

# 黑龙江省中部地区森林对融雪径流的影响

张庆费

周晓峰 蔡体久

(华东师范大学环境科学系, 上海 200062)

(东北林业大学森林资源环境学院)

**摘要** 利用多元回归统计方法, 分析黑龙江省呼兰河和汤旺河流域森林覆盖率、单位面积立木蓄积对融雪径流量和融雪输沙量的影响。结果表明森林能增加融雪径流量, 减少融雪输沙量。而趋势分析结果显示了两个流域融雪径流量呈减少趋势, 这与研究地区森林资源变化的趋势一致。因此, 植树造林是增加融雪径流量, 减少东北地区春耕干旱的一项有效措施。

**关键词** 森林; 融雪径流量; 融雪输沙量

**Influence of forest on snowflow in the middle region of Heilongjiang Province** Zhang Qing-Fei (Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062), Zhou Xiao-Feng and Cai Ti-Jiu (College of Forest Resources and Environment, Northeast Forestry University), *J. Plant Resour. & Environ.* 1994, 3(3): 36~40

The influence of forest coverage and stand stock per unit area on snowflow and snow sediment in Hulan River and Tangwang River basins in Heilongjiang Province were studied by multiple regression method. The results showed that forest increase snowflow discharge and reduce snow sediment load. The snowflow discharge of this two basins appeared to have the trend of decline from the results predicted by trend analysis method, they were consistent with the tendency to the forest resources change trends. So afforestation is an effective way to increase snow flow for decreasing drought on spring ploughing in northeastern China.

**Key words** forest; snowflow discharge; snow sediment load

黑龙江省位于高纬地区, 冬季严寒, 河流封冻, 流域积雪。春季气温升高后, 冻融雪化, 4月份径流量明显高于1、2和3月份, 形成寒冷地区特有的春汛。而4~5月正值春耕季节, 降雨量小, 又逢蒙古高压东移经过本区, 空气干燥, 容易造成春旱, 影响农牧业生产。因此, 如何增加融雪径流量, 弥补河道枯水期流量, 缓解中、下游春耕用水矛盾, 是农业生产急需解决的实际问题。近年来, 我国开始对森林中雪的水文效益进行研究, 森林对积雪量和融雪径流量的影响已引起重视, 一些学者开始进行这方面的研究<sup>[1~4]</sup>, 但主要限于径流小区和小集水区水平, 对于大流域范围内森林对融雪径流效应的研究, 目前国内尚为少见。作者选择黑龙江省中部地区两个典型流域(农区和林区), 结合降雪量的变化, 分析流域范围内森林对融雪径流的效应。

## 1. 研究地区概况

### 1.1 呼兰河流域

呼兰河是松花江右岸最大支流之一, 兰西水文站控制全长420 km, 流域面积27 736 km<sup>2</sup>, 上游东北部山区为针阔混交林和落叶阔叶林, 中下游为漫岗平原, 是松嫩平原的重要组成部分, 也是黑龙江省主要粮区之一, 原始植被消失殆尽, 森林植被主要是农田防护林和水土保持林, 全流域森林覆被率28.5%(1987年)。本区位于中、北温带大陆性季风气候区, 年平均气温2°~4℃, 1月平均气温-21.1℃, 极端最低气温-44.9℃, 7月平均气温22.2℃, 极端最高气温37.3℃, 多年平均降雨量576 mm, 年蒸发量1 182 mm。

### 1.2 汤旺河流域

汤旺河也是松花江右岸最大支流之一, 晨明水文站控制河长449 km<sup>2</sup>, 流域面积18 857 km<sup>2</sup>, 本流域位于小兴安岭林区, 是我国主要林区之一, 主要植被是以阔叶红松林为主的温带针阔混交林, 森林覆被率为64.7%(1987年)。本流域属北温带大陆性季风气候区, 冬季寒冷干燥, 夏季高温多雨, 年平均气温-1℃, 1月平均气温-26℃, 7月平均气温20℃, 年降雨量628 mm, 年蒸发量1 036 mm, 河流封冻期达5个月, 平均冰厚约1.5 m。

## 2. 研究方法

在各流域范围内, 收集有关林业局或县的年度森林资源统计资料及连续资源清查资料<sup>\*</sup>, 计算每个流域各年度森林覆被率、单位面积立木蓄积量, 并分别作为流域森林资源数

表1 汤旺河流域雪水文参数和森林资源

Tab 1 Snow hydrological parameters and forest resources in Tangwang River basin

年度 Year	融雪径流量 (m <sup>3</sup> /s) Snow flow discharge	融雪输沙率 (%) Snow sediment flux	降雪量 (mm) Amount of snow fall	森林覆被率 (%) Forest coverage	单位立木蓄积 (m <sup>3</sup> /ha) Unit stock volume
1971	85.6	4.55	66.3	58.6	83.3
1972	53.0	0.66	43.8	59.0	82.5
1973	178.0	13.50	98.5	59.2	81.4
1974	62.1	1.18	59.9	60.3	80.3
1975	119.0	4.08	59.4	61.5	79.2
1976	54.9	1.30	70.6	63.0	78.7
1977	42.1	0.64	72.1	64.1	77.8
1978	45.0	0.49	79.0	65.4	77.0
1979	99.3	4.15	86.2	67.1	76.3
1980	52.3	2.09	70.1	66.0	75.7
1981	147.0	5.02	58.4	65.4	74.4
1982	128.0	4.13	67.4	65.1	73.6
1983	166.0	22.00	110.6	64.6	72.5
1984	164.0	14.70	85.4	63.9	72.2
1985	168.0	17.70	79.9	65.4	71.8
1986	96.5	3.17	65.8	64.9	70.1
1987	76.9	2.04	60.8	64.7	69.1

\* 黑龙江省森林资源统计年报(1971~1987), 黑龙江省林业厅资源处  
黑龙江省森工总局森林资源统计年报(1971~1987), 黑龙江省森林资源管理局

量和质量的度量指标。因呼兰河和汤旺河流域降雨量观测站多,分别为54和28个,故以各观测站同期降雪测定值\*的平均值,作为流域的降雪量,而根据研究地区的气象状况,每年11月以后,气温均低于0℃,降水以雪或冰的形式积存于地表,次年4月逐渐融化,形成融雪径流,因此,把上年度11~12月和本年度1~4月降雪(含4月中、下旬有时出现的降水)总量,作为研究时段降雪量。而各年度融雪径流量、输沙率以各流域控制的水文站为单位,取自水文年鉴有关年度相关时期的测定值\*(见表1和表2)。并对各流域森林覆被率、单位立木蓄积、降雪量和四月份径流量、输沙率分别进行多元回归统计分析,在考虑降雪量变化的情况下,找出森林对融雪径流量、输沙量的影响。

表2 呼兰河流域雪水文参数与森林资源

Tab 2 Snow hydrological parameters and forest resources in Hulan River basin

年度 Year	融雪径流量 (m <sup>3</sup> /s) Snow flow discharge	融雪输沙率 (%) Snow sediment flux	降雪量 (mm) Amount of snow fall	森林覆被率 (%) Forest coverage	单位立木蓄积 (m <sup>3</sup> /ha) Unit stock volume
1971	44.9	23.3	51.4	23.3	24.1
1972	52.2	11.9	44.3	23.3	23.4
1973	178.0	78.0	70.4	23.9	23.0
1974	54.3	15.9	47.2	24.0	23.3
1975	91.3	47.6	46.3	24.0	21.8
1976	33.9	18.9	68.6	24.0	21.6
1977	40.5	24.4	73.0	24.0	21.0
1978	29.7	3.0	75.1	23.9	21.0
1979	76.8	37.9	63.3	24.3	21.1
1980	36.4	19.7	55.2	24.6	20.9
1981	48.6	23.5	40.6	24.9	20.8
1982	78.2	41.8	58.1	25.2	20.5
1983	71.6	50.4	98.4	25.3	20.2
1984	102.0	131.0	65.8	25.2	20.1
1985	75.0	37.5	45.6	26.6	20.2
1986	80.3	33.4	42.6	28.3	20.1
1987	61.9	50.1	49.4	28.5	19.9

### 3. 结果与分析

#### 3.1 森林对融雪径流量的影响

以4月经流量(R)和降雪量(S)、森林覆被率(C)及单位立木蓄积(V),建立多元回归统计方程,结果如下:

$$\text{呼兰河 } R = -447.3470 + 7.2094C + 17.9468V + 0.4199S$$

$$\text{复相关系数 } \gamma = 0.7021$$

$$\text{汤旺河 } R = -433.9760 + 4.3062C + 2.4507V + 1.0508S$$

$$\text{复相关系数 } \gamma = 0.6878$$

从以上回归模型可以看出,融雪径流量与森林覆被率、单位面积立木蓄积和降雪量呈正相关,因此,森林能增加融雪径流量。融雪径流的水文动态直接取决于流域内冬春季季节性

\* 黑龙江省水文年鉴(1971~1987),黑龙江省水文总站

积雪量及融雪过程。森林的庇荫,大大减少了太阳对地面及部分林冠积雪的直接辐射,降低了地表昼温。而且林内风速减弱,林冠下空气乱流交换作用较弱,冷空气下沉至融雪面,林内积雪的表面蒸发量减少,维持了雪压的稳定性,增加了林内积雪量,并使林内融雪初始时间推迟,融雪期延长,融雪径流量增大。魏晓华等<sup>[3]</sup>利用径流小区对比,得出蒙古栎林的融雪径流量比皆伐地增加2.16倍,而王传宽等<sup>[1]</sup>测得带状皆伐处理的集水区比未处理集水区的融雪径流量减少9.32~10.37%,这些径流小区和小集水区试验结果也从微观上证实了森林增加融雪径流的效应。

### 3.2 融雪径流量的趋势分析

为了预测两流域融雪径流量的动态变化趋势,为有关决策提供某些依据,作者利用趋势分析法(trend analysis method),预测融雪径流量随时间变化的规律性,并用数学模型进行模拟,经过比较和筛选,用二次多项式进行模拟,结果如下:

$$\text{呼兰河 } R=70.3051+0.2822T-0.0222T^2 \quad \gamma=0.5810$$

$$\text{汤旺河 } R=67.9000+0.1662T-0.0206T^2 \quad \gamma=0.5971$$

从趋势方程和趋势图(图1和图2)可以看出,两河流融雪径流量呈减少趋势,并且汤旺河融雪径流量减少幅度略大,这与汤旺河流域森林减少幅度较大相符合,也证明了森林对融雪径流量的正效应。当然,由于融雪径流量受降雪量的深刻影响,而且资料序列较短,所以,趋势模拟结果不一定特别理想,有待于处理方法的进一步改进。

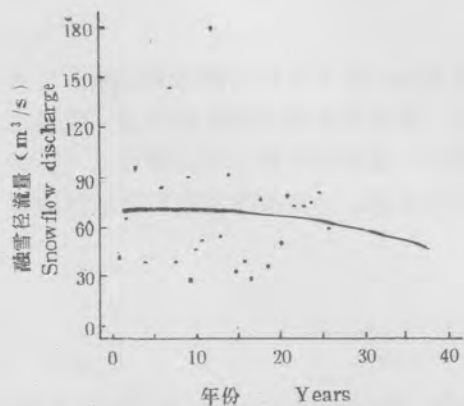


图1 呼兰河融雪径流量的趋势

Fig 1 Snowflow discharge trend diagram in Hulan River

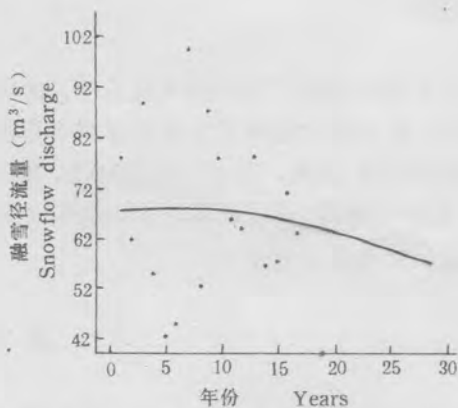


图2 汤旺河融雪径流量的趋势

Fig 2 Snowflow discharge trend diagram in Tangwang River

### 3.3 森林对融雪输沙量的影响

研究地区是典型的夏雨型气候,降雨集中在6~8月,土壤侵蚀也主要产生在汛期,约占全年70%。而冬春季降雨量小,人们往往忽视其间的土壤水蚀危害,但本区是典型的融雪径流产流区,融雪时间集中,径流量大,并受冻融侵蚀的影响,当土体上部融化时,下部仍冻结,两层间形成不透水层,融雪水不能渗入土壤,容易形成地表径流,冲蚀土壤泥浆,而夜间气温降低,土壤重新冻结,这个过程反复进行,容易导致土壤流失,4月河流输沙量一般占全

年10%，因此，分析森林对融雪输沙量(即固态降水输沙量)的影响，能够更全面揭示森林对土壤侵蚀的影响。

利用森林覆被率(C)、单位面积蓄积量(V)、降雪量(S)、4月径流量(R)和4月悬移质输沙率(L)进行回归分析，建立了下述回归模型：

$$\text{呼兰河 } L=132.2645+1.1109C-9.5231V+0.2590S+0.6028R$$

$$\text{复相关系数 } \gamma=0.7054$$

$$\text{汤旺河 } L=-50.4139-0.4432C-0.3377V+0.0686S+0.1564R$$

$$\text{复相关系数 } \gamma=0.7201$$

从上述方程看出，融雪输沙量与降雪量、融雪径流量呈正相关，但与森林因子的关系比较复杂，呼兰河流域融雪输沙量与森林覆被率呈正相关，与单位立木蓄积量呈负相关，而汤旺河流域则与两者皆呈负相关。从森林对融雪径流量的影响关系式看出，森林覆被率和单位蓄积与融雪径流量呈正相关，呼兰河的单位蓄积回归系数(17.9468)远大于森林覆被率的回归系数(7.2094)，而径流量与输沙量呈正相关，因此，森林数量和质量对河流输沙量的影响产生了差异，不过，从与输沙率的回归系数上看，负相关的单位蓄积回归系数远大于正相关的森林覆被率回归系数，两者的综合影响也呈负相关关系。所以，从总体上看，森林能减少融雪期输沙量，这是因为林木发达的根系能固持土壤，其地上部分特别是死地被物能拦截过滤地表径流内的固体物质，从而减少了土壤流失量。

#### 4. 小 结

由于森林形成了特殊的气候条件，林内冬春季积雪增多，冰雪融化时间推迟，融雪径流量增大，这有利于缓解东北地区春耕干旱的威胁，同时，森林也能减少融雪输沙量，减轻水土流失的危害。因此，在延长融雪时间，增大融雪径流量上，植树造林是一项有效而又可行的措施。但不同树种、不同森林类型和结构对融雪径流效应的差异，尤其是能发挥最佳效能的森林配置仍有待进一步探讨。

#### 参 考 文 献

- 1 王传宽，周晓峰. 1991：带状皆伐对径流量影响的研究，见：周晓峰主编，森林生态系统定位研究(第一集)，东北林业大学出版社，哈尔滨. 373~379.
- 2 梁林恒，周幼吾. 1992：冰川冻土 14(2)：134~140.
- 3 魏晓华，王业蓬. 1993：农村生态环境(3)：5~8.
- 4 任青山，魏晓华，葛剑平等. 1994：东北林业大学学报 22(2)：11~16.

(责任编辑：许定发)