

我国年度会商主要技术 方法及总体预测效能

张永仙

中国地震台网中心

2019.9.19 十三陵台

主要内容

- 一、年度会商
- 二、年度会商主要技术
- 三、年度地震预测总体效能

1958年我国地震预报首次考察

中国科学院组织地震预报考察队，赴西北宁夏、甘肃等地考察1920年海原8.6级、1927年古浪8.0级、1932年昌马7.6级大地震。

发现：

群众反映最多的震前异常现象是地声、地光、地下水、动物、气象等。在确定这些现象作为地震前兆的可靠性方面，遇到了不少困难。



图 10 中国第一个地震预报考察队

(摄于 1958 年)

1963年提出可能观测的前兆

1963年付承义撰写了《有关地震预告的几个问题》，文章指出“预告的最直接标志就是前兆，寻找前兆一直是研究地震预告的一条重要途径”。

前震和地下微弱震动、地震波速度

地倾斜和地形变、地磁要素、地下水位、地温、地电、生物

月相、气象要素等的变化

“地震预告是一个极复杂的科学问题”

1966年初大规模地震预报开展的序幕

1966年初中国科学院地球物理研究所召开了由昆明和兰州地球物理研究所参加的地震预报讨论和规划会议，论证了开展地震预报的必要性和现实性。研究起草了地震预报规划。

1966年3月22日 地震预报全面开展的标志

周恩来总理视察邢台地震现场工作
Premier Zhou Enlai inspected on-the-spot
disaster relief work in the Xingtai Seismic areas.



1966年3月22日河北邢台7.2级地震

死亡8000余人 损失15亿元



1966年—1976年，我国发生14次7级地震12次造成巨大的人员伤亡和财产损失，同时也促成了我国地震预报历史上的第一次重大发展

1966.3.22邢台7.2

1969年7月18日渤海7.4

1970年1月5日通海7.8

1973年2月6日炉霍7.6

1974年5月10日大关7.1

1975年2月4日海城7.3

1976年5月29日龙陵7.3 7.4

1976年7月28日唐山7.8 7.1

1976年8月16日松潘7.2 7.2



1972年

全国地震工作会议
地震科学讨论会（山西临汾）

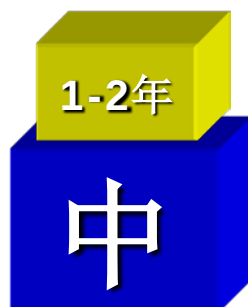
长、中、短、临渐进式预报
思路初步形成

建立了一年一度的全国地震形势会商会制度，对近1、2年地震形势进行估计，并指导和协调近期的监测预报工作。

长中短临预报思路与工作机制



古地震
历史地震
构造活动
地壳形变
地震图象
外因调制
(自转、黑子)



地震图象
趋势异常
(形变、
电磁、流
体等)
旱震等



趋势异常加速、转折，
出现短期异常、突发性
快速异常出现。
地磁、流体、形变、电
磁波、蠕变波、调制、
触发等



1980.01-2004.04

中国地震局分析预报中心

综合室(一室)
首都圈室(十室)

→ 预报部(1999)

2004.04-

中国地震局地震预测研究所

预报部

2004.10-

中国地震台网中心

预报部

预报部沿革



主要内容

- 一、年度会商
- 二、年度会商主要技术
- 三、年度地震预测总体效能

1980年代大地震总结和研究工作

海城、唐山、松潘、龙陵大地震的系统总结

孕育构造背景

蕴震条件

演化过程和地震活动性

前兆特征

1983—1986年地震预报清理攻关

专家共计2000多人

测震

大地形变测量、地倾斜、重力、地应力

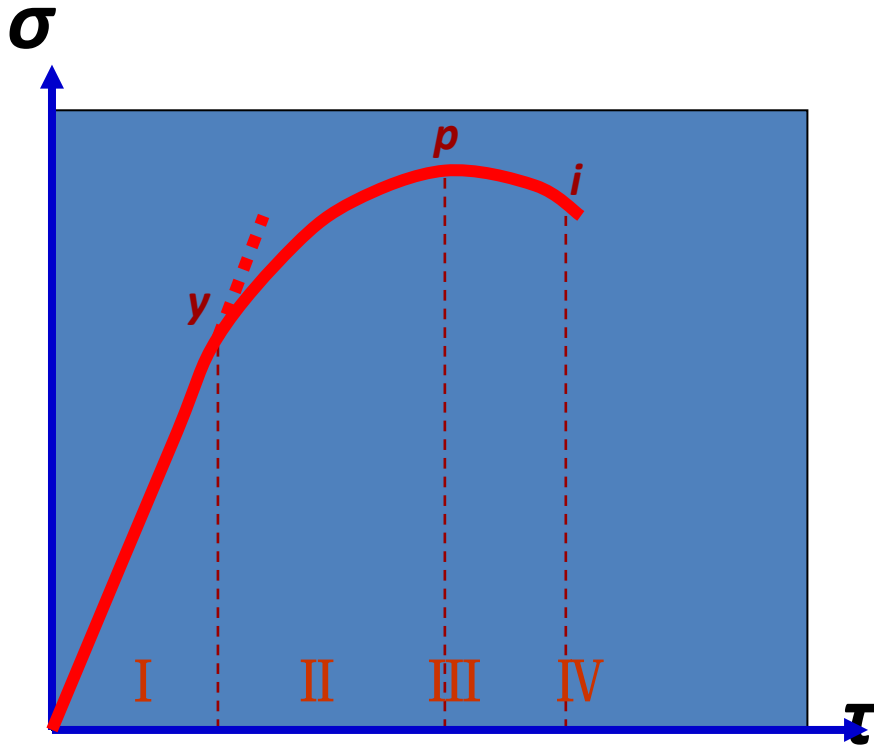
水位、水化、地磁、地电

地震综合预报

经验认识

宏观异常标志	微观异常标志
史今经验积累	通过仪器观测
①地下水 ②动物 ③地光 ④温热 ⑤异风 ⑥天象	①地震 ②地形变 ③重力 ④地磁 ⑤地电 ⑥地化 ⑦地热 ⑧电离层

理论基础



(1) 以岩石破裂
实验为基础

(2) 以能量的积
累与释放为对象

岩石应力—应变曲线上的
特征点与变形的阶段性

技术思路

长

中

短

临

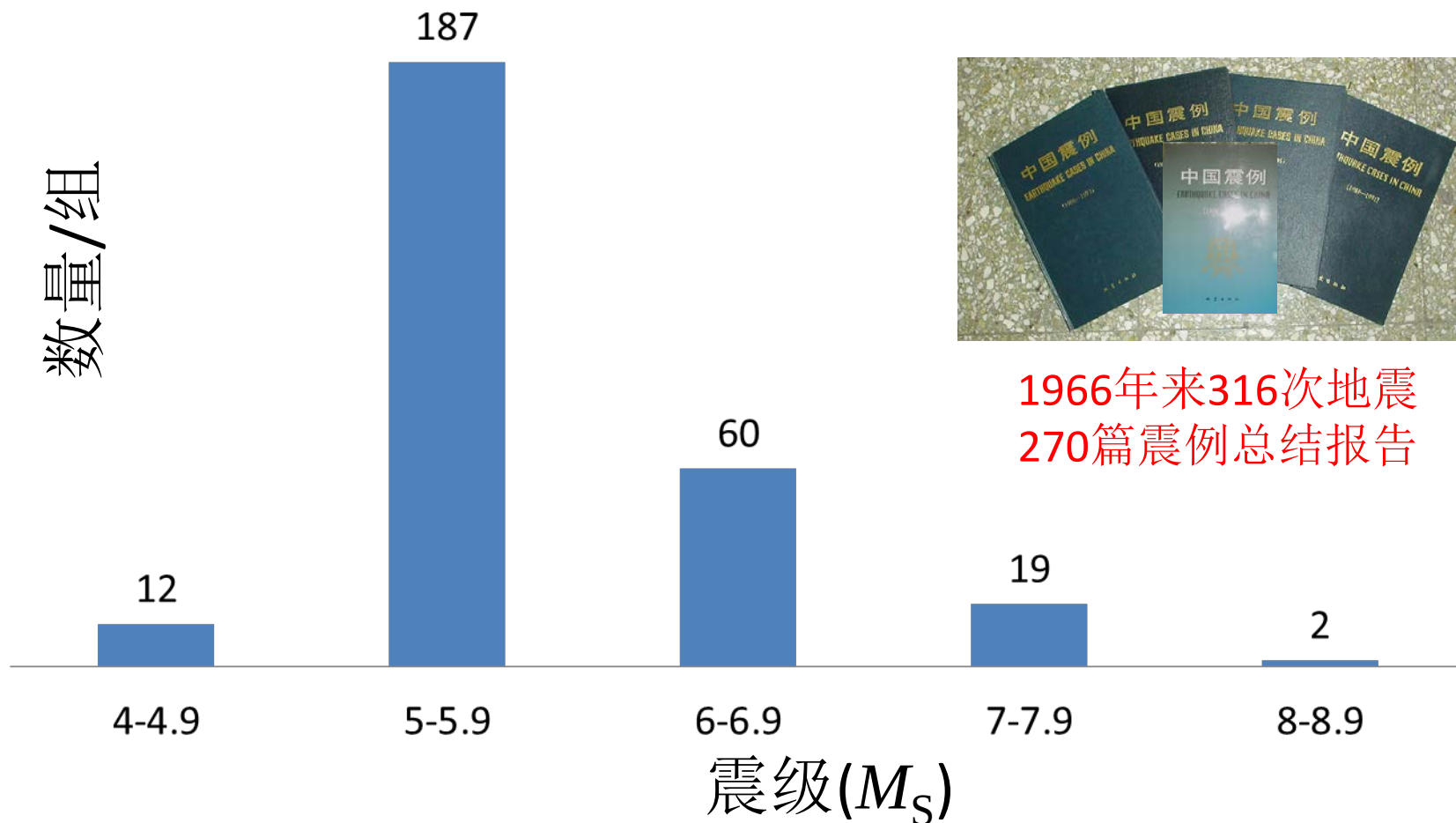
应变累积线

应变恢复线

地震活动	综合变动 破裂表现	区域地震 频度与图像	震 群	密集前震 地震活动平静
力学系列	构造变形	形变场——形变升高 / 降低 应力场—— 重力场——重力升高 / 降低	错 动 应力稳态增强	应力快速增强 局域场快变
电磁系列	电磁效应		电阻率	地磁场—— 日变强度 电离层 地 光
地热系列	地热表现		区域地热平均热状态	地热流局域比差→ 热 岛
				地下水与气体 生物行为异常

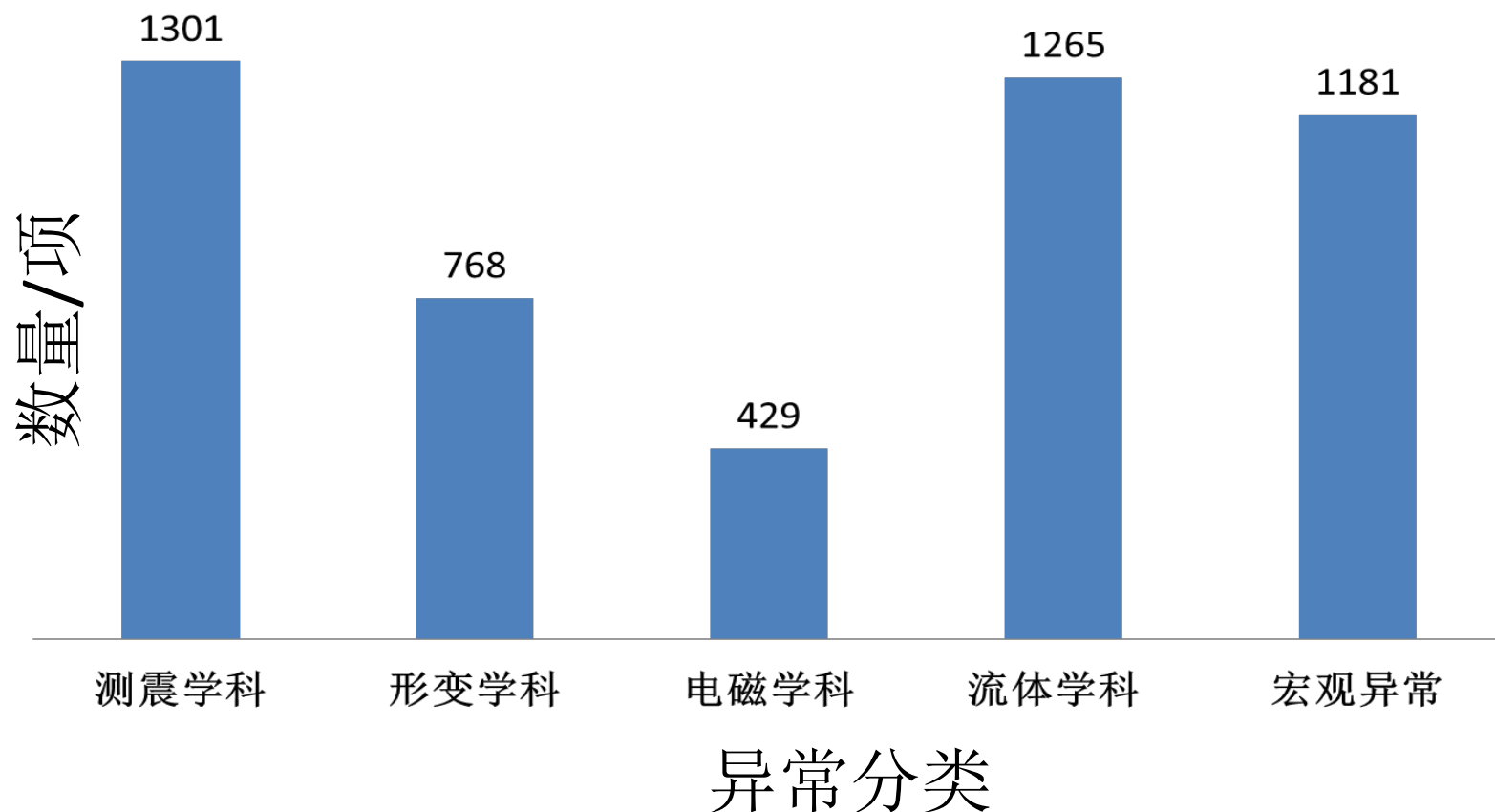
积累了大量宝贵的震例资料（1966-2012年）

1966年来270篇震例总结报告的震级分布情况



积累了大量宝贵的震例资料（1966-2012年）

1966年来震例总结收集的各学科地震异常条目数



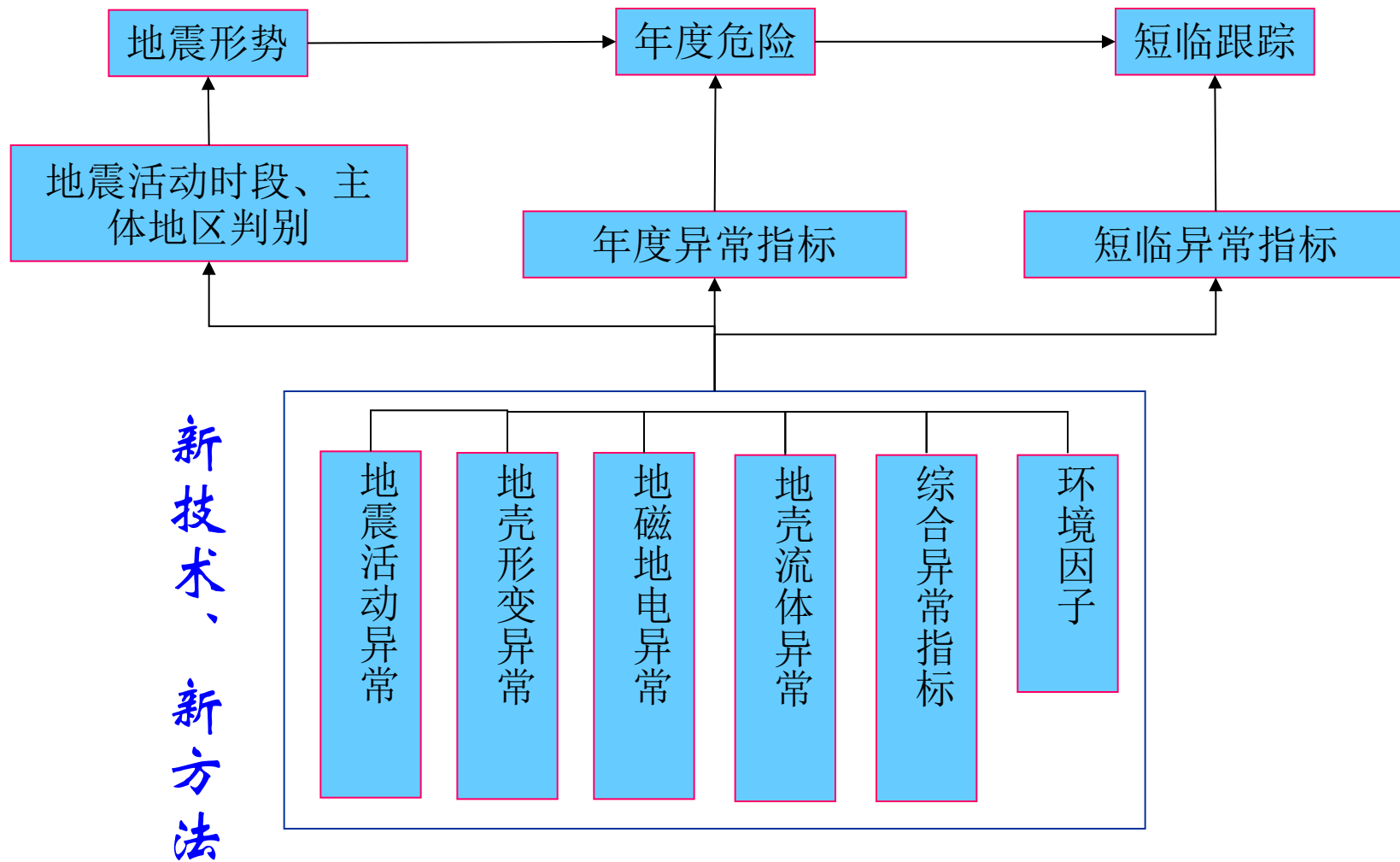
11大类，75种观测项目 (1966-1985年)

观测手段	异常项目序号及其名称
地震	1. 地震条带; 2. <u>地震空区(段)</u> ; 3. 地震活动分布; 4. 前兆震(群); 5. 震群活动; 6. 有效面积数(A); 7. 应变释放(能量释放); 8. 地震频度; 9. <u>b值</u> ; 10. <u>h值</u> ; 11. 地震窗; 12. <u>缺震</u> ; 13. 前震活动(前震); 14. 断层带总面积(Σt); 15. 震情指数(A(b))值; 16. 地震活动度 γ ; 17. η 值; 18. D值; 19. 小震综合断层面解; 20. <u>P波初动符号矛盾比</u> ; 21. 应力降; 22. 介质因子(Q值); 23. 波速; 24. 波速比; 25. <u>S波偏震</u> ; 26. <u>tH/tV</u> ; 27. 振幅比; 28. 地脉动; 29. 地震波性; 30. E、N、S三项指标; 31. 小震调制比
地形变	32. 水准测量(长水准); 33. 定点水准(短水准); 34. 流动水准; 35. 海平面; 36. 定点基线(短基线); 37. 流动基线; 38. 地倾斜
重力	39. 定点重力; 40. 流动重力
地电	41. 视电阻率
地磁	42. Z变化; 43. <u>幅差</u> ; 44. 日变低点位移; 45. 日变畸变; 46. 总场(总强度); 47. 流动地磁; 48. 偏角
地下水化学	49. 水氡; 50. <u>气氡</u> ; 51. 土氡(α 粒子径迹密度); 52. 总硬度; 53. 水电导; 54. 气体总量; 55. CO ₂ ; 56. H ₂ ; 57. H ₂ S; 58. SiO ₂ ; 59. <u>Cl⁻</u> ; 60. F ⁻
地下水物理	61. 地下水位; 62. 地下水位与潮水位; 63. 水(泉)流量; 64. 水温
应力-应变	65. 电感应力; 66. <u>钢弦应力</u> ; 67. 振弦应变; 68. 体积应变
气象	69. 气温; 70. 干旱; 71. 旱涝
其他微观动态	72. 石油井动态; 73. 地温; 74. 电磁波
宏观动态	75. 宏观现象

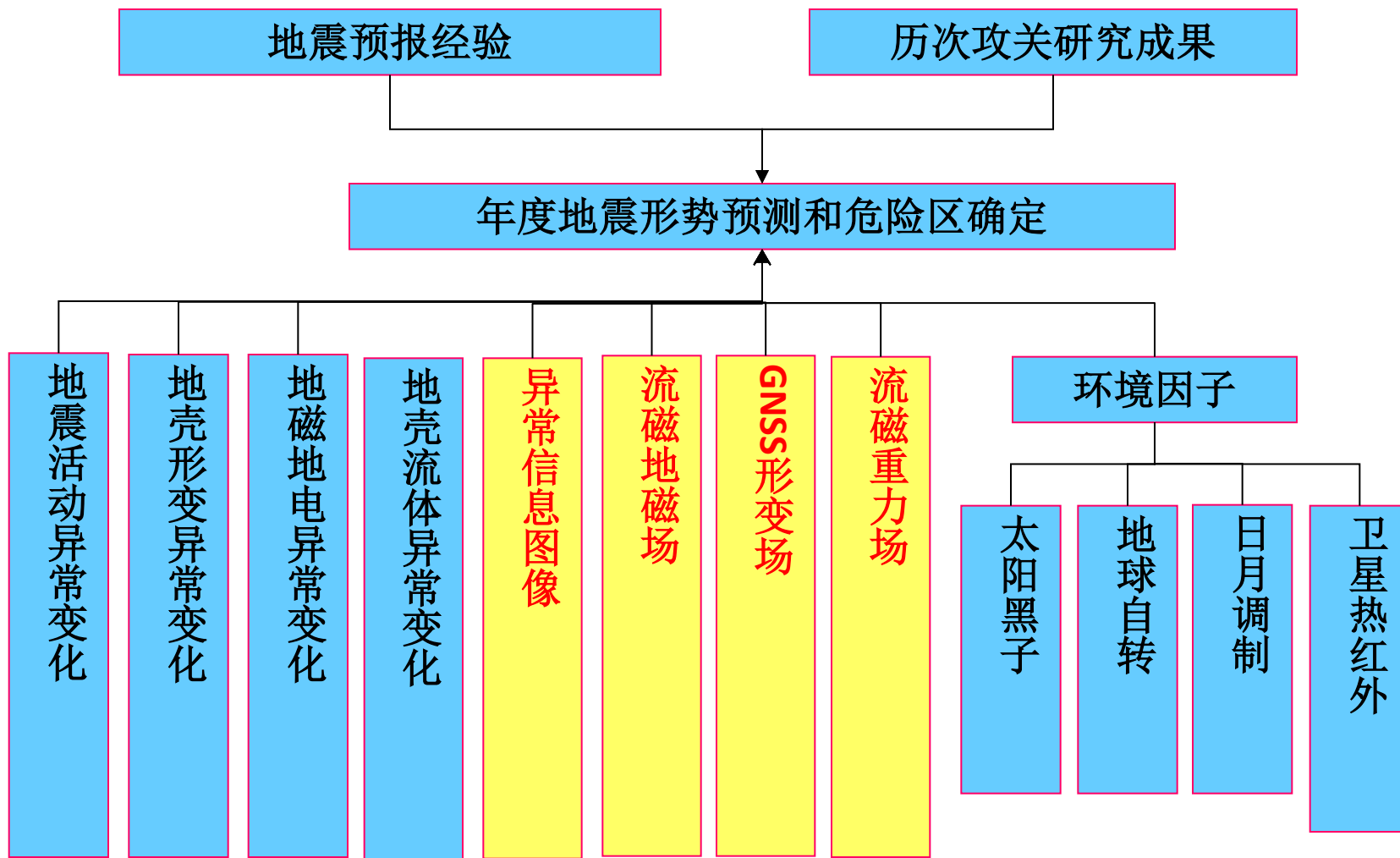
据张肇诚、郑大林等

观测手段和前兆异常项目分类表

(1) 预报思路

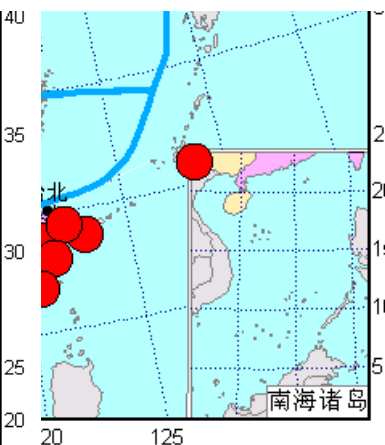
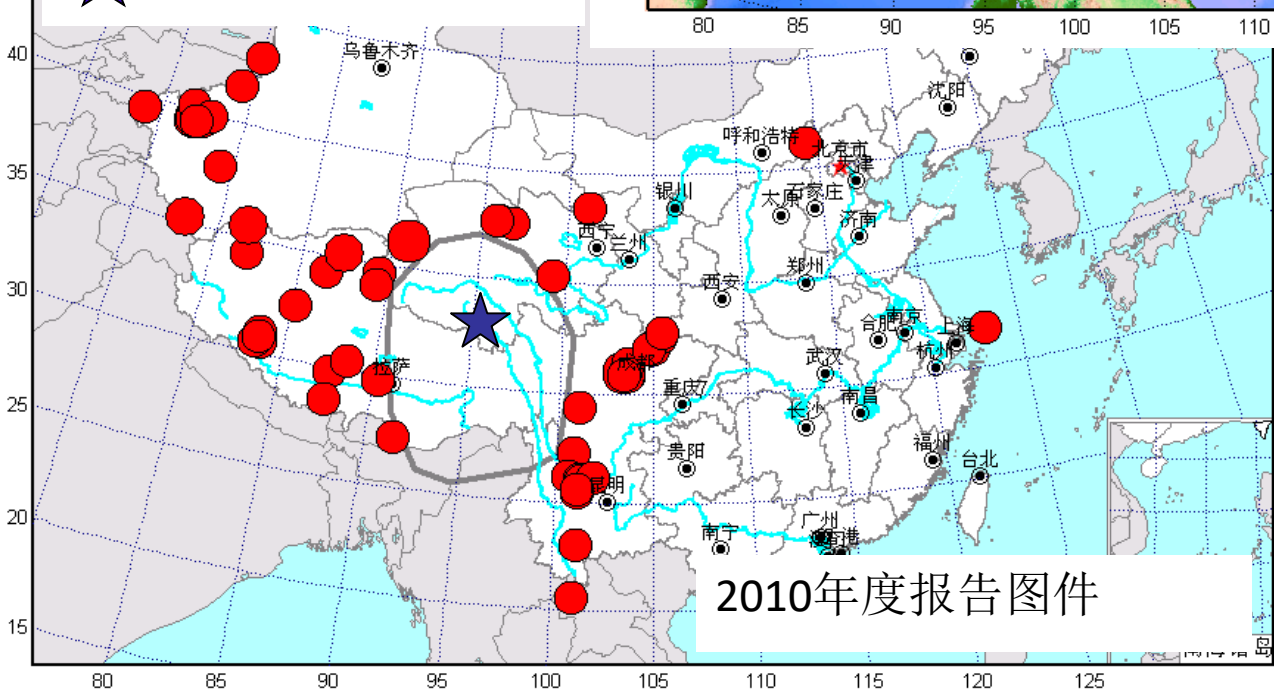
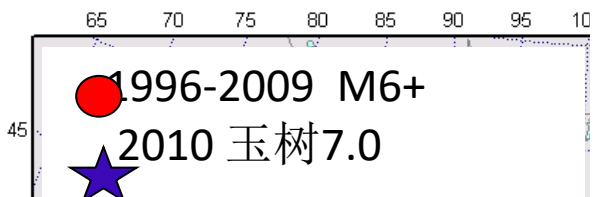
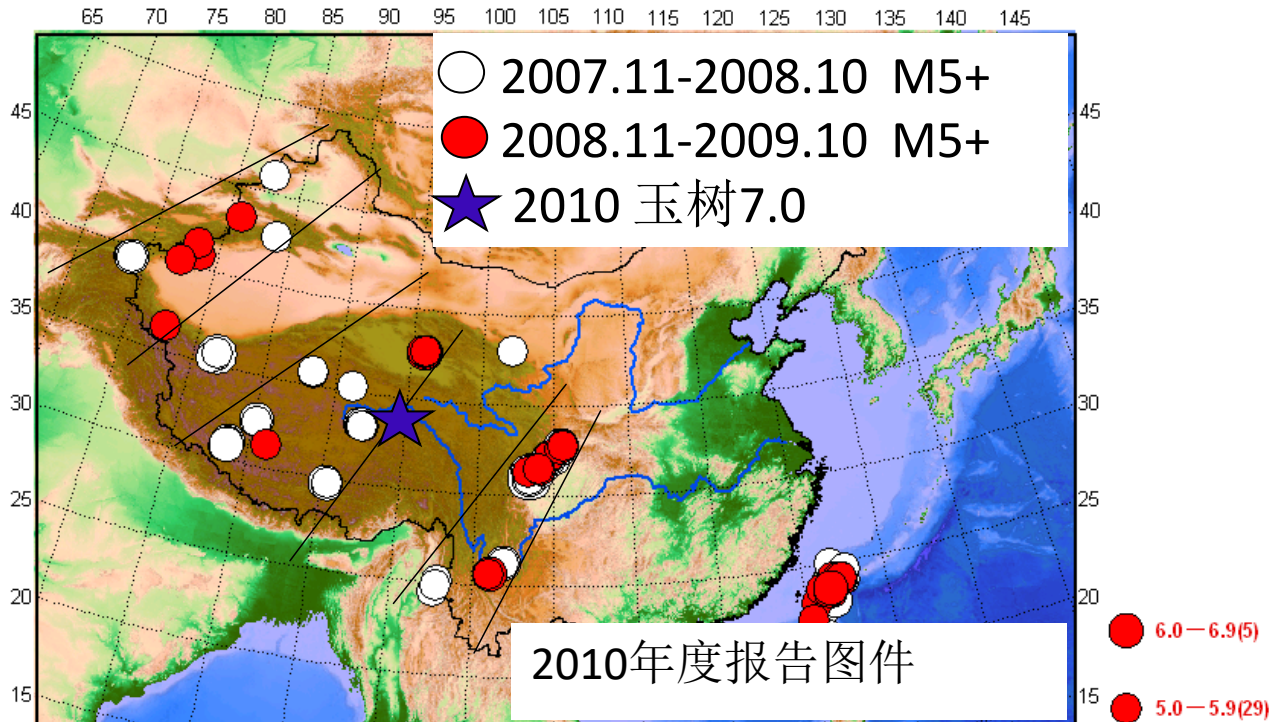
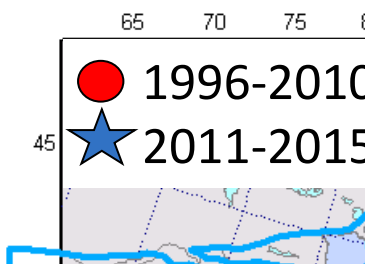


(2) 技术途径



关键数据1

(1)
的变化



的突增
则的意



关键技术2：时空强分析方法各有侧重

2012年度报告首次提出

表 4-1 地震三要素预测驾辕方法

	地点	强度	时间
驾辕预测方法	孕震空区；	构成孕震空区的地	趋势异常是
	地震条带；	震级别和规模；	否出现转折；
	重力高梯度带；	构成地震条带的地	异常数量是
	形变高梯度带；	震级别和规模；	否出现加速
	波速异常区；	前兆异常持续时间	增长过程。
	红外长波辐射异常区；	异常展布范围；	
	小震震源机制一致性区。	蠕变积累。	

2015年度全国地震危险总报告中开始采用地震素预测判定危险区

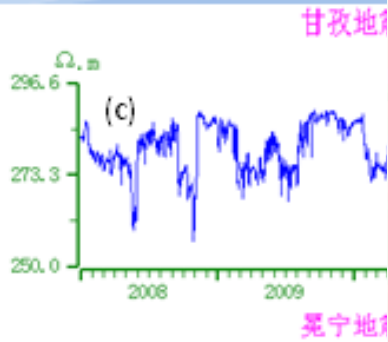


图 5.21 川

(4) 危险区依据汇总

综上所述，判定四川道孚至川间依据如表 5-1 所列。

表 5-1 四川道孚

危险地点依据	
①6 级平静区域	①6
②5 级有序分布区域（空区、集中活跃）	②5
③震群活动集中区	等）
④流动重力异常区	③前
⑤GNSS 及断层观测闭锁区	④前
⑥短期异常相对集中区（高水位异常持续，CO ₂ 准同步异常区）	⑤G
	⑥前

中国地震局司函

说 明

中国地震台网中心编制的 2010、2011 年度地震趋势预测研究报告在全国分析预报评比中连续 2 年获直属单位第二名、2012、2013、2014 年度地震趋势预测研究报告连续 3 年获直属单位第一名。

中国地震台网中心年度地震趋势预测研究报告中的论证思路、依据和结论，被 2010 年至 2014 年年度全国地震重点危险区汇总研究报告采用，为全国地震趋势会商研判提供了诸多依据，为形成年度全国地震趋势预报意见奠定了基础。

中国地震台网中心在 2012 年度地震趋势预测研究报告中提出的“地点、强度、时间预测”论证思路，逐步应用于年度全国地震重点危险区确定工作，同时也为省级地震局危险区论证提供了参考借鉴。

特此说明。



近年创新点：

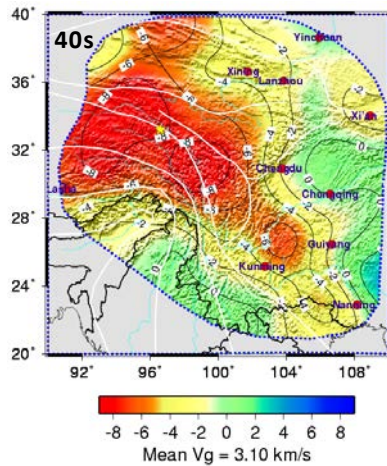
(1) 初步创立年度地震危险区划分指标体系和技术途径；（时间、地点、强度指标）

(2) 充分推广应用科技支撑、星火计划、自然科学基金、国际合作项目地震预测新方法，通过检验筛选出年度危险区分析的实用方法（GPS资料的断层活动速率影响计算方法、库仑破裂应力变化、基于小震震源机制的应力场非均匀性分析等方法对地震物理预报有推进作用；RTL-DA联合模型、PI-LURR-SV-AER联合模型、基于地震对应相关谱分析的多参数综合方法、前兆异常持续时间震级预测等对地震统计预报有推进作用）；

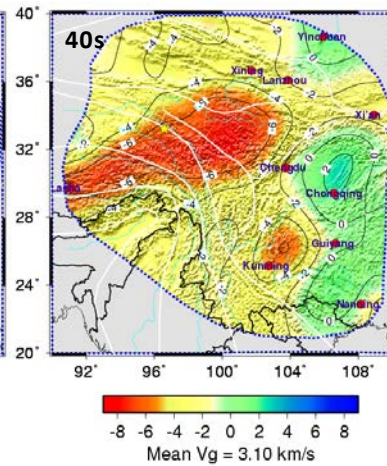
(3) 加强地球物理场地震预测的应用（GPS资料计算剪应变、面应变场、断层变形闭锁区；重力、流磁）

噪声成像（2012年度报告）

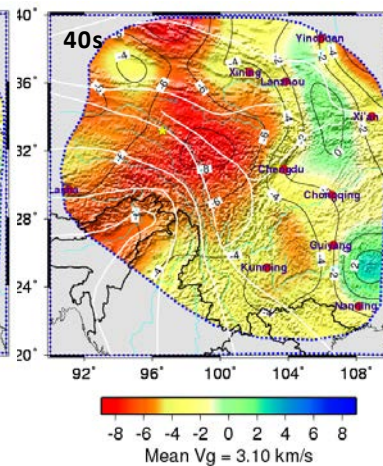
2010.01.01-2010.03.31



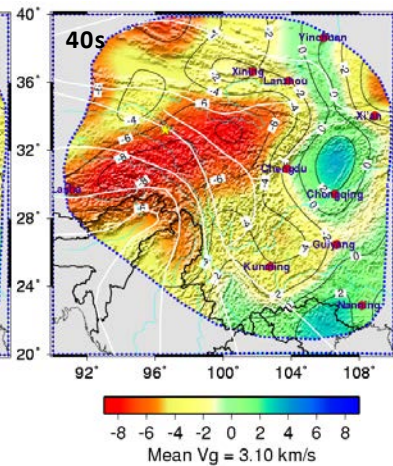
2010.04.01-2010.06.31



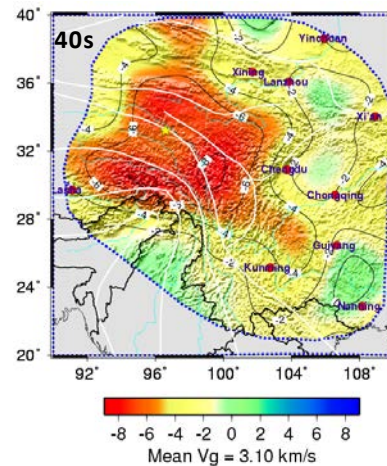
2010.07.01-2010.09.30



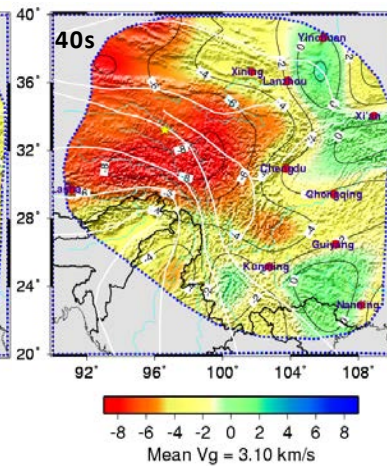
2010.10.01-2010.12.31



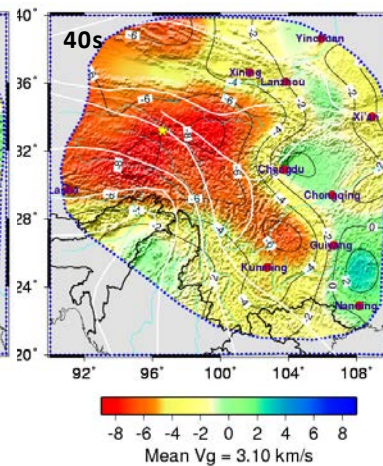
2011.01.01-2011.03.30



2011.04.01-2011.06.30

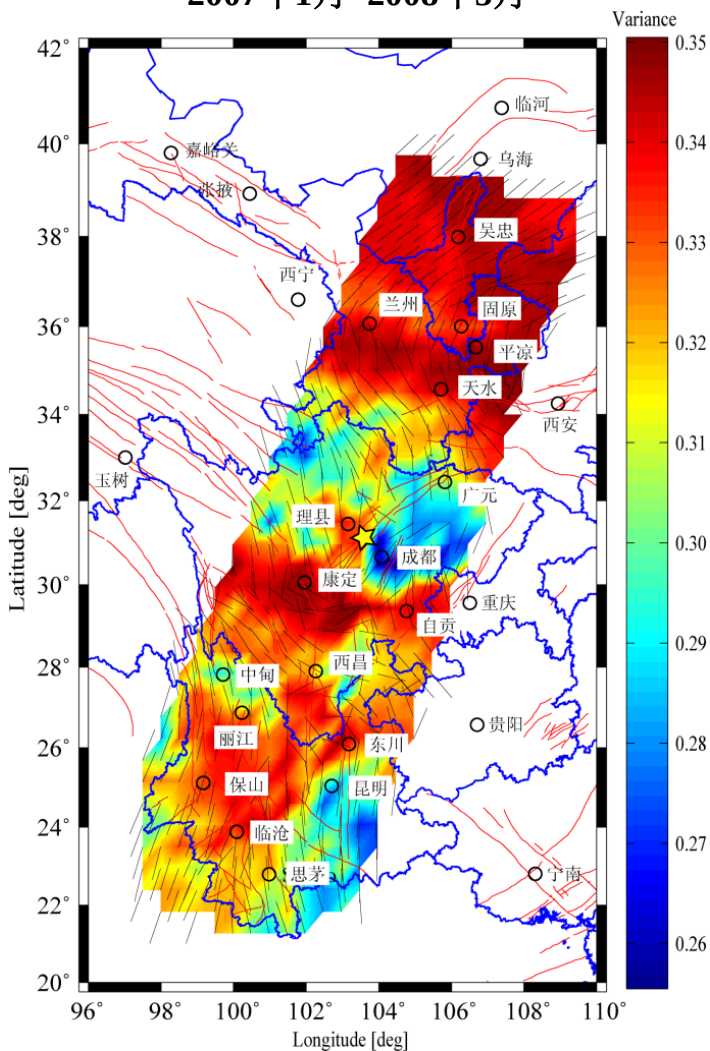


2011.07.01-2011.09.30

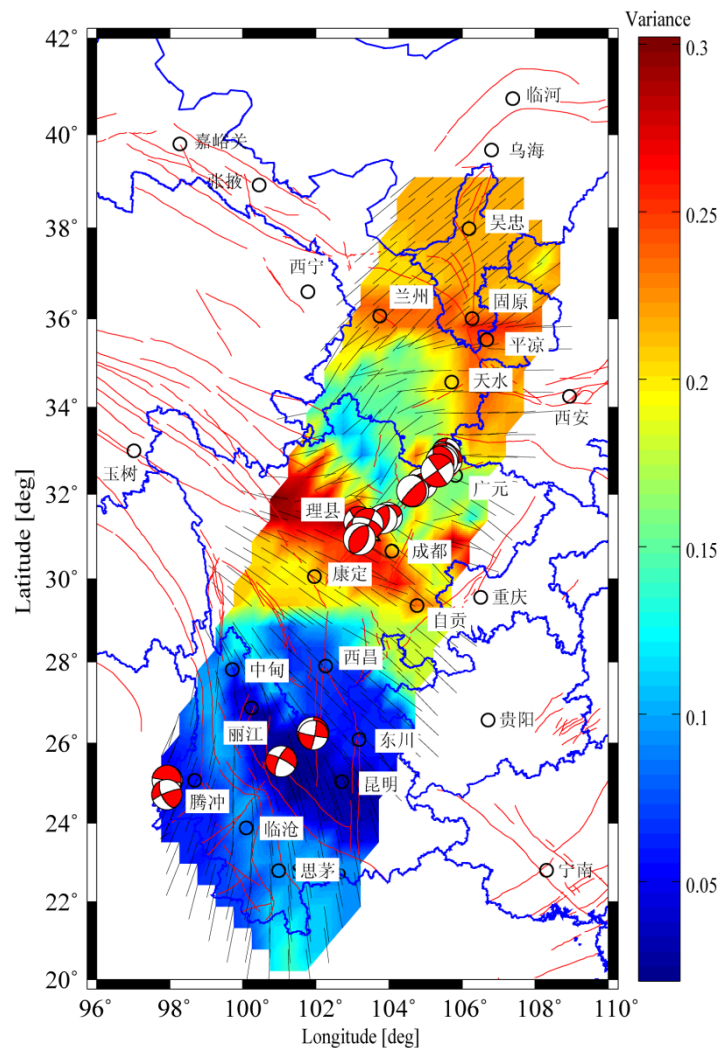


应力场非均匀性空间分布图（2012年度报告）

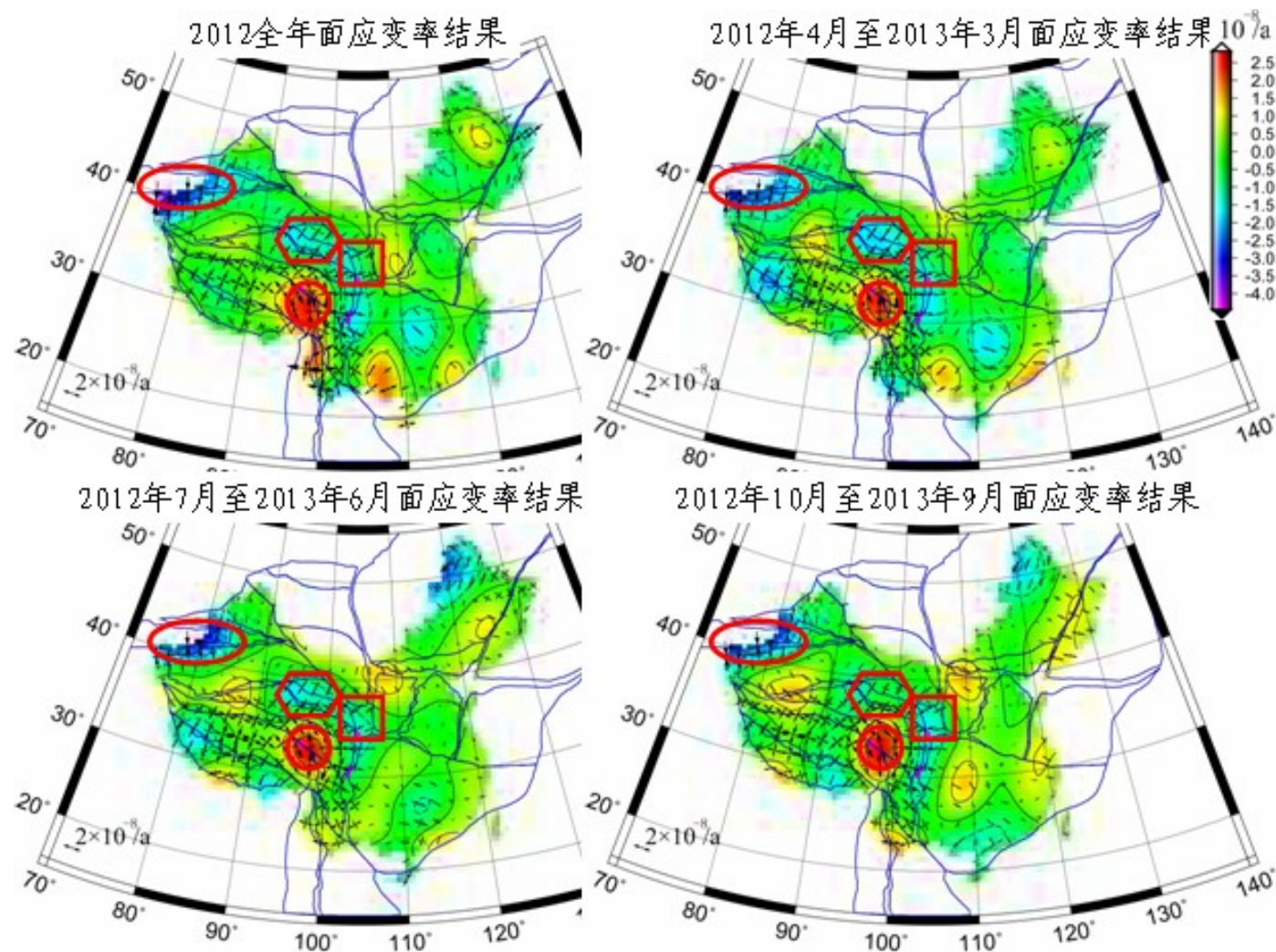
2007年1月~2008年5月



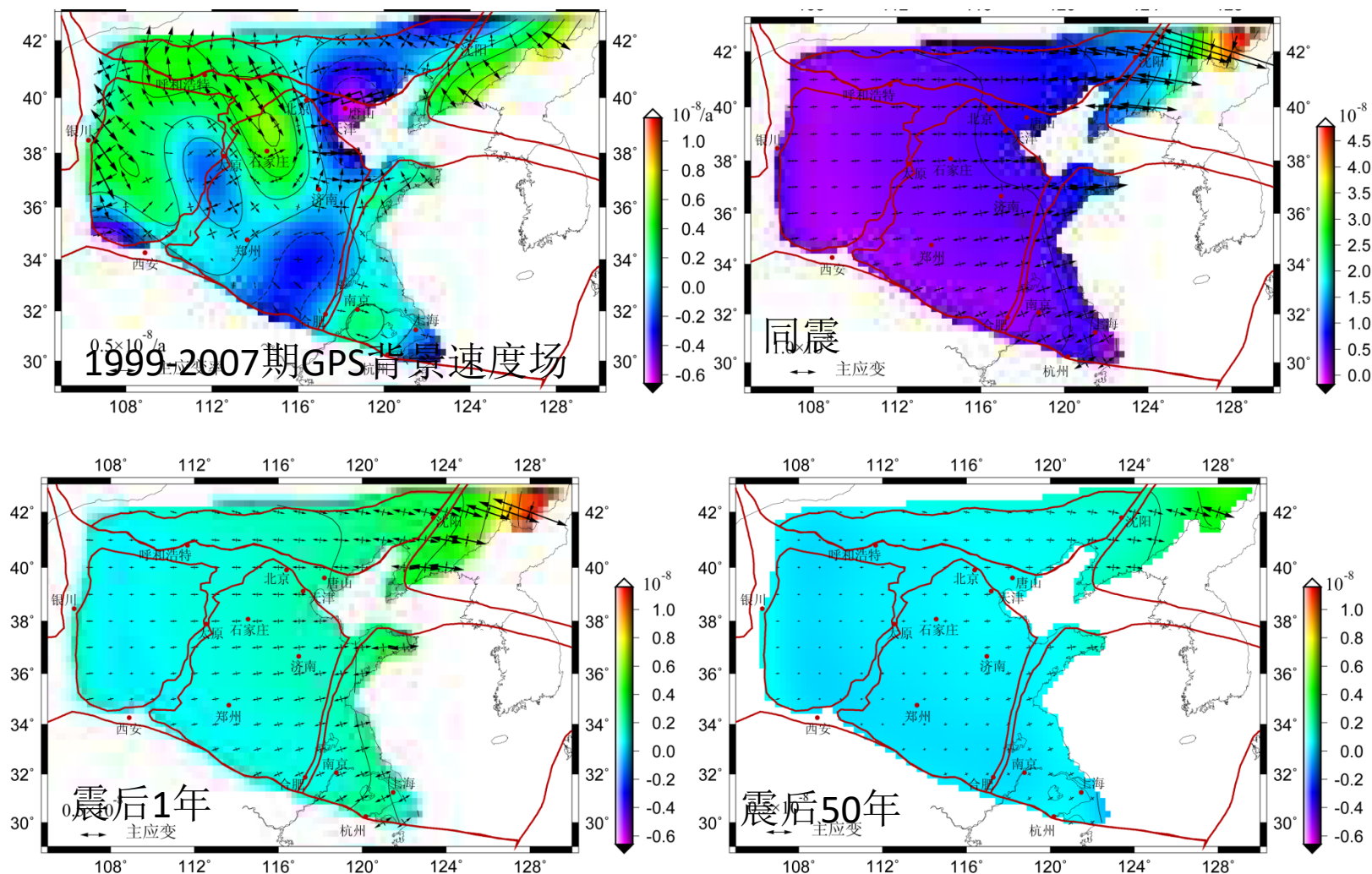
2008年6月~



GNSS面应变分布图（2014年度报告）

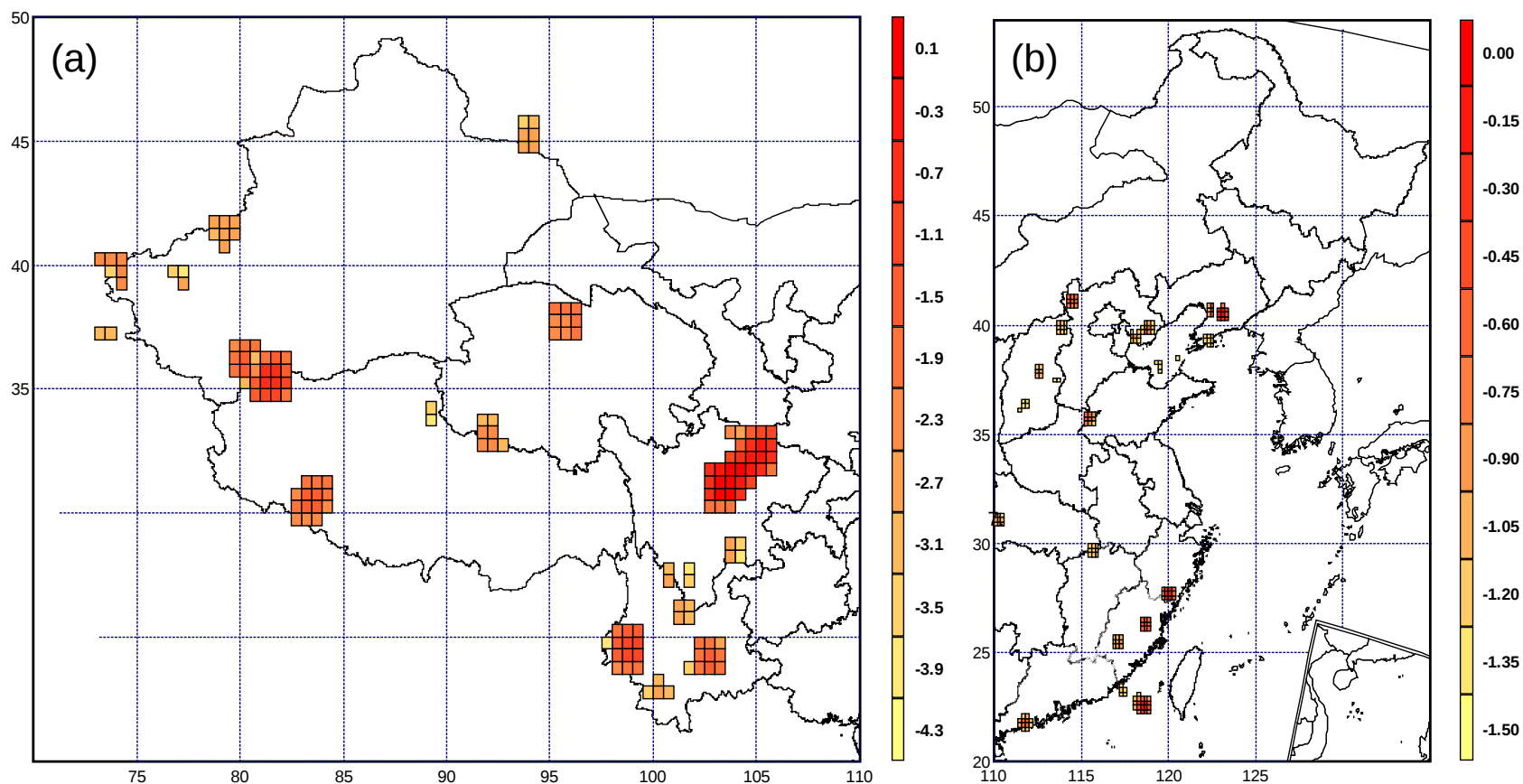


GPS资料解算日本地震对华北的影响(面应变) (2013年度报告)



图像信息法 (Pattern Informatics)

(2012年度报告)

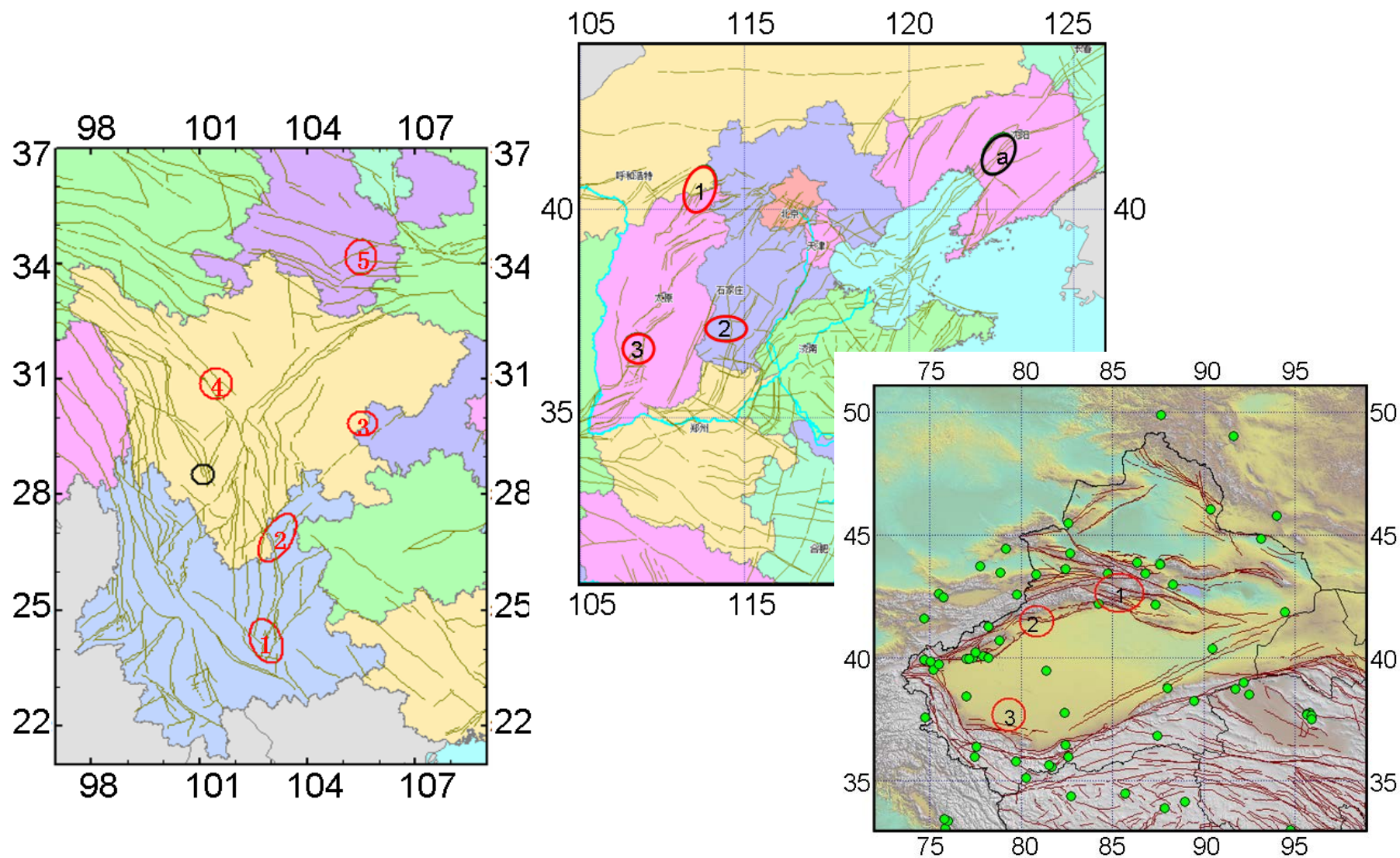


Map of China showing the distribution of earthquakes with magnitude greater than 5.0 from January 1, 2014, to October 7, 2014. The map includes a coordinate grid from 20°N to 55°N and 80°E to 130°E. Earthquake locations are marked with red circles of varying sizes, indicating magnitude. Labels provide the date, magnitude, and location for each event. A red box highlights the Xizang district. A legend in the bottom right corner explains the circle sizes and the red box.

Date	Magnitude	Location
2014-01-11	5.4, 5.7, 5.0	Yutian
2014-02-11	5.1	Nagu
2014-02-12	7.3	Yutian
2014-03-22	5.4, 5.7, 5.0	Yutian
2014-03-31	5.5	Nima
2014-04-05	5.3, 5.0	Yongshan
2014-04-30	5.1	Hami
2014-05-24	5.6, 6.1, 5.1	Yingjiang
2014-05-30	6.6	Jinggu
2014-06-01	5.9	Wulan
2014-06-02	6.8	Ludian
2014-06-06	5.8	Ludian
2014-06-21	5.9	Ludian
2014-07-09	5.1	Kashi
2014-08-03	5.0	Jilong
2014-08-17	5.3, 5.0	Yongshan
2014-10-01	5.0	Yuexi
2014-10-02	5.1	Wulan
2014-10-07	6.5	Ludian
2014-10-25	5.5	Wulan
2014-10-26	5.5	Wulan
2014-10-27	5.5	Wulan

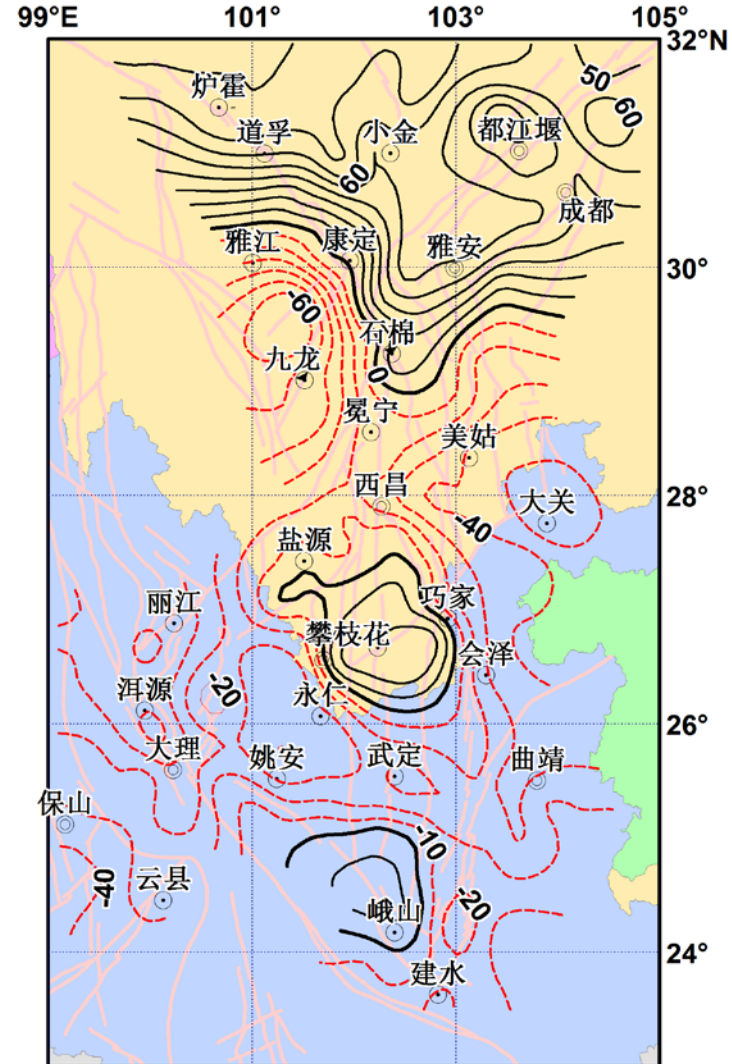
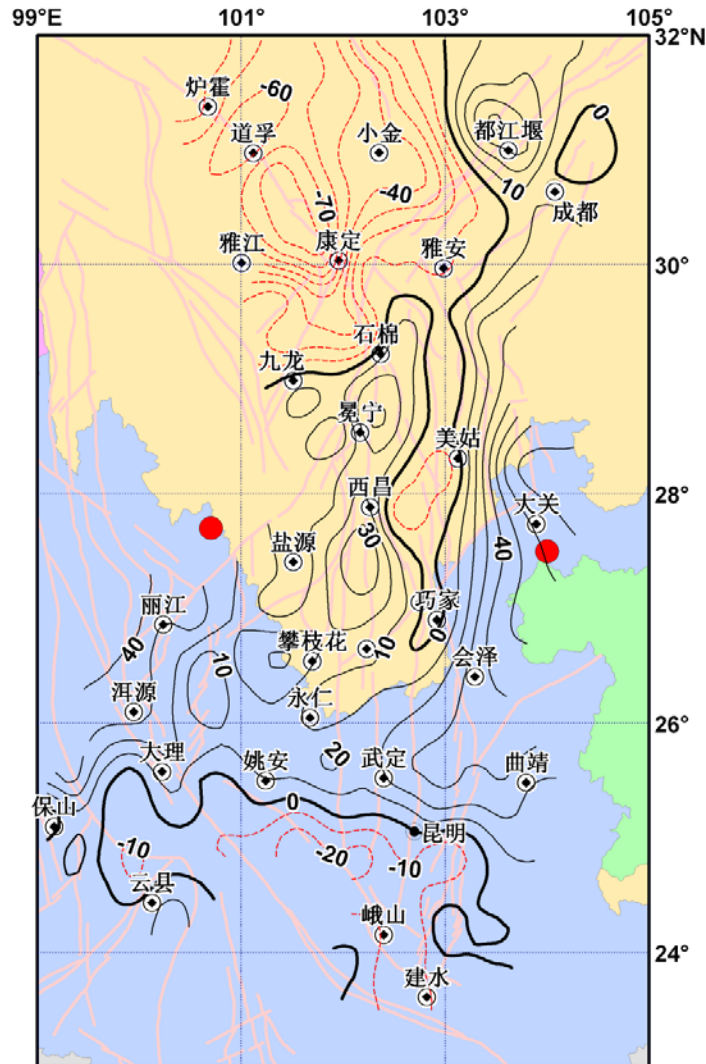
重视地球物理场对地点的预测意义

流动地磁观测预测区 (地球物理研究所顾左文等, 2014)



重视地球物理场对地点的预测意义

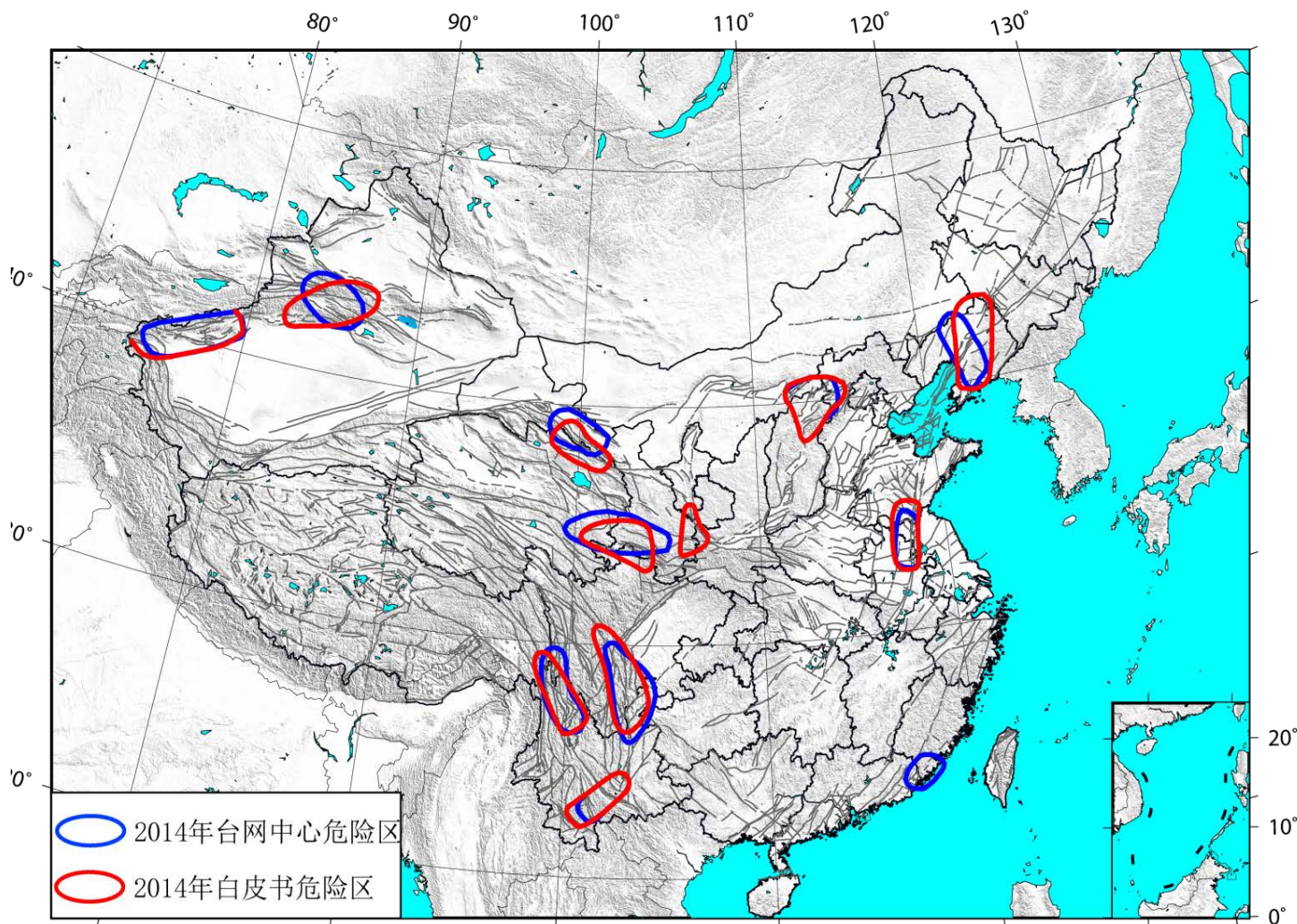
流动重力观测异常区 (二测中心祝意青, 2014)



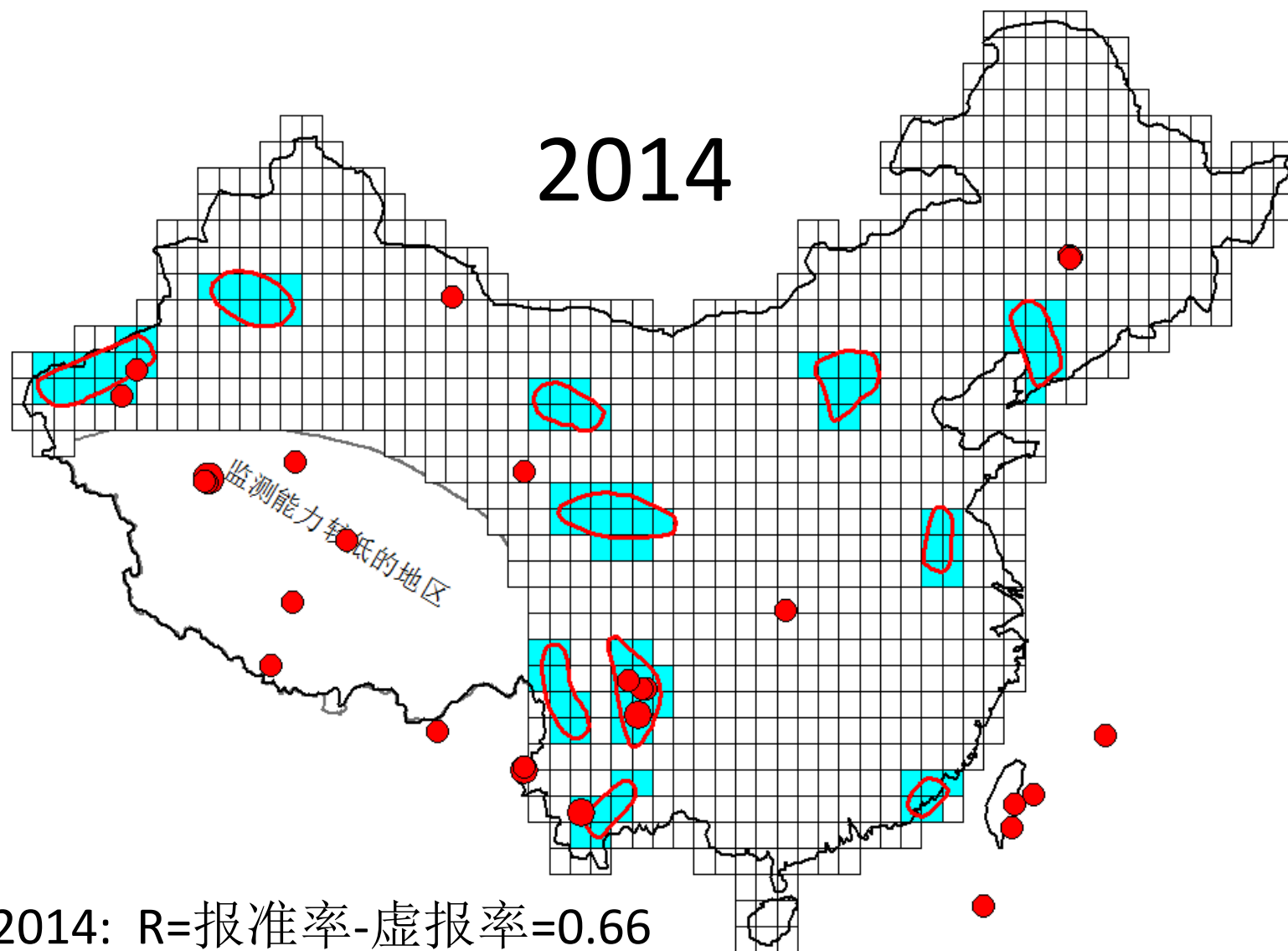
主要内容

- 一、年度会商
- 二、年度会商主要技术
- 三、年度地震预测总体效能

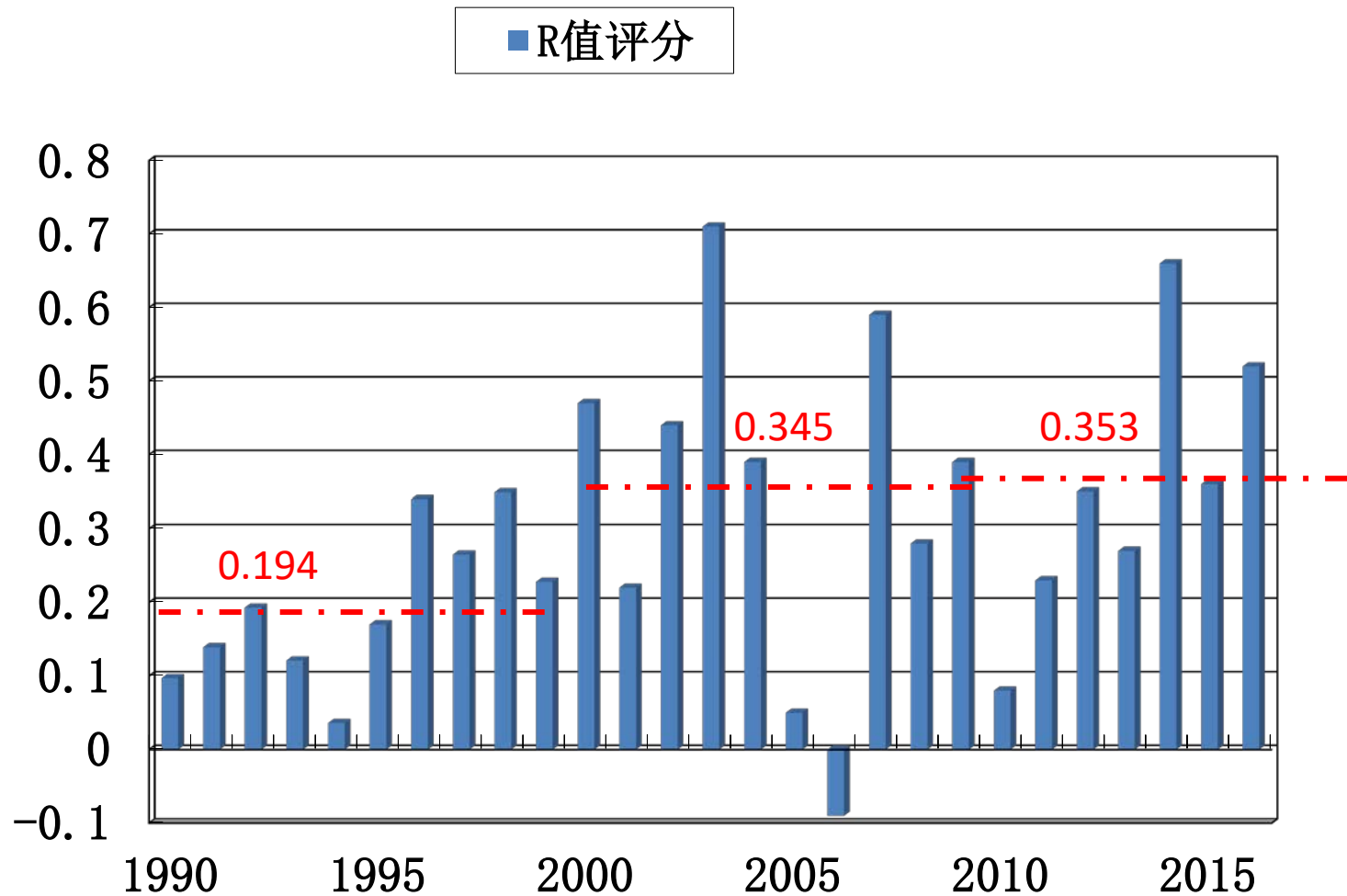
年度地震危险区预测图 (2014年度)



2014年度危险区预测检验



1990年以来年度危险区预测R值评分



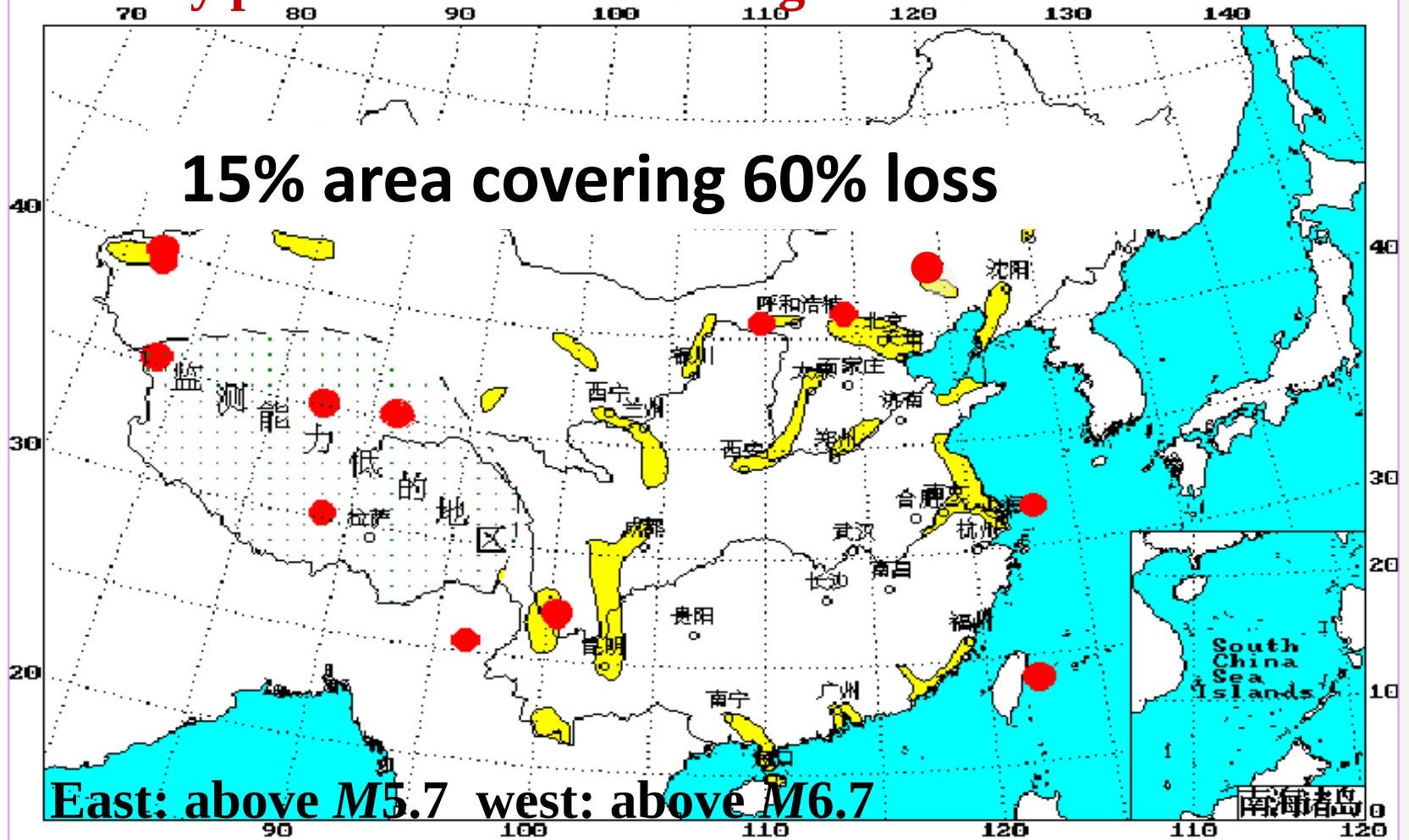
The annual prediction test for Magnitude 6.0+ during 2009-2018

No.	Earthquake				Annual prediction
1	2009-07-09	Yaoan Yunnan	6.0		√
2	2009-02-28	Haixi Qinghai	6.4		√
3	2011-11-01	Yili Xinjiang	6.0		√
4	2012-03-09	Hetian Xinjiang	6.0		×
5	2012-06-30	Xinyuan Xinjiang	6.6		√
6	2013-07-20	Minxian Gansu	6.6		√
7					×
8					×
9					√
10	2014-11-22	Kangding Yunnan	6.3		√
11	2015-07-05	Pishan Xinjiang	6.5		×
12	2016-01-21	Minxian Gansu	6.4		√
13	2016-11-25	Aketao Xinjiang	6.7		√
14	2017-08-08	Jiuzhaigou Sichuan	7.0		×
15	2017-08-08	Jinghe Xinjiang	6.3		×
16	2017-11-18	Lingzhi Tibet	6.9		×

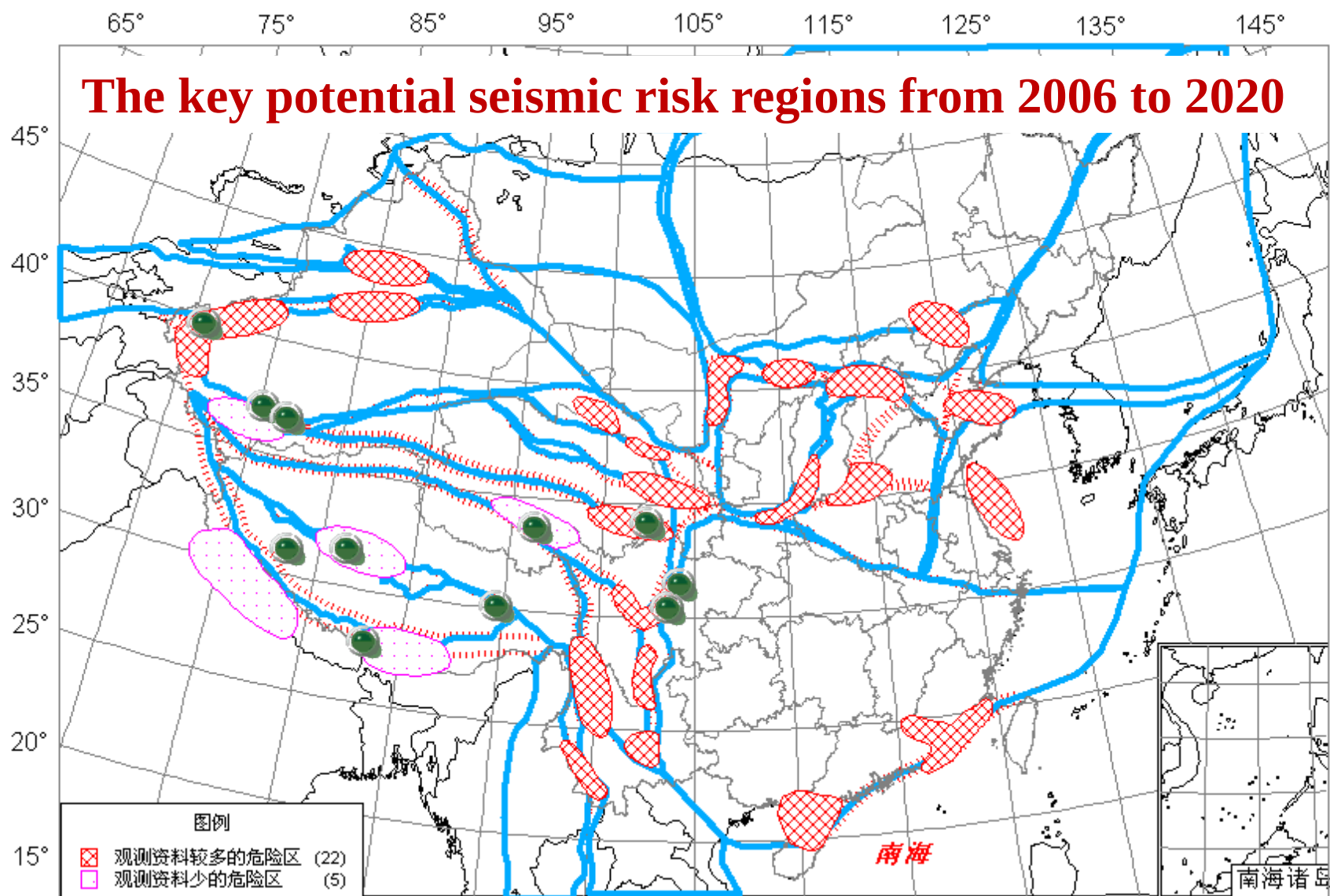
Hit rate=9/16=56%

Long-term Prediction

The key potential seismic risk regions from 1996 to 2005



Long-term Prediction



Long-term Prediction results (from 2006 to 2020)

Earthquakes $M_s \geq 6.8$

- 2008-01-09 32.5 85.2 6.9 Gaize Tibet ×
- 2008-03-21 35.6 81.6 7.3 Yutian Xinjiang ✓
- 2008-05-12 31.0 103.4 8.0 Wenchuan Sichuan ✓
- 2008-08-25 31.0 83.6 6.8 Zhongba Tibet ✓
- 2008-12-26 31.0 83.6 6.8 Zhongba Tibet ✓
- 2010-04-14 31.0 83.6 6.8 Zhongba Tibet ✓
- 2011-09-18 27.7 88.2 6.8 India ✓
- 2013-04-20 20.3 102.9 7.0 Lushan Sichuan ✓
- 2014-02-12 36.1 82.5 7.3 Yutian Xinjiang ✓
- 2015-04-25 28.2 84.7 8.1 Nepal ✓
- 2017-08-08 33.2 103.8 7.0 Jiuzhaigou ✓
- 2017-11-18 29.7 95.0 6.9 Lingzhi Tibet ×

Hit rate = $10/12 = 83\%$

展

望

How to do Earthquake Prediction?

Empirical Prediction



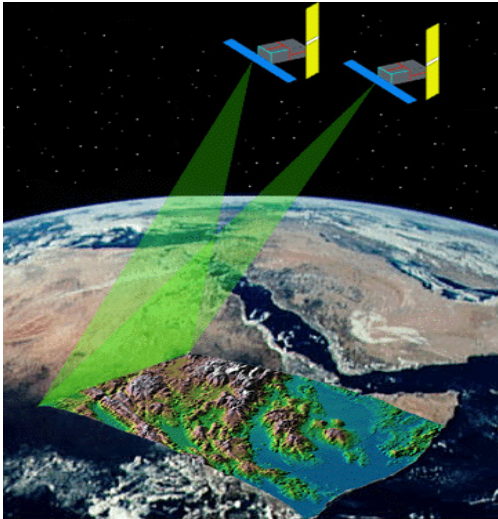
Physical Prediction

typical parameters

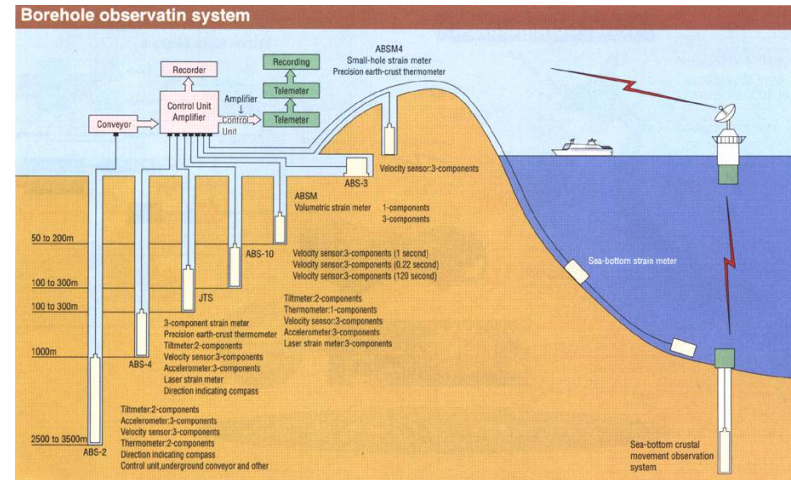
1. Case Study
2. **Detection**
3. **Comparison**
4. Decision
5. Prediction

1. Case Study
2. **Modeling**
3. **Simulation**
4. Decision
5. Prediction

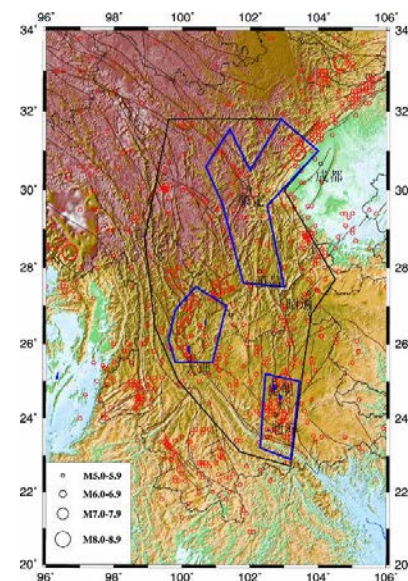
Space Monitoring Technology



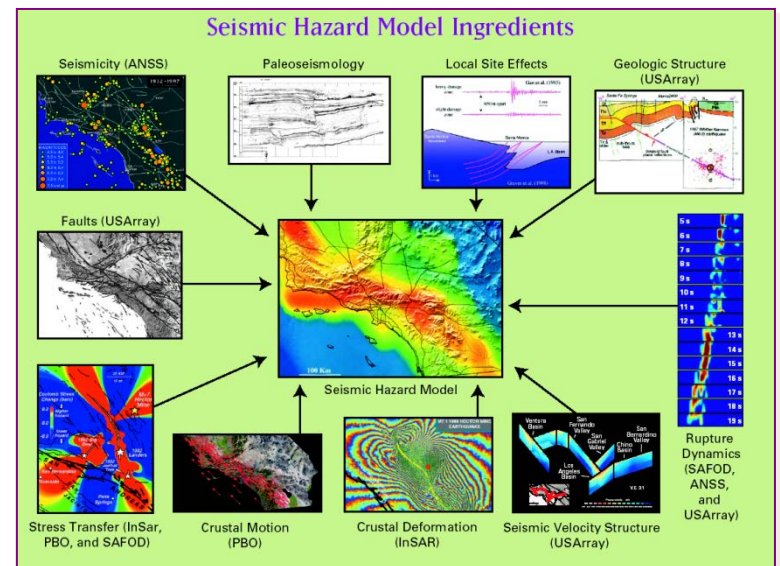
Deep Monitoring Technology



Earthquake Prediction Test Site (CSEP)



Modeling and Simulation





Thank you!