

# 北京市城市河道水生态环境特征分析与建议

张蕾<sup>1,2</sup> 吉利娜<sup>3</sup> 刘泽娟<sup>3</sup> 于磊<sup>1,2</sup> 黄俊雄<sup>1,2</sup> 严玉林<sup>1,2</sup>

1 北京市水科学技术研究院 2 流域水环境与生态技术北京市重点实验室 3 北京市北运河管理处  
DOI:10.12238/eep.v7i8.2196

**[摘要]** 为探究北京城市河道水生态环境特征,开展了主要城市河道物理生境、水文情势、水生态环境特征研究与分析,并提出相应工作建议。结果表明,北京城市河道形态稳固,物理生境主要特征为宽度小(平均宽度11-90m),蜿蜒度较低(1.02-1.32),纵坡比降为0.11‰-2.54‰,河道渠道化特征显著。水文情势特征为非汛期流量稳定、流态平稳、水质稳定,汛期水位降低、水面面积变化较小、水质易恶化。水生态环境健康水平逐年提升。研究提出合流制溢流污染控制和内源淤泥释放控制是水质保障和关键,水生态系统进一步提升的关键是河道生态系统的精细化管护和资源化利用。研究成果能够为城市水生态环境提升提供基础。

**[关键词]** 北京城市河道; 水生态环境; 特征分析

**中图分类号:** X171.1 **文献标识码:** A

## Study on distribution variation of fish habitat based on 2D habitat model in Beijing urban river

Lei Zhang<sup>1,2</sup> Lina Ji<sup>3</sup> Zejuan Liu<sup>3</sup> Lei Yu<sup>1,2</sup> Junxiong Huang<sup>1,2</sup> Yulin Yan<sup>1,2</sup>

1 Beijing Institute of Water Science and Technology

2 Beijing Key Laboratory of Watershed Water Environment and Ecological Technology

3 Beijing North Canal Management Office

**[Abstract]** In order to explore the water ecological environment characteristics of urban river in Beijing, the physical habitat, hydrological situation and water ecological environment characteristics of major urban river were studied, and corresponding suggestions were put forward. The results showed that the urban river shape is stable and channelization, with small width (average 11-90m), low meandering degree (1.02-1.32), longitudinal slope gradient of 0.11‰ to 2.54‰. The hydrological situation is characterized by stable flow, stable flow pattern and stable water quality in non-flood season, and lower water level, small change of water surface area and easy deterioration of water quality in flood season. Water ecological health is improving year by year. The research points out that the control of overflow, internal pollution and the management, resource utilization are the key to water quality and ecosystem. The research can provide a basis for the improvement of urban water ecological environment.

**[Key words]** Beijing urban river; water ecological environment; feature analysis

城市水生态系统是水的自然循环和社会循环在城市空间内的耦合,城市河道是自然与人的活动双重作用下形成的景观格局。为控制河流变化对人类活动的影响,城市建设中在自然形态的基础上渠化河流、固化河岸,造成河道蜿蜒度降低,排水系统密度提高<sup>[1]</sup>。城市河道作为城市生态廊道的重要组成,随着社会发展和水生态环境提升,除防洪、排水功能外,城市河流逐渐承担了亲水、自然生态功能等特征,但作为城市水利基础设施,为保障城市防洪安全仍保留渠化形态<sup>[2]</sup>。因此,城市河道现存特征与功能需求之间的不协调,已成为制约城市河道水生态功能提升的重要因素。生态水利工程学要求水利工程的规划、建设和

提升过程中,在发挥自身水利工程功能的基础上,要充分考虑水生态系统的健康和可持续发展要求<sup>[3]</sup>。城市河道作为重要的水利基础设施,与水生态环境、生物群落共同形成相互联系的整体,健全的水生态系统是城市河道健康与稳定的保障<sup>[3]</sup>。基于生态文明建设要求,城市河流在管理与维护中应充分提升生态功能,提升城市河流在城市公共空间中发挥的综合作用。开展城市河道水生态修复综合技术方法在生境构建方面包括河道形态近自然塑造、河岸缓冲带建设、河道栖息地营造,在水环境提升方面包括河道生态水量保障、入河污染控制、水动力提升等,在水生态系统优化方面包括水生植物种植和水生动物投放等<sup>[4-7]</sup>。

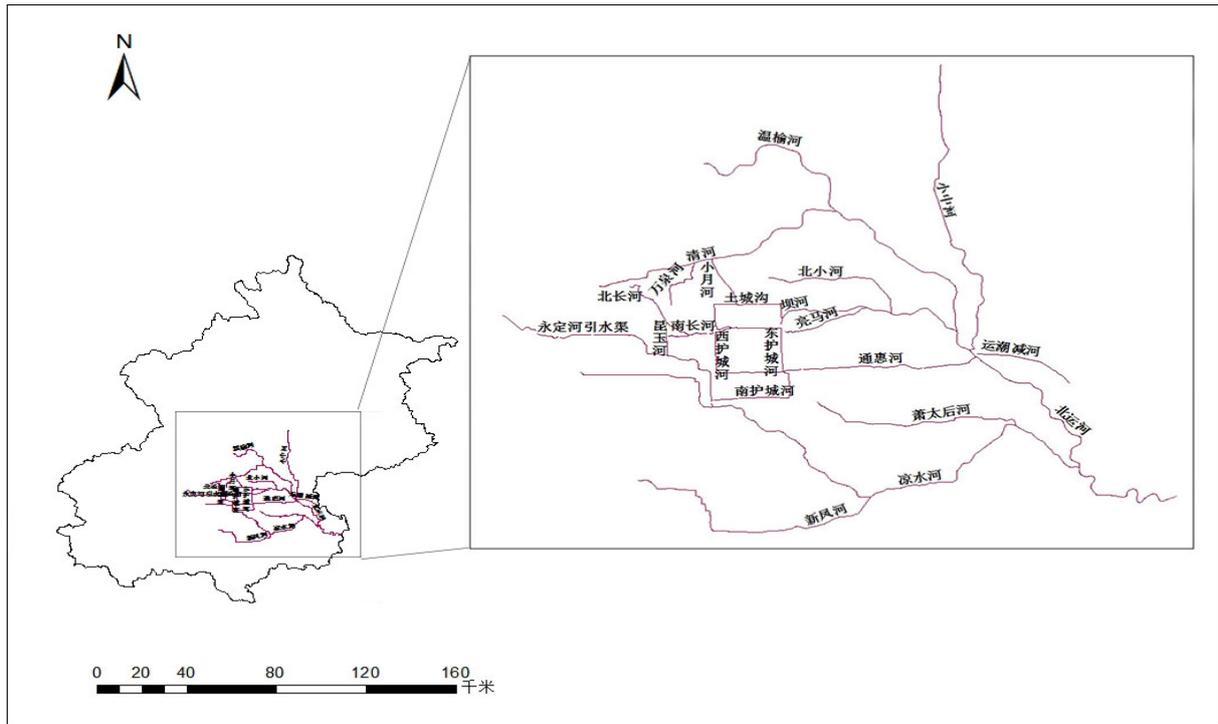


图1 北京市主要城市河道分布图

北京市城市河道生态系统是北京城市可持续发展的重要支撑系统,基于城市化建设与防洪排涝安全的需求,使得河道纵向结构和横向结构发生改变,引起河道水文规律、物质交换、生物栖息的变化。基于河道形态的稳固性和水生态系统复杂多样,河道生态修复的技术方法直接应用于北京城市河道存在着不确定性,因此,明确北京市城市河道特征,提出生态系统修复关键因素和着力点,是北京城市河道水生态系统提升的基础和关键。

### 1 研究区域

北京市河流隶属于海河流域,选取其中22条城市河道开展研究分析,包括永定河引水渠、通惠河、北运河、凉水河、京密引水渠昆玉段、土城沟、亮马河等,如图1所示。河道跨越北京市东城、西城、石景山、门头沟、昌平、丰台、海淀、朝阳、大兴、通州等10个区,主要承担防洪排涝、水景观等功能,与广大居民生活密切联系。

### 2 研究方法

研究所用物理生境和水文数据采用实地勘测数据,水量数据来自《2020年北京市水务统计年鉴》,水质数据来自北京市生态环境局网站,水生态数据来自《北京市水生态系统监测及健康评价报告》(2019-2021年)。

蜿蜒度(S)计算采用河道两个端点之间弯曲弧线长度与两端点之间直线长度的比值。计算公式如式1:

$$S=L/D \tag{1}$$

式中:L为河流实际弯曲长度(m);D为河流两段的直线长度(m)。

纵坡比降(i)计算采用河流起始点与终点之间高程差与其

水平距离的百分比。计算公式如式2:

$$i=(h/l)*100\% \tag{2}$$

式中:h为起始点与终点之间高程差;l为起始点与终点之间水平距离。

### 3 结果与分析

#### 3.1 物理生境空间差异性

##### 3.1.1 河道宽度

城市河道宽度稳定,且总体而言河道宽度较窄。选取北京市22条主要城市河道开展统计分析,河道平均宽度最大分别为北运河959m、温榆河355m和运潮减河138m,其他河道平均河宽处于11m至90m。北运河、温榆河、凉水河、清河、运潮减河、萧太后河最大河宽均超过100m,其中最大值为北运河2804m,如图2所示。

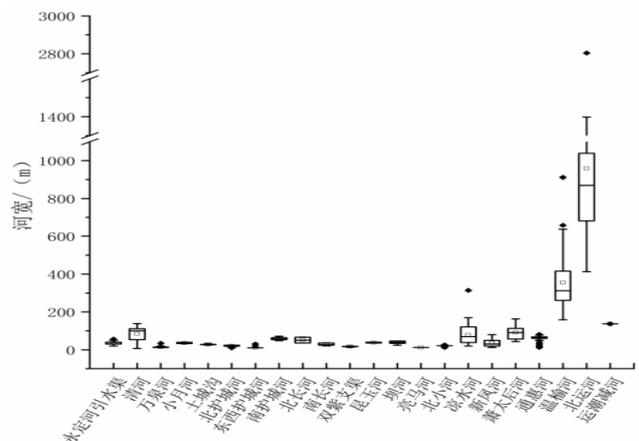


图2 河道宽度分布图

3.1.2 蜿蜒度

在河流廊道尺度内,城市河道岸坡、河底物理形态较为稳固,河道形态变化较小,但从而在一定程度上引起河道物理生境空间差异性。自然条件下河流呈现蜿蜒的形态,具有更为丰富、多样的生境条件和地貌特征。弯曲率为1.0-1.29的河道称为顺直微弯河道,弯曲率为1.3-3.0的河道称为蜿蜒型河道<sup>[8]</sup>。有研究表明,蜿蜒度较大的河道具有更大的生物栖息面积。为增强城市河道排水功能和行洪安全,在河道建设中普遍经过裁弯和渠道化治理,减少水流在河道中滞留时间,造成城市河道蜿蜒度较小,生境条件单调化。对北京18条城市河道进行统计分析(护城河等人工修建渠道不列入分析),蜿蜒度处于1.02-1.32,其中凉水河和北运河分别为1.31和1.32,其他河道均低于1.29,如图3所示。整体来看,北京城市河道蜿蜒度较低,基本均属于顺直型河道。

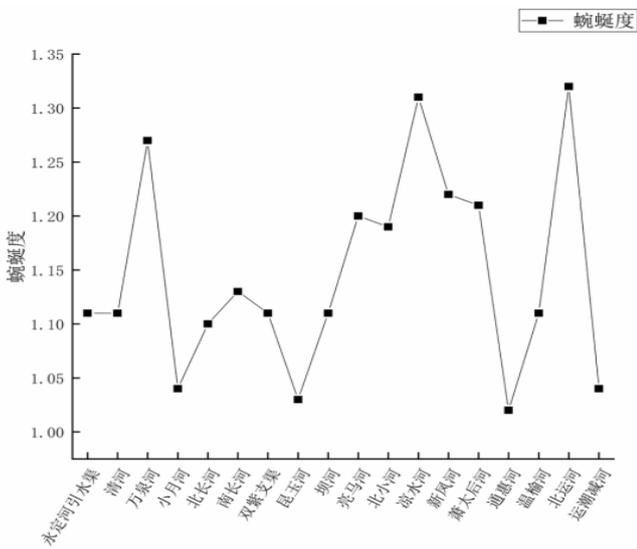


图3 河道蜿蜒度分布图

3.1.3 纵坡比降

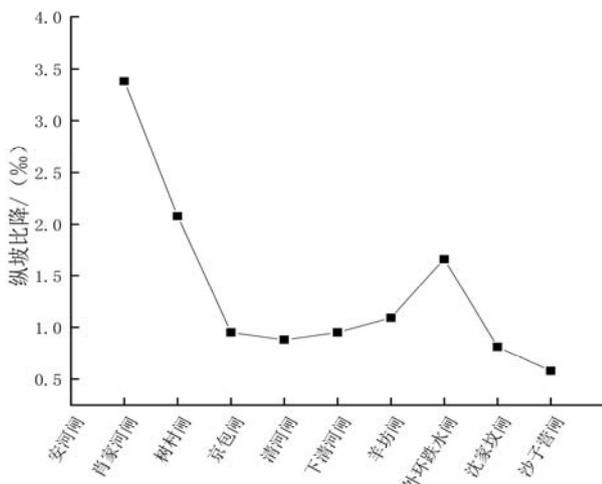


图4 清河纵坡比降变化规律图

北京城市河道纵坡比降变化基本遵循上游较陡、中下游纵

坡逐渐变缓的变化规律。以清河为例,自起始端安河闸至河道下游汇合口沙子营闸,河道纵坡比降由3.38%逐渐降至0.58%,总体呈现下凹型曲线,如图4所示。对北京22条城市河道进行统计分析,纵坡比降处于0.11%-2.54%,其中永定河引水渠最大,京密引水渠昆玉河段最小,如图5所示。护城河、双紫支渠等人工修建渠道纵坡比降较小。北运河作为北京水系出境的主要通道,是北京平原面积最大的水系,纵坡比降显著低于其他城市河流。

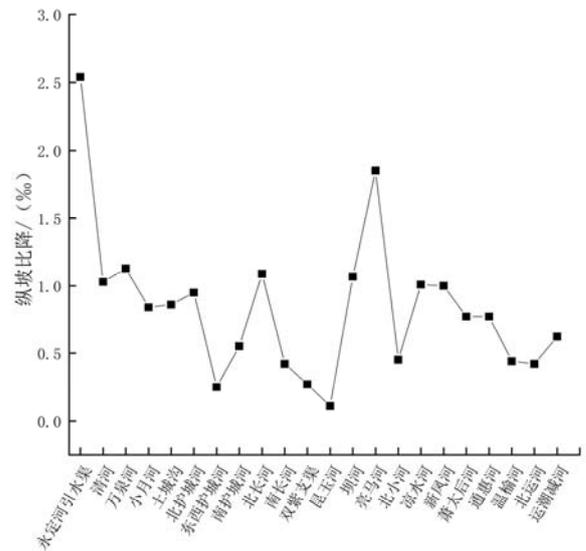


图5 城市河道纵坡比降分布图

3.1.4 渠道化

河道断面一般为衬砌规则断面、硬质护底和护坡,缺乏自然河流的深潭-浅滩特性,且影响水体垂向交换。两侧缺乏河滨带,影响水流横向波动带来的物质交换和生物流动。由于河道底质特征,河流纵向受力在同水平位置基本相同,水流对河道底部的长期作用会造成河道淤积等现象。河道蜿蜒度减小和渠道化同时造成水能消耗降低,更多的能量用于输送泥沙等物质,导致河道淤积现象加深<sup>[8]</sup>。研究表明,温榆河、清河、小中河、中坝河、北运河淤积深度为0.4-1.3m<sup>[9-12]</sup>。渠道化引起的河道淤积加深已成为北京城市河道管理中存在的主要问题之一。

3.2 水文情势时空差异性

防洪排涝是城市河道主要功能之一,由于受到河岸固定形态影响,城市河道水流横向波动受到影响,使得水文条件变化下主要呈现水位大幅度变化的特征<sup>[13]</sup>。城市河道水文变化主要受汛期洪水调度影响,变化过程主要划分为非汛期稳态过程、汛期低水位过程和洪水脉冲过程,由于城市河道物理生境较为稳定,流量变化对水面面积影响很小,主要影响河道水深、流速变化。

非汛期稳态过程中,城市河道流量稳定,水体流速较小、流态平稳(如图6所示)。城市河道在6-9月进行汛期低水位控制,水深降低。以清河为例,2021年沈家坟闸6-9月平均水位25.75m,平均流量9.23m<sup>3</sup>/s,其中水位最大值26.39m,流量最大值60.71m<sup>3</sup>/s。

其他月份平均水位26.45m, 平均流量5.64m<sup>3</sup>/s, 其中水位最大值26.85m, 流量最大值16.69m<sup>3</sup>/s(如图7所示)。6-9月平均水位比非汛期低0.70m, 平均流量比非汛期高3.59m<sup>3</sup>/s, 6-9月流量最大值是非汛期最大值的3.64倍。

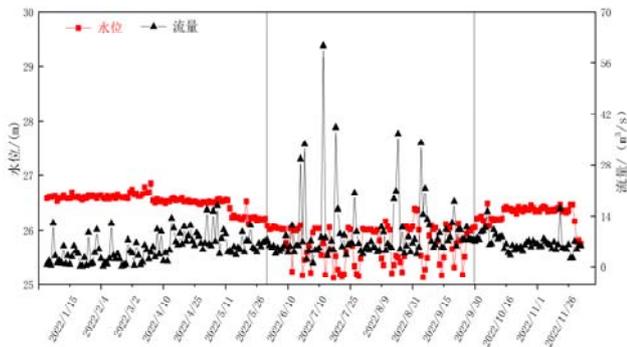


图6 清河2021年河道水位和流量变化图

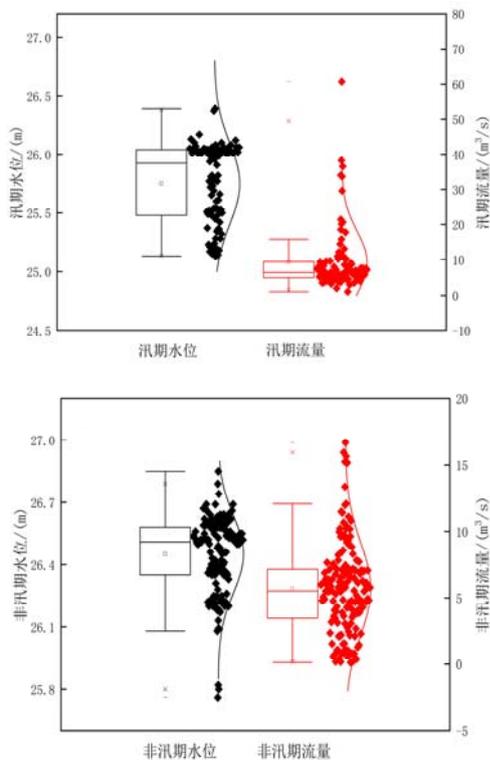


图7 清河2021年汛期与非汛期水位和流量变化图

洪水脉冲过程中, 随着汛期降雨进行, 城市河道出现短期洪水脉冲过程, 但由于汛期河道洪水调度开展, 除极端降雨外, 河道水流很少出现溢出主河道的现象, 由于河道断面形态稳固, 河道水面面积变化较小。

### 3.3 水生态环境特性

#### 3.3.1 汛期水质变化显著

北京城市河道补水水源主要为新水和再生水, 根据2020年统计数据, 全市河湖补水量为7.05亿立方米, 其中新水用水量为3.12亿立方米, 再生水用水量为3.93亿立方米(数据来自2020年北京市水务统计年鉴)。对18条城市河道2021年水质结果进行分

析统计, 全年平均水质达到地表水III类标准, 其中6-8月水质较差, 7月50%河道水质超过地表水IV类标准, 部分河道超过地表水V类标准。清河等10条河道在7月水质恶化明显, 迅速由II类水体变为V类, 甚至超过V类标准(如图8所示)。永定河引水渠等8条河道冬季水质基本稳定在III类标准, 春季过后变为IV类水体标准(如图9所示)。

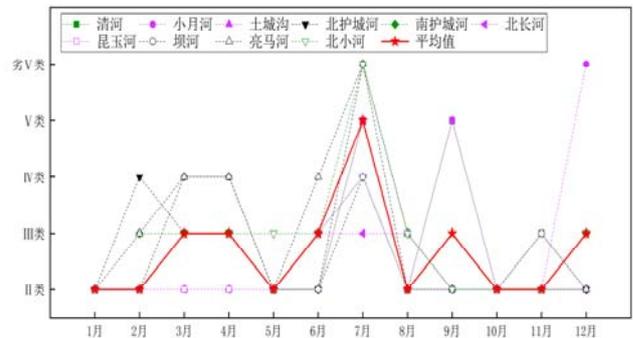


图8 清河等河道水质变化图

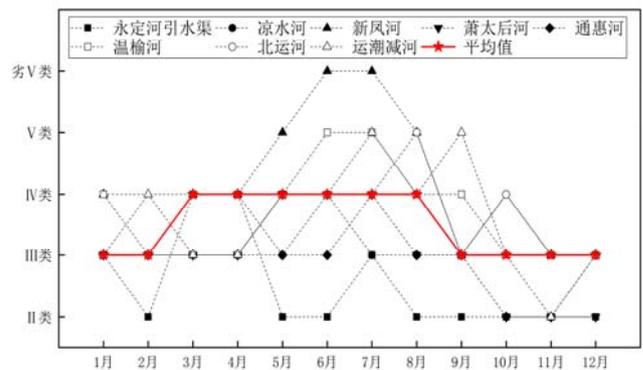


图9 永定河引水渠等河道水质变化图

河道水质差异与补水水源密切相关, 中心城区水系补水水源包括南水北调来水和再生水, 凉水河、北运河等河道补水水源主要为再生水。南水北调来水水质良好, 相比之下, 再生水补给河道存在冬季水温偏高, 以及氮、磷营养盐浓度较高的问题。自南水北调来水进京后, 每年用于环境用水的南水北调配置水量逐年提升, 据2020年统计数据, 用于环境用水的南水北调水量超过9000万m<sup>3</sup>, 对于城市河道水生态环境的保障起到重要作用。河道汛期普遍水质恶化, 与降雨过程中, 进入合流制管道的雨水超过管道截流能力, 造成雨污混合水发生溢流有关<sup>[14]</sup>。除雨水外, 溢流水体中还包含生活污水、地表径流冲刷污染物以及管道淤积污染, 进入河道后引起水体短时间污染物急剧增高, 从而影响河道水质, 影响指标包括总氮、总磷、化学需氧量、悬浮物等<sup>[15-17]</sup>。

#### 3.3.2 水生态健康水平逐年提升

根据《2021年北京市水生态监测及健康评价报告》, 对其中15条城市河道进行统计分析, 结果表明2021年水生态监测中10条河段达到健康水平, 5条为亚健康水平<sup>[18]</sup>。其中健康综合指数最高的是长河, 为92.29分; 最低为南护城河, 为73.50分。

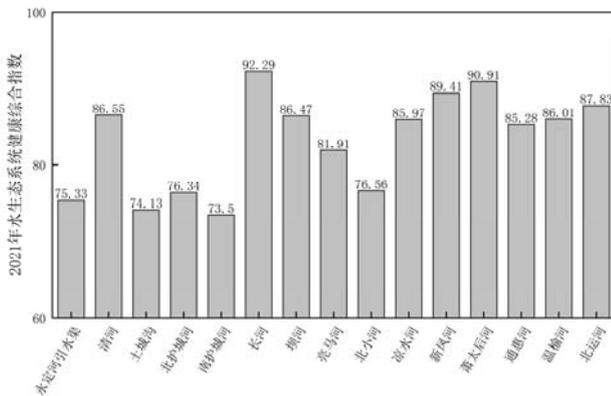


图10 典型城市河道2021年水生态系统健康指数变化图

北京城市河道大多属于北运河流域平原河段,根据2019年-2021年全市水生态监测结果,2019年北运河流域监测的7个河段中,健康河段3个,占比42.86%;亚健康河段4个,占比57.14%。2020年北运河流域监测河段14个,其中健康河段11个,占比78.57%;亚健康河段3个,占比21.43%。2021年北运河流域共监测河段38个,其中31个达到健康水平,占比81.58%,7个为亚健康水平,占比18.42%。

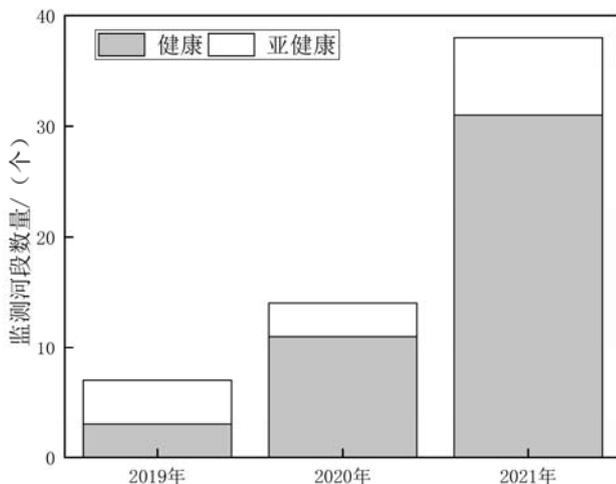


图11 北运河流域平原河流水生态系统健康水平变化图(2019年-2021年)

#### 4 讨论

城市河道作为景观廊道,连接着其他河流、湖泊等城市景观斑块,不仅承担着城市防洪排涝的工程基本功能,还具备城市水生态环境调节的功能<sup>[15]</sup>,构成城市“蓝绿灰”空间统一格局。城市河道在水流过程中,河道“三面光”渠化导致横向和垂向水体连通受阻,河道形态稳固性减少了河道物理地貌的动态变化,主要为河道侧向摆动形成的蜿蜒型变化,进而导致物质运输、水生物迁徙的通道受到阻隔。在纵向连通中,通过水系连通增强河流连续性,使得城市河流在贯穿和连接整个城市水系的过程中,促进了生态系统物质、能量流动,为生物多样性创造了有利条件。城市水生态体系构建中,应强化节点和边界的建设<sup>[19]</sup>。通过关键节点(如湖泊、汇水区)的连接和调节,增加城市河道缓冲

性,为极端降雨条件下生物栖息提供避难所。以河道为骨架的城市滨水空间通过延伸,可以将城市中孤立的绿地空间连接起来,形成城市水生态系统结构。在城市河道规划建设中,逐步弱化边界属性,通过口袋公园、城市绿地建设,也可以减弱河道横向连通的阻隔。

北京市城市河道水质基本稳定,除中心城区河道外,其他城市河道基本为再生水补水。再生水补水河道pH和含氮营养盐浓度较高,汛期合流制溢流污染成为影响城市河道水质稳定的主要因素<sup>[17]</sup>。另一方面,城市河道由于堤岸形态稳固,不可随意调整,河宽较窄,两侧与建设用地紧邻<sup>[20]</sup>。渠化河流由于纵向受力在相同位置基本保持稳定,造成了河底淤积现象,而岸坡结构稳固限制了河道形态变化,淤积造成的水流断面减小对河道行洪保障产生威胁<sup>[2]</sup>。有研究表明,氮磷、重金属等污染物容易在河道底泥中发生富集,而在水体扰动等条件影响下,河道底泥存在释放氨氮、总磷、有机质的现象,会对河道水质产生不利影响<sup>[21,22]</sup>。城市河道水质保障的重要环节是汛期合流制溢流污染控制和河道内源淤积资源化利用。

城市河流在水流的不断冲刷下,逐渐带来泥沙淤积形成沉淀,在植物附着作用下,演变形成水下水生植物群落,形成水生生物栖息场所。水生植物对水生态系统的健康稳定至关重要,随着城市河道水质提升,水体透明度逐渐提高,引起水生植物的大量生长,部分河段(如清河、昆玉河等)水生植物覆盖度大于90%,给河道管理部门带来诸多困难<sup>[23]</sup>。城市河道水生态健康水平逐步提升,城市河道形态稳固,水生态提升的重要内容是对水生态系统的管护。在这一过程中,应充分调查分析系统演替过程,明晰水生态管护关键时间和关键物种。目前的水生态管护主要以人工经验为主,应针对不同物种开展有差别的管护工作,逐步提升管护精细化水平和科学程度<sup>[23]</sup>。对于河道管护中清理的淤泥和水生植物,资源化利用是城市河道可持续发展的重要内容。

#### 5 结论

(1) 北京城市河道形态稳固,物理生境主要特征为宽度小(平均宽度11-90m),蜿蜒度较低(1.02-1.32),纵坡比降为0.11‰-2.54‰,河道渠道化特征显著。

(2) 城市河道水文情势特征为非汛期流量稳定、流态平稳,汛期水位降低、水面面积变化较小。非汛期水质稳定,汛期水质恶化,合流制溢流污染控制和内源淤泥释放控制是水质保障和关键。

(3) 城市河道水生态健康水平逐年提升,生态系统进一步提升的关键是河道生态系统精细化管理和资源化利用。

#### 【参考文献】

[1]张义,王军,魏保义,等.从水岸割裂到水城共融的探索——以《北京市河道规划设计导则》为例[C]//面向高质量发展的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(03城市工程规划).[出版者不详],2021:35-42.

[2]吴丹子.河段尺度下的城市渠化河道近自然化策略研究[J].风景园林,2018,25(12):99-104.

- [3]顾晶.城市水利基础设施的景观化研究与实践[D].浙江农林大学,2014.
- [4]梁尧钦,梅娟.人水共生视角下城市河流生态修复研究与实践[J].人民黄河,2022,44(02):89-93+99.
- [5]朱萌,钟胜财,郑小燕,等.上海宝山区老市河城市河道水生态修复实践应用[J].环境生态学,2021,3(04):67-72.
- [6]纪俊双.资源性缺水地区城市行洪河道生态修复目标和途径——以滹沱河生态修复工程为例[J].河北水利,2021(02):13+15.
- [7]李志伟.健康河流城市河道生态修复的研究与分析[J].河北水利,2020(09):37+46.
- [8]于子敏.河道适宜蜿蜒度的研究与分析[D].河北农业大学,2019.
- [9]杨兰琴,樊华,赵媛,等.北方河道清淤判定及深度初探[J].水利规划与设计,2021(06):88-93+136.
- [10]杨兰琴,胡明,王培京,等.北京市中坝河底泥污染特征及生态风险评价[J].环境科学学报,2021,41(01):181-189.
- [11]张家铭,李炳华,毕二平,等.北运河流域(北京段)沉积物中PAHs污染特征与风险评估[J].环境科学研究,2019,32(11):1852-1860.
- [12]胡明,薛娇,严玉林,等.北京市特征河流沉积物重金属污染评价与来源解析[J].中国给水排水,2021,37(23):73-81.
- [13]邢露露.城市河道弹性防洪景观规划和设计途径研究[D].北京林业大学,2019.
- [14]于磊,黄瑞晶,李容,等.基于河道纳污能力的北运河城市副中心段合流制溢流污染控制研究[J].河海大学学报(自然科学版):1-11[2022-09-07].
- [15]汪健.合流制排水系统污染处理技术探析[J].环境工程,2022,40(07):259.
- [16]海永龙,郁达伟,刘志红,等.北运河上游合流制管网溢流污染特性研究[J].环境科学学报,2020,40(08):2785-2794.
- [17]李兆欣,赵斌斌,顾永钢,等.北京典型再生水补水型河道水质变化分析[J].北京水务,2016(05):17-20.
- [18]北京市水文总站.2021年北京市水生态监测及健康评价报告[A].北京:北京市水文总站.2021.
- [19]吴丹子.城市河道近自然化研究[D].北京林业大学,2015.
- [20]梁尧钦,梅娟.人水共生视角下城市河流生态修复研究与实践[J].人民黄河,2022,44(02):89-93+99.
- [21]杨兰琴,樊华,赵媛,等.北方河道清淤判定及深度初探[J].水利规划与设计,2021(06):88-93+136.
- [22]李莲芳,曾希柏,李国学,等.北京市温榆河沉积物的重金属污染风险评价[J].环境科学学报,2007(02):289-297.
- [23]楼春华,何春利,赵鹏,等.北京城区河流沉水植物分布特征及环境因子关系研究[J].北京水务,2021(04):61-65.

#### 作者简介:

张蕾(1988—),女,汉族,山西大同人,硕士,高级工程师,研究方向:水生态环境保护与修复。