

# 基于水龄的河道型水库总磷评价标准参考值研究

赵艳民<sup>1</sup>, 马迎群<sup>1</sup>, 张雷<sup>1</sup>, 秦延文<sup>1</sup>, 乔飞<sup>1</sup>, 谢培<sup>1</sup>, 王丽婧<sup>2</sup>, 李虹<sup>2</sup>

(1. 中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 生态环境部河口与海岸带环境重点实验室, 北京 100012;

2. 国家长江生态环境保护修复联合研究中心, 北京 100012)

**摘要:**针对目前河道型水库TP评价标准存在争议的水环境管理实际问题,提出了基于水龄权重的TP评价标准参考值计算方法,并以三峡水库为例对方法进行展示,为河道型水库水环境精细化管理提供参考。基于水龄权重的三峡水库TP评价参考值计算内容包括:①以朱沱为控制断面,基于EFDC水动力模型模拟2017年三峡水库水动力过程,计算出三峡水库库区干流主要断面逐日水龄。②依据水龄将三峡水库各断面分为河流型水体(朱沱-清溪场,水龄均小于20 d)、河流型-过渡型混合型水体(苏家-白帝城,水龄在小于20 d和20~300 d变化)、过渡型水体(巫峡口-木鱼岛,水龄均在20~300 d)。③计算基于水龄权重的过渡型水体TP评价标准参考值,并据此对2017年三峡水库主要断面水质因子进行评价,结果表明三峡水库泄水期早期(1-2月),白帝城以下断面水质污染指数较高,风险较大。

**关键词:**河道型水库;评价标准参考值;水龄;评价方法;三峡水库

**中图分类号:**X824 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2022)03-0051-06

随着向家坝、溪洛渡、白鹤滩、乌东德等大型水库陆续蓄水运行,对于河道型水库的保护以及有效管理需求日益凸显。天然河道受大坝拦截成为河道型水库后,水库水动力特征引起特有的形态结构及调度方式与天然的河流和湖泊均不同,流速等关键水动力参数介于河流和湖泊之间,从库首至库尾呈现梯度变化(林秋奇和韩博平,2001)。大致可将水库划分为湖泊型、过渡型和河流型水体,不同水体分布范围随着来水量以及水库调度方式的不同呈现动态变化(林秋奇和韩博平,2001)。一般认为,适宜的气候下流速缓慢的水体在营养盐相对充足条件下更容易暴发水华(李锦秀和廖文根,2002)。国际上,通常按水体滞留时间对水体进行分类和对富营养化敏感程度进行估计,国际湖泊环境委员会按照水力学特点将水库区分为过流型(水力滞留时间<20 d)、过渡型(水力滞留时间20~300 d)和营养型(水力滞留时间>300 d)水体,不同水体对富营养化的敏感程度不同(Strskraba & Tundisi, 1999)。美国环境保护局同样以水力滞留时间20 d

作为河流及湖库富营养化基准研究的分界点(陆健健,1990)。国内主要根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)实施水环境管理,该标准TP指标区分河流标准和湖库标准,二者之间差距2~4倍,对于河道型水库是依据河流标准还是依据湖库标准进行评价考核,没有明确的说明。

考虑到水环境管理的需求,本文基于EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)水动力学水龄模型计算三峡水库水龄,并假定水龄与各断面水力停留时间一致,探讨基于水龄考虑各断面TP评价标准参考值,并应用基于水龄权重的评价标准参考值对三峡水库TP进行评价,以期为河道型水库水环境精细化管理提供参考。

## 1 河道型水库TP评价方法

### 1.1 概念模型

1.1.1 水力滞留时间 通常被定义为一种描述水动力能力的参数,其计算方法为湖库容积除以入湖/库流量(Wetzel, 2001)。然而该计算方法仅能表现一个湖库水体交换的平均能力,在湖库各个区域或点位上,无法给出具体的变化规律。水龄是指一个水包(一种不具有扩散降解能力的理想水团或水质点)离开其规定年龄为0的区域后达到某一位置所需要的时间(Gao et al, 2018),与水力滞留时间存在换算关系(胥瑞晨等,2020),可定量评价库区和河流水体运动和交换程度以及滞留情况。

收稿日期:2021-01-28 修回日期:2022-05-24

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC040470002);国家重点研发计划(2016YFA0600904)。

作者简介:赵艳民,副研究员,主要从事水生生态学、水环境管理与评价。E-mail:zhaoym@craes.org.cn

通信作者:秦延文,研究员,主要从事水环境管理评价。E-mail:Qinyw@craes.org.cn

**1.1.2 EFDC 模型** 该模型是一种免费、开源的水环境数学模型,可以对湖泊、河道、河口等水域进行有效模拟,是美国国家环境保护局推荐的水动力和水质模型之一,是美国最大日负荷总量(TMDL)等环境保护方案主要使用的水质模型(张以飞等,2015)。该模型在水平上使用二阶精度的有限差分格式,垂向上采用 $\sigma$ 坐标变换,能较好的拟合近岸复杂的岸线和地形,目前在河流(Ingny et al, 2017)、湖泊(张素香等,2018)等诸多水体中得到应用。

**1.1.3 水质评价** 本研究根据断面水龄以及水库分类标准将河道型水库不同河段区分为河道段、过渡段、湖泊段。河道段和湖泊段分别采用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中河流和湖泊水质标准,河道型水库水龄处于过渡段的,通过计算特定水龄的过渡型水体评价标准进行实现水质评价,具体公式如下:

$$\begin{cases} PI = \frac{C_i}{S_R} & WA_i \leq WAR \\ PI = \frac{C_i}{S_{mix_i}} & WAR < WA_i < WAL \\ PI = \frac{C_i}{S_L} & WA_i \geq WAL \end{cases} \quad (1)$$

式中: $C_i$ 为第*i*断面TP浓度; $S_R$ 为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)河流标准值; $S_L$ 为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)湖泊标准值; $S_{mix_i}$ 为过渡型水体评价标准值;PI为总磷评价指数; $WA_i$ 为第*i*断面水龄;WAR为河流型水体水龄评价标准;WAL为湖泊型水体水龄评价标准。

$S_{mix_i}$ 的确定过程为主要根据以下步骤进行推导。首先,在评价方法上可以借鉴模糊概念,即该水体既满足河流标准的评价又满足湖库标准的评价,评价结果上为采用河流标准限值评价结果与用湖库标准评价结果之和。

$$PI = \frac{C_i \times WAL_i}{S_L} + \frac{C_i \times WAR_i}{S_R} \quad (2)$$

式中: $WAL_i$ 为第*i*点位的湖库水龄权重; $WAR_i$ 为第*i*位的河流水龄权重;湖库水龄权重和河流水龄权重计算过程如下:

$$WAL_i = \frac{WA_i - WAR}{WAL - WAR} \quad (3)$$

$$WAR_i = \frac{WAL - WA_i}{WAL - WAR} \quad (4)$$

对以上公式化简可得到基于水龄的河道型水库过渡型水体评价标准参考值为:

$$S_{mix_i} = \frac{S_L S_R}{S_R \left( \frac{WA_i - WAR}{WAL - WAR} \right) + S_L \left( \frac{WAL - WA_i}{WAL - WAR} \right)} \quad (5)$$

## 1.2 研究区域概况

三峡工程是举世瞩目的水利枢纽,具有防洪、航运、发电等综合功能,三峡水库是国家战略性淡水资源库,也是长江上游的生态屏障。2003年6月三峡水库蓄水至135 m,2006年10月蓄水至156 m,2008年汛末开始175 m试验性蓄水,2010年正式蓄水至175 m正常水位(郑守仁,2010)。三峡水库年内水位运行周期可分为4个时期(图1):I期,即泄水期(1-6月),水位由175 m逐渐降至145 m;II期,即低水位期(6-9月),此时除了洪水来临拦蓄洪水削峰外,均维持145 m低水位运行;III期,即蓄水期(9月中下旬-11月),拦蓄汛末洪水,抬升水位至175 m;IV期,即高水位期(11-次年1月),维持175 m高水位运行。2020年7月1日,《三峡(正常运行期)-葛洲坝水利枢纽梯级调度规程(2019年修订版)》正式获批,依据该方案,三峡水库8月下旬水位允许上浮至150 m,9月10日水位允许由150 m抬升至150~155 m(中国三峡集团,2020),新的调度方式将导致三峡水库水流速度降低,某些断面水龄延长。

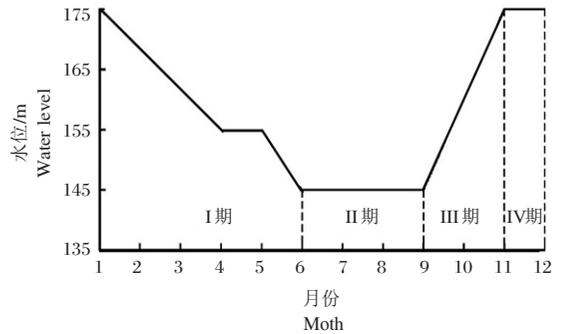


图1 三峡水库年度水位调度运行示意

Fig.1 Schematic diagram of annual water level regulation of the TGR

三峡水库蓄水运行后,对长江江津区至秭归县660 km江段水文情势产生显著影响(郑丙辉等,2006;王丽平等,2012;Holbach et al, 2013)。原有天然河道干支流水位升高、水力停留时间增加,流速减缓,输送氮、磷营养物质能力受阻(张远等,2006),库区富营养化问题日趋严重。

## 2 结果与讨论

### 2.1 三峡水库各断面水龄及基于水龄的分区

本研究对于三峡库区水龄计算采用EFDC模型,利用该模型水动力模块的示踪和水龄模拟功能,模拟研究区的水动力条件,计算不同断面水龄。具体

采用正交贴体网格,考虑河道地形,库区干流布置一维网格,水库大坝附近布置为平面二维网格,确定网格总数2 384个。为更好地处理水动力环境模拟中大量浅滩的“干出”与“淹没”,处理复杂的地形水域模拟,保证浅水区域计算的准确性,模型选用动边界处理技术,动态设置干湿网格。具体的模型的构建和验证、模型参数率定和验证等过程已另文发表(谢培等,2021)。

综合考虑水库蓄水影响范围、水文条件等因素分析时选取长江干流江津大桥(JJDQ)、丰收坝(FSB)、寸滩(CT)、清溪场(QXC)、苏家(SJ)、晒网坝(SWB)、白帝城(BDC)、巫峡口(WXK)、黄蜡石(HLS)、木鱼岛(MYD)等重点断面进行水龄计算。三峡水库各断面水龄见图2和表1。如图所示,2017年自朱沱至库首的木鱼岛,水龄呈逐渐增加的态势,江津大桥、丰收坝、寸滩距离三峡大坝分别为676.18、640.37和606.93 km,水龄年均值分别为3.17、4.51和4.90 d,距离大坝469.75 km的清溪场断面,水龄年均值10.73 d,最大值达到19.36 d。苏家、晒网坝、白帝城断面分别距离大坝364.34、273.81和156.73 km,年水龄均值分别为17.44、23.70和35.18 d,其中白帝城断面水龄最小值为17.78 d,接近河流型水体与过渡型水体分界线。巫峡口、黄蜡石、木鱼岛,水龄年均值分别为42.58、43.67和52.98 d,即使是水流速度最快的低水位期,水龄仍然高于20 d。

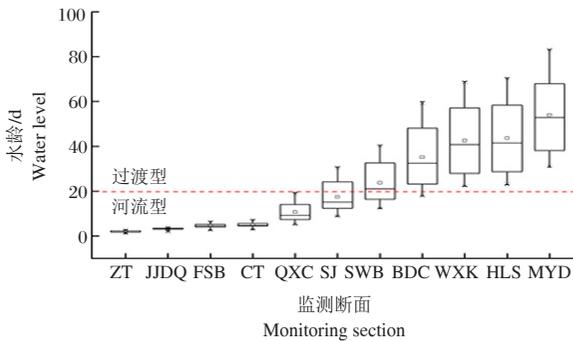


图2 2017年三峡水库库区监测断面水龄

Fig.2 Water residence time for each monitoring section of TGR

三峡水库建坝运行后,水库调度方式使一年内存在多个控制时段,使水污染及水体富营养化控制难度加大。因此,把握滞流区的分布,明确滞流区生消及大小变化,对于三峡水库这种重大水库水污染控制及水环境管理工作至关重要(富国,2005)。根据国际湖泊环境委员会编制的湖泊管理导则,在人工调节控制以及上游来水变动的条件下,朱沱至三峡大坝前的

木鱼岛断面,依据水龄分布可以大致分为3段(图3)。朱沱至清溪场段,全年水龄均低于20 d,可认定为三峡水库河流段;苏家、晒网坝、白帝城3个断面全年水龄为8.81~59.95 d,为河流-过渡型变动水体;巫峡口、黄蜡石和木鱼岛水龄均值分别为42.58、43.67和52.98 d,年内水龄最小值也均在20 d以上,即全年均表现为过渡型水体。

表1 三峡水库干流各断面水龄统计参数

Tab. 1 Statistical parameters of water residence time for each monitoring section of TGR

干流断面	距坝里程/km	平均水龄/d	最小值/d	下四分位数Q1/d	中位数/d	上四分位数Q3/d	最大值/d
朱沱	744.76	2.05	1.05	1.76	2.21	2.35	2.69
江津大桥	676.18	3.17	1.81	3.00	3.20	3.45	3.80
丰收坝	640.37	4.51	2.58	4.01	4.39	5.12	6.49
寸滩	606.93	4.90	2.92	4.38	4.68	5.56	7.21
清溪场	469.75	10.73	5.16	7.40	9.17	13.96	19.36
苏家	364.34	17.44	8.81	12.36	15.08	24.10	30.72
晒网坝	273.81	23.70	12.25	16.33	21.08	32.58	40.49
白帝城	156.75	35.18	17.78	23.14	32.53	48.07	59.95
巫峡口	78.09	42.58	22.21	27.95	40.76	57.08	68.89
黄蜡石	65.23	43.67	22.87	28.71	41.42	58.32	70.43
木鱼岛	2.66	52.98	30.77	38.12	52.93	67.94	83.26

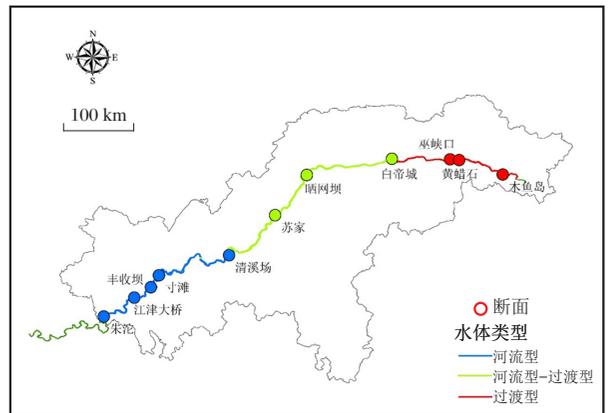


图3 基于水龄的三峡水库库区干流分类

Fig.3 Classification of mainstream types in Three Gorges Reservoir based on water residence time

2.2 基于水龄的三峡水库总磷评价标准参考值

根据模型对三峡水库2017年水龄的模拟计算,苏家-木鱼岛断面需要考虑过渡型水体评价标准,各断面随着水库运行调度以及上游来水的影响,不同月份水龄表现存在差异,基于水龄权重计算了苏家至坝前木鱼岛的总磷评价标准参考值,结果见表2。苏家断面在2017年1-2月、11-12月为过渡型水体;晒网坝1-4月、11-12月为过渡型水体;白帝城1-5

表 2 2017 年三峡水库库区各断面总磷评价标准参考值 mg/L

Tab.2 TP assessment standard values (mg/L) in the different sections of TGR in 2017

水期	月份	苏家	晒网坝	白帝城	巫峡口	黄蜡石	木鱼岛
高水位	1	0.190	0.172	0.149	0.138	0.136	0.130
泄水期	2	0.192	0.175	0.150	0.136	0.134	0.122
泄水期	3	河流标准	0.184	0.159	0.146	0.144	0.132
泄水期	4	河流标准	0.199	0.174	0.159	0.158	0.140
泄水期	5	河流标准	河流标准	0.186	0.172	0.170	0.151
泄水期	6	河流标准	河流标准	河流标准	0.190	0.189	0.167
低水位	7	河流标准	河流标准	河流标准	0.191	0.190	0.175
低水位	8	河流标准	河流标准	0.195	0.186	0.185	0.170
蓄水期	9	河流标准	河流标准	0.192	0.183	0.182	0.167
蓄水期	10	河流标准	河流标准	0.183	0.175	0.174	0.163
高水位	11	0.190	0.179	0.160	0.153	0.152	0.145
高水位	12	0.182	0.167	0.144	0.135	0.134	0.127

月、11-12月为过渡型水体;巫峡口至坝前木鱼岛,全年均为过渡型水体。

总磷与其他水质参数不同,同样的浓度在不同水域产生后果不同,取决于区域的水文情势、气候、水温、日照等多种因素(娄保锋等,2020)。美国早期水质基准(USEPA,1985)建议,为防止不直接汇入湖库的河流中浮游植物过度生长,理想的河流总磷浓度基准值为0.1 mg/L,而注入湖库水体不超过0.05 mg/L。随后,部分研究建议河流TP浓度指导值为0.08 mg/L(Smith et al,2003)。本研究依据水龄将三峡水库分区,并依据不同月份水龄建立基于水龄考虑的TP评价标准值,各断面评价标准在0.05~0.20 mg/L,随着水库运行周期以及上游来水而变动,有助于对三峡水库制定更细致的水环境政策,控制TP污染。

### 2.3 三峡水库非河流型水体水质评价

采用单因子指数法对三峡水库过渡段各监测断面2017年TP进行评价,评价结果见图4。以《地表水环境质量标准》(GB38382002)Ⅲ类水河流型TP标准评价各断面水质,结果显示,TP单因子指数在0.2~0.7,时间上,高水位运行期10-11月蓄水期各断面水质指数一致性较好,指数值较低,2-5月泄水期和6-9月低水位期各断面水质分化较大。与氮不同,水环境中的磷具有“颗粒吸附属性”,即磷容易与泥沙表面或内部所附着的金属氧化物、小分子有机质及钙离子等发生吸附、络合或沉淀反应等,形成不同于水的含磷化合物,进而伴随着悬浮泥沙颗粒沿着水流方向进行输移(Tang et al,2018)。蓄水后,三峡库区水流速度减慢,水位抬升,吸附在颗粒物上的磷沿程沉降,有利于库区总磷浓度降低,因此蓄水期和高水位期以河流标准评价,水污染指数较低。然而,11-12月高水位期以及

1-4月缓慢泄水期由于流速降低、水龄延长,湖泊属性强,对TP的敏感程度上升,基于水龄考虑的评价标准参考值计算的污染指数明显高于基于河流标准值计算的水污染指数,如巫峡口2月基于水龄考虑的评价标准参考值的TP污染指数为0.91,比采用河流标准计算的污染指数增加50%,存在较大超标风险,晒网坝9月TP浓度在过渡型水体中最高,但综合考虑水龄的影响,该断面9月执行河流标准,水污染指数为0.71,超标风险较小。长江、嘉陵江、乌江(上游三江)输入的TP占三峡水库TP污染负荷的比重高达80.5%(王丽婧等,2020),基于水龄考虑的评价标准参考值均在12月至次年2月的高水位期出现低值。结合水龄分析,需要高度重视朱沱9-10月蓄水期入库水质。

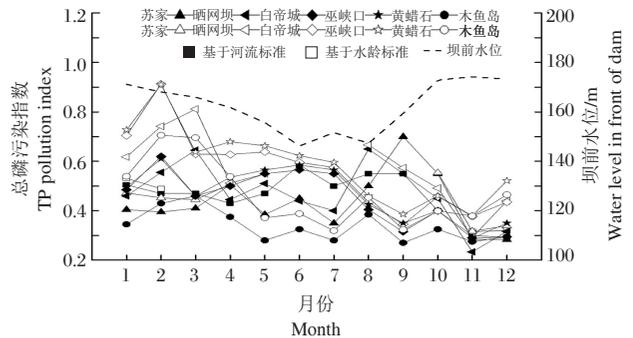


图 4 2017 年三峡水库河湖过渡段监测断面 TP 污染指数  
Fig.4 Monthly variation in TP pollution index of the transitional sections in TGR

空间上,年内大部分月份水龄高于20 d的白帝城,全年各月水龄均超过20 d的巫峡口、黄蜡石断面水污染指数较高。根据长江泥沙公报,在不考虑区间来沙的情况下,2017年三峡水库库区淤积泥沙0.312亿t(水利部长江水利委员会,2017),泥沙淤积

主要集中在涪陵-云阳段(本文对应清溪场至晒网坝段,为河流-过渡性水体),大量磷随着泥沙淤积至沉积物中。但万州以下高浓度TP的区间来水补充(秦延文等,2019),导致白帝城、巫峡口、黄蜡石断面TP浓度相比苏家、晒网坝等断面没有明显降低,而水流速度减慢,水龄增长,TP超标风险增大。

### 3 结论

(1)基于EFDC模型计算了三峡水库库区干流主要监测断面的水龄,在假定水龄和水体滞留时间相等的前提下,根据国际湖泊环境委员提出的水体划分标准,三峡水库朱沱至清溪场段为河流型水体,苏家至白帝城为河流-过渡型水体,巫峡口至木鱼岛为过渡型水体。

(2)提出了基于水龄权重确定河道型水库TP评价标准参考值的计算方法,计算了2017年三峡水库苏家至木鱼岛的逐月TP评价标准参考值,评价结果更具有科学性。

(3)采用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)III类河流标准值和基于水龄权重修正的过渡型水体评价标准参考值,对2017年三峡水库TP进行评价,结果表明,泄水期早期(1、2月)白帝城以下断面水污染指数较高,超标风险较大。

### 参考文献

富国,2005.湖库富营养化敏感分级水动力概率参数研究[J].环境科学研究,18(6):80-84.

李锦秀,廖文根,2002.富营养化综合防治调控指标探讨[J].水资源保护,2:4-5.

林秋奇,韩博平,2001.水库生态系统特征研究及其在水库水质管理中的应用[J].生态学报,(6):1034-1040.

娄保锋,卓海华,周正,等,2020.近18年长江干流水质和污染物通量变化趋势分析[J].环境科学研究,33(5):1150-1162.

陆健健,1990.中国湿地[M].上海:华东师范大学出版社.

秦延文,韩超南,郑丙辉,等,2019.三峡水库水体溶解磷与颗粒磷的输移转化特征分析[J].环境科学,40(5):156-163.

水利部长江水利委员会,2017.长江泥沙公报[R].武汉.

王丽婧,李虹,杨正健,等,2020.三峡水库蓄水运行初期(2003-2012年)水环境演变特征的“四大效应”[J].环境科学研究,33(5):1109-1118.

王丽平,郑丙辉,张佳磊,等,2012.三峡水库蓄水后对支流大宁河富营养化特征及水动力的影响[J].湖泊科学,24(2):232-237.

谢培,乔飞,秦延文,等,2021.三峡库区水质和水龄数值模拟研究[J].环境科学学报,41(2):574-582.

胥瑞晨,逢勇,胡祉冰,等,2020.太湖水龄与水力停留时间关系及参数敏感性[J].水资源保护,36(3):34-39.

张素香,许新发,徐兴,等,2018.鄱阳湖水龄季节性变化特征[J].湖泊科学,30(1):201-212.

张以飞,王玉琳,王靓,等,2015.DFDC模型概述与应用分析[J].环境影响评价,37(3):70-72.

张远,郑丙辉,富国,等,2006.河道型水库基于敏感型分区的营养状态标准与评价方法研究[J].环境科学学报,26(6):1016-1021.

郑丙辉,张远,富国,等,2006.三峡水库营养状态评价标准研究[J].环境科学学报,26(6):1022-1030.

郑守仁,2010.三峡工程试验性蓄水175m水位运行的相关问题[J].人民长江,41(8):1-4.

中国三峡集团,2020-07-11.三峡正常运行期调度规程2019年修订版正式获批[EB/OL].[2021-10-18].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1671887300363154090&wfr=spider&for=pc>

Gao Q, He G, Fang H, et al, 2018. Numerical simulation of water age and its potential effects on the water quality in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Hydrology, 566:484-499.

Holbach A, Wang L, Hao C, 2013. Water mass interaction in the confluence zone of the Daning River and the Yangtze River—a driving force for algal growth in the Three Gorges Reservoir[J]. Environmental Science & Pollution Research International, 20(10):7027-7037.

Lee I, Hwang H, Lee J, et al, 2017. Modeling approach to evaluation of environmental impacts on river water quality: A case study with Galing River, Kuantan, Pahang, Malaysia[J]. Ecological Modelling, 353:167-173.

Smith R A, Alexander R B, Schwarz G E, 2003. Natural background concentrations of nutrients in streams and rivers of the coterminous United States[J]. Environmental Sciences & Technology, 37:3039-3047.

Strskraba M, Tundisi J G, 1999. Guidelines of lake management: Reservoir water quality management (Vol. 9) [M]. Shiga Japan: International Lake Environment Committee:66.

Tang X, Wu M, Li R, 2018. Phosphorus distribution and bio-availability dynamics in the mainstream water and surface sediment of the Three Gorges Reservoir between 2003 and 2010[J]. Water Research, 145:321-331.

US Environmental Protections Agency, 1985. Quality criteria for water 1986[S]. Washington DC: Office of water regulations and standards.

Wetzel R G, 2001. Limnology: lake and river ecosystems[M]. Oxford: Gulf Professional Publishing:77.

## An Assessment Standard Reference Value for Total Phosphorus in River-Type Reservoirs Based on Water Residence Time

ZHAO Yan-min<sup>1</sup>, MA Ying-qun<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>, QIN Yan-wen<sup>1</sup>, QIAO Fei<sup>1</sup>, XIE Pei<sup>1</sup>, WANG Li-jing<sup>2</sup>, LI Hong<sup>2</sup>

- (1. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, P.R. China;
2. National Joint Research Center for Yangtze River Conservation, Beijing 100012, P.R. China)

**Abstract :** In this study, a TP assessment standard reference value for river-type reservoirs was proposed based on the reservoir residence time, and Three Gorges Reservoir (TGR) was chosen as an example to demonstrate the calculation method. The aim was to provide a reference for managing river-type reservoirs. First, in 2017, an EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) model was used to simulate the hydrodynamics of Three Gorges Reservoir, and the residence time of water in different sections of the Three Gorges Reservoir mainstem were calculated using the Zhutuo reach as the control section. Then, the monitoring sections in Three Gorges Reservoir were classified into three types, according to water residence time: (1) River (residence time <20 days): Zhutuo, Ji-angjindaqiao, Fengshouba, Cuntan, Qingxichang; (2) River-Transitional (residence time 20-300 days): Sujia, Shaiwangba, Baidicheng; (3) Transitional (residence >300 days): Wuxiakou, Huanglashi, Muyudao. Finally, the assessment standard reference values for TP for transitional sections were calculated based on the water residence time. The TP concentrations in transitional sections in Three Gorges Reservoirs in 2017 were determined based on the calculated assessment standard values of TP, which was used to assess the TP pollution of Three Gorges Reservoir. The evaluation results show that the TP pollution indices for Baidicheng, Wuxiakou, Huanglashi sections were high in January and February and indicate a higher pollution risk.

**Key words :** river-type reservoir; assessment standard reference value; water residence time; assessment method; Three Gorges Reservoir(TGR)