东向地裂缝及其折尾现象

③北北东向：走向 $10^{\circ}$ — $30^{\circ}$ ，比较少见，裂缝细小，一般宽数毫米，呈舒缓波状延伸，

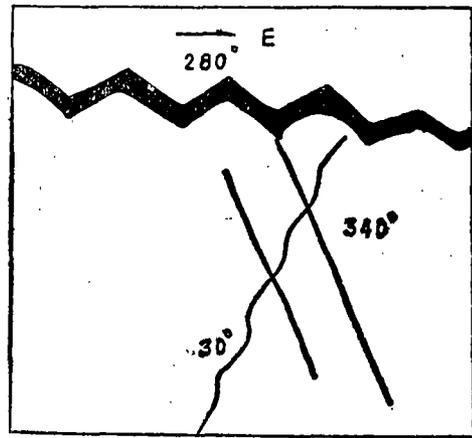


图5 安徽蚌埠的北北东向地裂缝呈舒缓波状，并切割北北西向地裂缝，而被北西西向地裂缝所限制

④北北东向：走向 $10^{\circ}$ — $30^{\circ}$ ，比较少见，裂缝细小，一般宽数毫米，呈舒缓波状延伸，

有些地方呈S型的雁列式，有些地方虽切割了北北西向的扭性地裂缝，但被北西西向的张性地裂所限制(图5)，这不仅表明它属于一组压性为主兼具扭性的裂缝，而且其成生序次比前三组晚一些。

综合各组地裂缝的力学性质、配套情况及其与老构造的关系，可以明显看出，本区的地裂缝是地壳运动加剧过程中的一种产物，是属于构造地裂缝，并在北西西—南东东向至近东西的压应力作用下成生的。

4. 各种宏观异常现象表明地壳运动尚不十分强烈：

①井水异常没有明显的优势形式，升降异常与翻花冒泡各占40%左右，尚有20%的其他

异常形式。升降异常的幅度一般较小(山东省北三区除外),空间上没有一定的升降异常图式,有些地方虽呈条带状分布,但在同一条带中也具有升降异常等多种形式,说明岩层尚未发生大规模破裂,以致在平面图上显得杂乱无章,没有一定的规律,没有达到地震前井水异常的理想图式〔8〕。

②动物个体的行为异常程度尚不强烈,一般只表现为惶惶不安、慌乱逃跑、成群出现或者浮起,而极少发现悲叫,迟呆,敌对动物互不咬吃或者死亡等现象;作为强震临震标志的大牲畜极少发现,而以一些感觉器官比较敏锐的穴居动物(蛇、老鼠、黄鼠狼等)和水生动物(鱼)为主。显然,本区动物行为异常虽反映了地壳运动的加剧,並表明地球物理和地球化学的一些变化〔4〕,但其变化量尚不大。

③地裂缝两侧的位移不明显,个别虽有所显示,但最大垂直错距2—3毫米,最大水平错距1厘米,而且地裂缝的深度一般为3—5米(用竹杆测量),说明除表层的松散沉积物外,介质仍处于弹塑性的变形阶段,而未发生急速的破裂错动,应力降以平稳缓慢的形式进行,实际上这是一种蠕动的量变过程,尚没有达到质的变化,因此微裂隙与地裂缝虽较发育,但没有出现 $M_s > 5$ 级的强震。

④本区火球的两种成因与其他成因假说比较,尚不足说明地壳运动十分强烈,因为压电说、深层水流动说、超声波激发说等〔5〕,都建立在地壳激烈变动,应力强烈集中和突然降落的基础上,而大气电场强化造成放电发光形成的火球地光,则在大震前地电已有激烈的增强,但现有的地电资料表明,近几年本区的电场没有激烈增强,长趋势变化也不大,大量出现火球的黄梅县、龙感湖等地的土地电最大变化幅度只有2—4微安。

总之,本区的宏观异常虽反映了地壳运动的加剧,但事物的另一面又说明地壳运动尚不十分强烈,应力降尚未从平稳缓慢的形式转变为突然降落的形式,因此並未产生强大的破坏性地震。

## 五、几点认识

1. 1976年前后,本区广泛出现宏观异常,这是自然综合体变异的各个侧面。一般来说,区域性自然综合体的异常变化,和构造地震、断裂、褶皱一样,都是地壳运动的一种反应和表现。

2. 本区的宏观异常已初步形成五个强烈区,反映了地壳运动加剧过程中,地应力在这些地区的初步集中,但各强烈区的宏观异常特点表明,地壳运动尚不十分强烈,应力集中地段尚未造成岩层的显著错动,应力降仍以平稳缓慢的形式进行。

3. 一个强震总要经历一定的孕育时间,有的长达几年至十多年以上,因此在地震孕育过程中,地壳运动加剧並引起一些宏观异常现象是可以理解的。但是,这不等于说所有的宏观异常都与地震联系在一起。有时地壳运动加剧到一定程度就缓和下来,或者以其他形式释放应变能,因此虽有宏观异常现象却不产生强震。

4. 海城、和林格尔、唐山、松潘等许多地震的经验表明,不同地震序列,主震以前宏观异常的持续时间各不相同。一般没有前震序列的主震余震型和孤立地震,宏观异常的持续时间短,发展速度快;具有前震序列的主震余震型和震群型地震,宏观异常的持续时间长,发展速度慢。因此在监视本区的地震活动时,除了密切注意宏观异常的一般特点之外,尚需密切注意不同地震序列的宏观异常特点。

(下转第36页)

中国大陆。根据该区江苏高邮、浙江杭州、安徽合肥、金寨、安庆、屯溪、阜阳、蚌埠、福建福州、广东河源、阳江、广西桂林、云南通海、四川米易、松潘、江油、会理、渡口、甘肃武都、礼县等台视电阻率年变化幅度都是东西向或接近东西向最小。所以，该区应力场的方向应为东西向或接近东西向。

我国三大应力区的分界线对应着两个主要地震带，即：

1.  $102^{\circ}$ 左右分界线 此线为中国西部和中国东部应力区的分界线。划分此线的主要根据是甘肃山丹，四川康定、会理、云南楚雄一线以西的视电阻率年变化幅度为南北向最小，而这一线以东为北东向或东西向最小。所以，应该从此划分一条分界线，大约为东经  $102^{\circ}$  左右。

2.  $35^{\circ}$ 左右分界线 此线为中国东部的南北两应力区的分界线。主要根据该线上山东临沂、河南郑州、安徽淮北、灵璧、嘉山、陕西西安、宝鸡、甘肃天水、洛门、通渭、兰州、刘家峡、临夏等台视电阻率年变化幅度都是南北向最小，与南、北两区视电阻率年变化最小方向不一样。所以，应该从此划一分界线，大约为北纬  $35^{\circ}$  左右。此线往西还延至何处现在无法确定。

上述结果说明，地下岩石视电阻率年变化主要是由周期性地应力年变化所引起，这种应力场迭加在大陆块体运动的应力场之上而被改变了方向。因为前者量级比后者要小得多，但后者在一年内的变化量又比前者小。所以，周期性地应力场不会被使大陆块体运动的应力场所掩盖。因此，地下岩石视电阻率年变化的方向反映了应力场的方向。采用同点三向等极距视电阻率年变化法就可以测定当时当地应力场的方向和各应力场的边界轮廓，为台站合理布局提供理论根据，为地震预报提供发震的应力场背景；和其它测量应力场的方法相比，它具有方法简单，成本低廉，效率高等优点。如果在两极值时间里开展流动测量是大范围内普查应力场的快速方法。

### 参 考 文 献

1. Э. Н. Пархоменк: Электрические свойства горных пород, 1965.
2. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых, 1976.
3. 阿德里安·夏德格著：地球动力学原理，科学出版社，1977。
4. 阚荣举等：我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨，地球物理学报，1977，第二期。
5. 地壳应力状态，地震出版社，1978。

(上接第62页)

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 李四光：关于地震地质工作的几点意见，地震学报，科学出版社，1973年。
- [ 2 ] 牛志仁：构造地震的前兆理论，地球物理学报，第21卷第3期，1978年。
- [ 3 ] 天津市地震局地震处、北京市地震队：地下水与地震，地震出版社，1976年。
- [ 4 ] 中国科学院生物物理研究所地震组：动物与地震，地震出版社，1977年。
- [ 5 ] 徐好民：地光成因的讨论，地震战线，第2期，1977年。