

引用格式:陈彩霞, 黄光庆, 叶玉瑶, 等. 珠江三角洲基塘系统演化及生态修复策略: 以佛山4村为例[J]. 资源科学, 2021, 43(2): 328-340. [Chen C X, Huang G Q, Ye Y Y, et al. Change and ecological restoration of the dike-pond system in the Pearl River Delta: A case study of four villages in Foshan City[J]. Resources Science, 2021, 43(2): 328-340.] DOI: 10.18402/resci.2021.02.11

珠江三角洲基塘系统演化及生态修复策略 ——以佛山4村为例

陈彩霞^{1,2,4}, 黄光庆^{1,2,4}, 叶玉瑶², 赵玲玲², 金利霞², 刘旭拢^{2,3}

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 广东省科学院广州地理研究所
广东省地理空间信息技术与应用公共实验室, 广州 510070; 3. 南方海洋科学与工程
广东省实验室(广州), 广州 511458; 4. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:珠江三角洲基塘系统是中国重要农业文化遗产,其宏观格局变化已广受关注,但微观村落层面的研究还未得到足够重视。本文构建了珠江三角洲基塘系统演化概念性分析框架,以佛山市西桥社区、南金村、青田村、仕版村为例,采用实地调研与半结构式访谈,分析基塘系统的演化过程、特征与机制。研究结果表明:①基塘系统已由原有种养结合转为单一高密度养殖塘,但邻近村居聚落的基塘系统与生活空间紧密结合,形成生态景观塘、菜基鱼塘等;②城镇化、工业化背景下村集体经济组织和农户“经济效益至上”的经营管理模式是基塘系统演化的内在动力;③转变基塘经营模式,发挥基塘综合效益,合理治理基塘与城乡空间的交错地带,与基塘农业文化遗产及乡村文化保育相结合,是实施基塘系统生态修复的关键。本文结果有助于揭示重要农业文化遗产动态演变规律,可为珠江三角洲农业可持续发展、国土空间规划提供理论依据。

关键词:桑基鱼塘;基塘农业;重要农业文化遗产(IAHS);水乡聚落;生态修复;演化;珠江三角洲

DOI: 10.18402/resci.2021.02.11

1 引言

农业生态系统与景观保护对全球粮食安全保障、生物多样保护、关键自然资源的合理利用等具有重要意义^[1,2],是实现联合国可持续发展目标(Sustainable Development Goals)的必要基础。珠江三角洲基塘系统是中国历史悠久、高度适应平原低洼地区的特色农业生态系统,在明代中后期已形成规模化分布^[3,4]。基塘具有调洪蓄涝、调节气候、积蓄养分等生态服务功能^[5-7],对维护区域生态安全具有重要意义。此外,盛于农耕时期的基塘,可与果、桑、菜、蔗、花等种植业,及蚕丝业、糖业、畜业有机结合,形成多样持续循环的生产系统,在20世纪80年代被誉为世界上效率最高、生态可持续的农业生产

模式之一^[8,9]。2020年1月,珠江三角洲佛山基塘系统被认定为中国重要农业文化遗产。作为中国重要农业文化遗产和特色国土空间,珠江三角洲基塘系统对农业、乡村可持续发展,国土空间保护修复均有重要价值^[10,11]。

1980年,广州地理研究所钟功甫先生团队在与联合国大学合作研究珠三角桑基鱼塘课题时提出基塘系统的概念,通过定位观测站,定量分析基塘系统的物质能量交换循环过程,揭示塘基比例、水陆结构变化特征、基塘系统功能与效益,基塘和作物变迁的演替规律等,指出桑基鱼塘向蔗基鱼塘演化过程中,塘与基面作物的变化,打破了原有的生态平衡,经人为调节又走向新的平衡^[3,12]。20世纪

收稿日期:2020-03-16;修订日期:2020-10-03

基金项目:广东省促进经济发展专项资金(现代渔业发展用途)项目(粤农2019B1);广东省自然科学基金项目(2019A1515011120);南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项(GML2019ZD0301)。

作者简介:陈彩霞,女,广东揭东人,博士生,助理研究员,研究方向为区域环境与规划。E-mail: ibrave-xia@foxmail.com

通讯作者:黄光庆,男,浙江浦江人,博导,研究员,主要从事生态环境与地质学研究。E-mail: hgq@gdas.ac.cn

2021年2月

90年代,随着城镇化和工业化的发展,珠江三角洲城乡生态环境恶化,基塘被侵占、基水失调、基面撂荒、塘水富营养化、底泥重金属富集等问题陆续涌现^[13]。基塘系统的变化引起众多学者的关注,现有研究以宏观尺度的研究为主,主要从如下3个方面展开:①采用文献梳理(方志等)和统计数据,分析珠江三角洲基塘系统整体演化特征^[4,14,15],研究主要反映了历史时期至20世纪90年代初期基塘系统的变化;②采用实地调研和访谈的方法,如赵玉环^[16]通过对顺德、南海、番禺等政府部门、农户、农场的调研,详尽分析了2000年前后珠江三角洲社会经济发展对基塘系统的影响;③采用遥感影像解译数据,通过景观指数、土地利用转移矩阵、生态服务价值估算指标体系等方法,研究侧重于分析珠江三角洲及佛山、中山、南海、顺德、三水等市、区、县尺度上基塘系统的变化特征,揭示了基塘景观存在破碎化趋势,在城镇扩展区明显萎缩,在耕地等农作区则有所扩展^[17-21]。对基塘系统结构和功能变化的机制研究方面,目前除韩然等^[22]通过地理探测器得出基塘系统服务功能变化与第一产业产值、GDP变化和人口密度相关,大多以定性分析为主,并辅以统计数据。现有研究普遍认为,基塘系统的变化与城市扩展、经济效益、产业结构调整、环境变化^[14]、市场需求^[16]、城市规划政策导向^[22]相关。

虽然基塘系统宏观层面的变化已广受关注,但微观层面的研究还未得到足够重视,尤其是村落层面。以往曾有学者利用20世纪70年代顺德杏坛北水大队(现北水村)生产队账本资料和大队公文资料,揭示了在人民公社后期,基塘经营由自给性投入向商品性投入过渡的特征,反映了基塘养殖从传统农业向现代农业转变的过程^[23]。历史上,珠江三角洲基塘与水乡聚落的形成、发展息息相关,是一种特殊乡村地域系统^[24];水乡聚落人口增长所需的生活资料,主要依托宗族势力,通过扩大基塘范围来获取;水乡聚落的扩展,通常与基塘空间的变化密切相关^[25,26]。从现代土地所有制来看,基塘属于集体用地,其经营管理也是基塘系统演化的关键影响因子。同时,社区也是探索农业文化遗产保护和发展的视角^[27]。可见在此尺度上进行研究尤为

重要。

本文选取珠江三角洲传统基塘区典型水乡聚落——佛山市南海区九江镇西桥社区、南金村及顺德区杏坛镇青田村、伦教街道仕版村基塘系统作为微观层面的研究对象,基于人地关系地域系统论,剖析基塘系统的演化过程、特征、机制,并根据基塘系统演化面临的主要问题提出生态修复策略。本文结果有助于揭示重要农业文化遗产动态演变规律,可为珠江三角洲农业可持续发展及国土空间规划提供参考。

2 研究方法和数据来源

2.1 研究区概况

根据遥感影像,20世纪80年代初期,珠江三角洲的基塘系统主要分布在其中西部,即现佛山市顺德区全境,南海区九江镇、西樵镇,江门蓬江区棠下镇、荷塘镇,鹤山市古劳镇,中山市古镇镇、小榄镇、东凤镇、南头镇、横栏镇、东升镇。该片区基塘分布最为集中、典型^[3]。本文选取该片区范围内的佛山市南海区九江镇西桥社区、南金村,佛山市顺德区杏坛镇青田村、伦教街道仕版村作为典型研究对象(图1)。该4村基塘均有悠久的发展历史,村落类型包括工业主导型村落,也包括纯农经营村落,既有位于城镇建成区的村落,也有位于城镇边缘区、城镇外围区的村落,基本可涵括传统基塘区的水乡类

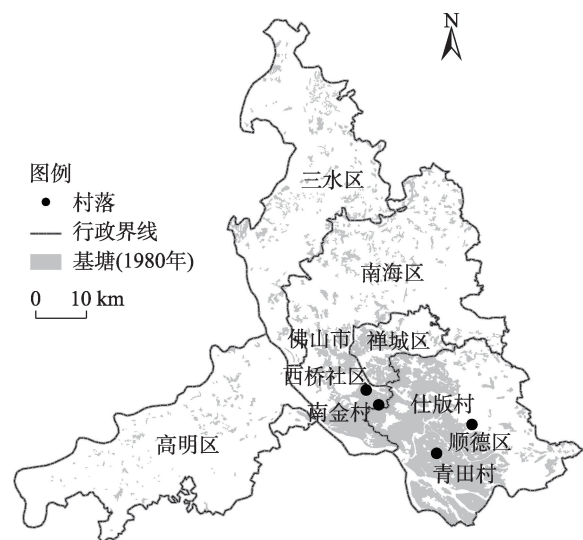


图1 佛山4村空间分布示意图

Figure 1 Spatial distribution of the four case study villages in Foshan City

型。各村社会经济基本概况如表1。

2.2 研究方法

分别在2019年5月、8月、10月前往佛山市南海区九江镇西桥社区、南金村,佛山市顺德区杏坛镇青田村、伦教街道仕版村,进行实地调查和半结构化访谈。主要对基塘景观形态、塘基结构、作物、水系、路网、村落聚落景观等进行观察、统计和拍照。访谈对象选择熟悉村落基塘发展历史的村干部、乡贤、基塘承包农户,其中农户从事基塘经营的时间均在15年以上,共深度访谈7人,编号分别为DF01—DF07(表2),访谈内容主要围绕村落发展历史,产业发展历史,基塘空间演变,基塘水陆结构、作物、鱼塘养殖种类等基塘系统结构变化情况,塘租、经营模式及相关产业链的变化情况等。

通过对遥感影像的人工目视判读和实地调研,绘制1996年、2006年和2018年村落基塘空间分布图。分布图包括基塘、河涌、民居聚落、工业用地、苗圃绿植、道路6类主要用地。通过比较各时点的村落格局,反映基塘在村落尺度上空间变化情况,以及基塘与住宅区、工业区的空间关系。

2.3 数据来源

研究使用的遥感数据中,1996年的数据来自SPOT卫星影像,分辨率为10 m,2006、2018年的数据借助91卫图助手软件“Google Earth-历史影像(无偏移)”组件下载,分辨率为0.55 m。淡水养殖品种产量数据来源于顺德区农业农村局。

3 结果与分析

3.1 基塘系统演化过程与特征

基塘系统的演化过程与特征主要体现在基塘系统的空间分布变化、水陆结构变化及种养结构变化3个方面。

基塘系统的空间分布方面(图2),4村均有悠久的基塘系统发展历史,1996年以前,各村落除了民居聚落和零星工业用地,其他用地均以基塘为主。1996—2006年期间,西桥、南金、仕版3村均占用基塘开发了村办工业区。以西桥为例,根据访谈,1996—1998年,约6.5 hm²基塘开发为工业区,2000年,约40 hm²基塘连片开发为工业区,现仅存约25 hm²的基塘为工业园区和住宅区所包围。此外,还有部分转为其他农用地,如1998年,仕版村将邻近

表1 佛山4村概况

Table 1 Overview of the four case study villages in Foshan City

村落	人口	经济	村落类型
西桥社区	户籍人口1800多人,外来人口4600多人	以工业为主导,现有工业企业89家,以家具、五金、制衣为主;全村共有鱼塘400亩	城镇建成区内村落
南金村	户籍人口6200人,外来人口4000多人	以工业和现代水厂养殖为主导,其中,工业门类以印刷、包装、五金电器、针织制衣等行业为主;全村共有鱼塘3000多亩,为沙头片区鱼塘面积最大的村	城镇边缘区村落
青田村	总人口800多人	纯农经营,以现代水厂养殖为主导;共有鱼塘面积580亩,占全村总面积的84%	城镇外围村落
仕版村	户籍人口约3700人,外来人口约3300人	以工业、现代水厂养殖和花木种植为主,有工业企业45家,以机械制造、塑料制品、五金制品及建筑材料为主;全村鱼塘面积约3000亩	城镇建成区内村落

表2 深度访谈对象属性表

Table 2 Attributes of the interviewees

编号	日期	性别	年龄	身份	访谈时长
DF01	2019年5月30日	男	50多岁	村党支部书记	8'10"
DF02	2019年5月30日	男	40多岁	普通村干部	53'10"
DF03	2019年5月30日	男	40多岁	普通村干部	38'45"
DF04	2019年5月30日	男	50多岁	基塘承包农户	41'40"
DF05	2019年8月08日	男	60多岁	乡贤	45'00"
DF06	2019年8月08日	男	60多岁	基塘承包农户	49'54"
DF07	2019年10月29日	男	70多岁	基塘承包农户	17'10"

2021年2月

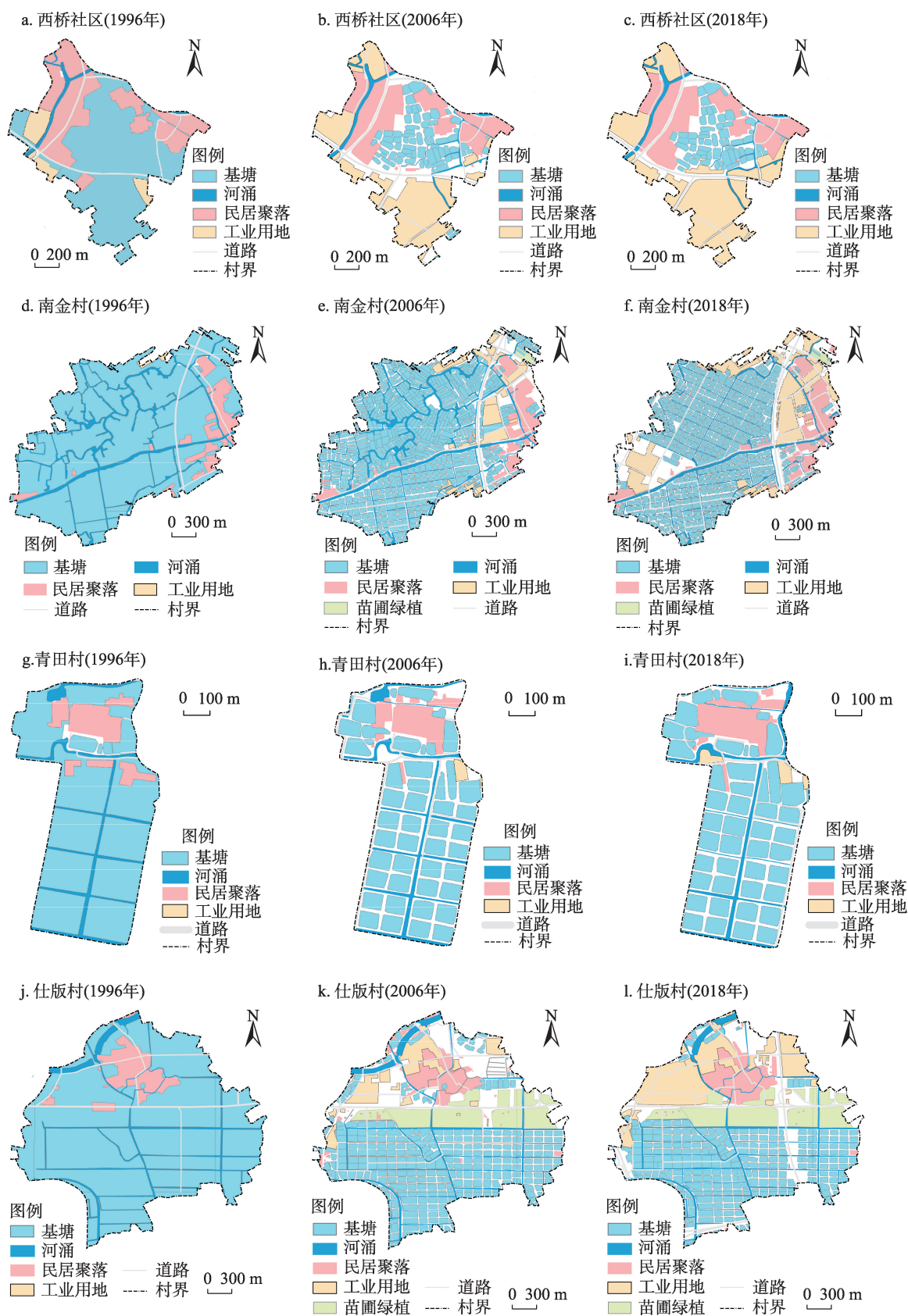


图2 1996—2018年村落基塘系统空间分布

Figure 2 Spatial distribution of the village dike-pond system, 1996-2018

村落主干道的39 hm²基塘改造为苗圃绿植种植基地。2006年以来,西桥、南金、仕版3村工业扩展的速度明显下降,但均有小规模工业用地蚕食基塘。总体而言,工业占用主导了该3村基塘的减缩。以纯农经营为主导的青田村,基塘布局则一直保持相对稳定。

基塘系统水陆结构变化方面,传统的基塘系统水陆比例一般为6:4或5.5:4.5,基面保持一定的宽度用于耕作。根据遥感影像(图3)和调研情况,西桥社区基塘至今未实施统一方格化整治,仍保持有机形态:基塘大小不一,最小面积约0.1 hm²,最大面积约0.6 hm²,水深约2 m;与村落住宅相连的鱼塘塘基比(水陆比例)约为6:4,基面种植蔬果;远离住宅区的鱼塘基面为杂草。其余3村均开展过基塘“方格化”整治。据DF02、DF05、DF06反映,20世纪90年代中后期,基面撂荒的现象较为普遍,挖塘泥上肥、夯实塘基较为少见,导致塘基变薄,有些甚至无法步行通行。DF02还提到,90年代开始,增氧机的使用日趋普遍,增氧机搅动波浪不断冲击塘基,导致塘基崩塌、土壤流失和塘泥淤积加速。为更好适应农业机械化的发展,解决塘基变薄、水深变浅等问题,2000年前后顺德率先启动基塘整治,仕版村正是1998年由市、镇联合资助实施基塘整治的两个示

范点之一。根据相关资料,仕版村的基塘整治采用四基六水(水陆比例6:4)的形式,将重塑传统基塘种养结合的生产模式作为整治目标之一^[28]。但根据本次调研,仕版村现状基塘水陆比例大多约为8:2或7:3,基面无耕作,少数种植蔬果,塘间为机耕路和排灌毛支涌。随后统一实施基塘整治的青田村和南金村情况大致相同,经整治,基塘系统水陆结构约8:2或7.5:2.5,呈大小较均一的东西走向方格状,面积约0.45 hm²,基塘南北一侧为约7 m宽的机耕路,一侧为约6~8 m宽的排灌毛支涌,水深由原来的1.0~1.5 m左右增至3 m左右。据DF02介绍,整治后的基塘,养殖潜力明显提高,更适应现代高密度化养殖模式的要求,路基的设计,也便于水产品经陆路外销。基塘的整治,不仅改变了基塘系统的水陆结构,也深刻影响了毛支涌的形态和走向,是村落整体水生态系统重构的过程。

虽然4村基塘在空间、水陆结构、塘基形态的演化特征和过程上有所差异,但在种养结构方面,具有相对一致的变化特征。如表3所示,根据塘基立体种养情况,大致可分为“桑(蔗)基鱼塘”衰落阶段;“草(菜、蔗)基鱼塘”过渡阶段,“荒(菜)基鱼塘”特种鱼养殖探索阶段,“路基鱼塘”特种鱼养殖起步阶段,“路基鱼塘”特种鱼养殖成熟阶段5个典型发



图3 典型村落基塘系统景观

Figure 3 Landscape of the dike-pond system in typical villages

2021年2月

表3 典型村落基塘系统种养结构演化特征

Table 3 Characteristics of the change of planting and breeding structure of the dike-pond system in typical villages

演化阶段	种养结构		塘基循环利用(种养)特征
	塘鱼	基面	
“桑(蔗)基鱼塘”衰落阶段 (1980—1985年)	四大家鱼(草、鳊、鲢、鳙)	种植桑、果、蔗等经济作物	桑叶(蚕沙)→浮游动植物→四大家鱼→塘泥(水)→桑树
“草(菜、蔗)基鱼塘”过渡阶段 (1985—1990年)	四大家鱼(草、鳊、鲢、鳙)	象草(饲草)、甘蔗、自给蔬果	象草→浮游动植物→四大家鱼→塘泥(水)→象草
“荒(菜)基鱼塘”特种鱼养殖探索阶段 (1990—2000年)	桂花鱼、鳙鱼、鳊鱼等特种鱼,四大家鱼	撂荒、基面崩塌现象较为普遍	四大家鱼鱼仔→桂花鱼 塘基无循环
“路基鱼塘”特种鱼养殖起步阶段 (2000—2012年)	加州鲈鱼、乌鳢(生鱼)、鳙鱼、鳖(甲鱼)等特种鱼,四大家鱼	机耕路、排灌渠、草本野生植物	冰鲜鱼→加州鲈鱼 塘基无循环
“路基鱼塘”特种鱼养殖成熟阶段 (2013年以来)	加州鲈鱼、乌鳢(生鱼)、鳙鱼等特种鱼为主	机耕路、排灌渠、草本野生植物	膨化饲料→加州鲈鱼 塘基无循环

展阶段。据DF02反映,1980—1985年,西桥社区基塘系统多为桑基鱼塘,基面种植桑树,塘中混养滤食性和草食性的四大家鱼(草、鳊、鲢、鳙),以桑叶养蚕,蚕沙(粪)、蚕蛹喂鱼,塘泥肥桑,水陆物质能量得到充分的循环利用,但受环境污染影响,桑蚕质量大幅下降。据DF02、DF05、DF06反映,1985—1990年,西桥社区、青田村基本不再种植桑树,基面多种植甘蔗或象草,邻近村落改种自给性蔬果。这个阶段仍以四大家鱼养殖为主,普遍种植管护成本较低的象草(优质饲草)用作草鱼青饲料。1990年南海区在全国率先实现桂花鱼的人工孵化,以桂花鱼为主,包括鳙鱼、鳊鱼等肉食性特种鱼开始推行规模化养殖,基面种植撂荒情况日趋普遍。2000—2012年,仕版村、青田村、南金村陆续开展了基塘方格化整治,基塘整治进一步优化了养殖条件,4村特种鱼的养殖规模进一步扩大,与前一阶段最大的区别在于加州鲈鱼和乌鳢(生鱼)取代桂花鱼,成为产量最多的养殖品种。据DF2、DF3介绍,桂花鱼之所以逐渐被淘汰,主要在于桂花鱼对水质的要求更高,更容易滋生传染性鱼病;这一阶段属于特种鱼养殖的起步阶段,根据2007—2019年顺德主要淡水养殖品种产量极差变化统计情况(图4),以四大家鱼中养殖规模最大的草鱼为例,2012年草鱼产量4.28万t,仍占有全区19.74%的比重,略低于加州鲈鱼产量4.34万t(占全区产量19.99%)和乌鳢产量4.33万t(占全区产量19.95%)。2013年以来,特种鱼的养殖日趋成熟,四大家鱼的养殖规模较前一阶

段有很大的降幅,2013年产量陡降至0.8万t,占全区产量的3.64%,同期加州鲈鱼的产量则大幅增至10.0万t,占比45.25%(图4)。据DF06介绍,当前青田村几百口鱼塘中,仅有1口鱼塘专养四大家鱼。2000年以来4村基塘基面基本不再种植经济作物,为野生草本植物所覆盖,但调研发现,西桥社区与住宅区交错的基塘,基面为村民精耕细作种植各类蔬果,村民就近抽取塘泥施肥。

3.2 基塘系统演化机制

人地关系地域系统论认为,经济地理格局和过程是其所处的资源环境系统、经济地理现象之间,以及社会、文化、生活生产活动之间相互作用的结

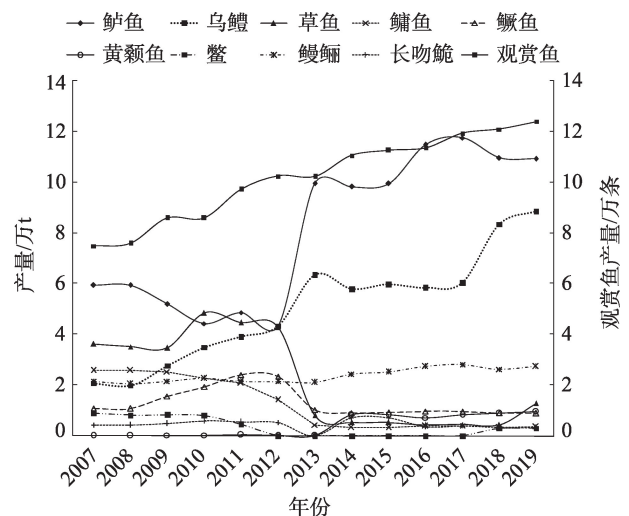


图4 2007—2019年顺德区淡水养殖品种产量变化

Figure 4 Yield changes of freshwater aquaculture products in Shunde, 2007-2019

果^[29]。基塘系统的演化是对自然环境与人文环境高度适应的过程,是人类子系统——制度、技术、社会经济等因素以及地理环境因素相互耦合和作用的结果(图5)。

3.2.1 经济体制、土地制度改革及环境变化是桑基鱼塘传统种养结合模式退化的根本驱动因素

改革开放后,中国由计划经济体制向市场经济体制转变,农村土地经营由人民公社制度向家庭联产承包责任制转变,极大释放了农村劳动力,促进基塘区劳动力向非农产业转移。传统基塘系统是一种劳动密集型的经营模式,在劳动力不足、务农机会成本不断上升的情况下,效益产出更低的基面种植因此被逐渐淘汰。此外,农产品政策的变化也加速了桑基鱼塘的消失。1985年,蚕茧由国家农产品收购政策中的二类计划商品调整为三类计划商品(统购派购以外的农副产品),统购任务取消后桑蚕业迅速衰落。在桑基鱼塘分布最广的南海区、顺德区^[30,31],1985年桑地种植面积仅为1984年的85%和56%(图6)。加之受环境污染、气温变化影响,南海、顺德等地产出的桑茧数量及质量大大降低。DF2、DF5、DF6均提到1985年前后桑叶受环境污染,蚕不结茧或茧的接口多,蚕茧质量下降。《顺德县志》^[30]也记载了蚕桑生产受工业废气污染,育蚕成活率下降,1980年顺德单位桑地产茧量为1868 kg/hm²,至1986年降至747 kg/hm²,仅为1980年的

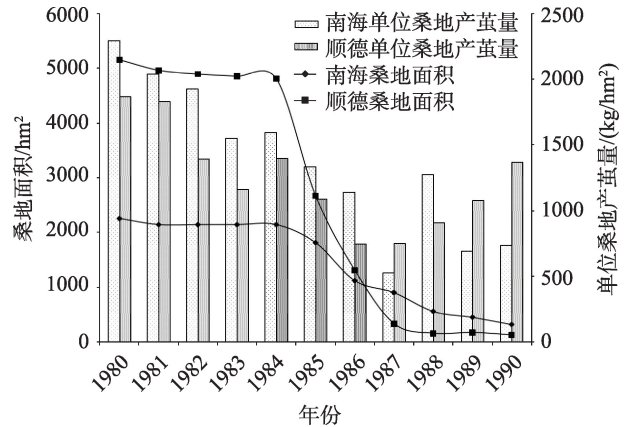


图6 1980—1990年南海、顺德桑地面积、单位桑地茧产量变化

Figure 6 Changes of mulberry planting area and cocoon yields in Nanhai and Shunde, 1980-1990

注:根据《顺德县志》^[28]、《南海县志》^[29]资料数据绘制。

40%(图6),至1990年初期,桑基鱼塘逐渐退出珠江三角洲。

3.2.2 城镇化、工业化背景下村集体经济组织和农户“经济效益至上”的经营管理模式是基塘系统演化的内在动力

随着城镇化、工业化进程的推进,土地资源愈发宝贵,现存的鱼塘租金收入是南海、顺德基塘区一带村集体经济收入的重要来源。据调查,即便是工业产业较为发达的村落,因早年出租的村办工业园区的租金普遍较低,甚至还低于基塘租金,因此也十分重视基塘生产条件的改善,以提高基塘生产效益和塘租收入。以南金村为例,自2002年以来,村集体组织在基塘整治、水产物流企业引入、塘鱼加工等相关产业发展方面开展了大量工作,2005年、2007年、2012年和2017年塘租均价分别为1.5万元/hm²、6万元/hm²、10.5万元/hm²和21万元/hm²,12年间塘租上涨了13倍^[32]。此外,根据调研,4村除有少数水产公司承包连片基塘,其余均以本村村民分散承包1~2口塘为主。承租农户往往根据市场需求和经营成本,自发调整经营模式。据DF2、DF3介绍,加州鲈鱼之所以成为南海、顺德一带当前规模最大、产量最多的养殖品种,主要在于其价格稳中有升,市场需求也相对稳定。大多数鱼类存在季节性收成的特性,而加州鲈鱼育苗不受季节影响,全年均可“出鱼”,在夏季其他鱼类尚未上市之前,价

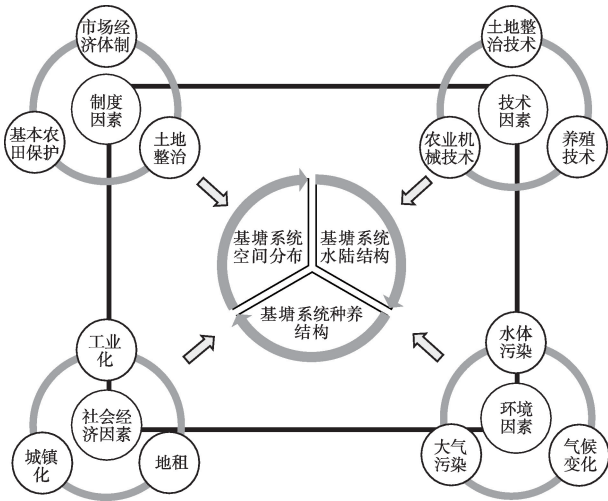


图5 珠江三角洲基塘系统演化概念性分析框架

Figure 5 Analytical framework of the change of the dike-pond system in the Pearl River Delta

2021年2月

格有较大的上涨空间。加州鲈鱼等特种鱼的养殖通常采用“高投放、高投入”的高密度养殖。DF2介绍,加州鲈鱼的养殖每口鱼塘放养鱼苗约12000条,每口鱼塘的投入高达70万~80万,甚至上百万,农户为了避免基面作物种植影响鱼塘水面通风,及可能施用的农药危及塘鱼,基面不进行任何耕作。基塘从立体种养转为单一化养殖,不仅在于劳动力不足,更为关键的是基面种植与当前高密度的养殖模式存在冲突,这是农户为实现经济效益最大化的自发选择。

3.2.3 适应农业机械化发展的土地整治助推基塘单一化高密度养殖模式的形成

自20世纪90年代初期起增氧机广泛应用,塘基受增氧机产生的波浪冲击,容易崩塌变薄,加上基面撂荒,土壤流失加快,塘泥加速淤积,至90年代末期,基崩塘浅的现象已较为普遍。由于基塘整治工程涉及区域性河涌、路网的改造,需调动大量的人力、资金等,仅依靠农户或个别村集体往往难以实施。顺德区、南海区均先后通过制定相关基塘整治扶持政策,由区政府联合各街道、镇、村,制定整治技术标准和资金补助标准,统一实施连片基塘整治,有效改善了基塘系统生产条件。据DF3、DF4、DF6反映,整治翻新塘泥后,减少了养殖环境中的细菌、病毒和其他污染物;整治后鱼塘水面变大,可缓解增氧机对塘基的冲蚀,水深加深,更利于特种鱼的高密度养殖。此外,方格网化与塘间路基和毛支涌的设计,对基塘现代经营和管理具有重要作用。以往农户往来“耕塘”和塘鱼的销售,均通过小船运输,方格化的塘基设计,更有利于机耕路的组织,极大提高了经营效率和物流效率。经整治,每口鱼塘均可实现与毛支涌相接,更利于鱼塘的进排水。可见,基塘结构形态的变化,是对种养结构变化及对现代农业生产技术的适应。

3.2.4 随环境变化不断改良的农业技术是基塘在各个演化阶段保持高效生产的重要因素

历史时期,基塘系统形成、发展演变是珠三角人民适应其所在的低洼易涝、洪潮并胁自然环境的过程中,综合运用了筑堤建围的农田水利技术,塘基种养结合的低洼地改造技术,基面套种、轮作的

耕作技术和鱼花捞取、培育、四大家鱼混养的淡水养殖技术^[4-6,14]。改革开放以来,增氧机、人工饲料、微生物水质调剂、冬眠复活保鲜等现代水产养殖技术的出现,又助推了传统基塘系统转变为高密度现代养殖。据DF3、DF4介绍,早期塘鱼主要经“鱼中”就近销往周边市场,自从冬眠复活保鲜技术出现之后,大部分塘鱼通过水产物流公司远销外地,极大拓展了销售市场,进一步激发高密度养殖方式的发展。据DF3介绍,早期肉食性的加州鲈鱼养殖依赖于冰鲜鱼,种苗的培育也有很强的季节性;2010年前后,膨化饲料开始应用于加州鲈鱼养殖;至2015年前后,加州鲈鱼养殖,包括种苗培育,均可采用膨化饲料,同时,也实现了全季节均可出鱼。此外,近年来,大型物流公司采用的水产品溯源系统,以及当前正在逐步推行的养殖尾水处理工程,对降低基塘养殖的环境风险、确保水产品食品安全具有积极作用。

3.2.5 基本农田保护政策保护了部分基塘的连片分布、维护了基塘的区域生态功能

基本农田政策保护了一定比例的连片基塘,集中连片的基塘与河涌水系构成的水生态系统,能更好地为区域提供调蓄水文、调节小气候的生态功能。在南海、顺德等基塘区,部分基塘被视作未破坏耕作层的耕地,被划为永久基本农田。调研发现,基塘分布相对稳定的南金村和青田村,大部分基塘位于永久基本农田保护区范围内,仕版村村域南部基塘也是永久基本农田,从而得以保留;基塘缩减最明显的西桥社区,基塘为一般农用地。基塘作为已在珠江三角洲延续上千年历史、高度适应当地自然条件的国土空间开发方式,对当前高度依赖堤围抵御洪潮灾害、各联围内涝风险居高不下的三角洲河网地区仍具有重要的生态价值,这也是基塘划入永久基本农田的主要意义之一。

4 生态修复策略

珠江三角洲基塘系统是富有生命力的农业生态系统,数百年来紧随自然环境、社会经济的变化,不断适应、演化,形成多样化的农业模式和形态。我们既感怀昔日“桑基鱼塘”优良农业生态系统的消失,又不得不承认基塘转为高密度养殖塘存在一

定的历史必然性。当前基塘依赖大量投入人工饲料、杀菌药物的高密度养殖模式,普遍面临水体营养盐负荷高,有机污染、抗生素污染状况较为严重,N、P污染等级长期超警戒水平等问题^[33,34]。养殖水体的恶化不仅危及区域水环境和人类居住环境,还会造成污染物在鱼类中的富集,进而威胁人类健康^[35]。此外,根据佛山4村的调研,基塘和城乡聚落、工业园区相互交错,这也是大都市圈半城市化地区普遍存在的城乡空间与农业空间相互渗透,功能相互拮抗的现实矛盾。

当前迫切需要引导基塘经营模式向绿色可持续生产转变,减少负面环境影响和食品安全问题。同时也应该看到,基塘不仅仅是一种农业生态系统,更是珠江三角洲特色国土空间和宝贵的农业文化遗产,如何引导基塘与城乡空间、功能的相互融合、支撑,借此优化提升人居环境、活化利用农业文化遗产也是实施基塘生态保护修复的主要目标。

4.1 转变基塘经营模式,发挥基塘综合效益

调研的4个村落中,基塘均以村集体经济组织发包给村民分散经营为主,因基塘系统经营投资成本较大,村民往往仅承包1~2口塘。分散经营的模式往往导致经营成本增大,使村民更加依赖于高密度养殖模式的效益提升。此外,调研和访谈发现,当前从事基塘经营的村民,大多为50多岁、60多岁乃至70多岁,老龄化现象十分突出,这都需要通过新的经营模式加以解决。当前顺德已有一些村落

尝试由大企业联合街道/镇的国资公司统一承包基塘,拟实施统一改造,推进包括养殖尾水处理在内的环境工程建设,以打造现代农业产业园区为依托,实施一、二、三产业的融合发展,发展绿色优质农产品;同时,也重视水产品加工及休闲旅游等效益的开发。DF2坦言,基塘的塘租收入,关系全村村民的分红收益,只有能保障一定经济效益的发展模式,才能得到村民的支持。换言之,未来基塘能否实现可持续发展,关键在于发挥基塘综合效益经营模式的创新。

4.2 合理治理基塘与城乡空间的交错地带,优化提升城乡人居环境

基塘是珠江三角洲城乡国土空间的重要组成部分。调研发现,通过合理的治理,与乡村聚落相连接的基塘系统,可实现生态、生产、生活空间的融合。以西桥社区为例,邻近住宅区的基塘系统仍保留较宽的基面,基面种植蔬果,焕发出勃勃生机(图7a);据DF06介绍,青田村村口的基塘,原养殖四大家鱼,早年因生活污染现改为荷塘,成为乡村的标志性景观及村民休闲交往的公共空间(图7b)。此外,由于村办工业企业在顺德、南海一带十分普遍,这些在原来的基塘区发展起来的工业园区,往往与现存基塘交错分布,一旦工业园区排污不规范,会对基塘的生态环境质量造成很大干扰。当前顺德正在推进村办工业园改造,如能实施村办工业园与周边基塘的统一整治,有助于两者功能的协调及城

a. 西桥社区菜基鱼塘



b. 青田村村口荷塘



图7 基塘系统与人居环境的融合

Figure 7 Integration of dike-pond system and human settlements

2021年2月

乡环境的整体优化。

4.3 与基塘农业文化遗产及乡村文化保育相结合,依托村落构建多方协作的生态修复制度

以桑基鱼塘为代表的基塘文化是世界知名的重要农业文化遗产,也是珠江三角洲基塘区乡村文化的重要组成部分,通过生态修复,适当恢复一部分基塘传统立体种养景观,有助于基塘文化的展示与传承。青田村自2018年起实施“美塘行动”,旨在对基塘进行优化改造,带动乡村文化保育及乡村休闲旅游发展。据DF05介绍,该行动中,由广东省农科院牵头注册了实体公司,由公司出资,以DF05的名义承包了3口鱼塘,并聘请其进行日常管理经营,农科院提供技术支持。实施改造的3口鱼塘分别进行景观生态功能修复、四大家鱼养殖功能修复和桑基鱼塘景观恢复。其中,实施景观生态修复的基塘毗邻村落住宅,面积约0.13 hm²,采用种植水草,辅以生物药水调节水质,目前养殖的锦鲤长势良好。DF05是青田村的乡贤,有很深的乡土情结,对青田的历史非常熟悉,有“青田活字典”之称,经其精心经营,目前实施景观生态功能修复的基塘已初见成效(图8)。这种模式是否能达到预期目标还有待时间检验,但提供了一个可供参考的实施方案。



图8 青田村实施景观生态修复的基塘

Figure 8 The dike-pond system with landscape ecological restoration in Qingtian Village

5 结论

本文采用村落实地调研和半结构式访谈,对珠江三角洲基塘系统进行微观层面的剖析,基于人地关系地域论对其演化机制进行分析,提出基塘生态

修复的策略。主要结论如下:

(1)在村落尺度,基塘系统演变既有共性,也有差异性。佛山4村基塘系统结构均由种养结合转为单一高密度养殖,基塘系统的生产性在增大,生态性则有所减弱。村落在空间演变上则有所差异:位于城镇建成区范围内、以工业为主导的西桥社区,以一般农用地为主的基塘空间萎缩最为明显;位于城镇建成区外围、纯农经营的青田村,以永久基本农田为主的基塘空间则保持相对稳定。

(2)基塘系统虽然水陆物质能量循环利用的生态功能已退化,但邻近村落聚居点的基塘系统与生活空间紧密结合,形成多样化、富有活力的菜基鱼塘、荷塘、景观塘等景观空间和公共空间。

(3)基塘系统作为一种农业地域系统,与所在村落的人地关系地域系统的演变密不可分,是制度、社会经济、技术、环境各种因素交互作用的结果,并具有一定的自组织性。了解、掌握基塘系统在村落尺度的演变特征与机制,有助于制定针对性的基塘系统治理措施,如转变基塘经营模式,发挥基塘综合效益,合理治理基塘与城乡空间的交错地带,优化提升城乡人居环境,与基塘农业文化遗产及乡村文化保育相结合,依托村落构建多方协作的生态修复制度等。

致谢:诚挚感谢广东省科学院广州地理研究所周晴博士和吴旗韬博士对本文提出的宝贵建议。本文遥感影像的解译由广东省科学院广州地理研究所李春琴工程师协助完成,广州地球化学研究所环境科学专业博士生赖勇、华南师范大学地理信息科学专业本科生黎满耀参与了本文的调研;各位村干部、乡贤、村民对调研给予了热情、无私的帮助,一并致谢!

参考文献(References):

- [1] Roger R B L. A re-boot of tropical agriculture benefits food production, rural economies, health, social justice and the environment[J]. *Nature Food*, 2020, 1: 260-265.
- [2] 孙玉芳,李想,张宏斌,等. 农业景观生物多样性功能和保护对策[J]. *中国生态农业学报*, 2017, 25(7): 993-1001. [Sun Y F, Li X, Zhang H B, et al. Functions and countermeasures of biodiver-

- sity conservation in agricultural landscapes: A review[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(7): 993-1001.]
- [3] 钟功甫, 邓汉增, 王增骥, 等. 珠江三角洲基塘系统研究[M]. 北京: 科学出版社, 1987. [Zhong G F, Deng H Z, Wang Z Q, et al. Research on Dike-pond System in the Pearl River Delta[M]. Beijing: Science Press, 1987.]
- [4] 赵绍祺, 杨智雄. 珠江三角洲堤围水利与农业发展史[M]. 广州: 广东人民出版社, 2011. [Zhao S Q, Yang Z X. Development History of Dike Water Conservancy and Agriculture in the Pearl River Delta[M]. Guangzhou: Guangdong People's Publishing House, 2011.]
- [5] 周晴, 赵玲玲, 吴康敏, 等. 珠江三角洲传统农业洪潮适应开发模式与生态文明经验[J]. 热带地理, 2019, 39(5): 701-710. [Zhou Q, Zhao L L, Wu K M, et al. The local and traditional development model and historical experience of the ecological civilization based on flooding adaption in the Guangdong-Hong Kong-Macau Greater Bay Area[J]. Tropical Geography, 2019, 39(5): 701-710.]
- [6] 吴建新. 明清广东的农业与环境: 以珠江三角洲为中心[M]. 广州: 广东人民出版社, 2012. [Wu J X. Agriculture and Environment of Guangdong in Ming and Qing Dynasties: Centered on the Pearl River Delta[M]. Guangzhou: Guangdong People's Publishing House, 2012.]
- [7] 刘通, 程炯, 苏少青, 等. 珠江三角洲桑基鱼塘现状及创新发展研究[J]. 生态环境学报, 2017, 26(10): 1814-1820. [Liu T, Cheng J, Su S Q, et al. Current situation and innovative development countermeasures of the mulberry dike-fish pond in the Pearl River Delta[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2017, 26(10): 1814-1820.]
- [8] 王思远, 廖森泰, 邹宇晓, 等. 珠江三角洲地区桑基鱼塘的传承保护与创新发展[J]. 蚕业科学, 2019, 45(6): 909-914. [Wang S Y, Liao S T, Zou Y X, et al. Protection and development of mulberry-dike and fish-pond system in the Pearl River Delta[J]. Acta Sericologica Sinica, 2019, 45(6): 909-914.]
- [9] 顾兴国, 楼黎静, 刘某承, 等. 基塘系统: 研究回顾与展望[J]. 自然资源学报, 2018, 33(4): 709-720. [Gu X G, Lou L J, Liu M C, et al. Review and prospect of studies on the dike-pond system[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(4): 709-720.]
- [10] 闵庆文. 重要农业文化遗产及其保护研究的优先领域、问题与对策[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(9): 1285-1293. [Min Q W. Research priorities, problems and countermeasures of Important Agricultural Heritage Systems and their conservation[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(9): 1285-1293.]
- [11] 宫清华, 张虹鸥, 叶玉瑶, 等. 人地系统耦合框架下国土空间生态修复规划策略: 以粤港澳大湾区为例[J]. 地理研究, 2020, 39(9): 2176-2188. [Gong Q H, Zhang H O, Ye Y Y, et al. Planning strategy of land and space ecological restoration under the framework of man-land system coupling: Take the Guangdong-Hong Kong-Macau Greater Bay Area as an example[J]. Geographical Research, 2020, 39(9): 2176-2188.]
- [12] 钟功甫. 珠江三角洲的“桑基鱼塘”: 一个水陆相互作用的人工生态系统[J]. 地理学报, 1980, 35(3): 200-209. [Zhong G F. Mulberry-dike-fish-pond on the Zhujiang Delta: A complete artificial ecosystem of land-water interaction[J]. Acta Geographica Sinica, 1980, 35(3): 200-209.]
- [13] 杨永泰. 珠江三角洲基塘农业生态持续发展问题 and 对策[J]. 广东农业科学, 1995, (5): 14-16. [Yang Y T. Problems and countermeasures of the sustainable development of the agricultural ecology in the dike pond of the Pearl River Delta[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 1995, (5): 14-16.]
- [14] Lo C P. Environmental impact on the development of agricultural technology in China: The case of the dike-pond ('Jitang') system of integrated agriculture-aquaculture in the Zhujiang Delta of China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1996, 60(2-3): 183-195.
- [15] 聂呈荣, 骆世明, 章家恩, 等. 现代集约农业下基塘系统的退化与生态恢复[J]. 生态学报, 2003, 23(9): 1851-1860. [Nie C R, Luo S M, Zhang J E, et al. The dike-pond system in the Pearl River Delta: Degradation following recent land use alterations and measures for their ecological restoration[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(9): 1851-1860.]
- [16] 赵玉环. 社会经济发展对珠江三角洲基塘系统的影响[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2001, 14(3): 28-33. [Zhao Y H. The effect of socioeconomic development on the dike-pond system in Zhujiang Delta[J]. Journal of Zhongkai Agrotechnical College, 2001, 14(3): 28-33.]
- [17] 黎丰收, 刘凯, 刘洋, 等. 基于 WorldView-2 数据的基塘系统遥感分类研究[J]. 湿地科学, 2018, 16(5): 587-596. [Li F S, Liu K, Liu Y, et al. Remote sensing classification for dike-pond system based on WorldView-2 Data[J]. Wetland Science, 2018, 16(5): 587-596.]
- [18] 叶长盛. 珠江三角洲基塘变化特征及其空间类型[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2013, 36(3): 315-322. [Ye C S. Change characteristics and spatial types of dike-pond in the Pearl River Delta[J]. Journal of East China University of Technology (Natural Science), 2013, 36(3): 315-322.]
- [19] 赵家敏, 林媚珍, 龚建周, 等. 基于面向对象技术提取的顺德区基塘系统格局分析[J]. 生态科学, 2018, 37(2): 191-197. [Zhao J M, Lin M Z, Gong J Z, et al. Analysis on landscape pattern based on extraction of dike-pond ecosystem using object-oriented classification method in Shunde District[J]. Ecological Science, 2018, 37(2): 191-197.]

2021年2月

- [20] Li F S, Liu K, Tang H L, et al. Analyzing trends of dike-ponds between 1978 and 2016 using multi-source remote sensing images in Shunde District of South China[J]. Sustainability, 2018, 10(10): 3504-3504.
- [21] 萧炜鹏, 龚建周, 魏秀国. 1980-2015年中山市基塘景观时空变化及驱动因素[J]. 生态科学, 2019, 38(6): 64-73. [Xiao W P, Gong J Z, Wei X G. Spatio-temporal change and its driving factors of dike-pond landscape in Zhongshan, 1980-2015[J]. Ecological Science, 2019, 38(6): 64-73.]
- [22] 韩然, 叶长盛. 珠江三角洲典型基塘生态系统服务价值演变: 以佛山市为例[J]. 热带地理, 2020, 40(3): 562-574. [Han R, Ye C S. Evolution of ecosystem service value of typical dike-pond in the Pearl River Delta: A case study of Foshan[J]. Tropical Geography, 2020, 40(3): 562-574.]
- [23] 谢淑娟. 论人民公社时期的基塘农业: 以广东省顺德县北水大队为例[J]. 古今农业, 2007, (1): 38-47. [Xie S J. Pond agriculture during the period of people's commune: A case of Beishui production team of Guangdong Province[J]. Ancient and Modern Agriculture, 2007, (1): 38-47.]
- [24] 龚建周, 蒋超, 胡月明, 等. 珠三角基塘系统研究回顾及展望[J]. 地理科学进展, 2020, 39(7): 1236-1246. [Gong J Z, Jiang C, Hu Y M, et al. A review and prospect of research on the dike-pond system in the Pearl River Delta[J]. Progress in Geography, 2020, 39(7): 1236-1246.]
- [25] 周新年, 杨锦坤, 王世福, 等. 从桑基鱼塘到工业园区的嬗变: 广东顺德的案例研究[J]. 城市规划, 2018, 42(12): 33-42. [Zhou X N, Yang J K, Wang S F, et al. Transformation from mulberry fish pond to industrial park: A case study of Shunde, Guangdong Province[J]. City Planning Review, 2018, 42(12): 33-42.]
- [26] 梁肇宏, 范建红, 雷汝林. 基于空间生产的乡村“三生空间”演变及重构策略研究: 以顺德杏坛北七乡为例[J]. 现代城市研究, 2020, (7): 17-24. [Liang Z H, Fan J H, Lei R L. Strategy research of spatial evolution and restructuring of rural production-living-ecological space from the perspective of spatial production: A case study of the north seven rural area of Xingtian in Shunde[J]. Modern Urban Research, 2020, (7): 17-24.]
- [27] 何思源, 李禾尧, 闵庆文. 农户视角下的重要农业文化遗产价值与保护主体[J]. 资源科学, 2020, 42(5): 870-880. [He S Y, Li H Y, Min Q W. Value and conservation actors of Important Agricultural Heritage Systems (IAHS) from the perspective of rural households[J]. Resources Science, 2020, 42(5): 870-880.]
- [28] 寒江雪. 让基塘变成聚宝盆: 顺德市伦教镇基塘整治侧记[J]. 中外房地产导报, 2000, (3): 19. [Han J X. Turning the dike pond into a treasure basin: Notes on the regulation of the foundation pond in Lunjiao Town, Shunde City[J]. Chinese and Foreign Real Estate Times, 2000, (3): 19.]
- [29] 樊杰. “人地关系地域系统”是综合研究地理格局形成与演变规律的理论基石[J]. 地理学报, 2018, 73(4): 597-607. [Fan J. “Territorial System of Human-environment Interaction”: A theoretical cornerstone for comprehensive research on formation and evolution of the geographical pattern[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(4): 597-607.]
- [30] 顺德市地方志编纂委员会. 顺德县志[M]. 北京: 中华书局, 1996. [Shunde Local Chronicles Compilation Committee. Shunde County Records[M]. Beijing: Zhong Hua Book Company, 1996.]
- [31] 南海市地方志编纂委员会. 南海县志[M]. 北京: 中华书局, 2000. [Nanhai Local Chronicles Compilation Committee. Nanhai County Records[M]. Beijing: Zhong Hua Book Company, 2000.]
- [32] 李静. 揪心! 塘租最高超2万元/亩! 这里的养殖户进退两难[N/OL]. (2017-11-01) [2020-03-16]. [http://www.sohu.com/a/201719654_210667]. [Li J. The Farmers Here are in a Dilemma When the Rent of Worried Pond Exceeds 20000 Yuan Per Mu [N/OL]. (2017-11-01) [2020-03-16]. [http://www.sohu.com/a/201719654_210667].]
- [33] 刘乾甫, 赖子尼, 高原, 等. 珠江三角洲地区精养淡水鱼塘浮游植物功能群特征[J]. 中国水产科学, 2018, 25(1): 124-136. [Liu Q F, Lai Z N, Gao Y, et al. Characteristics of phytoplankton functional groups of intensive-culturing fishponds in the Pearl River Delta [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(1): 124-136.]
- [34] Zhong Y H, Chen Z F, Dai X X, et al. Investigation of the interaction between the fate of antibiotics in aquafarms and their level in the environment[J]. Journal of Environmental Management, 2018, 207: 219-229.
- [35] Yung K K L, Leung H M H. The importance of developing sustainable eco-aquaculture in a coastal area of China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2017, 24(10): 8891-8893.

Change and ecological restoration of the dike-pond system in the Pearl River Delta:

A case study of four villages in Foshan City

CHEN Caixia^{1,2,4}, HUANG Guangqing^{1,2,4}, YE Yuyao², ZHAO Lingling², JIN Lixia², LIU Xulong^{2,3}

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Open Laboratory of Geospatial Information Technology and Application, Guangzhou Institute of Geography, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China; 3. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 511458, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The dike-pond system (DPS) has been recognized as a China Nationally Important Agricultural Heritage Systems site. Its macro pattern changes have been widely concerned, but the micro village level research has not been paid enough attention. This study constructed an analytical framework for the qualitative analysis of change of the DPS. Taking Xiqiao, Nanjin, Qingtian, and Shibao Villages in Foshan City as examples, field research and semistructured interviews were used to analyze the process, characteristics, and mechanism of change of the DPS. The results show that the DPS has changed from the original combination of planting and breeding to a high density pond system. However, the DPS was closely combined with the living space of the nearby village settlements, forming ecological landscape pond, vegetable dike-fish pond, and so on. Under the background of urbanization and industrialization, the operation and management of rural collective economic organizations and farmers that prioritize economic benefits is the internal driver of the DPS change. Changing the operation mode of the DPS, giving full play to the comprehensive benefits of the system, reasonably managing the interface between DPS and urban-rural space, and combining with the conservation of agricultural and cultural heritage and rural culture of DPS are crucial for realizing the ecological restoration of the DPS in the Pearl River Delta. This study can provide some theoretical basis for the sustainable development of agriculture and territorial spatial planning of the Pearl River Delta.

Key words: mulberry dike-fish pond system; dike-pond agriculture; Important Agricultural Heritage Systems (IAHS); water village settlements; ecological restoration; change; Pearl River Delta