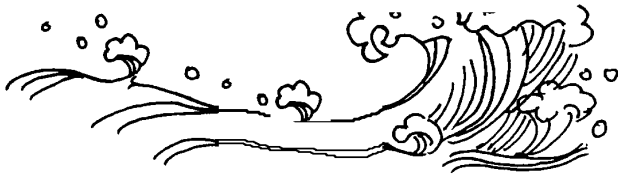


海啸：海洋的怒涛



李宏博

什么是海啸

生活在地球上的大多数人并没有真正面对过海啸，可是我们不能忽视这个可怕的“海洋杀手”，因为它给人类带来的伤痛记忆太过沉重了。“海啸是海平面矗立起的水墙，排山倒海而来，它是死亡之浪，数百万吨泡沫挟带断垣残壁，足以毁灭整个村镇的巨浪。”这是著名的“探索”（Discovery）频道拍摄的《海啸》纪录片中的解说词。海啸就是由海底地震、火山爆发、海底滑坡、冰山坍塌、陨石或彗星坠落、气象异常变化以及海底核爆炸所引发的具有超大波长和周期的破坏性海浪。海啸按诱因主要可分为地震海啸、火山海啸、滑坡海啸、冰山海啸、陨石海啸及风暴潮六种。2004年的印度洋大海啸属于地震海啸，2005年的美国新奥尔良飓风可作为风暴潮的典型代表。

海啸还可按其生成地距离造成危害地的远近分为远洋海啸和近海海啸两种。远洋海啸是指横越大洋或从远洋传播来的海啸，它们横扫海洋时仍可保持巨大的威力，经常给人类造成灾难性的后果。近海海啸是指海啸发生海域靠近海岸，波到达岸边的时间极短，往往无法预警，危害严重。2004年的印度洋大海啸对于印尼苏门答腊岛来说属于近海海啸，然而对于印度、泰国、斯里兰卡等国来说则是远洋海啸。

海啸的形成

虽然引发海啸的诱因有很多，但大部分造成重大灾难的海啸都是由海底地震引发的。“发生地震的地方必有断层”，地震多是内动力作用引起岩石脆性破裂，释放积累的应变能量所产生的。岩层的断

裂可分为正断层、逆断层和平推断层三种，断层可使破裂的岩层发生相对位移，在海洋中发生大地震并引发洋壳突然抬升或下陷，并将地震所释放的巨大能量传导给上方的水体，使之产生强烈振荡并以波浪的形式向四周传播开来。海啸是一种重力波，波长可达几千米甚至几十千米。当波浪到达海岸时，由于水深变浅和港湾狭窄，同时，速度变慢，波长变短，波浪会突然增高并接踵而至形成巨大的浪头冲向海岸，海啸便形成了。

正断层和逆断层可引起岩层的下陷和上升，由此引发的海啸分别称为下降型地震海啸和隆升型地震海啸。下降型地震海啸是指某些构造地震引起海底地壳大范围的急剧下降，海水首先向突然错动下陷的空间涌去，并在其上方出现海水大规模积聚，当涌进的海水在海底遇到阻力后，即翻回海面产生压缩波，形成长波大浪，并向四周传播与扩散。这种由下降型的海底地壳运动形成的海啸在海岸地区会表现为异常的退潮现象。1960年智利地震海啸就属于此种类型。

隆升型地震海啸是指由于海底的地壳板块之间相互运动，使海底地壳大范围的猛烈隆起，海水也随着隆起区一起抬升，并在隆起区域上方出现大规模的海水积聚，在重力作用下，海水必须保持一个等势面以达到相对平衡，于是海水从波源区向四周扩散，形成海啸。这种隆起型的海底地壳运动形成的海啸波在海岸地区，表现为异常的涨潮现象。2004年印度洋大地震海啸就属于此类海啸。

并不是所有的海底地震，所有的地区都会形成海啸。它的形成有三个条件。第一，深水海域（几

千米以上); 第二, 里氏震级大于 7.5 级以上的地震; 第三, 有利于形成海啸的海岸和海底地理条件, 比如海湾、港湾和比较陡的大陆架地区。

研究表明, 海啸的传播速度与其经过的水深成正比。两者存在着这样的关系:

$$V = \sqrt{gh}$$

(其中 V 是海啸传播速度, g 是重力加速度, h 是海水深度)。以太平洋为例, 其平均水深为 4000 米, 那么在太平洋中心海域海啸行进的速度可达每小时 720km, 即每秒 200 米。在最深的海中, 海啸的传播速度可以达到每小时 970km, 比喷气式飞机还要快 (890km/hr)! 2010 年 2 月 27 日智利地震引发的海啸, 以极快的速度向太平洋沿岸传播, 16 个小时后到达夏威夷群岛, 22 个小时后到达了日本列岛。虽然这次地震海啸的危害不大, 但足以引起我们的警惕。千万不要认为发生海啸的海域远离我们就放松了警惕, 海啸可以长着一副“飞毛腿”, 不认真对待, 就可能带来巨大灾难!

海啸的危害

海啸的危害有多大呢? 以 2004 年的印度洋海啸为例, 引发海啸的地震所释放的能量相当于 100 万枚投放在广岛原子弹的能量。如此巨大的能量造成的灾难是难以估量的。我们来看一看历史上几次著名的海啸事件。

1755 年 11 月 1 日, 在葡萄牙里斯本市西面的大西洋洋底发生了里氏 7.8 级大地震。这次大地震是欧洲有史以来强度最大的地震之一, 震感半径达 2000km, 西班牙、法国、德国、意大利和英国等国家都受到了波及。但最为恐怖的是随之而来的大海啸。高达 30 米的惊涛巨浪以排山倒海之势横扫比利牛斯半岛沿岸, 即使是到达直布罗陀海峡以外的加的斯时, 浪高仍达 18 米! 大海啸致使 10 万人丧命, 里

斯本市遭受重创, 许多建筑物被摧毁, 几乎沦为废墟。

1960 年 5 月 21 日~6 月 22 日在智利发生了 20 世纪震级最大的震群型地震, 其中最大震级 9.5 级, 是人类有史以来监测到的最大地震。这次地震引发了巨大的海啸, 造成了巨大损失。智利沿岸遭损毁的房屋 16 万栋, 死亡数万人。随后, 海啸以每小时 700 千米的速度穿越太平洋, 横扫沿岸各国。巨浪摧毁了夏威夷岛的防波堤, 冲倒了沿堤大量的树木、电线杆、房屋, 淹没了大片土地。在日本, 海啸造成了数百人的死亡, 冲毁房屋近 4000 余所, 船只逾百艘, 15 万人流离失所。

2004 年 12 月 26 日, 印度洋发生了人类历史上伤亡最为惨重的一次大海啸, 伤亡人数近 30 万, 超过了有记录以来 1300 年海啸灾害的总和!

了解了海啸巨大的破坏力, 我们如何科学地衡量它危害的大小呢? 目前, 国际上多采用渡边伟夫海啸分级 (见表 1)。一般当海啸为 1 级时, 就构成破坏性海啸, 造成一定的经济损失; 2 级时就会有人员伤亡; 3 级时就会严重受灾; 4 级以上, 可能是毁灭性的灾害。

海啸的预防

海啸来临之前往往有些“前兆”, 掌握这些规律可帮助我们赢得宝贵时间, 获得生还的希望。这些“前兆”有:

1. 海啸到达海岸之前, 往往会出现海水后撤的现象。不过与平时的退潮不同的是, 海水退得更远, 可达几十米甚至几千米。
2. 海啸的排浪与通常的涨潮不同, 海啸的排浪非常整齐, 浪头很高, 像一堵墙一样。
3. 海啸到达前会发出频率很低的吼声, 与通常的波涛声完全不同, 在海边如果听到这种奇怪的低频涛声应尽快撤离。

表 1 渡边伟夫海啸等级表

等级	海啸波高(米)	海啸能量(10^{10} 焦耳)	损失程度
-1	<0.5	0.06	能量损失
0	1	0.25	轻微损失
1	2	1	损失房屋船只
2	4~6	4	人员伤亡, 房屋倒塌
3	10~20	16	≤400 千米岸段严重受损, 人员伤亡大、房屋损毁严重
4	≥30	64	≥500 千米岸段严重受损, 人员伤亡巨大, 建筑物尽毁

4. 海洋深海鱼类也可为我们报警。海啸的巨大暗流可将深海鱼卷到浅海，由于不能立即适应浅海的环境，这些鱼会立即死去。因此，如果看到许多奇异的鱼类尸体时，应做出逃生的反应。

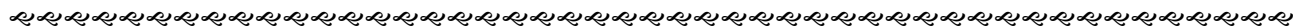
5. 海啸多是由海底地震引发的，因此地震本身就是最好的预报员。如果在海边感到地震，应立即撤往高处，以躲避可能随之而来的海啸。

海啸的英文单词是 *tsunami*，它来自于日语，原意指港口内的波浪。位于环太平洋地震带上的日本，是遭受地震和海啸灾害最为严重的国家之一。为了减少灾害带来的损失，日本建立了全国性的海啸预警体系。该体系由首相亲自领导，内阁设有中央防灾会议的常设机构，负责制订防灾基本计划，决定防灾基本方针。重大灾害发生时，日本政府将在 30 分钟之内成立紧急灾害对策总部，迅速确定灾害对策，指挥有关机构立即投入救援工作。实践证明，这种海啸应对机制发挥了很好的作用。如 1983 年 5 月日本海发生破坏性地震海啸，7 分钟后，验潮站监测到了海啸波，14 分钟后，由电脑自动控制的警报已向日本全国发布，并同时通报给太平洋沿岸各国政府指定的海啸防御机构，完善而高效的预警机制使这次巨大海啸仅造成 104 人死亡和一百余万美元的经济损失，可以

说将损失降到了最低限度。同时，日本将最先进的科研成果应用于海啸预防中。日本松下电器产业公司发明了“紧急防灾信息播报系统”，日本 KDDI 公司也计划从 2005 年开始，通过手机自动播报紧急海啸警报。

1960 年智利大海啸之后，太平洋沿岸的国家意识到必须建立一个联合的海啸预警系统来预防类似事件的发生。1968 年，在联合国的支持下，国际海洋学委员会（IOC）成立了国际政府合作组来负责太平洋海啸预警系统的建立。太平洋海啸预警中心（PTWC）由此诞生，它位于夏威夷火奴鲁鲁的 Ewa 海岸，其监测范围覆盖了整个太平洋地区。同时还组建了若干区域的海啸警报中心，包括夏威夷、阿拉斯加、日本和智利海啸警报中心等。目前有 26 个成员国，实现了警情信息的共享。2001 年 12 月 1 日，PTWC 被重新命名为“Richard H. Hagemeyer 太平洋海啸预警中心”，以纪念前 PTWC 的负责人 Richard H. Hagemeyer，他掌管 PTWC 多年，为海啸预警事业做出了杰出的贡献。2004 年印度洋大海啸之后，PTWC 的监测范围扩展到了印度洋、中国南海、加勒比海以及 Puerto Rico & U.S. Virgin 群岛，并对监测地区实行 24 小时不间断监控。

（中国地质博物馆 100034）

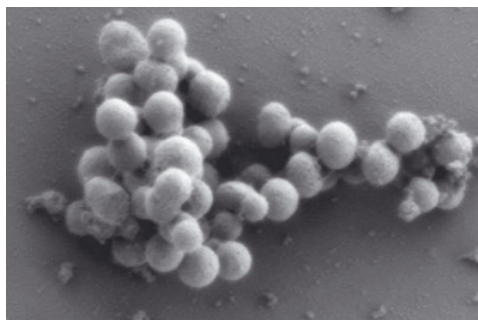


科苑快讯

美国首次合成实验室人造生命

美国素有“科学怪人”之称的凡特（Craig Venter）和同事最近首次在实验室合成人造生命（如图）。他们尝试将蕈状支原体（*Mycoplasma mycoides*）的基因组转移到山羊支原体（*Mycoplasma capricolum*）中。这两种细菌都能感染山羊、绵羊和牛。依据它们合成的蛋白质，最终得到的这些细胞似乎已经完全变成了蕈状支原体。由于其细胞太小，很难利用机械方法操作，因此研究人员不得不设计很费事的化学和物理方法，从一种细菌中提取基因组并将其引入另外一种细菌。这个过程说起来容易，但实际操作则非常复杂。

虽然有些科学家指出，只有基因组是合成的，但凡特他们解释，接受细胞的细胞质已经在每次分裂中稀释，因此培养 30 代之后，有些子



代除了合成来源的染色体，已经没有原始细胞的蛋白质了。细胞中唯一的 DNA 是设计合成的 DNA 序列，其中包括“水印”序列和其他设计基因的删减与多态性，以及在建造过程中获得的突变。这些新细胞拥有所期望的表型特性和不断自我复制的能力。

（高凌云编译自 2010 年第 7 期《欧洲核子研究中心快报》）