

国家科技支撑计划2008BAK50B03课题资助
李四光地质科学奖基金会支持

论地震风险

高庆华 等 著

国家科技支撑计划 2008BAK50B03 课题资助
李四光地质科学奖基金会支持

论地震风险

高庆华 聂高众 张业成 苗培实 刘惠敏 等 著

内容提要

面对我国地震的严峻形势和地震究竟能不能预测预报的争论,为了推动防震减灾事业的发展,本书在李四光《论地震》及我国地震科学和防震减灾工作的基础上,以地球系统科学和系统整体观为指导,提出了建立地震风险管理模式、指导防震减灾和地震应急的理论方法以及实践意义,内容包括地震风险的识别、地震风险的预测、地震风险的评估和地震风险的管理等方面。

本书是多年以来有关研究工作的总结,实际资料丰富,观点新颖,可供地震科学研究和制定防震减灾与防震应急规划参考。

图书在版编目(CIP)数据

论地震风险/高庆华等著. —北京:气象出版社,2011.3

ISBN 978-7-5029-5190-0

I. ①论… II. ①高… III. ①地震灾害-风险分析
IV. ①P315.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 043131 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张 斌

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:410 千字

版 次:2011 年 4 月第 1 版

定 价:60.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:15.75

印 次:2011 年 4 月第 1 次印刷

前 言

2008年5月12日,四川汶川突然发生了8级特大地震,7万人死亡,经济损失达数千亿元。2010年4月14日,青海玉树发生7.1级地震。相似的情景,相似的哀痛,相似的驰援……不到两年的时间,同样的地震灾难再次沉重降临在这片国土上。

从汶川特大地震到玉树地震,频发的地震灾害考验的不仅是灾区的人民、政府的应急能力,还有对地震科研工作者的拷问。于是在全国各界对地震主管部门和地震科学一片质疑声中,许多地震科学家和地震工作者,对地震能否预测的说法又在争论不休。

在这种情况下,我们不能不想起李四光“地震是可以预报的”科学论断以及对河间、唐山、渤海、海城、通海、松潘等潜在地震危险地区防震减灾战略部署的正确,不能不想起他断定北京地区是“安全岛”,请毛主席安心睡觉的豪言壮语,也不能不想起李四光和全国地震工作者几十年的工作成果^[1-3]。

几十年来,中国地震局和广大地震工作者通过不懈探索和创新,在地震监测、预测、预报方面做了大量工作,1966—1976年的十年大震高潮,全面地推进了我国地震预测预报工作,在全国范围内建设了多学科地震监测台网,建成了具有一定规模的地震监测预报队伍,开展了地震预测预报的广泛实践,形成了长、中、短、临的地震预报科学思路和工作程序。初步形成了具有中国特色的渐进式地震预报科学思路,实现了20多次有减灾实效的短临地震预报,在国际地震预测预报研究中产生了重要影响,在地震长、中、短、临预测,特别是地震中长期预测方面,已经居于世界领先地位。

令人大惑不解的是,为什么在若干年以后,我国科学技术得到飞速发展,现在反而一些人认为地震不能预测预报了。

2009年5月1日施行的《中华人民共和国防震减灾法》第十三条规定:“编制防震减灾规划,应当遵循统筹安排、突出重点、合理布局、全面预防的原则,以震情和震害预测结果为依据,并充分考虑人民生命和财产安全及经济社会发展、资源环境保护等需要。”第二十六条规定:“国务院地震工作主管部门和县以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或机构,根据地震监测信息研究结果,对可能发生地震的地点、时间和震级作出预测。”第三十条规定:“国务院地震工作主管部门根据地震活动趋势和震害预测结果,提出确定地震重点监视防御区的意见,报国务院批准。”第四十八条规定:“地震预报意见发布后,有关省、自治区、直辖市人民政府根据预报的震情可以宣布进入临震应急期……”在《防震减灾法》中,地震预测预报显然是具有导向性的减灾措施,地震预防、地震应急、救灾重建以及地震观测台站的部署和建设规划的制定等,都是以长、中、短、临地震预测预报和地震发展趋势预测为前提的。如果地震预测预报问题不能解决,那么《防震减灾法》怎么实施呢?日前国务院下发《国务院关于加强防震减灾

灾工作的意见》^①,要求到2020年,力争做出有减灾实效的短期预报或临震预报,再次促使地震工作者将地震预测预报作为防震减灾的首要工作加以重视。

但是,也应该客观地承认,地震预测预报是世界性难题,在短期内难以过关,尚需要艰难的探索。目前只有对那些前兆异常较多的地震类型,在震区监测基础较好和研究程度较高的条件下,做出中期乃至一定程度的短临预报才是可能的。因此,尽管人们都期待在防震减灾中把短临地震预报放在首位,但是基于我国现在的地震预测水平,如果将防震减灾完全建立在地震短临预报的基础上,不仅不现实,而且由于误报和错报,可能还会造成更大的损失,甚至影响社会安定,也就是说将造成更大的地震风险。为此,李四光当年早已指出:“我们地震工作还没有达到准确预报……只有预防,尽量减少灾害损失”。并且指出:“以预防为主,重要是确定危险区”,“我们不仅提出危险区,而且要指出危险地带。要划出头等危险地带,其次是重要危险地带和一般危险地带。要划分特别危险带和特别危险点,总有一天要把工作落实到这方面来。”李四光曾说:“我们犯了个错误,没有提前10年、15年在战略性的重点地区开展这项工作。”^②可见李四光当年已在考虑地震风险问题。可惜,至今地震风险的研究仍然没有引起足够的重视。

与地震频发的同时,洪水灾害也在中国大陆肆虐,现在暴雨预报准确率也只有30%^③,与短临地震预测准确率基本相同,但是全国防汛抗洪工作却在有条不紊地进行着;虽然同样出现房倒屋塌、次生地质灾害、人员伤亡、财产损失,但似乎能够得到民众的理解。为什么会出现如此大相径庭的局面呢?这与减灾方略有着密切的关系。2000年以来,全世界在防洪减灾中不约而同地都把“风险管理”列为重点,以系统科学与风险管理的理论为基础,分析不同流域和区域的水旱灾害风险性,既顺应自然的演变规律,又遵循社会经济发展的客观规律和承灾能力,因地制宜地探求减灾方略,取得了显著的成就。今年(2010年)由于天气异常,暴雨成灾,至8月底经济损失已达2000亿元。为了应对日益严重的洪涝灾害,水利部立即决定编制更为详细的全国洪水风险图,指导防洪减灾。由此看来,防震减灾有必要借鉴其他自然灾害的减灾经验,对我国地震科学的发展方向和地震工作战略进行更为深入而广泛的考虑。

随着国际减灾十年活动的开展和自然灾害科学研究的进展,地震科学也得到了很大的发展,逐步认识了地震灾害的双重属性,形成了对地震步步深入的研究程序,即:地震危险性研究—地震危害性研究—地震风险性研究,认识到只有在了解地震风险性和社会对地震风险的承受能力的前提下,才能制定有针对性的、恰当可行的防震减灾对策。

需要指出,地震危险性与地震危害性、地震风险是含义不同的三种概念,地震危险性属于自然灾害;地震危害性则是由地震造成的社会损害;地震风险性一般指未来时期地震发生和造成损失的可能性。地震风险指的是潜在的地震危险性和危害性。如果对风险缺乏有效的预防和管理,一旦时机成熟,隐性的风险便会转化成显性的危害。因此防震减灾与地震应急的对象,不是历史时期已经发生的地震灾害,而是未来可能发生的地震风险。因此,制定防震减灾预案和地震应急预案,不能仅以在这个地区已经发生过的地震的强弱为依据,也不能仅以地震灾害的大小为依据,而要对区域地震危险性、危害性、风险性和社会的承受能力以及防震减灾

① 据《国务院发布进一步加强防震减灾工作的意见》,地质勘查导报,2010年9月28日。

② 李四光. 关于大力加强某些地区地震地质工作的意见//李四光全集. 武汉:湖北人民出版社,549.

③ 梁必骥. 暴雨预报究竟难在何处? 中国气象报,2010年5月27日。

与地震应急能力进行全面的评估和风险预测。需要在科学发展观指导下以社会发展为总尺度,去衡量我国及各个地区的地震对社会发展可能造成的风险及化解地震风险对社会发展的积极作用。也就是说,防震减灾要步入风险管理的新阶段。

2000年召开的第55届联合国大会作出了“国际减灾战略”行动的决议,其目标是将对灾害(含地震)的简单防御转变为对灾害风险的综合管理。据统计,有美国、日本、中国等21个国家制定了防灾减灾计划,积极响应联合国发布的《兵库宣言》及《兵库行动计划》(2005年),加强减轻灾害风险的国际合作,促进减灾活动与发展规划和实践的結合,提升区域和国家抗御灾害风险的能力,并确立了2005—2015年全球减灾工作的战略目标和行动重点。

在各种自然灾害中,地震灾害是研究的重点之一。李四光等前辈和中国地震局及原国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组曾做了大量工作,由此使我们深深体会到:防震减灾的终极目标应该是减少人员伤亡和减轻经济损失及对环境的破坏,即减轻地震风险;地震科学的核心应该是研究地震风险及风险管理。

通过实际工作,我们认为地震风险研究的重点是:

第一,认识地震风险。

虽然目前对地震形成的机制和发展规律尚不完全清楚,但是起码可以肯定,板块活动只是形成地震的原因之一,仅仅以“印度板块”的碰撞理论是难以解释为什么汶川地震和玉树地震恰恰发生在它们所在的位置;更难以预测下一次板块在什么地方碰撞而发生地震,很难达到认识地震风险的目的。因此,还必须重视开展地震地质调查研究,查明发震的活动性构造的性质,鉴定活动性构造体系,研究构造体系复合问题,确定地应力的作用方式和方向及构造应力场的特点;研究地震动力学机制和发展趋势,根据构造体系和地应力场的发展演化规律、构造体系复合、地震前兆的活动程度和地壳稳定性,划分安全区(安全岛)和危险程度不同的地震风险区,认识地震风险区内地震活动规律。

第二,进行地震风险预测和地震风险评估。

我们认为在对地震长、中、短、临预报研究中,应该将地震预测的三要素——时间、地点、震级作为不同风险内容加以研究,进行不同尺度、不同等级的风险预测。根据我国地震科学当前的水平,既然地震中长期预测和地震发展趋势预测已有长足的发展,那么在制定防震减灾对策时就应该充分利用这方面的成果。一方面,根据自然灾害发展趋势预测和风险区预测,进行区域地震风险评估,编制地震风险系列区划,指导区域经济建设规划的制定和抗震设防等级标准;另一方面,则应该根据地震风险程度和防震减灾能力的地区差异性,按照风险管理的原则,制定防震减灾分区对策;然后在可能的地震高风险区进行详细的地震地质、地球物理、地球化学等方面的观测和研究工作,全面收集各种前兆资料进行综合分析,预测可能的发震点和可能的发震时间及震级;最后根据长、中、短、临地震预测的成果,制定递进式地震应急规划。

由于目前对地球科学与地震科学的认识都存在严重的分歧,试图在短期取得统一的意见是不现实的。在这种情况下,我们认为以曾经为大多数人所接受并在实践中经受过考验的李四光的防震减灾意见和地震部门多年的工作成果为基础,加以补充,然后根据防震减灾和地震应急的需求,制定地震风险管理方案,看来是可行的。

第三,加强地震风险管理。

地震风险管理是一项系统工程,不仅包括地震监测预报、灾害防御、应急救援、恢复重建等工作体系和社会响应系统的设计与实施,也包括地震灾害社会、灾害经济、灾害环境以及地震

灾害科学技术研究的目标、内容的确定及联系性、层次性、整体性的系统考虑等方面。

《国务院关于进一步加强防震减灾工作的意见》中指出,加强防震减灾工作,要以人为本,把人民群众的生命安全放在首位,坚持预防为主、防御与救助相结合,依靠科技,依靠法制,依靠群众,全面提高地震监测预报、灾害防御、应急救援能力,形成政府主导、军地协调、专群结合、全社会参与的防震减灾工作格局,最大限度减轻地震灾害损失,为社会发展创造良好条件。《国家防震减灾规划(2006—2020年)》已经确定了我国2020年防震减灾总体目标,要达到这一目标,首先必须提高全社会的地震风险意识,了解与认识各地所面临的地震风险;需要全面提高各级政府地震风险的处置能力,切实加强震前的综合防御能力、震时的应急处置能力和震后的紧急救援和安置能力,以及震区恢复重建能力等。为此,必须加强地震风险研究,对我国面临的地震风险和地震风险的发展态势进行预测和评估;确定区域地震危险性、危害性、防震减灾能力和风险等级,以及地震次生灾害和灾害链的危险性和风险等级,完成我国地震风险等级的综合区划,为我国合理防范、规避地震风险,实现社会安全和可持续发展提供科技支撑。

为此,我们汇集了以2000年前的资料为主要依据的研究成果,撰写了这本书。

本书虽然对我国地震风险和风险管理及其相关问题进行了比较全面的分析,但客观地说许多新的理念都只是初步的探索,加上资料不完备,理论、方法等方面与期望达到的目的尚有相当差距,认识和结论也未必全部正确,而且随着我国经济的发展和防震应急能力的提高,大部分基础数据都将不断地发生变化,显然只能供讨论参考。但是我们认为:第一,地震风险的发生是一个自然—社会过程,应该根据地震的双重属性和对地震风险的认识、预测、评估建立相适应的防震减灾和防震应急新模式;第二,防震减灾和防震应急是一项社会化行动,这种社会需求就要求地震科学研究的重点应从以“地震现象”为中心的区域震情、灾情研究向以“社会受灾与减灾”为中心的地震风险研究转移;第三,需要根据风险管理的原则指导防震减灾与防震应急,建立新的地震风险管理模式。这些都是值得进一步开拓深入的研究方向。本书地震风险评估的数据,以2000年统计资料为据,虽然不是最新的,但在另一方面,却可以近十年地震发生的实际情况进行检验,对原有认识起到了验证的作用。

本书是在李四光《论地震》和地质系统整体观指导下,高庆华汇集了在地质力学研究所、原地矿部562队、三部委自然灾害综合研究组及中国地震局多年工作的资料,在聂高众领导的《重大地震灾害及其灾害链综合风险评估技术》研究课题、刘慧敏承担的《中国地震次生地质灾害风险区域评估》专题及李四光地质科学奖基金会的大力支持下,通过综合与研究完成的。毕子威、陈建英、邓砚、高建国、高文学、郭树、胡景江、蒋凤亮、李志强、刘惠敏、吕娟、马宗晋、苗培实、聂高众、曲国胜、苏桂武、张春山、张梁、张培震、张业成、周显强、周魁一(以姓氏拼音为序)等参加了相关课题研究或提供了重要数据资料。研编过程中,参考了马胜云、孙叶、邵云惠、康文华、郭增建、陈鑫连、尹之潜、周雍年、张晓志、马玉宏、谢礼立、肖光先、王景来、丁伯阳、李海华、楼宝棠、董颂声、时振梁、汪良谋、傅征祥、金学中、徐道一等专家的成果资料,在此深表感谢。

目 录

前 言

第一章 地震风险研究的意义和内容	(1)
第一节 中国地震事业的发展与地震风险研究新阶段	(1)
一、中国是地震风险严重的国家	(1)
二、李四光论地震	(1)
三、新中国地震事业的发展	(10)
四、地震风险是地震科学研究的前沿	(16)
第二节 地震风险的基本概念和分析方法	(18)
一、地震风险的基本概念和主要研究内容	(18)
二、地震风险分析的基本方法	(22)
第三节 地震风险研究的基本观点	(24)
一、地震风险的双重属性与自然灾害系统	(24)
二、地质系统与自然灾害系统整体观	(31)
三、活动性构造体系与现今地应力场控震论	(34)
四、地壳运动整体观与地震形成机制的探索	(34)
第二章 地震风险时空分布规律的认识	(39)
第一节 地震风险空间分布的非均衡性	(39)
一、活动性构造带控制地震危险带	(39)
二、活动性构造体系控制地震危险区	(39)
三、中国大陆地震风险分布的地区差异性	(47)
第二节 地震活动的韵律性	(51)
一、地壳运动的周期性与地震活动的韵律性	(51)
二、地震活动与其他自然变异周期性的相关关系	(61)
三、地震活动规律的形成机制	(65)
四、地震活跃期的初步划分	(69)
第三章 地震风险预测的探索	(71)
第一节 自然灾害发展趋势预测的总体构思	(71)
一、自然灾害发展趋势综合预测的基本思路	(71)
二、自然灾害综合预测的探索	(72)
第二节 地震预测整体观的探索	(74)
一、以地壳运动整体观指导地震活动规律研究	(75)

二、以地球变动的韵律性指导地震活动序列研究	(77)
三、地震前兆分析整体观	(79)
第三节 应用地震地质方法预测地震风险	(82)
一、进行地质构造调查研究,鉴别活动性构造,确定发震断裂带	(82)
二、鉴别活动性构造的序次关系,确定发震断裂带影响的范围	(87)
三、鉴定活动性构造体系,预测地震风险区	(90)
四、研究构造体系复合,预测地震风险区	(92)
第四节 根据地应力环境和相关地震前兆预测地震风险	(94)
一、研究现今地应力场的特点,查明区域活动程度,圈定震源风险区	(95)
二、研究地球内部物理化学作用与地震前兆	(99)
三、研究地震前兆与地应力场的关系,预测地震风险	(102)
第五节 根据水文地球化学异常预测地震风险	(105)
一、中国区域水文地球化学带与地震带空间分布规律	(105)
二、应用水文地球化学灵敏组分预测地震风险	(108)
第六节 根据地热场的特征预测地震风险区	(115)
一、中国地热场的区域差异性	(115)
二、根据地热场的特征预测地震风险区	(120)
第四章 中国区域地震风险预评估	(122)
第一节 中国区域地震危险性预评估	(123)
一、李四光论区域地震危险性	(123)
二、中国地震烈度区划研究	(127)
三、中国地震区域危险性预评估	(131)
第二节 中国地震区域危害性预评估	(141)
一、中国区域地震经济损失度预评估	(142)
二、中国区域地震人员死亡度预评估	(155)
第三节 中国区域地震风险预评估	(160)
一、中国减灾基础能力评价	(161)
二、中国地震风险区划分	(163)
第五章 中国区域地震次生灾害风险预评估	(166)
第一节 中国 21 世纪初期地震次生地质灾害区域危险性与危害性预评估	(167)
一、中国 21 世纪初期地震次生地质灾害区域危险性预评估	(167)
二、中国 21 世纪初期地震次生地质灾害区域危害性预评估	(170)
第二节 中国 21 世纪初期地震次生地质灾害区域风险性预评估	(174)
一、编制地质灾害风险区划图	(174)
二、编制地震灾变预测区划图	(177)
三、编制地震次生地质灾害风险区划图	(177)
第三节 地震次生灾害链风险评估	(178)
一、室内财产损失评估	(179)

二、生命线工程损失评估	(179)
三、地震火灾损失评估	(182)
四、次生水灾损失评估	(183)
五、地震间接经济损失评估	(188)
第六章 地震风险管理	(189)
第一节 构建地震风险监测预测系统	(190)
一、中国防震减灾工作的经验教训	(190)
二、构建地震监测系统	(197)
三、构建地震风险预测系统	(200)
第二节 评估地震风险的影响范围和程度,构建分区分级防震减灾体系	(202)
一、研究编制地震风险系列区划图,划分防震减灾区	(202)
二、评估地震风险等级,圈定防震减灾重点风险区	(205)
第三节 确定区域地震风险等级,指导地震防灾	(213)
一、确定区域地震风险等级	(213)
二、以地震风险指导地震防灾	(215)
第四节 构建递进式防震应急体系	(219)
一、建设地震风险区防震应急体系	(219)
二、建立递进式防震应急体系的社会响应机制	(225)
第五节 防震减灾要纳入国家综合减灾体系	(225)
一、中国 21 世纪初期自然灾害发展趋势与减灾需求分析	(225)
二、防震减灾必须与社会可持续发展以及构建公共安全体系相结合	(228)
三、开展地区综合减灾,减轻地震衍生灾害和次生灾害	(228)
第六节 推动地震灾害保险	(229)
一、灾害保险是化解地震风险的重要措施	(229)
二、在全国推行地震灾害保险的可行性	(230)
第七节 以人为本,提高全民防震减灾意识和能力	(233)
一、提高全民防震减灾意识和能力	(233)
二、研究地震灾害对经济社会发展的影响,制定与减灾相结合的发展策略	(234)
参考文献	(238)

第一章 地震风险研究的意义和内容

第一节 中国地震事业的发展与地震风险研究新阶段

一、中国是地震风险严重的国家

我国是世界上地震活动最强烈和地震灾害最严重的国家之一。新中国成立以来,除浙江和贵州外,全国其他省份均发生过破坏性地震。20 世纪全球大陆 35% 的 7 级以上地震发生在我国,全球因地震死亡 120 余万人,我国占 59 万。我国大陆地区,大都位于地震烈度Ⅶ度以上区域,其中 50% 的国土面积位于Ⅶ度以上的地震高烈度区域,包括 23 个省会城市和 2/3 的百万人以上的大城市。

1900 年以来,我国大陆地区平均每年发生 6.0 至 6.9 级地震 4 次,7.0 级以上地震 0.44 次,此外还发生了 8.0 级及其以上特大地震 6 次。1976 年唐山地震对国家经济和社会稳定造成了巨大冲击。2008 年 5 月 12 日发生的汶川大地震已经导致 69227 人死亡,17923 人失踪,3746431 人受伤,受灾人口 4616 万(统计数据截至 2008 年 9 月 25 日),带来的直接经济损失高达 6900 多亿元(据中国地震局现场评估资料),是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最广的一次地震灾害。

研究认为,2007—2015 年为地震活跃期,我国大陆可能发生多次 7.0 级以上地震,甚至有发生 8.0 级以上特大地震的危险。国务院发布的《全国地震重点监视防御区判定结果(2006—2020 年)》表明,未来我国的震情形势不容乐观,我国绝大多数省、自治区和直辖市都面临着严重的潜在地震风险。因此为了更有效地落实《国务院关于进一步加强地震减灾工作的意见》,做好防震减灾和地震应急规划,就必须认识地震风险,预测地震风险,评估地震风险,管理地震风险,以最大限度减轻人员伤亡和经济损失。

二、李四光论地震

20 世纪 60 年代初期,全球大地震陆续在一些大城市附近发生,造成了程度不等的严重破坏,引起有关国家政府和科学家对地震问题的重视。在这种背景下日本提出第一个地震预报五年计划(1965—1969 年),美国提出地震预报与地震工程的十年规划。但是当时国际上大多数人认为地震是不可预报的。

我国著名地质学家李四光十分重视地震工作,在他指导下,1958 年进行了西北地震考察;1962 年在广东新丰江地震以后即在广东建立了第一支专业地震队伍;1965 年组建了西南地震地质大队,发表了《关于地震地质工作问题》一文;1966 年发生邢台地震,李四光独排众议,提出地震是可以预报的观点。1969 年成立了中央地震工作领导小组,由李四光任组长。在李四

光的亲自领导下,全国普遍开展了地震地质调查研究,李四光 80 岁高龄时,仍多次跋山涉水进行地震地质考查。在他指导下,进行了《中国主要构造带与强震震中分布图》和《中国地震烈度区划图》的编制,开展了地应力及多种地震前兆观测,并对华北、东北、西南、西北等地区的地震发展趋势与地震工作进行了具体的分析与部署,对河间、唐山、渤海、海城、通海、松潘等地区强震发生的可能性进行了战略性的预测。李四光开创的包括地震地质调查和活动性构造体系研究、地应力及多种手段的地震前兆观测、地震预报、地震危险区划分和寻找“安全岛”、防震减灾等一套地震工作新途径,为我国防震减灾事业的开展作出了卓越的贡献。

1989 年钱学森在李四光诞辰一百周年纪念大会上说:“他在邢台地震之后,对河间、渤海湾和唐山等地区孕育发生地震的可能性,提出过一些预测性的意见,后来证明是正确的,可惜这项工作他没有来得及深入总结,就与世长辞了。”现在看来,认真回忆与总结李四光关于地震工作的基本指导思想和方法,对发展具有中国特色的地震科学仍有重要的意义。

李四光关于地震工作的意见概括如下^[4]:

(一)地震是可以预报的

1. 地震是现今地壳运动的一种表现

地震能不能预报?有人认为,地震是不能预报的。如果这样,我们做工作就没有意义了。地震是可以预报的。因为,地震不是发生在天空或某一个星球上,而是发生在我们这个地球上,绝大多数发生在地壳里。一年全球大约发生地震 500 万次左右,其中 95% 是浅震,一般在地下 5~20 千米上下。虽然每隔几秒钟就有一次地震或同时有几次地震,但从历史的记录看,破坏性大以致毁灭性的地震,在地球上并不是平均分布,而是在地壳中某些地带集中分布。震源位置绝大多数在某些地质构造带上,特别是在断裂带上。这些都是可以直接见到或感到的现象,也是大家所熟悉的事实。

可见,地震是与地质构造有密切关系的。地震,就是现今地壳运动的一种表现,也就是现代构造变动急剧地带所发生的破坏活动。这一点,历史资料可以证明,现今的地震活动也是这样。

2. 地震的发生是有个过程的

地震与任何事物一样,它的发生不是偶然的,而是有一个过程的。近年来,特别是从邢台地震工作的实践经验看,不管地震发生的根本原因是什么,不管哪一种或哪几种物理现象对某一次地震的发生起了主导作用,它总是要把它的能量转化为机械能才能够发动震动。关键点,在于地震之所以发生,可以肯定是由于地下岩层在一定部位突然破裂。岩层之所以破裂又必然有一股力量(机械的力量)在那里不断加强,直到超过了岩石在那里的抗断强度;而那股力量的加强,又必然有个积累的过程,问题就在这里。逐渐强化的那股地应力,可以按上述情况积累起来,通过破裂引起地震;也可以由于当地岩层结构软弱或者沿着已经存在的断裂产生相应的蠕动;或者由于当地地块产生大面积、小幅度的升降或平移。在后两种情况下,积累的能量可能逐渐释放了,那就不一定有有感地震发生。因此可以说,在地震发生以前,在有关的地应力场中必然有个加强的过程,但应力加强不一定是发生地震的前兆,这主要是由当地地质条件来决定的。

不管那一股力量是怎样引起的,它总离不开这个过程。这个过程的长短,我们现在还不知

道,还有待在实践中探索,但我们可以说,这个变化是在破裂以前而不是在它以后。因此,如果能抓住地震发生前的这个变化过程,是可以预报地震的。

可见,地震是由于地壳运动这个内因产生的。当然,也有外因,但不是起决定性作用的。所以,主要还是研究地球内部,具体一点说,就是研究地壳的运动。在我看来,推动这种运动的力量,在岩石具有弹性的范围内,它是会在一定的过程中逐步加强,以至于在构造比较脆弱的处所发生破坏,引起震动。这就是地震发生的原因和过程。解决地震预报的主要矛盾,看来就在这里。

这样,抓住地壳构造活动的地带,用不同的方法去测定这种力量集中、强化乃至释放的过程,并进一步从不同的途径去探索掀起这股力量的各种原因,看来,是我们当前探索地震预报的主要任务。

3. 地震预报重点在于研究地应力的作用过程

地应力存不存在?我们一次又一次在不同地点通过解除地应力的办法,变革了地应力对岩石的作用的现实状况,不独直接地认识了地应力的存在和变化,而且证实了主应力,即最大主应力以及它作用的方向处处是水平的或接近水平的。从试验结果看,地应力是客观存在的,这一点不用怀疑。瑞典人哈斯特在一个砷矿的矿柱上作过试验,在某一特定点上的应力值,原来以为是垂直方向的应力大,后来证实水平方向应力比垂直方向的应力大 500 多倍,甚至有的大到 1000 倍。

构造地震之所以发生,主要是在于地壳构造运动。这种运动在岩层中所引起的地应力与岩层之间的矛盾,它们既对立又统一。地震就是这一矛盾激化所引起的结果。因此,研究力的变化、加强到突变的过程是解决地震预报的关键。抓不住地应力变化的过程,就很难预言地震是否发生。

我认为,在一个构造上互相联系的地区中,选择适当的地点观测地应力加强的过程,是探索地震预报比较可靠的途径。

4. 地震工作者要全心全意为人民服务

地震是潜伏在地下的凶恶“敌人”。如何对付这个“敌人”,保卫广大人民生命财产的安全,保卫社会主义建设和国防建设的安全,是摆在我们地震工作者面前的一项艰巨的、光荣的、紧迫的政治任务。

我国是个多地震的国家,要尽快解决地震预报的问题。这次云南地震造成了这样大的损失,……我们是搞地震的,却没有能预报出来。我们天天讲为人民服务,却没有为人民服好务,……总结正、反两方面的经验教训,要从根本上研究这个问题,解决这个问题。

地震预报问题,目前在国内外说法不一,尚处在探索中。资本主义国家,有如意大利研究地震近 200 年,日本也研究了上百年,但至今还是未解决。在国内,对地震问题的研究,也存在着各种不同的观点和争论,解决问题的办法也是各式各样的。跟着地震后面跑的被动局面至今尚未扭转。其所以如此,关键是对地震发生发展规律的认识不清,没有抓住主要矛盾。

5. 建立一支机动灵活的“野战部队”

我认为:在研究活动构造体系的基础上,划分危险区,用不同的方法测定地应力的集中、强化乃至释放的过程,是解决地震预报的一条比较可靠的途径。因此,为完成这样一项政治任

务,在组织措施上,重要的是要建立一支综合的、流动性的“野战军”。

地震地质工作,在寻找可能发生地震的危险地带,特别是危险区的工作中,它应该起先行的作用。这项工作是大量的、细致的、迫切的工作,应当赶紧开展,不能推迟。在一二年内大部分力量投入搞地质构造工作。当然,第二步地震预报的工作也是重要的,两步都应该做。

考虑到地震的特点:一是震源有时在活动构造带中流窜,位置不定;二是预报的时间性强。这样,“野战部队”的工作范围不是全面铺开,而是按构造体系来使用力量,集中兵力打歼灭战。因此,按着活动构造体系建立若干机动灵活的“野战部队”,是一个很重要的问题。主要抓住那些关键性的活动构造地带进行观测研究,特别是在具有国防建设、经济建设意义的地区开展工作。行政区划和地震危险地带往往不一致,若各抓一段,不免造成损失。如因某些原因不能组成一个大队,而由各省、区分管的话,宜采取适当的方式,及时交流情况以利工作。这个队伍的组成,不仅要有地质、钻探、测量的,而且还要有地球物理等新方法、新技术,组成综合的、流动性的“野战军”。台站观测和地质等工作不宜从组织上分开,而应该是一个有机的整体。

6. 建立地震预测试验中心站

为了突破地震预报,加速台站的建设是必要的。不过,在预测方法还没有完全过关以前,不宜多设台站。当然,也要有一定数量的地震预测试验站,在实践中辩证地摸索前进的道路。台站多了,如果没有明确的方针,会带出很多问题来。当前台站的观测工作是如何进一步调整、巩固、充实、提高的问题。因此,对于台站的建设,特提出下列几个原则性意见:

(1)台站的建设要有重点地进行,在地震危险区要集中力量推上去,特别是国家重点建设地区的工作要加强。目前台站分布华北多而西北、西南少的不平衡状态,是值得我们注意的一个问题。

(2)除设固定的观测站外,还可以搞流动性的观测试验站。有如,对断裂带活动性的鉴定。测量方法要简便些,设备要便于携带,以适应工作的流动性。方法要灵活快速,把主要断裂带的活动性搞清楚,加速这项工作的进展。

(3)台站要建在关键性地区。选择在活动构造带附近,主要是找构造适当的地方。当然,也要适当考虑到其他条件。

(4)要建立预测试验中心站。选择几个重点地区好好搞一搞。譬如,邢台的尧山、广东的新丰江等地。要从这里摸索出一些经验来,指导其他地区工作。也要从这里培养技术力量,去支援其他台站的工作。

这个试验中心站,人不要太多,要选择探索能力很强的人去做工作;加强政治领导,必须有老工人参加;既是试验站,又是联络中心;做到观测的人就是分析的人;不只是在室内,主要是在野外联系实际做工作。每个试验中心站,应当附设一个小型试验工厂和实验室,亦工亦研,摸索前进。

7. 加强仪器试制,突破方法关

目前,我们采用的一些预报方法和手段,可以说绝大部分是揭露可能与地震有关的现象。由于某一种现象的产生,可能有几种不同因素联合起来起作用,因此,我们所揭露的现象,可能是地震的前兆,也可能是其他因素的反映。在这种情况下,我们如何把不同的因素都分析出来,把那些与地震前兆无关的识别出来并把它们排除出去,就要做大量的细致的工作(包括一系列的观察、分析、研究工作)才能做出可靠的论断。解决这些问题,看来仪器试制工作是十分重要的。

地震工作的进展,在很大程度上决定于地震预报手段的效果。因此,仪器试制工作是地震

预报的一个关键性的环节。我们要通过实践不断地改进现有的仪器,同时还要努力创造新仪器、新手段。为了加强仪器试制,突破方法关,看来分别组成各种方法的仪器试制攻研小组是很必要的。

攻研小组的成员,可由各台站从事每一种预测手段的工作人员和仪器厂工人以及有关科研单位的人员共同组成。要经常研究国外进展,不断地总结自己的经验。其任务是为哪一种手段服务的仪器的试制、改进、装配、使用以及排除干扰的措施,作出详细的观察、分析、实验,以及在一定范围内,对地震正面和反面的对应关系,通过一定时间,譬如说一两个星期,总结一次各组自己的经验。然后把各组的资料和意见分别综合起来,分发给各台站参考。在适当的地点和时间召开各组经验交流会议,集中意见,采取进一步的措施。攻研小组要深入实际,深入群众,到地震现场去试验。注意室内试验和野外观测要结合,观测和研究也要结合。

8. 要重视编制地震地质图的工作

要认真总结经验。最简单而又比较形象的办法,就是编个图。编制地震地质图是很有必要的,这是我们地震战线作战的指挥图。地震地质工作的部署、台站的布置以及“作战”计划都要用这个图。所以,意义非常重大。编图的过程就是总结经验的过程,这是一项带有基础性的工作。因此,要重视编制地震地质图的工作。

看来,我们今后要有一个小组经常考虑这个问题。随着实际工作的进展,不断地收集资料,编制不同比例尺的地震地质图。我们不仅要有一个全国的总图,还要有分区的图。图编好了,在实践中,到一定时间又得补充、修改或重编。

9. 科研工作的重点要放到野外地震队去

地震工作野外队,就是经常和大自然作斗争的队伍。大自然就是他们进行科学实验的场所。理论就是从这里发展起来的。也只有在这里才能检验理论的正确性,加深我们的认识。这样看来,我们的科研机构,必须在群众中扎根,一刻也不能脱离实际。野外队就是一支深入实际的强大的科研力量。今后,科研工作的重点,就应该放在野外地震队去。

10. 专业队伍与群众队伍要密切结合搞好群测群防工作

以预防为主,重点是确定危险区。地震地质工作,就是要确定危险区。要认真开展地震地质工作,不仅要有专业队伍,还要有地方队伍,要靠专业队伍、地方队伍和群众鱼水相融地结合起来,真正打一场人民战争。地质部门是地下情况的侦察部门。地震就是地下的一种情况,搞清地下构造的活动性,地质部门要承担这个任务。全国那么大,光靠地震的专业队伍是不够的,还要和地质、冶金、燃化等部门商量,请他们的地质队伍在野外工作中对构造带的活动性加以注意,并提供这方面的资料。这样,才能加速这项工作的进展。对构造带活动性的调查研究,也应该作为地质工作“综合评价”的内容之一,纳入工作计划之中,就像勘探矿区要查明水文地质条件一样。因此,我们要广泛发动群众,宣传群众,组织群众。

为了适应工作的进展,地震战线要注意普及地震知识。

(二)地震地质是地震工作的基础

1. 地震地质工作的任务和内容

地震,是一种地质现象,是地壳运动的一种表现。但是,有人认为这是一种物理现象。我

看,要这样说也可以。不过,这是一种与地质构造有密切关系的物理现象。这样,我们就不能不考虑地震频繁地区的构造特点。因此,地震地质工作是一个首要的问题。当然,这并不排除从地球物理的观点来研究这个问题。相反,这两个方面应该紧密地互相结合,不断密切联系。如若问这两方面的工作哪一方面应该走在前面,我想构造地质工作应该走在前面。

地震地质工作的任务是:侦察地震这个地下“敌人”的潜伏场所,并进一步监视它的活动,为保卫广大人民生命财产的安全和社会主义建设的安全服务。这项工作分为两大部分:一是调查和鉴定现今还在活动的构造地带和构造体系,观测、检验、鉴定它们活动的程度和频度;二是在某些具有关键性的地区或地点建立地震预测试验站。

2. 活动构造体系的调查研究是地震地质工作的基础

现今继续或断断续续活动的构造带的调查研究,这一部分工作是地震地质工作的基础。它的主要任务,在于鉴定构造带的活动性,查明活动构造带所属构造体系的某些特点及其在空间分布的范围,这是开展地震地质工作的第一步。这不仅是为社会主义工业建设、国防建设布局服务的,而且也是为地震地质工作的第二步——地震预报开辟道路的。

地质构造活动不一定引起地震,但地震之所以发生,必然是由于某一个构造带的局部或者全部甚至整个构造体系活动达到了一定激烈程度而引起的。因此,调查研究构造体系的活动性,观测、检验、鉴定它们活动的程度和频度,对发现潜在地震危险地区、地带、地段或地点,有很重要的指导意义。

地震地质工作的首要任务要回答:一是哪里有活动构造带,它是怎样活动的;二是构造带的活动是怎样引起地震的。为此,必须查明活动构造带的所在,追索它伸展的方向和范围;鉴定活动构造带的性质;测定活动构造带活动的程度和频度;尽可能找出和一个活动构造带有密切联系的其他构造带,也就是它所属的构造体系。调查研究活动构造带中某些具有特殊构造形式的部位,比如活动构造带曲折最突出的部位、活动构造带的两头、一条活动断裂与另一条断裂带交叉的地方等等。

这一部分工作应该包括:

(1)对某些重要地带和地区,使用宏观的地质构造观测方法和必要的物探手段,开展构造活动性的调查研究。

(2)使用仪器沿着某些断裂带测量微量位移,或者用快速的大地测量方法,观测地形的变化。观测不仅限于垂直的位移,还要测出水平的错动。

(3)必要时,在活动构造带上进行坑探、槽探乃至钻探,鉴定断裂面的性质、断裂两盘相对错动的方向和局部应力作用的强度。

(4)搜集历史地震资料,确定震中的分布与构造带或构造体系的关系。

(5)通过地震仪测出震中,补充和检验历史地震的震中与现今活动构造带的关系。

(6)在沿海适当地点设若干海面升降观测站,测定海面对陆地的升降变化,研究海面与陆地的相对运动。

有密切联系的构造带,由于都受同一地应力场的控制,它们的个别形态、性质、排列以及它们的分布一般有规律可循。就是说,如果发现某一条构造带有活动的迹象,我们就得注意属于有密切联系的同一构造体系的其他构造带,很可能也有些相应的活动。从这一观点出发,我们的野外工作,就有了线索可寻,危险区的圈定就可以落实到一个活动构造体系分布的范围。把

活动构造带中某些具有特殊构造形式的部位,当做可能发动地震的危险地点看待,这不是什么“庸人自扰”。

我们不仅提出危险区,而且要指出危险地带。要划出头等危险地带,其次是重要危险地带和一般危险地带。要划分特别危险带和特别危险点,总有一天要把工作落实到这方面来。

明了这一点,对一个地区的地震工作,才好作合理的部署。因此,我们要在调查研究构造体系活动性的基础上,划分危险区,并在关键性的地区建立地震预测试验站。

3. 走自己的道路做好地震地质工作

地震是地壳运动的一种表现。地震并不是在地球中均匀分布着,绝大多数地震都发生在地壳运动强烈的构造带上,与断裂活动有密切关系,如环太平洋带和地中海带地震就特别多。这些地带正是巨大的活动性构造带,可见地震是受活动构造带所制约的。因此地震地质工作是地震预测的基础性工作。我们要着重研究地质构造条件,特别是对现今活动的构造进行调查,测定它们活动的程度和频度,进行地应力场的分析。因为,要预测地震,就要划分危险区,建立地震预测试验站,研究地应力的作用过程。地应力测量就应该仔细研究构造应力场。要了解应力场的特点,才好追索构造运动的起源。这是应该注意的一个方面。但是,只研究地应力变化过程还是不够的,还有另外一个方面,即岩石性质问题。构成它们的岩石的机械性质(力学性质)和化学性质,是很重要的决定因素。应力作用的方式是一个主要因素,被作用的岩石性质也是一个重要因素。把两个因素,即矛盾的双方,同时加以考虑和分析,才能对地震发生的时间、地点、频度和强度作出科学的判断。

长期地震工作的实践证明,地震震中所在与某些构造带和与那些构造带有密切联系的构造带是息息相依的;反过来,追索彼此互相联系的活动构造带,对发现潜在的地震危险带,有很重要的指导意义。反映地应力场的,是活动的构造体系。因此,调查研究构造体系的活性,观测、检验、鉴定它们活动的程度和频度,划分危险区,是地震地质工作的一项基本内容。地震地质,就是要确定危险区。过去圈定危险地区的方法是根据历史地震资料划出等值线范围。今天看来,按圆圈画危险区范围的方法是切合实际的,因为地震波实际上是受构造控制的,沿着某些构造带传播的,这样在活动地带中就可圈出相对安全地区。地震地质工作是地震工作落到实处的一个必不可少的步骤,在寻找可能发生地震的危险地带特别是危险地区的工作中,它应该起先行的作用。一旦我们获得了确凿证据,证明某些地带或地区确有发生地震的危险,那就不仅在地理上(空间的意义)起了预报的作用,而且对地震预报观测台站的部署,也具有一定的指导意义。

地震地质工作不仅可以圈定地震的危险区,为地震预报开辟道路,同时还可以找出相对“稳定”的地区,即“安全岛”。这个工作很有意义,它是选择建设基地的开局性工作,应该走在基本建设的前面。这样就能直接为社会主义建设和国防建设的布局服务。在建设中我们就可以选择比较安全的地带或者遭到地震灾害可能性最小的地区进行施工,减少基本建设费用,避免地震带来的危害。如果在某些可能发生地震的地区非要进行建设时,我们搞清楚了那里可能发生地震的最大震级,同时找出强烈地震活动带中地震较弱的地带,一方面尽可能把建设布局在地震较弱的地带,一方面积极采取相应的抗震措施,使建筑物能抵抗住地震发生时的破坏能力。这对基本建设工作有重要的意义。

我看了一点外国资料,没有人走这条路。日本、美国跟我们很接近的地方是搞形变,甚至