

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2008年6月1日 第11期（总第88期）

资源环境科学专辑

中国科学院资源环境科学与技术局

中国科学院规划战略局

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆
邮编：730000 电话：0931-8271552

甘肃省兰州市天水中路8号
<http://www.llas.ac.cn>

目 录

抗震救灾特别专题

世界部分国家(地区)重大地震灾后重建经验.....	1
国外重大地震灾害中建筑物抗震状况分析及抗震建筑涉及经验 与技术.....	13
地震中的学校安全——OECD《让学校在地震中保持安全》报告 要点解读.....	22
地震灾后人员搜救先进技术.....	25
2008年法国科研署关于自然灾害的控制减少和修复研究计划的 指导意见.....	30

抗震救灾特别专题

世界部分国家（地区）重大地震灾后重建经验

编者按：汶川地震的强度和烈度以及波及范围都非常的大，对生命财产造成了巨大的伤亡和损失。日本的神户、中国的唐山、美国的旧金山等城市都遭到过大地震的破坏，但经过艰辛而漫长的重建之后，这些城市都恢复了生机。重建不仅包括人类生产、生活所必须的住宅、工厂、公共建筑、基础设施、景观设施等人工建筑物人工环境的重建和自然环境的重建，还包括灾区人民精神生活、生存空间氛围、对未来的认知等多方面的因素的“软环境”的重建。重建家园不仅仅是简单地恢复受灾前原有的一切，重建应当是站在更广阔的时空范畴内，站在更高的视角上，为灾区人民环境的发展提供优化空间，重建一个既符合当地人民生活习惯，又能适应当代文明和未来发展的“家园”。无论如何，从巨大地震灾害中得以恢复，对人类而言，这是严峻的考验。汶川地震灾后重建，一方面仍然需要来自海内外的大力援助，另一方面，更需要灾区的政府和人民齐心协力、自力更生、奋发图强，重建美好家园。我们通过分析和借鉴国内外地震灾后重建的经验，期望使汶川地震灾后重建工作做得又好又快。

1 1995 年日本阪神地震

1.1 灾民安置措施与临时住房搭建

在地震发生时，日本已制定了“灾害救助法”。根据这一法律，日本政府配合地方公共团体的协助，将饮水、食品、衣物等救济物品紧急分发给灾民。在地震后的半年内，兵库县内 1300 多个避难所里 30 万灾民的一日三餐，几乎都由政府免费提供。

根据日本“灾害救助法”，灾民的房屋全部倒塌或已经无法居住，而且无法获得资金重建家园时，政府必须建造临时住宅给灾民使用。当时，阪神地区紧急建造了近 4 万户临时住宅。尽力使灾民得到妥善安置，具体做法通常有：在避难所迅速兴建临时厕所与简易沐浴设施；安排灾民入住避难所或未受损房屋等安全场所；向灾民提供充足的清洁饮用水与食物；避难所内备有充足的各种常用药品。日本的经验证明食品与饮用水及时送抵灾区是非常重要的，这有助于稳定灾民情绪。在灾区难民营里建立起“儿童安全区”，为当地儿童提供游戏和学习的空间，同时建立失散亲人联络中心。在一个地震救助点，会在几个帐篷里面挖出长沟安置厕所，这样可以保证灾民生活的便利性。

大灾过后，对于灾民的安置一般分为临时安置与长期安置两个步骤。灾民临时安置过程中，最重要的就是相对稳定的安置场所，各种物资的供给保障要充分，并且达到一定卫生条件。除了外部供给，受灾地区幸存者之间的相互扶持可以在灾民之间形成互相依靠的氛围，对维持临时安置点的秩序也至关重要。

长远来看，灾民安置可能会出现局部居住地的转移。按照规律来说，大部分灾民都会实行就近安置，并且遵守自愿原则。很多受灾地区居民并不愿意离开居住很久的地方，所以，除非该地区严重损坏，或存在持续性危险，或者是尚未成人的孤儿没有得到当地居民的领养，则一般会尊重居民守土重迁的意愿。

1.2 灾后饮用水安全

系统全面的评估疫情风险：受灾地区常见的地方病和流行病；灾区人群的生活状况。包括人口数量、规模、居住地点和聚居密度；洁净水的补给状况、卫生保健设备是否足够；灾区人群的基本营养状况和疫苗接种率；医疗保健和病例管理状况。

应慎重对待相关疾病：与水相关的传染病；与人群密集相关的疫病；媒介传染病；与自然灾害相关的其他疾病；灾难供给中断造成的疾病。

1.3 灾后防疫措施

建应急公共厕所，建临时垃圾坑及污水坑，并定期喷洒杀虫剂和消毒剂。对废弃物进行简单地无害化处理与资源化利用。对地震引起的地质条件改变产生的面源污染物（主要指生活垃圾、医疗垃圾、泥石流、废弃的灾区饮用水源、受到污染的水库等等）的排放进行深入调查，研究地震引起的灾区面源污染水平的变化，并提出具体的防治对策和方案。

震后疾病流行的危险因素主要是用水卫生基础设施受到破坏、给儿童接种疫苗等公共卫生服务中断、对蚊子和啮齿动物等病媒生物的常规控制中断等。加强疾病监控系统，强化公共卫生措施，即足以预防和控制易流行疾病的传播。

避免尸体接触到水源系统，以免传播肠道疾病。对幸存者实施的卫生措施和水质控制对控制霍乱的传播是至关重要的。

1.4 灾后基础设施保障

阪神大地震发生后，有关机构先后三次派遣不同的调查团奔赴地震灾区，调查团成员主要由日本各著名大学教授、国家研究机构专家构成。主要任务是调查灾区的交通设施、生活基础设施的受损情况，并依据调查结果制定抢险方案和灾区重建方案。

日本对地震灾区紧急救援的首要工作是建立紧急运输网，包括修复公路网、整合陆上运输工具以及航空运输能力。在公路网得以通畅后，实施交通管制，仅限紧急运输用的车辆通行，并设定来自各方的紧急运输路线，以确保救援物资能迅速运达灾区。同时，动员货运业者、铁路运输部门，进行紧急运输工作。此外，自卫队飞机、海上保安厅直升机等空中力量将受命飞到灾区担任紧急运输和救援任务。

日本对地震灾区紧急救援的第二步就是医疗救护、抢救伤员。具体做法包括：设置有医生、护士常驻的避难所救护中心，在未设置避难救护中心的避难所，建立巡回诊疗体制；派遣医生、护士等专业医务人员携带医疗器械和药品深入灾区现场，第一现场抢救伤者。

日本对地震灾区的紧急救援还包括防止余震的措施，具体做法有：为防止余震来袭造成二次受灾，迅速彻底检查并判断受灾建筑物之危险程度，同时确切划定危险区域，以防范余震使原先受灾建筑物倒塌、崩裂引起二次灾害；彻底检查公共设施，拟定紧急复原计划；防止工厂泄漏有害或危险物质，对存有有害物质的工厂除实施损害状况调查之外，迅速采取适当措施，以防患于未然。

据调查发现，地震中 90% 的遇难者都是被不可抗震的住房夺去了生命，城市基础设施和住宅的抗震功能应是防震的重点。

1.5 灾后重建规划

阪神地震后日本专家们提出了三种灾后重建规划的思路权衡与选择：一是原址重建；二是迁址新建；三是两种混合。较为一致的选择是认为第三种更好。认为，要依照该地区的自然特点，特别是要在主体功能区的规划之下审视灾后重建，有些受灾地区尚属于限制开发区。凡是地震带和山体滑坡地带，基本上被列为禁止开发区，否则还要为此付出相当大的成本与代价。专家们认为，灾后重建规划实质是要按照科学发展观进行科学规划。此外，专家们还提出了多项制度创新的具体建议，包括：捐款制度和捐款免税制度；志愿者或 NGO 参与救灾制度；地震孤儿领养制度；灾害损失评估制度；救灾援助计划；灾后经济援助计划；灾区居民福利计划；财产登记申报制度以及发行特殊重建债券等等。制定了当务之急的灾民住房、产业、公路、铁路、港湾等基础建设的重建计划——“紧急复兴 3 年计划”。随后兵库县制定了“兵库不死鸟计划”，目标是用 10 年时间，不仅恢复到受灾前的状态，而且能应对即将到来的老龄化社会等各种社会问题。到 2005 年，也就是阪神大地震 10 周年之际，“兵库不死鸟计划”基本完成。

日本的灾后复兴、重建制度采取的是 BBB 政策（Building Back Better），即灾后建造的房子已经要比过去要好，这也体现在日本灾后的城市规划中。比如地震过后发现一些道路过于狭窄，那么灾后重建的时候，就要把路修得更宽；是否要多建一个花园供以后人们避管用，等等。

1.6 心理重建

大地震从物质上和精神上双重地摧毁了尤其是神户和大阪之间的城区。经过 10 年的努力，房屋、道路等硬件设施的重建工作基本完成，但人们心灵的复原还远远没有完成。“孤独死”成了劫后余生者的最大问题。数据显示，大地震后的十年内，因孤独而死在临时住宅的人至少有 560 人。

在心理学专家看来，大地震过后往往是心理疾病的高发期。与经济损失相比，灾难对人的心理冲击是内在的，所以不为人注意。因此，心理重建也就是心理状态恢复的过程也更为艰巨而漫长。

阪神大地震之后，日本政府对灾民心理重建的成功经验告诉我们：心理重建不是一个短期性的问题，要形成一个常态化的机制，同时，一些重点人群，如妇女和

儿童，对于她们的心理问题尤其要抓紧。

1.7 防灾减灾法律体系

1880 年日本颁布了最早的防灾法律《备荒储备法》。1947 年，出台了《灾害救助法》，规定当国家遭遇自然灾害袭击时，地方公共团体、红十字会和其他团体在国民协助下进行应急救援，保护受灾者和维持社会秩序。为了有效进行灾害预防、救灾抢险和灾后重建，日本又以伊势湾台风灾害为契机，于 1961 年 11 月颁布实施了《灾害对策基本法》，该法是针对突发性的自然灾害，包括大风暴、大暴雨、大暴雪、大洪水、高海潮、地震和海啸等制定的法律。它规定了日本各级政府平时设“灾害对策会议”，负责防灾计划。灾害一旦发生或预计将要发生时，各级政府都要设“灾害对策本部”。由于自然灾害往往受灾范围较大，所以各都道府县之间还设有“防灾会议的协议会”；市町村也有“防灾会议的协议会”，由指定的官员主持。在灾害特别大或特别紧急时，设立“非常灾害对策本部”，本部设在总理府。在该法中，上自首相，中经都道府县，下至市町村，各级政府的主要负责人的职责都明确具体，甚至把灾害应急时某个岗位应派遣哪些人员也都明确了。《灾害对策基本法》是日本防御和减轻自然灾害的一部综合性、共同性的基本法律，它是日本各灾种单独立法的基础。

1971 年颁布实施了《大都市震灾对策推进纲要》，随后在 1978 年颁布的《大规模地震对策特别措施法》，对地震的预警、应对手段、相关部门责任等都有详细规定。它虽然是针对地震这一灾害，但同时也是属于整个社会防灾、减灾工作的一个组成部分。1988 年和 1992 年，日本中央防灾会议还分别制定了《南关东地区震灾应急对策活动纲要》和《南关东地区直下型地震对策大纲》。这是日本政府对南关东这个可能发生特大地震且人口稠密的地区专门制定的法规。

日本在 1966 年建立了地震保险体制并颁布了地震保险相关法律和地震再保险特别会计法案。依照该制度规定，日本各保险公司共同成立了日本地震再保险株式会社，专门负责地震再保险业务。日本的地震保险法规条款非常细致，对保险的对象、赔付方法、赔付比例和保费费率等都有明确的规定。而费率之中，还根据不同的地区和房屋结构甚至建筑年限而有不同。其保险对象的定义为：能获得赔偿的损害指直接遭受地震、火山、海啸以及由此引起的火灾、损坏、掩埋或流失等造成的房屋建筑及财产的损失。损害程度包括全部毁坏、半毁和一部分损坏。值得注意的是，日本是少有的一个由政府承担最后地震险赔付责任的国家。

2 1999 年中国台湾地震

2.1 灾民安置

2001 年台湾 921 地震发生后在机关学校的体育场等提供帐篷收容有需要的灾民。对灾民的安置有两种方案：提供租金或提供临时住所。租金标准是每人每月 3 000 元，期限为 12 个月；提供临时住所就是提供组合屋、货柜屋或铁皮屋，一户以八坪

(相当于国内 24m²) 为原则。灾区民众多以在空旷地区搭建帐篷方式暂时栖身, 居住环境拥挤, 需妥善解决居民饮水与厕所问题。目前由政府、慈善团体、民间企业所搭建的这批简易屋, 每户的坪数为 8~12 坪 (相当于国内 24~40m²), 2 间房间, 适合一般的小家庭。皆具备基本的卫生设备包括水、电的供应、独立的卫浴设施、纱门、纱窗, 社区中也有化粪池、水沟及公共广场的设计, 符合基本的公共卫生需求。此外利用军用大帐篷收容灾民。

2.2 饮用水安全

对集中供水系统, 应检查蓄水池是否破裂或有污水渗入, 如遭受污染应抽干蓄水池, 修补后洗刷洁净, 再予适当消毒, 才可继续蓄水使用; 或自行委请自来水事业单位辅导蓄水池 (塔) 清洗消毒。灾后因加氯量增加, 灾后水质浊度增高, 宜煮沸后再饮用或暂时饮用包装水, 以保障饮水安全。用水来源为井水、山泉水或河川池塘等者, 应清除水井或水源地之污泥, 并洗刷干净, 必要时施以消毒, 煮沸后才可饮用, 在灾后水质浊度增高时, 宜加强过滤 (砂滤) 或投以适量明矾 (硫酸铝) 充分搅拌后, 静置一段时间, 取其澄清液煮沸后再饮用, 必要时可暂时饮用包装水, 以保障饮水安全。

2.3 防疫措施

灾后防疫很重要的就是要提供充足的流动厕所, 而且流动厕所必须跟灾民的生活区完全划分开来, 而且严格的要求灾民不能够在非指定地点上厕所。另外, 要立刻挖掘存放垃圾的坑洞, 让民众集中把垃圾丢到指定的地点, 以便集中防疫、填盖, 防止疫情的发生和扩散。

地震后引发细菌传染的主要途径有饮用水、蚊蝇、食物和尸体。所以, 要在地震后最大限度地减少疫情发生的可能性, 至少应该采取以下七个方面的措施: 寻找水源, 检验水质, 进行饮用水消毒; 搞好饮食卫生, 防止食物中毒; 大力杀灭蚊蝇; 做好尸体挖掘、搬运和掩埋中的卫生防护; 搞好临时环境卫生; 协助居民防暑; 建立疫情报告制度。

一些工程公司提供了尸体冷冻柜, 以减少环境污染, 降低灾民呼吸道等疾病。

2.4 基础设施保障

在灾区空降无线电兵, 并且命令空中预警机立即升空, 在灾区通信系统受损时, 在灾区上空中继无线电信号。在震后二个小时就由直升机机降到还无法回报灾情到台北的可疑地区, 并且建立了联系管道, 并且在几个小时, 整个野战通讯营就在灾区建立了临时无线通讯网, 一直工作到所有受困灾区通信修复为止。

抽调岛内所有军团直辖的工作群、联兵旅直辖的工兵连, 赶赴灾区。抢修道路是所有救灾工作中最重要的一环, 因为只要抢通了道路, 所有的医疗物资, 饮用水、食物就可以进入灾区, 灾区重伤的人可以马上运送, 尸体也可以运离灾区以避免传染病的发生。

建立了简易的直升机前进基地，有将近上百架参与救灾的直升机都部署到这里来，直升机不用飞回原基地加油维修，所有空军、陆军的地勤人员就带着维修器材与耗件直接部署到体育场，直升机由这里起飞，抵达灾区很近，争取了很多时效。

成立救援物资管制中心，所有要进入灾区的物资全送到那里，由救灾中心统一分配给军用卡车或直升机运送进入灾区，避免造成民间自愿参与救灾的车辆直接进入灾区，统一分配使用，增加效率，并避免抢劫等违法犯罪事件发生。

另外野战医院也是很重要的。军团所属的野战救护车虽然比不上正规的医院，但是能马上在缺乏医疗的灾区进行检伤分类，每一部救护型的悍马车就是一个小诊所。在现场搭建临时冷气的病房。

2.5 灾后规划

灾后台湾政府重建的目标即是建构“健康小区”，配合整体小区营造及现代化的生活圈建设，将人文、健康、教育、产业、生态融合为一体，建构良好的健康、人文小区环境，在这一环境中，有充分的文化、健康、休闲及学习活动，落实小区再造的理想。

“健康小区（城市）”可视为一种理念或目标，经有目的的安排，促进小区居民的健康，创造健康的生活环境（包括物理环境、社会环境、人文环境），将健康意识纳入公共政策中。因此，“健康小区”是在多层次中不断进行的过程，视个人与小区为一整体，使城市中所有的次系统均以健康为主要的价值观，使小区向健康的方向可持续经营。

灾后的重建工作必须从受灾地区最基层的小区作起，因为，受灾地区的小区居民最知道他们本身的状况，由小区推动的重建，才能最符合当地民众所需；也唯有当地民众的自主参与，花费漫长时间、庞大经费与人力的重建工作才能被持续推动，才能收到确实、合乎当地条件与需求的重建成果。在 921 地震发生后一个多月左右，多方参与完成的“重建纲要计划工作纲领”颁布，用于指导重建工作。

2.6 心理重建

心理的重建很重要，灾后每一个人的心理都需要一个重新塑造的过程，这光靠政府的力量肯定不行的，市场化更不行。所以只能是找社会工作者，招募大量的心理咨询医生进行心理干预，包括一些药物治疗，还要尽可能的让当地老百姓有一些文化娱乐的生活，有更多的报纸，更多的书籍。

针对灾后心理重建的需求和经验，专门编写了《灾后心理自助手册》，汇集了灾后心理干预专家、专业心理咨询师和众多心理学工作者的心血智慧，以帮助每个人灾后可能出现的反应，并介绍合理实用的方法用于疏导和化解。

漫长的灾后心理社会复健的工作更是重建家园过程中不可忽视的一环。特别推荐目前在美国实施多年且颇具成效的“危机事件压力管理”（Critical Incident Stress Management, 简称 CISM）模式。

3 2005 年巴基斯坦地震

3.1 灾民安置措施

2005 年 10 月 8 日巴基斯坦 7.8 级地震后，巴基斯坦政府根据灾民家庭成员的伤亡情况，向灾民发放救济抚恤金。2005 年 11 月 7 日，巴基斯坦军方按有效证件或证明，按一名死者 10 万卢比（约合 1700 美元）的标准发放抚恤金。对于有多名成员死亡的家庭，抚恤金不设上限。抚恤金以支票形式发放，灾民可到巴基斯坦国民银行兑换现金，赔偿金将帮助灾民度过寒冷的冬季。地震发生后，巴基斯坦设立了总统救济基金，由巴基斯坦本国和各国捐赠的善款组成。

世界粮食计划署在巴基斯坦的多个后勤中心在冬季来临前已经送达足够的食品，只要灾民能够来到这些设在关键地区的后勤中心，就能得到食品。国际移民组织几天当中分发了 2000 多套塑料布，在两天里紧急分发了 1 万多套英国捐助的冬季防雨雪的营地装备。

尽量让有亲缘关系的人住在一起，他们既能相互照料生活，又能在心理上相互慰藉。在条件允许的情况下，在灾民聚居地设立临时教学设施，使受灾学生们感到生活正在恢复正常。

巴基斯坦的地震灾区重建计划拨款 24 亿美元帮助地震灾区重建 60 万栋房屋，保证每户灾民拥有一间 400 平方英尺（约 36m²）的房屋。2005 年 10 月 24 日，巴基斯坦北部山区的灾民因为没有粮食和天气转冷，不得不逃出山区。联合国难民署把逃出山区的灾民安置在该署的难民营中。由于灾民人数众多，难民营非常拥挤。2005 年 12 月 28 日，灾民们已经住进了临时篷屋，有床垫、毛毯和炉子，但即便如此，仍有一些灾民的帐篷不足以抵挡厚厚的积雪而倒塌，还有一些营地被水淹。

3.2 饮用水安全

瓶装水可解燃眉之急，但由于受灾人口众多，瓶装水不能解决长期问题，应设法找到水源，并使用净水设备，确保饮用水的清洁。巴基斯坦军队向多个地点运送水，提供清洁水，不光是饮用水，而且还有干净的洗澡水。

3.3 防疫措施

将临时医疗站设置在灾民帐篷附近，避免灾民长距离四处走动，造成可能的疾病传播。利用有限的医疗资源，针对患病人群采取综合干预措施；治疗与宣传、教育相结合，避免引起恐慌。临时厕所挖得足够深，做好消毒工作。

统计计算发现，平均每名医护人员每天处理 5 名患者，可通过预测一支救援医疗队的医疗承受能力，为药品准备提供数量上的依据。

由于巴基斯坦冬季寒冷，需要让灾民们保持干燥和温暖，因为潮湿和寒冷会使灾民患病。地方卫生部门应加强对灾区疫情的监控与防治：立即组织人员开展调查，准确掌握水源污染情况，并立即对被污染的水源进行严格消毒。同时，还应坚持对灾民安置点定期进行药品消毒，确保生活用水和食品安全。做好宣传工作，教给灾

区群众撒生石灰、不喝生水、多晒被子、帐篷内经常通风等办法，尽量避免人员生病。教育和组织学生搞好环境卫生，防止疫病发生和流行。

3.4 基础设施

地震后巴拉考特镇及其周围地区供电、供水、通讯和公路交通等生命线工程遭到了毁灭性破坏。震后 7 天才初步恢复镇西部部分地区路灯供电，但严重受损的中心、东部和北部仍未供电，供水、通讯和公路交通仍处于瘫痪状态，穿越镇中心的公路经抢修后能勉强通车。

一座两跨钢混拱桥由于河岸滑坡和地震动作用，使两岸桥墩均产生垂直沉降位移达 1m 以上、桥梁横向（相对桥墩向下游）移动约 1.5m，震后车辆无法通行，经简单填土抢修几天后可勉强通车；另一座悬索木板式的人行桥梁，由于两岸桥墩的损坏而成为危桥，但在震后仍起着人员通行的作用。在天气转好的时候，巴基斯坦政府和军队立刻清理道路。

恢复供电，为救援机构的设备提供电能，对灾民也能起到心理上的安慰作用。

根据地质专家的建议，巴基斯坦受灾较严重的巴拉考特市不适合居住，政府决定异地重建。在房屋选址上，要征求专家意见。在个人住房方面，巴基斯坦采取的是政府补助个人修建的办法，由专家提供几套抗震性能较强的房屋设计方案供灾民选择。房屋动工后的每个阶段都由专家把关，不合格的要推倒重来。

4 2003 年伊朗巴姆地震

4.1 灾民安置措施

由于市区的大部分建筑都已经倒塌，考虑到余震发生的可能性以及其他方面的原因，许多灾民不得不挤住在公路边的帐篷中，依靠政府的救助生活。灾民居住的帐篷都是由厚帆布制成的，每顶帐篷的内部面积大约 8m^2 ，多以家庭为单位安排住宿。政府为每顶帐篷编制号码，以便统计人口和分发人道救援物资。政府每天定量发放面包、饼干和瓶装水，保障每个灾民的生活保障，并避免不洁食品引起疾病的流行。巴姆的帐篷里没有孤儿，地震后的 1800 多名巴姆孤儿已被送到德黑兰等地，由伊福利组织统一收养。

4.2 临时住房

政府搭建临时帐篷营地和简易屋供灾民居住，每个帐篷营地可容纳 2 万人。地震后，政府对建筑有了严格的管制，高度更不能超过 10 公尺，并且对建材的质量也提出了特别的要求。伊朗政府在临时住房的搭建以及灾后住房重建方面缺乏经验，重建住房的重任往往落在灾民身上。由于是自己搭建住房，灾民都十分重视地基的稳固，并且选用轻质材料，住房楼板改用空心砖。并且许多房屋都只盖了一半，一楼完整，二楼以上部分只有钢筋向上挺立外露待建。

4.3 饮用水安全

强震发生后，巴姆地震灾区的自来水供应一度中断。鉴于地震已经对城市水源

产生污染，巴姆地震灾区的自来水系统被禁止使用，灾民饮水用矿泉水，通过供水车等获得干净的生活用水，对于防止疾病传播至关重要。

4.4 防疫措施

随着越来越多遇难者的尸体从废墟中被挖掘出来，为了避免大规模传染性疾病的爆发，政府所有相关部门立即在灾区开始清洁工作，恢复灾区的卫生保障。那些来不及安葬或仍埋在废墟下已经开始腐败的尸体，可能成为瘟疫的源头。由于时间紧迫，许多尸体已不能清洗处理，工作人员不停地喷洒消毒剂以防止病菌扩散。为防止出现疫情，红十字国际委员会建议人们戴上手套和面罩。在巴姆城南郊掩埋场，救援人员把裹着布、喷洒了消毒剂的尸包埋入用挖土机临时掘开的壕沟内，简陋的临时墓地就此成为许多不幸遇难者的安息之所。当局还将巴姆地区划分为 12 个区，每个区都有专门的政府官员负责监控卫生状况和环境问题。

4.5 基础设施恢复

强震发生后，巴姆地震灾区的电力供应和通讯一度全部中断。震后第 5 天灾区的电力供应开始恢复，主要街道正常照明，而后逐步恢复生活社区的供电。紧急修复主要公共场所的电话亭，供灾民和从外地调来执勤的官兵使用。

巴姆市的 2 所医院已经在地震中坍塌，而其他医院一时也不足以应付大量的伤员，以至于许多伤者不得被转移到附近的城镇进行治疗。巴姆市出于对这次大地震的恐惧和对余震的担忧，不少人已经出现精神问题。伊朗政府组织精神病专家前往灾区，对灾民进行心理治疗。

地震发生后，寻亲的居民蜂拥而至，拥挤混乱的人群造成了大规模的交通堵塞，使救援工作无法顺利展开。政府官员不得不呼吁人们留在家中等待政府公布救援结果，缓解了交通压力，使垃圾清理车和外省支援的免费公交车能够顺利通行。巴姆城区的加油站都已在地震中瘫痪，城郊的加油站免费供油，等候加油的汽车排成数十米的“长龙”。

由于市政府办公大楼在地震中被毁，救援小组不得不将总部设在广场上，指挥救援工作的进行。震后不久，巴姆开始出现偷窃和抢劫事件，目标包括救援卡车、投送的救援物资和商铺等。在治安秩序开始出现混乱迹象的时候，当地警察在街道上鸣枪示警以制止大规模抢掠的发生，同时在多处设立临时警局，维护社会治安。

5 1994年美国洛杉矶地震

5.1 灾民安置措施

1994 年 1 月 17 日美国洛杉矶地震后，民间组织在救灾和灾后重建中发挥了重要作用。美国红十字会在受灾最严重的北岭地区设立了 18 个避难所，向灾民发放帐篷、食品、衣物等生活用具。为避免灾民在余震中受到二次伤害，政府组织了大批专家，对未受损的建筑物进行可行性鉴定，并将 10000 多间危房予以封锁，以待拆除。

美国在灾民安置上也有失败的教训，如 2005 年的卡特里娜飓风过后，新奥尔良市

等地方的救援工作举步唯艰，进展缓慢，缺人手、缺物资、管理混乱、灾民转移不力，甚至在灾后一个月内仍统计不出准确的死亡人数。在重灾区新奥尔良，尸体横陈大街、暴力犯罪等事件时有发生，受灾地区一度陷入无政府状态。

5.2 饮用水安全

美国地震后政府提供的饮水安全措施如下：一些公共供水系统以及私人井水供应可能由于保护措施受损、水管破裂、水压降低受损，造成供水缺乏。低水压以及管线破裂会使污染物进入饮用水中，所以在这些情况下，人们应当考虑煮沸饮用水。供水系统损坏或饮用水变质，应停止饮用，直到水质澄清而且经过细菌测试以后再饮用。在水质恢复前，应考虑饮用瓶装水或纯净水。当地公共医疗机构进行水质测试或进行消毒处理。不使用自动房屋内自动造冰机制作的冰，也不能使用任何未经煮沸的水制成的冰。使用每加仑洁净自来水（1 美加仑=3.7853L）放一勺家用漂白剂静止至少一分钟以后的水来给餐具和食物消毒。漂白剂能杀死部分，但不能杀死水中全部的致病生物。如果水是浑浊的，用一块干净的布过滤，或者在煮沸、消毒过以后静置，取澄清的部分。用带盖的容器存贮经消毒的洁净水。

5.3 防疫措施

美国地震灾后对疫情的防治措施主要归纳为如下几个方面：

（1）持续提供安全饮用水的保障，是大灾后最重要的一项防病措施。氯化物是可以广泛获得，廉价易用的药品。用它可以有效抑制水中的大多数病原菌。

（2）尽早发现有流行倾向的病例是保证迅速控制疫情的关键。监测/早期预警系统应及早建立，以发现疾病的爆发并监控当地重要的流行病。为应对疾病爆发，需要有能迅速进行化验采样，储存和运输样本的手段，以便进一步监测研究。比如，如果认为有霍乱爆发的危险，则应该进行霍乱相关化验的准备。在之前没有进行广泛接种的地区，大规模麻疹免疫和补充维生素 A 非常重要。对于那些在小于 15 岁人群中接种覆盖率低于 90%的区域里，应该尽快进行大面积的麻疹疫苗接种。在恶性疟疾发病的地区，应该免费提供以青蒿素为主的综合治疗。应该重点动员民众消除蚊子的孳生地并进行卫生教育。

（3）全面进行传染性疾病预防评估，可以帮助确定哪些疾病应该优先进入监控网，并为免疫接种和疾病媒介控制工作分出轻重缓急。

（4）及时交流各方面信息，与多部门分工协作，依法对传染病患者采取隔离和检疫措施，并及时向公众发布公共防范信息，以遏制传染病蔓延。

（5）依托一体化的应急指挥协调系统，在公共卫生方面，美国建立了一套卫生应急网络。纵向包括联邦疾病预防控制系统，地区/州应急准备系统和地方/城市医疗应急系统三级子系统。疾病预防控制中心是系统的协调中心，它是国家卫生和人类服务部的一个部门。该中心管理着大量的应急储备物资，可以在发生灾害后 12 小时内运到灾害发生地。城市医疗应急系统是地方水平应对系统，通过地方的消防部门、

灾害处理部门、医院、公共卫生机构和其他“第一现场应对人员”之间的协作与互动，确保城市在突发公共卫生事件发生的最初 48 小时内有效应对，从而使得城市在全国应急资源被动员起来之前能以自身力量控制危机事态。在保障方面，应急所需资源将尽可能在低一级政府筹措，如果其需要超过了实际能力，可逐级向上递交援助请求，卫生与人类服务部负责提供联邦层面的援助行动，以补充州和地方资源的不足。

5.4 基础设施保障

洛杉矶在 1971 年地震（指 1971 年 2 月 9 日洛杉矶北 6.5 级地震）后，洛杉矶重修和加固了变电站等基础设施，在 1994 年地震发生后，洛杉矶的电力系统破坏较小，震时虽然暂时的停电范围达到北部一些洲和墨西哥边境，但经安全检查和修复后，震中区 3 天即恢复供电。

洛杉矶存在较多砖石结构老屋，洛杉矶市政当局于 1981 年以法令形式规定房主加固（主要措施之一是用钢筋锁固山墙，加强整体性），另外，在 1989 年 7.1 级地震后，洛杉矶对地震破坏的建筑物也进行了修复和加固，因此在 1994 年地震发生时，这些房屋虽大多遭受影响或破坏，但却未倒塌伤及更多生命。目前洛杉矶已建立了高标准的建筑物防震标准体系。

1994 年的洛杉矶地震中，数条高速公路被震断，一些立交桥坍塌，通向洛杉矶市区及其他地区的 11 条主干道被迫关闭，从而为救灾运输和灾后重建工作带来很大困难。出于安全运输保障的考虑，美国在运输部设立灾害管理中心，具体执行实施交通应急预案，在地震等灾害后负责启用并运行灾害运输管理系统，负责运输系统重建，获取运输装备，跟踪救灾物资的动向，并指导救灾物资的调拨配置和运输供应。

1994 年美国洛杉矶地震中，保险业理赔了大约 125 亿美元的损失，占经济损失总量的一半以上，美国的保险业因此几乎一蹶不振，并在 1994 年后停止或缩减了地震险的业务，这促成加州州议会于 1996 年成立了加州地震局。其名称虽类似政府机构，但实为地震保险商业机构，既直接销售地震险给普通消费者，也给保险企业提供再保险业务。在美国，防震抗震意识提高与规范标准的通用，已收到明显的减灾效果，80% 的人知道用房屋加固、抗震方法来保护生命，近 30% 的人购买了减灾保险。

美国建设了纵横互通的国土安全信息网络（HSIN），并集成了地理空间信息等功能。另外美国国内正准备部署“战斗天星”灾难应对高空气球系统，该系统由一次性高空气球和超高频通信有效载荷组成，可在地震和其他灾难应对行动中建立应急通讯网络。

在 1994 年洛杉矶地震中，总共有 11 所医院的建筑受到不同程度损害而无法使用，这使得这些医院非但不能为地震中受伤人员提供医疗服务，反而需要把医院中的原有病人疏散到别的医院去，从而给附近承担震后医疗服务的医院增添了负担。鉴于此，加州立法机构在这次地震后通过一项立法，限期要求加州所有医院必须把

重症病房和急诊室设置在具有抗震能力的建筑物内。

5.5 防震规划

洛杉矶处于地震频发地区，城市建设者对洛杉矶市的防震规划非常重视，而且是城市地震小区划做得比较好的城市，但在 1994 年的地震中仍造成比较大的经济损失，说明其地震小区划工作还存在漏洞。主要是震中与生命线工程的位置关系还应进行更详细的研究，如 1987 年 7.1 级地震与 1994 年 6.6 级地震的震中距市中心的距离仅差约 64.37km，但损失却增长了 5 倍，说明对地震的危害估计仍然不足。

另外，城市的地震小区划应当与一定的城市建设规模相适应，当城市经济建设的发展水平大到和超出这一规模时，必须酌情做地震小区划或对上次地震小区划做适量修正。值得注意的是，在美国的很多城市的规划中都很重视城市公园在防灾、抗灾中的作用。

5.6 心理重建

极端的恐惧或孤独可以引发精神疾病甚至死亡，有效的心理干预在重大地震灾后救助中非常重要。美国的研究人员发现，那些经历了 1994 年洛杉矶地震的儿童，在灾难过后的几个月内经常画一些消极形象，比如蛇、鲨鱼、枪等。即便在经过心理治疗之后，儿童依旧表现出希望继续获得支持的需要，有时还把他们的挫折指向心理医生。还有一些儿童，即便让他画不同内容的画，他也会连续画。

5.7 防震抗震相关法规

美国减轻地震灾害的法规，注重对建筑物的抗震设防，增强其抗震能力；对有可能发震或发生蠕滑的断层限制有人居住的房屋建设；对各种紧急灾害采取由美国联邦紧急事务管理局统一领导和救助的措施，保证各级政府在紧急事件中能进行快速反应和有效救灾。

在 1971 年圣费尔南多地震后，美国联邦政府出台了《生命线基础设施抗震计划议案》；地震频发的加州在 1972 年颁布了《活断层法》，确定了一些存在地震危险性的“特别调查地带”，并划定了可建设区域；1974 年美国颁布了《1974 年灾害救济法》，这是一部关于各种灾害救济和援助的法律；1977 年，美国通过了第一部单独的地震法规，即《1977 年地震灾害减轻法》，该法经过多次修订，其最新版本是 1996 年的《国家地震损失减轻计划修订案》，规定了完善的地震灾害减轻计划及其相应内容；1994 年洛杉矶地震后，联邦政府出台了《地震安全行政令 12941 号》，制定了国家减灾战略；1999 年，美国制定了针对城市救援行动的《美国联邦政府应急响应计划》；另外还有《联邦政府对灾害性地震的反应计划》（1987 年通过）、《国家地震灾害减轻地震灾害法》（1990 通过）、《联邦和联邦资助或管理的新建筑物的地震安全》（1990 年通过）等地震救助相关法规，这些法规共同形成了美国较为完善的减轻地震灾害的法律法规体系。

从法定机制上来看，美国设有直接向总统负责的联邦紧急事务管理局，负责联

邦政府对地震等巨灾的预防、监测、响应、救援和恢复重建工作，涵盖了灾害发生的各个阶段，集成了从中央到地方的救灾体系，建立了一个集军、警、消防、医疗、民间救济救难组织等单位的一体化指挥、调度体系，遇有地震等灾害即可迅速动员一切资源（人、财、物、信息），最大限度地减轻地震等巨灾损失。

参考文献：

- [1] http://gzdaily.dayoo.com/html/2008-05/17/content_197355.htm
- [2] <http://club.jkcn.cn/ForumText/2008517/2008517123310.htm>
- [3] http://www.chinamil.com.cn/site1/xwpdxw/2008-02/24/content_1135898.htm
- [4] http://gzdaily.dayoo.com/html/2008-05/17/content_197355.htm
- [5] <http://www.textcn.com/Article/gongkelunwen/jianzhux/200611/37194.html>
- [6] <http://www.rmloho.com/user2/14850/archives/2008/347220.html>
- [7] <http://review.hebei.com.cn/system/2008/05/15/010068100.shtml>
- [8] http://news.xinhuanet.com/comments/2008-05/19/content_8199146.htm
- [9] http://news.sjz.soufun.com/2008-5-17/1754507_2.html
- [10] <http://www.bast.net.cn/kjzt/pabj/cszzrh/92952.shtml>

（安培浚 张志强 高峰 曲建升 曾静静 赵纪东）

国外重大地震灾害中建筑物抗震状况分析 及抗震建筑设计经验与技术

编者按：地震专家对历次地震的分析显示，人员伤亡总数的95%以上是由房屋倒塌造成的，仅有不足5%的人员伤亡是直接由地震及地震引发的水灾、山体滑坡等次生灾害导致的。我国处于环太平洋地震带及欧亚地震带之间。历史上全国除个别省份外，都发生过里氏6级以上地震。地震造成的建筑物及各类工程设施的破坏、倒塌，给国家和人民的生命财产造成了无法统计的巨大损失。汶川地震所引发的严重伤亡，再次引起我们对国际上重大地震灾害中建筑物抗震状况及抗震建筑设计经验与技术的关注。

1 近20年国外重大地震灾害中建筑物抗震状况分析

1.1 1988年亚美尼亚（斯皮塔克）7.0级地震

（1）建筑物损毁概况

1988年12月7日在亚美尼亚第二大城市列宁纳坎附近发生。震级7.0级，震源深度10km，属城市直下型地震，并在主震之后发生5级以上余震367次之多。造成2.5万人死亡，1.9万人伤残，51.4万人无家可归。由于发生在没有地震设防的人口密集地区，震源浅，因此使大多数建筑物倒塌。破坏和损失最严重的是亚美尼亚的列宁纳坎、斯皮塔克和基洛瓦坎三个城市。列宁纳坎预制板钢筋混凝土框架结构的9层楼房几乎100%倒塌，但1917年以前和1926年以后修建的2层砖石结构的建筑物则几乎没有遭到破坏。位于震中区逆断层上盘的斯皮塔克城几乎被夷为平地，砖石结构建筑物几

乎全部倒塌。但建在亚美尼亚南部的核电站，由于建在相对稳定的地壳上，在强震下安然无恙。

(2) 经验与教训及成因

主要教训是：①任何情况下都要严格执行建筑规范，不能随意降低建筑标准和建筑质量，杜绝建筑行业中偷工减料无责任心的不法行为。这次地震中倒塌的多为近20年建筑的高层建筑物，而20世纪60年代所建低层建筑物基本没倒。其主要原因是20世纪70年代后期面对居住需求的增加和经济不景气的原因，建筑部门擅自降低多层建筑抗震设计标准，将设计烈度一律降到Ⅶ度以下。将原规范中层高限制5层改为9层，同时又多采用省钱的PC工程法（PC工程法为在工厂制造混凝土预制板，然后在现场装配）建造。接口部分由于施工粗制滥造、不负责任而牢固性极差。再加上钢筋混凝土柱中所用钢筋不足，混凝土中水泥少沙多，水泥质量又不好等一系列偷工减料、工程质量管理方面的问题，导致这样的建筑在主震和相继多次的强余震中纷纷倒塌。②要注重场地效应。位于震中附近的基洛伐坎镇，受到的震害也比较严重。受破坏的建筑物大都位于古老的沼泽地基上。

1.2 1989年美国洛马普里埃塔7.1级地震

(1) 建筑物损毁概况

1989年10月17日发生在美国加利福尼亚州圣克鲁斯山下的洛马普里埃塔（Loma Prieta）地震震级7.1级，震害波及8000km，造成62人死亡，3757人受伤。这次地震震中位于人口稀少地区，但其长周期地震波波及较远，一些回填土地区由于软土层的放大作用，使周围人口密集的居民区和行政管辖区造成破坏，特别是那些地基不稳，原来就出现不均匀沉陷，残留相当应变的高架公路损坏尤为严重。本次地震房屋建筑的破坏主要发生在地基不良和没有加固过的砌体建筑物。而按照1933年长滩地震以后颁布的抗震设计规范建造的建筑，一般都经受住了考验。

(2) 经验与教训及成因

主要经验是：建筑结构基本符合新的建筑规范，具有良好的抗震性。

主要教训是：①构筑物的损坏程度因其地基的地质性状及设计与施工质量而有所不同，因为受破坏最严重的地区，恰恰是软土质地区。由于其对地震加速度的放大作用，而导致构筑物毁坏和高架公路塌落。②每次地震后，随着新法规制定的新建筑的建成，人们地震危险意识逐渐淡漠，一些违反建筑规范的建筑物和作法开始出现。比如加高楼层、停止为砌体建筑加装内部支撑系统和在回填土区搞建筑等。

1.3 1990年伊朗7.7级地震

(1) 建筑物损毁概况

1990年6月21日，在伊朗西北部里海沿岸发生的7.7级地震，震中距首都德黑兰200 km，震源深度10 km。这次地震共死亡5万人，20万人受伤，无家可归者50万人。这次地震使9万幢房屋和4000栋商业大楼倒塌，6.9万幢房屋受到不同程度的损坏。

（2）经验与教训及成因

主要教训是：①伊朗地震学家虽划定了具有不同震害的小区，并据此制定了相应的建筑规范，但实际上的建筑物很少有符合标准的。事实证明凡按建筑标准建造的建筑物，即使处于极震区（烈度 \geq IX度）仍无明显破坏。而绝大多数简易、质量差的建筑物则是夺去人们性命的元凶。②震害调查结果再一次提醒人们建筑选址的重要性。选地坚实的建筑在极震区没有被震垮，而场地条件差的建筑在中震区（烈度V~VI度）却倒塌。

1.4 1992年土耳其6.8级地震

（1）建筑物损毁概况

该地震1992年3月13日发生，震级6.8级，造成5万人死亡，20万人受伤，50万人无家可归。受灾最重的是埃尔津詹市，该市和临近地区大约有600栋3~5层的建筑倒塌，其中包括医院、学校和办公大楼。整个震区2万余幢建筑受损，60余栋带地下室的钢筋混凝土建筑发生结构性破坏。

（2）经验与教训及成因

主要经验是：重视地震区划工作，1972年出版了第3代地震区划图，并颁布了与此配套的抗震建筑规范。这次地震的烈度没有超过该地区预计的地震烈度，达到了抗震要求。

主要教训是：①虽然有明确的法律条文和严格的建筑规范，但实际上由于检查制约机构不配套，加之认识和财政方面的不足，各地并没有认真执行，特别是处于一级重点地震灾区的埃尔津詹市，没有执行该地区房屋建筑不得超过2层的有关规定，随意建筑6~8层楼房。这次地震中倒塌的恰恰多是这些不符合规定的建筑物。②使用低劣建筑材料，施工中偷工减料，造成医院、学校、办公楼等公共设施倒塌。③虽然有地震区划图，但对活动断层分段特征研究不够，在相对活动地段建造居民区、工厂和高层建筑。④广大农村仍然使用未加工的毛石和土坯砌筑房屋，这类房屋抗震性很差。⑤在建筑楼房、居民区、重大工程项目时，忽视了场地的选择，在沉积层厚和回填土区进行建设。由于地基沉降使结构失稳，地震时易造成液化沉陷进而倾斜倒塌。

1.5 1995年日本兵库县7.2级阪神地震

（1）建筑物损毁概况

阪神地震1995年1月17日在日本兵库县南部发生，震级7.2级地，属城市直下型，震源深度17km。这次地震是日本自1923年关东大地震以来，死亡人数最多的一次地震。此次地震中18万栋建筑物遭破坏，1.2万间房屋彻底被毁。倒塌的房屋大都是未经加固的建筑，甚至经混凝土加固的结构也受到威胁，但凡按照最新建筑法规建造的建筑物在这次地震中基本没有倒塌，或只有轻微损坏。特别值得一提的是1981年

后按新建筑法要求建造的高层建筑物抗震性很好，如15层的神户市政府大厅和一座银行大楼。

(2) 经验与教训及成因

主要经验是：严格的建筑规范，使新建的建筑物避免了倒塌，说明日本在防震技术方面的投入是有价值的。

主要教训是：①地震烈度设防偏低。认为该地区千年难遇一次大地震，因此根据政府的有关法规制定的地区防灾计划，设防烈度偏低为Ⅴ度，而这次地震的实际烈度为Ⅵ~Ⅶ度。②神户市的建筑物大部分建造在松软沉积层和人工回填的地面上，这种地基震后发生严重液化，使土壤层沉陷，造成建筑物倒塌。③一些建筑物和高架公路施工中存在偷工减料问题，水泥梁柱中钢筋不足，水泥厚度不够，甚至在水泥柱里发现饮料空罐和木棍等不应有的东西。

1.6 2003年日本北海道地区8.0级地震

(1) 建筑物损毁概况

日本北海道地区2003年9月26日发生8.0级地震，震源深度41km。日本气象厅最初将这次地震的震级定为7.8级，后来又改为了8.0级。两小时后该地区又发生了一次7.1级强烈地震。这次地震造成1人死亡，479人受伤，地震共毁坏了57座建筑物，29条道路受损。

(2) 经验与教训及成因

主要经验是：阪神大地震以后建立了地震预测体制，根据地质和历史上的地震情况，对全国各地可能发生地震的概率进行了预测。预测结果显示，北海道东部海面30年内发生8.1级强烈地震的可能性为60%。这一预测对采取防震措施大有帮助。吸取阪神大地震教训，对北海道已建成的房屋一般都采取了加固措施，新建房屋的构架则采用了新的加固、抗震措施。因此，虽然当地的房屋由于剧烈晃动而部分受损，但很少出现倒塌的现象，这也是地震中人员损失较小的重要原因。

1.7 2003年伊朗6.3级地震

(1) 建筑物损毁概况

2003年12月26日伊朗东南部克尔曼省巴姆城及附近地区发生里氏6.3级地震，造成4万多人死亡，5万人受伤。巴姆是古代“丝绸之路”上的一座古城，城内不少建筑建于16至18世纪。地震发生后，居民区的房屋成片倒塌，房屋坍塌比例超过60%。巴姆也是一座历史、文化和旅游名城，以保存完好的古老城堡和古塔而闻名于世，建于2500年前的古城堡还是世界上现存最大的砖坯结构建筑。在大地震中，古老的巴姆城约有90%的建筑被毁，震后这座古堡基本已成废墟。

(2) 经验与教训及成因

主要教训是：①巴姆地区的建筑多为未经加固的砖坯搭建的房屋，抗震性很差，

而强震的震中又距城市过近，因此造成重大伤亡。②巴姆城建筑工程中有多起违规行为，建筑大批倒塌直接导致人员伤亡惨重。违规操作的情况非常多，涉及施工、设计，甚至监管等各个方面。

1.8 2005年巴基斯坦7.8级地震

(1) 建筑物损毁概况

2005年10月8日，在巴基斯坦发生7.8级强烈地震。巴基斯坦西北边境省有5个县遭到了地震的袭击。受灾最严重的伊斯兰堡以东约75km的巴控克什米尔拉瓦拉克特地区，许多土坯房屋在地震中坍塌，有几个村子被彻底夷为平地。

(2) 经验与教训及成因

主要教训是：①此次受灾最严重的巴控克什米尔地处山区，大多房屋依山而建。在半山腰、甚至接近山顶的地方都可见一个个村落。可以说，只要有空地，就有人居住。由于经济不发达，当地人居住的大都是泥土房，坚固程度不堪一击。②建筑缺乏抗震能力，由于一些不法建筑承包商偷工减料、以次充好，震区近年来新建的“豆腐渣工程”屡见不鲜。由于缺乏防震意识，灾区的大多数建筑在建造时根本没考虑抗震因素，从设计、选材到施工存在众多隐患。

1.9 国外经验教训总结及启示

通过对以上近20年来国外发生的8个地震灾害的建筑物抗震状况的经验教训进行分析与总结后，我们可以得出以下一些经验与教训：

(1) 要重视场地的选择，不能将建筑物建在活动断层、松软沉积层和人工回填的地面上。国外近20年发生的地震有许多就是因将建筑物建在活动断层或软弱地基上遭到严重破坏或倒毁的。这一点，特别是我国一定要引以为戒。

(2) 要按抗震设防要求设计。破坏性地震并不是经常发生的，对每个地区的工程结构都按照相应的抗震设防要求进行抗震设计。不按要求进行抗震设防的工程结构在地震荷载（力）作用下会遭到严重破坏。

(3) 抗震设计要合理。建筑物在设计时底层隔墙过少、空间过大或多层砖房不按要求加圈梁、构造柱，或不按限定高度设计等都会造成建筑物在强烈地震时倾斜倒塌。

(4) 按抗震设防标准建造建筑物，并严格按标准施工。经抗震设计的工程结构，必须按照相应的标准施工。近些年国内外破坏性地震的震例中，不按标准施工、偷工减料、局部构件抗震能力不足而被摧毁的房屋建筑和造成人员大量伤亡的豆腐渣工程屡见不鲜。

(5) 对人口多、密度大、高层建筑多的城市的新建筑必须进一步加强防震抗震设计并提高施工质量，对已建成的人员密集场所的房屋建筑，特别是学校、医院等公共场所的建筑，要进行抗震加固并加强定期检查。

(6) 加大抗震减震新技术的开发及应用。国内外已有一些隔震建筑经受了地震的考验，如 1994 年美国洛杉矶北岭地震和 1995 年日本神户大地震中，隔震建筑显示了令人惊叹的隔震效果，经受了强震的检验。

2 国外抗震建筑设计经验与技术

2.1 建筑物结构抗震设计方法的发展及应用状况

从建筑结构的发展趋势来看，施工技术的发展往往领先于结构设计的发展，当前的结构抗震研究的重要目标是加快发展抗震设计方法，更经济安全地保持地震后的建筑功能。现代抗震设计方法始于 20 世纪初，随着人们对地震动和结构反应特性研究的不断深入，结构抗震理论研究经历了以结构承载力分析为主，发展到兼顾承载力和结构变形，再到全面分析结构的承载力、变形、损伤和耗能的过程。在一个多世纪的发展过程中，提出的抗震设计方法大致有 5 种：①基于承载力的抗震设计方法；②基于延性的抗震设计方法；③基于损伤耗能的抗震设计方法；④能力抗震设计方法；⑤基于性能的抗震设计方法。这些方法中，基于承载力和构造保证延性的设计方法成为目前各国抗震设计规范的主要方法；在 20 世纪 80 年代，能力设计方法的思路被各国规范在不同程度上采用；基于性能的抗震设计方法是在 20 世纪 90 年代由美国地震工程和结构工程专家经过对历次震害深刻的总结后，改进基于承载力的设计方法提出，但基于性能的抗震设计理论为实现结构不同性能水准，需要不断的迭代寻求结构对强度、刚度、延性需求的合理统一，因此，现阶段还不具有实际应用的可能。不过这种以实际震害为背景提出的基于性能的抗震设计理论，受到国际上的普遍关注，美国、日本等国家进行了大量的基础研究。

2.2 建筑物有效抗震设计案例——以日本为例

(1) 对构造物进行地震输入

理论性抗震设计时，是通过理论方法进行强震动预测。具体地说，考虑建设场地地震活动性等设定模拟地震动作为对构造物的输入力，并通过反应解析进行“验证”等程序后才确定下来。在 1999 年修改后的建筑基准法中，充分考虑了表层地基特性对强震动的影响，不是用过去对地表定义的设计地震力。还规定了地表层地基下的刚性工程学基础的标准加速度反应谱，正式采用考虑表层地基晃动变化的方法。

(2) 考虑建筑物的安全性和性能

日本抗震设计已有 20 年以上历史，其设计理念定位在：中小地震时能保证财产安全和继续使用的无损伤程度，大地震时防止倒塌以确保人的生命安全（允许建筑物有损伤）。但是，在兵库县南部地震时，即使建筑物免遭破坏、保住人的生命，但建筑物的损伤也难免造成社会活动停滞、资产减少等现象发生。作为教训，他们提高了认识，仔细关注因地震大小、强度、频率和由此遭受损伤程度等因素和考查各类建筑物在大地震时应具有的功能后再作设计这一概念。作为这些思路的最突出

最先进的就是“性能设计”。

(3) 使用建筑物抗震新技术

近年来，日本不断加大城市防震减灾的新技术开发，探索城市综合减灾的新路。

日本大京公司的一座号称日本最高（地上55层、高185m）的公寓（建在埼玉县川口市），使用了与美国纽约世界贸易中心相同的CFT（钢管）确保了抗震强度。这种钢管的直径最大达800mm，厚度达40mm，而且钢管中还注入了比通常混凝土强度高3倍的高强度混凝土，该公寓共使用这种钢管168根。另外，该公寓还使用了刚性结构抗震体。通常高层公寓柔性结构为主流，靠整个建筑来减弱地震引起的摇动，但在强风刮过来时，楼的结构也会发生一定的摇动。采取了刚性结构后，摇动大大降低。如发生阪神大地震级别的地震时，柔性结构的建筑一般要摇动1m左右，而刚性结构建筑只摇动30cm。

三井不动产公司在东京都杉并区出售的一座免震结构公寓高达93m，建筑物的外围使用了新研制的高强度16积层橡胶，建筑物的中央部分使用了天然橡胶系统的积层橡胶。这样，在裂度为6的地震发生时，就可将建筑物的受力减少至二分之一。三井不动产公司2000年已向市场投放40栋这种建筑。

大林组开发了一种使用于超高层楼房的抗震装置，使用的是类似橡胶的黏弹性体，该装置可将强风造成的摇动减轻40%，同时也可提高抗震能力。

日本清水建设公司也开发了一种名为“局部浮力”的抗震结构，即在传统抗震构造基础上借助于水的浮力支撑整个建筑物。“局部浮力”系统在上层结构与地基之间设置贮水槽，建筑物受到水的浮力支撑。水的浮力承担建筑物大约一半重量，既减轻地基的承重负荷，又可把隔震橡胶小型化，降低支撑构造部分的刚性，从而提高与地基间的绝缘性。地震发生时，由于浮力作用延长了固有振荡周期(晃动一次所需时间)，建筑物晃动的加速度得以降低。此外，贮水槽内贮存的水在发生火灾时可用于灭火，地震发生后可作为临时生活用水。

古旧建筑的抗震问题也得到了有关方面的重视。东京都台东区的国立西洋美术馆补修了抗震处理结构，东京都丰岛区区政府也实施了补修工程。古旧建筑独户建筑与高层楼房相比整体重量轻，积层橡胶不起作用。有效的抗震方法是在建筑物与基础之间加上球型轴承或是滑动体，形成一个滚动式支撑结构，这样可减轻地震造成的摇动。

3 国外抗震建筑——现代轻型木结构建筑

轻型木结构是北美、新西兰以及日本等国家低层和多层住宅采用的主要结构形式。这种类型的结构主要是以钢筋混凝土或砌体为基础，上部结构采用规格材和木基结构板材以及其他工程木产品，其特征类似箱型结构。上部结构与基础之间通过锚栓连接。楼屋盖和剪力强墙形成结构的主要抗侧力体系。地震时，水平

地震力通过横向水平构件即楼盖和屋盖传至每层剪力墙，每层剪力墙将所受地震力相加传至底层剪力墙并传递到基础。为保证这条传力途径的安全可靠，所有的构件必须有可靠的刚度和强度。对此美国现代建筑规范对轻型木结构的抗震设计都有详细的设计规定。北美历史上的几次大地震的经验表明，在满足规范要求的前提下，轻型木结构因其自身质量轻，强度高以及结构的高次超静定等特性，均表现出良好的抗震性能。

许多例子表明，这种结构具有卓越的性能。如1964年阿拉斯加地震，是20世纪北美震级最大的地震之一，里氏8.4级。这次地震的特点之一是地震与其之后的余震间隔时间很短，造成该州首府安卡雷奇市人口密集区的地表滑移。但是轻型木结构的建筑在地震中因其良好的结构整体性，即使在地表运动的情况下，除了建筑物位置方向的变化，其余均未造成很大的破坏。

1989年美国发生的洛玛普利塔地震，地震震级为里氏7.1级，震中距旧金山以南100km。这次地震造成66人死亡，3000多人受伤，死亡人数中，将近一半是双层高速公路的塌陷引起的。而震中以及附近的轻型木结构建筑除部分遭受轻微可修复的破坏，大部分建筑物无明显破坏迹象。

1995年日本的阪神地震，里氏7.2级，这次地震中有9万多栋日本传统的木结构建筑倒塌，而采用北美轻型木结构体系建造8000多幢住宅，除了30%有可修复的轻微破坏外，其余无一幢倒塌。

所以，对于历史上发生的数次地震的震害进行分析，可以看出，轻型木结构建筑，在满足规范规定的抗震设计要求的情况下，完全能够在尽最大可能地避免社会和人员的生命财产遭受损失方面，起到积极的作用。

4 国外建筑抗震减灾新技术——隔震技术

4.1 隔震技术的发展与应用

据有关记载，隔震概念最早由日本和合浩藏在1881年提出，而在此之前，在世界范围内已经存在一些古建筑，如我国的故宫、日本的镰仓大佛等，这些早期的隔震建筑多是采用滚木或滑石片作为隔震元件，但是历经多次地震仍保存完好。现代意义上的隔震技术始于20世纪60、70年代，一般都有隔震装置、阻尼器以及地基微振动和风反应控制装置等部分组成，必要时还设有完全保险构造，与早期的隔震系统相比性能上更加可靠、功能上更加完善橡胶支座。隔震技术的应用则较早，20世纪50年代在欧洲已经广泛应用于桥梁隔震中，在建筑中的应用则始于20世纪60年代，其后随着夹层橡胶垫、铅芯夹层橡胶隔震垫、高阻尼橡胶隔震垫以及各种阻尼器的研发成功，橡胶支座隔震已逐步发展成为隔震技术的主流。在这方面，日本、美国、加拿大、法国、新西兰等经济发达国家居于领先地位，并相继建成大量隔震建筑物。这些隔震建筑中有的已经接受了地震考验，都显示了较好的隔震效果。目前，隔震

技术越来越为广大的工程人员和社会所接受。

4.2 隔震技术应用典型案例

目前,国内外已有采用隔震技术的建筑经受了地震的考验。其中最突出的是在1994年美国洛杉矶北岭地震和1995年日本神户大地震中,采用隔震技术的建筑显示了令人惊叹的隔震效果,经受了强震的检验。

美国南加州大学医院是一栋8层钢结构房屋,体型复杂,采用铅芯橡胶垫隔震技术,1991年建成。在1994年1月6.8级北岭地震中经受了强烈地震的考验,震后照常履行医疗救护任务。地震时地面加速度为0.495g,而屋顶加速度仅为0.278g,衰减系数为1.8,而另一家按常规高标准设计的医院,地面加速度为0.82g,顶层加速度高达2.31g,放大倍数为2.8。在极震区内共有8座医院,其余7座均因地震破坏而关闭停诊。震后的修复费用高达数亿美元。

1995年1月日本7.2级阪神地震中,震区内有两座隔震建筑均未遭受破坏。其中一座是邮政省计算中心,主要采用铅芯橡胶垫和钢阻尼器。初步结果表明,最大地面加速度为0.4g,而第6层的最大加速度为0.13g,衰减系数为3.1。此外,这次地震中采用铅芯橡胶垫隔震的6座桥梁均表现极佳。经过这两次强地震的考验,隔震技术的可靠性和优越性进一步为人们认识和承认。在国际上兴起了“隔震应用热”。在日本,阪神地震后的1996年一年内隔震建筑的数量超过了过去10年的总和。

在加固和增层改造已建建筑上,隔震则显示了其独特的优越性。美国的盐湖城市政府大楼是第一个改建为隔震结构的历史建筑,该楼为5层砖石结构,中间钟楼高76m,于1988年采用橡胶和铅芯橡胶支承完成加固。

4.3 利用隔震技术存在的问题

隔震技术具有传统抗震技术所无法比拟的优越性,其效果已经历了强震的检验,从世界范围看,隔震技术已发展到实用化阶段。但是建筑隔震技术是一项综合性很强的技术,涉及到行政、规划、设计、施工等多个环节,尤其是造价等因素的影响,严重的妨碍了它的推广使用,因此,必须结合土建特点,从效果、工艺、造价、维修等方面继续研究完善已有的和开发新的经济高效的隔震装置和体系。

参考文献

- [1] 康仲远. 中外大城市灾例对比研究系列报告(一)——洛马普里埃塔地震和亚美尼亚地震. 灾害学, 1996, 11(2): 62-69.
- [2] 康仲远. 中外大城市灾例对比研究系列报告(二)——唐山地震和阪神地震. 灾害学, 1996, 11(3): 65-72.
- [3] 康仲远. 中外大城市灾例对比研究系列报告(三)——伊朗地震和土耳其地震. 灾害学, 1996, 11(4): 58-63.
- [4] 康仲远. 中外大城市灾例对比研究系列报告(四)——墨西哥地震和洛杉矶(北岭)地震. 灾害学, 1996, 11(5): 64-71.
- [5] 日本北海道地区8.0级地震综述. <http://www.eqsd.gov.cn/zs/zs0926rb.htm>

- [6] 伊朗南部发生7.0级地震损失惨重. <http://www.eqsd.gov.cn/zs/zs1227yl.htm>
- [7] 巴基斯坦发生强烈地震波及南亚. <http://www.eqsd.gov.cn/zs/zs1009bj.htm>
- [8] 陆鸣等. 建筑结构基础隔震技术的研究和应用. 震灾防御技术, 2006, 1(1): 31-38.
- [9] 蔡健, 周靖, 禹奇才, 等. 建筑抗震设计理论研究进展. 广州大学学报(自然科学版), 2005, 4(1): 65-73.
- [10] 卢振恒. 日本建筑物的有效抗震设计思路与进展. 震灾防御技术, 2006, 1(2): 172-176.
- [11] 胡慧平. 抗震: 日本建筑设计的重中之重. 中国建设信息, 2004, (9): 40-41.
- [12] 减轻震害措施. <http://www.jtdz.gov.cn/views.asp?id=221>.
- [13] 曾德民. 面向新世纪的建筑减灾技术——基础隔震技术(一). 建筑知识, 1999, (4): 34-35.
- [14] 曾德民. 面向新世纪的建筑减灾技术——基础隔震技术(二). 建筑知识, 1999, (5): 9.
- [15] 张涛, 张富有. 基础隔震技术国内外研究新进展. 西部探矿工程, 2003, (12): 118-120.

(李延梅 张志强 王勤花)

地震中的学校安全

——OECD《让学校在地震中保持安全》报告要点解读

编者按: 2008年5月12日发生的四川汶川大地震造成四川、甘肃等十个省市房屋倒塌530多万间, 损坏2100多万间, 学校的建筑也不例外。据5月14日教育部门的不完全统计, 倒塌的校舍达6898间, 造成地震灾区学生生命的重大损失。经济合作与发展组织(OECD)于2004年发布的研究报告——《让学校在地震中保持安全》指出, 世界各国的学校在地震中的倒塌, 主要原因是建筑设计与结构上存在的问题或因为现存的法律与建筑规章未被有效执行。报告提出了促进世界范围内提高地震安全战略的建议, 并对如何采取行动以确保学校在地震中的安全进行讨论, 这对我们国家地震中学校等公共建筑的安全有重要的启示。

1 引言

学校在社会中发挥着重要的作用, 它不仅是供学生学习与教师教书育人的地方, 也是社交、文体娱乐活动的重要场合。在自然灾害的应对与恢复重建中也发挥着重要作用, 在地震、飓风或洪灾中, 可作为暂时的紧急安置中心。

地震对社会的严重威胁要求学校的建筑必须具有抗震性。一旦学校因地震破坏而关闭, 教育将会受到很大的影响, 社会生活也将受到扰乱, 学校也无法发挥其作为紧急安置中心的作用。在义务就学地区, 社会在提供一个安全的学习与工作环境上有着道德上的责任。在受地震威胁的地区需要抗震性学校的一个最重要原因是保护师生的安全。

许多国家正在经历着巨大的人口增长, 一些贫穷国家因此需要更多的学校以供学生就学, 这种情况往往诱使人们在建立新的学校或者在原有学校基础上扩建时常会使用拙劣的设计与施工技术以及劣质的材料。所有国家无论贫富都面临着一个问题——如何使大量现有的学校具有抗震性。任何一个地方的大地震并不是经常发生,

这就使得公众及政府工作人员忘记了设计、建造以及维护学校建筑抗震的重要性——一旦发生地震，一切都无法挽回。

为应对这一问题，OECD教育建筑计划（Programme on Educational Building, PEB）与国际地质灾害组织（GeoHazards International, GHI）2004年2月9日—11日在巴黎召开了一次国际会议，对这一问题进行讨论并寻求可能的解决方案。会议形成了一份名为《让学校在地震中保持安全》（Keeping Schools Safe in Earthquakes）的具有重要参考价值的报告。报告首先陈述了学校与教育系统在实现地震安全方面存在的问题，讨论了评估学校地震安全的方法和标准以及如何监督使之达到地震安全标准的措施，提出了促进世界范围内提高地震安全战略的建议，最后，对OECD如何行动以确保成员国的学校在地震中的安全提出建议。报告为OECD国家和其他国家传达的清晰而紧迫的信息是：在更大的灾难来临之前，地震中因学校倒塌致师生死亡的问题可以并且必须得到解决。

2 报告要点解读

2.1 对提高学校地震安全重要性的认识

有三个问题人们常能达到共识，即对社会最宝贵与最易受到伤害的儿童保护重要性的认识、对地震造成的伤亡与财产损失的认识、对儿童提供义务教育重要性的认识。但是，这三个基本的原则却在现代社会受到了不同程度的阻隔。

在许多地震多发国家，不能承受中等强度地震的学校建筑数量大得惊人。我们必须自问的一个根本问题是：对教育及我们孩子的安全性这么简单却又非常重要的问题，为什么却如此难以保证？

在过去 10 年或更长时间内，国际社会在建立灾难的预防与减轻方面有着强烈的动作。尽管有社会团体的宣传、工程师及其他科学家的承诺、一些国家为解决此问题而做出的相应努力，并有许多国际组织为关注此类问题而提出全球计划如“国际减轻自然灾害十年”（International Decade for Natural Disaster Reduction）等，但由自然灾害造成的人类伤亡与物质代价却在不断增加，这在发展中国家尤其显得严重。面对技术的进步、城市化的发展与人口的增加，必须寻求一种新的途径来有效解决此类问题。

2.2 认识影响学校建筑物安全的因素

为了确定问题的范围，与会专家被要求对缺乏安全的学校建筑物进行描述与评估，以确定影响建筑物安全的具体重要因素，并从过去的地震中吸取经验教训以改善建筑标准与实践。专家们从阿尔及利亚、前南斯拉夫的马其顿共和国、意大利、墨西哥、新西兰、美国等国家的案例中得出的共同认识有三点，一是缺乏对学校建筑物倒塌所造成威胁的认识；二是科学、公众与政府之间缺乏良好的沟通；三是规划、维护和修建学校建筑物的法律与法规在执行与实施上的根本性缺失。

2.3 保证学校抗震安全的原则

为了提高学校在地震中的安全性，必须确定能使学校建筑物具有抗震性的基本观

念与原则。与会专家提出的学校抗震安全的主要原则包括：①需要最好的抗震安全设施来促进形成一个风险规避的社会；②要充分认识灾难之后学校作为暂时安置场所的重要作用；③建立风险责任承担与归属制度，其中要包含明确的问责制及达到其安全性能的目标；④对建设安全学校的财政责任与成本要有清醒的认识；⑤要备有详细与最新的险情地图和建筑标准；⑥建立完善的质量控制监测体系，要具有专业人士的认证与设计、独立的计划审查、检查和审批过程及独立的检验与最终报告。

2.4 对学校与教育系统建筑的脆弱性和风险进行评估

对学校与教育系统的建筑进行评估涉及两个问题，一是如何设计评估风险的标准并量化学校与其它公共建筑的结构与非结构性危险、脆弱性与影响，而更重要的一点是，这些标准建立后在不同文化与国家间进行转化的程度有多大。目前，已经有许多风险评测与评估系统开发出了可适应不同国家学校的标准。

专家们对学校在地震风险评估中的结论是：就目前来讲，已有适当的风险评估方法与度量来评估学校的地震安全状况，并且，在世界范围内，能够对学校的地震安全以及学校的地震安全方案的成功与否进行检测。

2.5 制订战略和计划来改善学校的抗震安全性

专家对已有地震安全观念与原则在学校现有安全战略与计划中的应用进行了讨论，并考虑用最有效的方法来鼓励、促进、评估在地震安全目标方面取得的进展。更为重要的是，专家讨论了如何用最有效的方式来激发国家和政府领导来考虑建立抗地震的学校。可以利用正式或非正式的渠道，发布关于学校地震安全方面的知识 & 数据，全面提高对地震中学校安全问题的认识。正式的渠道如印度的地震工程教育国家计划（National Programme on Earthquake Engineering Education），非正式的渠道包括在学校中进行的讲座，分发传单等。

在发展中国家，由于相关知识的缺乏、资金的短缺、专家意见的分歧以及一些材料的稀缺，实施一项战略计划较为复杂。欧洲一些材料、资金、人力资源较为丰富的地震多发国家设立了较多的计划对现有学校进行筛查、评估、加固（表1）。任何一个国家都应采取相应措施来努力减少并避免包括学校在内的建筑物在地震中造成更多伤害。

表1 欧盟地震多发国家学校加固计划的支出

	奥地利	法国	希腊	意大利	葡萄牙	西班牙
总体加固支出（百万欧元）	84	250	350	1670	80	130
教育资金支出（百万欧元）	614	6297	751	3513	376	3725
加固投入占教育投资的%	14%	4%	47%	48%	21%	4%

3 报告对我国的重要启示

(1) 严格执行有关建筑抗震性的法律法规，完善建筑质量监督体系。中国对建

筑的抗震性已有充分的认识和具体的标准，并且在各类建筑中实施不同的抗震要求。国家地震局还发布了《中国地震动参数区划图》，作为中国建设工程抗震设防的强制性国家标准。在各种法律法规的实施执行中，形成完善的监督检查体系，在加强建筑标准的同时要严格执行。

(2) 对学校建筑物安全进行评估。要对建筑物尤其是包括学校在内的公共建筑进行严格的建筑结构安全、建筑格局安全、建筑设备安全、装修安全以及建筑物外在环境安全的全面、严格的评估。

(3) 加大我国教育经费的投入，将校舍安全的筛查、评估及加固纳入教育预算。据2008年初由教育部发布的中国教育经费发布情况，2006年我国有1/3的省份没有达到《教育法》规定的增长要求。虽然中央财政教育支出增幅加大，但国家财政性教育经费仅占GDP的3.01%，没达到4%的要求。而教育经费占GDP的比重，世界平均水平为4.9%，发达国家为5.1%，欠发达国家为4.1%。在我国教育经费投入不足的情况下，学校建筑安全的检查、评估、加固工作情况可想而知，应在加大学校经费投入的前提下，将学校建筑的安全工作纳入到教育预算中来。

(4) 制定中国的战略和计划来改善包括学校在内的公共建筑抗震安全性，还可以采取国民救灾防灾教育、学校救灾防灾教育等途径，全面提高地震安全方面的认识与预防。

参考资料

[1] 灾后重建，房屋如何更抗震？ http://www.stdaily.com/gb/kzjz/2008-05/23/content_815806.htm

[2] 脆弱校舍吞噬下一代，建设部将严查质量问题。

http://news.china.com/zh_cn/focus/2008dizhen/11067427/20080518/14850171.html

[3] 2006年我国财政性教育经费占GDP3.01%。

http://news.xinhuanet.com/newscenter/2008-01/07/content_7380531.htm

[4] OECD. Keeping Schools Safe in Earthquakes. SourceOECD.

(王勤花 张志强)

地震灾后人员搜救先进技术

编者按：纵观国内外进行震后搜救工作取得的经验，受困人员的存活率与实施救助的时间成正比。由于当今社会城市化进程的推进，城市建筑高度、规模以及人口密度都在逐步增加。一旦地震发生，就会造成重大的人员伤亡。地震本是难以抗拒的自然灾害，但是如果运用以先进技术手段为支撑的搜救装备，可以显著提高救援效率，最大限度减轻人员伤亡。现代的震后搜救技术包括物理搜索、生物搜索和高科技搜索。物理搜索通常不需要特殊的设备和专业人员，是灾区群众震后进行自救和互救使用最普遍的搜救技术。生物搜索一般是指通过搜索犬进行的搜救技术，但是搜救犬易受自然环境限制，每次的有效工作时间只有20~30分钟，而且其工作

效率取决于训犬人员操作方法以及搜救犬与训犬人员的配合程度。而高科技搜索通过运用特殊检测设备扩展了搜寻范围，极大地提高了救援工作的效率，成为现代搜救工作中不可或缺的技术手段。下文将重点介绍国内外部分先进的搜救技术。

1 地震救助生命搜索与定位技术系统

国家“十五”科技攻关计划课题《地震救助生命搜索与定位技术研究》研制的“地震救助生命搜索与定位技术系统”，分为光学探生仪、声波振动探生仪、红外热像仪三部分。

1.1 光学生命探测仪

光学生命探测仪俗称“蛇眼”，是利用光反射进行生命探测的，主要由探头、可变长金属杆和监视器等部件构成，仪器的主体非常柔韧，能在瓦砾堆中自由扭动。仪器前端细小的探头可深入极微小的缝隙探测，将信息传送回来。光学生命探测仪可以通过废墟堆积层中的空隙或专用钻机钻孔，伸入被困人员附近，确定其位置和生存状态。

光学生命探测仪的工作原理是采用光源组件、球像面成像物镜、光学校正镜、图像传感器构成微光探头，把麦克风和喇叭小型化并集成在探头上；通过可变长杆体内的导线把音、视频信号传送到监视器。

1.2 声波振动生命探测仪

声波振动生命探测安装有3~6个振动传感器，通过各传感器所获得声波的微小差异来判断被困人员的具体位置。呼救的声音最容易识别，因为设计者充分研究了人的发声频率。如果幸存者已经不能说话，只要用手指轻轻敲击，发出微小的声响，也能够被它听到。关键是噪声的影响不能太大。

声波振动生命探测仪的工作原理为：建立由高灵敏传感器、高精度数据采集卡和专用计算机组成的信号处理探测系统。探测被困人员发出的微弱求救信号，确定被困人员的位置。

1.3 热红外生命探测仪

任何物体只要在绝对零度以上，都会产生红外辐射。热红外生命探测仪利用物体的红外辐射特性与周围环境的红外辐射特性不同，以成像的方式把要搜索的目标与背景分开。根据普朗克热辐射定律可以算出，人体体温在37℃时，其红外辐射的中心波长为9.4μm，其中8~14μm占人体全部辐射能量的46%，这种光谱段就是热红外生命探测仪的一个重要技术依据。热红外生命探测仪具有夜视功能，它的原理是通过感知温度差异来判断不同的目标，因此在黑暗中也可照常工作。

热红外生命探测仪不受限于工作环境照度，不需要附加照明光源，可在地震后的浓烟、大火及黑暗等环境中搜索生命。在震后救灾工作中，更适合使用头盔式热

红外生命探测仪，便于搜救人员将双手解放出来，用于救援。

热红外生命探测仪的工作原理是将热红外信号转换为光学信号。

2 雷达式非接触生命探测仪

2004年，第四军医大学研究人员经过5年的艰苦攻关成功地研制出我国首台雷达式非接触生命探测仪，填补了我国卫生装备的一项空白，标志着我国拥有了具有自主知识产权的雷达式非接触生命探测技术。

雷达式生命探测仪是将雷达技术和生物医学工程技术相结合，通过特殊的雷达发射微波，接收反射波后检测是否有人体生命活动所引起的各种微动，并用特殊的生物医学信号处理技术提取人的呼吸、心跳和体动等生命体征，从而探测到在一些废墟、瓦砾、建筑物下是否有人存在。

这种仪器不需要任何接触人体的电极或传感器，实现了非接触、远距离对人体生命信息的探测，探测距离可达30至50m，穿透实体砖墙厚度可达2.3m，并具有自动人体识别功能。主要性能指标达到国际先进水平。

3 超声波探测技术

超声波是指频率在20 kHz以上的声波，由换能晶片在电压激励下振动产生，具有穿透本领强、定向性高等特点。基于伪码调制的超声波测距仪，采用可编程逻辑器件实现串行伪码相关，大大缩小了系统体积，提高了系统稳定性。当系统伪码钟频为4.25 kHz，米序列长度为127时，经实验测试，信噪比提高42 dB，使测距仪最大无模糊距离达60m，测距精度为4cm，最小盲距为10cm。

4 超宽带电磁探测技术

超宽带电磁脉冲是当今前沿研究领域之一。超宽带微波源是指能产生峰值功率>100 MW、上升前沿为亚纳秒或皮秒量级、相对带宽超过25的电磁脉冲装置。其频谱可以从几十兆赫伸展到几吉赫乃至几十吉赫。虽然这是一门新发展的技术，但目前这种超宽带(UWB)辐射装置的潜在应用价值越来越受到人们的关注。

超宽带探测技术通过发射微G级超宽带信号探测目标，用雷达原理测距，通过检测探测目标的回波来判断目标的存在。与红外探测和超声波探测技术相比，超宽带探测技术不受环境温度、热物体的影响，能有效穿透介质，从根本上解决了红外探测受温度影响严重、遇物体阻挡失效及误报率高的问题，也克服了超声探测受环境杂物反射干扰和水、冰、泥土阻挡失效的问题，在地震灾害救援方面有广阔的应用前景。

5 基于气体测量的搜索定位技术

基于气体测量的搜索定位技术主要是指电子鼻。电子鼻的研究始于20世纪90年代，实质上是一种传感器阵列(或称阵列检测器)，是仿生技术发展的产物，具有

广泛而重要的应用前景。

目前，意大利科学家 Corrado Di Natale 已经利用电子鼻对人类体表皮肤气味进行了分析研究，并取得了初步结果。

6 低频电磁探生仪

低频电磁探生技术，作为世界探生科学的先锋，其实早在20多年前已被物理学家了解，只是近年才被广泛关注。根据生物学理论，人体心脏跳动将发出一种30 Hz以下超低频电波，该电波将在人体周围360°扩展形成超低频非均匀电磁场。心脏的超低频电磁场比起高频电场能量虽低，却可以很容易的穿透钢筋混凝土墙、钢板、木板、水以及其它能反射吸收高频信号的障碍物。

由于人体心脏跳动产生的微弱电磁场信号的频率范围与动物有很大的差异，在生命探测器的滤波电路设计时，只允许人体产生的非均匀电场对探测器中的特殊电介质材料进行极化，正电荷和负电荷分离，并被分别收集到设备两端，这时探测器就将指示非均匀电场的最强部分，即幸存者的方位。

英国研制的I ADS生命探测系统，利用微波多普勒运动原理，能够探测在135英尺（41.15m）范围内人体表面的运动，包括心跳和呼吸。适用于营救那些受困于建筑物废墟内、山崖上、雪崩或泥石流中的人员，以及在化学/生物战中受伤的士兵，在空难、火车或汽车事故中的受害者，或是受困在非金属房间内的人质，具有广泛的应用前景。

美国弗吉尼亚州的DK实验室（DielectroKinetic Laboratories）长期从事于低频电磁救生设备的研发工作，1998年推出了DKL LifeGuard系列探生设备，2005年推出的DKL LifeGuard TM生命探测器为目前世界上最先进的搜救仪器，结合了世界上最尖端的生化、介电质、超低频传导及DNA技术研发而成，已申请多项技术专利，此型号为DKL公司目前设计最成熟的产品。

DKL LifeGuard TM生命探测器是一个由以下主要部件组成的传感器：一个发送超宽频信号的发送器；一个侦测接收返回信号的接收器；一台用于读入接收器的信号并进行算法处理的电脑。传感器包含了可编程的固件。传感器产生的信号通过无线传输传送给掌上电脑（PDA控制器）进行显示。传感器和控制器有各自相互独立的电源。

DKL LifeGuard TM生命探测器实际上是一个呼吸和运动探测器。雷达信号发送器连续发射电磁信号，对一定空间进行扫描，接收器不断接收反射信号并对返回信号进行算法处理。如果被探测者保持静止，返回信号是相同的。如果目标在动，则信号有差异。通过对不同时间段接受的信号进行比较等算法处理，就可以判断目标是否在动。

DKL LifeGuard TM生命探测器提供抢救人员在进入搜救现场时，先行确认其内

部是否有人存活，减低抢救人员搜救时的危险程度，并在第一时间侦测出任何遮挡物背后的生存者。以被动接收方式侦测远端微弱心跳介电场的方向，并只侦测存活的人类，而不受其它动物的干扰。能穿越钢板、水泥、复合材料、树丛等各种障碍物，使侦测距离在开放空间可达500m，水面上达1km以上。适用于各种恶劣的天气条件，如果配合便携式电脑及专用的人工智能软件，即可产生侦测的图像和声音信息，进一步提高操作人员的判别能力。

7 救援机器人

前不久，日本科学家研制了一种蛇形机器人，并称它不久就能在地震救援中发挥作用。这种机器人的原理类似于前面提到的“蛇眼”搜索仪器。跟“蛇眼”相比，蛇形机器人更灵活，它的每一个关节都有一个微型马达为其提供动力，活动更为便捷。日本神户市一家国际救援系统研究机构开发的救援机器人能够感知人的体温，并能拍摄到被埋在瓦砾中的幸存者。

在9·11对纽约世界贸易中心的恐怖袭击发生后几小时，美国“机器人辅助搜救中心”应纽约市紧急事务管理办公室的请求，赶赴现场，为救援行动提供了技术支持。搜救过程中，共使用了4种机器人系统：Foster-Miller公司的Talon系统；SOI EM系统；Inuktun公司的VGTV（可变形线控跟踪车辆）系统；Microtrac系统。同时，也暴露出了许多问题，如：机器人的防水性能不能适应现场要求，耐久性差，控制线等一些部件加工不够牢固。但随着各单项搜寻技术的不断完善，以及人工智能技术的不断发展，机器人系统的优势将得到充分的发挥，如：处理爆炸危险品，SWAT作业、解救人质、处理化学危险品泄漏等等，它们终将成为人类的好帮手。

8 运用全球定位系统（GPS）防震

GPS是一种卫星定位系统。如果被救援对象身上携带了包含GPS功能的设备，就可以充分加以利用以确定被救援对象的准确地点。日本总务省正以具备接收地面数字电视电波功能的手机为基础，开发一套灾害报警系统。地震、水灾等灾害发生后，如果将地面数字电视的电波发送到这种手机上，处于关机状态的手机可以自动开启。利用这套系统，相关部门能及时向受灾者发送灾害状况和避难路线等信息。日本SGI等公司则开发出一种在自然灾害发生后确认人身安全的系统，其中的关键装置是可以上网并带有GPS功能的手机。中央和地方救灾部门通过网络向手机用户发送询问是否安全的电子邮件，用户可以通过手机邮件回答“平安”或“受伤不能动”，这样，在救灾总部的信息终端上就会显示每个用户的准确位置。目前，在日本使用的手机大约有30%都可以由GPS追踪到。日本电信电话-多科莫公司最近还发明了一种带有GPS功能的头盔，如果平时能备有这种头盔，在地震来临时戴上，则不仅可以起到防护的作用，还可以为救援提供方便。

参考文献

- [1] 陈维锋等.地震救助生命搜索与定位技术研究进展.地震地磁观测与研究.2003,24(6):89-94.
- [2] 徐雯琪,王绪本.地震灾害搜救技术现状与发展趋势.防灾减灾工程学报.2005,25(1):81-85.
- [3] <http://www.edu.cn/20040211/3098717.shtml>
- [4] <http://baike.baidu.com/view/1276406.htm?pf=1>
- [5] <http://www.zju.edu.cn/zdxw/jd/read.php?recid=23237>
- [6] <http://www.chinavalue.net/wiki/showcontent.aspx?titleid=197066>

(曾静静 曲建升)

2008 年法国科研署关于自然灾害的控制减少和修复 研究计划的指导意见

1 计划简况

法国科研署 (Agence National de la Recherche, ANR) 新发布的《自然灾害的控制、减少和修复研究计划》是一项开放式的新计划, 重点关注自然灾害的应对措施。该计划是 2005、2006 年度地球灾害计划的继续, 执行期限为 2008—2010 年。该计划将集中自然科学、法律、经济和社会科学各方面的所有强势学科, 发展有关自然灾害的新的研究方法, 对灾害/脆弱/专家鉴定/公共政策支援/社会效益等方面进行联合研究。该计划属于混合型计划, 即基础研究要与社会合作, 国家计划面向国际招标。

实际上, 源于岩石圈 (地震、火山、引力不稳定性、海啸) 的突发性自然灾害集成了气候和水文 (泥石流、雪崩、洪水) 等方面的原因, 具有突发性、无规律和破坏巨大等特点。为减少灾害对自然界和人类社会经济的损失, 不仅需要控制相关灾害 (评估与预防), 还需要提供将灾害损失减到最小的方案, 甚至技术和法律意义上的灾害损失恢复方案。为达到此目标, 不仅需要加强对自然现象的理解, 而且需要对人类活动的后果进行思考分析, 保持对人为引发灾害的清醒认识。

2 计划的实施、目标与结果

该计划根据地矿研究局、农业与环境工程研究院、法国科研中心、污染与灾害预防局、巴黎地球物理研究院、内政部和格勒诺布尔大学的需求而制定。本次国家级计划是法国过去十几年来所执行的一系列国家计划 (PNRN、PRCSR、ACI、FNS) 的继续。本计划要同法国生态、可持续发展和领土整治部首创并支持的其它研究计划, 比如地球灾害决议和洪灾计划协作执行。

人文和社会科学团队积极行动起来, 与地球科学、自然、社会、经济和法律界专家们共同工作, 解决不同层次需要应对的问题。所采取的方法应当符合不同研究团队的运行要求。研究人员不但涉及地球科学、自然科学、经济学、法律等学科的专业人士, 还同样涉及经济界人士以确保科学知识的转移, 并在领土整治方面给予

政策上的影响。入选科学家和国土管理机构应该关注计划的结果以发挥最大作用。

该计划的目标是改变单一的科学型专家研究灾害的方式，引进自然科学、法律、经济和社会各方面的专家，将风险/脆弱/专家鉴定/公共政策支撑部门/社会保险结合起来。需要通过灾害图谱绘制将当时的灾害效果在空间上给予量化，将灾害级别问题（脆弱性多变性和不确定性）同性能良好的创新型工业系统集成以随时监测我们的环境。这同样需要管理部门迅速鉴别以便捕捉到最新信息，需要培训有关人员在灾害发生时，对灾害的敏感度、处理能力和预防能力。

通过该计划的实施将发展有关风险与脆弱性评估、法律与制度建设、减少自然界与社会的损失、完善警戒程序等方面的能量，主要包括：

（1）提高我们测试地球环境的能力（大密度传感器集成系统的开发和集成信息处理能力的开发）；

（2）改善个人和单位对灾害的监管能力；

（3）大力改善国土整治和新老建筑物质量的监控能力；

（4）改善生命财产保护能力；

（5）引进地方和国家级专家以获取各个层次的最佳信息；

（6）引进国土整治和建筑行业的专家以对这些领域的所有重要工作人员进行指导性培训；

（7）改善所有级别特别是地方一级的危机应急能力（在地方一级采用快速反应新方法）；

（8）通过大量集成数据增加关于灾害的知识。

另外，通过该计划的实施，也将整体提高法国有关自然灾害的科研能力，具体目标包括：

（1）支持集成系统（软件科学）的科学技术进步；

（2）弥补人文科学与社会科学在分析和应对行动过程研究方面的滞后，特别是社会对重大灾害影响的反应，该领域与地球科学研究和社会学研究有密切联系，而社会学研究直接与灾害管理有关方面接触（政治家和决策人、地方专家、居民）；

（3）弥补自然灾害专业信息系统设计和使用的不足；

（4）促进该领域的研究，在同欧洲其它国家竞争中保持应有的地位，在欧洲的研究招标中提出中肯的意见；

（5）在自然灾害多学科研究的背景下，法国科研人员的定位向北美国家特别是加拿大、美国科学家看齐。

3 灾害控制、减少和修复研究战略的要点

国家科研署关于研究战略的建议是灾害控制、减少和修复的指导性意见，考虑到不同领域有关研究进展的差异和系统阐述主题大纲的必要性，希望有关研究团队

强制执行以确保计划的成功。

委托一个机构对危机跨学科研究大纲提出建议，研究大纲依据危机情况而定，从逻辑上看，分危机前（正常期）和危机后（修复期），因此危机时期可分为3个阶段：危机前、危机期间、危机后。

正常时期（危机前）：①对危险的认识：了解灾害，研究灾害文化。对偶然事件和自然、社会、经济、功能等方面的脆弱性进行评估，确定哪些是决定性因素；②敏感度与警觉度：危机承受能力与抵御能力或抗击强度；③政策与法律：对采用的法律文书和某些适用于领土整治的安排布署进行评估，包括多种危险背景下的土地占用、河流管理等。

危机期间：①开发全程警戒运行系统模型：早期警戒（事件后危机前）、快速警戒（危机后的个人行为）、警戒（危机后的救援管理）；②实时预报模型或预警模型；③警戒传播运行系统模型的研发；④与快速警报相连接的实时观察工具的研发；⑤错误警报的经济、社会和法律损失研究；⑥危机管理：法律方面；⑦经验总结和记录保存；⑧危机方案制定战略的研究。

修复期（危机后）：①救灾措施的适当和各种灾害现象评估；②损失评估；③信息系统的设计、数据提供与更新；④个人与单位对意外事件的重建模式和适应模式；⑤理赔程序与机制评估。

4 合作与经费

国家科研署提供资金保障。研究应该开放并与多方合作。鼓励同研究室、保险公司、地方政府、公共机构、数据采集人和管理人的合作。不同领域里的不同经济单元（包括技术领域的中小型企业）都可以成为潜在的合作伙伴。这种合作对可能的政策影响是必不可少的。

5 国际定位

即便是国家级的规划，在现阶段也应该向国际开放以动员高质量的跨学科团队参加。该计划作为第7个研发框架计划环境行动计划的补充，其主题为气候变化、污染和灾害。它同欧洲一些国家规划所表述的某些优先发展项目相连接，法国专家在该领域的研发需要跨学科通力支持以回应国际社会的需求（欧洲、联合国）。本计划同样可以帮助法国在《全球环境监测服务》（Global Monitoring Environmental Services，GMES）计划中找到位置，相关研究主题为危机与自然灾害管理、环境监测新技术和新方法。

（国家科学图书馆武汉分馆 周晓芳）

原文题目：RiskNat : Maîtrise, Réduction et Réparation des risques naturels

来源：la programmation 2008 de l'Agence Nationale de la Recherche

检索日期：2008年5月15日

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》(简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院规划战略局、基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术局研究与发展局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象首先是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;其次是包括研究所领导在内的科学家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科学家。系列《快报》内容将恰当地兼顾好决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现有13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《交叉与重大前沿专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100080)

联系人:冷伏海 朱相丽

电话:(010)62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn

资源环境科学专辑

联系人:曲建升 李延梅 熊永兰

电话:(0931)8270035 8271552

电子邮件:jsqu@lzb.ac.cn; liym@lzb.ac.cn; xiongy@llas.ac.cn