

# 青藏高原水源涵养能力评估\*

聂忆黄<sup>1,2</sup>, 龚斌<sup>2</sup>, 衣学文<sup>3</sup>

(1. 东北林业大学, 哈尔滨 150040; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 3. 上海市金山区环保局, 上海 200540)

**摘要:**基于水均衡原理和地表能量平衡原理提出了一种计算区域水源涵养量的方法,并利用该方法结合 RS 和 GIS 软件对近十年来青藏高原水源涵养能力强弱的空间分布及其生态价值进行计算和分析。结果表明:青藏高原境内大江大河流量的补给主要发生在高原东南部,西北边缘大部分地区以及北部局部地区对江河的补给量很少。青藏高原年平均水源涵养量  $3.45129 \times 10^{11} \text{ m}^3/\text{a}$ ,青藏高原不同生态系统年总涵养水源的经济价值为  $2.31237 \times 10^{11} \text{ 元/a}$ 。

**关键词:**水源涵养; 陆地蒸散; 生态价值

中图分类号: P332

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0210-03

## Water Conservation Valuation of Qinghai - Tibet Plateau

NIE Yi-huang<sup>1,2</sup>, Gong Bin<sup>2</sup>, YI Xue-wen<sup>3</sup>

(1. Northeast Forestry University, Harbin 15004, China; 2. Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012, China; 3. The Environmental Protection Administration of Jinshan District, Shanghai 200540, China)

**Abstract:** A method to calculate the value of water holding was provided. The distribution and evaluation water holding in Qinghai - Tibet Plateau were explored, using this method and meteorological data from 1980 to 2003. The result shows that (1) the main rivers in Qinghai - Tibet Plateau were recharged primarily in southeast; (2) Annual water holding reached to  $3.45129 \times 10^{11} \text{ m}^3$  and its economic value was  $2.31237 \times 10^{11} \text{ Yuan/a}$ .

**Key words:** water holding; land evapotranspiration; ecological value

水源涵养是生态系统的一个重要功能。不同的生态系统其水源涵养能力是不同的,森林、草地和湿地具有很强的水源涵养能力而荒漠等无植被覆盖的地方水源涵养能力则很低,一般可以根据不同的生态系统类型划分出不同水源涵养功能强弱单元。但是不同的森林树种、不同的草地类型水源涵养能力也不尽相同,甚至差异很大,同时水源涵养能力还受到气候因子、土壤理化性质、地形地貌等诸多因素的影响。从较大的空间范围和区域尺度,如何准确地评价水源涵养能力在空间上的分布和水源涵养的生态价值一直是研究水源涵养生态功能中的难点。

关于植被涵养水源的价值计量有多种方法,比如

替代工程法、地下径流增长法、采伐损失法等方法<sup>[1]</sup>。在实际应用中,鲁春霞等<sup>[2]</sup>利用水量平衡法计算青藏高原森林生态系统涵养水源总量进而得出其经济价值;谢高地等结合 Constanza 等人的生态价值评估方法和生态问卷调查结果对青藏高原水源涵养价值进行了评估<sup>[3]</sup>;于格等利用 RS 和 GIS 技术,利用 RS 和 GIS 技术对青藏高原区草地生态系统的土壤水分保持功能及其价值的动态变化过程进行评价并对高原北缘地区高寒草甸土壤进行了实验研究<sup>[4,5]</sup>;朱文泉等<sup>[6]</sup>参照李金昌的研究方法来评价中国生态系统涵养水源的间接经济价值。这些计算方法在解决实际问题 and 科学研究中都取得了不少进步<sup>[7-12]</sup>,但是由于

\* 收稿日期: 2009-04-14

基金项目: 环境保护部专项“青藏高原重要生态功能保护研究”

作者简介: 聂忆黄(1972-), 男, 副研究员, 主要从事区域生态保护和生态功能评估方面研究。E-mail: neiyh@craes.org.cn

通信作者: 龚斌(1977-), 男, 高级工程师, 主要从事生态水学方面的研究。E-mail: gongbin@craes.org.cn

蒸发散/降水比值或径流系数等估值范围较大,一般的计算都难以准确得到生态系统涵养水源总量。本文也是利用水量均衡法来估算青藏高原水源涵养能力及其间接的经济价值,在计算陆地实际蒸发量的过程中利用了能量平衡原理,为提高评估方法准确度提供了一些新的思路与方法。

### 1 研究区概况

主要从区域尺度来研究青藏高原,研究区大致位于北纬 28° - 37°,跨约 9 个纬度,东经 75° - 103°,包括西藏和青海两区省,甘肃的甘南地区和肃北、天祝、阿克赛,四川的阿坝、甘孜两地州和凉山的木里、冕宁,以及云南的怒江、迪庆两地州和丽江的玉龙、宁蒍两县,共涉及 5 省 23 个地区(市、州) 177 个区县,总面积约 220 万 km<sup>2</sup>。

### 2 数据和方法

#### 2.1 降雨数据

降雨量一般以各气象站点实测数据为基础,根据各种气候条件插值而得。本研究所采用的降雨数据主要来源于中国科学院地理所提供的 1982 - 2003 全国年平均降雨数据。数据经过插值等处理空间分辨率达到 1 km,并通过 ArcGIS 等软件平台剪裁出研究所需范围。

#### 2.2 陆地蒸散数据(ET)

陆地蒸散(ET)一般是指水分地表(包括土壤和植被)进入大气的过程,是一个很复杂的物理过程,理论上这一问题已经基本解决,就计算方法而论,可分为统计法(经验公式)、能量平衡法和湍流扩散法等。本次研究所用方法主要是利用 1982 - 2003 年 1 km 分辨率的 NOAA/AVHRR 卫星影像和能量平衡原理来计算陆地蒸散发量,计算过程通过 ENVI 和 IDL 编程软件实现<sup>[13]</sup>。数据范围包括青藏高原地区,空间分率是 1 km;时间范围为 1982 - 2003,时间分辨率为 1 d,量纲为 mm/d。并利用地球科学数共享网内 8 km 陆地蒸发数据对计算结果进行了修正与补充。

#### 2.3 研究方法

本文研究范围涉及到整个青藏高原,主要从区域层面上来考虑水源涵养功能强弱的分布。首先根据数据精度把整个区域划分为 1 km<sup>2</sup> 的空间单元,并把该单元作为一个闭合的集水区,把大气降水视为生态系统的水分输入量,把蒸发和蒸腾及各种径流作为水

分的输出量。那么该评价单元上水量平衡方程为:

$$P = E + W + R \quad (1)$$

式中: P——大气降水量(mm); E——蒸发散量; R——地表径流量; W——土壤贮水量变化。

根据水量平衡法假定地表径流量即为涵养水源量<sup>[14]</sup>, W + R 就是整个区域贮存的水量和提供给江河径流的水量,可视为该区域的水源涵养能力的体现,能通过降雨与蒸散发的差值来实现,计算过程主要通过 GIS 空间分析平台和 IDL 编写相关程序完成。

### 3 结果与分析

#### 3.1 青藏高原降雨量分布

图 1 显示 1982 - 2003 年 22 a 平均降雨量分布,计算过程主要利用 ArcGIS 软件平台完成。从图中可知青藏高原降雨特征具明显的分带性,年降水量从东南到西北逐渐减少,东南部分地区最高可达 1 000 mm 以上,向西北部分地区减到不足 30 mm。其大部分地区都属于干旱半干旱区,约占总面积的 70%。

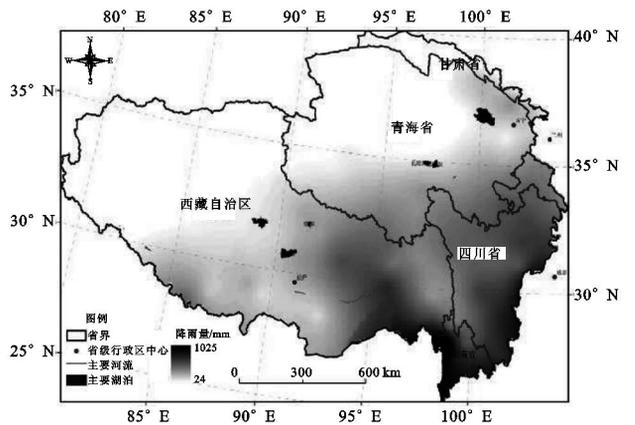


图 1 青藏高原降雨量分布图

#### 3.2 青藏高原陆地蒸散分布

为了减小误差,本次研究利用能量平衡原理计算 1982 - 2003 年陆地日蒸发数据,然后对每天的蒸发量求和得到年蒸发总量,再根据年蒸发总量得到 22 a 的陆地蒸发年平均量。最后经过剪裁与投影得到青藏高原陆地蒸散发量(附图 8)。从计算结果来看,青藏高原蒸发作用非常强烈,高原东南部陆地蒸发量最大,最大值甚至高过 800 mm。究其原因,主要是青藏高原地势高亢开阔,又受到高空强劲西风动量下传的影响,使青藏高原成为全国风速分布的高值区之一,加上丰富的降雨和较高的日照强度造成了青藏高原强烈的蒸发作用。

### 3.3 青藏高原水源涵养能力分布

图中(附图 9)每个空间单元值的意义可看作是单元能提供江河补给量以及能进入到土壤贮存的量之和,本次研究根据该值范围和相关的研究成果对其进行分区,高原西北部分区域,蒸发量远远大于降雨量,划为水源涵养能力弱的区域;水源涵养量在 0~200 mm 的区域,划为水源涵养能力一般区;水源涵养量在 200~400 mm 的区域,划为水源涵养能力中等区;水源涵养量在 400~600 mm 的区域,划为水源涵养能力强的区域;水源涵养量在大于 600 mm 的区域,划为水源涵养能力极强区。

从附图 10 中可以看出,青藏高原对于其境内大江大河流水量的补给主要发生在高原东南部。如果说江河源头冰川孕育了大江大河的诞生,那么这些区域的水源补给可以看作是大江大河得以维系与发展的主要因素。在雅鲁藏布江中游与怒江上游之间,大渡河上有与雅砻江上游之间都形成了非常明显的集中补给区,这些区域对于大江大河水量的增加具有其重要的作用。

如果结合降雨量来看,在降雨充足的很多地区其水源涵养能力也较强,这与该区植被接受到充足雨水补给生长有关。有些地区即使接受到了充足的雨水补给但其水源涵养能力也很弱,比如在青藏高原南部局部地区,尽管有丰富的降雨,但是由于实际陆地蒸散发量很大,所以造成该区域无法涵养水源,这些区域可能是植被覆盖程度较低,水土流失严重的区域。

### 3.4 青藏高原水源涵养经济价值评估

根据青藏高原水源涵养量分布图(附图 9)可通过统计得到 1982 - 2003 年青藏高原年平均水源涵养量 3 451.29 亿  $m^3/a$ ,涵养水源的价值为年涵养水源量乘以水价,水价可用影子工程价格替代,根据 1988 - 1991 年全国水库建设投资测算,每建设 1  $m^3$  库容需投入成本费为 0.67 元<sup>[21]</sup>,以此作为水价,则青藏高原不同生态系统年涵养水源的经济价值为  $2\ 312.37 \times 10^8$  元/a。

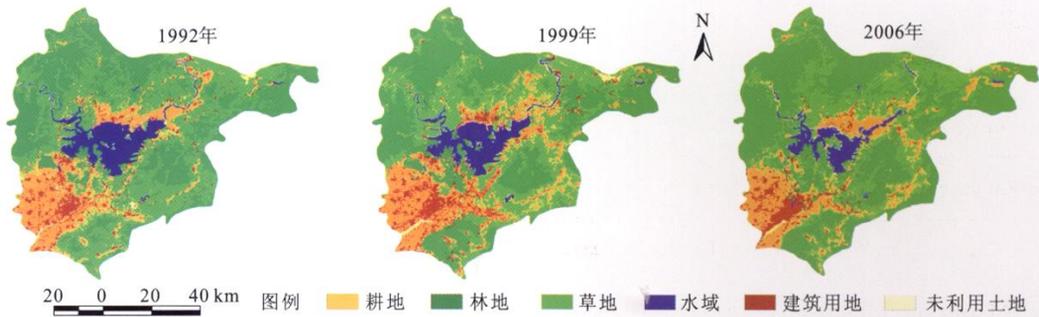
### 3.5 计算方法的优缺点

本文利用的水量平衡法和能量平衡原理来计算青藏高原水源涵养量,一方面由于数据的可获取性和在时间上的连续性容易实现区域尺度上水源涵养能力的动态评估,另一方面由于引入了能量平衡原

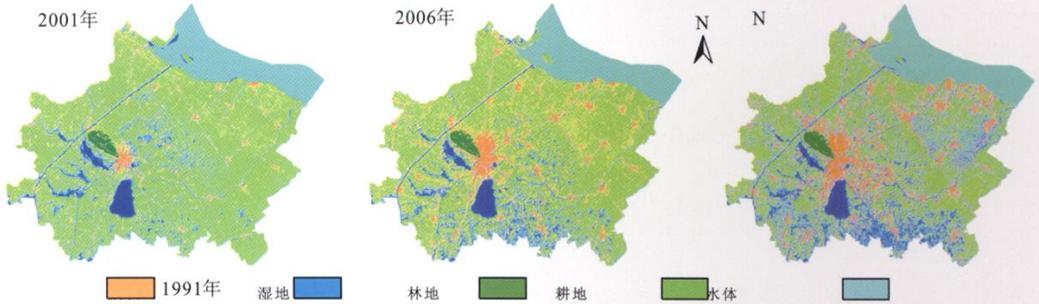
理能较准确地计算陆地实际蒸散发量能提高计算精度。但用此法评估水源涵养功能也存在一定缺陷:因为径流不一定对人类有利,有时会带走土壤中的有机物质产生一定的危害。

#### 参考文献:

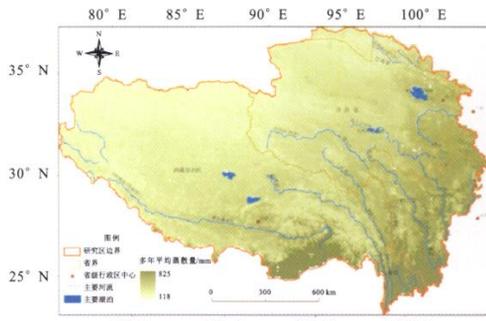
- [1] 李金昌,姜文来,靳乐山,等.生态价值论[M].重庆:重庆大学出版社,1999.
- [2] 鲁春霞,谢高地,肖玉,等.青藏高原生态系统服务功能的价值评估[J].生态学报,2004,24(12):2749-2755.
- [3] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [4] 于格,鲁春霞,谢高地,等.基于 RS 和 GIS 的青藏高原草地生态系统土壤水分保持功能及其经济价值评估:以生长季为例[J].山地学报,2006,24(4):498-503.
- [5] 于格,鲁春霞,谢高地.青藏高原北缘地区高寒草甸土壤保持功能及其价值的实验研究[J].北京林业大学学报,2006,28(4):57-61.
- [6] 朱文泉,张锦水,潘耀忠,等.中国陆地生态系统生态资产测量及其动态变化分析[J].应用生态学报,2007,8(2):586-594.
- [7] 陈晓林,杨忠,熊东红,等.昌都地区生态系统服务功能价值评估[J].水土保持研究,2008,15(1):156-162.
- [8] Wilson M A, Capenter S R. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States: 1971 - 1997 [J]. Ecological Application, 1999, 9(3): 772-7831.
- [9] Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [10] Troy A, Wilson M. Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer [J]. Ecological Economics, 2006, 60(2): 435-449.
- [11] Hein L, van Koppen K, de Groot R S, et al. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services [J]. Ecological Economics, 2006, 57(2): 209-228.
- [12] Carpenter S R, DeFries R, Dietz T, et al. Millennium ecosystem assessment: research need [J]. Science, 2006, 314(5797): 257-258.
- [13] 金晓媚,万力, Su ZB. 遥感与区域地面蒸散量估算方法[M].北京:地质出版社,2008.
- [14] 李文华.生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用[M].北京:中国人民大学出版社,2008.



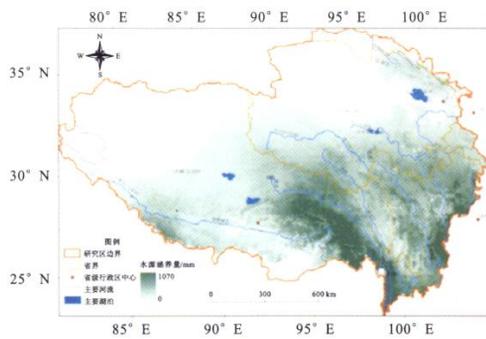
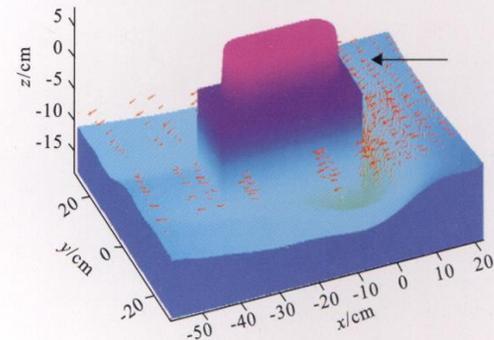
附图6 密云县3个时期的景观类型图



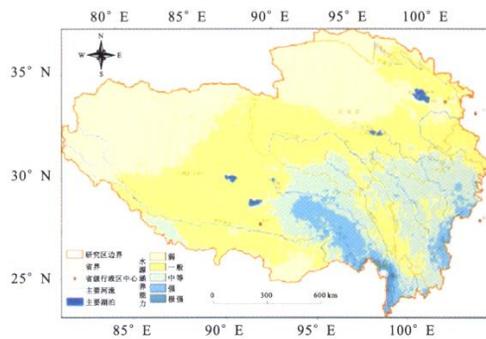
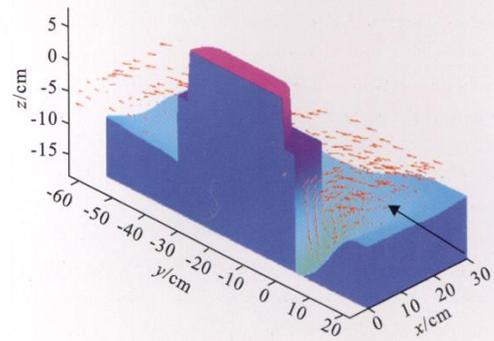
附图7 1991年、2001年和2006年土地利用分类图



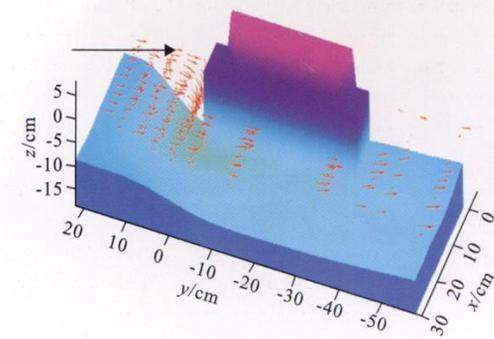
附图8 青藏高原陆面蒸发分布



附图9 青藏高原水源涵养分布



附图10 青藏高原水源涵养能力分区



附图11 桥墩冲刷坑附近测量三维流场图