

# 长江口湿地沉积物中的氮、磷与重金属

全为民, 韩金娣, 平先隐, 钱蓓蕾, 沈盎绿, 李春鞠, 施利燕, 陈亚瞿

(农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090)

**摘要:**研究了总氮  $N_T$ 、总磷  $P_T$ 、重金属 Cu, Zn, Pb 和 Cd 在崇明东滩湿地沉积物中的分布与累积特征。结果表明,  $N_T$ 和重金属表现为: 芦苇带 > 互花米草带 > 海三棱藨草带 > 光滩, 即从光滩至芦苇带, 从南部至北部,  $N_T$ 和重金属的质量分数呈现逐步增加的趋势。由于高潮带以细颗粒为主, 有机质含量较高, 因此  $N_T$ 和重金属表现出相应的富集; 而沉积物  $P_T$ 在各个潮带呈均匀分布, 这主要与沉积物中磷的化学形态组成有关。与上海南岸潮滩湿地和世界其他河口湿地相比, 东滩湿地沉积物中重金属的质量分数相对较低, 表明它是一块保存较为完好未受到污染的天然湿地, 这主要与长江径流对污染物的稀释作用有关。

**关键词:**长江口湿地; 养分; 重金属; 分布; 累积

**中图分类号:** P734

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3096(2008)06-0089-05

河口湿地是一类独特的生态系统, 在海洋、陆地界面间形成重要的污染物屏障, 在维护自然生态平衡、生物多样性保护、环境净化等方面具有重要的生态功能。在自然和人类活动的双重驱动下, 河口湿地的生物地球化学循环过程不仅影响着区域的物质循环、能量流动和湿地生产过程。同时, 由于近海环境污染的日益严重以及可持续发展的需要, 揭示湿地在营养盐及重金属循环中的功能, 认识营养盐及重金属在湿地中的迁移和循环机制是十分必要的<sup>[1,2]</sup>。

长江口作为世界性的特大型河口, 由长江径流携带而来的大量泥沙在此沉积形成了丰富的湿地资源。有关学者在长江口湿地开展了一些研究, 主要集中在氮磷的存在形态<sup>[3-5]</sup>、重金属在根际的富集<sup>[6-8]</sup>及沉积物-水体界面的营养盐交换<sup>[9]</sup>等方面。而系统地研究营养盐和重金属在河口湿地的分布与累积特征比较少见。本研究以长江口最大天然湿地——崇明东滩为例, 通过测定东滩湿地沉积物中营养盐和重金属的质量分数, 试图阐明长江口湿地中营养盐与重金属的分布与累积规律。

## 1 研究地点与方法

### 1.1 研究地点

崇明东滩位于崇明岛最东端(121°45' E, 31°30' N), 是长江径流泥沙在该岛的主要沉降区域之一, 属北亚热带海洋性气候, 气候温和湿润, 四季分明。东滩地势平坦, 高程在 4.2 m 以下, 该区域三面环水, 北面是长江口北支水道末端, 南面是北港水道, 东面是长江口滨海区域。东滩是长江口地区最大的一块湿地, 其冲淤状况受长江口复杂水动力作用的影响。自然湿地主要分布在 1998 年建筑的大堤外侧, 属典

型发育过程中的潮滩湿地, 滩高为 3.6~4.2 m, 东滩湿地已于 1992 年被列入《中国保护湿地名录》, 2001 年正式列入“拉姆萨国际湿地保护公约”的国际重要湿地名录, 是全球迁徙鸟类的重要栖息地和越冬地。其主要潮滩植物为芦苇 (*Phragmites australis*)、互花米草 (*Spartina alterniflora*) 和海三棱藨草 (*Scirpus mariqueter*)。芦苇位于高潮带, 海三棱藨草主要分布于中低潮带, 而互花米草分布较广, 分布于中高潮带, 每一物种呈典型的单一群落分布。

### 1.2 取样方法

2004 年 10 月在崇明东滩湿地开展了一次野外调查。在东滩湿地的 2 个地点(北部、中部, 见图 1)进行采样, 在每个地点设置一条样线, 在每条样线上设置 4 个取样点, 即分别位于光滩与海三棱藨草带、互花米草带和芦苇带。每个取样点平行设置 3 个重复, 每个重复分别取表(0~15 cm)、中(15~30 cm)、底(30~45 cm) 3 层沉积物样, 带回室内后, 分析样品中的总氮 ( $N_T$ )、总磷 ( $P_T$ ) 和重金属 (Cu, Zn, Pb 和 Cd) 的质量分数。

### 1.3 分析方法

沉积物样分成两部分, 一部分自然风干, 研磨过 80 目筛, 用于测定  $N_T$ ; 另一部分在 105℃ 下烘干(约 24 h), 研磨过 80 目筛, 用于测定  $P_T$ 和重金属。

$N_T$ 用凯氏定氮法测定;  $P_T$ 先用硫酸-硝酸消解,

收稿日期: 2005-06-30; 修回日期: 2005-07-28

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50339040)

作者简介: 全为民(1977-), 男, 湖北大冶人, 硕士, 助理研究员, 主要从事海洋环境科学研究, 电话: 021-65684690-8075, E-mail: quanweim@hotmail.com; 陈亚瞿, 通讯作者

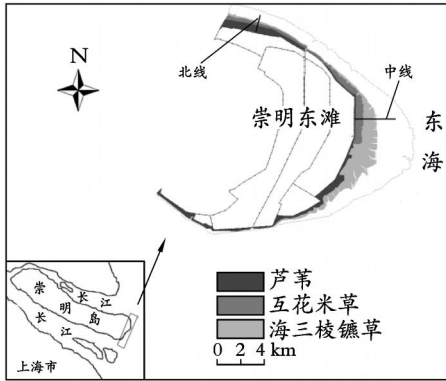


图1 崇明东滩的地理位置及取样点

Fig. 1 Geographical location of Dongtan of Chongming island and sampling sites

然后用磷钼蓝法测定;重金属用硝酸-高氯酸消解后,用3500 G型原子吸收分光光度计测定。

### 1.4 统计方法

采用方差分析(ANOVA)来比较不同地点(北线和中线)和不同位置(芦苇带、互花米草带、海三棱镜草带和光滩)沉积物中  $N_T$ 、 $P_T$  和重金属(Cu, Zn, Pb 和 Cd)质量分数的差异,统计软件为 Statistica 6.0,

多重比较采用新复极差法。

## 2 结果

### 2.1 营养盐

图2显示了崇明东滩湿地沉积物中  $N_T$  和  $P_T$  的分布。从图2可以看出,两者在湿地沉积物中的分布规律显然不同。随着高程的增加,  $N_T$  平均值呈逐步上升的趋势,即芦苇带 > 互花米草带 > 海三棱镜草带 > 光滩,但统计结果显示,芦苇带  $N_T$  显著高于其他3个潮带,而后3个潮带无显著性差异。而湿地沉积物中  $P_T$  的分布并没有表现出空间变异,各潮带  $P_T$  基本保持在0.06%左右。通过对不同深度层中  $N_T$  和  $P_T$  的比较,总的来说,随着深度的增加,沉积物中  $N_T$  和  $P_T$  逐步降低,但统计结果显示这种变异并不显著。

图3比较了不同地点沉积物  $N_T$  和  $P_T$ 。从图3可以看出,北部沉积物  $N_T$  平均值均大于中部,其中以芦苇带差异最大;对于  $P_T$ ,芦苇带和互花米草带也表现出同样的规律,即北部 > 中部,而光滩和海三棱镜草带  $P_T$  基本一致。但统计结果显示所有的差异均没有显著性。

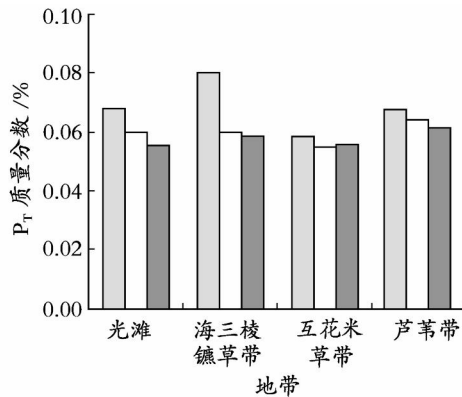
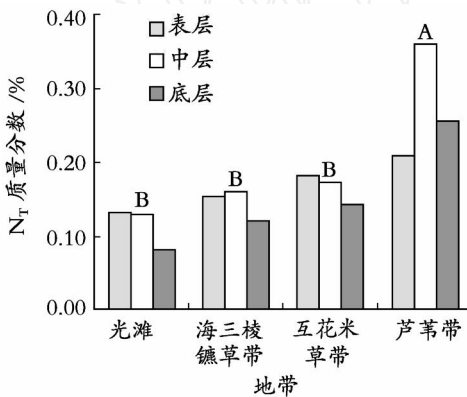


图2 崇明东滩湿地沉积物中  $N_T$  和  $P_T$

Fig. 2 Concentrations of  $N_T$  and  $P_T$  in the sediment of Chongming dongtan wetland  
不同字母表示在0.01水平上具有显著性差异,下图相同

The different letters denote significant difference between intertidal zones at  $\alpha = 0.01$

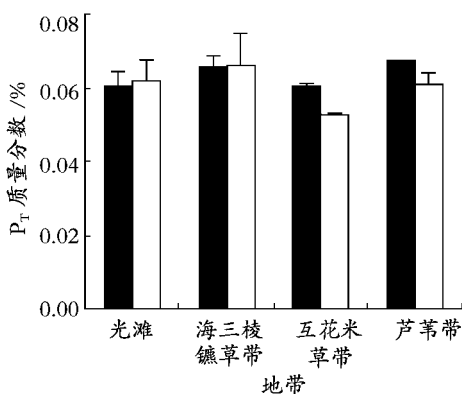
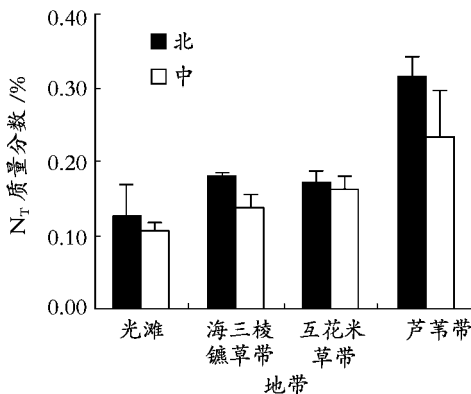


图3 两个地点沉积物中  $N_T$  和  $P_T$  的比较

Fig. 3 Comparison between  $N_T$  and  $P_T$  in the sediments of two transects

## 2.2 重金属

图4显示了崇明东滩湿地沉积物中重金属的分布。与 $N_T$ 相似,4种重金属在沉积物中的分布与累积呈现出相同的规律,即随着高程的增加,由海洋向陆地,沉积物中重金属的质量分数逐步增加,至芦苇带达到最大值,变化规律为:芦苇带>互花米草带>海三棱藨草带>光滩;统计结果显示,除Cd外,其他3种重金属均表现为芦苇带显著高于其他3个潮带。

通过对不同深度层中重金属的含量比较,总的来说,随着深度的增加,重金属质量比逐步降低,但互花米草带并未表现出这种变化规律。图5比较了两个地点沉积物中重金属的质量比,总体来说,北部沉积物中重金属质量比大于中部,其中以芦苇带和光滩的差异最大,如北部芦苇带和光滩中Cu,Zn和Pb的质量比显著高于中部;但互花米草带和海三棱藨草带两个地点间重金属的质量比没有显著性差异。

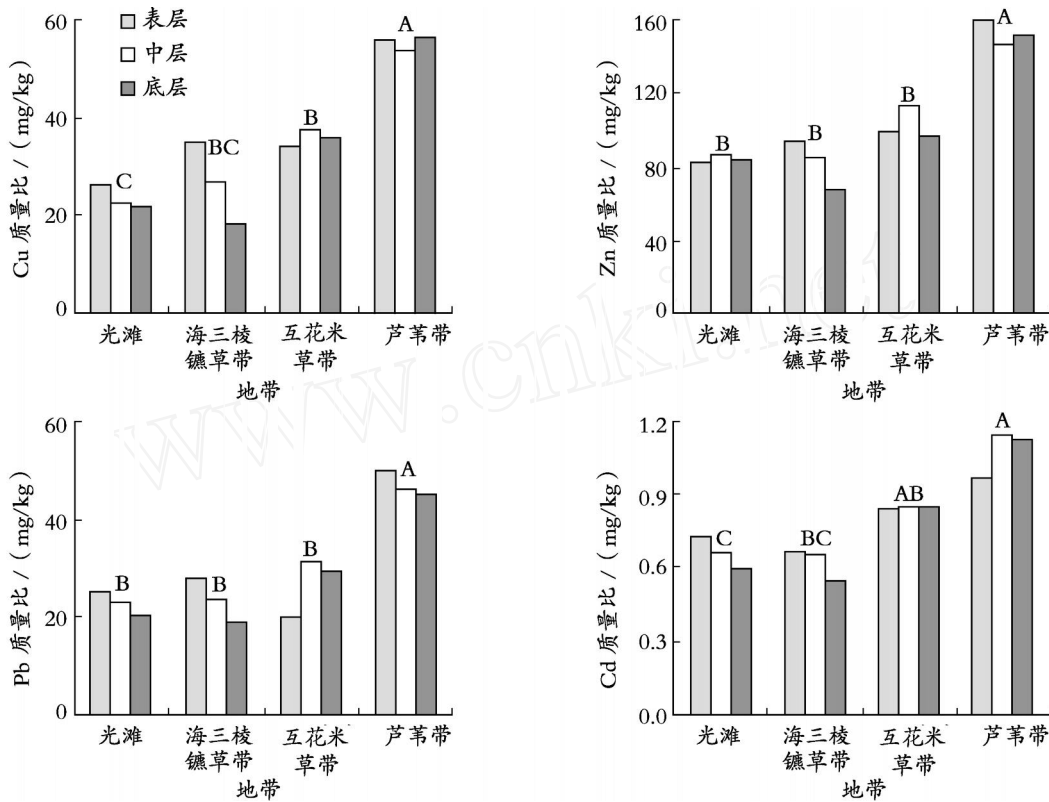
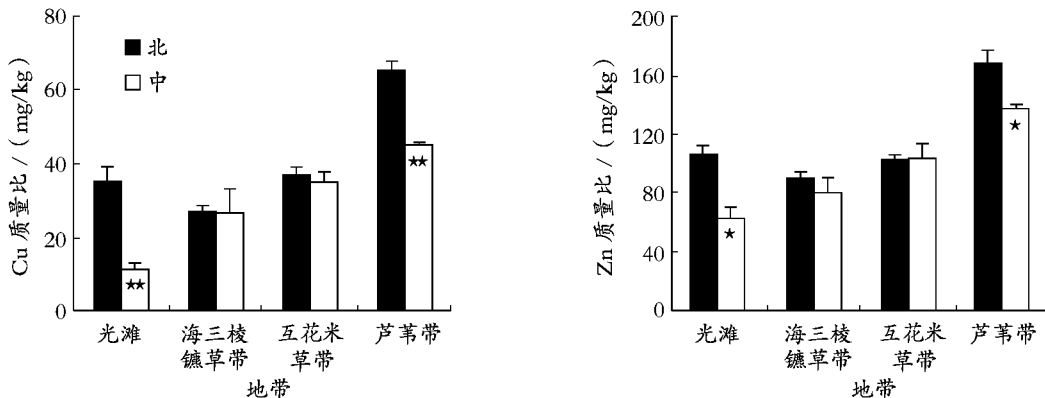


图4 崇明东滩湿地沉积物中重金属的质量比

Fig. 4 Concentrations of heavy metals in the sediment of Chongming dongtan wetland



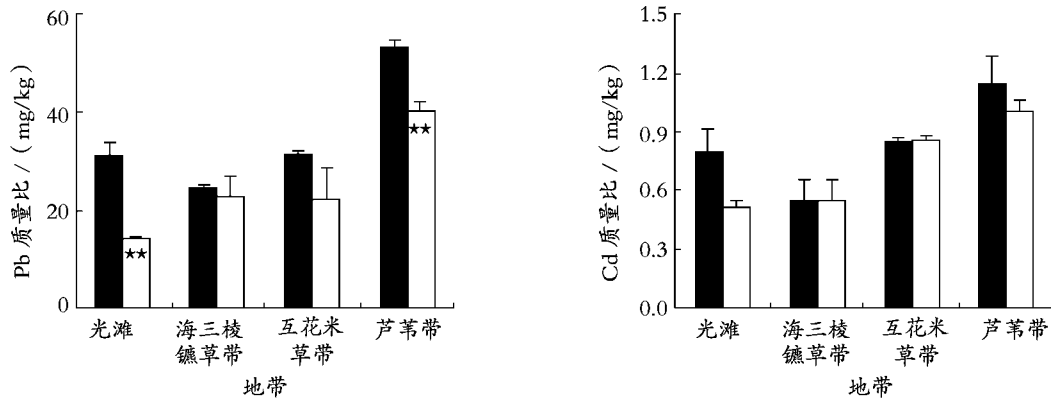


图5 两个地点沉积物中重金属质量比的比较

Fig. 5 Comparison of heavy metals concentrations in the sediments of two transects

\* 和 \* 分别表示不同地点间 0.01 和 0.05 水平上具有显著性差异

Two and one asterisk denote significant difference between transects at  $\alpha = 0.01$  and  $\alpha = 0.05$ , respectively

### 3 讨论

营养盐和重金属在沉积物中的分布和累积与外源输入量、沉积物特性(粒径组成、氧化还原电位等)及各元素的化学性质等有关<sup>[10]</sup>。作者研究了崇明东滩湿地沉积物中  $N_T$ 、 $P_T$  和重金属的空间分布特征,即地点内变异大于地点间的变异,随着潮滩高程的增加,由海洋至陆地,沉积物中  $N_T$  和重金属的质量分数均表现出逐步上升的趋势,这与其他研究的结果是比较一致的<sup>[2,10-12]</sup>,这也反映崇明东滩湿地是一块保存完好的河口潮滩湿地<sup>[2]</sup>。

许多研究证实,沉积物粒径是影响营养盐和重金属分布与累积的重要因子,由于细颗粒沉积物具有较大的表面积或体积比,通常表现出对有机质、Fe-Mn 氧化物和重金属的富集,因此在评估湿地元素的空间分布时,必须考虑地理因素的影响<sup>[2,10]</sup>。据刘清玉<sup>[13]</sup>研究,崇明东滩沉积物粒度组成具有明显的空间分布特点,高-中-低潮滩依次出现细粉砂、中粉砂和粗粉砂。因此高潮带沉积物以细颗粒为主,其有机质含量也较高,从而会导致  $N_T$  和重金属在高潮带的相对累积,这也是芦苇带  $N_T$  和重金属显著高于其他潮带的主要原因。

另外,本研究也发现崇明东滩湿地不同地点沉积物中营养盐和重金属的质量分数存在一定程度的差异,总体来说,北部沉积物中  $N_T$  和重金属高于中部,这也与崇明东滩湿地沉积物的粒度分布特点有关,从潮滩北部至南部,沉积物粒度由细变粗,从而造成北部沉积物中  $N_T$  和重金属的质量分数相对较高。

研究结果显示沉积物中  $P_T$  空间变异不大,这可能与湿地沉积物中磷的存在形态有关。据有关学者研究,无机磷是长江河口区磷存在的主要化学形

态<sup>[3,4]</sup>,其中以 Ca-P 为最主要的形式,由于 Ca-P 在不同粒径颗粒中是均匀分布的,其质量分数与沉积物粒径无关,因此,崇明东滩湿地沉积物中  $P_T$  呈均匀分布。

近几年,有关长江口潮滩湿地沉积物中的磷和重金属有大量报道<sup>[3-9]</sup>,与这些研究结果相比,东滩湿地  $P_T$  和重金属的质量分数明显低于上海南岸潮滩湿地,但与东滩湿地其他研究的结果是十分相似的。同时,与世界上其他河口湿地相比<sup>[10,14,15]</sup>,崇明东滩湿地重金属质量分数相对较低,这说明崇明东滩是一块保存完好、未受到污染的潮滩湿地,这可能与巨大的长江径流量对污染物的稀释作用有关。

### 4 结论

(1) 崇明东滩湿地沉积物中  $N_T$  和重金属的分布表现出相同的规律,即从光滩到芦苇带、从湿地南部至北部,  $N_T$  和重金属的质量分数呈现出逐步上升的趋势;而各潮带  $P_T$  比较一致。(2) 沉积物粒度是影响  $N_T$  和重金属在湿地沉积物中分布与累积的重要因子,芦苇带处于高潮滩,其沉积物以细颗粒为主,有机质含量较高,因此表现出对  $P_T$  和重金属的相对富集。(3) 与上海南岸潮滩湿地和世界其他河口湿地相比,东滩湿地沉积物中重金属的质量分数相对较低,表明崇明东滩是一块保存完好、未受到污染的天然湿地。

致谢:衷心感谢崇明东滩鸟类自然保护区管理处对本研究的大力支持和帮助。

#### 参考文献:

- [1] 吴莹,张经,李道季. 营养盐(氮、磷)在湿地中的迁移与循环[J]. 海洋科学, 2004, 28(3): 69-72.
- [2] 钱嫦萍,陈振楼,毕春娟,等. 潮滩沉积物重金属生物地球

- 化学研究进展 [J]. 环境科学研究, 2002, 15(5):49-52.
- [3] 侯立军,刘敏,许世远,等. 长江口岸带柱状沉积物中磷的存在形态及其环境意义 [J]. 海洋环境科学, 2001, 20(2):8-13.
- [4] 刘敏,陆敏,许世远,等. 长江河口及其上海岸带水体沉积物中磷的存在形态 [J]. 地学前缘, 2000, 7(增刊):94-98.
- [5] 高效江,张念礼,陈振楼,等. 上海滨岸潮滩水沉积物中无机氮的季节性变化 [J]. 地理学报, 2002, 57(4):407-412.
- [6] 毕春娟,陈振楼,许世远,等. 长江口潮滩植物根际重金属的分布与累积 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(1):38-41.
- [7] 许世远,陶静,陈振楼,等. 上海潮滩沉积物重金属的动力学累积特征 [J]. 海洋与湖沼, 1997, 28(5):509-515.
- [8] 陈振楼,许世远,柳林,等. 上海滨岸潮滩沉积物重金属元素的空间分布与累积 [J]. 地理学报, 2000, 55(6):641-651.
- [9] 刘敏,侯立军,许世远,等. 河口滨岸潮滩沉积物 - 水界面 N、P 的扩散通量 [J]. 海洋环境科学, 2001, 20(3):19-23.
- [10] Zhang W, Yu L, Hutchinson S M, *et al.* China's Yangtze Estuary: I. Geomorphic influence on heavy metal accumulation in intertidal sediments [J]. **Geomorphology**, 2001, 41:195-205.
- [11] 康勤书,吴莹,张经,等. 崇明东滩湿地重金属分布特征及其污染状况 [J]. 海洋学报, 2003, 25(增刊2):1-7.
- [12] Zhang C S, Wang L J, Li G S, *et al.* Grain size effect on multi-element concentrations in sediments from the intertidal flats of Bohai Bay, China [J]. **Applied Geochemistry**, 2002, 17:59-68.
- [13] 刘清玉,戴雪荣,何小勤. 崇明东滩表层沉积物的粒度空间分布特征 [J]. 上海地质, 2003, 4:5-8.
- [14] Lau S S S, Chu L M. Contaminant release from sediments in a coastal wetland [J]. **Water Research**, 1999, 33(4):909-918.
- [15] Man K W, Zheng J S, Leung A P K, *et al.* Distribution and behavior of trace metals in the sediment and porewater of a tropical coastal wetland [J]. **Science of the Total Environment**, 2004, 327:295-314.

## Distribution and accumulation of nutrients and heavy metals in the sediment of Changjiang estuary wetlands

QUAN Wei-min, HAN Jin-di, PING Xian-yin, QIAN Pei-lei, SHEN Ang-lü, LI Chun-ju, SHI Li-yan, CHEN Ya-qu

(Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China)

Received: Jun. 30, 2005

Key words: Changjiang estuary wetlands; nutrient; heavy metals; distribution; accumulation

**Abstract:** In this study, the total nitrogen ( $N_T$ ), total phosphorus ( $P_T$ ) and heavy metals (Cu, Zn, Pb and Cd) were measured in the sediment of Chongming dongtan wetland. The distribution and accumulation of nutrients and heavy metals in the sediment are elucidated. The result shows distribution and accumulation of  $N_T$  and heavy metals are very similar, namely *Phragmites australis* zone > *Spartina alterniflora* zone > *Scirpus mariqueter* zone > mudflat. There is an increasing trend from mudflat to high tidal flat and from south to north in the dongtan wetland sediment. Grain size is the main factor of controlling the distribution and accumulation of nutrients and heavy metals in the sediment. But  $P_T$  is very evenly distributed in the different elevated tidal flats, which is related to the chemical formation of phosphorus in the sediment. But compared with southern tidal wetland of Shanghai city and other world estuarine wetland, the heavy metals pollution is relatively moderate in dongtan wetland, which shows the dongtan wetland is non-polluted natural wetland. This is related to the diluting effects of the huge volume of runoff from the Changjiang River.

(本文编辑:刘珊珊)