

“三区三线”统筹划定中永久基本农田布局优化方法与实证

方利¹, 姚敏^{2*}, 于忠伟³, 颜世伟¹, 王永¹, 陈民¹, 景宜然¹

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 自然资源部信息中心, 北京 100036; 3. 梅河口市自然资源局, 梅河口 135099)

摘要: 科学统筹划定“三区三线”, 是落实主体功能区战略、构建国土空间开发保护新格局的重要举措。针对“三区三线”底版不统一、边界不一致、存在交叉冲突等问题, 提出了基于“三区三线”统筹和第三次全国国土调查成果的永久基本农田布局优化技术路线及布局优化原则, 构建了永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系, 并在吉林省梅河口市进行了验证。结果表明: 1) 梅河口市永久基本农田优化后面积为 91 680.82 hm², 增加 1 290.69 hm²; 质量等级为 10 级的耕地面积增加 3 523.99 hm²、12 级耕地面积减少 2 324.85 hm²; 耕地连片度提高, 平均图斑面积由 1.91 hm² 增至 2.61 hm²。优化后永久基本农田面积增加、质量提升、布局相对稳定。2) 生态保护红线内的 20.74 hm² 永久基本农田以“开天窗”形式保留, 城镇开发边界内的永久基本农田划出 1 388.47 hm² (主要为零星破碎、生态质量较差、不稳定的永久基本农田图斑), 对仍在城镇开发边界内的优质永久基本农田, 以“开天窗”的形式保留, 使三条控制线无交叉无重叠。3) 构建的永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系, 将水环境风险指标作为生态功能评价二级指标, 考虑了农业面源对水环境的污染风险, 兼顾农田生态系统的生态调节和保护功能。该方法充分体现了保障粮食安全、保护生态环境、兼顾城市发展思路, 农业、生态、城镇空间布局得到统筹优化, 可为新形势下科学开展“三区三线”统筹划定及国土空间规划编制提供方法借鉴。

关键词: 土地利用; 布局优化; 评价; 永久基本农田; 三区三线统筹; 生态保护红线; 城镇开发边界

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.16.005

中图分类号: F323.211

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2022)-16-0042-09

方利, 姚敏, 于忠伟, 等. “三区三线”统筹划定中永久基本农田布局优化方法与实证[J]. 农业工程学报, 2022, 38(16): 42-50. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.16.005 http://www.tcsae.org

Fang Li, Yao Min, Yu Zhongwei, et al. Optimization method and empirical study on the layout of permanent basic farmland in the overall delimitation of “three land spaces and three control lines”[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2022, 38(16): 42-50. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.16.005 http://www.tcsae.org

0 引言

合理布局农业空间、生态空间、城镇空间(以下简称“三区”), 统筹划定永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线(以下简称“三线”)是国土空间规划的核心和统领。将“三区三线”作为中国调整经济结构、规划产业发展、推进城镇化不可逾越的红线, 是保障国家粮食安全、生态安全、国土安全的重要举措^[1-2]。2015、2017 年相关部委分别在全国范围内开展永久基本农田、生态保护红线全面划定工作^[3-4], 城镇开发边界划定也随着国土空间规划的不断深入逐步开展, 三线划定初具成果。由于三线划定是在国务院机构改革前由不同部委牵头, 部门间统筹不够, 三线成果存在底版不统一、边界不一致、重叠交叉等问题。机构改革后, 由自然资源部在国土空间规划中统筹划定三条控制线, 解决矛盾冲突,

构建科学适度有序的国土空间布局体系^[1,5]。2019 年底中国完成第三次全国国土调查(以下简称“三调”), 形成了国土空间规划统一的底版、底数, 2022 年自然资源部下发《自然资源部关于在全国开展“三区三线”划定工作的函》(自然资函〔2022〕47 号), 要求在国土变更调查成果底版上开展“三区三线”划定, 统筹优化农业、生态、城镇空间布局, 协调空间矛盾冲突, 形成主体功能明显、高质量发展的国土空间开发保护新格局^[6-7]。科学划定落实三条控制线, 是中国当前国土空间规划体系编制和后续监督实施的前提和基础。

永久基本农田是耕地中的精华, 合理划定和优化永久基本农田布局, 是关系中国粮食安全的重要基础。在永久基本农田布局优化方面, 已有学者开展了相关研究, 如张年国等^[8]在沈阳市国土空间规划中建立了三条控制线的管控体系与优化调整规则, 陈文广等^[5,9-10]分别开展了省域、县域尺度的永久基本农田布局优化规则研究及实践, 李凯等^[11]基于 GIS 网络技术开展宜兴市永久基本农田划定。现有研究主要围绕耕地(永久基本农田)质量综合评价构建^[12-13]、永久基本农田划定规则^[10,14]等方面展开, 在耕地质量综合评价指标方面多为考虑粮食安全、耕地质量等因素^[15-17], 考虑生态环境保护的指标鲜少研究, 同时, 以最新的三调成果作为“三区三线”

收稿日期: 2022-05-08 修订日期: 2022-08-07

基金项目: 自然资源部“自然资源综合管理和法治建设”项目(121101000000180052); 中国工程院中国工程科技知识中心建设项目(CKCEST-2021-2-11)

作者简介: 方利, 博士, 副研究员, 研究方向为生态环境信息技术及其应用。
Email: fangdanli@163.com

*通信作者: 姚敏, 博士, 正高级工程师, 研究方向为自然资源信息技术、耕地保护信息化监管。Email: myao@infomail.mnr.gov.cn

统筹优化底版数据的研究也较少。由于三调数据精度更高,调查方式变更、土地利用地类和含义均发生较大转变,已有的三线成果需以三调数据为基础进行套合整改,核实地类、统一边界,在此基础上进行“三区三线”的冲突处理、统筹优化。

综上,本研究基于三调成果数据,提出“三区三线”统筹划定中的永久基本农田布局优化技术路线及布局优化原则,将生态功能指标纳入指标体系,构建永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系,形成一套永久基本农田布局优化方法,并在梅河口市永久基本农田布局优化中实践应用,以期为新形势下科学开展“三区三线”统筹划定及国土空间规划编制提供方法借鉴。

1 永久基本农田布局优化方法

根据全国“三区三线”划定工作要求^[2],按照耕地和永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界的顺序,统筹优化农业、生态、城镇空间,划定落实三条控制线。在永久基本农田布局优化中,重点解决以下问题:一是通过三调底版数据核定原永久基本农田;二是遵照永久基本农田优先划入规则,同时解决永久基本农田与生态保护红线、城镇开发边界的矛盾;三是确保优化后永久基本农田数量达到约束性指标、质量有提升、布局稳定。

1.1 永久基本农田布局优化技术路线

基于“三区三线”统筹划定及三调数据的永久基本农田布局优化技术路线如图 1 所示。主要流程包括:1)收集已有的相关数据,包括行政区划、三调成果数据、耕地质量等别调查与评价、土壤、高标准农田、原划定的三线成果数据、双评价(资源环境承载力评价和国土空间开发适宜性评价)、区域中长期发展规划、已有的国土空间规划相关成果数据等;2)统一数据基础,将原基于第二次全国土地调查成果(以下简称“二调”)的三线划定成果数据与三调数据进行套合,分门别类进行标注。重点研究原永久基本农田图斑和三调成果的统一

性处理,将原永久基本农田内三调地类图斑提取出来,并按照地类符合予以保留、地类不符合需核实整改调出等情况进行分类;3)开展永久基本农田与生态保护红线、城镇开发边界之间的矛盾冲突分析,结合双评价结果,分别记录各类冲突图斑;4)对地类符合且在原永久基本农田范围内的三调图斑、区域范围内未划入永久基本农田的耕地图斑,开展现状评价和潜力分析,基于本研究构建的永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系对图斑进行综合评价,根据永久基本农田图斑分值以及布局优化原则进行优选、划入、划出,得到优化布局。5)对优化后的永久基本农田布局进行统计分析和评价,对比优化前后的耕地等别、坡度、连片度等指标,并提出布局优化相关建议。

1.2 永久基本农田布局优化原则

永久基本农田布局优化需兼顾“三区三线”统筹划定原则:一是底线要求、优进劣出,以耕地最基础的粮食生产功能确定永久基本农田保护底线,将高标准农田、连片优质耕地、黑土区耕地优先划入,调出不符合要求或质量较差耕地,保质保量落实永久基本农田保护任务。二是兼顾生态保护功能,耕地一方面能发挥生态调节功能和农田生态系统作用,而耕地过量施肥及水土流失带来的农业面源污染又是水环境污染的重要来源。因此在研究区的重点治污河段、河湖水质重要保护段一定缓冲区范围内的耕地,应规避划入永久基本农田,可逐步退出生产功能或调整生产结构,从源头减负控污、促进河湖治理和生态修复。三是保障连片性和规模化,便于对永久基本农田进行集中管理和农田基础设施配套,有利于发展现代农业种植及管理方式,提高农业现代化水平。四是兼顾城镇和区域经济可持续发展需求,一方面充分发挥永久基本农田的天然屏障作用,可在城镇周边通过“开天窗”的形式予以保留,不划入城镇开发边界,约束城市发展无序扩展,另一方面为保障国家重大工程项目的顺利落地以及城镇中长期发展规划的实施,应将其中的部分耕地调出永久基本农田。

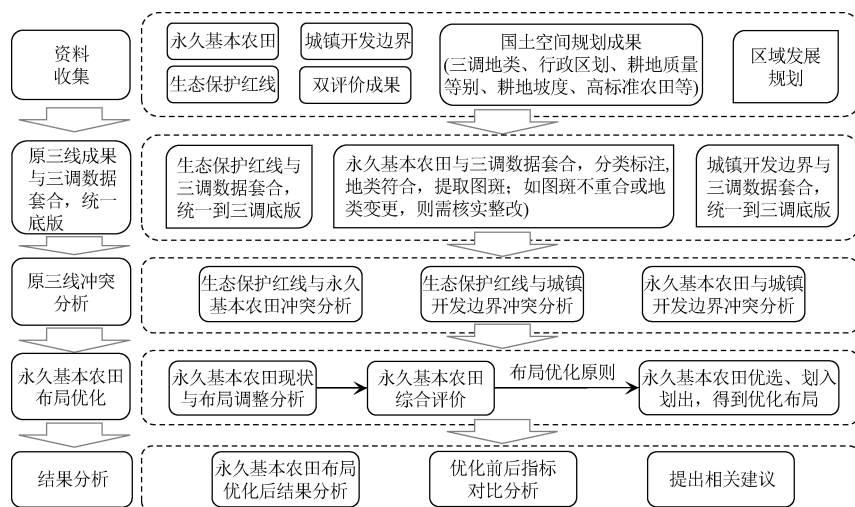


图 1 基于“三区三线”统筹划定及三调数据的永久基本农田布局优化技术路线

Fig.1 Technical route of permanent basic farmland optimization based on “three land spaces and three control lines” coordination and the Third National Land Resource Survey data

基于以上原则,提出永久基本农田优先划入和规避划入的具体规则。优先划入永久基本农田的耕地图斑:1)永久基本农田在三调中为可长期稳定利用耕地的图斑;2)黑土区耕地;3)高标准农田中三调为耕地的图斑;4)耕地等别高且集中连片的耕地(耕地面积 6.67 hm² 以上);5)双评价划分为农业生产适宜区的耕地;6)农用地土壤污染状况详查评价为优先保护类的耕地;7)已划入粮食生产功能区和重要农产品生产保护区的耕地;8)经国务院农业农村主管部门或者县级以上地方人民政府批准确定的粮、棉、油、糖、等重要农产品生产基地内的耕地。规避划入永久基本农田的耕地:1)农用地土壤污染状况详查评价为严格管控类的耕地;2)生态保护红线中的耕地;3)三调中的不稳定利用耕地;4)双评价划分为农业生产不适宜区的耕地;5)双评价划分为生态保护极重要区的耕地;6)坡度为 25° 以上且不是梯田的耕地;7)法律法规确定的其他禁止或不适宜划入永久基本农田保护的耕地;8)已列入国家重大项目规划或者省级以上区域发展战略规划需要占用的耕地。

1.3 永久基本农田综合评价指标体系构建

1.3.1 指标体系构建

根据耕地的生产功能、生态功能、区位条件等因素,在综合考虑耕地保护、环境保护、农业生产、国土空间规划等相关政策以及相关研究成果的基础上,结合领域专家意见,及数据可获取性,构建生产功能、生态功能、景观功能(连片度)3个一级指标、6个二级指标,每个二级指标根据其值域分为若干级,每一级分别赋作用分值(0~100),指标的作用分值以及权重采用专家经验打分以及参考相关文献^[9]的方法确定,由此构建永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系
Table 1 Production-ecology-landscape indicators of comprehensive quality evaluation for permanent basic farmland

指标 Indicators	二级指标 2nd level indicators	值域分级 Value classification	作用分值 Effect score	权重 Weight
生产 功能 Production conditions	耕地质量等别	8 级	100	0.36
		9 级	90	
		10 级	70	
		11 级	40	
		12 级	10	
生态 功能 Ecological conditions	种植适宜性	不适宜	0	0.10
		适宜	100	
		生态保护极重要	20	
	生态保护 重要性	极重要	0	0.12
		重要 其他	20 100	
连片度 Connectivity	生态区位	生态红线区	0	0.12
		非生态红线区	100	
	水环境风险 (水污染治理 重点河段)	3 km 缓冲区	0	0.18
		5 km 缓冲区	50	
		其他	100	
	耕地连片性	≤6.67 hm ²	0	0.12
		>6.67~66.67 hm ²	40	
		>66.67~333.33 hm ²	80	
		>333.33~666.67 hm ²	90	
		≥666.67 hm ²	100	

在二级指标中,耕地质量等别选用耕地质量等别数据集中的耕地利用等指数;种植适宜性分级来自于双评价结果。生态保护重要性指标是基于双评价结果,生态保护极重要区域不得划入永久基本农田。水环境风险指标是根据研究区水污染治理重要河段按照 3、5 km 进行空间缓冲分析,按照缓冲距离对耕地的水环境风险指标进行赋值。缓冲半径为 3、5 km 是根据地形选择,本研究案例梅河口市辉发河两岸约 3 km 范围内地形较为平坦,两岸耕地农田径流污染风险最大;而距辉发河重点治理河段东侧 3~5 km 处为与河流走向平行的山地,因山地阻隔,5 km 外的耕地对重点河段几无污染风险。位于距河流 3~5 km 山地中的耕地,虽距离河流较远,但因地势高,有通过支流汇入主河段的风险,故根据 3、5 km 缓冲半径设置风险等级。连片度指标反映永久基本农田的集中连片度,连片度概念认为距离小于一定阈值的同一利用类型的地块在空间上是相连的^[18]。田间道路、乡道、县道以及沟渠等水系分割了耕地景观,但这些也是提升耕地生产力水平的要素,为“可跨越性”廊道。而国道、省道等高速公路以隔离带的模式分割了耕地景观,一般高速公路的总宽度在 30 m(按 8 车道计算)以上。因此,将耕地连片性阈值定为 30 m。基于 ArcGIS 软件的空间分析工具,将空间距离在 30 m 以内的同类耕地自动连片,反映永久基本农田的集中连片度水平。根据 NY/T2148—2012《高标准农田建设标准》将连片规模分为≥666.67、333.33~666.67、6.67~66.67、66.67~333.33、≤6.67 hm² 5 个等级。连片后的耕地连片度指标根据不同等级分别赋分值。

1.3.2 永久基本农田综合评价

以三调耕地图斑为评价单元,采用加权求和法综合计算各耕地图斑的综合评价分值,计算式如下:

$$G_i = \sum_{m=1}^n W_m \cdot F_{im} \tag{1}$$

式中 G_i 为耕地单元 i 的综合评价分值; W_m 为指标 m 的权重; F_{im} 为耕地单元 i 指标 m 的作用分值; n 为指标总数。 G_i 值越高,耕地划为永久基本农田的适宜性越高。

2 案例实证

2.1 案例区概况

梅河口市地处吉林省东南部、长白山西麓,位于 125°15'E~126°03'E、42°08'N~43°02'N。梅河口市幅员 2 179 km²,辖 16 个镇、2 个乡及 1 个民族乡,总人口 58.80 万人。近年来经济发展迅速,医药健康、食品加工、现代物流和现代服务业四大主导产业规模不断壮大;成功创建了国家生态文明建设示范市、全国文明城市、国家卫生城市、国家园林城市,荣获“全国百强县市”称号,成为吉林省全面振兴的重要引擎城市。梅河口市地形南北狭长,中部地区地势平坦开阔,土壤主要为黑土,土地肥沃,水资源和耕地资源丰富,是优质粮食产区。随着梅河口市经济的快速发展,永久基本农田、生态保护以及城市发展之间的矛盾日益突出,在国土空间规划中统筹落实划定“三区三线”对地区社会经济发展具有

十分重要的意义，“三区三线”统筹划定以及布局优化也具有典型性。

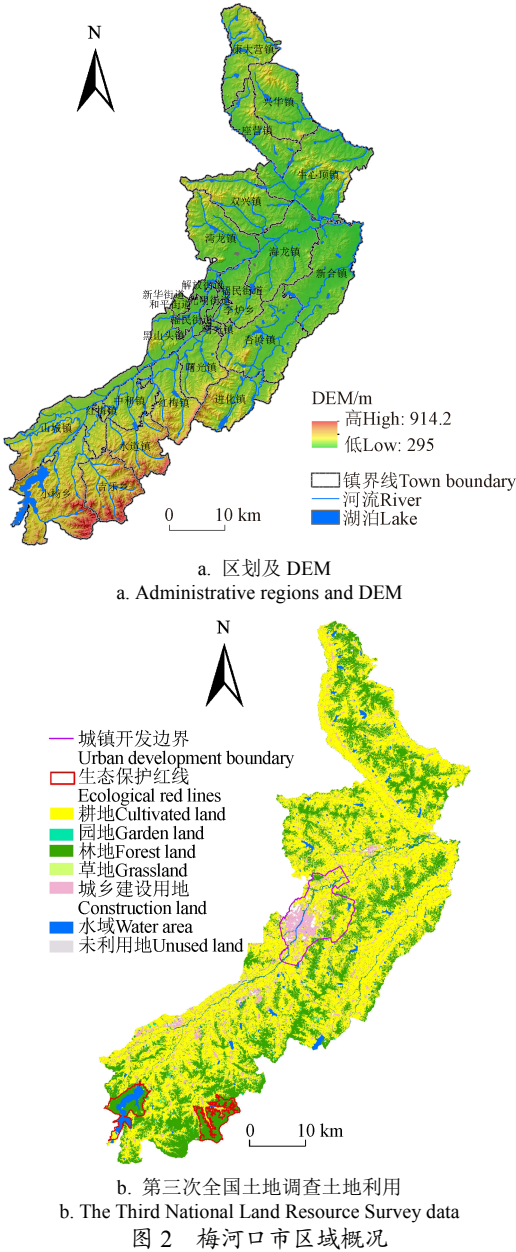


Fig.2 Regional overview of Meihekou City

根据三调数据，梅河口市耕地面积为 131 100 hm^2 ，占全市总面积的 60.18%，全部为黑土区耕地。以二调数据为基础于 2017 年划定永久基本农田 90 390.13 hm^2 ，完成了下达的永久基本农田保护任务。2019 年，根据吉林省自然资源厅下发的梅河口市生态保护红线矢量数据，初步划定了全市生态保护红线，面积为 9 800 hm^2 ，占市域比例 4.50%，主要集中在南部的海龙水库和鸡冠山国家森林公园。根据中共吉林省委、吉林省人民政府《关于支持梅河口市建设高质量发展先行示范区的意见》（吉发[2020]4 号），从吉林发展战略布局出发，将梅河口市打造为现代化区域中心城市、建设高质量发展先行示范区，在梅河口市正在开展的国土空间规划编制中，初步将城镇开发边界调整为 130.43 km^2 ，其中集中发展区面积为 87.71 km^2 、弹性发展区 12.45 km^2 、特别用途区

30.27 km^2 。梅河口市区域概况如图 2 所示，本研究所用的三区三线、三调、行政区划、基础地理、双评价、国土空间规划等数据均来自梅河口市自然资源局。

2.2 永久基本农田与三调数据套合分析

在 ArcGIS 软件中将梅河口市原永久基本农田数据与三调数据进行套合分析，将图斑面积重叠达 70%（考虑二调和三调成果的调查精度不统一、边界不一致，按照较宽松的容限尽可能多地提取出地类符合的图斑）以上的永久基本农田图斑提取出来，通过与三调图斑地类属性对比，进行分类标注。永久基本农田图斑在三调中对应的各地类及面积情况如表 2 所示，在三调中仍为耕地的永久基本农田面积为 85 961.73 hm^2 （图斑标注为 A1），占比 95.35%，其他各标注类别为划定不实图斑，面积为 4 428.41 hm^2 ，需要进行核实整改。

表 2 梅河口市永久基本农田图斑在三调对应的地类及标注
Table 2 Corresponding land types in the Third Land Resource Survey data of permanent basic farmland patches in Meihekou City

标注类别 Label type	面积 Area / hm^2	占比 Proportion/ %	说明 Description
A1	85 961.73	95.35	永久基本农田图斑在三调对应的地类为耕地
A2	77.56	0.09	永久基本农田图斑在三调对应的地类为非耕地、种植属性为即可恢复
A3	929.96	1.03	永久基本农田图斑在三调对应的地类为非耕地、种植属性为工程可恢复
A3F6	37.57	0.04	永久基本农田图斑在三调对应的地类为非耕地、种植属性为工程可恢复且位于公路铁路沿线、主干渠道周围建设绿色通道或绿化隔离的林带
F6	102.09	0.11	永久基本农田图斑在三调对应的地类为非耕地且位于公路铁路沿线、主干渠道周围建设绿色通道或绿化隔离的林带
F7	33.82	0.04	F7 为永久基本农田划定前已批准建设项目占用的土地或已办理设施农用地备案手续的图斑
KC	1 625.31	1.80	KC 为永久基本农田划定时已经按照面积扣除的零星地物和现状地物图斑
W1	377.43	0.42	W1 为未经批准或不符合规定要求的建设项目、临时用地、农村基础设施、设施农用地，以及人工湿地、景观绿化工程等图斑
W2	0.52	0.000 1	W2 为违法违规建窑、建房、建坟、挖沙、采石、采矿、取土、堆放固体废弃物的图斑
U	1 006.79	1.12	其他类型图斑标记为 U

2.3 三条控制线冲突分析

将生态保护红线与城镇开发边界统一到三调底版以后，进行三线冲突分析。

将城镇开发边界与在三调核实为耕地的永久基本农田数据集进行叠加，发现在城镇开发边界内的永久基本农田面积为 3 543.54 hm^2 ，如图 3 所示。在永久基本农田布局优化中，可将质量等别较低、生态功能较差、零星破碎的永久基本农田图斑调出城镇开发边界，对于优质连片耕地可以“开天窗”的方式保留^[5]，在城镇开发边界内保留一定的农业空间，可发挥其对城市周边扩展的空间阻隔作用^[2]。

将生态保护红线与三调地类叠加,发现生态保护红线内存在耕地、永久基本农田、农村住宅用地、交通道路用地、工矿用地,总面积为 512.32 hm²,其中永久基本农田面积 20.74 hm² (图 4)。根据生态保护红线划定规则^[1-2],生态保护红线内允许开展的有限人为活动,不视为占用生态保护红线。在不影响生态功能前提下,自然保护区核心保护区外连片图斑不小于 1/3 hm² (山地、丘陵地区不小于 1/5 hm²) 的可长期稳定利用耕地,调出生态保护红线,改划为永久基本农田。

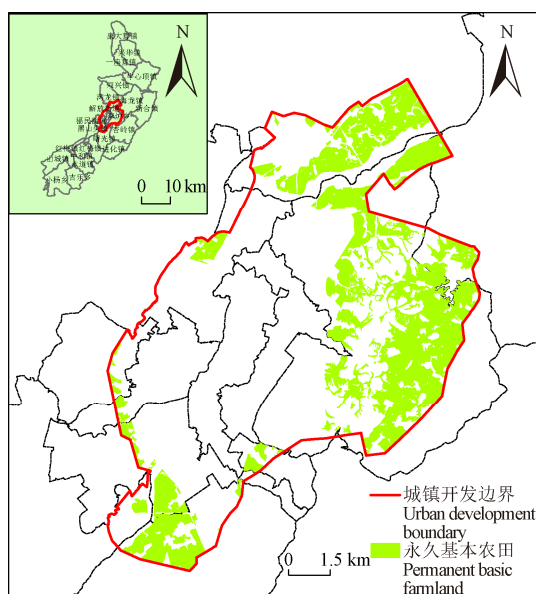


图 3 城镇开发边界内的永久基本农田

Fig.3 Permanent basic farmland in urban development boundary

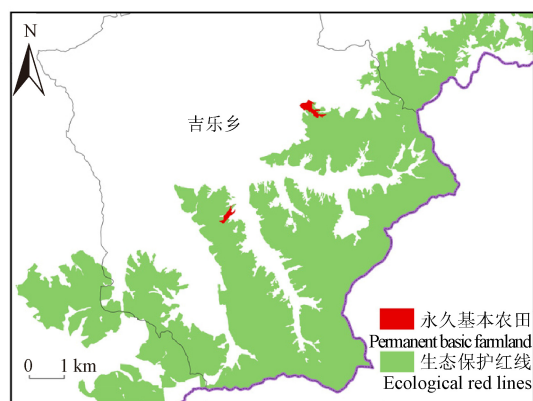


图 4 生态保护红线内的永久基本农田

Fig.4 Permanent basic farmland in ecological red lines

2.4 永久基本农田布局调整分析

经分析梅河口市永久基本农田对应的三调地类情况以及三条控制线之间冲突情况,一部分图斑地类发生变化,不能再作为永久基本农田,能保留为永久基本农田的图斑,其总面积与梅河口市永久基本农田保护目标之间存在缺口。因此一方面要调出不符合要求的图斑,另一方面要进行调整补划,以满足永久基本农田约束性指标要求。通过开展布局调整,保留原永久基本农田内符合要求的耕地,同时,在综合评估的基础上,将优质耕

地优先补划为永久基本农田。永久基本农田调整的基础条件如下:

1) 梅河口市三调耕地为 131 100 hm²。耕地等别为 8~12 等,平均等别 9.6 等,其中有少量 8 等耕地,主要为 9、10 等耕地,面积占比分别为 31.65%和 56.75%,11、12 等耕地面积占比分别为 7.01%和 4.59%。耕地坡度主要为 1~3 级,1、2、3 级耕地面积占比分别为 47.2%、31.68%和 19.27%;有少量 4、5 级坡度耕地,面积占比分别为 1.74%和 0.11%。总体上看,梅河口市耕地储备量大、耕地质量较好。

2) 梅河口市高标准农田建设项目涉及图斑 2 822 块,总面积 19 944 hm²,其中为耕地的图斑面积 18 823 hm²。已有 17 203 hm²划入原永久基本农田,剩余 2 740 hm²可在永久基本农田优化调整中优先划入。

3) 根据梅河口市农用地土壤污染状况详查数据,农用地污染详查面积为 3 154.85 hm²,其中安全保护类农用地面积为 3 019.65 hm²,安全利用类面积为 119.2 hm²,严格管控类面积为 16.00 hm²。将符合条件的安全保护类耕地作为永久基本农田划入来源,严格管控类耕地避免划入永久基本农田。

4) 原永久基本农田在三调中核实为耕地的面积为 85 961.73 hm²,这部分耕地应优先划入永久基本农田。

综上,结合永久基本农田优先划入和规避划入规则,可在未划入永久基本农田的耕地中将坡度级别 1、2 级和质量等别 9、10 等的耕地划入永久基本农田,调出坡度级别较高、质量等别较差的永久基本农田;同时优先将高标准农田调入永久基本农田,优进劣出,提升质量。

2.5 永久基本农田综合评价

根据 1.3 节永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系和计算方法,对梅河口市耕地分别进行各项指标的处理、赋值,经计算得到耕地质量综合评价结果,如图 5 所示。

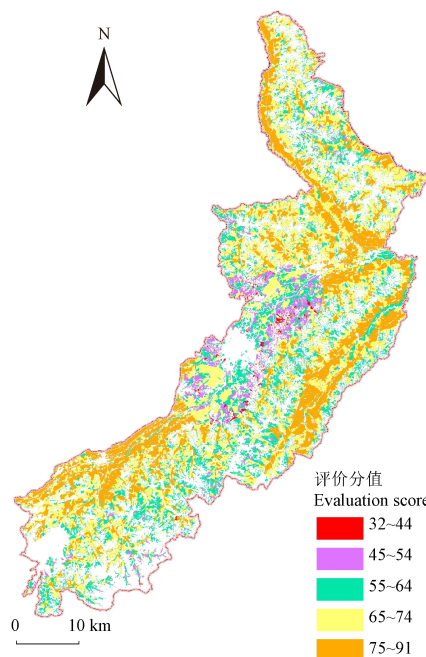


图 5 梅河口市耕地综合评价分值

Fig.5 Comprehensive evaluation scores of cultivated land of Meihekou City

梅河口市耕地综合评价分值范围为 31.95~90.83 分, 其中, 65 分以上面积为 91 680.82 hm², 占耕地总面积的 69.93%; “65~74 分”面积为 48 326.68 hm², 占比 36.86%; “75~91”面积为 43 353.94 hm², 占比 33.07%。分值越高, 表示该耕地优选划入永久基本农田保护的适宜性更高。

分值较高的耕地主要分布在梅河口市东部、西南部和北部西边沿行政区边界的狭长平原地带。分值在 55~64 分的耕地主要分布在东南部 and 东北部, 与分值高的耕地紧邻。分值较低的耕地主要零星分布在梅河口中部地区。

通过对评分后的永久基本农田质量进行校核, 结合梅河口市永久基本农田保护任务, 选取综合评价分值为 65 分以上的耕地划入永久基本农田, 总面积为 91 680.82 hm², 作为一种永久基本农田布局优化模式, 如图 6 所示。

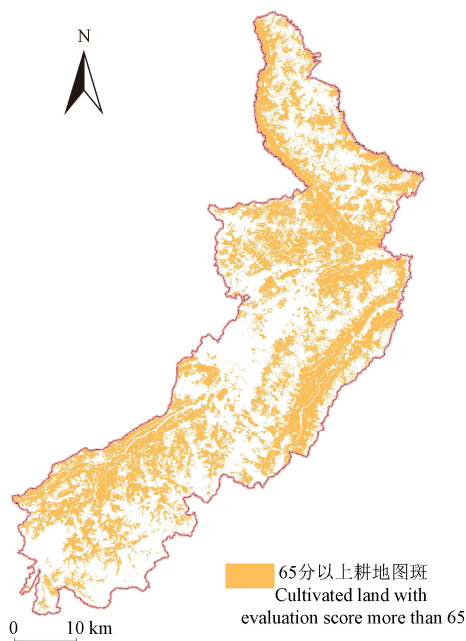


图 6 梅河口市永久基本农田优化布局
Fig.6 Optimized layout of permanent basic farmland of Meihekou City

2.6 永久基本农田布局优化评估

从永久基本农田图斑划入划出、坡度、质量等别、地类占比以及城市周边范围划定情况, 综合评估永久基本农田布局优化的适宜性。

1) 划入划出。原永久基本农田在三调实为耕地的面积为 85 961.73 hm², 评估在 65 分以上的面积为 67 825.13 hm², 这些图斑与三调套合后的耕地图斑地类面积为 79 253.32 hm², 划入永久基本农田; 65 分以下面积为 18 136.60 hm², 划出永久基本农田; 然后从三调中再新划入 65 分以上的耕地图斑面积 12 427.50 hm², 优化后永久基本农田面积共 91 680.82 hm², 比原永久基本农田面积增加 1 290.69 hm²。将高质量农田、连片度较高、质量等别较高的耕地优先划入了永久基本农田; 调出了零星细碎、质量等别较低、生态功能较差、以及不稳定的耕地图斑, 实现优进劣出。

其中, 国土空间规划的城镇开发边界内的永久基本农田划出面积为 1 388.47 hm², 主要为破碎耕地、中心城

区重点污染河段周边耕地、以及不稳定耕地, 仍有 2 155.07 hm² 优质永久基本农田在城镇开发边界内, 建议以“开天窗”的形式予以保留, 不划入城镇开发边界。生态红线内的 20.74 hm² 永久基本农田以开天窗形式保留。优化布局以后三区三线无交叉无重叠。

2) 优化前后指标对比。从划定面积、耕地质量、连片度等方面, 将原永久基本农田与优化模式下的永久基本农田布局进行对比。

从表 3 看出, 优化后永久基本农田面积为 91 680.82 hm², 增长 1 290.69 hm²; 耕地质量等别方面, 10 级耕地增加 3 523.99 hm², 12 级耕地减少 2 324.85 hm², 质量等别水平提升; 坡度方面, 25° 以下的各坡度级别与调整前基本持平; 平均图斑面积由 1.91 hm² 增至 2.61 hm², 图斑破碎度减小。总体来看, 优化模式下的永久基本农田布局, 面积、耕地质量、连片度均有提升。

表 3 永久基本农田优化前后指标对比
Table 3 Comparison of indicators of permanent basic farmland before and after optimization

项目 Item	原永久基本农田 Primary permanent basic farmland			优化后永久基本农田 Permanent basic farmland after optimization		变化量 Change /hm ²
	面积 Area/ hm ²	占比 Proportion/%	面积 Area/ hm ²	占比 Proportion /%		
总面积 Total area	90 390.13	-	91 680.82	-	1290.69	
耕地质量 等别 Grades of cultivated land quanlity	8 级	2.30	<0.01	3.54	<0.01	+1.24
	9 级	29 240.59	32.35	29 491.02	32.17	+250.43
	10 级	51 457.83	56.93	55 081.82	60.08	+3523.99
	11 级	5 273.65	5.83	5 113.53	5.58	-160.12
	12 级	4 415.76	4.89	1 990.91	2.17	-2 324.85
坡度 Slope	1 级	50 397.23	55.76	49 461.80	53.95	-935.43
	2 级	32 800.32	36.29	32 381.67	35.32	-418.65
	3 级	7 152.37	7.91	9 672.33	10.55	+2519.96
	4 级	40.22	0.04	165.02	0.18	+124.80
平均图斑面积 Mean parcel area	1.91		2.61		+0.70	

3 讨 论

三调数据作为中国土地利用现状最具现势性、最权威来源, 是当前中国自然资源管理乃至国家各类空间基础信息的统一基底。研究三调数据与其他各类国土空间数据的融合技术流程, 分析地类差异并摸清地类转化, 形成统一底版、图数一致的各类数据库, 是各级自然资源部门面临的重要工作^[19-20]。在梅河口市三调数据套合过程中, 发现原永久基本农田有 4 428.41 hm² 发生了地类变化, 这一方面是因为三调地类调查规则变更, 另一方面是近年来永久基本农田存在“非农化”“非粮化”, 需要对这些图斑逐一核实和调整补划。同时由于三调精度较高, 三调与二调图斑边界不一, 梅河口市原永久基本农田综合评分较高的 67 825.13 hm² 划入优化布局, 这些图斑与三调套合后, 在三调中的耕地图斑面积为

79 253.32 hm²。可能原因是当地土地资源丰富, 农民在原耕地周边扩垦耕种现象较为普遍, 三调耕地数量较二调明显增长; 也可能是因为三调的调查精度提高导致图斑面积发生变化, 刘波等^[21]在重庆市开展二调-三调数据流向分析时也发现, 二调的耕地、园地等地类图斑在三调套合后面积均有增加。

在永久基本农田综合评价指标体系构建中, 已有研究未考虑生态指标^[22-23], 或将生态区位^[5,8]、生态保护重要性^[8]作为生态功能评价指标的二级指标, 本研究特色是在此基础上, 增加水环境风险指标作为生态功能评价二级指标, 以规避农田面源对水环境的污染。研究显示, 不同空间尺度的河流滨岸带缓冲区对水质有较强解释力, 特别是滨岸带耕地与水质呈明显相关性^[24-27]。梅河口主要河流辉发河流经城区河段为重度污染, 沿河周边有大量农田分布, 由于农业面源长期高污染负荷且治理难度大^[28], 因此在水污染治理重点河段周边进行耕地风险评价, 规避一定缓冲区内的耕地划入永久基本农田, 从源头减负控污, 同时随着辉发河流域水环境综合整治工程的持续实施, 实现河流污染治理和生态修复。此外, 本研究选取耕地连通性指标, 在对永久基本农田布局优化以后, 耕地连片度提高, 平均图斑面积增加, 与武文迪等^[29-30]研究结果相似。

综上, 本研究构建的永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系充分考虑三线统筹下的生产、生态、景观功能, 在梅河口市永久基本农田优化实践探索中, 优化后永久基本农田的质量等别、连片度指标提升, 实现永久基本农田面积达到约束性指标、质量有提升、布局相对稳定的目标; 同时, 充分体现了保障粮食安全、保护生态环境、兼顾城市发展思路, 农业、生态、城镇空间布局得到统筹优化, “三区三线”冲突问题得到较好解决, 表明该指标体系具有较强的合理性及适用性。

4 结 论

1) 提出了基于“三区三线”统筹和三调成果的永久基本农田布局优化技术路线及布局优化原则, 构建了永久基本农田生产-生态-景观综合评价指标体系, 形成一套永久基本农田布局优化方法。

2) 该方法在梅河口市永久基本农田布局优化中实证应用, 将原三线成果统一到三调底板, 消除了农业、生态、城镇空间边界冲突, 实现了图、线、数一致。优化后永久基本农田面积为 91 680.82 hm², 面积增加 1 290.69 hm², 耕地质量等别提升, 10 级耕地增加 3 523.99 hm², 12 级耕地减少 2 324.85 hm²; 耕地连片度提高, 平均图斑面积由 1.91 hm²增至 2.61 hm²。将高质量农田、连片度较高、质量等别较高的耕地优先划入永久基本农田; 调出了细碎度高、质量等别较低、生态功能较弱、利用不稳定、划定不实以及生态保护红线内的永久基本农田, 优进劣出。实现优化后永久基本农田面积达到约束性指标、质量有提升、布局相对稳定的目标, 表明该方法具有较强的适用性, 有一定推广应用价值。

3) 在“三区三线”统筹及永久基本农田优化实践中,

建议优先划定永久基本农田、生态保护红线, 按照三条线不交叉不重叠不冲突要求, 划定城镇开发边界。对于划入城镇开发边界内的永久基本农田优质耕地, 可以“开天窗”的形式予以保留; 对于按政策要求退出城镇开发边界的永久基本农田, 应补划稳定利用的优质耕地进行补充, 确保达到永久基本农田保护目标。

【参 考 文 献】

- [1] 中共中央办公厅、国务院. 中共中央办公厅、国务院办公厅关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见[EB/OL]. (2019-11-01) [2022-05-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-11/01/content_5447654.htm.
- [2] 自然资源部. 关于在全国开展“三区三线”划定工作的函(自然资函〔2022〕47号)[EB/OL]. (2022-04-29) [2022-06-01]. <https://www.guoturen.com/guihua-1077.html>
- [3] 国土资源部、农业部. 关于全面划定永久基本农田实行特殊保护的通知[EB/OL]. (2016-08-10)[2022-05-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2016-08/10/content_5098646.htm.
- [4] 环境保护部、国家发展改革委. 生态保护红线划定指南[EB/OL]. 北京: 生态环境部(2017-07-20)[2022-05-01]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201707/t20170728_418679.htm.
- [5] 陈文广, 张青璞, 孔祥斌, 等. 基于“三线”统筹的省域永久基本农田布局优化规则与实证研究[J]. 农业工程学报, 2021, 37(15): 248-257.
Chen Wenguang, Zhang Qingpu, Kong Xiangbin, et al. Optimizing rules and empirical research of provincial permanent basic farmland layout based on the “Three-line” coordination[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(15): 248-257. (in Chinese with English abstract)
- [6] 国务院. 关于完善主体功能区战略和制度的若干意见[EB/OL]. (2017-10-26) [2022-05-01]. http://fgw.nmg.gov.cn/ywgg/fzgh/202103/t20210326_1315202.html
- [7] 樊杰, 周侃. 以“三区三线”深化落实主体功能区战略的理论思考与路径探索[J]. 中国土地科学, 2021, 35(9): 1-9.
Fan Jie, Zhou Kan. Theoretical thinking and approach exploration on deepening the implementation of major function zoning strategy with “three-zones and three-lines”[J]. China Land Science, 2021, 35(9): 1-9. (in Chinese with English abstract)
- [8] 张年国, 王娜, 殷健. 国土空间规划“三条控制线”划定的沈阳实践与优化探索[J]. 自然资源学报, 2019, 34(10): 2175-2185.
Zhang Nianguo, Wang Na, Yin Jian. Shenyang's practice and optimizing exploration of “Three Control Lines” in territorial spatial planning[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2175-2185. (in Chinese with English abstract)
- [9] 杨绪红, 金晓斌, 贾培宏, 等. 多规合一视角下县域永久基本农田划定方法与实证研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(2): 250-259.
Yang Xuhong, Jin Xiaobin, Jia Peihong, et al. Designation method and demonstration of permanent basic farmland in county level on view of multi-planning integration[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(2): 250-259. (in Chinese with English abstract)
- [10] 罗倩, 张威, 邵景安, 等. 武陵山区县域尺度永久基本农田划定优化[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(7): 48-57.

- Luo Qian, Zhang Wei, Shao Jingan, et al. Optimization of permanent basic farmland delineation at county scale in mountain area[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(7): 48-57. (in Chinese with English abstract)
- [11] 李凯, 赵华甫, 吴克宁. 基于 GIS 网格技术的城镇周边永久基本农田划定研究: 以江苏宜兴市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(5): 21-30.
Li Kai, Zhao Huafu, Wu Kening. Permanent prime farmland demarcation around the urban areas based on GIS grid[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(5): 21-30. (in Chinese with English abstract)
- [12] 翁睿, 金晓斌, 张晓琳, 等. 集成“适宜性-集聚性-稳定性”的永久基本农田储备区划定[J]. 农业工程学报, 2022, 38(2): 269-278.
Weng Rui, Jin Xiaobin, Zhang Xiaolin, et al. Delimitating permanent prime farmland reserve areas on the perspective of suitability-cluster-stability[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2022, 38(2): 269-278. (in Chinese with English abstract)
- [13] 刘婧, 汤峰, 张贵军, 等. 基于 TOPSIS 和矩阵组合的县域永久基本农田储备区划定时序研究[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(7): 1224-1235.
Liu Jing, Tang Feng, Zhang Guijun, et al. Timing sequence of permanent basic farmland reserve area delineation based on TOPSIS and the matrix grouping method at the county level[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2021, 29(7): 1224-1235. (in Chinese with English abstract)
- [14] 祁帆, 谢海霞, 王冠珠. 国土空间规划中三条控制线的划定与管理[J]. 中国土地, 2019(2): 26-29.
- [15] 郭贯成, 韩小二. 考虑粮食安全和耕地质量的县域基本农田空间布局优化[J]. 农业工程学报, 2021, 37(7): 252-260.
Guo Guancheng, Han Xiao'er. Spatial layout optimization of basic farmland considering food security and cultivated land quality at county scale[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(7): 252-260. (in Chinese with English abstract)
- [16] 黄慧, 柯新利. 权衡耕地保护与城市扩张的永久基本农田划定: 以武汉市为例[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(3): 592-604.
Huang Hui, Ke Xinli. Demarcating of permanent prime farmland for synergy of farmland protection and urban expansion of Wuhan[J]. Journal of Geo-information Science, 2020, 22(3): 592-604. (in Chinese with English abstract)
- [17] 申杨, 龚健, 叶菁, 等. 基于“双评价”的永久基本农田划定研究: 以黄石市为例[J]. 中国土地科学, 2021, 35(7): 27-36.
Shen Yang, Gong Jian, Ye Jing, et al. Study on permanent basic farmland demarcation based on “double evaluation”: A case study of Huangshi City[J]. China Land Sciences, 2021, 35(7): 27-36. (in Chinese with English abstract)
- [18] 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 等. 基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 72-77.
Zhou Shangyi, Zhu Axing, Qiu Weili, et al. GIS based connectivity analysis and its application in prime farmland protection planning[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(7): 72-77. (in Chinese with English abstract)
- [19] 吴多, 熊伟. 基于“三调”数据的国土空间规划底图建设: 以武汉市为实例[J]. 中国国土资源经济, 2022, 35(3): 53-60.
Wu Duo, Xiong Wei. Base map construction of territorial space planning based on the data of the Third National Land Survey: Taking Wuhan City as an example[J]. Natural Resource Economics of China, 2022, 35(3): 53-60. (in Chinese with English abstract)
- [20] 晏磊, 吴海平. 国土“三调”后如何开展自然资源统一调查[J]. 中国国土资源经济, 2021, 34(3): 21-24.
Yan Lei, Wu Haiping. How to carry out the unified survey of natural resources after the Third National Land Survey[J]. Natural Resource Economics of China, 2021, 34(3): 21-24. (in Chinese with English abstract)
- [21] 刘波, 彭正涛, 刘学. 二调-三调数据流向分析方法及其差异: 以重庆市北碚区为例[J]. 农村经济与科技, 2021, 32(23): 20-22.
- [22] 朱美青, 黄宏胜, 史文娇, 等. 基于多规合一的基本农田划定研究: 以江西省余江县为例[J]. 自然资源学报, 2016, 31(12): 2111-2121.
Zhu Meiqing, Huang Hongsheng, Shi Wenjiao, et al. The research of prime farmland demarcation based on multi-planning-in-one: A case study of Yujiang County, Jiangxi Province[J]. Journal Of Natural Resources, 2016, 31(12): 2111-2121. (in Chinese with English abstract)
- [23] 李凯, 赵华甫, 吴克宁. 基于 GIS 网格技术的城镇周边永久基本农田划定研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(5): 21-30.
Li Kai, Zhao Huafu, Wu Kening. Permanent prime farmland demarcation around the urban areas based on gis grid[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(5): 21-30. (in Chinese with English abstract)
- [24] 王雪松, 李琪, 高俊峰, 等. 常州市河流水质对滨岸带土地利用响应的初步分析[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(12): 2915-2924.
Wang Xuesong, Li Qi, Gao Junfeng, et al. A preliminary analysis on response of river water quality to land use in riparian zone of Changzhou[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(12): 2915-2924. (in Chinese with English abstract)
- [25] 刘莞, 刘蓬, 刘琳, 等. 黄石市大冶湖水质变化趋势及成因分析[J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(2): 553-559.
Liu Yuan, Liu Pen, Liu Lin, et al. Variation trend and cause analysis of water quality in Daye Lake of Huangshi City[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(2): 553-559. (in Chinese with English abstract)
- [26] 徐启渝, 王鹏, 舒旺, 等. 土地利用结构与空间格局对袁河水质的影响[J]. 环境科学学报, 2020, 40(7): 2611-2620.
Xu Qiyu, Wang Peng, Shu Wang, et al. Investigation of the impacts of land use structure and spatial pattern on water quality in the Yuan River[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2020, 40(7): 2611-2620. (in Chinese with English abstract)
- [27] 杨琴, 汤秋鸿, 张永勇. 淮河流域(河南段)水质时空变化特征及其与土地利用类型的关系[J]. 环境科学研究, 2019, 32(9): 1519-1530.
Yang Qin, Tang Qiuhong, Zhang Yongyong. Spatiotemporal changes of water quality in Huai river basin (Henan section) and its correlation with land use patterns[J]. Research of Environmental Sciences, 2019, 32(9): 1519-1530. (in Chinese with English abstract)
- [28] 温泉, 马迎群, 秦延文, 等. 成渝地区中小河流水生生态环

- 境保护存在的问题与对策[J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(2): 493-499.
- Wen Quan, Ma Yingqun, Qin Yanwen, et al. Problems and countermeasures for water ecological environment protection of small and medium-sized rivers in Chengdu-Chongqing area[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(2): 493-499. (in Chinese with English abstract)
- [29] 武文迪, 张永福. 基于耕地连片性基本农田划定研究分析[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(6): 72-77.
- Wu Wendi, Zhang Yongfu. Analysis of the prime farmland demarcated of cultivated land connectivity[J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2019, 47(6): 72-77. (in Chinese with English abstract)
- [30] 杨柳, 余平祥, 胡月明, 等. 基于景观生态指标的农用地连片阈值调整方法[J]. 华南农业大学学报, 2017, 38(2): 112-117.
- Yang Liu, Yu Pingxiang, Hu Yueming, et al. Farmland connectivity threshold adjustment based on landscape ecological indexes[J]. Journal of South China Agricultural University, 2017, 38(2): 112-117. (in Chinese with English abstract)

Optimization method and empirical study on the layout of permanent basic farmland in the overall delimitation of “three land spaces and three control lines”

Fang Li¹, Yao Min^{2*}, Yu Zhongwei³, Yan Shiwei¹, Wang Yong¹, Chen Min¹, Jing Yiran¹

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Information Center of Ministry of Natural Resources, Beijing 100036, China; 3. Meihekou Bureau of Natural Resources, Meihekou 135099, China)

Abstract: A national scheme of “Three land spaces and three control lines” has been one of the most important strategies for land spatial planning and land policy in China. It is a high demand to delimitate the boundaries, and then implement the strategy of functional zones, particularly for the new pattern in the territorial space. In this study, a technical route and optimization principles were proposed for the permanent basic farmland layout using the overall delimitation of the “three land spaces and three control lines”. The “three land spaces and three control lines” were also efficiently delineated, in order to deal with the disunity of the base map, inconsistency, and crossing of the boundary. The Third National Land Resource Survey data and the production-ecology-landscape indicators of comprehensive quality evaluation were constructed for the permanent basic farmland. Specifically, the comprehensive quality evaluation indicators were selected using the production condition, ecological condition, and location condition of cultivated land, which were the three primary indicators. Each primary indicator included several secondary indicators, including cropland quality, planting suitability, ecological protection importance, ecological regionalization, water environment risk, and cropland contiguity. Each indicator was assigned as several classification threshold values and weights, in order to evaluate and score the cultivated land parcel. More importantly, the water environment risk was selected as the indicator, considering the risk of water pollution from the non-point source of cultivated land. A case study was finally selected in Meihekou City, Jilin Province, China. The results showed that: 1) The specific area of optimized permanent basic farmland was 91 680.82 hm² with an increase of 1 290.69 hm². The area of cultivated land quality at level 10 increased by 3 523.99 hm², and that of level 12 decreased by 2 324.85 hm². The average area of permanent basic farmland patches increased from 1.91 hm² to 2.61 hm². The area and quality of permanent basic farmland were improved after optimization, indicating a much more stable layout in the study area. 2) Among them, the permanent basic farmland of 20.74 hm² remained within the ecological red lines as the permanent basic farmland. In addition, the overlapped area was deleted from the ecological red lines. There was also the permanent basic farmland of 1 388.47 hm² within the urban development boundary, which was removed from the permanent basic farmland, due to its low quality. The high-quality permanent basic farmland was still reserved within the urban development boundary, whereas, the overlapped area was removed from the urban development boundary, indicating the spatially consistent three lines. Food security, ecological protection, and urban development were considered in this case. The spatial layout of agriculture, ecology, and town space was optimized with coordination. The finding can provide a strong reference for the decision-making on the “three land spaces and three control lines” delimitation and land spatial planning.

Keywords: land use; layout optimization; evaluation; permanent basic farmland; overall delimitation of “three land spaces and three control lines”; ecological red lines; urban development boundary