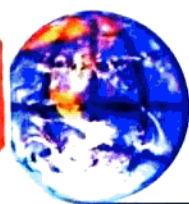
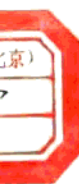
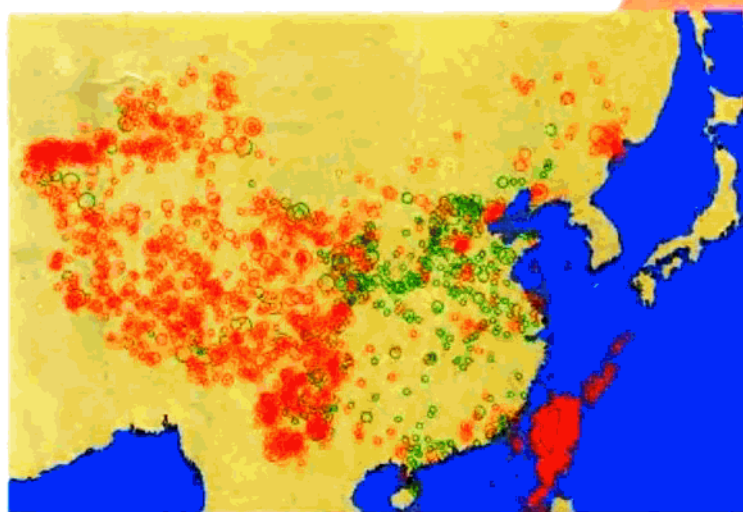


地震预报系列教材

地震宏观异常预报方法

国家地震局预测预防司



地震出版社

地震科学联合基金资助

登	89492
	P315.7
	009

地震预报系列教材

地震宏观异常预报方法

国家地震局预测预防司

S429/13



地震出版社

1997

内 容 提 要

本书以我国近 30 年来发生的几次大地震为背景,在详细占有资料的基础上,较全面地总结我国利用宏观异常预报地震的经验,对大地震前的各种宏观异常现象作了有概括性的描述,对宏观异常的映震机制和预报地震方法作了探讨和论述,并对地震宏观异常的观察、收集和分析方法作了较为全面的介绍,对地震宏观异常在我国地震工作中的地位、现状及发展前景提出了自己的见解。

本书资料详实,写作详略适当,文字简练,可读性强。是一本讲述宏观异常预报地震方法的教材,也是一本较为理想的地震科普读物。

本书可供地震、地质科研人员,地震预报人员,以及广大读者阅读和参考。

地震预报系列教材
地震宏观异常预报方法
国家地震局预测预防司

责任编辑:李和文
责任校对:耿 艳

地震出版社出版发行
北京民族学院南路 9 号
中国地质大学轻印刷厂印刷

787×1092 1/16 7.75 印张 198 千字
1997 年 2 月第一版 1997 年 2 月第一次印刷
印数 001—600

ISBN 7-5028-1380-2/P·861

(1808) 定价: 12.00 元

《地震预报系列教材》编辑委员会

主 编：孙其政

副 主 编：张国民 李宣珣 陈建民

编 委：高 旭 丁鉴海 朱传镇 吴宁远 修济刚

李友博 刘蒲雄 陆远忠 钱复业 王 炜

徐京华 罗兰格 吴翼麟 郭大庆 辛书庆

李志雄 刘升礼 王瑜青 高荣胜 刘小伟

张志波 康 建

本书编写人员：王运启 田 钧

序

地震监测预报是防震减灾的一个重要环节，也是整个防震减灾工作的基础。破坏性地震给人类造成的灾难，使地震预报成为人们长期以来追求的目标，成为当代地球科学中最富有魅力的一项前沿性课题。近代科学技术的进步逐渐为实现这种目标提供了可能。特别是经过近30年来艰辛的探索，人们在认识地震发生过程，掌握和应用地震预报理论、技术、方法等方面已经取得了长足的进步。在地震预报的实际应用中所获的某些成功，对减轻地震灾害的经济损失和鼓舞人们实现预报地震的信心起了积极的作用。

地震预报作为一个难度很大的科学问题，期望在短时间内从根本上过关是不切合实际的，它需要几代人做坚持不懈的努力。因此，提高地震预报工作者的业务水平与技术素质是当务之急的大事。为便于现在从事这一领域工作的科技人员学习国内外已取得的成果，也便于未来将要从事这一领域工作的科技人员继承、检验、发展地震预报的理论、技术、方法，国家地震局预测预防司组织有关专家编写了《地震监测技术系统系列教材》和《地震预报系列教材》丛书。

这两套丛书包括了目前地震监测预报实践中各种常用的学科方法，它是广大地震科技工作者长期以来辛勤劳动的结晶，反映了近30年来，特别是近十多年来地震监测预报“清理攻关”、“实用化攻关”、“深入攻关”的成果。这两套丛书既适用于地震监测预报工作人员的培训，也对广大科技人员从事地震科学研究，特别是地震监测预报研究有重要的参考价值。笔者期望并相信这两套丛书的编写、出版，将对提高地震监测预报工作人员的业务水平，促进地震监测预报研究的深入开展和进一步减轻地震灾害损失，发挥积极的作用。

陳章立

1996.11.20

前 言

地震之前出现的宏观异常现象是重要的地震前兆,与其他地震监测手段相比,宏观异常有着独特的映震特征。在我国海城、松潘等一系列地震的预报过程中,宏观异常起到了十分重要的作用。

在地震预报工作中,虽然宏观异常作为统一的地震预报手段而存在,但因其异常种类繁多,涉及地下水、动物、声、光、电等多种方面,很难给人形成以完整的印象。各类异常分属不同的专业领域,人们难以对各类异常的映震特征、观察和观测方法、分析预报过程有全面的了解,以致影响着地震宏观异常预报方法的广泛应用和深入发展。

1994年初,国家地震局下达了关于编写《地震宏观异常预报方法》的任务,以后,国家地震局前震害防御司具体组织和指导了该书的编写。根据国家地震局有关方面指示,编写本书的目的在于向读者系统地介绍地震宏观异常预报方法,以利于地震工作者及有关人员熟悉和掌握宏观异常预报地震的方法。这也是作者的愿望。

本书读者对象为市、县级地震业务管理人员和台站广大职工。鉴于此,本书着重于宏观异常预报地震过程的描述,不涉及异常观察、观测的具体操作,力图以最短的篇幅满足读者的需求;在利用宏观异常预报地震方面,争取向读者提供一个完整的科学思路,并以此为媒介,向读者展示目前国内外地震宏观异常的研究水平和现状。

各类宏观异常分属不同的知识领域,有较强的独立性,但作为地震前兆手段又都统一于地震预报研究之中。因此,在编写过程中,除第二、三、四、五章把各类宏观异常的现象、产生原因及研究和发展分别介绍外,其余各章均把宏观异常作为整体统一介绍。这样,不仅在叙述各类异常现象时避免混乱,节省篇幅,还有助于全书思路明确,结构紧凑,容易使读者形成利用宏观异常方法预报地震的整体印象。

写作中,作者力求繁简适当。由于地下水、动物和声、光、电异常在宏观异常中占据主导地位,是目前普遍开展观测和研究的主要对象,因此,也是全书的重笔所在,对上述异常的现象、形成机制、映震特征及其与地震的关系作了较详细的描述,而对其他异常现象只作概略的介绍。在写作方法上,论述篇幅尽量减小,而以大量的实例说明问题,力求全书简明扼要,达到既能说明问题又有较强普及性的目的。

本书第一、二、三、六、八、十章由王运启执笔,第四、五、七、九章由田钧执笔,最后由王运启进行统一修定。

由于作者水平有限,加之时间紧迫,书中不妥之处在所难免,恳请专家和读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 关于地震宏观异常	(1)
1. 地震宏观异常及其分类	(1)
2. 我国古代关于地震异常的记载	(2)
3. 地震宏观异常在地震预测预报中的应用	(3)
第二节 地震宏观异常预报地震的科学性	(3)
1. 宏观异常的震兆形象	(3)
2. 宏观异常的映震机理	(4)
3. 宏观异常的可靠性	(4)
第三节 地震宏观异常在我国地震预报工作中的地位和作用	(5)
1. 地震宏观异常的预警作用	(5)
2. 宏观异常观测是目前地震微观观测的重要补充	(6)
3. 人们利用宏观异常防震避险	(6)
第二章 地下流体异常	(8)
第一节 地下水异常	(8)
1. 地下水异常现象	(8)
2. 地下水宏观异常的形成	(9)
3. 温泉的异常变化	(10)
第二节 地下油气异常	(12)
1. 气体异常现象分类	(12)
2. 逸出气体的来源	(13)
3. 震前喷油现象	(14)
第三节 地下流体宏观异常的映震特点	(15)
1. 异常分布广泛	(15)
2. 异常反应明显	(15)
3. 临震前, 异常向未来震中地区逐渐集中	(16)
4. 临震异常的分布多与发震构造有关	(16)
5. 地下流体异常的敏感点	(16)
第三章 地球物理因素异常	(18)
第一节 地光	(18)
1. 地震光象及其分类	(18)
2. 地光出现的环境	(19)
3. 震前地光的时、空分布	(20)
4. 地光的危害	(20)

第二节 地声	(22)
1. 关于地声的描述	(22)
2. 发声时间和声源	(23)
3. 浅源地震、基岩露头区及临水地区容易听到地声	(24)
4. 关于地声的现场观测	(24)
第三节 电磁异常与地震动	(25)
1. 电磁异常	(25)
2. 人感地动	(27)
第四节 声、光异常的特殊映震效果	(28)
1. 地光和地声是特殊的临震异常指标	(28)
2. 地光和地声的预警意义	(28)
第四章 动物异常	(30)
第一节 关于动物异常	(30)
1. 动物异常现象	(30)
2. 动物异常的表现形式	(31)
3. 震前动物异常的自然属性	(31)
4. 动物异常在临震预报中的作用	(32)
第二节 动物异常的种类	(32)
1. 穴居动物异常	(33)
2. 水生动物异常	(33)
3. 禽类异常	(33)
4. 牲畜异常	(34)
第三节 动物异常的原因	(35)
1. 动物的特殊生理	(35)
2. 声发射	(36)
3. 地味	(37)
4. 光电效应	(38)
5. 其他原因	(38)
第四节 震前动物异常的基本特征	(39)
1. 震前动物异常的基本类型	(39)
2. 震前动物异常出现的时间	(39)
3. 震前动物异常的空间分布	(39)
4. 震前动物异常与震级的关系	(41)
5. 震前动物异常与孕震过程的关系	(41)
第五节 我国对动物异常的实验与研究	(42)
1. 我国对动物地震异常研究的进展	(42)
2. 专业地震动物试验场的建立	(43)
3. 动物异常观测的规范化	(43)
第五章 几种宏观异常现象简介	(45)

第一节 气象与地震	(45)
1. 大气局部增温	(45)
2. 旱、涝、震	(45)
3. 风与地震	(46)
第二节 地表异常与地震	(47)
1. 地裂缝	(47)
2. 地面塌陷与凸起	(47)
第三节 海洋异常与地震	(48)
第四节 植物与人体异常	(49)
1. 植物异常的分类	(49)
2. 植物异常的原因	(50)
3. 震前人体的异常反应	(50)
第六章 宏观异常的识别	(52)
第一节 宏观异常的鉴别	(52)
1. 非震宏观异常的一般特点	(52)
2. 关于异常鉴别的几个问题	(53)
3. 关于“恐震心理”	(54)
第二节 地下流体非地震异常的形成因素	(55)
1. 气象因素	(55)
2. 地质因素	(56)
3. 人为因素	(57)
4. 故障因素	(57)
第三节 动物异常的识别	(58)
1. 动物单体异常的特殊性	(58)
2. 非地震性动物异常的形成	(58)
第四节 非震地光异常	(60)
1. 非地震球状光及其与地震光的区别	(60)
2. 某些大气发光与地光的区别	(61)
第五节 非地震植物异常	(61)
1. 非地震植物异常及其原因	(61)
2. 植物异常的分析 and 识别	(62)
第六节 非震地裂缝异常	(63)
1. 构造裂缝及其特征	(63)
2. 非构造裂缝的特征	(64)
3. 非构造裂缝的产生	(64)
第七章 宏观异常的观察与收集	(66)
第一节 宏观异常的观察	(66)
1. 宏观异常的观察方法	(66)
2. 宏观观察的内容和方法	(67)

3. 常规观察与加密观察	(68)
4. 宏观异常的重点解剖	(68)
第二节 宏观异常资料的收集与整理	(69)
1. 宏观异常资料的收集	(69)
2. 宏观异常收集的时机与重点	(70)
3. 宏观异常的分类与整理	(71)
第八章 宏观异常资料的分析	(74)
第一节 宏观异常与地震	(74)
1. 宏观异常的种类特征	(74)
2. 宏观异常的分布特征	(75)
3. 异常时间和迁移特征	(75)
4. 震后效应	(76)
第二节 宏观异常的分析要素	(77)
1. 宏观异常的分析原则	(77)
2. 宏观异常的影响因素	(77)
3. 特征异常	(79)
4. 宏观异常的动态分析	(80)
第三节 典型震例	(84)
1. 海城地震	(84)
2. 唐山地震	(86)
3. 松潘地震	(89)
4. 龙陵地震	(90)
第九章 宏观网点的建设与管理	(94)
第一节 宏观网点建设的原则	(94)
1. 宏观网点的特殊性	(94)
2. 宏观网点的建设目标和一般形式	(95)
3. 宏观网点建设要解决的几个问题	(95)
4. 宏观网点的分类管理	(96)
第二节 宏观网点的组建	(96)
1. 宏观网点组建的一般形式	(96)
2. 宏观网点的观察(测)员、观察点和观察对象	(96)
3. 观察点的布设和要求	(97)
第三节 宏观网点的管理	(97)
1. 组织管理	(98)
2. 业务管理	(98)
3. 资料管理	(98)
4. 宏观网点的更新与调整	(100)
第十章 地震宏观异常观测方法的研究和发展	(102)
第一节 我国地震宏观异常观测研究的历程和现状	(102)

1. 关于地下流体的观测研究	(102)
2. 关于对动物的观测和研究	(103)
3. 关于对声、光、电磁异常的观测和研究	(103)
第二节 国外宏观异常的研究	(105)
1. 关于地下水异常	(105)
2. 关于动物异常	(105)
3. 关于声、光、电异常	(106)
第三节 宏观异常预报方法的展望	(107)
1. 宏观异常预报地震的局限性	(107)
2. 当前宏观异常预报地震的困难	(107)
3. 对地震宏观异常预报方法的展望	(108)
参考文献	(110)
编后记	(111)

第一章 概 论

第一节 关于地震宏观异常

1. 地震宏观异常及其分类

地震是当今地球上各种自然灾害之首，它给人类生活造成巨大的灾难。随着社会生产规模的扩大和人类社会的不断发展，其灾害的规模也在扩大。地震科学的首要任务就是通过对震源物理力学过程理论的研究，通过对地震及其前兆的观测和分析，通过对地震灾害的研究，探讨地震的成因，揭示地震的孕育、发展和发生的规律，从而达到预测、预防地震灾害的目的。

地震之前出现的宏观异常现象是重要的地震前兆。与其他地震监测方法相比，宏观异常有着独特的映震特征。在我国海城、松潘等一系列地震的预报过程中，宏观异常起到了十分重要的作用。

经过多年的地震预报科学实践，地震宏观异常的科学性已被多种途径所证实。目前，虽然地震预报还不过关，但大量的科学实践都已证明地震是有前兆的，是可以预报的。1966年以来，我国大陆地区发生了一系列强烈地震，给地震科学工作者提供了丰富的宏观前兆资料。地震工作者以震区为实验场地，对宏观异常现象进行了广泛深入的观测和研究，取得了可喜的成果，为宏观异常应用于地震预测预报工作提供了科学依据。

当前，国内外用于地震预报的手段和方法已达20多种，虽然不少监测方法不乏坚实的理论基础和较优秀的监测效能，但地震宏观异常以其明显的征兆现象、明确的异常机制和令人信服的短临映震效果而引起世人的广泛注意。

宏观异常现象一般是指人们在日常生活中仅凭感官就能观察或感觉到的与正常现象不同的自然现象。地震宏观异常现象则指在地震发生前后出现，且与地震的孕育、发生和发展有密切关系的宏观异常现象。本书所指宏观异常即为地震发生之前出现的地震宏观异常现象。

地震宏观异常种类繁多，其表现形式也多种多样。关于异常种类的数量和各类异常的表现形式，至今没有确切的统计。为叙述方便起见，下面就几种常见的宏观异常现象进行粗略分类如下：

(1) 地下流体异常

- ①地下水异常：、水位升降异常、物理性质异常、化学组分异常；
- ②地下气体异常：气体溢出异常、翻花冒泡异常、燃气火球异常；
- ③地下油、气异常：、石油产量异常、深井喷油异常。

(2) 生物异常

- ①动物异常：a. 动物分类：穴居动物、水生动物、禽类、畜类、昆虫、其他野生动物；b. 异常形式分类：行为异常、习性异常、迁徙异常；
- ②植物异常：重花重果、再生或死亡。

(3) 地球物理场异常

①地光异常：大气发光、器物发光、燃气火球发光、地裂缝闪光；

②电磁现象异常：电磁干扰、静电干扰；

③地声；

④有感地动。

(4) 地质现象异常

地裂缝、滑坡、坍塌。

(5) 气象异常

旱涝异常、增温异常、风异常。

2. 我国古代关于地震异常的记载

我国古代对灾异变故极为重视，且多视为上天对人类的惩戒，对地震现象尤为如此，历代封建皇帝因地震而改元的事件史不绝书。在我国浩如烟海的史册典籍中，对地震事件的记载屡见不鲜，对地震宏观异常也作了详尽的描述。《诗经·小雅·十月之交》就对公元前780年（周幽王二年）陕西岐山地震地光现象作了生动的描述：“烨烨震电，不宁不令。百川沸腾，山冢举崩。高岸为谷，深谷为陵”。诗中的震电，即为地声和地光，翻译成现代文就是：“闪闪的电光，轰轰的雷鸣，这种反常现象，多么叫人不得安宁。千百条河流在沸腾，山顶也突然坠崩，高岸变成了低谷，深沟变成了丘陵。”在短短的20余字里，不仅对地震事件作了明确的记载，还描述了震前地光前兆、震时情景以及山崩、地形变等震灾现象。

地声异常在我国古代文献中有广泛的记载：唐朝开元二十二年（公元734年），秦州（今甘肃清水县）地震，震级达7级。《旧唐书·五行志》中写道：“先是，秦州百姓闻州西北地下殷殷有声，俄而地震。”其他如“声如闷雷”者居多，还有如风吼，如奔车、如岩石破裂、如金戈铁马碰击等形象的描述。此外，关于震前气象变化的描写也较为常见。1815年10月23日山西平陆地震，据《虞乡县志》记载，“八月六日阴雨连绵四旬，盆倾檐注，过重阳微晴，十三日大霁，乡老有识者，谓霁雨后天大热，宜防地震。”果然在阴雨连绵四旬之后，“微雨随晴，及午酷蒸殊甚”，随后发生了大震，这里不仅写出了震前宏观异常现象，还记录了异常现象的出现距地震发生的天数（40余天）。对1920年12月16日宁夏海原8½级地震也有类似记载，“未震之先数日，四面天边变如火焰，晴空气燥，人均感焦灼干燥，不知何故”。严冬季节出现这种反常现象，说明极震区在震前可能出现爆发性增温，宏观异常反映达到了非常激烈的程度。

地震前的动物行为异常，在我国历史上也常有记载，如公元650年（唐贞观二十三年）记有“鼠聚朝廷市衢而鸣，地方屠裂”。唐贞元三年（公元787年）陕西长安附近一次地震，史书上载：震前“巢鸟惊散”。1739年宁夏平罗银川8级大地震后，连年余震。据《银川小志》（清乾隆二十年即公元1755年）记载：“宁夏地震，每岁小动，民习为常。大约春冬二季居多，如井水忽浊，炮声散长，群犬围吠，即防此患。”这里的宏观异常包括地下水、动物和地声，可谓丰富多彩。

古人对地震事件不可能作出科学的解释，对地震前兆异常现象及其与地震的关系，也不可能明确的认识，但他们把这些重要事件如实地记录下来，说明地震宏观异常现象早已引起了它们的注意，也给我们今天研究震前宏观异常现象提供了可贵的资料。

3. 地震宏观异常在地震预测预报中的应用

邢台地震以后,我国建成了有广大人民群众参加的宏观异常观测系统,从而开始了人类利用宏观异常预测预报地震的历史。迄今为止,我国利用宏观异常预报地震的工作大体分为三个阶段。

1966年3月河北省邢台发生强烈地震之后,余震不断,宏观异常反应亦十分强烈。震区人民在长期的防震实践中,注意到了宏观异常与地震发生的关系;他们随时注意身边有无宏观异常发生,以便提前得知地震发生的信息。他们把震前地下水和动物的异常现象编成歌谣传唱,从而促进了宏观异常预报地震经验的广泛传播。有关方面的科技工作者在地震现场对宏观异常现象进行了深入的研究。周总理在视察邢台地震灾区时指出:搞地震预报,“要动员广大劳动人民”,“不仅要有专业队伍,还要有业余群众队伍”,遵照周总理指示,邢台人民组成了一些地震小组,在专业技术人员指导下,观测井水、动物行为异常。根据观测到的异常现象,发出信号通知群众避震,从而,开始了全国最早的群众性的宏观异常预报地震工作。

1967年河北省河间、1969年渤海地震以后,华北地区的地震活动由南向北扩展的趋势已十分明显,群众性地震测报工作也逐渐由邢台扩展到沧州、廊坊、唐山、张家口等地区。测报队伍的主要成员为干部、工人、教师和学生。他们出于责任心和兴趣,在业余时间进行地震宏观异常的观测和研究,其研究内容仍局限于地下水和动物行为异常。不久,又有了简易的地电、地磁、地应力的观测仪器,群众业余观测又有了新的内容。在专业地震工作的正规预报程序中,这些观测手段虽为辅助项目,但是以地下水和动物为主的宏观异常在短临预报中仍然具有很重要的作用。1975年海城大震,特别是1976年唐山大震以后,群众宏观观测点骤增,河北省宏观哨达到18000多个。在全国多震地区也有了相当规模的发展。为了搞好地震社会工作和群众业余测报工作,全国部分地震重点监视区的县、市机构中有了专职管理干部,并逐渐形成了地方地震工作管理系统。唐山地震以后,全国地震机构数量猛增,并日趋正规化。群众业余测报人数也达到了顶峰。

1983年以后,全国地震工作机构进行调整,管理人员和业余测报人员数量大大减少,与原来相比,人员素质和工作质量却有了明显提高,但对于宏观异常的观测而言,其工作内容和水平并无太大的发展。1985年对地震预报方法进行清理攻关以后,群众业余观测的重心转到以动物、地下流体为核心的宏观异常方面。地方地震工作部门加强了宏观异常观测中的研究含量,一些关于宏观异常的专业研究成果也陆续出现,从而使我国群众业余地震宏观观测工作走上了健康发展的道路。

多年来,我国地震宏观观测工作扎根于群众,通过多手段、多途径、多形式开展广泛的短临宏观现象的观察和监测,如地下水动态、水质、水温、声、光、电以及动物行为异常等。其中,不少观测项目已开始应用专用仪器进行定量测量。目前,地震宏观异常观测已成为我国地震监测系统中捕捉短临异常的重要组成部分。

第二节 地震宏观异常预报地震的科学性

1. 宏观异常的震兆形象

在我国史料中很早就有关于地震宏观异常的明确记载;近30年来,我国大陆地区一系列地震事件对此也验证无疑。目前地震前兆20余种微观观测手段中,无一不是利用仪器对地球

物理地球化学场进行微观测量,排除复杂的干扰信号,从而获得地震前兆信息。在这一测量过程中,由于多种强大的干扰使地震信息显得并不十分明显,往往因信号失真而难以识别,以致给震情判断造成极大的困难。与之相反,宏观异常震兆形象较为明显,它超乎寻常的异常形象在自然界公开展现,仅凭人的感官就足以能够意识到它的存在。特别是在强烈地震前,异常范围之广,程度之烈,形态之怪异,足以令人怵目惊心。自然界任何干扰因素所形成的异常都不能与之相比拟,它不用任何数据处理即明确地显示地震即将来临。时至今日,多次地震预报的实践,都向人们反复证明了这一点。

尽管地震前宏观异常的种类、幅度、时间以及地域范围不尽相同,异常的界定和选取都难以十分严格,但从大趋势来看,由于异常出现的范围广、数量多、幅度大,比起其他各种观测资料来,其映震效果更加明显,也就更加引人注目。可以想见,随着宏观异常研究的不断深入和预报方法的不断完善,宏观异常有可能成为大地震短临预报极具实用价值的重要手段。

2. 宏观异常的映震机理

研究成果表明,震前极震区附近地球物理场和地球化学场发生的急剧变化是引起地震宏观异常发生的根本原因。从生物学角度来看,在物种进化过程中,动物以自然选择的方式获得了某些特异的感觉系统。例如,某些动物的听觉系统不仅能敏感地听到人耳可听到的声音,同时还有很好的次声或超声听觉;某些动物具有对来自地面、栖木和水中的微弱振动极为敏感的感觉系统;某些鱼类具有对外围电场变化极其敏感的电感受功能;某些动物具有极其敏感的化学以及热的感受特性等等。除此之外,这些动物所处的特殊生活环境,如地栖、穴居、水生等,也有利于对地球物理、地球化学信号的接收。而目前,我们所选择的关于地震前兆异常的观测项目十分有限,观测仪器也不可能尽善尽美,因此,某些动物完全有可能优先于地震观测系统检测到某些有关地震前兆的地球物理、地球化学信号。

地下流体是地壳中最活跃的成分,它广布于深达20~30km的岩体之中,由于它存在的普遍性、物理特性的流动性与难以压缩性,当其存在环境形成一封闭的承压系统时,就能够客观地、灵敏地反映地壳中应力、应变状态。地震成因机制研究表明,地震孕育过程与受力岩体裂隙演变过程密切相关。这一论断客观地揭示了地下流体在地震研究中的地位与作用。岩体裂隙受力演变过程的每个细节都不可避免地要改变岩体中的孔隙压力,进而在地下水动态中表现出来。此外,地下流体的存在状态以及化学组分对其存在环境的压力、温度极其敏感。因此可以说,地震地下流体宏观异常有着较为明确的形成机理,用其进行地震预测预报研究有着充分的理论依据。

此外,声、光、电等异常现象更是震前地球物理场和化学场发生变异的直接产物。其他如滑坡、塌陷以及地震动更是与震前地壳应力场的调整直接有关。地震宏观异常直观而明确的形成机制,恰似自然界向我们展示了攻克地震预报的方向和一条进行地震预测预报研究的正确途径。

3. 宏观异常的可靠性

截止目前的研究成果,在利用现有手段预报地震过程中,有异常无地震现象确实存在,地震前也并非总有相应的前兆异常信号与之相对应。这种现象的出现,可能是由于人们在地震前兆异常的认识上还存在着误区,但更大的可能性还在于目前的观测仪器不能对地震前地球物理、化学场的异常信号进行有效的检测。就地震预报的目标而言,我们当然希望对每一次

有感地震都能作出预报,但目前我们的注意力还只能关注于对人类生存极为有害的中等强度以上地震的发生。宏观异常的“大震效应”特性十分明显。通过对近30年来历次中、强地震的考察,大震前出现宏观异常是确切无疑的。1975年海城、1976年松潘地震的成功预报,宏观异常功不可没。据震后统计,唐山地震前宏观异常十分丰富,只是由于出现太晚和其他因素的干扰,以致没能及时被人们所认识和进行有效的收集,没有起到对地震的预测预报应有的作用。

宏观异常的出现,说明区域地球物理、地球化学场已经发生了超乎寻常的变化。在长期的适应性生存中,动物对所处生存环境所给予的普通刺激已经完全适应,只有那些强烈的环境刺激才可能引起动物的生理反应和行为异常。大震前,冬眠的蛇不顾冻僵的危险,顽强地爬出洞穴,长期驯化的大牲畜挣断缰绳惊逃户外,意味着当时地球物理、地球化学信号在频度和强度方面已达到足以激起动物强烈反应的程度。同样,只有地壳变形和含水层孔隙应变达到空前剧烈的程度,才会使地下水发生剧烈的变化。这一切都说明了,宏观异常的出现,标志着地球物理、地球化学场正在经历着一场大震前剧烈的异常变化。因此,我们似乎可以这样认为,在地震监测预报工作中,我们只要抓准、抓住了地震宏观异常,就有可能大幅度地提高中强地震的预报成功率。果真如此,地震预报的前景是十分诱人的。

第三节 地震宏观异常在我国地震预报工作中的地位和作用

1. 地震宏观异常的预警作用

地震宏观异常的出现是重要的临震指标。在地震预报长、中、短、临四个阶段中,最终作出预报决策、达到减轻地震灾害损失效果的,无疑在于短临地震预报。就目前水平而言,短临震兆的确定是实现地震预报最关键的问题之一。目前所有的地震预报方法中,绝大多数只能对地震孕育、发生的背景提供趋势依据,对短临预报却力不从心。与其他预报方法相比,宏观异常在捕捉大震方面的优势恰恰在于它的短临显示作用。宏观异常大多出现在震前3~5天、几小时乃至10多分钟。只有个别情况出现在震前10多天甚至一个月以上。因此,宏观异常的出现是重要的临震异常显示。所以,在完成对地震形势趋势估计的背景下,及时发现、收集、分析宏观异常现象,是实现地震短临预报的关键措施。

地震宏观异常的预报效能已得到了验证。中国第一次利用宏观异常对余震预报取得成功是在河北省邢台地震现场。1966年3月26日在宁晋县百尺口6.2级地震前,邢台地震工作队提出了三条预报依据:即震中区水位急剧涨落、井水翻花、发浑和动物行为反常。1969年7月18日13时24分,渤海发生7.4级地震。震前,天津市人民公园地震测报小组,根据观察到的多种动物的异常反应,于18日11时10分,给天津市防灾办公室打电话,成功地预报了这次地震。

中国第一次对破坏性地震进行成功预报并取得防灾实效是在1975年2月4日。辽宁海城7.3级地震前,震中区大量的地下水、气异常与突出的前震活动是这次载入史册的地震预报的主要依据。此外,在对1976年5月29日龙陵7.4级、1976年8月16日松潘7.2级等地震进行预报的过程中,地下水(气)异常变化在短临预报的判断中都起了重要的作用。同样,在总结唐山地震未能作出短、临预报的沉痛教训时,许多学者一致指出,由于种种原因,事先未能全面认识地下水、气宏观异常是未能报出地震的原因之一。例如,位于唐山极震区内的

唐山十中地震地下水观测井，深 52m，自 1971 年起，作为唐山地区专用地震观测井，由唐山十中一位教师负责观测。该井自 1976 年 5 月初发现井筒歪斜，水泥管错位，水位变化混乱。震前 4 天，这位教师发现井筒变形十分严重，直径 60cm，厚 12cm 的水泥管壁破裂，局部水泥块剥落，大量泥砂涌入井中，无法推测水位。由于种种原因，该情况未能及时上报。7.8 级地震后，地震断层从该井附近穿过，该井彻底塌陷堵塞，这位教师也在这次地震中不幸遇难。

2. 宏观异常观测是目前地震微观观测的重要补充

资料表明，震前宏观异常在震区广泛出现，且种类繁多，特征明显，极易被人们所识别。在城镇以外的广大区域内，动物与人类活动密切相关，给人类及时发现宏观异常提供了极大的便利。在目前条件下，地震监测预报台网不可能无限制地加密，有限的地震台站只能起到大范围震情的控制作用，不可能对局部小区域的地震活动提供更为严密的监视，广大群众对宏观异常的收集正好弥补了这一不足。此外，地震宏观异常往往在震中附近的构造带周围密集出现。只要及时有效地对地震宏观异常进行收集，就有可能对未来发震地域作出判断，从而起到一般地震台站所不能起到的作用。

人民群众对宏观异常的观察和报警，对地震监测预报有着十分重要的参考意义。今天，地震工作者正在采取更为完善的措施，加速对地震宏观网的建设，根据未来震区的监测需要，合理地确定观测点的布局密度以及观测对象，争取使地震宏观异常方法在未来的地震预报中起到更为重要的作用。

3. 人们利用宏观异常防震避险

在作出准确的临震预报之前，人们始终面临着地震灾害的巨大威胁。但是，由于宏观异常的震前示警作用，使人们在没有作出地震预报的情况下，也有可能利用宏观异常趋利避害，达到防灾减灾的目的。事实上，历史上曾有不少人，巧妙地利用宏观异常的示警作用，断然采取措施而免于灾难。例如，1830 年河北磁县 7.5 级地震前，人们听到地声如“雷吼”，若“千军涌溃，万马奔腾”，于是“争先恐后，扶老携幼，避空旷之处”，紧接着发生了导致“屋宇倾颓，砖瓦雨下”的大地震。更为典型的是，1855 年辽宁金县 5.5 级地震，由于当地百姓在“未震之时，先闻有声如雷”，他们预计地震可能将至，于是“早已预防”，从住房里跑出。地震时虽然倒房 567 间，却“只伤男妇子女共七名”。

利用塌落地震前的地声现象进行预先防避的事例，在史料中也有所记载。例如，清光绪五年（1879 年）七月宁洱欣地震，《普洱府志》中写到：“欣属漫故能地陷成巨漫，民居尽没，前二日地下有声，民恐遂迁移，故未伤人。”又如，1838 年 8 月 30 日，湖北恩施县下塘坝“地忽作裂帛声，居民尽移他处，越三日夜山崩”。

1966 年 3 月 26 日河北省宁晋县百尺口的 6.2 级地震，在震前曾进行了成功的预报，这也是一次利用宏观异常进行防灾避险的范例。1976 年唐山大地震前，某中学一位教师带领学生参加“三夏”劳动，7 月 28 日凌晨 3 点钟突然被像大树折断时的“嘎吧”声惊醒，他感到有异常，立即叫醒了学生，大家跳窗而出。大地震发生时，他们已全部撤离到安全地方，无一伤亡。丰南县宣庄公社一机井距某社员家十余米，平时水深 1.5~2.0m，1976 年唐山地震前 4~5 分钟，该井向外喷水。哗哗的流水声将该社员惊醒，他立即跳窗而出，见机井喷出的水冲击着旁边的水泵，激起 30 多 cm 的水柱。他想可能要地震，便呼唤家人赶快出屋，不久，就发生了地震。解放军驻唐山市葛庄营房的部队，27 日夜晚发现大量老鼠在屋内乱跑，值班人员立即果断发出警号，将部队撤出营房，成功地利用动物异常防震避险，大震发生后，立即