



水利水电国际资讯摘要

IWHR International Digest

中国水利水电科学研究院主办 主编: 孟志敏 责编: 孟圆

2019
11
总267期

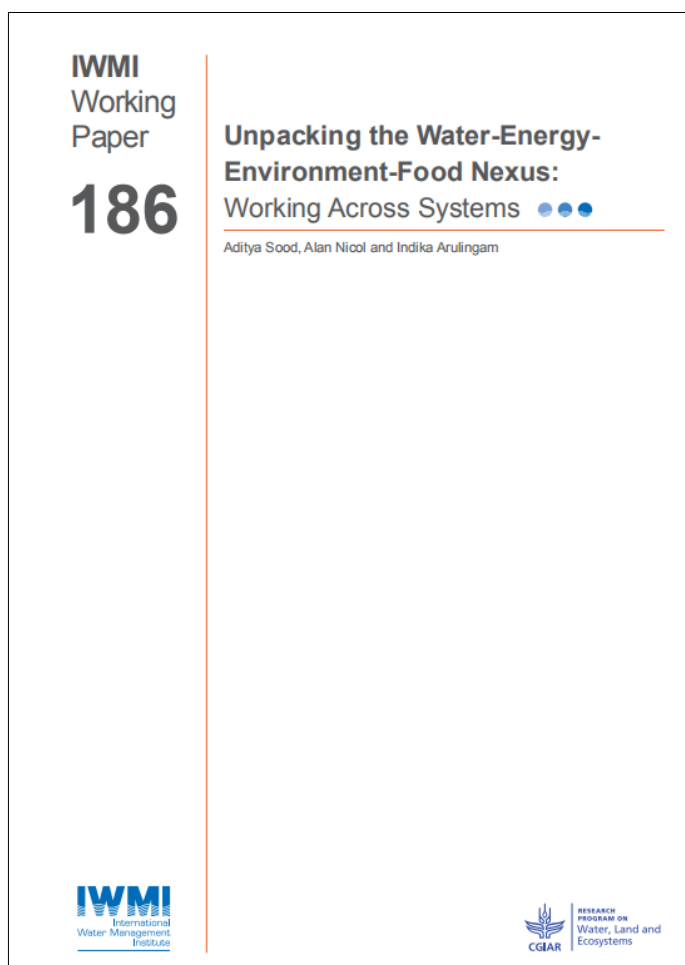
| 剖析水-能源-环境-粮食纽带关系——跨系统发力



剖析水-能源-环境-粮食纽带关系——跨系统发力

【本文导读】

日前,国际水管理研究所(International Water Management Institute)发布一份题为《剖析水-能源-环境-粮食纽带关系——跨系统发力》的工作文件,详细全面地回顾了国际社会针对纽带关系进行的思辨、开发的框架和模型,并指出目前这些理论框架的不足之处。随后,该报告作者提出了详细的跨系统、多维度纽带关系量化分析模型,具有深刻启发意义。本文对该报告进行缩编,对完整报告感兴趣的读者,请访问IWMI官网如下链接:<http://www.iwmi.cgiar.org/publications/iwmi-working-papers/iwmi-working-paper-186/>



《剖析水-能源-环境-粮食纽带关系——跨系统发力》封面

一,引言

大量研究表明,水、能源和粮食部门是相互依存的。这包括能源生产对水资源的依存和水资源供应对粮食生产的依存。现有的为数不多的理论工具试图优化部门之间的资源利用,但通常只涉及两个部门之间,例如优化水力发电和农业生产之间的供水,或农业和生态系统之间的供水,或能源和生态系统之间的供水。目前,研究人员对更复杂的关系——特别是对在“纽带关系”(nexus)方法下以更系统的方式处理这些关系的办法——更为感兴趣。科学家和决策者早就知道能源和粮食生产与水资源的可得性、获取和使用之间的复杂的相互依赖关系,以及这些相互关系的变化对环境的影响。然而,这些部门往往还是继续处于独立管理之下。

二,当前纽带关系框架回顾

一些由国际主流涉水机构提出的关键纽带关系框架包括以下:

- 2011年,斯德哥尔摩环境研究所(SEI)在为波恩会议编写背景文件时构建了一个框架,强调了投资在可持续生态系统服务、绿色经济(即资源利用效率),以及将穷人融入水、能源和粮食(WEF)框架方面的作用。在他们的纽带关系框架中,可得水量是供水安全、粮食安全和能源安全的核心。这一框架强调需要跨尺度一致的多级治理和政策。

- 2012年,国际山地综合发展中心(ICIMOD)以南亚和喜马拉雅地区生态系统提供的商品和服务为背景,制定了一个基于生态系统的框架。这些包括:(1)供给服务,如粮食、燃料、淡水和矿物;(2)调节服务,如气候和水以及生物控制;(3)支持服务,如地下水补充和土壤形成;(4)文化服务,如传统知识和娱乐。南亚为水、能源和粮食纽带关系提供了独特的视角,这是因为南亚占全球贫困人口的比例很高,那里无法获得水、能源和粮食的人口在全球人口中所占比例很大。喜马拉雅山脉孕育了世界上若干条大江大河,具有很高的水力发电潜力和提供水源的潜力。然而,由于人口密度高,水、能源和粮食生产之间存在系统性竞争。ICIMOD框架提出了通过维持喜马拉雅生态系统服务来加强水、能源和粮食安全的方法。

- 2013年,联合国亚太经社会(UNESCAP)发布立场文件认为,水、粮食和能源是三种“全球商品”,在全球范围内进行交易,具有全球性影响,它们的匮乏会威胁人类安全。该文件指出,纽带关系方法的作用是改善能源、水和粮食安全,并处理“跨部门的外部因素”和“支持向可持续性过渡”。在处理可持续性问题时,生态系统的作用至关重要。该文件建议更多地关注生态系统服务,而不是仅仅关注经济发展。文件从安全的角度分析了每个系统,并确定了亚太地区各个部门面临的“纽带关系”挑战。在水系统中,环境压力、气候变化、水需求和地下水水位是关键纽带关系挑战。在能源系统中,石油短缺、替代能源和核电站扩建是重要问题。在粮食系统中,老化的灌溉基础设施、农业生产率低下、环境压力、土地掠夺、粮食贸易和气候变化是关键纽带关系挑战。文件中提到的一些纽带关系问题包括生物燃料生产、水电生产、热力发电用水、灌溉用水和用能、粮食贸易和虚拟水贸易、粮食生产可得地和水生产用能。文件给出的建议包括深化知识和建立制度,以理解纽带关系,并让绿色经济成为发展的核心。

- 亚洲开发银行(ADB)关于水-粮食-能源纽带关系的报告没有提出任何框架,但认为水安全对于亚洲发展至关重要。该报告侧重于水、粮食和能源纽带中的紧密关系,并支持新的水经济学指标,以改变亚洲在水定价和水权方面的水观念。

● **联合国粮农组织(FAO)** 建议使用水、能源和粮食纽带关系方法来管理权衡, 并构建协同机制, 从而拟订成本效益高的、更综合的规划。根据他们的报告, 由于农业占全球取水量的70%和能源消耗的30%, 水、能源和粮食纽带关系框架需要从粮食安全的角度制定, 包括四个方面: 可得性、获取、稳定和利用。在FAO制定的纽带关系方法中, 框架的核心是针对证据、情境开发和响应选项的利益相关者的参与。这将不同的目标和利益, 以及水、能源和粮食关系变化的驱动因素, 与自然资本(如水、土地和能源)和经济资源(如劳动力和资本)相关的政策联系起来。

● **联合国欧洲经济委员会(UNECE)** 开发了一种基于水-粮食-能源-生态系统纽带关系的评估方法, 以解决跨界流域的“摩擦和冲突”。报告建议使

用生态系统服务方法来评估局限和机会, 并确定基于市场的交易, 以助实现安全。他们强调制定从定性方法到高度定量方法的统一指标体系。制定这些指标是为了评估不安全因素, 以便减轻这些因素。

● **国际可持续发展研究院(IISD)** 在2013年制定的框架认为, 生态系统商品和服务对水、能源和粮食框架至关重要, 需要一个“运转良好的”生态系统。在该框架中, 可形成每种资源获取和可得因素的不同组合, 从而实现安全。可以根据区域情况选择这些组合。例如, 粮食的获取可以通过交易系统、购买或自产实现, 而粮食的可得则取决于粮食生产或粮食加工和包装或粮食分销和零售等。三种资源的安全受自然系统和已建系统的影响, 并进一步受到制度和治理因素的影响。

三、当前水-粮-能-环纽带关系框架存在的问题

当前大多数有关纽带关系的框架都倾向于理论。它们有一个共同的主题, 即采用系统方法来处理水、能源和粮食安全部门之间的安全问题, 一些还将土地和矿产资源纳入安全框架。现有的框架在其生物物理边界内将各个水、能源和粮食系统联系起来, 并表明它们在一定的制度界限内运作。不过, 这些框架没有深入研究由于政治经济和治理因素、人类行为和观念以及制度问题的融合而产生的使情况复杂化的因素。例如, 要在每个系统中确定安全, 就必须了解不同的权力结构、人类对风险和脆弱性的认知以及他们在恢复力和适应性方面的反应。

安全的概念不是静态的, 而是随着不同的制度和政策环境(涉及水、能源和粮食)变化的, 这一事实要求任何进一步的水-能源-环境-粮食(WEEF)反应建模须针对具体环境, 至少在某种程度上, 与文化和制度边界(水、能源和粮食需求在这些边界内产生)相关。每个框架内的重点也因该框架的组织起源而异, 例如, 波恩2011年纽带关系会议框架以水的可得性为中心, 世界经济论坛2011年框架以风险为中心, ICIMOD框架以生态系统服务为中心。

四, 对核心概念的理解

1, 纽带关系

在面对日益增长的需求和日益增加的相对匮乏的情况下, 对提高资源利用效率的迫切需求一直是关于纽带关系的讨论的主要驱动因素。当前有关纽带关系的框架普遍认为, 水对于其他资源(即能源和粮食)的供应至关重要, 因此, 水资源的不安全是一个更大的威胁, 水也往往成为许多纽带关系辩论的主要焦点。在现实中, 资源的可得性和获取很复杂, 受到经济、法律、社会和政治结构及规则的影响, 在这些结构和规则中, 匮乏可能与资源在这些结构中占据的地位有关, 即, 出现的匮乏很少是绝对的, 而是与获取资源方法的目标是理解水、能源、环境和粮食系统之间的复杂关系, 不仅是从生物物理的角度来理解, 也从政治经济和社会生态系统的角度, 在这些角度下, 对资源安全(和价值)的认知得到塑造、规范和阈值得到确定, 权衡关系和资源获取问题得到协商。

2, 安全

大多数的纽带关系框架将安全作为一个中心概念, 传统上将其定义为水、粮食和能源安全。在国家内部, 安全是考量国家是否安全及是否具备产生足够的水、粮食和能源以满足国家需求的能力。在国家之间, 跨国贸易是改善不安全和实现供求平衡的最常见方法之一。20世纪90年代, 与气候变化和极端天气事件影响相关的环境安全辩论有所增多。环境安全包括认为不断增加的匮乏会在不同程度上引发冲突的论点, 包括一个“水资源战争”的论点, 即认为国家最终将寻求诉诸暴力冲突, 以确保水资源供应(这与20世纪70年代有关石油和能源安全的论点相似)。这些辩论后来在许多层面上受到挑战, 几乎没有证据表明仅仅由于水的不安全而发生任何重大冲突。

传统上针对安全的辩论主要围绕维持资源的可得性。在这种讨论中, 资源的可得性及其安全问题被认为是静态的, 重点落在了发展获取和利用资源的基础设施。而实际上, 安全是一个动态概念, 取决于不断变化的生态系统、人类认知、政治经济和区域贸易。对维持生计的必要条件的认识不同, 以及社会所采取的恢复力和适应性方法的不断变化, 使得不再存在全球公认的安全阈值。这些阈值进一步受到国家和区域的权力结构、制度和治理体系的影响。

最后, 必须从全球的视角来看待区域安全。区域层面的安全也取决于区域与世界其他地区之间的贸易关系。中东北非地区和粮食进口就是很好的例子。该区域现有的可得淡水较为有限, 不足以通过当地生产实现粮食安全, 因此, 粮食安全是通过进口粮食商品来实现的, 特别是那些高水足迹商品。因此, 安全可以被理解为系统在一个国家/地区能够接受的风险水平内运行的状态。以粮食贸易的形式进口大量的虚拟水意味着接受从自己生产粮食以确保粮食安全到依赖全球贸易体系的转变所涉及的风险。安全并不意味着时刻拥有一切资源。由于资源分配不均, 每个区域都在所有资源上实现自给自足是不现实的。安全意味着将风险降低到社会可接受的水平。

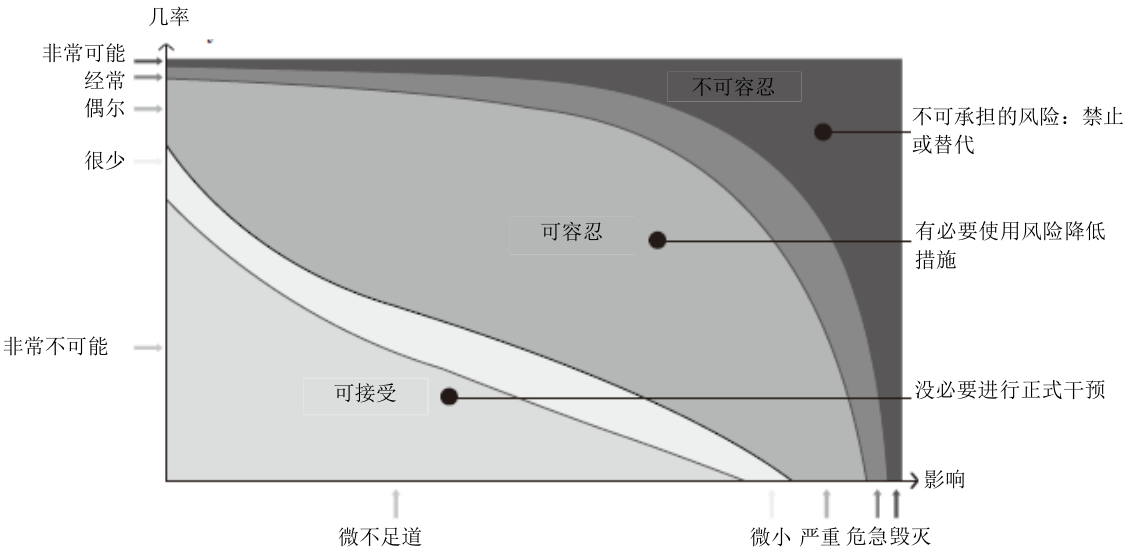
3, 风险

风险不是一个绝对化的术语, 而是需要所有部门的利益相关者的参与, 以确定风险。风险可以分为可接受的、可容忍的和不可容忍的(如图1所示), 需要利益相关者的参与来确定这些等级以及为达到可接受的风险水平所需做出的权衡。

表 1 水、能源、环境和粮食安全定义

安全类型	可得性	获取	可负担性	可持续性和生态系统服务
水	充足的可得量	可持续的获取	获取的经济和社会成本	可持续的获取以维持生计、人类健康和社会经济发展
能源	可得	获取清洁、可靠、可负担的能源服务	可负担的价格	连续的经济发展；满足烹饪、供暖、照明、通讯和生产使用
环境	自然资源的供应	不公平的获取	不公平的获取	环境退化和危险物质的流动
粮食	充足	物质获取	经济获取	任何时候都可以满足积极健康生活的膳食需要及食物喜好

图 1 风险等级



资料来源：经合组织，2013 年

五、问题的确定

根据世界经济论坛在过去几年的报告(世界经济论坛, 2016年; 2017年; 2018年; 2019年), 水、气候变化、极端天气事件和粮食, 以及收入差距和治理, 都属于十大风险行列。根据这些报告显示, 那些“高影响、高几率”的风险大多与环境 and 经济有关。这导致能源部门也面临风险(系统故障), 因为水是能源生产的一个重要组成部分。严重天气事件的发生、未能适应气候变化, 以及水危机均属于大多数年份的十大问题行列。这意味着, 无法获取充足水资源这一问题(受气候变化影响而加剧)对于实现水-能源-环境-粮食安全而言可能是一个更大的挑战。

由于不可持续发展, 我们已经走到了资源限制成为制约经济发展的最主要因素的阶段。资源分配不均, 财富集中在少数人手中。世界经济论坛(2014年)讨论了专家和决策者对自然资源的四种认知: (i) 物质枯竭的威胁; (ii) 对成本上升的担忧; (iii) 长期数

量; (iv) 以分配挑战为中心点的的社会不公。现实情况更为复杂, 可能包括上述所有的认知。

就水-能源-环境-粮食纽带关系而言, 需要解决的问题可以描述为: **“决策者如何制定方法, 用于在公众都能接受的风险阈值内(社会、政治、环境和经济)管理和使用水、粮食和能源资源, 同时确保可持续的商品生产和服务, 以维持可接受水平的社会 and 经济发展?”**方法可能包括致力于多利益相关者协商(从公共部门到私营部门)的制度和治理体系, 以确定风险的“可接受水平”, 和社会范围内资源公平分配的阈值水平, 这不仅跨越经济阶层, 也跨越性别界限。由于所有的水、能源和粮食都依赖于生态系统提供的服务, 因此生态系统的可持续性同样是长期安全的核心。最后, 发展是一种主观构想, 需要不同背景的利益相关者积极参与进来, 商定、决定并在必要时就取得预期结果的措施达成一致。

六、纽带关系框架的制定——“ARC”概念

图2提出了水、能源、环境、粮食(WEEF)纽带关系框架。纽带关系框架制定的核心是“纽带关系安全”概念, 需要对其进行量化, 以使框架运行。“纽带关系安全”由被感知风险来表示。每个社会都有不同的风险处理能力。因此, 各社会对风险的认知也不同。在WEEF的各部门中, 一个部门相较于另一个部门的相对重要性也将取决于社会及其对这些不同部门的相对依赖。因此, 在这个框架中, 有必要让利益相关者来确定和量化风险, 以便理解每个区域内的纽带关系安全问题。

社会风险可以通过“纽带关系风险指标”来量化, “纽带关系风险指标”由社会的“获取可靠性”、“抗冲击恢复力”和“变化适应能力”(ARC)确定。“获取可靠性”指的是资源获取的稳定性。这不是一个静态变量, 而是取决于一个社会的需求。只要社会的需

求能够在可得资源和基础设施限制范围内得到满足, 并且社会各阶层都能获得资源, 即为获取可靠性。“抗冲击恢复力”指的是社会抵御和/或从不利状况中恢复的能力。这种情况可能因为干旱或洪水等自然灾害, 或世界任何地区的政治或金融动荡而出现。“变化适应能力”是社会的应对能力, 是指社会通过供给侧管理或需求侧管理来适应变化的能力。如此, 可以将纽带关系安全指标视为界定纽带关系系统ARC指标的集合体。当被感知风险处于社会可接受水平时, 即可实现纽带关系安全。这三个属性共同表明系统的强健程度。

ARC三个属性依赖于“资源可得性”和“资源可用性”和“可负担性”。当地的可得资源也可分为“自然的”(直接从自然系统获得)和“生产的”(从自然服务中开发)。一个地区的可得水量取决于降雨

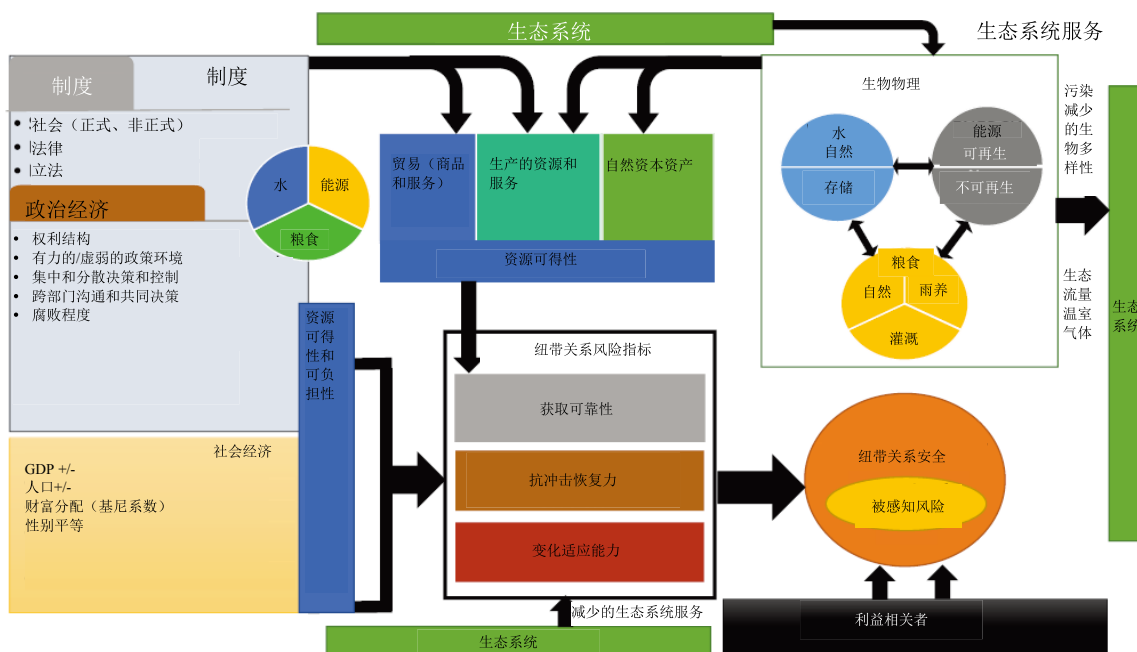
量和其他气候条件。一个流域内唯一的天然水源是降水,大部分降水要么通过蒸发蒸腾(也称为绿水,支持天然植被和雨养农业)流失,要么以河流流量或地下水(也称为蓝水)的形式流出。一些水可能从流域外转移过来。可得能源将取决于区域的自然资源(可再生和不可再生)。一个地区生产的粮食要么来自雨养农业,要么来自灌溉农业。为保持生态平衡,自然系统中的一些资源将不得被保留。用于社会经济活动的蓝水的实际可得量取决基础储存设施(就地表水而言)和能源获取(就地下水而言)。此外,为了利用自然资源,需要某种投资或基础设施建设。缺乏规划和投资可能导致自然资源得不到充分开发。如果由于投资不足而导致实际可得量低于自然资源存量,则称为“经济性匮乏”。因此,实际可得量(通常称为经济可得量)可能小于物理可得量。这也可能是由于缺乏在资源获取方面投资的制度能力或政治意愿。

利用当地资源满足当地所有需求通常是不切实际的。贸易在填补当地供需缺口方面发挥至关重要

的作用。有时,直接获取水被进口虚拟水所取代,即,进口高水足迹商品。粮食贸易(也包括“虚拟水”贸易)在区域粮食可得性方面发挥关键作用,特别是在农业用水的获取受限的地区(例如中东)。与水不同,能源是直接跨地区交易的。全球和区域市场在很大程度上决定区域内的能源可得性。进口的资源实际上是来自另一个地区的“二阶”生态系统服务(尽管这里提出了关于“纽带关系”发展思维的规模和范围的复杂问题,即“纽带关系”的边界延伸到什么程度)。为了有效的贸易,需要强有力的法律和立法机构。自然资本、生产的资源和服务以及交易的商品/服务的集合是社会的可得资源。

一个区域内的资源可得性提供了“获取可靠性”,但由于资源分配不均,不能保证该区域所有居民的安全。获取不仅取决于分配网络,还取决于土地所有权和水权。在这里,地表水和地下水是被区别看待和对待的。水价结构决定可以负担得起不同水量的社会阶层,而能源成本则决定能够获取不同深度地下水的社会阶层。能源获取取决于负责能源传输和

图 2 水 - 能源 - 环境 - 粮食 (WEEF) 纽带关系框架



注：ESS 即生态系统服务

分配的制度。这包括法规和定价结构。分配体系的效率决定社区实际可获取的能源。为使社区能够获取资源,需要额外的投资、制度和政策。为减少不平等,让社会各阶层都能获取资源至关重要。资源可负担性取决于资源的价格和家庭的购买力。负担能力本身是一个主观的概念,是个体或社区的需要和需求的平衡。水(特别是地下水)的可负担性在很大程度上取决于能源的可负担性。能源的可负担性是区域能源成本和家庭购买力的函数。它还取决于制度设定的补贴和关税。与能源一样,粮食成本和家

庭购买力决定粮食的可负担性。获取资源的便利性和社会负担特定资源的能力有助于确定社会在系统内应对短期冲击的恢复力。对于长期的变化,这也有助于确定一个社会的变化适应能力。

因此,帮助定义ARC属性的资源可得性、可得性和可负担性进一步依赖于以下驱动因素:生物物理;制度;社会经济;生态系统。

表2-4详细分析了对纽带关系的健康进行量化分析的各项指标。

表 2 量化纽带关系系统健康状况的生物物理指标

纽带关系代表	纽带关系系统			
	水	能源	环境	粮食
生物物理				
自然资本资产	可再生水资源/人口	可再生能源资源/人口	产生的河道内水量/环境流量要求 地下水抽取/可持续的地下水抽取	收集自森林的粮食/人口
生产的资源和服务	(取水+淡化+水的再利用)/人口	能源生产/人口	(淡化+水的再利用)/不可持续的地表水提取 受管理的地下水补给/不可持续的地下水抽取	农业生产/人口
贸易(商品和服务)	虚拟水贸易/人口	能源进口/人口	交易的生态系统服务/总共可衡量生态系统服务	粮食商品贸易/人口

表 3 量化纽带关系系统健康状况的制度指标

纽带关系代表	纽带关系系统			
	水	能源	环境	粮食
	制度			
正式社会制度	正式的与水相关的社会制度/100,000 人	正式的与能源相关的社会制度/100,000 人	正式的与环境相关的社会制度/100,000 人	正式的与农业相关的社会制度/100,000 人
	制度效果（等级）	制度效果（等级）	制度效果（等级）	制度效果（等级）
非正式社会制度	非正式的与水相关的社会制度/100,000 人	非正式的与能源相关的社会制度/100,000 人	非正式的与环境相关的社会制度/100,000 人	非正式的与农业相关的社会制度/100,000 人
	制度效果（等级）	制度效果（等级）	制度效果（等级）	制度效果（等级）
法律制度	仲裁机构数量/水问题（二元）	仲裁机构数量/能源问题（二元）	仲裁机构数量/环境问题（二元）	仲裁机构数量/农业问题（二元）
	制度效果（等级）	制度效果（等级）	制度效果（等级）	制度效果（等级）
立法制度	水相关法律数量	能源相关法律数量	环境相关法律数量	农业相关法律数量
	水相关法律执行得有多成功？（等级）	能源相关法律执行得有多成功？（等级）	环境相关法律执行得有多成功？	农业相关法律执行得有多成功？
	仲裁：立案案件的解决比例	仲裁：立案案件的解决比例	仲裁：立案案件的解决比例	仲裁：立案案件的解决比例

表 3 量化纽带关系系统健康状况的制度指标（续）

纽带关系代表	纽带关系系统			
	水	能源	环境	粮食
制度				
立法制度（续）	立法来源：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面（等级）	立法来源：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面（等级）	立法来源：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面（等级）	立法来源：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面（等级）
	立法的执行：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面	立法的执行：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面	立法的执行：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面	立法的执行：（i）国家层面；（ii）次国家层面；（iii）地方层面
产权	水权覆盖的水用户百分比	能源生产私人所有数量	关于清洁水资源、土地和空气权力的法律/法规的数量	正式占有制下的土地面积百分比
				占有安全： （i）非常安全；（ii）适中；（iii）没有占有安全（等级）
政治经济				
权力结构	决策 集中/分散	决策 集中/分散	决策 集中/分散	决策 集中/分散
	不同政府级别的决策比例	不同政府级别的决策比例	不同政府级别的决策比例	不同政府级别的决策比例
	问责—— （i）向上；（b）水平；（iii）向下	问责—— （i）向上；（ii）水平；（iii）向下	问责—— （i）向上；（ii）水平；（iii）向下	问责—— （i）向上；（ii）水平；（c）向下
制度				
政策环境	政策环境的融合程度	政策环境的融合程度	政策环境的融合程度	政策环境的融合程度
跨部门沟通	跨部门沟通网络的程度	跨部门沟通网络的程度	跨部门沟通网络的程度	跨部门沟通网络的程度
腐败程度	腐败指数	腐败指数	腐败指数	腐败指数

表 4 量化纽带关系系统健康状况的社会经济指标

纽带关系代表	纽带关系系统			
	水	能源	环境	粮食
制度				
GDP	收入/人均	收入/人均	收入/人均	收入/人均
人口	每水资源总量对应的人口	每能源资源总量对应的人口	人口密度	每可得粮食总量对应的人口
资源分配	可获取清洁水资源的人口百分比	可获取能源的人口百分比/电气化率	物种数量/土地面积	脱离饥饿的人口百分比
性别不平等	可获取水资源的女性比例/可获取水资源的男性比例（家用和农业）	可获取清洁能源的女性比例/可获取清洁能源的男性比例	不清洁水资源造成的健康状况不良的女性比例/不清洁水资源造成的健康状况不良的男性比例	脱离饥饿的女性比例/脱离饥饿的男性比例
可负担性	家庭收入用于水资源的比例	家庭收入用于能源的比例	每个家庭用于环境问题的公共资金的比例	家庭收入用于粮食的比例

表 5 衡量纽带关系系统健康状况的环境指标

纽带关系代表	纽带关系系统			
	水	能源	环境	粮食
制度				
污染	未处理废水/总采水量	能源部门污水/用于能源的总采水量		农业污染（过多使用化肥+农药）/1,000吨粮食产量
气候变化	水部门排放的温室气体	能源部门排放的温室气体	现有森林覆被/自然森林覆被	农业部门排放的温室气体
资源使用	能源使用	水使用		灌溉水+能源使用
土地使用	剩余的湿地和池塘/最初的湿地和池塘	用于生物燃料生产的土地/农业土地总面积	被管理土地面积/土地总面积	农业土地/土地总面积
健康	缺乏清洁水资源造成的病人数量/100,000人	缺乏清洁能源造成的病人数量/100,000人	洪水损失/GDP 干旱损失/GDP	发育不良的儿童数量/100,000儿童

七, 结论

最近的活动表明, 研究者对采用纽带关系方法实现发展和资源分配愈加感兴趣。对现有文献的回顾表明, 关于“纽带关系”的分析要么是理论框架, 要么大多涉及两个系统之间联系。系统之间相互联系的层次和复杂性导致难以将所有纽带关系系统纳入一个详细的分析里。这份报告提出了一个水-能源-环境-粮食纽带关系框架, 将社会和政治体系与生物物理系统联系起来。本文讨论了纽带关系辩论的一些核心概念, 例如“纽带关系”本身、安全、风险和可持续性, 并在生物物理和社会-政治-经济体系的共有空间内界定了它们。理解这些概念和它们之间的关系有助于确定和构建一个更强健的多个系统之间相互联系的纽带关系框架——作者认为, 这反映了一个更真实的决策现实。

在构建的纽带关系框架的基础上, 本文开发了一个“纽带关系安全风险矩阵”, 它提供了一个总体“纽带关系系统安全”的指标。矩阵的一边是生物物理系统, 另一边是制度和社会经济体系。本文考虑了每个共有空间的指标, 用于衡量该空间中的系统效率。这两个维度都有助于在纽带关系中确定社会的获取可靠性指标、恢复力指标和能力指标。矩阵内的每一项指标均根据历史经验或与研究领域内利益相关者的讨论予以加权。ARC三个指标(“获取可靠性”、“抗

冲击恢复力”和“变化适应能力”)有助于确定总体的纽带关系安全风险指标(NESRIX)。这样的“记分卡”有助于支持国家/区域层面的决策, 分析复杂性, 并提供一个工具, 让决策者就下列主题进行建设性对话: (i) 了解水安全与其他部门的关系, 以及它们之间的多种相互作用; (ii) 在纽带关系系统中找出需要解决的“薄弱点”, 以提升发展成果, 尤其是对最贫穷和最边缘化的人们而言。该工具有助于创新使用制度、社会能力和恢复力指标, 基于诸多可得关于治理和发展的数据源构建一个度量标准合成体。

矩阵本身可以应用于行政边界或流域单位, 甚至可以作为区域或国家之间的比较工具。开发的指标可沿时间尺度排列, 监测纽带关系的发展及其随着时间的推移的可持续性。这些指标可与场景模型连接, 以量化与治理、制度和投资有关的政策决策在纽带关系系统中的影响。

下一步是在选定的国家实施这一框架, 并对各国的产出进行比较分析。大部分数据可以从基于网络的研究中检索到。在斯里兰卡的初步努力表明, 有关制度和政治经济的数据不易获取。国别数据将有助于找到方法, 将此框架与研究活动联系起来, 并将研究活动与决策联系起来。



欢迎关注中国水科院微信公众号
地址：北京市海淀区复兴路甲一号
本刊联系方式：中国水科院 国际合作处
联系邮箱：dic@iwhr.com