

地震与地震预测

中国科学院研究生院
地球科学学院
魏东平

2008年5月14日初稿、16日修改、20日定稿
2008年5月29日为地质地球所报告再改

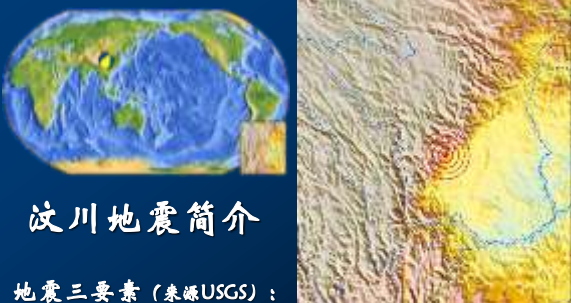
特别说明

本PPT文件，作为“地震与地震预测”方面的高级科普材料，仅供社会公众参考。

相关图片及数据文献资料绝大多数通过网络或学术参考文献公开获得，引用错误及说明不当之处等，皆由本人负完全责任。

内容提要

- 1、汶川地震简介
- 2、历史大地震及其它
- 3、地震基本概念
- 4、地震预测及救援
- 5、地震学及其应用



汶川地震简介

地震三要素 (来源USGS):

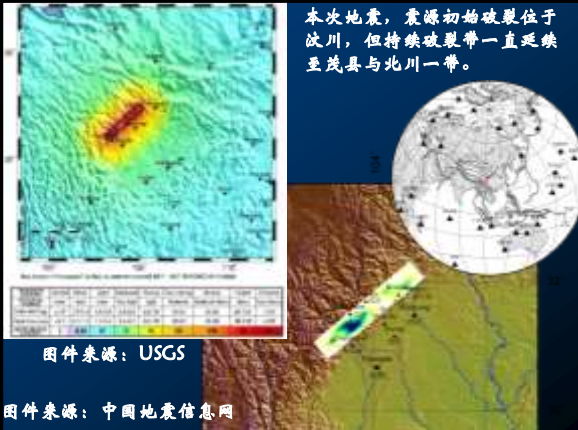
时间: 2008年5月12日14时28分1秒
地点: 北纬 31.0° 东经 103.4° 震源深度19公里
强度: 震级M7.9



阆中古城明代白塔在地震中拉断折断

东方汽轮机厂子弟中学校舍垮塌

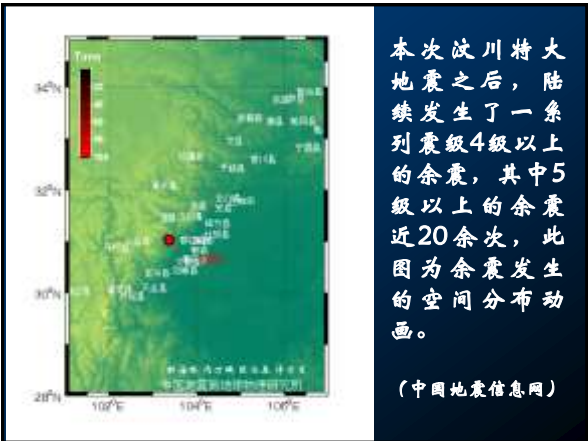
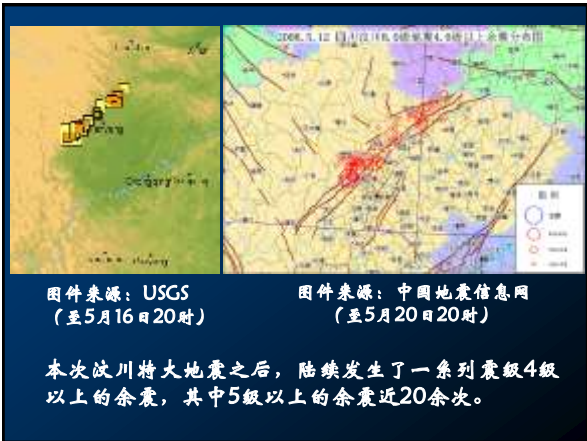
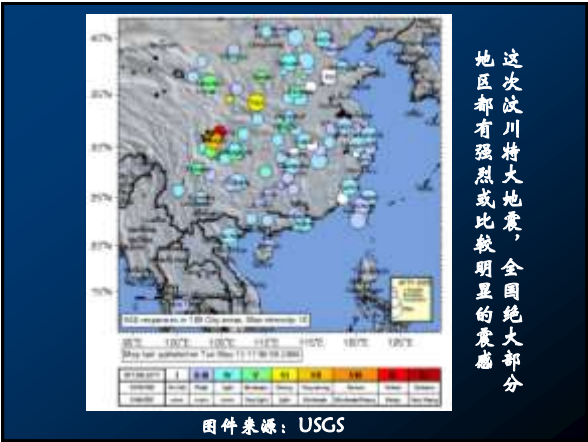
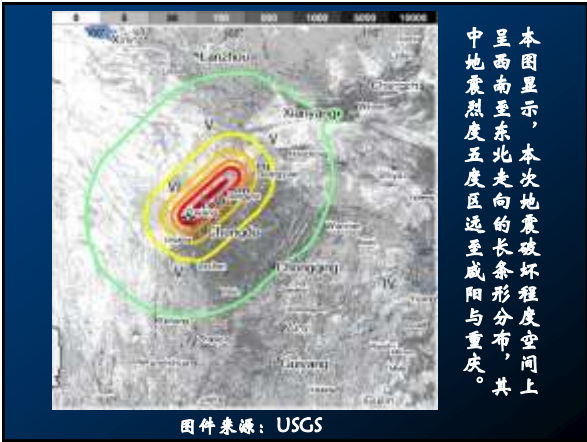
截至5月20日18时，中国四川汶川大地震已造成40075人遇难，受伤247645人，5百余人由于房屋破毁而无家可归。



本次地震，震源初始破裂位于汶川，但持续破裂带一直延续至茂县与北川一带。

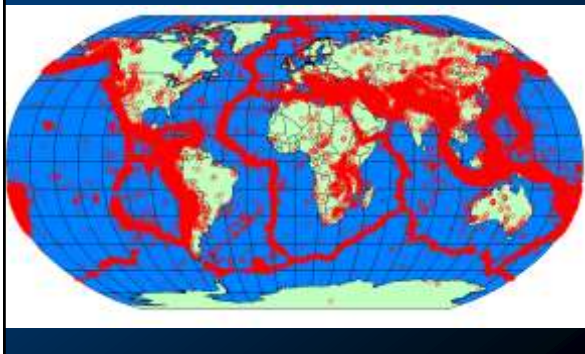
图片来源: USGS

图片来源: 中国地震信息网



历史大地震及其它

全球地震分布 (数据来源: ISC)



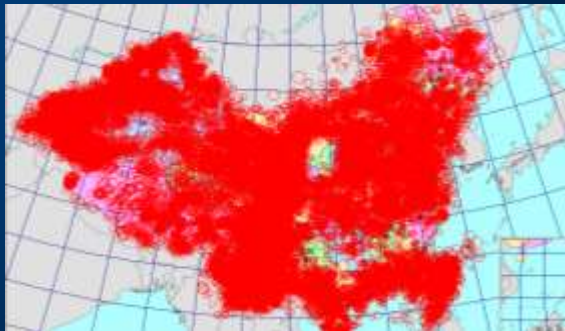
世界历史大地震

1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 05 22 - Chile - M 9.5	1957 08 18 - Near the Coast of Central Peru - M 8.0	1952 01 16 - Calicut, Mexico - M 7.8
1964 12 26 - Sumatra-Andaman M 9.1	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8
1964 03 23 - Prince William Sound, Alaska - M 9.2	1960 03 10 - Japan, Honshu, Japan - M 8.4	1957 07 17 - Tonga - M 8.2	1951 01 01 - Oaxaca, Mexico - M 7.8

近1000年来, 全球发生的震级7.6级以上的大地震的全部列表。可以看出: 2004年的苏门达腊大地震位列第三, 而本次汶川大地震则位列第70位。其中发生在中国的特大地震超过10次 (此列表而不包括其震级被USGS指定为7.5级的唐山大地震)。资料来源: USGS

中国大陆地震分布 (数据来源: CRN)

图中标示的为2级以上地震, 部分地区为1.5级以上

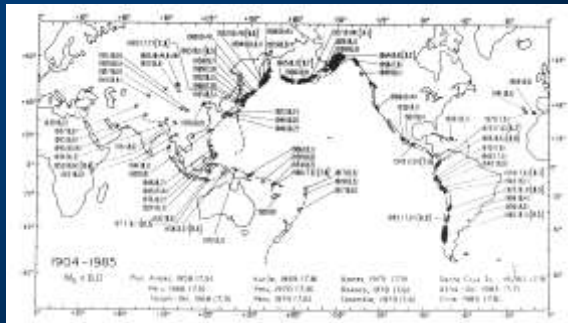


中国历史大地震

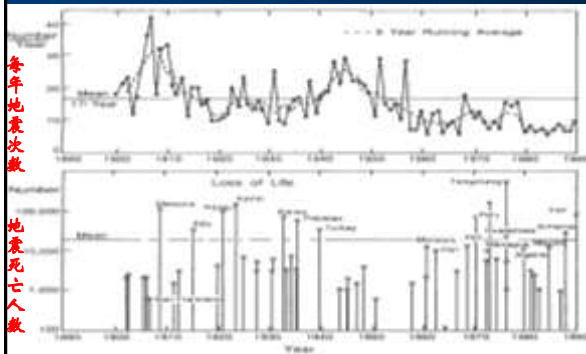
1290 09 27 - Chihli, China Fatalities 100,000	1956 01 23 - Shensi, China - M 8.0 Fatalities 530,000
1917 07 30 - Yunnan, China - M 7.5 Fatalities 1,800	1917 07 30 - Yunnan, China - M 7.5 Fatalities 1,800
1918 02 13 - Nan'ao, Guangdong (Kwangtung), China - M 7.3 Fatalities 1,000	1918 02 13 - Nan'ao, Guangdong (Kwangtung), China - M 7.3 Fatalities 1,000
1920 12 16 - Hsinyuan, Ningxia, China - M 7.8 Fatalities 200,000	1920 12 16 - Hsinyuan, Ningxia, China - M 7.8 Fatalities 200,000
1923 03 24 - Near Luhoo, Sichuan, China - M 7.3 Fatalities 3,500	1923 03 24 - Near Luhoo, Sichuan, China - M 7.3 Fatalities 3,500
1925 03 16 - Yunnan, China - M 7.1 Fatalities 5,800	1925 03 16 - Yunnan, China - M 7.1 Fatalities 5,800
1927 05 22 - Tsinghai, China - M 7.6 Fatalities 40,900	1927 05 22 - Tsinghai, China - M 7.6 Fatalities 40,900
1931 08 10 - Xinjiang, China - M 8.0 Fatalities 10,000	1931 08 10 - Xinjiang, China - M 8.0 Fatalities 10,000
1932 12 25 - Gansu, China - M 7.6 Fatalities 225	1932 12 25 - Gansu, China - M 7.6 Fatalities 225
1933 08 25 - Sichuan, China - M 7.4 Fatalities 9,300	1933 08 25 - Sichuan, China - M 7.4 Fatalities 9,300
1948 05 25 - Sichuan, China - M 7.3 Fatalities 800	1948 05 25 - Sichuan, China - M 7.3 Fatalities 800
1950 08 15 - Assam - Tibet - M 8.6 Fatalities 1,526	1950 08 15 - Assam - Tibet - M 8.6 Fatalities 1,526
1966 03 07 - Hebei, China - M 7.0 Fatalities 1,000	1966 03 07 - Hebei, China - M 7.0 Fatalities 1,000
1966 03 22 - Hebei, China - M 6.9 Fatalities 1,000	1966 03 22 - Hebei, China - M 6.9 Fatalities 1,000
1969 07 25 - Guangdong, China - M 5.9 Fatalities 3,000	1969 07 25 - Guangdong, China - M 5.9 Fatalities 3,000
1970 01 04 - Yunnan Province, China - M 7.5 Fatalities 10,000	1970 01 04 - Yunnan Province, China - M 7.5 Fatalities 10,000
1974 05 10 - China - M 6.5 Fatalities 20,000	1974 05 10 - China - M 6.5 Fatalities 20,000
1975 02 04 - Haicheng, China - M 7.0 Fatalities 2,000	1975 02 04 - Haicheng, China - M 7.0 Fatalities 2,000
1976 07 27 - 中国唐山大地震 - M 7.5 死亡 255,000	1976 07 27 - 中国唐山大地震 - M 7.5 死亡 255,000
2008 05 12 - 四川汶川大地震 - M 7.9 死亡 40,000	2008 05 12 - 四川汶川大地震 - M 7.9 死亡 40,000

近 1000 年来, 发生在中国地区死亡人数记录超过 200 人的部分大地震。资料来源: USGS

全球巨大地震的地理分布图 (1904-1985), 可以看出, 绝大多数地震发生在环太平洋的板块边界带上。



全球浅源大地震发生数量的年度分布图 (1900-1990) (上图) 及这些地震造成的死亡人数分布 (下图)



这些巨大地震，在造成巨大人员伤亡的同时，也同时给各类建筑物造成巨大破坏。

另外，地震观测技术对于其它一些自然与人类灾害等的发生，也是一种非常有效的记录与监控手段（几个例子）。

唐山大地震

图片转引自USGS



1985年9月墨西哥城地震对建筑物的破坏

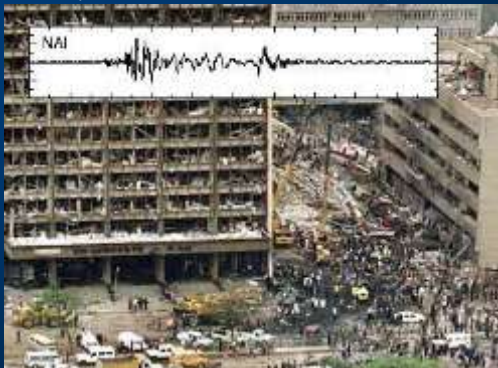


1999年台湾集集地震造成的破坏

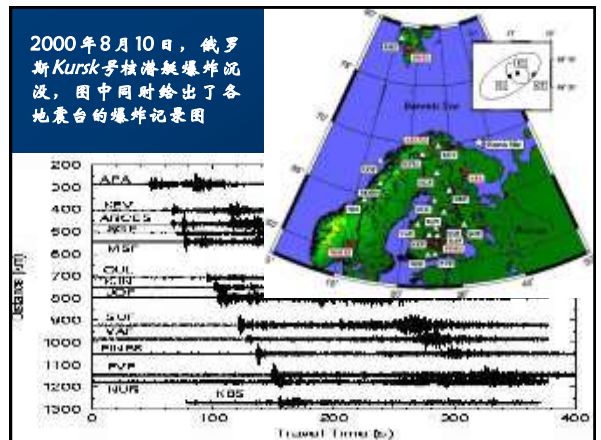


- Failed bridge west of ShihKang Dam. Several bridges collapsed in the northern part of the faulting region. These failures appeared to be due to the road slabs being pulled off the supporting piers.

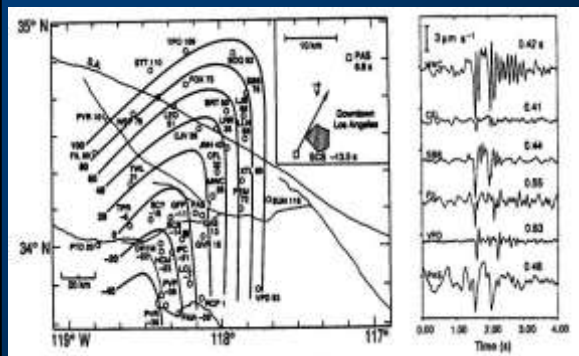
1998年8月7日，美国驻肯尼亚使馆遭恐怖分子袭击爆炸现场（图中同时显示了一张3公里外的地震记录图）



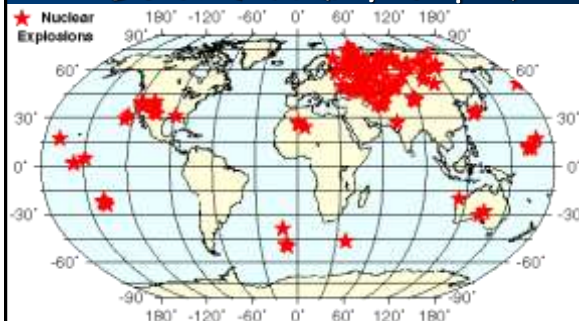
2000年8月10日，俄罗斯Kursk号核潜艇爆炸沉没，图中同时给出了各地震台的爆炸记录图



哥伦比亚航天飞机在洛杉矶盆地上空爆炸及地震台记录图

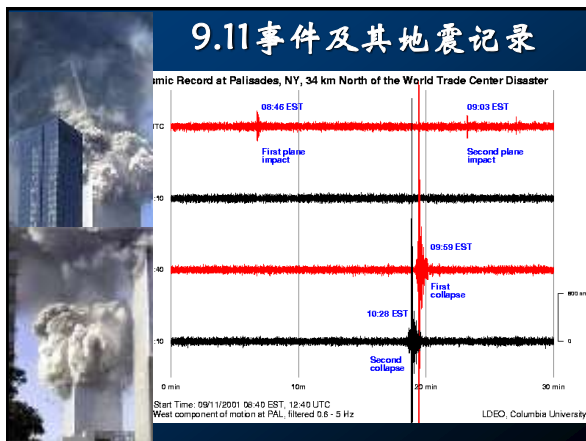


迄今全球核爆炸分布图



冷战期间，地震记录是作为监测核爆的唯一手段，达成了美苏两大战略集团的核均衡；即使今天，地震记录同样是世界各国进行核爆监测最为有效的手段。

9.11事件及其地震记录



日本民间的地震图腾

与中国民间传说中的“女娲补天”类似，由于日本地震频发，古代日本民间认为，地震是由于地下存在一个巨大的鲰鱼，鲰鱼每翻一次身，就要地震一次。因此，为了百姓利益，一位英雄通过奋战，最终战胜了鲰鱼，并用一块巨大的石块压在鲰鱼身上，从此，日本便不再有大地震发生了。



地震基本概念

地震按成因不同，可以划分为六类：

1. 构造地震：构造地震发生的原因，是地下岩层受地应力的作用，当所受的地应力太大，岩层不能承受时，就会发生突然、快速破裂或错动，岩层破裂或错动时会激发出一系列向四周传播的地震波，当地震波传到地表时，就会引起地面的震动。世界上85%—90%的地震以及所有造成重大灾害的地震都属于构造地震，包括这次汶川特大地震。
2. 火山地震：由于火山爆发引起的地震。
3. 水库地震：由于水库蓄水、放水引起库区发生的地震。
4. 陷落地震：由于地层陷落引起的地震。
5. 人工地震：由于核爆炸、核地等人活动引起的地震。
6. 其它（见前面表示的几个例子）



火山地震

地震与断层

垂直滑动为主、水平滑动为辅的地震断层



水平滑动地震断层

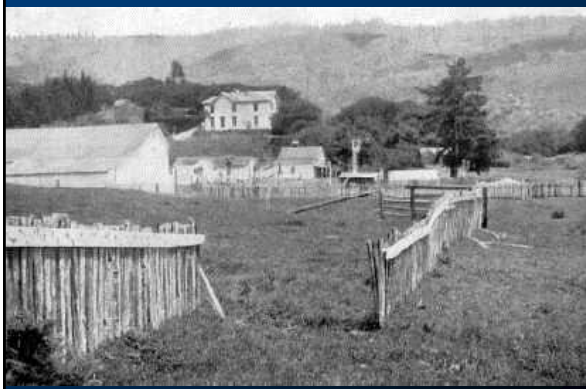


1906年4月18日 旧金山大地震

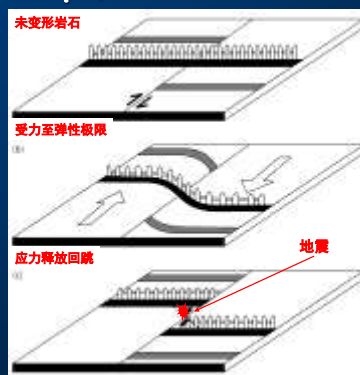
史坦福大学地质系大楼墙面倒塌

史坦福大学的Palo Alto 教堂倒塌

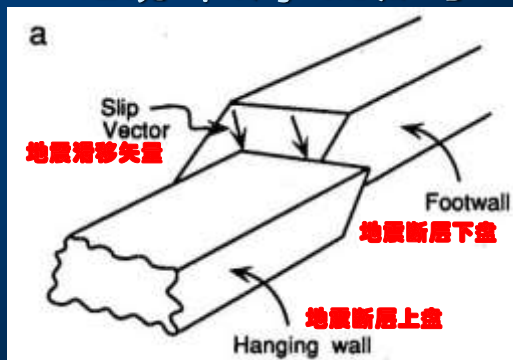
史上著名照片—旧金山地震导致的篱笆墙错位



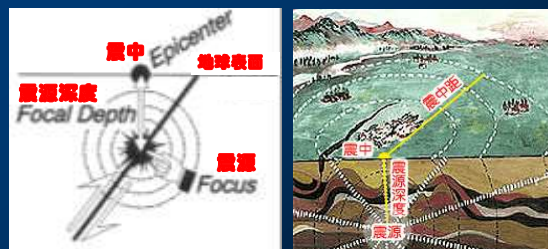
弹性回跳理论



地震断层参数描述



基本概念：震源、震中与震中距等



震源：指地球内部发生地震的地方（实际上为一区域）；
震源深度：将震源视为一点，此点到地面的垂直距离，称为震源深度；
震中：震源在地面上的投影点（区域），称为震中区；
极震区：地面上受破坏最严重的地区，称为宏观震中；
震中距：从震中到地面上任何一点，沿地球表面所量得的距离。

（来源：中国地震信息网）

基本概念：地震震级与地震烈度等



地震震级：根据地震仪测得的地震波振幅，来表示地震释放能量大小的一种量度。有两种标度形式：体波震级（里氏震级）和面波震级；

地震烈度：地震烈度是指地面及房屋等建筑物受地震破坏的程度。对同一个地震，不同的地区，烈度大小是不一样的。距离震源近，破坏就大，烈度就高；距离震源远，破坏就小，烈度就低。小于三度：人无感受，只有仪器能记录到；三度：夜深人静时人有感受；四、五度：睡觉的人惊醒，吊灯摆动；六度：器皿倾倒、房屋轻微损坏；六、七度：房屋破坏，地面裂缝；九、十度：房侧屋塌，地面破坏严重；十二度：毁灭性的破坏地震时地面受到的影响或破坏程度；

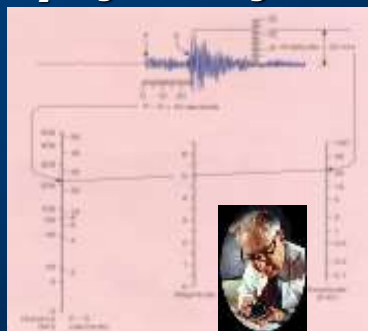
震中烈度：震中区的烈度；

等震线：地面上相同烈度点的连接线。

（来源：中国地震信息网）

里氏（Richter）震级的确定

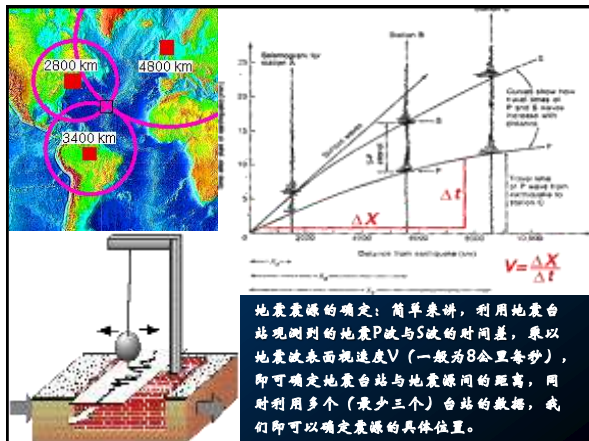
$$M_L = \log A + 2.76 \log \Delta - 2.48$$



目前，由于地震观测技术的发展，观测仪器的不同，所用确定震级的公式形式上与上述公式相近，但系数P、Q、R依地震记录仪器的不同而不同：

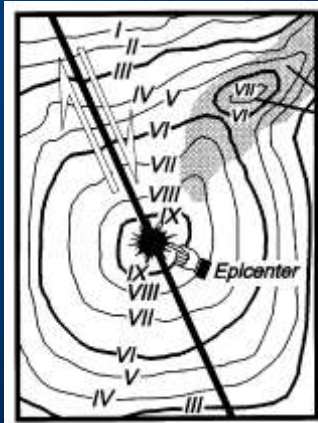
$$M_L = P \log A + Q \log \Delta + R$$

这里：A为仪器记录地震P（或S）波的最大振幅，Δ为台站震中距



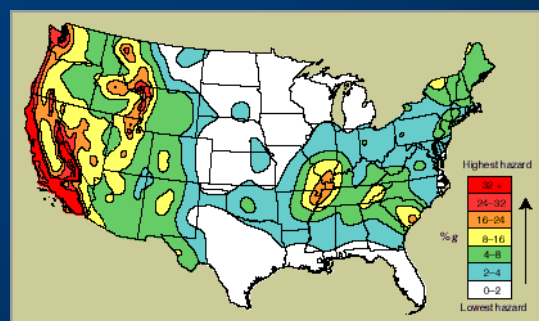
地震震源的确定：简单来讲，利用地震台站观测到的地震P波与S波的时间差，乘以地震波表面视速度V（一般为8公里每秒），即可确定地震台站与地震源间的距离，同时利用多个（至少三个）台站的数据，我们即可以确定震源的具体位置。

例子：帝王谷地震（1979年10月15日）

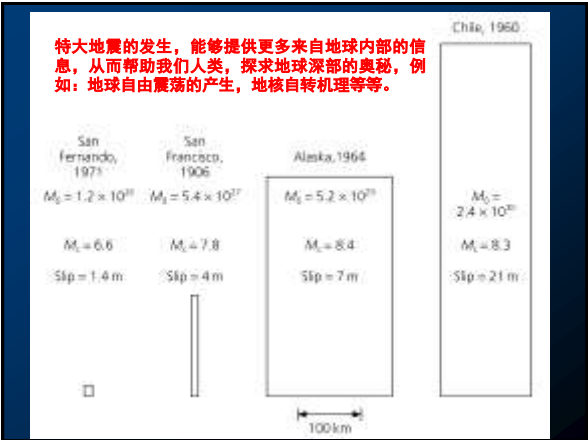
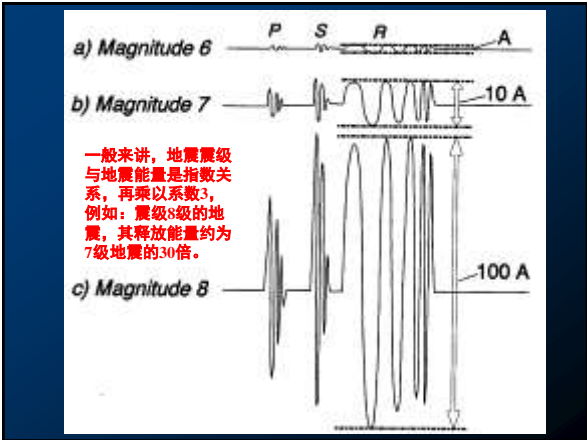


如果城市建造在沉积层的上方，所要遭受到的地震灾害相对更大一些。

左图为帝王谷地震导致的地震烈度等值线分布图。



美国地质调查局绘制的全美地震烈度区划图，此图对于美国国家安全十分重要，例如：核电站、水库大坝及重要工程的选址



地震预测及救援

几个标志性地震事件的发生

1966年3月8日邢台地震

1975年2月4日海城地震

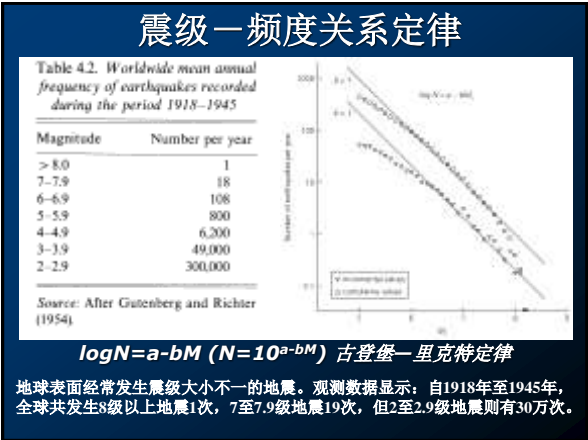
1976年7月28日唐山地震

早在上世纪50年代，中国政府即在中国科学院系统设立了地震台站等地震工作机构，进行地震观测，现场考察和人才培养工作。1953年11月，成立“中国科学院地震工作委员会”，下设综合组、地质组和历史组，为国家中核重大项目提供咨询。

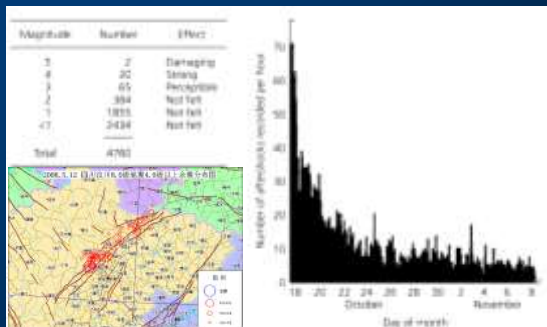
上世纪60年代，我国地震进入活跃阶段，1966年3月8日，河北邢台发生6.7级地震，周总理接到报告后当天准备飞机，第二天便赶赴灾区，并亲赴先后三次去临灾区指挥。邢台地震是中国地震事业起步式的里程碑。1967年12月，国家科委和中国科学院组成地震办公室；1971年我国成立国家地震局，聚集了大批物理、化学、生物等多个领域的专家，统一管理全国的地震工作，标志着我国地震工作进入了一个新的阶段。

中国地震局成立后，陆续组建了包括地球物理研究所在内的近十个相关研究所；同时，先后在中国大陆各省、自治区和直辖市，建立了下属地震工作机构，并进一步在中国大多数县中，设立地震办公室，普及地震科学知识。正因为中国地震局对相关领域的重视，我国地震学家对发生于1975年2月4日的海城地震进行了一次史无前例的成功预测，并与政府进行了预报。这次预报成功，对大量地降低海城地震引发的伤亡人数起到了决定性作用；

不过，随后发生在华北地区的唐山大地震，一百万人员伤亡，整个唐山市被夷为平地，地震学家们充分认识到，我们对于地球内部运动规律的了解程度，仍然十分有限，依然任重道远。



余震分布及其规律



地震受哪些因素影响和控制？
这些影响因子的唯一性如何？

例如：地应力、地磁、地电
地热、地下水、
地声、地光、空间观测
动物反应、气象异常等

国际：地震波速比的变化

我国：空区理论
加卸载相应比理论

最近，网上热炒一篇发表在《地震学》杂志上的《基于可公度方法的川滇地区地震趋势研究》文章，认为这是一篇关于汶川大地震的成功预测文章。建议读者参考有关的评论文章（参见：<http://xyx.dropin.org/xyx/ebooks/others/science/misc/wenchuan66.txt> 及<http://xyx.dropin.org/>可以得到更多的有关信息）

5月19日，地震部门就汶川大地震发布了强余震意见，据四川省地震局消息，根据中国地震局《关于汶川8.0级地震近期余震趋势意见的报告》，汶川8.0级地震余震活动水平为6—7级左右，5月19日—20日汶川8.0级地震余震区发展的可能性较大。

我本人与中国地震局同行的一项研究表明：如果不去研究地震本身的内在机理，并通过分析其它来源的相关信息，进行综合预报，单纯以震报震，包括本次地震局关于汶川地震余震的预报，能够成功的概率不会超过40%，换句话说，如此预报成功的可能性，不会高于任何一人通过随机掷硬币的正反面，来预测地震而成功的概率。感兴趣者可参读：<http://www.agu.org/pubs/crossref/2002/2001GL013795.shtml> 得到本研究论文的全文。

不过，中国地震局关于这次汶川特大地震余震趋势预报的发布，所用预报用词科学客观，在当前的特殊情形下，能够如实地告知社会公众，大震之后余震的时间分布规律，加强对强余震的防范，是一种很有必要的行动。

地震预测与预报

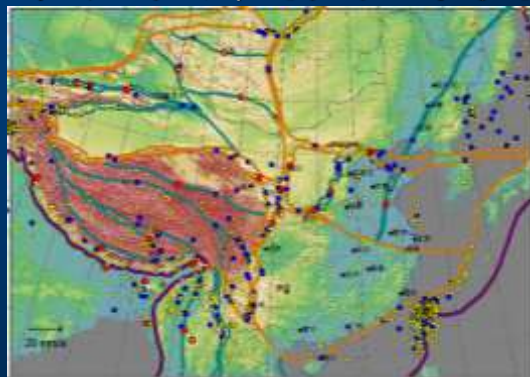
虚报率：“狼来了”的寓言

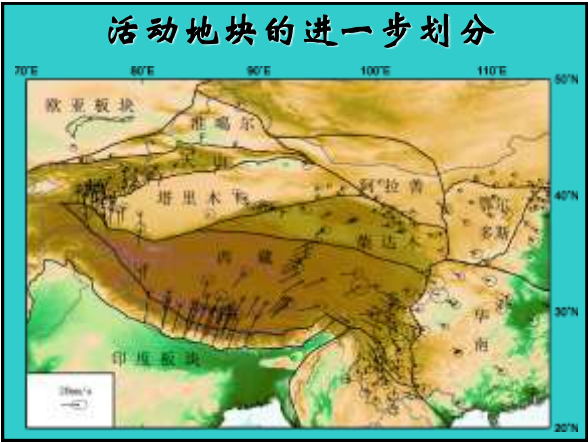
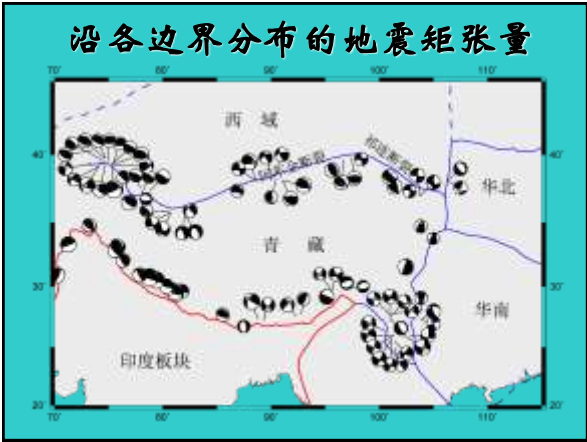
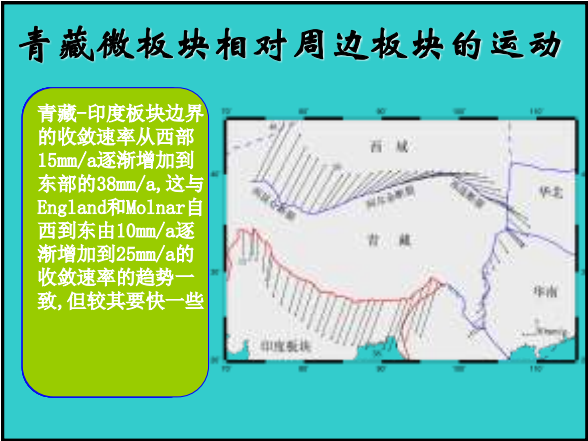
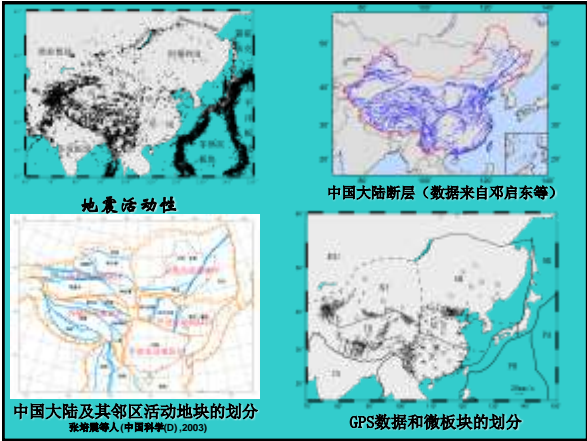
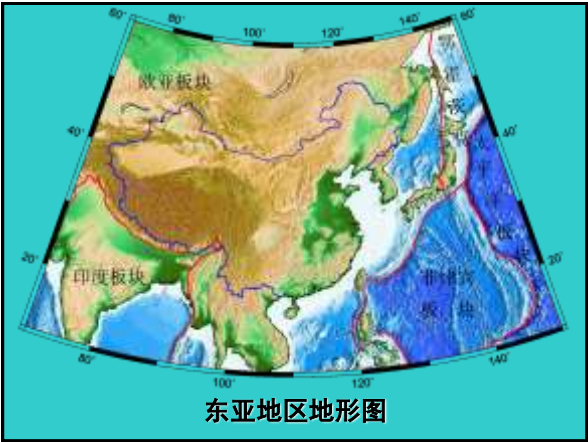
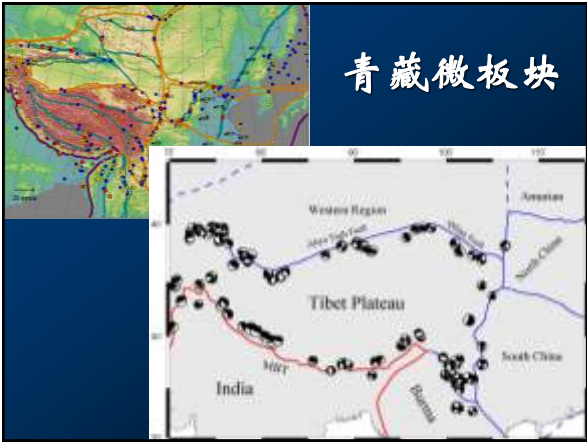
漏报率：统计结果

感兴趣者可以参考如下链接：

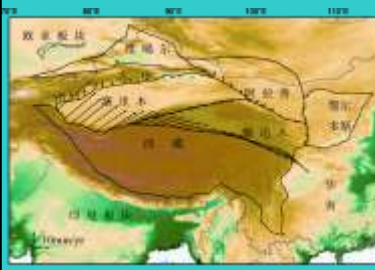
<http://www.gsdkj.net:90/~kjqk/dizhen/dizh2002/0205pdf/020510.pdf>

中国地震局年度震情会商制度





沿地块边界的相对运动



西昆仑断裂带为碰撞挤压型边界，收敛速率约为25mm/a，较Avouac等人约20mm/a的收敛速率要快一些，但较前文30-40mm/a的收敛速率要慢。西昆仑东段具有走滑的分量，并逐渐过渡到阿尔金断裂带西段的左旋走滑型边界，沿该边界走滑速率约为23mm/a。

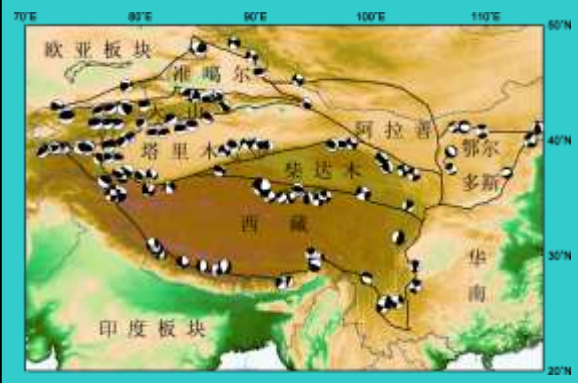
(沿塔里木-天山、西藏-塔里木、柴达木-塔里木、西藏-柴达木、塔里木-阿拉善、柴达木-阿拉善、柴达木-鄂尔多斯、阿拉善-鄂尔多斯边界的运动，均为前者相对于后者的运动。)

沿地块边界的相对运动（局部）



东昆仑断裂带为走滑型边界，西段为左旋压扭，变形达17mm/a，走滑分量约15mm/a，逆冲分量约8mm/a；东段为左旋走滑，其错动速率约为15mm/a。比地质学结果全新世以来平均滑动速率10mm/a要快一些。

沿边界分布的地震矩张量



大震发生之前

普通百姓：我们应该做什么？

以日本为例：地震最为多发国家。

小学：设置防震教育课程。

社区：年度一至两次的防灾演习

平常：必备三样东西：水、手电筒和收音机，并将此摆放在靠近门口的一个固定并且最为显眼的位置，关键时刻，这三样可能就是救命稻草。

大震发生之后

我们应该做什么？

几个例子
(中国地震信息网)

一人跑出 全家得救
力折钢丝 床下逃生
垒砖支物 拱开屋顶
自救无效 呼喊待救
死亡线上 险越鬼门
脚动示意 目标显著
积极自救 扩大空间
节省氧气 保存体力
保护口鼻 维持呼吸
先人后己 返回救妻
耐心沉着 终免截肢
负荷过重 巧用炕洞

例子之一：一人跑出 全家得救

秦振英，唐山钢铁公司工作；震前住在红窑公社下屯寨北街28号，住平房，十度区。

震前我住的四间平房是刚刚盖起的新房，石头墙，鱼子顶，水泥楼。全家共六口人，地震时我被惊醒，当时我反应很快，迅速从窗户跳出，我爱人也想往外逃，然而仅仅几秒钟之差，房子就倒了，她被压在墙角。这时大女儿也被砸在炕沿下，住在西屋的三个儿子，大儿子想往出走没有成功，跳窗时被水泥墙砸伤腰部，另外两个儿子还平躺在炕上，身上也压着水泥楼，所幸的是下面有掉下的碎石架着，所以砸的力量不太大，当时尽管没有生命危险，可是靠自己力量又没法出来。

我第一个从屋中跑出，免遭埋压，争取到抢救家人的机会。但这五口人中该先救谁呢？我想在这一刻千金的宝贵时间里，救人的先后顺序非常重要，必须先救容易救的，把压埋较重，但对生命威胁的放在后面，这样安排可节省很多时间。我爱人砸埋在墙角，由于房倒后在墙角处形成一个小三角空间，起到保护作用，掉下的鱼子片已被碎，比较好救，很快我就将她拉出来。这时大女儿喊叫得很急，但我从她呼喊的声音分析她压得并不重，只是因惊慌而喊叫。我问清她的情况，证明我的判断是正确的。我又看了压在上面的鱼子顶很沉，我一个人也抬不动，于是先从上边挖开，一个小洞，空气可以透进去，估计较长时间不会有危险，我就告诉她自救办法，让她安静等待，便急忙去救大儿子。压埋大儿子的水泥楼很沉，我搬不动，只好找根小棍一点点往上撬，撬一点放上一块石头，楼条逐渐抬高，大儿子终于被救出来了。大儿子没伤着，他的得救，立即增加了救助力量，我们三人合力掀起压在大儿子身上的鱼顶，大女儿也被救出，最后我们四个人又一起抢救另外两个孩子，由于人多力量大，很容易将沉重的楼条抬起，两个儿子也钻了出来。我们全家互相救援仅用了一个小时，终于安全脱险。回忆起这紧张珍贵的一小时，真是感慨万千呀！

例子之二：自救无效呼喊待救

吕瑞生，唐山市地震局工作；震前住的是红砖结构平房，三角木架屋顶，处在十一度区。

地震发生前的27日晚上，我刚从外地出差回来。由于天气闷热，身体劳累，11点后就上床休息，头脑里一点地震将发生的意识都没有。所以我睡得特别沉。当地面上下震动时，我和爱人几乎同时被惊醒。我们都坐了起来。只见室内特别亮，开始还以为是日光灯开着（后来回忆可能是地光吧），这时，房屋摇晃得特别厉害，坐都坐不住。脑子刚反应出是地震了，住室就被晃倒，并伴有倒房的杂乱声响。我们住的这一排平房近于南北向，整个向偏西方向倒塌。我们两口和周围邻居全部被埋。后来回忆，从被地震惊醒到房屋倒塌，也不过四五秒钟。

我被压埋后，身体感到压力很大，埋压物非常密实，整个身体包括四肢都不能活动，灰尘很多，呼吸困难。开始想用手扒扒，由于手边正好是蚊帐，一点也动不了，而且越扒灰土越多，呛得更加难受。不能扒怎么办，我和爱人商量，一起用力向上拱。我喊着“一二”，共同用力，只拱了两三次，因我的力气大，压埋物的力量向她倾斜，她更受不了了，看来这种自救尝试无效而有害。

正在这时，我们听到了西面的近邻有了动静，说话声听得很清楚。我大声呼喊“老袁！”他答应了，并且告诉我，他自己还没完全脱险。等地扒出全家四口人后，马上扒救我们。在等待扒救期间，为了延长生命，保存体力，我们没有再采取自救行动，大约过了一小时左右，老袁和其他三个邻居找到了我们的埋压位置，开始扒救。他们是从上面扒的，整个一面墙压在我们身上，但砖墙倒塌后，比较松散。过了二十几分钟，我们夫妻俩都被救出来。我身上砸了几处轻伤，爱人扒出后已不省人事，被人背到了院内大树下，邻居们又去扒别人，不能再照顾我们，我带着伤给爱人做了简单的人工呼吸，主要是活动活动她的四肢。十几分钟后，她睁开了眼睛，有了呼吸，吐了两口带血丝和灰尘的痰，才幸免一死。

例子之三：积极自救扩大空间

马同喆，马家沟矿企业管理处工作；原任马家沟矿工务，十度区。

地震后我全身被压被埋，开始因无知自己的埋压情况，不敢盲目乱动，怕越动压得越实。等一会儿后，我考虑，众多的人被埋都在等待扒救，一时半会儿不会有人来救我，在无条件情况下，还是应主动自救，起码要保护自己，不要一心等待。我开始小心地活动肩膀，慢慢将手臂一只一只抽出。上肢可以活动了，我觉得没什么危险，胆子也大点了，试着将周围的石块向四周空隙推移，扩大了我的生存空间，呼吸也畅通多了，为延长生命创造了条件。我还能再向外扩，争取自己出去，但却无能为力了，只好等待能有人来救我。待听到来人时，我就呼喊。由于开始没消耗太大的体力，喊声也较大，叫来了两个人，他们立即搬开废铁，我在下面积极配合，把石块向外传递，我的下肢逐渐可以活动了，终于从废墟中爬出了废墟。

我认为被埋压后，首先要积极自救，并协助扒救人员共同努力，这样不但可以延长生命，错开扒救时间，还可多救其他埋压人员。

地震学及其应用



中国地震学家张衡



地震学家古登堡——Beno Gutenberg
核幔边界的发现者



地震学家杰弗里斯——Jeffreys
杰出地震学家、地球动力学家

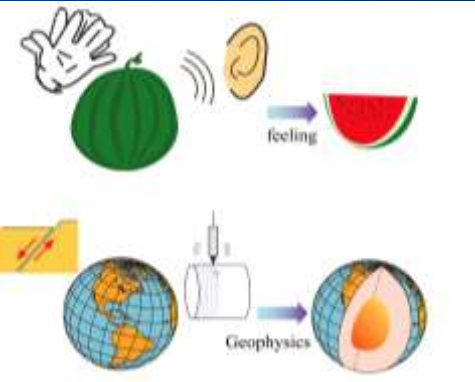


地震学家莫霍洛维奇——Mohorovicic
地壳与地幔边界（莫霍面）的发现者

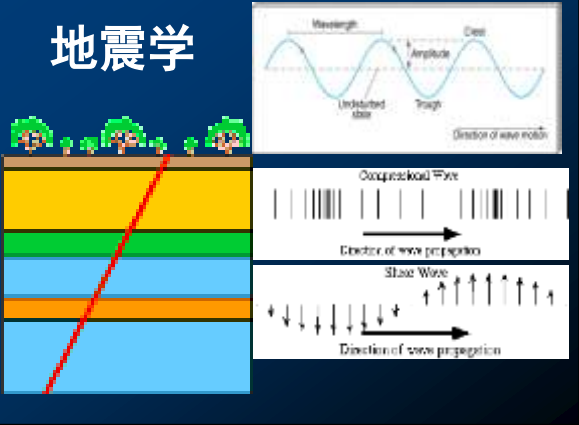


地震学家里克特——Richter
里氏震级的发明者

探测地球与探测西瓜



地震学





全球地震台网分布

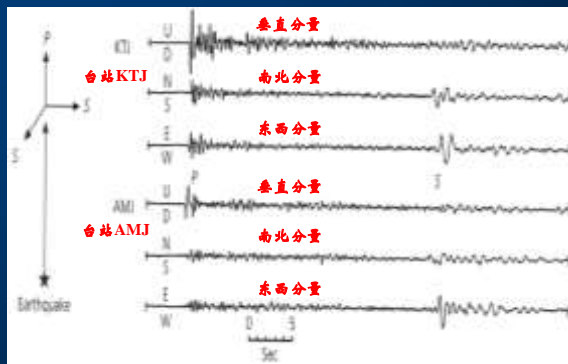


目前，全球已经建立了覆盖比较好的地震观测网络，可以实时监测确定地球任何角落发生的地震。

3分量地震仪示意图



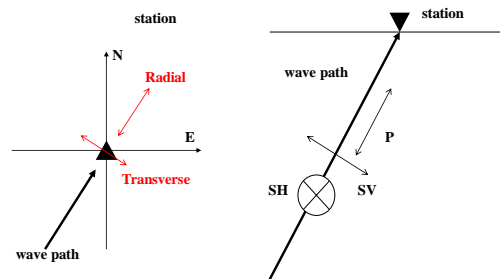
例子：地震图



地震位移矢量

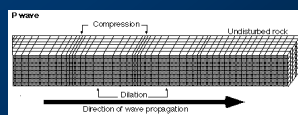
俯视图

剖面正视图



地震P波

类似于空气中传播的声波



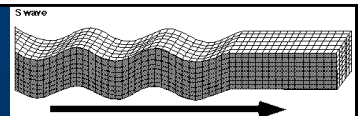
纵波（P波）速度
（弹性地球介质）

地壳内 6 km/s
地幔内 8 km/s
地核内 11 km/s



大地震发生时，震中附近的人们首先会感觉到一个强烈的上下颠簸形式的震动，这就是地震P波的作用。

地震S波



横波（S波）速度
（弹性地球介质）

地壳内 4 km/s
地幔内 4.5 km/s
外核 0
内核 3.5 km/s

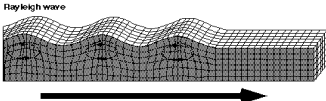


人们在感觉到一个上下颠簸的P波震动之后，会有一个短暂的停顿，然后会是一个更加强烈的水平摆动，持续的时间也相对长一些，大多数房屋在上下颠簸变“酥”之后，便在水平摇晃中进一步毁坏倒塌，这就是地震S波的作用。

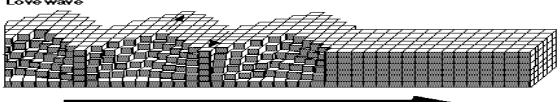
同时，每个人都可以通过估算中间短暂停顿的时间长度，来简单判断这个地震距离自己的远近，方法是：用8乘以停顿时间秒数，即为距离公里数，例如：如果估计到停顿时间为20秒，那么地震震中距离自己大约为160公里。（但是，绝大多数人在惊慌失措中，对停顿的时间判断都会有很大的误差）

地震面波

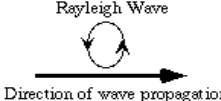
Rayleigh wave



Love wave



Direction of wave propagation




特大地震发生之后，如果其震源很浅，在地震S波之后，会有一个速度略小于S波，大约为S波速度0.9倍的面波紧随其后，沿着地表传播，由于面波的衰减比体波要小，所以能够传播得更远，时间间隔得更长，地震面波的传播特征，某种程度上可以类似于海面上的波浪传播，既有上下震动，又有水平摇晃。

这次汶川特大地震，远离震中的地方，例如北京高楼上的人们可以感觉到明显的既上下又水平的震动与摇晃，部分人群会有眩晕的感觉，便是这种地震面波作用的结果。

地球内部分层构造

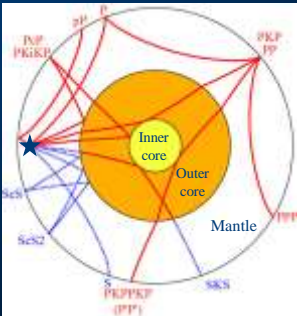
Physical layer	Seismic boundaries and starting depth (km)	Primary seismic wave velocity (km/s)	Chemical layer
lithosphere	0-100	5-7	lithosphere
asthenosphere	100-660	7-8	asthenosphere
mantle transition zone	660-1100	8-10	mantle transition zone
lower mantle	1100-2900	10-13	lower mantle
outer core	2900-5150	8-10	outer core
inner core	5150-6370	11-12	inner core



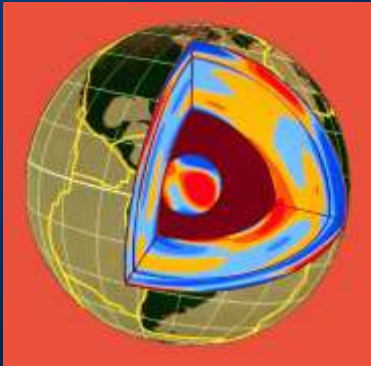
我们还可以知道什么？

地球内部的：

- 速度
- 密度
- 衰减
- 不均匀性
- 各向异性
- 分层

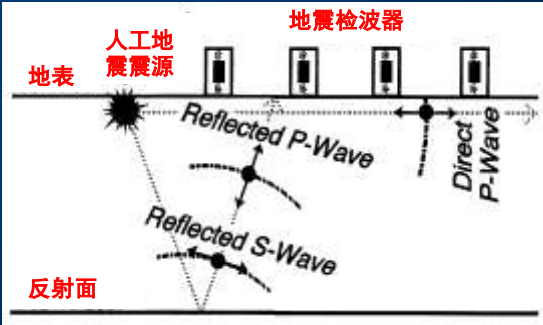


进一步：地球内部的三维结构



地震勘探

(寻找地下水、地下油藏、矿藏等等)

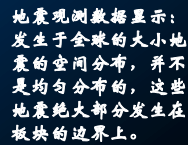


建筑工程设计与选址方面



Photo courtesy of National Geophysical Data Center

本图显示：除去建筑物本身建筑强度需要符合规定的安全与抗震标准，一些重要工程和居民建筑的选址，也十分重要，例如：房屋不能够建在软土地基之上，或横跨局部断层两侧。



转换断层

Two Plates Sliding Past Each Other
77pointschool.com

Plate Divergence
77pointschool.com

Plate Convergence
62pointschool.com

板块边界类型

A world map showing the boundaries of the major tectonic plates. The plates are labeled: Eurasian Plate, North American Plate, Pacific Plate, South American Plate, African Plate, Indian-Australian Plate, Antarctic Plate, and Australian Plate. Arrows indicate the direction and relative speed of plate movement, with values such as 11.7, 9.0, 7.0, 5.0, 3.0, 2.5, 1.0, 0.5, and 0.2 cm/yr.

E-Mail: dongping@gucas.ac.cn

Thank you

