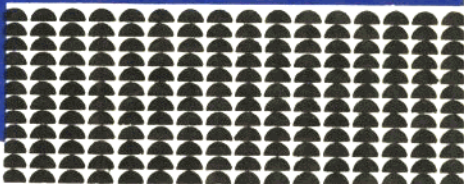
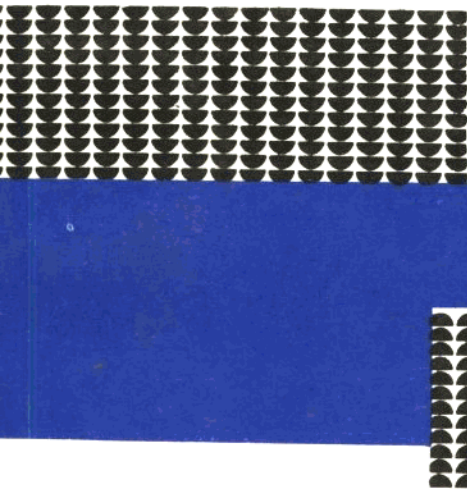


天—气—地耦合 与地震预报

赵洪声 张世杰 等著



云南大学出版社

云南省科委应用基础研究基金资助项目

天—气—地耦合与 地震预报

赵洪声	张世杰	胡 辉	罗葆荣
蔡静观	王裁云	张淑蓉	徐国钧
王世芹	赵成鹏	李晓明	杨子汉
合 著			

云 南 大 学 出 版 社

滇新登字 07 号

责任编辑: 张世鸾

封面设计: 喻 雪

天—气—地耦合与地震预报

赵洪声 张世杰等合著

*

云南大学出版社出版发行

(云南大学校内)

云南省地震局印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 7.375 字数: 166 千

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

印数: 001—700

ISBN 7-81025-408-1/P·8

定价: 4.80 元

内容提要

本书紧密围绕天文-气象-地震耦合关系中的一些基本问题，集中介绍了作者们近几年取得的最新研究成果，包括浅源地震的地球内部和外部动力来源，孕震系统的非线性动力学特征，孕震过程的临界性质，强震前夕的降维、减熵、增能特征，以及大气活动、天文因素在地震爆发中的具体效应等，从而在理论与实践相结合的基础上，初步形成了一套颇有创见的地震预报思路和方法。

本书既是地震、地球物理、天体物理和气象等部门科技工作者及相关大专院校师生的参考书，也可供关心地震预报、自然灾害预报的广大探索者阅读。

EARTHQUAKE FORECASTING BY ASTRONOMICAL AND METEOROLOGICAL FACTORS

—Present to the International Decade for
Natural Disaster Reduction (1990–2000)

Zhao Hong-Sheng Zhang Shi-Jie

Luo Bao-Rong Hu Hui

Cai Jing-Guan Wang Cai-Yun

Yunnan University Press, Kunming,

China, 1994

SUMMARY

This book comprehensively and systematically has been discussed the basic problems of earthquake prediction. The relationships between astronomical and atmospherical factors on earthquakes were presented with nonlinear scientific methods. The astronomic singular points, the sunspots cycle of solar activity, anomalies of residuals of astronomical time and latitude, anomalies of atmospheric physical fields, dynamic instability of atmosphere, and drought etc are included in the astronomical and the atmospherical factors. The mechanism and its application about the effects of the atmospherical and astronomical factors on earthquakes are explored the object of this book to be published.

目 录

绪 论	(1)
第一章 云南浅源地震的动力来源	(4)
§ 1.1 来自地球内部的动力	(4)
一、 云南地壳应力状态的水平动力	(5)
二、 云南地壳应力状态的垂直动力	(8)
§ 1.2 来自地球外部的动力	(11)
一、 大气环流动力源	(12)
二、 天体运行动力源	(13)
第二章 孕震系统的非线性特征	(15)
§ 2.1 孕震过程的非线性动力学方程组	(15)
一、 断层附近的孕震方程	(17)
二、 孕震方程的临界性质	(22)
三、 孕震方程应用于地震预测	(26)
§ 2.2 云南强震前的降维减熵增能特征	(28)
一、 描述方法	(30)
二、 强震前降维减熵增能特征	(31)
§ 2.3 云南强震前的小震频度和频度比	(38)
一、 强震前不同震级范围的小震频度	(38)
二、 强震前频度比随时间的变化	(41)
三、 频度比的预测能力估计	(42)
§ 2.4 云南大震前后的中强震兆现象	(46)
一、 大震孕育过程中的震兆信息	(47)

二、	震源区各期震兆信息	(49)
三、	7 级大震强余震活动的有序性	(54)
四、	大震孕育发生发展过程	(55)
§ 2.5	孕震系统的非平衡特征	(57)
第三章	天文因素与地震活动的关系	(61)
§ 3.1	预测地震的天文因素法	(61)
§ 3.2	地震活动与太阳活动的关系	(63)
一、	中国和云南强震在太阳活动周中的不均匀分布	(63)
二、	太阳活动影响地震的机制	(66)
§ 3.3	强烈地震与天体位置的关系	(68)
一、	天文奇点	(69)
二、	54.7 度引潮力提升区	(84)
三、	月亮的轨道运动	(85)
四、	地震的恒星日周期	(86)
五、	可能的机制	(87)
§ 3.4	天文测时测纬残差与云南地震预报	(89)
一、	时纬残差	(89)
二、	时纬残差分析	(90)
三、	时纬残差与地震预报	(91)
四、	讨论	(93)
第四章	大气活动与云南地震活动的关系	(95)
§ 4.1	大气异常变化的致震作用	(96)
一、	云南地壳上覆大气质量的多年动态	(97)
二、	涝旱过程与澜沧—耿马大震孕育的强化	(100)
三、	气压突变与澜沧—耿马大震的爆发	(104)
§ 4.2	云南强震前的降水特征	(106)
一、	发震前一月内的降水分布状态	(107)

二、	发震前后一月内逐日降水量随时间的分布	(109)
三、	发震前后震中降水的统计特征	(112)
§ 4.3	孕震期间的地面长期高温低压效应	(115)
一、	强烈地震前大尺度场中区域高温低压现象 的普遍性	(115)
二、	气压陡变带和震中位置	(116)
三、	强烈地震前震中温压自演化特征	(118)
四、	震中附近地面气温的临震分布	(121)
§ 4.4	高空大气环流对云南地震的影响	(124)
一、	资料处理方法	(125)
二、	相关普查	(125)
三、	预报方程的建立	(129)
四、	预报方程中的重要因子在 500 百帕环流上 的意义	(133)
第五章	天一气一地耦合与地震预报	(135)
§ 5.1	大陆浅源地震与内外环境的耦合	(135)
一、	深部构造活动效应	(135)
二、	上覆大气活动效应	(136)
§ 5.2	地震动态系统演化的模拟	(141)
一、	腾冲—潞西地区地震演化背景	(141)
二、	时变参数模型	(145)
三、	对地震动态的模拟	(148)
四、	向前预报效果	(156)
§ 5.3	地震预报与减灾决策	(159)
一、	决策的基本条件	(159)
二、	决策的数学模型	(161)

第六章 未来强震形势分析.....	(163)
§ 6.1 中国西南地区地震形势	(163)
一、 大范围强震盛衰的准同步性	(163)
二、 滇、藏、川大震迁移的有序性	(165)
三、 藏东和川南两地强震活动的自律性	(166)
§ 6.2 云南未来强震探讨	(168)
一、 强震活跃期的轮回相似性	(168)
二、 强震前中等地震的空间丛集性	(170)
三、 近期各带地震涨落动态扫描结果	(173)
参考文献.....	(177)
附录 1 太阳黑子活动数据	(184)
附录 2 地球自转参数	(191)
附录 3 大气降水和大气压力数据	(213)
附录 4 云南地区近年 $M_S \geq 4.7$ 级地震简目	(220)

绪 论

地震居群灾之首。尤其在人口密集的城市发生地震，转瞬之间可使几十万人丧生，几百亿美元财产遭受损失。因此，地震预报工作有着强烈的现实意义。它也是地震科学研究的核心课题。

云南是我国多地震省份之一。1953~1957年，李善邦先生的《中国地震区域划分图及其说明》一文把云南列为强震区^(0.1)。在1956年制订的“中华人民共和国自然科学十二年远景规划”中，付承义先生倡议，地震预报要包含发震地点、时间和强度三个要素，这给地震工作者提出了严格要求和奋斗目标。1958年，国家地震工作者小分队到云南曾经发生过大地震的地区实地考察，发现了地面破裂带现象，并收集到如地下水、地声、地光和动物异常等有价值的短临宏观前兆现象。1963年，付承义教授发表《地震预告的某些问题》论文^(0.2)，成为论述地震预报的我国早期专论。

本世纪六十年代，世界上很多地区破坏性地震又开始频频发生，有关各国纷纷展开地震预报研究。如日本学者对本国地震灾害提出预报规划；美国在经受阿拉斯加的8.4级大地震后，也开始搞地震预报。同时，前苏联的地震预报研究规模更进一步扩大。1966年我国河北邢台发生7.2级大地震，周总理针对大量前兆异常现象的报导，明确地提出了开展地震预报研究的号召。经过一些科学家的努力，自七十年代后逐渐形成了关于异常、前兆及其与地震关系的一整套观

点、认识和理论，但由于至今未能从一代人积累的前所未有的丰富观测资料中提炼出多少具有普遍意义的规律(特别是共性前兆)，反而陷入了“前兆”复杂性和“前兆”不可重复性的困惑之中，故这些地震前兆理论不免开始受到挑战^[0.3]，有待修正甚至重建。当然，与地震前兆理论创立的同时所提出的其他一些重要理论，诸如马宗晋教授的“地壳基本应力场和变动应力场”及“多源场”论，郭增建教授的“组合模式”(震源由应力积累单元和其两端的应力调整单元共同组成)及“调制模式”(外因调制前兆和震源动态)等，都在不同程度上指导着地震预报的实践。

由于地震涉及地球内部构造，而地球内部目前还是一个打不开的黑箱，只能靠其输出的某些信息和历史资料来做预测研究^[0.4]，这就决定了目前我们很难实现确定性的地震预报。但是，若能努力建立起一套尽量符合客观实际的地震预报理论，哪怕是一些思路，都无疑会给实际预报工作和地震减灾工作以重大的指导作用。

从较高的层次看，地壳构造与地震和前兆之间实乃是一个分层制约的有机系统，并与其周围环境构成动力和物质联系的整体。只有从整体观出发，系统地揭示出它们之间的整合关系，才有望逐步解决地震预报问题，因此我们于1990年向云南省科委应用基础研究基金申请了“天体运动、大气环流与云南地震活动的基本关系及应用研究”课题。本课题已获得许多新认识，达到了预期目的；已在《地震学报》、《西北地震学报》、《地震研究》、《云南大学学报(自然科学版)》等刊物上公开发表了十余篇学术论文。正是在这些研究成果及其它内部材料的基础上，我们进一步综合提高写出了关于此课题较全面的专著。现藉其公开出版之际，向曾给

与本课题很多帮助的云南省科委张敖罗主任及基金处黄文昆同志、计划处刘东辉同志和云南省地震局科技处赵恒同志表示衷心感谢。

本课题组组长为赵洪声研究员（云南省地震局）。成员有：张世杰、徐国钧（云南大学），罗葆荣、胡辉、李晓明（云南天文台）、蔡静观、张淑蓉、王世芹、赵成鹏、杨子汉（云南省地震局）和王裁云（云南省气象局）等。

此外，杜家伦、安琳、张喜玲等参加了本书文稿的清誉和图件清绘工作。

第一章 云南浅源地震的动力来源

酿成一个大地震，必须要有供给能量的机制，并要求向震源地区供给的一切形式的能量都要最终转换成为机械能量储存起来。目前从物理学领域认识到的供能方式大致可以分为来自地球内部构造的（如大地构造运动）和来自地球外部环境的（如天体运行，大气环流）两类。它们都可以是孕育地震的动力来源。

§ 1.1 来自地球内部的动力

近年来应用多种地球物理方法，对东亚及云南应力场、地壳和上地幔构造所做的研究表明，云南多震现象和大震分布的动力来源主要有两个方面。一是印度板块与亚欧板块的碰撞挤压使在大区域地壳内形成区域应力场；另一是由于青藏高原的隆起高差驱使高原物质向东漫流，当受到扬子准古陆及华南地块阻挡时，又形成一个相对独立的区域应力场。这种区域场与震源应力场有一定关系，但不尽相同。震源场是区域场在局部地区物质分布不均匀时，引起应力集中而形成的场。沿这些运动物质的嵌接边界应力易于集中，也自然成为云南大地震的主要分布区域。

一、云南地壳应力状态的水平动力

据文献^[1.1]对油井作水压致裂测量得到的原地应力结果：中国大陆水平构造应力的最大来源是印度板块的北移，尤以中国西部及西南部地区受力明显。将各区实测最大水平主应力值归算到海平面以下4km深处，显示出最大水平主应力随距印度-欧亚板块间缝合线（拉萨）距离的增加而减小。缝合线附近为240MPa，云南约为100余MPa，见图1.1。

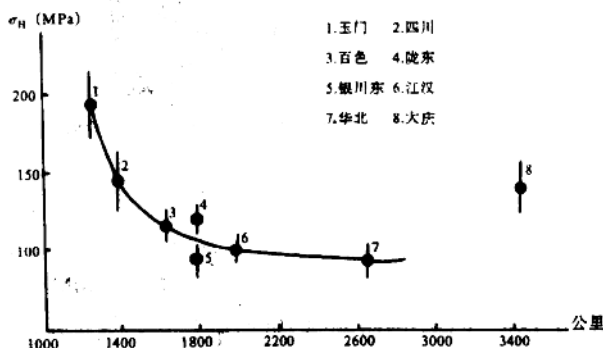


图 1.1 修正后的水平应力数值与对拉萨的距离关系

按文献^[1.2]用三维线弹性有限元方法，对东亚地区数值模拟的结果：

1. 水平最大主应力与实测值符合较好，随着与青藏高原

距离的增加而减小，见图 1.2。云南地区由滇西北的 100MPa 减至滇东南的 50MPa。

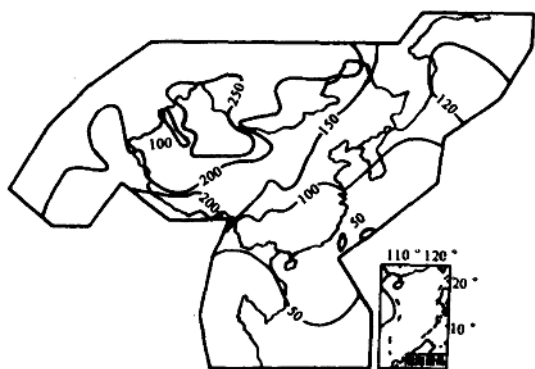


图 1.2 海平面下 5 公里深度的水平向最大主压应力数值分布图

2. 水平向最大剪应力值在青藏高原腹地较低，见图 1.3。云南中西部为 30MPa，东部及南部增大至 40MPa。剪应力大的地区（如中国西北为 100MPa）往往是高震级的地震发生区。云南的大震较多可能也与此有关^(1.3)。

总之，由于印度板块的俯冲和喜马拉雅正面仰冲，中国西部地壳（上地幔）物质在南北强烈挤压的载荷条件下，有向东的侧向扩张趋势。同时因高差作用青藏高原物质亦存在向东漫流、入侵、挤压。这也被云南地震震源机制解所显示的结果多为走滑断层所证实。另一方面印度、缅甸板块向北俯冲时还带有侧面剪切，产生了板块东西两侧剪切带。东侧

形成缅甸平滑滑动断裂带，这里也是强震发生带。对上述有关地区的强震做相关统计（见表 1.1）可知，缅甸中深源地震带发生 $M \geq 6\frac{1}{4}$ 级强震或中强震特别活跃（5~6 级，7 次/年）之后的 3~36 个月，川滇多发生 7 级大震。这是川滇大震活动动力来源于印度缅甸板块北移的直接证据。

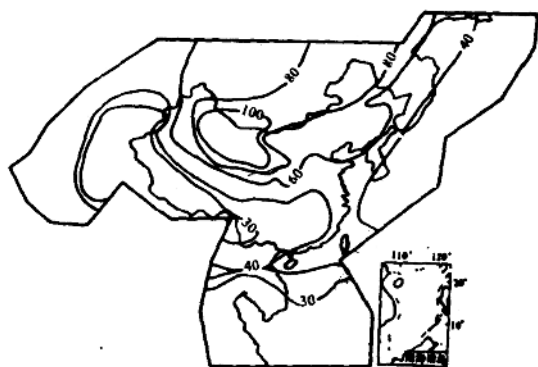


图 1.3 海平面下 5 公里深度的水平向最大剪切应力数值分布图