

## · 论 著 ·

## · 水中尸体研究专题 ·

## 德州市漳卫新河硅藻的变化规律

李鹏<sup>1</sup>, 王萍<sup>2,3</sup>, 张以刚<sup>1</sup>, 胡琨<sup>1</sup>, 袁明俊<sup>1</sup>, 张磊磊<sup>4</sup>

1. 德州市公安局物证鉴定研究中心, 山东 德州 253000; 2. 中国人民公安大学, 北京 100038; 3. 公安部物证鉴定中心, 北京 100038; 4. 山东省公安厅物证鉴定研究中心, 山东 济南 250001

**摘要:** 目的 研究漳卫新河硅藻的年度变化规律, 为利用硅藻检验判断尸体入水时间、地点提供理论支撑, 并建立硅藻数据库。方法 对漳卫新河德城区段4处采样点连续12个月采样, 对样品硅藻种属和含量进行非度量型多维尺度(non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)分析, 以天衢路采样点为基准, 与德城区段其他3处及之前研究中漳卫新河乐陵段和宁津段数据进行Sprensen相似系数分析。结果 硅藻种类数与硅藻含量呈正相关。不同月份硅藻的平均含量在1 054~13 041个/10 mL, 种属构成为8~16个, 优势种属存在差异。硅藻种属构成距离2 km以内相似系数均高于0.956 52, 不能进行有效区分。在流域跨市县时相似系数有明显差异, 与乐陵段采样点相似系数为0.736 84, 与宁津段采样点相似系数为0.588 24, 可以进行有效区分。结论 漳卫新河硅藻种属和含量因月份不同具有差异性, 硅藻种属构成在不同流域存在差异, 可以为判断河流中尸体入水时间和地点提供参考依据。

**关键词:** 法医病理学; 硅藻检验; 溺死; 变化规律; 漳卫新河; 山东

中图分类号: DF795.1 文献标志码: A doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2021.410603

文章编号: 1004-5619(2022)01-0092-06



## Change Rule of Diatom in Zhangweixin River in Dezhou

LI Peng<sup>1</sup>, WANG Ping<sup>2,3</sup>, ZHANG Yi-gang<sup>1</sup>, HU Kun<sup>1</sup>, YUAN Ming-jun<sup>1</sup>, ZHANG Lei-lei<sup>4</sup>

1. Material Evidence Authentication and Research Center of Dezhou Public Security Bureau, Dezhou 253000, Shandong Province, China; 2. People's Public Security University of China, Beijing 100038, China; 3. Institute of Forensic Science, Ministry of Public Security, Beijing 100038, China; 4. Institute of Forensic Science, Shandong Provincial Public Security Bureau, Jinan 250001, China

**Abstract:** **Objective** To study the annual variation of diatoms in Zhangweixin River, to provide theoretical support by using diatom examination to estimate the time and place of the corpse entering water, and to establish a diatom database. **Methods** Samples were taken from 4 sampling sites in Decheng section of Zhangweixin River for 12 consecutive months. Non-metric multi-dimensional scaling (NMDS) analysis was performed on the species and content of diatom samples. Based on the sampling site of Tianqu Road, Sprensen similarity coefficient analysis was conducted with the data of other 3 sites in Decheng section and Leling section of Zhangweixin River and Ningjin section in previous studies. **Results** The number of diatom species was positively correlated with diatom content. The average diatom content in different months ranged from 1 054 to 13 041/10 mL, and the species composition ranged from 8 to 16, with differences in dominant species. The similarity coefficient of diatom species within 2 km were all higher than 0.956 52, which could not be distinguished effectively. The similarity coefficients of Leling section and Ningjin section were 0.736 84 and 0.588 24 respectively, which could be effectively distinguished. **Conclusion** The species and content of diatom vary in different months in Zhangweixin River, and the composition of diatom species is different in different basins, which can provide reference for estimating the time and place of the corpse entering water in the river.

**Keywords:** forensic pathology; diatom test; drowning; law of change; Zhangweixin River; Shandong

基金项目: 中央级基本科研业务费资助项目(2019JB021); 山东省重点研发计划(重大科技创新工程)资助项目(202120426)

作者简介: 李鹏(1988—), 男, 助理工程师, 主要从事理化检验鉴定; E-mail: 1032888468@qq.com

通信作者: 张磊磊, 男, 硕士, 副主任法医师, 主要从事法医病理学鉴定; E-mail: 2002zhanglei@163.com

引用格式: 李鹏, 王萍, 张以刚, 等. 德州市漳卫新河硅藻的变化规律[J]. 法医学杂志, 2022, 38(1): 92-97.

To cite: LI P, WANG P, ZHANG Y G, et al. Change rule of diatom in Zhangweixin River in Dezhou[J]. Fayixue Zazhi, 2022, 38(1): 92-97.

硅藻检验是判断水中尸体入水时间和入水地点的基础,在寻找尸源和判断案件性质方面发挥着重要作用,但是目前各地硅藻数据库建设还处在初始阶段,数据库建设受到多种因素的影响,如没有标准的建库方法、缺少硅藻识别专家、缺少硅藻检验仪器设备、硅藻变化复杂等。在上述因素的影响下,数据库建设覆盖面少且质量不一,直接影响尸体入水时间、地点判断的参考价值和准确性。

漳卫新河为海河支流漳卫南运河山东境内的分洪河道,前身为古黄河河道,1971年改称漳卫新河。该河从山东省德州市四女寺村四女寺枢纽起,上接卫运河,沿冀、鲁边界,途径山东省武城县、德州市、宁津县、乐陵市、庆云县、无棣县,河北省吴桥县、东光县、南皮县、盐山县、海兴县,在无棣县大口河入渤海。河道全长257 km,流域面积3 144 km<sup>2</sup>。漳卫新河穿过德州市主城区,河流沿岸风景点多,为发生溺水高风险水域<sup>[1]</sup>。

本研究对山东省德州市漳卫新河德城区段4处采样点进行逐月采样,分析该水域1年内硅藻的动态变化。同时,与之前数据库建设时本河流远点采样点数据进行对比分析,研究硅藻变化的规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要仪器与试剂

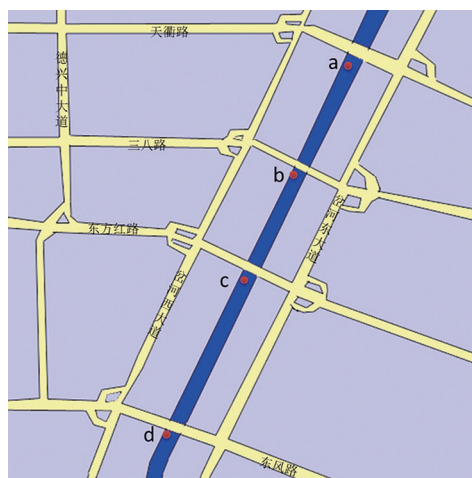
Leica EM ACE200低真空镀膜机(德国Leica公司),HL-6多联真空抽滤仪(珠海黑马医学仪器有限公司),Quanta650扫描电镜(美国FEI公司),X-Max<sup>N</sup>能谱仪、INCA v5.04软件(英国Oxford公司),0.45 μm一次性有机膜抽滤杯(珠海市祥臻生物科技有限公司)。

无水乙醇(天津市科密欧化学试剂有限公司),浓硝酸(浓度65%~68%,天津福晨化学试剂厂),甲醛(浓度37%~40%,莱阳市康德化工有限公司)。

### 1.2 水样采集

2020年1月—12月,于每月15日和30日(2月28日)对漳卫新河德城区段天衢路桥、三八路桥(距离天衢路桥0.5 km)、东方红路桥(距离天衢路桥1.0 km)和东风路桥(距离天衢路桥1.7 km)4处采样点进行采样(图1),每处采样点共取样24份,合计96份样品。

采样方法:每个采样点在距离岸边1 m、水面下1 m处共取500 mL水样,加2 mL甲醛水溶液后常温避光保存。盛装水样的容器为一次性塑料瓶。取样前用取样处河水对采样器涮洗3次,取样后用纯净水涮洗3次。



a为天衢路桥,b为三八路桥,c为东方红路桥,d为东风路桥。

图1 采样点

Fig. 1 Sampling sites

### 1.3 样品处理

采用强酸消解-真空抽滤-扫描电子显微镜法<sup>[2]</sup>检测水样中的硅藻,具体步骤如下。

强酸消解:将水样摇匀,取60 mL水样,置于烧杯内,加入12 mL浓硝酸,90℃加热30 min。

真空抽滤:按消解水样与纯水按体积比1:5加纯水至烧杯,将稀释后的消解液倒入醋酸纤维膜滤杯中抽滤,完成后加50 mL纯水继续抽滤,使滤膜表面接近中性,然后加10 mL无水乙醇抽滤,去除膜内水分,在电热板上烘干后粘在扫描电子显微镜样品台上。

样品镀膜:将样品置于Leica EM ACE200低真空镀膜机中镀金膜,样品距离喷金口4 cm,喷金时间180 s。

扫描电子显微镜检测:利用X-Max<sup>N</sup>能谱仪和Quanta650扫描电镜对滤膜有效抽滤范围进行分区并自动拍照。在INCA v5.04软件上设置参数:加速电压20 kV,工作距离10 mm,束斑大小4.5 nm,放大倍数800倍。通过硅藻细胞壁的花纹分辨硅藻种属<sup>[3-6]</sup>,利用INCA v5.04软件以10个不同视场作为起始视场,采取等距法挑选出10组(每组20个视场),人工对10组200个视场进行硅藻含量和种属分类统计<sup>[4-7]</sup>,对样品进行多次统计,通过方差分析验证结果准确性。

### 1.4 统计分析

含量和种属数据采用均值±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用SPSS 24.0软件(美国IBM公司)对硅藻数据进行单样本 $t$ 检验,将硅藻含量作为自变量( $x$ )、种属个数作为因变量( $y$ )进行线性回归分析,检验水准 $\alpha=0.05$ ,对模型进行 $F$ 检验。

收集以往乐陵采样点(距离天衢路采样点40 km)和宁津采样点(距离天衢路采样点80 km)的硅藻数

据<sup>[2]</sup>,采用PAST 4.03软件(Oyvind Hammer开发)对物种数据进行非度量型多维尺度(non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)分析、Sprensen相似系数分析,研究漳卫新河各采样点及各季节硅藻种群组成的相似性<sup>[8-13]</sup>。

2 结 果

2.1 硅藻检出情况

漳卫新河德城区段共检出硅藻2纲24属(表1),该河流的硅藻种类丰富、硅藻含量较高,平均硅藻含量为3 336个/10 mL。水域中常见优势种属为针杆藻属、舟形藻属、小环藻属、菱形藻属,在4处采样点每次采样中均检出,4种硅藻的平均含量占硅藻总含量的比例为89.4%。冠盘藻属、波缘藻属、直链藻属、等片藻属、角毛藻属、棒杆藻属6个种属的硅藻检出率及检出含量很低。以2月28日采样为例,各类硅藻在种属中的百分比见表2,各类硅藻在种属中的占比不同,最高达47.7%,最低小于0.1%。

表1 硅藻种属组成

Tab. 1 The list of diatom species

纲	属
中心纲 (Centricae)	小环藻属( <i>Cyclotella</i> )、冠盘藻属( <i>Stephanodiscus</i> )、圆筛藻属( <i>Coscinodiscus</i> )、直链藻属( <i>Melosira</i> )、海链藻属( <i>Thalassiosira</i> )
羽纹纲 (Pennatae)	针杆藻属( <i>Synedra</i> )、舟形藻属( <i>Navicula</i> )、菱形藻属( <i>Nitzschia</i> )、异极藻属( <i>Gomphonema</i> )、双壁藻属( <i>Diploneis</i> )、脆杆藻属( <i>Fragilaria</i> )、茧形藻属( <i>Amphiprora</i> )、桥弯藻属( <i>Cymbella</i> )、双菱藻属( <i>Surirella</i> )、波缘藻属( <i>Cymatopleura</i> )、尾管藻属( <i>Urosolenia</i> )、海氏藻属( <i>Haslea</i> )、布纹藻属( <i>Gyrosigma</i> )、菱板藻属( <i>Hantzschia</i> )、卵形藻属( <i>Cocconeis</i> )、曲壳藻属( <i>Achnanthes</i> )、等片藻属( <i>Diatoma</i> )、角毛藻属( <i>Chaetoceros</i> )、棒杆藻属( <i>Rhopalodia</i> )

2.2 硅藻含量的变化

漳卫新河每个月4处采样点两次采样的平均含量和种属变化(表3)显示,不同月份硅藻的平均含量在1 054~13 041个/10 mL,种属构成为8~16个,全年硅藻含量为(3 879±3 551)个/10 mL,硅藻种属为(11.9±2.1)种。2~12月的硅藻含量和种属与1月之间差异有统计学意义( $P<0.05$ )。对平均含量进行描述性分析,最大值为8月硅藻含量,最小值为12月含量。表4为2月各采样点的具体含量,2月15日和2月28日东风路桥采样点硅藻含量均高于其他采样点。

硅藻的种属个数也因月份的变化而不同,硅藻平均种属个数在2月达15种以上,在12月不到9种。

表2 2020年2月28日各采样点硅藻种属百分比

Tab. 2 Percentage of diatom species at each sampling site on February 28, 2020 (%)

序号	硅藻种属	天衢路桥	三八路桥	东方红路桥	东风路桥
1	针杆藻属	26.1	24.3	33.2	45.7
2	舟形藻属	36.5	47.7	35.5	29.8
3	小环藻属	24.5	21.5	23.2	16.5
4	菱形藻属	4.2	1.8	2.1	1.9
5	异极藻属	0.2	0.4	0	0.4
6	双壁藻属	0.3	0.5	0.2	0.2
7	脆杆藻属	3.2	0.7	1.3	1.8
8	茧形藻属	0.2	0.2	0.2	0
9	桥弯藻属	1.3	1	0.8	1.3
10	双菱藻属	0	0	0.5	0.1
11	冠盘藻属	0	0	0.8	0
12	圆筛藻属	1	1.4	1.1	1
13	波缘藻属	0.1	0	0	0.1
14	尾管藻属	0.6	0	0.2	0.2
15	海氏藻属	0	0	0.2	0
16	直链藻属	0.1	0.3	0	0.1
17	海链藻属	1.3	0.2	0.3	0.4
18	布纹藻属	0.3	0.1	0.2	0.2
19	菱板藻属	0	0.1	0.2	0
20	卵形藻属	0.1	0	0	0
21	曲壳藻属	0	0	0	0.1
22	等片藻属	0.1	0	0	0
23	角毛藻属	0	0	0	0
24	棒杆藻属	0	0	0	0

2.3 硅藻种属检出个数与硅藻含量的关系

将硅藻含量作为自变量( $x$ )、种属个数作为因变量( $y$ )进行线性回归分析,模型公式为 $y=11.206+0.000\ 2x$ ,模型 $R^2$ 为0.078。模型通过 $F$ 检验( $F=7.917$ ,  $P=0.006<0.05$ ),硅藻含量的回归系数值为0.000 2( $t=2.814$ ,  $P=0.006<0.05$ )。

2.4 漳卫新河不同地点硅藻群落对比

计算漳卫新河天衢路采样点与三八路采样点、东方红路采样点、东风路采样点、乐陵采样点、宁津采样点5处采样点的Sprensen相似系数(表5)显示,距离2 km以内的3处采样点相似系数很高,不能进行有效区分;天衢路采样点与距离40 km和80 km的2处采样点有明显的差别,能对距离较远处水样进行有效区分。

2.5 漳卫新河德城区段硅藻种群组成相似性

由图2A可见,漳卫新河德城区段各采样点间硅藻种群结构的差异很小。由图2B可见,漳卫新河德城区段各季节硅藻种群结构不同,水域中硅藻的群落组成因季节不同而变化。



表3 每个月硅藻含量和种属的变化

Tab. 3 Monthly change of average diatom content and species

月份	含量/(个·10 mL <sup>-1</sup> )	种属/种 (n=8, $\bar{x}\pm s$ )
1月	1 444±1 094	13.6±3.2
2月	1 755±2 248 <sup>1)</sup>	15.8±1.6 <sup>1)</sup>
3月	3 881±27 608 <sup>1)</sup>	14.1±2.5 <sup>1)</sup>
4月	1 371±1 090 <sup>1)</sup>	13.8±1.5 <sup>1)</sup>
5月	2 113±2 244 <sup>1)</sup>	12.6±2.7 <sup>1)</sup>
6月	1 199±751 <sup>1)</sup>	10.5±2.9 <sup>1)</sup>
7月	3 057±2 339 <sup>1)</sup>	10.1±2.1 <sup>1)</sup>
8月	13 041±3 143 <sup>1)</sup>	11.1±1.9 <sup>1)</sup>
9月	4 842±6 653 <sup>1)</sup>	10.6±2.6 <sup>1)</sup>
10月	8 051±9 297 <sup>1)</sup>	10.9±2.6 <sup>1)</sup>
11月	4 743±3 875 <sup>1)</sup>	10.5±2.3 <sup>1)</sup>
12月	1 054±1 275 <sup>1)</sup>	8.6±1.9 <sup>1)</sup>

注:1)与1月份相比,  $P<0.05$ 。

表4 2月份各采样点硅藻含量

Tab. 4 Diatom content at each sampling site in February (个)

采样点	2月15日	2月28日
天衢路桥	904	1 077
三八路桥	605	1 215
东方红路桥	619	933
东风路桥	7 276	1 408

表5 各采样点 Spresen相似系数

Tab. 5 The Spresen similarity of each sampling site

采样点	Spresen相似系数
三八路	0.956 52
东方红路	0.978 72
东风东路	0.978 72
乐陵	0.736 84
宁津	0.588 24

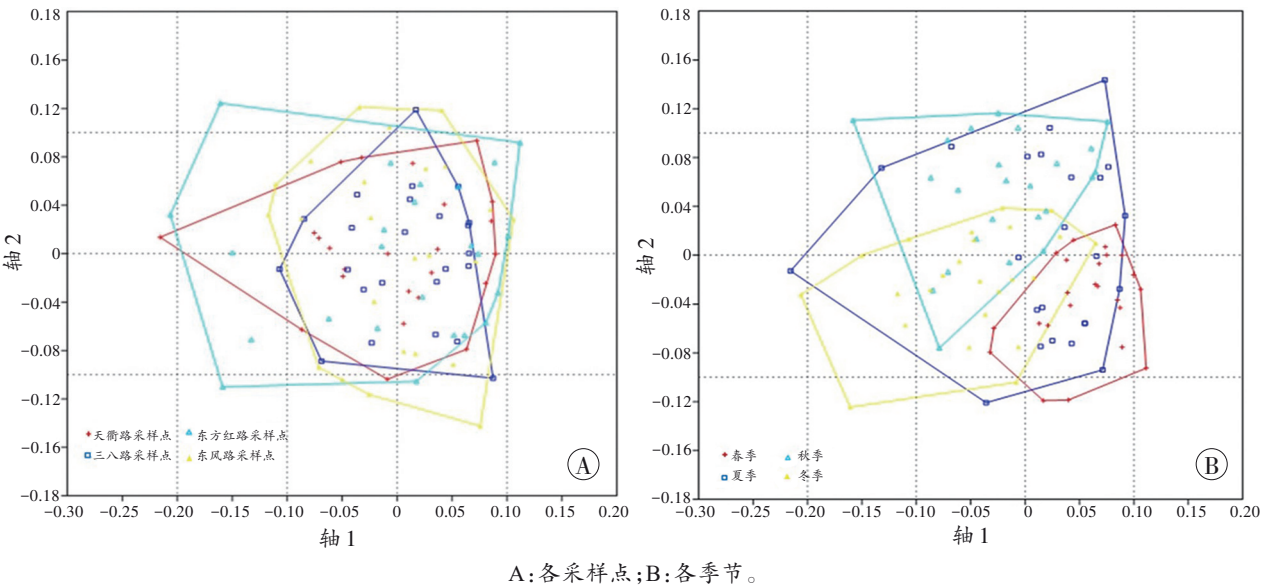


图2 NMDS分析漳卫新河硅藻种群组成的相似性结果  
Fig. 2 NMDS results for diatom community similarity in Zhangweixin River

3 讨论

河流浮尸案件的尸体溯源一直是公安工作中的重点,随着DNA技术的发展,溯源工作有了很大的提高。但水中尸体的入水位置推测仍然是阻碍案件侦破和定性的难点。硅藻检验技术的发展,为解决水中尸体入水位置提供了新的思路。通过硅藻检验比分析具有理论基础和可行性,李峥等<sup>[14]</sup>已将此方法成功应用于实际案例。

3.1 漳卫新河德城区段硅藻种群组成特点

本研究发现,漳卫新河生态系统较为稳定,各采样点的距离较近,生态环境相似,各种影响硅藻变化的因素相近,因此硅藻群落结构的相似度较大。不同

季节的环境条件(如温度)不同,影响硅藻变化的因素不同,水域中硅藻的群落组成因季节变化而改变。漳卫新河的硅藻种群变化主要为硅藻种属相对丰度的变化。各硅藻种属含量随时间的变化发生改变,除主要优势种属外的其他硅藻种属,在部分月份未检出,如棒杆藻属在2月未检出。4个采样点有一定的距离因而有环境差异,部分采样点会有变化趋势不同步的情况。部分时间采样点受外部环境干扰较大,如2月的平均硅藻含量普遍较低(1 000个/10 mL左右),但2月15日东风东路采样点硅藻含量达7 276个/10 mL。硅藻受环境因素影响,其分布具有明显的区域性特征,不同流域硅藻种属构成是根据硅藻检验推测尸体入

水地点的前提<sup>[14-16]</sup>。Sprensen相似系数是用于比较两样本种属构成相似程度的常用指标<sup>[14]</sup>,相似系数越高两样本构成相似度越高。在确定溺死案例中,可以计算肺组织与尸体中及上下游硅藻种属构成之间的Sprensen相似系数。相似系数越高的水域是入水地点的可能性更大,通过分析比较Sprensen相似系数,可为推测落水溺亡位置提供方向。

### 3.2 硅藻数据库建设的价值及注意事项

在水中尸体检验实践中,取水样时水域的时空环境可能已经发生变化,若去取上下游流域的水样比较耗时耗力,且取到当时的水样无法代表水域的全部硅藻组成,因此一般只对尸体器官中检出的硅藻与发现尸体处当时的水样中硅藻进行比对。硅藻数据库建立后,器官硅藻检验结果可以与库中该河流硅藻数据进行比对。与同一河流不同流域硅藻数据进行比对,可以为判断死者的落水位置提供参考;与同一河流不同季节的硅藻数据进行比对,可以对水中尸体的死亡时间判断提供依据<sup>[5]</sup>。在鉴定实践中,肺组织中检出硅藻与水样硅藻优势种属组成是判断入水地点的重要依据,案件中会遇到硅藻组成相似性很高但肺中检出的个别硅藻在水样中未检出的情况。

在建库中应注意:(1)选择采样水域,调研建库地区水域概况和水中尸体多发水域,覆盖当地主要河流、湖泊、水库和溺水高发水域。(2)科学设置河流两采样点距离,可以通过硅藻相似系数区分合适距离。(3)建库样品量大,购置可以批量处理样品的水样消解、抽滤、镀膜等前处理设备。(4)利用硅藻识别统计自动化设备<sup>[15]</sup>,可提高数据统计效率。

科学成熟的硅藻数据库是支撑破案的基础,建成完善的数据库可以为案件节省人力、物力、财力,提高办案效率,提供侦查方向。本研究获得德州市漳卫新河硅藻的变化规律,可用于当地硅藻数据库的建设,利用好硅藻数据库,可以在水中尸体鉴定中发挥巨大作用。

#### 参考文献:

- [1] 漳卫南运河志(1996—2005)编委会. 漳卫南运河志(1996—2005)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2013.  
Editorial Board of Annals of Zhangweinan canal (1996—2005). Annals of Zhangweinan canal (1996—2005)[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2013.
- [2] 广州市刑事科学技术研究所、公安部物证鉴定中心. 法庭科学 硅藻检验技术规范 微波消解-真空抽滤-显微镜法:GA/T 1662—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.  
Guangzhou Forensic Science Institute, Institute of Forensic Science, Ministry of Public Security. Forensic sciences-technical specifications for diatom inspection-microwave digestion-vacuum filtration-microscopy: GA/T 1662—2019[S]. Beijing: China Standards Publishing Press, 2020.
- [3] 李鹏,张妍,胡琨,等. 德州市水域中硅藻分布的研究[J]. 刑事技术, 2021, 46(2): 140-145. doi: 10.16467/j.1008-3650.2021.0037.  
LI P, ZHANG Y, HU K, et al. Survey into distribution of diatoms in local waters of Dezhou city[J]. Xingshi Jishu, 2021, 46(2): 140-145.
- [4] 赵建,胡孙林,刘超,等. 硅藻检验方法综述[J]. 刑事技术, 2012(2): 44-47.  
ZHAO J, HU S L, LIU C, et al. Advances in the research of diatom test[J]. Xingshi Jishu, 2012(2): 44-47.
- [5] 刘萌妍,赵伟,赵怡. 硅藻检验方法及其在法医学溺死诊断中的应用现状[J]. 刑事技术, 2019, 44(4): 343-346. doi: 10.16467/j.1008-3650.2019.04.013.  
LIU M Y, ZHAO W, ZHAO Y. Diatom test: Development and application status in forensic diagnosis of drowning[J]. Xingshi Jishu, 2019, 44(4): 343-346.
- [6] 张巍,郑吉龙. 溺死诊断的研究进展[J]. 法医学杂志, 2017, 33(1): 42-47. doi: 0.3969/j.issn.1004-5619.2017.01.011.  
ZHANG W, ZHENG J L. Research progress on diagnosis of drowning[J]. Fayixue Zazhi, 2017, 33(1): 42-47.
- [7] 刘超. 溺死法医诊断学[M]. 广州: 中山大学出版社, 2018.  
LIU C. Diagnosis of drowning[M]. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press, 2018.
- [8] 韦洁琳,曹鹏飞,胡文容,等. 南四湖浮游硅藻季节性演替及其与环境因子的相关性[J]. 环境科学研究, 2015, 28(8): 1209-1218. doi: 10.13198/j.issn.1001-6929.2015.08.05.  
WEI J L, CAO P F, HU W R, et al. Seasonal succession of planktonic diatom community and its relationship with environmental factors in Nansi Lake[J]. Huanjing Kexue Yanjiu, 2015, 28(8): 1209-1218.
- [9] 苏潇男,韩笑,方赞,等. 京杭大运河济宁段秋冬季硅藻分布及法医学应用[J]. 中国法医学杂志, 2020, 35(3): 290-295. doi: 10.13618/j.issn.1001-5728.2020.03.011.  
SU X N, HAN X, FANG Y, et al. Distribution of diatoms in Jining section of Beijing-Hangzhou canal in autumn and winter and its forensic application[J]. Zhongguo Fayixue Zazhi, 2020, 35(3): 290-295.
- [10] 王会品,李栋栋,孙世珺,等. 广东珠江水域硅藻种类调查[J]. 中国法医学杂志, 2018, 33(2): 154-161. doi: 10.13618/j.issn.1001-5728.2018.02.010.  
WANG H P, LI D D, SUN S J, et al. The in-

- vestigation of diatom species composition and database of diatom scanning electron microscope in the Pearl River of Guangdong province[J]. Zhongguo Fayixue Zazhi, 2018, 33(2):154-161.
- [11] 蔡海光, 应捷, 倪卓晖, 等. 宁波市三江流域夏季硅藻分布[J]. 法医学杂志, 2016, 32(6):413-414, 419. doi: 10.3969/j.issn.1004-5619.2016.06.004.
- CAI H G, YING J, NI Z H, et al. Diatoms distribution in Ningbo three-river watershed during summer[J]. Fayixue Zazhi, 2016, 32(6):413-414, 419.
- [12] 倪自翔, 谢琼, 易旭夫. 成都市主城区水中尸体多发河流区段硅藻分布[J]. 法医学杂志, 2016, 32(5):332-337. doi: 10.3969/j.issn.1004-5619.2016.05.004.
- NI Z X, XIE Q, YI X F. Distribution of diatoms in main sections of urban district rivers with drowning-prone in Chengdu[J]. Fayixue Zazhi, 2016, 32(5):332-337.
- [13] 田露, 臧士博, 邱志军. 上海市浦东新区川杨河水域硅藻分布及其法医学应用[J]. 法医学杂志, 2014, 30(2):114-116. doi: 10.3969/j.issn.1004-5619.2014.02.009.
- TIAN L, ZANG S B, QIU Z J. Distribution of diatoms in Chuanyang River of Pudong New Area of Shanghai and its forensic application[J]. Fayixue Zazhi, 2014, 30(2):114-116.
- [14] 李峥, 杨佳雯, 陈治秋, 等. 硅藻检验推测溺亡位置1例[J]. 法医学杂志, 2020, 36(6):878-880. doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2020.06.024.
- LI Z, YANG J W, CHEN Y Q, et al. The location of drowning inferred by diatom testing: A case report[J]. Fayixue Zazhi, 2020, 36(6):878-880.
- [15] COELHO S, RAMOS P, RIBEIRO C, et al. Contribution to the determination of the place of death by drowning - A study of diatoms' biodiversity in Douro river estuary[J]. J Forensic Leg Med, 2016, 41:58-64. doi: 10.1016/j.jflm.2016.04.007.
- [16] 赵建, 罗银洲, 王玉仲, 等. 肺组织硅藻定量分析在实验动物溺死诊断中的应用[J]. 法医学杂志, 2019, 35(6):706-709. doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2019.06.011
- ZHAO J, LUO Y Z, WANG Y Z, et al. Application of quantitative analysis of diatoms in lung tissue for the diagnosis of drowning of experimental animals[J]. Fayixue Zazhi, 2019, 35(6):706-709.
- [17] 张懿铨. 植物区系地理研究中的重要参数——相似性系数[J]. 地理研究, 1998, 17(4):429-434. doi: 10.3321/j.issn.1000-0585.1998.04.014.
- ZHANG Y L. Coefficient of similarity -- An important parameter in floristic geography[J]. Dili Yanjiu, 1998, 17(4):429-434.
- [18] 周圆圆, 曹永杰, 杨越, 等. 基于人工智能硅藻自动化识别系统的实际案例应用[J]. 法医学杂志, 2020, 36(2):239-242. doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2020.02.017.
- ZHOU Y Y, CAO Y J, YANG Y, et al. Application of artificial intelligence automatic diatom identification system in practical cases[J]. Fayixue Zazhi, 2020, 36(2):239-242.

(收稿日期:2021-06-08)

(本文编辑:张建华)

(上接第91页)

- LI Z, YANG J W, CHEN Y Q, et al. The location of drowning inferred by diatom testing: A case report[J]. Fayixue Zazhi, 2020, 36(6):878-880.
- [21] 蔡海光, 应捷, 倪卓晖, 等. 宁波市三江流域夏季硅藻分布[J]. 法医学杂志, 2016, 32(6):413-414, 419. doi: 10.3969/j.issn.1004-5619.2016.06.004.
- CAI H G, YING J, NI Z H, et al. Diatoms distribution in Ningbo three-river watershed during summer[J]. Fayixue Zazhi, 2016, 32(6):413-414, 419.

(收稿日期:2021-09-17)

(本文编辑:邹冬华)