

渤海海洋渔业资源可持续利用

刘红卫¹, 贺世杰^{2*}, 王传远³ (1. 广东省环境科学研究院, 广东广州 510045; 2. 鲁东大学地理与规划学院, 山东烟台 264025; 3. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东烟台 264003)

摘要 渤海海洋渔业资源的过度开发与利用, 使渤海海洋生物资源严重衰退。分析了渤海渔业资源的内部矛盾及其主要因素, 结果表明, 由于人类对海洋环境的破坏和不合理利用, 造成渤海渔业资源严重衰退。针对目前渤海海洋渔业资源开发现状及其由于过度捕捞造成的海洋环境问题, 提出了未来渤海渔业资源的可持续发展的对策。

关键词 渤海; 渔业资源; 可持续利用

中图分类号 S931.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2010)26-14579-03

Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources of Bohai Sea

LIU Hong-wei et al (Guangdong Academy of Environmental Sciences, Guangzhou, Guangdong 510045)

Abstract Associated with the exploitation and utilization of marine fishery resources in Bohai Sea, the deep recession of marine living resources came. The internal conflicts and main factors were analyzed by using dynamic method. The results showed that human's destruction to marine environment and unreasonable exploitation were the main reasons for the deep recession. Aiming at the current status and environmental problems, some countermeasures for the sustainable development of Bohai fishery resources were put forward.

Key words Bohai Sea; Fisheries resource; Sustainable exploitation

渤海沿岸有辽河、海河、滦河、黄河等河入海, 由河流带来的大量泥沙, 沉降在渤海海底。因此, 渤海海底平坦、饵料丰富, 初级生产力较强, 是多种鱼虾繁殖、产卵、索饵、回游的良好场所。作为中国大型海洋水产养殖基地, 渤海湾共有生物资源 600 余种, 其中鱼类生物资源有 289 种^[1]。渔业鱼类, 隶属 5 科 27 种, 盛产小黄鱼、带鱼、鲈鱼、鲑鱼、鳊鱼、青鳞鱼等海洋经济鱼类, 盛产对虾、海参、鲍鱼、海胆、三疣梭子蟹等海珍品。自 20 世纪 60 年代以来, 由于人类对环境的破坏和不合理利用, 使渤海渔业的海产品产量和质量明显降低, 同时过度捕捞也给渤海渔业带来了严重的环境问题。因此, 研究渤海海洋渔业资源状况, 寻找合理开发利用渤海渔业资源、保护海洋环境、保护海洋渔业资源多样性, 促进渤海渔业可持续发展, 对国民经济的发展和社会进步具有深远的意义。

1 渤海渔业资源 40 年的演变特点

20 世纪 70 年代中期以来, 渤海渔业资源开发和利用程度超过正常水平, 加上渤海水域污染等原因引起海区生态恶化, 导致经济鱼类资源, 特别是一些主要经济鱼类资源开始呈不同程度的衰退。到 20 世纪 90 年代, 渤海传统经济渔业种类资源多处于严重衰退和枯竭边缘, 渔业资源的开发和利用已难以为继。

1.1 渤海渔业资源量和渔获质量的演变 据李显森等报道, 1983 年 5 月, 渤海捕捞出现鱼类有 63 种, 1992 年 5 月有 43 种, 1998 年 5 月有 40 种, 2004 年仅出现鱼类 30 种^[2], 渤海渔业种类明显逐年减少。1959 年主要经济鱼种产量达 138.8 kg/网, 1998 年渔获主要种类的产量仅为 11.18 kg/网, 2000 年进一步下降到 5.017 kg/网, 2004 年 5 月渤海海域 40 个调查站位, 总共只有 20 余 kg 渔获物。据 1998 年的调查, 渤海渔业资源生物量仅为 1992 年的 11%。

渤海渔获质量逐渐从优质经济种, 如小黄鱼向低质小型种, 如刀鲚更替, 反映出渔获品质的下降。渤海区主要的渔获种类为小黄鱼、带鱼、鲈鱼、黄鲫和鳊鱼, 目前的渔获物质量与 20 世纪 60 年代以前的渔获物质量却差别显著, 如小黄鱼 60 年代以前的捕获小黄鱼多为 2、3 龄以上的成鱼, 而今主要是 1 龄鱼和部分当龄鱼为主, 其余几种鱼的情况与小黄鱼类似。20 世纪 90 年代中后期, 除几个主要种类外, 主要渔获物中的鱼是梭鲈和玉筋鱼等。

1.2 生物种群结构的演变 渤海优势种发生更替, 渤海生殖群体优势种变化明显。1959 年春季, 带鱼和小黄鱼等经济鱼种的生殖群体在渔获物组成中占据较大优势, 尤以小黄鱼为主。随着渔业捕捞强度的增大, 个体较大、营养层次高的鱼类逐渐被小型个体、营养层次低的鱼类代替^[3]。20 世纪 80 年代渔获物中, 以黄鲫和鳊鱼的生殖群体为主^[3]。1998 年春季, 渤海鱼类生殖群体优势种为黄鲫、赤鼻梭鲈、小带鱼和鳊鱼^[4], 2004 年优势种已变为黄鲫、小黄鱼和虾姑^[2]。20 世纪 60 年代传统的经济鱼类被杂鱼所代替, 到 20 世纪 80 年代形成渔获物质量再度下降, 主要渔业资源以虾、蟹类和小杂鱼为主。目前渤海渔业资源质量低, 经济价值高的优质种类少, 渤海的渔业资源生产功能已经严重退化。捕捞网目越来越少, 幼鱼、幼虾、幼蟹充斥市场的现象仍然存在, 造成了渔业资源日益枯竭。

2 渤海渔业资源可持续利用存在的问题

2.1 过度捕捞 渤海渔业捕捞强度已超过其资源再生能力, 严重制约着渔业的可持续发展。据估算, 渤海渔业资源全年可捕量应在 30~50 万 t, 但从 1999 年至 2003 年环渤海 3 省 1 市渤海渔业产量已在 130 万 t 以上^[5], 由图 1 可知, 各个海域捕捞产量中渤海海域渔业生产呈现逐年萎缩态势。除传统的优质品种还能形成渔汛外, 大部分品种已灭绝或濒临灭绝。2006 年渤海海域全年海洋捕捞产量 122.86 万 t, 占全国海洋捕捞产量 8.52%; 比上年减少 0.48 万 t, 降低 0.39%; 比 2002 年减少 10.12 万 t, 降低 7.61%, 年均降幅 1.96%。渤海渔业可捕捞量在逐年下降, 捕捞质量也在下降。

基金项目 国家自然科学基金(编号:40806048)资助。

作者简介 刘红卫(1975-), 女, 山东德州人, 高级工程师, 硕士, 从事水及大气环境污染整治研究。* 通讯作者, 从事海洋环境和可持续发展研究。E-mail: qingji123@gmail.com。

收稿日期 2010-08-05

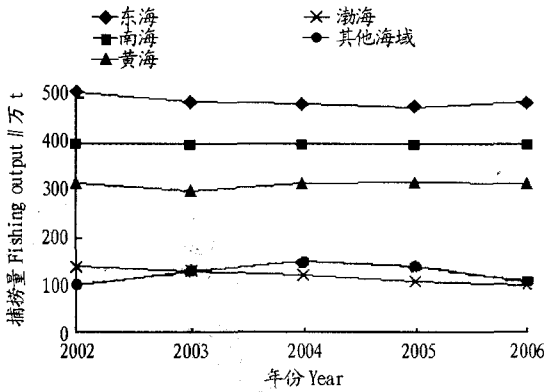


图1 全国海洋捕捞分海域产量年变化^[6]

Fig.1 Annual change of output of marine fishing in different sea region^[6]

2.2 陆源环境污染 据国家海洋局《2006年中国海洋环境质量公报》显示,2006年渤海海域污染严重,未达到清洁海域水质标准的面积约2万 km²,占渤海总面积的26%。海洋污染主要来自陆源排污、人工养殖等。2006年渤海海域中,严重污染、中度污染、轻度污染和较清洁海域面积分别约为2 770、1 750、7 370和8 190 km²,严重污染和轻度污染海域面积均比2005年增加约1 000 km²,与2002年相比,渤海轻度污染、中度污染、重度污染面积分别增加5 230、1 290和1 760 km²,分别增长2.4倍、2.8倍和1.7倍^[7]。由于人类干预鱼类生活环境发生改变,使鱼类回游期推迟,也使一些鱼类不能形成汛期。1983~1993年的10年间,鱼类群落多样性指数从3.61(85种)降到2.52(74种)^[8]。

2.3 海水养殖破坏海洋生态平衡 由于海洋渔业资源的锐减使得海水养殖业得到迅猛发展,过去20年间全球海水养殖产量以每年10%的速度增加。水产养殖过程中的残饵、粪便中所含的氮、磷等营养物质以及悬浮颗粒物和有机物会成为水体富营养化的污染源,给鱼虾的生存带来威胁,影响渤海的海洋捕捞量。另外,网围精养采取高密度放养,药物使用量增加,并大量投喂外源性饵料,致使排泄物增加,水中氮、磷等营养要素和有机物含量猛增。通过对精养虾池中的物质平衡的研究,发现在养殖过程中只有10%的氮和7%的磷被吸收,其他都以各种形式进入环境^[9]。根据中国海洋环境质量公报^[10]、中国渔业统计年鉴(2003)^[11],作渤海海区海水养殖产量与赤潮发生次数对比(图2)。由图2可知,渤海区1995~2002年所记录的发生赤潮次数与该区海水养殖产量相关,该区海水养殖产量和赤潮发生数都呈逐年增加的趋势,可能说明该海区海水养殖影响赤潮发生率。

丘君等,认为养殖区域底泥中氮、磷的含量和耗氧量比周围水体沉积物中的含量要明显高出很多^[12]。残饵和排泄物在底质堆积,促使微生物活动的加强,也加速营养盐的再生。同时,在养殖过程中死亡的生物体沉降分解增加底泥里的氧的消耗,在缺氧条件下会产生硫化氢和氨气等有毒物质。

水产养殖对海洋生物的影响还体现在养殖逃逸鱼类对其临近海洋生物的影响^[13]。海水养殖逃逸的鱼类可能对疾病的传播、野生群体遗传组成的改变等产生副作用,可能会

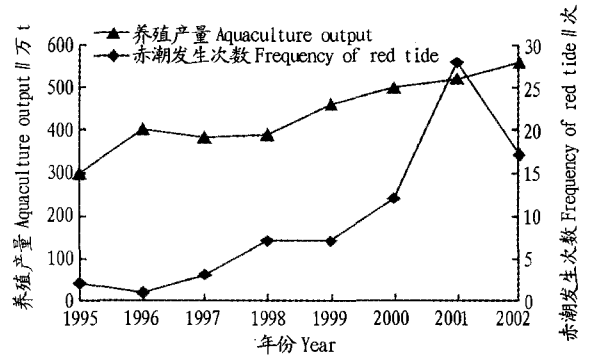


图2 渤海海区海水养殖产量与赤潮发生次数对比

Fig.2 A contrast between marine aquaculture output and the frequency of red tide in Bohai Sea

将地方流行病传给野生种群。

2.4 毒害入侵困扰海洋水产业 一些病毒侵入亦导致渤海的海洋生物生存受到很大影响,其中最典型的是虾毒。由于病毒存在于动物的细胞内,难以根治,加上它垂直和水平都能传播,使多种生物都成为病毒载体,如天津的厚蟹、卤虫等,增加了传播途径,难以有效控制,制约着渔业的发展。据估算,如能合理的开发利用,减轻虾病蔓延,预估渤海的产量在2010年将达到700万t。如盲目地增加养殖密度,导致养殖物种病害的频繁发生。例如,由于长期不合理的高密度养殖等原因,1993年6月,曾在沿海水产养殖暴发大面积虾瘟,发病养殖面积占当时全国对虾养殖总面积的76%,减产近12万t,直接经济损失35亿元,间接经济损失达86亿元^[14]。

3 渤海渔业资源可持续利用的对策

对于海洋资源开发同样要做到生态系统、经济效益和社会公平三者协调发展,做到人海关系地域系统在发展上的和谐,使海洋资源得以持续利用,海洋经济增长,海洋环境良好,海陆共同发展。环渤海经济带是我国“十五”计划和21世纪重大经济生长点,必须合理利用渤海海洋资源。实施渔业产业化、标准化、外向化三大战略,重点发展水产增殖业、水产健康养殖业、远洋渔业等,带动渔业产业升级,促进渤海渔业可持续发展。

3.1 加强渤海的综合管理,限额捕捞

3.1.1 强化海洋行政主管部门对海洋统一监督管理。 海洋管理是海洋行政部门代表国家对各涉海部门、各行业的用海行为进行统一的综合管理,建立海洋行政主管部门的集中协调、统一管理的综合管理体制。以河北省为例,在海水增殖方面,以海洋农牧化为目标,大力开展经济种鱼、虾和贝类等资源种苗放流、资源增殖工作,将人工培育苗种放流到海域,同时改造其水域生长环境,使其在自然环境中增殖,力争早日恢复濒临灭绝的、经济价值高的一些野生种群,如中国对虾^[15]。

3.1.2 完善渤海管理法规体系。 在立法中将资源开发与环境保护相结合,抓紧修改出台《渤海区渔业资源繁殖保护规定》,全面保护渤海渔业资源,明确规定禁用和限制使用的网具,杜绝“弓子网”、“杆网”、“拖网”等绝后网。加强捕捞许可证管理,严格执行国家下达的渔船控制指标;以法律、经济、科学和行政各种手段有计划地逐步调整重要经济鱼类的

捕捞量,把捕捞量压缩到小于其种群增长量的水平;严格限制沿岸水域的定置网和拖网作业,改革渔具渔法,杜绝损害鱼虾幼体的各种作业方式;进一步加强禁渔区、禁渔期的有效管理,增建不同类型的近海渔业资源保护区、禁渔区;与工商部门联合执法,杜绝违规偷捕渔获物在市场上销售^[16]。

3.1.3 加大渔政监督管理力度。实行严格的伏季休渔制度,制定规划,几年内不准新建渔船,加快渤海捕捞渔民减船与转产转业步伐,将渤海海域的捕捞率减下来,在一定时期内实行渤海捕捞产量负增长。自 20 世纪中期开始,我国不少海域开展了鱼虾种苗人工培育和流放增殖试验及生产。种苗放流增殖工作使该海域内鱼虾种群量得到了补充,这一举措为海洋渔业的发展开辟了一条新的途径,将给渤海的渔业种群增殖为渤海带来更大的收益。

3.2 防治海洋污染,保护海洋生态环境 要严格控制过度捕捞,保护近海、浅海渔业资源,积极开发外海、深海渔业资源,稳步发展远洋渔业,渤海捕捞渔业的发展应采取“保近捕远”的战略,在捕捞对象和安排上采取“保底补差”的策略。当前,渤海污染治理的重点是加强对直接入海的工业废水治理,大中城市毗邻海域的污染治理,以及入海河流域的污染治理。以渤海环境容量确定污染物排放总量和主要污染物的总量分配及陆源排污入海的标准,并通过容量资源的合理规划和使用,解决污染排放问题。因此,可以再造渤海的渔业新环境,如建人工鱼礁,植红树林等。人工鱼礁是人为的在水域中设置构造物,以改善水生生物栖息环境,阻碍破坏性捕捞行为,为鱼类等生物提供索饵、繁殖、生长发育等场所,以此达到保护、增殖资源和提高渔获质量的目的^[17]。如 1982 年在广东汕头市在南澳岛东北部的北角山外 2 km 的“风炉礁”附近海域先后投放人工鱼礁礁体 220 个和 2 艘废旧木船,经 3 年连续试捕调查,捕获的鱼类从 14 种增至 53 种,3 年间在人工鱼礁区捕到各种优质鱼类 9.4 t,总产值近 9.39 万元。相当于投礁投资的 134%^[2]。近 20 多年来已有很多沿海国家都投放了人工鱼礁。其中,近几年日本国家和地方政府每年投资约 600 亿日元用于人工鱼礁建设,建礁规模约 600 万 m³。美国建造人工鱼礁的主要目的是发展游钓休闲渔业,而渤海则是更好的保证渤海渔业的质量和资源的可持续利用^[17]。以渤海环境容量确定污染物排放总量和主要污染物的总量分配及陆源排污入海的标准,并通过容量资源的合理规划和使用,解决污染排放问题。

3.3 统一规划海陆资源,缩小病毒侵入范围 目前渤海沿海经济已从单纯的陆域开发逐步转移到海陆整体开发,一方面陆域经济向海上延伸,另一方面海洋资源加工“陆地化”。正因为人类的开发给渤海的生物资源带来了病毒,有的生物抗病性差,病毒一旦侵入就无限地扩散,就如同现在正在兴起的“H1N1”流感病毒一样,在渤海的海域蔓延。海陆经济一体化发展,无疑会全面促进环渤海经济圈的形成发展,使资金、技术、人才和资源得到合理优化配置和有效利用。此外,产业发展也会产生空间效益,在对陆域资源开发利用高新技术的扩散和传播时,复合用于海洋资源的开发利用,获得海陆双重效益。目前,大量的养虾废水已成为一个不可忽

视的海水有机污染因素^[18],如辽宁、山东 2 省对虾养殖排放的 COD 从 1983 ~ 1990 年分别增加了 6.7 倍和 2.7 倍,占当年全省入海 COD 排放量的 1.2% 和 4.1%^[19]。基于此,应开发和推广快速诊断水产养殖病害技术和产品,建立可靠的病害预警系统,鉴于山东省独特的地理和海域条件,重点对重要养殖品种,如海带、紫菜、裙带菜等海藻和对虾、扇贝、海参以及重要海水鱼类的种质资源进行保护和改良,实现资源的持续发展和利用。减少微生物病毒的入侵范围,使渤海的海陆范围得以有效地规划利用。

3.4 全面实施渤海“碧海行动”计划 结合国务院正式批复的《渤海碧海行动计划》,继续把渤海环境保护工作纳入全国环保工作的重点,“以渤海为突破口,实施渤海碧海行动计划,全面推动海洋环境保护工作”。《渤海碧海行动计划》计划用 15 a 时间,投入 600 多亿元,目标是使渤海的生态系统得到恢复和改善,环境质量得到明显好转。行动的实施将促进渤海各地区的渔业资源利用率,减少对渤海的污染,保护渤海生物的生活环境。但具体实施时,尚出现许多待解决的问题,例如渔业生态环境修复项目是渤海治理的重要内容,由于资金不到位、协调不力等问题,项目难以落实。为保证计划的顺利进行,应制定特殊政策,设立渤海资源开发与环境保护基金,以确保项目的落实。基于此,加强相关协调督查机构建设,并组织专家进一步论证项目,明确国家与地方的投资比例,可以确保项目如期完成。

4 小结

海洋以其巨大的系统能力调节着全球环境和支撑人类的生存发展,成为可持续发展的资源宝库。开发海洋渔业资源作为解决当前人类面临的人口、资源、环境三大危机的有效途径,得到了世界各国的广泛重视,海洋经济正在成为新的经济增长点。随着经济的快速发展,我国各个沿海地区利用地理优势发展海洋渔业资源,渤海的渔业资源开发带动了环渤海地区经济的飞跃发展,发展的同时也会带来它的消极影响,所以渤海渔业资源的可持续利用将成为今后环渤海经济区域发展的方向,优化人口、资源和环境 3 者的关系,将使渤海的渔业资源有序地被人类合理利用。

参考文献

- [1] 张耀光,关伟,李春平,等.渤海海洋资源的开发与持续利用[J].自然资源学报,2002,11(17):768-775.
- [2] 李显森,牛明香,戴芳群.渤海渔业生物生殖群体结构及其分布特征[J].海洋水产研究,2008,29(4):15-21.
- [3] 邓景耀,孟田湘,任胜民,等.渤海鱼类种类组成及数量分布[J].海洋水产研究,1988(9):11-41.
- [4] 程济生.黄渤海近岸水域生态环境与生物群落[M].青岛:中国海洋大学出版社,2004.
- [5] 苗军,李文抗,房恩军.关于渤海人工鱼礁建设构想[J].现代渔业信息,2006,21(1):14-17.
- [6] 国家海洋局.中国海洋统计年鉴 2005[M].北京:海洋出版社,2006.
- [7] 冯士祚,张经,魏皓.渤海环境动力学导论[M].北京:科学出版社,2007.
- [8] 丁德文.关于渤海综合整治纳入国家规划的建议[J].中国软科学,1999(2):28-29.
- [9] FUNGE-SMITH S J, BRIGGS M R P. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds implications for sustainability[J]. Aquaculture, 1998, 164: 117-133.
- [10] 中华人民共和国国家海洋局. 2003 年中国海洋环境质量公报[R]. 北京:国家海洋局,2003.
- [11] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴(2003)[M]. 北京:中国农业出版社,2003.

知识表达系统 $\{x_3, x_4, x_6\}$ 、 $\{x_3, x_5, x_6\}$ 、 $\{x_4, x_5, x_6\}$, 约简后的水质级别最简决策规则集见表3~5。

表3 最简决策规则集I

Table 3 The most simple decision solution I

| 监测站点 Monitoring station | x_3 | x_4 | x_6 | D |
|----------------------------|-------|-------|-------|-----|
| 大城子 Dachengzi | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 朝阳站 Chaoyang | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 义县 Yixian | 2 | 3 | 3 | 2 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 海州 Haizhou | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 复兴堡 Fuxingbao | 3 | 5 | 3 | 3 |

表4 最简决策规则集II

Table 4 The most simple decision solution II

| 监测站点 Monitoring station | x_3 | x_4 | x_6 | D |
|----------------------------|-------|-------|-------|-----|
| 大城子 Dachengzi | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 朝阳站 Chaoyang | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 义县 Yixian | 3 | 1 | 3 | 2 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 海州 Haizhou | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 复兴堡 Fuxingbao | 5 | 2 | 3 | 3 |

表5 最简决策规则集III

Table 5 The most simple decision solution III

| 监测站点 Monitoring station | x_3 | x_4 | x_6 | D |
|----------------------------|-------|-------|-------|-----|
| 大城子 Dachengzi | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 朝阳站 Chaoyang | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 义县 Yixian | 2 | 3 | 3 | 2 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 海州 Haizhou | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 复兴堡 Fuxingbao | 3 | 5 | 3 | 3 |

根据属性重要性原则, 得出最简决策规则集I、II、III中各水质影响因子的属性重要性。最简决策规则集I: $SGF(x_3) = 0.18, SGF(x_4) = 0.18, SGF(x_6) = 0.64$; 最简决策规则集II: $SGF(x_3) = 0.18, SGF(x_5) = 0.18, SGF(x_6) = 0.64$; 最简决策规则集III: $SGF(x_4) = 0.27, SGF(x_5) = 0.18, SGF(x_6) = 0.55$ 。

(上接第14581页)

- [12] 丘君, 刘容子, 赵景柱, 等. 渤海区域生态补偿机制的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008(2): 60-64.
- [13] 黄朝芳, 郑宗林. 浅议水产养殖中的饲料损失[J]. 科学养鱼, 2001(2): 41.
- [14] 杨宇峰, 赵细康, 王朝晖, 等. 海水养殖绿色生产与管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [15] 郝艳萍, 鲍洪彤, 徐质斌. 渤海渔业资源可持续利用对策探讨[J]. 海洋科学, 2001, 25(1): 52-54.

2.5 评价结果分析 根据水质影响因子重要性分析结果可看出, 氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和高锰酸盐指数是影响大凌河水质分级的主导因子, 但高锰酸盐指数属性重要性最高, 相比较而言更为重要。水中氨氮含量次之, 亚硝酸盐氮、硝酸盐氮含量也是影响水质的重要因子, 删除三者之一并不影响水质级别, 但不能同时去掉, 同时去掉会影响水质评价结果。

3 结论

准确地掌握水质状况, 可为水资源合理开发利用提供可靠的科学保证, 但如何在众多的指标集合中筛选出最重要的水质影响因子, 并对因子集合进行评价是个非常复杂的过程。该研究将模糊综合评价引入到水质多因子评价模型当中, 结合实例对大凌河水质等级进行评价, 利用粗集理论对影响因子进行筛选, 寻求最小决策规则集, 得出高锰酸盐指数是水质影响主导因子, 氨氮含量次之, 亚硝酸盐氮、硝酸盐氮含量也是大凌河水质等级评价中起重要作用的影响因子。该方法的应用为大凌河水质评价中需要重点加强的水质监测指标的确定提供了可靠的理论支持和决策保证。

参考文献

- [1] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 167-188.
- [2] 马平, 朱珊, 郑毅. 模糊综合评判方法在灌溉用水水质评价中的应用[J]. 世界地质, 2002(4): 353-357.
- [3] 秦冰. 模糊综合评价法在城市旱情评价中的应用[J]. 水利规划, 2007(2): 25-27.
- [4] 刘晓宁, 贾忠华. 模糊综合评价在关中灌区干旱评价中的应用[J]. 水资源与水工程学报, 2005, 16(2): 62-65, 68.
- [5] 李小鹏, 赵涛, 袁兰静. 基于循环经济的生态工业园区综合评价研究[J]. 北京理工大学学报, 2009(4): 54-57.
- [6] 周惠成, 朱永英. 基于粗集-模糊推理的径流多因素分级预报模型[J]. 四川大学学报, 2009, 41(1): 1-7.
- [7] 熊建秋, 李祚泳, 邹长武. 基于粗集理论的地下水水质指标属性约简[J]. 水科学进展, 2005, 16(4): 494-499.
- [8] 王新洲. 模糊空间信息处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 130-131.
- [9] PAWLAK Z. Rough set[J]. International Journal of Information and Computer Science, 1982, 11(5): 341-356.
- [10] PAWLAK Z. Rough sets: theoretical aspects of reasoning about data[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [11] 王国胤. Rough 集理论与知识获取[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2001.
- [12] 曾黄麟. 粗集理论及其应用(修订版)[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998.
- [13] 胡可云, 陆玉昌, 石纯一. 粗糙集理论及其应用进展[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2001, 41(1): 64-68.
- [14] 张剑诚, 于金海, 王吉桥, 等. 人工渔礁建设研究现状[J]. 水产科学, 2004(11): 27-30.
- [15] 赵章元, 张永良, 章燕. 我国区域性污水海洋处置度分区规划研究[J]. 海洋环境科学, 1997, 16(3): 14-20.
- [16] 傅秀梅, 宋婷婷, 戴桂林, 等. 山东海洋渔业资源问题及其可持续发展策略[J]. 海洋湖沼通报, 2007(2): 164-170.
- [17] 李海清. 渤海和濠州内海环境立法的比较研究[J]. 海洋环境科学, 2006(2): 78-83.