

西藏拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值估算

张天华¹, 陈利顶², 普布丹巴¹, 黄琼中³, 徐建英²

(1. 西藏自治区环境保护局, 拉萨 850002; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085;

3. 西藏自治区环境科学研究所, 拉萨 850002)

摘要: 青藏高原是“世界屋脊”, 也是我国及南亚、东南亚地区江河水系的主要水源区。该区分布有 $13.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的天然湿地, 仅西藏自治区就有 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的各种类型湿地。这些湿地对于维护青藏高原地区的生态功能, 保证下游地区江河水生态安全具有重要的战略地位。但是由于许多湿地紧邻人类活动密集的城市地区, 也被视为重要的城市建设土地后备资源, 他们的开发与保护, 长期以来一直存在着争议。以拉萨拉鲁湿地为例, 对高寒草甸沼泽湿地的生态服务功能进行了定量估算。研究发现, 拉鲁湿地生态系统每年的服务功能总价值达到 5481 万元, 其中物质生产功能价值仅有 315 万元, 占总生态服务功能价值的 5.75%; 如果将该湿地开发为城市建设用地, 平均每年的增值也只有 1391 万元, 仅为生态系统功能总价值的 25.38%。可以看出, 保护这些湿地的生态价值要远比直接开发的价值高得多, 因此在西藏地区经济发展和城市扩张的过程中, 必须从整个生态系统的角度出发, 科学合理地保护和利用湿地资源。

关键词: 拉萨; 拉鲁湿地; 生态系统服务功能; 价值估算

文章编号: 1000-0933(2005)12-3176-05 中图分类号: X171 文献标识码: A

Evaluation of Lahu Wetland ecosystem services in Lhasa, Tibet

ZHANG Tian-Hua¹, CHEN Li-Ding², PuBuDanBa¹, HUANG Qiong-Zhong³, XU Jian-Ying² (1. *Environment Protection Bureau of Tibet Autonomous Region, Lhasa 850002, China*; 2. *Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 10085, China*; 3. *Institute of Environmental Sciences of Tibet Autonomous Region, Lhasa, 850002, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3176~3180

Abstract Qinghai-Tibetan Plateau, the major riverhead region of China, South Asia and Southeast Asia, has approximately $13.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ natural wetlands, of which $60,000 \text{ km}^2$ are located in Tibet Autonomous Region. Despite their significance in keeping ecological function of Qinghai-Tibetan region and maintaining ecological safety of lower reaches, the wetlands are also important land resources for urban expansion since most of them are close to urban area. Therefore, the dispute has existed for a long time about whether the wetland should be exploited or protected. A quantitative study on ecosystem services of Lahu Wetland was conducted. Lahu Wetland is a typical alpine meadow and marsh wetland near Lhasa City. The study results showed that annual total value of Lahu Wetland ecosystem services was about 54.81 million yuan RMB, and annual material production service was only about 3.15 million yuan RMB, covering approximately 5.75% of total ecosystem service values. However, if the Lahu Wetland was exploited as construction land, the annual Economic Value Added (EVA) was 13.91 million yuan RMB, which accounted for only 25.38% of total ecosystem services values. Obviously, the wetland has more ecological values than exploitation values. Therefore, it is important to protect and utilize wetland resources from the aspect of the whole ecosystem during the economic development and urban expansion in the Tibet regions.

Key words: Lhasa; Lahu wetland; ecosystem service; economic value estimation

基金项目: 中国科学院系统生态重点实验室开放基金资助项目(200301)

收稿日期: 2004-07-16; 修订日期: 2005-09-12

作者简介: 张天华(1964~), 男, 高级工程师, 主要从事环境监测、环境影响评价与环境管理研究。E-mail: ruidezhangf@vip.sina.com.

Foundation item: Open Fund of Key Laboratory of Systems Ecology, Chinese Academy of Sciences(No. 200301)

Received date: 2004-07-16; Accepted date: 2005-09-12

Biography: ZHANG Tian-Hua, Senior Engineer, mainly engaged in environmental monitoring and environment impact assessment and environmental management. E-mail: ruidezhangf@vip.sina.com

湿地的重要性已得到广泛认可, 近几年国内外陆续开展了许多关于湿地生态系统服务功能价值研究^[1~7, 12~14]。但是, 对位于海拔 3500m 以上的高寒地区的湿地, 特别是城市地区湿地的生态系统服务功能价值研究还比较少见。青藏高原是我国一个独特的湿地分布区, 该区的高寒湿地不仅在维持区域生态平衡, 保持生物多样性等方面具有重要的作用, 而且还是当地经济社会发展的物质基础。但长期以来, 由于人们对湿地的生态服务功能认识不足, 一些不合理的开发已使得部分湿地出现干化、退化趋势, 对区域生态环境造成了一定的影响。因此, 开展典型湿地生态系统服务功能研究, 积累高寒湿地生态系统的服务功能价值量化资料, 可为当地制定可持续发展的经济社会发展规划提供科学依据。

拉萨拉鲁湿地位于拉萨市西北角, 历史上其面积超过 1000hm²^[8], 海拔高度 3645m, 属于典型的高寒草甸沼泽湿地^[9]。该湿地在维持拉萨市城市生态平衡、保持生物多样性、调蓄洪水、防风固沙、改善环境质量等方面具有不可替代的作用, 在科研、宣传、教育和景观等方面具有很高的价值。但是, 随着城市建设的迅猛发展, 人们对其进行了排干积水, 使其改变为牧场或侵占为城市建设用地等开发活动, 已使得拉鲁湿地面积逐年减少。为保护这片湿地, 国务院于 2005 年批准建立了“拉萨拉鲁湿地国家级自然保护区”, 面积为 620hm², 并规划投资 1.9 亿元对其生态系统进行保护和恢复重建。但对于是否值得花这么大的代价进行保护和恢复重建一直存在争议。本文以拉萨拉鲁湿地生态系统为例, 对其 8 项主要生态系统服务功能价值进行了估算。

1 区域概况与研究方法

1.1 区域概况

拉萨拉鲁湿地位于 91°03'48.5"~91°06'51.4"E, 29°39'46.3"~29°41'05.5"N 之间, 西北面为高山环绕, 东北面与娘热、夺底两条沟谷汇集成的流沙河相接, 东面与城关区拉鲁乡接壤, 南面以拉萨市中干渠和当热路为界(图 1)。主要土壤类型为泥炭沼泽土和泥炭土; 植被类型在 20 世纪 80 年代以前为灯心草-芦苇沼泽, 现已退化为芦苇沼泽和沼泽草甸^[8], 属于芦苇泥炭沼泽。其补给水源主要来源于流沙河、北干渠、地下潜水。

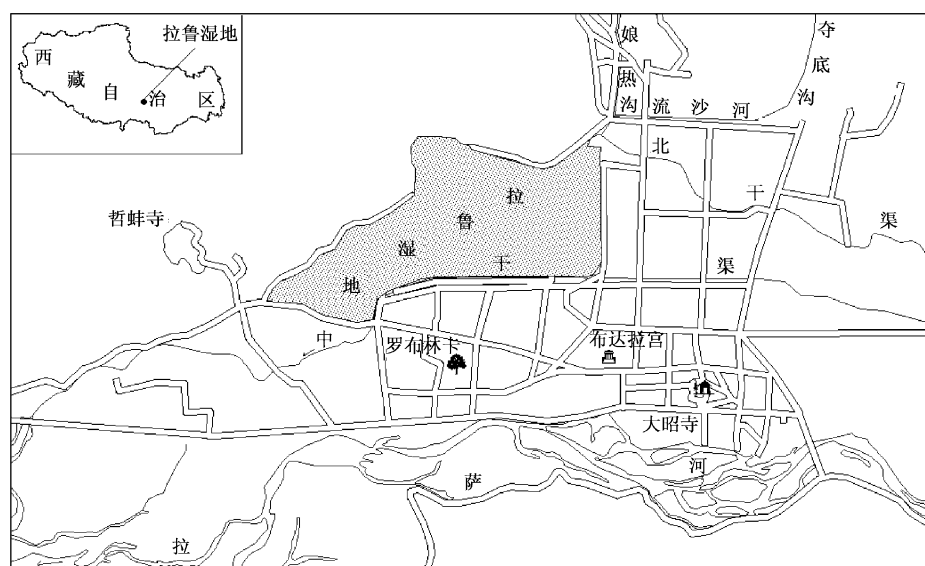


图 1 拉萨拉鲁湿地地理位置示意图

Fig. 1 Schematic figure for geographical location of Laru Wetland Nature Reserve in Lhasa

1.2 研究方法

本研究采用市场价值法、替代费用法和影子工程法等方法对拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能进行价值估算。鉴于目前有关拉萨拉鲁湿地生态系统的研究处于起步阶段, 很多资料缺乏, 在生态服务价值量化取值上主要借鉴目前国内外有关研究成果, 并结合拉萨地区地区的实际情况。

2 结果与分析

2.1 生态系统物质生产功能价值

拉萨拉鲁湿地每年可生产大量的可食鲜草, 其中水生芦苇群落的年最高物质生产量曾达到过 $3.16 \times 10^4 \text{ kg/hm}^2$ ^[8], 本文用市场价值法计算其物质生产功能价值。根据拉萨市环境保护局提供的数据^①, 20 世纪 80 年代初的产草量为 12.69 t/hm^2 , 20 世

① 拉萨市环境保护局、四川大学共同完成的《拉萨拉鲁湿地自然保护区综合考察报告》

纪 90 年代末的产草量为 $0.945\text{t}/\text{hm}^2$ 。本研究以该湿地退化前的平均产草量 $12.69\text{t}/\text{hm}^2$ 计, 则 620hm^2 的拉鲁湿地每年可生产牧草 7868 t, 按拉萨地区牧草市场售价 0.4 元/kg, 可算出其价值为 315 万元, 即拉萨拉鲁湿地物质生产功能价值为 315 万元。若按退化后的平均产草量 $0.945\text{t}/\text{hm}^2$ 计, 则其物质生产功能价值更低。

2.2 大气组分调节功能

根据光合作用原理, 植物每生产 162g 干物质可吸收 264g CO_2 , 即生产 1g 植物干物质, 需要 1.62gCO_2 , 释放 1.2gO_2 。拉萨拉鲁湿地生态系统每年可吸收固定 CO_2 4249t, 以辛琨等^[10]的碳税取值标准 770 元/t 计, 则拉萨拉鲁湿地吸收 CO_2 功能价值为 327 万元; 在吸收固定 CO_2 的过程中, 拉萨拉鲁湿地生态系统每年还释放 O_2 3147t。欧阳志云等^[11]在计算中国陆地生态系统经济价值时运用造林成本法的取值 352.93 元/t O_2 , 国家发展与改革委员会等有关部门的研究表明, 西藏地区的投资成本约为全国平均投资成本的 2.5 倍, 在西藏地区的造林成本的取值应为 882.32 元/t O_2 ; 据实地调查, 拉萨地区医用氧气的生产成本是 900 元/t O_2 左右。因此, 本研究按西藏地区的造林成本法的取值 882.32 元/t O_2 计算拉鲁湿地此项功能的价值为 278 万元。

由此可知, 拉萨拉鲁湿地大气组分调节功能的价值为 605 万元。

2.3 水文调节功能

研究表明, 沼泽土壤具有巨大的持水能力, 特别是泥炭沼泽, 饱和持水量达到 830%~1030%, 每公顷沼泽湿地可蓄水 8100m^3 ^[15]。拉萨拉鲁湿地是典型的泥炭沼泽, 其泥炭沼泽占整个湿地的 95%, 约 590hm^2 , 每年洪水期可调蓄洪水 $4.78 \times 10^6\text{m}^3$ 。历史事实已充分证明, 自从 20 世纪 70 年代将娘热沟、夺底沟山洪水引入了这片湿地后, 有效地消除了洪水对拉萨市区的威胁, 而且还对低水位期的拉萨市地下水进行补充。

运用影子工程法, 按照西藏地区修建水库投资约 6 元/ m^3 ^①计, 则拉萨拉鲁湿地此项生态服务功能的价值应为 2867 万元。

2.4 环境净化功能

拉萨拉鲁湿地吸纳了拉萨市的北区和东北区的大量城市生活污水。根据西藏自治区环境监测中心站多年的监测表明, 这些污水流经拉鲁湿地后, 其出水水质都能达到国家《地表水环境质量标准》II 类水质标准。采用替代费用法计算其污水净化功能价值, 以流经拉鲁湿地的废水量 $5 \times 10^6\text{m}^3/\text{a}$ 计, 并以拉萨啤酒厂污水处理成本 0.7 元/ m^3 计, 则拉萨拉鲁湿地污水净化功能价值为 350 万元。

据西藏自治区环境监测中心站多年监测表明^②, 自然扬尘是影响拉萨市环境空气质量的主要因素。有关研究已充分证明, 草本植物滞尘能力虽然较乔木要低很多, 但仍然有一定的滞尘能力^[16~18], 拉萨拉鲁湿地有 620hm^2 沼泽草本植物和 20hm^2 乔木林地(以杨树为主), 以草地 $118.5\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、杨树 $6463.23\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 的滞尘能力计算^[17], 则拉萨拉鲁湿地每年可吸附拉萨市区空气中 202.73t 尘埃。采用替代费用法, 按拉萨地区水泥厂除尘成本 345 元/t 计, 此项功能的价值约为 7 万元, 即拉萨拉鲁湿地滞尘功能的价值为每年 7 万元。则拉萨拉鲁湿地的环境净化功能价值为 357 万元。

2.5 生物栖息地功能

卫学承^[8]对拉萨拉鲁湿地进行了长期观察, 发现有 14 种鸟以拉萨拉鲁湿地作为栖息地。据拉萨市环境保护局统计, 现在每年有 10 多只是黑颈鹤(*Grus nigricollis*)将该湿地作为越冬栖息地。黑颈鹤属于濒危(E)级的国家 I 级保护野生动物^[9,19], 研究表明黑颈鹤在拉鲁湿地等越冬地的生活时间为每年的 10 月至翌年的 4 月^[21]。因此, 在拉鲁湿地是黑颈鹤等珍稀动物的重要栖息地, 其价值按照 Costanza 等人对全球湿地生态系统栖息地功能价值 304 美元/ hm^2 ^[21], 折合人民币为 2493 元/ hm^2 ^③; 按照谢高地等人在研究青藏高原生态资产价值的取值为 2234 元/ hm^2 ^[22]。本研究取他们的平均值 2364 元/ hm^2 , 计算拉鲁湿地栖息地功能价值为 146 万元。

2.6 休闲娱乐功能

拉萨市是著名的历史文化名城和旅游胜地, 国内外游客在逐年增加。拉鲁湿地位于拉萨市区, 既可为当地居民, 也可为来外来游人提供观赏、娱乐等旅游功能。根据拉萨拉鲁湿地自然保护区总体规划编制组测算^④, 拉萨拉鲁湿地休闲娱乐功能价值为每年 565 万元。

2.7 文化科研功能

西藏自治区有湿地面积 600 多万 hm^2 , 其特征世界上独一无二, 文化与科研价值巨大。但拉鲁湿地在这方面的工作开展得较少。截止目前, 仅有农业部门自 20 世纪 60 年代开始的拉鲁湿地草地生产力研究; 20 世纪 90 年代以后, 西藏自治区科技厅组

① 西藏自治区水利厅

② 西藏自治区环境保护局编制的《西藏自治区环境质量报告书(1996~2000 年)

③ 按照 1: 8.2 的比率折算美元等同于人民币的比值

④ 拉萨市环境保护局等编制的《拉萨拉鲁湿地自然保护区总体规划》

织西藏自治区环境科学研究所、西藏大学、四川大学等科研部门对其生态学特征与恢复、气候调节等功能等进行研究。此外, 西藏大学等部分在拉萨的学校已将其作为教学、实习基地。每年投入仅几十万元, 这远远低于实际的文化科研价值。在本研究中, 根据其独特性和西藏湿地在维护我国、南亚、东南亚生态安全方面的重要性, 取 Costanza 等人对全球湿地生态系统文化科研功能价值 861 美元/hm², 折合人民币 2493 元/hm² 作为拉萨拉鲁湿地的文化科研功能价值。则拉萨拉鲁湿地文化科研功能价值为 438 万元。

2.8 气候调节功能

拉萨市高寒缺氧、干旱多风、空气湿度低, 给人们的生活带来极大的困难。研究表明, 沼泽地的蒸发量大于水面蒸发量 1~2 倍^[23], 拉萨拉鲁湿地的存在对调节拉萨市空气湿度具有重要作用。本研究参照肖玉、谢高地等人在西藏进行生态服务功能经济价值研究^[24]时有关气候调节功能的取值, 即以 3032 元/(hm² · a) 计, 则拉萨拉鲁湿地的气候调节功能服务价值为 188 万元。

3 讨论

综合上述 8 个部分, 得出拉鲁湿地生态服务功能的总价值每年达 5481 万元, 各项功能价值见图 2。

从图 2 中可以看出, 拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值以水文调节和大气组份调节功能最大, 分别为 2867 万元和 605 万元; 其次是休闲娱乐功能、文化科研功能分别为 565 万元、438 万元。

历史上人们只认识到拉萨拉鲁湿地是一片优美的牧场, 注重其物质生产能力。本研究发现其物质生产功能价值即使在未退化时也只有 315 万元, 占总功能价值的 5.75%。随着城市发展, 有人认为拉萨拉鲁湿地是一块潜在的建设用地。依据目前拉萨市房地产开发的市场行情, 开发 1hm² 土地能增值约 157 万元^①, 若拉鲁湿地开发为居住用地, 可增值 9.734 亿元。以土地使用年限 70a 计, 则该湿地开发为城市建设用地, 平均每年的增值也只有 1391 万元, 只占其生态系统总功能价值的 25.38%。

通过上面的分析计算, 可清楚地知道拉萨拉鲁湿地的物质生产功能在其整个生态系统功能中, 其价值很低。以前将拉鲁湿地排干变为草场进行放牧是错误的; 而将拉萨拉鲁湿地排干作为城市建设用地也是不可取的。将拉萨拉鲁湿地被作为自然保护区进行保护, 充分发挥湿地的生态服务价值, 具有重要的科学价值和实际意义。

4 结语

位于城市地区的生态用地, 包括湿地, 由于处于十分特殊的位置, 对它的保护或开发利用, 历来存在较大的争议。通过本研究我们发现位于拉萨地区的拉鲁湿地具有的生态服务功能的价值远远高于直接开发为城市建设用地或农业用地的价值。研究结果可以为合理开发利用及恢复重建拉萨拉鲁湿地提供了重要的科学依据, 同时也为西藏自治区其它同类湿地的开发与保护提供了参考依据。同时研究揭示出, 在青藏高原, 位于城市周边的湿地, 较之其它偏远地区的湿地具有更高的生态服务功能价值^[25], 在进行城市规划和建设时应高度重视其保护, 在进行开发建设时应加强生态环境影响评价, 特别是生态服务功能的科学研究。

References

[1] Costanza R, et al. The value of the world, s ecosystem s Services and natural capital *N ature*, 1997, **387**: 253~ 260
[2] Daily G C ed. *N ature, s Service: Societal Dependence on N atural Ecosystem s* Washington D C: Island Press, 1997.
[3] Ehrenfeld J G. Evaluating wetlands within an urban context *Ecolog ical Engineering*, 2000, **15**: 253~ 265
[4] Grayson J E, Chapman M G, Underwood A J. The assessment of restoration of habitat in urban wetlands *Landscape and Urban Planning*, 1999, **43**: 227~ 236
[5] Acharya G. Special issue of the values of wetlands: Landscape and Institutional perspectives——Approaches to valuing the hidden hydrological services of wetland ecosystem s *Ecological Economics*, 2000, **35**(2000): 63~ 74
[6] Zhao B, Kreuter U, Li B, et al. An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China *Land Use Policy*, 2004, **21**(2004): 139~ 148
[7] Carleton J N, Grizzare T J, Godrej A N. Factors affecting the performance of stormwater treatment wetlands *Stomw ater T ream ent*

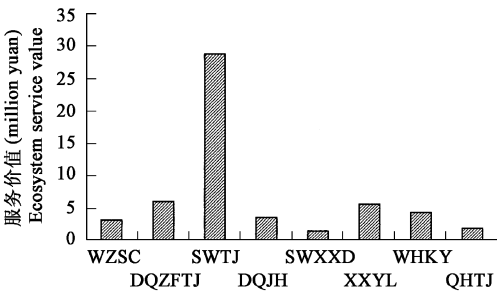


图2 拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值分项统计

Fig. 2 Evaluation of different ecosystem services of Lahu Wetland in Lhasa

WZSC 物质生产; DQZFTJ 大气组分调节; SWTJ 水文调节;
DQJH 大气净化; SWXXD 生物栖息地; XXYL 休闲娱乐;
WHKY 文化科研; QHTJ 气候调节

① 西藏自治区建设厅资料

- Wetlands*, 2001, **35**(6): 1552~1562
- [8] Wei X C. Study on the ecological characteristics and measures of restoration reconstruction of L alu Wetland in L hasa *T ibet Technology*, 2002, **108**: 58~63
- [9] China State Forestry Administration, et al. *China National Wetlands Conservation Action Plan*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2000
- [10] Xin K, Xiao D N. Wetland Ecosystem Service Valuation——A Case Researches on Panjin Area *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(8): 1345~1349
- [11] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A Primary Study on Chinese Terrestrial Ecosystem Service and Their Ecological-Economic Values *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(5): 607~613
- [12] Ouyang Z Y, Li W H. Connotation and progress of ecosystem services In: Li Wen-Hua, Ouyang Zhi-Yun, Zhao Jing-Zhu, eds *Research on ecosystem services* Beijing: Meteorological Press, 2002
- [13] He C. Evaluation on benefits and services of wetland ecosystem. In: Li Wen-Hua, Ouyang Zhi-Yun, Zhao Jing-Zhu, eds *Research on ecosystem services* Beijing: Meteorological Press, 2002
- [14] L X G. Services and ecological value of wetland ecosystem. In: Li Wen-Hua, Ouyang Zhi-Yun, Zhao Jing-Zhu, eds *Research on ecosystem services* Beijing: Meteorological Press, 2002
- [15] Meng X M, Cui B S, Deng W, et al. An Examination of the Catastrophic Flood in SongNen Drainage Basing: Recognition of Wetland Functions *Journal of natural Resources*, 1999, **14**(1): 14~21
- [16] Zhao Y, Li S R, Yan Z P. The Effect of Greenland on Absorbed Dust and It's Assessment Method *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2002, **21**(6): 582~586
- [17] Zhou Z X, Shao T Y, Wang P C, et al. The Spatial Structures and Dust Retention Effects of Greenland Type in the Workshop District of Wuhan Iron and Steel Company. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(12): 2036~2040
- [18] Zhang X X, Gu R Z, Chen Z X, et al. Dust Removal by Green Areas in the Residential Quarters of Beijing *Journal of Beijing Forestry Agricultural University*, 1997, **19**(4): 12~17
- [19] Wang S. *China red data book of endangered animals* Beijing: Science Press, 1998
- [20] Research group of China's biodiversity. *Research report on China's biodiversity*. Beijing: China Environmental Science Press, 1997.
- [21] Yu Y Q, Liu W L, Sang J. A Preliminary Study on the Overwintering Ecology of Black-Necked Crane (*Grus nigricollis*) in the Upper Lhasa River. *Zoological Research*, **14**(3): 251, 250
- [22] Xie G D, Lu C X, Leng Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau *Journal of Natural Resources*, 2003, **18**(2): 189~196
- [23] Chen G Q, L X G, Yang Q, et al. A Study on Marsh Evapotranspiration in the Sanjiang Plain *Scientia Geographica Sinica*, 1993, **13**(3): 220~226
- [24] Xiao Y, Xie G D, An K. Economic value of ecosystem services in Mangcuo Lake drainage basin. *Chinese Journal of Applied ecology*, 2003, **14**(5): 676~680
- [25] Xie G D, Lu C X, Xiao Y, et al. The Economic Evaluation of Grassland Ecosystem Services in Qinghai-Tibet Plateau *Journal of Mountain Science*, 2003, **21**(1): 50~55

参考文献:

- [8] 卫学承. 拉萨拉鲁湿地生态学特征及恢复与重建措施研究. *西藏科技*, 2002, **108**: 58~63
- [9] 国家林业局, 等. *中国湿地保护行动计划*. 北京: 中国林业出版社, 2000
- [10] 辛琨, 肖笃宁. 盘锦地区湿地生态系统服务功能价值估算. *生态学报*, 2002, **22**(8): 1345~1349
- [11] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, **19**(5): 607~613
- [12] 欧阳志云, 李文华. 生态系统服务功能内涵与研究进展. 见: 李文华, 欧阳志云, 赵景柱主编, *生态系统服务功能研究*. 北京: 气象出版社, 2002
- [13] 何池. 湿地生态系统服务功能与效益评价. 见: 李文华, 欧阳志云, 赵景柱主编, *生态系统服务功能研究*. 北京: 气象出版社, 2002
- [14] 吕宪国. 湿地生态系统功能与生态价值. 见: 李文华, 欧阳志云, 赵景柱主编, *生态系统服务功能研究*. 北京: 气象出版社, 2002
- [15] 孟宪民, 崔保山, 邓伟, 等. 松嫩流域特大洪灾的警示: 湿地功能的再认识. *自然资源学报*, 1999, **14**(1): 14~21
- [16] 赵勇, 李树人, 阎志平. 城市绿地的滞尘效应及评价方法. *华中农业大学学报*, 2002, **21**(6): 582~586
- [17] 周志翔, 邵天一, 王鹏程, 等. 武钢厂区绿地景观类型空间结构及滞尘效应. *生态学报*, 2002, **22**(12): 2036~2040
- [18] 张新献, 古润泽, 陈自新, 等. 北京市居住区绿地的滞尘效益. *北京林业大学学报*, 1997, **19**(4): 12~17
- [19] 汪松. *中国濒危动物红皮书(鸟类)*. 北京: 科学出版社, 1998
- [20] 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研究报告*. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [21] 余玉群, 刘务林, 桑杰. 西藏拉萨河上游黑颈鹤越冬生态的初步研究. *动物学研究*, **14**(3): 251, 250
- [22] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, **18**(2): 189~196
- [23] 陈刚起, 吕宪国, 杨青, 等. 三江平原沼泽蒸发研究. *地理科学*, 1993, **13**(3): 220~226
- [24] 肖玉, 谢高地, 安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究. *应用生态学报*, 2003, **14**(5): 676~680
- [25] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估. *山地学报*, 2003, **21**(1): 50~55