

蔡爱智 石谦 著

台湾海峡成因 初探



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

蔡爱智 石谦 著

台湾海峡成因初探



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

台湾海峡成因初探/蔡爱智,石谦著. — 厦门:厦门大学出版社,2009.6
ISBN 978-7-5615-3265-2

I. 台… II. ①蔡…②石… III. 台湾海峡-成因-研究 IV. P722.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 046723 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

[xmup @ public. xm. fj. cn](mailto:xmup@public.xm.fj.cn)

厦门金凯龙印刷有限公司印刷

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

开本:889×1194 1/32 印张:6.75

字数:200 千字 印数:1~3 000 册

定价:38.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

致 谢

本书在撰写过程中得到台湾大学海洋研究所俞何兴教授的鼎力相助；在出版此书时厦门大学戴民汉教授、李炎教授和厦门大学出版社于力副社长等提供了多方面的帮助，均此致谢！



序

《台湾海峡成因初探》一书虽然比原来计划推迟了 20 多个年头到今天才与读者见面，仍不失为海洋科技界值得称颂的好事。此书“难产”的原因主要是近 60 年来海峡两岸政治大气候造成的障碍。读后从字里行间可察觉出某些不足，尽管作者潜心设法弥补也抹不去已经造成的痕迹。

一本好的科技读物，其价值在于创新。作者应用板块理论以图解明示了台湾海峡是欧亚板块与太平洋板块碰撞、推移过程在第三纪的喜马拉雅运动中台岛山脊抬升的同时伴生的前陆洼地。关于晚更新世冰期全球海平面大幅度升降导致台湾海峡自然环境的大改观以及闽中—台中古通道的提出、海峡冲刷槽的引证、陆相冲积扇的推导、浅滩沉积物的主要来源和向南移位、海峡现代沉积环境和西岸软泥沉积层序等一系列重要问题的论点都令人耳目一新。作者将长期艰辛的劳动成果加上海峡两岸及各国科学家们对台湾海峡最新的研究成果之精髓提炼成为优良的知识营养品奉献给广大的读者！书的前言中出现了一句：一片浅滩连两岸，几道槽沟汇于中。寓意不凡，几个字既简明地勾绘出了海峡的实况，又蕴含着作者更深的爱国情怀！

这是一本篇幅不长的科技读物，它告诉世人过去的 50 多年里，在两岸海洋学家的分头努力下，台湾海峡的“谜”虽已初步揭开，但今后要做的比已经做的更多。下一出“戏”必须由海峡两岸的科学家联手合作才能进一步探明海峡成因与演变之“谜”。海峡丰富的资源才会获得合理和充分的利用，海峡“通道之梦”必将成真。

中国科学院院士
任美锷

2007.11 于南京

前言

20 世纪 80 年代,为了满足广大读者的求知欲,科技出版者就提出编写一本介绍台湾海峡的读物。从现实出发,资料太少难以下笔。此后我更加关注海峡两岸海洋科技的进展和相关信息,不错过一切可以探查台湾海峡的良机!

1986 年“东方红”海洋考察船南下调查台湾海峡上升流生态系。除了应用常规的测深取样外还应用“海鹰”Ⅱ号水下电视系统观察海底泥沙的动态。这次考察收获颇多,发现了台湾浅滩区在流速 $> 80 \text{ cm/s}$ 时调查船就发生位移;浅滩上沙波的多变性以及海底砂、贝壳、海滩岩、玄武岩砾石等均获得创新的认识。

在海峡中线抛锚观测时来自对岸的武装巡逻舰艇特来光顾,巡视了一圈后离去。如此无故的干扰验证了“海峡中线不可逾越”的反常状态!

1991 年由刘东生教授为主席的第十三届世界第四纪地质大会在北京科学会堂召开,台湾学术界多位学者与会。在与台大地质系刘聪桂教授交谈台湾海峡研究状况时均感痛惜!我把待刊的“台湾浅滩的沉积环境”一文(英文版)^[75]送给刘教授带回台湾请同行指正。不久台大地质系黄奇瑜教授等专程来厦门,详细讨论了“合作调查台湾海峡环境特征及演化问题”,并起草了两岸合作意向书和两岸合作调查研究台湾海峡的执行计划书。但两岸学者良好的合作愿望仍实现不了!

1993 年,海峡两岸海洋学家第二次在厦门召开的台湾海峡海洋科学讨论会上决定于 1995 年 9 月在台湾大学思亮科学报告厅举行下一轮的“台湾海峡及邻域海洋科学研讨会”。后因赴台代表资格意见不一而告吹!

2002 年 3 月,台湾大学海洋研究所俞何兴教授应邀参加由我主持、在厦门大学举行的“厦金大桥论证学术会”即“第三次海

峡通道论证会”。俞教授在大会上做的精彩学术报告和带来的研究成果为本书的动笔无疑起了推动作用。

讨论海峡的成因离不开台湾岛的起源。对这个广受世人关注的学术上的大问题近 30 年来有了新的进展。根据抬升 $> 5\,000$ 米的台岛中脊山地主要是第三纪的砂页岩、板岩、石英岩等就知道台岛的构造抬升发生在中一晚第三纪的喜马拉雅运动。历经了多期构造运动逐渐抬升，而台湾海峡正是台岛构造上升中伴生的前陆洼地。台岛抬升的同时加剧了山地的侵蚀作用，大量的砂石沉积在台西山麓坡地和闽一台洼地，使这里的第三纪沉积层厚超过 $5\,000$ 米。构造运动的同时产生断裂带，地壳深部的拉斑玄武岩沿着断裂缝喷发，部分熔岩受挤压溢出地面成为今日海峡多处出现的古火山口、火山颈和低平的熔岩溢出口群等奇特的蚀余地貌。

台湾海峡区的玄武岩分布范围不止是澎湖和闽南的林进屿一带。几乎整个海峡的海底和沿岸，从北端的大屯向海峡中央海底沿着 NE—SW 构造线扩展至金门岛、小金门、东碇岛、北碇岛等均见蚀余玄武岩岛礁，也包括尚未完全揭开的台湾海峡海底和台湾浅滩下伏部分普遍存在玄武岩残丘。

晚更新世最后一次冰期初始（距今 2.6 万年）左右，全球海平面位于现在基面下 -20 m 。此后海平面大幅度下降达到 $-130 \sim -150\text{ m}$ 左右。闽一台之间的大部分洼地从距今 2.4 万年便出露成陆地并延续了 $1.5\text{ 万} \sim 1.6\text{ 万年}$ 之久。闽一台之间在这么长时间陆域环境阶段里发生了一系列重大事件：

1. 自然环境的巨大变化 台湾海峡两边的河流汇聚于中央洼地纵贯北南的一条主河。沿河的泛滥平原草木茂盛，成为各类动物繁殖的乐园。此时来自宽阔的东海原陆架区的风沙向西南吹扬到台湾海峡洼地，导致闽江等河道南偏。海峡洼地也成了北方的食草动物南迁的“落脚地”，适于哺乳动物生长而且繁衍很快。以狩猎为主的古人与动物群长期相处。从陆相冲积层之中采集到的多种哺乳动物骨骸就是明证。

2. 古通道的出现与居民东迁入台 当海水退出海峡后，闽一台之间的陆地为古人往返台湾岛创造了十分方便的条件。几乎北起闽江口一新竹，南至闽南金门一台中的澎湖之间的闽一台居民往来只需过一个“渡口”就可达到彼岸。这条闽一台古通道的存

在也与两边人口聚居点有密切关系。出入方便和安全是古人选择通道的首要条件。早在距今 2.6 万年的早期高海面时,从晋江、泉州出海捕鱼时距东岸最近的岛陆是以玄武岩为基座的昌元高地,它是台湾岛西岸中部突入海峡成为古连岛沙坝的顶端。昌元高地西距闽南泉州、晋江仅 90 km。成为闽中向东前往台湾本岛的一个中点站。从闽中向东经过昌元到台中无疑是两岸间距离最近、海面最窄、往返最方便的一条习惯性的古通道。

这条古通道的两头都是先民聚居的古文化—经济中心。在相当长一段时间里,对于向台湾岛移居的古人的心目中没有一条比这更便捷的路线。直到距今 7 000 ~ 8 000 千年海面回升、海水入侵闽—台洼地后。逐渐增宽的海面改变不了古人的习惯性通道,他们不得不依靠行舟来往于闽—台之间,两岸间的走亲访友之道是切不断的。

3. 陆相冲积扇充填洼地 冰期气候寒冷又干燥、雨量减少。但超过 4 000 m 高的台岛山脊区却是例外。来自海洋的气流顺着山坡上升,大雨常见,洪水冲刷山谷,砂页岩碎屑物顺洪水而下成为冲积扇的沙源。就台湾海峡东岸的陆相冲积扇体而论,持保守的估算,以平均冲积层增厚 0.2 ~ 0.3 cm/ 年计算。历时 1.5 万 ~ 1.6 万年里,台湾岛的西部冲积平原毗连的海峡洼地陆相冲积层的平均厚度不下 30 m。

随着全球海平面的回升,海水侵入闽—台洼地后,台湾海峡的自然环境发了巨变并出现了一些重要过程:

①形变中的冲刷槽 强劲的东北风浪占主导,风力常达 8 ~ 9 级。频率 > 70%,吹程超过 1 200 km。海峡的北口门产生的大浪波长 $L > 250$ m,波高 $H > 16$ m。经常出现更大的风力达 11 级的狂风巨浪对现代东海陆架和台湾海峡海底进行强有力的侵蚀作用。从东海陆架区到台湾海峡中央海底原来存在的一条连续、分选度优的细砂带和体积巨大的毗连台湾岛西部的陆相冲积扇不仅消失无踪而且已被冲刷成深 70 ~ 80 m 的槽沟。由此可知;台湾海峡这条海底冲刷槽至今活力犹存。

② 海峡大浅滩南推 面积超过 2 万 km^2 、水深变幅在 35 ~ 20 m 之间的砂质大浅滩在强劲的 NE 风浪作用下向南推移。在正常情况下这片浅滩本应当居于台岛与大陆的中间地带自然形

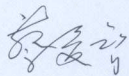
成一条巨大的连岛沙坝。但今日的大浅滩却不在其位。它已南移了 100 余 km，正好位于台湾海峡冲刷槽的末端，以大片的砂质浅滩出现在台湾海峡的南口门。

整个砂质大浅滩的走向是 NE-SW，呈微弯曲的状态。从昌元沙脊（高地）到东山岛之间现存几条大槽沟，以及浅滩上大小不等的沙波均受控于海浪和海流等海水动力要素而不断地发生形变。浅滩上砂的搬运也一直在进行着。可以推断，在强大的动力作用于海底的同时，原先埋在冲积层中的哺乳动物类骨化石也被淘出并随之向南推移。从各方面共同证明海峡冲刷槽仍在形变之中。

③海峡西岸出现泥带 经由浙闽沿岸流以悬浮状态把粘粒向南搬运，其中大部分沉积在海峡西岸近岸带和湾内的弱流区。这一层主要是全新世以来古黄河口和长江入海细颗粒南运的结果。海峡的中央海底和台湾浅滩区不见此层也说明冲刷槽和台湾浅滩区目前的动力环境。

现在的台湾海峡可用简明的“一片浅滩连两岸，几道槽沟汇于中”一句话予以概括。

不谈海峡两岸关系的历史风云，就本海区目前研究的深度而论，台湾海峡成因一书定为“初探”不无道理。向前看，欲删除“初探”二字不会太遥远。其前提：海峡两岸的中国人应当把台湾海峡作为一个整体来对待，尤其在基底构造、层序特征和现代海洋各要素综合作用下的沉积环境等重要问题必须消除“中线”的约束：台湾海峡是两岸中国人共有的特定海区，多项资源的勘探与开发，重大科学问题的解谜都应由两岸同行携手合作、联合攻关。只要这样走下去消除“初探”二字指日可待。



2007.11 于厦门

目录

第一章 绪论

- 1.1 海峡名词及其宽松的含义…1
- 1.2 台湾海峡的区界与范围…2
- 1.3 简介历史时期的台湾海峡…2
- 1.4 台湾海峡科学研究概况…8

第二章 台湾海峡自然环境简介

- 2.1 海峡气候特点…13
 - 2.1.1 风况…13
 - 2.1.2 气温…15
 - 2.1.3 降雨和雷暴…15
 - 2.1.4 台风…18
 - 2.1.5 河流…20
- 2.2 海洋水文…22
 - 2.2.1 海水温度…22
 - 2.2.2 海水盐度…24
 - 2.2.3 潮汐…26
 - 2.2.4 潮流…27
 - 2.2.5 海流…28
 - 2.2.6 上升流…30
 - 2.2.7 海浪…31

第三章 基础地质

- 3.1 板块运动与台湾海峡的形成…33
 - 3.1.1 古新世—中新世时期裂谷断陷与强烈沉降阶段…36
 - 3.1.2 碰撞隆起和裂谷消亡阶段…39
- 3.2 构造…40
 - 3.2.1 主要断裂系及分布…40
 - 3.2.2 断陷盆地…42
- 3.3 沉积地层…46
 - 3.3.1 基底岩石…46
 - 3.3.2 白垩系沉积层…47
 - 3.3.3 早第三系沉积层（古新世—始新世）…48
 - 3.3.4 晚第三系沉积层（渐新世晚期—上新世）…48
 - 3.3.5 第四系沉积层…49
- 3.4 台湾海峡的地震活动…50
 - 3.4.1 台湾地震带…50
 - 3.4.2 闽粤沿海地震带…50
- 3.5 岩浆活动…52
 - 3.5.1 古新世—中新世的岩浆活动…52
 - 3.5.2 上新世—更新世的岩浆活动…52

第四章 海平面变化和闽—台洼地的自然环境

- 4.1 海平面变化…53
 - 4.1.1 全球海平面变化及其原因…53
 - 4.1.2 近期关于海平面变化研究的进展…54
 - 4.1.3 海平面变化的未来发展趋势…55
- 4.2 低海面时闽—台洼地的自然环境…56
 - 4.2.1 闽—台洼地与冲积扇…56

- 4.2.2 古岸线…59
- 4.2.3 闽—台洼地的河流…59
- 4.3 闽—台洼地区的生态环境…61
 - 4.3.1 化石群的出现与古环境…61
 - 4.3.2 埋藏化石群的淘洗与搬运…64
- 4.4 闽中—台中存在一条古通道…65
 - 4.4.1 闽—台古通道的地貌条件…65
 - 4.4.2 古通道的选线…68
- 4.5 质疑“东山陆桥”…69
 - 4.5.1 何处见“陆桥”？…69
 - 4.5.2 “东山陆桥”通何处？…70

第五章 沉积物和沉积环境

- 5.1 海洋沉积物的粒级划分与命名…72
 - 5.1.1 沉积特征…72
 - 5.1.2 海洋沉积物的命名…73
 - 5.1.3 沉积物的粒度参数特征…74
- 5.2 台湾海峡的沉积类型和环境…75
 - 5.2.1 细粒沉积物（YT 和 TY 两种）…75
 - 5.2.2 台湾浅滩的粗粒沉积…76
 - 5.2.3 生物沉积…80
 - 5.2.4 细砂…81
- 5.3 台湾海峡沉积物的主要来源…83
 - 5.3.1 悬浮颗粒泥沙…83
 - 5.3.2 从粗砂（大于 1Φ ）到细砂（ $> 4\Phi$ ）…83
 - 5.3.3 碳酸钙沉积及其源地…85
 - 5.3.4 闽—台洼地风沙沉积物来源和搬运…88

第六章 海岸与海底地貌

- 6.1 概述…91
- 6.2 海峡东海岸地貌…93
 - 6.2.1 北部侵蚀海岸…93
 - 6.2.2 中部平原冲积海岸…95
 - 6.2.3 南部堡礁珊瑚海岸…97
- 6.3 西岸砂质海岸地貌与河口湾沉积环境…99
 - 6.3.1 闽江口现代沉积与拦门沙演变…101
 - 6.3.2 九龙江口厦门湾的沉积环境…105
 - 6.3.3 台湾海峡西岸南部海岸砂搬运的复合模式与风沙地貌…112
- 6.4 冲淤多变的海底地貌…120
 - 6.4.1 形变中的台湾海峡冲刷槽…120
 - 6.4.2 海底沙漠——台湾浅滩…121
 - 6.4.3 大陆坡…122
 - 6.4.4 挤压强流对海底峡谷的侵蚀作用…123
 - 6.4.5 西部海岸淤积带…124

第七章 台湾海峡的岛屿

- 7.1 马祖列岛…125
- 7.2 海坛岛群…127
 - 7.2.1 地质基础…127
 - 7.2.2 水文气象简况…129
 - 7.2.3 芦洋蒲大沙坪和风沙层序…131
 - 7.2.4 风沙湖—三十六脚湖的形成…131
 - 7.2.5 风沙刻痕…133
 - 7.2.6 砂源的讨论…133
- 7.3 南日十八列屿…134
- 7.4 湄洲岛…135

- 7.5 金门群岛…137
- 7.6 台湾海峡西岸的古火山岛群…142
 - 7.6.1 玄武岩的地貌特征…150
 - 7.6.2 成因环境…154
- 7.7 礼是列岛巨型风动石群…155
- 7.8 澎湖群岛的玄武岩奇观…158

第八章 台湾海峡的资源及其开发前景

- 8.1 渔场资源和海水养殖业的前景…163
 - 8.1.1 台湾海峡的渔场资源…163
 - 8.1.2 海水养殖业的前景…164
- 8.2 矿产资源富有潜力…166
 - 8.2.1 油气资源的希望…166
 - 8.2.2 台湾浅滩——巨大的砂资源库…166
- 8.3 滨海土地资源…167
 - 8.3.1 国外的例子…168
 - 8.3.2 我国“沧海桑田”的历史经验…169
- 8.4 台湾海峡的旅游观光资源的开发与保护…172
 - 8.4.1 海滨沙滩的开发与保护…172
 - 8.4.2 海岛观光和旅游资源开发前景看好…178
 - 8.4.3 大担、二担——优越的地理区位…182
- 8.5 桥隧工程是海峡两岸共同发展的纽带…184
 - 8.5.1 厦一金大桥的可行性和几种线路方案…184
 - 8.5.2 台湾海峡隧道（TST）工程的世纪之梦…188

参考文献…194

第一章

绪论

1.1 海峡名词及其宽松的含义

海域过道的两侧受陆（岛）域约束而成峡。著名的直布罗陀海峡是欧洲陆块的西班牙与非洲陆块的摩洛哥之间的狭窄水道。白令海峡也是亚洲与北美两个大陆之间的水域分界线。大陆突出的半岛与海岛之间最大的航海过道是马六甲海峡。该海峡的南侧是印度尼西亚的苏门答腊岛，北侧的中段是马来西亚，西端是泰国，东端是新加坡。这条海峡是全球最长（达 800 km），船只来往最繁忙（每天平均 2 万只大小船只通过）的海峡，这条海峡的东端出口紧接新加坡海峡。此海峡历来是海盗出没和发生海事最频繁的地方。

习惯的叫法往往会改变海峡名词。如我国的香港原名维多利亚湾，又名香江，它实际上是受南（香港岛）北（九龙）两（陆域）岛约束的东西连通的小海峡。浙江镇海的北仑港位于金塘水道，这条名为水道，实际上与福清—平潭之间通称海坛海峡都是同等尺度的天然小海峡。

日本北海道岛屿之间的各个过道有称海峡的如与本州之间已建成隧道的津轻海峡，但也有称水道的，如北海道北部与择

捉岛之间又称国后水道。所以海峡与水道往往是同义语，并无严格的区分标准，常依习惯叫法而定名。

1.2 台湾海峡的区界与范围

在我国三大海峡中，台湾海峡最长也最宽。渤海海峡是半封闭的渤海的进出口门，多个海岛横列在大连与蓬莱之间的口门，实为多道的峡口。琼州海峡宽度仅 20 km，长不足百公里。

台湾海峡（图 1-1、图 1-2）位于我国东南沿海台湾省与福建省之间，海峡最狭窄处是平潭岛与台湾新竹海边之间，距离只有 130 km。台湾海峡最宽的南界即台湾南端的猫鼻头西到东山岛的澳角，宽 420 km。海峡的北界西起连江县的黄歧半岛东角，东到台湾的富贵角，距离为 220 km，南北两条边线以内的海峡面积为 63 000 km²。

台湾海峡的水深各处差别较大，平均水深 50 m 左右。台湾浅滩水深多变，浅滩没有明显的地貌和沉积上的区界范围，通常定为水深 30 m 左右。台湾海峡的东南角为一片水深超过 1 000 m 的大陆坡所在。（图 1-2）

航海上和海洋科学上的习惯认为，台湾海峡内有几多：浅滩多、沟谷多、入海河口和海湾多、海底地貌类型多、峡区内海岛的数量和种类多，海峡区水团复杂多变、渔场多、沉积物与海底水深多变、来往船只多等特点。还有几个大：风大、浪大、流速大，海域面积之大居我国各海峡之冠。

1.3 简介历史时期的台湾海峡

没有台湾岛的隆起，就不会有前陆洼地即海峡的存在。这一地块抬升几千米成为台湾中央山脊，其前陆洼地即海峡。海峡洼地的东侧沉积了超过 5 000 多米的新生代地层。台湾岛与台湾海峡是一对伴生的正负的地体，互为依存条件。