

中国土地复垦省际格局分异及影响机制

杨永均^{1,2}, 张绍良^{3*}, 卞正富¹, Peter Erskine², 李效顺¹

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 徐州 221116; 2. 昆士兰大学土地复垦研究中心, 布里斯班 4067;
3. 中国矿业大学低碳能源研究院, 徐州 221116)

摘 要: 探索土地复垦的区域差异及其形成机制, 有助于制定全面推进土地复垦的策略。该文利用探索性空间数据分析、因子分析和面板数据模型分析了 1999—2013 年中国(除港、澳、台)复垦土地数量水平的空间格局及影响因素。结果表明: 中国复垦土地数量水平呈现弱空间自相关和三级梯度空间特征; 空间聚集性较弱, 探测到一个高-高的复垦数量水平聚集区, 位于华东地区; 任务、驱动、保障是影响土地复垦格局及数量水平的三类重要因子, 当前中国土地复垦主要以经济驱动为主, 任务驱动为次; 东部地区主要动力为资源压力和经济吸引力, 中部地区亦受土地资源压力驱动, 但活跃的矿业活动负面影响了复垦土地数量水平, 西部地区复垦任务重, 但受自然地理条件的限制作用。最后, 从完善复垦任务驱动机制、改革复垦政策导向、加强复垦科技转移、统筹协调复垦工程等方面提出了政策建议。

关键词: 土地利用; 土地复垦; 模型; 复垦数量; 时空格局; 驱动机制

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.17.028

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2016)-17-0206-09

杨永均, 张绍良, 卞正富, Peter Erskine, 李效顺. 中国土地复垦省际格局分异及影响机制[J]. 农业工程学报, 2016, 32(17): 206—214. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.17.028 <http://www.tcsae.org>

Yang Yongjun, Zhang Shaoliang, Bian Zhengfu, Peter Erskine, Li Xiaoshun. Spatial-temporal pattern differentiation and influencing mechanism of land reclamation in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(17): 206—214. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.17.028 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

截至 2009 年, 中国生产建设活动和自然灾害共损毁土地约 900 万 hm^2 , 每年新增 27 万 hm^2 ^[1]。开展土地复垦工程, 将破坏土地恢复到可供利用的状态, 可以补充耕地、解决民生问题、改善生态环境。目前, 土地整治已经上升到国家战略, 并在全国范围内全面推进^[2]。中国土地复垦工作已开展多年, 从零星复垦到全面推进^[3], 但目前中国土地复垦率仍然只有 25%, 与发达国家水平 50%~70%相距甚远^[4]。根据上一轮《全国土地整治规划(2010—2015 年)》, “十二五”期间复垦约 173 万 hm^2 损毁土地, 复垦率达到 35%, 这表明未来相当长一段时间内复垦任务仍然较重。

然而, 土地复垦是一个集技术、经济、社会于一体的综合系统工程, 高效率地推进土地复垦并非易事, 很多学者进行了大量研究。在理念方面, 复垦的内涵和目标定位愈来愈明晰^[5]; 在管理方面, 土地复垦监管体系逐

渐完善^[6-7]; 在技术方面, 边采边复^[8]、林业法^[9]等新技术也得到了广泛应用; 在政策方面, 借鉴吸纳了国际上通行的做法^[10], 提出了适合国情的复垦政策^[11-12]; 在规划方面, 根据地域特征, 探索了分区稳步推进复垦的策略^[13-15]。此外, 还关注了资金、组织保障等因素对复垦工程开展的限制作用^[16]。事实上, 这些方面均是决定土地复垦全面推进效果的重要影响因素, 研究发现, 复垦率的高低、复垦工程的推进并非只是技术问题, 有时候其限制作用更多地来自社会、经济、制度困境^[17-20]。

从研究现状看, 土地复垦领域在微观和中观层面取得丰硕成果的同时, 还缺乏全国层面土地复垦的系统分析。中国地域差异大, 各省的土地复垦情况参差不齐, 探明区域差异及其原因, 有利于制定合理的复垦规划和管理策略。因此, 本文选取 1999—2013 年的中国省级面板数据, 通过空间差异分析把握土地复垦的影响因素和作用机制, 以期为下一轮土地整治规划、全国土地复垦管理提供定量参考和决策依据。

1 研究数据与方法

1.1 指标体系

其 1) 刻画复垦土地的数量水平, 各省各年度的复垦数量为直接指标, 因此, 选择复垦土地面积(QRL)、复垦面积占国土面积的比率(RQRL)作为 2 个数量指标。其 2) 各省复垦数量多寡直接取决于该省损毁土地的数量, 因此考虑从关键的土地损毁部门提取刻画指标, 因此, 考虑生产建设(主要为矿业、交通)和自然灾害损

收稿日期: 2016-04-03 修订日期: 2016-07-12

基金项目: 国家自然科学基金(51474214, U1361214); 科技基础性工作专项(2014FY110800); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(SZBF2011-6-B35); 国家建设高水平大学公派研究生项目(201506420018)。

作者简介: 杨永均, 男, 四川仪陇人, 博士生。研究方向为土地复垦与生态恢复。徐州 中国矿业大学环境与测绘学院, 221116。

Email: yangyongjuncumt@163.com

*通信作者: 张绍良, 男, 安徽太湖人, 副院长, 博士, 博士生导师。研究方向为生态监测与土地评价。徐州 中国矿业大学低碳能源研究院, 221116。

Email: slzhang@cumt.edu.cn

毁两方面^[21]，因而选取非油气矿产量（MO）、灾毁耕地面积（QDF）、新增交通用地面积（QNTL）3 个指标。其 3）各省复垦是否能有效推进，实际上受到复垦的经济、社会、科技、政策、自然条件 5 个方面的影响，其中，经济方面主要是某省域单元是否有足够的复垦资金投入（包括社会资金投入、从土地和矿业部门计提的复垦专项资金）、经济发展对土地资源的需求和利用水平，因此选择地均 GDP（GDPG）、工业产值占比（RIO）、矿产品销售收入（MSR）、土地出让收入（LLR）、城乡居民存款（DR）5 个指标；在社会层面，损毁的土地具有人口与环境承载等社会功能，因而各省的土地资源和环境压力是直接驱动复垦的因素，因此选择地均固废排放量（SWG）、人均土地面积（LAC）作为指示指标；科技方面，土地复垦是科技型较强的工程行为，科技论文的数量是衡量科技实力的重要指标^[22-23]，因此土地复垦科技论文发表数量（QSP）刻画各省土地复垦研究、工程实践的状况；政策约束与激励通常影响土地复垦的进度和执行力度，因此以政策保障程度（P）为名义变量^[24]，

根据近 20 a 的土地复垦相关政策^[25]，在相关政策出台的时点和地点对各省的政策变量进行进 1 累加赋值；自然条件直接决定复垦工程开展的难易程度，参照土地复垦潜力的自然条件计算方法^[26]，选取降雨量、有机质、地形起伏度、森林覆盖率 4 个指数进行加权平均求取各省自然条件指数（NCI），将其作为复垦环境的指标之一。

综上，共选取了 2 个指标刻画各省复垦土地数量水平，13 项指标作为土地复垦环境的解释变量。其中，新增交通用地面积、灾毁耕地面积、人均土地面积、地均固废排放量、降雨量、森林覆盖率数据来源于《中国环境统计年鉴》；地均 GDP、工业产值占比、城乡居民存款数据来源于《中国统计年鉴》；科技论文数量来源于中国知网的统计；有机质、地形起伏度来源于公开发表的论文资料^[27-28]；复垦政策变量从公开发表的论文统计整理得到；其余指标数据均来源于《中国国土统计年鉴》，1999—2013 各省的复垦土地数量数据如表 1 所示。本文搜集了上述指标各省（由于资料有限，未涉及港、澳、台地区）的数据。

表 1 1999—2013 中国各省复垦土地数量
Table 1 Quantity of reclaimed land in different province in China from 1999 to 2013

省 Province	年份 Year														
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
北京	1 902	196	399	133	376	114	94	0	0	0	283	85	0	0	0
天津	221	433	81	85	428	213	2	1	0	0	0	0	0	0	0
河北	2 403	1 637	2 523	1 328	1878	1 111	2 426	2 713	1 525	1 444	270	273	477	8	24
山西	1 965	5 892	1 397	1 152	631	1 137	1 361	1 359	523	925	291	76	221	694	22
内蒙古	3 463	14 045	7 461	1 014	1784	15 847	449	715	8	1 553	0	622	0	0	1 311
辽宁	3 624	632	231	35	743	653	850	835	2 171	705	1 000	1 560	2 618	616	173
吉林	1 406	2 447	1 250	352	1220	2 712	2 602	1 027	3 503	2 920	214	3 490	528	23	0
黑龙江	1 349	1 375	2 901	1 719	3928	1 163	3 479	3 518	2 359	5 991	2 097	4 983	2 412	2 646	12 012
上海	987	1 410	1 217	2 713	4251	1 562	6 048	2 559	386	2 061	26	708	2 509	2 086	1 748
江苏	9 373	5 201	5 557	33 113	10728	12 073	7 535	10 510	6 760	8 111	14 624	4 024	6 858	6 436	14 301
浙江	715	885	93	246	361	435	1 313	3 977	3 219	4 906	0	266	9	4 215	174
安徽	2 577	2 141	3 374	4 192	5025	5 392	6 326	6 297	5 024	8 054	1 080	1 509	10 582	9 969	7 315
福建	682	363	182	428	162	403	3 665	2 332	141	89	114	447	196	608	1 329
江西	618	741	544	494	109	288	137	235	1 003	489	65	654	1 574	18	721
山东	6 227	4 032	3 927	5 109	12020	11 442	4 293	11 855	7 307	2 885	2 396	5 968	1 331	5 737	1 053
河南	8 658	2 967	2 672	2 035	2318	5 200	5 998	8 976	5 083	5 931	1 012	2 182	2 926	3 393	1 125
湖北	1 400	1 664	1 158	1 462	1121	2 159	1 728	1 463	1 495	2 686	1 653	2 068	1 870	2 166	927
湖南	1 050	476	813	863	666	1 018	370	973	1 176	482	28	1417	187	1542	695
广东	1 924	2 018	260	344	349	419	265	21	1 487	222	0	0	0	81	0
广西	31	637	38	91	130	336	20	325	711	13	15	0	0	0	0
海南	85	34	55	7	0	0	0	59	514	176	677	600	0	0	0
重庆	338	264	530	552	180	127	61	326	2 761	413	796	21	63	438	68
四川	1 999	1 884	582	751	684	489	736	795	912	1 959	93	31	436	196	9
贵州	1 095	322	407	251	401	317	190	169	562	759	770	1 052	948	674	432
云南	3 842	3 942	1 233	2 163	637	1 035	1 199	5 636	5 599	2 366	0	13 320	2 008	470	0
西藏	156	1 889	24	0	2	235	155	45	0	29	0	0	0	0	0
陕西	3 874	2 896	2 088	1 598	2415	2 293	1 737	1 532	2 649	2 716	3 141	3 154	2 482	5 831	2 322
甘肃	2 039	1 108	4 834	914	228	623	493	839	505	682	136	308	631	3 048	988
青海	9	37	9	13	15	13	0	196	197	199	14	0	50	0	150
宁夏	70	58	25	223	0	419	0	207	0	200	79	0	0	0	0
新疆	944	604	548	220	221	6	209	18	238	457	0	1 359	0	0	14
合计	65 027	62 229	46 414	63 598	53 009	69 233	53 741	69 511	57 819	59 422	30 875	50 176	40 916	50 896	46 915

注：本表格数据没有包括港、澳、台地区，单位为 hm²，已四舍五入为整数。
Note: This table does not include the data of Hong Kong, Macao and Taiwan. The unit is hm². All figures had been rounded to integer number.

1.2 研究方法

1.2.1 探索性空间数据分析

本文采用探索性空间数据分析来揭示复垦土地数量的空间格局, 分析指标 Global 和 Local Moran's I 指数的具体性质和公式如下^[29]:

1) Global Moran's I 指数

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (W_{ij}) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

式中 n 是研究区内省域总数; W_{ij} 是空间权重 (空间相邻为 1, 不相邻为 0); X_i 和 X_j 分别是省域 i 和 j 的复垦土地数量; \bar{X} 是复垦土地数量的平均值; 该指数的取值范围在 $-1 \sim 1$ 之间, 大于 0 表示空间正相关, 小于 0 表示空间负相关, 接近 0 表示随机分布。

2) Local Moran's I 指数

$$I_i = \frac{n(X_i - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \sum_{j \neq i}^n W_{ij} (X_j - \bar{X}) \quad (2)$$

式中 $I_i > 0$ 表示省域 i 的复垦土地数量与周围省域差异显著性较小, 均质性和集聚性越强; 反之, 差异显著性较大, 均质性和集聚性越强。

1.2.2 因子分析

利用因子分析从复垦环境因变量的多个因子中提炼共同部分, 对原有信息进行降维, 用较少且相互独立的核心因子解释原有变量, 用于分析复垦环境与省域对象的特征。公因子提取模型和各对象的因子的得分计算模型如下^[30]

$$Z_p = A_{mp} F_m + \alpha \quad (3)$$

$$F_m = \sum_{p=1}^n b_{mp} z_p \quad (4)$$

式中 $Z = (z_1, z_2, \dots, z_p)$ 为解释变量, $F = (F_1, F_2, \dots, F_m)$ 为 Y 的公共因子, A_{mp} 为因子载荷矩阵, α 为特殊因子, b_{mp} 为因子贡献率。分析前, 对标准化后的变量数据矩阵进行 KMO 和 Bartlett 球形检验, 以判断这些因素是否适合做因子分析。并利用提取的公因子和因子得分在平面图上显示变量一对象的对应特征。

1.2.3 面板数据模型

为定量分析复垦土地数量水平的影响因素和作用机制, 考虑面板数据模型来定量评估各区域的影响因素的作用程度, 其模型形式如下^[31]

$$y_{it} = \alpha_{it} + x_{it} \beta_{it} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中 α_{it} 是常数项, β_{it} 是回归系数, ε_{it} 是扰动项, x_{it} 是外生解释变量, 包括经济条件、复垦任务等复垦环境的影响因素。本文首先利用 Fisher-ADF 检验法和 Pedroni 检验法对面板数据进行单位根检验和协整检验, 以克服可能存在的“伪回归”问题。并利用协方差分析进行模型形式的选择。此外, 为确定究竟是采用随机效应模型还是固定效应模型, 进行了 Hausman 检验^[32]。

2 结果与分析

2.1 复垦土地数量的空间格局

通过探索性空间数据分析模型的 Global Moran's I 指数来反应复垦土地数量及其占国土面积比率的总体格局分异特征, 部分时间节点的结果如表 2 所示。复垦数量的 Global Moran's I 指数的绝对值小于 0.06, 且并未达到显著性的最低置信水平 (P 值大于 10%), 表明复垦土地的绝对数量在是空间非平稳过程, 这进一步说明复垦土地的数量取决于各个省域单元的其他条件, 如国土面积、损毁土地面积、经济水平等。复垦数量占国土面积的比率指标体现出弱的正空间自相关特性, 表明该指标呈现空间集聚分布模式。从 1999 年到 2004 年, 全局 Moran's I 指数上升了 21.56%, 但在 2009 年随即下降, 呈现空间随机分布模式, 到 2013 年, 上升至 0.1322, 这说明复垦比率的空间相关性在年际之间不稳定。可以看出, 1999—2013 年间中国复垦土地的数量水平空间集聚性较弱, 复垦的绝对数量在空间上甚至呈现随机特征, 总体格局亦不稳定, 这些现象与其他社会经济要素在中国国土空间上的显著集聚分布特征有较大差异, 也表明土地复垦工程的特殊性。

表 2 1999—2013 年中国复垦土地数量水平全局 Global Moran's I 指数

Table 2 Global Moran's I index of quantity of reclaimed land in China from 1999 to 2013

年份 Year	全局 Moran's I Global Moran's I		期望值 Expectations I		Z 得分 Z score		P 检验 P value	
	复垦量 QRL	复垦 比率 RQRL	复垦量 QRL	复垦 比率 RQRL	复垦量 QRL	复垦 比率 RQRL	复垦量 QRL	复垦 比率 RQRL
1999	0.0563	0.1234	-0.0333	-0.0333	1.21	2.23	0.225	0.026
2004	0.0570	0.1500	-0.0333	-0.0333	1.26	3.09	0.208	0.002
2009	-0.0260	-0.0422	-0.0333	-0.0333	0.16	-0.20	0.877	0.839
2013	0.0564	0.1322	-0.0333	-0.0333	1.31	2.88	0.190	0.004

如图 1 所示, 中国复垦土地绝对数量和比率先较大的省域集中在华东、东北地区, 包括江苏、山东、北京、辽宁等地区, 属于第 1 梯度, 这些地区是中国较早开展土地复垦试点的区域。华北、华中地区, 如山西、湖北复垦数量水平中等, 属第 2 梯度, 西藏、海南等西部、华南地区复垦的数量水平显著较低, 属第 3 梯度。在变化趋势上, 华东地区复垦土地数量水平一直保持前列, 年均复垦土地 1 万 hm^2 以上 (复垦面积约占国土面积比率 0.1 hm^2/km^2), 西部和南部地区长年保持较低复垦数量水平, 年均复垦土地 1 500 hm^2 (复垦面积约占国土面积比率 0.016 hm^2/km^2) 仅占华东地区的 15%, 其余地区在不同年份的复垦数量水平表现出不稳定的趋势。利用 Local Moran's I 指数来探测复垦土地数量水平 (15 年平均值) 的局部集聚强度及模式, 结果显示复垦数量指标有 H-H (高-高) 聚集区, 包括江苏、山东、安徽 3 省 (如图 1d), 表明这 3 个省的复垦土地数量处于高值热点区, 其余地区无显著聚集特征; 复垦比率指标探测到江苏省属于 H-H 聚集区 (如图 1h), 其余地区不显著。

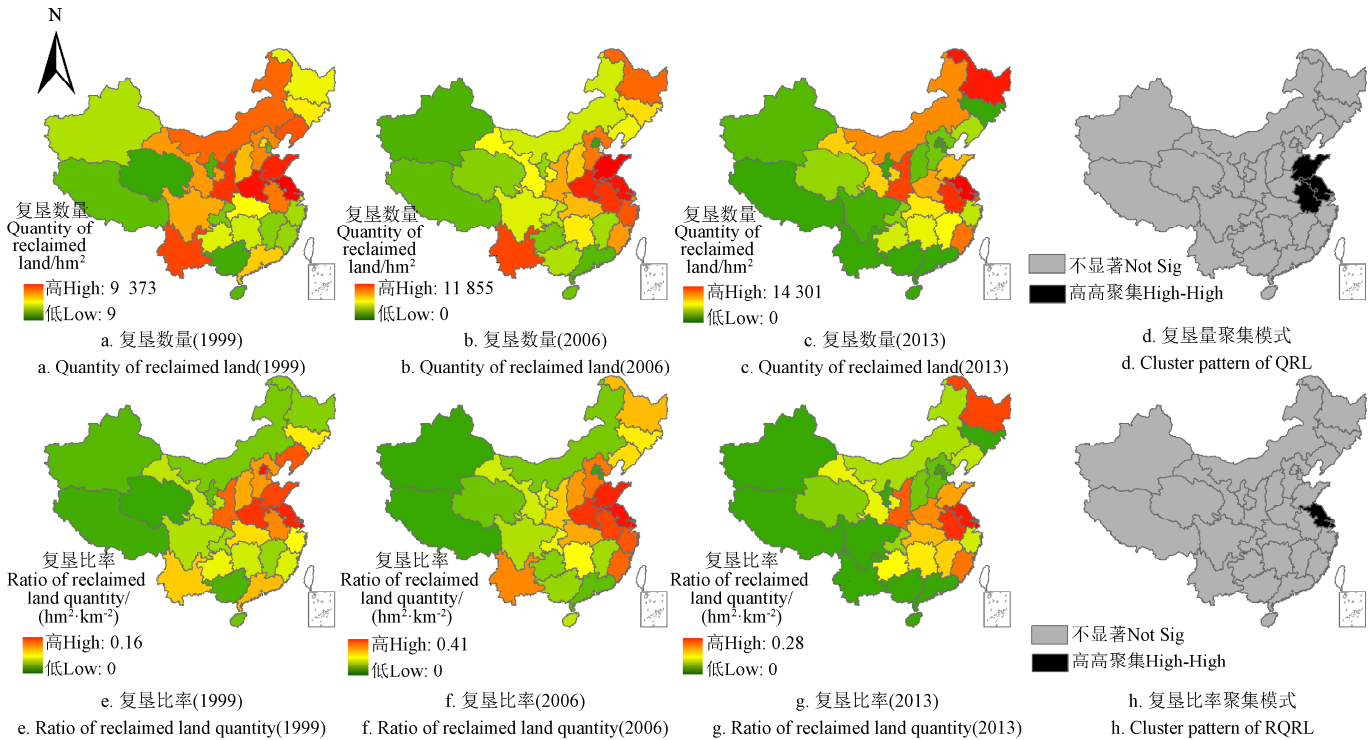


图 1 1999 - 2013 年中国复垦土地数量水平及其集聚格局变化

Fig.1 Change of quantity level and cluster pattern of land reclamation in China from 1999 - 2013

2.2 复垦环境特征与类型分析

为系统研究复垦土地数量水平与复垦环境的对应特征，利用前述的 13 个指标数据的 15 a 均值截面数据进行因子分析。Bartlett 球形检验统计量为 3 250，所对应的概率值 Sig.<0.001，因此判断 13 个因子之间的相关系数矩阵同单位阵存在显著差异性，且 KMO 值为 0.701，说明这些指标适合做因子分析。因子分析结果显示前 3 个公因子解释的信息量超过 73.26%，可以利用前 3 个公因子作为土地复垦环境的解释因子。表 3 是采用方差最大旋转方法获取的因子旋转矩阵，其中非油气矿产量、矿产品销售收入在第 1 公因子上的载荷较大，土地出让收入、城乡居民存款、新增交通用地面积在第 2 公因子上载荷较高，地均固体废弃物排放量、地均 GDP 是第 3 公因子的主要载荷变量，可以看出，第 1 公因子实际上与矿业相关（矿业为土地损毁的主体），而第 2 公因子和第 3 公因子分别为与经济实力、土地资源价值和利用程度相关。由于经济实力是土地复垦的基础，而土地资源的利用价值又是复垦的动力所在，因此这 3 个公因子实际上分别体现了土地复垦的任务、保障、驱动力三大环境。

计算各省的公因子得分并绘制在二维平面图上，以驱动和保障 2 个公因子分别作横纵轴，同时用圆圈大小表示任务公因子，结果如图 2 所示。从驱动和保障因子上看，上海、江苏等东部省份保障和驱动力公因子得分较高，而在西部地区，如青海、贵州等，驱动力和保障因子得分较低。这表明，各省之间的社会经济条件差异使得各省的复垦环境有较大区别，整体来看，中国东部土地复垦的驱动力和保障条件要优于西部。从任务因子上看，任务公因子得分较高的是山西、河北等省份，集中在中国中部地区。

表 3 土地复垦环境变量与因子的相关关系

Table 3 Relationship between the public factor and variables of environment of land reclamation

变量 Variable	公因子 Public factors		
	公因子 1 (任务) Public factor 1 (Mission)	公因子 2 (保障) Public factor 2 (Support)	公因子 3 (驱动力) Public factor 3 (Driving force)
	Public factor 1 (Mission)	Public factor 2 (Support)	Public factor 3 (Driving force)
非油气矿产量 Mine output (MO)	0.835	0.316	-0.143
灾毁耕地面积 Quantity of damaged farmland (QDF)	0.606	-0.109	-0.186
新增交通用地面积 Quantity of new transportation land (QNTL)	0.036	0.856	-0.015
地均 GDP GDP per Ground (GDPG)	-0.291	0.123	0.905
工业产值占比 Rate of industrial output (RIO)	0.585	0.254	0.336
人均土地面积 Land area per capita (LAC)	-0.375	-0.140	-0.287
地均固废排放量 Solid waste per ground (SWG)	0.021	0.123	0.953
政策保障程度 Policy guarantee (P)	0.755	0.400	-0.031
土地出让收入 Land leasing revenue (LLR)	0.074	0.872	0.128
矿产品销售收入 Minerals sale revenue (MSR)	0.915	-0.023	0.017
城乡居民存款 Deposits of residents (DR)	0.088	0.880	0.196
土地复垦科技论文数量 Quantity of scientific paper (QSP)	0.346	0.642	0.130
自然条件指数 Natural condition index (NCI)	-0.229	0.245	-0.201

相比之下，中国东部和西部地区复垦任务较小。将复垦土地数量水平的 3 个梯度反应在二维图上，可以看出，复垦数量水平最高的第 1 梯度包括了两个类型，一

种是驱动力和保障因子得分较高的东部省份, 另一种是较早实施土地复垦试点的省份, 如江苏、山东等。而在复垦数量水平居中的第 2 梯度中, 大多省份土地复垦任务因子得分高, 但驱动和保障条件次于东部地区。而第 3 梯度省份复垦任务一般较小, 驱动与保障能力也相对较弱。因此, 综合来看, 中国土地复垦主要有中强任务+强驱动+强保障、中强任务+中等驱动+中等保障、弱任务+弱驱动+弱保障 3 种类型, 这表明当前中国土地复垦主要是经济驱动为主, 任务驱动为次。

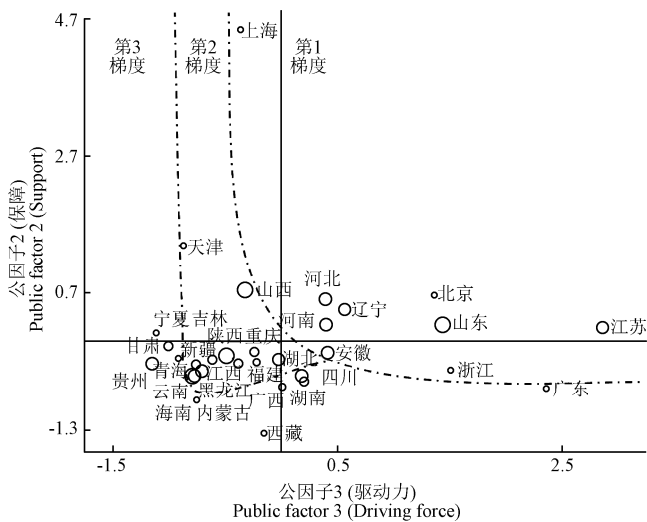


图 2 省域单元与复垦环境因子对应图
Fig.2 Correspondences between different province and public factors

2.3 复垦影响因素的地域差异

省域的复垦土地数量水平与环境因子存在关联, 定量分析这种关联对复垦数量水平的作用程度, 采用面板数据建模分析。首先利用相关分析探索环境因素之间的相关关系, 也可以避免回归建模的多重共线性问题。13 个环境变量中, 非油气矿产量与矿产品销售收入高度相关 ($R>0.90$, $P=1\%$); 地均 GDP 与土地出让收入、人均土地面积、城乡居民存款具有高度相关关系 ($R>0.85$, $P=1\%$); 人均土地面积与地均固废排放量、土地出让收入高度、城乡居民存款相关 ($R>0.80$, $P=1\%$), 可以看出, 土地复垦环境变量中驱动公因子中多数因素 (主要为经济指标) 共线性, 这与中国社会经济要素的空间自相关分布有关, 因此建模分析时, 为提高回归模型稳健性, 采用方差膨胀因子诊断方法, 舍去地均固体废弃物排放量、城乡居民存款、地均 GDP、矿产品销售收入、土地出让收入 5 个指标。

由于复垦土地数量水平在年际间不稳定, 且未出现长期变化趋势, 因此考虑取 15a 的均值横截面数据进行混合 OLS 回归建模, 以复垦土地数量占国际面积的比率作为被解释变量, 结果如表 4 所示, R^2 达到 0.874, 说明模型拟合程度较好。灾毁耕地面积 (QDF)、政策保障程度 (P) 在 5% 水平下显著, 非油气矿产量 (MO)、工业产值占比 (RIO) 在 10% 水平下显著。政策保障程度、工

业产值占比、灾毁耕地数量越高, 复垦土地数量比率越高, 弹性分别为 4.060、1.974、0.540; 相反, 非油气矿产量越高, 复垦数量比率越低, 弹性为-0.929, 即非油气矿产量提高 1%, 复垦数量比率下降 0.929%。因此, 从横向 (不同省域) 看, 矿业发达的地区仍然处于土地损毁的进程中, 土地复垦往往较其他省域落后; 由于矿业占工业产值比例较低 (全国平均仅 7% 左右), 因此, 工业产值占 GDP 比例较高的省域, 其非矿业经济更发达, 土地资源更为紧张, 则有更强的经济保障和动力复垦已经报损的土地, 复垦的数量水平也将相对提高。同时, 这些复垦数量水平较高的地区较早开展土地复垦实践, 其政策保障水平也相对较高。

表 4 1999—2013 均值横截面混合 OLS 模型计量结果

Table 4 Results of hybrid OLS model using cross-sectional average data from 1999 to 2013

变量 Variable	系数 Coefficient	标准误差 Standard error	T 统计量 T statistic	P 值 P value
MO	-0.929	0.466	-1.994	0.059
QDF	0.540	0.170	3.180	0.004
QNTL	-0.023	0.231	-0.098	0.923
LAC	-0.391	0.299	-1.308	0.205
RIO	1.974	1.148	1.720	0.099
P	4.060	1.497	2.713	0.013
QSP	0.075	0.301	0.249	0.805
NIC	0.429	0.868	0.494	0.626
R^2	0.874			
F 统计量	8.866			
P 值	<0.001			

以均值横截面数据建模, 可以压缩年际之间的数据不稳定因素, 如年际统计误差, 但也忽略了样本个体的动态行为、且存在遗漏变量问题。因此, 考虑利用面板数据增加观测值, 进一步建模分析个体、时间、变量之间的内在联系。利用 Fisher-ADF 方法, 对 8 个解释变量和 1 个被解释变量做单位根检验, 结果表明, 非油气矿产量、工业产值占比、政策保障程度的一阶差分序列是平稳的, 其余指标序列平稳, 因此判定所有指标是一阶单整序列。Pedroni 检验的各个统计量的伴随概率小于 0.10, 因此可以认为在 10% 显著性水平下认为复垦土地数量占国土面积比率与其他 8 个解释变量存在协整关系。通过协方差检验, 拒绝了变系数和变截距模型, 表明在增加观测量后, 复垦土地的数量与环境面板数据在时间和个体上无显著差异, 这进一步说明中国各省土地复垦是一个时间和空间上的非平稳过程。因此, 忽略时间上的差异, 采用个体集群的方式进行混合 OLS 面板数据建模, 利用数据丰富的优势剖析解释变量对复垦数量的作用机制, 结果如表 5 所示。

由表 5 可知, 从全国层面来看, 虽然 R^2 为 0.550, 但方程整体置信水平较高, 因素分析仍有意义, 可以看出, 5% 的置信水平下有灾毁耕地面积、人均土地面积、工业产值占比、政策保障程度、科技论文数量 5 个指标显著。与 15 a 平均截面数据回归结果相比, 由于观测值增多,

入选了更多的显著因子，各因子的弹性降低。同时，大样本容量下，政策保障程度与土地复垦比率呈现负相关，这是因为：在单时点多个体的横截面上，较早开展土地复垦试点政策的省区，政策保障程度好，复垦数量相应较大；但在长时间多个体的面板数据上，则是先有复垦任务，后有复垦政策，政策保障程度较高的省区，复垦任务重。实际上，面板数据利用数据优势探测出更为潜化的影响机理，表明中国当前土地复垦政策仍然是以复垦任务指派型为主，复垦激励型政策较少。考察政策变量的滞后性，可以发现在对政策保障程度取 6 阶滞后量后，即这种任务指派型政策在 6 a 后开始对复垦数量水平产生正向作用。从东、中、西部的回归结果来看，显著

性因子有较大差异，尽管面板数据没有显著个体差异，但不同个体集群的因素影响机理却有较大差别，东部地区复垦土地数量水平的前两个显著影响因子为工业产值占比、灾毁耕地面积，这表明东部地区经济水平较高，土地损毁后，资源较为紧张，土地复垦主要是资源压力和经济吸引两个因素在驱动。而中部地区的显著因子为非油气矿产量和人均土地面积，表明中部地区仍然受土地资源压力的驱动，但处于矿业进程的状态则负面影响复垦土地数量水平。西部地区的显著因子为自然条件和政策保障，表明自然地理条件是西部地区土地复垦的重要限制性因子，复垦数量水平较低的地区还拥有更多政策所指派的复垦任务。

表 5 1999—2013 面板数据混合 OLS 模型计量结果
Table 5 Results of the hybrid OLS model using panel data from 1999 to 2013

变量 Variable	全国 Nationwide		东部 Eastern		中部 Central		西部 Western	
	系数 Coefficient	标准差 Standard deviation	系数 Coefficient	标准差 Standard deviation	系数 Coefficient	标准差 Standard deviation	系数 Coefficient	标准差 Standard deviation
MO	-0.072	0.160	-0.053	0.416	-1.040***	0.321	0.138	0.315
QDF	0.201***	0.040	0.212***	0.058	-0.045	0.068	0.130	0.110
QNTL	0.020	0.036	0.077	0.077	0.051	0.039	-0.085	0.055
LAC	-0.772***	0.128	-1.011	0.713	-1.124***	0.165	-0.969***	0.253
RIO	1.582***	0.526	2.668**	1.080	0.033	1.156	0.177	0.847
P	-0.707***	0.304	-1.336**	0.568	-0.596	0.418	-1.144**	0.492
QSP	0.108**	0.101	0.026	0.194	0.230	0.153	0.055	0.160
NIC	-0.019	0.422	-1.499	0.935	-1.052	0.647	1.576*	0.855
样本容量	465		180		135		150	
个体数目	31		12		9		10	
R ²	0.550		0.508		0.607		0.691	
F 统计量	24.734		7.427		9.187		16.090	
P 值	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

注：***、**、*分别表示 1%、5%、10%水平显著。
Note: ***, ** and * mean significant on the level of 1%, 5% and 10%.

2.4 土地复垦驱动与约束机制

实际上，土地复垦这一过程同时受到任务、资源压力与经济吸引力、保障条件三方面因素的影响，其作用机制如图 3 所示。

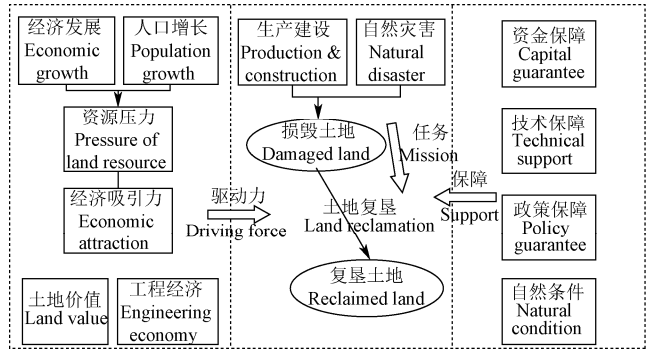


图 3 环境因子对土地复垦的作用机制
Fig.3 Driving mechanisms of different factors for land reclamation

1) 复垦任务驱动。显然，损毁土地数量是决定复垦土地数量水平的基础因素。伴随经济发展，生产建设活动不可避免地损毁土地，矿业是损毁土地的主要部门，

主要发生在中西部地区（非油气矿产量占全国的 67.56%）。此外，自然灾害，如地震、滑坡等也是土地损毁的重要致因，1999—2013 年全国每年平均灾毁耕地约 4 万 hm²，多分布在东北、西北和西南各省，这与当地的自然因素有关，且年际之间变异较大。土地损毁影响民生、破坏生态环境，因此形成土地复垦的任务压力，中国《土地复垦条例》规定“谁损毁、谁复垦”“历史遗留和自然灾害损毁土地由县级以上人民政府组织复垦”，因而损毁土地在一定数量水平上可以被复垦。但任务驱动型政策难以做到“损一垦一”，复垦难度大、时间滞后、任务负担过重等多种原因，造成损毁土地保有数量增加，复垦率偏低，累积的复垦任务又阻滞社会经济发展，造成恶性循环。

2) 资源压力与经济吸引力驱动。除任务压力外，土地复垦另外有经济吸引力和资源压力两个驱动力量，这也是当前中国复垦土地数量水平的主导驱动力。一方面，随着经济发展和人口增长，土地资源越来越紧张，而土地损毁直接压缩生存空间，因而产生资源压力，促使其对塌陷、污染、压占的土地加以复垦利用。另一方面，由于复垦工程投资大，其本身是一项较大的基础建设工

程, 可以带来原材料消耗、就业机会、新增耕地指标等效益, 复垦后的土地可以用作农业、建筑、旅游等, 创造经济效益, 此外, 还有较大的生态效益, 从而形成土地复垦的价值吸引力。这两方面特点在东部地区最为明显, 以江苏为例, 人均国土面积 $1\,344\text{ m}^2$, 仅为全国平均水平的 19.05%, 地均 GDP $2\,587\text{ 万元/km}^2$, 约为全国水平的 2 倍, 加之其损毁土地保有量大, 因此其复垦绝对数量全国第一。相反, 在西部地区, 人少地多且土地适宜性差, 因此复垦动力不足。

3) 保障与约束因子。土地复垦不同于其他土地工程, 其技术难度更大, 专业性更强。复垦的资金、技术、政策、自然条件往往成为工程开展的制约因素。目前, 中国土地复垦主要是依赖于从矿产品销售收入、土地出让收入中计提的土地复垦、开发基金或者保证金, 还没有全面引入社会资本进行土地复垦, 而复垦工程往往投资巨大, 是一般土地整治工程的数倍至数 10 倍, 一旦资金不足, 复垦无从开展。成熟的生态修复、土地复垦技术保障是复垦工程成功开展的必要条件, 在中国东部较早开展土地复垦的地区技术日趋成熟, 而对于西部地区却仍然是一个限制因子。政策保障可以区分为任务指派、激励 2 个类型政策, 前者强调减少土地损毁、损毁后必须复垦, 后者强调复垦后收益分配、表彰奖励, 这可以直接影响土地复垦的执行力度和效果。此外, 自然条件的好坏决定了土地复垦的难度、投资大小, 在中国西部生态脆弱区, 自然条件是一个显著的限制性因子。

3 政策建议

基于 1999—2013 年土地复垦省级格局和影响因子的分析, 得到如下的政策启示: 1) 完善复垦任务驱动机制。根据各地区复垦的难易程度, 有区别、分阶段地推进复垦, 缩短损毁-复垦滞后时间, 推广“边损毁边复垦”、损毁型企业用地“退出机制”; 2) 加强复垦工程过程管理。完善用地-损毁-复垦-再利用的监测、监管和评价制度; 3) 改革复垦政策导向。进一步加大复垦的激励措施, 合理分配复垦中和复垦后的经济、社会、生态效益。完善土地损毁方、复垦投资方、政府监管方、复垦受益方、社会大众等利益相关者参与复垦的机制, 吸引社会投资, 补足资金保障; 4) 推动科技成果转移。根据复垦任务的空间布局, 将东部较早试点复垦区域的科技力量转移到中西部地区, 加强异地合作、产学研一体化; 5) 统筹协调复垦工程。强化其生态、社会、经济复合工程的耦合特性, 协调考虑复垦工程与退耕还林、产业转型、民生改善、碳减排与碳交易、生态综合治理、绿色矿业、现代农业等工程之间的关系, 提高土地复垦系统的弹性。

4 结论与讨论

1) 探索性空间数据分析结果表明, 1999—2013 年中国复垦土地数量水平呈现弱空间自相关特征, 年际之间不稳定, 呈现空间非平稳过程。空间聚集性较弱, 探测到一个 H-H (高-高) 复垦数量水平聚集区位于华东地区 (以江苏省为中心), 其余地区无显著聚集特征。复垦数

量水平在呈现 3 个梯度特征, 第 1 梯度包括华东、东部部分区域, 复垦数量较大且稳定, 第 2 梯度包括华北、中部部分区域, 复垦数量居中且不稳定, 第 3 梯度包括西部、华南地区, 复垦数量较低且稳定。

2) 因子分析结果表明可以利用前 3 个公因子作为土地复垦环境的解释因子, 分别可以理解为任务、保障、驱动力公因子。基于各个个体的公因子得分二维图, 发现中国土地复垦主要有中强任务+强驱动+强保障、中强任务+中等驱动+中等保障、弱任务+弱驱动+弱保障 3 种组合类型, 这表明当前中国土地复垦主要是经济驱动为主, 任务驱动为次。

3) 均值横截面和多个体多时间面板数据的分析结果表明, 灾毁耕地面积、人均土地面积、工业产值占比、政策保障程度、科技论文数量 5 个指标是影响全国土地复垦格局的重要因素。东部地区土地复垦主要是资源压力和经济吸引力 2 个因素在驱动; 中部地区受土地资源压力的驱动, 但处于矿业进程的状态则负面影响复垦土地数量水平; 西部地区拥有更多复垦任务, 但自然地理条件是西部地区土地复垦的重要限制性因子。

要指出的是本研究还存在一定不足: 时间尺度上仅包括 1999—2013 年 (15 a) 的数据, 而土地复垦的政策效用、矿业土地损毁都存在较长的时间滞后性, 因此还需进一步观察和揭示长时间尺度下各个因素对土地复垦格局的作用; 本文基于数据的可获取性选择了复垦绝对数量及其占国土面积比率为指标, 尽管可以指示复垦数量水平, 但无法反应各省的损毁土地的复垦率, 这需要进一步调查。又由于面板数据在时间和个体上无显著差异, 推断可能存在潜在变量, 这表明中国土地复垦可能受到更多因素的复杂影响, 如数据统计方法、复垦偏好等; 虽然在政策建议部分提出强化认识复垦的生态、社会、经济复合特性, 但如何提高加强系统内部反馈, 提高损毁土地复垦率, 还有待深入探讨。因此, 如何构建一个具有弹性的复垦管理系统是下一步深化的研究领域及方向。

[参 考 文 献]

- [1] 周楚军. 我国已复垦损毁土地 3000 万亩[N]. 中国国土资源报, 2014-10-20.
- [2] 鄢宛琪, 朱道林, 汤怀志. 中国土地整治战略重塑与创新[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 1—8.
Yun Wanqi, Zhu Daolin, Tang Huaizhi. Reshaping and innovation of China land consolidation strategy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(4): 1—8. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张绍良, 彭德福. 试论我国土地复垦现状与发展[J]. 中国土地科学, 1999, 13(2): 1—5.
Zhang Shaoliang, Peng Defu. Study on the current situation and development of land reclamation in China[J]. China Land Science, 1999, 13(2): 1—5. (in Chinese with English abstract)
- [4] 孙婧. 发达国家矿区土地复垦对我国的借鉴与启示[J]. 中国国土资源经济, 2014, 27(7): 42—44.

- Sun Qian. Reference and inspiration from developed countries for mined land reclamation in China[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2014, 27(7): 42—44. (in Chinese with English abstract)
- [5] 胡振琪, 赵艳玲, 程玲玲. 中国土地复垦目标与内涵扩展[J]. *中国土地科学*, 2004, 18(3): 3—8.
- Hu Zhenqi, Zhao Yanlin, Cheng Lingling. Extension of goal and meaning of land reclamation in China[J]. *China Land Science*, 2004, 18(3): 3—8. (in Chinese with English abstract)
- [6] 贺振伟, 白中科, 张继栋, 等. 中国土地复垦监管现状与阶段性特征[J]. *中国土地科学*, 2012, 26(7): 56—59.
- He Zhenwei, Bai Zhongke, Zhang Jidong, et al. Status and stage features of land reclamation supervision in China[J]. *China Land Science*, 2012, 26(7): 56—59. (in Chinese with English abstract)
- [7] 周妍, 白中科, 罗明, 等. 中国土地复垦监管体系问题与对策[J]. *中国土地科学*, 2014, 28(2): 68—75.
- Zhou Yan, Bai Zhongke, Luo Ming, et al. Problems and countermeasures of land reclamation regulatory system in China[J]. *China Land Science*, 2014, 28(2): 68—75. (in Chinese with English abstract)
- [8] 胡振琪, 肖武, 王培俊, 等. 试论井工煤矿边开采边复垦技术[J]. *煤炭学报*, 2013, 38(2): 301—307.
- Hu Zhengqi, Xiao Wu, Wang Peijun, et al. Concurrent mining and reclamation for underground coal mining[J]. *Journal of China Coal Society*, 2013, 38(2): 301—307. (in Chinese with English abstract)
- [9] Wilson-Kokes L, DeLong C, Thomas C, et al. Hardwood tree growth on amended mine soils in West Virginia[J]. *Journal of Environmental Quality*, 2013, 42(5): 1363—1371.
- [10] 金丹, 卞正富. 国内外土地复垦政策法规比较与借鉴[J]. *中国土地科学*, 2009, 23(10): 66—73.
- Jin Dan, Bian Zhengfu. Policies, laws and regulations on land reclamation and the implications: Comparing China with other countries[J]. *China Land Science*, 2009, 23(10): 66—73. (in Chinese with English abstract)
- [11] Cao X. Regulating mine land reclamation in developing countries: The case of China[J]. *Land Use Policy*, 2007, 24(2): 472—483.
- [12] 蒋正举, 刘金平. “资源-资产-资本”视角下矿山废弃地价值实现路径研究[J]. *中国人口资源与环境*, 2013, 23(11): 157—163.
- Jiang Zhengju, Liu Jinping. Research on value realization of abandoned mine lands under the perspective of “Resource-Asset-Capital”[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(11): 157—163. (in Chinese with English abstract)
- [13] Xiao W, Hu Z, Fu Y. Zoning of land reclamation in coal mining area and new progresses for the past 10 years[J]. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2014, 1(2): 177—183.
- [14] Zhou Y, Luo M, Bai Z K. Land reclamation zoning and evaluation of land suitability in mining areas in China[J]. *Advanced Materials Research*, 2013, 726(8): 4751—4759.
- [15] 杨永均, 张绍良, 侯湖平, 等. 煤炭开采的生态效应及其地域分异[J]. *中国土地科学*, 2015, 29(1): 55—62.
- Yang Yongjun, Zhang Shaoliang, Hou Huping, et al. The ecological effects excited by coal mining and its regional differentiation[J]. *China Land Science*, 2015, 29(1): 55—62. (in Chinese with English abstract)
- [16] 吴晓丽, 朱宇, 陈广仁, 等. 矿区土地复垦与生态重建: 机遇与挑战[J]. *科技导报*, 2009, 27(17): 19—24.
- Wu Xiaoli, Zhu Yu, Chen Guangren, et al. Opportunity and challenge for land reclamation and ecological reconstruction in mining area: Science and technology review[J]. 2009, 27(17): 19—24. (in Chinese with English abstract)
- [17] 崔艳, 白中科, 张继栋, 等. 土地复垦资金保障初探[J]. *金属矿山*, 2011, 40(9): 145—148.
- Cui Yan, Bai Zhongke, Zhang Jidong, et al. Discussion on funds guarantee of land reclamation[J]. *Metal Mine*, 2011, 40(9): 145—148. (in Chinese with English abstract)
- [18] 师学义, 陈丽. 我国矿区土地复垦利用的困境: 产权与政策层面分析[J]. *能源环境保护*, 2006, 20(2): 54—57.
- Shi Xueyi, Chen Li. Research on the dilemma of land reclamation at mining area in China: Perspective on propriety rights and policies[J]. *Energy Environmental Protection*, 2006, 20(2): 54—57. (in Chinese with English abstract)
- [19] 蔡运龙, 蒙吉军. 退化土地的生态重建: 社会工程途径[J]. *地理科学*, 1999, 19(3): 198—204.
- Cai Yunlong, Meng Jijun. Ecological reconstruction of degraded land: A social approach[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1999, 19(3): 198—204. (in Chinese with English abstract)
- [20] Lamb D, Erskine P D, Fletcher A. Widening gap between expectations and practice in Australian minesite rehabilitation[J]. *Ecological Management & Restoration*, 2015, 16(3): 186—195.
- [21] 罗明, 白中科, 刘喜韬, 等. 土地复垦潜力调查评价研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [22] 林永强, 刘渝琳. 我国三大区域科技差异解析—基于回归分解方法[J]. *科技进步与对策*, 2012, 29(3): 31—33.
- Lin Yongqiang, Liu Yuling. Analysis of regional differences of science and technology based on regression analysis method[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2012, 29(3): 31—33. (in Chinese with English abstract)
- [23] 万勇, 文豪. 中国区域创新能力的评价指标体系研究[J]. *中南大学学报: 社会科学版*, 2009, 15(5): 643—646.
- Wan Yong, Wen Hao. Study on assessment system of indicators for China's regional innovation capability[J]. *Journal of Central South University: Social Science*, 2009, 15(5): 643—646. (in Chinese with English abstract)
- [24] 翟文侠, 黄贤金. 我国耕地保护政策运行效果分析[J]. *中国土地科学*, 2003, 17(2): 8—13.
- Zhai Wenxia, Huang Xianjin. Analysis on the effect of policies operation of cultivated land protection in China[J]. *China Land Science*, 2003, 17(2): 8—13. (in Chinese with English abstract)
- [25] 余勤飞, 白中科, 孙琦, 等. 基于文献数据统计的我国土地复垦研究: 时间, 区域与领域分析[J]. *江西农业大学学报*

- 报, 2013, 35(6): 1303—1311.
- Yu Qinfei, Bai Zhongke, Sun Qi, et al. A study of land reclamation in China based on literature data statistics: Time, Area and field analysis[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangsiensis*, 2013, 35(6): 1303—1311. (in Chinese with English abstract)
- [26] 何书金, 苏光全. 矿区废弃土地复垦潜力评价方法与应用实例[J]. *地理研究*, 2000, 19(2): 165—171.
- He Shujin, Su Guangquan. Evaluation method and its application to the potentiality of wasteland reclamation of China's abandoned mining areas[J]. *Geographical Research*, 2000, 19(2): 165—171. (in Chinese with English abstract)
- [27] 吴乐知, 蔡祖聪. 中国土壤有机质含量变异性与空间尺度的关系[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(9): 965—972.
- Wu Yuezhi, Cai Zucong. The relationship between the spatial scale and the variation of soil organic matter in China[J]. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(9): 965—972. (in Chinese with English abstract)
- [28] 付晓, 王雪军, 孙玉军, 等. 我国森林生态系统服务功能质量指标体系与评价研究[J]. *林业资源管理*, 2008(2): 32—37.
- Fu Xiao, Wang Xuejun, Sun Yujun, et al. Study on the indicator system and evaluation of forest ecosystem services in China[J]. *Forest Resources Management*, 2008(2): 32—37. (in Chinese with English abstract)
- [29] Bourguignon F. Decomposable income inequality measures[J]. *Econometrics*, 1979, 47(4): 901—920.
- [30] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006.
- [31] Jeffrey M Wooldridge. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*[M]. Massachusetts: MIT Press, 2001.
- [32] Hausman J, Taylor W. Panel data and unobservable individual effects [J]. *Econometrica*, 1981, 49(6): 1377-1398.

Spatial-temporal pattern differentiation and influencing mechanism of land reclamation in China

Yang Yongjun^{1,2}, Zhang Shaoliang^{3*}, Bian Zhengfu¹, Peter Erskine², Li Xiaoshun¹

(1. School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Center for Mined Land Rehabilitation, The University of Queensland, Brisbane 4067, Australia;

3. Low Carbon Energy Institute, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: A large quantity of land resources have been damaged due to intense human activities and natural disasters, such as mining operation, infrastructure construction, and landslide. The expectation to restore the function of the degraded land is increasingly drawing much attention from both publics and governments. After decades' efforts, there is still a heavy task of land reclamation that needs to be finished in China. Due to the strong regional differentiation, the situation of land reclamation in each province is different from others. In order to reduce the regional differences with a purpose of promoting the land reclamation in China, it is essential to explore the spatial-temporal pattern differentiation and influence mechanism of land reclamation. This paper took 31 provinces, municipalities and autonomous districts in China as research area to reveal the spatial pattern of the quantity of land reclamation and its influence factors. The considered factors included the economic, social, technical, institutional and natural conditions. Data were collected from related statistical yearbook, published paper and China national knowledge internet (CNKI). We employed exploratory spatial data analysis to detect the spatial pattern of land reclamation in China. Besides, factor analysis was used to discover the public driving force of land reclamation. Panel data model was used to quantify the influence of different factors on the quantity of land reclamation in different regions. It could be found that: 1) The quantity of land reclamation in China was featured by a weak spatial autocorrelation and three-grade distribution pattern, and it showed a spatial nonstationary process with inter-annual instability from 1999 to 2013. This pattern was partly in accordance with the economic development and affected by some factors such as the distribution of mineral resource and differentiated land reclamation policies; 2) Due to the weak spatial aggregation, only one area with H-H (high-high) clustered reclamation was detected in eastern China (the center was Jiangsu Province), and not any other significant hot area was been found; 3) The 3 public factors mainly affecting land reclamation were mission, drive and support respectively. It can be inferred that the most significant motive force of land reclamation in China is economic driving force, and the second force is mission of land reclamation. This indicates that, to some degree, the insufficient quantity of land reclamation cannot only attribute to the technical problem. Obviously, it is a synthesis problem related to other factors, especially the economy. For eastern China, land reclamation is mainly driven by the pressure of land resource shortage and economic attraction. Central China is also suffering from the pressure of land resource shortage, but its land reclamation is negatively affected by the ongoing mining activity. In western China, there is more mission of land reclamation, but the natural condition acts as a significant limiting factor. Based on the results above, some policy suggestions, such as improving the mission-driving mechanism, reforming the guidance of policy, enhancing the transfer of technology and coordinating land reclamation project, have been proposed. The results and conclusions above are expected to provide reference for the planning and management of land reclamation.

Keywords: land use; land reclamation; models; quantity of reclaimed land; spatial-temporal pattern; driving mechanism