

# 自然资本与牧区气候的感知与适应——基于青藏高原国家公园及周边社区牧民的实证研究

史湘莹 赵翔 陈熙尔 朱子云 徐晋涛\*

**摘要:** 气候变化深刻影响着青藏高原的自然环境与牧民生计。近年来, 中国国家公园的发展和建设在气候变化的减缓和适应方面发挥着重要作用。基于2017—2021年青藏高原地区的三江源国家公园、祁连山国家公园及周边社区318份牧民入户调查数据, 分析了牧民对气候变化的感知特征及其适应行为, 结果表明: 1) 自然资本在草地资源、多元生计选择等方面整体促进牧民适应; 2) 牧民普遍观察到冬季气温升高、降水格局不均、雪线上升等现象, 与气象监测数据一致; 3) 草场补贴较高的牧民及女性牧民更倾向于采取适应措施, 生计多样化(如自然体验服务等)已成为关键适应策略。研究提出国家公园应支持社区管理和恢复草场、引导可持续生计发展及多方协作加强自然资本, 从而提升牧民应对气候的韧性。

**关键词:** 风景园林; 青藏高原; 国家公园; 自然资本; 气候变化; 牧区; 感知与适应; 草场保护

**文章编号:** 1000-6664(2025)10-0033-08

**DOI:** 10.19775/j.cla.2025.10.0033

**中图分类号:** TU 986

**文献标志码:** A

**收稿日期:** 2025-07-08

**修回日期:** 2025-08-03

**基金项目:** 国家自然科学基金地方科学基金项目(32360332)

气候变化引起的气候波动直接影响了全球的农牧业生产和食品安全<sup>[1]</sup>, 其中, 占据地球陆地面积约40%的干旱半干旱地区<sup>[2]</sup>普遍受到牧业的生产力和极端气候的影响。在2013年发布的《国家适应气候变化战略》和2014年发布的《国家应对气候变化规划(2014—2020年)》中, 中国提出了全面适应气候变化的国家战略。2022年发布的《国家适应气候变化战略2035》指出, 适应气候变化需要加强自然生态系统和经济社会系统的风险识别与管理, 采取调整措施, 充分利用有利因素, 防范不利因素, 以减轻气候变化对生产的不利影响和潜在风险<sup>[3]</sup>。

从自然资本理论的角度来讲, 生态系统服务带来一定时期内的效用称为生态系统服务收入, 而持续增长并长期带来未来效用的生态系统存量称为自然资本, 其价格取决于每期生态系统服务收入、自然资本的自然增长和人类活动对自然资本的损耗率<sup>[3]</sup>。在全球气候变化的影响之下, 栖息地的改变和人类活动适应的改变, 会对不同地区的生态系统带来新的冲击, 自然资本的平衡和可持续增长, 是为这种冲击提供缓冲和恢复力的关键因素<sup>[4]</sup>。国家公园内生物多样性丰富, 自然资本存量, 既受到气候变化的影响, 又能够在应对气候变化风险、增加气候韧性方面发挥

重要作用。从21世纪初开始, 美国、欧盟等国家就已开始探索国家公园在气候变化中的作用和战略制定<sup>[5]</sup>。我国学者已初步开展保护地受气候变化影响的研究, 如何思源等<sup>[6]</sup>提出了国家公园可基于适应性管理的理念建立综合灾害风险管理模式, 应对气候变化极端灾害。王伟等<sup>[7]</sup>提出国家公园建设和管理中应基于自然的解决方案应对气候变化和生物多样性的危机, 把生态系统韧性和适应性管理作为气候变化应对的基础。但是在国家公园内的社区如何应对气候变化, 仍缺乏系统性研究。

目前, 我国的国家公园社区土地权属问题复杂, 除了国有土地, 还有许多国家公园范围内包含集体所有的土地, 以及国有草地由集体或家庭承包的情况。因此, 除了通过征用、流转和赎买等方式统一管理, 继续支持社区在国家公园可持续发展并且参与国家公园的保护至关重要。对于国家公园社区居民家庭来说, 其自然资本指居民所能使用的土地、水源、草场、森林等自然资源, 是社区居民赖以生存的自然资源。物质资本指的是房屋、生产工具等物质基础。社会资本指居民社会关系、村组织等社会资源。人力资本指家中的劳动力及其所持有的知识、文化、健康、技能等。与国家公园最相关的便是自然资本的存

量和增量, 是最容易受到气候变化影响的部分, 也可能是对于社区居民来说是否采取气候适应的关键要素。

在我国, 青藏高原地区不仅具有重要的生态价值, 也是生态系统脆弱性较高的地区, 还是全球受到气候变化影响最显著的地区之一, 其自然环境和牧业人口都受到冲击。我国青藏高原地区的国家公园及候选区包括三江源国家公园、祁连山国家公园、普达措国家公园、珠峰国家公园、羌塘国家公园等。研究表明, 青藏高原地区的气候变暖速度明显高于北半球同纬度地区<sup>[8]</sup>。极端气候时有发生, 包括干旱、雪灾、洪水等。一方面, 气候变化对自然环境产生影响。在一些变热变干的草地退化的地区, 甚至有荒漠化的趋势。气候变化也使得青藏高原上4万多条冰川整体上发生不同程度的消融和退缩, 引发降水量不稳定以及冻土退化, 从而导致不同程度的洪水、湿地萎缩、河流流量异常、湖泊消涨或泥石流等<sup>[9]</sup>。气候变化使生态系统结构和功能随之发生变化, 导致脆弱的生态系统功能进一步退化。20世纪60年代以来, 青藏高原江河源区草地和湿地区域性衰退, 出现草甸演化为荒漠、高寒沼泽化草甸草场演变为高寒草原和高寒草甸化草场等现象<sup>[10]</sup>; 青海省干旱半干旱区, 气候变暖加剧牧草生长发育

\* 通信作者(Author for correspondence) E-mail: xujt@pku.edu.cn

受阻,产草量下降,同时,优良牧草在草场中的比例下降,杂类草的数量和比例上升,草场朝不良方向演替,呈现退化趋势<sup>[11]</sup>。

另一方面,气候变化也会对青藏高原地区生态经济系统产生冲击,对当地牧民的生活有显著影响。而要分析牧民如何应对这些影响,首先需要考察他们是否感知到了气候的变化。研究表明气候变化的感知受个体主观意识的影响<sup>[12]</sup>,牧户对短期气候变化趋势的感知更加深刻、准确<sup>[13]</sup>。王世金等<sup>[14]</sup>发现,农牧民对气候变化趋势的感知基本与科学事实一致,而对气候变化的环境影响感知较低。朱国锋等<sup>[15]</sup>发现牧民的感知中气温的感知程度较高,降水的感知程度较低,对极端气候事件感知较高。上述对牧民气候感知的研究具有重要价值,因为政府间气候变化专门委员会(IPCC)报告曾指出,依赖于农牧业的社区都具有在不同程度上的气候脆弱性<sup>[16]</sup>。然而,尽管关于气候变化适应的文献中,亚洲的研究较多,其中关注个体或者家户的也占多数<sup>[17]</sup>,但我国的文献中关注城市和农区的家户的研究较多,关于牧区尤其是青藏高原牧区气候适应的研究仍较少。这部分文献表明,一方面草原地区气候波动性大,牧民本身的适应性较强,本有适应气候波动的传统。例如,牧民会季节性转场以减缓对牧草的压力,冬季时牧民会购买或者贮存牧草应对可能的灾害,牧民自身社区的互助关系也有利于适应气候波动<sup>[18-19]</sup>。在气候整体变化以及极端气候加剧的情况下,这些策略可能仍然有效。李西良等<sup>[20]</sup>对内蒙古草原牧场的研究表明,以干旱为主的极端气候是气候变化影响牧场的关键因子,购草(保畜)、卖畜(减畜)是牧户的主要适应行为。在西藏那曲的研究显示,本地牧民应对气候变化采取的适应策略包括种植和购买牧草、租草场、加入合作社、多样化生计,还有社区的扶持以及政府项目等<sup>[21]</sup>。另一方面,在气候风险增加的情况下,牧民可能会采取更加高强度、短时间的放牧行为,加剧公共草场的放牧压力,从而带来进一步的生态退化风险<sup>[22-23]</sup>。摆万奇等<sup>[24]</sup>发现在气候变暖和放牧活动的共同影响下,青海果洛的达日县在1970—2000年有29.39%的草地出现退化,牧民通过提前转场放牧、建造围栏、调整畜群数量与结构等生产措施加以适应。但未来气候变化造成的影响,例如整体的气温升高、降雨模式的改变,以及极端事件的增多等,有可能会

超过现有适应性的阈值,所以更主动和有计划性地保护和恢复草地这样的自然资本是有必要的,也体现了自然资本对于牧户气候脆弱性的意义。同时,也应当注意到气候变化只是牧民所面临的众多生存压力中的一部分,应当放在更大的社会经济背景下来衡量,因为除了气候的变化,政策机制的影响、市场的可及性和波动,以及牧户自身的禀赋和条件都有可能影响到牧户的适应行为和整体福利的变化。Zhang等<sup>[25]</sup>对呼伦贝尔草原牧户的气候脆弱性的评估发现,政策风险是决定牧户脆弱性的最大因素之一。

三江源国家公园和祁连山国家公园作为青藏高原最具代表性的2个国家公园,在维系青藏高原生态安全、保障东部水源涵养和生态安全方面发挥了重要屏障作用。同时,国家公园的建立使得其社区居民与周边牧业社区的生活有所不同,包括提供了更多生态公益管护岗位、生态体验服务机会等,也对部分开发和生计活动有所限制。为了更为系统地研究青藏高原地区国家公园社区居民对气候变化感知及适应策略的影响因素,验证其中自然资本所起到的作用,本研究在以三江源国家公园、祁连山国家公园为主,西藏和云南等周边社区为补充的区域进行了一系列的入户调查,旨在评估并调研牧民对气候变化的感知、所受影响及其适应策略,验证哪些因素最有利于影响适应的结果,尤其是自然资本的影响,从而对未来国家公园及周边社区的气候变化适应工作提出有益建议。

## 1 研究方法 with 数据

### 1.1 研究方法 with 模型设定

气候的波动与生态系统的动态变化互相影响,社会经济系统在公共政府、私人市场及公民社会3个部门的本地制度之下,进行相应的动态适应。这个过程中,适应主体即本地居民家庭受到自身条件与外部条件,如政策环境、金融可及性、技术和信息资源等的干预影响<sup>[26]</sup>。制度设计和社会资本可能会促进社区对气候的适应性,也保障了对自然资本的可持续利用。Adger等<sup>[27]</sup>提出某个社区或群体的社会脆弱性特征的指标包括贫困、不公平性和制度适应性。社会资本与社会记忆也在应对气候变化方面起到重要作用,社区传统智慧可以提供应对灾害方面的重要经验<sup>[19]</sup>。

所以,我们将从这些维度来考察本地的社区

在多种层次上的适应性以及外部与内部因素对这种适应性的贡献。考虑牧户适应性行为的影响因素<sup>[27]</sup>,对于家户的外部因素来说,政策环境、市场变化以及社区治理结构是外生的制度环境,技术、信息是外生给定的技术水平。那么内部因素就包括这个家户所拥有的人力、物质、金融、自然资源和社会资本,就是各个家户之间生计适应性的差异所在。我们感兴趣的是,这些因素对本地牧民家庭的影响有多大,哪些因素更加有利于社区的适应性和恢复力的提高。

本文将通过三步,利用气候数据与问卷调查数据,分别讨论牧民对气候变化的感知,自然资本对牧民感知和适应气候变化的影响,以及牧民采用的气候适应策略。

#### 1) 气候变化的感知。

调查和比较牧户对气候变化如气温、降水等情况的感知,与实际气候变化之间的差异。作为补充,还有对周围生态环境变化,关于水源、河流和湿地的观察,以及极端灾害影响方面的情况。

#### 2) 自然资本对牧民感知和适应气候变化的影响。

讨论牧户如何感知和采取适应行动的具体因素,验证其中自然资本的影响。适应是较难进行识别的一个行为,首先是对气候变化是否发生了感知和认知的变化,然后才是人是否采取了相应的行为上的调整,从而减少这一变化带来的福利的损失。科学测量气候变量的实际变化,是否足以引起人的感知,既与气候变量变化的幅度、速率等因素有关,也和身处其中的人自身的因素相关。例如对自然环境的暴露程度、从事农牧业的经验、受教育程度、接收到的信息渠道以及其他心理因素。感知到气候的变化之后,是否采取适应行动,又与农户自身拥有的资源禀赋,以及所处的市场、政策、社会环境相关。

在现有气候感知与适应采用的模型当中,通常使用二元或多元Probit或者Logit模型进行分析,这些模型和方法可以运用到本文来分析牧户气候变化适应性行为问题。例如,Seo等<sup>[28]</sup>利用多元Logit模型分析农户牲畜品种选择行为对气候变化的敏感性;Maddison<sup>[29]</sup>认为农户对气候变化的适应行为决策存在2步过程,首先是农户对气候变化的感知,其次才是农户对气候变化采取适应性行为的过程。

根据本调查的情况,有的农户虽然没有认为气候已经发生了变化,但是仍然认为需要增加适应行为。本文选择双变量Probit模型,对于牧户认为气候已经发生了变化和选择采取适应性行为2个因变量同时进行讨论。模型如下:

$$\begin{cases} y_1^* = x'\beta_1 + \varepsilon_1 \\ y_2^* = x'\beta_2 + \varepsilon_2 \end{cases} \quad (1)$$

可观测变量 $y_1$ 与 $y_2$ 由以下方程决定:

$$y_1 = \begin{cases} 1 & \text{若 } y_1^* > 0 \\ 0 & \text{若 } y_1^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$y_2 = \begin{cases} 1 & \text{若 } y_2^* > 0 \\ 0 & \text{若 } y_2^* \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: $y_1$ 为牧户对问题“是否认为本地的气候已经变化了?”的回答,如果回答是,则其值为“1”,否则为“0”; $y_2$ 为牧户对问题“应对气候的影响,是否认为需要或者已经有意识地采取措施改变相关的放牧和生活行为?”的回答,如果回答是,则值为“1”,否则为“0”; $x'$ 为一系列影响牧户气候变化适应行为决策的因素; $\varepsilon_1$ 和 $\varepsilon_2$ 为随机误差项。

3)牧民采用的气候适应策略。

在最初的预调研中将可能提到的适应策略全部列出直到没有新的策略之后,调查中通过开放问题提问“气候变化对生产生活有哪些影响?应该怎么应对?”然后根据受访者提到的应对气候变化行为进行归纳,归纳为5类适应策略,分别为贮存性策略、多样性策略、流动性策略、市场化策略及互助性策略。其中大部分的适应策略不仅仅是为了适应气候变化,而是日常放牧生活的一部分,但是从受访者的表述以及在青藏高原地区利用类似方法研究的文献<sup>[21]</sup>,可以将部分放牧行为分解归纳为对适应气候风险具有积极意义的行为策略。通过对正式调研中符合相关策略的行为进行统计,从而分析在青藏高原地区最常使用的适应策略及相对应的牧户的资源禀赋和制度特征。

## 1.2 研究区域与数据

为了更全面地了解青藏高原地区国家公园的情况,针对三江源国家公园、祁连山国家公园及周边进行调查,同时增加了同为青藏高原地区的西藏藏东南地区、云南滇西北地区等地的样本。

表1展示了牧户调查样本所在的地区和样本情况。2017—2022年,本研究入户调查收集了328份样本,去掉关键变量缺失的样本,有效样

表1 牧户气候变化调查样本情况

	青海省	西藏自治区	云南省
调研区县	玉树州杂多县、囊谦县、玉树市、称多县、果洛州久治县;海西州天峻县、海北州祁连县	西藏丁青县、比如县、聂荣县	云南迪庆州德钦县
调研时间	2017—2022年	2018、2021年	2017年
样本村个数	32	5	3
有效观测值	291	15	10

表2 气候变化牧户变量赋值及描述统计

变量类型	变量名称	赋值说明	观测值	均值	方差
态度和行为响应	是否感知	感知1, 否0	316	0.684	0.466
	是否适应	适应行动1, 否0	316	0.421	0.494
自然资本	海拔	牧民定居点海拔(m)	274	4 038.000	0.421
	草原质量	定居点周围5 km草场NDVI	260	4 350.769	1 414.616
人力资本	年龄	户主年龄	308	45.049	13.525
	受教育	受过教育1, 否0	313	0.288	0.452
	性别	男1, 女0	316	0.839	0.368
	会汉语	会说汉语1, 否0	316	0.500	0.501
	牧区人口	家庭常住牧区人口	294	3.827	2.296
物质资本	年总收入	家庭当年总收入(元)	314	109 208.000	94 725.000
	牦牛数量	本户当年牦牛存栏头数	315	58.737	43.189
	藏羊数量	本户当年藏羊存栏头数	308	20.711	88.137
	总羊单位	本户当年所有牲畜总羊单位	316	473.060	591.415
	草场补贴	当年草场补贴(元)	299	11 209.000	22 090.000
	其他收入	当年其他收入(元)	293	21 363.000	42 930.000
社会资本	村干部	现任/曾任村干部1, 否0	308	0.240	0.428
气候特征	年均温	年平均气温(°C)	316	2.869	1.663
	年降水	年总降水(mm)	316	489.457	141.498
	生长积温	大于0 °C日气温的和	316	1 875.382	338.001
	返青积温	大于5 °C日气温的和	316	916.392	246.793

本量316份,有效率96.34%。

被调查牧民的基本情况如表2所示。访谈以牧民家庭为单位,被采访家庭的户主讲述整个家庭的情况,包含自然资本特征(海拔、草场质量),人力资本(年龄、是否受过教育等);物质资本特征(年总收入、家畜总羊单位等),社会资本(是不是村干部),以及距离调查地点最近的气象站气候信息,包括年均温、年降水、有效生长积温(0 °C以上)以及有效返青积温(5 °C以上)。其中,牧户的总羊单位根据牧户所有家畜数量,按照1头牦牛等于5个羊单位,1匹马等于6个羊单位,1头藏羊等于1个羊单位计算。受教育程度分为未上过学(71.2%)、小学(20.1%)、初高中(7.7%)、大学及以上(1.0%),设定变量“受教育”定义为教育程度小学及以上的虚拟变量。受访者平均年龄为45岁,受教育水平较低,大部分从事放牧生计,83.9%为男性,只有50.0%会说汉语。对于不会说汉语的牧民采用藏语翻译进行调查访谈,访谈时间一般在0.5~1 h。参考

其他在青藏高原采取的研究<sup>[30]</sup>,受教育程度低、不通汉语的情况较普遍,因此需要翻译对问题进行较通俗地解释。牧民的整体受教育程度较低,一方面确实影响到了对气候变化概念的认知;另一方面,牧民可能并未意识到已经采取的放牧策略与气候变化适应的关联。因此,本研究根据受访者对具体放牧行为方式的回答,总结是否已经采取适应行动。

## 2 研究结果及分析

### 2.1 气候变化感知描述性统计

首先,通过为访谈样本所居住地匹配当地气候数据,可以看到青藏高原的气候普遍明显呈现气温升高、降水波动大的趋势。以本研究主要样本区域之一——三江源国家公园的杂多县为例,县气象站的数据显示,在过去60多年中呈现明显的气温升高的趋势,平均降水没有明显变化,夏季降水略有降低,冬季降水降低。

其次,分别问牧民在受访当年与5年前相比,

夏季和冬季气温、夏季下雨和冬季下雪是否有变化。表3总结了牧民的气候感知回答情况以及气象数据的实际变化对比。所有受访者都表示，近5年没有大的雪灾，不像10年前那样经常有小的和大的雪灾，但是在2016年有比较长的干旱，对草场有明显的影响，而2017和2018年的降水比较丰沛，草场也比较好。从感知程度与实际气象记录的对比来看，多数受访者能正确感知气温的变化，而降水量变化的感知与科学数据不是非常匹配。这与年降水这个气候变量本身波动大的特点有直接关系，可能牧民会对当年的降水情况更加印象深刻，从而影响对整体气候情况的判断。

除了感知气候变化情况，问卷还调查了受访者对周围生态环境的感知。从对草场的观察来看，认为草场变差的人(42%)比认为草场变好的人略多(37%)，其中认为草场变好的受访者集中于果洛州、迪庆州和昌都地区，玉树结古镇、杂多县、囊谦县的受访者普遍认为草场变差。这部分结果通过与卫星遥感数据草场质量的变量NDVI比对，可以看出受访者的感知与实际遥感监测的结论基本一致。

受访者普遍提到降水是影响草场好坏的重要因素，尤其是生长季节的降雨。长时间的干旱可能会导致当年的草场质量较差，影响到牲畜是否能够熬过冬天。所以根据干旱的情况，受访者也会调节购买和开始喂牲畜干草、饲料的时间，甚至向别的牧户租借草场。但是气候变化只是草场质量的一个影响因素，长期来看，还受到载畜量、放牧方式等多因素影响，一些其他生态过程也在影响草原退化，例如鼠兔、黑毛虫等泛滥的问题。

从对周围生态环境的观察来看，71%的受访者认为常年积雪的山顶雪少了，甚至夏天完全没有雪了，29%的受访者认为雪线没有明显变化，没有受访者认为积雪增加、雪线下降。这与实际调查中对当地的直接观察也是一致的。对灌丛与草场边界的观察方面，77.8%的受访者没有发现明显的变化，但是18.4%的受访者认为灌丛的范围变大了，只有4.2%的受访者认为草场的范围变大了。灌丛的范围变大意味着牧场可使用的面积变小，这对于放牧来说是不利的。同时，植被的变化也可能影响到野生动物的分布。

关于水源、河流和湿地的观察，48.2%的受访者认为河流的水量减少了，21.2%的受访

表3 受访者对当年气温和降水与5年前相比的感知

气候因子	实际变化	牧民感知			
		增加	降低	没变化	分布不均
夏季气温	升高	42.7%	17.1%	40.2%	—
冬季气温	升高	52.9%	27.1%	20.0%	—
夏季降水	略降	36.8%	31.0%	17.2%	13.8%
冬季降水	降低	18.8%	54.1%	16.5%	10.6%

表4 气候变化感知与适应双变量Probit模型估计结果

被解释变量	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	感知	适应	感知	适应	感知	适应	感知	适应	感知	适应
回归模型	Probit	Probit	Probit	Probit	Probit	Probit	双变量Probit			
草场质量NDVI对数	0.847** [0.372]	2.412*** [0.627]	0.548** [0.244]	0.643 [0.429]	2.343*** [0.630]	0.638 [0.425]				
海拔	0.094 [0.232]	1.340*** [0.409]	0.290 [0.280]	0.314 [0.348]	1.177*** [0.407]	0.321 [0.345]				
年龄	0.034*** [0.008]	0.044*** [0.010]	0.007 [0.007]	0.010 [0.008]	0.044*** [0.010]	0.009 [0.008]				
受教育程度	-0.305* [0.163]	-0.606*** [0.209]		-0.269 [0.193]	-0.653*** [0.213]	-0.281 [0.195]				
会说汉语		0.547** [0.260]		0.071 [0.228]	0.606** [0.264]	0.077 [0.228]				
常住牧区人口		-0.056 [0.048]	0.043 [0.038]	0.043 [0.045]	-0.054 [0.048]	0.042 [0.045]				
性别为男	-0.222 [0.267]	-0.369 [0.315]		-0.469* [0.283]	-0.375 [0.317]	-0.479* [0.282]				
总收入对数		-0.134 [0.136]		-0.044 [0.124]	-0.132 [0.135]	-0.038 [0.126]				
家畜羊单位对数	0.126* [0.065]	0.152* [0.083]		-0.013 [0.069]	0.145* [0.086]	-0.010 [0.068]				
草场补贴收入对数	0.063** [0.030]	0.061 [0.041]	0.075** [0.033]	0.080** [0.036]	0.064 [0.041]	0.079** [0.036]				
村干部	-0.178 [0.225]	-0.407 [0.266]	0.253 [0.224]	0.268 [0.247]	-0.436* [0.261]	0.262 [0.247]				
年均温		0.357*** [0.132]		0.103 [0.125]	0.342*** [0.130]	0.099 [0.124]				
年降水		-0.010** [0.004]		0.003 [0.002]	-0.009** [0.004]	0.003 [0.002]				
年均温变化	-0.963 [0.596]	-3.843** [1.855]		0.605 [0.868]	-3.818* [1.953]	0.613 [0.867]				
年降水变化	0.004** [0.002]	0.011*** [0.004]		-0.002 [0.002]	0.010*** [0.004]	-0.002 [0.002]				
生长积温变化	0.008** [0.004]	0.025** [0.012]		-0.003 [0.005]	0.025* [0.013]	-0.003 [0.005]				
返青积温变化	-0.007** [0.003]	-0.012 [0.010]		-0.002* [0.001]	-0.012 [0.011]	-0.002* [0.001]				
年固定效应		YES		YES	YES	YES				
观测值	240	221	217	216	216	216				
伪R <sup>2</sup>	0.190 0	0.341 0	0.063 6	0.164 0	—	—				

注：方括号内为稳健标准误，显著性水平\*\*\* $p < 0.01$ ，\*\* $p < 0.05$ ，\* $p < 0.10$ 。

者认为河流量增加了，30.6%的人认为水量(64.1%)，28.1%的人认为减少了，7.8%的人随着降水年度变化，但整体变化不大。大部分的受访者没有观察到湿地和湖泊水面面积的变化变干的情况(75.0%)，18.8%有变干的情况，有

3户(3.9%)甚至更换了水源,还有5%的受访者的饮用水源受雨水的影响而波动。

在极端灾害方面,受访者主要提到了1984、1996、2006、2012、2019年5次雪灾。其中,1984、1996年的大雪灾损失掉了家庭60%~70%的牦牛。近些年没有雪灾,也有雪下得较大、牲畜饿死的情况,但平均损失在10头牛以下。有16户受访者提到了发生于2012、2013、2015、2016年的旱灾,对湿地和牧草造成了很大影响,甚至饿死了牛羊。有11户受访者提到2017年因为雨水比较大发生了洪灾、泥石流,有冲毁道路甚至冲走帐篷的情况,对交通产生影响,但是对个体牧户的收入等整体影响相对较小。2019年玉树地区遭受到较大的雪灾,虽然不是所有受访者都因为雪灾受到损失,但是玉树地区的许多受访者都表示“因为2019年这次雪灾,觉得以后冬天需要准备草料预防雪灾”。从调查情况可以看出,雪灾等灾害以及干旱等较为缓慢的气候事件对于草场和牧民的生产生活产生了重要的影响。

## 2.2 自然资本对牧民气候变化感知和适应行为影响回归模型

通过对牧民的访谈,37.1%的牧民认为本地的气候比起以前已经变化了,43.8%的牧民认为没有变化,剩下的19.1%没有回答或者不知道。在所有牧民中,只有20.2%的牧民认为有需要或者已经有意识地改变相关的放牧和生活方式,52.7%的牧民认为不需要改变,顺其自然,原有的放牧和生活经验可以应对目前的气候,27.0%的牧民认为不需要改变什么。这个结果可能有以下几种解释:1)草原本就有较强气候波动性,因此牧民具备一定的应对气候波动的经验,对气候风险有心理和物质上的准备;2)根据“迟钝的农民(dumb farmer)”假说<sup>[31]</sup>,气候变化到达一定阈值之前,气候变化的感知不一定导致直接的行为改变;3)本地牧民的受教育程度较低<sup>[30]</sup>,经济情况、受教育程度和当地传统文化都对农牧民气候变化的适应产生影响,本研究中只有28.5%接受过小学及以上教育,只有50.0%会说汉语,很少牧民接受过“气候变化”的概念,也没有相关的意识和信息知道如何去适应气候变化,因此只有较少比例的牧民有适应的意识。除此之外,牧户家庭的自然资本和生计方式可能直接影响到牧户的感知和适应行为,并且其他物质、社会资本

等都可能对此有影响。对影响牧户适应气候变化行为的因素,运用双变量Probit模型进行回归,估计结果详见表4。Rho值0.306,显著不为0, $p < 0.000$ ,表明2个变量之间的确互相依赖,所以用双变量Probit模型是合适的。

从表4可以看出,自然资本特征如草场质量越高、海拔越高,牧民越容易感知气候变化的风险。可能因为草场的生长变化受到气候影响波动较大,草场较好的牧户更容易感知到气候变化后草场的变化。也可能这些牧户通过良好的管理,采取适应行动,从而将草场经营得更好。生活在较高海拔的牧民可能更多处于纯牧区,更加依赖天然草场放牧,不如海拔较低的半农半牧区可以种植牧草饲喂,对于气候变化更加敏感。

从物质资本角度来看,家畜羊单位对数越大,牧户有更大规模的畜群,越容易感知气候变化。可以理解为牧户越依赖气候敏感的畜牧生计,越关心放牧的气候变化对牧草和牲畜的影响。牧民接受政府的补贴越多,采取适应性行为的可能性越大,可能因为牧民可支配的现金更多,更有能力采取适应措施。另外草场补贴收入,与草场面积直接挂钩,间接说明拥有较大自然资本的牧民更加关心重视草原和放牧。

从人力资本角度来看,户主的年龄显著影响了气候感知,说明年龄较大、较有经验的牧民对于气候更加敏感。户主受教育程度高,反而不容易感知气候变化,可能因为年轻一代越来越少放牧了。会说汉语的牧民更容易感知气候变化,可能因为有较多信息资源。与男性受访者相比,女性受访者更有可能愿意采取气候行动,可能与藏区家庭牧业分工多由女性在家中照顾牲畜有关,女性更加愿意通过储备饲料等方式预防极端天气对牲畜的影响。

从社会资本角度来看,村干部比起一般牧民更不容易感知到气候变化,可能因为村干部花费在草原放牧上的时间比例较少。但是村干部更可能采取适应行为,可能受益于其物质、人际、信息资源。另外,当受访者被问到如果发生了气候灾害,倾向于先向谁求助时,20.2%选择亲戚朋友,47.2%选择农牧站或者村干部,4.5%选择合作社等互助组织,还有16.9%选择求助于寺庙活佛等其他人士。这说明政府的支持保障在牧民气候适应中起到重要作用,同时社区互助支持和寺庙活佛等宗教性的支持仍然起到一定作用。

## 2.3 牧户采取的气候变化适应策略

针对气候变化和可能的灾害的适应策略,通过开放性问题“气候变化对生产生活有哪些影响?应该怎么应对?”的答案对牧民的适应性行为进行了分类,分别是流动性、贮存性、多样化、社区扶持和市场化的适应性气候变化行为。

表5列举了受访者提到的与气候变化相关的适应性行为,涉及增加生计收入多样性的列为“多样性”类型,涉及通过空间上的流动来回避局部灾害的列为“流动性”类型,涉及进行物质准备的称为“贮藏性”类型,涉及从社区、亲友、寺庙等求得帮助的列为“互助性”类型,涉及与市场通过经济手段进行交换的列为“市场性”类型。不同的适应性行为不仅与牧民家庭本身的物质资本、人力资本、自然资本和社会资本所导致的个体差异相关,也与牧民所处的社会经济系统中的社区、政府、市场等多方社会参与机构层面的因素相关。

表6列举了在受访者回答中,提及频次最高的10种适应气候变化的行为。根据牧民采取的频率,最经常被使用的适应性行为包括发展其他生计如公益管护员岗位、自然体验服务、奶制品、虫草收入(58.4%),从政府获得补助(39.3%),给牦牛补饲(34.8%),建立永久房屋(34.8%)和提高饲草贮存(31.5%)。

值得注意的是,国家公园内除了传统畜牧业以外,生计的多样化成为牧民首要的适应策略,例如公益管护员岗位、自然体验服务等,与其他国家公园外的牧民相比,具有明显的优势。自然体验服务、虫草收集等生计与自然资本的健康有直接关系。随着牧民的收入更加多样化,与外部市场进行交换和来自政府的补助,都帮助牧民减轻了对气候非常敏感的畜牧收入的依赖。饲草、饲料、畜棚、房屋等技术和条件也帮助抵御灾害的风险。从“共用草场联合放牧”、利用围栏小草场进行季节轮牧等策略上,可以看出不能或缺的仍然是社区内部的互相扶持。

## 3 结果讨论和政策建议

本文首先分析了牧民如何感知气候变化和环境变化,通过结果得知,冬季气温的升高、降水的不均匀、雪线的上升、地表径流的减少是牧民较为共性的感知,也与实际变化基本相符。牧民生活于自然环境当中,生计受到自然条件的

显著影响与限制,故牧民对周边环境的变化是较为敏感的。各调查地点牧民对气候变化的具体感知略有不同,但气候确实是在发生变化是牧民的共识,本研究的结果与文献基本一致。并且本研究发现,大部分牧民对天气情况的印象集中在近年,而长久留存在他们记忆中的则是大的气候灾害事件,如雪灾、旱灾等,这些灾害会给牧民的牲畜带来损失,也会使得牧民“习得”对灾害的准备和应对,增加适应的准备。其次通过对牧民感知和适应气候变化的行为策略进行回归分析,发现自然资本因素如草场质量、海拔高度,明显影响到牧民的感知行为,年龄较大且受教育程度较低、会说汉语、牲畜较多的牧民对气候变化风险更为敏感。草场补贴较高的牧民及女性牧民更倾向于采取适应措施。生计多样化(如公益管护员岗位、自然体验服务、奶制品、虫草等收入)以及政府提供的补贴等,成为关键的适应策略,显著降低了牧户对气候敏感的畜牧业收入的依赖。本研究补充了现有文献中对青藏高原地区牧民受气候变化影响和适应的研究空缺,尤其是自然资本的重要作用,增加了多样化发展生计、多层次的社会参与对牧民家庭的气候适应性贡献的视角。

从本研究可以看出,首先,国家公园内的社区居民传统上长期使用着草场、水源等自然资本,其掌握的草场面积和草场质量直接影响着自然资本的存量和增量,也直接影响着经营传统畜牧业的生计。同时,国家公园所保护的野生动物资源和景观等自然资本,也间接影响着牧民经营自然体验等服务的收入。一方面,草场质量直接受到气候变化的影响,也决定了牧民对气候变化的响应;另一方面,越是拥有较大草场面积的牧民越在乎草场的气候波动,并且,牧民通过季节转场、冬季小草场等方式可持续管理草场,从而保持长期稳定的优质草场。保持尽量大数量的畜群,有利于牧户遭到灾害后仍然能够保存足以恢复的牲畜,因此“多畜多福”的观念不仅仅是经济上的考量,更是抵御风险方面的考量。归根结底,有足够面积、足够健康的草场生态系统支撑畜牧生产,对于牧民抵御长期的气候变化和短期极端气象灾害都非常关键。因此,与其他人力、物质、社会等资本要素相比,国家公园所直接管理和保护的自然资本对于社区居民应对气候变化的适应策略影响最大。千百年来,牧民通过游牧

表5 受访者提到的气候变化适应性行为

适应类型	气候变化适应性行为
多样性	其他生计如公益管护员岗位、自然体验、奶制品、虫草收入;政府提供的补贴;改善牲畜品种;打工收入
流动性	利用围栏小草场进行轮牧;改变转场的时间;改变迁徙距离
贮藏性	给更多的牦牛补饲;建立永久房屋;修建新的或者改善畜棚;提高饲草饲料的贮存;开始或者增加人工种草
互助性	共用草场联合放牧;在灾年分享劳力;和别人一起挖井增加水源;加入生产合作社;从政府那里获得灾害补助;向寺庙等寻求帮助
市场性	从市场上购买牧草;从别人那里租草场;气候灾害之前卖更多的牲畜;买小牦牛以扩大种群;从政府或者银行贷款

表6 使用频次最高的10种适应行为和所涉及的机构

排名	适应策略	适应类型	百分比/%	机构
1	其他生计如公益管护员岗位、自然体验、奶制品、虫草收入	多样性	58.4	市场
2	从政府那里获得补贴	多样性	39.3	政府
3	给更多的牦牛补饲	贮存性	34.8	市场
4	建立永久房屋	贮存性	34.8	政府
5	提高饲草的贮存	贮存性	31.5	市场
6	共用草场联合放牧	互助性	28.1	社区
7	从别人那里租草场	市场性	21.3	市场;社区
8	从市场上购买牧草	市场性	19.1	市场
9	修建新的或者改善畜棚	贮存性	19.1	政府
10	利用围栏小草场进行季节轮牧	流动性	18.0	社区

的方式可持续利用草场,保持了青藏高原地区草场自然资本的稳定增长。国家公园应当保护社区居民继续利用自然资本的权利,他们也是最能够适应性地保护好草场的人。建议青藏高原地区国家公园引导牧民社区可持续利用自然资源,在气候脆弱地区增加生态恢复措施,既有利于生物多样性保护又有利于气候变化适应。

其次,国家公园内丰富的自然资本、多样的生态系统服务收入是有益于应对气候变化风险的。从风险厌恶的牧民个体的角度来看,除了单一放牧生计之外,可以将更多的资源分配到其他不受气候影响的生计活动中,从而增加整体的生计收入的韧性,因此参与自然体验等其他实现自然资本价值的生计是有重要意义的。但是,大部分牧民不会完全放弃畜牧转为其他生计,因为这些生计往往也有其他风险,例如自然体验服务可能会受到外部市场波动的影响等。甚至当替代生计的风险过大时,牧民还有可能转回来重新投入传统生计中。因此,在分析整个生态经济耦合系统面临的外部冲击时,必须同时考虑到生态系统和其中的人的反应和互相影响。可以看到,通过自然资本发展多样化生计对气候变化风险有“保险”作用。因此,应当进一步促进原住民合理利用和实现自然资本价值,发挥生物多样性保护和应对气候变化的协同机制作用。

但是,总体而言,气候变化并没有显著改变青藏高原牧民的行为模式,牧民特定、直接针对气候变化的适应行为还不多。很多牧民可能并未意识到自己一直采取的放牧策略就是在适应气候变化。也可能牧民有意识,但没有能力采取更多的适应行为。文献中也有相似的结论,例如孟加拉国、印度、尼日利亚、印度尼西亚等热带亚热带地区的农牧民明显感知到了气温升高和降水增加,但是很少有能力采取适应的行动,农牧民采取适应行动仍需要政府、社区在制度保障和信息网络技术等方面的支持<sup>[32-35]</sup>。

这种看似“主动性不足”的现象,与高原地区特殊的自然环境和牧民长期的适应有关。牧民是有应对气象灾害的“抗灾”和“避灾”的策略体系的,主要对象是对牧民生活影响最大的雪灾和旱灾,对牲畜的影响是通过草地(牲畜食物)介导的,故以多种方式储存和获得草料是当地牧民最重要的抗灾策略。分享草料是社区内互助的主要形式,而暂时迁移到其他草地“避灾”,保持交通和通信以便买到草料,其目的也是使牲畜获得草料,因此保持季节性的轮牧仍然非常重要。

由于基础设施的限制,青藏高原牧区整体抗风险的能力仍然是偏弱的,如果气候变化带来了趋势性的负面影响(如连续旱灾、生长季降水不足),或极端天气事件频率增加,导致短期草

量不足乃至草场退化,那么对牧业社区的影响将是非常严重的。需要在国家公园内建立更为系统的监测体系,以便对当地气候变化的情况和气候变化的影响进行更为准确的评估。在适应措施方面,国家公园可以起到关键的作用,例如提供灾害的保障体系、科普和预警气候灾害的风险、引导牧民的适应行为等<sup>[36]</sup>。

最后,对本地牧民社区进行气候变化意识和能力培训、提供气候保险等,都有利于增加本地社区的气候适应恢复力,也有利于促进整个生态-经济系统的平衡稳定。建议国家公园管理部门、社会组织和社区,形成多方合力,进一步增加对牧户在市场可及性、技术能力建设、生计发展等方面的支持,以全方面增强青藏高原地区牧民对气候变化的适应性和恢复力。

致谢:感谢三江源国家公园管理局、祁连山国家公园(青海)管理局、玉树州人民政府、称多县人民政府、杂多县人民政府、乐施会(香港)北京办事处对于调研的支持。感谢戴胡萱、秦璇、李雨哈、李语秋、邵诗涵、加公扎拉、求尼旦土参与协助问卷调查和数据录入等工作。感谢所有接受问卷调查的牧民!

#### 注释:

- ① 中华人民共和国生态环境部关于印发《国家适应气候变化战略2035》的通知: [https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk03/202206/t20220613\\_985261.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk03/202206/t20220613_985261.html).

#### 参考文献:

- [1] ABBASS K, QASIM M Z, SONG H, et al. A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(28): 42539-42559.
- [2] PEEL M C, FINLAYSON B L, MCMAHON T A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification[J]. *Hydrological Earth System Science*, 2007, 11(5): 1633-1644.
- [3] FENICHEL E P, ABBOTT J K. Natural Capital: From Metaphor to Measurement[J]. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 2014, 1(1/2): 1-27.
- [4] CHAUSSON A, TURNER B, SEDDON D, et

- al. Mapping the effectiveness of nature - based solutions for climate change adaptation[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(11): 6134-6155.
- [5] 赵智聪, 王小珊, 杨锐. 基于国际经验的中国国家公园气候变化应对路径[J]. *中国园林*, 2022, 38(4): 6-13.
- ZHAO Z C, WANG X S, YANG R. Climate Change Response Strategies for National Parks in China Based on International Experience[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2022, 38(4): 6-13.
- [6] 李禾尧, 何思源, 王国萍, 等. 国家公园灾害风险管理研究与实践及其对中国的启示[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(4): 906-920.
- LI H Y, HE S Y, WANG G P, et al. Practice of disaster risk management in global national parks and its enlightenment to China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(4): 906-920.
- [7] 王伟, 吴晨, 李俊生. 基于自然的解决方案对我国国家公园建设与管理研究的启示[J]. *生态学报*, 2024, 44(17): 7899-7908.
- WANG W, WU C, LI J S. Enlightenment of nature-based solutions to establishment, management, and related studies of national parks in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(17): 7899-7908.
- [8] LIU X, CHEN B. Climatic warming in the Tibetan Plateau during recent decades[J]. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 2000, 20(14): 1729-1742.
- [9] XU J, GRUMBINE R E, SHRESTHA A, et al. The melting Himalayas: cascading effects of climate change on water, biodiversity, and livelihoods[J]. *Conservation Biology*, 2009, 23(3): 520-530.
- [10] 严作良, 周华坤, 刘伟, 等. 江河源区草地退化状况及成因[J]. *中国草地*, 2003, 25(1): 73-78.
- YAN Z L, ZHOU H K, LIU W, et al. Preliminary Discuss on Grassland Degradation in the Source Region of Yangtze and Yellow Rivers[J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2003, 25(1): 73-78.
- [11] JIAN N. A simulation of biomes on the Tibetan Plateau and their responses to global climate change[J]. *Mountain Research & Development*, 2000, 20(1): 80-89.
- [12] 云雅如, 方修琦, 田青. 乡村人群气候变化感知的初步分析: 以黑龙江省漠河县为例[J]. *气候变化研究进展*, 2009, 5(2): 117-121.
- YUN Y R, FANG X Q, TIAN Q. Peasants' Perception on Climate Change: A Case Study on Mohe County in Heilongjiang Province[J]. *Climate Change Research Advance*, 2009, 5(2): 117-121.
- [13] 侯向阳, 韩颖. 内蒙古典型地区牧户气候变化感知与适应的实证研究[J]. *地理研究*, 2011, 30(10): 1753-1764.
- HOU X Y, HAN Y. Herdsmen's perceptions and adaptation of climate change in typical areas of Inner Mongolia[J]. *Geographical Research*, 2011, 30(10): 1753-1764.
- [14] 王世金, 李曼, 谭春萍. 山区居民对气候变化及其影响与适应的感知分析: 以玉龙雪山地区为例[J]. *气候变化研究进展*, 2013, 9(3): 216-222.
- WANG S J, LI M, TAN C P. Mountainous Residents' Perceptions and Attitudes on Climate Change, Its Impacts and Adaptations: A Case Study of Mt. Yulong in Southeastern Tibetan Plateau[J]. *Climate Change Research Advance*, 2013, 9(3): 216-222.
- [15] 朱国锋, 秦大河, 任贾文, 等. 山区牧民对极端气候事件

- 的感知与适应: 基于祁连山区少数民族乡的调查[J]. *气候变化研究进展*, 2015, 11(5): 371-378.
- ZHU G F, QIN D H, REN J W, et al. Perceptions and Adaptation of Herdsmen in Typical Mountain Minority Areas to Climate Change: A Case Study of 3 Minority Townships in Qilian Mountains[J]. *Climate Change Research Advance*, 2015, 11(5): 371-378.
- [16] BIRKMANN J, LIWENGA E, PANDEY R, et al. Poverty, Livelihoods and Sustainable Development. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2022: 1171-1274.
- [17] BERRANG-FORD L, SIDERS A R, LESNIKOWSKI A, et al. A systematic global stocktake of evidence on human adaptation to climate change[J]. *Nature Climate Change*, 2021, 11(11): 989-1000.
- [18] WANG Y, WANG J, LI S, et al. Vulnerability of the Tibetan Pastoral Systems to Climate and Global Change[J]. *Ecology and Society*, 2014, 19(4): 8.
- [19] 张倩, 艾丽坤. 适应性治理与气候变化: 内蒙古草原案例分析与对策探讨[J]. *气候变化研究进展*, 2018, 14(4): 411-422.
- ZHANG Q, AI L K. Adaptive governance and climate change: case analysis of Inner Mongolia grassland and counterplan study[J]. *Climate Change Research Advance*, 2018, 14(4): 411-422.
- [20] 李西良, 侯向阳, UBUGUNOV L, 等. 气候变化对家庭牧场复合系统的影响及其牧民适应[J]. *草业学报*, 2013, 22(1): 148-156.
- LI X L, HOU X Y, UBUGUNOV L, et al. Effects of climate change on household compound ecosystems and herders' adaptation[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(1): 148-156.
- [21] WANG J, WANG Y, LI S, et al. Climate adaptation, institutional change, and sustainable livelihoods of herder communities in northern Tibet[J]. *Ecology and Society*, 2016, 21(1): 5.
- [22] JAKOBY O, QUAAAS M F, MÜLLER B, et al. How do individual farmers' objectives influence the evaluation of rangeland management strategies under a variable climate?[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2014, 51(2): 483-493.
- [23] BERRY K, FENICHEL E P, ROBINSON B E. The ecological insurance trap[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2019, 98: 102251.
- [24] 摆万奇, 张德铨, 刘林山, 等. 黄河源地区藏族游牧对气候变化的适应性[J]. *自然资源学报*, 2012, 27(12): 2030-2038.
- BAI W Q, ZHANG Y L, LIU L S, et al. Adaptation of Tibetan Nomadism to Climate Change in the Source Region of the Yellow River[J]. *Journal of Natural Resources*, 2012, 27(12): 2030-2038.
- [25] ZHANG Q, XUE H, LAN X, et al. Livelihood vulnerability of pastoral households in the semiarid grasslands of northern China: Measurement and determinants[J]. *Ecological Indicators*, 2022, 140: 109020.
- [26] AGRAWAL A, PERRIN N. Climate adaptation, local institutions and rural livelihoods[M]// *Adapting to climate change: thresholds, values, governance*.

- Cambridge: Cambridge University Press, 2009: 350-367.
- [27] ADGER W N. Vulnerability[J]. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 268-281.
- [28] SEO S N, MCCARL B A, MENDELSON R. From beef cattle to sheep under global warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(12): 2486-2494.
- [29] MADDISON D. The perception of and adaptation to climate change in Africa[M]. Washington, D.C.: The World Bank, 2007: 21-35.
- [30] 梅江梅, 黄晓慧, 周尧治, 等. 不同海拔高度农牧民对气候变化的感知与适应[J]. *生态学报*, 2019, 39(21): 7805-7814.
- MEI J M, HUANG X H, ZHOU Y Z, et al. Farmers' and herders' perception and adaptation to climate change at different altitudes in Tibet[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(21): 7805-7814.
- [31] AUFFHAMMER M, KAHN M E. The farmer's climate change adaptation challenge in least developed countries, *Handbook of environmental economics*[M/OL]. Elsevier, 2018: 193-229. <https://doi.org/10.1016/bs.hesenv.2018.04.001>.
- [32] ALAM G M M, ALAM K, MUSHTAQ S. Climate change perceptions and local adaptation strategies of hazard-prone rural households in Bangladesh[J]. *Climate Risk Management*, 2017, 17: 52-63.
- [33] ASRAT P, SIMANE, B. Farmers' perception of climate change and adaptation strategies in the Dabus watershed, North-West Ethiopia[J]. *Ecological Processes*, 2018, 7: 7.
- [34] JELLASON N P, BAINES R N, CONWAY J S, et al. Climate Change Perceptions and Attitudes to Smallholder Adaptation in Northwestern Nigerian Drylands[J]. *Social Sciences-Basel*, 2019, 8(2): 31.
- [35] PIATT R V, OGRA M, KISAK N, et al. Climate change perceptions, data, and adaptation in the Garhwal Himalayas of India[J]. *Climate and Development*, 2021, 13(2): 95-106.
- [36] HE X, YAN J, YANG L E, et al. The role of government interventions in household climate adaptation on the Tibetan Plateau[J]. *Journal of Rural Studies*, 2022, 95: 544-559.

(编辑/王媛媛)

#### 作者简介:

##### 史湘莹

1989年生/女/山西临汾人/北京大学中国经济研究中心和国家发展学院在读博士后/北京市海淀区山水自然保护中心执行主任/武汉光谷山水公益基金会理事长/研究方向为生态经济学(北京 100871)

##### 赵翔

1989年生/男/江苏扬州人/北京市海淀区山水自然保护中心保护主任/研究方向为生物多样性保护(北京 100871)

##### 陈熙尔

1996年生/男/湖南宜章人/硕士/北京市海淀区山水自然保护中心项目官员/研究方向为保护生物学(北京 100871)

##### 朱子云

1988年生/男/甘肃白银人/博士/北京市园林绿化规划和资源监测中心(北京市林业碳汇与国际合作事务中心)工程师/研究方向为保护生物学(北京 101118)

##### 徐晋涛

1963年生/男/山西朔州人/博士/北京大学中国经济研究中心和国家发展学院教授/研究方向为环境与能源经济学(北京 100871)

## Natural Capital and Pastoral Climate Perception and Adaptation: An Empirical Study on Herders' Adaptation Strategies in and around the National Parks on the Qinghai-Xizang Plateau

SHI Xiangying, ZHAO Xiang, CHEN Xier, ZHU Ziyun, XU Jintao\*

**Abstract:** Climate change is profoundly reshaping the natural environment and pastoral livelihoods on the Qinghai-Xizang Plateau. In recent years, the development and establishment of China's national parks have played a significant role in both mitigating and adapting to climate change. This study examines the role of natural capital in shaping herders' climate adaptation strategies, drawing on 318 household surveys (2017-2021) across pastoral regions of the Three-River-Source Area, Qilian Mountains, Xizang, and Yunnan, supplemented by meteorological data. Results indicate that natural capital, manifested in grassland quality, diversified livelihood options, and higher subsidy levels, systematically enhances adaptation capacity. Herders' climate perceptions (e.g., warmer winters, erratic precipitation, receding snowlines, and diminished runoff) align closely with observational data. Probit models identify heightened climate sensitivity among herders at higher elevations, those facing volatile precipitation/temperature regimes, with higher grassland qualities and

more livestock, older individuals, Mandarin speakers, and less-educated households. Adaption actions are more prevalent among subsidy-receiving and female herders, with livelihood diversification (Eco-tourism, ranger employment, and other off-farm income) proving particularly effective in reducing climate-dependent pastoral income. Infrastructure upgrades (fodder reserves, livestock shelters) further bolster resilience. Based on these findings, the study proposes that national parks should strengthen natural capital through community-based rangeland restoration and management, promotion of sustainable community livelihoods and multi-stakeholder collaboration (government, communities, and social organizations) to systematically enhance herders' climate resilience.

**Keywords:** landscape architecture; Qinghai-Xizang Plateau; national park; natural capital; climate change; pastoral community; perception and adaptation; grassland conservation

#### Biography

SHI Xiangying, female, born in 1989 in Linfen, Shanxi Province, Ph.D., Postdoc Researcher at National School of Development, Peking University, Executive Director of Shan Shui Conservation Center, Chairperson of Shan Shui Foundation, research area: ecological economics (Beijing 100871)

ZHAO Xiang, male, born in 1989 in Yangzhou, Jiangsu Province, Bachelor of Science, Conservation Director, Shan Shui Conservation Center, research area: conservation biology (Beijing 100871)

CHEN Xier, male, born in 1996 in Yizhang, Hunan Province, Master of Science, Program Officer, Shan Shui Conservation Center, research area: conservation biology (Beijing 100871)

ZHU Ziyun, male, born in 1988 in Baiyin, Gansu Province, Ph.D., Engineer, Beijing Forestry and Parks Planning and Resource Monitoring Center (Beijing Forestry Carbon Sink and International Cooperation Affairs Center), research area: conservation biology (Beijing 101118)

XU Jintao, male, born in 1963 in Shijiazhuang, Hebei Province, Ph.D., Professor, National School of Development, Peking University, research area: environmental economics (Beijing 100871)