

2 结果与分析

2.1 丰度特征 研究区域的表层沉积物样品中大多数含有丰富的硅藻壳体,仅有少数样品中的硅藻壳体含量较少,最高丰度值为 9 828 cells/g(6 站位),最低丰度值 852 cells/g(12 站位),平均每克干样含 4 800 个壳体。根据丰度值分布存在的差异可将海坛岛东南部研究区域划为 3 个区(图 2),在 3 个分区中,第 1 区的平均丰度值最大,然后是第 3 区,第 2 区的丰度值普遍偏小。第 1 区位于海坛岛的南部,特点为与大陆平行分布,离岸相对较近,第 2 区位于海坛岛的东南部,分布特点为离陆地较远,离海岛较近,个别站位离海岛较远,第 3 区位于海坛岛的东部,离岸较远。

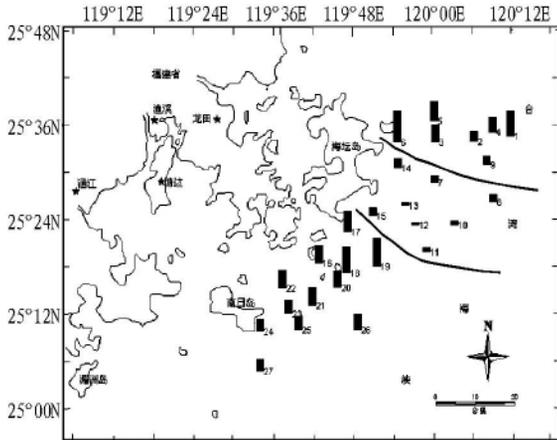


图 2 海坛岛东南海域表层沉积硅藻丰度值分布差异

由图 3 可知,当水深大于 30 m 的时候,沉积硅藻的变化幅度比较小而且丰度值整体偏小;在水深为 20 ~ 30 m 时,表层沉积硅藻的丰度值相对稳定;在水深小于 20 m 的时候,硅藻的丰度值变化很大,尤其在 0 ~ 10 m。海坛岛近岸海域水动力条件复杂,波浪、潮汐、径流均对其产生较大的影响。由图 1、图 2 可知,当离岸较近,水深较浅时,沉积硅藻丰度变化很大,环境剧烈动荡,沉积速率大。当水深增大,离岸较远,水动力条件趋于稳定,沉积硅藻壳体丰度在海底平原地区的分布表现出较小幅度的变化。

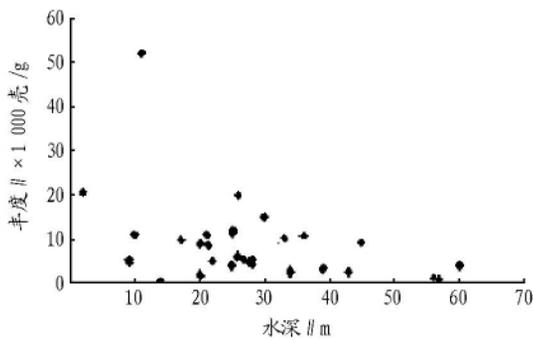


图 3 表层沉积硅藻丰度与水深对应

在离陆地较近的站位,如 5 号、16 号、17 号、22 号站位水深较浅,水深变化较小,营养物的来源十分丰富,沉积硅藻的丰度值较大。16 号站点位于河口区,17 号站点位于海湾内,受湾外波浪的影响很小,有利于硅藻壳体的沉积,丰度值较大。在离陆地较远的站位,如 26 号、27 号、9 号站位,水深较

深,营养物的来源迅速下降,由于潮流、波浪等因素的作用在动荡水体环境中阻碍硅藻壳体的沉积,丰度值较小。

2.2 属种组成 27 个表层沉积物样品中共鉴定出硅藻 246 种和变种,隶属于 59 属。其中波状辐衲藻 [*Actinopterychus undulatus* (Bail) Ralfs],具槽直链藻 [*Melosira sulcata* (Her.) Kutzing],柱状小环藻 (*Cyclotella stylum* Brightwell) 在大部分站点是占绝对优势的主要优势种。

2.2.1 波状辐衲藻分布特征。波状辐衲藻的生态习性为生活在沿岸海区广布性底栖种,尤其是在北温带沿岸水域,周年出现,在外洋也有出现。在研究区,波状辐衲藻是主要的优势种之一,其分布状况见图 4。平均百分含量约为 10.1%,26 号站位出现最大的百分含量约为 21.0%;其他含量比较大的站点有 7 号约为 17.0%;10 号站点约为 16.0%;共有 14 个站位的百分含量大于 10.0%。分布有一定的均衡性,含量百分比在站位之间差异比较小。支崇远发现辐衲藻属受到富营养化水体影响时,其比例上升,而且在靠外海的水体中,辐衲藻出现的比例也较大,认为辐衲藻与氧化还原环境相关,在还原环境和较强的还原环境中其比例表现出明显的上升趋势^[2]。

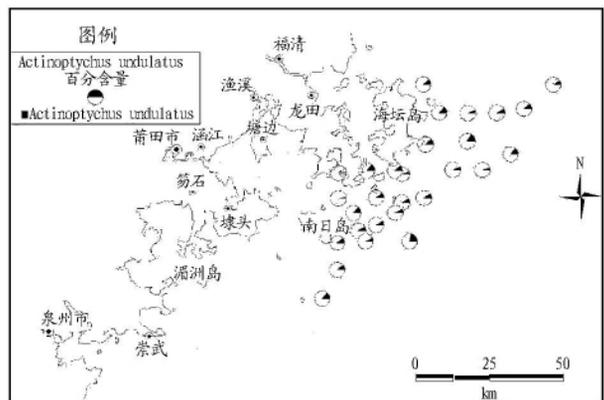


图 4 波状辐衲藻百分含量分布

2.2.2 具槽直链藻分布特征。具槽直链藻 (*M. sulcata*) 为我国海洋近岸底栖性种,常出现于近岸浮游植物中,分布很广,在大风浪的地方其含量较大,是福建中部近岸海域表层沉积硅藻中最常见的种类之一,在此次研究区域中,各个站位出现频率都很高。图 5 是各站点中该种占硅藻总数百分

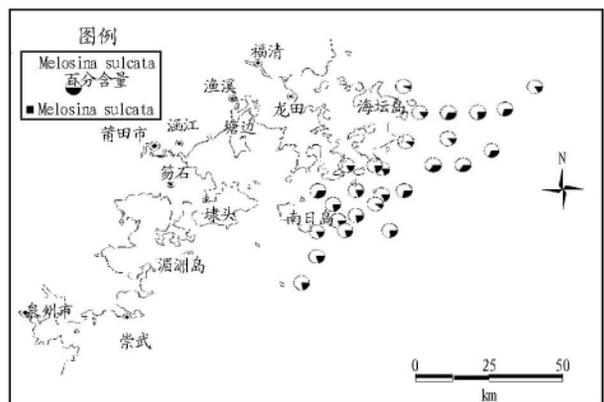


图 5 具槽直链藻的百分含量分布

比的分布情况,19号约为32%,8号约为31%,12号约为34%,10号约为37%,39号约为32%,41号约为35%。具槽直链藻在研究区的平均百分含量为22.7%。蒋辉研究发现该种从岸线到浅海,随水深变大,数量逐渐增多;而从浅海到深海区或海槽,其含量逐渐变少,是典型的浅海种,水深50~100 m最适合其生活^[3]。研究区域的水深为50 m左右,水深变化不大,50 m以内分布优势明显,对近岸和潮间带的水深适应能力较强,与蒋辉的研究相吻合,50 m以内的近岸海区是最适合生存埋葬区之一。

2.2.3 柱状小环藻分布特征。柱状小环藻(*Cyclotella stylo-*
rum Brightwell)是海水和半咸水种,广泛分布于沿海地区,在潮间带也大量出现而认为是潮间带种。图6显示的是其在

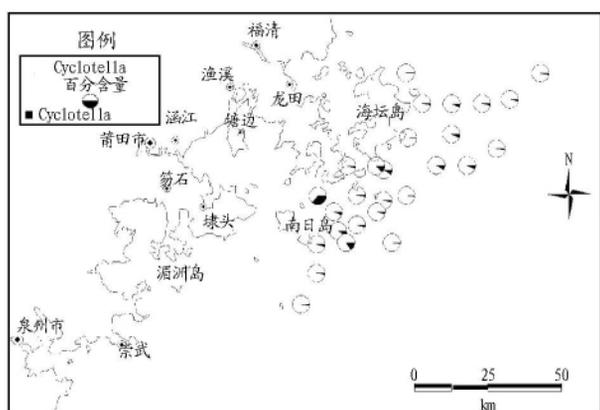


图6 小环藻百分含量分布

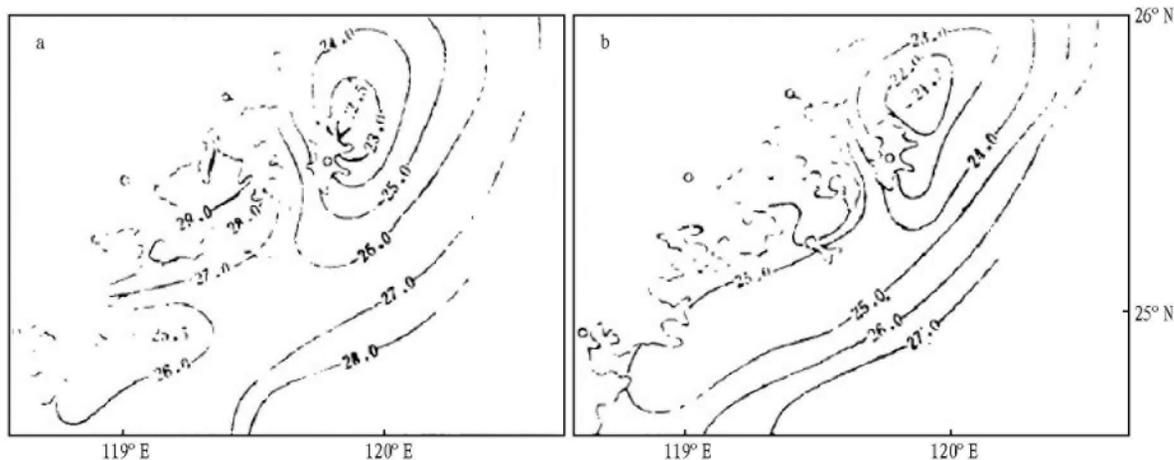


图7 1984年8月表层(a)、10 m层(b)水温平面分布^[6]

2.3.2 盐度。由图8可知,盐度值大于34的盐度中心与温度值相对应。从以前调查资料得知,海峡西北部近海夏季盐度分布的一般特征是随深度的增加而增大,高盐水在下层。当外海底层海水向北向岸流动时,随着水深变浅而爬坡上升,将高盐水带至海面。因此,海坛岛附近的高盐区是该处海水爬坡上升的结果。

结合温度、盐度的资料,可以得出海坛岛附近海域存在上升流。由图1可以看到,在第2区,沉积硅藻的丰度值严重偏小,第1、3区的沉积硅藻丰度值较高。虽然2区和1、3区水体深度变化有正相关对应性,但是二者的沉积硅藻丰度

各站点的百分含量分布状况,在研究区是另一个广泛且大量分布的种群。其中,在22号站位本种达最大比例约为36%;其他含量比较大的站点有25号约为29%;15号站点约为16%;出现的最小值站位与具槽直链藻百分含量最小值出现的站点一致,整体上在水深小于20 m,沿岸含量较高。

2.3 与上升流的关系 从水温、盐度分析可知,夏季该海域沿岸存在着上升流。夏季闽中沿岸海域存在的低温、高盐和低溶解氧且不饱和区是深底层海水涌升所造成的。该上升流中心位于海坛岛附近海域,涌升水一般可升至10 m层左右。上升流显现于5月末,7月最盛,衰退于8月末,其分布范围及理化特征具有明显的月际和年际变化^[4]。关于海坛岛附近上升流的成因,目前尚无一致看法,但都认为地形、N向海流以及西南季风是形成该上升流的动力因素^[5]。上升流存在的迹象海洋中的上升流是一种极其缓慢的垂直运动,至今尚没有理想的仪器能对它进行直接测定。但是可以通过海水温、盐度等特征的分布和变化间接的对上升流加以判断。

2.3.1 水温。水温是判断夏季沿岸上升流存在的依据。夏季由于太阳辐射和陆地温度变化的影响,表层海水迅速增温,且近岸温度高于外海。若近岸存在着上升流,它会把次表层(浅海为近底层)温度较低的海水带到表层,使表层温度出现近岸低于外海的异常分布。由图7可知,在海坛岛附近有一个明显的低温区,低温中心位于海坛岛的东北侧,温度在23℃以下,外部海域的水温都在26℃以上,温差达到3℃以上。

值变化悬殊。

在理论上讲,一般认为在上升流区,通过富含营养盐的深层水涌升过程,使表层水变得肥沃,从而提高生物的生产力,在生态特征上表现出高的浮游植物生物量和初级生产力,单细胞浮游植物种类繁多、数量巨大^[7]。在研究区的第1、3区,位于上升流的中心地带,沉积硅藻壳体分布量除个别站位外都比较大,其平均值大于2区的平均值,反映其对上升流有较好的响应。但是在研究区的第2区,实际调查的沉积硅藻数量极其低,与上升流的生态效应并不一致,甚至有相反的趋势。杨清良认为在海坛岛的东部沿岸海域相对于

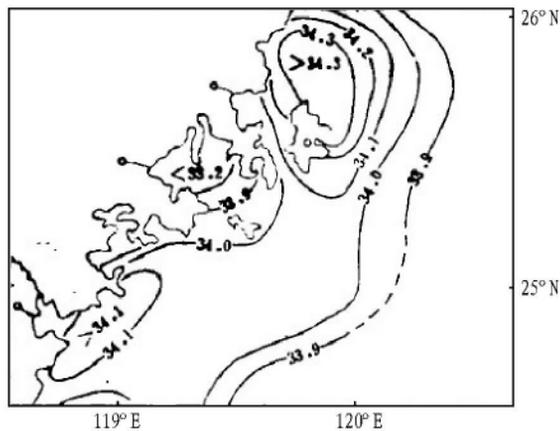


图8 1984年8月表层盐度平面分布^[6]

邻近海区而言,一年四季都是浮游硅藻类的低值分布区^[8]。福建省海岛资源综合调查报告^[9]记录了海坛岛沿岸海域水体中浮游植物数量偏小。由于受闽浙沿岸流的影响,尤其是闽江的注入,大量的泥沙等悬浮物质自东北而南下,在海坛岛一带存在一个水体浑浊度较高的区域,高密度的海水影响着水体中硅藻等浮游植物的生长与埋葬。这与该区严重偏低的沉积硅藻丰度相符合。笔者认为虽然该区属于近岸上升流影响区范围内,但是由于在海坛岛东北部和南部近岸海域位于两个上升流中心的中间地带,可能存在流系边界区,削弱了上升流的影响,从而造成第二区趁机硅藻的丰度值严重偏小。

3 结论

(1) 通过对福建中部近岸海域沉积硅藻的鉴定分析,讨论了表层沉积硅藻的丰度分布特征,将其分为3个研究区。在3个分区中,第1区的平均丰度值最大,然后是第3区,第2区的丰度值普遍偏小。

(2) 结合硅藻的生态习性,对优势种群的分布加以分析,该区硅藻组合多以柱状小环藻和具槽直链藻和波状辐裃藻为主要的优势种群。

(3) 从水温、盐度分析,可以得知夏季该海域沿岸存在着上升流。在研究区的第1、3区,位于上升流的中心地带,沉积硅藻壳体分布量除个别站位外都比较大,但是第2区,实际调查的沉积硅藻数量极其低。可能由于在海坛岛东北部和南部近岸海域位于两个上升流中心的中间地带,存在流系边界区,削弱了上升流的影响,从而造成第2区硅藻的丰度值严重偏小。

参考文献

- [1] SMITH R L. Upwelling [M] // BARNES H. Oceanography Marine Biology Annual Review 6. London: George Allen and Unwin Ltd 1968.
- [2] 支崇远. 硅藻与环境—东海南部陆缘硅藻与环境 [M]. 北京: 科学出版社 2005.
- [3] 蒋辉. 中国近海表层沉积硅藻 [J]. 海洋学报(中文版), 1987(6): 735-743.
- [4] 黄荣祥, 翁学传. 闽中沿岸上升流特征和成因分析 [J]. 热带海洋, 1996(1): 52-59.
- [5] 颜廷社. 中国沿岸上升流成因类型的初步划分 [J]. 海洋通报, 1991(6): 1-6.
- [6] 肖晖. 台湾海峡西部沿岸上升流的研究 [J]. 台湾海峡, 1988(7): 135-142.
- [7] 沈国英, 施并章. 海洋生态学 [M]. 北京: 科学出版社 2002: 2-136.
- [8] 杨清良. 台湾海峡西侧浮游硅藻类的种类组成与分布 [J]. 海洋学报, 1995 17(2): 99-107.
- [9] 福建省海岛资源综合调查编委会. 福建省海岛资源综合调查报告 [R]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [10] 陶波, 葛全胜, 李克让, 等. 陆地生态系统碳循环研究进展 [J]. 地理研究, 2001 20(5): 564-573.
- [11] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡 [J]. 植物生态学报, 2000 24(5): 518-522.
- [12] 刘鸿雁, 黄建国. 缙云山森林群落次生演替中土壤理化性质的动态变化 [J]. 应用生态学报, 2005 16(11): 2041-2046.
- [13] 李克让, 王绍强, 曹明奎. 中国植被和土壤碳贮量 [J]. 中国科学(D辑), 2003 33(1): 72-80.
- [14] 徐秋芳, 姜培坤, 沈泉. 灌木林与阔叶林土壤有机碳库的比较研究 [J]. 北京林业大学学报, 2005 27(2): 18-22.
- [15] 史军, 刘纪远, 高志强, 等. 造林对土壤碳贮量影响的研究 [J]. 生态学杂志, 2005 24(4): 410-416.
- [16] 光增云. 河南森林植被的碳储量研究 [J]. 地域研究与开发, 2007 26(1): 76-79.
- [17] 王效科, 冯宗炜. 中国森林生态系统中植物固定大气碳的潜力 [J]. 生态学杂志, 2000 19(4): 72-74.
- [18] 张本昀, 喻铮铮, 刘良云, 等. 北京山区植被覆盖动态变化遥感监测研究 [J]. 地域研究与开发, 2008 27(1): 108-112.
- [19] 方精云. 森林群落呼吸量的研究方法及其应用的探讨 [J]. 植物学报, 1999 41(1): 88-94.
- [20] 桑卫国, 马克平, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林碳循环的初步估算 [J]. 植物生态学报, 2002 26(5): 543-548.
- [21] 苏永中, 赵哈林. 土壤有机碳储量、影响因素及其环境效应的研究进展 [J]. 中国沙漠, 2002 22(3): 220-228.
- [22] 方运霆, 莫江明, 彭少麟. 森林演替在亚热带森林生态系统碳吸存中的作用 [J]. 生态学报, 2003 23(9): 1685-1694.
- [23] 王仁卿, 周光裕. 山东半岛赤松林的天然更新及其发展前途的研究 [J]. 生态学杂志, 1989 8(2): 18-22.
- [24] 管东生, PERART M R. 华南亚热带不同演替阶段植被的环境效应 [J]. 环境科学, 2000 21(5): 1-5.
- [25] 方运霆, 莫江明. 鼎湖山自然保护区土壤有机碳贮量和分配特征 [J]. 生态学报, 2004 24(1): 135-142.
- [26] 徐秋芳, 姜培坤, 沈泉. 灌木林与阔叶林土壤有机碳库的比较研究 [J]. 北京林业大学学报, 2005 27(2): 18-22.
- [27] 段文霞, 朱波, 卢静惠. 人工柳杉林碳蓄积量及土壤性质的动态变化 [J]. 应用与环境生物学报, 2007 13(6): 777-781.
- [28] 阎传海. 苏北低山丘陵森林植被多样性研究 [J]. 山地研究, 1997 15(3): 157-161.
- [29] 方晰, 田大伦, 项文化, 等. 不同密度湿地松人工林中碳的积累与分配 [J]. 浙江林学院学报, 2003 20(4): 374-379.
- [30] 于法展, 尤海梅, 李保杰, 等. 苏北地区代表性森林土壤理化特性的比较研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2007 23(2): 87-90.
- [31] 李志平, 苏印泉, 贺亮. 黄土丘陵区人工林土壤有机碳的垂直分布特征 [J]. 西北林学院学报, 2006 21(6): 54-57.
- [32] 阎传海, 徐科峰. 徐连过渡带低山丘陵森林植被次生演替模式与生态恢复重建策略 [J]. 地理科学, 2005 25(1): 94-101.
- [33] 曹吉鑫, 孙向阳, 高程达, 等. 宁夏贺兰山三种植被下土壤有机碳密度的比较 [J]. 生态环境, 2008 17(4): 1641-1644.
- [34] 杨丽颖, 罗天祥, 吴松涛. 长白山原始阔叶红松林不同演替阶段地下生物量与碳、氮贮量的比较 [J]. 应用生态学报, 2005 16(7): 1195-1199.
- [35] 徐化成. 森林生态与生态系统经营 [M]. 北京: 化学工业出版社 2004: 55-72.
- [36] 李甜甜, 季宏兵, 孙媛媛, 等. 我国土壤有机碳储量及影响因素研究进展 [J]. 首都师范大学学报, 2007 28(1): 93-97.
- [37] 林德喜, 樊后保, 苏兵强, 等. 马尾松林下套种阔叶树土壤理化性质的研究 [J]. 土壤学报, 2004 41(4): 655-659.
- [38] 李鸿博, 史银, 徐德应. 植物过程对土壤含量的影响 [J]. 应用生态学报, 2005 16(6): 1163-1168.
- [39] 赵勇, 樊巍, 范国强. 黄河小浪底库区山地植物群落恢复进程研究 [J]. 北京林业大学学报, 2008 30(2): 246-275.
- [40] 程堂仁, 冯菁, 马钦彦. 甘肃小陇山锐齿栎林生物量及其碳库研究 [J]. 北京林业大学学报, 2007 29(S2): 209-215.
- [41] 李忠. 树种和林龄与森林固碳作用的关系研究 [J]. 林业勘查设计, 1999 109(1): 21-22.
- [42] 尉海东, 马祥庆, 刘爱琴. 森林生态系统碳循环研究进展 [J]. 中国生态农业学报, 2007 15(2): 188-192.
- [43] 王清奎, 汪思龙, 冯宗炜. 杉木纯林与常绿阔叶林土壤活性有机碳库的比较 [J]. 北京林业大学学报, 2006 28(5): 1-6.

(上接第362页)

参考文献

- [1] 陶波, 葛全胜, 李克让, 等. 陆地生态系统碳循环研究进展 [J]. 地理研究, 2001 20(5): 564-573.
- [2] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡 [J]. 植物生态学报, 2000 24(5): 518-522.
- [3] 刘鸿雁, 黄建国. 缙云山森林群落次生演替中土壤理化性质的动态变化 [J]. 应用生态学报, 2005 16(11): 2041-2046.
- [4] 李克让, 王绍强, 曹明奎. 中国植被和土壤碳贮量 [J]. 中国科学(D辑), 2003 33(1): 72-80.
- [5] 徐秋芳, 姜培坤, 沈泉. 灌木林与阔叶林土壤有机碳库的比较研究 [J]. 北京林业大学学报, 2005 27(2): 18-22.
- [6] 史军, 刘纪远, 高志强, 等. 造林对土壤碳贮量影响的研究 [J]. 生态学杂志, 2005 24(4): 410-416.
- [7] 光增云. 河南森林植被的碳储量研究 [J]. 地域研究与开发, 2007 26(1): 76-79.
- [8] 王效科, 冯宗炜. 中国森林生态系统中植物固定大气碳的潜力 [J]. 生态学杂志, 2000 19(4): 72-74.
- [9] 张本昀, 喻铮铮, 刘良云, 等. 北京山区植被覆盖动态变化遥感监测研究 [J]. 地域研究与开发, 2008 27(1): 108-112.
- [10] 方精云. 森林群落呼吸量的研究方法及其应用的探讨 [J]. 植物学报, 1999 41(1): 88-94.
- [11] 桑卫国, 马克平, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林碳循环的初步估算 [J]. 植物生态学报, 2002 26(5): 543-548.
- [12] 苏永中, 赵哈林. 土壤有机碳储量、影响因素及其环境效应的研究进展 [J]. 中国沙漠, 2002 22(3): 220-228.
- [13] 方运霆, 莫江明, 彭少麟. 森林演替在亚热带森林生态系统碳吸存中的作用 [J]. 生态学报, 2003 23(9): 1685-1694.
- [14] 王仁卿, 周光裕. 山东半岛赤松林的天然更新及其发展前途的研究 [J]. 生态学杂志, 1989 8(2): 18-22.
- [15] 管东生, PERART M R. 华南亚热带不同演替阶段植被的环境效应 [J]. 环境科学, 2000 21(5): 1-5.
- [16] 方运霆, 莫江明. 鼎湖山自然保护区土壤有机碳贮量和分配特征 [J]. 生态学报, 2004 24(1): 135-142.
- [17] 徐秋芳, 姜培坤, 沈泉. 灌木林与阔叶林土壤有机碳库的比较研究 [J]. 北京林业大学学报, 2005 27(2): 18-22.