

长江口地区自生绿色颗粒的形成和分布*

张桂甲 李从先 业治锋

(同济大学海洋地质系)

长江口地区不同沉积环境的现代表层沉积物和全新世沉积物中的绿色颗粒,从形态上可以分为三类:颗粒状、书页状和生物状。主要形成于浅海(大陆架现代沉积区和残留沉积区),但因风暴、潮流和波浪的搬运作用,也可以出现于长江口现代沉积区、长江下游河道和滨岸沼泽等非浅海相环境。因其分布在一定程度上受水动力条件的控制,将其用以指相时,必须考虑此一因素。

绿色颗粒是海相自生富铁粘土矿物的集合体,主要矿物成分为海绿石、鲕绿泥石、磁绿泥石和蒙皂石,常含有一定的杂质如石英、长石、云母、绿泥石等。国内外有些文献称之为“海绿石”,而海绿石开始是作为矿物学名词提出的,指的是海相自生具泥球状构造的绿色富铁、富钾粘土颗粒。但随着研究的深入和扩展,这一名称的使用也越来越混乱,有的作为矿物种名,有的作为矿物类名,有的用作形态名称。文中为避免混乱,参照国内外有关文献^[1],称之为“绿色颗粒”。

大多数研究者都认为绿色颗粒是正常浅海自生粘土矿物颗粒,缓慢沉积或无沉积区

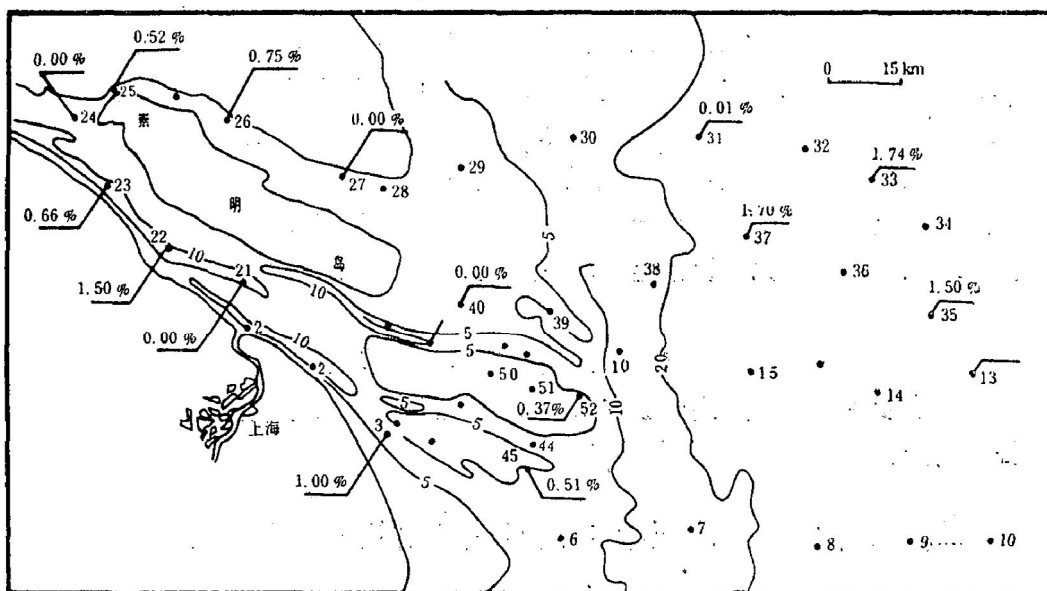


图1 长江口现代沉积物中绿色颗粒的分布特征

本文1988年8月1日收到,12月12日改回。

* 国家自然科学基金资助的课题。

有利于其形成, 大的河口一般缺少绿色颗粒^[1,2]。长江作为中潮型河口, 举世瞩目, 那么绿色颗粒在这里的分布有何特征呢? 为此笔者查看并计算了长江下游河道、长江口现代沉积区及口外残留砂沉积区和大陆架现代沉积区的大量现代表层样品(图1, 图2), 并详细查看了长江三角洲两翼钻孔(东海农场孔和旧场孔)全新统中绿色颗粒的分布, 发现无论表层样品还是全新统沉积物样品中均有一定含量的绿色颗粒, 而且其丰度、特征与海相性程度和水动力条件密切相关。

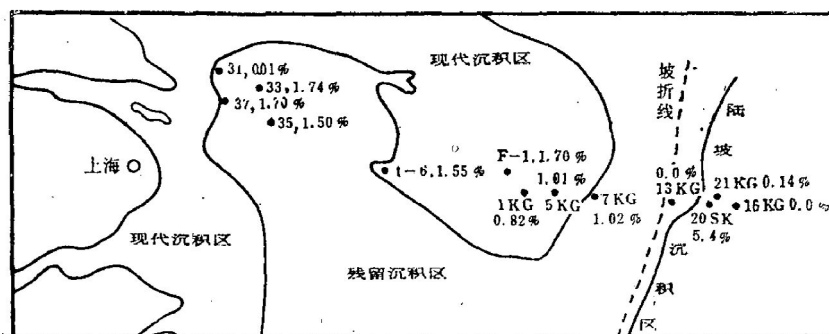


图2 口外沉积物类型(据沈华梯, 1985)^[3]和样品中绿色颗粒含量

一、绿色颗粒的特征

该区绿色颗粒从宏观形态上可以分为三类: 颗粒状、书页状和生物状。颗粒状绿色颗粒呈圆粒状、椭球状, 表面常具龟裂纹, 往往充填白色物质(长石、石英、粘土矿物等); 书页状绿色颗粒由一系列薄片近平行堆积而成; 生物状绿色颗粒指的是具有生物壳体内模状者, 主要为有孔虫内膜。不同环境中的绿色颗粒在形态上有所不同。各种形态的绿色颗粒均呈不同色调的绿色, 黑—墨绿—黄绿—淡黄。总的来说, 颗粒状者颜色最深, 以黑色、墨绿色为主, 生物状者最浅、以黄绿、淡黄为主, 书页状者居中。

不同形态的绿色颗粒在矿物成分上并无太大的差别。绿色颗粒的主要矿物成分为矿物海绿石、鲕绿泥石、磁绿泥石及蒙皂石, 另外还有少量的杂质矿物, 如石英、长石、云母、绿泥石等。

绿色颗粒都是微米级的微晶片结合体, 其折光率、干涉色、消光类型等光性特征都是集合体特征。干涉色为一级灰到一级灰白, 少数灰蓝色, 消光类型为集合体消光, 即许多微晶各自消光。

二、现代表层沉积物中绿色颗粒的形成和分布

绿色颗粒在口外残留砂沉积区和大陆架现代沉积区中含量较高(图3), 而口外丰度降低, 部分样品中为零, 到400 m 水深以外则几乎缺失, 但在一海底小山顶上却见到了异常丰富的绿色颗粒。

不同沉积环境中绿色颗粒的形态和颜色也有一定的变化(表1)。长江口现代沉积

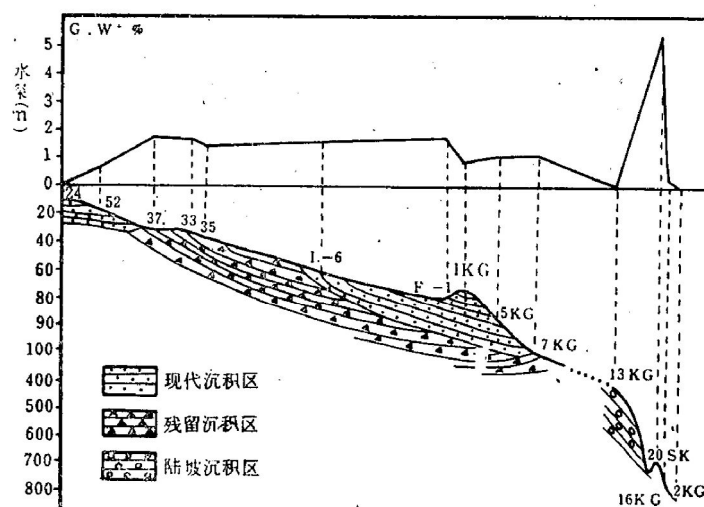


图3 口区到口外绿色颗粒的丰度变化曲线

区绿色颗粒以黑色颗粒为主，而口外残留砂沉积区和大陆架现代沉积区的绿色颗粒中出现了丰富的黄绿色、墨绿色书页状者，还出现了一些生物状者，不过仍以黑色颗粒为主，但到了陆坡沉积区的个别山顶上，绿色颗粒则以黄绿色生物状者占绝对优势。这些特征与绿色颗粒的形成和搬运密切相关。

长江口现代沉积区沉积物中绿色颗粒含量较低（0.1—0.5% 为主），而且丰度变化很大（图1），深水槽中较高（22*为1.50%，23*为0.66%，3*为1.00%），而一些砂体快速堆积区则较低，甚至为零（24*、25*、27*、40*、51*等）。深水槽中潮流作用强烈，涨潮流从口外绿色颗粒富集区带入了大量的绿色颗粒，同时较强的水动力条件又淘去了沉积物中的泥质组分，使得优势粒级为粉、细砂的绿色颗粒相对富集。绿色颗

表1 口区到口外样品中绿色颗粒的特征

样品	水深 (m)	沉积物特征	片状矿物	各种类型绿色颗粒的特征(%)			
			wt(%)	颗粒状	书页状	生物状	含量
24	10	褐红色粉砂	10	0	0	0	0.00
52	12	灰褐色细砂	4	100, 黑色	0	0	0.37
31	28	灰黄色细砂	2	100, 黑色	0	0	0.01
37	30	褐红色粉砂	5	100, 黑色	0	0	1.70
33	35	青灰色细砂	3	95, 黑色	5, 黑色	0	1.74
35	38	青灰色细砂	2	95, 黑色	5, 黑色	0	1.50
I-6	54	青灰色粉砂	35	55, 黑色、黄绿色	40, 黄绿色、黑色	5, 黄绿色	1.55
F-1	80	青灰色粉砂	20	75, 黑色、黄绿色	20, 黄绿色、黑色	5, 黄绿色	1.70
1KG	70	青灰色粉砂	5	90, 黑色、黄绿色	10, 黑色、黄绿色	0	0.82
5KG	90	青灰色粉砂	5	70, 黑色、黄绿色	30, 黄绿色、黑色	0	1.01
7KG	103	青灰色粉砂	5	70, 黑色、黄绿色	30, 黄绿色	0	1.02
13KG	412	有孔虫壳体	0	0	0	0	0.00
20SK	690	有孔虫壳体	0	5, 黄绿色、黑色	0	95, 黄绿色	5.40
21KG	755	有孔虫壳体	2	10, 黄绿色、黑色	0	90, 黄绿色	0.14
16KG	799	有孔虫壳体	0	0	0	0	0.00

粒主要为黑色圆粒状,具龟裂纹者少见,次为黄绿色颗粒状($<5\%$),书页状和生物状者很难见到。这些特征说明,该区的绿色颗粒经过了较强的水动力作用如搬运、振荡、撞击等,生物状、书页状及具龟裂纹颗粒状者因性脆易碎而解体了。

内侧残留沉积区受到不同程度的去泥粗化改造作用,沉积物(31*、37*、33*、35*)主要为灰黄色、青灰色细砂、粉砂,含较多的贝壳碎片。绿色颗粒主要为黑色圆粒状,少数具龟裂纹,个别呈黑色书页状。绿色颗粒丰度较高 $1.5-1.7\%$ 。同样地,一定程度的去泥粗化作用,使优势粒级较大的绿色颗粒在改造残留砂中较为丰富,同时也使易碎的颗粒解体。

大陆架现代沉积区(I-6, F-1, 5 KG)和其外的残留砂沉积区中,绿色颗粒广为富集 $1.5-1.7\%$ (图2)。绿色颗粒仍以颗粒状为主,但有较多数量的书页状者($10-40\%$),还出现了少量的生物状者。颗粒状者以黑色圆粒状、椭球状为主,次为黄绿色椭球状,它们大多具龟裂纹,裂缝中充填白色的石英、方解石、长石、粘土矿物等,也可以见到一些颗粒与石英颗粒连生;书页状绿色颗粒中以黄绿、墨绿色为主,黑色次之;生物状绿色颗粒基本上都为黄绿色,可见其充填于有孔虫壳体内,但大部分是有孔虫内模状者。该区的绿色颗粒是原地自生形成的,没有经受较强的水动力作用。沉积物基本上都是青灰色粉砂、泥质粉砂,其中有较多的片状矿物。

向外到陆坡沉积区(水深400 m外),绿色颗粒基本缺失(13 KG, 16 KG),沉积物主要是有孔虫壳体及一些粘土物质。但在一海底小山顶上(20SK)发现有丰度很高的绿色颗粒(5.4%),主要为黄绿色生物状($95\% \pm$),充填于有孔虫壳体中,部分壳体已脱落,少数可见发育的龟裂纹;次为黄绿色不规则粒状,棱角分明,龟裂纹发育,有的可见粘结有孔虫壳体,有的位于有孔虫壳体脐部。位于其旁山坡上的21KG样品,也有少量的绿色颗粒(0.14%),以黄绿色有孔虫内模状为主,壳体大多破碎脱落,不规则粒状占 10% ,龟裂纹较发育,其上的沉积物则主要为有孔虫壳体($>90\%$),且以浮游有孔虫为主($98\% \pm$)。据中、德联合考察船(1987)有关专家初步确定,这一海底小山为一小火山,20SK、21KG这两个异常样品的出现很可能与火山活动有关。火山的活动提供了绿色颗粒形成的合适温度($10-15^{\circ}\text{C}$)、pH值(微碱性)、Eh值(弱氧化)等条件,还可能带来了丰富的Fe、K等元素,从而使得绿色颗粒大量形成。

长江口地区近岸到近海,直至陆坡的绿色颗粒,在丰度、形态、颜色上的变化特征说明:绿色颗粒主要形成于大陆架沉积区和残留砂沉积区,它们不具搬运的痕迹,丰度较高,且富集了大量的书页状和生物状颗粒;而长江口现代沉积区中的绿色颗粒基本上是从浅海搬运来的,丰度变化很大,明显地受水动力条件和沉积速率控制,因而性脆的书页状、生物状及龟裂纹发育的颗粒大多解体;向外到陆坡沉积区绿色颗粒基本消失,这是因水体太深(400 m以下)、水温太低,不利于绿色颗粒的生长^[4]。

不同沉积单元中绿色颗粒的形态差异,还和不同沉积单元的不同沉积物的来源和沉积物组成密切相关。长江携带的泥沙在河口三角洲地区大量堆积,而涨潮流则可将口外沉积物搬运至口区堆积。该区的绿色颗粒是从口外搬运而至,易碎组分基本解体,因而主要富集黑色颗粒。大陆架现代沉积区水动力作用较弱(与河口区相比),适合于绿色颗粒的形成,因而富集了大量的原地自生绿色颗粒,而丰富的片状矿物基质也使书页状

绿色颗粒的形成成为可能。从高倍扫描电子显微照片上可以看出, 书页状绿色颗粒的“书页”, 实际上是由更细一级的微米级的鳞片状微晶近似平行堆积而成, 是片状矿物基质(如绿泥石、云母等)经充填、膨胀破碎而形成的。从表1中可以看出书页状绿色颗粒含量与片状矿物含量之间明显的正相关性。陆坡沉积区已基本不受现代陆源碎屑的影响, 沉积物主要为有孔虫壳体 and 粘土矿物团块, 绿色颗粒几乎缺失。在个别海底高地上富集的绿色颗粒也以生物状为主, 充填在有孔虫壳体之间的不规则粒状为次, 颜色也以黄绿色为主, 少数为墨绿色、黑色。

三、绿色颗粒的溯河搬运

1983年8月(洪季)唐国良等¹⁾系统采集了长江下游河道表层沉积物样品(图4)。笔者收集了其中测量剖面水深最大处的沉积物样品, 发现其中有绿色颗粒。

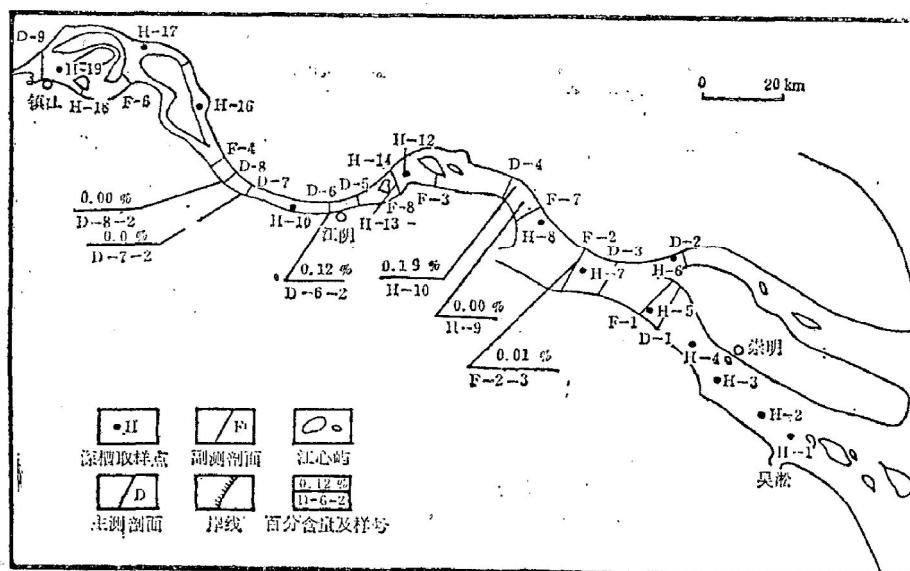


图4 83年洪季长江下游河道采样位置图

河道样品中的绿色颗粒几乎都是圆粒状和椭球状。黑色为主, 仅见个别黄绿色。表面光泽不强, 常有红褐色的氧化膜。很少见到具龟裂纹的绿色颗粒, 而生物状和书页状绿色颗粒则没有发现。这些特征说明它们不是原地自生形成, 而是口外或口区绿色颗粒在涨潮流的多期作用下搬运而至的。在搬运过程中书页状、生物状及龟裂纹发育者因不堪强烈的水动力作用而解体。

从图4中可以看出, 洪季绿色颗粒可以搬运至江阴一带。朱晓东(1987)²⁾发现洪季有孔虫壳体可以被搬运到扬中、太平洲一带, 这可能是有孔虫壳体比重较小, 因而能上溯搬运更远。欧洲的一些学者早在50年代就发现有孔虫壳体作为沉积颗粒被水流搬运, 并将其解释为波浪、风暴的作用。河口潮流的溯河搬运作用则是近几年才认识到的。绿色

1) 同济大学海洋地质系。

2) 朱晓东, 1987, 长江三角洲第四纪有孔虫化石群的形成和搬运, 同济大学硕士论文。

颗粒本身就是沉积颗粒,必然受到潮流的搬运,这种搬运是以潮流多期“接力”的方式进行的^[5]。

有一点值得注意:下游河道及前述口区深水槽样品中,绿色颗粒的含量有较大的偶然性,同一地点,涨潮流作用时,其沉积物中含较多的绿色颗粒,落潮时,沉积物则含较少的绿色颗粒,甚至没有。而且与样品在剖面中的位置也很有关系,如样点位于水道最深处(一般流速较大)则绿色颗粒百分含量可能较高,反之则较低。

四、全新世地层中绿色颗粒的分布

平面上不同沉积相中绿色颗粒的变化特征,在垂直层序(钻孔资料)中必然会有相应的反应。笔者在长江三角洲南、北两翼各分析了一个钻孔,统计了全新世以来不同相带中绿色颗粒的含量。

1. 长江三角洲南翼的东海农场孔(DH孔)

分析了不同相带的8个样品(图5),并统计了其中绿色颗粒的重量百分含量(wt%)。图中绿色颗粒重量百分含量有三种:一是在电磁性组分中的重量百分含量。电磁性组分的主要矿物成分为石英(包裹或吸附了磁性矿物如磁铁矿等)、绿泥石、黑云母及绿色颗粒等,影响因素较多且复杂,因此意义不大;二是在粗组分(大于0.061mm)

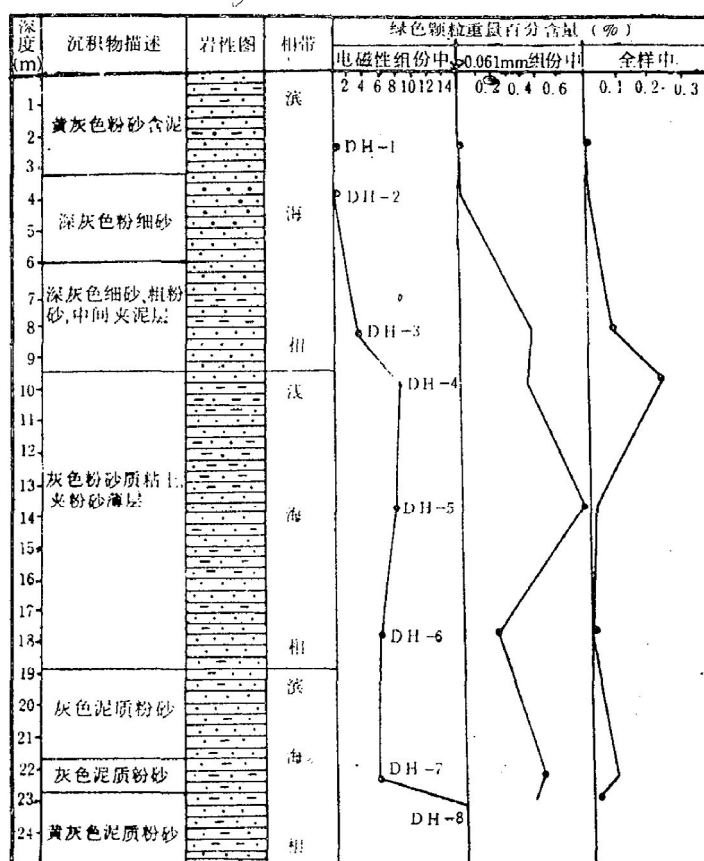


图5 东海农场孔全新世地层中绿色颗粒的分布¹⁾

1) 相带划分据同济大学海洋地质系微古室。

中的重量百分含量。因其与沉积物的粒度特征关系密切，在全样中虽然含量不高，但在粗组分中却可能甚高（如DH-5）。三为全样中的重量百分含量，它能较客观地反映沉积物中绿色颗粒的分布特征。

在东海农场孔全新世沉积物中，绿色颗粒重量百分含量在浅海相地层中较高，DH-4样品高达2.2%，黄绿、灰绿色为主，少数墨绿、淡黄。部分颗粒具龟裂纹，缝中充填白色物质，少数与石英连生。滨海相地层中绿色颗粒重量百分含量较低，一般小于0.05%。但在DH-7处却异峰突起。该处沉积物为灰色淤泥质细砂、粉砂，分选性差，浅海相与滨海相生物壳体混杂，含量丰富，壳体较大，可能是滨岸带的风暴沉积。绿色颗粒以颗粒状为主（90%），粒粗0.1—0.5 mm，墨绿到黄绿色，少数具龟裂纹，多呈椭球状，仅少数为书页状，黄绿到墨绿。这些特征说明颗粒经历了较强的水动力作用，来自浅海地区。

2. 长江三角洲北翼的旧场钻孔（JC孔）

旧场孔全新世地层中，绿色颗粒的分布特征与东海农场孔相近。在河口海湾、滨岸浅海相重量百分含量较高为0.4—1.7%，而在滨岸带则较低，仅为0.05—0.3%，甚至缺失。

旧场孔深20—30 m处沉积相变化频繁，为了更好地揭示在这种情况下绿色颗粒的分布特征，特在22—29 m处进行了加密取样（图6）。从图中可以看出：

河口海湾相中绿色颗粒重量百分含量较高，而且呈锯齿状，与沉积物粒径大小很好地吻合。灰褐—灰黄细砂中绿色颗粒重量百分含量明显地高于青灰色粉砂。原因在于前者河流作用、潮汐作用较强，利于绿色颗粒富集。

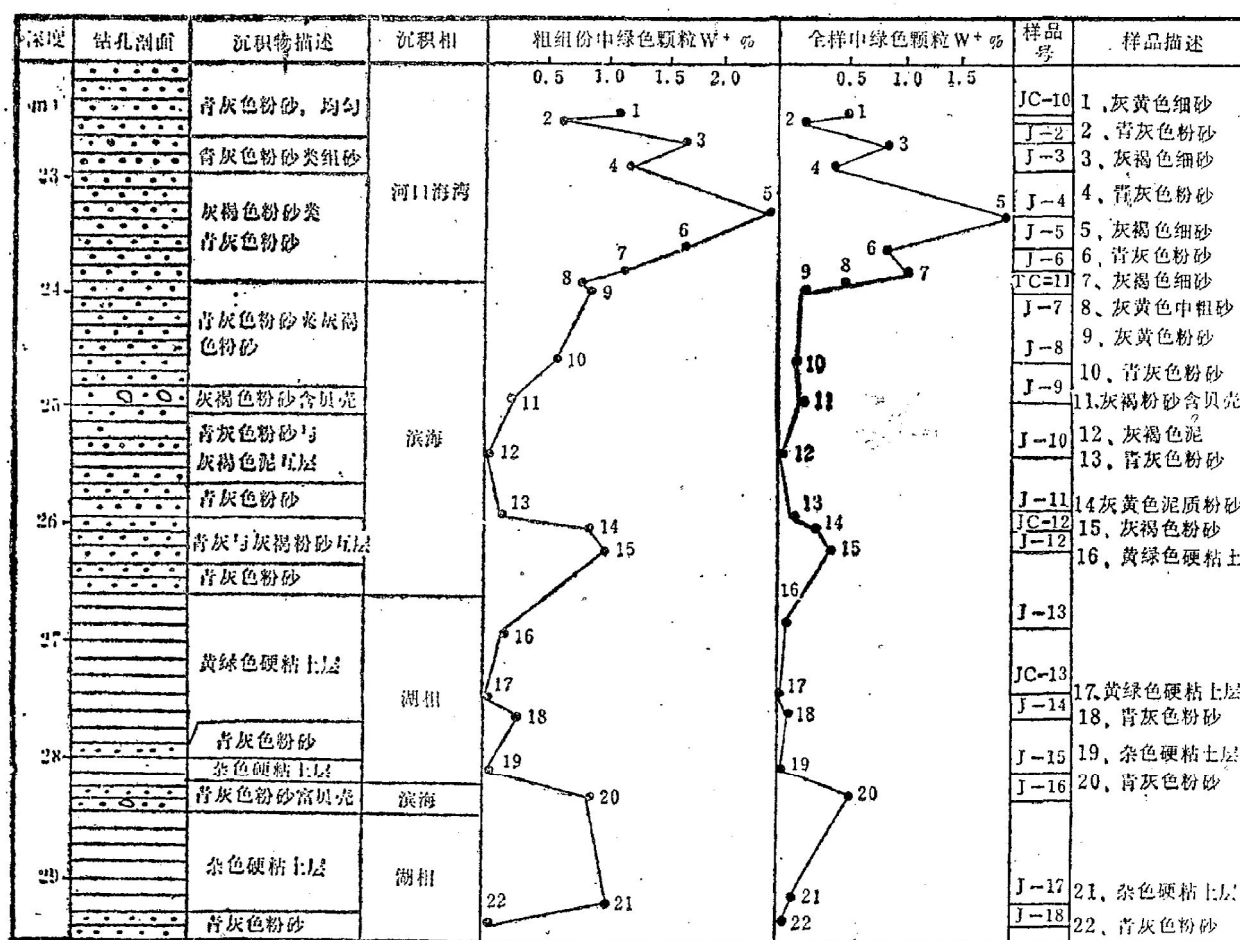
滨海相中的绿色颗粒重量百分含量明显地低于河口海湾相，但在富贝壳的J-9(11)、JC-12(14)、JC-12(15)及J-16(20)样品中却甚高，以黑色圆粒状为主，少数黄绿色不规则粒状，显然为风暴从浅海搬运而来。

湖沼相暗绿色硬粘土层中基本上不出现绿色颗粒，但在J-13(16)、J-17(21)样品中出现很少的绿色颗粒（0.02%和0.06%），以黄绿、黑色圆粒状者为主，粒径较小，也可能是风暴将其从滨海、浅海搬运到滨岸沼泽。在这些层位中还零星地出现有孔虫壳体，也有有力地证明了这一点。

3. 长江三角洲南北两翼沉积物中绿色颗粒的对比

长江水流入海后主流南偏，携带的大量泥、粉砂便在南翼堆积，北翼则相对较少。南、北两翼位于同一风场，波浪、潮流差别不大，而长江水流的这种特殊入海方向，却使南北两翼的沉积物有明显的差异。南翼以淤泥质粉砂为主，北翼则以粉砂、细砂为主。

南翼沉积物中的绿色颗粒丰度较低0.1—0.2%，最高仅为0.22%，粒度较小（0.1—0.2 mm为主），以黄绿色、墨绿色颗粒状为主，书页状及生物状者时有出现；北翼则迥然不同，绿色颗粒丰度0.2—2.0%，最高可达2.02%，粒径也较大（0.1—0.4 mm为主），以黑色、墨绿色圆粒状者为主，书页状和生物状者很少出现，绿色颗粒表面常具氧化膜，裂缝中充填物也多具铁质侵染。

图6 旧场孔(JC) 22—29 m 地层中绿色颗粒的分布特征¹⁾

从笔者分析的样品及其区域分布来看,绿色颗粒确实是正常海相的自生粘土矿物,主要形成于浅海。但绿色颗粒的分布除了和沉积相密切相关外,还与沉积物的粒度组成(环境的水动力条件)紧紧相连。绿色颗粒的优势粒级为粉砂、细砂,较强的水动力条件可以筛去沉积物中的较细组分——泥、粉砂,从而使得绿色颗粒在沉积物中相对富集。因此,将绿色颗粒应用于指相时,必须考虑这些因素。

鸣谢:本文在完成过程中得到了同济大学海洋地质系的孙和平、李萍、陈刚等老师的热情帮助,在此表示诚挚的谢意。

参 考 文 献

- [1] Houten, F. B., and Purucker, M. E., 1984, Earth Science Review, 20, P.211—243.
- [2] Odin, G. S., and Matter, A., 1981, Sedimentology, 28.
- [3] 沈华梯, 1985, 海洋学报, 第7卷, 第1期。
- [4] 陈丽蓉、俞旭、时英民等, 1980, 地质科学, 第3期。
- [5] 李从先、孙和平、唐国良, 1987, 同济大学学报, 第12卷, 第2期。

1) 相带划分据同济大学海洋地质系微古室。

FORMATION AND DISTRIBUTION OF GREEN GRAINS IN THE YANGTSE RIVER MOUTH AREA

Zhang Guijia Li Congxian Ye Zhizheng
(Department of Marine Geology, Tongji University)

Abstract

Green grains in the Yangtse River mouth area can be classified into three groups, granular, sheet-like and test-mould.

The grains are mainly authigenesis in neritic facies. They may occur in other non-marine sedimentary facies such as channel, recent sedimentary area and seashore lake basin bog in lower reaches of the river due to the transportation of waves, tidal currents and storms. The grains in the relict sedimentary areas and in the recent sedimentary areas on the continental shelf are abundant and sheet-like and test-mould particles developed well. The abundances of the green grains in the recent sedimentary areas of the Yangtse River Mouth changes greatly. They may be much higher in deep channels, while much lower in fast-depositing areas where the dynamic condition is much weaker. The grains may be carried into typical limnic facies by storms but the abundances of those are much lower and the particles are mostly black ovoid.

《石油与天然气地质》第二届编委会在合肥召开

1989年3月10—11日在安徽合肥地矿部培训化探中心,由地矿部石油地质海洋地质局副局长、编委会主任刘光鼎教授主持召开了《石油与天然气地质》第二届编委会第一次会议。在听取编辑部工作汇报的基础上,会议着重审议和讨论了办刊方针、报道内容、编辑部的建设发展等问题。

会议认为编辑部正确执行、贯彻了主办单位规定的办刊方针。本系统与外系统论文的消长变化,正是贯彻办刊方针的必然结果。说明刊物从部门走向全国,反映了我国石油地质科技水平。

会议认为刊物在国内外享有一定的声誉,专家、学者及广大读者寄望颇殷。虽然目前困难较多,但仍应在困境中求得生存,争取社会支持,向经营型的方向发展。

在现有内容基础上,增加咨询、建议、动态综合、信息报道、学科进展综述等,藉以更直接地增加社会效益。

会议并决定争取每年召开一次编委会,以强化发挥编委会的作用。

(贺自爱)