

小龙虾养殖环境中重金属污染来源及检测技术

祝乾, 孙建娜, 余恒琳, 朱毛毛, 徐宁

南京市产品质量监督检验院(南京市质量发展与先进技术应用研究院), 江苏南京

摘要: 随着小龙虾养殖业的快速发展, 养殖环境的质量问题日益受到关注。其中, 重金属污染作为影响小龙虾生长和健康的关键因素之一, 其来源与检测技术的研究显得尤为重要。本文首先分析了小龙虾养殖环境中重金属污染的多种来源, 包括建筑材料与生活垃圾的重金属释放、大气沉降的影响、工业排放的污染、农业活动的引入以及自然地质过程的释放。接着, 探讨了重金属对小龙虾养殖的具体影响, 包括水质变化对小龙虾生长发育的抑制作用、重金属积累对小龙虾健康的潜在威胁, 以及食物链传递中的生物放大效应。最后, 本文综述了当前常见的重金属检测技术。

关键词: 重金属污染; 小龙虾养殖; 来源分析; 检测技术

Sources and Detection Technologies of Heavy Metal Pollution in Crayfish Farming Environments

Qian Zhu, Jianna Sun, Henglin Yu, Maomao Zhu, Ning Xu

Nanjing Product Quality Supervision and Inspection Institute (Nanjing Institute of Quality Development and Advanced Technology Application), Nanjing, Jiangsu

Abstract: With the rapid development of the crayfish farming industry, increasing attention has been paid to the quality of the farming environment. Among these concerns, heavy metal pollution, as one of the key factors affecting crayfish growth and health, makes the study of its sources and detection technologies particularly important. This paper first analyzes the various sources of heavy metal pollution in crayfish farming environments, including the release of heavy metals from construction materials and domestic waste, the impact of atmospheric deposition, industrial emissions, agricultural activities, and natural geological processes. Subsequently, it explores the specific effects of heavy metals on crayfish farming, including the inhibitory effects of water quality changes on crayfish growth and development, the potential threats of heavy metal accumulation to crayfish health, and the biomagnification effect in food chain transmission. Finally, this paper reviews the current common heavy metal detection technologies.

Keywords: Heavy metal pollution; Crayfish farming; Source analysis; Detection technology

1 引言

近年来,小龙虾因其独特的风味和广泛的消费基础,已成为我国重要的水产养殖物种之一。然而,随着养殖规模的扩大和集约化程度的提高,养殖环境的质量问题逐渐凸显,尤其是重金属污染问题尤为突出,已成为制约小龙虾养殖业可持续发展的关键因素。本文旨在全面分析小龙虾养殖环境中重金属污染的来源,并探讨其对小龙虾生长和健康的具体影响,同时综述当前的重金属检测技术。

2 重金属污染的来源分析

2.1 建筑材料与生活垃圾的重金属

在探讨小龙虾养殖环境中重金属污染的来源时,建筑材料与生活垃圾作为潜在的污染源不容忽视。建筑材料中,尤其是老旧建筑的涂料、管道和防水材料,可能含有铅、镉等重金属元素。这些元素在建筑材料老化、破损或遇水溶解时,容易释放到周围环境中,进而通过雨水径流或渗透进入养殖水体。生活垃圾中同样含有重金属,主要来源于废弃电池、电子产品、废旧金属物品以及含有重金属的日常生活用品。这些垃圾若未经妥善处理,在堆放、填埋或焚烧过程中,重金属可能会通过渗滤液、飞灰等途径进入环境,最终对小龙虾养殖水体造成污染。因此,在规划和管理小龙虾养殖场时,应充分考虑建筑材料的选择和生活垃圾的处理方式,以减少重金属污染的风险。

2.2 大气沉降对水体重金属污染的影响分析

大气沉降主要包括干沉降和湿沉降两种形式。干沉降是指空气中的重金属颗粒、尘埃等在没有降水的情况下,通过重力作用自然沉降到地表或水体。湿沉降则是指降雨、降雪等降水过程中,将空气中的重金属污染物冲刷并带入水体。这两种沉降方式都会导致重金属元素在养殖水体中的积累。

工业排放、汽车尾气以及燃煤等人类活动产生的大气污染物中含有大量的重金属元素。这些元素在大气中经过迁移、转化和沉降过程,最终进入小龙虾养殖水体,增加了水体中重金属的浓度。此

外,大气沉降的重金属还可能通过土壤间接进入水体,进一步扩大污染范围。因此,在评估小龙虾养殖环境中的重金属污染风险时,必须考虑大气沉降这一重要因素。通过加强大气环境治理、减少工业排放和汽车尾气污染等措施,可以有效降低大气沉降对小龙虾养殖水体的重金属污染风险。

2.3 工业排放对养殖水体的影响

工业排放中的重金属元素主要通过废水、废气和固体废弃物进入小龙虾养殖水体。废水排放是工业活动中最直接的重金属污染源,含有重金属离子的废水未经处理或处理不彻底直接排入养殖水体,会导致水体中重金属浓度急剧上升。废气排放中的重金属元素虽然主要以气态或颗粒态存在,但经过大气沉降过程,同样会进入水体并积累[1]。此外,工业固体废弃物如矿渣、冶炼渣等,在堆放和处理过程中,重金属元素可能通过渗滤作用进入土壤和地下水,进而对养殖水体造成污染。因此,工业排放是小龙虾养殖环境中重金属污染不可忽视的重要来源。

2.4 农业活动引入的重金属污染物

在探讨小龙虾养殖环境中重金属污染的来源时,农业活动引入的重金属污染物是一个不容忽视的因素。化肥、农药以及畜禽粪便等农业投入品中含有的重金属,通过农田径流和灌溉水进入水体,成为养殖环境中重金属的重要来源之一。这些农业投入品中的重金属主要来源于其生产和加工过程,例如化肥中的镉、汞等元素可能来源于矿石原料,而农药中的铅、铬等元素则可能来源于生产过程中的副产物或添加剂。此外,畜禽粪便作为有机肥料使用时,也可能携带重金属元素,尤其是当畜禽饲养过程中使用了含重金属的饲料添加剂时,粪便中的重金属含量会进一步增加。这些重金属元素随农田径流和灌溉水进入小龙虾养殖水体后,会在水体中积累,并对小龙虾的生长和健康构成潜在威胁。因此,在小龙虾养殖过程中,应加强对农业投入品的管理,减少重金属的引入,以保障养殖水体的质量和小龙虾的养殖效益。

2.5 自然地质过程释放的重金属

自然地质过程也是小龙虾养殖环境中重金属的一个重要来源。地壳中的重金属元素，如铅、锌、铜、镉等，在自然条件下可以通过风化、侵蚀、淋溶等地质过程被释放到环境中。特别是在地质构造活跃、岩石富含重金属的地区，这种自然释放现象更为显著。当地下水流经这些富含重金属的岩层时，重金属元素可能会被溶解并随水流进入养殖水体，从而在养殖环境中积累。此外，地震、火山喷发等自然灾害也可能导致重金属元素的大规模释放，对养殖水体造成短期内的严重污染。因此，在考虑小龙虾养殖环境的重金属污染问题时，自然地质过程的影响不容忽视[2]。

3 重金属对小龙虾养殖的影响

3.1 水质变化对小龙虾生长发育的影响

水质是小龙虾生长发育的关键因素之一，而重金属污染是导致水质变化的重要原因。当养殖水体中重金属含量超标时，重金属污染会直接影响小龙虾的生长发育。首先，重金属污染会降低水体的溶解氧含量，影响小龙虾的呼吸作用，进而影响其生长速度和成活率。其次，重金属还可能与水体中的其他物质结合，形成难以被生物降解的复合物，这些复合物会附着在小龙虾的鳃部，阻碍其正常呼吸和摄食，严重时甚至导致小龙虾死亡。此外，重金属污染还可能破坏水体的生态平衡，影响小龙虾的食物链，进一步对其生长发育造成不利影响。

3.2 重金属积累对小龙虾健康的影响

重金属在小龙虾体内的积累，不仅影响其生长发育，更对其健康构成严重威胁。长期暴露于重金属污染的环境中，小龙虾会通过摄食、呼吸等途径不断摄入重金属，这些重金属在其体内逐渐积累，达到一定浓度后，便会对小龙虾的生理机能造成损害。一方面，重金属积累可能导致小龙虾的免疫系统功能下降，使其更易受到疾病和病原体的侵袭。另一方面，重金属还可能对小龙虾的神经系统、消化系统等造成损伤，影响其正

常行为和生理功能。此外，重金属积累还可能通过遗传物质影响小龙虾的繁殖能力，降低其后代的存活率和健康水平，从而对小龙虾种群造成长期的不利影响[3]。

3.3 食物链传递中的生物放大效应

重金属在食物链中的传递往往伴随着生物放大效应，即重金属在食物链的各级生物体内逐渐积累，且浓度逐级升高。对于小龙虾而言，它们处于食物链的某一环节，可能会从摄食的浮游生物、底栖动物以及植物性饵料中摄入重金属。这些重金属在小龙虾体内积累后，当其成为更高级捕食者的食物时，重金属便随之传递给下一级生物，且浓度往往更高。

这种生物放大效应不仅增加了小龙虾及其捕食者体内重金属的浓度，也扩大了重金属污染的范围并加剧了其影响。长期下来，这可能导致整个生态系统中的生物都受到重金属的污染和威胁，对生态平衡和生物多样性造成严重的破坏。因此，了解和掌握食物链传递中的生物放大效应，对于评估和控制重金属污染在小龙虾养殖环境中的影响具有重要意义。

4 常见的重金属检测技术

4.1 光谱分析法在重金属检测中的应用

光谱分析法是一种基于物质与光相互作用原理的分析技术，它通过测量物质对光的吸收、发射或散射等特性，来确定物质的组成、结构和含量。在重金属检测领域，光谱分析法因其高灵敏度、高选择性和非破坏性等特点而被广泛应用。该方法可以迅速准确地检测出样品中的重金属元素，如铅、汞、镉、铬等，且检测下限低，能够满足对痕量重金属的检测需求。此外，光谱分析法还可以同时检测多种重金属元素，大大提高了检测效率。因此，光谱分析法在小龙虾养殖环境的重金属污染监测中发挥着重要作用。

光谱分析法的应用不仅限于小龙虾养殖环境，它还广泛应用于各种水体、土壤以及食品样品中的重金属检测。在水体检测中，光谱分析法能够快速

识别并定量分析水中的重金属离子浓度，为水质评估和污染治理提供关键数据。在土壤检测方面，该方法能够准确测定土壤中重金属的含量和分布，有助于评估土壤污染状况和制定修复方案。此外，在食品安全领域，光谱分析法也发挥着重要作用，它能够检测食品中的重金属残留，确保食品的安全性和合规性[4]。

4.2 色谱法检测技术及其优势

在探讨小龙虾养殖环境中重金属污染的检测技术时，色谱法因其高灵敏度、高选择性和广泛的适用范围而成为研究者和实践者青睐的方法。色谱法，尤其是高效液相色谱和离子色谱，能够在复杂样品中准确测定痕量重金属元素，这对于评估小龙虾养殖水体的污染状况至关重要。色谱法不仅具备高分辨率和分离效能，能够有效区分不同形态的重金属离子，还因其操作简便、重现性好而备受推崇。色谱法可实现对小龙虾体内及养殖水体中重金属元素的精确定量，为制定针对性的污染控制措施提供科学依据。此外，色谱法在检测过程中所使用的试剂相对安全环保，对环境影响小，符合现代绿色分析化学的发展趋势。因此，色谱法在小龙虾养殖环境的重金属污染监测中具有不可替代的优势。

色谱法的另一显著优势在于其检测结果的准确性和可靠性。高效液相色谱和离子色谱通过特定的色谱柱和流动相，能够对重金属离子进行高效分离，避免了其他物质的干扰，从而提高了检测的准确性。同时，色谱法的检测结果通常以峰面积或峰高来表示，这些数据可以通过标准曲线进行定量分析，进一步确保了检测结果的可靠性[5]。此外，色谱法还具有良好的线性范围和检出限，即使在痕量重金属存在的情况下，也能准确地进行测定。

4.3 生物监测方法与生态毒性测试

在探讨小龙虾养殖环境中重金属污染的影响时，生物监测方法与生态毒性测试成为评估生态系统健康状况的关键工具。生物监测作为一种直观反

映环境质量的手段，以生物体对环境变化的响应作为指标，特别是在重金属污染的长期影响评估中展现出独特的优势。它不仅能够提供环境中重金属污染的实时数据，还能够揭示污染物对生物体健康产生的潜在影响。生态毒性测试，则是通过模拟实际环境条件，评估重金属对特定生物种群的毒性效应，从而预测其对整个生态系统可能造成的危害[6]。这种方法有助于识别敏感生物指标，为制定环境质量标准提供科学依据。生物监测与生态毒性测试相结合，不仅能够全面评估小龙虾养殖环境中的重金属污染状况，还能为制定有效的污染防控策略提供有力支持，确保养殖业的可持续发展和生态环境的健康稳定。

4.4 快速检测技术的发展与应用

在探讨小龙虾养殖环境中重金属污染的来源、影响与检测技术时，快速检测技术的发展与应用成为了保障水质安全、促进养殖业可持续发展的关键环节。近年来随着科技的进步，快速检测技术在重金属检测领域的应用日益广泛，不仅提高了检测效率还降低了成本，成为了重金属污染监控的重要工具。

快速检测技术的核心在于其能够在短时间内提供准确的检测结果，对于小龙虾养殖业而言，这意味着可以及时发现并处理潜在的重金属污染问题。例如，现代便携式重金属检测仪采用电化学传感器或光谱分析技术，可以在现场即时完成水质检测，减少了传统实验室检测的时间延迟。

此外，快速检测技术还具备高度的灵敏度和特异性，能够准确识别并量化水体中的重金属含量，这对于评估污染程度和制定相应治理措施至关重要。一些先进的快速检测技术，如基于纳米材料的传感器，甚至能够实现对痕量重金属的检测，进一步提升了检测的精度和可靠性。这些技术的应用，不仅有助于及时发现和处理污染问题，还能为科学研究提供宝贵的数据支持，推动重金属污染防控技术的不断创新和发展。随着技术的不断进步和成本的进一步降低，快速检测技术有望在未来小龙虾养殖业中得到更广泛的应用。

5 结语

总之,小龙虾养殖环境中的重金属污染问题不容忽视,其对小龙虾养殖业的可持续发展构成了潜在威胁。通过深入分析重金属污染的来源,我们认识到控制污染源、改善养殖环境的重要性。在检测技术方面,光谱分析法、色谱法、生物监测方法及快速检测技术等各自具有独特的优势,为小龙虾养殖环境中的重金属检测提供了多样化的选择。特别是快速检测技术的发展与应用,不仅提高了检测的效率和准确性,还为及时发现和处理污染问题提供了有力支持。未来,随着技术的不断进步和成本的进一步降低,我们有理由相信,重金属检测技术将在小龙虾养殖业中得到更广泛的应用。

参考文献

- [1]覃顺华. 食品中重金属检测质量控制与分析[J]. 食品安全导刊, 2024, (10):64-66.
- [2]姜学丽. 食品中重金属检测技术质量控制的对策分析[J]. 现代食品, 2023, 29 (17): 149-151.
- [3]何成兰. 重金属检测技术在食品检测中的应用[J]. 中国食品工业, 2023 (17): 75-76.
- [4]李佳辉. 食品中重金属含量的高效检测策略[J]. 中国食品工业, 2024, (19):100-102.
- [5]郭殿刚. 食品重金属检验样品处理和检验方法研究[J]. 中国食品工业, 2024, (11):104-106.
- [6]黄会珍. 食品中重金属检测质量控制分析[J]. 中国食品工业, 2023, (24):56-58.

