

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.04.009

阳宗海浮游生物群落结构研究

谢永红, 李春永, 杨中兰

(云南省水文水资源局, 云南昆明 650106)

摘要:采用生物多样性指数方法,对2013年阳宗海湖泊的浮游生物群落结构进行研究。结果表明,阳宗海湖泊共检出浮游植物7门39属,蓝藻门的拟鱼腥藻和泽丝藻为优势种群;浮游动物鉴定出33种,轮虫为优势种;浮游植物和浮游动物的香浓多样性指数在1.10~2.83之间,均匀度指数在0.37~0.88之间,属于中度污染,阳宗海湖泊已处于中营养状态,并有向富营养化过渡的趋势。

关键词:浮游生物;群落结构;生物多样性指数;均匀度指数;阳宗海

中图分类号:X826

文献标志码:A

文章编号:1004-6933(2015)04-0047-05

Research on plankton community structure of Yangzonghai Lake

XIE Yonghong, LI Chunyong, YANG Zhonglan

(Hydrology and Resources Bureau of Yunnan Province, Kunming 650106, China)

Abstract: A research on phytoplankton community structure of Yangzonghai Lake in 2013 was carried out with the method of biodiversity index. The results show that there are 7 phyla 39 genera of phytoplankton in Yangzonghai Lake, *Anabaenopsis* sp. and *Limnothrix* sp. being the dominant species of cyanophyta; and there are 33 species of zooplankton, Rotifera being its dominant species; the Shannon-Weaner index and the evenness index of phytoplankton and zooplankton are 1.10~2.83 and 0.37~0.88, respectively, belonging to the state of moderate pollution. The Yangzonghai Lake has been in the nutritional status with the trends of transition to eutrophication.

Key words: plankton; community structure; biodiversity index; evenness index; Yangzonghai Lake

浮游生物是水体生态系统物质和能量的供应者、传递者和调节者,在水生态系统和物质循环中起着十分重要的作用。浮游生物处于水生生态系统食物链的最底层,浮游动物摄食浮游植物,在一定程度上,浮游动物可以控制浮游植物及微生物的数量和种类组成,因此,浮游生物群的结构、数量变化以及优势种和污染指示种的变化,可作为湖泊群落演替的重要依据,也可作为水质监测重要指标,间接反映水体的水质状况。近年来利用浮游生物学进行水质评价,已成为水质研究的重要内容。笔者对阳宗海湖泊的浮游生物群落结构及其物种多样性等进行调查研究,旨在为阳宗海环境资源保护及治理提供参考,为浮游生物在环境评价中的应用提供理论依据。

阳宗海位于云南省昆明市呈贡县、宜良县以及玉

溪市澄江县之间,距昆明市35 km,湖面面积31.9 km²,湖水容积6.04亿 m³,湖体南北长12.7 km,东西平均宽2.5 km,最大水深30.0 m,湖岸线长32.3 km。根据1997年12月公布的《云南省阳宗海保护条例》,阳宗海最高运行水位1770.75 m,最低运行水位1767.00 m。据汤池水文站观测,阳宗海历年最高水位1771.32 m(1954年),最低水位1768.99 m,多年平均出湖水量0.4572亿 m³。主要入阳宗海的河流有南部的阳宗河、七里河。

1 材料与方法

1.1 采样点位置

于2013年的2月、4月、6月、8月、11月、12月共6次对阳宗海湖泊进行采样分析,在湖泊中心和

基金项目:水利部公益性行业专项基金(201401026)

作者简介:谢永红(1966—),女,高级工程师,主要从事水资源调查监测与分析评价工作。E-mail: xieyh718@sohu.com

通信作者:杨中兰,工程师。E-mail: 49567544@qq.com

出口各设置 1 个监测站点。

1.2 样品采集与处理

a. 水质理化指标与测定。水质理化监测指标选取 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的水质参数。采水器在水面下 0.5 m 处采样,样品的分析方法和保存方法参照国家标准方法^[9]。

b. 浮游生物的测定。浮游植物、浮游动物的定性和定量样品的采样、计数、种类鉴定参考文献[2-4]进行。

1.3 数据处理

采用生物多样性指数、均匀度指数进行评价。

a. 采用 Shannon-Weaver 指数法测定生物的多 样性指数。计算公式为

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

式中: H' 为生物多样性指数; S 为样品中的种类总数; P_i 为第 i 种生物的个体数与总体数的比值。

评价标准是: $H' \geq 3$,清洁或轻度污染; $3 > H' \geq 1$,中度污染; $H' < 1$,严重污染。

b. 均匀度指数。计算公式为

$$J = H' / \log_2 S \quad (2)$$

式中: J 为均匀度; H' 为生物多样性指数。

评价标准是: $1 \geq J \geq 0.5$,清洁或轻度污染; $0.5 > J \geq 0.3$,中度污染; $0.3 > J \geq 0$,严重污染。

2 结果与分析

2.1 种类组成与分布

2013 年阳宗海湖泊共检出藻类 7 门 39 属,其中蓝藻门 13 属,占 33.3%;绿藻门 9 属,占 23.1%;硅藻门 8 属,占 20.5%;甲藻门 4 属,占 10.3%;裸藻门 3 属,占 7.7%;隐藻门 1 属,黄藻门 1 属,各占 2.6%。组成上蓝、绿、硅藻门占优势。春季浮游植物出现的种类较多,以蓝藻门鱼腥藻属(*Anabeana*)的拟鱼腥藻属(*Anabaenopsis* sp.)和泽丝藻(*Limnotherix* sp.)为优势种群。

阳宗海浮游动物鉴定出 33 种,其中轮虫 26 种,占 78.9%;原生动物 5 种,占 18.2%;桡足类、枝角类各 1 种。从组成上看,轮虫占优势,其次是原生动物。优势种主要是针簇多肢轮虫(*Polyarthrarotifer*)、螺形龟甲轮虫(*Keratellacochlearis*)、桡足类无节幼体(*Copepod nauplii*)、原生动物侠盗虫(*Stribilidiumgyrans*),见表 1。

2.2 密度

阳宗海湖心和汤池两个监测点浮游植物密度在 57.86 ~ 6 610.40 万个/L,平均为 2 792.68 万个/L;蓝藻密度平均为 2 654.00 万个/L。两个监测点的

浮游植物密度年内呈上升趋势,在 12 月份达到最大值,见图 1。浮游植物密度在一定程度上可以反映水体富营养化程度,蓝藻作为耐污性较强的种类,其藻细胞密度越高,表明水体富营养化程度越严重。阳宗海的蓝藻密度极高,表明阳宗海水质存在向富营养化水平演变的趋势。

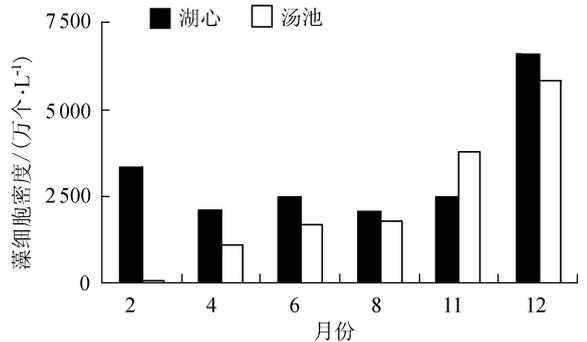


图 1 阳宗海浮游植物密度变化趋势

阳宗海湖心和汤池两个监测点的浮游动物以轮虫和侠盗虫种类居多,其浮游动物丰度在 42.00 ~ 1 485.00 个/L,平均为 575.30 个/L。汤池 11 月、湖心 12 月浮游动物丰度达到年内最高值,见图 2。

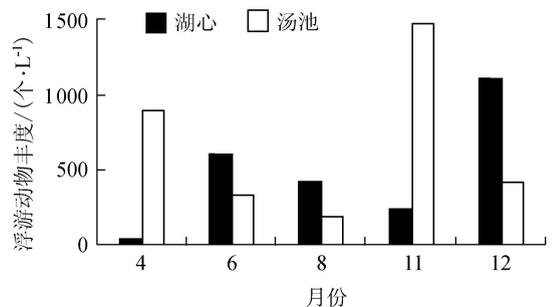


图 2 阳宗海浮游动物丰度变化趋势

2.3 生物多样性

阳宗海湖心和汤池两个监测点的浮游植物 Shannon-Weaver 多样性指数在 1.10 ~ 2.42 之间,平均值为 1.71,均属于中度污染;两个监测点的 Shannon-Weaver 多样性指数最大值均出现在 6 月。两个监测点的浮游植物均匀度指数(Pielou)在 0.37 ~ 0.73 之间,平均值为 0.48,属于轻度污染—中度污染;两个监测点的浮游植物均匀度指数最大值也出现在 6 月(图 3)。浮游植物是水体中重要的初级生产者,其群落结构特征常作为水环境评价的重要指标。一般而言,清洁的水体中浮游植物多样性指数高,而污染水体的浮游植物多样性指数低。阳宗海浮游植物 Shannon-Weaver 多样性指数(H')值均小于 3。浮游植物群落多样性指数不高,主要与物种均匀度不高有关。依据浮游植物 Shannon-Weaver 多样性指数,可判断阳宗海处于轻度污染—中度污染状态。

表 1 2013 年阳宗海浮游生物名录

蓝藻门 Cyanophyta sp.		浮游植物					
		绿藻门 Chlorophyta	硅藻门 Diatom	隐藻门 Cryptophyta	甲藻门 Pyrophyta	裸藻门 Euglenophyta	黄藻门 Xanthophyceae
色球藻 <i>Chroococcus</i>	尖头藻 <i>Raphidiopsis</i>	卵形衣藻 <i>Chlamydomonas ovalis Pasch</i>	广缘小环藻 <i>Cyclotellabodanica</i>	隐藻 <i>Cryptomonas sp.</i>	深绿裸甲藻 <i>Gymnodinium aeruginosum Stein</i>	裸藻 <i>Euglena sp.</i>	黄丝藻 <i>Tribonema sp.</i>
铜绿微囊藻 <i>Microcystis aeruginosa kützing</i>	束丝藻 <i>Aphanizomenon sp.</i>	四尾栅藻 <i>Scenedesmus-quadricauda (Turp.)</i>	尖针杆藻 <i>Synedraacus</i>	多甲藻 <i>Peridinium</i>	扁裸藻 <i>Phacus sp.</i>		
鱼腥藻 <i>Anabaena sp.</i>	隐球藻 <i>aphanocapsa sp.</i>	四角十字藻 <i>Crucigenia quadrata Morr.</i>	钝脆杆藻 <i>Fragilariacapucina desmazieres</i>	薄甲藻 <i>Glenodinium pulvisculus (Her.) stein</i>	细粒囊裸藻 <i>Trachelomonas granulosa Play</i>		
假鱼腥藻 <i>Pseudanabaena sp.</i>	泽丝藻 <i>Limnothrix sp.</i>	针形纤维藻 <i>Ankistrodesmusacicularis</i>	卵形藻 <i>Cocconeis sp.</i>	飞燕角甲藻 <i>Ceratium hirundinella</i>			
颤藻 <i>Oscillatoria sp.</i>	拟鱼腥藻 <i>Anabaenopsis sp.</i>	(A. Br.) Korsch.					
螺旋藻 <i>Spirulina sp.</i>	拟柱孢藻 <i>Cylindrospermopsis sp.</i>	纤细新月藻 <i>Closterium gracile Bréb</i>	舟形藻 <i>Navicula sp.</i>				
平裂藻 <i>Merismopediasp</i>		肥壮角星鼓藻 <i>Staurastrum pingue Teiling</i>	曲壳藻 <i>Achnanthes sp.</i>				
		具尾四角藻 <i>Tetraedron candatum (Cord.) Hansg</i>	极小桥弯藻 <i>Cymbella perpusilla</i>				
		转板藻 <i>Mougeotia sp.</i>	异极藻 <i>Gomphonema sp.</i>				
		长刺顶棘藻 <i>Chodatella longiseta</i>					

原生动物 Protozoan		浮游动物				枝角类 Cladocera	桡足类 Copepoda
		轮虫 Rotifera					
草履虫 <i>Paramecium</i>	暗小异尾轮虫 <i>Trichocerca pusilla</i>	浦达臂尾轮虫 <i>Brachionus budapestiensis</i>	矩形龟甲轮虫 <i>Keratella quadrata</i>	晶囊轮虫 <i>Asplanchna sp.</i>	盘肠溇 <i>Chydorus sp.</i>	剑水蚤 <i>Cyclopoida sp.</i>	
球形囊石虫 <i>Lithocolla F. E. Schulze</i>	刺盖异尾轮虫 <i>Trichocerca pacifica</i>	尾突臂尾轮虫 <i>Brachionus caudatus</i>	热带龟甲轮虫 <i>Keratella tropica</i>	前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>		无节幼体 <i>Nauplius</i>	
钟虫 <i>Vorticella sp.</i>	对棘异尾轮虫 <i>Trichocerca stylata</i>	臂尾轮虫 <i>Brachionus forficula</i>	曲腿龟甲轮虫 <i>Keratella valga</i>	腹尾轮虫 <i>Gastropus sp.</i>			
纤毛虫 <i>Cliophora</i>	长刺异尾轮虫 <i>Trichocerca longiseta</i>	针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra rotifer</i>	锯齿龟甲轮虫 <i>Keratella serrulata</i>	皱甲轮虫 <i>Ploesoma sp.</i>			
陀螺侠盗虫 <i>Strobilidium velox</i>	异尾轮虫 <i>Trichocerca sp.</i>	单趾轮虫 <i>Monostyla sp.</i>	龟甲轮虫 <i>Keratella sp.</i>	无柄轮虫 <i>A. ecaudis sp.</i>			
	蹄形腔轮虫 <i>Lecaneungulata</i>	螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	龟纹轮虫 <i>Anuraeopsis sp.</i>	轮虫 <i>Rotifer sp.</i>			
	角突臂尾轮虫 <i>Brachionus angularis</i>	广布多肢轮虫 <i>Polyarthra unlgaris</i>					

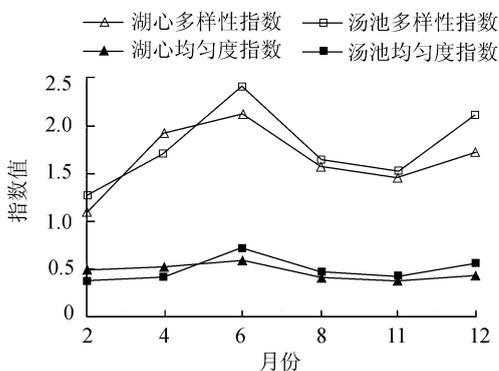


图 3 阳宗海浮游植物生物多样性变化情况

阳宗海湖心和汤池两个监测点的浮游动物 Shannon-Weaner 多样性指数在 1.30 ~ 2.83 之间,均属于中度污染;两个监测点的浮游动物 Shannon-Weaner 多样性指数最大值出现在 6 月。均匀度指数在 0.39 ~ 0.88 之间,平均值为 0.70,属于轻度污染—中度污染;两个监测点的均匀度指数最大值也出现在 6 月(图 4)。浮游动物和浮游植物都是水体中重要的生物组成部分,其多样性也是水域生态系统服务功能的重要评价指标之一。阳宗海浮游动物与浮游植物相似,浮游动物 Shannon-Weaner 多样性指数值均小于 3,表明水体处于轻度污染—中度污染之间。

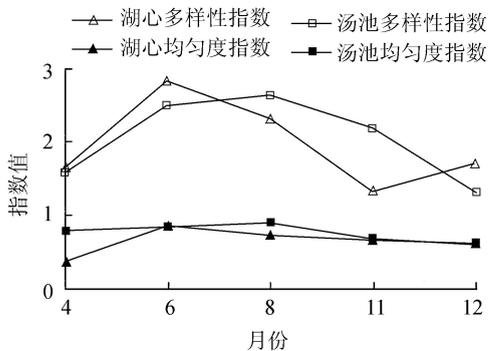


图4 阳宗海浮游动物生物多样性变化情况

利用浮游动物、浮游植物群落的多样性和均匀性评价阳宗海水质状况,评价结果一致,都显示阳宗海湖泊有中度污染的趋势。

2.4 水质评价

按照《云南省水功能区划》,阳宗海的水质保护目标为Ⅱ类,但阳宗海湖心和汤池两个监测点在大部分监测频次中水质现状均未达标,为Ⅲ~劣Ⅴ类,超标项目为TN、TP、As等。营养状态指数计算结果显示,除汤池2月、12月为轻度富营养外,其余月汤池和湖心都为中营养状态,见表2。

3 讨论

3.1 种类组成

由于不同营养状态水域中所生存的浮游植物种类差异较大,一般可以将浮游植物的优势种作为水体营养状态评价的一个综合分析指标。浮游植物的优势种检测水质的应用范围较广^[5-6]。依据浮游植物优势门类与水体营养状态关系评价标准,一般认

表2 2013年阳宗海水质状况

评价月份	湖心			汤池		
	水质类别	营养化状态	超标项目	水质类别	营养化状态	超标项目
2	Ⅳ	中营养	As、TP	Ⅴ	轻度富营养	TP、TN
4	Ⅲ	中营养		Ⅳ	中营养	TP
6	Ⅳ	中营养	As	Ⅳ	中营养	石油类、As
8	Ⅳ	中营养	BOD ₅ 、As	Ⅳ	中营养	DO
11	Ⅳ	中营养	As	Ⅳ	中营养	As
12	Ⅳ	中营养	As、TP、TN	劣Ⅴ	轻度富营养	TP、As、DO

为:贫营养为金藻门,贫—中营养为隐藻门;中营养为甲藻门;中—富营养为硅藻门;富营养为蓝—绿金藻门;极富营养为蓝—绿藻门。研究表明,阳宗海湖泊浮游植物较丰富,种类以蓝绿硅藻为主,优势种基本是蓝藻门,蓝藻和绿藻在密度上都占有优势,水体为蓝—绿藻门型,阳宗海湖泊属于极富营养型。从水质评定级别来看,化学评价得出的水质等级与生物学评价得出的水质等级存在差异,这主要是由于生物监测能够反映出采样前较长一段时间内的水

质状况,而理化监测只能反映采样时的水质状况。但生物本身具有一定的适应性和忍耐能力^[7],而且这种忍耐力会随其生活在污水中的时间的增加而增加,从而降低了生物监测的灵敏度^[8];同时生物监测更多的是一种定性描述,难以进行定量分析^[9],且关于优势种对水质类型的指示结果目前尚未有完全统一的看法,因此,在水质监测中,生物监测应与理化监测相结合,以提高监测结果的准确性和可靠性。

3.2 物种多样性的变化

物种多样性是衡量一定区域内生物资源丰富程度的客观指标^[10-11],也是衡量群落中物种组成稳定程度及其数量分布均匀程度以及群落特征的重要指标。均匀度也是反映群落结构特征的重要指标^[12],较为稳定的群落具有较高的多样性和均匀度^[13-14]。研究结果显示,阳宗海浮游植物和浮游动物的Shannon-Weaver多样性指数在1.10~2.83之间,均匀度指数在0.37~0.88之间,评价结果基本属于中度污染。阳宗海多样性指数和均匀度指数都不是很高,群落结构相对简单且不稳定。

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [2] 国家环境保护总局. 水生生物监测手册[M]. 南京:东南大学出版社,1993.
- [3] 胡钧钧. 中国淡水藻类[M]. 上海:上海科技出版社,1979.
- [4] 韩茂森,束蕴芳. 中国淡水生物图谱. [M]. 北京:海洋出版社,1995.
- [5] 郑邦友,陈燃,蒋文华,等. 铜陵淡水豚国家级自然保护区浮游植物群落特征与水质评价[J]. 水生生态学杂志,2013,34(5):25-29. (ZHENG Bangyou, CHEN Ran, JIANG Wenhua, et al. Community structure of phytoplankton and water quality analysis in wetland of Tongling Freshwater Dolphins National Natural Reserve [J]. Journal of Hydroecology, 2013, 34(5):25-29. (in Chinese))
- [6] 陈丽萍,周彦锋,尤洋,等. 棉花滩水库浮游生物群落结构特征研究[J]. 水生生态学杂志,2012,33(6):62-67. (CHEN Liping, ZHOU Yanfeng, YOU Yang, et al. Characteristics of community structure of plankton in Mianhuatan Reservoir [J]. Journal of Hydroecology, 2012, 33(6):62-67. (in Chinese))
- [7] 王晓清,曾亚英,吴含含,等. 湘江干浮游生物群落结构及水质状况分析[J]. 水生生物学报,2013,37(3):488-493. (WANG Xiaqing, ZENG Yaying, WU Hanhan, et al. Investigation on plankton community composition and water quality state in the mainstream of Xiangjiang River

- [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(3): 488-493. (in Chinese))
- [8] 孟顺龙,陈家长,胡庚东,等. 太湖蠡湖浮游植物群落特征及其对水质的评价[J]. 长江流域资源与环境, 2010,19(1):30-36. (MEN Shunlong, CHEN Jiazhang, HU Gengdong, et al. Phytoplankton community characteristics and its eco-assessment on water quality in Lihu Lake, Taihu Lake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin 2010,19(1):30-36. (in Chinese))
- [9] 柳丽华,左涛,陈瑞盛,等. 2004 年秋季长江口海域浮游植物的群落结构和多样性[J]. 海洋水产研究,2007, 28(3): 112-119. (LIU Lihua, ZUO Tao, CHEN Ruisheng, et al. Community structure and diversity of phytoplankton in the estuary of Yangtze River in autumn [J]. Marine Fisheries Research, 2007,28(3):112-119. (in Chinese))
- [10] 陈立婧,景钰湘,吴艳芳,等. 人工滩涂湖泊滴水湖浮游藻类群落特征[J]. 生态学杂志,2012,31(7):1171-1779. (CHEN Lijing, JING Yuxiang, WU Yanfang, et al. Community feature of planktonic algae in artificial beach lake, Dishui Lake. [J]. Chinese Journal of Ecology,2012,31(7):1171-1779. (in Chinese)).
- [11] 杨鸿雁,罗绪强,陈椽,等. 花溪十里河滩湿地丰水期浮游植物的群落结构特征[J]. 生态学杂志,2014, 35(2): 63-67. (YANG Hongyan, LUO Xuqiang, CHEN Chuan, et al. Characteristics of phytoplankton in Huaxi Ten-li Beach in wet season [J]. Chinese Journal of Ecology,2014,35(2):63-67. (in Chinese))
- [12] 陈家长,孟顺龙,尤洋,等. 太湖五里湖浮游植物群落结构特征分析[J]. 生态环境学报,2009,18(4):1358-1367. (CHEN Jiazhang, MENG Shunlong, YOU Yang, et al. Characteristic of phytoplankton community in Lake Wuli, Lake Taihu [J]. Ecology and Environmental Sciences,2009,18(4):1358-1367. (in Chinese))
- [13] 陈家长,孟顺龙,胡庚东,等. 长江下游江段秋季浮游植物生态指标与理化指标评价[J]. 长江流域资源与环境, 2010,19(增刊2):34-39. (CHEN Jiazhang, MENG Shunlong, HU Gengdong, et al. Water quality evaluation by phytoplankton community structure indices and physical-chemical indices in the lower reach of the Yangtze River in autumn [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2010,19(Sup2):34-39. (in Chinese))
- [14] 王崇,憨雪莹,黄道明,等. 红水河龙滩水库浮游植物的群落结构特征[J]. 水生态学杂志,2011,35(5):50-54. (WANG Chong, HAN Xueying, HUANG Daoming, et al. Community structure characteristics of phytoplankton in Longtan Reservoir of the Hongshui River [J]. Journal of Hydroecology, 2011,35(5):50-54. (in Chinese))

(收稿日期:2014-06-25 编辑:彭桃英)

· 简讯 ·

河海大学淮安研究院介绍

河海大学淮安研究院成立于2013年2月6日,地址在淮安科技园。

围绕淮安市重点培育和发展新能源、新材料、生物技术和新医药、节能环保、新一代信息技术和软件、物联网和云计算、高端装备制造、新能源汽车、智能电网和海洋工程装备等十大战略性新兴产业方向,在结合学校已有工作成果的基础上,河海大学淮安研究院4个主要研究方向为:(1)水利云计算及物联网;(2)水环境、水处理与水安全;(3)工程新材料;(4)先进工程机电装备。

河海大学淮安研究院主要建设内容如下:结合地方主导、特色产业的发展需求,以及学校科技优势,建设水利云计算与物联网技术研究中心、工程新材料研究中心、水环境与水安全研究中心、先进工程机电装备研发中心等领域的3~5个高水平的公共技术平台;根据企业的技术需求及已有的合作领域,与企业共建若干个院士工作站、工程技术研究中心和联合实验室;合作建设淮安科技园博士后科研工作站,以及相关企业的博士后科研工作站;结合地方对高层次人才的需求,依托学校的人才培养优势,开展博士、硕士和专业学位(MBA、MPA、工程硕士)等人才培养工作,以及科技企业企业家培育、在职人员培训等;建设文献检索、专利代理、科技查新、科技信息服务、企业管理咨询、法律事务服务等综合性的公共服务平台。

(摘自 <http://kjc.hhu.edu.cn/s/37/t/82/p/10/c/5347/list.htm>)