

# 长江南京段岸线水源地适宜性分析与评价

周玲霞, 钱海峰, 黄振宇

(南京市长江河道管理处, 江苏南京 210011)

**摘要:** 结合前人的研究成果、相关最新统计资料以及有关专家的意见综合衡量,通过实地调查和论证,基于水源地岸线适宜性分析的目的,选择确定了岸线稳定性、岸前水深、流速、岸线利用情况等4大判定因素,制定了岸线评价的基本程序和主要步骤。通过运用GIS、统计分析、综合分析等定量、定性方法,完成了研究区域4大因素的评价。基于简化的层次分析法(AHP法),对长江南京段岸线进行水源地适宜性评价,给出了初步的定量评价结果。

**关键词:** 水源地岸线; 岸线稳定性; 简化AHP法; 水源地评价

中图分类号: TV211.11

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)01-0220-05

## Evaluation on suitability of riverbank water source in Nanjing section of the Yangtze River

ZHOU Lingxia, QIAN Haifeng, HUANG Zhenyu

(Nanjing Yangtze River Management Office, Nanjing 210011, China)

**Abstract:** Combined the former research results, interrelated new statistical data and opinion of some experts together, via investigation and argumentation, based on the goal of suitability analysis of riverbank water-source, the paper chose four determinant facts that included stability, depth, current velocity and using status of water-front resources, and laid down the primary process and step of riverbank evaluation. The evaluation of the four determinant factors are completed by GIS tools, statistic methods and synthetic analysis. Based on the predigested AHP, it evaluated the suitability of riverbank water-source in Nanjing section of the Yangtze River and got primary results which has better combination with interrelated plan.

**Key words:** water source riverbank; riverbank stability; predigested AHP; evaluation of water source

南京市县级以上集中式饮用水水源地共11处,其中9个属于长江水源地,另外两处为湖库型饮用水水源地。南京城区水源地均来自长江,主要的供水水源地南京夹江段梅子洲头至洲尾全长12.6 km,承担着主城3/4的供水任务。目前,城市化的快速发展使得外江水源地被城市圈和化工园区所包围,水源地取水口与排污口交错分布,违章建筑物随处可见,水源地水质受到污染,且有加剧之势。因此,对长江南京河段岸线进行水源地适应性评价,有利于长江水源地的整合、合理安排与保护。

## 1 长江南京河段水源地概况

长江南京段可以分为新济洲汉道、梅子洲汉道、八卦洲汉道、栖霞湾道。南京沿江32处取水口应设置保护岸线26.4 km,但实际仅用8.9 km。根据南京市环境监测中心站提供的资料<sup>[1]</sup>,南京城区主要

的引用水源取水口有5个。上下游1 km保护区范围共有污染源52家,平均每个取水口保护区有污染源10个以上,其中上元门水厂取水口保护区内污染源多达16家,排污泵站多达6个<sup>[2]</sup>。

## 2 岸线综合评价

依据实测资料对岸线稳定性做出分析,再根据岸线的水深条件、利用情况、流速等对长江南京段的岸线资源进行评价。资料采用1973、1983、1998、2006、2009、2011年的1:10000长江河道水下地形图,基础资料代表年为2011年,平面系统为1954年北京坐标系,高程基面均为1985国家高程。

根据《江苏省地表水(环境)功能区划报告》,长江南京段在水功能一级区划是左岸自西向东分为长江皖苏缓冲区、长江南京江浦保留区、长江南京浦口-六合开发利用区、长江南京六合保留区;右岸自西

向东分为长江皖苏缓冲区、长江南京江宁铜井保留区、长江南京开发利用区、长江南京栖霞保留区。

## 2.1 岸线稳定性分析

利用 GIS 手段对 1973、1983、1998、2006、2009、2011 年的 1:10000 长江河道水下地形图等高线、深泓叠加以及 DEM 叠加分析冲淤分布和冲淤量,分析典型断面的冲淤情况分析岸线的稳定性。通过分析,长江南京段经过不断的治理,河势得到控制,岸线除个别地段外,处于相对稳定之中,深槽的位置也基本稳定,平面变化趋小<sup>[3]</sup>。

(1)新济洲汉道段。新济洲汉道属于宽浅河型,浅滩和深槽交错分布。自上而下有新生洲、新济洲,其中新济洲右汉内靠右岸尾部是子母洲,子母洲上游靠近右岸江中存在礁石矾立山,成为著名航行障碍物,新济洲下游展宽为潜洲。另外在乌江口附近存在 0 m 浅滩。新生洲、新济洲左汉萎缩右汉发育,左汉分流比逐年减少;中汉不断发育,从左汉分流;石跋河边滩向下游淤长,长 3.8 km,接近小潜洲;小潜洲发育下移;林浦圩心滩淤长,下移 600 m;西江横埂一带深槽发育,岸线崩退;右汉铜井河口深槽发育拓展;新潜洲洲体顺时针转动,右汉右岸持续崩退,深槽右摆;七坝岸段深槽发育贯通<sup>[4]</sup>。

(2)梅子洲汉道段。长江南京段梅子洲汉道段自下三山到长江大桥,自上而下有七坝、下关 2 个节点控制。属顺直分汉河段。分布有梅子洲和潜洲,潜洲位于梅子洲下端。梅子洲左汉为主汉,分流比长期维持在 95% 左右,潜洲左汉分流约占梅子洲左汉流量的 85%。浦口下关进流段的稳定与大胜关、梅子洲左缘导控主流的斜向岸壁的稳定直接相关,而该段岸壁的稳定有赖于 30 多年来对梅子洲头及左缘实施的护岸工程。节点过渡段深槽发育拓展;大胜关岸段深槽不断发育,窄、深、陡的特点明显,-40 m、-45 m 深槽不断发育扩大,并在高铁上游出现 -50 m 深槽,岸坡陡且不稳定;桥墩阻遏造成附近河床冲刷调整,深槽逼岸;梅子洲洲头不断崩退,左缘深槽发育拓展。

(3)八卦洲汉道段。八卦洲汉道段上起长江大桥,下至西坝,为鹅头型双分汉河道,八卦洲右汉为主汉,左汉河长约为右汉的 2.1 倍。左汉分流比仍在减小。八卦洲左汉不断萎缩,河床淤浅抬高;右汉发育,深槽拓展。二桥建设后,右汉右岸下游 -20、-25 m 深槽形成倒套已伸入二桥上游<sup>[5]</sup>。

(4)龙潭水道。栖霞龙潭弯道上起西坝,下至三江口,原为兴隆洲汉道段,1985 年实施兴隆洲堵

汉工程后,该段演变为单一弯道段。该河段水流顶冲七乡河口至三江口一带,曾先后多次发生崩岸,岸坡凹凸不顺,局部岸坡较陡。栖霞岸段深槽不断发育,兴隆洲心滩萎缩。

根据以上岸线稳定性情况,用 GIS 叠加分析功能确定岸线的稳定性程度,共分为 3 级<sup>[6]</sup>:

稳定岸线:多年来江岸处于相对稳定,冲淤变化小或微冲微淤,基本不受附近岛屿的影响或者附近没有岛屿;

较稳定岸线:多年来江岸处于冲刷状态但一般性护岸可治理,并且受到附近岛屿的影响较小;

不稳定岸线:多年来岸线摆动较大,处于大冲大淤状态,或者受到附近岛屿的影响较大。

左岸从乌江口 - 七坝段、宏波码头 - 长江大桥段、南京长江二桥 - 八卦洲尾段、乌鱼洲 - 小河口段,右岸梅子洲头 - 新生圩码头、三江口 - 大道河口段都是稳定岸线,总长度为 87.6 km。较为稳定的岸线有左岸南京长江大桥 - 八卦洲头段、八卦洲尾 - 乌鱼洲段,右岸有慈湖河口 - 子母洲尾段、下三山 - 梅子洲头段、炼油厂港区 - 三江口段,总长度为 57.3 km,较稳定岸线的开发利用要结合河道整治工程。不稳定的岸线有左岸七坝 - 宏波码头段、八卦洲头 - 南京长江二桥段,右岸有子母洲尾 - 下三山段、新生圩码头 - 炼油厂港区段,总长度为 41.4 km,不稳定的岸线不适合开发利用,应做河道整治工程。

## 2.2 岸前水深条件分析

运用 GIS 分析和叠加分析功能,可得到各类岸段分布及长度。分别提炼出 10 和 5 m 等高线做 200 m 缓冲区,用岸线与缓冲区相叠加就可以得到各类岸线的分布<sup>[7]</sup>。

根据南京段长江河道的特征,借鉴前人的研究成果,岸前水深的划分标准为:①深水岸线:岸前水域小于等于 200 m,水深可达 10 m;②中深水岸线(简称中水岸线):岸前水域小于等于 200 m,水深为 5~10 m;③浅水岸线:岸前水域小于等于 200 m,水深不到 5 m。深水岸线为 42.7 km,中水岸线为 79.7 km,浅水岸线为 63.9 km。

## 2.3 水流流速分析

根据长江南京段水文测验资料,该段水流流速在 1.0~3.39 m/s 之间。高流速区一般在弯道凹岸深槽区和水工建筑物附近,低流速区一般在边滩和心滩床面。新生洲右汉分流比为 60%,为主汉。新济洲右汉分流比为 10%,左汉为 23.1%,主流为左

汉。新潜洲的右汉分流比为26%，有所减小。梅子洲左汉分流比为85%，右汉仅有5%，主流在左汉。八卦洲左汉分流比为20.7%，右汉为主流。①流速较大：深槽贴岸，汉道段分流比大；②流速中等：深槽距岸线有一定的距离，分流比较大；③流速较慢：深

槽距岸线较远，或者在夹江内，靠近边滩和心滩，河宽较小，汉道分流比小。

## 2.4 长江南京段岸线利用类型

长江南京段岸线利用类型、岸线设施利用现状见表1，表中临时沙码头、围船式加油站不计入占用岸线。

表1 长江南京段岸线利用现状情况表

km

类别	自然岸线范围	岸线长度	已经利用	利用现状简要描述
左岸	乌江口 - 七坝	15.8	2.2	几处自然岸坡修(造)船厂
	七坝 - 梅子洲头	5.5	1.4	汽渡、过江电缆、加油码头
	梅子洲头 - 江浦水厂取水口上1 km	10.0	0	临时沙码头
	江浦水厂取水口上1 km - 长江大桥	7.4	5.0	长江南京段口集团二、三公司、轮渡、火车轮渡
	长江大桥 - 沙洲桥	27.1	11.6	南钢、华能、南热、三航、扬子、杨巴码头、取水口等
	沙洲桥 - 小河口	22.7	1.4	双龙码头、南热电码头及临时加油站
	乌江口 - 小河口	88.5	21.6	24.40%
右岸	慈湖河口 - 下三山	19.2	4.7	自然岸坡修(造)船厂,临时沙码头,取水口,水泥厂码头
	下三山 - 秦淮新河	7.2	4.2	梅山公司新旧码头、汽渡、过江电缆、三桥
	秦淮新河 - 三汊河	15.0	10.3	临时沙码头、取水口、企业码头、汽人渡、加油站、航道局码头
	三汊河 - 长江大桥	4.3	3.2	水产、码头、河运学校码头、大兴码头、下关电厂、长江南京段口集团公司、轮渡、火车轮渡等
	长江大桥 - 新生圩人渡码头	14.8	12.0	上元门港区、船厂、港口集团、白云石矿、化纤厂、空军油库、新生圩外贸码头、取水口
	新生圩人渡码头 - 三江口河口	21.5	13.1	南京炼油厂港区、油运公司撮山基地、三阳码头、龙潭外贸码头、四桥等
	三江河口 - 大道河口	15.8	2.4	大年水运联运码头及临时沙码头
	慈湖河口 - 大道河口	97.8	49.9	51.00%

## 3 水源地岸线评价

水源地岸线选择需满足以下原则：①上下游现状河势及发展趋势基本稳定；②岸线深水坡度长期相对稳定，取水口水域条件优良，又足够水深，能使取水口头部顶层至水面长期保持1.0 m以上水深；③取水口附近保持一定的流速；④陆域环境好，如距离石油、水泥、造纸、皮革等有污染的厂矿企业较远；⑤岸线上已建工程不密集。

### 3.1 水源地岸线分级

按照以上的岸线选择原则，以及取水口建设的需要和要求，结合以往研究成果、相关统计资料确定了4大因子，分别为岸线稳定性、岸前水深、流速、岸线利用情况。将岸线分为一、二、三、四、五、六级。

一级岸线为上、下游河势变化长期稳定；深水岸线位置长期稳定，水域条件好；与已建工程矛盾少，远离污染源；在本河段中，向上，向下各20 km范围内无大型的城市供水工程。

二级岸线为上、下游河势变化长期稳定；深水岸线位置长期稳定，水域条件好；与已建工程有一定矛

盾，但可以克服；在本河段中，向上，向下各20 km范围内已有大型的城市供水工程。

三级岸线为上、下游河势变化长期稳定；深水岸线位置长期稳定，水域条件好；岸线被已建工程全部占有，很难找到大型城市供水工程所需的岸线。

四级岸线为现状上、下游河势及岸线基本稳定；目前水域条件较好，能满足取水口对水深的要求；与已利用岸线及沿江水利工程矛盾较少；但存在对河势稳定有影响的不利因素。

五级岸线为所处河段尚须进行整治；或在支槽、小夹江内，水域条件窄小；可能预测的稳定期不很长，如10~20 a。

六级岸线为淤涨边滩很大或分流量很小的夹槽，水域条件差；或河势不稳定，主槽轴线多变；或分布有大量污染源，岸线冲淤变化大，直接影响取水口安全的岸线。

取水口岸线等级的评判指标分为六等： $S = \{ \text{一级, 二级, 三级, 四级, 五级, 六级} \}$ ； $S = \{ S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6 \}$ ，结合以往研究成果、相关最新统计资料以及有关专家的意见综合衡量，评判指标量化为：

$$S = \{1 - 0.7, 0.7 - 0.6, 0.6 - 0.5, 0.5 - 0.4, 0.4 - 0.3, 0.3 - 0.1\}.$$

### 3.2 各因子的权重确认

岸线稳定性、岸线利用情况等是岸线资源开发条件好坏的最主要评判指标。岸线稳定性是决定水源地岸线等级的前提,是先决条件,水深关系到取水口位置的安排,流速决定了取水量的大小,岸线的利用是同规划、一系列法律、政策、规章有关。

目标层与各因子的关系见图 1。

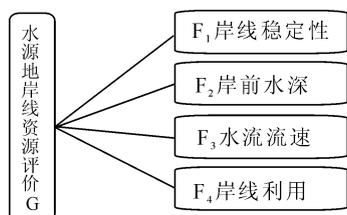


图 1 目标层与各因子的关系

根据水源地适宜性评价的需要,采用简化的层

次分析法(AHP方法),根据专家咨询法获得专家根据分级标准本文采用(A. L. Saaty 的 1~9 标度)对所有判定因素相对重要性进行比较,建立判定矩阵,通过计算矩阵的最大特征值及其相对应的正交化特征向量,得出该因素的权重。构造矩阵根据 Matlab 软件进行计算,结果见表 2。

### 3.3 岸线划分单元和评价结果

根据表 2 中的权重,以 1 km 作为评价的最小单元。各划分单元的评分结果见表 3。

表 2 矩阵计算结果

<i>G</i>	<i>F</i> <sub>1</sub>	<i>F</i> <sub>2</sub>	<i>F</i> <sub>3</sub>	<i>F</i> <sub>4</sub>	<i>W</i>	<i>C</i>
<i>F</i> <sub>1</sub>	1	6	4	3	0.8778	0.55
<i>F</i> <sub>2</sub>	1/6	1	1/2	1/4	0.1126	0.07
<i>F</i> <sub>3</sub>	1/4	2	1	1/3	0.1899	0.12
<i>F</i> <sub>4</sub>	1/3	4	3	1	0.4251	0.26
$\lambda_{\max} = 4.0875$					$CR = 0.03 < 0.1$	

表 3 岸线划分单元和评价

km

编号	位置	长度	稳定性 (0.55)	水深条件 (0.07)	流速条件 (0.12)	岸线利用 (0.26)	结果	等级
<i>Z</i> <sub>1</sub>	乌江口 - 骚狗山	5.5	0.8	0.2	0.8	0.5	0.680	2
<i>Z</i> <sub>2</sub>	骚狗山 - 林山圩	3.0	0.8	0.5	0.8	0.2	0.623	2
<i>Z</i> <sub>3</sub>	林山圩 - 板桥汽渡	7.5	0.2	0.8	0.5	0.5	0.356	5
<i>Z</i> <sub>4</sub>	板桥汽渡 - 板桥汽渡下游 1.2km	1.2	0.2	0.5	0.3	0.6	0.337	5
<i>Z</i> <sub>5</sub>	板桥汽渡下游 1.2km - 新河口	14.1	0.2	0.2	0.3	0.6	0.316	5
<i>Z</i> <sub>6</sub>	新河口 - 宏波码头	2.6	0.7	0.5	0.5	0.5	0.610	2
<i>Z</i> <sub>7</sub>	宏波码头 - 长江大桥	5.0	0.9	0.8	0.5	0.3	0.689	2
<i>Z</i> <sub>8</sub>	大桥 - 八卦洲头	3.7	0.4	0.5	0.7	0.5	0.469	4
<i>Z</i> <sub>9</sub>	八卦洲头 - 石头河	5.7	0.2	0.2	0.3	0.7	0.342	5
<i>Z</i> <sub>10</sub>	石头河 - 南化 10#	5.1	0.2	0.5	0.3	0.1	0.207	6
<i>Z</i> <sub>11</sub>	南化 10# - 长江二桥	1.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.212	6
<i>Z</i> <sub>12</sub>	长江二桥 - 扬子港区	3.9	0.7	0.2	0.3	0.1	0.461	4
<i>Z</i> <sub>13</sub>	扬子港区 - 通江渡口	5.1	0.7	0.5	0.3	0.1	0.482	4
<i>Z</i> <sub>14</sub>	通江渡口 - 沙洲桥	2.5	0.7	0.2	0.3	0.4	0.539	3
<i>Z</i> <sub>15</sub>	沙洲桥 - 在建四桥	6.1	0.7	0.5	0.8	0.8	0.724	1
<i>Z</i> <sub>16</sub>	在建四桥 - 堵拐	3.3	0.6	0.2	0.3	0.2	0.432	4
<i>Z</i> <sub>17</sub>	堵拐 - 大河口	11.3	0.6	0.5	0.3	0.7	0.583	3
<i>Z</i> <sub>18</sub>	大河口 - 小河口	1.9	0.7	0.2	0.5	0.7	0.641	2
<i>Y</i> <sub>1</sub>	慈湖河口 - 慈湖河口下游 1.1km	1.1	0.6	0.2	0.8	0.4	0.544	3
<i>Y</i> <sub>2</sub>	慈湖河口下游 1.1km - 子母洲头	7.4	0.6	0.5	0.8	0.6	0.617	2
<i>Y</i> <sub>3</sub>	子字母洲头 - 字母洲尾	4.2	0.6	0.2	0.3	0.6	0.536	3
<i>Y</i> <sub>4</sub>	字母洲尾 - 下三山	6.6	0.6	0.2	0.3	0.5	0.510	3
<i>Y</i> <sub>5</sub>	下三山 - 梅山冶金公司	1.9	0.6	0.5	0.8	0.1	0.487	4
<i>Y</i> <sub>6</sub>	梅山冶金公司 - 梅子洲头	6.5	0.8	0.8	0.8	0.2	0.644	2
<i>Y</i> <sub>7</sub>	梅子洲头 - 双闸码头	4.4	0.7	0.2	0.2	0.5	0.553	3
<i>Y</i> <sub>8</sub>	双闸码头 - 双闸	1.3	0.8	0.5	0.2	0.3	0.577	3

续表 3

编号	位置	长度	稳定性 (0.55)	水深条件 (0.07)	流速条件 (0.12)	岸线利用 (0.26)	结果	等级
$Y_9$	双闸 - 梅子洲上游	6.4	0.8	0.2	0.2	0.4	0.582	3
$Y_{10}$	梅子洲上游 - 潜洲尾	3.1	0.9	0.5	0.6	0.3	0.680	2
$Y_{11}$	潜洲尾 - 长江大桥	2.9	0.7	0.8	0.6	0.3	0.591	3
$Y_{12}$	长江大桥 - 上元门港区	2.6	0.7	0.5	0.3	0.3	0.534	3
$Y_{13}$	上元门港区 - 白云石矿码头	1.1	0.7	0.2	0.3	0.2	0.487	4
$Y_{14}$	白云石矿码头 - 长江二桥	7.4	0.7	0.5	0.7	0.1	0.53	4
$Y_{15}$	长江二桥 - 新生圩人渡	3.6	0.7	0.8	0.7	0.3	0.603	2
$Y_{16}$	新生圩人渡 - 九乡河口上游	4.4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.131	6
$Y_{17}$	九乡河口上游 - 七乡河口	8.8	0.6	0.5	0.8	0.1	0.487	4
$Y_{18}$	七乡河口 - 阮港石化码头	10.2	0.7	0.8	0.9	0.2	0.601	3
$Y_{19}$	阮港石化码头 - 杨家套上游	1.6	0.7	0.2	0.3	0.3	0.513	3
$Y_{20}$	杨家套上游 - 大道河口	12.3	0.7	0.5	0.3	0.6	0.612	2

一级岸线长 6.1 km, 二级岸线长 50.9 km, 三级岸线长 62.5 km, 四级岸线长 27.8 km, 五级岸线长 28.5 km, 六级岸线长 10.5 km。南京一、二、三级岸线总长 119.5 km, 占总岸线的 64.1%。

## 4 结 语

(1) 南京段岸线资源丰富, 但是高等级的岸线有限。适时调整取水口布局, 减少取水口的数量, 更加合理地设置取水口。

(2) 大胜关水道集中了南京市北河口、城南、江宁 3 大水厂, 日供水量占南京城市集中式饮用水厂供水量的 85%。要保证该水源地的持久水质安全, 可将这一区域建设成一个统一的水源生态保护区。

(3) 从上游到下游, 一、二、三级岸线都要保护。确定水源与生态保护区, 规定取水口上下游 2 000 m 范围内为保护区, 在保护区内禁止一切与取水无关的项目和活动, 水质标准不低于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)<sup>[8]</sup> 规定的 II 类标准, 为南京可持续发展提供可用之水、清洁之水。

(4) 建设沿江湿地生态功能区。湿地被誉为“地球之肾”, 具有拦截、净化外来污水等多种生态功能, 对保护饮用水源地水质有重要作用<sup>[9]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 袁洁. 南京饮用水源地环境状况调查及污染防治对策研究[C]//. 中国环境科学学会, 中国环境科学学会学术年会优秀论文集, 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [2] 朱红云, 杨桂山, 万荣荣, 等. 长江城市岸线资源港口开发适宜性分析与合理利用——以南京市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4): 404-408.
- [3] 臧英平, 仲琳, 周玲霞, 等. 长江南京河段河势控制工程实践与思考[J]. 中国水利, 2011(8): 33-35+38.
- [4] 侯卫国, 付悦, 谢涛涛. 长江南京新济洲河段河道整治方案研究[J]. 人民长江, 2010, 41(8): 9-13.
- [5] 章志强, 李涛章, 周玲霞. 长江南京八卦洲汉道治理与沿岸经济发展探讨[J]. 人民长江, 2011, 42(21): 11-14.
- [6] 马荣华, 杨桂山, 陈雯, 等. 长江江苏段岸线资源评价因子的定量分析与综合评价[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2), 176-182.
- [7] 尹静秋. 基于 GIS 的长江江苏段岸线资源演变研究[D]. 南京: 南京师范大学硕士学位论文, 2004.
- [8] GB3838-2002. 地面水环境质量标准[S]. 国家环境保护总局, 2002.
- [9] 朱红云, 杨桂山, 董雅文. 江苏长江干流饮用水源地生态安全评价与保护研究[J]. 资源科学, 2004, 26(6): 94-95.