

# 西庄河山地流域水资源供需动态初步研究<sup>\*</sup>

马杏<sup>1</sup> 李镜宏<sup>2</sup> 许建初<sup>1\*\*</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204; <sup>2</sup>云南省水文水资源局保山分局, 保山 678000)

**摘要** 水资源的合理有效利用是我国西部生态环境建设中的关键问题。位于怒江流域的西庄河是典型山地小流域, 山地流域内常常是潜在的水资源十分丰富, 但现实的水资源却严重缺乏, 流域内许多村社都面临农业灌溉用水和人畜饮水紧缺的问题。以西庄河流域为例, 通过定量监测研究山地流域水资源的时空变化规律, 并通过供需现状参与式评估探讨山地流域的水资源的可持续利用和保护。

**关键词** 西庄, 山地流域, 水资源, 水量需求, 可持续利用

**中图分类号** X37 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2004)06-0037-05

**Preliminary study on dynamics of water supply and demands in Xizhuang watershed of Yunnan.** MA Xing<sup>1</sup>, LI Jinghong<sup>2</sup>, XU Jianchu<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China; <sup>2</sup>Baoshan Water Resource and Hydrological Bureau of Yunnan Province, Baoshan 678000, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6):37~41.

Sustainable utilization of water resources is the key issue of ecological construction and conservation in western China. Xizhuang watershed, located in Nujiang valley, is a typical mountain watershed. Although it is rich in potential water resource, water scarcity is still a problem for irrigation and domestic drink. Taking Xizhuang watershed for instance, the study applied by quantitative monitoring and participatory approach for assessing the spatial and temporal distribution of water resources and explored the sustainable use and conservation of water resources in mountainous watersheds.

**Key words** Xizhuang, mountainous watershed, water resource, water demand, sustainable use.

## 1 引言

随着世界人口飞速增长和工业经济的迅猛发展, 世界性的水资源短缺、水污染加剧和生态环境破坏已经严重威胁人类的健康和安全, 制约着经济的进步发展, 而人们并未认识到水资源开发利用和保护对提高经济生产力、改善社会和保护人类生态的重要性<sup>[8]</sup>。我国水资源人均只有世界平均水平的1/4, 而且时空分布很不均匀。目前全国缺水总量约为 $4 \times 10^{10} \sim 6 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , 每年受旱面积 $2.0 \times 10^{11} \sim 2.7 \times 10^{11} \text{ hm}^2$ , 全国还有7000万人吃水有困难<sup>[3]</sup>。我国西部地区是我国国际河流主要发源地及集中分布地区, 其水资源利用和生态环境保护, 在西部地区、全国及亚洲大陆, 都具有极其重要的意义。地处西部大江源头的云南省山区面积占全省总面积的94%, 水资源占全省水资源总量的95%以上, 达 $2.11 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。

从农业生产的角度看, 水资源是农业的命脉; 从工业生产与服务业的发展角度看, 水资源是国民经济的命脉; 从生态环境的角度来认识, 水资源是人

类可持续发展的重要环境资源<sup>[4]</sup>。我国农业用水比例在各大区域中都占了很大比例, 其中西南诸河区域的农业用水比例 $> 84.5\%$ <sup>[1]</sup>, 农业用水包括农田灌溉及林牧渔用水。农业灌溉用水是农业用水的主要方面, 水在任何农作物成长过程中不可缺少的要素, 它可以合理调节土壤中的养料、通气和温度等状态, 以满足作物生长发育的需要, 从而达到稳产高产; 林业、渔业和畜牧业生产都离不开水, 可以提高森林覆盖率, 具有防止水土流失、美化环境等多种生态功能, 这又会促进种植业、畜牧业的发展。

西庄河山地流域内无工矿企业, 村民们从事传统的农业生产, 灌溉用水和生活用水成为用水的两大方面。利用从监测站网获取的水文气象参数、保山地区的水资源调查评价结果及流域调查资料, 分析了流域的潜在水资源量、流域的供水状况、人畜饮水需水量、农业灌溉需水量, 初步分析了流域的供

<sup>\*</sup> 云南省科委国际科技合作项目(2000HC004)、国际山地中心(ICIMOD)、加拿大国际发展中心(IDRC)、瑞士联合发展署(SDC)联合资助项目和中国科学院昆明植物研究所知识创新工程资助项目。

<sup>\*\*</sup> 通讯作者

收稿日期: 2004-04-05 改回日期: 2004-08-02

需状况,通过气候水平衡图(客观的反映了流域水资源年内变化)和作物需水灌溉缺水图(村民对流域水资源的主观反映)的对比,说明当地村民的乡土知识可在山区流域水资源的开发、利用和保护中发挥重要作用。

## 2 研究流域与方法

### 2.1 研究流域

研究流域位于云南省西部保山市隆阳区板桥镇,流域地理坐标为 $99^{\circ}6'36''\sim 99^{\circ}12'36''E$ ,  $25^{\circ}12'32''\sim 25^{\circ}16'34''N$ ,距保山城约28 km,横断山区南段,属怒江水系,受印度洋西南季风气候影响较大,为亚热带高原山区气候<sup>[1]</sup>,流域面积为 $34.6\text{ km}^2$ ,海拔变幅为1 695~3 076 m,属于典型的中山小流域。流域地形地貌复杂,地势西高东低,呈阶梯状逐级下降,南北两侧山峰相对,农田分布于河谷两岸,村庄多分布于山坡斜面上,部分位于谷间平地。1998年统计人口3 874人,人口密度达 $112\text{ 人}\cdot\text{km}^{-2}$ (按照云南省人口地理分布特性,属于人口密度中等至密集地区)<sup>[5]</sup>。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 资料收集** 降雨资料、径流资料来自于流域内监测的水文站网;资料调查方案参照尼泊尔国际山地综合发展中心山地小流域(YARSHA KHOLA)采用的方案<sup>[10,11]</sup>,根据流域的实际情况:不同自然村的海拔与植被不同,需水量也不同,需水调查按自然村逐村选择户数进行问卷调查,访谈对象为家庭中的骨干劳力(男户主或女户主),内容包括户主的基本情况、人畜用水量、农业用水量与与水有关的信息等,一共调查了44户村民。用GPS将被访农户的住所在图上标出。

**2.2.2 资料存储** 水文资料用HYMOS(国际山地综合发展中心推荐)整编软件处理;野外调查的基本资料带回室内后,将所有资料按户数编号,每一户的相关信息输入电脑(以电子表格形式存放)。

**2.2.3 资料分析** 首先分析流域内有多少潜在水资源量,再结合气象资料、调查资料从人畜用水、农业用水来分析流域的供水、需水状况。

## 3 结果与分析

### 3.1 供水分析

**3.1.1 潜在水资源量** 潜在水资源量是所有形式产水量的总和<sup>[7]</sup>,从流域来水量(降水)与流域产水

量(地表水资源量和地下水资源量)两方面分析。

西庄河流域1998年至2001年面平均年降水量分别为1 221.7、1 250.6、1 729.2和1 838.7 mm,保山市隆阳区多年平均年降水量为1 207.5 mm<sup>[8]</sup>,由此可知西庄河流域1998、1999年面平均年降水量与多年值相当,属于平水年,2000、2001年面平均年降水量比较丰沛,属于丰水年。

虽然流域年降水量比较丰富,但是降水时空分布不均。西庄河流域乃至保山市大范围内,由于冬夏季季节气团来源不同,形成冬春(11~4月)干、夏秋(5~10月)雨的截然不同的干湿季节交替现象。1998年至2001年西庄河流域11月至4月降水占全年降水的4%~31%,5~10月降水占全年降水的69%~96%,其中汛期降水量的51%~73%集中在7~9月。降水空间分布不均,流域最低点(西庄站为1 695 m)与流域最高点(癞石头站为3 076 m)降水相差达800 mm。

地下水资源是指降水及地表水体入渗补给地下含水层的动态水量。由于地质构造复杂,西庄河流域具有地下水富集的特点,具体表现为流域内泉点多、流量大、暗河较发育,是典型的地下水富集区。2002年2月进行的泉水调查表明流域内地下水多以泉水出露,泉源星罗棋布,近调查,估计全部泉水的出流量为700 L/S,其中位于流域下游的老虎洞泉水是流域最大的泉水(出流量约为300 L/S),地质学家论证其为上游地下水的集中出流。

地表水资源量是指区域内河流、湖泊、冰川等地表水体的动态水量,即天然河川径流量。保山市隆阳区的河流切割很深,大部分地下水经天然露头宣泄,且以泉水为主要排泄方式,所以河川径流量包括了地表水和地下水两部分。

1988~2001年西庄河流域实测年径流分别为 $1.748\times 10^7$ 、 $1.775\times 10^7$ 、 $3.895\times 10^7$ 和 $3.939\times 10^7\text{ m}^3$ ,折合年径流深分别为517.2、525.1、1 152.4和1 165.3 mm,而保山市隆阳区多年平均年径流深为494.9 mm,可看出西庄河流域水量比较丰富。

西庄河流域内的河水或泉水部分被引到流域以外,故需考虑还原计算来计算径流量。主要有:北庙水库从1993年起从西庄河开沟引水至水库区;西庄水厂从老虎洞泉眼引水,供西庄村附近及板桥镇5万多人口生活用水;西庄水泥厂用4寸钢管从清水村山坡上泉水处直接引水;西庄村有 $16.67\text{ hm}^2$ 水田依靠流域内引水灌溉,有1 818人,自备水厂从流

域内引水。经还原计算,西庄流域 1998 年跨流域总引水量为  $3.98 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,折合径流深 117.7 mm;1999 年跨流域总引水量为  $5.72 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,折合径流深 169.2 mm;2000 年跨流域总引水量为  $4.71 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,折合径流深 139.3 mm;2001 年跨流域总引水量为  $3.79 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,折合径流深 112.1 mm。

经水量还原后,1998~2001 年流域水资源量分别为  $2.147 \times 10^7$ 、 $2.348 \times 10^7$ 、 $4.367 \times 10^7$  和  $4.319 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。

**3.1.2 供水状况** 流域内无水库、塘坝等水利工程设施,20 世纪 60、70 年代的农田水利工程也因年久失修,严重老化,丧失使用价值,仅存工程遗迹。2000 年雨季结束后,本研究项目选取大麦地村为研究点,组织当地村民建造了 38 个蓄水量为 2~6  $\text{m}^3$  的小水窖和 1 个蓄水量为 93  $\text{m}^3$  大水窖,累计拦截、储存雨季水量达 300  $\text{m}^3$ ,水窖供水覆盖了全村 90% 以上的耕地。2001 年,保山市隆阳区水利局在李家寺办事处建造了 2 个蓄水量为 150  $\text{m}^3$  的大水池,按每年蓄水 3 次计,则每年累计可蓄水 900  $\text{m}^3$  左右。

相对而言,泉水的利用率比较高,80% 的泉源都建筑蓄水池,保证村民的人畜饮用水。

据供水状况同 5 年前、25 年前相比,同 5 年前没有多大变化,比 25 年前有所减少。其中,同 5 年前相比,80% 的村民认为可供水量无变化,7% 的村民认为供水增加,13% 的村民认为减少;同 25 年前相比,76% 的村民认为供水减少,20% 的村民认为供水不变,4% 的村民认为增加(表 1)。这表明,由于流域内可供水量的减少,水利工程老化、失

效,导致供水量的减少。

表 1 西庄河流域农业供水状况变化

Tab.1 Change of water availability for irrigation water

时期	减少	不变	增加
5 年前	3	35	6
25 年前	33	9	2

注:与 5 年前、25 年前比较。

调查 44 户村民中,4%~11% 的村民认为 2~5 月饮用水供水缺乏;全部村民均认为灌溉水供水缺乏,最干燥的月份是 5 月份,进入 6 月份灌溉水供水缺乏开始缓解。由于流域降水干湿季节分明,近 90% 的降雨发生在雨季(6~11 月),枯季比较缺水,这与村民反映的供水缺乏时间相一致(图 1)。

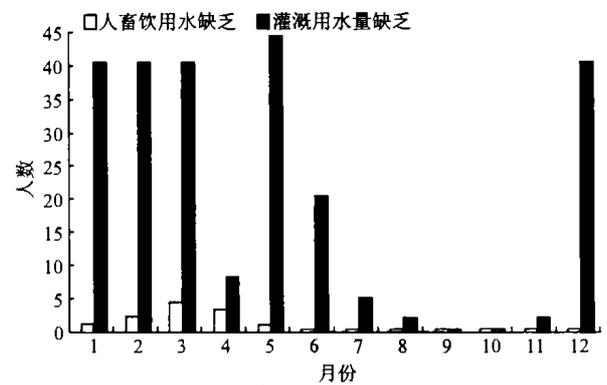


图 1 西庄河流域供水缺乏时段统计

Fig.1 Period of water supply shortage in the Xizhuang watershed

由气候水平衡示意图(图 2: P 为降水量, PE 为潜在蒸发量, AE 为实际蒸发量)可看出,在 12 月末到次年 5 月份流域内土壤含水量日益减少,出现缺水状况,这与村民所反映的缺水时间非常一致。从

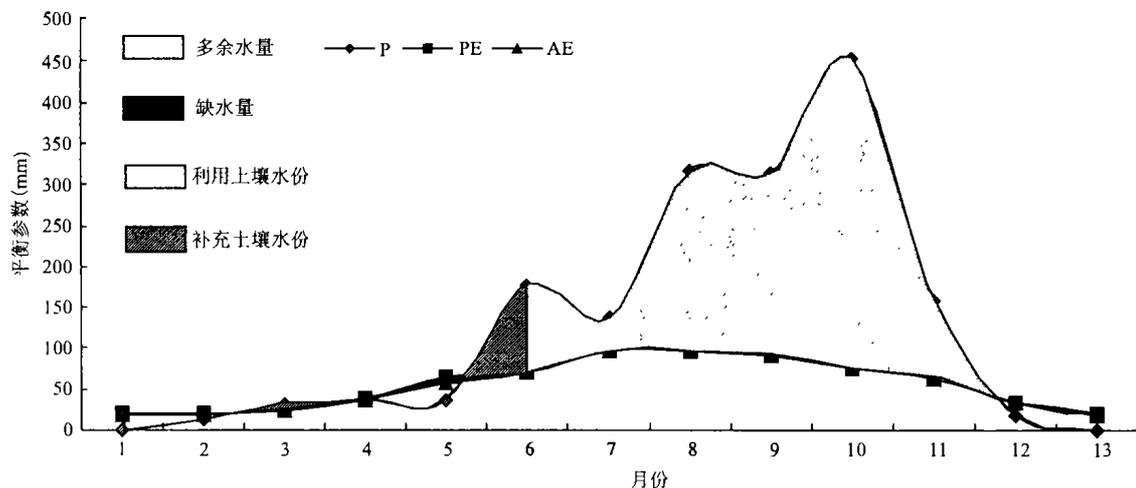


图 2 西庄河流域干旺坑气象站 2000 年气候水平衡示意图

Fig.2 Climatological water balance for main meteorological station at Ganwangkeng, 2000

平衡图上也可看出最缺水的月份是4、5月份,这符合保山市的特性<sup>[8]</sup>,也符合云南省水资源的特性<sup>[2]</sup>。

### 3.2 需水分析

**3.2.1 人畜饮用水需水量** 按调查数据,流域内人均用水量约为  $35 \text{ L} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,大牲畜日耗水量约为  $25 \text{ L} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,中牲畜日耗水量约为  $15 \text{ L} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,小牲畜日耗水量约  $2 \text{ L} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,保山市用水指标为农村生活用水量  $80 \text{ L} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、大牲畜  $35 \text{ L} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、中牲畜  $20 \text{ L} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、小牲畜  $10 \text{ L} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ <sup>[8]</sup>,按保山市用水指标估算流域人畜年需水量为  $2.35 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

**3.2.2 农业灌溉需水量** 流域地形特点为“地高水低”,河流切割较深,使耕地灌溉受到制约。如流域下游地区,耕地和河流基面高差达12到80 m,当地农民放弃对耕地灌溉努力,仅在雨季种植一季作物(玉米);流域上部,由于高位泉水的存在,为极小部分耕地灌溉提供了可能性,这些具备灌溉条件的耕地几乎成了当地农民的“保命田”。统计数字表明,上游  $64 \text{ hm}^2$  耕地中(包括坡耕地及台地),具备基本灌溉条件的不足40%,完全满足灌溉需求的耕地仅20%左右;中游  $66.67 \text{ hm}^2$  耕地中,具备基本灌溉条件的仅15%;流域下部耕地中,具备基本灌溉条件的不足10%。具备灌溉条件的耕地主要分布在流域主河道两侧,地面平整,上部有高位泉水或人工渠的地段。目前流域耕地灌溉途径主要表现为:在灌溉季节,个别农户利用局部有利地形,通过塑料软管自流引水灌溉,解决小块耕地灌溉需求<sup>[9]</sup>。

农业需水量应按不同代表年进行估算(不同代表年指平水年  $P=50\%$ ,偏枯年  $P=75\%$ 与特枯年  $P=95\%$ ),保山市水田的综合灌溉定额  $P=50\%$  时为  $39 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $P=75\%$  时为  $4.4 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,  $P=95\%$  时为  $53.73 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。流域内有水浇地、旱地,其中水浇地  $0.3 \text{ hm}^2$ (含菜地)、旱地  $1.7 \text{ hm}^2$ ,水浇地、旱地的用水定额定为水田用水定额的一半,即不同代表年的用水定额分别为  $19.53 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $22.73 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 和  $26.87 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。计算不同代表年的农业需水量: $P=50\%$  时,农业需水量为  $8.86 \times 10^5 \text{ m}^3$ ;  $P=75\%$  时,农业需水量为  $1.03110^6 \text{ m}^3$ ;  $P=95\%$  时,农业需水量为  $1.219 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

在调查中,灌溉用水量同5年前相比,54%的村民认为灌溉用水量没有变化,39%的村民认为灌溉用水量增加,7%的村民认为灌溉用水量有所减少;

同25年前相比,50%的村民认为灌溉用水量有所减少,34%的村民认为灌溉用水量不变,16%的村民认为灌溉用水量有所增加(表2)。从1982年和1991年的土地利用图上可看出,82年耕地面积占33%,91年耕地面积占23%,减少了10%。

表2 西庄河流域农业用水状况变化

Tab.2 Change of water need for irrigation in the Xizhuang watershed

时期	减少	不变	增加
5年前	3	24	17
25年前	22	15	7

注:与5年前、25年前比较。

将农作物灌溉时间与灌溉供水缺乏时间对比可看出(图3),供水缺乏时间与小麦的灌溉时间相一致,且在种玉米时也缺水,这就严重影响了农作物的产量,中国水利水电科学研究院水资源所利用1993年社会经济及水资源利用资料,在“我国21世纪的水和粮食问题”研究中,论证了灌溉面积的增长是我国粮食产量增长的主要原因<sup>[6]</sup>。

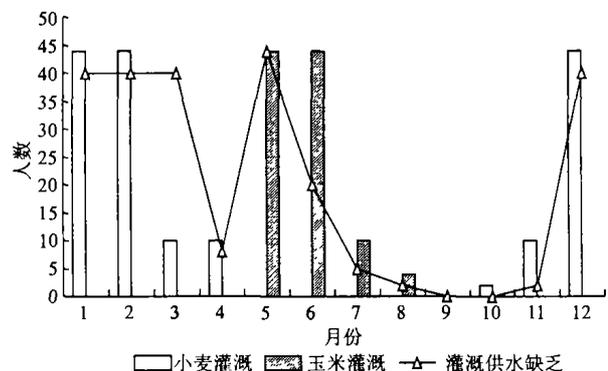


图3 西庄河流域农作物灌溉时间与灌溉供水缺乏时间对比

Fig.3 Time of irrigation and irrigation water shortage in the Xizhuang watershed

## 4 结论与建议

通过对西庄河流域的来水、需水、供水分析,揭示了流域内的水资源状况。流域降水丰沛,但时空分布不均,降水主要集中在7~9月,冬春作物播种和生长期11~5月降水稀少;流域水资源总量丰富,年产水量约为  $3.295 \times 10^7 \text{ m}^3$ ,但除跨流域引水  $4.55 \times 10^6 \text{ m}^3$ (约占年产水量的14%)以外,流域内水资源的有效利用率低,流域内无水库、塘坝等水利设施,新建的蓄水池能局部满足部分作物需水;流域供水设施缺乏,仅能满足人畜饮用水,80%的泉水修葺了蓄水池,水管架接率达100%;灌溉水问题突出,特别是灌溉途径缺乏。

针对西庄河流域水资源的现状,可综合应用植

被调节、地表水库(小型蓄水池)调节等作用,通过保护生态系统,实现潜在水资源的最大转化。根据项目在大麦地建小水池和李家寺建蓄水池的成功经验,建议村民修建一些小型蓄水池,收集、拦截雨季多余的水量,以满足山坡耕地的灌溉需水;对山谷、平台耕地,建议村民修复、维护引水渠道;利用植被保持水土、涵养水源、降低和延缓洪峰、提高枯水期径流等作用,达到水资源时空相对均匀分布的目的,减少潜在水资源中的无效部分,提高现实可利用的水资源;同时,由于植被是生态系统的主体,构建了合适的植被类型,也就创造了一个优美的生态环境,是水资源调蓄的基础<sup>[7]</sup>。在农业灌溉中可采用为喷灌节水灌溉技术,黑龙江宁安市江城小流域进行了定点试验,得出结论:采用微喷灌节水灌溉技术,既满足了作物生长发育的需水量,又维持了作物水、土壤水、大气水、地表水和地下水的动态平衡,保证了水资源的持续高效利用<sup>[3]</sup>。

**致谢** 本文得到云南省保山水文水资源分局、保山市隆阳区林业局等合作单位的大力支持。在此表示衷心感谢。特别感谢流域内收集监测数据的当地村民,没有他们的辛勤工作就没有任何分析工作可言。

## 参考文献

- [1] 云南省保山市志编撰委员会. 1993. 保山市志[M]. 昆明: 云南民族出版社.
- [2] 伍立群. 2002. 云南水资源的再认识[J]. 水资源研究, 23(3): 10~12.
- [3] 吕志学, 邓育江, 孙雪文. 2003. 小流域水资源持续高效利用研究探讨[J]. 水土保持研究, 10(2): 89~90.
- [4] 何晓光, 钟茂初. 2002. 水资源对经济社会发展的影响[J]. 山西财经大学学报, 24(5): 39~44.
- [5] 沙丽清, 邱学忠, 许建初, 等. 2003. 云南保山西庄山地流域土地利用方式与土壤肥力关系研究[J]. 生态学杂志, 22(2): 9~11.
- [6] 陈敏捷. 1999. 我国 21 世纪的水和粮食问题[J]. 水利学报, 1: 1~7.
- [7] 周国选, 黄志宏. 2002. 中国大陆面向生态的水资源管理与调控战略[J]. 地球科学进展, 17(3): 435~400.
- [8] 袁弘任, 魏开涓. 2002. 水资源保护知识问答(八)[J]. 水资源保护, 3: 66~67.
- [9] 高富, 许建初, 王懋林. 2002. 西庄河流域农田水利实践经验浅谈[J]. 中国农村水利水电, (9): 7~8.
- [10] Juerg M, Bhuban S, Madhav P, Dhakaletc. 2001. Water issues in a rural watershed of the middle mountains of nepal-a case study of the Yarsha Khola watershed[M]. Kathmandu: ICIMOD.
- [11] Juerg M, Gopal N. 2001. Water availability in rural watersheds of the mountains in nepal[M]. Kathmandu: ICIMOD.

**作者简介** 马杏, 女, 1973 年 9 月生, 硕士研究生, 研究方向为环境与资源管理。

**责任编辑** 李凤芹