

·学科进展与展望·

由汶川强震引发的对地震地质研究的思考

姚玉鹏

(国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085)

[摘要] 地震是危害最大的自然灾害之一。本文论述了地震科学研究的基本现状。目前, 科学家对可能发生地震的地点已大致了解, 对长时间尺度发生地震的可能性可以做出较准确的评估, 但对某个地震在发生前给出准确预报, 还存在巨大的困难。国家自然科学基金对地震地质研究给予了长期稳定的支持, 并在近年来加强了与地震等自然灾害相关研究的支持。地球科学部优先发展领域中, 对大陆动力学给予了高度重视。近期应加强对汶川地震后得到的宝贵数据资料的收集与研究; 中长期内应对大陆动力学领域及相关学科的基础研究加强投入, 以期在今后地震研究中有新突破。

[关键词] 汶川地震, 地质学研究, 国家自然科学基金

地震是对人类造成严重危害的一种自然灾害。它的主要特点是: 突发并在短时间(秒或分钟级)内造成巨大损失, 而且会引发一系列的次生灾害, 如山体滑坡、泥石流、堰塞湖等, 造成进一步的破坏。

地震研究一直是地球科学的一个重要研究领域。从上世纪末开始, 由于认识到人类社会可持续发展在自然灾害面前的脆弱性, 地震等自然灾害的研究得到了地质学家们的进一步重视。

汶川地震发生后, 有关地震预报及地震发生机制的话题成为我国科技界乃至社会公众讨论的热点。新闻记者进行了多方位的报道, 许多专家学者在各类媒体上阐述了关于地震的科学知识并提出了各自的观点, 甚至一些业余的地震科研爱好者也利用这个机会宣传自己的“成果”。

这些公共话题中, 许多涉及到地球科学基础研究有关的问题, 需要我们认真思考和科学解答。例如, 大家都在关注, 地震是怎样发生的? 为什么这次震中会在汶川? 地震能不能提前预测乃至预报? 地震到底能造成什么样的危害? 等等。这些问题涉及到地球科学研究的多个层面。

1976年唐山大地震至今已有32年。在此期间, 我国一直在投入经费建设地震监测系统, 科学家们一直在努力开展地震研究。国际上关于地震的研究工作, 也一直是地球科学的重点研究方向, 并且在

近年来取得了一定进展。社会公众对地震研究取得的突破寄予厚望。但到目前为止的科技水平, 人类仍然无法对地震做出准确的预报。

1 地震过程及地震预报研究概况

如果把地震及其预测作为一个科学命题, 那么要完整地解决科学命题至少需要这样一个过程: (1) 观测数据的积累; (2) 机制的理解; (3) 对未来的预测和干预。这是科学研究的一个普遍规则。而对地震的研究, 在目前的阶段, 这三方面的工作都还面临巨大的困难, 距离最终解决尚有非常大的距离。

对于地震研究来说, 观测数据的积累具有巨大的难度。首先, 地震是地壳构造运动的产物, 它主要发生在地下较深的部位。虽然中国地震局在全国建立了数字化大动态的现代化遥测地震台网, 但这些观测站都是建立在地表, 很难对发生在地下数公里乃至数十公里的地震活动做出直接观测。实际上, 虽然人类已经可以向外太空发射探测器对遥远的星体进行观测, 但对于地球内部, 至今最深的科研钻探深井也不过是12 Km左右。在目前进行的国际大陆科学钻探计划中, 美国西部和中国台湾地区针对地震带都开展了钻探研究, 把仪器放置到了断层附近, 但这些工作还处于资料积累的初始阶段。另外, 虽然地球上小规模的地震每天都在发生, 但强震

本文于2008年6月23日收到。

的发生几率是非常小的,而且由于地壳结构的不均一性,不同地区每次地震的特点一般都差别很大。因此,这限制了科研人员对地震观测资料的积累。

对地震机制的研究还发现,地震的过程极其复杂。从大的理论框架上看,地震主要发生在板块的边界和其他一些构造活动比较强烈的地区,地震主要是断层的突然活动释放积蓄的能量引发的。但这个过程会何时发生,具体发生在哪个范围,发生的模式是怎样的,规模会有多大,以目前人类的认知水平,尚难以揭示。

20世纪中期,地震学家们就已编制了地震分布图,并发现地震的分布是有规律的。板块理论的提出,为地震带的分布提供了合理的解释。组成地壳的各板块相对之间每年会有厘米量级的运动,这些运动由板块边界的复杂断层体系进行调整。由于断层面上摩擦力的阻碍,能量和形变会在局部积累。当摩擦力被克服导致断层活动时,能量就会被瞬间释放并以地震波的形式传播和辐射。当然,不同性质的板块边界(如伸展带、转换带和俯冲带等)所导致的地震特征又各有不同。

板块内部,特别是大陆板块内部的地震只占全球地震的小部分(少于1%),但对人类社会影响巨大。大陆内部的地震可能与板块边界宽阔的变形带有关,例如这次汶川地震就是由于印度与欧亚大陆的碰撞引起青藏高原的隆升变形引发的;也可能与陆内裂谷带的活动有关;少数陆内强震的机理至今尚不清楚。与大洋板块相比,大陆内部成份和结构更为复杂。特别是我国大陆在地质历史上由多个陆块拼合而成,而且大陆内部又在经历克拉通破坏等复杂过程,更增加了地震机理的解释难度。但是,总体上说,未来地震可能发生在哪些位置,线索还是比较多的。通过科学家的努力,我国大陆可能发生强震的危险地区,已经大致清楚。

对地震发生时间的研究难度,要远远大于对地震发生地点的研究。对于板块活动引发的地震,我们可以根据板块运动的速度和历史上海发生地震的纪录来推测地震可能发生的频率。近年来,对地壳运动和应力状态的监测技术有了巨大的发展,使得我们对地壳运动速度有了较为精确的限定。然而,由于区域地质构造的复杂性,同一断裂有一系列的分支,每一分支上的运动分量各不相同,而触发每一分支活动的地质背景也各不相同,这可能很大程度上破坏我们预想的地震频率特征。因此,仅依靠历史地震的规律而推断未来发生地震的时间是不科学

的,也是极不可靠的。

对单次地震的预报的难度,又要比对地震频率的推测难度更大。地壳能量的积累何时能突破摩擦力或岩石强度的极限而导致断层活动及能量释放,或者说在这一过程之前有什么能够探测的特征,仍然是对地震科学研究的巨大挑战。由于每次大的地震是由主震和一系列前震和余震组成,对这些地震组合特征可能会揭示小的地震怎样诱发强震,成为对地震进行预报的线索。例如,我国成功地预报了1975年辽宁海城7级地震,对前震的监测发挥了重要的作用。然而事实表明,每次强震的组合各不相同,这大大地降低了这种方法对地震预报的成功几率。另外,对地震发生前的成核过程的发现和研究,可能是通往地震预报的另一途径。但这方面的研究,仍处于初始阶段。

2 国家自然科学基金对地震相关研究的资助战略

汶川地震发生后,国家自然科学基金委员会地球科学部紧急启动了一批主任基金资助项目。这批项目主要针对地震发生之后急需研究的一些内容,包括收集地震相关断层的活动情况的野外考察及数据资料的处理,地震造成的次生地质灾害评估与对策等。汶川地震除了给社会造成重大灾害之外,同时也给地质学家们提供了一次探索深部地质结构的难得机会。但是由于震区恰逢雨季,地表的许多地震现象因冲蚀作用会随时消失或模糊,因此,启动这批紧急项目的目的,一方面力图为抗震救灾服务,一方面要为后期深入研究深部构造和地震发生机制及时收集宝贵的资料。

国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)长期以来持续地支持了地震相关地质过程的研究。从发展历程来看,我国地质学研究在相当长时间内更重视矿产资源和化石能源的勘探研究,因而给社会的整体印象是地质学研究与勘探类同。随着人类社会面对自然灾害的脆弱性越来越被重视,对地震等地质灾害的研究在地质学研究所占的地位也越来越重要,这已经成为地质学发展的清晰的走向。2006年国务院发布的《关于加强地质工作的决定》中,把地质灾害放到了重要的位置。

在自然科学基金委地球科学部,地震相关的研究工作主要在地质学、地球物理和地球化学等学科得到资助。通过对国内外地质学发展趋势的调研,地质学科在2007年调整申请代码时,针对地震等地

质灾害的研究已作了相应的部署。例如,在构造地质学二级申请代码中,增设了“活动构造”和“构造物理与流变学”两个与地震发生机制直接关联的三级代码;原来的“环境地质学”二级申请代码,也调整为“环境地质与灾害地质学”;另外,考虑到我国也面临火山活动的威胁,还增加了“火山学”二级申请代码,专门研究火山活动的机理与过程。这些申请代码在2008年已公开并受理项目申请。

我国是大陆板块内部地震多发的国家。多年来的地质学研究已经表明,中国大陆具有极其复杂的演化历史,是由华北克拉通、扬子地块、塔里木地块等多个地质单元经过数次重大的地质事件逐步拼合而成。这些地块之间的缝合线或碰撞造山带,有些至今仍保持活动性;另外,大陆内部还有郯庐、阿尔金、昆仑、龙门山等多条活动断裂带。受到现今印度板块向北的碰撞俯冲和太平洋板块向西的俯冲,使中国大陆内部的构造活动更趋强烈。因此,开展我国大陆动力学研究意义重大。

自然科学基金委地球科学部从“十五”计划开始,把“大陆动力学”列入了七个优先发展领域之一,并资助了一批重点项目。到“十一五”期间,该领域延续为“地球深部过程与大陆动力学”,每年公布项目指南并受理重点项目申请。在近年来的项目指南中,列入了“中国南北向地震带深部机理和浅部表现”、“古老构造带及其再活化”和“岩石圈三维结构与变形过程”等重点资助方向,以鼓励科研人员开展相关的研究工作。另外,针对我国的华北地区的深部过程及现今地壳的活跃活动,在2007年启动了“华北克拉通破坏”国家自然科学基金重大研究计划,对华北地块的深部过程机理及浅部和地表效应进行专题研究。

经过两年的酝酿和筹备,地球科学部在2008年4月底专门组织召开了关于贺兰山—川滇南北地震带研究的战略研讨会。会议通过讨论和争鸣,在南北构造带的定义、南北构造带的结构与属性、南北构造带的形成历史、南北构造带的形成机制、中国大陆东西部的差异演化及南北构造带的大陆动力学等6个方面凝聚了一系列的科学问题,为今后的基金资助工作及科学研究工作提供了思路和参考。

3 对今后深入开展地震相关研究资助工作的启示

汶川地震发生之后,全国对地震研究给予了空前的关注,地质学家又面临一次机遇和挑战。汶川

地震遗留给我们的,除了惨重的人民生命财产损失之外,还有大量珍贵的地震资料。如何尽快和最好地利用这些资料,推动地震研究深化发展,是地质学家们面临的重要任务。另外,除了汶川地震带以外,我国还有许多活动构造带面临地震的威胁;汶川地震的数据资料,可以为我们在其他活动构造带的研究中提供经验。地震发生之后,大批科学家已在第一时间进入灾区,冒着生命危险开展野外考察工作。近期已有科学家建议在汶川地区尽快开展科学钻探或利用已有的石油钻井进行深部的综合科学观测,研究地震发生规律。

探讨地震的过程和机制,需要地质学、地球物理和地球化学等多学科的综合研究,以及相关学科知识的长期积累。地震过程跨越巨大的时间和空间尺度,成为地球科学研究的重大命题。对地震发生规律的研究目前仍是全世界科学研究的难题,地震的研究尺度小至纳米级的矿物反应和相变,大至全球尺度的板块活动;时间尺度上从断层破裂活动的瞬间,直至百万年尺度的大陆变形和碰撞造山运动。要研究一个地震带的活动过程,需要了解它的区域地质背景、地质演化历史、深部地质构造、地表运动状态、应力积累情况、矿物岩石组成、岩石力学性质、水文地质与流体活动等诸多因素。这些研究,组成地震相关的系统知识体系。某一个领域的进展,可能给地震研究带来新的突破;某一领域的滞后,又很可能会制约地震研究的发展。

以长远眼光看,还需继续加强我国大陆动力学的研究。由于中国大陆构造和演化历史的复杂性,并且位置恰好处于特提斯和环太平洋两大活跃的构造体系之间,要解决与人类生活和社会安全密切相关的地震灾害等重大问题,我们对于中国大陆构造和动力学的科学认识还远远不够。现代地球科学探测和分析技术已经给我们提供了有力的工具。科学家们正在建议,利用宽频带流动地震仪及现有的固定地震台网,组织类似于美国的地球透镜计划(Earthscope)的大型研究项目,全面探测中国大陆岩石圈的三维地质结构。大量高精度地球化学分析仪器(如激光等离子质谱仪、高灵敏度离子探针等)的装备,将使得我们能够对大陆岩石圈的成份和演化历史有更精确和准确的认识。日益广泛运用的深部钻探技术,将使我们能够直接获取地球深部的岩石和流体样品,并把观测仪器直接放置到地下深处,对关键的地质构造位置进行实时监测。全球定位系统及干涉孔径雷达等技术的运用,将使得我们能够精

确测量地壳的运动速度和应力分布状态。这些研究工作的开展,可能给我们带来对中国大陆动力学革命性的新认识。

对于地震研究而言,由于地震过程的复杂性,地震的研究不是某一个部门所能独立完成的。中国地震局拥有遍及全国的地震观测台网及丰富的地震资料;中国地质调查局拥有全国的区域地质调查资料;国家自然科学基金委员会具有跨部门的项目资助和组织协调平台;中国科学院和高等院校拥有大量优秀的研究人才。因此,地震研究工作必然需要各部门之间密切的配合。

另外,科学研究与科普工作需要更加密切配合。汶川地震发生后,社会公众对科学家提出了责难和质疑。这一方面反映了关于地震的科学研究确实还有不足,这是毋庸置疑的事实;另一方面,反映了公

众对地震科学研究的不了解。群众了解的关于地震的知识多数还是数十年前的科普教育知识,想象中经过这样长时间的研究,地震的预报理应已经实现,甚至仍然把一些不了解的自然现象作为地震的前兆而导致恐慌。近年来,我们的科技政策非常强调产学研结合,使科学研究的成果能尽快地转换为可供利用的产品。而科学家的研究成果如何能迅速有效地转化为公众能够学习理解的知识,从而提高全民素质,产生社会效益,是我们今后应当进一步加强的工作。

汶川地震灾难发生后,举国哀悼,世界瞩目。悲痛之余,作为科研工作者,我们应当也能够化悲痛为力量,在惨剧中寻找机遇,推动地震研究更好地发展,以有效地减轻和逐步避免今后可能发生的类似的灾难。

THE APOCALYPSE OF WENCHUAN EARTH QUAKE—AN IMPACT AND OPPORTUNITY TO THE RELATED GEOLOGICAL RESEARCH

Yao Yupeng

(*Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085*)

Abstract Earth quakes are among the most serious natural disasters. This paper states the basic facts of the geological research on the earth quakes. At present, scientists know well about the locations with strong earth quake probabilities and can evaluate the probabilities on large temporal scale. However, it is still impossible to forecast a specific earth quake event. The geological research on earth quakes has been supported by the National Natural Science Foundation of China through its general projects, and this is strengthened in recent years. The research on continental dynamics has also been listed in the priority areas of the department of earth sciences for more than 10 years. In the near future, we should focus on the collection and analysis of the data and information brought in by the Wenchuan strong earth quake. In a long term, more investment should be input into the research on continental dynamics and related disciplinary programs to foster the earth quake research.

Key words the Wenchun earth quake, geological research, the National Natural Science Foundation of China