

县域“旱改水”项目遴选布局方法与实证研究

孙超^{1,2} 潘瑜春^{1,2} 刘玉^{1,2} 胡月明³

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;

3. 华南农业大学信息学院, 广州 510642)

摘要: 从分析遂溪县“旱改水”建设适宜性和空间稳定性入手, 提出了基于耦合协调度模型和冷热点分析方法的“旱改水”建设项目遴选布局方法。结果表明, 遂溪县开展“旱改水”建设潜力较大, 其中高、中适宜区占耕地总面积的 81.08%, 主要分布在中东部乡镇; 稳定性与适宜性的空间分布差异显著, 高稳定性地块主要集中在北坡镇和广前公司, 在其余乡镇也有分布; 容易改造地块占耕地总面积的 41.04%, 主要分布在北坡镇、界炮镇、杨柑镇和广前公司等, 该类耕地自然禀赋较好、基础设施完备, 并且与城镇、交通干线有一定距离, 建设占用的可能性较小; “旱改水”建设适宜性和空间稳定性耦合协调的热点区主要分布在杨柑镇、北坡镇、界炮镇和广前公司等中部乡镇, 是“旱改水”项目布局的优先选择区域; 结合研究区实际, 确定遂溪县“十三五”期间“旱改水”建设区总面积 462.75 hm²。该研究为科学遴选、布局“旱改水”建设项目提供了方法借鉴。

关键词: 旱改水; 适宜性; 稳定性; 耦合协调度; 遂溪县

中图分类号: F301.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)01-0203-08

Method and Empirical Research on Reclaiming Dryland Field into Paddy Construction Zoning and Project Site Selection at County Scale

SUN Chao^{1,2} PAN Yuchun^{1,2} LIU Yu^{1,2} HU Yueming³

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China

3. College of Information, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The stability and suitability of reclaiming dryland soil into paddy soil in Suixi County were analyzed, and a selecting construction method was provided based on the coupling coordination degree model and hotspot analytical skill. The results showed that Suixi County had more potential to reclaim dryland soil into paddy soil. The high and medium suitable area were 81.08% of the total cultivated area, mostly were distributed in eastern villages and towns. The stability and suitability had distinct spatial distribution. The high stable areas were located in Beipo Town and Guangqian Company and some other towns. Yanggan Town, Beipo Town, Jiebao Town and Guangqian Company were easier to be reclaimed, which accounted for 41.04% of the total remodel area. Those places had abundant natural resources and well-constructed infrastructures, and enjoyed a perfect distance of the public traffic highways. Finally, most hotspots that were suitable and stable for reclaiming were located in Yanggan Town, Beipo Town, Jiebao Town and Guangqian Company, which had more priority in reclaiming process. The total constructional area for land reclaiming was 462.75 hm² in Suixi County during the 13th Five-year Plan. This research provided methodological reference for further scientific selection and reclaiming dryland soil into paddy soil distribution.

Key words: reclaiming dryland soil into paddy soil; suitability; stability; coupling coordination degree; Suixi County

收稿日期: 2017-05-18 修回日期: 2017-07-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401193)和北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJCX20170503)

作者简介: 孙超(1989—), 男, 工程师, 主要从事区域农业与乡村发展研究, E-mail: sunc@nercita.org.cn

通信作者: 刘玉(1982—), 男, 副研究员, 博士, 主要从事土地利用、区域农业与农村发展研究, E-mail: Liuyu@nercita.org.cn

0 引言

根据 GB/T 21010—2007《土地利用现状分类》，水田是指用于种植水稻、莲藕等水生农作物的耕地，包括实行水生、旱生农作物轮种的耕地。通常，水田是生产能力较高的耕地，具有供给农产品、维持生物多样性、改善区域生态环境、旅游观光等功能。在城镇化和工业化持续推进的背景下，优质耕地资源占用不可避免，“占优补劣、占水田补旱地”的情况时有发生，不仅造成耕地生产能力的下降，更加重了生态安全隐患^[1-2]。特别是在耕地占补平衡政策的持续推进下，耕地后备资源尤其是优质后备资源越来越缺乏，许多地方很难直接开垦补充同等质量的耕地和水田，耕地少且质量不高的情况较为突出^[3-4]。2016年以来，国土资源部和广东省国土资源厅先后印发《关于补足耕地数量与提升耕地质量相结合落实占补平衡的指导意见》（国土资规〔2016〕8号）和《广东省国土资源厅关于做好耕地提质改造项目管理工作通知》（粤国土资规字〔2017〕1号）等文件，要求以补足耕地数量和提质改造耕地相结合的方式严格落实耕地占补平衡，切实做到占优补优、占水田补水田。因此，科学设定“旱改水”建设项目区是落实最严格耕地保护制度的重大举措，对确保耕地占补平衡数量质量双到位具有重要意义。

近年来，耕地提质改造的相关研究已形成诸多成果，主要集中在高标准农田建设潜力测算^[5]、建设时序与区域划定^[6-7]、生态化设计^[8]、战略措施^[9]等。此外，一些学者基于不同视角深入研究了耕地质量。在耕地多功能方面，蔡运龙^[10]提出耕地具有生产、生态服务和社会保障功能；赵华甫等^[11]将耕地功能归纳为生产、生态、景观文化、旅游景观、社会服务等。在耕地质量要素方面，PIAO等^[12]研究表明，华北平原土壤盐分显著下降；陈红宇等^[13]证实了耕地细碎化和社会经济发展在空间上具有较强的耦合相关性。在耕地质量评价方面，张凤荣等^[14-17]深入研究了耕地质量变化态势、监测样点布控方法、保护机制等。这些研究极大地丰富了耕地质量评价相关理论，并形成了比较完善的体系。但是，“旱改水”的针对性研究较少，主要集中在“旱改水”实施后对水稻^[18]、地下水^[19]以及生态环境^[20]的影响，“旱改水”建设区域划定、项目区选址等亟待解决。在严格落实耕地占补平衡的时代背景下，科学布局并实施“旱改水”项目是实现“占优补优、占水田补水田”的重要措施。基于此，本文首先分析遂溪县“旱改水”项目的建设适宜性和空间稳定性，并运用二者的耦合协调度来揭示“旱改水”建设

的难易程度；在此基础上，通过冷热点方法分析“旱改水”建设耦合协调度的空间关联模式，快速识别“旱改水”建设项目区，为“旱改水”建设区域划定及项目区选址提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况与数据来源

遂溪县位于广东省西南部的雷州半岛上，西临北部湾，东临湛江港湾，是著名的“鱼米之乡”、“中国第一甜县”。遂溪县耕地面积为 99 806.73 hm²，其中旱地、水浇地和水田面积分别为 71 033.08、3 914.35、24 859.3 hm²，旱地面积超过 70%，“旱改水”空间较大。其中符合“旱改水”建设标准的旱地 46 195.15 hm²，主要分布在广前公司、北坡镇、遂城镇、杨柑镇和洋青镇，占总面积的 64.48%。数据主要来源于《2014 年遂溪县耕地质量更新成果》、《2015 年遂溪县土地利用变更调查数据》、《遂溪县统计年鉴（2015 年）》等。

1.2 研究方法

结合《广东省土地整治垦造水田建设标准（试行）》和《遂溪县耕地质量等别更新成果》等相关成果，按照水田建设标准和遂溪县耕地实际情况，分别建立遂溪县“旱改水”建设适宜性和空间稳定性评价指标体系，并通过冷热点分析确定“旱改水”项目区（图 1）。

第一步，建立“旱改水”建设适宜性和空间稳定性评价指标体系，并采用层次分析法确定指标权重（表 1）。根据《广东省土地整治垦造水田建设标准（试行）》，应选择土壤肥沃无明显障碍因素、田间灌溉设施完善，灌排保障较高、与周围水田集中连片达到一定规模的耕地，或者选择部分水源充足的低坡低丘或山地，通过抽水（一级扬程提水），能满足灌溉条件的补充耕地，经地力培育、增加土壤养分，提高保水保肥能力，水旱轮作逐步改为水田。禁止在地形坡度大于 10°、“十二五”期间建设的高标准农田、水土流失易发区等生态脆弱区域、土壤改善后仍不适合种植水稻的区域建设“旱改水”项目。针对上述标准，同时参考相关研究成果^[4, 21-25]构建了“旱改水”项目建设适宜性和空间稳定性指标体系。其中，建设适宜性从生产利用角度衡量旱地是否适宜于改造成水田，具体包括自然禀赋和基础设施 2 个方面。自然禀赋是“旱改水”建设的基础，选取田面坡度、有效土层厚度等；基础设施是衡量“旱改水”的基本条件，通过灌溉保证率和排水条件表征。空间稳定性主要反映经济社会发展过程中耕地被非农建设占用的潜在威胁和整治意愿，包括区位条件

和其他条件 2 个方面。区位条件体现农田的空间位置,通过与镇区距离等表征;其他条件重点反映经济

社会发展对耕地占用的可能性,采用耕地性质和整治意愿 2 个指标。

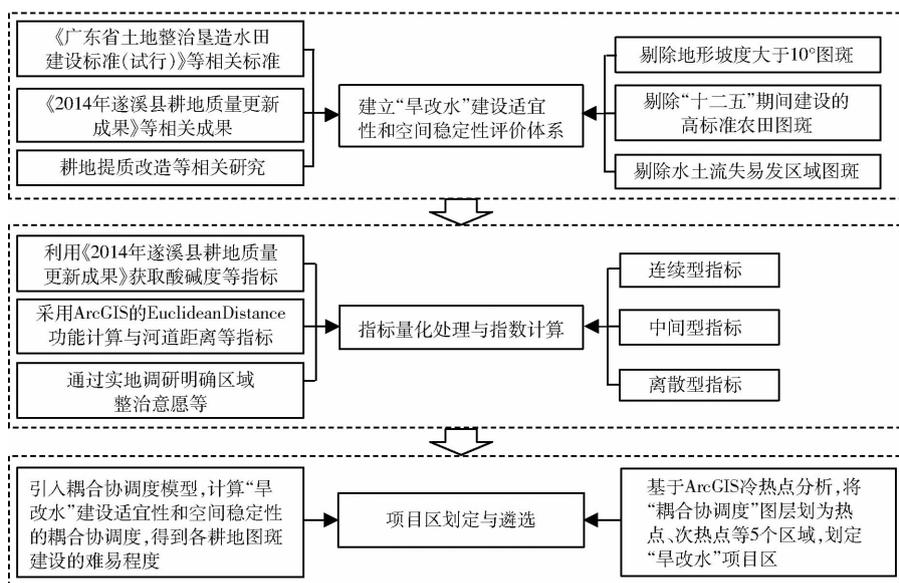


图 1 “旱改水”项目区选址流程图

Fig. 1 Flow chart of project site selection

表 1 “旱改水”建设适宜性和空间稳定性评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of reclaiming dryland soil into paddy soil

目标层	准则层	指标层	权重	内涵
建设适宜性	自然禀赋	田面坡度	0.20	指田面沿水流方向倾斜的角度,是对灌溉有很大影响的指标
		有效土层厚度	0.13	表征植物生长的实际土层厚度
		有机质含量	0.08	表征单位体积土壤中含有的各种动植物残体与微生物及其分解合成的有机物质的数量
		剖面构型	0.13	表征土壤发生层或土壤层次的排列组合型式
		pH 值	0.06	表征土壤固相处于平衡的土壤溶液中 H ⁺ 浓度
	基础设施	连片度	0.11	表征田块集中连片面积的大小,是影响农业集约化生产经营的重要指标
		灌溉保证率	0.22	表征旱地耕作区灌溉用水量在多年灌溉中能够得到充分满足年数的出现机率
空间稳定性	区位条件	排水条件	0.07	表征旱地耕作区沟渠等设施排出区域内汇水所用的时间
		与镇区距离	0.19	表征地块与镇区的远近
	其他条件	与河道距离	0.35	表征地块与河道的远近
		耕地性质	0.17	表征土地利用总体规划中对地块的管控及被占用的可能性
		整治意愿	0.29	表征镇政府对所区域“旱改水”的积极程度

第二步,评价指标量化处理。本研究涉及指标较多,并且各指标的属性、效用不尽相同,对“旱改水”建设的影响方式及程度存在差异。因此,在指标量化处理过程中,根据指标属性划分为连续型、中间型和离散型。田面坡度、有机质含量、有效土层厚度、与镇区距离、与河道距离、连片度等属于连续型,超过某一临界值其影响将越来越小;pH 值等指标属于中间型,存在一个最优区间;灌溉保证率、排水条件、剖面构型、耕地性质、整治意愿等属于离散型。对于连续型指标采用线性比例变换法进行量化处理,而中间型和离散型指标则采用阈值赋值法、经验法进行量化处理。依据 GB/T 28407—2012《农用地质量分等规程》,结合《广东省农用地分等因素属性分级确定的说明》及《广东省农用地分等参数》中各

项分等因素的分级标准,确定指标各级别对应分值(表 2)。

指标量化处理如下:①依据遂溪县耕地质量更新成果获取各耕地图斑的田面坡度、有机质含量、有效土层厚度、剖面构型、pH 值、灌溉保证率、排水条件等指标属性值。②与镇区距离、与河道距离采用 ArcGIS 的 Euclidean Distance 等功能提取属性数据计算。连片度采用缓冲区分析的方法判断耕地是否连片,缓冲区距离为 20 m,缓冲区相交的耕地视为连片,具体方法参见文献[26]。③通过遂溪县各乡镇的实际调研,发现各乡镇国土所都有较大意愿将“旱改水”项目建设在已划定的基本农田保护区内。究其原因:一是基本农田保护区内旱地自然禀赋较好,适宜改造成水田;二是符合各乡镇中长期发展计

表2 “旱改水”建设指标量化标准
Tab.2 Evaluation index quantitative standard

指标层	指标分值							
	100	90	80	70	60	50	40	30
田面坡度/(°)	<2	2~5		5~8	8~15			15~25
有效土层厚度/cm	≥100	60~100			30~60			<30
有机质含量/%	≥3.0	2.0~3.0		1.0~2.0	0.6~1.0	<0.6		
坡面构型	通体壤、 壤砂壤	壤粘壤	砂粘粘、 壤粘粘	粘砂粘、 通体粘	砂粘砂、 壤砂砂	粘砂砂	通体砾	
pH值	6.0~7.9	5.5~6.0			5.0~5.5、 7.9~8.5	4.5~5.0		<4.5、 >8.5
连片度/hm ²	>1000	500~1000	200~500		50~200		5~50	<5
灌溉保证率	充分满足		基本满足		一般满足			无灌溉条件
排水条件	健全	基本健全	一般		无排水体系			
与镇区距离/m	<2800		2800~5500		5500~8000			>10000
与河道距离/m	<10	10~50		50~100		100~200		>200
耕地性质	基本农田		基本农田整备区					一般耕地
整治意愿	非常积极		积极		一般			不积极

划。据此确定耕地性质各因素得分。④根据各乡镇调研情况和各乡镇发展定位确定整治意愿。整治意愿非常积极的包括建新镇、乌塘镇和杨柑镇；积极的包括遂城镇、岭北镇、乐民镇、城月镇、界炮镇、北坡镇；一般的包括洋青镇、广前公司、草潭镇、江洪镇、河头镇；不积极的包括黄略镇和港门镇。

第三步,采用综合指数法计算“旱改水”建设适宜性和空间稳定性。其表达式为

$$S_i = \sum_{j=1}^n I_{ij} W_j \quad (1)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^m I_{ij} W_j \quad (2)$$

式中 S_i ——评价单元 i 的建设适宜性指数

F_i ——评价单元 i 的空间稳定性指数

I_{ij} ——评价单元 i 第 j 个评价指标标准化值

W_j ——第 j 个评价指标权重

n ——建设适宜性评价指标总数

m ——空间稳定性评价指标总数

第四步,“旱改水”建设难易程度识别。经过上述步骤得到各耕地图斑的建设适宜性指数和空间稳定性指数,通过耦合度模型明确各耕地图斑“旱改水”的难易程度,同时引入耦合协调度模型体现系统之间的协同,避免出现适宜性和稳定性分值都较低,耦合度较高的情况,使得评价清晰、层次分明。耦合度和耦合协调度的计算公式为

$$C_i = \left[\frac{S_i F_i}{\left(\frac{S_i + F_i}{2} \right)^2} \right]^k \quad (3)$$

$$T_i = \alpha S_i + \beta F_i \quad (4)$$

$$D_i = \sqrt{C_i T_i} \quad (5)$$

式中 C_i ——评价单元 i 的耦合度,越大表示系统耦合程度越好,反之越差

k ——子系统个数,取 2

T_i ——评价单元 i 的综合协调指数

α, β ——待定系数,取 $\alpha = \beta = 0.5$ (建设适宜性和空间稳定性同等重要)

D_i ——评价单元 i 的耦合协调度

廖重斌^[27]将耦合协调度结果从简洁到详细划分为 3 个层次,共 30 种基本类型,对于“旱改水”建设难易程度判定而言太过复杂且不利于操作。因此本文依据廖重斌研究结果并结合《广东省土地整治垦造水田建设标准(试行)》重新制定了“旱改水”建设适宜性和空间稳定性的耦合协调类型判别标准(表 3)。

表3 “旱改水”建设耦合协调类型判别标准

Tab.3 Coupling coordination classification standard of reclaiming dryland soil into paddy soil construction

耦合协调类型	耦合协调度	“旱改水”建设区域难易程度
优良协调类	≥0.90	容易改造地块
初中级协调类	0.85~0.90	重点改造地块
勉强协调类	0.75~0.85	较难改造地块
濒临失调衰退类或失调衰退类	<0.75	不宜改造地块

第五步,项目区域判定。第四步已经得到各耕地图斑开展“旱改水”建设的难易程度,但是“旱改水”建设以项目为载体实施,不能只研究单个地块的建设难度,有必要在识别“旱改水”建设难易程度的基础上,通过聚类分析将建设难度较小且相连地块筛选出来划定项目区。冷热点分析工具是通过查看邻近要素环境中的每一个要素,将高值要素(低

值要素)且被其他同样高值要素(低值要素)所包围的区域标为热点(冷点),进而得到高值或低值要素在空间上发生聚类的位置^[28-29]。因此本文选取冷热点分析方法,将“旱改水”耦合协调度图层依次划分为热点、次热点、过渡、次冷点和冷点 5 个区域(热点区“旱改水”难度较小,冷点区难度较大),进一步明确项目区选址。结合研究区调研情况在热点和次热点聚集区遴选“旱改水”建设项目。

2 结果与分析

2.1 “旱改水”建设适宜性和空间稳定性评价结果

遂溪县“旱改水”建设适宜性指数介于 51.8 ~ 82.6 之间,均值为 67.2,该指数整体较高,但存在区

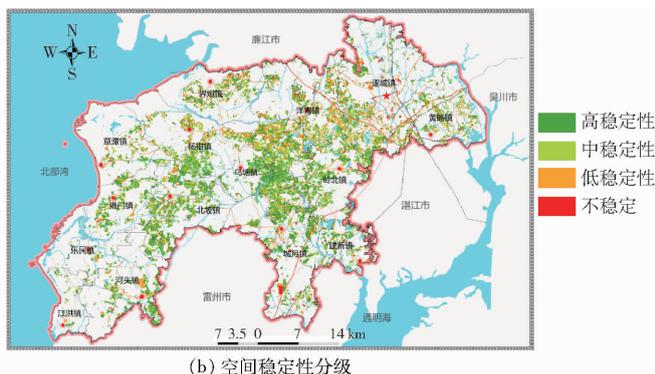
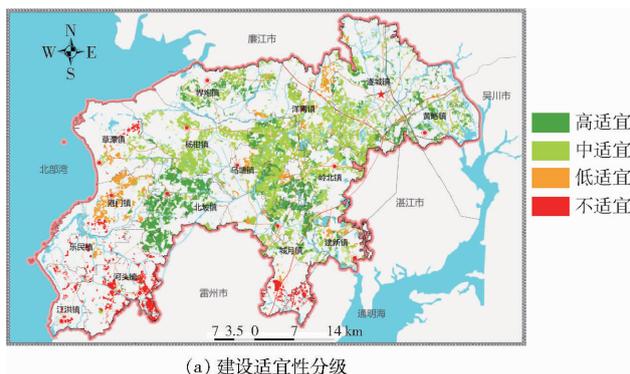


图 2 “旱改水”建设适宜性和空间稳定性评价结果

Fig. 2 Evaluation results of reclaiming dryland soil into paddy soil construction subsystems

遂溪县“旱改水”空间稳定性指数介于 38 ~ 100 之间,均值为 69,分为高稳定、中稳定、低稳定和不稳定 4 个级别,其分布与建设适宜性存在较大差异。其中,高稳定区面积最大,为 23 155.56 hm^2 ,中稳定区和低稳定区面积分别为 11 212.40、10 319.34 hm^2 ,不稳定区面积最小,仅为 1 507.85 hm^2 。由图 2b 可知,低稳定区和不稳定区集中在遂城镇、洋青镇等北部乡镇和城月镇南部,这些地块距离镇区较近且多属于一般耕地,整治意愿较低,稳定性偏低。

2.2 “旱改水”建设难易程度识别

根据“旱改水”建设适宜性、空间稳定性的耦合协调度及其类型判别标准,将研究区“旱改水”建设难易程度划分为容易改造地块、重点改造地块、较难改造地块和不宜改造地块。由图 3 可知,遂溪县“旱改水”难易程度整体呈现“北部易于南部、东部易于西部”的特征。其中,容易改造地块和重点改造地块占总面积的 79.17%,说明遂溪县“旱改水”基础较好,可操作空间较大。

容易改造地块面积为 18 958.66 hm^2 ,占总面积的 41.04%,主要分布在北坡镇、界炮镇、杨柑镇和广前公司等,其他乡镇也有分布,是“旱改水”建设的主要区域。该类地块耕地自然禀赋较好、基础设

施完备,耕地集中连片度高,并且与城镇、交通干线有一定距离,建设占用的可能性较小,耕地利用水平较高,旱地改造成水田难度较小。重点改造地块面积为 17 611.99 hm^2 ,占总面积的 38.13%,主要分布在广前公司、岭北镇、遂城镇和北坡镇等。该类耕地集中连片度较高,农业基础设施较完善,但由于土壤肥力稍低、田面有起伏等因素,区域“旱改水”难度稍高。针对该区域特点,重点做好土壤修复与改良,以土地整治项目为依托,建设

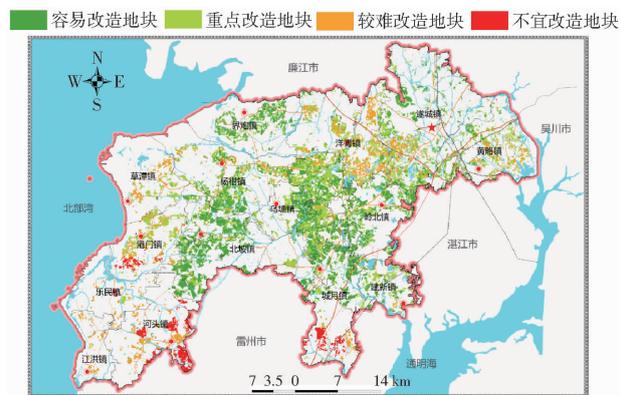


图 3 “旱改水”建设难易程度划分

Fig. 3 Difficulty in construction of reclaiming dryland soil into paddy soil

施完备,耕地集中连片度高,并且与城镇、交通干线有一定距离,建设占用的可能性较小,耕地利用水平较高,旱地改造成水田难度较小。

重点改造地块面积为 17 611.99 hm^2 ,占总面积的 38.13%,主要分布在广前公司、岭北镇、遂城镇和北坡镇等。该类耕地集中连片度较高,农业基础设施较完善,但由于土壤肥力稍低、田面有起伏等因素,区域“旱改水”难度稍高。针对该区域特点,重点做好土壤修复与改良,以土地整治项目为依托,建设

一批“田面平整、基础设施完备、景观生态良好”的优质水田。

较难改造地块面积为 7 496.42 hm², 占总面积的 16.22%, 主要分布在洋青镇、港门镇、遂城镇和黄略镇等。该类地块耕地靠近城镇、公路等, 受经济社会发展影响较大, 并且耕地自然禀赋较差、集中连片度不高, 建设难度较大。

不宜改造地块面积为 2 128.08 hm², 占总面积的 4.61%, 主要分布在河头镇、港门镇和城月镇南部等。该类地块耕地自然禀赋较差, 加之基础设施不完善, 整治意愿也较低, 当前不适宜建设“旱改水”项目。

2.3 “旱改水”建设项目区遴选

“旱改水”建设以项目为载体实施, 在“旱改水”难易程度识别的基础上, 基于 ArcGIS 冷热点分析法分析“旱改水”建设适宜性和空间稳定性的耦合协调调度在空间上的关联特征, 得到“旱改水”建设区域空间关联集聚图。由图 4 可知, 遂溪县“旱改水”建设适宜性和空间稳定性耦合协调调度的热点区聚类值介于 2.57 ~ 15.36 之间, 主要分布在杨柑镇、北坡镇、界炮镇和广前公司等中部乡镇; 次热点区聚类值介于 1.96 ~ 2.57 之间, 主要分布在热点区的周围。根据冷热点分析, “旱改水”建设项目应该主要布局在杨柑镇、北坡镇、界炮镇、岭北镇、建新镇、乌塘镇和城月镇北部。广前公司虽然处于热点范围内, 但是该公司属于制糖企业, 每年需要执行湛江市农垦局下达的甘蔗种植配额, 因此广前公司需要保留旱地种植甘蔗, 不宜作为“旱改水”重点区域。同时, 应该注意到冷热点分析是聚类分析的一种, 不排除热点区内会有零星旱地不适宜改造成水田, 同理冷点区也会有小部分旱地适宜“旱改水”建设。

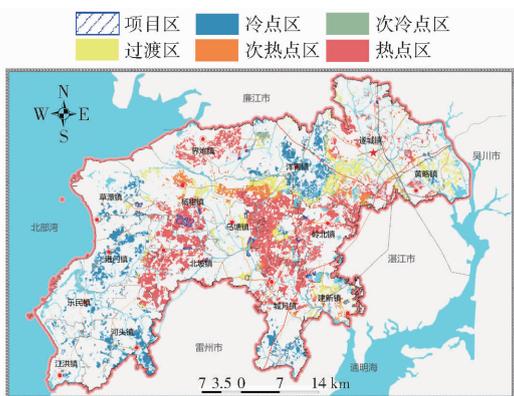


图 4 “旱改水”建设区域空间关联集聚及项目区遴选

Fig. 4 Dryland soil reclaiming into paddy soil construction area spatial association and project site selection

结合实地调研, 确定了遂溪县耕地“旱改水”范围为 921.69 hm², 主要分布在杨柑镇、城月镇、北坡

镇等 10 个乡镇。根据各地块“旱改水”难易程度将遂溪县划分为近期建设区(“十三五”期间)和中远期建设区, 详见图 4 和表 4。“旱改水”建设区域内旱地一般都符合以下一点或几点标准: ①属于基本农田或基本农田整备区里的旱地。②与周围水田相邻的旱地。③水源充足经过工程措施可以满足水稻生长的旱地。④部分水源充足低坡、低丘或山地, 通过抽水工程, 能满足灌溉条件的旱地。近期建设区总面积约 462.75 hm², 主要分布在杨柑镇(龙眼村、老陆村、苏屋村交界处)、城月镇(石塘村)、建新镇(那仙村)、界炮镇(山内村)和乌塘镇(湛川村)。中远期建设区总面积约 458.94 hm², 主要分布在遂城镇、乌塘镇、北坡镇、草潭镇、岭北镇、城月镇、广前公司、界炮镇、杨柑镇等。

表 4 “旱改水”建设项目区

Tab. 4 Dryland soil reclaiming into paddy soil construction project region

乡镇	项目区面积	项目区内旱地面积	“十三五”期间建设面积	中远期建设面积
遂城镇	13.84	13.84	0	13.84
建新镇	46.29	45.77	37.06	0
岭北镇	65.76	65.76	0	53.41
城月镇	129.48	129.48	48.86	44.75
乌塘镇	148.41	147.69	52.73	31.43
北坡镇	102.69	98.85	0	68.43
草潭镇	175.93	163.09	0	153.68
杨柑镇	393.29	379.95	302.84	19.33
界炮镇	36.26	36.26	21.26	14.68
广前公司	67.72	67.72	0	59.39
合计	1 349.16	1 317.81	462.75	458.94

3 讨论

以目标为导向, 根据中央和地方积极推进“旱改水”建设的要求与内涵, 从建设适宜性和空间稳定性两个层面构建指标体系, 并结合实地调研最终确定项目区。经遂溪县国土局讨论和再调研, 目前已经计划将城月镇石塘村列为“十三五”期间的第一个“旱改水”项目。由此可见, 本研究构建的“旱改水”建设项目遴选方法具有较强的实用性。虽然该方法已经运用到实际工作中, 但是仍有待于进一步改进完善: ①遂溪县部分地区存在旱地租金高于水田的现象, 导致农民不愿意将旱地改成水田。由于涉及 17 746 个耕地图斑, 很难全面统计每个图斑的农民意愿, 因此没有体现在指标体系中, 现有评价指标体系中的整治意愿主要反映的是政府意愿, 今后调研应逐步深入, 完善相关信息。②空间稳定性既包括建设占用的风险, 也包括了水土流失易发区

等生态脆弱区域发生自然灾害的风险,由于数据获取难,并且该地区易受台风侵袭,很难在县域尺度区分各地块的差异,因此空间稳定性中忽略了自然灾害的风险,但是在南方丘陵等水土流失多发地区,“旱改水”建设应该充分考虑水土流失风险以及其他自然灾害风险所带来的隐患。③“旱改水”项目遴选方法只是筛选出适合提质改造成水田的旱地,改造成水田后产量需要经过若干年的管护才能达到最佳。有研究表明^[30],随着水田种植年限的增加,犁底层厚度和深度不断的增加,可以使水田逐渐达到高产田。因此后期管护尤为重要,要使物尽其用不仅要“选”好更要“管”好。

4 结论

(1)根据“旱改水”项目建设的内涵和目标,从建设适宜性和空间稳定性 2 个层面构建指标体系,并以耦合协调度模型统筹建设适宜性和空间稳定性,从而明确“旱改水”建设区域,解决“旱改水”项目“建在哪儿”这一关键问题,为“旱改水”建设项目的遴选布局提供方法借鉴。

(2)遂溪县“旱改水”建设适宜性指数介于 51.8 ~ 82.6 之间,该指数整体较高,但区域差异明

显,其中北坡镇、界炮镇、城月镇和广前公司等耕地的建设适宜性较好。空间稳定性与适宜性存在较大差异,稳定性较低的区域主要集中在镇区周围且多属于一般耕地,整治意愿较低,稳定性偏低。

(3)通过耦合协调度计算方法及类型判别标准,将遂溪县“旱改水”建设难易程度划分为 4 类。其中,容易改造地块面积为 18 958.66 hm²,主要分布在北坡镇、界炮镇、杨柑镇和广前公司等,是建设“旱改水”项目的主要区域,该区域中大多地块自然禀赋较好,且与周围已有水田集中连片,可以达到一定建设规模;重点改造地块面积为 17 611.99 hm²,该区域大部分是水源充足的旱地,经过工程和生物措施,能满足水稻等农作物正常生长;较难改造地块和不宜改造地块面积为 7 496.42、2 128.08 hm²,这两个区域主要受限于灌溉水源无法保障、土壤改善后仍不适合种植水稻等因素,不宜建设旱改水项目。

(4)基于冷热点分析,确定了“旱改水”项目建设热点区、次热点区等 5 个区域,并结合实地调研最终确定了遂溪县“十三五”期间“旱改水”建设区总面积 462.75 hm²,主要分布在杨柑镇(龙眼村、老陆村、苏屋村交界处)、城月镇(石塘村)、建山镇(那山村)、界炮镇(山内村)和乌塘镇(湛川村)。

参 考 文 献

- 李陈,靳相木. 基于质量提升的规划期内县域耕地产能占补平衡潜力评价[J]. 自然资源学报, 2016, 31(2): 265 - 274. LI Chen, JIN Xiangmu. Arable land production capacity in the planning period based on quality improvement at county level[J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(2): 265 - 274. (in Chinese)
- 王盼盼, 宋戈, 王越. 农用地分等及土地开发整理成果在耕地占补平衡中的应用[J]. 农业工程学报, 2016, 32(11): 258 - 264. WANG Panpan, SONG Ge, WANG Yue. Application of agricultural land gradation and land consolidation to cultivated land requisition-compensation balance[J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(11): 258 - 264. (in Chinese)
- 许丽丽, 李宝林, 袁烨城, 等. 2000—2010 年中国耕地变化与耕地占补平衡政策效果分析[J]. 资源科学, 2015, 37(8): 1543 - 1551. XU Lili, LI Baolin, YUAN Huacheng, et al. Changes in China's cultivated land and the evaluation of land requisition-compensation balance policy from 2000 to 2010[J]. Resources Science, 2015, 37(8): 1543 - 1551. (in Chinese)
- 郭荣中, 杨敏华, 申海建. 长株潭地区耕地生态安全评价研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(10): 193 - 201. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx? flag = 1&file_no = 20161025&journal_id = jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.10.025. GUO Rongzhong, YANG Minhua, SHEN Haijian. Evaluation for ecological security of cultivated land in Chang-Zhu-Tan Region [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(10): 193 - 201. (in Chinese)
- 费建波, 凌静, 吴玺, 等. 基于土地整治监测监管系统的高标准农田建设状况分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 267 - 274. FEI Jianbo, LING Jing, WU Xi, et al. Analysis on construction of well-facilitated farmland based on land reclamation monitoring and supervision system[J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(3): 267 - 274. (in Chinese)
- 孙茜, 牛海鹏, 雷国平, 等. 高标准农田建设区域划定与项目区选址研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 337 - 346. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx? flag = 1&file_no = 20161242&journal_id = jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.12.042. SUN Qian, NIU Haipeng, LEI Guoping, et al. Well-facilitated farmland construction zoning and project site selection [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(12): 337 - 346. (in Chinese)
- 李发志, 孙华, 江廷美, 等. 高标准基本农田建设区域时序划分[J]. 农业工程学报, 2016, 32(22): 251 - 258. LI Fazhi, SUN Hua, JIANG Tingmei, et al. Time sequence division of high-standard prime farmland construction area [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(22): 251 - 258. (in Chinese)
- 刘晓南, 黄燕, 程炯. 高标准基本农田建设工程生态化设计研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2016, 24(1): 1 - 11. LIU Xiaonan, HUANG Yan, CHENG Jiong. Ecological engineering designs of high standard basic farmland construction [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2016, 24(1): 1 - 11. (in Chinese)
- 刘新卫, 李景瑜, 赵崔莉. 建设 4 亿亩高标准基本农田的思考与建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(3): 1 - 5. LIU Xinwei, LI Jingyu, ZHAO Cuili. On building 4 hundred million Mu of high-standard basic farmland in the twelfth Five-Year Plan [J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(3): 1 - 5. (in Chinese)
- 蔡运龙. 中国农村转型与耕地保护机制[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 1 - 6. CAI Yunlong. The mechanisms of cropland conservation in Chinese rural transformation [J]. Scientia Geologica Sinica, 2001,

- 21(1):1-6. (in Chinese)
- 11 赵华甫,张凤荣,许月卿,等.北京城市居民需要导向下的耕地功能保护[J].资源科学,2007,29(1):56-62.
ZHAO Huaufu, ZHANG Fengrong, XU Yueqing, et al. Urban residents' needs-oriented functional protection of cultivated land in Beijing[J]. Resources Science, 2007,29(1): 56-62. (in Chinese)
- 12 PIAO S L, FANG J Y, CIAIS P, et al. The carbon balance of terrestrial ecosystems in China[J]. Nature, 2009(458):1009-1014.
- 13 陈红宇,朱道林,郎文聚,等.嘉兴市耕地细碎化和空间集聚格局分析[J].农业工程学报,2012,28(4):235-242.
CHEN Hongyu, ZHU Daolin, YUN Wenju, et al. Analysis on cultivated land fragmentation and spatial agglomeration pattern in Jiaxing City[J]. Transactions of the CSAE, 2012,28(4): 235-242. (in Chinese)
- 14 张凤荣,薛永林,鞠正山,等.中国耕地的数量与质量变化分析[J].资源科学,1998,20(5):35-42.
ZHANG Fengrong, XUE Yonglin, JU Zhengshan, et al. Quantitative and qualitative prediction of farmland changes in China[J]. Resources Science, 1998,20(5): 35-42. (in Chinese)
- 15 吴克宁,焦雪瑾,梁思源,等.基于标准样地国家级汇总的耕地质量动态监测点构架研究[J].农业工程学报,2008,24(10):74-79.
WU Kening, JIAO Xuejin, LIANG Siyuan, et al. Framework of the arable-land quality dynamic monitoring sites through national gathering of standard farmland[J]. Transactions of the CSAE, 2008,24(10): 74-79. (in Chinese)
- 16 孔祥斌,李翠珍,赵晶,等.乡镇尺度耕地生产能力实现程度分析与实证[J].农业工程学报,2010,26(12):345-351.
KONG Xiangbin, LI Cuizhen, ZHAO Jing, et al. Method and empirical research on the realization degree of arable land production capacity at town level[J]. Transactions of the CSAE, 2010,26(12): 345-351. (in Chinese)
- 17 杨瑞珍,陈印军.东北地区耕地质量状况及变化态势分析[J].中国农业资源与区划,2014,35(6):19-24.
YANG Ruizhen, CHEN Yinjun. Analysis of quality of cultivated and land change trend in Northeast area[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2014,35(6): 19-24. (in Chinese)
- 18 闫加力,李懋,熊双莲,等.旱改水对水稻幼苗生长的影响及秸秆的改良作用[J].中国生态农业学报,2015,23(5):554-562.
YAN Jiali, LI Mao, XIONG Shuanglian, et al. Effect of reclaiming cotton field into paddy and straw application on rice seedling growth[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015,23(5): 554-562. (in Chinese)
- 19 陈社明.吉林西部浅层地下水系统对旱改水工程的响应研究[D].长春:吉林大学,2013.
CHEN Sheming. Response of shallow groundwater system to dryland changed into paddy field project in western of Jilin Province [D]. Changchun: Jilin University, 2013. (in Chinese)
- 20 阚国坤,惠富平.苏北地区农业旱改水对当地生态环境影响的研究[J].生态经济,2010(8):147-151,171.
KAN Guokun, HUI Fuping. Study on local ecological environment influence on the agriculture of northern Jiangsu since the area changed dry land into paddy field in 1949[J]. Ecological Economy, 2010(8): 147-151, 171. (in Chinese)
- 21 任艳敏,孙九林,刘玉,等.县域永久基本农田划定方法研究[J/OL].农业机械学报,2017,48(4):135-141. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170417&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.04.017.
REN Yanmin, SUN Jiulin, LIU Yu, et al. Research on the delineation method of permanent basic farmland on the county scale[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017,48(4): 135-141. (in Chinese)
- 22 匡丽花,叶英聪,赵小敏,等.基于农用地分等修正的土地整治项目对耕地质量的影响评价[J].农业工程学报,2016,32(17):198-205.
KUANG Lihua, YE Yingcong, ZHAO Xiaomin, et al. Evaluation on influence of land consolidation project on cultivated land quality based on agricultural land classification correction method[J]. Transactions of the CSAE, 2016,32(17): 198-205. (in Chinese)
- 23 张超,刘佳佳,陈英义,等.土地整治区田块空间形态变化遥感监测与评价[J/OL].农业机械学报,2017,48(1):104-111. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170114&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.01.014.
ZHANG Chao, LIU Jiajia, CHEN Yingyi, et al. Remote sensing monitor and evaluation on patch morphology changing in land consolidation areas[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017,48(1): 104-111. (in Chinese)
- 24 鄢瑞卿,关侠,鄢旭久,等.基于自组织神经网络的耕地自然质量评价方法及其应用[J].农业工程学报,2014,30(23):298-305.
QIE Ruiqing, GUAN Xia, YAN Xujiu, et al. Method and its application of natural quality evaluation of arable land based on self-organizing feature map neural network[J]. Transactions of the CSAE, 2014,30(23): 298-305. (in Chinese)
- 25 徐康,金晓斌,吴定国,等.基于农用地分等修正的土地整治项目耕地质量评价[J].农业工程学报,2015,31(7):247-255.
XU Kang, JIN Xiaobin, WU Dingguo, et al. Cultivated and quality evaluation of land consolidation project based on agricultural land gradation[J]. Transactions of the CSAE, 2015,31(7): 247-255. (in Chinese)
- 26 杨建宇,赵龙,徐凡,等.基于耕地连片度的高标准基本农田建设划区[J/OL].农业机械学报,2017,48(4):142-148. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170418&journal_id=jcsa. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.04.018.
YANG Jianyu, ZHAO Long, XU Fan, et al. Zoning of high standard prime farmland construction based on arable lands connectivity[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017,48(4): 142-148. (in Chinese)
- 27 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J].热带地理,1999,19(2):171-177.
LIAO Chongbin. Quantitative judgement and classification system for coordinated development of environment and economy—a case study of the city group in the Pearl River Delta[J]. Tropical Geography, 1999,19(2): 171-177. (in Chinese)
- 28 张广纳,邵景安,王金亮,等.三峡库区重庆段农村面源污染时空格局演变特征[J].自然资源学报,2015,30(7):1197-1209.
ZHANG Guangna, SHAO Jing'an, WANG Jinliang, et al. Spatial and temporal variations of agricultural non-point source pollution in the Three Gorges reservoir area of Chongqing[J]. Journal of Natural Resources, 2015,30(7): 1197-1209. (in Chinese)
- 29 杨宇,刘毅,金凤君,等.塔里木河流域绿洲城镇发展与水土资源效益分析[J].地理学报,2012,67(2):157-168.
YANG Yu, LIU Yi, JIN Fengjun, et al. Spatio-temporal analysis of urbanization and land and water resources efficiency of oasis cities in Tarim river basin[J]. Acta Geographica Sinica, 2012,67(2): 157-168. (in Chinese)
- 30 林景亮.水田土壤犁底层的特性与水稻产量的关系[J].土壤通报,1965(4):49-51.