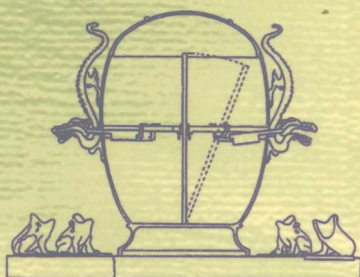




国家自然科学基金资助项目 (项目批准号40774016)

地壳构造运动·地震·地震预报的 新探索

周友华 胡奉湘 燕为民 钟嘉猷 编著
童迎世 饶云阶 洪 迅 吴 帅



地震出版社

国家自然科学基金资助项目（项目批准号 40774016）

地壳构造运动·地震·地震预报的 新探索

周友华 胡奉湘 燕为民 钟嘉猷 编著
童迎世 饶云阶 洪 迅 吴 帅

地 震 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

地壳构造运动·地震·地震预报的新探索/周友华等编著. —北京:地震出版社, 2009. 5
ISBN 978 - 7 - 5028 - 3501 - 9

I. 地… II. 周… III. ①地壳运动—研究②地震—研究 IV. P542 P315

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 031350 号

地震版 XT200800144

地壳构造运动·地震·地震预报的新探索

周友华 等 编著

责任编辑: 江 楚

责任校对: 李 珩

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: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

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: 2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月第一次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

字数: 238 千字

印张: 11.5 插页: 4

印数: 0001 ~ 1000

书号: ISBN 978 - 7 - 5028 - 3501 - 9/P (4129)

定价: 45.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

内 容 提 要

作者对地壳构造运动、地震、地震预报进行了长期艰难的探索与研究,提出了一系列的新观点、新认识、新结论,得出地壳运动动力的根本来源是在重力作用下所产生的多个层次的差应力;地壳的构造运动,本质上就是在重力作用下所产生的多层次的均衡差运动,因此解释了一系列地壳构造运动及构造体的形成机制。地震的孕育与发生只与地壳的差异构造运动直接相关。

地震是因为地壳的差异构造运动遇到了整体性较好的“僵硬块体”受到牵制、发生矛盾形成了“三向应变结构”而孕育的;地震的发生是“三向应变结构”孕震体的破裂解体,使地壳的差异构造运动得以正常进行。进而,发现了“三向应变结构”孕育发生地震一系列的机制与功能,因此“三向应变结构”很可能是地震孕育发生的基本规律,并得到了地震实践多方面的证实。根据“三向应变结构”孕育发生地震的物理机制与物理过程,布网监测,很可能大大促进实现中强以上地震发生地区、震级、时间、灾情物理预报的早日突破。

序

众所周知，认识地震孕育与发生的基本规律，实现地震的物理预报，是世界公认的难题。但是，科学的发展史证明，通过人类的努力奋斗，难题总是能被不断认识、不断理解、直至完全破解的。

本书作者对地壳构造运动、构造地震成因及地震预测，进行了 40 多年的艰难探索与研究，从新的角度讨论了地壳运动的力源与规律，构造地震的成因机制与规律，以及地震物理预测等一系列重大的问题。

对于地壳构造运动及力源的探讨，作者提出了其在本质上是来源于重力作用下所产生的多个层次的差应力。地壳正是在多个层次差应力的作用下，构成了多层次的复杂的运动结构：有全球整体性的重力均衡差运动，有重力与浮力均衡差的补偿运动，有重力作用下的水平流变运动，有风化与搬运作用引起的重力均衡差运动等等。这些多层次的地壳构造运动既相互制约，又相互促进，致使地壳的构造运动永远不会终止。

在地壳构造运动的讨论中，作者着重指出了两点：一是由于地壳为弹性-塑性体，推动地壳运动的力源只能是内力，即主要是重力与惯性力，而不能是外力，因为外力的推动力会被地壳的塑性形变所逐渐抵消。二是地壳多层次的构造运动，在一定条件下的地壳回旋运动的规律性，即在一定条件下海陆变迁转化的规律性。

地震是在地壳的构造运动中孕育与发生的，因此要研究地震孕育、发生的规律，首先就必须搞清楚地震与地壳构造运动的关系。

对此，作者认为经过多方面的深入研究，取得重要进展的第一步就是初步认识到了地震与地壳构造运动的关系，是地震的形成只与地壳的差异构造运动直接相关。第二步是在前人研究的基础上，初步认识到地震孕育、发生的动力学原因（也叫动力学要素）是地壳岩层要大于一定速率（具有相对性）作差异构造运动；地震孕育、发生的构造学原因（也叫构造学要素）是地壳岩层的整体性比较好，力学性能比较强。但是，只有这两个要素是不能构成地震孕育、发生的充分与必要条件的。第三步也是关键性的一步，是认识到地震的孕育与发生孕震体必定要形成一种特定的应变结构（也叫做应变结构要素）。也就是说，并不是任何应变结构只要有应力的积累都能够孕育、发生地震的。地震的孕育与发生不仅与动力学要素及地质构造要素直接相关，而且还与应变结构要素直接相关。这是因为只有孕震体具有了某种特定的应变结构时，它才具有能够孕育、发生地震的一系列机制与功能。并且研究得出这种特定的应变结构就是“三

向应变结构”^①。第四步是在地壳的差异构造运动中，初步发现了这种能够孕育、发生地震的特定的应变结构，即“三向应变结构”。并且进一步揭示了“三向应变结构”形成的物理机制与物理过程。地震的孕育就是当地壳差异构造运动遇到了地壳整体性比较好的“僵硬块体”使差异构造运动发生牵制与矛盾时，形成了“拉疏隆起应变区”、“压缩凹陷应变区”及“剪切应变区”同时产生、对应存在、共为一体的“三向应变结构”。简单地说，地震的孕育就是地壳的差异构造运动产生了牵制与矛盾而发生应变、积累能量的结果；地震的发生就是“三向应变结构”孕震体的破裂解体，使地壳差异构造运动的矛盾得到解除，以保障地壳区域差异构造运动的正常进行。

在地震预测的探索研究中，作者提出了要突破地震物理预测关键的一步，是首先根据“三向应变结构”孕育、发生地震的规律性，尽力找到地震的孕育区与未来地震的震中区。这样就为进一步实现预测预报震级大小、发震时间以及灾情损失，找到了具体综合监测研究的目标与范围。根据“三向应变结构”孕震体在发展过程中必定会引起相关物理量的变化，如地壳形变、地下水位、水量、地震波速、地电等多种物理量的变化来分析判断孕震体发展的各阶段性特征；再根据前兆异常及隆起范围的大小以及隆起与凹陷的高低等因素来综合估算震级的大小，同时可制订防震减灾对策与措施，以最大限度地减轻地震的灾害损失；根据“三向应变结构”孕震体的发震破裂必定是应变逆转破裂的机制，及在大破裂之前又一定会有局部应变逆转的发生，从而观测地壳形变、地下水位、水量的“临震回跳”标志，地电、水氦、地磁场强度“突变”、“反向”，以及动物、地声、地光等多种临震现象的出现，来综合预测预报地震发生的时间；根据地震震级大小、孕震区与震中区的人口分布、工农业设施、城市、交通、通讯等经济要素，同时进一步实施防震减灾措施，作出地震的灾害预报。

自然界物质运动的规律性都是客观存在的，它们都不会以人的意志为转移。人类的认知过程，就是使认识不断去符合客观规律的过程，我们不能改变事物发展的客观性。对地震孕育与发生规律的认识，也必定是一个反复认识与反复实践的过程，但其中的创新与发现则是加速地震规律认识的关键。

作者探索的思路和讨论的意见需要历史和实践来检验，但现实的作用是一定会吸引更多科技工作者的重视，进行深入探讨和研究，这是一件十分有意义的事情。

湖南省地震局局长

李 维 强

2009年5月

^① 此前主要以“双向应变结构”一词发表在相关论文中，现改为“三向应变结构”更为具体确切。

前 言

地壳的构造运动及构造地震和地震预报三者研究的内容是紧密联系在一起的。要进行地震预报就必须研究构造地震的成因与规律，要研究构造地震的成因与规律，就必须研究地壳的构造运动及其规律性与地震的关系。目前，国内外研究地壳构造运动及构造地震和地震预报方面的书籍很多，本书与众不同的是，全书贯穿了作者在相关领域长期研究的新观点与新成果。这些新观点与新成果既有现代相关理论的继承，又有创新与发展。本书是作者对地壳的构造运动、构造地震和地震预报相关方面研究成果的主要总结。但由于是新的观点，新的理性认识，难免会有欠缺或不成熟之处。本书的撰写一方面是希望对地壳构造运动、构造地震的成因及地震预报的认识，在前人研究的基础上能有所深入，有所前进。另一方面是希望能抛砖引玉，恳请同行与读者批评指正，将所研究问题的讨论引向深入。

作者的研究表明，地壳构造运动的动力源在本质上主要是来自于地球的重力作用。由于地球结构的不均匀性，地球形态的不均衡性，因此地球的重力作用也是不均衡的、千差万别的。地壳的构造运动实质上就是在重力作用下所产生的多个层次的均衡差运动。地壳（还应该说包括地幔、地核物质在内）在重力作用下所产生的均衡差运动，是内力所推动的地壳构造运动。内力所推动的地壳构造运动是不需要依靠地壳岩层的弹性形变来传递推动力的。而地壳的构造运动如果是外力所推动的话，那么就必须要依靠地壳岩层的弹性形变来传递其推动力。但是由于地壳是弹性-塑性体，外力推动地壳的构造运动，岩层所发生的弹性形变就会逐渐被其塑性形变所抵消，因此外力作用的推动力在地壳中是不可能远距离连续传递的。

由于板块运动在本质上是依靠外力所推动的地壳构造运动，因此根据地壳是弹性-塑性体的特性，板块推动力是不能一传数千千米的。作者计算的结果证明，推动地壳运动之力如果是外力，那么最多只能传递 100km 左右。这样看来，地壳的构造运动如果是外力的板块来推动，那么在科学上就遇到了很大的困难，甚至是不可能的了！因此，地壳的构造运动在本质上就只能是依靠内力的作用所推动了。而作用于地壳与岩层的内力主要就只有重力与惯性力这两种力了。

如大家所熟悉的，整个地球基本上是呈球形的，这主要是重力作用的结果。更为重要的

是，地面的起伏运动与水平运动本质上也都是地球重力作用的结果。也就是说，不仅地球呈球形是重力作用的结果，而且地球上的高山、高原、盆地与海洋的形成也都是重力直接或间接作用的结果。同时我们还知道，地球的整体不是一个规则的球形，而是呈扁球体形状的，这是由于地球除长期受到重力的作用之外，还同时受到了自转惯性离心力的作用。因此可以说，能推动地壳及地球物质作大规模的、长久的构造运动之力，除了地球的重力和惯性力的内力作用外，其他任何非重力与惯性力的作用都是微弱的、处于很次要作用的。

地壳要发生构造运动，这是地壳运动的自然规律所在。大家都知道，构造地震主要是由地壳的构造运动所引起的（严格地说，构造地震的形成，只与其中某些构造运动直接相关，有关的章节将会进一步讨论）。由于破坏性构造地震的发生所造成的危害是人类所受各种自然灾害之首，因此实现地震的物理预报（依据地震孕育、发生的物理规律进行监测的地震预报，非经验预报）就成为人类实现防灾减灾的最重要的目标之一。在党和国家的高度重视及我国全体地震工作者的努力奋斗下，现在我国的地震预报研究已处于世界的领先水平，从 20 世纪 70 年代开始，已成功或比较成功地预报了中强地震 20 多次，这是其他国家所没有的。但是目前还有大多数的破坏地震不能预报出来，往往给国家与人民造成了深重的灾难，其根本的原因是人类尚未完全认识、掌握地震孕育发生的基本规律，还不能利用地震孕育、发展、发生的规律与过程来有的放矢地监测预报地震。因此研究、认识地震孕育发生的规律，是实现地震物理预报的必由之路。

对于能否认识掌握地震孕育发生的规律，追根究底是人们能否透过地震现象认识其本质的问题。现象是本质的表现，本质是现象的根源，任何自然规律都不可能脱离相关的现象而孤立地存在着。地震也不可能例外了。因此要研究、认识地震孕育发生的规律，在认识了地壳的构造运动本质上是在重力作用下所产生的多个层次的均衡差运动的基础上，进一步要研究的就是构造地震主要与地壳哪些构造运动直接相关，地壳的构造运动为什么会引起地震的发生，地壳的构造运动引起地震的孕育、发生的物理机制与过程是什么，等等。

我们知道，地壳的构造运动有多种形式，是不是所有形式的构造运动都与构造地震的形成直接相关呢？回答是否定的。作者在前人研究的基础上得出，其中只有地壳的差异构造运动才与地震的形成直接相关。这是因为不管是浅源地震还是中源及深源地震，几乎所有构造地震的破裂机制都是地壳岩层剪切破裂的结果。这样就会使我们进一步认识到，剪切破裂只有剪切应力的作用才能发生，而剪切应力又只有地壳岩层的剪切应变才能产生，地壳岩层要发生剪切应变，那就需要地壳岩层作垂直差异构造运动及水平差异构造运动。因此就得出了一个重要的认识：只有地壳岩层的差异构造运动才与构造地震直接相关。也就是说，构造地

震的形成与地壳的平动没有直接的关系，地壳的差异构造运动及差异构造运动的速率大小则是地震形成的动力学原因。

这一认识得到了全世界地震分布规律的证实：几乎所有的地震带都分布在地壳的差异构造运动带，并且无一例外。同时也得到了几乎是所有地震断层断裂与错动规律的证实：几乎所有的地震断层断裂与错动的实质结果，都表现出当地地壳差异构造运动的继承性。

找到了只有地壳的差异构造运动才与构造地震直接相关的原因，这就大大缩小了研究、寻找构造地震形成机制的范围：从泛泛的、地壳多种形式构造运动的大范围，缩小到了只要在地壳的差异构造运动中去研究构造地震形成的物理机制与规律了。这样就大大加速了研究、认识地震形成物理机制与规律的进程。在研究、认识地震孕育发生物理机制规律的过程中，只有不断地缩小研究的范围，不断地集中研究的目标，才有可能最终实现认识地震基本规律的理想，从而为实现地震的物理预报提供理论依据与实践依据。

作者经过长期的研究，在前人研究的基础上认识了地壳的差异构造运动及差异构造运动的速率大小是构造地震形成的动力学要素，接着又认识了地壳岩性与结构的力学性能比较强（包括岩性、结构、断层的性质及走向等）是地震形成的构造学要素。但是只有这两个要素是不能构成地震孕育、发生的充分与必要条件的。那么地震形成的第三个要素是什么样的物理量呢？由于这一问题没有得到解决，长期以来使人类认识地震孕育发生规律的进展很困难。因此可以说，对地震形成第三个要素认识上的困难，是阻碍人类认识地震规律的瓶颈。

作者又经过了长期而艰难的研究得出：在地壳差异构造运动中一定条件下所形成的特定的应变结构，是地震形成的第三个要素。也就是说，地震形成的第三个要素不是像第一、二个要素那么简单与直观，而是地壳的构造运动在发展演化中所形成的一种能孕育发生地震的特定的应变结构。这就是说，并不是任意的应变结构只要有应力的积累都能够孕育发生地震。这一认识是非常重要的突破。

因为地震的孕育与发生，孕震体要完成地震应力的产生传递与集中、供能储能与放能、失稳破裂发震、提供破裂所需的位错空间等一系列的物理机制与过程才能实现，而这一系列的物理机制与过程的实现都是要依靠地震应力不同性能的作用来完成的，可是地震应力的作用与性能则又是由应变结构的组成及性能所决定的，所以，除了地壳构造运动的动力作用与地壳岩层结构的力学性能这两个形成地震的要素之外，第三个必不可少的要素就是在地壳的差异构造运动中所形成的能够孕育、发生地震的特定的应变结构。是这种特定的应变结构所产生、积累的多种不同性能的地震应力作用，随着地壳差异构造运动的继续，在发展演化中有机地完成了地震孕育、发生的一系列的物理过程，最后才形成地震的。经多方面研究证明，

这种特定的应变结构，就是“三向应变结构”。“三向应变结构”的特点是，应变的拉疏区、压缩区及剪切区同时产生、对应存在、共为一体，即共为同一孕震体。也就是说孕震体并不是单一的应变结构，而是一个复杂的复合应变结构：各个应变区各有各的结构与性能，各有各的作用与用途，它们有机地共同完成地震的孕育与发生。因此，地震形成的三个要素就构成了能够孕育、发生地震的充分与必要条件。

当我们认识了地震孕育发生的第三个要素就是在地壳的差异构造运动中所形成的一种特定的应变结构，即“三向应变结构”后，进一步的研究就是在地壳差异构造运动的范围内，去探索认识“三向应变结构”形成的物理机制了。如果在地壳的差异构造运动中，也就是在具备地震形成的动力学要素及构造学要素的条件下，又能找到“三向应变结构”形成的物理机制与物理过程，那么就会对地震规律的探索与认识，又大大地向前推进了一步。

作者又经过了长期而艰难的研究，终于在地壳差异构造运动的范围内发现与认识了“三向应变结构”形成的具体物理机制及物理过程。并且进一步认识到“三向应变结构”完全具备地震应力产生、传递与集中的机制与功能，供能、储能、放能的机制与功能，失稳、破裂、发震及提供破裂所需位错空间的机制与功能，等等。

研究证明，“三向应变结构”孕震体从形成发展演化到解体的过程，就是地震孕育发展演化与发生的过程。更进一步地说，“三向应变结构”孕震体形成与发展的地区，本质上就是地壳的差异构造运动矛盾产生、牵制与发展的地区；“三向应变结构”的破裂解体，就是地震的发生，也就是地壳差异构造运动矛盾的解除。这样，其结果就是导致与保障了地壳的差异构造运动得以正常进行。这就是地震与地壳构造运动的实质关系。

从以上的研究过程可以看出，我们不仅认识了地震形成的动力学要素、构造学要素、以及应变结构要素——“三向应变结构”要素，而且还认识了“三向应变结构”形成的物理机制、物理过程，及“三向应变结构”为什么能够孕育发生地震所具有的一系列的机制与功能。

如果“三向应变结构”孕育发生地震的规律性能进一步得到证实，那么应用这一规律将会大大促进地震物理预报的早日突破。在地震的监测中，只要观测到了“三向应变结构”的产生与发展，就能找到未来地震的震中区；找到未来地震的震中区就是找到了地震将要发生的地区，再综合跟踪观测“三向应变结构”发展的各阶段特征及多项指标，就可以进一步实现地震发生震级大小及发生时间的预报了，甚至还可在震前实施防震减灾措施与实现地震的灾情预报。

现在将以上研究的认识与进展小结如下：

(1) 作者对地壳构造运动的研究提出了地壳运动的力源在本质上是来自于重力作用所产

生的多个层次的差应力，地壳的构造运动本质上就是重力作用下所产生的多层次的均衡差运动。不仅地球的整体形状是重力与惯性力作用的结果，而且地面的起伏运动也是与地球的重力作用直接相关的。

重力与惯性力对地球的作用是内力作用而不是外力的作用。由于地壳是弹性-塑性体，因此地壳的构造运动只能是内力的推动，而不能是外力的推动。如果是外力作用推动地壳的构造运动，其作用力会逐渐被地壳的塑性形变所抵消。由于板块推动力是外力而不是属内力的范畴，因此板块推动力在地壳中是不能一传数千里的。

(2) 对地壳运动与地震关系的研究，提出了构造地震只与地壳的差异构造运动直接相关的认识。地壳内大于一定速率的差异构造运动是地震形成的动力学要素，地壳岩性与结构的力学性能比较好是地震形成的构造学要素。并进一步得出了地震孕育发生的第三个要素是在地壳差异构造运动中的一定条件下所形成的特定的应变结构，即“三向应变结构”。

(3) 在地壳的差异构造运动中进一步发现了“三向应变结构”形成的物理机制与物理过程。“三向应变结构”的特点是，应变的拉疏区、压缩区及剪切区同时产生、对应存在、共为一体，即共为同一孕震体。也就是说孕震体并不是单一的应变结构，而是一个复合的应变结构。是这一复合应变结构体所具有的一系列的机制与功能，才能完成地震孕育与发生的全部物理过程。

“三向应变结构”孕震体的形成机制，是当地壳差异构造运动的速率比较大，同时又遇到了地壳整体性比较好的“僵硬块体”时，地壳的差异构造运动就会相互牵制而发生矛盾，使“僵硬块体”发生复杂的应变、积累能量因而就可能逐渐形成“三向应变结构”孕震体而孕育地震。地震的发生就是“三向应变结构”孕震体发展成熟以后的破裂解体，以解除差异构造运动中的矛盾，从而就可以保障地壳差异构造运动的正常进行。这就是地震的孕育发生与地壳差异构造运动的因果关系。也可以说，地震的孕育发生是地震形成的三个要素在地壳的差异构造运动中相互作用、发展演化的结果。

研究证明，在地壳构造运动的过程中，如果没有形成“三向应变结构”，而是别的应变结构，那么这种非“三向应变结构”的应变体是不能孕育发生地震的，它们只能使地壳与岩层发生缓慢的多种形变与运动，如挤压、拉张、弯曲、褶皱、扭转、剪切等一般的形变与构造运动。因此，有无“三向应变结构”的产生与发展，就是孕震体与非孕震体根本区别所在。

(4) 经过长期的研究，作者进一步发现了“三向应变结构”孕育发生地震一系列的机制与功能，是这一系列的机制与功能有机地完成了地震孕育、发生中的全部物理过程。因此使我们从根本上认识到为什么只有“三向应变结构”才能够孕育发生地震，而别的应变结构就

不能够孕育发生地震的真正原因。同时也预示着“三向应变结构”孕震体的形成与发展很可能就是地震孕育发生的普遍基本规律。

(5) 如果“三向应变结构”孕育发生地震的规律性能进一步得到理论与地震实践的证实,那么应用这一规律来监测预报地震,将会大大促进地震物理预报的早日突破,提高中强地震预报的准确率,大大减少地震的伤亡与损失。

我们以上研究所取得的进展,是在国内外相关研究的基础上总结提出来的,既有继承,又有发展,无疑是全体地震工作者共同劳动的结果。这些成果先后得到了我国多位地学科学家的肯定、支持与指导:国内外著名的地质学家陈国达院士,在生前的 2001 年向湖南省省长及省委书记写信推荐说:“周友华同志经过 30 多年的艰苦研究终于初步发现了地震孕育与破裂的基本规律,并在地震的实践中得到了普遍的证明,处于国内外领先水平。”著名地震学家张国民教授 1997~2000 年多次来信评价说:作者提出了一系列有启迪性的思想,形成了很有特色的思路、研究方法和观点。其中最重要和最基本的是提出了地壳运动的动力来源是重力均衡,是重力作用于地壳岩石产生的差应力、提出了重力及其变化作用是地壳运动的根本动力源。对大陆地震成因问题提出了孕震体“三向应变结构”的科学思想,该科学思想有较好的实践基础。著名地震学家郭增建教授在 1999 年 8 月来信评价说:“你的观点甚好,其中力学不稳,空间不稳(即三向应变结构),差异运动和相应的应变速度必须超过一定的量值,这些最本质的观点对地震成因和地震预报是至关重要的,我完全赞同。”著名地震学家刁守中教授在 1997 年 4 月来信评价说:“你所提出的问题的确深刻地触及了地球动力学要害,意义重大……你用重力均衡差理论对地壳运动及地震力源问题提出了许多新颖的看法,是很有见地的,既有对经典理论的继承性,又有深入的发展。”著名地震学家王吉易教授在 1994 年 10 月来信评价说:“您的关于地壳运动和地震成因,即力源的探讨,课题重大,立论新颖且突破了旧的认识框架,是很了不起的。”

2005 年 12 月,湖南省科技厅和湖南省地震局针对此项研究思路及阶段性成果召集我国相关研究的院士和专家开了专题评议会,得到了院士、专家的一致肯定。著名地震学家张国民教授评议说:“与前人研究给出的‘弹性回跳学说’、‘地震孕育的组合模式’、‘地震孕育发生的让位模型’等相比,‘三向应变结构’的孕震研究更系统、更深入,对孕震过程和孕震理论研究有有益的启迪。”著名的地震学家郭增建教授评议说:“我赞成周友华震源有结构的观点,因为按照这种观点,地震的三要素是可以预测的。”著名地震学家李延兴教授评议说:“这些研究成果使人们对构造地震孕育发生的机制和过程有了新的和更深刻的认识,对探索地震孕育发生的规律和地震预测具有重要的理论意义。”著名地球物理学家何继善院士进一步评

议说：“这些新的论点可以较好地解释地震孕育、发展与发生全过程，很可能是地震孕育与发生规律的重要发现，具有重大的科学意义与社会经济意义，处于国内外领先水平。如能进一步得到实验与实践的证实，很可能是这一领域的一个突破性进展。”最后专家评议总结意见认为：该课题研究方向明确，物理概念清晰，具有重要的科学意义，课题组在多年的研究中取得了较好的成绩，研究结果具有启迪性，对深化孕震理论研究很有意义。并建议列入“十一五”规划，以便进一步开展相关的实验与应用研究。由评议专家组组长马宗晋院士签字确认。

此项重要研究还得到了各级领导及有关专家多方面的支持、帮助与指导，在此我们要特别感谢中国地震局、国家自然科学基金委员会、湖南省科技厅、湖南省地震局领导给予研究经费的大力支持，大大地推动了这一重大研究的向前发展；要特别感谢中国科学院地质与地球物理研究所及实验地球物理学家钟嘉猷研究员热情地承担了有关的实验研究；要特别感谢陈国达、马宗晋、邓起东、何继善、丁国瑜、陈颢、陈运泰等多位院士对研究的指导、支持与帮助；要特别感谢张国民、郭增建、李延兴、李志雄、罗灼礼、梅世蓉、王吉易、刁守中、邱泽华、车用太等多位地震专家对研究的指导、支持与帮助。湖南省地震局全德辉局长为本书的出版作序，胡奉湘、燕为民副局长亲自参与课题研究，大大推动了这一重大课题研究的向前发展。同时，这些进展也是课题组同志共同艰辛努力的结果。

在本书即将完稿之际，四川汶川不幸发生了 8.0 级特大地震，为了更好地鞭策我们努力探索地震的规律，早日突破地震的物理预报，也为了缅怀在此次地震中罹难的同胞，我们特别在书前安排了此次地震灾害的一些图片。

本书的出版发行既是向中华人民共和国成立 60 周年的献礼，也是对汶川 8.0 级特大地震一周年的纪念。

目 录

第一章 地壳的构造运动·····	1
第一节 地壳是运动的·····	1
第二节 地壳运动的力源·····	2
第三节 布格重力异常与地壳整体性的均衡差运动·····	5
一、布格重力异常存在的客观性 ·····	5
二、布格重力异常能对地壳产生强大的垂向不均衡作用力 ·····	7
三、布格重力异常产生的不均衡作用力足以推动地壳的垂向构造运动·····	8
第四节 重力作用产生的强大水平差应力及地壳的水平构造运动·····	12
一、水平差应力的方向在地壳的表层多变，随着深度的增加，应力方向 会逐渐趋向于地形高低变化的大梯度方向·····	13
二、地壳的水平构造运动上层速度大，中层速度小，直至均衡补偿面附近 趋近于零·····	16
三、地壳水平构造运动的速度大小与方向随深浅和地势陡峻与平缓发生变化·····	16
四、地壳水平构造运动的多种规律性，不仅被普遍存在的构造运动所证实， 而且还可解释多种重要的地质构造现象·····	17
第五节 地壳在重力作用下所产生的沉浮差应力及地壳的均衡补偿运动·····	20
第六节 风化搬运沉积作用所产生的地壳均衡差运动·····	22
第七节 地壳构造运动的基本形式及其运动的规律性·····	22
一、四种地壳构造运动的基本要点与特征·····	23
二、四种地壳构造运动的相互关系及其作用与效果·····	24
三、地壳构造运动的共同特性·····	27
第八节 地壳构造运动的回旋性及其转移性·····	31
参考文献·····	36
第二章 地震·····	37
第一节 地震成因的讨论·····	37

第二节 地震形成的动力学成因·····	39
第三节 地震形成的构造学成因·····	44
第四节 “三向应变结构”是地震孕育发生的应变结构成因·····	45
第五节 “三向应变结构”形成的物理机制·····	48
一、垂直差异构造运动与“三向应变结构”形成的物理机制·····	48
二、水平差异构造运动与“三向应变结构”形成的物理机制·····	51
三、“三向应变结构”孕育发生地震的基本规律性·····	55
四、“三向应变结构”孕育发生地震的规律性具有突破性的应用前景·····	56
参考文献·····	57
第三章 地震实践的证实·····	58
第一节 “三向应变结构”得到了地壳形变直接观测的证实·····	58
第二节 “三向应变结构”得到了地震断层断裂与错动规律的普遍证实·····	64
第三节 “三向应变结构”得到了震时震后冒水、冒砂、冒气现象及地下水位、 水量变化规律形成机制的证实·····	66
一、震时震后冒水、冒砂、冒气形成机制的证实·····	66
二、地下水位、水量变化形成机制的证实·····	67
第四节 “三向应变结构”得到了地震断层张剪断裂的证实·····	74
第五节 “三向应变结构”得到了地震断层走向垂直地壳差异运动梯度方向的证实·····	78
第六节 “三向应变结构”得到了地震破裂理论研究的证实·····	80
第七节 “三向应变结构”得到了汶川 8.0 级大地震地壳形变的证实·····	82
一、地震前的地壳形变证实了汶川大地震是“三向应变结构”的物理机制而 孕育的·····	82
二、从震时震后的同震形变，同样证实了汶川大地震是“三向应变结构”的 物理机制而发生的·····	83
三、从动力学环境与地质构造背景讨论汶川大地震“三向应变结构”形成的 物理机制·····	86
第八节 “三向应变结构”的地震模拟实验研究初探·····	88
参考文献·····	90
第四章 “三向应变结构”孕震体机制与功能的研究·····	92
第一节 “三向应变结构”孕震体构成了不稳平衡及其失稳的机制与功能·····	93

第二节	“三向应变结构”孕震体构成了地震应力产生、传递、集中的机制与功能	95
第三节	“三向应变结构”孕震体构成了地震供能、储能机制与功能	99
一、	地震孕育时的能量主要不是从远处传递来的	100
二、	地震能量主要是就地应变及其转换积累与储存的	101
三、	地震能量的组成是复杂的	102
四、	弹性势能与重力势能是最适合地震孕育、发生的机械能	102
五、	重力势能是地震能量中的主要能量	102
第四节	“三向应变结构”孕震体构成了地震放能及提供位错空间的机制与功能	103
第五节	地震发生时“应变逆转破裂效应”的可能发现	107
第六节	地震发生时震源体破裂的复杂性及其初步解释	110
	参考文献	112
第五章	地震的预测预报	113
第一节	地震孕育发生规律的初步认识	114
一、	进展一,找到了地震与地壳构造运动的关系	114
二、	进展二,找到了地震孕育、发生的动力学原因与构造学原因	115
三、	进展三,认识到地震的孕育与发生,孕震体必定要形成特定的应变结构	115
四、	进展四,找到了能够孕育、发生地震的特定的应变结构及其形成的 机制与过程	115
五、	进展五,进一步认识了“三向应变结构”孕震体孕育、发生地震的一系列 机制与功能	115
六、	进展六,“三向应变结构”孕育、发生地震的物理机制得到了地震实践及 理论研究的普遍证实	116
第二节	地震孕育发生规律的讨论	116
一、	约束一:合理的震源模式应能引发出地震发生时人们所观测到的基本事实	117
二、	约束二:合理的震源模式应能解释自然界中自动形成地震的环境与条件, 而不能是不考虑地震成因的孤立假设	118
三、	约束三:合理的震源模式应能体现相应的震前、震后物理过程的连贯性和 合理性	119
四、	约束四:合理的震源模式对介质物性的考虑要与其行为相一致	120
五、	关于地震成因模式应研究的主要内容	121

第三节 地震发生地区的预测预报·····	125
第四节 地震发生震级大小的预测预报·····	128
第五节 地震发生时间的预测预报·····	130
一、孕震体初始形成阶段的特征·····	131
二、孕震体发展成熟阶段的特征·····	131
三、孕震体失稳破裂临震阶段的特征·····	141
第六节 实施防震减灾对策与灾情的预测预报·····	152
参考文献·····	153
第六章 认识与总结·····	154
第一节 在地壳构造运动方面的创新认识·····	154
一、提出了地壳构造运动动力的根本来源是重力作用下所产生的多个层次的 差应力·····	154
二、在前人研究的基础上,提出了重力作用下产生的差应力推动地壳 构造运动的四种形式·····	154
三、提出了地壳构造运动回旋的规律性·····	155
第二节 在地震成因方面的创新认识·····	156
一、在前人研究的基础上提出了地震形成的三大要素·····	156
二、揭示了构造地震的孕育、发生与地壳差异构造运动的具体关系·····	156
三、提出了区域构造应力和地震应力的联系与区别·····	156
第三节 在地震孕育机制方面的创新认识·····	157
一、提出了“三向应变结构”孕震体是地震孕育与发生的普遍物理机制·····	157
二、在地壳的差异构造运动中发现了“三向应变结构”孕震体形成的 具体物理机制与物理过程·····	157
三、进一步认识与发现了“三向应变结构”孕震体之所以能够孕育、 发生地震所具有的一系列的机制与功能·····	157
四、初步认识了“三向应变结构”孕育、发生地震的基本规律·····	159
第四节 在探索地震前兆机理方面的创新认识·····	160
一、“三向应变结构”的特定应变为多种地震前兆的变化机制提供了物理基础·····	160
二、“三向应变结构”的应变揭示了地震前地下水位、水量及地震波速 变化机制及地震发生时冒水、冒砂、冒气现象的物理机制·····	160