

莱州湾西南部海域及其毗邻河流水体营养盐的分布特征及长期变化趋势

张锦峰^{1,2} 高学鲁¹ 李培苗¹ 庄文¹ 周凤霞¹

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003;

2. 鲁东大学 化学与材料科学学院, 山东 烟台 264025)

根据 2012 年 9 月对莱州湾西南部海域及其毗邻 10 条河流的调查结果, 以及近 30 年来关于莱州湾海域表层水营养盐的调查资料, 报道了各条河流和近海海域的营养盐状况及该海域营养盐的长期变化趋势, 结果表明: (1) 10 条主要调查河流的总溶解态氮 (TDN) 平均含量在 1.82-10.66 mg/L 之间, 其中有 8 条河流超过河流总氮劣五类水质标准, 6 条河流硝态氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 含量高于氨氮 ($\text{NH}_4\text{-N}$)。 (2) 所调查的 5 个近海断面中小清河口近海断面、虞河口近海断面及溢洪河口近海断面的 DIN 平均含量超过海水无机氮第四类水质标准; 除小清河口近海断面外其余近海断面活性磷 ($\text{PO}_4\text{-P}$) 含量均属一类海水水质。 (3) 部分断面营养盐含量在河口混合区淡水端升高, 可能与咸淡水混合动力作用相关; 莱州湾西部区域营养盐含量高于南部区域, 南部的堤河氮、磷含量极高; 原油开采活动可能是影响附近水体中营养盐含量及形态的重要因素。 (4) 从 20 世纪 80 年代初至 90 年代中期, 莱州湾表层水无机氮平均含量经历了由低到高的变化, 到 90 年代后期已属劣四类海水水质; 无机磷平均含量在该时段呈降低趋势, 但到 90 年代后期也保持在较高水平, 随后又波动下降。 (5) 所调查的莱州湾近海区域整体处于磷限制潜在富营养状态; 氮磷摩尔比 (N:P) 在所考察的大部分时段内高于 Redfield 阈值 (16), 净营养盐收支呈磷减少而氮增加的总体变化趋势, 近年来磷限制程度有所减缓。

[全文链接](#)

作者简介

张锦峰 (1979-), 男, 博士研究生, 讲师, 主要从事海洋环境地球化学研究, 电子邮箱: zhjf_2005@163.com。

高学鲁, 博士, 研究员, 主要从事海洋生物地球化学研究。先后参与了包括国家杰出青年科学基金、国家自然科学基金、中国科学院创新重大项目、中国科学院百人计划项目、广东省自然科学基金项目、青岛市科技将才专项计划等课题近 10 项。已发表和接受论文 30 余篇, 其中 15 篇被 SCI 收录。目前的研究领域主要涉及: 1. 海洋环境金属元素的赋存形态、分布和生物地球化学循环; 2. 海洋环境质量、污染监测与环境管理。电子邮箱: xlgao@yic.ac.cn。

(排名不分先后)

专家点评 集思广益

该论文报道了莱州湾西南部海域以及 10 条入海河流营养盐的分布特征, 并通过资料收集与汇总, 总结了近 30 年来莱州湾海域营养盐的长期变化趋势。论文将陆地河流与近海合在一起进行调查, 并关注海域水质指标的长期演变趋势, 有一定的资料积累价值。

——郭卫东 (厦门大学海洋与地球学院 教授)

该文报道了 2012 年 9 月对莱州湾西南部海域及其毗邻 10 条河流水体营养盐调查结果，并根据近 30 年来莱州湾海域营养盐的报道资料，分析了各条河流和近海海域的营养状况及该海域营养盐的长期变化趋势，有学术价值。

——宋金明（中国科学院海洋研究所 研究员）

研究莱州湾西南部海域及其毗邻河流水体营养盐的分布特征对于海洋环境有效监测及污染治理有较强的理论与实际指导意义。论文采取的方法可靠，对比数据翔实可信。

——杨建强（国家海洋局北海分局 研究员）

活性氮的超负荷是近海生态系统面临的最严重的环境问题之一，这主要是由于人类活动造成的，是重要的学科前沿问题。本文通过 2012 年对莱州湾海域及其相邻的河流营养盐的分布分析，同时结合近 30 年的历史数据统计，阐明的氮磷营养盐的时空演化规律，对于治理海湾生态环境和调整周边的产业布局结构提供了重要的科学基础，有重要的参考价值。

——洪义国（中国科学院南海海洋研究所 研究员）

论文报道了 2012 年 9 月莱州湾西南部海域及邻近河流的营养盐调查结果并进行了陆海对比，研究内容对研究莱州湾近岸海域污染物来源及污染防治提供了支撑，论文中溢洪河、弥河及潍河中 DON 平均含量高于 DIN 含

量的研究结果值得关注。由于北方河流径流量受季节变化明显，建议作者进一步研究其它季节河流营养盐状况。

——**马元庆**（山东省海洋资源与环境研究院 工程师）

个人感觉论文的工作量还是非常饱满的。唯一略显不足的地方在于：所观测点只是选取了某一位置出距离表层的一个点，这种测量的结果从趋势上来说能揭示一定的规律，但是不能全方面了解整个水域的趋势，个人感觉是否可以适当在中层区域、和距离海底一段区域取水体样本，会不会对全面了解相关信息更有帮助（当然这可能在实践中存在一定的操作难度）。此外在莱州湾内，如果能配合潮流三维水动力方程进行模拟计算，则更为全面解释整个区域各种氮等的情况？

——**刘忠波**（大连海事大学交通运输管理学院 讲师）

该论文针对莱州湾西南部陆海相互作用的水体营养盐进行测定和分析，积累了基础数据，有利于理解陆源污染对海域的影响。希望作者能够在浓度的基础上，增加通量的概念使得陆源影响更加具体化。

——**鲁超**（国家海洋局宁德海洋环境监测中心站 工程师）

该论文利用调查数据和历史数据，研究莱州湾西南部海域及其毗邻 10 条河流的 N、P 平均含量的变化趋势和富营养状态，并分析产生的可能原因，得到了比较客观的结果，对于制订改善研究区水质状况的对策具有指导作用。

——**罗新正**（烟台大学环境与材料工程学院 教授）

论文对于莱州湾西南部海域及入海河流营养盐的分布特征及趋势变化分析细致，详细介绍了其污染现状及多年来污染程度变化趋势，为相关环境监测及污染治理提供了数据的参考及理论上的支持，具有一定的参考价值。

——王华（河海大学环境学院 讲师）

该文报道了 2012 年丰水期后莱州湾西南部海域及其毗邻的 10 条入海河流的营养盐分布特征，并总结分析了近 30 年来该区域营养盐的长期变化趋势，具有一定资料积累价值。建议增加所采用检测方法与国标方法间的比对数据，以保证所获取数据与历史数据的可比性。

——单科（国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所 工程师）

富营养化是我国河流与近岸海域水体面临的主要环境问题。该文章报道了莱州湾海域及其 10 条入海河流水体的营养盐调查结果，并根据近 30 年莱州湾海域营养盐的报道资料，分析了莱州湾海域及其各条入海河流水体营养盐的长期变化趋势，对反映莱州湾海洋水体富营养化变化特征，剖析其形成机制，具有一定的科学意义与资料价值。

——索安宁（国家海洋环境监测中心 副研究员）

该论文通过实地考察提取样品数据，得出莱州湾西南部海域及其毗邻的 10 条河流水体营养盐调查结果，结论比“纸上谈兵”更有说服力。并结

合当地和实际情况，给出近 30 年来莱州湾海域营养盐的演变原因，对水资源的污染及预防有指导价值。

——**李建华**（威海市气象局 高级工程师）

论文通过对莱州西南海域 5 个河口断面和毗邻 10 条河流的综合调查，结合历史调查资料，报道了氮磷硅的含量和分布特征长期变化趋势，并做了合理分析推理，具有重要的参考价值。

——**陈令新**（中国科学院烟台海岸带研究所 研究员）

该文报道了莱州湾西南部海域及其入海河流表层水体中营养盐状况，并整理了近 30 年来该海域营养盐的历史监测数据，分析其变化趋势和演变特点，成果对了解该海域乃至渤海的营养盐现状及其长期的变化趋势具有现实意义，同时对在渤海的三大湾（渤海湾、辽东湾和莱州湾）开展污染物陆海迁移转化的相关研究也具有一定的参考价值。建议作者今后将有机质和营养盐结合在一起开展的研究。

——**吴光红**（天津师范大学 教授）

文章根据 2012 年丰水期在莱州湾西南海域 10 条入海河流及 5 个入海口近海断面调查所得的营养盐数据，结合分析了陆源径流、入海口及近岸区域溶解态氮、磷不同形态污染物的含量，并通过与该区域近 30 年的数据的比对，给出了长时间序列变化趋势和污染来源解析。论文的研究成果对于莱州湾海域环境污染防治和海岸带产业布局的调整有一定的参考价值；对莱州湾河口生态环境演变的研究具有一定的学术价值。此外，本人还有

个不成熟的想法，就是如果能再结合研究区域沉积物中的营养盐数据进行分析，是否会使文章更有说服力？

——叶然（国家海洋局宁波海洋环境监测中心站 助理工程师）

1、论文选题属于海洋环境研究类的常见主题，研究工作的主要价值在于其实践意义，研究结论为海洋环境管理提供了基础参考依据和决策依据。

2、论文难能可贵的是收集了大量有关莱州湾及其临近海域的中尺度的研究数据，形成了该区域海洋环境研究的较为宝贵的数据库，但其所使用的分析方法属于常规研究方法，文章缺乏新的科学问题的发现，所揭示的原因尚模糊，若能进一步分析研究导致环境问题恶化的根源及其与环境的相互影响，则能更好的服务于海洋环境管理。

3、论文层析清晰，数据多，工作量大。但对于推论的分析似乎过于简单，建议进一步细化分析研究。

问题与建议：

1、建议文章在当前分析的基础上，适当增加内容以丰富论文的实用性：分析导致环境恶化的机理或规律，找出问题的根源及有针对性的提出解决措施或建议。

2、建议在当前基础上进一步在可能造成水体营养盐的原油开采活动等的排污口一定范围内设置断面或点，获取相关水质因子的数据并做进一步分析，以便找出原油开采活动与海域环境恶化的密切联系。

——常立侠（广东省海洋发展规划研究中心 工程师）

该论文通过对莱州湾西南部及其毗邻的 10 条河流进行的调查，对莱州湾海域营养盐含量及陆源入海情况进行了较为细致的分析。同时，通过近 30 年莱州湾海域营养盐含量进行的时间序列分析，对莱州湾营养盐长期变化进行了探讨，具有一定的资料价值。考虑到莱州湾西南部距黄河口较近，受黄河影响较大，因此若能补充黄河营养盐输入的情况则文章将更具有说服力。

——王颢（福建省海洋环境与渔业资源监测中心 工程师）

该论文从时间和空间两方面对莱州湾西南部海域及其毗邻陆域水体的营养盐变化规律进行了研究，并将河流与海湾作为一个整体进行研究，具有一定的创新意义。论文详细分析了研究区域的营养盐变化特征及陆源污染汇入的影响，可对该地区水环境安全的管理与防控提供指导。

——孙芹芹（福建海洋研究所 副研究员）

谨对文章的局限性和今后的发展提点个人意见: 1. 渤海营养盐浓度变化存在显著的季节变化和年际变化分量，本文分析只能代表 2012 年 9 月份的状况。采用不同季节的其他资料进行同时比较时，可能造成资料季节变化分量歪曲年际变化分量的长期趋。采用同季节的资料进行年际变化趋势分析是比较客观的方法，但是，现有的观测资料（文献资料）可能难以满足这样的条件，需要长期的、有计划的调查工作进行资料积累后才可以满足这样的分析条件。2. 由于磷存在显著季节变化分量，文章结论中，“有效遏制了莱州湾磷限制程度的进一步恶化”的判断有可能是不真实的。

——石强（国家海洋局北海环境监测中心 研究员）

扩展阅读

九龙江河口区营养盐分布特征及其影响因素分析

根据 2009、2010 年“丰水期”和“枯水期”4 航次九龙江河口混合区的调查资料，且结合历史资料对营养盐含量及分布特征、周日变化特征进行了统计和相关分析，研究了九龙江流域营养盐输入海洋的变化过程，探讨九龙江河口营养盐伴随潮汐变化，以及河口混合过程中的生物地球化学行为。调查期间溶解无机氮、硅和磷含量的平面分布呈现出由径流冲淡水高值向河口外海端递减的变化趋势；在涨潮时，河口区感潮段高溶解无机氮、硅、磷营养盐的陆源冲淡水与低溶解无机氮、硅、磷营养盐外海水相遇，随着外海水的侵入，外海水的作用逐渐加强，在稀释混合过程中呈现出无机营养盐逐步降低的变化趋势，退潮时则相反；营养盐在这复杂的河口过程中往往表现出在水动力的作用下稀释混合是主要过程，无机氮和活性硅酸盐在河口稀释混合过程中呈现保守性特征，活性磷酸盐在河口转移（补充）过程的行为复杂化，呈现缓冲作用为主。

渤海湾西南部典型站位营养盐限制特性的加富培养实验研究

2010 年 10 月，对渤海湾西南部海域典型站位表层水体进行了模拟现场的营养盐加富培养实验。初始状态下，培养水样中溶解无机氮浓度为 $20.68 \mu\text{mol/L}$ ，磷酸盐浓度 $0.24 \mu\text{mol/L}$ ，硅酸盐浓度 $4.58 \mu\text{mol/L}$ ，叶绿素 a 浓度为 $1.05 \mu\text{g/L}$ ，浮游植物细胞密度为 1080 cells/L 。通过改进实验设计，研究了该水样的营养盐限制类型、水样中浮游植物对不同氮磷比以及不同硝酸盐添加方式的生态响应。实验结果表明，在单一添加营养盐的各组中，添加磷酸盐的 1-3 组叶绿素 a 浓度和浮游植物细胞密度的增长状况最显著，1-3 组叶绿素 a 浓度峰值为空白对照组 1-1 组的 2.48 倍，达到营养盐全加组 1-5 组同期浓度的 48%，其细胞密度峰值为 1-1 组的 1.66 倍，达到 1-5 组同期密度的 72%，该水样为磷限制。在实验条件下，浮游植物的增长在总体上随着氮磷比的降低而增大，最适宜的氮磷比为 5-15 左右，略低于 Redfield 比值 16。硝酸盐的连续性添加比一次性添加更有利于浮游植物的生长，暗示了低浓度长期持续性氮

污染可能会比高浓度冲击性氮污染更有效地刺激浮游植物的增长，从而造成更严重的生态问题，而此时用以往的一次性添加培养实验可能会低估浮游植物的增长潜力。

浙江近岸典型港湾的营养盐行为特征

利用象山港（2010年4月）、三门湾（2010年3月）及乐清湾（2009年4月）平水期的调查资料，分析讨论了不同类型的港湾水体营养盐的分布和行为特征。发现象山港具有3个港湾中最高浓度的 PO_4^{3-} 和 NO_2^- ，分别为 1.87 和 $1.22 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ，三门湾则具有最高的 NO_3^- 浓度（ $61.0 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ）。三门湾的 $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^{3-}$ 比值高达 43.0 ，其次是乐清湾（ 32.4 ）和象山港（ 27.5 ），水体富营养化特征明显。3个养殖港湾 SiO_3^{2-} 浓度均与盐度之间呈显著的负相关，表明在混合过程中均呈保守行为，这与硅酸盐的天然来源和港内较弱的生物吸收有关。乐清湾 NO_3^- 与盐度之间存在一定的相关关系，而象山港和三门湾 NO_3^- 在混合稀释过程则表现为不保守，此外三门湾和乐清湾 PO_4^{3-} 均表现为不保守行为，这主要由于 NO_3^- 和 PO_4^{3-} 多样的人为来源和复杂的转移机制。另外， $\text{NO}_3^-/\text{SiO}_3^{2-}$ 比值随盐度的变化表明象山港和三门湾在咸水端则均有较明显的硝酸盐输入，显然来源于海水养殖自身污染，水产养殖对海域氮和磷的负荷具有较显著的贡献。

关于《海洋通报》

《海洋通报》创办于1982年，中国工程院院士方国洪担任主编，由国家海洋局主管，国家海洋信息中心和中国海洋学会主办，国家海洋局北海分局、东海分局和南海分局协办，是国内海洋领域具有较大影响的综合学术刊物。双月刊 (CN 12-1076/P, ISSN 1001-6392)，大16开本，120页，逢双月15日出版，国内外公开发行。

收录情况：中文核心期刊要目总览（2011年版）、中国科技期刊引证报告（CJCR）源期刊（2014年）、中国科学引文数据库（CSCD）源期刊（2013-2014目录）。

影响因子：海洋科学核心期刊中排名第3。（数据来源：中国科学技术信息研究所《2014年版中国科技期刊引证报告(核心版)》）

【海洋通报】· 惠睿观通 是新媒体环境下海洋科学传播的尝试，旨在通过知识聚合为用户提供学术阅读新体验。