

上节课我们学习了地震灾害的有关知识，今天了解海啸灾害，海啸与地震有什么关系，海啸是怎么形成的，如何减轻海啸灾害？下面一起学习海啸灾害。本章的知识点结构如下：

## 4. 海啸灾害

### 4.1 海啸概述（文档）

4.1.1 海啸的概念

4.1.2 海啸的分类

4.1.3 海啸的特点

4.1.4 地震海啸的形成条件

### 4.2 海啸的致灾因素及其破坏特征（文档）

4.2.1 海啸灾害的主要表现形式

4.2.2 海啸的致灾因素

4.2.3 海啸破坏的主要特点

4.2.4 世界上重大的海啸灾难

4.2.5 我国的地震海啸

### 4.3 减轻海啸灾害（视频）

4.3.1 海啸灾害的风险评估、预防

4.3.2 早期预警

4.3.3 前兆与逃生

图 1 本章知识点结构图

### 4.1 海啸概述

**本节内容：**海啸和海啸灾害的概念、分类、传播、海啸波的特点以及地震海啸的形成条件；

**重点：**海啸波的特点，地震海啸的形成条件；

**难点：**地震海啸的形成条件；

**基本要求：**掌握海啸和海啸灾害的概念、海啸波的特点以及地震海啸的形成条件，了解海啸的分类、传播特点，海啸与风暴潮的区别。

（注意：**红色**为本节**重点**，**蓝色**为本节的**思考**，**黄底色**标注为本节的**作业**）

### 1、什么是海啸、海啸灾害：

**海啸**是由海底地震、火山喷发或海底泥石流、滑坡等**海底地形突然变化**所产生的**具有超大波长和周期的大洋行波**。

当海啸接近**海岸浅水区**时，波速变小，振幅增大，骤然形成“水墙”，侵入沿海陆地，造成危害，称为**海啸灾害**。如图 2。

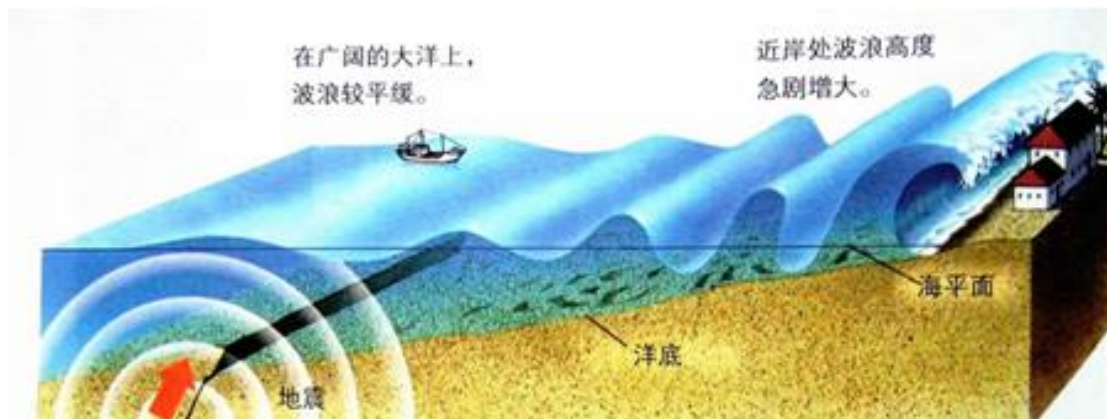


图 2 海啸的形成

## 2、海啸的分类

从**成因**分类：地震海啸、火山海啸、滑坡海啸……

从**地理位置**分类：远洋海啸、近海海啸（本地海啸、局地海啸）

其中：

**滑坡海啸**：由**海底滑坡**引起的海啸，称为滑坡地震。产生的原因有两种，海底大量不稳定泥浆和砂土聚集在大陆架和深海交汇处的斜坡上，产生滑移；二是海底蕴藏的气体喷发导致浅层沉积海底坍塌，出现水下崩移。

**远洋海啸**：**横越大洋**，或从**远洋**传播而来的海啸；**到达时间长**，可能需要几个小时到达。

**近海海啸**：**生成源**与其造成的**危害**同属一地，海啸波**到达时间短**，有的只有几分钟或几十分钟，往往无法预警，危害严重。

如：2004 年印度洋海啸对印尼是近海海啸，对印度、斯里兰卡是远洋海啸

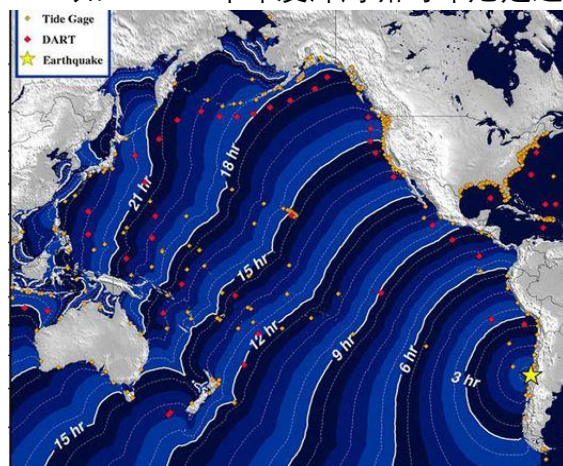


图 3 1960 年智利地震使太平洋国家遭受海啸之难

思考：如图 3 所示，1960 年智利地震引发的海啸对智利和日本而言分别属于哪一类海啸？

### 3、海啸的特点

#### (1) 海啸波的波长非常长

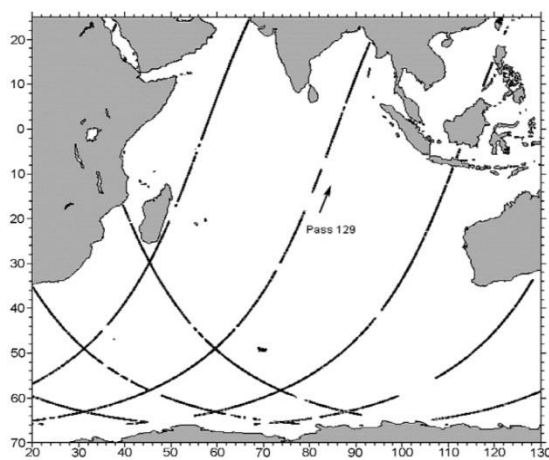


图 4

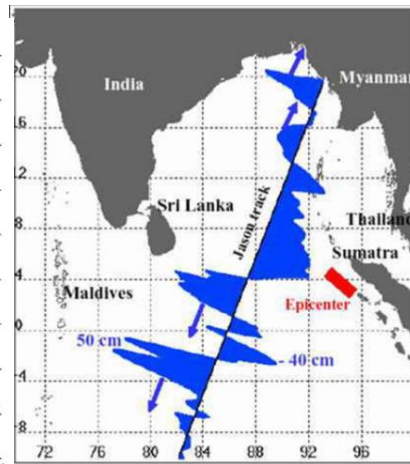


图 5

图 4.图 5 美国宇航局 1971 年发射的 Jason 1 号测高卫星在 2004 年印尼地震后 2 小时恰好沿 129 轨道由南向北穿过印度洋，接近印度的孟加拉湾，这时海啸波正好在印度洋上传播。于是，这颗运气不错的卫星，刚好测量到了海啸传播时海面变化。卫星数据显示：海啸波的波长约为 500km，海啸波造成的海面高程最大变化约为 60cm。500km 的波长，高度差却不到 2m，海啸就像一面大镜子，在深海中，往外传播过程时，是风平浪静的。

#### (2) 海啸波的传播速度快

一般海浪的传播速度：

$$v = \lambda / T$$

如图 6 所示，两个相邻的浪之间的距离为 200 米 ( $\lambda = 200$  米)，两个海浪冲上岸边的间隔时间是 10 秒 ( $T = 10$  秒)，则岸边海浪的传播速度是  $v = 200 / 10 = 20$  米/秒。



图 6 一般海浪的传播速度

海啸波的速度（与海水深度有关）

$$v = \sqrt{gH}$$

$v$  是海啸波的速度， $g$  是重力加速度 ( $9.8\text{m/s}^2$ )， $H$  是海水的深度。

在深海：如太平洋海水平均深 5500m，取  $h=5000\text{m}$ ，海啸波速度为  $232\text{m/s}=835\text{km/h}$ ，相当于跨洋喷气式飞机的速度。

在近岸：取  $h=100\text{m}$ ，海啸波速度为  $31.3\text{m/s}=112.7\text{km/h}$ ，这是高速公路汽车的速度。

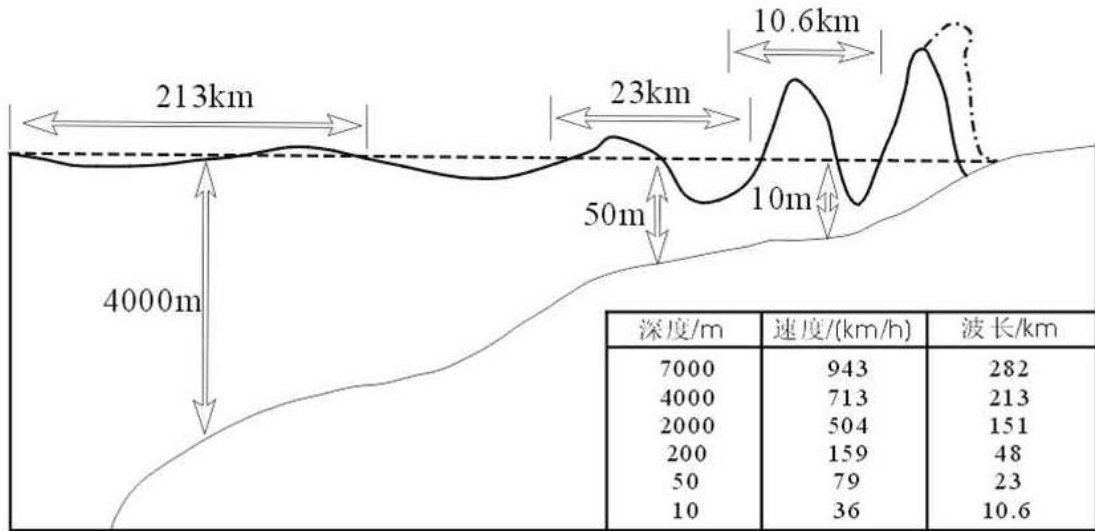


图 7 传播速度与海水深度明显有关

因此，越是到近岸，随着海水深度的逐渐减小，海底运动阻力的逐渐增大，海啸波的速度会逐渐减小。

### (3) 海啸能量巨大

海啸是由海底地形的突然变动引起的，是海水的整体运动再加上海啸波长长，穿行速度快，所以包含的能量巨大。

如：2004 年印尼苏门答腊近海地震产生的海啸能量大约相当于 3 座 100 万千瓦的发电厂一年发电的能量。

### 2004 Sumatra-Andaman Earthquake (M=9.2)

#### 4、地震海啸形成的条件

##### (1) 深海

要引起整个水体的运动，地震必须发生在深海，因为深海海底上有巨大的水体。

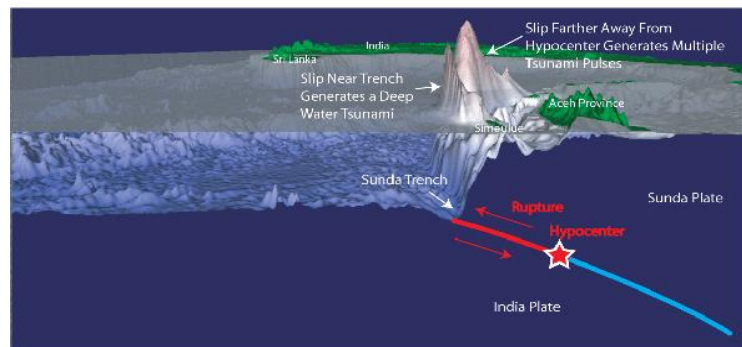


图 8 深海地震激发海啸

大部分的海啸都产生于深海地震。深海发生地震时，海底发生激烈的上下方向的位移，某些部位出现猛然的上升或者下沉，导致其上方的海水巨大的波动，原生的海啸于是就产生了。海啸与一般的海浪不一样，海浪一般在海面附近起伏，涉及的深度不大，而深海地震引起的海啸则是从深海海底到海面的**整个水体的波动**，其中包含的能量惊人。相反，发生在浅海的地震产生不了海啸。

## (2) 大地震

多大的地震能引发海啸呢？请看下图：

地震震级	6	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	8.75
产生海啸的等级	-2	-1	0	1	2	4	5
可能海啸的最大高度 (m)	< 0.3	0.5-0.7	1.0-1.5	2-3	4-6	16-24	> 24

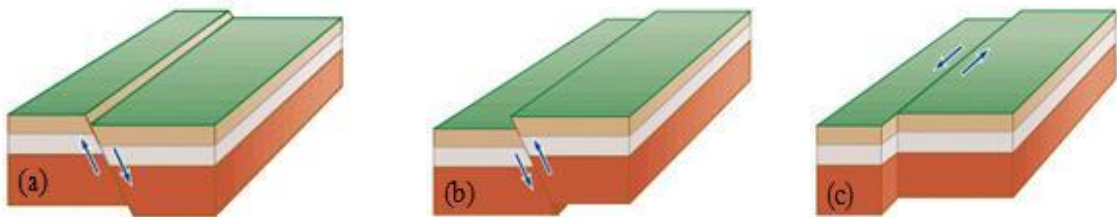
图9 地震震级、海啸等级和海啸浪高的关系

由上图可知，地震达到**6.5级或7级以上**，才有可能引发海啸灾害；那太平洋沿岸大地震很多，是不是都能引发海啸？不是。

那什么类型的大地震能引发海啸？

海啸的形成是一个比较复杂的过程，多数学者认为：和地震的类型有关。

请看下图，(a) (b) (c) 这是地震断层的三种运动方式，哪些可能会引发海啸？



(a) 正断层

(b) 逆冲断层

(c) 走滑断层

图10 地震断层的三种运动方式

**逆断层触发海啸的可能性最大**。因为逆冲断层的**垂直方向运动最大**，正断层其次，走滑断层几乎没有垂直运动。海啸主要是**由海洋中发生的逆冲断层的地震引起的**。当逆冲断层运动时，海底突然发生很大的垂直运动，造成整个海水急剧抬升并向外传播，于是产生海啸。

所以**大地震尤其是逆冲型大地震，达到6.5级以上**才有可能形成海啸。

逆冲型大地震是如何引发海啸的？请看下图：

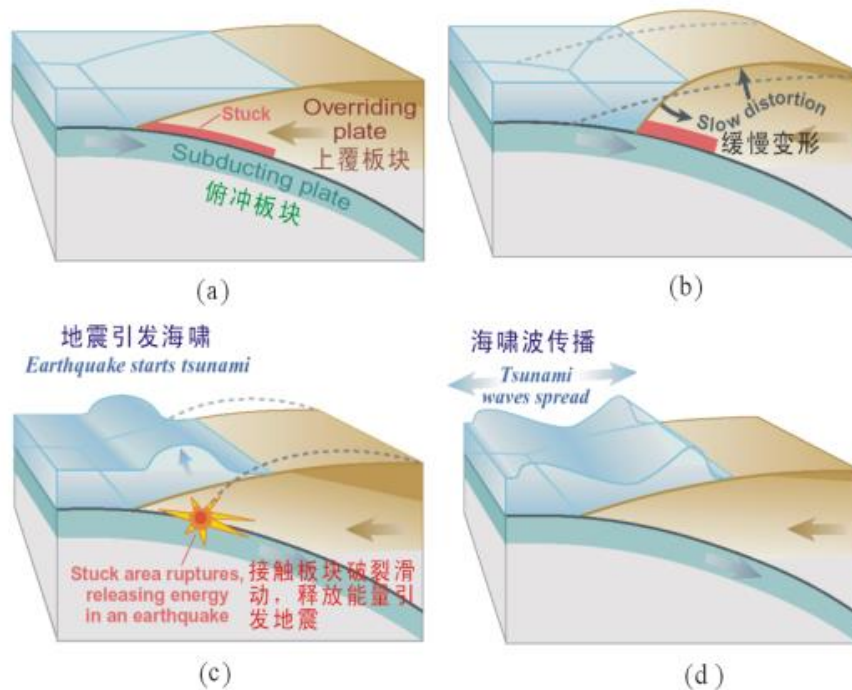


图 11 逆冲型大地震引发海啸的过程

- (a)俯冲板块向上覆板块下方俯冲运动;
- (b)两个板块紧密接触, 俯冲造成上覆板块缓慢变形, 不断积蓄弹性能量;
- (c) 能量积蓄到达极限, 紧密接触的两个板块突然滑动, 上覆板块“弹”起了巨大的水柱;
- (d) 水柱向两侧传播, 形成海啸, 原生的海啸分裂成为两个波, 一个向深海传播(远洋海啸), 一个向附近的海岸传播(近海海啸)。

此外, 海啸的形成, 还要具备第三个条件:

### (3) 开阔并逐渐变浅的海岸条件

地震发生后,整个水体瞬间被抬高,然后海啸波开始向外传播,在深海里传播时波长很长,波高很低,基本是风平浪静;越接近岸边,因海水深度变浅,前面的海水波速减慢,后面的高速海水向前涌,就像汽车发生追尾一样,结果波高急剧增加,变成滔天巨浪,最大波高可达几十 m, 这种几层甚至十几层楼高的“水墙”冲向海岸,仿佛像用剃头刀剃头一样,扫平岸边的所有房屋、建筑、树木、道路、堤防和人畜等,留下光秃秃的地面,破坏力极大。

(小结) 本节课我们了解了海啸和海啸灾害的概念、海啸的分类, 海啸波的特点以及地震海啸的形成条件, 请大家重点掌握海啸波的特点以及地震海啸的形成条件。