山地丘陵区土地整治中覆土需求优先度评价

董起广[1,2,3,4], 赵 磊[1], 陈田庆[1,2,3,4], 雷 娜[1,2,3,4], 刘海伟[1,2,3,4]

(1.陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安 710075;
2.陕西省土地工程建设集团有限责任公司 土地工程技术研究院, 陕西 西安 710075; 3.国土资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安 710075; 4.陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安 710075)

摘 要:[目的] 明确山地丘陵区土地整治项目的覆土区域,指导项目区域的规划设计。[方法] 选取涉及土壤构型、交通状况、立地条件、土壤理化性质等方面的 7 个指标,利用 GIS 技术,对陕西省铜川市一典型土地整治项目进行覆土优先度评价。[结果] ①项目区内Ⅰ级覆土需求优先度区域占到田块总面积的 46.2%,其覆土的综合效益较大,可优先安排覆土; ②Ⅱ级覆土需求优先度区域占田块总面积的 23.7%,可根据土源情况适当进行覆土; ③Ⅲ,Ⅳ级覆土优先度区域共占到田块总面积的 30.1%,此 2 个区域覆土效益较小或基本无覆土需求,可不进行覆土。[结论] 评价结果明确了各个区域的覆土需求度,较好地反映了土地整治项目区的真实情况。

关键词: 山地丘陵区; 土地整治; 覆土优先度; 陕西省铜川市

文献标识码: B **文章编号**: 1000-288X(2018)01-00165-04 **中图分类号**: F301.24

文献参数: 董起广, 赵磊, 陈田庆, 等. 山地丘陵区土地整治中覆土需求优先度评价[J]. 水土保持通报, 2018,38(1):165-168. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.01.029. Dong Qiguang, Zhao Lei, Chen Tianqing, et al. Priority evaluation of soil-covering demand on land reclamation project in mountainous and hilly area[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018,38(1):165-168.

Priority Evaluation of Soil-covering Demand on Land Reclamation Project in Mountainous and Hilly Area

DONG Qiguang[1,2,3,4], ZHAO Lei[1], CHEN Tianqing[1,2,3,4], LEI Na[1,2,3,4], LIU Haiwei[1,2,3,4]

(1. *Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi' an, Shaanxi* 710075, *China*; 2. *Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi' an, Shaanxi* 710075, *China*; 3. *Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, Ministry of Land and Resources, Xi' an, Shaanxi* 710075, *China*; 4. *Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi' an, Shaanxi* 710075 *China*)

Abstract: [Objective] To determine the area of soil covering, in order to guide the planning and designing in hilly area land reclamation project. [Methods] Using GIS technology, seven indicators including soil construction, traffic condition, site conditions, soil physical and chemical properties were chosen to evaluate the priority of soil-covering demand of a typical land reclamation project in Tongchuan City, Shaanxi Province. [Results] ① The grade Ⅰ priority of soil covering demand of farmland accounted for 46.2% of the total area of the field. The comprehensive benefits of covering soil were high and should be covered by soil preferentially. ② The grade Ⅱ priority of soil covering demand of farmland accounted for 23.7% of the total field, where the covering soil should be made practically according to soil source. ③ The region of grade Ⅲ and grade Ⅳ totally accounted for 30.1% of the field, which had less benefit or necessity of covering soil. [Conclusion] The evaluation results reflected the fact in land reclamation project area and classified the demand of covering soil, which could provide the theoretical foundation for the design and engineering practice.

Keywords: **mountainous and hilly areas; land reclamation; soil-covering priority; Tongchuan City of Shaanxi Province**

收稿日期:2017-07-14 **修回日期**:2017-08-12

资助项目:陕西省重点科技创新团队计划项目"退化及未利用土地整治工程创新团队"(2016KCT-23); 陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2018-19)

第一作者:董起广(1988—),男(汉族),河北省邢台市人,硕士,工程师,主要从事水文水资源及土地整治工程领域研究。E-mail:908521352@qq.com。

自 20 世纪 90 年代中国提出并开始实施现代意义上的土地整治以来，土地整治对提高耕地数量，保障国家粮食安全，发挥了巨大作用[1-2]。然而，中国耕地后备资源数量少、质量差，土地整治行业处在转型期，补充耕地的质量尚待提高[3-4]。2017 年中央 1 号文件强调要“深入实施藏粮于地、藏粮于技战略，严守耕地红线”，同时，在《中共中央国务院关于加强耕地保护和改进占补平衡的意见》中指出，要“通过土地整理、复垦、开发”实现“增加耕地数量、提升耕地质量”的目的。

当前，国内外对于土地整治模式、政策、设计、技术、评价等方面的研究均取得了重要进展[5-9]。在土地整治中，为了改善项目区土体结构，提高土地生产力，常常需要对整治区进行覆土，而关于土地整治项目中覆土区域选择及覆土需求优先度评价的研究较少[10-12]。陈艳华等[13]从土壤构型、交通状况、立地条件、土壤理化性质等方面对福建省光泽县现有耕地的覆土需求优先度进行了评价，强调覆土评价应综合考虑成本和效益 2 个方面；曲衍波等[14]结合自然环境和社会经济因素对北京市平谷区农村居民点整治的优先度进行评判，将农用地分等成果应用到农村居民点整理研究中；姜钦杰等[15]从以行政分区为单元对浙江省滩涂资源的开发利用优先度进行了研究，并将其分为 3 大类型，建议进行有序的开发。现有的研究一般区域尺度较大[16-18]，对当地土地整治规划实施具有宏观指导意义，而针对土地整治项目区尚缺乏具体案例；或是在施工难度相对较小、耕地质量相对较高的平原区域进行土地整治需求优先度评价，而对于具体整治实施的可操作性建议较为欠缺。

鉴于此，本文拟以陕西省铜川市耀州区瑶曲镇一典型的山地丘陵区土地整治项目为例，研究构建丘陵山区土地整治项目覆土需求优先度综合评价指标体系与方法，对该地区土地整治项目中有覆土需求的地块进行评价分级，以期提高补充耕地质量，并为进行区域土地整治设计及工程实践提供理论依据和技术参考。

1 研究区概况与数据处理

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省铜川市耀州区北部的瑶曲镇，地处关中平原与渭北高原接壤地带，属乔山山脉南支，鄂尔多斯台地南部边缘，地理坐标为 108°52′4″—108°53′24.2″E，35°10′24″—35°10′59″N。研究区属于残塬丘陵区，海拔 1 196～1 384 m，年均气温 8.3～12.3 ℃，极端最高气温 39.7 ℃，极端最低气温－16 ℃，年均降水量 554.5 mm，无霜期 207 d 左右，丘陵坡度在 5°～25°之间。研究区总面积 28.36 hm^2，地类上属于未利用土地中的荒草地。

1.2 数据来源

研究所采用的基础数据包括 1∶10 000 的 2008 年土地利用现状图，1∶25 000 的土地利用规划图，通过项目区实测 GPS 数据绘制的等高线图，以及项目区内调查收集、采样测定的土层厚度、土壤理化性质等数据。本文以瑶曲镇土地利用总体规划图(2006—2020 年)为底图，提取本次土地整治项目区域作为研究对象，并将项目设计的田块作为评价单元，共计 111 个，项目区总面积为 28.41 hm^2，其中初步设计田块面积 18.89 hm^2，土层厚度及土壤理化性质分析采样点 25 个。

1.3 数据处理

评价单元(田块)大小根据项目区规划设计在 ArcGIS 中计算得到，坡度通过等高线图栅格化处理后进行空间分析获得，各田块到机动车道的距离根据 ArcGIS 测量工具计算出各评价单元至机动车道的距离，并利用坡度进行修正。土层厚度及有机质含量通过土钻采样及实验分析获得，各评价单元的土层厚度和有机质含量通过采样点获得的数据利用克里格差值法获得，并以评价单元内的平均值代替该单元内的数据。

2 评价方法

2.1 指标选取

覆土工程工程量大、成本高，选择覆土需求区要兼顾成本与效益 2 个方面，因此，指标选择应遵循增加工程效益、降低工程成本、容易获取、长期稳定不易人为改变等原则。土层厚度决定了覆土所需的土方量及作物产出，覆土点至土源的运输距离决定了覆土过程产生的交通费用，由于通往项目区附近的机动车道固定且单一，因此，可选择田块到该车道的距离来反映运输距离。

立地条件决定了施工难度、后期耕作的便捷性等方面，因此，可选择坡度、田块大小作为评价指标。土壤理化性质和灌溉条件对作物产量也有较大影响，土壤理化性质中 N，P，K 含量可通过施肥的方式快速提高，土壤质地及有机质相对稳定，不易发生改变。

综合以上分析，本文从工程成本、土壤理化性质、立地条件、灌溉条件等方面选取土层厚度、距机动车道距离、土壤有机质含量、土壤质地、田块大小、地形坡度、灌溉条件 7 个具有代表性的指标来进行土地整治项目区覆土优先度评价(表 1)。

表 1　各评价指标隶属度函数

评价指标	相关性	隶属度函数
土层厚度/cm	负	$\begin{cases}0 & (x\geqslant100)\\ y=-0.104\,3x+1.429 & (30\leqslant x<100)\\ 1 & (x<30)\end{cases}$
田块大小/m^2	正	$\begin{cases}0 & (x\geqslant500)\\ y=0.000\,36x-0.08 & (500<x\leqslant3\,000)\\ 1 & (x<3\,000)\end{cases}$
坡度/(°)	负	$\begin{cases}0 & (x\geqslant25)\\ y=-0.044x+1.087 & (2\leqslant x<25)\\ 1 & (x<2)\end{cases}$
有机质含量/($g\cdot kg^{-1}$)	负	$\begin{cases}0 & (x\geqslant30)\\ y=-0.04x+1.2 & (5\leqslant x<30)\\ 1 & (x<5)\end{cases}$
至机动车道距离/km	负	$\begin{cases}0 & (x\geqslant2)\\ y=-0.56x+1.11 & (0.2\leqslant x<2)\\ 1 & (x<0.2)\end{cases}$

2.2　评价指标分级与权重确定

根据各评价指标与覆土优先度的相关性,将项目区田块覆土需求优先度评价指标的分值定位 0～1 分之间,分值越高优先度越高。评价指标中,灌溉条件和土壤质地采用经验进行量化分级,定性赋值,其他指标隶属度函数根据经验公式采用“S”型或反“S”型函数,各隶属度函数及量化分级见表 1—2。各指标权重利用特尔斐法,通过征询专家意见,进行打分,并最终讨论直至达成一致后确定赋值,最终确定权重见表 3。

表 2　土壤质地与灌溉条件分值

土壤质地	经验值	质地	经验值	灌溉条件	经验值
粉砂质壤土	0.1	砂质壤土	0.6	强	1
黏壤土或砂质黏壤土	0.2	黏土	0.75	中	0.6
粉砂质黏壤土	0.3	重黏土	0.9	弱	0.2
砂质黏土	0.4	砂土	1	无	0.05
壤质黏土或粉砂质黏土	0.5	—	—	—	—

表 3　各评价指标权重

指标	土层厚度	与机动车道距离	坡度	地块大小	灌溉条件	土壤质地	有机质含量
权重	0.3	0.18	0.1	0.08	0.16	0.1	0.08

田块覆土需求度最终通过各指标的分值及其权重加权求得:

$$S=\sum_{i=1}^{n}S_i\cdot W_i \qquad (1)$$

式中:S——评价单元覆土需求优先度的综合分值;S_i——第 i 个指标的得分;W_i——第 i 个指标的权重;n——评价指标的个数。

3　结果与分析

3.1　田块覆土需求优先度分级

通过计算各指标的标准化评分,并利用公式(1)结合 ArcGIS 的空间分析功能得出各田块的覆土需求优先度,经统计分析,绘制其优先度分布直方图,如图 1 所示。从图 1 中可以看出,田块覆土需求优先度评分范围在 0.36～0.80 之间,其中,频率最高的为 0.70,最低的为 0.54,分别占到总数的 0.9% 和 13.6%。在直方图的基础上,利用 ArcGIS 的自然断裂点分级法对覆土需求优先度进行分级:Ⅰ级区为 $S\geqslant6.9$,该区为最优先考虑进行覆土区域,其投资成本少,且覆土后效果改善最为明显;Ⅱ级区为 $6.1\leqslant S<6.9$,该区覆土需求度略低于Ⅰ级区,但通过覆土亦可取得较好的效果;Ⅲ级区为 $4.9\leqslant S<6.1$,该区覆土必要性不大,效益相对较小,在覆土土源有限的情况下可不进行覆土;Ⅳ级区为 $S<4.9$,一般情况下,该区可考虑不进行覆土。

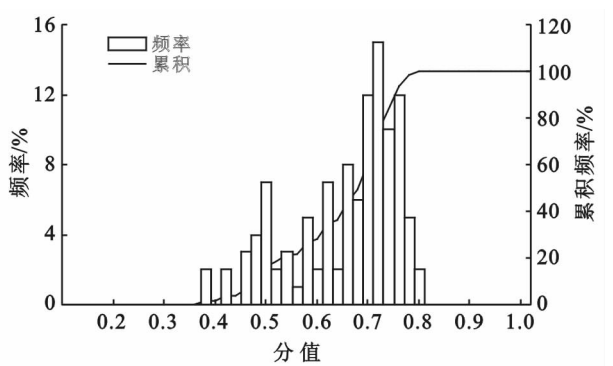


图 1　各田块的覆土需求优先度分值频率分布

3.2　覆土需求优先度分级结果分析

经分级后,各个田块覆土优先度等级分布如图 2,通过田块面积加权后再求平均值计算各个等级下不同指标的平均值见表 4。从图 2 及表 4 可以看出,由于项目区域相对较小,且分布集中,因此除土层厚度差异较大外,各个等级之间其他指标差异相对较小。Ⅰ级覆土需求优先度区主要分布在项目区西侧及东侧边缘部分,面积为 8.74 hm^2,占到田块总面积的 46.2%。该区域平均田块大小为 0.21 hm^2,土层

厚度为 24.6 cm，有机质含量为 17.1 g/kg，坡度为 11.3°，距机动车道距离为 0.30 km，灌溉条件为“中”，土壤质地为粉质壤土。区域内土层薄，有多处岩石裸露，通过覆土增加土层厚度可有效改善这一现状。若以土层厚度 50 cm 为覆土目标，则该区域共需覆土 22 234 m^3。覆土时应注意犁底层的构建及耕作层的保护，以达到保水保肥的效果。

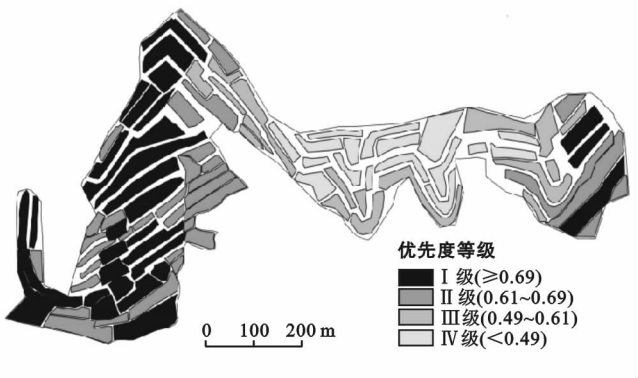


图 2 研究区覆土需求优先度等级分布

Ⅱ级覆土需求优先度区域夹杂分布于Ⅰ级区域之间，面积为 4.48 hm^2，占田块总面积的 23.7%。该区域平均田块大小为 0.14 hm^2，土层厚度为 39.0 cm，有机质含量为 17.6 g/kg，坡度为 14.0°，距机动车道距离为 0.36 km，灌溉条件为“中”，土壤质地为粉质壤土。区域内土层厚度大于Ⅰ级区域，但考虑到可能存在的水土流失问题，同时为了保证后期作物产量，亦可进行适当覆土。若以土层厚度 50 cm 为覆土目标，则共需覆土 4 948 m^3，覆土时应适当加强土体结构的稳定性。

Ⅲ级覆土需求优先度区域分布于项目区中部边缘地区，面积 2.96 hm^2，占田块总面积的 15.7%。该区域平均田块大小为 0.15 hm^2，土层厚度 67.5 cm，有机质含量 20.3 g/kg，坡度 9.9°，距机动车道距离为 0.37 km，灌溉条件为“中”，土壤质地为粉质壤土。此区域土层厚度大于Ⅰ和Ⅱ级覆土需求优先度区，可不进行覆土。

Ⅳ级覆土需求优先度区域处于项目区中部，面积 2.71 hm^2，占田块总面积的 14.4%。该区域平均田块大小 0.15 hm^2，土层厚度 90.3 cm，有机质含量 19.7 g/kg，坡度 12.7°，距机动车道距离为 0.35 km，灌溉条件为“中”，土壤质地为粉质壤土。该区域土层厚度大于前 3 个区域，有机质含量也相对较高，无需进行覆土。对于Ⅰ和Ⅱ级覆土需求优先度区来说，在无合适覆土土源的条件下，该区域可考虑作为备选土源，适当进行项目区内土方调配，以减少成本，增加效益。

表 4 不同优先度等级下各指标的平均值

优先度等级	面积/hm^2	比例/%	田块大小/hm^2	土层厚度/cm	有机质含量/(g·kg^{-1})	坡度/(°)	距机动车道距离/km	灌溉条件	土壤质地	评分
Ⅰ	8.74	46.2	0.21	24.6	17.1	11.3	0.30	中	粉质壤土	0.73
Ⅱ	4.48	23.7	0.14	39.0	17.6	14.0	0.36	中	粉质壤土	0.66
Ⅲ	2.96	15.7	0.15	67.5	20.3	9.9	0.37	中	粉质壤土	0.56
Ⅳ	2.71	14.4	0.15	90.3	19.7	12.7	0.35	中	粉质壤土	0.44

4 结 论

本研究在区域尺度上，利用 GIS 技术，结合山地丘陵区土地整治项目中的工程成本、土壤理化性质、立地条件、灌溉条件等因素，以田块为评价单元，进行项目区覆土需求优先度评价。

选取田块大小、地形坡度、土层厚度、距机动车道距离、土壤有机质含量、土壤质地、灌溉条件 7 个具有代表性，且较易获取的指标构建山地丘陵区土地整治项目覆土优先度评价指标体系，结合特尔斐法确定的权重，建立了评价模型，并对项目区各个田块进行评价分析。

利用该模型对项目区进行等级划分，结果显示：项目区内Ⅰ级覆土需求优先度区占到田块总面积的 46.2%，Ⅱ级覆土需求优先度区占 23.7%，这 2 个区域土层相对较薄，有机质含量略低，为保障后期耕作土体稳定性与作物的正常生长，需覆土方量分别为 22 234 和 4 948 m^3；Ⅲ和Ⅳ级覆土需求优先度区共占田块总面积的 30.1%，此 2 个区域土层相对较厚，覆土需求度低，无需进行覆土。

本研究中所选项目区面积较小，分布相对集中，除土层厚度外，其他指标差异性有限，虽然评价结果可较好的反映项目区实际情况，但受土层厚度的影响偏大，后期可考虑运用该方法对多个项目区同时进行评价研究，以突显不同指标对覆土需求优先度影响的差异性。

（下转第 174 页）

[14] 陈龙,谢高地,裴厦,等.澜沧江流域生态系统土壤保持功能及其空间分布[J].应用生态学报,2012,23(8):2249-2256.

[15] 陈思旭,杨小唤,肖林林,等.基于 RUSLE 模型的南方丘陵山区土壤侵蚀研究[J].资源科学,2014,36(6):1288-1297.

[16] 任坤,梅琨,朱慧敏,等.基于 RUSLE 模型的珊溪水库流域土壤侵蚀定量估算[J].生态学杂志,2015,34(7):1950-1958.

[17] 傅水龙,梁娟珠,黄路平.基于 RUSLE 模型的长汀县水土流失评估[J].水土保持通报,2016,36(1):196-200.

[18] Tang Qing, Xu Yong, Bennett S J, et al. Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS: A case study of the Yangou watershed in the Loess Plateau, China[J]. Environmental Earth Sciences, 2015,73(4):1715-1724.

[19] 周伏建,黄炎和.福建省降雨侵蚀力指标 R 值[J].水土保持学报,1995,9(1):13-18.

[20] 吴素业.安徽大别山区降雨侵蚀力指标的研究[J].中国水土保持,1992(2):32-33.

[21] 马志尊.应用卫星影象估算通用土壤流失方程各因子值方法的探讨[J].中国水土保持,1989(3):24-27.

[22] 伍育鹏,谢云,章文波.国内外降雨侵蚀力简易计算方法的比较[J].水土保持学报,2001,15(3):31-34.

[23] Wischmeier W H. Soil-erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations[J]. Soil Science Society of America Proceedings, 1963,27(5):590-592.

[24] Sharpley A N, Williams J R. EPIC-erosion/productivity impact(calculator 2): User manual[J]. Technical Bulletin-United States Department of Agriculture, 1990,4(4):206-207.

[25] 方广玲,香宝,赵卫,等.基于 GIS 和 RUSLE 的拉萨河流域土壤侵蚀研究[J].水土保持学报,2015,29(3):6-12.

[26] 吕喜玺,沈荣明.土壤可蚀性因子 K 值的初步研究[J].水土保持学报,1992,6(1):63-70.

[27] 方纲清,阮伏水.福建省主要土壤可蚀性特征初探[J].亚热带水土保持,1997(2):19-23.

[28] 张科利,彭文英,杨红丽.中国土壤可蚀性值及其估算[J].土壤学报,2007,44(1):7-13.

(上接第 168 页)

[参 考 文 献]

[1] 严金明,夏方舟,李强.中国土地综合整治战略顶层设计[J].农业工程学报,2012,28(14):1-9.

[2] 张正峰,杨红,谷晓坤.土地整治对平原区及丘陵区田块利用的影响[J].农业工程学报,2013,29(3):1-8.

[3] 张凤荣,张迪,安萍莉.我国耕地后备资源供给量:从经济适宜性角度分析[J].中国土地,2002(10):14-17.

[4] 王静,杨小唤,蔡红艳,等.20 a 来中国占补耕地光温生产潜力时空特征[J].自然资源学报,2013,28(1):126-136.

[5] Muchová Z, Leitmanová M, Petrovic F. Possibilities of optimal land use as a consequence of lessons learned from land consolidation projects (Slovakia)[J]. Ecological Engineering, 2016,90:294-306.

[6] 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].农业机械学报,2017,48(1):104-111.

[7] 展炜,何立恒,金晓斌,等.基于模糊综合评价的土地整理项目绩效评价[J].南京林业大学学报:自然科学版,2009,33(2):145-148.

[8] Mihara M. Effect of agricultural land consolidation on erosion processes in semi-mountainous paddy fields of Japan[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996,64(3):237-247.

[9] 刘勇,吴次芳,岳文泽,等.土地整理项目区的景观格局及其生态效应[J].生态学报,2008,28(5):2261-2269.

[10] 蔡琳亭,胡鑫,周维禄.三峡水库重庆库区移土培肥的效益分析:以云阳县为例[J].西南农业大学学报:社会科学版,2009,7(3):10-13.

[11] 徐良骥,许善文,严家平,等.基于粉煤灰基质充填覆土复垦的最佳覆土厚度[J].煤炭学报,2012,37(S2):485-488.

[12] Feng Quanzhou, Xu Hengli. Determination of the thickness and medium of covering soil for land reclamation [J]. Agricultural Science & Technology, 2009,10(4):183-188.

[13] 陈艳华,何佳.丘陵山区耕作层覆土需求优先度评价研究:以福建省光泽县为例[J].自然资源学报,2015,30(8):1414-1424.

[14] 曲衍波,张凤荣,郭力娜,等.北京市平谷区农村居民点整理类型与优先度评判[J].农业工程学报,2011,27(7):312-319.

[15] 姜钦杰,吴宇哲.浙江省沿海县市滩涂围垦开发利用优先度研究[J].西北农林科技大学学报:社会科学版,2009,9(1):51-55.

[16] 王东,陈英,杨润慈.黄土丘陵沟壑区耕地整治优先度及模式:以麦积区为例[J].资源科学,2017,39(2):231-239.

[17] 沈立宏,张超,桑玲玲,等.利用网格法确定县域农田整治优先度[J].农业工程学报,2012,28(18):241-247,296.

[18] 李克宇.基于主成分分析法的土地整治项目优先度评价研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012.