

# 基于 GIS 的长江上游植被水源涵养功能评价研究

刘延国<sup>1</sup>, 彭培好<sup>1,2</sup>, 陈文德<sup>1,3</sup>, 王玉宽<sup>4</sup>, 范建容<sup>4</sup> (1.成都理工大学, 四川成都 610059; 2.重庆大学, 重庆 400044; 3.四川农业大学林学院, 四川雅安 625014; 4.中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川成都 610041)

**摘要** 在 ArcviewGIS3.3 上建立长江上游植被类型数据库, 利用土壤厚度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度 3 个指标, 计算各植被类型的水源涵养功能值, 并结合植被类型数据库, 生成 1:100 万长江上游植被水源涵养功能评价图。结果表明, 横断山区植被水源涵养功能最好, 盆周山地次之, 江源高原区、四川盆地植被水源涵养功能较差, 金沙江下游、乌江流域水源涵养功能最差。这一结果对于长江上游生态屏障体系的建设具有重要的指导作用。

**关键词** 长江上游; 植被; GIS; 水源涵养

中图分类号 X820.2 文献标识码 A 文章编号 0517-661X(2006)14-3323-03

## Study on the Function of Vegetation in Water Conservation Based on GIS Technology in the Upper Yangtze River

LIU Yan-guo et al ( Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 61005)

**Abstract** According to the landforms and vegetation maps of Qinghai, Tibet, Yunnan, Sichuan Chongqing, Guizhou and Hubei, ArcviewGIS3.3 was used to set up a database for vegetation types in the upper Yangtze river, and then, the water conservation function was analyzed by the means of soil depth porosity and non-porosity and the function map of vegetation of water conservation was set up. The result was follow: the function of vegetation in water conservation was highest in Hengduan Mountain region; the second in Peri-basin Mountain; lower in Jiangyuan plateau and the Sichuan basin; and the lowest in the region of Jinsha and Wujiang river. It is important to construct the ecological shelter zone in the upper Yangtze river.

**Key words** Upper Yangtze river; Vegetation; GIS; Water conservation

长江上游地区水、土、气、生物资源状况和生态环境的变化对长江中下游会产生影响。其特殊的地质地理环境和生态功能, 不仅对上游地区至关重要, 而且在维持整个流域生态环境稳定方面起着极为重要的作用, 是长江流域生态安全的根本保障, 是维护流域生态环境的根基。因此, 对长江上游植被生态系统的主要功能之一——水源涵养功能的评价研究具有极其重要的意义<sup>[1-6]</sup>。然而, 国内外关于长江上游流域植被的水源涵养功能的研究很少。笔者在 GIS 技术支持下, 利用土壤厚度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度 3 个指标, 对长江上游不同植被类型的水源涵养功能进行了计量与评价, 旨在为长江上游生态屏障体系的建设提供科学依据。

### 1 区域概况

长江上游, 从源头至湖北宜昌段, 长为 4511 km, 约占长江总长的 70%; 包括西藏东部、青海南部、川西高原到秦巴山地、四川盆地和云贵高原的广大地区<sup>[1-7,8]</sup>, 地处我国第 1、2 级地貌阶梯的过渡地带, 流域面积为 105.09 万 km<sup>2</sup>, 占整个长江流域面积的 58.9%, 流域总人口为 1.9 亿, 是我国藏、羌、彝等少数民族的重要聚居区。现代经济意义下的长江上游地区已经变成一个以自然区与经济区为重要特征的重叠区域。通过对长江上游地区植被(自然植被和人工植被)和生态环境资料的整理与分析得知: 长江上游地区植被丰富, 主要包括自然植被和农业植被。自然植被的主要类型为亚热带常绿阔叶林, 亚热带常绿落叶阔叶混交林, 亚热带落叶阔叶林, 亚热带竹林及竹丛, 亚热带针叶林、针阔叶混交林, 温带落叶阔叶林, 寒温带和温带山地针叶林, 温带针叶林, 灌丛、草甸、草原以及沼泽植被; 农业植被包括旱作植被和水作植被, 并且植被类型众多, 在植被类型数据库中有

1 100 多个植被斑块(图 1)。

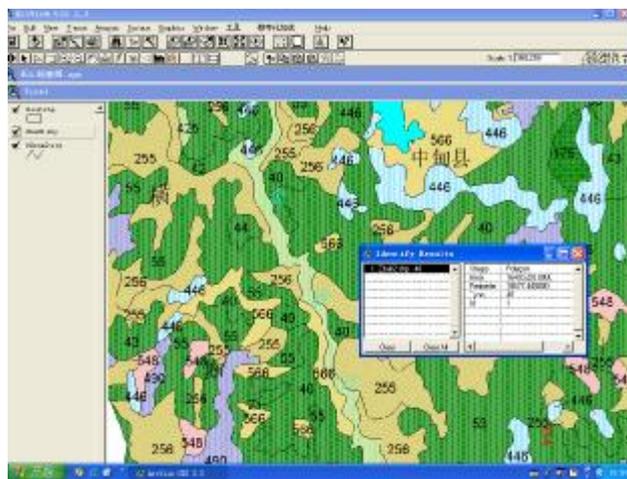


图 1 长江上游植被类型

### 2 研究方法

**2.1 指标参数的确立** 植被水源涵养功能主要表现在两个方面: 一是植被地上部分对降水的截留和持水性能; 二是土壤孔隙持水和透水性能<sup>[9]</sup>。大量研究表明, 森林树冠截留降雨量一般约占降雨总量的 10%~20%。植被地上部分持水量约占地上和地下持水总量的 10%左右<sup>[9]</sup>。由此可见, 不同植被类型水源涵养功能的差异主要取决于植被地下部分的持水性和透水性。因此, 在评价植被水源涵养功能差异时, 可以将表征土壤持水性和透水性的土壤毛管孔隙度和非毛管孔隙度或土壤蓄水模数作为主要评价指标和参数<sup>[1,10]</sup>。根据收集到的有关长江上游及临近地区土壤理化性状资料和相关研究成果资料, 结合评价目标, 选取土壤蓄水模数作为长江上游植被水源涵养功能评价指标。土壤毛管孔隙度与非毛管孔隙度参数见表 1。

### 2.2 计算方法

**2.2.1 参数计算。** 土壤蓄水模数为土壤非毛管孔隙蓄水量与土壤毛管孔隙蓄水量之和, 其公式为:

基金项目 中国科学院知识创新项目子课题 KZCX2-SW-319-4; 中国地质调查局地调项目(200314200018)。

作者简介 刘延国(1980-), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 研究方向: 生态地理信息系统。\* 通讯作者, 博士, 教授。

收稿日期 2006-03-14

表 1 水源涵养指标参数

类型名称	毛管孔隙 %	非毛管孔隙 %	文献来源
青林	52.11	9.79	何东宁等 <sup>[11]</sup>
华山松林	29.93	3.38	钟顺祥 <sup>[12]</sup>
麦吊杉-铁杉-大叶杜鹃成熟林	52.76	32.55	周泽福等 <sup>[13]</sup>
冷杉-杜鹃过熟林	51.19	25.94	袁春明等 <sup>[14]</sup>
冷杉-冬瓜栎-花楸次生林	42.74	28.95	吴万奎等 <sup>[15]</sup>
栎林	46.17	10.10	周世强 <sup>[16]</sup>
小叶杨林	56.91	6.77	李德生等 <sup>[17]</sup>
山杨林	56.91	6.77	将文伟等 <sup>[18]</sup>
桦木林	41.79	9.07	张保华等 <sup>[19]</sup>
山杨、川白桦林	57.33	9.95	张保华等 <sup>[19]</sup>
栓皮栎类与常绿阔叶混交林	47.26	11.57	张保华等 <sup>[19]</sup>
阔叶林	48.96	10.53	黄礼隆等 <sup>[20]</sup>
毛竹林	40.10	18.87	孟广涛等 <sup>[21]</sup>
胡枝子灌丛	36.71	8.82	曾思齐等 <sup>[22]</sup>
绣线菊灌丛	38.19	7.02	曾思齐等 <sup>[22]</sup>
灌丛	35.68	12.47	孟广涛等 <sup>[21]</sup>
草地	38.12	4.47	拜得珍等 <sup>[23]</sup>
采伐迹地	40.31	24.54	包维楷等 <sup>[24]</sup>
沼泽	16.70	31.30	孟广涛等 <sup>[21]</sup>
高山植被	50.59	4.62	拜得珍等 <sup>[23]</sup>
农耕地	42.70	10.20	罗海波等 <sup>[25]</sup>
马尾松纯林	42.18	4.92	王震红等 <sup>[26]</sup>
华山松林	35.81	15.17	王金锡 <sup>[27]</sup>
铁杉、槭、桦木	40.65	11.47	孟广涛等 <sup>[21]</sup>
麻栎林	46.17	10.10	王金锡 <sup>[27]</sup>
桦木林	41.79	9.07	袁春明等 <sup>[14]</sup>
皮栋+云南松	47.26	11.57	吴万奎等 <sup>[15]</sup>

$$V = V_{wp} + V_{wf} \quad (1)$$

$$V_{wp} = 10\ 000 \times P_n \times D \quad (2)$$

$$V_{wf} = 10\ 000 \times P_c \times D \quad (3)$$

式中:  $V$  为土壤蓄水模数 ( $m^3/hm^2$ );  $V_{wp}$  为土壤非毛管孔隙蓄水量 ( $m^3/hm^2$ );  $V_{wf}$  为土壤毛管孔隙蓄水量 ( $m^3/hm^2$ );  $P_n$  为土壤非毛管孔隙度 (%);  $P_c$  为土壤毛管孔隙度 (%);  $D$  为土壤根系层厚度 (m)。

土壤根系层厚度是指植被主要根系 (90%以上) 分布的土壤厚度。根据野外实际调查,同时参照《四川森林土壤》及相关研究成果<sup>[28,29]</sup>,一般来说,木本植被的主要根系分布于 60 cm 土层以内,而草地植被主要根系分布于 30 cm 以内;农业植被的根系因不同的作物种类而不同,一般在 20~30 cm。因此,为了便于比较,在评价过程中所选用的土壤有效蓄水厚度木本植被以 60 cm 计,草地及农业植被以 30 cm 计<sup>[5,30]</sup>。

**2.2.2 参数应用。**针对长江上游地区植被类型众多,许多指标参数无法近期获得这一特点,根据《中国植被》中的植被分类原则,通过对各群系或群系组类型建群种的详细分析,将建群种生物生态学特性相同或相近的群系或群系组进行适当的归并,并在归并过程中充分考虑植被分布的地域性特点,从而使所获取的参数能够较好地应用到其他植被类型中,得到整个长江上游植被类型的蓄水模数,增加该研究的可操作性。

**2.2.3 ArcViewGIS 上的功能实现。**通过以上的分析,将所需参数及所需公式在 ArcViewGIS 上建立相应的数据库及模

表 2 植被水源涵养功能分级

分级	颜色	蓄水模数// $m^3/hm^2$
1 级	深绿	>4 500
2 级	浅绿	3 500~4 500
3 级	蓝色	2 500~3 500
4 级	黄色	1 500~2 500
5 级	红色	<1 500

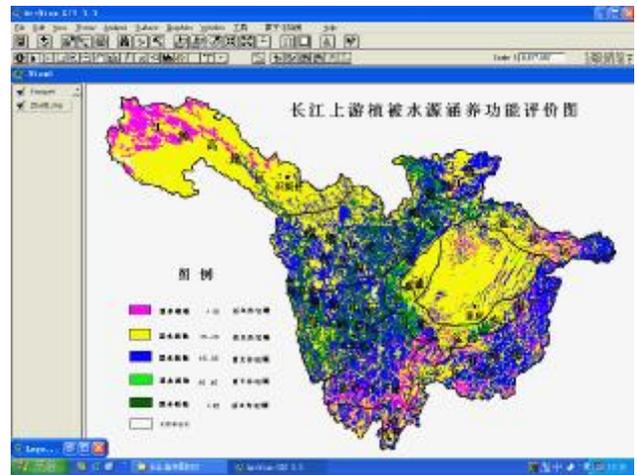


图 2 长江上游植被水源涵养功能评价

型库,并利用它的空间分析手段,进行计量,通过使用图例编辑器,将与图层关联的属性数据即蓄水模数进行自动分类 (表 2),以直观的方式表达出来,实现信息的可视化 (图 2)。

### 3 植被水源涵养功能计量结果与分析

**3.1 植被类型的水源涵养功能分析** 由长江上游流域各植被类型的土壤蓄水模数值可以得出,蓄水能力差的植被类型多为扭黄茅草丛,芒草草丛,野古草草丛,白茅草丛,亚高山阔叶革叶灌丛,矮高山栎灌丛,地盘松灌丛,杂类草甸,温带软阔叶及革叶灌丛等;蓄水能较差的植被类型多为农业水作和旱作植被类型,如水稻冬小麦甘薯冬油菜桑田油桐林柑桔园、水稻冬小麦高粱甘薯冬油菜甘蔗田柑桔龙眼园、春小麦谷子糜子苜蓿甜瓜田苹果核桃园等)以及高山稀疏植被,各类草丛,草原,高寒草甸,草甸化草原,干旱河谷灌草丛,沼泽植被等;蓄水能力中等的植被类型多为高山与亚高山地区的常绿革叶灌丛与落叶阔叶革叶灌丛,高山与亚高山针叶灌丛,温带和亚高山软阔叶灌丛和阔叶革叶灌丛以及分布在中低山区 (包括盆地内部丘陵) 的华山松林,油松林,马尾松林,杨树林,高山松林,柏木林等;蓄水能力较高的植被类型多为竹林,圆柏林,青杆林等;蓄水能力高的植被类型主要为各类常绿阔叶林,干性常绿硬叶阔叶林高山栎类林,针阔叶混交林,天然次生或人工常绿落叶阔叶混交林,丽江云杉林,青海云杉林和云杉林。

**3.2 各区域之间的植被生态系统水源涵养功能分析** 由图 2 可知:以冷云杉林、栎类林、落叶栎类常绿阔叶混交林、常绿阔叶林、干性常绿硬叶阔叶林等为主的自然植被类型和以人工防护林为主的横断山南段高山峡谷区、北段丘状高原区植被类型的水源涵养功能最好;以云杉林、冷杉林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、竹林、杉木林、云南松林、柏木林、及各类针阔叶混交林、亚高山软阔叶及革叶灌丛、温带软阔叶及革叶灌丛、马尾松林、华山松林、油松林等自然和人工植被为主的四川盆地西缘山区较好;以草丛、灌丛和马尾松林为主要植被类型的湖北宜昌段、盆东南及乌江流域的部分地区植被水源涵养功能居中;以农业植被为主的四川盆地区和以高寒草甸、草甸化草原为主的江源高原区以农业植被为主的嘉陵江上游的植被水源涵养功能较差;以亚高山阔叶革叶灌丛、矮高山栎灌丛、地盘松灌丛、温带软阔叶及革叶灌丛、杂类草甸、扭黄茅草丛、芒草草

丛、野古草草从和白茅草从为主要的自然植被和农业植被类型为主的金沙江下游、滇东北高原及乌江流域的部分地区及以高寒草甸化草原为主要植被类型的江源高原区的部分区域植被的水源涵养功能最差<sup>[7,8,30]</sup>。

#### 4 结论与讨论

(1) 长江上游各种植被生态系统水源涵养功能存在较大差异。各类常绿阔叶林、针阔叶混交林、丽江云杉林、青海云杉林和云杉林等植被类型,蓄水能力最高;竹林、圆柏林、青杆林等类型蓄水能力较高;高山与亚高山地区的常绿草叶灌丛与落叶阔叶草叶灌丛、针叶灌丛、软阔叶灌丛、温带阔叶草叶灌丛以及分布在中低山区(包括盆地内部丘陵)的华山松林、油松林、马尾松林等类型蓄水能力居中;农业水作和旱作植被类型以及高山稀疏植被、各类草从、草原、高寒草甸、草甸化草原、干旱河谷灌丛和沼泽植被等类型蓄水能较差;扭黄茅草从、芒草草从、野古草草从和白茅草从、亚高山阔叶草叶灌丛、矮高山栎灌丛、地盘松灌丛、杂类草甸等植被类型蓄水能力最差;

(2) 长江上游各区域之间的植被生态系统水源涵养功能存在较大差异。横断山的大部分地区植被的蓄水模数大都在  $4\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  以上,水源涵养功能最好;四川盆地西缘山地植被蓄水模数大都在  $3\ 500\sim 4\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ,水源涵养功能较好;横断山的小部分地区及湖北宜昌段植被的蓄水模数大都在  $2\ 500\sim 3\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ,水源涵养功能居中;四川盆地及江源高原区的大部分地区及嘉陵江上游的植被蓄水模数大都在  $1\ 500\sim 2\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ,水源涵养功能较差;金沙江下游、滇东北高原及江源高原区乌江流域的部分地区植被的蓄水模数在  $1\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  以下,水源涵养功能最差;

(3) 长江上游地域宽广,植被分异明显,以往研究资料相对缺乏,该文所计量的植被水源涵养功能值,仅是一个较为粗略的结果,更加精确的计量尚需进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 王永安.论我国水源涵养林建设中的几个问题[J].水土保持学报,1989,3(4):74-82.
- [2] 马超飞,马建文.基于 RS 和 GIS 的岷江流域退耕还林还草的初步研究[J].水土保持学报,2001,15(4):20-24.
- [3] 夏本安.论森林生态在水土保持中的作用[J].中南林业调查规划,2001,20(2):53-55.
- [4] 唐松青.山地森林的水土保持作用[J].福建水土保持 2003,15(2):10-13.
- [5] 阎顺国.桥山林区油松林水源涵养功能的探讨[J].水土保持学报,

- 1989,3(2):57-64.
- [6] 王勤,张宗应.安徽大别山区不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2003,17(3):59-62.
- [7] 邓坤枚,石培礼.长江上游森林生态系统水源涵养量与价值的研究[J].资源科学,2002,24(6):68-73.
- [8] 骆建国,潘发明.四川长江上游生态屏障建设布局的构想[J].四川林勘设计,2001(4):9-15.
- [9] 蒋志刚,马克平,韩兴国.保护生物学[M].杭州:浙江科学技术出版社,1999.
- [10] 林波,刘庆.中国西部亚高山针叶林凋落物的生态功能[J].世界科技研究与发展,2001,23(5):49-54.
- [11] 何东宁,张洪勋.青海乐都地区森林涵养水源功能研究[J].植物生态学与地植物学学报,1991,15(1):71-78.
- [12] 钟顺祥.长苞铁杉天然林水源涵养功能研究[J].福建林学院学报,1999,19(3):261-264.
- [13] 周泽福,宋吉红.不同经营模式的水源涵养林生态防护功能研究[J].林业科学研究,2003,16(2):189-195.
- [14] 袁春明,郎南军.长江上游云南松林水土保持生态效益的研究[J].水土保持学报,2002,16(2):87-90.
- [15] 吴万奎,魏玉广.广元市元坝区主要森林类型生物生产力及水源涵养能力的研究[J].四川林业科技,1996,17(2):55-61.
- [16] 周世强.四川红杉人工林分生物量和生产力研究[J].植物生态学与地植物学学报,1991,15(1):9-16.
- [17] 李德生,张萍.泰山景区华山松及栎林涵养水源性能分析[J].山东林业科技,1997(1):28-31.
- [18] 将文伟,余树全.安吉地区不同森林植被水源涵养功能的研究[J].江西农业大学学报,2002,24(5):635-639.
- [19] 张保华,何毓蓉.长江上游典型区亚高山不同林型土壤的结构性与水分效应[J].水土保持学报,2002,16(4):127-129.
- [20] 黄礼隆,唐光.川中丘陵区防护林体系蓄水保土效益研究[J].四川林业科技,2000,21(2):36-40.
- [21] 孟广涛,郎南军.滇中高原山地防护林体系水土保持效益研究[J].水土保持通报,2001,21(1):66-69.
- [22] 曾思齐,余济云.马尾松水土保持林水文功能计量研究[J].中南林业学院学报,1996,16(4):1-14.
- [23] 拜得珍,纪中华.银合欢冲沟治理水土保持效益研究[J].水土保持研究,2004,11(3):226-229.
- [24] 包维楷,乔永康.岷江上游典型油松人工幼林的生态环境效应[J].山地学报,2003,21(6):662-668.
- [25] 罗海波,钱晓刚.喀斯特山区退耕还林(草)保持水土生态效益研究[J].水土保持学报,2003,17(4):31-34,41.
- [26] 王震红,张玲.滇中三种典型人工林群落结构与土壤侵蚀关系研究[J].水土保持研究,2001,8(2):74-79.
- [27] 王金锡.长江中上游典型防护林综合效益监测与计量评价技术研究[M].成都:四川科学技术出版社,2006.
- [28] 中国林学会,中国土壤学会森林土壤专业委员会.森林与土壤[M].北京:中国科学技术出版社,1992.
- [29] 四川省国土局,四川省自然资源研究所.四川省国土资源评价及分区研究[J].成都:四川科学技术出版社,1989.
- [30] 徐旌,张军.基于 RS-GIS 的滇池流域水土流失变化研究[J].水土保持学报,2004,18(2):80-83.