第42卷 第4期　　地 質 学 报　　Vol. 42, No. 4
1962 年 12 月　　ACTA GEOLOGICA SINICA　　Dec., 1962

海滨砾石組构分析的一个实例

吴磊伯　沈淑敏

这篇短文，是打算利用青島海滨砾石結构-构造的数据，說明沉积組构分析的意义与方法，并試行引用概率論和数理統計的概念，将这一方法的一般原理，加以初步的解释与討論。

近数年，沉积結构-构造的特征，得到我国地质学家的注意和重視，事实説明，沉积結构-构造的分析，作为一种輔助的方法，可以帮助解决某些生产实际問題。同时，有关的数据与資料，如碎屑物質的成分、粒度以及形状的变化，尤其是它們的定向排列形式等，如所周知，是闡明沉积物迁移方向与流体动力作用一系列沉积原理的重要依据。因此，組构分析工作在这里是不可忽視的。所謂沉积組构或沉积岩組是沉积建造过程中发生的那些反映沉积动态的原生构造，如顆粒排列、交錯层与波紋等等都属于原生构造。流水沉积和静水沉积的定向构造，都应属于沉积組构的范围，認为沉积組构只包括靜水沉积的看法是不够全面的。火成岩中由于重力分异作用或岩浆流动所产生的某些原生构造，也是沉积組构分析的对象，但沉积組构分析的主要对象，往往是沉积岩中反映差异运动的原生构造。我們知道，在地层的、岩相的研究基础上，必要时再用組构分析方法，探寻沉积結构-构造的縱横变化，是有助于进一步了解某一地区某一层序的沉积环境的。关于碎屑岩結构-构造的意义和研究方法，数年前我們曾通过少数实例[1,2]加以介紹。就有限的經驗說来，进行沉积組构分析工作，能够为沉积环境及构造运动发現某些新的問題及新的情况，也能够提出不少有意义的結論。其实，这一項工作，假若目的明确和安排得当，并不見得如何繁重，倒是相当明快而准确；再說一句，今后研究沉积岩的原生构造时，这一方法看来不是不値得注意的。

为了取得經驗和积累必要的数据，談到沉积組构的分析工作，一般常从近代及現代沉积物着手，因为它們是一类松散的岩石，胶結不那么紧密，便于观測和取样；同时它們所受的构造变动比較輕微，而所反映的流体动力作用多少是已知的，这些，就为检查有关数据的准确性，提供了有利的条件。古老沉积岩的結构-构造，当然也是組构分析或岩組分析的对象，不过在进行推断时，应該考虑古代地質作用与近代地質作用的差別，这一点是不用詳細解释的。現代地質作用包括大陆地質作用和海洋地質作用，与人类社会的关系至为密切，現象是很复杂的，需要探討的問題很多，研究的方法不一，組构分析針对許多問題正大有工作可做，所以現代地質作用本身就是組构分析（包括粒組分析与粒态分析）的重要課題。

提到組构分析或岩組分析工作，过去常着重于結晶变質岩中矿物晶軸的排列形式，用以推断岩石应变的方式及其有关的应力作用的方向和方式。我們知道，沉积岩乃致岩浆岩中反映沉积动态和岩浆动态的原生結构-构造，即所謂粒組也者，同样是岩組分析的重要方面，从事这方面研究的人也不少。总之，岩組学是构造学和岩石学之間的一門边緣学

科，所以岩組学有人称为构造岩石学，虽然学科的名称与范围的宽窄，各家的意見还不完全一致，但这只是大同小异罢了。

以上所說，是我們对于組构分析特别是沉积組构分析的初步認識，根据这一認識，这里将青島海滨砾石定向排列及形态特征的观測資料加以整理，并作了一部分分析工作。現在扼要报导一下，以供参考。

青島地区，中生代花崗岩广泛分布，沿黃海海滨，花崗岩露头参差不齐，一条一条地伸入海中，形成所謂海角，其中有一海角称为太平角。这些海角的生成，从不同岩石剝蝕程度的差别看来，是由于粗粒花崗岩中有細粒花崗岩脉及其他較坚硬的岩脉穿插所致。太平角之东，为第三海水浴場所在，本文提供的观測資料，就是从这里取得的，其实只能說是一个地点的資料，不能代表青島海滨砾石排列的全部情况。观測的时間在 1961 年 10 月 1 日，那时我們因公正在青島，趁国庆节假日进行了这一业余科研工作，并承李四光教授予以鼓励。由于沉积岩組分析的同行兴趣，前几年苏联薩尔基相博士的来信，也使我們得到某些启发。

第三海水浴場为青島太平角东側一段平緩的海滩，主要由中、細粒海砂組成。海滩向南 80° 东傾斜，傾角 5°—6°。浴場范围以內，涨潮綫与落潮綫的方向以及海滩延伸的方向，平均指北 15° 东，而海岸綫的方向则略行偏北。涨潮綫与落潮綫之間的斜距，亦即浴場底面的一部分宽度，估計約 30—50 米。我們观測的地段，位于涨潮綫以东宽約 14 米的海滩。在这一段海滩上，砾石的分布，或者密集成带，每带宽自数分米至数米，大致沿涨潮綫伸展，常向两端尖灭；或者砾石稀稀落落地散布于两密集带之間的沙滩上，一个砾石与另一个砾石的間距，自数厘米至数分米不等。所述砾石密集带与散布带的位置，随着击岸浪的返复作用，呈現緩慢迁移的趋势。至于砂粒因海浪的冲击，在浪头所及的范围內，大体按与海岸綫正交或斜交的方向，呈来回成串滚动的現象，则更为明显，这一幅所謂天然淘洗的图景，給我們的印象是非常深刻的。在砾石散布带与沙滩之上，常有浪痕或沙紋、磁鉄矿砂条带以及迴水所造成的浅沟。砾石散布带与砾石密集带之內，还陈列着許多貝壳与其他海产动植物的殘体。这些海产动植物的分布乃致其形体排列的情况，和砾石一样，是多少与击岸浪的作用方向有适应的关系。类似的情况，在北戴河也曾見到。談到砾石的排列，在青島海滨，可以說是"鱗次櫛比"，具有相当明显的方向性，仔細眺望一下，也可以觉察出来。砾石的长軸（*a* 軸），大多数与那里的涨潮綫或海岸綫近于平行。当然，在海边沙咀的水边綫附近，由于局部浪流及局部地形的影响，砾石排列的方向则与全面情况有所差别甚至有很大的差别，这一点不可不加以注意。密集的砾石多呈迭瓦状排列，其扁平面（*ab* 面）一般向海傾斜，而稀散的砾石，其 *ab* 面或向海傾斜，或平鋪于海滩之上。为了仔細查明它們排列的規律，在第三海水浴場的海滩上，我們曾选择一个地点进行观測工作。这个地点，沿涨潮綫长約 7 米，其宽約 2—3 米，于这一小范围內，对密集的砾石及散布的砾石，不加选择，逐一作了定向測量，曾观測其物质成分、粒度和形态的变化。作了定向測量者有 200 个砾石，这 200 个砾石中，作了其他項目观測者有 118 个砾石，这些就是这篇短文的主要資料。

这里砾石的物质成分，根据出現次数統計，花崗岩約占 95%，煌斑岩及輝綠岩一类仅占 4—5%。砾石的大小（图 1），若以 *a* 軸的长度而言，小者不到 1 厘米，大者在 10 厘米以

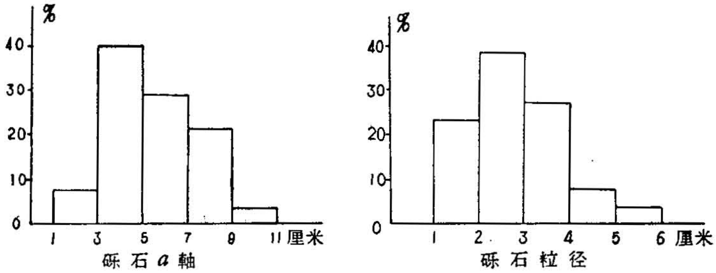

图 1　青島海滨砾石粒度分布柱状图(根据 118 个砾石)

上,3—5厘米长者最为显著。砾石的平均粒径則以 2—3 厘米占优势。可見此地砾石的粒度是比較均匀的,其分选程度也是比較好的。这里砾石的形状,扁长体(占 48.70%)及不規則体(占 32.20%)最多,扁圓体(占 17.40%)次之,滚体(占 1.7%)很少,而球体可以說是絕无仅有。砾石的滚圓度不高,其中 0 級——24.10%,1 級——26.70%,2 級——22.40%,3 級——19.80%,4 級——6.90%。其平均滚圓度为 39.60%。

由此观之,青島第三海水浴場附近的砾石,其滚圓度并不好,其形状也有別于一般的海滨砾石。这就指明了青島海滨砾石是現代海洋作用过程中还不成熟的产物。附带說一句,前两年地質部地質力学研究所胡永春同志曾从渤海外的长山島采回来一些卵石,多数为滚圓度很好的长球体及似球体。可見現代海滨砾石形态演变的成熟程度,各个地区是不一致的。至于青島海滨砾石的粒度分布,就所得数据看来,則比較均匀,很接近于海滨砾石的一般情况。因此,在同一大区和同一海洋地質作用的阶段,海滨砾石各別特征成熟的时期是先后并不一致,比較一下,由同一类岩石所組成的砾石,其粒度所达到的均匀程度成熟在先,而其形态所达到的均匀程度成熟在后,这种情况,根据常識及經驗判断,是不难理解的。

所述海滨砾石的組构,从方位图(图 2)所示,a 軸的平均方位指向北 12° 东—南 12° 西,呈水平状态。这一方向与第三海水浴場附近涨潮綫的方向接近一致。值得注意的是,

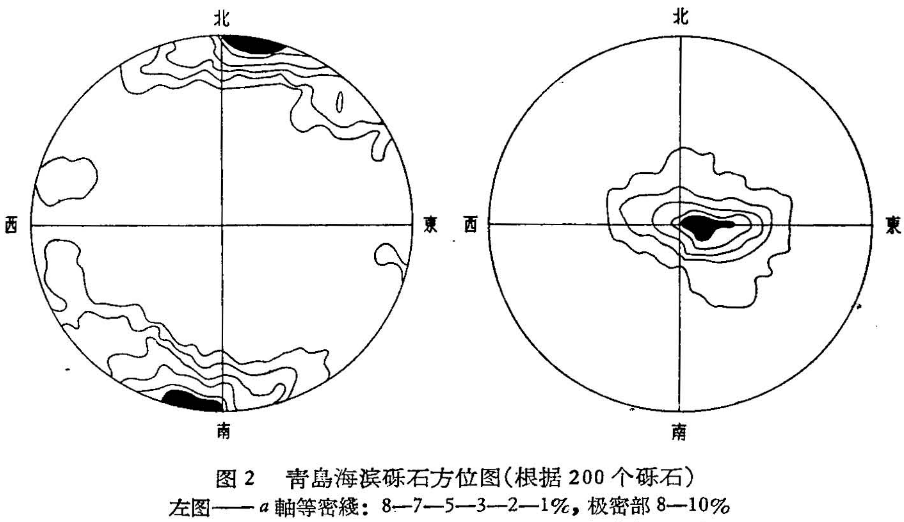

图 2　青島海滨砾石方位图(根据 200 个砾石)
左图——a 軸等密綫:8—7—5—3—2—1%,极密部 8—10%
右图——c 軸等密綫:20—15—10—5—1%,极密部 20—25%

在組构图上沿北 75° 西—南 75° 东方向，即与該地涨潮綫正交的方向，虽然沒有 a 軸等密綫的密集部可見，却有一条密度为 1% 的等密綫孤独地出現，表示这里一小部分砾石的 a 軸与涨潮綫正交，而且有稍微向海傾斜的趋势。其实，所有 a 軸等密綫的分布，总体看来也是取西北西的方向。与一般的情况相同，在所述观測点內，青島海滨砾石 c 軸（即砾石短軸）的平均方位，在方位图上只有一个极密部，表示 c 軸向西傾斜，傾角很陡，达到 82°。也就是說，砾石的最大扁平面——ab 面大多数傾斜向东，亦即向海傾斜，其平均傾角为 8°，較該地海滩的坡度（5°—6°）略大，推想这是由于适应击岸浪的正面冲击力所致。但有一部分砾石其 ab 面是向海岸傾斜的。据此不难看出，在第三海水浴場，砾石 a 軸的平均方向，并不与 ab 面的平均傾向相正交，而有一偏角存乎其間，原因何在，現在尚不十分明了。据情推測，这是由于击岸浪进行的方向与海滩傾斜的方向并不完全平行所致。具体的講，青島第三海水浴場附近，砾石 a 軸的方向（北 12° 东—南 12° 西）大抵取决于击岸浪的浪头或浪前的平均方向，也大致取决于浴場內涨潮綫及落潮綫的方向。而同一区砾石 ab 面的产状，則显然是傾斜向东的海滩坡面制約的結果。风在这里也多少起了一定的作用。由此可見，砾石的組构要素—— a 軸和 ab 面的产状，是与当地的自然地理-地質作用的具体条件有着密切的关系的。在所述 a 軸方位图內，砾石 a 軸的分布，主要显示着单斜对称的性質1)，平行于涨潮綫即包含 a 軸极密部的方向，可以作出一个对称面。在 c 軸方位图內，c 軸的分布对海滩面的法綫似乎具有軸对称的性質。海滩面就是砾石借以发生迁移的 s 面。砾石 a 軸与 c 軸的方位图，其对称的方式所以不同，推想是由于不同的組构要素对于海浪运动的反应有所差別所致。

我們知道，海滨砾石的組构，是海洋作用各項因素联合促成的产物，随着海浪动力作用的方式和強度、海岸綫的方向、海滩面的起伏情况和砾石大小的差別而有所变化，其間关系相当复杂，研究工作最要紧的是必須根据具体情况进行具体分析，必須綜合局部情况与全部情况进行总体分析，必如此，才有可能得出反映客观規律的正确的推論。为了探索海滨砾石組构类型与海水动力作用的数量关系，选定地区，在一定时期內联續測算击岸浪冲击力一整体冲击力与受地形影响分解出来的局部冲击力的強度、作用方向及其变化，看来是必要的进一步工作。由于冲击力的大小与作用方向不同，加以其他有关因素的影响，砾石排列的形式亦即它的組构类型，包括組构要素（如 a 軸及 ab 面等）排列的优选程度，通常是多种多样的与不一致的。如果做了这些工作，如果积累了必要的数据和图表，那么，当海滨砾石层以及碎屑物升为阶地乃致在成岩以后，我們可以据此推測古海洋的搬运-沉积条件及滨岸地带海水的古动力状况[3]。而古海岸的輪廓和古陆地分布的范围，也可以借此得到比較明确的認識。誠然，正如前人所指出的，考慮問題时，要注意現代海洋地質作用与古代海洋地質作用所以差別的某些迹象[4]，不过，以今例古，总是追究古沉积动态的一条可行的途径。

这里还包含一系列的問題。談到現代海洋地質作用，譬如海浪的冲击力，由浅到深，由岸到海，其強度是不一致的，一般的情况是，冲击力在浅处加大，往深处則逐漸变小，到数米至数十米深的地方，海浪作用的痕迹通常非常微弱，虽然在开闊的大海里，于 100—

1）关于方位图的对称形式，曾蒙何作霖教授提示意見，特在此表示感謝。

200 米深的海底，有时仍可以出現海浪作用的痕迹。前面曾經提到，砾石和沙粒的定向結构-构造，为水体动力作用的反映，其优选排列的程度与动力作用的強度有着密切的关系。所以在近岸的地方，碎屑物的定向排列，經常相当明显，而由岸到海，除了碎屑物的粒度由粗变細外，定向結构-构造势必将由明显变为不明显，以致近于絕迹。根据这些考虑，海洋碎屑沉积物由海岸到浅海，可以按照物質成分、粒度大小与結构-构造等特征划分成若干平行于海岸綫的条带。因为海底常有起伏，坡度不可能很均匀，沉积物条带的分布按理說也不会經常整齐，而呈現参差不齐甚至不規則的形体，是可以想見的事情。对于这些有关海洋地質的問題，組构分析应可以帮助进行点滴的探索性工作。如何采取現代海洋沉积物的定向样品，以及如何对这类样品进行定向結构-构造的观測，則属于操作技术方面的工作。

現在，扼要报导一下青島第三海水浴場砾石的球度和扁度。球度和扁度是砾石很重要的形态特征。我們系統測量了 118 个砾石的主軸（a, b 及 c 軸）长度，依照瓦德耳提出的球度公式 $\left(\psi=\frac{\sqrt[3]{abc}}{a}\right)$ 計算出每一砾石的球度；依照温德华士提出的扁度公式 $\left(F=\frac{a+b}{2c}\right)$ 計算出每一砾石的扁度。再将所有的球度数据和扁度数据，分別按数値大小进行分組，求出每組的平均数及其頻率和累积頻率。然后制成球度累积曲綫（图 3）与

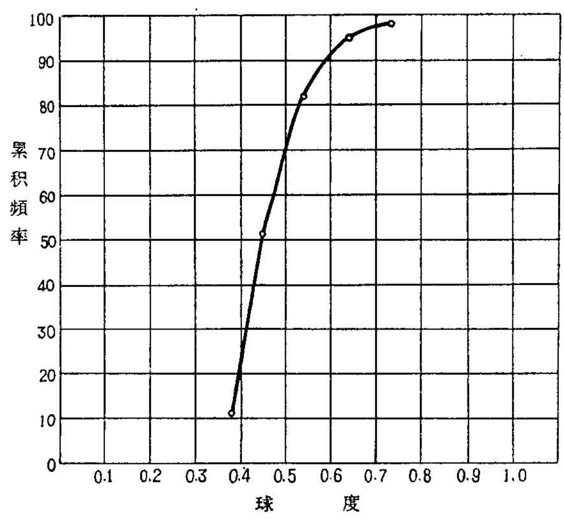

图 3 青島海濱砾石球度累积曲綫图（根据 118 个砾石）

扁度累积曲綫（图 4）。根据累积曲綫图，用“四分位数法”，求出青島海濱砾石的平均球度为 0.45，其平均扁度为 3.10。可見所述砾石的球度是比較差的，因为凡砾石的球度一般在 0.5—1 之間。而所述砾石的扁度則略大于某些河床砾石的扁度。此地砾石的球度分选系数为 1.14，扁度分选系数为 1.45，这就表明所述砾石球度的分选程度比其扁度的分选程度差一些。

关于砾石球度与扁度的数値关系，过去有关的文献中頗少談到。一般說来，砾石球度与扁度的大小，根据前述公式，主要取决于砾石三个主軸的长度，特别是其 c 軸的长度。

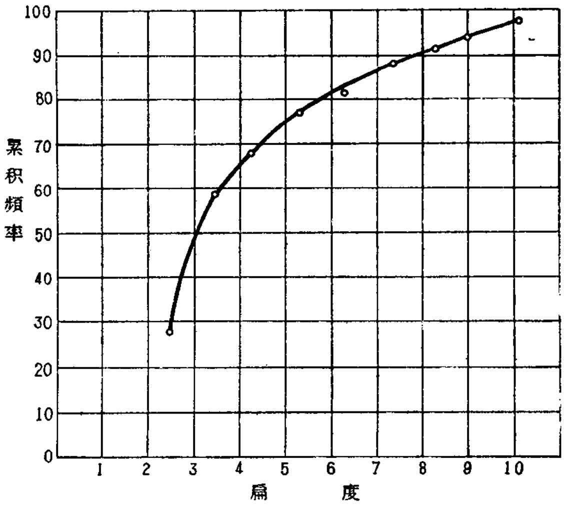

图 4　青島海滨砾石扁度累积曲綫图(根据 118 个砾石)

若三个主軸的长度接近时，則球度最大，其值近于 1，而扁度則最小，其值亦近于 1。若 c 軸的长度逐漸变小并近于 0，則球度也将近于 0，但扁度則相应地逐漸变大，終致近于∞。由此可見，砾石的球度与扁度是具有一定关系的两項形态特征。为了寻求两者之間的数值关系，我們曾将观測范围內 118 个砾石的球度及其对应的扁度，按数值大小分别分为若干組，計算出每一組的平均球度（表 1）及其对应的平均扁度，然后制成了一条曲綫，茲称为砾石球度-扁度关系曲綫(图 5)，它表示着两者的統計数值关系。

表 1　青島海滨砾石球度与对应扁度的分組平均数

組　別	球度 (X)	扁度 (Y)
A	0.38	9.60
B	0.43	7.70
C	0.45	6.30
D	0.47	5.30
E	0.48	4.24
F	0.52	3.45
G	0.59	2.49

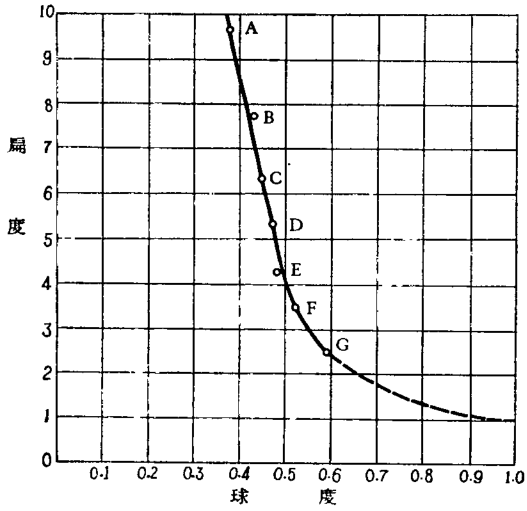

图 5　青島海滨砾石球度-扁度关系曲綫图
(根据118个砾石)

根据这条曲綫的形状及綫上各点的座标值，这条曲綫的函数关系为

$$Y = X^{-n}.$$

由 A 点至 D 点一段曲綫，$n \approx 2.35$。此段曲綫函数为 $Y = X^{-2.35}$，式中底数 X 的数值

小于 0.47，这一函数与球度小而扁度大的曲綫区間符合？

由 E 点至 G 点一段曲綫，$n \approx 1.90$。此段曲綫函数为 $Y = X^{-1.9}$，式中底数 X 的数值大于 0.48，这一函数与球度大而扁度小的曲綫区間符合。

根据以上函数表示式，对扁度来說，在两个区間的計算值和实际測定值的最大偏差为 11%。

这条曲綫[1)]表明砾石球度与扁度的数值关系为指数函数关系。大家知道，无論指数 n 为任何数，这条曲綫都会通过座标点 (1,1)，这是指数函数的一个特点。为什么所述同一条指数曲綫，同一指数函数中，指数有所差別；可以想到，这是由于砾石球度与扁度的适应变化并不十分均匀，如果底数大小的差距达到一定的数值，指数就会发生变化，不过这种变化大致沒有超出同一曲綫控制的范围。青島海滨砾石其球度与扁度关系的指数曲綫中，这一标志着指数变化的临界点落于 D 点与 E 点之間。也就是說，球度 0.47—0.48 与扁度 5.30—4.24 为这一临界点所在綫段的区間座标。就青島海滨砾石的形态特征来說，这一区間的球度接近于該地砾石的平均球度，而这一区間的扁度則远大于該地砾石的平均扁度，凡此都是值得注意的情节。重复說一下，所述砾石球度与扁度的指数函数关系，只能說是一种統計关系，其理論依据和应用意义現在都不大清楚，也許这一指数曲綫中的临界点是某一地区指示砾石形态演变阶段的一項重要标志，我們想，这无疑是值得进一步研究的問題。

青島海滨砾石的組构类型及形态特征，如第三海水浴場所見，大体上就是如此。

最后，我們拟引用概率論及統計数学的概念[5]解释砾石組构分析的原理。沉积岩的原生結构-构造包括砾石的定向排列与形态变化，是无数顆粒（如砂粒及砾石等）为了适应流体介質运动所表現的一种集体現象或羣体現象。沉积組构分析并不拘泥于每一碎屑顆粒的个別运动的表象，而要求把握在流体总体运动中交互作用的大量碎屑顆粒的集中表現的状态，这是沉积組构分析的要点。大家知道，研究集体現象时，概率論及数理統計是事实上很有成效的进行概括的数学工具，譬如大数定律与稳定規律对于組构分析可以說是事实上經常应用的。一般說来，沉积組构可以分为不同的类型，而沉积組构的类型，主要取决于流体运动的方式、方向及其他若干因素。同一地点，同一岩层、岩体的組构，常各有其固有的特征，反映着当时当地流体运动中无数顆粒質点所表現的集体行为，这种集体行为不是該岩层、岩体中每一顆粒質点的个体行为单純相加所能形成的。但是，任何碎屑岩层及砾石层中，大大小小的碎屑物与砾石当然为数众多，如果它們处于同一的或近似的动态，則每一碎屑物或每一砾石在流体中运动的习性，大体上必然适应着总的趋势，尽管在运动及迁移过程中，无数的砾石常各具有个別的特性。当进行大量观測与綜合平衡时，这些无数个別的特性就会互相抵消，而它們共同的特性就会因此得到显著的表現，所謂相得益彰，其中奧妙是不难理解的。申言之，就每一个別砾石說，它在砾石层中的位置与产状，好象属于或然現象，即带有偶然性，其实，它的产状和位置乃致它的形态特征，除了实現其个性与偶然性之外，总多少体現着所在砾石层的共性及必然性。根据經驗事实，在自然事物中，所謂或然現象并不是很少的，也不是违反客观秩序的，誠如概率論常說

1）当作者根据所得曲綫推求青島海滨砾石球度-扁度关系的指数函数时，曾得到地質部地質力学研究所王仲杰同志热心的帮助。

的，或然現象具有一系列的特征，它发生于集体現象之中，离开了集体現象，它的存在就很难理解了。可以想到，集体現象与或然現象之間，必然性与偶然性之間，存在着密切的联系，在一定的場合和一定的阶段，两者的对立性是处于統一之中的。沉积組构分析工作正好从一个方面說明了唯物辯証法的实际意义。沉积組构分析的主要目的，借用黑格尔的一句哲学名言来說，是在于"認識那隐藏在偶然性的外表之下的必然性"，这里所指的必然性就是为沉积組构所反映的流体运动規律，这里所指的偶然性就是无数的个别碎屑顆粒或无数个别砾石的产状位置和形态特征等等。

为了探索流体运动的規律，为了探索沉积物在流体中所表現的动态，搜集大量碎屑物与砾石的产状、粒度和形态特征的資料，是組构分析第一步的工作。第二步是对所搜集的大量資料，按地区按項目整理归納，編制各种图表，并据以进行統計分析及綜合研究工作。第三步是在这些实际資料的綜合分析基础上，发現有关沉积动态的規律或提出新的問題。不用說明，观測方法和統計分析方法在此起着很重要的作用，現象的概括做得是否成功，是与方法的选择和运用有密切关系的。关于沉积組构的研究工作，統計指标如何确定，統計方法如分組法、綜合对比法、指数法以及有关計算法[6]的如何运用，主要取决于数据罗列的情况及其所能有效体現的要求，不可一概而論。工作經驗与观察分析能力当然也是很重要的主观因素，这其实从实践中不难得到，通过踏踏实实的工作，总可以得到一定的經驗和分析能力。探寻集体現象的綜合規律，一般的要求是用最小的工作量，去取得最大的效果。所謂取得最大的效果，从某一方面看来，就是要抓住集体現象的一般規律或稳定規律。稳定規律的涵义是：在一定的条件下，集体現象中某一共同特征的发生或不发生，通过大量个别現象的观測和統計，視其集中表現的頻率稳定性亦即随机变数依概率收斂的程度而定。以砾石层或砾岩而論，其中每一砾石的产状只能說是随机变数，彼此是有差別甚至有很大差别的。譬如对砾石层的砾石进行系統观測时，有时需要測量 100 个砾石，有时需要測量 200 个砾石，有时需要測量 300 个以上的砾石，才能看出其定向排列构造的集中方位或主导方位。流体动力的強弱，砾石的大小以及沉积基准面的起伏，都是影响砾石产状稳定性的重要因素。因此，对某一砾石层的砾石，随机測量的砾石究竟需要多少才能反映出那些共同的特性，是不一定也不一律的，通常是由少而多地进行試驗性測量和分析比較才能提出指标，这是一項經驗数据。假如測量了 200 个砾石，就足够清楚地显示出砾石层定向排列构造的主导方位，那么就毋需多量了，否則所报的工作量是沒有必要的；当然，測量的个数越多，存在的偏差越小。少量也不行，因为量少了，砾石定向排列构造的主导方位不能显示出来。工作量多寡的标准，是安排观測工作一件重要的事情。

根据沉积結构-构造的特征，探討沉积建造的动态及其演变的規律，是一种专門的学問，它的重要性可以說不下于沉积分异的意义。就基本內容和研究方法而言，沉积动态的研究是結合沉积学与流体力学的一門边緣学科。有理由相信，它的前途是非常广闊的，內容也是非常丰富的，諸如地理的变迁，某些矿床的形成以及水文地質、工程地質等方面，看来都有需要它参預研究的問題。由于限于本文的篇幅，这門学科的現状及研究成果，就不必在此报导了。

1962 年 3 月中旬脫稿于广州旅次

参　考　文　献

[1] 吳磊伯：砾石定向测量的意义与方法。地质知識，1957 年 第 12 期。

[2] 吳磊伯、馬胜云、沈淑敏：砾石排列方位的分析并論述长沙等地白沙井砾石层的沉积构造。地质学报，第 38 卷，第 2 期，1858。

[3] Хабаков А. В.: Динамическая палеогеография ее задачи и возможности. Литологический сборник, 1. 1948.

[4] Саркисян С. Г. и климова Л. Т.: Ориентировка галек и методы их изучения для палеогеографических построений. Издательство Академии наук СССР, Москва. 1955.

[5] Гнеденко Б. В.: Курс теории вероятностей. 1950.

[6] Krumbein W. C.,: Preferred Orientation of Pebbles in Sedimentary Deposits. Jour. Geol. Vol. 47, No. 7. 1939.

AN EXAMPLE OF FABRIC ANALYSIS OF BEACH GRAVELS

WU LEI-PO, SHEN SHU-MIN

(SUMMARY)

The material under consideration was collected on the beach of the Cape of Taiping, Tsingtao. The eastern side of the Cape slopes eastwards at an angle of about 5°—6°. Numerous patches or streaks of gravels are spread here and there over this beach in a direction nearly parallel to the shore-line. They drift to and fro on the beach under the action of the surges. The pebbles in the gravel are often roled into a subangular shape. They are for the most part composed of granite. In their longest axes (*a*-axes) they attain 3—5 cm. in length, and their mean diameters range 2—3 cm.. The roundness of the gravels averages about 39.65%.

As is shown by the accompanying diagrams, there are two well defined maxima of *a*-axes in a direction N12°E, indicating that the *a*-axes of pebbles coincide aooroximately with the shore-line and lie horizontally. The distribution of the *c*-axes is indicated, as usual, by a distinct maximum near the center of projection net. Thus we see that the *ab*-planes of pebbles dip largely to the east, i.e. towards the sea at an angle somewhat larger than the slope of the beach. Obviously the fabrics of gravels on the said beach then are controlled by wave action and to a certain extent by tide, and in a way related to the prevailing wind.

Attention is also paid to the inter-relation between sphericities (denoted by X) and flatness-ratios (denoted by Y) of the pebbles. Numerical computations show that these two variable quantities bear an exponential relation $Y = X^{-n}$ such as $Y = X^{-2.35}$ when $x<0.47$ and $Y = X^{-1.9}$ when $x>0.48$. The interval between the points $D(0.47, 5.30)$ and $E(0.48, 4.24)$ on the exponential curve corresponds to a change in the tendency of shape-variation of gravels due to the action of the sea-water. The significance of the method of fabric analysis is also briefly discussed in connection with its application to submarine geological work.