

类比法在圆明园防渗工程环评中的应用

孙岩¹, 刘雪华^{1*}, 杜桂森², 陈吉宁¹, 陈卫², 张爽¹

(1.清华大学环境科学与工程系,北京 100084; 2.首都师范大学生命科学学院,北京 100037)

摘要 生态系统以其复杂性、需长期监测的特点成为环境影响评价中的难点。文章采用了类比法,以圆明园防渗铺膜工程的生态影响评价为例,选取了铺膜 1 年的圆明园 26# 湖,铺膜 3 年的北京植物园湖,铺膜 10 年的中央党校湖,清淤未铺膜的颐和园昆明湖和未清淤未铺膜的密云水库作为类比对象,对水生生态系统中的底栖动物、浮游藻类、浮游动物和水生维管植物进行了类比,为圆明园防渗工程的生态影响评价和预测提供了有力的依据。实践证明,合理的类比法应用可以快速有效地对工程项目的生态影响进行评价。

关键词 类比法; 圆明园; 防渗工程; 环境影响评价

中图分类号 X82 **文献标志码** A **doi** 10.3969/j.issn.1003-6504.2009.10.045 **文章编号** 1003-6504(2009)10-0194-06

Application of Analogy Method to Environmental Impact Assessment for Anti-leakage Engineering of Yuanmingyuan Park

SUN Yan¹, LIU Xue-hua^{1*}, DU Gui-sen², CHEN Ji-ning¹, CHEN Wei², ZHANG Shuang¹

(1.Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2.School of Life Science, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract :Ecosystem evaluation, due to its complication and requiring long term monitoring, is becoming one of the most difficult part in environmental impact assessment (EIA) process. As one of the evaluation approaches, analogy method was used in EIA for Anti-leakage Engineering in Yuanmingyuan Park. Five analogical lake objects were selected, with elements of aquatic ecosystem such as zoobenthos, floating algae, zooplanktons and aquatic vascular plants chosen as analogy indicators. The study can strongly support the whole EIA for the anti-leakage project, and it was proved that proper application of analogy method could improve the ecosystem evaluation within EIA.

Key words :analogy method; Yuanmingyuan Park; anti-leakage engineering; environmental impact assessment (EIA)

在建设项目以及区域发展的环境影响评价中,生态系统由于其复杂性、难量化以及对系统的了解和解析需要长期监测等特点而成为环评实践中的难点。用于生态影响评估和预测的方法主要有描述法、相关法、模型法、试验系统法、类比分析法和景观生态学方法等^[1-2]。许多研究人员对生态影响的评价方法进行了积极地理论探索,例如,景观生态学方法^[3-5],生态制图和经济损益方法^[6],生产力方法^[7-8],质量指标法^[7-8],生物多样性方法^[9]等都得到了一定的阐述。然而在实践应用方面,只有生产力方法^[9]和景观生态学方法^[10-11]具有例证指导。可以看出,对于生态影响评价方法的研究目前主要停留在理论探索阶段,在实践中各种方法的应用案例还需要进一步地丰富和完善。

类比法是指根据已建成的类似项目对植物、动物或生态系统产生的影响来预测拟建项目的影响^[12]。作

为生态影响预测的主要方法之一,类比法能够比较准确地预测生态系统的变化和发展趋势,同时由于生态影响结果出现的滞后性,类比分析有时是主要的可信的预测方法^[2]。然而,类比法的应用目前尚无案例指导。本研究应用类比法进行环评选取了圆明园防渗工程的案例,对于该工程的环评工作,面临着(1)时间紧迫,社会舆论压力大;(2)部分工程已经完工较长一段时间等特点。由于生态系统的复杂性,湖底铺膜对于生态系统的影响很难在短时间内得到结论,因此,类比法的采用可以在有限时间内最大程度地准确预测工程对水生生态系统可能带来的影响。

1 研究方法

1.1 防渗工程施工区域

圆明园位于北京市西郊,海淀区西北部,由圆明、长春、绮春三园组成,总面积达 350hm²。圆明园遗址

收稿日期 2008-06-25 修回 2008-11-04

作者简介 孙岩 (1981-),女,硕士研究生,主要从事湿地生态及景观生态研究, (电话) 010-62794264 (电子信箱) sunyan04@mails.thu.edu.cn *通讯作者,副研究员, (电话) 010-62794119 (电子信箱) xuehua-hix@tsinghua.edu.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

公园原为清代一座大型皇家御苑, 它连同颐和园、香山构成了北京市西北部重要的生态廊道。由于自然环境的变化和人为活动的干扰, 圆明园区域的生态状况也受到严重的影响, 园内物种多样性水平、生态系统状况和景观格局均出现了较大的波动。地下水位的变化使得水体下渗加速, 由此引起的水面变小、湖泊干涸直接造成了动植物生境的缩小和物种的衰退。因此, 为使圆明园内湖泊能够重新蓄存贮水, 圆明园管理处提出了在东部湖底铺防渗膜的工程方案, 拟施工区域如图 1 所示。为了对整个工程起到示范作用, 圆明园 26# 湖 (见图 1) 提前 1 年 (于 2004 年 2 月) 施工, 进行了在湖底铺设防渗膜的工程。

1.2 类比对象选取

为评价湖底铺设防渗膜带来的生态影响, 环评过程中共选取了 5 个类比对象 (见表 1)。

类比对象的选取主要遵循以下三个原则:

A. 生态系统相似性 是指在同一自然地理区域



图1 圆明园防渗铺膜施工区及26#湖位置图
Fig.1 Position of the anti-leakage engineering area and the Lake No.26 in Yuan-Ming-Yuan Park

- 内, 具有相似的动植物区系等。
- B. 工程特性相似性 是指建设项目的施工过程、目的和作用类似。
- C. 施工完成达到一定年限 是指类比对象施工产生的生态影响已基本趋于稳定。
- (i) 圆明园 26# 湖 (见图 1) : 作为圆明园防渗工

表 1 圆明园防渗工程环评中类比法选用的类比对象列表

地 点	施工情况	施工时间
圆明园 26# 湖	铺膜	2004
北京植物园湖 (包括中湖和北湖)	铺膜	2002
中央党校湖	铺膜	1993
颐和园昆明湖	清淤未铺膜	1990
密云水库	未清淤未铺膜	-

程建设的示范, 26# 湖湖底铺设了复合土工膜防渗材料, 膜上覆土 0.5~0.6m 厚, 施工后蓄水水面面积 4 万 m², 水深 0.2~1.5m, 水源来自地下水, 水量充足, 水质条件好。湖区人工种植了部分莲、睡莲, 湖的沿岸人工种植了少量香蒲、水葱、千屈菜等。圆明园 26# 湖作为整个环评对象工程施工的一部分, 其生态条件与施工方法都与环评对象最为类似, 选择 26# 湖作为类比对象, 既可以准确判断施工可能带来的生态影响, 又可以将其作为示范工程, 与其他类比对象的生态影响进行比较。

(2) 北京植物园湖 (含中湖和北湖) 北京植物园中湖和北湖于 2002 年进行了防渗铺膜处理, 膜上覆土 0.3~2m, 防渗总面积 5~6 万 m², 允许有 0.3% 的渗漏。防渗后的中湖和北湖水深 0.6~3m, 能常年保持适合的水位。北京植物园湖的施工方法与环评对象极为类似, 且完工已 3 年, 可类比铺膜后对生态系统的短期影响。

(3) 中央党校湖 中央党校湖与 1993 年进行湖底清理后铺设土工膜, 膜上覆沙 20cm 厚, 少部分区域在覆沙上又覆土 10~30cm 厚, 防渗总面积约 12 万 m²。小河道全部用水泥做硬防渗, 基本没有渗漏。施工

后蓄水水深 1.2~3.8m。中央党校湖的施工与环评对象较为类似, 但在细节上略有不同, 例如没有渗漏, 膜上覆土覆沙较薄等, 该工程已完工 10 年, 可用于类比铺膜后对生态系统的长期影响。

(4) 颐和园昆明湖 颐和园昆明湖于 1990 年底进行了大规模的清淤工程, 清淤面积 120 万 m², 清淤 65.26 万 m³。湖水比清淤前平均深 0.54m, 达到平均水深 1.5m, 清淤后未铺设防渗膜。作为铺膜工程的替代工程之一, 颐和园昆明湖可用于类比如果采用清淤工程, 可能对生态系统带来的影响。

(5) 密云水库 密云水库蓄水 43.75 亿 m³ 时水面面积为 188 km², 最大水深为 43.5m。密云水库未清淤, 没有铺设防渗膜, 属于自然状态水体, 因此可作为健康生态系统的参照。

1.3 类比指标选取及采样

为了研究湖底防渗铺膜对水生生态系统的影响, 本研究主要对构成水生生态系统的四类主要物种指标进行了类比, 分别是: 底栖动物、浮游藻类、浮游动物和水生维管植物。

其中, 底栖动物使用改良式彼德生采泥器采集底泥样本, 经 40 目分样筛去除泥沙, 挑选出底栖动物,

装入样品瓶并固定,带回实验室鉴定。

浮游藻类采用 25 号浮游生物网现场采集定性样品并固定,带回实验室鉴定。定量样品根据水深确定采样层次,每个层次取 1000mL 水样并固定,带回实验室经沉淀、浓缩后进行定量测定。

浮游动物在每个采样点用 13 号浮游生物网现场采集定性样品,使用甲醛-虎红固定液固定,带回实验室鉴定。并在每个采样点取 10L 定量水样,用 25 号浮游生物网过滤,用甲醛-虎红固定液固定,带回实验室进行定量测定。

水生维管植物采用在湖中寻找、采集水生维管植物样本,装入样本袋,带回实验室鉴定的方法,并现场观测水生植物群落类型和分布状态。

2 结果与分析

2.1 底栖动物类比

由于底栖动物样品的采集受时间、环境条件和设

备的影响很大,因此本次环评只对圆明园 26# 湖、颐和园昆明湖以及中央党校湖进行了采样,密云水库的类比则借鉴了历史数据^[13]。

圆明园 26# 湖底栖动物共有 5 门 15 种,主要以环节动物门的颤蚓科和双翅目的摇蚊科为主(见表 2)。软体动物种类虽较多,但个体相对较小,数量有限。26# 湖的底栖动物种类组成虽具有主要门类,但与密云水库相比许多代表性的纲或科缺少,如环节动物的蛭纲(*Hirudinae*)、节肢动物门昆虫纲的襀翅目(*Plecoptera*)、半翅目(*Heteroptera*)、广翅目(*Megaoptera*)、毛翅目(*Trichoptera*)、鞘翅目(*Coleoptera*)等,其中完全水生的蜻蜓目和蜉蝣目以及水生蚊类都仅有一科,充分表明种类组成上的缺少。然而,26# 湖与颐和园清淤后的昆明湖相比,水体底栖动物组成相似,相比中央党校湖则物种数量较高(见表 2)。

由表 2 可见,具有湖泊底泥生境的 26# 湖水体能

表 2 圆明园 26# 湖、颐和园昆明湖及中央党校湖中底栖动物数量分布
Table 2 Distribution of zoobenthos for the lakes in Yuan-Ming-Yuan Park, the Summer Palace and the Party School

物 种	圆明园 26# 湖		颐和园昆明湖		中央党校湖	
	数量(个)	生物量(g)	数量(个)	生物量(g)	数量(个)	生物量(g)
三角真涡虫 <i>Dugesia gonocephala</i>	1	0.001				
尾丝蚓 <i>Branchiura</i> sp.	6	0.07				
单孔蚓 <i>Monopylephorus</i> sp.	23	0.08	2	0.001		
水丝蚓 <i>Limnodrilus</i> sp.	13	0.03			7	0.014
中华田螺 <i>Cipangopaludina chinensis</i>	1	0.08	7	1.66		
铜锈环棱螺 <i>Bellamya aeruginosa</i>			1	0.92		
梨形环棱螺 <i>Bellamya purificata</i>	4	5.85	6	3.05		
方格短沟卷 <i>Semisulcospira cancellate</i>	1	0.05	4	1.47		
赤豆螺 <i>Bithynia fuchsiana</i>	2	0.3	6	1.58		
卵萝卜螺 <i>Radix ovata</i>	5	0.38				
白旋螺 <i>Gyraulus albus</i>	5	0.008	3	0.05		
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	1	0.02				
细蜉 <i>Caenis</i> sp.	3	0.006				
大蜻蜓 <i>Anotogaster</i> sp.	2	0.19				
摇蚊 <i>Pelopia</i> sp.	32	0.045	179	0.22	4	0.001

注 圆明园样品中一种线虫未能确定种名。

够较好地恢复其底栖生物系统,施工的生态影响也小于膜上未铺足够底泥的中央党校湖。

2.2 浮游藻类类比

表 3 总结了各类比对象水体浮游藻类的群落密度。总的来说,6 个湖泊在浮游藻类的群落构成、细胞密度和水体的感官性状方面,密云水库的水生生态指标最好,以下依次为圆明园 26# 湖、颐和园昆明湖、北京植物园北湖、北京植物园中湖、中央党校湖。将 6 个湖泊分为三类进行具体分析:

第一类 密云水库、圆明园 26# 湖和颐和园昆明湖(藻类总密度为 $200\sim 650\times 10^4/L$, 蓝藻密度 $2\sim 114\times$

$10^4/L$)。其水量交换充足,水体大,未铺膜和铺膜 1 年,存在完整的水生生态系统。

第二类 北京植物园中湖和北湖(藻类总密度为 $1000\sim 2000\times 10^4/L$, 蓝藻密度在 $290\sim 350\times 10^4/L$),其水量交换充足,水体小,铺膜 3 年,存在较完整的水生生态系统。

第三类 中央党校湖(藻类总密度为 $5140\times 10^4/L$, 蓝藻密度为 $4696\times 10^4/L$),水量交换不充足,水体小,铺膜 10 年,膜上大部分只铺有 20cm 厚的沙,水生生态系统不完整。

从各类浮游藻类的比率(见图 2)来看,圆明园

表 3 圆明园环评中 5 个类比对象的湖泊浮游藻类密度
Table 3 Densities of floating algae in the lakes of analogical objects

监测湖泊	浮游藻类密度 ($\times 10^4$ cells/L)							合计
	蓝藻	绿藻	硅藻	甲藻	金藻	隐藻	裸藻	
密云水库	2.3	30.0	162.5	1.2	23.1	17.3	0	236.3
圆明园 26# 湖	30.4	77.5	145.2	1.4	11.1	47.0	6.9	319.5
颐和园昆明湖	114.1	235.2	211.0	6.9	31.1	17.3	0	615.6
北京植物园中湖	297.4	204.0	470.3	6.9	38.0	10.4	3.5	1030.6
北京植物园北湖	343.5	214.4	1044.4	16.1	87.6	25.4	0	1731.4
中央党校湖	4696.2	349.3	65.7	0	6.91	20.8	0	5138.9

26# 湖的优势门类为硅藻 (45.5%), 现阶段属于硅藻-绿藻型群落, 群落中的大部分种类适合在中营养型水体中生长。这与密云水库相似, 都是硅藻门占优势 (68.8%), 而中央党校湖则是蓝藻占绝对优势 (91.4%); 北京植物园中湖硅藻 (60.3%) 和蓝藻 (19.8%) 占优势, 北京植物园北湖也是硅藻 (45.6%) 和蓝藻 (28.8%) 占优势, 颐和园昆明湖是绿藻 (38.2%) 和硅藻 (34.3%) 占优势。

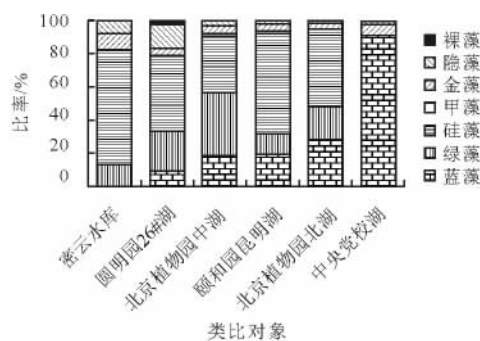


图2 圆明园环评中5个类比对象的各湖泊浮游藻类比率
Fig.2 Percentages of floating algae species within each analogical objects in Yuan-Ming-Yuan Park EIA project

浮游藻类类比结果表明, 圆明园 26# 湖的藻类恢复情况与自然生态系统下的密云水库类似, 富营养化指示藻类——蓝藻的含量也明显低于中央党校湖与北京植物园湖, 可以看出对 26# 湖采用的铺膜方法其影响小于中央党校湖和北京植物园湖, 藻类系统可以恢复到较为健康的水平。

2.3 浮游动物类比

表 4 总结了各类比对象湖泊中的浮游动物优势种类组成, 此次调查结果显示, 26# 湖浮游动物有 2 门 52 属 86 种, 其中原生动物 31 属 53 种, 轮虫动物 21 属 33 种。其中, 优势种类以绿急游虫、旋回侠盗虫、宽扁眼虫、滚动焰毛虫、针簇多肢轮虫等为主, 均为各种水体常见的普通种。但在动物类群中, 明显缺少较高等的节肢动物门桡足类 (Copepoda) 和枝角类 (Cladocera)。与密云水库比较, 优势种类缺少弹跳虫 (Halteria granadinella) 和螺形龟甲轮虫 (Keratella cohlearis), 其中螺形龟甲轮虫为水体富营养化指示

种类。作为寡污型水体指示物种的钟形钟虫 (Vorticella campanula) 和作为多污型水体指示物种的弯豆形虫 (Colpidium campylum)、闪瞬目虫 (Glaucoma scintillans)、梨形四膜虫 (Tetrahymena pyriformis) 等, 在圆明园 26# 湖均有分布, 但数量相对较少。

表 4 5 个类比对象水体中浮游动物优势种类分析结果
Table 4 Primary zooplankton species in the lakes of analogical objects

类比对象	监测断面数	优势种类
密云水库 ^[14]	—	弹跳虫、急游虫、针簇多肢轮虫、螺形龟甲轮虫、广布中剑水蚤、长额象鼻蚤。
圆明园 26# 湖	5	旋回侠盗虫、滚动焰毛虫、针簇多肢轮虫、绿急游虫、宽扁眼虫、樱球虫。
颐和园昆明湖	2	针簇多肢轮虫、滚动焰毛虫、绿急游虫、矩形龟甲轮虫、桡足类幼虫。
北京植物园中湖	3	针簇多肢轮虫、舞跃无柄轮虫。
北京植物园北湖	2	针簇多肢轮虫、舞跃无柄轮虫、椎尾水轮虫。
中央党校湖	2	滚动焰毛虫、针簇多肢轮虫、绿急游虫、舞跃无柄轮虫。

注 优势种类为体出现频率占总出现频率的 10% 以上。

水体中浮游动物多样性分析采用 Shannon-Wiener^[15] 公式, 多样性分析结果如图 3 所示, 从图 3 中可以看出各类比水体中浮游动物多样性程度类似 (2.4~4.4), 属于比较清洁 ($H' \geq 2.5$)。26# 湖多样性指数略高于中央党校湖和北京植物园湖。

浮游动物类比结果表明, 圆明园 26# 湖与其他类比对象的浮游动物群落结构相似, 说明其在铺膜 1 年多以后, 水体浮游动物群落结构基本得到恢复。污染指示种类数量较少, 也说明圆明园 26# 湖恢复的水体富营养化程度较低, 水体质量清洁至轻度污染。

2.4 水生维管植物类比

26# 湖水生维管植物 8 科 12 种 (见表 5), 大型藻类 1 种——班式轮藻, 除莲与睡莲为人工种植外, 其它植物均为自然生长, 重建、恢复的这些种类构成了 7 种水生植物群落: 莲-荆三棱群落, 狐尾藻-轮藻群落, 莲-菱群落, 莲-菱-香蒲群落, 菱-轮藻群落, 芦苇-香蒲-轮藻群落以及芦苇-莲-轮藻群落。北京植物园中湖和北湖, 颐和园昆明湖与密云水库的水体中均有水

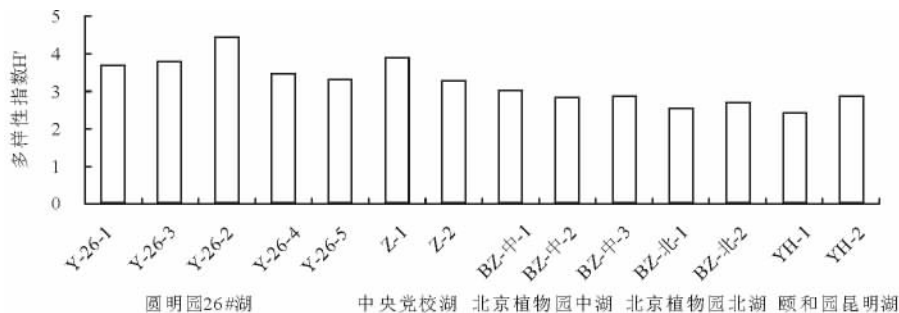


图3 类比对象湖泊中浮游动物多样性指数

Fig.3 Shannon-Wiener biodiversity index for the zooplankton in lakes of analogical objects

生维管植物和轮藻生长,在增加水体自净能力和水生生物多样性方面起着重要作用,而中央党校湖中则无水生维管植物。

表 5 圆明园 26# 湖水生维管植物名录

Table 5 Name list of the aquatic vascular plants in No. 26 Lake of Yuan-Ming-Yuan Park

禾本科	Gramineae
茭笋(茭白)	<i>Zizania latifolia</i> (griseb.) Stapf.
芦苇	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.
稗	<i>Echinochloa crusgallii</i> (L.) Beauv.
莎草科	Cyperaceae
水葱	<i>Scirpus tabernaemontani</i> Gmel.
荆三棱	<i>Scirpus yagara</i> Ohwi.
香蒲科	Typhaceae
香蒲	<i>Typha angustifolia</i> L.
眼子菜科	Potamogetonaceae
菹草	<i>Potamogeton crispus</i> L.
水鳖科	Hydrocharitaceae
黑藻	<i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Rich.
小二仙草科	Haloragaceae
狐尾藻	<i>Myriophyllum spicatum</i> L. Sp. Pi.
菱科	Trapaceae
乌菱	<i>Trapa bicornis</i> Osbeck.
睡莲科	Nymphaeaceae
莲	<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.
睡莲	<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi.
大型藻类	
轮藻科	Characeae
班式轮藻	<i>Chara bentharii</i> Br.

水生维管植物类比结果表明,由于湖泊的年龄、底质和环境等情况的不同,水生植物的种类组成、分布和群落类型等有区别。除中央党校外,其他各类比对象湖泊的水生植物生长状况较好,较为类似,因此可以看出圆明园 26# 湖水生植物的恢复情况较好。

3 讨论

通过对 5 个类比对象湖泊中的底栖动物、浮游藻类、浮游动物和水生维管植物的类比,可以看出:

对于底栖动物,其自身运动能力有限,相对扩散

主要依靠水体的运动。圆明园 26# 湖蓄水时间较短且多为机井补水,因此底栖动物群落恢复相对较慢,却与颐和园昆明湖类似。因此,随着水生植物逐渐恢复,吸引更多水生昆虫成虫来此繁殖,以及通过京密引水渠的补水,底栖动物群落能够慢慢恢复。

浮游藻类的类比结果显示,具有底泥的圆明园 26# 湖、颐和园昆明湖以及密云水库中浮游藻类的种类组成与密度是正常的,未发现土层下面的防渗膜对浮游藻类有不利影响。主要原因是湖中维管植物和轮藻生长正常,分布面积大,吸收、利用了水体中以氮、磷为主的植物营养物,并通过他感作用和竞争作用抑制了浮游藻类的增殖。而中央党校基本缺乏底泥生故水生生态系统不完整,无水生维管植物,初级生产力主要是浮游藻类,水体自净能力及生物多样性方面较差,浮游藻类密度大,而且富营养型水体指示种—颤藻(*Oscillatoria*)占绝对优势,水体已经发生富营养化。但圆明园 26# 湖仅运行了 1 年,故如果来水水量和水质得不到保证,则仍有水生生态系统恶化的可能。

通过对类比对象湖泊中浮游动物组成以及多样性指数的类比,可以看出各水体浮游动物群落结构相似,说明 26# 湖在 2004 年铺膜蓄水后 1 年,水体浮游动物群落结构基本恢复正常。这个结果显然与圆明园 26# 湖蓄水时间不长,湖中水生植物发育好、分布广和补充井水有明显关系。

圆明园 26# 湖和植物园湖铺膜后水生维管植物就基本恢复正常,主要是因为防渗膜上覆盖的 40~50cm 厚度的土壤中有许多原有的水生植物的种子和繁殖体,并且蓄水后的水环境适合这些水生植物的生长、繁殖。虽然植物的丰富度还不够,但只要湖中有水,随着时间的延长,植物的种类与群落类型会随之增加。另外,大多数水生维管植物根系的分布深度只有几十厘米,少数种类在 1m 左右,因此防渗膜上覆盖 40~50cm 厚度的土壤即可对大多数水生维管植物根系分布基本无影响,只对少数大型水生维管植物根系的分布可能有一些影响,因此在功能上需要种植大

型水生维管植物的部分湖区,防渗膜上应该增加覆土厚度。

类比法在圆明园防渗工程对整个水生生态系统的生态影响评估中得到了较好的应用,总的来说,类比法的优点有:(1)时效性:可以快速地对建设项目的生态影响进行评价;(2)准确性:更为准确地评价工程对生态系统可能带来的影响;(3)节约性:相对建造示范工程或者模型,类比法可以节约更多的人力物力。

然而,由于类比法的应用中存在类比对象难寻,类比资料匮乏等问题,类比法的应用在多数情况下存在困难。因此,清华大学自环评之后就坚持对圆明底泥(0.6~1m),并人为适当增加物种的生物多样性来将施工所产生的生态影响减小到最大程度。因此,通过合理的施工方法,湖底铺膜后仍可以较好地恢复水生生态系统。

实践证明,类比法是在本工程条件下进行生态影响评价的最适当方法。类比法的采用及时而有效地协助完成了此次环评工作,其成功应用也为今后类似的环评工作提供了依据。

[参考文献]

- [1] Jo Treweek.生态影响评价[M].国家环境保护总局环境工程评估中心,译.北京:中国环境科学出版社,2006:124-130.
- [2] 毛文永.生态环境影响评价概论[M].北京:中国环境科学出版社,2003:371-385.
Mao Wen-yong. Conspects of Ecological Impact Assessment[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2003,371-385.(in Chinese)
- [3] 杨瑞. 非污染生态影响特点及其评价方法 [J]. 环境保护, 1999, (5): 19-21.
Yang Rui. Characteristics of ecological environment of nature resource development and Its assessment methods[J]. Environmental Protection, 1999,(5):19-21.(in Chinese)
- [4] 李乐修,岳力.非污染生态影响评价中景观生态学的理论探讨[J].辽宁城乡环境科技,2000, (5):37,45.
Li Le-xiu, Yue Li. Theoretical study on landscape ecology of non-pollution EIA[J]. Liaoning Urban and Rural Environmental Science & Technology, 2000, (5):37, 45. (in Chinese)
- [5] 潘剑波,蒋宏国.非污染生态环境影响评价若干问题的探讨[J].湖南有色金属,2005,21(2):34-36,51.
Pan Jian-bo, Jiang Hong-guo. Some technical problem in uncontamination Biboenvironmental EIA[J]. Hunan Non-ferrous Metals, 2005,21 (2):36,51.(in Chinese)
- [6] 梅涛.关于贯彻实施《环境影响评价技术导则—非污染生态影响》的几点思考[J].中国环境管理,1999, (5):34-35.
Mei Tao. Reflections on Impilement of technical guide of EIA-environmental impact of non-pollution[J]. China En-
- vironmental Management, 1999, (5):34-35.(in Chinese)
- [7] 董文福,管东生.浅论非污染生态影响评价[J].环境科学动态,2003, (1):17-19.
Dong Wen-fu, Guan Dong-sheng. Discusses on non-pollution EIA[J]. Environmental Science Trends. 2003, (1):17-19.(in Chinese)
- [8] 袁道凌.非污染生态影响评价方法述评[J].环境保护,2004, (11):35-38.
Yuan Dao-ling. Review on the methods of non-pollution EIA[J]. Environmental Protection, 2004, (11): 35-38. (in Chinese)
- [9] 董文福,管东生.非污染生态影响评价的生产力方法——以广东南亚热带地区为例[J].城市环境与城市生态,2003,16 (1): 43,44,46.
Dong Wen-fu, Guan Dong-sheng. Productivity method of non-polluted EIA-taking south subtropics of Guangdong Province as an exmple[J]. Urban Environmental & Urban Ecology, 2003,16 (1):43-44,46.
- [10] 田红,何晓静.景观生态学在建设项目生态环境影响评价中的应用[J]. 四川环境, 2003, 22 (4):13-15,22.
Tian Hong, He Xiao-jing. Landscape ecology used in eco-environmental impact assessment of construction projects[J]. Sichuan Environment, 2003,22 (4):13-15,22.(in Chinese)
- [11] 陈睿,刘胜祥,崔鸿.景观生态学在非污染生态影响评价中的应用——以托日水电工程为例[J].地球与环境, 2006,34(2): 95-99.
Chen Rui, Liu Sheng-xiang, Cui Hong. Application of landscape ecology to non-pollution EIA—a case study on Touk hydropower Project[J].Earth and Environment, 2006, 34(2):95-99.(in Chinese)
- [12] 中华人民共和国环境部.HJ/T 19-1997, 环境影响评价技术导则—非污染生态影响[S].2003.
Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China.HJ/T 19-1997, Technical Guide of EIA—Environmental Impact of Non-Po, llution[S]. 2003.(in Chinese)
- [13] 刘静.密云水库浮游生物与富营养化控制因子研究[D].北京:首都师范大学, 2004.
Liu Jing. Studying on Plankton and Major Eutrophication Controlling Factor of Miyun Reservoir [D]. Beijing: Capital Normal University.2004
- [14] 刘静,杜桂森,刘晓端,等.密云水库的浮游生物群落[J].西北植物学报, 2004,24(8):1485-1488.
Liu Jing, Du Gui-sen, Liu Xiao-duan,et al. Study on plankton community in Miyun Reservoir[J]. Acta Botanica Boreali-occientalia Sinica, 2004, 24(8):1485-1488.(in Chinese)
- [15] Shannon C E, Wiener W. The Mathematical Theory of Communication[M]. Urbana: University Illinois Press, 1963: 360.