

北京拒马河水域生态特征的研究

沈公铭¹, 李继龙¹, 康现江², 李绪兴¹, 李凤超², 刘宝祥¹, 王宏伟², 杨文波¹, 管越强², 张晓惠¹, 李小恕¹, 雷云雷¹

(1. 中国水产科学研究院, 北京 100039; 2. 河北大学 生命科学学院, 河北 保定 071002)

摘要:根据 2004 年拒马河水域生态调查结果, 对拒马河的水质状况和水生生物种类组成、数量分布和群落特征进行分析研究, 来评估拒马河生态系统状况。结果表明, 共发现浮游植物 252 种、浮游动物 91 种、底栖生物 28 种; 浮游植物和底栖生物的多样性指数分别为 4.32、3.03; 均匀度分别为 0.60、0.63; 水质调查发现总氮的超标较为严重, 其余指标基本符合地表水环境质量标准。综合指标表明, 拒马河的水质属于 β -中污染至寡污染类型。但由于人为干预行为和生活污水的排放, 其生态系统遭到一定程度的破坏, 建议加强管理, 防治污染。[中国水产科学, 2007, 14 (7): 78-83]

关键词:拒马河; 水生生物; 水质状况; 生态评估

中图分类号: Q178

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)07-078-06

拒马河源于河北省太行山西北部, 其北京段长 61 km, 流域面积 433.8 km²。拒马河水域拥有丰富的自然资源与独特的生态环境, 是北京市水生生物多样性的典型区域。过去曾经是水獭 (*Lutra lutra*)、大鲵 (*Andrias davidianus*)、多鳞铲颌鱼 (*Varicorhinus macrolepis*)、黄线薄鳅 (*Leptobotia flavolineata*)、东方薄鳅 (*Leptobotia orientalis*) 和中华鳖 (*Trionyx sinensis*) 等珍稀濒危水生动物的栖息地, 其中水獭和大鲵为国家二级保护动物^[1-2]。以往对于拒马河的调查工作较少, 王鸿媛^[2]和任淑智^[3]等曾经对拒马河进行过调查。为改善首都生态环境、实施绿色奥运战略, 按《北京市自然保护区发展规划》的要求, 全面开展市级以上自然保护区科学考察和总体规划。本研究根据 2004 年拒马河水域生态环境调查资料, 对拒马河水域的水生生物和生态环境进行分析, 旨在研究拒马河水域生态系统的现状, 为北京拒马河自然保护区的规划及建设提供科学的基础资料与依据。

1 材料与方法

1.1 调查范围及站点

本次调查范围为 115°29'23"~115°41'13"E, 39°

34'33"~39°39'4"N, 根据水生生物环境与水生生物的生物特性、生活习性、季节分布等特点, 设置 9 个调查站位 (图 1)。

1.2 调查时间及方法

于 2004 年 3~11 月每月下旬对拒马河浮游生物、底栖生物、水温、溶解氧、pH 值进行调查, 同时还对拒马河水深、宽度、流速及底质进行调查。水质化学要素包括总硬度、总磷、总氮、氨氮、石油类、COD、BOD₅、重金属、挥发酚 9 项分别于 3 月、7 月和 10 月进行 3 次监测。

水质和水生生物的调查参考内陆水域自然资源调查的有关规范进行^[4]。水质监测的取样方法采用聚乙烯水样瓶, 在距水面 0.2 m 处采样, 1 次取样 2 L。检测结果根据《渔业水质标准 (GB11607-89)》^[5]和《地表水环境质量标准 (GB3838-2002)》^[6]进行评价。

浮游植物定量分析: 采集水样 2.5 L, 5% 鲁哥氏液固定, 实验室内静置沉淀 24~48 h 后浓缩计数; 浮游动物定性分析: 分别用 13 号及 25 号浮游生物网采集, 部分样品不加固液用于活体观察, 其余加 5% 鲁哥氏液固定。

底栖生物样品采集采用了 25 cm×20 cm 方

收稿日期: 2006-04-25; 修订日期: 2006-08-30.

基金项目: 北京市环保局自然保护区基金项目.

作者简介: 沈公铭 (1978-), 男, 硕士, 助理研究员, 从事资源与环境保护研究. E-mail: sgm@cafs.ac.cn

通讯作者: 李继龙. E-mail: lijilong@cafs.ac.cn

形采泥器,面积为 0.05 m^2 ,每站点取样 2 次。泥样采用 3 层套筛冲筛,其网目直径上层为 2 mm、中层 1 mm、下层 0.5 mm。样品用 75% 乙醇溶液固定后,带回实验室,进行种类鉴定和定量分析。

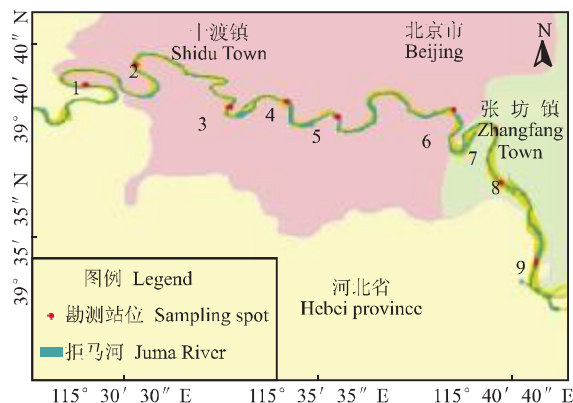


图1 调查站位分布图

注:1.琅河;2.天花板;3.北石门;4.西河;5.九渡;6.鱼古洞;7.穆家口;8.千河口;9.张坊大桥。

Fig.1 The distribution map of survey stations

Note: 1. Langya River; 2. Tianhua Cliff; 3. Beishi Door; 4. Xi River; 5. the Ninth Ferry; 6. Yugu Cavity; 7. Mujia Col; 8. Qianhe Col; 9. Zhangfang Bridge

1.3 数据处理

除部分采集样品需在野外直接处理外,其余都带回实验室分析鉴定。浮游植物、浮游动物和底栖生物分别计算其生物密度、出现频率及生物量。采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 和 Pielou 均匀度指数 (J) 计算水生生物的群集特征值^[7],统计分析采用 SPSS (10.0) 进行计算,并以种群数量的比例来确定优势种,用以分析评估拒马河水域生态系统的状况,计算公式:

$$(1) H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i,$$

$$(2) J = \frac{H'}{\ln s}, \text{ 其中 } p_i = \frac{n_i}{N}, N = \sum_{i=1}^s n_i$$

式中 s 表示水生生物的种类数, n_i 表示第 i 种水生生物的个数。

2 结果与分析

2.1 水环境状况

根据调查结果,拒马河北京段底质以砂质土和砂砾石为主,其下游特别是从 6 号调查站(鱼古洞)开始,河流靠公路一侧有河漫滩和河阶地,主要由砂砾石组成。河流较浅,最深为 5 m 左右,最浅处只有 0.2~0.3 m;河宽为 23~120 m;水深和河宽在枯水期间有所变化,但变化不十分明显。河流的流速平缓,维持在 0.11~0.28 m/s。在本次调查期间水温最高为 25.7℃;水体溶解氧较高,平均值为 9.54 mg/L; pH 值在 8.2~8.5 之间,呈偏碱性,具体变化如图 2 所示。总氮超标较为严重,其余指标基本符合地表水环境质量标准(表 1)。

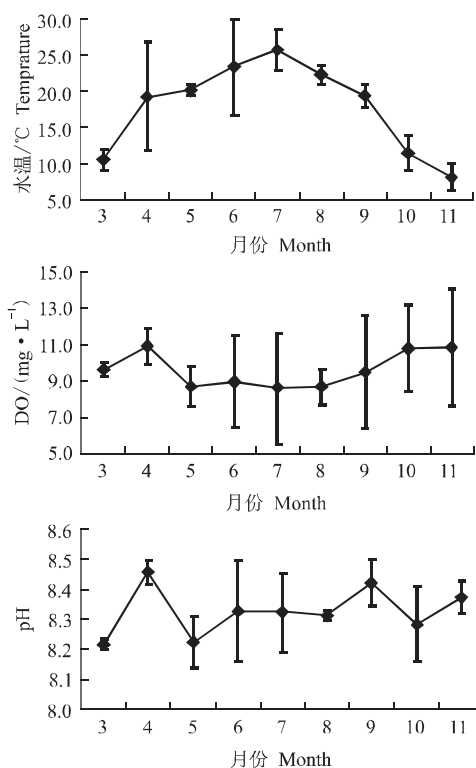


图2 2004 年调查期间拒马河水温、DO 和 pH 值的变化

Fig.2 Monthly fluctuation of DO, pH and temperature in Juma River

表 1 2004 年调查期间拒马河水质状况
Tab.1 Water quality of Juma River during investigation 2004

项目 Item	月份 Month			平均 Average
	3 月 March	7 月 July	10 月 October	
总硬度 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Total Rigidity	200~214	/	/	206
总磷 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Total phosphorus	0.012~0.024	0.012~0.021	<0.01	0.015
总氮 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Total nitrogen	1.23~1.86	0.185~0.901	1.57~2.17	1.327
氨氮 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Nitrogen ammonia	/	<0.05~0.25	0.17~0.38	0.20
挥发酚 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Volatile phenol	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
汞 /($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) Mercury	<0.01	/	/	<0.01
铜 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Copper	<0.008	/	/	<0.008
铅 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Lead	<0.005	/	/	<0.005
镉 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Cadmium	<0.005	/	/	<0.005
锌 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Zinc	0.010~0.013	/	/	0.012
石油类 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) Petroleum	0.022~0.048	0.011~0.044	<0.03~0.121	0.037
COD /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.8~1.3	1.5~2.4	1.2~1.5	1.4
BOD ₅	0.9~1.3	/	/	1.1

2.2 浮游生物

2.2.1 浮游植物的生态特征 调查共发现拒马河浮游植物有 8 门 75 属 256 种, 其中硅藻门 (Bacillariophyta) 24 属 151 种 (占浮游植物总种数的 59.0%, 下同), 绿藻门 (Chlorophyta) 30 属 66 种 (25.8%), 蓝藻门 (Cyanophyta) 11 属 22 种 (8.6%), 裸藻门 (Phaeophyta) 6 属 9 种 (3.5%), 隐藻门 (Cryptophyta) 1 属 3 种 (1.2%), 甲藻门 (Pyrrophyta) 1 属 2 种 (0.8%), 金藻门 (Chrysophyta) 1 属 2 种 (0.8%), 黄藻门 (Xanthophyta) 1 属 1 种 (0.4%)。其中优势种为小头曲壳藻 (*Achnanthes microcephala*)、钝脆杆

藻 (*Fragilaria capucina*)、卵形隐藻 (*Cryptomonas ovata*) 和细小曲壳藻 (*Achnanthes capitata*)。

综合拒马河的 9 个调查点的数据, 其浮游植物的生物密度为 $(77.88 \pm 30.90) \times 10^4 \text{ ind/L}$, 生物多样性指数 (H') 为 4.32, 均匀度 (J) 为 0.60。从平面分布看, 浮游植物的生物密度最大值在 5 号站点 ($105.50 \times 10^4 \text{ ind/L}$), 最小值在 3 号站点 ($58.98 \times 10^4 \text{ ind/L}$); 从季节变化看, 浮游植物的生物密度最大值在 4 月份 ($146.49 \times 10^4 \text{ ind/L}$), 最小值在 10 月份 ($30.38 \times 10^4 \text{ ind/L}$) 详见图 3。

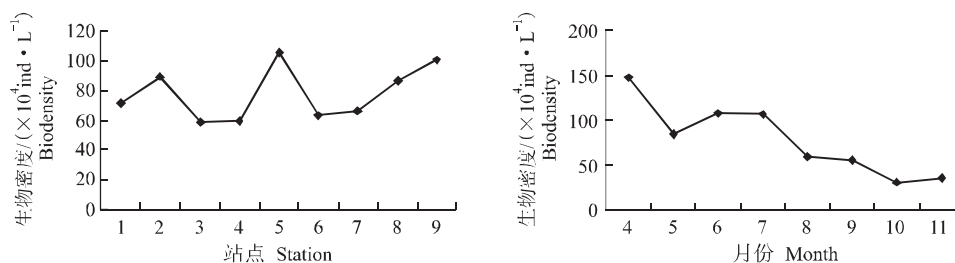


图 3 2004 年拒马河浮游植物生物密度变化

Fig.3 Distribution and monthly change chart of phytoplankton density in Juma River in 2004

2.2.2 浮游动物种类组成 浮游动物共发现 91 种,其中轮虫类(Rotifera)19 属 55 种(占浮游动物总种数的 60.4 %,下同),枝角类(Cladocera)9 属 26 种(28.6 %),桡足类(Copepoda)10 种(11.0 %)。出现频率较高的种为台杯鬼轮虫(*Trichotria pocillum*)、尖趾单趾轮虫(*Monostyla closterocerca*)、钩状

狭甲轮虫(*Colurella uncinata*)、长刺异尾轮虫(*Trichocerca longiseta*)、奇异尖额䗃(*Alona eximia*)、近亲尖额䗃(*Alona affinis*)、模式有爪猛水蚤(*Onychocamotus mohammed*)和英勇剑水蚤(*Cyclops strenuous*)。表 2 显示在此次调查中浮游动物出现频次较多的种名及其出现频次。

表 2 2004 年拒马河主要的浮游动物出现频次
Tab.2 Appearance frequency of main zooplankton in Juma River in 2004

分类 Class	种 名 Species	出现频次 Frequency of appearance
轮虫类 Rotifera	台杯鬼轮虫 <i>Trichotria pocillum</i>	9
	长刺异尾轮虫 <i>Trichocerca longiseta</i>	9
	钩状狭甲轮虫 <i>Colurella uncinata</i>	8
	尖趾单趾轮虫 <i>Monostyla closterocerca</i>	7
	大肚须足轮虫 <i>Euchlanis dilatata</i>	7
	尖爪单趾轮虫 <i>Monostyla cornuta</i>	7
	壶状臂尾轮虫 <i>Brachionus urceus</i>	6
枝角类 Cladocera	奇异尖额䗃 <i>Alona eximia</i>	8
	近亲尖额䗃 <i>Alona affinis</i>	7
	矩形尖额䗃 <i>Alona rectangular</i>	6
	直额弯尾䗃 <i>Camptocercus rectirostris</i>	6
	方形尖额䗃 <i>Alona quadrangularis</i>	6
桡足类 Copepoda	英勇剑水蚤 <i>Cyclops strenuous</i>	7
	锯缘真剑水蚤 <i>Eucyclops serrulatus</i>	7
	模式有爪猛水蚤 <i>Onychocamotus mohammed</i>	6
	锯齿真剑水蚤 <i>Eucyclops macruiroides denticulatus</i>	5
	鱼饵湖角猛水蚤 <i>Limnocletodes behningi</i>	5

2.3 底栖生物

2.3.1 种类组成 根据调查鉴定结果,共发现拒马河流域底栖生物种类有 28 种,其中软体动物 14 种,占底栖生物种类总数的 50%;水生昆虫 8 种,占 28.6%;环节动物 6 种,占 21.4%。优势种为羽摇蚊幼虫(*Chironomus plumosus* Linne),蜉蝣(*Ephemere* sp.)等。

2.3.2 生物量与密度及各项指数 综合拒马河的九个调查点,在调查期间其平均生物量为(17.10±12.68) g/m²,生物多样性指数(*H'*)为 3.03,均匀度(*J*)为 0.63。从平面分布看,生物量最大值在 8 号站点为 50.93 g/m²,最小值在 3 号站为 2.37 g/m²;从季

节变化看,其生物量最大值在 5 月份为 33.79 g/m²,最小值在 9 月份为 0.37 g/m²。平均生物密度为(497±198) ind/m²,从平面分布看,其中生物密度最大值在 2 号站点为 854 ind/m²,最小值在 3 号站点为 146 ind/m²;从季节变化看,最大值为 7 月份 826 ind/m²,最小值为 8 月份 172 ind/m²。不同站位、不同月份的生物量和生物密度变化趋势见图 4。另外,从数量上来看,软体动物、水生昆虫和环节动物分别占采集总物种数量的 40.8%、53.0%和 6.2%;从质量上来看,软体动物、水生昆虫和环节动物分别占采集生物总质量的 84.0%、14.2%和 1.8%。

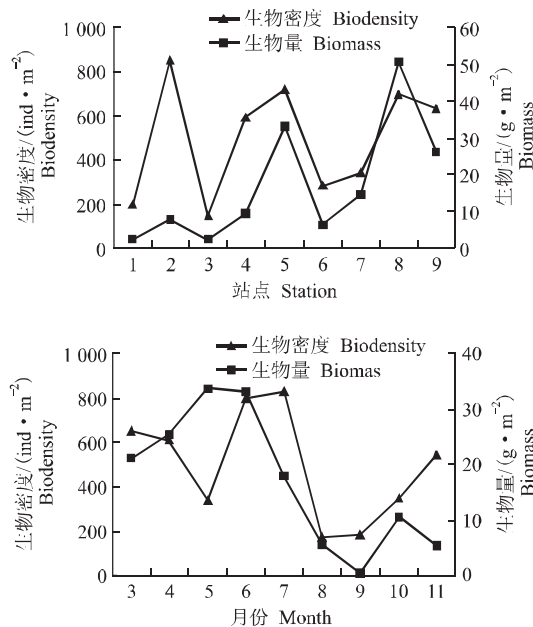


图4 2004年拒马河底栖生物的生物密度及生物量变化

Fig.4 Distribution and monthly change of benthon biodiversity and biomass in Juma River in 2004

3 讨论

3.1 水环境

从图2可知,拒马河水域拥有适宜的水温和充足的氧量,为水生生物的繁殖生长提供了适宜的场所,同时拒马河的底质以砂砾石或沙质土为主,非常适合冷水性鱼类繁殖生长^[8],如池沼公鱼(*Hypomesus olidus*)。

从化学要素来看,拒马河的水质总体状况良好。但是总氮的含量较高,过高的氮含量可能造成水质恶化,加速水体老化,从而使拒马河水域生态系统受到破坏。目前氮含量基本上处于地表水环境质量标准的Ⅳ类标准,属于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区^[5]。从拒马河沿岸实地调查来看,拒马河水域的工业污染较少,居民生活废水的排放是造成水体含氮较高的主要原因。

3.2 水生生物

从结果来看,浮游生物的种类较多,共有343种。浮游植物的优势种组成较为明显,但浮游动物的优势种不太明显,出现频率也相差不大。从图3可看出,浮游植物生物密度的平面分布相对较均匀,

基本上在 $80 \times 10^4 \text{ ind/L}$;从月份的变化来看,其密度分布出现2个高峰值,其中主高峰出现在2004年4月,次高峰值出现在6~7月,8月以后呈明显下降趋势。浮游生物数量的季节分布与其本身的生活周期和环境因素有关^[9]。从浮游植物的生物密度和温度的关系来看,它们存在着显著的正相关关系($r = 0.649, P < 0.05, n = 8$)。拒马河4~7月水温相对较高,其浮游植物总量也相应较高。因此温度的下降是浮游植物密度下降的原因之一。另外,8月份以后其密度下降尤为明显,从现场调查的情况来看,7月份以来拒马河沿岸挖沙行为较为频繁,这可能是导致生物密度急剧降低的主要原因。

底栖生物的优势种组成极为明显,如羽摇蚊幼虫占到底栖生物总数的44.5%。从质量和数量上来看,软体动物在质量上占有绝对优势;而水生昆虫在数量上占优势。出现这种现象的原因是由于个别软体动物的单体质量相对较大。这也是图4中个别点生物密度和生物量大小排序不一致的原因,如2号站。

由于底栖生物对环境条件改变反应灵敏,常被作为指示生物用于评价水体质量的变化^[3,10]。因此拒马河底栖生物种类的变化也在一定程度上反映了该水域的环境质量变化。任淑智^[3]1991年对拒马河上游的调查发现,一些清洁种类如蜉蝣其密度夏季达到了 $2\,600 \text{ ind/m}^2$,秋季达到了 $3\,040 \text{ ind/m}^2$ 。而本次调查结果仅 100 ind/m^2 左右,清洁种类的数量下降幅度较大;同时,羽摇蚊幼虫、八目石蛭(*Herpobdella octoclaeta*)等耐污性较强生物种所占比例逐步增大,说明拒马河的污染程度在不断加重。

此次调查计算了浮游植物和底栖生物的生物多样性指数。从结果来看,两者的多样性指数(H')和均匀度指数(J)均较高,只有少数几个 H' 值小于3,群落内的物种分布也较为均匀。评价标准采用国际常用的Shannon-Wiener多样性指数评价指数, H' 值0~1为重污,1~3为中污,其中1~2为 α -中污,2~3为 β -中污,>3为轻污或无污^[11]。因此可依据Shannon-Wiener多样性指数判断拒马河水质为 β -中污至寡污染类型。

综上所述,拒马河污染主要来自一些人为干预行为和生活污水的排放,工业污染较少。根据任淑智1991年的调查结果,当时判断拒马河水质状况为清洁^[3]。与之相比,现在拒马河的水质状况有所下降。

参考文献:

- [1] 北京市房山区志编纂委员会. 北京市房山区志 [M]. 北京: 北京出版社, 1999.
- [2] 王鸿媛. 北京鱼类和两栖·爬行动物志 [M]. 北京: 北京出版社, 1994: 36-38, 139-141.
- [3] 任淑智. 京津及邻近地区底栖动物群落特征与水质等级 [J]. 生态学报, 1991, 11 (3): 262-268.
- [4] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1980.
- [5] GB11607-89, 渔业水质标准 [S].
- [6] GB3838-2002, 地表水环境质量标准 [S].
- [7] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 135-138.
- [8] 张觉民. 中国的冷水性鱼类及其开发利用 [J]. 鲢鳙渔业, 1990, 3 (1): 1-20.
- [9] 王真良. 小长山岛周围海域浮游动物群落结构的初步研究 [J]. 大连水产学院学报, 2003, 18 (4): 296-300.
- [10] 刘保元, 王士达, 王永明, 等. 利用底栖动物评价图们江污染的研究 [J]. 环境科学学报, 1981, 1 (4): 337-348.
- [11] 蔡晓明, 任久长, 宗志祥, 等. 青龙河底栖无脊椎动物群落结构及其水质评价 [J]. 应用生态学报, 1992, 3 (4): 364-370.

Ecological characteristics of Juma River in Beijing

SHEN Gong-ming¹, LI Ji-long¹, KANG Xian-jiang², LI Xu-xing¹, LI Feng-chao², LIU Bao-xiang¹, WANG Hong-wei², YANG Wen-bo¹, GUANG Yue-qiang², ZHANG Xiao-hui¹, LI Xiao-shu¹, LEI Yun-lei¹

(1. Chinese Academy of Fishery Sciences, Beijing 100039; 2. College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002)

Abstract: Based on the data of ecology survey about Juma River in 2004, this study assessed the status of Juma River ecosystem by analyzing Juma River water quality, varieties, quantity distribution and community features of aquatic species. The results showed that 252 phytoplankton species, 91 zooplankton species, 28 benthon species were found. The biodiversity indices (H') of zooplankton and benthon were 4.32 and 3.03, and evenness indices (J) were 0.60 and 0.63, respectively. The water of Juma River was badly polluted by total nitrogen, while other quality indices measured up. Generally, the water quality of Juma river is a type of moderate or slight pollution. Due to human being destructive activities and the discharge of living sewage, Juma River ecosystem has been destroyed at a certain extent. Therefore strict management of the Juma River nature reserve is urgently needed. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14 (7): 78-83]

Key words: Juma River; aquatic species; water quality; ecological assessment

Correspondence author: LI Ji-long. E-mail: lijilong@cafs.ac.cn