



深圳零废弃  
Shenzhen Zero Waste



无毒先锋  
Toxics-Free Corps



作者 /  
何玲辉

# 拿什么拯救你 重金属海鲜?

2020年6月

## 导语

海洋生物是沿海居民十分重要的食物来源。

海产品味道鲜美，富含人体必需的微量元素、不饱和脂肪酸等营养成分。然而，随着经济发展，海洋环境也受到越来越严重的污染，使原本优质的海产品对人群产生危害。其中海洋重金属污染尤其突出，特别是镉(Cd)、砷(As)、铬(Cr)、汞(Hg)、铅(Pb)等早已引起人们广泛关注。海洋生物对海洋环境中的重金属有不同程度的富集作用。海洋生物体内的重金属，会通过食物链最终传递到人体，对人体健康产生不良影响。食用海产品已经成为人类暴露于重金属的一种重要途径。

铬

汞

砷

铅

镉





镉具有较强的致癌、致畸和致突变作用，已被国际癌症研究机构列为I类致癌物（对人为确定致癌物）。镉的急性吸入毒害主要表现为肺损害，主要由职业性接触高浓度镉尘导致。镉的慢性摄入能引发高血压，增加人患糖尿病、严重锌缺乏的风险，诱发多种癌症，导致严重的骨损伤，削弱机体抗氧化损伤的能力，并可诱导许多早期应激反应基因的异常表达[1]。镉的靶器官主要是肾脏，在肾脏中的半衰期达15年。联合国粮农组织和世界卫生组织食品添加剂联席专家委员会（JECFA）建议，镉的每月可耐受摄入量(PTMI)为25 μg/kg体重。也就是说，假如你的体重为50 kg，每月镉的总摄入量不得超过1.25 mg。

当前，我国《食品安全国家标准食品中污染物限量》（GB 2762-2017）规定，甲壳类镉标准为0.5 mg/kg，双壳类、腹足类、头足类、棘皮为2.0 mg/kg，鱼类为0.1 mg/kg。《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》（NY 5073-2006）规定甲壳类镉标准为0.5 mg/kg，贝类、头足类为1.0 mg/kg，鱼类为0.1 mg/kg。

2018年9月、12月，环保组织“无毒先锋”在京东商城、淘宝网、一号店、中粮我买网4家电商平台购买了7个产地的8款梭子蟹样品。检测结果表明，4家电商平台的梭子蟹蟹黄均存在严重的重金属镉超标问题。最严重的是来自浙江舟山的梭子蟹，蟹黄中的镉含量竟超标23倍\*。紧跟其后的是来自海鲜名城青岛淘宝平台的蟹黄，超标17.6倍。综合两次检测，梭子蟹蟹黄的合格率竟然为0%[2]。

表1：蟹黄中镉含量检测结果

|       | 部位 | 产地     | 镉含量 (mg/kg) | 超标倍数 |
|-------|----|--------|-------------|------|
| 中粮我买网 | 蟹黄 | 舟山     | 12          | 23   |
| 淘宝网   | 蟹黄 | 青岛     | 9.3         | 17.6 |
| 京东    | 蟹黄 | 山东烟台莱州 | 7.3         | 13.6 |
| 京东    | 蟹黄 | 连云港    | 4.65        | 8.3  |
| 1号店   | 蟹黄 | 青岛     | 3.72        | 6.44 |
| 京东    | 蟹黄 | 江苏南通启东 | 3.1         | 5.2  |
| 淘宝网   | 蟹黄 | 漳州     | 2.65        | 4.3  |
| 淘宝网   | 蟹黄 | 辽宁丹东   | 2.1         | 3.2  |

来源：无毒先锋[2]

\* 未特别声明，本报告参照的标准为《食品安全国家标准 食品中污染物限量》（GB 2762-2017），GB 2762-2017 中对海产品重金属含量限值与 GB 2762-2012 一致。

不久后（2019年1月7日），国家市场监督管理总局通报39批次食品不合格情况，其中就有4项为镉超标的梭子蟹（正蟹也是梭子蟹），最高的镉超标3.88倍[3]。

**表2：2019年1月国家市场监督管理总局抽检情况**

| 供货商           | 地区     | 产品  | 镉含量         |
|---------------|--------|-----|-------------|
| 供货商：上海江杨路批发市场 | 上海市宝山区 | 梭子蟹 | 1.14 mg/kg  |
| 供货商：江杨批发市场    | 上海市宝山区 | 梭子蟹 | 2.44 mg/kg  |
| 供货商：宝山区江杨批发市场 | 上海市宝山区 | 梭子蟹 | 0.713 mg/kg |
| 供货商：炭市街市场     | 陕西省西安市 | 正蟹  | 0.70 mg/kg  |

来源：国家市场监督管理总局，2019年[3]

而除此之外，多个研究表明当前我国近海的海产品镉超标并非个案，而是相当普遍的问题，且尤以甲壳类和贝类镉超标最为严重。

2009-2011年（此处为采样时间，下文不特别说明，均指采样年份），大连市售甲壳类海产品镉的平均含量为0.223 mg/kg，超标率为18.8%，为中度污染[4]。高志杰等（2014）发现，宁波市售紫菜和梭子蟹镉含量较高，平均含量最高的是梭子蟹，达1.2 mg/kg (0.0012~6.8 mg/kg)，梭子蟹的镉超标率达到74.5%[5]。2017年，宁波鄞州区市售动物性海产品的镉超标率为24.44%，镉含量中位数为0.20 mg/kg。甲壳类、海鱼类镉超标率分别为31.29%、32.20%，镉含量中位数分别为0.24、0.06 mg/kg，差异有统计学意义(P<0.05)[6]。章忠辉等（2019）发现，温州市瓯海区市售海产品镉检出率为86.2%，超标率为8.9%，其中蟹类镉检出率为100%，范围为0.012~7.1 mg/kg，超标率高达81.0%[7]。

张鸟飞等（2016）对舟山本岛、嵊泗、岱山、朱家尖四个岛屿海域采集的11种海产品样品进行分析后发现，舟山本岛虾蛄镉含量达到1.215 mg/kg，岱山螃蟹镉含量达到1.514 mg/kg。对不同区域内同种海

产品进行加权平均统计，并对海产品重金属单因子污染指数(Pi)\*进行计算统计汇总，结果可见虾蛄和螃蟹重金属镉单因子污染指数已出现Pi>1的情况，分别为1.772和1.894，表明这两种甲壳类生物体已受到重金属镉的污染[8]。

**表3：舟山海域虾蛄和螃蟹镉含量**

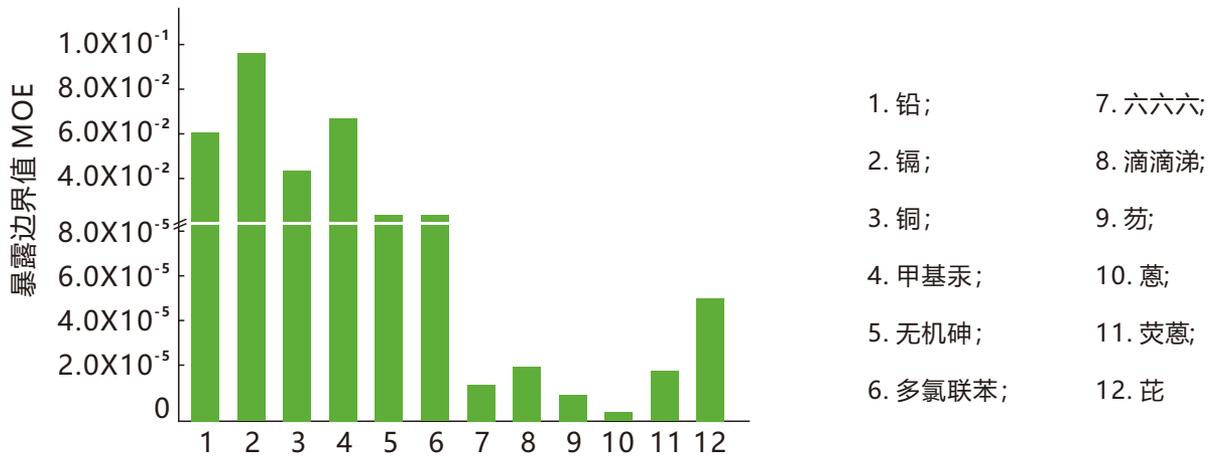
| 岛屿   | 虾蛄    | 螃蟹    | 单位    |
|------|-------|-------|-------|
| 舟山本岛 | 1.215 | 0.251 | mg/kg |
| 朱家尖  | 0.852 | 0.514 | mg/kg |
| 岱山   | 0.681 | 1.514 | mg/kg |
| 嵊泗   | 0.795 | 1.509 | mg/kg |
| Pi   | 1.772 | 1.894 |       |

来源：张鸟飞等（2016）[8]

\* 单因子污染指数 (Pi) 计算公式:  $P_i = C_i / C_0$ , 式中  $P_i$ : 第 i 种重金属污染指数值;  $C_i$ : 第 i 种重金属实测值;  $C_0$ : 第 i 种重金属标准限量值。当  $P_i < 0.2$  时, 表示该元素处于正常背景值水平;  $0.2 \leq P_i < 0.6$  时为轻度污染水平;  $0.6 \leq P_i < 1.0$  时为中度污染水平;  $P_i \geq 1.0$  时为重度污染。

2014年8月，莱州市售海螺和毛蚶中镉含量分别为 $9.960 \pm 0.312$  mg/kg,  $2.020 \pm 0.089$  mg/kg（平均值±标准差，以湿重计），均超过国标限值2.0 mg/kg[9]。2015年，福建闽南沿海牡蛎体内污染物非致癌健康风险主要因子为：铅、镉、铜、甲基汞、无机砷和多氯联苯等6个因子，暴露边界值\*（MOE）平均值在 $6.57 \times 10^{-3} \sim 0.111$ ，其中以镉的MOE值最高，平均值为0.111，其他5个因子平均值为 $6.57 \times 10^{-3} \sim 6.93 \times 10^{-2}$ 。研究人员分析，牡蛎对水体中镉的吸收快，排出半衰期长，表现为净积累，因此在牡蛎组织中镉的含量较高[10]。隋茜茜等（2020）发现，秦皇岛海城市售海虹、栉孔贝、生蚝（牡蛎）和毛蚶等食用贝类六种重金属（无机砷和总砷、铅、铬、镉、甲基汞）中含量最高的为镉，均值为1.129 mg/kg，超出《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》（NY 5073-2006）规定的1.0 mg/kg，污染较严重[11]。

图1：福建闽南沿海牡蛎中各污染物MOE平均值



2016-2017年，锦州市售小黄鱼及踏板鱼的镉含量分别为0.085 mg/kg和0.082 mg/kg，（标准为0.1 mg/kg），属于中度污染[12]。

图2：海产品镉污染程度对比图（无毒先锋制）

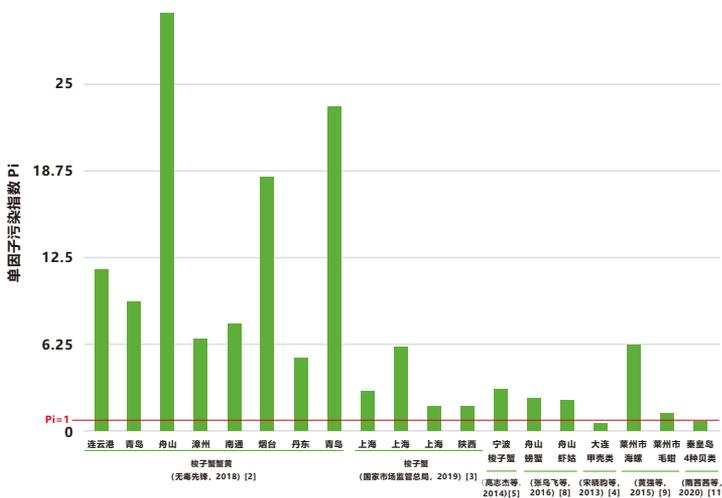
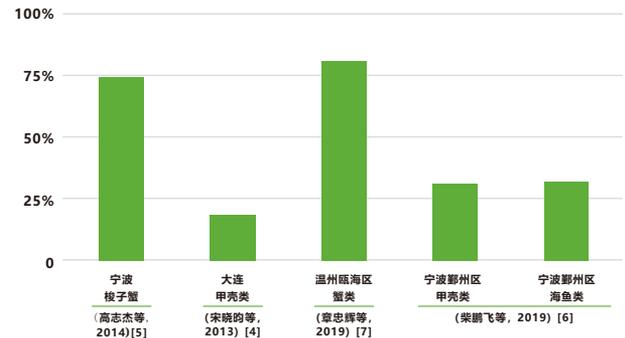


图3：海产品镉超标比例（无毒先锋制）



\* 暴露边界值（MOE）评估非致癌健康风险系数， $MOE \leq 1$  认为该污染物在食品中非致癌健康风险可接受。



砷是非金属，但其毒性及某些性质类似于重金属，所以在环境化学中多把它作为类金属研究。砷暴露可对机体造成一系列非致癌性甚至致癌性损害；早在20世纪80年代，国际癌症研究机构便已将砷列为I类致癌物。长期砷暴露可引发皮肤癌、肺癌、肝癌、肾癌、膀胱癌等多种癌变。砷能够通过血脑屏障进入脑实质，影响神经系统，也能通过胎盘屏障并在胎盘中蓄积，影响胎儿发育，引发多部位畸变或癌变。砷还可诱导心血管病变，损伤肝细胞及肝脏组织，引发皮肤色素沉着和皮肤角质化，甚至上皮内病变或皮肤癌变等[13]。JECFA曾建议无机砷的暂定每周耐受摄入量（PTWI）为15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重（相当于每天2.1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重），然而，这一标准于2010年撤回，因为其依然不安全。目前没有新的可以确定容许的摄入水平。

当前，《食品安全国家标准 食品中污染物限量》（GB 2762-2017）规定，鱼类及其制品无机砷标准为 0.1 mg/kg，水产动物及其制品（鱼类及其制品除外）无机砷标准为0.5 mg/kg。《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》（NY 5073-2006）规定鱼类无机砷标准为0.1 mg/kg，其他动物性水产品为0.5 mg/kg。

2014年，莱州市售花蛤对成人组存在因食用无机砷暴露而导致健康损害的风险。所有贝类（白蛤、花蛤、毛蚶、蛏子、海虹、海螺共6种贝类）中的无机砷THQ\*值比其他金属高，表明其通过食用蓄积对人体造成危害的风险高于其他金属[9]。

表4：莱州市售贝类的重金属 THQ 值分析

| 重金属元素 | 方形马珂蛤 |      | 菲律宾蛤仔 |      | 缢蛏   |      | 毛蚶   |      | 海螺   |      | 紫贻贝  |      |
|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 青年    | 成人   | 青年    | 成人   | 青年   | 成人   | 青年   | 成人   | 青年   | 成人   | 青年   | 成人   |
| 铜     | 0.01  | 0.01 | 0.02  | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.16 | 0.19 | 0.02 | 0.02 |
| 铅     | 0.12  | 0.15 | 0.06  | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.26 | 0.31 | 0.28 | 0.34 | 0.14 | 0.17 |
| 锌     | 0.04  | 0.05 | 0.03  | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.04 | 0.05 |
| 总汞    | 0.00  | 0.01 | 0.01  | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.07 | 0.01 | 0.01 |
| 镉     | 0.08  | 0.10 | 0.19  | 0.23 | 0.04 | 0.05 | 1.49 | 1.80 | 7.34 | 8.91 | 0.52 | 0.64 |
| 铬     | 0.33  | 0.40 | 0.10  | 0.12 | 0.04 | 0.05 | 0.14 | 0.17 | 0.17 | 0.20 | 0.24 | 0.29 |
| 无机砷   | 0.65  | 0.79 | 0.85  | 1.03 | 0.81 | 0.98 | 0.28 | 0.34 | 0.70 | 0.85 | 0.51 | 0.62 |

2016年，海南东寨港近岸典型的4种经济底栖双壳贝类(红树蚬、钝缀锦蛤、青蛤及花蛤) 肌肉样品中砷含量均超过标准值，食品安全风险最大[14]。

\* 目标危害系数法 (THQ)：用于对海产品食用安全性进行评价。THQ $\leq$ 1 说明暴露人群没有明显的健康风险；THQ $>$ 1 则存在健康风险。THQ 值越大表明该污染物对人体健康造成损害风险越严重。

表5: 东寨港近岸4种双壳贝类肌肉中砷含量

|                 | 红树蚶  | 青蛤   | 钝缢锦蛤 | 菲律宾蛤仔 |
|-----------------|------|------|------|-------|
| 砷含量 (湿重, mg/kg) | 0.81 | 1.19 | 1.94 | 1.65  |
| 单因子污染指数Pi       | 1.62 | 3.88 | 3.88 | 3.3   |

来源: 林艺佳等(2018)[14]

刘海新等 (2017) 通过比较闽南沿海不同海域牡蛎体内各污染物 (麻痹性贝类毒素、腹泻性贝类毒素、无机砷、甲基汞、铅、镉、铜、石油烃、多氯联苯、六六六、滴滴涕) 致癌风险指数所占比例发现, 无机砷在不同海域牡蛎体内都是其致癌健康风险的主要因子, 占总致癌风险指数的86%。漳州海域牡蛎体内无机砷致癌风险指数明显高于其他海域、多氯联苯致癌风险指数小于其他海域。因此, 无机砷应作为牡蛎致癌风险的主要监测对象[10]。

孙莉娜等 (2018) 发现, 厦门沿海贝类中砷的含量在0.3228~2.498 mg/kg之间, 污染指数在0.646~4.998之间, 显示已受到砷的严重污染。砷的含量, 花蛤>毛蚶>文蛤>缢蛏 (蛳子) >牡蛎, 只有牡蛎中的砷含量略低于国家限量标准0.5 mg/kg, 其它均超标[15]。

表6: 厦门沿海贝类砷含量

|               | 牡蛎     | 缢蛏     | 花蛤    | 毛蚶    | 文蛤    |
|---------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 无机砷含量 (mg/kg) | 0.3228 | 0.7008 | 2.498 | 1.678 | 1.484 |
| 单因子污染指数Pi     | 0.646  | 1.402  | 4.998 | 3.357 | 2.968 |

来源: 孙莉娜等 (2018) [15]

2016-2017年, 秦皇岛市售鲜冻海产品砷含量的合格率为16.7% (砷参照无机砷限量值为0.5 mg/kg)。砷在甲壳类、软体类海产品中检出率为100%, 其IFS\*均大于1, 说明砷对甲壳类、软体类海产品食用安全性影响很大, 其整体安全状态不可接受[16]。

表7: 秦皇岛市售海产品砷污染含量及食品安全指数

| 组别  | 份数 | 检出率 (%) | 检测范围 (mg/kg) | IFSc范围     | ∑ (IFSc) | IFS  |
|-----|----|---------|--------------|------------|----------|------|
| 甲壳类 | 50 | 100     | 0.08~12.21   | 0.06~10.21 | 167.13   | 3.34 |
| 软体类 | 40 | 100     | 0.38~3.50    | 0.32~2.91  | 48.97    | 1.22 |
| 合计  | 90 | 100     | 0.08~12.21   | 0.06~10.21 | 216.10   | 2.41 |

来源: 王浩然等 (2018) [16]

\* 食品安全指数 (IFS) 评价标准: 以X代表某种重金属, 当IFS < 1时, 说明此类海产品整体食用安全或重金属污染物 X 对此类海产品无显著影响; 当IFS = 1时, 表明此类海产品处于可食用可接受状态或重金属污染物 X 对食用此类海产品的健康风险可接受; 当IFS > 1 时, 表明此类海产品不可食用或该类海产品已经受到重金属污染物 X 的严重污染, 对消费者的健康形成潜在危害, 其食用风险超过可接受的限度, 需要政府进行风险管理加以引导和管制。

2016-2017年，锦州市售海产品中，缢蛏、海红、小黄鱼、踏板鱼无机砷含量超标，并且单因子污染指数显示，无机砷在这4种海产品中均属于重度污染[12]。

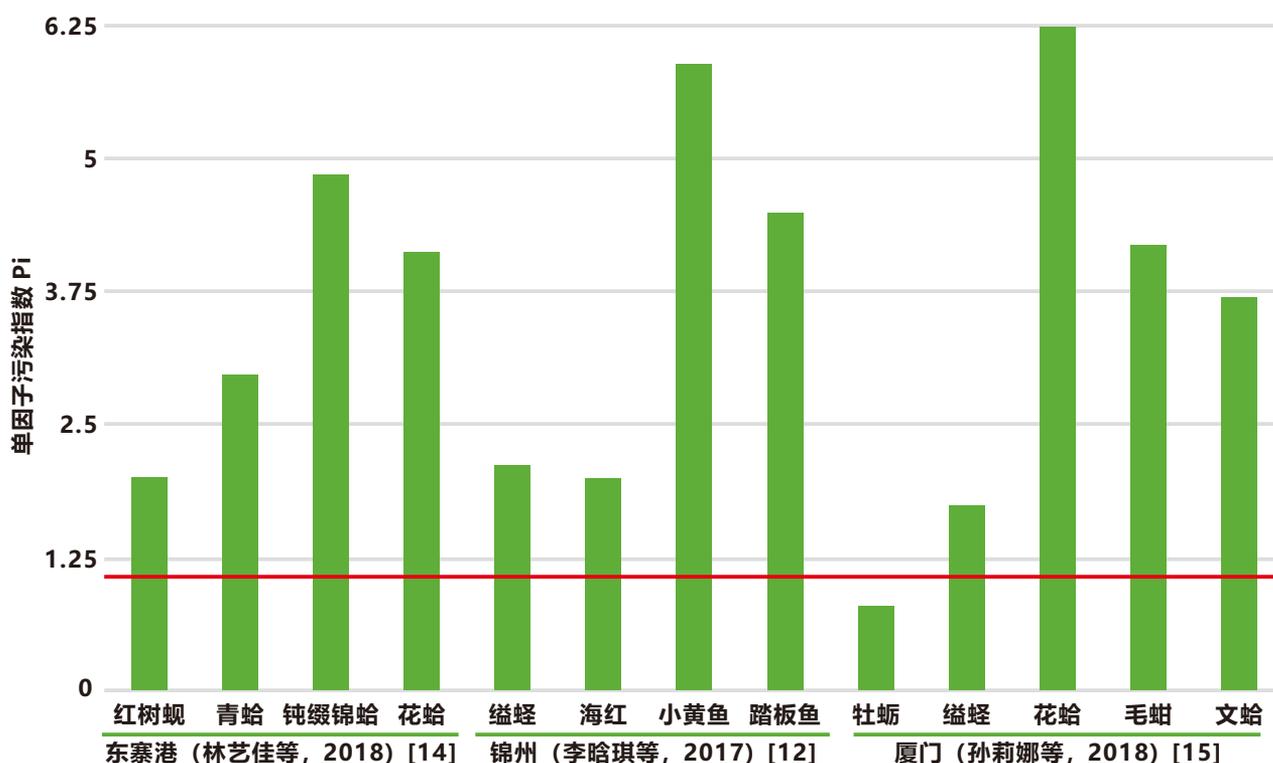
表8：锦州市售海产品砷含量

|               | 虾夷扇贝  | 缢蛏    | 文蛤    | 海红    | 小黄鱼   | 踏板鱼   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 无机砷含量 (mg/kg) | 0.433 | 0.851 | 0.334 | 0.801 | 0.472 | 0.360 |
| 单因子污染指数Pi     | 0.866 | 1.702 | 0.668 | 1.602 | 4.72  | 3.600 |

来源：李晗琪等 (2017) [12]

2018年，广东惠州大亚湾10种野生海产品可食用部分中总砷的摄食致癌风险较高，儿童/青少年的致癌风险高于成人1.5倍。金钱鱼、口虾蛄、杜氏枪乌贼、近缘新对虾、蟹和棒锥螺的日均消费量（成人57.4 g/d，儿童/青少年42.4 g/d）均高于消费建议中给出的相应安全阈值，建议消费者适当控制这些海产品的日食用量和月食用餐数[17]。

图4：海产品砷污染程度对比图（无毒先锋制）





元素铬在自然界以多种氧化态形式存在(从-1价至+6价)。三价铬[Cr(III)]及六价铬[Cr(VI)]是其在自然界水中主要的存在形式。由于铬具有毒性及营养价值的双重作用,它对人体的健康影响一直是学术界争论的焦点。在生理pH值范围内, Cr(VI)比Cr(III)更容易穿透细胞膜而进入细胞中。由于Cr(III)在动物实验中被观察到参与葡萄糖代谢,因此它被认为是人体的必需元素,至少是有益的元素。另一方面, Cr(VI)一直被认为是有害健康的,并被国际癌症研究机构列为I类致癌物。Cr(VI)在生理pH值范围内不与DNA发生反应,它的主要毒性在于Cr(VI)被还原成Cr(III)时,细胞内会存在其他还原性物质,是这个还原过程中很多中间产物,如Cr(IV)及Cr(V)等化合物,可以和DNA发生反应而造成DNA解旋或断裂[18]。

《食品安全国家标准食品中污染物限量》(GB 2762-2017)中规定水产动物及其制品中铬限值为2.0 mg/kg。

高志杰等人(2014)发现,宁波市售软体类铬含量较高,平均含量较高的是海瓜子,为1.1 mg/kg[5]。

2016年,通过分析珠海淇澳岛红树林湿地采集的鱼样中的重金属含量,研究人员发现,铬在弹涂鱼(单因子污染指数 $P_{Cr}=1.558$ )体内呈现重污染,在犬牙细棘鰕虎鱼( $P_{Cr}=0.737$ )和短吻鲷( $P_{Cr}=0.784$ )体内呈现中度污染,在弓斑东方鲀( $P_{Cr}=0.109$ )和黄鳍鲷( $P_{Cr}=0.194$ )中呈现清洁水平,在其他11种鱼中均呈现轻度污染[19]。

2016年,海南东寨港近岸典型的4种经济底栖双壳贝类(红树蚬、钝缀锦蛤、青蛤及菲律宾蛤)中,铬在贝类肌肉样品中的湿重含量接近标准中的限值[14]。

**表9: 东寨港近岸4种双壳贝类肌肉中铬含量**

|                | 红树蚬   | 青蛤    | 钝缀锦蛤 | 菲律宾蛤仔 |
|----------------|-------|-------|------|-------|
| 铬含量(湿重, mg/kg) | 0.81  | 1.19  | 1.94 | 1.65  |
| 单因子污染指数Pi      | 0.405 | 0.595 | 0.97 | 0.825 |

来源: 林艺佳等(2018)[14]

孙莉娜等人(2018)发现,厦门沿海贝类中铬的污染指数在0.103~0.842之间,其中花蛤和文蛤的污染指数分别为0.563和0.842,表明已受到铬的轻度污染。从综合污染指数\*看,花蛤的综合污染指数为3.60,

\* 内梅罗综合污染指数法(P综合) 兼顾单因子污染指数平均值和极值的计权型多因子质量指数,反映各污染物对产品的综合污染水平,突出高浓度污染物对产品质量的影响。分为5个污染等级:  $P_{综合} \leq 0.7$  为安全;  $0.7 < P_{综合} \leq 1$  为警戒线;  $1 < P_{综合} \leq 2$  为轻污染;  $2 < P_{综合} \leq 3$  为中污染;  $P_{综合} > 3$  为重污染。

属于I级(严重污染)；毛蚶、文蛤的综合污染指数分别为2.42和2.15，属II级(中度污染)，缢蛏的综合污染指数为1.01，属III级(轻度污染)；牡蛎的综合污染指数为0.49，为无污染。各贝类样品中，铅与铬含量之间存在显著意义的正相关( $P < 0.05$ )，相关系数为0.892，表明它们同源污染的可能性较高[16]。

祝银等人(2019)发现，浙江近岸海域经济鱼类、虾类、蟹类、贝类和头足类中，铬元素在不同海产品中含量分布从高到低依次为贝类>头足类>虾类>蟹类>鱼类。贝类单因子污染指数 $P_i$ 为0.796，属于中度污染；虾类、蟹类和头足类 $P_i$ 值分别为0.282、0.260和0.352，处于轻度污染水平；鱼类 $P_i$ 值为0.148，为未受污染水平。这可能由于贝类为滤食性动物，营固着或附着生活，在海底活动，主要摄取海水中悬浮物质或沉于海底的食物等，而铬离子在海水中以溶解态离子形式存在或吸附在有机颗粒物表面，被摄入而大量蓄积在贝类体内[20]。



汞的化学形态划分为无机汞(元素汞、二价汞等)和有机汞(甲基汞等)。不同化学形态的汞元素，其毒性差异较大，其中甲基汞是毒性最强的汞化合物。甲基汞与含巯基的酶和蛋白具有高亲和性，可以通过血-脑屏障和胎盘屏障，从而对人体健康造成严重影响。甲基汞的毒性主要为神经毒性，大脑和神经系统被视为发生甲基汞中毒的靶器官，典型症状为末梢感觉错乱、视野收缩、运动性共济失调、构音障碍、听觉错乱以及震颤。肾脏毒性、心血管毒性、生殖毒性和免疫系统毒性也被报道和发现。JECFA(2003)的甲基汞每天最大允许摄入量为 $0.23 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重(相当于发汞含量为 $2.3 \text{ mg}/\text{kg}$ )。我国鱼和水产品的汞含量整体较低，远低于我国食用水产品甲基汞安全限值。这与我国野生鱼类资源较少，大部分鱼类是人工养殖的，其食物丰富且食物链简单，鱼体生长速度快，甲基汞难以在鱼体内生物富集有关[21]。

但是在一些沿海地区，例如浙江舟山居民的发汞平均含量为 $1.77 \text{ mg}/\text{kg}$ ，最高为 $8.18 \text{ mg}/\text{kg}$ 。84.6%的居民发汞含量超过美国EPA限值 $1 \text{ mg}/\text{kg}$ ，7.4%超过JECFA限值 $2.3 \text{ mg}/\text{kg}$ ，说明舟山地区普通居民可能面临汞暴露的健康风险[22]。

发生于1956年轰动世界的日本水俣病事件即为当地居民食入被甲基汞污染的海产品而引起的重大中毒事件。环境中的无机汞可在微生物和生物积累效应和生物放大效应下，在水生动物特别是鱼体内发生化学变化，转变成甲基汞。由于甲基汞具有亲脂性，鱼体内甲基汞浓度可达到环境水体中浓度的 $104 \sim 106$ 倍，因此鱼类产品成为人群甲基汞暴露的主要来源。

《食品中污染物限量》(GB 2762—2017)规定，鱼(不括食肉鱼)及其他水产品中甲基汞的限值为 $0.5 \text{ mg}/\text{kg}$ ，食肉鱼类为 $1.0 \text{ mg}/\text{kg}$ ，若测得的总汞水平不超过甲基汞限值时，不必测甲基汞。

梅光明等（2016）对浙江沿海海产品中汞进行监测发现，浙江海产品肌肉中汞元素主要以甲基汞形态存在，其含量占总汞含量的65.0%~95.2%。浙江沿海养殖或海洋捕捞的常见海产品甲基汞含量均符合国家限量规定，全部样品甲基汞含量中位数为0.016 mg/kg，第95百分位的含量值为0.059 mg/kg。

肉食性鱼类(如海鳗、带鱼、鲛鱼、鮫鰈鱼、金枪鱼和鲨鱼)甲基汞含量高于其他杂食性或食草性鱼类，特别是鲨鱼和金枪鱼样品甲基汞含量较高，3个金枪鱼样品甲基汞含量分别为0.47、0.89、0.95 mg/kg，2个鲨鱼样品甲基汞含量为0.085、0.34 mg/kg，根据JECFA的暂定每周耐受摄入量（PTWI）计算，每周可食入的金枪鱼和鲨鱼分别不得超过125 g 和457 g。

考虑到鲨鱼、金枪鱼等处于食物链顶端的大型捕猎型鱼类甲基汞含量偏高，一次性大量或长期食用存在较高风险。孕妇、计划怀孕的妇女和幼童等汞敏感人群应对此风险尤其注意[23]。



铅对人的神经系统、骨髓造血机能、消化系统、生殖系统及人体其它很多功能都有明显毒害作用，特别是对孕妇、婴儿和儿童的健康危害较大，可导致智商下降、贫血、肾损伤、高血压和心血管疾病发生率的增加等[24]。曾经，JECFA 推荐铅的暂定每周耐受摄入量（PTWI）为25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重，后发现该摄入量与儿童智商降低（至少3个百分点）以及成年人的收缩压升高（约3 mmHg, 0.4 kPa）有关，将该标准撤回了。

在动物类海产品中，相较于镉、砷和铬，铅的超标率是较低的。比如，章忠辉等（2019）发现，温州市瓯海区市售海产品铅检出率为92.1%，超标率为1.0%，而镉检出率为86.2%，超标率为8.9%[7]。

而在藻类海产品中，铅的超标现象则非常普遍。例如，2015年，厦门市售水产动物及藻类食品中，铅、镉、总汞、铬四种重金属均有检出，但仅铅在某些样品中被检出超标，且超标样品均为藻类，超标率为总样品数的4.97%，为藻类样品数的17.39%。水产动物中鱼类的铅清洁度最高，甲壳类和软体类存在不同程度的轻度和中度污染。藻类产品铅清洁度（ $P_i < 0.2$ ）最低仅为2.86%，22.86%的样品处于重度污染水平（ $P_i \geq 1.0$ ）。藻类食品综合污染指数水平\*最高，达0.435，而甲壳类水产动物综合污染指数最低，为0.0282[25]。

与此同时，值得注意的是，藻类不仅铅超标现象普遍，其他重金属污染程度（以金属含量综合评价指数来判断）亦是比较高。

\* 金属含量综合评价指数法：金属污染指数  $X_{MPI} = n / \sqrt{C_1 \times C_2 \times C_3 \times \dots \times C_n}$

其中， $C_n$  表示样品中每种污染因子  $n$  的浓度，以综合评价所检测多种（在本研究中为4种）重金属的残留水平。

# 海藻类

藻类大多浸没在水中, 与水体接触面积大; 同时其叶片纤薄, 叶表皮没有角质层和蜡质层, 能直接吸收水分和矿物质元素。相较于浮游藻类, 大型海洋藻类具有固养性和较长的生长周期, 能反映更长时期内水体中重金属污染的情况。藻类在被贝类、甲壳类和鱼类摄入后, 会造成生物链富集放大效应。因此藻类也是重金属污染的指示生物。

目前, 我国和欧盟藻类重金属标准如下所示:

表10: 我国和欧盟藻类重金属标准 (NY/T 1709—2011为《绿色食品藻类及其制品》)

|     | GB 2762-2017<br>(mg/kg) | NY/T 1709-2011<br>(mg/kg) | 原NY/T 1709-2009<br>(mg/kg) | 欧盟 (EU) No 420/2011<br>(mg/kg) |
|-----|-------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 铅   | 1.0                     | 1.0                       | 1.0                        | -                              |
| 镉   | -                       | -                         | 0.5                        | 3.0                            |
| 无机砷 | -                       | 1.5                       | 1.5                        | -                              |
| 甲基汞 | -                       | 0.5                       | 0.5                        | -                              |
| 铬   | -                       | -                         | -                          | -                              |

刘永涛 (2016) 对我国四大海区 (渤海、黄海、东海和南海海区) 海带和紫菜主产地\*市售海带和紫菜中 15种金属元素含量状况进行了分析。结果表明, 我国四大海区海带和紫菜主产地市售海带和紫菜中镉、铬、铅、汞、砷和无机砷的含量分别为镉0.48 mg/kg和2.50 mg/kg、铬3.81 mg/kg和1.71 mg/kg、铅0.71 mg/kg和1.06 mg/kg、汞46.61  $\mu$ g/kg和9.50  $\mu$ g/kg、砷43.85 mg/kg和36.86 mg/kg、无机砷0.082 mg/kg和0.240 mg/kg。若以原NY/T 1709-2009中规定的镉 $\leq 0.5$  mg/kg的限量值为标准, 海带和紫菜中镉的超标率为43.99%和99.37%。按照《藻类制品卫生标准 (GB 19643-2005)》(铅的限量标准值为1.0 mg/kg, 无机砷为1.5 mg/kg) 判断, 海带和紫菜中铅超标率为16.13%和33.54%、无机砷超标率为0%和1%。我国海带和紫菜中的总汞含量水平均未超过甲基汞的现行农业行业标准 (NY/T 1709-2011) 限量值(0.5 mg/kg), 若以国家标准GB 2762-2012中对水产动物及其制品中铬的限量标准值2.0 mg/kg为判定标准, 我国市售干海带和紫菜中铬的超标率分别为42.52%和17.87%。当海带和紫菜中的镉、铬、铅、汞、无机砷5种重金属共同起危害作用时, 从不同重金属对危害的贡献来看, 摄入海带和紫菜时, 镉对危害的贡献最大, 其贡献率平均值达到69.7%。其次

\* 山东省、辽宁省、浙江省、福建省和江苏省的沿海地区是我国海带养殖的主要地区, 其中以福建省、山东省和辽宁省的产量最高。福建省、江苏省、浙江省、山东省和广东省是我国紫菜养殖的主要地区, 其中以福建和江苏的产量最高。

是铬，贡献率为14.0%，铅的贡献率为9.4%，无机砷和汞贡献率差别不大，分别为4.5%和2.3%。结合元素含量和每日允许摄入的参考剂量来看，健康风险较大的是镉和铬，健康风险较小的是铅、无机砷和汞 [26]。

高志杰 (2014) 等人发现，宁波市售海产品中，紫菜的铅、镉、铬含量均较高，平均含量（测定值范围）分别为0.76 mg/kg (0.15~2.0 mg/kg)，3.1 mg/kg (1.1~4.7 mg/kg)，1.4 mg/kg (0.016~5.8 mg/kg)。紫菜铅标准为0.5 mg/kg，而镉和铬尚无限量标准，无法判定镉和铬是否超标，但研究人员指出这么高的含量还是应该引起注意[5]。

2016年，浙江沿海多城市市售羊栖菜16.67%，紫菜100%，海带100%铅含量超过国家标准限量值。羊栖菜83.33%，紫菜100%镉含量超过《无公害食品海藻》(NY 5056-2005，该标准已废止，仅供参考)；镉含量紫菜>羊栖菜>海带。总砷和无机砷含量均是羊栖菜>海带>紫菜，紫菜无机砷平均含量是3种藻类中唯一低于限量值的，无样品超标；100%羊栖菜样品和66.67%海带样品的无机砷含量超过限量标准。羊栖菜总砷含量最高，无机砷占总砷的比例为19.52%；海带无机砷占总砷的比例为4.0%；紫菜无机砷占总砷的比例为0.98%。

藻类中各有害重金属的总体平均含量从大到小依次为总砷>无机砷>镉>铅>汞。对于成人来说，100%的羊栖菜样品、55.56%的海带样品和5.26%的紫菜样品中无机砷，15.79%的紫菜样品中镉，存在THQ值 $\geq 1$ 的情况，对成人健康有风险。从单一重金属总体风险来看，无机砷在成人中的THQ算术平均值已超过1。说明从单一重金属总体风险来看，成人若摄入所调查的3种藻类，存在无机砷的膳食摄入风险。对于儿童来说，100%的羊栖菜样品、88.89%的海带样品和10.53%的紫菜样品中无机砷，16.67%的羊栖菜样品和100%的紫菜样品中镉，存在THQ值 $\geq 1$ 的情况，对儿童健康有风险。从单一重金属总体风险来看，无机砷和镉在儿童中的THQ算术平均值已超过1，儿童若摄入所调查的3种藻类，存在无机砷和镉的膳食摄入风险[27]。

2017年，台州市售海带、紫菜中镉的检出率分别为95.92%和100.00%。紫菜中镉的检出范围为0.20~6.60 mg/kg，中位数为2.20 mg/kg，超标率为23.24%（目前我国尚无藻类制品中镉的限量相关标准，本研究参考欧盟(EU) No.488/2014对食品补充剂(干海藻及其衍生产品，或双壳贝类干)中镉的限量3.0 mg/kg)。海带、紫菜中铅的检出率分别为83.67%和83.10%，超标率分别为6.12%和7.04%[28]。

云奋等(2017)调查分析了海南省市售藻类制品中42种元素的含量，结果显示铅、镉和铬含量检出范围分别为未检出~8.17 mg/kg，0.0259~4.89 mg/kg，未检出~1.49 mg/kg，均值分别为0.941 mg/kg、1.03 mg/kg、0.389 mg/kg[29]。

表11: 多地藻类铅污染程 (标准: 1.0 mg/kg, ND 表示未检出。)

| 地区   | 物种  | 含量范围<br>(mg/kg) | 平均含量<br>(mg/kg) | 超标率    | 来源          |
|------|-----|-----------------|-----------------|--------|-------------|
| 浙江沿海 | 羊栖菜 | 0.53~1.17       | 0.82            | 16.67% | 陈星星等 (2018) |
| 浙江沿海 | 海带  | 0.40~2.18       | 1.21            | 100%   | 陈星星等 (2018) |
| 全国   | 海带  | -               | 0.71            | 16.13% | 刘永涛 (2016)  |
| 台州   | 海带  | ND~2.00         | 0.23 (中位数)      | 6.12%  | 倪承珠等 (2018) |
| 宁波   | 紫菜  | 0.15~2.0        | 0.76            | -      | 高志杰等 (2014) |
| 台州   | 紫菜  | ND~1.50         | 0.24 (中位数)      | 7.04%  | 倪承珠等 (2018) |
| 浙江沿海 | 紫菜  | 1.03~4.78       | 2.36            | 100%   | 陈星星等 (2018) |
| 全国   | 紫菜  | -               | 1.06            | 33.54% | 刘永涛 (2016)  |
| 海南   | 藻类  | ND~8.17         | 0.941           | 31.6%  | 云奋等 (2017)  |

表12: 多地藻类镉污染程度 (参考标准: 1.0 mg/kg, 《无公害食品 海藻》(NY 5056—2005) )

| 地区   | 物种  | 含量范围<br>(mg/kg) | 平均含量<br>(mg/kg) | 来源          |
|------|-----|-----------------|-----------------|-------------|
| 台州   | 紫菜  | 0.20~6.60       | 2.20 (中位数)      | 倪承珠等 (2018) |
| 宁波   | 紫菜  | 1.1~4.7         | 3.1             | 高志杰等 (2014) |
| 全国   | 紫菜  | -               | 2.5             | 刘永涛 (2016)  |
| 浙江沿海 | 紫菜  | 2.25~5.47       | 3.15            | 陈星星等 (2018) |
| 浙江沿海 | 羊栖菜 | 0.96~2.02       | 1.38            | 陈星星等 (2018) |
| 全国   | 海带  | -               | 0.48            | 刘永涛 (2016)  |
| 海南   | 藻类  | 0.0259~4.89     | 1.03            | 云奋等 (2017)  |

表13: 藻类铬污染程度 (参考标准: 2.0 mg/kg, 《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762-2017))

| 地区 | 物种 | 含量范围<br>(mg/kg) | 平均含量<br>(mg/kg) | 来源          |
|----|----|-----------------|-----------------|-------------|
| 宁波 | 紫菜 | 0.016~5.8       | 1.4             | 高志杰等 (2014) |
| 全国 | 海带 | -               | 3.81            | 刘永涛 (2016)  |
| 全国 | 紫菜 | -               | 1.71            | 刘永涛 (2016)  |
| 海南 | 藻类 | 0~1.49          | 0.389           | 云奋等 (2017)  |

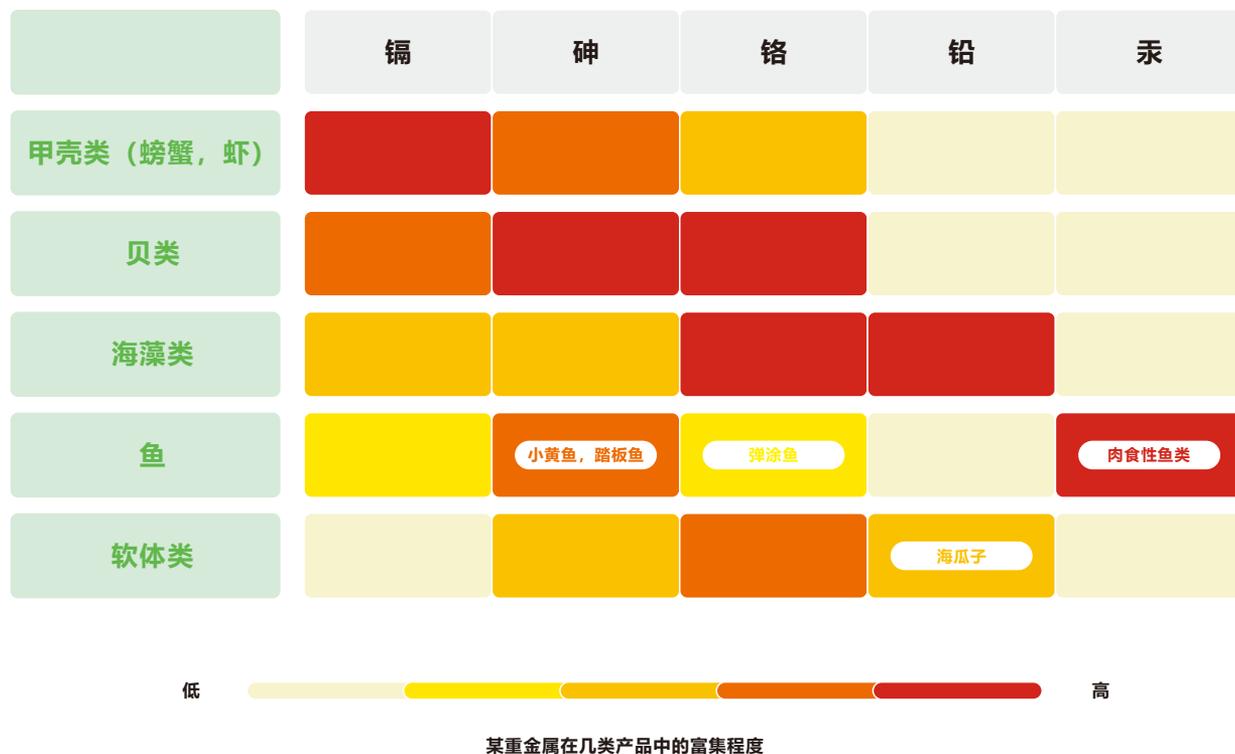
表14: 藻类砷污染程度 (参考标准: 1.5 mg/kg, 《绿色食品藻类及其制品》(NY/T 1709—2011))

| 地区   | 物种  | 含量范围<br>(mg/kg) | 平均含量<br>(mg/kg) | 来源          |
|------|-----|-----------------|-----------------|-------------|
| 浙江沿海 | 羊栖菜 | 2.77~29.80      | 15.78           | 陈星星等 (2018) |
| 浙江沿海 | 海带  | 0.42~7.40       | 02.26           | 陈星星等 (2018) |
| 全国   | 海带  | -               | 0.082           | 刘永涛 (2016)  |
| 全国   | 紫菜  | -               | 2.40            | 刘永涛 (2016)  |

## 总结

可以发现,我国近海海产品中镉、砷、铬、汞和铅均存在不同程度的超标。从重金属角度来看,镉在甲壳类、贝类、海藻类中富集度最高,其次为鱼类;砷在贝类、海藻类、甲壳类和鱼类富集程度最高;铬易在海藻类、贝类、弹涂鱼中富集,甲壳类和头足类次之;而汞则最容易在大型鱼类中富集,尤其是肉食性鱼类,如海鳗、带鱼、鲛鱼、鮫鯪鱼、金枪鱼和鲨鱼甲基汞含量高于其他杂食性或食草性鱼类;铅在海藻、海瓜子和海鱼中较易富集。

从海产品角度来看,甲壳类和贝类对镉和砷的富集能力较强,而对于汞的富集能力则较弱;软体类对铬和砷的富集能力较强;海鱼类对砷、铬的富集能力较强。海藻类是一种良好的重金属吸附剂,羊栖菜对砷和镉的富集能力很强,其对砷的富集能力超过了海带和紫菜。海带和紫菜对铅和镉有特异性富集作用,紫菜对镉、铬的富集能力强于海带。



## 建议

水产品是市民高消费量食物，其重金属种类及含量水平影响居民膳食暴露风险。鉴于重金属对人体健康的危害，建议市场监督管理部门、疾控中心、消费者协会等单位密切关注食品中重金属物质的污染状况，开展精确的居民膳食暴露风险评估以及对人体健康影响的研究，尽快对于尚缺乏水产品/海产品中限值、标准的重金属制定相应标准，制作健康饮食指南，举办一定的健康宣传活动，引导沿海居民自我控制相应海产品的摄入量和食用频率，减低健康风险。

海产品因含有丰富的营养物质，包括易消化吸收的蛋白质、 $\omega$ -3系列不饱和脂肪酸、维生素及矿物质等，是非常适合男女老幼摄取的食物。然而，它们又是人群暴露于重金属的重要途径。因此，建议无论是何种食品，均应适量食用，同时注意均衡饮食，才能保持健康。

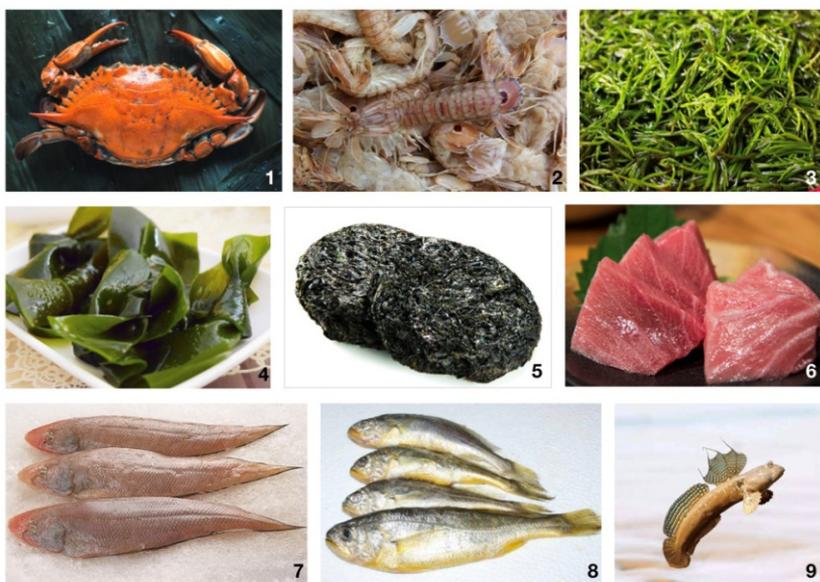
# 附图： 海产品图片



1. 栉孔扇贝; 2. 虾夷扇贝; 3. 圆贝; 4. 海螺; 5. 牡蛎 (生蚝); 6. 鲍鱼; 7. 带子; 8. 蛏子 (缢蛏); 9. 红树蚶



1. 海虹 (海红, 青口); 2. 毛蚶; 3. 花蛤; 4. 白蛤; 5. 海瓜子; 6. 文蛤; 7. 沙白; 8. 青蛤; 9. 纯缢锦蛤



1. 梭子蟹; 2. 虾蛄; 3. 羊栖菜; 4. 海带; 5. 紫菜; 6. 金枪鱼; 7. 踏板鱼 (舌鲷); 8. 小黄鱼; 9. 弹涂鱼

# 附表： 我国海产品重金属标准

|     | GB 2762-2017 食品安全国家标准<br>食品中污染物限量 |            | NY 5073-2006 无公害食品<br>水产品中有毒有害物质限量 (农业行业标准) |     |
|-----|-----------------------------------|------------|---|-----|
| 铅   | 鲜、冻水产动物 (鱼类、甲壳类、双壳类除外)            | 1.0 (去除内脏) | 头足类   | 1.0 |
|     | 鱼类、甲壳类                            | 0.5        | 鱼类、甲壳类                                      | 0.5 |
|     | 双壳类                               | 1.5        | 贝类  | 1.0 |
|     | 水产制品 (海蜇制品除外)                     | 1          |   |     |
|     | 海蜇制品                              | 2          |   |     |
| 镉   | 鱼类                                | 0.1        | 鱼类  | 0.1 |
|     | 甲壳类                               | 0.5        | 甲壳类   | 0.5 |
|     | 双壳类、腹足类、头足类、棘皮类                   | 2.0 (去除内脏) | 贝类、头足类                                      | 1.0 |
|     | 鱼类罐头 (凤尾鱼、旗鱼罐头除外)                 | 0.2        |   |     |
|     | 凤尾鱼、旗鱼罐头                          | 0.3        |   |     |
|     | 其他鱼类制品 (凤尾鱼、旗鱼制品除外)               | 0.1        |   |     |
|     | 凤尾鱼、旗鱼制品                          | 0.3        |   |     |
| 甲基汞 | 水产动物及其制品 (肉食性鱼类及其制品除外)            | 0.5        | 所有水产品, 不包括食肉鱼类                              | 0.5 |
|     | 肉食性鱼类及其制品                         | 1.0        | 肉食性鱼类, 如鲨鱼、金枪鱼、旗鱼等                          | 1.0 |
| 无机砷 | 水产动物及其制品 (鱼类及其制品除外)               | 0.5        | 鱼类  | 0.1 |
|     | 鱼类及其制品                            | 0.1        | 其他动物性水产品                                    | 0.5 |
|     | 水产调味品 (鱼类调味品除外)                   | 0.5        |   |     |
|     | 鱼类调味品                             | 0.1        |   |     |
|     | 婴幼儿谷类辅助食品 (添加藻类的产品除外)             | 0.2        |   |     |
|     | 添加藻类的产品                           | 0.3        |   |     |
|     | 婴幼儿罐装辅助食品 (以水产及动物肝脏为原料的产品除外)      | 0.1        |   |     |
|     | 以水产及动物肝脏为原料的产品                    | 0.3        |   |     |
| 铬   | 水产动物及其制品                          | 2          |   |     |

# 参考文献

1. 冉烈, 李会合. 土壤镉污染现状及危害研究进展[J]. 重庆文理学院学报(自然科学版), 2011, 30(04): 69-73.
2. [https://mp.weixin.qq.com/s/Pz6VI38zWuY9\\_dwM8bgCbA](https://mp.weixin.qq.com/s/Pz6VI38zWuY9_dwM8bgCbA)
3. [http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217\\_288876.html](http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288876.html)
4. 宋晓昀, 李瑞, 张磊, 郑晓南, 王凡, 许莹. 大连市售海产品铅、镉污染状况分析与评价[J]. 实用预防医学, 2013, 20(12): 1474-1475.
5. 高志杰, 汪娅娜, 姚浔平, 王海滨, 郑海波, 江军. 海产品中重金属铅、汞、镉、铬对人体健康的潜在风险评价[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(07): 1019-1021+1025.
6. 柴鹏飞, 陆怀初, 陈海燕, 郑江. 鄞州区市售动物性海产品镉残留调查[J]. 预防医学, 2019, 31(09): 950-952.
7. 章忠辉, 陈建业, 詹珍洁. 瓯海区市售海产品中重金属的含量及评价[J]. 食品安全导刊, 2019(09): 80-82.
8. 张鸟飞, 穆卫华, 张斯涵, 房海娜, 朱亮, 郑程. 舟山特色海产品残留重金属的监测与评价[J]. 广州化工, 2016, 44(04): 101-103.
9. 黄强, 赵静, 孙小童. 莱州常见海洋贝类中重金属污染情况调查评估[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(04): 300-303.
10. 刘海新, 余颖, 席英玉, 王丽娟, 杨妙峰, 姜琳琳, 叶玫. 福建闽南沿海养殖牡蛎食用健康风险评估[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(06): 921-932.
11. 隋茜茜, 余金橙, 朱金艳, 赵艳雪, 刘素稳, 李明明, 李璐仪, 吕文玥. 秦皇岛海域食用贝类重金属污染情况分析[J/OL]. 食品工业科技: 1-15[2020-02-14].
12. 李晗琪, 唐峰, 赵宁. 锦州市售海产品中五种重金属含量检测与安全性评价[J]. 现代畜牧兽医, 2017(06): 12-16.
13. 张文雅. 砷对人体健康的毒性研究进展[A]. 中国环境科学学会. 2013中国环境科学学会学术年会论文集(第七卷)[C]. 中国环境科学学会, 2013: 6.
14. 林艺佳, 蹇丽, 寇彦巧, 郑远伟, 杜睿贤, 毕恩泽. 东寨港近岸底栖贝类重金属的富集特征研究[J]. 环境科学与技术, 2018, 41(08): 17-23.
15. 孙莉娜, 黄玉英. 厦门沿海贝类中重金属的含量及污染状况评价[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2018, 41(02): 181-184.
16. 王浩然, 伊丽丽, 王红卫, 刘斌, 支雅男, 赵慧琴. 秦皇岛近海域海产品中铅、镉、汞、砷检测与安全性评价[J]. 现代预防医学, 2018, 45(11): 1960-1963.
17. 李昇昇, 李敏, 朱晓辉, 韩雅静, 李红艳, 李良忠, 向明灯, 于云江. 大亚湾海产中重金属的健康风险与海产消费建议[J/OL]. 环境化学: 1-10[2020-02-14].
18. 史黎薇. 铬化合物对健康影响的研究进展[J]. 卫生研究, 2003(04): 410-412.
19. 刘金苓, 李华丽, 唐以杰, 等. 珠海淇澳岛红树林湿地经济鱼类的重金属污染现状及对人体健康风险分析[J]. 生态科学, 2017, 36(5): 186-195.
20. 祝银, 朱剑, 李子孟, 刘琴, 尤炬炬. 浙江省主要海产品中铬元素含量分布及风险分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(17): 5773-5778.
21. 李平, 陈敏, 王波. 中国居民甲基汞暴露的来源和健康风险[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2019, 38(04): 725-728+661.
22. 赵宇航, 陈敏, 涂瑞, 杨爱江, 李平. 舟山地区海产品汞含量及居民汞暴露风险[J]. 生态学杂志, 2017, 36(05): 1419-1425.
23. 梅光明, 张小军, 钟志, 宋凯, 李子孟, 郭远明. 浙江沿海海产品甲基汞污染调查及膳食风险评估[J]. 食品科学, 2016, 37(17): 207-212.
24. 陈天金, 魏益民, 潘家荣. 食品中铅对人体危害的风险评估[J]. 中国食物与营养, 2007(02): 15-18.
25. 白艳艳, 潘秋仁, 贾玉珠. 2015年厦门市售水产动物及藻类食品中重金属污染状况评价[J]. 实用预防医学, 2017, 24(11): 1314-1317.
26. 刘永涛. 海带和紫菜中金属元素水平及风险评估研究[D]. 华中农业大学, 2016.
27. 陈星星, 吴越, 周朝生, 陆荣茂, 曾国权, 黄振华. 浙江沿海藻类重金属含量测定及健康风险评估[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(06): 1029
28. 倪承珠, 郝伟, 张海君. 台州市海带和紫菜中铅、镉含量分析[J]. 预防医学, 2018, 30(10): 1050-1052.
29. 云奋, 吴明明, 廖凯. 海南省藻类制品中42种元素含量调查与分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(17): 3118-3120.

◎ 鸣谢：

本报告是“深圳市零废弃环保公益事业发展中心”实施的联合国开发计划署全球环境基金小额赠款计划下“化学品管理民间网络与能力建设”项目的一部分。

同时获得了北京市企业家环保基金会（阿拉善SEE）海洋保护专项提供的资金支持。

本文内容及意见仅代表发表机构观点，与全球环境基金和阿拉善SEE基金会的立场或政策无关。



SGP The GEF Small Grants Programme



**无毒先锋** 是深圳市零废弃环保公益事业发展中心一支关注“有毒化学物质污染对中国人群的健康影响”的团队，使命是合力抗击“隐形污染”，消除有毒化学物质对中国人群的健康影响。理想为“无毒中国”——中国再无有毒化学物质污染受害者。

**作者：**何玲辉 **审校：**刘利群，毛达

**排版：**莫存柱

**❗ 版权声明：**本报告的所有内容，包括文字、图片、图表均为原创。  
对未经许可擅自使用者，本机构保留追究其法律责任的权利。

**发布方：**无毒先锋

**发布日期：**2020年6月8日