

# 湖泊最低生态水位计算方法

徐志侠<sup>1</sup>, 陈敏建<sup>2</sup>, 董增川<sup>1</sup>

(1. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京水利科学研究院, 南京 210029)

**摘要:** 研究湖泊最低生态水位的计算方法, 对解决我国湖泊生态退化问题具有重要现实意义。针对我国湖泊生态资料缺乏的情况, 提出 3 种确定湖泊最低生态水位的方法。认为湖泊天然生态系统已经适应了天然多年最低水位, 据此提出利用湖泊多年天然水位资料确定湖泊最低生态水位的方法——天然水位资料法。认为要使湖泊生态系统不出现严重退化, 必须使湖泊水文和地形子系统不严重退化, 据此提出湖泊形态分析法。从生物对生存空间的最小需求角度, 以鱼类为指示生物, 提出生物最小空间需求法。采用上述 3 种方法计算了南四湖最低生态水位。计算结果表明, 南四湖上级湖最低生态水位的范围为 32.75~33.25m, 平均值为 33m; 下级湖最低生态水位范围 31.25~31.75m, 平均值为 31.38m。上下两湖最小生态水位相应湖面面积之和为 593~860 km<sup>2</sup>, 平均水位相应面积之和 708 km<sup>2</sup>, 占 1953~1979 年多年平均湖面面积 1225 km<sup>2</sup> 的 58%。从保护南四湖自然保护区的角度看, 确定的最低生态水位合理。

**关键词:** 湖泊; 最低生态水位; 计算方法

## Researches on the calculation methods of the lowest ecological water level of lake

XU Zhi-Xia<sup>1</sup>, CHEN Min-Jian<sup>2</sup>, DONG Zeng-Chuang<sup>1</sup> (1. College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10): 2324~2328.

**Abstract:** A study on the calculation methods of the lake lowest ecological water level is significant in solving the ecological degeneration of lake in China. Due to the basic ecological data shortage, three kinds of lake lowest ecological water level calculation methods are proposed. The first one is the natural water level data method which utilize the long-term natural water level data of lake to confirm the lake lowest ecological water level, thinking that the natural ecosystem of lake has already adapted to the long-term natural lowest water level. The second one is the lake morphology analytic approach whose basic idea is to prevent the lake hydrological and topographical subsystem from seriously degradation in order to keep the ecosystem stable. The third one is the lowest space demand method of biology which is based on the lowest space demand of biology, regarding fish as the bioindicator. In line with these three methods, the lowest ecological water level in Nansi lake as a case study is calculated in this paper. The result of calculation indicates that the range of the lowest ecological water level in Shangji lake of Nansi Lake is 32.75~33.25m with a average value of 33m. The lowest ecological water level range in Xiaji lake of Nansi lake is 31.25~31.75m with a average value of 31.38m. The area corresponding to the lowest ecological water level is total 593~860 km<sup>2</sup>, and that of corresponding to average level is 708 km<sup>2</sup> accounting for 58% of the average——1225 km<sup>2</sup> which is average value between 1953 to 1979. From protecting natural reserve perspective, the lowest ecological water level confirmed is appropriate.

**Key words:** lakes; the lowest ecological water level; calculation methods

文章编号: 1000-0933(2004)10-2324-05 中图分类号: TV213.4, X143 文献标识码: A

面对我国湖泊不断干枯、萎缩的湖泊生态危机和由此造成资源性缺水的严重局面, 维护湖泊的合理水位已经成为淡水资源

基金项目: 国家“十五”科技攻关重大项目 (2001BA610A-01)

收稿日期: 2004-05-01; 修订日期: 2004-09-29

作者简介: 徐志侠 (1963~), 男, 河南偃师人, 博士生, 高级工程师, 主要从事水文水资源学研究。E-mail: xuzx@iwhr.com

Foundation item: The Key Project of The National “Tenth Five-year Plan” Key Program of Science and Technology (No. 2001BA610A-01)

Received date: 2004-05-01; Accepted date: 2004-08-29

Biography: XU Zhi-Xia, Ph. D., candidate, Sr. engineer, mainly engaged in hydrology and water resources.

科学配置和永续利用的基本保证<sup>[1]</sup>。湖泊最低生态水位是湖泊合理水位的重要组成部分。因此,研究湖泊最低生态水位具有重要意义。

Gleick 提出了基本生态需水量的概念,即提供一定质量和数量的水给天然生境,以求最小化地改变天然生态系统的过程,并保护物种多样性和生态完整性。在其后来的研究中将此概念进一步升华并同水资源短缺、危机与配置相联系<sup>[2~4]</sup>。Petts 认为整体的河流流量管理,需要建立在正确的科学原则上,考虑生态可接受的流量变化,确定河流的径流量要面对生态目标,不仅需要考虑当前的可接受的平均流量,而且要参照基流量,或者极低的或极高的流量并考虑这些生态流量的频率和持续时间<sup>[5]</sup>。Whipple 等认为,水资源的规划和管理现在需要更多地考虑生态环境需求。指出流域内应当协调解决环境需水与国民经济需水的矛盾,强调单纯依靠立法保护濒临灭绝物种的弊端<sup>[6]</sup>。Baird 等针对各类型生态系统的基本结构和功能,较详细地分析了植物与水文过程的相互关系,强调了水作为环境因子对自然保护和恢复所起到的巨大作用<sup>[7]</sup>。俄罗斯学者提出了生态径流的概念:指出“生态径流”符合水体的生态学要求,这个径流应当保证在人为作用下河流生态系统的完整性。若河道内流量小于生态径流,将导致河道内生态系统存在的破坏。

刘昌明指出:必要生态用水或最小生态需水,是维系生态环境系统基本功能的一种水量<sup>[8]</sup>。国外湖泊最小生态需水计算,主要依据所要保护的敏感指示物种对水环境指标的需求,但在计算时,更加注意水位的涨落限制<sup>[9]</sup>。

在我国,对湖泊最低生态水位的研究尚处于起步阶段,湖泊最低生态水位的研究实例尚未见公开发表。由于我国缺乏对湖泊敏感物种及其与水环境的关系方面的研究,使得计算湖泊最低生态水位存在很大困难。本文以南四湖为实例,研究在我国生态资料缺乏的条件下,湖泊最低生态水位的计算方法,并计算南四湖最低生态水位。

1 研究地区和方法

1.1 研究区基本情况

南四湖位于淮河流域北部的山东省和江苏省交界处,是我国北方地区最大的淡水湖,拥有丰富的野生动植物资源,具有防洪、排涝、灌溉、城市供水、养殖、航运及旅游等多种功能。

1960 年二级坝枢纽建成后分为上、下两级湖。上级湖包括南阳、独山及部分昭阳湖,正常蓄水位 34.2m(废黄河口高程,以下相同),相应湖面面积为 582 km<sup>2</sup>,库容 8.0 亿 m<sup>3</sup>;下级湖包括部分昭阳及微山湖,正常蓄水位 32.5m,相应湖面面积为 571 km<sup>2</sup>,库容 8.1 亿 m<sup>3</sup>。上述水位条件下,湖面总面积 1153 km<sup>2</sup>,总库容 16.1 亿 m<sup>3</sup>,平均水深 1.4m<sup>[10]</sup>。南四湖流域面积 3.17 万 km<sup>2</sup>,其中上级湖 2.75 万 km<sup>2</sup>,占该流域的 86.8%;下级湖 0.42 万 km<sup>2</sup>,占该流域的 13.2%。

南四湖流域多年平均降水量 695.2mm,多年平均水面蒸发量约 1000mm,陆面蒸发量 500~650mm;周边地区土地面积 2.21 万 km<sup>2</sup>,人口约 1000 万人(渔湖民约 15 万人,其中约 7 万人居住在湖内)<sup>[11]</sup>;流域水资源缺乏,人均水资源占有量不足 300 m<sup>3</sup>,不足全国人均 1/7,低于国际公认的人均 500 m<sup>3</sup> 水资源的严重缺水控制线,为严重缺水地区,现状水资源利用率超过 80%。

1988 年以来,由于流域社会经济用水量大幅增加等原因,南四湖频繁发生干湖现象,特别是 2002 年的湖泊干涸,给南四湖生态系统造成致命打击,生态系统严重退化,以湖为生的 10 多万渔民及相关人群的基本生活受到严重影响,引起社会各界广泛的关注。

1.2 研究方法

1.2.1 天然水位资料法 湖泊最低生态水位定义为维持湖泊生态系统不发生严重退化的最低水位。

在天然情况下,湖泊水位发生着年际和年内的变化,对生态系统产生着扰动。这种扰动往往是非常剧烈的。然而,在长期的生态演变中,湖泊生态系统已经适应了这样的扰动。天然情况下的低水位对生态系统的干扰在生态系统的弹性范围内。因此,将天然情况下湖泊多年最低水位作为最低生态水位。由于此水位是湖泊生态系统已经适应了最低水位,其相应的水面积和水深是湖泊生态系统已经适应了的最小空间,因此,湖泊水位若低于此水位,湖泊生态系统可能严重退化。此最低生态水位的设立,可以防止在人为活动影响下由于湖泊水位过低造成的天然生态系统的严重退化的问题,同时允许湖泊水位一定程度的降低,以满足社会经济用水。最低生态水位是在短时间内维持的水位,不能将湖泊水位长时间保持在最低生态水位。

此方法需要确定统计的水位资料系列长度和最低水位的种类。最低水位可是瞬时最低水位、日均最低水位、月均最低水位等。这里武断地给出统计水位资料的长度为 20a,采用月均最低水位。湖泊最低生态水位表达式如下:

$$Z_{emin} = \text{Min}(Z_{min1}, Z_{min2}, \dots, Z_{mini}, \dots, Z_{minn})$$
 (1)

式中,  $Z_{emin}$  为湖泊最低生态水位,  $\text{Min}()$  为取最小值的函数,  $Z_{mini}$  为第  $i$  年最小月均水位,  $n$  为统计的水位资料年数。

1.2.2 湖泊开形数法 历史水位资料法存在统计时间长度和最低水位种类不能客观确定的缺陷,在天然水位资料缺乏的湖泊也无法较好地使用。我国大多数湖泊往往存在天然水位资料缺乏的问题。为此,需要提出在天然水位资料缺乏的情况下,湖泊

最低生态水位的计算方法。

湖泊生态系统由水文、地形、生物、水质和连同性 5 部分组成。这 5 个部分在生态系统中有各自的作用。它们各自的功能和相互间的作用决定了湖泊生态系统的功能。在这 5 个部分中,水文是主动的和起主导作用的部分。正是有了水才称之为湖泊。水文循环的存在导致了湖泊的产生,水文循环的改变导致湖泊的改变。地形为湖泊的存在提供了支撑,为水文循环提供了舞台,同时,又对水文循环产生着制约。湖泊中的生物适应着水文与湖床形态。水与湖床构成的空间是生物赖以生存的栖息地,是生物生存的最基本的条件。因此,水文和湖泊地形构成了湖泊最基础的部分。要维持湖泊自身的基本功能,必须使水文和湖泊子系统的特征维持在一定的水平。为此,本文从湖泊水文、地形及其相互作用方面,研究维持湖泊生态系统自身基本功能不严重退化所需要的最低生态水位。此湖泊最低生态水位定义为:维持湖泊水文和地形子系统功能不出现严重退化所需要的最低水位。

用湖泊水位作为湖泊水文和地形子系统特征的指标,用湖面面积作为湖泊功能指标。

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用<sup>[12]</sup>。湖泊生态系统服务功能包括供给功能、调节功能、文化功能和支持功能<sup>[13,14]</sup>。供给功能是指生态系统可以提供产品的功能:提供水源,提供水产品,提供基因资源。生态系统过程的调节功能是:调节气候、固定二氧化碳、调节水分、净化水源<sup>[15]</sup>。文化功能是指生态系统提供非物质效用与收益的功能,包括精神与宗教方面、娱乐与生态旅游、美学方面、激励功能、教育功能、故土情、文化继承。生命支持功能是指维持自然生态过程与区域生态环境条件的功能,是上述服务功能产生的基础。显然,湖泊生态系统服务功能均和湖泊水面面积密切联系。因此,可以用湖泊面积作为湖泊功能指标。

随着湖泊水位的降低,湖泊面积随之减少。由于湖泊水位和面积之间为非线性的关系。当水位不同时,湖泊水位每减少一个单位,湖面面积的减少量是不同的。采用实测湖泊水位和湖泊面积资料,建立湖泊水位和湖泊面积的减少量的关系线,见图 1。湖面面积变化率为湖泊面积与水位关系函数的一阶导数。在此关系线上,湖面面积变化率有一个最大值。此最大值意义是:最大值相应湖泊水位向下,湖泊水位每降低一个单位,湖泊水面面积的减少量将显著增加,也即,在此最大值向下,水位每降低一个单位,湖泊功能的减少量将显著增加。若此最大值相应的水位在湖泊天然最低水位附近,则表明,此最大值向下,湖泊水文和地形子系统功能将出现严重退化。因此,此最大值相应水位为最低生态水位。

湖泊最低生态水位用下式表达:

$$F = f(H) \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial H^2} = 0 \quad (3)$$

$$(H_{\min} - a) \leq H \leq (H_{\min} + b) \quad (4)$$

式中, $F$  为湖面面积( $\text{m}^2$ ); $H$  为湖泊水位( $\text{m}$ ); $H_{\min}$  为湖泊自然状况下多年最低水位( $\text{m}$ ); $a$  和  $b$  分别为和湖泊水位变幅相比较小的一个正数( $\text{m}$ )。

求解(2)、(3)和(4)式即可得到湖泊最低生态水位。

**1.2.3 生物空间最小需求法** 用湖泊各类生物对生存空间的需求来确定最低生态水位。湖泊水位是和湖泊生物生存空间一一对应的,因此,用湖泊水位作为湖泊生物生存空间的指标。湖泊植物、鱼类等为维持各自群落不严重衰退均需要一个最低生态水位。取这些最低生态水位的最大值,即为湖泊最低生态水位,表示为:

$$H_{\min} = \text{Max}(H_{\min 1}, H_{\min 2}, \dots, H_{\min i}, \dots, H_{\min n}) \quad i = 1 \sim n \quad (5)$$

式中, $H_{\min}$  为湖泊最低生态水位( $\text{m}$ ); $H_{\min i}$  为第  $i$  种生物所需的湖泊最低生态水位( $\text{m}$ ); $n$  为湖泊生物种类。

湖泊生物主要包括藻类、浮游植物、浮游动物、大型水生植物、底栖动物和鱼类等。要将每类生物最低生态水位全部确定,在现阶段无法实现。因此,选用湖泊指示生物。认为指示生物的生存空间得到满足,其他生物的最小生态空间也得到满足。和其他的类群相比,鱼类在水生态系统中的位置独特。一般情况下,鱼类是水生态系统中的顶级群落,是大多数情况下的渔获对象。作为顶级群落,鱼类对其它类群的存在和丰度有着重要作用<sup>[16]</sup>。鱼类对湖泊生态系统具有特殊作用,加之鱼类对低水位最为敏感,故将鱼类作为指示物。认为鱼类的最低生态水位得到满足,则其它类型生物的最低生态水位也得到满足。(5)公式简化如下:

$$H_{\min} = H_{\min \text{鱼}} \quad (6)$$

式中, $H_{\min \text{鱼}}$  为鱼类所需的最低生态水位( $\text{m}$ )。

对于在湖泊中生存的鱼类,水深是最重要和基本的物理栖息地指标,因此,必须为鱼类提供最小水深。鱼类需求的最小水深加上湖底高程即为最低生态水位。鱼类所需的最低生态水位表示如下:

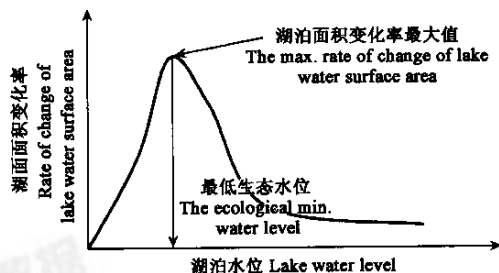


图 1 湖泊水位和湖泊面积变化率关系示意图

Fig. 1 The schematic fig of Relations between the lake water level and rate of change of lake water surface area in upper pool of Nansi Lake

$$H_{\text{emin鱼}} = H + h_{\text{鱼}}$$

(7)

式中, $H$  为湖底高程(m);  $h_{\text{鱼}}$  为鱼类所需的最小水深(m)。

2 方法应用

用上述 3 种方法计算南四湖最低生态水位。

2.1 天然水位资料法

南四湖生态演变历史表明,1960 年之前生态接近于天然状况。此时期湖泊水面大,水较深,鱼类区系组成复杂,除了湖泊定居性鱼类之外,还有大量的过河口洄游、湖河半洄游性鱼类及河道性鱼类入湖补充。该时期南四湖生态结构较为合理,水源充足,植物茂盛,鱼类区系复杂,鸟类众多,南四湖生态接近天然状态。

从 1956 年起有南四湖水位观测资料,因此,用 1956~1959 年的水位资料近似代替天然状况下的多年水位情况。统计的 1956~1959 年的多年最低水位上级湖为 33.14m,下级湖为 31.78m。1959 年南四湖降水量 522.4mm,降水频率为 91%,约相当于 10 年一遇的枯水。因此,虽然统计资料年限仅为 4a,但是,统计的多年最低水位具有一定的代表性。但是,从总的情况看,统计的最低水位值偏高。

2.2 湖泊形态分析法

用南四湖实测湖泊水位和湖泊水面面积资料计算的湖泊水位和湖泊水面面积增加率关系线见图 2 和图 3。从图 2 和图 3 可知,该曲线中水面面积增加率的最大值相应水位上级湖是 33.0m,下级湖是 31.5m。统计的 1956~1959 年的天然多年最低水位上级湖为 33.14m,下级湖为 31.78m。湖泊形态分析确定的最低水位在天然多年最低水位附近,符合湖泊形态分析法的条件。因此,湖泊形态分析法确定的最低生态水位上级湖是 33.0m,下级湖是 31.5m。

由于水位和面积数据的水位级差为 0.5m,由此导致的误差范围为-0.25~0.25m。因此,上级湖最低生态水位为 32.75~33.25m,下级湖最低生态水位为 31.25~31.75m。

2.3 生物最小空间需求法

湖底高程加上鱼类要求的最小水深即为最低生态水位。上级湖湖底平均高程 32.0m,下级湖湖底高程为 30.25m<sup>①</sup>。根据各种资料分析,南四湖地区鱼类要求的最小水深约为 1m<sup>②[17]</sup>。上级湖最低生态水位为 33.0m,下级湖最低生态水位为 31.25m。

2.4 南四湖最低生态水位

南四湖最低生态水位计算结果见表 1。综合上述 3 个结果,南四湖上级湖最低生态水位为 32.75~33.25m,平均值为 33.00m;相应湖面面积 268~427 km<sup>2</sup>,平均水位相应湖面面积 353km<sup>2</sup>。下级湖最低生态水位:31.25~31.75m,平均值为 31.38m(后两种方法平均水位的平均值);相应湖面面积 325~433km<sup>2</sup>,平均水位相应湖面面积 355 km<sup>2</sup>。上下两湖最低生态水位相应面积之和为 593~860 km<sup>2</sup>,平均水位相应面积之和 708 km<sup>2</sup>,占 1953~1979 年多年平均湖面面积 1225 km<sup>2</sup> 的 58%。

2.5 最低生态水位合理性分析

1982 年,成立微山县“南四湖鸟类自然保护区”,1996 年,成立济宁市“济宁市鸟类自然保护区”。南四湖市级自然保护区的目标是保护南四湖珍稀鸟类和湿地生态系统。保护区总面积 1275 km<sup>2</sup>,其中核心区面积为 539 km<sup>2</sup>,缓冲区面积 385 km<sup>2</sup>,试验区 351 km<sup>2</sup>。核心区是天然状态的生态系统以及珍稀、濒危动植物的集中分布地,最有保护价值,是最需要保护的区域。因此,最低生态水位相应的水面面积应该覆盖核心区。若要覆盖保护区核心区,所需要的面积约 660 km<sup>2</sup>。上下两湖最低生态水位相应

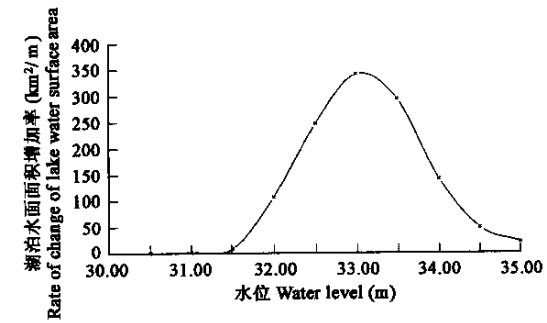


图 2 南四湖上级湖水位和水面面积增加率关系图  
Fig. 2 Relations between the lake water level and rate of change of lake water surface area in upper pool of Nansi Lake

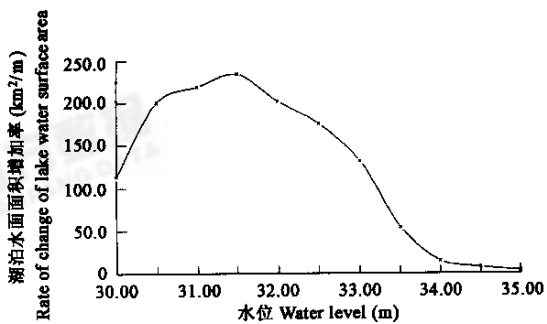


图 3 南四湖下级湖蓄水量和水面面积增加率关系图  
Fig. 3 Relations between the lake water level and rate of change of lake water surface area in lower pool of Nansi Lake

① 南四湖水资源调查课题组. 南四湖水资源开发利用现状调查. 淮河水利委员会, 2001  
② 海河水利委员会. 海河流域水生生态恢复研究(初步报告). 海河水利委员会, 2002



面积之和为 593~860 km<sup>2</sup>,平均水位相应面积 708 km<sup>2</sup>。最低生态水位所提供的水面恰好满足保护区核心对水面的需要。因此,从保护自然保护区的角度看,确定的最低生态水位是合理的。

3 结论

本文提出计算湖泊最低生态水位的 3 种方法:天然水位资料法、湖泊形态分析法和生物最小空间需求法。天然水位资料法利用湖泊多年天然水位资料确定湖泊最低生态水位,其基本思想是湖泊天然生态系统已经适应了天然多年最低水位,湖泊水位低于天然多年最低水位,将会造成湖泊天然生态系统的严重衰退。湖泊形态分析法从湖泊水文和地形子系统角度研究最低生态水位,其基本思想是湖泊水文和地形子系统是湖泊生态系统中最基本的部分,要使湖泊生态系统不出现严重退化,必须使湖泊水文和地形子系统不严重退化。生物最小空间需求法从生物对生存空间的最小需求角度,以鱼类为指示生物确定湖泊最低生态水位。采用上述 3 种方法计算了南四湖最低生态水位。结果表明,南四湖上级湖最低生态水位的范围为 32.75~33.25m,平均值为 33m;下级湖最低生态水位范围 31.25~31.75m,平均值为 31.38m。上下两湖最小生态水位相应湖面面积之和为 593~860 km<sup>2</sup>,平均水位相应面积之和 708 km<sup>2</sup>,占 1953~1979 年多年平均湖面面积 1225 km<sup>2</sup> 的 58%。从保护南四湖自然保护区的角度看,确定的最低生态水位合理。

References:

[ 1 ] The national people's congress of China. Low of water pollution control of The People's Republic of China. Article 9,chapter 3. passed in 1984, Revised in 1996.

[ 2 ] Gleick P H. Water in crisis: Path to sustainable water use. *Ecological Applications*, 1996, **8**(3):571~579.

[ 3 ] Gleick P H. *The World's Water 2000~2001: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC, USA, Island Press, 1998.

[ 4 ] Gleick P H. The Changing Water Paradigm: A Look at Twenty-first Century Water Resource Development. *Water International*, 2000, **25**(1):127~138.

[ 5 ] Petts G E. Water allocation to protect river ecosystems. *Regulated Rivers: Res. Managem.*, 1996,(12):353~365.

[ 6 ] Whipple W, Dubois J D, Grigg N, *et al.* A Proposed approach to coordination of water resources development and environmental regulations. *Journal of the American Water Resources Association*,1999,**35**(4).

[ 7 ] Baird A J, Wilby R L. *Eco-hydrology: Plant and water in terrestrial and aquatic environments*. London and New York: Routledge Press, 1999.

[ 8 ] Liu C M. discussion about some programs in Chinese water resources utilization in 21th century. *Water Resources and Hydropower Engineering*,2002,**33**:1~4.

[ 9 ] Ripl W, Pokorny J, Eiseltova M,*et al.* A holistic approach to the structure and function of wetlands, and their degradation. *IWRB Public*,1994,**32**:16~35.

[10] Jining science and technology committee. *A research of natural resources and study of natural resources utilization in Nansi Lake*. Jin'an : Sandong Science and Technology Press, 1987,**8**:1~4.

[11] Sandong province stat. Bureau. Sandong province stat. *yearbook* (1998). Beijing:China Stat. Press, 1999.

[12] Daily G C. *Nature's Services: societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington D. C. : Island Press,1997.

[13] Costenza R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capita. *Nature*,1997,**387**:253~260.

[14] Zhao T L, Ouyang Z Y, Wang X K, *et al.* Ecosystem services and their valuation of terrestrial surface water system in China. *Journal of Natural Resources*,2003 ,**18**(4):7.

[15] Gayatri Acharya . Approaches to valuing the hidden hydrological services of wetland ecosystems. *Ecological Economics*,2000,**35**:63~74.

[16] Liu J K. *High-grade hydrobiology*. Beijing: Science Press,1999.

[17] Lu C G. *Management of pond*. Taibei: Green Cypressess Company Ltd,1989.

参考文献:

[ 1 ] 全国人大常委会. 水污染控制法,第三章第九条. 1984 年通过,1996 年修改.

[ 8 ] 刘昌明. 21 世纪中国水资源若干问题的讨论. 水利水电技术,2002,**33**:1~4.

[10] 济宁市科学技术委员会.《南四湖自然资源调查及开发利用研究》. 济南:山东科学技术出版社,1987. 1~4.

[11] 山东省统计局. 山东省统计年鉴(1998). 北京:中国统计出版社,1999.

[14] 赵同谦,欧阳志云,王效科,等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价. 自然资源学报,2003,**18**(4):7.

[16] 刘健康. 高等动物生态学. 科学出版社,1999.

[17] 吕成国. 池塘管理学. 台北:翠柏林企业股份有限公司,1989.

表 1 南四湖最低生态水位计算结果表

Table 1 The table of calculation results of the ecological min. water level in Nansi Lake

	天然水位 资料法 <sup>①</sup>	湖泊形态 分析法 <sup>②</sup>	生物最小 空间需求法 <sup>③</sup>	最小生态 水位取值 <sup>④</sup>
上级湖 <sup>⑤</sup>	33.14m	32.75~33.25m	33.0m	32.75~33.25m, 平均 <sup>⑦</sup> 733m
下级湖 <sup>⑥</sup>	31.78m	31.25~31.75m	31.25m	31.25~31.75m, 平均 31.38m

① The natural water level data method; ② The lake morphology analytic approach; ③The lowest space demand method; ④The value of the lowest ecological water level; ⑤Shangji lake of Nansi lake; ⑥ Xiaji lake of Nansi lake; ⑦Average