

阳宗海、松华坝和云龙水库流域土地利用与水质变化

谢国清¹, 鲁韦坤¹, 杨树平², 杨常亮², 戴丛蕊¹, 徐 虹¹

(1. 云南省气候中心, 云南 昆明 650034 2. 昆明市环境监测中心, 云南 昆明 650032)

摘要 利用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术,对阳宗海、松华坝及云龙水库流域 1995 年和 2004 年 6 种土地利用覆盖类型的遥感数据进行了制图及其叠加,通过对土地利用现状和变化情况的分析,并与库区的水质变化相结合,研究流域内土地利用结构及其变化与库区水质变化的关系。

关键词 松华坝水库流域,阳宗海水库流域,云龙水库流域,遥感,土地利用,水质

中图分类号 TV213.9 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2007)05-0015-03

Land use and water quality changes in Yangzonghai Lake, Songhuaba Reservoir and Yunlong Reservoir basins

XIE Guo-qing¹, LU Wei-kun¹, YANG Shu-ping², YANG Chang-liang², DAI Cong-rui¹, XU Hong¹

(1. Yunnan climate Center, Kunming 650034, China; 2. Kunming Environmental Monitoring Center, Kunming 650032, China)

Abstract Six types of land-use in the drainage area of Yangzonghai Lake, Songhuaba Reservoir and Yunlong Reservoir in 1995 and 2004 were charted and overlay analyzed by using the RS and GIS technology. The relation among the land use, its variation and the water quality changes were studied by analyzing these factors.

Key words: Songhuaba Reservoir Watershed; Yangzonghai Lake Watershed; Yunlong Reservoir Watershed; remote sensing; land use change; water quality

松华坝水库为昆明市提供了 70% 饮用水,占有重要地位^[1]。自松华坝水库流域作为昆明市的饮用水源区后,该区采取了封山育林、退耕还林等措施,森林覆盖率大幅提高,但来自昆明市水利局的调查显示,松华坝水库水质下降趋势日益严重,自 2002 年以来,松华坝水库水质总体为Ⅲ类,主要是总氮含量严重超标,特别是 2004 年 10~12 月连续 3 个月总氮检测值为Ⅳ类水质标准,而与其形成鲜明对比的是阳宗海流域,该区经济发达,人口众多,在经济快速发展的同时,在森林覆盖率、耕地面积变化不大的情况下,湖区水质不降反升^[2]。

本研究利用 1995 年和 2004 年 Landsat-5 TM 卫星遥感影像资料,结合“3S”技术,对阳宗海、松华坝、云龙水库 3 个流域 10 年来土地利用的结构及动态变化进行分析研究,以期如何提高库区水质提供

决策依据。

1 研究区自然地理概况

阳宗海是云南省重点保护的九大高原湖泊之一,同时也是昆明市的次级城市——宜良县城的重要饮用水源地^[3]。松华坝水库位于昆明市北部的盘龙江上游,是昆明市的水源区,在全市的饮用水资源和社会经济发展中占有重要地位。云龙水库位于掌鸠河上游禄劝县云龙乡岔河村附近,距昆明市区约 86 km,是昆明市掌鸠河引水供水工程的水源地^[4]。3 个流域所在地理位置比较接近,自然条件相差不大,同属于中亚热带季风气候区,地带性植被为亚热带半湿润常绿阔叶林。气候变化主要受西南季风和西风南支气流交替控制是三个流域的共同特征^[5-6],见表 1。

表 1 3 个水库自然和社会经济概况

| 流域 | 地理位置 | 流域面积/ km ² | 植被现状 | 年均降雨 量/mm | 年均 气温/℃ | 土壤类型 | 社会经济状况 |
|-------|---|--------------------------|-----------------------------|--------------|------------|--------------------------------|---|
| 阳宗海水库 | N24°46' ~ 24°59', E102°54' ~ 103°04' | 192 | 云南松林, 华山 松林, 荒地 | 963.5 | 14.5 | 红壤为主, 水稻 土, 紫色土 | 汤池镇和阳宗镇坐落其中, 人口密 度高, 社会经济较发达, 有阳宗海电 厂、云南铝厂等大型工矿企业 |
| 松华坝水库 | N25°07' ~ 25°27', E102°42' ~ 102°57' | 593 | 栎类萌生灌丛, 云南松林, 旱冬 瓜混交林 | 1035.0 | 14.5 | 红壤为主, 水稻 土, 黄棕壤, 棕 壤 | 白邑乡、小河乡、阿子营乡、牧羊街 坐落其中, 人口密度和工矿企业介 于阳宗海和云龙水库之间。 |
| 云龙水库 | N25°43' ~ 26°07', E102°16' ~ 102°35' | 745 | 栎类萌生灌丛, 云南松林, 旱冬 瓜混交林 | 1066.0 | 12.8 | 红壤为主, 其次 是棕色土, 紫色 土和水稻土等 | 人口密度低, 社会经济发展水平低, 无影响水质的工矿企业。 |

2 研究方法

2.1 土地利用基础数据的获取

采用 1995 年 4 月 3 日和 2004 年 3 月 10 日 2 个时相的 TM 数据, 应用 ERDAS 图像处理软件和 ArcView3.3 地理信息系统, 在大量野外工作的基础上, 采用监督分类和目视解译相结合的方法进行解译, 得到 3 个流域 2 个时段的土地利用矢量图^[7]。

2.2 土地利用与水质变化分析

利用 2 个时段的土地利用矢量图在 ArcInfo 中统计每个时段各种土地利用的面积, 计算各种土地利用类型占流域总面积的百分比, 结合各库区水质变化的情况, 分析流域内土地利用与库区水质变化的关系。

3 结果分析

3.1 土地利用组成概况

表 2 是 3 个流域 2 个时段的遥感影像解译之后的各种土地利用类型面积统计表, 由于 3 个流域的总面积不一样, 而且大小悬殊较大, 因此将其转换为百分比来进行比较。

表 2 3 个流域 2 个时段的土地利用类型面积 hm²

| 分类 | 阳宗海水库 | | 松华坝水库 | | 云龙水库 | |
|-------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 1995 | 2004 | 1995 | 2004 | 1995 | 2004 |
| 水田 | 1894.18 | 1780.95 | 10171.33 | 11142.31 | 2581.81 | 3510.36 |
| 旱地 | 5803.9 | 5066.81 | 6713.76 | 5634.78 | 19867.53 | 19078.63 |
| 林地 | 1657.76 | 2614.84 | 13261.17 | 21189.94 | 33522.61 | 32151.35 |
| 灌木林 | 2527.54 | 1929.61 | 26301.61 | 18275.36 | 14923.44 | 16037.74 |
| 荒地 | 3593.9 | 3464.43 | 681.11 | 304.56 | 0 | 0 |
| 水域 | 3127.43 | 3143.06 | 1311.55 | 1251.52 | 3300.28 | 3264.5 |
| 居民和工 矿用地 | 595.31 | 1200.33 | 859.75 | 1501 | 304.31 | 457.43 |

2004 年 3 个水库中阳宗海的旱地和水田所占比例之和最大, 两者占整个流域的 35.67%, 最小的是松华坝水库流域, 这两类土地利用占整个流域的 28.29%, 其中旱地比例最大和最小的仍然是阳宗海和松华坝水库。3 个流域中林地面积最大的是云龙水库, 林地面积占整个流域面积的 43.16%, 最小的

是阳宗海库区, 林地仅占 13.62%。灌木林面积最大的是松华坝水库, 最小的是阳宗海库区, 分别占整个流域的 30.82% 和 10.05%。由于母岩的差异, 阳宗海流域石灰岩的面积分布广泛, 土壤较薄, 因此该流域的荒草地面积最大, 占整个流域的 18.04%, 其他两个流域荒草地分布较少。

3.2 土地利用变化情况

3.2.1 阳宗海水库流域

从图 1 中看出, 阳宗海流域总的土地利用变化趋势为: 水田、旱地和灌木林面积明显下降, 林地、居民和工矿用地明显增加。9 年内, 水田减少了 0.59%, 旱地减少了 3.84%, 降幅分别为 12.58 hm²/a 和 81.90 hm²/a; 林地增加了 4.99%, 增幅为 106.34 hm²/a; 灌木林减少了 3.11%, 降幅为 66.44 hm²/a; 荒草地减少了 0.68%, 降幅为 14.39 hm²/a, 居民和工矿用地增加了 3.15%, 增幅为 67.22 hm²/a, 水域变化不明显。

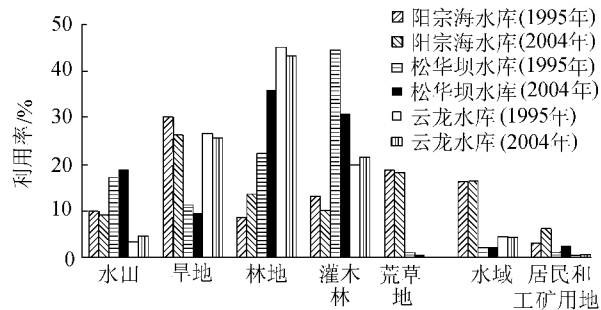


图 1 3 个流域两个时段各种土地利用类型比例

3.2.2 松华坝水库流域

松华坝水库流域总的土地利用变化趋势为: 水田、林地、居民和工矿用地面积显著增加, 旱地和灌木林面积的明显减少。9 年间, 水田增加了 1.64%, 增幅为 107.89 hm²/a; 旱地减少了 1.82%, 降幅为 119.89 hm²/a; 林地面积增加了 13.37%, 增幅为 880.97 hm²/a; 灌木林减少了 13.53%, 降幅为 891.81 hm²/a; 荒草地减少了 0.64%, 降幅为 41.84 hm²/a; 居民地和工矿用地增加了 1.08%, 增幅为 71.25 hm²/a。

3.2.3 云龙水库流域

云龙水库流域内各种土地利用类型变化幅度与其他两个流域相比较小,9年里,水田增加了1.24%,增幅为 $103.17\text{ hm}^2/\text{a}$;旱地减少了1.06%,降幅为 $87.66\text{ hm}^2/\text{a}$;林地面积减少了1.84%,灌木林增加了1.50%,增幅为 $123.81\text{ hm}^2/\text{a}$,居民地和工矿用地增加了0.2%,增幅为 $17.01\text{ hm}^2/\text{a}$ 。

3.2.4 3个流域土地利用变化对比

图2是3个流域1995~2004年之间各种土地利用类型比例增减图,3个流域当中,阳宗海水库的水田呈减少趋势,9年间减少了0.59%,其他两个流域呈增加趋势,增加比例最大的是松华坝流域,9年间增加了1.64%。3个流域的旱地均表现为下降趋势,下降比例最大的是阳宗海流域,共减少了3.84%。林地在阳宗海和松华坝水库流域呈增长趋势,分别增长了4.99%和13.37%,在云龙水库呈下降趋势,共减少了1.84%。灌木林在阳宗海和松华坝水库流域呈减少趋势,分别减少了3.11%和13.53%,在云龙水库流域表现为增长趋势,共增长了1.50%。居民和工矿用地在3个流域均表现为增长趋势,分别增加了3.15%,1.08%,和0.20%。荒草地和水域在3个流域内的变化不甚明显。

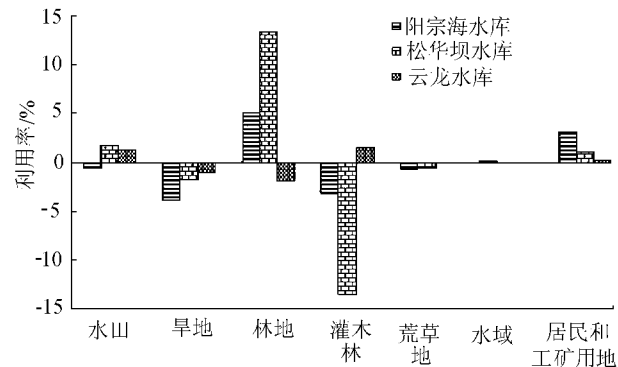


图2 3个流域各种土地利用变化比例增减

4 土地利用类型结构与水库水质关系

4.1 土地利用类型比例与水库水质的关系

2004年阳宗海水库水质为Ⅱ类水,松华坝水库总体为Ⅲ类水,主要是总氮质量浓度严重超标,特别是2004年的10~12月连续3个月总氮检测值都在 1.07 mg/L 以上,为Ⅳ类水质标准,云龙水库为Ⅱ类。在3个流域当中,阳宗海流域的林地(包括有林地和灌木林)面积明显低于其他两个流域,但是其水质明显好于松华坝水库,可见强调提高森林覆盖率并不能有效地提高库区水质。此外,阳宗海流域是3个流域当中社会经济最发达的流域,流域内的耕地、居民和工矿用地的面积比例明显高于其他两个流域,但是由于其对城镇的生活用水工业废水进行了处

理,有效地解决了生活污水和工业废水对阳宗海的污染。

值得注意的是松华坝流域水田所占比例是3个流域中最大的,而水田在灌溉过程中会有大量的氮磷流失,因此在松华坝流域内应减少水田面积,或改进水田的施肥技术。

4.2 土地利用结构变化与库区水质关系分析

从1995~2004年来看,阳宗海水库水质由Ⅲ类水变为Ⅱ类水,而松华坝水库水质是由Ⅱ类水变为Ⅲ类水,土地利用结构的变化对这一结果有一定的联系,从图2中看出,3个流域中,阳宗海流域水田呈减少趋势,旱地减少的比例明显高于其他两个流域,因此水田和旱地面积的减少有利于库区水质的提高。而居民和工矿用地的增加不一定会造成库区水质下降,如阳宗海流域居民地显著增加,其水质不降反升,这是因为该流域内的污水处理设施配置恰当的结果,但在松华坝水库流域居民和工矿用地面积增加的同时,库区水质明显下降。3个流域中,松华坝水库流域的林地面积增长比例最大,而流域内林地面积的增加并没有提高库区的水质。

5 讨论

a. 以上3个流域的水质深受人类活动的影响,与该流域的森林覆盖率、耕地的数量、污水处理厂的处理能力、村镇截污设施和垃圾回收处理设施、法规政策等因素密切相关。对于流域治理的有效措施,应该是以上影响因子协同作用的共同结果,阳宗海流域就是最好的案例。

b. 为了对流域内的水资源进行保护,国家大力提倡封山育林和人工造林,但从研究结果来看,森林覆盖率的提高,虽然有利于流域内的水源涵养,但是对于库区水质的提高作用不明显。因此为了提高库区的水质,应该走出提高森林覆盖率就能有效提高库区水质的误区。根据实地勘察,松华坝流域库区的水质下降与不断扩大规模的农家乐活动,以及随处可见的垃圾、废弃物有直接关系。

c. 在该研究中为了保护库区水质而对流域内的居民和工矿建设做种种限制收效甚微。通过在水源区内人口集中的村镇修建截污设施和垃圾回收处理设施,有效解决水源区所产生的点、面源污染;对养殖场、餐饮业和企业的污水应综合利用和处理,实现达标排放,可有效解决经济发展与库区水质保护的矛盾。

d. 流域内的水田面积的大小与库区的水质呈负相关,水田面积越大,库区水质越差,主要是因为水田中化肥施用过量导致灌溉过程(下转第20页)

的植物为人工栽培和长时间自然演替的植被,从山地到平原再到湖泊,水生、沼生、湿生、阴生及旱生等各种植物类型在园中均有分布。

3.3 昆明湖是北京重要的旅游和娱乐基地

昆明湖是北京的重要独特自然景观,在旅游娱乐及美学方面具有独特的价值,具有较大的旅游观光价值。昆明湖优美的湖光水色景观除其自身的观赏价值外,也是颐和园景观的点睛之笔,除可创造可观的直接经济效益外,还具有重要的文化价值。

4 水体污染控制对策

4.1 改善补水水源水质

补水水源的水质好坏是影响湖体水质的重要决定性因素。2004年以来,昆明湖改由官厅水库补水,致使昆明湖水水质较差,是整个昆明湖水水质恶化的主要原因。另外,其Ⅳ类水质对水体的生物多样性也造成了威胁,有时会导致一些水生动物的死亡,水生植物物种的生存环境堪忧,并使一些有害物种的耐性增强、数量增多,最后造成水体生态系统的破坏和生物多样性的减少甚至丧失。因此,减少或截断湖体外部输入的营养物质,对供水水源的水质进行源头控制,使湖泊水体失去营养物质富集的可能性,给湖体良好水质的供水水质条件,才能从根本上控制湖泊富营养化。

实现昆明湖水水质改善最重要的措施是对进入湖体的补水水源进行水质净化,如可采用沿途的生态净化及输送终端(入湖前)的混凝、沉淀等物化处理措施,对补水水源进行净化。

4.2 进行湖泊生态恢复工程

构建湖泊生态系统是实施昆明湖水水质保障的关

键措施。通过在湖滨和湖内重建良性生态结构和优化管理,改善湖泊营养循环模式,提高污染自净能力,抑制水华,实现湖泊生态良性恢复。

4.2.1 湖滨湿地生态工程

湖滨湿地净化带是湖泊水生生态系统与湖泊陆地生态系统间十分重要的生态过渡带,具有过滤功能、缓冲器功能,可以吸附和转移来自面源的污染物、营养物,改善水质,是湖泊地天然保护屏障,是健康的湖泊生态系统的重要组成部分^[5]。因此,在昆明湖湖滨带建立合理的湖滨湿地净化带,对防止面源污染、富营养化具有重要作用。

4.2.2 构建更加健康的水生生态系统

从目前的情况来看,应尽快恢复昆明湖多样水生高等植物。水生高等植物不仅能够快速吸收水体和沉积物中的营养盐,抑制浮游植物生长,同时在水中应放养多种水生动物,从而建立起完善的水生生态系统,构建科学、可持续的水体生态功能,不仅可保障水质效果,还可以提高水体的抗冲击能力。

参考文献:

- [1] 李振宇,孙冶. 阳宗海水体特征分析及控制对策初探[J]. 云南环境科学, 2005, 24(增刊):108-111.
- [2] 杜卫平. 官厅水库饮用水源功能恢复对策[J]. 中国水利, 2004(15):57-58.
- [3] 刘慧兰. 颐和园昆明湖水生植物景观的研究[J]. 中国园林, 2005(9):76-79.
- [4] 缪祥流. 颐和园昆明湖的历史和生态功能[J]. 城乡建设, 2006(6):47.
- [5] 颜昌宙,金灿灿,赵景柱,等. 湖滨带的功能及其管理[J]. 生态环境, 2005, 14(2):294-297.

(收稿日期:2006-08-24 编辑:高渭文)

(上接第17页)

中氮肥流失,因此应该引导农民使用科学的灌溉和施肥方法,或者使用不易流失的化肥等。

e. 阳宗海和松华坝水库是两个土地利用结构和水质变化对鲜明的流域,作为社会经济发达、森林覆盖率低的流域,其水质不降反升的情况,归功于当地政府1997~2001年期间对阳宗海采取了取缔网箱养鱼、控制机动船等措施,1997年在点源方面对阳宗海发电厂重新进行了设备的投资改造,使电厂排入阳宗海的水质有很大的改善,在面源方面实施了环湖截污工程。这些措施有效控制了阳宗海富营养化进程。所以1997年以来,阳宗海水质总体上呈现改善趋势,其中氮磷的控制效果尤为明显。阳宗海流域污水和垃圾的有效处理,其治理经验值得其他两个流域借鉴。

参考文献:

- [1] 杨立华. 松华坝水源保护区的保护与发展[J]. 创造, 2000(10):21-22.
- [2] 王红梅. 阳宗海水质现状及变化趋势分析[J]. 云南环境科学, 2003, 24(S1):170-171.
- [3] 罗莎莎,万国江,黄荣贵. 云南阳宗海沉积物-水界面铁、锰、硫的循环特征[J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16(5):75-77.
- [4] 张丕义,张进祥. 掌鸠河水源保护研究[J]. 云南环境科学, 2002, 21(1):29-30.
- [5] 杨树华,贺彬. 滇池流域的景观格局与面源污染控制[M]. 昆明:云南科技出版社,1998:1-3.
- [6] 杨树华,闫海忠. 滇池流域面山的景观格局及其空间结构研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,1999, 21(2):120-123.
- [7] 严登华. 东辽河流域景观格局及其动态变化研究[J]. 资源科学, 2004, 26(1):31-37.

(收稿日期:2006-06-14 编辑:高渭文)