

华北北部地区地壳垂直形变演化特征 及断裂活动性分析^{*}

孙启凯, 何庆龙, 李腊月

(中国地震局第一监测中心, 天津 300180)

摘要: 基于华北北部地区3期复测区域精密水准及跨断层形变测量资料, 计算得出1985—2015年多个时间段的地壳垂直形变速率。并结合跨断层形变观测资料, 分析区域内主要断裂的活动性, 明确该区域的整体地壳垂直形变演化趋势及地震危险性。结果表明: 除强下沉区外, 华北北部地区以继承性运动为主, 太行山山前构造带以西总体上升, 华北平原下沉, 燕山块体较为稳定。张家口—渤海构造带西段总体活动水平较低, 山西断陷带中北段断裂总体以张性正断层活动为主, 两条断裂相交错区域是垂直形变高梯度集中区, 且中强地震发生频次相对较高, 需持续和重点监测。

关键词: 垂直形变; 断裂活动性; 高梯度; 地震活动性; 华北北部地区

中图分类号: P315.725

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2018)03-0438-08

0 引言

区域精密水准和跨断层形变测量是监测地壳形变特征的重要观测手段。地壳形变与地震对应关系复杂, 单一形变手段分析困难较大。区域精密水准网络测点密集、测量精度高; 跨断层形变测量数据丰富、针对性强, 综合利用这2类数据, 从不同维度分析地壳形变在时空域的演化特征, 有助于获取地震前兆信息及研判地震危险性(周晓燕等, 2002; 苏琴等, 2010; 徐东卓等, 2017a; 路珍等, 2017; 赵静等, 2018)。

华北北部地区是我国东部强震活跃区, 曾发生过多次中强地震(黄立人等, 2003; 张跃刚等, 2006)。区内构造活动复杂, 次级构造有鄂尔多斯断块、山西断陷带、太行山断块、冀鲁断块、燕山断块及阴山断块等。研究区内主要有4条断裂带, 分别是NE向的山西断陷带(北部)、三河—涞水断裂带、唐山—宁河断裂带和NWW向的张家口—渤海断裂带(郭良迁等, 2008; Roy, Royden, 2000; Wang *et al.*, 2001)。2个方向的断裂交叉区域构造复杂, 断裂带之间构造活动相异且不通透, 应变力易积累。该区历史上地震活动相对密集, 是华北地震活动重点关注的区域。本文综

合利用区域精密水准观测资料和跨断层形变测量资料, 从地壳垂直形变演化、断裂活动性及其与地震活动之间的联系等角度分析华北北部地区地壳垂直形变演化特征及地震危险性。

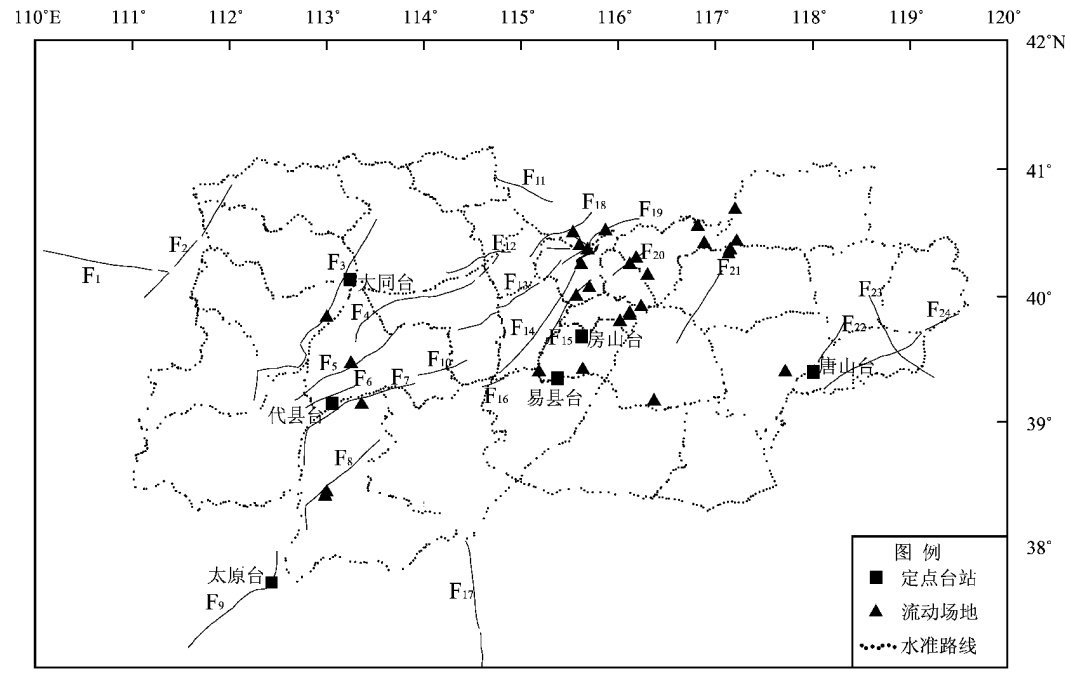
1 资料概况与数据处理

根据研究区精密水准路线及跨断层场地、台站的分布情况, 收集并整理了多期观测数据, 对这些资料进行挑选、预处理、计算、绘图等处理后, 获取研究区垂直形变速率并分析。研究区内水准路线及台站场地分布如图1所示。

区域精密水准资料总共4期, 具体信息见表1。数据处理过程主要有: (1) 数据挑选、拼环与平差, 采用分段线性速率模型, 联合GNSS数据约束平差, 对结果预处理获取测点速率。结果显示, 4个阶段(1985—2000年、2000—2005年、2005—2015年、1985—2015年)动态平差单位权中误差分别为0.90, 0.95, 0.96和0.89 mm/a, 均小于1.0 mm/a, 表明利用的区域测量数据整体精度较好; (2) 对垂直形变速率进行处理, 分别绘制研究区的垂直形变矢量图、等值线图和梯度图。

^{*} 收稿日期: 2018-04-23.

基金项目: 地震行业科研专项(201508009)、科技部基础性工作专项(2015FY210400)和中国地震局三结合课题(CEA-JC/3JH-163702)联合资助。



F₁: 鄂尔多斯北缘断裂; F₂: 和林格尔断裂; F₃: 口泉断裂; F₄: 六棱山北麓断裂; F₅: 恒山北麓断裂; F₆: 恒山南麓断裂; F₇: 五台山北麓断裂; F₈: 系丹山北麓断裂; F₉: 交城断裂; F₁₀: 太白山山前断裂; F₁₁: 张家口断裂; F₁₂: 阳原盆地北缘断裂; F₁₃: 蔚广盆地南缘; F₁₄: 孙庄子—无龙沟断裂; F₁₅: 沿河城—紫荆关断裂; F₁₆: 涑源盆地南缘断裂; F₁₇: 太行山山前断裂带; F₁₈: 怀涿盆地北缘断裂; F₁₉: 延矾盆地北缘断裂; F₂₀: 南口山前断裂; F₂₁: 夏垫断裂; F₂₂: 唐山断裂; F₂₃: 滦县—乐亭断裂; F₂₄: 宁河—昌黎断裂

图 1 华北北部地区水准路线与跨断层场地（台站）分布图

Fig. 1 Distribution of water leveling line and the cross – fault site (station) in the northern area of North China

表 1 水准资料信息统计表

Tab. 1 The statistic table of the water leveling data

分期	测点/个	测段/个	线路长度/km
1985 期	2 222	2 275	8 113. 9
2000 期	1 880	1 408	6 606. 7
2005 期	2 889	2 398	8 501. 8
2015 期	2 294	1 921	6 837. 9

研究区内相关的跨断层场地及台站主要分布在山西、河北、北京 3 个地区。流动场地基本信息

见表 2，其中定点台站有 6 个，监测手段为短水准测量，流动场地有 29 个，有 11 个场地（张家口、张山营、小水峪、德胜口、燕家台、沿河城、上万、大灰厂、八宝山、墙子路、施庄村）监测手段为短水准和基线测量，其余场地为短水准测量。其中百善场地测点垂直形变速率值远远大于正常的断层活动量值，涑水、狼山、南口、繁峙山会、房山、易县台跨断层水准资料记录年份偏少，不具有统计意义。

表 2 流动场地基本信息统计表

Tab. 2 Statistical table of basic information for survey mode sites

场地	坐标		所跨断层名称	断层参数		
	$\lambda_E/ (^{\circ})$	$\varphi_N/ (^{\circ})$		走向	倾向	倾角
密云	116. 9	40. 4	二甲峪—密云断裂	NNE	SE	26° ~ 60°
北石城	116. 8	40. 6	北石城断裂	N10° ~ 30°E	SE	25°
张家台	117. 2	40. 4	夏垫断裂	N5°E	NW	60°
镇罗营	117. 1	40. 3	程各庄—镇罗营断裂	N15°E	SE	72°
土木	115. 6	40. 4	孔涧—大石河断裂	N20°E	SE	50° ~ 60°
张山营	115. 9	40. 5	大西山断裂	N10°E	SE	45° ~ 75°
小水峪	115. 5	40. 5	怀涿盆地北缘断裂	N51°E	SE	45°

续表 2

场地	坐标		所跨断层名称	断层参数		
	$\lambda_E/ (^{\circ})$	$\varphi_N/ (^{\circ})$		走向	倾向	倾角
德胜口	116.2	40.3	南口山前断裂	N50°E	SE	40°
燕家台	115.6	40.0	沿河城—紫荆关断裂	N55°E	SE	57°
沿河城	115.7	40.1	南口—沿河城断裂	N50°E	SE	70°
京西	116.1	39.9	八宝山断裂/黄庄—高丽营断裂	N40°~50°E/N20°~50°E	SE	35°~45°/49°
上万	116.0	39.8	黄庄—高丽营断裂	N20°E	SE	55°~75°
大灰厂	116.1	39.9	八宝山断裂	N70°E	SE	30°~40°
八宝山	116.2	39.9	八宝山断裂	N65°~70°E	SE	30°~40°
紫荆关	115.2	39.4	紫荆关断裂	N20°~60°E	SE	50°~70°
南孟	116.4	39.2	牛驼镇凸起南断裂	N30°E	SE	65°
宁河	117.7	39.4	桐城断裂	EW	S	60°
古北口	117.2	40.7	古北口断裂	N70°W	NE	85°
墙子路	117.2	40.4	墙子路断裂	N80°W	NE	87°
施庄村	115.6	40.3	施庄村断裂	NW	NE	70°~80°
茶房口	113.0	38.4	系舟山北麓断裂	NE	NW	60°~70°
眉音口	113.0	38.4	系舟山北麓断裂	NE	NW	60°~70°
小磨	113.0	39.8	口泉断裂	N30°E	SE	80°
应县	113.3	39.5	恒山北麓断裂	NW	NW	30°~70°

表 3 定点台站基本信息统计表

Tab. 3 Statistical table of basic information for fixex stations

台站	坐标		所跨断层名称	断层参数		
	$\lambda_E/ (^{\circ})$	$\varphi_N/ (^{\circ})$		走向	倾向	倾角
唐山	118.2	39.4	唐山断裂	NE	NW	80°
大同	113.2	40.1	口泉断裂	N30°E	SE	74°
代县	113.1	39.1	五台山北麓断裂	N54°E	NW	67°
太原	112.4	37.7	交城断裂	NS	NE	70°

2 垂直形变演化特征及水准剖面分析

2.1 垂直形变特征分析

采用连续曲率张力样条法将计算得到的地壳垂直形变速率值进行网格化处理,同时为提高计算效率,利用 Boxcar 卷积滤波器进行平滑处理,获取研究区地壳垂直形变演化特征及梯度变化(张祖胜等,1996;谢觉民,张祖胜,1997;宋海平等,2011)。华北北部地区地壳垂直形变演化如图 2 所示。其中北京东南部天津—保定一带存在强下沉区,下沉年变速率较大,主要是受非构造因素影响,所以不对这一区域进行形变、构造运动分析。

图 2a 显示,研究区 1985—2000 年地壳垂直形变特征以太行山山前构造带为界上升与下沉区

较为明显,西部主要以上升为主,速率为 0~4.5 mm/a,东部为强下沉区,最大下沉速率达 20.7 mm/a,主要集中在北京、天津及沙河桥附近。东北部半壁山—高丽铺—唐山一带呈现 0~1.5 mm/a 的小幅隆升。岱海断陷带东部与北部、山西断陷带北部的呼和浩特—集宁—丰镇一带出现 0~2 mm/a 的下沉,而其他地区包括太行山断块均呈隆升趋势,自北往南上升速率逐步增大。总体来看下沉区域主要集中在盆地,除强下沉区外,区域总体形变特征与近代构造运动特征较为一致,表现为继承性运动(应绍奋,1992;王若柏,1995;刘经南等,2002)。

图 2b 显示,研究区 2000—2005 年地壳垂直形变特征与上期相比总体趋势较为一致,太行山山前构造带以西区域为隆升,最大速率约为 6.3 mm/a,但下花园—化稍营、高碑店—北京—密云一带

呈现下沉趋势,而这2个区域恰好是NNE向的延庆—怀来构造带、怀柔—北京—涿县构造带与NNW向的张渤构造带的交错位置(张祖胜等,1981;韩月萍等,2010;张四新,张希,2012;苏建锋,薄万举,2016),表明了这个时期内这3个构造带活动明显。研究区西部形变特征变化较大,岱海断陷带东北部及山西断陷带北部由微沉变为上升,而大同盆地、忻定盆地北部出现较大的下沉,下沉速率最大达7.5 mm/a,太行山断块仍以隆升为主,但上升速率有所减小,约为2 mm/a。

图2c显示,研究区2005—2015年地壳垂直形变在继承前期特征的基础上主要变化体现在量值上,尤其是上升区域年速率明显增大,鄂尔多斯断块东缘、太行山断块上升速率约为1~8 mm/a,

研究区东部的唐山断裂、滦县—乐亭断裂也有2 mm/a的小幅下沉。延庆—怀柔构造带与张渤构造带均呈下沉趋势,但速率不大,约为0~3 mm/a。主要下沉区集中在山西断陷带,包括呼包盆地、大同盆地和太原盆地。

1985—2015年,由于间隔时间较长,公共测点数量相对较少,图2d显示30年内研究区地壳垂直运动较为平稳,以继承性运动为主,但该时期的不同时间段内存在小幅波动的运动特征。延庆—怀来构造带与张渤构造带交叉地带是形变较为复杂的区域,这也说明这段时间内相应的断层构造较为活跃。少部分下沉区分布在盆地附近,主要有呼包盆地、大同盆地、太行山断块北段与张渤构造带交界地区。

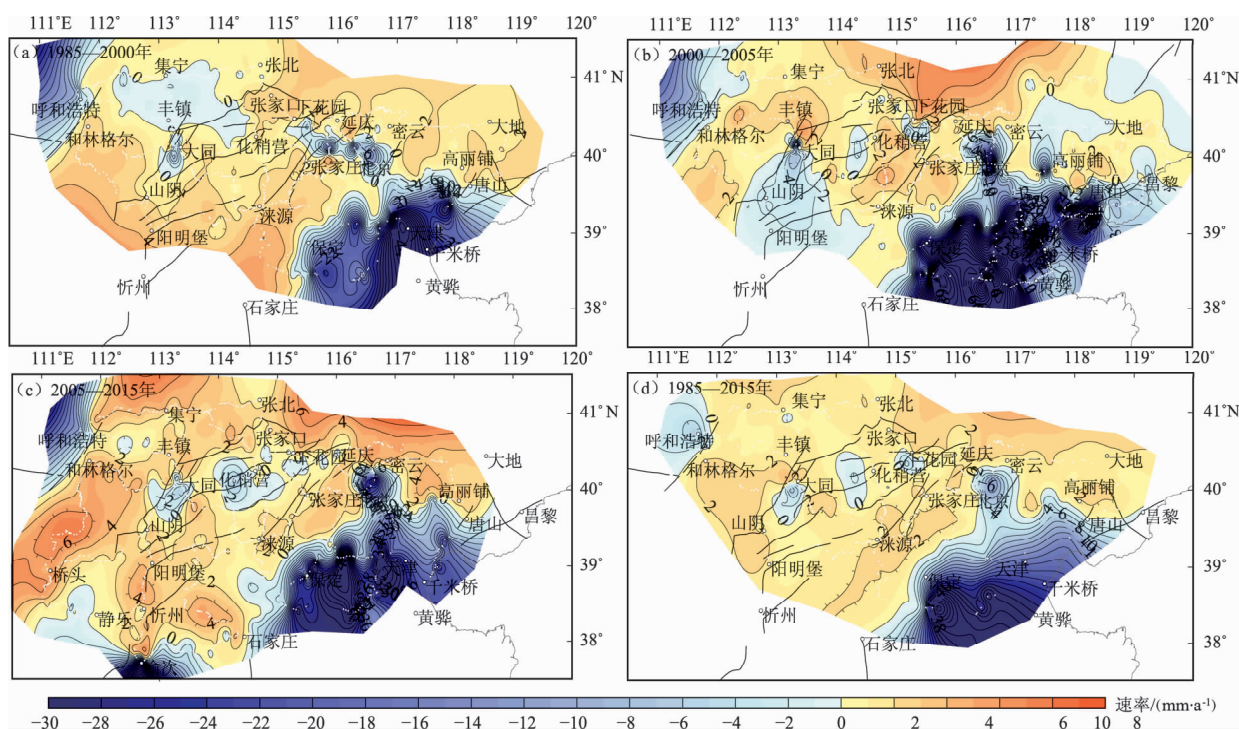


图2 华北北部地区不同时期地壳垂直形变等值线图

Fig. 2 Contour line of crustal vertical deformation in the northern area of North China in different period

2.2 水准剖面分析

丰镇—大同一涿源水准剖面自北向南穿过口泉断裂、六棱山北麓断裂和太白山山前断裂等。口泉断裂展布在大同盆地的西侧, NNE走向, SE倾向, 断层性质为右旋走滑, 其西侧为口泉山脉, 东侧为大同盆地。图3显示, 1985—2015年各个时期口泉断裂上下盘断层相对形变速率分别为-0.5, 0.13, -0.03 mm/a,

说明这个时期内口泉断裂活跃度较低。六棱山北麓断裂为正断层, 走向NEE—NE, 倾向NNW—NW, 各时期上下盘形变相对速率分别为0.25, -1.4, -5.4 mm/a, 该断裂由弱压性变为张性活动, 且近期活动速率有增大趋势。太白山山前断裂为正断层, 走向NEE, 倾向NW, 各时期断层两侧速率差分别为-0.8, 0.04, 0.24 mm/a, 速率变化不大, 表明该断裂处于

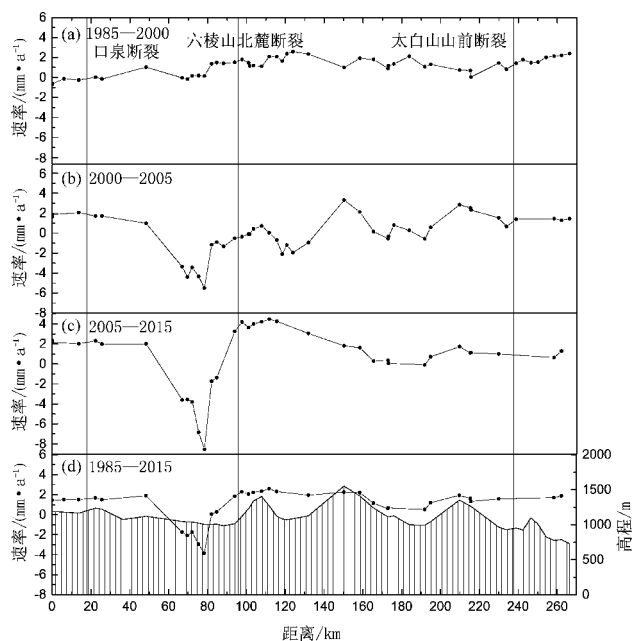


图3 丰镇—大同一涑源水准剖面地壳垂直形变速率变化图

Fig. 3 Crustal vertical deformation rate of the Fengzhen - Datong - Laiyuan water leveling profile

一定的闭锁状态。

张家口—下花园—延庆水准剖面自西向东分别跨越了怀涿盆地北缘断裂、延矾盆地北缘断裂等。怀涿盆地北缘断裂倾向为 SE，为正断层，计算该断裂两侧 20 km 内测点形变量，如图 4 所示。从图中可看出，1985—2015 年各时间段上盘相对于下盘形变速率均表现为张性活动。延矾盆地北缘断裂倾向为 SE，活动性质为正断层，上盘相对于下盘形变总体上也以张性活动为主。该剖面 2 条断裂近年活动特征与正断层的性质相符，可以看出张家口—下花园—延庆水准剖面的垂向形变以继承性运动为主。

3 断裂活动性与地震关系

利用华北北部地区跨断层形变测量观测资料，分别从断层活动方式和活动速率研究区域内各条断层的活动特征，由于跨断层场地较多，仅给出部分变化显著的场地或台站计算结果（李腊月等，2014；王永安等，2011；徐东卓等，2017b）。精密水准观测资料获取的背景场给出了中长期垂直形变梯度，定性分析研究区垂直形变速率与周边

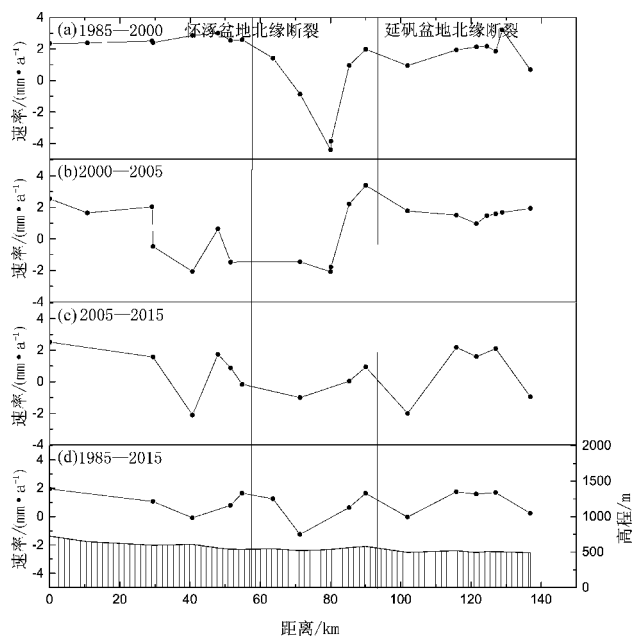


图4 张家口—下花园—延庆水准剖面地壳垂直形变速率变化图

Fig. 4 Vertical deformation rate of the Zhangjiakou - Xiahuayuan - Yanqing profile

地震的关系。

3.1 断裂活动性分析

基于跨断层短水准资料，以起始年观测数据为基准，将每年各个月份观测值减去基准年对应月份的数值，计算垂直形变累积量及速率，这样可以消除季节、气象变化等引起的年周变影响。华北北部地区的跨断层场地及台站主要分布在首都圈地区的张家口—渤海构造带西部及山西断陷带中北段，故分别对这 2 个区域跨断层数据处理分析。

图 5 给出了张家口—渤海构造带部分跨断层场地垂直形变累积活动量变化曲线。大灰厂、京西测点跨越八宝山断裂，密云测点跨越二甲峪—密云断裂，数据显示这 2 条断裂均从相对平稳状态转向压性活动，尤其是从 1992 年后，大灰厂测点垂直活动速率明显加大，直至 2005 年变化幅度逐步减缓；其他测点监测的相应断裂活动均为张性运动，而且大多数从 1990 年左右开始，断层的活动性明显加强。

山西断陷带中北段测点垂直形变累积量变化如图 6 所示，结果显示各个场地及台站监测断裂活动性一致，均表现为张性正断层活动，且活动量逐年增加，涉及的断裂主要有系舟山北麓断裂、

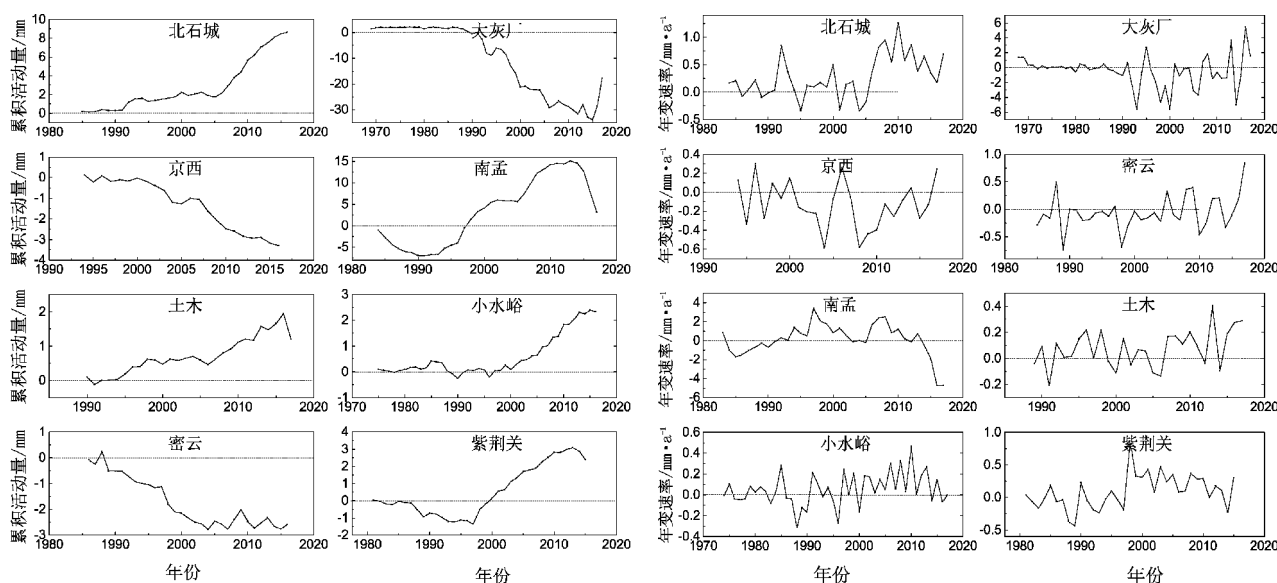


图5 张家口—渤海构造带部分跨断层场地垂直形变累积活动量及速率

Fig. 5 Cumulative activity and rate of the vertical deformation for some cross-fault sites in the Zhangjiakou-Bohai tectonic belt

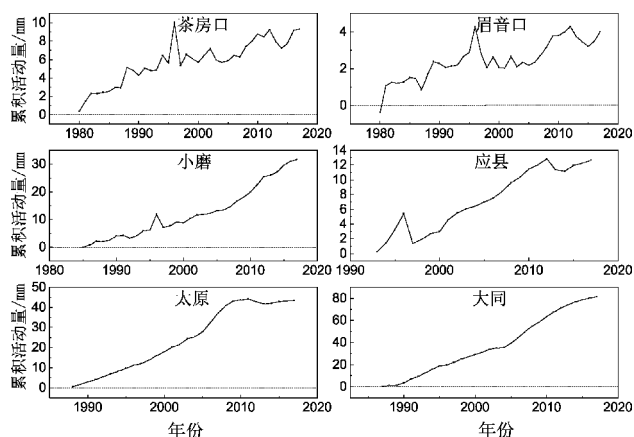


图6 山西断陷带中北段部分跨断层场地垂直形变累积活动量

Fig. 5 Cumulative activity of the vertical deformation for some cross-fault sites in the middle northern part of the Shanxi fault zone

口泉断裂、恒山北麓断裂等。其间，茶房口与眉音口测点出现过破趋势变化，即1995年呈现大幅加速，1年后又急速下降，这种异常变化可能与1996年包头 $M_{6.4}$ 地震有关。

3.2 地震危险性分析

图7展示了研究区1985—2015年的垂直形变梯度与 $M_s \geq 5.5$ 地震的对应关系。地震目录统计显示，1985—2015年该地区发生 $M_s \geq 5.5$ 地震10余次。除强下沉区外，高梯度分布区主

要有5个，分别是太行山断块北部的张家口—下花园—岔道、北京—密云、高丽铺—唐山，岱海盆地西部的呼和浩特—和林格尔、山西断陷带的大同—山阴—阳明堡。

1989年10月18日大同 $M_{5.6}$ 地震与1998年1月10日张北 $M_{5.2}$ 地震均发生在高梯度带附近区域。大同所处的山西断陷带一直是中小地震活跃区，主要分布有口泉断裂、六棱山北麓断裂等，1985—2000年丰镇—大同—山阴形变表现出下沉趋势，从2000年开始下沉趋势明显增大，高梯度区也向大同东南方向扩大，剖面结果显示六棱山北麓断裂由1985—2000年的弱压性(0.25 mm/a)到张性活动(-1.4 mm/a)。2004年1月20日，河北滦县附近发生 $M_{5.0}$ 地震，这一带有滦县—乐亭断裂、唐山断裂等，滦县周边地区呈弱上升趋势，而从唐山到滦县是等值线变化的交界区，由下降变为上升，也位于高梯度范围内。2006年7月4日文安发生 $M_{5.0}$ 地震，该区域恰好处于张家口—渤海构造带与太行山断块交会地带，怀涿盆地北缘断裂和延矾盆地北缘断裂西南端，断裂发育丰富，1985—2005年文安地区相对周边形变特征均表现为下沉，且延矾盆地北缘断裂活动由0.1 mm/a的弱压性活动变为-0.9 mm/a的张性运动，断层活动性质变化明显，同时文安地区也是形变速率高梯度带集中的一个重要区域。

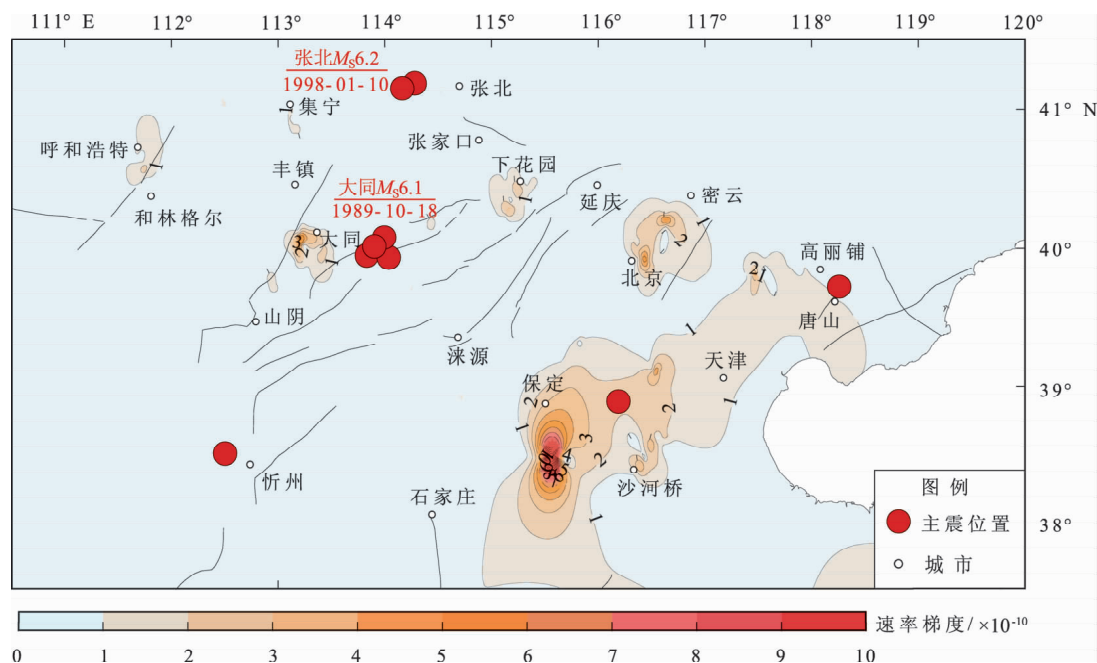


图7 1985—2015年垂直形变梯度与 $M_s \geq 5.5$ 地震分布

Fig. 7 Vertical deformation gradient and $M_s \geq 5.5$ earthquake distribution from 1985 to 2015

4 讨论与结论

本文对华北北部地区多期复测精密水准资料及跨断层形变资料整理分析,总结了该区域的地壳垂直形变演化特征,分析获取了部分断裂的活动性,结合研究区地质背景及地震活动性,得出了以下结论和认识:

(1) 华北北部地区的地壳垂直形变以继承性运动为主,断裂活动总体上相对平稳。研究期内,地壳垂直形变首先表现为明显的继承性运动,太行山山前构造带以西总体上升,华北平原下沉,燕山块体较为稳定,构造性运动明显,这与各主要断裂活动性质较一致。

(2) 通过对断层活动性分析,发现张家口—渤海构造带西段总体活动水平较低,张性活动相对增强,压性活动有减弱趋势;山西断陷带中北段断裂垂直形变累积的量值较大,总体以张性正断层活动为主,这与地质构造背景吻合度较高,表明了山西断陷带断裂仍以继承性运动为主。

(3) 统计研究区内近年发生 $M \geq 5.5$ 地震为10余次,从地震活动性来看,该区域处于一种相对较为平静的状态。地壳垂直形变高梯度区与地震对应关系较为明显,可以认为形变高梯度带对

危险区的判定具有积极的指导意义。从中长期地壳形变趋势分析,认为太行山断块北部的张家口—下花园—岔道、北京—密云、高丽铺—唐山,岱海盆地西部的呼和浩特—和林格尔、山西断陷带的大同—山阴—阳明堡等地区是地壳形变监测与关注的重点地带,值得持续跟踪关注。

参考文献:

- 郭良迁,马青,杜雪松,等. 2008. 华北地区断层形变与地震的关系[J]. 大地测量与地球动力学, 28(3): 14-20.
- 韩月萍,陈卓超,杨国华,等. 2010. 华北北部地区现今地壳垂直形变特征与地震危险性分析[J]. 大地测量与地球动力学, 30(2): 25-30.
- 黄立人,杨国华,王敏. 2003. 用速度场得到的华北地区活动块体及形变[J]. 地震学报, 25(1): 72-81.
- 李腊月,许明元,何庆龙,等. 2014. 山西断裂带断层现今活动特征及与中强地震关系浅析[J]. 地震, 34(4): 143-151.
- 刘经南,姚宜斌,施闯,等. 2002. 中国大陆现今垂直形变特征的初步探讨[J]. 大地测量与地球动力学, 22(3): 1-5.
- 路珍,郭泉,李瑞莎,等. 2017. 跨断层辅助测线对非构造因素去除的应用探讨[J]. 地震研究, 40(2): 193-202.
- 宋海平,卢战伟,赵松. 2011. Boxcar 滤波器和极化 RefinedLee 滤波器对极化 SAR 分类精度影响的评估[J]. 影像技术, 23(5): 39-44.
- 苏建锋,薄万举. 2016. 高噪声背景下 GNSS 垂向分量应用探讨[J]. 地震, 36(1): 105-116.
- 苏琴,向和平,邱桂兰,等. 2010. 跨断层水准与汶川 8.0 级地震强余

- 震监视[J]. 地震研究, 33(4): 269 – 273.
- 王若柏. 1995. 华北地区地壳垂直形变场及动态演化特征[J]. 地震学报, 17(2): 148 – 155.
- 王永安, 李琼, 刘强. 2011. 跨断层形变累积率的变化特征与云南地区强震[J]. 地震研究, 34(2): 136 – 142.
- 谢觉民, 张祖胜. 1997. 地壳形变方法对强震中期趋势的判定[J]. 中国地震, 13(2): 128 – 138.
- 徐东卓, 李胜虎, 周海涛, 等. 2017a. 川滇地块南部主要断裂现今形变特征及危险性分析[J]. 震灾防御技术, 12(3): 539 – 546.
- 徐东卓, 尹海权, 朱传宝, 等. 2017b. 九寨沟 7.0 级地震前后地壳形变时空演化特征及相关问题的讨论[J]. 中国地震, 33(4): 549 – 562.
- 应绍奋. 1992. 华北大地垂直形变场的演变与地震活动[J]. 天津地质学会志, 10(1): 36 – 42.
- 赵静, 任金卫, 江在森, 等. 2018. 龙门山断裂带西南段闭锁与变形特征[J]. 地震研究, 41(2): 216 – 225.
- 张四新, 张希. 2012. 汾渭断陷带现今垂直形变与近期地震活动性[J]. 地震, 32(4): 123 – 130.
- 张跃刚, 帅平, 胡新康, 等. 2006. 从 GPS 观测看华北地区的形变场演化[J]. 大地测量与地球动力学, 26(1): 36 – 41.
- 张祖胜, 谢觉民, 徐峰, 等. 1981. 唐山 7.8 级地震的地壳垂直形变[J]. 地球物理学报, 24(2): 182 – 191.
- 张祖胜, 杨国华, 薄万举, 等. 1996. 地壳垂直形变速率梯度、断层形变速率变化与强震危险区研究[J]. 中国地震, 12(4): 347 – 357.
- 周晓燕, 杨国华, 韩月萍. 2002. 华北近十年来水平运动动态与地震活动危险区的讨论[J]. 华北地震科学, 20(4): 28 – 33.
- Roy M, Royden L H. 2000. Crustal rheology and faulting at strike – slip plate boundaries 2. Effects of lower crustal flow[J]. J Geophys Res, 105(B3): 5599 – 5613.
- Wang Q, Zhang P, Jeffrey T. 2001. Freymueller *et al.* Presnet – Day Crustal Dedormation in China Constrained by Global Positioning System Measurements[J]. Science, 294(19): 574 – 577.

Evolution Characteristics of the Crust Vertical Deformation and the Faults Activity Analysis in the Northern Area of North China

SUN Qikai, HE Qinglong, LI Layue

(The First Monitoring and Application Center, China Earthquake Administration, Tianjin 300180, China)

Abstract

Based on the repeated measurement data and cross – fault data in the northern area of North China, we calculate the vertical strain rate during 1985 – 2015 for several periods. The results reflect deformation characteristics and seismicity by contour line and gradient of vertical deformation. Combining the observation data of cross – fault deformation, the activity of the main faults in the region is analyzed. Then we identify the overall trend of deformation, and to require critical attention in the region and areas. The results show that the northern part of North China is dominated by the succession movement, at the same time the west of the Taihang Mountain front tectonic zone is generally raising, and the North China plain subsidence and the Yanshan block is steady. The overall activity of the western section of the Zhangjiakou – Bohai tectonic belt is low, and the main faults in the middle northern section of the Shanxi fault depression zone mainly present as normal fault activity. The interlaced area of the two fault phase is a high gradient concentrated area with high vertical deformation and the frequency of moderate strong earthquakes is high, and these areas need sustained and focused attention in the future.

Keywords: vertical deformation; fault activity; high gradient; seismic activity; in the northern area of North China