

论防震应急系统工程^{*}

高庆华¹, 张业成², 王伟铎¹, 刘惠敏¹

(1. 中国地震局地质研究所, 北京 100029; 2. 国土资源部实物资料中心, 河北 三河 065201)

摘要: 为了减轻地震灾害给人类造成的损失, 需要推行防震应急系统工程。这项系统工程应该包括: 综合监测; 综合预测; 地震灾害综合评估、编制地震灾害系列区划图; 圈定防震应急目标区、制定防震应急预案; 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; 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; 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。

关键词: 防震应急; 地震灾害; 系统工程

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)01-0127-06

2008年5月12日四川汶川8.0级特大地震使我国蒙受了巨大损失。许多人期盼, 如果震前有准确的预报多好。但是, 一方面地震预测是世界性科学难题; 另一方面, 即使有了准确的预报, 人们从房子中跑了出去, 也难以避免由于崩塌、滑坡、泥石流和堰塞湖等次生灾害可能造成的损失, 由于房屋倒塌造成的损失也在所难免。因此, 地震预报固然是重要的防震应急措施, 然而更重要的是采取综合防御措施。

“国际减灾十年”初期, 马宗晋、高庆华初议了减灾系统工程^[1]。之后, 又对自然灾变系统、自然灾害系统和减灾系统工程作了进一步研究^[2-10], 认为为了减轻地震灾害给人类造成的损失, 需要推行防震应急系统工程。这项系统工程应该包括以下几个方面。

1 综合监测

我国著名地质学家李四光认为“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”。他提出了对天文、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、海平面观测等综合监测方法和仪器研制方法, 尤其强调地应力的观测^[11]。

李四光认为“地震是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”。“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”, 是进行地震预测的关键^[10]。

地震活动不是孤立的, 在地壳岩石圈发生运动的同时, 地球其它各圈层也在发生着同步性的变化, 为了研究地震的发生发展规律, 进行地震预测, 除了对发生于岩石圈的来自地质构造、地球物理、地球化学等方面的异常进行监测外, 还需要对天文、大气圈、海洋圈、岩石圈、生物圈的多种信息进行综合监测。

2 综合预测

地震预测与地震预报是两个不同的观念, 地震预报是严肃的社会行为, 必须坚持由政府 and 地震主管部门发布或通报; 而地震预测是重大科学研究课题, 需要广开思路, 勇于探索, 才能逐步解决这一个世界性难题。

何为地震预测, 观念并不统一。笔者理解, 凡是对地震发生、发展和影响预先做出的推测,

* 收稿日期: 2008-09-19

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAC13B03)

作者简介: 高庆华(1938-), 河北人, 研究员, 主要从事自然灾害综合研究. E-mail: lhm9075@sohu.com

都可称为地震预测。

(1)地震事件预测 即传统观念的地震预测,其地震预测的主要目的和服务对象是防震减灾、地震应急、公共安全。

(2)地震发展趋势预测 指对未来 10 年以上的地震形势做出的宏观预测。采用的方法有历史地震统计、地震活动规律序列分析和趋势外延;地震形成条件的预测变化和发展趋势;地球系统和灾害系统相关变化趋势综合分析。地震发展趋势预测的主要目的和服务对象是制定防震减灾长期规划、国家经济建设发展规划及灾害保险规划等;研究地壳运动和全球变化。

(3)地震灾害预测 地震是自然现象,地震灾害是因地震造成的危害人类生命、财产、社会功能以及资源环境的事件或现象。衡量地震灾害的标准是受灾体的损失破坏程度和数量。地震灾害的形成有两个基本条件,其一是地震灾变程度;其二是受灾体易损性。因此地震灾害预测是在地震危险性的基础上,进行社会易损性分析。地震灾害预测的主要目的和服务对象是防震减灾、灾后恢复重建。

(4)地震风险区预测 指对未来时期可能因地震灾害造成的区域安全性进行预测性评价。地震风险区预测是在地震危险性、危害性、地震灾害社会可接受能力、防震应急能力等预测和区域差异性分析的基础上进行的^[6]。地震风险区预测的主要目的和服务对象是制定区域防震减灾规划、制定土地利用规划、制定经济建设规划和工程设防标准、划分灾害保险区划。

3 地震灾害综合评估,编制地震灾害系列区划图

我国面积有 960 万 km^2 , 32 个省(市、自治区)的 300 多个地区, 2 000 多个县,究竟哪些区、县有可能发生破坏性地震呢? 哪些区县可能发生严重破坏性地震呢? 哪些区县可能发生特大损失的严重破坏性地震呢? 如果地震高风险区不能做到震前有所准备,势必造成巨大损失;相反,如果一般地区过度防范准备,可能会造成无端浪费。所以,首要的任务是在地震灾害的危险性、危害性、风险性、减灾能力等充分评估的前提下^[7],划分防震应急重点区,才能指导各地制定防震应急预案。需要编制的防震应急系列区划图包括:

(1)地震危险性区划 是反映地震危险程度区

域差异性的图件。地震危险性主要由两方面因子决定:一是地震灾变强度或对受灾体的破坏能力,如震级、烈度,地震次生灾害强度等;二是地震发生的频次或概率。

(2)地震危害性区划 即以地震灾度为指标编制的区划。灾度大小主要取决于三方面条件:一是地震灾变程度;二是受灾体数量、价值与易损性;三是防灾能力。

(3)地震风险区划 地震灾害风险区划是根据各地地震风险的大小编制的区划图。

(4)地震次生灾害区划 由地震直接导致的次生灾害,包括山崩、滑坡、地裂、坍塌、喷砂、砂土液化及地面形变等次生灾害和因此产生的衍生灾害如次生洪水灾害以及地震次生火灾、毒气泄露、爆炸、放射性污染等。

(5)地震灾害深度区划 与地震风险对 GDP 的影响程度区划前者为以地震灾害损失与 GDP 比值编制的区划图,后者为地震风险使 GDP 的下降程度区划图,两者共同反映了地震灾害对区域经济发展的影响程度。

(6)地震伴生灾害区划 在地震发生的同时,相伴发生的其它灾害如冷冻、大雪、暴雨、大风等往往加重地震灾害,给地震应急造成更大的困难,因此编制地震伴生灾害区划图,对评估地震灾害损失和制定地震应急对策均有重要的意义。

(7)防震应急能力区划 防震应急能力区划是反映区域防震应急的人力、财力、物力等防震应急基础能力地区分布差异性的图件^[8]。

(8)防震应急目标区 灾害等级区划防震应急目标区灾害等级区划是反映根据地震危险性、危害性、风险性及其防震应急能力所圈定的防震应急目标区等级大小的地区差异性图件。防震应急目标区等级区划是制定国家及地区防震应急预案和分区分级对策最重要的基础性图件。

4 圈定防震应急目标区,制定防震应急预案

根据地震系列区划研究,将中国划分为 4 个防震应急区:华北地震区;南北地震带;新疆西部地震区;东南沿海地震带。这 4 个地区,无疑是我国需要开展防震减灾和地震应急的地区。但是,这 4 个地区面积都很大,而且地震活动程度因地而异,差异性很大,因此为了突出重点,合理利用防震应急资源,还有必要作进一步的分析和区划

研究, 从中圈定出防震应急重点目标区。

这项工作首先需要首先进行区域安全不可接受地震灾害影响程度分析。

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、财力投入为代价的, 地震发生是小概率事件, 如果处处盲目过多的提高设防标准来防止可能会发生(也可能不会发生)的地震灾害; 或者随意提高地震应急等级, 由于“小题大做”造成的经济损失和社会损失可能比地震灾害本身还要大。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又可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。

如何既要保证地震造成的人员伤亡和财产损失降低到一个社会可接受的水平之下, 又要使减灾投入不致过大而“成灾”, 就需要首先对区域安全可接受地震灾害影响程度进行分析, 制定协调适度的防震减灾规划和地震应急计划, 以使地震灾害损失控制在社会可接受的范围内。具体工作步骤如下。

4.1 区域不可接受地震灾害影响程度分析

- (1) 区域不可接受地震人员死亡率研究;
- (2) 区域不可接受地震直接经济损失率研究。

4.2 中国防震应急目标区的划分

(1) 可承受地震灾害损失区 可承受地震灾害损失区, 是指可能有地震发生, 但地震经济损失和人口伤亡, 在社会可承受范围内。

在可承受地震灾害损失区, 国家一般无需过大进行防震应急投入, 即使发生地震, 除少数个例外, 一般应由地方承担防震应急工作。其中, 可能为某些地区不可承受地震损失区, 这些地区应为地方防震应急的重点地区。

(2) 不可承受地震灾害损失区 不可承受地震灾害损失区, 是指地震造成的经济损失和人口伤亡较大, 超过了社会可接受地震灾害影响程度, 如不采取有效防震应急措施, 将会对社会发展、人民生活、生产造成较大或巨大影响, 因此是我国防震应急的重点区。在我们划分的 16 个地区中

包括 4 种情况: ①地震活动程度不高, 但人口、财产密度极高的地区; ②地震活动程度中等, 人口、财产密度也很高的地区; ③地震活动程度较高, 人口、财产密度较高的地区; ④地震活动程度很高, 人口、财产密度中等的地区。

4.3 划分防震应急区的易灾性等级

地震区域易灾性指区域发生地震灾害的风险程度, 我们根据这些地区的地震危险度、地震危害度、防震应急能力、减灾有效度等指标, 将我国重点防震应急区的易灾性划分为三级。

(1) III 级地区 地震危险度高或较高, 地震危害度很高, 现有防震应急能力不能满足防震应急的需要, 在未来 20 年或 50 年内发生破坏性地震的概率较高。这些地区应是我国防震应急的重中之重, 除加强本地区防震应急工作外, 应组织省区联防, 国家也应重点关注。

(2) II 级地区 可分两种类型: 一是虽然人口密度和承灾体价值不大, 但地震活动程度大, 频次高, 对人类生存和社会发展经常造成威胁; 第二类地区的地震活动程度和频次虽然没有前一类高, 但人口、财产密度大, 一旦发生地震即可造成较大损失。这些地区主要应加强省级防震应急能力建设, 个例应由国家关注。

(3) I 级地区 可分两种类型: 第一种类型特点是地震危险度不高, 但人口密度高, 承灾体价值大, 一旦发生破坏性地震就可能造成较大损失。这些地区防震应急能力较强, 加强监测预报, 预防较大破坏性地震应是这些地区的重点。另一类地区的特点是地震危险度高, 防震应急能力很低, 因此地震损失率大, 虽然由于人口密度较小, 承灾体价值不大, 绝对损失不大, 但由于是较贫困的地区, 相对损失则很大, 可严重影响当地经济建设和人民生活。因此对这些地区需在国家与省区支持下提高防震应急能力, 包括基础能力建设和监测预报系统建设、应急指挥系统建设及社会与个人防震应急意识与能力建设。

另外, 还要进行重点防震应急目标区地震灾害与防震应急能力区域差异性分析; 进行重点防震应急目标区地震应急等级划分; 制定分区防震应急预案。

5 推动防震应急社会响应联动系统工程

地震应急是一项涉及全社会协调行动的系统

工程, 必须在政府的领导之下, 建立联动机制^[12], 制定综合预案, 协调应急管理。根据发生的地震破坏程度, 进行相应级别的社会响应。需要首先对以下问题进行研究:

- (1) 破坏性地震应急管理;
- (2) 破坏性地震应急的任务和社会响应;
- (3) 地震应急系统工程的科学基础是地震预测和快速评估。

地震应急系统工程的启动是以地震预测和快速评估为基础的, 只有在充分了解什么地区, 何时发生地震, 地震将造成多大损失, 防震应急需要多少人力、财力、物力等情况的前提下才能使地震应急取得最好的成效。因此, 除了完善地震监测预报系统外, 还要在区域地震数据库, 区域社会经济数据库等支持下, 建立地震灾害快速评估系统和社会可承受程度快速评估系统。

6 实施分阶段防震应急

地震应急是指对破坏性和有重要影响的地震以及与地震有关、并影响社会稳定及减灾效果的事件的紧急处置。一般宣布进入地震应急反应阶段是在破坏性地震发生之后, 或极有把握认定破坏性地震即将发生时。然而任何破坏性地震的发生都有一个蕴育发展过程; 有效的防震减灾需要一定的准备时间; 破坏性地震发生后也需要经过一段时间的恢复才能达到震前水平。因此, 地震应急工作不是一蹴而就的, 需要一个从预备到救急、再到恢复的过程, 防震应急是一项系统工程。总结国内外地震应急的经验教训, 仅将地震应急限定为地震发生后的行动是不够的, 建议分为备灾、应急警备、应急救援、善后 4 个阶段。

6.1 备灾阶段

经中长期预报研究, 预测为地震危险区的地区, 应进入应急备灾阶段。应急备灾阶段的主要工作是:

- (1) 预测 加强地震监测预报; 分区进行地震危害性预评估; 圈定地震应急预备区; 确定地震应急等级, 进行地震应急组织准备。
- (2) 预防 工程建筑等防震抗震性能调查与加固; 提高地震应急与防震减灾能力。
- (3) 预案
- (4) 预习

6.2 应急警备阶段

在接到地震短临预报后, 预测的地震危险区

内各级政府、部门和社会群体, 应针对可能出现的危急情况, 迅速做出准备和反应, 以最大限度的减少地震灾害损失。由应急备灾阶段转为应急警备阶段, 首先需要在地震危险区的政府领导下, 联合防震减灾的各机关部门, 组成抗震救灾指挥部, 组织领导地震应急工作。这个期间的主要任务是:

- (1) 组建抗震救灾指挥系统和社会响应系统;
- (2) 建立预警系统。

6.3 应急救援阶段

地震发生后, 即进入应急救援阶段。这一阶段在多次的抗震救灾行动中地震工作者已取得了大量血的教训和积累了丰富的实践经验。国务院与中国地震局对地震应急行动的内容和准则已作了详细规定, 在此无需赘述。作者认为在这一阶段, 最关键的工作是应急指挥。

抗震救灾指挥部对地震引起的各种灾后紧急事务和问题要统一进行考虑, 分出轻重缓急, 在混乱中力争有序处理, 查危排险。建议将紧急事件分为 4 个等级。

(1) 急危事件 指地震灾害造成的濒危或最严重的事件要立即采取行动, 集中力量进行处理。如救人、房屋倒塌、人员死伤、水库垮坝、洪水漫流、大火蔓延、交通断绝等。

(2) 急难事件 指灾害造成的严重灾难或事件, 要组织人力优先处理, 如人员被困、垮坝危险、房屋倒塌危险等事件。

(3) 急务 指灾害发生后出现的各种紧急事务, 要组织人力迅速处理, 如断水、断电、交通阻塞等。

(4) 灾务 指地震灾害发生后出现的一切需要处理的事物, 如灾民救助、灾民安置、房屋修复等, 要按地震应急预案进行统一的安排。

6.4 善后阶段

一般震后数日或数十日后震区灾民已得到初步安置, 通常认为至此地震应急工作已经结束。但这时还没有恢复正常的生产秩序和生活秩序, 人们恐震心理尚严重存在, 因此还需要社会的援助、援建、心理抚慰和地震知识再教育。灾后建设要与社会发展相结合。

7 建立递进式动态分级分阶段社会响应机制

我国目前防震应急工作主要是以地震破坏程

度为准则的四级社会响应。但是, 防震应急工作应该是以地震预报和地震风险预评估为先导的, 由于我国地震预报是采用的长期预报、中期预报、短期预报、临震预报等递进式的预报模式, 因此防震应急也应采用相应的递进式的动态防震应急模式。

由于地震发生后其影响是从震中向外辐射。所以一旦做出地震预报(或已经发震), 震中区的人们当然要积极进行防震应急准备, 外围辐射地区也应进行适当的防震应急准备, 而且随着震情的发展, 其辐射影响将进一步扩大。随着地震预报(或余震迁移)的升级, 周边地区的防震应急工作也将步步提升, 分级、分区地展开地震应急工作—即外辐射动态; 当地震发生后, 周边地区的防震应急力量必须向震害中心区集中—即动态内集中。这便形成递进式外辐射内集中分级分阶社会响应机制。

8 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

我国是个多灾的国家, 在 16 个重点防震应急目标区中除地震外, 还有多种其它灾害。假如在地震期间其它自然灾害相伴发生, 不仅对社会经济将造成更大的破坏, 而且增加了防震应急的难度。

地震的发生特别是震级较大的地震发生, 将引起一系列次生地质灾害。据研究, 地震烈度小于Ⅵ度, 地震次生地质灾害很少, 烈度Ⅵ~Ⅶ地质次生灾害普通发生; 烈度>Ⅶ度时, 地质次生灾害强烈, 数量多、规模大。我国 16 个重点防震应急目标区中, 多数地区崩塌、滑坡、塌陷、地裂缝、沙土液化, 地基失稳等次生地质灾害严重, 并且由于崩、滑堆积物对河道的破坏和堵塞可导致次生洪水灾害, 不仅加重地震灾害损失, 而且增加地震应急难度。据统计, 地震灾害中 70%~80% 的道路破坏, 90% 的耕地破坏和 1%~5% 的房屋破坏为次生地质灾害所为。

因此必须以科学发展观为指导, 面对伴生与次生的各种灾害进行综合评估, 采取相应的综合措施进行综合减灾。防震应急是一个大规模社会行动, 如措施不当, 如援救不力或投入过大, 都可能造成不应有的损失。评估地震对地貌与生态环境的破坏; 评估地貌与生态环境破坏导致的次生灾害, 提出改善生态环境的措施。

9 结语

目前人类的科学水平和能力, 尚不可能减少或减小地震活动的频次和震级, 也不能削弱或分流地震波的能量; 我国地震预测, 特别是临震预测远未过关, 企图像台风、洪水应急那样都做到灾前撤离也是不现实的。唯一可行的办法是减少高风险地震区的人口密度和财产密度或提高防震减灾能力, 才能减小地震灾害, 使其控制在区域可接受承载力的范围内, 以保障社会可持续发展。

参考文献:

- [1] 马宗晋, 高庆华. 减轻自然灾害系统工程初议[J]. 环境地质研究, 1991, (1): 52-61.
- [2] 高庆华. 自然灾害系统论概论[J]. 科技导报, 1991, (2): 51-54.
- [3] 高文学, 高庆华. 要强化减灾的非工程性措施[J]. 灾害学, 1992, 7(1): 80-84.
- [4] 高庆华, 马宗晋. 再议减灾系统工程[J]. 自然灾害学报, 1995, 4(2): 6-13.
- [5] 马宗晋, 高庆华. 中国重大自然灾害与社会图集[M]. 广州: 广东科技出版社, 2003.
- [6] 高庆华, 张业成, 苏桂武, 等. 中国自然灾害风险与区域安全性分析[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [7] 高庆华, 等. 自然灾害评估[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [8] 高庆华, 聂高众, 张业成, 等. 中国区域减灾基础能力初步研究[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [9] 高庆华, 李志强, 刘惠敏, 等. 自然灾害系统与减灾系统工程[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [10] 高庆华, 张业成, 刘惠敏, 等. 中国地震灾害区划与防震应急对策[R], 2005.
- [11] 李四光全集, 武汉: 湖北人民出版社, 1996, 405-549.
- [12] 邹逸江. 城市应急联动的研究[J]. 灾害学, 2007, 22(4): 128-133.

A Discussion on System Engineering of Earthquake Prevention and Emergency Response

Gao Qinghua¹, Zhang Yecheng², Wang Weike¹ and Liu Huimin¹

(1. *Institute of Geology, CEA, Beijing 100029, China;*

2. *National Geological Sample Center, MLR, Yanjiao 065201, China)*

Abstract: In order to reduce loss of earthquake disasters, it is necessary to establish the system engineering for earthquake preparedness and emergency response. This system engineering should include comprehensive monitoring, synthetic prediction, comprehensive evaluation of earthquake disaster, compiling of series zoning map of earthquake disaster, delineating the target zone, establishing the preplan of earthquake preparedness and emergency response, promoting social linkage of earthquake preparedness and emergency response system, implementing preparedness and emergency response by stages, establishing progressive dynamic classable social response mechanism by stages, developing comprehensive disaster reduction which can decrease the losses of associated disaster of earthquake, secondary disaster of earthquake and inappropriate earthquake preparedness and emergency response measures, researching the influence of earthquake disasters on social development and working out development strategy according to disaster bearing capacity of earthquake region.

Key words: earthquake preparedness and emergency response; earthquake disaster; system engineering

欢迎订阅 2009 年《灾害学》杂志

随着《灾害学》杂志内在质量的不断提高和社会知名度的不断扩大,其订户日益增多,稿源日益丰富。为了满足广大读者和作者的心愿,尽可能多地刊发高质量的稿件,本刊已从 2007 年起,改为大 16 开,增加到 144 个页码。改版扩容后的《灾害学》杂志仍为季刊,每季末月 20 日出版,80 克胶印纸印刷,彩色插图,国内统一刊号:CN61-1097/P。

《灾害学》杂志 2009 年定价每期为 12.5 元,全年 50 元(含邮费)。另外,编辑部还存有少量 1988-1990 年、1994-2008 年的各年的精装合订本,每册定价 60 元。

《灾害学》杂志编辑部热忱欢迎广大读者和作者订阅该刊。订阅方式有:

(1)通过邮局直接汇款至编辑部,即:西安市边家村水文巷 4 号灾害学杂志编辑部,邮编:710068。

(2)通过银行转帐,单位:灾害学杂志编辑部;帐号:3700023109014486285;开户行:工行西安市含光路支行。

款到后即寄杂志和正式发票。需要征订单来函或来电即寄。

编辑部电话:029-88465341

E-mail:zhx@eqsn.gov.cn

zhx02988465341@163.com