



联合国教育、
科学及文化组织



政府间海洋学委员会

海啸词汇

2014年

技术丛书 85

政府间海洋学委员会

海啸词汇

2014年

技术丛书 85

联合国教科文组织



本书中所采用的名称和材料并不意味着联合国教科文组织（UNESCO）和政府间海洋学委员会（IOC）就任何国家、地区或其当局、或其边界划界的法律地位表达任何意见。

本文件在用于书目搜索时应按以下形式引述：

Intergovernmental Oceanographic Commission, Revised Edition 2012. Tsunami Glossary, 2012. Paris, UNESCO. IOC Technical Series, 85rev.2. (English.)

出版：联合国教育、科学及文化组织

7 Place de Fontenoy, 75 352 Paris 07 SP, France

印刷：教科文组织/美国国家海洋和大气管理局（NOAA）国际海啸信息中心（ITIC），
美国国家海洋和大气管理局Daniel K. Inouye 地区中心（IRC），1845 Wasp Boulevard,
Building 176, Honolulu, HI 96818, USA

IOC/2008/TS/85 REV2 1885.14 (1161.14)

目 录

1. 海啸分类	4
2. 常用海啸术语	11
3. 调查与测量	19
4. 潮汐、验潮仪、海平面	25
5. 海啸预警体系：名称缩写与组织机构	29
6. 书目	38
7. 教科书与教师	41
8. 索引	41



1946年4月1日阿留申群岛海啸冲击夏威夷希洛。图片由美国夏威夷毕夏普博物馆档案提供。

1. 海啸分类

海啸现象的特点 (Characteristics of the Tsunami Phenomena)

海啸是以连续波浪的形式从海啸源区域向外传播的。海啸波速取决于水深，因此海啸波掠过海底时，水深加大则海啸波加速，水深减小则海啸波减速。在这一过程中，海啸波的传播方向也会发生改变，能量时聚时散。在大洋深处，海啸波可以500—1000千米/小时的速度传播；但靠近海岸时，则减至仅几十千米/小时。海啸波高也取决于水深，在深海中仅1米高的海啸波，到达海岸时可增至几十米。与人们所熟知的风力推动大洋波浪引起海面扰动不同，海啸波能量延及至海底。在海岸附近，这一能量因水深变浅而呈垂直方向聚集，又因波速减缓引起的海啸波长缩短而呈水平方向聚集。

海啸波的周期（即单个波动的周期）短则几分钟，长至1小时或者更长。在海边，海啸的表现形式多种多样，主要取决于海啸波的大小和周期、近岸水深和岸线地形、潮汐状况，以及其他因素。有时，海啸如同快速上涨的潮水漫上海滩，只在沿海低洼地带引起轻微洪涝。而在其他一些情况下，海啸则如

同涌潮袭击海岸，形成一面裹挟着碎片残骸的垂直水墙，极具毁灭性。大多数情况下，海啸波峰到来之前海平面还会下降，致使水位线后退，有时可达1千米甚至更远。即使较小的海啸，也有可能伴有强烈而罕见的海流。

海啸引起的损害和破坏由以下三个因素直接造成：洪涝、海啸波对建筑物的冲击、海水侵蚀。人们受困于波涛汹涌并裹挟着碎片残骸的海啸波当中时，便会因溺水、身体遭受撞击或者其他损伤而导致死亡。猛烈的海啸涌流侵蚀地基，引起桥梁和海堤坍塌；海水的浮力和拖拽力推倒房屋、掀翻火车车厢；海啸波撞击力摧毁框架结构建筑物及其他建筑物。漂浮的船只、车辆残骸和树木等都会成为危险的流动体，撞击建筑物、码头和车辆等，造成巨大破坏。即使是微弱的海啸，也会引起波动，对船只和港口设施产生破坏。因石油泄漏或港口停靠船只受损燃烧、或者沿海储油罐及炼油厂设施破裂而引起的大火，造成的破坏超过海啸直接引起的损害。海啸造成的这些灾害引起污水和化学污染，可能引起其他次生灾害的发生。进水、排水、储水等设施的破坏也能造成危险情况。海啸退去所造成的潜在

影响日益受到关注，因为海水后退会将核电站冷却水进水口暴露在外。

历史海啸 (Historical tsunami)

历史文献中记载的有人目击到或仪器观测到的海啸。

局地海啸 (Local tsunami)

海啸源距离受海啸破坏影响的沿海地区约100千米以内、或海啸传播时间不超过1小时的海啸。局地海啸通常由地震引起，但也可以由海底滑坡或者火山喷发碎屑流引发。历史上90%的海啸伤亡都是由局地海啸所造成的。



2011年3月11日，日本女川，海啸水流深度超过10米，流速超过6米/秒，将三层建筑物掀翻并推行50米以上。图片由国际海啸信息中心提供。

海啸 (Maremoto)

海啸的西班牙语称谓。



1960年5月22日智利海啸造成的破坏。照片由智利毛林市提供，美国地质调查局第1187号公告。

气象海啸 (Meteorological tsunami; meteotsunami)

气象或大气扰动产生的海水波动现象。这些波动可由大气重力波、气压陡变、锋面过境、飑、强风、台风、飓风和其他大气现象产生。气象海啸与海啸波具有相同的时间、空间规模，同样可以给沿海地区造成灾害，而在一定空间尺度的海湾和河口区域（例如：巴利阿里群岛休达德亚湾、日本长崎湾、中国龙口港、克罗地亚的维拉卢卡、斯塔里格勒和马里斯通海湾），由于海湾放大和共振效应，情况尤其严重。气象海啸在加泰罗尼亚语中称为Rissaga。

轻微海啸 (Microtsunami)

人的肉眼不易察觉而需用仪器观测的小振幅海啸。

跨洋海啸 (Ocean-wide tsunami)

能够造成大范围破坏的海啸。跨洋海啸不仅重创海啸生成源邻近区域，而且还能够影响整个大洋。所有跨洋海啸均由大地震引发。与越洋海啸和远洋海啸同义。

古海啸 (Paleotsunami)

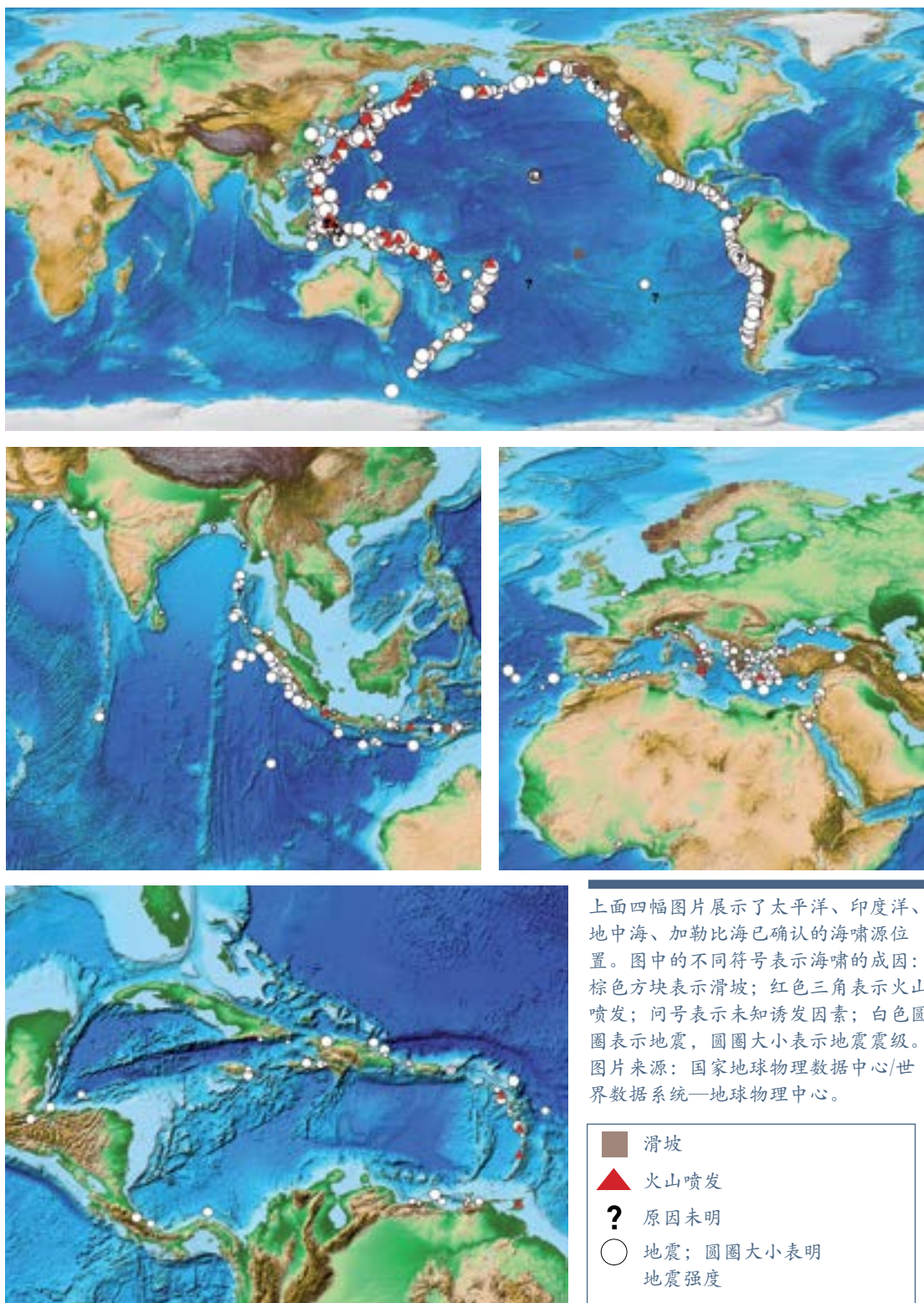
在有历史记载之前发生的或无文字记载的海啸。

古海啸研究主要是对沿海地区发现的海啸沉积物进行鉴定、标识和年代确定，寻找这些沉积物与局地、区域、大洋等其他地区发现的类似沉积物之间的关联。例如，古海啸研究引起了人们对北美洲西北海岸未来发生大地震、大海啸可能性的关注。又如，这些研究还将千岛群岛—堪察加半岛区域海啸的历史记载时间大大地向前推延。这一领域工作的持续开展，将为人们提供大量关于以往海啸事件的新信息，有助于开展海啸灾害风险的评估。

区域海啸（Regional tsunami）

在一定地理区域内产生破坏的海啸，一般距离海啸源1000千米以内或1—3小时的海啸传播时间。区域海啸偶尔也会在该区域以外产生十分有限的局部影响。

大多数破坏性海啸均可划分为局地海啸或区域海啸。因此，许多因海啸引起的人员伤亡及巨额财产损失也



都由此类海啸造成。1975年至2012年上半年期间发生局地海啸或区域海啸39次，导致260000人死亡和数十亿美元的财产损失；其中26次发生于太平洋及其相邻海域。

例如，1983年在太平洋日本海（或称为“东海”）发生的区域海啸对日本、韩国和俄罗斯沿海地区造成严重破坏，造成了8亿美元的损失和100多人死亡。之后的9年里，只发生过一次海啸，造成1人死

亡；但在随后1992年—1998年的七年间，发生了10次破坏性的局地海啸，造成2700余人死亡，财产损失数以千万美元计。在这些灾害中，海啸发生时业已制定的减灾措施未能避免人员和财产的重大损失。然而，如果能够建立更加密集的海啸预警中心、地震和水位观测台站和预警信息发布网络，提供及时预警，妥善实施海啸防范计划和公众教育，未来局地海啸和区域海啸所造成的损失是可以减少的。

1975年以来区域海啸和局地海啸造成的死亡人数

日期			震源位置	估计死亡或失踪人数
年	月	日		
1975	10	31	菲律宾海沟	1
1975	11	29	美国夏威夷	2
1976	8	16	菲律宾摩洛湾	4376
1977	8	19	印度尼西亚松巴哇岛	189
1979	7	18	印度尼西亚龙布陵岛**	1239
1979	9	12	印度尼西亚伊里安查亚	100
1979	10	16	法国里维埃拉**	9
1979	12	12	哥伦比亚纳里尼奥	*600
1981	9	1	萨摩亚群岛	2
1983	5	26	日本能代	100
1988	8	10	所罗门群岛	1
1991	4	22	哥斯达黎加利蒙	2
1992	9	2	尼加拉瓜海岸	170
1992	12	12	印度尼西亚弗洛勒斯海	1169
1993	7	12	日本海	208
1994	6	2	印度尼西亚爪哇	250
1994	10	8	印度尼西亚哈马黑拉岛	1
1994	11	4	美国阿拉斯加史凯威**	1
1994	11	14	菲律宾群岛	*81
1995	5	14	印度尼西亚帝汶	11
1995	10	9	墨西哥曼萨尼约	1
1996	1	1	印度尼西亚苏拉威西	9
1996	2	17	印度尼西亚伊里安查亚	110
1996	2	21	秘鲁北部	12
1998	7	17	巴布亚新几内亚	2205
1999	8	17	土耳其伊兹密特湾	155
1999	11	26	瓦努阿图岛	5
2001	6	23	秘鲁南部	26
2004	12	26	印度尼西亚班达亚齐	**227898
2005	3	28	印度尼西亚苏门答腊	10
2006	3	14	印度尼西亚苏门答腊	4
2006	7	17	印度尼西亚爪哇	802
2007	4	1	所罗门群岛	*52
2007	4	21	智利南部	10
2009	9	29	萨摩亚群岛	192
2010	1	12	海地	7
2010	2	27	智利南部	156
2010	10	25	印度尼西亚明打威	431
2011	3	11	日本东北地区	*^18717
总计				259314

*可能包含地震死亡人数

**滑坡诱发的海啸

^包括海啸源区域附近或以外死亡/失踪人数

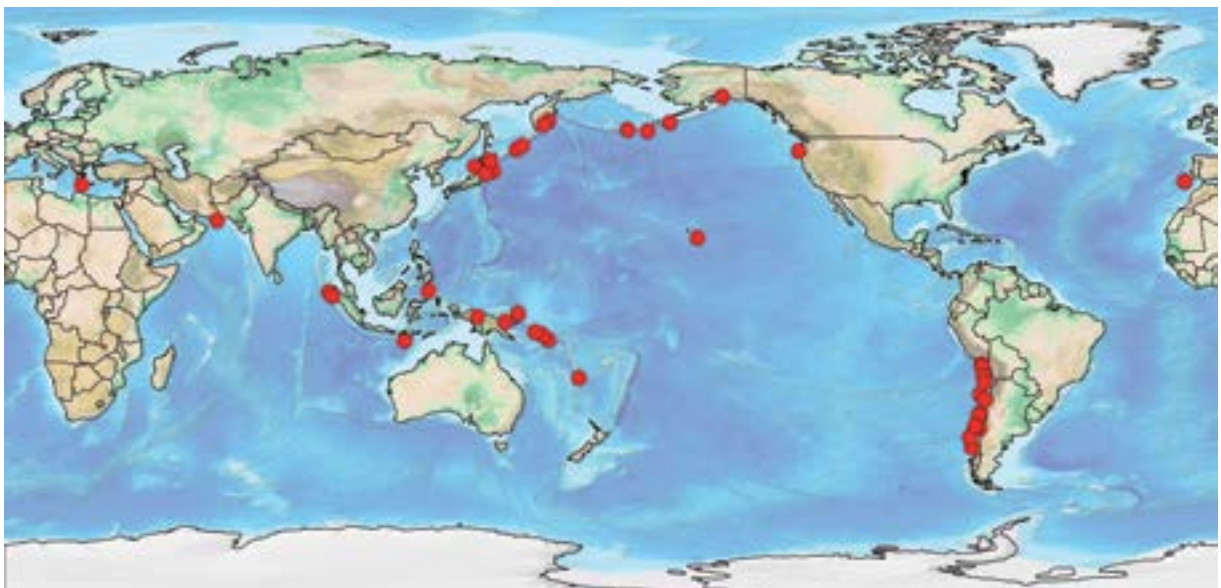
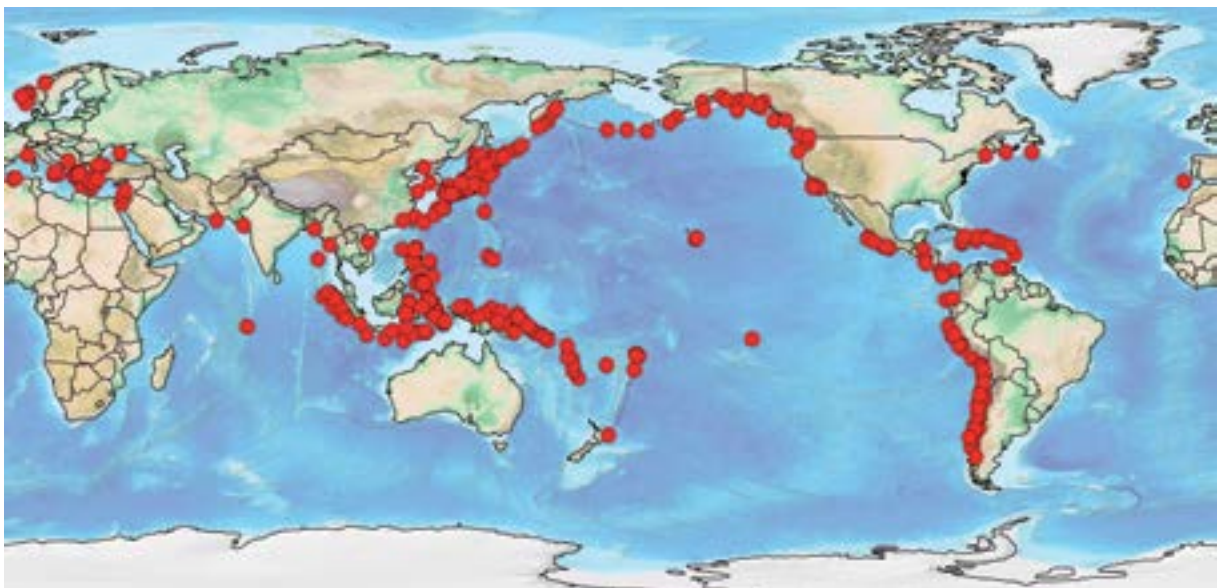
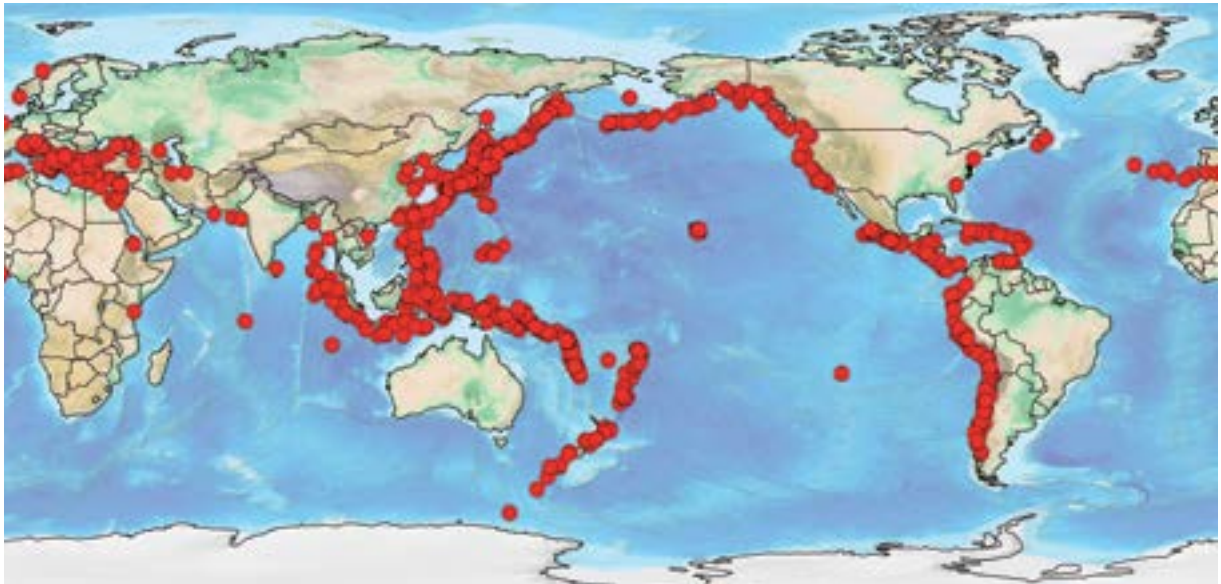
造成2000人以上死亡的区域海啸和局地海啸

日期			震源位置	估计死亡或失踪人数
年	月	日		
365	7	21	希腊克里特岛	5 700
887	8	2	日本新潟县	2 000
1341	10	31	日本青森县	2 600
1498	9	20	日本远州海	31 000
1570	2	8	智利中部	2 000
1586	1	18	日本伊势湾	* 8 000
1605	2	3	日本南海道	5 000
1611	12	2	日本三陆	5 000
1674	2	17	印度尼西亚班达海	2 244
1687	10	20	秘鲁南部	* 5 000
1692	6	7	牙买加罗亚尔港	2 000
1703	12	30	日本房总半岛	* 5 233
1707	10	28	日本远州海	2 000
1707	10	28	日本南海道	* 5 000
1746	10	29	秘鲁中部	4 800
1751	5	20	日本本州西北部	2 100
1755	11	1	葡萄牙里斯本	* 50 000
1771	4	24	日本琉球群岛	13 486
1792	5	21	日本九州岛**	5 443
1854	12	24	日本南海道	* 3 000
1868	8	13	智利北部*	25 000
1883	8	27	印度尼西亚喀拉喀托**	36 000
1896	6	15	日本三陆	* 27 122
1899	9	29	印度尼西亚班达海	* 2 460
1923	9	1	日本相模湾	2 144
1933	3	2	日本三陆	3 022
1945	11	27	巴基斯坦马克兰海岸	* 4 000
1952	11	4	俄罗斯勘察加半岛	4 000
1976	8	16	菲律宾摩洛湾	4 376
1998	7	17	巴布亚新几内亚	2 205
2004	12	26	印度尼西亚班达亚齐	** 227 898
2011	3	11	日本东北地区	*^ 18 717
总计				518 550

*可能包含地震死亡人数

**火山喷发诱发的海啸

^包括海啸源区域附近或以外死亡/失踪人数



世界80%以上的海啸由地震引发，而其中的70%又发生于太平洋地区。太平洋地区由于沿太平洋火山地震带地壳构造板块俯冲经常发生大地震。上图：所有引发海啸并在整个海洋盆地造成局部破坏的地震震中分布图；中图：引发海啸并造成局部破坏和人员伤亡的地震、火山喷发、滑坡的位置图。虽然在1000千米以外观测到的海啸（越洋海啸）绝大多数由太平洋地震所引发，但是越洋海啸也在印度洋和大西洋造成破坏和人员伤亡。下图：地震和火山喷发引起海啸造成破坏和人员伤亡的越洋海啸源位置图。数据根据历史记录整理。图片来源：国家地球物理数据中心/世界数据系统—地球物理中心。

越洋海啸；远洋海啸（Teletsunami; Distant Tsunami）

通常指距离海啸源1000千米以上或超过3小时海啸传播时间的海啸。

越洋海啸属于跨大洋性质，虽然很少发生，但是造成的灾害影响却比区域海啸严重。通常，越洋海啸发生时只是对近源地区造成广泛破坏的局地海啸，随后海啸波持续传播，跨越整个大洋盆地，以其巨大的能量使距海啸源1000千米以外的大洋近岸地区遭受额外的人员伤亡和破坏。过去的200年里至少发生过28次破坏性跨洋海啸，其中14次在距海啸源1000千米以外的地区造成人员伤亡。

1960年5月22日智利近海发生大地震，引发近代史上最具破坏性的全太平洋越洋海啸。在海啸和地震的共同作用下，南纬36度至44度之间的智利沿海城镇均遭到摧毁或严重破坏。海啸和地震共造成2000人死亡、3000人受伤、200万人无家可归，损失共计5.5亿美元。在智利克拉克尔近海地区，海啸波估计高达20米（67英尺）。海啸在夏威夷、菲律宾和日本分别造成61人、20人和139人死亡，在日本和夏威夷分别造成5000万美元和2400万美元的损失，美国和加拿大西海岸也有数百万美元损失。各地观测到越洋海啸波高也各不相同，某些地区只有轻微的水位震荡，而波高在皮特凯恩群岛则为12米（40英尺）、在夏威夷希洛为11米（37英尺）、在日本有些地方为6米（20英尺）。



2004年12月26日的印度洋海啸摧毁了附近的印度尼西亚班达亚齐市，只剩下为数不多的几栋建筑物。图片由日本北海道大学西村雄一提供。

历史上最为严重的海啸灾难于2004年12月26日发生在印度洋，当时在印度尼西亚苏门答腊西北沿海海域发生了9.3级地震，引发了越洋海啸。海啸重创了东起泰国、马来西亚，西至斯里兰卡、印度、马尔代夫、非洲的整个印度洋地区，造成近228000人丧生，超过100万人流离失所，失去家园、财产和生计。前所未有的死亡和毁坏程度立即引起世界各国领导人的关注，推动了印度洋海啸预警和减灾系统于2005年建立。这次海啸还大大提高了全球对于海啸灾害的认识，加勒比海、地中海和大西洋随后新建了海啸预警系统。

在1000千米以外引起人员死亡的海啸

日期				死亡和失踪		
年	月	日	震源	局地和区域	远海	报道死亡的远海地区
1837	11	7	智利南部	0	16	美国（夏威夷）
1868	8	13	智利北部**	* 25 000	7	新西兰、萨摩亚、智利南部
1877	5	10	智利北部	数百	数千	斐济、日本、秘鲁、美国（夏威夷）
1883	8	27	印度尼西亚喀拉喀托	36 000	1	斯里兰卡
1899	1	15	巴布亚新几内亚	0	数百	加罗林群岛、所罗门群岛
1901	8	9	新喀里多尼亚洛亚蒂群岛	0	几个	圣克鲁斯群岛
1923	2	3	俄罗斯堪察加半岛	2	1	美国（夏威夷）
1945	11	27	巴基斯坦马克兰海岸	* 4 000	一些	印度
1946	4	1	美国阿拉斯加尤尼马克	5	159	美国（加利福尼亚、夏威夷）
1960	5	22	智利中部	1 000	222	日本、菲律宾、美国（加利福尼亚、夏威夷）
1964	3	28	美国阿拉斯加威廉王子湾	106	18	美国（加利福尼亚、俄勒冈）
2004	12	26	印度尼西亚班达亚齐***	* 175 827	52 071	孟加拉国、印度、肯尼亚、马尔代夫、缅甸、塞舌尔、索马里、南非、斯里兰卡、坦桑尼亚、也门
2005	3	28	印度尼西亚苏门答腊	0	10	斯里兰卡（疏散中死亡的人数）
2011	3	11	日本东北地区****	* 18 715	2	印度尼西亚、美国（加利福尼亚）

*可能包含地震死亡人数 **智利和秘鲁局地和区域死亡人数 ***印度尼西亚、缅甸、泰国局地和区域死亡人数
****日本局地和区域死亡人数

海啸 (Tsunami)



1946年4月1日美国阿留申群岛尤尼马克岛近海越太平洋海啸对夏威夷希洛海滨造成的破坏。

源自日语，意为“海港口（Tsu）的波浪（nami）”。海啸为一系列具有极长波长和周期的行波，通常由海底地震引起的海水扰动引发（也称为地震海浪；误称为潮汐波）。火山喷发、海底滑坡、沿海山崩也可引起海啸，大陨石撞击大洋亦可引发。海啸波可达到相当大的规模，穿越整个大洋洋底而能量损失很少。海啸波在行进中为普通重力波，典型周期为10—60分钟。海啸在接近浅水区时，波高陡增，淹没低洼地区；局部海底地形引起海啸波骤然陡立时，海啸波便可能破碎，造成巨大破坏。海啸与潮汐毫无关联；“潮汐波”这一俗称纯属误读。



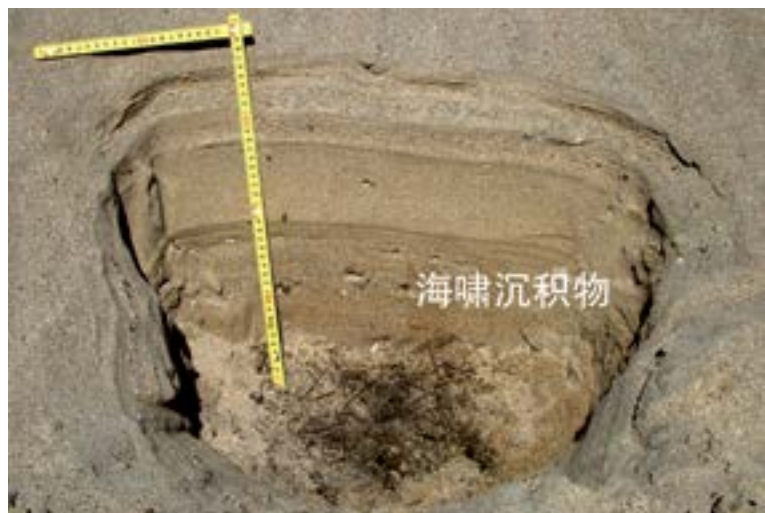
1983年5月26日日本海地震引发的海啸抵近日本奥尻岛。图片由日本东海大学提供。

海啸型地震 (Tsunami earthquake)

相对于地震震级而言能够产生罕见大海啸的地震（金森广尾，1972）。海啸型地震的典型特征包括：相对于该强度地震而言破裂持时长、板块界面浅层产生破裂（由靠近海沟的位置和小角度逆冲机制推断）、巨大能量的低频率释放。这种地震为慢地震，沿断层的滑移较一般地震缓慢。这类地震近期分别发生于1992年（尼加拉瓜）、1996年（秘鲁钦博特），发生在印度尼西亚则为1994年（爪哇）、2006年（爪哇）和2010年（明打威）。

海啸沉积物 (Tsunami sediments)

海啸冲刷留下的沉积物。土层中海啸沉积物的发现提供了有关历史海啸和古海啸发生的信息。不同地点（有时横跨整个大洋且距离海啸源很远）发现的相似年代沉积物，可用于绘制并推断海啸造成的淹没和影响的分布图。



印度尼西亚班达亚齐观测到的2004年12月26日印度洋海啸连续波浪造成的沉积层。图片由日本北海道大学西村雄一提供。

2. 常用海啸术语

本节内容为海啸减灾、海啸形成和海啸模拟方面的常用术语

2

破碎波（Breaker）

海水波陡超过 $1/7$ 、波峰速度超过波体并在海岸或礁石上破碎形成的海面波。通常水深小于波高的 1.28 倍时即产生破碎波。根据海底坡度，可将破碎波粗略分为三类：a) 溢碎波：发生在基本平坦海底，在波峰处形成泡沫状碎片并经过相当长距离逐渐破碎；b) 卷碎波：发生在坡度较陡海底，巨大的悬垂波直立倒卷并在撞击中破碎；c) 涌碎波：发生在坡度非常陡海底，不是散落、卷跃，而是急剧上涌到海滩上的破碎浪。在深水中，堆积很高的风生波浪也会破碎，但通常波峰较短，称作白浪。



日本奥尻岛阻挡海啸波的水闸。地震震动触发振动传感器后几秒钟内水闸即开始自动关闭。图片由国际海啸信息中心提供。

防波堤（Breakwater）

离岸或沿岸建筑，用于保护港口或海滩免受海啸波袭击，如海墙、水闸、或置于水中的其他水波能量耗散物。



日本修建的带有疏散阶梯的海堤，用以保护沿海城镇免于海啸淹没。图片由日本国土交通省河川局提供。

漩涡（Eddy）

与分子类似，泛指流体团中的“一小团”流体，具有自身一定的完整性和生命史。大量流体的活动是涡旋运动的最后结果。



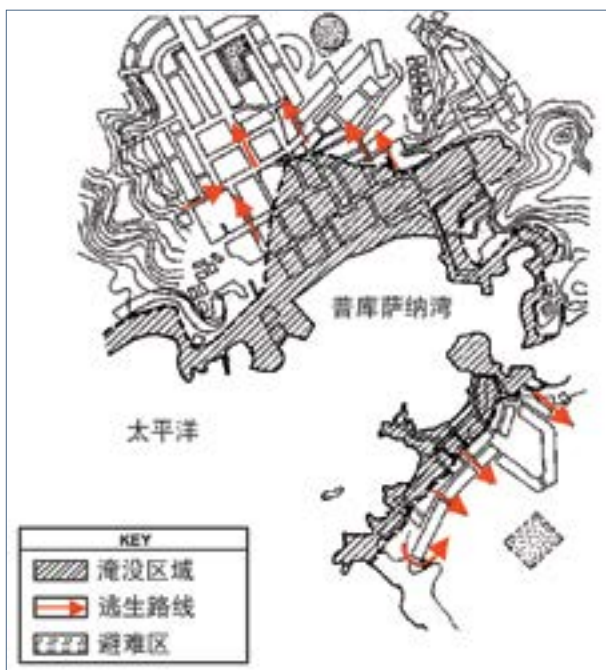
2004年12月26日海啸波冲击斯里兰卡海岸时相互作用形成的漩涡。图片由美国数字全球公司提供

预计到达时间 (Estimated time of arrival, ETA)

海啸从发生源到达某些确定地点所用的时间，通过模拟海啸传播和折射过程进行估算。如果能（在几分钟内）掌握海洋深度和海啸源位置，便可十分准确地估算出预计到达时间。首波不一定最大，但最大波通常是前五个波中的一个。

疏散图 (Evacuation map)

标识危险区域和指示界限的图，人们务须从这些区域疏散以躲避海啸波的危害。有时也指定疏散路线，以确保人们有效地从疏散区转移至避难所。



秘鲁沿海城镇普库萨纳淹没区和紧急疏散图。



日本奥尻岛用于海啸疏散的高台，高台也作为旅游观光台使用。图片由国际海啸信息中心提供。



日本三重县纪势町的紧急庇护建筑物，同时也是社区活动中心和防灾博物馆。该建筑高22米，5层面积共320平方米，可容纳500人。信息来源：<http://www.pref.mie.lg.jp/ENGLISH/>

历史海啸数据 (Historical tsunami data)

在多个地方、以各种形式呈现的海啸历史数据。获取形式包括已出版和未出版的海啸事件目录、个人记叙、验潮仪资料、海啸波幅、爬高及淹没区测量数据、现场调查报告、报刊新闻报道、影片、视频记录等。

概率性海啸危险性评价 (Probabilistic Tsunami Hazard Assessment, PTHA)

对某一特定地点在特定时间段内海啸达到或者超过某一特定规模进行的概率评价。海啸的规模可以各种方式度量，例如：爬高高度、水流深度、近岸海啸高度等。通常这一评估方法会提供不同重现期内的概率，例如从50年到2500年。评价可以针对某一地点、一段海岸线或一片陆地区域（如果包含淹没区）。有关用以进行这一评价技术方面的信息，另请参阅“海啸危险性评价”。

假潮 (Seiche)

在部分或完全封闭水域由驻波激发出的波动。可由长周期地震波（地震）、风、水波或海啸引发生成。

地震海啸 (Seismic sea wave)

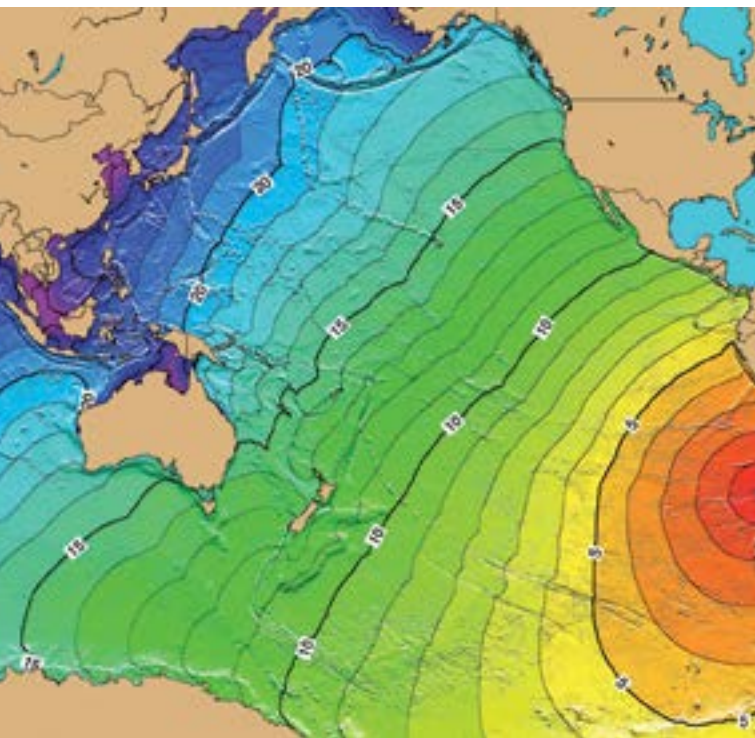
由于海啸经常由地震引发，因此有时也称为地震海啸。

传播时间；走时 (Travel time)

海啸首波由其发生源传播至海岸线某一地点所需的时间。

传播时间图；走时图 (Travel time map)

从震源出发至远方海岸线终点的、海啸等同传播时间等时线或连线的地图。



图为1960年5月22日穿越太平洋海盆的智利海啸传播时间（单位以小时计）。此次海啸对智利近海造成了严重破坏，并在远至夏威夷和日本等地造成了显著的破坏和人员伤亡。这次跨太平洋海啸引起了人们的关注，让人们们跨太平洋海啸有了更多的认识，最终推动了太平洋海啸预警系统（PTWS）的成立。

海啸涌潮 (Tsunami bore)

急陡、汹涌、快速移动的海啸波前锋，通常发生于河口或河口湾。



1946年阿留申群岛海啸进入夏威夷威路亚河的海啸涌潮。图片由太平洋海啸博物馆提供。

海啸灾害 (Tsunami damage)

破坏性海啸导致的损失和危害。具体而言，海啸直接造成的灾害可归纳为以下几种：1) 死伤；2) 房屋遭受毁坏、部分毁坏、淹没、浸泡或烧毁；3) 其他财产损坏损失；4) 船只冲走、损坏或损毁；5) 木材冲走；6) 海上设施遭受损毁；7) 铁

路、公路、桥梁、发电站、水或燃料储藏罐、污水处理厂等公共设施遭到破坏。海啸造成的非直接次生灾害有：1) 房屋、船只、油罐、加油站和其他设施遭到烧毁；2) 漂浮物、石油及危险性散落废弃物造成的环境污染和健康危害；3) 疾病流行性暴发，在人口密集区可能比较严重。



2011年3月11日日本海啸中，日本南三陆地区的钢筋混凝土高层建筑用作垂直疏散避难区，拯救了许多生命。图片由国际海啸信息中心提供。



2011年3月11日海啸将日本大船渡市城区夷为平地。图片由国际海啸信息中心提供。

海啸频散 (Tsunami dispersion)

海啸穿过水体时能量的重新分布，是与其周期相关的一个函数。

海啸边缘波 (Tsunami edge wave)

海啸沿海岸传播形成的海啸波。

海啸前兆波 (Tsunami forerunner)

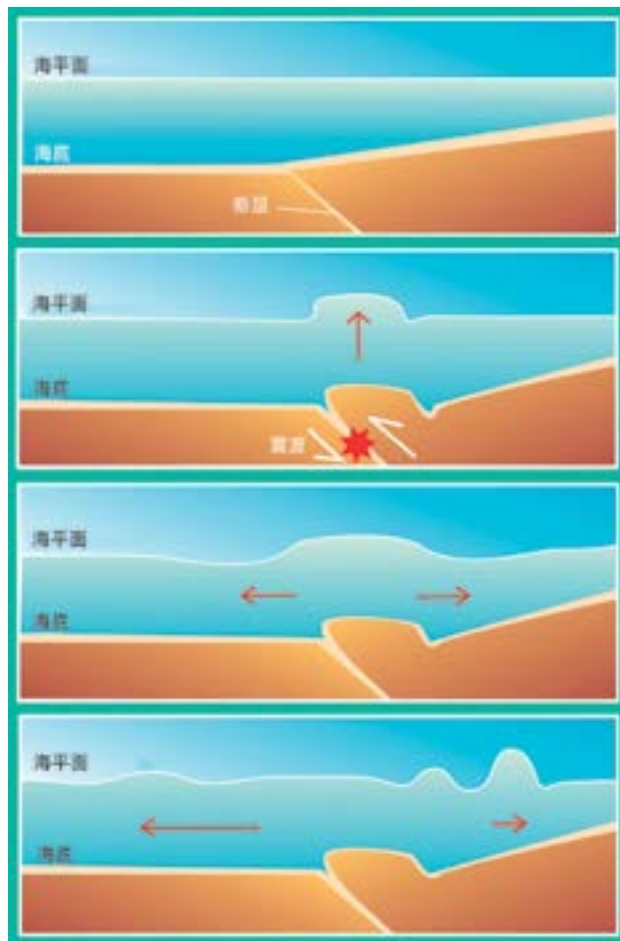
海啸主波抵达前海平面的一系列震荡，主要是主海啸到达前在海湾和大陆架产生的共振所致。

海啸生成 (Tsunami generation)

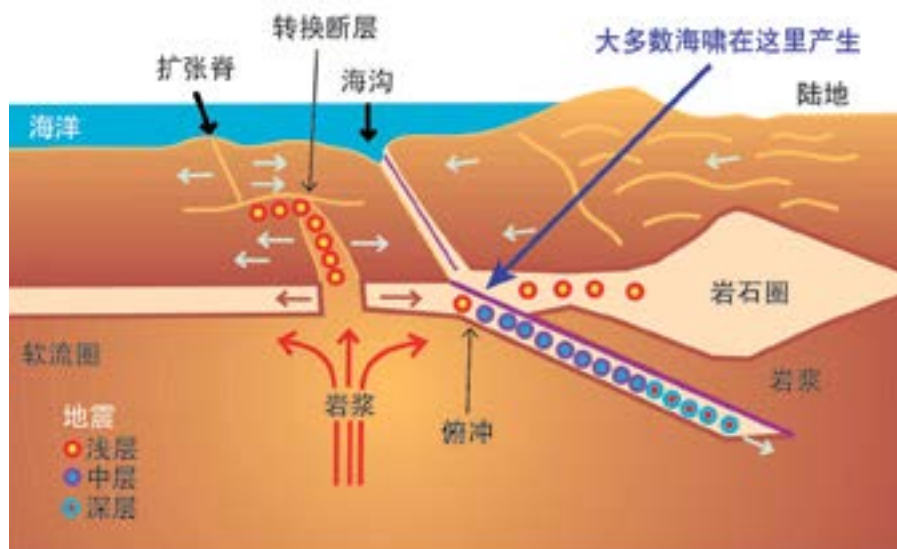
海啸多数是由地震引发，但是也可以由滑坡、火山喷发引起，极少数情况下陨石或其他物体撞击海面也可引发海啸。海啸主要由沿俯冲带浅源地震引起的海底构造位错引发。上冲和下冲的地壳块体将潜在能量传入上方的水体，引起受影响区域海平面的剧烈变化。传入水体中的能量引发海啸生成，即能量以长周期波的形式从发生源向外扩散。



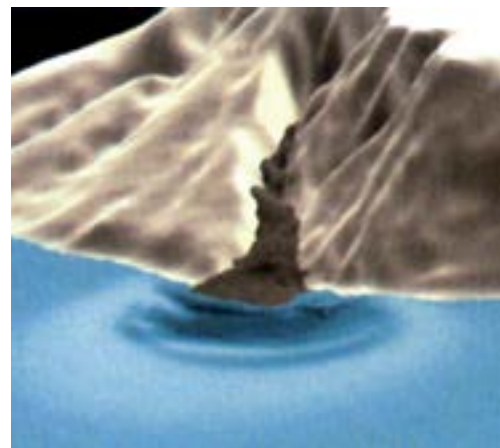
海啸可由海底滑坡或进入水中的陆地滑坡引发。图片由法国地球物理实验室提供。



海啸最常由浅源地震引发。



大多数海啸是由因地壳板块俯冲而产生的大型、浅源、逆冲型地震引发的。浅源地震也沿着扩张脊发生，但这类地震强度尚不足以引发海啸。大型浅源地震也可沿转换断层发生，但因断裂时仅有微小垂直运动，所以不生成海啸。



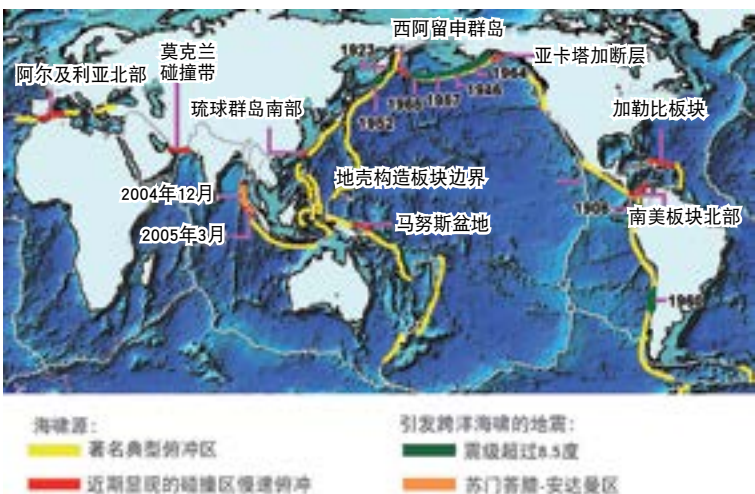
海啸可由火山喷发产生的火山碎屑流引发。图片由法国地球物理实验室提供。

海啸发生机理 (Tsunami generation theory)

在重力场中，发生于弹性固体半空间表面（地壳）弹性流体层（海洋）中的重力波（海啸）发生机理问题，可通过弹性动力学理论的方法进行研究。地震震源产生的海啸源在地壳内部分区域位移的切线方向是非连续的。对地球海洋而言，海啸发生机理在于求解以下两个较为简单的问题：在准静态的弹性固体半空间自由边界区（海底）由已知海啸源产生的形变区生成问题；（前一问题得以解决后）已知的固体海底移动引起的重力波在不可压缩流体里面的传播问题。理论上，重力波参数有赖于发生源参数（深度与走向）。可以大致估计震源向重力波所传递的能量。通常，这一能量与通过实际观察所获得数据做出的估计值是相一致的。另外，海啸也可由其他不同的机制产生，例如：火山爆发、核爆炸、滑坡、落石与海底沉降等。

海啸危险性 (Tsunami hazard)

某一特定规模的海啸袭击某一特定海岸区域的概率。



全球海啸源区。所有大洋和盆地都存在海啸危险，但是太平洋才是发生最为频繁的地方。由于地震无法精确预测，所以海啸的发生可能是在任何地方、任何时间。图片由法国地球物理实验室提供。

海啸危险性评估 (Tsunami hazard assessment)

对于判断沿海某地区人口和财产遭受海啸袭击的风险以及风险等级而言，海啸危险性评估的文献记

载是需要的。进行这种危险性评估需要掌握的知识包括：潜在海啸源（例如地震、滑坡、火山喷发等）、它们发生的可能性，以及形成的海啸在沿海不同地区表现出的各种特征等等。对于沿海社区而言，先前发生海啸（历史海啸和远古海啸）的数据会有助于对这些因素加以量化。然而大多数沿海社区历史数据非常有限、甚至没有。海啸淹没数值模型便可以在局地或越洋海啸地震或局地滑坡发生时，估计将要遭受淹没区域的范围。

海啸影响 (Tsunami impact)

海啸虽然很少发生，却是最可怕、最复杂的物理现象之一，造成过极大的人员伤亡和巨额财产损失。鉴于海啸的巨大破坏性，海啸对人类、社会、经济等社会各个方面都产生过巨大的影响。在过去的3500年里，发生过毁灭性海啸279次，导致死亡人数超过600000。历史上最严重的海啸灾难于2004年12月26日发生在印度尼西亚苏门答腊，造成12个印度洋国家228000人死亡、损失百亿美元。然而，世界上75%的海啸发生在太平洋地区，99%的死亡由局地海啸造成，即传播时间短于1小时的海啸。由于80%的海啸由浅源大地震引起，因此海啸抵达之前的首要危险是地震引起的振动和破坏。



基于数值模型结果预计的智利伊基克港的海啸淹没区。由智利海军海洋测量局供图。

日本沿海地区是世界上人口最多的地区之一，地震活动史较长，整个沿海地区的人口曾遭海啸袭击而毁灭。阿拉斯加、夏威夷群岛、印度尼西亚和南美洲也有过遭受海啸重创的历史。最近一次跨太平洋

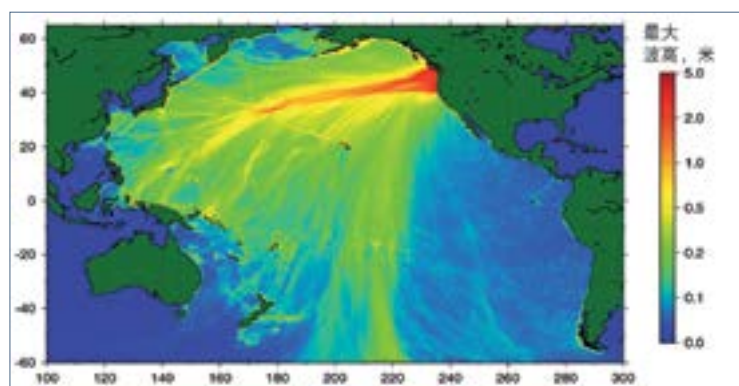
大海啸是2011年3月11日发生的日本海啸，造成日本18000余人丧生，在大洋彼岸也造成2人丧生。

海啸数值模拟（Tsunami numerical modelling）

对所观察到的海啸及其影响进行的数学描述。

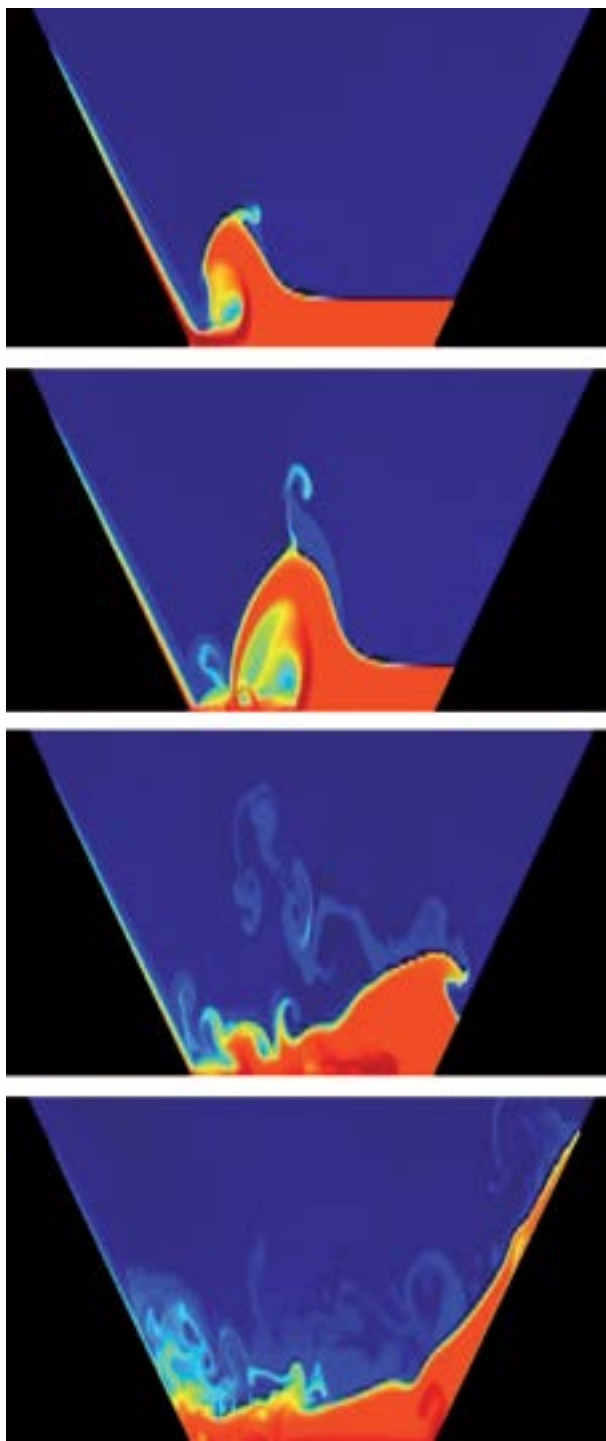
由于以往发生的海啸缺乏足够的观测数据，因而通常确定局地海啸或越洋海啸潜在爬高和淹没区的唯一方法便是采用数值模拟。可以考虑各种情形，模拟近海海啸源或海啸波潜在的最严重海啸情形，确定相应的最大爬高和淹没情况。还可以模拟较小海啸源的情形，了解不太极端、却更经常发生的海啸风险的严重性。这些信息是编制海啸疏散图和实施疏散的依据。目前，这种模拟仅仅涵盖了处于风险中的沿海地区很小部分。直至近几年，数值模拟技术的模拟精度才有了提高，而这些模拟只有经过培训才能理解并正确使用，也需要被模拟地区水深和地形数据作为输入。

近年来，已经采用数值模型用于模拟海啸传播及其与陆地的相互作用。这些模型通常能够解决类似的问题，但常常应用不同的数值技术，并且适用于海啸从其发生地到远方爬高区传播过程这一总体问题的不同方面。例如，已经采用几个数值模型模拟海啸与海岛的相互作用。这些模型采用有限差分法、有限单元法、边界积分法，以求解线性长波方程。通过这些模型可以求解这些相对简单的方程，为工程设计提供合理的海啸模拟结果。



根据发生在卡斯卡迪亚的一次9.0级俯冲区地震计算出的最大海啸波高。日本和其他地方发现的海啸沉积物表明，1700年卡斯卡迪亚大地震如果再次发生，可能引发破坏性远洋海啸，之后进行了此项模拟计算。日本地质调查所佐竹健治供图。

各个海啸预警中心应用数值模型预报海啸波的抵达时间、最大海啸波能的方向、近岸水流强度和沿岸波高。这些重要信息有助于政府应急响应人员在预计受灾最严重地区规划并集中救援工作。



对1958年阿拉斯加利图亚湾因滑坡引起创纪录波高（525米）的局地海啸进行计算的复杂数值模型。这一复杂模型非常接近于在实验室中由实验获得的二阶漩涡和飞溅效应的详细结果。图片由美国洛斯阿拉莫斯国家实验室盖伦·吉斯勒提供。

海啸观测 (Tsunami observation)

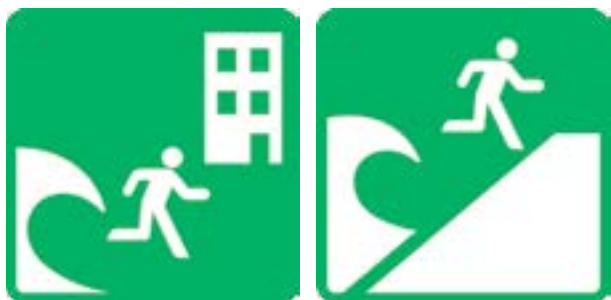
显而易见，指在特定时间点对某一具体地点的海啸造成的海面水位起伏进行的现场观测或测量。



1946年阿留申群岛海啸冲上夏威夷希洛海岸。图片由太平洋海啸博物馆提供。

海啸备灾 (Tsunami preparedness)

为尽量降低未来海啸构成的潜在风险并减弱其影响，由政府部门工作人员和公众所采取的规划、方案、步骤和行动。对于即将来临的海啸威胁进行适当的预警备灾，要求知晓哪些地方可能被淹（海啸淹没图），熟悉预警系统，以便于了解何时疏散、何时可以安全返回。



日本的海啸疏散建筑及安全地带标示，经ISO认证。



美国夏威夷的海啸疏散区标示。



智利海啸疏散路线标示。



2008年经国际标准化组织（ISO）认证的海啸危险标示。



美国华盛顿州的海啸危险区标示。

海啸传播 (Tsunami propagation)

海啸从发生源向四周传播，能量的主传播方向通常垂直于地震断裂带。水深决定传播速度，因此海啸波经过深度不同的海底时，波速时而增大、时而减小，在开阔的深海传播速度为500—1000千米/小时（300—600英里/小时）。相邻波峰的距离可达500—650千米（300到400英里）。然而在开阔的海洋，即使是最具破坏力的远洋海啸，波浪高度通常也不足1米（3英尺），不易察觉。当海啸源区域的方位和尺寸不同而使海啸传播在一个方向的推进力大于其他方向时，或者海啸源区域的海深和地形特征影响海啸波的形状和前进速度时，海啸传播便都会发生变化。具体而言，海啸波在传播过程中会产生折射和反射。海啸的能量由海平面延伸到海底贯穿整个水体，这是海啸独有的特点，而正是这个特点诠释了海啸波所蕴含的巨大能量。



海啸生成9小时后太平洋东南部海啸传播模型。震源：智利安托法加斯塔（1995年7月30日）。图片由法国地球物理实验室提供。

海啸共振 (Tsunami resonance)

海港或狭窄海湾边缘形成的海啸波持续反射和干涉，造成波高放大以及海啸波动持续时间延长。

海啸风险 (Tsunami risk)

某一海岸线受海啸袭击的概率乘以海啸可能造成的破坏性作用和潜在受灾人数。通常，风险等于危险性乘以易损性。

海啸模拟 (Tsunami simulation)

海啸发生、传播、淹没的数值模型。

海啸源 (Tsunami source)

海啸发生的点或区域，通常为导致海水大范围迅速抬升或下降、进而引发海啸的地震、火山喷发或滑坡发生的地方。

海啸波速；浅水波速 (Tsunami velocity; shallow water velocity)

波长远大于水深（即波长大于或等于25倍水深）的海洋波速度，可由下列公式近似表述：

$$c = \sqrt{gh}$$

当：

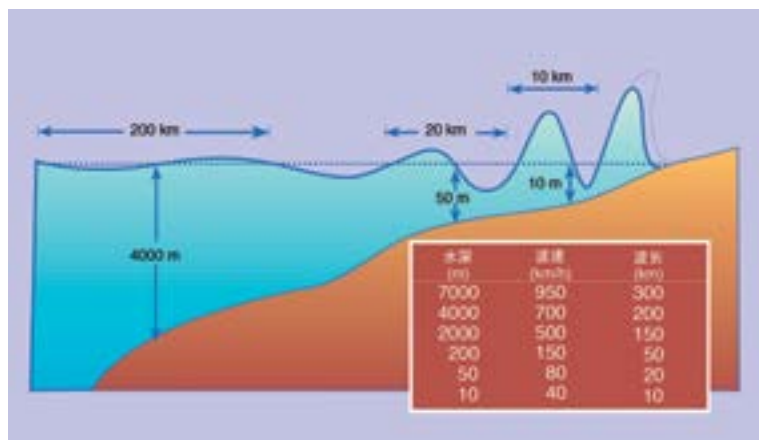
c：波速

g：重力加速度

h：水深

浅水波速与波长L无关。水深在1/2L到1/25L之间时，有必要使用更为精确的表述：

$$c = \sqrt{[(gL/2\pi)[\tanh(2\pi h/L)]]}$$



波高和水深。在开阔的海洋，海啸仅几十厘米高，但在浅水区域，其波高迅速增长。在最深区域海啸波能从水面延伸至水底。当海啸袭击海岸时，能量被压缩形成具有破坏性且威胁生命的短波。

海啸区划 (Tsunami zonation; tsunami zoning)

根据海啸风险等级和易损性对沿海地区进行的区域性划分，服务于灾难预案、规划、建设法规和公众疏散。

诱发海啸的 (Tsunamigenic)

能够产生海啸的。例如：诱发海啸的地震、诱发海啸的滑坡等。



1946年4月1日夏威夷希洛港遭受破坏的情况。阿留申群岛尤尼马克岛近海发生的海啸疾速穿过太平洋，不到5小时即抵达夏威夷。图片由美国国家海洋和大气管理局提供。

3. 调查与测量

本节内容包括用以测量、描述验潮仪所读取和实地考查到的海啸波的术语以及用以描述海啸规模的术语

到达时间 (Arrival time)

首个海啸显著波动到达的时间。

物、树干上的撞击伤疤、树身或电线上的植物残渣或建筑物墙面上的泥迹。海啸淹没高度为水流深度与局地地形高度之和。

波峰长度 (Crest length)

波峰上波的长度。有时也称作波峰宽度 (rest width)。

初升 (Initial rise)

海啸波中第一个极小值波的时间。

下降 (Drop)

与海啸、潮汐或某些长期气候效应相关联的海平面降低。

烈度 (Intensity)

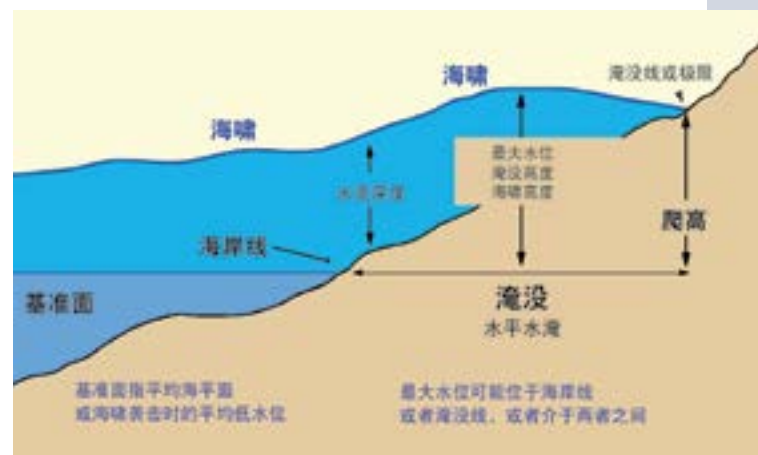
对强度、力度或能量的度量。

消逝时间 (Elapsed time)

首波到达与最大波峰到达之间的时差。

水流深度 (Flow depth)

在某具体地点通过某些水流标识显示的海啸波高出地面的深度或高度，这些标示可以是成堆的垃圾残



淹没；淹没距离 (Inundation; Inundation-distance)

海啸深入内陆的水平距离，通常垂直于海岸线进行测量。



1983年5月26日地震引发的海啸在日本男鹿市水族馆的淹没距离。图片由日本土木研究所宇田孝明提供。

最大淹没距离 (Inundation (maximum))

海啸从海岸线深入内陆的最大水平距离，在受海啸影响的不同海岸或海港进行测量。

淹没区 (Inundation area)

海啸所致海水淹没的地区。



黑暗色部分显示的是1964年阿拉斯加海啸淹没区。图片由国家地球物理数据中心/世界数据系统—地球物理中心提供。

淹没高度 (Inundation height)

在某一淹没距离处，相对于一个即定基准面，比如平均海平面或者海啸到达时的海平面，所测量到的海水达到的高度。淹没高度是水流深度与该地地形高度之和。有时也称为海啸高度 (tsunami height)。

淹没线 (Inundation line)

沿平均海平面 (mean sea level, MSL) 线测量到的海水向内陆浸湿的极限水平界线。有时以存活和死亡植物之间的分界线作为参考。在海啸学科中，也称作海啸爬高陆上极限 (landward limit of tsunami runup)。

首波 (Leading wave)

最先到达的海啸波。有时首波引起海平面初始下降，有时却引起海平面上升。当海平面下降时，可观测到海平面后退。

量级 (Magnitude)

标示一次海啸特性的数值，以便用于相同级别海啸的比较。

平均高度 (Mean height)

滤除潮位因素、从波谷至波峰测得的海啸平均高度。

修订的西伯格海啸烈度等级 (Modified Sieberg sea-wave intensity scale)

1. 非常轻微。波很小，只有通过验潮仪记录才可观察到。
2. 轻微。靠海居住并熟悉大海的人才能注意到海啸波，通常在非常平缓的海岸观测到。
3. 较强烈。一般可察觉到；缓坡海岸被淹；海边的轻型帆船或小船被冲走；坐落于沿海的轻型建筑受到轻微破坏；河流入海口河水向上游倒流一段距离。

4. 强烈。一些海岸被洪水淹没一定深度；人工地表受到轻微冲刷；堤岸和海堤遭到破坏；靠近海岸的轻型建筑遭到破坏；海岸上的实体结构受损；大型帆船和小型船只被冲上海岸或冲走；海岸充斥着漂浮垃圾。
5. 非常强烈。海岸普遍被洪水淹没一定深度；靠海防波堤和实体结构遭到破坏；轻型建筑被摧毁；人工地表受到严重冲刷并散布着漂浮物和海洋生物；除大型船只外，所有其他类型的船只被冲上海岸或卷入大海；河流入海口掀起大的涌潮；港口设施受损；有人员溺死；波涛咆哮而至。
6. 灾难性。离海岸一定距离的人工结构部分或完全破坏；海岸被洪水淹没很深；大型船只严重破坏；树木连根拔起或折断；大量人员伤亡。

溢流 (Overflow)

水流溢出；淹没。

海啸灾后考查 (Post-tsunami survey)

海啸相对很少发生，大多数海啸痕迹不易存留。因此，每次海啸发生后，非常重要的一件事便是快速全面地组织和实施现场调查，收集用于灾害危险性评估、模型验证及海啸减灾其他方面的珍贵的详细数据。

自20世纪90年代初，每次大型破坏性海啸发生后均组织了海啸灾后普查，测定爬高、淹没线，向目击者收集海啸波数、抵达时间和最大波幅等相关数据，评价人类对海啸所作出的反应。普查是在政府间海洋学委员会 (IOC) 和国际海啸信息中心 (ITIC) 与受灾国一道推动与协调下，由国际海啸研究学者 (国际海啸调查团, ITST) 具体实施的。海洋学委员会编写的海啸灾后调查现场指南 (《手册与指南》第37册, 1998年版, 2012年修订版, SC.98/WS/24) 指导调查、明确方法、测量和观测的实施，对数据收集进行标准化。《海啸简报》电子邮件服务已用于快速组织国际海啸调查团调查和共享受影响地区的观测数据。

大海啸之后，物理海洋学家、社会科学家和工程师进行海啸灾后调查，收集信息。

包括爬高、水流深度、淹没、变形、冲刷、建筑及结构所受的冲击、波抵达的描述和社会影响等数据对于更好进行防灾规划、减轻海啸对人民生命财产的影响是非常重要的。图片由康奈尔大学菲利普·刘提供。



2012年国际海啸调查团在萨尔瓦多用激光测距仪测量海啸爬高。图片由国际海啸信息中心提供。

后退 (Recession)

海啸到来之前海平面的下降。海岸线向海里后退，有时后退1千米甚至更多，露出海底、岩石和鱼类。海面后退是海啸即将到来前的自然预警。



夏威夷瓦胡岛北海岸。在1957年3月9日阿留申群岛海啸中，人们没有意识到几分钟内海啸即将返回，却还愚钝地在露出的暗礁搜寻，最终海啸淹没了整个海岸。图片拍摄：山内明美，由《檀香山星公报》供图。

上涨 (Rise)

与海啸、热带风暴、风暴潮、潮汐或其他长期气候效应相关的海平面向上变化或升高。

爬高 (Runup)

1. 海啸深入内陆最大距离（淹没线）处的海拔高度和海啸发生时的海平面之差。在实际情况下，只有在海岸淹没界限有明显痕迹处才可测得爬高。
2. 从平均海平面、平均最低水位、海啸到达时海平面等起算的最大海啸波高度，一般在水平淹没最大的地方进行测量较为理想。未测得水平淹没最大处海拔高度的地方，常称为“淹没高度”（inundation height）。



2004年12月26日印尼苏门答腊海啸中，海啸剥去了班达亚齐森林山岗的植被，留下了明显的海啸爬高痕迹。图片由日本北海道大学西村雄一提供。



爬高也经常通过死亡植物的垂直高度、地面上发现的缠在电线、树木或其他高处的垃圾残物及留在建筑物墙面的水线印记推测出来。极端情况下，车、船或其他重物被提升至高层建筑物顶上。2004年12月26日印度尼西亚班达亚齐市情景。图片由Tetra Tech EMI 公司C·科特尼提供。

爬高分布 (Runup distribution)

沿海岸线测量和观测到的海啸爬高值的数集。

西伯格海啸烈度等级 (Sieberg tsunami intensity scale)

描述海啸烈度的等级，后修订为本书20页所述的“西伯格—安布拉塞斯海啸烈度等级”（Ambraseys, 1962）。

有效波高 (Significant wave height)

某一波群中各最大波高的三分之一的平均值。需要注意，最大波的组成取决于较小波纳入考虑的程度。在波记录分析中，则指选定数量的三分之一最高波中的平均高度，这一数量是由记录数量除以有效周期确定的。也称为“特征波高” (characteristic wave height)。

扩散 (Spreading)

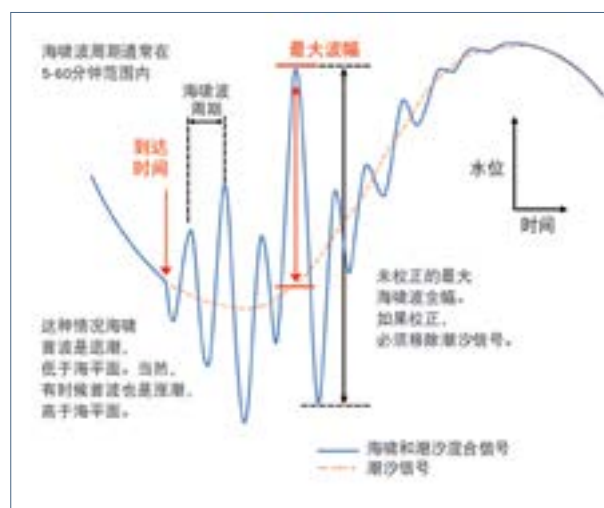
用于海啸波时，指波的能量从海啸源区域出发经过广阔的地理区域进行的传播。由于地球为球状，海啸波在这种远距离地理传播过程中会产生扩散和能量衰减。在与震源形成90度的地方海啸能量再次汇聚。海啸波在整个大洋中的传播主要会因折射作用而发生形态变化；受海啸源的走向、空间特征和几何形状等因素的影响，扩散作用也非常重要。

沉陷；隆起 (Subsidence; uplift)

地震等地质过程中发生的地面下降（沉陷）和上升（隆起）等永久变化。

海啸波幅 (Tsunami amplitude)

通常根据海平面记录测量，指的是：1) 特定的海啸波峰或波谷与未受扰动时的海面水位之差的绝对值；2) 相邻的波峰与波谷之间差值的一半，并通过波峰与波谷之间的天文潮的变化进行修正。意在表示海啸波在大洋某一点的真实波幅。然而，这一波幅常常根据天文潮测量而加以某种程度的修正。



海啸潮汐曲线（海平面）记录。



在印度尼科巴群岛的卡尔尼科巴，2004年12月26日的地震导致1.2米的地面沉降。曾经高于海平面的房屋现在永久地浸入水中。图片由印度金奈的国防部印度海洋发展局沿海和海洋地区综合管理项目提供。

海啸烈度 (Tsunami intensity)

依据观察海啸对人类、包括各种大小的船只在内的物体、建筑物等的宏观影响确定的海啸规模。

最早的海啸烈度等级由西伯格 (Sieberg, 1923) 发表, 之后安布拉塞斯 (Ambraseys, 1962) 修订为6等级烈度表。帕帕多普洛斯和今村 (Papadopoulos & Imamura, 2001) 提出一个新的12等级烈度表, 这个烈度表不需要测量振幅等物理参数, 对海啸影响的差异性很敏感, 详细到每个级别均包含有海啸对人类和自然环境影响的多种可能。这个烈度表有12个级别, 与用来宏观描述地震烈度的《修订的麦卡利烈度表》相似。

海啸量级 (Tsunami magnitude)

依据验潮仪和其他设备对海啸波的测量来确定的海啸规模。

最初这一定义采用具体描述的形式且与烈度较为相像, 运用测量的海啸爬高和波高来量化海啸大小。饭田等人 (Iida et al, 1972) 用以2为底的实际测量最大波高的对数来确定海啸量级, 相应的量级从-1到4:

$$m = \log_2 H_{\max}$$

羽鸟 (Hatori, 1979) 随后在公式中加入距离, 将今村—饭田 (Imamura-Iida) 量级推广到远场海啸。索洛维约夫 (Soloviev, 1970) 提出平均海啸高度可很好地表示海啸大小, 最大量级会在最接近海啸源处测得。今村—索洛维约夫 (Imamura-Soloviev) 量级 I (由索洛维约夫于1972年提出) 在此基础上作了变动。首藤 (Shuto, 1993) 建议在具体影响和破坏发生的地方测量高度 (H), 提出的量级可作为一个定量化的手段来评估海啸的宏观影响。

也有人提出过与计算地震震级相似的海啸量级计算方法, 其中包括阿部 (Abe, 1979) 独创提出的海啸量级公式, M_t

$$M_t = \log H + B$$

式中的H是海啸波中单个波峰或波谷的最大振幅 (单位: 米), B为常数, 也包括羽鸟 (Hatori, 1986) 在公式中增加一个距离参数以适用于远场海啸的提议。

海啸波周期 (Tsunami period)

海啸波完成一个循环所需的时间。海啸波周期的典型幅度是5—60分钟。海啸波周期经常是用水位记录中测得的最大波峰与下一个波峰到达时间之差而测定的。

海啸波长 (Tsunami wavelength)

两个连续波峰之间相似点的水平距离。波长和海啸周期提供海啸源的信息。地震引发的海啸, 典型波长在20—300千米之间。滑坡引发的海啸, 波长很短, 从数百米到数十千米。

最大水位 (Water level, maximum)

海啸发生时局地最高水位标志高度与海平面高度之差。这与最大爬高不同, 因为水位标志常常不是在海啸淹没线处观测得到, 而可能是在建筑物或树干的半腰。也称作淹没高度 (inundation height) 或海啸高度 (tsunami height)。

波峰 (Wave crest)

1. 波动中最高的部分。
2. 波动中高出静水位的部分。

波谷 (Wave trough)

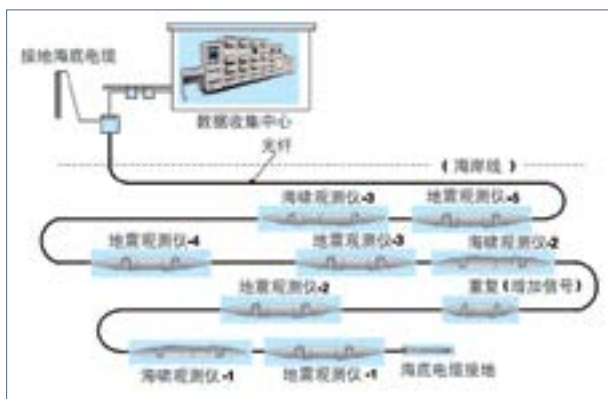
波动中的最低部分。

4. 潮汐、验潮仪、海平面

本节内容包括描述海平面及海啸监测仪器相关的术语

有缆海底监测系统（Cabled ocean bottom instrument）

布放在海底的仪器，通过与陆地连接的线缆提供测量所需能源并将数据从海底传送到海岸。电缆可向沿岸或海洋中延伸数十千米，可使装备有多种传感器的海底观测站能够进行长期的海底监测。电缆系统上面的传感器有观测地震的地震仪、观测海啸的灵敏压力计、观测海底变形的大地传感器和摄像机等。日本已在使用数套海底电缆系统。



监测地震和海啸的海底电缆系统原理图。日本气象厅供图。

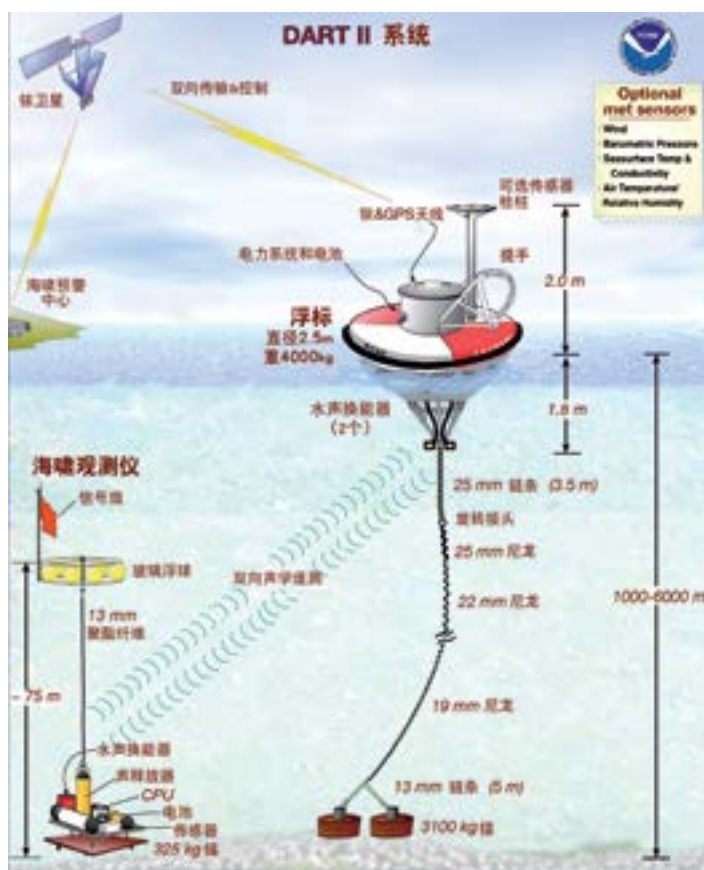
等潮的（Cotidal）

表明与潮汐相等的或与高/低潮同时发生的。

深海海啸监测与记录系统（Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis, DART®）

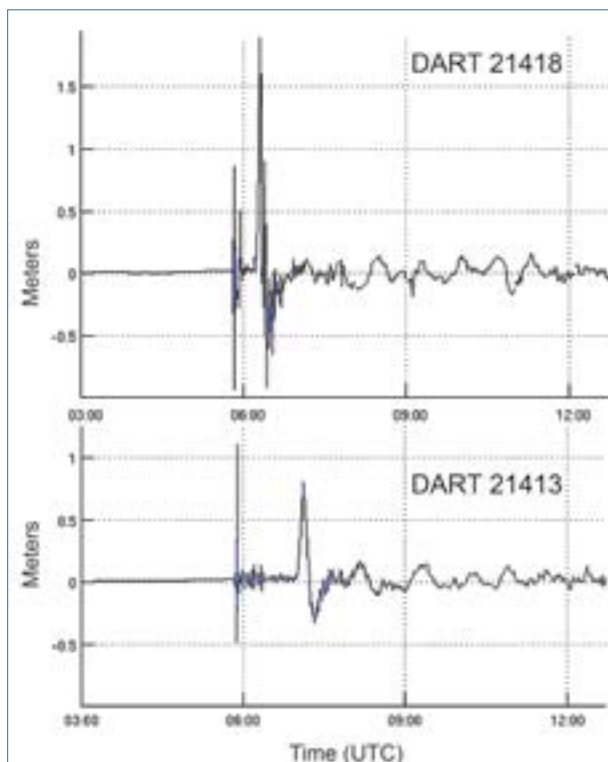
用于在开阔海洋中早期探测、测量和实时记录海啸的一种仪器。该仪器系统由美国国家海洋大气局太

平洋海洋环境实验室开发，包括能够探测小至1厘米海啸波的海底压力记录器系统和用于实时通讯的锚系浮标。海底传感器和海面浮标之间通过声学手段进行数据传输。数据通过卫星转发到地面站，经处理后立即发送到美国国家海洋大气局海啸预警中心。该系统所获得的数据与先进的数值模拟技术一道，构成海啸预报系统的重要组成部分，将能够提供海啸影响岸段的定点预报。



GPS 测波仪 (GPS wave gauge)

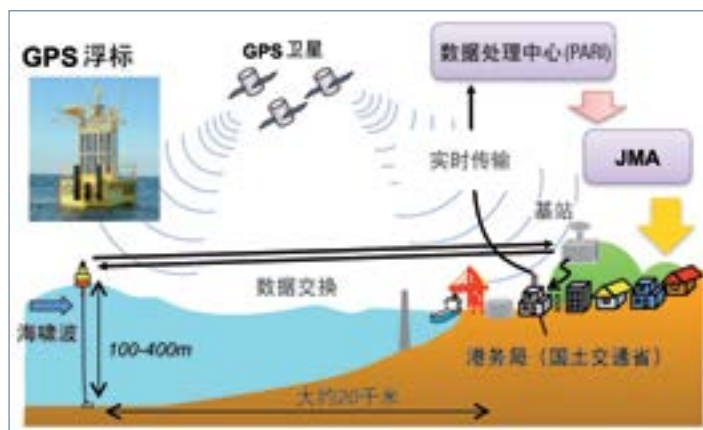
系泊在距离海岸约20千米处、带有全球定位系统 (GPS) 的水面浮标, 采用带有地面基站的实时运动学全球定位系统 (RTK GPS) 技术监测海平面变化。定位浮标用作海啸到达海岸之前对其进行监测的海浪测量仪。日本自2008年起运用该系统; 到2012年, 日本国土交通省港湾局已有15个定位浮标。全



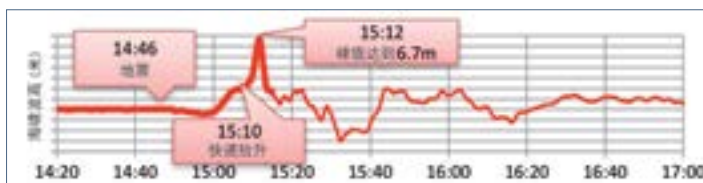
位于东京东北450海里的DART记录系统21418号记录器记录到的2011年3月11日海啸。最大海啸波振幅为1.8米, 于地震后33分钟测得。记录中海啸波第一次到达源自地震震动。图片由美国国家海洋和大气管理局提供。

球定位系统数据传至地面, 经港湾空港技术研究所 (PARI) 实时处理后, 传送至负责海啸监控和预警的气象厅。在2011年日本东北地区海啸中, 日本气象厅监测到了近海海啸并对日本发出海啸警报。

距离东京湾入口50千米外海水下50米的验潮仪测得的海啸潮汐图 (上图)。在岸边测得的海啸潮汐图 (下图)。海啸抵达海岸之前约40 分钟 (箭头) 即由外海的验潮仪记录到。外海海底电缆压力传感器由日本港湾局开发, 由日本气象厅使用。



日本国土交通省在日本周边设置的监测海浪的15个全球定位浮标系统。



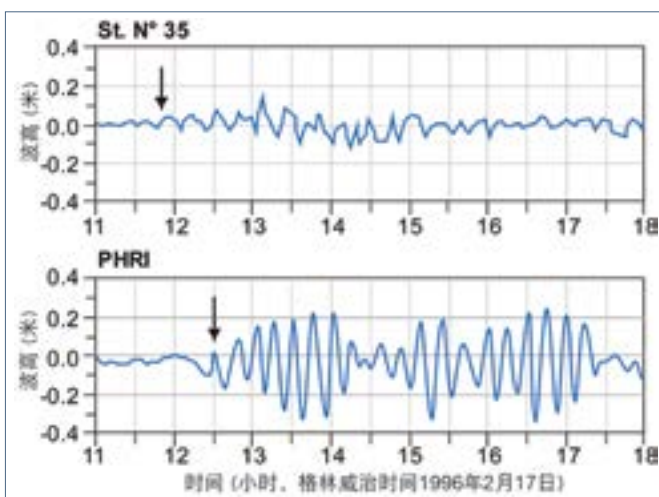
釜石港近海水深204米处设置的全球定位系统浮标记录到2011年东北大地震引发的海啸首个波峰为6米。图片由日本国土交通省提供, 港湾空港技术研究所处理。

低水位 (Low water)

潮汐周期中到达的最低水位。俗称低潮位 (low tide)。

潮汐曲线 (Mareogram; Marigram)

1. 验潮仪的观测记录。
2. 表示海平面升高和下降的曲线, 以时间为横坐标、高度为纵坐标, 通常用于测量潮汐, 也可显示海啸波。



验潮仪 (Mareograph)

记录海平面变化的观测仪器。也称作验潮计或潮位仪 (mareograph; tide gauge)。

平均海平面 (Mean sea level)

在开阔海岸或与其与大洋相连通的相邻水域，每小时潮汐高度的算术平均值，在一些具体规定的时间段测得；常用作大地测量基准。在美国，平均海平面定义为19年期间潮汐所有阶段海面高度的平均值。

可能最大水位 (Probable maximum water level)

在所涉及地区可能出现的水文气象、地球地震和其他地球物理因素最危险组合（除去一般风浪的影响）下可能的水位，这些因素均被认为会对当地产生最不利的影响。这一水位表示水体对于一些最可能发生的现象做出的物理反应，例如飓风、移动蛇线、其他风暴气象、海啸、天文潮等，再加上周围一些危险性大到无法超越的水文地质条件等。

参考海平面 (Reference sea level)

大地测量基准点之间的观测高度差异经过最小二乘法调整以确定正高程，此过程需要参考一个通用垂直参考面，即参考海平面。采用这种方法，测绘机构垂直控制系统的所有基准点高度均实现统一并可直接对比，以确定与大地测量参考系统中无法用大地水准测量线直接相连的基准点高差。广泛采用的参考海平面使建立这种重要的垂直大地测量控制系统成为现实。

折射图 (Refraction diagrams)

以水深、波传播方向、分束角及两个相邻波束的波束频散作为输入、模拟生成波正交路径、折射系数、波高和传播时间。

海平面 (Sea level)

对照某基准面，例如平均海平面，测得的某一时刻海面高度。

海面台站 (Sea level station)

包括用以测量海面高度的潮位仪、用以获取海面水位信息并将其数字化和归档的数据采集平台、用以将数据从测站传输到数据采集中心的传输系统。数据采集和传输的技术指标取决于具体的应用需求。全球海平面观测系统 (GLOSS) 计划负责一个全球海面台站核心观测网。监测局地海啸，需要1秒钟采样间隔的实时数据流。对于越洋海啸，各预警中心可提供近实时数据（至少每1分钟采样、每15分钟传输），能够满足海啸预警的需求。海面台站也用于长期海平面变化和气候变化研究，这些研究中的一个重要的条件就是需要通过勘测技术获得各台站的精确定位。



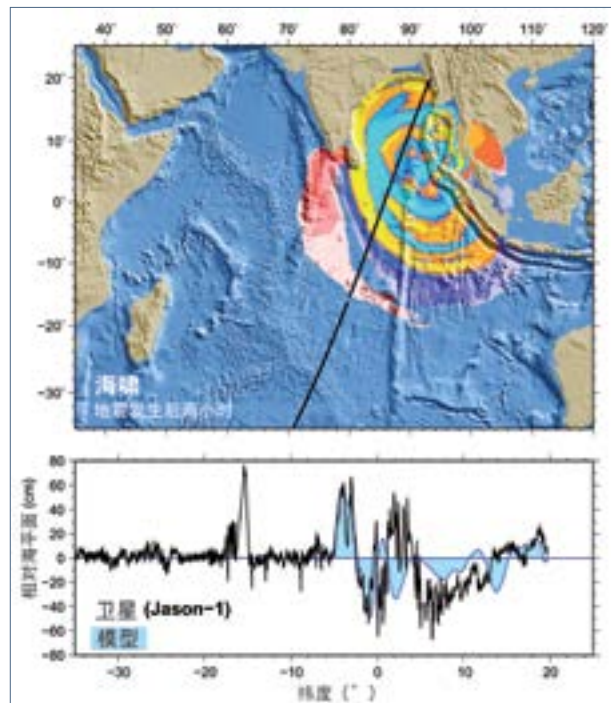
库克群岛阿瓦鲁阿港拉罗汤加海面台站。支柱上安装有玻璃纤维电子包 (a)、天线 (b)、太阳能电池板 (c) 等。导线管 (d) 内有连接位于低潮水位以下5英尺水深处的传感器和位于上方并装有上述电子元件的信息收集平台的电缆，导线管从外面连接在内装传感器的管子 (e) 上面。



全球海平面观测系统海面台站运用多种设备观测海平面，包括测量海平面的俯视雷达。图为毛里求斯路易港。图片由夏威夷大学海平面中心提供。

海面高度 (Sea Surface Height)

卫星测高仪监测海面高度 (SSH)，并且可在卫星轨道正处于海啸上方时记录海啸传播的快照。在2004年印度洋海啸和2011年日本东北海啸中，数颗卫星分别捕捉到了海啸经过印度洋和太平洋的快照。



2004年12月26日地震后2小时，杰森1号卫星上的雷达测高仪拍摄的当日印度洋海啸快照。图片下部是依据卫星数据由MOST模型进行的计算显示最大振幅约60厘米。图片由美国国家海洋和大气管理局提供。

海啸破坏整个沿海地区的设施。设置在智利塔尔卡瓦诺的这台海面观测仪由智利海军用来监测了2010年2月27日的智利海啸。2011年3月11日的日本海啸中有七个台站被摧毁或损坏，六个台站无法传送数据，致使日本气象厅无法完全监测海啸的严重后果。图片由罗德里戈·努涅斯冈拉克提供。



潮波 (Tidal wave)

- 1) 潮汐的波动。
- 2) 常被误用于描述海啸、风暴潮、或其他与潮汐无关的海洋沿岸异常高的具有破坏性的海面变化。

潮汐 (Tide)

海洋或与海相连的水体（如河口、海湾）中，海面（或水面）的周期性升降，地球大部分海区通常为一天两次，因月球（太阳的作用次之）对旋转的地球表面不同海域的引力存在差异而形成。

潮汐振幅 (Tide amplitude)

连续高潮与低潮高度差的一半，即潮差的一半。

潮位仪 (Tide gauge)

测量海平面相对于基准面变化的设备。

验潮站 (Tide station)

记录潮汐观测数据的台站。

海啸观测仪 (Tsunami meter)

在开阔大洋对海啸进行初期探测、测量和实时报告的仪器，有时也称海啸观测计 (tsunamimeter)。DART 系统和深海压力传感系统均属于海啸观测仪。

5. 海啸预警体系：名称缩写与组织机构

联合国教科文组织政府间海洋学委员会（IOC）全球海啸预警与减灾系统与若干组织结成伙伴关系并使用特定的缩写与词汇来描述体系管理、服务设施和不同海啸产品

GLOSS (Global Sea-Level Observing System)

全球海平面观测系统。全球海洋观测系统（GOOS）的组成部分。联合国教科文组织（UNESCO）政府间海洋学委员会（IOC）于1985年建立该系统，旨在改善海面观测数据质量，用于海平面长期变化的研究。系统由大约300个分布在大陆沿海和多个群岛的台站构成核心网络。该观测系统的网络也为海啸预警提供水位监测数据。其最低运行标准为：数据采样间隔1分钟，数据传送间隔15分钟。

GOOS (Global Ocean Observing System)

全球海洋观测系统。全球海洋观测系统是一个对海洋要素进行观测、模拟和分析的常设全球系统，为全球业务化海洋学提供支持。该项目旨在提供包括生物资源在内的海洋现有状况的精确描述；对海洋未来状况做出预报；为气候变化预测提供基础数据。该系统的项目办公室成立于1992年，设在巴黎的政府间海洋学委员会（IOC）总部，为全球海洋观测系统的落实提供援助。

GTS (Global Telecommunications System)

全球通信系统。隶属于世界气象组织（World Meteorological Organisation, WMO），直接连通全球各国气象和水文服务机构。该系统广泛用于近实时传输海平面数据，支持海啸的监测，也与其他稳固的通信方法一道，用于海啸预警信息发布。

ICG (Intergovernmental Coordination Group)

政府间协调组。作为联合国教科文组织政府间海洋学委员会的附属机构，协调组旨在促进、组织、协调区域性海啸防灾工作，包括及时发布海啸预警。为了实现这一目标，需要区域内各国的国际和国家地震、海平面、通信和传播设施的参与、合作和贡献。协调组由区域内各成员国组成，目前包括太平洋、印度洋、加勒比海及邻近海区、东北大西洋、地中海及邻近海域的海啸预警和减灾系统。（<http://www.ioc-tsunami.org/>）

ICG/CARIBE-EWS (Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami and other Coastal Hazards Warning System for the Caribbean and Adjacent Regions)

加勒比海及邻近海区海啸与海岸灾害预警系统政府间协调组。该协调组经2005年政府间海洋学委员会大会第二十三届会议第14号决议（XXIII-14）决定建立，其成员主要包括泛加勒比海地区的海洋学委员会成员国和区域组织。海洋学委员会加勒比分委员会从1993年开始协调工作，由有关专家制订了泛美洲海啸预警系统建设的详细提议，并在2002年举行的政府间海洋学委员会大会上获得批准。

ICG/IOTWS (Intergovernmental Coordination Group for the Indian Tsunami Warning and Mitigation System)

印度洋海啸预警系统和减灾系统政府间协调组。2005年经政府间海洋学委员会大会第二十三届会议第XXIII-12号决议决定建立。协调组秘书处目前设在澳大利亚佩思，目前共有28个成员国。



印度尼西亚苏门答腊班达亚齐。2004年12月26日的海啸将其沿岸城镇和村庄完全夷为平地，曾经是家庭、办公和绿化空间的繁荣社区仅留下了泥沙和海水。图片由数字地球提供。

ICG/ITSU (International Coordination Group for the Tsunami Warning System in the Pacific)

太平洋海啸预警系统国际协调组。1965年政府间海洋学委员会大会第四届会议第IV-6号决议决定建立该国际协调组。2005年政府间海洋学委员会执行理事会第EC-XXXIX.8号决议将其更名为“太平洋海啸预警与减灾系统政府间协调组”（ICG/PTWS）。

ICG/NEAMTWS (Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas)

东北大西洋、地中海及邻近海域海啸早期预警和减灾系统政府间协调组。由2005年政府间海洋学委员会大会第二十三届会议第XXIII-14号决议决定建立。成员主要包括东北大西洋沿岸、地中海及邻近海域内或附近的海洋学委员会成员国。现有39个成员国。

ICG/PTWS (Intergovernmental Coordination Group for the Pacific Tsunami Warning and Mitigation System)

太平洋海啸预警和减灾系统政府间协调组。其前身为“太平洋海啸预警系统政府间协调组”（ICG/ITSU），经2005年政府间海洋学委员会执行理事会第二十届会议（第ITSU-XX.1号建议）提议，由委员会第EX-XXXIX.8号决议决定于2006年更名。现有46个成员国。

IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO)

联合国教科文组织政府间海洋学委员会。联合国系统海洋科学和海洋服务协调中心，职能是推动“研究、服务及能力培养等领域的国际合作与计划协调，更好地了解海洋及沿海地区的特性与自然资源，并将此知识应用于改善海洋环境的管理、保护和可持续发展，以及成员国的决策当中”。委员会通过知识、信息、技术的分享和国家规划的协调，协助各国政府处理各自或共同的海洋和沿海出现的问题。（<http://ioc-unesco.org/>）

ITIC (International Tsunami Information Center)

国际海啸信息中心。1965年11月，联合国教科文组织政府间海洋学委员会大会成立国际海啸信息中心，为太平洋海啸预警系统国际协调组服务。在印度洋、大西洋、加勒比海、地中海地区及其他大洋和边缘海区，为成员国建立全球性海啸预警及防灾系统提供技术和能力培养援助，并且作为成立最早的海啸信息中心，协助其他地区中心的建立。在太平洋，该中心监督太平洋海啸预警系统（PTWS）的工作并提出改进建议；在有志于建立区域或国家海啸预警系统的成员国之间协调海啸技术的转让；充当风险评估和减灾行动的信息交流中心；与世界地理数据服务中心合作，收集历史事件数据；负责制作、出版、传播海啸教育备灾材料。（<http://www.tsunamiwave.info>）

ITSU Master Plan

太平洋海啸预警系统总体规划。海啸预警系统（TWS）的关键性长期指南。规划提供了构成海啸预警系统基本要素的总结、现有组成部分的描述以及为降低海啸风险而需要改进的活动、数据集、方法和步骤的概要。1989年，太平洋海啸预警和减灾系统政府间协调组发布总体规划第一版，2004年发布第三版（IOC/INF-1124 REV）。

(http://www.unesco.org/ulis/cgi-bin/ulis.pl?catno=117788&set=50C4D77D_0_77&gp=1&lin=1&lol=1)

IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics)

国际大地测量与地球物理学联合会。成立于1919年的非政府科学组织，致力于推动与协调地球与太空环境研究。该联合会于1960年建立的海啸委员会，是关注海啸各个方面的国际科学家的组织，科学家们的研究内容包括改善对海啸产生、传播和近岸爬高动力机制的认识，以及海啸对社会的影响等。(http://iugg.org)

JMA (Japan Meteorological Agency)

日本气象厅。于1952年设立海啸预警机构。日本气象厅现在负责日本的全国海啸预警系统，每天24小时持续监测日本所有的地震活动并及时发布地震和海啸信息。2005年，气象厅开始运行西北太平洋海啸咨询中心（NWPTAC）。该中心与太平洋海啸预警中心密切协作，为日本和西北太平洋周边各国提供可靠的海啸信息，并为南中国海区域提供临时服务。从2005年到2012年，日本气象厅和太平洋海啸预警中心还为印度洋提供了临时服务。

(<http://www.jma.go.jp/jma>)

NTWC¹ (National Tsunami Warning Centre)

全国海啸预警中心。由各国政府指定，根据国家统一操作步骤在其国内对海啸进行监测并发布海啸警报的中心。

1. 由通过的第EC-XLVII, Dec.3.2.1号决定对定义进行更新。

Operational Users Guide for the Tsunami Warning System

海啸预警系统用户使用手册。手册包含管理与使用的服务和步骤的概要，其中包括监测预警中心使用的数据网络、海啸信息报告与发布标准、采样信息、信息接收者的信息、信息传送方法等，也可能包含帮助用户了解所发行产品的背景信息。在太平洋地区，原先称为“海啸预警系统通信计划”（TWSP）。

PTWC (Pacific Tsunami Warning Center) and US NTWC (US National Tsunami Warning Center)

太平洋海啸预警中心与美国全国海啸预警中心。美国国家海洋和大气管理局于1949年在夏威夷伊娃海滩建立了理查德·H·海格曼太平洋海啸预警中心（PTWC；<http://ptwc.weather.gov>），作为太平洋海啸预警系统的预警业务总部，与各分地区中心和国家中心紧密合作，监测和评估可能发生的海啸地震。中心为环太平洋国家提供越洋海啸国际预警通报，并为夏威夷和美国太平洋岛屿发出预警。2005年—2012年，中心为印度洋地区提供了临时服务，并从2005年开始为加勒比广大地区提供服务。隶属于美国国家海洋和大气管理局的西海岸和阿拉斯加海啸预警中心（WCATWC）创建于1964年，为美国大陆、波多黎各、美属维尔京群岛、英属维尔京群岛和加拿大提供预警服务，作为太平洋海啸预警中心的补充。自2013年10月1日起，西海岸和阿拉斯加海啸预警中心（WCATWC）更名为美国全国海啸预警中心（US NTWC）。(<http://ntwc.arh.noaa.gov>)



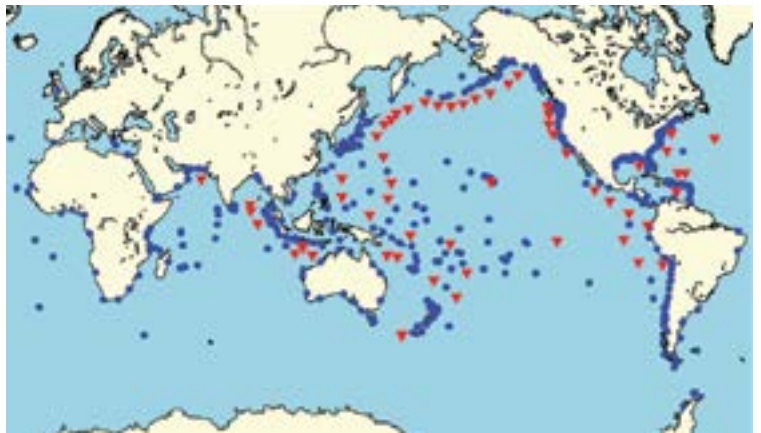
位于美国夏威夷伊娃海滩的太平洋海啸预警中心设施。



太平洋海啸预警中心业务区。



太平洋海啸预警中心使用的全球地震台网图（2012年11月）。



太平洋海啸预警中心使用的全球海平面监测网络图（2012年10月）。点代表沿海海平面监测站，三角形表示DART深海监测站

RTSP [Regional Tsunami Service Provider]

区域海啸服务中心。为印度洋各国国家海啸预警中心（NTWC）提供及时的地震信息、海啸预报和其他信息的印度洋海啸预警系统（IOTWS）业务中心。该中心在其从事业务的国家，也同时扮演国家海啸预警中心的角色。中心通过安全的通信方法与各国国家中心共享海啸危险性评估信息，国家中心则将国家海啸预警情况汇报区域海啸服务中心。截至2012年11月，获得授权的已有澳大利亚、印度和印度尼西亚三个中心。

TBB [Tsunami Bulletin Board]

海啸公告板。国际海啸信息中心主办的电子邮件列表服务，为与海啸和海啸研究相关信息的公布和讨论提供公开客观的科学论坛。公告板为海啸研究者和其他技术专业人士提供服务，促进海啸信息、最新研究调查、会议通知、出版及其他海啸相关材料的广泛传播。欢迎所有海啸公告板成员发布信息。信息不做审核修改即刻发布。在迅速组织海啸灾后调查、分享调查结果、筹划海啸研讨会和讨论会的过程中，公告板提供了极大的帮助。公告板成员会自动收到太平洋海啸预警中心（PTWC）和西海岸和阿拉斯加海啸预警中心（WCATWC）发布的公告。

TER (Tsunami Emergency Response)

海啸应急响应。描述海啸预警联络点（TWFP）（一般为国家海啸预警中心）发出通告后相应机构为确保公众安全所采取的措施。海啸应急响应包括应急响应和采取行动的“标准操作流程”、所涉及的组织机构和个人及其在应急响应中的角色及职责、联络信息、采取各种应急响应行动的时间表和紧迫程度、向普通公众和特殊人群（身体和心理障碍人员、老人、过往旅客和海上人口）发布警报信息的方式。对于海啸应急响应，重中之重是应急行动和公众信息发布的快速、高效和简明扼要。“海啸应急响应预案”也应包含搜寻和救援、救灾、心理康复、恢复重建等灾后行动和职责。



1986年阿留申群岛地震时，太平洋海啸预警中心发布海啸预警，夏威夷应急机构疏散了沿海低洼地区所有居民。夏威夷瓦胡岛威美亚湾。图片由《檀香山星公报》提供。

TNC (ICG Tsunami National Contact)

政府间协调组国家海啸联络人。由成员国政府指定代表国家协调国际海啸预警与减灾行动的个人。此人是国家海啸预警和防灾系统计划主要利益相关方成员；也可作为国家灾害管理机构、技术或科学研究机构、或其他海啸预警和减灾职责机构的“海啸预警联络人”。

Tsunami All-Clear

海啸解禁。海啸预警解除后，当公众可安全返回疏散区时，当地政府（而非海啸预警中心）向公众发布解禁通告。由于在海啸中当地环境发生很大变化，解禁将取决于破坏等级，且各地不同。通常在收到海啸预警解除后至少2小时内未遭受破坏性海啸波的地区，政府机构会发布解禁通告，除非海啸预警中心再次通报（明显的余震等）海啸预计到达时间，或当地环境引起持续的假潮，或在海峡和海港有特别强的水流等需要继续维持海啸预警状态。建筑物和关键性基础设施的局部破坏和/或火灾或有毒材料泄露带来的次生破坏可能会持续推迟解禁通告的发布。

Tsunami Forecast

海啸预报。预先对海啸灾害特性进行的定量估计。可以预报的特性包括首波抵达时间、最大波抵达时间、海啸波最大波幅、海啸灾害持续时间等。预警中心根据数值模拟结果发出预报。这些数值模型可包括传播时间模型、传播模型、淹没模型。所有模型均在假设的基础上建立，主要是基于海啸源的假设，这一假设或可在海啸预报中带来误差。当有海啸观测结果时，可在此基础上建立模型，使预报更为准确。对于地理分区或者根据国家内部地缘政治区划，可在预报点发布海啸预报，以便就海啸威胁提供详细建议。

Tsunami Forecast Point

海啸预报点。海啸预警中心或其他组织所处的位置；对海啸抵达时间和/或波高进行估计。预报点可与重要沿海城市或人口密集区和/或海平面观测站位置相重合。

Tsunami Threat Levels

海啸危险等级。根据海啸可能对人群、建筑物和陆地或近海海洋生态系统造成的危害和影响，描述海啸危险等级。根据危险等级，国家海啸预警中心（NTWC）可发布预警、关注、公告、信息简报或声明等。

陆上淹没危险。威胁陆地的海啸，可淹没沿海社区，如果对陆上造成重大威胁，则会造成严重破坏。陆上危险存在时，人们应立刻从海啸危险区疏散。

近岸危险。威胁近岸的海啸，可在沿海水域产生强水流。近岸危险存在时，人们应上岸并远离开阔水域和水道。

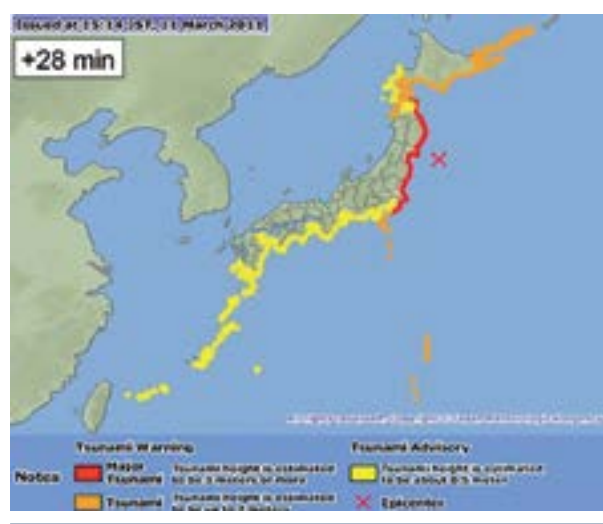
没有危险。无灾害性海啸威胁，预期不会带来损失。

Tsunami Warning

海啸预警。海啸预警是国家海啸预警中心发布的表示海啸危险即将到来的警报，可根据不同的海啸危险等级进行发布。例如，低等级海啸危险具有海水水位微小变化以及强烈洋流的特征，仅危及海滩、港口及海洋娱乐设施。对于高等级海啸危险，则可预计有猛烈海流伴随着大振幅波即将到来，并有可能淹没大片区域，将多数沿海建筑物完全摧毁。首波抵达后，危险的海啸波可持续数小时。

不同的预警等级，需要应急官员和处于危险中的公众采取不同类型的应对措施。发布高等级海啸预警时，公众采取的合理安全措施包括：沿海低洼地区人群疏散，时间充足时将船只移至深水等。预警可以更新、调整地理位置、降级或者取消。为尽早发布警报，初期预警一般只根据地震信息发布。危险等级的命名因国家而异，主要取决于各国的语言及其用以描述像气象灾害等其他灾害的标准命名。

日本有66个沿海预报区域，预报具体针对每个区域发布。依据海啸高度，预报划分为三个威胁等级（大海啸预警、海啸预警、海啸警告）。



日本气象厅海啸预报区（左）和2011年3月11日日本海啸预警（右）。9.0级地震发生后28分钟，整个日本东海岸都发布了预警，北部地区发布大海啸预警，其他太平洋沿岸地区发布海啸预警或海啸警告。2天3小时12分钟后所有预警及警告才解除。

Tsunami Warning Cancellation

海啸预警解除。破坏性海啸波不再涌上海岸时，解除预警。在大多数监测站，海平面记录显示海啸已低于破坏等级并继续下降时，发布预警解除。



2009年9月29日萨摩亚群岛海啸在震后11分钟淹没了帕果帕果港，14分钟后第二波登岸，将船推上岸边建筑物屋顶。美属萨摩亚。图片由R·马德森提供。

TWC

海啸预警中心。向应急响应机构和/或公众发布及时海啸信息的机构。国际海啸预警中心发出的信息是向某一国家的海啸预警联络点（TWFP）提供的公告，而国家海啸预警中心（NTWC）发出的信息则是向国家的官方应急机构提供的公告。国际海啸预警中心通过全球数据网络，为可能受越洋或区域海啸影响的成员国监测海啸并向其提供海啸信息，通常能在地震发生后10分钟内发布信息。局地海啸预警中心监测海啸并提供可能在几分钟内来袭的局地海啸信息。局地海啸预警中心必须拥有连续、实时、密集的数据网络，以便在数秒钟之内确定地震特征，并在数分钟之内发布预警。

国际海啸预警中心（ITWC）的一个范例是为太平洋地区提供国际海啸警报的太平洋海啸预警中心。区域国际海啸预警中心则包括日本气象厅管辖的西北

太平洋海啸咨询中心（NWPTAC）和美国国家海洋和大气管理局管辖的西海岸和阿拉斯加海啸预警中心（WCATWC）。这些预警中心同智利、法国、俄罗斯的长期性国家预警中心一道，也作为各国的国家海啸预警中心为其本国提供海啸预警。

在印度洋海啸预警系统（IOTWS）中，区域海啸服务中心（RTSP）通过安全的公共服务系统为国家海啸预警中心发布海啸结果。在太平洋海啸预警系统（PTWS）和加勒比海及邻近海区海啸与海岸灾害预警系统（CARIBE-EWS）中，太平洋海啸预警中心（PTWC）、西北太平洋海啸咨询中心（NWPTAC）及西海岸和阿拉斯加海啸预警中心同时向海啸预警联络点（TWFP）和公众发布海啸结果。东北大西洋、地中海及邻近海域海啸早期预警和减灾系统（NEAMTWS）中，区域海啸预警中心为国家海啸预警中心和海啸预警联络点发布海啸结果。

Tsunami Warning Centre Products

海啸预警中心产出。海啸预警中心发布四类基本信息：1) 大地震发生、但只有很小或没有海啸危险时发布的信息公告；2) 海啸威胁即将到来时发布的局地、区域或整个大洋警戒关注、警告或预警公告；3) 破坏性海啸结束时发布的海啸解除公告；4) 为系统的常规测试而发布的海啸通信测试信息。海啸信息应包括对应急机构制定决策有用的信息，即海啸的紧迫性、严重性、确切性及其将会影响的区域。为尽早发布警报，初始预警发布基本上仅限于传播较快的地震信息，特别是地震位置、震级、震源深度。海啸信息根据需要定期更新，或在威胁过后解除。

海啸信息应有前后一致的结构形式，并应包含下列部分：

信息头段（信息编号、发布中心、发布时间）、信息类型和受影响地区；当局声明；地震参数；海啸波测量值（在可以测量时）；评估通报及威胁评估（可包含合理反应的建议；预计到达时间；海啸波预报）；下次信息发布时间。

TWFP² (ICO Tsunami Warning Focal Point)

海啸预警联络点。由全国海啸预警中心或政府官方指定、按照国家统一操作步骤24×7全天候从政府间协调组接受海啸信息并予以发布的联络点（办事处、业务单位或地点，而非个人）。海啸预警联络点亦可充当全国海啸预警中心。

2. 由通过的第EC-XLVII, Dec.3.2.1号决定对定义进行更新。

TWP (Tsunami Watch Providers)

海啸警戒提供方。经认证、有意愿且有能力向大西洋东北部、地中海及邻近海域海啸预警和减灾系统其他成员国指定联络点提供海啸警戒信息的机构；警戒接收方为愿接收此类信息的海啸预警联络点，通常即为国家海啸预警中心。为获得接纳加入该系统，各警戒中心必须满足东北大西洋、地中海及邻近海域海啸预警和减灾系统政府间协调组提出的一些要求并经其批准。成员国可自由决定从哪个警戒中心接收海啸警戒信息并可接收多个警戒中心的海啸警戒信息。

UNESCO

联合国教科文组织。教科文组织成立于1945年，旨在推动成员国之间在教育、科学、文化和传播等领域的国际合作。如今，教科文组织作为思想实验室和准则制定者，在各种新的伦理问题方面促成共识。教科文组织帮助其会员国在不同领域进行人和机构的能力建设，同时也是一个传播和分享知识与信息的交流中心。联合国教科文组织《组织法》声明：“战争起源于人之思想，故务需于人之思想中筑起保卫和平之屏障。”

WDS (World Data System) and NGDC (National Geophysical Data Center)

国际科学理事会（International Council of Science, ICSU）的**世界数据系统（WDS）**，由2008年国际科学理事会第29届大会决定创建。世界数据系统建立的基础是理事会的世界数据中心（World Data Centre, WDC）系统50年的数据积累。由于数据管理者之间先进的相互联系提供了可能性，因而世界数据中心在促进这些数据在各学科和多学科应用方面，也具有了广泛的学科和地理学基础。中心现有49个成员组织。

美国国家海洋和大气管理局的**国家地理数据中心（NGDC）**，经营全球地球物理数据库，其海洋地质与地球物理分部管理全球地球物理、海底和自然灾害数据，包括海啸数据。这些数据涵盖的时间范围从数秒到数千年，为许多学科的研究提供基础资料。

(<http://www.icsu-wds.org/>, <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/>)

6. 参考文献

一般书目

- Atwater, Brian F., et al., *Surviving a tsunami – Lessons from Chile, Hawaii, and Japan*. USGS Circular 1187. Washington DC: GPO, rev 2005. In English online. Spanish version *Sobreviviendo a un tsunami: lecciones de Chile, Hawai y Japón*. USGS Circular 1218, rev 2009. Online.
- Bernard, E.N., ed., *Developing tsunami-resilient communities: The National Tsunami Hazard Mitigation Program*. Dorchedt: Springer, 2005.
- Bernard, E.N., and A. R. Robinson, *Tsunamis, The Sea*, Volume 16. Cambridge: Harvard University Press, 2009.
- Dudley, W. and M. Lee, *Tsunami!*, 2nd Edition. Honolulu: University of Hawaii Press, 1998.
- UNESCO/IOC, *Master plan for the Tsunami Warning System in the Pacific*, Third Edition. IOC Information document No. 1124 rev. Paris: UNESCO, 2004. In English online.
- UNESCO/IOC, *Post-tsunami survey field guide, Second Edition*. IOC Manuals and Guides No. 37. Paris: UNESCO, 1998, rev 2012. First Edition (1998) in Russian, French and Spanish online.
- UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami Newsletter*. Honolulu: ITIC, 1965 to present. In English online.
- UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami, The Great Waves*. IOC Brochure 2012-4. Paris: UNESCO, rev 2012 (original NOAA PA 7407, 1975). In English; Spanish and French versions online.
- UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami Glossary*. IOC Technical Series 85. Paris: UNESCO, rev 2013. In English; Spanish and French versions online.
- UNESCO/IOC International Tsunami Information Center, *Tsunami Warning!*. IOC Information Document No. 1223. Paris: UNESCO, rev 2005 (original 2000).

事件记载

- Berninghausen, W.H., *Tsunamis and seismic seiches of Southeast Asia*. Bulletin of the Seismological Society of America, 59, 289-297, 1969.
- Berninghausen, W.H., *Tsunamis and seismic seiches reported from regions adjacent to the Indian Ocean*. Bulletin of the Seismological Society of America, 56(1), 69-74, 1966.
- Berninghausen, W.H., *Tsunamis and seismic seiches reported from the Western North and Atlantic and the coastal waters of Northwestern Europe*. Informal Report No. 68-05, Washington DC: Naval Oceanographic Office, 1968.
- Berninghausen, W.H., *Tsunamis reported from the west coast of South America, 1562-1960*. Bull. Seismol. Soc. Amer., 52, 915-921, 1962.
- Berninghausen, W. H., *Tsunamis and seismic seiches reported from the eastern Atlantic south of the Bay of Biscay*. Bull. Seismol. Soc. Amer., 54, 439-442, 1964.
- Dunbar, P.K., P. A. Lockridge, and L. S. Whiteside, *Catalogue of Significant Earthquakes. 2150BC-1991AD*. US Department of Commerce, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, USA, World Data Center A for Solid Earth Geophysics Reports SE-49, 320 pp, 1992.
- Everingham, I.B., *Preliminary Catalogue of Tsunamis for the New Guinea / Solomon Island Region 1768-1972*. Bureau of Mineral Resources, Canberra, Australia, Report 180, 78 pp, 1977.
- Heck, N.H., *List of seismic sea waves*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 37, No. 4, p. 269-286, 1947.
- Lida, K., D. Cox, and G. Pararas-Carayannis, *Preliminary catalog of tsunamis occurring in the Pacific Ocean*. Data Report No. 5, Hawaii Institute of Geophysics, HIG-67-10. Honolulu: University of Hawaii, re-issued 1972. http://www.soest.hawaii.edu/Library/Tsunami%20Reports/lida_et_al.pdf.
- Lida, K., *Catalog of tsunamis in Japan and its neighboring countries*. Aichi Institute of Technology, Yachigusa, Yakusacho, Toyota-shi, 470-03, Japan, 52 p, 1984.
- Kanamori, H. and K. Yomogida, *First results of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku earthquake*, Earth, Planets Space, 63, 511-902, 2011.
- Lander, J. F., L. S. Whiteside, and P. A. Lockridge, *Two Decades of Global Tsunamis, 1982-2002*, Science of Tsunami Hazards, the International Journal of the Tsunami Society, Honolulu, Hawaii, USA, 21, 3-82, 2003.

- Lander, J.F, *Tsunamis Affecting Alaska 1737-1996*. KGRD No. 31, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA, September, 155, 1996.
- Lander, J.F, P.A. Lockridge, and M.J. Kozuch, *Tsunamis affecting the West Coast of the United States 1806-1992*. US Department of Commerce, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, USA, NGDC Key to Geophysical Records Documentation KGRD-29. 242 pp, 1993.
- Lander, J., and P. Lockridge, *United States Tsunamis (including United States Possessions) 1690-1988*. Publication 41-2, Boulder: National Geophysical Data Center, 1989.
- Lockridge, P.A., *Tsunamis in Peru-Chile*, Report SE-39, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, CO, USA, 97, 1985.
- Lockridge, P.A., L.S. Whiteside and J.F. Lander, *Tsunamis and Tsunami-like Waves of the Eastern United States*. Science of Tsunami Hazards, the International Journal of the Tsunami Society, Honolulu, Hawaii, USA, 20 (3), 120-144, 2002.
- Molina, E.e (Seccion de Sismologia, INSIVUMEH, Guatemala). *Tsunami catalogue for Central America 1539-1996* [Report]. Reduction of natural disasters in Central America. Universitas Bergensis Technical Report no. II 1-04, Bergen, Norway: Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen; 1997.
- Murty, T.S. and M. Rafiq, *A tentative list of tsunamis in the marginal seas of the north Indian Ocean*. Natural Hazards, 4 (1), 81-83, 1991.
- NOAA National Geophysical Data Center (NGDC), US Dept of Commerce, Boulder, CO, *Global Historical Tsunami Database, 2000 BC to present, 2012*, online http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml
- NOAA National Geophysical Data Center and UNESCO/IIOC-NOAA International Tsunami Information Center, *2012 Global Tsunami Sources, 1410 BC to 2012 AD Map*. Also online
- O'Loughlin, K.F. and J.F. Lander, *Caribbean tsunamis: A 500-year history from 1498-1998*, *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol. 20 Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2003.
- Pararas-Carayannis G., *Catalogue of Tsunamis in the Hawaiian Islands*. US Department of Commerce, NOAA National Geophysical Center, Boulder, USA, World Data Center A for Solid Earth Geophysics Publication, 94 pp, 1969.
- Sanchez Devora, A. J., and S. F. Farreras Sanz, *Catalog of tsunamis on the western coast of Mexico*. Report SE-50, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA, 79 p., 1993.
- Satake, K., A. B. Rabinowich, U. Kanoglu, and S. Tinti, *Tsunamis in the World Ocean: Past, Present, and Future*. Volume I, Pure Appl. Geophys, 168 (6-7), Topical Issue, 2011a.
- Satake, K., A. B. Rabinowich, U. Kanoglu, and S. Tinti, *Tsunamis in the World Ocean: Past, Present, and Future*. Volume II, Pure Appl. Geophys, 168 (11), Topical Issue, 2011b.
- Satake, K., A.B. Rabinowich, D. Dominey-Howes, and J.C. Borrero, *Historical and Recent Catastrophic Tsunamis in the World: Volume I. The 2011 Tohoku Tsunami*, Pure Appl. Geophys., 170 (6/8), Topical Issue, 2012a.
- Satake, K., A.B. Rabinowich, D. Dominey-Howes, and J.C. Borrero, *Historical and Recent Catastrophic Tsunamis in the World: Volume II. Tsunamis from 1755 to 2010*, Pure Appl. Geophys., 170 (9/10), Topical Issue, 2012b.
- Sato, S., *Special Anniversary Issue on the 2011 Tohoku earthquake tsunami*, Coastal Engineering Journal, 54 (1), 2012.
- Soloviev, S.L., et al., *Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 BC-2000AD. Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol. 13, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Soloviev, S.L., and C. N. Go, *A catalogue of tsunamis on the western shore of the Pacific Ocean*. Academy of Sciences of the USSR, Nauka Publishing House, Moscow, 310 pp. Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences No. 5077, 1984, translation available from Canada Institute for Scientific and Technical Information, National Research Council, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0S2, 447 pp, 1974.
- Soloviev, S.L., and C. N. Go, *A catalogue of tsunamis on the eastern shore of the Pacific Ocean*. Academy of Sciences of the USSR, Nauka Publishing House, Moscow, 204 pp. Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences No. 5078, 1984, translation available from Canada Institute for Scientific and Technical Information, National Research Council, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0S2, 293 pp, 1975.
- Soloviev, S.L., C. Go, and C. S. Kim, *Catalogue of Tsunamis in the Pacific 1969-1982*, Results of Researches on the International Geophysical Projects. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1992.
- Soloviev, S.L. and M.D. Ferchev, *Summary of Data on Tsunamis in the USSR*. Bulletin of the Council for Seismology, Academy of Sciences of the USSR [Byulleten Soveta po Seismologii Akademii Nauk, SSSR], 9, 23-55, Moscow, USSR, 37, 1961.
- Tinti S., A. Maramai and L. Graziani. *A new version of the European Tsunami Catalogue: updating and revision*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 1, 1-8, 2001.

Tsunami Laboratory, ICMMG SD RAS, Novosibirsk, Russia, *Historical Tsunami Database for the World Ocean (HTDB/WLD)*, 1628 B.C to present, 2011, online <http://tsun.sccc.ru/nh/tsunami.php>

Watanabe, H., *Comprehensive List of Tsunamis to Hit the Japanese Islands*, 2nd Ed., University of Tokyo Press, 1998, 245 p, 1998, in Japanese.

技术类书目

Abe, K., *Size of great earthquakes 1837-1974 inferred from tsunami data*, J. Geophys. Res, 84, 1561-1568, 1979.

Abe, Katsuyuki, *A new scale of tsunami magnitude*, Mt. in *Tsunamis: Their science and engineering*, Iida and Iwasaki, eds., Tokyo: Terra Scientific Publishing Company, 91-101, 1983.

Ambraseys, N.N., *Data for the investigation of the seismic sea-waves in the Eastern Mediterranean*, Bulletin of the Seismological Society of America, 52:4, 895-913, 1962.

Cummins, P.R., L.S.L. Kong, and K. Satake, *Tsunami Science Four Years after the 2004 Indian Ocean Tsunami. Part I: Modelling and Hazard Assessment*, Pure Appl. Geophys. 165 (11/12), Topical Issue, 2008.

Cummins, P.R., L.S.L. Kong, and K. Satake, *Tsunami Science Four Years after the 2004 Indian Ocean Tsunami. Part II: Observation and data Analysis*, Pure Appl. Geophys. 166 (1/2), Topical Issue, 2009.

Dmowska, R. and B. Saltzman, eds., *Tsunamigenic earthquakes and their consequences. Advances in Geophysics*, Vol. 39, San Diego: Academic Press, 1998.

European Commission. Directorate General for Science, Research and Development, UNESCO and Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), *International Conference on Tsunamis, 26-28 May 1998*. France: CEA, 1998.

Fukuyama, E., J. B. Rundle, and K. F. Tiampo, eds., *Earthquake Hazard Evaluation*, ISBN 978-3-0348-0587-2

Hatori, T., *Relation between tsunami magnitude and wave energy*, Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo, 54, 531-541, 1979. In Japanese with English abstract.

Hatori, T., *Classification of tsunami magnitude scale*, Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo, 61, 503-515, 1986. In Japanese with English abstract.

Iida, K. and T. Iwasaki, eds., *Tsunamis: Their science and engineering, Proceedings of the International Tsunami Symposium (1981)*, Tokyo: Terra Scientific, 1983.

Kanamori, H., *Mechanism of tsunami earthquakes*, Phys. Earth Planet. Inter, 6, 346-359, 1972.

Keating, B., Waythomas, C., and A. Dawson, eds., *Landslides and Tsunamis*. Pageoph Topical Volumes, Basel: Birkhäuser Verlag, 2000.

Mader, C., *Numerical modeling of water waves*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004.

Papadopoulos, G., and F. Imamura, *A proposal for a new tsunami intensity scale*, International Tsunami Symposium Proceedings, Session 5, Number 5-1, Seattle, 2001.

Satake, K., ed., *Tsunamis: Case studies and recent developments*. Dordrecht: Springer, 2005.

Satake, K. and F. Imamura, eds., *Tsunamis 1992-1994: Their generation, dynamics, and hazard*, Pageoph Topical Volumes. Basel: Birkhäuser Verlag, 1995.

Satake, K., E.A. Okal, and J.C. Borrero, *Tsunami and its hazards in the Indian and Pacific oceans*, Pure Appl. Geophys., 164(2-3), Topical Issue, 2007

Sauber, J. and R. Dmowska, *Seismogenic and tsunamigenic processes in shallow subduction zones*. Pageoph Topical Volumes. Basel: Birkhäuser Verlag, 1999.

Shuto, N., *Tsunami intensity and disasters, in Tsunamis in the World*, S. Tinti, ed., Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 197-216, 1993.

Sieberg, A., *Erdbebenkunde*, Jena: Fischer, 102-104, 1923. Sieberg's scale.

Soloviev, S.L., *Recurrence of earthquakes and tsunamis in the Pacific Ocean, in Tsunamis in the Pacific Ocean*, edited by W. M. Adams, Honolulu: East-West Center Press, 149-164, 1970.

Soloviev, S.L., *Recurrence of earthquakes and tsunamis in the Pacific Ocean*, Volny Tsunami (Trudy SahkNII, Issue 29), Yuzhno-Sakhalinsk, 7-46, 1972. In Russian.

Tinti, S., ed., *Tsunamis in the World: Fifteenth International Tsunami Symposium, 1991, Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol. 1. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.

Tsuchiya, Y. and N. Shuto, eds., *Tsunami: Progress in prediction, disaster prevention and warning. Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol. 4. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.

Yeh, H., Liu, P., and C. Synolakis, *Long-wave runup models*, Singapore: World Scientific, 1996.

7. 教科书与教师

指导手册 (英文和西班牙文)

Pre-elementary school: Earthquakes and tsunamis Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1996. Revised 2003 in Spanish.

2-4 Grade: I invite you to know the earth I. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1997.

5-8 Grade: I invite you to know the earth II. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1997.

High School: Earthquakes and tsunamis. Chile: SHOA/IOC/ITIC, 1997.

8. 索引

A		I	
Arrival time	19	ICG	29
B		ICG/CARIBE-EWS	29
Breaker	11	ICG/IOTWS	29
Breakwater	11	ICG/ITSU	30
C		ICG/NEAMTWS	30
Cabled ocean bottom instrument	25	ICG/PTWS	30
Characteristics of the Tsunami Phenomena	4	Initial rise	19
Cotidal	25	Intensity	19
Crest length	19	Inundation or Inundation-distance	20
D		Inundation (maximum)	20
Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART®)	25	Inundation area	20
Distant Tsunami	9	Inundation height	20
Drop	19	Inundation line	20
E		IOC	30
Eddy	11	ITIC	30
Elapsed time	19	ITSU Master Plan	31
Estimated time of arrival (ETA)	12	IUGG	31
Evacuation map	12	J	
F		JMA	31
Flow depth	19	L	
G		Leading wave	20
GLOSS	29	Local tsunami	5
GOOS	29	Low water	26
GPS wave gauge	26	M	
GTS	29	Magnitude	20
H		Maremoto	5
Historical tsunami	5	Mareograph	27
Historical tsunami data	12	Mareogram or Marigram	26
		Mean height	20

Mean sea level	27	Tsunami amplitude	23
Meteorological tsunami (meteotsunami)	5	Tsunami bore	13
Microtsunami	5	Tsunami Bulletin Board (TBB)	32
Modified Sieberg sea-wave intensity scale	20	Tsunami damage	13
N		Tsunami dispersion	13
National Geophysical Data Center (NGDC)	37	Tsunami earthquake	10
National Tsunami Warning Centre (NTWC)	31	Tsunami edge wave	13
O		Tsunami Emergency Response (TER)	33
Ocean-wide tsunami	5	Tsunami Forecast	33
Operational Users Guide for the Tsunami Warning System	31	Tsunami Forecast Point	35
Overflow	21	Tsunami forerunner	13
P		Tsunami generation	14
Paleotsunami	5	Tsunami generation theory	15
Post-tsunami survey	21	Tsunami hazard	15
Probabilistic Tsunami Hazard Assessment (PTHA)	12	Tsunami hazard assessment	15
Probable maximum water level	27	Tsunami impact	15
PTWC	31	Tsunami intensity	24
R		Tsunami magnitude	24
Recession	22	Tsunami National Contact (TNC)	33
Reference sea level	27	Tsunami numerical modelling	16
Refraction diagrams	27	Tsunami observation	17
Regional tsunami	6	Tsunami period	24
Rise	22	Tsunami preparedness	17
Runup	22	Tsunami propagation	18
Runup distribution	22	Tsunami resonance	18
S		Tsunami risk	18
Sea level	27	Tsunami sediments	10
Sea level station	27	Tsunami simulation	18
Sea Surface Height	28	Tsunami source	18
Seiche	12	Tsunami Threat Levels	35
Seismic sea wave	12	Tsunami velocity or shallow water velocity	18
Sieberg tsunami intensity scale	22	Tsunami Warning	35
Significant wave height	23	Tsunami Warning Cancellation	36
Spreading	23	Tsunami Warning Centre (TWC)	36
Subsidence (uplift)	23	Tsunami Warning Centre Products	37
T		Tsunami Warning Focal Point	37
Teletsunami	9	Tsunami Watch Providers (TWP)	37
Tidal wave	28	Tsunami wavelength	24
Tide	28	Tsunami zonation (tsunami zoning)	19
Tide amplitude	28	Tsunamigenic	19
Tide gauge	28	U	
Tide station	28	UNESCO	37
Travel time	12	US NTWC	31
Travel time map	13	W	
Tsunami	28	Water level (maximum)	24
Tsunami All-Clear	33	Wave crest	24
		Wave trough	24
		WDS	37

说明:

本项工作是由中国国家自然科学基金“我国地震海啸危险性概率分析方法”（51278473）和环保公益性行业科研专项课题“中国沿海核电建设场址地震海啸危险性分析”（201209040）资助完成。

翻译人员有中国地震局工程力学研究所的温瑞智、任叶飞、王宏伟和杨智博。

国际海啸信息中心

教科文组织/政府间海洋学委员会—美国国家海洋和大气管理局合作伙伴关系

美国国家海洋和大气管理局Daniel K. Inouye 地区中心（IRC）

1845 Wasp Boulevard, Building 176, Honolulu, Hawaii 96818, U.S.A.

电话: +1 808 725 6050; 传真: +1 808 725 6055

<http://www.tsunamiwave.info>; 电子邮箱: itic.tsunami@noaa.gov

国际海啸信息中心（ITIC）由联合国教科文组织（UNESCO）政府间海洋学委员会（IOC）于1965年11月12日建立，设在火奴鲁鲁。太平洋海啸预警系统国际协调组（ITSU）于1968年召开第一届会议。2005年，为突出减低风险工作的综合性，该协调组更名为太平洋海啸预警和减灾系统政府间协调组（ICG/PTWS）。

国际海啸信息中心鸣谢下列科学家鼎力对本文件进行审阅：

Thorkild Aarup、Jose Borrero、Paula Dunbar、Fumihiko Imamura、Osamu Kamigaichi、Laura Kong、Emilio Lorca、Charles McCreery、Modesto Ortiz、William Power、Alexander Rabinovich、Kenji Satake、François Schindele、Fred Stephenson、Costas Synolakis、Masahiro Yamamoto。

国际海啸（ITSU）波浪标识由法国 Aqualog 提供。



技术丛书 85



联合国教育、
科学及文化组织



政府间
海洋学委会

