



平均海面研究的意义和计算方法

沈 煥 庭

(华东师范大学河口海岸研究所)

平均海面的研究无论在实际应用方面或在理论方面都具有重要意义。其应用范围正在不断扩大；除应用于大地测量外，也应用于研究地壳升降、地貌发育、海况变化和地震预报等方面。

一、平均海面与大地测量

在大地测量上，平均海面是一个重要的依据。众所周知，平均海面是陆地高度和海图深度基准面的起算面；如果不知道平均海面，高度基准面和深度基准面就无法确定。水深实际上是一种负的高程，除了潮差小于50厘米的海区采用平均海面作为深度基准面外，都是以别的水面作为深度基准面；但不管用什么方法来求深度基准面，都是只求低于平均海面若干数值为依据的。因此，无论深度基准面算得如何精确，若平均海面计算有问题，深度基准面的确定还是不可能精确的。

平均海面受到很多因素的制约，如天文因素的长周期变化以及气象、径流、增减水、海流等因素的影响等等。以天文因素长周期变化而言，按平衡潮理论计算，在赤道和极地区最大幅度分别可达56厘米和91厘米；其中半月周期和月周期分潮的扰动值不小于12厘米，因而平均海面不是一个固定的面，它是在不断变化着的。从长江口情况来看，日平均海面变化幅度一个月內可超过100厘米，月平均海面变化幅度在一年內可超过50厘米；一般是9月最高，1月最低，5月和10月最接近于多年平均海面值。年平均海面变化幅度较日、月平均海面为小，从吴淞站1945—1963年共19年资料来看，最大变幅为24厘米。

由于平均海面存在着日变化、月变化、年变化和多年变化，因而短时期内计算的平均海面和较长时期计算的平均海面，在量值上会有

较大的出入；在长江口用一个月资料计算的平均海面有可能差异 ± 50 厘米。一般认为，观测时间越长，一些短期扰动的因素有可能相互抵消，这时计算的平均海面愈接近于大地水准面。较理想的平均海面，最短的可靠观测时间为9年。最好是19年。这是因为天文因素周期性变化引起潮汐的长周期变化的周期是8.85年和18.61年。由此看来，我国用7年资料确定黄海平均海面尚欠理想。

二、平均海面与海岸升降

在研究海岸升降问题时，平均海面是一个重要的参考面。平均海面与海岸升降的关系至为复杂。因为海面升降是一个变数，海岸升降也是个变数，两个变数凑在一起可有多种不同的组合(见表1)，以致难于分辨出海岸升降的原因是海面升降，还是陆地升降，或两者兼而有

表 1

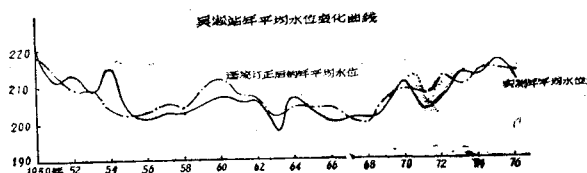
组合	平均海面	地壳	平均海面在潮位记录上的反映	海面上升(下降)量
1	不变	上升	下降	地壳上升量
2	不变	下降	上升	地壳下降量
3	上升	不变	上升	海面上升量
4	下降	不变	下降	海面下降量
5	下降	上升	下降	海面下降量 + 地壳上升量
6	上升	下降	上升	海面上升量 + 地壳下降量
7		>上升	上升	海面上升量 - 地壳上升量
8	上升	=上升	不变	0
9		<上升	下降	地壳上升量 - 海面上升量

之。只有全面地辩证地加以分析研究，才能对海面变化与海岸升降的关系得出正确的结论。

一般说来，海岸升降有两种原因：一种是由地壳构造运动或地基沉陷产生的海岸升降，谓之地动型；一种是由气候变化冰川消长产生的海面升降，谓之水动型。某地某一时期海岸升降的原因可能是其中的一种，也可能是两者皆有。海面升降的影响是遍及全世界的，而陆地升降的表现只能是地区性的。至于地基沉陷，仅是局部性的。掌握这些特点将有助于我们区分海岸升降的不同原因。

在以往对我国海岸升降的研究中，有二个问题值得注意。一个是海岸升降的原因问题。如只强调一个而完全忽视另一个，或主次颠倒，则对海岸升降得不出正确的结论。有的研究者在对我国海岸发育的研究中，曾得出不切实际的结论，其原因之一就是忽视了水动型的海岸升降。第四纪以来，由于冰期和间冰期的更替，海平面曾有数次大幅度的升降，它的每次升降所留下的海蚀阶地都有着世界性的意义。现在我国海岸轮廓在某些地区表现为里亚斯式海岸，甚至溺谷海岸的特点，它的形成时间并非第四纪以来长期渐进的结果，而是冰后期一万多年来新的海侵所致。我们如果把现代海水面下降到冰期时的海水面，那末，这些里亚斯式、溺谷式的港湾便不复存在了。所以里亚斯式、溺谷式海岸的形成，并不以地体下沉（地动型）为主导因素，而是以水动型居主导地位。另一个问题是如何利用水准点资料和平均海面资料的问题。无疑，水准点高程的变化是判断海岸升降的重要依据，然而应指出，小范围内水准点高程变化的差异，只能用来说明局部的地基沉陷，或疏松沉积层沉降，如用来论证地壳升降是不恰当的。要论证后者必须要有较大范围的水准点资料，这是由地基沉陷和地壳升降本身的特性所决定的。至于平均海面资料的运用也要有分析。如前所述，影响平均海面变化的因素甚多，陆地升降仅是其中因素之一，且往往是次要因素。因此，如果简单地把实测的海面

升降资料与地壳升降等同起来，认为海面上升就是地壳下沉，海面下降就是地壳上升的看法是错误的，至少是片面的。其实质是把地壳升降视作平均海面变化的唯一因素，而否定其它因素对平均海面变化的作用，显然，这是不符合实际的。如吴淞站的实测年平均水位与迳流订正后的年平均水位相比，就有明显差异（见下图）。可以预估，如果设法将其它因素的影响都消除，则其差异将更大。因此，要用平均海面变化资料来论证地壳升降，必须设法将天文、气象、海流、迳流等地壳升降以外的因素（当然只能择其主要者）对平均海面变化的影响过滤掉以后，剩余下来的平均海面变化才能用来确切地说明地壳的升降。



吴淞站年平均水位变化曲线图

三、平均海面与地震预报

把平均海面研究工作与地震研究结合起来，在我国是本世纪六十年代后期开始的。目前在世界上从事这方面研究的国家还为数不多。但是，海平面研究工作应用于地震学领域的研究，正在国内外受到日益广泛的重视。

地震观测和研究表明，一个较大的地震发生之前，震源处地壳往往会发生变形，震源体的孕震过程往往在该地区验潮站的平均海面变化上有反映，表现为几年或更长时间的长趋势的异常变化。一般说来，离震中越近，震级越大，平均海面变化越显著。

1975年2月4日辽宁的营口海城发生了7.3级的大地震。震前，平均海面发生过异常变化。1966年前，营口年平均海面没有显现出趋势性变化，基本上在零线上下摆动。1966年开始至1968年出现连续下降，幅度为5厘米。1968年后，海平面不断上升，74年与68年相比，

上升约9厘米,比多年(18年)的平均值还高5厘米。与同海域其它站比较,1968年以来,沿渤海、北黄海海平面几乎是同步上升,至74年止,营口上升幅度最大,旅顺和秦皇岛次之,烟台几乎没有什么变化。从月平均海面来看,72年前,旅顺、塘沽、秦皇岛、营口四个站变化趋势彼此基本一致,变化量都比较小。72年后情况发生变化,72—73年间,旅顺、塘沽、秦皇岛三站变化仅1—3厘米,而营口却上升12厘米。72—73年间,前三站几乎呈等幅度上升,而营口却下降11—13厘米。这些情况表明72年后营口一带地壳处于不稳定状态,升降运动比较剧烈,加速了地壳能量的积聚过程。总的来看,此次海城大地震发生前数年,营口一带相对旅大而言,地壳出现长时期趋势下降,随着临近大地震的发生,地壳在总体下沉过程中,又出现短时期的反向运动。这个特点,为沿海地区地震的中期预报提供了一个参考依据。同时也表明,通过必须的订正和计算,平均海面变化在一定程度上可反映震源附近地区地壳形变的状态,探索其变化规律,有可能为捕捉沿海的大地震提供有价值的信息。

四、平均海面与河床演变

从地貌学的角度看,平均海面是入海河流河口区的侵蚀基准面,平均海面附近是河口造床过程与口外沉积过程的分界线,也大致是河流活动的终点。平均海面的上升与下降会使河流的纵比降发生变化,以致改变水流的下切能力,从而影响侵蚀与堆积,使河流纵横断面发生调整。

如果平均海面抬高,则河口与其上游间的高差将减小,因而河流纵比降与水流下切能力也随之减小,河流冲刷作用减弱,淤积过程加强。这首先表现在河口,然后溯河向上发展。若泥沙供应不足,堆积速度赶不上海面上升速度,河口将形成河口湾或三角港,冰后期的杭州湾即是。海面上升的影响,一般说来并不能沿河向上一直到河流的上游,而只从海面上升点往上达到一定的距离,这个距离随海面上

升的高度和河床的坡度而各异。

若平均海面下降,则河口与其上游间的高差将增大,因而河流纵比降与水流下切能力也随之增强,原先消逝的下蚀作用和溯源侵蚀将获得新的动力。河流下切,向海输送的泥沙增加,开始在更低的水平形成新的纵断面。侵蚀基准面的下降同样反映于河床的横断面,每次下降的烙印,以河流阶地的形式保留下来。

在多汉河口,由于各条汉河的分流量不一,从而使各汉河的平均水位也不同,流量大的平均水位高,流量小的平均水位低。在洪水季节尤其遇特大洪水时,这种横向上的水位差更大,从而产生切滩,使汉道主次更迭。

五、平均海面计算方法

平均海面是指在一定时期内海面的平均高度。根据计算资料的长短,它可分为日平均海面、月平均海面,年平均海面和多年平均海面。一般讲的平均海面是指多年的逐时潮位观测记录的平均值,而用来计算平均海面高度的基本数据是日平均海面。下面简要地介绍几种计算方法。

1. 用24小时或25小时整点潮位记录求算术平均值。

2. 用求积仪直接在验潮记录曲线上进行测量,求出上下面积相等的中间线,作为该日平均海面的高度。

3. 用半潮面计算。半潮面是高潮高与低潮高的平均值,只要有每天高潮和低潮的数据就能定出其高度。所以若能用每天半潮面的数据来计算平均海面的高度将更为简便。

半潮面与平均海面是有区别的。若潮汐曲线是正规的正弦曲线或余弦曲线,则半潮面与平均海面完全重合。实际的潮汐曲线往往是很复杂的,尤其是潮波进入浅水海区后,总要发生变形。因此,两者之间就有所差别。潮汐越不正规,两者之间的差值就越大。但通过实测资料分析发现,对同一港口半潮面与平均海面的差值大致上是一个常数。表2是长江口吴淞站1971年半潮面与平均海面之比较,从中可看

表 2

单位: (厘米)

项目 \ 月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	全年
半潮面	187	186	192	194	201	226	215	221	237	220	205	174	205
平均海面	183	182	188	190	193	224	214	219	234	216	202	170	202
差 值	-4	-4	-4	-4	-2	-2	-1	-2	-3	-4	-3	-4	-3

出, 半潮面与平均海面的差值是相当稳定的。可以近似地把它作为一个常数。有了这个常数以后, 只要把某港的半潮面加上这一常数, 便可求得平均海面。若验潮站有调和常数, 也可用杜德逊提出的公式计算。令 T_0 为半潮面的高度, 则平均海面 A_0 为:

$$A_0 = T_0 - M_4 \cos(M_4^0 - 2M_2^0)$$

式中 M_4 为 M_4 分潮的振幅, M_2^0 , M_4^0 为 M_2 , M_4 分潮的迟角。

更严密的理论证明, 半潮面与平均海面的关系, 不仅与 M_4 而且和 K_1 , O_1 等分潮也有关, 取下式计算更为准确。

$$A_0 = T_0 - M_4 \cos(M_4^0 - 2M_2^0) + \frac{K(O_1 + K_1)^2}{M_2} \cos[(K_1^0 - O_1^0) - M_2^0]$$

式中 O_1 , K_1 , M_2 , O_1^0 , K_1^0 , M_2^0 依次代表该分潮的振幅和迟角。K 值取 0.03, 有的也取 0.04 或 0.06。由上式可见, 正规半日潮港, 如 M_4 分潮的振幅很小, 或 $M_4^0 - 2M_2^0$ 接近于 $-\frac{\pi}{2}$,

$\frac{3\pi}{2}$, 则 T_0 和 A_0 差别很小; 日分潮振幅较大的港口, 如 M_4 分潮很小, 或 $M_4^0 - 2M_2^0 = \frac{\pi}{2}$, $\frac{3\pi}{2}$; 同时 $(K_1^0 + O_1^0) - M_2^0$ 接近于 $\frac{2\pi}{2}$, $\frac{3\pi}{2}$, 则 T_0 和 A_0 之差也是不大的; 否则

T_0 和 A_0 将可能出现一定的差异。只要有可靠的调和常数, 已知 T_0 由上式就可以求得平均海面的量值。

4. 用线性组合计算。实际的潮位振动可视为一系列的调和分潮振动之和。但是, 由于

各个分潮的周期除 S_1, S_2, S_3, \dots 等分潮外, 都不恰好是 24 小时, 因之用 24 小时的潮位记录统计得出的日平均海面的高度包含着许多分潮的影响在内, 未能代表真实的高度。用 25 小时进行统计也有类似情

况。所以计算日平均海面的关键在于消除各个分潮的影响。

杜德逊 (A. T. Doodson, 1928, 1941) 用三种类型的线性组合, 得出计算日平均海面 (A_0) 的公式:

$$A_0 = (h_0 + h_{12}) + (h_5 + h_7) + (h_{10} + h_{12}) + (h_{15} + h_{17}) + (h_{20} + h_{22}) + (h_8 + h_{10}) + (h_{13} + h_{15}) + (h_{18} + h_{20}) + (h_{23} + h_{25}) + (h_{28} + h_{30}) + (h_{16} + h_{18}) + (h_{21} + h_{23}) + (h_{26} + h_{28}) + (h_{31} + h_{33}) + (h_{36} + h_{38})$$

上述只能消除太阳分潮系, 其中 S_4 分潮消除二次, 计算时只需 16 个数据, 但仍要用到第二天 0, 3, 6 小时的潮位高度。上式消除了太阳和太阴分潮系对日平均水位的影响, 但计算时仍须用 30 个数据, 如果从零时算起, 以 19 时为中间时刻, 则需要用到第二天零点到 14 点的潮位高度; 如以 12 时为中间时刻, 需要用到前一天和后一天 7 小时的记录。

鉴于杜德逊公式计算的麻烦, 鲁斯特 (J. R. Rossiter, 1958) 在杜德逊理论的基础上提出了较为简便的公式:

$$A_0 = h_0 + h_3 + h_6 + 2(h_9 + h_{12} + h_{15} + h_{18} + h_{21}) + h_{24} + h_{27} + h_{30}$$

上式只能消除太阳分潮系, 其中 S_4 分潮消除两次, 计算时只需 16 个数据, 但仍要用到第二天 0, 3, 6 小时的潮位高度。

陈宗鏞 (1960) 参照杜德逊方法提出了更为简便的公式:

$$A_0 = [(h_0 + h_3) + (h_6 + h_9)] + [(h_{12} + h_{15}) + (h_{18} + h_{21})]$$

上式与鲁斯特公式一样消除了太阳分潮系对日平均海面的影响, 但只要用当天 8 个数

海洋沉积物腐植质

纪明侯 曹文达

(中国科学院海洋研究所)

海洋中的溶解有机物，通过溶解有机物与颗粒有机物的平衡过程形成颗粒有机物，或者被吸附到颗粒有机物（包括生物排泄物和碎屑）和粘土悬浮物上，最终缓慢地沉向海底，加上沉下的生物死骸，构成沉积物的有机组分。其中50—80%为腐植质^[2]。有机物在沉积物中虽只有1—3%^[3]，但它们在沉积柱中的各种地质、地球化学和化学过程的作用，却远远超过它们本身重量的重要性。海洋腐植质的形成开始于水柱中，而在沉积物中仍继续进行。它们在沉积物中的形成和消长受诸如离开陆地的距离、水深、水化学条件、生物生产力、沉积物颗粒大小等各种因素所制约。

1. 海洋沉积物腐植质的分离

一般土壤腐植质的分离步骤是：土壤先用0.5 N NaOH溶液提取，不溶部分为胡敏素，提取液经酸化至pH为1，所得沉淀物即为腐植酸(HA)，留在溶液中的为富里酸(FA)。海洋沉积物中的腐植质也可用此法分离，但因含有游离的金属络合物和紧密地与矿物结合的络合物，如以NaOH直接提取，则两种形态的腐植质都混溶在一起；如先以 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 提取，可将游离部分先溶出，然后以NaOH提取才能将结合态者溶出。下图即为Pierce等(1972)提出的步骤，以 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 和NaOH分别将游离态和结合态腐植质络合物提取出来。

2. 海洋沉积物腐植质的化学组成与性质

海洋沉积物腐植质的化学性质与结构随沉

据，不必用到前一天或后一天的资料，比用24小时观测记录平均或采用杜德逊、鲁斯特公式更简便，根据我国沿海几种类型海港之实测资

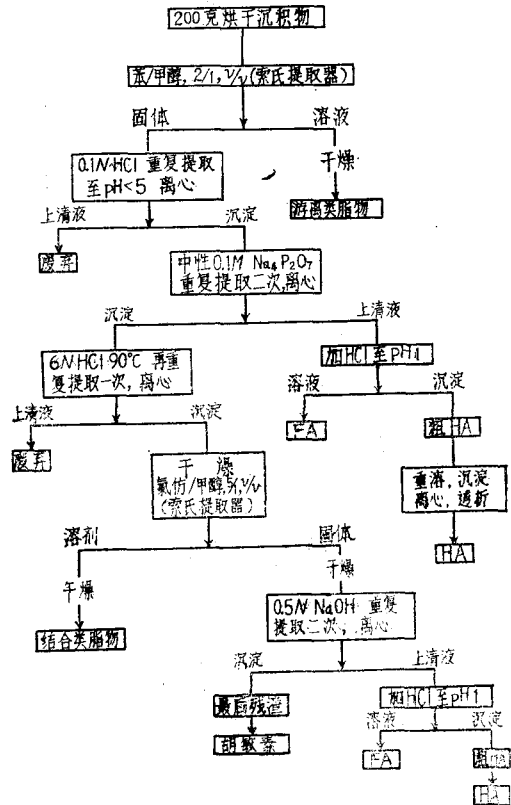


图 海洋沉积物腐植质的分离

积物的年代和沉积环境的类型而变化。但有一些特性对所有腐植质是共同的，即在结构上，它们都是与含碳、氧、氮、硫的杂环物相缩合的芳香体系。其外层结构是由各种官能团如羧基、羟基、酚羟基、乙酰基、甲氧基和氨基等组成的，这些基团使这些化合物具有特殊的反应性。Rashid^[2]将沉积物腐植质的物理化学性质的多次测定数据范围汇总如表1。

沉积物的缺氧条件能促进氢含量的增加，并影响缩合度。其氮含量较高，则可能是由于

料进行验证表明，用此公式计算月平均海面 and 年平均海面可满足实用上的要求。

(参考文献略)