

郭安宁,任栋,白雪见,等.郭增建主要学术贡献与成就[J].地震工程学报,2018,40(增刊):242-250.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.242

GUO Anning,REN Dong,BAI Xuejian,et al.Main Academic Contributions and Achievements of Guo Zengjian[J].China Earthquake Engineering Journal,2018,40(Supp):242-250.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.242

郭增建主要学术贡献与成就

郭安宁¹, 任 栋¹, 白雪见¹, 赵乘程¹, 李 鑫², 张炜超³,
郭志宇⁴, 彭立顺⁵, 贾源源¹, 段博儒¹

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国机械进出口集团有限公司, 北京 100037

3. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068; 4. 西安市勘察测绘院, 陕西 西安 710000;

5. 广东省建筑科学研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510500)

摘要: 本文分六个专题,简要地介绍了郭增建先生及其合作者在地球物理学、地震预测科学、天灾综合预测、震灾防御与应急救援方面的学术贡献与成就。另外,对他的预报方法做了特别的评述,因为郭增建预测思想、理论、方法是一个独立的体系,在现今的预报实践中仍有着重要的价值。

关键词: 郭增建; 学术; 贡献; 成就

中图分类号: P315

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2018)增刊-0242-09

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.Supp.242

Main Academic Contributions and Achievements of Guo Zengjian

GUO Anning¹, REN Dong¹, BAI Xuejian¹, ZHAO Chengcheng¹, LI Xin², ZHANG Weichao³,
GUO Zhiyu⁴, PENG Lishun⁵, JIA Yuanyuan¹, DUAN Boru¹

(1.Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Agency, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2.China Machinery Import-export Co. Ltd, Beijing 100037, China;

3.Earthquake Agency of Shaanxi Province, Xi'an 710068, Shaanxi, China;

4.Xi'an Institute of Prospecting & Mapping, Xi'an 710000, Shaanxi, China;

5.Guangdong Provincial Academy of Building Research Group Company Limited, Guangzhou 510500, Guangdong, China)

Abstract: Based on six topics, this paper briefly introduces the academic contributions and achievements of Guo Zengjian and some co-authors in the fields of geophysics, earthquake prediction science, comprehensive forecast of natural disaster, and earthquake disaster prevention and emergency rescue. In addition, a special commentary is made on Guo Zengjian's forecasting methods, as his forecasting thoughts, theories, and methods are an independent prediction system, and still have important value in present forecasting practices.

Keywords: Guo Zengjian; academics; contribution; achievement

0 引言

郭增建先生在长达60余年的科学研究与探索之中,研究涉猎面非常广泛,几乎涵盖了地震系统的三大工作体系:监测预报,震灾防御,应急救援。他在三大体系中基本上都有创新和开拓,另外在固体地球物理学以及地气耦合综合交叉机理与预测学研究方面都有卓越的建树。(1)固体地球物理(地球动力学方面)的学术贡献;(2)固体地球物理(震源孕育模式)的学术贡献;(3)地震预报理论和预报方法的学术贡献;(4)震灾防御(烈度区划)方面的学术贡献;(5)大震对策及应急救援领域的贡献;(6)灾害学及天地气耦合交叉科学领域的贡献。本文阐述了他以及学科组的贡献,尤其是他对预报理论与方法研究的阐述,至今还有着生命力,因而特别作了简短的总结和说明,以期对今后的地震预测起到作用。

1 固体地球物理(地球动力学方面)的学术贡献

1.1 国内首先开创了震源机制的研究

检索中国科技文献可知,几篇最早的有关震源机制的文献署名是郭增建^[1-5],不论是开创还是填补国内空白,震源机制这一地球物理的分支学科在中国的开始是始自于他的。20世纪唯一的地震科学的教科书《地震学基础》^[6],震源机制这一章就是由他执笔撰写的。

1.2 首先发现中国现代孕震力源以水平运动为主

郭增建1961—1963年通过对我国境内20世纪以来48次强震震源机制资料的研究,从震源机制解的统计中发现我国境内震源断层以平推(走滑)错动为主,垂直运动为次的结果,进而得出我国境内的现代构造运动以水平运动为主、垂直运动为次的推断。

这个发现与当时地学界占统治地位的垂直派观点不同,因而遭到拒稿,最后发表在会议论文集上^[7]。在该文中特别提到考虑到1957年我国编制中国第一代地震烈度区划图时只考虑了垂直运动的地质指标,建议今后在进行地震烈度区划时还应考虑水平运动的地质指标。

论文遭到拒稿的原因是当时没有认识到水平运动的力源来自于哪里,因而学术界不承认。但是,到了20世纪70年代后,板块学说进入中国并盛行,才认识到水平错动的力源来自于太平洋与印度洋板块对中国大陆的挤压,从而全面承认中国的现代构造

运动是以水平运动为主,早期该论文的论点得到证实,而这个预见性的早期认识在当时无疑是对中国现代构造动力学理论的一个革命性的发现。

1.3 提出水平与垂直叠加孕震模式的理论

在板块学说进入中国后,中国现代力源的认识则从一个极端走到了另外一个极端,原先垂直派的理论占极端的上风,板块学说的风靡使水平挤压观点占了绝对的上风,垂直力源的观点被忽视。

于是郭增建又提出中国地壳内的地震是太平洋板块水平挤压中国地壳在地壳内形成的应力与大陆下方上地幔垂直运动在地壳内形成的应力两者叠加的结果,水平应力是基本应力场,而垂直应力各地情况不同,它叠加于这个基本应力场上形成大地震。从主次来说,水平挤压作为基本应力场在孕震上是第一位的,垂直应力在发震上的作用亦是不可忽视的。^[8-9]这个垂直力在发震方面有两个效应,一个是与水平应力场合成的剪应力增大有促震作用,一个是当水平向差应力达到一定值时垂直向的中等主应力变化对发震的影响。这些系列观点对地震预报是有意义的,本研究 and 后面的组合模式以及断层面弱化发震的观点一起获得了1978年全国科学大会科研成果奖状。

这个研究的现实意义在于,中国第一代地震烈度区划图寻找未来发震的地点时,垂直运动地质指标强烈的地区被列为主要发震的地区,而到后面则打了一个颠倒,水平运动(主要是走滑)地质指标强烈的地区划为主要发震的地区。这两个不同指标划分的未来强震地点是不一样的,鉴于此,郭增建又提出水平运动叠加垂直的理论是未来主要发震地区的观点,这个观点后来越来越被各种震例所证实,也是一个寻找强震地点的指标。

1.4 首次提出块、带、源组合的强震动力孕育模型

1963年开始,郭增建论述了中国地震的块、带、源思想。1966年指出:“地下地质构造并不是均匀完整的一块,而是许多地质块体。在不同地质块体的交界带或断裂带,当两侧块体进行强烈的相对运动时,那里就常常发生地震。……一般认为构造块体交界带或断裂带愈大、构造运动愈强的地区,发生大地震的可能性就愈大。”^[10]

1974年,根据地质构造资料、地壳厚度资料、大震震中分布带、大震时在地面断裂延伸方向以及大震震源机制资料等对我国的地壳块体进行了划分。将我国的地壳块体划分成9块,很明显,7~8.5

级大震皆分布在块体边界上,即不同块体的交界带上。1974年属文革特殊时期,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》上发表文章时,追述了郭增建1974年的划分,同时还对青藏高原这个复杂巨块进行了讨论,并将其分为北块和南块。2001年昆仑山口西8.1级地震就发生在北块的南边界上,2008年汶川8级大震发生在北块的东边界上。

1976年,他运用块体观点对1920年海原8.5级特大地震的成因作了讨论^[11],指出:“根据地质和地震资料,海原大地震发生在青藏高原、鄂尔多斯以及阿拉善3个不同地质属性块体的交接部位。这个交接部位在3个块体的长期相对运动作用下,本身是一个构造变动非常厉害而且复杂的区域”。鉴于1920年海原大地震能量特别大,因而认为“该地震能量的提供者不是交接部位区域内的这些具体构造,而是上述3大块体的相对运动。但交接部位区域内的具体构造可对上述能量的具体分配(所谓应力集中的分布图案)发生影响”。

1977年研究了鄂尔多斯块体和青藏高原巨块以及青藏北块周边的地震迁移呼应现象^[12],指出:“地壳块体本身的运动是第一性的,而不同块体交界带上的相对运动是由各块体的运动所决定的。由此同一块体周围的大震活动就可能有某种联系。在较短时间内,块体周围的大震呼应迁移关系就是这种联系的一种表现。”还指出,我国其他一些地壳块体也有类似的地震呼应迁移现象(包括块体同一边上的地震呼应迁移,也包括块体四周的地震呼应迁移)。短时间内的呼应迁移对中期地震预报是有一定意义的。以上所说的块体运动是第一性的,不同块体交界带上的相对运动由各块体的运动所决定,这个交界带是大震孕育和发生的场所。

据此他进一步提出了“块、带、源、兆、触、报”的六字地震预报思路。即首先划分地壳块体,在块体的交界带和交接部位划分地震带,在地震带的分段特征上寻找大震震源具体孕震地点,并由震源的孕育过程了解确切的前兆预报指标,另外再考虑到外因触发作用,最后进行全面分析和地震预报。

1993年出版的《中国改革开放辉煌成就四十年》一书中的“国家地震局卷”在回顾我国的地震预报科学思路的进展时,把“块、带、源、场、兆、触、震”作为预报思路之一(方樟顺,1993)。后期块体观点在国内被不少学者广泛开展研究并有重要进展。

2 固体地球物理(震源孕育模式)的学术贡献

2.1 提出“组合模式”孕震理论

1973年提出了震源是由应力积累单元和其两端应力调整单元共同组合而成的模式,称组合模式^[13]。该模式是对美国Reid提出的弹性回跳理论的改进与补充。Reid只讨论了震源地段积累弹性变形能和发震,因缺乏震源地段的端部条件,不易形成震源地段的应力集中和震时断裂传播时的止裂,组合模式则补充了这个欠缺。

在组合模式中,还首次研究了震源岩体错动需要端部让位的问题。后来我国学者以实验论证了端部刚度效应的重要意义。后在1981年日本地震学家吉田明夫提出了与组合模式类似的模式。

震源孕育模式的一个重要特点是对地震预测有具体的指导及指标体系,组合模式是在国内很有影响的孕震模式。

2.2 强震孕育成熟标志的弱化模式理论

1974年提出了震源断层积累应力达最大后断层面上物性软化、产生预位移和凸凹处破坏使摩擦力加速降低后才发生大震的物理观点^[14]。这比1979年美国学者Stuart等提出的滑动弱化观点早。20世纪80年代和90年代,我国地震学界某些学者对滑动弱化的问题进行了数学研究。

这个模型的意义在于把区域小震的观测与长期应力应变以及新构造运动的观测相结合后,在综合判定强震的临近危险时有意义。

2.3 提出强震孕育的立交致锁模型(简称立交模式)

为什么一次强震不是以小的地震积累发生而是以一次大的地震集中释放呢?当清楚这个机理后,我们就可以研究与推断强震发生的地点。1983—1985年郭增建提出了活动断层如何致锁的立交模式(1983年在昆明举行的南北地震带会议上首先提出立交模式的观点,1985年正式发表)^[15-16]。这个模式在理论上回答了美国地震学家安艺敬一和金森博雄所提出的障碍体模型和凸凹体模型未解决的问题,即一个活动断层多次错动后,已把断层面的障碍体和凸凹体粉碎并变成断层泥,何以又再形成障碍体和凸凹体而致锁的问题。该模式不仅为国内一些大震的事实所支持,并能解释远距离地震前兆。近年来国内一些学者通过深部探测亦发现不少立交桥构造。

现代科学的观测与及强震的发生更多地证明了这一模式的理论和实用价值。

2.4 提出断层交汇的止裂与非止裂划定构造分段的模式

1983年,郭增建等研究了传播的剪切断裂与另一静态断层相遇时止裂的问题^[17]。全横交时可以止裂;半横交时又分两种情况,一种可以止裂,一种不一定止裂。

这些结果的认识,对由构造分段预测未来地震的震级是很重要的,对长期趋势预测来讲有着现实意义。

1990年我国学者和日本东北大学加藤尚之、山本清彦和平泽朋朗的模拟实验研究,也发现与上述结论相似的实验结果。

2.5 提出断层旋性与发震断裂加、减震关系

1984年,郭增建考虑到中国第一代和第二代地震烈度区划图在应用地震地质指标时,是独立考虑每个发震断层的发震性能的,而未考虑它们之间的相互影响,于是提出了平行同旋断层相距一定距离时(他同时也从经验与理论计算提出求此距离的公式),一个断层发生大震后对另一平行断层的作用,同旋则起减震作用,异旋时则起加震作用。还提出相互垂直相交的断层,当底断层发生大震,垂断层要减震,当垂断层发生大震后,底断层还要相继发生大震;如果某断层发生大震后长期进行蠕滑,则两侧就长期减震。^[18]这些结论后为国内学者的研究及震例所支持。

这个关系的研究理论清晰,公式简捷,便于使用,它不仅对地震安全性评价以及地震烈度(地震动参数)区划有价值,而且对已发生大震地区以后的中长期到短临地震趋势判断都具有参考价值。

3 地震预报理论和预报方法的学术贡献

3.1 中国首次地震预报考察的倡导人与学术带头人

1958年是中国历史上的大跃进之年,中科院地球物理研究所地震研究室的郭增建提出要搞地震预报,这是地震战线“大跃进”的思想,这个想法得到所领导与室领导的大力支持。这是中国政府打响地震预报第一枪的行动。

1958年8月,中国科学院地球物理研究所地震研究室派出了地震考察队,又称“民间取经队”到1920年发生过8.5级大震的地方去考察,向民间取地震预报之经。

郭增建作为考察队的业务负责人,牵头了这场考察,并且执笔撰写了全部的考察报告。这支考察队翻山越岭,跨沟渡河,历时一个多月,取得了较丰

富的第一手资料。他们第一次访问到并勘察了由李俊堡海原县城南至干盐池的地震断裂带。另外,他们还第一次考察访问了干盐池湖泊在地震时向北迁移的这一巨大地壳形变现象。

通过这次考察还调查到了许多有价值的前兆现象,概之为:(1)前震;(2)地震前地下水的变化;(3)地震前的声音;(4)地震前的发光现象;(5)大震前动物的异常现象;(6)地震前小孩的动态;(7)地震前的天气;(8)大地震伴随的其他一些现象。

我国民间所掌握的宏观前兆,在这次地震考察后基本上已经明确了。此次地震预报考察是探索短期预报的第一次重要的科学实践,其总结的前兆现象不仅在当时,而且对以后地震预报工作也有重要科学价值。

3.2 地下水与地震关系的研究与学科的开拓

1964年,郭增建发表了我国用地下流体预报地震的首篇论文^[19],讨论了临近地震前震源区形变加剧与地下水位、泉涌量、水温、水色、水味和水中溶解物等与前兆之间的关系。

到1966年中国政府决定大搞地震预报后,我国专业与群众地震队伍广泛开展了地下流体预报地震的监测和研究工作。而这项预测手段,学界公认是以郭增建的研究为开始的,它起到的作用是在1966年国家要求快速上马地震预报后,对寻找地震预报的理论和方法起到一个导引的作用。

在研究了临近地震前震源区形变加剧与地下水位、泉涌量、水温、水色、水味和水中溶解物等前兆之间关系的基础上,后又进一步发表论文^[20],指出了地下水前兆分布与构造展布的关系,并讨论了震源底部高压水对引发地震的劈裂作用。该论文曾为日本学者力武常次、胁田宏,苏联学者莫纳霍夫以及美国学者吴大铭所引用并赞评。

这个理论的意义在于能利用地下水的前兆分布来寻找未来地震发生的构造位置所在,其次对震源底部高压水诱发地震的劈裂作用机理的探析,可以依这个理论用小地震观测来寻找临近大地震的发生指标,即地震孕育成熟程度的判别,进而为大地震预测提供依据。

3.3 提出“调制模式”及理论

调制模式提出后在业界有较大影响,调制模式是1977—1980年针对短临地震预报提出的模式与方法^[21-24]。这个模式把临震前小值外因(如引潮力、磁暴和大气压力变化)对震源区及其附近不稳定状态的激励和调制作为引起地震前兆起伏的原因,并

用外因与前兆的同步性判断震源区已趋于发震的成熟程度,并依此对未来强震发生时间进行跨越式预测。

该模式曾得到日本地震学家尾池和夫教授著文引用和好评,他指出:“调制模式成功地解释了突发性前兆到主震发生的时间间隔”^[25]。

3.4 提出基于“组合模式”孕震理论的预测方法

1973年提出了震源是由应力积累单元和其两端应力调整单元共同组合而成的模式,称组合模式。

这个模式的预报意义是,可以把用积累单元与调整单元用地球物理观测场、地质指标和地震前兆的空间分布进行划分,从而得到发生地震的主断裂展布方向,这样就可以定出发震地点,根据规模大小可定出震级大小,积累单元与调整单元定义的性质是不同的,若积累单元性质发生变化,则可认为是临近地震的标志。

组合模式是在国内很有影响的孕震模式,一个重要特点是可以直接用于地震预测。

3.5 提出强震孕育的立交致锁模型(简称立交模式)

1983—1985年郭增建提出了活动断层如何致锁的立交模式。这个模式在理论上回答了大地震的成因机制的问题,缩小了预测大地震发生的范围。另外可以从致锁的立交构造上寻找前兆来预测被致锁的构造发生地震的可能性。该模式不仅为国内一些大震的事实所支持,并能解释远距离地震前兆。近年来国内一些学者通过深部探测亦发现不少立交桥构造,现代科学观测与及强震的发生更多地证明了这一模式的理论和实用价值。

预测上的意义是阐明了立交断裂正交远方的前兆与发震的内因关系,指出了前兆与发震地点有机联系的关系。另外对致锁时间也提出了相应公式,即量化地得出了孕震时间,这对大地震发生的时间预测是一个基于物理事实的重要参考。

现代科学的观测与及强震的发生更多地证明了这一模式的理论和实用价值。

3.6 提出震源过程的象力解释理论及预测依据

1980—1986年首次把固体物理中的象力理论应用于构造性地震的预报,水库主震的预报以及解释其震源的孕育过程。

这是一个独立的判据,除在水库地震预测外,重要的意义是对区域地震活动零乱的图像中,结合“穴位论”以及其他方法,对综合判定未来地震发展的趋势除了有理论指导意义外,也是一个明晰可操作的指标方法,即当小震活动向弱介质地壳及地点发展

的图像出现则预示着重临大地震发生的演变趋势。

3.7 出现现代统计学理论在地震预测的理论指导^[26]

1986年以来,较早把物理学中相变的诸临界现象移用于地震预报的综合讨论(《国际地震动态》,《西北地震学报》)。这些临界现象是各种物质的共性现象,所以用它们来理解复杂的地震前兆现象,并据此进行综合预报具有明确的物理意义。

3.7.1 指出了震前应力积累态向地震时应力释放态转变相当于一种相态的转变(第二类相变),因之可把统计物理学中相变的临界现象用于地震预报的前兆指标的分析。其中特别讨论了临近大震前兆的涨落加剧和长程关联特征以及相应的震源过程。

3.7.2 1987年把“临界外敏”的临界现象引入地震预报^[27],指出对于震源地方的影响在发震早期时,虽然外因也经常作用,但对震源动态的影响不大,它只正比于外因在震源地方引起的剪应力占震源地方已积累的构造剪应力百分比的程度。但在震源地方应力达到很高快要失稳的情况时,即在统计物理学中所说的分岔点附近点时,外围的影响要巨额放大,它与外因在震源地方引起的剪应力占震源地方已达到的应力的份数的立方根成正比。这说明在震源区处于不稳定状态时外因对震源地方的调制和触发是很大的。这点同时也是调制模式的理论基础。

3.7.3 1989年把“临界慢化”的临界现象用于地震预报,另外该年又把“趋向分维”的临界现象用于地震预报^[28]。这些指证在地震预报中对指标的认识则是更为深化且符合震源的物理演变的特性。

3.7.4 1992年把“临界乳光”和“ λ 型”的临界现象用于地震预报^[29]。临界乳光是指临震前由于震源地方各部分采取了向发生大震发展的统一行动而使各部分的关联度加大,遂使传过震源区的地震波其散射加强。所谓“入型”是指震前、震时和震后的震源过程如同希腊字母“入型”,尖锋处对应着大震发生,其前的变化过程是一个对数曲线,它对应着前兆的增长过程。

3.8 科里奥利力效应对余震发生强度的判定方法

1992年首次把物理学中的科里奥利力应用于主震时震源断层的错动,进而用于强余震预报^[30]。以往在强余震预报中只有统计法,而该法是物理方法,且是独立指标,在历次强地震的验证中,有着较好的强度预测效能。

3.9 “三性法”方法及理论(简称三性法)

2000年把物理学中特定周期的二波合成理论作为预报地震的物理基础^[31],提出三性法。三性法

是指强震活动年份间隔用周期性、倍周期性、黄金分割性的划分后对年份进行预测的方法,是独立预报地震的一个新方法。在近年的预测实践中,这个方法不断得到较好的验证。

3.10 磁暴——强震时间的倍九韵律方法(简称倍九法)

1977—1986 年提出了预报地震的倍九法^[32]。该法是以 9 天周期的外因调制震源过程和触发地震为其物理基础的。这是短临预报的方法,是以太阳活动的磁暴为触发机制以及起算时间点进行预测地震发生日期的方法。

3.11 异年倍九律

异年倍九律是在 1986 年提出的方法^[33],是用于临震预报的一种指标。在某一地区不同年份发生的大震,如果发震的季节相同或相近,则它们的发生日期之间具有倍九天的时间间隔。这个异年倍九律使人们有可能根据某地区历史上的大震发生日期去推断该地区今后大震发生的日期。

这个方法自提出后就一直在边实践边应用,不断的实践验证其对强震的日期预测有着重要的参考价值。

3.12 “穴位论”模式

穴位论是 1989 年和 1991 年按我国古人中医观点研究出的预测天灾的理论,在 1989—1991 年提出了预测地震的穴位理论^[34]。该理论指出,地球上的穴位有七个特性,即内通性、外敏性、公度性、遥联性、选择性、放大性和重复性等。“穴位”与“敏感点”和“窗口”在地震预报上皆有其作用,同时也有一定的相似性,但穴位与敏感点以及窗口是有重要区别的,穴位有一条“经络线”,而穴位上有前兆反应时,可能沿这个“经络线”上就会有地震发生。一般来讲,穴位是地壳中介质相对弱的地方,在这个弱区附近易于产生应力集中,另外穴位位于经络线上,在地球内部经络有两类,一类是地面上可看到的地质构造带,另一类是在较软的下岩石圈中的剪切蠕滑线,该蠕滑线与区域主压应力方向夹 45 度的角。可定义为 7 种穴位:垂烈穴、喷玄穴、构交穴、始迁穴、库渗穴、震后穴、址良穴。

这个方法在后来的预测实践中,有着较好的效能。它在大空间范围内前兆有异常与无异常交错,前兆出现时间上前后搭错的图像时,对捕捉有用且敏感的前兆是一个非常好的方法与指标。

3.13 静中动预测方法

1992 年提出了预报地震位置的“静中动判据”^[30]。该方法的依据是将地震活动低潮期内的 6

级地震发生的地点作为指标,在成熟时间后(一般是 30 到 40 年)后,该地点往往预测着在这个时间点上发生大震的位置。

这个方法在后来的预测实践中有着较好的效能,用此判据对 1996 年云南的丽江 7 级地震和 2006 年台湾岛南端的 7.2 级地震都做了较成功的中长期预测。

3.14 提出“源线模式”

1985 年开始研究,后不断补充震例,2014 年定名为“空间迁移法”^[35-38]。最后扩大了内容,2017 年提高为“源线模式”。

在地震预报方面,目前有两种思路,一种是“源场思路”,即有个震源,围绕震源有个前兆场,然后按“以场求源”的思路去预报地震,现在大多数的预测思路即基于此。另一种思路是“源线思路”,即由与震源有关的某特征线上的前兆定出此类特征线,取其交会点或交汇区而进行地震预报。源线思路的特征线主要有基于两条张:(1)震兆共迁线,(2)前兆最多的最大剪切线。这两条线交汇的位置往往是大地震发生的位置。

经过多次地震的验证,这个方法能较好定出大地震发生的位置,若与其他方法综合,则能更好地提高效能。

4 震灾防御(烈度区划)方面的学术贡献

4.1 第一代烈度区划图的主要参加者

他是为数不多的第一代中国地震烈度区划图编制的主要参加者,在第一代地震烈度区划图发表的文献中,特别标明郭增建负责历史地震部分^[39]。而新中国地震烈度区划图的主要原则可以称之为两个“重演发生”:历史地震会重演发生,相似构造上的地震会重演发生。因而他负责的历史地震角色非常重要。

4.2 首次提出断裂长度(L)与震级(M)的定量统计关系

郭增建在 1963—1966 年作为领队,对三线国防建设地区未来可能遭受的地震烈度进行评定。在这次烈度鉴定的工作中,面对如何推求构造段的长度所相应的未来可能发生地震的震级强度的问题时,他和秦保燕统计国内许多大震发生时地表的原生断裂长度,并取同类震级地震中最长的断裂长度作为该类地震震源地方的断层长度,建立了我国最早的震级与震源断层长度的公式。这个公式可用于由构造分段的断层长度推求可能发生的最大震级。

由于当时处在文革特殊时期,没有用论文发表

该结果,但系统内都知道这个公式。1974年汪一鹏编写出版了《地震烈度的鉴定》一书(国家地震局组织的地震丛书之一)指出“作为烈度鉴定主要手段之一的地震地质方法长期以来,只能做出定性的分析,不能满足烈度鉴定工作的需要。”书中指出,郭增建1965年用地质构造规模(指分段)和构造运动速度建立了与未来地震强度之间的关系,其中一个统计公式,一个是理论公式,使地震地质指标走向定量化。

这个成果的主要价值在于用地质方法对未来地震危险性估计时,首次由定性走向定量化。到现在,这个由较少统计样本求得的公式仍在西北地区使用,因为它比较符合实际情况。

4.3 提出震级——震源断层错动幅度的统计公式

他在国内最早得出不同震级地震所相应的震源断层错动幅度的统计公式。^[40]并把此公式应用于由地质资料所得出的断层滑动速率去推求大震发生的周期。

4.4 基于震源物理模型的减震关系建立

1984年提出在地震烈度鉴定中要考虑断层发震之间的影响,并根据大震后的位移场范围、位错理论、历史大震相邻距离的统计以及大震后应力降的实测范围得出了7级和7级以上大震的减震范围^[41],在此范围内今后很长时间内不会再发生7级地震,6.5级地震的概率亦很小。减震的时间在中国东部可能在千年量级,西部则在数百年到千年量级。减震的具体范围是:7级为25 km,7.5级为60 km,8级为90 km,8.5级为160 km。这对一些大城市如附近历史上发生过7级以上大震则可直接估计今后该城市的安全程度。

4.5 在国内首次得到在地表引起原生破裂的宽度公式

1965年他领导评定酒泉钢铁厂的烈度,因涉及供水管道必须穿过活动断层,从而要清楚将来发生大地震时该断层会产生地面的宏观断层。他经过统计得出中国大震达7级时即可产生宏观错动。后经研究,个别达6.8级的地震也可产生宏观断层。鉴于特大地震在大范围的破坏,他还统计得出大地震直至特大地震在地表引起原生破裂的宽度,并在国内首次得到宽度公式,这对大震活动区鉴定地震烈度也很重要,也对建筑的避让有着重要的实用价值^[42]。

5 大震对策及应急救援领域的贡献

5.1 倡导综合防震减灾的“地震对策”研究

1966—1976年我国遭遇大震高潮,随后他深知

全面研究地震对策的重要性,于是倡导和亲自进行以地震预测为主线的全面地震对策研究。鉴于减灾的多方面性,积极倡导和研究“以地震预报为主线的全面地震对策”。在他的主持下,1983年在兰州召开了我国首次“大震对策学术讨论会”^[43]。他在会议上提出了预报对策、次生灾害对策、抗震对策、群防对策、救灾对策、通讯对策、医疗对策和重建家园八个对策,另外还提出了生活对策和治安对策。这十个对策成了后来国家地震局系统更大规模研究地震对策的基础。

地震对策应是最全面的灾前灾后的全面防御,而应急救援仅是“地震对策”中的一部分。

5.2 以第一主编出版了《地震对策》和《城市地震对策》

除了倡导外,他作为第一主编出版了《地震对策》^[44]和《城市地震对策》^[45]两部专著。

对此专著地震界有较高评价,1993年由方樟顺主编并由中国经济出版社出版的《中国改革开放辉煌成就十四年》的国家地震局卷110页上指出:“1983年6月,郭增建研究员提出了大震的八大对策”。在113页上又指出:1986年出版的《地震对策》是我国第一部地震对策专著,它系统地总结了我国地震对策经验。“在多地震省份它成为各级政府和部门制定和实施地震应急计划和预案的必备参考书籍。全国有些省市及地县建设部门,在制定城市防灾规划中也参照地震对策中的策略和措施。”

鉴于《地震对策》一书在科学技术上所取得的成就,在实际减灾过程所取得的实效,先后于1988年、1989年分获全国科技图书等奖和国家地震局科技进步一等奖,1991年国家科学技术委员会登记其为国家科学技术成果。

另外在临震防避方面他还从震源物理,地震波传播以及历史大震震例研究中得出大震时必然是“先小动后大动的过程”,这个“先小动”大约有5秒以上到十几秒的时间。这是人们临震急避的地震学依据和减少伤亡的最后机会,它对现在的预警的研究有着意义。

5.3 首次进行了海域地震对策的探索研究

在进行地震对策研究中考虑到海域地震对策,因为人类在海域的活动越来越多。为此1987年他领导编制了我国第一张“中国海域及相邻地区地震烈度区划图”^[46],提出了8条编图原则。其中考虑海洋型地壳发震弱、用立交模式推求未来地震烈度,以及用减震原则考虑地震烈度是以前人们在大陆上进行地震烈度区划未考虑的原则,该图对我国沿海

地区开发建设有重要的应用价值。

这是以郭增建个人长期预测地震的方法结合其他方法,进行初创性地针对一个海域的课题组的研究结果,由于方法的独立性,对现在与未来仍有参考价值。

6 灾害学及天地气耦合交叉科学领域的贡献

6.1 首次提出灾害链的学术内涵及思想

鉴于自然灾害种类很多,提出倡导和研究各种灾害之间的共性和互性的关系。所谓互性就是各种灾害之间的相关性。对此他于 1987 年首先在《灾害学》刊物上提出灾害链的思想,并把灾害链分为四类,即因果链、同源链、互斥链和偶排链^[47]。

因果链是这一灾害为下一灾害造成诱发和增强或其本身一部份能量转化成另一灾害;同源链是一系列灾害的相继发生与它们之外的某一共同因素有关,如天文因素;互斥链是这一灾害发生后使另一灾害不再发生的现象;偶排链是暂不明成链原因的一些灾害在靠近的时间发生的现象。对于同种灾害来说,同灾复来也是一种灾害链。

这个简单的总结,被多方面引用作为灾害链的基本定义,并认为是郭增建首先提出的。在预测实用上,这是一种以灾报灾的方法,在防御上这是我们有备无患能进行全面综合多灾种防御的基础,在地球物理上,这是从更深层次揭示地球内地壳与大气圈层相互作用的更深机制。

6.2 “震—洪链”与“洪—震链”的灾害链预测指标的提出

1988—1991 年间提出地震和构造运动使地下放出携热水汽或闭气是地震与气象灾害之间成链关系的中介。地下放气与大气环流结合可降暴雨致洪。区域构造挤压和大气高压配合可形成干旱。构造挤压又使地下震源地方继续积累能量,所以大旱结束后可能有大震,并且在干旱期间,因构造挤而使中小地震较少发生,这也是一种大震预测指标。

1990—1991 年他指出蒙新甘交界地区的大地震与黄河巨洪有关,其关系可能是地震和相关构造放气造成的温湿状态使北方冷空气迅猛南下与到达黄河流域的暖湿气流相遇降大雨。他还发现滇、缅、安(安达曼群岛)地区的大震与珠江和长江巨洪有关。其原因是地震和相关构造放气迭加在孟加拉湾向中国输送的水汽中增加长江和珠江的降雨强度。他的这一观点,被水利学家王涌泉教授参考后成功预测了 2005 年西江百年一遇的巨洪。王教授根据的是 2004 年 12 月 26 日苏门达腊——安达曼

M_w 9.3 级大震和 2005 年 3 月该地区又发生的一个大震。^[48]

6.3 提出地气体耦合的“梯度——波扰效应”观点

关于地震放气除地壳破裂区外,他还考虑到地下深度越深温度越高和围压越大以及孔隙随深度越深闭合程度越紧密的这三种梯度在受到地震波扰动后其内气体只能向地表运移的特点,所以提出了“梯度——波扰效应。”他在 1991 年即提出日月引潮力迫使地球变形而使地下放气与地震和气象灾害之间的关系^[49]。

6.4 提出洋边巨震降温假说

2002 年他进一步提出洋边巨震降温的假说^[50]。2004 年 12 月苏门答腊 9.3 级巨震发生,2005 年全球和中国平均气温皆降低是对这一假说的支持。2006 年和 2007 年中国气温虽偏高,但全球平均气温是降低的,尽管 2005 年和 2006 年全球 CO_2 的排放量都是较以前增加的。洋边巨震降温说已开始为国内某些学者所支持。该学说认为洋边巨震使部分深层冷水达及洋面吸收了大气中相对较多的 CO_2 而起降温作用。他认为研究全球变化要多因素综合研究,包括正反因素。这一观点被学界及媒体广泛引用。

第一著者专著介绍

以第一作者著者的专著计,他在综灾害学及天地气耦合交叉科学领域方面的研究体现在《灾害物理学》(1989),《未来灾害学》(1992),《地气耦合与天灾预测》(1996)和《地球物理灾害链》(2007),《天灾预测学简论》(2015)中和其他论文中。在该研究中,也包括用其他灾害预测地震的内容。单纯的地震科学研究体现在专著《震源物理》(1979)和《地震成因与地震预报》(1991)中以及其他论文中。

参考文献

- [1] 郭增建.由地震波初动求断层面方法的一些推广与改进(I)[J].地球物理学报,1958,7(1):20-30.
- [2] 郭增建.由地震波初动求断层面方法的一些推广与改进(II)[J].地球物理学报,1958,7(2):91-97.
- [3] 郭增建.用两个台上的 S 波位移求震源地方岩体错动的方向(I)[J].地球物理学报,1960,9(1):20-24.
- [4] 郭增建.用两个台上的 S 波位移求震源地方岩体错动的方向(II)[J].地球物理学报,1961,10(1):36-38.
- [5] 郭增建,张诚.1949 年到 1960 年中国大地震的震源源机制研究[J].地球物理学报,1962,11(1):22-27.
- [6] 中国科学院地球物理研究所编著.地震学基础[M].北京:科学出版社,1976:4.

[7] 中国地球物理学会编.用震源机制资料讨论中国境内的现代构造运动[C]//中国地球物理学会 1963 年学术会议论文集.北京:科学出版社,1965:5.

[8] 郭增建,秦保燕.地震预报中的某些力学问题[J].力学学报,1977,9(1):68-74.

[9] 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(1):43-48.

[10] 郭增建,张诚.民勤东侧地震带的初步认识[J].地球物理学报,1963,12(1):118-120.

[11] 郭增建,谢原定,李孟奎,等,1920 年 12 月 16 日的海原大地震[J].地球物理学报,1976,19(1):42-49.

[12] 郭增建,秦保燕,刘光远,等.震中迁移现象[J].地震战线,1977,6.

[13] 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(1):43-48.

[14] 郭增建,秦保燕,冯学才.从震源孕育模式讨论大震前地下水的变化[J].地球物理学报,1974,17(2):99-105.

[15] 郭增建.由立交模式讨论地震预报[J].西北地震学报,1985,7(2):89-94,112.

[16] 郭增建.立交模式和其在地震预报中的应用[J].西北地震学报,1985,7(1):94-99,100-101.

[17] 郭增建,秦保燕.传播的剪切破裂与另一静态断层的交遇(英文)[J].西北地震学报,1983,5(3):87-90.

[18] 郭增建,秦保燕.大震重复性与减震作用(英文)[J].西北地震学报,1984,6(4):89-94,95-96.

[19] 郭增建.地震发生前的地下水位变化[J].地球物理学报,1964,13(3):223-226.

[20] 郭增建,秦保燕,冯学才.从震源孕育模式讨论大震前地下水的变化[J].地球物理学报,1974,23(2):99-105.

[21] 郭增建,秦保燕,李海华,等.磁暴、天气韵律与发震时间[J].地震战线,1977,3.

[22] 郭增建,秦保燕,李海华,等.地震活动倍九日期[J].地震战线,1978,4.

[23] 郭增建,秦保燕,李海华,等.临震前兆的一种可能机制——暴沸[J].西北地震学报,1979,1(1):89.

[24] 郭增建,秦保燕.论短临地震预报的调制模式[J].西北地震学报,1980,2(1):18-26.

[25] 尾池和夫.未详名[J].日本京都大学防震研究所学报,1988 年 38 卷 3 月号.

[26] 郭增建,秦保燕.从统计物理学角度讨论大震预报[J].国际地震动态,1986(8):13-14.

[27] 郭增建,秦保燕.耗散理论在地震预报中的应用[J].西北地震学报,1987,9(2):1-5.

[28] 郭增建,秦保燕.临界慢化与地震预报[J].西北地震学报,1989,11(1):68-69.

[29] 郭增建,秦保燕.临界乳光和 λ 型在地震预报中的重要意义[J].西北地震学报,1992,14(1):78.

[30] 郭增建.未来灾害学[M].北京:地震出版社,1992:12.

[31] 郭增建,吴瑾冰.三性法的物理基础[C]//北京:中国地球物理学会第十六届年会论文集.

[32] 郭增建,秦保燕,李海华,等.预报地震的“倍九法”[J].地震战线,1977,5.

[33] 郭增建,秦保燕.大震发生日期的预报——异年倍九律(英文)[J].西北地震学报,1986,8(2):96-105.

[34] 郭增建,秦保燕.灾害物理学的方法论(三)[J].灾害学,1989,4(2):1-8.

[35] 郭增建,郭安宁.唐山 7.8 级地震前的震中迁移与远台前兆的关系[J].华北地震科学,2014,32(4):1-3,11.

[36] 郭增建,郭安宁,张惠芳,等.地震迁移始发区的前兆在地震预测中的意义[J].灾害学,2014,29(3):15-17.

[37] 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.

[38] 郭增建,郭安宁.由震中迁移交汇预测大震的讨论[J].地震工程学报,2016,38(1):1-3.

[39] 李善邦.中国地震区域划分图及其说明 I.总的说明[J].地球物理学报,1957,6(2):127-158.

[40] 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(1):43-48.

[41] 郭增建,秦保燕.大震重复性与减震作用(英文)[J].西北地震学报,1984,6(4):89-94,95-96.

[42] 郭增建,秦保燕.由构造分段求震级的历史回顾[J].山西地震,1993(4):25-28.

[43] 地震工程学报编辑部.兰州地震研究所和甘肃省地震学会联合召开大震对策学术讨论会[J].西北地震学报,1983,5(3):70.

[44] 郭增建,陈鑫连.地震对策[M].北京:地震出版社,1986:503.

[45] 郭增建,陈鑫连.城市地震对策[M].北京:地震出版社;天津:天津科技翻译出版公司,1991:502.

[46] 郭增建,杨国军,秦保燕,等.中国海域及其相邻海域地震烈度区划图及简要说明[J].西北地震学报,1987,9(4):77-79.

[47] 郭增建,秦保燕.灾害物理学简论[J].灾害学,1987,2(2):25-33.

[48] 郭增建,汪纬林.天灾预测学简论[M].武汉:武汉大学出版社,2015.

[49] 郭增建,秦保燕,李革平.地气耦合与灾害的某些讨论[J].西北地震学报,1991,13(1):91.

[50] 郭增建.海洋中和海洋边缘的巨大震是调节气候的恒温器之一[J].西北地震学报,2002,24(3):287.