

嫩江流域土地覆被变化对径流量的影响分析

叶宝莹, 张养贞, 张树文, 李颖, 常丽萍

(中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘要:以泥鳅河和科洛河流域为例分析了土地利用/土地覆被变化与河流径流量的关系。森林覆被变化导致了流域用水量的减少,而这部分并没有形成地表径流,而是存储在了森林和草地转变成的沼泽湿地中。科洛河流域耕地和林地面积的减少增加了地表径流,而且林地变化的影响大于耕地的变化。流域土地覆被变化与流域河流径流量的关系复杂,并非单一的覆被类型变化起主导作用,而是各种变化耦合作用影响了河流径流,但其中影响最为显著的是沼泽湿地的变化。

关键词:嫩江流域;土地覆被变化;径流量

文献标识码:A

文章编号:1000-288X(2003)02-0015-04

中图分类号:P349

Effect of Landcover Change in Nenjiang Watershed on Runoff Volume

YE Bao-ying, ZHANG Yang-zhen, ZHANG Shu-wen, LI Ying, CHENG Li-ping

(Northeast Institute of Geography and Agriculture Ecology, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130012, Jilin Province, China)

Abstract: Taking the case of Niqu river and Keluo river, the relation of land use/cover change with river runoff is discussed. When total precipitation increases in Niqu river watershed, surface runoff decreases. The change of forest cover results in decreasing of evaporative capacity. However, superfluous water has not formed surface runoff but was stored in mire wetland transformed from forest and grass land. The surface runoff was increased in Keluo river watershed because the forest area decreased. Forest change affects surface runoff more than farmland change. The relation of land use /cover change affecting river runoff is complicated, and it is not the result of unique land use/cover change, but the coupling operation of land use/cover change which affects river runoff. In general, the change of marsh is most effective in all the change.

Keywords: Nenjiang watershed; change of land cover; runoff volume

任何生态系统、流域或大区域的热平衡是该区水平衡的直接动力。热平衡的任何改变将不可避免地导致水平衡的变化,这对区域水资源管理是至关重要的。土地利用/土地覆被变化可以直接影响地表水文过程或通过影响气候影响水文状况,气候变化的结果将反作用于土地利用/土地覆被变化^[1]。

土地利用/土地覆被变化影响水循环的 4 个主要途径是^[1]:形成洪水、干旱、河流及地表体系变迁,影响水质。其中前 3 个与水量有关。森林砍伐能促使局地形成溪流。干旱和半干旱区过度放牧使牧草植被减少,减少水在土壤中的渗透,结果影响植被的更新、再生,有可能使土壤变得干燥。反过来,永久性河流将由于地表水的减少而受到严重影响。更多的水流将集中在洪水或丰水季节,而更少地发生在干旱期。水量影响另一个结果是河流水体和地表水中的物质迁移,例

如树木砍伐将导致附近溪流中的沉积物增加,这些沉积物达到一定数量时可能严重干扰生态环境系统。

河川径流的变化主要受自然活动和人类活动这 2 个方面的作用。为了研究土地利用/土地覆被变化与流域径流量关系,专门选择了嫩江上游的科洛河(面积为 7 807 km²,以科后水文站以上计算,下同)和门鲁河支流泥鳅河(面积为 2 359.6 km²,以霍龙门水文站以上计算)2 个 2 级流域,因为这 2 个流域地处大兴安岭,林地面积在 2000 年分别占了流域面积的 57.24%,39.88%,与 20 世纪 80 年代中期相比下降了近 10%。

考虑到地表径流是点上的观测记录,而不是在空间上连续分布的,降水量则是空间上连续分布而以观测点来记录的,在计算流域年总降水量时,计算的是径流量观测站以上区域的总降水量,而地表径流则直

收稿日期:2002-12-08

资助项目:中国科学院知识创新项目“东北地区 100 年 LUCC 数字重建”(KZCX2-SW-320-1)

作者简介:叶宝莹(1972—),男(汉族),天津市人,博士,主要研究方向为环境遥感与地理信息系统。电话(0431)5542229, E-mail: woodfish@iholley.com。

接使用观测值,这样可以将二者统一起来,通过计算 2 个流域主要土地利用/土地覆被类型的变化与降水量、径流量来研究二者的关系。

1 泥鳅河流域土地覆被变化对流域径流量的影响

泥鳅河是嫩江上游左岸一级支流门鲁河的支流,即嫩江的 2 级支流,流域面积为 $2\,359.6\text{ km}^2$,河长 257 km , (霍龙门水文观测站以上)。20 世纪 80 年代中期到 2000 年期间,土地利用/土地覆被变化显著(表 1),其中变化最大是旱地,1986 年占了 9.03% ,1995 年上升到 15.68% ,2000 年则占了 21.62% ;林地的变化也比较大,由 1986 年的 67.59% 下降到了 2000 年的 57.24% 。水域和沼泽地在 1986—1995 年段变化也比较大,而到了 2000 年则有所下降。

表 1 泥鳅河流域土地覆被变化 %

覆被类型	旱地	林地	草地	水域	居民地	沼泽地
1986	9.03	67.59	8.28	0.78	0.39	13.93
1995	15.68	59.23	6.15	1.58	0.41	16.96
2000	21.62	57.24	7.29	1.07	0.41	12.37

上述变化仅仅反映了土地覆被类型面积的变化量,而在这个过程中还包含着相互的转化,在 1986—1995 年期间,林地主要变成的是草地、耕地和沼泽地,而草地主要变成的是沼泽地,1995—2000 年期间的变化主要是沼泽地变成旱地。参与变化的面积占了总面积的 10% 。

土地利用/土地覆被的剧烈变化势必导致流域水文状况的改变。为此,我们选择各个时期覆被类型的面积与流域的年总降水量、年径流量和二者之差(蒸发、渗透所消耗的水量)等几个变量,来研究土地利用/土地覆被变化对流域水量的影响,并假定总的降水量与地表覆被变化并不直接相关,而与径流量、蒸发量和渗透消耗水量有关^[2,3]。

由于土地覆被面积和水量指标的单位并不统一,先进行数据标准化,以 1986 年的数据为 1,而 1995 年和 2000 年的则与之相比,该比值反映了各期间的变化,是无量纲参数,因而可以进行趋势比较。为了反应林地和草地面积变化与水量的关系,使用了比值的倒数,来解决林地减少而流量增加的问题。

泥鳅河流域在 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期,总降水量的变化由 $9.12 \times 10^8\text{ m}^3$ 增加到 $1.21 \times 10^9\text{ m}^3$,增长了 $3.01 \times 10^8\text{ m}^3$,年径流总量由 $2.41 \times 10^8\text{ m}^3$ 增加到 $3.00 \times 10^8\text{ m}^3$,增长了 $5.90 \times 10^7\text{ m}^3$,与降水量相比增长不大。而蒸发和渗透作用消耗的水

量明显增加,在 20 世纪 80 年代中期是 $6.70 \times 10^8\text{ m}^3$,到了 20 世纪 90 年代中期增加到 $9.14 \times 10^8\text{ m}^3$,增长了 $2.44 \times 10^8\text{ m}^3$,占了总降水量增量的 81.06% 。

也就是说,降水量增长的 80% 以上都用于了植被蒸腾、滞留和土壤的下渗作用,而在这一过程中植被的蒸腾作用是减弱的。Ryszkowski^[4]在 Wielkopolska 地区的观测数据证明了林地的蒸发量是最大的。这说明有更多的水滞留在原地和土壤下渗。

比较 3 期的土地利用/土地覆被数据,从中可以看出,森林主要变成了草地、沼泽地和旱地,草地的面积也在减少,大部分都变成了沼泽地。从数量上来说,林地减少了 $28\,163\text{ hm}^2$,草地减少了 $7\,171\text{ hm}^2$,而耕地增加了 $22\,366\text{ hm}^2$,同时,沼泽地净增加了 $10\,199\text{ hm}^2$ 。显然,沼泽湿地面积的大量增加是径流减少的主要原因,沼泽湿地面积增加,减少了年总径流量(Q),用于蒸发和渗透的水量($P-Q$)增加,反之亦然(图 1,2)。

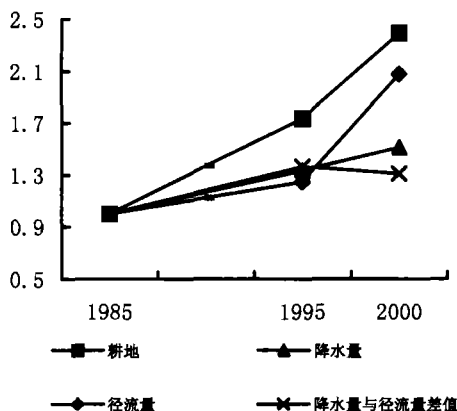


图 1 泥鳅河流域耕地面积与径流变化趋势

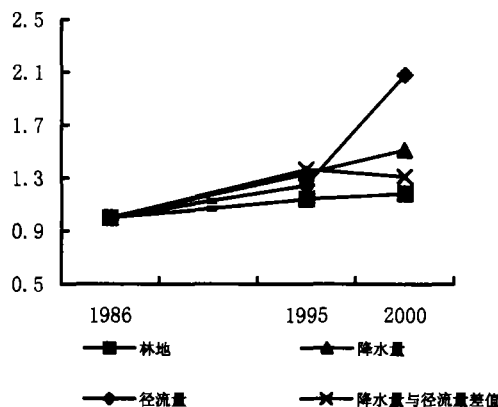


图 2 泥鳅河流域林地面积与径流变化趋势

沼泽湿地的形成与泥鳅河流域的地形有关。该流域的海拔在 $300\sim 700\text{ m}$ 之间,坡度一般在 3° 以下,而且森林的开垦集中在河流两侧地势比较平坦的地方,

降水很难形成径流。再加上森林冻土层、沉积层的存在,影响水分入渗,使土壤水分超过其蓄水量,于是喜光、湿生的沼泽植物首先入侵,形成沼泽。而沼泽湿地可以存储过量的水分,有生物蓄水库之称^[5]。沼泽湿地变化与总降水量(P)和径流量(Q)的关系不是很明显,而与用于蒸发和渗透的水量($P-Q$)相关性显著。与沼泽地相反的是草地,草地面积的减少,蒸发渗透水量也减少,二者的趋势是同步的(图 3,4)。

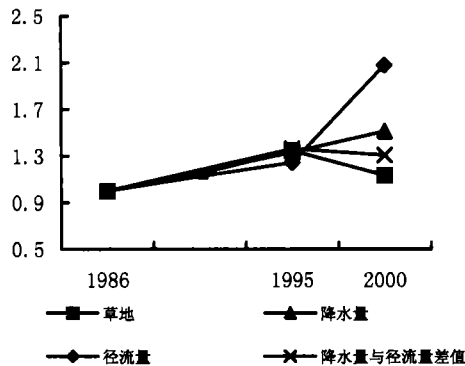


图 3 嫩江流域草地面积与径流变化趋势

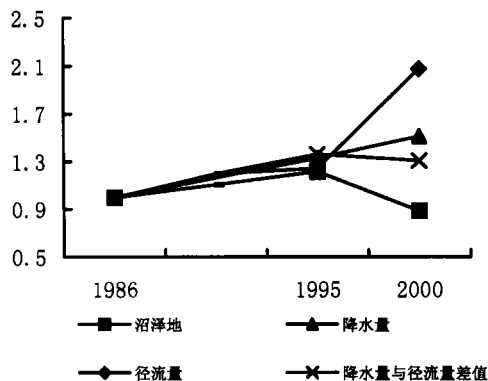


图 4 嫩江流域沼泽地面积与径流变化趋势

耕地面积的增加,导致了径流量的增加,二者的相关性比较很显著(图 1)。林地的面积减少引起径流量增加在 1986—1995 年期间不很显著(图 2),林地变成耕地径流量会增加,但沼泽地的增加却使径流量减少了,而且远远超过前者的增加量。而在 1995—2000 年间,林地面积减少的同时,径流量大增,这与林地主要开垦为耕地有关。

综上所述,嫩江流域总降水量增加的同时,地表径流在减少,森林覆被变化减少了流域的用水量,而这部分并没有形成地表径流,而是存储在森林和草地转变成的沼泽湿地中。耕地面积增加引起的径流增加量全部被沼泽湿地所吸收。林地和草地减少并改变为耕地才会使径流量增加。

2 科洛河流域土地覆被变化对流域径流量的影响

科洛河位于嫩江左岸,流域面积比泥鳅河大 2 倍多,为 7 807 km²,河流长 136 km(科后水文站观测以上)。在 1986—2000 年土地覆被变化也非常显著(见表 2),耕地面积增加 9.35%,林地面积减少 8.37%,而耕地面积在 1986—1995 年减少的幅度远远低于 1995—2000 年的幅度。林地的变化幅度不大。

表 2 科洛河流域土地覆被面积变化

年份	旱地	林地	草地	水域	城镇居民地	沼泽地
1986	25.69	48.61	2.66	0.21	0.76	22.08
1995	29.88	42.00	1.74	0.31	0.77	25.30
2000	35.04	39.88	2.19	0.26	0.77	21.86

我们采用和泥鳅河流域相同的方法来分析该流域土地利用/土地覆被变化对流域径流的影响,并与泥鳅河比较,分析二者的异同点,与泥鳅河流域研究略有不同的是,仅林地采用倒数计算。

科洛河流域的耕地面积变化与径流量(Q)变化的相关性显著(图 5),耕地面积增加导致了地表径流量的增加,径流量增加的同时,渗透和蒸发的水量($P-Q$)增加了,说明,总的降水量(P)在地表径流和用于蒸发渗透的水量变化基本上持平。

林地面积的减少,导致流域径流量的增加也很显著(图 6),而且与耕地面积变化相比对径流量的影响更为明显,耕地的变化在 1986—1995 年期间的年均变化速率小于 1995—2000 年期间的变化,径流量的变化也是如此。而林地的变化在 2 个时期的年均变化速率基本上一致,径流量变化在 1995—2000 年期间明显大于前个时期,说明森林面积变化对流域径流量的影响更为显著。

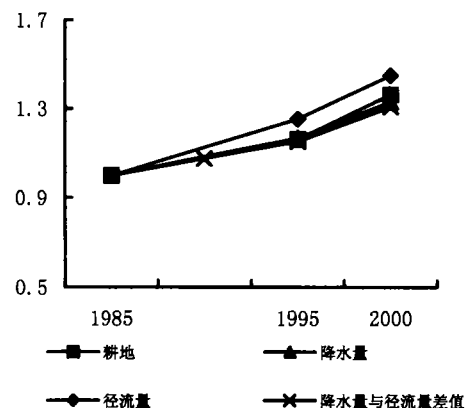


图 5 科洛河流域耕地面积与径流变化趋势

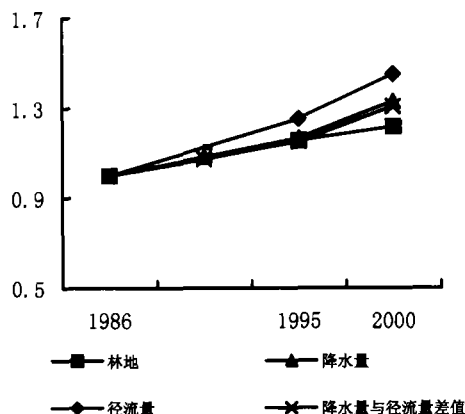


图 6 科洛河流域林地面积与径流变化趋势

科洛河流域草地面积在 1986—1995 年期间是减少的,对径流量的影响不是很显著(详见图 9),而是草地的面积比较少(1986 年仅占总量了 2.66%),而泥鳅河流域的草地面积占了 8.28%;另一方面,在 1986—1995 年期间,草地减少,变成耕地、林地和沼泽地的面积基本上相当。变成耕地,蒸发量减少,径流量会增大,而林地和沼泽地会导致径流量减少,这样,对流域总径流量的增加有所削弱。在 1995—2000 年期间,草地面积增加,径流量也增加了,因为多出的草地主要来源于沼泽湿地,占了近 40%,沼泽湿地的减少是导致径流量增加的主要原因。这与泥鳅河流域研究的结论一致。

科洛河流域沼泽湿地在 1986—1995 年期间在增长,而年总径流量也是增加的,这与泥鳅河流域的结果相反。但值得注意的是,科洛河流域的年总径流量(P)与蒸发和渗透用水量($P-Q$)之比很小,只有 1:5 左右,而泥鳅河流域不足 1:3。也就是说,科洛河流域的总降水量只有很少一部分消耗在了地表径流上,而且,科洛河流域的年总降水量比泥鳅河大的多。这与沼泽湿地和耕地比重大有一定的关系,二者消耗了更多的水量,沼泽地的增加主要是砍伐林地形成的,而且与林地变为耕地的面积相比,多了 1 倍左右。这也是径流增加的原因之一。

在 1995—2000 年,沼泽湿地减少,径流量大增。原因在于在这个过程中,沼泽变成了旱地。而林地的减少也主要变成了旱地,旱地的增加导致了地表径流的增加。

综上所述,科洛河流域耕地和林地面积的减少增加了地表径流,而且林地变化的影响大于耕地的变化。草地所占面积比较小,因而影响不是很大。沼泽湿地的增减对地表径流的影响最大。

综合 2 个流域的分析结果,我们认为,2 个流域对地表径流影响最为显著的是湿地的变化,其次是林地和旱地,但这种影响是各种土地覆被之间变化藕合作用的结果,单一增减或变化的幅度不是很大都不能对地表径流产生很大影响。林地减少,如果变成耕地,地表径流会增加,变成草地次之,如果变成沼泽湿地,则地表径流反而会下降。沼泽湿地也是,如果变成耕地则地表径流量会增加。但变成了林地或草地的结果就不能肯定了。如果在该流域内,沼泽湿地的面积比较大,若变成耕地,则径流量会增加。草地对地表的截流作用介于耕地和林地之间,因而其变化对地表径流的影响并不起决定作用。

[参 考 文 献]

- [1] Peter Rogers, Hydrology and Water quality [M]. In: William B. Meyer and B. L. Turner II, Change in Land Use and Landcover: A Global perspective. Cambridge University Press, 1998. 231—257.
- [2] 内蒙古自治区统计局编. 内蒙古统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1997.
- [3] 内蒙古自治区统计局编. 内蒙古统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [4] Ryszkowski L, Balazy S. Land-use change in the agricultural region of wielkopolska, Poland [M]. In: Kronert R, Bandry J., Bowler I. R., Reenberg A. Land-use change and their environmental impact in rural areas in Europe, Paris, and the Parthernon Publishing group. 1999. 189—204.
- [5] 赵魁义. 中国沼泽志 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.