

地震预报新概念

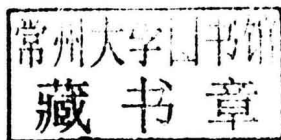
陈立德 付虹 著



地震出版社

地震预报新概念

陈立德 付虹 著



地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地震预报新概念 / 陈立德, 付虹著. —北京: 地震出版社, 2014. 2

ISBN 978-7-5028-4362-5

I. ①地… II. ①陈… ②付… III. ①地震预报—研究 IV. ①P315.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 275822 号

地震版 XM3117

地震预报新概念

陈立德 付虹 著

责任编辑: 张友联

责任校对: 凌 樱

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68455221

专业部: 68467982 68721991

<http://www.dzpress.com.cn>

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

版 (印) 次: 2014 年 2 月第一版 2014 年 2 月第一次印刷

开本: 710×1000 1/16

字数: 127 千字

印张: 8

书号: ISBN 978-7-5028-4362-5/P (5051)

定价: 30.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

前 言

据现代汉语词典解释,“概念”一词是人类在认识事物过程中,把事物的共同特征加以概括而形成的一种思维形式,它反映了客观事物一般的和本质的特征。据此可以认为科学工作者提出的观点、模型、理论均可称为概念。

科学研究类似于人们在充满问号的地洞中探索前行,科学新概念则像探索者前行中突然看见了一根火柴发出的亮光,这亮光虽然微弱,但是沿途若不断有这样的亮光,它同样能帮助探索者走出洞口见到光明。科学新概念能给探索者照亮一段路,推开一扇窗。

作者在多震的云南预报一线从事地震预报实践及研究已有三四十一年。20 世纪 80 和 90 年代作者有幸先后到美国帕克菲尔德和苏联加尔姆地震预报试验场、大地物理所等地考察并作学术交流,同期还参加了中美滇西预报试验场的合作研究。这些经历使作者增长了知识,开阔了眼界,但是大量的观测资料、预报实践和研究成果,经常使我们感到:一些目前指导我们预报实践的概念有的可能是错误的;有的可能有明显的片面性和缺陷;有的可能不适合中国地体环境。本书部分内容涉及了这些问题,并提出了新的看法和观点。

全书共 10 篇文章,其中多数已公开发表,其余为作者在地震预报骨干培训班的讲稿或科学讨论会上的报告。它们被分别编入地震预报某些问题的理论及发展战略思考和地震前兆有关理论及震例研究等两大题目中。地震预报比我们预先设想的困难要大得多,它需要预报人员从观测、预报实践、实验和理论研究中,提出新概念,在预报实践中检验并完善它,以推动地震预报事业向前发展,这也是出版本书的目的。由于作者水平有限,诚请同仁们批评指正。

作 者

2013.7 于昆明

目 录

一、地震预报某些问题的理论及发展战略思考

地震预报某些问题的理论思考	3
岩浆活动型地震	
——以唐山地震为例	10
板块构造模型的普适性质疑	
——或许它不适合中国大陆地体环境	25
中国地震预报发展规划应突出探索性和实验性	38
地震预报难在哪里	46

二、地震前兆有关理论及震例研究

强震短临前兆异常共性特征的物理基础	53
火山喷发与地震前兆对比研究及机理讨论	60
汶川等巨震震前 $M \geq 5$ 地震活动对比研究	81
汶川 8.0 级地震前兆异常对比研究	94
汶川 8.0 级地震前云南前兆观测显著异常分析	109

一、地震预报

某些问题的理论及发展战略思考

地震预报某些问题的理论思考^{*}

陈立德

摘 要：本文根据系统科学有关理论和实验成果，对地震预报的理论基础、地震预报决定论目标追求是否正确及预报原则等进行了分析和讨论。综合预报的理论基础是系统科学的整体观。地震预报的决定论追求是一个错误目标，概率论方法更具普适性。

关键词：地震预报 系统科学 理论思考

引 言

地震预报没有过关但社会仍然需要，就像人们明知道癌症治疗没有过关，仍需要医生治疗一样，因此地震预报责任重大，社会期盼地震预报水平尽快提高。

提高地震预报水平涉及多环节和多方面工作，加强地震预报理论研究是重要环节之一，本文用系统科学的有关理论对综合预报的物理基础、地震预报决定论目标追求是否正确及预报原则等问题进行了讨论。

系统科学是 20 世纪 30~40 年代以来逐渐兴起的一门新兴学科，钱学森先生将系统科学、控制论、信息论、协同学、混沌等统一归纳

^{*} 本文原载于中国地震预报探索，北京：地震出版社，2008，86~89。

为系统科学,并指出系统科学由系统工程学(工程技术层次)、系统方法学(技术科学层次)、系统学(基础科学层次)、系统观(哲学层次)等组成^[1]。系统科学具有强烈的现代科学方法论色彩,它是改变世界科学图像和当代科学思维方式的新科学,它使科学家们长久以来难以解决和理解的许多问题,都变得容易和简单了^[2]。

1 整体观——综合预报的理论基础

整体观是中国传统人文和自然科学观的核心,它主张部分与整体、整体与环境的联系、交流和协调。但是随着近代西方科学方法论的兴起和传播,整体观曾被忽视,科学家们习惯用西方分析的方法去研究处理复杂问题。分析方法的基础是还原论,还原论认为整体的性质是由各部分的性质决定的,因此,可用部分的性质去推断整体的性质^[3]。分析的方法虽曾促进过现代科学技术的进步和发展,但是随着研究的深入,越来越多的人认识到,科学越分越细,对人们认识和了解自然规律构成的障碍也越来越大,很多理论成果与人类对世界的直观感觉偏离太远^[2]。

对此,德国现代物理学家协同学创始人哈肯曾指出,在研究复杂系统时,整体观显得至关重要^[3]。系统科学认为系统是分层次的,从子系统的微观层次过渡到整个系统的宏观层次,系统会衍生出新的特性。例如,现代医学研究表明,心脏病中的纤维性房颤患者,其心脏的各子器官都是正常的,它们仅在子器官的整体协调上出了差错^[2],这就是系统科学主张的部分之和不等于整体,整体大于部分之和,整体具有部分之和所不具备的新的功能的典型例证之一。原因是系统通过与环境的能量流、物质流等信息输入及系统内各子系统的协同和相干效应,系统获得了信息增益,整个系统具备了各子系统在微观层次上所不具备的功能,据此即可认为分析的方法不能代替整体性方法的研究。

地震孕育系统是一个复杂的系统,表现在动力、介质、结构、地球环境等诸多方面的复杂性上,因此,对地震孕育和三要素的判断和研究,仅靠应力-应变、地磁、流体、地震学等单学科的研究都有片面

性，它需要综合上述各学科所有信息，从整体上进行分析判断，这就是系统科学整体观给出的地震综合预报的理论基础。据此，我们可以对原来定义不确切、理论基础模糊不清的地震综合预报，做如下定义：地震综合预报是从孕震系统整体出发，对孕震系统力源、介质、环境、结构和破裂过程及各子系统之间关系进行观测和研究，根据系统的过去、现在的总体信息特征，对孕震过程所处的状态和地震三要素作出概率性或决定性与概率性相结合的分析 and 预测。

2 地震预报的决定论追求——一个错误的目标

大多数人都认为目前的地震预报还处于以物理为基础的经验性预报阶段，但相当一部分人寄希望于通过试验、理论或两者相结合的研究能写出一组方程，然后按要求输入有关参数，方程就能输出所需要的预报结果，该结果将弹无虚发地与实际地震一一对应。这一追求与 18 世纪决定论大师拉普拉斯的看法如出一辙，拉氏认为“将用同一个方程式囊括大到宇宙最重天体，小到最轻原子运动；对于它来说，再没有什么不确定的东西；未来和过去同样在它眼前”^[2]。

但是系统科学的研究却一再证明，拉氏的决定论是特例，只在少数条件下成立。自然界大量存在的却是复杂系统，哈肯指出“物理越是遇到复杂系统，就越需要新的概念。其主要特点——如准确预言的本领也会逐渐丧失”^[3]。例如游戏场中的秋千，既可出现有规则的前后摆动，也可变成杂乱的，永不出现重复过去已有过的摆动方式。秋千既受阻尼又受到驱动，阻尼是因摩擦力使其静止下来，驱动力则是周期性的推力，即使阻尼和驱动力两相平衡，系统本身也不会处于平衡状态，世界上这种系统比比皆是^[2]。

物理学对系统演化的描述有决定论和概率论两种体系，其区别如表 1 所示。

表 1 决定论与概率论的区别

决定论	概率论
代表学科：牛顿力学	代表学科：统计物理学、概率论
“一一对应”，一个值导致一条确定轨迹	“一多对应”，一个平衡态可对应多个微观态
过去现在决定着未来，外力不突变系统不自发突变	过去现在不一定决定着未来，控制参数微小变化可引起系统突变和巨变，蝴蝶效应为典型例子
力学方程是可逆的	力学方程允许有热力学的不可逆过程

笔者认为系统科学的下述哲学式物理定律，可能对地震预报所走道路的选择，有一定的指导意义：

(1) 可逆性和决定论只适合于简单情况，是特例。不可逆和概率论才是自然界和物理学的基本定律。

(2) 系统控制变量的微小变化，可导致系统整体行为出现显著变化，分岔和突变是自然界复杂系统的普遍规律。

(3) 混沌研究表明，许多复杂系统均为混沌系统，混沌系统的特征之一是稳定性中包含有随机性，特别是对初值的敏感依赖性，系统的随机性是系统内非线性动力学本身产生的不规则（非周期）的宏观时空行为^[4]。

综上所述，可以认为地震预报追求决定论的目标是一个不切实际和不可能实现的目标，地震预报应该是概率论的预报。

混沌系统也被称为非线性系统或复杂系统，特点是稳定性中包含着随机性。地震孕育系统是一个混沌系统，地震活动区的共同特点是强震活动一段会转入平静，平静一段会转为活跃；各活跃期和平静期的持续时间、强震活动的时间序列分布各不相同，即不会完全自我重复，这些都是混沌系统的典型特征。活跃后一定会转为平静或其相反过程，是系统稳定特征的表现；然而它们在活跃或平静持续时间长短，时间序列分布上的不重复性则是系统随机性的表现。

在此我们特别将强震活动的上述活跃平静的交替现象，称为地震

活动时间过程的混沌周期，地震的混沌周期具有时间长度的不规则性和时间序列分布的不完全重复性等特征，不完全重复性特征与预报人员用混沌周期预测未来活跃期和平静期的开始或结束时间出现差错，必定有某种内在联系，这是自然规律赐予的结果。

再如前兆异常出现或结束时间与强震发生时间的相关关系离散度大，千万次地震的余震序列找不到两次完全相同的序列等，都是系统内部随机性引起不完全重复性的表现。

既然这是自然规律，在目前技术和科学水平条件下，预报人员应精心研究恰当的预报时间窗、地域窗和震级窗，采取恰当的措施和发布方式公布地震信息，以取得有减灾实效的预报效果。

3 预报原则讨论

3.1 类比外推原则

这一原则的前提是，系统的未来是过去和现在的延续或继承，因此该原则可根据事件的先发过程和现在的情况，类比外推到将要发生的事件中去，但是根据前述系统学的有关结果可以认为：

(1) 自然界大多数系统是开放的复杂系统，复杂系统的结构和参数是不断演化的，且原则上是不可逆的，因此，在时间过程上不是简单的延续，未来就不可能是过去和现在的简单重复。

(2) 开放系统的演化对环境信息十分敏感，在临界点附近控制变量的微弱变化，系统会出现分岔和突变，孕震系统是一个开放的系统。

因此，类比外推原则只适用于自然界稳定的周期系统，这样的系统是少数个例，不具普适性。

3.2 概率原则

一般将结构和机理清楚，理论上能精确预测其运动规律的系统称为“白箱”系统。相反把结构和机理不清楚，理论上不能说明其运动规律的系统称为“黑箱”系统。介于两者之间的称为“灰箱”系统。“黑箱”和“灰箱”系统不能根据它们的过去和现在精确地预测其未

来某时刻的状态,只能从已发事件的统计上对它的将来状态进行概率性预测。

普利高津指出“不可逆和概率必然和物理学有关,而不是和我们对物理学无知有关”,“不可逆性和概率论才是这个世界的规律”^[1]。概率预测一般采用大概率原则,但是概率毕竟只是多种可能性中某一事件发生可能性大小的量度,可能性大不等于必然事件,相反也不等于不可能事件。例如,1995年7月至1996年2月云南先后发生了7.3级、6.5级和7.0级三次强烈地震,这在历史记录中仅1941~1942年有过一次,属于小概率事件,但是它却发生了。

3.3 追踪原则

系统的演化受环境和系统内子系统协同作用和相干效应影响,发震过程往往与预测结果存在误差,长、中期预测更是如此。这都是孕震系统受环境、子系统之间协同作用和相干效应影响的结果,因此,必须将预测结论与实际过程不断地进行对比分析,并根据实际进程对预报结果作出修正,进行追踪预报。

3.4 因果原则

除孤立系统外,其余系统总是存在于环境当中,假设环境对系统的信息输入是原因变量 Y ,系统接受后的输出结果是变量 X ,则可建立一个原因变量与结果变量之间的输入-输出模型,进行决定性和因果预测。可见因果预测是建立在原因变量与结果变量之间有生成联系且结果唯一基础上的,但在地震预报实践中部分预报人员只讲时序关系,不讲或忽视生成联系和唯一性分析,这与因果原则前提相悖。

前兆异常与地震之间是否是生成联系尚无定论,笔者认为它们之间可能是伴生的有先后顺序的兄弟关系,其生父母可能是区域应力。

后记 2008年是我们著名地球物理学家梅世蓉先生80华诞,梅先生是我国地震预报事业开拓者、引路人、贡献卓著,桃李满园,特撰此文以兹祝贺,愿梅先生健康长寿。

参 考 文 献

- [1] 周硕愚, 系统科学导引, 北京: 地震出版社, 1988, 1~20、189。
- [2] 詹姆斯·格莱克著, 张淑誉译, 混沌, 上海: 上海译文出版社, 1990, 1~9, 318、298、45。
- [3] H. 哈肯著, 郭志安等译, 信息与组织组, 成都: 四川教育出版社, 1988, 15~17。
- [4] 李后强、程光钺, 分形与分维, 成都: 四川教育出版社, 1990, 124。

岩浆活动型地震——以唐山地震为例

陈立德 付虹 赵小艳

摘 要：岩浆活动型地震是岩浆上涌的温差应力、底辟扩张上冲力使上覆岩层快速破裂的结果。文中对岩浆上涌的应力分布、区域应力对岩浆活动的影响和温差应力的量级进行了分析和估算。岩浆活动型地震的观测依据为震区内的重力、地温异常和深部介质的低速、低电阻率逆转层的存在。岩浆活动型地震与构造地震的力源不同，其发震地区的构造环境、破裂方式和特征、地震序列类型和强余震延续时间等有明显差别。前者具有：震区内无先存断裂或规模很小，破裂方式为张性共轭多点破裂，极震区垂直运动行迹明显，地震破裂尺度小或不明显，高烈度等震线长、宽比较大，序列多为震群型、部分余震呈双向共轭有序分布或为爆发型余震， $M \geq 5$ 地震延续时间长等特征。前兆方面具有异常数量多、幅度大、分布广、异常显著等特点。这类地震在某些地区其数量不少于构造地震。

关键词：岩浆活动型地震 岩浆囊 双向共轭多点破裂 地震力学成因

前 言

按地震力学成因分类，传统上将地震分为构造地震、火山地震及崩塌陷落地震等。普遍认为构造地震数量多、危害大。黏滑及弹性回跳理论作为它的理论基础，并被用以解释与地震有关的现象、指导地震预测预报和有关研究工作。

但是本文将提到唐山震中区的重力、地温异常和深部介质存在波速、地电阻率逆转层等观测事实以及震级相近而地点不同的地震在地

表破裂尺度、地震序列和 $M \geq 5$ 余震持续时间等方面表现出的显著差异,则可以认为地震力学成因,不应该只有以黏滑和弹性回跳理论为基础的构造地震一种,有些现象是这一理论解释不了的。

国外研究火山的学者将火山地震分为 A、B 两种类型: A 类为火山性地震,它是一种受岩浆活动影响而发生的构造地震; B 型被称为火山地震,它是地壳岩浆及所含气体在喷溢出地表之前地下热液物质冲击火道内堵塞物或其上覆岩层使其产生快速破裂或发生水汽爆炸所引起的地震^[11]。

受诸多因素影响,深部岩浆以火山形式喷溢至地表的是少数,绝大多数以层状、柱状或囊状等不同形式存在于壳幔之间和地壳的不同深度。

受上述 A 型火山性地震启发,作者认为地下岩浆及所含气体沿深断裂、裂谷或其他通道的上涌过程中,在其底辟扩张冲击力、温差热应力作用下,同样能使上覆岩层快速破裂发生地震。这类地震可将其称为岩浆活动型地震。

之所以以唐山地震为例,是因为唐山及其渤海周围地区,自 1967 年被列为国家重点监视危险区后,相继建立了有线传输地震台网、精密水准测量网和一大批地形变、地下流体、地电阻率、地应力等前兆观测台站。1970 年开展了流动重力观测,1968~1984 年对包括唐山地震震中区在内的华北地区开展了 10750km 测线长度的人工地震测深、大地电磁测深等探测研究工作。1976 年震后许多学者对唐山地震进行了研究,并取得了一批重要成果^[1,2,3]。现对唐山震区岩浆活动型地震存在的依据、岩浆上涌的应力分布和温差热应力量级、破裂特征及有关结论和讨论分述如下。

1 岩浆活动型地震存在的主要依据

1.1 岩浆涌入的地球物理证据——重力异常

1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震前,经过震中唐山的重力测线有:北京—天津—山海关铁路测线和北京—三河—玉田—唐山—乐亭

公路测线，两测线在唐山的测点分别为火车站（唐山Ⅰ）和市内（唐山Ⅱ），相距约 2km（图 1（a））。测量结果表明铁路测线唐山测点的测值，若以北京为起点至震前 1975 年底累计上升 $130\mu\text{Gal}$ ，震后逐渐下降（图 1（b））；公路测线 1976 年 3 月 23 日和 7 月 6 日两次测值在震前 3 个多月的时间内唐山震中附近的重力值上升 $165\mu\text{Gal}$ ，震后略有下降（图 1（c））。

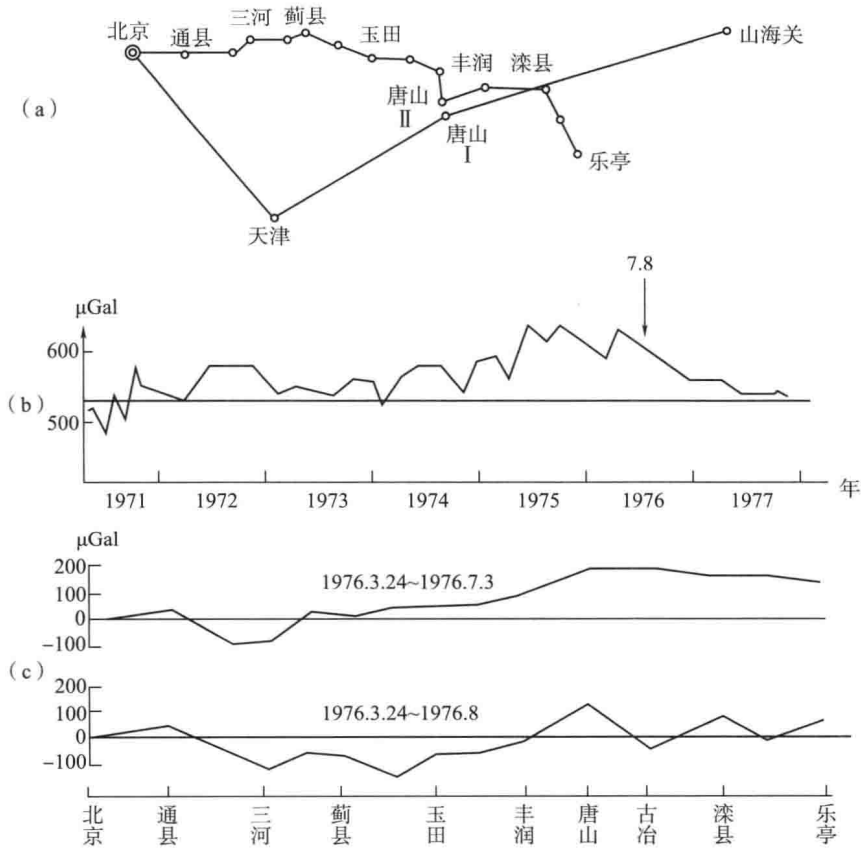


图 1 唐山地震前震中区重力变化（据张国民）

(a) 重力测线（细线为公路测线；粗线为铁路测线）；(b) 唐山相对于北京的重力变化；
(c) 北京—乐亭公路测线的重力变化

重力变化可由地面高程升降及测点下面介质密度变化引起，也可由物质迁移引起。陈运泰、张国民等指出^[1,2]唐山地震前的 1971~1975 年，