

农业废弃物资源化利用工程模式构建

沈玉君^{1,2}, 张玉华^{1,2}, 向欣^{1,2}, 王延昌^{1,2}, 程红胜^{1,2}, 罗煜^{1,2}

(1. 农业部规划设计研究院农村能源与环保研究所, 北京 100125;
2. 农业部农业废弃物资源化利用重点实验室, 北京 100125)

摘要: 作为农产品生产环境保护工程的重要内容, 农业废弃物资源化利用工程在循环农业和生态文明建设中发挥着愈加重要的作用。采用科学合理的方法构建农业废弃物资源化利用工程模式, 可为我国农产品生产环境保护产业的发展提供参考。该研究以产业发展理论、系统理论和循环经济理论为依据, 提出了农业废弃物资源化利用工程模式的构建方法, 即从技术模式、组织模式和产业模式三方面入手, 充分考虑各模式的外部影响因素和内部组成要素, 通过模式耦合, 进而形成具有良好运行效果及平衡性能的系统模式。研究通过实证案例分析, 进一步明确了农业废弃物资源化利用工程模式的构建过程。

关键词: 生物质, 工程, 环境保护, 资源化利用, 农业废弃物, 模式, 实证

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.11.027

中图分类号: X71

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-11-0210-07

沈玉君, 张玉华, 向欣, 等. 农业废弃物资源化利用工程模式构建[J]. 农业工程学报, 2013, 29(11): 210 - 216.
Shen Yujun, Zhang Yuhua, Xiang Xin, et al. Construction of resource utilization engineering mode for agricultural residues[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(11): 210 - 216. (in Chinese with English abstract)

0 引言

我国目前正处于转变农业发展方式、提高技术装备水平、走中国特色农业现代化道路的关键时刻, 现代农业产业工程体系的构建是加快现代农业建设进程的有效途径, 农产品生产环境保护工程体系及模式是其中的重要方面^[1]。农业废弃物的资源化利用是实现农产品生产环境保护、改善农村环境、发展可持续农业的重要举措^[2], 因此, 农业废弃物的资源化利用工程模式构建是农产品生产环境保护工程体系的主要研究内容之一。目前国内的研究大多停留在资源化利用现状总结、工艺探索以及技术评价等方面^[3-4], 在农业废弃物资源化利用综合研究方面, 多倾向于利用途径的探讨^[5-6], 而农业废弃物资源化利用模式涉及实施主体、核心技术、组织方式等多个方面, 目前尚缺乏废弃物资源化利用模式的系统研究。因此, 有必要对农业废弃物资源化利用模式进行研究与探讨, 提出一套可

靠的农业废弃物资源化利用工程模式构建方法。本研究利用系统学的理论与方法^[7], 依据区域产业发展理论^[8]、系统理论^[9]和循环经济理论^[10], 考虑农业废弃物资源化利用工程特点, 通过对技术模式、组织模式、产业模式构建影响因素及实施要素的研究, 提出可操作性的农业废弃物资源化利用工程模式构建方法, 为我国农产品生产环境保护产业的发展和现代农业产业工程体系的建设提供参考^[11]。

1 模式构建思路

农业废弃物资源化利用工程模式的构建应结合我国农业特点和循环经济的大背景, 围绕农业科技发 展纲要^[12], 以技术创新为动力, 以保护农业生态环境为目的, 通过模式的确立与运行, 不断加强企业、农民等实施主体的环保意识, 优化产业结构, 改进运作机制。模式构建的首要目标是消纳农产品产地产生固体废弃物, 解决环境污染问题; 其次所构建的模式要持续稳定运行并能获得一定的经济利益。从长远来看, 模式构建的最终目标是加快现代农业产业工程体系建设、实现农业可持续发展。农业废弃物资源化利用工程模式涉及核心技术、组织方式、产业结构等多种要素, 因此, 完整的农业废弃物资源化利用工程模式应该包含技术、组织、产业 3 种模式, 通过筛选区域适宜的农业废弃物资源化利用技术体系、设施装备, 完成技术模式的选择; 通过优化生产经营过程中的组织管理方式, 以

收稿日期: 2012-12-30 修订日期: 2013-05-14

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903009)

作者简介: 沈玉君(1984-), 女, 河北邯郸人, 工程师, 博士, 主要从事农业废弃物资源化研究。北京 农业部规划设计研究院农村能源与环保研究所, 100125。Email: shenyj09b@gmail.com

通信作者: 张玉华(1963-), 女, 湖北宜昌人, 研究员, 主要从事农村废弃物资源化利用与环境保护技术的研究。北京 农业部规划设计研究院农村能源与环保研究所, 100125。

Email: zhangyuhua@sina.vip.com

确定区域适宜的组织模式；通过科学规划技术-组织模式的合理分配及产业分布，形成特定的产业模式。

2 模式构建依据

2.1 产业发展理论

一个模式的最终形成与经济的发展、产业结构的调整是密不可分的，构建模式的目的是为了提升产业竞争力、更好更快地发展区域经济、以最少的资源创造出最大的价值。为此，模式的构建，须将优化产业结构、提升产业竞争力放在首要位置^[13]。

2.2 系统理论

本模式研究的对象较复杂^[14]，具有多组织参与、不同领域涉足等特点，因此，在模式构建过程中要正确处理个体与总体的关系，在充分发挥个体优势的前提下展现整体功效。这就要求在研究中要充分体现系统性的特点和原则，以系统的观点来指导整个模式构建过程。

2.3 循环经济理论

本研究的核心是以适宜的处理技术和高效的运行机制来解决农业生产过程中产生的固体废弃物，这不仅要求解决环境污染的问题，而且要尽可能实现一定的经济价值。在农业废弃物资源化利用工程模式构建过程中，必须以可持续发展思想为指导，走循环经济发展路线^[15]，使之形成相互依存、互惠互利的关系，达到改善生态环境、实现良性循环的目的。

3 模式构建方法

3.1 技术模式

3.1.1 技术模式构建技术路线

技术模式是整个模式构建的基础，主要以技术可靠程度、技术适应性和经济状况作为输入集，总体考查这 3 种因素对模式选择的影响，通过对影响因素的系统分析，提出不同区域适宜的技术模式；在技术模式提出过程中，包含了模式要素的选择和确定，技术模式要素主要包括实施主体和集成技术；技术模式在示范当中会获取反馈数据，以进一步支持优化模式的要素组成如图 1 所示。

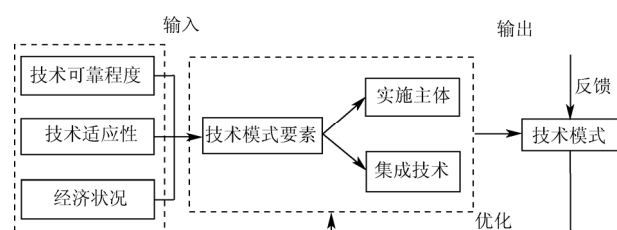


图 1 技术模式构建的技术路线图

Fig.1 Technical route of technology mode construction

3.1.2 技术模式构建的影响因素

技术模式的影响因素主要包括技术可靠程度、技术适应性和经济状况等 3 个方面。

技术可靠度一般考虑技术成熟度、技术转化效果、废弃物处理量、二次污染等因素，它将直接影响技术的选择和使用，决定了技术模式核心内容的选择确定。技术适应性主要考虑自然条件、废弃物种类及资源丰度和区域发展规划等因素，它是技术模式构建过程中重要的参考因素。经济状况主要包括地区的经济发展需求和某种技术的经济性。经济发展需求是影响技术模式选择的重要方面，例如，对于大力发展无公害农产品的地区，有机肥料的投入是该地区的重要需求，因此，固体废弃物的肥料化处理是该地区重点选择的技术模式。不同技术投入产出的经济性亦是技术模式选择中必不可少的影响因素。

3.1.3 技术模式构建要素

技术模式构建的要素包括实施主体和关键集成技术两部分。

实施主体主要包括农户、农民合作组织、企业和政府等 4 类^[16]，农户主导型的技术模式，主要是针对废弃物较分散，完成难度较小，且有一定经济效益的模式，如户用沼气建设。农民合作组织主导型的技术模式，主要针对以某一产业或产品为纽带，以农户经营为基础，而开展的资金、技术、采购、生产、加工、销售等互助合作。如玉米秸秆综合利用、青贮饲料技术推广、修建沼气池等产业链的开展。企业主导型的技术模式，主要是对资金需求较高且产出效益较大的模式，如大型沼气池的建立和实施。政府主导型的技术模式，则是针对条件恶劣且经济产出较小、公益性强的模式，需要以政府为实施主体，通过政策引导、制度约束和加大公益性科研投入等手段。

农业废弃物资源化利用工程的模式构建过程中，关键集成技术是技术模式的核心要素，主要是指农业废弃物“饲料化、肥料化、燃料化、材料化、基料化”处理及其组合处理中的集成技术^[17-18]。饲料化集成技术主要包括青贮技术、氨化技术和黄贮技术^[19]；肥料化集成技术主要是指不同方式的堆肥技术^[20]；燃料化集成技术主要包括沼气技术、固化成型技术、生物质气化技术和直接燃烧技术^[21]；材料化集成技术主要是指热压成型技术^[22]；基料化集成技术主要是指发酵技术^[23]。

3.2 组织模式

3.2.1 组织模式构建技术路线

组织模式下连技术模式、上承产业模式，是模式构建的重点与核心。组织模式主要以经营方式和

政策条件作为输入集，总体考查这两种因素对组织模式选择的影响，通过对影响因素的系统评价，提出不同区域适宜的组织模式；在组织模式提出过程中，包含了模式要素的选择和确定，组织模式的要素主要包括核心技术和组织方式；最终，以组织模式为载体输出。选取推广应用的组织模式在示范当中会获取反馈数据，以进一步支持优化模式的要素组成，如图 2 所示。

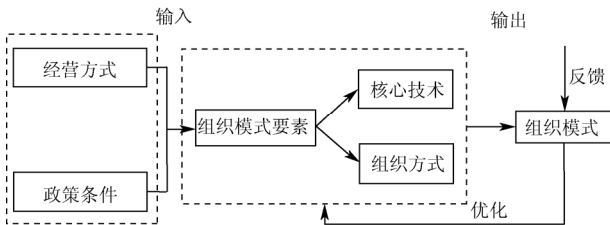


图 2 组织模式构建技术路线图

Fig.2 Technical route of organization mode construction

3.2.2 组织模式构建的影响因素

组织模式构建的影响因素包括经营方式和政策条件两方面。

农业经营方式主要包括集约型和粗放型两种。粗放型经营大多是以资源消耗为主的分散式经营方式，集约化经营则表现在对机械化操作、农资生产和能源再生的投入，是土地集约化利用程度较高的规模化经营方式^[24]。不同的经营方式直接影响组织模式构建中组织方式的选择，集约化经营方式下，龙头企业带动型或经济组织带动型的组织模式是优先选择，而一家一户的分散式经营方式，则需

由市场带动或政府带动。政策支持是解决市场失灵、确保经济效益与生态效益有效结合协调发展的保障，政策支持力度的大小直接影响组织模式的选择和应用效果。例如，若相关政策加大对农业产业化经营的信贷、专项资金的扶持，突出扶持优质高效农业的发展，那么龙头企业带动型的组织模式势必会迅速发展壮大，进而带动产业发展进步。

3.2.3 组织模式构建要素

组织模式构建的要素包括核心技术和组织方式两部分，即围绕不同的核心技术研究其在生产经营中的组织方式。核心技术即关键集成技术与实施主体的组合。组织方式一般包括龙头企业带动型、经济组织带动型、专业市场带动型和政府带动型等 4 种^[25]，如表 1 所示。

由表 1 可见，龙头企业带动型是以公司或集团企业为龙头，龙头企业与农产品生产基地和农户结成紧密的贸工农一体化生产体系。“公司+基地+农户”的组织方式在一定程度上缓解了“小农户”与“大市场”间的矛盾。经济合作组织带动型主要以各种合作组织为中介，带动农户从事专业生产，将生产、加工、销售有机结合，实施一体化经营。专业市场带动型是一种以专业市场或专业交易中心为依托，根据区位优势，形成区域性主导产品，沟通产销联系的“市场+基地+农户”型的农业产业链组织形式^[26-27]。政府带动型，是政府通过制定政策、加强宣传和鼓励，加大科技投入，促进农户、合作组织、企业等主体的农业生产，推动农业废弃物处理模式的发展。

表 1 组织方式分类

Table 1 Category of organization

组织方式 Organization	主要特点 Key features
龙头企业带动型	企业以契约方式与生产基地和农户联合，形成“风险共担、利益共享”的组织
经济组织带动型	经济组织充当中介，为农户和企业提供服务，使双方利益分配更趋合理
专业市场带动型	没有合同约定，交换活动完全靠市场联结起来，利益分配也完全依赖于市场机制
政府带动型	政府通过制定政策、加强宣传和鼓励，加大科技投入，实现产业发展

3.3 产业模式

3.3.1 产业模式构建技术路线

产业模式是在技术模式和组织模式的基础上，为进一步满足社会经济发展需求，构建能够优化产业结构的重要模式。产业模式主要以产业布局现状、社会环境和发展环境作为输入集^[7]，总体考查这 3 个因素对产业模式选择的影响，通过对影响因素的系统评价，提出不同区域适宜的产业模式；在产业模式提出过程中，包含了模式要素的选择和确定，产业模式的要素主要包括产业配置、主体组织和配套工程技术；最终，以产业模式为载体输出。选取

推广应用的产业模式在示范当中会获取反馈数据，以进一步支持优化模式的要素组成，如图 3 所示。

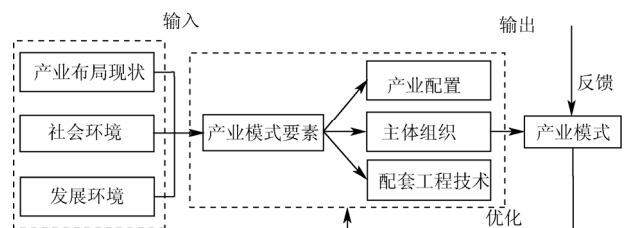


图 3 产业模式构建技术路线图

Fig.3 Technical route of industry mode construction

3.3.2 产业模式构建的影响因素

产业模式构建的影响因素主要包括产业布局现状、社会环境和发展环境 3 个方面。

产业布局现状是构建产业模式的基础条件，产业配置的优化也是在现有产业布局基础上完成的；社会环境和发展环境等支撑因素影响着产业模式的定位和发展方向。

3.3.3 产业模式构建要素

产业模式的构建要素包括产业配置、主体组织和配套工程技术，即在主体组织的推动下，以配套工程技术为基础，开展产业配置与布局优化。

主体组织在组织模式构建过程中提出，配套工程技术在技术模式构建过程中形成，二者作为产业模式的基础要素。产业配置是在此基础上，通过考虑区域布局现状、资源种类与丰度、经济社会等因素综合确定不同的工程技术与组织方式在该地区的实施规模和空间分布。

3.4 模式耦合

模式耦合不仅包含了各子系统的本身特性，也包括各要素的行为倾向^[28]，农业废弃物资源化利用的工程模式耦合关键在于各子模式要素的选择及相互作用过程，技术图线如图 4 所示。

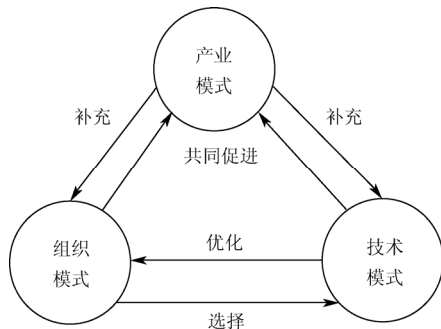


图 4 模式耦合技术路线图
Fig.4 Technical route of systematic mode coupling

技术模式、组织模式和产业模式的确定既是相对独立的过程，又是密不可分、相互作用的过程。在 3 种子模式中，组织模式涉及主体与组织方式，具有主观能动性，模式的耦合应首先考虑组织模式的构成及其需求。技术模式是在组织模式明确的基础上，解决配套集成技术、工程装备的问题，是农业废弃物资源化利用工程模式的基础支撑。同时，技术模式会因技术、装备等不同反作用于组织模式，优化组织模式的形成过程。组织模式和技术模式共同促进产业模式的形成，即在良好的技术支撑和组织运行条件下，实现不同产业的优化配置。所形成的产业模式将进一步补充组织模式和技术模式要素。通过技术、组织、产业 3 个子系统的相互作用与不断完善，实现了模式耦合，促进了模式的

良好运转及可持续发展。最终构建的农业废弃物资源化利用工程模式将体现技术、经济及社会的发展需求，包含特定的技术组成和组织方式，并形成一定的产业配置。

4 农业废弃物资源化利用工程模式构建实证分析

实证分析选择养殖场粪污资源化利用为研究对象。四方高科现代养殖园区位于山西大同市，该养殖园饲养奶牛 5 000 头，年产牛粪 3.5 万 t，污水 5.47 万 t^[29]。为实现农业有机废弃物资源化高效利用，同时促进循环农业发展，应结合当地特点与影响因素，进行技术模式、组织模式和产业模式的构建，最终形成可稳定运行且环境、经济效益优良的农业废弃物资源化利用工程模式。

4.1 技术模式

综合考虑粪污资源化利用技术的可靠程度及技术适应性，针对当地能源和肥料资源短缺、土地资源丰富的现实，以发展循环经济，推动新农村建设为目标，养殖园引进沼气工程和有机肥生产技术，形成以粪污燃料化和肥料化处理技术为核心的技术模式。该养殖园的粪污燃料化技术主要采用红泥塑料厌氧反应器处理养殖粪污，因该技术完成难度较大、经济效益较好，以企业作为实施主体；肥料化处理技术主要以农户为实施主体，使用条垛式好氧发酵技术，该技术操作较简单。

4.2 组织模式

考虑养殖园的经营方式和技术特点，公司作为主要实施主体，积极鼓励社会资本参与，沼气工程采用企业投资经营方式，聘请专人负责，持证上岗，并定期对管理人员进行操作培训及考核，产生的沼气和沼肥由公司统一安排、统一处理；条垛式好氧发酵采用农户承包经营，公司出租部分土地并免费提供原料，农户负责生产经营，中间的收益和损失由农户承担，肥料由公司收回，公司、农民各取所需，达到共赢。

4.3 产业模式

山西省现代农业发展规划^[30]指出，要“将农村沼气发展与农产品加工、规模健康养殖、标准化园艺种植结合起来，拓展“三沼”综合利用途径，延伸产业链条，发展循环农业”按照规划要求，同时为了进一步提升经济效益，带动该地区的经济发展，并结合已形成的技术模式和组织模式，公司进一步探寻产业发展模式，通过发展健康型奶牛规模化养殖、水产养殖、作物种植、户用沼气等不同产业，将养殖业、种植业及新农村建设有机结合在一起，构建了“牛-沼-电、牛-沼-鱼、菜”的农业产业

循环经营模式。这不仅实现了粪污的无害化处理和资源化利用，也延长了产业链，促进了该地区循环农业的发展。该养殖园的产业模式如图5所示。

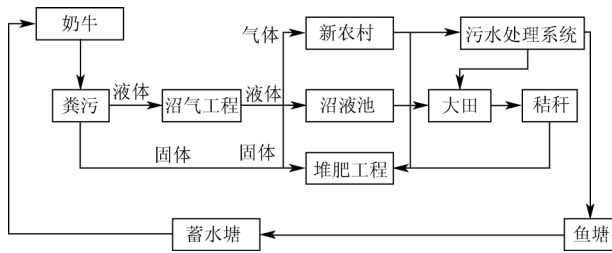


图5 产业模式示意图

Fig.5 Sketch of industry mode

4.4 模式耦合

四方高科现代养殖园农业废弃物资源化利用工程模式的耦合过程，体现了各个子模式的相互作用。在技术模式的确定过程中，废弃物燃料化、肥料化等核心技术是基于技术可靠程度及适应性等因素而形成的，然而，其中的红泥塑料厌氧反应器及条垛式堆肥等集成技术则充分了主体组织的需求；同时，养殖园在组织运营方式的确定中，也会充分考虑技术的难易程度及经济效益。在以燃料化、肥料化为核心技术，以企业带动为主要组织方式的基础上，养殖园根据地区特点，结合产业现状及发展潜力，确定了规模化养殖、水产养殖、作物种植、户用沼气等不同产业相结合的产业发展模式，同时，多产业发展将促进养殖园在水产养殖、户用沼气建设等领域技术模式的完善和补充，促进多种组织方式的建立与实施。

5 结论

农业废弃物资源化利用工程模式主要是通过技术模式、组织模式和产业模式的确定而构建起来的。在各种具体模式的构建过程中，充分考虑了外部影响因素，将废弃物资源化利用工程模式的确定与废弃物资源现状、资源化技术的区域适应性、农业经营方式、政策条件等相关因素紧密联系起来。技术模式、组织模式和产业模式的确定既是相对独立的过程，又是密不可分、相互作用的过程，最终形成的系统模式体现了技术、经济及社会的发展需求，包含了特定的技术组成和组织方式，并具有一定的产业配置。该模式构建方法的提出过程也是系统分析农业废弃物资源化利用的外部影响因素和内部组成要素的过程，在模式的实际构建过程中，可将影响因素作为模式选择的重要评价指标，将组成要素作为模式构建的主体。这使得农业废弃物资源化利用工程的模式构建更加具体化、实用化。该

方法也可应用于农业废水处理工程及其它农产品产地环境保护领域。

[参考文献]

- [1] 朱明, 郭红宇, 周新群. 现代农业产业工程体系建设方案研究[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 1 - 5.
Zhu Ming, Guo Hongyu, Zhou Xinqun. Implementing scheme for establishment of modern agricultural engineering system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(1): 1 - 5. (in Chinese with English abstract)
- [2] 彭靖. 对我国农业废弃物资源化利用的思考[J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 794 - 798.
Peng Jing. Review and discussion on utilization of agricultural waste resources in China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(2): 794 - 798. (in Chinese with English abstract)
- [3] 孙振钧, 孙永明. 我国农业废弃物资源化与农村生物质能源利用的现状与发展[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(1): 6 - 13.
Sun Zhenjun, Sun Yongming. Situation and development of agricultural residues as energy resource utilization in rural areas in China[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2006, 8(1): 6 - 13. (in Chinese with English abstract)
- [4] 孟庆兰. 农业废弃物综合利用技术的试验研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(2): 78 - 83.
Meng Qinglan. An Investigation on comprehensive utilization of agricultural wastes[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 1994, 10(2): 78 - 83. (in Chinese with English abstract)
- [5] 宋成军, 张玉华, 李冰峰. 农业废弃物资源化利用技术综合评价指标体系与方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 289 - 293.
Song Chengjun, Zhang Yuhua, Li Bingfeng. Comprehensive evaluation index system and method on resource utilization technology of agricultural residues[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(11): 289 - 293. (in Chinese with English abstract)
- [6] 程序. 中国农业有机废弃物利用中的创新和存在的问题[J]. 农业工程学报, 2002, 18(5): 1 - 6.
Cheng Xu. Innovative approach to utilizing agro-organic wastes and Chinese ecological agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2002, 18(5): 1 - 6. (in Chinese with English abstract)
- [7] 齐飞, 周新群, 丁小明, 等. 设施园艺工程集成模式构建方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 1 - 7.
Qi Fei, Zhou Xinqun, Ding Xiaoming, et al., Constructing methods of engineering integrative mode for protected horticulture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(8): 1 - 7. (in Chinese with English abstract)
- [8] 陈霞, 魏世杰. 国外生物质能产业发展理论与实证研究综述[J]. 经济理论研究, 2006(3): 87 - 89.

- Chen Xia, Wei Shijie. Overview on theoretical development and empirical research of foreign biomass energy industry[J]. China Business, 2006(3): 87 - 89. (in Chinese with English abstract)
- [9] 刘思峰. 灰色系统理论的产生与发展[J]. 南京航空航天大学学报, 2004, 36(2): 267 - 272.
Liu Sifeng. Emergence and development of grey system theory and its forward trends[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2004, 36(2): 267 - 272. (in Chinese with English abstract)
- [10] 解振华. 关于循环经济理论与政策的几点思考[J]. 中国环保产业, 2003, (11): 6 - 9.
Xie Zhenhua. Considerations on theory and policy of circular economy[J]. China Environmental Protection Industry, 2003, (11): 6 - 9. (in Chinese with English abstract)
- [11] 朱明. 我国农业工程科技创新与农业产业化[J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 7 - 10.
Zhu Ming. Innovation of agricultural engineering science and technologies and agricultural industrialization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2003, 19(1): 7 - 10. (in Chinese with English abstract)
- [12] 国务院. 农业科技发展纲要(2001年—2010年)[J]. 中国农业科技导报, 2001, 3(4): 3 - 9.
State Council. An Outline for the Development of Agricultural Science and Technology (2001 - 2010)[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2001, 3(4): 3 - 9. (in Chinese with English abstract)
- [13] 崔巍. 产业结构、演化进程与中国调整升级的途径[J]. 武汉科技大学学报: 社会科学版, 2008, 10(3): 46 - 52.
Cui Wei. Industrial structure, evolution process and upgrading of China's industrial structure[J]. J of Wuhan Uni of Sci and Tech: Social Science Edition, 2008, 10(3): 46 - 52. (in Chinese with English abstract)
- [14] 吴超, 魏清泉. 区域协调发展系统与规划理念分析[J]. 地域研究与开发, 2006, 22(6): 6 - 10.
Wu Chao, Wei Qingquan. A systematic analysis of regional coordinated development and planning[J]. Areal Reserarch and Development, 2006, 22(6): 6 - 10. (in Chinese with English abstract)
- [15] 崔军. 循环经济理论指导下的现代农业规划理论探讨与案例分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(11): 283 - 288.
Cui Jun. Theoretical research and case study of modern agricultural planning based on circular economy theory[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(11): 283 - 288. (in Chinese with English abstract)
- [16] 朱明. 中国农业工程的发展经验(英文)[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 269 - 275.
Zhu Ming. Experience of agricultural engineering development in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(9): 269 - 275. (in Chinese with English abstract)
- [17] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87 - 91.
Han Lujia, Yan Qiaojuan, Liu Xiangyang, et al. Straw resources and their utilization in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2002, 18(3): 87 - 91. (in Chinese with English abstract)
- [18] 王圣宏. 循环农业发展中的废弃物再利用模式探析[J]. 环境保护与循环经济, 2010, (8): 16 - 18.
Wang Shenghong. Analysis of the mode of waste reuse in the development of agricultural circulation[J]. Environmental Protection and Circular Economy, 2010, (8): 16 - 18. (in Chinese with English abstract)
- [19] 徐妙云, 陈志敏. 有机废弃物饲料资源化的研究进展[J]. 饲料与畜牧, 2007, (3): 17 - 19.
Xu Miaoyun, Chen Zhimin. Research progress of organic waste feed resources[J]. Feed and Husbandry, 2007, (3): 17 - 19. (in Chinese with English abstract)
- [20] 魏源送, 王敏健, 王菊思. 堆肥技术及进展[J]. 环境科学进展, 1999, 7(3): 11 - 23.
Wei Yuansong, Wang Minjian, Wang Jusi. State of the art of composting[J]. Advances in environment science, 1999, 7(3): 11 - 23. (in Chinese with English abstract)
- [21] 赵立欣. 农村生物质能开发与利用[J]. 农业工程技术, 2008, 5: 8 - 11.
Zhao Lixin. Rural biomass energy development and utilization[J]. Agriculture Engineering Technology, 2008, 5: 8 - 11. (in Chinese with English abstract)
- [22] 牛俊玲, 秦莉, 郑宾国. 新农村建设中固体废物的收运体系及其资源化应用[J]. 农业环境与发展, 2007(6): 49 - 52.
Niu Junling, Qin Li, Zheng Binguo. System of collection, transportation and application of solid waste and its resources during new rural construction[J]. Agro-Environment and Development, 2007(6): 49 - 52. (in Chinese with English abstract)
- [23] 田赞, 王海燕, 孙向阳. 农林废弃物环保型基质再利用研究进展与展望[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 498 - 502.
Tian Yun, Wang Haiyan, Sun Xiangyang, et al. The progress and prospects of agricultural and forest residue substrate[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2011, 42(2): 498 - 502. (in Chinese with English abstract)
- [24] 田志会, 杨志新. 城郊区农业环境问题的成因与对策研究[J]. 生态经济, 2005(1): 80 - 82.
Tian Zhihui, Yang Zhixin. Study on the Cause and Countermeasure of the Problems of Agricultural Environment in the outskirts of a city[J]. Ecological Economy, 2005(1): 80 - 82. (in Chinese with English abstract)
- [25] 牛若峰. 中国农业产业化经营的发展特点与方向[J]. 中国农村经济, 2002, (5): 4 - 12.
Niu Ruofeng. Characteristics and direction of development of the industrial management of agriculture in China[J]. Chinese Rural Economy, 2002, (5): 4 - 12. (in Chinese with English abstract)
- [26] 牛若峰. 农业产业化经营发展的观察和评论[J]. 农业经济问题, 2006, (3): 8 - 15.
Niu Ruofeng. Observations and comments on development

- of the agricultural industrial management[J]. Issues in Agricultural Economy, 2006, (3): 8 - 15. (in Chinese with English abstract)
- [27] 史亚军, 黄映晖, 唐衡, 等. 北京农业产业化经营现状及特点分析[J]. 中国农学通报, 2008, 24(8): 480 - 484. Shi Yajun, Huang Yinghui, Tang Heng, et al. Analysis on present situation and characteristic of agricultural industrialization in Beijing[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(8): 480 - 484. (in Chinese with English abstract)
- [28] 王培成. 养猪业循环经济生态产业链耦合机制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010. Wang Peicheng. Study on Coupling Mechanism of Eco-Industrial Chains in pig Industry Based on Circular Economy[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010. (in Chinese with English abstract)
- [29] 京鹏畜牧. 至善至美 服务牧场——京鹏畜牧技术服务山西大同四方高科站[J]. 中国奶牛, 2012(17): 63 - 65. Animal Husbandry of Jing Peng. Flawless; Ranch services: Jing Peng animal husbandry and technical services of Shanxi Datong four-Tech Park Station[J]. China Dairy Cattle, 2012, (17): 63 - 65. (in Chinese with English abstract)
- [30] 山西省人民政府. 山西省人民政府关于印发山西省现代农业发展规划(2012 - 2015 年)的通知[EB/OL]. <http://www.shanxigov.cn/>, 2012-10-24.

Construction of resource utilization engineering mode for agricultural residues

Shen Yujun^{1,2}, Zhang Yuhua^{1,2}, Xiang Xin^{1,2}, Wang Yanchang^{1,2}, Cheng Hongsheng^{1,2}, Luo Yu^{1,2}

(1. Institute of Energy and Environmental Protection, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China;

2. Key Laboratory of Energy Resource Utilization from Agriculture Residue, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China)

Abstract: As the key issue of agro-environment protecting facility engineering, the resource utilization engineering of agricultural residues is becoming more and more important in the process of establishing circular agriculture and ecological civilization. The resource utilization of agricultural residues refers to lots of aspects such as its technology, organization, engineering and policy and so on. Currently, domestic researches most focus on the status quo, technology exploration and evaluation of resource utilization. As the comprehensive study of resource utilization, the ways to use the resource is more regarded. However, the research on mode construction of resource utilization for agricultural residues is still lacking. Therefore, it is necessary to form corresponding modes with regional adaptability. The mode construction of resource utilization for agricultural residues using scientific and reasonable method can provide theoretic support for the development of agro-environment protecting facility.

The primary goal of mode construction is handling the agricultural residues in order to solve the problem of environmental pollution. In addition, the mode construction can help to obtain some economic benefits. A systematic methodology was used in this research. On the basis of the theory of industrial development, system and circular economy, this paper obtained a constructing method of integrated mode considering regional adaptability which concludes the construction of technology mode, organization mode and industry mode. Determination of the three modes is not only a relatively independent process, but also an inextricably linked and spiraling process. Then, the coupling of above three modes contributes to the construction of integrated mode with good balance and running effect. In the process of mode construction, external influencing factors and internal components were taken account thoroughly. The external influencing factors consists of the agricultural residue amounts, the technology adaptability, agricultural mode, the economy state, policy conditions and development plan, etc. The internal components include operating subjects, key technology, organization pattern and industrial layout. The final integrated mode reflects the technical, economic and social development needs and includes the specific technology composition, organization pattern, and certain industrial scale. The process of proposing the constructing method of the resource utilization mode is also the process of systematic analysis of the external and internal factors that affect agricultural residues utilization. In the process of actually building the mode, influential factors could be considered as important evaluation indexes of mode selection, components could be considered as the main body of mode construction. It makes the mode construction of agricultural residues recycling project more specific and practical. In the meantime, this method can also apply to agricultural waste water treatment projects and other environmental protection fields of agricultural producing area.

Key words: biomass, engineering, environmental protection, resource utilization, agricultural residues, mode, empirical analysis