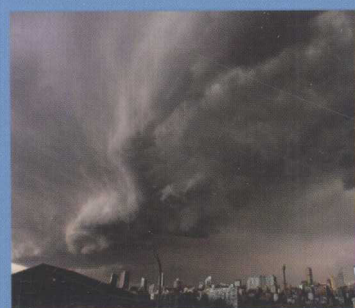




风暴潮

对我国沿海影响 评价

Assessment of the Impact
of Storm Surge on Coastal
Areas in China

于福江 董剑希 李 涛 等◎著



海洋出版社



风暴潮

对我国沿海影响 评价

于福江 董剑希 李 涛 等◎著

海洋出版社

2015年·北京

内容简介

本书是国家海洋局908专项“我国近海海洋综合调查与评价”子任务“风暴潮灾害对沿海地区社会经济发展综合评价”的部分成果,在我国沿海典型潮位站风暴潮及风暴潮灾害资料的基础上,利用建立的风暴潮灾害评价指标体系,全面分析、评价了风暴潮及风暴潮灾害对我国沿海的影响。

本书可为从事风险管理、防灾减灾、海洋等领域的公务人员、科研和技术人员以及从事风暴潮研究的高等院校师生提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

风暴潮对我国沿海影响评价 / 于福江等著. — 北京:
海洋出版社, 2015.10

ISBN 978-7-5027-9170-4

I. ①风… II. ①于… III. ①沿海—地区—风暴潮—
自然灾害—评价—研究—中国 IV. ①P731.23

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第138923号

责任编辑: 朱 瑾

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编: 100081

北京朝阳印刷有限责任公司印刷 新华书店北京发行所经销

2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

开本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 16.25

字数: 306千字 定价: 98.00元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《风暴潮对我国沿海影响评价》

编写组

于福江	董剑希	李 涛	李明杰
侯京明	王喜年	付 翔	吴少华
刘秋兴	叶 琳	傅赐福	刘仕潮

序

风暴潮灾害是我国最严重的海洋灾害，在世界范围内也是最严重的海洋灾害之一。孟加拉国、美国、荷兰等国家均遭受过特大风暴潮灾害。1970年发生在孟加拉湾的风暴潮造成50万人丧生，是死亡人数最多的一次风暴潮灾害；21世纪以来，死亡人数最多的风暴潮灾害发生在2008年缅甸，13.8万人死亡，由“Nargis”风暴潮引发；死亡人数次之的来自“Haiyan”风暴潮，3 600人死亡，发生在菲律宾，同时造成140亿美元的经济损失。美国也曾多次遭受风暴潮袭击，1900年德克萨斯州加尔维斯顿因灾造成6 000到12 000人死亡或失踪，是美国历史上死亡人数最多的自然灾害；2005年，美国“Katrina”飓风在密西西比州帕斯克里斯琴引起的最大风暴潮超过25英尺（约8米），总计造成的经济损失超过千亿美元，为损失最严重的一次风暴潮灾害；2012年，“Sandy”于美国东部时间10月29日晚8时登陆东海岸新泽西州南部大西洋城，在纽约引发的风暴潮达8.54英尺（约2.6米），造成的经济损失达650亿美元，仅次于“Katrina”飓风。

我国也频频遭受风暴潮袭击，浙江、福建、广东和海南等省均为风暴潮灾害严重区。新中国成立前，我国沿海共发生过5次死亡人数万人以上的风暴潮灾害，其中1922年发生在广东省汕头市的一次风暴潮致使7万余人死亡，为死亡人数最多的一次。新中国成立后，1969年同样发生在汕头的另一次风暴潮导致1 554人死亡；之后，5612台风风暴潮重创浙江省，4 925人因灾死亡；30多年之后，9417台风风暴潮再次在浙江省造成惨重的灾害，1 482人死亡，直接经济损失142亿元。

由于我国受风暴潮灾害影响严重，减轻灾害损失备受关注。其中风暴潮预报是减轻灾害损失的重要手段，也是防灾减灾中非常必要的环节，同时，掌握灾害规律、合理规避灾害风险也日益受到重视。基于此，国家海洋局于2004年启动了908专项“我国近海海洋综合调查与评价”，其中的任务之一是对我国风暴潮在沿海地区社会经济发展的影响进行综合评价，本书即是这一任务所取得的部分成果。该成果全面地展示了我国沿海

风暴潮灾害的时间、空间分布特征，多角度、多方面对我国的风暴潮灾害特征开展了分析，并进行了评价，为掌握灾害规律，开展灾害风险研究等提供了较为客观的依据和丰富的信息。同时也要注意，关于灾害的研究在不断地深入，书中阐述的方法、理论等还有不完善之处，诚请广大同行和读者给予批评指正。在此，对参与这项工作并取得丰硕成果的作者表示衷心的感谢，并期盼我国在海洋灾害领域能取得更多的创新成就，为海洋防灾减灾做出更大的贡献！

中国科学院院士



2015年6月

目 录

第一章 概述

1.1 风暴潮灾害概况.....	2
1.2 风暴潮灾害评价目的和意义.....	4
1.3 风暴潮灾害评价指标体系.....	5
1.3.1 风暴增水等级.....	7
1.3.2 超警戒风暴潮等级.....	7
1.3.3 风暴潮灾害损失等级.....	8
1.3.4 风暴潮灾度等级.....	8

第二章 风暴潮灾害时间分布特征

2.1 风暴潮灾害月际分布特征.....	12
2.1.1 风暴增水月际分布特征.....	12
2.1.2 超警戒风暴潮月际分布特征.....	49
2.1.3 风暴潮灾度月际分布特征.....	81
2.1.4 风暴潮灾害损失月际分布特征.....	90
2.2 风暴潮灾害年代际分布特征.....	99
2.2.1 风暴增水年代际分布特征.....	99
2.2.2 超警戒风暴潮年代际分布特征.....	138
2.2.3 风暴潮灾度年代际分布特征.....	170
2.2.4 风暴潮灾害损失年代际分布特征.....	178

第三章 风暴潮灾害空间分布特征

3.1 全国沿海风暴潮灾害空间分布特征.....	188
3.2 风暴增水空间分布特征.....	190
3.2.1 海区风暴增水空间分布特征.....	196
3.2.2 沿海各省（自治区、直辖市）风暴增水空间分布特征.....	200
3.3 超警戒风暴潮空间分布特征.....	211
3.3.1 海区超警戒风暴潮空间分布特征.....	215
3.3.2 沿海各省（自治区、直辖市）超警戒风暴潮空间分布特征.....	219
3.4 风暴潮损失空间分布特征.....	230

第四章 风暴潮灾害对社会经济影响评价

4.1 风暴潮灾害对社会经济影响.....	238
4.2 防御风暴潮灾害的对策与建议.....	241
4.2.1 加强海洋防灾减灾制度建设.....	242
4.2.2 加快海洋灾害风险评估与区划工作的进展.....	243
4.2.3 提高沿海海洋灾害防御能力.....	244
4.2.4 提高海洋灾害观测能力.....	245
4.2.5 提高海洋灾害预警能力.....	245
4.2.6 提升社区海洋防灾减灾和应急能力建设.....	246
4.2.7 加强海洋防灾减灾宣传教育和知识普及.....	247

参考文献.....	248
-----------	-----

1 第一章 概述



1.1 风暴潮灾害概况

风暴潮 (storm surge) 是指由于剧烈的大气扰动 (强风和气压骤变) 引起海面异常升高 (或降低) 的现象。根据诱发风暴潮的天气系统特征, 通常将风暴潮分为台风风暴潮和温带风暴潮两大类。风暴潮叠加在正常潮位之上, 风浪、涌浪又叠加在二者之上, 三者共同作用引起的沿岸涨水常常冲毁海堤或海塘, 吞噬码头、工厂、城镇和村庄, 酿成巨大灾害, 称之为风暴潮灾害或潮灾。但是, 有时也能遇到相反的情况: 背离开阔海岸方向的大风长时间吹刮, 致使岸边水位急剧下降, 暴露出大片海滩, 严重影响舰船、特别是大型油轮的正常航行和锚泊。这种海面异常下降现象称之为“负风暴潮”或“风暴减水”。

风暴潮灾害在世界自然灾害中居首位, 甚至在人员死亡和破坏方面超过地震与海啸。国际自然灾害防御和减灾协会主席 M. I. El-Sabh (1990) 曾分析指出, 1875 年以来, 全球范围内直接和间接的风暴潮经济损失共计超过 1000 亿美元, 至少有 150 万人在风暴袭击中丧生, 这些损失还不包括与风暴潮相关联的海岸和土地侵蚀的长期影响。而死亡人数中的 90% 以上是死于风暴潮, 余下的不足 10% 是死于风的影响。所以世界气象组织 (WMO) 认为“风暴潮是来自海洋的杀手”。我国是世界上两类风暴潮灾害都非常严重的少数国家之一, 风暴潮灾害一年四季均可发生, 从南到北所有沿岸均无幸免。

台风统计表明, 全球平均每年约有 80~90 个热带气旋活动, 分布在七大海域: 西北太平洋和南海、东北太平洋、大西洋及加勒比海、西南印度洋、西南太平洋、东南印度洋和北印度洋, 其中, 西北太平洋和南海海域是全球台风最为活跃的海域, 约有 30% 的热带气旋在这里生成。而我国位于西北太平洋和南海海域沿岸, 每年有近 20 个台风影响我国海域, 每年有 7~8 个台风登陆我国沿海地区, 我国沿海区域频繁遭受台风风暴潮袭击。

温带风暴潮一般发生在中高纬度地带的沿海国家。在亚洲, 中国是最易遭受温带风暴潮灾害的国家。历史上也多次记载了我国沿海遭受的温带风暴潮灾害。

我国历史上最早的潮灾记录可追溯到公元前 48 年。在《中国历代灾害性海潮史料》一书中, 统计了我国历史上从公元前 48 年到 1946 年这一漫长岁月中各朝代潮灾发生的次数。新中国成立前我国共发生 576 次潮灾。在这 576 次潮灾中, 随着年代的延伸, 潮灾的记载日趋详细, 一次潮灾的死亡人数由“风潮大作溺死人畜无算”到给出具体死亡人数。从这些详细的记载中, 不难看出每次死于潮灾的, 少则数百、数千人, 多则万人乃至数万人之巨。

1845年（清道光二十五年）农历二月二十九日发生特大海潮，海水倒灌达百余里，仅山东省海丰、沾化、利津三县海水淹没土地六万五千余亩（引自《山东省自然灾害史》）。

1895年（清光绪二十一年）农历四月初五、初六日，东南风如吼，入夜风益怒号，雨如瀑布，沿海浪高7米，淹没土屋千数百家。塘沽至北塘间铁路被冲断，海挡全部被冲决口。从天津市大沽口到河北省歧口“七十二连营”基地被冲得荡然无存，死者2 000余人。

20世纪死亡万人以上风暴潮灾害事件共有5次，最严重的是1922年8月2日发生在广东省汕头的特大台风风暴潮灾害。据史料记载：1922年8月2日下午3时，风初起，傍晚愈急，9时许风力益厉，震山撼岳，拔木发屋，加以海潮骤至，大雨倾盆，平均水深丈余，沿海低下者数丈，乡村被卷入海涛中，屋舍倾塌不可胜数，受灾尤烈，150多千米的海堤被悉数冲毁，海水入侵内陆达15千米。有户籍可查的，死亡7万余人，无数人无家可归。这是20世纪以来，我国死亡人数最多的一次风暴潮灾害。

新中国成立后，死亡千人以上的特大风暴潮灾害共有3次，分别发生在1956年、1969年和1994年。

1956年8月2日，5612号台风在浙江省杭州湾引发特大风暴潮，澉浦站最大增水达532厘米，在我国风暴潮记录中为第二位，仅次于广东省南渡站（594厘米）。浙江省75个县（市）大都遭受了极其惨重的损失，其中象山县南庄尤为悲惨，其门前涂海塘全线溃决，纵深10千米一片汪洋，7万多间房屋被冲垮，南庄平原平均水深1米，有些地方水深甚至达到5米，看不到一寸陆地。全省干部、群众共4 925人死亡。

1969年7月，广东省汕头发生特大风暴潮灾害，汕头站最大增水为298厘米，最高潮位超过当地警戒潮位160厘米。汹涌的海水冲垮海堤，夷平村庄，淹没良田，死伤的家畜、倒塌和损坏的房屋数以万计；数千吨的货船被搁置岸边。汕头市成为泽国，一些钢筋混凝土结构的两层楼被冲倒，饶平、澄海、潮阳等沿海较低处水深达4米。全省共1 554人死亡，其中包括广州军区汕头牛田洋农场接受“再教育”的大学生83人，解放军470人。直接经济损失1.98亿元。

1994年9417号台风在浙江省瑞安登陆，风暴潮伴随巨浪，以排山倒海之势突袭温州一带沿海，导致海塘、海堤被冲毁，发生大面积海水漫滩，温州市沿瓯江一带平地水深达1.5~2.5米；温州机场因堤防溃决，候机厅海水深达1.5米，机场停航12天，机场跑道海水退去后留下的漂浮物（包括溺亡牲畜）重达数百吨。全省约有1 150万人遭受不同程度的灾害影响；189个城镇进水，228万人被海潮、洪水围困；5万公顷农田被淹；4 700万公顷对虾塘被冲毁；10万余间房屋倒塌，86万余间房屋损坏；520.7千米海塘损毁，3 421处

堤塘决口，长243千米；1757艘船只损坏；全省1216人死亡，266人失踪，直接经济损失131.51亿元。

我国风暴潮的预报与研究始于1970年，6903特大台风风暴潮灾害发生时，尚未开展风暴潮预报，防灾部门和广州军区汕头牛田洋农场的解放军领导不知如何正确应对这场突如其来的灾害，采取了“誓与牛田洋大堤共存亡”的方式，导致学生和解放军被汹涌的波涛所吞噬。之后，国家海洋局决定开展风暴潮预报与研究，并逐步建立起国家、海区、省、市等各级预报机构。风暴潮预报技术在国家科技支撑计划、国家海洋局重大专项、国家海洋局公益性行业科研专项等项目的支持下，取得了长足的进步，建立了一系列数值预报系统并投入业务化运行，推动了风暴潮预报的发展，为精细化风暴潮预报提供了重要的技术支持，以期更好地满足当地防灾部门的需求。风暴潮预警报的发布、沿海各地防潮能力的不断加强以及各级政府部门对灾害防御的重视，使因灾死亡人数大幅降低，但直接经济损失却呈明显上升趋势。国家海洋局自1989年起发布《中国海洋灾害公报》统计数据表明，风暴潮灾害占全部海洋灾害的90%以上，是影响我国沿海地区的最主要的海洋灾害，已成为我国沿海地区经济发展的一个严重制约因素。风暴潮灾害对人民生命财产的安全和经济快速稳定发展造成日趋严重的威胁。

1.2 风暴潮灾害评价目的和意义

我国沿海从北至南均可遭受风暴潮影响，是全球少数几个既遭受台风风暴潮又遭受温带风暴潮灾害的国家。加之我国有近一半的人口和近60%的国民经济都集中在最易遭受海洋灾害袭击的沿海地区，人口的快速增长，经济与高技术财富密集发展，气候变化及人类自身对自然环境的破坏等，使风暴潮灾害的成灾程度更趋严重。

风暴潮灾害评价的目的和意义在于了解灾害状况、掌握灾害规律，从而采取有效措施以减轻灾害风险。在国际上，减轻自然风险引起各国政府与公众的广泛关注。公众舆论认为，一个国家对于自然灾害的防治与减轻所表现的行为与效能，已成为评价其政府工作和社会工作与进步程度的一个重要标志。在许多国家倡导和积极准备地推动下，1987年第42届联合国大会通过了第169号决议：决定把从1990—2000年的十年定为“国际减轻自然灾害十年”（缩写IDNDR），呼吁各国政府和科学技术团体积极行动起来，为实现IDNDR的总目标做出贡献。2005年，世界168个国家确定了2005年至2015年的世界减灾战略目标和行动重点，强调减灾应和可持续发展相结合。

近年来，自然灾害等突发事件的风险评估工作在我国也得到重视。《中华人民共和

国突发事件应对法》总则第五条指出：“突发事件应对工作实行预防为主、预防与应急相结合的原则。国家建立重大突发事件风险评估体系，对可能发生的突发事件进行综合性评估，减少重大突发事件的发生，最大限度地减轻重大突发事件的影响。”国务院颁布的《国家综合减灾“十一五”规划》指出，“十一五”期间要完成的八大任务之首是加强自然灾害风险隐患和信息管理能力建设。减轻自然风险的首要任务是风险的辨识，虽然我国对风暴潮灾害的记录很早，开展风暴潮预报预警业务也已达40年以上，但是对于沿海的风暴潮灾害发生规律、分布特征等缺乏全面、综合的调查与分析，对沿海地区的风暴潮灾害影响程度也缺乏系统性的研究，特别是缺少全面的风暴潮灾害对社会经济发展影响评价方面的研究，从而在一定程度上影响了全社会风暴潮减灾能力的提高。因此，国家海洋局启动了908专项——“我国近海海洋综合调查与评价”项目，在全国沿海开展综合海洋环境灾害调查和评价工作，其中海洋环境灾害调查的任务是掌握我国近海风暴潮、海冰、海浪灾害分布、发生、发展的基本状况和危害程度，为海洋环境评价、海洋防灾减灾、海洋工程建设等提供基础数据和科学依据；风暴潮评价则是在风暴潮灾害调查数据的基础上，开展我国沿海风暴潮灾害的时空分布规律、特征研究，在认识我国沿海风暴潮灾害的特点、规律和发展趋势的基础上，分析探讨风暴潮灾害对我国沿海社会经济发展的影响，并提出相应的减灾对策建议，以期在我国减灾活动中起到科技先导和推动作用。

1.3 风暴潮灾害评价指标体系

风暴潮灾害评价指标体系是围绕风暴潮自然属性和成灾属性来进行的。自然属性主要为风暴潮强度，以风暴增水作为评价指标，按照增水量值的大小来进行等级划分。成灾属性以风暴潮超警戒（高潮位超过当地警戒潮位）、风暴潮灾度以及风暴潮损失等作为评价指标，其中风暴潮超警戒按照一次风暴潮过程中最高潮位超过当地警戒潮位值的大小来进行等级划分，在文中也称为超警戒风暴潮；风暴潮灾度是指风暴潮可能的致灾程度，本书中引入风暴潮灾度是为了综合说明一次风暴潮过程的影响程度，或某一区域（以潮位站为代表）受风暴潮的影响程度，考虑的因素有风暴潮强度和超警戒风暴潮程度，按照不同权重组合来划分灾度等级；风暴潮损失则是以历史风暴潮灾害的直接经济损失和人员伤亡情况进行等级划分。风暴潮灾害评价指标体系建立的原则如下三方面。

（1）科学性

风暴潮灾害评价选取的评价指标要从不同角度反映风暴潮灾害程度，建立风暴潮自

然属性和可能造成的灾害之间的联系；各评价指标的分级要科学，各级别要确实能代表相应的风暴潮致灾程度。

(2) 合理性

依据风暴潮及风暴潮灾害历史资料，确定各评价指标的等级划分原则，使各指标等级之间的关系合理，能代表沿海地区的风暴潮及风暴潮灾害特点。

(3) 应用性

建立的指标体系要具有可操作性，依据建立的指标体系进行的风暴潮及风暴潮灾害评价成果，对沿海地区的社会、经济发展具有应用价值。

在风暴潮灾害评价中，使用的主要资料是沿海验潮站的历史潮位资料，由于各站建站时间差别较大，为了保证评价结果的准确，首先需要选择研究区域内的典型代表站，选择的依据是：①站点位置分布合理，稀疏程度尽可能一致，所记录的潮位资料基本可以代表本海区（或省、自治区、直辖市）的风暴潮特点；②建站时间较长，潮位资料丰富、准确，资料年限尽量相当。全国沿海选择的主要验潮站及资料年限见表1.1。

但是需要注意的是，选择的验潮站部分隶属于水利部门，其建站时间较长，因此资料的获取难度较大，在908专项风暴潮灾害调查成果的基础上，也充分利用了国家海洋环境预报中心多年积累的数据、资料，但仍然难免有所欠缺。

表1.1 选取的验潮站及验潮资料年限

验潮站	潮位资料年限（年）	备注	验潮站	潮位资料年限（年）	备注
老虎滩	1960—2008	辽宁省	沙埕	1956—2008	福建省
鲅鱼圈	1984—2008	辽宁省	三沙	1959—2008	福建省
葫芦岛	1954—2008	辽宁省	琯头（或梅花、白岩潭）	1951—2008	福建省
秦皇岛	1953—2008	河北省	平潭	1966—2008	福建省
黄骅	1983—2008	河北省	崇武	1957—2008	福建省
塘沽	1950—2008	天津市	厦门	1956—2008	福建省
羊角沟	1951—2008	山东省	东山	1959—2008	福建省
龙口	1960—2008	山东省	汕头	1953—2008	广东省
烟台	1960—2008	山东省	海门	1961—2008	广东省
成山头	1982—2008	山东省	汕尾	1957—2008	广东省
石臼所	1968—2008	山东省	赤湾	1954—2008	广东省

续表1.1

验潮站	潮位资料年限 (年)	备注	验潮站	潮位资料年限 (年)	备注
连云港	1951—2008	江苏省	黄埔	1951—2008	广东省
吕四	1959—2008	江苏省	三灶	1965—2008	广东省
黄浦公园 (或吴淞)	1949—2008	上海市	北津	1957—2008	广东省
芦潮港	1977—2008	上海市	闸坡	1957—2008	广东省
乍浦	1951—2008	浙江省	湛江	1953—2008	广东省
澈浦	1956—2008	浙江省	南渡	1962—2008	广东省
镇海	1951—2008	浙江省	秀英(或海口)	1953—2008	海南省
海门	1951—2008	浙江省	清澜	1977—2008	海南省
坎门	1959—2008	浙江省	东方	1956—2008	海南省
温州	1950—2008	浙江省	北海	1954—2008	广西壮族自治区
瑞安	1956—2008	浙江省	石头埠	1969—1997	广西壮族自治区
鳌江	1956—2008	浙江省			

1.3.1 风暴增水等级

依据风暴潮过程中最大增水值划分为特大、大、较大、中等和一般5个等级，分别对应Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级。具体划分如表1.2所示。

表1.2 风暴增水等级划分标准

等级	Ⅰ (特大)	Ⅱ (大)	Ⅲ (较大)	Ⅳ (中等)	Ⅴ (一般)
增水值 (厘米)	≥251	201~250	151~200	101~150	50~100

1.3.2 超警戒风暴潮等级

依据风暴潮过程中最高潮位超过当地警戒潮位的值划分为特大、严重、较重和一般4个等级，分别对应Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级。具体划分如表1.3所示。

表1.3 超警戒风暴潮等级划分标准

等级	Ⅰ (特大)	Ⅱ (严重)	Ⅲ (较重)	Ⅳ (一般)
超警戒潮位值 (厘米)	≥151	81~150	31~80	0~30

1.3.3 风暴潮灾害损失等级

依据风暴潮过程中因灾造成的死亡（含失踪）人数或直接经济损失划分为特大、严重、较重和一般4个等级，分别对应Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级。具体划分如表1.4所示。

表1.4 风暴潮灾害损失等级划分标准

等级	Ⅰ（特大）	Ⅱ（严重）	Ⅲ（较重）	Ⅳ（一般）
死亡（含失踪）或直接经济损失	死亡（含失踪）大于100人 或损失大于50亿元	死亡（含失踪）31~100人 或损失20~50亿元	死亡（含失踪）10~30人 或损失10~20亿元	死亡（含失踪）10人以下 或损失10亿元以下

1.3.4 风暴潮灾度等级

风暴潮灾度分为单次风暴潮灾度和单站风暴潮灾度，分别代表一次风暴潮过程的灾度和单独一个站的灾度。

1.3.4.1 单次风暴潮灾害灾度等级

综合考虑风暴增水等级和超警戒风暴潮等级来划分一次风暴潮过程灾度 D_g 的等级，风暴增水和高潮位均是引发风暴潮灾害的重要因素，其中高潮位和风暴潮灾害的相关性略高，因此风暴增水和高潮位的权重系数分别取0.4和0.6。计算公式如下：

$$D_g = S_g \times 0.4 + H_g \times 0.6 \quad (1.1)$$

其中 S_g 为风暴增水指数， H_g 为超警戒风暴潮指数。

某次风暴潮过程增水指数值 S_g 是通过各代表站出现的风暴增水等级与该等级的权重系数相乘并累加计算得到，具体计算方法参照公式1.2。其中各等级的权重系数是由每个等级的影响程度决定的，以风暴增水大于等于251厘米的权重系数最大，为20。 S_g 具体计算方法如下：

$$S_g = \sum_{n=1}^5 S_n \times [20 - 4 \times (n - 1)] \quad (1.2)$$

其中， S_n 代表出现各级风暴增水的代表站的个数， S_1 代表出现Ⅰ级风暴增水的代表站的个数， S_2 代表出现Ⅱ级风暴增水的代表站的个数，以此类推。

超警戒风暴潮指数 H_g 是通过一次风暴潮过程中各代表站出现的超警戒风暴潮等级与该等级的权重系数相乘并累加计算得到，具体计算方法参照公式1.3。其中各等级的权重系数是由每个等级的影响程度决定的，其中以高潮位超过当地警戒潮位的值大于等于151

厘米的权重系数最大,为20。 H_g 具体计算方法如下:

$$H_g = \sum_{n=1}^4 H_n \times [20 - 5 \times (n - 1)] \quad (1.3)$$

其中, H_n 代表出现各级超警戒风暴潮的代表站的个数, H_1 代表出现Ⅰ级超警戒风暴潮的代表站的个数, H_2 代表出现Ⅱ级超警戒风暴潮的代表站的个数,以此类推。

依据得到的风暴增水指数和超警戒风暴潮指数,按照公式1.1计算得到 D_g ,据此值进行灾度等级划分,分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个等级,其中以Ⅰ级为最高等级。具体见表1.5。

表1.5 单次风暴潮灾害灾度等级

等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
灾度值	≥ 106	71 ~ 105	36 ~ 70	0 ~ 35

1.3.4.2 单站风暴潮灾度等级

综合考虑单站风暴增水等级和超警戒风暴潮等级来划分风暴潮灾度 D_g 的等级。风暴潮灾度表示风暴潮可能的致灾程度,风暴增水和高潮位均是引发风暴潮灾害的重要因素,其中高潮位和风暴潮灾害的相关性略高,因此二者的权重系数分别取0.4和0.6。计算公式如下:

$$D_g = S_g \times 0.4 + H_g \times 0.6 \quad (1.4)$$

式中 S_g 为单站风暴增水等级, S_g 为单站超警戒风暴潮等级。

$$S_g = \sum_{n=1}^5 S_n \times [20 - 4 \times (n - 1)] \quad (1.5)$$

其中, S_n 为该站历史资料统计期间出现各级增水的次数, S_1 为该站历史资料统计期间出现Ⅰ级增水的次数, S_2 为出现Ⅱ级增水的次数,以此类推。

$$H_g = \sum_{n=1}^4 H_n \times [20 - 5 \times (n - 1)] \quad (1.6)$$

其中 H_n 为该站历史资料统计期间出现各级超警戒风暴潮的次数, H_1 为单站历史资料统计期间出现Ⅰ级超警戒风暴潮的次数, H_2 为出现Ⅱ级超警戒风暴潮的次数,以此类推。

依据得到的风暴增水指数和超警戒风暴潮指数,按照公式1.4计算得到单站风暴潮灾