

47-55

青海湖流域复合生态系统分析

任杰 李幸福

(青海省大自然保护调查队, 西宁 810007)

p 343.3

摘要 青海湖流域是西北半干旱地区一个典型的复合生态系统,它主要由草地、湖泊、沙漠、农田和城镇生态系统复合而成。该系统具有高寒干旱、太阳辐射强,以及交通闭塞、人口少、经济落后等特点,因而抗干扰能力弱、输出水平较低。在气候暖干化条件下,不合理的人类经济活动使该系统暴露出土地沙化、植被退化、湖水位下降、渔业减产和鸟岛生态环境恶化以及潜在的工业污染扩大等一系列的生态环境问题。

关键词 青海湖流域 复合生态系统 系统结构与功能

过去,人们基于不同目的,对青海湖及其流域已进行过不同学科领域、不同层次的研究^[1-7],获得了一些有价值的关于区域自然环境及社会经济的认识。80年代中后期以来,青海湖流域的经济和科技有了较快发展,迫切需要建立起区域经济与生态环境保护协调发展的宏观决策依据。因此,有必要运用系统分析方法对流域生态系统的环境、结构和功能等进行分析,使人们对流域有一个较系统的认识,以便更准确地地区分系统内主要矛盾和矛盾的主要方面,为区域经济建设和生态环境保护服务。

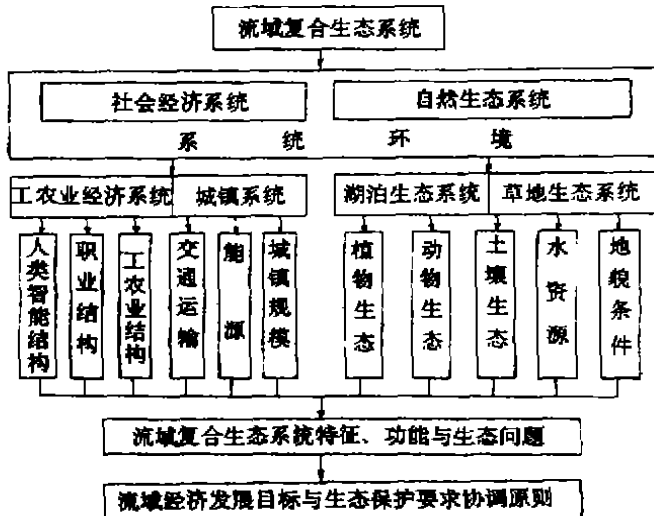


图1 青海湖流域复合生态系统分析过程示意图
Fig. 1 Diagram of structure and process of complex ecological system in Qinghai Lake Basin

统。本文即对该复合生态系统进行分析(图1)。

青海湖流域人类大规模的经济活动很早就已开始^[8],进入本世纪以来更加活跃。在特定的自然和人为双重因素的长期作用下,该流域已成为一个典型的复合生态系

一、系统环境及特点

青海湖流域作为一个自然-经济复合生态系统,其系统环境及特点可以概括为:

1. 海拔高 该流域位处青藏高原东缘(36°15'—38°20'N, 97°50'—101°20'E), 68.60%的面积为山区,海拔在 3500—4590m,地势较低的湖周平原海拔也在 3200—3300m。

2. 气候寒冷干旱且太阳辐射强 该流域深居中亚大陆腹地,由于冬半年常在蒙古冷高压控制下,降水稀少;夏半年又处于夏季风边缘地带,一般不足以形成大的降水,多年平均降水量比多年平均蒸发量小 2.5 倍左右,因此,属半干旱气候。流域内气温日较差大,年平均气温较低(-0.6℃—10℃),太阳辐射强(总量在 6200×10^6 — $7000 \times 10^6 \text{J/m}^2 \text{a}$),使该流域气候具有干旱、寒冷、太阳辐射强的特征。

3. 高寒植被发育好 在复杂多样的生态条件下,流域自然植被的类型和构成相应较复杂,除具有祁连圆柏疏林(*Form. Sabina przewalskii*)、芨芨草(*Achnatherum splendens*)与针茅(*Stipa spp.*)草原、具鳞水柏枝(*Myricaria squamosa*)与沙棘(*Hippophae rhamnoides ssp. sinensis*)温性灌丛和荒漠植被外,还有华扁穗草(*Blysmus sinocompresus*)、高寒沼泽草甸、毛枝山居柳(*Salix oritrepha*)与金露梅(*Dasphora fruticosa*)、高寒灌丛、蒿草(*Kobresia humilis*)高寒草甸和水母雪莲(*Saussurea medusa*)、高寒荒漠植被。其中祁连圆柏疏林已濒危,高寒草甸和高寒灌丛植被发育最好,群系分化最丰富、分布最广。

4. 人口基数低,但其发展呈稳步上升的势头 1949年流域人口仅 2.2 万人,到 1987 年发展到 9.05 万人,年平均增长率为 21.8%。由于迁移等原因,1957—1961 年间流域人口曾达到 141%的年增长率。

5. 经济地理位置相对较差 流域虽然距青海省经济、技术、文化中心——西宁市只有 100km 余,但距经济发达的中原及沿海地区较远,公路运输里程(至连云港)达 2000km 以上,铁路运输里程与公路接近,无航空运输。流域与外界的经济交往较少。

二、系统的整体生态属性

青海湖流域生态系统主要由草地、湖泊、沙漠、农田和城镇生态系统等复合而成(图 1)。根据系统的整体属性取决于系统组成要素的性质和数量这一原理,对流域土地利用结构进行分析(表 1)可知,草地面积占全流域面积的 65%,湖泊面积占 14%。草地和湖泊构成青海湖流域复合生态系统的主体。其中水是草地生态系统第一生产力的决定因素^[9],在干旱半干旱区生态系统中它是最积极、最活跃、最敏感的因素^[10],它与植被共同构成区域生态平衡的主导因素。因此,结合前述系统环境的特点,对青海湖流域草地生态系统和湖泊生态系统进行分析(表 2),可以得出整个复合生态系统的基本特征(整体属性)。

表 1 青海湖流域土地利用结构表
Tab. 1 Landuse of Qinghai Lake Catchment

| 土地利用类型 | 面积(10 ⁴ hm ²) | 占总土地面积(%) |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| 总面积 | 296.66 | 100 |
| 耕地(水地) | 1.354 | 0.46 |
| 耕地(旱地) | 0.888 | 0.30 |
| 草场(林灌) | 5.301 | 1.79 |
| 草场(天然) | 187.462 | 63.20 |
| 草场(人工) | 0.7307 | 0.25 |
| 城镇居民及工矿用地 | 0.321 | 0.11 |
| 道路交通用地 | 0.264 | 0.09 |
| 沼泽 | 7.814 | 2.63 |
| 沙地 | 7.566 | 2.55 |
| 湖泊、河流 | 43.74 | 14.75 |
| 裸地、岩石 | 41.14 | 13.84 |
| 冰川 | 0.133 | 0.04 |

1. 典型的高寒半干旱区复合生态系统 草地生态系统和湖泊生态系统在维持全流域物质循环与能量流动方面起着支柱作用。它们与系统环境之间是一个明确的吞食关系,即系统环境的变化,特别是气候变化极易造成复合生态系统结构和功能的相应变化。

表 2 青海湖流域草地与湖泊生态系统结构要素

Tab. 2 The structural elements of meadow and lake ecological system, Qinghai Lake Catchment

| 草地生态系统 | | | | | 湖泊生态系统 | | | | | | | | |
|--------|---|------|-----------|-----------------------------|--------|--------------|--------|--|------|------------|------|-------|------------|
| 分 项 | 面 积 (10 ⁴ hm ²) | 植 被 | | 牧业人口 (10 ⁴ 个) | 水 | | 底栖动物种类 | 浮游植物 | | 浮游动物 | | 鱼 类 | |
| | | 类 型 | 占土地总面积(%) | | 性畜 | 分 项 | | 水 量 (10 ⁴ m ³) | 种 类 | 数 量 (%) | 种 类 | | 数 量 (%) |
| 总草地 | 1934.944 | 高寒草甸 | 43 | | 贮 水 | 738.8 | 钩 虫 | 硅藻 | 78.7 | 轮足类 | 22.7 | 青海湖裸鲤 | |
| 人工草地 | 7.307 | 草 原 | 15 | | 湖面降水 | 14.485 | | | | | | | |
| 天然草地 | 1874.624 | 灌 丛 | 14 | 243.5 | 2.2 | 湖面蒸发 | 40.387 | 蓝 藻 | 19.5 | 轮虫类 | 7.4 | | 硬刺高原鳅 |
| | | 沼 泽 | 20 | | | 地表径流 (入湖) | 16.12 | 摆蚊幼虫 | 绿 藻 | 2.0 | 枝角类 | 5.9 | |
| | | 荒 漠 | 7 | | | 地下水 (入湖) | 6.15 | | | | 原生动物 | 64.0 | |
| | | 疏 林 | 0.02 | | | | | | | | | | |

2. 抗外界干扰能力弱 青海湖流域复合生态系统的稳定性取决于各子系统的水平配置状态和垂直系统层次的分化结果,即主要取决于流域内草地生态系统和湖泊生态系统的空间分布格局,取决于各系统的结构类型。

对流域草地生态系统而言,植被在水生态因子制约下,其垂直层次分化,对不同植被类型是不同的,这种差异以植被群落的结构特征为代表,并且通过不同植被群落的层次分化进一步影响到草地生态系统的稳定性。在本流域以高寒草甸植被为基础的草地生态系统中,植

物群落结构的简单化(表 3),从根本上决定了草地生态系统抗干扰能力较弱的一面。当然,受流域内牧草生育期短(约 90—150 天)及种子繁殖率低、无性繁殖较慢等生理、生态学特征的制约,植被受到破坏后自我恢复能力低下,也是决定系统稳定性不良,抵抗外界干扰能力弱的一个重要原因。

表 3 流域内高寒草甸草场类植物群落结构
Tab. 3 Flora structure of alpine and cold grassy marsh land

| 草场亚类 | 优势种 | 层次分化 | 高度 (cm) | 总盖度 (%) |
|------|---------------------------------|------|------------------------------|------------------------------|
| 高山草甸 | 莎草科 | 不明显 | 10—25 | 70—90 |
| 沼泽草甸 | 莎草科 | 不明显 | 10—25 | 85—95 |
| 灌丛草甸 | 灌木: 金露梅 山居柳 草本: 莎草科 | 二个层次 | 灌木: 30—80 草本: 10—25 | 灌木: 20—40 草本: 40—45 |
| 疏林草甸 | 祁连圆柏 | 二个层次 | 乔木: 170—640 | 乔木: 260 株/hm ² |

对于湖泊生态系统而言,其系统稳定性不良,抗干扰能力弱表现在两个方面:一是青海湖水位长期以来一直在下降,仅 1956—1988 年就下降了 3.35m。湖水位的这种持续下降是系统水循环失调的表现;第二,受潮水温度、矿化度、水深等因子影响,水生生物种类单调;浮游植物检出 53 种^[11],硅藻属占据了 22 个;浮游动物只有 23 种,主要是原生动物;鱼类以青海湖裸鲤 (*Gymnocypris przewalskii*) 占绝对优势,并分布有少量硬刺高原鳅 (*Triplopysa scleroptera*),所形成的食物链较短。决定了湖泊生态系统中生物种群结构简单化,系统抗干扰能力弱。

3. 输出水平低 自然-经济复合生态系统的输出水平,是指寄生生态系统和自然生态系统的综合输出水平。青海湖流域长期处在一种半自然经济状态,现代工商业、交通运输业以及文化、教育、科研、卫生等事业相对落后,牧业生产还保持着逐水草而居的方式,工业则多以手工作坊式为基础,加上长期以来投入的人力、资金、技术较少,导致生产效益低下,使系统的输出处在一个较低的水平上(表 4)。

表 4 经济生产力水平比较
Tab. 4 Economic productivity level

| 区域 | 人均社会总产值 (元/人) | 人均工业产值 (元/人) | 主要粮食作物单产 (kg/hm ²) | 畜产品商品率 (%) |
|-------|---------------|--------------|--------------------------------|------------|
| 青海湖流域 | 902 | 119 | 137.5 (青稞) | 12.4 |
| 青海省 | 1644 | 1104 | 1725 | 32 |

J. 陈瑛,青海湖浮游生物,中国科学院动物研究所,油印稿,1961。

三、系统的主要问题

如前所述,在特定的系统环境与系统结构条件下,系统具有一些明显的基本特征。实质上决定了流域复合生态系统脆弱、受到外界干扰极易发生恶性循环。人类经济活动作为经常性的外界干扰因素,由于其作用的范围和深度不同,引发的一些问题在强度与效果方面存在差异,找出这种差异能更好地服务于政府决策。

1. 土地沙化 据航片与卫片资料分析,以 1956 年、1972 年和 1986 年为代表的 30 年间,流域内固定、半固定沙丘面积新增 $3.03 \times 10^4 \text{hm}^2$, 达到 $7.56 \times 10^4 \text{hm}^2$, 至今仍以 $1012 \text{hm}^2/\text{a}$ 速度扩展。

土地沙化主要与系统环境特征和人类经济活动强度有关。首先,青海湖流域有丰富的沙源,布哈河、哈尔盖河及倒淌河等几条大河流域的中、下游冲积扇地带大量的冲积细沙(粒径 $0.25-0.15 \text{mm}$)沉积。这是构成土地沙化的内因。由于沙源地分布与流域 $\geq 6 \text{m/s}$ 起沙风速的常年主导风向一致,长期受西北向劲风控制,造成劲风吹蚀,形成风沙流;其次,由于流域处于半干旱区,诸如大面积开垦草原和超载重牧等人类经济活动破坏了原生植被的同时,缺乏建立或恢复人工植被的有效措施,进一步加剧了土地沙化进程。

2. 植被退化 青海湖流域现有退化的芨芨草-针茅草原和蒿草草甸植被 $69.19 \times 10^4 \text{hm}^2$, 占流域植被总覆盖面积的 36%。对退化后植物群落特征的样方测定结果进行分析,有两类情况较突出:

①群落总盖度降低明显、风沙侵蚀痕迹明显、地上总生长量降低幅度大。样方测定结果每平方米样地植物地上生长量 22kg , 比同类未退化植被地上总生长量平均水平低 2—4 倍。

②退化后植物地上总生长量无明显降低,但有毒比重增大,大大降低了放牧利用价值。样方测定结果表明,这类退化植被地上总生产量为 $2800.5 \text{kg}/\text{hm}^2$, 其中毒草(瑞香科狼毒 *Stellera chamaejasme*)生长量竟达 $1800 \text{kg}/\text{hm}^2$, 占总量的 64.2%, 而且它在样方中出现的频率由 9—20%(1980 年)提高到 44.3%(1983 年), 进而提高到 60.6%(1988 年)。

造成这种差别的客观条件不尽相同,但较一致的一个重要原因是流域处于半干旱区。缺水矛盾突出,复合生态系统抗干扰能力弱,人类不合理的经济活动,如开垦草原、超载重牧等易于造成植被破坏(表 5)。而且造成破坏退化后极难恢复,或恢复周期长(据青海湖北岸铁卜加草原改良试验站数据:弃耕地(原为草甸植被,围栏封育 5 年可初步恢复,若围栏放牧则需 15 年才可恢复天然植被)。

3. 水位急剧下降 据有关资料^[6]推算,1908—1957 年青海湖水位下降率为 $0.172 \text{m}/\text{a}$, 蓄水量减少率 $8.21 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$, 湖面积减少率 $8.4 \text{km}^2/\text{a}$ 。有水文记录以来,1956—1988 年水位下降率为 $0.105 \text{m}/\text{a}$, 蓄水量减少率 $4.49 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$, 湖面积减少率 $9.4 \text{km}^2/\text{a}$ 。其原因主要是青海湖处于半干旱区、气候暖干化,尤其是年降水量小于年蒸发量 2.5 倍情况下,湖水量入不抵支长期发展,使青海湖水量亏损逐年累计递增^[7]。因此可以认为,青海湖水位下降不

① 据《青海湖水位下降与生态环境保护对策研究》课题组。

是一个孤立的事件,它与流域复合生态系统环境和系统构成因素的特征是密切相关的。即,解决青海湖水位下降问题不仅要从系统环境方面考虑,还要从系统结构本身去考虑。

表5 流域部分样地植物群落特征比较

Tab. 5 Flora features of some sample land in the Catchment

| 样地位置 | 植被类型 | 围栏情况 | 群落总重量(%) | 草层高(cm) | 优良牧草 | | 毒杂草 | |
|----------|------|------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | 分重量(%) | 总重量(%) | 分重量(%) | 总重量(%) |
| 江西沟乡政府西侧 | 针茅草原 | 围栏内 | 68 | — | 56 | 81 | 12 | 18 |
| | | 围栏外 | 58 | — | 31 | 54 | 26 | 45 |
| 鸟岛人工驯养场 | 蒿草草甸 | 围栏内 | 90 | 12 | 70 | 80 | 5 | 10 |
| | | 围栏外 | 50 | 5 | 10 | 20 | 10 | 30 |

表6 青海湖裸鲤总捕获量与海心山地区渔获物比较^①Tab. 6 Total catching quantity of *Gymnocypris przewalskii* and their size

| 年份 | 1962 | 1964 | 1965 | 1971 | 1973 | 1975 | 1977 | 1985 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 总捕获量(t) | 18767 | 7100 | 3723 | 4979 | 4430 | 4822 | 4566 | 1655 |
| 50kg渔获物尾数(尾) | 80 | 109 | 141 | 156 | 176 | 165.2 | 163.8 | 280 |
| 平均体长(cm) | | 31.8 | 29.1 | 27.9 | 27.1 | 27.7 | 27.0 | |
| 平均体重(g) | 625.0 | 465.5 | 354.6 | 320.5 | 284.1 | 302.5 | 305.3 | 178.6 |

4. 渔业减产 对青海湖渔场多年捕捞量和海心山地区每50kg渔获物的生物学特征进行分析(表6),捕获量减少、鱼体越来越小表明青海湖渔业资源在迅速减少。其主要原因是,青海湖湖泊生态系统抗干扰能力弱,青海湖裸鲤生长周期长,人类开发利用过程中没有很好地依据这个规律,去协调开发利用与保护增殖措施之间约束关系,特别是利用小网目渔具在产卵季节进行掠夺性捕捞,在布哈河、沙柳河等主要产卵场筑坝、截流,甚至建立牲畜药浴地等,严重冲击了渔业生产基础。

5. 鸟岛^②生境恶化鸟类减少 鸟岛曾因其上栖居着数以万计的鸟类受到社会的广泛关注。但在气候暖干化趋势下,潮水位下降、风沙堆积、河流输沙以及游客增加等,使鸟岛生境发生了深刻变化。

首先,1978年鸟岛与湖岸连通,结束了它作为“岛”的历史。此后到1986年,布哈河入湖口以北至鸟岛附近大约13.2km²的湖底裸露成沙地。在海西皮及蛋岛之间低洼地(原湖底)还堆积了厚1.5—2m的风沙。

① 王基琳. 青海环境. 1987, (2), 41.

② 鸟岛原指蛋岛、海西皮、海心山、三块石和沙岛,但习惯上仅指蛋岛和海西皮,本文指后者。

再者,乌岛连陆冲破了岛—岸间以水相隔的天然屏障,鸟类天敌(如狐狸、狼、狗獾等)危害增多,风沙堆积压埋植被和鸟巢,影响孵化、鸟类栖息与繁殖的生态环境严重恶化,迫使鸟类迁移它地。据1960年洗耀华等上岛考察时,来岛繁殖的鸟类主要有斑头雁(*Anser indicus*)、鱼鸥(*Larus ichthyaetus*)、棕头鸥(*Larus brunicephalus*)和鸬鹚(*Phalacrocorax corbo*)。1978年有关部门同季上岛调查,仍为四种,并以斑头雁和鱼鸥的种群数量为大。1986年调查结果,来岛鸟类只有三种,鱼鸥已迁到湖东北人为干扰较小的沙岛。到1988年我们来岛调查时,鸬鹚也大量迁移。这与李德浩等资料基本一致。事实上,岛上鸟类减少还与1983年鸟岛正式开放旅游,大量游客上岛观鸟而相应管理措施没能及时跟上等有很大关系。

此外,湖北岸约100hm²盐渍化耕地、水土流失造成每年60.57×10⁴t泥沙入湖,以及5.8t/km²·a自然降尘,特别是19.21t/a污水和47281.6×10⁴m³工业废气造成的环境污染,也是日益突出的生态问题。

四、结 语

综上所述,青海湖流域复合生态系统较脆弱。人类各种经济活动(特别是与早期生态系统和湖泊生态系统相关的)对系统演变有着重要影响,在考虑和安排经济活动时,必须系统考虑流域的整体生态属性和草地生态系统、湖泊生态系统的结构与功能特点,并主动把水资源作为规划各项经济活动的约束条件,平衡系统内部与系统环境之间的关系。在此基础上,依据生态学规律,统筹远期目标,优先解决缺水 and 植被退化等突出的系统矛盾,才能保证区域经济发展目标与生态环境保护要求协调一致。

参 考 文 献

- [1] 施雅风. 青海湖及其附近地区自然地理(着重地貌)的初步研究. 地理学报, 1958, 24(1), 33—46.
- [2] 陈克造. 青海湖的形成和发展. 地理学报, 1964, 30(3): 214—233.
- [3] 中国科学院兰州地质研究所等. 青海综合考察, 北京, 科学出版社, 1979.
- [4] 青海省生物研究所. 青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学. 北京, 科学出版社, 1975.
- [5] 杜乃秋等. 青海湖QH-85-14C 钻孔孢粉分析及其对古气候、古环境的初步探讨. 植物学报, 1989, 31(10): 879—890.
- [6] 施雅风. 山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候干暖化趋势与未来展望. 地理学报, 1990, 45(1): 1—11.
- [7] 青海省水文总站. 青海湖流域水文特征. 水文, 1984, (2).
- [8] 青海省志编纂委员会. 青海历史纪要. 西宁, 青海人民出版社, 1987.
- [9] 祝廷成等. 生态系统浅说. 北京, 科学出版社, 1983.
- [10] 干旱区研究编辑部. 全国干旱、半干旱地区, 生物学、地学青年学术讨论会对干旱半干旱地区自然资源和生态环境合理利用与保护的倡议. 干旱区研究, 1988, 5(1): 57—60.
- [11] 青海土地科学考察队. 青海土地资源及其利用. 西宁, 青海人民出版社, 1989.

ANALYSIS OF COMPLEX ECOLOGICAL SYSTEM OF THE QINGHAI LAKE CATCHMENT

Ren Jie Li Xingfu

(Natural protection Survey Group of Qinghai Province, Xining 810007)

Abstract

Qinghai Lake catchment, a typical complex eco-system in the arid-semiarid region of Northwest China, is composed of grass lands, lakes, desert, farm lands, cities and towns. The system is characterized by dry and cold alpine, strong solar radiation, traffic inconvenience, a sparse population and backward economic conditions, therefore showing a weak capacity of resistance and a lower output. Under warm and dry climatic conditions, the unreasonable human activities cause a series of eco-environmental degradation, including land desertization, vegetation deterioration, decline of lake level, decrease in fish catch, ecological degradation in Bird Island and potential industrial pollution.

Key words Qinghai Lake Catchment, complex ecological system, structure and function of system