

鲍子文, 洪德全, 汪小厉, 等. 南华北地区地震活动特征分析[J]. 华南地震, 2019, 39(3): 42–48. [BAO Ziwen, HONG Dequan, WANG Xiaoli, et al. Characteristic of Seismic Activities in the Southern North China[J]. South China journal of seismology, 2019, 39(3): 42–48]

南华北地区地震活动特征分析

鲍子文, 洪德全, 汪小厉, 李玲利

(安徽省地震局, 安徽 230031)

摘要: 南华北盆地与秦岭大别造山带在构造上有耦合关系, 地震活动水平相当。将南华北盆地和秦岭大别造山带组成的南华北地区作为研究对象, 考察了其地震活动特征和青藏高原强震对其影响作用。发现南华北地区地震活动水平显著低于北华北地区, 略低于下扬子地区。并且, 通过对比分析青藏块体 7.0 级以上地震和南华北地区 4.0 级以上地震的对应关系, 发现两个地区之间存在明显的成组对应现象, 并表现 2 年左右的时间差, 表明青藏块体的地震活动对南华北地区有明显的构造应力场传递作用。该结果为南华北地区中长期地震预测提供依据。2017 年四川阿坝州九寨沟县发生 7.0 级地震, 根据时间延迟的存在, 对南华北地区未来中等地震的发生具有一定的指示意义。

关键词: 南华北; 秦岭大别; 青藏高原; 强震影响

中图分类号: P315.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2019)03-0042-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.03.006

Characteristic of Seismic Activities in the Southern North China

BAO Ziwen, HONG Dequan, WANG Xiaoli, LI Lingli

(Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China)

Abstract: The Southern North China basin and Qinling–Dabie orogenic belt coupled structurally, and show the similar seismic activities level. In this paper, some effort was exerted to investigate the seismicity characteristic of the Southern North China, which comprises the Southern North China Basin and Qinling–Dabie Orogenic belt, and then some analogical analysis has been done to research the affinity between the large earthquakes with $M \geq 7.0$ in Tibet Plateau area and the middle earthquakes with $M \geq 4.0$ in Southern North China. The result shows that the seismicity level of Southern North China is markedly lower than the Northern North China, and slightly lower than that of the lower Yangtze block. And the earthquakes in Southern North China always correspond to the earthquakes in group in Tibet Plateau with a lag of approximate 2 years. The correspondence of the earthquakes of two areas indicates that the relationship of two areas exists through transmitting of tectonic stress

收稿日期: 2018-07-19

基金项目: 中国地震局地震科技星火计划(XH17016, XH18020Y)

作者简介: 鲍子文(1991–), 女, 助理工程师, 主要从事地壳介质各向异性的研究。

E-mail: bzwseismic@163.com.

通信作者: 洪德全(1982–), 男, 高级工程师, 主要从事重复地震、尾波 Q_c 值、S 波分裂等数字地震学研究。

E-mail: dequanh@mail.ustc.edu.cn.

field. In the other words, the large earthquakes in Tibet Plateau have significant indicative significance to following middle earthquakes in Southern North China. So much attention must be payed to possibility of middle earthquake in Southern North China because of the occurrence of Jiuzhaigou $M_s7.0$ earthquake.

Keywords: The Southern North China; Qinling-Dabie; Tibet Plateau; Influence from large earthquakes

0 引言

板块的相对运动导致了区域构造应力场的变化。构造应力场的变化使得应变能不断积累,当应变能积累达到一定程度时导致的岩层突然破裂产生地震。印度板块对中国西部的推挤作用使青藏高原及周缘地区的岩石圈构造运动剧烈。邓起东^[1]分析发现印度板块边界苏门答腊构造的地震活动与青藏高原的地震活动有明显的相关性。而青藏高原的构造应力场对华北、华南地区的构造应力场有显著的影响作用^[2]。张国民等^[3]发现印度板块北边界的地震活动与中国大陆地区地震活动具有同步性和区域相关性。王铮铮等^[4]利用对比方法发现新疆和台湾地区 8 级地震对大华北地震活动有正的影响,而大华北地区的 8 级地震对其本身有负的影响。陈宇卫等^[5]西部 7.5 级以上地震与大华北地区 6.0 级以上地震活动相比呈现出超前和同期活跃的特点。以上研究均表明,一个地区的强震活动通过构造关联性可以对另一个地区的地震活动构成影响。

然而地震活动的相互影响较为复杂,主要表现为两个方面。一方面,一个地区地震活动对另一个地方地震活动的影响不是区域一致的,如张晶等^[6]研究认为日本 3.11 巨震对华北东部和西部的影响有较大区别。另一方面,不同地区的地震活动会同时对一个地区有影响作用。如日本地震对华北的地震形势有影响作用^[7],台湾的地震对华北有影响作用和大陆西部对华北也有影响作用^[4,8]。上述两个方面的复杂性导致地震影响分析的不确定性。本文作者认为导致该现象的主要原因是选取的研究区域较大,使得地震影响存在多源性和区域不一致性。这种大区域的地震形势对比分析让我们对地震的影响作用有一个科学的认识,而对于小区域的地震形势判断并不能提供有力的参考。近年来一些学者开始关注较小地区的地震影响作用。例如李美辉等^[9]认为山西地震带是西部强震对华北地区地震活动影响的传递点,具有一定的窗口效应。洪德全等^[10]分析了西部构造应力场对

安徽霍山窗的影响机制。缪鹏等^[11]进一步系统分析了青藏块体强震对霍山窗的影响作用。

由此可见,分析大陆西部强震对东部较小区域地震活动的影响是可行的。关键是找出其构造关联性。本文将分析青藏块体强震与南华北地震活动的相关性,详细分析该关联性使我们对南华北的地震形势有更好的认识。

1 区域地质构造背景

1.1 南华北地区地质构造特征

本文所讨论的南华北地区,包括南华北盆地和秦岭大别造山带。华北陆块与华南陆块与 230 Ma 前的陆陆碰撞产生了秦岭大别造山带和郯庐断裂带。南华北盆地在构造上属于华北活动陆块,是陆陆碰撞过程中产生的前陆盆地。构造边界清晰,北以焦作—商丘断裂为界和北华北盆地相接,南以秦岭—大别造山带东段为界与下扬子地区相邻,西接豫西隆起区,东边界为 NNE 向展布的郯庐断裂带, NWW 和 NNE 向断裂发育,构造变形强烈(图 1)。南华北盆地与秦岭—大别造山带平行^[11-13]。交错的拗陷盆地和展布的构造为南华北地区的地震活动提供了良好的构造背景。并且秦岭大别造山带西端与青藏高原东北部的龙门山断裂带相连,使得南华北地区与青藏高原有了动力学的关联性。

1.2 南华北历史和现代地震活动特征

相比较于大陆西部,大陆东部的地震活动性相对较低,不过仍有多次 5.0 级以上地震发生。根据台网中心正式地震目录,对比发现 1970 年以来大陆东部 6.5 级以上地震主要发生在北华北,南华北未发生过 6.5 级以上地震(图 2)。地震活动性显示出南华北与北华北的明显区别。位于郯庐断裂带东侧的下扬子地块亦有数次 6.5 级以上地震发生,表明下扬子地块地震活动性略高于南华北。值得注意的是,南华北地区的南华北盆地与秦岭大别山的地震活动性总体相当。前人研究表明南华北盆地与秦岭大别山具有地质构造上的耦合关

系^[3]。从地质构造和地震活动性上均表明南华北盆地与秦岭大别山具有密切关联。说明本文将南华北盆地和秦岭大别造山带作为整体是有科学依据的。总体上，南华北的地震活动性显著低于北华

北，略低于下扬子地区，华北地区的地震分布和块体分区、构造展布呈现出一致性和明显的分区性，反映出区域地质构造背景对华北地区的地震活动性具有显著的影响作用。

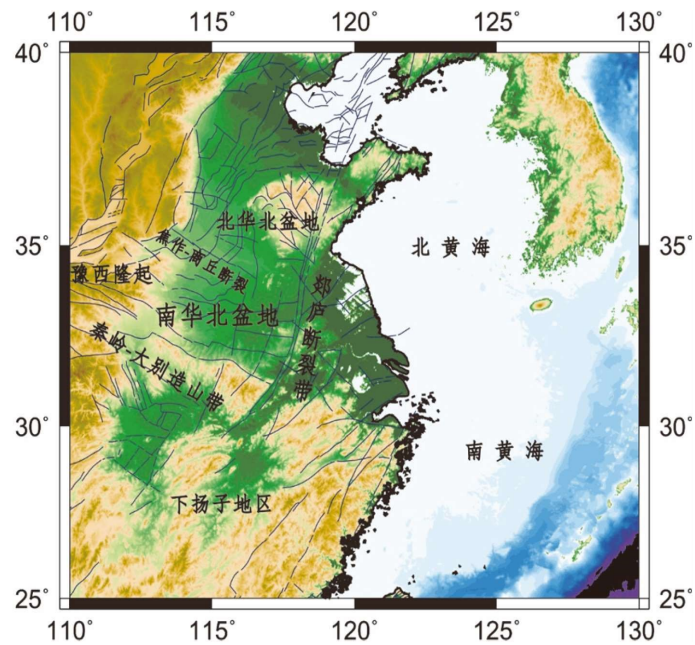


图 1 南华北地区构造背景
Fig.1 Tectonic background of the Southern North China

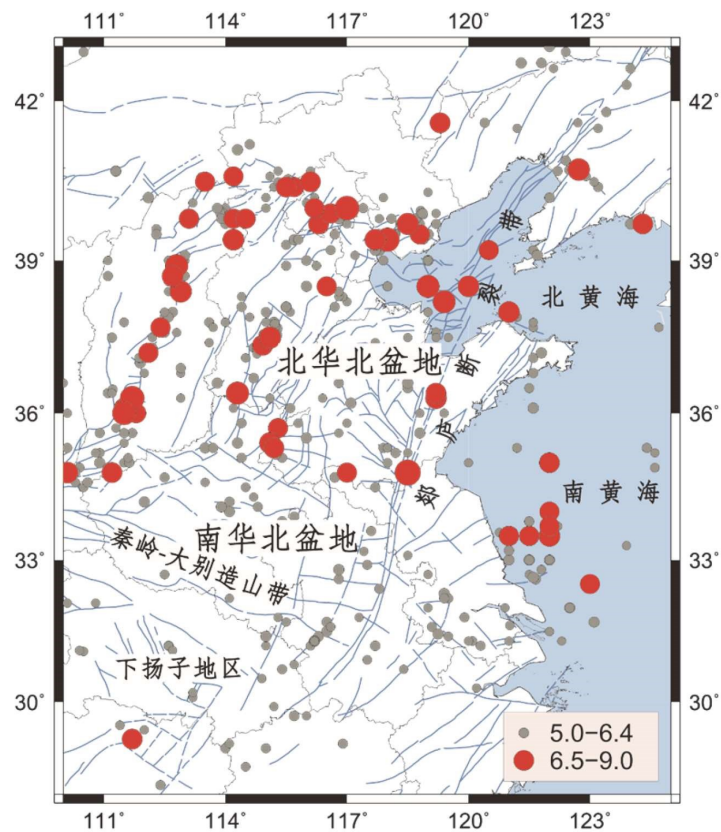


图 2 华北地区地震分布图
Fig.2 The earthquake distribution of the North China

2 青藏高原对南华北地震影响分析

华北地区和青藏地区在本世纪都发生了三次地震迁移的高潮,且每次青藏地震活动高潮的结束,恰为华北地震活动高潮的开始^[4]。华北地区地震规律性迁移现象的产生,可能由于受到青藏块体东部边界的作用,而青藏东北部边缘构造活动的主要动力来源是青藏高原物质东流和“稳定”块体的阻挡^[14-16]。联系华北地区强震群体呈现出明显滞后于青藏高原地区的特征,部分学者认为青藏高原地区地震应变的释放是华北地区应变释放发生变化的主要原因^[4,8,14-15]。根据上节中对南华北的地质构造和地震活动性的描述,本文认为南华北与青藏块体在构造上的相连性更为紧密,南华北的地震活动是否与青藏块体的强震活动的关联性可能更为明显。

2.1 时序成组性

本文将1970年以来青藏块体发生的22次7.0级以上地震和南华北发生的18次4.0级以上地震时间作对比分析,从地震时序分布图上很直观的看出(图3),青藏块体周缘每发生一次或一组7.0级以上地震,随后在南华北都会对应的发生一次或一组4.0级以上地震,两区域每组地震的持续时间基本都在3年以内,而两区域相对应两组地震

的时间间隔基本都大于等于3年。特别值得注意的是,青藏块体周缘在1977—1987年间处于7.0级地震平静状态,而南华北在1980—1991年间相应的处于4.0级地震平静状态,两区域平静时间都大于10年。综合两区域地震活动在平静与活跃上的对应关系,认为青藏块体7.0级以上地震和南华北4.0级以上地震活动有明显的周期性规律对应关系,推测青藏块体和南华北的应力积累和释放都具有一定的周期性。

1970年云南海通7.8级地震后,1972至1973年间南华北共发生了5次4.0级以上地震;2001年昆仑山口西发生8.1级地震后,2005至2006年间南华北相继发生了江西九江5.7级强震和两次4.0级以上地震;2008年发生新疆于田7.3级地震和四川汶川8.0级特大地震后,南华北随后在2010至2011年间发生了4次4.0级以上地震,包括2010年河南太康4.7、安徽安庆4.8和2011年湖北阳新4.6级地震,虽然没有发生5级以上地震,但震级相对较高。从以上三组对应地震的分析可以发现,当青藏块体每组地震中有特大地震发生后,南华北相对应的每组地震会出现频次多、震级大的特点。在1973至1976年间青藏块体共发生7.0级以上地震7次,显著多于其它6组地震的发震次数,南华北随后在1979年发生了安徽固镇5.0级地震。可以看出,当青藏块体地震频次增

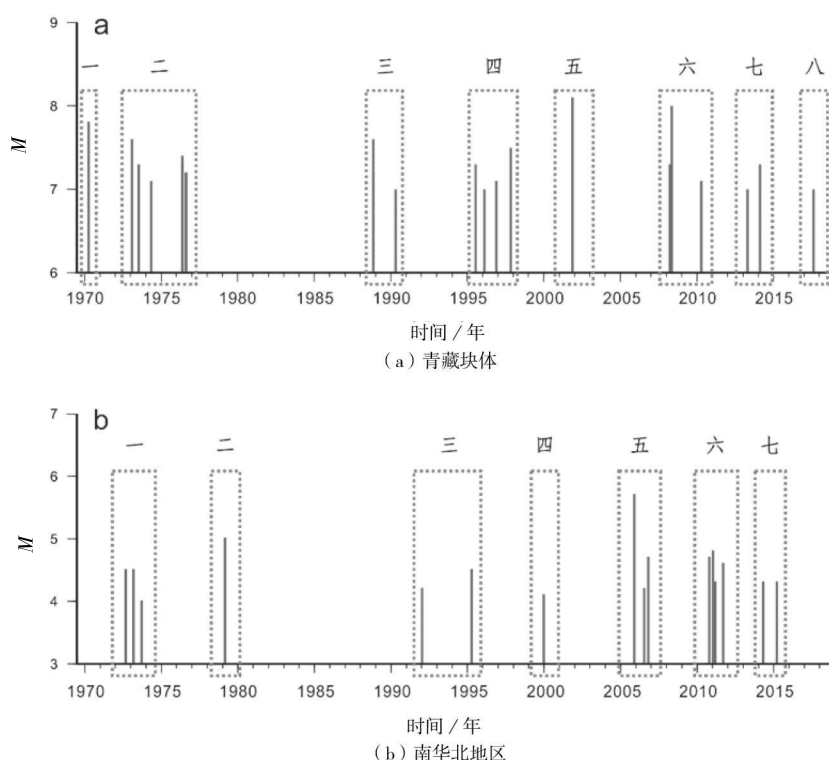


图3 青藏块体7.0级以上地震(a)和南华北地区4.0级以上地震(b)M-t图

Fig.3 The earthquake sequence map with $M \geq 7.0$ in Tibet Plateau and earthquakes with $M \geq 4.0$ in the Southern North China

加时，南华北的地震震级会出现增大现象。综合以上分析，当青藏块体地震震级较大和 7.0 级以上地震的高频次都会导致南华北的地震频次密集或震级增大，活动性显著增强，因而据此分析青藏块体地震活动能够对南华北地区地震活动在频次和震级上呈现出一定的远程控制作用。

2.2 时间延迟性

对青藏块体 1970 年以来 7 组地震每组的最后一次地震发震时间和南华北 7 组地震每组的首次地震发震时间进行差值计算。除 2001 年昆仑山口

西 8.1 级特大地震后，南华北在 4 年后相继发生 3 次 4.0 级以上地震和 2014 年 2 月 12 日新疆 7.3 级地震之后的大约两个月的时间，在 2014 年 4 月 20 日发生安徽霍山 4.3 级地震以外，其余两块体成组对应发震的时间延迟基本都在 2 年左右。因而根据以上分析，认为南华北每组 4.0 级以上地震活动会受到青藏块体每组 7.0 级以上地震活动的远程影响作用，且存在 2 年左右的时间差，表现出时间延迟特征(表 2)。利用南华北与青藏块体之间地震活动的对应性，能够为分析探讨未来地震趋势提供一定的依据性。

表 1 青藏块体与南华北地区地震对应表
Table 1 Comparison of earthquakes in Tibet Plateau and the Southern North China

青藏块体						南华北地区				
分组	时间/年-月-日	纬度/(°)	经度/(°)	震级/ <i>M</i>	地点	时间/年-月-日	纬度/(°)	经度/(°)	震级/ <i>M</i>	地点
一	1970-01-05	24.20	102.68	7.8	云南通海	1972-09-12	29.91	115.40	4.5	湖北阳新
						1973-03-11	31.37	116.19	4.3	安徽霍山
						1973-03-11	31.37	116.17	4.5	安徽霍山
						1973-03-12	31.39	116.17	4.0	安徽霍山
						1973-09-22	33.59	116.52	4.0	安徽涡阳
二	1973-02-06	31.30	100.70	7.6	四川炉霍					
	1973-07-14	35.10	86.50	7.3	西藏亦基					
	1974-05-11	28.20	104.10	7.1	云南大关					
	1976-05-29	24.50	99.00	7.3	云南龙陵	1979-03-02	33.19	117.42	5.0	安徽固镇
	1976-05-29	24.60	98.70	7.4	云南龙陵					
	1976-08-16	32.60	104.10	7.2	四川松潘					
	1976-08-23	32.50	104.30	7.2	四川松潘					
三	1988-11-06	22.92	99.79	7.6	云南澜沧	1988-11-06	23.16	99.55	7.2	云南耿马
	1990-04-26	36.06	100.33	7.0	青海共和					
	1995-04-15	29.60	115.61	4.5	江西瑞昌	1992-01-14	34.39	113.29	4.2	河南登封
四	1995-07-12	22.00	99.30	7.3	中缅交界					
	1996-02-03	27.20	100.30	7.0	云南丽江	1999-12-30	33.32	116.07	4.1	安徽利辛
	1996-11-19	35.60	78.50	7.1	新疆和田					
	1997-11-08	35.20	87.30	7.5	西藏玛尼					
五	2001-11-14	36.40	90.90	8.1	昆仑山口西	2005-11-26	29.72	115.72	5.7	江西九江
						2006-07-26	32.54	117.62	4.2	安徽定远
						2006-10-27	31.49	113.09	4.7	湖北随州
六	2008-03-21	35.60	81.60	7.3	新疆于田	2008-05-12	31.00	103.40	8.0	四川汶川
						2010-10-24	34.07	114.65	4.7	河南太康
	2011-01-19	30.67	117.10	4.8	安徽安庆	2011-03-08	33.98	114.63	4.3	河南太康
						2011-09-10	29.70	115.40	4.6	湖北阳新

(转下表)

(接表 1)

青藏块体						南华北地区				
分组	时间/年-月-日	纬度/(°)	经度/(°)	震级/ <i>M</i>	地点	时间/年-月-日	纬度/(°)	经度/(°)	震级/ <i>M</i>	地点
六	2008-03-21	35.60	81.60	7.3	新疆于田	2008-05-12	31.00	103.40	8.0	四川汶川
						2010-10-24	34.07	114.65	4.7	河南太康
	2011-01-19	30.67	117.10	4.8	安徽安庆	2011-03-08	33.98	114.63	4.3	河南太康
						2011-09-10	29.70	115.40	4.6	湖北阳新

表 2 青藏块体 7.0 级以上每组最后一个地震与南华北地区 4.0 级以上每组首次地震每组地震之间的时间延迟
Table 2 The time delay between the last earthquake in each group with $M\geq 7.0$ in Tibet Plateau and the first earthquake in each group with $M\geq 4.0$ in the Southern North China

序号	青藏块体地震				南华北地震			时间延迟/年
一	1970-01-05	云南通海	7.8		1972-09-12	湖北阳新	4.0	2.7
二	1976-08-23	四川松潘	7.2		1979-03-02	安徽固镇	5.0	2.5
三	1990-04-26	青海共和	7.0		1992-01-14	河南登封	4.2	1.7
四	1997-11-08	西藏玛尼	7.5		1999-12-30	安徽利辛	4.1	2.1
五	2001-11-14	昆仑山口西	8.1		2005-11-26	江西九江	5.7	4.0
六	2008-05-12	四川汶川	8.0		2010-10-24	河南太康	4.3	2.4
七	2014-02-12	新疆于田	7.3		2014-04-20	安徽霍山	4.3	0.2
八	2017-08-08	四川九寨沟	7.0				-	

2017 年 8 月 8 日在青藏块体东部的四川阿坝州九寨沟县发生 7.0 级地震,距离 2014 年 2 月 12 日新疆于田 7.3 级地震间隔 3.5 年的时间,符合上文分析的 7.0 级以上地震成组活动周期规律,但在南华北地区还未发生 4.0 级以上地震,有待进一步的跟踪。

南华北地区 4.0 级以上的地震时序图呈现出密集-平静-密集的丛状性,虽然其并不是华北地区强震发生的主体区域,但与青藏块体 7.0 级以上地震在活动平静和发震周期上都具有较好的规律性对应关系。从构造空间分区和地震活动时序的角度分析认为,青藏块体的强震活动对南华北地区未来地震活动预测有一定的指示意义。

3 结语

本文将南华北地区与相邻构造之间的地震空间分布特征对比分析,再将南华北地区 4.0 级以上地震活动与青藏块体 7.0 级以上地震活动的时序特征对比分析,得到以下几点认识:

(1)南华北地区地震活动性明显弱于北部的北华北盆地和南侧的下扬子地区,且和块体分区、

构造展布呈现出显著一致性,反映出区域地质构造背景对华北地区的地震活动性具有显著的影响作用。

(2)1970 年以来青藏块体 7.0 级以上地震和南华北 4.0 级以上地震,在地震活动与平静上呈现出规律性对应关系,青藏块体每发生一次或一组 7.0 级以上地震,在随后的 2 年左右时间,南华北地区会对应发生一次或一组 4.0 级以上地震。其次,青藏块体 8.0 级以上地震的发生和 7.0 级以上地震的高频次都会导致南华北地区 4.0 级以上地震频次增多或发震级增大,说明青藏块体的强震活动对南华北的地震活动具有一定的控制作用。GPS 的结果表明,巴颜喀拉块体的东南向运动为东边界断裂系统的侧向缩短和挤压逆冲提供了动力。这种中国大陆的东部与西部地震活动的相关性,能够反映板块之间的内部物理联系。

(3)青藏块体的强震活动对中国大陆东部地区产生明显的传递效应,特别是对南华北地区地震活动性产生显著影响,尽管这种地震的迁移的发生机制目前并不是很清楚,但是对于分析预测南华北未来地震活动趋势还是起到了举足轻重的作用,也为南华北地区未来地震趋势的判定提供一定的指示意义。

参考文献:

- [1] 邓起东,程绍平,马冀,等. 青藏高原地震活动特征及当前地震活动形势[J]. 地球物理学报,2014,57(7):2025-2042.
- [2] Xu J R,Zhao Z X,IshiwakaYuzo,et al. Properties of the Stress Field in and around West ChinaDerived from Earthquake Mechanism Solutions [J]. Bulletin of the Disaster Prevation Research Institute,1988,38(2):49-78.
- [3] 张国民,李献智,耿鲁明. 印度板块北边界地震活动和中國大陸地震[J]. 地震,1994(3):1-9.
- [4] 王铮铮,刘红桂,梅卫萍,等. 中国 8 级巨震时空特征及其对于大华北地区地震活动影响初析[J]. 地震工程学报,2003,25(1):40-45.
- [5] 陈宇卫,张军,闫素萍,等. 西部地区特大地震活动特征及其对大华北地震趋势的影响[J]. 地震地质,2003,25(4):647-654.
- [6] 张晶,刘峡,方颖,等. 日本 9.0 级地震前后华北形变场变化特征与地震趋势分析[J]. 地震,2012,32(2):64-72.
- [7] 吴佳翼,郁曙君,何淑韵. 2015 年尼泊尔 $M_w7.9$ 地震对青藏高原活动断裂同震、震后应力影响 [J]. 地球物理学报,1979,32(04):103-126.
- [8] 郑建常. 青藏高原对华北地区地震活动影响的统计学证据[J]. 地震学报,2010,32(3):277-289.
- [9] 李美辉. 浅析中国西部构造运动及强震对全国和山西地震形势的影响[J]. 高原地震,2007,19(2):12-15.
- [10] 洪德全,王行舟,程鑫,等. 安徽霍山窗重复地震尾波 Q_c 值变化研究[J]. 地球物理学报,2013,56(10):3416-3424.
- [11] 缪鹏,王行舟,洪德全,等. “霍山震情窗”动力学背景及预测意义分析[J]. 中国地震,2014,30(4):534-542.
- [12] 刘格云,孙柏年,黄臣军,等. 南华北盆地深层油气成藏潜力与勘探方向[J]. 中山大学研究生学刊:自然科学与医学版,2009,30(4):113-123.
- [13] 熊保贤,刘和甫. 南华北盆地与东秦岭—大别造山带的耦合关系[J]. 地学前缘,2000,7(3):152.
- [14] 朱兆才. 华北地区地震活动及其与印度板块运动的关系[J]. 华北地震科学,1994,12(1):35-42.
- [15] 肖兰喜. 华北地区与青藏高原地区强震孕育过程相关性的动力学解释[J]. 国际地震动态,2009,39(4):73-73.
- [16] 肖兰喜,许萍,冯志军,等. 近年来华北南部地区地震活动增强的力学背景分析[J]. 华北地震科学,2009,27(1):1-6.