

浅析三峡工程建成后对洞庭湖水环境的影响

陈绍金

(河海大学公共管理学院 江苏 南京 210098)

摘要 :从水环境的角度分析三峡工程对洞庭湖的影响 ,研究三峡工程建成后洞庭湖的水环境容量、淤沙变化、化学特征、生态环境变化 ,提出三峡工程建成后对洞庭湖水环境的影响主要有三方面 :①枯水期增泄流量及洪水期减泄流量对水生动植物的影响 ②水库拦蓄泥沙对淤积的影响 ③对水质的影响。

关键词 :三峡工程 ;洞庭湖 ;水环境容量

中图分类号 :X26 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2004)05-0033-05

1 洞庭湖水环境现状分析与评价

1.1 概况

洞庭湖位于湖南省北部 ,长江荆江河段南岸 ,目前为我国第二大淡水湖 ,跨湖南、湖北两省 ,总流域面积 257212 km² (不含松滋、太平、藕池、调弦四口以上集雨面积) 。洞庭湖区是指荆江河段以南、四水(湘、资、沅、澧)控制站以下 ,高程在 50 m 以上 ,跨湘、鄂两省的广大平原、湖泊水网区 ,总面积 18780 km² ,其中天然湖泊面积 2625 km² ,洪道面积 1418 km² ,湖区总人口 1200 万人 ,耕地面积 76.9 万 hm² ,农业总产值 215 亿元 ,是我国重要的商品粮、棉、油、鱼生产基地。

洞庭湖容纳四水和四口(其中调弦口已于 1959 年建闸控制)以及环湖区的汨罗江、新墙河等中小流域产生的径流 ,经湖泊调蓄后 ,在城陵矶注入长江 ,构成复杂的洞庭湖水系。全湖区由四水尾间地区 ,荆南四口分流洪道以及东、南、西洞庭湖构成。湖区地形呈东、南、西三面高起 ,顺势向北倾斜 ,为敞口的马蹄形复式盆地结构 ,形成以湖泊为中心的向心状水系。

1.2 泥沙淤积现状分析

洞庭湖的来水、来沙由三口(松滋、太平、藕池)四水及环湖水系构成^[1] ,其水沙总体构成见表 1。

从 1951 ~ 1998 年的多年平均情况来看 ,进入洞庭湖的悬移质输沙量为 17302 万 t ,其中来自长江三口的为 13961 万 t ,占 80.69% ,来自四水的为 3341 万 t ,占 19.31%。如果洞庭湖的湖泊面积以 1988 年实测湖盆地形图的量算结果 2620 km² 计 ,则湖盆年平均淤高约 3.67 cm ,47 年累计平均淤高 1.72 m。长江来

沙是造成洞庭湖淤积的主要原因。

表 1 洞庭湖来水、来沙构成统计

年 份	入湖总径流量/亿 m ³				入湖总沙量/万 t		
	三口	四水	区间	合计	三口	四水	合计
1951 ~ 1958	1577	1755	299	3631	22039	4376	26415
1959 ~ 1966	1335	1536	226	3097	19043	2834	21877
1967 ~ 1972	1022	1727	231	2980	14416	4079	18495
1973 ~ 1980	834	1698	256	2788	11076	3663	15369
1981 ~ 1990	760	1556	275	2592	10917	2381	13298
1991 ~ 1998	621	1888	366	2875	7345	2303	9648
1951 ~ 1998	1001	1685	293	2979	13961	3341	17302

1.3 水化学特征现状分析

根据中国科学院南京地理与湖泊研究所 1997 年 9 ~ 10 月洞庭湖的考察结果 ,结合湖南省洞庭湖环境监测站 1996 年 20 个测点的监测资料 ,对洞庭湖的水化学特性的时空分布进行简要分析。

a. 根据 Q.A 阿列星分类法 ,洞庭湖湖水的水型属重碳酸盐钙组 I 型水。

b. 洞庭湖水总硬度的分布特点是 :上下游高 ,中间低 ,湖汊高 ,开敞湖区低 ;洞庭湖水 pH 值 7.00 ~ 8.86 ,全湖平均 pH 值 7.54 ,呈弱碱性。

c. 洞庭湖的悬浮物主要是泥沙 ,兼有浮游动植物等其他有机体 ,全湖悬浮物平均为 76.4 mg/L ,变化范围在 4.5 ~ 600.0 mg/L 之间。

d. 由监测结果可知 ,洞庭湖水中 TP、TN 质量浓度较高 ,湖水已受到 TP、TN 等的污染。全湖平均超标率达 80.7% ,NH₄-N 的超标率为 17.6% ,其他营养元素均未超标。

e. 根据 1996 年 1 月、5 月和 9 月的 119 个样品检测可知 ,洞庭湖湖水未受 Cr 和 Cd 的污染 ,Cu、Pb、

作者简介 陈绍金(1960—)男 ,湖南湘潭人 ,博士研究生 ,高级工程师 ,从事水利科技管理工作。

Zn 和 As 含量较低,未出现超标现象。

1.4 排污现状分析及评价

洞庭湖区主要工业排污口日排污水总量 149.5 万 m^3 ,其中日排 BOD_5 、 COD_{Cr} 、酚、石油类和氰化物等污染物总量分别为 38 345 kg、223 733 kg、44.3 kg、8.8 kg 和 84.8 kg,并且具有以下特点:①排污口相对集中于东、南洞庭湖及其入湖水系。②有机废水的日排污量为 134.6 万 m^3 ,占日排污水总量的 90%,化工类的日排污水量为 112 万 m^3 ,占 7.6%,其他日排污水量为 3.6 万 m^3 ,占 2.4%。③局部地区污染源较集中。东洞庭湖污染物以纺织业和化工类为主,南洞庭湖的污染源以造纸业为主,西洞庭湖的污染源也以造纸业为主。

1.5 水质评价

a. 水质评价参数选取。为有效地揭示洞庭湖水质的受污染程度,选择 pH 值、DO、 COD_{Mn} 、 BOD_5 、非离子氨、 NH_4-N 、 NH_3-N 、 NH_2-N 、酚、氰、Cr、Cu、Pb、Zn 和总大肠菌群等作为评价参数。

b. 评价结果。按照 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,洞庭湖水质多在 I 类至 IV 类之间。pH 值、DO、 BOD_5 、非离子氨、 NH_4-N 、 NH_3-N 、 NH_2-N 、酚、氰、Cr、As、Cu、Pb 和 Zn 全年平均监测值均符合 I 类水质标准; COD_{Mn} 为 II 类;总大肠杆菌为 III 类;TN 和 TP 为 IV 类。湖泊水质年内变化不大,呈丰水期(9 月)稍好、平水期(5 月)次之、枯水期(1 月)稍差的特点。由于洞庭湖属吞吐型湖泊,湖泊水质主要受入湖径流的水质控制,丰水期径流的稀释作用较枯水期稍强。

c. 富营养化评价结果。以分级评分法为基础,对物理、化学和生物主要参数进行分析。结果表明:洞庭湖富营养化状况为中度富营养至重度富营养,在参评的 10 个测点中,中度富营养级占 80%,重度富营养级占 20%。年内丰水期(9 月)、平水期(5 月)和枯水期(1 月)的湖水营养状况具有一定差别,但分数差异不大(20 分以内),说明洞庭湖湖水营养级的年内变化无显著差异。

2 三峡工程运行后工程作用因素分析及洞庭湖水环境容量变化预测

湖泊水环境容量,是指湖泊水环境在一定功能要求、设计水文条件和水环境质量目标下,所允许容纳的污染物最大数量,即在水环境功能不受破坏的条件下,水体接纳污染物的最大数量。三峡工程运行后,受其运行调度的影响,洞庭湖的水文条件和水

体自净能力必然受其影响,因此洞庭湖的水环境容量也会发生变化。

2.1 洞庭湖设计水量

2.1.1 三峡水库下泄流量调度方式

湖泊的设计水量包括设计湖泊容积、面积、平均水深、入湖出湖水量。三峡工程运行后,洞庭湖受其运行调度的影响,这些水文参数也发生相应的变化。

三峡建坝后,每年 10 月份开始蓄水,下泄流量比多年平均减少 7 890 m^3/s ,1~3 月份枯水期间,流量比天然状况增加 1 170~1 760 m^3/s 。4 月份减少 370 m^3/s ,5 月份增加 3 760 m^3/s 。6~9 月为洪水期,流量与天然状况一样。

从多年月平均流量来看,宜昌站 10 月份天然月平均流量为 18 134 m^3/s ,而三峡工程运行后的调度流量大约只有 10 800 m^3/s ;11 月份从天然月的 9 885 m^3/s 变化为运行后的 9 300 m^3/s 。宜昌站 1 月到 6 月上旬,运行后下泄流量大于天然流量,水库出库流量均超过 5 500 m^3/s 。长江干流宜昌站以下,10 月至次年 5 月份的流量变化最大,其次是 1~3 月份,要比天然状况下每天平均多下泄 1 610 m^3/s 。宜昌站多年月平均流量见图 1^①。

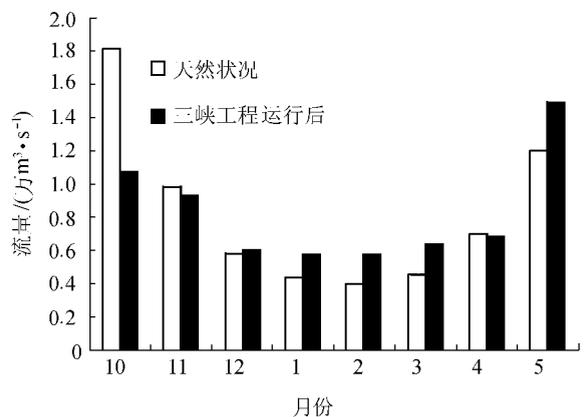


图 1 宜昌站多年月平均流量过程

2.1.2 洞庭湖水量的变化

三峡工程运行后,水库下泄流量的变化及河床的冲刷必定影响三口的分流,入湖水量将会发生改变。10 月水库减泄,长江水位降低,湖泊水位比建坝前提前降落,水量减少;1~4 月长江水位有所抬高,但对洞庭湖水位无明显影响,洪水期水位降低。

由于枯水期洞庭湖水量较少,水体稀释自净能力较弱,加之三峡工程运行后 10 月枯水期水量减少,水体纳污能力减少,因此要求对洞庭湖的不同典型年枯水期 11 月至次年 5 月的水位流量的变化进

① 湖南省水利厅.洞庭湖水文气象统计分析.1989.

行预测分析。

三峡水库运行后,湖区主要水文控制站的水位、流量都将发生变化。根据现有水文资料选定了1964年(丰水年)、1968~1969年和1998~1999年(枯水年)、1974~1975年和1996~1997(中水年)的5个枯水期。根据《三峡工程运行后对洞庭湖枯水期水位的影响研究》的计算结果,三峡水库运行前后城陵矶各年份的水位变化趋势见图2(正值表示水位抬高,负数表示降低)。

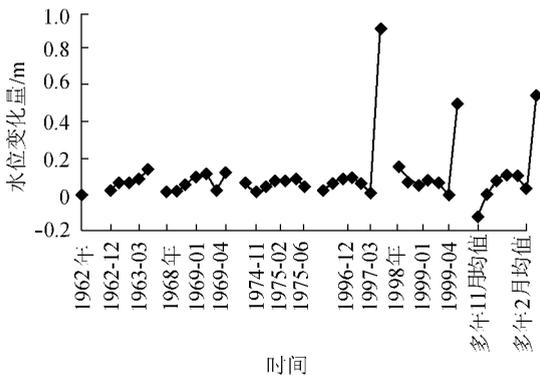


图2 三峡工程运行前后城陵矶水位变化差值

从图2可见,11月份城陵矶多年月平均水位在三峡工程运行后有所下降,其值约0.13 m,12月份城陵矶多年月平均水位与运行前基本相等。1~3月份,由于三峡水库运行后下泄流量增加幅度较大,因此对城陵矶水位的影响也较大,多年月平均水位运行前最高增加0.1 m。4月份由于水库下泄流量较均匀,因此城陵矶多年月平均水位较运行前抬高0.02 m。5月份,三峡工程运行后增加下泄流量,宜昌站较天然流量增加3200 m³/s左右,致使城陵矶多年月平均水位较实测抬高0.53 m。

根据上述水位研究成果,利用城陵矶水位与流量关系推求出湖流量。根据有关研究成果,利用1995年湖容与水位关系和面积与水位关系计算相应湖泊容积与面积,用容积除以面积得平均水深。

2.2 洞庭湖水环境容量演变趋势

三峡水库运行后,水库下泄沙量减少,坝下河床冲刷,三口分流进入洞庭湖的沙量和水量将大幅度减少,洞庭湖的水量、湖泊面积及平均水深都会发生相应的改变,其水环境容量将会发生相应的变化。

根据洞庭湖污染特性分析,枯水期其敏感性参数为COD、TP、TN等,因此选定这3个参数,就三峡水库运行前后运用模型对典型年枯水期的11月至次年5月的水环境容量进行计算分析,并选择几个典型洪水年进行了水环境容量计算。

根据可持续发展战略及水资源保护规划对洞庭湖水环境质量的要求,以防止湖泊受有机物污染和

水体富营养化的发生,洞庭湖水体要维持现状水质,COD、TP、TN的水质保护目标为Ⅲ类水,其标准分别为15 mg/L、0.025 mg/L和0.3 mg/L。

2.2.1 洞庭湖现状水环境容量

根据洞庭湖的水体污染特性、自净能力和水质目标,对5个典型年11月至次年5月COD、TP、TN的水环境容量进行计算。多年月平均水环境容量见表2。

表2 洞庭湖多年月平均水环境容量统计 t

月份	COD	TN	TP
11	122903.5	71836.1	5986.3
12	169610.5	67816.7	5451.4
1	69104.1	64149.5	5345.8
2	69414.4	64214.5	5351.2
3	56227.2	66180.7	515.1
4	108295.8	70632.2	5886.0
5	52429.3	77980.2	6498.4

从表2可以看出,1月份3个参数的水环境容量都较小,这主要是由于1月份的洞庭湖的水环境容量最小。COD、TP、TN的年平均水环境容量分别为159970.7 t、68972.8 t和5747.7 t。

2.2.2 三峡工程运行后洞庭湖水环境容量变化

a. 三峡工程运行后对洞庭湖多年平均水环境容量影响分析。从表3来看,由于三峡水库运行后11月份开始蓄水,经三口分流进入到洞庭湖的水量减少,水环境容量相应减少,COD、TN、TP的多年月平均水环境容量分别减少8963.9 t、240.93 t和20.08 t。由于水库12月份的下泄流量变化在运行前后不明显,12月份城陵矶多年月平均水位与运行前基本相等,因而水环境容量也没有变化。1~3月,由于三峡水库运行后下泄流量较均匀,因此洞庭湖多年月平均水位较运行前抬高不多,只有0.02 m,因而水环境容量也就增加不多。5月份,三峡工程运行后增加下泄流量,宜昌站较天然流量增加3200 m³/s左右,水环境容量增加较快。

表3 三峡工程运行后洞庭湖多年月平均水环境容量变化 t

月份	COD		TN		TP	
	运行后	运行后-运行前	运行后	运行后-运行前	运行后	运行后-运行前
11	113939.6	-8963.9	71595.2	-240.93	5966.3	-20.08
12	169610.5	0.0	67816.7	0.00	5651.4	0.00
1	69856.8	752.7	64301.1	151.56	5358.4	12.63
2	70526.1	1111.7	64430.5	215.97	5369.2	18.00
3	56569.1	341.9	66371.8	191.10	5531.0	15.93
4	109078.9	783.0	70667.3	35.07	5888.9	2.92
5	547908.6	23669.3	78549.6	569.33	6545.8	47.44

b. 三峡工程运行后对所选典型年枯水期洞庭湖月平均水环境容量影响分析。利用水位演变的研究

表 4 三峡工程运行后洞庭湖典型年月平均水环境容量

时间	COD	TN	TP
1964-01	172 874.8	66 756.1	5 563.0
1964-02	147 228.4	65 813.7	5 484.5
1964-03	416 997.1	71 841.2	5 986.8
1964-04	803 358.9	78 856.2	6 571.4
1964-05	840 587.0	81 155.1	6 762.9
1968-11	236 285.4	72 658.5	6 054.9
1968-12	144 693.4	67 660.7	5 638.4
1969-01	135 014.1	66 367.5	5 530.6
1969-02	13 442.5	64 653.5	5 387.8
1969-03	124 588.0	64 367.9	5 364.0
1969-04	121 814.9	67 861.4	5 655.1
1969-05	287 764.2	73 992.0	6 166.0
1974-11	119 648.6	70 062.8	5 838.6
1974-12	83 398.7	66 409.2	5 534.1
1975-01	65 626.7	64 495.7	5 374.6
1975-02	65 688.6	64 475.6	5 373.0
1975-03	175 584.3	67 624.7	5 635.4
1975-04	376 326.2	72 830.4	6 069.2
1975-05	1 102 532.8	83 937.6	6 994.8
1996-11	233 121.2	73 768.4	6 147.4
1996-12	100 241.9	67 801.3	5 650.1
1997-01	95 399.7	65 848.1	5 487.3
1997-02	250 320.0	69 463.9	5 788.7
1997-03	255 527.5	70 370.5	5 864.2
1997-04	444 103.0	76 166.4	6 347.2
1997-05	515 307.0	78 172.4	6 514.4
1998-11	103 226.1	70 358.2	5 863.2
1998-12	66 681.3	66 802.8	5 566.9
1999-01	66 636.7	65 231.7	5 436.0
1999-02	78 006.5	64 611.7	5 384.3
1999-03	86 574.4	63 606.7	5 300.6
1999-04	273 363.6	70 604.9	5 883.7
1999-05	460 550.8	77 721.2	6 476.8

用三峡工程运行后的洞庭湖 COD、TN、TP 水环境容量减去运行前的容量所得差值绘制变化图,见图 3、图 4。3 个参数容量差值变化曲线形状很相似,这与水文条件的变化紧密相关。

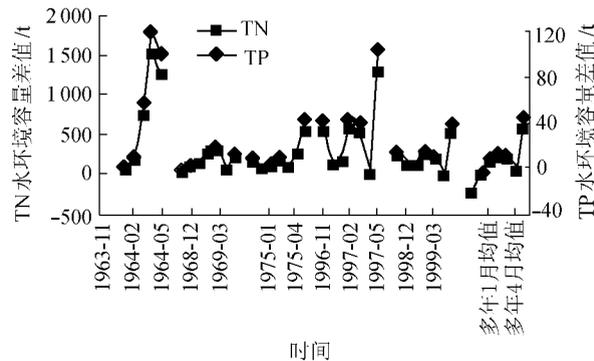


图 3 三峡工程运行前后 TN、TP 水环境容量差值变化

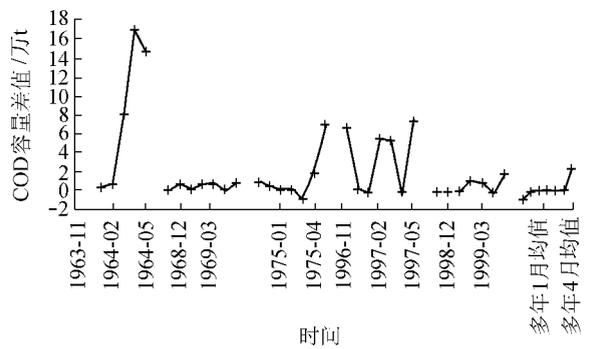


图 4 三峡工程运行前后 COD 容量差值变化

水环境容量增加最多的是在 1964 年 4 月、5 月。由于 1964 年为丰水年份,水量猛增,城陵矶水位为 25.15 m、27.59 m,三峡工程运行后水位抬升加多,分别增加 0.09 m、0.14 m,流量也相应增加。水环境容量增加次之的是 1997 年 5 月,三峡工程运行后水位上升 0.90 m,流量增加近 1 900 m³/s,从而水环境容量也增加较快。增加水环境容量较多的时间段是 1964 年 11 月至 1997 年 5 月。

从多年月平均的变化来看,11 月份的水环境容量较运行前有所减少,主要是由于其水位运行前下降了 0.13 m 及水量的相应减少。12 月份没有变化,1 月、4 月份水位只增加了 0.07 m、0.02 m,因此水环境容量增加不多。5 月份水位增加了 0.53 m,从而使水环境容量增加较多。

3 三峡工程建成后水环境变化趋势分析

三峡工程是我国治理开发长江流域的关键工程,具有防洪、发电、航运等综合效益,在给洞庭湖区带来综合效益的同时,也将给洞庭湖区带来许多新情况、新问题,水环境的变化就是其中之一。

3.1 对洞庭湖淤沙的影响

鉴于洞庭湖淤沙主要来自长江,这里只分析三口分沙量的变化和冲淤变化。

三峡工程建成后,荆江河道在不同时期、不同河段将发生不同程度的冲刷,沿程水位也将出现不同程度的下降,这样就给三口分沙量带来影响。当水库运行 50 年后,荆江河段冲刷停止并转入回淤,这时三口分沙才趋于稳定^①。在这一新的水文条件下,三口分流洪道将产生新的冲淤变化(表 5)。

三峡水库运行初期 30 年,水库排沙比为 30% ~ 35%,11 ~ 20 年三口分沙量是现状值的 25.8% ~ 33.8%,水库运行中期以后,水库下泄沙量增加,荆江河段也有回淤,但分沙量难以恢复到现状水平,水库运行 30 年来,入湖沙量比现状值(1981 ~ 1996 年

① 长江科学院. 三峡水库下游宜昌至大通河段冲淤—维数模计算报告. 2000.

统计值)减少 18.23 亿 t,年均沙量减少 0.6 亿 t。可见,三峡建库后的减淤作用对洞庭湖治理有利。

表 5 荆江三口洪道分沙量变化 亿 t

时 段	分 沙 量		
	松滋	太平	藕池
1981~1994 年	0.456	0.170	0.344
建库后 10 年	0.153	0.071	0.175
建库后 20 年	0.155	0.063	0.111
建库后 30 年	0.173	0.071	0.117
建库后 40 年	0.200	0.081	0.135
建库后 50 年	0.244	0.099	0.164
建库后 60 年	0.312	0.126	0.209
建库后 70 年	0.361	0.146	0.241
建库后 80 年	0.400	0.162	0.268
建库后 90 年	0.415	0.168	0.278
建库后 100 年	0.426	0.172	0.285

三峡水库运行后由于三口来沙量的变化,也将给洞庭湖的泥沙冲淤带来一定的变化。

据研究,自 20 世纪 50 年代至 90 年代,洞庭湖的泥沙淤积量沿时程逐年减少,但淤积百分比基本保持在 75%左右。三峡工程运行后的 11~20 a,年均输沙量为 0.279 亿 t,比现状值减小 0.651 亿 t,减少幅度为 70%。工程运行后的 41~50 a,三口分沙基本稳定,年均分沙量为 0.365 亿 t,比现状值减少 0.565 亿 t,减少幅度为 61%。随着来沙量的减少,在洞庭湖落淤的泥沙量也会减少。根据洞庭湖泥沙落淤率基本保持在 75%左右的特点,三峡工程运行 11~20 a,落淤泥沙减少 0.488 亿 t,占全湖落淤泥沙的 45%。运行 41~50 a,落淤泥沙减少 0.424 亿 t,占全湖落淤泥沙的 39%。三峡工程运行 30 年后,总计落淤泥沙可减少 13.67 亿 t,可见三峡工程对减少长江泥沙对洞庭湖的淤积作用显著。其次是淤积部位的变化。根据东、南、西洞庭湖泥沙淤积高程分布规律,东洞庭湖泥沙主要淤积在高程 26 m 左右,南洞庭湖和目平湖主要淤积在高程 27 m 左右。三峡工程运行 50 年后,城陵矶至汉口河段平均冲深 2.49 m,湖口平均水位下降 1.5 m,这样洞庭湖主要泥沙淤积部位也会降低 1 m 左右,亦即今后洞庭湖泥沙主要淤积高程为东洞庭湖 25.0 m 左右,西、南洞庭湖为 26.0 m 左右的区域范围^①。

3.2 对洞庭湖水化学特征及生态环境的影响

根据水文预测成果,由于三峡水库的调蓄作用,枯水期增加下泄流量约 4000 m³/s,洪水期减少下泄流量约 4000 m³/s。根据上述数据,可计算丰、枯两个时期洞庭湖水量的增减值,从而估算各个时期对洞庭湖的水化学特性的影响。

枯水期由于增泄流量,日增加入湖水量约为 0.9 亿 m³,改善洞庭湖水质影响系数约为 0.55,按换水周期计算,影响洞庭湖水质因素系数为 9.75。

丰水期由于减泄流量,日减少入湖水量约 1.03 亿 m³,改善影响水质系数为 0.49,若按换水周期计算,影响洞庭湖水质因素系数为 8.89。

三峡水库建成后,减少了入湖泥沙与水量,湖区淤积速度减缓,有利于洞庭湖的调蓄作用,汛期下泄流量减少,对洞庭湖的防洪与排渍具有重要作用。因此三峡水库建成后不会扩大该湖区潜育化、沼泽化,相反将有利于加快其脱沼、脱潜过程。但是,随着枯水期水位的提高,对洞庭湖的水生生物及鸟类的生存将产生一定的不利影响。

4 结 论

三峡水库的建成,对洞庭湖的水环境影响主要包括三个方面:一是枯水期增泄流量及洪水期减泄流量对洞庭湖水生动植物的影响;二是水库拦蓄泥沙对洞庭湖淤积的影响;三是对洞庭湖水质的影响。

当三峡水库增泄流量时,总体来说,对洞庭湖的水质改善是有利的,可以稀释湖水的污染程度,但是对农田的排渍、土壤潜育化及湖区动植物的生存有一定的不利影响。当三峡水库洪水期减泄流量时,可显著改善洞庭湖特别是东洞庭湖的防洪形势,缓解目前防汛的紧张状况,但对南洞庭湖的防洪影响较弱,因而南洞庭湖的防洪形势不容乐观,西洞庭湖则介于两者之间。必须指出,由于洪水期流量减少,洪水时间延长,枯水期水位升高,时间同样延长,大堤长期浸泡水中,对大堤的安全应引起重视并进行研究。

三峡水库运行后,冲刷段均经历冲刷、平衡、回淤三个阶段。三峡水库运行 50 年后,城陵矶段开始回淤,之后累积冲刷逐年减小。因而对洞庭湖的泥沙淤积问题可简单地认为是减少淤积,有利于洞庭湖的治理。

参考文献:

- [1] 黎昔春.洞庭湖来水来沙特性分析[J].湖南水利水电, 2000(6):30~31.

(收稿日期 2003-05-29 编辑:傅伟群)

① 长江科学院.洞庭湖演变及三口分流道冲淤初步计算分析,1998.