

追忆李四光对防震减灾的贡献,以系统整体观 指导防震应急

高庆华¹⁾ 杜建军²⁾ 周显强²⁾

1) 原科技部国家计委国家经贸委灾害综合研究组, 北京 100029;

2) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081

摘 要 笔者在追忆李四光地震科学和防震减灾指导思想的基础上,提出了以系统整体观指导防震应急的新论点,包括:运用地壳运动整体观研究地震规律;应用地震预测整体观进行地震预测;划分活动性构造体系,研究构造活动性;加强综合监测,研究各种地震前兆和相关的自然变异的发展趋势;圈定地震风险区,制定防震应急预案等。并结合中国的实际情况进行了论述。

关键词 活动性构造体系; 地震风险区; 地壳运动; 地震预测整体观

中图分类号: P315; P553

文献标识码: A

文章编号: 1006 3021 (2008) 03 385 07

Retrospection of Li Siguang's Contribution on Earthquake Disaster Prevention and Reduction Using the Systematic and Overall Concept to Guide the Earthquake Prevention Work

GAO Qinghua¹⁾ DU Jianjun²⁾ ZHOU Xianqiang²⁾

¹⁾ Integrated Research Group on Disasters under Ministry of Science and Technology, State Development and Planning

Commission, State Economic and Trade Commission, Beijing 100029, China

²⁾ Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081

Abstract Based on the retrospection of Li Siguang's earthquake science and his guiding thinking of earthquake disaster prevention and reduction, the authors put forward a new viewpoint to guide the earthquake prevention work using the systematic and overall concept. The viewpoint includes the study of the regularity of the earthquake using the overall concept of crustal movement, the forecast of earthquake using the overall concept of earthquake forecast, the division of the active tectonic system and the study of tectonic activity, the strengthening of synthetic monitoring and the study of the development trend of all kinds of earthquake precursors and related natural variations, the determination of the earthquake risk zone and the formulation of the earthquake emergency plan. The authors discuss the viewpoint in combination with the actual situation of China.

Key words active tectonic system; earthquake risk zone; crustal movement; overall concept of earthquake forecast

2008年 5月 12日汶川特大地震震撼了全世界,也使我们想起了李四光对河间、唐山、渤海、海城、通海、松潘等地区强震发生的可能性战略预测的正确;想起了他断定北京地区是“安全岛”,请毛主

席安心睡觉的豪言壮语。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

本文由中国地质科学院地质力学研究所基本科研项目(编号: DZLXJK200807)资助。

收稿日期: 2008-05-26; 改回日期: 2008-06-10; 责任编辑: 刘志强。

第一作者简介: 高庆华, 男, 1938年生, 研究员, 长期从事地质力学与自然灾害综合研究; 通讯地址: 100029, 北京市朝阳区德胜门外祁家豁子北京 9803信箱; 电话: 010 62009120。

国防震减灾事业的开展做出了卓越的贡献。

追忆李四光地震科学和防震减灾的指导思想是有现实意义的。笔者理解,李四光(1965, 1970)的基本观点概括起来有5点:

(1)他认为地震“是地壳运动的一种表现”。地震是在地壳运动的推动下,地壳发生断裂,导致聚集的能量急剧释放而造成的。因此为了搞清地震的发生与发展规律,首先要研究地壳运动问题。

地壳运动不局限于汶川地区或中国西部地区,而是全球行为;地壳运动也不只是表现在地壳岩石圈的断裂和板块运动,地球的水圈、气圈、生物圈、冰雪圈,甚至地幔的变化都与地壳运动有关。因此地壳运动问题研究必然要走上全球化、多元信息化、系统化、整体化之路,即树立地壳运动整体观。

(2)地震地质是地震工作的基础。他认为:“地震沿现今还在活动的断裂带发生。因此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、鉴定它们活动程度和频度。”

1966年以后,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》、《中国地震烈度区划图》的编制。这两张图,不仅阐明了我国地震的宏观分布规律,也是对我国未来地震危险区的预测。

关于汶川特大地震发生的具体地质构造条件,我基本一无所知,仅从《中国主要构造带与强震震中分布图》、《中国地震烈度区划图》分析,它似乎位于南北向构造带与NNE向构造带复合处,发震断裂好像是被SN向构造带归并的NNE断裂,假如真的如此,那么研究SN向构造带的活动规律和相关地壳运动背景,对预测地震发展趋势有重要意义。

(3)李四光独排众议,提出地震是可以预报的。他认为:“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”,“地震的发生是有前兆的”,“研究地震活动规律”,采用多种方法“观测地壳的变化,认识现在还在活动的构造带”,“观测地应力的变化”“仔细研究构造应力场”“寻找地震前兆”,就可以进行地震预报。

李四光认为“我们不要跟着地震屁股后面跑,而要争取走在地震前面”,“要在某些关键性的地区或地点建立地震预测试验站”。提出了对天文、地震、形变电阻率、地磁地电、超声波、重力、地下水、生物物理、地形变、断层微量位移、海平面观测和仪器

研制方法,尤其强调地应力的观测。

显然,李四光提出的观测研究范围,已经涉及地球固、液、气、生综合变化和地球物理、地球化学现象以及天文异常,这种思路,笔者认为就是地震预测整体观。

(4)李四光主张划分地震危险区与“安全岛”。他认为“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。”“以预防为主,重要的是确定危险区”。

李四光认为,划分地震危险区与安全区的基础工作是划分活动性构造体系,研究构造活动性。他说“搞地震地质就是确定地震危险区。”“为了力求避免或减少地震破坏作用,选定最有利的或者遭到这种自然灾害可能性最少的地区进行建设,就必须大力加强地震地质工作,”“划分地震危险区”。“确定危险区的原则:①历史记录;②地下构造活动情况。”编制地震地质图”,“……在强震区,找到比较稳定的地带或“安全岛”,为基建设计提供资料。”

(5)在有关键性的地区或地点建立地震预测试验站。”是地震预报工作的基础。所谓关键性地区我们理解主要是构造组合和活动的特殊部位。因为这些部位不仅是易于发震的地方,也是震后损失最大或较大的地方。为此需要了解地质结构,划分活动性构造体系,研究构造活动性和构造复合问题。

李四光逝世以后我们追索李四光学术思想,对地震及其他各种自然灾害进行了综合研究,提出“地震科学整体观”(马宗晋等,1993)和“地震预测整体观”(高文学等,2000),笔者认为下面几点对我国防震应急至关重要。

1 运用地壳运动整体观研究地震规律

地震是地壳运动现象,因此与许多地质现象与自然现象有内在联系。环境与灾害的形成主要受两大因素控制:①自然变异;②人类社会活动。地球在不停地运动着、变化着,致使人类、地球、环境发生日新月异的变化,并导致自然灾害的发生。从表面看,地圈的运动和变化导致地质环境的变迁和地震及地质灾害的产生;水圈的运动和变化导致水环境的变化和水灾害的发生;气圈的运动和变化导致气候环境的变化和气象灾害的发生;地球表层系统和生物圈的运动和变化导致生态环境的变化和生物灾害的发生。然而,从深层次看,由于地球是一个开放的自组织系统,各个圈层自身运动变化的同时,彼此也在发生着物质和能量的交流,各个圈层的运动与

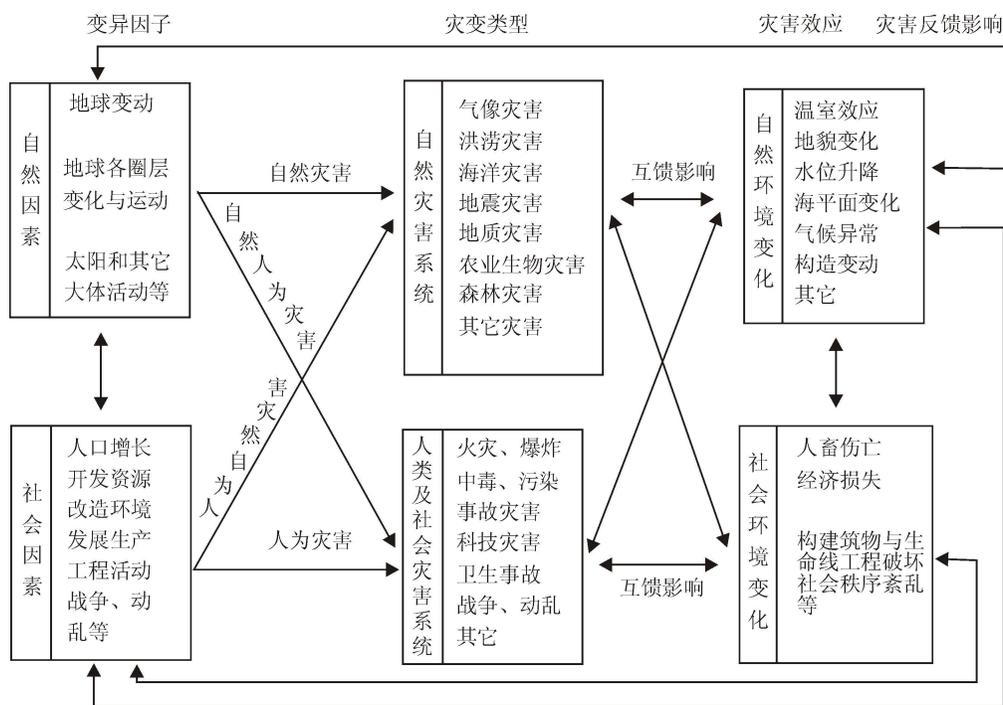


图 1 灾害成因及分类框图

Fig 1 Cause of disasters and their classification block diagram

变化受控于全球运动与全球变化, 并受太阳及其他天体运动和变化的影响。由此看来, 地球各个圈层的环境与灾害的产生都不是孤立的现象, 而是彼此相关, 形成环境—灾害系统, 并作为地球系统的一个分支, 属于全球变化的一个组成部分 (图 1)。因此, 地震现象与许多地质现象和自然现象有着密切的关系, 为了研究地震规律, 必须将地壳各部分的各种地质构造现象和相关的自然现象看作有联系的整体, 将发动地壳运动的各种动力作为一个互相影响、互相制约的动力系统, 将地壳运动的因果作为一个统一的互馈系统进行研究, 这就是地壳运动整体观。

2 应用地震预测整体观进行地震预测

地震是可以预测的, 目前处于探索阶段。地震预测整体观是我们追求的研究方向, 它的特点和要求是以固体地球为研究对象的一系列固体地球科学; 以海洋和大陆区水体为研究对象的海洋科学和陆地水科学; 以大气为研究对象的一系列大气科学; 以动植物和人为研究对象的生物学和生态学, 全面展开开放式研究。最明确的发展就是大气与海洋之间建立起来的海气循环, 以它为研究对象展开了一系列交叉研究。如固体地球的地热释放 (包括火山喷发、海底岩浆涌出、大陆热能释放), 放气作用 (包括深层和浅层、放射性和非放射性元素) 以及陆地

水对浅表岩石的溶解等等, 正在促使把固体地球的动态因素纳入海气双象系研究, 从而扩展为三象系研究。地震作为固体地球的一种剧变行为, 经过对地震前后各种相伴现象的观测研究, 已可以肯定地震的蕴育与发生确实受到了大气的影 响, 反之, 地震蕴育过程, 直至地震发生, 包括与之伴随的物理的和化学的多种成份的释放, 也确实影响了低空和地区性的天气, 甚至可能影响到高空电离层的扰动, 海底地震可造成海啸等海水的运动与变化, 海底地震、火山岩流热涌与海水急剧增温之间有联系, 例如厄尔尼诺现象等, 都涉及了固相与水的交叉研究。生物包括人类, 有史以来, 一直是受固、液、气三象圈层构成的环境影响, 反之, 生物对环境的反馈作用, 在地史学研究中确证存在一系列真实记录。特别是人类近代活动对大气、海洋以及陆地表层的污染与破坏、CO₂ 气的温室效应、臭氧层的被破坏、核冬天的潜在威胁、森林面积的锐减造成一系列自然生态环境的恶化等等, 使人类刚刚开始注意到的自我摧残; 而在科学上, 它正在推进着固、液、气、生 (人) 四象的整体研究的进程。

多象系的研究统一在地球整体的五维空间中进行, 那就构成了全面的地球整体观。地球作为一个天体, 它自身的行星性行为, 以及它必然经受着种种天体环境的制约与影响, 把地球系统作为一个开放

系统加以研究则是非常重要的,这就构成了近年多方称道的系统整体科学观。地震预测整体观就是在这个基础上产生的。

3 划分活动性构造体系,研究构造活动性

大多数地震是由地壳运动引起的,地壳运动的起源是地球的旋转运动和内部变化。地球是在旋转过程中诞生的,在旋转过程中发展的。地球作为一个星球基本运动形式是旋转。在旋转过程中地球作为一个球体,不断发生着整体涨缩变化、扁度变化、东西偏心、南北偏心、壳下融熔体流动和重物质下降、轻物质上升、热能释放作用等。这些运动和变化便推动与影响了各个圈层的运动和变化,形成各种地质现象与相关的自然现象。因此由地球自转产生的向心力和离心力是地球动力系统第一个动力来源。在此作用下:①地球物质发生分异,形成气圈、水圈、岩石圈、软流圈、地幔、地核等地球圈层。这个过程现在仍在继续;②在地球的大气圈和水圈,形成与地球自转运动有关的大气环流和海洋环流;③在地球岩石圈,由地球旋转(包括自转、公转、绕月地系核心旋转、绕银河系中心旋转)产生的动力系统便构成了地壳运动的联合动力系统。其中起主导作用的是地球自转,特别是由其产生的纬向力、经向力和向心力,对地壳大陆表层构造系统的产生起着最重要的控制作用;同时也控制了洋底构造系统;④地球自转推动了地球软流圈和地幔融熔体的流动及地幔和地核的相对运动。

越来越多的资料说明,出现在地球大气圈、水圈、岩石圈甚至软流圈与地幔的许多自然现象,不仅具有与地球自转运动方向相关的方向性,而且具有相近的周期性,显示了地球个圈层运动与地球自转相关的整体性。

地球动力系统的第二个成员是地球内部变化所导致的热能、热动力、化学能、重力变化等,其中软流圈和地幔融熔体的运动产生的巨大的动能和热能是推动板块运动并影响陆壳运动的重要动力来源。

1926年李四光首次提出较轻的地壳与其下的重圈双层圈的新观念。1929年提出:“各大陆构成的质料不完全相同,黏结也不尽相同,于是在滑动较大的西边,就不可避免的发生向西突出的弧形山脉,从而提出:随着地球旋转加快,亚洲站住了,东非、西欧破裂了,美洲落伍了”的著名科学论断。

已有资料显示,地幔和软流圈随着地球自转载

负着地壳也在相对地核向西运动,贮存有巨大的能量。地球自转发生的球体形变和产生的构造,为地幔和软流圈融熔体能量的释放创造了条件,譬如地球自转引起的球体扁度变化和东西偏心及南北偏心的突起部分、地球自转造成的张性构造,都导致了地壳以下的软流圈和地幔隆起,融熔体向上流动,从而形成海底扩张、地幔柱、板块运动和其他构造形迹;洋壳构造又推动了陆壳运动。由此可见大陆构造和洋底构造,都是在壳内融熔体流动或板块推动与地壳表层地球自转惯性力和惯性离心力的双重作用下形成的。

影响地壳运动和全球变化的第三个因素是太阳活动,太阳的运动和变化(包括周期 20 ka 的近日点长期变化、周期 96.6 ka 的偏心率变化、周期 15 ka 的黄赤交角变化、周期 11 a、22 a 和更长周期的黑子活动等),不仅直接影响地球气圈、水圈、冰雪圈的运动和变化,也对地球自转速度变化,甚至岩石圈构造活动,起了重要的控制作用。而且地球各圈层的运动变化是地球自转速度的自动调控机制(高庆华等,1996)。

总之,地球自转、壳下融熔体活动、太阳活动都是地壳运动的主要动力来源,而不是孤立的,而是相互联系,构成地球统一的动力系统。因此研究壳下物质运动和板块活动以及地壳上部的构造体系研究都是重要的。然而更重要的应该是根据我们能看得见的、实实在在存在的活动性构造体系、构造活动性和地震前兆场的观测所获取的信息,如:地震、地应力、地电、地热、地磁、地下水、地球化学、动物、植物及气候异常等资料,划分不同时间尺度的地震风险区;研究地壳运动联合动力场,结合地壳结构,推测地应力集中区;划分活动性构造体系,鉴定活动性断裂,以确定地震易发地段,判断地震迁移方向,似乎更为重要和实际。

4 加强综合监测,研究各种地震前兆和相关的自然变异的发展趋势

地球在其 4600 Ma 的演化历史中,地、水、气三象表现了一系列时间尺度的变动,不同学科采用多种术语加以描述,如周期、旋回、脉动、韵律、分期、分幕、分级等等,虽然各有其内涵,但共同反映了地壳变动的脉动性。地震预报在时间上的探求,一方面是利用地震活动历史自身所表现的大小韵律进行分期、分幕、分阶的群体的外延预测;另一方面则是根据各种地震前兆的观测,不论它们是以什么观测手

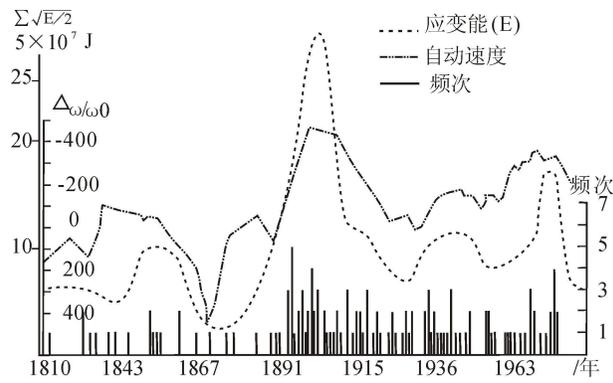


图 2 地球自转速度变化与地震活动的关系

Fig 2 Relationship between the change of earth rotation rate and earthquake movement

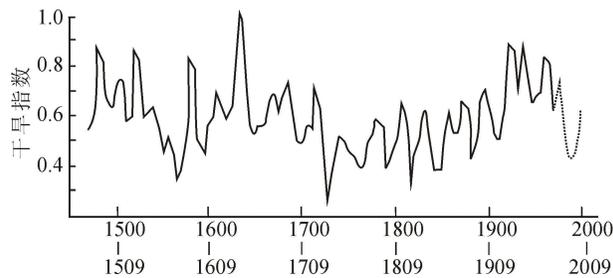


图 3 1470 ~ 1977 年我国东部地区干旱指数 10 年滑动平均曲线 (据张先恭, 1986)

Fig 3 Average curve of ten years' glide of drought index in eastern China from 1470 to 1977

段所获取的信息, 包括微震、地形变、地应力、地电、地热、地磁、地下水、动物、植物、天象等等, 分析它们的发展规律和地震的关系, 把它们归结为地震孕育过程的长期、中期、短期和临震的不同发展阶段, 加以分析、论证, 直到渐近于地震震中的临震预报, 这种分析方法正是系统整体观的观点与方法, 尽管还不成熟, 但是已获得大量相关资料是值得重视的, 图 2 ~ 图 6 只是几例, 彼此加以对比, 反映了地球自转速度变化和地震、旱灾和地震、海平面变化和地震之间的关系。

5 圈定地震风险区, 制定防震应急预案

当前地震预报尚未过关, 圈定地震风险区, 评估风险等级, 制定相应的防震应急对策预案是重要的防灾措施。我们 1995 年根据不完备的资料概略研究了我国 21 世纪初地震灾害的危险性, 编制了预测灾变区划图 (图 7), 可以看出, 未来地震的主要发生区在我国西部。2005 年, 以我国 2000 年的社会经济数据为基数, 根据地震烈度和地震灾变发展趋

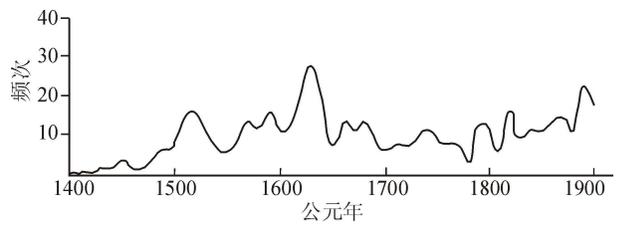


图 4 中国强震频次曲线

Fig 4 Frequency curve of strong earthquakes in China

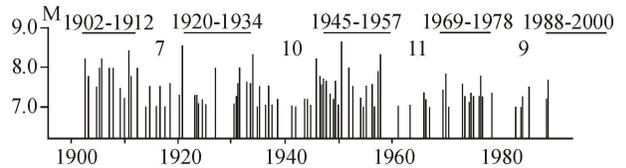


图 5 中国大陆及临近区浅源大震 M 图

Fig 5 M tmap of shallow and strong earthquakes in China and its neighboring areas

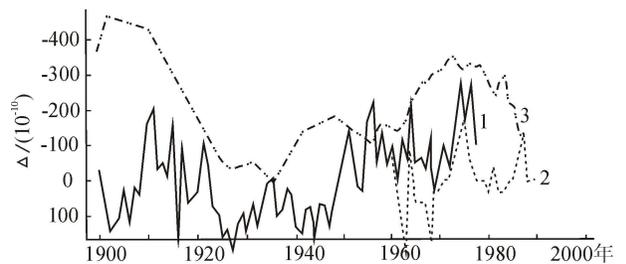


图 6 地球自转速度变化与海平面变化曲线图 (据于道永, 1985)

Fig 6 Variation graph of Earth rotation rate and sea level (from Yu, 1985)

1 悉尼海平面变化曲线; 2 秦皇岛海平面变化曲线; 3 地球自转速度变化曲线

1 Variation curve of sea level in Sydney; 2 Variation curve of sea level in Qinhuangdao island; 3 Variation curve of Earth rotation rate

势, 社会易损性及次生灾害的影响, 对每个地震危险区的风险性进行了评估 (高庆华等, 2005), 编制了地震风险区划图。

从图 7 可以看出, 尽管我东部发生地震的可能性比西部要小, 但是由于人口和财产密度大, 一旦发生地震将会造成更大的损失。

地震是一种自然现象, 人类没有能力阻止地震的发生。破坏性地震不可避免的会造成人员伤亡和财产损失, 因此进行地震监测预报, 增强房屋建筑的抗震能力, 提高区域应急能力, 采取有效的地震应急行动等措施, 当然会减少地震伤亡和财产损失。但是任何一项减灾行动都是以人力、物力、财力投入为

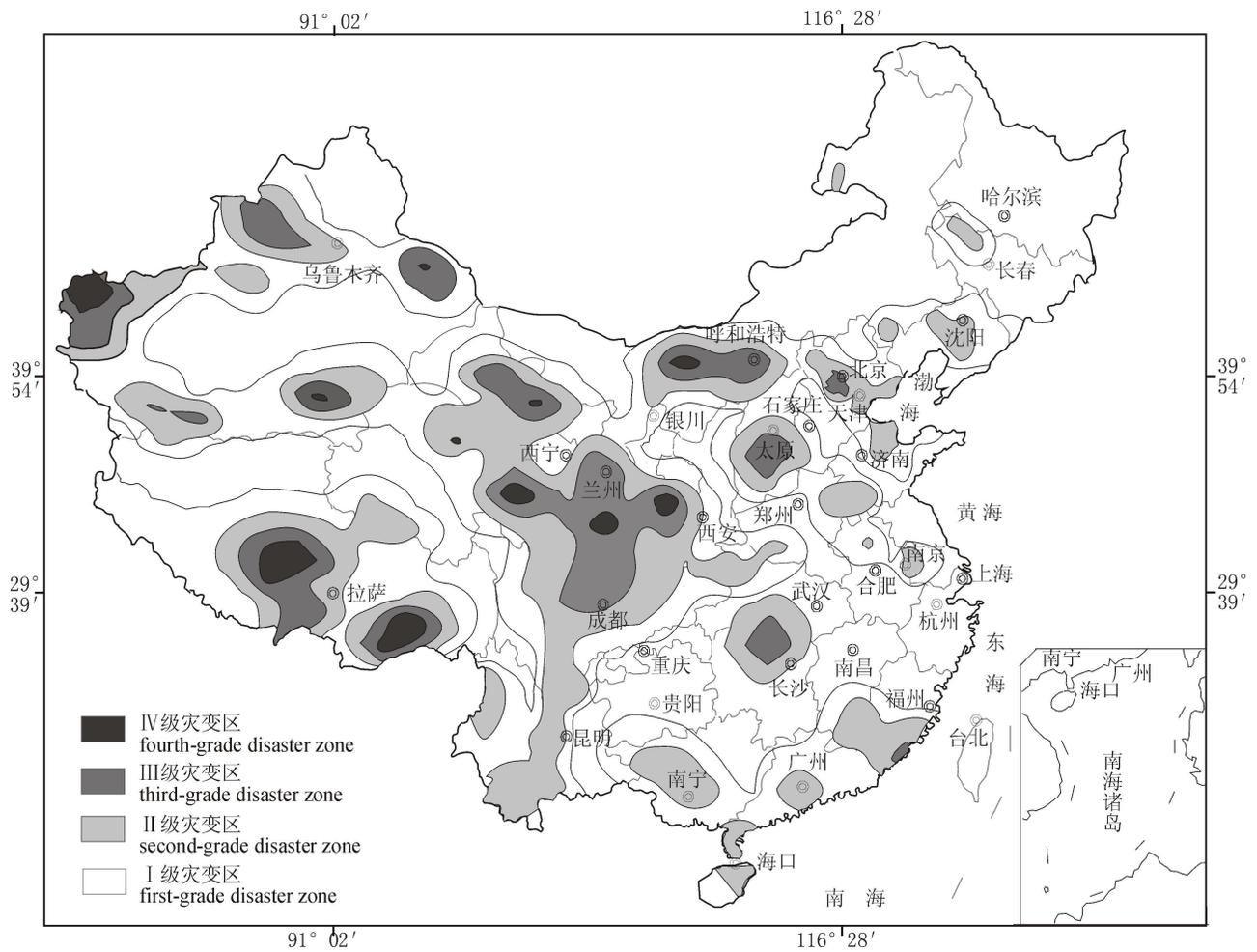


图 7 中国未来 20年地震灾变预测图

Fig 7 The forecast map of earthquake cataclysm in China in the coming twenty years

代价的,过高地超越地震基本烈度提高房屋建筑设防标准,必然要增加、甚至成倍增加造价;任意的提高地震应急等级,扩大应急行动范围也会大幅度增加投入,给国家和地区、个人造成不应有的经济损失,而且还易引起一系列社会问题。

因此需要以科学发展观为指导,首先客观、深入地研究地震活动规律,科学评估地震灾害损失,在既能保证地震安全和又可以取得最佳社会效益和经济效益两者之间进行权衡,根据社会对地震灾害的承受能力确定合理的地震设防标准和地震应急等级规模,才能获得最大的综合效益

中国是个多震的国家,许多地区或大或小都可能遭受地震侵袭。特大地震当然需要全国动员,甚至国际支援,但是有些地区地震震级、烈度很小,有震无害;有些地区虽然有害,但震害损失在社会可接受范围之内。我们认为对这些地区当然不能“掉以轻心”,应该进行常规性的防震减灾,但不一定开展

社会总动员的大张旗鼓的地震应急行动。提出这一论点的基点是,虽然地震应急必然可以减轻地震损失;但另一方面由于地震应急所消耗的人力、物力投入,以及由于“小题大作”所造成的不良社会影响,其损失可能远比地震直接造成的损失更为庞大。因此有必要改变那种主要根据地震震级、烈度决定是否开展地震应急行动的习惯思路,变更为主要根据社会可能遭受的地震危害程度和易灾性的大小去决定地震应急行动的新思路。

为了将这一新的理念落到实处,不仅需要监测预报地震的震级、烈度,而且还要研究社会承灾体的价值和易损性,评估可能遭受的人员、经济损失大小,研究社会不可接受的地震损失程度;然后按一定标准将损失大于社会不可接受地震损失程度的地区圈定为防震应急目标区。

根据未来 50年防震应急区内地震经济损失度,并参考地震人员死亡度,按着地震灾害等级标准,划

分了国家防震应急目标区内可能发生的地震灾害等级及其分布范围。

然后,我们根据各个地区的可能的损失程度和防震应急能力,初步选出 10 多个地区作为我国 21 世纪初期防震应急目标区。这些应急目标区何时发生地震,发生多么大地震,都需要重点研究,并制定防震应急预案。

根据国情和可能的灾情及区域防震减灾能力,提出了建立分区防震应急联防联控综合减灾新机制、实施分级分区防震应急策略、推动防震应急社会响应联动系统工程、实施分阶段防震应急步骤、建立递进式动态分级分阶段社会响应机制、开展综合减灾,减轻地震伴生灾害、次生灾害及防震应急措施不当造成的损失、建立地缘型地震应急减灾综合队伍、研究地震灾害对社会发展的影响,根据区域地震灾害承载力,制定与减灾相结合的发展策略等一系列防震应急对策(高庆华等, 2005)。

当然,由于科研经费支持力度小,工作程度浮浅,地震的发生和地震灾害损失不确定因素很多,前面一些认识尚处于初步研究成果,可能其中某些论点论据尚不充分、甚至错误,需要进一步研究评估,但是我们诚心希望在大家博采众议的讨论中,以系统整体观为指导,推动中国防震应急工作的进一步发展。

参考文献

- 高文学, 蒋凤亮, 高庆华, 张业成, 朱克文. 2000. 地球化学异常—地震预测整体观的探索 [M]. 北京: 地震出版社.
- 国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组. 1998. 中国自然灾害区划与保险区划研究报告(上、下册) [R]. 中保财险有限公司内部出版.
- 高庆华, 张业成, 刘惠敏. 2005. 《中国地震灾害区划与防震应急对策》研究报告 [R].
- 高庆华. 1996. 地壳运动问题 [M]. 北京: 地质出版社, 142 ~ 169.

- 李四光. 1965. 关于地震地质工作问题 [J]. 中国地质, 12: 5 ~ 6.
- 李四光. 1970. 关于地震地质工作的几点意见 [J]. 地震战线, 7: 10 ~ 15.
- 马宗晋, 高庆华. 1993. 试论地球系统和地震科学的整体观 [M]. 载《地震科学与整体观研究》. 北京: 地震出版社, 1 ~ 8.
- 于道永. 1985. 近二十年来中国海面变化趋势初步分析 [C]. 中国海平面变化文集. 北京: 海洋出版社.
- 张先恭. 1986. 本世纪我国降水振动及其太阳活动关系的初步分析 [C]. 天文气象学术讨论会文集. 北京: 气象出版社.

References

- GAO Wenxue, JIANG Fengliang, GAO Qinghua, ZHANG Yecheng, ZHU Kewen. 2000. Geochemistry unconventionality——groping for whole concept of earthquake forecast [M]. Beijing Seismological Press (in Chinese).
- GAO Qinghua, Zhang Yecheng, LIU Huimin. 2005. The research report of 《earthquake disaster planning and quakeproof countermeasure of meet a contingency》 [R] (in Chinese).
- Integrated Research Group on Disasters under State Science and Technology Commission, State Development and Planning Commission, State Economic and Trade Commission of PRC. 1998. The research report of nature disaster planning and insurance planning in china (first volume and second volume) [R]. published within China Insurance Property and Casualty Company Limited (in Chinese).
- LI Siguang. 1965. The problem about earthquake geology work [J]. Geology in China, 12: 5 ~ 6 (in Chinese).
- LI Siguang. 1970. several advice about earthquake geology work [J]. Earthquake Battle Line, 7: 10 ~ 15 (in Chinese).
- MA Zongjin, GAO Qinghua. 1993. study on whole concept of earth system and earthquake science [C]. Study on earthquake science and whole concept Beijing Seismological Press, 1 ~ 8 (in Chinese).
- GAO Qinghua. 1996. The problems on crustal movement [M]. Beijing Geological Publishing House, 142 ~ 169 (in Chinese).
- YU Daoyong. 1985. Change trend analyse of china sea level since recently 20 years [C]. Copus of China sea level change. Beijing Ocean Press.
- ZHANG Xiangong. 1986. Principium analyse of precipitation change in china and relation of sun movement [C]. Science conference Copus of astronomy and aerography. Beijing China Meteorological Press.