

# 东海西湖凹陷渐新统花港组 海绿石的发现及其意义<sup>①</sup>

武法东<sup>1</sup> 陆永潮<sup>2</sup> 陈平<sup>2</sup> 周平<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(中国地质大学 北京 100083) <sup>2</sup>(中国地质大学 武汉 430074)

<sup>3</sup>(地质矿产部上海海洋勘探开发研究院 上海 200120)

**提 要** 在西湖凹陷渐新统花港组中首次发现非正常海相海绿石。可分为三种类型:即团粒状海绿石、胶结物海绿石和碎屑假象海绿石。前两者属沉积过程或成岩初期的产物。通过沉积学研究,结合微量元素及介质条件分析认为,花港组总体为滨岸湖泊三角洲-河流体系,但是曾程度不同地受到海水或咸水-半咸水影响。花港组的时代就可能归属为始新统。这一认识上的突破除了花港组年代地层的对比意义以外,还将引起对盆地演化阶段、沉积体系空间配置及油气有利相带预测等问题的重新认识。

**关键词** 海绿石 花港组 西湖凹陷

**分类号** P 588. 2, P 578. 4

**第一作者简介** 武法东 男 44岁 副教授 博士 沉积学 层序地层及海平面变化研究

尽管有在陆相中也可以生成海绿石的说法,但是无论是对现代<sup>[1,2]</sup>还是古代<sup>[3,4]</sup>的研究都基本一致地表明,海绿石是在与海相环境有关的沉积过程中或成岩初期形成的有重要指相意义的自生矿物。对于东海陆架盆地西湖凹陷平湖组的海绿石,已有的研究报告曾有记载。在对东海盆地西湖凹陷平湖区第三系沉积体系及油气远景评价研究过程中,通过工作我们发现花港组中也含有海绿石。详细的沉积学研究表明,西湖凹陷渐新统花港组并非纯陆相河流沉积<sup>[5,6]</sup>。除了沉积学的证据以外,在该组砂岩中还发现了自生的海绿石。结合微量元素分析及花港组原认为“再沉积”化石的出现,可能指示花港组曾程度不同地受到海水或咸水-半咸水的影响

## 1 地质背景概述

西湖凹陷位于东海陆架盆地东部凹陷带。在前第三系的基础上,西湖凹陷经历了古-始新世的断陷、渐新世到中新世的拗陷及上新世-第四纪的区域沉降阶段。下第三系由古新统及始新统的平湖组、渐新统花港组组成,累计厚度可达数千米<sup>[5,6,7]</sup>。

据研究<sup>②</sup>,该区下第三系主要发育四种沉积体系:平湖组以半封闭海湾-滨岸碎屑潮坪体系、受潮汐作用影响的三角洲为主;花港组以滨岸湖泊三角洲、河流体系为主。各种沉积体系随时间的变化在空间上出现不同的展布。花港组上下两段分属IV<sub>A</sub>、IV<sub>B</sub>两个层序,各个层序由下部的低位体系域和上部的水进体系域组成。其中,低位体系域主要包括河流体系及三角洲体系的冲积平原沉积组合。花港组的海绿石主要出现在下部低位体系域的砂岩中。

## 2 花港组海绿石的特征

对不同层段的 35个砂岩样品进行统计,平湖组、花港组共计含海绿石层位 18处,其中,花港组 11处(表 1)。

### 2.1 海绿石的特征

海绿石多产于细粒砂岩中,含量较少,约在 0.1~0.01%左右。依据海绿石的颜色可分为两种类型。

(1)翠绿色海绿石:单偏光下以鲜艳的翠绿、深绿色而易于辨认。正交偏光下为墨绿色,具集合偏光。这种约占 35%左右。

① 本文是国家“八五”科技攻关项目子课题(18-102-03-01-02专项)部分研究成果。参加工作的还有解习农、阮小燕等。

② 陆记潮、武法东等,1994,东海西湖凹陷平南及邻区第三系沉积体系研究,国家“八五”攻关项目子课题研究报告。

(2)浅绿色海绿石:单偏光下浅绿-浅黄绿色,色调均匀,明亮。正交偏光下为绿-浅绿色,具集合偏光。这种类型约占65%左右。

表1 西湖凹陷下第三系海绿石样品一览表

Table 1 Locations containing glauconite in the Oligocene, Xihu Depression

组	段	含海绿石样品号
花港组	上段	平四 11,平四 14,天 9,净 8,平一 9
	下段	天 5,天 6,天 12,天 14,弧 2
平湖组	上段	平四 9,宝 4,宝 12
	中段	平四 5,孔 3
	下段	平四 2

依据海绿石的形态可将其分为3种类型:

(1)团粒状海绿石:近于圆形或椭圆形,边缘与其它颗粒有清晰的接触边界。它们是凝胶状海绿石物质通过絮凝作用沉淀,在弱动荡的水介质中形成的<sup>[8]</sup>。

(2)胶结物状海绿石:形态不规则,呈充填物出现于碎颗粒之间。这种类型海绿石的颜色由中间向外变浅,具浸染状边缘。

(3)具碎屑假象的海绿石:它由碎屑矿物转化而

来,其中以黑云母居多,也有长石等。有的部分保留了原颗粒的光性特征。

上述前两类海绿石,颜色新鲜,均未见褐铁化现象,可以肯定是在盆地沉积过程中或成岩初期阶段自生的,而不是由陆源区搬运来的。即便是具碎屑假象的海绿石也可以在成岩作用初期形成<sup>[1,2]</sup>。

## 2.2 海绿石的化学成分分析

### 2.2.1 海绿石的化学成分

选取有代表性的样品,利用电子探针进行了化学成分定量分析(表2)。可以看出,所有样品中 $K_2O$ 的含量均大于1%,总体化学成分可与国内外现代和古代有代表性的海绿石进行比较(表3),证实了镜下鉴定的可靠性。

由表2可以看出,翠绿色、浅绿色及粒状、胶结状的海绿石在 $FeO$ 的含量上相差不大,这说明该区海绿石的深浅不是由铁含量的多少决定的,也不是由地层时代差异造成的。Warshaw (1975)曾认为, $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 的值可影响海绿石的颜色:比值越大,介质条件越氧化,海绿石颜色越浅;反之则相反<sup>[4]</sup>。

## 3 花港组海绿石的成因

根据对现代海洋表层沉积物的取样研究认为,海绿石是典型的滨浅海环境的指相矿物。但其矿物学特征及成分的差异还与形成环境及产出地层的时

表2 平湖X井海绿石电子探针成分分析表

Table 2 Components of glauconites in the Pinghu x well

样品	层位	镜下特征	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AlO <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
平四 <sub>9</sub>	平上段	翠绿色,粒状,强集合偏光	52.26	-	6.38	17.95	0.14	4.26	0.19	1.25	9.09
平四 <sub>9-1</sub>		浅绿色,片状	51.00	0.08	12.95	13.95	-	3.86	0.20	0.10	7.58
平四 <sub>1</sub>	花上段	翠绿色,胶结物状,见浸染边	49.63	0.15	12.39	13.75	-	4.38	0.17	-	7.60

注:FeO表示全铁( $FeO+Fe_2O_3$ ),由中国地质大学(武汉)电子探针室分析

表3 平湖X井与其它地区海绿石电子探针成分对比表

Table 3 Correlation of glauconite components between the Pinghu Xwell and other areas

时代及地区	形成环境	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	AlO <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	样品数	资料来源
现代东海	浅海	44.73	-	6.94	21.53	-	6.31	-	0.60	3.35	7	文献[2]
现代南海		45.07	-	5.31	25.07	-	5.63	-	0.39	3671	9	
现代太平洋		49.72	-	25.07	22.51	-	3.91	-	0.60	4.89	11	
黄骅下第三系	滨海湖泊	48.49	tr	8.84	18.75	-	4.14	0.16	-	9.35	3	文献[3]
贵州二叠系	陆表海近岸带	55.64	0.29	13.93	12.32	0.15	4.34	0.1	0.16	8.27	5	文献[4]
东海下第三系	海湾近岸带	50.96	0.12	10.71	15.10	0.05	4.20	0.19	0.45	8.09	5	本文

代有关<sup>[1,2]</sup>。苏联学者曾发现乌克兰渐新世沉积物中含铁量高的海绿石形成于盆地的开阔部位,铝含量较高的海绿石则产于近岸带。Darry 和 Reeves (1968)也认为非标准海相海绿石具有高铁高铝的特点。黄凯芬等(1980)通过对河南禹县二叠纪海绿石的研究,认为海陆交互相沉积岩系中海绿石铁含量低。丁述理(1991)对贵州纳雍地区龙潭组海绿石的研究也得出相同的结论<sup>[4]</sup>。本区样品分析结果证实了上述结论与沉积体系分析相一致,本区海绿石并非标准海相产物,而是海湾近岸带(平湖组)和短期海泛影响至湖泊三角洲(花港组)的结果。

最近,陈丽蓉等(1994)通过对各时代的海绿石进行系统的研究认为,自古代(震旦系)至现代,海绿石中  $Al_2O_3$  与  $K_2O$  的含量逐渐减少,而  $FeO$  的含量则明显升高<sup>[1]</sup>。地史时期海绿石的这种高铝低铁性质的变化除了与沉积环境有关外,或许还与成岩的年代有关。

海绿石是  $Fe^3$ 、 $Fe^2$  共存的富铁矿物,所以形成海绿石需要弱氧化—弱还原的介质条件。 $Fe^3$ 、 $Fe^2$  都能呈溶液状态搬运,当  $pH > 2 \sim 3$  时,  $Fe^3$  开始沉淀;当  $pH > 5.5 \sim 7$  时,  $Fe^{2+}$  也开始沉淀。所以,海绿石的形成要保证有弱碱性介质条件。此外,海绿石的形成至少要有  $560 \times 10^{-6}$  的钾离子浓度(Hatder, 1980)。甚至认为,溶液中钾离子的浓度不但决定能否形成海绿石,而且还影响海绿石的生长速度。沉淀速率也影响海绿石的形成与发育,一般要求速度不能太高<sup>[8]</sup>。

形成海绿石的上述条件在西湖凹陷平湖组、花港组的某些成因相中是基本可以满足的。如在海湾近岸带、受潮汐作用影响的三角洲前缘沉积组合、三角洲水下分流河道中(平湖组)及短期海泛影响的滨岸湖泊—三角洲环境中(在港组)。至于钾离子浓度,可能主要来源于火山喷发碎屑及云母的海解作用。

#### 4 花港组发现海绿石的意义

值得注意的是,对西湖凹陷第三系沉积介质条件分析中,我们发现花港组硼含量有两个峰值指示的盐度变化。结合在花港组上、下段砂岩中发现海绿石,以及原认为该组出现的“再沉积”海相—过渡相生物化石,我们认为,花港组的上、下段至少出现过一次海泛(或是咸水—半咸水侵入)事件。发现海绿石并确定其环境的意义在于:

(1) 对花港组沉积环境复杂性的认识。陈丽蓉

等(1982)对闽南—台湾大陆架表层沉积物的研究认为,海绿石的含量或发育程度主要与水深、水温及盐度有关。在水深 200~250 m 处海绿石大量出现,而在水深  $< 100$  m 的地带,海绿石含量很少;在平均温度为  $14^{\circ}C \sim 18^{\circ}C$ 、平均盐度为  $34.5\% \sim 34.7\%$  的范围内,海绿石最为发育<sup>[1]</sup>。显然,花港组的海绿石不是正常浅海环境所形成,可能属于水浅(30~100 m)、盐度低(20%~30%)非标准海相之产物。何镜宇等(1982)通过对黄骅拗陷下第三系研究也认为,在源盆近岸坝相、三角洲相以及冲积扇相砂岩和粉砂岩中,也出现微量的海绿石<sup>[3]</sup>。

结合已有研究成果,并充分考虑花港组出现的两个硼含量高峰,我们认为花港组并非纯陆相河流湖泊—三角洲沉积,而是曾经短暂的受过海水或咸—半咸水的河流、湖泊—三角洲体系。在沉积构成及其成因相空间展布上,既具有一定的规律性,又有一定的复杂性。

(2) 在地层时代确定及地层对比中的意义。花港组的时代现暂定于渐新统。但是在生产及研究过程中发现该组在几口井的多处出现为数不少的时代较老(始新世)的化石。为了解新老化石共存的问题,依据部分微体占生物所表现出来的搬运痕迹及反映变质程度的颜色指数,认为这些化石或是经过搬运“再沉积”而成,或是录井样品的掉块。但是,自生海绿石并没有出现暴露氧化的特征,属原地保存的自生指相矿物。由于它们在形成条件和环境上是与“再沉积”化石一致的,因此,有理由认为所谓“再沉积”化石很可能是原地保存的,或至少一部分是这样。若果真如此,则花港组的时代就有可能归属为始新统。由此,将导致东海盆地年代地层对比的变化。

从区域上看,花港组出现海绿石或出现小规模海泛是可能的。黄骅拗陷下第三系沙河街组和东营组总体为陆相湖泊环境,对其中出现的数量不等的海绿石,何镜宇等(1982)认为是湖泊背景下有时与海水连通的半咸水环境<sup>[3]</sup>。我国东部苏北等一些拗陷的下第三系中,普遍发育微量的海绿石。这充分说明我国东部下第三系微量海绿石出现的普遍性,证明这些地层并不是纯陆相的,而是时而与海水连通。

虽然不断有陆相海绿石的报道,但是,西湖凹陷以及我国非海相地层中普遍发育的海绿石仍有作为指示海侵或与海水有关的指相矿物的意义。

(3) 由于海侵(泛)的发生指示了海平面升降的变化或构造沉降,以及沉积盆地所处的古地理位置,因

此,这对于判断盆地构造及其演化阶段、体系域展布规律具有重要的意义。此外,无论从油气生成还是从储集的角度看,花港组微量海绿石指示的海侵(泛)对于在更大范围内寻找和预测有利的油气相带,都具有重要的理论和实际生产意义。

本文是在国家“八五”攻关课题专项研究的基础上完成的。研究过程中得到赵金海、李培廉、蔡仲祥、林志强的指导和金发行、王丽顺、刘金水等同志的帮助。地质矿产部上海海洋石油勘探开发研究院提供了部分基础资料。李思田教授自始至终指导了研究工作并审阅了本文稿。作者对此深表感谢。

### 参 考 文 献

[1] 陈丽蓉. 早期成岩过程中自生海绿石的演变史. 科学通报,

1994, 39(9): 829~ 831.

[2] 陈丽蓉, 时英民, 申顺喜等. 闽南—台湾浅滩大陆架海绿石的研究. 海洋与湖沼. 1982, 13(1): 36~ 47.

[3] 柯镜宇, 余素玉. 黄骀坳陷北部下第三系的海绿石. 地球科学, 1982, 1(总 16期): 129~ 148.

[4] 丁述理. 贵州纳雍地区龙潭组的海绿石特征及指相意义. 煤田地质与勘探, 1991, 19(4): 10~ 15.

[5] 王丽顺, 陈琳琳. 东海西湖凹陷下第三系层序地层学分析. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(3): 35~ 42.

[6] 林志强, 周平. 东海西湖凹陷新生界沉积相的演化. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(2): 63~ 70.

[7] 俞印生. 东海陆架盆地新生代地层层序及沉积特征. 中国海域及邻区地质地球物理特征. 北京: 科学出版社, 302~ 307.

[8] Okin G S & Matter A. De. Glauconitum Origine, Sedi- mentology, 1981, 28(5): 611~ 641.

## The Discovery and Significance of Glauconites in the Huagong Formation of the Oligocene, Xihu Depression, East China Sea

Wu Fadong<sup>1</sup> Lu Yongchao<sup>2</sup> Chen Ping<sup>1</sup> and Zhou Ping<sup>3</sup>

1(China University of Geosciences, Beijing 100083)

2(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

3(Shanghai Institute of Offshore Petroleum Exploration & development, MGMR, Shanghai, 200120)

### Abstract

The glauconite formed in the abnormal marine environment was found firstly in the Huagong Formation of the Oligocene, Xihu Depression, East China Sea. It can be divided into three types as follows: granule glauconite, cemented glauconite and clastic pseudomorph glauconite. The first two types were formed during the sedimentation and the beginning of diagenesis. It was thought by the sedimentary studies that the Huagong Formation was generally formed in the shoreline lacustrine delta-fluvial depositional systems. But the formation was influenced by marine water or salt-semisalt water in some degree. The re-depositional fossil in the formation, at least a part of it was probably developed and preserved at the same place. Consequently, the age of the Huagong Formation would be probably taken as the Eocene Epoch. Besides the chronostratigraphy, the idea would lead to re-analysis for the problems about the evaluating stages, dimensional distribution of sedimentary systems as well as the prediction of favorable facies belts for oil and gas.

**Key Words** glauconite huagong formation xihu depression