

文章编号: 1008 - 2786 - (2019)4 - 564 - 11

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000448

尼泊尔山区水资源可利用性与农户 生计适应链框架研究

——以柯西河流域为例

邓伟^{1,2,3,4}, 孔博¹, 苏艺⁵, 宋雪茜⁶

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 四川师范大学 地理与资源科学学院, 成都 610101;

3. 中国科学院大学 北京 100049; 4. 中国科学院加德满都科教中心, 北京 100101;

5. 四川省社会科学院, 成都 610071; 6. 成都信息工程大学, 成都 610225)

摘 要: 尼泊尔山区农业用水以雨水和山泉水(地下水)为主,灌溉设施普遍匮乏。在全球气候变化影响下,极端天气过程不断呈现,长期干旱和短时暴雨对农业生产的影响日益严重,直接影响农户生计安全,特别是纯农型的农户,面临更多的生计适应性挑战。柯西河(Koshi River)发源于中国西藏,流经尼泊尔进入印度,其流域的中上游至中下游是尼泊尔重要的农区,农业水资源的可利用性非常重要。通过统计分析法和生计适应链框架相结合,分析科西河流域水资源可用性,阐明科西河流域水资源变化特征,解决农户生产和生活用水问题,针对农户生计潜在水危机风险,提出农户生计适应性链框架及适应对策。

关键词: 水资源可利用性;生计适应链框架;气候变化;柯西河;尼泊尔

中图分类号: K909

文献标志码: A

尼泊尔是典型的传统山地农业国家,经济社会发展水平低,是全球贫困国家之一。受山地地形和水资源供给设施缺乏等影响,凸显雨养农业特点。伴随气候变化的影响,尼泊尔的气候异常问题也日益显现,干旱加剧、暴雨增加、地下水位下降(泉眼干涸),都给农户的生产和生活带来许多不利和挑战。因此,面向可持续的农户生计,构建农户生计适应链,对提高农户生计适应性、降低农户生计风险具有重要的现实意义。科西河是中、尼、印跨境河流,发源于喜马拉雅山中段北坡,流经尼泊尔后进入印度,是尼泊尔水量最大的一条河流,对科西河流域城镇和乡村的水资源供给具有重要的价值,也牵扯到一些跨境水资源利用的问题。围绕柯西河流域水资

源的可利用性,研究农户生计适应问题,对基于气候变化背景下构建农户生计适应链框架具有实际意义。

1 柯西河流域水资源特征

1.1 地理特征

尼泊尔是一个内陆山地国家,位于喜马拉雅中段南麓,东西长约 885 km,南北宽在 145 ~ 241 km,地势北高南低,国土空间以丘陵、山地为主体,约占国土面积的 86% 以上(图 1,图 2)。巨大的地理空间差异,导致地区气候差异明显,可分北部高山寒带、中部河谷温带和南部平原亚热带三个气候区。

收稿日期(Received date):2019-06-15;改回日期(Accepted date):2019-08-15

基金项目(Foundation item):国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(41661144038)。[National Natural Science Foundation of China for International (regional) Cooperation and Exchange Programs (41661144038)]

作者简介(Biography):邓伟(1957-),男,辽宁沈阳人,博士,研究员,主要研究方向:山区发展战略、山区资源环境与国土空间发展研究。[DENG Wei (1957-), male, born in Shenyang, Liaoning province, Ph. D., professor, mainly research on mountain development strategy and the mountain resources and environment and land space development study.] E-mail: dengwei@imde.ac.cn

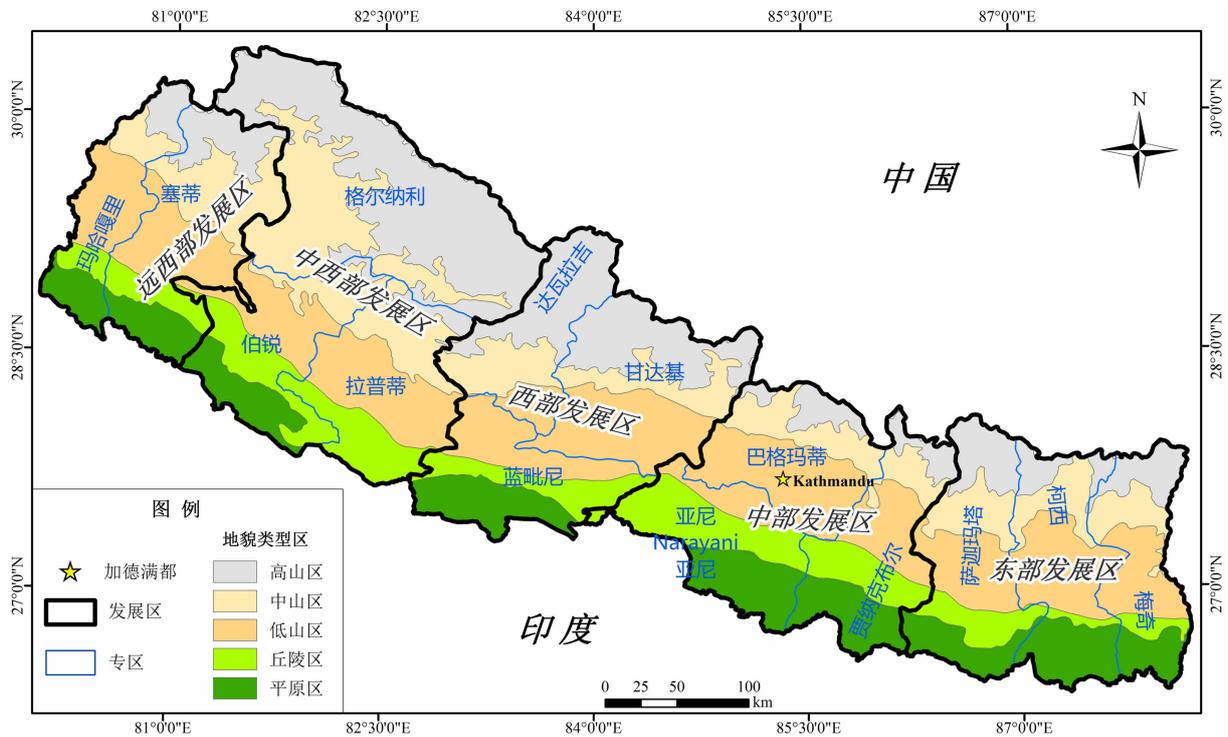


图 1 尼泊尔山区分布和发展区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the economic divisions of mountainous areas in Nepal

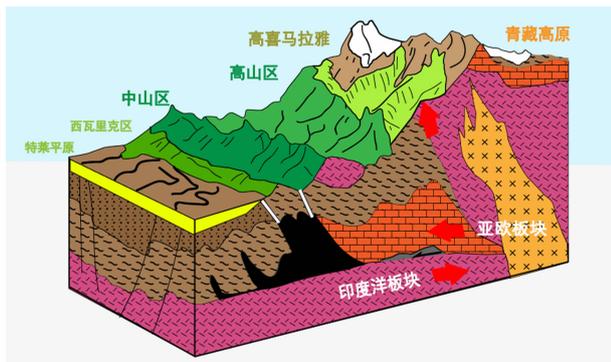


图 2 尼泊尔地形空间分异特征(摘自文献[1])

Fig. 2 Spatial differentiation characteristics of terrains in Nepal

由于海拔、温度、降水的空间极大差异,造成了自然植被的显著垂直分带和植物区系的多样性,拥有 75 种植被类型和 35 种森林类型。

尼泊尔国土面积约 14.7 万 km²,被誉为“东方瑞士”。据世卫组织报告,2015 年尼泊尔人口估计约为 2850 万人,人口增长率为 1.2%,18.6% 的人口居住在城市。尼泊尔共划分为 5 个经济发展区(图 1),下设 14 个专区,共有 75 个县,3995 个村。

柯西河流域面积约 5.4 万 km²,其中中国西藏自治区境内 2.8 万 km²,尼泊尔境内 2.6 万 km²。柯西河流域主要包括 5 个子流域:波曲(Poiqu)流域、

朋曲(Pumqu)流域、孙柯西(Sun koshi)流域、阿润(Arun)河流域、塔木尔(Tamor)流域。该流域涉及中国西藏自治区的定日、定结、聂拉木、岗巴、萨迦 5 县和尼泊尔的东部发展区(Eastern)1 个区(region)和 5 市(zone),包括巴格马蒂、贾纳克普尔、萨加马塔、柯西、梅奇,其中包含 15 个县(district):索卢昆布、乌代普尔、卡夫雷帕兰乔克、新图巴尔恰克、多拉卡、拉梅查普、辛图利、博杰普尔、丹库塔、桑库瓦萨巴、德哈土姆、潘奇塔尔、塔普勒琼、卡唐、奥卡尔东加(图 3)^[2]。

1.2 柯西河流域气象水文特征

水资源系统的演变与气候变化密切相关。尼泊尔是山地国家,受气候变化的影响既敏感又波动剧烈,总体上干旱范围在扩大,时间在延长,而降水趋向集中的暴雨方式,给尼泊尔的雨养农业带来诸多不利,直接影响了农户的生计。

柯西河流域面积占尼泊尔国土面积的 20.8%,受山地海拔影响,其水热条件空间差异很大。据统计,其流域多年降雨量在 236 ~ 5526 mm 之间,≥10℃积温范围是 731 ~ 7689℃,无霜期为 67 ~ 361 d,多年平均径流量约为 500 m³/s 左右。由此足见,柯西河流域的农业生态环境与农业生产条件差

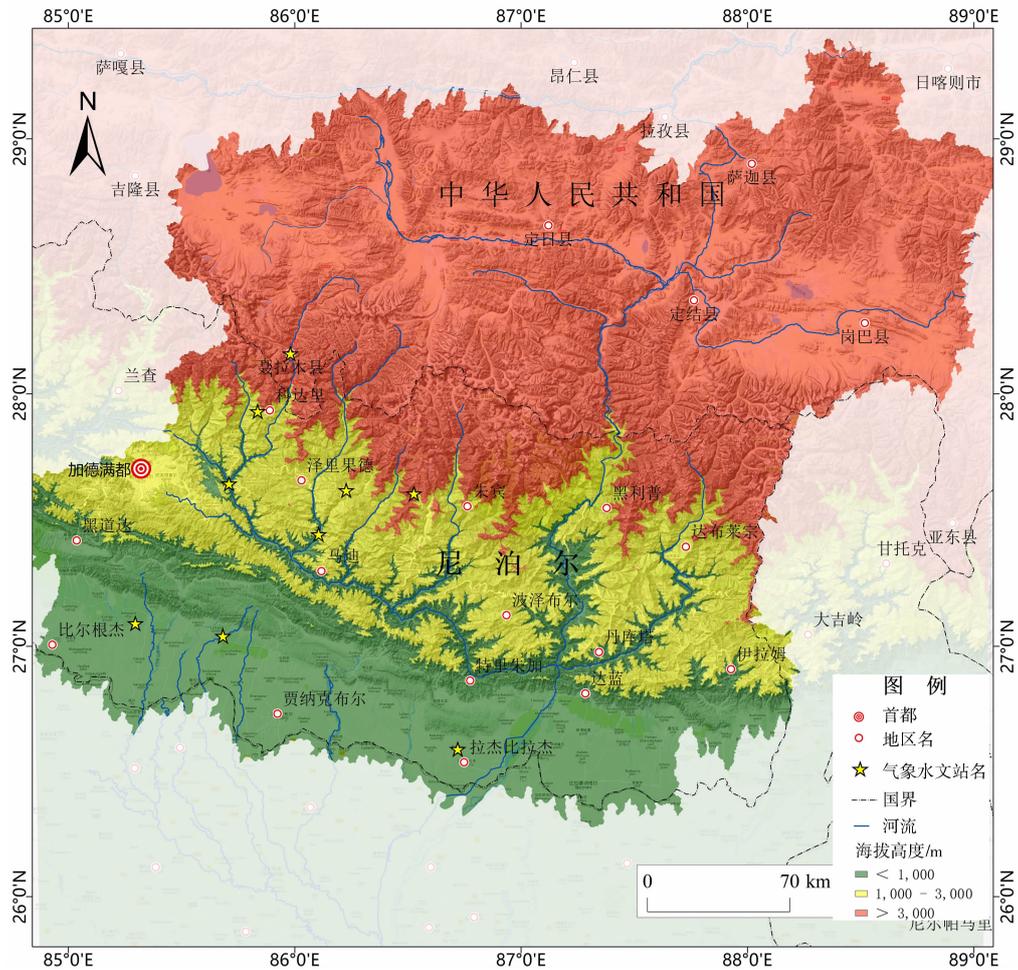


图3 柯西河流域海拔分区图

Fig. 3 Elevation divisions of the Koshi River Basin, Nepal

别十分明显,很有必要通过分析其流域水文气象要素的时空变化以及农户用水安全保障等,探讨基于水资源可利用性的农户应对气候变化的生计适应链构建及其策略。

1.2.1 温度

根据气候特点,柯西河流域可以分为三个海拔空间带,3000 m 以上为高山区,海拔 1000 ~ 3000 m 为中山区,低于 1000 m 以下为低山丘陵区。从表 1 可以看出,高山区常年温度较低,无霜期一般在一个半月到 3 个月内,但从变化速率看,其温度有逐年缓慢增加的趋势。在中山区 ≥ 10 °C 积温显著增加,一般有效积温为 4000 °C 多,无霜期为 200 天以上(图 4、图 5),表明海拔 1000 ~ 3000 m 热量条件充足,是重要的农牧发展区。低山区是整个流域温度最高地区,常年平均温度都在 20 °C,有效积温高达 7000 °C 以上,但该地区的变化速率相比其他地区呈现最高值。由于流域温度呈现逐年上升趋势,干旱

问题显现,导致生态需水的平衡性受到明显影响^[3]。

1.2.2 降水

从降水数据分析看,柯西河流域 80% 的降水以夏季风降雨的形式出现,并呈现时空差异。位于海拔 3000 m 以上的高山区降水量较少,生长季和非生长季多年均值趋于相等,但非生长季或冬季降雪在北部山区更为常见^[4],多年平均降水量为 376 mm,与生长季相近(表 2)。中山区的降水量是整个流域最高的,它的降水量是低山区的 2 倍(图 6,图 7),生长季降水受印度洋东南季风(6 月—10 月)的影响,季风季节平均贡献了该国年降水量的 79.8%^[5]。高山区与中山区变化速率呈现上升趋势,而低山区的变化速率呈现下降趋势。据有关研究表明约 64% 的降水形成了地表径流^[6]。

1.2.3 径流量

柯西河流域的径流量也呈现明显的空间差异。

表 1 不同海拔多年平均温度因子值

Tab.1 Factor value of average temperature for years at different altitudes

海拔 /m	平均温度 /°C	变化速率 / (°C · a ⁻¹)	≥10°C 积温 /°C	无霜期 /d	7 月均温 /°C	7 月变化速率 / (°C · a ⁻¹)	1 月均温 /°C	1 月变化速率 / (°C · a ⁻¹)
> 3000	2.6	0.0267	55 ~ 1064	43 ~ 95	10.8	0.0172	-0.1	0.0455
1000 ~ 3000	14.1	0.0238	3961 ~ 4813	241 ~ 286	20.2	0.0258	6.2	0.0081
< 1000	21.2	0.0737	7209 ~ 7705	355 ~ 365	27.1	0.0354	12.9	-0.174

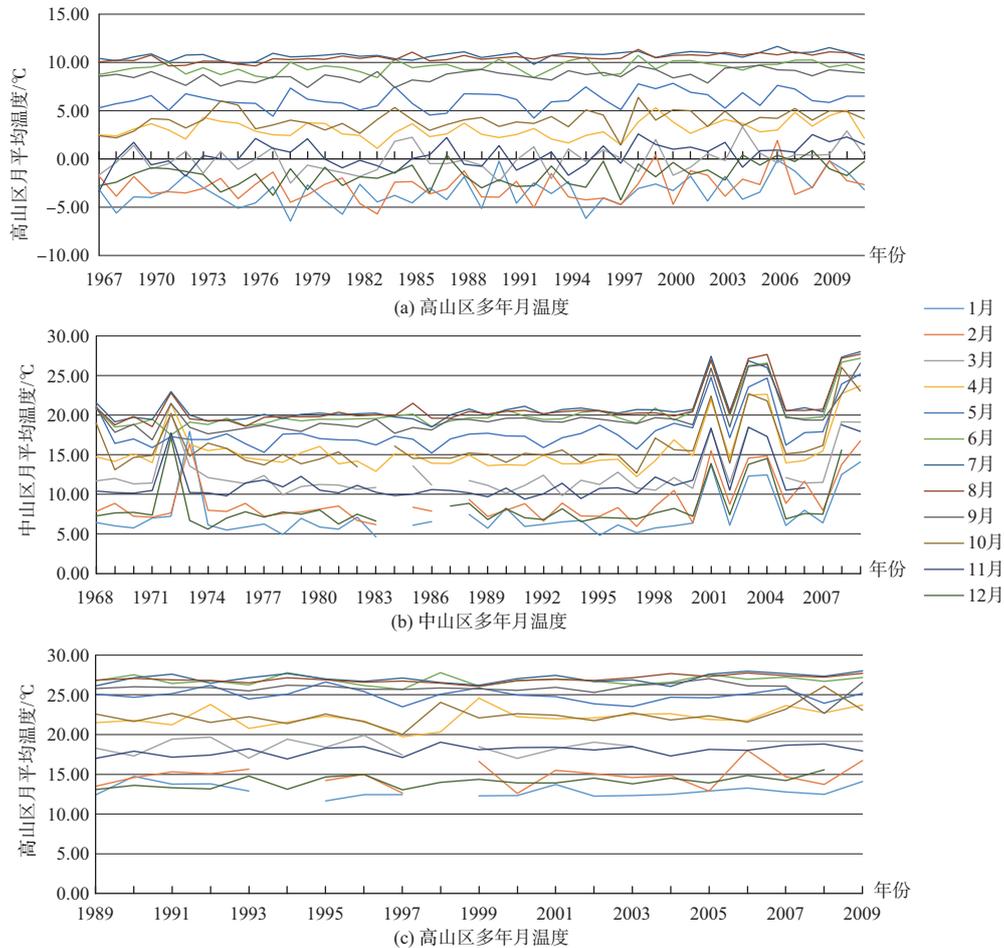


图 4 不同海拔的多年月平均气温变化图

Fig. 4 Monthly average temperature change for years at different altitudes

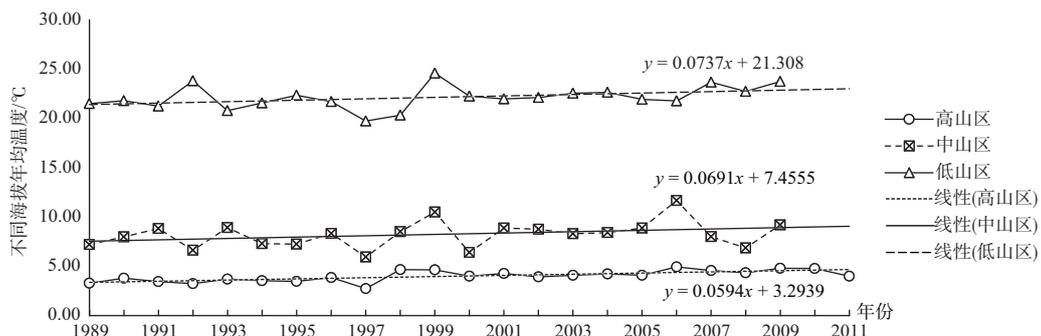


图 5 不同海拔的多年平均气温变化趋势图

Fig. 5 Average temperature trends for years at different altitudes

表 2 不同海拔多年平均降水量因子值

Tab. 2 Factor value of multi-year average precipitation at different altitudes

海拔 /m	平均降水量 /mm	区间变化值 /mm	变化速率 /(mm · a ⁻¹)	6月—10月 /mm	7月 /mm	11月—次年5月 /mm	1月 /mm
>3000	742	448 ~ 1130	0.15	365	81	376	40
1000 ~ 3000	2085	1549 ~ 2757	0.0375	1759	540	325	15
<1000	1205	860 ~ 1700	-0.801	977	310	228	11

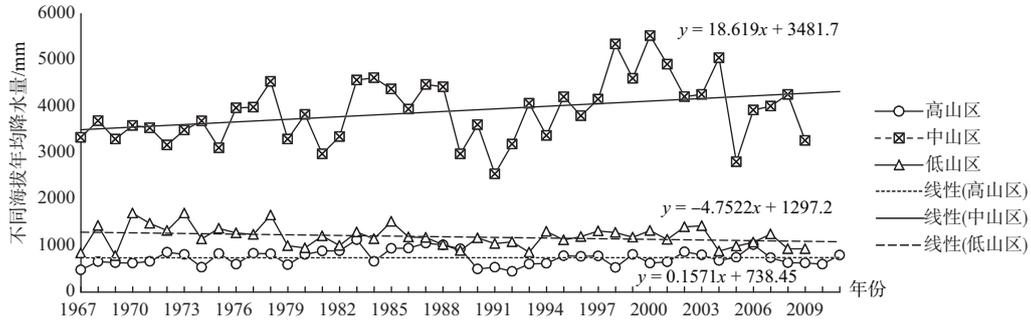


图 6 不同海拔的多年平均降水量变化趋势图

Fig. 6 Trend graph of multi-year average precipitation at different altitudes

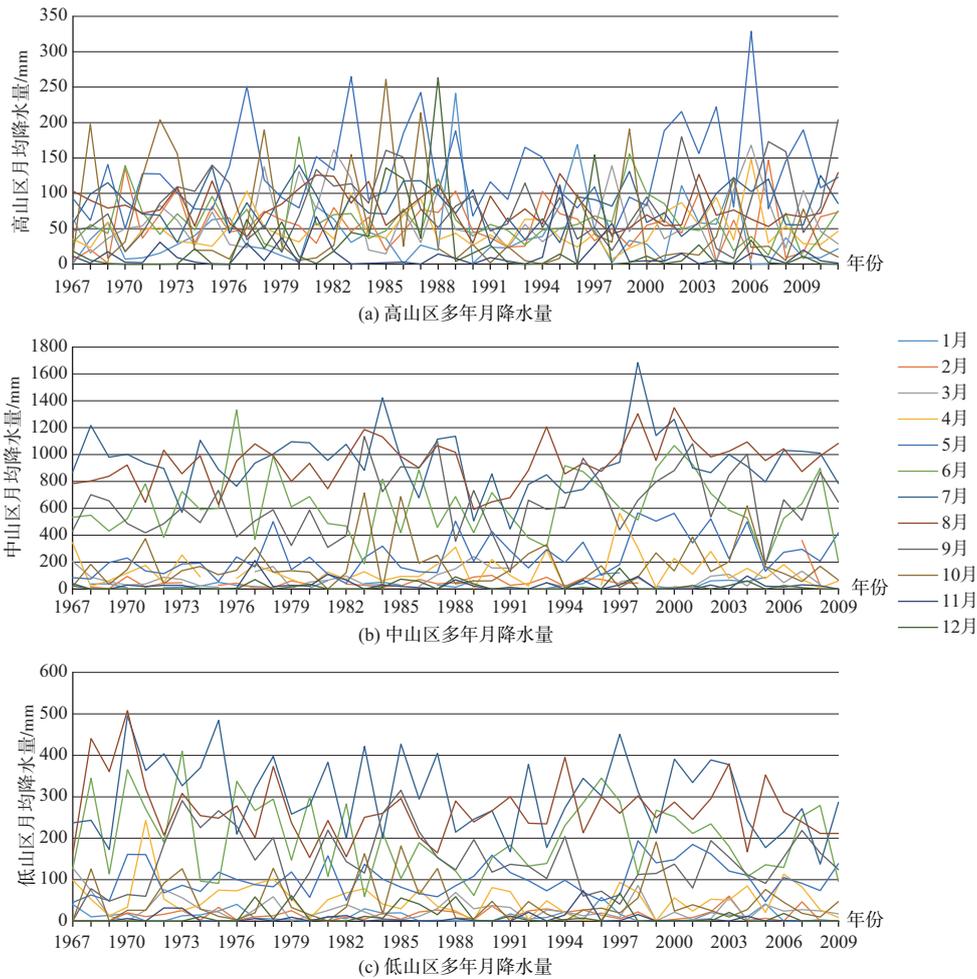


图 7 不同海拔高度的多月平均降水量变化图

Fig. 7 Monthly average precipitation variation for years at different altitudes

比较而言,高山区的径流量最低,多年平均径流量仅为 $0.3 \sim 1.8 \text{ m}^3/\text{s}$, (表3,图8),中山区的径流量趋于下降态势,总的中山区径流量仍然比较高,而且多年最高径流量与低山区的径流量相近,分别为 $512 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $568 \text{ m}^3/\text{s}$,但最低径流量差别很大。中山区的年内径流量差异性明显,其夏季是冬季的10倍左右,表明径流量受印度洋东南季风及夏季降水量的影响较大,冬季干旱缺水严重,径流量低(图9)。低山区的径流量为流域高值区,但径流量的变化速率呈现上升趋势,而且夏季径流量是冬季的5倍多,7月年均径流量可高达 $1162 \text{ m}^3/\text{s}$,这与该地区降水量的一半以上都形成径流量有很大关系^[6]。

综上所述,在气候变化影响下,柯西河流域的温度、降水和径流都呈现一些新的变化,特别降水集中度的提高对热区农业的全年候的生产影响很大,直接胁迫农户生计,亟待加强生计适应性和应对策略。

2 山区农业水资源可利用性

2.1 农业生产概况

尼泊尔的农业大多以雨养农业为主,灌溉设施主要是以服务水田为主^[7],但灌溉能力空间差异很大。高山区总耕地面积不多,以旱作为主,其农户生

计主要依赖于农业(41%),其次是畜牧业和旅游业(19%)。中山区的耕地面积与低山区的相近,土地开垦率很高(39%~52%),但仍以旱地为主,水田虽有一定规模分布,但水源是以降水为主,仅少量利用溪流水灌溉,其农户生计也主要依赖种植业,但经济作物有一定占比。低山区的耕地以水田占主导地位,面积约 56.86 万 hm^2 ,其耕地占比为 62.1%(表4),灌溉主要以河水(用量约为70%)和地下水为主。低山区是农业主产区,广种粮食作物和经济作物,经营性活动比较活跃,农户生计的多样性明显。

2.2 农业水资源可利用性

总体上,柯西河流域由于大多地方雨热同期,农业水资源多以降水为,即雨养农业的占比为 57.3%,主要位于高山区和中山区。其多年平均降水量分别为 742 mm 和 2085 mm ,生长季多年平均降水量分别为 365 mm 和 1759 mm ,基本可满足旱作农业的用水需求,而山区溪流水和泉水是干旱情况下的补充水源,但可受益的农田十分有限,不足 15%。中山区依靠机井抽取地下水进行抗旱灌溉的农田明显增加,但主要是在宽展的扇形地及平坝上,地下水的侧向补给充足,水源保障度较高,年均生产用水量约为 18.2 亿 m^3 。

低山丘陵区是农业主产区,其多年平均降水量

表3 不同海拔多年平均径流量因子值

Tab.3 Factor value of average runoff for years at different altitudes

海拔 /m	平均径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最高径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最低径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	变化速率 /($\text{m}^3 \cdot \text{a} \cdot \text{s}^{-1}$)	6月—10月径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	7月径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	11月—次年5月径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	1月径流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
>3000	1.2	2.8	0.3	-0.02	2.4	2.6	0.38	0.35
1000~3000	148	512	47	-0.31	305	427	36	29
<1000	450	568	323	0.13	868	1162	151	105

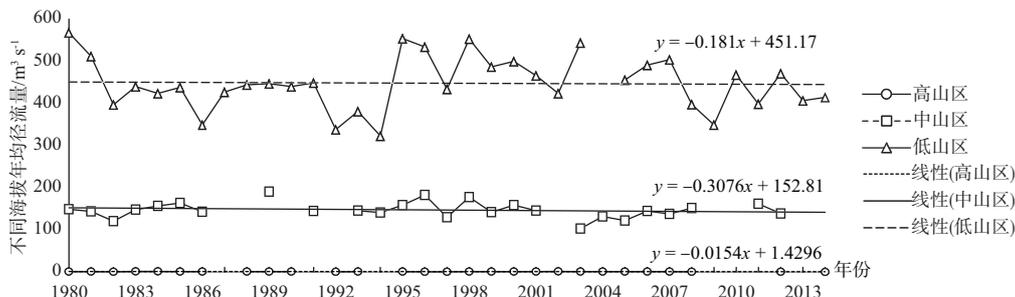


图8 不同海拔的多年平均径流量变化趋势

Fig.8 Runoff trends of multi-year average at different altitudes

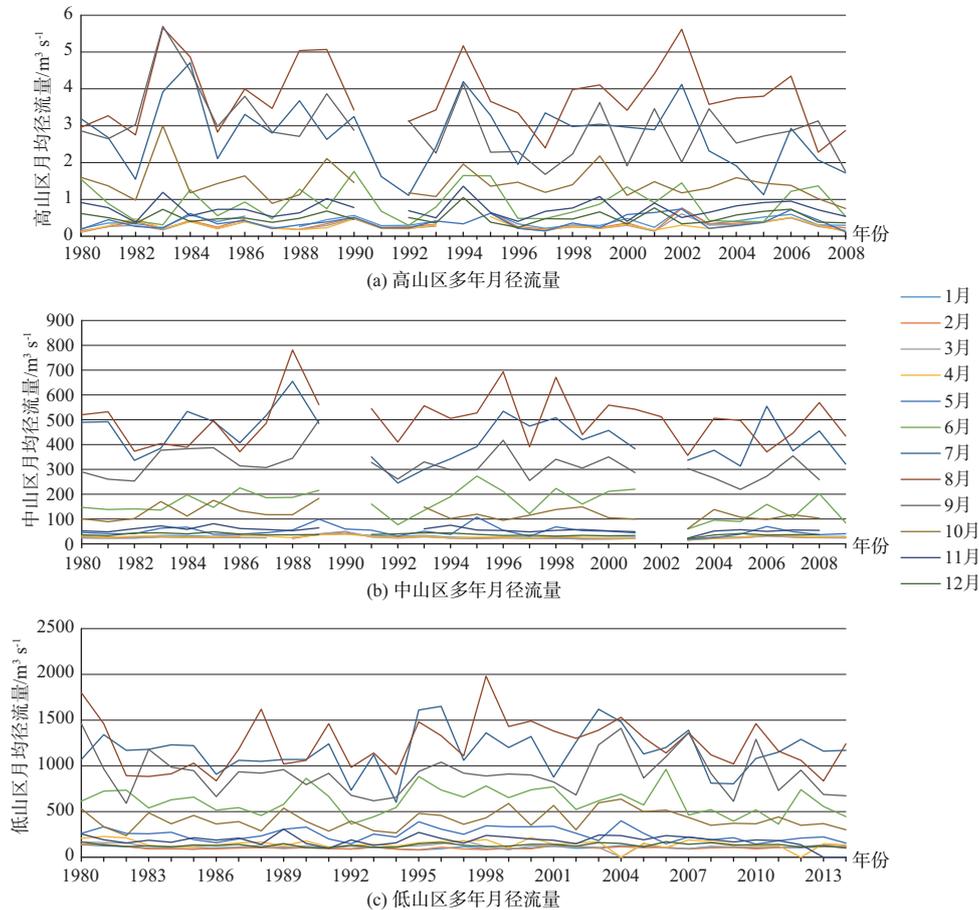


图9 不同海拔的多年月平均径流量变化图

Fig. 9 Multi-month monthly average runoff variation at different altitudes

表4 不同海拔耕地类型面积及占比

Tab. 4 Area and proportion of cultivated land at different altitudes

山区类型	耕地面积/万 hm^2	水田面积/万 hm^2	旱地面积/万 hm^2	土地开垦率/%	水田占比/%
高山区	14.89	—	—	9	—
中山区	60.01	14.53	45.48	39	24.2
低山区	91.71	56.86	34.85	52	62.1

为 1205 mm, 河流多年平均径流量为 $449.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 农业水源除了降水外, 还有河流水资源的利用。由于水田面积大, 蓄流(唐库) + 引流(溪流) + 地下水(机井)成为灌溉用水来源, 年均生产用水量约为 79.6 亿 m^3 。而依靠河流灌溉的输水渠道设施非常有限, 但低山区的河谷平原由机井抽取的地下水主要是河流的侧向补给。但由于山区河流易发生泥石流, 淤埋河道比较严重, 临河机井设施经常遭受泥石流的损毁。

总体看, 柯西河流域农业用水雨养性较好, 水资

源量充沛, 但时空不够均衡, 垂直向差异明显, 水利设施简陋且极不配套, 明显影响农业生产的稳定性(高产、稳产), 对农户生计保障构成了胁迫。

2.3 农户生活水源及其可用性

农户生活用水除居民生活用水外, 还包括牲畜用水。高山区农户生活用水主要源自山泉水和溪流, 输水设施以蓄水池 + 塑胶管为基本支撑, 就近就地连接用户, 保证率达 80%。遇到干旱时节, 农户要到数公里甚至十余公里以外的水源地取水, 用水的劳动力成本有所增加。中山区农户生活用水主要

源自地表水和山泉水,输水设施以水塘 + 塑胶管为基本支撑,其中地表水(溪流)的使用率为 75%,农户使用电力机井和手压井比率为 10%;低山区农户生活用水主要依赖于与河流水力联系密切的潜水,只有在干旱年份农户用水才直接从河流中取水,农户使用电力机井和手压井比率为 70%,其他为输水渠道 + 塑胶管为供水设施。

由于尼泊尔水利设施建设不成体系,柯西河流域也是如此,主要凭借天然条件满足农户生活用水保障。高山区人口相对稀少,人均水资源总量高达 17 027 m³,但是农户平均生活供水覆盖率为 76.6%,由于人畜饮水设施缺乏,适应气候变化的水应对能力偏弱。中山区人均水资源总量为 6436 m³,中山区供水服务设施相对较好,农户供水覆盖率为 81.2%,且地下水和地表水开发利用条件较好,水资源保障度比较高。低山区人均水资源总量为 3377 m³,但由于该地区潜水资源丰富,且与河流存在密切的补排关系,水位水量相对稳定,容易获取,是农户生活的主要水源,农户供水覆盖率为 74.6%。

然而,随着气候变化,水资源的时空均衡性不断被打破,仅依靠天然条件满足农户生活用水面临不确定风险,显然其未来生存的挑战与年俱增。

3 基于水的可用性的农户生计适应链建构

3.1 农户生计构成与类型

农户的生计构成主要依据农户的经济行为及收入比例而定,即按非农化程度的高低以及农户生计组合和生计多样化差异,以家庭劳动力的投入方向、家庭主要收入及其所占家庭总收入的比重为标准^[8],将农户生计类型划分为 4 组,分别为:纯农型、农为主型、非农为主型和非农型。非农收入占家庭总收入比例小于等于 60% 的属于农为主型,非农收入占家庭总收入比例大于 60% 小于等于 95% 的属于非农为主型,非农收入占家庭总收入比例大于 95% 的属于非农型。

农户生计类型与聚落的区位、海拔等密切相关,以中部发展区(Central Development Region,主要是巴格马提专区以及贾纳克普尔专区和纳拉亚尼专区的北部区域)为例,农户主要分布在中低山、丘陵与河谷地区,农户的生计类型比较多样化,纯农型农户为 10% ~ 20%,农为主型和非农为主型的农户居多,约 70% (图 10、图 11)。

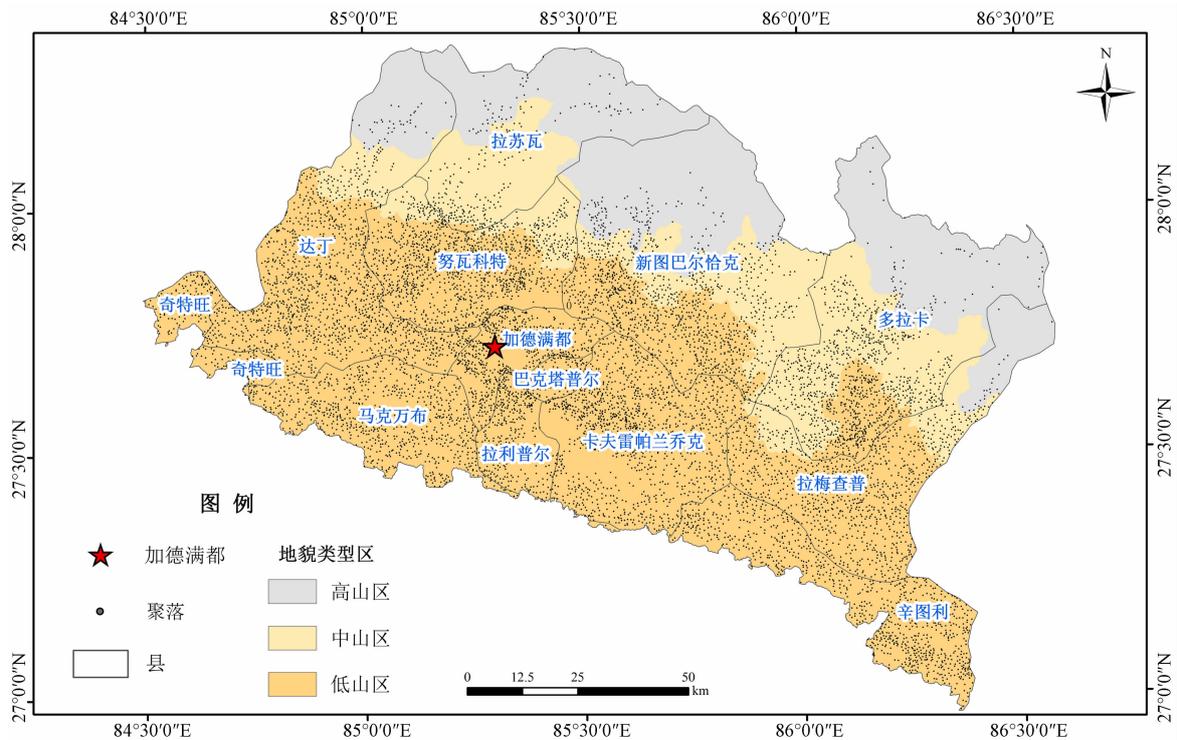


图 10 尼泊尔中部山区聚落分布

Fig. 10 Distribution of settlements in mountainous areas of central Nepal

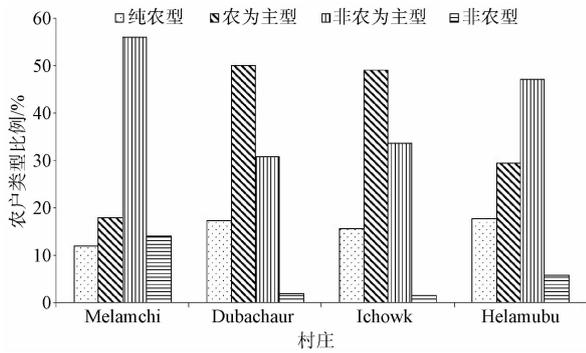


图 11 尼泊尔中部山区农户类型比例

Fig. 11 Proportion of household types in mountainous areas of central Nepal

3.2 农户生计水安全风险

尼泊尔作为农业国家,水资源不仅仅是农户生存的必须资源,也是农户经济发展必不可少的要素^[9]。气候变化对柯西河流域农区生产生活用水造成许多挑战,据有关预测,未来 20 年或 30 年,柯西河流域将经历频繁的干旱与洪涝灾害的影响,这将对数百万农户的生计产生重要的胁迫影响^[10]。

随着尼泊尔人口的不断增加,发展农业保障食物安全至关重要。其中农村水利工程设施不足是一个突出问题,尤其是在以农为主型的山区,其生产用水安全问题的解决凸显迫切性。就柯西河流域中下游农业用水安全风险而言,干旱风险影响最大,其次是山洪泥石流对河道的淤埋及对水设施的破坏。因此,应对气候变化下农业水安全的问题是化解保障农业稳定发展风险的关键。根据柯西河流域中下游村落分布与农田空间格局,通过建立适合农村社区水源保护与利用的管理模式,提高农村水资源的可利用性和效率性,对运维农村生产、生活用水安全体系保障非常重要。

3.3 农户生计适应链建构

农户生计适应性与其农户类型和生计多样性构成密切相关。气候变化对纯农型和农为主型的农户生计影响最大,特别是缺乏水设施支撑的地方。而非农为主型和非农型的生计受山区的区位限制,特别是在交通不畅的地方,影响就更为明显,但对水资源的依赖度变小,生计的多样性增加,适应性增强(图 12)。

考察尼泊尔农村农户的社会关系网络,其农户生计适应具有多层次多尺度的关联性。从农户到族群至村落形成了一个不同生计个体与群体间的关

系,一个村落或族群生计整体适应性很强,就会对农户生计产生积极的激发作用,对应的村治能力、互助能力和自我发展能力会产生传递效应,而家庭成员的适应、应对气候变化的水设施适应、劳动者技能的适应、政策支持适应和非政府组织培训与帮扶的提升适应,构成了网络化生计适应体系及节点(农户)效应(图 13)。

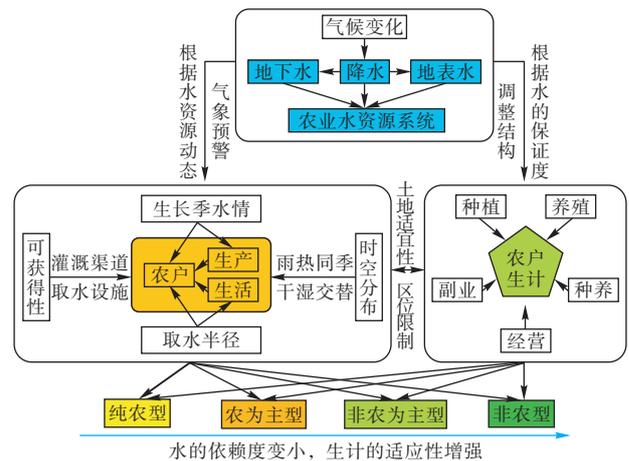


图 12 尼泊尔山区农户类型的生计与水资源可用性关系

Fig. 12 Relationship between livelihoods and water availability in rural mountainous areas of Nepal

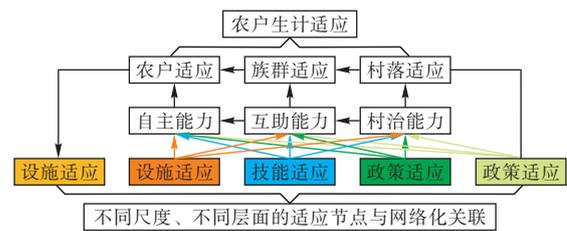


图 13 尼泊尔山区农户生计适应的网络化体系

Fig. 13 Network system for livelihood adaptation of farmers in mountainous areas of Nepal

就农户生计适应链体系构建而言,需要内部适应能力和外部支持能力的协同结合,通过必要的水设施建设布局及其空间匹配性和公平性,建立基于用水保障的生计适应链空间结构关系,进而全面促进农户用水安全,提高农户的生计适应能力(图 14)。

4 结论与讨论

通过对科西河流域农业水资源可利用性实际考察与分析,阐释了流域中下游农户生计适应性问题,

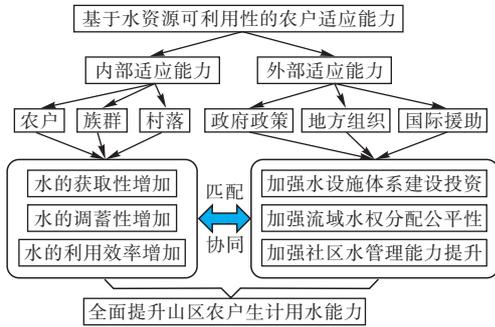


图 14 基于水安全的农户生计适应链的网络结构

Fig. 14 Network structure of farmer's livelihood adaptation chain based on water safety

主要认识如下：

(1)海拔高于 3000 m 以上的山区农户生活用水主要源自山泉水,而海拔 3000 ~ 1000 m 的山区农户生活用水主要源自塘库蓄水和泉水山,海拔小于 1000 m 的山区农户生活用水主要源自地下水和河水。用水设施主要由集水池、唐库、输水管、机井、手压井和储水罐等构成。山泉水是山区农户重要的生活水源,保证率可达 80% 左右,少数地区的农户用水保证率低于 65% ,一是与村落规模和常住人口多少有关,二是与降水、温度、水源涵养等有关。

(2)农户生产用水受降水均衡性、耕地类型、作物种类影响明显,耕地开垦率和灌溉率直接影响农户用水量大小。虽然下游地区开垦率和灌溉率都要高于中上游地区,但是近年来尼泊尔因人口增加而加重了中游山区毁林开荒,水源涵养功能明显下降,如海拔 1700 m 的 Panchthardistrict 开垦率达到了 98% ,灌溉率仅有 17% ,干旱年份农户生产用水问题十分严重,综合分析认为中游耕地开垦率不应超过 55% 。

(3)除了加德满都及周边地区的生活用水开发和利用率较高外,柯西河中下游生活用水开发利用情况都较低,尚有很大的开发潜力。农户生产用水率高重点在河谷平原地区。科西河流域虽然水资源丰富,但因缺乏水利工程调节,尚未很好地发挥其流域水资源优势。

(4)气候变化直接影响农户生计。降水集中度增加、旱季时间变长,水利设施不配套,这些都直接影响农户的生活与生产状况,因而增加农户生计适应能力(技术培训、知识传播)至关重要。为此,既要合理利用土地,又要调整种植结构,针对性地解决

农村发展用水问题,因地制宜地加强水利设施建设。

(5)农户生计适应链应从内部适应力和外部支持力的培育而构建,建立农户、族群、村落、社区内部适应力网络体系,充分运用外部支持力作用,特别是多元化水利设施投资,建立用水、给水、管水的匹配与协同机制,全面提升山区农户生计用水能力和应对气候变化的适应能力。

致谢:感谢国家自然科学基金国际(地区)合作与交流项目(41661144038)支持,感谢尼泊尔 TU 地理系的支持,感谢中国 - 尼泊尔地理联合研究中心的支持。

参考文献(References)

[1] LI AINONG, DENG Wei, ZHAO Wei. Land cover change and its eco-environmental responses in Nepal: An overview [M]. Springer, 2017: 1 - 13

[2] 邓伟,张锦铨. 气候变化下 Koshi 河流域资源、环境与发展[M]. 成都: 四川科技出版社, 2014. [DENG Wei, ZHANG Yili. Resources, environment and development of Koshi River basin [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press, 2014]

[3] Gurung G B, Bhandari D. Integrated approach to climate change adaptation [J]. Journal of Forest & Livelihood, 2009, 8(1): 90 - 99

[4] MOSTE. Ministry of Science Technology and Environment, Government of Nepal. Indigenous and local climate change adaptation practices in Nepal[R]. Kathmandu: 2015:25 - 27

[5] DHIM. Study of climate and climatic variation over Nepal: Nepal hydrological and meteorological [R]. Kathmandu: Government of Nepal Ministry of Science, Technology and Environment Department of Hydrology and Meteorology, 2015:86 - 89

[6] SHARMA R H, AWAL R. Hydropower development in Nepal [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 21: 684 - 693

[7] DAHAL K R, SHARMA K P, BHANDARI D R, REGMI B D, NANDWANI D. Organic agriculture: A viable option for food security and livelihood sustainability in Nepal[G]//NANDWANI D. (eds) Organic Farming for Sustainable Agriculture. Sustainable Development and Biodiversity. Springer, Cham, 2016, 9:36 - 41

[8] 苏艺,邓伟,张继飞,等. 尼泊尔中部山区 Melamchi 流域农户类型及其土地利用方式[J]. 农业工程学报,2016,32(9):204 - 211. [SU Yi, DENG Wei, ZHANG Jifei, et al. Peasant household type and its land use pattern in Melamchi basin of central mountainous area in Nepal [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2016, 32(9): 204 - 211]

[9] 吴慧. 基于农户生计的喀斯特农村社区饮用水水源地管理研究[D]. 贵州:贵州师范大学,2016:13 - 16. [WU Hui. A research of rural community drinking water source area management based on the livelihood of farmers in Karst [D]. Guizhou: Guizhou Normal

University, 2016: 13 – 16]

- [10] WAHID S M, MUKHERJI A, SHRESTHA A. Climate change adaptation, water infrastructure development, and responsive governance in the Himalayas: The Case Study of Nepal's Koshi

River Basin[M]// TORTAJADA C. (eds), Increasing resilience to climate variability and change, Water-Resources Development and Management. Singapore: Springer Singapore, 2016: 77 – 82

On the Water Resource Availability and Rural Households' Livelihood Adaptation Chain Framework in Mountainous Areas of Nepal: Taking Koshi River Basin as an Example

DENG Wei^{1,2,3,4}, KONG Bo¹, SU Yi⁵, SONG Xueqian⁶

- (1. *Institute of Mountain Hazard and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;*
2. *College of Geography and Resources Sciences, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China;*
3. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*
4. *Kathmandu Science and Education Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*
5. *Sichuan Academy of Social Science, Chengdu 610041, China;*
6. *Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)*

Abstract: Agricultural water in mountainous areas of Nepal is mainly rainwater and mountain spring water (groundwater), and irrigation facilities are generally deficient. Under the influence of global climate change, extreme weather processes continue to emerge. Long-term drought and short-term rainstorm have increasingly serious impacts on agricultural production, directly affecting the livelihood security of rural households, especially those who are pure rural households, and facing more challenges of livelihood adaptability. The Koshi river originates from the Tibet of China and flows through Nepal to India. The upstream to downstream of the central Koshi River Basin is an important agricultural region in Nepal, and the availability of agricultural water resources is very important. Through the comprehensive analysis of the availability of water resources, in this research the change characteristics of water resources were clarified in the Koshi river basin, and the problems of production and domestic water utilization of households were solved, and the framework of the livelihood adaptability chain and countermeasures were put forward according to the potential water crisis risks of rural households' livelihood.

Key words: water resource utilization; livelihood adaptation chain framework; climate change; Koshi River; mountainous area of Nepal