

用系统科学的观点看地震预测

李世輝

(中国科学院工程地质力学重点实验室,北京 100029)

[摘要] 应用系统科学原理和方法,论证主流地震专家观点“地震本质上不可预测”之不科学、不合理性;阐述“大体估计在一定时空范围,达到事先向群众打个招呼”的观点比较科学合理,并举例简要说明。

[关键词] 地震预测;地震预报;复杂性;系统科学;中西文化互补

[中图分类号] P315 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2009)06-0132-06

2008年6月23日,胡锦涛总书记在两院院士大会上讲话,针对地震、洪涝、台风、干旱等自然灾害,从以人为本的科学发展观的高度,明确指出:自然灾害是人类社会面临的共同挑战,我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一。我们必须把自然灾害预测预报、防灾减灾工作作为关系经济社会发展全局的一项重大工作进一步抓紧抓好。

根据地震专家的、具有很大不确定性的地震预测意见,政府主管部门如何及时发布预报,避免重大伤亡,至今是一个国际难题。中国有极其宝贵的经验,曾经领先世界,也有极其惨痛的教训。汶川地震漏报的事实表明,温家宝总理关于“争取长期预报更加科学,中期预报成功率不断提高,短临预报有新的突破,继续保持我国在该领域的领先地位”^[1]的要求,仍须亟待落实。

地震能否预测,事实验证是基础;学理论证则提供方向和支持;文章重在后者。

1 地震预测预报主流观点的初步述评

1.1 地震不能预测

1.1.1 观点

20世纪50年代,美国主流地震科学界有人说:“谁说地震能预测,不是疯子,就是骗子”。

1996年11月,“地震预测框架评估”国际会议达成共识:“地震本质上是不可预测的,不仅现在没

法预测,将来也没法预测”。

盖勒等在美国《科学》杂志著文,断言“地震不能预测”,依据是地震发生影响因素复杂,地震的时间、空间、强度三要素本质上是不可预测的^[1]。

1.1.2 评论

以美国为首的国际主流地震专家的这种观点,应属以偏盖全。其正确方面是:地震孕育、发生、发展的过程极其复杂。用还原论的力学分析方法,准确地预测地震的时间、空间、强度三要素,的确是不可能的。

问题在于,人类科学技术发展史多源多流。西方近代科学技术领先世界,不足400年(从牛顿1686年完成《自然哲学的数学原理》算起,至今不足330年)。此前,以有机论和实用化为特点的中国古代科学技术曾经领先世界千年以上,四大发明等惠及西方。直到今天,中、西医仍各有所长,不可代替^[2]。因此,没有理由说:地震预测只有还原论的力学分析一种方法;只有细分的、精确的、还原论的方法才是科学的、合理的。在这种情况下宣布“地震不能预测”,甚至对不同观点的研究施加阻力甚至谩骂,怎么能说不是以偏盖全呢?

*1 温家宝总理在2000年全国防震减灾工作会议上的讲话,中国地震局内部资料

*2 中国科学技术信息研究所.促进中医药科研教育体系建设和发展研究总报告

[收稿日期] 2009-04-17

[作者简介] 李世輝(1932-),男,北京市人,中国科学院工程地质力学重点实验室客座研究员,研究方向为岩石力学地下工程;E-mail:lishh1840@126.com

1.2 几代甚至几十代人以后,地震可能预测

1.2.1 观点

中国地震局局长陈建民 2006 年在《中原减灾》报著文:地震预报是一项世界性的科学难题,攻克难关需要几代人甚至几十代人的努力^{*3}。

汶川地震后,中国地震台网中心负责人为上述观点作论证,理由有 3 点:

1) 地球的不可入性。对地下发生的变化,只能通过地表的观测来推测。

2) 地震的复杂性。地震孕育、发生、发展的过程十分复杂。

3) 地震发生的小概率性。地震发生的重复性时间很长,几十年、几百年、上千年,而进行科学研究都要有统计样本,在有生之年获取样本非常困难^{*3}。

1.2.2 评论

1993 年,中国科学院学部委员傅承义针对一些人质疑“地震预报究竟是否可能的问题”写道:“从逻辑上讲,这个问题现在难下结论。不过预测地震是一个造福人类的崇高事业,既然还没有理由说预测不可能,为什么不能作为一个奋斗目标而坚持下去呢?^[2]”

1966 年 3 月 8 日河北邢台发生强烈地震,造成人员巨大伤亡。在周恩来总理的关怀和亲自领导下,以李四光、翁文波等为代表的中国非主流地震工作者独立自主,开拓创新,取得了 1975 年海城地震的成功预报。这是人类历史上取得显著成效的首次地震预测。1976 年周恩来总理逝世,四人帮猖獗。中国地震局的主导思想开始变化。在国际地震界主流思想的影响下,2004 年中国地震局组织了一次 2020 年中长期远景规划的专家论坛,从根本上改变了战略思路,重心从预测转向了防范。在国家地震局目前的职能职责中,只有一条涉及地震预报;而且涉及实际预报的只有“地震趋势预报”^[3]。事实表明,中国主流地震专家信念动摇,不再承担地震预测预报的责任了。

中国地震台网中心主流专家强调地震预测是世界难题的三条理由,说明目前中国地震局从构造运动的角度研究地震的思路^[2],着重于还原论的力学机理(即地震孕育、发生、发展的过程)分析和参数(地表观测)研究,主要方法是从部分认识整体的两种还原论方法:微分单元法和抽样法。但是,他们并不像美国同行那么坦诚,所谓“攻克难关需要几十代人的努力”,不外乎是既要享有以还原论方法进

行大量监测的利益,又不承担进行短临预报的社会责任而已。

2 从学理层面论证地震界主流观点之不科学、不合理

第二次世界大战结束以来,科学研究正经历着一个历史性大变革。以数理化为主要研究对象的、以简单性探索为特点的大物理时代,正在向以天、地、生、人、思维与社会为主要研究对象的、以复杂性探索为特点的时代过渡^[4~6]。以复杂系统为主要研究对象的系统科学,正在向一门有广泛应用价值的横断科学发展。

地震预测的对象——地球表面的某一特定部分孕育地震的过程及其特征,按照贝塔朗菲创立的、钱学森发展的系统科学观点,应属一种“开放的复杂巨系统”^[7](以下简称“复杂系统”)。方舟子著文概述国际主流地震专家的观点:“地球处于自组织的临界状态,任何微小的地震等级可能演变成大地震。这种演变是高度敏感,非线性的,其初始条件不明,很难预测”^[8]。此言表明,他们已经意识到地震预测具有复杂系统的自组织、非线性等基本特点。

中国主流地震专家对以翁文波、汪成民、耿庆国等为代表的非主流地震专家的诟病,主要有两点:第一点他们的预测往往离不开经验因素。“这些方法得出的结论往往是多解的,必须凭经验进行筛选,否则准确率降低,因此,这些方法不被学术界主流认同”^[9];第二点是多数人对强震预测的可靠度在 10% 以下,政府很难据以决策。文章重点论述第一点,即复杂系统预测与控制的经验因素问题。

关于第二点,汪成民指出:地震预报是一道科学难题,世界上尚未解决。现在的预报主要依据资料与经验。海城地震如此,唐山地震也是如此,基本处于同一水平。从预报的高标准要求(准确地提出地震三要素),都达不到。从预报的低标准要求(不很准确,大体估计在一定时空范围,达到事先向群众打个招呼),海城可以做到,唐山也可以做到^[10]。后一要求,是根据周恩来总理有关指示提出的。

下面从“地震机理研究”的 3 个基本环节切入,应用系统科学原理和方法证明:“准确地提出地震三要素”的要求是不科学、不合理的。

*3 中国地球物理学会天灾预测委员会顾问陈一文,重大天灾预防研究思维方法与实践高峰论坛交流资料

2.1 地震预测系统仿真3条原则

数学模型是对研究系统的数学描述。简单的数学模型,通常用解析式求解;复杂的数学模型,只能在计算机上建立系统模型进行实验,这就是系统仿真^[11,12]。系统仿真有3个基本环节——建模、输入和输出。

2.1.1 地震预测的建模原则

建立模型的任务是确定模型的结构和参数。系统科学的系统仿真建模原则如下:

1) 对于内部结构和参数都清楚的系统,即白箱(多数的地面建筑工程系统均可视为白箱),可以利用已知的一些基本定律,分析推演建立理论分析仿真模型;

2) 对于内部结构和参数都不清楚的系统,即黑箱,如果系统比较简单,可采用经验分析的方法建立仿真模型(例如,通过对系统的实验性观测,进行系统辨识,假设模型,然后进行实验验证和修正);

3) 对于内部结构和参数都不大清楚(一部分比较清楚,一部分很不清楚)的系统,即灰箱,可采用经验分析与理论分析结合的方法建立仿真模型^[11,12]。

地震预测的力学机理和参数研究,涉及广大地区的地质构造、力学性态、参数及其变化,地震孕育、发生、发展具有复杂系统的非线性关系的特点。通过地表观测和推理,其力学机理和参数小部分可能比较清楚,大部分很不清楚。根据系统科学的系统仿真建模原则,地震预测的性质应属于力学机理和参数都不大清楚的“灰箱”,当无疑义。

既然如此,合理的建模原则就不是国内外地震科学界孜孜以求的、对应于“白箱”的地震机理研究,即纯理论分析;也不是对应于“黑箱”的纯经验分析(所谓“瞎子摸象”^[13]);而应是经验分析与理论分析结合。也就是说,对于“灰箱”中机理和参数比较清楚的部分,采用理论分析;对于机理和参数都不清楚的部分,采用经验分析。而且,后者所占比重越大,仿真模型中经验分析的成分也越多。这种建模原则符合中国非主流地震专家的预测实践的实际情况,与汪成民指出的:“现在的预报……主要依据资料与经验”的现状大体一致^[10],符合系统科学原理。

由此可见,国内外主流地震科学家把地震预测“转向研究地震机理”,排斥经验判断,实质是把灰

箱误认为白箱。科学研究方向根本迷失。

2.1.2 地震预测的输入原则

对于地震预测这种复杂系统的行为进行预测和控制,如果像力学数学分析一样,采取“集中控制下的多参数输入”,那么,其一,必须取得海量的信息;其二,必须在高维空间内,解决最优化的任务;其三,由于集中控制具有高度的刚性,只要有一个参数出现错误,就会导致预测发生错误,失去控制。以上3点,正是国内外主流地震科学家的预测屡屡失误的直接原因。

根据系统科学的复杂系统控制原理,对于复杂系统行为的预测和控制,合理的做法是模拟人类的控制活动:做出决策时,既运用精确的定量分析,又在整体上运用直观的经验判断,以严格的数学方法为基础的控制是无效的。对于灰箱,合理的输入方式是“分层控制”^[14]:对于不能精确描述的较高层次,采用对应经验分析(直观)的分层次的模式输入;对于有条件精确描述的较低层次,采用对应理论分析的多参数输入。而且,机理和参数都不清楚的、不能精确描述的部分所占比例越大,采用模式输入的成分或重要性也越大。

“如果要预测一个大地震,就需要精确地知道大范围(而不仅仅是断层附近)的物理状况的所有细节,而这是不可能的”^[8],正好暴露出国内外主流地震界,盲目沿袭的多参数精确输入原则之不科学、不合理性。

2.1.3 地震预测的输出原则

国内外主流地震界认为:“要可靠而准确地对地震做出确定性预测是不可能的”^[1,2,8]。

根据系统科学的复杂系统与精确描述不相容原理^[15,16],地震预测既然是复杂系统,性质属于灰箱,对预测输出结果的合理要求,只能是大体符合实际,可供概略地定量使用。加之,系统复杂性程度愈高,机理和参数都不清楚的部分所占比重越大,输出结果中精确定量的成分越小;而且,对复杂系统行为的认识,不可能一次完成,只能逐步逼近。

由此可见,对地震预测结果提出:一次完成的、机械论的“准确的确定性预测”的要求,无视复杂系统的本质特点,是不科学、不合理的。

2.2 系统科学方法论论证

科学方法论是介于哲学方法和具体科学方法之间的中间层次,是规定科学研究方向、路线的、有一

定战略意义的一般性原则^{*4}。从系统科学方法论的层次追根溯源,有助于说理深透、论证严密。

2.2.1 半经验半理论方法的源头地位

系统科学创始人贝塔朗菲指出:系统研究方法的“必要性来自这样的事实,即可隔离的因果链和分部处理的机械论模式,已不足以解决生物、社会科学等理论问题,而且也不足以解决现代技术提出的实践问题”^[16]。国内外主流地震学家强调的力学机理分析和参数研究,不正是“可隔离的因果链和分部处理的机械论模式”吗?面对复杂系统问题,怎么能“解决现代技术提出的”地震预测预报的实践问题呢?

贝塔朗菲论述了系统研究中两条可能的途径或方法:第一种是直觉方法,本质上是经验论的方法,优点是相当接近实在,容易借助个别例子来表述和验证,但缺乏逻辑严密性和完备性;第二种是推理方法,面临着基本项的选择是否正确的问题,而且与经验事实的联系十分微弱。贝塔朗菲强调指出:一般系统论“就像任何一个科学领域一样,它不得不依靠着经验、直觉和推理手段的配合使用而发展”^[15]。这一总结性的论述表明“半经验半理论方法”在系统科学方法论中处于源头地位。“任何一个科学领域”,当然包括地震预测在内。

系统科学方法论原则表明,国内外地震界主流盲目追求纯理论分析,贬低经验判断的观点,根本是不科学、不合理的。

2.2.2 “专家群体、人的经验知识”是复杂系统研究方法论的必要组成部分

1990年钱学森提出“开放的复杂巨系统的方法论”:从定性到定量综合集成方法,并且阐明:“就其实质而言,是将专家群体(各种有关的专家)、数据和各种信息与计算机技术有机结合起来,把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来”^[7]。

苗东升指出:地震灾害系统是一种非线性动力系统,滞后、瓶颈、饱和、起伏、分岔、突变、指数放大、临界慢化等典型特征表现突出。这是地球表层系统复杂性的表现。海城地震预报成功而唐山地震漏报,不仅是科学技术问题,更重要的是学术观点、社会地位和工作态度以至方针政策的执行问题,深层次则是科学观、文化观问题。当前的“地震能否预测”的争论,背后也正是这些问题。这是社会系统复杂性的表现。地震预测的复杂性,源于地球表层系统的复杂性与社会系统的复杂性的交织。从系统科学方法论高

度观察,“专家群体”和“人的经验知识”,作为地震预测研究方法的必要组成部分,理所当然。

3 典型实例验证

3.1 耿庆国提出早震关系理论,在海城地震中期预报中的重要作用

耿庆国响应周恩来总理的号召,到历次大地震的震中区做调查研究,得到“早震相关”的启发。此后,在“孕震过程中的气象效应”研究中,耿庆国查阅、统计我国大量历史文献资料,于1972年提出中西文化互补的“早震关系大地震中期预报的理论和方法”:震前1~3.5年,大地震的震中区往往是大旱区(华北及渤海地区历史资料符合率97.1%);旱区面积大则震级大,发震晚则震级大(建国后地震实测资料符合率84.8%)^[4,17]。

根据早震关系理论,1974年5月耿庆国在中国地震界力排众议,坚持在华北和渤海地区,“震级在7级以上,甚至7.5级以上强震的危险性,几百天之内强震就有到来的可能”的中期预测意见。1975年耿庆国提出地震前30天的“短期临震气象要素5项指标异常”概念和预测技术方法^[18]。

耿庆国等的中期预测意见,先后得到白介夫、胡克实、周荣鑫、李先念等各级领导的重视,国务院发出1974年69号文件,把是否发生强震的3种意见,都向下传达,并明确:“立足于有震,做到有备无患”,从而向有关7省、市、区发出了明确的地震中期预报^{*5}。

1975年1月在全国地震趋势会商会上,国家地震局主流专家的主导意见仍坚持:今后一两年主要危险在我国西部,东部地震活动已趋减弱,问题不大。汪成民争取到代表部分青年专家也做一个报告,他应用多种理论方法互参互校后认为:1975—1976年我国东部可能发生强震^[4]。

在国务院1974年69号文件中期地震预报的指引下,辽宁省领导及时查明、汇总地震前兆,果断决策,1975年2月4日10时30分发出临震预报,电话通知海城、营口提出5条措施。19时36分海城发生7.3级强烈地震,预报及时正确,百万人及时撤离建筑物,死亡1328人。海城地震预报,至今是人类历史上第一次取得显著实效的、公开的地震预报^[19]。

*4 赵光武. 扬弃还原论发展整体论探索地震奥秘. 在北京大学“自然灾害与应对的复杂性探索研讨会”上的报告

*5 国务院文件(国发[1974]69号)[A]. 中国地球物理学会天灾预测专业委员会. 唐山大地震三十周年纪念文集[C]. 2006:8-18

美国地震专家认为:海城地震预报的成功是“混乱、经验分析、直觉判断和运气的混合”^[8]。这种看法主观臆测的成分居多。虽然海城大地震以前小震较多,动物、地下水等也有异常,但是,在四人帮掀起“反击右倾翻案风”,人人自危的政治形势下,如果没有国务院1974年69号文件发布的明确的中期预报撑腰,哪个地方政府敢于组织百万人停止“批林批孔”及时撤离建筑物?但早震关系理论对于国务院发布69号文件的重要作用,海城、唐山大地震中期预报对于减少伤亡的重要作用,以及辽宁省、营口市组织领导作用,人证物证俱在,无视这些历史事实只是一种无知和偏见*⁶。

3.2 钱复业、赵玉林提出 HRT 波方法,短临地震预测面临突破

1966年邢台地震以来,钱复业、赵玉林在地震监测第一线,积累了丰富的强震地电前兆监测研究经验。1976年唐山7.8级地震后,他们在逆境中,立志在有生之年解决地震短临预测难题。在“地震不是一个孤立的事件,震源区也不是一个封闭的系统,它与区外的介质随时都可能有能量或物质的交换”^[3]观点的启发和支持下,苦苦探索终于发现在此基础上震中区昌黎台记录到的、震前半个月的地电阻率对半月潮有异常响应,于1990年提出潮汐力谐振模型。经过多次地震预测实践的验证,特别是2004年12月26日印尼9.0级地震的地电记录检验,证实确实纪录到距离震中近3000km的潮汐力谐振共振波的传播特征,从而进一步总结出潮汐力谐振共振波(简称HRT波)短临预测地震方法。

在2008年汶川8.0级地震前,他们根据潮汐力谐振共振波,在5月11日夜至12日凌晨5时,分析得到“5月12日~13日在以红格台(在四川省攀枝花市附近)为中心的600~800km环带范围内将发生7.9~8.4级地震,其中一个极震区(北川县)距红格台640km。据此认为HRT波震兆是客观存在的”^[20]。由此可见,HRT波正是百年来国际地质界求之不得的一种‘必震信号’。非主流地震专家这一重大原始性科技创新成果,亟待进一步验证和发展,以造福于中国与世界人民。

不幸的是,汶川地震前,他们建立的4个台站中,因维修经费等问题未得支持,只有一个台在观测,无法给出具体震中位置,未能向职能部门报告^[17]。如果中国地震局主要领导贯彻回良玉副总理2006年12月28日重要批示,他们建立的4个台

站正常运行,应该是有保证的*⁷。

4 结语

正如马克思所说:“理论只要彻底,就能说服人。所谓彻底,就是抓住事物的根本。”(《〈黑格尔法哲学批判〉导言》)系统科学是以复杂系统为主要研究对象的理论和方法。虽然系统科学的深入发展,亟需中国传统文化因素的更多的启发和融合^[4,5]。

半个世纪前,控制论创始人之一艾什比已经指出:“大脑事实上是这样复杂多变,不能指望有一种理论可以达到牛顿理论的那种简单性和精确性”^[21]。地震预测是一种开放的复杂巨系统性质的科学技术问题。囿于力学分析模型和参数研究而作茧自缚,无视系统科学的宏观指导作用,轻视基于中国传统文化的有机整体性经验判断,这是中国主流地震专家屡屡判断失误,特别是在汶川大地震前出现了严重的战略性判断的失误的根本性原因*⁸。

致谢:笔者非地震专业,述评学力不足。听取各方专家学者意见,本文修改补充多次,先后经中国地震局中国地震预测咨询委员会委员耿庆国研究员、副主任汪成民、徐道一研究员审阅指正,并提供重要资料;并经苗东升教授、宋正海研究员和冯国瑞教授审阅指正,谨致谢忱。

参考文献

- [1] 徐道一. 中国地震预测研究的战略特色[A]. 辽宁省地震局等编. 纪念海城地震三十周年文集[C]. 沈阳: 中东出版社, 2006
- [2] 梅世蓉主编. 中国地震预报概论[M] 傅承义序. 地震出版社, 1993.
- [3] 王中宇. 地震预报,路在何方? [N]. 科学时报, 2008-6-10.
- [4] 伊·普里戈金, 伊·斯唐热. 从混沌到有序:人与自然的对话[M]. 曾庆红, 沈小峰译. 上海:上海译文出版社, 1987. 中译本序, 57.
- [5] 赫尔曼·哈肯. 协同学:大自然构成的奥秘[M]. 凌复华译. 上海:上海译文出版社, 1995

*6 耿庆国. 早震关系对海城唐山大地震的中期预报回顾. 中国地球物理学会天灾预测专业委员会编. 唐山地震三十周年纪念文集. 2006:4, 8-18

*7 中国地震预测咨询委员会. 地震预测咨询通讯(第三期). 2008, 10, 9-17

*8 汪成民. 对汶川大震的预测存在两种尖锐对立的意见. 中国地震预测咨询委员会. 地震预测咨询通讯(第三期). 2008, 10, 9-17

- [6] 宋正海,孙关龙主编. 中国传统文化与现代科学技术[M]. 杭州:浙江教育出版社,1999
- [7] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志,1990,13(1):1-10
- [8] 方舟子. 地震预测的梦想与现实[N]. 中国青年报. 2008-5-28.
- [9] 马宗晋,张进,王国权,等. 地球到底怎么了[J]. 科学中国人,2001,(4):18-20
- [10] 张庆洲. 唐山警世录[M]. 上海:上海人民出版社,2006:121-129,156-159,174-175
- [11] 王正中. 系统仿真及其在系统工程中的应用[A]. 系统工程普及讲座汇编(下)[C]. 北京:中国科协普及部,1980:93-97
- [12] 许国志主编. 系统科学[M]. 上海:上海科技教育出版社,2000
- [13] 李志强. 地震预测还处于前科学阶段[A]. 徐德芳. 2008 中国十大新知话题. 话题 4:地震能否“预测”[N]. 新京报. 2009-1-11(11)
- [14] Lerner A Y. 控制论基础[M]. 刘定一译. 北京:科学出版社,1983:241-244
- [15] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津:天津科学技术出版社,1985
- [16] 冯·贝塔朗菲. 一般系统论:基础、发展和应用[M]. 魏宏森等译. 北京:清华大学出版社,1987
- [17] 耿庆国. 中国早震关系研究[M]. 北京:海洋出版社,1985
- [18] 耿庆国. 对 2008 年 5 月 12 日汶川地震预测过程的简略回顾[A]. 中国地球物理学会编. 中国地球物理 2008[C]. 北京:中国大地出版社,2008
- [19] 卫一清,丁国瑜主编. 当代中国的地震事业[M]. 北京:当代中国出版社,1993:73-75
- [20] 钱复业,赵壁如,钱卫,等. 汶川 8.0 级地震 HRT 波地震短临波动前兆 HRT 波地震短临预测方法——关于实现强震短临预测可能性的讨论[J]. 中国科学 D 辑:地球科学,2009,39(1):11-23
- [21] 艾什比. 大脑设计[M]. 乐秀成等译. 北京:商务印书馆,1991:34

A systems view of the earthquake forecast

Li Shihui

(Key Laboratory of Engineering Geomechanics, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

[Abstract] The focal point of this paper is to use the principle and method of systems sciences to prove that the standpoint of the mainstream earthquake scientists is unscientific and unreasonable, namely, the earthquake can't be forecasted essentially, and to prove the opposed standpoint is scientific and reasonable, namely, roughly estimate the range of time and location of the strong shock to a certain degree, and lead masses to know beforehand. To have limited space, this paper further proves the conclusion with only 2 examples only.

[Key words] earthquake forecast; earthquake prediction; complexity; systems sciences; complement each other of Chinese traditional culture and western culture