

冯锐. 2009. 中国地震科学史研究. 地震学报, 31(5): 564-582.

Feng Rui. 2009. Research on the history of Chinese seismology. *Acta Seismologica Sinica*, 31(5): 564-582.

# 中国地震科学史研究\*

冯 锐<sup>†</sup>

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

**摘要** 中国的地震研究约有 4000 年历史, 分先秦的原始认识, 秦汉的自然崇拜, 随后的感性认识, 从清朝康熙至今的科学探索 4 个阶段. 中国对世界地震科学的发展做出 4 大贡献: 张衡发明地动仪, 延续 4000 年的历史地震记载, 丰富的震前异常资料, 海城等地震的成功预报. 中国的现代地震学进展很大, 但与经典自然学科相比仍然处于幼年阶段, 减灾对策尚不成熟. 唯上从众的潜意识、唯象性的研究习惯、空洞的哲理分析是我们的 3 个历史包袱. 今后应采取更加符合目前预测水平的对策, 提倡多元文化的并存与融合, 建设高层次的中国地震科研文化.

**关键词** 文化传统 唯象性研究 地震预报 科研文化

**文章编号:** 0253-3782(2009)05-0564-19

**中图分类号:** P315

**文献标识码:** A

## Research on the history of Chinese seismology

Feng Rui<sup>†</sup>

(*Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China*)

**Abstract:** The history of Chinese seismology can be traced back to four thousand years before and divided into four stages, *i. e.*, primitive knowledge, worship of nature, perceptual knowledge and scientific research. The second stage ran in the whole Qin-Han dynasties, and the fourth stage begun from Emperor Kangxi in Qing-dynasty and continued to the present. So far China has made four great contributions to seismology, *i. e.*, the invention of Zhang Heng's seismoscope, great amount of historical records of earthquakes of four thousand years, abundant anomaly data before earthquakes, and successful prediction in Haicheng in 1975. However, our research is still at the junior stage compared with other classical natural sciences. We have been carrying on three recessively historical load in our mind: the subconsciousness of absolute obedience, habit of phenomenological study and the methods of philosophical analysis without sincerity. For constructing a high-level Chinese culture in seismological research, it is also suggested to take appropriate measures matched with the present level in seismology, as well as to promote coexisting and merging of multi-cultures.

**Key words:** culture tradition; phenomenological research; earthquake predic-

\* 基金项目 国家自然科学基金项目(40644019)资助. 中国地震局地球物理研究所论著 09AC1017.

收稿日期 2008-03-21 收到初稿, 2009-02-27 决定采用修改稿.

† 通讯作者 e-mail: rfeng\_cn@yahoo.com.cn

tion; culture in science

## 引言

中国地震科学家既经历过 1975 年海城地震预报成功的喜悦和荣耀，也承受过 1976 年唐山地震漏报的悲痛与责问，更在 2008 年汶川地震中达到浴血洗礼的涅槃。这就是地震预报的现实水平，并会在一个相当长的时期内都如此。面对唐山 24.2 万人、汶川 8 万多人的罹难和今后的地震风险，在总结技术教训的同时，我们已不能回避对自己的解剖和批判。

解剖自己的方法之一是研究科学发展史，以史为镜，搞清“我从哪里来，要往何处去”，检查我们的思想方法和研究习惯上还有哪些不足，警惕我们还有哪些文化传统上的、未能意识到的隐性弱点需要检讨和克服。惟此，才能走好下一步。

中国最早的地震记载，据称是公元前 23 世纪舜时代的山西蒲州（又说为江南）的一次地震，源于宋朝李昉《太平御览》的一句话“墨子曰：三苗欲灭时，地震泉涌”。但经查核，春秋战国成文的《墨子》中并无此文，实为千年后追补的古老传说<sup>①</sup>，多有不确（李善邦，1981；高中华，2009）。目前看来，比较明确且后续有接的地震记载应该从夏朝开始，即发生于公元前 1831 年、公元前 1767 年和公元前 1189 年的鲁、豫、陕的地震。这些事件被写在《竹书纪年》上，那是西晋初年（公元 280 年左右）在河南汲郡发现的数十车的残缺战国竹简，每简 40 字，黑墨写成，随即被晋武帝命中书监、中书令整理出来，史称《竹书纪年》，凡十三篇（王小甫等，2006）。照此算来，即从公元前 1831 年地震开始，中国人的地震研究约有 4000 年历史。现分成原始认识、自然崇拜、感性认识和科学探索 4 个阶段，分别阐述。

作者学识浅薄，不知水深，恳请读者赐教和批评。

## 1 第一阶段——原始认识

先秦时代，特别是在汉武帝登基（公元前 140 年）之前的整个时期，中国人对地震的认识处于一种原始的朴素唯物主义状态。先民们只是注意到了目力所及的宏观现象，留下了“地动，社坼裂，三川皆震，烨烨震电，山冢岑崩，湧泉出，坏屋舍”等等简朴文字，累积的地震事件总计不过 30 余次，而且都是黄河流域——晋冀鲁豫陕的地震。

据战国时代的（楚）帛书——我国迄今发现的最古老、最完整的天文古书（冯时，2001）：混沌初开时，伏羲和女娲生了 4 个儿子，父母掌天地，四子掌四季。伏羲执矩主日，女娲执规主月（图 1）；矩可划方，规可成圆，从此世界有了正常运转的“规矩”，形成了“天圆地方”的结构——穹隆的天盖被四方天柱鼎立在九州大地上。有了世界也就有了地震：

往古之时，四极废，九州裂，天不兼覆，地不周载……。于是，女娲炼五色石以补苍天，断鳌足以立四极（《淮南子·览冥训》）。

是说远古时九州大地坍塌破裂，4 个天柱（即四极）被毁坏，苍天不再覆盖大地，大地不再承载万物，于是女娲炼石补天，斩断海龟的四足支撑天盖。这可能就是人类诞生之际的第一次地震，“天塌地陷”概念的最早由来。不过现实的苍天毕竟未坍塌，只有地震才会洞塌

① 《墨子》卷五《非攻下》篇不过讲了一段“昔者三苗大乱，天命殛之。日妖宵出，雨血三朝…，地坼及泉，五谷变化，民乃大振”的传说故事。地坼，系指地表开裂。《竹书纪年》记载为“三苗将亡，天雨血，夏有冰，地坼及泉，青龙生于庙，日夜出，昼日不出。”都没有谈及地震。

人亡，所以“炼石补天”一说有可能是对“炼石补山洞”这种实际行动的某种神话性发挥。至于地震如何发生的？则另有传说，反派是共工，因与颛顼(zhuan xu)争当皇帝未成而怒，撞不周山引起了地震：

昔者共工与颛顼争为帝，怒而触不周之山，天柱折，地维绝(《淮南子·天文训》)。

这里的“天柱折”即前文的“四极废”。而“地维绝”则指拴系天盖的缆绳断裂，造成了共工地震。



图 1 伏羲和女娲的石刻画像(东汉画像石刻)。右侧伏羲左手执矩主日，左侧女娲右手执规主月。二神人首蛇身，相互交合，创造人世

Fig. 1 Pictorial stone of Fuxi and Nuywa (caved in Eastern Han dynasty)  
Fuxi (right) mastering the sun holds a carpenter's square in his left hand, and Nuywa (left) mastering the moon holds a pair of compasses in her right hand. They had human head and snake body, by their mating a world of mankind was created

夏商时代的古人只崇拜太阳(陈德安, 2000)。如有侵犯太阳的事情发生——日食、日食并地震，当视为世界灾难。后来，崇敬对象逐渐演变成日、月、地三位神仙——羲和、常羲和烛龙。前两位女神分别是太阳和月亮的母亲，育有 10 个太阳儿子和 12 个月亮女儿(《山海经》)。羲，系指“气”。《说文解字》有“羲，气也”、“气，云气也”。因此自古只能看到太阳和月亮，永远见不到他们的美丽妈妈。

第三位神仙烛龙是与地震有关的创世神，盘古的原型<sup>①</sup>。亦称“潜龙”(《周易·乾》)，或“鯀”(《庄子·逍遥游》)。指隆冬时节潜伏在北极地下的东宫苍龙，春天“化为鸟，其名为鹏”，遂鲲鹏展翅。《山海经》里的《海外北经》《大荒北经》，以及《淮南子》《楚辞》等都有记述，此不详引。烛龙的蛇身长千里，潜伏地下，睁眼为昼，闭眼为夜；龙首衔着火把(即火烛、火球)照亮阴间大门，洞悉地下九泉，故又称“烛九阴”神。它深踞钟山下，不吃不喝不睡不喘气，保持大地的安宁平静，一旦气息通达，即化为劲风，大地震摇(图 2)。1988 年在河南濮阳西水坡出土了 6500 年前仰韶时代的古龙造型，冬至图里用蚌壳堆塑的龙已被考古界认定是烛龙(路思贤, 李迪, 2005; 马昌仪, 2007)。在古人的认知能力下，地震是由能够钻地的巨蛇所引起，蛇就是龙，令人恐惧而敬畏。在张衡地动仪上：“外有八龙，首衔铜丸”(《后汉书》)，隐含着对烛龙地震的表达，“铜丸”是为所衔的火烛。中国远古的龙崇拜，实际上既对天又对地，龙嘴衔着火球才能巡天察地，要比常羲和羲和神气多了。

中文“震”的本意指霹雳，源于雷电。春天河蚌开口之时称为“辰”(“震”字的下半部)；春风化雨，在“辰”字的上半部再增加“雨”字，就组成“震”——春雷始发。霹雳的巨大能量

① “盘古创世”的神话在先秦乃至秦汉时期的古籍中均没有记载，直到三国徐整的《三五历纪》和南朝任昉的《述异记》中才有，故学术界认为盘古的神话出现较迟。至于地震乃“鳌鱼翻身”的传说，更是近代的民间演绎。鳌是水中的龙，女娲补天时断过它的四足。

和突发性特点被神龙所承载，《周易·说卦传》“震为雷，为龙”。史书中把天上的霹雳称天震（《晋书·五行志》）；地下的霹雳称地震，都是神龙的暴怒。

“震”和“龙”还表示“东方”。中国古典文化要用四灵（青龙、朱雀、白虎、玄武）分别表示（东南西北）4 个方向，亦（春夏秋冬）4 个季节。配以八卦后，表征宇宙和人间的构成，即：乾（天）、坤（地）、艮（山）、巽（风），坎（水）、离（火）、震（雷）、兑（泽）。将其组合后又作哲学的引申，比如韩国国旗里的 4 个卦象即为“天地水火”。图 3 是为一例，其东方和春季（或春分）是通过篆文“震”字-青龙图案-卦象这 3 种途径来等同地表示。在中国古代的青铜器、占卜栳盘、纹饰图案、建筑标记上普遍采用。

地震成因，各说不一。庄子（公元前约 369—公元前 286 年）讲：“海水三岁一周流，波相薄则地震”。相薄，系相近、相遇甚而相撞之意。说海水 3 年流动回转一周，海浪相遇就引起地震。这种“大地浮于水上”的古宇宙观，源于掘井时发现深处有泉涌冒水（《晋书·五行志》）。所以中国的古代地球模型只有苍天、大地、海水 3 层结构，表现于各类绘画、纹饰和雕塑中，从来不对海水之下再作什么推断。海水的最深处称之“九泉”，“九”表示极其深远。不过庄子的“海波相薄为震”的观点并未被后人发



图 2 烛龙是创世神，衔火炬而洞悉九泉，暴怒引起地震（清，萧云从《天问图》绘制，引自马昌仪，2007）

Fig. 2 Fire dragon was able to see clearly the interior of the Earth by the fire in his mouth. His sudden anger or seethe caused an earthquake (Drawn in Qing dynasty, from Ma, 2007)



图 3 通过卦象、篆文、图案 3 种等同的途径来表达东方和春季

Fig. 3 Expression of East and Spring in ancient Chinese culture. Either of the three terms of Eight Diagrams, seal characters and figures was identically used

展，社会影响有限。西周末年的思想家伯阳父（公元前约 8 世纪）对地震的认知做出了重要贡献，提升了“阴阳相薄为雷，激扬为电”“震为雷”（《淮南子·地形训》）的理念，对公元前 780 年陕西地震评价过：

夫天地之气，不失其序；若过其序，民乱之也。阳伏而不能出，阴迫而不能蒸，于是有地震。今三川皆震，是阳失其所而镇阴也。阳失而在阴，川源必塞。源塞，国必亡（《国语·周语》）。

他摈弃了具体的神灵、海水和物质等内容，把“天地之气”抽象成阴阳二元素，从矛盾双方的相互斗争上来认识地震，无疑具有划时代的意义和深远影响。尽管伯阳父仅提出了原始的哲学观点，并无任何实质性的地学内容，而且把自然现象与社会问题混为一谈。历史的无奈在于，他根据“伊洛竭而夏亡，河竭而商亡”（即伊河、洛河枯竭，夏朝灭亡了；黄河枯竭，商朝灭亡了），遂预言“山崩川竭，亡国之征也”（即岐山崩塌，泾、渭、洛河枯竭，预示西周也要灭亡），竟然言中了。后代有了根据，亦把战国的洛阳地震（公元前 519 年）解释为

“周之亡也，其三川震，今西王之臣亦震，天弃之矣”（《春秋左传正文注疏·春秋传》卷五）。说西王被地震砸死是天意，该死。这种原始的从自然界中觅寻人间沧桑答案的想法，一直延续到汉代，使伯阳父的阴阳观点发展成为玄学，影响至今，堪称千古。

## 2 第二阶段——自然崇拜

秦汉期间（公元前 221 年—公元 220 年）既是人们对地震认识的深化期，也是愚昧与科学、保守与进步斗争的高峰期。中国古代的地震物象学（seismic phenomenology）出现；张衡发明了人类第一台地震仪器。但居于社会统治地位的地震理念是阴阳五行和天诚观。皇帝第一次因地震下“罪己诏”；高官也第一次“以地震策免”，双双开了历史的先河。

同期的欧洲，正值古希腊—古罗马文化的鼎盛时期。对地震的认识也处原始阶段，亚里士多德（Aristotle，公元前 384—公元前 322 年）认为地震乃日地潜热使然；Lucretius（公元前 98—公元前 55 年）认为地震由山体坍塌引起（计荣森，1931）。

### 2.1 地震的现象观察与伟大发明

秦汉统一中国后，农业生产促使天文观测和历法发展。但是农业生产中还经常面临各种自然灾害，其中的干旱、洪涝、蝗灾都是看得见摸得着的，唯独突发性的地震既难理解又具危险。此时的群众注意到更多的宏观现象，诸如地震时的山崩、火灾、涌水和塌陷；史料记载了更多的地震事件、各郡县的破坏程度；自西汉起我国才有了社会救灾机制，政府“建仓积粮”有了常平仓、社仓、义仓和营仓（唐黎标，2009），大震后实施减免赋税、赈济灾民；史官还有一项责任——把地震作为一项特定的灾异记入正史和《五行志》中。秦汉 440 年间所记录的地震事件已达 120 余次。中国的地震物象学—观察地震宏观现象的学科—已经诞生。

此时发现了地震活动存在朔望期偏高的特点，导致地震和天文被联系在一起，诸如“五星错行，夜中星陨如雨，地震”，“日有食之，地震未央宫”，“日食地震”，“地震，客星犯月”，“织女有变，天纪为地震”，“出房心间，地动”，“朔，日有食之。夜，地震”等等。唯物性的皇家观测虽然已经实施于灵台，但对自然现象的解释却完全是神学的，仍然笼罩于占卜观念中。地震被视为天谴皇帝、惩戒苍生的大事，灵台具有观象和祭天的双重功能。“天子有灵台者，所以观侵象、察妖祥也”（《诗经·大雅·灵台》，郑玄笺）侵，阴阳相侵。“观侵象、察妖祥”的灵台，就是观测自然、察明凶吉的圣坛。中国人至今还把天文、气象、地震的观测站简称之“观象台”，尽管绝大多数的测站已不需要建设高耸的台体。因此，发明和使用浑天仪和地动仪的目的（除前者的定历法外）主要是为察明凶吉的社会必需而服务的，天灾地祸需要在灵台得到神圣的知晓、明示和解脱，有别于单纯探索自然规律的现代理念。对这一点，张衡在《灵宪》的名言：“天道虽远，凶吉可见”表述得清楚而深刻。自然崇拜并不阻碍观测，恰恰相反地促进了先人虔诚地观天察地而不敢有所疏失。这里，科学和迷信混为一体，唯物观测和宗教崇拜混为一体，探索规律和占卜算卦混为一体（陈遵妣，1989；路思贤，李迪，2005）。

东汉思想家王充（约公元 27—97 年）提出了一个哲学观点：“地固将自动”（《论衡·变虚篇》），认为地震是大地的自然运动。中国科学史上第一位杰出的科学家是张衡（公元 78—139 年），创制了人类第一台地震仪器——地动仪（公元 132 年 8 月），成功地检测到公元 134 年 12 月 13 日的陇西地震（冯锐，俞言祥，2006）。

地动仪的发明,存在着诞生科学思想的物质基础和社会需要.那时的人们已经清楚地、普遍地察觉到了地震是以水平晃动为主的,古籍中对地震的描述一直是:“地摇京师、地动摇尊、地动山摇、今兹震摇、屋宇摇荡”等,关键词为“摇”,其认知的物质基础离不开悬挂物和液面的晃动.悬挂物就是天然验震器,在汉代已经普遍地深入人们的日常生活,比如官府民宅中的大量吊灯,悬挂的字画和案头上的一排悬挂毛笔,以及编磬、编钟、悬垂、吊锤、纺线锤、吊桶、吊篮、吊肉,还有用青丝和麻绳贯穿吊起来的铜钱等等,不胜枚举.最后,汉朝还有好居高楼的时尚,三四层楼房很普遍,谯楼、市楼、仓楼、望楼、碉楼、钟楼、鼓楼和高大门阙相当普遍,更有大量的类似于未央宫、九庙、灵台、辟雍等建在夯土台上的高台建筑群(孙机,1991).高层建筑对地震的结构性放大效应,使悬挂物的摇晃摆动更加明显和持久,这就最容易引起广大百姓发现和惊恐,以至最终牢牢记住了悬挂物的特殊反应——没有地震它不动;只有地震它才晃.因此,诞生地动仪的思想基础应该是对悬挂物运动的模仿.张衡的发明曾经为19世纪末现代地震仪的诞生起到重要的思想启迪作用(Milne, 1883; Herbert-Gustar, Nott, 1980).该仪器大约失传于东汉末年,特别是公元190年董卓大火焚烧洛阳后,最迟不会超过魏文帝曹丕公元221年(武玉霞,朱涛,2007).通过文物考古学和地震学的深入研究,现推断出地动仪的内部含有柱、关、道、机、丸五部分结构,靠触发机构检测到微弱地震波动,触发震相是瑞利面波,共振起到放大作用.图4是最新完成的地动仪科学复原模型(冯锐等,2006a, b; 2009)<sup>①</sup>.



图4 新完成的张衡地动仪复原模型(左图),内部结构由“柱、关、道、机、丸”5部分组成(右图)

Fig. 4 New reconstructed model of Zhang Heng's seismoscope. The interior structure consists of five parts including a general pillar, a trigger, eight roadbeds, levers and balls

## 2.2 地震导致皇帝自责和官员撤查

为维系社稷的稳定,除“君-臣-父-子”的封建等级外,社会还需要一种文化理念——天诫观念.于是,地震就像其它灾异一样被视为“上天”对君王的惩戒、谴责和警告,这样一

<sup>①</sup> 自1875年以来,国内外共提出14种张衡地动仪复原模型,其中王振锋1951年设计了国内上世纪最流行的概念模型.本文图4是由中国地震局和国家文物局的专家组于2008年完成的新模型,第一次实现了验震器的功能,已被《中国大百科全书》(第二版)和中国科学技术馆(新馆)正式采用.

来臣子们才会有话语权,能够借此议论朝纲、谏言善治、调整矛盾.

中国历史上因为地震而第一次下“罪己诏”的皇帝是西汉宣帝刘询,地震发生于公元前70年6月1日的洛阳(表1).震后,汉宣帝诚惶诚恐地祭祀灵祇(祇,即地神),举办了10余项隆重礼仪,诸如下诏自责、征百官意见、任举新官、免除某些律令、减免租赋、明堂祭祖、登灵台、见史官、观物变、正浑仪、军队休战、大赦天下、身着素服、避正殿不理事、改年号等等(《汉书》卷八,《前汉书·宣帝纪》).统计表明,从公元前30世纪黄帝、颛顼至今,中国的年号共计619个.这次洛阳地震的发生,导致当时的“本始”年号被改为“地节”——“地震节制”.这一怪僻的年号有悖于“天、宝、永、光、宣”等常用的吉祥字头,历史上除王莽篡位时曾短暂用过“地皇”年号外,取“地”字头的年号实为仅有的一例.如此敬畏地

表1 汉代因为地震,皇帝下“罪己诏”、高官被撤查的事件

Table 1 The events in Han dynasty that Emperor issued command to punish himself and discharge officials due to earthquakes

编号	地震年份	皇帝,年号	下罪己诏	撤查高官	被免的官员	新年号
1	公元前70年	汉宣帝,本始	●			地节
2	公元前67年	汉宣帝,地节	●			
3	公元前48年	汉元帝,初元	●			
4	公元前47年4月	汉元帝,初元	●			
5	公元前47年9月	汉元帝,初元	●			
6	公元前29年	汉成帝,建始	●			河平
7	公元前13年	汉成帝,永始	●			元延
8	公元前7年	汉成帝,绥和	●			建平
9	公元46年	汉光武帝,建武	●			
10	公元76年	汉章帝,建初	●			建初
11	公元121年	汉安帝,永宁	●			建光
	132年			张衡发明地动仪		
12	133年	顺帝,阳嘉	●	●●	太尉庞参,司空王龚	
13	134年	顺帝,阳嘉		●●	司徒刘崎,司空孔扶	
14	136年	顺帝,阳嘉	●	●	史官张衡	永和
15	138年	顺帝,永和		●	司徒黄尚	
16	147年	桓帝,建和	●			建和
17	149年	桓帝,建和	●			和平
18	152年	桓帝,元嘉		●	司空黄琼	永兴
19	154年	桓帝,永兴	●			永寿
20	161年	桓帝,延熹		●	司空黄琼	
21	165年	桓帝,延熹		●	司空周景	
22	171年	灵帝,建宁		●●	太尉刘庞,司空乔玄	熹平
23	173年	灵帝,熹平		●	司空杨赐	
24	177年	灵帝,熹平		●	司空陈球	光和
25	178年	灵帝,光和		●	司空陈耽	
26	179年	灵帝,光和		●	司空袁逢	
27	191年	献帝,初平		●●	司空种拂,太尉赵谦	
28	193年	献帝,初平		●	司空杨彪	
29	194年1月	献帝,初平		●	司空赵温	兴平
30	194年7月	献帝,兴平		●	太尉朱儁	
	221年			汉朝灭亡		

震的做法遂演变成一种社会礼制而延续百年，及至东汉的始皇帝汉光武帝也继续遵从之。中国皇帝因地震而下“罪己诏”的事件共 21 次，绝大多数发生在汉朝（16 次），最晚的一次在唐朝德宗（788 年），相应的礼仪繁简不同，诏文多为“朕以不德统奉鸿业，无以奉顺乾坤。蒞事不聪，获谴灵祇”之类的八股。154 年后，汉朝末年的桓帝再不对地震做检讨了，从此才终止了祭天祀地的做法（表 1）。

秦汉时期本有个传统，会借水、旱、蝗、疫、蚀（日月食）之事惩处高官，但从没有过一次因为地震而追究高官的事件发生。令人吃惊的是，公元 132 年张衡地动仪的问世，绝然改变了规则：权倾朝野的两批高官在 133 年、134 年连续两年“以地震免”，官位都是最高的三公（司徒、太尉、司空），曾引起了严重的社会后果（冯锐等，2006）。这种做法，开创了因地震而查撤高官的历史先河<sup>①</sup>，汉代共有 16 次。荒唐是显然的，当时还不能科学地认识地震，把自然现象与社会问题混为一谈，也导致了张衡和地动仪的悲剧。随着地震的经常发生，很快又变成了随时“借口地震，惩戒官员”的官场倾轧，愈演愈烈，一直延续到东汉灭亡。三国魏晋后，此类糟糠才被唾弃。

### 3 第三阶段——感性认识

从三国开始（公元 221 年）到康熙帝（1722 年），历时 1500 年，奠定了中国地震历史资料的基础。

中国的科学技术在宋元时期（公元 10—14 世纪）达到了世界遥遥领先的水平，与中国文化在几千年间一直呈连续发展的状态有关，为全世界仅有。不过中国早期的科学体系属唯象性或现象学（phenomenology）范畴，以实用性为主导，针对特定需要解决具体问题（李约瑟，1976；王鸿生，1996）。这种思路是科学发展早期阶段的一种合理途径，非常必要而见效。但是实用性科学的眼光不够远大，知其然不知其所以然，一旦现实不提出直接要求就会丧失发展动力。此期间的地震研究，也一直持“重现象观察，轻理性提高”的态度，如周恩来总理对邢台地震所言：“我们的祖先只给我们留下了记录，没有留下经验”（方樟耀，1995）。

公元 5—13 世纪的欧洲处于黑暗的农奴制中世纪，文化沙漠时代。世界科技文化的中心集中于中国和阿拉伯。到 14—16 世纪，欧洲出现文艺复兴运动，开启了西方现代科学的序幕，随后影响到中国（吴国盛，2002）。

#### 3.1 迷茫的认识和天诫观的末日

（北齐）信都芳、（隋）临孝恭、（宋）江少虞和（元）周密（1290 年左右）在文字上涉及过张衡地动仪和地震观测问题，但均持怀疑态度：“气之所至则动，气之所不至则不动。此仪置京都，与地震之所了不相关，气数何有所薄，能使铜龙骧首吐丸也？”（周密《齐东野语》）。

① 在《中国地震历史资料汇编》（谢毓寿，蔡美彪，1983 年）中，把公元 122 年 5 月“司空陈褒以灾异免”一事处理成“以地震策免”，似不妥。因为所引的史料并非出自当事人的《陈褒传》；它仅仅是在陈忠的一份上书中附带提及的朝廷的陈年往事；而这个上书内容，又是在《后汉书·陈宠传》中作为陈宠的附加材料，即陈宠的儿子陈忠的情况简介的。材料经 3 个层次的间接引用，不准确。过硬的材料是《后汉书·安帝纪》，当中有十分具体而准确的记载：“四月癸未，京师郡国二十一雨雹。癸巳，司空陈褒免。五月庚戌，宗正彭城刘授为司空。七月癸卯，京师及郡国十三地震。”此段明确地说明，司空陈褒是以雨雹等灾害在四月份免职的。五月份已经有新的司空上任。京师地震是在七月份才发生的。因此，《中国地震历史资料汇编》中所列公元 122 年的“司空免”记载，不能视为中国历史上第一次因地震策免高官的事件。

656年山西地震,唐高宗下诏:“朕政教不明”,自责混淆了政治与佛教的关系而招致地震。不过佛教的法师并不认同,却把699年的洛阳地震看成佛祖如来显灵的好事:“开讲(华严经)之晨,感地动而标异,斯乃如来降迹”。念起佛经:“阿难问佛,地动有几?佛曰:一为地依水上,水依于风,风依于空。大风起则水扰,水扰则地动。”学者迷茫,皇帝糊涂。直到788年长安地震,唐德宗才以“盖朕寡德,屡致后土震惊,但当修政,以答天谴耳。”(《旧唐书·五行志》)的敷衍塞责结束了“地震罪己诏”的漫长历史。

宋朝是地震活动非常强烈的时期。999年地震后,虽有高官上疏:“臣读《汉书》,见日食地震,亲见诏书”,乞求天子“降御礼,下德音”消震免灾(宋,李焘《续资治通鉴长编》卷四十六),但无响应。1038年山西定襄地震死亡3.2万人,1057年北京地震死亡2.5万人,1219年宁夏固原地震死亡1万多人(李善邦,1981;顾功叙,1983)。宋元期间的高官,比如包拯、王安石(宋)、齐履谦(元),只能继续以阴阳五行、开祭道场等办法来抚平民心。当1271年、1322年地震继续造成了严重损失后,官员惟有请辞谢罪:“京师地震,日月薄食,皆臣下失职所致”,“地道,臣也。臣失职,地为之不宁”,“乞赐黜罢,上答天谴”(《宋史·度宗纪》,《元史·英宗纪》),皇帝以“不允”二字草草收场。

时值清末,更加简单。地震发生后,皇帝只批三字:“知道了”,完事。如此御批,存档甚多,阅之不尽(中国地震局,中国第一历史档案馆,2005)。显然,面对地震这种复杂的地球构造运动,中国的以农业为中心、实用性为基础的传统科学体系是无法应对的。

### 3.2 两个极端,一种补救

公元1303年(元朝)山西洪洞—赵城地震造成十分严重的损失,余震继续三四年;1556年(明朝)陕西省华县地震更造成83万人死亡,达到有史以来的世界之最。在人们被自然逼到绝境之时,唯象性研究必然走向两个极端:要么只做记录,要么占卜预言。一种补救措施则为震灾救济。

关于记录地震,北宋庆历年间(1041—1048年)发明了活版印刷术后,宋辽金元时期中国各地的方志学有了极大发展,仅此409年间就有1031种方志,相比汉唐1100年间尚不足400部的方志而论,历史地震的记录量有了明显增加(杜石然,2003)。史料中除记有日月星辰的位置、房屋建筑的破坏程度、抗震特点、地貌改造外,还有地声、地下水、动物、气象、生物、静电、溢气等等大量无以计数的异常现象。明末秦可大的《地震记》一文给出了1556年华县地震时的应急措施:“闻变不可疾出,伏而待定,纵有复巢,可冀完卵”(1575年,《咸宁县志》卷八);清初蒲松龄的《聊斋志异》还把亲历的1668年郟城地震写成《地震》一文,记述了震前的地声异常:“忽闻有声如雷,自东南来,向西北去,众骇异,不解其故,俄而几案摆酒簋,酒杯倾覆…”,方知地震”;民间村镇更有石刻、碑文、题记等等的记载……。几千年持续下来,中国积累了全球唯一的巨量历史地震的文字记录,为今人的烈度区划、宏观研究、统计分析奠定了资料基础,提供了地震安全性评价的基本数据,成就了一个几乎为中国独有的特殊信息渠道。

毋庸讳言,历史资料中的技术含量毕竟偏低。因为文字多出自文吏之手为赈济之用,观察事物的角度“重定性、轻定量;重描述、轻分析”,这就很难直接地用于现代科学工作。从3000年来4.7级以上的历史地震的史料记录频度看(图5),宋朝以前的绝大部分时间都在每10年2次以下;宋朝出现了印刷术,记录频度增到10年3次以上;1900年后现代地震仪问世,记录频度达到10年100—1000次的高水平。说明迄今的地震事件的有效统计

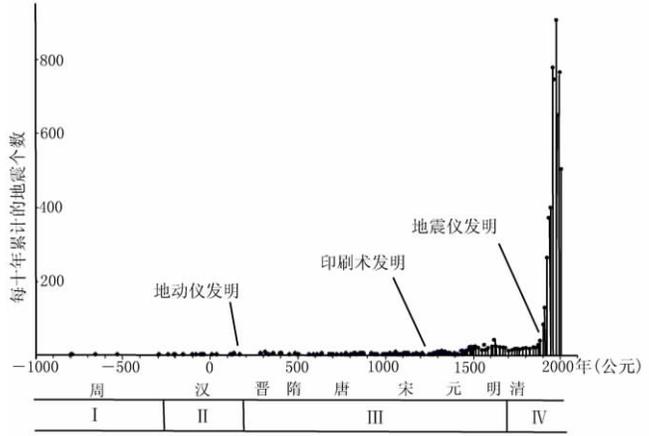


图 5 中国历史地震的史料记录频度(每 10 年期间 4.7 级以上地震的累积数目)  
图中给出了中国地震科学史的 4 个阶段: I. 原始认识, II. 自然崇拜, III. 感性认识, IV. 科学探索

Fig. 5 Event rate in Chinese literature records of historical earthquakes ( accumulated number per-decade for  $M \geq 4.7$  earthquakes)

The four stages of Chinese historical seismological research are indicated as (I) primitive knowledge, (II) worship of nature, (III) perceptual knowledge and (IV) scientific research

间隔仅仅 1000 年左右, 允许我们能够推断出的最大地震活动周期不会超过 500 年。

关于占卜地震, 属于远古占星卜卦活动的自然延伸。地震强活动的朔望特点或为中国最早注意到, 比如汉朝公元前 29 年——“朔, 日有食之, 夜, 地震”(《汉书·成帝纪》); 东汉 120 年——“朔, 日有食之, 既, 郡国八地震”(《后汉书·安帝纪》); 宋朝 1068 年——“又震, 是夕月有食之”(《宋史·五行志》); 元朝 1366 年——“朔, 日有食之, 徐沟县地震”(《元史·顺帝纪》); 明朝 1591 年——“朔, 解绛二州地震”(明, 《万历史录》); 清朝 1626 年——“朔, 大同地震”(清, 《国榷》)等等。这种类型的史料记载大量地遍布于中国几千年的各个朝代, 已经成为我国地震活动的一个稳定性特征。至于祖先们是在怎样神秘的气氛中预言地震的, 不得而知。有幸, 一位洋人留过宝贵记录, 他是意大利人马可·波罗(Marco Polo, 1254—1324 年), 1275 年首次来华后持续 17 年, 正值元朝初年。他 1295 年的游记揭开了当时的官方面纱, 也是我们目前所发现的仅有信息:

他们有自己的观象仪, 上面有星宿的符号、时间以及它在全年的几个方位。各学派的占星学者每年要考察他们各自的图表, 以便确定天体的轨道和天体相互的位置。在这里, 他们从各种符号的星宿轨道上发现天象的变化, 由此预言每月的特殊现象。例如预告某月将有雷鸣、暴风雨、地震; 某月将有闪电和暴雨; 某月将有疾病、死亡、战争、冲突和阴谋等。当他们在观象仪中发现某种事件的征兆时, 便做出预言, 但同时又说: 上天可以随意地、或多或少地改变他们所说的。

从积极的含义上讲, 古人能够有探索“日-月-地关系”的演绎思路, “不失为我国人民研究地震预报的先声”(李善邦, 1981)。当然, 这里也有更多的占星术内容: 凭借虚幻的表象而频繁预测各种灾异, 以满足某种社会需要, 影响至今。

震后的补救措施是赈济。中国的震灾救济始于西汉, 到了明、清两朝已经形成了一整套体系完备的救灾制度, 对于地震和自然灾害的报灾、堪灾和救灾程序都作了严格的规

定. 明嘉靖年间编撰的《湖广图经志书》甚至对于救灾的方法和程序, 如急赈、初赈、报灾、堪灾、煮粥、放赈和防范灾情的多报瞒报都有明确评述(唐黎标, 2009). 应指出, 这些赈灾措施远不具有现代应急救援的水平和理念, 也没有抗震设防的工程意识.

### 3.3 康熙地震

中国地震科学史上的一件大事. 清初, 特别是顺、康两朝(1644—1722年), 欧洲已经完成了文艺复兴, 走出了文化低谷. 应康熙之邀, 法国曾专门派出6位高级学者长住康熙宫廷, 由此还与德国的伟大数学家莱布尼兹(Leibniz, 1646—1716年)建立了关系. 法、意、比等大量传教士的来华带来了西方的天文、数理和机械学的知识, 对康熙帝的科学活动产生了重要影响, 亦使教会活动达到高峰, 1664年中国的天主教徒已达25万人(王小甫等, 2006). 此期间大震频发, 特别是3次8级以上大地震——1654年天水、1668年郟城和1679年三河平谷地震, 都有数万人员的伤亡. 最后一次事件造成了深远的社会影响, 并有研究报告(邓中绵, 1982), 现称“康熙地震”.

康熙地震发生于9月2日, 它的特殊性在于: 中国历史上第一次在首都区域内发生8级大地震, 前震活动明显, 死亡5万人, 故宫被损. 其次是康熙采取了一系列非同寻常的果断措施. 他在震后4小时内, 召集了满汉高官研究地震对策, 住进帐篷; 第二天宣布“发内帑银十万两”, 赈恤灾民; 第三天宣布他思虑的施政弊端, 明言“朕反躬修省, 尔等亦宜洗涤肺肠”; 第五天宣布官员俸禄减半, 迫使“官绅富民”捐资; 10天内, 拟出革除6种弊政的严厉“正法”, 救灾同时搞肃贪; 15天后中秋节, 天坛祈祷后立刻再议震情(《清圣祖实录》《起居册》等), 如此做法, 亘古未有. 最后, 一直喜爱数学的康熙帝把兴趣转向了地震, 自述“读书阅事, 务体验至理”. 1668年被启用为钦天监监务的天主教耶稣会传教士南怀仁(F. Verbiest, 1623—1688年)曾向康熙教授过西方科学, 他在《坤輿图说》的“地震论”中介绍了西方的地震“气动假说”观点. 康熙又依次查阅了老子、汉史、宋儒、《玉历通政经》、《国语》、《谢肇淛》以及《周易》的名家学者京房等人的地震观点, 遂形成了自己的一套对地震的看法. 他第一次坚决地否定了“以地震策免”高官的谬论, “朕观前史, 如汉朝有灾异见, 即重处宰相, 此大谬矣.”(王先谦, 《十一朝东华录·康熙》卷七七). 去世前的一年(1721年)还写出了具有新思想的科学文章——《地震》, 很多观点竟与现代地震学符合(图6). 比如, 康熙已经能判断出大震后的短期内不会再有大震: “大凡地震, 皆由积气所致. 既震之后, 积气既发, 断无再大震之理”. 有了震中的意识: “适当其始发处, 甚至落瓦倒垣, 裂地败宇. 而方幅之内, 递以近远而差”. 查觉到了震源和波动作用: “其发始于一处,

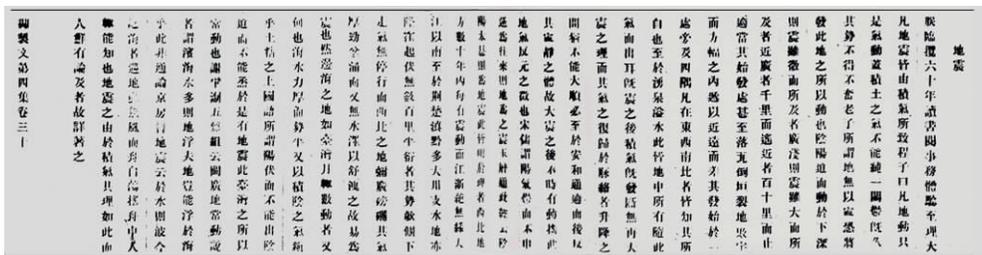


图6 康熙1721年所写的《地震》(刊于雍正10年编录的《御制文》第4集第30卷内)  
Fig. 6 The article of earthquake written by Emperor Kangxi (collected in Yuzhiwen Vol. 3, No. 30, 10<sup>th</sup> year of Yongzheng)

旁及四隅。凡在东西南北者，皆知其所自也”。解释了地下水的变化：“至于涌泉溢水，此皆地中所有，随此气而出耳”。发现了震源深浅会有不同影响：“深则震虽微，而所及者广；浅则震虽大，而所及者近。广者千里而遥，近者百十里而止”。

此文宣告了旧时代的结束，是作者所见的张衡以后一千多年间中国的水平最高的地震文章。

## 4 第四阶段——科学探索

康熙地震至今，以 1911 年辛亥革命为界可分为近代史和现代史两个时期。中国在震前异常现象的发现和地震预报的探索上都做出了杰出贡献，实现了地震物象研究的重大飞跃。现代地震学在 1900 年前后起步，但直到 1935 年才刚有地震震级的定义，属于一个非常年青的新兴学科。

### 4.1 近代史时期——震前异常现象的发现

中国有着世界上最丰富的震前异常现象的记载。最早的一次是公元 474 年(北魏)山西雁门郡地震时的地声现象：“雁门崎城有声如雷，自上西引十余声，声止地震”（《魏书·灵征志》）。650 年(唐朝)的地震前还发现了动物异常，“鼠聚朝廷、市衢中而鸣，地方屠裂”（《开元占经·地境》）。民国年间宁夏隆德县志归结出“震兆六端”，如“井水本湛静无波，倏忽浑如墨，泥渣上浮，势必地震”，“夜半晦黑，天忽开朗，光明照耀，无异日中，势必地震”等。从全球资料看，震前异常现象的大量发现和记载，中国是在明末清初即 15—17 世纪以后，日本大约在 18—19 世纪，其它国家更晚且只有零星记载 (Milne, 1890; Rikitake, 1976)。据美国地质调查所述，动物的震前异常可能是希腊人最早发现的，曾对公元前 373 年的一次地震记载过老鼠、黄鼠狼、蛇和蜈蚣在震前几天逃离住处。表 2 列了史料中记载最早的一些震例。

震前异常现象的发现具有极高的科学价值，是人类感性认识上的重大飞跃，不仅为今天中国地震预报提供了基本思路，也奠定了中国特有的群测群防的科学基础。迄今，中国更加广泛地累积了世界最丰富的震前异常资料，从中提炼出了许多重要的、可望用于预报的前兆信息。可惜，当时的人们并不意识到它的价值，也未做经验总结和推广。清朝的高级文人，比如著名的进士何琇、阮元、倪正、文廷式等都写过涉及地震的文字，但思想僵固于“大凡地震，皆气所致”，言之无物地议论“张衡地动仪，余终不信有其事。气动于数千里，而机(即地动仪)应于此，万无此法”(何琇，《樵香小记》)云云。封建社会的科举制度禁锢了人的思想，抑制了地震科学的发展。

1830 年后欧洲完成了工业革命，进入资本主义阶段。1840 年的鸦片战争打破了满清两百年的“闭关自守”，中国沦入半殖民地。19 世纪 60—90 年代的中国出现了以曾国藩、李鸿章、张之洞等为主力的洋务运动，要实现国家“求强求富”的目标，试图从经济、军事、教育、政治、外交等多方面向西方学习。遗憾的是，这次由政府自上而下的努力随着甲午海战的隆隆炮声而灰飞烟灭。其时，日本在 1864 年前与中国的状态几乎是一样的，也经历过西方炮舰的入侵，他们崛起于 1868 年的明治维新。在世界进入工业革命的重要时刻，中国痛失良机(陈振江，1983；中国社会科学院近代史研究所，1992)。

清朝末年，以张衡地动仪为代表的科学思路在海外得到发扬，诞生了现代地震学。1703 年法国 Feuille 发明了欧洲第一台地震仪器——水银验震器 (Dewey, Byerly, 1969)。

表 2 史料中记载最早的一些震前异常

Table 2 Some earliest historical records on anomalous phenomena before earthquakes

类别	中国史料记载	中国最早震例	国外最早震例
地声	雁门崎城有声如雷, 自上西引十余声, 声止地震	474, 山西雁门	
	先是, 秦州百姓闻州西北地下殷殷有声, 俄而地震	734, 甘肃秦州	
	未震之时, 先闻有声如雷, 故该处旗民早已预防, 俱各走避出屋. 是以未经压毙多人, 只伤男妇子女共七名	1855, 辽宁	
前震	五月云南地连震十三日, 八月云南地大震	1512, 云南	
	戊时地震, 先数日一次, 是日震甚, 山动摇, 江河之水皆为鼓荡	1668, 郟城	
地下水	未震之前一日, 耳中闻河水汹汹之声, 遣子探试, 亦无所见	1668, 郟城	1751 年, 日本高田
	震前两年, 干涸多年的岐山县润德泉, 突有小水出	1739, 河南	
地光	武昌府见碧光闪烁, 如电者六七次, 隐隐有声如雷鼓, 已而地震	1509, 湖北	1703 年, 日本元禄
	子时天响有光, 移时地震一刻	1637, 沅江	1847 年, 日本信州
气象	风雨骤作, 地大震	1523, 定海	
	震前刮阵风, 下降雨和冰雹, 冰雹停后开始地震	1902, 阿图什	
阵风	黑风骤起, 有声如雷, 倾之地大震	1219, 陕西	
	时夜半, 大风起, 须臾地震	1303, 洪洞	
地气	忽于山下云雾起, 有声渐大, 地遂震动	1072, 华县	1802 年, 日本新泻
	夜子丑间, 云气弥天, 忽大震如雷	1655, 渭南	1855 年, 日本江户
地热	乡老有识者, 谓霖雨后天大热, 宜防地震	1815, 平陆	
	地震前一日, 大雨倾盆, 天气极热	1917, 大关	
动物	鼠聚朝廷、市衢中而鸣, 地方屠裂	650, 陕西	公元前 373 年, 希腊
	震前, 巢鸟惊散	787, 长安	679 年, 日本九州
	分闻风雨声, 自西北来, 鸟兽皆鸣, 已而地震轰如雷	1556, 河南	1783 年, 意大利
	宁夏地震, 每岁小动, 民习为常. 大约春冬二季居多, 如井水浑浊, 炮声散长, 群犬围吠, 即防此患	1755, 宁夏	1812 年, 委内瑞拉 1822 年, 智利

注: 表中资料引自兰州地震大队气象地震组(1976); 唐锡仁(1978); 谢毓寿和蔡美彪(1983, 1987); 徐好民(1989, 1998); 蒋锦昌和陈德玉(1993); 国家地震局预测预防司(1997); Rikitake(1976); 池谷元伺(1998); 日本地震学会(2007).

1829 年泊松(S. D. Poisson)奠定了地震波理论基础. 1875 年服部一三首先复原了张衡地动仪的外形, 并于 1880 年任日本地震学会首届理事长(萩原尊禮, 1982). 1883 年英国人米尔恩(J. Milne, 1850—1913)在日本再次研究和复原了张衡地动仪, 遂于 1892—1894 年制成世界上第一台可在台站上普遍架设的水平摆地震仪并建设起世界地震台网, 开创了现代地震学. Milne 首先把《后汉书》中有关张衡地动仪的 196 个汉字译成英文介绍给全世界, 并向西方宣布: “人类有史以来的第一架地震仪器是中国人张衡发明的……, 张衡地动仪的价值决不仅仅在于它是一个古老的发明, 更重要的在于, 它竟以极其相近的思路留给了现今时代的科学仪器以许多有意义的启迪”(Milne, 1883; Herbert-Gustar, Nott, 1980).

就在清王朝 1894 年败于甲午战争、割台湾、赔款白银二亿两给日本之时, 法国人 H. Gauthier 在上海徐家汇天主教堂开始了地磁观测. 1897 年日本首先在台北架设了 Milne 新发明的地震仪(阿部胜征, 1997), 记录到的第一次大震是 1906 年 3 月 17 日的台湾梅山 7.1 级地震(Omori, 1907). 1904 年日俄战争后, 日本又在大连南山和上海徐家汇架设了大森(Omori)地震仪. 德国 1897 年占领山东后, 遂于 1909 年在青岛建立了地震台(中国地震局监测预报司, 2005). 翁文灏(1889—1971 年)留学比利时, 中国第一位地质学博士、首位地

震学者，1912 年回国开展科研。在中国处于半封建半殖民地一片满目疮痍、民不聊生的情况下，中国地震科学开始了艰难迈步(李善邦，1948)。

#### 4.2 现代史时期——科学地震学的建立和发展

中国的现代地震学研究取得了巨大进步。若以 1966 年邢台地震和 2008 年汶川地震为界，可划分成 3 个阶段，三代地震科学工作者承担了不同的历史使命：

1) 奠基阶段。辛亥革命后，南京中央政府实业部于 1912 年设立矿业司地质科，1913 年改为地质调查所(所长丁文江)，实业学校校长张鸿翼对同年 12 月 21 日云南峨山 7 级地震第一次完成了地震调查。刘季辰对 1917 年安徽霍山地震第一次绘制出了等震线图(刘季辰，1917)。李善邦 1930 年建立了北京鹫峰观象台，金泳深 1931 年建立了南京北极阁地震台。王应伟 1931 年完成了中国第一部地震学专著“近世地震学”(王应伟，1931)。1942 年李善邦设计制造了中国人的第一台现代地震仪器(图 7，李善邦，1945)，命名为“霓式地震仪”以纪念翁文灏(字咏霓)。1944 年傅承义成为中国首位地球物理学博士。1947 年中国地球物理学会成立(理事长陈宗器)。全国解放前的地震专业人员仅有 3 名。

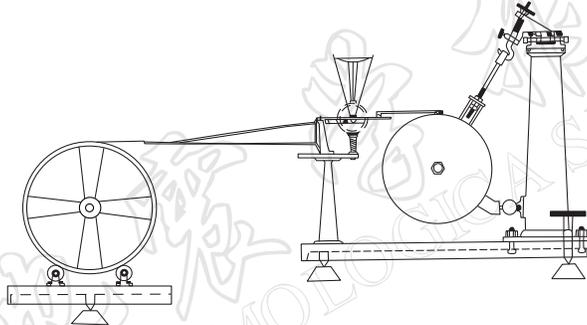


图 7 中国人研制的现代地震仪器(李善邦 1939—1942 研制)

Fig. 7 The first seismograph designed by Chinese scientist S P Lee(made in 1939—1942)

新中国建立后的地震事业主要从 4 个方面开展工作：地震工作纳入国家规划，设立研究机构培养专业人才，以编制地震区划图为中心的工程建设服务，创建全国地震观测系统。比如 1953 年成立中国科学院地震工作委员会(主任李四光)，出版《中国地震资料年表》。谢毓寿 1955 年制订了中国第一部《中国地震烈度表》。国家《1956—1967 年科学技术发展远景规划》列入了地震灾害防御和地震预报的研究任务。中国科学院地球物理研究所于 1950 年建立(所长赵九章)。顾功叙、赵九章、傅承义、李善邦、秦馨菱、曾融生、梅世蓉等一批留学归国学者开始培养新中国的地震学专业人才。全国的地震、地磁台网建设和地震区划工作大规模开展等。上述的中国第一代地震学者们的艰苦努力奠定了地震科学研究的基础，他们的每一项工作都具有奠基的性质而为后人永远纪念。《当代中国的地震事业》一书(丁国瑜等，1993)对这时期的工作有很好的介绍。

2) 创业阶段。1966 年邢台大地震后，在周恩来总理的领导下我国进入了地震预报的创业阶段。地震工作方针是：预防为主，专群结合，多路探索，加强地震预报和工程地震的研究，推进地震科技现代化。1971 年后中国地震局和省地震局相继建立。1979 年中国地震学会成立(理事长顾功叙)。1998 年《中华人民共和国防震减灾法》施行(2009 年又修订)。2000 年国务院提出了建立健全“地震监测预报、震害防御和应急救援”三大工作体系，实现

了多次成功的试验性预报。此期间我国的地震科研主力是文化大革命当中和之前所培养出来的各类专业人才——中国的第二代地震学者。他们的历史功勋在于创立了中国地震监测预报的科学研究体系，是各相关专业领域的创业者，少数学者牺牲于地震中，使我国的地震科学迅速达到了世界先进水平。地震系统的职工总数达约 2 万人。1975 年海城地震的成功预报代表着人类迈出了具有科学意义和减灾实效的第一步；1976 年 7.8 级唐山地震的劫难又深刻地反映出地震预报的幼年特点。《中国地震监测预报 40 年》一书(孙其政, 吴书贵, 2007)对这阶段的工作有很好的介绍。

3) 预报探索。无论从任何一个角度看, 2008 年 8.0 级汶川地震都可作为一个历史标志载入史册。它对中国地震科学研究所造成的巨大震撼和深刻影响, 无论怎样评价都不为过。地震学界转入到冷静反思与巨大调整中, 人们又回到了“地震能不能预报”的论争原点, 一个新的历史阶段有可能会出现于不远的将来, 尽管目前我们还难以预料它的主要特点。但《国家地震科学技术发展纲要(2007—2020)》的实施会促进其到来。人们期待文革后成长起来的新一代——中国的第三代地震学者, 能够脚踏实地的以地震预报的某种重大进展来纪念邢台地震 100 周年。

## 5 以史为鉴开创未来

地震预报在国际上尚处幼年, 与社会需求相差甚远。最近, 陈运泰(2007a, b)以及吴忠良和蒋长胜(2007)等从学科上做了很好的反思和战略分析, 本文仅从历史和文化的角度来反思我国科技创新的问题。

### 5.1 前进道路上的 3 个历史包袱

观念的落后是致命的落后, 我们在前进道路上背负 3 个历史包袱。

1) 唯上从众的潜意识——它可能是抑制、危害我们科技创新的首要思想顾虑和心理障碍。中国缺失了资本主义的发展阶段, 几千年的封建文化和集权观念留给了我们深深的烙印, 诸如“论资排辈, 以官为本”的理念和“为尊者讳”的古训, 成就了国人一种根深蒂固的唯上从众、习惯服从的潜意识。与此相反, 科学的发展必须有科学的批判, 学术论争所带来的思想活跃和巨大动力, 常常是我们不做提倡不能享用的奢侈品; 科学的本质又是藐视权威、挑战传统, 但是怕与“泰斗和上司”相悖的中庸观念, 使我们的科研思路拘谨而贫瘠。这势必玷污科学研究的纯洁性: 个别学术权威容易利用特殊资源, 谋己之利; 少数行政官员容易虚挂头衔, 实现学术腐败。长久以来, 我国的神话故事、虚幻遐想、诙谐幽默、标新立异一直偏少; 思想交流过于严肃, 学术问题混同政治。一句话, 导致中国传统文化中的想象力远远不丰富, 思路不活跃, 直接损害了科学和艺术创新的灵感和土壤(范文澜, 1964)。

2) 唯象性的研究习惯——中国地震预测的思想基础是唯象学的, 很多工作属物象学范畴, 一直继承着秦汉以来的实用性科学传统。惯于做“现象—现象”的分析, 善于做“看图识字”的推理, 一俟做好现象的归类和外推, 预测意见就能够形成, 甚至完全可以不考虑现代科学究竟支持还是不支持这种表象性关系。近 30 年的观测技术已获得极大地提高和改变, 但唯象性的研究习惯仍然未变, 照猫画虎的思维方式不自觉地把昔日长中短临的指标定式化了, 导致地震预测的成败经验很难总结提高: 1975 年海城地震预报成功, 唐山地震却失败(查志远, 2006), 时间仅差 1 年, 地点仅差 350 km; 1976 年松潘地震预报成功,

2008 年的汶川地震却失败，地点的差距不到 150 km. 人们注意到，西方近代的科技发展走在另一条路上，他们以追求自然规律和理论架构为目标，基于实验的因果关系进行演绎推理，属于一种早期缓慢、后劲很大的做法。由此所建立的板块学说、震源力学、卫星观测等等一系列现代理论和创新技术，并不是来自地震预测的直接诉求，但却发挥了重大的指导性作用。

3) 空洞的哲理分析——中国不是现代数理化学的诞生地，缺乏这种文化的厚重积淀和奠基性贡献。中国几乎是世界上最迫切要求早日实现地震预报的国家，政府在硬件设备上给予了巨大投资，但是我们缺乏对基本实验和基础理论的长期投入与严格训练。科研人员会在定量分析和形式逻辑上显出思维的薄弱。当从感性转入理性认识、从现象转入本质时，顿觉力不从心，会下意识地用空洞的哲理分析替代专业分析，常出现地质问题未考虑地质条件、物理问题没有实验支持的尴尬，暴露出现代科学素质的缺乏。我们习惯把不同的地震活动都简单地归纳为“应力集中—调整，能量积累—释放”的哲学二元论，然后便轻车熟路地辩证分析一通，颇与 2800 年前伯阳父的“阴阳辩证”无二区别。尽管浑沌理论的问世已经深刻地改变了牛顿以来人类对自然的看法，二元论并不能诠释天然地震的复杂性。相比之下，西方学者多从理论模型、试验条件、参数变化、地质构造上切入问题，对本质的分析更加定量化和理性，少有哲学性的空洞说教。

我们的弱点长期淹没于水下，罕有切肤之痛，多有社会背景。中国是几千年充满自信和崇尚伟大的国家，反衬百年孱弱的历史屈辱，极易在今人的灵魂深处造成一种悲情意识，从而对自己的任何一种进步抱以过高的期许和浮躁，缺少冷静定位和坦然心态。海城地震之后的 30 多年里所频频发出的“预报准确率 30%”“继续保持国际领先水平”的高估就是一种表现，会不自觉地赞许和追随短期能有“显示度”的唯象性研究，忽视那些艰苦的、“不露脸”的基础性工作。

细究起来，这些问题的出现并不完全取决于科研人员的个人努力程度，很大成分上源于文化传统。中国文化的主体是在封建社会里形成的，现代科学技术的主流是在西方文化的基础上成就的。爱因斯坦一针见血地讲过中国科研的问题：“西方科学的发展是以两个伟大成就为基础的，那就是希腊哲学家发明的形式逻辑（在欧几里得几何学之中），以及通过系统的实验发现有可能找出的因果关系（在文艺复兴时期）。在我看来，中国的学者没有走上这两步”（爱因斯坦，1976）。他的话提醒了我们，对这种中国科研工作的普遍弱点，要注意从文化积淀和传统观念的深层来看待问题和解决问题。

## 5.2 采取更加符合目前预测水平的对策

预测是人类掌握自然规律的最高表现形式。发展过程上一般会历经 3 个阶段：唯象的经验预测—一定量的统计预测—本质的物理预测。例如行星物理学：第谷（Tycho, 1546—1601 年）之前是靠经验来预测行星的位置和时间；开普勒（1571—1630 年）基于统计分析得出的三大定律实现了定量预测；牛顿（1642—1727 年）万有引力定律揭示了现象的本质。仅三位杰出学者的努力，就历时了一百多年。

同其它经典自然学科相比，目前地震预测的历史坐标应该定位于幼年阶段，减灾对策还不成熟。我们只能用这个历史阶段所允许的“语言和能力”来讲话和行动：地震预测的实用性做法仍然需要肯定和加强，它是一种东方的科学体系，适应了年轻学科的特点，能够起到一定的减灾效果。微积分奠基人之一的莱布尼兹曾经在康熙年间接触到中国文化，他

在 1697 年的《中国近事》中指出过：欧洲文化的特长在于数学的、思辨的科学，中国不如欧洲；但是在实践哲学方面，欧洲不如中国(王小甫等，2006)。在减灾对策上，专业预测的本领既然不过关，社会防范的大门就必须明确打开而不能自相矛盾的绝然堵死。今后，采用定性的、随时变化的地震预警系统(warning)来替换定量的、一次性的地震预报(forecast)(张晓东，张国民，2004；张晓东等，2008；杨马陵等，2004)有可能会更符合当今的地震学水平。“红橙黄兰绿”的风险预警给出后，公众便获得“有危险，但拿不准”的概率性信息和知情权，便于人为的主动防范，1976 年唐山地震前卢龙县的做法就属于这种预警措施。今后，还应鼓励探索多种社会防范的途经，缓解地震预报的现实压力。一句话，需要在改变和拓宽减灾对策的理念上先迈进一步。

当然，从地震学科的长远发展看，实用性做法的发展空间十分狭窄，经验性的思维毕竟属于认识的初级阶段，只有通过下做试验、上做理论才可能真正创新，这是杨振宁(2005)针对中国科学发展的问題而得到的结论。为此，他对比分析了 19 世纪热力学、电磁学和统计力学(量子力学)三大最高成就的诞生历史。

### 5.3 提倡多元文化的并存和融合，建设高层次的中国地震科研文化

中西两种传统文化的长短差异，不可能也不需要完全消灭。21 世纪科技发展已经出现了全球性的文化创新过程，它更加远离人们日常的生活经验，并具有某种“趋同性”的特点，任何一个国家的科技成果都很难孤立地维系半个世纪以上的超前量。面对地震预测，任何单一种文化的历史积淀也都显出了局限和薄弱，多元文化的并存与融合成为世界的必然。在研究地球动力学、圈层结构、地震预测、海啸预警等难题上，在认识地震机制、抗震设防、应急搜救的理念上，中国地震科学的发展显然需要更宽广、更深入地融入世界，并肯定会在不同文化的熏陶、碰撞和融合中受益。

简言之，文化的问题需要从文化层面上解决，它已经超越了个体努力的能力限度，这是可以注意的另一种思路。

## 6 结论

1) 为了与地震斗争，人类一直在不断地改进人与自然、人与人之间的关系。中国几千年间所形成的文化，会使我们既受益又受害；封建社会的历史烙印仍影响着今日的工作；需要站在历史的高度上对“我从哪里来，要往何处去”有个理性的认识。以史为鉴，创造未来。

2) 中国地震科学史分为 4 个阶段：先秦时期的原始认识，秦汉时代的自然崇拜，随后的感性认识，从清朝康熙至今的科学探索阶段。中国早期地震研究的思想基础是唯象学的，以实用性为主导。古代长期持“重现象观察，轻理性提高”的态度，现代科学的基础薄弱。

3) 中国对世界地震科学的发展做出了四大贡献：

- a. 张衡发明地动仪(公元 132 年)，人类的第一台地震仪器；
- b. 历史地震资料(自公元前 1831 年)，唯一的延续 4000 年的丰富记载；
- c. 震前异常现象(自 474 年)，丰富的早期记载和积累；
- d. 海城等地震预报(1975 年以后)，世界最早的成功实践。

4) 中国的现代地震科学研究取得很大进展，但同其它经典自然学科相比仍然处于幼

年阶段, 减灾对策尚不成熟. 唯上从众的潜意识、唯象性的研究习惯、空洞的哲理分析是我们的 3 个历史包袱. 今后应加强唯象性研究与实验、观测与理论研究的结合, 采取更加符合目前预测水平的对策, 提倡多元文化的并存和融合, 建设高层次的中国地震科研文化.

本文原为纪念唐山地震 30 周年而写的一个历史反思和自我剖析, 并怀念我的同学与好友——殉职于唐山地震的优秀地震学家贾云年. 未料审稿期间又有 8 万多同胞罹难于汶川地震中, 悲痛万分, 谨以此文祭奠逝者. 作者诚挚地感谢吴宣对历史地震的计算, 感谢郭增建、张国民、许忠淮、时振梁、曲克信和陈运泰等教授以及多位匿名审者的认真审阅和建议, 助我向希腊神殿的古训靠近了一步: 认识你自己.

### 参 考 文 献

- 阿部胜征. 1997. 李毓昭, 张佳微(译). 2000. 大地震[M]. 台中: 晨星出版有限公司: 9.
- 爱因斯坦. 1976. 爱因斯坦文集(第一卷)[M]. 北京: 商务印书馆: 574.
- 陈德安. 2000. 三星堆: 古蜀王国的圣地[M]. 成都: 四川出版集团、四川人民出版社: 1-123.
- 陈运泰. 2007a. 地震预测现状与前景[M]// 2007 科学发展报告. 北京: 科学出版社: 173-182.
- 陈运泰. 2007b. 地震预测: 进展、困难与前景[J]. 地震地磁观测与研究, 28(2): 1-24.
- 陈振江. 1983. 简明中国近代史[M]. 天津: 天津人民出版社: 116-137.
- 陈遵妣. 1989. 中国天文学史(第四册)[M]. 上海: 上海人民出版社: 1-20.
- 池谷元伺. 1998. 黄清华(译). 2000. 地震前动物为何起骚动: 电磁地震学之诞生[M]. 基隆: 水产出版社: 212-214.
- 邓中绵. 1982. 康熙[M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社: 107-110.
- 丁国瑜, 卫一清, 马宗晋, 尹之潜, 王秀文. 1993. 当代中国的地震事业[M]. 北京: 当代中国出版社: 1-30.
- 杜石然(主编). 2003. 中国科学技术史[M]. 北京: 科学出版社: 908-911, 921-970.
- 范文澜. 1964. 中国通史简编(修订本第二编)[M]. 北京: 人民出版社: 110-117, 294-295, 342-343.
- 方樟顺(主编). 1995. 周恩来与防震减灾[M]. 北京: 中央文献出版社: 8.
- 冯锐, 俞言祥. 2006. 张衡地动仪与公元 134 年陇西地震[J]. 地震学报, 28(6): 654-668.
- 冯锐, 朱涛, 武玉霞, 李先登. 2006a. 张衡地动仪的科学性及其历史贡献[J]. 自然科学史研究, 25(增刊): 1-15
- 冯锐, 田凯, 朱涛, 武玉霞, 朱晓民, 李先登, 孙贤陵. 2006b. 张衡地动仪的科学复原[J]. 自然科学史研究, 25(增刊): 53-76.
- 冯锐. 2009. 科学激活了张衡地动仪[J]. 物理, 38(7): 476-488.
- 冯时. 2001. 天文考古学[M]. 北京: 社会科学文献出版社: 12-51, 302-320.
- 高中华. 2009. 最早的地震记载[J]. 防灾博览, (1): 55.
- 国家地震局预测预防司. 1997. 地震宏观异常预报方法[M]. 北京: 地震出版社: 1-109.
- 顾功叙. 1983. 中国地震目录[M]. 北京: 科学出版社: 1-894.
- 蒋锦昌, 陈德玉. 1993. 地震生物学概论[M]. 北京: 地震出版社: 1-80.
- 计荣森. 1931. 地质学发展小史[J]// 陈尚平等编. 1995. 中国近代地震文献编要[M]. 北京: 地震出版社: 144-155.
- 兰州地震大队气象地震组. 1976. 气象与地震[M]. 北京: 地震出版社: 1-91.
- 李善邦. 1981. 中国地震[M]. 北京: 地震出版社: 167-244.
- 李善邦. 1945. 霓式地震仪[J]// 陈尚平等编. 1995. 中国近代地震文献编要[M]. 北京: 地震出版社: 207-218.
- 李善邦. 1948. 三十年来我国地震研究[J]// 陈尚平等编. 1995. 中国近代地震文献编要[M]. 北京: 地震出版社: 126-129.
- 李约瑟. 1976. 中国科学技术史(第一卷总论)[M]. 北京: 科学出版社: 319-553.
- 刘季辰. 1917. 民国 6 年 1 月至 3 月地震调查报告[J]// 陈尚平等编. 1995. 中国近代地震文献编要[M]. 北京: 地震出版社: 255-257.

- 路思贤, 李迪. 2005. 天文考古通论[M]. 北京: 紫禁城出版社: 1-18, 168-187.
- 马昌仪. 2007. 古本山海经图说[M]. 桂林: 广西师范大学出版社: 795-797, 905, 997-999, 1016, 1059.
- 孙机. 1991. 汉代物质文化资料图说[M]. 北京: 文物出版社: 179-228, 355-357.
- 孙其政, 吴书贵(主编). 2007. 中国地震监测预报 40 年(1966—2006)[M]. 北京: 地震出版社: 7-18.
- 唐黎标. 2009. 我国古代救灾“机制”浅析[J]. 防灾博览, 1: 52-54.
- 唐锡仁. 1978. 中国古代的地震测报和防震抗震[M]//自然科学研究所主编. 中国古代科技成就. 北京: 中国青年出版社: 316-325.
- 王应伟. 1931. 近世地震学[M]. 青岛: 山东青岛市观象台: 1-80.
- 王鸿生. 1996. 世界科学技术史[M]. 北京: 中国人民大学出版社: 6-107.
- 王小甫, 范恩实, 宁永娟. 2006. 古代中外文化交流史[M]. 北京: 高等教育出版社: 24, 246-308.
- 吴国盛. 2002. 科学的历程[M]. 北京: 北京大学出版社: 127-162.
- 吴忠良, 蒋长胜. 2007. 统计预测、经验预测、物理预测: 近期国际地震预测预报研究的启示[J]. 中国地震, 23(3): 211-224.
- 武玉霞, 朱涛. 2007. 张衡地动仪的失传[J]. 中国地震, 23(1): 93-103.
- 谢毓寿, 蔡美彪(主编). 1983. 中国地震历史资料汇编(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社: 1-215.
- 谢毓寿, 蔡美彪(主编). 1987. 中国地震历史资料汇编(第三卷)[M]. 北京: 科学出版社: 1-1392.
- 徐好民. 1989. 地光探源[M]. 北京: 地震出版社: 1-20.
- 徐好民. 1998. 地象概论: 自然之谜新解[M]. 北京: 北京图书馆出版社: 1-525.
- 杨振宁. 2005. 美与物理学[J]. 艺术与科学, (1): 1-9.
- 杨马陵, 沈繁奎, 王正尚. 2004. 预警等级预报: 一种新的地震预报发布形式和对策的思考[J]. 国际地震动态, (8): 1-11.
- 查志远. 2006. 我们为什么未能预报唐山地震?: 对海内外中国人的一点说明[J]. 香港: 明报月刊, 8月.
- 张晓东, 张国民. 2004. 关于地震预警的思考[J]. 国际地震动态, (6): 42-46.
- 张晓东, 蒋海昆, 黎明晓. 2008. 地震预测与预警探讨[J]. 中国地震, 24(1): 67-76.
- 中国地震局, 中国第一历史档案馆. 2005. 明清官藏地震档案[M]. 北京: 地震出版社: 1-1254.
- 中国地震局监测预报司. 2005. 中国早期地震台历史地震图鉴[M]. 北京: 地震出版社: (一)1, (二)1, (三)1, 45.
- 中国社会科学院近代史研究所. 1992. 日本侵华七十年史[M]. 北京: 中国社会科学院出版社: 1-53.
- 萩原尊禮. 1982. 地震学百年[M]. 东京: 东京大学出版会: 25-33.
- 日本地震学会地震予知検討委员会编. 2007. 地震予知の科学[M]. 东京: 东京大学出版会: 1-218.
- Dewey J, Byerly P. 1969. The early history of seismometry (to 1900)[J]. *Bull Seism Soc Amer*, 59 (1): 183-227.
- Herbert-Gustar L K, Nott P A. 1980. *John Milne; Father of Modern Seismology*[M]. Tenterden, Kent: Paul Norbury Publications Ltd: 1-188.
- Milne J. 1883. *Earthquakes and Other Earth Movements*[M]. London: Kegan Paul Trench, Trubner and Co. Ltd: 1-235.
- Milne J. 1890. Earthquakes in connection with electric and magnetic phenomena[J]. *Trans Seismol Soc Japan*, 15: 135-162.
- Omori F. 1907. Preliminary note of the Formosa earthquake of March 17, 1906[J]. *Bull Imp Earthq Invest Comm*, 1(2): 53-69.
- Rikitake T. 1976. *Earthquake Prediction*[M]. Tokyo: Elsevier Sci Pub Co: 5-20.