

# 基于多指标的郑州市城市化扩展过程研究

郭恒亮, 刘如意, 赫晓慧\*, 田智慧 (郑州大学水利与环境学院, 河南郑州 450001)

**摘要** 以郑州市为研究对象, 选取 2000、2006、2008 和 2012 年 4 期遥感影像, 运用 RS 数字图像处理技术和 GIS 空间分析技术, 通过空间方位比重等多种指标综合考虑多种因素详细分析 2000~2012 年中原经济群中心城市——郑州市城市空间扩展动态变化轨迹。结果表明: 2000 年以来, 郑州市区的城市扩展明显, 但速度逐渐放缓, 扩展方向以向东为主, 呈东南方向发展; 城市扩展经历了从以外部延伸和边缘扩展为主到以内部填充和边缘扩展的转变, 表明了城市建设正朝着土地利用集约化方向发展; 人口、经济、交通以及政策因素是促进郑州市城市快速扩展的主要原因, 其中政策因素起到了主导性作用。

**关键词** 多指标; 郑州市; 城市扩展

中图分类号 S127; TP79 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)26-369-04

## Study of Urban Sprawl Based on Multiple Indexes—A Case of Zhengzhou City

GUO Heng-liang, LIU Ru-yi\*, HE Xiao-hui et al (College of Water Conservancy and Environmental Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001)

**Abstract** Taking Zhengzhou as the research object with the help of the four temporal Landsat TM and ETM+ remote sensing data of 2000, 2006, 2008, 2012, using image processing technology of remote sensing (RS) and spatial analysis technology of GIS and considering all the influencing factors by synthesis, the article mainly uses many indexes including the proportion of spatial orientation to study the dynamic changes of urban expansion in Zhengzhou, one of the central plains economic group, during four years of 2000, 2006, 2008, 2012. The results mainly show that since the beginning of the 21st century, the urban expansion of Zhengzhou had increased significantly, but the speed was slowing, and the urban developed towards to the east, the west and the south, but the east is the major direction; urban expansion of Zhengzhou in 12 years varied from external extension and edge extension to internal filling and edge extension, indicating that land use got intensive gradually; Population, economy, traffic and policy are the main factors, but the policy plays a leading role.

**Key words** Multiple indexes; Zhengzhou City; Urban sprawl

城市空间扩展是城市化过程的显著标志, 随着城市化进程的不断推进, 城市空间扩展已成为国内外学者关注的热点领域<sup>[1-4]</sup>。近年来, 中原经济区建设成为国家战略, 所包含的主要城市空间扩展剧烈<sup>[5-7]</sup>, 加强对中原经济区重点城市的扩展动态研究对于中原城市群的健康持续发展有着重要的意义。

郑州市作为人口、农业大省河南省的省会城市和中原经济区的中心城市, 土地供求和人地矛盾尖锐, 动态剖析城市动态演变过程, 及时掌握中心城市扩展现状成为一种迫切需求。卢晓峰<sup>[8]</sup>利用 RS 和 GIS 技术上对郑州市城市扩展进行了研究, 在精细提取各个时期的土地利用类型后, 对城市扩展方位特征做了概略性描述<sup>[8]</sup>; 而贺振等<sup>[9]</sup>、赵晓丽等<sup>[10]</sup>对这一过程描述十分详细, 但这些研究都将驱动力因子作用单独分析, 缺乏综述性。笔者以扩展方位分析为侧重点, 利用多种表征指标, 深层次探寻多种驱动力因子综合作用下郑州市进入 21 世纪以来城市动态演变过程, 宏观上把握土地开发利用的速度及趋势, 以期对郑州市未来城市发展规划提供一定的指导依据。

## 1 数据来源与研究方法

**1.1 研究区概况** 郑州是河南省的省会城市, 位于 112°42'~114°14'E, 34°16'~34°58'N。总面积 7 446.2 km<sup>2</sup>, 其中市

区总面积 1 010.3 km<sup>2</sup>。郑州地处河南省中部偏北, 华北平原南部, 北临黄河, 西依嵩山, 东、南为广阔的黄淮平原。研究区为郑州市区范围(不含上街区), 涵盖惠济区、中原区、二七区、管城区和金水区(图 1)。郑州市地理位置优越, 是河南省政治、经济、文化中心, 我国商贸试点城市之一, 全国最大的铁路十字枢纽客运站之一。2011 年底, 全市总人口为 885.7 万, 其中市区总人口数达到 437.4 万, 全市完成生产总值 4 912.7 亿元, 规模以上工业增加值完成 2 340.2 亿元<sup>[11]</sup>。

**1.2 数据来源** 借助 Erdas Imagine 9.2 平台对 2000、2006、2008、2012 年 4 期遥感影像数据源进行预处理, 经过假彩色合成、融合增强处理、投影转换以及几何纠正, 使用最邻近法进行灰度重采样。重采样后, 相对误差小于 30 m。裁剪研究区, 根据《全国生态遥感监测土地利用\覆被分类体系》, 结合郑州市土地利用实际情况, 采用人工目视解译方法, 将研究区分成耕地、林地、草地、水域、建设用地以及未利用地 6 种土地类型, 得到 2000、2006、2008、2012 年 4 期的土地利用现状图。

**1.3 研究方法** 该研究主要运用 5 种指标对城市扩展特征进行描述, 包括城市扩展速度、扩展强度、紧凑度、分维数以及建设用地扩展方位比重指数。

**1.3.1 城市扩展速度指数(P)和强度指数(Q)**。城市扩展速度标识城市在整个研究时期内不同阶段的年均增长速度, 而城市扩展强度是建设用地增加值与基础年的比值, 公式分别为:

$$P = \frac{(UA_{n+i} - UA_i)}{n \times UA_i} \times 100\% \quad (1)$$

$$Q = \frac{(UA_{n+i} - UA_i)}{n \times UA} \times 100\% \quad (2)$$

**基金项目** 国家自然科学基金项目(41101095); 河南省科技攻关计划项目(142102310308); 河南省基础与前沿技术研究计划项目(142300410064)。

**作者简介** 郭恒亮(1971-), 男, 河南商丘人, 副教授, 从事水利遥感与智慧城市研究。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事遥感、地理信息系统与生态恢复研究。

**收稿日期** 2015-07-17

式中,  $P$  表示城市年均扩展速度;  $Q$  表示城市扩展强度;  $UA_{n+i}$ 、 $UA_i$ 、 $UA$  分别代表第  $n+i$  年、第  $i$  年和初始年份的建成区面积,  $n$  以年为单位。

**1.3.2 紧凑度 (BCI) 和分维数 (FRAC)。** 紧凑度计算采用 Batty 提出的公式:

$$BCI = 2 \sqrt{\pi A} / P \quad (3)$$

式中,  $BCI$  为城市用地的紧凑度,  $A$  为城市建成区面积,  $P$  为城市轮廓周长。  $BCI$  取值范围为  $0 \sim 1$ , 其值越大, 形状就越紧凑。

分维数公式为:

$$FRAC = 2 \ln \left( \frac{P_{ij}}{4} \right) / \ln a_{ij} \quad (4)$$

式中,  $FRAC$  表示城市用地分维数;  $P_{ij}$  表示城市形态周长;  $a_{ij}$  表示城市形态面积。分维数值越高, 边界线的复杂程度也就越大。

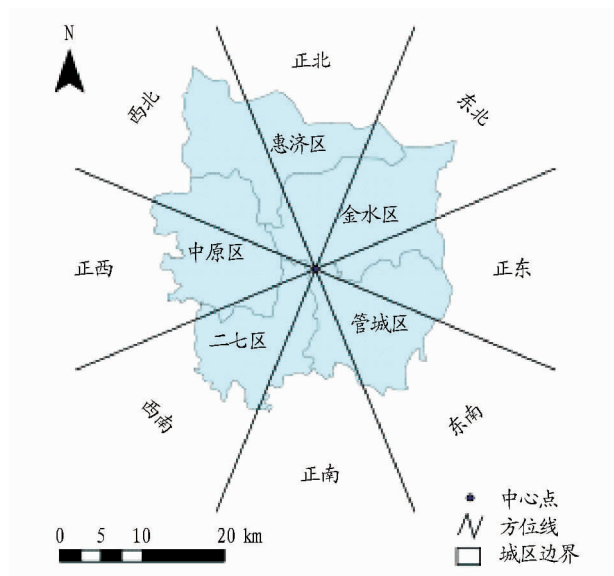


图1 研究区概况与空间方位分析

**1.3.3 建设用地扩展方位比重指数。** 扩展方位比重指数反映了城市用地在某一方位增长的可能性大小。该研究以郑州市二七纪念塔为中心点, 将郑州市区平均划分为 8 个方向 (图 1)。建设用地扩展方位比重指数公式为:

$$OP = (d_i S_{t_2} - d_i S_{t_1}) / (S_{t_2} - S_{t_1}) \quad (3)$$

式中,  $OP$  为  $t_2 - t_1$  时段的方位比重;  $d_i S_{t_2}$  为  $d_i$  方位上  $t_2$  时刻的面积;  $d_i S_{t_1}$  为  $d_i$  方位上  $t_1$  时刻的面积;  $S_{t_2}$  为  $t_2$  时刻的区域总面积;  $S_{t_1}$  为时刻  $t_1$  的区域总面积。

**2 结果与分析**

**2.1 城市空间扩展速率** 2000 ~ 2012 年, 研究区林地、草地和未利用地的变化相对较小, 而建设用地和耕地的变化最大 (图 2)。郑州市区城市扩展建设用地面积从 217.78 km<sup>2</sup> 增加到 509.88 km<sup>2</sup>, 12 年间面积增加了 1.34 倍, 而中心城区建成区面积由 137.47 km<sup>2</sup> 增加到 372.14 km<sup>2</sup>, 12 年间面积增加了 1.71 倍。其中, 城市面积的增加几乎全部由耕地转化而来。

从图 3 可以看出, 城市扩展速度先小幅增加后大幅下

降, 表明郑州市区的城市扩展速率浮动较大, 速度正在大幅下降。同时, 城市扩展强度变化也非常明显, 在 2000 ~ 2006 年期间为 11%, 2006 ~ 2008 年期间迅速增加至 21%, 然后又迅速下降到 2008 ~ 2012 年期间的 6%, 表明 2006 ~ 2008 年城市扩展最为剧烈, 而 2008 ~ 2012 年建设强度的大幅下降, 验证了郑州市经济发展受到了 2008 年全球经济危机的负面影响 (图 4)。

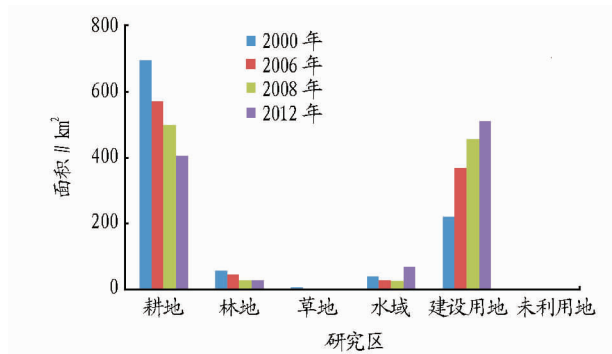


图2 2000、2006、2008、2012 年研究区各类用地面积统计

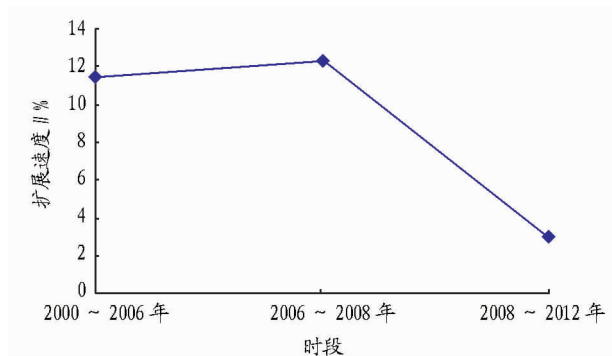


图3 研究区不同时段城市扩展速度

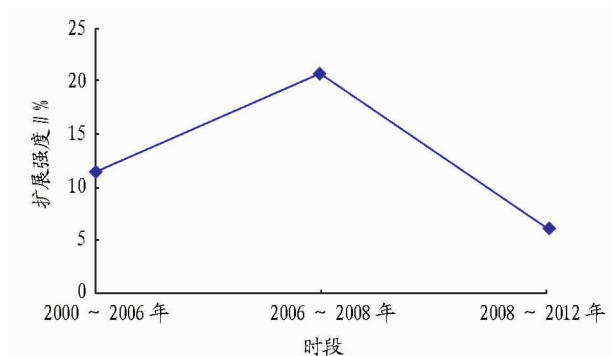


图4 研究区不同时段城市扩展强度

**2.2 城市空间扩展特征** 从图 5 和 6 可看出, 紧凑度与分维数在 2006 年均处于拐点, 而 2008 年紧凑度指数接近于 2006 年。两个指标的变化趋势表明 2000 年以来郑州市城市扩展相对紧凑集中, 而 2006 ~ 2008 年城市周边发展迅速, 且多为无序扩展, 较为分散, 城市外延性扩展明显, 城区边界破碎程度较高, 相应的稳定性也较弱, 城市的形状呈日益复杂的趋势。到了 2012 年, 建设用地边界不规则程度相对降低, 紧凑度指数缓慢增加。

结合郑州市区社会发展的历程, 2000 ~ 2012 年郑州市区

城市扩展经历了以外部延伸和边缘扩展为主到以内部填充和边缘扩展为主的过程。2006 年西部扩展显著,2008 年东部和东南部扩展明显,到了 2012 年东部城市建设特别突出。总体而言,12 年间郑州市城市的发展以东、西、南方向为主,东、西发展的势头强劲,其中东部的发展引起了郑州市整体质心的变化,体现出东部发展的主导形势。

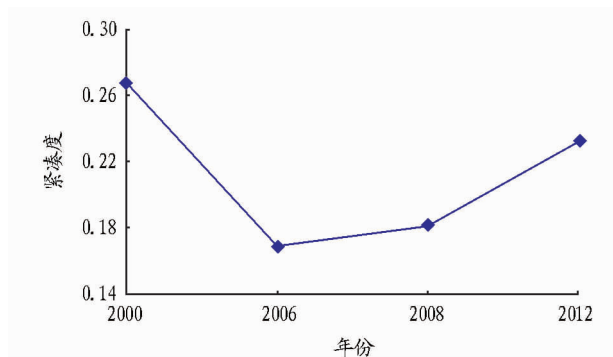


图 5 城市形态紧凑度曲线

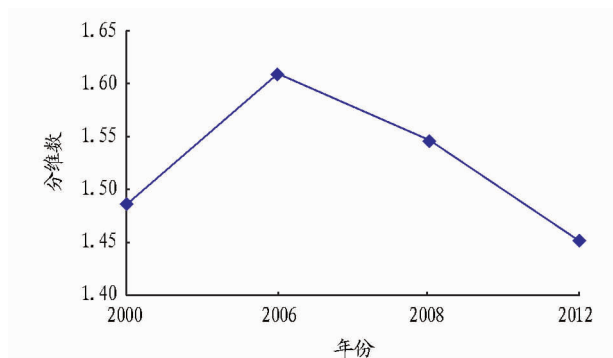


图 6 城市形态分维数曲线

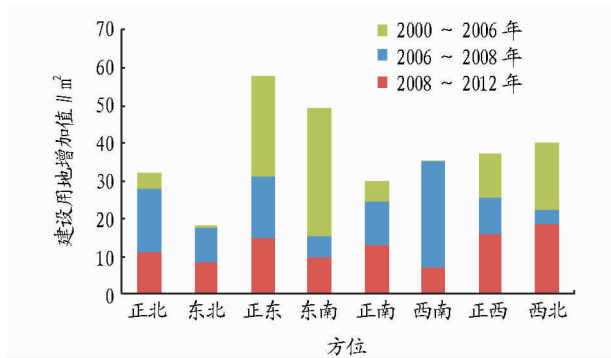
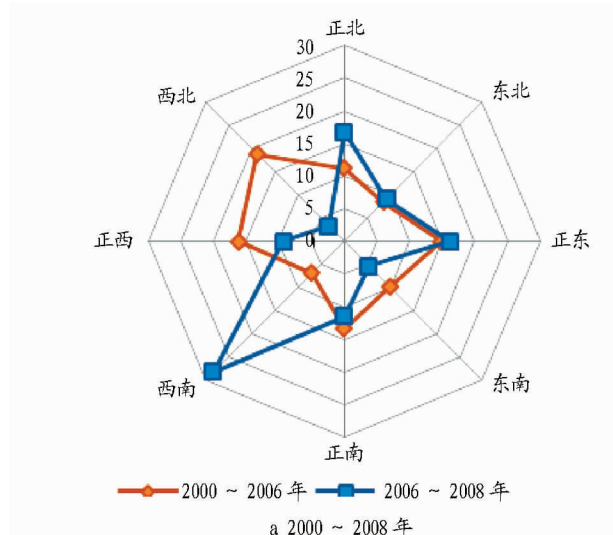


图 7 不同时段研究区建设用地方位增加值对比

从图 7 和图 8 可以看出,2000 ~ 2006 年郑州市区城市扩展方位速度较为均衡,扩展平稳,城市建设用地较为集约,其中西北方向建设面积增加值最大,西南方向最小。而 2006 ~ 2008 年城市发展方位突出,主要集中在西南方向,增长比例 28%,其次是正北和正东方向,增长比例分别为 17% 和 16%。到了 2012 年,城市扩展方位又有了较大的变化,正东和东南方向的扩展异常突出,面积比例为 27% 和 34%,两个方向面积增加值占城市总扩展面积的 1/2 以上,东北、正南和西南 3 个方向几乎没有扩展。

**2.3 综合驱动力作用下的城市化过程分析** 郑州市北部早期扩展快速,主要归因于连霍高速引导、惠济区政府北迁和北大学城园区建设。但地理位置上北临黄河,使得郑州市向北发展受阻,后期扩展乏力。

南部是主要物流集散中心,商业圈集聚,人口流动频繁,住房面积需求较大。但南部片区地貌类型复杂,不利于城市建设,因此该区域以旧城改造为主,加之南水北调工程对外围扩展的限制,土地开发速度缓慢。

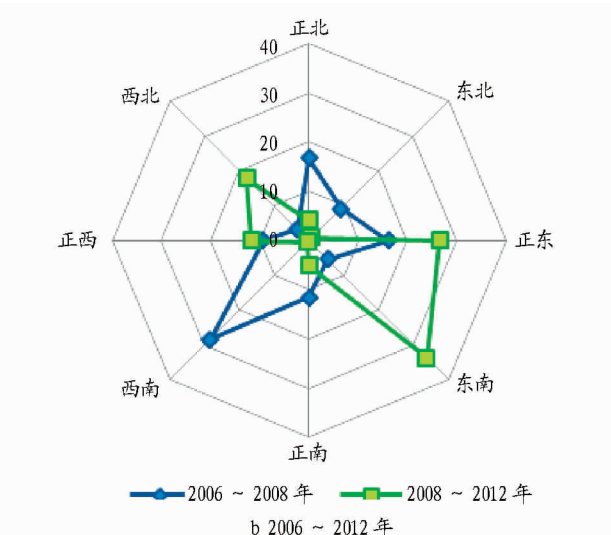


图 8 郑州市城区空间格局演变

西北部自 1991 年开始建设国家高新技术开发区以来,发展迅速,配套设施逐步完善,高新产业、高等院校纷纷入驻。西南方向在大量工厂职工外迁的推动下,2006 ~ 2008 年建筑面积大幅增加,但受丘陵地形限制,建设成本升高,在 2008 年以后出现减弱趋势。整个西部便捷的交通网络,加之

人口、产业、经济、政策等因素的显著推动作用,未来西部扩展潜力巨大。

东部一直是郑州市政府以及国家关注的重点方向。在国家经济技术开发区的基础上,21 世纪初时任河南省长李克强调提出加快开发郑东新区。随后,中央商务区(CBD)迅速发展

展成形,便捷的交通和良好的投资环境吸引了大量的工业企业入驻。CBD商业圈的形成与完善,促使郑东新区影响力快速提升,城市重心向东偏移。2011年“中原经济区”上升为国家战略,使得郑东新区发展与开封市向西发展的强劲势头相呼应。

2000年以来研究区整体扩展显著。综合多种驱动力影响因子作用分析,人口、经济、交通、规划以及政策因素是促进郑州市快速扩展的主要原因,其中政策导向起到了主导性作用。

### 3 结论

利用多时相卫星遥感数据,运用遥感数字图像处理技术和空间分析技术提取城市的空间特征信息,结合多种表征指标,综合多种驱动力因素详细描述了2000~2012年的郑州市区城市建设用地变化特征以及未来发展的趋势,得出以下结论:

(1)2000~2012年,郑州市区的城市扩展明显,建设用地的扩展主要来自于耕地,其他用地面积比重较小且变化不大。研究时段内,郑州市建设用地面积速度和强度都呈现出先增大后减小的趋势,表明郑州市城市的扩展变化幅度较大,总体呈现降温的趋势。

(2)2000~2012年郑州市区紧凑度指数先大幅下降,后缓慢增加,而分维数先增加后减小,土地利用集约化趋势明显。研究时段内,郑州城市扩展经历了以外部延伸和边缘扩展为主到以内部填充和边缘扩展为主的过程,未来发展方向以南部缓慢扩展、东西方向快速扩展为主,东部成为主导方向。

(3)人口、经济、交通、规划以及政策因素是促进郑州市

城市快速扩展的主要原因,其中政策因素起到了主导性作用。在强有力的政策指导下,郑州市向东发展的势头强劲,与开封向西发展为主导方向的城市扩展趋势一起验证了郑汴一体化进程的快速推进<sup>[12]</sup>。然而在尖锐的土地利用矛盾背景下,如何利用政策的引导作用更高效地集约利用耕地资源,需要引起政府部门的高度重视。

### 参考文献

- [1] SETO K C, FRAGKIAS M, GÜNERALP B, et al. A meta-analysis of global urban land expansion[J]. *PLoS one*, 2011, 6(8): 23777.
- [2] VILLA P. Mapping urban growth using soil and vegetation index and land-sat data: The Milan (Italy) city area case study[J]. *Landscape and urban planning*, 2012, 107(3): 245-254.
- [3] CHEN J, CHANG K, KARACSONYI D, et al. Comparing urban land expansion and its driving factors in Shenzhen and Dongguan, China[J]. *Habitat international*, 2014, 43: 61-71.
- [4] LI X, LIUL, DONG X. Quantitative analysis of urban expansion using RS and GIS, a case study in Lanzhou[J]. *Journal of urban planning and development*, 2011, 137(4): 459-469.
- [5] 王发曾, 唐乐乐. 郑州城市边缘区的空间演变、扩展与优化[J]. *地域研究与开发*, 2009(6): 51-57.
- [6] 陈聪. 城市化进程中城市用地规模扩展研究: 以开封市为例[D]. 开封: 河南大学, 2013.
- [7] 闫丽洁, 杨瑞霞, 石忆邵, 等. 基于GIS与CA的城市扩展研究: 以洛阳市为例[J]. *地域研究与开发*, 2010, 29(4): 140-144.
- [8] 卢晓峰. 基于RS和GIS的郑州市城市扩展研究[J]. *河南理工大学学报(自然科学版)*, 2008(2): 182-187.
- [9] 贺振, 赵文亮, 贺俊平. 郑州市城市扩张遥感动态监测及驱动力分析[J]. *地理研究*, 2012, 30(12): 2272-2280.
- [10] 赵晓丽, 刘斌, 易玲, 等. 郑州城市空间扩展特征及其驱动因素分析[J]. *国土资源遥感* 2009(4): 90-95.
- [11] 郑州统计信息网. 郑州概况[EB/OL]. [2015-06-04]. <http://www.zzstjj.gov.cn/tiww/zszp/zszj/webinfo/2011/12/1323917831747829.html>.
- [12] 刘剑峰, 王双美. 基于RS和GIS的开封城市扩展及其影响研究[J]. *黄河水利职业技术学院学报*, 2014(1): 37-40.

(上接第365页)

### 4 结论

橡胶园开沟机具结构简单,拆卸方便,易操作,在杂草丛生的橡胶园地况中进行开沟作业适应性较好。该机具匹配55.1618 kW(75马力)功率拖拉机,开沟深度可达35~40 cm,作业幅宽35~45 cm,生产率大于0.4 hm<sup>2</sup>/h,油耗小于10 kg/hm<sup>2</sup>,可有效提高生产效率和降低成本,达到预期的设计要求。

### 参考文献

- [1] 伟利国, 张小超, 苑严伟, 等. 2F-6-BP1型变量配肥施肥机的研制与试验[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(7): 14-18.
- [2] 何义川, 汤智辉, 孟祥金, 等. 2FK-40型果园开沟施肥机的设计与试验[J]. *农机化研究*, 2015(12): 201-204.
- [3] 杨志强, 李忠新, 杨莉玲, 等. 核桃脱青皮机的设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2013(5): 190-194.
- [4] 逢锦超, 蒋金琳, 王公仆. 手扶式小型薯类收获机的设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2013, 34(6): 177-179.
- [5] 薛忠, 黄晖, 李明, 等. 4UMS-390 II型木薯收获机的研制[J]. *农机化研究*, 2010, 32(8): 79-81, 85.

- [6] 闫梅, 王涛, 李梦林, 等. 木薯秸秆力学特性测试仪设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2013(4): 78-82.
- [7] 雷明成, 安世才, 孟养荣, 等. 1FMJ-1000型残膜捡拾机的设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2014, 35(1): 166-169.
- [8] 李朝苏, 汤永禄, 吴春, 等. 基于微耕机驱动的旱地小麦播种机设计与试验[J]. *中国农机化*, 2012(5): 42-46.
- [9] ZHANG Y, HUANG H, CUI Z, et al. 4UMS cassava harvester type of simulation analysis and structural optimization[C]//2011 3rd IEEE International Conference on Computer Research and Development. Shanghai: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011: 45-48.
- [10] 韦丽娇, 董学虎, 李明, 等. 1SG-230型甘蔗地深松旋耕联合作业机的设计[J]. *广东农业科学*, 2013, 40(13): 177-179.
- [11] 李显旺, 黄继承, 张彬, 等. 履带式苕麻联合收割机的设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2013, 34(1): 123-125, 133.
- [12] 康建明, 温浩军, 王士国, 等. 4MCS-3000型链齿式棉花联合收获机的设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2014, 35(1): 145-152.
- [13] 陈长林, 闵启超, 梁苏宁, 等. 1KS-1200型起垄开沟机的设计与试验[J]. *中国农机化学报*, 2014, 35(3): 4-7.
- [14] 位国建, 荐世春, 姜伟, 等. 1GF-200旋耕施肥机的设计与试验[J]. *农机化研究*, 2014(9): 190-192, 196.