

郭增建,郭安宁,张向红,等.纪念古浪 8 级大震九十周年——暨对特大地震的研究讨论[J].地震工程学报,2017,39(2):0191-0195.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2017.02.0191

GUO Zeng-jian, GUO An-ning, ZHANG Xiang-hong, et al. Commemoration of the Ninetieth Anniversary of the Gulang M_s8 Earthquake——Discussion of the Study of Great Earthquakes[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2017, 39(2): 0191-0195. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2017.02.0191

纪念古浪 8 级大震九十周年 ——暨对特大地震的研究讨论^①

郭增建, 郭安宁, 张向红, 白雪见

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:置甘肃古浪 8 级地震发生 90 周年之际, 本文用几种方法回顾性地讨论了特大地震的预测问题。分别用块体交界带指标、高山峰指标探讨了 1920 年海原 8.5 级地震发生的位置, 并以这两个指标讨论了 1927 年古浪 8 级大震发生的位置。从国内某些大震 25 年周期的相关性和太阳活动峰年讨论了 1927 年古浪 8 级大震的发生年份。这些回顾性的指标研究对今后地震动、地震风险区划和预测大地震有一定的参考价值。

关键词:古浪大震; 块体交界带; 高山峰指标; 太阳活动; 25 年时间间隔

中图分类号: TU47

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2017)02-0191-05

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2017.02.0191

Commemoration of the Ninetieth Anniversary of the Gulang M_s8 Earthquake ——Discussion of the Study of Great Earthquakes

GUO Zeng-jian, GUO An-ning, ZHANG Xiang-hong, BAI Xue-jian

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: On the ninetieth anniversary of the Gulang, Gansu M_s8 earthquake, in this paper, we retrospectively investigate and discuss the prediction of great earthquakes. We used two indexes, the block border zone and high mountain indexes, to research the location of the 1920 Haiyuan $M_s8.5$ earthquake and the 1927 Gulang M_s8 earthquake. We discuss the year of earthquake occurrence of the 1927 Gulang M_s8 earthquake based on the relationship of the 25-year cycle for great earthquakes in China and the maximum solar background activity. Our retrospective study of these indexes provides a valuable reference for the study of earthquake ground motion and seismic risk regions for the prediction of great earthquakes.

Key words: Gulang great earthquake; block border zone; high mountain index; solar background activity; 25 years cycle

① 收稿日期: 2017-03-20

作者简介:郭增建(1931—), 研究员, 中国地震预测咨询委员会主任, 中国地球物理学会天灾预测专业委员会名誉主任, 原国家地震局兰州地震研究所所长, 名誉所长。作者于 1957 年发表第一篇论文, 至 2017 年整整 60 年。

0 引言

1927年5月23日甘肃古浪8级地震曾造成人员死亡5万。这是1920年邻区宁夏海原8.5级大震死亡27万人后的又一次悲惨灾难。今逢古浪大震90周年,我们在悼念昔日死难者的同时,还要从该震发生的有关方面总结出对今后国内大震预测的认识,以便为今后地震动及地震风险区划和预报大地震服务。

1 古浪大震发生与青藏高原北、阿拉善块体交界带的关系

1973年作者一在《地球物理学报》第16卷9月号中指出^[1]：“镶嵌着的地壳块体,在地球内部和外部力量的作用下,进行着相对运动,在地壳块体相接触的地带上,相对运动最为显著,因此,它就成为大地震孕育的地带了”。并在此文章中提出了块体交界带上震源孕育的组合模式,该模式由应力积累单元和其两端的应力调整单元所组成,故名组合模式。由于块体交界带不只一个震源,而是由多个震源成线性连接的,这就是地震带。至此块、带、源的观点已经形成。

1974年作者一将我国的地壳块体划分成9块。因当时属文革特殊时期,刊物甚少,论文未能公开发表,只在地震系统地震会议上以内部印刷稿交流。1983年闫志德和郭履灿在《科学通报》上追述了我们1974年对我国地壳块体的划分^[2]。他们在深入讨论青藏高原复杂巨块北块的地震活动性时指出:“1974年郭增建同志把我国地壳划分为9个巨块,以七级以上大地震的分布和大地震极震区的方向,以及大断裂延伸的方向和由地震波得到的震源错动方向为依据,划出青藏高原复杂巨块又分南北两块”。闫志德等为了强调该北块的发震性,在进一步研究的基础上称其为“发震块体”。以上闫志德等已把我们1974年划分地壳块体的数目、划分依据以及对青藏高原这一复杂巨块的认识简要地作了说明。在这再提及青藏北块,是因为1927年古浪8级地震就发生在该北块与阿拉善块体的交界上,而此地震发生70~80年后,即2001年青海昆仑山口西8.1级大震发生在青藏北块的西南边界,2008年汶川8级大震发生在该北块的东南边界^[3]。但应指出,由于该块体交界带很长,是否在该带上还有显示发生大震地段的指标呢?下面介绍高山峰指标来对这个

问题做进一步的讨论。

2 古浪大震发生地点与高山峰指标的关系

这个现象我们在1993年完成的“国家地震局攻关课题——8级大震的构造物理背景与趋势预测”中就提出来了^①。1927年古浪大震其震源断层长度在140~160 km,其南侧有祁连山东段(长约360~400 km)上最高的冷龙岭山峰(高4 843 m,引自2011年中国地图出版社出版的《中国地图册,地形版》)。作为类比,在古浪以东大面积总地势变低的情况下银川地堑1739年发生过8级地震,极震区西侧有贺兰山高峰(高3 556 m)。在古浪东南方向海原于1920年发生8.5级地震,海原西边的马万山高2 955 m,是屈吴山和六盘山内最高的山峰。就近年来来说,2001年昆仑山口西8.1级地震极震区西端的布喀达坂峰是青藏高原北部大范围内的第二高峰(6 860 m)。2008年汶川大震极震区内有九鼎山高峰(高4 989 m),它是500 km长的龙门山中最高的山峰。以上现象可能是垂直运动和水平运动互相迭加,应力积累较快,弹性形变能所占的比例较大,易于形成大体积的能量释放而发生大震。以上事例告诉我们,今后应重视在块体交界带有高峰的地段,其有发生大震的可能性。

3 古浪大震与海原大震距离相关性讨论

对于8级(含8级以上)地震来说,按照重演原则,过去发生过8级地震的地方,其附近同样深部构造条件的地带上应考虑再发生同样震级的地震。例如1679年三河平谷发生8级地震,在其东侧100 km余的地方于1976年发生了唐山7.8级地震(准8级);1997年西藏玛尼发生7.9级地震,在其东边不远的地段上发生了2001年昆仑山口西8.1级地震;1931年新疆富蕴发生8级地震,在其西北不远的中蒙俄交界地方于2003年9月27日发生7.9级地震(准8级,49.9°N,87.9°E)。另外,1411年西藏当雄发生8级地震,1951年其附近又发生8级地震;1920年台湾大港口东海中发生8级地震(23.5°N,122.7°E),1972年在其附近又发生8级地震(22.6°N,122.3°E)。这些震例已在我国8级地震中约占一半的比例。所以我们认为古浪、武威地区靠近1920年海原8.5级地震震源体的西端——景

① 郭增建,秦保燕,翟文杰,等.8级大震的构造物理背景与趋势预测,1993.

泰以西地区,相隔不过 100 km,它符合 8 级大震重演原则的位置关系。这是从统计学角度来说的。另外,有学者认为可能是海原 8.5 级大震发生后其景泰以西引起的应力增加触发了 1927 年古浪大震,这种说法是有一定道理的。但这种观点还涉及到海原大震震源断层错动传播到景泰以西如何止裂的条件问题,即景泰以西地区介质必须具有显著的塑性或是介质甚为破碎,这样发生海原 8.5 级大震的断层传播到这种介质地区时才能止裂。如果是这样,那么现有计算库仑应力的方法就有问题,因为库仑应力计算是把已发生的大震当作均匀弹性介质中的一个位错来计算其端部以外的应力分布的。这种计算在位错端部有较大应力集中,位错要止裂有困难。如果采取位错端部到达景泰以西地区是近塑性或破碎介质,则数学计算又遇到困难。实际上景泰以西地区是民勤南北向地震带(早已存在)与海原大断裂的交汇地区,其介质破碎。这使海原大震发生时到此止裂。其错动力施加给破碎介质经破碎介质各碎块互相调整位置,其剩余的应力传给古浪地区的孕震断层,并触发 1927 年大震的发生。当然古浪地区原来储存的应力总值是古浪大震震级达到 8 级的根本原因。但从发震位置寻找方面来说,先发的 1920 年海原大震是人们寻找古浪大震位置的依据之一。这一震例使我们今后预测 8 级大震位置时又增加了一个参考因素。

4 古浪大震与国内大震 25 年时间间隔的相关性

1990 年刘成昌统计得出,我国历史上 8 级地震发生的时间虽然杂乱,但相隔 19 年、25 年、50 年、75 年和 252 年的时间间隔的地震相对占主要成份^②。1991 年徐道一等进一步研究了 252 年时间间隔,并用这个时间间隔对 1997 年西藏玛尼 7.9 级地震的发生年份做了一定程度的预测。刘成昌和徐道一等统计的时间间隔其间是可插有别的 8 级地震进行统计。2001 年我们指出,1951 年西藏当雄 8 级地震、1976 年唐山准 8 级地震以及 2001 年昆仑山口西 8.1 级地震,它们之间不插别震也是 25 年的时间间隔^[5],遂强调 25 年的重要性。另外 50 年、75 年和 252 年也可视为 25 年的倍数。252 年最后的 2 年可视为倍数大时的积累误差。下面我们用 25 年和其倍数年时间间隔讨论 1927 年古浪大震为什么发震在 1927 年。在 20~21 世纪,国内和国界上共发生 9 次 8 级地震(含 8 级以上),其时间间隔为 25 年和

倍 25 年的地震数目占得较多。1902 年新疆阿图什 8¼ 级地震与 1927 年古浪 8 级地震相隔 25 年,1931 年新疆富蕴 8 级地震与其东蒙古国 1905 年 8¼ 级地震相隔 26 年,2003 年中蒙俄交界发生 7.9 级地震(准 8 级)与 1902 年阿图什 8¼ 级地震相隔 $(4 \times 25 + 1)$ 年。1927 年古浪大震与 1951 年西藏当雄 8 级地震相隔 24 年 $(25 - 1)$ 年。当雄大震又与 1976 年唐山大震相隔 25 年,2001 年青海昆仑山口西 8.1 级地震又与唐山大震相隔 25 年。由上所述,相隔 25 年发震的比例占得较多。故古浪大震发生在 1927 年就不足为奇了。当然该震发生还与太阳活动在 1927 年达高峰年有关(这在下节介绍)。从对今后的预测来说,1927 年古浪大震填补了 25 年时间间隔连续发生 8 级地震的空位,使这个 25 年时间间隔的序列更具有说服力。因从时间重演原则来说,今后国内大震在 25 年时间间隔的时间点上发生 8 级地震的可能性大(不是必发生)。还有一个值得关注的事就是 1927 年近旁的 1920 年海原 8.5 级大震与 1668 年山东 8½ 级地震相隔 252 年,这可看作是 10 个 25 年再加 2 年的误差。这和 1927 年古浪大震其前和其后皆有 25 年时间间隔的 8 级地震似有某种相似性和空间相近的借鉴作用。1679 年三河平谷发生 8 级地震,它与 1654 年天水 8 级地震相隔 25 年,后来其东发生的 1976 年唐山准 8 级地震其前和其后 25 年国内也皆有 8 级地震发生。这也支持了此观点。虽然有上述二例,但今后在 25 年或倍 25 年时间点上预测 8 级地震是不能确定出发震地点的,因为已发震和新发震的解答太多,这还需与其他指标来定。

5 古浪大震发生与太阳活动峰年的关系

1976 年作者之一指出了关于古浪大震发生在太阳活动峰年的问题^[8](图 1)。

图 1 是 1939 年 W.J.Rooney 在“地球的物理”杂志上发表的。由于磁暴是全球现象,故也可用来讨论古浪大震。即在太阳活动峰年磁暴活动强烈和频繁,它使古浪大震震源体内包含的居里点等温面(该等温面在地壳内是大范围平铺延展的,遇到震源断层时会向上弯曲)附近的铁磁物质易于发生变形,这就是物理学中所说的“磁致伸缩”。这种变形可能触发快成熟的古浪大震发生。另一方面,古浪大震震源断层在临震前有预滑(又称预位移),它的摩擦

② 刘成昌,预测自然灾害的综合模式,1990。

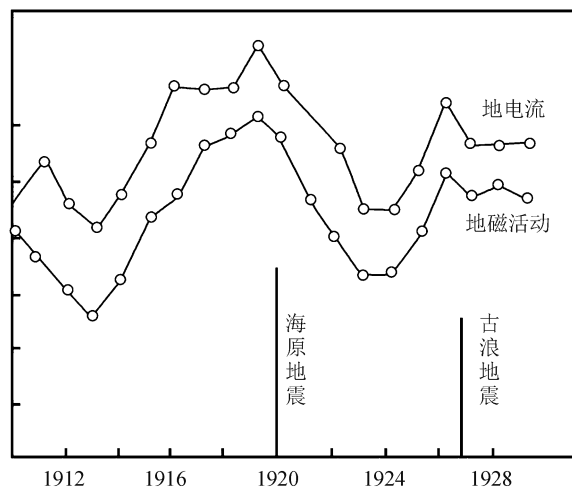


图1 1920年海原大震与1927年古浪大震的太阳背景活动

Fig.1 The solar background activity of Haiyuan earthquake in 1920 and Gulang earthquake in 1927

生热使孕震断层面上形成温度提高了的薄层,当磁暴发生时地壳内所感生的电流较多得从这薄层上流过,从而使预滑提速进行,进而在太阳活动峰年触发古浪大震。以上相关性启示我们在太阳活动峰年要谨防大震发生,特别应注意过去在太阳活动峰年发生过地震的地区。1927年古浪大震东边不远于1920年发生的海原大震就是在太阳活动面积指数最大的年份。但也提出另一个相反的问题,即1954年山丹7¼级大震的震源断层走向与古浪大震类似,都是北西方向,且距古浪大震也不远,为什么它发生在太阳活动谷年段呢?对此可用物理学中的“自发磁致伸缩”来解释。这个物理概念我们在1987年引入地震成因的解释中^[7]。现简述如下:山丹大震所在地区地壳内的居里点等温面是近似水平面展延,当遇到震源断层时,因断层更深部有热能向该断层面输入,所以这个“近似水平”延展的居里点等温面就在断层面处向上弯曲,这个弯曲的等温面在太阳活动谷年因磁暴已大大减弱,从而感生的地电流也大大减弱,这样上述弯曲的居里点等温面其位置下降,这个温度下降的薄层是在不变的地球基本磁场中进行的(地球基本磁场在不长时间内可视为不变),它也会变形,这种变形不是热胀冷缩,而是“自发磁致伸缩”。所谓“自发”就是上述温度下降的薄层在地球基本磁场中自发进行变形,而不需要另再加磁场使其变形。如山丹地区震源断层面已达到发震的程度,又碰到“自发磁致伸缩”对震源发震有

触发作用,于是山丹大震就在太阳活动谷年发生。

以上太阳活动峰年和谷年发震的现象,是属于原因相反而后果相同的一类物理现象。这在今后的大震预报中也是值得参考的。

6 讨论与结论

1927年古浪大震发生的位置是在块体交界带上有高山峰的地段。另外,附近曾发生过1920年海原8.5级大震也是古浪大震发生位置的一种指标。以上这些位置指标对今后预测8级大震位置是有参考价值的,当然预测位置还有其他指标,综合参考后效果会更好。古浪大震发生的年份是与国内20~21世纪大多数8级地震呈25年时间间隔的相关性。另外,古浪大震又发生在太阳活动峰年。这些时间指标对今后预测8级地震的年份是有参考价值的。同样的指标特征也出现在其他的地区^[8-9],同理,综合其他预测特大地震时间的方法能得到准确的预测^[10],若能再结合一些非传统的在探索中的方法^[11],以及现在热点探索的方法,则预测效能会得到更进一步提高。

参考文献(References)

- [1] 郭增建,秦保燕,徐文耀,等.震源孕育模式的初步讨论[J].地球物理学报,1973,16:43-48.
GUO Zeng-jian, QIN Bao-yan, XU Wen-yao, et al. Preliminary Discussion on the Earthquake Generating Model of Focal Region[J]. Chinese Journal of Geophysics, 1973, 16: 43-48. (in Chinese)
- [2] 闫志德,郭覆灿.论甘青川发震块体及其地震活动特征[J].科学通报,1983,28(2):111-115.
YAN Zhi-de, GUO Fu-can. A Study on the Characteristics of Seismogenic Block and Seismic Activity in the Area of Gansu, Qinghai, and Sichuan Province[J]. Chinese Science Bulletin, 1983, 28(2): 111-115. (in Chinese)
- [3] 郭安宁,郭增建.5·12汶川大地震预报回顾[M].西安:西安地图出版社,2009:244.
GUO An-ning, GUO Zeng-jian. Review of 5·12 Wenchuan Great Earthquake Prediction[M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 2009: 244. (in Chinese)
- [4] 徐道一,黄建发,王湘南.中国大陆8级地震的有序性——一种新的预测方法[J].地震地质,1991,13(3):231-236.
XU Dao-yi, HUANG Jian-fa, WANG Xiang-nan. The Order of the M_s8 Earthquake in Chinese Mainland: A New Prediction Method[J]. Seismology and Geology, 1991, 13(3): 231-236. (in Chinese)
- [5] 郭增建,韩延本,吴瑾冰.对2001年11月14日新疆—青海交

界 8.1 级大震预测的反思[J].国际地震动态,2001(12):5-8.

GUO Zeng-jian,HAN Yan-ben,WU Jin-bing.Self-examination of the Rough Prediction of the Great Earthquake of M_s 8.1 Occurring in the Boundary Between the Xinjiang Uygur Autonomous Region and Qinghai Province[J].Recent Development in World Seismology,2001(12):5-8.(in Chinese)

[6] 国家地震局兰州地震大队,宁夏回族自治区地震队.1920 年 12 月 16 日的海原大地震[J].地球物理学报,1976,19(1):42-49. Lanzhou Earthquake Brigade,CEA,Ningxia Hui Autonomous Region Earthquake Brigade.The Haiyuan Great Earthquake on 16 December,1920[J].Chinese Journal of Geophysics,1976,19(1):42-49.(in Chinese)

[7] 郭增建,秦保燕,孙光宇.环境因子与地震预报[C]//地球动力学进展.北京:海洋出版社,1987:9-15. GUO Zeng-jian,QIN Bao-yan,SUN Guang-yu.Environmental Factors and Earthquake Prediction[C]//Process of Geodynamics.Beijing:Ocean Press,1987:9-15.(in Chinese)

[8] 任栋,郭安宁.“一带一路”所经陆路地域巨震链特征研究[J].中国安全生产科学技术,2015,11(10):48-52. REN Dong,GUO An-ning.Research on Characteristics of Massive Earthquake Chain in the Land Area of "the Belt and Road" [J].Journal of Safety Science and Technology,2015,11(10): 48-52.(in Chinese)

[9] 郭安宁,白雪见,郭志宇.丝绸之路带上地震迁移与地势的关系[J].地震工程学报,2016,38(5):846. GUO An-ing,BAI Xue-jian,GUO Zhi-yu.Relationship between the Migration of Earthquake on the Silk Road Belt and Terrain [J].China Earthquake Engineering Journal,2016,38(5):846. (in Chinese)

[10] 郭增建,郭安宁,李健梅,等.基于汶川地震震例用震兆共迁方法对地震预测的讨论[J].华南地震,2016,36(4):8-13. GUO Zeng-jian,GUO An-ning,LI Jian-mei,et al.Discussion on Earthquake Prediction by Using the Method of Earthquake Precursor Co-migration Based on Wenchuan Earthquake[J]. South China Journal Seismology,2016,36(4):8-13.(in Chinese)

[11] 郭安宁,郭增建,任栋,等.2013 年甘肃岷县—漳县 M_s 6.6 级地震及非传统方法的回顾性预测讨论[J].华南地震,2016,36(2):56-59. GUO An-ning,GUO Zeng-jian,REN Dong,et al.Retrospective Discussion of Prediction by using Non-traditional Methods for the 2013 Minxian—Zhangxian M_s 6.6 Earthquake in Gansu[J].South China Journal Seismology,2016,36(2):56-59.(in Chinese)