

长江中游生态区湿地保护空缺分析及其保护网络构建

李晓文¹, 郑 钰¹, 赵振坤², 黎 聪¹

(1. 北京师范大学环境学院水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要:构建了综合反映长江中游生态区地形、植被与地表覆盖特征的 GIS 综合空间数据库,在对长江中游生态区核心湿地保护物种,即白鹤(*Grus leucogeranus*)、东方白鹤(*Ciconia boyciana*)、小白额雁(*Anser erythropus*)、中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)分布范围和生境需求分析基础上,建立了反映物种分布与 GIS 数据库中生态地理因子关联的生境适宜性单元,从而确定了核心物种分布的潜在生境,对照现有保护区分布格局,找到了区域湿地生境保护的薄弱和空缺区域(Gaps),评价了现有保护区系统对潜在生境保护的有效性。基于 Gap 分析结果和现有保护区分布格局,进一步考虑保护网络的整体性和连通性以及保护成本,构建了长江中游湿地保护区生物保护网络的合理格局。研究结果表明:长江中游生态区核心物种潜在生境涉及 134 个县(市)级单元,而目前长江中游湿地保护网络仅覆盖了 23.49% 的潜在生境,仍有大量潜在生境游离于现有保护区系统外。为完善长江中游生态区湿地保护网络,应在湖北(13 县)、安徽(8 县)和江西(1 县)所属 22 个县域内建立新的湿地保护区或保护小区,并与现有湿地保护系统有机整合,最终才能形成较为完善的由 45 个县级单元构成的长江中游生态区湿地生物保护网络合理格局,并保护 80% 以上核心物种的潜在生境。本研究同时也表明基于 GIS 生态地理空间数据库和生境适宜性单元概念进行大尺度生境分析具有一定可行性和应用价值。

关键词:长江中游生态区;湿地水禽;潜在生境;Gap 分析;保护网络

文章编号:1000-0933(2007)12-4979-11 中图分类号:Q143 文献标识码:A

The Gap analysis of wetland conservation and its conservation network building in Central Yangtze Ecoregion

LI Xiao-Wen¹, ZHENG Yu¹, ZHAO Zhen-Kun², LI Cong¹

Environmental School, State Key Laboratory of Water Environment Simulation, Beijing Normal University, Beijing 100875; Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing, 100101, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(12): 4979 ~ 4989.

Abstract: Due to the vast wetlands and associated rich biodiversity, Central Yangtze river and its lakes basin (i. e. Central Yangtze Ecoregion) is designated by WWF as one of the Global 200 Ecoregions that contains a distinct assemblage of natural communities sharing a large majority of species, dynamics, and environmental conditions, and effectively functioning as a conservation unit. However, in the past half century the wetlands in the Central Yangtze and the biodiversity they support have suffered from constant threats, mostly associated with human activities, such as large-scale agricultural practices, land reclamation, water projects building and rapid urbanization, etc. This article therefore aimed at establishing and optimizing ecological network for wetland conservation in the Central Yangtze Ecoregion based on Gap analysis. To conduct Gap analysis, a comprehensive spatial dataset was established based on different factor combinations of

基金项目:国家重点基础研究发展计划资助项目(G2000046801; 2006CB403305), 国家自然科学基金资助项目(30100020)

收稿日期:2006-09-27; 修订日期:2007-04-29

作者简介:李晓文(1968~), 男,湖北武汉人,博士,副教授,主要从事景观生态学、湿地生态研究与教学. E-mail: lixw@ignrr.ac.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Key Basic Research Development Program of China (No. G2000046801, 2006CB403305) and National Natural Science Foundation of China (No. 30100020)

Received date: 2006-09-27; **Accepted date:** 2007-04-29

Biography: LI Xiao-Wen, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in landscape ecology and wetland ecology. E-mail: lixw@ignrr.ac.cn

landform, vegetation and landcover types, and the habitat suitability classes were defined with the analysis on the distribution area and habitat requirements of focal waterbirds (i. e. *Grus leucogeranus*, *Ciconia boyciana*, *Anser erythropus* and *Mergus squamatus*) in the Central Yangtze Ecoregion. Habitat suitability unit was used to identify regional potential habitats through spatial extrapolation with GIS dataset in which a spatial linkage between the species distribution and main eco-geographic factors were built. Comparing the potential habitats with existing distribution of wetland nature reserve in the Central Yangtze Ecoregion, the Gaps (i. e. hotspots of species while not included in the existing conservation system) of wetland conservation in the Central Yangtze Ecoregion were located, and conservation efficacy of existing conservation system thus was evaluated. Given the integrity and connectivity of existing conservation system, an optimized wetland conservation network was finally developed from the Gap analysis and spatial patterns of existing conservation network. The results showed that, the potential habitats of focal species cover 134 counties in the Central Yangtze Ecoregion, but only 23.5% of the total area of the potential habitat has been included into the existing conservation system in 23 counties. Lots of potential habitats are still directly exposed to the human impacts. To improve and optimize the spatial pattern of existing wetland conservation system in the Central Yangtze Ecoregion, it is necessary to establish new wetland nature reserves in 22 counties across Hubei (15 counties), Anhui (9 counties) and Jiangxi (1 county) provinces. These proposed protected areas should be well integrated with existing conservation system, thus it can form a larger and optimized conservation network system composed of 45 counties and provide an effective wetland conservation system in the Central Yangtze Ecoregion. The results also demonstrated that it would be applicable to introduce concept of Habitat Suitability Unit (HSU) in macro-scale habitat analysis with assistance of GIS-based eco-geographic dataset.

Key Words: Central Yangtze Ecoregion; habitat suitability unit; potential habitats; gap analysis; conservation network

作为大量珍稀水禽和洄游鱼类赖以生存的淡水湿地生态系统,长江中游区域为主的“长江及其周围湖群”(Yangtze River and lakes-China)是世界野生生物基金会(WWF)所确定的具有全球意义的生态区之一(即“全球200”)^[1,2],同时也是我国确定的湿地和淡水水域生物多样性关键地区之一^[3]。该区域由于处于高强度人类开发区域,承受着农业开发、城市化过程的冲击和大规模水利建设的影响,湿地保护和区域人类活动的矛盾非常突出。近年来,国内学者对长江中游湿地生态系统及其保护与恢复进行了相关研究^[4~8],此外,长江中游湿地生物多样性保护也得到国际上的高度关注,已被列为WWF保护行动网络12个重点项目之一。

物种保护现状的评估是制定区域生物多样性保护规划的前提,借助于遥感和GIS技术的生物多样性保护的地理途径(Gap分析)成为快速评估大区域物种保护的新途径^[9~12]。Gap分析作为国际上对区域生物多样性保护状况快速评估的一种新方法,在我国同样有着良好的应用前景^[13,14]:通过对区域物种保护状况进行评估和监测,及时发现游离于现有保护区系统之外,受到人类活动冲击具有较高保护价值的潜在生境,同时解除一些冗余生境的保护状态,让与适度人类活动,这对提高生物多样性保护的效率,充分、合理利用我国宝贵的土地资源具有重要的现实意义。长江中游地区由于长期的人类开发历史,已形成自然斑块与人为斑块复杂镶嵌的格局,土地利用、土地覆盖类型转换迅速。本研究试图通过Gap途径确定潜在生境,对整个中游流域尺度上的物种保护状况的评估,确定物种保护空缺,对原有生物保护网络进行优化、完善和重构,并探索在这一高强度人类活动区域以水禽为代表的区域生物多样性保护格局。

1 研究区域

长江中游生态区范围的界定主要考虑到以水禽和洄游鱼类为代表的核心物种及其栖息地的完整性,以及以洞庭湖、鄱阳湖流域为主体的长江中游流域结构的完整性。其具体范围西起湖北宜昌,东至安徽省安庆湖群,北以秦岭-伏牛山-桐柏山-大别山为界,南抵苗岭-南岭-九连山,所包含湿地主要包括洞庭湖、鄱阳湖、江汉湖群和安庆以西以龙感湖为主的湖群、以及相应的长江干支流及其洪泛平原。地理坐标介于东经106°02'~118°36',北纬24°22'~34°16'之间(图1)。行政区划上主要包括湖南省的全部、湖北和江西的绝大部分、安

接彩图 1

安徽省黄山以西部分、陕西省秦岭以南及贵州、四川、广东、广西、福建、浙江和重庆等各省的小部分地区,总面积为 75.45 万 km²,占长江流域总面积的 41.92%。

2 研究方法

考虑到影响物种分布的主导生态、地理因子,在地理信息系统支持下构建由海拔高程、坡度和土地利用/土地覆盖等因子组成的生境适宜性单元。在进行物种生境适宜性分析时作如下假设:如果物种在某一区域集中分布,占主导的土地利用/土地覆盖状况、以及坡度、海拔等生态、地理因子组合即构成了该物种所偏好的生境适宜性单元类型。另外,为减少分析误差,还依据相关文献研究资料所反映的物种生境需求信息,对核心物种生境适宜性单元类型进行了进一步筛选和修正。研究方法和技术流程图如图 2。

2.1 环境数据获取与处理

DEM 与土地利用/土地覆盖数据来源于 IGBP 2000 年数据(1km × 1km Grid 格式),从中提取坡度和海拔高程。考虑坡度对鸟类影响的数量级,参考 WWF 鸟类专家意见,按照 0 ~ 5°、5 ~ 10°、15 ~ 20°、20 ~ 25°、25 ~ 30°、> 30°分为 6 个等级,海拔则分为 0 ~ 20 m、20 ~ 50 m、50 ~ 100 m、100 ~ 200 m、200 ~ 500 m、500 ~ 1000 m、1000 ~ 1500 m、1500 ~ 2000 m、2000 ~ 2500 m、2500 ~ 3000 m、> 3000 m 等 11 个等级,表 1 为对应于不同海拔高程、坡度等级和土地利用/土地覆盖类型的代码,由于海拔高程和土地利用/土地覆盖类型划分均超过 10 类,为便于进行基于栅格的 GIS 代数运算,对原代码进行了矫正,这样 3 个因子的不同组合形成的组合代码即构成了生境适宜性单元类型的代码(表 1)。

表 1 海拔高程、坡度、土地利用/覆盖等各生境适宜性因子的等级和代码

Table 1 Grading and coding the habitat suitability factors of altitude, slope and landuse/landcover types.

海拔高程 Altitude (m)	代码 Code	修正后代码 Revised code	坡度 Slope	代码 Code	土地利用/覆盖 Landuse/landcover	代码 Code	修正后代码 Revised code
0 ~ 20	1	11	0 ~ 5	1	常绿针叶林 Evergreen needle leaf forest	1	11
20 ~ 50	2	12	5 ~ 10	2	常绿阔叶林 Evergreen broad leaf forest	2	12
50 ~ 100	3	13	10 ~ 15	3	落叶针叶林 Deciduous needle leaf forest	3	13
100 ~ 200	4	14	15 ~ 20	4	落叶阔叶林 Deciduous broad leaf forest	4	14
200 ~ 500	5	15	20 ~ 25	5	混交林 Mixed forest	5	15
500 ~ 1000	6	16	25 ~ 30	6	郁闭灌丛 Closed shrub lands	6	16
1000 ~ 1500	7	17	30 ~ 35	7	疏灌丛 Open shrub lands	7	17
1500 ~ 2000	8	18			灌丛草甸 Shrubbery meadow	8	18
2000 ~ 2500	9	19			草滩 Grasslands	9	19
2500 ~ 3000	10	20			沼泽 Marsh	10	20
> 3000	11	21			农田 Cropland	11	21
					建城区 Construction area	12	22
					农田/天然植被交错带 Cropland/nature vegetation mosaic	13	23
					裸地/少植被覆盖区 Barren/sparse vegetated area	14	24
					水体 Water area	15	25

顺序由海拔等级、坡度等级和土地利用/土地覆盖类型的不同组合即构成了生境适宜性类型的代码,如 11125,表示由海拔等级为 11(即 0 ~ 20m),坡度等级 1(即 0 ~ 5),土地利用类型为 25(即水体)而构成的生境适宜性单元,对代码进行修正主要便于栅格 GIS 进行代数运算,其他代码类型以此类推

The codes of habitat suitability are composed by altitude, slope and landuse/landcover, For example, 11125 expresses a kind of habitat suitability that the altitude is 11(0 ~ 20m), the slope is 1(0 ~ 5) and the landuse/landcover is 25(Water area). The codes are revised in order to convenient for grid algebraic operations by GIS. The codes of other kinds follow this regulation

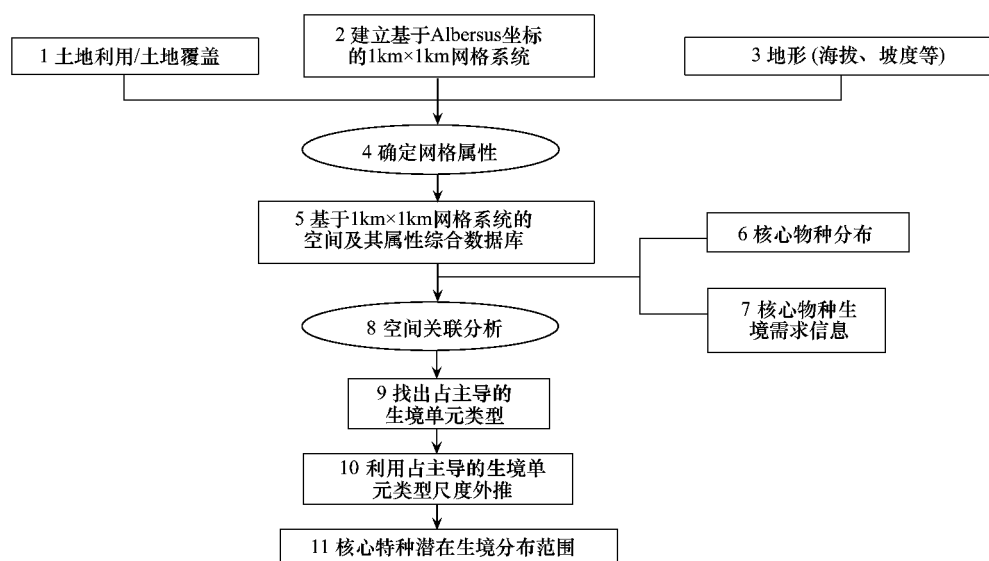


图2 长江中游生态区湿地鸟类潜在分布区研究技术路线图

Fig. 2 Sketch map to analysis potential habitats of waterbirds in Central Yangtze Ecoregion

1 Landuse/landcover; 2 establish 1km × 1km gridding system based on Albersus coordinate; 3 terrain data (altitude, slop etc.); 4 confirm the attribute of gridding; 5 the comprehensive spatial dataset based on 1km 1km gridding system; 6 the distribution area of focal species; 7 Data of habitat requirement; 8 spatial correlation analysis; 9 pick out the main types of Habitat Suitability Unit (HSU); 10 spatial extrapolation based on HSU; 11 the potential distribution area of focal species

2.2 核心保护物种的确定

水禽是长江中游生态区最具代表性的生物保护类群,因此本研究目的也主要针对该区域水禽生境保护。参考 WWF 标准确定了该区域核心保护水禽种类,这些标准包括:(1) 国际关注的特有濒危动物,特别是生物多样性的旗舰物种;(2) 具有重要经济价值、受人类活动影响极大的物种,特别是珍稀、特有的代表性物种;(3) 国家一二级保护动物;(4) 分布在该地区的代表性特有濒危物种;(5) 能代表该地区典型生境类型的代表性物种,其生境需求能涵盖具有类似生境需求的其他物种。根据以上标准,最终选取白鹤 (*Grus leucogeranus*)、东方白鹳 (*Ciconia boyciana*)、小白额雁 (*Anser erythropus*)、中华秋沙鸭 (*Mergus squamatus*) 等 4 种湿地鸟类为核心保护物种。

2.3 核心物种潜在分布区的确定

将土地利用/覆盖类型、海拔和坡度 3 个生境因子进行叠加,获得基于 1km × 1km 网格,同时具有土地利用/覆盖、海拔、坡度 3 种属性的生境单元。根据 WWF 确定的核心物种分布范围(图 3),提取该范围内的生境单元,找出面积占主导的自然生态单元类型,基于现有物种空间分布及其所对应的生境条件组合,构建物种分布-生境模型,在此基础上预测物种的潜在分布。预测物种潜在分布基于这样一个外推原理:在同一气候带内,如果物种实际分布在某种生境条件组合,那么在没有实际调查到或记录到该物种分布的所有类似组合生境均可能为物种的潜在分布区域。潜在生境外推原理如图 4。

2.4 物种保护空缺(Gaps)的识别和确定

在研究长江中游湿地鸟类潜在生境的基础上,经过实际调研和资料的搜集,把已经建立的鸟类保护区与之对照,找出其保护空缺,即 Gap 区域。把这些拥有重要湿地生境、但尚未建立保护区的县域整合在一起,便构成了长江中游湿地水禽的保护空缺(Gaps)。

3 结果与分析

3.1 长江中游生态区水禽的潜在生境

通过 GIS 图形分析,提取出了 4 种鸟类分布区的生境单元。考虑到物种维持需要达到最小关键面积

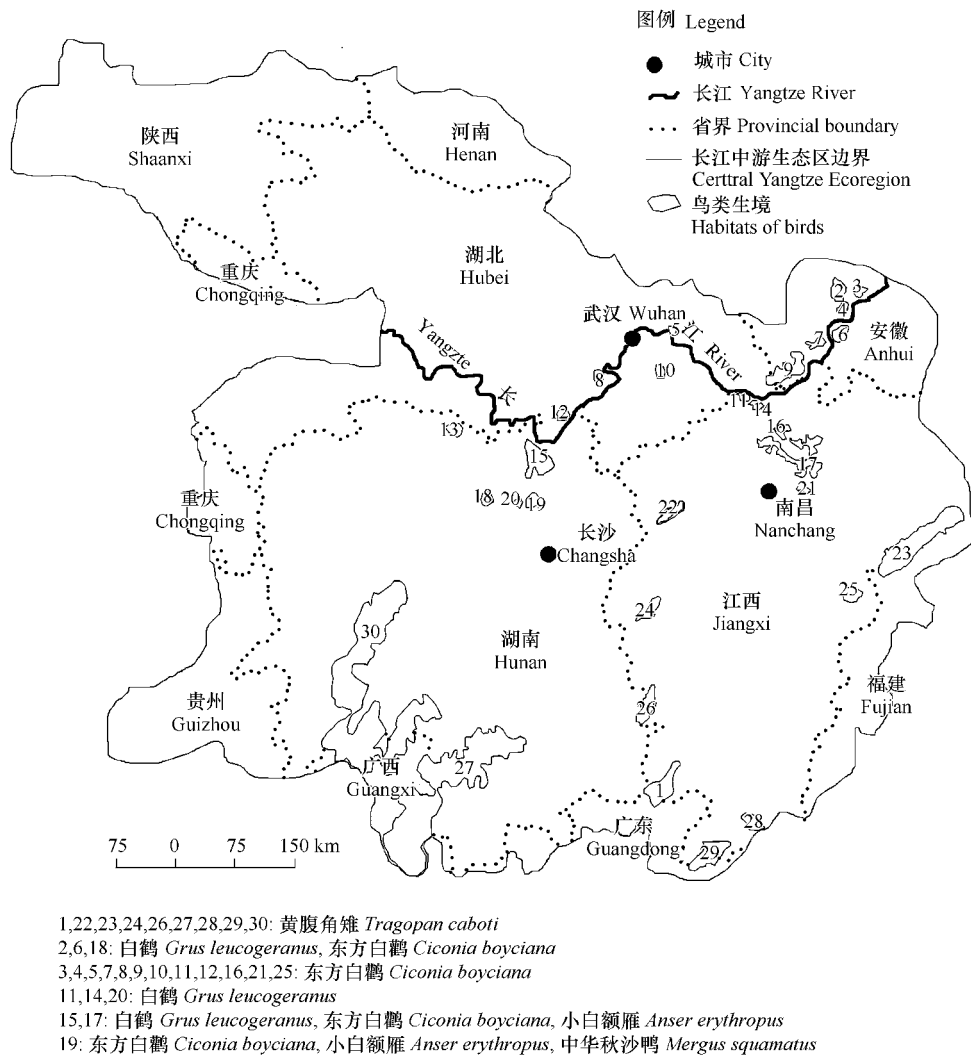


图3 WWF所确定的长江中游生态区核心鸟类物种分布图

Fig. 3 Existing habitats of focal waterbirds in Central Yangtze Ecoregion identified by WWF

(Minimum critical areas), 确定有效生境单元类型面积所占该种鸟类分布区面积比例应大于5%, 同时选定生境面积自大而小顺序累加总和大于80%的生境单元类型为该鸟类的潜在生境, 从而获得4种核心物种潜在生境类型:

(1) 白鹤的潜在生境共包括33种生境单元类型, 大于5%的有效生境类型组合为11125、12123、12125、11123等4种类型, 分别占其全部生境单元类型面积的44.2%、16.4%、11.8%、8.7%, 4种类型总和占了81.1%。上述4种生境单元类型即构成了长江中游生态区白鹤的潜在生境。

(2) 东方白鹳的潜在分布区共包括45种生境单元类型, 大于5%的有效生境类型组合为11125、12123、11123、12125等4种类型, 分别占其全部生境单元类型面积的49.2%、14.6%、9.4%、9.1%, 4种类型总和占了82.3%。上述4种生境单元类型即构成了长江中游生态区东方白鹳的潜在生境。

(3) 小白额雁的潜在分布区包括20种生境单元类型, 其中大于5%的有效生境类型为: 11125、12123、12125、11123、11117等5种类型, 分别占其全部生境单元类型面积的49.9%、14.8%、12.7%、6.7%、6.6%, 5种类型总和占了90.7%。上述5种生境单元类型即构成了长江中游生态区小白额雁的潜在生境。

(4) 中华秋沙鸭的潜在分布区包括13种生境单元类型, 大于5%的有效生境类型为11123、11125、11119、12123、11117、12118等6种类型, 分别占其全部生境单元类型面积的24.2%、19.9%、16.1%、11.8%、

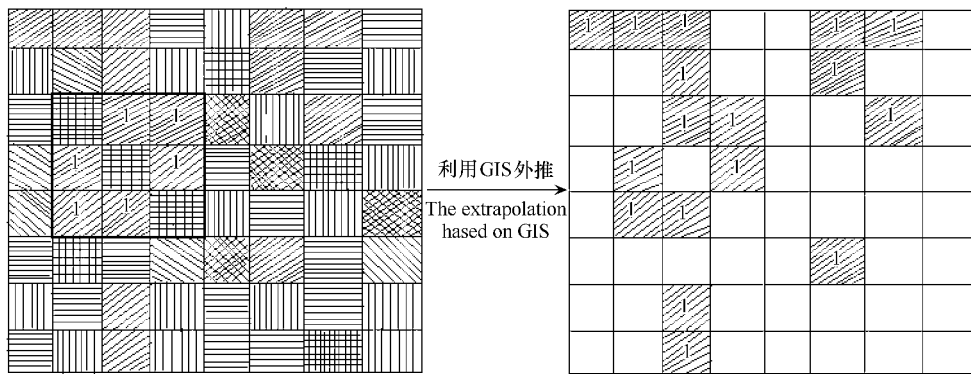


图4 潜在生境外推原理示意图

Fig. 4 Sketch map demonstrating the extrapolation of potential habitats

10.6%、5.0%、6 种类型总和占了 87.6%。上述 6 种生境单元类型即构成了长江中游生态区中华秋沙鸭的潜在生境。

由于这 4 种鸟类在长江中游具有代表性,它们的生境往往涵盖其它水禽的生境,所以这 4 种核心鸟类潜在生境的综合,就可被视为长江中游湿地水禽的潜在生境(图 5)。这些生境单元类型涉及 11125、12123、12125、11123、11119、11117、12118 等 7 种类型(代码解释如表 1),7 种类型占了全部潜在生境面积 84.0%。可以看出,水禽偏好的生境单元类型为 11125,即海拔低于 20 m,坡度小于 5°的水体部分。这些生境单元类型主要由长江干流、洞庭湖、鄱阳湖的水体所构成,面积比例达 47.3%。其次是海拔在 20~50 m,坡度小于 5°的农田/天然植被交错带,以及海拔在 20~50 m,坡度小于 5°的水体。另外,海拔低于 20 m、坡度小于 5°的草地与稀疏灌丛也是湿地鸟类可能的潜在生境类型。上述由不同生境适宜性单元构成的潜在生境一共涉及到 132 个县级行政单元和地区,总面积 32050 km²,其中排在前列的是武昌县 1575 km²、宿松县 1476 km²、进贤县 1217 km²、波阳县 1143 km²,面积百分比分别达行政区面积的 5.9%、4.6%、3.8%、3.6%。

3.2 长江中游湿地水禽保护 Gaps 分析与识别

由于现有保护区的精确范围、面积数据难以获得,且保护区的最低级别为县级保护区,故研究中以县级行政单元作为保护区的代表单元,并认为该县如有一个或一个以上的湿地保护区,则该县湿地就已得到了充分的保护。为进一步验证潜在生境外推结果,通过查阅相关研究资料对鸟类潜在生境所涉及县市中没有建立保护区的县(市)的湿地状况进行分析。结果表明,这些没有建立保护区的县市中不少确实是湿地水禽的重要生境。综合潜在生境分析和文献调研结果,把这些拥有重要湿地生境、但尚未建立保护区的县域整合在一起,便构成了长江中游湿地水禽的保护空缺即 Gaps,如图 6。

3.3 长江中游生态区湿地鸟类生物多样性保护网络设计

物种的持续生存和生态系统的整体保护需建立自然保护区网络。目前以单个、孤立自然保护区为主的保护模式对生物多样性的有效保护是远远不够的,应在广泛的时空尺度上包含生态过程和生物多样性各组成成份,以生物等级系统的各个层次或节点作为保护对象,将节点连接成为一个整体的保护网络。本文借鉴北美流行的 GAP 分析思路,遵循自然保护区网络设计的生态系统格局和过程完整性原则及生境的多样性原则,对中游生态区进行保护区的网络设计^[15,16]。考虑到我国最低一级的保护区为县级保护区的现状,本文构建了不同保护水平的县级保护网络。

3.3.1 当前的保护网络格局

截止到 2004 年 1 月 1 日,已经建立了 16 个各种级别的以湿地水禽为保护对象的保护区(表 2)总面积为 7530 km²,而本研究结果表明长江中游生态区潜在水禽生境面积达 32050 km²,涉及 134 个县,现有保护区面积所占比例仅为潜在生境 23.49%,尽管已建立的保护区保护了潜在生境中最重要、最为核心的部分(如洞庭湖

与鄱阳湖国家级自然保护区),但也说明目前长江中游湿地保护区网络尚难以作到对水禽潜在生境的全面有效保护,尚需进一步完善和优化(图7)。

表2 长江中游现有的湿地自然保护区

Table 2 The existing wetland nature reserves in Central Yangtze Ecoregion

序号 No.	级别 Level	名称 Name	面积 Area (km ²)	所在区域 Region
1	省级 Provincial Level	安庆沿江自然保护区 Anqing Nature Reserve along Yangtze River	1200	安徽安庆市 Anqing City, Anhui Province
2	国家级 National Level	扬子鳄自然保护区 Chinese Alligator Nature Reserve	433	安徽宣城地区南陵县 Nanling County, Anhui Province
3	省级 Provincial Level	南洞庭湖自然保护区 Southern Dongting Lake Nature Reserve	1600	湖南益阳市、沅江市 Yiyang and Yuanjiang City, Hunan Province
4	省级 Provincial Level	目平湖自然保护区 Muping Lake Nature Reserve	267	湖南汉寿县 Hanshou County, Hunan Province
5	国家级 National Level	东洞庭湖自然保护区 Eastern Dongting Lake Nature Reserve	1903	湖南岳阳市 Yueyang City, Hunan Province
6	市级 Prefectural Level	洪湖自然保护区 Honghu Lake Nature Reserve	880	湖北洪湖市 Honghu City, Hubei Province
7	国家级 National Level	长江天鹅洲白暨豚保护区 Tian-e-zhou of Yangtze River Nature Reserve for Lipotes Vexillifer	20	湖北石首市 Shishou City, Hubei Province
8	县级 County Level	龙感湖湿地保护区 Longgan Lake Nature Reserve	200	湖北黄冈市黄梅县 Huangmei County, Hubei Province
9	县级 County Level	梁子湖湿地保护区 Liangzi Lake Nature Reserve	300	湖北鄂州市 Ezhou City, Hubei Province
10	市州级 Prefectural Level	沉湖自然保护区 Chenhu Lake Nature Reserve	67	湖北武汉市蔡甸区 Wuhan City, Hubei Province
11	县级 County Level	新妙候鸟自然保护区 Xinmiao Nature Reserve for Migratory Birds	40	江西都昌县 Duchang County, Jiangxi Province
12	省级 Provincial Level	鄱阳湖鲤鱼产卵场保护区 The spawning Area of Carp and Crucian Nature Reserve in Poyang Lake	306	江西永修县 Yongxiu County in Jiangxi Province
13	县级 County Level	赤湖候鸟自然保护区 Chihu Lake Nature Reserve for Migratory Birds	40	江西瑞昌县 Ruichang County, Jiangxi Province
14	县级 County Level	赛城湖候鸟自然保护区 Saicheng Lake Nature Reserve for Migratory Birds	40	江西九江县 Jiujiang County, Jiangxi Province
15	市级 Prefectural Level	青岚湖自然保护区 Qinglan Lake Nature Reserve	10	江西进贤县 Jinxian County, Jiangxi Province
16	国家级 National Level	鄱阳湖自然保护区 Poyang Lake Nature Reserve	224	江西永修县、星子县、新建县 Yongxiu, Xingzi and Xinjian County, Jiangxi Province
总面积 Total area		7530 km ²		

3.3.2 适合的湿地保护网络格局

为更有效地保护潜在生境,同时减少过高的保护成本,应基于潜在生境分布,依据生态空间策略有选择地填充 Gaps,即有选择的建立新的湿地水禽保护区(或保护小区),并与现有的湿地保护系统相整合和互联合,共同构成一个更为完整、高效的区域湿地保护系统。在选择 Gaps 所在县级单元建立保护区时,主要考虑如下因素:(1) 由于现有保护区已包括了该区域最核心、最具保护价值的湿地区域,因此,重点以现有保护区为基础和核心,在其周围选取;(2) 最大限度的连接目前各个孤立的保护区,使保护区系统具有完整、通连的网络格局,以利于物种的对生境的有效利用;(3) 选取最有保护价值的县域单元,这主要考虑县域内潜在生境所占比例,具有较高潜在生境比例的县域单元优先考虑,所选县域所包括的潜在生境应能有效保护游离于现有保护区外 80% 以上潜在生境,这样剔除了大量潜在生境零散分布的县域单元。

接彩图 5,6,7,8

筛选的结果,一共涉及到 45 个县(市)和地区,其中已经建立一个或一个以上保护区的县(市)地区有 23 个,属于目前保护区系统之外的保护空缺区域(Gaps)共有 22 个县市,主要分布在湖北(13 个)和安徽(8 个),江西只有一个(南昌县),将两者结合就构成长江中游生态区适合的保护区网络格局,如图 8 所示。针对目前长江中游生态区湿地生境保护空缺,需要建立新的保护区或保护小区的县(市)详细情况如表 3。

表 3 长江中游湿地保护的空缺区域
Table 3 The conservation gaps of wetlands in Central Yangtze Ecoregion

序号 No.	县(市)名称 County	湿地名录 List of wetlands	所属省份 Province
1	铜陵县 Tongling County	大冶湖湿地 Daye Lake Wetland	安徽 Anhui Province
2	桐城县 Tongcheng County	菜子湖湿地 Caizi Lake Wetland	安徽 Anhui Province
3	枞阳县 Zongyang County	白荡湖、陈瑶湖、菜子湖湿地 Baidang, Chenyao and Caizi Lake Wetland	安徽 Anhui Province
4	太湖县 Taihu County	花凉亭水库湿地 Hualiangting Reservoir Wetland	安徽 Anhui Province
5	宿松县 Susong County	泊湖湿地 Bohu Lake Wetland	安徽 Anhui Province
6	望江县 Wangjiang County	武昌湖、泊湖湿地 Wuchang and Bohu Lake Wetland	安徽 Anhui Province
7	庐江县 Lujiang County	黄陂湖、巢湖湿地 Huangpo and Chaohu Lake Wetland	安徽 Anhui Province
8	无为县 Wuwei County	巢湖湿地 Chaohu Lake Wetland	安徽 Anhui Province
9	南昌县 Nanchang County	靖安山谷湿地 Jingan Valley Wetland	江西 Jiangxi Province
10	大冶县 Daye County	大冶湖湿地 Daye Lake Wetland	湖北 Hubei Province
11	武昌县 Wuchang County	覃汛湖地区、梁子湖、鲁湖、斧头湖区 Qinxun, Liangzi, Luhu and Futou Lake Wetland	湖北 Hubei Province
12	黄陂县 Huangpo County	武湖湿地 Wuhu Lake Wetland	湖北 Hubei Province
13	新洲县 Xinzhou County	武湖、涨渡湖 Wuhu and Zhangdu Lake Wetland	湖北 Hubei Province
14	沙市市 Shashi City	虎江湿地 Hujiang Wetland	湖北 Hubei Province
15	汉川县 Hanchuan County	汉湖湿地 Chahu Lake Wetland	湖北 Hubei Province
16	蒲圻市 Puqi City	黄盖湖湿地 Huanggai Lake Wetland	湖北 Hubei Province
17	嘉鱼县 Jiayu County	西梁湖湿地 Xiliang Lake Wetland	湖北 Hubei Province
18	阳新县 Yangxin County	网湖、大冶湖湿地 Wanghu and Daye Lake Wetland	湖北 Hubei Province
19	仙桃市 Xiantao City	排湖湿地 Paihu Lake Wetland	湖北 Hubei Province
20	天门市 Tianmen City	汉湖湿地 Chahu Lake Wetland	湖北 Hubei Province
21	潜江市 Qianjiang City	长湖湿地 Changhu Lake Wetland	湖北 Hubei Province
22	江陵县 Jiangling County	长湖湿地 Changhu Lake Wetland	湖北 Hubei Province

4 讨论

(1) 目前长江中游生态区已建立了一定数量各级湿地保护区,但湿地生态保护网络仍很不健全。潜在生境分析表明,长江中游生态区核心物种潜在生境涉及 134 个县(市),而目前长江中游湿地保护网络仅覆盖了 23.49% 的潜在生境,仍有大量潜在生境游离于保护区系统外,承受着农业开发、水利工程建设、城市化等人为活动的冲击,且湿地生境斑块之间较为孤立、网络化程度不高,整个长江中游生态区湿地生境亟待加强保护,并对其保护网络进行调整和优化。

(2) 在潜在生境分析基础上,对照现有保护区分布,确定了基于县域单元的,具有较高生物保护价值,且游离于现有保护区系统外的湿地水禽保护空缺(Gaps)。进一步考虑湿地生境结构的完整性、代表性和连接性,以及合理的保护成本和保护效果,将现有保护体系和保护空缺(Gaps)整合,初步构建了长江中游生态区湿地水禽保护的合理格局。该格局表明长江中游生态区内,湖北(13 县)、安徽(8 县)和江西(1 县)所属 22 个县级单元需要建立保护区或保护小区,最终才能形成较为完善的包括 45 个县级单元,保护 80% 核心物种潜在生境的长江中游生态区湿地生物保护网络。

(3) 尽管本研究范围较广,潜在生境分析受到土地利用/土地覆盖分类精度的限制,但本研究结果所确定的潜在生境基本与该区域湿地生境分布现状基本吻合,且现存水禽保护区也都分布在潜在分布区范围,表明

本研究基于 GIS 技术和生境适宜性单元概念进行潜在生境分析是可行的,由于目前大尺度遥感数据和 GIS 技术的普及,该方法在研究、推断物种潜在生境分布时具有一定应用价值。

References:

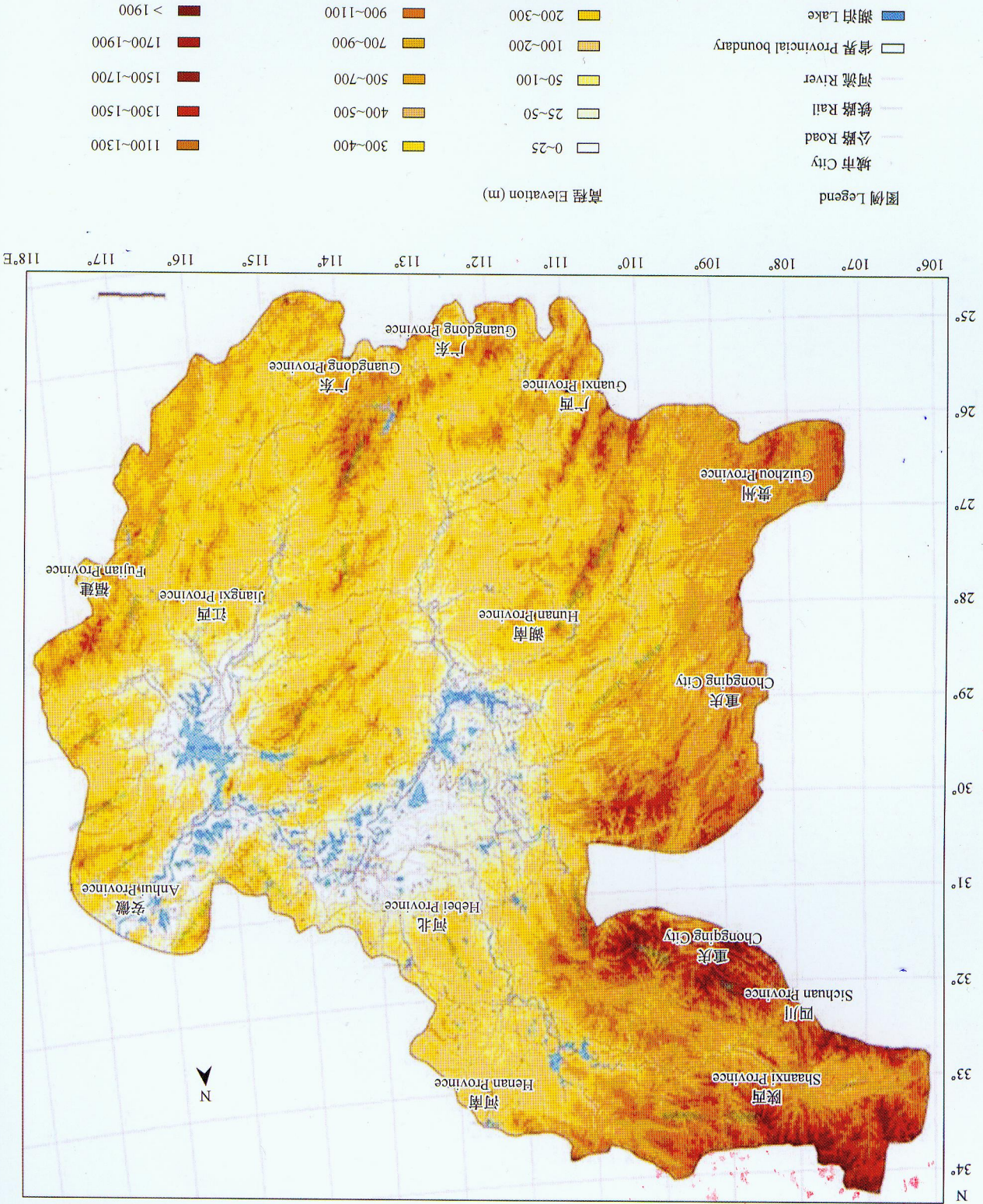
- [1] Myers N, Mittermeier R, Mittermeier C, *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403: 853 — 858.
- [2] Olson D and Dinerstein E. The Globan 200: a representation approach to conserving the earth's most biological valuable ecoregions. *Conservation Biology*, 1998, 12(2): 502 — 515.
- [3] Editorial Board of National Report of Chinese Biodiversity. National Report of Chinese Biodiversity. Environmental. Beijing: China Environmental Science Press, 1998. 147 — 163.
- [4] Wang X L, Wu H J, Ren X Y. Evolvement and conservation of wetland in the middle reaches of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14(5): 644 — 648.
- [5] Ren X Y, Cai S M, Wang X L, *et al.* Study of wetland restoration in the middle reaches of Yangtze River. *Journal of Central China Normal University(Natural Sciences)*, 2004, 38(1): 114 — 120.
- [6] Ge J W, Cai Q H, Hu H X, *et al.* On species diversity and population size of rare, endangered and national key protected waterfowls in Hubei Province, China. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14(1): 50 — 54.
- [7] Ge J W, Cai Q H, Hu H X, *et al.* Studies on resources of wetland waterfowls in Hubei Province, China. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(3): 285 — 292.
- [8] Jiang F, Zeng H. The application of GAP analysis in the planning of Nanjishan Natural Reserve in Poyang Lake. In: FANG J Y. ed. *Ecological basis of regional biodiversity conservation of wetland in the Central Yangtze*. Beijing: Higher Education Press, 2006. 222 — 231.
- [9] Scott J M and Davis F. Gap analysis: a geographical approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs*, 1993, 123: 1 — 41.
- [10] Jennings M D. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecology*, 2000, 15: 5 — 20.
- [11] Curtis H F, Kenneth R W, Denis J D, *et al.* Identifying gaps in conservation networks: Of indicators and uncertainty in geographic-based analyses. *Ecological Application*, 1997, 7(2): 531 — 542.
- [12] Kiester A R, Scott J M, Csuti B, *et al.* Conservation prioritization using GAP data. *Conservation Biology*, 1996, 10(5): 1332 — 1342.
- [13] Liu J P, Lv X G, Yin SH B. GAP Analysis: A geographic approach to Protect Biological Diversity. *Progress in Geography*, 2005, 24(1): 41 — 51.
- [14] Xiao H Y, Zhao J, Jiang F, *et al.* GAP Analysis and Regional Biodiversity Conservation. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2006, 42(2): 153 — 158.
- [15] Forman R T T, Collinge S K. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 1997, 37: 129 — 135.
- [16] Hctor T S, Carr M H, Zwick P D. Identifying a linked reserve system using a regional landscape approach: the Florida Ecological Network. *Conservation Biology*, 2000, 14(4): 984 — 1000.

参考文献:

- [3] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情报告. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- [4] 王学雷,吴后建,任宪友. 长江中游湿地系统驱动关系的演变及保护展望. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(5): 644 ~ 648.
- [5] 任宪友,蔡述明,王学雷,等. 长江中游湿地生态恢复研究. *华中师范大学学报(自然科学版)*, 2004, 38(1): 114 ~ 120.
- [6] 葛继稳,蔡庆华,胡鸿兴,等. 湖北省珍稀濒危保护水禽物种多样性及种群数量. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(1): 50 ~ 54.
- [7] 葛继稳,蔡庆华,胡鸿兴,等. 湖北省湿地水禽资源研究. *自然资源学报*, 2004, 19(3): 285 ~ 292.
- [8] 蒋峰,曾辉. GAP 分析在鄱阳湖南矶山保护区规划中的应用. 见:方精云主编. *长江中游湿地生物多样性保护的生态学基础*. 北京:高等教育出版社,2006. 222 ~ 231.
- [13] 刘吉平,吕宪国,殷书柏. GAP 分析:保护生物多样性的地理学方法. *地理科学进展*, 2005, 24(1): 41 ~ 51.
- [14] 肖海燕,赵军,蒋峰,等. GAP 分析与区域生物多样性保护. *北京大学学报(自然科学版)*, 2006, 42(2): 153 ~ 158.



图 1 长江中游生态区 DEM 图
Fig. 1 DEM map of Central Yangtze Ecoregion



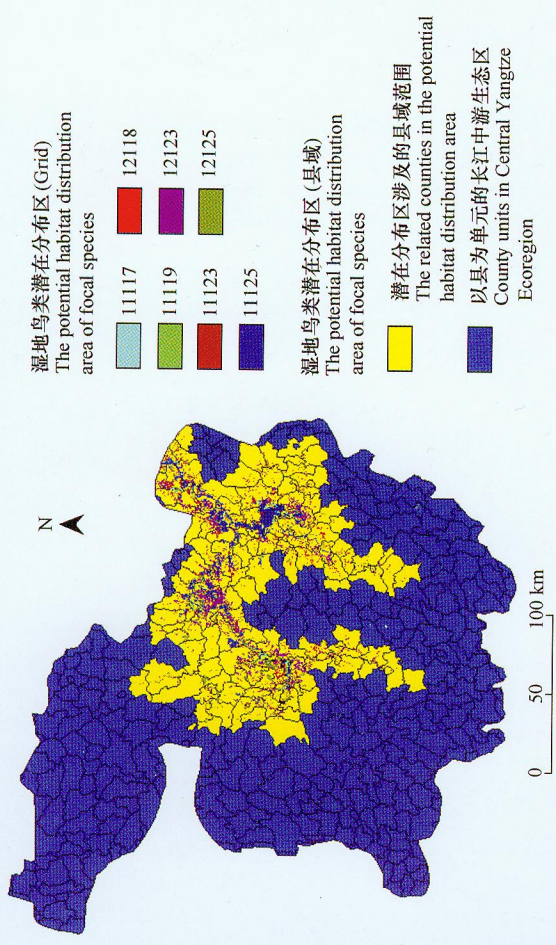


图5 湿地鸟类潜在分布区和涉及到的县城及其范围 (代码解释见表1)
Fig.5 Potential habitat distribution area of focal species in Central Yangtze Ecoregion (The code explanations see Table 1)

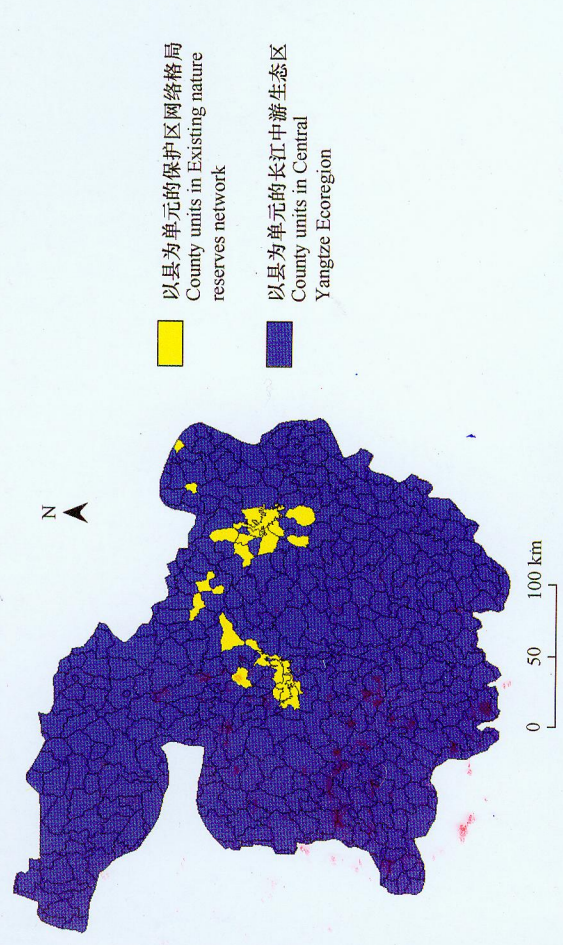


图7 长江中游生态区当前的保护区网络格局
Fig.7 Existing nature reserves network in Central Yangtze Ecoregion

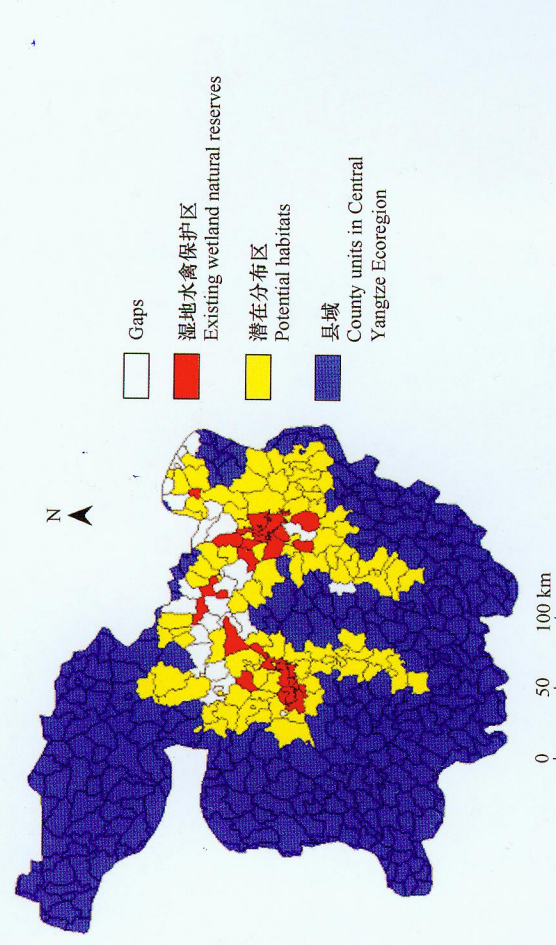


图6 长江中游生态区现有湿地保护区、核心物种潜在分布区以及保护空缺
Fig. 6 Existing wetland natural reserves, potential habitats and conservation gaps in Central Yangtze Ecoregion

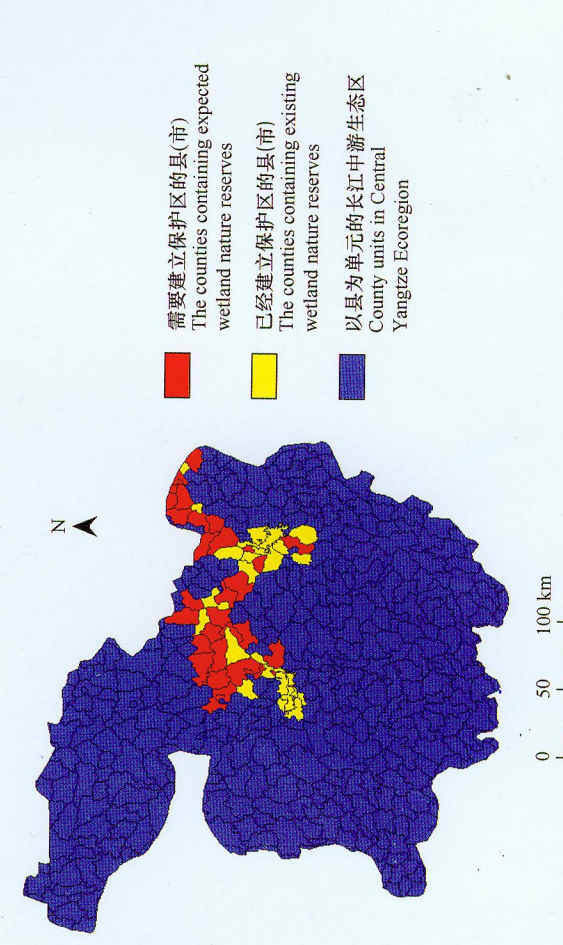


图8 目前的与需要新建的湿地保护区所属县(市), 两者共同组成长江中游生态区湿地保护网络合理格局
Fig.8 The counties containing existing and expected wetland nature reserves, together composing the optimized ecological network of wetland conservation in Central Yangtze Ecoregion