

# 应用六氯化苯测年法对厦门港现代沉积速率的测定\*

林敏基 李木荣 许永水

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

**提要** 岩芯柱样用静力岩芯采样器于1986年采自福建省厦门港一九龙江口海域。通过对这些岩芯柱样中六氯化苯(BHC)的垂直分布状况和生物扰动类型的分析,应用

$$S_R = \frac{D_{BHC} - D_{mix}}{Y}$$

的计算模式,获得了这些岩芯的现代沉积速率数据。将这些数据、方法与原理完全不同的<sup>210</sup>Pb放射性同位素测年法同岩芯测年数据比较,其结果在数据和数量级上有一定可比性。初步认为,再经进一步探索和改进,BHC测年法有可能应用于近岸河口港湾几十年来现代沉积速率的测定而与其它测年法互为补充。

**关键词** 现代沉积速率 六氯化苯测年法 厦门港

利用沉积物中的污染物作为化学示踪剂测定现代沉积速率,是近十几年来兴起的一种沉积物测年技术。它可以用来测定近几十年来沉积物的年龄。作者曾在“中美长江口联合调查”之中,试用六氯化苯(BHC)测年法研究测定长江口-东海大陆架海域的现代沉积速率(林敏基等,1983),所得测年结果与<sup>210</sup>Pb放射性同位素测年法有较好的可比性。本研究结合厦门港口沉积作用研究和港工建设的需要,选择厦门港为实验区,首次在我国近岸河口港湾进行该测年法实验。

## 1 原理与方法

**1.1 原理** 近岸河口港湾沉积物,大多由悬浮颗粒逐年堆积而成。BHC是脂溶性有机化合物。因其分子结构强烈的疏水性而易于被悬浮物质颗粒所吸附(Bidleman, et al., 1974),并随其沉积进入沉积物。随着表层新的沉积层的形成和加积,BHC作为一种污染物被沉积物埋藏并保存了下来。由于BHC:(1)在自然界中本来并不存在,只是人类在农业生产和卫生防疫方面的需要进行生产和使用,才进入环境的,其起始生产及使用的年代是已知的;(2)其分子结构比较稳定,在自然环境,特别在海洋沉积环境中不易降解和破坏,在海洋沉积环境中,其残留期大大超过40年(林敏基等,1990);(3)在BHC生产和使用的几十年中,它连续不断地输入海洋,并在沉积物中连续沉积和保存下来;(4)沉积物中痕量BHC的提取和分析方法比较成熟,已相当灵敏和较为简便而易行(林敏基等,1984)。因此,作为环境污染物的BHC,有可能成为一种化学示踪剂,来推算沉积物

\* 自选课题。

收稿日期:1989年12月25日;接受日期:1992年9月19日。

的现代沉积速率和年龄。

**1.2 方法** 由所取岩芯测定并绘制 BHC 在沉积物中垂直剖面分布图,根据 BHC 在岩芯中连续分布层段的厚度,扣除底栖生物扰动因素进行校正的方法,用下式计算近岸河口港湾沉积物的现代沉积速率 ( $S_R$ ):

$$S_R = \frac{D_{\text{BHC}} - D_{\text{mix}}}{Y} \quad (1)$$

式中,  $D_{\text{BHC}}$  为岩芯中含 BHC 连续层段的厚度 (cm);  $D_{\text{mix}}$  为 BHC 的混合迁移校正项;本文主要为不同类型生物扰动层厚度 (cm);  $Y$  为 BHC 起始使用至采样时间(a)。

BHC 的药效于 1941 年被发现 (Rhoads, 1978)。1944 年前后开始大量生产并应用于农业生产和卫生防疫活动之中。BHC 主要通过飘尘、气溶胶和蒸汽等形式进入大气,搬运非常迅速,一旦到了空气中,几个星期就可以环行全球。大气传输是 BHC 进入全球环境的主要形式,并能在较短时间里进入沉积物 (Aller, 1984)。大气、陆地水系及海流的搬运,使它成为全球性污染物。本文从 BHC 起始使用至采样时间以 42 年计,可能会出现少许滞后误差。

## 2 岩芯的采集、分析与数据处理

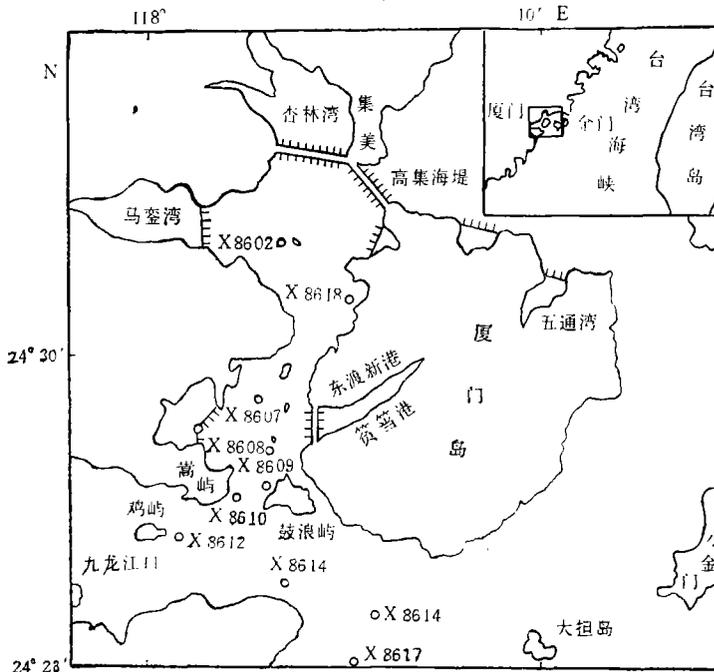


图 1 岩芯取样站位

Fig. 1 Stations of core sampling

BHC 测年法的关键技术之一,是必须获取不扰动岩芯。用通常的重力式或活塞式的岩芯采样器,不能满足这一要求。我们专门设计了 LDC1-1 型静力岩芯采样器<sup>1)</sup>,获取压

1) 吴家仁、林敏基、姚家寅(国家海洋局第三海洋研究所)设计研制,可采集不扰动岩芯最大长度为 2.6m。

缩形变极小、基本不扰动的、表层稀软浮泥基本不损失的沉积岩芯, 满足了 BHC 测年和  $^{210}\text{Pb}$  测年法对沉积岩芯的要求。该采样器可获取截面为  $16 \times 16\text{cm}^2$  不扰动沉积岩芯。

用该采样器, 于 1986 年 7 月 14—19 日在九龙江口—厦门港海域取岩芯柱样。这些岩芯主要取自潮流冲刷区外的粉砂质粘土堆积地段 (图 1)。

对采取的  $16 \times 16\text{cm}^2$  截面的沉积岩芯, 用直径 14cm 的有机玻璃管, 从岩芯中缓慢压入, 以分取不受玷污的岩芯子样。岩芯样用螺旋分样装置, 准确分取不同层段样品。样品迅速装入经净化处理的高压聚乙烯盒, 取回实验室小于  $60^\circ\text{C}$  烘干, 研磨过 80 目筛。

岩芯层段样品中痕量的 BHC, 以汽相法提取, 经纯化、浓缩、定容后, 用美国 PERKIN-ELMER 公司 SIGMA-I 型气相色谱仪 (配用  $^{63}\text{Ni}$  电子捕获检测器) 定量 (林敏基等, 1984)。

用 Latus-1, 2, 3 语言, 编制数据处理程序, 对分析测定所得的 BHC 色谱图数据进行计算机处理、绘图并制表。

用上述方法测得的厦门港区 10 组岩芯中的 BHC 含量, 其岩芯垂直剖面分布状况示于图 2。实验室中 BHC 实测偏差为 11%, 最低检出值为  $0.1 \times 10^{-9}$ 。

### 3 现代沉积速率的测定

近岸河口港湾沉积物, 其沉积结构一方面显示沉积物在过去一段历史形成过程中所产生的物理沉积结构, 同时也记录了很多底栖动物长时间活动过程所累积的生物结构。物理结构是指沉积物的物理运动过程, 包括悬移质和推移质的搬运和沉积、再悬浮和再沉积、侵蚀以及其它沉积过程。

生物结构是由于底栖生物在表层沉积物活动和觅食时, 产生生物扰动作用 (刘长泰, 1986; Benninger, 1979), 同时, 也可能产生如图 3 (林敏基等, 1983) 的摄食空穴 (f.p.)、沉积

纹理 (p)、暂时虫穴和杂斑洞穴 (b) 及有壁虫管 (t) (Pemberton, 1976) 等。在扰动层中, 底栖生物扰动作用不仅使新鲜海水和上层浮泥通过这些虫管和洞穴灌溉了表层以下的沉积物, 还使沉积物表层一定深度经生物扰动作用而部分混合 (Atlas, 1981; Chai

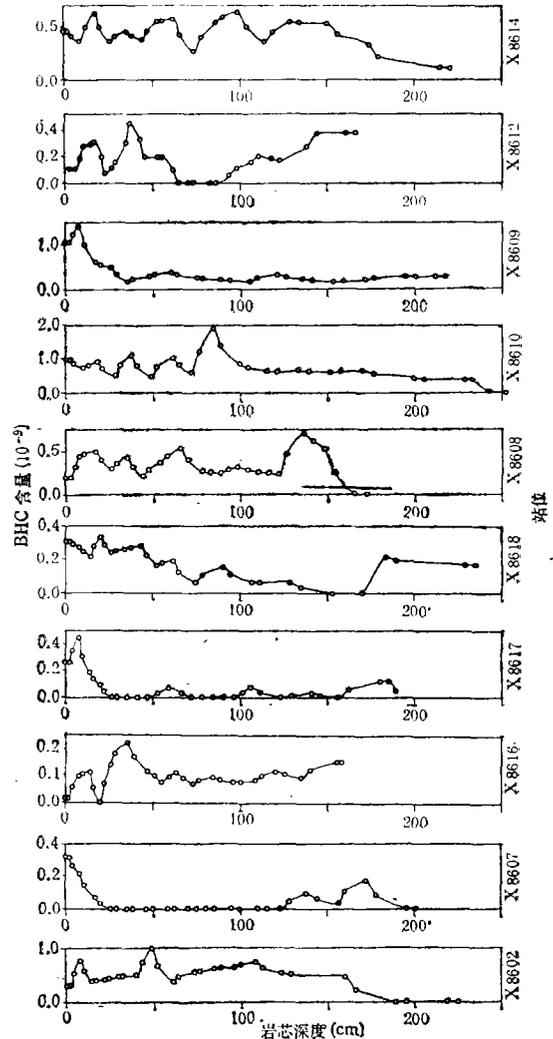


图 2 岩芯中 BHC 含量分布  
Fig. 2 Illustration for the spatial distribution of BHC in the cores

Won-wook, 1976) 使原来在表层沉积物的化学物质,包括 BHC 也沿这个扰动层向下迁移。因此,在用 BHC 作为化学示踪剂时,必须对生物扰动引起的迁移效果应进行校正。不同的物理-生物结构类型,产生的扰动层深度是不同的。国外学者对生物扰动的研究认为主要有如下类型 (Driscoll, 1975; Pemberton, et al., 1976; Rhoads, 1974; Rhoads, et al., 1983):

(1) 现代沉积速率大于 4cm/a 的高速物理扰动海底。其表层底栖生物难于生存,可不考虑底栖生物的扰动混合作用。

(2) 现代沉积速率在 1—4cm/a 之间的中等物理扰动海底。一般出现个体小、密度高的底栖生物种。其生物扰动层主要限于浅表层 3—5cm。

(3) 现代沉积速率小于 1cm/a 的慢沉积区。一般以大个体生物种占优势。生物扰动层平均深度可达 30cm。

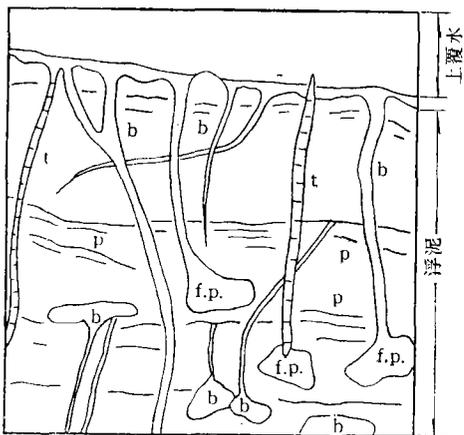


图 3 沉积物物理-生物结构

Fig. 3 Physics and organics structure of sediments on seafloor

本文即用上述类型扰动深度数据进行校正的(林敏基等,1983)。

根据上述 10 组岩芯中 BHC 连续分布层段的厚度,以 BHC 作为化学示踪剂,加上对不同类型底栖生物扰动作用进行校正的 BHC 测年法,用(1)式的计算模式,计算厦门港岩芯的现代沉积速率。表 1 列出了计算所需的数据和计算结果,同时列出了同岩芯测量的  $^{210}\text{Pb}$  测年法数据<sup>1)</sup>。

X8607, X8612, X8617, X8618 4 组岩芯中,到不含 BHC 的沉积层中,还断断续续地有 BHC 检出,表明本海域存在某些以沉积饵料为食,能进入更深层沉积物的大型底栖动物。在厦门港海域 1.4m 以下的沉积岩芯中,就曾采集到棘刺锚参(*Protankyra*

*bidentata*)<sup>2)</sup>, 且在加拿大 Canso 海峡沉积物中 2.5m 深处采集到锯额拟阿虾 (*Axius serratus*) (Moor, et al., 1957), 都是大型底栖生物深入深层沉积物的例证。这些大型底栖生物在含 BHC 沉积层中生活觅食时,体内富集了 BHC。当它们有时穿过不含 BHC 的沉积层而潜居更深时,将上层沉积物,或将自身的排泄物带到深层沉积物中,产生低含量的 BHC。这些 BHC 可以断断续续地检出。当这类大型底栖动物在这深层沉积物中死亡腐解时,释放出所含 BHC,甚至可能造成该层沉积物中 BHC 含量比表层还高。这种 BHC 的反常分布现象,在东海陆架区的岩芯中亦出现过(林敏基等,1983)。因此,在用 BHC 作为化学示踪剂估算现代沉积速率时,只能以上层沉积物 BHC 连续分布层段厚度计。

1) 曾义文等,1987,厦门港及进港航道现代沉积速率的调查报告。

2) 国家海洋局第三海洋研究所吴启权副研究员于 1985 年在海上采样记录。

表 1 用 BHC 测年法测得的现代沉积速率 (cm/a)

Tab. 1 Estimation of the recent sedimentation rate by BHC Dating

站号	连续含 BHC 沉积层段厚度 $D_{\text{BHC}}^{1)}$ (cm)	生物扰动混合作用类型深度 $D_{\text{mix}}(\text{cm})$	用 BHC 测年法测得的现代沉积速率 $S_R^{2)}$	用 $^{210}\text{Pb}$ 测年法测得的现代沉积速率 $S_R^{3)}$
X8602	193	0	4.6	7.8
X8607	23	30	<0.1	—
X8608	169	5	3.9	4.2
X8609	>237	0	>5.6	—
X8610	253	0	6.0	5.1
X8612	59	30	0.69	0.2
X8614	>240	0	>5.7	5.4
X8616	>177	0	>4.2	4.3
X8617	24.5	30	<0.1	0.3
X8618	170	5	3.9	9.8

1) 按岩芯现场采样深度; 2) 未作压缩校正; 3) 以柱样 20cm 深层段层位密度  $d_{20}$  作标准压缩状况进行校正。

#### 4 讨论

**4.1 BHC 测年法** 取自九龙江口—厦门港海域 10 组不扰动岩芯的 BHC 测年数据, 与  $^{210}\text{Pb}$  放射性同位素测年法相比, 有三组岩芯测年数据相差大些 (X8602, X8612, X8618), 但亦在同一量级范围。BHC 测年法与原理和方法完全不同的放射性同位素测年法数据, 尚有一定可比性。初步认为, 由于沉积条件较为复杂, BHC 测年法在近岸河口港湾区进入实际应用前, 还应做进一步的比测和研究工作。然而, 该测年法仍有可能成为近岸河口港湾现代沉积速率一种可互为参比的测年技术。在一些  $^{210}\text{Pb}$  测年法未能测出数据的某些站位, 只要岩芯足够长, BHC 测年法有可能获得测年数据。两种测年方法可互为补充。

**4.2 BHC 测年法的可比性** 曾试用 BHC 测年法在东海大陆架开阔海域进行沉积物测年(林敏基等, 1983), 其测年数据与  $^{210}\text{Pb}$  放射性同位素测年法有较好的可比性(表 2)。然而, 由表 1 数据比之, 在厦门港地区, 两种测年法可比性稍逊。这与近海河口港湾沉积物的物理扰动作用、生物扰动作用和人为因素(港工和海岸、海底工程等)诸因素的影响较开阔陆架海域远为复杂有关。

**4.3 某些改进** 在本文述及的 10 组岩芯中, 有三组 (X8609, X8614, X8616) 因沉积速率较快, 连续含 BHC 的层段一直分布到新取岩芯的最底部, 而未能测到不含 BHC

表 2 BHC 测年法在东海陆架区测得的现代沉积速率 (cm/a)

Tab. 2 The recent sedimentation rate of the East China Sea continental shelf by BHC Dating

站号	G8103	G8140	G8133	G8138
BHC 测年法	1.2	3.4	0.91	0.47
$^{210}\text{Pb}$ 测年法	1.0	5.4	0.58	0.55

的层段。可能的话,应加长岩芯取样器箱体的长度,以适应在近岸河口港湾区进行 BHC 测年的需要。

### 参 考 文 献

- 刘维昆,1984,厦门港海底地貌及其冲淤变化,台湾海峡,3(2): 179—188。
- 刘长泰,1986,厦门西港泥沙的来源,台湾海峡,5(1): 43—48。
- 林敏基等,1983,用 BHC 测年法研究东海大陆架的现代沉积速率与沉积作用,海洋学报,5(6): 719—727。
- 林敏基等,1984,海洋沉积物中痕量 BHC, DDT 的测定——汽相提取法及其机理,台湾海峡,3(2): 134—143。
- 林敏基等,1986,东海大陆架 BHC, DDT 的污染历史和沉积通量,海洋学报,8(4): 450—5。
- 林敏基等,1990,陆架沉积环境中 BHC, DDT 的残留时间,海洋环境保护,9(2): 88—90。
- Atlas, E., 1981, Global transport of organic pollutions: Ambient concentration in the remote marine atmosphere, *Science*, 221(4478): 163—165。
- Aller, R. C., 1982, Carbonate dissolution in nearshore terrigenous muds: the role of physical and biological reworking, *J. Geol.*, 90: 79—95。
- Benningor, L. K., 1979, Effects of biological sediment mixing on the  $^{210}\text{Pb}$  chronology and metal distribution in long island sound sediment core, *Earth Planet. Sci. Letters*, 43: 241—259。
- Bidleman, T. F. et al., 1974, Chlorinated hydrocarbons in the Sargasso Sea atmosphere and surface water, *Sci. Wash. D. C.*, 183: 516—578。
- Chai Won-wook et al., 1976, Association of chlorinated hydrocarbons with fine particles and humic substances in nearshore surficial sediments, *Environ. Sci. Technol.*, 10(8): 782—786。
- Driscoll, E. G., 1975, Sediment-animal-water interaction, Buzzards Bay, Massachusetts, *J. Mar. Res.*, 33: 275—302。
- Moor, D. C. et al., 1957, Minor internal structures of some recent unconsolidated sediments, *Bull. America Assoc. Petrol. Geol.*, 41: 2713—2751。
- Pemberton, G. S. et al., 1976, Supershrimp: Deep bioturbation in the strait of conso, Nova Scotia, *Science*, 192: 790—791。
- Rhoads, D. C., 1974, Organism-sediment relations on the muddy seafloor, *Oceanogr. Mar. Biol. Am. Rev.*, 12: 260—300。
- Rhoads, D. C., 1978, Disturbance and production on the estuarine seafloor, *Amer. Sci.*, 66: 577—586。

## ESTIMATION OF THE RECENT SEDIMENTATION RATE OF XIAMEN HARBOR BY BHC DATING

Lin Minji Li Murong Xu Yongshui  
(Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005)

### ABSTRACT

BHC is an environmental pollutant produced during agricultural production, sanitation and epidemic prevention. BHC features relatively stable molecular structure, high ability against degradation and destruction. Therefore, it can be used as a useful chemical tracer to measure the recent sedimentation rate in ocean and lake. This paper described the first study of recent sediment dating carried out with BHC Dating in coast from Xiamen Harbor to estuary of Jiulong River in Fujian Province in 1986 by analysis of ten sets of undisturbed sediment cores of relevant sea areas and comparison of data obtained for same cores with  $^{210}\text{Pb}$  radioisotopic dating, which is completely different in principle and procedures. The results show that these two dating methods are comparable to certain extent. It is tentatively concluded that BHC Dating, after improved with further study, could be applicable for determination of recent sedimentation rate in recent several decades for coastal estuaries and harbors. Dating results for this type of sea areas with this method are also discussed in this paper.

**Key words** Recent sedimentation rate BHC dating Xiamen Harbor