DOI:10.20270/j.cnki.1674-117X.2026.5003

北斗时空信息赋能乡村生态韧性治理的作用机理
——基于感知—响应—协同分析框架

刘文良

（湖南工业大学 包装设计艺术学院，湖南 株洲 412007）

摘要：乡村生态治理面临“时空盲区”与“响应时滞”双重约束，二者共同构成韧性提升的结构性瓶颈。北斗系统的实时动态时空基准与短报文双向通信能力，使偏远乡村首次具备全天候、高精度、低成本的生态要素感知条件，但其治理价值并不等同于技术指标本身。“感知—响应—协同”框架揭示，感知进阶使治理信息基础从碎片化走向全景化，精准－敏捷响应使处置方式从经验驱动走向数据驱动，协同整合使多元主体从条块分割走向以统一时空信息为纽带的联动共治。三者构成完整的治理循环，任一环节薄弱都将导致韧性的系统性衰减。北斗提供的是催化性条件而非替代性方案，其效能释放受制于技术覆盖的空间不均衡、制度环境的时序错配以及基层数字素养的结构性短板。从催化条件走向系统进化，取决于治理体系能否借助时空信息所赋予的认知能力完成对自身运行逻辑的反思与改造。

关键词：北斗时空信息；乡村生态韧性治理；作用机理；感知—响应—协同

中图分类号：F323；F49　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1674-117X(2026)05-0021-11

一、问题的提出

乡村生态治理是国家治理体系基层触角的关键场域，然而，在气候变化加剧与人类活动强度持续攀升的双重挤压下，传统以确定性管控为底色的乡村治理模式正遭遇越来越频繁的“意料之外”。污染跨区域迁移、地质灾害频发、生态修复效果反复无常，这些现象的共同症结在于治理系统面对复杂生态风险时缺乏足够的缓冲余量与自适应能力。韧性治理由此被引入乡村生态议题，其聚焦于提升治理系统对不确定性的吸收、适应与转化能力，而非执着于对未来的精确预测。既有研究从制度设计、社区参与等维度做了富有价值的探索，但一个基础性瓶颈问题始终未能得到充分回应，即乡村生态风险本质上是时空问题，而既有治理体系的感知窗口与响应速率却长期受制于信息基础设施的薄弱。

北斗三号全球卫星导航系统的全面建成及其规模化应用推进，为上述瓶颈的破解提供了全新的技术条件。当前，全球数字化发展日益加快，时空信息、定位导航服务成为重要的新型基础设施[1]。不同于遥感的周期性过境或地面监测站的有线布设，北斗系统所提供的实时动态时空基准与短报文双向

收稿日期：2026-07-20

基金项目：国家社科基金资助项目“生态财富赋能共同富裕的理论与实践研究”（24BKS088）

作者简介：刘文良，男，湖南湘潭人，湖南省芙蓉学者特聘教授，湖南工业大学二级教授，博士，博士生导师，研究方向为乡村振兴与生态设计。

通信能力，使得偏远乡村首次具备了全天候、高精度、低成本的生态要素感知条件。“利用北斗卫星导航和卫星遥感手段获取地面高精度位置信息和土地覆盖类型，通过一定的智能化处理技术，能够实现农业农村关键要素的提取和监测。”[2] 而且，北斗输出的并非碎片化的监测数据，而是带有统一时空标签的结构化信息流。这也意味着乡村生态治理的信息基础，正在从“静态地图”向“动态过程”发生根本性转变。

然而，技术条件的变化并不自动等于治理效能的提升。从有了时空信息到治理变得更有韧性之间，横亘着一个尚未被充分打开的理论黑箱。“伴随着智能技术的普及和应用，数字要素已成为乡村韧性治理的有效载体。”[3] 北斗时空信息究竟经由何种机制转化为乡村生态治理的韧性增量？既有的数字乡村治理研究多侧重政策叙事或技术方案推介，缺少对这一传导过程的中层理论解释。达雷尔·韦斯特（Darrell West）指出，“不同于那些等级分明、线性式并且采用单向联系方式的按传统模式运营的实体机构，数字传输系统是非等级制、非线性式、互动的”[4]。数字政务建设的核心价值在于弥合区域间信息可及性鸿沟，将服务与感知网络延伸至传统治理难以覆盖的偏远地区，从而提升基层治理的整体响应性与包容性。这一判断揭示了数字技术重塑治理结构的深层逻辑——北斗系统作为典型的数字传输系统，其在乡村生态治理中的意义远不止于技术工具层面的升级，更在于它从根本上改变了传统科层制下信息单向流动的治理结构，为突破乡村治理的“时空盲区”与“响应时滞”提供了结构性变革的可能。

管理学者 Stephan Haeckel 在组织适应理论中提出的“感知—响应”范式揭示了组织应对环境变化的基本认知循环 [5]，Ansell & Gash 的协同治理理论则为分析多元主体如何实现行动整合提供了重要的理论资源 [6]。本文将上述理论引入乡村生态治理的特定场域，结合北斗时空信息的技术特性加以情境化改造，由此构建“感知—响应—协同”理论阐释框架，系统阐释北斗时空信息赋能乡村生态韧性治理的作用机理，以期为数字技术嵌入乡村治理提供更具解释力的学理论证，并为北斗规模应用的治理场景落地提供参照。

二、北斗时空信息嵌入乡村生态韧性治理的理论基础与技术支撑

理解北斗时空信息何以赋能乡村生态韧性治理，首先需要回答一个前置性问题：乡村生态治理的韧性短板在何处，而北斗时空信息又因何能够切中这一短板。韧性治理的理论演进揭示了乡村生态治理在认知先行性与行动灵活性上的深层短板，而北斗时空信息恰以其统一的时空基准与实时双向通信能力，切中了治理过程中信息传导效率低下的核心症结。

（一）乡村生态韧性治理的理论演进与关键约束

韧性概念进入治理研究并非一蹴而就，早期文献多从工程学视角理解韧性，将其界定为系统遭受外部扰动后恢复到初始均衡状态的能力。这一界定随后被生态学研究所修正，即生态系统很少存在单一的均衡态，韧性应理解为系统在结构不发生根本性改变的前提下所能承受的扰动幅度 [7]。真正引发治理研究范式转换的是演化韧性理论的提出，其将韧性从“恢复力”发展为适应、重组与转化的能力 [8]。治理系统的韧性不再被追问为能否回到从前，而是能否在变化中生存并自我更新。

乡村生态治理领域对这一理论谱系的接纳，带来了一个重要的认识论转向。研究者开始意识到，乡村生态系统的复杂性在于它本质上是“社会－生态”的耦合系统，亦即自然过程与社会过程交织运行，线性因果关系让位于非线性反馈，治理干预的后果往往偏离预期 [9]。这意味着治理系统必须具备认知上的先行性、决策上的冗余度和行动上的灵活性，才能在面对生态风险时不至于被动承压。

然而，既有乡村治理体系在这些维度上暴露出系统性的薄弱。认知层面，基层治理主体对生态风险的感知高度依赖上报机制与人工巡查，大量生态退化信号在未被察觉之前已经演化为不可逆的损害；决

策层面，科层制的信息传递链条使风险信号的逐级上报与指令的逐级下达耗费了宝贵的响应窗口[10]；行动层面，国土、水利、农业、环保等部门的条块分割使治理资源难以在统一的信息态势下形成合力[11]。由此，“公共服务系统的‘停滞’、基层政权体系的‘梗阻’、社会组织机构的‘失灵’以及农村居民主体的‘蒙蔽’等现实困境严重掣肘数字乡村韧性的建构”[12]。将这些薄弱环节归结起来，其深层症结可以概括为两个相互关联的约束，一是“时空盲区”使风险无法被及时看见，二是“响应时滞”使看见的风险无法被及时处置，两者共同构成了乡村生态治理韧性提升的结构性瓶颈。从韧性的类型学来看，上述双重约束分别指向治理系统的不同韧性维度。“时空盲区”侵蚀的是治理系统的认知韧性，即识别与解读环境风险信号的能力；“响应时滞”削弱的则是决策－执行韧性与结构韧性，即快速作出有效反应并调动多元主体协同行动的能力。

（二）北斗时空信息的治理价值与差异化核心能力

北斗系统所提供的恰恰是突破乡村生态治理固有瓶颈的关键变量，但北斗的价值并不简单表现在提供更精准的位置数据。遥感卫星同样可以提供空间信息，地面监测站也同样可以采集环境参数，北斗的独特性在于其是中国首个具备全球覆盖能力的实时动态时空基准系统。所谓“实时动态”，意味着北斗输出的信息带有持续更新的时间标签，而非遥感那样的周期性快照。这对于监测频次严重不足的广大乡村地区而言，意味着首次具备了近实时感知生态变动的能力。所谓“时空基准”，意味着所有经由北斗定位的数据都在统一的时空框架下生成，不同来源、不同时刻、不同地点的信息因此具备了可比对、可叠加、可追溯的结构化特征，从而有效化解了乡村治理中因数据标准不一而长期存在的“信息拼图”困境。

创新发展理念，首先要创新。习近平总书记强调，“要抓住时机，瞄准世界科技前沿，全面提升自主创新能力，力争在基础科技领域作出大的创新、在关键核心技术领域取得大的突破”[13]。聚焦于乡村场景，北斗三项关键核心能力尤其值得关注。首先，北斗的高精度定位，使耕地边界、林地范围、水域面积等基础地理要素的变动能够被精确捕捉，精度可达厘米级，对于退耕还林核查、违占耕地识别、湿地萎缩监测等乡村一线治理场景中生态退化信号的捕捉具有决定性意义；其次，北斗独有的短报文通信则直接对应了偏远乡村“数据出不去”的痛点，地面通信网络覆盖不到的山区、林区、牧区恰恰是生态最脆弱、治理最薄弱的区域，北斗终端的双向通信能力使生态监测数据得以实时回传，使这些长期处于“数据盲区”的偏远村组第一次具备了实时联通治理中心的条件，这一点是 GPS、格洛纳斯等其他全球导航卫星系统所不具备的独特优势；最后，北斗精密授时为散落在广袤乡村各处、采集时刻各异的遥感、地面传感器、移动终端等多源数据的时空对齐提供了统一的时间基准，使异构数据能够在同一时间轴上完成融合分析，将碎片化的乡村生态信息汇聚为一幅可动态追溯的完整图景。

（三）北斗嵌入乡村社会－生态系统的技术传导脉络

技术特性的罗列不等于治理逻辑的明晰。从信息学的视角来看，治理过程可以被理解为信息流驱动决策流、决策流驱动行动流的连续传导过程。数字乡村的韧性治理可以理解为乡村脆弱性的对立面、乡村发展的动态过程、不同系统韧性的组合以及乡村多种稳定性状态[14]。乡村生态治理韧性不足的深层症结，往往并非信息绝对缺失，而是信息在乡土社会特有的治理结构中发生了系统性损耗，具体表现为感知层面的信息没有被采集、采集了没有被传递、传递了没有被整合、整合了没有被转化为决策、决策了没有被有效执行。信息在任一环节的阻滞，每一次损耗都是韧性的一次折减。乡村地域辽阔、治理节点分散、基层信息能力薄弱，使得这种传导损耗较城市治理而言更为突出，也更具隐蔽性。

北斗时空信息之所以能够介入这一传导过程并产生系统性影响，其学理逻辑可以概括为两条相互关联的传导路径。第一，时空基准的统一使多源异构的生态数据得以在同一参照系下完成融合，由此生成的“生态时空图谱”替代了传统治理中依赖纸质地图与人工报表的零散作业方式，特别是弥补了乡村地区长期存在的“数据盲区”，广阔山林、偏远村组、跨界流域等治理末梢首次被纳入统一的数字化底图

之中。治理主体第一次获得了乡村生态状况的全域性、连续性认知框架。这正是对乡村治理中信息盲点的根本性克服。第二，短报文通信所实现的实时数据传输使生态风险信号不必经过层层上报就能抵达决策端，同时决策指令也可以直接推送到一线执行主体，这对于交通不便、通信基础设施薄弱、灾害预警传递周期长的广大乡村地区而言，意味着响应时效的跨越式提升。信息传递链条的压缩直接缩减了响应时耗，从而有效缓解了基层治理中长期存在的“响应迟滞”困境。而且，当上述两种路径叠加作用时，治理过程中的信息传导逻辑由传统的串联递进转变为并联并进，同一感知信息可同时接入多元决策节点，决策指令亦能同步下达至各执行单元。这一结构性变动，恰恰针对乡村治理体系因条块分割与层级冗长而导致的信息梗阻问题，释放出前所未有的协同潜能。由此生成的治理效能，并非两种路径效果的简单加和，而是在交互反馈中产生显著的乘数放大效应。

对乡村生态韧性治理而言，北斗时空信息的核心贡献并不在于提供更精细的地理底图，而在于回应乡村地区长期存在的信息传导效率瓶颈，并据此重构治理过程的信息流转路径。正是通过对传导效率的系统性改善，北斗系统得以嵌入乡村生态治理的具体情境，成为一项关键的信息基础设施。

三、北斗驱动乡村生态韧性治理的三阶运行逻辑

北斗时空信息对乡村生态韧性治理的赋能效应，可沿三条路径加以考察，分别对应治理过程中信息获取、决策生成与行动整合三个核心环节，即感知进阶、响应精敏与协同整合。这三条路径各有侧重，又在运作中相互嵌套，其旨归在于阐明北斗所提供的技术条件如何经由具体的治理过程转化，最终内化为治理系统的韧性增量。为清晰呈现这一转化过程的作用机理，构建如图 1 所示的北斗时空信息驱动乡村生态韧性治理的三阶运行框架。

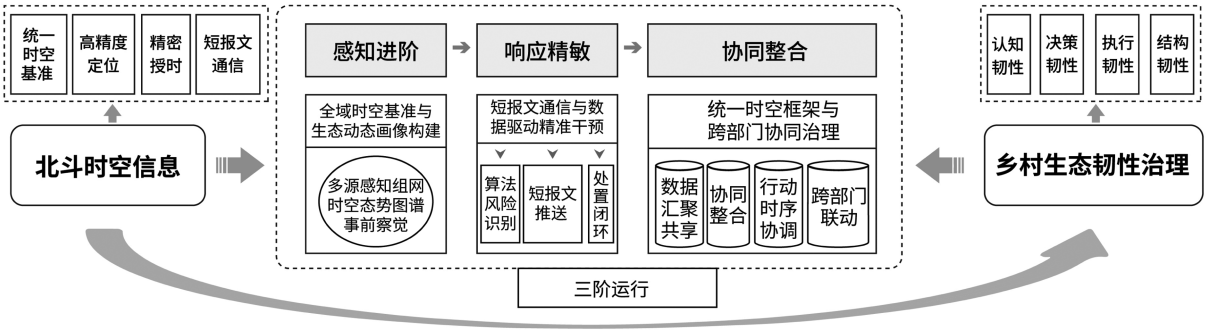

图 1　北斗时空信息驱动乡村生态韧性治理的三阶运行框架

（一）感知进阶：全域时空基准与生态动态画像构建

感知构成治理过程的信息起点，亦是传统乡村生态治理中长期存在的薄弱环节。土壤养分缓慢流失、水体富营养化渐进累积、植被覆盖度逐年下降等退化过程，通常经历较长时间尺度，其间往往难以被常规监测手段及时捕捉，形成一种“未显即无”的认知滞后；而等到退化迹象在地表层面明显显现时，有效干预的时机很可能已经错过。北斗系统的介入，首先在信息获取环节打破了这一被动局面。

技术层面，感知进阶的实现有赖于北斗地基增强站与遥感卫星、物联网传感器、无人机航测等多源感知手段的协同组网。北斗所建立的统一时空基准，使传统监测体系中各类设备“各自为政”的问题得到系统性的矫正。所有经由北斗短报文或北斗定位模块回传的生态数据被纳入统一的空间参照系，气象数据、水文数据、土壤数据、植被数据不再分属于不同部门的独立档案，而是在由北斗授时与定位锚定的同一时空框架下完成配准、叠加与交叉验证。这种结构化的信息整合依托于北斗的精密授时与高精度定位能力，最终生成覆盖全域的乡村生态“时空态势图谱”。如西南山区某村后山斜坡在雨季出现日均 2

毫米的微位移，肉眼难以察觉，常规巡查亦无法发现。借助布设于坡体的北斗高精度定位终端，系统连续追踪到位移速率在 48 小时内由 2 毫米 / 日加速至 8 毫米 / 日，超越预设阈值后自动生成橙色预警。治理主体在滑坡发生前 72 小时即获知风险空间位置与演变趋势，得以提前组织下游 5 户村民转移。正是北斗高精度定位与实时数据传输链路的有效配合，使原本隐匿于日常视野之外的微变信号得以被及时捕获，治理的介入节点由此获得实质性前移。这显然不是静态的地图，而是经由北斗持续更新的时空数据流所驱动的对生态过程的动态映射。

感知进阶的实质是从碎片化走向全景化，碎片化的监测只能回答这个点位此刻怎么样，全景化的感知在北斗的时空基准支撑下则能够回答这片区域一段时间以来发生了什么变化。借助北斗的持续观测与历史数据回溯能力，治理主体第一次获得了对乡村生态状况进行纵向时序追踪与横向空间比较的信息能力。认知韧性的提升便在这一转变中发生，那些原本隐匿于时间缝隙中的渐进式退化信号，在北斗提供的连续时空序列追踪中被提前捕获，治理的介入节点由此从事后抢救前移至事前觉察。需要指出的是，感知的精准度并非单纯的技术问题，同样有赖于基层治理主体对数据信号的解读能力与响应程序的制度化水平。经由北斗高精度定位所实现的是厘米级空间分辨率，感知越是精准，后续响应所依据的信息基础就越可靠；反之，若北斗终端的布设密度不足或信号覆盖存在盲区，感知的偏差必然导致响应的目标偏移甚至完全失据。

（二）响应精敏：短报文通信与数据驱动精准干预

治理链条的第二个节点是决策的形成与执行。即便经由北斗获得了高质量的感知信息，如果决策过程仍然沿袭传统的层层上报、逐级批示的科层路径，感知信息所赢得的先机将在漫长的传递中被消耗殆尽。响应精敏所要解决的正是从“知道”到“做到”之间的转化效率问题，而北斗独有的短报文通信能力为这一转化提供了关键的技术支撑。

实现这一转化效率提升的技术机理，在于北斗时空大数据与智能算法之间的耦合。感知阶段经由北斗回传并统一时空标记的生态数据，被输入面向不同风险类型的识别模型，包括耕地退化识别模型、水体污染扩散模型、地质灾害预警模型等，而模型基于历史数据与实时输入的比对，输出风险等级与空间分布。然而，这一机制的有效运转高度依赖历史数据的完整性与代表性。在乡村生态领域，历史监测数据以不完整、不连续为常态，算法在数据稀疏条件下的研判偏差并非小概率事件。

尽管存在上述局限，北斗技术的介入仍深刻改变了传统风险评估的权力结构。传统的风险评估高度依赖基层干部的个体经验与主观判断，因人而异的决策差异显著。而在北斗赋能下，风险评估逐步转向由实时数据驱动的算法辅助标准化分级，主观判断的个体差异被压缩，决策的时间成本也得以大幅降低。与此同时，治理指令依托北斗短报文通信功能，绕过漫长的科层传递链条，直接推送给配备北斗终端的相关责任主体；执行情况的时空数据亦经由北斗链路实时回传，形成一个由北斗全程贯通的闭合反馈环路。以东部平原某村为例，北斗定位系统发现一处永久基本农田边界出现异常偏移，算法在 30 秒内完成与 3 年前历史影像的自动比对，判定为违规占耕建设。预警信息通过北斗短报文直接推送至村级田长手持终端，附带违规地块的精确经纬度与变化面积。村级田长接报后 2 小时内完成现场核查与制止，并将处置照片通过北斗链路回传。从发现到处置的全链条在 4 小时内闭合，而传统逐级上报流程通常需要 5 至 7 个工作日。可见，当北斗短报文通信与算法研判有效衔接时，感知端所捕获的时间优势，便能在指令传达与行动执行中得到充分兑现，响应时效实现了数量级的跃升。

精准－敏捷响应对韧性的贡献，主要体现在两个层面。其一，决策韧性因决策链条的压缩而增强，即治理系统面对风险时不再需要等待完整的行政程序走完才作出反应，北斗实时回传的数据所支撑的算法研判提供了即时决策的认知基础，使决策系统在时间压力下仍能保持有效运转；其二，执行韧性因指令的精准推送而提升，即北斗短报文使指令不再是一份面向所有部门的泛泛文件，而是携带北斗定位坐

标与精准时间戳的可操作任务，执行主体可以依据北斗导航到达指定地点并在规定时限内完成处置，从而在执行条件变化时仍能保持行动的准确性与可控性。然而，响应环节的效能高度依赖感知环节的信息质量，若北斗终端的感知层数据采集出现偏差或回传延迟，响应失准或滞后的风险将显著上升。而响应本身的质量，又直接决定着协同环节能否获得有效的行动依据与整合对象。

（三）协同整合：统一时空框架与跨部门协同治理

治理链条的第三个节点是多元行动主体的整合。杰里米·里夫金（Jeremy Rifkin）指出，韧性治理需要打破传统的部门与层级壁垒，构建网络化、分布式的协同治理格局，使多元主体在统一的生态信息框架下联动行动，“系统运行起来更像一个由无数交互节点和机构组成的生态系统”[15]，形成超越简单加总的系统效应。乡村生态治理长期面临的一个结构性难题是“九龙治水”，国土部门管地、水利部门管水、农业部门管田、环保部门管污，各自的信息系统互不联通，各自的行动部署很少通气，最终出现要么治理真空、要么重复干预的局面。协同整合的提出，正是针对这一碎片化治理困境，而北斗所提供的统一时空框架为破解这一困境提供了技术前提。

北斗时空信息为回应这一症结提供的不是行政上的权力再分配，而是认知上的共同基础。当所有治理主体的信息均基于北斗的同一套时空基准生成，所有部门的监测数据都通过北斗短报文汇聚到统一平台上呈现时，各部门从各自拥有私有信息变成了共享公共信息，北斗实际上充当了跨部门信息流通的“语法规则”，使原本互不兼容的数据格式获得了可通约性。信息不对称的消解使得任何一方的行动都暴露在共同视野之中，部门之间无需再依靠行政协调会议来沟通各自做了什么，经由北斗实时更新的时空信息本身就是最透明的行动通报。国土部门通过北斗平台可以看到水利部门正在哪个流域施工，农业部门借助北斗定位可以看到环保部门在哪些地块布设了监测点，北斗支撑下的共同态势感知使行动时序协调成为可能，各部门可以主动调整自己的干预计划以避免冲突或填补真空。某跨界河流断面出现水质异常，北斗时空平台在 30 分钟内自动汇聚环保部门的水质监测数据、水利部门的水文数据、农业部门的沿岸施肥记录，在同一态势图上标注出污染团移动轨迹与潜在输入源空间分布。三部门依托统一时空基准同步启动响应，环保溯源排查，水利调度稀释，农业面源管控，三路行动在北斗时间戳的统摄下实现行动时序的精准协调，避免了过去环保到了现场等水利、水利来了等农业的串联式低效。归根结底，当不同部门的数据在北斗统一时空基准上实现汇聚与可视化呈现时，条块分割已在信息层面先行消融。这同时也说明，多元主体的行动整合，首先是一个认知问题，然后才是一个行动问题。

结构韧性之所以得以生成，关键在于基于北斗统一时空基准的多主体协同联动。“协同发展，不等于平衡发展，而是同主体发展。”[16] 当治理行动不再依赖部门的单打独斗，而是多个主体在北斗提供的共同信息画布上协同展开时，系统就获得了冗余路径与替代方案。某个环节的薄弱可以被其他环节的及时补位所对冲，系统面对不确定性冲击时的存续能力由此提升。有必要强调的是，协同并非治理链条的终点。协同行动的实施效果，比如污染治理是否见效、生态修复是否达标，又反过来经由北斗感知层成为新一轮感知的输入内容。感知—响应—协同由此构成的是一个以北斗时空信息为底层架构的治理循环，而非单向流程。任一环节的薄弱都将导致系统韧性的系统性衰减，北斗感知失灵则响应失去靶向，北斗通信迟滞则协同失去整合对象，协同失效则感知与响应所积累的全部努力无法转化为治理实效。唯有在北斗系统的全程支撑下，感知、响应、协同三者形成制度化运转的闭环，治理系统才可能从机械型应对走向有机型进化。

四、北斗融入治理体系的限度审思与系统适配路径

北斗时空信息通过感知进阶、响应精敏与协同整合三条路径作用于乡村生态治理过程，具备提升系统韧性的充分可能。但“可能”不等于“必然”，一项技术从实验室或示范项目走向常态化的治理实践，其

间还存在诸多结构性障碍。倘若对这些障碍缺乏清醒认知，乐观的技术叙事反而可能遮蔽真正需要解决的问题。那么，这些障碍究竟是什么？承认限度的前提下，治理又当如何适配？这需要跳出技术赋能的单线叙事，转向对治理系统内在结构的调适性分析。基于“感知—响应—协同”分析框架的系统进路见图 2。

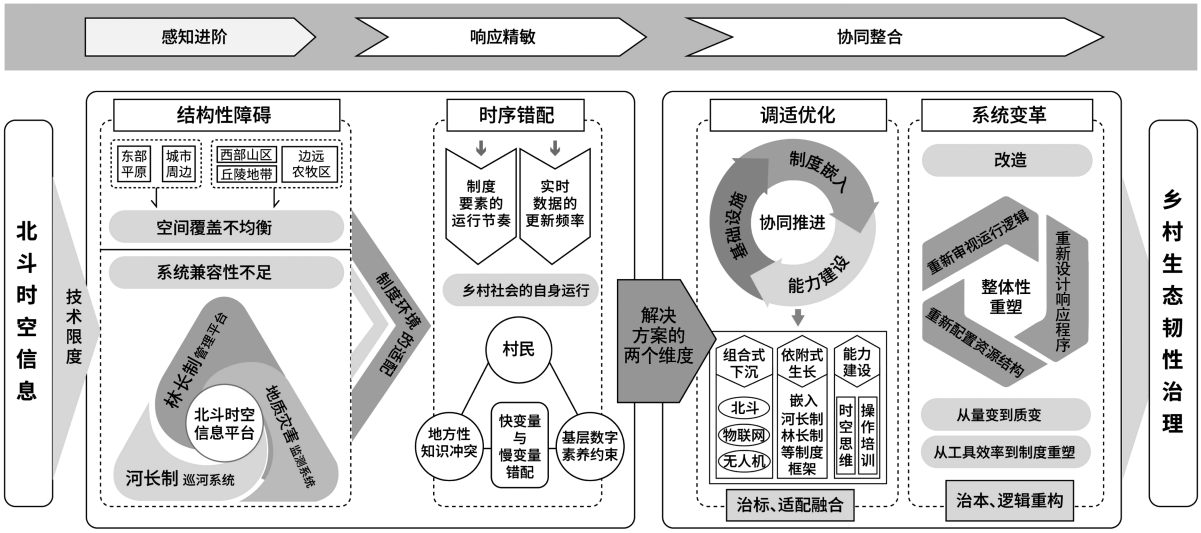

图 2　基于“感知—响应—协同”分析框架的系统进路

（一）技术下沉的结构性约束与应用短板

最容易识别的限度来自技术系统本身，北斗虽然具备全球覆盖能力，但在广袤而复杂的乡村场域中落地却也面临显著的空间不均衡问题。地基增强站的建设密度直接决定了定位精度的等级，而目前增强站主要集中于东部平原与城市周边。如此一来，北斗信号对西部山区、丘陵地带以及边远农牧区这些生态最脆弱、治理需求最迫切的乡村区域的覆盖就明显不足。这意味着感知进阶所依赖的高精度定位在这些乡村腹地暂时还难以实现，所谓的“全域感知”在空间上存在事实上的缺口。北斗短报文虽能解决通信盲区的数据传输问题，但其带宽极为有限，难以支撑高频率、大体量的生态监测数据实时回传，这对于需要同时监测多个分散点位的乡村治理场景而言，构成了对感知时间分辨率的结构性约束。

如果说覆盖问题可以通过基础设施的持续投入逐步解决，那么乡村数据生态的先天薄弱所构成的约束则带有更强的结构性特征。感知层面的“数据烟囱”现象并未因北斗的引入而自动消失，在乡村治理中表现得尤为突出。气象、水利、农业等部门的监测规范各行其是，而乡镇层级恰恰缺乏数据治理的专业能力与统筹机制，统一时空基准下的数据融合在操作层面频频受阻。而在响应层面，风险识别模型的训练高度依赖历史数据的完整性与标注的准确性，但乡村生态领域的历史监测数据恰恰以不完整、不连续、标准不统一为常态，许多偏远村组甚至根本没有系统的历史记录可资利用。算法在数据稀疏条件下的研判偏差并非小概率事件，而在乡村治理的人力资源条件下，这种偏差往往难以及时被人工校验所发现，一旦治理决策对算法输出形成了路径依赖，偏差的后果便可能被系统性放大。

技术限度的另一重表现形式，在于系统兼容性。当前乡村基层治理场域中已经存在大量既有信息系统，比如乡镇层面的林长制管理平台、河长制巡河系统、地质灾害监测系统等，这些系统往往由不同部门自上而下推动建立，彼此之间本就缺乏互联互通的顶层设计。北斗时空信息平台的嵌入如果无法与这些“遗产系统”实现顺畅的数据互通与业务衔接，便很可能在基层干部的日常工作中沦为又一个额外负担。尤其是对于身兼多职的乡镇与村干部而言，多一套系统往往意味着多一份表格、多一次录入，而非治理能力的实质性增强。

（二）制度适配的现实困境与乡土阻隔

比技术限度更为深层的问题，是制度环境的适配难题。北斗所提供的实时动态时空信息，本质上是

向治理系统输入了一种“快变量”，这种快变量的数据以分钟甚至秒级速度更新，风险信号几乎即时到达。然而乡村治理的制度架构从总体上看是一种“慢变量”，其科层制的层级结构、年度或季度的考核周期、以文件流转为核心的决策程序等，这些制度要素的运行节奏与实时数据的更新频率之间存在深刻的时序错配。当感知系统已经发现某处水域出现富营养化的早期信号时，制度系统可能尚在等待下一轮的定期采样安排。响应精敏在技术意义上已经实现，但在制度意义上却被迟滞了。这不是基层执行层面的问题，而是两种不同时间逻辑之间的结构性摩擦。

更隐蔽的适配困境，则来自乡村社会自身的运行逻辑。乡村生态治理从来不是纯粹的技术过程，它同时也是一个社会过程，大量生态干预措施需要经由村民的理解、认可与配合才能落地；而村民对生态风险的认知方式和响应逻辑根植于地方性的生产生活经验，这种“地方性知识”构成了技术治理流程中难以编码、也难以替代的认知资源。当北斗时空信息平台所输出的风险研判结果与村民基于长期观察所形成的直觉判断发生冲突时，比如算法判定某片草场已经退化需要禁牧而牧民认为草场状况尚可，治理指令的合法性便可能遭遇挑战。协同整合机制在设计上预设了多元主体基于统一信息态势的理性协调，但如果不同主体所依赖的“信息态势”本质上基于不同的知识系统，协调便失去了共同的认知基础。

此外，基层治理主体自身的能力结构同样构成约束。时空信息平台的操作、多源数据的解读、算法输出结果的合理性判断，这些都对使用者的数字素养提出了远高于传统治理工具的要求。而当前乡村基层干部队伍中具备此类能力素养的比例仍然偏低，数字能力的城乡差距在治理领域呈现出比经济领域更为顽固的惯性。

（三）基础设施、制度嵌入与能力建设的协同推进

限度分析的落点，不是否定北斗时空信息的治理价值，而是为技术赋能划定一个更为审慎的预期边界。北斗时空信息从“可用”到“好用”之间，远非技术迭代所能单独弥合，尚需一系列配套性的制度安排与能力建设来支撑。

基础设施层面需要面对的，是“组合式下沉”而非“单点推进”。在乡村地域广袤、建设成本高企的现实约束下，北斗增强站的建设不应孤立规划，而应当与 5G 基站、物联网感知设备的布设统筹考虑，形成多技术协同的治理基础设施集群。单一技术的下沉往往面临边际效益递减的困境，增强站密度提高到一定程度后，在乡村复杂地形条件下新增站点对感知精度的提升效果将显著减弱，而建设和维护成本在偏远村组的交通与电力条件下却不降反升。此时，北斗与物联网传感器、无人机巡查等手段的互补搭配，往往比单纯加密增强站布点更具效费比优势。在增强站短期内难以覆盖的西部山区与边远农牧区，则应充分利用北斗短报文能力，以“低频高价值数据优先回传”的策略弥补带宽局限，确保最基本的生态安全底线监测不断线。

制度嵌入层面应当坚持的，是“依附式生长”而非“替代式重建”。乡村治理中已运行多年的河长制、林长制等制度框架，承载着深厚的组织网络与本土治理经验，试图用一套全新的时空信息治理系统取代既有的河长制、林长制等制度安排，既不现实，也不经济。外来技术系统若不能与这些深植于乡土社会的制度肌理相融合，即便功能再强大，也难免被基层排斥。更为务实的策略是将时空信息平台嵌入既有制度框架的运行流程之中，让巡河数据自动汇入河长制考核，让生态画像成为林长制决策参照，让预警信息直接对接应急响应预案。当新技术栖身于旧制度的乡村运行逻辑之中而非与之对峙时，制度摩擦的成本才可能降至可承受范围。

能力建设层面需要正视的，还包括“数字素养”作为治理要素的基础性地位。当前面向乡村基层干部的培训仍多停留在如何操作终端设备的层面，基层干部学会了点击按钮、上传数据，却不明白数据上传之后被用来做什么，也不明白为什么必须在特定地点、特定时刻采集 [17]。更深层的需求在于帮助

基层干部建立时空思维，理解位置信息如何转化为治理判断的依据。这种思维的养成，在人员流动性大、身兼多职的乡村干部队伍中尤为困难，需要持续的场景化实践与组织化经验沉淀。定期复盘北斗捕捉到的真实乡村生态风险案例，让基层干部在具象治理情境中看到数据从采集到应用的全过程，逐步内化时空思维逻辑，使数字素养真正成为基层治理判断的底层支撑，方能实现从会用设备到善用信息的能力跃升。

（四）由工具应用迈向乡村治理体系整体性重塑

数字技术嵌入乡村治理过程中秉承着技术维度的价值回归，遵循着技术赋能的结构逻辑和功能逻辑[18]。北斗时空信息对乡村生态韧性治理的最终效能，不取决于技术系统本身的先进程度，而取决于乡村治理系统是否愿意并且能够借助这一技术条件完成对自身的改造。换言之，技术工具的效率再高，若扎根于乡土社会的治理体系依旧沿袭既有的决策程序、执行方式和协调机制，则新信息所释放的可能性将被基层旧制度的惯性悉数抵消。

北斗所提供的不是替代性的解决方案，而是催化性的变革条件。催化作用，本质上是降低变革发生所需的活化能。北斗更精准的感知使乡镇与村级治理主体更容易看到问题，更精敏的响应使身处一线的决策者更容易作出反应，更充分的协同使分散在广袤乡村各处的各方更容易形成合力。然而，催化不能替代反应物自身的质变。如果治理体系仅仅将北斗视为一种更高效的工具来执行既有的治理逻辑，比如更快速地填报巡河表格、更精准地标记违占位置、更及时地逐级上报灾情，那么韧性的提升将是边际性的而非结构性的。边际性改善诚然有其价值，但其所能触及的边界，仅仅是在旧系统中放大既有弊病，或者是在原有框架内更高效地维持现状。真正的质变发生在乡村治理体系借助时空信息所赋予的认知能力，重新审视自身的运行逻辑、重新设计自身的响应程序、重新配置自身的资源结构之时，乡村治理体系才真正完成从量变到质变的跨越。感知能力的跃升使得治理主体第一次可以基于村域乃至流域尺度的全域态势而非局部经验来规划干预策略，响应链条的压缩使得乡镇到村组之间决策与执行之间的信息损耗降至最低，协同框架的统一则使得长期以来制约乡村治理效能的条块分割在认知层面先行消融。这三者构成的不是各自独立的改进，而是相互支撑的系统性改造。

技术嵌入、制度调适与社会回应三者的协同演化，才是乡村治理系统从机械型应对走向有机型进化的完整路径。技术嵌入提供可能性，但必须适配乡村有限的基础设施条件与运维能力；制度调适将可能性转化为规范化的操作流程，却需兼顾乡镇层级有限的人员编制与治理负荷；社会回应则在村庄基层实践中检验并反馈制度设计的有效性，尤其要倾听那些最偏远村组的真实使用体验。在这条路径上，北斗时空信息扮演的是一个特殊而有限的角色，其既不是起点也不是终点，但其所提供的实时动态时空基准，恰好为乡村治理系统的自我反思与自我改造提供了一个不可或缺的认知镜鉴。长期处于信息不对称状态下的乡村治理体系借助这面镜子，看清了空间维度上那些至今未被纳入数字化底图的偏远村组这一覆盖盲区、时间维度上从灾害发生到信息抵达决策端的漫长时延这一反应迟滞，以及结构维度上条块之间、层级之间、部门之间在乡村场域中形成的协同缺口，并由此获得改变的认知前提。这或许是北斗对乡村生态韧性治理最深层的贡献，其不在技术层面，而在治理哲学层面。

“乡村治理是中国治理体系和治理能力现代化的基石。”[19]从乡村生态治理的“时空盲区”与“响应时滞”双重约束出发，可以沿着感知进阶、响应精敏与协同整合三个维度把握核心判断。北斗的实时动态时空基准，使乡村生态治理的信息基础从碎片化走向全景化、从静态快照走向动态追踪，为治理韧性提供了此前不具备的认知条件。这一赋能效应经由感知进阶、响应精敏与协同整合三条路径，分别作用于感知、决策与行动三个节点，任一环节薄弱都将导致韧性的系统性衰减，唯有三者的制度化闭环运转，才能使治理系统获得结构性的自适应能力。而贯穿其中的更根本判断为：北斗提供的是催化性条件

而非替代性方案，赋能的最终实现取决于治理体系能否借助时空信息完成对自身运行逻辑的反思与改造。上述判断回应了一个理论问题，即数字技术究竟通过怎样的传导过程转化为治理效能。既有文献多侧重于政策推介或应用场景的罗列，而缺少对这一传导过程的中层理论刻画。“感知—响应—协同”框架正是对这一缺口的回应，它既不陷入技术决定论的简化乐观，也不滑向制度决定论的消极审慎，而是在技术条件与制度环境双向互构的前提下揭示治理韧性生成的动态过程。

框架的解释力首先需要在逻辑层面成立，而将其置于不同乡村区域中检验，则是从理论走向经验的必然延伸。东部沿海与西部山区、平原农区与丘陵地带，北斗的感知条件、制度环境与社会土壤均有显著差异，框架的适用性及其边界有待进一步校准，这也是后续研究需要深化的方向。北斗时空信息之于乡村生态韧性治理的意义，不能仅从技术功能的角度来理解。在北斗规模化应用与数字乡村建设交汇推进的背景下，如何将时空信息基础设施转化为乡村治理现代化的结构性力量，仍是值得持续追问的议题。正如习近平总书记所强调的，“中国愿同各国共享北斗系统建设发展成果，共促全球卫星导航事业蓬勃发展”[20]，这既是技术输出的使命，也是治理能力现代化的内在要求。

参考文献：

[1] 习近平向首届北斗规模应用国际峰会致贺信 [N]. 人民日报，2021-09-17(1).

[2] 张民 . “北斗 + 遥感”助力数字乡村发展 [J]. 卫星应用，2021(8)：63-67.

[3] 胡卫卫，李一凡 . 数字赋能乡村韧性治理的模式建构、生发逻辑与驱动机制 [J]. 华侨大学学报（哲学社会科学版），2024(2)：23-33.

[4] 达雷尔·韦斯特 . 数字政府：技术与公共领域绩效 [M]. 郑钟扬，译 . 北京：科学出版社，2010：5.

[5] Haeckel S H，Nolan R L. Managing by wire[J]. Harvard Business Review，1993，71(5)：122-132.

[6] Ansell C，Gash A. Collaborative governance in theory and practice[J]. Journal of Public Administration Research and Theory，2008，18(4)：543-571.

[7] Holling C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics，1973，4(1)：1-23.

[8] Walker B，Holling C S，Carpenter S R，et al. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems[J]. Ecology and Society，2004，9(2)：5.

[9] 刘志敏，叶超 . 社会—生态韧性视角下城乡治理的逻辑框架 [J]. 地理科学进展，2021，40(1)：95-103.

[10] 杨秀勇，何晓云 . 数字技术赋能乡村治理的实践检视 [J]. 华南农业大学学报（社会科学版），2023，22(2)：110-120.

[11] 范飞，谢治菊 . 超越“地域性”：数字技术驱动乡村脱域治理：基于“陇南乡村大数据系统”的实证考察 [J]. 中国农村经济，2024(1)：41-61.

[12] 胡卫卫，魏可心 . 复杂适应系统理论视域下数字乡村韧性建构的多重逻辑与实现路径 [J]. 西北农林科技大学学报（社会科学版），2025，25(1)：1-9.

[13] 保持锐意创新勇气 蓬勃向上朝气 加强深化改革开放措施系统集成 [N]. 人民日报，2016-03-06(1).

[14] 沈费伟 . 数字乡村韧性治理的建构逻辑与创新路径 [J]. 求实，2021(5)：72-84，111.

[15] 杰里米·里夫金 . 韧性时代：重新思考人类的发展和进化 [M]. 郑挺颖，阮南捷，译 . 北京：中信出版社，2022：191.

[16] 陈露阳 . 人工智能的兴起与生态文明的发展 [J]. 湖南工业大学学报（社会科学版），2025，30(3)：43-49.

[17] 赵祥云，赵晓峰，王春凯 . 数字技术应用如何影响农村居民社会治理效能感 ?：基于全国 11 省份农户调查数据的实证分析 [J]. 电子政务，2024(2)：113-124.

[18] 吴涵博 . “被反制的技术”：数字乡村治理中的策略主义应对 [J]. 河南师范大学学报（哲学社会科学版），2026，53(1)：27-35.

[19] 唐伟杰，赵晓峰 . 数字技术嵌入乡村治理的障碍与进路：基于 S 省 T 村的案例分析 [J]. 世界农业，2024(3)：91-98.

[20] 本报评论员 . 大力弘扬新时代北斗精神 [N]. 人民日报，2020-08-01(3).

Mechanism of BeiDou Spatiotemporal Information Empowering Rural Ecological Resilience Governance: Based on a Perception-Response-Collaboration Analytical Framework

LIU Wenliang

（College of Packaging Design and Art, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China）

Abstract：Rural ecological governance faces dual constraints of “spatiotemporal blind spots” and “response time-lag”, which jointly constitute a structural bottleneck for resilience improvement. Boasting real-time dynamic spatiotemporal reference and two-way short-message communication capabilities, the BeiDou system for the first time equips remote rural areas with all-weather, high-precision, and low-cost monitoring of ecological elements. However, its governance value does not equate directly to its technical indicators. The “perception-response-collaboration” framework reveals that upgraded perception transforms the foundation of governance information from fragmention to full-spectrum coverage; precise-agile response shifts management approaches from experience-based to data-driven; and integrated collaboration promotes diverse stakeholders to move from fragmented departmental segmentation to linked co-governance bonded by unified spatiotemporal information. These three components constitute a complete governance cycle, and weakness in any stage will lead to systemic decline in resilience. BeiDou provides catalytic preconditions rather than alternative solutions, and its effectiveness is constrained by spatially uneven technology coverage, temporal misalignment in institutional environments, and structural deficiencies in grassroots digital literacy. The transition from catalytic preconditions to systemicevolution hinges on whether the governance system can leverage the cognitive capacity provided by spatiotemporal information to reflect upon and reform its own operational logic.

Keywords：BeiDou spatiotemporal information; rural ecological resilience governance; mechanism; perception-response-collaboration

责任编辑：徐海燕