维普资讯 http://www.cqvip.com

山东海洋学院学报
1965年 第2期 32—40

用地球化学方法确定海岸带堆積地形的物質來源*

錢凱

（海洋地質系）

海岸帶泥沙运动及其迁移規律的研究是海岸动力地貌学中一个最重要的研究方向，而確定海岸带堆积地形的物質来源則是其中不可忽視的一环。为此，在研究海岸堆积地形时，通常采用三种方法：海岸动力学方法、地貌学方法和岩石学方法。这些方法的单独或联合运用均已获得了极为可貴的成果。但是，在进行海岸地貌調查研究工作时，經常遇到这种情况，即：当用海岸动力学方法和地貌学方法得到的结論需要岩石学方法来检驗，甚至只有用岩石学方法才能得出肯定的结論时，岩石学方法往往也莫能相助。因为在相当大的、有时是甚为广闊的海岸地段上（包括入海河流流經的地区），其地質环境、組成的岩石基本上相同，其矿物組合也无显著的差異。因而无法从其对比中来確定該地段内堆积地形的物質来源。这严重的阻碍着理論研究的深入，也妨碍着海岸动力地貌学为国防和生产建設提供肯定的结論和有效的措施。为解决这个难題，我們試用了地球化学方法，结果良好。鑑于地球化学方法用于海岸动力地貌研究工作，至今尚一付闕如，故不揣譾陋，作一簡介，俾能供大家参攷指正。

一、方法的理論依据

確定海岸带堆积地形物質来源的地球化学方法是在岩石学方法的基础上提出来的，但两者有着質的差别。

作为岩石学方法的基本原則和核心，是研究供给区（蝕源区）及海岸带堆积地形的特征矿物組合。因此岩石学方法在解决海岸带泥沙物質来源时，存在两个严重的缺点：1）要求矿物区有明显的岩石和矿物組合对比，否則便不能確定物質来源。实际上，海岸带常常在很大范围内基本上由同类岩石組成，矿物組合也无明显差異。所以此法主要适用于区域性的，特别是大区域的調查研究工作；2）所依据的特征矿物往往是岩石中的付矿物和次要矿物。如火成岩中的鋯石、独居石、电气石等；变質岩中的兰晶石、十字石、硅线石等以及沉积岩中的稳定重矿物組分。它們在岩石中的总重量常只占百分之几到千分之几，有时甚至只以微量出現，而分布最广的、約占地壳总重量50%以上参与各成因岩石的长石以及分布至为广泛的其他主要造岩矿物，則常常被忽視，这是岩石学

* 山东省地質局中心实驗室代为分析光譜样品，海洋地貌教研室的同志审閱了全文，在此一併致謝。

维普资讯 http://www.cqvip.com

方法不能普遍应用的另一原因。

地球化学方法的基本原則和核心，是研究供给区和海岸带堆积地形的組成矿物和岩石碎屑（这在砂砾質海岸尤为常見），主要是矿物中微量元素的成分、含量和組合特征。从其对比中確定物質来源。所利用的矿物，既包括付矿物及次要矿物，更包括最主要的造岩矿物，如正长石和斜长石等。

地球化学規律和原理有力地証明，元素在自然界中呈分散状态存在是其通性。每一种元素均可进行分散，因此，自然界任何一种岩石和矿物中均可含有一定种类的微量元素。它們主要以类質同象、內潛同晶、微包裹体以及吸附等形式存在于岩石的主要造岩矿物及付矿物中。生成独立的付矿物是岩石中微量元素存在的又一种形式。

以上述形式存在的微量元素的数量、种类及其組合特征，取决于一系列晶体化学和地球化学原理。因为这些条件对每一地質体而言，不可能是完全相同的。因而，在自然界不同地質体中完全有可能具有其特征的微量元素組合，在数量上和質量上則可出現种种差異。这种地球化学方法就将以更大的普遍性完成岩石学方法所不能完成的任务，特别是在基本上由同种类岩石組成的海岸地段，将更显示出无以旁代的优点。因为它能在岩石学方法找不出明显区别的同种类的不同地質体中以及同一地質体的不同部分中找出鑑别特征。其根据如下*：

1．同种类的岩石和矿物，时代不同，乃至同一时期但形成先后不同时，可具有不同的微量元素組合。以华南某些地方花崗岩为例，季寿元、王德滋等就曾指出：加里东期鉄族元素（Ti, V, Cr, Ni,）含量均高于燕山期，而造矿元素（W, Sn, Mo, Bi, Be）則显著低于燕山期，加里东期的 Ba 較多，缺少 Sr，而燕山期則以富含 Sr 为其特征；

2．同时代、同种类而不屬同一岩体的岩石和矿物可具有不同的微量元素組合。这主要是由原始岩浆的成分、矿物形成时的溫度、压力、冷却速度，以及同化混染作用不同等原因所造成的。因而在微量元素可具一定共性的同时，在种类繁多的微量元素中，亦会有其特性，是显而易見的；

3．同一岩体、不同相带可具不同的微量元素組合。这方面的例子頗多，如浙江臨安河桥花崗岩，內部相 Be 含量很高，Pb, Sr, Ti, V 含量很低，而边緣相与其相反，Be 仅以微跡出現，而 Pb, Sr, Ti, V 很富；

4．同时代同种类但成因不同的岩石，可具不同的微量元素組合。例如同是太古代花崗岩，但花崗岩化形成的花崗岩和岩浆成因的花崗岩就不相同；

5．同时代同种类乃至同一岩体的岩石和組成矿物，遭受的岩浆期后作用不同时，由于其中微量元素在各种岩浆期后溶液作用下发生再分布的結果，其微量元素組合可以相差很大。

如果說付矿物是岩石中微量元素存在的又一种形式，那么还是根据 B. B 利亚霍維奇的資料，在末蝕变花崗岩轉变为蝕变花崗岩时，某些矿物的含量变化如下：錫石为

* 克拉克在几十年的工作中，总結出在深达 16 公里的地体地壳中有近95%是火成岩，而沉积岩及变質岩也均导源于火成岩，因此，我們的敍述可主要以火成岩及其組成矿物为对象。

维普资讯 http://www.cqvip.com

600—2300倍，磷灰石为2—1580倍；鈮鉄矿为600—13000倍，鋯石300—200000倍，等等。

实际上，在自然界虽是同种类的岩石和矿物，其形成时间、所在空间、以及成因、历史完全相同是不可能的。只要有上述的某一方面不同，就能引起微量元素組合的差異。如果在几方面都不同（这在自然界更为普遍），当然更易发現其差别。例如：戈尔德斯密特与彼得的資料表明：取自不同地点的花崗伟晶岩中的石榴石，其中釩的含量相差竟达1000倍以上。同种类的尚見如此，不同种类的更可想而知了。由此我們可以領悟到地球化学方法具有无以旁代的普遍性的原因。

二、方法与步驟

工作大体可分三步：取样，选样和分析，資料整理。

1．取样：通常依工作的精度要求不同而在蝕源区，物質搬运的可能途径上和堆积地形本身，采取矿物岩石和沉积物样品。必要时尚需对堆积地形采取豎直剖面上的样品。当堆积地形中有大量岩石碎屑时，可直接以岩石中的微量元素組合为对比对象。

2．选样及分析：当堆积地形由粗碎屑物質組成，特别是富含砾石时，蝕源区可选新鮮岩石送交分析，而沉积物則选取大的保存較为新鮮完好的砾石，将其敲碎，选取其中最新鮮的部分送交光譜室进行分析。

当堆积地形由較細的物质組成时，則需在双目鏡下挑选单矿物样品經适当处理后送交分析。此时，蝕源区岩石样品也需进行破碎、篩分，在双目鏡下仔細挑选并去掉杂質。我們順便提一下，在选取云母作为分析对象时，可先将矿样放在平玻璃板上，微微傾斜振盪，讓粒状矿物滾下，然后再在双目鏡下从片状矿物中挑选一定种类的云母，这样，工作效率可以提高很多。样品量通常有0.5克就够用了。单矿物种类一般取鉀长石（微斜长石、正长石、紋长石）、斜长石、黑云母、輝石、角閃石等最主要的造岩矿物，也可取岩石中的常見次要矿物和付矿物。单矿物选样稍稍麻煩一点，但其结果在某种程度上更为可靠。

分析精度一般以光譜半定量即可。

三、对山东半島南部几个堆積地形的物質來源的确定

1．青島附近某海湾海滩沉积物的来源

該海湾海滩的沉积物系由含砾石、小石子的粗砂及中細砂所組成。自63年我們在此設立定位观測站以来，用海岸动力学方法和地貌学方法已作出其动态图（图1）。但是用岩石学方法来驗証和判断現已不为潮

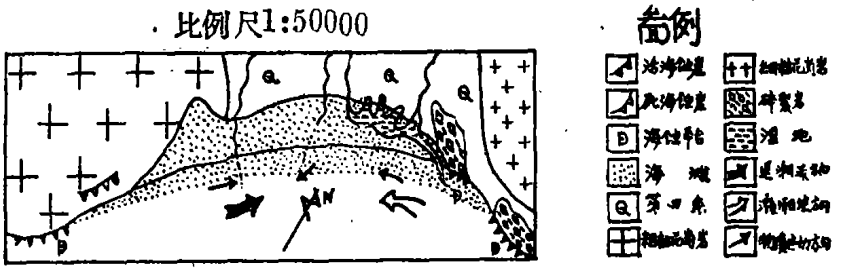

图1 青島附近某湾海岸动态图

维普资讯 http://www.cqvip.com

水浸沒的海滩物质来源时，則頗为困难。因为湾两旁的海岸地段和后面广大腹地均屬同一岩体或导源于此的碎裂岩、角砾岩和第四紀堆积物，其矿物組合无显著差異。誠然，西岬角有点花斑岩、輝綠岩，东岬角水下部分有点細晶岩，但皆因規模太小，不起主要作用。

这一问題的解决不仅有地貌意义，对濱海砂矿富集規律的研究和找矿来說也很重要。从地球化学观点出发，我們認为，海滩沉积物来源虽屬同一岩体或导源于此的产物，但却屬不同相带或虽屬同一相带，但仍有細微差異。湾的西部为粗粒黑云母花崗岩和角閃石黑云母花崗岩，北部腹地及东部則为中——細粒黑云母花崗岩，同时，北部及东部虽屬同一相带，但在东部花崗岩中常見安山岩捕虏体，原始岩浆成分显然可能受到該处安山岩类围岩的較大影响（与北面比較），所有这些差別必然导致矿物中微量元素的差異。

表1　青島附近某湾海滩沉积物及蝕源区黑云母中的某些微量元素%

（分析者：山东省地質局中心实驗室）

样品号碼		采样地点	元素含量%						
原号	分析号		Ti	Ni	V	Co	Cr	Sr	Ba
K03	M064	湾西海岸基岩	0.4	0.02	0.01	0.01	0.05	0.03	0.04
K05	M065	海滩西端	0.3	0.04	0.01	0.01	0.05	0.1	0.01
K07	M001	海滩	0.4	0.001	0.007	0.001	0.006	0.2	0.1
K59	M018	海滩	0.5	0.002	0.001	0	0.005	0.5	0.2
K29	M016	海滩	0.6	0.001	0.008	0.001	0.01	0.1	0.1
K09	M03	海滩	0.6	0.001	0.008	0.001	0.006	0.1	0.1
K11	M07	海滩	0.6	0.001	0.008	0.001	0.01	0.1	0.1
K13	M026	海滩东端	≥1	0.003	0.01	0.003	0.02	0.1	0.1
K15	M061	湾东海岸基岩	≥1	0.002	0.04	0	0.03	0	0.1
K19	M053	甲小河中	0.8	0.001	0.007	0.001	0.006	0.3	0.1
KT10	M081	××岭花崗岩中	0.6	0.001	0.006	0	0.004	0.4	0.2
K33	M40	乙小河中	0.8	0.001	0.008	0.002	0.01	0.2	0.2
K41	M43	丙小河中	0.4	0.001	0.007	0.001	0.004	0.3	0.2
K58	M37	丁小河中	0.4	0.002	0.005	0.001	0.02	0.3	0.1

于是，我們选取黑云母作为分析对象，从取样点的分布和分析结果中进行对比，較为明显的微量元素含量分别見图2和表1。对照图2和表1可以明显地看出：取自北面花崗岩及发源于此的小河中的黑云母富含Sr、Ba，其中Sr最高者达百分之50×10^{-2}，Ba达20×10^{-2}，而貧Ti，V，Co，Ni；取自东部的样品K_{13}，K_{15}（图上为清楚起

维普资讯 http://www.cqvip.com

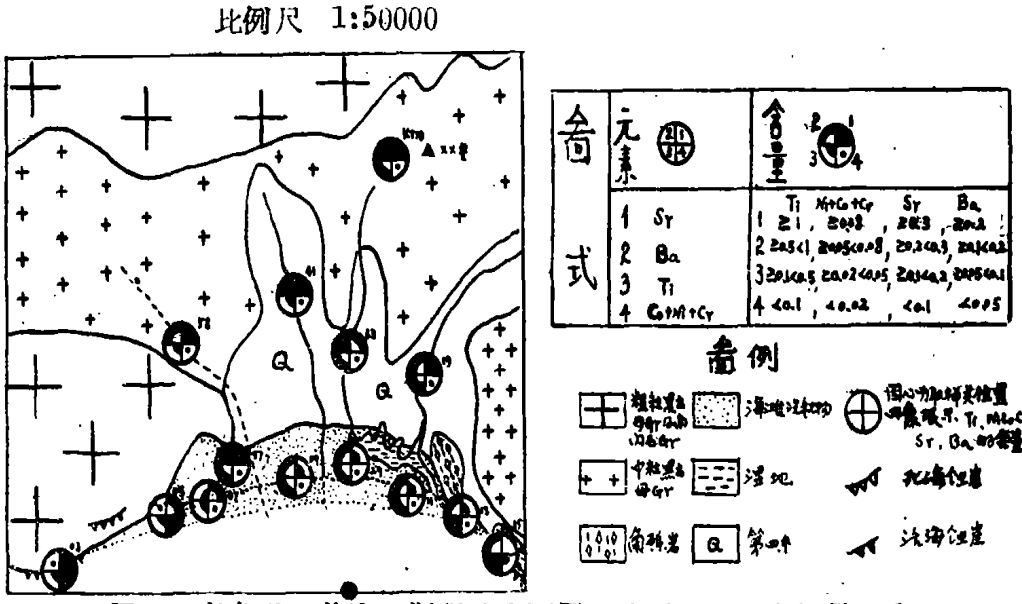

图 2　青岛附近某海滩沉积物来源图示（据黑云母中微量元素）

见，“K”字省略，下同），则除 Ba 含量较高外，还有 Ti，V 含量高于北部及西部的样品，Cr，Co，Ni 含量仍较低，而 Sr 的含量变贫，低至 0.001 甚至于 0；而西部的样品（Ko_3，Ko_5）与前二者均不同：Sr 含量仍较高，但 Ba 含量很低最低达 0.0001，Sr/Ba 比值远高于前二者，Cr，Co，Ni 含量高于东部和北部，但 Ti，V 含量低于东部；海滩上，西自点 Ko_7 东至 K_{11} 亦即包括了海滩的主体，集中黑云母明显地富含 Sr、Ba 而贫 Ti，V，Co，Ni，Cr，完全可以和取自北部岩体中及小河中的样品对照，而点 Ko_5 以西则可和取自西边花岗岩中的对照，东岬角直到 K_{13} 点以东方与取自海岸上基岩中的样品类似。

从上述对比中，显然可以確定，該湾海滩沉积物主要来源于北部低山丘陵地区，由小河攜带而来，又經波浪的横向移动乃堆积下来，而海湾两边海岸地段带来的物质相形之下，为量甚小。

2．乳山县沿海某沙壩——沙咀物质来源的演化和定名问题

該沙壩——沙咀的发展对水产养殖影响較大，它的发展速度甚至成为攷虑該地段能否进行养殖的决定性因素。該沙壩——沙咀的形态如图 3 所示。一眼看去就会提出这样的问题：它是沙壩？抑是沙咀？它的发展趋势及速度如何？了解它的未来演化趋势，必先了解它的过去和現在，而这一切端賴物质来源的確定。

由图可見，沙壩——沙咀的南部海岸及××島的一部分主要由萊阳組砂岩和砂砾岩組成，砾石成分

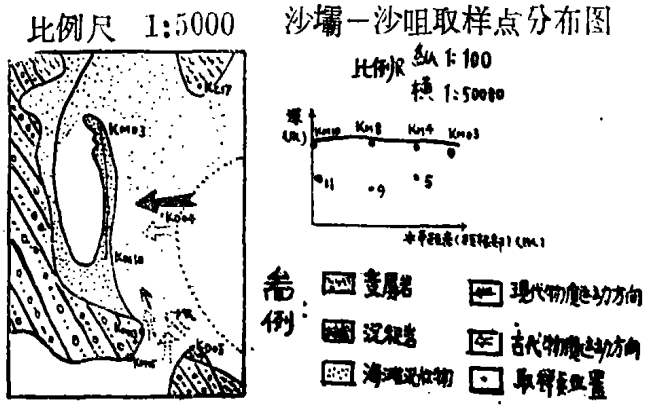

图 3　某沙壩——沙咀物质来源图示

维普资讯 http://www.cqvip.com

主要是黑云母花崗岩（从岩相古地理分析得知，其原始物质来源主要为距其不远的西北方向的燕山期黑云母花崗岩）。沙壩——沙咀东北海岸，东部島屿主要由黑云母长石片麻岩組成。

表2　××沙壩——沙咀組成物质中的及供给区的鉀长石中 Br、Ba 的含量

采取地点	样品号		元素含量		註
	原号	分析号	Sr	Ba	
东北海岸	KC17	M028	0.0008	0.0008	变质岩中
海滩	KD04	M030	0.0003	0.0007	来自变质岩
东南部島上	KD05	M032	0.0005	0.0008	变质岩中
沙咀上层	KM4	M033	0.0001	0.0005	深15cm
沙咀上层	KM8	M035	0.0003	0.0007	深15cm
沙咀上层	KM10	M072	0.0008	0.001	深15cm
沙咀頂端	KM03	M031	0.001	0.001	深0.30m
沙咀下层	KM05	M047	0.002	0.001	深0.80m
沙咀下层	KM9	M052	0.002	0.008	深1m
沙咀下层	KM11	M079	0.003	0.004	深1.2m
南部基岩	KM13	M073	0.005	0.005	沉积岩中
南部基岩	KM15	M080	0.005	0.005	沉积岩中

我們以鉀长石为分析对象。取样线及取样点的布置見图3。分析結果以 Br，Ba 含量变化最为典型，其含量如表2所示。从图表的对照中可以看出，取1米左右至1.20米以下的样品，其中 Sr，Ba 含量与沉积岩相近而偏低些，取自0.8米左右的就更偏低些，而上层样品則与变质岩相似而偏高些，而向下至0.3米左右則更高些。这些結果表明該沙壩——沙咀前后經过两个不同的发展阶段，第一阶段，物质主要来自南部沉积岩海岸，即主要由纵向运动而来，但也有小部分来自变质岩区，它导至下层样品中 Sr，Ba 含量与沉积岩区的相近，但又偏低些；第二阶段物质主要来自海底即由横向运动而来，但也有很少一部分因縱向运动而来自沉积岩区。此外 Kmo_3 点近于呈現中间值，这很可能是較晚阶段沙壩——沙咀再造的結果。即由于南部近岸海水变浅，

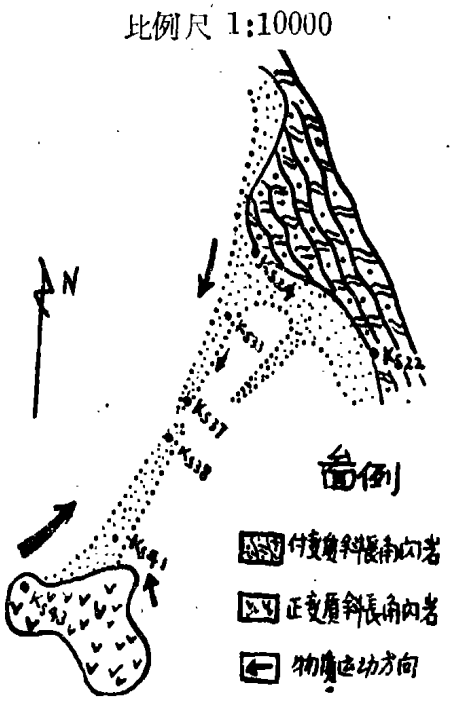

图4　南島咀剑状沙咀地理环境及物质来源图示（附取样点位置）

维普资讯 http://www.cqvip.com

纵向运动带来的物质較少，沙咀近后部物质发生部分冲刷的结果。从形态分析与动力分析的结果亦是如此。

据此，这一地貌形态从成因上說，既不是沙壩，也不是沙咀，而是沙壩——沙咀的混合体。同时，就物质来源并结合形态、动态分析，可知其增长速度不高，对水产养殖也不致造成大的威胁。

3．乳山县南島岬沙咀物质来源的驗証

南島岬沙咀的地质地理环境如图4。形态分析表明，由岸至島的堆积地形由两个沙咀組成：其一为由岸向海生长之沙咀，另一为由島向岸生长之沙咀，它們之间即将联结起来，因此曾引起部分同志的怀疑。

該島系由輕微混合岩化的正变质斜长角閃岩組成，而沿岸陆地則主要是由輕微混合岩化的付变质斜长角閃岩組成，也有部分黑云母长石片麻岩。以角閃石为分析对象，取样点位置与分析结果中反映較明显的Mn，Ti，V含量分别見图4和表3。从对比中可看出Ks_{37}点以北角閃石中Mn，Ti，V含量和取自岸上的相似，而Ks_{38}点以南的与島上相似。由此証明，形态分析得出的结論是正確的。

表3 南島咀沙咀及蝕源区角閃石中 Mn，Ti，V 的含量

取样位置	样品号		元素的含量		
	原号	分析号	Mn	Ti	V
島上	Ks43	M05	0.0005	≥0.01	0.0001
島向陆沙咀	Ks41	M50	0.0005	~0.01	0.0008
島向陆沙咀	Ks38	M57	0.0.001	≥0.01	0.0001
剑状沙咀	Ks37	M44	0.001	0.008	0.0002
剑状沙咀	Ks33	M67	0.002	0.007	0.0004
岸上基岩	Ks22	M68	0.001	0.006	0.0003
岸上基岩	Ks24	M77	0.0028	0.008	0.0002

四、結束語

由上所述，在理論上和实践中都証明了地球化学方法可以用于海岸动力地貌学的研究，而且具有很大的普遍意义。

我們用地球化学方法確定：青島附近某海湾海滩沉积物的来源，主要由发源于海湾北面低山丘陵区的河流带来；乳山县沿海某沙壩——沙咀經历了两个发展阶段。前一阶段，物质主要由纵向运动供给，而后阶段主要由横向运动供给，目前物质来源不丰富，生长不快，对水产养殖威胁不大；南島咀確实存在一由岸向海生长之箭状沙咀。

我們希望，在今后研究海岸堆积地形的物质来源时，地球化学方法将得到广泛的运用。但是，也必須指出，任何方法都不是万能的，应用地球化学方法，对較細沉积物来說，选样工作和样品处理有一定困难。因此，綜合运用各种方法、手段仍是得到正確结論的最好途径。

维普资讯 http://www.cqvip.com

参　考　文　献

〔1〕南京大学地质系編："地球化学"科学出版社

〔2〕南京大学地质系編："地球化学找矿法"講义

〔3〕季寿元、王德滋、胡受溪：江西南部加里东花崗岩与燕山花崗岩的地球化学特征及其与成矿关系　南京大学学报第一期　1962

〔4〕徐克勤、孙鼐、王德滋、胡受溪：华南多旋迴的花崗岩类的侵入时代，岩性特征，分布規律及其成矿专屬性的探讨　地质学报43卷　No.1. No.2.　1963

〔5〕王德滋：花崗岩类的綜合地球化学对比方法　論文选編　1965.5

〔6〕V.M.戈尔德施密特："地球化学"科学出版社　1959

〔7〕A.Л.維諾格拉多夫：化学元素在地壳中分布的規律性　地球化学专輯第二輯　地质出版社　1957.

〔8〕类质同像和稀有元素在地壳中的分布　地球化学专輯第二輯　地质出版社　1957.

〔9〕賈菲 H.W：钇及其他次要元素在石榴石組內的作用，火成岩及矿物中的稀有元素　地质出版社　1959

〔10〕利亚霍維奇 B.B：論含矿花崗岩类的一个特点　地质譯丛　1965.6

〔11〕曾科維奇 B.П：海岸带堆积地形形成理論的基本原理　海洋地质地貌譯丛第一輯　中国科学院东北海洋工作站　1964.5

〔12〕列昂捷夫 O.K：海岸带泥沙运动的形态学和岩石学的研究方法　海洋与湖沼第1卷第二期　1958

〔13〕Волков, В.П, Савинова Е.Н: О Соотношении Калия и рубидия в процессе эволюции известково—щелочных и щелочных магм. Геохимия, вып. 12, 1961г.

〔14〕Костерин А.В, Зуев В.Н и Wеваллевский И.Д. ОБ отношении Zr/Hf в цирконах некоторых изверженных пород Северной Киргизии. Геохимия вып. 1, 1958г.

〔15〕Ульст В.Г: Накопление тяжёлых минералов в современных прибрежно-морских отложениях.
Теоретические вопросы динамики морских берегов. Изд. ≪наука≫ М. 1964г.

维普资讯 http://www.cqvip.com

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА В ИССЛЕДОВАНИИ АККУМУЛЯТИВНЫХ ФОРМ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

(Резюме)

Цянь Кай

В Данной статье автором рассмотрены основные принципы и методика применения геохимического метода в исследовании аккумулятивных форм береговой зоны. На основании примеров некоторых участков морского берега Шандунского полуострова было показано, что геохимический метод для решения генезиса аккумулятивных форм и направления движения наносов в береговой зоне применим даже в том слуцае, когда решение этого вопроса петрографическим методом невозможно.