

苏联黑海苏湖米至索契沿岸海平面变动的遗迹和海岸防护

秦蕴珊

(中科院海洋研究所)

李从先

(同济大学)

杨作升

(山东海洋学院)

我们参加了27届国际地质大会并考察了高加索南麓黑海苏湖米至索契沿岸, 考察内容主要是第四纪海平面变动和海岸侵蚀。该段海岸走向NW—SE, 长150余公里(图1)。高加索山脉为阿尔卑期—喜马拉雅褶皱带的一个分支, 这里构造活动异常强烈, 山脉持续上升。构造线平行于海岸。沿岸及海底大陆架出露第三系和白垩系福里斯沉积, 由沙岩、页岩、灰岩和泥灰岩交替构成。发源于高加索山区的河流, 如卡多利河(Кодори), 古米斯塔(Гумиста)河, 古达乌塔(Гудоута)河, 布斯布(Бзипи)河, 索契河(Сочи)等南流入海。由于物源近, 坡度陡, 河流挟带至海岸的物质大多为沙砾和砾石, 然而, 有些河流通过灰岩和泥灰岩分布区, 出现岩溶现象, 如新阿房溶洞, 岩溶发育使地表水下渗, 河流流量减少, 挟沙能力降低, 致使海岸沉积物的来量减少。

本区大陆架较为狭窄, 宽约1—5公里, 坡度较陡, 达到2—3%, 有的地区大陆坡直逼海岸, 如皮从达岬角地区, 海岸线之外即为大陆坡, 其坡度达45°。海底峡谷发育, 其源头沿陆坡向上延伸, 有的伸至大陆架上水深10

米之处。地形条件有利于海岸沉积物直接进入陆坡之下的深海底。

苏湖米至索契海岸位于亚热带, 年降雨量1600—2000毫米, 因此沿岸植物密, 植被覆盖度较大, 山坡的侵蚀作用减弱, 这可能是阶地上的海相沉积物得以保存的有利条件。

一、海平面变动的遗迹

考察地区海平面变动的主要遗迹是沿岸海成阶地及沿海埋藏的滨海浅海相沉积物。本区海岸阶地研究较详, 埋藏滨海浅海相沉积物主要在河口三角洲地区进行了系统地工作。这里沿岸海成阶地虽然宽度不大(一般数十至二百米, 仅河口地区才可能达到1.0—2.5公里, 如布斯布河), 但是分布相当普遍, 沿岸均能追索, 互相可以对比; 特别重要的是, 阶地上至今能找到原生滨海、浅海相沉积层, 有的甚至厚达20余米, 而且阶地大多为基座阶地(图2)。阶地沉积物中保存大量咸水或半咸水的软体动物, 因此阶地的海相成因是无疑的。苏湖米至索契可以划分出六级海成阶地, 其高度、时代和证据示于表。基中一级阶地保存最



图1 考察地区位置

好, 沿岸的主要城市如苏湖米、索契就座落在这级阶地上, 且其沉积物保存较好。三级阶地沉积物中软体动物壳体含量最丰富, 不仅见于粘土沉积, 而且可在沙砾层中找到, 所反应的古气候较热, 海水的盐度较高, 这级阶地是在黑海最大一次海侵时形成的。至于五级、六级阶地在本区虽然未发现海相沉积物, 但在本区之外的相应阶地上找到了滨海、浅海相的生物化石。

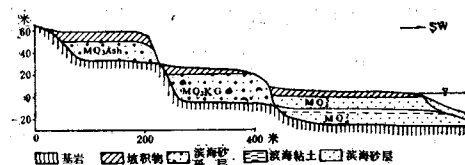


图2 阿德尔河地区海成阶地横剖面

(据依斯马依洛夫资料整理)

MQ₃ASH阿申期阶地; MQ₃KG卡拉干特期阶地; MQ₂中黑海期阶地;

MQ₁晚黑海阶地。

黑海高加索沿岸阶地特征一览表

级次	高度(米)	时代	岩性	软体动物
I	3—6	新黑海期 (Q ₄)	近岸地带为沙砾层, 发育低角度的交错层理, 阶地后缘为灰色、灰黑色泻湖相粘土, 夹泥炭层, ¹⁴ C测年资料为4500—5000年。	<i>Cardium minima</i> ; <i>Cardium edule</i> ; <i>Chione gallina</i> ; <i>Ostrea taurica</i> ; <i>Tapes</i> sp.
II	8—10	新叶克星期 (Q ₃)	沙砾层夹粘土层, 夹褐色铁锰结核。	<i>Dreissena polymorpha</i> ; <i>Dreissena distincta</i> ; <i>Monodacna pontica</i> ; <i>Theodoxus</i> sp.
III	20—25	卡拉干特期 (Q ₃)	黄色沙层, 沙砾层和粘土层, 发育低角度的交错层理。	<i>Cardium tuberculatum</i> ; <i>Coedule</i> sp.; <i>C. paucicostatum</i> ; <i>C. vulgatum</i> ; <i>Rissoa spleidida</i> ; <i>Chione gallina</i> ; <i>Tapes calverti</i>
IV	30—40	阿申期 (Q ₂)	上部为黄色沙砾层, 砾、卵石层, 沙层, 其中沙层厚度不等; 下部为沙层, 上、下部之间为不整合面。	<i>Cardium edule</i> ; <i>Paphia</i> sp.; <i>Abra</i> sp.; <i>Didacna baericrassa</i> ; <i>Dreissena caspia</i>
V	60—70	老叶克星期 (Q ₁)	黄色沙层, 粘土层, 夹砾石。	<i>Didacna baericrassa</i> ; <i>Monodacna subcolorata</i> ; <i>Dreissena caspia</i> ; <i>Abra</i> sp.
VI	100—120	恰乌金期 (N)	沙层, 粘土层, 含风化砾石。	含少量强烈风化的贝壳

海岸阶地上通常覆盖着河流相或洪积相沙砾层,它与下覆的海相层呈不整合接触,岩性差异往往异常明显,下部为黑色海相粘土,上部则为砾石,如布斯布河右岸阶地,下部为卡拉干特粘土,上部为河流相沙砾层。某些阶地上覆盖沙砾层,具有低角度的交错层理,其中含较多的海相软体动物壳体,如索契地区的卡拉干特阶地(三阶)。

苏湖米至索契沿岸既有高于现今海平面的多级海成阶地,又有低于现今海平面的海相沉积物,而且海成阶地多为基座阶地。这是海面变动(水动型升降)和构造上升(地动型变动)共同作用的结果,阶地上的海相沉积物记录了黑海的海平面上升和海进,阶地所处的高度则是构造上升的反映。根据依斯马依洛夫(Ясмойлов, 1984)近年的研究,同一级阶地的高程自东南向西北降低,如第六级阶地,其高程在本区为100—120米,向西北至克尔契半岛降至10米以下,与高加索山脉向西北构造上升幅度和速度逐渐减小相吻合。这一降低过程是跃进式的,凡是在构造活动增强的地带,阶地高程发生突变(图3)。因此,同一阶地的高程沿海岸的变化取决于构造,同时反映构造运动的强弱。

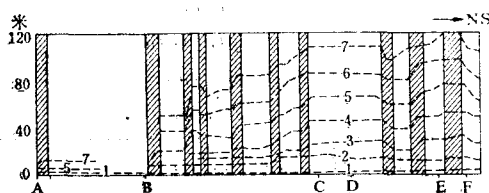


图3 高加索黑海沿岸海岸阶地的高程变化
1. 黑海期阶地; 2. 阿高依阶地;
3. 卡拉干特阶地; 4. 阿申阶地;
5. 乌苏拉尔阶地; 6. 老艾夫克新阶地; 7. 恰乌金阶地。A. 阿那普; B. 新俄罗斯; C. 克林金克; D. 土阿普赛; E. 阿申; F. 普索。

在苏湖米至索契沿岸特别重视对河口三角洲地区海平面变动遗迹的研究,因为这里是海岸阶地和河流阶地的连接之处,两类阶地的地貌特征相似,区别仅仅在于其上的沉积物由河

流相逐渐变为滨海或浅海相。此外,在三角洲地区只揭示出单一的海相层,沉积层厚度较大,且大部分处在水下,保存完好,较全地记录了一次完整的海进海退过程。以古米斯塔河为例,其黑海期(Q₄)三角洲宽达2.5公里,地面高程3—5米。根据钻孔揭示,全新统滨海浅海相层厚达90米,可划分为三层。下部为早黑海期沉积,由滨海相沙砾层及粘土层构成,含泥炭,¹⁴C年代为10350±270年,埋深30—90米。中黑海期为浅海相粘土,滨海沙砾层和沙质粘土层,局部含泥炭层,¹⁴C测年资料为7000—8300年。新黑海期为滨海沙砾层和沼泽泥炭层,三角洲平原上保留3—4列砾石堤。¹⁴C测年资料说明,时代为4500—1700年。新黑海期阶地高出现今海平面3—5米,而在海面以下至90米连续沉积全新统滨海浅海相沉积物,这是冰后期海平面上升超过区域构造上升的记录,说明冰后期海面上升速度相当快。此外,根据该地区的资料所建立的全新世海平面上升曲线,黑海不存在高于现今的海平面(图4)。

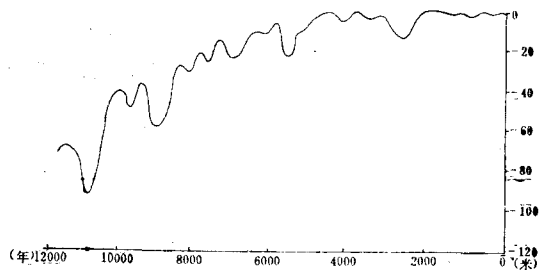


图4 黑海高加索沿岸全新世海平面变动曲线(据依斯马依洛夫, 1984)

二、海岸侵蚀和海岸防护

由于黑海高加索沿岸是苏联主要的疗养和旅游地区,这里的海岸侵蚀严重,由此而引起了一系列工程地质问题。此次地质考察看到了苏湖米至索契海岸的许多岸段海蚀陡崖直立于岸边,沿海主要公路和铁路或高悬于陡崖上或位于强烈侵蚀的岸边。海滩宽度只有几米,最多十几米,且多由砾石构成。这样狭窄的海滩也是由人工填土或由护岸工程及人工投放沙砾

才得以维持的。在人工不断维护的情况下, 许多海岸工程建筑仍然遭受海浪的破坏, 苏湖米市区即有这种倒塌的防浪墙。为解决海岸的侵蚀, 1971—1980年曾进行系统的调查研究, 编绘该地区海岸和海底(至水深40米) 1/10000—1/25000 工程地质图, 系统地观测和整理海岸动态和河流输沙资料; 研究3000—4000年来海平面的变动及其对海岸的影响; 研究人类活动与海岸侵蚀的关系等。这对于正确地认识该段海岸的动态及采取有效的工程措施起了重要作用。调查该段海岸的侵蚀和所采用的工程措施, 对我国某些海区不无借鉴之处。

1. 问题的提出

1936年以前苏湖米至索契海岸存在着侵蚀, 但人们强烈地感觉到它的威胁是在1936年索契建港之后。港口位于城市的西侧, 建港后的防护建筑物的西北侧发生淤积, 海滩由几米宽增至60多米, 堆积的范围沿岸长达10公里, 而港的东南侧, 即索契市区则受到严重侵蚀, 致使海滩消失殆尽, 海岸迅速冲刷后退, 房屋倒塌, 海岸侵蚀速度达到4米/年。这种严重侵蚀的岸段, 在索契港东南沿岸长达12公里, 包括整个索契市区。此外, 苏德战争期间, 苏湖米城西北侧滨外地区沉没了两艘千吨轮船, 沉船成为岸外的天然障碍, 造成波影区, 形成海岸堆积体。堆积体东南的苏湖米市区受到了强烈侵蚀。考察地区两个主要疗养城市的侵蚀是迫使人们认真研究海岸侵蚀的原因。

2. 海岸侵蚀的原因

本区海岸侵蚀主要由于沉积物来源不足及海岸动态平衡的破坏所致。该地区海岸沉积物的主要来源是河流输出的沙砾及海岸侵蚀物, 据计算河流的输出物占83%, 而海岸的侵蚀物占17%。但是, 沿岸沉积物的消耗量是沉积物来量的2.7倍, 其中16.9%参与泥沙沿岸运动, 被搬运到相邻的岸段; 37.5%沙砾被从海滩或河滩取走, 用于建筑材料; 45.6%在搬运中磨损或经海底峡谷进入深海底, 从海岸带消失。泥沙来量的不足是海岸侵蚀的根本原因。其次, Гуарсе至Кодори河口存在着沿岸泥沙流,

其固体径流量为30000—40000米³/年。索契港的建设和苏湖米西北的滨外沉船使之局部受阻, 破坏了海岸的动态平衡, 增强了两个主要疗养城市的海岸侵蚀, 因而使这一问题更加突出。

3. 海岸的管理和防护

考察地区严重的海岸侵蚀使城市遭到破坏, 公路铁路交通受到威胁, 为此采取了一系列措施。

1. 成立防止海岸侵蚀委员会, 规划和管理海岸的开发和利用。未经专门论证和该委员会批准, 不得进行海岸作业; 禁止采取海滩及入海河流沙砾用于建筑材料及其他用途; 采取多种途径进行综合研究, 以便作出百年(2080)内海岸变化趋势和2—3年内的动态预报。

2. 采取多种措施防止海岸侵蚀。一般海岸侵蚀地区或修筑丁坝, 或造防浪墙, 或修岸外水下挡浪坝。而在考察地区则是多种防护措施同时并用。如索契岸上修建丁坝和防浪墙, 水下建造挡浪坝, 此外每年还向海滩上投入千方以上的沙砾, 耗资达100—150万卢布, 才能保持狭窄的海滩供游人使用。

3. 海岸侵蚀引起严重滑坡, 为保护路基的安全, 除海岸防护措施外, 还修建钢筋混凝土隧道, 隧道邻接滑坡之下的稳定岩层, 火车从隧道内通过, 滑动沉积层从隧道顶部滑过。这种人工隧道在索契地区长达20余公里。

三、两点启示

1. 国际地质对比计划委员会为研究世界海面变动, 从1974年起先后设立61号(1974—1982)和200号(1983—1987)研究项目。由于这项研究与人类经济活动异常密切, 涉及的学科又很广泛, 如海洋学、海洋地质学、沉积学、海洋生物学、新构造运动、地貌学、考古等等, 因此引起了广泛的注意。我国也成立了海平面工作组和海岸线研究委员会, 广泛开展了我国沿岸海平面和海岸线的研究, 取得了很大的进展。但是, 目前我国海岸线和海平面的

研究大多集中在平原和大河三角洲地区,而在构造活动较强烈的山地海岸地区工作较少。这和解放前、解放初期的情况刚好相反,那时海面变动的研究主要集中在山地海岸上,特别是华南地区。研究山地海岸海平面和海岸线的变动主要依据海成阶地。而在我国沿海的一些台地上尚未找到可靠的海相沉积物,因此有的人对这种沿海台地的海相成因表示怀疑。相反,另一些人则认为,在构造上升、剥蚀强烈的地区,海岸阶地上的沉积物因剥蚀而未能保存,这种台地可以被确定为海成阶地。高加索黑海沿岸的事实说明,在构造上升区的海岸阶地上完全可以保留海相沉积物。当然,我国沿海土地耕作和林木的滥伐可能造成较严重的侵蚀,致使海岸阶地上的海相沉积物受到更大的破坏。但是,如果沿岸台地上完全找不到海相沉积

物,要排除它们的多解性仍然是困难的。目前沿海台地上找不到海相沉积物是否与研究程度较低有关?因此,在进行平原区域的海岸线和海平面研究的同时,对山地海岸的海平面变动应给予应有的重视。

2. 苏湖米至索契海岸的侵蚀主要原因是泥沙来源贫乏。从海滩和沙滩取走了大量沙砾(占总消耗量的百分之一),从而加剧了侵蚀。在我国随着经济建设的发展,海滩沙砾作为建筑材料而被取走的越来越多,这已在某些海岸地段引起冲刷,如山东半岛。目前全国正在开展海岸带综合调查,沙砾质海岸的沉积物不仅应当定性的加以评价,而且应当提供定量的资料,以便正确地估计某段海岸每年接受多少沉积物才能保持海岸的动态平衡。

(参考文献略)