



# 海啸中的物理知识

陈建

2004年12月26日印尼苏门答腊岛附近海域强烈地震引发了海啸，这次海啸因其波及面之广、造成的破坏程度和人员伤亡数之众，被联合国称之为“近几世纪以来最严重的自然灾害”，一时间海啸成为全世界最关注的自然现象。本文就海啸中涉及的物理知识作简要分析。

## 海啸的形成

海啸是大规模的水波运动，在物理学上属于特长的长波能量传递，它是大量海水在短时间内突然迅速位移所造成的。水下地震、火山爆发或水下塌陷和滑坡等大地活动都可能引起海啸。这次印度洋大地震是在印度洋底部所谓“俯冲带”发生的，这一俯冲带是位于印度洋海面下约10000米深处的印度板块与缅甸板块发生上下错位运动构成的。印度板块原来以每年5厘米的速度向东北方向移动。12月26日，印度板块的大约1000千米长的一块向缅甸板块下方“俯冲”，造成印度洋洋底局部先向下再往上的运动，断层处数百立方千米的岩石陷落，出现一狭长空间；当海水填充这个空间时，产生巨大的海水波动；这种波动从深海传至浅海，海浪陡然升到几十米高，结局就是灾难性的大海啸。需要注意的是，海啸不同于风浪和潮汐——微风吹过海洋，泛起波浪，它一般只在水面附近起伏，涉及的深度不大，波动的振幅随水深衰减很快，地震引起的海啸则是从海底到海面整个水

放眼当今的科技社会，神奇的激光已是处处生根、遍地开花、硕果累累：激光冷却、激光光镊、激光分子剪裁、激光制导、激光核聚变、激光微加工、激光通信、激光检测、激光防伪、激光医疗、激光影视等等，遍及科研、军事、能源、生物、医学、信息、工业、生活娱乐等方方面面，奏响了一支以激光为主角的高科技交响曲。

立足激光的发展现状，展望它的研究前景，可以

体的波动；潮汐产生的海流能深入海洋底部，这与海啸一样，然而它是由月亮或太阳的引力引起的，而海啸则是海底地层发生断裂造成的波动。海啸中所含的能量惊人，震源断层倾滑的垂直差异运动越大，相对错动速度越大，面积越大，则海啸所含的能量就越大。

海啸要经历三个部分交叉却又有显著差异的物理过程——由某种搅动水体的力产生海啸，然后海啸从爆发源附近的深海处传到浅海地区，最后以波冲击和水淹没的方式产生与原子弹爆炸相比拟的巨大破坏力。从能量方面看，海啸是海底地震能量通过地壳和海水等介质向海岸传递的过程。由于海啸波长很大，可以传播几千千米而能量损失很小，所以这次印度洋地震震中在印尼苏门答腊岛附近，但距离震中很远的斯里兰卡却受灾最严重，连4500千米外的非洲国家索马里也产生了人员伤亡。

## 海啸的传播速度

波动有三个特征参数：波速、波长、周期（或频率）。海啸波的特点是波速快、波长及周期长，它在大洋中移行时，波长可达数十或数百千米（比海洋的最大深度还要大），波高仅为1米左右，周期2~200分钟，传播速度约每小时500~1000千米（与喷气式飞机的速度相当）。

海啸波是长波，回复力主要是重力，表面张力只产生次要的影响，故可以认为它是重力波。对这种长波来说，大洋算是浅水。研究指出，浅水面上水波波速 $v$ 和波长无关，只由深度决定，其关系为

清楚地看到以下几个方向：①超强激光、②超快激光、③短波长激光、④宽调谐激光、⑤小型化和全固化激光器、⑥微型化和集成化激光技术，将是今后激光科研的主流。

科学技术的发展没有止境，激光科技的进展日新月异，可以预料：激光必将成为21世纪人类科技的宠儿。

（北京交通大学物理系 100044）

$v = \sqrt{gh}$ , 其中  $g$  为重力加速度,  $h$  为水深。可见, 海啸波越是靠近浅海, 传播速度越慢。根据印度洋的平均水深可以推算出此次海啸的传播速度大约为 700 ~ 800 千米/小时, 而在靠近海岸的浅海传播速度降低到 40 千米/小时左右。同时, 由于海啸波长长, 整个波形在深海大洋上看起来一点也不“陡”, 不像一般的狂涛一样会把船高高地“抛起来”, 甚至难以觉察到它的存在。但一旦海啸波进入大陆架, 由于深度急剧变浅, 波速越来越小, 波高骤增, 就像一堵奇高无比的水墙突然压向陆地, 从而带来毁灭性灾害。可见, 海啸的威力只是在浅水处才散发出来, 它不会在深海大洋上造成灾害。可以说, 海啸发生时越在外海越安全。因此, 准备靠岸或者停靠在岸边的船只及时向外海开去反而是化险为夷的正确选择。

### 海啸与次声波

频率低于 20 赫兹的声波, 叫做次声波。次声波传播过程中的主要特性为:

**传播速度快** 次声波的传播速度和可闻声波相同, 在普通大气中, 每小时可以传播约 1200 千米, 而在水中的传播速度更快, 达每小时 6000 千米。

**穿透能力强** 次声波具有很强的穿透力, 可以穿透大气、海水、土层、钢筋混凝土构件等。高山、大厦会阻挡光波和电磁波的通行, 却挡不住次声波的去路。

**衰减小** 声波在传播过程中, 频率越高, 衰减越大。次声波由于频率很低, 在传播过程中衰减很小。当次声波在大气中传播几千千米时, 空气对其吸收还不到万分之几。因此, 次声波可以在空气、水、地面等介质中传播得很远。

**易发生衍射** 由于次声波的波长长, 容易发生衍射, 在传播过程中遇到障碍物很难被阻挡, 经常会一绕而过, 哪怕是巨大的山峦有时也无法阻挡它的传播。

海底地震在引起海啸的同时, 伴随有许多低频成分的次声波。海啸带来的次声波甚至可将岸上的房屋毁坏。由于次声波的波速大于地震引起的巨大海浪的传播速度, 所以它就成了海啸来临的前奏曲, 人们可以通过接收次声波来预报破坏

性很大的海啸。有科学家认为, 很多动物之所以能躲过这次席卷印度洋沿岸的海啸, 是因为他们听觉灵敏, 对次声波有反应; 而人仅对频率为 20 ~ 20000 赫兹的声音有反应, 对次声波是“视而不见、听而不闻”, 因而面对这次地震海啸, 大难临头, 毫无觉察。

### 海啸的预警

地震海啸给人类带来的灾难是十分巨大的。对于海啸, 目前人类并没有能力阻止其发生, 只能通过预警和防备来减少死伤。原则上说海啸预警比地震预报要相对容易, 因为波动在液体(海水)中的传导速度比地震波在固体(地壳)中的传导要慢很多, 而且海浪越是靠近浅海, 传播速度越慢。一旦地震监测台网通过地震波传导测知海底大地震发生, 并通过相关数学模型计算出发生海啸的概率, 那么从理论上说海啸预警是有可能的。就此次印度洋大海啸而言, 虽然从海底地震发生到海啸袭击印度尼西亚苏门答腊只有几分钟, 无法在如此短的时间内成功实现预警; 但是地震后一个半小时左右海啸才到达斯里兰卡, 到泰国和马来西亚西海岸也花了一个小时, 而人们从海岸走到内陆安全区的时间, 一般只需 15 分钟。这就为预警留下了足够的时间。

美国和日本等海啸预警做得非常成功的国家的海啸预警系统中, 通过将压力测量器与声波传感器一起安放于大洋深处, 通过压电现象产生电流, 电流与所受到的压力成正比。电脉冲启动声波传感器, 并由水面上的浮标搜集声波, 浮标再通过卫星将数据传到地面上的观察站。这样, 就可以随时监测大洋底部与海啸有关的各种水文信号及海面波动, 借助电脑将这些捕捉的信息与各种地震监测系统获取地壳运动的信息结合, 模拟出海啸可能形成的地点及移动方向, 提前向可能遭受海啸袭击的国家通报海啸的规模、移动速度、可能袭击的区域以及预计到达的时间。可以说, 海啸的预警是巧妙运用了电磁波与机械波以及机械波在不同介质中传播速度的差异而造成的时间差, 从而使当地政府提前采取预防措施、减少海啸造成的人员伤亡和经济损失。

(江苏南通师范学校物理系 226006)