# 祁连山区森林景观格局对水文生态效应的影响

杨国靖, 肖笃宁, 周立华

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要**: 在地理信息系统 ArcGIS 环境下, 结合 1987 - 2001 年的水文资料, 用 Spatial Analyst、Hydrologic Modeling 等扩展模块, 对祁连山中段北坡大野口河流域和海潮坝河流域的景观格局与水文特征进行比较分析, 结果表明: 大野口河流域的景观组分以低海拔的草地和乔木林占优势, 草地所占面积最大, 整个景观较为破碎; 海潮坝河流域的景观组分以高海拔的裸地和灌丛占优势, 裸地所占面积最大, 景观破碎化程度相对较低。大野口河流域的蒸散发占降水量的 61 %, 流域径流系数为 0.39; 而海潮坝河流域的蒸散发占降水量的 41 %, 流域径流系数为 0.59。研究表明, 导致两流域生态水文效应相差较大的主要原因是两流域不同的景观格局。

**关 键 词**: 祁连山区; 景观格局; 水文生态效应

**中图分类号**: X143 **文献标识码**: A **文章编号**: 1001-6791(2004)04-0489-06

在森林与生态环境相互作用的过程中, 水文过程是最为重要的方面之一[1], 然而森林与水的关系受气象、地形、地质、土壤、植被等诸多因素的影响。Swank 和 Brut 等的研究结果表明, 流域产水量的变化是森林植被恢复速度或叶面积指数的函数[2,3]; 英国 Plynlimon 流域、Coalburn 流域和 Balquhidder 流域的试验结果证明, 森林植被可减少产水量[4]; 刘昌明等通过径流分析得出, 黄河中游黄土高原的森林减少了年径流总量, 林区径流系数比非林区小 34.0 %～68.5 %[5]; 而扈祥来在研究黄土丘陵地带森林植被对水资源的影响时却得出相反的结论, 林区径流大于非林区径流[6]; 马雪华在研究四川省西部米亚罗高山林区时, 得出森林流域年径流量较无林区或少林流域大的结论[7]。这些研究大多是将生态系统作为一个整体, 来研究水分的输入与输出, 水分在异质景观中的运移目前仍不清楚。尽管许多研究显示, 景观中水分运动以及不同景观结构对水分的影响十分重要, 但涉及该方面的研究为数不多[8]。在中、小型流域尺度上, 水分的运动与景观空间格局具有密切关系, 格局的改变可以对水分在空间上的重新分布起到调节作用[9], 合理的景观格局将有利于水分的循环, 从而改善区域生态环境, 不合理的景观格局会导致水循环失调, 造成生态环境的恶化。

祁连山区是我国西北干旱环境下一个以森林、草原为主体, 较为湿润的复合生态系统, 现有水源涵养林 43.61 万 $hm^2$, 冰川储量 811.2 亿 $m^3$, 二者构成了巨大的天然水库。每年有 72.6 亿 $m^3$ 的出山径流通过石羊河、黑河、疏勒河等内陆河水系, 灌溉着河西走廊 70 万 $hm^2$ 农田, 养育着 400 多万人口。可以说祁连山森林资源是河西走廊社会经济发展的基础, 对维护区域的生态安全发挥着不可替代的作用。本文以祁连山区中段北坡的大野口河与海潮坝河两个小流域为研究区域, 通过比较两流域不同的景观格局, 来研究流域尺度上景观格局对水文生态效应的影响, 为流域水资源开发和流域景观设计提供科学依据。

## 1 研究区域

### 1.1 流域地理特征

大野口河和海潮坝河两个小流域均位于祁连山中段, 相距 28 km, 气象、降水、地貌和水文地质状况基本相同, 属北祁连山褶皱带, 由典型的地槽沉积物组成, 大部分为硅质岩和石灰岩[10], 有山地灰褐土、山地栗

**收稿日期**: 2003-11-28; **修订日期**: 2004-03-20

**基金项目**: 国家自然科学基金西部计划重大资助项目 (90102004)

**作者简介**: 杨国靖(1975 - ), 女, 山东冠县人, 博士研究生, 主要从事景观生态及生态水文方面的研究。

钙土、高山草甸土和高山寒漠土 4 种主要土壤类型。低山地带坡度均在 20°～30°之间，高山地带坡度在 40°左右，均属高寒干旱气候，年平均气温为 5.4 ℃，最低月平均气温为 - 12.5 ℃，最高月平均气温在 19.6 ℃左右；年降水量为 300～500 mm，多集中在 6～9 月份，年蒸发量为 1 488 mm。两流域主要的植被类型也基本相同，乔木有分布在阴坡、半阴坡的青海云杉和阳坡、半阳坡的祁连圆柏。大野口河流域的青海云杉林多为中龄和近成熟林，郁闭度为 0.6 左右，祁连圆柏林多为中龄林，郁闭度为 0.2～0.4；海潮坝河流域的青海云杉林多为中龄林，郁闭度为 0.6 左右，祁连圆柏林多为幼、中龄林，郁闭度为 0.2～0.4。在海拔 2 650 m 的高度均有小型水库和水文站，大野口河水文站控制面积为 68.06 $km^2$，海潮坝河水文站以上控制面积为 131.06 $km^2$，两流域的地理特征见表 1。

**表 1 两流域基本特征**

**Table 1 Characters of the two watersheds**

| 流域名称 | 流域面积 / $km^2$ | 海拔 / m | 平均海拔 / m | 形状系数 | 河流长度 / km | 平均坡度 / ‰ | 河网密度 / (km·$km^{-2}$) | 森林覆盖率 / % | 植被覆盖率 / % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 大野口河流域 | 68.06 | 2 650～4 600 | 3 330 | 0.258 | 16.24 | 113.4 | 2.92 | 38.37 | 83.09 |
| 海潮坝河流域 | 131.06 | 2 650～4 880 | 3 680 | 0.302 | 20.85 | 103.6 | 2.46 | 35.2 | 51.5 |

### 1.2 景观组分划分

根据两流域的土地利用覆盖类型和植被类型，划分为以下 6 个景观组分：

乔木林：乔木层盖度 ≥0.4 的地段，包括青海云杉林和祁连圆柏林；疏林：乔木层植被盖度为 0.1～0.3 的地段；灌丛：灌木层植被盖度 ≥0.4，植被总盖度 ≥0.6 的地段；草地：灌木层植被盖度 ≤0.3，草本盖度 ≥0.6 的地段；裸地：植被总盖度 < 0.3 的岩石或土层裸露的地段，这里多为裸露的岩石；水域：指水库。

冰川和永久性积雪：分布在 4 200 m 以上被冰川和积雪覆盖的土地。

## 2 研究方法

### 2.1 景观格局指标计算

在地理信息系统软件 ArcGIS 环境下，生成研究区 1∶50 000 的 DEM 图、坡度图和坡向图，以 2001 年的 Landsat ETM$^+$ 卫星遥感影像为基础，生成两流域 1∶50 000 植被景观图，并同 DEM 图和坡向图进行叠加分析，计算出两流域各景观组分的面积、面积比、斑块数、各景观组分在不同海拔和不同坡度的分布、景观破碎度等景观格局指标。破碎化指数用以反映景观空间结构的复杂性，这里采用单位面积上各种景观组分斑块的数目表示：

$$C = \sum_{i=1}^{m} n_i / A \tag{1}$$

式中 $C$ 为破碎度指数；$A$ 为景观组分的总面积；$n_i$ 为景观组分 $i$ 的斑块总数。

### 2.2 流域平均降水量的计算

影响山区降水量的主要因素是海拔，祁连山区年降水量随海拔升高呈线型递增趋势。高前兆和杨新源根据黑河流域多年气象站的实测值推算，降水量随高度的递增率为 10～20 mm/ 100 m[11]；汤懋苍根据祁连山地所有测站(包括水文站)的降水记录做出了年降水量与海拔高度的相关图，并由此推出黑河流域降水量随高度的递增率或递减率为 17～23 mm/ 100 m[12]；祁连山水源涵养林研究所根据寺大隆林区实验站 17 年(1973 - 1990 年)的观测资料推算，得出祁连山森林草原带海拔每升高 100 m 降水量平均增加 18.6 mm，平均递增百分率为 4.99 %[13]。由于本文的两个小流域面积较小，海拔高度、地理位置、下垫面、水热状况同实验区相差不大，可以采用祁连山水源涵养林研究所的研究结论。为求得不同高度带的降水量，以 200 m 等高距，将大野口河流域分为 10 个高度带，海潮坝河流域分为 11 个高度带，并计算出各高度带的权重。根据研究区的降水递增率，以大野口河流域和海潮坝河流域海拔 2 650 m 的气象站(1987 - 2001 年)年平均的降水资料为基准，分别求出各高度带的降水，将各高度带降水量累加，取加权平均，求出两流域的平均降水量，算式为

$$\bar{P} = f_1 P_1 + f_2 P_2 + f_3 P_3 + \cdots + f_n P_n = \sum_{i=1}^{n} f_i P_i \tag{2}$$

式中　$\bar{P}$ 为流域平均年降水量; mm; $f_i$ 为各高度带权重, $f_i = g_i / F$, $g_i$ 为各高度带面积; $F$ 为流域总面积; $P_1$, $P_2$, …, $P_n$ 为各高度带同期降雨量, mm。

### 2.3　流域水量平衡计算

流域水量平衡方程通式为

$$P = R + E + \Delta S \tag{3}$$

式中　$P$ 为流域平均年降水量, mm; $R$ 为年径流量, mm; $E$ 为年蒸发量, mm; $\Delta S$ 为流域储水量变化, mm; 包括冻土层内地下水(冰)和冰积雪储量的变化, $\Delta S$ 的多年平均值为零, 则可得

$$P = R + E \tag{4}$$

$$E = P - R \tag{5}$$

即流域多年平均年蒸发量等于流域多年平均年降水量与流域多年平均年径流量之差。

## 3　结果分析

### 3.1　两流域主要景观格局比较

两流域景观格局指标计算结果明确显示了两流域景观组分的结构比例及其在空间的分布特征(表 2)。

表 2　两流域景观组分特征

Table 2　Characters of the landscape elements in two the watersheds

| | | 景　观 | 草　地 | 乔木林 | 疏　林 | 灌　丛 | 裸　地 | 水　域 | 冰　川 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 大野口河流域 | 面积/ km² | 68.06 | 30.43 | 14.96 | 0.54 | 10.62 | 11.02 | 0.12 | 0.37 |
| | 面积比/ % | 100 | 44.71 | 21.98 | 0.79 | 15.60 | 16.2 | 0.18 | 0.54 |
| | 斑块数/ 个 | 63 | 19 | 27 | 1 | 13 | 1 | 1 | 1 |
| | 破碎度指数 | 0.93 | 0.62 | 1.81 | 1.85 | 1.22 | 0.09 | 8.33 | 2.7 |
| 海潮坝河流域 | 面积/ km² | 131.06 | 21.36 | 18.97 | 0.75 | 26.42 | 59.76 | 0.26 | 3.54 |
| | 面积比/ % | 100 | 16.3 | 14.47 | 0.57 | 20.16 | 45.6 | 0.20 | 2.7 |
| | 斑块数/ 个 | 74 | 41 | 12 | 5 | 11 | 1 | 1 | 3 |
| | 破碎度指数 | 0.56 | 1.92 | 0.63 | 6.67 | 0.42 | 0.02 | 3.85 | 0.85 |

大野口河水文站以上控制面积为 68.06 km², 共有斑块 63 个。草地所占面积最大, 占全流域面积的 44.71 %, 在阴坡和阳坡均有分布, 阳坡稍多, 3800 m 以上属高山草甸。乔木林占总面积的 21.98 %, 全部生长在海拔 2650～3400 m 的高度带, 阴坡和半阴坡为青海云杉林, 占流域总面积的 20.82 %, 阳坡和半阳坡为祁连圆柏林, 占流域总面积的 1.16 %。灌丛占总面积的 15.6 %, 多分布在海拔 3000～3800 m 的高度带, 阴坡和阳坡分布面积相差不大。裸地占总面积的 16.2 %, 多分布在海拔 3400～4200 m 的高度带内。冰川分布在高于 4200 m的地带, 共有 3 条, 占整个流域面积的 0.54 %。疏林、水域和冰川的面积和斑块数均少, 三者面积之和占全流域面积的 1.51 %。全流域植被覆盖率为 83.09 %, 破碎度指数为 0.93, 在其主要景观组分中, 乔木林最为破碎。

海潮坝河水文站以上控制面积为 131.06 km², 共有斑块 74 个。裸地在该流域中占较大比例, 为总面积的 45.6 %, 且多分布在 3800 m 以上的高海拔地区。灌丛占总面积的 26.42 %, 多分布在海拔 3000～3800 m 高度的阴坡, 阳坡有少量分布。草地占全流域面积的 16.3 %, 在海拔 3650～4200 m 的各高度带均有分布, 3800 m 以上属高山草甸, 占总面积的 2.6 %。乔木林占该流域面积的 14.47 %, 多分布在海拔 2650～3400 m 的高度带内, 阴坡多于阳坡, 阴坡和半阴坡的青海云杉林占流域总面积的 9.7 %, 阳坡、半阳坡的祁连圆柏林占流域总面积的 4.77 %。冰川分布在 4200 m 以上的地带, 占流域面积的 2.7 %, 共有 11 条。疏林、水域和冰川面积较少, 三者之和占流域面积的 3.47 %。全流域植被覆盖率为 51.5 %, 比大野口河流域低, 破碎度指数为 0.56, 较大野口河流域的破碎化程度小, 在其主要景观组分中, 草地类型最为破碎。

由以上分析可知，两流域主要景观组分均为草地、乔木林、灌丛和裸地，疏林、水域和冰川在两流域中所占比例都很小，且相同景观组分分布的高度和坡向大致相同，但各景观组分在不同高度和坡向的分布面积很不均衡。大野口河流域所占面积最大的景观组分是分布在海拔2 650～3 800 m的草地，海潮坝河流域所占面积最大的是分布在海拔3 800 m以上的裸地。大野口河流域的乔木林面积比例大于海潮坝河流域的乔木林面积比例，而灌木林面积比例小于海潮坝河流域的灌木林面积比例。两流域森林覆盖率相差不大，但由于乔木林分布的海拔高度相对于灌木林较低，所以两流域森林景观的景观组分在空间上的分布相差很大，大野口河流域是以较低海拔的乔木林占优势，海潮坝河流域是以较高海拔的灌丛占优势，大野口河流域的植被覆盖率高于海潮坝河流域的植被覆盖率。另外，大野口河流域的乔木林和灌丛的平均斑块面积，均小于海潮坝河流域的乔木林和灌丛平均斑块面积，整个景观呈现出较高的破碎化状态。

### 3.2 两流域水文特征比较

根据平均降水量计算公式计算出大野口河流域的多年平均年降水量为457.03 mm，海潮坝河流域的多年平均年降水量为546.15 mm。由于冰川相对变化不大，假设冰川的融水量对河流的补给量相对稳定，则大野口河流域的冰川融水量占其地表径流的1.1 %；海潮坝河流域冰川融水量占其地表径流的7.5 %[11]，去除冰川融水量对径流的影响，根据流域水量平衡方程计算出两流域的年蒸发量，大野口河流域多年平均年蒸发量为279.35 mm，占流域多年平均降水量的61 %；海潮坝河流域多年平均蒸发量为224.12 mm，占流域多年平均降水量的41 %(表3)。大野口河流域年径流总量除以总面积得其年平均径流深为177.68 mm，其径流系数为0.39；海潮坝河流域年平均径流深为348.15 mm，径流系数为0.59，两流域的径流系数和蒸散发相差甚大。从表1中可看出，两流域的形状系数和平均坡度等地理特征相差不太大，地形因素的差别对二者产流影响很小，因此，造成二者径流系数和蒸散发相差如此大的主要原因是其不同的景观格局。

**表3 两流域多年(1987 - 2001年)平均水文特征**

**Table 3 The hydrological characters of the two catchments**

| 流域名称 | 多年平均降水量/mm | 年均径流总量/万$m^3$ | 径流深/mm | 径流系数 | 蒸散发/mm | 蒸散发/降雨量 | 雨季径流比例/% | 枯季径流比例/% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 大野口河流域 | 457.03 | 1 209.31 | 177.68 | 0.39 | 279.35 | 0.61 | 74.8 | 25.2 |
| 海潮坝河流域 | 546.15 | 4 220.59 | 322.03 | 0.59 | 224.12 | 0.41 | 82.3 | 17.7 |

### 3.3 不同景观格局对水文生态效应的影响

(1) 不同景观格局对流域蒸散发的影响 景观格局不同致使流域的汇流条件和蒸散发条件发生改变，从而产生不同的水文效应。大野口河流域和海潮坝河流域年平均降水量相差16.3 %，但大野口河年径流深比海潮坝河低44.8 %，消除降水、集水面积造成的误差，海潮坝河的径流系数是大野口的1.51倍，即大野口河流域比海潮坝河流域少产流51 %左右，大野口河流域的蒸散发要比海潮坝流域多25 %。森林植被对河川径流的影响取决于植被蒸散发量与裸露地蒸发量相对大小的关系[14]，不同植被类型在水分吸收、蒸腾上差异较大，一般而言，乔木林的蒸散发量大于灌丛，灌丛大于草地，草地大于裸地[15]，低海拔地区的蒸散发大于高海拔地区的蒸散发。因此，以分布在较低海拔的草地和乔木林为主的大野口河流域的蒸散发，远大于以分布在较高海拔的灌丛和裸地为主的海潮坝河流域。另外，大野口河流域破碎化程度较海潮坝河流域高，尤其是蒸散发较大的乔木林，斑块面积小，边缘比例高，风速较大，促进蒸发；而海潮坝的乔木林破碎化程度低，斑块面积大，林内通风不良，日照减少，温度降低，蒸散发量相对较小，所以破碎化程度也在一定程度上影响着流域蒸散发的大小。

(2) 不同景观格局对流域径流量的影响 表3中的数据显示，大野口河流域的径流系数为0.39，枯季(10月～次年4月)径流量占年径流量的25.2 %，雨季(6～9月)径流量占年径流量的74.8 %，雨季径流量是枯季径流量的2.97倍；海潮坝河流域的径流系数为0.59，枯季径流量和雨季径流量分别占年径流量的17.7 %和82.3 %，雨季径流量是枯季流量的4.65倍。大野口河流域的植被覆盖率和乔木林面积比例均明显高于海潮坝河流域(表2)，在干旱、半干旱区的中小流域，森林植被对径流成分的调节作用非常明显，森林植被对降水的多

层拦截，阻止或延缓地表径流的产生，增加壤中流和地下径流的补给作用[14]，增大流域对水分的转换能力，致使枯季径流量的比例相应提高，径流年内分配趋于平稳，所以，大野口河流域对径流的调节作用比海潮坝河流域强。两流域不同景观组分的面积比例、径流量和蒸发量之间的差异可用图 1 形象的表示。

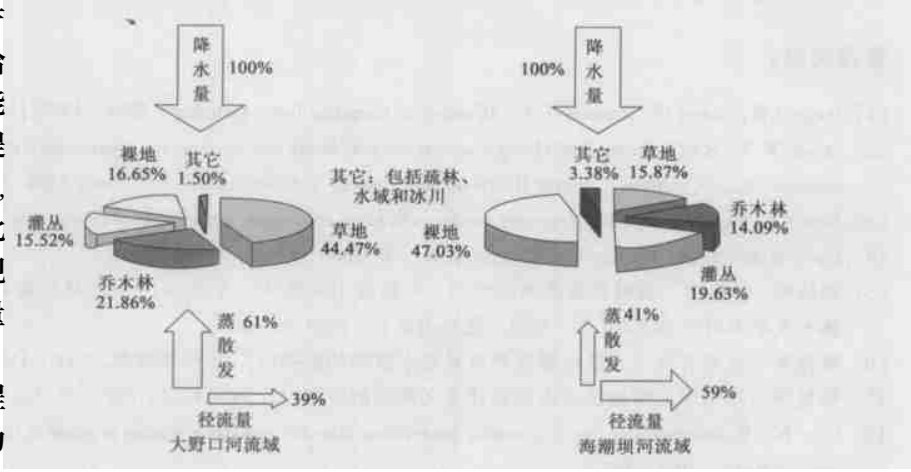


图 1　两流域不同景观格局对蒸散发和径流量的影响

Fig. 1　Eco-hydrological effects of the different landscape patterns in the two watersheds

(3) 不同景观组分对水文过程的影响　两流域的主要景观组分为青海云杉林、祁连圆柏林、灌丛、草地和裸地。裸地上的降水，除极少部分耗于蒸发外，绝大部分汇入沟溪或沿着岩石裂隙下渗。其它几种景观组分由于林冠截留量、枯枝落叶层厚度、土壤蓄水能力及土壤入渗率不同，导致对水分的再分配和运移能力也相差较大，多年观测和实验结果表明[16～18]：青海云杉林林冠截留率为 25.43 %，祁连圆柏林夏季(7～9 月)为 28.74 %，灌丛夏季为 68.35 %；青海云杉林、祁连圆柏林和高山灌丛的枯枝落叶层相应容水量分别为 12.50、16.9 和 9.52 mm；青海云杉林的田间持水量为 33.73 mm，祁连圆柏林为 29.58 mm，草地为 25.58 mm；青海云杉林土壤初渗率为 69.7 mm/min，稳渗率为 32.3 mm/min，侧渗率为 370.25 mm/min，不产生地表径流，而圆柏林、灌丛林、草地的土壤初渗率为 1.9～2.8 mm/min，稳渗率为 0.8～1.1 mm/min，侧渗率为 1.2～2.3 mm/min，远远低于云杉林。可见，青海云杉林具有较好的通透性及较高的持水能力，延长了水分在林间的运移时间，延缓了整个汇流过程，在蓄水功能方面优于其它林型。因此，虽然两流域森林覆盖率相差不大，但由于大野口河流域青海云杉林面积比例(20.82 %)远大于海潮坝河流域青海云杉林面积比例(9.68 %)，在调节枯季和雨季径流量过程中发挥了较大的作用，最直接的表现就是大野口河的枯季径流量比例明显高于海潮坝河的枯季径流量比例。

## 4　结　　论

大野口河流域以海拔 2 600～3 400 m 高度带的草地和乔木林占优势，海潮坝河流域以海拔 3 400 m 以上的灌丛和裸地占优势；大野口河流域的景观破碎化程度明显高于海潮坝河流域，斑块数多且平均斑块面积小。大野口河流域多年平均蒸散发量占多年平均降水量的 61 %，径流系数为 0.39，单位面积产流量低；海潮坝河流域多年平均蒸散发量占多年平均降水量的 41 %，径流系数为 0.59，单位面积产水量高；大野口河枯季径流比例(25.2 %)高于海潮坝河流域枯季径流的比例(17.7 %)。两流域不同的景观组分比例和不同的景观空间分布格局，改变了流域降水的分配形式和水在各景观组分中的运移方式，从而产生了不同的水文生态效应。因此，根据降水量、蒸发量、土壤含水量及流域坡度等，对流域景观格局进行科学的规划设计，可以优化其水文生态效应，使水资源得到更好的开发和利用。森林植被与水的关系受气候条件、流域形状、流域面积、降水强度、地质地貌等诸多因素的影响，而植被在地表的分布又存在着空间异质性。由于本文所研究的两个小流域相距较近，气候条件和地质地貌条件基本相同，在研究景观格局对水文生态效应的影响时只涉及到了流域降水、流域面积、植被类型、植被分布等因素，至于其它方面的影响因素还有待于进一步深入研究。

## 参考文献:

[1] Buttle J M, Creed IF, Pomeroy J W. Advances in Canadian forest hydrology: 1995～1998[J]. Hydrol Process, 2000, 14(9): 1551 - 1578.
[2] Swank W T, *et al*. Stream flow changes associated with forest cutting, species conversions, and natural disturbances[A]. In: Swank WT and Crossley DC, Jr. (editors), Forest Hydrology and Ecology at Coweeta[C]. Ecol Stud, 1988, 66:297 - 312.
[3] Brut T P, Swank W T. Flow frequency responses to grass conversion and subsequent succession[J]. Hydrol Proccess, 1992, 6(2): 179 - 188.
[4] David R Maidment. Handbook of Hydrology[M]. McGraw-Hill Inc, 1993.
[5] 刘昌明, 于静洁. 森林拦蓄洪水的作用 ——以黄土高原林区为例[A]. 中国林学会森林水文与流域治理专业委员会. 全国森林水文学术讨论会文集[C]. 北京: 测绘出版社, 1989. 84 - 90.
[6] 扈祥来. 甘肃省黄土丘陵地带森林植被对水资源的影响[J]. 水科学进展, 2000, 11(2): 199 - 202.
[7] 马雪华. 四川米亚罗地区高山冷杉林水文作用的研究[J]. 林业科学, 1987, 23(3): 253 - 264.
[8] Cosz J G. Biogeochemistry research needs: observation from the ecosystem studies program of the National Science Foundation[J]. Biogeochemistry, 1986(2): 101 - 102.
[9] 傅伯杰, 陈利顶, 邱 扬, 等. 黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程[M]. 北京: 商务印书馆, 2002. 92 - 99.
[10] 伍光和, 江存远. 甘肃省综合自然区划[M]. 兰州: 甘肃科技出版社, 1998. 26 - 27.
[11] 高前兆, 杨新源. 甘肃河西内陆河流径流特征与冰川补给[A]. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊第5号[C]. 北京: 科学出版社, 1985. 131 - 141.
[12] 汤懋苍. 祁连山区降水的地理分布特征[J]. 地理学报, 1985, 40(4): 323 - 332.
[13] 陈昌毓. 祁连山北坡水热条件对林草分布的影响[J]. 山地研究, 1993, 11(2): 73 - 80.
[14] 何 惠. 关于西北开发中的几个水资源问题[J]. 水科学进展, 2002, 13(4): 492 - 495.
[15] 周晓峰, 赵惠勋, 孙慧珍. 正确评价森林水文效应[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 420 - 425.
[16] 车克钧, 傅辉恩, 王金叶. 祁连山水源林生态系统结构与功能的研究[J]. 林业科学, 1998, 34(5): 29 - 37.
[17] 常宗强, 王金叶, 常学向, 等. 祁连山水源涵养林枯枝落叶层水文生态功能[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(增刊): 8 - 13.
[18] 张学龙, 王金叶, 常宗强, 等. 祁连山林区土壤水分条件的分析与评价[J]. 西北林学院学报, 2001, 16(增刊): 17 - 21.

# Forest landscape pattern and its eco-hydrological effects of the Qilian Mountains in northwest China*

YANG Guo-jing, XIAO Du-ning, ZHOU Li-hua

*(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)*

**Abstract:** Using the model of Arc GIS program and the hydroloyical databases for 1981 to 2001, we analyze the landscape pattern and hydrological features of Dayekou river catchment (DYK) and Haichaoba river catchment (HCB) which are located at the Qilian mountains in northwest China. The results show that grassland and *Picea crassifolia* forest in DYK are the main landscape elements, and more important work in eco-hydrological process, while shrubs and bare land in HCB are the main landscape elements and of importance in eco-hydrological process. In DYK, the evapotranspiration is 61 % of the rainfall, and the runoff coefficient is 0.39 % whereas in HCB, the evapotranspiration is of the rainfall 41 %, and the runoff is 0.59 %. The coefficient study indicates that different forest landscape pattern will bring on different eco-hydrological effects in the arid mountain areas.

**Key words:** Qilian Mountains; landscape pattern; eco-hydrological effects; forest vegetation

* The project is supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 90102004).