



余述琼, 谢恩怡, 覃碧, 郝雅琴, 赵晶, 张炎, 孔祥斌. 基于资源、成本和效率相统筹的交通项目临时用地利用评估研究[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(03): 175-188.

YU Shuqiong, XIE Enyi, QIN Bi, HAO Yaqin, ZHAO Jing, ZHANG Yan, KONG Xiangbin. Research on the evaluation of temporary land use for transportation projects based on the integration of resource, cost and efficiency[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(03): 175-188.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.03.16

基于资源、成本和效率相统筹的交通项目临时用地 利用评估研究

余述琼^{1,2} 谢恩怡³ 覃碧⁴ 郝雅琴⁵ 赵晶^{3,5} 张炎³ 孔祥斌^{3*}

- (1. 广西路建工程集团有限公司, 南宁 530029;
2. 广西国土资源规划设计集团有限公司, 南宁 530028;
3. 中国农业大学 土地科学与技术学院, 北京 100193;
4. 广西北投能源投资集团有限公司, 南宁 530201;
5. 北京方圆大地规划设计咨询有限公司, 北京 100193)

摘要 探索交通临时用地复垦及利用决策,可以有效衔接交通建设、粮食安全和乡村振兴三者之间的关系。以广西壮族自治区崇爱高速公路为例,综合利用多指标评价和空间分析等方法,构建基于资源、成本和效率相统筹的交通项目临时用地复垦及利用适宜性评价体系,进行临时用地利用适宜性指数测算及分级评价,从而确定交通项目临时用地的最佳利用方向和模式。结果表明:1)崇爱高速公路临时用地适宜复垦的评价单元共有11个,面积25.72 hm²;适宜恢复为原地类的评价单元共有16个,面积30.95 hm²,适宜探索其他利用方向的评价单元共有21个,面积53.54 hm²。2)本研究根据交通项目临时用地的特征差异,提出了保留建设、闲置再开发和公共设施补足等3种交通项目临时用地利用方向。实践证明以上研究符合土地整治、乡村振兴和产业用地需求实践。综上,本研究构建的交通项目临时用地复垦及利用适宜性评价体系具有综合性和实用性,可为提高用地节约集约利用效益、缓解乡村用地矛盾、助力地方乡村振兴发展提供借鉴和参考。

关键词 交通项目; 临时用地; 复垦评价; 利用方向; 协同发展

中图分类号 F323.21

文章编号 1007-4333(2024)03-0175-14

文献标志码 A

Research on the evaluation of temporary land use for transportation projects based on the integration of resource, cost and efficiency

YU Shuqiong^{1,2}, XIE Enyi³, QIN Bi⁴, HAO Yaqin⁵, ZHAO Jing^{3,5}, ZHANG Yan³,
KONG Xiangbin^{3*}

- (1. Guangxi Road Construction Engineering Group Co., Ltd., Nanning 530029, China;
2. Guangxi Land and Resources Planning and Design Group Co., Ltd., Nanning 530028, China;
3. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
4. Guangxi Beitou Energy Investment Group Co., Ltd., Nanning 530201, China;
5. Beijing Fangyuan Plan Co., Ltd., Beijing 100193, China.)

Abstract Exploring the decision-making of temporary land reclamation and utilization for transportation can effectively connect the relationships among transportation construction, food security, and rural

收稿日期: 2023-07-18

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(42171289); 广西科技基地和人才专项(2020AC19109)

第一作者: 余述琼(ORCID: 0009-0004-7863-2902), 高级经济师, 主要从事耕地资源利用、评价与保护和企业经济研究, E-mail: yushuqiong1980@126.com

通讯作者: 孔祥斌(ORCID: 0000-0002-6471-928X), 教授, 主要从事耕地资源利用和评价与保护研究, E-mail: kxb@cau.edu.cn

revitalization. Taking Chongzuo-Aidian Expressway of Guangxi Zhuang Autonomous Region as an example, the multi-indicator evaluation and spatial analysis were comprehensively utilized to construct a suitable evaluation system for the reclamation and utilization of temporary land for transportation projects based on the integration of resource-cost-efficiency. The measurement of suitability index for utilization of temporary land as well as the hierarchical evaluation were carried out, and the optimal direction and mode of utilization of temporary land for transportation projects were determined. The results show that: 1) There are 11 evaluation units suitable for reclamation of the temporary land of Chongzuo-Aidian Expressway, with an area of 25.72 hm²; There are 16 evaluation units suitable to restore the original land type, with an area of 30.95 hm². There are 21 evaluation units suitable to exploring other directions of utilization, with an area of 53.54 hm². 2) Based on the differences in the characteristics of the temporary land of the transportation project, this study proposes 3 types of temporary land use directions for transportation projects, such as retaining construction, idle redevelopment, and public facilities replenishment. Practices prove that the above study is in line with the practice of land improvement, rural revitalization and industrial land demand. In conclusion, the evaluation system of reclamation and utilization suitability of temporary land constructed for transportation projects is comprehensive and practical. This study can provide references for improving the efficiency of land saving and intensive utilization, alleviating the contradiction of rural land use and boosting the development of local rural revitalization.

Keywords transportation projects; temporary land; reclamation evaluation; utilization direction; coordinated development

临时用地管理制度是《土地管理法》规定的重要制度之一^[1-2],其在确保土地可持续利用、满足国家粮食安全、节约集约用地和生态文明建设需求等方面具有重要意义^[3]。交通临时用地是指交通建设过程中需要临时使用、在项目建设完成后不再使用的国有或集体所有的土地,期限一般不超过2年^[4-5]。线性基础设施建设决定了临时用地占用耕地的不可避免性和无奈性^[6]以及占用地类的复杂性^[7]。由于交通项目建设受到特定服务半径和施工条件限制,其临时用地选址一般优先选择交通便利的地块^[8],且具有数量多、地块分散的特点^[6],在现行临时用地复垦利用中过分强调农地化利用和按占用前原貌复垦,使得我国目前临时用地复垦面临着生态效益差、经济成本高、公众满意度低、“复垦难”等诸多问题^[6,8]。交通等重大基础设施会对区域乡村发展带来深刻变化^[7,9],有效增强城乡要素流通和农村经济转型,随着交通沿线非农要素辐射和带动能力的增强,沿线农村土地利用的复合属性^[10]及土地利用类型之间兼容性^[11]需求将更加明显。2022年12月15日,国家发展改革委印发了《“十四五”扩大内需战略实施方案》,提出要加强交通、能源、水利等网络型基础设施建设,2023年4月,交通运输部等联合印发《加快建设交通强国五年行动计划(2023—2027年)》。长期来看,未来中国仍处于线

性工程需求增长期^[7],国家对能源、交通、水利等基础设施建设力度还将加大,因此其临时用地需求量也将增加。目前对于临时用地复垦利用领域相关研究较多,主要集中在复垦适宜性评价、复垦方案优化以及临时用地对沿线区域扰动影响等。例如,金晓斌等^[6,12-13]对高速公路建设土地破坏特征及复垦决策进行分析,开发了高速铁路大临设施用地复垦利用辅助决策系统,通过评价各复垦方向的综合效率来确定高速铁路大临设施制梁场复垦优化方案;杜建平等^[3,8,14]对重庆煤矿临时用地进行了适宜性评价,并提供了复垦利用方向的对策建议;张玉臻等^[15]将废弃土地相关利益群体的判断纳入土地再利用方向适宜性评价;朱英华等^[16]进行了公路临时用工程全过程的实践探索;袁中友等^[17]对高速公路临时用地土壤质量差异进行了研究。在研究方法上,主要有生态位适宜度变权法、主成分分析法、极限综合评价法、综合评价法^[3,18-21]。目前临时用地利用多集中在复垦适宜性评价和复垦设计上,虽然已有研究适度考虑了土地因素和经济因素的影响,但总体上考虑较为单一,缺乏将交通项目临时用地利用与乡村振兴发展需求等相结合,将交通临时用地的利用放到粮食安全与乡村振兴相统筹的背景下进行综合研究的相对较少,同时缺少一定现势性和实践性。从乡村振兴与高质量发展中长期战略来看,将交通沿

线临时用地与乡村发展规划相结合,统筹临时资源适宜、经济成本以及规划协调等因素,综合确定交通项目临时用地利用方向则更为重要。

广西壮族自治区于2019年入选交通强国建设试点,2021年5月20日自然资源部批复同意广西壮族自治区开展交通项目沿线土地综合整治试点,同时崇爱高速公路建设中也尝试将项目临时土地利用转型创新作为试点工作内容之一。充分挖掘土地资源综合价值,如何在有效衔接交通建设、粮食安全和乡村振兴的基础上,探索临时用地管理制度优化和复垦决策等具有很强的现势性和必要性。鉴于此,为探索交通临时用地复垦及利用决策,本研究拟以崇爱高速公路交通临时用地为例,将交通项目临时用地再利用方式与沿线乡村发展需求进行有效衔接,构建基于资源、成本和效率相统筹的交通项目临时土地利用适宜性评价指标体系,对交通项目临时用地进行精细化分析评估和分类研究,根据评价结果建立交通临时土地利用决策规则,以确定交通项目临时用地最合理利用方式,以期科学优化交通临时用地管理政策和复垦利用决策提供科学依据。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究项目概况

1.1.1 崇爱高速公路建设项目概况

水口-崇左-爱店公路(崇左至爱店口岸段)(以下简称“崇爱高速公路”)位于崇左市宁明县境内,路线起于南宁至友谊关高速公路天西枢纽互通(规划),由北向南经崇左市宁明县亭亮镇、东安乡、明江镇、峙浪乡、爱店镇等5个乡镇,接国道GZ19公路,全长约55.12 km。项目由广西新发展交通集团有限公司投资修建,全线设计速度100 km/h,路基宽26.0 m,双向四车道,桥梁设计荷载等级采用公路-I级。崇爱高速公路建设工期为4年,2020年1月至2023年12月。

1.1.2 崇爱高速公路项目沿线资源、社会经济概况

宁明县地处广西壮族自治区西南部,辖区里有7个镇6个乡,有22个社区、162个行政村(社区)1 086个自然屯,获得“中国最美乡村旅游目的地”等称号。宁明县位于北回归线以南,距北部湾较近,受海洋季风调剂,终年温度较高,雨量较多,雨季旱季分明的亚热带季风气候。6—8月,常受台风影响,多大雨、暴雨天气。崇爱高速公路沿线水源主要为明江、

明江2条支流六才河、旭泉河及驮英水库干渠、派连干渠等,水源充足。高速主线西部、西北部为峰丛洼地和丘陵洼地地貌;北部为红层丘陵盆地地貌;中南部多为中低山丘陵地貌。沿线周边熟制为一年两熟。

2021年宁明县生产总值(GDP)118.40亿元,比上年增长9.3%。财政收入5.66亿元,增长12.5%;固定资产投资增长19.6%;社会消费品零售总额增长8.1%。全体居民人均可支配收入20 855元,增长8.9%,其中城镇居民人均可支配收入32 780元,增长7.1%,农村居民人均可支配收入15 472元,增长10.1%。

1.1.3 崇爱高速公路临时用地概况

崇爱高速公路沿线涉及5个行政乡(镇),途经23个村级行政区,临时用地占地面积110.204 1 hm²,其中占用水田26.096 2 hm²,旱地40.263 8 hm²,林地35.548 9 hm²,其他地类8.295 3 hm²,共涉及到项目经理部、隧道驻地、弃土场、取土场、场站、施工便道、搅拌场、预制场、便道九种类型的临时用地,损毁方式分别是挖损、挖损后压损两种。崇爱高速公路临时用地占用地类及用途情况见表1。

1.2 数据来源

土地利用现状数据来源于宁明县第三次全国国土调查;2018年宁明县耕地质量等别更新数据、宁明县影像资料及DEM数据来源于广西壮族自治区崇左市宁明县自然资源局;崇爱高速交通主线、崇爱路临时用地分布数据来源于广西路建工程集团有限公司;土壤pH和土壤有机质含量数据来源于国家科技基础条件平台-国家地球系统科学数据中心(<http://www.geodata.cn>)中国高分辨率国家土壤信息格网基本属性数据集(2010—2018年);土壤质地数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心中国1:100万土壤质地空间分布数据(1995年);土壤侵蚀数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心中国1:100万土壤质地空间分布数据(1995年);宁明县崇爱高速公路产业带概念性规划来自宁明县人民政府;宁明县基本情况、社会经济数据等来源于宁明县人民政府公开信息以及《宁明县2022年度政府工作报告》等。

2 研究方法与技术流程

2.1 研究思路

按照“确定评价单元、进行地块综合评价、建立

表1 崇爱高速临时用地现状

Table 1 Current status of Chongzuo-Aidian Expressway temporary land

地块用途 Plot use	评价单元数量 Number of units	损毁方式 Mode of destruction	地块面积/hm ² Plot area				
			林地 Woodland	水田 Paddy field	旱地 Dry land	其他 Other land	合计 Total
便道 Shortcut	4	挖损后压占	0.039 8	0.758 7	0.893 3	0.219 7	1.911 4
场站 Air field station	2	挖损后压占	4.704 5	1.768 5	0.939 0	0.121 0	7.533 0
预制场 Precast yard	2	挖损后压占	0.005 7	1.511 5	1.595 9	0.246 5	3.359 6
搅拌站 Mixing plant	6	挖损后压占	5.475 9	0.506 2	18.484 0	0.288 3	24.754 3
弃土场 Spoil ground	23	挖损后压占	15.254 8	16.496 3	17.173 9	5.577 5	54.502 5
取土场 Borrow area	1	挖损	5.539 0	0.004 1	0.114 6	0.134 6	5.792 3
隧道驻地 Tunnel site	5	挖损后压占	1.865 3	0.403 7	0.244 2	0.205 8	2.719 1
项目部 Project department	2	挖损后压占	0.149 3	4.646 3	0.817 7	1.495 2	7.108 4
炸药库 Explosive magazine	3	挖损后压占	2.514 7	0.000 9	0.001 2	0.006 7	2.523 6
合计 Total			35.548 9	26.096 2	40.263 8	8.295 3	110.204 1

复垦及利用决策规则”的总体思路,选取崇爱高速临时用地作为评价对象,确定临时用地复垦及利用方向。具体操作过程如下:1)以临时用地地块为评价单元,与土地利用现状图进行空间叠加分析,确定临时用地原占地类等;2)构建基于资源、成本和效率相统筹的交通项目临时用地复垦及利用适宜性评价体系,分别在资源条件、恢复难度、发展协同3个方面选取指标,依据评价单元现状与研究目标等,综合利用多指标综合评价^[7,22]、空间叠加、缓冲分析等方法,对交通项目临时用地分别在资源条件、恢复难度、发展协同等方面,测算临时土地利用适宜性指数,并进行分级评价;3)同时兼顾科学性和实用性,构建交通项目临时用地复垦及利用方向决策规则^[23],确定交通项目临时用地最佳利用方向和模式。具体技术路线图如图1所示。

2.2 研究方法

2.2.1 临时用地复垦及利用适宜性评价

1)构建评价指标体系。构建基于资源、成本和效率”相统筹交通项目临时用地复垦及利用适宜性评价体系,遵循科学性、目标性、综合性、实用性等原则,考虑因素层和指标层2个层面,从资源条件、恢复难度、发展协同3个方面选择指标,刻画交通沿线临时用地地块复垦及利用适宜性。

资源条件反映交通项目临时用地的土壤本底条件和耕地利用现状等人为利用属性。通过土壤侵蚀状况、土壤条件、地形条件和耕作条件等4个方面集成了临时用地资源适宜性评价指标,选择土壤侵蚀程度表征土壤侵蚀状况,选取土壤质地、土壤有机质含量、土壤pH表征地块的土壤条件,选取坡度表征地块的地形条件,选取灌溉条件和排水条件表征耕作条件。

恢复难度用于反映和评估交通项目临时用地复垦的成本可控性。通过损毁情况、复垦成本集成临时用地成本可控性评价指标,选择损毁方式和损毁程度表征损毁情况。基于崇爱高速临时用地的基本情况,损毁方式主要是挖损、挖损后压占2种。

发展协同用于评估临时用地复垦及利用的效益和发展协同性,重点从提高资源利用效率、减少资源浪费的角度出发,探讨交通项目临时用地效率。通过区位条件和人地关系等集成交通项目临时用地复垦及利用发展协同评价指标,选择产业发展辐射强度、城乡融合趋势以及便利性来表征地块区位条件,选取区域用地紧张度来表征区域人地关系。在对原始数据处理时,为消除各指标的不同数量级和量纲,采用极差标准化方法对原始数据进行标准化处理。各项评价指标的具体说明和计算方法见表2。

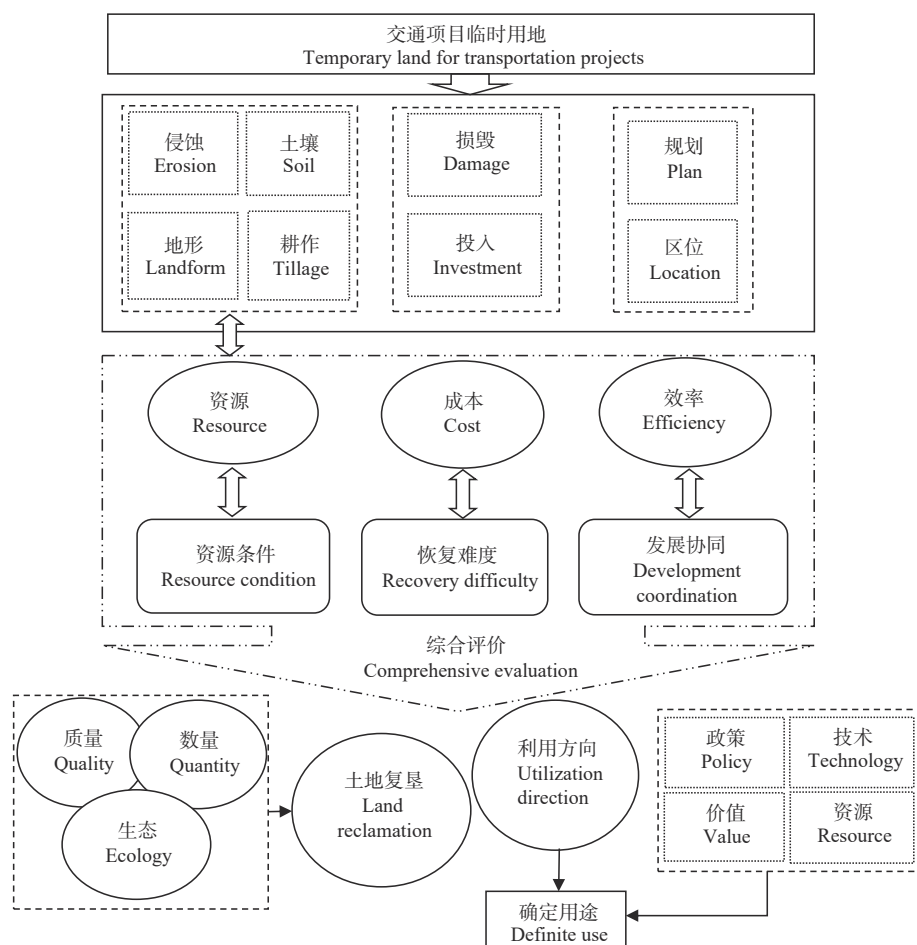


图1 技术路线图

Fig. 1 Technical flowchart

表2 交通项目临时用地复垦及利用适宜性评价指标体系

Table 2 Indicator system for evaluating the suitability of temporary land reclamation and use for transport projects

适宜性 Suitability	因素层 Criteria	指标层 Index	指标含义 Index interpretation	计算方法 Calculation method	属性 ^④ Attribute
资源条件 Resource condition	土壤侵蚀状况	土壤侵蚀程度	指土壤及其母质在水力、风力、冻融或重力等外营力作用下，被破坏、剥蚀、搬运和沉积的程度	据中国科学院资源环境科学数据中心侵蚀数据经空间处理后得到指标结果 ^①	+
		土壤质地	土壤中不同大小直径的矿物颗粒的组合状况	据中国科学院资源环境科学数据中心土壤质地经空间处理后得到指标结果 ^①	+
	土壤条件	土壤有机质含量	单位体积土壤中所含有机物质的数量	据国家地球系统科学数据中心土壤有机质含量数据经空间处理后得到指标结果 ^①	+
		土壤pH	土壤的酸碱程度	据国家地球系统科学数据中心土壤pH数据经空间处理后得到指标结果 ^①	+

表2(续)

适宜性 Suitability	因素层 Criteria	指标层 Index	指标含义 Index interpretation	计算方法 Calculation method	属性 ^④ Attribute
	地形条件	坡度	地块所属地表单元陡缓程度	根据DEM计算 ^①	+
	耕作条件	灌溉条件	原先耕地的灌溉情况	根据原耕地地类或周边耕地地类的耕地质量等级评定成果灌溉保证率结果赋值 ^①	-
		排水条件	受地形和排水体系共同影响的雨后(或灌溉后)地表积水情况	根据原耕地地类或周边耕地地类的耕地质量等级评定成果排水条件结果赋值 ^①	-
		地下水埋深	可能受地下水渍害的程度	地表距地下水位深度	+
	恢复难度 Recovery difficulty	损毁方式	临时用地建设对地表的损毁方式	根据损毁方式的复垦难易程度分级赋值 ^②	+
		损毁程度	在耕地上进行建筑物、构筑物建设,导致耕地原有耕作层遭到破坏的程度	根据地表硬化占比计算	+
		复垦成本	将建设用地复垦为耕地所需成本	根据复垦成本投入计算	+
发展协同 Development coordination	区位条件	产业发展辐射强度	城乡融合及地方产业发展的辐射和带动能力	根据《宁明县崇爱高速公路产业带概念性规划》结合产业带城乡融合发展布局,按照地块位置差异(主发展轴、核心组团、政府所在区域、重点村、一般村)进行分级赋值 ^③	+
		城乡融合趋势	地块到所处行政区的中心城镇距离	地块所处行政区到乡镇距离	-
		交通便利性	地块周边交通通达程度	地块到主干道距离	-
	人地关系	用地紧张度	地块所处行政区(乡镇还是村)的人均建设用地面积	人均建设用地面积	-

注:①依据原国土资源部《农用地分等定级规程》计算指标标准分;②按照临时用地地块存在的挖损、压占和塌陷3种损毁方式,3种损毁方式都有的100分,有2种损毁方式的70分,只有1种损毁方式的40分;③按照主发展轴(5分)>核心组团(4分)>政府所在区域(3分)>重点村(2分)>一般村(1分)对地块进行累加赋分;④“+”代表指标性质为正向,值越大,对潜力评价支撑力度越大;“-”代表指标性质为负向,值越小,对潜力评价支撑力度越大。

Note: ① The natural quality scores are calculated according to the “Regulations for classification on agriculture land” of the former Ministry of Land and Resources of the People’s Republic of China. ② According to the three damage modes of excavation, compression and collapse existing in the temporary land parcels, all the three damage modes have 100 points, two damage modes have 70 points, and only one damage mode has 40 points. ③ Parcels are graded according to the following rules: Main development axis (5 points)>Core group (4 points)>Government area (3 points)>Key villages (2 points)>General villages (1 point). ④ + means that the index is positive, and the greater the value, the greater the support for potential evaluation. - indicates that the indicator is negative, and the smaller the value, the greater the support for potential evaluation.

2) 指标权重测算。资源条件各指标权重采用组合赋权法确定,参考《广西土地开垦项目新增耕地质量等级评价报告(参考大纲)》和《农用地分等规程》等作为主观赋权的权重,熵权法计算结果作为客观赋权的权重。恢复难度和发展协同各指标采用熵权法计算结果作为指标权重。组合赋权法确定权重的计算公式如下:

$$W_i = \frac{\sqrt{\alpha_i \beta_i}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\alpha_i \beta_i}} \quad (1)$$

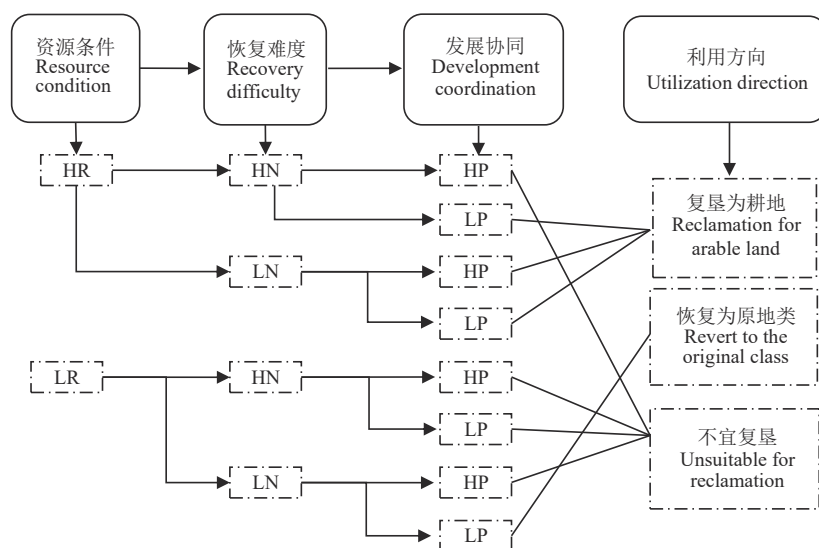
式中: W_i 为组合赋权法确定的权重; α_i 为主观赋权的权重; β_i 为熵权法计算的权重; i 为第 i 个原始指标的数据。

3) 适宜性指数测算和分级评价。以评价单元为基础,测算临时用地利用适宜性指数,再采用自然断点法,划分利用适宜性级别,进行分级评价。资源条件评价结果划分为优、劣2个等级,分别简写为HR、LR;恢复难度评价结果划分为高、低2个等级,分别简写为HN、LN;发展协同评价结果划分为强、弱2个等级,分别简写为HP、LP。

2.2.2 确定利用方向决策规则

根据资源条件、恢复难度、发展协同3个方面的

评价分级结果,形成基于“资源、成本和效率”交通项目临时用地利用组合关系,共8种,分别是HR-HN-HP、HR-HN-LP、HR-LN-HP、HR-LN-LP、LR-HN-HP、LR-HN-LP、LR-LN-HP、LR-LN-LP。建立交通项目临时用地地块的利用决策规则,详见图2。具体决策过程如下:首先,优先保障粮食安全为目标,以资源条件适宜性作为确定临时用地复垦及利用优先序的前置条件,资源条件优等级(HR)地块,原则上优先复垦为耕地,对于资源条件优、但恢复难度大且发展协同强(HP)的地块,可以考虑纳入转型利用范围;其次,对于资源条件为劣(LR)的地块,可综合考虑恢复难度和发展协同差异优化临时用地利用方向,对于恢复难度低(LN)且发展协同弱(LP)的地块可以因地制宜恢复为占用前原地类,恢复难度高(HN)或发展协同强(HP)的地块可考虑结合当地乡村发展需求进行转型利用。基于上述地块利用决策规则,得出优先复垦为耕地的地块组合关系为HR-HN-LP、HR-LN-HP、HR-LN-LP3种,可考虑因地制宜恢复为原地类的地块组合关系为LR-LN-LP,可考虑与乡村发展相衔接探索转型利用路径的地块组合为HR-HN-HP、LR-HN-HP、LR-HN-LP和LR-LN-HP4种。



HR、LR、HN、LN、HP、LP分别代表资源条件优、资源条件劣、复垦难度高、复垦难度低、发展协同强、发展协同弱。

HR, LR, HN, LN, HP and LP represent excellent resource conditions, poor resource conditions, high reclamation difficulty, low reclamation difficulty, strong development coordination and weak development coordination, respectively.

图2 交通项目临时用地利用方向决策规则

Fig. 2 Decision rules for the direction of temporary land use for transport projects

3 结果与分析

3.1 确定评价单元

以崇爱高速公路主线建设涉及的临时用地地块作为本研究的评价单元,共48个地块,总面积110.20 hm²。其中:最大评价单元临时用地类型为2号搅拌站,面积10.25 hm²,位于亭亮乡龙旺村;最小评价单元临时用地类型为便道,面积仅0.01 hm²,位于明江镇百泉村。

3.2 崇爱高速临时用地复垦及利用适宜性评价

3.2.1 确定指标权重

采用组合权重法确定临时用地资源条件评价

指标权重,采用熵权法确定恢复难度和发展协同的评价指标权重,结果见表3。根据中国土壤侵蚀空间分布数据,评价单元内全部处于水力侵蚀微度区,不存在指标差异,因此该指标不再参与权重测算。由表3可见:资源条件评价指标权重最高的是坡度指标,权重值为0.434 5,权重最低的是排水条件,权重值0.018 2;恢复难度评价指标权重最高的是损毁方式,权重值为0.594 9,权重最低的是损毁程度,权重值为0.184 6;发展协同评价指标权重最高的是产业发展辐射强度,权重值为0.421 1,权重最低的指标为城乡融合趋势,权重值为0.106 6。

表3 崇爱高速项目临时用地复垦及利用适宜性评价指标权重

Table 3 Weighting of Chongzuo-Aidian Expressway indicators for evaluating the suitability of temporary land reclamation and use

复垦利用适宜性 Suitability of reclamation and utilization	因素层 Factor level	指标层 Index level	权重 Weight
资源条件 Resource condition	土壤条件	土壤质地	0.060 6
		土壤有机质含量	0.054 5
		土壤pH	0.163 4
	地形条件	坡度	0.434 5
		灌溉条件	0.192 0
	耕作条件	排水条件	0.018 3
		地下水埋深	0.076 7
	合计 Total		1
复垦难度 Recovery difficulty	损毁情况	损毁方式	0.594 9
		损毁程度	0.184 6
	成本投入	666.67 m ² 均成本	0.220 5
	合计 Total		1
发展协同 Development coordination	区位条件	产业发展辐射强度	0.421 1
		城乡融合趋势	0.106 6
		交通便利性	0.285 5
	人地关系	用地紧张度	0.186 8
	合计 Total		1

注:土壤侵蚀状况由于不存在指标差异,不参与权重测算。
Note: Soil erosion status is not involved in weight algorithm because there is no indicator difference.

3.2.2 评价结果

通过计算各评价单元复垦及利用适宜性得分以及通过自然断点法进行临时用地复垦及利用适宜性分级,资源条件评价结果见图3(a)。可见大部分交通沿线临时用地资源条件较好。崇爱高速临时用地资源条件测算的分值区间为43.52~79.61,以54.40为分界,运用自然断点法将崇爱高速公路

临时用地资源条件划分为优、劣两级。资源条件优的地块总面积41.19 hm²,最大地块7.02 hm²,最小地块0.01 hm²,主要类型为弃土场、项目部、搅拌站、便道。从资源条件优的地块各指标来看:土壤质地78.74%是壤土;95.79%的土壤有机质含量>10 g/kg,49.97%的土壤呈中性,地块坡度25.18%在6°~25°,98.49%的地下水埋深>100 cm,

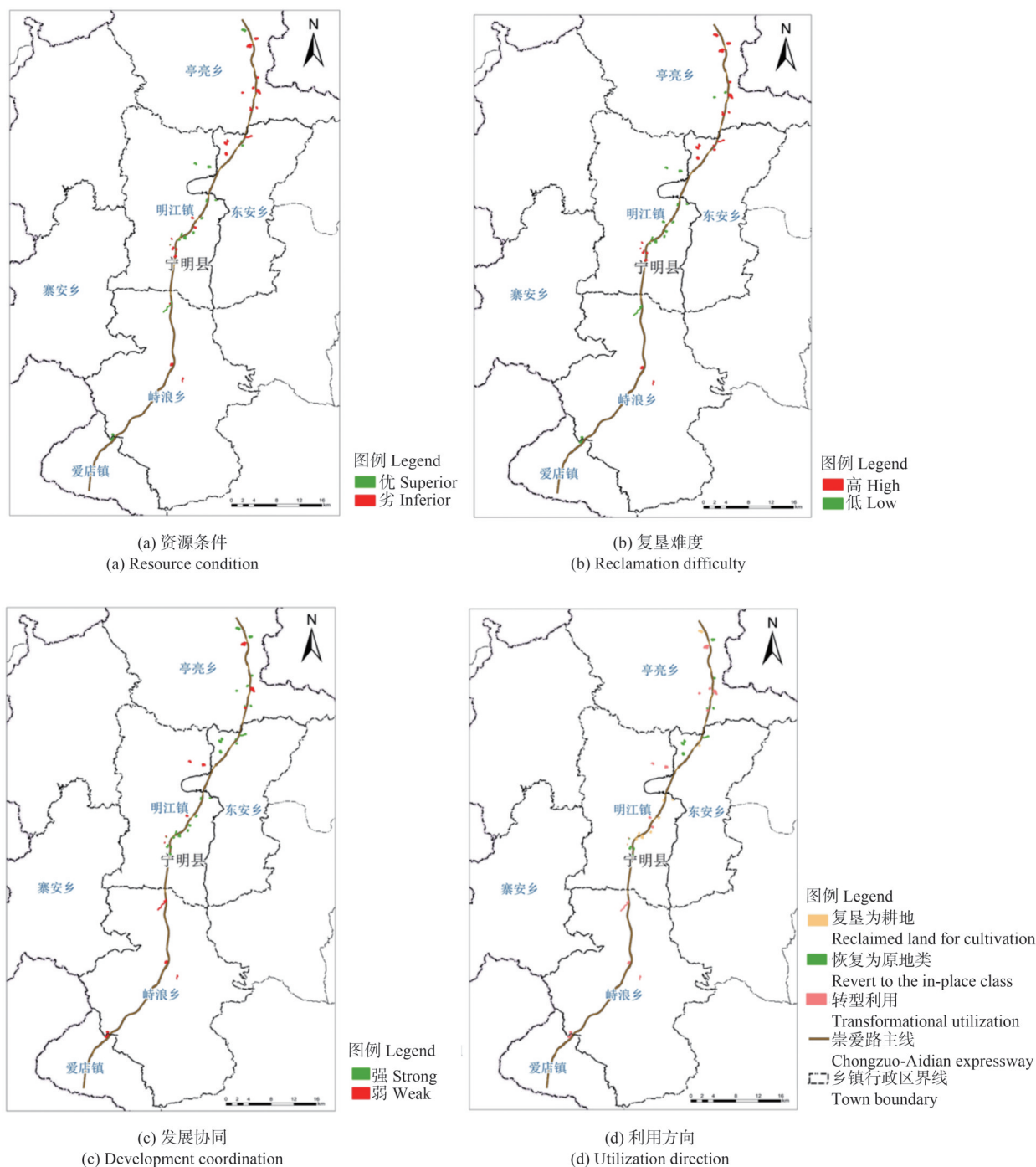


图3 崇爱高速临时用地复垦及利用适宜性评价结果

Fig. 3 Evaluation results of Chongzuo-Aidian Expressway temporary land reclamation and utilization suitability

75.46%的地块灌溉能得到充分满足、66.51%的地块排水设施完备。低资源条件区总面积为15.43 hm²，最大地块5.55 hm²，最小地块0.01 hm²，主要类型为弃土场、隧道驻地、炸药库、搅拌站。该区土壤质地77.83%是壤土，100%的土壤有机质含量>10 g/kg，33.61%的土壤呈中性，96.62%的地块坡度>25°，

70.92%的地下水埋深>100 cm，9.50%的地块灌溉能得到基本满足、42.58%的地块排水设施完备。

复垦难度评价结果见图3(b)。可见一般弃土场、取土场等相对较为容易，而搅拌站、炸药库、加工厂等相对难度较高。崇爱高速临时用地复垦难度评价测算的分值区间为40.00~69.59，以56.20

为分界,运用自然断点法将高速公路临时用地经济效益结果划分为高、低2个等级。复垦难度高的地块总面积47.05 hm²,最大地块10.25 hm²,最小地块0.01 hm²,主要类型为搅拌站、炸药库、加工场、项目部、便道;复垦难度高的地块各指标来看,100%地块为挖损后压占,且混凝土厚度>30 cm,58.37%的地块硬化比>60%,60.45%的地块复垦投入为24.15万元/hm²。复垦难度低的地块总面积63.15 hm²,最大地块7.02 hm²,最小地块0.07 hm²,主要类型为弃土场、取土场、隧道驻地;复垦难度低的地块各指标来看,95.47%地块为挖损,95.47%的地块地面没有硬化,86.15%的地块复垦投入为19.2万元/hm²。

发展协同评价结果见图3(c)。可见大多数交通沿线临时用地地块较容易受到区域发展的辐射。崇爱高速临时用地发展协同评价测算的分值区间为26.58~96.94,以57.65为分界,运用自然断点法将高速公路临时用地规划潜力评价结果划分为强、弱两级。发展协同强的地块总面积为42.63 hm²,最大地块5.79 hm²,最小地块0.06 hm²,主要类型为取土场、弃土场、搅拌站、项目部、场站、便道。从发展协同强的地块各指标来看:82.79%的地块同时处于3个及以上的规划重点区内;62.51%的地块位于城市主干道1 km范围内;30.74%的地块距离中心城区距离<2 km;9.8%的地块处于人均建设用地面积<40 m²的行政区域内。而发展协同弱的地块总面积67.57 hm²,最大地块10.25 hm²,最小地块0.01 hm²;主要类型为隧道驻地、弃土场、炸药库、搅拌站。此外,该区17.88%的地块同时处于2个规划重点区内,55.90%的地块位于城市主干道1 km范围内,91.95%的地块距离中心城区距离<5 km,83.41%的地块处于人均建设面积<50 m²的行政区域内。

3.2.3 确定临时用地复垦及利用方向

利用综合评价得到临时用地类型、用途与最佳利用方向,结果见图3(d)和表4。可知:1)复垦为耕地。适宜恢复为耕地的评价单元共有11个,面积25.72 hm²,临时用地类型包含弃土场、取土场、便道3种。地块组合关系为HR-HN-LP、HR-LN-HP、HR-LN-LP3种,其中:HR-HN-LP共1个评价单元,面积0.01 hm²,类型为便道。HR-LN-HP共7个评价单元,面积16.51 hm²,分别是取土场、13到

15号弃土场、17到18号弃土场。HR-LN-LP共3个评价单元,面积9.19 hm²,分别是1号、8号和9号弃土场;2)恢复为原地类。适宜恢复为原地类的评价单元共有16个,面积30.95 hm²,地块组合关系为LR-LN-LP,临时用地类型包含隧道驻地、弃土场;3)临时用地利用方向。对不适宜复垦的地块进行利用方向的引导,并提出利用策略,涉及评价单元共有21个,面积53.54 hm²,类型包含搅拌站、经理部、预制场、场站、便道、炸药库、弃土场。其中:HR-HN-HP共8个评价单元,面积15.47 hm²,分别是4号搅拌站(1、2地块)、项目经理部、3号拌合站、2号场站、预制场、经理部、1号便道。LR-HN-HP共2个评价单元,面积4.14 hm²,分别是4号搅拌站(3地块)、碎石加工场;LR-HN-LP共8个评价单元,面积27.42 hm²,分别是便道(2个)1-1隧道驻地、2号搅拌站、1号搅拌站、二分部炸药库(2个地块)、1号站;LR-LN-HP共3个评价单元,面积6.50 hm²,分别是4号和16号弃土场、一分部炸药库(表4)。

交通建设项目临时用地地块多数位于村庄规划用地范围内,资源条件差、复垦难度较高,导致复垦的经济效益不理想,因此,本研究将此部分临时土地利用与乡村发展需求进行有效衔接,充分利用存量或规划建设用地空间,将临时用地选址、用地结构、建设布局与乡村振兴建设结合,扩大临时用地建设的使用价值。根据地块所处区位及特点,主要可以有3种适合的利用方向:第1种为保留建设,如3号拌合站、碎石加工厂、4号搅拌站等结构相对完整的工业场站,可结合当地需求,作为保留建设,以保障乡村产业发展用地,支持零星分散的乡村文化旅游设施及农村新产业用地,并按照规定办理建设用地手续,落实占补平衡责任等;第2种为闲置再开发,如16号弃土场、4号弃土场、1号站、2号场站,由于因农村劳动力流失、农业生产效益低、农村人口城镇化、规划建设未落实等原因造成部分农村土地闲置,在满足工程建设需求的基础上,可将部分闲置用地选作临时用地,闲置土地原用地类型为非农用地的,可结合乡镇发展规划定位,可利用临时用地闲置期发展短期利用项目,带动乡镇产业发展;第3种为公共设施补足,主要针对交通项目临时用地中便道、便桥、场站等,如1号施工便道和项目经理部。其中便道、便桥在建设过程中可与地方道

表 4 临时用地类型、用途与最佳利用方向

Table4 Comparative analysis of temporary land use types , uses and best use directions

临时用地类型 Temporary land use type	名称 Name	评价结果 Evaluation result	利用方向 Utilization direction
便道 Shortcut	便道	HR-HN-LP	复垦为耕地
弃土场 Spoil ground	13号弃土场、14号弃土场、15号弃土场、17号弃土场、18号弃土场、19号弃土场	HR-LN-HP	
取土场 Borrow area	取土场		
弃土场 Spoil ground	1号弃土场、8号弃土场、9号弃土场	HR-LN-LP	
弃土场 Spoil ground	10号弃土场、11号弃土场、12号弃土场、7号弃土场、20号弃土场、21号弃土场、22号弃土场、23号弃土场、2号弃土场、3号弃土场、5号弃土场、6号弃土场	LR-LN-LP	恢复为原地类
隧道驻地 Tunnel site	1-3隧道驻地		
场站 Air field station	2号场站	HR-HN-HP	不适宜复垦
项目部 Project department	项目经理部		
搅拌站 Mixing plant	3号拌合站、4号搅拌站		
便道 Shortcut	1号便道		
预制场 Precast yard	预制场	LR-HN-HP	
搅拌站 Mixing plant	4号搅拌站		
预制场 Precast yard	碎石加工厂		
隧道驻地 Tunnel site	1-1隧道驻地	LR-HN-LP	
场站 Air field station	1号站		
便道 Shortcut	便道		
炸药库 Explosive magazine	二分部炸药库		
搅拌站 Mixing plant	2号搅拌站、1号搅拌站	LR-LN-HP	
弃土场 Spoil ground	16号弃土场、4号弃土场		
炸药库 Explosive magazine	一分部炸药库		

路规划进行衔接,充分利用既有道路,完工后留地方使用,缓解村庄通行问题,满足农村生活及生产

需要;经理部基础设施建设齐全,工程建设完成后,临时用地期限内可为乡村公共服务功能,满足安

全、环保、水保的要求,交通、通信便利,水电设施齐全,整体为独立式庭院结构,院内场地及主要道路均硬化处理,环境优美整洁,生活、生产污水和垃圾处理设备完善,驻地内设有休闲活动区域,有效改善目前农村基础设施不完善等问题。

4 结论与建议

4.1 结论

本研究以实现交通项目临时用地节约集约利用、协同乡村振兴发展为基础目标,综合考虑资源条件、复垦难度和发展协同,构建交通项目临时用地复垦和利用适宜性评价指标体系,确定交通项目临时用地利用方向。形成主要结论如下:1)本研究遵循科学性、目标性、综合性、实用性的原则,构建临时用地复垦和利用适宜性评价指标体系,分别从资源条件、复垦难度、发展协同3个方面集成了临时用地复垦和利用适宜性评价指标体系,符合交通沿线区域土地综合整治、乡村振兴的实践多元综合需求;2)以充分提高土地利用效率、挖掘临时用地服务价值潜力为目标,建立了交通用地临时土地利用方向决策规则,为科学优化交通临时用地管理政策和复垦利用决策提供科学参考和依据;3)根据交通项目临时用地的特征差异,在坚持资源适宜和成本可控的条件下应优先落实临时用地复垦责任。对于复垦适宜性较差,成本投入过高的地块,应结合乡村振兴目标等探索交通项目临时土地利用方向。将临时用地与土地开发、乡村振兴、产业用地需求等统筹考虑,兼顾建设项目施工条件和施工成本等,可以有效提高土地综合利用效益,可在一定程度缓解乡村用地矛盾,成为助推交通沿线区域乡村振兴发展的重要手段。

4.2 建议

本研究构建的基于资源、成本和效率相统筹的交通线性工程临时土地利用方向的评估方法,综合考虑了交通项目临时用地在资源条件、复垦难度和发展协同方面的差异性,改进了已有研究中临时用地复垦及利用适宜性评价目标的单一化的缺陷^[3,6,8],实现了线性工程临时土地利用过程中粮食安全、节约集约、乡村振兴等多元目标的统筹和融合。本研究并以崇爱高速沿线临时用地为对象进行了实证分析,进一步提高了临时土地利用方向确定的可操作性和科学性,探讨了临时用地评估对于

调整和优化线性工程临时用地选址的重要性,并提出根据评估结果改进临时用地报批程序的建议,将交通项目临时用地选址与乡村振兴发展有机结合,在村庄规划确定的建设用地范围内,充分考虑“永临结合”,实现源头控制,提高土地利用综合效率,促进线性工程建设与村庄发展相协同。

首先,本研究以崇爱路为例,进行交通项目临时用地转型利用模式探索,但临时土地利用是一项集理论、实践、政策于一体的综合性工作,利用模式应进一步进行效果评估和试点探索,并在实践中需进一步深化和具体分析;其次,在交通项目临时土地利用模式探索上尚可进一步深化,例如,在利用方向上考虑相对有限,可以将更多的支撑乡村振兴的利用模式考虑进来;再次,本文研究数据精确度存在提高空间,在实际应用仍存在一些误差,可通过实地调研获取更精确的数据弥补;最后,应加强临时用地管理政策及制度优化的相关研究,完善审批机制,强化规划衔接等。

参考文献 References

- [1] 中华人民共和国自然资源部. 关于规范临时用地管理的通知[EB/OL]. [2023-06-22]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5678095.htm
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Notice on regulating the management of temporary land use[EB/OL]. [2023-06-22]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5678095.htm
- [2] 邵丽萍. 临时用地管理现状及对策建议[J]. 中国土地, 2020(9): 57-58
Shao L P. Current situation of temporary land management and suggestions for countermeasures[J]. *China Land*, 2020(9): 57-58 (in Chinese)
- [3] 杜建平, 邵景安, 周春蓉, 孙静. 基于生态适宜度和三角模型的煤矿临时建设用地复垦决策研究[J]. 自然资源学报, 2018, 33(11): 1872-1885
Du J P, Shao J A, Zhou C R, Sun J. Reclamation decision for temporary construction land of coal mines based on niche-fitness and triangle model[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(11): 1872-1885 (in Chinese)
- [4] 符小倩. 临时土地使用许可申办的相关问题及建议[J]. 中国土地, 2021(9): 48-49
Fu X Q. Issues and suggestions related to the application of temporary land use permits[J]. *China Land*, 2021(9): 48-49 (in Chinese)
- [5] 李乐, 张新花, 朱小娟, 张涛, 胡艳珍, 姜广辉. 临时用地涉及土地复垦问题浅析[J]. 中国国土资源经济, 2022, 35(12): 56-63
Li L, Zhang X H, Zhu X J, Zhang T, Hu Y Z, Jiang G H. Analysis of land reclamation problems involved in temporary land use[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2022, 35(12): 56-63 (in Chinese)
- [6] 金晓斌, 周寅康, 汤小槽, 丁宁, 沈春竹, 沈秀峰. 高速铁路建设临时用地土地破坏特征与复垦利用决策研究: 以京沪高速铁路常州段为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(7): 1070-1078
Jin X B, Zhou Y K, Tang X L, Ding N, Shen C Z, Shen X F. Land

- destruction features and reclamation decision for temporary construction land in high-speed railway: A case study in Changzhou section of Beijing-Shanghai high speed railway [J]. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(7): 1070-1078 (in Chinese)
- [7] 余述琼,赵晶,孔祥斌,左旭阳,郝雅琴. 基于占补一体化的交通沿线土地综合整治项目选址[J]. 农业工程学报,2022,38(12):270-279
- Yu S Q, Zhao J, Kong X B, Zuo X Y, Hao Y Q. Site selection of land consolidation along the transportation using integrated occupation and reclamation of cultivated land [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(12): 270-279 (in Chinese)
- [8] 杜建平,邵景安,周春蓉,孙静,谭少军. 煤矿临时建设用地复垦适宜性评价:以重庆綦江区为例[J]. 西南大学学报:自然科学版,2018,40(4):114-124
- Du J P, Shao J A, Zhou C R, Sun J, Tan S J. Evaluation on the suitability of reclamation of temporary coal mine construction land: An example from Qijiang District, Chongqing [J]. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2018, 40(4): 114-124 (in Chinese)
- [9] 王健,王健,吴文良,刘奎. 重大线性工程建设下山区乡村聚落空间演变[J]. 农业工程学报,2020,36(24):236-246
- Wang J, Wang J, Wu W L, Liu K. Spatial evolution of rural settlement in mountainous areas under the major linear projects [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2020, 36(24): 236-246 (in Chinese)
- [10] 张佰林,张汝佳,曲衍波,乔荣锋,蔡为民,吴云青. 农村居民点用地混合利用对乡村活力的影响:基于山东省的实证研究[J]. 农业资源与环境学报, 2022,39(6):1283-1292
- Zhang B L, Zhang R J, Qu Y B, Qiao R F, Cai W M, Wu Y Q. Impacts of mixed use of rural residential land on rural vitality: An empirical study of Shandong Province [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2022, 39(6): 1283-1292 (in Chinese)
- [11] 张佰林,王昭颖,朱敏杰. 农村居民点用地混合利用特征及驱动力[J]. 农业工程学报,2022,38(3):267-275
- Zhang B L, Wang Z Y, Zhu M J. Characteristics and driving forces of the mixed use of rural settlement land [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(3): 267-275 (in Chinese)
- [12] 胡静,金晓斌,丁宁,周寅康. 高铁大临设施用地复垦利用辅助系统的设计与实现[J]. 测绘科学,2013,38(1):166-167
- Hu J, Jin X B, Ding N, Zhou Y K. Design and realization on decision support system of land reclamation in temporary construction land of high-speed railway [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2013, 38(1): 166-167 (in Chinese)
- [13] 沈春竹,何立恒,金晓斌,丁宁,周寅康. 高速铁路大型临时设施土地复垦利用研究[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2012,36(3):125-130
- Shen C Z, He L H, Jin X B, Ding N, Zhou Y K. Research on reclamation and utilization of high-speed railway temporary facilities construction land [J]. *Journal of Nanjing Forestry University: (Natural Sciences Edition)*, 2012, 36(3): 125-130
- [14] 杜建平,邵景安,周春蓉,孙静,李春梅. 重庆市煤矿临时建设用地复垦现状、问题及模式与对策研究[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2018, 35(5):127-135,143
- Du J P, Shao J A, Zhou C R, Sun J, Li C M. Research on current situation, problems, model and countermeasures of temporary construction land reclamation in coal mines in Chongqing [J]. *Journal of Chongqing Normal University: Natural Science Edition*, 2018, 35(5): 127-135,143 (in Chinese)
- [15] 张玉臻,熊建华,叶剑平. 基于利益相关者视角的待复垦矿区土地再利用适宜性评价[J]. 地理与地理信息科学,2021,37(1):89-97
- Zhang Y J, Xiong J H, Ye J P. Suitability evaluation of mining-land reuse from the perspective of stakeholders [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2021, 37(1): 89-97 (in Chinese)
- [16] 朱英华,周艳,王旭,陈帅先. 公路建设临时土地复垦方案设计与实践:以仁寿县红星路南延线为例[J]. 地理信息世界,2021,28(2):105-109,114
- Zhu Y H, Zhou Y, Wang X, Chen S X. Design and practice of land reclamation plan of temporary land use in highway construction: A case of the south extension of Hongxing Road in Renshou County [J]. *Geomatics World*, 2021, 28(2): 105-109,114 (in Chinese)
- [17] 袁中友,吴家龙,刘春,代金君,袁嘉铭,戴军. 高速公路临时用地对土壤质量的综合影响[J]. 中国水土保持科学,2018,16(2):111-118
- Yuan Z Y, Wu J L, Liu C, Dai J J, Yuan J M, Dai J. Comprehensive effects of temporary used land in expressway construction on soil quality [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2018, 16(2): 111-118 (in Chinese)
- [18] 魏广阔,刘佳琪,赵廷宁,杨建英,李瑞鹏,奎国娟,艾宪锋,肖飞. 基于生态位适宜度的西北干旱荒漠区东部露天煤矿排土场复垦适宜性评价(英文)[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2023, 14(4):805-815
- Wei G K, Liu J Q, Zhao Y N, Yang J Y, Li R P, Kui G X, Ai X F, Xiao F. Evaluate the reclamation suitability of dumps of open-pit coal mines based on niche fitness in the eastern arid desert area in northwest China [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2023, 14(4):805-815 (in English)
- [19] 程琳琳,张宁凌,崔慧珍,尹玉亮,孙海元. 服务于产业转型的矿业废弃地再利用优化与调控[J]. 农业工程学报,2022,38(23):203-212
- Cheng L L, Zhang N L, Cui H Z, Yin Y L, Sun H Y. Optimization and regulation of the abandoned mining land reuse for industrial transformation [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(23):203-212 (in Chinese)
- [20] 赵会顺,胡振琪,陈超,孙杨杨. 采煤预塌陷区超前复垦适宜性评价及复垦方向划定[J]. 农业工程学报,2019,35(11):245-255
- Zhao H S, Hu Z Q, Chen C, Sun Y Y. Suitability evaluation and reclamation objectives for advanced land reclamation in coal mining pre-subsidence area [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(11): 245-255 (in Chinese)
- [21] 孙亚芳,王祖伟. 农村宅基地复垦耕地适宜性评价:以天津市西青区为例[J]. 农业资源与环境学报,2018,35(1):24-31
- Sun Y F, Wang Z W. Suitability evaluation of reclaimed cultivated lands in rural homestead: A case study of Xiqing district, Tianjin city, China [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2018, 35(1): 24-31 (in Chinese)
- [22] 沈悦,严金明,陈昊. 基于“三生”空间优化的城乡交错区土地整治功能单元划定[J]. 农业工程学报,2018,34(11):243-252
- Shen Y, Yan J M, Chen H. Land consolidation function unit demarcation based on optimization of production, living and ecology space in peri-urban areas [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(11): 243-252 (in Chinese)
- [23] 陈文广,张青璞,孔祥斌,段向峰,左旭阳,谭敏,赵晶,董涛. 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 W G, Zhang Q P, Kong X B, Duan X Y, Zuo X Y, Tan M, Zhao J, Dong T. 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*, 2021, 37(15): 248-257 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东



第一作者简介: 余述琼, 博士, 高级工程师。现任广西路建工程集团有限公司副总经理、广西航务建设工程有限公司党委书记、董事长。主要从事研究方向为耕地资源利用评价与保护、土地综合整治、占补平衡等方面的研究和实践。主持广西科技基地和人才专项等研究课题4项; 在《农业工程学报》《中国农业大学学报》等期刊发表学术论文10余篇。



通讯作者简介: 孔祥斌, 博士, 中国农业大学土地科学与技术学院教授, 领军人才。曾获教育部宝钢优秀教师, “我最喜爱的导师”等教师荣誉。长期从事耕地资源利用、评价与保护理论和实践创新研究工作, 承担了包括国家社会科学基金重大项目、重点项目、国家自然科学基金等省部级重大课题等30余项。10多项科研创新成果转化为国家耕地利用与保护规范、政策, 先后获得教育部、自然资源部、北京市等省部级科研奖励10项。以通讯作者在 *Nature* 等国内外知名期刊发表论文超过百篇, 出版专著及教材9部, 参编中英文专著2部, 制定行业标准5项。