

# 山东庙岛列岛与蓬莱沿岸地貌

曹家欣

(北京大学地理系)

## 摘要

本文分析论证了庙岛列岛和蓬莱沿岸的地貌特征、类型、成因及发育规律。黄土地貌是该列岛和蓬莱沿岸独具特色的地貌类型，在大海之中出现内陆黄土高原的某些地貌特征是第四纪环境变迁的结果。火山锥体和玄武岩流构成了蓬莱沿岸地貌的重要组成部分。庙岛列岛的北五岛以海蚀地貌最发育，这决定于该区的地质构造、岩性及高能海水动力作用；南五岛则以海岸堆积地貌占优势，这是本区的地理位置和沿岸流作用的结果。本文还特别着重分析讨论了列岛沿岸的海滩砾石形状，它以球形和椭球形砾石为特征，尤以朝北向的海滩最为明显，这与高能击岸浪作用密切相关。同时对比了蓬莱沿岸的海滩砾石形态，以极扁平的饼干状砾石占优势，这是因该区风平浪静，潮汐与波浪作用微弱所致。

庙岛列岛又称长山列岛，属山东省长岛县管辖。列岛扼渤海海峡，由21座大小岛屿组成，排列成近NE—SW向的一座天然陆桥，成为衔接胶辽两半岛的重要通途，又是渤海与黄海的天然分界（图1）。

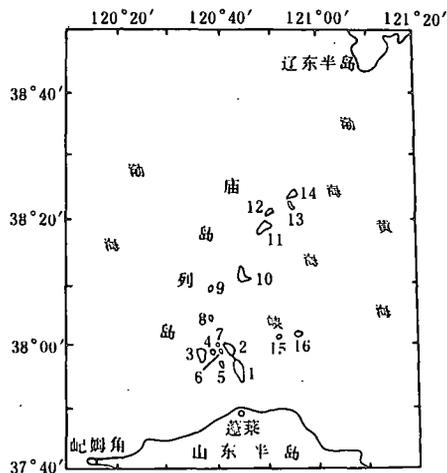


图1 庙岛列岛位置图

庙岛列岛在地质构造上属于胶辽古陆的一部分，各岛屿均由震旦纪石英岩组成，个别岛屿出露千枚岩和板岩。整个群岛缺失古生界、中生界和下第三系。第四纪时期出现了黄土和海相沉积<sup>(1)</sup>。该列岛由于长期处于构造抬升状态，使之成为矗立于渤海海峡之上的分隔渤、黄海盆地的古老陆地。其排列方向总体呈NNE向，但每座岛屿的构造格局又有所不同，分别受NE、NNE、EW和NW向几组构造线所控制。由于组成各岛屿的石英岩层产状陡峭，再加断层活动影响，

各岛屿沿岸悬崖峭壁,水深浪急,十分险峻,海蚀地貌极为发育.各岛屿的平缓海岸十分少见,仅有狭窄的砾石滩地.岛屿内部丘陵起伏,海拔一般在 100 米左右,少数岛屿的山峰可达 200 米.除个别山峰外,因长期遭受剥蚀夷平,丘陵顶部多为平缓的夷平面,其上残存着厚薄不一的上新世红土风化壳.

庙岛列岛独具特征的是黄土地貌,每座岛屿上均有黄土覆盖<sup>(1)</sup>,在汪洋大海之中的群岛上出现黄土地貌,实为奇观.各岛屿因面积小,无现代河流,只保存有古老的沟谷和现代坡面流水作用的痕迹.

蓬莱沿岸与庙岛列岛隔海相望,海岸地貌却各不相同.蓬莱海岸自东边的铜井至黄县的龙口,包括基岩、火山、黄土和砂质海岸地貌,突出的岬角与平直岸线交替出现,构成了蓬莱海岸的基本特征.

本文将分别论述夷平面、黄土地貌、火山地貌、海蚀与海积地貌等地貌类型及发育规律,同时论述海滩砾石的特征及其成因.

庙岛列岛与蓬莱沿海已成为新兴的旅游胜地和重要的海水养殖区.希望本文的讨论能对该区的经济发展和旅游事业有所裨益.文中不妥之处敬希指正.

## 一、列岛地貌及其特征

### (一) 夷平面

胶辽古陆经过长期抬升,至喜马拉雅运动后期地壳相对稳定,形成了波状起伏的广阔准平原.连接胶辽古陆的庙岛列岛,此时也进入了准平原化时期,地表既无明显的河流侵蚀下切,也缺乏相关的沉积.在当时湿热气候条件下,化学风化作用强烈,处于红土化时期,形成了厚层红土风化壳,成为现今广布于庙岛列岛和胶辽半岛上的上新世红色风化粘土层<sup>(2)</sup>.各岛屿上的夷平面,因受后期构造运动影响,其高程差异明显,如北隍城岛灯塔山夷平面可分为 2—3 级,最平坦的面为海拔 100—120m 和 140—150m 两级,其顶部均有风化红粘土残留在石英岩表层和裂隙中,石英岩的风化破碎带保存得十分清楚.南长山岛的夷平面以海拔 50—70m 的一级最为发育.

早更新世,各岛屿上的风化夷平作用依然进行,在几座岛屿上保存着较厚的红土角砾层,属于风化和坡积作用的综合产物,它与上新世的红土风化壳呈不连续接触<sup>(2)</sup>.

上述情况表明,庙岛列岛的风化夷平过程经历了漫长的地质时期,从第三纪中期持续到第四纪早期.

### (二) 黄土地貌

本列岛自海滨至岛屿内部均有黄土分布,集中分布在海拔 10—70m 范围内,总厚度 20 余 m,它以披盖形式掩埋了各种古老地形,并在流水及重力作用下发育成多种类型的黄土地貌,如黄土沟壑、陡崖和黄土台地等均十分醒目.各岛屿沿岸 10—15m 的海成阶地上部几乎均覆有黄土,成为海陆复合型阶地.

黄土的沟谷类型以冲沟最为典型,它继承着古老沟谷发育而成,两壁陡立,沟底深切在

黄土层中,甚至切入基岩,沟头呈尖状或圆状.以大黑山岛的黑石沟规模最大,它发源于该岛西侧的老黑山(火山锥),向东横穿全岛至北庄村入海.著名的北庄村新石器遗址就保存在该冲沟下游的黄土层中.

黄土陡崖在各岛屿上随处可见,尤以马兰黄土集中的地段最为陡峻,陡崖沿黄土的垂直节理崩塌而成,马兰黄土的陡崖高达12—15m.在黄土分布集中的地方,常形成平展的黄土台地,自岛屿内部向海岸缓缓倾斜,高程在10—40m之间.最大的黄土台地出现在大黑山岛.

### (三) 海岸地貌特征

庙岛列岛的海岸地貌受构造运动、地层产状、岩性、海流及波浪作用等因素控制,在各岛屿沿岸有规律地发育了海蚀地貌与海积地貌,以及独特的黄土海岸地貌.因断层影响,岛屿沿岸陡峭险峻的海蚀崖比比皆是.此外,海蚀洞、海蚀拱桥、海蚀阶地、海蚀平台及海蚀柱等极为普遍.在海湾顶部有狭窄的砾石滩和大型的砾石堤,湾内为小型潟湖,大小岛屿之间连岛砂砾洲常见,岬角处发育砾石嘴等,这些组成了该列岛具有特征性的海岸堆积地貌(图2, 3).

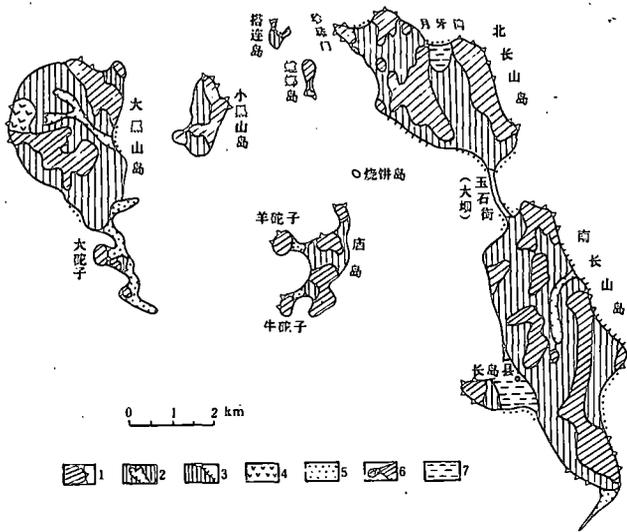


图2 庙岛列岛南五岛地貌图

- 1——基岩丘陵、夷平面、海蚀崖 2——黄土覆盖区与冲沟 3——黄土陡崖
- 4——火山锥 5——砾石滩 6——连岛砾石洲 7——潟湖平原

### (四) 海蚀地貌

海蚀崖、海蚀洞分布在岛屿的各个方向,但以西海岸和北海岸最为壮观,多沿断层发育而成(图4).东海岸的海蚀崖则沿陡峭的石英岩层面发育成顺层悬崖.海蚀崖连接成排,高达数十米,高者近百米.在击岸浪作用下,海蚀崖下部往往塑造出成排的巨大海蚀洞,在石英岩节理密集处最为发育,洞高10m左右,洞深不一.海蚀拱桥出现在岛屿岬角处,因相邻的海

蚀洞被波浪凿穿而成,以南长山姜头和高山岛姊妹峰的海蚀拱桥规模最大.

海蚀平台发育在海蚀崖前方的高低潮位之间,各岛屿沿岸普遍分布,它以缓坡朝海方向倾斜,其上常见小残丘、海蚀柱及海蚀沟槽等.海蚀平台上生活着潮间带的牡蛎、藤壶等.海蚀阶地是已抬升的古老海蚀平台,在许多岛屿上均有分布,以海拔10—15m和30余m的阶地保存最好,其上残存着海相砾石、海蚀沟槽和浪蚀蜂窝等痕迹.

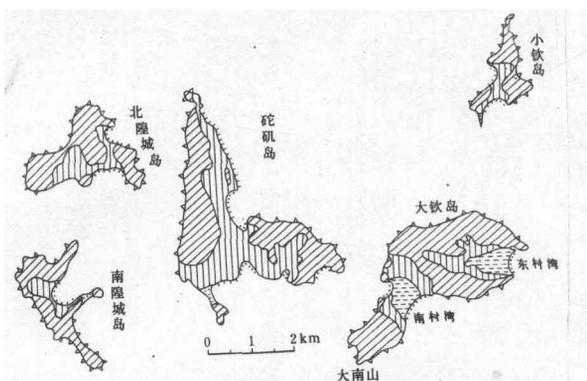


图3 庙岛列岛北五岛各岛地貌图

(图例同图2)

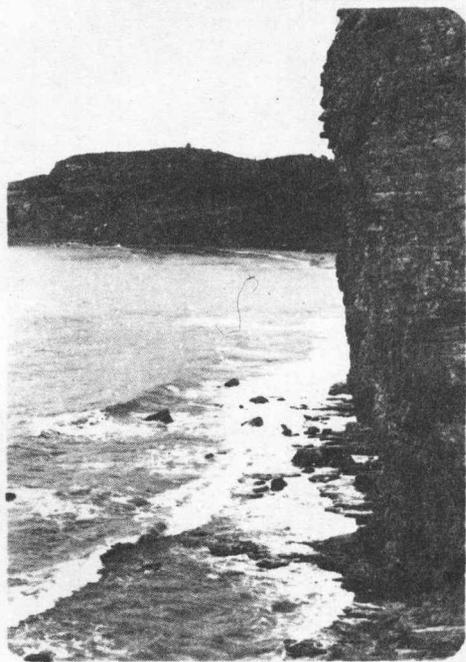


图4 北长山岛九丈崖海蚀崖、海蚀洞

### (五) 海蚀地貌发育的原因

庙岛列岛海蚀地貌特别发育的原因,除了地质背景外,海水作用的因素是极为重要的。渤海海峡属于高能动力海岸,是北方沿海最大风浪区之一。据《渤海地质》(1985)资料,海峡的年平均波高达1.1m, N和NNE向的波浪,年平均波高达1.7—1.8m,而偏南向的波高则较小,平均为0.7m。在海峡附近冬半年的平均波高达1.5m,寒潮侵袭时的偏北大浪,平均波高达2.5m以上,历史上的最大波高可达13.9m。渤海海峡在冬季以偏北向浪为主,频率为22%,北西向浪次之,频率为18%。偏北向浪的频率合计达65%。春秋季节为季风转换季节,但在渤海海峡偏北向浪仍占优势。波浪受风向所控制。冬季盛行偏北风,在偏北风和偏北向浪的剧烈作用下,海蚀地貌极为发育。北部几座岛屿几乎被悬崖峭壁所环绕,尤其是北岸、西岸和东北岸更为明显。

### (六) 海岸堆积地貌

#### 1. 砾石滩和砾石堤

这是庙岛诸岛最常见的堆积地貌类型。分布在海湾顶部的砾石滩宽约十米到几十米,明显地朝海倾斜,倾角可达 $10^{\circ}$ 左右。发育最好的砾石滩分布在各岛的北岸和东北岸,如北长山岛的月牙湾、搭连岛的北湾和大钦岛的东村湾。但也有例外,如小钦岛的西海湾。因北岸和东北岸朝向外海,水深风

大浪急,击岸浪对砾石的淘洗磨蚀作用强烈,一次强大的风暴潮所引起的巨浪就可改变砾石滩的面貌。1985年8月19—20日的强台风袭击了胶东和辽东,该列岛同样遭受到狂风巨浪的侵袭,大钦岛东村海湾的砾石滩和砾石堤发生了巨大变化,砾石表面被撞击得失去了光泽,出现密集的麻坑,砾石的分选与排列也被扰乱。

各岛屿的海滩砾石成分虽然均为石英岩,但不同海湾的砾石,其磨圆度和形状差别极大。这与每个海湾所处的位置和击岸浪的强弱关系密切。如北长山岛月牙湾海滩,由纯净的石英岩砾石组成,砾石直径2—3cm者居多,磨圆度几乎均在4级左右,其形状多呈球形和椭球

形, 色彩绚丽, 琳琅满目。

砾石滩内侧为砾石堤, 最大的砾石堤出现在大钦岛东村海湾。砾石堤分为两级, 高的一级海拔 10m, 宽 7m, 前后坡倾角均为  $11^\circ$ 。低的一级海拔 5m, 宽 8.7m, 前坡倾角  $8^\circ$ , 后坡紧贴于 10m 高的砾石堤上, 该砾石堤向下为正在发展的砾石滩。东村湾的砾石滩和砾石堤均由巨大的石英岩砾石组成, 该海湾南端的砾石大于北端的砾石, 磨圆度也略低于北端, 但砾石磨圆度均很高, 多数达 4 级, 砾石形状为厚扁圆状。砾石堤内为海湾小平原, 由潟湖相淤泥组成, 表层为黄色粉细砂。

## 2. 砂砾石嘴和连岛砂砾洲

这是庙岛列岛和山东半岛北岸最具代表性的海岸堆积地貌。半岛北岸最大的连岛沙洲是龙口至岬岬岛之间的大沙洲, 长 10km, 宽 2km, 由粗砂、细砾组成。其次是烟台至芝罘岛间的砂砾洲。庙岛诸岛的小型连岛砾石洲发育非常普遍, 它们多由砾石嘴发展而成。砾石嘴形成在各岛屿的岬角处, 在沿岸流作用下砂砾物质沿岬角尖端的波影区沉积下来, 并顺沿岸流方向伸展。南长山岛姜头砾石嘴最为典型, 水面以上长 700m, 水下延伸 4km, 由石英岩砾石组成, 但因其位于该岛东南端, 风浪作用很弱, 砾石磨圆度不高 (图 5)。

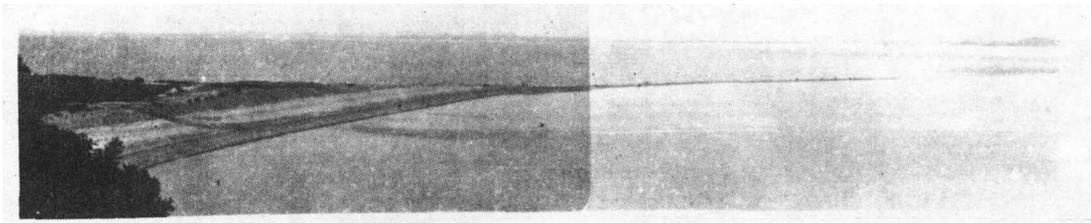


图 5 南长山岛姜头砾石嘴

若众多的大小岛屿成串分布, 不同的砾石嘴在其发展中就会彼此相连, 进而发展成连岛砂砾洲。这种复合型地貌在庙岛列岛甚为多见, 尤以南五岛的南侧最为集中。有几座大型岛屿本身即由几座大小岛屿相连而成。南、北长山之间的人工大坝就是在原来的连岛砾石洲 (原

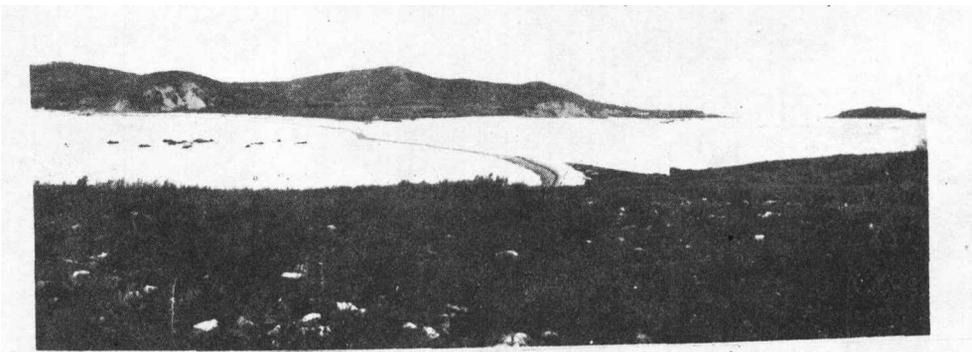


图 6 庙岛与羊砣子间的连岛砾石洲

称玉石街) 基础上建成的。大黑山岛南端的船望与大砣子和鱼鳞岛之间也由一系列砾石嘴相连而成为一个整体的连岛砂砾洲, 长达 4km。庙岛西侧的牛砣子和羊砣子两座连岛砾石洲更为典型 (图 6)。北五岛之中的大钦岛及其南侧的大南山也是由大型连岛砂砾洲相连而成, 但

不同的是,这种砂砾洲是由其东西两座海湾的砾石堤堵塞而成的潟湖再淤积的结果.南长山岛的长岛县城所在地与信号山之间也属于此种类型.

### 3. 潟湖与海湾平原

庙岛诸岛各海湾顶部的砾石堤内几乎均有潟湖发育,有的已干涸,有的依然存在.潟湖的形成是因砾石堤阻挡了湾顶与大海的沟通渐渐堵塞而成.潟湖发展的后期完全与大海隔绝,在雨季因流水作用沉积了薄层粉细砂层(黄土状沉积物),其下部为海相和潟湖相灰黑色淤泥,最后淤积成海湾小平原.这种地貌出现在大钦岛东村、南村、南长山岛的县城附近,北长山岛月牙湾以南等地.

### (七) 海岸堆积地貌发育的原因

上述各类海岸堆积地貌,尤其是南五岛极为发育的原因,据实地考察和海水动力资料分析<sup>[3]</sup>,列岛南部的几座岛屿位于渤海海峡南端,距蓬莱仅 7km,岛屿密集,海湾众多,海水较浅,风平浪静,属于低能动力海岸.但是沿岸流的作用甚为明显,有利于堆积地貌的形成.据《渤海地质》资料,该海区的海流,在渤海海峡北部以高盐度的黄海暖流余脉进入渤海中央,并延伸到渤海西岸,当其受海岸阻挡后分成南北两支,南支伸入渤海湾后转折南下,与黄河口和莱州湾向东流动的低盐度浑水(即沿岸流)相汇,形成反时针向的流动,并从海峡南部流出渤海.这一环流模式,在一年中的多数月份是基本稳定的.不论冬、夏季,在渤海海峡,高盐度的黄海暖流沿着老铁山水道流入渤海,而低盐度的沿岸流则沿海峡南部流出渤海.

从渤海海域的水文特征不难看出,庙岛列岛的南部各岛主要受渤海南部逆时针向沿岸流的控制,使沿岸物质有条件堆积在岛屿的岬角处,并发展成砂砾嘴和连岛砂砾洲.

### (八) 海相砾石特征

球石是庙岛列岛引人注目的砾石特征.它不同于一般文献中所认为的海相砾石以扁圆形为特征的看法.砾石形状取决于地质条件和海水动力条件.例如,月牙湾位于北长山岛的北端,朝向渤海海峡,风大浪急,在高能击岸浪作用下,砾石剧烈滚动甚至悬浮撞击磨蚀.此外,地质背景也有重要影响,月牙湾周围均为石英岩,质地细腻,节理密集,断层发育,将石英岩破裂成许多小碎块,为海滩砾石提供了丰富物源,并为球形砾石的形状打下了良好基础.在上述两种因素作用下塑造成了独具特色的球形砾石(图 7).与此相反,蓬莱沿岸的海滩,以中粗砂为主,其上散布着扁平的石英岩砾石.由于岸线平直,又受庙岛列岛的保护,沿海风平浪静,随着潮汐和波浪的进退,砾石沿着滩面往复磨蚀,虽然同样是石英质砾石,却研磨成扁平度极高的饼干状砾石(图 8).

作者在野外共统计了 400 多块砾石,月牙湾 200 余块,东村湾 100 块,蓬莱沿海 100 余块.所得的数据是砾石的长轴、中轴和短轴的大小,分别以 a、b、c 记之.砾石的形状根据三轴的比例关系表示,可分为球状、扁平状、椭球状和不规则状.

砾石的球度和扁平度,取决于砾石三个轴的长度,特别是 c 轴的长度.若三轴长度接近,则球度最大,其值近于 1,而扁平度最小,其值也近于 1.若 c 轴的长度变小并近于 0,则球度也将近于 0,但扁度则相应地变大.因此,砾石的球度与扁度是有一定关系的两项形态特征.

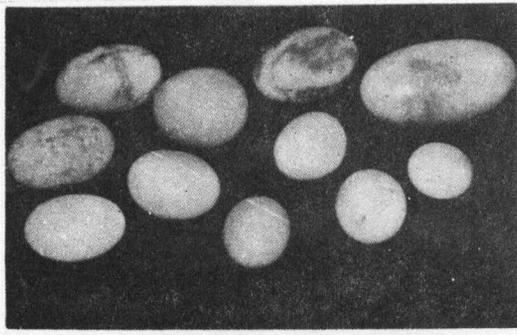


图7 庙岛列岛海滩球形和椭圆形砾石

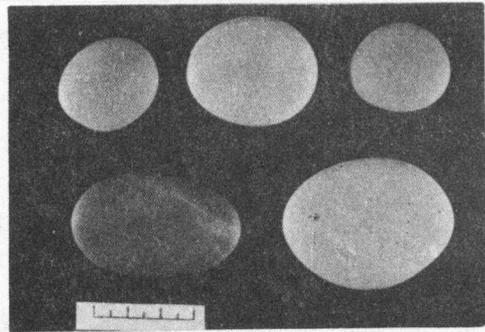


图8 蓬莱海滩饼干状砾石

砾石的球度用 $\sqrt{abc} / a$ 公式表示, 砾石的扁平度用 $(a+b) / 2c$ 公式表示.

按上述公式统计出的各岛屿海滩砾石的球度和扁平度的数据大小进行分组, 计算出每组的平均值以及各组所占的频率, 并可绘出各样组的球度和扁平度累积频率曲线 (图 9.10).

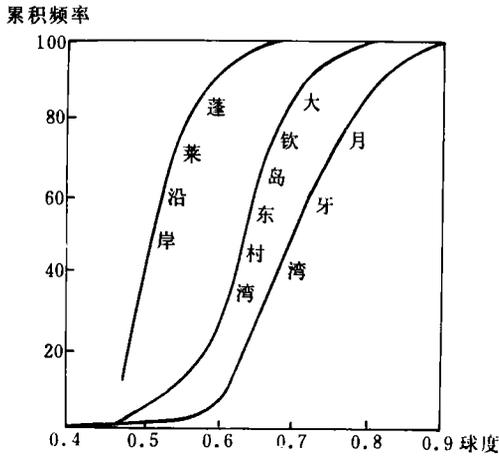


图9 砾石球度频率曲线

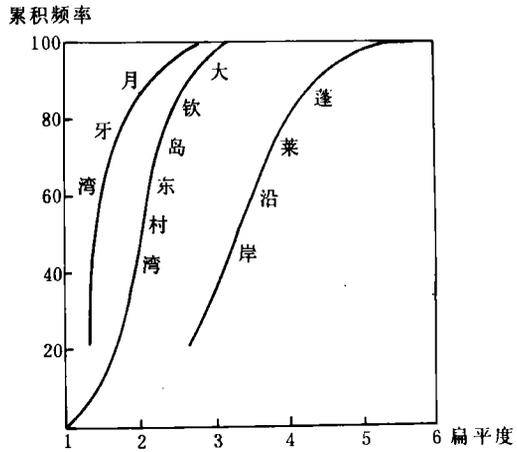


图10 砾石扁平度频率曲线

从图中可查出月牙湾的砾石球度平均值为 0.695, 东村湾为 0.625, 蓬莱海滨为 0.51 (平均值为累积曲线上累积频率为 50% 的对应球度值). 至于砾石扁平度的平均值, 月牙湾为 1.47, 东村湾为 2.07, 蓬莱为 3.3. 由此不难看出, (1)球度: 月牙湾 > 东村湾 > 蓬莱海滨, 说明月牙湾的砾石形状更接近于球体. (2)扁平度: 月牙湾 < 东村湾 < 蓬莱海滨, 蓬莱海滨的砾石为饼干状的扁平球体. 需要指出的是, 蓬莱砾石的 c 轴长度均在 0.5—0.8cm 之间, 而 a 和 b 轴的长短不一, 因此, 计算出的扁平度并不一致, 平均值为 3.3. 实际上蓬莱砾石的形状几乎都是等厚的极扁平砾石.

## 二、蓬莱海岸地貌

### (一) 火山锥海岸地貌

蓬莱地区是我国沿海一带火山活动频繁, 分布密集的地区之一, 火山活动自晚第三纪开始, 持续到第四纪早期甚至更晚期才终止. 活动方式以中心式和裂隙式溢出为主, 并伴有中心式喷发, 在蓬莱和黄县一带形成了大片玄武岩流垆岗和成群的火山锥体. 火山喷出物为灰黑色玄武岩和火山灰, 它们直接覆盖在晚第三纪红土风化壳之上, 在接触处有烘烤现象. 火山锥体形状大小不一, 大者如蓬莱西部的迎口山, 海拔 247 米, 是一座极为壮观的大型火山. 其他火山多为顶平坡缓的火山, 高程在数十米左右. 山东半岛北部晚第三纪以来的火山活动规模之大, 持续时间之长, 远远超过了山西大同火山群.

火山锥海岸地貌以蓬莱东部的铜井一带最为典型, 铜井附近是由数座火山组成的一个群体, 火山体呈扁平状, 高程 40—50m 左右, 喷出物为玄武岩和火山碎屑岩. 该火山群直临海面, 在铜井构成了一个明显向海凸出的岬角, 其中以红石山规模最大. 红石山高 80 余 m, 临海形成火山海蚀悬崖, 崖高 20 余 m, 陡崖上裸露出火山颈及其喷出物, 喷出物盖在第四纪早期的冲积层上或直接盖在元古代的变质岩上. 其喷发时间为早更新世晚期<sup>(5)</sup>, 甚至更晚 (图 11).

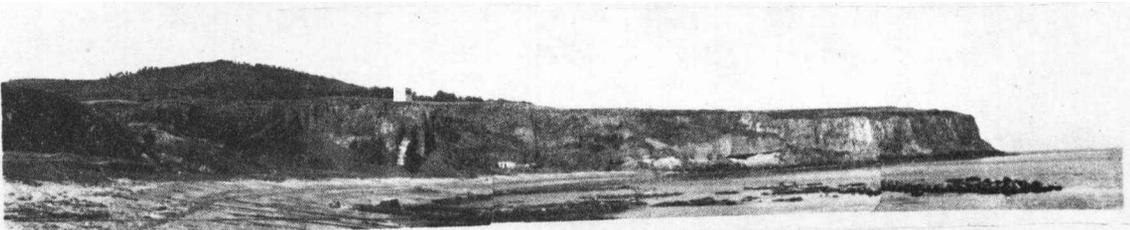


图 11 蓬莱红石山火山喷发岩

## (二) 基岩海岸地貌

自蓬莱县城往西至林格庄东侧为基岩海岸, 由元古代变质岩系组成. 基岩山地直临渤海海面, 高程 80—120m, 顶部为平坦夷平面, 其上残存着红土风化壳痕迹, 与庙岛列岛的情况相似. 举世闻名的蓬莱阁就座落在临海 50 多 m 高的夷平面上, 其北侧的老北山海拔 72m, 它们共同组成了突出于海中的蓬莱角, 北与庙岛列岛遥遥相望, 这些岛屿在大海之中时隐时现, 犹如虚无飘渺的仙境, 自古以来传说中的“蓬莱仙岛”即指此处. 每当夏日雨过天晴, 在海空相接的天际, 由于太阳光折射常常出现“海市蜃楼”的奇观.



图 12 蓬莱下朱潘黄土海岸

## (三) 黄土海岸地貌

自蓬莱以西的林格庄至泊子村为黄土海岸, 这在山东半岛颇为罕见. 由黄土和黄土状沉积物构成了临海的黄土陡崖(海蚀崖), 高程 15—20m, 顶部为平坦的黄土台地, 被冲沟切割的支离破碎, 具有较典型的黄土地貌特征. 黄土剖面出露良好, 其性状与庙岛

诸岛的黄土十分相似<sup>(1)</sup>。黄土海蚀崖下为平坦的砂质海滩，宽约20—30m。沙滩上散布着饼干状砾石（图12）。

下朱潘岸黄土剖面，自下而上：

(1)红棕色与棕红色砂质粘土层，结构致密，含岩屑及小角砾，出露厚度2—3m。为早更新世沉积。

(2)棕色与棕黄色黄土与黄土状沉积，含3—4层古土壤，厚8—9m。时代为中更新世。

(3)浅黄色黄土与黄土状沉积，柱状节理发育，底部含钙质结核，厚4m左右。时代为晚更新世。

### 三、几点结论

1.庙岛列岛的地貌受构造、岩性和海水动力条件所控制。北五岛沿岸构造抬升剧烈，水深浪急，属高动力海岸，海蚀地貌发育。南五岛沿岸地势较缓，沿岩流作用明显，堆积地貌发育，以砂砾嘴和连岛砂砾洲最具特征。

2.各岛屿的朝北向海岸，击岸浪作用强烈，砾石的磨圆度和球度极高，而扁平度很低，球形砾石占优势。

3.庙岛诸岛与蓬莱沿岸，黄土地貌独具特色，这是山东沿海颇为罕见的海岸地貌类型，这与第四纪期间的气候变化和海面升降密切相关。

4.蓬莱沿海，岸线平直，沿岸流作用明显，以砂质海岸为特征，海滩上散布着扁平的饼干状砾石。火山海岸地貌是蓬莱沿海的特殊地貌类型，它构成了突出的岬角海岸。

5.蓬莱和庙岛列岛的“海市仙岛”风光是在特定的地质、地貌和海洋气候条件下塑造而成的。

6.庙岛列岛严重缺水，无论地下水和地表水的水源非常缺乏，在开辟旅游胜地的同时必须首先考虑到这个问题。

7.列岛上黄土的普遍分布，有利于人类的生存和繁衍，作为胶辽之间天然陆桥的重要意义，是与黄土的存在密不可分的，自旧石器时代以来至今，人类在该列岛上不断发展，经济日趋繁荣，应当加强对黄土层的保护和利用。

8.认识和掌握沿岸地质、地貌和海水动力条件的变化规律，有助于今后合理的经济开发。

文章中的砾石统计与图表绘制由张建中同志协助完成，在此深表谢意。参加野外工作的尚有李培英和石宁等同志。

### 参 考 文 献

- (1) 曹家欣等，山东庙岛群岛的黄土，中国科学，87（1987），10：1116—1123。
- (2) 曹家欣等，山东庙岛群岛的黄土堆积与海面变迁，中国海平面变化，海洋出版社，1986，81—90。
- (3) 中科院海洋研究所，渤海地质，科学出版社，1985，13—24。
- (4) 吴磊伯等，海滨砾石组构分析的一个实例，地质学报，42（1962），2：353—361。
- (5) 丁萝麟等，山东蓬莱等地第四纪玄武岩的热发光年龄，地质科学，84（1984），1：103—106。
- (6) 耿秀山，渤海海底地貌类型及其区域组合特征，海洋与湖沼，13（1983），2：128—137。