

矿物岩石分析法在研究海岸带

泥砂运移中的应用

王 琦 高 航

(山东海洋学院地质系)

研究海岸带的泥砂运动不仅有重要的理论意义,而且对海港的港址选择、港口及航道的疏浚、各种水工建筑物的稳定性、护岸工程的建造等都有重要的实际意义。

对泥砂运移规律的研究,目前常采用的方法有水文气象要素统计法、地貌形态分析法、矿物岩石分析法、人工示踪砂法和地球化学法等。根据工作的性质和要求,采用上述一种或几种方法,以获得可靠的结果。上述这些方法各有优点,但矿物岩石分析法的优点较多。首先,具有普遍意义的是在任何地区都可以运用,因为总能找到指示矿物或矿物组合;其次是天然指示矿物或矿物组合是沉积物在长期水动力作用下的综合结果,这就排除了短期季节性或中期气候变异的影响;第三是符合当地的自然条件,不存在观测范围的局限性。目前利用该法来研究海岸带及大陆架沉积物的物质来源、运动方式、扩散方向等方面的资料在国外是大量的。Judge(1970)^[3]利用重矿物组合研究美国加利福尼亚南部海岸沉积物的来源和搬运方向。Mallik(1976)^[4]研究了孟加拉湾西部沉积物中的矿物分布,确定了其来源区、扩散方向。在国内,中国科学院海洋研究所、山东海洋学院地质系、南京大学地理系等单位在调查研究我国沿海一些港湾的泥砂运动时,都使用了矿物岩石分析法。

下面仅就矿物岩石分析法的应用作一综述。

矿物岩石分析法的关键

——选择指示矿物

入海主要河流的汇水区、海岸周边和海底

在地质结构上的差异,必然反映到以基岩作为物质来源的河流及海洋沉积物的特征上。不同时代、不同类型母岩所提供的矿物在组合、形态、结构上都是有差别的,其中以重矿物(原岩中的副矿物)最为明显,故常用作为指示矿物以追溯母岩。此外,轻矿物中长石和石英的比值,石英的磨圆度、颜色、表面性质也有一定的意义。

选择指示矿物,首先要研究区域地质概况,分析每条输砂量大的河流汇水区的基岩类型,尤其是基岩中可能出现的特征矿物,并在鉴定河流冲积物样品时予以特别注意。如掖县海庙港附近有三条河流(王河、龙王河、南阳河)。虽都流经太古界的变质岩系,但岩性仍有差异(表1)。王河的汇水区内有大片玲珑花岗岩出露,其主要副矿物为榍石,故王河冲积物中富含榍石。龙王河主要流经片麻岩、变粒岩及少量大理岩地区,因此菱镁矿、透闪石、柘榴石等变质矿物的含量相对较高,而榍石含量偏低。南阳河汇水区大理岩出露面积大,故菱镁矿含量又较龙王河为高。这一规律也明显地反映在毗邻的海岸带沉积物中,故确

表 1 山东掖县海庙港主要河流冲积物中的特征矿物

河流名称	汇水区岩石类型	特征矿物及含量(%)			
		透闪石	菱镁矿	柘榴石	榍石
王河	片麻岩、变粒岩及玲珑花岗岩	1.0	—	3.8	6.0
龙王河	片麻岩、变粒岩及少量大理岩	1.3	1.8	6.4	1.9
南阳河	片麻岩、变粒岩及大理岩	1.3	2.7	6.7	1.3

定榍石、菱镁矿、透闪石、柎榴石为本区的指示矿物。确定了各条河流的指示矿物或矿物组合后,应在研究海岸带沉积物时特别注意这些矿物的变化情况,如有规律可循,则说明它们确实可以作为指示矿物。

在研究河流冲积物以选择指示矿物时,最好辅以基岩人工重砂的研究。对工作区内几种特征的基岩,应该分别采取人工重砂样品。对基岩人工重砂的分析,对来源区特征矿物所赋存的岩石类型,都要做出具体说明。但在实际运用时由于样品所代表的范围太窄,重矿物在原岩中的分布又很不均匀,故分析的结果变化太大,甚至有时有关的河床、冲沟沉积物中出现的特征矿物在基岩人工重砂中也没有,因此有一定的缺陷。山东即墨县嶗山山南湾陆上汇水区的基岩是正长岩和遭受接触变质的细砂岩、粉砂岩及页岩。正长岩中比较富集的副矿物是钛铁矿(29—67%)、榍石(5—14%)、磷灰石(4—16%)(表2),但含量幅度变化较大。而发育在这一岩石冲沟内的冲积物中含钛铁矿高达54—82%、榍石2—4%也较高,但变化幅度较小,便于与近岸沉积物进行对比。该地区沉积岩中含量较多的副矿物是角闪石(47—86%)和钛铁矿(11—26%)。由于其中有辉绿岩墙侵入,故在冲沟中出现较多的辉石、透闪石,而使来源于沉积岩区的松散物质含有特征重矿物,可作为指示矿物。因为各种岩石中的矿物由于风化作用进入冲积物经过充分的掺和、分选后变得较均匀,所以在对比海湾底质与陆源物质的成分时利用冲沟、溪流的样品较原生重砂更具有代表性。

河流泥砂入海后在矿物组合和各种矿物的相对含量方面将发生很大变化,首先是要与其它来源的物质发生不同程度的混合;其次由于矿物的比重和物理性质不同,在波浪、流的不停歇的簸选作用下,将发生形态、比重、成分的分异。这样,稳定的矿物随着搬运距离的增加含量增高了,不稳定的矿物减少了。随着搬运能量的减弱,比重大的矿物先沉淀,比重较小的矿物将带得更远。因而根据不稳定矿物和

稳定矿物含量的比值变化可以判断泥砂运移方向。一般来说物理性质相近的矿物在搬运过程中其含量比值变化不大,利用该比值进行对比同样可以确定泥砂运动方向。我们在山东即墨县山南湾就利用两种物理性质相近矿物的比值,如黑角闪石与绿角闪石和来自不同基岩类型的冲积物进行对比后,发现有明显的差异。用此参数并参考其它因素将山南湾的底质划分成不同的矿物组合区,从而揭示出不同来源物质在湾内的扩散范围。

矿物岩石分析法的实际运用

(一) 近岸带泥砂来源的确定

近岸陆源泥砂主要来源有四:(1)入海河流带来的;(2)沿岸流搬运来的;(3)海岸、水下岸坡基岩破坏的产物;(4)波浪的横向运动把深水区的物质搬运到近岸地带。一定的地区往往以一种或二种来源为主,但也混杂有其它来源的物质,这需要根据具体情况来判别。

利用矿物岩石分析法来确定物质来源时,可以根据单个指示矿物、矿物组合及物理性质相近的矿物比值等,要将河流物质划分为不同的矿物组合类型,并把海岸带沉积物划分为不同的矿物组合区。这样做既便于对比,又有助于分析每条河流供给物的影响范围和海岸带泥砂的主要来源及搬运方向。

美国华盛顿州格雷哈伯河口湾有两条河——汉普图利普斯河及切哈利斯河注入其中(图1A)^[5],这两条河流冲积物的特征重矿物是普通辉石。而湾口两侧海滩砂的特征重矿物为紫苏辉石和普通角闪石(表3),它们与上述两条小河的河流砂成分不同,是由另一条大河——哥伦比亚河供给的。从河流、湾内、海滩沉积物中紫苏辉石含量的等值线图(图1A)可以看出,海滩、湾口处的紫苏辉石含量较高,而河流、湾头处的含量较低。由湾口至湾头的重矿物含量变化剖面图(图1B)得知,湾头为贫紫苏辉石而富普通辉石组合普通辉石区,湾口为富紫苏辉石而贫普通辉石组合的紫苏辉石区,中部属过渡性质的即混合区(图1

表 2 山东即墨县山南湾基岩及有关冲沟冲积物中重矿物含量及参数对比

样 品 类 型	重矿物含量 及参数 样 号	钛铁矿 (%)	角闪石 (%)	榧 石 (%)	磷灰石 (%)	锆 石 (%)	辉 石 + 透闪石 (%)	黑色角闪 石(%)	绿色角 闪石(%)
正 长 岩 原生重砂	K ₄	67	痕 量	5	16	12	—	2.3	
	K ₈	56	13	7	10	—	—	1.5	
	K ₇	29	45	14	4	5	—	0.5	
正长岩区 冲 沟 砂	R ₁	82	7	4	1	4	—	—	
	R ₂	54	32	4	2	3	—	1.5	
	R ₃	72	11	2	1	11	—	0.8	
沉 积 岩 原生重砂	K ₁	11	86	1	1	2	—	8.3	
	K ₃	26	47	2	1	17	—	0.2	
沉 积 岩 区 冲 沟 砂	R ₅	18	71	—	—	—	10	0.4	

表 3 格雷哈伯河口湾海滩砂及注入湾内
河流冲积物的平均重矿物组分

重 矿 物	含 量 (%)	
	海 滩 砂	河 流 冲 积 物
角 闪 石	31.8	7.7
绿 帘 石	5.0	1.4
柘 榴 石	2.8	0.7
橄 榄 石	0.3	0.6
普通辉石	24.2	83.0
紫苏辉石	34.7	4.5
其 它	1.2	2.1

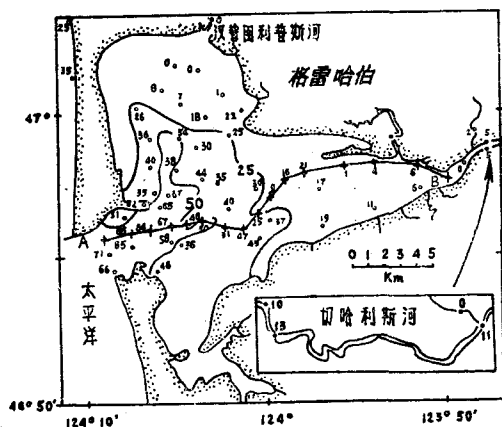


图1A 紫苏辉石含量等值线图
数字代表紫苏辉石的百分含量，
AB为剖面线。

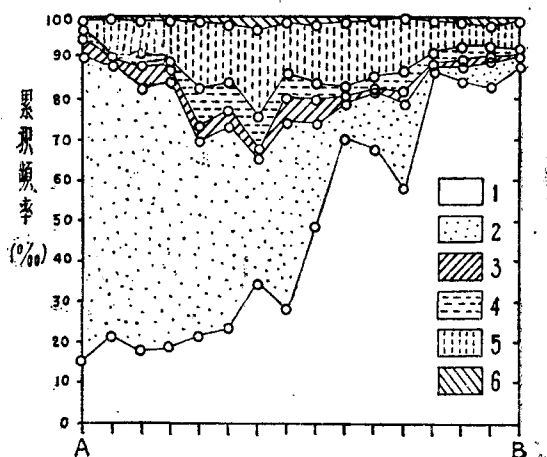


图1B 湾口至湾头的矿物含量变化剖面图
剖面 (AB) 位置见图 1A。

1 为紫普通辉石, 2 为紫苏辉石, 3 为柘榴石, 4 为绿帘石, 5 为普通角闪石, 6 为其它。

C) 该三区的出现反映了物质来源的不同, 普通辉石区的物质来自注入本湾的汉普图利普斯河和切哈利斯河所供给, 而紫苏辉石区的沉积物是湾外被沿岸流搬运的海砂, 由于涨潮流而被带入河口湾内的。混合区则由海砂和河砂的混合物组成, 系涨潮流和落潮流综合作用的结果。

利用重矿物来确定物质来源的另一例子,

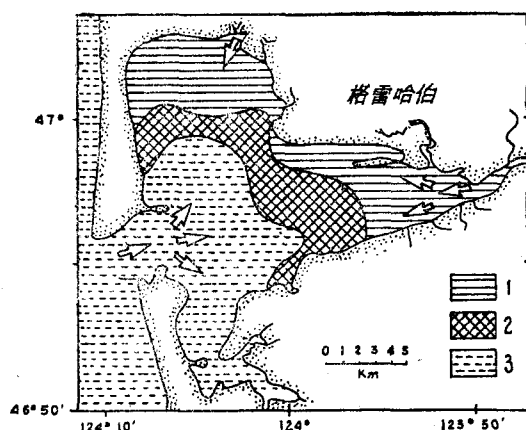


图1C 沉积物分区图
箭头代表砂的扩散方向。

1 为普通辉石区, 2 为混合区, 3 为紫苏辉石区。

是对山东省日照县沿岸地带沉积物的研究^[1]。在日照县两城河口至绣针河口间长约 100 公里的岸段按特征重矿物可划分为三个矿物区: 绿帘石区、角闪石区及绿帘石辉石区 (图 2)。绿帘石区、角闪石区的出现都是因为毗邻河流冲积物所含重矿物分别以绿帘石、角闪石为主而引起的, 故这两区内主要物质来自河流输砂。在绿帘石区、角闪石区之间出现了富含辉石的绿帘石辉石区, 这是因为, 除了原有的河流输砂外, 富含辉石的海岸基岩 (花岗闪长岩) 的冲刷产物也加入进来了。

Combellick (1977)^[2] 研究美国加利福尼亚州蒙特里湾海滩砂的物质来源时, 使用了粒度分析、轻矿物及岩屑组分的分析、石英颗粒的颜色、圆度、表面微结构的对比等矿物岩石学方法, 使所得结论的证据更加充分。如他把该地区 0.7—1.0 mm 粒级的石英颗粒分为 4 种颜色: 褐、白、灰、黑。湾内主要入海河流——萨利纳斯河的冲积物中石英颗粒呈褐色的很少, 而该河河口两侧的海滩砂虽处在磨蚀作用很强的高能地带, 但褐色石英颗粒却很多 (表 4)。由此可见海滩砂主要不是由萨利纳斯河供给的。不但如此, 南海滩砂的石英颗粒类型与北海滩砂的也有差别, 说明它们的来源又不尽相同。

表 4 蒙特里的河流及海滩砂中
石英颗粒的颜色

样 品 位 置	各种颜色石英颗粒含量(%)			
	褐	白	灰	黑
北 海 滩	13	58	20	9
南 海 滩	17	75	7	1
萨 利 纳 斯 河	4	75	18	3

近年来已有一些研究者将数学统计方法引进到海岸带泥砂的研究上, 如常用聚类分析方法对河流、海滩砂的矿物资料进行处理, 并作出聚类图, 使海滩砂与有关河流砂的亲缘关系更形象地表达出来。

(二) 海岸带泥砂运移方向的确定

在系统取样地段, 按分析结果可作出指示矿物或矿物比值的等值线图; 根据图形就可确定泥砂的扩散方向。这一法则的确定是基于人工示踪砂的实验结果。Ward 和 Sorensen (1970) 在美国得克萨斯海湾投放萤光砂, 根据投放 45 分、108 分钟后的取样结果绘制成等值线图 (图 3), 由图中可看出等值线的最大突出方向就是泥砂的主要扩散方向。但在 Mallik 所著的“对于印度洋孟加拉湾西部的矿物学具有特殊重要性的恒河三角洲的陆架 (1976)”一文中, 当解释根据矿物百分含量所做的等值线图形的含义时指出: “由矿物的最大丰度斑块指向最小丰度斑块的矢量代表其扩散方向”。如图 4 所示, 箭头系作者根据锆石丰度的等值线图所判断的沉积物迁移方向。但如按人工示踪砂的试验结果, 扩散方向应由东北向西南, 而不是如图上的由西北向东南。

港堤的回填物中如含有特征矿物, 是理想的人工示踪砂, 可用来研究堤坝修建后港池内泥砂的动态和回淤状况。如山东掖县海庙港的引堤是由菱镁矿矿山的废石填成, 废石中富含菱镁矿矿物, 在波浪、流的作用下菱镁矿从引堤不断向港池扩散。根据系统取样的分析结果 (图 5) 可看出, 在堤头处丰度很高 (2.8%), 并构成一高含量, 该带垂直海岸向外伸展到

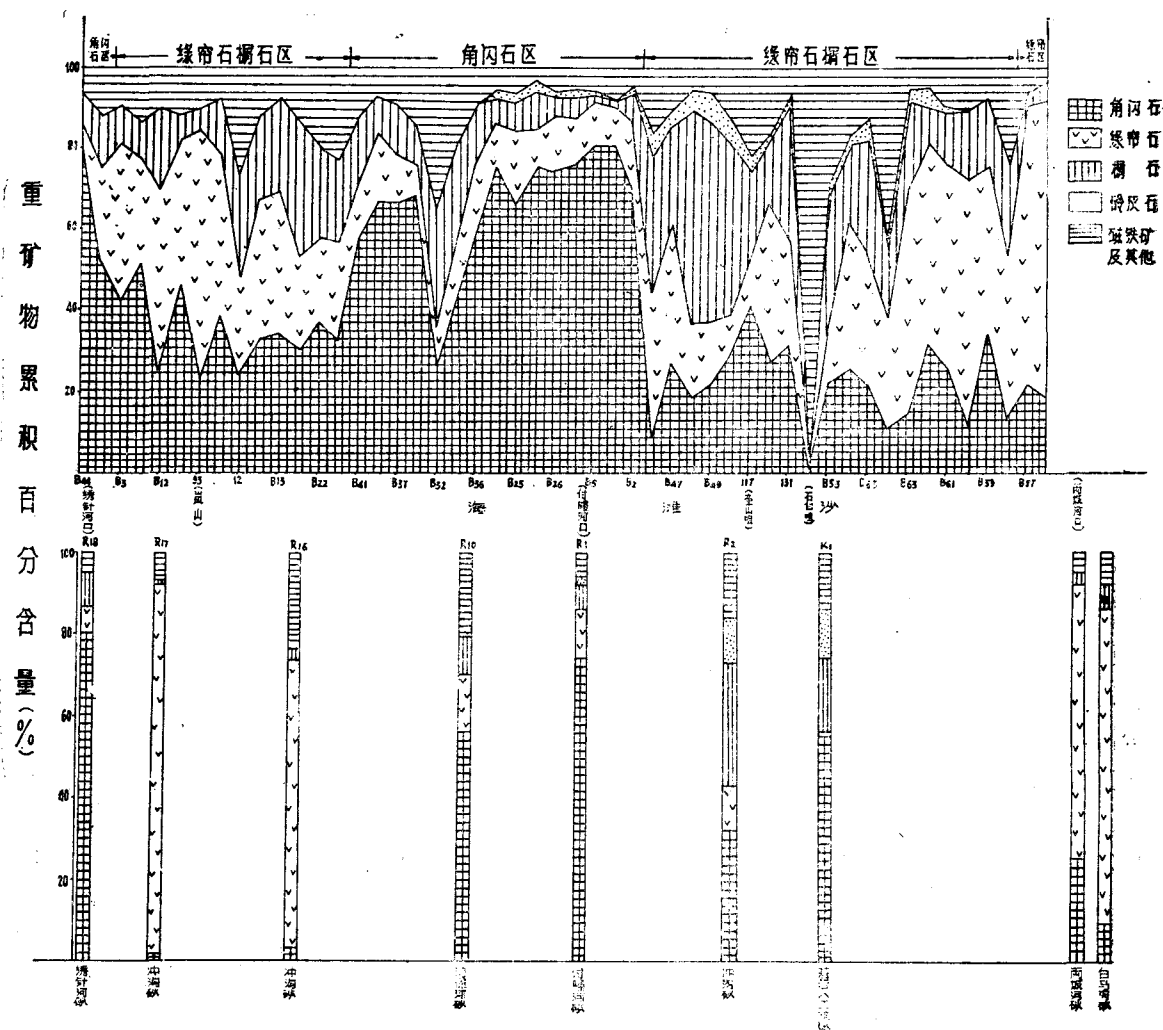


图2 日照县海滩砂与毗邻的河床砂、冲沟砂、基岩人工重砂的重矿物成分对比图

-4米等深线处,其趋势以向海扩散为主,并伴随着向西平行海岸的纵向扩散。山东威海市威海湾由于工厂倾倒的煤渣,在湾内形成煤渣的分散量,根据分散量的形态可判断出该处的泥砂向NE方向搬运。

当港池面临开阔大海,由于面积太大,有时只能沿高潮线取样,就难以作出指示矿物的等值线图。但根据指示矿物的含量变化或稳定性差的矿物与稳定性大的矿物之比值,配合粒度的变化也可判断出泥砂搬运的方向。如山东掖县海庙港附近的海岸带沉积物可划分为两个重矿物区——楣石区和透闪石区。海滩中属于前一组合的沉积物,由来源的王河河口向南伸展超越了已属透闪石组合的龙王河口,说明了

由王河输出的泥砂,向南平行海岸至少移动了20公里。又如山东日照地区近岸带沉积物平行海岸由北向南扩散,表现为河流输砂的成分,对河口南侧的海岸带沉积物的成分有重要影响,而对河口北侧沉积物的影响很小(图2)。付疃河冲积物是角闪型的(重矿物中角闪石含量 $>70\%$),从河口向南,海滩砂的重矿物分区亦属角闪石区(角闪石在重矿物中一般达60%),这种趋势延伸了十多公里。而付疃河口向北4公里处,海滩砂中角闪石含量就下降到30%以下,说明付疃河冲积物入海后被沿岸流作用主要向南扩散,而很少向北移动。

综上所述,矿物岩石分析法目前还只限于
(下转第55页)

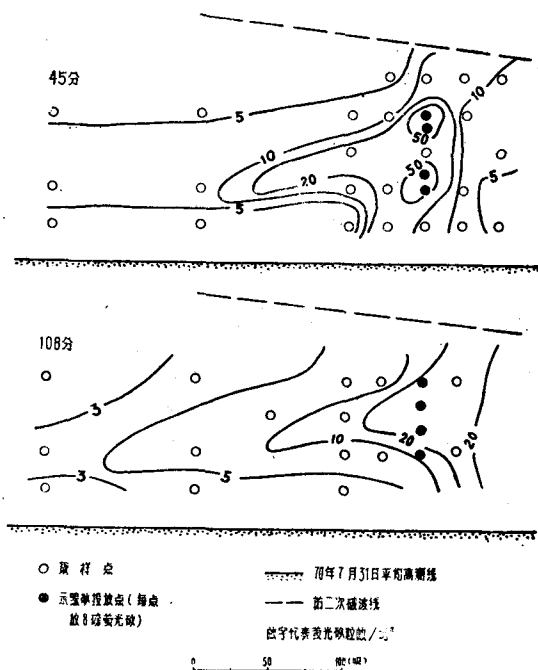


图3 投放45和108分钟后示踪砂的扩散(根据 Ward 等, 1970)

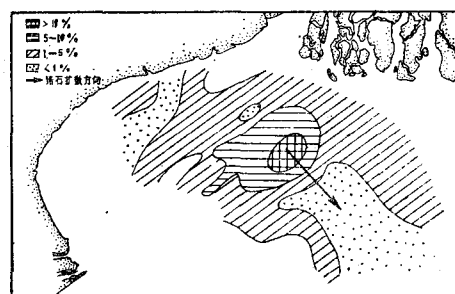


图4 孟加拉湾西部铅石等值线图(根据 Mallik, 1976)

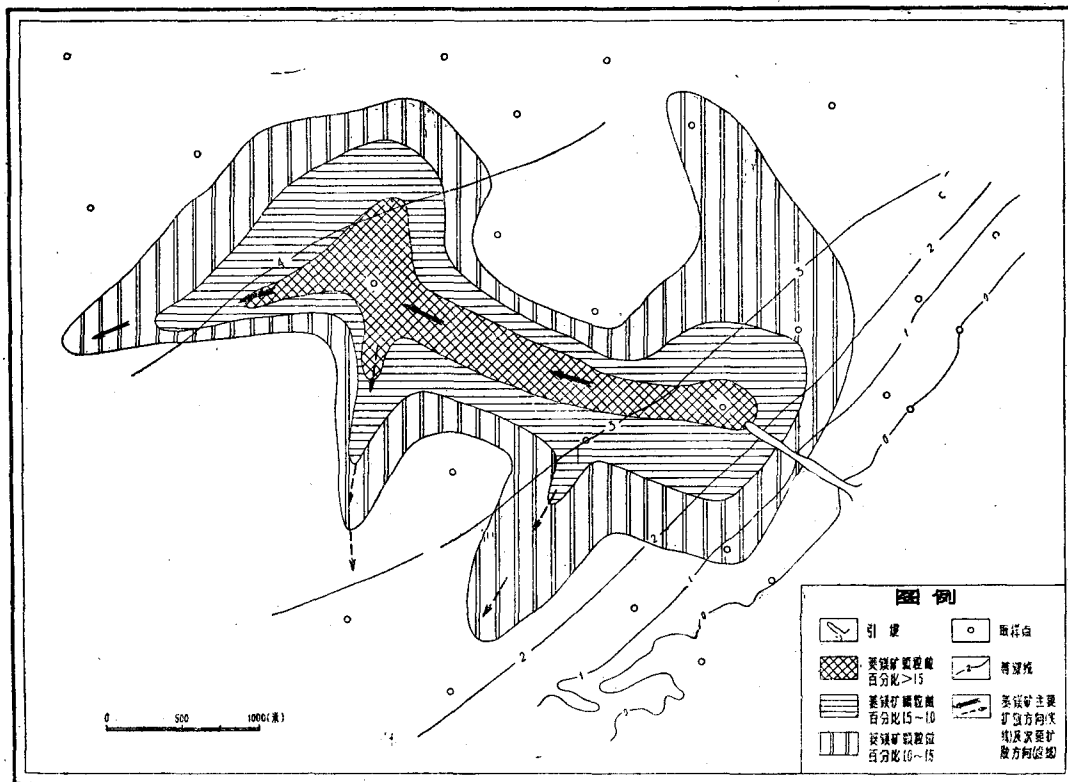


图5 山东掖县海庙港菱镁矿等值线图

置,以造成相对稳定的室温。其电源调整等部分都置于另一室内。除无定向磁力仪外,目前捷克产 JR₁型旋转磁力仪和美国产 DSM-1型旋转磁力仪及数据处理的计算机系统正待安装调试。

测试成果用实验室配备的台式电子计算机进行计算。

为进行环境监测，还安装了陶瓷偏角仪，以收集有关地磁场资料，观测地磁日变，了解地磁周日变化。

通过几年来的工作证明：在目前情况下，是完全可以开展海洋古地磁研究工作的。一些自然条件较差的地方，采取适当措施是可以建成合乎要求的海洋古地磁试验室的。而且这一工作必将在全国开展起来。

(上接第42页)

对泥砂的来源、搬运方向作一些定性的论证。今后的工作中应注意使本方法与地球化学、海洋水文等方面的研究更好的结合起来进行综合分析,同时对重矿物含量的变化规律、各种物质来源的定量鉴别及外海来砂等问题进行更深入的研究。

参考文献

- [1] 王琦等, 1978. 山东海洋学院学报2: 41—50.
- [2] Combellick, R. A. and R. H., Osborne, 1977. Jour. Sed. Petrol. 47:891—907.
- [3] Judge, C. W., 1970. Caliborlia. Technical Memorandum № 33.
- [4] Mallik, T. R., 1976. Western Indian Ocean. Mar. Geol. 22: 1—22.
- [5] Scheidegger, K. F., 1976. Jour. Sed. Petrol. 46: 163—166.
- [6] Ward, M. and R. M., Sorensen, 1978. Gulb Coast. COE Report № 138.