

# 海岸地貌

〔苏联〕B. П. 曾科維奇講



# 海岸地貌

[苏联] B. II. 曾科維奇講

商务印书馆

1959年·北京

## 內 容 提 要

本書是蘇聯科學院海洋研究所動力研究室主任 B. II. 曾科維奇教授來我國所作的關於海岸地貌的五次報告。報告內容不僅對海岸地貌的理論和海岸地貌工作方法作了精辟的闡述，並結合我國海岸的情況，提出了研究工作的方向。全書共分五部分：海岸的基本問題和研究方法；海岸及水下岸坡剖面的發育；沉積物流沿岸的運動及其形成；海岸堆積地形；中國海岸研究的若干特點和問題。最後附錄了討論有關海岸地貌的一些問題，可供讀者參考。

## 海 岸 地 貌

[蘇聯] B. II. 曾科維奇講

---

商 務 印 書 館 出 版

北京東總布胡同 10 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 107 號)

新華書店北京發行所發行 各地新華書店經售

五十年代印刷廠印刷 宣武裝訂廠裝訂

統一書號 12017·75

---

1959 年 9 月初版

開本 850×1168 1/16

1959 年 9 月北京第 1 次印刷

字數 55 千字

印張 2—3/16

印數 1—1,750 冊

定價 (7) 0.26

## 序 言

苏联科学院海洋研究所动力形态研究室主任 B. II. 曾科維奇教授应我国交通部的邀請来我国帮助解决塘沽新港的迴淤問題。1959年初，曾科維奇教授应中国科学院的邀請，先后在科学院地理研究所和北京大学地質地理系作了五次学术报告。报告內容不仅对海岸地貌的理論和海岸地貌工作方法作了精辟的闡述。并紧密的結合我国海岸的具体情况，提出了研究工作的方向。

除了报告之外，專家并和在京的有关同志举行了一次座談会，解答所提出的一些問題。現在为滿足各方面的关于海岸研究工作的需要。我們將專家的报告記錄整理出来以供讀者参考。記錄未經專家审核，如有疏漏或与原意有出入之处，均由記錄、整理者負責。

中国科学院地理研究所地貌研究室

1959年3月31日

# 目 录

海岸的基本問題与研究方法 .....	1
海岸及水下岸坡剖面的發育 .....	10
沉积物流沿岸的运动及其形成 .....	21
海岸堆积地形 .....	30
中国海岸研究的若干特点与問題 .....	46
附录 与曾科維奇專家座談記錄 .....	58

## 海岸的基本問題与研究方法

海岸研究近 150 年来有很大發展，首先开始研究海岸的是水工人員，他們为了防止海岸冲刷，必須研究海岸；其次为地質工作者，因为：①由于地表很多地区为海蝕作用所造成；②地質时期很多沉积为濱海相，为了研究它必須研究現代濱海相沉积以資对比。

地貌学出現于 19 世紀末叶，它出現虽然較晚但它所起作用却很大。最先研究海岸成因的是法国地貌学者爱里；其次为德国 A. 彭克。以后美国台維斯和約翰逊对海蝕循环作了研究。約翰逊在海岸方面發表了二部著作：①海岸的一般理論（1919 年）；②美国海岸。他的前一部著作总结了过去的研究成果，成为資本主义国家的海岸經典著作，但是在資本主义国家却至今一直沿用他的論点而很少作新的补充。

由于海岸研究对水工、航运和国防有很大意义，所以对有关的个别問題在各国都得到深入研究。第二次世界大战对海岸研究是一种推动力，使它获得更大發展。当时英美盟国为了规划登陆行动，必須对海岸地貌进行研究，首先在諾曼地进行了詳細研究。美国至今在海岸研究上仍同軍事密切联系着。从 1919 年約翰逊著作問世后虽然有大量著作發表，但仍然未有进一步探討和补充，它的原因是：資本主义国家的研究工作停滞不前。由于海岸研究方法很复杂，必須对海岸的水下部分同时进行研究。美国約翰逊的著作虽有大量的描述，但仅局限于水上部分，水下部分很少資料；第二点是：虽研究了各种地形組合与分布，但未分析其形成的因素以及这些因素（波浪、海流、漲落潮……）的相互制約作用。正如同研究侵蝕循环和侵蝕过程时不了解河床水流作用一样。所以

研究海岸不能不研究波浪和海流作用；海岸帶為氣、水、生物、岩石四圈匯聚地帶，在海岸帶儲有很多動能，一部分得之于風，一部分得之于海浪，這些動能消耗在數千公里的海岸帶內，因此使海岸帶的地形發生很大變化，海岸碎石移動的速度不亞于高山帶和黃土區侵蝕、剝蝕作用所產生的碎屑物質的移動速度。1920—1930年期間在蘇聯由於實行社會主義五年計劃，對海岸變化性質的研究提出了迫切的要求。作為當時蘇聯研究海岸理論的基礎是美國台維斯和約翰遜的理論。在工作初期我們就發現他們的理論並不能幫助解決實際問題，因為它沒有定量的研究，特別是動態的研究和泥沙移動的研究；而這些恰恰是對生產部門最有帮助。蘇聯國土頻臨 13 個海和 2 個大洋，岸綫長達 45,000 公里以上，有些現象在約翰遜的書中已經談到了，但很多奇異現象沒有說到。最後由於我們自己工作的結果，擬訂了新的工作方法並建立了一些新的理論，主要有下列二點：

①海岸輪廓與海岸帶水上地形只是整個海岸地帶地形的一部分，它與水下部分地形密切相關。這是由於海岸帶水流以及它們的動能消耗範圍很廣，約相當於 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ 波長深度的範圍，這一範圍常常距海岸數公里，甚至幾十公里。單純的海岸只是動能消耗的邊界——殘余部分，所以注意水上部分的話就難得到海岸發展的全面概念。要全面了解整個海岸帶的地形，首先要知道水下岸坡的地形，這裡必須指出這一帶正是過去的空白地區，正如同喜馬拉雅山頂和南極一樣地神秘。該帶深度是從 0—30 米。

②在海岸帶發展過程中作用最大的是碎屑物(沉積物)的沿岸移動。它們出現在平直海岸上，在彎岸上過去曾出現過，亦即在低海面時期出現過。正由於這種沉積物移動才改變海岸帶的面貌。

我們根據上述情況可以把海岸分成若干不同的動力帶，但它們是由供給區、移動區以及沉積區三部分組成。海岸動力作用范

圍的大小取決於海岸帶的外形，如果是海灣式的海岸則範圍小，如果是平直的海岸則作用範圍就大，一般可達數百公里，甚至達1,000公里。由此可知我們為解決某些問題在研究一小段海岸時必須掌握大範圍海岸的動態資料，從沉積物來源到沉積的整個過程。正如大家所知道的在進行水工研究時要從源地一直到河口，研究水質、流量、輸砂量等各个方面。

海岸研究的實際任務有大的，也有小的。可歸納為下列五個方面：①港口迴淤的預測及防止。②沖刷（海蝕）作用的防止。蘇聯、西歐、美國等國家的海岸海水沖刷很強，有的每年竟達到5公里，所以必須建立護岸工程。為了護岸也就興起了一門護岸工程學。研究護岸就必須研究海岸。但在中国海蝕作用一般不強。③為國防和航運事業服務這方面有些任務是具體而具有地方性的，如了解海岸輪廓和海底變化，掌握航道穩定程度（如編制海圖就必須掌握海底變化情況）等等。④近幾十年來所提出的新任務是對海岸帶礦產的開採進行研究。如稀有金屬和建築材料的開採，但並不是在所有情況下均可開採，因為不正確開採會引起嚴重的沖刷。⑤為地質學服務：一是研究現代濱海沉積相（組成、成分和形成過程及變化）；二是研究海岸帶一般變化過程（構造方面）；三是研究構造運動，特別是研究新構造運動。總之，在地質方面就是為“相”的研究服務，因為很多礦產，如煤、石油、鉻、鋁礫土、鹽等都形成在海岸帶，為了找礦，地質工作者必須要有找礦的標志，而濱海沉積相正是這種標志。

從上述任務出發，我們提出下列問題來討論。

1. 海岸帶的水動態（流體動態）：過去有人往往感到這一問題好象是海洋學問題；其實不然，因為淺海的水動態與深海不一樣，它一方面影響到地形的變化，而地形變化反過來也影響到水動態的性質、海流的方向和動能、漲落潮及波浪等。這一工作為蘇聯海



洋研究所动力地貌研究室研究任务之一。

## 2. 岩性动态 (Литодинамика)

研究沉积物成因、形成方式、移动过程、沉积过程及形成后的变化,特别是研究形成方式与水动态之间的关系。

## 3. 海蚀作用过程。

若无以上两项知识,对此项就无法研究。

4. 綜合性問題。研究整个海岸带(水上与水下部分)地形结构及其發展。

为解决上述問題,不仅要研究作用过程,而且要研究海岸地形;不仅要作定位观察,而且要作区域調查研究。所以也就产生各种不同的研究方法。

(1) 在苏联采用定位观察法来研究 1、2 两个問題。现在我介紹几种主要方法和所作的一些主要工作。由于苏联大部分海无潮汐或潮汐很弱,所以主要是研究波浪作用,在研究波浪时不是研究波面,而是研究波浪所引起的水在海底的移动。研究方法有实验法(在人工槽内进行)与在野外調查。

①用电动自計器测量波压,再把波压换算为波速来研究沉积物的移动。这些仪器有 80 公斤重的金屬架,装有电磁感应器,可记录波压;架有标杆可用测波仪来观察。

由于采用自动记录仪可以研究波浪从深水的完整形态到浅水破碎时的整个波浪变化的过程。此外我们还發現两个規律,即控制沉积物移动的規律及海岸带剖面变化的規律。

②沙質海岸用架空吊索方法来观察。工作者可以坐在吊籃上自由移动,随身带的仪器可以放下去进行各种测量。因为海岸很多过程以在大風浪时最明显,而大風时就是最坚牢的仪器也很难投放。利用这种設置(吊索長 200 米)就可在大風时观察,把仪器放入水里,从架上任何一点都可投入指示剂和浮标,在距吊索附

近 200—300 米地方另設一高架,这样就可从高架上很清楚地看到指示剂及浮标移动情况,并记录水文、气象等要素。

研究各种粒徑的沉积物移动可用染色剂来进行定位观察。把礫石鑽孔后将顏色和水泥混和后塞在孔中,这就可以保持几个月。追索这些染色沉积物移动及波浪要素就能得出沉积物移动速度与数量。(日丹諾夫首先采用)。另外还用專門的“留明福”染色剂(Волюминефорыфорц),它的灵敏度很高,在紫外光照射下能發出强光,只要在 100 万粒中有一粒染色沙也能照出。这种染色剂現已有配方,可把它制成胶膜状态,把沙子包圍起来而仍不改变它的水动态特性。方法为将染色沙投在一定地点,然后隔一定時間再追索它的移动。追索采样要穿潛水衣下去,一发现有就应在各部位都采,这样可以找得其移动速度和規律。我們發現最大移动速度可达到 3 公里/小时,不过象这样的情况并不太多。一般是撒下去的沙在一晝夜內就能全部移走。

另外也可应用染色法研究沉积物流的移动,如在 100 公里的小范圍內,在港口下染色沙,隔一定时期(一季或数月)观察它已横过港口,三月內移动可达 10 公里。这种方法既可在无潮汐海岸运用。也可在有潮汐海岸运用,苏联正在研究采用,中国青島、塘沽也在試驗研究。

## (2) 研究一地区海蝕过程常用重复测量法。

先选有不同岩石(如花崗岩、頁岩、噴出岩等)的典型区。在各典型区打鑽用水泥同鉄胶起来。水上部分用近距离攝影;水下部分作詳細测量(五十分之一,或一百分之一比例尺),把每塊石头都測出来,以后再隔若干年进行重复测量。这就可追索其变化及变化的速度。这一工作在苏联已进行了 20 余年。

过去苏联沒有水下装备,只能观察水下 1 米深。从去年开始才能作更詳細的工作,进行地下攝影及潛水观察,研究水下岸坡

及其冲刷情况。

上面所講的是一些技术过程，目的是为了使人了解以后将要介绍的理論資料是怎样获得的。

地理工作者常关心海岸地貌描述，这一工作我們也在做，而且尽量做得詳尽些。海岸描述是为了編制海岸带地区水册的需要而进行的，有一定的規格(綱要)。苏联目前已有很多机关在从事这一工作，黑海和里海的水册已編好了，白令海正在进行。水册中主要是討論水下岸坡和沉积物的性質，亦有一部分研究水上部分地形。編制水册步驟如下：首先进行一次航空观察，然后有重点地进行航空攝影和收集空攝資料(在前一年就开始做)。其次就根据空攝照片，空中观察和海圖分析作出一个測制剖面的計劃。

剖面研究过程主要研究海岸带各部的异同情况、沉积物分布、成分、厚度和数量(儲量)及海蝕台地的分布。总的說来是研究水下岸坡的动态。必須指出从海岸綫到 20—30 米水深綫範圍内过去一直是空白区，因海洋学家用大船在大洋中工作不可能靠近此带，而另一方面地理工作者在海岸綫带工作也不注意它，成为两方面都不管的地区。进行这一带研究可用回声測綫仪进行水下地形測量。在各剖面上定点观察(定观察点)，在点上进行水下采样。若无底土或底土很粗时就得潛水进行直接观察。这种观察可以研究海水后退速度和海岸是在何种水位开始后退等問題，可了解海岸带中小地形和各种岩石性質。对海岸带的研究，过去常常有一种錯誤的概念(外国及中国都有發現)，就是把任何陡崖都認為是海蝕崖。这里必須对海蝕崖下一定义。海蝕崖除陡崖外，在其下部必定要有一个磨蝕平台(磨蝕阶地)，要証明有浸蝕阶地可潛水观察。此带在水深 5 米內可坐舢舨工作，再深就得坐汽船工作。

海岸調查时常采用一种工具——“震动活塞采样管”。它甚至可以采取礫石，只要顆粒直徑不大于 6 厘米就成(因管粗只有 6

厘米)。它的結構有：支架，6 米長，柱狀管和二根輔助管。柱狀管下部有 3 米直徑的金屬圓環。工作時儀器在杆上可上下移動，附有小馬達（電力為 1—3 瓩），借其震動柱狀管以高速度向底土中鑽進，可入土 6 米。取樣儀可在陸上用亦可在水深 100 米處工作。几年前由於進行這一工作也就產生了一門新的方法——地層分析法。因海岸沉積顆粒大多不大，它能反映海岸深度變化及某一點平面位置變化同物質本身的變化性質（即沉積物的水平和垂直二種變化），可補充地貌觀察所得出的結論。取樣管所採集到的物質提供了研究垂直變化的直接資料，而過去只有間接資料。了解水下斜坡沖積層結構後可與水上部分沉積層對比。陸上部分是通過構造地貌制圖來進行的，其內容：①繪出海蝕地段，根據它來推知海蝕速度。②採樣：包括組成海蝕台的物質、海灘及河流沖來的沉積物等。③記錄不久前海面變化所造成的各種現象。④記錄海蝕台、海蝕階地、沖溝，分析河口的切割過程。亦即為一般地貌描述工作。除上述這種構造地貌圖外，我們還研究一些水上部位的沉積形態（如沙洲、海灘、連島沙洲、沙嘴等），把沉積形態繪出來。採樣、記錄沉積物以後還要進一步進行岩性分析，目的為了定出海岸帶沉積物來源、速度。大粒級的沉積物（如礫石、卵石）作岩性分析，細的礦物分析，目的是了解其變化狀態（是否處於穩定狀態）。研究時要隨時注意水上部分，水下部分岩性、地貌，水動態方面資料是否有矛盾等。

研究海岸與研究山地和平原有相同之處，即研究沖刷和堆積。但亦有不同之處，山地和平原的物質是向一個方向移動，而海岸可有 2—3 個方向，即物質向岸、向海或左右移動。從方法上講海岸研究與陸上研究有相同之處（如沖刷過程與來源方向等），但亦有不同之處。海岸帶一部分在陸上；一部分在水下，且受水動態作用，與海洋學有關係。所以海岸地貌是地貌學和海洋學的跨界科

学。在资本主义国家只研究陆上部分，而且往往根据它去作出水下部分的結論，因而根据当然不足。美国学者 Stears 亦常因水下部分未做工作而表示遺憾，可是却只能永远停留在“遺憾”上面。当然水下工作是有困难的，常常要作很多組織工作。黑海 2,200 公里岸綫作了 420 条剖面；在里海因为与石油生产有关，列昂捷夫作得更加仔細，每公里作了一条剖面，同时用罗盘測水下岩層，剖面距离达 200 公里。工作精細程度除与生产任务密切相关外，还与工作条件(公路与航道是否能达到)有关。苏联里海和黑海沿岸公路很發达，所以很多工作可以在陆上做，只有一部分在海上，且多半是結尾工作(約 1—2 个月)，在海上观察的同时也在陆上进行地貌測量。白令海因公路少，所以主要依靠大船拖小船在海上做，分深海、淺海和陆上三部分同时进行。

由于海岸研究工作复杂而困难、工作量大，所以在苏联很多机构参加这一研究。主要有：海洋研究所海岸动力形态地貌研究室，下設黑海和远东 2 个研究站。每年都派出 5—6 个調查队。莫斯科大学由列昂捷夫领导进行海岸研究，拉脫維亞和立陶宛两个加盟共和国亦有海洋研究机关，在罗斯托夫和教得薩大学及阿尔汉格尔斯克师范学院也在研究，阿塞尔拜疆共和国科学院亦在进行。有海运部、运输建筑部、地質部、国防部等，他們有專門研究站，解决港口、海岸移动等問題。在工作中他們往往有时利用我們的資料，有时与我們合作，由他們供給考察經費。

在苏联与中国目前或今后都会产生水庫庫岸地形变化的研究問題。庫岸有的長可达数百公里，庫岸的变化过程大致同海岸过程的規律符合。由于水庫一开始就灌水，所以就是一个海浸过程，冲刷作用很强，庫岸后退每年可达 50—60 米，特别是黄土質的庫岸。在进行水庫設計时必须事先測出冲刷庫岸帶寬度，它取决于不同地質构造和水庫的深度。对庫岸研究在苏联也有很多机构，

主要为水力电力部，地質部也有一部分。

为使海岸带研究工作进行得很准确，在方法上必須一致，因此就得进行大規模統籌協調工作。这一工作在苏联由科学院下設的海洋研究委员会来进行，每年至少开会一次，討論海岸、庫岸研究問題，每次例会上討論过去工作以及下年計劃，报导各机关工作概况，委员会还出版很多杂志。各項研究成果發表在海洋所学报、各大学学报和加盟共和国科学院院报上。

海洋研究最大困难是地貌与地質工作的配合，这一点在目前苏联也未做好。这一問題有时变得很簡單，地質工作者特別在找矿(苏联第三紀濱海相的)时要求我們帮助找規律；此外則在与石油普查工作者关系最密切，由于石油常在沙中儲存(称儲油的岩石)；古代儲油沙是在第三紀海濱堆积地形(如灣口壩、沙嘴)区，地質工作者把古地理分布圖給我們，我們就可以帮助分析。苏联有一个第三紀的麦耶可夫海，由于我們分析确定了打鑽地点，結果石油出来了，他們很滿意。但地質工作者往往在有限的工作上来找我們，我們常常是研究海岸构造發現問題时才去找他們。今后可与地質学家多联系。在苏联，我們还与水利工程方面保持联系(海运部、水利勘测設計院)，最初亦不密切，后来由于調查海岸时給予很多帮助，通过这次工作后，犹如“撥云見日”，以后很多地貌專業同学就在那里工作。海岸地貌工作者有很多在水工部門工作。

目前我們正在摆脱与地質方面的那种不協調关系，希望地質部与海岸地貌研究的人合作，以便帮助解决沙矿問題。

## 海岸及水下岸坡剖面的發育

水上及水下岸坡剖面的形成过程，主要是指沉积物在海岸带横向移动的概念。这里将着重談堆积海岸的横剖面的塑造过程，首先要講的是沉积物横向移动的性质和碎屑沉积物的活动（假定波浪是在同海岸直交的情况下發生的），沉积物可分为：①波場沉积物，顆粒直徑从 0.05 毫米—1 米。②淤泥沉积物顆粒小于 0.05 毫米。第一类的移动純屬机械性的移动，一般說来大于 2 毫米的沉积物主要是沿海底以滚动方式移动，而不是脱离海底的。从 0.05 毫米—2 毫米的顆粒主要是以悬浮状态移动，然后再迅速下沉。繼而重复，每次移动过程在半个波浪周期時間内完成的。这样物質主要是在波浪运动作用下移动的，特別是在水底波浪运动下移动。至于更細的物質是在海流作用下移动。如淤泥物質在波浪作用下被掀起，然后在海流作用下發生移动，淤泥物質因多悬浮，故時間常常超过一个波浪周期。上述分类是根据沉积物顆粒大小而分，另外沉积物还可分矿物的、有机的（貝壳、动物骨架）和化学沉积的（鲕状石）。从成因上說可以分为：①海蝕作用的产物；②河流夹带的冲刷物；③原来在海中的（如生物沉积物）。而各种沉积物移动过程是各不相同，如大于 2 毫米的是一种移动規律；0.05—2 毫米間的顆粒是另一种移动規律；淤泥的移动規律則又不同。

海岸带波浪的变动（如圖 1）：波浪在海面和未变形的完整形态，向深处渐变为橢圓形，再变則橢圓度更大，到海底水粒仅作来回运动。波浪在海面上为一巨浪形式，当其接近海岸时則变成破浪，产生回流到海底里去。在波浪变形带內水的移动時間和速度

是不对称的。水随着波浪向海岸移动，水面上漲，上漲量可用 Stokes 公式来計算。

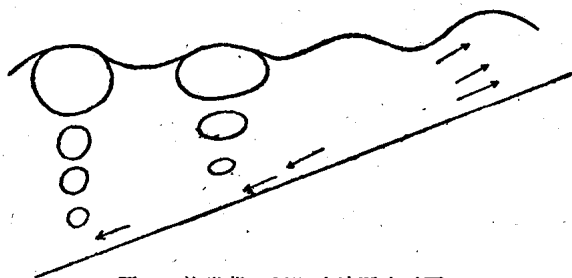


圖 1. 海岸帶不同深度波瀾變形圖。

波浪快开始变形时，其向陆和折回的运动速度相同，如圖(圖 2)所示曲線是对称的。实际上这是不存在的。

到达变形带範圍內，破浪發生时，曲線开始不对称，向陆的波浪速度要大，時間要快，而回流速度小。向陆去速度大，是因为波浪呈跃进式前进，回流時則是沿海底溜回来的。

$S$  代表水到陆地去时所經道路， $S_1$  代表回流所經道路，照理  $S_1 > S$ ，因回流时道路要長(所經時間也長)，另外  $V > V_1$ 。

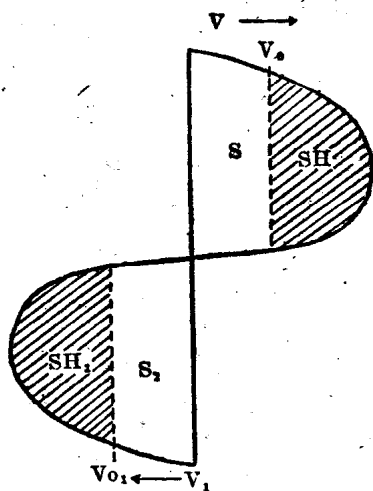


圖 2. 波浪变形曲綫圖。

$S$  代表向陆所經道路  $S_1$  代表回流所經道路。

$V$ —波浪向陆速度  $V_1$ —回流时速度。

$V_0$ —物質向岸起速度  $V_{01}$ —回流起速度。

在波浪运动不对称的情况下，海底由粗大物質(如礫石)組成的剖面將發生变化。不同粒徑的物質都有自己的起速度(在河流文学中已有介紹)，同时在不同坡度斜面上起速度亦不一



致，傾斜的(特別是逆坡而上)比平面的起動速度大。如果用 $V$ 代表起動速度，速度未達到 $V_0$ 時物質仍為穩定狀態，一達到 $V_0$ 時物質就開始移動，當速度減到 $V_0$ 時又停下。所以 $V_H = V - V_0$ 。[物質在起動速度以上所移經的道路(面積)稱 $V_H$ ]。到水開始回流時，物質起動速度要小，因為回流時加上了物質順坡下流所增加的速度，所以 $V_{01} < V_0$ ，回流時物質所經過的道路為 $S$ 。

如果 $SH > SH_1$ ，物質在波浪來回移動過程中就會逐漸向上移動；若 $SH < SH_1$ 時物質顆粒在波浪來回移動過程中順斜坡逐漸向下移動(儘管上部波浪是向上移動的)。再如 $SH = SH_1$ 顆粒就會在原地來回移動而不被移走，這一點稱平衡點。如若從繪出來的小比例尺圖上看他們的周期可以相同，但速度卻不同(圖3)。波浪在平衡點上移動的道路相等(對稱曲線，上一致)，從平衡點向上(靠岸方向走)越來越不對稱，面積曲線上部比下部大，物質向上移動甚多；在平衡點以下曲線面積下部大於上部，物質下移，再往

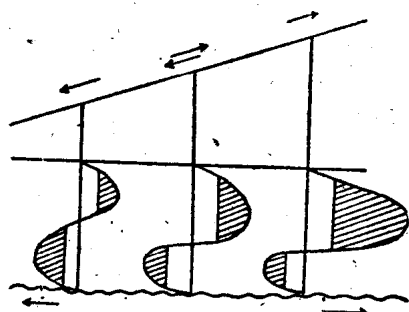


圖 3. 波浪在不同深度移動曲線面積圖。

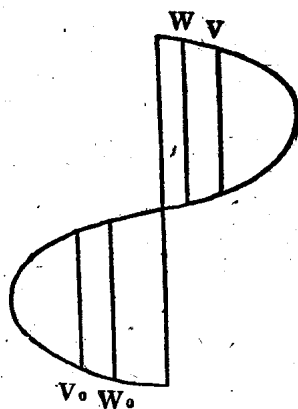


圖 4. 起動速度(W)與波浪速度(V)的關係。

下，當波浪速度達不到起動速度，物質即呈穩定狀態(圖4)。波浪起動速度開始點就是水下岸坡的下限。由此可知海岸的物質移動