科学通报 2012 年 第 57 卷 第 4 期: 207 ~ 230
论 文 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

中国国家级湿地自然保护区保护成效初步评估

郑姚闽[①], 张海英[①], 牛振国[①*], 宫鹏[①②*]

① 中国科学院遥感应用研究所, 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;
② 清华大学地球系统科学研究中心暨全球变化研究院, 北京 100084
* 联系人, E-mail: zhgniu@irsa.ac.cn; gong@irsa.ac.cn

2011-08-10 收稿, 2011-11-28 接受
国家高技术研究发展计划重点项目(2009AA12200307)和国家科技支撑计划(2008BADBOB01)资助

摘要 国内外实践证明, 建立自然保护区是保护典型生态系统和生物多样性、拯救珍稀濒危野生动植物的有效措施. 中国政府圈地式抢救了大批湿地, 目前基本形成了以湿地自然保护区为主体, 国际重要湿地、湿地公园等相结合的湿地保护网络体系. 但是至今还没有在国家水平上评估中国湿地自然保护区保护成效以及保护区布局的合理性. 本文利用最新完成的中国湿地自然保护区保护价值评价数据库和按照同一分类体系提取的4期(1978~2008年)中国湿地遥感制图数据, 辅以相关保护区、环境等数据, 对30年来91个中国国家级湿地自然保护区的保护成效进行初步评估. 主要结果如下: (ⅰ) 30年来, 湿地自然保护区内湿地面积总体呈现下降趋势, 总净减少面积8152.47 km^2, 占全国湿地总净减少量的9%; (ⅱ) 虽然在国家级湿地自然保护区中湿地大幅减少的势头得到有效控制, 但仍然有79%(面积)的保护区保护效果较差, 主要分布在长江湿地区、滨海湿地区、三江源湿地区和西南诸河湿地区; 保护效果优良的面积只占15%, 主要分布在松花江湿地区; (ⅲ) 在全部湿地自然保护区中, 52个是自然原始的, 面积占88%, 远高于个数所占的比例(57%), 但有相当比例的保护区达到预警等级, 亟待引起重视; (ⅳ) 根据保护成效和生态压力的评估结果, 列出中国国家级湿地自然保护区的"优先关注排行榜", 并提出了一些建议.

关键词
湿地遥感
自然保护区
保护成效
生态压力
预警等级

湿地是地球上单位面积生态服务价值最高[1]、固碳能力最强[2]、生物多样性保护意义最大的生态系统, 被誉为"地球之肾"[3~8], 保护湿地及其生物多样性已经成为当前国际社会备受关注的热点(http://www.wetlands.org, 2010). 但是, 在全球范围内至今还没有基于统一资料来源, 使用同一湿地制图方法获得具有完整类型体系的湿地分布范围数据库. 因此, 定量化评估湿地生态系统在全球环境变化中所扮演的角色还存在很大的不确定性[9].

全世界140年的自然保护区建设实践证明, 建立自然保护区不仅是保护生物多样性的最佳手段, 而且还是建设生态环境、维护区域生态安全的有效措施[10~13]. 1872 年美国建立了世界上第一个自然保护区——黄石国家公园(Yellowstone National Park). 至2008 年, 全球自然保护区的数量达到 12 万个, 总面积 2.1×10^7 km^2, 相当于 2 个加拿大的国土面积(http://www.unep-wcmc.org/wdpa/statistics, 2010).

尽管世界自然保护区事业经历了 140 年的发展历史, 但国际上对自然保护区类型的划分至今未能统一. 为了解决保护区类型划分问题, 世界自然保护联盟(IUCN)自 1969 年起并经过 1972, 1978 和 1994 年的若干次讨论、审议和修改后, 将保护区划分为 6 个类型(http://www.iucn.org, 2010). 我国对于保护区类型划分的探索始于 20 世纪[14], 1993 年原国家环境保护总局和国家技术监督局联合发布的"中国自然保护区类型与级别划分原则"被作为国家标准(GB/T 14529-93), 执行至今[15]. 该标准根据自然保护区的主要保护对象, 将自然保护区划分为自然生态系统

英文版见: Zheng Y M, Zhang H Y, Niu Z G, et al. Protection efficacy of national wetland reserves in China. Chin Sci Bull, 2012, 57, doi: 10.1007/s11434-011-4942-9

类(森林、草原与草甸、荒漠、内陆湿地和海洋/海岸)、野生生物类(野生动物和野生植物)和自然遗迹类(地质遗迹和古生物遗迹)等 3 大类别 9 个类型[16]. 到 2011 年中国共建立湿地自然保护区 614 个[17], 其中国家级湿地自然保护区 91 个. 目前, 中国已初步形成以湿地保护区为主体, 湿地保护小区、湿地公园、海洋功能特别保护区、湿地多用途管制区等多种管理形式相结合的湿地保护网络体系, 但并未见湿地保护成效评估方面的研究报道, 也没有关于保护区设置类别合理性的和类别空缺的评价.

保护价值评价是指从多样性、稀有性、代表性、适宜性、自然性、人类干扰等角度, 对自然保护区的本底资源及其重要性进行的一项研究[18~21], 而保护成效评估则是在国家级湿地自然保护区的保护价值评价基础上, 从湿地动态变化、物种增殖扩繁、功能区调整等角度出发, 对国家级湿地自然保护区的保护水平和保护成绩进行的一项综合性研究, 是保育生物学、生态学和自然保护区学等学科的综合.

关于生态安全, 迄今尚未有一个确切的定义[22]. 有人认为, 同国防安全、经济安全一样, 生态安全是国家安全的重要组成部分, 而且是非常基础性的部分(http://www.cctv.com/news/ocus/story/story0423.html, 2010). 生态安全可以从 2 个方面解释: 一是防止生态环境的退化对经济基础构成威胁, 主要指环境质量状况和自然资源的减少、退化, 削弱了经济可持续发展的支撑能力; 二是防止环境问题引发公众的不满, 特别是导致环境难民的大量产生, 影响社会稳定[22~24].

遥感(RS)和地理信息系统(GIS)的结合, 已经成为探讨湿地格局动态演变、揭示其空间变化规律、建立其变化驱动力模型强有力的分析手段[25]. 许多文献报道了 RS 和 GIS 在湿地制图和动态监测方面的应用[26~38]. 但至今未见关于利用全国湿地遥感数据在国家层面定量评估湿地自然保护区保护成效的文献报道. 主要原因是缺乏全国尺度、多时间序列的中国湿地遥感制图数据、中国湿地自然保护区边界数据和生物多样性、环境等相关数据.

郑姚闽[18]收集了我国 182 个湿地类型自然保护区的科考报告和总体规划以及相关材料, 运用专家咨询法、层次分析法和四分位法等, 构建了 16 套湿地类型自然保护区保护价值评价指标体系, 得到 16 种湿地类型自然保护区的保护价值排序结果, 并列出国家级、省级湿地保护区的晋级依据和晋级名单, 完成中国国家级湿地自然保护区四至边界图. 但由于缺乏多时间序列的中国湿地遥感影像数据, 该文并未能对湿地自然保护区的保护成效进行评估. 宫鹏等人[9]在牛振国等人[39]遥感湿地分类体系基础上, 提出了一个具有 15 个二级类型的修正方案. 此后, 以 1978 年前后、1990 年前后、2000 年前后和 2008 年前后的陆地卫星资料完成 4 期中国湿地分布遥感制图, 这一成果逐步被科学界所认同[40], 使得利用多时间序列的中国湿地遥感影像数据在国家层面定量评估中国国家级湿地自然保护区(简称湿地保护区, 下同)保护成效成为可能.

本文基于最新完成的中国湿地自然保护区保护价值评价数据库和按照同一分类体系制作的 4 期(1978~2008 年)中国湿地遥感数据[9,39,40], 利用层次分析方法(AHP)和地理信息系统技术辅以国家级湿地自然保护区分布图[18]以及增殖扩繁和功能区调整、人口密度、土地利用、道路交通等数据库, 分析了 30 年来我国国家级湿地自然保护区的保护状况, 评估了湿地保护区的保护成效和生态压力, 以期为湿地保护区的遥感监测和科学管理提供参考依据, 并为国家制定宏观政策提供建议.

1 材料与方法

1.1 数据来源及前期准备

1.1.1 中国 4 期湿地遥感制图

中国 4 期湿地遥感制图(1978~2008 年)以人工目视解译为主, 河流宽度大于 3 个像素(90 m), 湖泊最小面积大于 10×10 个像素(0.09 km^2), 采用 Albers 双标准纬线投影, 详细技术流程及处理方法见文献[9,39]. 为避免因不同时期制图比例引起的湿地变化的差异, 采用窗口滤波方法将 4 期数据统一到 240 m ×240 m 栅格大小.

1.1.2 湿地保护区数据库

主要包括空间数据、物种、湿地、自然保护区等方面. 其中, 空间数据资料包括中国水系分布图(国家测绘局, 1∶400 万)、中国地形图(1∶100 万)、中国地图(2010)和北京 1 号小卫星遥感影像图等. 物种资料包括中国物种红色名录[41]、中国濒危动物红皮书(鸟类/鱼类/兽类/两栖类和爬行类)[42]、中国植物红皮书[43]和有关物种专著、文献和调查报告等. 湿地资料

包括《中国湿地百科全书》[17]、全国湿地资源调查总报告(2003)、全国湿地资源调查技术规程(2009)、《中国湿地植被》[44]、《中国湖泊志》[45]、《中国沼泽志》[46]、《中国海湾志》[47]、《中国流域综合管理战略研究》[48]、全国湿地保护工程规划(2004~2030)、《中国湿地行动计划》[49]和《雷州半岛红树林湿地资源综合管理》[50]等. 自然保护区资料包括公开出版或发布资料、公用数据库资料和自然保护区及其主管部门的相关资料. 其中, 公开出版或发布资料包括科技论文、专著、科学考察集、总体规划、研究报告、《全国自然保护区名录》[16]、《中国国家级自然保护区》[51,52]、《全国林业系统自然保护区体系规划研究》[53]和全国自然保护区建设总体规划(2005)等.

共收集到 182 个湿地类型自然保护区的较为完整的材料[54~60], 建立湿地自然保护区名录, 建立湿地自然保护区保护价值数据库, 制作湿地类型自然保护区分布图, 并与自然保护区官方网站公布的数据进行校验, 及时更新数据.

其中, 湿地保护区分布图的制作以自然保护区总体规划附图为基础, 对其进行扫描、校正、矢量化, 建立空间数据库; 将自然保护区科考报告中的保护区基本信息录入到表格中, 并与空间数据库进行属性连接. 利用“1∶400 万中国湿地分布图”(国家林业局)、1∶400 万中国水系分布图(国家测绘局)、中国地图(地图出版社, 2010)、北京小卫星的遥感影像图和自然保护区主管部门网站公布材料等作为辅助数据进行检查与分析.

1.1.3 生态安全压力数据库

中国人口密度图和土地利用图(2000)来源于中国科学院地理科学与资源研究所网站(http://www.igsnrr.ac.cn/xxgx/200909/t20090904_2464203.html, 2010), 全国 1∶100 万地形数据库的道路、铁路和居民地分级图(2002)来自国家测绘局.

1.2 研究方法及数据处理

保护成效评估方法是以满足国家战略需求为中心来评估自然保护区工作的一种方法, 因此评估指标体系应该以经济、高效、公平为原则, 以长期维持湿地生态系统或野生生物及其栖息地的存在为总目标, 以自然保护区的资源本底状况、湿地面积动态变化状况、野生动物增殖扩繁状况和功能区调整状况为依据, 并酌情分解成诸多二、三级指标, 以实现定量化评估的目的.

本文研究范围主要包括中国内地的内陆湿地类型自然保护区、海洋海岸类型自然保护区和部分野生动物类型自然保护区. 其中, 内陆湿地和海洋/海岸类型都属于湿地生态系统类型自然保护区, 野生动物类型自然保护区仅局限于主要保护对象是湿地野生动物及其重要栖息地的保护区. 此外, 为便于分析, 将内陆湿地类型自然保护区又分成湖泊湿地、河流湿地和沼泽湿地等类型进行统计.

1.2.1 保护价值评价

郑允文等人[61]针对我国自然保护区的实际状况, 筛选出多样性、代表性、稀有性、自然性、面积适宜性及脆弱性和人类威胁等诸项指标, 制定了一套较为系统完整的生态评价标准体系, 经修订后作为《国家级自然保护区评审标准》得到应用(http://sts.mep.gov.cn/zrbhq/pxbz/199904/t19990415_85000.htm, 2011), 但该标准过分依赖专家打分法, 定量化水平还不够, 而且忽略了湿地类型自然保护区的特殊性.

本文在全面总结前人研究的基础上, 首次按照主要保护对象的类型对湿地自然保护区保护价值进行定量评价, 建立了湿地自然保护区保护价值评价指标体系. 国家级湿地自然保护区保护价值评价以 182 个湿地自然保护区的科学考察报告等本底资料为基础, 采用层次分析法[20,62~64]、专家咨询法和四分位法等方法, 建立了不同类型的湿地自然保护区保护价值评价指标体系, 主要包括湖泊(永久性淡水湖和永久性咸水湖)、河流(永久性河流、季节性/间歇性河流/泛洪平原)、沼泽(泥炭/草本沼泽、木本沼泽、沼泽化草甸/淡水泉/绿洲湿地)、滨海湿地(红树林、珊瑚礁、河口水域、浅海水域/潮下水生层、淤泥质海滩/三角洲/沙洲/沙岛/沙石海滩/潮间盐水沼泽)和野生动物(鸟类、鱼类、兽类和两栖、爬行类)等 5 大系列 16 套评估指标体系.

这 5 大系列 16 套评估指标体系的系统层、指标层、权重、档位区间和档位等级略有差异, 如永久性淡水湖泊湿地自然保护区保护价值评价指标体系主要包括 10 个系统层指标和 32 个指标层指标(表 1), 其档位区间和档位等级见表 2, 其他体系的介绍, 详见文献[18].

(ⅰ) 必要性. 反映该湿地类型自然保护区的最核心价值——濒危物种信息, 包括: I1 关键物种数、I2 濒危物种的保护区种群规模占全国种群规模的百分

表 1 永久性淡水湖泊湿地自然保护区保护价值评价指标体系及权重

系统层	指标层	S1–W1 =0.327	S2–W2 =0.076	S3–W3 =0.072	S4–W4 =0.045	S5–W5 =0.131	S6–W6 =0.055	S7–W7 =0.043	S8–W8 =0.041	S9–W9 =0.163	S10–W10 =0.047	合成权重 W_i
S1 必要性	I1 关键物种数	0.186										0.061
	I2 濒危物种的保护区种群规模占全国种群规模的百分点累积值	0.705										0.231
	I3 特有物种数	0.109										0.036
S2 代表性	I4 一级流域内湿地类型保护区数量		0.167									0.013
	I5 一级流域内同质型保护区数量		0.167									0.013
	I6 二级流域内湿地类型保护区数量		0.167									0.013
	I7 二级流域内同质型保护区数量		0.167									0.013
	I8 三级流域内湿地类型保护区数量		0.167									0.013
	I9 三级流域内同质型保护区数量		0.167									0.013
S3 稀有性	I10 国家Ⅰ级重点保护动物种数			0.323								0.023
	I11 国家Ⅰ级重点保护植物种数			0.323								0.023
	I12 国家Ⅱ级重点保护动物种数			0.177								0.013
	I13 国家Ⅱ级重点保护植物种数			0.177								0.013
S4 多样性	I14 维管束植物种数				0.125							0.006
	I15 脊索动物种数				0.125							0.006
	I16 浮游生物种数				0.065							0.003
	I17 底栖生物种数				0.065							0.003
	I18 鸟类种数				0.215							0.010
	I19 鸟类数量				0.320							0.015
	I20 栖息地类型数量				0.086							0.004
S5 适宜性	I21 保护区面积					0.708						0.092
	I22 核心区面积所占比例					0.117						0.015
	I23 湿地面积所占比例					0.175						0.023
S6 人类干扰	I24 保护区内人口密度						0.802					0.044
	I25 周边社区人口数量						0.198					0.011
S7 旅游功能	I26 年环境容纳量							1				0.043
S8 渔业功能	I27 年渔获量								1			0.041
S9 水资源功能	I28 丰水期蓄水量									0.646		0.105
	I29 丰水期湖泊面积									0.159		0.026
	I30 水质									0.195		0.032
S10 空间资源功能	I31 耕地面积										0.269	0.013
	I32 芦苇沼泽面积										0.731	0.034

点累积值和 I3 特有物种数等 3 个指标.

(1) I1 关键物种数. 关键物种是指在生态系统中至关重要的物种, 这些物种往往是最为关键的濒危物种. IUCN 物种红色名录用于全球、国家或区域的物种濒危风险评价方面作用已被广泛认识[65], 但却未见有关中国湿地自然保护区关键物种濒危风险评价方面的文献报道. 满足 ABCD 任一条件即被收录为关键物种: A, 满足《中国濒危动物红皮书》[42]记录的野生绝迹物种(Ex)、国内绝迹物种(Et); B, 满足《中国濒危动物红皮书》记录的濒危物种(E), 同时

表 2　永久性淡水湖湿地自然保护区保护价值评价指标体系的评价指标档位区间和档位等级

系统层	指标层	极高 100 分	高 80 分	中 60 分	低 40 分
S1 必要性	I1 关键物种数	(6, +∞)	(3, 6]	(0, 3]	0
	I2 濒危物种的保护区种群规模占全国种群规模的百分点累积值	(12, +∞)	(0.3, 12]	(0, 0.3]	0
	I3 特有物种数	(3, +∞)	(2, 3]	(0, 2]	0
S2 代表性	I4 一级流域内湿地类型保护区数量	[0, 13]	(13, 25]	(25, 39]	(39, +∞)
	I5 一级流域内同质型保护区数量	[0, 2]	(2, 5]	(5, 8]	(8, +∞)
	I6 二级流域内湿地类型保护区数量	[0, 3]	(3, 4]	(4, 7]	(7, +∞)
	I7 二级流域内同质型保护区数量	[0, 1]	(1, 2]	(2, 3]	(3, +∞)
	I8 三级流域内湿地类型保护区数量	[0, 1]	(1, 2]	(2, 3]	(3, +∞)
	I9 三级流域内同质型保护区数量	[0, 0.5]	(0.5, 1]	(1, 2]	(2, +∞)
S3 稀有性	I10 国家Ⅰ级重点保护动物种数	(7, +∞)	(5, 7]	(3, 5]	[0, 3]
	I11 国家Ⅰ级重点保护植物种数	(3, +∞)	(2, 3]	(1, 2]	[0, 1]
	I12 国家Ⅱ级重点保护动物种数	(34, +∞)	(26, 34]	(18, 26]	[0, 18]
	I13 国家Ⅱ级重点保护植物种数	(5, +∞)	(2, 5]	(0, 2]	0
S4 多样性	I14 维管束植物种数	(1022, +∞)	(440, 1022]	(183, 440]	[0, 183]
	I15 脊索动物种数	(318, +∞)	(295, 318]	(208, 295]	[0, 208]
	I16 浮游生物种数	(265, +∞)	(182, 265]	(98, 182]	[0, 98]
	I17 底栖生物种数	(56, +∞)	(43, 56]	(28, 43]	[0, 28]
	I18 鸟类种数	(212, +∞)	(167, 212]	(131, 167]	[0, 131]
	I19 鸟类数量	(125000, +∞)	(30500, 125000]	(10000, 30500]	[0, 10000]
	I20 栖息地类型数量	(39, +∞)	(21, 39]	(13, 21]	[0, 13]
S5 适宜性	I21 保护区面积(km^2)	(1014, +∞)	(372, 1014]	(167, 372]	[0, 167]
	I22 核心区面积所占比例	(37%, +∞)	(32%, 37%]	(25%, 32%]	[0, 25%]
	I23 湿地面积所占比例	(76%, +∞)	(40%, 76%]	(27%, 40%]	[0, 27%]
S6 自然性	I24 保护区内人口密度(人 km^{-2})	[0, 1]	(1, 21]	(21, 157]	(157, +∞)
	I25 周边社区人口数量	[0, 6301]	(6301, 28420]	(28420, 162314]	(162314, +∞)
S7 旅游功能	I26 年环境容纳量(万人次 $年^{-1}$)	(44, +∞)	(15, 44]	(7, 15]	[0, 7]
S8 渔业功能	I27 年渔获量(t)	(4050, +∞)	(1000, 4050]	(180, 1000]	[0, 180]
S9 水资源功能	I28 丰水期蓄水量($\times10^8$ m^3)	(28, +∞)	(12, 28]	(3, 12]	[0, 3]
	I29 丰水期湖泊面积(km^2)	(409, +∞)	(213, 409]	(37, 213]	[0, 37]
	I30 水质	[I, II)	[II, III)	[III, IV)	[IV, V]
S10 空间资源功能	I31 耕地面积(km^2)	(81, +∞)	(46, 81]	(7, 46]	[0, 7]
	I32 芦苇沼泽面积(km^2)	(230, +∞)	(97, 230]	(11, 97]	[0, 11]

又达到根据 IUCN3.1 标准制定的《中国物种红色名录第一卷红色名录》[41]的濒危等级要求(EN 或 CN); C, 满足《中国濒危动物红皮书》记录的濒危物种(E)或易危物种(V), 且同时又是中国特有种或主要分布种; D, 满足《中国物种红色名录第三卷无脊椎动物》“评估等级”为绝灭(EX)、野外绝灭(EW)、地区绝灭(RE)、极危(CR).

(2) I2 濒危物种的保护区种群规模占全国种群规模的百分点累积值. 濒危物种按以下名录所收录为准: 国家重点保护物种名录、中国物种红色名录(极危、濒危和易危)、中国濒危动植物红皮书(濒危、易危和稀有)、CITES 附录、中澳候鸟保护协定、中日候鸟保护协定以及国家林业局列入重点保护的 15 大物种. 统计濒危物种的全国种群数量, 以该数值的

1%作为 1 个百分点, 分别计算每个濒危物种的保护区种群数量占全国种群数量的比例, 然后求和可得.

(3) 特有种数. 满足 ABC 任一条件即被收录: A,《中国濒危动物红皮书》收录的中国特有鸟类、中国特有兽类、中国特有鱼类、中国特有两栖类和中国特有爬行类; B,《中国物种红色名录第一卷红色名录》收录的珊瑚纲、双壳纲、软甲纲、海参纲、海胆纲和海星纲中, "中国种群占全球种群的比例"为"中国特有"的物种; C,《中国物种红色名录第三卷无脊椎动物》收录的珊瑚纲、双壳纲、软甲纲、海参纲、海胆纲和海星纲, "中国种群占全球种群的比例"为"中国特有"的物种.

(ⅱ) 代表性. 反映该保护区代表国家或流域水平的湿地类型自然保护区的能力——单位面积同质型保护区的数量信息, 包括: I4 一级流域内湿地类型自然保护区数量、I5 一级流域内同质型自然保护区数量、I6 二级流域内湿地类型自然保护区数量、I7 二级流域内同质型自然保护区数量、I8 三级流域内湿地类型自然保护区数量和 I9 三级流域内同质型自然保护区数量等 6 个指标. 其中, 流域划分参考"全国湿地资源调查技术规程(2009)", 全国划分为 11 个一级流域、83 个二级流域、225 个三级流域. 为了便于对滨海湿地的研究, 依据《中国海湾志》[47], 将滨海一级流域细分成渤海滨海、黄海滨海、东海滨海和南海滨海等 4 个二级流域, 再细分 13 个三级流域(表 S2).

计算每个流域内湿地自然保护区的个数. 计算方法如下: 若某保护区只属于 1 个流域则计数: 1 个; 若跨 2 个流域, 则各计数: 0.5 个; 若跨 3 个流域则各计数: 0.33 个; 若跨 4 个流域则各计数: 0.25 个.

(ⅲ) 稀有性. 反映该保护区的国家级重点保护物种的稀有程度, 包括 I10 国家Ⅰ级保护动物种数、I11 国家Ⅰ级保护植物种数、I12 国家Ⅱ级保护动物种数和 I13 国家Ⅱ级保护植物种数 4 个指标.

(ⅳ) 多样性. 反映该保护区的生物多样性状况, 包括 I14 维管束植物种数、I15 脊索动物种数、I16 浮游生物种数、I17 底栖生物种数、I18 鸟类种数、I19 鸟类数量和 I20 栖息地类型数量等 7 个指标.

(ⅴ) 适宜性. 反映该保护区的规模和质量, 包括 21 保护区面积、I22 核心区面积所占比例和 I23 湿地面积所占比例等 3 个指标.

(ⅵ) 人类干扰. 反映保护区受人类影响的强度, 包括 I24 保护区内人口密度和 I25 周边社区人口数量等 2 个指标.

(ⅶ) 旅游资源功能. I26 年环境容纳量.

(ⅷ) 渔业资源功能. I27 年渔获量.

(ⅸ) 水资源功能. 反映保护区的水质和水量, 包括 I28 水质、I29 丰水期蓄水量和 I30 丰水期湖泊面积等 3 个指标.

(ⅹ) 空间资源功能. 反映保护区的开发利用潜力, 包括 I31 耕地面积和 I32 芦苇沼泽面积 2 个指标.

保护价值评价模型为

$$S=\sum_{i=1}^{n}W_iX_i, \tag{1}$$

式中, S 为国家级湿地自然保护区的保护价值指数, W_i 为合成权重, X_i 为指标数值, i 为指标序号, n=32.

1.2.2 湿地动态评估

分别计算湿地保护区成立前、后的湿地变化速率和湿地变化速率的改变量. 计算公式如下:

$$R=\Delta A/A, \tag{2}$$

$$\mathrm{d}R=\left(R_2-R_1\right)/\left|R_1\right|, \tag{3}$$

式中, R 为湿地变化速率, ΔA 为湿地总净变化量, A 为保护区面积, $\mathrm{d}R$ 为湿地保护区建立前、后的湿地变化速率的改变量, R_1 表示湿地保护区成立前的湿地变化速率, R_2 表示湿地保护区成立后的湿地变化速率.

1.2.3 增殖扩繁评估

鉴于主要保护对象为野生生物的湿地保护区的特殊情况, 将湿地动态评估指标替换成增殖扩繁指数, 即年均增殖率 L. 计算公式如下:

$$L=\sum_{k=1}^{m}\left(N_2-N_1\right)/N_1\left(a_2-a_1\right), \tag{4}$$

式中, L 为年均扩繁(增殖)率, N_1 为保护区建立时某濒危物种的数量, N_2 为保护区建立后某濒危物种扩繁增殖后的数量, a_2 为保护区建立后的年代, a_1 为保护区建立时的年代, k 为保护区某濒危物种序号, m 为保护区所有濒危物种种数.

1.2.4 功能区调整评估

在国家抢救式圈地保护的号召下, 当前湿地保护区功能分区尚存在诸多不合理之处, 特别是许多地方政府在"保护让位发展"的利益驱动下, 为摆脱《自然保护区条例》的束缚, 对功能区进行大幅调整, 严重降低了保护成效. 科学合理的功能区调整理应是微调, 是在主要保护对象及其栖息地的确发生改变的前提下, 为了实现保护区长期的保护目标, 而在

保护区内部进行小范围的调整，一般调整范围较小，总面积变化不大(甚至不变).

所以，通过计算湿地保护区的功能区调整指数 D，以此来修正保护成效评估结果，计算公式如下:

$$D = \left|A_2 - A_1\right| / A_1, \quad (5)$$

式中 D 为功能区调整指数，A_2 为湿地保护区调整后面积，A_1 为湿地保护区调整前面积.

1.2.5 阈值确定

保护成效评估指标体系的评估指标等级划分依据见表 3~6. 其中，湿地生态系统类型自然保护区保护成效评估时使用表 3, 4 和 6，野生生物类型自然保护区保护成效评估时使用表 3, 5 和 6.

1.2.6 生态压力评估

第一步: 建立湿地保护区的生态安全压力内涵分析清单，根据层次分析法，将生态安全压力分为土地利用、交通道路和人口压力 3 个系统层，再分别赋予系统层、指标层归一化权重，最后得到合成权重(表 7). 林地和草地存在人工林、果树林、改良草地、牧草地和割草地等类型，它对湿地保护区也存在一定压力.

第二步: 将湿地保护区的影响强度划分为 6 个等级，赋分如下: 极强=100，较强=80，较弱=60，微弱=40，极微=20，无=0，详见表 8.

第三步: 分别计算生态安全压力的影响强度: 将土地利用图和人口密度图(城乡、工矿、居民用地、耕地、林地、草地、人口密度)等栅格数据图层与湿地保护区分布图进行叠加，统计类型为平均值，依据影响强度高低设定 6 个等级(表 9)，再根据表 7 和影响强度等级赋值，换算得到影响强度；将中国交通分

表 3 本底资源评估的等级划分依据

本底资源评估等级	湿地生态系统类型自然保护区	野生生物类型自然保护区
优良	保护价值指数≥71	保护价值指数≥71
中等	66≤保护价值指数<71	63≤保护价值指数<71
较差	保护价值指数<66	保护价值指数<63

表 4 湿地动态评估的等级划分依据

湿地动态评估等级		R_1, R_2 符号	备注
优良	异号	R_1 为负, R_2 为零	转减为恒
优良		R_1 为零, R_2 为正	转恒为增
优良		R_1 为负, R_2 为正	转减为增
较差		R_1 为正, R_2 为零	转增为恒
较差		R_1 为零, R_2 为负	转恒为减
较差		R_1 为正, R_2 为负	转增为减
优良	同号	$dR \geq 10\%$	增加速率增加显著(或减少速率下降显著)
中等		$-10\% < dR < 10\%$	增加速率增加不显著(或减少速率下降不显著)
较差		$dR \leq -10\%$	增加速率下降显著(或减少速率增加显著)

表 5 增殖扩繁评估的等级划分依据

等级	增殖扩繁指数 L
优良	$L \geq 10\%$或年增殖量 $I \geq 10000$
中等	$1\% \leq L < 10\%$或 $1000 \leq I < 10000$
较差	$L < 1\%$或 $I < 1000$

表 6 功能区调整指数的等级划分依据

功能区调整评估等级	功能区调整指数 D	保护区规划的科学性
优良	$D=0$	自然保护区规划科学性很强
中等	$0 < D < 10\%$	自然保护区规划科学性不够
较差	$D \geq 10\%$	自然保护区规划科学性较差

表 7 国家级湿地自然保护区生态压力分析清单及权重

	系统层	系统层权重	指标层	指标层权重	合成权重
生态安全压力	土地利用	0.40	城乡、工矿、居民用地	0.55	0.22
			耕地	0.25	0.10
			林地	0.10	0.04
			草地	0.10	0.04
	交通道路	0.40	铁路	0.25	0.10
			高速公路	0.25	0.10
			主要公路	0.20	0.08
			次要公路	0.15	0.06
			大车路	0.10	0.04
			小路	0.05	0.02
	人口压力	0.20	人口密度	0.50	0.10
			乡、镇	0.30	0.06
			乡以下居民地、牧点、渔矿场	0.20	0.04

表 8 中国国家级湿地自然保护区内部生态安全压力的影响强度

系统层	指标层	影响强度
土地利用	城乡、工矿、居民用地	极大
	耕地	较大
	林地	微弱
	草地	微弱
交通道路	铁路	较大
	高速公路	较大
	主要公路	较大
	次要公路	较弱
	大车路	微弱
	小路	极微
人口压力	人口密度	较大
	乡、镇	较弱
	乡以下居民地、牧点、渔矿场	微弱

布、乡镇和乡以下居民地、牧点、渔矿场等矢量数据图层与湿地保护区分布图进行叠加. 若有交集, 则认为该图层对保护区有影响, 影响强度见表 8; 若无交集, 则认为无影响.

第四步: 计算湿地保护区的生态安全压力指数:

$$S_n = I_{mn} \times W_{mn}, \quad (6)$$

式中: S代表生态安全压力值, I代表影响强度, W代表合成权重, m为指标层序号, m=0~14, n为保护区序号.

第五步: 根据湿地保护区的生态安全压力指数和生态安全、生态不安全的科学定义与评判准则, 初步建立湿地保护区的生态压力预警等级标准.

此处, 生态安全取狭义的定义为, 一个安全、健康的生态系统是稳定的和可持续的, 在一定的时间尺度内能够维持它的组织结构, 也能够维持对胁迫的恢复能力, 即它不仅能够满足人类发展对资源环境的需求, 而且在生态意义上也是健康的, 其本质是要求自然资源在人口、社会经济和生态环境 3 个约束条件下稳定、协调、有序和永续利用[22~24]. 生态不安全的定义为, 功能不完全或不正常的生态系统, 其安全状况则处于受威胁之中, 分红色、橙色、黄色 3 个预警等级.

生态安全与不安全的评判准则确定并非易事, 本文仅讨论权重达到0.1水平的5个指标(城乡、工矿、居民用地、耕地、铁路、高速公路和人口密度), 初步确立生态安全与否的评判准则. 假设这 5 个指标的影响强度都为较弱, 其他指标的影响强度都为零, 生态安全压力指数=(0.22+0.1+0.1+0.1+0.1)×60=37, 此时保护区是自然原始的, 相对而言比较安全; 若保护区的生态压力指数高于该值, 保护区是不安全的. 同理, 再按这 5 个指标的影响强度为较大、极大, 计算得到的生态压力指数为 50 和 62, 作为黄色预警、橙色预警和红色预警的阈值, 详见表 10.

2 结果与讨论

2.1 湿地保护区基本情况

截止 2011 年 5 月底, 中国国家级湿地自然保护区共 91 个(未包括我国的港、澳、台地区, 下同), 保护区总面积为 2.64×10^5 km^2, 分别占全国国家级保护区总数(303 个)和保护区总面积(9.12×10^5 km^2)[16]的 30%和 29%, 分别占全国保护区总数(2538 个)和保护区总面积(1.49×10^6 km^2)的 4%和 18%, 约占全国国土面积的 2.5%, 不同省份的湿地保护区个数、面积及所占比例详见图 1.

拥有 5 个及以上的国家级湿地自然保护区的行政区依次是黑龙江(14 个)、吉林(8 个)、广东(6 个)和内蒙古(5 个), 拥有 3~4 个的为湖北、海南、山东、四川、辽宁、甘肃、安徽、广西、江苏、河南、青海、西藏和云南, 目前北京和山西还没有国家级湿地自然保护区.

表 9 影响强度等级

		影响强度等级					
		极强	较强	较弱	微弱	极微	无
土地利用	城乡、工矿、居民用地(%)	[5, +∞)	[1.5, 5)	[0.5, 1.5)	[0.1, 0.5)	[0.05, 0.1)	[0, 0.05)
	耕地(%)	[40, +∞)	[15, 40)	[10, 15)	[5, 10)	[1, 5)	[0, 1)
	林地(%)	[50, +∞)	[25, 50)	[15, 25)	[10, 15)	[1, 10)	[0, 1)
	草地(%)	[60, +∞)	[35, 60)	[20, 35)	[10, 20)	[1, 10)	[0, 1)
人口压力	人口密度(人 km^{-2})	[250, +∞)	[75, 250)	[25, 75)	[10, 25)	[1, 10)	[0, 1)

表 10　湿地保护区的生态压力预警等级标准

评估等级	生态安全压力指数
红色预警	(62, 100)
橙色预警	(50, 62]
黄色预警	(37, 50]

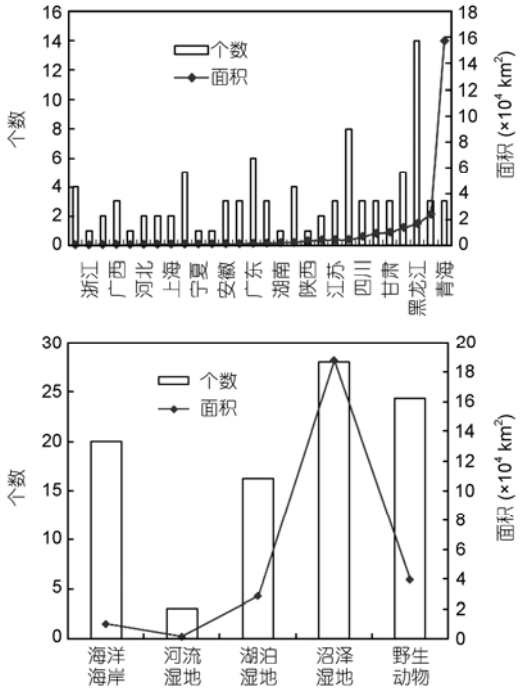

图 1　不同行政区/类型的国家级湿地自然保护区个数及面积

国家级湿地自然保护区面积最大的行政区是青海省, 达 1.57×10^5 km^2, 所占全部国家湿地保护区面积的比例高达 60%; 面积处于 1×10^4~3×10^4 km^2 水平的行政区有西藏、黑龙江和内蒙古; 面积处于 0.1×10^4 km^2 水平以下的行政区有天津、宁夏、湖北、上海、江西、河北、贵州、广西、福建、浙江和海南.

中国国家级湿地自然保护区多数是在 1978~2000 年建立的, 2000 年以后新成立国家级保护区并不多, 但却是晋级的蓬勃发展时期, 这与我国 1992 年加入《湿地国际公约》、2001 年启动野生动植物保护及保护区建设工程、2006 年将湿地保护工程建设纳入"十一五"规划等息息相关.

2.2　湿地变化动态

湿地保护区的面积与保护区内湿地的面积是 2 个不同的概念, 前者描述的是整个湿地保护区的面积, 一般不发生改变, 除非保护区进行合并、扩建或调整. 后者描述的是保护区内的湿地面积, 常处于波动状况. 一般而言, 后者小于前者.

30 年来, 中国国家级湿地自然保护区内湿地面积总体呈现下降趋势, 总净减少量为 8152.47 km^2, 约占全国湿地总净减少量(1.01×10^5 km^2)的 9%. 在总净变化中, 除河流湿地和人工湿地增加外, 沼泽湿地、湖泊湿地和滨海湿地都在减少(表 11).

从湿地净变化占总净变化的比例来看, 1978~1990 年为 49%, 1990~2000 年为 27%, 2000~2008 年为 24%, 表明中国国家级湿地自然保护区内的湿地近一半是在 1978~1990 年减少的, 可能是由于改革开放前我国特定的历史环境造成的, 为了解决温饱而大力开发湿地, 特别是开荒造田和兴修水利.

30 年来, 沼泽湿地减少最多, 达 5686.33 km^2, 减少最多的时期是 1990~2000 年, 2000~2008 年得到有效遏制; 湖泊湿地减少次之, 接近沼泽湿地减少面积的 1/3, 在 1990~2000 年减少最少, 但 2000~2008 年消失速率又在加大; 滨海湿地减少最少, 约为沼泽湿地减少面积的 1/5, 在 1978~1990 年减少最多, 但 2000~2008 年有所缓解; 河流湿地增加较多, 高达 2574.60 km^2, 1978~1990 年增加最少, 1990~2000 年增加最多, 2000~2008 年趋于稳定; 人工湿地增加较少, 约为河流湿地减少面积的一半, 1978~1990 年、1990~2000 年增加较多, 但 2000~2008 年增加幅度有所下降.

与全国湿地变化相比, 中国国家级湿地自然保

表 11　1978~2008 年中国国家级湿地自然保护区的湿地动态变化(面积/km^2)

年份	总净变化	滨海湿地净变化	河流湿地净变化	湖泊湿地净变化	沼泽湿地净变化	人工湿地净变化
1978~1990	−3996.69	−514.77	387.01	−744.65	−2031.90	609.06
1990~2000	−2161.84	−277.52	1474.39	−216.92	−3068.35	527.27
2000~2008	−1993.94	−226.20	713.20	−674.15	−586.08	215.71
小计	−8152.47	−1018.49	2574.60	−1635.72	−5686.33	1352.04

护区湿地变化的相似性表现在湿地面积变化在数量上都是以自然湿地的减少和人工湿地的增加为主要特征, 同时自然湿地的减少远大于人工湿地的增加, 其中自然湿地的减少一部分转化为人工湿地, 其余的则转化为非湿地; 湿地同样也面临着“类型转化”、大面积退化的困境, 特别是保护湿地生物多样性、维护国家生态安全等重要的生态功能, 随着天然湿地的丧失而消失.

与全国滨海湿地净变化相比, 中国国家级湿地自然保护区的滨海湿地净变化所占比例高达 20%, 远高于 8%的全国湿地平均水平, 这是因为保护区的滨海湿地往往处于沿海发达地区, 承载着大量的人口压力, 且常由于部门利益之争, 而导致土地利用类型被随意改变.

与全国河流湿地减少(减 3.78×10^4 km^2)相比, 中国国家级湿地自然保护区的河流湿地却一直在增加(增加 2574.60 km^2), 成为中国国家级湿地自然保护区中保护较好的一种湿地类型, 这也有助于理解和提升河流湿地在中国国家级湿地自然保护区中的地位, 因为河流湿地是连接湿地保护区与流域水系的关键纽带, 是保障湿地保护区生态安全的最终防线.

2.3 保护成效评估

参照表 3, 4 和 6 或表 3, 5 和 6, 并遵循保护成效评估的评估原则(在 3 项中只要有 1 项为较差, 即为较差; 3 项都优良, 方为优良; 其他情况为中等(除未评估外)), 对中国国家级湿地自然保护区的保护成效进行初步评估, 结果见图 2、表 12 和 S1.

2.3.1 不同保护成效的湿地保护区分析

在 91 个湿地保护区中, 保护效果较差的面积比(79%)远高于个数比(48%), 且远高于保护成效优良的面积比(15%)、个数比(21%)和保护成效中等的面积比(5%)和个数比(18%), 说明其在评估结果方面占据着主导地位, 详见表 12.

在保护成效较差的湿地保护区中, 沼泽湿地保护区明显是主体, 野生动物、海洋海岸和湖泊湿地类型保护区的个数比比较接近沼泽湿地, 但面积比却只有 16%, 3%和 2%.

在保护成效优良的湿地保护区中, 湖泊湿地类型是主体.

2.3.2 不同保护区类型的保护成效对比分析

在 20 个海洋海岸保护区中, 11 个保护区的保护成效是较差的, 其保护区面积(7064.00 km^2)占海洋海岸保护区总面积的 70%; 保护成效优良、中等的保护区基本相当, 个数比、面积比都在 15%左右; 海南岛的 3 个保护区由于缺乏资料, 未参与评估, 面积比仅占 2%. 由此说明, 海洋海岸保护区保护成效总体是较差的.

在 3 个河流湿地保护区中, 保护效果优良、中等和较差的各 1 个, 依次为河南丹江(640.20 km^2)、河南黄河(680.00 km^2)和新乡黄河(227.80 km^2), 前两者面积比相近(41%和 44%), 但明显高于后者(15%).

在 16 个湖泊湿地保护区中, 7 个保护区的保护成效是较差的, 不过其保护区面积(3385.38 km^2)却只占湖泊湿地保护区总面积的 12%; 保护成效优良的个数比占 38%, 略低于前者, 但面积比却高达 68%, 远远高于前者, 1 个保护区未评估. 由此说明, 湖泊湿地保护区保护成效总体还是不错的.

在 28 个沼泽湿地保护区中, 13 个保护区的保护成效是较差的, 其保护区面积(1.65×10^5 km^2)占总面积的 88%, 说明沼泽湿地保护区保护成效总体是较差的.

在 24 个野生动物保护区中, 12 个保护区的保护成效是较差的, 其保护区面积(3.33×10^4 km^2)占总面积的 91%, 说明野生动物保护区保护成效总体是较差的.

综上所述, 沼泽湿地、野生动物和海洋海岸等保护区的保护成效总体是比较差的, 湖泊湿地和河流湿地保护区的保护成效相对是比较好的.

2.3.3 不同保护成效评估指标的对比分析

表 13 表明, 保护成效评估指标之间的差异化非常明显, 从反面验证了成效评估的结果是真实可靠的.

在 44 个保护成效较差的湿地保护区中, 约 21 个保护区的资源本底评估、24 个保护区的湿地动态评估、9 个保护区的增殖扩繁评估和 5 个保护区的功能区调整评估是较差的.

在 16 个保护成效中等的湿地保护区中, 12 个保护区的保护价值指数低于 71 分; 广西山口红树林和内蒙古鄂尔多斯遗鸥 2 个保护区的湿地是不断减少的(–9%和–8%), 青海湖湿地增幅(9%)略低于阈值(10%); 此外, 河南黄河、长江上游鱼类和辽宁丹东鸭绿江口等 3 个保护区发生功能区调整行为, 前两者调整后面积不变, 后者调整后面积下降了 7%.

在 19 个保护成效优良的国家级湿地自然保护区中, 保护价值指数、增殖扩繁指数都明显趋高, 且都

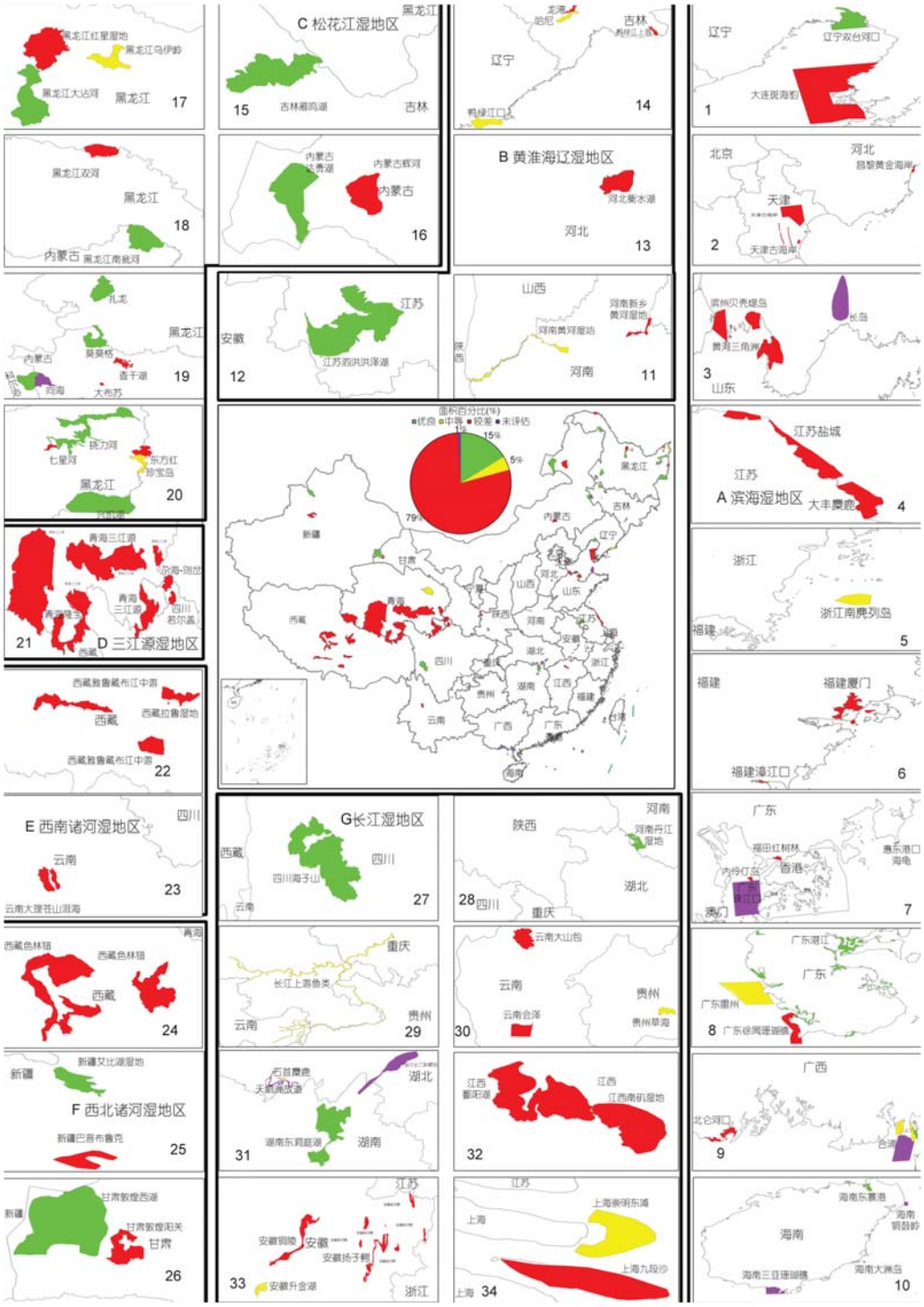

图 2　中国国家级湿地自然保护区的保护成效

A, 滨海湿地区; B, 黄淮海辽湿地区; C, 松花江湿地区; D, 三江源湿地区; E, 西南诸河湿地区; F, 西北诸河湿地区; G, 长江湿地区. 1, 辽东半岛西部滨海; 2, 河北及天津滨海; 3, 山东半岛北部滨海; 4, 江苏滨海; 5, 浙江南部滨海; 6, 福建南部滨海; 7, 广东东部滨海; 8, 广东西部滨海; 9, 广西滨海; 10, 海南及南海诸岛滨海; 11, 黄河三门峡至花园口以下; 12, 淮河中游; 13, 海河南系; 14, 鸭绿江; 15, 牡丹江; 16, 额尔古纳河; 17, 嫩江黑龙江干流; 18, 嫩江尼尔基以上; 19, 嫩江尼尔基至江桥以下; 20, 乌苏里江; 21, 三江源; 22, 雅鲁藏布江拉孜至派乡; 23, 澜沧江沘江口以下; 24, 羌塘高原内陆河; 25, 天山北麓诸河; 26, 河西走廊内陆河; 27, 雅砻江; 28, 汉江; 29, 长江宜宾至宜昌; 30, 金沙江石鼓以下; 31, 长江洞庭湖及宜昌至湖口; 32, 鄱阳湖; 33, 巢滁皖及沿江诸河; 34, 通南及崇明岛诸河

表 12 不同保护成效的中国国家级湿地自然保护区个数比和面积比

保护成效	保护区类型	个数	百分比(%)	面积(km^2)	百分比(%)	举例保护区
优良	海洋海岸	3	16	1516.20	4	湛江红树林、东寨港、双台河口
	河流湿地	1	5	640.20	2	河南丹江湿地
	湖泊湿地	6	32	19281.00	48	兴凯湖、东洞庭湖、达赉湖
	沼泽湿地	8	42	18000.60	45	扎龙、莫莫格、大沾河
	野生动物	1	5	780	2	大丰麋鹿
	小计	19	21	40218.00	15	
中等	海洋海岸	3	19	1291.10	11	山口红树林、丹东鸭绿江口、浙江南麂列岛
	河流湿地	1	6	680.00	6	河南黄河
	湖泊湿地	2	13	5285.40	44	安徽升金湖、青海湖
	沼泽湿地	5	31	3559.60	29	黑龙江三江、贵州草海、吉林哈尼
	野生动物	5	31	1289.90	11	鄂尔多斯遗鸥、石首麋鹿、长江上游鱼类
	小计	16	18	12106.00	5	
较差	海洋海岸	11	25	7064.00	3	江苏盐城、山东黄河三角洲、上海九段沙
	河流湿地	1	2	227.80	0.1	河南新乡黄河
	湖泊湿地	7	16	3385.38	2	江西南矶湿地、吉林查干湖、内蒙古达里诺尔
	沼泽湿地	13	30	164723.10	79	青海三江源、四川若尔盖、黑龙江东方红
	野生动物	12	27	33335.30	16	铜陵淡水豚、大山包黑颈鹤、青海隆宝
	小计	44	48	208735.58	79	
未评估 a)	海洋海岸	3	25	154.00	6	海南大洲岛、三亚珊瑚礁、海南铜鼓岭
	河流湿地	0	0	0	0	–
	湖泊湿地	1	8	220.00	8	湖北龙感湖
	沼泽湿地	2	17	1305.60	48	黑龙江洪河、吉林向海
	野生动物	6	50	1036.00	38	惠东港口海龟、湖北天鹅洲白鳍豚、山东长岛
	小计	12	13	2715.60	1	
	总计	91	100	263775.18	100	

a) 由于缺乏数据(保护价值数据、保护区边界数据或滨海湿地遥感数据), 12 个保护区未评估保护成效

表 13 湿地保护区保护成效评估指标的对比分析

	平均面积(km^2)	保护价值指数	湿地变化速率改变量均值 (仅限湿地生态系统类型)	增殖扩繁指数均值 (仅限野生动物类型)	功能区调整指数均值
优良	2116.74	76	+101%	+172%	0
中等	756.70	71	+167%	+14%	–2%
较差	4743.99	69	–99%	+0.4%	–9%
未评估	226.30	–	–	–	–

没有发生“保护让位发展”的功能区盲目调整行为.

保护成效中等的湿地保护区是一类比较特殊、且具有保护潜力的过渡型保护区. 之所以为过渡型保护区, 是因为其湿地面积往往也在不断增加, 甚至高于优良保护区, 但由于其面积相对较小、生物多样性相对不丰富, 加上地方政府为了经济发展而进行功能区调整.

在保护成效较差的湿地保护区中, 面积最大的是三江源(1.52×10^5 km^2), 最小的是广东福田(10 km^2); 在保护成效中等的湿地保护区中, 面积最大的是青海湖(5000 km^2), 最小的是石首麋鹿保护区(20 km^2); 在保护成效优良的湿地保护区中, 面积最大的是达

赉湖保护区(7400 km^2), 最小的海南东寨港保护区(30 km^2).

在保护成效优良的湿地保护区中, 保护价值最大的是黑龙江兴凯湖(84), 最小的是黑龙江挠力河(71); 在保护成效中等的湿地保护区中, 保护价值最大的是长江上游鱼类(89), 最小的是内蒙古鄂尔多斯遗鸥(65); 在保护成效较差的湿地保护区中, 保护价值最大的是青海三江源(93), 最小的是广西北仑河口(50).

在保护成效优良的湿地保护区中, 湿地变化速率的改变量最大的是甘肃敦煌西湖(增加 2 倍), 最小的是内蒙古科尔沁(增加 1/4); 在保护成效中等的湿地保护区中, 湿地变化速率的改变量最大的是河南黄河(增加 9 倍), 最小的是广西山口红树林(减少 9%); 在保护成效较差的湿地保护区中, 湿地变化速率的改变量最大的是大连斑海豹(增加 9 倍), 最小的是甘肃尕海-则岔(减少 7 倍).

2.3.4 不同地域之间的保护成效对比分析

(ⅰ) 流域水平. 保护成效较差的国家级湿地保护区在每个湿地区中都有分布, 但主要分布在长江湿地区、滨海湿地区、三江源湿地区和西南诸河湿地区, 特别是集中分布于金沙江石鼓以下、长江巢滁皖及沿江诸河、鄱阳湖、河北及天津滨海、山东半岛北部滨海、江苏滨海、福建南部滨海、雅鲁藏布江拉孜至派乡和澜沧江沘江口以下等湿地亚区. 此外, 在天山北麓诸河、河西走廊内陆河、嫩江尼尔基至江桥以下和长江通南及崇明岛诸河等湿地亚区也有零星分布(图 2).

保护成效中等的国家级湿地保护区在各湿地亚区中零散分布, 如鸭绿江、黄河三门峡至花园口以下、浙江南部滨海、青海湖、长江宜宾至宜昌、长江巢滁皖及沿江诸河湖口以下干流、通南及崇明岛诸河等湿地亚区. 目前, 三江源湿地区、西南诸河和西北诸河等湿地区内尚无保护成效中等的国家级湿地保护区分布.

保护成效优良的国家级湿地保护区主要分布在松花江湿地区, 特别是嫩江、乌苏里江、牡丹江和额尔古纳河等湿地亚区. 辽河干流湿地亚区也有保护成效优良的国家级湿地自然保护区分布, 如辽宁双台河口国家级自然保护区. 目前, 在长江湿地区中, 雅砻江和汉江这 2 个湿地亚区有保护成效优良的保护区分布; 在三江源湿地区和西南诸河湿地区中, 尚未有保护成效优良的国家级湿地保护区分布.

建议高度重视尚无国家级湿地保护区分布的湿地亚区, 因为这些可能是潜在的保护空缺. 这些湿地亚区主要包括松花江湿地区的绥芬河、图们江等湿地亚区, 长江湿地区的岷沱江、乌江、太湖等湿地亚区, 珠江湿地区的南北盘江、红柳江、郁江、西江、北江、东江、珠江三角洲和韩江及粤东诸河等湿地亚区, 黄淮海辽湿地区的河口镇至龙门、淮河上游、沂沭泗河、海河北系、徒骇马颊河、滦河及冀东沿海、东辽河、西辽河和浑太河等湿地亚区, 西北诸河湿地区的柴达木盆地、吐哈盆地小河、阿尔泰山南麓诸河、中亚西亚内陆河、古尔班通古特荒漠、塔里木河源流、昆仑山北麓小河、塔里木河干流和塔里木盆地荒漠等湿地亚区, 西南诸河湿地区的红河、怒江及伊洛瓦底江、藏南诸河和藏西诸河等湿地亚区, 东南诸河湿地区的钱塘江、浙东诸河、浙南诸河、闽东诸河和闽江等湿地亚区.

此外, 还建议重视人为因素对保护区保护成效的积极影响. 广东西部滨海和乌苏里江 2 个湿地亚区具备一个共同的特征, 即同时出现 3 种保护成效的国家级湿地保护区(广东湛江红树林、黑龙江兴凯湖和挠力河等). 这 2 个地区经济发达、人口稠密, 资源压力较大, 但仍有优良保护区的存在, 这与积极的人为因素不无关系, 将在后面讨论.

(ⅱ) 省际水平. 除贵州、海南和浙江外, 其余各省市都分布有保护成效较差的湿地保护区. 保护成效优良的湿地保护区主要分布在黑龙江(5 个)、吉林(2 个)、江苏(2 个)和内蒙古(2 个)等行政区, 安徽、福建、广西、贵州、河北、湖北、江西、宁夏、青海、山东、上海、天津、云南和浙江等地无保护成效优良的国家级湿地自然保护区分布, 亟需引起主管部门重视.

从保护效果优良的湿地保护区占全行政区的个数比来看, 湖南、甘肃、黑龙江、内蒙古、四川、新疆和河南等行政区湿地保护区的保护成效较好(个数比均高于 50%); 从保护效果较差的湿地保护区占全行政区的个数比来看, 福建、陕西、河北、江西、宁夏、天津、西藏、云南等行政区湿地保护区都是较差的(全为较差), 青海、辽宁、山东、安徽、江苏、湖北、上海的保护成效比较差(个数比都高于 50%).

2.4 生态压力分析

2.4.1 不同生态压力的湿地保护区分析

在 91 个湿地保护区中, 自然原始的达 52 个, 且

其面积比(88%)远高于个数比(57%), 由此说明, 中国在抢救式圈地保护进程中, 国家级湿地自然保护区的选址的湿地原始性比较强, 选址比较合理, 但也有部分保护区面临过高的安全压力, 甚至达到红色预警等级, 亟待引起重视(表 14).

在自然原始湿地保护区中, 沼泽湿地保护区明显是主体, 个数比达 35%, 面积比高达 77%; 其次是野生动物类型保护区, 其个数比和面积比依次为 29%和 13%; 而海洋海岸、河流湿地和湖泊湿地等类型保护区比较少, 这与人类过度的滩涂开发、城市扩展和农渔业发展等事实相吻合.

在 24 个黄色预警湿地保护区中, 沼泽湿地、海洋海岸和野生动物等保护区是主体, 而湖泊湿地和河流湿地等保护区明显较少; 在 10 个橙色预警保护区中, 每种类型保护区都有 1~3 个, 但从面积比来看, 沼泽湿地、海洋/海岸和河流湿地保护区明显占优势; 在 4 个红色预警湿地保护区中, 无河流湿地和沼泽湿地保护区, 野生动物保护区有 2 个, 但面积比(15%)明显低于湖泊湿地和海洋海岸保护区的面积比(56%和 29%).

2.4.2 不同保护区类型的生态压力对比分析

在 20 个海洋海岸保护区中, 7 个为黄色预警, 其面积占海洋海岸保护区总面积的 58%; 虽有 9 个是自然原始的, 但面积比只有 19%; 另外, 还有 3 个橙色预警和 1 个红色预警保护区, 其面积比依次为 13%和 10%. 达到预警等级的保护区是主体, 其中七成为黄色预警保护区.

在 3 个河流湿地保护区中, 河南黄河、丹江为橙色预警, 其保护区面积为 1320.30 km^2, 占河流湿地保

表 14 不同预警等级的中国国家级湿地自然保护区个数比和面积比

预警等级	保护区类型	个数	百分比(%)	面积(km^2)	百分比(%)	举例保护区
自然原始	海洋海岸	9	17	1865.80	1	浙江南麂列岛、海南铜鼓岭和福建漳江口
	河流湿地	–	–	–	–	–
	湖泊湿地	10	19	22316.20	10	达赉湖、四川海子山和青海湖
	沼泽湿地	18	35	178391.00	77	敦煌西湖、黑龙江大沾河、青海三江源
	野生动物	15	29	30269.00	13	大山包黑颈鹤、巴音布鲁克、色林错黑颈鹤
	小计	52	57	232842.10	88	–
黄色预警	海洋海岸	7	29	5810.20	28	盐城、黄河三角洲、湛江红树林
	河流湿地	1	4	227.80	1	新乡黄河湿地
	湖泊湿地	2	8	3021.90	15	兴凯湖、苍山洱海
	沼泽湿地	8	33	6151.90	30	扎龙、草海、拉鲁
	野生动物	6	25	5519.80	27	会泽黑颈鹤、荣成大天鹅、铜陵淡水豚
	小计	24	26	20731.50	8	–
橙色预警	海洋海岸	3	25	1359.20	21	广东福田、福建厦门和丹东鸭绿江口
	河流湿地	2	17	1320.30	20	河南黄河、河南丹江
	湖泊湿地	2	25	713.78	11	衡水湖和洪泽湖
	沼泽湿地	2	17	3046.00	46	莫莫格和挠力河
	野生动物	1	17	135.00	2	新螺白鳍豚
	小计	10	12	6574.28	3	–
红色预警	海洋海岸	1	25	990.00	29	天津古海岸
	河流湿地	–		–		–
	湖泊湿地	1	25	1900.00	56	东洞庭湖
	沼泽湿地	–				–
	野生动物	2	50	517.40	15	安徽扬子鳄和长江上游鱼类
	小计	4	4	3407.40	1	–
未评估	湖泊湿地	1	1	220.00	0.1	龙感湖
	总计	91	100	263775.18	100	–

护区总面积的 85%; 此外, 河南新乡黄河为黄色预警, 其面积比比较低; 未见红色预警和自然原始保护区.

在 16 个湖泊湿地保护区中, 10 个是自然原始的, 其面积(2.23×10^4 km^2)占湖泊湿地保护区总面积比高达 79%; 此外, 还有 2 个黄色预警、2 个橙色预警、1 个红色预警和 1 个未评估, 其面积比依次为 11%, 3%, 7%和 0.1%. 整体来讲, 7 成的湖泊湿地保护区是自然原始的.

在 28 个沼泽湿地保护区中, 18 个是自然原始的, 其面积(1.78×10^5 km^2)占沼泽湿地保护区总面积的 95%; 8 个为黄色预警, 2 个为橙色预警, 未见红色预警保护区. 由此说明, 9 成沼泽湿地保护区是自然原始的.

在 24 个野生动物保护区中, 15 个是自然原始的, 其面积(3.03×10^4 km^2)占野生动物保护区总面积的 83%; 6 个为黄色预警, 面积比为 15%; 橙色预警和红色预警分别为 1 和 2 个, 面积比分别为 0.4%和 1%. 由此说明, 8 成野生动物保护区是自然原始的.

综上所述, 沼泽湿地、湖泊湿地和野生动物等保护区 7 成以上是自然原始的, 海洋海岸保护区 7 成以上是黄色预警的, 而河流湿地保护区全达到预警等级.

2.4.3 不同安全压力评估指标的对比分析

在土地利用、道路交通和人口压力等压力源中, 人口密度、耕地和城乡、工矿、居民用地等是最关键的胁迫因子(表 15).

自然原始湿地保护区一般具有以下特征: 土地利用以草地和林地为主、城乡、工矿、居民用地和耕地较少; 道路交通以次要公路为主、主要公路和大车路为辅; 人口密度比较低, 极少有乡镇分布, 但有少量居民地、牧点或渔矿场等分布; 从社区居民的生产和生活方式来看, 以零星农林畜牧渔业为谋生手段, 以少部分的滩涂、林地、草地等为谋生载体. 因此, 可以认为湿地的自然性比较高, 人类活动对它们的影响强度是微弱的, 使得这些保护区湿地的现状可在短期内得以维持.

黄色预警保护区通常人口密度较高, 土地利用以耕地和草地为主、林地和城乡、工矿、居民用地为辅, 道路交通以次要公路为主、主要公路为辅, 1/3 保护区分布着乡镇, 1/2 保护区分布着居民地、牧点或渔矿场; 从社区居民的生产和生活方式来看, 以农、牧业为主, 渔、林业为辅.

橙色预警保护区通常位于大城市郊区, 经济发达, 交通便利, 人口密度极高, 土地利用以耕地为主, 城乡、工矿、居民用地、林地和草地为辅, 道路交通以主要公路、次要公路为主, 铁路和大车路为辅, 一半以上的保护区有乡镇, 几乎所有保护区都分布着居民地、牧点或渔矿场.

红色预警保护区人口密度高达 412 人 km^{-2}, 耕地面积比例高达 46%, 这两项指标都是最高的, 人口对资源环境的过度开发和利用, 造成保护区的生态压力过大, 同时也可能激发保护区与社区居民之间矛盾产生.

2.4.4 不同地域之间的生态压力对比分析

由图 3 可知, 从地理位置上看, 我国自然原始的国家级湿地保护区集中分布在广袤的西北和东北地区, 包括青藏高原、蒙古高原、云贵高原、河西走廊、天山北麓、东北三省. 此外, 在我国的东部沿海地区(往往是远离大陆的近海湿地)以及云南、江西、安徽等地区也有少量分布. 从流域上看, 我国自然原始的国家级湿地保护区主要分布在三江源、羌塘高原内陆河、河西走廊内陆河、青海湖水系、内蒙古高原内陆河、天山北麓诸河等湿地区; 在松花江湿地区中, 这类保护区主要分布在各级流域的上游地区, 如嫩江源、黑龙江源、松花江源、第二松花江源、鸭绿江源等, 但部分流域中下游也有少量分布; 在滨海湿地区中, 这类保护区主要分布在辽东半岛西部滨海、广东西部滨海、广西滨海、海南及南海诸岛滨海、浙江南部滨海、福建南部滨海和长江口及浙江中北部滨海等湿地亚区.

达到预警等级的国家级湿地保护区主要分布在我国的华东和华中地区, 东北和西南地区也有少量的黄色预警保护区分布, 但西北地区尚未见有预警

表 15 中国国家级湿地自然保护区的土地利用及人口密度

影响程度	城乡、工矿、居民用地百分比(%)	耕地百分比(%)	林地百分比(%)	草地百分比(%)	人口密度(人 km^{-2})
红色预警	4	46	23	4	412
橙色预警	9	35	8	4	326
黄色预警	5	21	12	20	147
自然原始	0.5	5	18	24	29

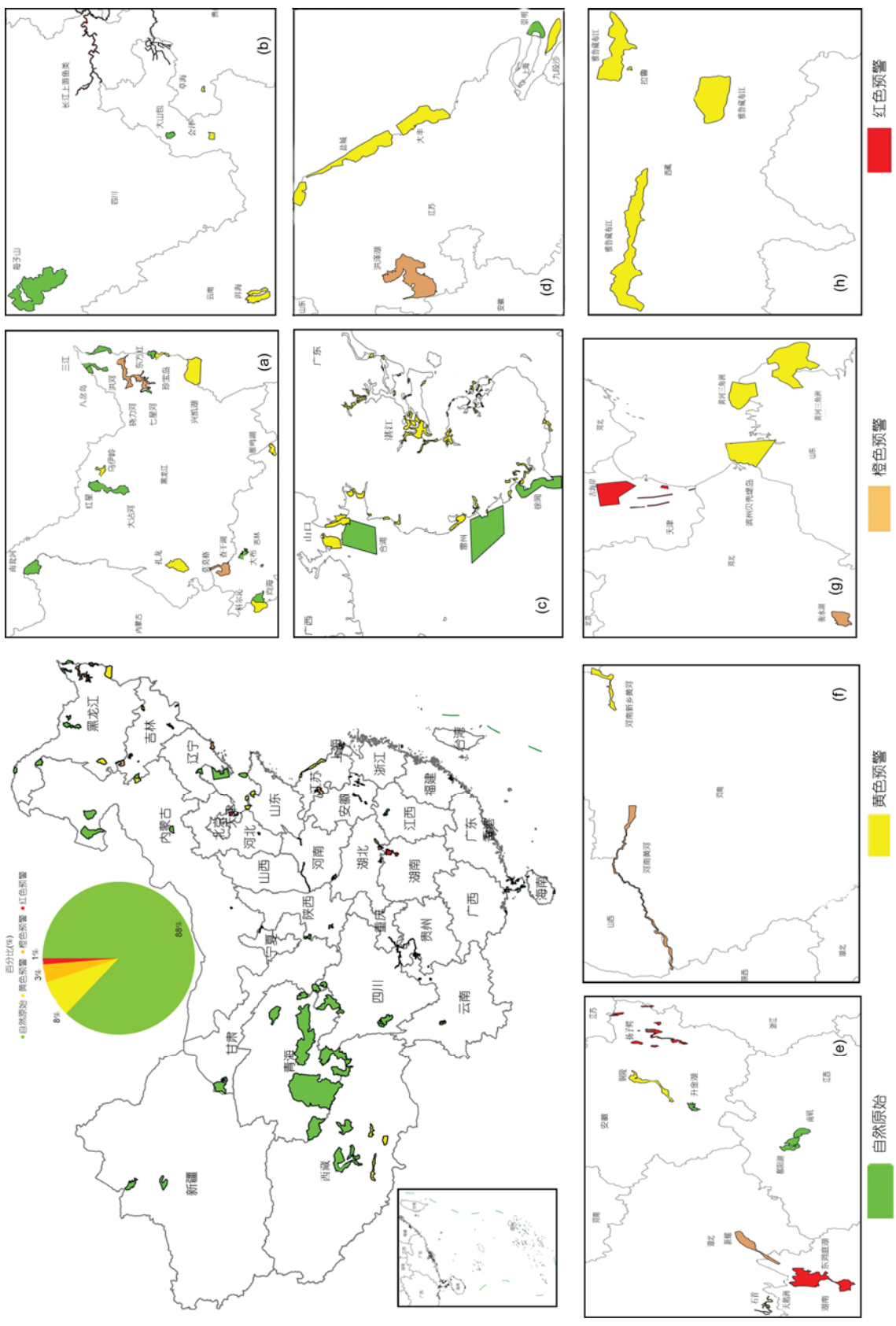

图 3 中国国家级湿地自然保护区的预警等级

湿地亚区: (a) 松花江; (b) 金沙江和宜宾至宜昌; (c) 广东西部滨海; (d) 江苏滨海; (e) 洞庭湖至湖口以下干流; (f) 黄河三门峡至花园口以下; (g) 渤海滨海; (h) 雅鲁藏布江拉孜至派乡. 绝大多数省都有自然原始湿地保护区, 除了贵州、河北、河南、湖南、湖北、宁夏和北京等. 这些自然原始湿地保护区集中分布在黑龙江(9 个)、吉林(6 个)、广东、海南和内蒙古(4 个等行政区. 此外, 在青海、四川、甘肃、辽宁、广西、江西和新疆各分布 2~3 个

保护区的分布.

在 4 个红色预警保护区中, 3 个分布在长江湿地区(长江上游珍稀鱼类、安徽扬子鳄和湖南东洞庭湖见表 16).

在 10 个橙色预警保护区中, 2 个分布在长江湿地区(河南丹江和新螺白鳍豚), 4 个在黄淮海辽湿地区(河南黄河、江苏洪泽湖、河北衡水湖和辽宁鸭绿江口), 2 个在松花江湿地区(莫莫格和挠力河), 2 个在滨海湿地区(深圳福田和厦门海洋).

24 个黄色预警湿地保护区广泛分布在除西北诸河湿地区和三江源湿地区外的各个湿地区内, 以松花江湿地区和滨海湿地区为最, 其次是长江湿地区、黄淮海辽湿地区和西南诸河湿地区. 6 个松花江湿地区(扎龙、雁鸣湖、兴凯湖、珍宝岛、乌伊岭和科尔沁), 6 个在滨海湿地区(广东湛江、江苏盐城、广西山口、上海九段沙、山东荣成、河北昌黎等), 5 个在长江湿地区(云南会泽、贵州草海、湖北天鹅洲、石首麋鹿和铜陵淡水豚), 4 个在黄淮海辽湿地区(宁夏哈巴湖、新乡黄河、山东滨州贝壳、黄河三角洲), 3 个在西南诸河湿地区(拉鲁、雅鲁藏布江和苍山洱海).

以长江中游为主的“长江及其周围湖群”(Yangtze River and lakes-China)是世界自然基金会(WWF)所确定的具有全球意义的生态区之一[66,67], 也是我国湿地生物多样性关键地区之一[67,68]. 长江湿地区的农业开发历史悠久, 是中国重要的粮、棉、油和水产基地. 伴随着农业开发与经济快速发展, 长江中游生态区湿地保护面临着较大的压力, 自然湿地面积减少, 湿地功能减弱[69,70]. 这能够很好地解释长江湿地区的预警保护区数量多且类型全.

2.4.5 结果分析与保护建议

从自然原始和生态不安全 2 个角度, 定量分析自然因素和人为因素对湿地保护区保护成效的贡献量, 并阐述保护成效较差和优良的主要原因, 针对保护成效、生态压力评估结果, 提出一些保护建议.

(ⅰ) 自然因素对湿地保护区保护成效的影响. 以自然原始湿地保护区为例, 如青藏高原的湿地保护区, 这些保护区的保护成效大都是较差的, 人类干扰都比较轻. 然而, 由于全球气候的变暖, 冰川冻土日益融化, 年均气温不断升高, 降水量逐步减少, 地表蒸发量不断增大, 局部区域来水明显不足, 造成湿地锐减, 如三江源保护区[55]; 加之保护区面积过大、资金投入不足等原因, 保护区处于粗放管理阶段, 物种扩繁、栖息地改造等实质性保护措施难以有效开展, 如以黑颈鹤为保护对象的色林错、隆宝、会泽和大山包等保护区.

个别保护区的湿地自然性高, 地表径流充沛, 或冰川雪水融化能有效地补给地表径流, 因此保护成效优良, 如海子山保护区[71]. 海子山保护区内共有 1145 个大小高山湖泊, 其规模密度在中国是独一无二的, 它是金沙江和雅砻江的水源涵养地和水源补给地, 是青藏高原古冰川地貌发育最典型、保存最好、面积最大的区域, 同时, 还具有丰富的生物多样性资源.

再以甘肃尕海则岔保护区为例, 据 2007 年 9 月湿地国际泥炭专家马丁的调查, 尕海一带泥炭地退化情况非常严重, 有些地方泥炭地上的植被种类减少、盖度降低、泥炭露头. 由于长期的水蚀、部分地带的人类活动, 使尕海湿地河流、小溪的河床不断下切, 局部地区河床深度达 1.8 m 以上, 平均也在 1 m 以上, 致使泥炭地的水位大大下降, 造成泥炭因缺水而不断退化[72]. 在尕尔娘、加仓和波海一带, 人工排水是泥炭地退化的主要原因. 此外, 气温的不断升高、降水量减少, 也是尕海泥炭地退化的主要原因之一.

(ⅱ) 保护成效较差的人类影响. 生态不安全且保护成效较差的湿地保护区常位于城郊, 土地利用强度大, 道路网络发达, 承载着巨大的人口压力, 加上经济发展、城市拓展使得城乡对水资源的需求急剧加大, 拦河筑坝、地下水过量开采、水资源的不合理利用、节水措施不到位等原因, 使得保护区的水源补给受阻, 加速了湿地退化和丧失, 而大量污染源的产生, 对保护区水环境、生物多样性的威胁也在加剧. 此外, 许多保护区管理局并非完全拥有土地权属, 且在行政上隶属于地方政府, 常迫于压力组织开展“保护让位发展”的功能区调整, 违背了自然保护区条例的宗旨, 牺牲了保护区, 加剧了湿地的丧失、多样性的锐减和物种的灭绝.

以长江中下游地区的国家级湿地保护区为例, 主要原因如下: 大规模的围湖造田使大片湿地遭到破坏, 加速了湖泊沼泽化进程, 湖泊面积不断萎缩, 调蓄功能逐步下降[73]; 由于对湿地的围垦以及在其上游区建立水利工程设施等, 已经威胁到湿地自然保护区的水文状况, 湿地水资源条件的改变对生态环境和与之息息相关的野生动植物造成严重的影响[49]; 增殖扩繁工作不够, 受环境限制, 种群数量的

扩大问题将会面临极大的挑战[74]; 水位不稳定不能保证物种正常栖息, 物种重要栖息地不断丧失, 人类活动不断侵蚀保护区[75], 时常发生功能区调整行为(http://sts.mep.gov.cn/zrbhq/pxbz/index.htm, 2011).

(ⅲ) 保护成效优良的人为措施. 生态不安全但保护成效优良的湿地保护区得益于各种有效的保护管理措施:

(1) 国家实施退耕还林、还牧、还湿等措施. 例如, 挠力河和兴凯湖两保护区都属于乌苏里江水系, 是黑龙江垦区最大的 2 个国家级自然保护区, 尽管这里曾经一直是"北大荒"的重要组成部分, 但伴随着"北大荒"停止一切垦殖湿地、草地、林地和退耕还林、还牧、还湿等措施出台[76], 保护区在农垦总局设立管理局, 在农场设立管理站, 对湿地及其生物多样性进行了有效保护.

(2) 保护区对湿地资源实施有效管理. 例如, 广东湛江红树林保护区作为我国现存红树林面积最大(71.86 km^2)、红树种类最多(24 种)的一个自然保护区, 其红树林面积占全国(220 km^2)[77]的 33%, 2001 年起, 中荷两国政府通过中荷合作红树林综合管理和沿海保护项目(以下简称 IMMCP 项目)对该保护区及其海岸带自然资源实施保护和管理, 重点是红树林的恢复、保护、教育和共管等方面[78], 2002 年被拉姆萨公约组织列为国际重要湿地.

(3) 国家在流域水平实施紧急生态调水. 例如, 艾比湖是新疆第一大咸水湖, 湖面变化除受流域径流丰枯影响外, 人类活动是最主要的原因, 生态与环境急剧恶化, 但保护区建立后, 经地方部门多次实施生态调水[79,80], 湖面萎缩的态势得到有效抑制和缓解, 湿地变化速率已经转减为增(图 S1).

(4) 保护区对濒危物种实施抢救性扩繁. 例如, 麋鹿保护区建立的目的非常的明确, 主要是通过麋鹿迁地保护达到回归自然、就地保护的目的. 麋鹿是我国特有的一种野外已经灭绝了的湿地鹿类, 野外灭绝于晚清时期[81]. 1986 年 8 月 14 日从英国各个动物园引来 39 头, 通过建立围栏驯养, 江苏大丰麋鹿保护区正式建立. 多年来, 经过科技人员精心观察和饲养, 逐步掌握了麋鹿的发情、交配、产仔、脱角、生茸、换毛、觅食等生理行为和活动规律, 以及鹿体的麻醉保安技术和各种疾病的有效防治措施, 经历"引种扩群"、"行为再塑"和"野生放归"等 3 个阶段共 22 年的时间, 至 2008 年 6 月, 总头数 1317 头, 占世界麋鹿总数的 1/3, 繁殖率、存活率和年递增率等技术指标均居世界之首. 而放养的麋鹿子 3 代已诞生, 野外种群共计 118 头, 实现了真正把野外已经灭绝的麋鹿回归自然繁衍的目标. 应该说, 这是世界自然保护事业一项划时代的事件和成功的范例[81].

(ⅳ) 提高保护成效的建议. 中国国家级湿地自然保护区的保护成效是由许多因素决定的, 其生态压力也是多种多样的, 无疑增加了保护工作难度, 如何在现有国家财力的条件下, 实现高效保护, 至今仍是个难题. 综合我国国家级湿地自然保护区的保护成效、生态压力的评估结果, 可建立优先关注排行榜. 例如, 可将保护成效较差且生态不安全, 或保护成效中等且橙色预警, 或红色预警的保护区列入优先关注排行榜, 根据保护成效、预警等级、主要保护对象和关键胁迫因子的差异, 实施针对性的保护措施(表 16).

对那些一般关注的保护区, 建议制定长期保护计划, 加强对生物多样性、濒危物种集中分布区、物种重要栖息地(越冬、繁殖、停歇等)进行补充调查, 制定更加科学合理、更加针对性的保护措施, 巩固和提高保护成效.

对那些列入优先关注排行榜的保护区, 建议加大投资力度, 尽快提高保护成效, 可采取如下保护管理措施: 通过开展水质净化、栖息地营造、人工投食[75,82~84]、物种招引等工作, 提高物种的栖息环境, 进而增加生物多样性, 提高保护区的保护价值; 通过实施生态调水, 增加来水量, 缓解湿地锐减趋势, 或增加湿地面积, 长期维持湿地生态系统的健康和稳定; 通过解濒技术, 对珍稀濒危物种进行增殖扩繁, 扩大种群, 逐步实施放养(或放流), 降低濒危物种的濒危等级, 提高保护区的增殖扩繁水平; 通过生物廊道和缓冲地带的建设, 将自然保护区之间形成实质性网络, 保障自然保护区之间的基因交流; 坚决杜绝"保护让位发展"的功能调整行为, 谨慎调整功能区, 但鼓励提高核心区面积所占比例, 特别是核心区湿地面积所占比例, 保障湿地生物多样性及其物种栖息地的足够安全; 拓展融资渠道, 强化社区共管, 引导居民转向有机产业或生态旅游业, 湿地保护与持续利用并行; 通过协商、租赁或购买等形式, 使特定季节具有重要保护意义的湿地得以庇护; 开展系统保护规划工作[85], 通过计算机软件, 对主要保护对象、生物多样性、生态系统特征、土地利用、人口压

表 16　中国国家级湿地自然保护区的“优先关注排行榜”

序号	保护成效	预警等级	保护区简称	城乡、工矿、居民用地百分比(%)	耕地百分比(%)	林地百分比(%)	草地百分比(%)	人口密度(人 km^{-2})
1	较差	红色预警	安徽扬子鳄	2	39	50	8	261
2	较差	红色预警	天津古海岸	7	55	0	1	218
3	较差	橙色预警	福建厦门	7	7	1	0	910
4	较差	橙色预警	广东内伶仃福田	48	0	24	0	764
5	较差	橙色预警	河北衡水湖	6	66	0	0	380
6	较差	黄色预警	安徽铜陵	4	44	0	6	347
7	较差	黄色预警	河北昌黎	8	20	0	4	386
8	较差	黄色预警	江苏盐城	19	11	1	23	36
9	较差	黄色预警	宁夏哈巴湖	1	22	8	38	9
10	较差	黄色预警	山东黄河三角洲	3	12	0	20	34
11	较差	黄色预警	山东荣成	7	38	2	0	141
12	较差	黄色预警	山东滨州	35	10	0	2	133
13	较差	黄色预警	上海九段沙	2	23	2	0	86
14	较差	黄色预警	河南新乡黄河	3	59	4	4	91
15	较差	黄色预警	西藏拉鲁湿地	17	4	0	78	404
16	较差	黄色预警	西藏雅鲁藏布江	0	7	2	73	17
17	较差	黄色预警	云南会泽	0	17	30	50	138
18	较差	黄色预警	云南洱海	1	6	49	16	55
19	优良	红色预警	湖南东洞庭湖	3	41	18	1	501
20	中等	红色预警	长江上游鱼类	4	51	24	5	668
21	中等	橙色预警	河南黄河湿地	4	53	7	7	204
22	中等	橙色预警	丹东鸭绿江口	12	20	1	0	253

力和道路交通等保护区现状进行复杂的数量统计与分析, 根据计算结果和保护目标, 有针对性地制定各种保护、管理措施.

(V) 降低生态压力的建议. 湿地保护区的发展面临着严峻的挑战, 已然成为人类开发与湿地保护冲突多发的前沿, 如何在国家层面上保障国家湿地生态安全, 彻底摆脱保护成效较差、生态压力过大的被动局面. 本文提出几条减压建议.

(1) 实施流域综合管理. 建议国务院牵头, 对现有涉及湿地的利益群体的不同诉求进行全面摸底和系统整合, 撤销、合并或补偿诉求相近的部分利益群体, 成立流域湿地资源管理委员会, 夯实流域水资源配置、水质监测、湿地生物多样性保护等基础. 流域湿地资源管理委员会的目的是形成民主决策机制, 并且是社区共管的制度保障, 符合和谐社会的新需求, 其本质是大力推动涉及湿地利益相关方的对话, 建立一种利益平衡的机制. 建议国家级湿地自然保护区管理局隶属于该委员会领导.

(2) 积极推进湿地立法. 建议国务院牵头, 对现有涉及湿地范畴法律法规进行全面梳理和整合, 撤销相互冲突的条款, 提出“废、立、改”等具体措施, 统一湿地资源范畴, 出台有助于流域综合管理、湿地保护和经济发展相协调的法律法规.

建议将湿地保护纳入国家土地利用规划中, 增加湿地保护这一特殊地类, 土地利用开发以保障区域生态安全为底线. 此外, 建议对具有国家重要保护价值的湿地, 由政府购买或行使土地使用权, 获得完全控制权, 以满足国家生态安全体系建设需求. 应尽快完善《湿地保护管理条例(草案)》, 对自然湿地实行“零损失”制度, 配合实施生态补偿制度; 应尽快拟定《湿地生物多样性保护条例(草案)》, 对湿地生物多样性实行“高增长”制度, 配合实施增殖扩繁工作; 应尽快完善“中国自然保护区类型与级别划分原则”, 研究制订与国际相接轨的“中国湿地自然保护区类型

与级别划分原则”.

(3) 自然保护区域建设. 根据自然保护区域的定义[86]、国家级湿地保护区集群分布的特点, 将中国国家级湿地自然保护区归纳为青藏高原、三江平原、松嫩平原、长江中下游平原、环渤海地区、南海滨海等 6 个重要的自然保护区域, 每个自然保护区域内, 为了便于相同保护对象的管理再建立若干个自然保护区群. 以自然保护区群为基本单元, 建立生物通道和缓冲地带, 为自然保护区域、自然保护区网络提供有效节点.

例如, 为了有效保护黑颈鹤的繁殖地、越冬地等, 可在青藏高原中建立黑颈鹤自然保护区群(包括西藏色林错黑颈鹤保护区、西藏雅鲁藏布江中游黑颈鹤保护区、云南大山包黑颈鹤保护区和云南会泽黑颈鹤保护区等); 此外, 可在南海滨海中建立红树林自然保护区群, 可在长江中下游平原中建立白鹤自然保护区群, 可在三江平原、松嫩平原建立鹤类、鹳类自然保护区群.

(4) 实施遥感动态监测. 建议尽快制订中国国家级湿地自然保护区遥感动态监测方案, 对土地利用、湿地边界、自然湿地面积、湿地类型转化、湿地生物量等动态变化状况进行遥感监测, 对野生动物进行无线电追踪, 对湿地生态系统定位站观测数据进行无线传输和远程遥控.

遥感监测方案制订主要依据国家级湿地保护区的主要保护对象、保护区类型、保护成效、预警等级、管理部门、始建时间等属性, 同时考虑可操作性.

(5) 加强产业结构调整. 建议尽快制订出中国国家级湿地自然保护区产业结构调整方案, 首先, 宜对产业结构现状、保护区资源优势和地方经济等进行摸底调查, 寻求产业结构调整的方向. 其次, 依据社区居民的产业基础条件, 引导居民大力发展有机农林牧渔业和生态旅游休闲观光业. 再次, 制订更为具体的实施方案和配套措施, 如给予小额贷款、减免税等政策倾斜以及行业培训和技术扶持等.

3 不确定性讨论

从保护价值评价、湿地动态评估、增殖扩繁评估和功能区调整评估等角度, 对中国国家级湿地自然保护区的保护成效进行初步评估, 旨在引起国家相关管理机构的重视, 评估结果仅是个参考, 尚存在一些问题和不确定性.

其一, 湿地自然保护区的概念、分类、保护成效评估等方面并没有形成统一的认识. 目前, 我国尚未建立湿地自然保护区分类系统和保护成效评估体系, 所有的湿地保护区完全按照严格自然保护区的管理模式进行管理和评估, 自然保护与社会经济发展的矛盾和保护对象的差异性与评估方法的局限性之间的矛盾广泛存在. 因此, 应加强湿地自然保护区分类管理和保护成效评估研究.

其二, 保护价值评价数据库是基于科学考察报告和相关论文, 时间跨度达 30 年, 尽管经过专家验收, 但数据陈旧甚至有所偏差, 在所难免; 中国 4 期湿地遥感影像图、中国国家级湿地自然保护区分布图存在制图误差, 因此, 两者叠加后所提取的湿地面积变化数据也存在误差. 尽管存在误差或精度不够, 但本研究结果, 对把握中国国家级湿地自然保护区保护成效的大致情况具有重要意义.

从保护价值评价来看, 本文的评估结果与王治良等人[87]的评估结果基本一致, 以江苏泗洪洪泽湖湿地自然保护区的保护价值指数为例, 前者是 77.7, 而后者是 80.2. 王治良等人[87]的湿地类自然保护区生态评价采用的是使用频率较高的多样性、代表性、稀有性、自然性、面积适宜性、稳定性和人类干扰 7 个指标, 但其赋值标准的确定主观性较强, 值得进一步商榷, 而本文的赋值标准是以 182 个湿地类型自然保护区的科学考察报告为依据, 针对不同类型, 按照四分位法来划定, 科学性较强一些. 由此说明, 本文研究结果真实可靠, 具有重要的参考意义.

从湿地动态评估来看, 本文的结果与邓茂林等人[88]的研究结果非常吻合, 特别是关于沼泽湿地净减少的部分, 呈现惊人的一致, 这是本文研究结果具有重要参考意义的又一个佐证. 本文的研究结果是: 1978~2008 年保护区的湖泊湿地净减少 1.21 km^2, 沼泽湿地净减少 148.90 km^2, 其中 1990~2008 年, 湖泊湿地净减少 1.32 km^2, 沼泽湿地净减少 63.42 km^2; 后者的研究结果是: 1990~2007 年保护区河流、湖泊、沼泽湿地面积分别减少 139, 61 和 64.43 km^2. 邓茂林等采用的遥感数据源与本文的遥感数据源基本一致(1990, 2000 和 2007 年), 数据处理平台也一致, 但研究方法略有不同, 其采用肖笃宁等人[89]的景观生态分类方法, 并使用美国俄勒冈州立大学森林科学系研发的景观指标计算软件 Fragstats3.3.

目前, 我国尚未建立湿地自然保护区遥感监测

体系，绝大多数湿地保护区都受到不同程度的各种威胁，广泛存在着旅游活动对土壤、水环境的污染、旅游设施对栖息地和自然景观的破坏、周边社区的工农业生产对自然保护区的影响、生物资源的过度利用、野生动植物资源动态不明、外来物种入侵等问题. 国际上对海洋类型保护区的研究，特别是人类影响全球制图方面，已经引起关注[90]，但我国在这方面的研究明显滞后.

为了得到更精准的评估结果，建议尽快组织调查和监测工作，特别是要加强湿地类型、边界、分布和面积的遥感监测，以及生物多样性监测.

其三，“湿地变化速率”采用的是相对值，与保护区面积息息相关，而部分保护区由于扩建或合并，造成面积改变. 以最新的保护区边界数据来评估其湿地面积变化，是个近似的替代，对部分保护区而言，评估有失公正. 例如，部分保护区建立时很小，采取湿地恢复措施后，湿地面积大幅增加，保护成效理当肯定，却由于保护区面积增加，导致湿地动态评估结果被低估.

此外，湿地保护区的野生动物及其栖息地常随着季节变化而发生改变，静态分区与湿地动态变化的矛盾一直存在，建议尽快加强动态分区研究，不同功能区的湿地变化速率应赋以权重进行评估.

其四，“增殖扩繁指标”有一定的局限性，并未区别对待鸟、鱼、兽等不同的保护对象. 此外，未统计增殖场面积、科技人员数量、生物廊道有效性等其他相关指标.

另外，目前我国尚未建立湿地自然保护区生物廊道设计规范，很多湿地保护区被人类构建物分割、干扰，野生动植物的生境呈现破碎化状态，进一步导致种群的隔离，灭绝速度加速. 应加强湿地野生动物自然保护区保护成效评估研究，特别要考虑生物廊道问题.

其五，由于缺乏保护管理措施的数据，本文未将其纳入保护成效评估体系，而有效的措施可能会降低保护区的生态压力，大幅度提高保护成效.

4 结语

保护成效评估的目的是提高国家级湿地保护区的保护水平，建议主管部门完善对保护区的宏观管理，促进保护区加强自身能力建设，逐步形成以保护区为核心、主管部门为引导、社会广泛参与的保护区保护成效保障体系，保障国家湿地生态安全. 中国国家级湿地自然保护区是以沼泽湿地、野生动物类型为主体，以湖泊湿地、滨海湿地和河流湿地等类型为补充，整体的保护成效是比较差的，特别是沼泽湿地和野生动物类型保护区，它们集中分布在青藏高原、嫩江中下游、长江中下游、雅鲁藏布江和澜沧江等地区；保护成效优良的保护区以湖泊湿地类型为主，主要分布在兴凯湖、达赉湖、艾比湖、海子山、东洞庭湖和洪泽湖等地. 在 91 个国家级湿地保护区中，生态压力的基本规律为自然原始(52 个)>黄色预警(24 个)>橙色预警(10 个)>红色预警(4 个)；9 成的沼泽湿地、7 成野生动物和湖泊湿地类型保护区是自然原始的，主要分布在我国的西北和东北地区；7 成海洋海岸类型保护区为黄色预警，各种类型保护区都有 1~3 个达到橙色预警，安徽扬子鳄、长江上游珍稀鱼类、湖南东洞庭湖和天津古海岸等保护区为红色预警，这些生态不安全保护区主要分布在长江流域、沿海地区和部分流域的中下游，如天津、江苏、广西等滨海地区和嫩江中下游以及黄河内流区等. 湿地保护区保护成效评估研究尚处于萌芽阶段，各种压力源(自然、人为)对保护成效评估的贡献率很难进行定量估算，评估结果尚存在一些问题及不确定性，本文仅是在现有的、可获得的数据基础上，对湿地保护区的保护成效进行初步的探讨. 植被指数/初级生产力(NDVI/NPP)能够反映湿地结构和功能，同时，非点源/点源污染也是影响保护区保护成效的重要压力源，在后续研究中，应予以考虑，我们正在从事相关工作.

致谢 崔国发教授、陈建伟教授、严承高教授、崔丽娟研究员等对湿地类型自然保护区保护价值评价研究提出一些建设性的意见；国家林业局自然保护区研究中心、广东省自然保护区管理办公室、福建省保护管理中心等机构提供资料；北京林业大学徐基良副教授、邢韶华副教授、高俊琴副教授、雷霆讲师、李霄宇博士、李玉强博士、周树林博士、宣晶硕士、李娜硕士、楼丹硕士和曾娅杰硕士等在资料收集方面给予大力协助；在此一并致谢.

参考文献

1 Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387: 253–260
2 Duarte C M, Middelburg J J, Caraco N. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. Biogeoscience, 2005, 2: 1–8
3 Kremen C, Cameron A, Moilanen A, et al. Aligning conservation priorities across taxa in Madagascar with high-resolution planning tools. Science, 2008, 320: 222–226
4 Cao L, Fox A D. Birds and people both depend on China's wetlands. Nature, 2009, 460: 173
5 Valiela I, Fox S E. Ecology-managing coastal wetlands. Science, 2008, 319: 290–291
6 吕宪国, 刘晓辉. 中国湿地研究进展. 地理科学, 2008, 28: 301–307
7 崔丽娟, 鲍达明, 肖红. 湿地生态用水计算方法探讨与应用实例, 水土保持学报, 2005, 19: 147–151
8 印红. 湿地生物多样性保护主流化的理论与实践(精). 北京: 科学出版社, 2009
9 宫鹏, 牛振国, 程晓. 中国 1990 和 2000 基准年湿地变化遥感. 中国科学: 地球科学, 2010, 40: 768–775
10 马建章. 自然保护区学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1992
11 王献溥, 崔国发. 自然保护区建设与管理. 北京: 化学工业出版社, 2003
12 崔国发. 自然保护区学当前应该解决的几个科学问题. 北京林业大学学报, 2004, 26: 102–105
13 陈家宽, 雷光春, 王学雷. 长江中下游湿地自然保护区——有效管理十佳案例分析. 上海: 复旦大学出版社, 2010
14 施光孚. 中国自然保护区类型与分布. 西北大学学报, 1987, 17(增刊): 12–20
15 薛达元, 蒋明康. 中国自然保护区类型划分标准的研究. 中国环境科学, 1994, (4): 246–251
16 环境保护部自然生态保护司. 全国自然保护区名录. 北京: 中国环境科学出版社, 2009
17 中国湿地百科全书编辑委员会. 中国湿地百科全书. 北京: 北京科学技术出版社, 2008
18 郑姚闽. 湿地类型自然保护区保护价值评价及保护空缺分析研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学研究生院, 2010. I, 45, 54, 125
19 张建华, 朱靖. 自然保护区评价研究的进展. 农村生态环境, 1993, 2: 5–20
20 石金莲, 李俊清, 李绍泉. 辽宁老秃顶子国家级自然保护区评价. 林业科学研究, 2003, 16: 720–725
21 蒋明康, 王智, 秦卫华. 我国自然保护区内国家重点保护物种保护成效评价. 生态与农村环境学报, 2006, 22: 35–38,VI
22 唐先武. 关注中国的生态安全. 科技日报, 2002-3-15
23 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容. 生态学报, 2002, 13: 354–358
24 薛雄志, 吝涛, 曹晓海. 海岸带生态安全指标体系研究. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43(增刊): 179–183
25 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题. 地理科学, 2003, 23: 264–270
26 Giri1 C, Ochieng E, Tieszen L L. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Glob Ecol Biogeogr, 2011, 20: 154–159
27 Papastergiadou E S, Retalis A, Apostolakis A, et al. Environmental monitoring of spatio-temporal changes using remote sensing and GIS in a mediterranean wetland of northern Greece. Water Resour Manag, 2008, 22: 579–594
28 Rebelo L M, Finlayson C M, Nagabhatla N. Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. J Environ Manag, 2009, 90: 2144–2153
29 Bolca M, Turkyilmaz B, Kurucu Y, et al. Determination of impact of urbanization on agricultural land and wetland land use in Balçovas' Delta by remote sensing and GIS technique. Environ Monit Assess, 2007, 131: 409–419
30 Pattanaik C, Reddy C S, Prasad S N. Mapping, monitoring and conservation of Mahanandi wetland ecosystem, Orissa, India using remote sensing and GIS. Proc Natl Acad Sci India Sect B Biol Sci, 2008, 78: 81–89
31 Ramachandran S, Sundaramoorthy S, Krishnamoorthy R, et al. Application of remote sensing and GIS to coastal wetland ecology of Tamil Nadu and Andaman and Nicobar group of islands with special reference to mangroves. Curr Sci, 1998, 75: 236–244
32 Sajeev R, Subramanian V. Land use/land cover changes in Ashtamudi wetland region of Kerala: A study using remote sensing and GIS. J Geol Soc India, 2003, 61: 573–580
33 Wang W G, Lai Z K. GIS and remote sensing based analysis of coastal-wetland-changes in Xiamen western bay. International Workshop on Education Technology and Trainning and 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing, Proceedings, 2009, 2: 444–447
34 Jensen J R, 王国明. 利用时序系列遥感数据监测内陆湿地变化. 黑龙江测绘, 1996, 19: 54–56
35 Palmeri L, Trepel M. A GIS-based score system for siting and sizing of created or restored wetlands: Two case studies. Water Resour Manag, 2002, 16: 307–328
36 Rebelo L M, Finlayson C M, Nagabhatla N. Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. J Environ Manag, 2009, 90: 2144–2153

37 Schleupner C. GIS-based estimation of wetland conservation potentials in Europe. ICCSA, 2010. 193–209
38 崔丽娟, 李伟, 张曼胤. 福建洛阳江口红树林湿地景观演变及驱动力分析. 北京林业大学学报, 2010, 32: 106–112
39 牛振国, 宫鹏, 程晓. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39: 188–203
40 Niu Z G, Zhang H Y, Gong P. More protection for China's wetlands. Nature, 2011, 471: 305
41 汪松, 解焱. 中国物种红色名录. 第一卷. 北京: 高等教育出版社, 2004
42 李锋. 中国濒危动物红皮书. 北京: 科学出版社, 1998
43 傅立国. 中国植物红皮书——稀有濒危植物. 北京: 科学出版社, 1992
44 《中国湿地植被》编辑委员会. 中国湿地植被. 北京: 科学出版社, 1999
45 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998
46 赵魁义. 中国沼泽志. 北京: 科学出版社, 1999
47 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志. 北京: 海洋出版社, 1991–1998
48 陈宜瑜. 中国流域综合管理战略研究. 北京: 科学出版社, 2007
49 国家林业局. 中国湿地保护行动计划. 北京: 中国林业出版社, 2000
50 屈家树. 雷州半岛红树林湿地资源综合管理. 广州: 广东科技出版社, 2006
51 王恺. 国家级自然保护区. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2003
52 国家环境保护总局自然生态保护局. 中国国家级自然保护区. 北京: 中国环境科学, 2006
53 李迪强. 全国林业系统自然保护区体系规划研究. 北京: 中国大地出版社, 2003
54 李迪强, 李建文. 三江源生物多样性: 三江源自然保护区科学考察报告. 北京: 中国科学技术出版社, 2002
55 吴三雄, 袁海峰. 甘肃敦煌西湖国家级自然保护区科学考察报告. 北京: 中国林业出版社, 2010
56 徐宏发, 赵云龙. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 2005
57 严梅芳. 丹东鸭绿江口湿地国家级自然保护区综合科学考察集. 沈阳: 辽宁大学出版社, 2008
58 林鹏. 福建漳江口红树林湿地自然保护区综合科学考察报告. 厦门: 厦门大学出版社, 2001
59 河南省林业厅野生动植物保护处, 编. 河南黄河湿地自然保护区科学考察集. 北京: 中国环境科学出版社, 2001
60 刘信中. 江西南矶山湿地自然保护区综合科学考察. 北京: 中国林业出版社, 2006
61 郑允文, 薛达元, 张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准. 农村生态环境学报, 1994, 10: 22–25
62 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2007, 29: 153–156
63 杨晶, 王文勇. 层次分析法在自然保护区生态评价中的应用. 工业安全与环保, 2007, 33: 27–29
64 骆林川, 杨德礼, 马军. 基于层次分析法的城市湿地公园模糊评价分析. 科技与管理, 2008, 10: 18–22
65 Hoffmann M, Taylor C H, Angulo A. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. Science, 2010, 330: 1503–1509
66 Myers N, Mittermeier R, Mittermeier C, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 2000, 403: 853–858
67 李晓文, 郑钰, 赵振坤. 长江中游生态区湿地保护空缺分析及其保护网络构建. 生态学报, 2007, 27: 4979–4989
68 高俊琴, 郑姚闽, 张明祥. 长江中游生态区湿地保护现状及保护空缺分析. 湿地科学, 2011, 9: 42–46
69 鲍达明, 王学雷, 吕宪国. 实施流域生态管理的长江中下游湿地保护探讨. 湿地科学, 2006, 4: 96–100
70 陈成忠, 林振山. 从国内学术论文看 1992 年以来长江中下游河湖湿地研究进展. 湿地科学, 2010, 8: 193–203
71 李婷, 胡永强, 张世熔. 海子山自然保护区生态环境质量评价. 环境科学与管理, 2011, 36: 172–175
72 刘惠斌, 李俊臻. 甘肃尕海湿地退化泥炭地恢复技术评价. 湿地科学与管理, 2010, 6: 26–29
73 吴英豪. 江西鄱阳湖国家级自然保护区研究. 北京: 中国林业出版社, 2004
74 蒋文华, 黄立新, 于道平. 铜陵淡水豚自然保护区江豚迁地保护现状与对策. 水生态学杂志, 2010, 3: 109–112
75 吴孝兵, 顾长明, 朱家龙, 等. 安徽扬子鳄国家级自然保护区综合研究. 安徽: 合肥工业大学出版社, 2008
76 郭宝松, 张贵华. 黑龙江挠力河国家级自然保护区资源现状及保护对策. 野生动物杂志, 2006, 27: 21–22
77 何斌源, 范航清, 王瑁, 等. 中国红树林湿地物种多样性及其形成. 生态学报, 2007, 27: 4859–4870
78 屈家树. 雷州半岛红树林湿地资源综合管理. 广州: 广东科技出版社, 2006
79 龚冬. 新疆为艾比湖实施调水突破亿万方水. 水资源保护, 2008, 24: 75
80 苏颖君, 张振海, 包安明. 艾比湖生态环境恶化及防治对策. 干旱区地理, 2002, 25: 143–148
81 王献溥, 于顺利, 王宗帅. 江苏大丰麋鹿保护区有效管理的成就和展望. 北京农业, 2009, 15: 58–64
82 路宝忠. 朱鹮的人工投食. 野生动物, 1989, 10: 23–24, 33
83 于道平, 蒋文华, 韩德民. 长江江豚对人工投食适应过程的观察. 兽类学报, 2007, 27: 365–369
84 吴安康. 贵州麻阳河自然保护区黑叶猴野外人工投食驯化. 野生动物, 2004, 25: 37
85 Margules C R, Pressey R L. Systematic conservation planning. Nature, 2000, 405: 243–253

86 国家林业局. 自然保护区名词术语 LY/T 1685-2007. 北京: 中国标准出版社, 2008
87 王治良, 王国祥, 常青. 江苏泗洪洪泽湖湿地自然保护区生态评价. 南京师范大学学报(自然科学版), 2006, 29: 115–119
88 邓茂林, 田昆, 杨永兴, 等. 高原湿地若尔盖国家级自然保护区景观变化及其驱动力. 生态与农村环境学报, 2010, 26: 58–62
89 肖笃宁, 李晓文, 王连平. 辽东湾滨海湿地资源景观演变与可持续利用. 资源科学, 2001, 20: 31–36
90 Halpern B S, Walbridge S, Selkoe K A. A global map of human impact on marine ecosystems. Science, 2008, 319: 948–952

补充材料

图 S1 遥感图

表 S1 中国国家级湿地自然保护区

表 S2 全国一~三级流域的划分

本文的以上补充材料见网络版 csb.scichina.com. 补充材料为作者提供的原始数据, 作者对其学术质量和内容负责.

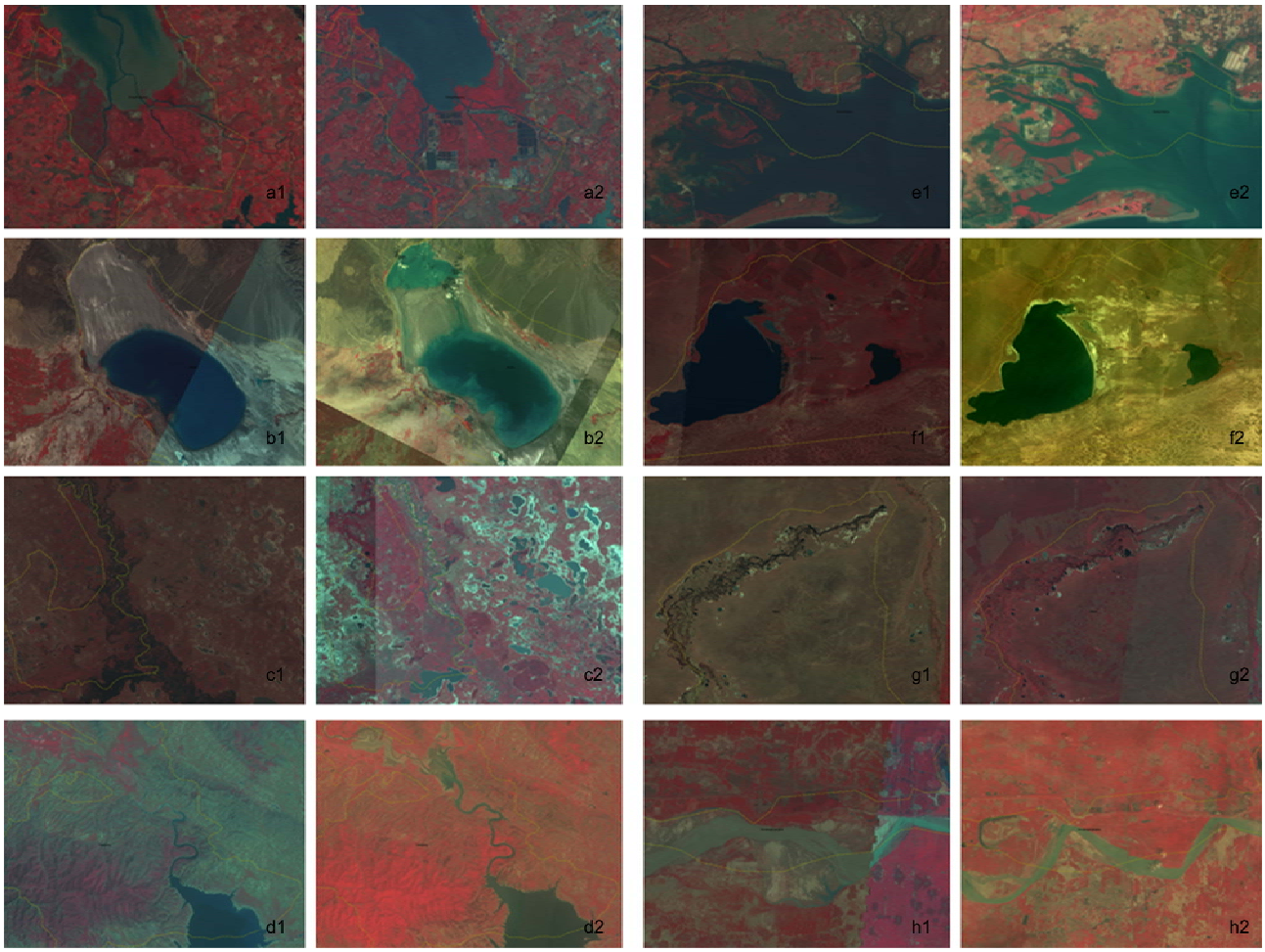

图 S1 遥感图

a~d 湿地增加 a1 东寨港 1990; a2 东寨港 2000; b1 艾比湖 2000; b2 艾比湖 2008; c1 莫莫格 1978; c2 莫莫格 2000; d1 丹江 2000; d2 丹江 2008; e~h 湿地减少 e1 北仑河口 1990;e2 北仑河口 2008;f1 达来诺尔 1990;f2 达来诺尔 2008;g1 辉河 1990; g2 辉河 2000; h1 新乡黄河 1990; h2 新乡黄河 2008

表 S1 中国国家级湿地自然保护区

省份	保护区简称	面积/km^2	保护成效	预警等级	建立时间
安徽	安徽升金湖	333.4	中等	自然原始	1986-2-8
安徽	安徽铜陵淡水豚	518.44	较差	黄色预警	2000-12-1
安徽	安徽扬子鳄	185.65	较差	红色预警	1982-1-1
福建	福建厦门珍稀海洋动物	340	较差	橙色预警	2000-4-1
福建	福建漳江口红树林	23.6	较差	自然原始	1992-7-1
甘肃	甘肃敦煌西湖	6600	优良	自然原始	1992-1-1
甘肃	甘肃尕海—则岔	2474.31	较差	自然原始	1995-10-1
甘肃	甘肃敦煌阳关	817	较差	自然原始	1992-1-1
广东	广东惠东港口海龟	18	未评估	自然原始	1992-10-27
广东	广东内伶仃福田	9.22	较差	橙色预警	1984-4-9
安徽	安徽升金湖	333.4	中等	自然原始	1986-2-8
安徽	安徽铜陵淡水豚	518.44	较差	黄色预警	2000-12-1

省份	保护区简称	面积/km^2	保护成效	预警等级	建立时间
广东	广东雷州珍稀海洋生物	468.65	中等	自然原始	1983-1-1
广东	广州徐闻珊瑚礁	143.79	较差	自然原始	1999-8-1
广东	广东珠江口中华白海豚	460	未评估	自然原始	1991-1-1
广东	广东湛江红树林	202.79	优良	黄色预警	1990-1-8
广西	广西北仑河口	30	较差	自然原始	1990-3-4
广西	广西山口红树林	80	中等	黄色预警	2002-10-1
广西	广西合浦-英罗港	350	未评估	自然原始	1986-4-27
贵州	贵州草海	474.56	中等	黄色预警	1985-1-1
海南	海南大洲岛	70	未评估	自然原始	1987-8-1
海南	海南东寨港	33.38	优良	自然原始	1980-4-9
海南	海南三亚珊瑚礁	40	未评估	自然原始	1990-9-30
海南	海南铜鼓岭	44	未评估	自然原始	1983-5-24
河北	河北衡水湖	220.08	较差	橙色预警	2000-7-1
河北	河北昌黎黄金海岸	300	较差	黄色预警	1990-9-30
河南	河南黄河湿地	680	中等	橙色预警	1995-8-1
河南	河南新乡黄河湿地	227.8	较差	黄色预警	1988-
河南	河南丹江湿地	640.27	优良	橙色预警	2001-8-1
黑龙江	黑龙江珍宝岛湿地	443.64	中等	黄色预警	1998-11-1
黑龙江	黑龙江东方红湿地	466.18	较差	自然原始	2005-4-1
黑龙江	黑龙江乌伊岭	438.24	中等	黄色预警	2000-12-1
黑龙江	黑龙江红星湿地	1119.95	较差	自然原始	2004-9-1
黑龙江	黑龙江南瓮河	2295.23	优良	自然原始	1999-12-1
黑龙江	黑龙江扎龙	2134	优良	黄色预警	1979-1-18
黑龙江	黑龙江兴凯湖	2224.88	优良	黄色预警	1986-4-5
黑龙江	黑龙江宝清七星河	200	较差	自然原始	1991-10-4
黑龙江	黑龙江三江	1980.89	中等	自然原始	1994-9-4
黑龙江	黑龙江洪河	250.9	未评估	自然原始	1984-12-1
黑龙江	黑龙江挠力河	1605.95	优良	橙色预警	1998-11-1
黑龙江	黑龙江双河	888.49	较差	自然原始	2005-3-1
黑龙江	黑龙江大沾河	2116.18	优良	自然原始	2004-11-12
广东	广东雷州珍稀海洋生物	468.65	中等	自然原始	1983-1-1
广东	广州徐闻珊瑚礁	143.79	较差	自然原始	1999-8-1
广东	广东珠江口中华白海豚	460	未评估	自然原始	1991-1-1
广东	广东湛江红树林	202.79	优良	黄色预警	1990-1-8
广西	广西北仑河口	30	较差	自然原始	1990-3-4
广西	广西山口红树林	80	中等	黄色预警	2002-10-1
广西	广西合浦-英罗港	350	未评估	自然原始	1986-4-27
贵州	贵州草海	474.56	中等	黄色预警	1985-1-1
海南	海南大洲岛	70	未评估	自然原始	1987-8-1
海南	海南东寨港	33.38	优良	自然原始	1980-4-9
黑龙江	黑龙江八岔岛	320.14	较差	自然原始	1999-9-1
湖北	湖北长江新螺段白暨豚	135	未评估	橙色预警	1992-10-27
湖北	湖北天鹅洲故道白暨豚	20	未评估	黄色预警	1992-10-27
湖北	湖北石首麋鹿	15.67	中等	黄色预警	1998-8-18
湖北	湖北龙感湖	220	未评估	-	1996-

省份	保护区简称	面积/km^2	保护成效	预警等级	建立时间
湖南	湖南东洞庭湖	1900	优良	红色预警	1984-11-1
吉林	吉林莫莫格	1440	优良	橙色预警	1981-3-8
吉林	吉林雁鸣湖	539.4	优良	黄色预警	1991-12-1
吉林	吉林龙湾	150.61	较差	自然原始	1991-
吉林	吉林大布苏	110	较差	自然原始	1996-10-16
吉林	吉林哈尼	222.3	中等	自然原始	1991-12-6
吉林	吉林向海	1054.67	未评估	自然原始	1981-3-9
吉林	吉林鸭绿江上游	280	较差	自然原始	1997-12-8
吉林	吉林查干湖	506.84	较差	自然原始	1986-8-1
江苏	江苏盐城珍禽	2841.79	较差	黄色预警	1983-2-27
江苏	江苏大丰麋鹿	780	优良	自然原始	1986-2-8
江苏	江苏泗洪洪泽湖湿地	493.65	优良	橙色预警	1985-6-1
江西	江西鄱阳湖	224	较差	自然原始	1988-5-9
江西	江西南矶湿地	333.33	较差	自然原始	1997-1-1
辽宁	辽宁丹东鸭绿江口	1010	中等	橙色预警	1997-12-8
辽宁	辽宁双台河口	1280	优良	自然原始	1985-9-9
辽宁	大连斑海豹	6722.75	较差	自然原始	1992-9-1
内蒙古	内蒙古达赉湖	7400	优良	自然原始	1987-1-1
内蒙古	内蒙古科尔沁	1269.87	优良	黄色预警	1986-6-1
内蒙古	内蒙古达里诺尔	1194.14	较差	自然原始	1987-9-8
内蒙古	内蒙古鄂尔多斯遗鸥	147.7	中等	自然原始	1998-1-1
内蒙古	内蒙古辉河	3468.48	较差	自然原始	1997-12-1
宁夏	宁夏哈巴湖	840	较差	黄色预警	2003-3-1
青海	青海青海湖	4952	中等	自然原始	1975-8-8
青海	青海隆宝	100	较差	自然原始	1986-8-9
青海	青海三江源	152300	较差	自然原始	2000-5-1
山东	山东黄河三角洲	1530	较差	黄色预警	1990-12-27
山东	山东长岛	53	未评估	自然原始	1988-5-9
山东	山东荣成大天鹅	105	较差	黄色预警	1984-1-1
山东	山东滨州贝壳堤岛	435.42	较差	黄色预警	1998-10-1
陕西	陕西秦岭细鳞鲑	65.59	较差	自然原始	2004-1-1
上海	上海九段沙	420.2	较差	黄色预警	2000-3-1
上海	上海崇明东滩鸟类	326.1	中等	自然原始	1998-11-1
四川	四川若尔盖湿地	1665.71	较差	自然原始	1994-8-18
四川	四川海子山	4591.61	优良	自然原始	1995-1-1
四川	长江上游珍稀、特有鱼类	331.74	中等	红色预警	1987-12-4
天津	天津古海岸与湿地	990	较差	红色预警	1984-12-1
西藏	西藏色林错	18936.3	较差	自然原始	1993-1-1
西藏	西藏拉鲁湿地	12.2	较差	黄色预警	1999-1-1
西藏	西藏雅鲁藏布江中游	4731.53	较差	黄色预警	1993-1-1
新疆	新疆巴音布鲁克	1368.94	较差	自然原始	1980-5-9
新疆	新疆艾比湖湿地	2670.85	优良	自然原始	2000-6-2
云南	云南大山包黑颈鹤	192	较差	自然原始	1994-3-1
云南	云南会泽黑颈鹤	129.11	较差	黄色预警	1986-3-1
云南	云南大理苍山洱海	797	较差	黄色预警	1981-11-5
浙江	浙江南麂列岛海洋	201.06	中等	自然原始	1990-9-30

表 S2 全国一~三级流域的划分 [a)]

一级代码	一级流域	二级代码	二级流域	三级流域
I	长江	I 1	金沙江石鼓以上	通天河
				直门达(玉树称多县)至石鼓
		I 2	金沙江石鼓以下	雅砻江(渡口市以上)
				石鼓以下干流(丽江市以西 50 公里石鼓镇)
		I 3	岷沱江	大渡河
				青衣江和岷江干流
				沱江
		I 4	嘉陵江	广元昭化以上
				广元昭化以下干流
				涪江
				渠江
		I 5	乌江	思南以上
				思南以下
		I 6	宜宾至宜昌	宜宾至宜昌干流
				赤水河
		I 7	洞庭湖	洞庭湖环湖
				澧水
				沅江浦市镇以上
				沅江浦市镇以下
				资水冷水江以上
				资水冷水江以下
				湘江衡阳以上
				湘江衡阳以下
		I 8	汉江	丹江口 以上
				丹江口以下干流
				唐白河
		I 9	鄱阳湖	鄱阳湖环湖
				饶河
				修水
				信江
				抚河
				赣江栋背以上
				赣江栋背至峡江
				赣江峡江以下
		I 10	宜昌至湖口	武汉至湖口左岸
				宜昌至武汉左岸
				清江
				城陵矶至湖口右岸
		I 11	湖口以下干流	巢滁皖及沿江诸河
				通南及崇明岛诸河
				青弋江和水阳江及沿江诸河
		I 12	太湖	湖西及环湖
				武阳
				黄浦江
				杭嘉湖

一级代码	一级流域	二级代码	二级流域	三级流域
Ⅱ	黄河	Ⅱ13	龙羊峡以上	河源至玛曲
				玛曲至龙羊峡
		Ⅱ14	龙羊峡至兰州	大通河享堂 以上
				湟水
				龙羊峡至兰州干流
				大夏河与洮河
		Ⅱ15	黄河内流区	黄河内陆
		Ⅱ16	兰州至河口镇	石嘴山至河口镇北岸
				石嘴山至河口镇南岸
				下河沿至石嘴山
				清水河至苦水河
				兰州至下河沿是
		Ⅱ17	河口镇至龙门	河口镇至龙门左岸
				吴堡以上右岸
				吴堡以下右岸
				汾河
		Ⅱ18	龙门至三门峡	泾河张家山以上
				北洛河状头以上
				渭河宝鸡峡以上
				龙门至三门峡干流
				渭河咸阳至潼关
				渭河宝鸡峡至咸阳
		Ⅱ19	三门峡至花园口	沁丹河
				三门峡至小浪底
				小浪底至花园口 干流
				伊洛河
		Ⅱ20	花园口以下	花园口以下干流
				大汶河
				金堤河和天然文岩渠
Ⅲ	珠江	Ⅲ21	南北盘江	北盘江
				南盘江
		Ⅲ22	红柳江	柳江
				红水河
		Ⅲ23	郁江	右江
				左江及郁江干流
		Ⅲ24	西江	桂贺江
				黔浔江及西江(梧洲以下)
		Ⅲ25	北江	北江大坑口以上
				北江大坑口(韶关市曲江区大坑口镇)以下
		Ⅲ26	东江	东江秋香江口以上
				东江秋香江口以下
		Ⅲ27	珠江三角洲	东江三角洲
				西北江三角洲
		Ⅲ28	韩江及粤东诸河	韩江白莲以上
				韩江白莲以下及粤东诸河
		Ⅲ29	海南岛及南海各岛诸河	海南岛诸河
				南海各岛诸河
		Ⅲ30	粤西桂南沿海诸河	桂南诸河
				粤西诸河

一级代码	一级流域	二级代码	二级流域	三级流域
Ⅳ	松花江	Ⅳ31	额尔古纳河	额尔古纳干流
				海拉尔
				呼伦湖
		Ⅳ32	嫩江	黑龙江干流
				尼尔基以上(呼伦贝尔市莫力达瓦达斡尔族自治旗南部)
				尼尔基至江桥(江桥位于黑龙江泰来县)
				江桥以下
		Ⅳ33	第二松花江	丰满以下(丰满坝址位于吉林市东南 24 公里)
				丰满以上
		Ⅳ34	松花江	通河至佳木斯干流
				哈尔滨至通河
				佳木斯以下
				三岔口至哈尔滨
				牡丹江
		Ⅳ35	乌苏里江	穆棱河口以上
				穆棱河口以下
		Ⅳ36	绥芬河	绥芬河
		Ⅳ37	图门江	图门江
Ⅴ	辽河	Ⅴ38	西辽河	乌力吉木仁河
				西拉木伦河及老哈河
				西辽河下游(苏家铺)
		Ⅴ39	东辽河	东辽河
		Ⅴ40	辽河干流	柳河口以上
				柳河口以下
		Ⅴ41	浑太河	浑河
				太子河及大辽河干流
		Ⅴ42	鸭绿江	浑江口以上
				浑江口以下
		Ⅴ43	东北沿黄渤海诸河	沿渤海西部诸河
				辽东沿黄渤海诸河
Ⅵ	淮河	Ⅵ44	山东半岛沿海诸河	胶东诸河
				小清河
		Ⅵ45	淮河上游(王家坝以上)	王家坝以上北岸
				王家坝以上南岸
		Ⅵ46	淮河中游(王家坝至洪泽湖出口)	王蚌(bang)区间北岸
				王蚌(bang)区间南岸
				蚌洪区间北岸
				蚌洪区间南岸
		Ⅵ47	淮河下游(洪泽湖出口以下)	里下河
				高天区
		Ⅵ48	沂沭泗河	沂(yi)涑(su)河
				南四湖
				湖东
				湖西
				日赣
				中运河

一级代码	一级流域	二级代码	二级流域	三级流域
Ⅶ	海河	Ⅶ49	海河北系	北三河山区
				永定河册田水库至三家店(门头沟三家店村)
				永定河册田水库以上
				北四河下游平原
		Ⅶ50	徒骇马颊河	徒骇马颊河
		Ⅶ51	海河南系	大清河山区
				大清河淀西平原
				大清河淀东平原
				子牙河山区
				子牙河平原
				黑龙港及运东平原
				漳卫河山区
				漳卫河平原
		Ⅶ52	滦河及冀东沿海	滦河山区
				滦河平原及冀东沿海诸河
Ⅷ	西北诸河	Ⅷ53	内蒙古高原内陆河	内蒙古高原东部
				内蒙古高原西部
		Ⅷ54	河西走廊内陆河	疏勒河
				黑河
				石羊河
				河西荒漠
		Ⅷ55	青海湖水系	青海湖
		Ⅷ56	柴达木盆地	柴达木盆地西部
				柴达木盆地东部
		Ⅷ57	吐哈盆地小河	巴伊盆地
				吐鲁番盆地
				哈密盆地亚区
		Ⅷ58	阿尔泰山南麓诸河	额尔齐斯河
				吉木乃诸小河
				乌伦古河(含布尔根河)
		Ⅷ59	中亚西亚内陆河	额敏河
				伊犁河
		Ⅷ60	古尔班通古特荒漠	古尔班通古特荒漠
		Ⅷ61	天山北麓诸河	中段诸河
				艾比湖
				东段诸河
		Ⅷ62	塔里木河源流	开孔河
				渭干河
				阿克苏河
				喀什噶(ga)尔河
				叶尔羌河
				和田河
		Ⅷ63	昆仑山北麓小河	车尔臣河诸小河
				克里亚河诸小河
		Ⅷ64	塔里木河干流	塔里木河干流
		Ⅷ65	羌塘高原内陆河	羌塘高原内陆河
		Ⅷ66	塔里木盆地荒漠	库姆塔格沙漠绿洲
				塔克拉玛干沙漠绿洲

一级代码	一级流域	二级代码	二级流域	三级流域
Ⅸ	西南诸河	Ⅸ67	红河	元江
				李仙江
				盘龙江
		Ⅸ68	澜沧江	泚(bi)江口 以上(怒江州兰坪县)
				泚(bi)江口以下
		Ⅸ69	怒江及伊洛瓦底江	怒江勐(meng)古以上
				怒江勐(meng)古以下
				伊洛瓦底江
		Ⅸ70	雅鲁藏布江	拉孜至派乡
				拉孜以上
				派乡以下
		Ⅸ71	藏南诸河	藏南诸河
		Ⅸ72	藏西诸河	奇普恰普河
				藏西诸河
Ⅹ	东南诸河	Ⅹ73	钱塘江	富春江水库以上
				富春江水库以下
		Ⅹ74	浙东诸河	浙东沿海诸河(含象山港及三门湾)
		Ⅹ75	浙南诸河	瓯江温溪以下
				瓯江温溪以上
		Ⅹ76	闽东诸河	闽东诸河
		Ⅹ77	闽江	闽江上游(南平以上)
				闽江下游(南平以下)
		Ⅹ78	闽南诸河	闽南诸河
		Ⅹ79	台澎金马诸河	台澎金马诸河
Ⅺ	滨海	Ⅺ80	渤海滨海	辽东半岛西部和辽宁省西部滨海(参考海湾志第 2 分册)
				河北及天津滨海(参考河北省海洋资源调查与评价, 2007)
				山东半岛北部滨海(参考海湾志第 3 分册)
		Ⅺ81	黄海滨海	辽东半岛东部滨海(参考海湾志第 1 分册)
				山东半岛东部、南部和江苏滨海(参考海湾志第 4 分册)
		Ⅺ82	东海滨海	长江口及浙江中北部滨海(参考海湾志第 5 分册)
				浙江南部滨海(参考海湾志第 6 分册)
				福建北部(含中部)滨海湿地(参考海湾志第 7 分册)
				福建南部滨海(参考海湾志第 8 分册)
		Ⅺ83	南海滨海	广东东部滨海(参考海湾志第 9 分册)
				广东西部滨海(参考海湾志第 10 分册)
				广西滨海(参考海湾志第 12 分册)
				海南及南海诸岛滨海(参考海湾志第 11 分册)

a) 引自“全国湿地资源调查技术规程(国家林业局 2009)”, 并参考《中国海湾志》. 本文中有关“三江源湿地区和黄淮海辽湿地区”部分系通过该流域划分方法的整合结果. 为了研究方便, 将三江源湿地区独立于长江、黄河和澜沧江, 同时由于黄淮海辽等流域具有连片分布且国家级湿地保护区较少, 剔除黄河源, 合并而成黄淮海辽湿地区