

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897.20180521001

张淑霞, 王荣兴, 沈建新, 等. 洱海冬季水鸟群落结构与水位变化的潜在关系[J]. 生态毒理学报, 2018, 13(4): 143-148

Zhang S X, Wang R X, Shen J X, et al. Potential relationship of wintering waterbirds community composition and water-level fluctuation in Lake Erhai [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2018, 13(4): 143-148 (in Chinese)

洱海冬季水鸟群落结构与水位变化的潜在关系

张淑霞, 王荣兴, 沈建新, 马畅, 肖文*

大理大学东喜马拉雅研究院, 大理 671003

收稿日期: 2018-05-21 录用日期: 2018-08-23

摘要: 水深是影响水鸟栖息地利用最重要的因素, 而湿地的水位波动会导致水深发生变化。为研究水位波动对水深岸陡型高原湖泊冬季水鸟群落的影响, 本研究以云南大理洱海为研究地点, 在水位下降前后, 即 2014 年和 2017 年的冬季(11 月至次年 1 月)对洱海北部湖湾 5 个观察点各进行 10 次和 8 次水鸟统计调查, 结果 2014 年冬季共记录到 22 个物种, 11 611 只个体; 2017 年冬季共记录到 30 个物种, 17 278 只个体。对比涉禽、钻水鸭、潜水类三类功能集团的变化, 发现水位下降后钻水鸭和潜水类的物种丰富度和多度都有所增加, 而涉禽的物种丰富度不变, 多度下降, 这一结果与浅水滩地型湿地的响应变化规律不同。6 种钻水鸭 2017 年冬季同时在洱海出现, 说明可能为共同的环境因素所吸引。研究结果说明水位下降是洱海钻水鸭类物种丰富度和多度增加的必要条件。

关键词: 洱海; 水鸟; 水位; 水位下降; 群落结构

文章编号: 1673-5897(2018)4-143-06 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

Potential Relationship of Wintering Waterbirds Community Composition and Water-level Fluctuation in Lake Erhai

Zhang Shuxia, Wang Rongxing, Shen Jianxin, Ma Chang, Xiao Wen*

Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671003, China

Received 21 May 2018 accepted 23 August 2018

Abstract: Water depth is the most important variable affecting the use of wetland habitats by waterbirds, and fluctuations in water level have a strong influence on this pattern. In this study, we explored the effects of water level fluctuations of mountain plateau lakes characterized by deep waters and steep slopes next to the shores on the occurrence of wintering waterbirds. Taking the northern shore of Lake Erhai as a representative study case, we performed repeated waterbird species counts in five different sites during the winter months (November to the following January) of the years 2014 and 2017, which showed significant differences in water depth. A total of 22 species and 11 611 individuals, 30 species and 17 278 individuals were recorded in 2014 and 2017 respectively. We found that, with the decrease of water level, both species richness and abundance of dabbling ducks and diving waterbirds

基金项目: 云南省“中国三江并流区域生物多样性协同创新中心”项目; 国家“十二五”水体污染控制与治理科技重大专项(2013ZX07105005002002); 云南省高校洱海流域保护与可持续发展研究重点实验室项目; 云南省中青年学术技术带头人后备人才(2014HB024); 大理市农业局和大理大学博士科研启动项目(KYBS201408); 北京山水自然保护中心麦克阿瑟澜沧江保护基金项目(201501006)联合资助

作者简介: 张淑霞(1977-), 女, 博士, 研究方向为湿地鸟类生态学, E-mail: zhangsx@eastern-himalaya.cn

* 通讯作者(Corresponding author), E-mail: Xiaowen@eastern-himalaya.cn

increased, while species richness of waders remained unaltered and its abundance decreased. Six dabbling ducks species were observed simultaneously in 2017, indicating a potential preference for the same environmental conditions. These findings suggest that water level drawdown was necessary to higher species richness and abundance of dabbling ducks in Lake Erhai.

Keywords: Lake Erhai; waterbirds; water-level; drawdown; community composition

水鸟是位于湿地生态系统食物链顶端的生物类群,其对湿地的利用受到多种因素的影响,例如水深、水位波动、植被、盐分、食物、湿地面积大小、湿地连通性等因素^[1]。在这些相互作用的因素中,水深是影响水鸟栖息地利用最重要的因素^[2],而湿地的水位波动会导致水深发生变化,因此这2个影响因素密切相关。

每种水鸟受限于自身的喙、颈和跗蹠的长度和觅食行为,仅能利用一定程度水深的湿地^[1]。早期关于水深与水鸟多样性的研究主要集中在探讨各生态功能群可以利用的水位范围^[3],例如小型涉禽 (small shorebirds) 一般在水深不超过 5 cm 的栖息地觅食,钻水鸭 (dabbling ducks) 和大型涉禽 (larger waders) 在水深最多 30 cm 的浅水区觅食,而潜水觅食的水鸟则需要在最小水深超过 25 cm 的深水区觅食^[1]。近代关于水位波动对水鸟群落多样性影响的相关研究则从可利用的觅食栖息地变化入手,通过研究水位波动带来的水鸟觅食地暴露面积或植被的变化,揭示水位波动对水鸟多样性的影响机制^[4-7]。其中对秋冬季迁徙鸟类的研究从2个角度证明水位波动对水鸟产生的影响,一方面冬季水位下降使湿地觅食地暴露,从而水鸟多样性增加^[4-7];

另一方面,水位上升,限制了部分水鸟类群对湿地的利用,使迁徙的秋季水鸟多样性下降^[8]。

已开展的水深或水位波动对水鸟多样性的影响研究,研究地点往往集中在沼泽滩地较发达的内陆淡水湖泊、沿海泄湖湿地或河流泛洪湿地^[4-9]。对于滩地发育不显著的湿地,水位波动带来的水鸟多样性影响研究关注较少。然而,基于地方特异性的研究是进行湿地管理具体指导所必需的^[1]。

云贵高原地区湖泊多水深岸陡,滩地发育远不如我国东部平原湖区的湖泊^[10],水深岸陡这一外部形态特征决定云贵高原湖泊水位波动带来的鸟类觅食栖息地变化将不如滩地发达的湿地显著,水位波动是否仍然能够显著影响水鸟群落的多样性,这一问题的回答将为从水鸟栖息地保护角度进行云贵高原湖泊水位管理提供参考。

1 材料与方法 (Materials and methods)

1.1 研究区域概况

洱海(25°36' ~ 25°58' N, 100°06' ~ 100°18' E)位于云南省大理白族自治州境内,是一个典型的内陆断陷淡水湖泊,水位 1 973.66 m 时,长 42.58 km,最大宽 8.0 km,湖面面积 249.0 km²,最大水深 20.7 m,

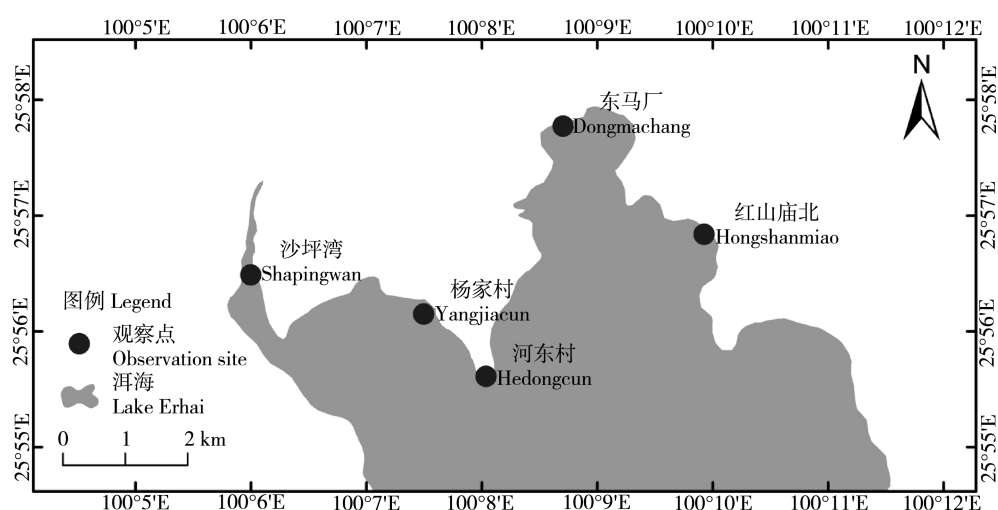


图1 洱海北部湖湾水鸟观察点分布

Fig. 1 Survey sites in the northern Lake Erhai

平均水深 10.17 m^[10]。洱海湖滨带全长 128 km,其中西部 48 km,南部 8 km,东部 51 km,北部 11 km^[11]。湖区属中亚热带高原季风气候,年平均气温 15.0 ℃,1 月平均气温 8.5 ℃,极端最低气温 4.2 ℃,7 月平均气温 20.1 ℃,极端最高气温 34.0 ℃。多年平均日照时数 2 472 h,无霜期 305 d,年均降水量 1 056.6 mm,最大年降水量 1 456.5 mm,最小年降水量 650.2 mm,5—10 月雨季降水量占全年的 85%~96%^[10]。近 50 年来,随着洱海流域社会经济的快速发展,进入洱海的氮、磷负荷持续增加,洱海水质持续下降,从而导致洱海水生态系统发生退化,沉水植物多样性下降且群落结构趋于简单化^[12]。为恢复水生植被,大理市洱海保护管理局在 2017 年降低了洱海运行水位。

1.2 调查方法

1.2.1 调查年度的确定

由于早期 2014 年已经对洱海冬季水鸟进行过监测,因此使用 2014 年的数据作为水位下降前的水鸟多样性对比数据。同时向大理市洱海保护管理局分别收集 2014 年和 2017 年全年的水位数据。在 2017 年,由于环湖截污工程的大规模实施,道路交通条件较差,致使调查效率较低,因此仅对洱海北部湖湾进行了调查,调查的 5 个地点与 2014 年冬季调查地点和视野范围完全重合(图 1)。

1.2.2 水鸟调查方法

在 2014 年 11 月至 2015 年 1 月和 2017 年 11 月至 2018 年 1 月,每隔 10 天左右调查一次(表 1),在洱海北部 5 个调查地点完成水鸟调查。其中 2014 年冬季共调查 10 次,2017 年冬季共调查 8 次。每次水鸟调查至少由 2 名调查人员完成,在每个观察点,搜索左右两边沿岸带至湖中心视野范围内的所有水鸟,配合使用施华洛世奇单筒 25~60 倍变焦望远镜(Swarovski, ATX25-60×85,产地奥地利)和 10×42 双筒望远镜(Olympus, EXWP I,产地日本),采用“Look-See”方法^[13]对视野内的水鸟进行物种鉴定和分种计数。调查日均为晴天,且风浪小,调查仅在日照条件良好的时间段内进行(09:00—17:00 时)。

1.2.3 数据分析

根据 Taft 等^[3]的觅食栖息地功能集团划分依据,将观察到的水鸟按照涉禽(waders)、钻水鸭(dabbling ducks)和潜水类(diving waterbirds)三大类群进行分类。在洱海北部观察到的红嘴鸥 *Larus ridibundus* 和[普通]鸬鹚 *Phalacrocorax carbo* 多处于飞翔或

栖息的状态,并没有严格处于觅食状态,因此未将这 2 个物种包括在本研究的数据分析中。将历次调查的水鸟数据进行分年度汇总比较,并按照 3 个功能集团分类进行水位下降前后物种丰富度和物种多度的比较。

2 结果(Results)

2.1 水位变化

2014 年和 2017 年洱海水位呈现出相似的年内变化规律,均为夏季较低,而秋季最高,冬、春季逐渐下降的规律(图 2)。2017 年洱海运行水位明显低于 2014 年运行水位,2014 年洱海月水位平均值为 1 973.82 m,而 2017 年的为 1 973.47 m;与 2014 年相比,2017 年月水位平均值下降 0.35 m。

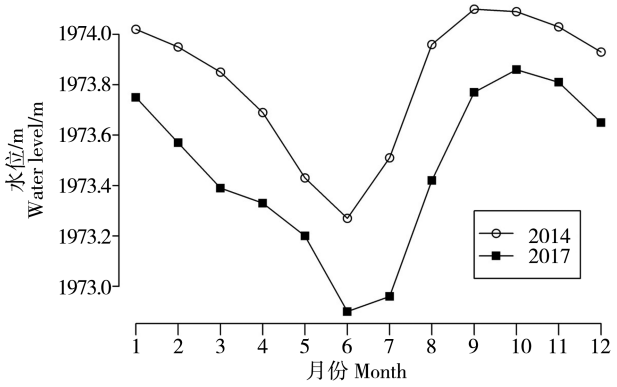


图 2 洱海 2014 年和 2017 年逐月水位对比

Fig. 2 The comparison of water level in Lake Erhai between 2014 and 2017 by month

表 1 2014 年和 2017 年洱海冬季水鸟调查日

Table 1 The days of surveying waterbirds at Lake Erhai in winter of 2014 and 2017

2014 年冬季 The winter of 2014	2017 年冬季 The winter of 2017
2014-11-08	2017-11-08
2014-11-15	2017-11-19
2014-11-22	2017-12-06
2014-11-29	2017-12-21
2014-12-06	2017-12-30
2014-12-14	2018-01-09
2014-12-27	2018-01-19
2015-01-03	2018-01-24
2015-01-20	
2015-01-26	

表2 2014年和2017年冬季在洱海北部观察到的水鸟物种和个体数量

Table 2 The species and its individual number observed in the northern Lake Erhai in winter of 2014 and 2017

中文名 Chinese name	拉丁学名 Latin name	所属集团 Guild	个体数量 Individual number	
			2014	2017
小鸊鷉	<i>Podiceps ruficollis</i>	Di	2 036	2 665
黑颈鸊鷉	<i>Podiceps nigricollis</i>	Di	0	49
凤头鸊鷉	<i>Podiceps cristatus</i>	Di	696	663
池鹭	<i>Ardea cinerea</i>	Wa	96	31
牛背鹭	<i>Bubulcus ibis</i>	Wa	5	1
白鹭	<i>Egretta garzetta</i>	Wa	79	34
中白鹭	<i>Egretta intermedia</i>	Wa	2	15
夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Wa	2	54
白琵鹭	<i>Platalea leucorodia</i>	Wa	1	0
灰雁	<i>Anser anser</i>	Da	0	1
赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>	Da	141	139
针尾鸭	<i>Anas acuta</i>	Da	0	32
绿翅鸭	<i>Anas crecca</i>	Da	13	680
罗纹鸭	<i>Anas falcata</i>	Da	0	13
绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>	Da	26	152
斑嘴鸭	<i>Anas poecilorhyncha</i>	Da	0	42
赤膀鸭	<i>Anas strepera</i>	Da	647	895
赤颈鸭	<i>Anas penelope</i>	Da	0	95
琵嘴鸭	<i>Anas clypeata</i>	Da	0	9
红头潜鸭	<i>Aythya ferina</i>	Di	0	14
白眼潜鸭	<i>Aythya nyroca</i>	Di	468	623
青头潜鸭	<i>Aythya baeri</i>	Di	0	2
白眉田鸡	<i>Porzana cinerea</i>	Wa	0	2
白胸苦恶鸟	<i>Amauornis phoenicurus</i>	Wa	0	3
黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	Wa	1 503	1 073
紫水鸡	<i>Porphyrio porphyrio</i>	Wa	321	362
骨顶鸡	<i>Fulica atra</i>	Di	5 476	9 610
水雉	<i>Hydrophasianus chirurgus</i>	Wa	53	0
凤头麦鸡	<i>Vanellus vanellus</i>	Wa	0	4
灰头麦鸡	<i>Vanellus cinereus</i>	Wa	25	5
白腰草鹬	<i>Tringa ochropus</i>	Wa	8	1
矶鹬	<i>Tringa hypoleucos</i>	Wa	1	0
扇尾沙锥	<i>Capella gallinago</i>	Wa	12	9

注:所属集团一列中的字母含义分别为 Di 代表潜水类水鸟, Da 代表钻水鸭类, Wa 代表涉禽;物种名称及排列顺序依据《中国鸟类种和亚种分类名录大全》^[14]。

Note: Di stands for diving waterbirds, Da for dabbling ducks, Wa for waders; the taxonomy refers to *A Complete Checklist of Species and Subspecies of the Chinese Birds*^[14].

表3 2014、2017年冬季洱海北部不同功能集团水鸟的物种数和个体数

Table 3 Species richness and individual number among waterbird guilds in the northern Lake Erhai in winter of 2014 and 2017

年份 Year	鸟类多样性 Biodiversity	潜水类 Diving waterbirds	钻水鸭 Dabbling ducks	涉禽 Waders
2014	物种数 Species richness	4	4	13
	个体数 Individual number	8 676	827	2 108
2017	物种数 Species richness	7	10	13
	个体数 Individual number	13 626	2 058	1 594

2.2 水鸟多样性变化

2014年和2017年冬季洱海北部共调查到33个物种(表2),其中2014年冬季共记录到22个物种,11 611只个体;2017年冬季共记录到30个物种,17 278只个体,因此,2017年洱海北部冬季水鸟群落无论从物种丰富度上,还是多度上都高于2014年。通过详细比较各功能集团的物种丰富度和多度变化(表3),发现潜水类和钻水鸭类无论在物种丰富度上,还是多度上,2017年冬季均高于2014年冬季,仅有涉禽物种丰富度不变,且多度下降。与2014年冬季相比,2017年冬季潜水类中新增加的物种是黑颈鸊鷉 *Podiceps nigricollis*、红头潜鸭 *Aythya ferina* 和青头潜鸭 *Aythya baeri* 等3个物种;钻水鸭中新增加的物种是灰雁 *Anser anser*、针尾鸭 *Anas acuta*、罗纹鸭 *Anas falcata*、斑嘴鸭 *Anas poecilorhyncha*、赤颈鸭 *Anas penelope*、琵嘴鸭 *Anas clypeata* 等6个物种;涉禽的物种丰富度虽然没有发生变化,但是其中3种发生了周转,即2014年冬季的水雉 *Hydrophasianus chirurgus*、矶鹬 *Tringa hypoleucos* 和白琵鹭 *Platalea leucorodia* 为2017年冬季的白胸苦恶鸟 *Amaurornis phoenicurus*、白眉田鸡 *Porzana cinerea*、凤头麦鸡 *Vanellus vanellus* 所取代。

3 讨论(Discussion)

3.1 水鸟群落变化

虽然2014年洱海北部冬季水鸟的调查频次更高,本研究仍然发现洱海水位较高时,即2014年冬季洱海北部水鸟群落物种丰富度和多度均少于水位下降后2017年的。洱海水位下降后,各功能集团的表现潜水类和钻水鸭的物种丰富度和多度均增加,涉禽类的物种丰富度没有改变,多度下降,这与浅滩地型湿地研究得出的结论不同,后者的研究结论为水位下降会使涉禽和钻水鸭多样性上升,而潜水类多样性下降^[3]。这是由于在水深岸陡型的湖泊中,潜水类不存在最低水深的限制,因此潜水类的多样性没有像浅滩发达的湿地一样表现出下降。涉禽在浅水和深水湿地对水位变化表现出的差异,是由于洱海中的涉禽并非像浅水湿地中一样在滩地上觅食活动,而是在洱海近岸生长旺盛的漂浮植物凤眼莲形成的草苔上活动,凤眼莲本身以及附生的无脊椎动物均能够成为涉禽的食物。根据调查人员观察,2017年漂浮植物凤眼莲的生长没有受到洱海水位下降的显著影响,因此对涉禽来说,觅食栖息地没有发生明显的改变,涉禽的物种丰富度亦没有发生

明显的变化;但是与2014年相比,2017年冬季后期洱海湿地管理加强了对凤眼莲的打捞去除,可能是涉禽多度下降的原因。

3.2 钻水鸭种类的增加

2017年洱海冬季水位下降之后,洱海北部的钻水鸭种类同时增加6种。一直以来,洱海北部水鸟利用的栖息地类型较为单一,以明水面和漂浮植物带为主,而较缺乏钻水鸭觅食所需的浅水滩地。食物资源可获性是限制钻水鸭能否利用栖息地的重要因素,因为即使在食物资源丰富的情况下,水深较大时,钻水鸭受限于自身的颈长,如果不能够到食物,依然不能使用这样的栖息地。钻水鸭只有水位下降至其可利用水中食物时,才会出现^[9]。

3.3 洱海水位下降与水鸟多样性变化的潜在关系

虽然缺乏关联二者的食物资源变化直接证据,但本研究依然能够为洱海水鸟群落变化提供线索。杨岚等^[15]1984年冬季对洱海进行调查时,报道灰雁、赤颈鸭等2种钻水鸭曾经为洱海的优势物种之一,但是近代却大幅减少^[16]。洱海在1963年以前为天然调节水位的湖泊,水位较高(1962年年平均水位为1 974.26 m),经过20年的流域生态改变、工农业用水增加后,在1982年年平均水位下降为1 971.10 m^[17],而此时也恰好是钻水鸭为洱海优势物种的时候。近代,为改善洱海水环境,政府又重新提高了洱海运行水位^[18],钻水鸭亦开始大幅减少。因此,历史上钻水鸭的数量变动亦与水位波动相符合。本研究在更加精细的时间和空间尺度上,从没有到发现它们的再次出现,而且是多个物种同时出现,应为共同的环境因素所吸引导致的,极有可能是低水位这一因素。结合历史上洱海钻水鸭数量变动和水位变化的过程,本研究认为水位下降是钻水鸭类物种丰富度增加的必要条件。未来关于水位波动带来的食物资源变化的研究将进一步证明水位变化是洱海水鸟群落发生改变的根本原因。

综上,对于水深岸陡型高原湖泊来说,水位下降可能使冬季钻水鸭和潜水类水鸟的物种丰富度和多度均增加,这一结论虽然需要更长的时间尺度和更多的湖泊研究来支持,但在大量水鸟的迁徙过境或越冬期,以提供更多水鸟可利用的栖息地为目的有计划的降低湖泊湿地水位,将毫无疑问有益于水鸟多样性的保护。

致谢:感谢大理市洱海保护管理局提供研究所需洱海水位数

据,感谢日内瓦大学 Davide Fornacca 博士对英文摘要的修改。

通讯作者简介:肖文(1975-),男,博士,研究员,主要从事动物生态学研究。

参考文献 (References):

- [1] Ma Z, Cai Y, Li B, et al. Managing wetland habitats for waterbirds: An international perspective [J]. *Wetlands*, 2010, 30: 15-27
- [2] Tavares D C, Guadagnin D L, Moura M J F, et al. Environmental and anthropogenic factors structuring waterbird habitats of tropical coastal lagoons: Implications for management [J]. *Biological Conservation*, 2015, 186: 12-21
- [3] Taft O W, Colwell M A, Isola C R, et al. Waterbirds responses to experimental drawdown: Implications for the multispecies management of wetland mosaics [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39: 987-1001
- [4] Guan L, Lei J, Zuo A, et al. Optimizing the timing of water level recession for conservation of wintering geese in Dongting Lake, China [J]. *Ecological Engineering*, 2016, 88: 90-98
- [5] Xia S, Liu Y, Chen B, et al. Effect of water level fluctuations on wintering goose abundance in Poyang Lake wetlands of China [J]. *Chinese Geographical Science*, 2016, 27(2): 248-258
- [6] Zou Y A, Tang Y, Xie Y H, et al. Response of herbivorous geese to wintering habitat changes: Conservation insights from long-term population monitoring in the East Dongting Lake, China [J]. *Regional Environmental Change*, 2017, 17(3): 879-888
- [7] Li C, Yang Y, Wang Z, et al. The relationship between seasonal water level fluctuation and habitat availability for wintering waterbirds at Shengjin Lake, China [J]. *Bird Conservation International*, 2018: 1-15. doi: 10.1017/S0959270918000035
- [8] Holm T E, Clausen P C. Effects of water level management on autumn staging waterbird and macrophyte diversity in three Danish coastal lagoons [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2006, 15: 4399-4423
- [9] Lorenzón R E, Beltzer A H, Peltzer P M, et al. Habitat-mediated influence of water-level fluctuations on waterbird occurrence in floodplain wetlands of the Parana River, Argentina [J]. *River Research & Applications*, 2017, 33(9). doi:10.1002/rra.3199
- [10] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 371
- [11] 尹延震, 储昭升, 赵明, 等. 洱海湖滨带水质的时空变化规律[J]. *中国环境科学*, 2011, 31(7): 1192-1196
- Yin Y Z, Chu Z S, Zhao M, et al. Spatial and temporal changes in water quality in aquatic-terrestrial ecotone of Lake Erhai [J]. *China Environmental Science*, 2011, 31(7): 1192-1196 (in Chinese)
- [12] 符辉, 袁桂香, 曹特, 等. 洱海近 50 a 来沉水植被演替及其主要驱动因素[J]. *湖泊科学*, 2013, 25(6): 854-861
- Fu H, Yuan G X, Cao T, et al. Succession of submerged macrophyte communities in relation to environmental change in Lake Erhai over the past 50 years [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2013, 25(6): 854-861 (in Chinese)
- [13] Bibby C J, Burgess N D, Hill D A, et al. *Bird Census Technique* [M]. 2nd ed. London: Academic Press, 2000: 161
- [14] 郑作新. 中国鸟类种和亚种分类名录大全[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 3-50
- Cheng T H. A Complete Checklist of Species and Subspecies of the Chinese Birds [M]. Beijing: Science Press, 2000: 3-50 (in Chinese)
- [15] 杨岚, 韩联宪, 王淑珍, 等. 云南水禽资源的调查研究[J]. *动物学研究*, 1988, 9(suppl.): 23-29
- [16] 韩联宪, 邓章文, 岩道. 大理洱海湖滨带鸟类多样性[J]. *动物学杂志*, 2014, 49(2): 185-194
- Han L X, Deng Z W, Yan D. Bird diversity in shore habitats of Erhai Lake, Yunnan Province [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2014, 49(2): 185-194 (in Chinese)
- [17] 袁静秀, 王银珠. 洱海的水位[J]. *海洋湖沼通报*, 1985, 3: 7-12
- [18] 李萍. 大理市洱海特征水位调整分析[J]. *人民珠江*, 2008(2): 46-48, 85