

林县小震活动特征 及与邢台地震活动的关系

吕梦麟

商宏宽

(河北省地震局邯郸中心台)

(地震出版社)

摘 要

林县小震活动具有频度高,起伏大,韵律性强;震级小,震源浅,烈度高,活动范围小,b值高,子序列衰减快,全过程持续时间长,Q值偏低,类型多样等特点。其频度变化与邢台强震区地震活动的频度变化十分吻合,且滞后5—20个月,证明了林县小震活动是受邢台强震区地震活动的诱发而形成。因其活动总滞后于区域地震活动,所以不宜作为监视地震的“震情窗口”。最后,概要地论述了林县小震区的地质环境,认为林县盆地是一个以任村—桃园断裂为主控断裂的、向东伸展的破碎滑脱体。并从构造、岩石组成及深层承压水活动等方面对诱发条件进行了讨论。

一、序 言

记录较完整的林县小震活动始于1966年的4—5月份,到12月份活动水平增强,1967年初达到高潮。在以后的时间内,频度虽有起伏,但总的水平较低,到1982年再次出现高潮,其峰值水平几与1967年相当。林县小震活动在历时近20年的时间内,便在二百余平方公里的面积上,发生了万余次微小地震,其活动时间之长,分布范围之小,频度之高是十分罕见的。

林县小震活动出现在邢台强震群及其余震活动的背景上,具有频度高、震级小、震源浅、烈度高等一系列与水库诱发地震极为相似的特点。在讨论中,针对林县小震频度的变化特征,探讨了与邢台大震的可能关系,对林县小震活动区域的地质条件、岩体性质等也做了阐述。

本文所用林县地震震级($M_L \geq 0$ 级)和频度资料,取自河南省地震局1984年编的《林县地震目录》(1967—1983年,第一、二册)。由于该目录只给出 $\bar{S} - \bar{P}$ 时间,有关震中参数则是从《中国东部地震目录》(1969—1983年)和有关报告中摘抄的。地震震级未加注明者,一般均指近震震级 M_L 。

二、林县小震活动特征

林县地区历史上没有破坏性地震的记载, 1830年河北磁县及1937年山东菏泽两次大震对本区都有较大的影响。据河南省地震局杨向东面告, 1830年磁县7.5 (M_s) 地震后, 林县曾有过地震活动。但由于缺乏史料, 对其活动的频度、强度和持续时间等具体情况, 无法考究。据林县文化馆记载, 1954年林县地区曾发生过数次有感地震。同时, 据河南省地震局资料, 1965年秋, 林县发生过一次4.0级地震。从上述有关资料来看, 林县地区历史上是一地震活动区, 年活动水平不高。那么, 从1966年末一直延续至今的林县地震活动, 具有那些特点呢?

1. 频度高, 起伏大且韵律性较强

林县地震活动从1967—1983年, 据横水台记录的 $\bar{S} - \bar{P} \leq 3$ 秒的地震共有 12287 次, 其中 0—0.9 级的 9492 次, 1.0—1.9 级的 2632 次, 2.0—2.9 级的 141 次, 3.0—3.9 级的 15 次, 4.0—4.9 级的 6 次, 5.0 级以上的 1 次。释放的总能量相当于一个 6.0 级地震。

由表1和表2得知, 在17年的204个月中, 就有24个月其月频度超过百次, 最高为650次/月; 日频度超过20次的有104天, 最高达123次/日, 频度之高十分突出。 $\lg N - t$ 曲线(图1)和表1还可看出, 林县地震月频度的起伏变化较大, 1974年的2月和1977年的4月, 月频度为“0”。在这忽高忽低的变化中, 显示出一定的韵律性, 即每隔15—25个月为一变化周期。邢台地震月频度变化亦有类似的特点。

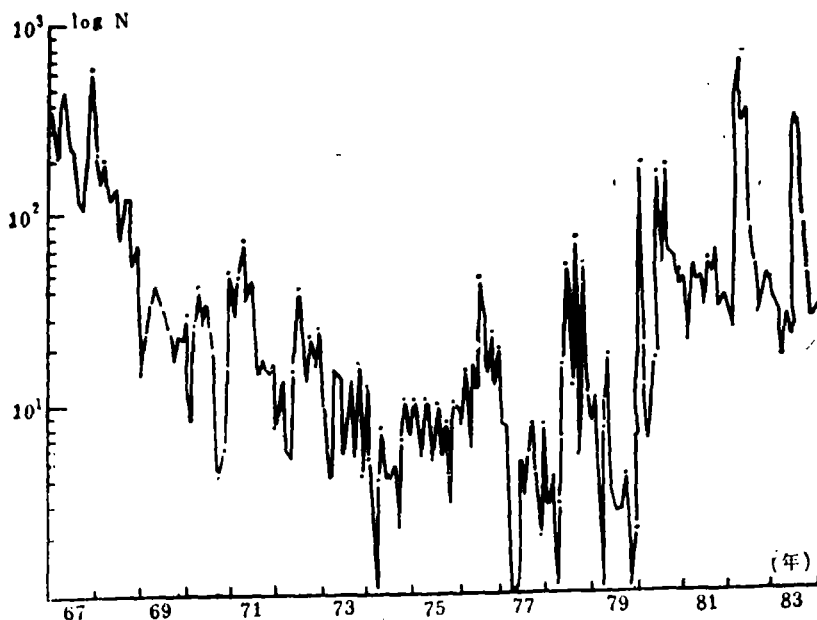


图1 林县小震活动的 $\lg N - t$ 图

表 1 林县地震逐月频度统计表

月 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年计
1967	461	226	416	435	523	377	304	262	122	108	301	650	4185
1968	241	151	195	151	118	122	76	115	116	55	73	12	1425
1969	23	28	37	39	43	36	33	27	26	16	23	22	353
1970	32	8	26	45	25	37	26	20	4	6	17	52	298
1971	25	49	76	37	41	47	24	13	15	13	15	8	363
1972	8	13	6	5	25	40	30	16	12	23	15	25	218
1973	10	4	14	13	12	8	7	13	7	15	4	13	120
1974	5	0	4	8	5	3	5	2	7	11	7	7	64
1975	11	5	5	12	10	5	10	5	8	3	10	9	93
1976	8	15	6	16	12	15	31	15	24	14	21	8	215
1977	8	7	1	0	5	3	6	8	4	2	8	3	55
1978	4	1	3	7	17	55	13	74	5	59	12	8	258
1979	11	1	8	19	3	2	2	2	4	1	2	7	62
1980	6	197	13	6	18	160	48	300	60	58	43	39	948
1981	44	21	28	53	43	44	32	57	43	66	30	34	495
1982	27	23	514	599	248	334	80	56	26	30	47	43	2027
1983	35	28	16	27	21	251	291	244	83	50	29	30	1108

表 2 林县地震日频度统计表

天 数 地 名	日频度(次)	<10	10—19	20—29	30—49	50—70	71—99	≥100
林 县		5902	203	58	30	11	3	2

2. 活动范围小、震源浅、烈度高

如果按不同的 $\bar{S} - \bar{P}$ 时间统计频度, 发现林县地震活动绝大部分展布在距横水台 $\bar{S} - \bar{P}$ 为1.2秒的范围内(图2)。即或在如此小范围内, 地震的分布也十分不均, 主要集中在采桑——林县城关和采桑——横水东, 略呈北东和北西西两个条带。分布面积仅二百余平方公里。

林县地震以震源浅、烈度高为其特征。除1980年8月2日5.1级地震震源深度为19公里外, 林县地震的震源深度99%以上均小于10公里, 大部分在3—7公里之间。而烈度却异常高, 1级地震就有地声, 1级以上就有动感, 3级以上就可造成破坏。如1975年4月20日和4月22日林县城关附近相继发生的3.6级和4.3级地震, 震源深度仅4公里。前者震中烈度为5度, 后者达6度强。4.3级地震除造成600余间房屋损坏外, 还导致了高3—4米、宽2—

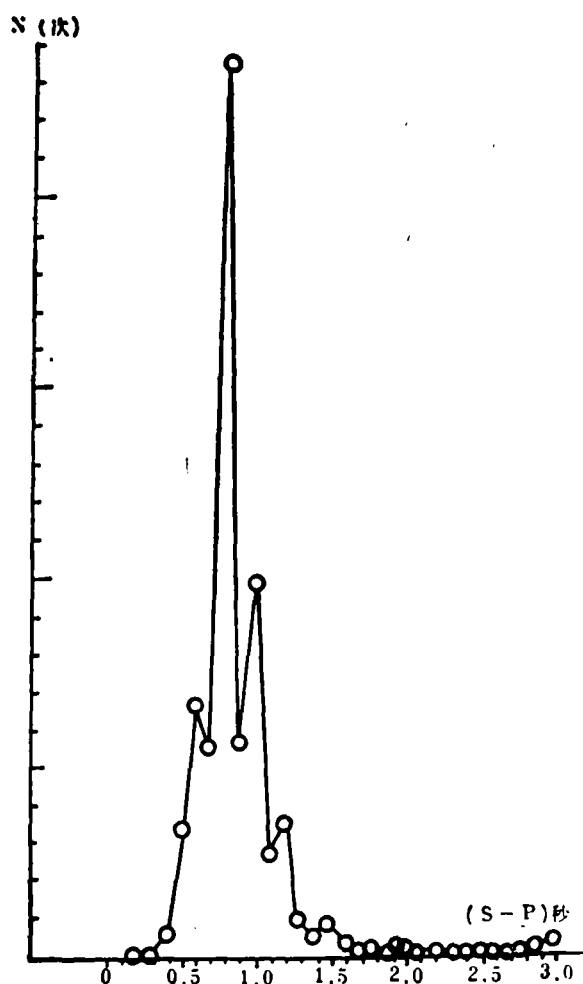


图2 $\bar{S}-\bar{P}$ 不同情况下N的分布

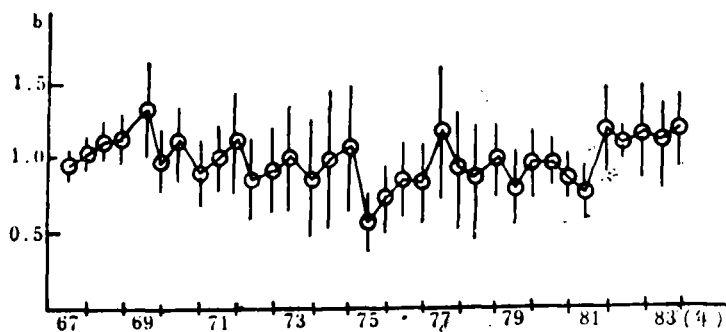


图3 林县小震半年b值变化图(竖杠为误差范围)

3米、长达数百米的土崖塌落以及地面裂缝、田埂垮塌、巨大孤石滚落等表示重力地质现象^[1]。

3. b值高, 衰减快, 全过程持续时间长

在频度与震级的关系式中, 系数b是表征大小地震比例的一个重要参数, 它取决于震源区的介质性质和岩石的力学结构。我们对林县地震序列用最大或然率法每隔半年求出一个b值图(3), 其平均b值为0.99, 较华北地区的b值高, 具小震群型地震特征。

林县地震序列是由许多子序列组成的。就单独一个子序列而言, 序列衰减很快, 少者数小时, 多者亦只几天时间。然就林县地震活动的全过程, 虽已持续了近20年, 但活动仍未完结, 表现出具有旷日持久活动的长期性特点。

4. 类型多样, Q值偏低

林县地震活动是由众多的震群型、主震型和孤立型的子序列组合而成。地震类型的多样性反映出震区地质构造条件的复杂性和介质的不均一性。

Q值是描述传播介质对地震波吸收大小的量, 通称介质品质因子。Q值的大小反映出介质吸收能力的低或高, 传播能力的强或弱。我们依据陈运泰等人给出的中小地震P波初动半周期极小值和震源距与品质因子的比值关系的理论曲线^[2], 利用邯郸无线传输台网各子台记录到的林县几次2.5—3.4级地震, 近似地计算了林县地震区的Q值(表3)。得到的平均Q值为471, 略低于普瑞斯对地壳

平均Q值500—600的估计^[3]。它说明震区介质具吸收能力较高、传播能力较弱的特性。

三、林县地震活动与 邢台地震活动的关系

图4描绘了邢台和林县地震月频度变化曲线。从二者的对比中发现频度峰值的呼应关系十分醒目。表4显示二者的呼应关系更

表 3 邯郸传输子台记录测定的林县地震Q值

路 径	Q 值
邢台	620
永年	521
林县—武安	481
涉县	445
磁县	286
平 均	471

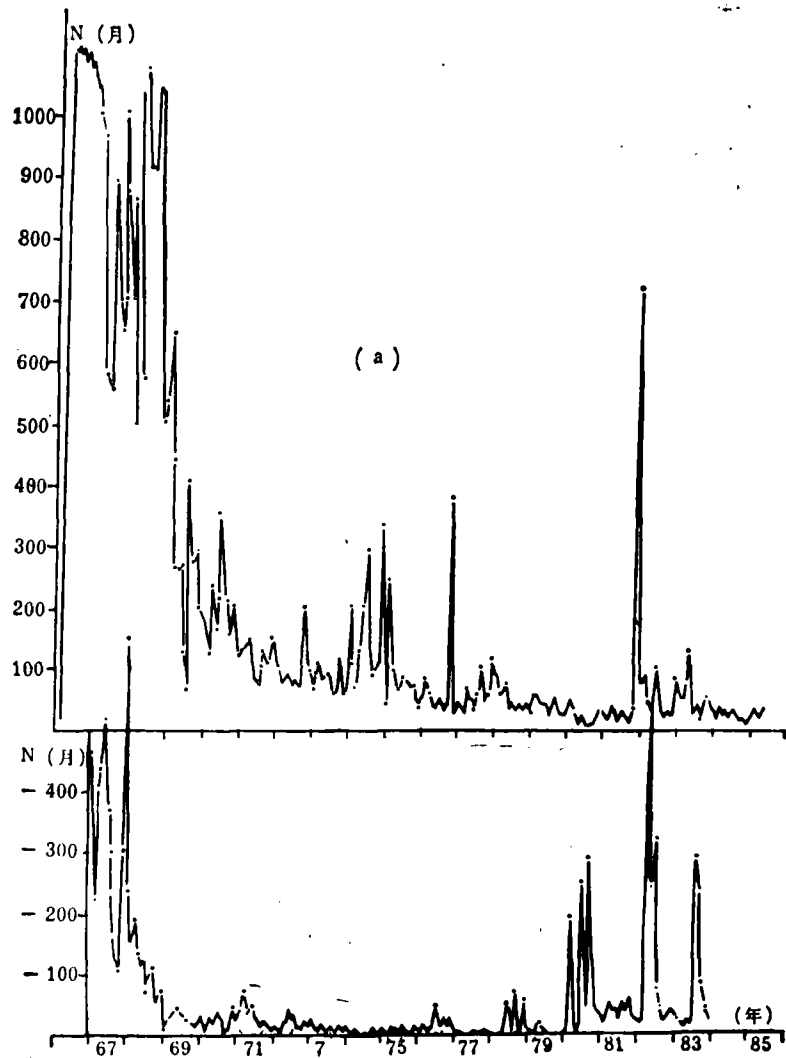


图4 邢台(a)林县(b)的地震月频度曲线对比图

为清楚，而且各自的峰与峰的间隔时间也遥相对应。峰与峰的间隔时间二者均在15—25个月之间，平均为18个月。这突出地反映了它们有相似的韵律性，只是林县的峰值约滞后5—20个月不等。这种呼应关系说明，林县地震活动的频度是随着邢台地震活动频度的变化而变化，显示出林县地震的形成与邢台地震活动可能有关。最近，唐铭麟等人在研究唐山大震与辽西地震关系中，也指出了这一点。唐山大震后，辽西地区小震频繁发生，并且在强度和频度上二者同步起伏，只是辽西滞后仅一个月。这种特殊的呼应关系一直延续到唐山地区无大

表 4 林县与邢台地震月频度峰值呼应关系

邢台出现峰值时间 (年) . (月)	峰值间隔时间 (月)	林县出现峰值时间 (年)、(月)	峰值间隔时间 (月)	林县峰值滞后时间 (月)
1966 3—5	25	1967 4—5 1967 12	17—24	13—20
1968 5—7		1969 5		13
1969 4	10	1970 4	11	12
1970 6	14	1971 3	11	9
1971 11	17	1972 5	14	6
1972 9	10	— —	—	—
1974 11	26	1976 6	—	19
1976 10	23	1978 8	26	22
— —	—	1980 6—8	23	—
1981 11	—	1982 4	21	5
1983 4	17	1983 7	15	3

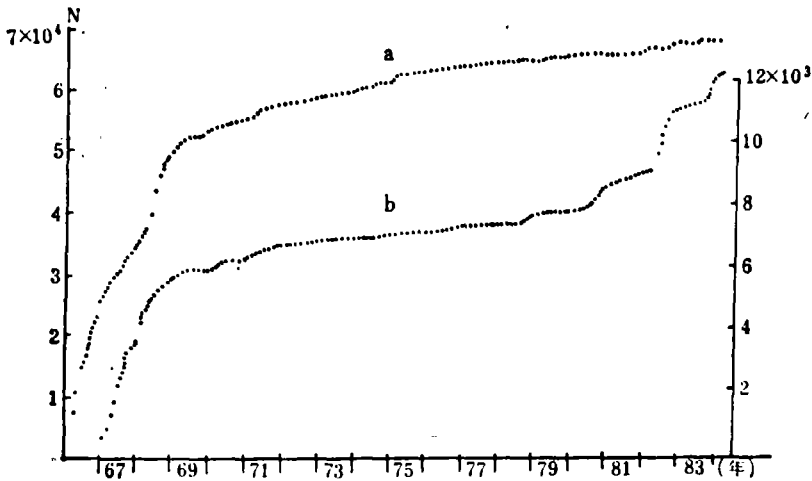


图 5 邢台 (a) 和林县 (b) 的地震月频度积累曲线

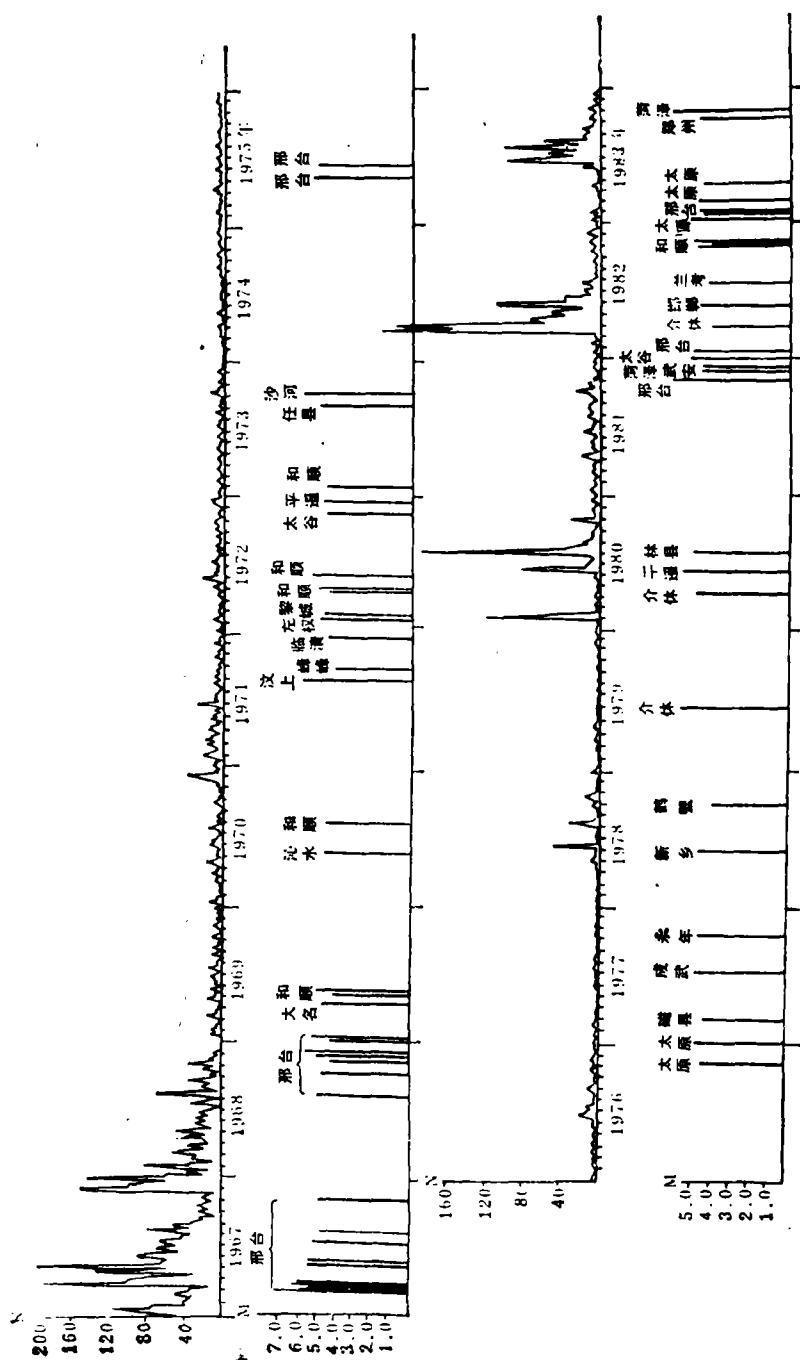


图6 林县五日累积频度与邻区地震活动对比图

于5级以上的余震为止。唐铭麟等人把唐山地震的余震活动引起的辽西小震密集活动,称之为唐山地震的广义余震^[4]。由此,林县地震与邢台大震及其余震活动的内在联系又得到了旁证。

图5为林县和邢台的地震月频度累积曲线,该曲线揭示了二者年变化的长趋势是一致的。这种一致性说明了它们内在联系的密切程度。同时,由计算得出的林县地震月衰减系数1.06和年衰减系数1.53这一结果,与王泽皋计算的邢台月、年衰减系数1.09和1.51甚为一致^[5]。为了进一步从量的方面研究它们之间的相关性,计算了林县月频度与邢台月频度的相关系数和邢台1966—1974年与林县1967—1975年的年频度相关系数,二者的相关程度都是显著的。

上述资料表明,林县地震的发生发展是与邢台地震活动有着某种联系,就频度变化特征而言,林县地震活动可能是受邢台大震及以后发生的强余震的不断诱发而引起的。李兴才等从力的角度提出和解释了大震触发邻近地区震群活动的可能性^[6]。我们则从频度变化的关系上为大震触发震群活动提供了依据。因此可以认为,一个大地震的强余震,特别是晚期强余震,也应在已触发的震群活动区再次触发小震活动,这点至关重要,因为这是验证震群活动由大震触发的很直观的表现。

邢台地震活动已整整持续了20年,继1981年发生M_s5.8级晚期强余震后,1982年3月起林县地区就开始了又一次小震活动高潮;而于1985年11月30日再次在邢台发生了M_s5.3级地震之后,可以预料,在今后的一段时间内,林县地震活动水平也将相应出现一个增高的现象。

上面仅就林县地震频度变化特征,阐述了它与邢台地震活动的关系,但对能否把林县地震频度变化作为一个“震情窗口”,即林县地震月频度出现高峰值之后,在一定范围内(≤ 200 公里)将发生中强地震的观点^[7],尚未讨论。为了考证林县频度与外围地震活动的关系,我们绘制了林县地震五日累积频度曲线和邢台及外围地区地震活动时序图(图6)。

由图6可清晰地看到,曲线在1967—1968年和1982—1983年,形成了几个突出的频度高峰值。几个峰值迭起之前,在地震时序图上均呈现出邢台或外围地区密集的地震活动。众所周知,邢台强震发生后,其强余震主要集中在1966和1967两年中,强度和频度异常高。林县地震的频度在此背景上出现了1967、1968两年的高峰值。当邢台或周围地区表现为平静时,曲线亦显示为低值。1981年11月9日邢台发生5.8级晚期强余震之后,周围地区诸如武安、太谷、菏泽等地也相继发生了中强地震,随之在1982年3月下旬至4月,林县地震频度出现了高峰值。这一事例不仅说明林县地震活动是由邢台地震活动引起的,而且外围地震活动对它也起到催化作用。由此可见,林县地震频度的变化不仅不能作为窥视外围一定区域内震情信息的窗口,恰恰相反,它却是邢台强余震活动及周围地震活动直接影响的结果。

四、林县地震形成的条件

林县小震区与邢台强震区同处于太行山前断裂带的附近。按照文献^[8]的说法,同处于太行山东麓地震活动区。邢台强震群爆发之后,的确引起了这个活动区地震活动的普遍增强,

从河北省的行唐、沙河、磁县，晋冀交界的昔阳、和顺、左权、黎城，到豫北的林县都先后发生了中等强度的地震。然而象林县这种历经20年而不停息的绵长的地震序列，确实与其独特的地质环境有关。

林县小震活动区位于太行山隆起区的南部，是一个镶嵌在隆起背景中的相对沉降的构造单元，称为林县盆地。其西侧为北东 10° 走向的任村—桃园断裂，倾角 70° 左右，向东倾。盆地南、北分别以合涧—东姚和河顺—姚村两条北西西向断裂为界，东部则由一系列的北北东向断裂切割，逐渐过渡到残山丘陵地区。盆地内新生界沉积是西厚

东薄，其沉积中心大致在西偏北部的三孝—柳滩一带〔9〕，构成一个西断东超的盆地（图7）。据占孔及电法勘探资料证实任村—桃园断裂的深部倾角变缓约为 30° 左右。根据林县小震群震源深度投影剖面中震源深度分布包络面的延伸趋势，均证明任村—桃园断裂是一个上陡下缓的铲状正断裂（图8）。因此，林县盆地实际上是一个：以任村—桃园断裂为主控断裂，以姚村—和顺河断裂合涧—东姚断裂为北、南边界，以主控断裂下盘上升出露的太古代片麻岩为靠背（基础），由主控断裂上盘向东伸展下滑而构成的滑脱构造体。

此滑脱构造体内部受一系列北北东向正断裂切割成狭长的堑垒构造，并且其间又受北西—近东西向次级断裂的改造，构成一个极为破碎的格子状的镶嵌构造形态。

从该区的区域地层结构情况看。太古代（Ar）的花岗片麻岩可见厚度大于500米；下古生界（不严格地讲包括震旦系，Z—O₂）厚2300米左右，中间缺失上奥陶到志留系；上古生界（C—P）厚2500米左右；中生界不甚发育；新生界（主要为N—Q）在盆地内为20—350米。因此，在5公里到3公里深度处主要由沉积盖层组成。在野外考察中发现，太古代与震旦系之间，震旦系与寒武系之间的界面上，常有构造擦痕及动力变质矿物叶蜡石充填，具有

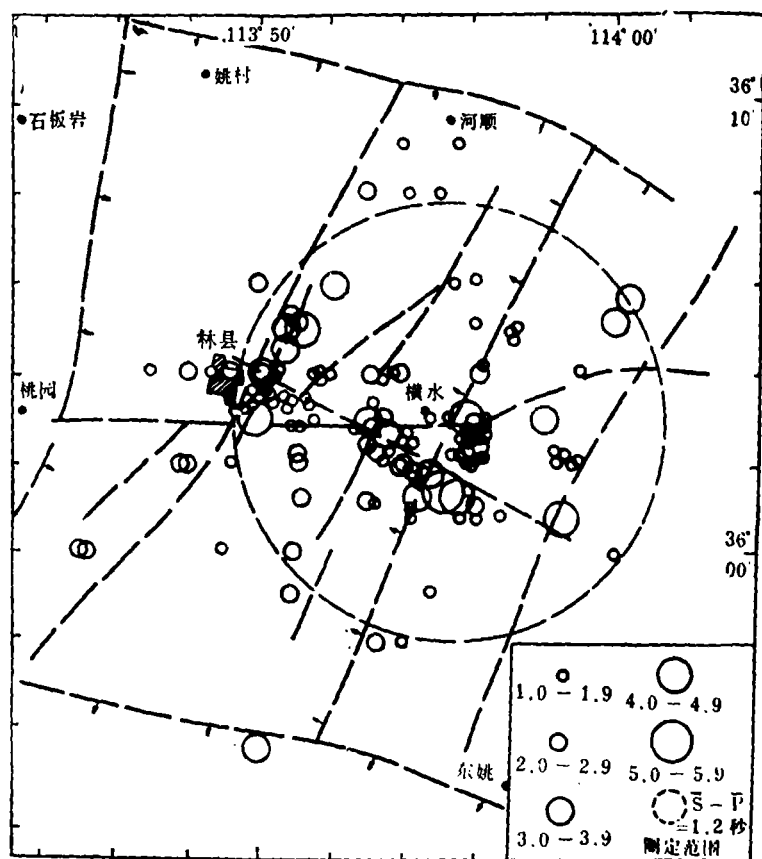


图7 林县地质构造与震中分布图

（图中大圆为 $\bar{S}-\bar{P}=1.2$ 秒所圈定的范围；图中震中未标全，地质图系根据河南省安阳地区地震局资料改编）

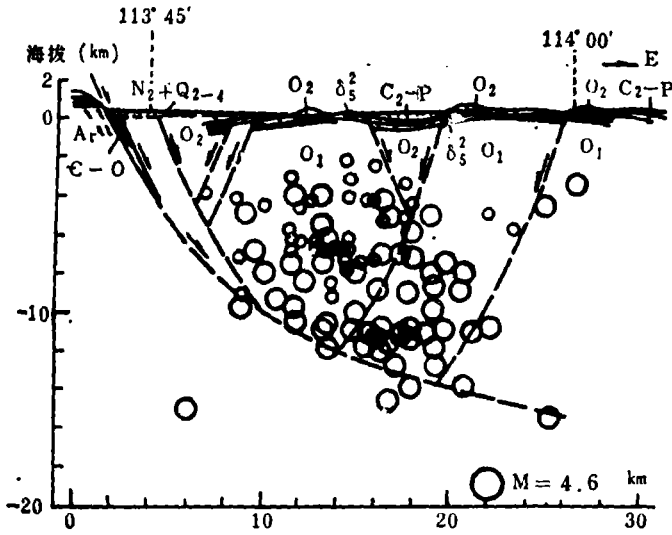


图8 林县地震区部分小震震源深度投影剖面
(据漆家福, 1985〔9〕)

受构造运动引起的滑移面的特点。

林县地区的盖层中, 碳酸盐类岩石占70%。在中生代时闪长岩侵入活动激烈, 在火成岩与灰岩交界带常形成由多金属矿带、矽化带、熔洞、晶脉、岩脉等组成的既坚硬又松脆的矽卡岩带。同时该区的灰岩, 特别是被构造运动而破坏了的灰岩, 更易形成喀斯特化地层〔10〕, 使岩层结构存在天然的弱点。

林县盆地深处, 由于断裂发育、矽卡岩带与喀斯特带的沟通, 基岩承压水十分丰富。在张家井—采桑断层附近有一系列上升泉涌出。而且深层承压水具有水量丰富、压力大、水循环交替强烈等特点。当有外力作用时(比如附近发生大地震), 就易造成孔隙压力猛增, 有效应力降低, 摩擦阻力减小, 岩体则局部失稳, 从而诱发小震活动。

由林县震中分布图(图7)可见, 震中多分布在构造发育处, 火成岩与灰岩接触处, 喀斯特带及深层承压水富水带处。这些地方正是林县盆地岩体的薄弱环节, 是最易发生诱发地震的地方。

综上所述, 林县盆地是一个以任村—桃园断裂为主控断层的破碎滑脱体; 其岩石组成主要由碳酸岩类岩石组成, 其中并穿插有矽卡岩带及喀斯特带等软弱结构带; 这种破碎岩体中又充满了循环交替良好的承压水; 形成了一个极其破碎, 极易触发地震, 但又不易集聚很大能量的特殊的地体环境。林县盆地的这种构造特点, 是与林县地震活动的小震多、震源浅、烈度高、能量小、b值偏高、Q值偏低、地震类型多样、子序列衰减快而整个序列又拖得很长的特点相吻合的。

但是, 这种地体环境为什么也会发生1980年8月2日震源深度近20公里的5.1级地震呢? 我们认为这是由于早期的小震活动造成了在其周围薄弱带的岩体中, 应力进一步集中, 引起破裂向地壳深处延展、楔进, 最后导致岩体滑动的结果。这种称之为小震串裂作用〔11〕或二次触发〔12〕的现象, 最早是由安艺敬一在研究印度柯依纳水库地震中发现的〔13〕。据此, 我们推测, 1967年3月26日林县城关发生的4.6级地震, 可能也属于小震串裂作用之例。据调查¹⁾, 4.6级地震造成的破坏极其轻微, 仅部分房屋出现裂缝和一间旧房倒塌, 而远比1975

1) 中国科学院地球物理研究所红山地震台, 林县地震活动总结, 1967。

年4月22日4.3级地震破坏轻的多，据此估计4.6级地震的震源深度当在10公里以下。

五、结 语

林县地震活动反映出来的若干特征，既与一般小震群有相似之处，更与水库诱发地震相近。虽然我们认为林县地震频度变化不具备震情窗口的特点，但是研究此种因大震活动而诱发的地震群的活动特征及规律性，也是今后需要探索的课题。它在研究大震对周围地区的影响范围、影响方式方面；研究大震或者大型核爆破诱发地震的机制、特点方面；对大震诱发区的地体环境及其影响因素的研究方面，都将具有重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 王启民，小震群型地震，地震战线，3，1977。
- [2] 陈运泰等，巧家、石棉的小震震源参数的测定及某地震危险性的估计，地球物理学报，19，3，1976。
- [3] F. Press, Seismic wave attenuation in the crust, J. Geophys. Res., 69, 2, 1964.
- [4] 唐铭麟等，辽宁地区的地震活动性，西北地震学报（增刊），1985。
- [5] 王泽丰，邢台余震频度增高及以后发生的华北强震，地震学报，1，2，1979。
- [6] 李兴才等，震群活动的一种可能的触发机制，地震学报，5，3，1983。
- [7] 王泽丰等，林县小震群，地震，2，1981。
- [8] 商宏宽等，晋冀鲁豫交界地区地震地质条件，华北地震科学，3.3，1985。
- [9] 漆家福，林县盆地新生代伸展构造，现代地壳运动研究，1，地震出版社，1985。
- [10] 王 锐，论华北地区岩溶陷落柱的形成，水文地质工程地质，1，1982。
- [11] 刘忠书，试论水在诱发水库地震中的作用，中国诱发地震，地震出版社，1984。
- [12] 郭增建等，震源物理，地震出版社，1979。
- [13] K. Ak', Recent results on the mechanism of earthquakes with implication for the prediction and control program, «Tectonophysics» 14, N 3—4, 1972.

（1986年3月28日收到初稿）

THE CHARACTERISTICS OF THE ACTIVITY OF MINOR EARTHQUAKE OF LINXIAN AND ITS RELATION TO THE ACTIVITY OF XINGTAI EARTHQUAKE

Lu Menglin

(Handan-Xingtai Central Station, Seismological Bureau of Hebei Province)

Shang Hongkuan

(Seismological Press)

Abstract

The activity of minor earthquake of Linxian has characteristics of high frequency, great undulation, strong rhythm, minor magnitude, shallow focus, high intensity, minor range of activity, high b-value, quick attenuation of sub-sequence, a long duration of the entire process, lower Q-value, Various types etc. Its variation of frequency is the same as the seismicity of the region of Xingtai strong earthquake, and lagged behind about 5—20 months. This has proved that the activity of minor earthquake of Linxian is induced by the seismicity of the region of Xingtai strong earthquake. Because its activity is always behind the seismicity of the region, it can't be as a "seismicity precussory window" to monitor earthquake. Finally, the environment of the massif of minor earthquake of Linxian area is discussed. It has been considered that the Linxian basin is a slip-away fractured block extending to the east under the main control of Rencun-Taoyuan fault. Also the triggering condition has been discussed from tectonic, structure of rock and the activity of pressure-bearing ground water at depth etc.