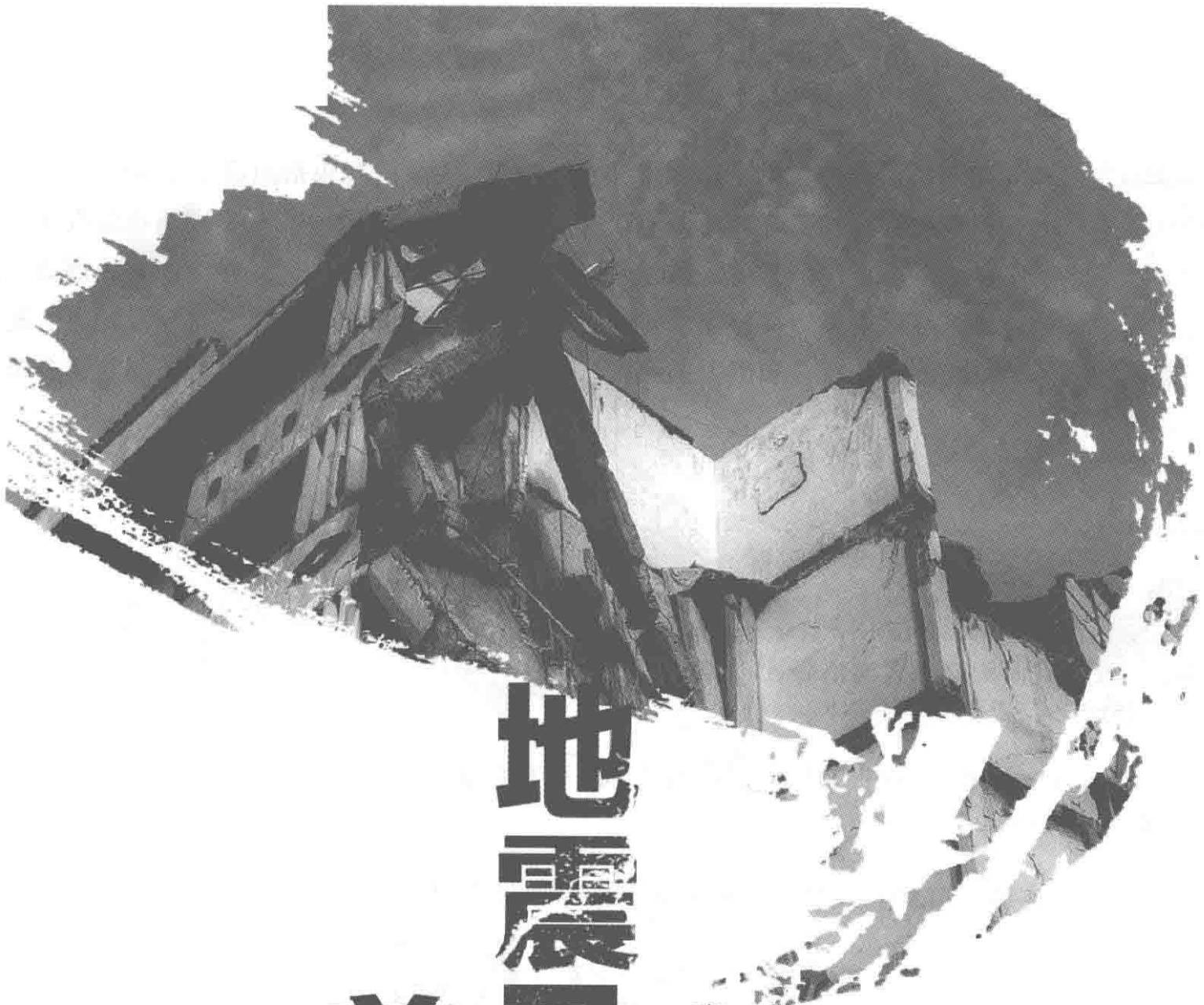


DIZHEN JI HONGWEIGUAN
QIANZHAO JIESHI

地震及宏微观

前兆揭示

张志呈 胡 健 肖定军 / 编著



张志呈 胡健 肖定军 编著

地震及宏观 前兆揭示

西南交通大学出版社
· 成都 ·

内容简介

本书系统介绍了与地震前兆相关的基础知识和实践知识。主要包括地震基础理论,地震发生、发展的成因与机理,构造地震与构造应力场,地震宏观前兆,地震微观前兆,中国特色防震减灾的预测预报方法等。本书叙述系统、层次分明、内容丰富、图文并茂,有利于读者系统了解地震方面的知识,达到逐渐认识地震,从而增强防震自救能力的目的。本书适合作为地球科学爱好者、地震现象关注者及地震带地区的基层工作者和广大人民群众防震减灾读物,同时也可作为抗震防震各类培训的教学资料。

图书在版编目(CIP)数据

地震及宏微观前兆揭示 / 张志呈, 胡健, 肖定军编
著. —成都: 西南交通大学出版社, 2018.8
ISBN 978-7-5643-6260-7

I. ①地… II. ①张… ②胡… ③肖… III. ①地震前兆 IV. ①P315.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 140844 号

地震及宏微观前兆揭示

张志呈 胡健 肖定军 / 编 著

责任编辑 / 柳堰龙
封面设计 / 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564 028-87600533

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 四川煤田地质制图印刷厂

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 23.5 插页 4 字数 592 千

版次 2018 年 8 月第 1 版 印次 2018 年 8 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-6260-7

定价 98.00 元

地图审图号: GS (2018) 3111 号

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

老驥伏櫪
志在千里
君子暮年
壯心不已

張志星先生地震後宏微既前此

的揭示出版 市河德美賀



執筆有自道

張志

果破事家，執筆有自道，張和文
果累大書家，名聲已遠揚
亮却老，老老老，不喊喊，老也
主說，全國之病，果破聲高舞
翩翩，出版著作，十人十創
新步復先。

張志
十二月廿七日



序

地震为地壳快速释放能量过程中造成的震动，属一种地球自然现象。我国是发生地震灾难多而严重的国家，新中国几次大地震，造成了重大的人员和财产损失，因此，深刻认识和研究地震问题，对提高我国的地震预测预报水平，增强国家抗震能力与国民防灾意识、自动防御、自救与互救能力具有重大的现实意义。

本人从事地质科学研究工作 66 年，原来我认为：由于科学水平、方法和手段的限制，地震是不可预测的，但现在认为随着科学技术的发展，卫星、互联网信息系统和大数据管理与开发，科学预测地震已逐渐成为可能。对于地震的预测，有效的方法和途径，一是科学系统的预测，二是地震前所发生的宏微观前兆现象。

张志呈教授等人撰写的《地震及宏微观前兆揭示》一书，从地球、地壳、岩石圈板块及运动等知识出发，分析地震发生、发展的条件和环境、构造地震与构造应力场等的地震原因，重点对地震宏观、微观前兆进行了阐述和归纳，着重阐述与分析了中国的防震、抗震预测预报的方针和方法。

综上，该书是一名对国家、人民和科学负有使命感的老教授，用心、用时撰写出的一部适合基层地震工作者参考的图书，也是防震避灾的宣传读物。



（中国科学院院士）

2018 年 5 月

序

地震是地球内部的一种活动，有多种内因，并有其发生和发展的规律。地震在孕育、发生的过程中会引起地面形状、重力、电磁场、气候等多种异常。认识和掌握了这些现象和规律，便可以用于地震预报。本书作者数十年如一日，仔细观察各种与地震有关的现象，精心搜集相关数据，不间断地深入分析，非常全面地总结了大量地震活动的迹象，系统地揭示了地震前兆的多种宏观和微观的现象，并对这些现象的相互联系与变化规律进行了非常详尽的研究，总结成《地震及宏微观前兆揭示》一书。这一成果具有很高的理论意义，更有很好的实际应用价值，是一本地震领域不可多得的好书，我诚挚地祝贺本书出版，并希望有关单位给予资助。

特别值得提及的是，作者已届耄耋之年，却仍能潜心著述，有此鸿篇问世，表现了一位老科技工作者的赤子之心。我与作者素昧平生，偶读手稿，十分感佩。真乃老骥伏枥，放眼千里，志士暮年，壮心不已！非常难得，愿为序。

何继善

（中国工程院院士）

2018年5月

序

地震是地壳内岩体积聚的能量在快速释放过程中形成振动并产生的地震波造成的，是一种破坏性极大的自然灾害。强烈地震的发生会给自然界造成严重的破坏，使人民生命财产遭受巨大损失。

张志呈教授从事爆破工程研究 50 余年，在相应领域的研究颇有造诣，撰写了多册有关爆破工程的专著和教材。他对工程爆破所产生的冲击波、应力波的观察和监测等多有创新，是一位颇有建树的爆破专家。

工程爆破产生的应力波与地震时产生的地震波有相似相近之处，所不同的是工程爆破产生的应力波是外因造成的，而地震波则是岩体内积聚的能量快速释放造成的。

我国是世界上发生地震灾害多而严重的国家。尤其是 1976 年 7 月 28 日河北唐山 7.8 级的大地震和 2008 年 5 月 12 日的四川汶川 8 级的强地震，造成地震灾区人民群众的大量伤亡，使国家的资产和人民群众的财产遭受巨大的损失。

张志呈教授在长期从事爆破工程的工作中，重视爆破产生的振动对岩体结构造成的破坏，对爆破振动波在岩体内传播而波及地表时，波动对地面建（构）筑物造成的危害等的观察和监测颇有专长，他在此专长的基础上参考我国地震工作者所著的专题总结和典型震例等多方面的地震资料，编著了《地震及宏微观前兆揭示》一书。他退休后仍然关注国家的民生大事，结合自己的专长完成本书，实属难能可贵。

该书内容翔实，较系统地分析了地震的孕育发展与发生的环境和条件，阐述了构造地震与构造应用的因果关系，介绍了地震微观监测的基本方法，以及地震前宏观异常现象的表现形式，有利于人民群众提高预防地震灾害的准确性。

该书论述清晰，科学系统，内容丰富，重点突出，层次分明，图文并茂，是提高广大人民群众对地震灾害的认识、提醒人们如何防震减灾的通俗易懂的读物。本书可供地震工作者在日常工作中学习与参考，也可供高等院校有关专业作为教学参考资料使用。

本人应张志呈教授的嘱托，特为《地震及宏微观前兆揭示》一书作序，并祝贺该书的正式出版发行。

A handwritten signature in black ink, reading '李通林' (Li Tonglin). The characters are written in a cursive, flowing style.

(重庆大学教授)

2018年5月

序

地震是地壳快速释放能量过程中造成的振动，它是一种自然现象。

我国处在环太平洋地震带和地中海—南亚地震带之间，不仅地震活动多，还是发生地震灾害最为严重的国家之一，其中西部地区最频繁，华北地区次之。中国陆地面积只占世界面积的 7.14%，可是 35% 的 7 级以上地震发生在中国。20 世纪全球因地震死亡 120 万人中仅我国就占 59 万人（未包含台湾地区），将近占全球总数的一半。1900—2007 年间，中国已发生 7.0~7.9 级地震 70 次（未包含台湾地区），8.0 级地震 6 次。这些地震造成的灾害涉及 28 个省份，死亡 59 万人，伤残 76 万人，受灾达数亿人次。据 1949—1991 年资料统计，地震灾害造成的死亡人数占各类自然灾害中死亡人数的 54%，地震可谓群灾之首。

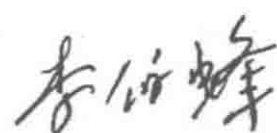
邢台地震以来我国地震工作者认真执行“以防为主、专群结合、土洋结合、依靠广大群众、做好预测预防”的方针，“群测群防”蓬勃发展。40 余年来我国的地震工作者做出了 30 余次较为成功的短临预报。为了推动地震工作的技术进步，提高预测预报水平，地震工作者进行了大量的、多方面和典型的震例总结，有的已经形成专著。

西南科技大学张志呈教授本着对人民群众生命财产安全的高度重视和对科研工作的执着精神，根据地震工作的总结资料和典型震例，编写了一本内容翔实的图书。书中汇集了地震的孕育发展与发生的条件和环境；简述了构造地震与构造地应力的因果关系，介绍了地震微观监测内容和方法以及设备仪器，较详细介绍了地震前宏观异常现象的种类和出现的时空特点，列举了云南龙陵 7.4 级地震、河北唐山 7.8 级地震、四川松潘 7.2 级地震等地震的宏微观前兆异常现象。

本书内容丰富、图文并茂、层次分明，有利于读者在比较短的时间内获得比较全面的地震方面的知识。本书还以微观监测的基本方法为重点，阐述了各自特点和使用效果，为基层地震工作者指导实践工作提供了必要的参考依据；本书还介绍了强烈地

震的宏观前兆异常现象与动植物常规生理，生长繁殖特征的区别，有利人民群众识别真伪，提高预防地震灾害的准确性。

相信本书的出版发行，使从事地震工作的基层人员和活动断裂带地区的人民群众都会有所收益。接受张志呈教授的嘱托，乐于在此赘述几句，供读者参考。



（原四川建筑材料工业学院党委书记）

2018年5月

序

地震，尤其是强烈地震，是突发性的、有巨大破坏力的自然灾害，给经济发展、人类安全和社会稳定带来严重的危害。权威机构对 20 世纪末的 10 年与前 80 年的地震灾害进行了对比，从经济损失指数上看，现今地震灾害的单位时间损失率为前 80 年平均损失率的 10 倍。这表明，随着现代经济的迅速发展，人口的快速增长，城市都市化程度的提高，地震灾害存在加速、加重的趋势。

在全球的海洋地震和大陆地震中，发生在陆地的地震尽管只占 15%，但大陆是人类主要的聚居地，所造成的地震灾害占全球地震灾害的 85%。我国是大陆地震最多的国家，且具有活动频度高、强度大、分布广、震源浅的特征。同时，作为发展中国家，人口稠密，建筑物抗震能力低。我国还是全球地震灾害最严重的国家。地震和地震灾害问题已成为制约我国国民经济建设和社会持续发展，特别是威胁人民群众生命安全的一个重要问题。

河北邢台地震后，我国开始了地震预报的探索和实践。20 世纪 90 年代初，我国建立了规模宏大的地震观测系统，包括地震学、地磁、地电、重力、地壳形变、应力应变、地下水动态、水化学、地热、电磁波等学科的地震监测台网，这为我国地震预报的发展打下了重要基础，并逐步发展了中国特色的地震预报方法，形成了“长、中、短、临”的阶段性渐进式地震预报的科学思路和工作程序。1998 年实施的《中华人民共和国防震减灾法》中明确了中国地震监测预报管理的法律依据。1998 年 12 月，我国又颁布了《地震预报管理条例》。近年来，我国政府还提出了到 2020 年基本具备综合抗御 6 级左右地震的奋斗目标。

尽管我国的地震预报研究有了较大的发展，但从根本上说，全球当前的地震预报还处于低水平的探索阶段，而我国与美国、日本等国家相比，在地震观测技术的先进性方面，在地震预报的基础理论研究方面还有一定差距。正如美国地震学会前会长、地震预报评估委员会主席、加州理工学院教授克拉伦斯·艾伦所说，地震预报的进展要比初期预料的缓慢得多，地震预报的科学难度也要比原先预料的困难得多。地震预报尤其是短临预报至今仍是世界科学难题。2008 年 5 月 12 日发生在四川汶川的 8.0

级大地震，由于发震区域构造的复杂性，震前没有出现大量典型的异常，我们就没能做出预报。

地震前兆具有很大的复杂性，但又是地震预测预报的重要依据。前兆观测旨在探测孕震过程中地壳构造活动增强、震源区应力应变积累及介质性质变化，因此要探索选择何种构造部位建立台站才能探测到孕震过程中的上述变化，用什么观测技术在多大范围内才能观测到震源区的变化，观测仪器用何种精度在何种观测条件下才能观测到孕震过程中震源区的变化问题等科学技术。地震前兆的研究内容包括研究各种地震前兆微观物理力学机制，地震前兆与孕震过程，与地震发生的内在联系、因果关系，地震前兆是震源生成还是构造应力场生成所产生的关系，等等。

地震预测预报一定是可能的。譬如，电磁波与地震波存在速度差，可以用地震 P 波与 S 波的速度差来实现临震的及时预测预警。在有害的地震波（S 波、L 波、R 波）往往还未到达地表时发出临震警报，人们仍然有几秒、十几秒或数十秒的短暂时间采取紧急措施，挽救很多生命，减少很多损失。

地震预测预报和防震减灾的另一个方面是地震科技知识的普及和防震减灾能力的培训。本书编著者谦逊地称自己是非地震、非地学专业人员，但张志呈教授是爆破专家，对地体的震动和破坏的科学研究颇有造诣，因而对地震现象的观察和地震预测预报、防震减灾的分析有自身的优势。尤其是已至耄耋之年的他，还始终关注地震及防震减灾的大事，编著了《地震及宏微观前兆揭示》一书，实为难能可贵。此书不仅是一部对广大群众有价值的地震灾害与防震减灾的图书，也可作为学校与社会机构防震减灾教育和培训的教学参考书。我在此对《地震及宏微观前兆揭示》一书的出版表示衷心的祝贺。

石朴

（西南科技大学地质学科教授，博士生导师）

2018 年 5 月

写在前面

我从事爆破工程研究约 60 年，通过长期观察和思考，逐步认识到工程爆破产生的地震波与地震时所产生的地震波有许多相似相近之处，二者在岩体中的传播规律，受岩石的岩相和地质构造等特点的影响是一样的。所不同的是：前者是外因（人用炸药在岩体内爆炸）所致，爆破机理清楚，后者是内因（地球内部积聚能量快速释放）所致，地震机理不清楚；前者无前兆，后者有前兆。因为在地应力作用下，在应力应变逐渐积累和加强的过程中，震源及其附近物质会发生物理、化学、生物和气象等一系列异常变化，所以地震发生前定有多种宏观及微观现象。通过对这些现象的观察研究，揭示其规律，以达到预防地震之目的。

这就是我编著《地震及宏微观前兆揭示》一书的初衷。

我已进入耄耋之年，作为一名与地震有关的科技工作者，想以《地震及宏微观前兆揭示》一书释怀愧疚，借以正确认识地震现象，有效做好防震减灾工作，告慰遇难同胞，恩泽后人！

2016 年，本书初稿完成，正值邢台地震五十周年、唐山地震四十周年和汶川地震八周年，感苍生之苦难，汨汨欲出之际，觉得应更慎重，是以反复修改、增删，一晃又是两年。

谨以此书缅怀在三次地震中不幸遇难和失踪的三十三万八千同胞！

张志呈

2018 年 5 月

前 言

地震是人类必须面对的一种主要的自然灾害，全世界有 6 亿多人生活在强地震带上。中国百万以上人口的特大城市中，位于Ⅶ度（地震基本烈度Ⅰ～Ⅻ度）以上的高地震烈度区的达 70%。自有记载以来，我国除贵州省、浙江省外，其他省份都发生过 6 级以上地震，贵州省、浙江省也发生过 5 级以上地震。60% 的省份发生过 7 级以上地震。处在地震基本烈度Ⅵ度及其以上地区的省会城市和直辖市共有 30 个；处于Ⅶ度及其以上地区的省会城市和直辖市共 22 个，占省会城市总数的 71%。人口在 50 万以上的 61 个大、中城市中，处于Ⅵ度及其以上地区的城市有 33 个，占此类城市总数的 54.1%。

根据统计，地震基本烈度区Ⅵ度和Ⅵ度以上地区的面积约占国土面积的 79%。陆远忠先生等在《地震预报的地震学方法》一书中写道：20 世纪 60 年代，有近 30 次 7 级以上强震发生于大城市和工业中心附近，给人类带来了巨大的灾难和损失。

事实证明，破坏性地震的发生会造成人员伤亡和财产损失，中国广大地区自然地震时有发生，国民对地震宏、微观现象相关知识缺乏。因此，在城镇和广大的农村地区普及地震知识对预防地震灾害具有重大意义。我国西部地区历来是我国地震活动的主体。西部 12 个省、市、区面积 685 万平方千米，占全国的 71.4%。而大多数破坏性地震发生在农村地区，中国农村居民是地震灾害的最大受害者和风险承担者。以云南省为例，1992 年至 2005 年 14 年间发生 5 级以上地震 56 次，有 53 次地震的震中位于农村地区，即 95% 的地震受害区分布在农村地区，其中绝大多数的宏观震中分布在山区和农村，因此，防震减灾应向农村倾斜，短临宏观异常现象识别研究尤为重要。生活在地震带上的民众应积极建设地震安全社会，提升震区居民的防震知识和自主判断、自主防御与抗震能力，以及自救、互助能力，这是有效减轻地震灾害人员伤亡和财产损失的重要途径，也是撰写本书的主要目的。

地震预报目前在科学技术上难度很大，正处于探索阶段。

多年来一直受到广泛重视的是：地震活动的时、空分布图像及地震波的特征是地壳应力场的反映。因此，通过对已经发生的地震的分析，人们能窥测地壳应力的状态，寻找大地震前由震源附近应力的集中，加深对所产生的某些震兆的了解。把当前和过去实践中的各种预报地震的方法加以归纳、整理，并对其预报能力及效果、存在的问题做初步的叙述，对深化人们对地震发生规律的认识，推进地震防震减灾和预测预报工作，无疑是有益的。

地震前兆是指预示地震即将发生的一些现象。地震是现代地壳构造运动的一种表现，地震之所以发生，主要是由于岩层在一定条件受到力的作用，这种力，我们称之为地应力。当

地应力不断积累，应变随时间而增大，“当应力应变超过临界点时，地壳发生一些变化，膨胀在变化中大概起主要作用，这种变化可持续几年或更长时间，如果是小地震则需几天时间。当接近最后阶段时，地震区域内的地壳受到剧烈应变影响。地震发生前的几小时或几天，断层开始在震源区形成，这是动态的过程阶段，地壳的变形要比长期地震前兆的静变化要大。”（韩谓宾，《地震灾害基本特点及防震减灾对策的几点思考》，2004）我们知道在地震孕育过程中会伴随物理、化学变化，这些变化与动物异常、地下水异常有着直接或间接的关系，可能由于强震前的声、光、电、地温、地气味等发生变化直接刺激动物的相关感觉器官而引起异常反应，并发生大地物理场、化学场的改变，如地形变、重力、地磁、地电、地球化学、地下流体（水气、油、气）动态、气象前兆异常等。中国地震局曾总结出 60 个震例，其中记录了 921 条前兆异常，需深入研究，有效增强地震带民众识别和掌握宏观异常，增强防震避灾的能力。

“地震前兆应该是‘大’震孕育过程中，震源区及周围区域应力状态和介质性质变化的反映，在地震预报研究中，人们习惯于把‘大’震前在震中区及周围一定区域范围里所观测到的异常现象称为地震前兆。对多数台站的观测资料来讲，其异常与地震的关系不是一一对应的，因此，在多数情况下，所谓的地震前兆只能说是一种可能的前兆。”（中国地震局，《地震群测群防工作指南》，2004）

中国地震局监测预报司编的《地震宏观异常摘编》中有如下叙述：地震之前出现的动物、地下水和天气等宏观异常是至关重要的地震前兆，与其他地震监测手段相比，宏观异常有着独特的映震特征。

此外，无论是动物行为异常，还是地下水的大幅度升降变化，也存在着与地震无关的变化。例如周围地下水的过量开采、气候的反常、动物的生理特性等，因此，对可能与地震有关的宏观异常应当鉴别认定。通常，非地震的宏观异常，异常种类单一，异常的幅度起伏小，随时间的推移，异常不产生有规律的发展趋势。而强烈地震前，动物异常的种类和数量大量增加，在区域分布上呈明显的不均匀性，与发震构造和未来震中区的位置有关，与同时存在的地震活动和各种微观前兆异常在时间上具有一致性。

1966 年 3 月 8 日邢台发生 6.8 级地震，遇难同胞 8000 余人，周恩来同志几次到灾区，并主持调查研究总结工作和灾后事宜，当时地质部部长李四光选择在距邢台地震 10 余千米的尧山建立我国第一个隆尧地应力观测台。隆尧地应力观测台始建于 1966 年 3 月 15 日，最初深度 2 m。3 月下旬的一个晚上，周恩来同志接到了隆尧台地应力观测曲线下降和其他网点报来的异常信息，确定在震区发布预报，结果于 3 月 22 日在邢台宁普东江先后发生 6.7 级和 7.2 级地震。这是我国第一次发布地震临震的尝试，并获得成功。因此，产生了“以防为主、专群结合、土洋结合……的群测群防”的方针。这种方针后来被群众称之为周恩来-李四光地震预测预报路线方法，几十年来我国第一代地震科学家沿着这条路线方法至少成功短临

预报三十余次。但是，毋庸讳言，在现阶段，地震预报的成功率还不是很高（6级以上地震预报成功率占30%~40%），地震预报方法还不太成熟，还不是很完善，它需要在实践中不断探索、不断创新、不断完善。然而，遗憾的是时隔邢台地震10年后的唐山地震却漏报了，时隔邢台地震42年汶川地震失报了，这就值得认真反思和总结经验教训。

中国地震预报的思想是“长、中、短、临”的渐近式预报方式。没有中长期预报，就难以实现正常的短临预报。加强中长预报工作：第一，可以对地震区域加大投入和监测工作；第二，能使该地区人民群众对防震抗震以及宏观监测，做到心中有数，沉着应对，减轻损失。1967年10月20日李四光教授在国家科委地震办公室一次研究会上提出“应向滦县迁安地区做些观测”，若这些地区活动的话，那就很难排除大地震的发生，时隔九年，在该地区的唐山发生7.8级地震。

本书的观点：

（1）全球地震实践证明，破坏性地震常发生于地震构造活动地区，此类破坏地震易造成重大人员伤亡和财产损失，因此，建设地震安全社会，增强抗震能力，提升震区居民的防灾意识和自主判断、自主防御及自救互救能力，是有效减轻地震灾害人员伤亡与损失的重要途径。

（2）地震宏微观前兆是既有理论支撑与实践规律，并为古今中外震例所证实的一类地震科学。对该地震科学的深入研究，能更有效增强生活在地震构造带群众的防震减灾能力。

（3）走中国特色自主创新的防震减灾道路，预测预报仍可坚持周恩来-李四光地震预测预报路线和方法，进行多学科综合观测、综合分析。

（4）总结经验、增强忧患意识、责任意识，从灾难中吸取教训，挑战、应战，勇于担当，继续前进！

本书的出版，将能提升、促进基层地震工作者的基础理论水平和业务能力；对地震科学技术研究者、地球科学爱好者，将可能启迪思维，调整地震监测预报方法及研究方法、方向、内容和地震台站建立与布点位置的选择；可以促进地震行业的人员深入实际、努力实践、监督检查重点地震活动带群测群防和三网一员建设落到实处。

地震虽无法阻止，无法避免，但地震灾难是可以减轻的。我们应该努力探索中国特色的防震减灾道路，大力促进地震科学的大众传播，让大家了解一些与地震相关的知识，学习掌握一些地震宏微观前兆常识，提升大家的抗震防灾意识，有效防御地震灾害，使地震科学更好地服务社会。

张志星

2018年5月