

文章编号: 1004-7271(2002)03-0230-07

^{110m}Ag 在西大亚湾海域若干 环境行为的初步探讨

唐文乔^{1,2}, 班莹², 谢运棉², 夏益华²

(1. 上海水产大学鱼类研究室, 上海 200090 2. 中国原子能科学研究院保健物理部, 北京 102413)

摘要: ^{110m}Ag 被认为是大亚湾核电站放射性流出物中对环境影响最大的关键核素, 而对 ^{110m}Ag 的有效监测和危害评价都依赖于对其环境行为的了解。通过测定大亚湾水体、沉积物和部分生物体的 ^{110m}Ag 含量, 分析了 ^{110m}Ag 进入西大亚湾海域的大致过程、存在形式、水平分布和在各类生物体中的浓集系数。文章认为双壳类和腹足类软体动物是对 ^{110m}Ag 长期环境监测的合适指示生物, 马尾藻类则可作为春季补充监测的对象。

关键词: ^{110m}Ag ; 环境行为; 大亚湾

中图分类号: S912 文献标识码: A

Primary study on some environmental behaviors of ^{110m}Ag in the West Daya Bay

TANG Wen-qiao^{1,2}, BAN Ying², XIE Yun-mian², XIA Yi-hua²

(1. Department of Ichthyology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Department of Health Physics, China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)

Abstract: ^{110m}Ag released from normal operation of the Daya Bay nuclear power plant had been assessed the critical radionuclide to the environment. Availability monitoring and assessment of environmental impacts depend upon comprehension of the environmental behaviors. The ^{110m}Ag contents in various environmental media involving seawater, sediment, and some marine organisms are measured in the West Daya Bay. Some environmental behaviors of ^{110m}Ag in the bay are discussed primarily. The result of screening biological indicator shows that the bivalvia and gastropod are probably appropriate objective for ^{110m}Ag environmental monitoring in the Bay. Sargassum is also available indicator in spring.

Key words: ^{110m}Ag contents; environmental behavior; Daya Bay

大亚湾核电站是我国第一座大型商用核电站。核电虽已被证明是安全、清洁的能源, 对环境所致的附加辐射剂量率也被证明是不会对海洋生物造成辐射危害^[1]。但因该电站紧邻人口密集、经济繁荣的香港和深圳市, 而大亚湾海域又是养殖业发达的省级水产资源保护区, 其环境问题自然倍受业主和公众的关注。工程环评报告认为^[2], ^{110m}Ag 是该电站放射性流出物中对环境影响最大的关键核素。

Ag 有多种同位素, 除了稳态的 ^{109}Ag , 还有 ^{105}Ag 、 ^{108}Ag 、 ^{110m}Ag 和 ^{111}Ag 等放射性同位素。 ^{110m}Ag 主要

收稿日期: 2002-06-17

基金项目: 承大亚湾核电站和核工业 1997 年度基金资助。

作者简介: 唐文乔 (1964-) 男, 浙江慈溪人, 博士, 从事鱼类学和水环境评价等的教学和研究。

通讯作者: 班莹 (1954-) 女, 高级工程师, 从事辐射环境监测与评价研究。

由 ^{109}Ag 通过(n, γ)反应产生,其半衰期为249.85d,能发射4种 β 粒子、8种电子束和31种 γ 射线^[3]。 Ag 同位素间的核特征参数各有差异,但化学性质却都相同。对 ^{110m}Ag 的有效监测和危害评价都基于对其环境行为的了解。

^{109}Ag 虽广泛存在于自然界且易被水生生物吸收^[4],但因其在水体中的含量甚微而长期未被重视。上世纪60年代初的大规模核爆试验之后,在北太平洋海域的乌贼(*Stenoteuthis bortrani*)和贻贝(*Mytilus agripeta*)中普遍监测到 ^{110m}Ag 的存在^[5]稍后在某些核反应堆液态流出物中也发现了 ^{110m}Ag ^[6],才对其环境行为有所重视。唐文乔等^[7]曾对 Ag 在水生态系统中的行为作过评述,并对 ^{110m}Ag 对海洋生物所致的辐射剂量率作过估算。

1 大亚湾自然环境概况

1.1 地理、地貌和水文特征

大亚湾位于广东东部沿岸,约跨东经 $114^{\circ}30'$ ~ $114^{\circ}50'$ 、北纬 $22^{\circ}30'$ ~ $22^{\circ}50'$,面积约 600km^2 。湾内分布有中央列岛、大辣甲岛等岛屿50余个,而将大辣甲岛以西,面积约 110km^2 的水域称为西大亚湾。大亚湾核电站即位于西大亚湾的东北岸^[8-10](图1)。

大亚湾的潮间带较窄,一般仅有几十到几百米。海底地形平坦,5m等深线逼近海岸,绝大部分海深在5~15m间。海底沉积物以粘土质粉砂和粉砂质粘土为主,厚约20~30m,年均沉积量约1cm。

大亚湾的潮汐为不正规半日混合潮,最大潮差2.0~2.5m,年均潮差约1m。平均涨落潮为7.3h和5.1h。最大流速约 100cm/s ,大鹏澳的流速仅 10cm/s 左右。

夏季海水分层,半交换期20~33d。表层年均水温 $22.5\sim 23.5^{\circ}\text{C}$ 。表层盐度 $30.00\sim 33.71$ 。悬浮物含量仅 $5.3\sim 20.2\text{mg/L}$,全湾平均为 11.0mg/L 。

1.2 海洋生物资源

已记录浮游植物200余种,其中硅藻132种,甲藻28种。月均细胞数 6.3×10^4 个/L,其中硅藻约占99.0%。浮游动物307种,以挠足类(118种)和水螅水母类(81种)为优势种,年均密度6.23个/L。

底栖动物473种,以软体动物(125种)和甲壳动物(100种)为优势种。年均总生物量 123.55g/m^2 ,总密度585个/ m^2 ,其中软体动物有 70.1g/m^2 和327个/ m^2 。

鱼类304种,优势种为鲈形目(188种)和鲱形目(27种),其中底层鱼类107种,中下层和中上层鱼类有100种和78种,岩礁鱼类仅19种,而渔获量的65%以上来自中上层鱼类。

2 样品的采集、处理和测量方法

2.1 采样点的选择

受条件限制,仅选择离冷却水排放口西南约5km的东山海域以及排放口附近及其西侧2km范围内的材料码头、直升机场和专家村等地的近岸作为采样点(图1)。所有样品都采自1997年4月16-24

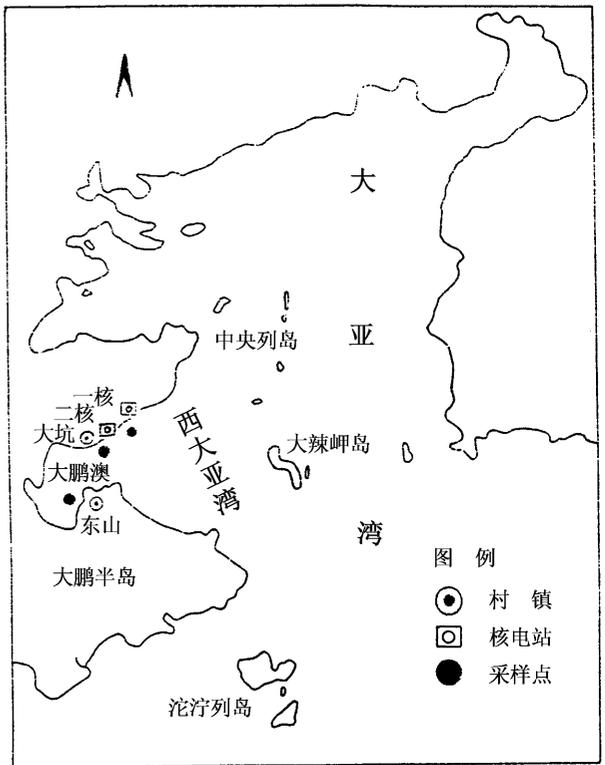


图1 大亚湾及采样点位置示意图

Fig.1 Sketch map of Daya Bay and sampling sites

日。

2.2 水样的采集、处理和测量

水样采自水面下 20cm 左右的表层,用 20L 聚乙烯塑料桶采集和盛装。 ^{110m}Ag 的浓集用自建的方法^[11]。该法的放化回收率为 $(81.4 \pm 2.3)\%$,化学回收率为 $(93.4 \pm 1.8)\%$,探测限 $1.06 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$ 。

样品放射性浓度由下式计算: $A = \frac{N}{\eta \cdot y \cdot v \cdot e^{-\lambda t}} (\text{Bq/L})$

式中: $N - ^{110m}\text{Ag}$ 在 658keV 能量峰的净积分面积 (S^{-1});

η - 探测效率;

y - 化学回收率($\%$);

v - 水样体积(L);

$e^{-\lambda t}$ - ^{110m}Ag 的衰变修正因子;

λ - ^{110m}Ag 的衰变常数 ($4 \times 10^{-3} \text{d}^{-1}$);

t - 从采样到测定的时间间隔(d)。

2.3 固体样的采集、处理和测量

2.3.1 沉积物的采集和处理

潮间带沉积物用铁锹取自中潮区,潮下带沉积物用面积 0.06m^2 的彼得生采泥器采集,采样厚度均约 10cm 。

样品盛装在干净的聚乙烯塑料桶内,去除碎石、贝壳和动植物等异物后均匀混合,装入白瓷盘内置于 110°C 的烘箱内烘干;按四分法取约 500g 样,研磨,过 100 目分子筛。取 $150 - 200 \text{g}$ 装入 γ 谱测量盒,在低本底高纯锗 γ 谱仪上测量。

2.3.2 生物样品的采集和处理

海带(Kelp)和马尾藻(Sargassum)从岸边的漂浮物中分检,周丛生物(Periphyton)和螺类(Snail)采自高潮面砾石,鱼虾样购自东山附近作业的渔船。

将生物样品表面水分凉干后称鲜重,螺类则煮熟挑肉后称肉重;置于瓷盘内在 110°C 烘箱内烘干,冷却至室温后称干重;捣碎后装入瓷坩埚内,置电炉上炭化至不冒烟;再移入 450°C 的马福炉内灰化至灰白色。冷却至室温后研磨,过 100 目分子筛后装入 γ 谱测量盒内,置低本底高纯锗 γ 谱仪上测量。在马福炉灰化的 ^{110m}Ag 损失率不大于 5% ^[12]。

2.3.3 固体样品测量方法的建立

将已知活度的 ^{110m}Ag 浓液充分拌入经 100 目分子筛分选后的鳊鱼(Lota lota)全鱼灰和湖底沉积物干样中,烘干后经均匀度检验,装入测量盒中置高纯锗 γ 谱仪中测量,以刻度所用仪器对不同质量厚度样品的探测效率(表 2)。

表 2 仪器对不同质量厚度鱼灰和沉积物的探测效率

Tab.2 Detection efficiency of the purified Ge γ -spectrum detector to various mass thickness of fish ash and dry sediment

鱼灰的质量厚度(g/cm^2)	探测效率($\%$)	沉积物的质量厚度(g/cm^2)	探测效率($\%$)
0.614	1.64	0.660	1.64
0.957	1.49	1.175	1.52
1.425	1.42	1.677	1.53
2.149	1.22	2.577	1.24
2.635	1.16	3.353	1.14
3.223	1.07		

经回归分析,获得图 2 所示的质量厚度 - 效率回归方程和曲线。这样,样品中 ^{110m}Ag 的含量可由下式计算

$$A = \frac{N}{\eta \cdot W \cdot e^{-\lambda t}} \text{ (Bg/kg)}$$

式中：N - 净计数率 (CPS)；
 η - 探测效率，可从图 2 中查得；
 W - 样品鲜重 (kg)

3 测量结果

3.1 海水^{110m}Ag 含量

海水样品中^{110m}Ag 的测量结果见表 3。

可见，除了冷却水排放渠，只有在排放口外侧的局部海区能监测到^{110m}Ag 的存在，其他海区的含量难于用本方法监测。

表 3 海水样中的^{110m}Ag 浓度

Tab.3 Concentrations of ^{110m}Ag in marine water samples

采样点	排水渠内	排放口外侧	材料码头	东山
浓度 (Bq/L)	1.28×10^{-3}	4.95×10^{-4}	< Lc*	< Lc

* 方法探测限 Lc 为 1.06×10^{-4} Bq/L

3.2 沉积物^{110m}Ag 含量

一般认为，沉积物的粒度越小，对放射性核素的吸附能力越大。但在西大亚湾的潮间带，缺乏可采集的泥沙样。从东山采得的沉积物含量见表 4。

表 4 沉积物中的^{110m}Ag 浓度

Tab.4 Contents of ^{110m}Ag in sediment samples

采样点	东山潮间带	东山潮下带
含量 (Bq/kg)	8.95×10^{-2} ($8.63 \times 10^{-2} - 9.27 \times 10^{-2}$)	5.43×10^{-1}

可见，在潮间带沉积物中^{110m}Ag 的含量要明显小于在潮下带沉积物中的含量。

3.3 生物体^{110m}Ag 含量

各监测点生物体中的^{110m}Ag 含量列于表 5。

表 5 西大亚湾生物体中的^{110m}Ag 含量 (Bq/kg)

Tab.5 Contents of ^{110m}Ag in various marine organisms in the West Daya Bay

类群	直升机场	专家村	东山
马尾藻	$7.23 \times 10^{-1}, 5.97 \times 10^{-1}, 2.36$	3.11, 3.24	2.99×10^{-1}
海带	4.55	2.29	2.09×10^{-1}
周丛生物	4.16×10^{-1}	—	—
螺肉	5.44×10	—	—
整虾	—	—	4.07
虾皮	—	—	3.05
虾仁	—	—	9.94×10^{-1}
鲮	—	—	3.29×10^{-2}
夹竹鱼	—	—	< Lc*

* : Lc = 6.86×10^{-3} Bq/kg (wet)

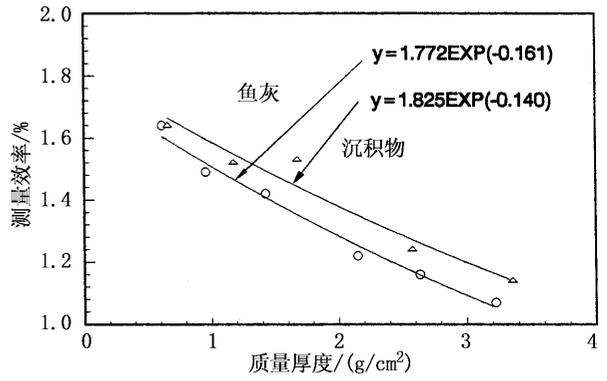


图 2 鱼灰和沉积物质量厚度 - 效率回归曲线

Fig.2 Mass thickness-detection efficiency regression curves of fish ash and dry sediment

可见,在机场和专家村的生物中,以螺肉内的 ^{110m}Ag 含量最高,其次为海带和马尾藻,周丛生物体内的含量最低,它们之间各相差约 1 个数量级。东山的生物样品中,以虾体内的含量最高,马尾藻和海带次之,定居性的鲮(*Platycephalus indicus*)体内再次之,这三者间的含量也各相差约 1 个量级。洄游性的夹竹鱼(*Trachurus japonicus*)含量很低,在本探测限以下。机场的马尾藻样品中,有 2 个明显偏低,可能是从较远的海区漂来的。

4 ^{110m}Ag 在西大亚湾海域若干环境行为的初步探讨

4.1 ^{110m}Ag 进入西大亚湾海域的过程和存在形式

^{110m}Ag 主要是反应堆控制棒中子吸收材料中 ^{109}Ag 活化后的产物,也是压力容器和 RCV 热交换器某些密封圈中的腐蚀活化产物。含 ^{110m}Ag 废液经贮存后通过冷却水集中排放。

大亚湾核电站的冷却水是氯化海水, ^{110m}Ag 在冷却水排放渠中可能主要以溶解态的 Ag^+ 、 AgCl 和 AgCl_2 等形态存在^[7]。在排水渠中流淌约 15min 后进入海湾,随海流稀释而扩散。其中的大部分在扩散过程中可能迅速被悬浮物和浮游生物等固体物所吸附而呈“颗粒态”,部分可能被水体中的腐殖质等胶体物质络合而呈“溶解态”,还有一些可能被海底沉积物吸附而积存在海底,而游离在水中的量可能已很稀少^[7]。 ^{110m}Ag 在被非生命物质吸附的同时也有被解吸的倾向,这种吸附和解吸过程在稳态系统中只要几小时即达平衡^[7]。

大亚湾悬浮物以砂质粘土和粘土质粉砂为主^[8]。粘土矿物对 ^{110m}Ag 的吸附,可能是颗粒表面的羟基氢与 ^{110m}Ag 发生离子交换,或者通过形成羟基配合物而被微粒吸附的^[5]。

一般认为,浮游植物对溶解态 ^{110m}Ag 的吸收可能仅是细胞壁表面的一种简单而迅速的络合而非真正的生物摄取。大型藻类能较迅速地将溶解态 ^{110m}Ag 吸附在细胞壁的胶质中。无脊椎动物既可以吸收海水中的“溶解态” ^{110m}Ag ,也可以通过滤食等途径摄取“颗粒态” ^{110m}Ag 。鱼类则主要是经鳃吸收水中的溶解态 ^{110m}Ag ,通过食物途径摄取的仅占小部分。各类生物对 ^{110m}Ag 的吸收较为迅速,而排泄却甚缓慢^[7]。

在生物排泄物和遗骸中结合的 ^{110m}Ag ,常会随同悬浮物缓慢地一并沉降海底,致使沉积物表层常具有较高的含量。但大亚湾年沉积量仅约 1cm, ^{110m}Ag 的半衰期也只有 250 天。尽管下层沉积物可以通过间隙水通道直接吸收上覆水中的 ^{110m}Ag ,但因上层沉积物对 ^{110m}Ag 的吸附远未饱和,因此通过间隙水直接吸收上覆水中的量估计是很有限的。也就是说,即使核电站运行多年后,较高含量的 ^{110m}Ag 沉积物也仅局限在表层,而自上至下可能呈指数形式下降。

研究表明, ^{110m}Ag 在近海较 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 和 ^{65}Zn 易于扩散,但比 ^{137}Cs 易沉积^[5]。

4.2 西大亚湾海域各类生物的浓集系数

有限的测量数据表明,水中 ^{110m}Ag 的浓度是很低的。虽然所监测的水样都没有滤去悬浮物,但除了排放渠中的流出物和排放口附近的海水,其他海域的含量都在本方法探测限($1.06 \times 10^{-4} \text{ Bq/L}$)以下。

生长于低潮线附近的马尾藻和海带等大型海藻具有相近且较高的含量,它们在电站西侧海区的含量要比东山海区的高约 1 个量级。

固着于机场高潮线下方的周丛生物所含的 ^{110m}Ag 比同一地区的大型藻类小约 1 个量级,但以周丛生物为食的螺类却要比马尾藻大 1 个量级,它们可能主要集中于内脏^[7]。

以浮游动物和有机碎屑等为主要食物的虾类所含的 ^{110m}Ag 也比同一地点的大型藻类大 1 个多量级,但 ^{110m}Ag 主要集中在头部,虾仁中含量较低(见表 5)。

鱼类的含量是所有生物类群中最低的,定居性的鲮体内含量比马尾藻要小 1 个量级,洄游性的竹夹鱼含量则难于监测。这除了鱼类不易吸收食物中的 ^{110m}Ag 以外^[7],还可能由于冷却水造成的温差和残余氯羽流的影响,使许多鱼类趋避而远离 ^{110m}Ag 含量较高的海域。另外,季节性洄游鱼类如竹夹鱼

等由于在湾外生活时的排泄而使体内含量降低。鱼体内的 ^{110m}Ag 绝大多数都积存在肝脏和消化道中，在肌肉中的含量仅占总量的 10% 左右^[7]。

浓集因子可表示该生物体对核素的浓缩能力，是环境评价和监测用指示生物筛选的重要指标。但核素在受体水中的浓度通常很低，“绝对”的浓集因子一般难于直接测得。如果以 IAEA^[13] 推荐的大型藻浓集系数作为基准，那么根据上述测量数据，可得到大亚湾各类生物的浓集系数（见表 6）。

表 6 以马尾藻为基准推断的西大亚湾各类生物的浓集系数

Tab.6 Estimated concentration factors of various organisms based on CF of Sargassum in West Daya Bay

	马尾藻	周丛生物	海带	螺类	虾类	定居鱼类 (鲷)	洄游鱼类 (竹夹鱼)
实测推断值	2.0×10^3	3.5×10^2	1.4×10^3	1.6×10^4	2.7×10^4	2.2×10^2	$< 4.6 \times 10$
IAEA 推荐值	2.0×10^3	—	2.0×10^3	10^4	5.0×10^3	5.0×10^2	$< 4.6 \times 10$

可见，除了洄游性鱼类，其他生物的推断值与 IAEA 推荐值间的最大差异也仅 5.4 倍，两者基本吻合，而以螺类和虾类对 ^{110m}Ag 的浓集能力最高。

4.3 西大亚湾海域 ^{110m}Ag 的水平分布

已有调查证实，大型藻类易于吸收水中的溶解态 ^{110m}Ag ，且其体内含量与水体含量呈正相关^[7]。故根据藻体内含量，可以大致推知其在水体中的浓度。

前已指出，核电站西侧的机场和专家村附近的马尾藻和海带中的 ^{110m}Ag 含量，要比在东山的高约 1 个量级。可见，核电站附近水体中的 ^{110m}Ag 含量可能也要比在东山的高约 1 个量级。

如果用马尾藻的浓集系数 (2×10^3) 反推，那么大鹏澳西北部海水中溶解态 ^{110m}Ag 的浓度约为 $2.18 \times 10^{-3} \text{ Bg/L}$ ，西大亚湾其他海区约为 $3.14 \times 10^{-4} \text{ Bg/L}$ 。前者与实测的冷却水浓度接近，后者则为排放口外侧海水浓度的 48%。

4.4 ^{110m}Ag 环境监测指示物的初步筛选

前已指出，除了排放口附近的局部水域，在其他海区的水样中 ^{110m}Ag 的浓度都很低，难于直接监测。沉积物虽然对 ^{110m}Ag 具有较高的浓集能力，但大亚湾年沉积量仅 1cm 左右，难于采得可以反映某一时段水体浓度的足够表层样品。而低水平放射性也不会对生物的遗传、生理、行为和形态等产生可察觉影响，即不能从辐射的生物效应去监测 ^{110m}Ag 。因此只能通过合适的指示生物才能实施有效的环境检测。

辐射监测用指示生物的选择标准一般可归纳为 7 条^[4-7]：(1) 应是该地定居性种类；(2) 应是监测区域分布广泛的种类；(3) 应是生命周期较长且周年都应活动的种类；(4) 应有适当大小和数量，以便有足够的样品供分析的种类；(5) 易于采集且生命力较强，以便能在实验室培养下分析和实验的种类；(6) 应有较高的浓缩系数，以便不必作高度浓缩即可分析的种类；(7) 体内污物含量应与环境含量具有简单相关性的种类。

鱼类对 ^{110m}Ag 的浓集率较低，对排放口的余氯等具有灵敏的趋避反应，其较大的活动范围也难于精确反映监测海区的污染状况，故不是合适的指示生物。

虾类对 ^{110m}Ag 具有很高的浓集能力。但虾类具有阶段性的蜕皮现象，其体内 ^{110m}Ag 含量也具有阶段性的波动现象，也不宜作为指示生物。

马尾藻能较迅速地吸附水体中的溶解态 ^{110m}Ag ，其含量与周围水体含量也有较好的直线相关性。马尾藻在大亚湾有 18 种，其中 5 个优势种在潮间带 0.8m 往下至 5m 水深都有广泛分布，其覆盖率达 70% 以上^[9]，采样容易，也能实验培养。因此，可以作为大亚湾 ^{110m}Ag 监测的指示生物。但马尾藻在大亚湾的生长具有季节性，一般从 11 月底开始萌发，1-4 月为旺盛生长期，至 5 月初即枯萎、腐烂，在该海域的生命周期仅约半年。因此，只能作为上半年监测的对象。

双壳类和腹足类在大亚湾的种类超过 120 种,其中的许多种类在潮间带分布广泛,终年出现,生物量丰富,浓集能力也强于大型藻类,具备作为指示生物的多个必备条件。因此,双壳类和腹足类是大亚湾海域 ^{110m}Ag 长期监测的合适对象,采样频率以每季一次为宜。马尾藻类则可作为电厂春季换料检修期间的补充监测对象。

承潘自强院士指导,大亚湾核电站张东果高级工程师协助采样,甘霖高级工程师协助测定,特此致谢。

参考文献:

- [1] 唐文乔,潘自强,夏益华,等.核电站放射性流出物对大亚湾海洋生物所致的辐射剂量率[J].科学通报,1999,44(17):1846-1851.
- [2] 广东核电合营有限公司.广东核电站环境影响评价报告(装料阶段Ⅰ)[R].深圳,1993.
- [3] Shleien B. The Health Physics and Radiological Health Handbook (Revised Edition) [M]. Scinta, Inc. Silver Spring, 1992.
- [4] Bruland K W. Trace elements in sea-water [A]. Chemical Oceanography [C]. 2nd edn. London: Academic Press, 1987, 157-220.
- [5] Folsom T R, Young D R. Silver-110m and cobalt-60 in oceanic and coastal organisms [J]. Nature, 1965, 206(4986): 803-806.
- [6] Preston A, Dutton J W R, Harvey B R. Detection, Estimation and radiological significance of silver-110m in Oysters in the Irish Sea and the Blackwater Estuary [J]. Nature, 1968, 218: 689-690.
- [7] 唐文乔,夏益华,谢运棉,等.银在水生态系统中的行为评述.辐射防护通讯[J],1997,17(5):7-17.
- [8] 徐恭昭.大亚湾环境与资源[M].合肥:安徽科学技术出版社,1989.
- [9] 国家海洋局第三海洋研究所.大亚湾海洋生态文集(Ⅰ)[C].北京:海洋出版社,1989.
- [10] 国家海洋局第三海洋研究所.大亚湾海洋生态文集(Ⅱ)[C].北京:海洋出版社,1990.
- [11] 班莹,谢运棉,唐文乔,等.大体积环境水样中 ^{110m}Ag 的浓集方法研究[R].北京:中国原子能科学研究院,1997.
- [12] 谢运棉,班莹,唐文乔,等.海洋生物中 ^{110m}Ag 灰化回收率测定[R].北京:中国原子能科学研究院,1997.
- [13] IAEA. Sediment Kds and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment [R]. Vienna: Tech Rep series No. 247, 1985.

下期文章摘要

西北太平洋柔鱼种群的灰色聚类

陈新军, 田思泉, 叶旭昌

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

摘要: 根据沪渔公司鱿钓船于 1999 年 10-11 月在西北太平洋 165°E 以西海域随机采集的柔鱼样本, 测定其胴长、鳍长、鳍宽、眼径、右 1 腕长、右 2 腕长、右 3 腕长、右 4 腕长和右触腕穗长 9 个形态特征指标值。利用灰色系统理论中的变权聚类分析方法, 对柔鱼种群结构进行初步划分。研究表明, 在西北太平洋海域, 柔鱼存在着两个明显的独立种群, 其形态特征值有较大的差异。

关键词: 柔鱼, 结构种群, 灰色聚类, 形态特征, 西北太平洋

新鲜番茄主动气调包装

雷桥, 徐文达

(上海水产大学食品学院, 上海 200090)

摘要: 通过研究在低温、低氧条件下番茄的呼吸速率、塑料薄膜透气率等, 采用动态平衡模型方程, 提供了一套番茄主动气调包装的设计方案, 有助于解决一些实际问题, 如包装量的确定、包装材料及尺寸的选择等。

关键词: 主动气调包装, 呼吸速率, 薄膜透气率, 包装量