

# 受潮汐影响的断头河道活水工程的设计与运行

胡和平<sup>1</sup>, 文坛花<sup>1</sup>, 郝永怀<sup>1</sup>, 张国强<sup>2</sup>

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610; 2. 海南省水务厅, 海南 海口 571126)

**摘要:** C河是受潮汐影响的断头河道,上游无洁净水源补给,路涵阻水效应导致河道洼地存水长期滞留,富营养化特征明显。C河是H岛上A河的支流,A河横贯H岛,西接B河。结合H岛水系特点及A河、B河活水方案,在A河设置活水泵站,经800 m压力管道输送至C河末端,出水口采用景观跌水,活水的同时增加水体溶解氧。活水工程实施后,C河DO浓度为2.2~9.3 mg/L,氨氮浓度为0~1.0 mg/L,COD<sub>Mn</sub>浓度为5.4~11.6 mg/L,BOD<sub>5</sub>浓度为3.7~7.2 mg/L,主要监测指标均满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V类标准,基本达到与A河同质的水平,透明度达到60~100 cm,有效改善了河道水质和感官指标。

**关键词:** 断头河道; 潮汐; 活水方案

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)02-0049-04

## Design and Operation of Water Flowing Project of the Truncated River with Tidal Influence

HU He-ping<sup>1</sup>, WEN Tan-hua<sup>1</sup>, HAO Yong-huai<sup>1</sup>, ZHANG Guo-qiang<sup>2</sup>

(1. China Water Resources Pearl River Planning Surveying & Designing Co. Ltd., Guangzhou 510610, China; 2. The Water Department of Hainan Province, Haikou 571126, China)

**Abstract:** The River C was a truncated river with tidal influence. There was no clear water supply in the upstream. The road culvert hindered the water and caused long-term retention of water in the river, which could lead to eutrophication. The River C was a tributary of the River A on the Island H. The River A runed across the Island H and the west reached the River B. Combined with the characteristics of the Island H water drainage and the water flowing schemes of River A and B, a pumping station was set up in River A, and the water was transported to the end of River C through the 800 m pressure pipeline. The water outlet adopted the landscape water drop zone, which increased the dissolved oxygen in the river while water flowing. After the implementation of the water flowing scheme, DO was kept between 2.2 - 9.3 mg/L, NH<sub>3</sub> - N between 0 - 1.0 mg/L, COD<sub>Mn</sub> between 5.4 - 11.6 mg/L and BOD<sub>5</sub> between 3.7 - 7.2 mg/L. The main monitoring indicators met the Class V standard of *Environmental Quality Standards for Surface Water*(GB 3838 - 2002), basically reached the level of homogeneity with River A, and the transparency reached 60 - 100 cm, effectively improved the river water quality and sensory indicators.

**Key words:** truncated river; tide; water flowing project

### 1 项目概况

C河位于华南某滨海城市北部的H岛上,是岛

内A河右岸支流,河长约1 km,平均河宽约30 m,属于断头河道。A河呈近东西走向横贯H岛,西接B

河,河长约 2.3 km,河宽为 30~100 m,河底高程较低,多年平均平潮位水深约 2.25 m;A 河、B 河、C 河均属于感潮河段,涨潮情况下潮水从 A 河、B 河东西两侧共计 3 个入口进入,退潮过程相反,河水由东西两侧共计 3 个出口退出,现状 3 个出入口均设有防潮闸,见图 1。由于市政污水管网水位高位运行,导致大量污水倒灌排入河道,使河水发黑变臭。

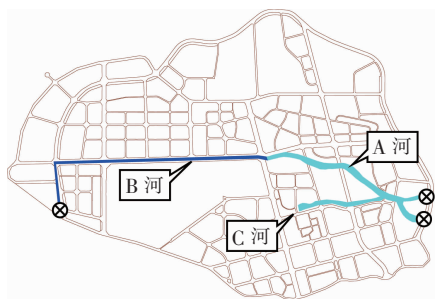


图1 H岛内自然水系图

Fig. 1 Natural water drainage map on Island H

2016 年 4 月,该市启动了 A 河、B 河、C 河水环境综合治理工作,通过引用社会资本,采用 PPP 模式进行建设,并长效运营 15 年。在采取了控源截污、内源清理、生态修复和活水调度等措施进行治理后,A 河、B 河水环境质量有了根本性的改善,透明度持续稳定在 1 m 左右,主要指标持续满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) V 类水标准,公众满意度达到 90% 以上,获得了周边居民和政府的普遍好评。

C 河是受潮汐影响的断头河道,上游无洁净水源补给,因为跨路路涵高程较高(涵底高程约 0.6 m),路涵上游河道河底高程较低(0.1~0.6 m),路涵形成阻水效应。退潮过程中,即使下游河床见底,路涵以上河段依然存水,存在洼地死水区(见图 2);涨潮过程中,下游河道底层水又被潮汐顶托回来。在潮汐影响下,河水在河道内荡来荡去呈往复运动,春冬季气温较低时呈淡褐色,夏季气温高时呈绿色,感官效果较差。

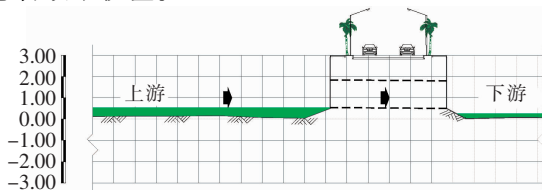


图2 C河纵断面示意图

Fig. 2 Vertical section schematic of River C

## 2 活水方案

### 2.1 活水必要性

环境因子是诱导“水华”发生的重要因素,研究表明,总氮和总磷分别超过 0.5、0.02 mg/L,就可能暴发水华。水温在一定程度上可影响浮游植物的种类组成<sup>[1-2]</sup>;大多数硅藻的最适生长温度低于蓝绿藻,使硅藻在春秋季节较低的水温中具有优势地位,因而大部分淡水硅藻水华都发生在春秋季节;随着温度的升高,藻类群落结构也发生变化,蓝藻逐渐占据优势地位,常形成水华优势种遮蔽水体表面。水文条件对藻类的生长繁殖有重要影响,水体滞留时间越长,发生水华的可能性越大;滞留时间越短,越不利于藻类的繁殖,不易形成水华<sup>[3-4]</sup>。

C 河为断头河道,上游无洁净水源补给,河水在潮汐的影响下,在河道内往复运动,水体滞留时间长,具备了水华暴发的外部条件。水体颜色季节性变化表明河道处于明显的富营养化状态,迫切需要采取必要的活水措施,消除藻类大量繁殖的水文条件,防止水体富营养化。

### 2.2 活水方案

为了减少 C 河水体滞留时间,消除藻类大量繁殖的水文条件,防止水体富营养化,改善河道感官效果,根据岛内自然水系情况,拟在 A 河设置活水泵站,经 800 m 压力管道输送至 C 河末端,在低潮位期间对 C 河进行活水,将 C 河洼地存水盘活,促进水的流动,防止洼地存水长期滞留,同时结合 A 河、B 河自身活水措施,达到改善河道水质和感官效果的目标。结合景观考虑,出水口采用带状跌水,营造一定的景观,并在活水的同时通过跌水曝气增加水体溶解氧。活水方案示意图见图 3。



图3 C河活水方案示意图

Fig. 3 Schematic diagram of River C water flowing scheme

### 2.3 活水调度规则

具体活水调度规则见图 4。

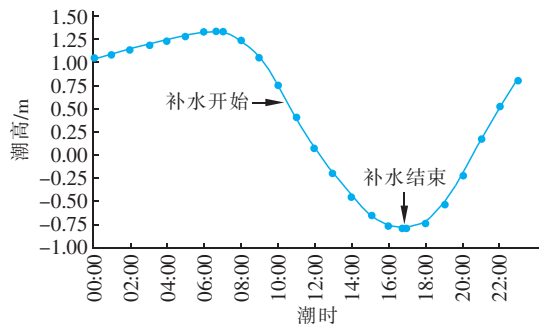


图4 活水调度规则

Fig.4 Scheduling rule of water flowing scheme

结合路涵涵底高程,当C河水位降至0.60 m时,开启活水泵站,将A河洁净河水提升后引入C

河末端,将C河洼地存水盘活,继续流入A河,在潮汐和曝气推流设施的作用下,与A河存水和潮汐水混合消融,实现活水的目标;当开始涨潮时,退至河口的退水在潮汐的顶托作用下回到C河,此时考虑关闭活水泵站,减少能耗,降低运行成本。

## 2.4 活水时间统计

根据近年潮汐资料,对每月逐日退潮潮位<0.6 m的小时数进行了统计,统计成果见表1和表2。由表1可知,全年来看,逐日退潮潮位<0.6 m的小时数为2~8 h,逐月均值3.9~5.7 h,年均值4.8 h。由表2可知,统计的一年内每日退潮潮位<0.6 m且历时≥4 h的天数为330天,占总天数365天的90.4%。

表1 逐日退潮潮位<0.6 m的小时数

Tab.1 Hours of daily tide level less than 0.6 m

h

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最小	4	4	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3
最大	8	8	8	7	7	6	6	6	5	6	6	6
均值	5.5	5.7	5.4	5.0	5.0	5.0	4.9	4.5	4.1	3.9	4.1	4.8

表2 逐日退潮潮位<0.6 m的历时-天数关系

Tab.2 Relationship between duration and days with daily tide level less than 0.6 m

历时/h	≥2	≥3	≥4	≥5	≥6	≥7	≥8
天数/d	365	357	330	236	72	22	8
比例/%	100.0	97.8	90.4	64.7	19.7	6.0	2.2

## 2.5 活水规模

### ① 活水时间

根据潮汐统计成果,每月逐日退潮潮位<0.6 m的小时数在2~8 h之间,活水时间可在历时区间自由取值。活水工程的目标是将C河洼地存水在一个退潮周期内盘活至A河,防止存水长期滞留,洼地存水总量恒定,活水时间短,泵站规模大,将C河上游洼地存水盘活至A河的保障率高,但泵站规模和压力管管径均较大,工程投资也较大;活水时间长,泵站规模和压力管管径也小,工程投资也相应减少,但保障率相应降低。不同活水时间下,活水工程保障率、效费比也有所不同,保障天数及工程投资如表3所示,效费比如表4所示。由表3可知,当活水时间在2~8 h之间时,保障天数为365~8 d不等,工程投资为527~298万元不等。由表4可知,当活水时间在2~8 h之间时,活水工程效费比为0.04~1.26,当活水时间为4 h时,效费比最高。因此,综合考虑工程投资与活水效果,C河活水工程活水时

间按4 h考虑。

表3 保障天数与投资关系

Tab.3 Relationship between guaranteed days and investment

活水时间/h	保障天数/d	投资/万元			
		合计	压力管道	泵站	景观跌水
2	365	527	227	250	50
3	357	441	191	200	50
4	330	379	164	165	50
5	236	346	146	150	50
6	72	336	146	140	50
7	22	308	128	130	50
8	8	298	128	120	50

表4 活水方案效费比

Tab.4 Cost-effectiveness of water flowing scheme

活水时间/h	保障率/%	工程投资*/%	效费比 (保障率/投资)
2	100.0	100.0	1.00
3	97.8	83.7	1.17
4	90.4	71.9	1.26
5	64.7	65.7	0.98
6	19.7	63.8	0.31
7	6.0	58.4	0.10
8	2.2	56.5	0.04

注: \*工程投资以投资最大方案为100%,其余方案和最大方案比较。

### ② 活水规模确定



根据河道水下地形图,低潮位期间,C河上游路涵阻水形成的洼地,存水量约 $1\,800\text{ m}^3$ ,活水时间为 $4\text{ h}$ ,则活水规模为 $450\text{ m}^3/\text{h}$ ( $0.125\text{ m}^3/\text{s}$ )。

### 3 实施效果

2018年5月,活水工程建成并投入使用,通过在退潮期间对C河进行活水,有效地改善了河道水动力条件,避免洼地存水长期滞留,有效消除了藻类大量繁殖的水文条件,2018年5月—9月,A河、C河6个监测断面共计7次的监测结果见表5,活水效果见图5。可见,C河主要监测指标均满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)V类标准,基本达到与A河同质的水平,透明度达到 $60\sim 100\text{ cm}$ ,有效改善了河道水质和感官指标。

表5 2018年5月—9月河道水环境质量

Tab.5 River water quality from May to September 2018

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$				
项目	溶解氧	氨氮	COD <sub>Mn</sub>	BOD <sub>5</sub>
A河	2.8~7.6	0~1.0	0.8~14.6	4.0~8.6
C河	2.2~9.3	0~1.0	5.4~11.6	3.7~7.2
V类标准	2.0	2.0	15	10



图5 活水工程实施效果

Fig.5 Implementation results of water flowing project

### 4 结语

城市黑臭水体整治是一个复杂的系统性工程,应按照“控源截污、内源治理;活水循环、清水补给;水质净化、生态修复”的基本技术路线开展治理工作。从源头控制污染物向城市水体排放是黑臭水体整治最有效的工程措施,在采取有效措施解决河道的外源污染和内源污染后,河道水质会有根本性的改善。断头河道由于缺乏洁净的水源补给,水体滞

留时间长,极易富营养化,影响河道水质和感官效果。根据具体项目的特点,针对性地采取活水措施,减少水体滞留时间,消除藻类大量繁殖的水文条件,防止水体富营养化,可以更好地改善河道水质和感官指标。另外,利用园林景观设计手法对局部细节进行适当处理,跌水曝气,增加水体溶解氧,还能营造出较好的滨河景观,达到水清岸绿景美的效果,提高城市的品位。

### 参考文献:

- [1] 宋晓兰,刘正文,潘宏凯,等.太湖梅梁湾与五里湖浮游植物群落的比较[J].湖泊科学,2007,19(6):643-651.  
Song Xiaolan, Liu Zhengwen, Pan Hongkai, et al. Phytoplankton community structure in Meiliang Bay and Lake Wuli of Lake Taihu[J]. Journal of Lake Sciences, 2007,19(6):643-651 (in Chinese).
- [2] Reynolds C S. Ecology of Phytoplankton [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [3] Straškraba M, Dostálková I, Hejzlar J, et al. The effect of reservoirs on phosphorus concentration[J]. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 1995,80(3):403-413.
- [4] Kawara O, Yura E, Fujii S, et al. A study on the role of hydraulic retention time in eutrophication of the Asahi River Dam reservoir[J]. Water Sci Technol, 1998, 37(2):245-252.



作者简介:胡和平(1979—),男,江西宜春人,硕士,高级工程师,主要从事水环境保护与水污染防治工作。

E-mail: hhp023@163.com

收稿日期:2018-08-25