

长江水下三角洲沉积物碎屑矿物研究

窦衍光, 王昆山, 王国庆, 石学法

(国家海洋局 第一海洋研究所, 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 山东 青岛 266061)

摘要: 研究了长江水下三角洲表层沉积物中 0.063~0.125 mm 粒级的碎屑矿物组成、组合类型及其分布特征, 并对研究区碎屑矿物成熟度、物质来源、沉积环境以及组合分区进行了探讨。结果表明, 该区轻矿物占主体, 质量分数平均达 95.09%, 以石英、长石为主; 重矿物共 37 种, 以普通角闪石、绿帘石、绢云母、普通辉石、白云母、赤铁矿、透闪石和褐铁矿为主。依据碎屑矿物含量及分布特征, 将研究划分为 3 个矿物组合区, 各区重矿物组合类型不仅与物质来源有关, 而且受水动力条件和沉积环境制约。

关键词: 碎屑矿物; 长江水下三角洲; 矿物组合

中图分类号: P578 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2007)04-0022-05

碎屑矿物是海洋沉积物的重要组成部分, 其种类、含量变化主要受物源、环境、地形地貌和水动力条件的影响。分析表层沉积物中碎屑矿物单矿物特征、分布及其矿物组合, 不仅有助于判别沉积环境, 而且对探讨海底物质来源、泥沙扩散迁移规律、现代沉积作用和演化模式都有着重要意义^[1~3]。

长江作为中国的三大河之一, 其输出到长江三角洲的碎屑矿物对我国东部边缘海的沉积作用极其重要。前人对长江三角洲沉积物的碎屑矿物组合做过多次调查研究, 并获得颇多成果^[2~4], 但以前研究的主要区域主要集中在长江河口及东海陆架区^[3~5], 对于长江口外区域广大的水下三角洲的研究比较薄弱。作者结合最新调查资料, 通过对长江水下三角洲具有代表性的 128 个站位碎屑矿物的分析与研究, 给出了区域内长江物源碎屑矿物的含量及分布特征, 同时对研究区碎屑矿物进行组合分区, 指出了各区碎屑矿物组合类型, 这可了解长江口泥沙的来源和扩散、探讨河口区的沉积环境和现代沉积作用提供参考依据。

1 样品和方法

所分析的 128 个样品是国家海洋局第一海洋研究所于 2004 年进行“CJ11 区块底质调查”时用箱式取样器采取表层样(0~40 cm), 研究区域位于长江口南支外(121°42′~122°49′ E, 30°54′~31°28′ N), 可分为水下三角洲前缘斜坡(A)、前三角洲(B)以及三角洲陆架过渡带(C)(图 1)。

原样先烘干称质量, 然后在偏磷酸钠中浸泡 2

d, 用孔径为 0.063 mm 的铜筛淘洗掉小于 0.063 mm 的组分, 样品再次烘干后分级筛分。取 0.063~0.125 mm 粒级的样品用重液(CHBr_3 , 密度为 2.89 g/mL)将轻、重矿物分离, 烘干称质量, 分别计算二者质量分数。轻、重矿物的鉴定均在体视镜下进行, 并在偏光显微镜下对透明矿物作必要的检验。对每个样品的轻、重组分采用条带法, 数取 300~500 个颗粒, 以实际鉴定的颗粒数为 100%, 分别求得各种轻、重矿物的颗粒百分含量。

2 结果

2.1 轻矿物组分、颗粒百分含量及分布特征

长江水下三角洲表层沉积物轻矿物共 10 种, 主要有石英、钾长石、斜长石、片状矿物(云母和绿泥石)、方解石、海绿石和风化碎屑等, 方解石仅出现于少数站位中。

轻矿物质量分数特征(平均为 95.1%, 变化范围为 70.2%~99.7%)表现为: 前三角洲部分区域轻矿物含量较高(图 1), 长江口及邻近的三角洲前缘斜坡为轻矿物的低值区, 由河口到前三角洲轻矿物含量有逐渐增加的趋势。

收稿日期 2006-11-13; 修回日期: 2007-01-28

基金项目: 908 专项课题(908-02-05, 908-01-CJ11); 青岛市科技发展计划课题(05-2-JC-79)

作者简介: 窦衍光(1979), 男, 山东诸城人, 硕士研究生, 研究方向为海洋沉积学, 电话: 0532-88967785

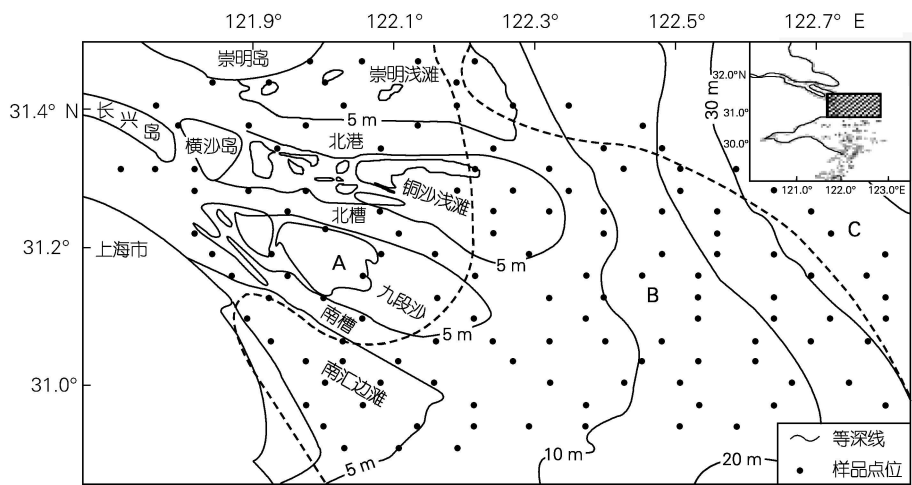


图 1 研究区取样点站位图

Fig. 1 Location of samples in the subaqueous Yangtze Delta

石英是研究区内分布最多的一种碎屑矿物。平均颗粒百分含量为 54.1%，高颗粒百分含量区以珠状形式位于长江口南支三角洲前缘斜坡及前三三角洲部分区域，最高值达 65.5%；低颗粒百分含量区位于

北支三角洲前缘斜坡，最低值为 33.3%（图 2），其余区域以中值为背景值。
研究区内长石颗粒百分含量仅次于石英，平均为 32.9%，分布特征与石英相似。高颗粒百分含量区

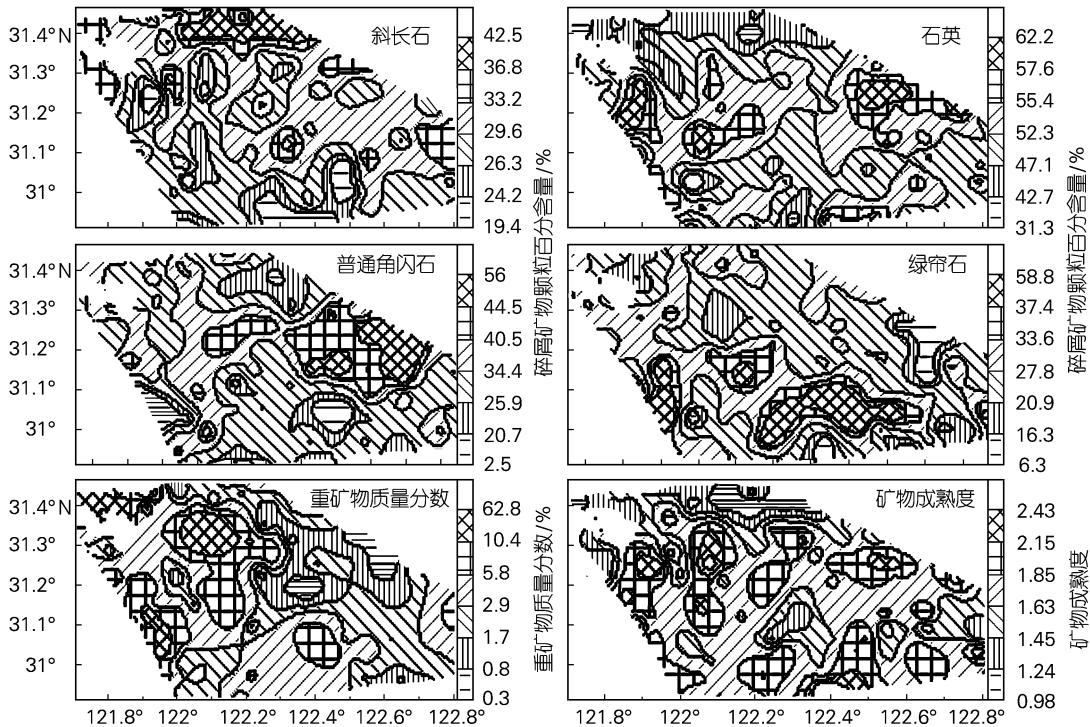


图 2 长江水下三角洲沉积物碎屑矿物颗粒百分含量分布、重矿物质量分数及碎屑矿物成熟度

Fig. 2 Content distribution, assemblages, mass percent of light mineral, heavy mineral and maturation of detrital minerals in sediment from the subaqueous Yangtze Delta

(20.6%~43.5%)主要出现在前三三角洲东北部部分区域,低值区以带状分布在前三角洲的中部和南部(图2)。

黑云母在河口及三角洲前缘南部有高值区出现,中部出现零值区。白云母分布趋势与黑云母的分布趋势类似,绢云母则在研究区广泛分布,高值区主要以珠状出现。云母类矿物(黑云母、白云母、绢云母)平均颗粒百分含量以1.4%~6.0%为背景值分布。

从各种轻矿物的分布趋势来看,河口地区及其附近长江径流扩散方向部分区域为石英、长石的高含量区,而该区域又恰是片状云母的低含量分布区;三角洲前缘南北两侧区域则轻矿物分布状况刚好相反。这一方面说明轻矿物搬运以河流径流为主,另一方面则反映了径流河口三角洲区域受到潮流及沿岸流的影响致使强度减弱,径流所携带的碎屑物质向南北两侧扩散。

2.2 重矿物组分、颗粒百分含量及分布特征

研究区内重矿物组分复杂,共有37种,此外还有相当含量的风化碎屑(蚀变矿物)存在。除少数站位有含量低的自生黄铁矿、绿泥石外,其余均为陆缘碎屑矿物。其中以硅酸盐类矿物最多,其次为氧化物和氢氧化物;而碳酸盐、磷酸盐及硫化物类矿物种类少,含量低,极少量为硫酸盐和卤化物。

2.2.1 重矿物分布特征

重矿物平均质量分数为5.1%,变化范围在0.3%~62.8%(图2)。长江河口及三角洲前缘是重矿物的高分布区,局部达到10%以上,而位于前三三角洲及三角洲陆架过渡带大面积的重矿物质量分数比较低,平均在2%以下。

2.2.2 优势重矿物颗粒百分含量分布特征

研究区表层沉积物中8种优势重矿物颗粒百分含量占有重矿物颗粒百分含量的86.1%。其中普通角闪石颗粒百分含量为47.0%,因此,普通角闪石可作为研究区主要标志矿物,高值区位于前三三角洲,平均颗粒百分含量大于45%。而低值区以珠状形式位于三角洲前缘南北两侧,平均颗粒百分含量小于25%,最低颗粒百分含量仅为2.5%(图2)。其他优势重矿物含量分布表明:研究区透闪石、绿帘石和白

云母的分布特征相似,均是以珠状形式分散在三角洲前缘及前三三角洲,含量变化不大。褐铁矿、赤铁矿和绢云母高值区主要集中在三角洲前缘,最高颗粒百分含量分别为11.4%、23.0%及33.8%,具有由河口到前三三角洲含量呈逐渐降低的趋势。普通辉石的高值区主要集中在研究区的北端。通过碎屑矿物质量分数分布可以看出水动力对重矿物影响很大,河口区水动力强,沉积物以砂质及粉砂质砂为主,碎屑矿物含量高,比重大的矿物如钛铁矿含量高。远离河口区,水动力减弱,碎屑矿物粒级减小,风化碎屑和片状矿物含量高。

2.3 碎屑矿物组合分区

以轻矿物质量分数,普通角闪石、绿帘石、绢云母、普通辉石、白云母、黑云母、极稳定矿物(石榴石、电气石、榍石)、氧化铁矿物(赤铁矿、褐铁矿)、石英以及长石颗粒百分含量等11个参数作为变量进行聚类分区^[7],并考虑长江口水动力因素,将研究区划分为3个矿物组合区(图3),各区的矿物组合类型及其主要矿物平均颗粒百分含量见表1。

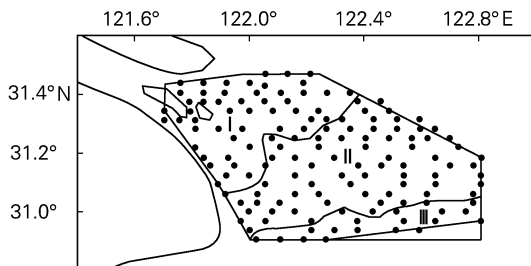


图3 矿物组合分区

Fig. 3 The mineral assemblage provinces

I: 长江河口南支矿物区,该区位于长江口南支口门外海域,水深为5~10 m,优势矿物组合为石英-斜长石-普通角闪石-绿帘石-普通辉石,特征矿物为绢云母和氧化铁矿物,底质粉砂质砂和细砂为主,局部为粉砂及砂质粉砂。

II: 三角洲前缘斜坡南部及前三三角洲矿物区,该区域面积较大,水深5~30 m,主要碎屑矿物组合为:石英-斜长石-普通辉石-绿帘石,特征矿物为氧化铁矿物和透闪石,底质以粘土质粉砂及粉砂为主,局部为粉砂质砂。

表 1 长江水下三角洲沉积物主要碎屑矿物颗粒百分含量

Tab. 1 Main detrital mineral content in detritus sediment of the sub- aqueous Yangtze Delta

碎屑矿物名称	研究区碎屑矿物颗粒百分含量(%)			各矿物组分区颗粒百分含量(%)			碎屑矿物颗粒百分含量(%)	
	平均值	最小值	最大值	I 区	II 区	III 区	长江河道*	黄河水下三角洲 ^[6]
普通角闪石	33.2	2.5	56.0	2.1	1.9	3.9	24.2	8.95
绿帘石	27.4	6.3	58.8	26.7	28.6	24.1	0.6	2.15
绢云母	5.2	0	33.8	5.5	4.5	6.6	2.09	
白云母	4.7	0	48	2.1	3.8	13.5	1.22	4.77
赤铁矿	4.3	0	23	5.2	3.4	6.7	0.59	0.06
普通辉石	4.3	0	25.8	8.87	2.57		3.12	0.05
透闪石	4.1	0	12	3.3	5.2	1.4	1.71	0.76
钛铁矿	1.5	0	30.8	2.71	0.87	0.88		0.37
自生黄铁矿	1	0	41.8	0.012	1.90	0.26		0.72
石榴石	0.5	0	7.3	0.96	0.31	0.056	0.96	1.58
楣石	0.4	0	1.8	0.59	0.32	0.08	0.29	0.50
磁铁矿	0.2	0	4.8	0.57	0.08	0.026	0.51	0.43
电气石	0.2	0	1.5	0.30	0.18	0.14		
锆石	少量	0	0.5	0.1	0	0		0.07
石英	51	31.3	62.2	48.22	53.03	50.16		
钾长石	2.4	0.2	7.2	2.55	2.46	2.037		
斜长石	30.1	19.4	42.5	32.30	29.63	26.84		

注: * 据陈丽蓉等; 研究区碎屑矿物样品数为 128 个, 其中 I 区 42 个, II 区 68 个, III 区 18 个; 长江河道样品数 13 个; 黄河水下三角洲样品数为 21 个。

III: 前三三角洲南部矿物区, 水深 5~ 10 m, 矿物组合为普通角闪石 绿帘石 白云母, 特征矿物为氧化铁矿物和绢云母, 底质以粘土质粉砂及粉砂为主。

3 讨论

3.1 矿物成熟度

矿物成熟度是指以碎屑岩中最稳定组分的相对含量来标志其成分的成熟程度, 研究本区矿物成熟度对分析物源以及长江对水下三角洲的贡献有一定指示意义。石英与(长石+ 岩屑)的比值被认为是碎屑矿物成熟度的一个重要标志。经计算研究区矿物成熟度均值为 2.0, 变化范围 0.96~ 3.0(图 2)。长兴岛、横沙岛、横沙浅滩以及九段沙所在的 I 区矿物成熟度较高, 该区域底质以细砂、粉砂质砂以及砂质粉砂为主, 粒级较粗, 石英颗粒百分含量在该区域较高, 与矿物成熟度相一致。分析原因可能该区域在拦门沙附近, 拦门沙是长江口主要的泥沙沉降区, 颗粒较粗的沉积物搬运不远在此沉积下来致使石英颗粒百分含量及矿物成熟度较高。沿长江口南支的扩散方向上的 II 区矿物成熟度也较高(超过 2.0), 原因可能由于南支是排泄长江径流的主要通道, 波浪作用明显, 泥沙分异显著, 水下多沙洲, 并发育广阔的潮滩使得沉积物颗粒较粗, 致使石英含量较高。总体而

言, 矿物成熟度高值以斑状形式分布于研究区, 不具有搬运距离越远成熟度越高的变化规律, 这与长江水系复杂的源岩组成有很大关系, 长江各支流物质来源多变, 不同支流成熟度不同的碎屑矿物汇入干流并最终在水下三角洲沉积下来, 这一系列过程碎屑矿物经历了长期的风化磨蚀和动力分选, 沉积物的分选又受到矿物密度、水动力及地形的影响, 沉降时具有一定的随机性。

3.2 物质来源

海洋沉积物中矿物组分特征与其物源区母岩性质密切相关。长江流域位于扬子克拉通地块上, 中、新生代构造复杂, 流域源岩也非常复杂, 岩石类型从太古代变质岩、古生代碳酸盐岩和碎屑岩、中新世代岩浆岩和碎屑岩以及第四纪松散沉积物都有分布^[8], 水下三角洲的碎屑矿物应是长江流域各支流源岩的集合体。

有学者^[9]研究证实长江携带沉积物主要沉积于 32°N 以南、台湾暖流以西的海域, 研究区南北两端均在此范围之内(最北端位于 31.5°N, 最南端位于 30.9°N), 故长江应是研究区沉积物的主要来源, 长江流域花岗岩及其变质岩风化、侵蚀产物应在长江水下三角洲矿物组合特征中应得以体现, 从表 1 可以看出研究区重矿物以角闪石 绿帘石 片状矿物 金属矿

物组合为特征,而长江流域重矿物组合为磁铁矿-普通角闪石-普通辉石-石榴子石-绿帘石-褐铁矿-钛铁矿^[10],两者具有很好的相关性与延续性,亦说明长江为研究区水下三角洲物质来源。

3.3 沉积环境

长江流域内的基岩风化、侵蚀产物经地表径流搬运入海途中,在重力分异和水动力双重作用下,除部分粒级较粗、比重较大的砾石或碎屑物质沿程沉积于河床外,大量的泥沙均落淤在河口区及口外海滨。由于长江三角洲位于构造沉降区,因而长江携带的大量泥砂能够持续沉积,发育成较好的现代水下三角洲沉积。鉴于其所含碎屑矿物的多样性,不但可以确定沉积物的物质来源,而且可以依据其分布特征追索沉积物迁移、扩散途径,并进而探讨沉积环境。

研究结果表明,在长江口南支Ⅰ区拦门沙附近区域重矿物质量分数较高,而轻矿物主要分布在拦门沙以外水下三角洲前缘斜坡(图1),这由于在口门附近咸淡水混合,絮凝作用使得细颗粒泥沙沉降,加之长江径流受到潮流、波浪等水动力的作用流速变缓、携沙能力降低,颗粒较粗、密度较大的碎屑矿物也在此停积,这使得在沟槽相间的拦门沙附近巨量沉积物中重矿物质量分数较高,其中优势重矿物组合为密度较大的普通角闪石-绿帘石-氧化铁矿物,反映该区域能量的降低;长江流域来沙除在口门附近沉积外,随着拦门沙以外地形坡降增大(达7%^[11]),还有相当数量的沉积物输向外海,较之口门附近区域,在Ⅱ区三角洲前缘斜坡轻矿物有较高的质量分数,这与该区域较高的石英、长石颗粒百分含量相一致。而密度较小的云母类矿物搬运距离较远,在前三三角洲及三角洲和陆架过渡带颗粒百分含量较高。粒度数据表明研究区表层沉积物性质,从三角洲前缘斜坡到三角洲向陆架过渡带由粘土质砂和细砂逐渐转变为粘土质粉砂以及砂-粉砂-粘土,存在明显由河口向远海沉积物粒径逐渐变细的趋势,反映出研究区域应为典型的河口水下三角洲沉积环境。

4 结论

长江水下三角洲表层碎屑矿物种类丰富,轻矿物质量分数占绝对优势,均值达95.1%,以石英、长石为主。重矿物共计37种,以普通角闪石、绿帘石、绢云母、普通辉石、白云母、赤铁矿、透闪石和褐铁矿

为主,颗粒百分含量共达86.1%。

研究区重矿物以不稳定矿物为主,其中普通角闪石、绿帘石及辉石含量远远高于黄河水下三角洲,通过与长江河道碎屑矿物含量对比以及碎屑矿物示踪参数证明,长江流域为研究区沉积物物质来源。

依据主要碎屑矿物含量等11个参数作为变量进行聚类分析,将研究区划分为3个矿物组合区,长江河口南支矿物区、三角洲前缘斜坡南部-前三三角洲矿物区以及前三三角洲南部矿物区,各区矿物组合类型不仅与物质来源有关,而且受水动力条件和沉积环境制约。

参考文献:

- [1] 徐茂泉,黄奕普,施文远,等.南海东沙群岛附近海域表层沉积物中碎屑矿物的研究[J].厦门大学学报(自然科学版),1994,5(3):380-385.
- [2] 陈丽蓉,栾作峰,郑铁民.渤海沉积物中的矿物组合特征[J].海洋与湖沼,1980,11(1):46-64.
- [3] 孙白云.黄河、长江和珠江三角洲沉积物中碎屑矿物的组合特征[J].海洋地质与第四纪地质,1990,10(3):23-24.
- [4] 吕全荣.长江口细颗粒沉积物的矿物特征和沉积分异[J].上海地质,1992,43(3):18-25.
- [5] 陈丽蓉,范守志,毛彦平.东海沉积物中重矿物组合的统计分析[A].中国科学院海洋研究所.海洋科学集刊(21)[C].北京:科学出版社,1984.291-296.
- [6] 林晓彤,李巍然,时振波.黄河物源碎屑沉积物的重矿物特征[J].海洋地质与第四纪地质,2003,23(3):17-21.
- [7] 王昆山,石学法,程振波,等.长江水下三角洲沉积物的中矿物分布[J].海洋地质与第四纪地质,2007,27(1):30-38.
- [8] 屈翠辉,郑建勋,杨韶晋,等.黄河、长江、珠江下游控制站悬浮物的化学成分及其制约因素的研究[J].科学通报,1984,17:1063-1066.
- [9] 范德江,孙效功,杨作升,等.沉积物物源定量识别的非线性规划模型——以东海陆架北部表层沉积物物源识别为例[J].沉积学报,2002,20(1):30-33.
- [10] 王中波,杨守业,李萍,等.长江水系沉积物碎屑矿物组成及其示踪意义[J].沉积学报,2006,24(4):570-578.
- [11] 黄惠珍,唐保根,杨文达,等.长江三角洲沉积地质学[M].北京:地质出版社1996.28-29.

(下转第31页)

Research of detrital minerals in the sediment of sub aqueous Yangtze Delta

DOU Yan guang , WANG Kur shan, WANG Guo qing, SHI Xue fa

(First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration People's Republic of China, Key Laboratory of Marine Sedimentology and Environmental Geology, Qingdao 266061, China)

Received: Nov. , 13, 2006

Key words: detrital mineral; sub- aqueous Yangtze Delta; mineral assemblages

Abstract: The composition, assemblages and distribution of detrital minerals sized between 0.063 mm and 0.125 mm in the surface sediment of the sub aqueous Yangtze Delta have been studied. And then maturation, sources of detrital minerals, sedimentary environment, mineral assemblage zones are discussed, The result shows that detrital minerals of study area are mainly composed of light minerals, account for 95.09%. The majorities of light minerals are quartz and feldspar; there are 37 kinds of heavy minerals, among which dominant minerals are common hornblende, epidote, sericite, augite, muscovite, hematite, tremolite and limonite. Study zone can be divided into 3 mineral assemblage zones based on heavy mineral contents and distribution characteristics, which are not only related to matter source, but also controlled by hydrodynamic condition and sedimentary environment in the sub aqueous Yangtze Delta.

(本文编辑: 刘珊珊)