

江苏省优势学科建设工程资助项目 (PAPD)  
淮海工学院学术著作出版基金  
淮海工学院公派出国访问学者基金  
淮海工学院金融与工程研究所

联合资助

随机 *Suiji Haiyang Fengxian Fenxi Moxing*

# 海洋风险分析模型

於道 高焕 秦涛 著

中国矿业大学出版社

江苏省优势学科建设工程资助项目(PAPD)

淮海工学院学术著作出版基金

淮海工学院公派出国访问学者基金

淮海工学院金融与工程研究所 联合资助

# 随机海洋风险分析模型

於道 高焕 秦涛 著

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书从海洋风险的角度切入,通过对海洋风险概念、特点、类别等的深入探讨,给出对海洋风险的若干刻画,即通过概率论与数理统计、随机过程、精算理论,重点是随机跳过程等知识的运用,对海洋风险理论体系的构建、模型的建立以及有关数据的计算机处理进行了尝试,力图提供海洋风险的一些规律性的认识。

本书可供相关专业的研究人员借鉴、参考,也可供广大教师和学生使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

随机海洋风险分析模型 / 於 遒, 高 焕, 秦 涛 著. —

徐州: 中国矿业大学出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-5646-2695-2

I. ①随… II. ①於…②高…③秦… III. ①海洋—  
风险分析—研究 IV ①P72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 108626 号

书 名 随机海洋风险分析模型

著 者 於 遒 高 焕 秦 涛

责任编辑 何晓明

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 850×1168 1/32 印张 9.375 字数 250 千字

版次印次 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

海洋拥有和创造的丰富的自然资源、优越的气候环境和便捷的国际通道,为世界也为我国沿海地区的发展提供了得天独厚的条件。从世界经济版图看,沿海地区是国际社会公认的世界最具经济活力的地带。据统计,目前世界 200 多个国家中有 150 多个为沿海国家,世界经济、社会、文化等最发达、最密集的区域都集中在离海岸线 60 km 以内的沿海地区,其人口已占世界人口的 50%,有预测表明,到 2020 年其人口比例将达到世界人口的 75% 以上。从海洋经济看,根据《海洋及相关产业分类》(GB/T 20794—2006)标准,海洋经济分为海洋产业及海洋相关产业两个类别,具体包括 29 个大类、106 个中类和 390 个小类。具体地,海洋产业包括海洋渔业、海洋油气业、海洋矿业、海洋盐业、海洋化工业、海洋生物医药业、海洋电力业、海水利用业、海洋船舶工业、海洋工程建筑业、海洋交通运输业、滨海旅游业等 12 个主要海洋产业以及海洋科研教育管理服务业;海洋相关产业包括海洋农林业、海洋设备制造业、涉海产品及材料制造业、涉海建筑与安装业、海洋批发与零售业、涉海服务业等,其涉略面之广直接对世界沿海产业带产生重大影响。因此,向海洋进军,加强海洋开发,无论对于我国还是世界各国来说都具有重要意义。

然而,在走向海洋的过程中,人们面临的风险也是显而易见的。如根据《2013 年中国海洋灾害公报》,2013 年我国沿海共发生风暴潮过程 26 次,其中台风风暴潮过程 14 次,11 次造成灾害,直接经济损失 152.45 亿元;温带风暴潮过程 12 次,3 次造成灾害,

直接经济损失 1.51 亿元。事实上,海洋风险不仅包括上述自然风险,也面临着其他的海洋风险,包括社会风险和操作性风险。以国际货物运输业为例。由于海上航行受自然气候和季节性影响较大,海洋环境的复杂和气象的多变,船舶随时可能面临狂风、巨浪、暴风、雷电、海啸等人力难以抗衡的海洋自然灾害袭击,自然风险较大。不仅如此,海上运输业也面临较大的社会风险,如战争、罢工、贸易禁运、海盗,以及受一国政治、政策法律或行政措施等的变化而引发的交货不到、进口关税、拒收等社会风险。此外,意外事故造成的海洋风险也不容忽视,如运输中因人为因素造成的触礁、碰撞、搁浅、倾覆、沉没、火灾、爆炸等操作性风险。随着人们对海洋开发利用的进一步深入开展、海洋经济的发展以及全球气候的变化,海洋灾害的频发程度正呈现逐步上升的趋势,海洋风险也在不断地增大。

因此,我们需要构建一些普遍有效的海洋风险识别、评估模型,利用已有的知识、经验和数据,对海洋风险进行定量分析,为管理机构制订计划目标、做出正确决策、减轻海洋风险与灾害提供理论依据,同时,也为公司与个人提供有用的海洋风险理论与风险决策思路。本书从海洋风险的角度切入,通过对海洋风险概念、特点、类别等的深入探讨,给出对海洋风险的若干刻画,即通过概率论与数理统计、随机过程、精算理论,重点是随机跳过程等知识的运用,对海洋风险理论体系的构建、模型的建立以及有关数据的计算机处理进行了尝试,力图提供海洋风险的一些规律性的认识。

第 1 章讨论了海洋风险及其特点、海洋风险的类别及形成机理的本质,并在总结了风险常见的数学刻画方法的基础上,提出本书具体的研究思路:海洋风险中的几个随机过程、海洋风险的精算现值、海洋风险因素归因剖析、海洋风险的决策、海洋项目风险中的 BP 网络模型及 MATLAB 仿真。

第 2 章介绍了非参数型海洋风险分布,即单次海洋风险额的

非参数分布。文章首先介绍了数据初步整理的一些常用基本知识,包括概率的、MATLAB的,在此基础上,讨论了两类非参数海洋风险分布的获取,包括个体数据型和分组数据型。

第3章介绍了参数型海洋风险分布,即单次海洋风险额的参数分布。文章首先总结了一元概率分布,并用MATLAB画出其对应的图形,在此基础上,讨论了三类参数型海洋风险分布的参数获取方法,包括分位数估计、矩估计、极大似然估计;其中讨论时依据数据量的大小,分个体数据型和分组数据型两类分别进行了讨论。

第4章提供了一些判断第3章中用参数分布对实际分布进行拟合时其优劣的三个评判标准,具体包括Q值检验、 $p$ 值检验和极大似然函数值检验。

第5章首先给出 $(a, b, p_0)$ 分布簇的描述,然后在独立的前提下研究了同质性海洋风险次数模型、非同质性海洋风险次数模型;其中,在同质性海洋风险研究中给出随机过程的刻画,包括更新过程与泊松过程,在非独立的前提下,给出一类相关性海洋风险组合中风险次数分布的刻画。

第6章研究复合型海洋风险总额的分布与过程模型。首先给出海洋风险总损失额分布的性质,然后给出五类六种海洋风险总损失额的模型,包括卷积法模型、矩母函数法和母函数法模型、递推法模型、近似分布模型、数值计算方法模型;其中,在卷积法模型中介绍了两种不同的分布刻画方法,包括定义法和一类利用独立分布的可加性和可分性技巧求海洋风险总损失额分布的模型。

第7章首先指出由于海洋风险的独特性,海洋风险基金的设立对于控制海洋风险具有重要意义。在此前提下,给出海洋风险基金偿付的三类基本形式及其多种组合形式,并探讨了上述各类形式对偿付额分布的影响。此后,文章还探讨了经济因素和第六章的模型对海洋风险基金偿付额的影响。

第 8 章在第 7 章的基础上,讨论了海洋风险基金的收缴及精算现值,内容包括:海洋风险基金的收缴概述、贴现率理论、海洋风险基金的精算现值以及海洋风险基金的净均衡性原理等。

第 9 章仍以第 7 章的思想为基础,探究一类具有海洋风险基金保障条件下海洋风险总额模型。首先给出海洋风险总额的数字特征;然后讨论海洋风险总额模型,包括卷积模型、矩母函数和母函数模型、分布的近似模型等。

第 10 章研究了海洋风险中的损益随机过程。首先给出海洋风险中总额损益过程一般的描述;然后重点讨论一类具有常数型年缴费基金的损益随机过程,研究重点包括亏损概率和最大亏损过程等。

第 11 章为海洋风险因素的归因剖析,重点是讨论条件海洋风险的有关内容。首先概述贝叶斯方法;然后分别探讨先验分布的确定、常见的后验分布以及海洋风险因素归因剖析。

第 12 章探讨了海洋风险的决策问题。试图将上述涉及的一次海洋风险额、海洋风险总额、海洋风险损益额等概念用效用函数进行统合并推广。在此基础上,指出三个海洋风险决策准则,并研究一个具有海洋风险基金条件下的海洋风险决策问题。

第 13 章首先介绍人工神经网络与传统统计模型的关系;然后建立了海洋项目风险的评价指标体系,并用 BP 神经网络方法,通过 MATLAB 编程进行了仿真。

由于随机过程理论极其丰富,因此,其指导海洋风险发展的理论方法很多,本书借鉴了精算风险理论、金融风险理论、海洋风险理论、军事风险理论的很多概率与随机方法,由于参考资料较多,因此难以做到介绍全面,有兴趣的可参考有关文献。

感谢在本书完成过程中给予作者帮助、支持的各位,包括同意引用资料的前辈、同仁;感谢海洋学院阎斌伦教授站在海洋事业发展的高度对本书出版的大力支持,感谢理学院曹伟平教授对本书

## 前 言

---

的关心;感谢董晓波教授、郭海滨老师对成书有关问题的探讨;感谢张思思、於成、张琪、曹慧慧、吕秀高等同学在本书例题的修订、数据的录入和文稿校对方面给予的合作;感谢齐志帅、李志成同学对本书作图、编程方面的帮助!

感谢江苏省“海洋科学与技术”优势学科建设工程的资助,感谢淮海工学院学术著作出版基金的资助!

由于作者水平有限,尽管已努力,但疏漏仍然难免,敬请读者指正。

著 者

2014年9月



<h1>目 录</h1>	
<b>1 海洋风险概述</b> .....	1
1.1 问题的提出 .....	1
1.2 海洋风险的定义及其特点 .....	3
1.3 海洋风险的类别及形成机理的本质 .....	6
1.4 对风险常见的数学刻画方法 .....	11
1.5 本书海洋风险的研究体系 .....	15
<b>2 非参数型单次海洋风险额的分布</b> .....	18
2.1 单次海洋风险额估计的分类 .....	18
2.2 数据的初步整理 .....	19
2.3 数据的图示 .....	28
2.4 非参数型单次海洋风险额的分布 .....	34
<b>3 参数型单次海洋风险额的分布</b> .....	41
3.1 常见的概率分布及其性质 .....	41
3.2 随机变量概率分布 MATLAB 函数名及图示 .....	47
3.3 分位数估计 .....	54
3.4 矩估计 .....	58
3.5 极大似然估计 .....	61
<b>4 海洋风险分布拟合检验和模型评选标准</b> .....	65
4.1 Q 值与分布的拟合检验 .....	65

4.2	假设检验问题的 $p$ 值检验法 .....	69
4.3	海洋风险分布的三个评选标准 .....	73
<b>5</b>	<b>海洋风险次数分布与过程模型 .....</b>	<b>76</b>
5.1	特征函数、矩母函数和母函数 .....	76
5.2	同质性海洋风险次数模型 .....	79
5.3	海洋风险次数过程 .....	88
5.4	非同质性海洋风险次数模型 .....	95
5.5	相关性海洋风险组合中风险次数的分布 .....	102
<b>6</b>	<b>海洋风险总额的分布与过程模型 .....</b>	<b>105</b>
6.1	海洋风险总损失额分布的性质 .....	106
6.2	海洋风险总损失额的卷积法模型 .....	107
6.3	海洋风险总损失额的矩母函数法和母函数法 模型 .....	110
6.4	复合泊松分布及复合泊松过程 .....	113
6.5	海洋风险总损失额的递推法模型 .....	119
6.6	海洋风险总损失额的三种近似分布模型 .....	123
6.7	海洋风险总额分布的数值计算方法 .....	130
<b>7</b>	<b>海洋风险基金的偿付形式及其分布 .....</b>	<b>135</b>
7.1	海洋风险基金概述 .....	135
7.2	常见海洋风险基金的偿付形式 .....	139
7.3	经济因素对偿付额分布的影响 .....	153
7.4	海洋风险总额模型在海洋风险基金偿付中的 运用 .....	158

<b>8 海洋风险基金的收缴及精算现值</b> .....	167
8.1 海洋风险基金的收缴 .....	167
8.2 利息度量 .....	169
8.3 海洋风险基金的精算现值 .....	176
8.4 海洋风险基金的净均衡性 .....	182
<b>9 一类具有海洋风险基金保障条件下海洋风险总额模型</b> ..	183
9.1 海洋风险总额的数字特征 .....	184
9.2 海洋风险总额卷积模型 .....	187
9.3 海洋风险总额的矩母函数和母函数模型 .....	195
9.4 海洋风险总额分布的近似 .....	205
9.5 海洋风险总额模型的复合泊松分布近似 .....	209
<b>10 海洋风险中损益模型</b> .....	216
10.1 海洋风险总额损益过程 .....	216
10.2 亏损概率 .....	219
10.3 最大亏损过程 .....	229
<b>11 海洋风险因素归因剖析</b> .....	237
11.1 贝叶斯方法概述 .....	238
11.2 先验分布的确定 .....	239
11.3 常见的后验分布 .....	241
11.4 海洋风险因素归因剖析 .....	251
<b>12 海洋风险的决策</b> .....	256
12.1 海洋风险效用函数 .....	256
12.2 常见的海洋风险决策准则 .....	259

<b>13 海洋项目风险中的 BP 网络模型</b> .....	265
13.1 人工神经网络 .....	265
13.2 海洋项目风险的评价指标 .....	270
13.3 BP 神经网络方法及 MATLAB 仿真测试 .....	272
<b>参考文献</b> .....	280

# 1 海洋风险概述

## 1.1 问题的提出

海洋拥有和创造的丰富的自然资源、优越的气候环境和便捷的国际通道,为世界也为我国沿海地区的发展提供了得天独厚的条件。

我国沿海地区的总面积有 125 万  $\text{km}^2$ , 仅占全国陆地总面积的 13%, 但却承载了近 5 亿人口, 占全国 40%, 国民生产总值 (GDP) 占全国的 50%。其中, 沿海岸宽约 60 km 的海岸带, 更是全国人口最集中、经济最发达的区域。虽然, 海岸带总面积仅 28.1 万  $\text{km}^2$ , 国内生产总值却占全国沿海省市的 50% 以上, 全国的 30% 以上。特别地, 我国经济实力的分布又绝大部分集中在环渤海、长江三角洲、珠江三角洲等区域, 其工农业总产值占全国海岸带地区的 80%。

从世界经济版图看, 沿海地区也是国际社会公认的世界上最具经济活力的地带。据统计, 目前世界 200 多个国家中有 150 多个为沿海国家, 世界经济、社会、文化等最发达、最密集的区域都集中在离海岸线 60 km 以内的沿海地区, 其人口已占世界人口的 50%, 有预测表明, 到 2020 年其人口比例将达到世界人口的 75% 以上。

从资源角度看, 随着陆地资源的开发逐步走向极限, 其已不足以满足人类日益增长的物质需求, 而海洋却覆盖着全球地表

的 71%，面积广大，空间巨大，可供发掘的资源潜力大。海洋资源、能源保存得相对完整。特别地，海洋中拥有许多陆地不常有的或者说根本没有的资源，可以成为国家战略资源的有力组成部分，因此，对海洋进一步开发有助于拓展国家的战略范围和战略纵深。

向海洋进军，加强海洋开发，无论对于我国还是世界各国来说都具有重要意义。然而，在走向海洋的过程中，人们面临的风险也是显而易见的。

根据《2013 年中国海洋灾害公报》，2013 年我国沿海共发生风暴潮过程 26 次，其中台风风暴潮过程 14 次，11 次造成灾害，直接经济损失 152.45 亿元；温带风暴潮过程 12 次，3 次造成灾害，直接经济损失 1.51 亿元。2013 年，发生 3 次达到红色预警级别的台风风暴潮过程，为新中国成立以来同期最多，受其影响，风暴潮总体灾情偏重，直接经济损失为过去 5 年平均值（95.96 亿元）的 1.60 倍。其中，造成直接经济损失最严重的是风暴潮灾害，占全部直接经济损失的 81%，它对水产养殖业的损害尤为严重；而造成死亡人数最多的是海浪灾害，占总死亡人数的 87%。

又如，国际货物运输业。由于海上航行受自然气候和季节性影响较大，海洋环境的复杂和气象的多变，船舶随时可能面临狂风、巨浪、暴风、雷电、海啸等人力难以抗衡的海洋自然灾害袭击，自然风险较大。不仅如此，海上运输业也面临较大的社会风险，如战争、罢工、贸易禁运、海盗，以及受一国政治、政策法律或行政措施等的变化而引发的交货不到、进口关税、拒收等社会风险。此外，意外事故造成的海洋风险也不容忽视，如运输中因人为因素造成的搁浅、触礁、沉没、碰撞、倾覆、火灾、爆炸等操作性风险。

随着人们对海洋开发利用的进一步深入开展、海洋经济的发展以及全球气候的变化，海洋灾害的频发程度正呈现逐步上升的

趋势,海洋风险也在不断地增大。因此,我们需要构建一些普遍有效的海洋风险识别、评估模型,利用已有的知识、经验和数据,对海洋风险进行定量分析,为管理机构制订计划目标、做出正确决策、减轻海洋风险与灾害提供理论依据,同时,也为公司与个人提供有用的海洋风险理论与风险决策思路。

因此,本书从海洋风险的角度切入,通过对海洋风险概念、特点、类别等的探讨,给出随机过程对海洋风险的若干刻画,即通过对涉及海洋风险理论体系的构建、模型的建立以及有关数据的处理,力图提供海洋风险的一些规律性的认识,从而为相关海洋风险的识别、评估以及模型的运用提供可操作性依据。

### 1.2 海洋风险的定义及其特点

本节将就海洋风险概念的界定、海洋风险类别、海洋风险的特征及其形成机理,以及它们之间的相互联系进行阐述。

#### 1.2.1 海洋风险的定义及本书的数学内涵

广义地看,风险一般是指某种事件发生的不确定性,以及这种不确定性能够以未知的方式影响系统,并衍生出结果的某种不确定性。只要某一事件的发生存在着两种或两种以上的可能性,那么该事件即存在着风险,因此,风险普遍存在于不确定性事件的过程与结果中。

狭义地看,风险是指能对财富的损益做出数值判断的事件的不确定性。它既可以指积极结果,即财富收益增加的不确定性,也可以指损失发生的不确定性。如海洋渔业投资有三种可能,即赚钱、赔钱和不赔不赚,这三种可能性都属于风险的不确定性范畴。本书的研究主要集中于损失发生的不确定性的研究。

基于上述狭义风险的理解,本书研究的海洋风险是指由于涉

海事件过程的不确定性,而对财富的损益结果或可能的结果做出数值性判断的涉海事件的不确定性,即某个涉海客体遭受某种伤害、损失、毁灭或不利影响的可能性及由此可能发生危害的计量量。从数学刻画的角度看,本书主要是基于一些计量量,如损失额  $x$ 、损失总额  $S$ 、损益额  $U$  等,运用随机过程的有关理论,来刻画计量量的分布  $F(x)$ 、均值  $E(x)$  和方差  $D(x)$ ,以及其中蕴含的概率及随机微分方程等。

### 1.2.2 海洋风险的主要特点

#### (1) 自然依赖性特征强

事实上,涉海对自然的依赖性更多地表现为对它们受自然的影响更大。如海洋渔业生产对环境和渔业资源状况具有高度的依赖性,温度异常、风暴潮、赤潮、海洋环境污染等都是自然界频繁发生的自然灾害,常常给海洋渔业生产者带来毁灭性损失,影响生产时间、降低产量。而这些自然灾害具有不可预测性、难以抵御性、破坏的大范围性和毁灭性等特征。自然灾害的这些特点极大地增加了海洋风险的可能性。

#### (2) 技术性海洋风险高

根据《海洋及相关产业分类》(GB/T 20794—2006)标准,海洋经济分为海洋产业及海洋相关产业两个类别,具体包括 29 个大类、106 个中类和 390 个小类。具体地,海洋产业包括海洋渔业、海洋油气业、海洋矿业、海洋盐业、海洋化工业、海洋生物医药业、海洋电力业、海水利用业、海洋船舶工业、海洋工程建筑业、海洋交通运输业、滨海旅游业等 12 个主要海洋产业以及海洋科研教育管理服务业。海洋相关产业包括海洋农林业、海洋设备制造业、涉海产品及材料制造业、涉海建筑与安装业、海洋批发与零售业、涉海服务业等。从产业分布看,海洋技术广泛而复杂,并且这些技术形成了彼此关联相互影响的技术系统,如果系统中的一个环节不成



熟或操作者技术不熟练,都会带来重大损失和风险。

### (3) 可预测性概率小,突发性概率大

突发性事故发生的原因很多,以海洋军事活动风险为例,海洋气象要素,如大气风场、气压、温度、密度、湿度、降水、云量、雾、辐射和大气波导可以影响飞机、导弹、火炮和水面舰艇以及雷达等武器装备与相应的军事活动;海洋水文要素,如海温、盐度、密度、声速、跃层、透明度、海发光、潮汐、海流、海浪、海冰等影响舰艇航行、水中兵器与水声设备等;海洋环境要素,如海底地形、地质、海底声场、海洋重力、海洋磁力、海洋透明度等影响海上侦查与反潜、布雷扫雷、登陆等。许多因素的未知性,加深了预测的难度,使人们经常面临着应对突发事件的局面。

### (4) 计量值高,数额大

一般来说,涉海行业属于高投入、高风险的行业,如海洋运输业,海船在海上航行和作业时可能遭受的风险远远大于陆地一般行业,除了人力不可抗拒的因素外,操作不当等人为因素也容易给船舶和船员造成重大损害,特殊情况下还可能存外国抓扣、海盗袭击等风险。在某些情况下,意外除了使本船遭受损失外,还会给他人带来损害而导致赔偿责任的发生,如船舶碰撞、漏油污染等。又如石油石化行业主要危害与重大事故集中在火灾、爆炸、中毒、窒息方面。海上钻井平台事故主要有井喷失控、火灾与爆炸、平台遇险(包括平台失控漂移、拖航遇险、被碰撞或者翻沉)、飞机事故、船舶海损(包括碰撞、搁浅、触礁、翻沉、断损)、油(气)生产设施与管线破损(包括单点系泊、电气管线、海底油气管线等的破损、泄漏、断裂)、有毒有害物品和气体泄漏或者遗散、急性中毒、潜水作业事故、大型溢油事故(溢油量大于 100 t)和其他造成人员伤亡或者直接经济损失的事故等。因此,涉海行业是一个高投入、高风险的弱质产业,各种不确定因素会给生产者带来重大损失。