

开发羊卓雍湖水电站对生态环境的影响

施为光

(四川省环境保护研究所, 成都 610041)

提要 在调查羊卓雍湖资料的基础上, 估算了湖内矿化度的变化。该湖浮游植物具有品种多, 数量少的特点。预计电站建成后湖中水温与营养元素变化不大, 浮游生物的分布和组成以及鱼类的品种及组成亦基本上不会发生变化, 因而其水生生态系统变化不大。另外电站也不会对陆生生态系统带来很大的冲击, 而局地气温升高和大量湖滩地的出现还可能对农牧业生态系统带来较好的影响。

关键词 生态环境 水电站 羊卓雍湖

1 引言

羊卓雍湖(以下简称羊湖)位于西藏南部浪卡子县境内, 是雅鲁藏布江以南喜马拉雅山北坡山地中最大的一个天然湖泊。湖周高山环绕, 没有出口, 形成一个自成流域的封闭湖泊。流域面积 6100km^2 , 湖水面海拔 4440.5m 时, 湖面面积为 658km^2 (含空莫错), 一般水深为 30m , 最大水深达 59m 。湖泊蓄水 $156 \times 10^8\text{m}^3$, 湖泊靠地面径流与冰川溶水补给。入湖河流主要有卡洞加曲, 嘎马林河、卡鲁雄曲和曲宗浦等 4 大支流。羊湖附近较大的湖泊有巴纠湖、沉错湖和空莫错。另外南部有较大的淡水湖——博磨湖, 偶有降水量特丰年时, 湖水通过支流溢流至羊湖的现象(图 1)。

流域年平均气温 2.4°C , 7 月份最高气温 22.5°C , 1 月份最低气温为 -25.0°C 。全年无霜期日数多年平均 56.5 天。流域内旱季和雨季明显, 6 至 9 月为雨季, 10 月至次年 5 月为旱季。多年平均降水日数为 103 天, 降水量为 416.8mm 。流域盛行西南风, 年平均风速 3m/s , 瞬时最大风速可达 22m/s 。多年平均日照 2901.7h , 日照率为 66% 。多年平均相对湿度为 45% , 绝对湿度量 3.8hPa 。多年平均水面蒸发量为 1450mm , 陆面蒸发量为 200mm 。由于水面蒸发强烈, 每年蒸发损失的水量和羊湖来水量基本相当, 所以羊湖湖面和容量多年基本上维持稳定状态。湖内多年平均水温为 7.0°C , 实测最高水温 18.8°C , 最低水温 -0.2°C 。每年 11 月开始结冰, 至次年 3 月湖冰逐步消融, 冰层最厚的地方可达 60cm 。

流域现有人口 2.5 万人, 牲畜近 40 万头, 耕地 3300hm^2 , 草场面积 427000hm^2 , 其中可灌溉草场约 6000hm^2 。流域是一个半农半牧、以牧为主的地区, 农业多集中在入湖河口冲积扇平坝区, 以种植青稞、油菜和豌豆等耐寒作物为主, 一般不使用农药和化肥。该地区没有工

收稿日期: 1993 年 11 月 10 日, 接受日期: 1994 年 11 月 7 日。

作者简介: 施为光, 男, 1943 年生, 1968 年四川大学物理系毕业, 高级工程师。主要从事水污染控制环境系统工程, 发表有“花江水质管理规划研究”等论文 30 余篇。

矿企业,工农业生产也较落后,商品经济不发达。

电站主要是利用羊湖水面与雅鲁藏布江之间的巨大高差作跨流域引水或开发,为拉萨、日喀则等城市提供电力。引水线路总长 9.0km,其中隧洞长 5.9km,可获水头 840m,最大引用流量为 $18.0\text{m}^3/\text{s}$,装机 $12 \times 10^4\text{kW}$,年发电量 2×10^8 度。电站运行平均每年用水 $1.61 \times 10^8\text{m}^3$ 。发电用水由两部分组成:一是有限地降低湖面 10.5m(湖面高程从 4440.5m 降至 4430m),可利用水量为 $55 \times 10^8\text{m}^3$;二是利用湖水位逐年下降(需 67 年)所退缩的新湖滩地减少的蒸发损失水量,67 年共可获水量约 $50 \times 10^8\text{m}^3$ 。该地区水面蒸发

和陆地蒸发量的差值为 1250mm,即为开发羊湖电站可利用蒸发强度,为留有余地,设计时采用差值 1050mm 进行计算。电站运行 67 年后,湖泊容积达到新的平衡,保持在 $100 \times 10^8\text{m}^3$ 左右。此时,流域来水量仍保持在 $9.54 \times 10^8\text{m}^3$,但湖面蒸发损失水量减少为 $7.79 \times 10^8\text{m}^3$,盈余水量 $1.75 \times 10^8\text{m}^3$,满足电站每年用水 $1.6 \times 10^8\text{m}^3$ 的要求,从而使羊湖容量长期保持稳定并能维持电站的运行。

羊湖电站是西藏中南部“金三角”地带最重要的骨干电站,其开发方式较为独特,所以从 60 年代以来有关科研、勘测、设计部门对此作了大量的工作。本文主要讨论电站建设使湖泊由封闭型变为出流型后,对该地区生态环境将带来的影响。

2 电站开发对水质的影响

2.1 羊湖水质现状及其变化

羊湖水质为碳酸镁-硫酸钠复合型弱碱性微咸水,矿化度为 $1900\text{mg}/\text{L}$,pH 为 9。不能饮用,也不是理想的农业灌溉用水。

经多次采样,对其水质组分的水平和垂直分布进行了分析(表 1)。可以看出,氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氟、化学需氧量(COD)含量一般较低。镉、铬未检出,其它重金属(如 Hg、Pb 等)含量较微。溶解氧含量在各次检测中偏低,这与该湖地处高原气压偏低的地理环境相一致。各项理化指标基本在全国湖泊背景值的范围内^[1]。另外,大肠菌群和细菌总数指标也很低,这是由于该地区人口稀少,水温常年偏低所引起的。

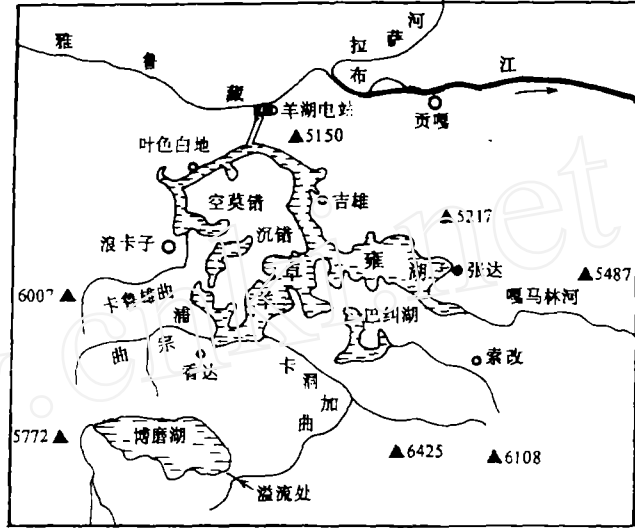


图 1 羊卓雍湖地区概况图

Fig. 1 Sketch of Yangzhuoyong Lake region

表1 羊卓雍湖的水质状况(1983~1984年)

Tab. 1 Water quality of Yangzhuoyong Lake (1983~1984)

项 目	1983年6月	1983年8月	1983年9月	1984年5月	1984年7月	1984年9月
布点数	4	12	6	6	22	4
样品数	4	12	6	6	102	4
pH	9.12	9.13	9.11	9.07	9.10	9.10
DO(mg/L)					7.56	
COD(mg/L)	2.26	3.13	2.38	1.93		1.26
总碱度($\mu\text{eq/L}$)	12.63	12.81	12.35	12.74	12.42	12.28
总硬度($\mu\text{eq/L}$)	15.59	16.32	15.72	16.21	45.90*	15.89
矿化度(mg/L)	1926.89	1892.13	1883.12	1979.11	1942.41	1924.84
电导率($\mu\text{s/cm}$)		2190			2239	
NH_4^+ (mg/L)	0.01		0.03	0.01		0.07
Cd^{2+} (mg/L)	0		0	0		0
Cr^{6+} (mg/L)	0		0	0		0
NO_3^- (mg/L)	0.15		0.011	0.14		0.35
NO_2^- (mg/L)	0.001		0.001	0.001		0.001
H_2PO_4^- (mg/L)	0.03		0.02	0.02		0.03
F^- (mg/L)	0.65		0.61	1.00		0.76
Br^- (mg/L)	0		0	0.21		0
I^- (mg/L)	0		0	0.34		0
大肠菌群(个/L)	9		23			
细菌总数(个/mL)	2		45			

* 为德国度

电站建设后,该地区不会修建大型工矿企业,更不会修建有污染源的工厂,加之流域仍保持着四周高山环抱、干旱少雨气温偏低的高原地理环境,人类活动强度也不会发生太大的变化(建修期除外)。入湖的各类物质将基本不变,也即入湖水中的理化指标不会发生变化,所以电站开发对其水质理化及细菌指标影响不大。

2.2 电站开发对矿化度的影响

湖内矿化度在水平和垂直方向的分布较为均匀和稳定,估计电站运行后也不会造成湖区内不同湖区之间的较大差异。矿化度变化预测采用完全混合难降解物质的湖水水质模型^[2]:

$$C_t = C_0 + (RC_1 - C_0)[1 - \exp(-\frac{t}{T})]$$

式中, C_t 为 t 时刻湖中矿化度(mg/L); C_0 为初始时刻浓度(mg/L); C_1 为陆地入湖水的浓度(mg/L); T 为湖水滞留时间(a); R 为入湖水量与出湖水量之比。

表2是矿化度变化的预测结果,可知电站运行67年后,湖水矿化度为1282.1mg/L,仍属咸水范围。运行100年后为1144.6mg/L,500年后达到952.9mg/L。可见电站建成后,湖水由封闭形态变化为出流形态,矿物质总量虽将有较大的输出,但短期内不会变成淡水湖。可以预测在电站设计运行年限内,湖水将仍然维持咸水范围内。

表 2 羊卓雍湖矿化度变化结果

Tab. 2 Prediction of mineralization degree in different years in Yangzhuoyong Lake

时 间(a)	5	10	20	30	60	67	100	500
<i>T</i>	97.2	94.8	92.5	88.7	69.4	63.4	62.6	62.6
<i>R</i>	4.25	4.28	4.31	4.39	4.52	4.56	4.56	4.56
浓度(mg/L)	1843.8	1799.3	1705.7	1618.1	1347.0	1282.1	1144.6	952.9

从上分析可以看出,电站建成后湖中理化指标和矿物质浓度不会发生太大变化,所以作为水生生态环境的物质基础也不会有太大的变化。

3 对生态系统的影响

3.1 对自然生态系统的影响

羊湖地区海拔一般在 4440m 以上,四周高山环抱,气候寒冷、干燥、光照充足、蒸发强烈、属高寒干旱地区。该地区保持着原高原自然生态系统的特点。流域内多荒山秃岭,植被很差,主要是草本植物,木本植物很少,除受高原气候等自然条件的制约外,人为薪柴砍伐也十分严重,使得植物稀少。在这里高大乔木较为少见,在浪卡子县附近因有丰富的地下水和宗教保护,还留存有一小片树径为 70~80cm,树干高 10 余米的柏树林,这已是该地区的珍奇景点了。西南部海拔 4800~5000m 以上的冰川山麓地带盛产贝母和雪莲花,有较高的药用价值。

该地区水禽、涉禽和鸟类资源尚丰富,以停栖于湖沼之中的斑头雁、赤麻鸭为数最多,其次是绿头鸭、绿翅鸭,它们均属候鸟,春来秋去,在这里繁衍后代。最著名的有黑颈鹤,是重点保护的鸟类。此外,这个地区的野鸽、野兔、黄羊等野生动物数量也很多。

从局地气候、水文地质、陆生动物栖息地、水面积的变化等条件分析,预计电站开发后对流域的植被和野生动物的影响不大。但是电站开发过程中以及开发后,将增加大批外来人员,也可能对水禽以及其他野生动物进行乱捕滥杀带来不利影响。从长远来看,电站将提供大量廉价能源。以电代柴,使流域中幸存的少量灌丛植被免遭砍伐的破坏,将对进一步保护当地自然生态系统起到积极的作用。

3.2 对农牧业生态系统的影响

羊湖流域地处高寒山区,植被稀少,气候恶劣,耕地不多,不适宜大规模发展农业。目前,这里还是一个耕作较为粗犷的半农半牧以牧为主的地区。农牧业较发达的地方,只集中在入湖河口冲积扇平坝引水灌溉的区域。农作物主要种植青稞、油菜和豌豆等耐寒作物,产量受气候因素的影响波动较大。草场主要有沼泽化草甸草场、西藏蒿草草场、矮蒿草草甸草场和菊科蒿属草场四大类,总面积约为 40hm²,其中草甸型草场是最好的草场,以莎科和禾本科牧草为主,但这类草场仅分布在沿湖地带且面积不大。菊科蒿属草场分布较广,大多属于退化草场。当前存在的主要问题是人为的过度放牧导致草场退化十分严重。

开发羊湖电站对农牧业生态系统的影响主要表现在两个方面:一是电站开发造成的局部气候变化对农牧业带来的影响;二是水位下降使当地地下水位下降对农牧业的影响以及

水位消落区对农牧区的影响。

据研究,由于湖区的缩小对当地的局地气候影响不大^[4]。降水量方面将可能使当地降水量减少 0.7%,这种变化在一般年份,甚至稍偏枯的年份,也不会对该地区农牧业带来不利影响。电站可能会使夏季气温增高 0.4℃左右,冬季气温可能降低 0.7℃左右。显然冬季温度的降低对农牧业无影响。夏季的增温将对青稞等农作物和牧草的生长带来有利的影响。水域缩小后,相对湿度减少量不超过 1%,因此不会对农作物和牧草生长带来不利影响。

调查表明,羊湖周围地区地下水水位大多在地下 3~4m 处,故湖滨广大地区的牧草和农作物生长不是依靠地下水,而是主要依靠降水,地表径流和灌溉来供给所需的水分。所以,地下水位的变化不会对农牧业生态系统带来不利影响。另外,羊湖电站开发后,湖面将退缩 121km²,湖滨退缩地将扩大成数千公顷湖滨优质草地和耕地,对该地区发展农牧业是十分有利的。由于湖水面逐年降低,需 60 余年才能出现 121km² 的湖滩地。因此,逐年出现的湖滩地将逐渐被农作物、牧草和灌丛以及草本植物所复盖。预计,湖滩地沙化的可能性很小。

4 对水生生态系统的影响

4.1 羊湖的浮游生物

4.1.1 浮游生物的种类组成 有关研究表明^[5],羊湖共有浮游植物 53 属,浮游动物 42 属。浮游植物中硅藻 25 属、绿藻 13 属、蓝藻 9 属、裸藻 3 属、甲藻 2 属、黄藻 1 属。浮游动物中原生动物 13 属、轮虫 11 属、桡足类 7 属、枝角类 11 属。浮游植物在各采样点的最高含量为 6500~40000 个/L。藻类以硅藻最多,含量为 3000~24500 个/L,占总数的 34.2~67.1%;绿藻次之,1500~9500 个/L,占总数的 14.6~37.1%;其它门类数量皆少。浮游动物在采样点的最高含量为 750~3150 个/L。浮游动物以甲壳类的数量最多,含量为 150~1350 个/L,占 10~46.1%;原生动物为 150~600 个/L,占 11.1~40%;轮虫类为 150~450 个/L,占 7.7~28.6%。

4.1.2 浮游生物的水平分布 9 个采样点的调查结果表明浮游植物以河口处最多,含量为 40000 个/L;白地(湖边)、羊舍西采样点次之,各为 27500 个/L;河口(五里处)采样点又次之,为 20500 个/L;汉口、东嘎、白地(湖心)、地马等采样点较少,分别为 15000、14500、13500 和 11000 个/L;叶色附近湖水清澈见底,生物数量很少,最高仅为 6500 个/L。浮游动物 9 个采样点的水平分布大致与浮游植物相同,仍以河口处最多,为 3150 个/L,羊舍西次之,2400 个/L,汉口处又次之为 1950 个/L;白地(湖边)、东嘎、河口(五里处)、地马等采样点较少为 1050、1050、1350 和 1500 个/L;白地(湖心)、叶色(湖边)最少,各为 750 个/L。数量大致呈北少南多的趋势,这可能与羊湖支流全部由南部汇入有关。

4.1.3 浮游生物区系特点 该湖浮游生物区系特点具有广温和世界分布的性质;具有高纬度和高山地区的种类,如北镖蚤属的个别种类,硅藻中的 *Diatoma. elongatum* 及其变种 *Var. tenuis*, *Cocconeis placentula Var. euglypta*, *Achnanthes linearis*, *Neidium disulcatum* 等;还具有一些特有种如西藏拟溞(*Daphniopsis tibetana* Sarra),西藏拟叶轮虫(*Natholca tibetica* Cong, sp. nov.)的少数种等,也可以认为是嗜寒性北方种。

羊湖浮游生物种类较多而数量较少,显示出高原山区贫营养湖泊浮游生物的组成特点^[6]。浮游生物中以硅藻和小型甲壳类占优势,它们在低产量的天然饵料基础中起着重要作用。

4.2 羊湖的鱼类资源

据调查,鱼类资源主要有高原裸鲤、刺突条鳅和拉萨条鳅 3 个品种。其中高原裸鲤是唯一具有食用价值的经济鱼类,它是适应青藏高原低温咸水湖泊生长的主要种群,喜食杂饵,生长速度慢,个体小,繁殖力低,各入湖支流口段是主要产卵场所,年捕捞量一般在 $20 \times 10^4 \text{kg}$ 左右。

由于水温常年偏低,湖水中氮、磷、铁、硅等生物营养元素缺乏,致使浮游生物量较少。根据鱼肠解剖观察结果,裸鲤为杂食性鱼类,其食谱由植物性的硅藻、绿藻、丝状藻和动物性的枝角类、桡足类、轮虫、水生昆虫和摇蚊幼虫等两部分组成。羊湖的鱼类资源,虽经开发,但仍属原始湖泊,种内争食现象紧张,摄食强度过大,鱼多食少,超出了水体的“承载力”,致使裸鲤各龄鱼的生长速度缓慢。

4.3 对水生生态系统的影响

据研究^[4],羊湖开发后,湖水温度夏季上升 $0.2 \sim 0.6^\circ\text{C}$,冬季将下降 $1.8 \sim 2.6^\circ\text{C}$,变化数值很小,水温仍然很低。同时湖中氮、磷、铁、硅等生物营养元素来源不会发生大的变化,仍将维持原有低温和缺乏营养元素的贫营养型湖泊面貌。这就意味着电站的开发对湖中浮游生物群落结构不会带来大的影响,仍将具有浮游生物种类较多而数量较少的特点。

羊湖开发后,水温变化幅度不大,预计不会对羊湖鱼类带来不利影响。电站运行 500 年以后湖水矿化度方降至 1000mg/L 以下,短期内不可能引进新的淡水鱼种来改变羊湖鱼类的群落结构。经研究,湖水消落后,各大支流河口的河床形态虽有所变化,但不会出现不利于亲鱼溯流产卵的跌坎和浅滩等情况。预计,电站的开发不会改变原来饵料的来源,也不会改变鱼类繁殖和生活场所,因而鱼类将维持现有种群结构。

5 小结和讨论

开发羊湖这种高原封闭型湖泊的水电资源,在我国还没有先例。降低湖水水位,将减少蒸发损失的水量用于发电的开发方式也较为特殊。因此,国内外学者对羊湖开发造成的生态环境影响问题多数主张持慎重的态度。本文认为羊湖水电站的开发,将产生巨大的经济效益和社会效益,也不会对其水质、陆生生态和水生生态系统带来危害,相反会对农牧业带来较为有利的效应。

为避免电站运行中,由于目前认识水平所限而出现人们预料不到的不利于生态环境影响问题,设计上考虑了从雅鲁藏布江抽水蓄能(避免水位降低过多),以及危急时从博磨湖引水注入该湖补充水量的应急措施。这样可以确保电站运行中不出现不利的生态环境问题。

另外,也设计了加大抽水蓄能的水量,使水位只降低 3m (本方案为降低 10m)左右的开发方案。若按这种方式开发,基本维持其原有生态,也不会对这一地区带来生态环境危害的问题。

参 考 文 献

- 1 顾丁锡、黄漪平. 湖泊水库自然背景值的初步探讨, 见: 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法. 北京: 科学出版社, 1982. 129~130.
- 2 顾丁锡、舒金华. 湖泊水污染预测及其防治规划方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1988. 38~49
- 3 金相灿. 中国湖泊水库环境调查研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 42~53
- 4 刘珍海、郭荣文. 开发羊湖水电站对局部气候的影响. 水利水电环境, 1986, (1). 63~72
- 5 卢晏生. 羊卓雍错浮游生物的初步调查. 淡水生物学科技情报, 1984, (9). 19~24
- 6 刘鸿亮等. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社, 1987. 271~281

IMPACT OF YANGZHUOYONG LAKE HYDROPOWER ON ECOLOGICAL ENVIRONMENT IN TIBET

Shi Weiguang

(Sichuan Research Institute of Environmental Protection, Chengdu 610041)

Abstract

After a careful study on background, the change of mineralization degree in the lake was determined. The results simulated show that the water of the lake, with a mineralization degree of 1900 mg/L, will be unlikely changed into fresh water even after more than 100-year power station running. There are 53 genera of phytoplankton and 42 genera of zooplankton in the lake, characterized by species diversity and the lack of biomass as other oligotrophic lakes. It is predicted that the change of water temperature and nutrient is not great, so the impact on the characteristics of plankton and fish can be negligible. After developing the power station, the impact on terrestrial ecosystem is expected to be not great. But the temperature in summer will increase by 0.2~0.4°C, a benefit to some crops. Besides, the new beach abandoned by water is favourable for the development of stock-raising and agriculture. Finally, the remedial measures for ecological environment have been devised in case unfavourable impact occurs.

Key Words Ecological environment, hydropower station, Yangzhuoyong Lake