

辽宁省卧龙湖最小生态需水的研究^{*}

王铁良¹, 杨培奇¹, 周林飞¹, 周林林²

(1. 沈阳农业大学 水利学院, 沈阳 110161; 2. 水利部 珠江水利委员会规划计划处, 广州 510611)

摘 要: 湖泊最小生态需水对于维护湖泊生态功能, 协调社会经济用水和湖泊生态用水之间的关系, 实现水资源科学配置和持续利用有着重要的作用。以辽宁省卧龙湖为研究对象, 构建了最低生态水位和最小湖区耗水的计算模型。基于所有的气象、水文等资料, 计算出卧龙湖湖泊最低生态水位为 86.73 m。湖区年平均最小生态耗水为 357.092 1 万 m³。

关键词: 辽宁省卧龙湖; 最低生态水位; 湖区最小生态需水

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0191-03

The Research on Minimum Ecological Water Requirement for Wolong Lake in Liaoning Province

WANG Tie-liang¹, YANG Pei-qi¹, ZHOU Lin-fei¹, ZHOU Lin-lin²

(1. College of Water Resources, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 2. Zhu River Water Conservancy Committee of Water Resources Ministry, Guangzhou 510611, China)

Abstract: Minimum ecological water requirement of lakes has the significant function to maintenance the ecological function, coordinate social and economic water uses and ecological uses for lakes, realizes the scientific and sustainable utilization of the water resource. This paper makes the Wolong lake in Liaoning province as the research object, establishes the model for calculating the lowest ecological water level and the minimum ecological water consumption. Based on the observation meteorologic and hydrologic data, it is suggested that the suitable lowest ecological water level is 86.73 m, the average minimum ecological water consumption is 357.092 1 ×10⁴ m³/a.

Key words: Wolong Lake in Liaoning province; the lowest ecological water level; minimum ecological water requirement of lake

近年来,随着社会的进步和经济的飞速发展,人类对水资源开发利用程度的不断提高,导致生态系统与水资源利用之间的矛盾日益激化。湖泊是地表水资源的重要组成部分,是湖泊流域地区经济发展和人们赖以生存的基础。我国目前现有湖泊 24 880 个,总面积达 83 400 km²^[1]。随着我国人口增长,经济的发展使社会对水的需求量不断增加,使入湖水量减少,导致湖泊水位的持续下降;湖泊水质恶化;湖泊生态系统衰退等严重生态问题。为了实现淡水资源合理配置和持续利用,协调人类与湖泊资源的关系,保护湖泊资源,迫切地需要研究湖泊生态需水。

水量是湖泊的重要生态因素之一,根据生态学的耐性定律,每一个环境因子都对应着一个适应的范围大小,这个范围可分为最高、最适和最低 3 个基点。对于湖泊而言,其最低点就是最小生态需水量,如果低于此值,湖泊生态系统就会受到一定程度的破坏。由此可见,研究湖泊最小生态需水对保护湖泊生态系统有着重要的意义。

湖泊最小生态需水是协调社会经济用水和湖泊生态用

水关系平衡的核心。目前,国内外很多学者都在对最小生态需水概念进行研究。但是,还没有得到统一的概念^[2]。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^[3]。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^[4]。湖泊最小生态需水主要由湖泊最低生态水位和湖区最小生态耗水构成。

本文以辽宁省卧龙湖为研究对象,构建湖泊最低生态水位和湖区最小生态耗水的计算模型,并进行实例计算。

1 研究区概况

卧龙湖湖泊湿地位于辽宁省沈阳市西北部的康平县东关镇境内,属于内陆型天然湿地。于 1958 年建成了水库,以灌溉、养殖为主。主要水源来自辽河支流东马莲河、西马莲河、二道河、五四一排水等。目前,卧龙湖灌溉水田面积 1 800 hm²,最大灌溉面积 2 200 hm²,现有养鱼池 330 hm²。卧龙湖以蓄水为主,不泄洪,对于非常洪水湖水位控制在

^{*} 收稿日期:2008-04-24

基金项目:国家自然科学基金(50879046);高等学校博士学科点专项科研基金教技发中心函([2006]226 号)

作者简介:王铁良(1965-),男,辽宁省沈阳人,教授,博士,从事生态环境研究。E-mail: tieliangwang @126.com

通信作者:周林飞(1971-),女,辽宁省沈阳人,博士,副教授,从事生态环境研究。E-mail: zlf924 @163.com

87.64 m, 卧龙湖总集水面积为 1 592.68 km², 多年平均径流量 6 370 万 m³, 兴利水位 88.3 m, 兴利库容 6 220 万 m³, 死水位 87.2 m, 死库容 2 080 万 m³, 调节水量 6 220 万 m³。

卧龙湖是辽宁省西北半干旱区向中部平原湿润区过渡的生态敏感带, 能起到抵御科尔沁沙地侵袭沈阳及辽宁中部城市群的重要生态作用。卧龙湖目前是国家一级生态敏感带, 其生态功能尤其重要。卧龙湖地区气候温和, 降雨充沛, 阳光充足, 适宜于多种生物生长, 该地区物种非常丰富, 水生植物、浮游植物、鱼类、鸟类, 其中国家一级重点保护鸟类 5 种, 二级重点保护鸟类 19 种。由于卧龙湖的独特地理位置对于改善辽西北沙化地区的干旱气候、净化环境、补充地下水 and 调解水生态循环起到重要的作用。卧龙湖湿地具有较大的蓄水区域, 减轻了汛期洪水对周边农田、村庄和牧场的压力。

卧龙湖的主要生态功能包括: 涵养水源、调蓄洪水功能、调节气候功能、降解污染、固定和释放氧气、控制侵蚀、保护土壤、营养循环、生物栖息地等。卧龙湖湿地含水量丰富, 并具有干湿周期性变化的水情, 广阔和独特的湿地土壤环境, 极具特色的生物多样性, 对生态环境具有较强的影响力, 是辽宁比较典型的湖泊湿地。因此, 研究卧龙湖湿地具有一定的代表性。

2 湖泊最小生态需水计算模型

湖泊最小生态需水是维持湖泊水生态系统不遭受破坏所需的水量。湖泊最小生态需水包括最低生态水位和湖区最小生态耗水 2 方面。可以用天然水位资料法、湖泊形态分析法和生物空间最小需求法计算湖泊最低生态水位^[5]。

2.1 湖泊最低生态水位计算模型

湖泊最低生态水位是维持湖泊生态系统使之不发生严重退化所需要保持的最低水位。在缺乏生态资料的条件下, 一般采用天然水位资料法、湖泊形态分析法和生物空间最小需求法来计算湖泊最低生态水位。

2.1.1 天然水位资料法

在天然情况下, 由于湖泊水位持续发生变化, 因此其对生态系统必将会产生一定的干扰。天然水位资料法认为湖泊天然水位已经适应了这种干扰。因此, 将天然情况下湖泊多年最低水位作为最低生态水位。

应用天然水位资料法计算湖泊最低生态水位表达式如下:

$$H_{\min} = \min(H_{\min 1}, H_{\min 2}, \dots, H_{\min n}) \quad (1)$$

式中: H_{\min} ——湖泊最低生态水位; $H_{\min n}$ ——第 n 年最低水位; n ——统计的水位资料年数。

2.1.2 湖泊形态分析法

由于我国往往缺乏天然最低生态水位的数据, 针对这种情况, 可以提出一种新的计算方法, 即湖泊形态分析法。该方法用湖泊水位作为湖水和湖泊地形子系统特征的指标, 用湖面面积作为湖泊功能指标。湖泊水位和湖泊水面面积关系如下:

$$S = S(H) \quad (2)$$

式中: S ——湖面面积(m²); H ——湖泊水位(m)。由于湖泊

水位和面积之间呈非线性关系, 当湖泊水位每减少一个单位时, 对应湖面面积的变化量是不同的。根据实测的湖泊面积和湖泊水位资料, 推出湖泊水位和湖泊面积的关系曲线。

在此关系线上, 湖泊面积与水位关系函数的一阶导数为湖面面积变化率。在此关系线上, 有一个最大值。在最大值所对应的湖泊水位以下, 当湖泊水位每降低一个单位, 湖泊水面面积的减少量明显, 即在此最大值以下, 水位每降低一个单位, 湖泊功能的减少量也是明显的。若此最大值对应的水位与湖泊天然最低水位相近, 则表明, 此最大值以下, 湖泊生态系统功能将发生严重退化。因此, 此最大值对应的水位为最低生态水位。应用此方法湖泊最低生态水位可用下式表达:

$$\frac{\partial S}{\partial H} = P$$

$$H[(H_{\min} - a), (H_{\min} + b)] \quad (3)$$

式中: P ——湖面面积变化率; H_{\min} ——湖泊天然状况下多年最低水位(m); a, b ——和湖泊水位变幅相比, 较小的一个正数(m)。通过(2), (3)式即可推求出湖泊最低生态水位。

2.1.3 生物空间最小需求法

根据湖泊内各种生物对生存空间的需求来确定最低生态水位。在湖泊生态系统中, 和其他的种群相比, 鱼类在水生态系统中占据着主要的位置。一般情况下, 鱼类是水生态系统中的顶级群落。作为顶级群落, 鱼类对其它种群的存在和丰度有着重要作用^[6]。所以以鱼类生存所需要的生态水位作为最低生态水位, 计算方法是鱼类需求的最小水深加上湖底高程即为最低生态水位。表示如下:

$$H_{\min} = H_0 + h \quad (4)$$

式中: H_0 ——湖底高程(m); h ——鱼类所需的最小水深(m)。

2.2 湖区最小生态耗水计算模型

湖区最小生态耗水是为维持湖泊最低生态水位, 湖区所需要消耗的水量。湖区最小生态耗水量所采用的计算模型如下:

$$Q_i = [E(i) - P(i)] \cdot F(i) \quad (5)$$

式中: Q_i ——湖区最小生态耗水(m³); i ——典型年份; $E(i)$ ——第 i 月湖面蒸发量(m); $F(i)$ ——第 i 月水面面积(m²); $P(i)$ ——第 i 月湖面降水量(m)。

3 卧龙湖最小生态需水计算

通过上面所提到的天然水位资料统计法、湖泊形态分析法和生物空间最小需求法计算湖泊最低生态水位。

3.1 天然水位资料统计法

根据对卧龙湖现有资料的研究, 采用 1995 - 2001 年的资料对卧龙湖湖水水位进行分析。对所收集的数据资料进行统计分析, 统计结果见图 1, 多年最低水位为 86.30 m, 最高水位为 88.85 m。通过分析认为, 统计的多年最低水位具有一定的代表性。

3.2 湖泊形态分析法

利用卧龙湖湖泊水位和湖泊水面面积资料可推算出湖泊水位与面积增加率的关系曲线, 见图 2。由图 2 可知湖泊面积增加率最大值对应的湖泊水位为 87.00 m。该方法所确定的最低水位与天然多年最低水位相似, 所以符合湖泊形

态分析法的条件。通过湖泊形态分析法确定的最低生态水位是 87.00 m。由于水位和面积数据的水位级差是 0.3 m,故水位变幅在 - 0.15 ~ 0.15 m,因此可推断出湖泊最低生态水位是 86.85 ~ 87.15 m。

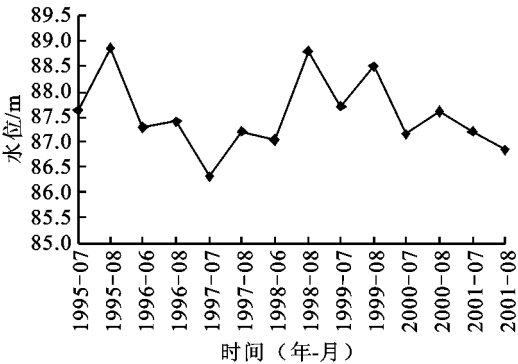


图 1 卧龙湖各年调查月份水位图

3.3 生物最小空间需求法

该方法认为,湖底高程加上鱼类生存所需要的最小水深即为最低生态水位。卧龙湖湖底平均高程为 86.00 m,研究区附近主要是天然养鱼的养殖方式,所需水深至少 1 m,故据此计算湖泊最低生态水位为 87.00 m。

3.4 卧龙湖最低生态水位分析

对卧龙湖最低生态水位的计算结果见表 1。综合上面 3 种方法所计算出的结果,卧龙湖最低生态水位范围是 86.30 ~ 87.15 m,平均值是 86.73 m,建议的最低生态水位为 86.73 m。

表 2 卧龙湖湖区最小生态耗水计算结果

年份	最低水位/ m	面积/ km ²	湖面蒸发量/ mm	湖面降水量/ mm	最小耗水量/ 万 m ³
1995	87.65	54.7902	179.2	212.3	181.3556
1996	87.30	46.1872	316.7	38.0	1287.2373
1997	86.30	4.5264	320.6	79.3	10.9222
1998	87.05	38.2962	261.5	118.8	546.4868
1999	87.71	55.6295	51.5	14.1	208.0543
2000	87.15	41.4286	185.2	288.4	427.5431
2001	86.85	26.9896	196.0	123.7	195.1348
2002	85.97	0.17756	277.7	115.9	0.002873

4 结 论

基于现有的气象、水文等资料,为了实现对卧龙湖地区的生态环境保护,主要通过采用天然水位资料统计法、湖泊形态分析法和生物最小空间需求法,确定了卧龙湖的最低生态水位。结果表明,卧龙湖最低生态水位范围是 86.30 ~ 87.15 m,平均值为 86.73 m,并计算得出,研究年份年平均最小生态耗水量为 357.092 1 万 m³。从所有资料和保护卧龙湖生态系统的角度来看,所确定的最低生态水位和湖区最小生态耗水量是合理的。

由于湖泊生态需水的概念理论和计算方法有待进一步研究和所有资料的局限性。因此,本文所计算的卧龙湖最小生态需水只是初步的计算值,仅供研究参考。

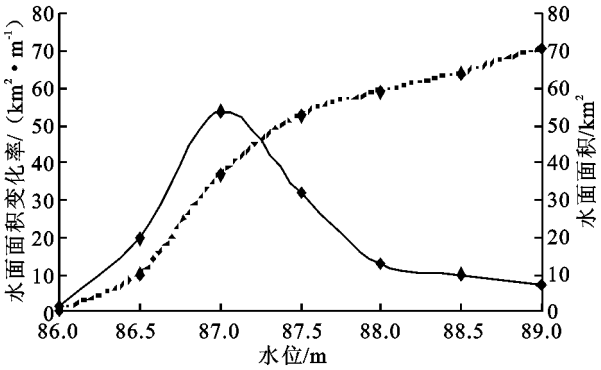


图 2 卧龙湖水位与湖泊水面面积、水面面积增加率关系图

表 1 卧龙湖最低生态水位计算结果

计算方法	天然水位 资料法	湖泊形态 分析法	生物最小空 间需求法	最小生态 水位取值
湖水最低 生态水位/ m	86.30	86.85 ~ 87.15	87.00	86.30 ~ 87.15 平均值 86.73

3.5 湖区最小生态耗水计算

根据所有资料,选取 1995 - 2002 年为计算典型年。计算湖区最小生态耗水需要最低生态水位对应的面积、湖面蒸发量和湖面降水量等数据。在计算时,选取典型年中各月份中最低水位所对应的水面面积进行计算。水面面积可以通过图 2 查得。根据公式 (4) 可以计算出湖区最小生态耗水量,见表 2。

参考文献:

[1] 崔广柏. 湖泊水库水文学[M]. 南京:河海大学出版社, 1990:1-10.

[2] 崔保山,赵翔,杨志峰. 基于生态水文学原理的湖泊最小生态需水量计算[J]. 生态学报,2005,25(7):1788-1795.

[3] 姜德娟,王会肖. 生态环境需水量研究进展[J]. 应用生态学报,2004,15(7):1271-1275.

[4] 徐志侠,王浩,董增川,等. 南四湖湖区最小生态需水研究[J]. 水利学报,2006,37(7):784-788.

[5] 徐志侠,陈敏建,董增川. 湖泊最低生态水位计算方法研究[J]. 生态学报,2004,24(10):2324-2328.

[6] 刘健康. 高级水生生物学[M]. 北京:科学出版社, 1999:112-123.