

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.06.11

引用格式: 尚博譔, 肖春蕾, 赵丹, 等. 中国湖泊分布特征及典型流域生态保护修复建议[J]. 中国地质调查, 2021, 8(6): 114-125. (Shang B X, Xiao C L, Zhao D, et al. Distribution characteristics of lakes in China and suggestions for ecological protection and restoration of typical river basins[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(6): 114-125.)

中国湖泊分布特征及典型流域生态保护修复建议

尚博譔^{1,2}, 肖春蕾^{1,2}, 赵丹^{1,2}, 朱振洲^{1,2}, 张高强^{1,2}

(1. 中国自然资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 中国地质调查局
国土空间生态保护修复中心, 北京 100083)

摘要: 湖泊是地球关键带的重要组成部分, 是水循环、物质循环和能量循环的重要环节。为了解我国湖泊分布现状, 依托中国地质调查局“生态地质调查工程”及其所属二级项目“全国地球关键带遥感地质调查”, 利用 Landsat8 OLI 等卫星影像数据, 通过遥感解译等技术方法, 识别了 2018 年我国境内(不包括香港、澳门与台湾地区)面积大于 1.0 km² 的湖泊 2 780 个, 总面积 78 727.9 km²; 研究统计并分析了我国各省/自治区、五大湖区、主要流域的湖泊数量、面积和分布特征; 针对典型区域的湖泊存在的生态问题进行分析, 提出相关湖泊生态保护修复的相关建议。其中, 北方农牧交错带湖泊大量萎缩干涸, 主因是农业和畜牧业的发展, 地下水超采严重, 应着力减少地下水开采; 黄河流域人工湖建设存在无序发展、过度追求景观水面扩张等问题, 应遵从水循环与水平衡自然规律, 针对全流域水资源配置进行调控; 长江源区湖泊水面整体处于扩张状态, 应以自然因素为主、人类活动干扰触发为辅, 加强冻土变化过程以及主要河流的水生态、水环境监测, 综合提高源区整体监测水平。研究成果为后续湖泊生态保护修复研究工作提供了参考。

关键词: 中国; 湖泊; 分布特征; 湖泊萎缩; 生态保护修复; 生态地质调查

中图分类号: P942.78; X87; X171.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2021)06-0114-12

0 引言

湖泊是地上地下各生态要素相互作用的纽带, 作为重要的淡水资源库、洪水调蓄库和物种基因库, 人类生产、生活与之息息相关, 在维系流域生态平衡、满足生产生活用水、减轻洪涝灾害和提供丰富水产品等方面发挥着不可替代的作用^[1]。中国国土幅员辽阔, 湖泊数量众多、类型全面、分布广泛, 据《中国湖泊志》^[2]记载, 1998 年我国境内(不包括香港、澳门与台湾地区)共有面积大于 1.0 km² 的湖泊 2 759 个, 总面积 91 019.6 km², 广泛分布于东部平原、青藏高原、云贵高原、蒙新高原、东北平原与山地五大湖区。中国湖泊的分布, 大致以大兴安岭—阴山—

贺兰山—祁连山—昆仑山—唐古拉山—冈底斯山—一线为界。此界东南为外流湖区, 湖泊大多直接或间接与海洋相通, 成为河流水系的组成部分, 属吞吐性湖泊, 以淡水湖为主; 此界西北为内流湖区, 湖泊处于封闭或半封闭的内陆盆地之中, 与海洋隔绝, 自成小流域, 为盆地水系的尾闾, 以咸水湖或盐湖为主^[3]。近几十年来, 随着气候环境变化和人类活动干扰加剧, 湖泊不仅在数量、形态和分布上发生了巨大变化, 在水量、水质和水生生物种群与数量上的变化也十分明显。但随着经济社会快速发展及人口不断增长, 湖泊生态系统持续受到较大的压力, 湖泊生态环境面临的形势仍不容乐观^[4]。因此掌握最新的湖泊分布情况对于生态保护修复有较强的指导作用。本文以我国前期湖泊调查资料

收稿日期: 2021-09-02; 修订日期: 2021-11-08。

基金项目: 中国地质调查局“生态地质调查工程(编号: 0703)”“全国地球关键带遥感地质调查(编号: DD20190536)”项目联合资助。

第一作者简介: 尚博譔(1990—), 男, 工程师, 主要从事生态地质研究工作。Email: 414010480@qq.com。

通信作者简介: 肖春蕾(1987—), 女, 高级工程师, 主要从事生态地质与国土空间生态保护修复领域的调查研究工作。

Email: xiaoc@radi.ac.cn。

为基础,结合中国地质调查局“生态地质调查工程”下设“全国地球关键带遥感地质调查”项目已取得的阶段性成果,分析我国湖泊近期现状,并针对自然与人文因素双重作用下我国湖泊面临的重大问题提出相应的湖泊保护与可持续利用措施,为我国湖泊的生态保护修复提供一定的调查思路和科学指导。

1 数据与技术方法

1.1 区域划分

湖泊(自然湖泊)是指陆地上的盆地或洼地积水形成的、有一定水域面积、换水较为缓慢的水体。

中国地域宽广,大地貌阶梯状特征明显,气候各异,自然环境区域分异鲜明,湖泊的形成、演化和资源赋存等诸方面都呈现出与自然环境相对应的区域特色。本文研究过程中,为准确识别不同区域的湖泊分布特征,采取按省(直辖市、自治区)行政区(本研究不包括香港、澳门与台湾地区)、五大湖区以及十大流域的划分方式进行各分区的湖泊统计分析。其中,五大湖区按照地理、气候等特征划分,包括青藏高原湖区、蒙新湖区(也称西北干旱区湖区)、云贵高原湖区、东北平原与山地湖区和东部平原湖区^[2, 5];十大流域按照一级水系流域划分,包括西北诸河流域、长江流域、松花江流域、淮河流域、西南诸河流域、黄河流域、珠江流域、辽河流域、海河流域和东南诸河流域。其中,西北诸河流域基本属于内流区,在干旱半干旱气候条件下,湖泊以封闭的咸水湖或盐湖为主;其余流域地处亚洲季风气候区,属外流区,以淡水湖为主。

1.2 数据来源

本文主要数据以空间分辨率 30 m 的 Landsat8 OLI 卫星影像为主,该数据可在美国地质调查局地球资源观测与科学中心(<https://earthexplorer.usgs.gov/>)获取,同时以其他高分辨率卫星影像为辅进行影像解译。本研究涉及影像获取时间为 2017—2018 年,部分地区(如云贵高原)受云层影响较大,影像数据时相推至 2016 年或 2019 年。



1.3 遥感解译

本文主要研究对象为湖泊水面,通过 eCog-

nition 软件利用多尺度分割及光谱差异分割方法提取水体,将提取结果划分为河流、湖泊及人工水面 3 类,根据影像的纹理特征、光谱特征、形状、密度、大小、空间分布及色调等信息建立以面向对象分类方法的解译标志(表 1)。本文主要选择 OLI 5(R)4(G)3(B) 波段合成,综合进行遥感解译。

表 1 湖泊水面遥感影像解译标志

Tab. 1 Interpretation signs of remote sensing images of lakes

类型	解译标志	影像示例
自然湖泊	天然形成的积水区,包括有一定人工边界	
人工湖泊	指非自然环境下产生的,有计划、有目的挖掘出来的一种湖泊,一般边界规则、有明显的人工修葺痕迹,包括景观湖、平原水库(通过挖掘耕地等形成),不包括各种拦蓄型水库	

在完成解译基础上,对错分或漏分对象进行修正。同时,针对受阴影影响而无法区分的水体,利用人机交互分类方法进行识别,最终形成 2018 年全国湖泊空间分布信息。

2 我国湖泊分布特征

2.1 湖泊总体分布特征

2.1.1 行政区湖泊数量与面积

目前,我国境内(不包括香港、澳门和台湾地区)共有 1.0 km² 以上的自然湖泊 2 780 个,总面积 78 727.9 km²,约占全国国土面积的 0.9% (图 1, 表 2)。拥有湖泊数量最多的 3 个省份是西藏自治区、内蒙古自治区和黑龙江省,分别占全国湖泊总数的 32.9%、12.3% 和 9.2%。拥有湖泊面积最大的 3 个省份是西藏自治区、青海省和新疆维吾尔自治区,分别占全国湖泊总面积的 39.7%、17.0% 和 9.1%。全国面积前五的湖泊分别是青海湖、鄱阳湖、色林错、洞庭湖和呼伦湖,其中青海湖、色林错和呼伦湖为咸水湖,鄱阳湖和洞庭湖为淡水湖。



图1 2018年中国湖泊分布(审图号:GS(2016)1568号)

Fig.1 Lake distribution of China in 2018

表2 2018年全国湖泊数量与面积统计

Tab.2 Quantity and area statistics of lake in China of 2018

省(直辖市, 自治区)	不同级别湖泊数量/个						数量合计/个	面积合计/km ²
	≥1 000 km ²	[500, 1 000) km ²	[100, 500) km ²	[50, 100) km ²	[10, 50) km ²	[1, 10) km ²		
安徽	0	1	6	4	20	71	102	20 720.8
北京	0	0	0	0	0	1	1	2.1
甘肃	0	0	1	0	4	2	7	208.1
广东	0	0	0	0	0	5	5	15.9
广西	0	0	0	0	0	2	2	3.2
贵州	0	0	0	0	1	1	2	27.4
河北	0	0	0	0	2	20	22	118.6
河南	0	0	0	0	0	8	8	14.1
黑龙江	1	0	2	2	27	225	257	3 093.5
湖北	0	0	5	3	33	119	160	2 372.0
湖南	1	0	0	2	7	69	79	1 799.2
吉林	0	0	1	2	14	94	111	1 074.8
江苏	2	1	4	3	8	69	87	5 509.4
江西	1	0	1	2	9	37	50	3 765.9
辽宁	0	0	0	0	0	2	2	3.6
内蒙古	1	0	2	2	25	313	343	3 987.8
宁夏	0	0	0	0	1	11	12	52.9
青海	1	5	17	15	43	171	252	13 399.1

(续表)

省(直辖市, 自治区)	不同级别湖泊数量/个						数量合计/个	面积合计/km ²
	≥1 000 km ²	[500, 1 000) km ²	[100, 500) km ²	[50, 100) km ²	[10, 50) km ²	[1, 10) km ²		
山东	0	0	2	0	2	16	20	614.6
山西	0	0	0	0	2	1	3	38.5
陕西	0	0	0	0	2	10	12	87.2
上海	0	0	0	1	1	8	10	100.7
四川	0	0	0	0	2	34	36	126.3
天津	0	0	0	0	0	4	4	9.3
西藏	4	3	61	59	181	608	916	31 252.7
新疆	1	4	5	6	34	167	217	7 130.7
云南	0	0	3	2	6	28	39	1 138.6
浙江	0	0	0	0	1	20	21	60.8
数量合计/个	12	14	110	103	425	2 116	2 780	
面积合计/km ²	23 325.6	9 413.0	22 935.4	7 295.0	9 434.2	6 324.7		78 727.9

2.1.2 五大湖区湖泊分布概况

按湖区划分,拥有湖泊数量和面积最多的湖区是青藏高原湖区,占全国湖泊总数量和总面积的 42.0% 和 56.7%;其次是东部平原湖区,占全国湖泊总数量和总面积的 20.54% 和 21.73%。五大湖区的湖泊分布极不均衡,东部平原湖区和青藏高原湖区合计占全国湖泊总数量和总面积的 62.5% 和 78.4%,是我国湖泊分布最为集中的区域,形成了东西密集分布的两大湖群。东北、蒙新、云贵等 3 个湖区合计仅占全国湖泊总数量和总面积的 37.4% 和 21.5%;尤其是云贵湖区,是

全国诸湖泊分布区中湖泊数量最少且面积最小的一个湖泊分布区(图 2,表 3)。

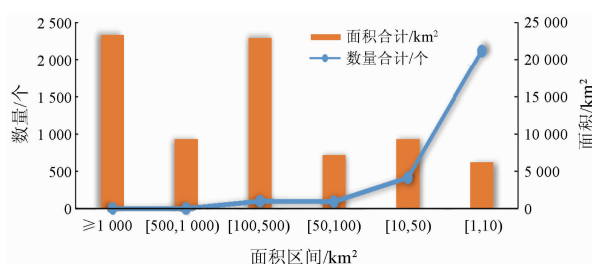


图 2 不同级别湖泊面积与数量

Fig. 2 The area and number of lakes with different sizes

表 3 我国各流域湖泊面积统计

Tab. 3 Statistics of lake area in the different river basins of China

流域	不同级别湖泊面积/km ²						面积合计
	≥1 000	[500, 1 000)	[100, 500)	[50, 100)	[10, 50)	[1, 10)	
西北诸河流域	12 001.4	6 257.0	15 877.2	5 215.7	5 332.0	2 615.0	47 298.3
长江流域	6 732.8	783.7	2 693.0	1 284.6	1 625.1	1 457.5	14 576.6
松花江流域	3 289.5	0.0	819.3	345.7	1 036.6	1 065.2	6 556.4
淮河流域	1 301.9	580.0	1 018.4	199.1	404.0	126.2	3 629.5
西南诸河流域	0.0	552.2	1 838.2	250.0	412.5	445.1	3 498.0
黄河流域	0.0	1 240.1	473.5	0.0	375.5	335.0	2 424.2
珠江流域	0.0	0.0	215.8	0.0	148.1	48.5	412.3
辽河流域	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8	146.1	172.8
海河流域	0.0	0.0	0.0	0.0	55.0	67.6	122.6
东南诸河流域	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	18.5	37.1
面积合计/km ²	23 325.6	9 413.0	22 935.4	7 295.0	9 434.2	6 324.7	78 727.9

2.1.3 主要流域湖泊分布概况

按流域划分,西北诸河流域湖泊面积最大,合计 47 298.3 km²,其中湖泊主要分布在青藏高原地区。湖泊数量最多的 3 个一级流域是西北诸河流域(1 252 个)、长江流域(559 个)和松花江流域

(442 个),分别占全国湖泊总数量的 45.0%、20.1% 和 15.9%,然后依次是西南诸河流域(193 个)、黄河流域(138 个)、淮河流域(79 个)、辽河流域(63 个)、海河流域(21 个)、珠江流域(23 个)和东南诸河流域(7 个)(图 3)。

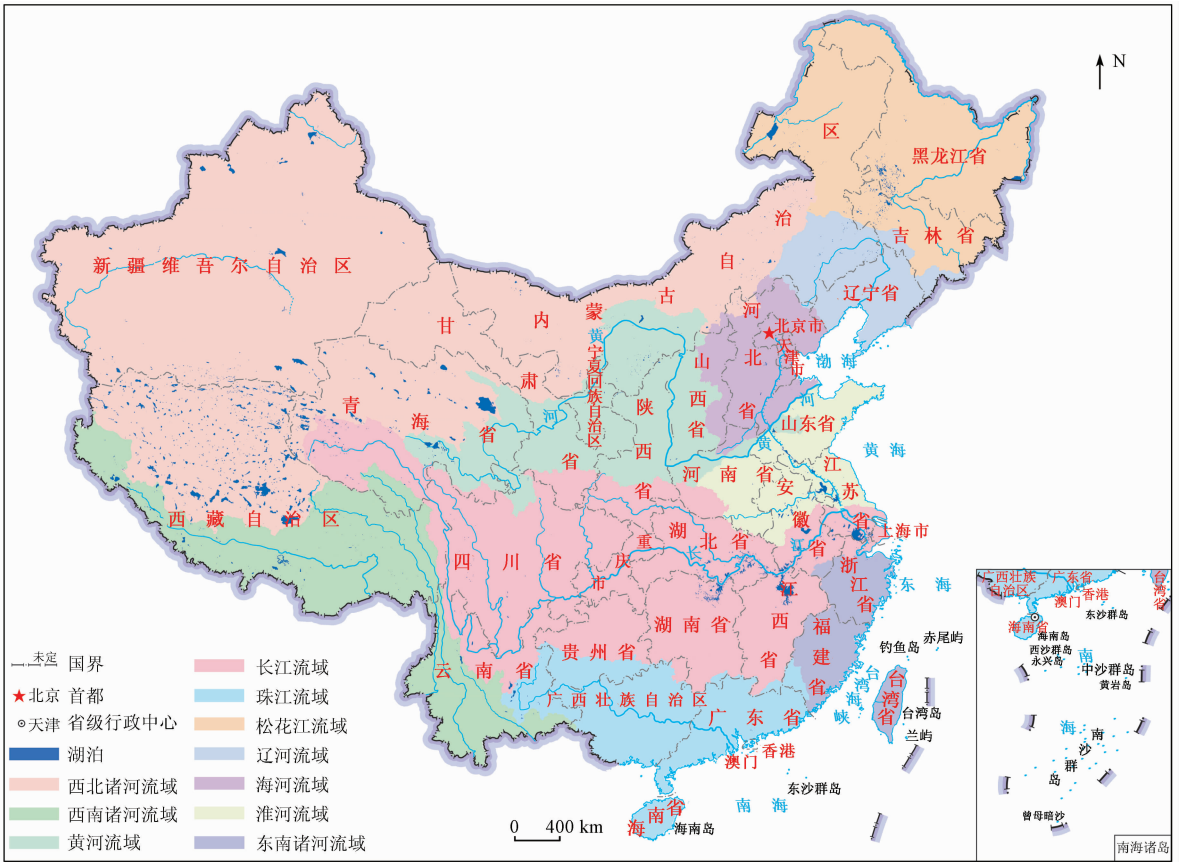


图3 我国主要流域湖泊分布图 (审图号: GS(2016)1568号)

Fig.3 Lake distribution in major river basins of China

2.2 主要流域湖泊分布特征

2.2.1 黄河流域湖泊分布特征

黄河流域包括青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东9个省份,流域面积 $79.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[6]。黄河作为西北和华北典型生

态屏障过渡带,具有重要的作用涵养、水体净化、气候调节和生物栖息等多重生态系统服务功能^[7]。总体上看黄河流域自然湖泊分布以上游为主,中下游湖泊零星分布(图4,表4)。青海省自然湖泊面积最大,达到 $1\,528.0 \text{ km}^2$,其中最大的



图4 黄河流域湖泊与河流分布

Fig.4 Lake and river distribution in the Yellow River Basin

表4 黄河流域湖泊面积与数量统计

Tab.4 Quantity and area statistics of lakes in the Yellow River Basin

省(自治区)	不同级别湖泊数量/个						面积合计/km ²	数量合计/个
	≥1 000 km ²	[500,1 000) km ²	[100,500) km ²	[50,100) km ²	[10,50) km ²	[1,10) km ²		
甘肃	0	0	0	0	1	0	26.0	1
内蒙古	0	0	1	0	3	57	515.7	61
宁夏	0	0	0	0	1	11	52.9	12
青海	0	2	0	0	8	32	1 528.0	42
山东	0	0	1	0	0	1	156.6	2
山西	0	0	0	0	2	1	38.5	3
陕西	0	0	0	0	2	10	87.2	12
四川	0	0	0	0	0	5	19.2	5
数量合计/个	0	2	2	0	17	117		138
面积合计/km ²	0	1 240.1	473.5	0	375.5	335.0	2 424.2	

2个湖为扎陵湖与鄂陵湖,面积分别为684.0 km²和556.1 km²,占到黄河流域自然湖泊的51.2%。其次是内蒙古自治区,湖泊面积为515.7 km²,其余6省湖泊面积仅有380.5 km²,占黄河流域自然湖泊总面积的15.7%。

2.2.2 长江流域湖泊分布特征

长江流域是我国人口和经济活动最为密集的地区之一,也是重要的粮食生产、渔业基地,流域内矿产资源丰富,工业发达,矿产开发强度较大,城市化水平较高,但也是洪涝、干旱等自然灾害的多易发区^[8]。同时长江也是我国第一大河,干流全长6 300 km,流域总面积达180 × 10⁴ km²,流

经11个省级行政区,水资源总量高达9 755亿 m³,约占全国河流径流总量的36%^[9]。总体上看长江流域自然湖泊主要分布在中下游地区(图5),其中江西省自然湖泊面积最大,达到3 765.9 km²,占长江流域总面积的25.8%,以鄱阳湖为主要湖泊;自然湖泊面积第二大的是江苏省,达到3 137.7 km²,占长江流域总面积的21.5%,以太湖为主要湖泊;接下来依次为湖北省、安徽省、湖南省,面积分别为2 372.0 km²、1 918.8 km²、1 799.2 km²。上述5省的自然湖泊面积达长江流域自然湖泊总面积的89.1%(表5)。

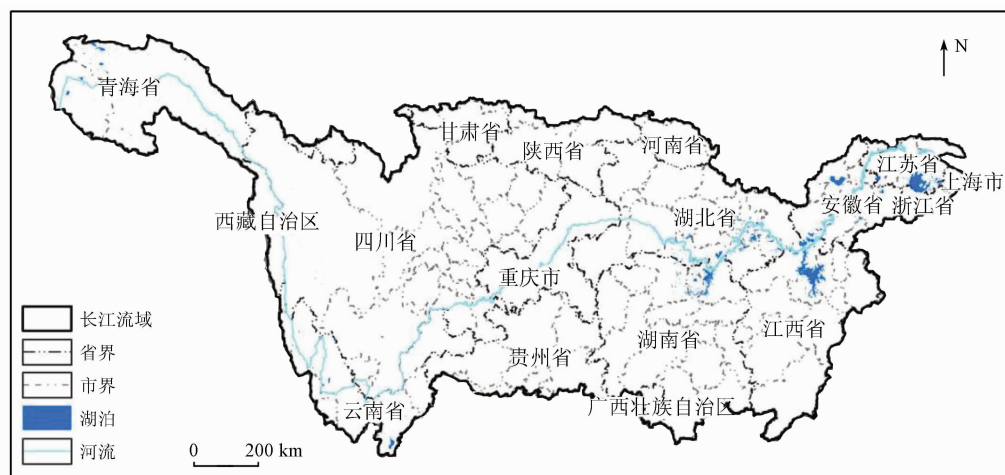


图5 长江流域湖泊与河流分布

Fig.5 Lake and river distribution in the Yangtze River Basin

表5 长江流域湖泊面积与数量统计

Tab.5 Quantity and area statistics of lakes in the Yangtze River Basin

省(直辖市, 自治区)	不同级别湖泊数量/个						面积合计/km ²	数量合计/个
	≥1 000 km ²	[500,1 000) km ²	[100,500) km ²	[50,100) km ²	[10,50) km ²	[1,10) km ²		
安徽	3	9	47	1	3	0	1 918.8	63
湖北	5	33	119	0	3	0	2 372.0	160
湖南	0	7	69	0	2	1	1 799.2	79
江苏	3	4	57	0	1	1	3 137.7	66
江西	1	9	37	0	2	1	3 765.9	50
青海	2	9	61	0	3	0	894.9	75
上海	0	1	8	0	1	0	92.2	10
四川	0	2	29	0	0	0	107.1	31
云南	1	0	8	0	2	0	456.6	11
浙江	0	0	14	0	0	0	23.7	14
数量合计/个	15	74	449	1	17	3		559
面积总计/km ²	2 692.95	1 625.13	1 457.47	783.68	1 284.58	6 732.83	14 576.64	

2.2.3 西北诸河流域湖泊分布特征

西北诸河流域包括西北诸外流河、内流河和国际河流,涉及新疆、西藏、甘肃、青海、宁夏、内蒙古、河北

7个省(自治区),国土面积约 $336.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。西北诸河流域湖泊面积 $47 298.3 \text{ km}^2$,数量 1 252 个,空间分布不均(图6,表6)。

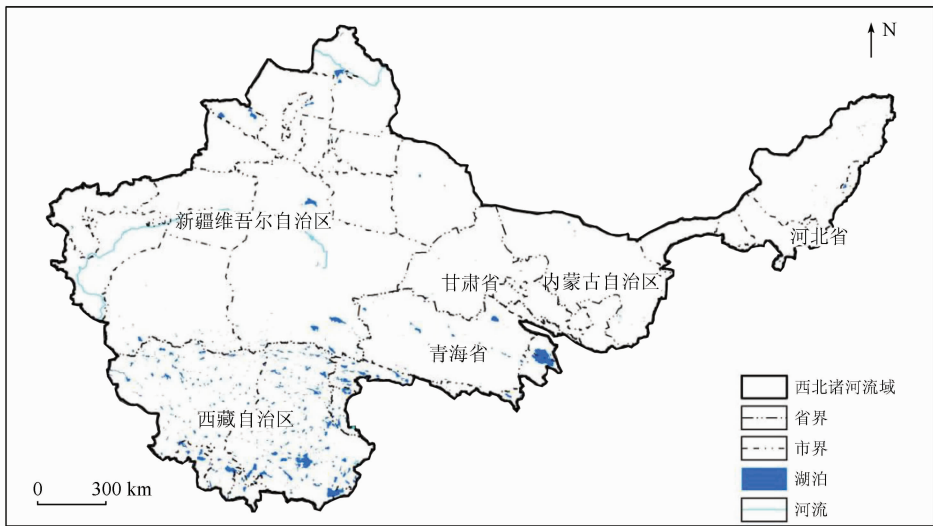


图6 西北诸河流域湖泊与河流分布

Fig.6 Lake and river distribution in the river basins of the Northwest Region

表6 西北诸河流域湖泊面积与数量统计

Tab.6 Quantity and areas statistics of lakes in the river basins of the Northwest Region

省(自治区)	不同级别湖泊数量/个						面积合计/km ²	数量合计/个
	≥1 000 km ²	[500,1 000) km ²	[100,500) km ²	[50,100) km ²	[10,50) km ²	[1,10) km ²		
甘肃	0	0	1	0	3	2	182.0	6
河北	0	0	0	0	0	12	39.4	12
内蒙古	0	0	1	2	11	131	899.2	145
青海	1	3	15	12	25	77	10 954.6	133
西藏	4	2	55	55	165	458	28 092.4	739
新疆	1	4	5	6	34	167	7 130.7	217
数量合计/个	6	9	77	75	238	847		1 252
面积总计/km ²	12 001.4	6 257.0	15 877.2	5 215.7	5 332.0	2 615.0	47 298.3	

其中,西三省、自治区(西藏、青海、新疆)自然湖泊面积占到整个西北诸河流域湖泊面积的97.6%,以1~10 km²湖泊居多(表6),多分布于人迹罕至的区域,人类活动影响较少,叠加气候暖湿化、冰川冻土消融等因素,使得西北诸河流域自然湖泊面积保持稳定并有稳步提升的趋势。

3 典型湖泊生态问题分析

3.1 北方干旱半干旱地区农牧交错带湖泊萎缩干涸

坝上高原是北方农牧交错带比较典型的湖泊萎缩区,该区域90%以上的湖泊处于萎缩或干涸态

势。以坝上高原西部的察汗淖尔流域为例,该流域地表水资源匮乏,开采地下水是主要的供水途径^[11]。1980—2020年,察汗淖尔水面面积萎缩近70%。察汗淖尔水面年内变化主要受降雨的影响,每年雨季,特别是连续的大雨之后,水面恢复,枯水期逐渐萎缩。年际变化受降雨和地下水水位的影响,2000—2010年,察汗淖尔流域降水减少,持续的枯水年对水面的减小有直接影响;加之上游地区建设水库等蓄水工程,减少了地表径流对湖淖的补给;流域内大力发展错季蔬菜,消耗大量的地下水,使得地下水位下降,减少了地下水对湖淖的补给(图7)。

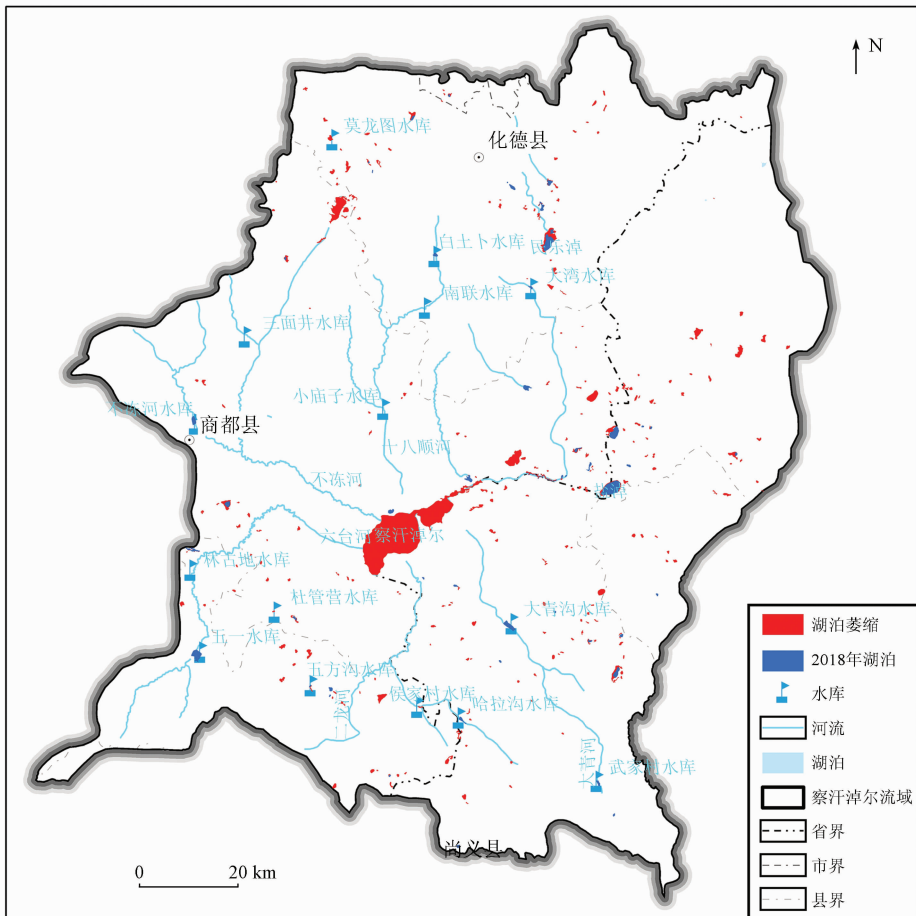


图7 1990—2018年察汗淖尔流域湖泊萎缩分布

Fig.7 Distribution of lake shrinkage in the Chahannaer Basin from 1990 to 2018

3.2 黄河流域人工湖泊建设

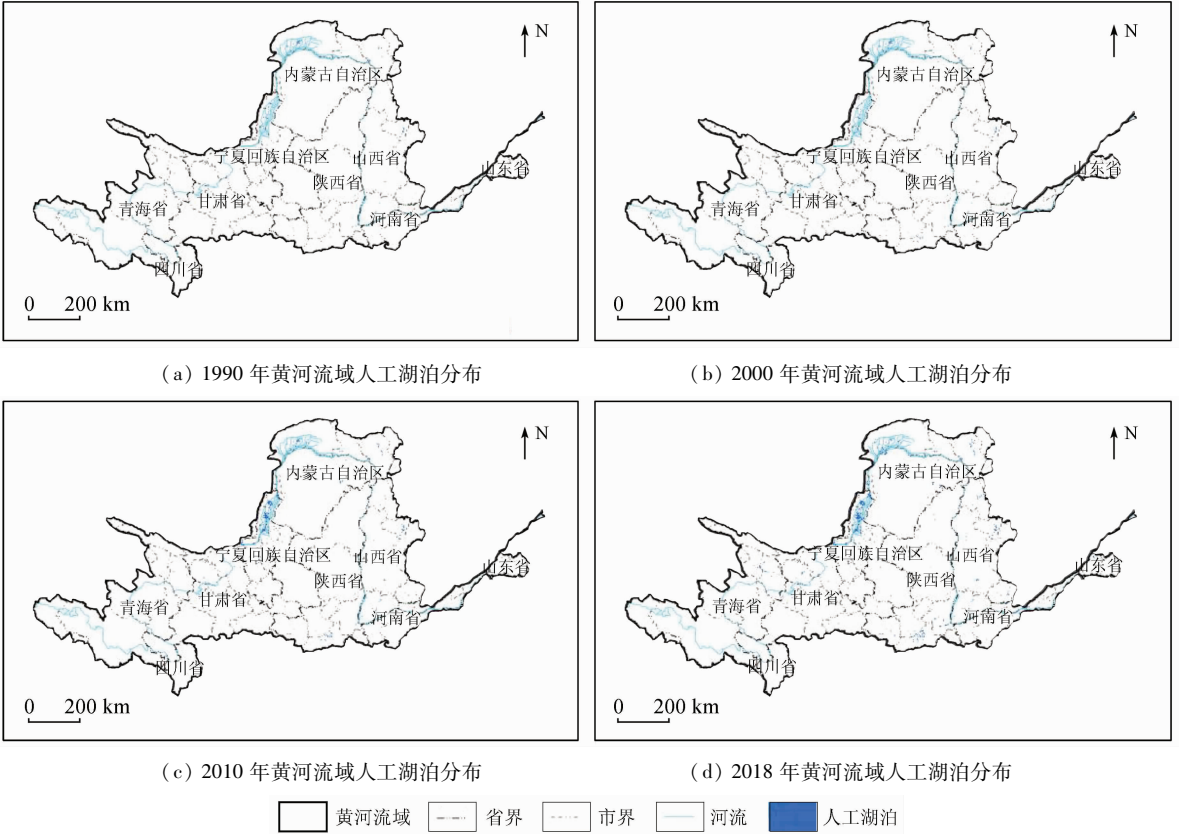
人工湖是指人为挖掘出来的湖泊,包括景观湖、平原水库(主要指通过挖掘耕地等形成)。据本次专题调查和对遥感数据人机交互解译结果显示,2018年黄河流域共存在人工湖泊712处,总

面积274.8 km²。与2010年相比,人工湖泊数量、面积分别增加415个、107.2 km²,处于较快增长态势(图8)。

黄河流域人工湖泊主要侧重于景观功能,集中分布于银川平原、山东黄泛平原、渭河和汾河谷地、

河套平原及周边沙漠沙地等区域。50%以上的大型人工湖泊位于城市建设区,其中石嘴山市、银川市人工湖泊面积占城市规划建设区比例较大,均为5%左右。1990—2018年,银川等城市人工湖泊扩建显著(图9)。从黄河水资源总量约束、地理分带条件

限制、人工湖泊功能适宜性等综合考虑,黄河流域占用耕地修建人工湖泊问题突出,且多为引黄河水入湖,缺乏黄河水资源的总体规划,存在一定的粗放性,生态效益未充分发挥,加剧了黄河流域全系统水资源供需矛盾。



(a) 1990年黄河流域人工湖泊分布

(b) 2000年黄河流域人工湖泊分布

(c) 2010年黄河流域人工湖泊分布

(d) 2018年黄河流域人工湖泊分布

图8 黄河流域人工湖泊分布

Fig. 8 Distribution of artificial lakes in the Yellow River Basin

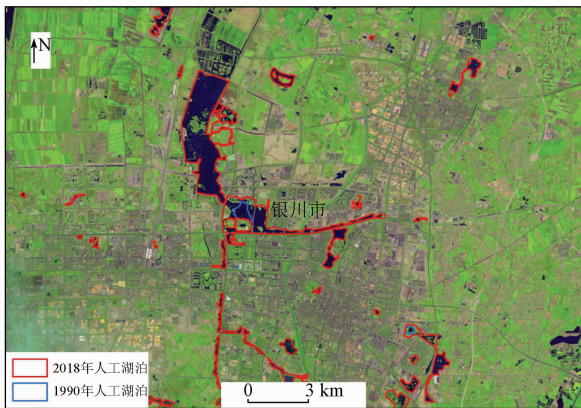


图9 1990—2018年银川市人工湖泊扩建卫星影像
Fig. 9 Satellite image of artificial lakes extension in Yinchuan City from 1990 to 2018

3.3 长江源区湖泊扩张

遥感监测结果显示,2018年长江源区面积大于

1 km²的湖泊共有87个,总面积为984.73 km²(图10)。1990—2018年,长江源区内大于1 km²湖泊数量仅增加1个,但面积由880.89 km²增加至984.73 km²,增幅达11.8%。其中1990—2000年为缓慢扩张期,面积由880.89 km²增加到882.76 km²;2000—2010年为迅速扩张期,面积达到992.58 km²;2010—2018年为相对稳定期,面积基本保持不变(表7)。由监测结果可以看出,湖面扩大的趋势虽然所有放缓,但可能仍将持续,这源于气温升高导致的冰川加速融化和降水的不断增加。就目前来讲,它有利于青藏高原农作物的生长和生态环境的恢复,同时使藏区的冬季变得更加舒适。除此之外,冰川融水补给的河流流量会有所增加,对下游的灌溉是重大利好。但另一方面,不断上涨的湖面已淹没部分肥沃的草场,更值得关注的则是地质灾害的发生。目前自然湖泊

水量增大,湖面扩张速度明显,一旦湖水越过湖盆,将会“杯满自溢”,极易造成洪水、泥石流等重大灾害。

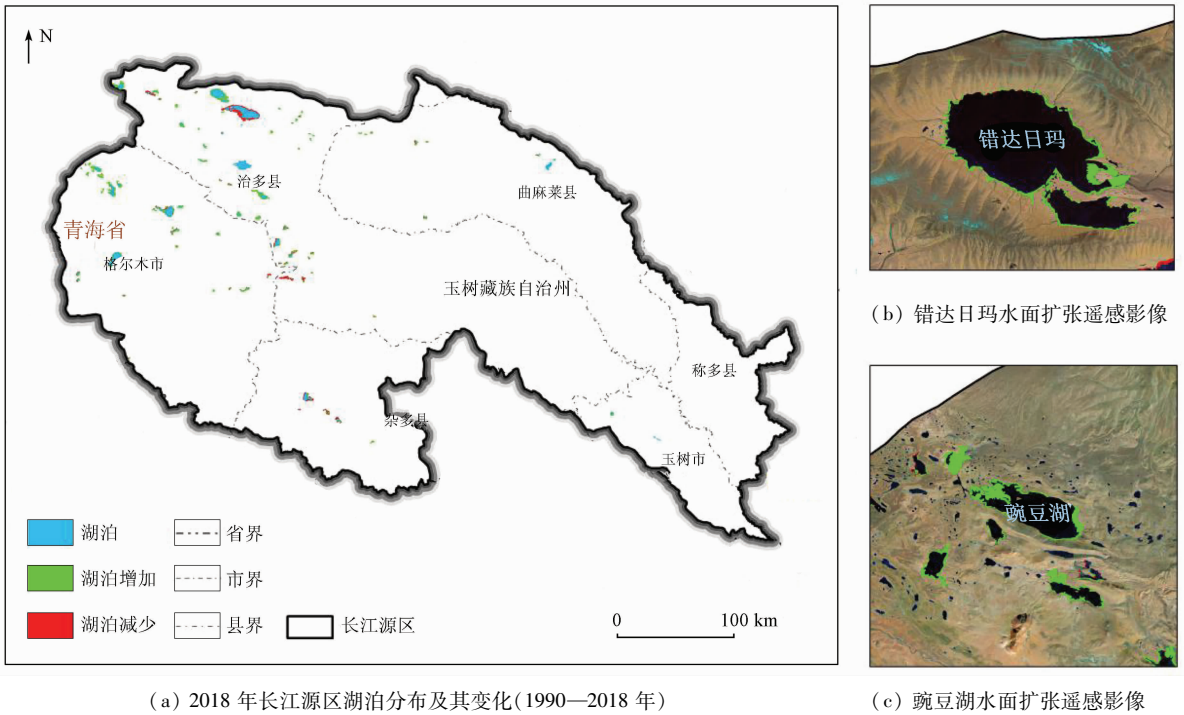


图 10 2018 年长江源区湖泊分布及其变化(1990—2018 年)

Fig. 10 Distribution of lakes in the source region of the Yangtze River source area in 2018 and its changes from 1990 to 2018

表 7 1990—2018 年长江源区湖泊数量及面积变化
Tab. 7 Changes of number and area of lakes in the Yangtze River source area from 1990 to 2018

年份	数量/个	面积/km ²	面积变化/km ²	年均扩张面积/km ²	年变化率/%
1990	86	880.89			
2000	87	882.76	1.87	0.19	0.02
2010	87	992.58	109.82	10.98	1.24
2018	87	984.73	-7.85	-0.98	-0.10

4 湖泊生态保护修复建议

(1)北方农牧交错带湖泊生态保护修复措施建议。北方农牧交错带自然条件脆弱,生态状况本底较差,水资源短缺。随着农业和畜牧业的发展,生产生活用水和生态用水的矛盾日益突出,地下水超采严重,形成地下水漏斗区,剥夺了地下水对湖泊的补给。为恢复水位,需统筹考虑水资源利用,开展河湖生态本底调查监测、河湖湿地连通、生态补水等措施,结合地下水压采措施,如改变农作物种植结构,提升灌溉利用率,建设节水高效的高标准农田等,减少对地下水的开采,遏制并逐渐恢复地

下水位,使地下水向河湖湿地补给能力增强,从而缓解湖泊萎缩。

(2)黄河流域人工湖生态保护修复措施建议。黄河流域人工湖的主要用途是城市景观和水资源空间调控。城市景观湖多是引河水入湖,总体上偏重于景观效应,未把人工湖用水放在整个流域来分析。应加强流域整体生态保护的水域总体规划,贯彻落实习近平总书记“量水而行”的要求,牢固树立全流域系统性生态保护概念,遵从水循环和水平衡的自然规律,科学编制自然、人工水域建设和控制总体规划,把湖泊的局部生态效益放在全流域生态保护的大局去评估,避免局部有好处、全局有损害的情形发生。

研究制定城市生态景观水面配置标准和建设项目的科学评估指标体系和方法。综合考虑生态保护修复、耕地保护、全流域水资源配置和调控、地下水涵养恢复等因素,分区分类分级加强管控,前置科学论证,合理确定自然和人工水域面积、储水量和运管方式,避免无序发展、过度追求景观水面扩张。

(3)长江源区湖泊扩张生态保护修复措施建议。长江源区湖泊扩张以自然因素为主,人类活动干扰

触发为辅,建议加强冻土变化过程监测,同时加强主要河流的水生态、水环境监测,综合提高源区整体监测水平。开展生态系统与气候变化之间的响应和反馈机制研究,定量辨别气候变暖和人类活动以及人工干预生态管理措施对生态系统的影响,提升对生态系统演变机理、生态安全格局及气候变化影响等关键领域的认知水平。以自然恢复和保育保护为主,减轻人类干扰,提高对气候变暖的自适应能力,加快建设以国家公园为主体的自然保护地,同时对可能影响人类活动的区域适当进行人工干预。开展相关研究,预测生态状况趋势,探索冻土、水生态变化对青藏高原湖区生态系统的影响,以提出适应气候变化的生态保护修复方案。

参考文献 (References):

[1] 杨桂山,马荣华,张路,等. 中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略[J]. 湖泊科学,2010,22(6):799-810.
Yang G S, Ma R H, Zhang L, et al. Lake status, major problems and protection strategy in China[J]. J Lake Sci, 2010, 22(6): 799-810.

[2] 王苏民,龚鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京:科学出版社,1998.
Wang S M, Dou H S. Annals of Chinese Lakes[M]. Beijing: Science Press, 1998.

[3] 姜文来. 中国湖泊资源危机[J]. 科技潮,2008(9):26-28.
Jiang W L. The crisis of lake resources in China[J]. Tide Sci Technol, 2008(9): 26-28.

[4] 王坤. 中国湖泊生态环境质量现状及对策建议[J]. 世界环境,2018(2):14-18.
Wang K. The quality status of eco-environment of lakes in China and relevant countermeasures and suggestions[J]. World Environ, 2018(2): 14-18.

[5] 马荣华,杨桂山,段洪涛,等. 中国湖泊的数量、面积与空间分布[J]. 中国科学:地球科学,2011,41(3):394-401.

Ma R H, Yang G S, Duan H T, et al. China's lakes at present: Number, area and spatial distribution[J]. Sci China Earth Sci, 2011, 54(2): 283-289.

[6] 高吉喜,王永财,侯鹏,等. 近20年黄河流域陆表水域面积时空变化特征研究[J]. 水利学报,2020,51(9):1157-1164.
Gao J X, Wang Y C, Hou P, et al. Temporal and spatial variation characteristics of land surface water area in the Yellow River basin in recent 20 years[J]. J Hyd Eng, 2020, 51(9): 1157-1164.

[7] 郜国明,田世民,曹永涛,等. 黄河流域生态保护问题与对策探讨[J]. 人民黄河,2020,42(9):112-116.
Gao G M, Tian S M, Cao Y T, et al. Discussion on the issues and countermeasures of ecological conservation of the Yellow River Basin[J]. Yellow River, 2020, 42(9): 112-116.

[8] 陈有明,刘同庆,黄燕,等. 长江流域湿地现状与变化遥感研究[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(6):801-808.
Chen Y M, Liu T Q, Huang Y, et al. Remote sensing research of wetland current status and change in the Yangze River Basin[J]. Resour Environ Yangtze Basin, 2014, 23(6): 801-808.

[9] 王学雷,吕晓蓉,杨超. 长江流域湿地保护、修复与生态管理策略[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(12):2647-2654.
Wang X L, Lü X R, Yang C. Strategies of wetland protection, restoration and ecological management in the Yangtze River Basin[J]. Resour Environ Yangtze Basin, 2020, 29(12): 2647-2654.

[10] 董雪娜,金双彦,王玲. 西北诸河区水资源调查与评价[J]. 人民黄河,2011,33(11):69-70,73.
Dong X N, Jin S Y, Wang L. Investigation and evaluation of water resources of rivers in the northwest region[J]. Yellow River, 2011, 33(11): 69-70, 73.

[11] 揭文辉,张策,汪冰,等. 2000—2018年坝上高原湿地遥感动态监测与生态环境变迁[J]. 矿产勘查,2020,11(12):2720-2728.
Jie W H, Zhang C, Wang B, et al. Remote sensing dynamic monitoring and ecological environmental changes of Bashang Plateau wetland from 2000 to 2018[J]. Miner Exp, 2020, 11(12): 2720-2728.

Distribution characteristics of lakes in China and suggestions for ecological protection and restoration of typical river basins

SHANG Boxuan^{1,2}, XIAO Chunlei^{1,2}, ZHAO Dan^{1,2}, ZHU Zhenzhou^{1,2}, ZHANG Gaoqiang^{1,2}
(1. China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center, Beijing 100083, China; 2. Territorial Ecological Protection and Restoration Center of China Geological Survey, Beijing 100083, China)

Abstract: Lakes are key components of the Earth's Critical Zone and significant parts of the water cycle, matter cycles and energy cycles. In order to comprehend the lake distribution in China, based on the "Eco-geological Survey Project" of China Geological Survey and its sub-project "National Remote Sensing Geological Survey of Earth's Critical Zones", the authors in this research used Landsat8 OLI satellite images, remote sensing interpre-

tation and other technical methods to identify 2 780 lakes (lake area $\geq 1.0 \text{ km}^2$) with a total area of 78 727.9 km^2 in the territory of China (not including Hong Kong, Macao and Taiwan areas). The number, area and distribution characteristics of lakes in China's provincial-level administrative regions, five typical lake regions, and the main river basins are analyzed. In addition, the research aims at the ecological problems in typical lake regions, and relevant suggestions on lake ecological protection and restoration are put forward. The lakes in the northern agro-pastoral ecotone have shrunk and dried up, mainly due to the development of agriculture and animal husbandry and serious groundwater over-exploitation, so efforts should be made to reduce groundwater exploitation. The disorderly development and excessive pursuit of landscape water surface expansion exists in the construction of artificial lakes in the Yellow River Basin, so we should follow the natural law of water cycle and water balance and regulate the allocation of water resources in the whole basin. The water surface of lakes in the source area of the Yangtze River is in an expanding state as a whole, mainly due to natural factors and supplemently by human activities. The monitoring of frozen soil change process and water ecology and water environment of main rivers should be strengthened to comprehensively improve the overall monitoring level of the source area. The research results provide a method reference for the follow-up ecological protection and restoration work.

Keywords: China; lake; distribution characteristics; lake shrinkage; ecological protection and restoration; ecological survey

(责任编辑: 常艳)