

巨型大震与全球变化

Great Scale Earthquakes and Globle Changes

郭增建/GUO Zeng-jian^{1,2}, 秦保燕/QIN Bao-yan², 韩延本/HAN Yan-ben¹, 郭安宁/GUO An-ning²

1. 中科院国家天文台, 北京 100012
2. 中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000

1. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China
2. Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Administration, Lanzhou 730000, China

[摘要] 所指的巨型大震是指发震断层极长、断层面积甚大和矩震级 M_w 为 9 级和 9 级以上的地震。这种大震的发生不但与北半球和中国的气候降温有一定相关性,而且与中国的特大洪灾也有一定关系。2004 年印尼巨型 $M_w 9.0$ 级大震已给我们提出了警告。

[关键词] 巨型大震,北半球气候降温,中国巨洪 **[中图分类号]** P315.75
[文献标识码] A **[文章编号]** 1000-7857(2005)10-0068-03

Abstract : The great scale earthquake is meant by that the earthquake has very long geneseismic fault, very large fault plane and very big moment magnitude denoted by M_w 9 and more. Some correlation between the great scale earthquakes and temperature decrease in the northern hemisphere, including China, is indicated. Besides, the great scale earthquakes are in some degree related to the catastrophic flood in China. The great scale earthquake M_w 9.0 in Indonesia in 2004 is an important warning for us.

Key Words : great scale earthquake, temperature decrease in the northern hemisphere, catastrophic flood in China.

CLC Number : P315.75 **Document Code :** A **Article ID :** 1000-7857(2005)10-0068-03

矩震级 M_w 等于 9 级和 9 级以上的地震(以下称巨型大震),它的震源断层长度可达 500~1 000 km,错动幅度可达 10 m 或数十 m。由于它们都分布在海洋板块边界上,所以由它们引起的强烈海啸,传遍海洋或多个大洋,在岸边造成严重损失。另外由于海水被搅动(包括波浪和湍流),将部分深部较冷水传至洋面,因此会引起北半球气温降低。另外,全球大气环流是把各地的变化互相串通起来运行的,其异常时的集中表现就是一些地方形成巨大洪灾和严重旱灾。因此,我们认为巨型大震不仅是全球变化的因素之一,而且与巨洪灾害有关。1992 年我们指出^[1]:"在全球变化问题的研究中,无论是在国外还是在国内都对地震造成的后果未予考虑"。2002 年我们指出^[2],上世纪 1960 年之后北半球出现的气温降低可能与 1960 年智利 $M_w 9.5$ 级大震有关。但当时讨论较粗略。2004 年印尼 $M_w 9.0$ 级巨型大震后的广域海啸,促使我们认真思考巨型大震与全球变化的关系,并讨论巨型大震与我国巨洪的关系。

1 巨型大震

震源断层特长和震源断层面积极大的地震因原来的 M_s 震级饱和不能对其度量,故 1977 年日裔美籍学者金森博雄(Kanamori)提出矩震级 M_w 来度量上述地震^[3]。在我国已把用 M_s 标度的 8 级以上的地震定名为特大地震^[4],对于震源断层特长和震源断层面积极大的地震,其主要特征是几何形态甚大,所以我们称其为巨型大震,以与特大地震相区别。巨型大震的震级以矩震级 M_w 来表示。它与地震矩 M_0 的关系为:

$$M_w = (\log M_0 - 16.1) / 1.5 \quad (1)$$

$$M_0 = SD \mu \quad (2)$$

式中: S 为震源断层面积, D 为错动幅度, μ 为切变模量。

这个矩震级 M_w 在 M_s 震级不饱合时是与 M_s 重合的。 M_s 饱合后用它可以表示震源尺度甚大的地震——巨型大震。

1965 年我们曾得到一个震级(M_s)与震源断层长度 L (km)之间的关系式,即:

$$M_s = 3.3 + 2.1 \log L \quad (3)$$

这个公式在初建立时仅指其适用于 $M_s 4$ 级到 8.5 级的地震。1981 年我们证明这个公式由 8.5 级向更大震源尺度的地震延伸时重合于矩震级 M_w ^[5]。当时用 1973 年我们发表的震级与错动幅度的关系式^[6]与(3)式一起论证了这个问题,并指出 1960 年智利大震震源断层为 800~1 000 km,金森博雄按他 1977 年提出的公式求得矩震级为 $M_w = 9.5$ 。我们按(3)式得到的结果是:如 $L = 800$ km,则 $M_w = 9.4$;如 $L = 1 000$ km,则 $M_w = 9.6$ 。这意味着今后用(3)式亦可衡量巨型大震。

1977 年金森博雄得到上世纪环太平洋共有 4 次 9.0 级以上地震,它们分别是:1952 年 11 月 4 日勘察加 9.0 级地震;1957 年 3 月 9 日阿留申 9.1 级地震;1960 年 5 月 22 日智利 9.5 级地震;1964 年 3 月 28 日阿拉斯加 9.2 级地震。

以上巨型大震的位置如图 1 所示。在图中我们标出了 2004 年 12 月 26 日印尼发生的 $M_w = 9.0$ 大震。

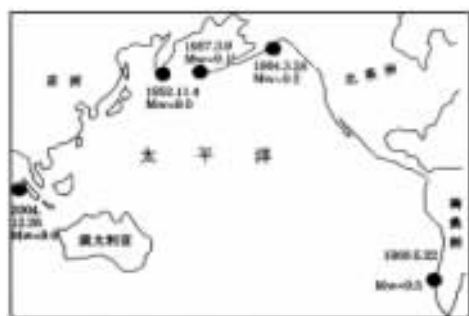
1979 年日本学者阿部胜征(Abe)按海啸记录建立了震级标准 M_t (t 是海啸 tsunami 的字头)^[7],以与 M_w 等同,误差 ± 0.2 。他以

收稿日期: 2005-03-24

基金项目: 国家自然科学基金资助(1037017)

作者简介: 郭增建,男,兰州市盘旋路中国地震局兰州地质研究所,研究员,主要从事地震成因与地震预测以及灾害物理学研究;

E-mail: dongzp@gfbb.gov.cn

图 1 20 世纪以来全球 M_w 为 9 级和大于 9 级的地震

Mt 评定了 1837~1974 年之间的全球巨型地震, 得到的结果为:
 1837 年 11 月 7 日智利瓦尔的维亚 9.25 级地震; 1841 年 5 月 17
 日勘察加 9 级地震; 1868 年 8 月 13 日智利阿利卡 9.0 级地震;
 1877 年 5 月 10 日智利伊基克 9.0 级地震; 1946 年 4 月 11 日阿
 留申马尼马克群岛 9.3 级地震; 1952 年 11 月 4 日勘察加 9.0 级
 地震; 1957 年 3 月 9 日阿留申 9.0 级地震; 1960 年 5 月 22 日智
 利 9.4 级地震; 1964 年 3 月 28 日阿拉斯加 9.1 级地震。

以上金森和阿部的震级是大体相同的,即 $M_w \approx M_t$ 。但 1946 年 $M_t=9.3$ 级的地震,金森未给出结果, M_s 震级只有 7.4,所以我们在以后的讨论中不取这个地震。

由以上的巨型大震来看,它们的时间分布是分段集中的。按阿部胜征的研究,其集中期为:1837—1841 年和 1868—1877 年;按金森博雄的研究,20 世纪的集中期在 1952—1964 年。

还有一个值得指出的就是金森博雄除了定出上世纪的 4 个 9 级以上地震外,还定出了次大的地震,即 1906 年 1 月 31 日厄瓜多尔 M_w 8.8 级地震。阿部胜征所得此震震级为 M_t 8.7 级。这是上世纪在 M_w 9 级以下最大的一次地震。还有一个值得注意的现象就是由 1900—1910 年间太平洋和印度洋周围发生的 M_s 8 级以上大震的数目是所有上世纪每 10 年间隔中数目最多的 10 年。

2 巨形大震对北半球和我国气温的影响

我们把上述 9 级和 9 级以上大震与北半球和我国的气温作了对比,发现有较好的相关性,如图 2 所示。在图 2 中,中国的气温随时间的变化与北半球气温随时间的变化是一致的^[8]。

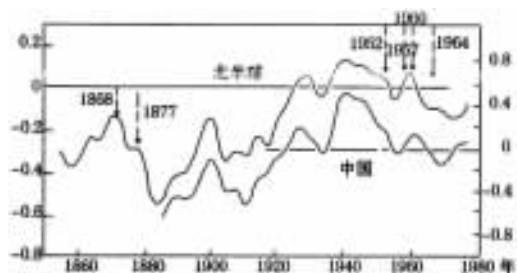


图2 由北半球地面气候温度资料求得的
北半球和中国大陆年温度($^{\circ}\text{C}$)距平曲线

由图 2 可以看出, 1868 年以后北半球温度的下降与 1868 年和 1877 年间的智利两个 M_t 9.0 级大震有关。1900 年以后北半球的温度下降可能与前述 1906 年厄瓜多尔 M_w 8.8 级地震以及太平洋和印度洋周围大量 M_s 8 级以上地震有关。1952 年之后的温度短时下降以及 1960 年以后明显的长时段下降可能与 1952、1957、1960 和 1964 年的 4 次 M_w 9.0~9.5 级的环太平洋大震有关。由于 1960 年智利特大震为 $M_w=9.5$ 级, 1964 年阿拉斯加大震为 $M_w=9.2$ 级, 所以 1960 年之后北半球和中国气温下降明显, 而

且持续时间也较长。这一次的下降使某些气象学家认为小冰河期可能来临^[9]。

在文献[2]中, 我们曾提出海洋巨型大震与北半球气温下降有关是通过大震对海洋的扰动使深海冷水部分达到洋面并吸收CO₂来实现的。现在我们指出这种扰动可能包括以下的项目。一是地震波使固体洋底快速运动与海水产生相对运动进而产生深海湍流使部分冷水向上传播。二是海水中可以传播纵波, 它在不同水温和盐度形成的层面上产生的水体相对运动也可产生湍流把部分冷水向上传播。三是地震引起的海啸可能影响海洋中的敏感区和敏感带进而影响大范围洋流状态。另外还有海洋表层的水波和海啸可在浅海使较深层冷水翻至洋面, 以及地震扰动触发垂直流把深部部分冷水传至洋面。总之, 这一领域还需进一步研究。这里我们还要指出的是, 巨型大震引起的强地震波以及引起的地球自由振荡亦可在地球陆地部分产生放气效应并与大气环流相配合而影响气候, 这也值得进一步研究。

3 巨型大震与我国的重大天灾

按照唯物辩证法的观点,事物是普遍联系和互相制约的。上述巨型大震影响了海洋,海洋影响了大气环流,大气环流又同陆地上的地-气耦合结合而形成异常区,并表现为严重旱灾和洪灾。下面我们只讨论巨型大震与我国巨大洪灾的关系。

根据王涌泉教授的研究,300年来黄河曾出现过3次最大洪水,它们分别是1662(清康熙元年)、1761(乾隆二十六年)和1843年(道光二十三年)。前两次因无巨形大震资料,无法对比讨论,但最后一次即1843年黄河特大洪水却发生在1837年和1841年智利和勘察加 M_t 9.25级和9级地震之后。实际上1841、1842年黄河已先有大洪水,1843年发生了特大洪水。在1957年3月9日阿留申巨形大震之后,1958年黄河又发生了特大洪水。此外,1957年松花江也曾发生特大洪水。对于长江来说,1870年是长江上中游千年一遇的最大洪水。这正是1868年智利阿利卡 M_t 9.0级大震之后。另外1954年长江特大洪水(比1998年洪水大)也发生在1952年11月4日勘察加 $M_w=M_t=9.0$ 级地震之后。以上情况如图3所示。上部为巨洪,虚线长者洪水最大。

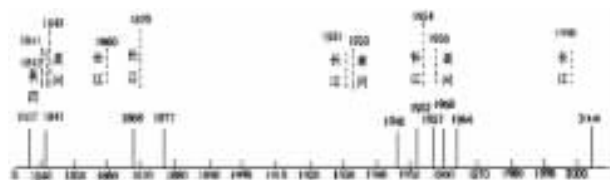


图 3 巨型大震与长江、黄河巨洪的相关性

上述事例表明稀有的巨型大震与我国稀有的巨洪有一定关系,所以我们在今后防灾中要重视这个问题,并进一步加以研究。

4 2004 年印尼 M_w 9.0 级大震对我国防洪的意义

2004 年 12 月 26 日印尼苏门达腊西北端海域发生 M_w 9.0 级地震,其本身和由它引起的海啸造成的损失为世人震惊。这个大震是印尼弧深海沟的西北端新扩展形成的。它不仅使人们相信巨形大震与全球变化有一定关系,而且直接涉及到我国今后防御巨洪的问题。参考历史上太平洋巨型大震后几年内我国就可能发生巨洪,所以印尼 9.0 级大震后我国也应把防巨洪的任务提到议事日程上。另一方面,鉴于上 2 个世纪发生的巨形大震皆集中发生,至少是两个一连发生,所以我们还要研究下一个巨形大震可能发生在什么地方。如果发生在马尼拉深海沟端部或菲律宾深海沟端部,或琉球深海沟西南端,则其产生的海啸对我国台湾和东南沿海将会造成严重损失。这也要提到防灾的议事日程上。

敞开物系熵平衡方程的商榷

Discussion on Equation of Entropy Balance for Open System

何云龙/HE Yun-long, 薛滨泰/XUE Bin-tai

哈尔滨理工大学化学与环境工程学院, 哈尔滨 150040

School of Chemical and Environmental Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150040, China

[摘要] 鉴于一些具有代表性专著在敞开物系熵平衡方程演绎和推理过程中存在模糊和不准确之处,在 Smith 论述的基础上,提出了一定新意的敞开物系熵平衡方程。

[关键词] 方程式,熵平衡,敞开物系

[中图分类号] O414.14

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2005)10-0070-02

Abstract: There exists something fuzzy and imprecise in the process of the deduction and inference in some representative monographs. Based on Smith's elaboration, this article proposed the equation of entropy balance for open system, which has the certain fresh idea.

Key Words: equation, entropy balance, open system

CLC Number: O414.14

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)10-0070-02

对于敞开物系或者说流动体系熵平衡方程的建立和意义,国内外的学者已进行了论述^[1-5],最终所得出的方程,文献[1]、[2]、[3]、[4]基本上相同。鉴于国内具有代表性专著^[1-4]在该方程有关阐述和引出过程中存在概念上的模糊和不准确之处,笔者认为有必要进行商榷,以期引起讨论。

1 存在的问题

文献[1]提出的敞开体系非稳定流动的熵平衡方程为:

$$\text{熵}_{\text{积累}} = \text{熵}_{\text{进入}} - \text{熵}_{\text{离开}} + \text{熵}_{\text{产生}}$$

并认为:熵_{积累}就是体系熵变 $\Delta S_{\text{体系}}$,是由于不稳定流动所积累的。熵_{进入}和熵_{离开}包括两部分:一部分是一定质量流体进入、离开体系带入和带出的熵流动;另一部分是随热流动产生的熵流动 $\int \delta Q/T$,称为热熵流,流入体系为正,离开体系为负。于是,方程又写为:

$$\Delta S_{\text{体系}} = \sum_{\lambda} m_{\lambda} s_{\lambda} - \sum_{\text{出}} m_{\lambda} s_{\lambda} + \int \delta Q/T + \Delta S_{\text{产生}}$$

对稳定流动过程有:

$$0 = \sum_{\lambda} m_{\lambda} s_{\lambda} - \sum_{\text{出}} m_{\lambda} s_{\lambda} + \int \delta Q/T + \Delta S_{\text{产生}}$$

对于封闭体系,因 $\sum_{\lambda} m_{\lambda} s_{\lambda} - \sum_{\text{出}} m_{\lambda} s_{\lambda} = 0$,故有 $\Delta S_{\text{体系}} = \int \delta Q/T + \Delta S_{\text{产生}}$

问题是:既然是封闭体系,就不应该存在由于不稳定流动所积累的熵积累,即应有 $0 = \int \delta Q/T + \Delta S_{\text{产生}}$,或写成 $\Delta S_{\text{产生}} = - \int \delta Q/T$;而 $\Delta S_{\text{产生}}$ 是由于发生过程的不可逆性引起的总熵增,

因此, $\Delta S_{\text{产生}} = - \int \delta Q/T$ 是不能成立的。实际上,当不可逆过程的损失功为 W_L 、环境为温度为 T_0 的恒温大热源时, $\Delta S_{\text{产生}} = W_L/T_0$ 。

文献[2]提出的敞开体系的稳定流动熵平衡方程式为:

$$S_1 + \int_1^2 \delta Q/T + \Delta S_{\text{产生}} = S_2$$

S_1 、 S_2 分别为物质流入、流出体系而带入及带出体系的熵; $\Delta S_{\text{产生}}$ 表示由于体系内发生过程的不可逆性引起的熵增,即 $\Delta S_{\text{产生}}$;

收稿日期: 2005-08-08

作者简介: 何云龙,男,哈尔滨市南岗区学府路 52 号哈尔滨理工大学化学与环境工程学院,副教授,研究方向为化工热力学、反应工程;
E-mail: heyunlong-a@163.com

综上所述,我们除重点研究国内的天灾外,还要研究如何预测印度洋和太平洋海边巨形大震和海啸。

参考文献 (References)

- [1] 郭增建,秦保燕,李革平.未来灾害学[M].北京:地震出版社,1992
- [2] 郭增建.海洋中和海洋边缘的巨震是调节气候的恒温器之一[J].西北地震报,2002,24(3):287
- [3] 金森博雄.巨大地震的能量释放[J].闫志德译.国外地震,1979,(1):1~9
- [4] 郭增建,马宗晋.中国特大地震[M].北京:地震出版社,1988

- [5] 郭增建,秦保燕.震级标准与地震预报[J].地震地磁观测与研究,1981,2(3):6~11
- [6] 郭增建,秦保燕,徐文耀,等.震源孕育模式的初步讨论[J].地球物理学报,1973,16:43~48
- [7] 阿部胜征.由海啸资料推算 1837~1974 年巨大地震的大小[J].周慧兰译.国外地震,1980,(3):41~50
- [8] 叶笃正,陈萍勤主编.中国的全球变化预研究[M].北京:地震出版社,1992
- [9] 中科院大气物理研究所.灾害性天气的预测与预防[M].北京:科学出版社,1984

(责任编辑 肖庆山)