

平原地区人工湖规划设计中的若干问题

张磊磊,袁新明

(扬州大学水利科学与工程学院,江苏 扬州 225009)

摘要 由于人工湖规划设计到目前还没有一个具体的标准,在综合分析前人对人工湖规划设计所取得研究成果的基础上,主要对人工湖水源、湖形、湖底与湖岸结构、水处理、湖水动力分析、湖水富营养化预测和人工湖管理 7 个方面进行论述,认为这 7 个方面内容应在人工湖规划设计中予以考虑。

关键词 人工湖 规划设计 水处理 水动力 富营养化

中图分类号 :TV212.5 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2007)S2-0100-04

为了美化和改善城市生态环境,园林绿化建设
中水景观建设的需求越来越多,同时一个城市必须
保证有一定的水面率才能使城市环境保持较快较稳
的平衡,通过对水环境的开发以及大型绿地与水环
境同步建设来保持城市一定的合理水面率时,建造
人工湖成为首选。许多城市都已经建造或正在规划
建造一定数量的人工湖,如上海拟开挖 7 大人工湖:
芦潮湖、金山湖、浦东湖、嘉宝湖、明珠湖、黄瓜沙湖、
东滩湖,嘉兴拟建造 200 个人工湖。人工湖能起到
改善环境面貌、气候和生态环境,促进地区经济发
展,以及防汛抗旱和减缓地面沉降等作用,但目前人
工湖规划设计时考虑的因素还比较单一。作为水景
观,一些人工湖设计时往往只注重外形美观,而忽视
了水体的生态规律,缺乏有效的水治理方案。另一
方面,采用自来水运行的人工湖,其运行成本较高,如
北京某面积为 1 hm²、平均水深为 1 m 的人工湖换一
次水花费 3 万多元,考虑到一年换水多次以及蒸发、
渗漏等损失,其费用相当高^[1],这都迫切需要完善人
工湖规划设计方法。本文对现有人工湖规划设计方
法进行了归纳,分以下几个方面进行探讨。

1 水 源

建造人工湖首先要考虑水源,人工湖选址应靠
近水源。水源一般取外河湖水、地下水、雨水、海水、
自来水,更有一些小型的水景住宅人工湖使用“中
水”(再生水)。

若修造的人工湖周边有较大的河湖,将其作为
水源较合理和经济,但当河湖水源本身就受污染时,

引水必须经过处理达到一定标准后才能引入。地下
水利用投资少,但充满人工湖所需水量巨大,且将大
量地下水抽到地面,其消耗浪费也很巨大,包括水面
蒸发消耗、人工循环消耗^[2]等。值得注意的是,在滨
海平原地区存在一个地下淡水与海水的交界面,过
度开采地下水会导致海水入侵,所以一般不宜采用
地下水作为水源。雨水是目前经常使用的水源,它
能充分利用水资源,是建造人工湖的首选,许多已建
和拟建的人工湖都以雨水为主要水源,如迪欣湖是
香港最大的人工湖,占地 1.2 hm²,水源主要靠收集
附近山坡的天然雨水。雨水收集必须根据当地的水
文气象资料进行降水量、雨水汇流分区及径流量计
算等水资源可行性分析才能最后选定,而且往往也
需要另外的水源辅助供水。滨海地区可以使用海水
作为水源,其优点是资源充足且水质不易恶化,缺点
是会产生海水入侵。自来水是比较昂贵的水源,对
于大中型人工湖一般都不适用。这些年来随着人们
对住宅环境要求的提高,房屋开发商往往建造一些
亲水住宅,围湖开发房地产,由于湖水面积较小,会
考虑使用自来水维持,但成本较大。一些宾馆、大厦
为了增加水景观也会修建一些小型人工湖,在没有
其他水源时往往也采用自来水。“中水”也叫再生
水,虽然不能饮用,但是它可以用于一切对水质要求
不高的场合,例如人造水景、园林灌溉等。

在水资源愈见匮乏的今天,建造人工湖时如何
合理选择水源非常重要。水源选择一般要结合人工
湖建造地点的水文地质资料并经水资源论证,才能
确定选择哪一种或几种水源。

作者简介 张磊磊(1982—),男,江苏启东人,硕士研究生,从事水工水力学研究。E-mail :yzlhreestone@163.com

2 形态设计

水源明确后接下来就要考虑湖水深度、湖面面积、湖面形状、湖盆形状。对于深度而言,刘晓群等^[3]认为湖水平均深度不应小于 3 m,但也不易过深,否则会造成湖水分层,致使底层湖水成为死水,如上海海港新城滴水湖,占地 5.56 km²,平均水深 4 m,建成 3 个月后湖水发生富营养化。程松青^[4]按照景观要求、行人安全性、船只通行、蓄水量及土方平衡等,认为水深一般宜取 0.3~1.4 m 按照落水自救考虑,最大水深不超过 1.5 m,考虑补水费用、总蓄水量和爆气难度,水深一般宜取 0.4~0.6 m。北方地区湖浅,许多著名的人工湖如颐和园、昆明湖、北海、中南海、紫竹院湖等水深多为 2 m 左右,一方面是由于雨量不足,另一方面北方地区光照也比南方弱,湖水太深不利于水中生物的生长。对湖深应区别地域的不同,且满足人工湖的基本功能,如划船、行人安全等。湖水面积的选择可根据湖水平均深度和水源水量来大致确定。湖面形状要兼顾景观效应和水流平顺的原则。笔者认为对于形状复杂特别是有湖心岛的人工湖应进行二维或三维的水动力分析,对于使用自来水的人工湖,应当建造水循环系统,从而有效地控制水质,可以按工程大小来考虑是否进行水动力分析。湖盆形状一般可分为湖心的深水区 and 湖周的浅水区。

3 湖底与湖岸结构

湖底一般为平底,也可以设计成一定的坡度,以便于排水和维修。深水区与浅水区通过一定的坡度过渡。湖周浅水区与陆地的连接也要设置一定的坡度过渡。在人工湖建造时,需清理湖盆底部腐殖土层,尤其是一些深入地下的树根,以防蓄水后对湖体产生内源污染。

浅水区与湖岸连接方式有两种:一种是混凝土岸墙,一种是斜坡过渡。混凝土岸墙能确保湖岸的稳定,可以采取各种美化视觉的处理措施,但形式总的来说还是比较呆板。按照生态学的原则以及为使游客有回归大自然的感觉,湖岸往往设计成用斜坡过渡(草坡、林地等取代硬质堤岸)。人工湖作为水景观,设计时还要考虑亲水性,湖岸处设置一些滨水广场、音乐喷泉、戏水踏步等硬质堤岸(驳岸)^[5]。采用斜坡过渡时,需要考虑岸坡的稳定,在一些旅游人工湖中,游船产生的船行波对于湖岸影响很大,游人在湖岸进行钓鱼、戏水或休憩等活动,使得湖岸的侵蚀塌陷比较严重,此时一般在临近水面的区域设置块石护坡或抛石等。此外,在湖岸处需设置截污槽

或截污网,以控制污染物随地表径流流入湖内。

假如建造地点的地质条件不好,如砂土、土层的渗透系数过大,地下水位低于湖底或蒸发过大过快时,人工湖蓄水之后会造成湖水的大量损失,同时地下渗流量的增加会引起周边地下水位的抬升,从而造成对周边生态环境的破坏,此时应在湖底湖岸设计时进行防渗处理。一般工程设计时,必须进行地质钻探、蒸发量测定和水体渗漏损失计算(渗漏损失计算比较复杂,必须考虑地基地质、水文等方面),最后确定是否采取防渗措施^[6]。对于湖岸湖底防渗主要有两大类方法:一类是柔性方案,包括土工膜、膨润土防水毯、黏土铺盖、沥青铺盖等;一类是刚性方案,主要是现浇混凝土板防渗。相对而言,膨润土防水毯和黏土铺盖对生态影响小,植物根系可以穿过而又能自动愈合,不影响防渗效果。土工膜防渗则切断了湖水与天然泥土底质的连续性,整个湖泊的自净能力必然下降,而且也不宜于水生动植物的生长,这就要求在采用土工膜防渗的时候,在其防渗结构上植土,形成近似天然湖泊的环境。

4 湖水处理

城市中工农业废水、居民生活废水等的排放会对人工湖产生或多或少的影 响,再加上人工湖自身生态脆弱,很容易造成水质变坏,发生水体富营养化,甚至水华。这种富营养水体也容易滋生蚊蝇,传播疾病,一些藻类甚至还能产生致癌物质,严重威胁人类健康,因此在规划设计时就要考虑湖水的处理。人工湖水处理大致可分为物理、化学、微生物和生态水 4 种处理方式。

a. 物理方式。当水体透明度下降、发黑发臭时,可以用引水换水的方式来稀释湖水。对周边有河湖或滨海的人工湖,一般会采用这种方法,但通过引水将污染物稀释排放必然导致对下游水域或海洋的污染,总量上并没有消除污染。对于以自来水为水源的人工湖,其换水代价很大,因而一般设置循环系统^[7]过滤曝气处理。若藻类含量不大,可以直接采取过滤的方式。放射线、微波、脉冲磁场杀菌灭藻^[8]、空化射流杀菌灭藻^[9]等高新技术的研发,给人工湖污染的防治和治理带来了希望,但目前这些高新技术由于成本高应用较少。

b. 化学方法。借鉴水处理厂的工艺,在湖中投加化学杀菌灭藻剂,如氯气、二氧化氯(亦能除臭)^[10],但在除去细菌藻类的同时,又会增加试剂污染。臭氧技术也有少量运用,虽然杀菌消毒作用比较好,但是价格比较昂贵,适用于小水量污水处理^[11-12]。也有通过添加含钙、铝元素沉淀剂来与湖

水中的磷元素结合产生沉淀物质来降低磷浓度,但这种方法只能作为小范围水质控制的应急措施并且要及时清除沉淀物质^[13]。添加无机、有机絮凝剂和抑制剂也是较常用的去藻方法^[14-15],还有电化学去藻、加药气浮法等。目前曝气充氧改善水质技术越来越被重视,对其研究和应用的也越来越多。采用人工曝气来处理湖水已经有很多报道,水处理效果较好,费用较低,高军等^[16]研发的振荡射流充氧技术已可达到每度电在处理污水中产生 4 kg 溶解氧的良好效果。英国泰晤士河、德国埃姆舍河、韩国釜山港、美国圣克鲁斯港、北京清河、上海上澳塘等均使用了曝气技术^[17-18]。

c. 微生物方法。微生物能将自然界中动植物的尸体及其残骸分解,将有害污染物质加以吸收和转化,形成没有毒害或毒害较小的物质。采用微生物进行水处理大致有以下几种方法:微生物活性淤泥法、固定化微生物技术、微生物絮凝剂、膜生物反应器。由于微生物方法效果好,且对环境没有二次污染,因而此种方法是目前研究的热点之一,但是微生物的培育选代代价很大,目前应用也受到一定限制。

d. 生态水处理方法。从生态角度来说,水体污染的本质是整个生态失去了平衡。要使人工湖的水质保持良好,就要使整个人工湖系统的生态保持平衡。由于城市建设带来的污染对人工湖影响很大,加上当前水资源的紧缺,应从增大人工湖的自净能力着手,采用生态方法而不是单靠引水换水等方法来解决水质恶化问题。要真正控制污染,就必须控制或消除污染源。对于由周边河湖供水的人工湖,很有可能水源本身就受到一定污染,引用这样的水可能会加重人工湖的负担,引水时水源必须经过处理且达到标准后才能引入到湖中。对于周边没有河湖靠诸如自来水等供给的人工湖,若湖面很大,换水代价相当昂贵,所以总的来说,人工湖生态建设势在必行,用这种方法提高湖泊的自净能力是今后的发展趋势。

5 湖水动力分析

到目前为止,对于天然湖泊水动力的研究,已经建立了大量的数学模型。从最初的平面二维风生流、吞吐流和混合流的数值模拟,发展到考虑垂直方向分层、紊动的三维模型,以及考虑大气-水耦合、温度、周围地理环境等的三维模型,研究不断深入,但目前对于人工湖的水动力分析尚不多见^[19]。目前,人工湖的规划往往缺少水动力学分析,按主观意图进行平面布置和垂直布置,给运行和管理带来了隐患,甚至在湖中形成不流动的死水区,加快了湖水水质恶化。通过水动力分析,能够合理地布置进出水

口位置,安排合理调水方式,使整个人工湖中水体最大限度地流动起来,加快自净。湖水动力分析还能计算和控制湖水的滞留时间,从而能够最大限度地抑制藻类的生长;从水景观的角度,在湖中布置湖心岛,能够使湖区景色更加美丽,但此时湖面形状更不规则,需要进行湖水动力分析才能优化引水换水^[20]。在水动力分析的基础上,可以进行人工湖浓度场的预测。

6 富营养化预测

目前人工湖的水源主要来自城市周边河网,而多数河网已不同程度地受到了污染,特别是在平原地区,水流流速缓慢,水体之间交换量小,污染和富营养化严重。再者城市人工湖受到人类活动的影响比天然湖泊更大,因而必须对湖水进行水质预测。富营养化是人工湖最大的一个水质问题,为了控制富营养化,可以建立数学模型预测湖泊富营养化程度,目前国内外研究大体有 3 类模型。

a. 单一营养物质负荷模型。磷一般认为是引起富营养化的主要元素。人工湖富营养化最常用的 5 种模型是 Vollenweider 模型、Dillon 模型、浅水湖泊和水库规划组模型、合田键模型、Canfield 等的人工湖模型^[21]。这几个模型简单实用,但也存在不足,模型是基于整个湖泊混合均匀假设条件下的长时段内(通常是年)的平均值,没有考虑湖底与湖面磷的输入输出,没有考虑湖水深度方向变化,也没有考虑湖泊中的生物因素,应用时湖水必须充分均匀混合、入湖水量必须稳定,因而得出的结果比较粗略。随后,一些研究人员为了克服这些缺点相继提出了一些改良的方法,提出多种营养物质相互作用的模型。根据人工湖湖水滞留长时间性的特点,选择这类预测模型具有一定可行性^[22]。

b. 浮游植物与营养盐相关模型。湖泊富营养化的重要标志就是湖中藻类浮游植物的大量繁殖,所以在以磷为限制因子的湖泊中,湖水中磷含量对藻类的大量繁殖起重要作用,故建立浮游生物与营养盐相关的模型能够反映湖泊富营养化的程度。这类模型的建立必须在取得已建人工湖的大量藻类生长与富营养化资料的基础上,通过回归分析来建立经验关系,供待建人工湖参考,这种方法对拟建人工湖有一定的适用性,但又存在差异性。

c. 生态动力学模型。生态动力学模型考虑了体系中营养物随时间和空间的变化,详细地描述了湖中生物和化学的变化过程,和磷模型、浮游植物与营养盐相关模型相比考虑了更多的影响因素,因而生态动力学模型能够全面地反映富营养化过程。总

来说,生态动力学模型能够反映动态的发展变化趋势,是富营养化研究的发展方向,但是生态动力学模型中都包含了大量的待定的参数,因而所需的数据也就非常多,应用受到限制。

7 人工湖管理

规划设计时需对人工湖建成以后的管理措施有比较详细的说明,具体如下:

a. 做到管理人员的编制化,专人专项负责;日常事务合理安排,统筹兼顾;早晚巡查,做好记录,发现问题及时采取措施;做好湖面的巡视工作,及时捞去游客丢弃在湖面上的垃圾;游船应尽可能使用电动型以减少燃油对湖水的污染;制定旅游管理措施,做好环境保护的宣传,规范游客行为。

b. 改善陆上生态环境,在湖周种植花草树木,提高水土保持能力。岸坡采用斜坡,种植柳树、草地等固岸植物,并注意岸坡的抗冲刷侵蚀,如有必要可以采用一部分垂直挡墙形式的硬质驳岸。合理种植有净化水体作用的水生动植物,如荷花、芦苇等可观赏的高等水生植物和茭白、荸荠等可食用的水生植物,并及时收割;合理地投放鱼类,适时捕捞;养殖蚌、田螺等能净化湖水的水生物。有效控制内源污染,定期对湖底淤泥进行清理。清淤一般采用机械疏挖,疏挖设备有很多型号,可以根据淤泥疏浚与处置的要求进行选择或改造^[23]。

c. 加强水源管理,取水口应设置拦污设备,考虑到水源大都不同程度地受到污染或已经富营养化,应在进水口处设置生态净化区,如人工湿地,以净化引进的水。对湖水定期进行各项指标的监测,最好建立自动化的水质采集、分析和预测信息系统,对湖泊污染物总量进行控制。建立合理的湖水水质模型,优化水质管理。

8 结 语

人工湖规划设计时应考虑水源、湖形、湖底与湖岸结构、人工湖水处理、湖水动力分析以及富营养预测等方面。人工湖的规划设计是一个庞大的系统,它包含的内容相当广泛,本文所述若干问题仅是其中的几个方面,且有待于进一步的深入研究,如人工湖防治污染的具体措施、人工湖对周边环境的影响等。

参考文献:

[1] 张立静,李铁军.浅谈园林水景设计中的环境问题[J].城市管理与科技,2005,7(4):158-160.

- [2] 崔专,张琳娜,张松华.从水力条件论莱农青岛校园人工湖的利用[J].当代生态农业,2003(Z1):106-107.
- [3] 刘晓群,刘克文.城市人工湖与富营养化防治[J].湖南水利水电,2003,6:28-29.
- [4] 程松青.福州大学城景观水体的规划探讨[J].福建建筑,2005,5:43-45.
- [5] 余树勋.水景园[M].天津:天津大学出版社,2002.
- [6] 毛培琳,李雷.水景设计[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [7] 杨晓华.人工景观湖生态水处理设计[J].建设科技,2002,10:67-69.
- [8] 李梅,曲久辉,彭永臻.脉冲磁场水处理技术在杀菌、灭藻方面的研究[J].环境科学学报,2004,24(2):260-264.
- [9] 廖振方,陈德淑,邓晓刚,等.利用空化射流清洗湖泊[J].清洗世界,2004,20(4):1-6.
- [10] 徐振林,吕康,赵安刚,等.二氧化氯在水厂灭藻除臭中的应用[J].净水技术,2001,20(1):31-32.
- [11] 谭洪新,罗国芝,朱学宝,等.臭氧在水族馆水处理中的应用[J].水产科技情报,2000,27(1):3-10.
- [12] 曹德康,王民,胡冰冰.臭氧在水消毒中的应用[J].中国公共卫生,2005,21(5):629-631.
- [13] 于冰洋,焉莉,贾萍,等.用化学法去除污水中的磷[J].首都师范大学学报:自然科学版,2004,25(4):48-51.
- [14] 边归国.湖泊和水库中藻类去除方法的研究进展[J].福建环境,2003,20(5):62-65.
- [15] 隋永强,梁成浩,姜毅.絮凝剂的应用现状及发展趋势[J].石油化工腐蚀与防护,2003,20(6):14-17.
- [16] 高军,孙厚钧,招静野.一种振荡射流充气混合设备[J].机械开发,2000(4):60-61.
- [17] 朱广一,冯煜荣,詹根祥,等.人工曝气复氧整治污染河流[J].城市环境与城市生态,2004,17(3):30-32.
- [18] MONZUR, ALAM, IMTRAZ, et al. Artificial mixing of lake water by bubble plume and effects of bubbling operations on algal bloom[J]. Water Resource, 2000,34(6):1919-1929.
- [19] SEUNG-WON S, JUNG-HOON K, IN-TAE H, et al. Water quality simulation on an artificial estuarine lake Shihwaho, Korea[J]. Journal of Marine Systems,2004(45):143-158.
- [20] 袁新明,贾仁甫,王丽艳.桐乡市革新区中心湖湖水动力学分析及工程设计研究报告[R].嘉兴:嘉兴市水利勘测设计研究院,2003.
- [21] 全为民,严力蛟,虞左明,等.湖泊富营养化模型研究进展[J].生物多样性,2001,9(2):168-175.
- [22] BRIAN R. Implications for the design of artificial lakes of a study of the Craigavon lakes[J]. Water Research,1990,24(9):1085-1089.
- [23] POKORNY J, HAUSER V. The restoration of fish ponds in agricultural landscapes[J]. Ecological Engineering,2002,18:555-574.

(收稿日期:2006-11-03 编辑:骆超)