杭州湾海域常见生物体内有机物及重金属含量研究

魏天飞

（自然资源部宁波海洋中心　宁波　315000）

摘要：舟山渔场作为中国最大的渔场，其出产的海产品在全国的海鲜市场占有举足轻重的位置。文章选取数种舟山海域常见海产品为研究对象，对其体内的重金属、有机物含量在专业实验室进行检测，并对检测结果进行对比分析；以此为例简要阐述舟山海域常见海产品体内的重金属、有机物含量，并对这些海产品进行简单的食品安全性评价，为海产品食品安全专业研究人员提供一些数据参考。

关键词：海产品；重金属；有机物；含量；比对

中图分类号：P734；P76；F326.4　**文献标志码**：A　**文章编号**：1005－9857(2023)04－0053－08

The Contents of Organic Matter and Heavy Metals in Common Organisms in Hangzhou Bay

WEI Tianfei

(Ningbo Oceanographic Center, MNR, Ningbo 315000, China)

Abstract: As the largest fishing ground in China, the seafood produced by Zhoushan Fish Farm occupies a pivotal position in the seafood market of the whole country. This paper selected several kinds of common seafood in Zhoushan sea area as the research object, and tested the heavy metal and organic matter content in their bodies in a professional laboratory, and compared and analyzed the test results. The content of heavy metals and organic substances in common seafood, and a simple food safety evaluation of these seafoods was carried out to provide some data reference for professional researchers on seafood food safety.

Keywords: Seafood, Heavy metals, Organic matter, Content, Comparison

0　引言

杭州湾作为东海海域最大的港湾，具有优越的地理位置，从古至今都是渔业发展的重要地区[1]。因海湾被陆地所包围，陆地上产生的大量营养物质随陆域支流进入海湾[2]，成为各种海洋生物的食物和营养来源，使港湾成为海洋生物栖息的理想场所，我国最大的渔场“舟山渔场”即位于此处。

舟山渔场的海产品在我国渔业生产中占有重要位置。海产品在人类饮食中有着不可替代的地位，但人们对于经常食用的海产品中重金属及有机物含量的认识几乎为零[3]，在选择食物时基本不会考虑在大吃大喝的饮食习惯下是否会产生一些累

收稿日期：2022-09-15；**修订日期**：2023-03-07

作者简介：魏天飞，工程师，研究方向为渔业技术推广

积性问题。

本研究以此为契机，利用现有数据资料，对舟山渔场所在地杭州湾海域内常见海产品的重金属和有机物含量进行分析研究[4]，评价其食品安全性，为健康饮食提供参考，并为更深入研究海产品食品安全性提供数据资料。

1 材料和方法

1.1 样品来源和规范性

本研究的研究对象包括鱼类（海鳗、鲅鱼、窄体舌鳎、龙头鱼、鲈鱼、虾虎鱼、鲛鱼、凤鲚）、甲壳类（安氏白虾）、软体类（泥螺）、贝类（文蛤、毛蚶、缢蛏、青蛤、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔、贻贝）。研究指标包括有机物（石油烃）和重金属（汞、砷、铜、锌、镉、铅）[5]。样品获取时间为 2021 年 12 月 6 日和 2022 年4 月 15 日，均为舟山某码头采购所获。

样品分析均按《海洋监测规范 第 6 部分：生物体分析》（GB 17378.6－2007）[6]和《海洋监测技术规程 第 3 部分：生物体》（HY/T 147.3－2013）进行。数据分析人员均持证上岗[7－8]，监测仪器设备均通过计量部门的认可，满足国家相关计量管理规定的要求。

1.2 食品安全性评价

1.2.1 无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准[9－10]

石油烃、砷、铅、镉、铜评价标准采用无公害食品水产品中有毒有害物质限量（NY 5073－2006）进行评价，汞、铅评价标准采用无公害食品水产品中有毒有害物质限量（NY 5073－2001）进行评价。

评价方法为单因子污染指数法，计算公式为：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{io}}$$

式中：P_i 为单项污染指数；C_i 为实测浓度；C_{io} 为限量标准值。

$P_i < 1$ 为安全，$1 \leqslant P_i < 2$ 为轻度污染，$2 \leqslant P_i < 3$ 为中度污染，$P_i \geqslant 3$ 为重度污染。

1.2.2 海洋生物质量标准

海洋贝类（双壳类）生物体内污染物质含量的评价标准采用《海洋生物质量》（GB 18421－2001）中的第一类标准，鱼类、甲壳类、软体类生物体内污染物质含量的评价标准采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》。

评价方法同样为单因子污染指数法。$P_i \leqslant 1$ 为符合海洋生物质量标准限量值，$P_i > 1$ 为超出海洋生物质量标准限量值。

2 结果与分析

2.1 有机物（石油烃）

4 类海产品的有机物（石油烃）含量及其与相关标准的对比如表 1 和图 1 所示。

表 1 4 类海产品的有机物（石油烃）含量平均值

Table 1 Average contents of organic matter (oil) in four types of marine products

$\times 10^{-6}$

物种		石油烃含量
鱼类	海鳗	14.9
	鲅鱼	13.2
	窄体舌鳎	10.4
	龙头鱼	14.0
	鲈鱼	13.8
	虾虎鱼	14.7
	鲛鱼	13.9
	凤鲚	11.3
甲壳类	安氏白虾	12.8
软体类	泥螺	14.0
贝类	文蛤	14.3
	毛蚶	14.4
	缢蛏	13.1
	青蛤	18.0
	四角蛤蜊	13.8
	菲律宾蛤仔	13.3
	贻贝	14.0

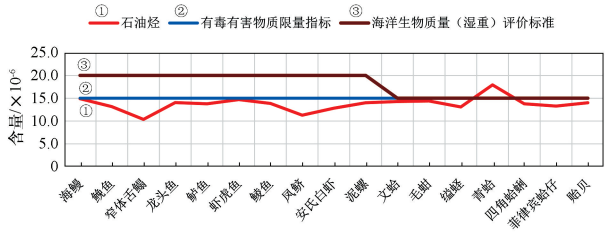

图 1 4 类海产品的有机物（石油烃）含量与相关标准对比

Fig.1 Comparison between the content of organic matter (oil) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的有机物(石油烃)含量平均值由低到高依次为窄体舌鳎、凤鲚、安氏白虾、缢蛏、鮸鱼、菲律宾蛤仔、鲈鱼(四角蛤蜊)、鲮鱼、泥螺(贻贝、龙头鱼)、文蛤、毛蚶、虾虎鱼、海鳗、青蛤。除贝类(青蛤)外,其他海产品有机物(石油烃)含量均较小,且差距不大。通过标准比对,在无公害食品水产品中有毒有害物质限量评价标准中贝类(青蛤)超过限量值,属于轻度污染;在海洋生物质量评价标准中贝类(青蛤)超过海洋生物质量标准限量值,其他贝类、鱼类、甲壳类、软体类均符合海洋生物质量标准限量值。

2.2　重金属(汞、砷、铜、锌、镉、铅)

2.2.1　重金属(汞)

4 类海产品的重金属(汞)含量及其与相关标准的对比如表 2 和图 2 所示。

表 2　4 类海产品的重金属(汞)含量平均值

Table 2　Average contents of heavy metals (Hg) in four types of marine products

$\times 10^{-6}$

物种		汞含量
鱼类	海鳗	0.012
	鮸鱼	0.015
	窄体舌鳎	0.017
	龙头鱼	0.007
	鲈鱼	0.013
	虾虎鱼	0.013
	鲮鱼	0.015
	凤鲚	0.016
甲壳类	安氏白虾	0.011
软体类	泥螺	0.011
贝类	文蛤	0.008
	毛蚶	0.009
	缢蛏	0.011
	青蛤	0.009
	四角蛤蜊	0.010
	菲律宾蛤仔	0.009
	贻贝	0.008

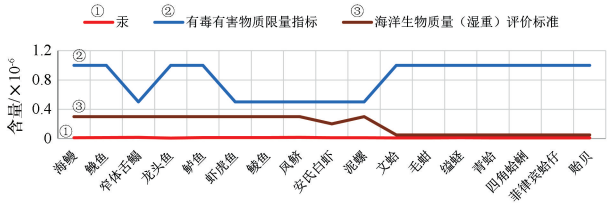

图 2　4 类海产品的重金属(汞)含量与相关标准对比

Fig.2　Comparison between the content of heavy metals (Hg) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的重金属(汞)含量平均值由低到高依次为龙头鱼、文蛤(贻贝)、青蛤(菲律宾蛤仔、毛蚶)、四角蛤蜊、缢蛏(安氏白虾、泥螺)、海鳗、虾虎鱼(鲈鱼)、鲮鱼(鮸鱼)、凤鲚、窄体舌鳎。鱼类体内重金属(汞)含量普遍高于其他 3 类,贝类体内重金属(汞)含量较低。根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,4 类海产品重金属(汞)含量远低于标准限量值,属于安全;根据海洋生物质量(湿重)评价标准,4 类海产品重金属(汞)含量符合标准限量值。

2.2.2　重金属(砷)

4 类海产品的重金属(砷)含量及其与相关标准的对比如表 3 和图 3 所示。

表 3　4 类海产品的重金属(砷)含量平均值

Table 3　Average contents of heavy metals (As) in four types of marine products

$\times 10^{-6}$

物种		砷含量
鱼类	海鳗	1.3
	鮸鱼	1.2
	窄体舌鳎	1.1
	龙头鱼	0.7
	鲈鱼	1.3
	虾虎鱼	0.9
	鲮鱼	1.2
	凤鲚	1.1
甲壳类	安氏白虾	0.9
软体类	泥螺	1.0
贝类	文蛤	0.9
	毛蚶	1.0
	缢蛏	1.1
	青蛤	0.9
	四角蛤蜊	1.3
	菲律宾蛤仔	1.1
	贻贝	0.7

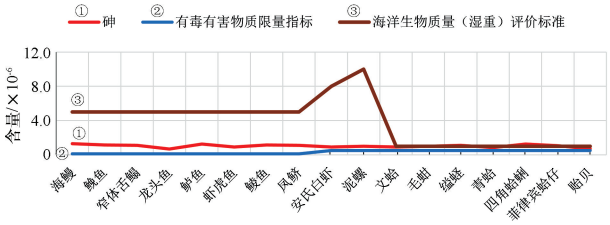

图 3 4 类海产品的重金属(砷)含量与相关标准对比

Fig.3 Comparison between the content of heavy metals (As) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的重金属(砷)含量平均值由低到高依次为龙头鱼(贻贝)、青蛤(文蛤、虾虎鱼、安氏白虾)、泥螺(毛蚶)、菲律宾蛤仔(凤鲚、窄体舌鳎、缢蛏)、鲅鱼(鲅鱼)、鲈鱼(四角蛤蜊、海鳗)。4 类海产品的重金属(砷)含量均大于 0.5×10^{-6},且分布不均,无特定规律。根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,4 类海产品的重金属(砷)含量均超过有毒有害物质限量指标,其中贝类的文蛤、青蛤、贻贝和甲壳类的安氏白虾属于轻度污染,贝类的毛蚶、缢蛏、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔和软体类的泥螺属于中度污染,鱼类均属于重度污染;根据海洋生物质量(湿重)评价标准,贝类的缢蛏、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔超出海洋生物质量标准,其他贝类、鱼类、软体类、甲壳类均符合海洋生物质量标准。

2.2.3 重金属(铜)

4 类海产品的重金属(铜)含量及其与相关标准的对比如表 4 和图 4 所示。

表 4 4 类海产品的重金属(铜)含量平均值

Table 4 Average contents of heavy metals (Cu) in four types of marine products

$\times10^{-6}$

物种		铜含量
鱼类	海鳗	1.02
	鲅鱼	0.77
	窄体舌鳎	3.58
	龙头鱼	1.27
	鲈鱼	0.41
	虾虎鱼	1.02
	鲅鱼	0.55
	凤鲚	0.93

续表 4

物种		铜含量
甲壳类	安氏白虾	4.23
软体类	泥螺	21.66
贝类	文蛤	4.68
	毛蚶	0.99
	缢蛏	5.55
	青蛤	1.87
	四角蛤蜊	3.42
	菲律宾蛤仔	1.28
	贻贝	1.86

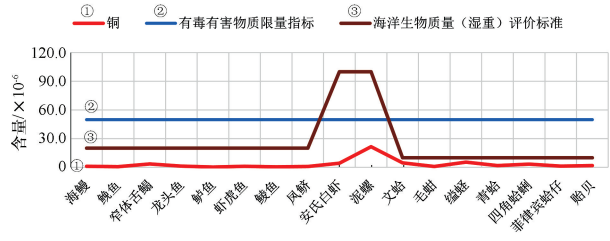

图 4 4 类海产品的重金属(铜)含量与相关标准对比

Fig.4 Comparison between the content of heavy metals (Cu) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的重金属(铜)含量平均值由低到高依次为鲈鱼、鲅鱼、鲅鱼、凤鲚、毛蚶、海鳗(虾虎鱼)、龙头鱼、菲律宾蛤仔、贻贝、青蛤、四角蛤蜊、窄体舌鳎、安氏白虾、文蛤、缢蛏、泥螺。4 类海产品中贝类的重金属(铜)含量普遍高于其他 3 类,鱼类的重金属(铜)含量相对较低,重金属(铜)含量最高的为软体类的泥螺。根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,4 类海产品的重金属(铜)含量均低于标准限量值,属于安全;根据海洋生物质量(湿重)评价标准,4 类海产品的重金属(铜)含量远低于标准限量值,均符合海洋生物质量标准。

2.2.4 重金属(锌)

4 类海产品的重金属(锌)含量及其与相关标准的对比如表 5 和图 5 所示。

表 5　4 类海产品的重金属(锌)含量平均值

Table 5　Average contents of heavy metals (Zn) in four types of marine products

$\times 10^{-6}$

物种		锌含量
鱼类	海鳗	7.4
	鲅鱼	11.0
	窄体舌鳎	7.4
	龙头鱼	9.5
	鲈鱼	3.6
	虾虎鱼	12.0
	鲮鱼	4.7
	凤鲚	14.1
甲壳类	安氏白虾	13.7
软体类	泥螺	17.3
贝类	文蛤	12.4
	毛蚶	20.5
	缢蛏	24.8
	青蛤	9.6
	四角蛤蜊	12.9
	菲律宾蛤仔	15.3
	贻贝	24.5

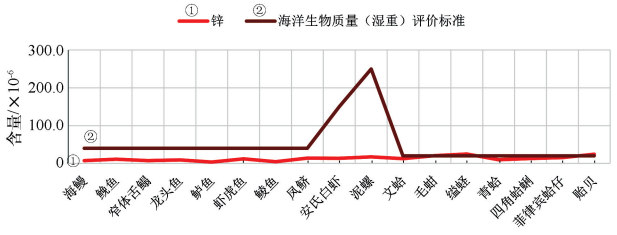

图 5　4 类海产品的重金属(锌)含量与相关标准对比

Fig.5　Comparison between the content of heavy metals (Zn) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的重金属(锌)含量平均值由低到高依次为鲈鱼、鲮鱼、海鳗(窄体舌鳎)、龙头鱼、青蛤、鲅鱼、虾虎鱼、文蛤、四角蛤蜊、安氏白虾、凤鲚、菲律宾蛤仔、泥螺、毛蚶、贻贝。4 类海产品中贝类的重金属(锌)含量普遍高于其他 3 类,鱼类的重金属(锌)含量相对较低。根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,其指标中无重金属(锌)的限量值,故重金属(锌)不做无公害食品水产品中有毒有害物质限量指标评价;根据海洋生物质量(湿重)评价标准,贝类的缢蛏、毛蚶、贻贝超出海洋生物质量标准,其他贝类、鱼类、软体类、甲壳类均符合海洋生物质量标准。

2.2.5　重金属(镉)

4 类海产品的重金属(镉)含量及其与相关标准的对比如表 6 和图 6 所示。

表 6　4 类海产品的重金属(镉)含量平均值

Table 6　Average contents of heavy metals (Cd) in four types of marine products

$\times 10^{-6}$

物种		镉含量
鱼类	海鳗	0.03
	鲅鱼	0.02
	窄体舌鳎	0.02
	龙头鱼	0.06
	鲈鱼	0.02
	虾虎鱼	0.05
	鲮鱼	0.00
	凤鲚	0.03
甲壳类	安氏白虾	0.04
软体类	泥螺	0.19
贝类	文蛤	0.04
	毛蚶	2.47
	缢蛏	0.20
	青蛤	0.07
	四角蛤蜊	0.25
	菲律宾蛤仔	0.22
	贻贝	1.01

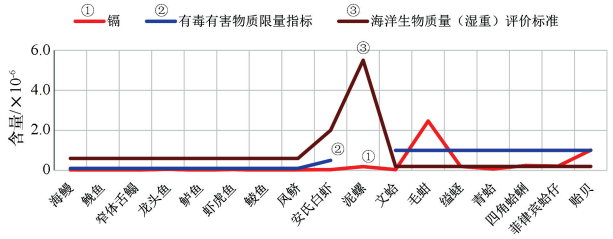

图 6　4 类海产品的重金属(镉)含量与相关标准对比

Fig.6　Comparison between the content of heavy metals (Cd) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的重金属(镉)含量平均值由低到高依次为鲛鱼、鲈鱼(窄体舌鳎、鲍鱼)、海鳗(凤鲚)、安氏白虾(文蛤)、虾虎鱼、龙头鱼、青蛤、泥螺、缢蛏、菲律宾蛤仔、四角蛤蜊、贻贝、毛蚶。4 类海产品中贝类的重金属(镉)含量普遍高于其他 3 类,鱼类的重金属(镉)含量相对较低;贝类的毛蚶重金属(镉)含量最高,贻贝次之。根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,贝类的毛蚶、贻贝超过无公害食品水产品中有毒有害物质限量值,分别属于中度污染和轻度污染;其他贝类、鱼类及甲壳类均低于无公害食品水产品中有毒有害物质限量值,属于安全;软体类缺少有毒有害物质限量指标,不做评价。根据海洋生物质量(湿重)评价标准,贝类的毛蚶、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔、贻贝超出海洋生物质量标准,其他贝类、鱼类、软体类、甲壳类均符合海洋生物质量标准。

2.2.6 重金属(铅)

4 类海产品的重金属(铅)含量及其与相关标准的对比如表 7 和图 7 所示。

表 7 4 类海产品的重金属(铅)含量平均值

Table 7 Average contents of heavy metals (Pb) in four types of marine products

$\times 10^{-6}$

物种		铅含量
鱼类	海鳗	0.35
	鲍鱼	0.30
	窄体舌鳎	0.10
	龙头鱼	0.37
	鲈鱼	0.15
	虾虎鱼	0.45
	鲛鱼	0.02
	凤鲚	0.15
甲壳类	安氏白虾	0.18
软体类	泥螺	0.79
贝类	文蛤	0.30
	毛蚶	0.37
	缢蛏	0.41
	青蛤	0.53
	四角蛤蜊	0.41
	菲律宾蛤仔	0.07
	贻贝	0.16

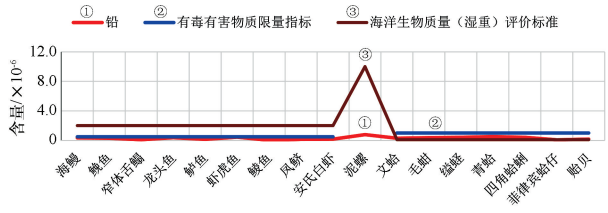

图 7 4 类海产品的重金属(铅)含量与相关标准对比

Fig.7 Comparison between the content of heavy metals (Pb) in four types of marine products and relevant standards

4 类海产品的重金属(铅)含量平均值由低到高依次为鲛鱼、菲律宾蛤仔、窄体舌鳎、鲈鱼(凤鲚)、贻贝、安氏白虾、鲍鱼(文蛤)、海鳗、龙头鱼(毛蚶)、四角蛤蜊(缢蛏)、虾虎鱼、青蛤、泥螺。4 类海产品中贝类的重金属(铅)含量普遍高于其他 3 类,鱼类的重金属(铅)含量相对较低,重金属(铅)含量最高的为软体类的泥螺。根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,鱼类、甲壳类、贝类的重金属(铅)含量均低于无公害食品水产品中有毒有害物质限量值,属于安全;软体类缺少有毒有害物质限量指标,不做评价。根据海洋生物质量(湿重)评价标准,贝类的菲律宾蛤仔、鱼类、甲壳类、软体类符合海洋生物质量标准,其他贝类均超过海洋生物质量标准。

2.2.7 重金属含量总结

从含量比对可见:4 类海产品的重金属(汞)含量鱼类较高,贝类较低,软体类和甲壳类居中;重金属(砷)含量在 4 类海产品中无一致性规律,但含量均较高;重金属(铜、锌、镉、铅)含量均呈现贝类较高、鱼类较低现象,其中重金属(铜、铅)含量最高的均为软体类的泥螺。

从标准比对可见:①根据无公害食品水产品中有毒有害物质评价标准,4 类海产品的重金属(汞、铜、铅)含量均在标准限量值内,符合无公害食品水产品中有毒有害物质限量指标;重金属(砷)含量均超过有毒有害物质限量指标,其中贝类的文蛤、青蛤、贻贝和甲壳类的安氏白虾属于轻度污染,贝类的毛蚶、缢蛏、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔和软体类的泥螺属于中度污染,鱼类均属于重度污染;重金属(镉)含量在贝类的毛蚶、贻贝中超过无公害食品水

产品中有毒有害物质限量评价标准,其中毛蚶属于中度污染,贻贝属于轻度污染。②根据海洋生物质量(湿重)评价标准,4 类海产品的重金属(汞、铜)含量均在标准限量值内,符合海洋生物质量评价标准;重金属(砷)含量在贝类的缢蛏、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔中超过海洋生物质量评价标准;重金属(锌)含量在贝类的缢蛏、毛蚶、贻贝中超过海洋生物质量评价标准;重金属(镉)含量在贝类的毛蚶、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔、贻贝中超过海洋生物质量评价标准;重金属(铅)含量在贝类的文蛤、毛蚶、缢蛏、青蛤、四角蛤蜊、贻贝中超过海洋生物质量评价标准。

3　结论与建议

本研究的 4 类海产品除贝类的青蛤的有机物(石油烃)含量较高外,其他均较低且差距不大。根据 2 类标准评价,贝类的青蛤在无公害食品水产品中有毒有害物质评价中属于轻度污染,在海洋生物质量评价中超出海洋生物质量标准。

重金属(汞)呈现鱼类体内富集较高、贝类体内富集较低现象,重金属(铜、锌、镉、铅)呈现贝类体内富集较高、鱼类体内富集较低现象,重金属(砷)无规律,其中重金属(铜、铅)含量最高的均为软体类的泥螺。4 类海产品中重金属(砷)污染最严重,在生物体内的富集量较大,均超过无公害食品水产品中有毒有害物质限量指标,其中贝类的文蛤、青蛤、贻贝和甲壳类的安氏白虾属于轻度污染,贝类的毛蚶、缢蛏、四角蛤蜊、菲律宾蛤仔和软体类的泥螺属于中度污染,鱼类均属于重度污染。根据无公害食品水产品中有毒有害物质限量指标和海洋生物质量评价标准,超过标准的基本为贝类。

根据上述研究结论,提出 3 项政策建议。

(1)建立健全海产品食品安全标准,标准覆盖面应该广,内容应该更为全面,将对人类有危害的各类指标尽量囊括,使相关部门在执法检查时可以有一定参考,尽可能杜绝标准漏洞。

(2)每年对常规海产品体内富集重金属、有机物等含量进行普查,按照国家标准《日容许摄入量(ADI)的制定》要求,进行健康教育与科普宣传,为人民群众提供科学参考,提高人民群众的自我保护意识,不盲从盲信,为人民群众健康饮食提供可信依据。

(3)建立健全海洋环境的监督与预警[11],尤其是渔业资源丰富区域,可建立相应的主要污染物和有害要素分布的动态预测机制,通过对海域环境的实时、定时监测,对该区域内的海洋生物生存环境进行预警[12]。

参考文献(References):

[1] 孙湘平.中国近海区域海洋[M].北京:海洋出版社,2006.
SUN Xiangping. China′s coastal waters[M]. Beijing: China Ocean Press,2006.

[2] 张正斌.海洋化学[M].青岛:中国海洋大学出版社,2004.
ZHANG Zhengbin. Marine chemistry[M]. Qingdao: China Ocean University Press,2004.

[3] 刘淼.我国近海海水污染现状及评价[J].河北渔业,2016(9):12－14.
LIU Miao. The present situation and evaluation of seawater pollution in China[J].Hebei Fishery,2016(9):12－14.

[4] 国家海洋局.中国海洋环境质量公报[Z].2016.
State Oceanic Administration. China marine environment quality bulletin[Z].2016.

[5] 国家质量技术监督局.海洋学术语:海洋化学:GB/T 15921－2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
The State Bureau of Quality and Technical Supervision. Oceanographic terminology:marine chemistry:GB/T 15921－2010[S].Beijing:Standards Press of China,2010.

[6] 国家质量技术监督局.海洋监测规范第 6 部分:生物体分析:GB 17378.6－2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
The State Bureau of Quality and Technical Supervision.Specification for marine monitoring part 6:biological analysis:GB 17378.6－2007[S].Beijing:Standards Press of China,2007.

[7] 国家质量技术监督局.海洋监测规范第 2 部分:数据处理与分析质量控制:GB 17378.2－2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
The State Bureau of Quality and Technical Supervision.Specification for marinemonitoring part 2:quality control of data processing and analysis:GB 17378.2－2007[S].Beijing:Standards Press of China,2007.

[8] 国家质量技术监督局.海洋监测规范第 7 部分:近海污染生态调查和生物监测:GB 17378.7－2007[S].北京:中国标准出版社,2007.
The State Bureau of Quality and Technical Supervision.Specification for marine monitoring part 7:ecological investigation and biological monitoring of offshore pollution:GB 17378.7－

2007[S].Beijing:Standards Press of China,2007.

[9] 黄长江,赵珍.湛江港海域海产品中重金属残留及评价[J].汕头大学学报(自然科学版),2007,22(1):62－63.
HUANG Changjiang,ZHAO Zhen.Residues and evaluation of heavy metals in marine products in Zhanjiang Port[J].Journal of Shantou University (Natural Science Edition),2007,22(1):62－63.

[10] 蒋长征,张立军,戎江瑞,等.宁波市鲜活水产品重金属含量调查及评价[J].中国卫生检验杂志,2007,17(10):1866－1867.
JIANG Changzheng,ZHANG Lijun,RONG Jiangrui,et al.Investigation and evaluation of heavy metal content in fresh aquatic products in Ningbo[J].Chinese Journal of Hygiene and Inspection,2007,17(10):1866－1867.

[11] 王淼,胡本强,辛万光.我国海洋环境污染的现状,成因与治理[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2006(5):1－6.
WANG Miao, HU Benqiang, XIN Wanguang. Current situation,causes and treatment of marine environmental pollution in China[J].Journal of Ocean University of China (Social Science Edition),2006(5):1－6.

[12] 贾海波,邵君波,曹柳燕.杭州湾海域生态环境的变化及其发展趋势分析[J].环境污染与防治,2014(3):14－19,25.
JIA Haibo, SHAO Junbo, CAO Liuyan. Analysis on the change and development trend of the ecological environment of the Hangzhou Bay sea area[J]. Environmental Pollution and Prevention,2014(3):14－19,25.