

空间约束下交通线性工程永久基本农田补划技术优化研究

胡 峰

北京新航地拓科技有限公司 山西 太原 030000

摘 要：交通线性工程穿越永久基本农田保护区，落实“占一补一、占优补优”补划要求受制于明显空间局限性问题。基于此，从空间角度出发，对交通线性工程建设占用永久基本农田时空特征以及补划所遇多重障碍进行剖析，认为目前相关技术在空间适宜性评估、补划指标确定、地块选择手段以及全程跟踪管理上均存在一定缺陷。进而提出基于“空间适用度—产能潜力—生态风险”三维度考量的补划技术改进思路，在此基础上建立考虑空间约束因素补划指标分配方案、地块选取策略及全流程监控体系，突出把空间约束作为主动优化要素而非单纯制约因素。该成果可以用于进一步改进和完善永久基本农田补划技术规定，解决交通基础设施建设和耕地保护之间冲突。

关键词：空间约束；交通线性工程；永久基本农田；补划方法

引言

永久基本农田是维护我国粮食安全的基础保障，实行最为严格特殊保护政策。而随着交通强国建设不断推进，高速公路、高速铁路等线性基础设施也在不断增加，不可避免会对永久基本农田保护区造成影响。根据相关规定，建设工程项目占用永久基本农田需要落实“数量不减、质量不降、布局稳定”补充耕地任务，但是由于目前能够用于补充耕地的空间越来越少，成为阻碍项目用地审批及施工进展主要障碍。根本原因并非只是永久基本农田补充耕地指标不足，而是补充耕地空间受到多种因素制约。从空间上来看，补充耕地地块必须符合耕地质量等别、相对集中连片程度、水资源与土地资源协调性、生态敏感区避让要求以及国土空间总体规划管控等多种空间要求，使可供选择范围大大缩小。交通线性工程具有跨越不同行政区域、穿越不同类型地貌单元、用地呈带状等特点，导致补充耕地空间整合更为复杂。

1 交通线性工程建设占用永久基本农田的空间特征与补划约束

1.1 交通线性工程用地的空间特性

交通线性工程项目由于在地理位置以及用地方式上不同于点状或面状项目，因此由其所带来永久基本农田占用具有自身特点并且难以进行补划。具体来说，主要表现在以下几点：第一是空间范围广泛性和行政区域切割性，线性工程项目一般长达数公里甚至上百公里，涉及多个县区甚至地级市，而永久基本农田补划属于地方负责制，跨区域补划缺少相关制度支持，统筹困难；第

二是用地布局不可替代性和廊道锁定效应，受到线路走向、地形地貌、工程技术等限制，交通线性工程位置选择余地很小，一旦选定线路就形成固定廊道，对沿途永久基本农田造成无法弥补切割与占用；第三是占用土地类型条带性和碎斑化效应，线性工程对永久基本农田占用表现为一条长带，不仅减少了耕地面积，而且把两边农田分割开来，降低了连片程度，也给补划后用地整理带来不利影响。

1.2 永久基本农田补划的空间约束维度

永久基本农田补划不是随便选择一个地方就可以进行，它受到很多方面的限制。首先是一些政策上的限制，比如国土空间规划中规定的城镇开发边界、生态保护红线、永久基本农田保护红线这三条线的要求，补划的土地需要全部位于这三条线划定的可以调整范围内，而且不能超过生态保护红线或者已经划定的永久基本农田面积。其次是自然资源方面的要求，补划的土地要有适合种植的土地、合适的地势、充足的水源以及良好的光照和温度等气候条件，其自然质量等级不能低于所占地块原有的等级。再次是布局上的要求，补划的土地尽可能靠近要保留的基本农田成片分布，不能零星分散，以便保持农田的整体风貌以及便于大规模农业生产^[1]。最后一个交通便捷度的要求，补划的土地到拟补划的交通运输线路的距离应该符合耕作距离以及管理方便性的要求，以免补划的土地由于距离太远而导致荒废。以上这些限制让可以选择用于补划的地方大大减少。

1.3 现行补划技术在空间约束应对中的不足

目前永久基本农田补划技术路线以“指标下达—潜

力调查—地块选择—方案论证—成果上报”为主导思路，在各个环节对于空间限制考虑不足。在指标分配中，补划指标一般从上至下逐级下达，忽视不同地区真正能够补划空间差异性，导致指标与空间资源不匹配；在地块选择中，常用多种因素加权叠加法确定合适区域，但是权重确定人为成分较大，而且多使用一年时间断面资料，不能反映空间限制条件变化情况；在方案论证中，对补划地块空间布置合理程度考虑较少，缺少从空间聚集程度、边缘密度等方面定量分析；而在监督方面，补划方案批准之后，缺少基于空间信息跟踪反馈措施，补划地块是否被后来开发建设再次占用或者退化，没有有效方法进行监督。因此可以说，现有方法把空间限制作为外生因素被动接受，而不是把它作为优化问题一个内生因素来处理，这正是造成补划方案虽然在理论上可行但是在实践中难以实现主要原因。

2 空间约束下补划技术优化的理论框架

2.1 技术优化的核心逻辑

在空间有限条件下补划技术优化实质上就是将多维的空间限制条件转换为可以量化的、可计算、可优化的问题，形成一个“识别约束-评估适用性-进行空间分配-灵活调整”的过程。主要包含三层意思：首先是从单纯的数量平衡到空间-数量-质量三者之间的平衡，补划不仅仅是做好“数量”，还要做好“空间”以及“产能”；

其次是从一次性的补划到整个生命周期内的持续管理，在考虑空间约束的变化的基础上对补划方案进行灵活的设计；最后是从凭经验做决定到用模型来做选择，通过空间分析的方法来确定合适的补划地块并选择最优方案^[2]。

2.2 “空间适用度—产能潜力—生态风险”三维评价模型

为了满足交通线性工程建设补划空间的选择需要，本文提出了基于三维综合评价模型进行补划地块选择的方法。第一个维度是空间适配性，包括补划地块制度管控、地形条件、集中连片度、交通及农事便利性等因素的空间适应性，在此基础上进行多因素叠加运算得出结果。第二个维度是生产能力，用耕地质量等级、土壤有机质含量、灌溉保证率、标准粮产量等表示补划地块的粮食生产能力并且重视生产能力恢复期，即从非耕地转变为可稳定种植的时间成本。第三个维度是生态风险，考察补划地块面临水土流失、土壤盐渍化、面源污染等问题的风险大小及其对周围生态环境的影响程度。这三个维度并不是直接相加得到一个总分值，而是设置了不同层次的标准，任何一个维度未达到最低标准就一票否决，最后修正后总分作为各个地块之间比较优劣以及最终选定依据。这个方法的突破点在于将空间限制由背景条件上升到核心评价指标上，使得补划工作更符合空间上的要求。

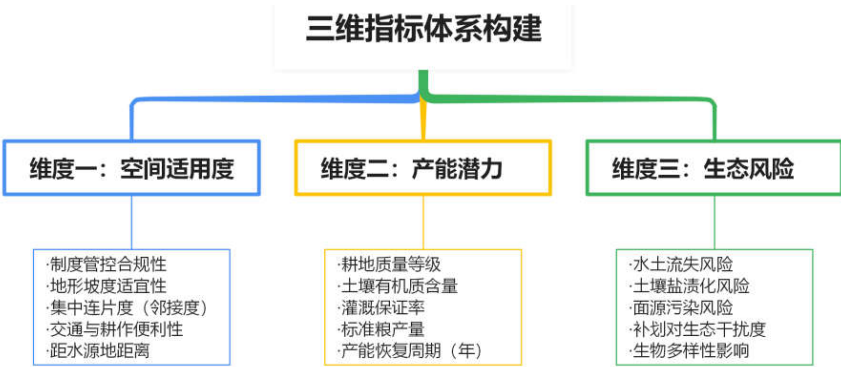


图1 三维评价模型

2.3 技术优化的目标函数与约束条件

将补划技术优化表示成以下数学公式，在一定区域范围内选取部分土地作为补划方案P，使目标函数F(P)最大，同时满足所有限制条件C。其中，目标函数F(P)是三个方面的评价指标乘以各自的权重之和，表示补划方案的质量。而限制条件C有以下几个方面：补划总面积大于或等于被占用的土地面积（数量限制）；补划的土地平均质量等级不低于被占用土地的平均等级（质量限制）；每个补划的土地面积大于或者等于一个最小值

（连片度限制）；补划的土地不能位于生态红线或其他不允许开发的地区内（合法性限制）；补划方案的空间布局指数（例如集聚度）要大于或者等于一个阈值（景观完整性限制）。这说明补划的目标是在允许的空间范围内找到最好的解决方案而不是最低要求。

3 空间约束下补划关键技术优化方案

3.1 补划空间潜力精准识别与动态清单技术

精准识别可补划空间是技术优化的第一步。传统的潜力调查以年度变更调查成果为依据，更新周期较长、

空间分辨率较低,不能满足交通线性工程建设补划的要求。而优化方案提出一种“三级筛查”的方法,首先一级筛查使用国土空间规划“三区三线”,排除禁止建设区以及生态敏感区后得到补划空间备选区域;其次二级筛查采用高精度DEM以及土壤图,排除坡度超过25°、土层小于60cm等不符合要求地块;最后三级筛查结合最新的遥感影像及现场补充调查,排除已被开发、撂荒或者退化的地类,得到最终可补划潜力地块,并定期进行更新,在GIS中建立潜力地块库,每季度更新一次土地利用现状情况,以应对变化。

3.2 面向空间约束的补划指标差异化分配模型

补划指标分配长期以来一直采取行政均摊或者简单按需分配方式,忽视了地域差异。本文提出基于空间约束强度差异化分配方法,在此基础上阐述了该方法的基本原理:考虑每个镇或者县内补划所需空间短缺情况、被占耕地质量高低以及后备资源多少等因素确定每个地区能够承担指标数量大小,然后将全部补划指标差异化分配到各个地区^[3]。短缺严重、后备资源不足地区减少补划任务,相反增加补划任务,使指标与空间相匹配;同时设有一定灵活性,允许不同地区之间在总体数量不变前提下互相调配指标,便于地区间合作补划。此方法使空间约束不再是被动制约因素而是成为影响指标分配重要参数,有利于科学合理划分补划任务。

3.3 补划地块优选的空间多目标决策方法

基于潜力清单以及分配指标,在补划地块选择上是一个空间多目标问题。优化方案利用改进的理想点法(TOPSIS)联合空间邻域分析对候选补划地块进行排序。首先,以每个候选地块作为评价对象,在三维评价体系下获取每个候选地块的各项指标数值;其次,用熵权法赋予各个指标相应的权重来减少人为因素影响;然后,计算各个候选地块到理想解的距离大小从而对其进行排名;最后考虑空间邻域限制条件,优先选取距离已有的永久基本农田较近或者相邻区域地块以便使最终补划结果更加集中紧凑。相比于传统的加权叠加法而言,这种方法可以同时处理多个目标并且可以明确考虑到空间限制条件,而不像单纯使用一个总评分来挑选地块那样容易造成不合理分布情况发生。

3.4 补划方案空间布局优化与动态监管技术

补划方案合理与否不仅取决于各个地块本身条件,还与它们之间相互位置有关,因此优化方案借鉴了景观

生态学中集聚度指数、形状指数以及边缘密度指数概念来评价补划地块空间配置情况。在方案设计过程中采用空间模拟退火算法,在保证面积及质量要求下对所有可能补划地块组合方式不断尝试,找到能使景观格局最好的一种补划方式。从管理角度出发,“方案—图斑—地块”三级空间管理模式:即从宏观上把握补划整体规模及其分布格局,在中观上明确每一块补划地块范围,在微观上为每一个补划地块建立电子档案和质量监测记录^[4]。依托国土空间基础信息平台,把补划方案相关空间数据纳入到日常的变化中去,对补划耕地进行终身制的空间监控,一旦出现位置变化、面积缩减或者质量降低等问题能够第一时间发现并处理。

4 结语

空间约束是交通线性工程永久基本农田补划过程中无法绕开的重要技术因素,也是影响补划结果可行性的主要障碍。本文基于空间约束角度出发,全面总结当前补划方法在解决空间约束问题上存在的缺陷,提出采用三维评价体系、差异化指标设置、空间多目标决策、布局优化及动态监督等改进措施。这些措施都是为了使空间约束成为优化过程中的一个内部变量而不是一种外在约束,使得补划工作由经验决定变为以空间为基础进行判断,在保证耕地安全同时又能促进交通运输设施建设方面取得更好的效果。而本文所提出的这种技术框架还需根据不同地区的实际情况对其中的空间数据进行相应调整,在未来可以考虑如何根据不同地貌类型的地区制定不同的空间约束测度方式以及如何将补划空间优化模型与国土空间规划“一张图”的系统相结合的问题进行更深入的研究。

参考文献

- [1]陈文波,吕晓,黄贤金.永久基本农田补划空间选址研究综述与展望[J].中国土地科学,2022,36(5):98-106.
- [2]孙丕苓,许月卿,王数.基于空间适宜性评价的永久基本农田补划潜力测算方法[J].农业工程学报,2023,39(8):245-254.
- [3]曲衍波,张凤荣,姜广辉.交通干线建设占用永久基本农田的补划困境与制度创新[J].资源科学,2021,43(12):2485-2495.
- [4]刘晶,金晓斌,周寅康.国土空间规划背景下永久基本农田布局优化技术研究[J].自然资源学报,2024,39(3):612-627.