

# 宁夏沙湖底泥清淤水质净化综合治理工程实施效果分析

李学峰

宁夏立诚建设工程咨询有限公司 宁夏银川 750002

**摘要:** 为消减湖区底泥对水体的污染,降低水体营养状态水平,提升水质,2018年宁夏沙湖实施了底泥清淤水质净化综合治理工程,针对重点区域实施排水清淤,并对湖区水体进行置换。通过工程实施前后同期8个月的水质监测和评价表明,水体主要污染物浓度均有不同程度降低,且降幅变化具有一定的季节性特征,水质指标变化呈现明显好转,水体营养状态指数明显降低,营养状态变为中营养。底泥清淤水质净化综合治理取得了良好的效果,可为湖泊水环境治理提供借鉴。

**关键词:** 底泥清淤; 水体置换; 水质净化效果; 宁夏沙湖

## Implementation effect analysis of comprehensive treatment project of sediment removal and water quality purification in Ningxia Sand Lake

Xuefeng Li

Ningxia Licheng Construction Engineering Consulting Co., Ltd. Ningxia Yinchuan 750000

**Abstract:** In order to reduce the water pollution caused by sediment in the lake area, reduce the level of nutrients in the water body, and improve water quality, a comprehensive treatment project of sediment removal and water quality purification was implemented in Ningxia Sand Lake in 2018. They carry out drainage and dredging for key areas and replace water bodies in the lake area. The 8-month water quality monitoring and evaluation before and after the implementation of the project shows that the concentrations of major pollutants in the water body have decreased to varying degrees, and the change in the rate of decrease has certain seasonal characteristics. The nutritional status becomes mesotrophic. The comprehensive treatment of sediment dredging and water purification has achieved good results, which can provide a reference for the treatment of the lake water environment.

**Keywords:** sediment dredging; water body replacement; water purification effect; Ningxia Sand Lake

湖泊和水库是陆地水圈的重要组成部分,也是陆地表层系统各要素相互作用的连接点<sup>[1]</sup>,具有重要的生态价值和社会功能,在调节气候、维持生态平衡、保护物种多样性及灌溉农田、调蓄洪水、养殖水产、旅游休闲等方面发挥着巨大的综合效益<sup>[2-4]</sup>。随着气候暖及我国工农的加速发展,湖泊生态保护与经济社会发展之间的矛盾也日益凸显<sup>[5-6]</sup>。因此,加强湖泊健康管理和可持续发

展,实现生态、经济和社会效益协调统一,是当前今后水环境保护和治理工作面临的重要任务<sup>[3]</sup>。

宁夏沙湖自然景观秀丽独特,是全国5A级旅游景区,地处干旱半干旱地区,蒸发强烈,降雨量少,无天然地表径流补给,维持水量平衡和生态健康主要靠人工补给黄河水。由于沙湖属封闭式水体,受补水量限制,自净能力较差,随着当地工农业及旅游产业的发展,湖内富营养沉积物逐年增多,水质污染呈加重趋势。<sup>[7-9]</sup>宁夏沙湖先后实施了内部循环、外部隔离、生态修复等工程和生物措施,水质污染趋势有所改善,为进一步提升湖区水质,2018年11月~2019年4月实施了重点区域湖底清淤工程及置换水体项目。通过工程实施前后时段水

**通讯作者简介:** 李学峰,1978年10月,汉,男,宁夏西吉,宁夏立诚建设工程咨询有限公司,总经理,工程师,本科,邮箱:1143435923@qq.com,研究方向:农田水利工程规划设计,监理。

体中的主要污染物浓度特征分析、水质趋势和营养状态评价, 检验工程治理效果, 以期为同类湖泊治理提供技术借鉴。

### 1 工程概况

#### 1.1 湖区水质状况

根据水质监测结果显示, 2018年1月~2018年3月沙湖水水质类别为V类和IV类之间浮动, 属中度污染和轻度污染水质之间。2018年4月~2018年8月沙湖水水质类别稳定到IV类, 属轻度污染水质。沙湖湖区西部湖区、西南湖区、中部湖区水质较好, 为IV类水, 水域面积占比53.3%; 东部湖区、北部湖区水质次之, 为V类水, 水域面积占比23.7%; 东南湖区、东北湖区及假日酒店内小湖水水质较差, 为劣V类水, 水域面积占比23%。湖区水质类别分布情况如图1所示。

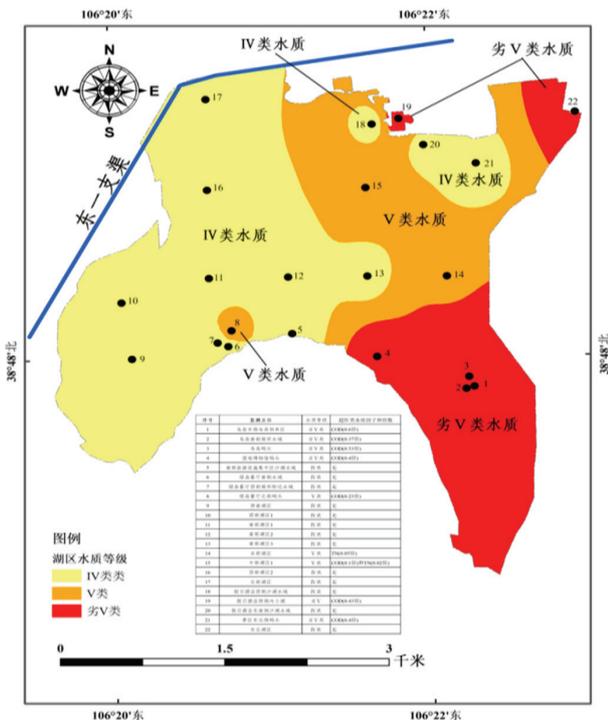


图1 沙湖湖区水质类别分布图

Figure 1 Distribution map of water quality categories in the Shahu Lake area

#### 1.2 底泥污染状况

针对沙湖表层沉积物的取样数据, 经有机指数评价<sup>[10]</sup>得出, 沙湖表层沉积物有机污染I级点位数占比33.33%, 有机污染II级点位数占比66.67%, 表明沙湖表层沉积物底泥存在有机污染问题。根据沙湖底泥有机污染评价, 将沙湖湖区底泥分为清洁区、较清洁区、污染较重区。西部湖区、西南湖区、中部湖区为底泥清洁区, 水域面积占比33.3%; 东部湖区、北部湖区底泥较清洁, 水域面积占比53.6%; 东南湖区、东北湖区及假日酒店内小湖底泥污染较重, 水域面积占比13.1%。底泥污染

较重的区域湖水水质相对较差, 要改善水质就必须先对底泥进行清淤。沙湖湖区底泥有机污染指数浓度分布见图2。

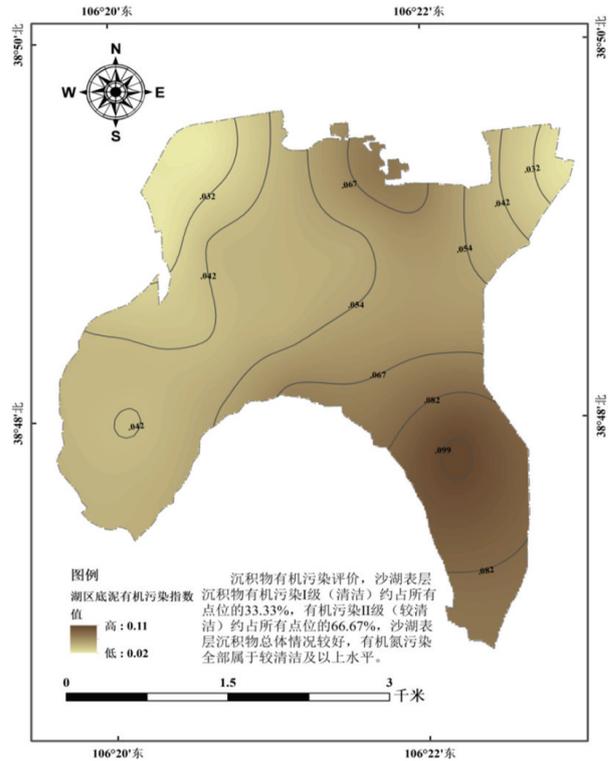


图2 沙湖湖区底泥有机污染指数浓度分布图

Fig. 2 Concentration distribution of sediment organic pollution index in Shahu Lake area

#### 1.3 工程实施情况

沙湖主湖区面积25530亩, 实测水深范围1.5m~3.2m, 平均水深2.35m, 湖区总水量为4000万m<sup>3</sup>。沙湖清淤及水质净化工程, 针对底泥污染较重的区域, 通过底泥清淤和置换水体的治理措施, 以达到消减底泥污染提升水质的目的。

工程通过沙湖—星海湖连通水系泄水闸自流排水和机电强排的方式排水2388万m<sup>3</sup>, 到达设计水深1.2m后, 根据湖区地形条件, 因地制宜分区段、分段进行清淤, 主要分4个区域实施, I区为船厂—假日酒店—码头清淤面积786.9亩, 清淤量30.7万m<sup>3</sup>; II区为新沉沙池—沙湖十一队, 清淤面积991.5亩, 清淤量34.7万m<sup>3</sup>; III区为运河, 清淤总长8.7km, 面积为487.5亩, 清淤量20.7万m<sup>3</sup>; IV区为鸟岛, 清淤面积为1500亩, 清淤量55.2万m<sup>3</sup>。总计清淤面积3756.9亩, 占湖区总面积的14.72%, 清淤总量141.3万m<sup>3</sup>。湖区清淤工程布置如图3所示。

表层底泥采用水利冲挖机组进行抽排, 平均清淤厚度0.3m左右。设备选用泥浆泵+高压水泵+多级接力泵+输泥管线。表层污泥输送至的弃土区预先开挖的沟槽内进行排水; 主湖区底层淤泥采用SD16标准型履带山和挖



图3 湖区清淤工程布置图

Figure 3 Layout of dredging works in the lake area

机运送至推运至指定点堆放晾晒后用于生态种植；运河清淤施工时应分段打围堰排水，分段清淤。采用SD16标准型履带山推推运至运河两侧岸边，再用1m<sup>3</sup>挖掘机就近堆放。

底泥清淤完成后，进行湖区水量补给。通过2018年冬灌由第二农场渠直开口东一支渠补水700万m<sup>3</sup>，补水深度0.4m，2019年春灌由唐徕渠直开口八一渠补水1712万m<sup>3</sup>，补水深度1m。两次总计补水2412万m<sup>3</sup>，占主湖区总水量的60.3%。

## 2 水质监测指标及点位布置

### 2.1 监测点布置

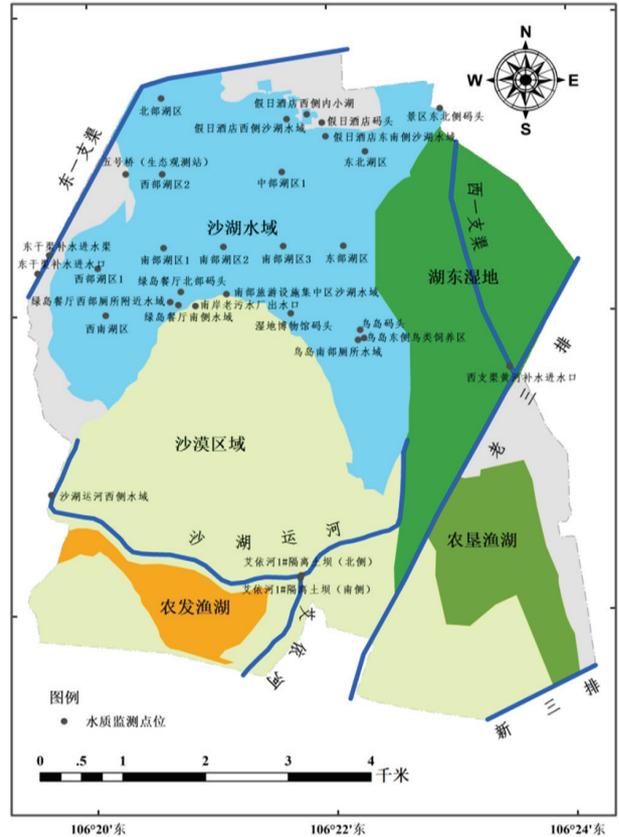


图4 沙湖监测点分布

Figure 4 Distribution of monitoring points in Shahu Lake  
针对污染物输入主要来源、沙湖水质较差区域实施

表1 工程治理前后水质指标监测成果 单位：mg/L

Table 1 Monitoring results of water quality indicators before and after project treatment Unit: mg/L

月份		3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均值
化学需氧量	2018年	45.20	26.50	26.50	28.50	29.00	28.50	28.00	29.00	30.15
	2020年	22.00	13.00	18.00	17.00	17.00	17.00	12.00	12.00	16.00
高锰酸盐指数	2018年	6.20	5.50	4.60	4.80	7.70	7.35	7.60	9.40	6.64
	2020年	4.40	3.80	3.60	4.20	5.20	3.60	4.70	5.00	4.31
总磷	2018年	0.04	0.05	0.05	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05
	2020年	0.02	0.01	0.02	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
氨氮	2018年	0.41	0.36	0.13	0.15	0.08	0.07	0.08	0.10	0.17
	2020年	0.37	0.21	0.09	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.10
总氮	2018年	1.19	1.21	0.89	0.71	0.88	0.78	1.05	0.76	0.93
	2020年	0.76	1.11	0.87	0.56	0.66	0.76	0.61	0.74	0.76
透明度	2018年	84	49	46	33	35	49	62	30	49
	2020年	76	80	60	70	70	60	60	60	67
叶绿素a	2018年	11.8	6	7	6.5	32	24	38	30	19
	2020年	3	3	10	8	18	11	10	19	10

注：透明度采用单位cm，叶绿素a采用单位μg/L

加密布置监测点, 其它湖区断面按照网格布置原则进行设置, 共布置监测点位32个, 主要分布于沙滩北侧、假日酒店、码头及五号桥。监测点位分布图如图4。

### 2.2 监测指标及监测频次

依据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002), 结合沙湖水质特点选取化学需氧量等5项主要污染物指标, 并增加透明度、叶绿素a用于水体营养状态指标计算。每月监测2次, 上、下旬各1次。

### 3 结果与分析

考虑到施工期底泥扰动及水体置换短期效应的影响, 分别选用施工前2018年3月~10月及施工完成后2020年的同期数据, 依据规定<sup>[11]</sup>对监测数据进行统计处理, 成果见表1。

根据工程治理前后监测指标的统计结果, 参照地表水环境质量评价要求<sup>[12]</sup>, 取指标各监测点位数据平均值作为湖区当月的水质监测值, 对湖区水体主要污染物浓度及营养状态变化进行分析和评价。

#### 3.1 污染物浓度的变化

依据监测结果绘制工程治理前后化学需氧量等5项水质指标监测值的变化曲线如图5所示。

由图5可以看出, 2020年3月~10月各项指标的总变化趋势与2018年同期基本一致, 且指标浓度平均值明显降低。氨氮指标的浓度均值下降最为明显, 由0.17mg/L下降为0.10mg/L, 降幅达53.87%, 符合地表水Ⅰ类水质标准; 化学需氧量的浓度均值变化也较大, 由30.15mg/L降为16.00mg/L, 降幅为46.52%, 符合地表水Ⅲ类水质标准; 高锰酸钾指数盐、总磷的浓度均值由6.64mg/L和0.05mg/L降为4.31mg/L和0.03mg/L, 分别下降了32.83%和36.25%, 高锰酸钾指数盐和总磷的浓度分别达到了地表水Ⅲ类和Ⅱ类水质标准; 总氮浓度的下降幅度最小, 由0.93mg/L降低为0.76mg/L, 下降了17.34%, 满足地表水Ⅲ类标准。

各指标浓度降幅的变化趋势呈现一定的差异。化学需氧量、高锰酸钾指数盐浓度降幅的变化趋势基本一致, 随时间呈现先减小再增大的变化。夏季的降幅较小, 而春季和冬季的降幅相对较大。化学需氧量浓度最小和最大降幅分别发生在5月和10月, 依次为32.08%和58.62%, 高锰酸钾指数盐则分别发生在6月和8月, 依次为12.5%和51.02%; 总磷浓度降低幅度随时间总体呈逐步减小的变化趋势, 春季降幅较大, 夏秋季降幅较小。4月降幅最大达77.78%, 8月降幅最小为9.09%; 氨氮浓度降幅随时间总体呈先上升再波动的变化。春季降幅较小, 而夏秋季较大。3月降幅为最小值10.41%, 6月降幅到达最大值79.73%; 总氮浓度降幅随时间呈现较大的波动。3月、6月、7月、9月的降幅相对较大, 9月降幅

最大为41.90%; 4月、5月、8月、10月的变幅相对较小, 8月最小降幅为1.94%。

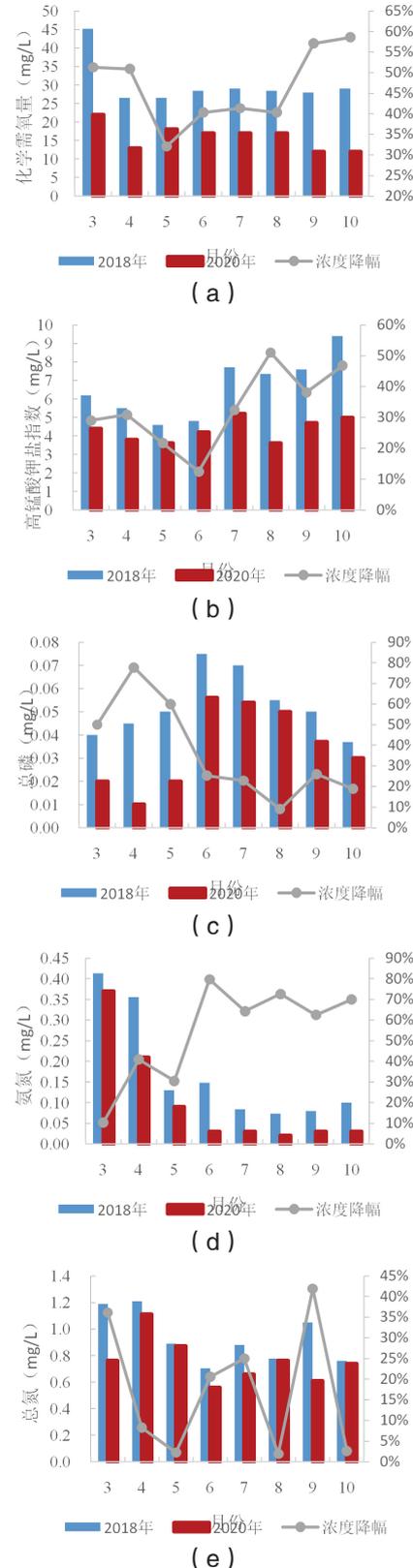


图5 主要污染物含量及降幅变化

Figure 5 Changes in the content of major pollutants and their decreasing rates

### 3.2 水质变化趋势评价

采用组合类别比例法<sup>[12]</sup>对工程治理前后水质变化趋势进行评价。2020年3月~10月与2018年同期Ⅰ~Ⅲ类水质百分点之差为ΔG, 劣Ⅴ类水质百分点之差为ΔD。因2020年3月~10月期间, 各月水质类别均为Ⅵ类, 故Ⅰ~Ⅲ类和劣Ⅴ类水质百分点均为0; 2018年同期除3月的水质为Ⅳ类外, 其他各月的水质达到Ⅱ~Ⅲ类, 因此Ⅰ~Ⅲ类水质百分点为62.5, 劣Ⅴ类水质百分点为0。则ΔG-ΔD为62.5, 按照评价办法<sup>[13]</sup>, 当|ΔG-ΔD|>20时, 评价为水质明显好转。

### 3.3 水体营养状态评价

根据采用综合营养状态指数法<sup>[12-13]</sup>进行湖区水体营养状态评价, 其计算公式为:

$$TLI(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j TLI(j)$$

式中:  $TLI(\sum)$ —综合营养状态指数;  
 $W_j$ —第j种参数的营养状态指数相关的权重;  
 $TLI(j)$ —第j种参数的营养状态指数。

以chla作为基准参数, 第j种参数的归一化相关的权重, 公式为:

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}$$

式中:  $r_{ij}$ —第j种参数与chla的相关系数, 取值参照下表2。

m—评价参数的个数。

表2 中国湖泊及水库部分参数

与chla的相关关系 $r_{ij}$ 及 $r_{ij}^2$ 值<sup>[13]</sup>

Table 2 Correlation values between parameters and Chla in lakes and reservoir parts of China

参数	chla	TP	TN	SD	COD <sub>Mn</sub>
$r_{ij}$	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
$r_{ij}^2$	1	0.84	0.6724	0.6889	0.6889

工程治理前后湖区水体综合营养状态指数计算结果如表3。2018年3月~10月湖区综合营养状态指数变化范围介于45.6~58.9之间, 平均值为53.2; 2020年同期变化范围介于40.4~51.2之间, 平均值为47.0。根据湖泊营养状态分级标准<sup>[12]</sup>, 2018年湖区水体为轻度富营养状态,

表3 沙湖综合营养状态指数

Table 3 Shahu Lake Comprehensive Nutritional Status Index

月份	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
2018年	45.6	50.3	49.4	51.7	58.9	55.5	56.8	57.2	53.2
2020年	42.3	40.4	46.1	48.3	51.2	48.7	48.2	50.4	47.0

经工程治理后2020营养状态分级变为中营养, 表明湖区水体的营养状态水平显著降低。

## 4 结束语

宁夏沙湖采用排水清淤水质净化综合治理工程措施有效降低了各主要污染物浓度。氨氮、化学需氧量、高锰酸钾指数盐、总磷浓度降幅明显, 分别达到了53.87%、46.52%、32.83%和36.25%。

(1) 治理工程前3月~10月及治理后同期时段内, 主要污染物浓度降幅的变化趋势具有一定的季节性特征。化学需氧量、高锰酸钾指数盐浓度夏季的降幅较小, 而春季和冬季的降幅相对较大; 总磷春季降幅较大, 夏秋季降幅较小; 氨氮春季降幅较小, 而夏秋季较大。

(2) 通过水质净化综合治理, 水质变化趋势明显好转, 湖区水体营养状分级由治理前的轻度富营养降为中营养, 底泥清淤及水体置换水质治理措施取得了良好效果。今后加强湖区日常水质监测和管理, 在巩固治理成果的基础上建立水环境保护长效机制。

## 参考文献:

- [1] 罗桂林, 田林锋, 陈月霞, 等. 基于多元统计的宁夏沙湖主要污染物季节性变化原因探究[J]. 环境化学, 2018, 37(9): 2071-2080.
- [2] 裴佳瑶. 雁鸣湖底泥氮磷释放及主要环境影响因子研究[D]. 西安理工大学, 2020.
- [3] 陈洁. 旱区湖泊水环境及其演化研究——以宁夏沙湖为例[D]. 长安大学, 2017.
- [4] 姜加虎, 窦鸿身, 黄群. 湖泊资源特征及其功能的关系分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 386-391.
- [5] 孟伟. 湖泊“水环境与生态安全”依然任重道远[J]. 科技导报, 2017, 35(09): 1-1
- [6] 陈娟, 陈锦. 我国湖泊流域水环境保护中存在的问题及对策分析[J]. 资源节约与环保, 2017(10): 44-45.
- [7] 杨子超. 宁夏沙湖水生态承载力研究[D]. 宁夏大学, 2019.
- [8] 胡桂荣, 杨淑萍, 王兵. 沙湖水环境污染情况及治理措施浅析[J]. 宁夏农林科技, 2018, 59(12): 70-72.
- [9] 璩向宁, 曹园园, 刘文辉, 李晓宇. 宁夏沙湖主湖区水环境变化特征[J]. 湿地科学, 2017, 15(02): 200-206.
- [10] 隋桂荣. 太湖表层沉积物中OM、TN、TP的现状与评价[J]. 湖泊科学, 1996(04): 319-324.
- [11] 《地表水环境质量监测数据统计技术规范(试行)》(环办监测函[2020]82号)
- [12] SL395-2007, 地表水资源质量评价技术规程[S].
- [13] 《地表水环境质量评价办法(试行)》(环办[2011]22号)