

阿尔泰山湿地生态系统服务功益与可持续利用^{*}

谢彬^{1,2}, 努尔巴依·阿布都沙力克^{1,2,3}, 吴玉秀⁴

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆维吾尔自治区 绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐 830046; 3. 干旱半干旱区可持续发展国际研究中心, 乌鲁木齐 830046; 4. 新疆农业职业技术学院 工程学院, 新疆 昌吉 831100)

摘 要:阿尔泰山湿地是新疆干旱区最大的山区湿地生态系统之一,在对该湿地进行实地考察、遥感分析、实验室分析的基础上,认为该湿地具有提供水源、调蓄洪水、调节局部气候、维持生物多样性、净化水质、提供休闲旅游、文化科研教育等多种生态系统服务功益。鉴于目前对阿尔泰山湿地生态系统服务功益的片面理解和不合理利用问题,对湿地生态系统服务功益的可持续利用现状进行分析,提出了湿地生态系统服务功益可持续利用的科学对策。

关键词:阿尔泰山湿地; 服务功益; 可持续利用

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)06-0097-04

Service Benefits of Altay Mountain Wetland Ecosystem and Its Sustainable Utilization

XIE Bin^{1,2}, NURBA Y·Abdusalih^{1,2,3}, WU Yu-xiu⁴

(1. Department of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;
2. Ecology Laboratories, Uygur Autonomous Region, 830046, China; 3. International Center for Sustainable Development in Arid and Semi-arid, Urumqi 830046, China; 4. Agricultural Vocational and Technical College, Changji, Xinjiang 831100, China)

Abstract:Altay mountain wetland is one of the largest wetland ecosystem in arid Xinjiang area, which has various important eco-service benefits like supporting water sources, flood diversion and storage, modulating climate and water regime. There are abundant biodiversities including gene, species and ecosystem diversity. It has capacity to degrade and enrich contaminations and purify the water, supply the recreation travel and scientific and cultural research and so on. However, there are some unilateral ideas and non-reasonable utilization for Altay mountain wetland, some problems for the sustainable utilization of service benefit of wetland ecosystem is discussed, and the scientific strategies for wetland sustainable utilization are presented.

Key words:Altay mountain wetland; service benefit; sustainable utilization

湿地被称为“地球之肾”,与森林、海洋并称为自然界三大生态系统。湿地生态系统是地球上水陆相互作用形成的独特生态系统,是重要的生存环境和自然界最富生物多样性的生态景观之一^[1]。生态系统服务功能是自然生态系统及其物种所提供的能够满足和维持人类生活需要的条件和过程,包括由自然生态过程产生并维持的资源 and 环境条件^[2]。本文从阿尔泰山湿地生态系统服务功益的可持续利用原则出发,论述了湿地主要服务功益的类型,提出了湿地生态系统服务功益可持续利用的科学对策,以期对阿尔泰山湿地生态系统的保护和利用提供理论依据,促进湿地生态系统与社会、经济、环境和生物多样性的协调发展。

1 阿尔泰山湿地概况

阿尔泰山横亘于哈萨克斯坦、俄罗斯、中国和蒙古四国,东西总长约 1 650 km。其主体在蒙古,我国境内属中段南坡,呈西北-东南走向,全长 400 km 多,宽 80~150 km^[3]。阿尔泰山以断块活动为主要特点,受构造运动的影响,形成阶梯状断块的山岭,从北部阿尔泰山山脊线到南部丘陵平原呈 3~4 个阶梯,层层下降,山势由西北向东南逐渐降低。整个山区有很多山间盆地,并有相当数量的排水不畅的山间凹地,这对高海拔、高纬度的阿尔泰山发育各种类型的湿地提供了地质环境背景^[4]。

^{*} 收稿日期:2008-03-27

基金项目:国家重点基础研究发展规划(G1999043508);中德合作科研项目(PPP[2007]3086);XJDX0201-2008-08

作者简介:谢彬(1982-),女(汉),硕士研究生,研究方向为干旱区湿地生态方面。E-mail: xiebin_123456789@163.com

通信作者:努尔巴依·阿布都沙力克(1959-),男(塔塔尔族),博士,研究生导师,主要从事干旱区生态学方面的研究。E-mail: Nurbayev@Yahoo.com.cn

我国的阿尔泰山主要位于新疆维吾尔自治区最北部(主要位于阿勒泰地区),地理纬度东经 85°31'37" - 91°01'15", 北纬 46°30'35" - 49°10'45", 大陆性寒温带寒气候特征显著。虽然地处亚洲腹部的干旱荒漠和干旱半荒漠地带,但境内的额尔齐斯河谷地是准噶尔盆地西部三个风口中最新开的一个,利于西风气流进入,并抬升凝云致雨;也便于冬半年西伯利亚冷气团(乃至北冰洋气团)暴发南下,常出现烈风暴雪、寒潮霜冻。降水相对较多,最多地区可达 800 ~ 1 000 mm,是新疆较湿润、气候较寒冷的地区之一。

由于阿尔泰山特殊的地理位置、活跃的地质构造、寒冷的气候特征、充沛的降水、丰富的水系径流,使该区湿地资源十分丰富、类型多样。山区湿地总面积约 31 980 km²,占阿尔泰山总面积的 12.3%。湿地类型包括河流湿地、沼泽湿地、冰川湿地、湖泊湿地,还有小面积的灌丛湿地和温泉湿地(表 1)^[4]。

表 1 阿尔泰山湿地统计

湿地类型	面积/ km ²	湿地类型比例/ %
河 流	19800	61
沼 泽	7530	24
积雪与冰川	3512	11
湖 泊	1138	4
合 计	31980	100

2 湿地生态系统服务功益

根据对研究区域以往研究资料的分析和野外实地考察,归纳出阿尔泰山湿地的主要生态系统服务功益包括:提供水源、调蓄洪水、调节局部气候、维持生物多样性、净化水质、科考旅游等。

2.1 湿地的供水效应

阿尔泰山拥有丰富的自然资源,发源于山地的大小河流有 56 条,地表径流达 122.52 亿 m³,这些河流由北向南呈梳状汇入额尔齐斯河和乌伦古河^[5]。其中额尔齐斯河是中国唯一流入北冰洋的国际河流,在我国境内河长 633 km,流域面积 5.73 万 km²,年径流量 111.09 亿 m³^[6],产水量 23.32 亿 m³^[3]。乌伦古河全长 821 km,流域面积 2.20 万 km²^[5],年径流量 11.43 亿 m³,产水量 8.17 亿 m³^[3]。这些河流(见表 2)承担着整个阿勒泰地区农业、工业、城镇居民生活用水的主任务,并且还还为阿勒泰周边地区提供了大量的水资源,例如国家在北疆投巨资历时 3 a 兴建了大型长距离跨流域供水工程(引额济克工程),即将额尔齐斯河的水引往克拉玛依市,缓解了克拉玛依、北疆油田、乌鲁木齐以及天山北坡经济开发带等地区的用水压力。

阿尔泰山湿地还具有间接供水效应,是通过地下水位和河川径流的控制补给来实现的。例如,研究区共有沼泽 249 块,面积 7 530 km²,占整个阿尔泰山湿地总面积的 24%^[4]。其中有部分沼泽湿地是一定范围内地下水的基面,对于其周围地下水位起稳定作用。另一方面,沼泽湿地对于浅层地下含水层具有补充能力,在某些被人类不断抽取地下水的地带,沼泽湿地源源不断地供给水源。

表 2 阿勒泰地区部分河流流域面积与年均径流量统计^[4]

河 流	站 名	流域面积/ km ²	径流量/ 亿 m ³
哈巴河	克拉塔什	6111	21.30
别列则克河	哈龙滚	760	2.24
布尔津河	群库勒	8422	41.68
克兰河	阿勒泰	1655	6.02
喀拉额尔齐斯河	304 大桥	5755	17.89
卡依尔特斯河	库卫	2494	7.71
库依尔特斯河	富蕴	1965	7.00
青格里河	大青河	1702	3.86
基什克奈青格里河	小青河	1326	2.08
布尔根河	塔克什肯	10300	4.07
合 计		40490	113.85

2.2 调蓄洪水、均化径流的生态服务功益

湿地生态系统具有强大的蓄水、补水和均化径流的作用,天然的生物蓄水库。阿尔泰山远离海洋,南临准噶尔盆地,受地形影响,自然降水分布极不均匀。各河流径流来源主要为季节积雪融水和夏季的降水,其补给量占年径流量的 72%。每年冬春积雪融化后河流径流量加大,往往引发春洪。但由于研究区分布有大量的沼泽湿地,在洪水期可以蓄积大量的洪水(因为沼泽土壤能保持大于其本身重量 3 ~ 9 倍或更高的蓄水量,主要是沼泽的泥炭层具有良好的持水性和质地黏重的不透水层所致^[7]),阿尔泰山湿地泥炭层厚度最大可达 3 ~ 8 m),缓解洪峰造成的压力,大大降低了洪涝的发生率;同时储备大量的水资源在干旱季节重新释放出来,恢复地下水的供给能力,增加河流流量,调节地表径流,使河川径流年内分配均化,维持区域水循环。

2.3 调节局部气候的生态服务功益

湿地是多水的自由体,通过水面的热量和水汽交换,对区域环境产生影响。由于湿地生态系统具有饱和的含水量,在夏季强烈的蒸腾作用下,会源源不断向大气输送水蒸汽,从而大大增加了大气湿度,进而实现对降雨量的调节^[7]。并且由于湿地土壤积水或经常处于过湿状态,水的热容量大,地表增温困难,而湿地蒸发是水面蒸发的 2 ~ 3 倍,蒸发量越大消耗热量就越多,导致湿地地区气温降低,气候较周边地区冷湿。阿尔泰山地分布有大量的河流、湖泊、沼泽、冰川、温泉,大量的湿地分布使得该地区降雨丰富,年均降水量可达 300 ~ 650 mm 或更多,是干旱区新疆较为湿润和寒冷的地区之一。

2.4 生物多样性的维系功益

生物多样性是人类赖以生存的重要物质基础,与人类生活密切相关。阿尔泰山湿地复杂的生态系统结构和景观格局的异质性可以为多种不同生态位的物种提供多样性的生境。

2.4.1 植物资源

阿尔泰山湿地具有丰富的植物资源,已有的记录中,维管束植物(不包括苔藓植物)有 87 科 426 属 1 244 种^[8](见表 3)。这些植物涵盖了各种生活型,包括湿生植物、沼生植物、水生植物、沙生植物、石生植物和盐生植物。

根据陈邦杰等《中国藓类植物属志》上、下册的排列系统^[9-10],仅在额尔齐斯河和乌伦古河两河源地区,就记录有苔

藓植物 49 科 110 属 193 种(亚种和变种),分别占全疆苔藓类植物总科数的 89%,总属数的 66.66%,总种数的 43.76%。

表 3 阿尔泰山高等植物统计^[8]

类 别	科	属	种	占全疆植物	占全疆植物	占全疆植物
				科/ %	属/ %	种/ %
蕨类植物	10	12	31	62.5	52.2 %	68.9
裸子植物	3	6	11	100	60.0	26.8
被子植物	74	408	1202	62.7	49.5	36.9
总计	87	426	1244	63.5	49.7	37.2

2.4.2 兽类、两栖类、爬行类动物资源

阿尔泰山地共分布有兽类 62 种,分属 6 目 18 科^[4],仅在额尔齐斯河和乌伦古河两河源地区,被列为国家重点保护的兽类就有 14 种,占该区兽类总数的 25.9%,如:河狸(*Caslor fiber pohlei Sereb*)、水獭(*Lutra lutra L*)。

阿尔泰山区的两栖、爬行动物区系研究较少,共有 12 种,分别隶属于 2 纲 2 目 7 科 10 属^[4],其中两栖类 2 种,如:阿尔泰林蛙(*Rana altaica*),爬行类 10 种,如:新疆岩蜥(*Laudakia stoliczкана*)。

2.4.3 鸟类、鱼类、昆虫类资源

阿尔泰山区是新疆鸟类资源最丰富的地区之一,共有湿地鸟类 251 种,其中被列为国家一、二级的珍贵鸟类就有 39 种(包括一级保护鸟类 6 种),如:大天鹅(*Cygnus cygnus*),绿头鸭(*Anas platyrhynchos*)。其中候鸟数量十分可观,阿尔泰山湿地作为许多鸟类的重要育雏地和迁徙过程中的栖息地,对于维系这些鸟类种群数量具有极其重要的作用,特别是对于保护珍稀濒危鸟类作用更加巨大。

鱼类资源相对较少,但多为冷水性鱼类,尤其是哲罗鱼、

细鳞鱼、北极茴鱼、江鳕等名贵鱼类的栖息衍生水域。其中额尔齐斯河鱼类共有 35(亚)种,包括一个自然杂交种,隶属于 6 目 12 科 31 属,其中土著鱼类 23 种,分属于 5 个复合体^[6]。乌伦古河鱼类现有 19 种,其中土著鱼类 12 种,其余 7 种为引进鱼类^[4]。阿尔泰山湿地鱼类是优良的鱼类种质资源,是发展渔业生产和改造鱼类区系的物质基础。

阿尔泰山昆虫物种多样性十分丰富,仅在两河源地区,记录的昆虫种类就有 1 167 种和亚种,分别隶属于 19 目 160 科 640 属^[3]。其中有很多珍稀和观赏昆虫,还有很多昆虫的整体或其产品可以食用和入药。如芫菁(*Meloidae*)。

2.5 净化水质的环境服务功效益

湿地的净化功能主要是通过生物净化来实现的。湿地生态系统中的许多水生植物具有抵御污水污染的能力,对氮、磷等营养元素以及重金属元素的吸收、转化和滞留都有较高的效率,能有效降低其在水体中的浓度。同时,湿地植被减缓地表水流的速度,促进颗粒物沉降,从而使其上附着的有毒物质也从水体中去除^[2],使得水体澄清,达到净化水质的功能。阿尔泰山湿地中水生和沼生植物生长茂盛(主要为阿尔泰苔草、苔藓、灯心草、泽芹、尖叶泥炭藓等),均为水体增加稀释自净、消纳污染物质提供了良好条件。尤其是大片生长的芦苇(*Phragmites australis*),对 Co、Cu、Mn、P、Pb、Zn、B 等有富集作用,对污染物质有吸收、代谢、积累的作用,能净化污水。阿尔泰山各河流总体水质良好,额尔齐斯河各支流及干流水质综合评价均为二级或三级(表 4),水质优良,能满足生活饮用,以及工农牧副渔的各种用水要求。并且乌伦古河各支流水质明显好于额尔齐斯河各支流,属于国家一级水质标准。

表 4 额尔齐斯河天然水质特征统计表^[6]

								mg/L
河 名	站名	pH	硬度	矿化度	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	氟化物	NH ₃ - N
库依尔特河	富蕴	8.0	35.8	44.7	4.08	1.3	0.13	0.13
卡依尔特河	库威	8.2	47.8	52.5	3.9	1.5	0.12	0.14
克兰河	阿勒泰	8.1	92.3	131.0	23.3	8.0	0.14	0.23
布尔津河	冲乎尔	8.1	42.9	44.8	4.8	1.3	0.11	0.14
哈巴河	克拉塔什	7.9	69.4	72.1	2.3	2.0	0.04	0.12
额尔齐斯河	哈拉朔克	8.0	78.5	89.4	11.3	2.7	0.16	0.22
额尔齐斯河	布尔津	7.9	123.0	194.0	54.8	10.0	0.20	0.19
额尔齐斯河	南湾	8.1	91.6	106.0	15.7	4.5	0.15	0.15

注:额尔齐斯河各支流及干流的理化性质在年内随季节性变化而变化,表格中各数据取均值。

2.6 提供休闲旅游、文化科研教育的服务功效益

阿尔泰山湿地特殊的地貌和气候特征,使其旅游资源极其丰富,形成了河流溪水、湖泊温泉、冰川雪岭、沼泽滩涂、地震断裂带、奇特象形山石、古墓群、摩崖字画等多样化景观格局。森林、草原、草甸、灌丛等多种类型的植物群落再加上地貌的良好组合,使整个湿地自然景观独具特色。1988 年,中国科学院新疆生态与地理研究所与阿勒泰地区有关部门共同编制《阿勒泰地区旅游业发展与布局总体规划》,认为按《中国旅游资源普查规范》划分的 6 类旅游资源,该研究区全部拥有。湿地主要风景名胜有国家著名的 5A 级景区——

喀纳斯自然风景区、布尔根河河狸自然保护区、福海海滨风景区、可可托海湿地国家地质公园、乌伦古湖海滨浴场、白沙湖、鸣沙山等。阿尔泰山区是泰加林生物群落向干旱区荒漠生物群落的过渡带,是平原草原向山地草原的过渡带,也是全球气候变化最敏感的自然过渡带地区之一,并且亦是观察地质时期和人类历史时期环境变化的理想区域^[8]。阿尔泰山湿地作为干旱区新疆的重要湿地之一,是生物学、生态学、环境科学、地理学、气候学、水文学以及湿地研究和鸟类研究的自然本底和基地,为诸多基础研究提供了理想的科研场所,吸引了许多科研单位和国内外学者前来考察研究。

3 湿地生态系统服务功效益的可持续利用对策

阿尔泰山湿地作为干旱区新疆最大的湿地生态系统之一,在调节气候、美化环境、防洪抗旱、为湿地动植物提供栖息地、为人类提供宝贵的生物资源、土地资源、矿产资源和旅游资源等方面发挥着巨大作用。但长期以来,人类对湿地生态系统往往重视经济服务功效益,忽视了其它服务功效益,使阿尔泰山湿地生态系统受到了极大破坏,湿地生态系统服务功效益没有得到充分利用和发挥,而且产生了许多严重的环境问题,主要表现为:森林衰退、草场退化、水土流失、冰川退缩、水环境恶化、病虫害加剧、生物多样性减少。因此,科学合理地利用阿尔泰山湿地的生态系统服务功效益,促进湿地生态系统的可持续利用,应引起科学工作者和相关管理部门的高度重视。

3.1 退牧还林,提高森林自然恢复功能

阿尔泰山区是新疆重要的林业基地,由于近年来对林木的樵采过度,加上毁林开荒、过度放牧,使得河谷林和荒漠灌木林消耗很大^[11],森林呈现明显的衰退现象。对现有森林资源要加强管护力度,减少天然林资源消耗,严格禁止林地放牧,采取退牧还林、人工造林、轮流封育等措施,同时提高森林自然恢复功能。阿尔泰山主要树种为落叶松,其演替过程是森林火灾或人为采伐,在没有牲畜践踏啃食的情况下一般都能较快恢复,很少被其他树种更替。尤其是火烧以后烧掉了紧密的草类结盘层和枯枝落叶层,增加了土壤肥力,为喜光的落叶松提供了良好的生境条件。所以火烧迹地上的落叶松天然更替较好,森林恢复速度较快^[4]。由于人工造林成活率低、成本高,人工辅助自然恢复成效快。因此,应加大人为干预,采取有效的封山育林、人工辅助自然恢复相结合的措施。

3.2 遏制草地退化、走生态畜牧业道路

阿勒泰地区是全疆乃至全国的重点牧区之一,然而受过牧、采矿、不当开垦、滥樵采、上游无节制用水等因素的影响,区内 70% 的草地处于不同程度的退化状态^[12],草地整体功能降低。因此,要改变原始的畜牧业生产方式,走生态畜牧业道路。把那种粗放的、单一的靠天然草场放牧的饲养方式,转变为科学轮牧、季节性休牧以及舍饲半舍饲的饲养,积极推广舍饲圈养。加强牧区水利及围栏建设,鼓励人工种草,严格控制载畜量,对中、高覆盖度的草地特别要加以保护,减少自然草原的负荷,使其恢复自然生态。在家畜方面要调节畜群结构,引进优良品种或杂交新品种,提高适龄母畜比例,推行羔羊牧区繁殖,农区育肥,将农区和牧区有机耦合,逐步形成草畜产品生产和加工基地^[12]。

3.3 加强环保执法力度,开展生物工程建设

在阿尔泰山湿地,各种非法采矿、采金活动以及滥采、乱挖各种中草药,致使河流沿岸大量的植被破坏,造成大规模裸地,成为严重的水土流失区。鉴于这种现状,要加强环保法规的宣传工作,提高公民的环境意识;明确自然资源的财产所有权,严格执法力度,对水、土、矿产、草原等重点资源实施强制性保护,“违法必究、执法必严”。同时加强生物工程建设,科学配种植物,提高植被覆盖度。并对矿点和裸

露沙石进行回填平整,修复生态伤疤,使生态建设步入良性发展轨道。

3.4 加强治污,改善水质

阿尔泰山,蒙古语为“金山”,黄金开采历史较长。根据多年水质水量监测资料分析,阿尔泰山水污染的主要来源是采金过程中的矿渣、废液不经处理或简单处理后就直接排入水中,造成水体不同程度的污染。第二污染源是工厂废水、生活污水以及农田农药、化肥和牲畜的粪便等。因此,要根治污染,必须首先对矿产资源进行统一规划、合理开发,加强污染源治理,变生产末端治污为生产过程治污,强调将污染在产生之前予以消减,即清洁生产来减少污染物产生;并积极发展污水处理技术,实现污水资源化。同时开展不同类型水域的水体纳污能力的研究,按照阿尔泰山湿地功能目标,确定其水质保护目标及纳污能力。

3.5 合理配置水资源,保障生态用水

实现水资源的优化配置和可持续利用,在水资源开发利用和水利工程调度工作中合理配置生产、生活和生态用水。对防洪工程、水资源开发项目和湿地保护进行统一规划,将生态需水列入水资源分配方案,从制度上予以保障。例如,我国在额尔齐斯河的前山地带兴建了一些水电站,如哈巴河水电站、海子口水电站等,以及大量的龙头枢纽、渠道闸涵等,原本是为了引水和防洪调峰等,但这些设施却改变了河道原有的水文特征,阻碍了哲罗鱼、细鳞鱼、北极茴鱼等山涧溪流鱼类的活动路线,影响了鱼类正常的生理需要,危害了鱼类生长发育和种群扩增。因此,在阿尔泰山湿地修建水利设施进行水量分配时,除了要充分考虑维护河道基本功能的需水外,还要考虑其生态环境需水,以减少水利工程和水资源开发项目对湿地生态的负面影响,保障湿地生态用水。

3.6 加强湿地生物多样性的保护与合理利用

阿尔泰山湿地生物多样性丰富,但由于环境变化、人为过量扰动(主要是放牧),以及人们对野生动植物的滥捕乱猎、滥采乱挖,导致物种数量减少,生物多样性降低。要有效的保护其生物多样性,就要对该区各种自然资源进行科学调查和评估,对一些种群数量较多、增殖力较强的生物资源,可以在野外适度开发利用,同时加大人工培育,减轻生态压力;对珍稀濒危物种,如水獭、河狸、细鳞鱼、哲罗鲑等采取就地保护工程和人工繁育措施,保护其生存栖息地,使种群数量得以恢复。

3.7 完善湿地管理机构,强化部门间的协调

湿地的保护管理、开发利用和科学研究等工作涉及多个单位、部门,如林业、农业、渔业、环保和水利等,但由于缺乏湿地保护和管理的协调机制和工作网络,各部门各行其是,给湿地保护工作带来很大制约。建议成立湿地保护领导小组,在领导小组下组建由相关主管部门湿地保护管理人员组成的工作组,组织实施相应的与湿地保护与合理利用有关的工作,协调各部门的相关工作。地方政府的管理机构,也应明确职责,配置相应管理人员,建立湿地保护与合理利用管理协调机制。

(下转第 104 页)

3 结论与讨论

3.1 结论

(1) 2002 - 2007 年,楠竹林的降雨的年际分布比较稳定;降雨量比较集中出现 4 - 9 月,占全年降雨量的 72 %。

(2) 地表径流与地下径流与降雨保持密切的响应关系,在对降雨量的分配中,地表径流占 30.7 %,地下径流占 15.2 %。

(3) 楠竹林地的土壤最大分配降雨量为 19 mm,枯落物最大分配降雨量为 4.6 mm,林冠截留分配降雨量 13.2 %。

3.2 讨论

本研究中仅仅对获取的数据进行初步的分析和研究,对于参数之间的关系研究还需要进一步。此外,径流小区的研究结果,在更大流域尺度上能否准确表达水文过程,需要进一步研究论证。

参考文献:

- [1] 李文华,何永涛,杨丽韞,等. 森林对径流影响研究的回顾和展望[J]. 自然资源学报,2001,16(5):398-406.
- [2] 马雪花. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [3] 王礼先,孙保平. 森林水文研究及流域治理综述[J]. 水土保持科技情报,1990(2):10-15.
- [4] 张建列,李庆夏. 国外森林水文研究概述[J]. 世界林业研究,1988(4):41-47.
- [5] 闫俊华,周国逸. 用灰色关联法分析森林生态系统植被状况对地表径流系数的影响[J]. 应用与环境生物学报,2000,6(3):197-200.
- [6] 李士生,姜志林. 苏南丘陵主要森林类型保持水土效益

的研究[J]. 长江流域资源与环境,1994,3(1):55-59.

- [7] 王云琦. 三峡库区森林理水调洪机理及空间配置研究[D]. 北京:北京林业大学,2006.
- [8] 石培礼,李文华. 森林植被变化对水文过程和径流的影响效应[EB/OL]. http://www.ce65.com/paper/detail_paper_60.html.
- [9] 储小院,王玉杰,王云琦,等. 重庆缙云山典型临汾不同时间尺度下产流特征研究[J]. 北京林业大学学报,2008(4):103-108.
- [10] 李香云. 重庆缙云山不同植被类型对径流影响效应研究[D]. 北京:北京林业大学,2003.
- [11] Blake GJ. The interception process[M]// Chapman T G, Dunin FX. Prediction in Cademay of Science, 1975: 59-81.
- [12] 张志强,余新晓,赵玉涛,等. 森林对水文过程影响研究进展[J]. 应用生态学报,2003,14(1):113-116.
- [13] 王彦辉. 几个树种的林冠降雨特征[J]. 林业科学,2001,37(4):2-9.
- [14] 汪有科,吴钦孝,赵鸿雁,等. 林地枯落物抗冲机理研究[J]. 水土保持学报,1993,7(1):75-80.
- [15] 王佑民. 中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J]. 水土保持学报,2000,14(4):110-115.
- [16] 汪有科,吴钦孝,赵鸿雁,等. 林地枯落物抗冲试验研究[J]. 西北水土保持研究所集刊,1991(2):20-25.
- [17] 王彦辉,刘永敏. 毛竹人工林水文作用的研究[M]// 周晓峰. 中国森林生态系统定位研究. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1994:354-363.

(上接第 100 页)

参考文献:

- [1] 张晓云,吕宪国. 湿地生态系统服务价值评价研究综述[J]. 林业资源管理,2006(5):81-86.
- [2] 吴玲玲,陆健健,童春富,等. 长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(5):411-416.
- [3] 新疆阿尔泰山林业局. 新疆阿尔泰山两河源综合科学考察[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2004.
- [4] 努尔巴依·阿布都沙力克. 阿尔泰山湿地快速评估报告[C](国际湿地-北京办事处资料),2007.
- [5] 阿勒泰地区地方志编委会. 阿勒泰地方志[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,2004.
- [6] 任慕连,郭炎,张人铭,等. 中国额尔齐斯河鱼类资源及

渔业[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,2002.

- [7] 张峰,周维芝,张坤. 湿地生态系统的服务功益及可持续利用[J]. 地理科学,2003,23(6):674-679.
- [8] 努尔巴依·阿布都沙力克. 阿尔泰山植被及其保护[D]. 德国:Greifswald 大学(俄文版),2007.
- [9] 陈邦杰. 中国藓类植物属志(上册)[M]. 北京:科学出版社,1963.
- [10] 陈邦杰. 中国藓类植物属志(下册)[M]. 北京:科学出版社,1973.
- [11] 赵群英,贺晓涛. 阿勒泰地区主要生态环境问题及对策建议[J]. 新疆有色金属,2007(3):13-14.
- [12] 郭正刚,刘兴元,梁天刚. 新疆阿勒泰地区草地资源可持续管理分析[J]. 西北植物学报,2004,24(7):1173-1178.