

文章编号:1002-3682(2015)04-0061-08

围填海工程综合影响因果反馈模型探索*

刘大海¹, 马云瑞^{1,2}, 李晓璇^{1,3}, 于莹^{1,4}, 高俊国¹, 姜伟¹, 邢文秀^{1,3}

(1. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 2. 中国海洋大学海洋环境学院, 山东 青岛 266100; 3. 中国海洋大学经济学院, 山东 青岛 266100; 4. 中国地质大学海洋学院, 北京 100083)

摘要:通过对围填海相关著作和文献进行系统梳理,分析得出其中围填海工程综合影响的主要因素,并按照其属性进行分类。在此基础上,运用系统动力学理论和方法,选取经典的因果反馈模型,基于综合影响因素,并引入“关键节点判别”,探索性地建立了围填海工程综合影响因果反馈模型,对该模型进行了分析与讨论。结果表明:围填海工程同时具有正负效应,且这些效应之间存在互相影响、互相促进或互相制约等关系;这些正负效应中,沿海地形改变程度、阻挡海浪侵袭能力、洄游路线占用和栖息地改变程度以及沿海土地面积增加量是关键节点。

关键词:围填海工程;系统动力学;因果反馈模型;正负效应

中图分类号: P74 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1002-3682.2015.04.008

随着我国沿海地区社会和经济的快速发展,围填海已逐渐成为沿海各省市拓展土地空间和缓解人地矛盾的一种重要方式。但是,由于围填海工程往往会改变海岸地形^[1]和近海水动力条件^[2-3],对海洋生态环境也会造成复杂影响,有些甚至会导致栖息地占用^[4-5]、海水水质改变^[6-7]、大型水生生物减少^[8]等问题出现。近年来,越来越多的专家学者开始关注围填海工程对沿海社会经济和海洋生态环境造成的综合影响^[9-12],主要研究领域包括围填海工程的生态环境影响、经济损益评估、空间规划和工程优化以及政策管理等方面。其中,对于“围填海工程的综合影响到底是正效应还是负效应”这一问题,学者专家各执己见^[2,13-14]。而该问题也被海洋管理部门和社会公众广泛关注,其结论将直接影响我国未来围填海工程的审批和管理,有必要运用科学的方法开展相关研究。

学术界分歧的原因主要在于,围填海工程一方面保障了沿海经济社会发展对土地的需求,另一方面又会对生态环境产生多种复杂影响。这些影响既存在正面和负面影响,又存在直接和间接影响,还具有短期和长期影响,难以一言概之。因此,有必要从科学辩证

* 收稿日期:2015-05-05

资助项目:海洋公益性行业科研专项——近岸海域空间整治与开发存量评估关键技术研究及应用(201405025),基于生态系统的海洋功能区划关键技术研究与应用(201505001);国家海洋局海域使用与管理项目——我国及国外滨海城镇发展围填海趋势研究(syj06201201)

作者简介:刘大海(1983-),男,助理研究员,博士,主要从事围填海环境影响及规划管理方面研究。

E-mail:liudahai@fio.org.cn

(陈 靖 编辑)

角度入手系统梳理并深入剖析围填海工程对社会经济和生态环境等方面的综合影响,理清影响要素之间的因果关系以及其相互影响、反馈和联动机制,判断出其中关键因素或关键节点,为制定围填海的相关管理政策提供有效支撑。鉴于此,本文尝试利用系统动力学方法探索构建一套围填海工程综合影响因果反馈模型,为分析围填海工程的综合影响提供新的思路。

1 综合影响要素的整理及其属性分类

根据前人研究可知,围填海工程对沿海地区的环境、生态、经济、人口、社会等具有多方面影响,通过对学者观点以及相关专家意见的整理和分类,本文将围填海工程的影响要素按照社会经济、环境生态和其他三个方面进行梳理,并按照其正面和负面属性进行归类,得到围填海工程的综合影响因素表(表1),其中各影响因素以及下文模型中的因果关系均来自于资料和文献中学者的观点。

表1 围填海工程的综合影响因素及其属性分类初步划分^[1-2,4,6-7,15-19]

Table 1 The comprehensive influence factors of reclamation projects and the primary classification of their properties

分类	属性	影响
围填海工程综合影响因素	正	①区域经济发展;②产业规模扩大布局改良;③加快城市化进程;④提高居民生活水平;⑤社会和谐稳定
	负	①养殖和捕捞业受损;②土地所有制矛盾增加;③管理和用海矛盾;④海域空间占用资源丧失;⑤居民生活受到不良影响
环境生态	正	①土壤陆相特征增强,供氮能力提高(此处仅指土壤本身,不涉及海陆概念);②改善滩涂环境;③防灾减灾;④自然促淤;⑤部分工程导致纳潮量增加;⑥缓解海域荒漠化
	负	①热岛效应增加;②海水入侵;③冲淤加剧;④部分工导致程纳潮量减小;⑤水质下降;⑥局部增减水加剧;⑦底栖生物减少;⑧鸟类减少;⑨浮游生物过度增加
其他	正	一定程度上改善海岸景观
	负	①岸线曲折度损失;②天然岛消失;③海岛原生态系统被破坏;④填海地区地面沉降;⑤防灾抗灾能力下降;⑥海岸景观和历史人文资源丧失

通过对围填海工程造成的各种影响进行列表整理,可以发现围填海工程在造成诸多被研究者诟病生态环境负面影响的同时,也有相当多的正面影响。如何更好地分析围填海工程导致的各种影响因素,发现其各因素间的相互作用关系,本研究将利用系统动力学模型进行深层次分析。

2 方法介绍与模型优化

2.1 系统动力学方法介绍

系统动力学是 Forrester 于 1956 年创立的^[20]。其产生之初被称作工业动态学,是为了分析生产管理、库存管理等企业问题而提出的一种系统仿真方法。系统动力学方法一般具有以下特点:1)适用于处理长期性、周期性问题。如自然界中的生态平衡问题、人类生命周期问题以及社会经济危机问题等,具有周期性规律并需通过较长时间来观察。2)适用于研究缺乏数据资料的问题。即使是建模中常遇到的数据不足或数据难于量化的问

题,藉由系统动力学分析要素间因果关系,利用有限的数据和一定的结构,仍可进行推算研究。3)适用于处理精度低的复杂社会经济问题。此类问题的描述方程通常是动态、高阶、非线性的,很难利用一般数学方法求解。借助于系统动力学的仿真技术则可以获得其中的主要信息。4)强调有条件预测。系统动力学方法强调事物的前因后果,采用“如果……则……”的形式,可以为预测工作提供新的手段。

围填海工程作为一项完全改变海域属性的活动,其对于海岸带陆地和海域的各个要素皆会产生不同方向和不同程度的复杂影响。利用系统动力学的理论、方法和模型分析受围填海影响的海岸带复合系统的各个要素之间的相互影响、相互促进和相互制约关系,认识围填海工程的正面和负面影响,分析各影响要素发生的原因和趋势,对规范各类围填海行为有一定的积极作用。

2.2 模型选择

系统动力学的基本概念之一是因果关系,因果关系也是一个系统中各个元素的最基本关系。在因果关系中如果事件甲(原因)引起事件乙(结果),甲乙便形成因果关系,如果甲的变化引起乙的同向变化,则称甲乙构成正因果关系,反之则构成负因果关系。在系统动力学中另外一个重要概念是反馈,反馈控制理论是系统动力学方法的基础。因果反馈回路由两个或者两个以上的因果关系链首尾相连构成,分为正因果反馈回路和负因果反馈回路,正因果反馈回路对要素有加强作用,负因果反馈回路对要素有削弱作用。

因果反馈关系图是一种依靠定性描述来表达系统中变量之间相互影响和相互作用关系的图示模型,是系统动力学模型的基础。本文选择系统动力学方法中的因果反馈模型表征围填海工程各正面和负面影响要素之间的联系、体现要素之间相互作用的关系、分析正面和负面影响产生的来源以及寻求解决办法有着重要的实际意义。

2.3 模型改进

由于众所周知围填海工程造成的各种影响种类繁多且关系复杂,仅仅利用系统动力学因果反馈模型进行描述,不足以发现在整个复合系统中起到关键作用的影响因素。

因此,为了便于找到关键影响因素,本研究在因果反馈模型的基础上引入“关键节点判别”这一理念,并给出“关键节点”的定义:造成因果反馈回路条数达到一定数量(从本研究中的复合系统实力出发,定义该数量为3条)以上的系统中的影响因素,称其为该系统中的“关键节点”,并可根据因果链方向分级。通过对模型中关键节点的选取和定义,就能够直观地找出受围填海工程影响的海岸带复合系统中的关键因素,便于进行下一步研究。

3 围填海工程综合影响因果反馈模型探索

为了能够清晰、直观地体现围填海工程综合影响中各要素之间的因果关系及其反馈机制,本研究将研究范围选定为受围填海工程影响的海岸带复合系统,将其分为环境生态子系统、社会经济子系统以及其他影响因素三个部分,分别尝试建立并共同组成围填海工程综合影响因果反馈模型。在此基础上,根据模型反馈回路分布状况选取造成反馈回路3条及以上的影响因素作为该模型的关键节点,如果同一模型中不同关键节点存在因果关系,则按照因果链方向由高向低分级。

3.1 环境生态子系统研讨

在环境生态子系统中,围填海工程的综合影响可以分为正负反馈回路,正负反馈回路又可细分为46条反馈回路。其中,正反馈回路分为2条主反馈回路,又可细分为7条反馈回路(图1),主要包括沿海土地面积增加量的影响回路(2条)、海岸地形改变程度的影响回路(5条);负反馈回路从1条主反馈回路出发,可细分为39条反馈回路(图2)。

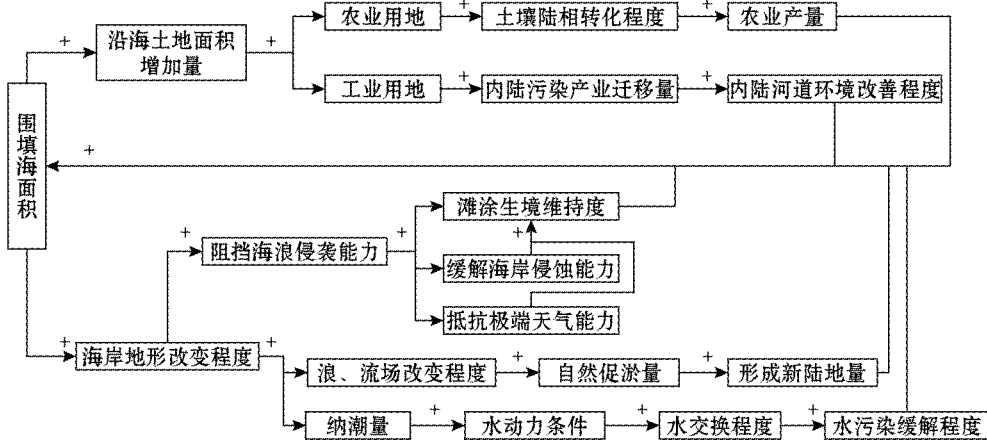


图1 环境生态子系统正因果反馈关系概图^[2,15,17]

Fig. 1 Positive casual feedback chart of the environmental ecological subsystem

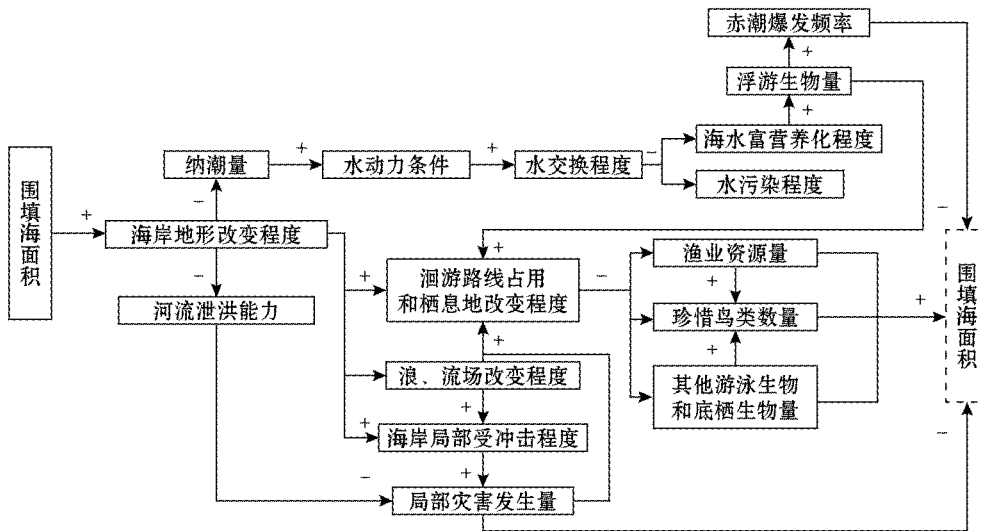


图2 环境生态子系统负因果反馈关系概图^[4,6-7]

Fig. 2 Negative casual feedback chart of the environmental ecological subsystem

在该子系统之中,关键节点有“海岸地形改变程度”、“阻挡海浪侵袭能力”和“洄游路线占用和栖息地改变程度”,因其导致的反馈回路分别有39条、3条和5条。其中“海岸地形改变程度”为一级节点,“阻挡海浪侵袭能力”和“洄游路线占用和栖息地改变程度”为二级节点。一级关键节点“海岸地形改变程度”的增加对围填海工程数量既有正面影响,

也有负面影响。由一级节点导致的二级节点中,“阻挡海浪侵袭能力”的增强表现出的正面影响最大,“洄游路线占用和栖息地改变程度”的加剧所表现出的负面影响最大。

3.2 社会经济子系统研讨

在社会经济子系统中,围填海工程的综合影响主要为正反馈回路,正反馈回路又可细分为 3 条反馈回路(图 3)。

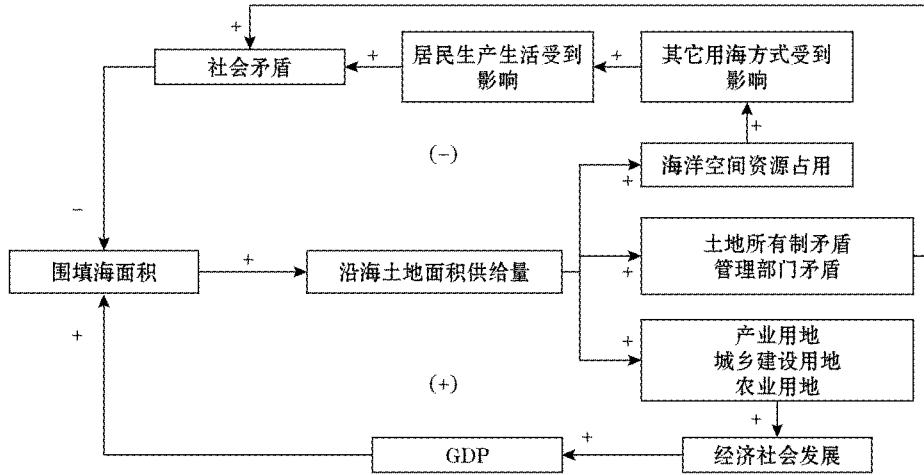


图 3 社会经济子系统正负因果反馈关系概图^[17]

Fig. 3 Positive and negative causal feedback chart of the social economic subsystem

在该子系统中,关键节点为“沿海土地面积供给量”,其导致的反馈回路有 3 条,对围填海工程数量既有正面影响,也有负面影响。由于社会经济方面还涉及 GDP、就业、消费、居民收入等方面的复杂变化,此处不再一一展开。

3.3 其他影响因素研讨

在其他影响因素中,正负反馈回路大致可分为 5 条反馈回路,其中包括 3 条正反馈回路和 2 条负反馈回路(图 4)。

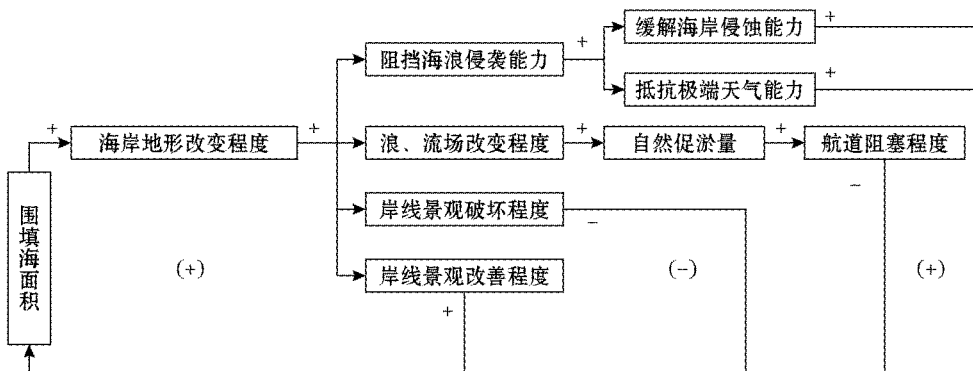


图 4 其他因素正负因果反馈关系概图^[1,18-19]

Fig. 4 Positive and negative causal feedback chart of other factors

在该子系统中,关键节点为“海岸地形改变程度”,因其导致的反馈回路有5条,对围填海工程数量既有正面影响,也有负面影响。

4 模型初步分析

基于上述围填海工程综合影响因果反馈模型探索结果,从以下2点方面进行初步分析。

1) 正负效应分析

围填海工程数量的增加对海岸带的影响既有正效应,也有负效应。正效应包括阻挡海浪侵蚀能力提高、经济和社会发展用地增加、沿岸景观改善程度增加等;负效应包括海湾水污染程度增加、洄游路线占用和栖息地改变程度增加、河流泄洪能力降低、社会矛盾增加等方面。这些效应既有正面和负面影响,又有直接和间接影响,还有短期和长期影响。

围填海工程的影响是复杂且综合的:正面影响和负面影响之间是存在相互联系的;不同影响因素之间关系错综复杂且存在相互促进或制约的现象;同时,不仅不同正反馈或负反馈回路中的不同要素之间存在相互影响的情况,而且正反馈和负反馈之间的要素会相互影响。

另外,从建立的围填海工程综合影响因果反馈模型建立的结果来看,负反馈回路从数量上多于正反馈回路,但是并不说明围填海工程对社会和生态环境的负面影响大于正面影响。这些正负反馈回路数量只具有定性分析的必要,并不具有定量评估的价值。

2) 关键节点分析

模型的关键节点对理解围填海工程的社会和环境影响机制,规范和改进围填海方式具有重要价值。其中,环境生态子系统模型中的关键节点包括一级关键节点“海岸地形改变程度”,二级关键节点“阻挡海浪侵袭能力”和“洄游路线占用和栖息地改变程度”。可以看出,围填海工程影响主要来源于其导致的海岸地形的改变,并由此导致的关键正负效应分别是阻挡海浪侵袭和改变生物栖息地。如果要在围填海工程造成海岸地形改变这一角度追求正面效应和负面效应之间综合效益最大的状态,就需要在围填海工程规划和设计中既要尽可能的增强其主要正面效应,又要尽可能减小对洄游路线占用和生物栖息地改变等负面效应。

社会经济子系统模型中的关键节点是“沿海土地面积增加量”。可以看出,对于社会经济的发展沿海土地面积的增加起到主要影响作用,给农业发展、工业发展、城乡建设和等提供了基础和空间,同时也造成了一定的负面影响。

其他影响因素模型中的关键节点是“海岸地形改变程度”。可以看出,围填海工程造成的海岸地形改变还会造成航道堵塞的负面影响,但同时也具有海岸景观改善和海岸防灾能力增强这些正面效应。由此可见,在围填海工程规划和建设过程中,要对周围流场和冲淤条件进行充分论证,尽量减少由地形改变引起的航道淤堵,并优化水下和水上构筑物提高其抗灾能力和美观性。

5 结 语

本研究尝试将系统动力学理论方法应用到围填海工程的综合影响分析中,并探索构建了围填海工程综合影响的因果反馈模型,以期围填海综合影响的研究提供了一种全面而直观的方法。该方法立足于围填海工程影响因素之间的因果关系、制约关系和联动机制,不同于以往研究中只是从围填海对其它要素影响的单方向出发,在模型中体现出了“回路”的思维,考虑到了要素对围填海的反作用,有助于从更加科学和客观的角度地对围填海工程的综合影响进行分析。本研究在利用因果反馈模型的基础上,定义了“关键节点”,并引入“关键节点判别”理念,便于在研究过程中抓住模型中的关键影响因素,抓住主要矛盾,使分析和解决问题更加具有针对性。

参考文献:

- [1] 尹延鸿. 对河北唐山曹妃甸浅滩大面积填海的思考[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(3): 1-10.
- [2] 许力源, 陈国平, 严士常, 等. 复杂动力环境海峡填海工程环境影响研究[J]. 水运工程, 2013, 8: 25-32.
- [3] 陆荣华. 围填海工程对厦门湾水动力环境的累积影响研究[D]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2010.
- [4] 李京梅, 刘铁鹰. 基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估[J]. 生态学报, 2012, 32(22): 7146-7155.
- [5] 李京梅, 许志华, 姚海燕, 等. 胶州湾围填海生态损害评估——支付卡和单边界二分法的比较[J]. 海洋环境科学, 2014, 33(4): 562-567, 575.
- [6] 张一帆, 方秦华, 张璐平, 等. 开阔海域围填海规划的水质影响评价方法——以福建省湾外围填海为例[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(4): 586-590.
- [7] 刘明, 席小慧, 雷利元, 等. 锦州湾围填海工程对海湾水交换能力的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 110-114.
- [8] 蔡秉及, 连光山, 林茂, 等. 厦门港及邻近海域浮游动物的生态研究[J]. 海洋学报, 1994, 16(4): 137-142.
- [9] 刘大海, 丰爱平, 刘洋, 等. 围海造地综合损益评价体系探讨[J]. 海岸工程, 2006, 25(2): 93-99.
- [10] 刘大海, 陈小英, 陈勇, 等. 海湾围填海适宜性评估与示范研究[J]. 海岸工程, 2011, 30(3): 74-81.
- [11] 刘大海, 陈小英, 徐伟, 等. 1985年以来黄河三角洲孤东海岸演变与生态损益分析[J]. 生态学报, 2014, 34(1): 115-121.
- [12] 于洋, 朱庆林, 郭佩芳. 基于生态系统服务的罗源湾围填海方案的经济效益评价[J]. 海洋湖沼通报, 2013, (2): 140-145.
- [13] 韩树宗, 吴柳, 朱君. 围海建设对天津近海水动力环境的影响研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(增刊): 18-23.
- [14] 王勇智, 马林娜, 谷东起, 等. 罗源湾围填海的海洋环境影响分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(11): 129-133.
- [15] 卢佳, 胡正义. 围海造田长期耕种稻田和旱地土壤氮矿化速率及供氮潜力比较[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1): 62-70.

- [16] 卢勇. 韩国新万金填海工程及其对黄河造陆规划的启发[J]. 东北亚论坛, 2010, 19(4): 98-104.
- [17] 朱高儒, 许学工. 填海造陆的环境效应研究进展[J]. 生态环境学报, 2011, 20(4): 761-766.
- [18] 陈婉, 李林军, 李宏永, 等. 深圳市蛇口半岛人工填海及其城市热岛效应分析[J]. 生态环境学报, 2013, 22(1): 157-163.
- [19] 许雪峰, 聂源, 羊天柱, 等. 浙江嵊泗青沙围填海综合开发项目的景观指数影响分析[J]. 海岸工程, 2011, 30(4): 17-24.
- [20] LANE D C, FORRESTER J W. Invited review and reappraisal industrial dynamics[J]. Journal of the Operational Research Society, 1997, 48, 1037-1042.

Exploration of Causal Feedback Model for Comprehensive Influence of Reclamation Projects

LIU Da-hai¹, MA Yun-rui^{1,2}, LI Xiao-xuan^{1,3}, YU Ying^{1,4}, GAO Jun-guo¹,
JIANG Wei¹, XING Wen-xiu^{1,3}

(1. *The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;*

2. *College of Physical and Environmental Oceanography, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;*

3. *School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;*

4. *School of Ocean Sciences, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)*

Abstract: Analysis of the comprehensive influence of reclamation projects is one of the hotspots of marine scientific research in recent years. The main factors that affect the comprehensive influence of reclamation projects are drawn from the systematic combing to the works and references related to the reclamation and classified according to their properties. Based on these, and by using system dynamics theory and method as well, a causal feedback model is inveterately established for the comprehensive influence of reclamation projects through selecting typical causal feedback models and introducing the "key node identification". The discussion and analysis of this model show that the reclamation projects have both positive and negative effects that are interactional, mutual promotional or mutual conditional in their relations. Among these effects, the degree of coastal topographic change, the ability to withstand waves, the degrees of migratory route occupation and habitat change and the increment of coastal land area are the key nodes that play an important role in the analysis of reclamation project influence.

Key words: reclamation projects; system dynamics; causal feedback model; positive and negative effects