

国土空间规划中的生态修复内容探索 ——以平潭综合实验区为例

Exploration of Ecological Restoration in National Territory Spatial Planning: A Case Study of Pingtan Comprehensive Experimental Zone

戴 忱 李 晨 DAI Chen, LI Chen

摘 要 在梳理了生态文明方面的宏观要求、自然资源部门职能的变化调整以及生态修复相关工作以往实践经验的基础上,提出国土空间规划时代下,生态修复所应关注的主要内容和类型。针对不同类型空间,修复的重点和擅长的部门各不相同,应协同工作。在分析了国土空间规划体系和国土空间生态修复规划要求的基础上,提出生态修复规划应单独作为国土空间综合规划的一个章节设置,并进行必要的专题研究;而作为专项规划时,则应编制生态修复总体规划,在总体层面协调生态修复的各项内容,实现系统最优;同时也可分解为城市双修、生态环境规划、黑臭河道治理、海绵城市建设、工业废弃地更新与修复、绿色市政规划、绿色交通规划、绿色生态城区规划等多种类型的生态修复专项规划。最后以平潭综合实验区为例,对总体类国土空间综合规划中生态修复需要关注的主要内容进行实证研究。

Abstract On the basis of reviewing the macro requirements of ecological civilization, the functional adjustments of natural resources departments and the practical experience of ecological restoration, this paper puts forward the main contents and types of ecological restoration in the era of national territory spatial planning. There are different focuses and responsible departments for different types of space, which should be encouraged to work together. Based on the analysis of the national territory spatial planning system and the requirements of the ecological restoration planning, it is proposed that the ecological restoration should be set up as a chapter for comprehensive land spatial planning, and thematic research should be carried out. As a special plan, we should compile the overall plan of ecological restoration, coordinate the contents at the overall level, and achieve the optimal system. At the same time, it can also be decomposed into many types of special ecological restoration planning, such as city betterment and ecological restoration, ecological environment planning, river management, sponge city construction, industrial wasteland renewal and restoration, green municipal planning, green transportation planning, and green ecological urban planning. Finally, this paper takes Pingtan Comprehensive Experimental Zone to empirically study the main contents of ecological restoration in comprehensive territory spatial planning.

关键词 国土空间规划;生态修复;生态文明;平潭综合实验区

Key words national territory spatial planning; ecological restoration; ecological civilization; Pingtan Comprehensive Experimental Zone

文章编号 1673-8985 (2021) 01-0064-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. sup. 20210110

作者简介

戴 忱

中规院(北京)规划设计有限公司江苏分公司
高级规划师,硕士

李 晨

中规院(北京)规划设计有限公司江苏分公司
工程师,硕士

0 引言

生态修复(ecological restoration)是在生态学原理的指导下,以生物修复为基础,结合各种物理修复、化学修复以及工程技术措施,通过优化组合,使之达到最佳效果和最低耗费的一种综合的修复环境污染的方法。在现有的

研究中,以具体的工程技术方法和针对特定要素的修复技术研究为主^[1]。

为了统一规划体系、实现“多规合一”,中共中央、国务院印发《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》,指出国土空间规划是国家空间发展的指南、可持续发

展的空间蓝图,是各类开发保护建设活动的基本依据。

生态修复是国土空间规划的重要组成部分,现有的研究主要集中在问题与对策^[2]、思路与框架^[3]、理论与方法等方面^[4]。^[5]^[40-43],对于生态修复在国土空间规划体系中的定位、内容分解以及内容产出、成果形式、实现路径与技术方法还缺乏具体的研究。

1 研究背景

1.1 国家意志

党的十七大报告中首次提出生态文明,党的十八大报告将其上升到五位一体的高度,党的十九大报告更是明确了它的内涵和具体建设任务。从国家层面来说,其重要性不断提高,其可操作性越来越强。党的十九大报告提出,绿水青山就是金山银山;要加大生态系统的保护力度,实施重要生态系统保护和修复重大工程,优化生态安全屏障体系,构建生态廊道和生物多样性保护网络,提升生态系统的质量和稳定性。这也呼应了《生态文明体制改革总体方案》所提出的要明确耕地、林地、草原、河流、湖泊、湿地等的保护边界的要求。

1.2 机构职能

2018年国家机构调整,成立自然资源部,下设国土空间规划局和国土空间生态修复司等司局,各级政府也相应调整了机构设置。在近期国土空间规划改革的相关文件中,逐步明确规划在生态修复方面需提出生态修复的目标、任务和重点区域,安排国土综合整治和生态保护修复重点工程的规模、布局和时序;明确各类自然保护地的范围边界,提出生态保护修复要求,提高生态空间的完整性和网络化。而生态修复部门的职责包括承担国土空间生态修复的政策研究工作,拟订国土空间生态修复规划;承担国土空间综合整治,土地整理复垦,矿山地质环境恢复治理,海洋生态、海域海岸带和海岛修复等工作;承担生态保护补偿相关工作;指导地方国土空间生态

修复工作^[5]^[43]。^[6]

1.3 部门分工

生态修复的相关职能和工作原来是分散在各个部门的工作实践中。原国土部门长期关注的是推动和优化城乡一体化的增减挂钩政策,实现城乡人地协同配置和综合整治;在城市地区和工业园区盘活低效用地、闲置废弃地,推动低效建设用地的再开发;农业地区土壤修复治理,耕地轮作休耕,高标准农田建设,土壤污染治理等;矿业地区对历史遗留的废弃矿业进行空间整治、重点区域(采煤塌陷地、矿业开采)整治,推进选址不合理的矿区的搬迁、挖沙区域的整治等。住建部门以“城市双修”为抓手,保障民生、生态、休闲等用地需求,保护城市历史风貌,塑造城市时代风貌。修复城市生态,改善生态功能,采取多种方式、适宜的技术,系统地修复山体、水体和废弃地,构建完整连贯的城乡绿地系统;修补城市功能,提升环境品质,增加公共空间,改善出行条件,改造老旧小区。生态环境部门长期关注的是重要生态调节功能区和重要生态产品提供功能区的保护修复。水利部门长期关注的是流域的综合整治、水污染防治和生物多样性恢复,以及违规建设的小码头、小港口、小水电等的腾退和生态恢复。海洋部门则关注与海洋、海岛、岸线和近岸海域相关的生态修复。

2 国土空间规划时代的生态修复探讨

2.1 生态修复内容分解

从以上分析可以看出,生态修复是针对各类国土空间要素进行的,以恢复生态服务功能、提供更优质的生态产品、构建更宜居的生活环境为目的的活动。按自然属性可分为陆域空间和海洋空间,按可利用性可分为保护空间和利用空间,按开发建设权可分为非建设空间和可建设空间,按主导功能可分为生态空间、生产空间和生活空间。

针对不同的空间类型,修复的重点和擅长的部门也各不相同。原国土部门主要关注于土

地整理复垦、矿山地质环境恢复治理、废弃地高效利用等生产空间的修复;原住建部门主要关注废弃地的生态化改造和功能活化、城市基础设施的节能高效、城市生活环境的宜居和品质提升;生态空间主要由林草和生环部门进行生态功能和生态脆弱地区的修复;海洋空间主要由海洋渔业部门进行海域、海岸和海岛的生态修复(见图1)。由此可见,各部门在国土空间规划时代下的生态修复工作中各有所长,应该协同工作。

2.2 生态修复在规划体系中的定位

自然资源部国土空间规划局将国土空间规划分为总体类、详细类和专项类3种类别,而生态修复司也有拟定生态修复规划的职能。因此,生态修复规划在国土空间规划的整个体系中既作为综合类规划的支撑内容存在,也可作为专项规划进行细分。

对于总体类和详细类国土空间综合规划,生态修复规划应作为一个章节设置,并进行必要的专题研究,保证内容的深度和科学性,对综合类规划起到支撑作用。作为一个专项规划,应该编制生态修复总体规划,在总体层面协调生态修复的各项内容,实现系统最优;同时也可以分解为城市双修、生态环境规划、黑臭河道治理、海绵城市建设、工业废弃地更新与修复、绿色市政规划、绿色交通规划、绿色生态城区规划等多种类型的生态修复专项规划(见图2)。

3 实证研究

3.1 研究区生态环境特征

平潭综合实验区(以下简称“平潭”)地处台湾海峡的风口走廊,又受台湾雨影区的影响,风力强、降水少且变率大,风、旱、潮等灾害频繁;台风活动影响频繁,每年平均6—7次,强风带来的暴雨造成洪水泛滥、山体崩裂,影响人民的财产和生命安全。淡水资源不足,人均水资源量仅827 m³,仅为全省人均水平的15%,属福建省沿海岛屿的缺水地区;不但制约经济的发展,而且对生态环境造成较大压

力。受海岛自然和立地条件的制约,植被抗干扰能力差,生态环境较为脆弱;人类活动的不断加剧,特别是一些不合理的开发建设活动,对生态系统的破坏进一步加剧。因此,提出针对平潭生态特征的修复方案具有极为重要的意义。

3.2 技术路线

从山、水、林、田、湖、草、海等生态要素和水、气、声、土壤等环境要素着手,分析区域现状存在的主要生态环境问题。构建生态风险综合评估指标体系和评估模型,综合评价区域生态环境高风险区域。结合分要素问题分析和生态风险分析结果,将问题与空间进行匹配,识别重点生态修复区域和主要的修复要素,提出有针对性的修复对策(见图3)。

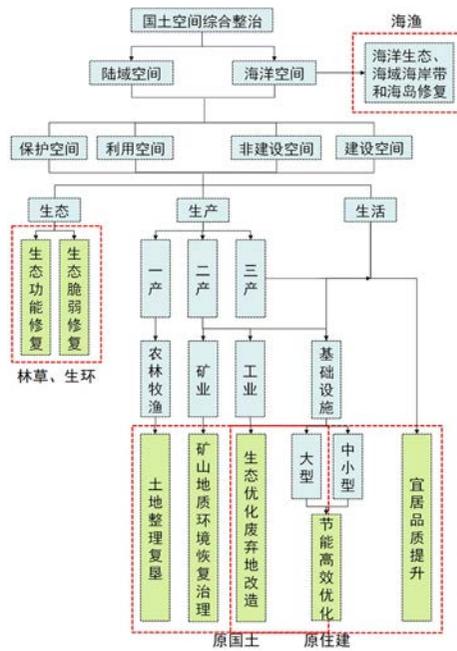


图1 生态修复内容分解示意图

Fig.1 Content of ecological restoration

资料来源:笔者自绘。

3.3 分要素现状评估

3.3.1 总体情况

平潭山体、水体、海域、林地等要素均存在不同程度的退化现象,有人为活动因素也有自然条件因素。山体由于植被退化引起水土流失和石漠化,还受风蚀、盐渍化和人为活动的影响。水体主要是蒸发量远大于降水量,生态补水不足,河道自净能力有限,而外部控源截污不到位,导致水环境质量不佳,城镇开发也有占用水域空间的现象存在。海域主要存在岸线自然侵蚀、海岸植被退化、近海养殖密度过大、围填海影响生物生境等问题。林地主要存在人为占用沿海基干林和森林公园,部分防风林缺失等问题。

平潭环境要素总体较好,环境空气质量优良天数100%;集中式生活饮用水源地水质较好,三十六脚湖Ⅲ类水质标准达标率为100%,其余地表水不能稳定达标,主要污染物以氮、磷为主;近岸海域水环境质量良好,近海海域未出现第4类以下水质海水,水质优良率高达99.6%;声功能区达标率为80%,区域环境噪声声年均值处于轻度污染水平,交通噪声年均值处于良好的水平。

3.3.2 主要问题

(1) 水体

图2 生态修复在空间规划体系中的定位

Fig.2 Position of ecological restoration in spatial planning system

资料来源:笔者自绘。

1) 水域空间被占用

2010—2017年以来,平潭水面率逐年下降,其中坑塘沟渠和沿海滩涂是被侵占的主要类型。由此主要产生两个问题,一是生态空间被占用,二是末端调蓄的毛细水系被占用,需要建设大规模集中的调蓄水体(见图4)。

2) 生态需水量紧缺

平潭多年平均蒸发量为1791 mm,自1966—2017年以来,年降水量在752—1592 mm之间,蒸发量远大于降水量(见表1-表2)。平潭为亚热带季风性海洋气候,降雨存在明显的季

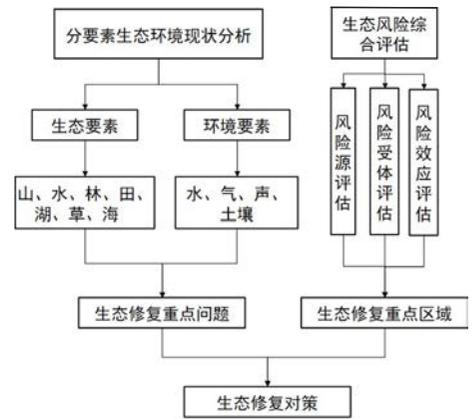


图3 生态修复技术路线

Fig.3 Technological path of ecological restoration

资料来源:笔者自绘。



图4 平潭2010—2017年现状及2030年土规水面减少图(单位:km²)

Fig.4 Surface water reduction in Pingtan 2010-2017 and estimation for 2030 in land use planning (km²)

资料来源:笔者自绘。

节性差异,平潭现状有小(二)型以上水库22座,总库容合计为2949万m³,仅为全年降水量的10%,岛内蓄水能力不足。同时,虽然福建省制定了两条外调水路线,但是分配给平潭的水量仅能满足基本生活和生产用水。综合以上因素考虑,全岛不宜发展耗水量较大的农业和工业;城市建设区域不宜布局大面积纯景观功能水体;景观用水也不宜引入海水,因为岛内蒸发量大,海水蒸发会使得空气中氯离子含量增高,对钢材建筑可能造成安全隐患。

(2) 海域

平潭近岸海域的生态问题主要包括岸线侵蚀、养殖污染、生物多样性减少、红树林生境消失等。平潭易侵蚀岸线主要分布在东北部和海坛湾、坛南湾一带,东北部为基岩岸线,受风蚀影响,1973年以来侵蚀距离达80 m,造成水土流失、土地沙化、生态环境破坏等问

表1 不同水平年月降水量统计表 (单位:mm)

Tab.1 Annual and monthly precipitation at different levels (mm)

保证率/%	年份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合计
10	2006年	8.1	97.0	116.0	206.0	313.0	325.0	201.0	28.0	109.0	0.5	105.0	82.8	1592.0
50	1969年	124.0	93.0	174.0	80.8	119.0	228.0	9.5	223.0	119.0	7.9	17.4	7.7	1202.0
75	1977年	49.6	34.3	45.9	114.0	177.0	244.0	104.0	128.0	21.6	3.1	16.5	78.8	1016.0
90	1967年	24.6	60.1	46.6	139.0	97.4	214.0	162.0	48.6	12.5	2.7	22.6	10.4	841.0
97	2003年	89.4	17.9	71.8	87.4	183.0	269.0	0.1	13.4	9.5	7.4	2.4	0.0	752.0

资料来源:平潭综合实验区气象局。

表2 多年平均月蒸发量统计表 (单位:mm)

Tab.2 Average monthly evaporation (mm)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
蒸发量	113	87	93	116	127	148	214	202	193	193	161	143	1791

资料来源:平潭综合实验区气象局。

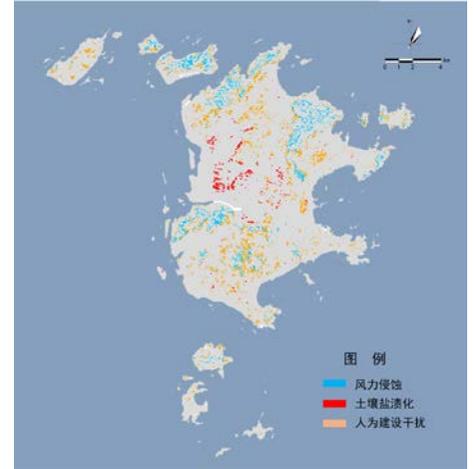


图5 植被退化分类结果图

Fig.5 Results of vegetation degradation classification

资料来源:笔者根据相关资料绘制。

题;海坛湾、坛南湾为砂质岸线,受水蚀影响,1973年以来蚀退距离达50—60 m,造成沙滩滩面缩窄和沙粒粗化等问题。养殖污染区域主要分布在海坛海峡及屿头、大练、南海等离岛周围,面积约10 km²。根据相关研究的数据显示^[7],高污染养殖类型主要为贻贝和鲍鱼;污染成因是粗放、高密度的养殖方式使得相当一部分饵料不能被鱼类食用,而养殖生物在摄食饵料以后产生大量的排泄物,导致养殖海域周边有机物污染严重,水体富营养化。生物多样性减少主要表现为:近50年来各项人类活动使得平潭地区代表性物种中国鲎的数量呈指数下滑趋势,截止到现在数量缩减了95%以上,繁衍和栖息场所减少2/3以上;主要影响因素为筑堤填海、围垦养殖,沿岸开采、挖沙,网箱养殖、污水直排,过渡捕捉等。红树林生境消失主要发生区域为幸福洋海域,问题成因是填海建堤、滩涂非合理利用,造成海滨生态环境恶化,导致红树林生态系统因缺水而退化消失。

(3) 山体、林地

1) 重要林地占用

主要是人为占用防风林带和森林公园等林地资源。现状平潭骨干林带面积约48.4 km²,省级以上森林公园面积为20.8 km²。南部和东南部骨干林带侵占较严重,主要侵占地类型

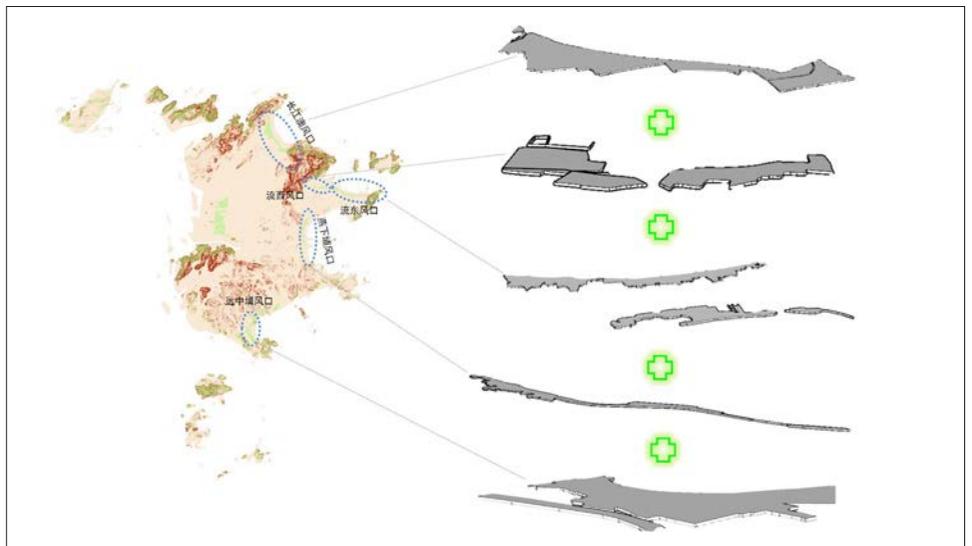


图6 沿海5大风口基于林地模型提取

Fig.6 Extraction of backbone forest model in five coastal wind gaps

资料来源:笔者根据相关资料绘制。

为村庄和建制镇,侵占面积约1.82 km²,占总面积的3.76%。北部十八村森林公园和国家级森林公园被村庄和公路用地侵占,侵占面积约0.3 km²,占总面积的1.44%。

2) 植被退化潜在风险

水土流失和石漠化是平潭陆域主要的生态问题,究其成因主要是植被退化使得山体固土能力下降引起的。平潭植被退化的原因复杂,主要包括常年受到风浪侵蚀、水文过程变化迅速,加上基岩成土速率慢等自然因素,以

及非合理作物生产和城镇建设等人为因素。

首先,笔者将与植被退化关系密切的因子进行叠加分析,识别区内植被退化的高风险区域。设退化度为A,气候因子为R,土壤因子为K,地形因子为F,植被因子为V,人为因子为H,则有如下公式:

$$A = \zeta R \times K \times F \times V \times H \quad (\zeta \text{ 为系数}) \quad (1)$$

通过地图代数得到植被退化风险评价结果,高风险区域主要分布于裸露的山体边坡区域及城市建设过程中的沙土裸露地表区域。

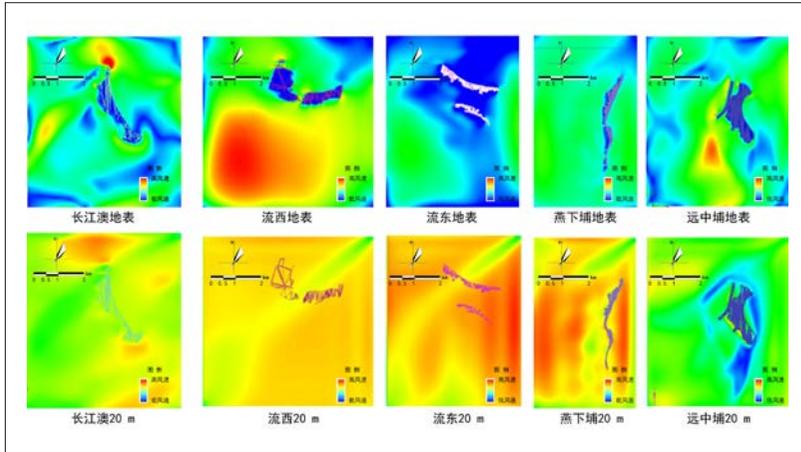


图7 沿海骨干林阻风效果模拟图

Fig.7 Wind blocking effect simulation of coastal backbone forests

资料来源:笔者根据相关资料绘制。

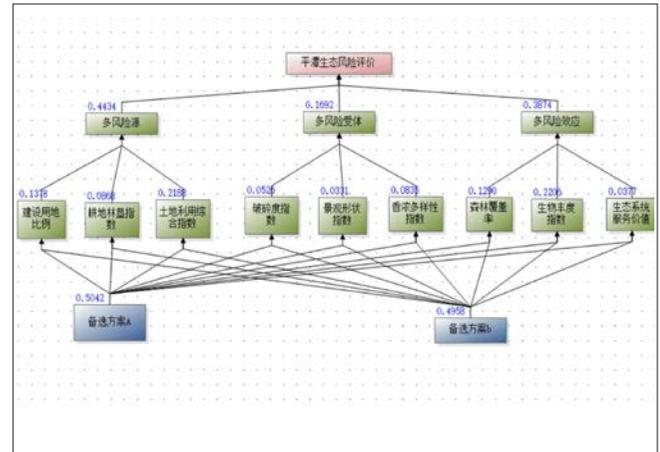


图8 层次结构模型分析及方案对比图

Fig.8 Hierarchical model analysis and scheme comparison

资料来源:笔者根据相关资料绘制。

然后,根据退化风险区周边用地性质遥感解译,判断退化成因,主要分为风力侵蚀、土壤盐渍化和人为建设干扰3类(见图5)。

3) 部分沿海防风林带缺失或过薄

提取5大风口骨干林斑块,利用CFD进行阻风效应模拟^[8-9](见图6),发现长江澳防风效果较好,但是随着高度的增加,防风效果逐渐减弱,10 m以上高度风速逐渐恢复,20 m以上防风效果基本消失,但是南部因林带薄弱影响该处防风效果。流西骨干林防风效果较差,防风林带中部出现明显断裂带,据林地约600 m处出现明显风团。燕下埔防风林带防风效果及地表防风效果一般,未形成静风区,风速减小是因为地面粗糙度增大(见图7)。

3.4 生态风险综合评价

3.4.1 生态风险评价指标体系构建

结合国内外关于区域生态风险评价的研究成果^[10],广泛征求各方面专家意见,借鉴相对风险模型(RRM),从多风险源、多风险受体、多风险效应3个方面构建土地利用变化下的平潭生态风险评价指标体系。采用yaahp软件利用AHP层次分析法构建多方案层次结构模型,通过咨询相关领域的专家意见并结合评分结果,采用1—9评判标准对两两之间的相对重要程度进行比较赋值,构建判断矩阵(见图8)。

表3 平潭生态风险评价指标因子权重值

Tab.3 Weight value of eco-risk assessment factors in Pingtan

目标层	准则层	权重	指标层	权重
平潭生态风险	多风险源	0.4111	建设用地比例	0.4429
			耕地垦殖指数	0.1698
			土地利用综合指数	0.3873
	多风险受体	0.3278	破碎度指数	0.3452
			景观形状指数	0.3452
			香农多样性指数	0.3096
	多风险效应	0.2611	森林覆盖率	0.3278
			生物丰度指数	0.2611
			生态系统服务价值指数	0.4111

资料来源:根据参考文献[10]绘制。

表4 各指标层计算方法汇总表

Tab.4 Summary of calculation methods of each index

指标层	计算公式	参数设置
建设用地比例	$P = D / L \times 100\%$	P是建设用地比例;D为建设用地面积;L为土地总面积
耕地垦殖指数	$K = F / L \times 100\%$	K是耕地垦殖指数;F为耕地面积;L为土地总面积
土地利用综合指数	$La = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i$	La为土地利用综合指数;A _i 为第i类土地利用程度分级指数;C _i 为第i类土地面积占总面积的比
破碎度指数	$C_i = N_i / A_i$	C _i 为景观i的破碎度;N _i 为景观i的斑块数;A _i 为景观i的总面积
景观形状指数	$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}}$	LSI为景观形状指数;E为景观中所有斑块边界的总长度;A为景观面积
香农多样性指数	$SHDI = - \sum_{i=1}^n P_i \ln(P_i)$	SHDI为香农多样性指数;P _i 是景观类型i所占面积的比例;n为景观类型数目
森林覆盖率	$C = W / L \times 100\%$	C是森林覆盖率;W为林地面积;L为土地总面积
生物丰度指数	参考《生态环境状况评价国家技术规范(试行)》	
生态系统服务价值指数	$V = \sum_{i=1}^n \frac{A_{ij}}{A_j} \times V_i$	V为生态系统服务价值指数;A _{ij} 为第j个区域i类土地利用类型面积;A _j 为第j个样方总面积;V _i 为第i类土地利用类型的生态系统服务价值系数

资料来源:笔者自制。

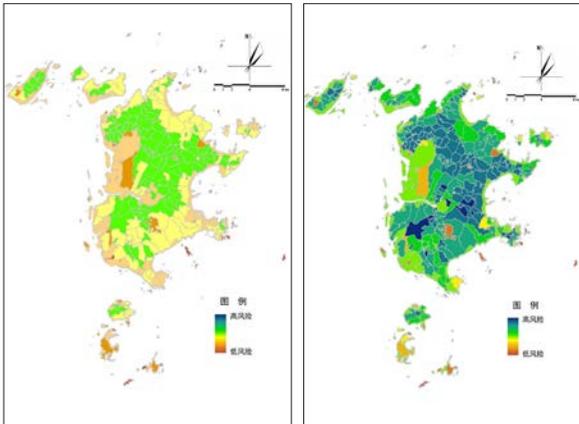


图9 综合生态风险分布图
Fig.9 Comprehensive ecological risk distribution maps
资料来源: 笔者自绘。

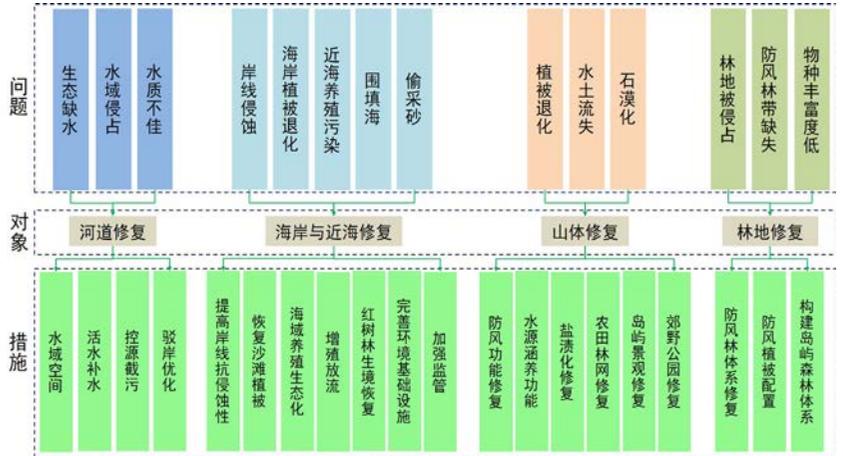


图10 生态修复类型与对策图
Fig.10 Types and countermeasures of ecological restoration
资料来源: 笔者自绘。

通过一致性检验来判断专家打分的可信度,最后确定生态风险评价各指标的权重值(见表3),生态风险评价各指标的指标值根据相应公式计算(见表4)。

3.4.2 生态风险综合评价结果

2010—2017年,全岛生态风险值上升了34%。主要升高区域在北厝镇、中楼乡、平原镇和流水镇,生态风险重心由北部的苏澳、平原镇和中楼乡向东南部的北厝镇和澳前镇转移,初步判断是2010年以前农业开发为主的开发模式向2010年以后城镇建设为主的开发模式转变的表征。因此,需要重点进行生态修复的区域就是主岛的中部、东部和南部区域(见图9)。

3.5 生态修复对策措施

3.5.1 生态修复体系构建

根据分要素分析结论和生态风险分布的集中区域,选取河道、海岸与近海、山体、林地为代表性生态要素进行修复。通过控源截污、活水引流、生态改造等措施,达到净水、活水的目的;通过海岸带和近岸海域的生态修复,达到御风、向海的目的;维护原有地形起伏度、特色沙坝与基岩地质遗迹以及良好的植被,达到显山、望林的目的(见图10)。

3.5.2 生态修复措施示例

(1) 补水活水

通过河网分析、水文模拟形成一个基于

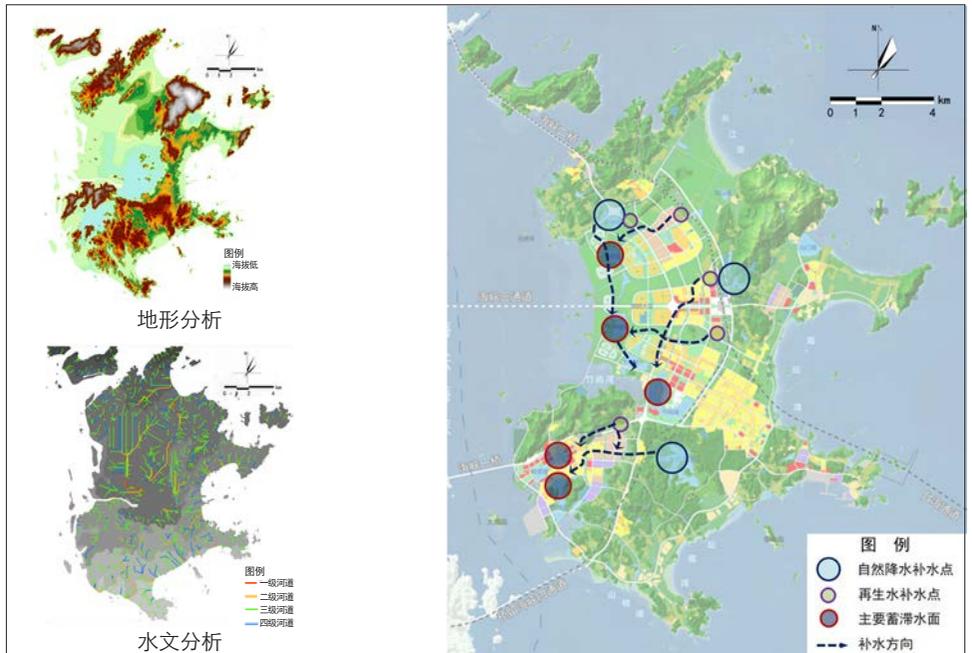


图11 规划水系格局与补水方案示意图
Fig.11 Schematic diagram of planned water system pattern and water recharge scheme
资料来源: 笔者自绘。

表5 海岸带生态修复措施一览表

Tab.5 List of coastal ecological restoration measures

重要地区	修复内容
海岸侵蚀修复区	以增强岸线抗侵蚀修复为主,通过人工构筑物清除、海岸危石和弃渣清理,岸线植被恢复、同时在岸线外侧2 km处设置水下挤密沙桩固定海床,水下挡沙堤建设进行岸线修复工作
沙源生态恢复区	采用干滩补沙方案,结合围栏养护,恢复沙滩植被,优化现状优质沙滩,适度开发
远海海洋牧场	整合海岛南部密集的养殖区,通过人工藻厂和人工鱼礁的建立,将粗放型集约化养殖转向生态型开放养殖模式
山岐澳生物多样性恢复区	通过人工回填沙进行滩地修复,播种沙地海藻构建海藻床,同时促进中国鲎增殖放流,投放沙蚕、滨螺等底栖生物,恢复中国鲎保护区生物多样性
红树林生态涵养区	恢复红树林生态系统,可选择适宜的伴生植物促淤保滩同时进行抚育管理,封滩2年以上,适当施加N、P、K复合肥。在管理方面可借鉴湛江红树林保护区的先进管理办法

资料来源: 笔者自制。



图12 近岸海域生态修复工程分区图
Fig.12 Zoning map of ecological restoration works in coastal waters

资料来源:笔者自绘。

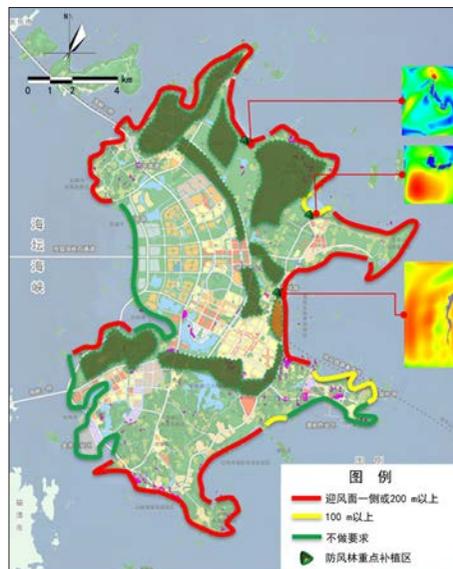


图13 平潭骨干林修复示意图
Fig.13 Schematic diagram of Pingtan backbone forest restoration

资料来源:笔者自绘。

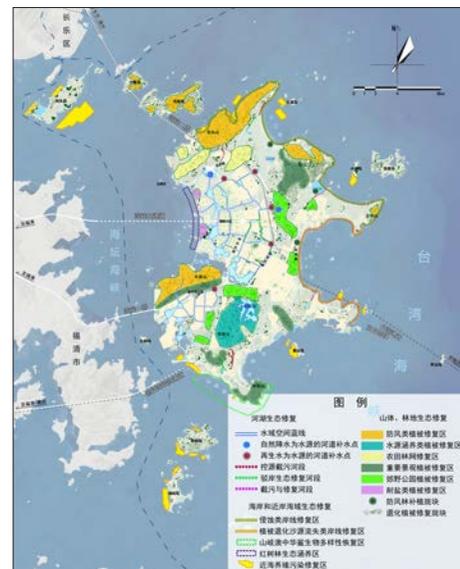


图14 生态修复重点区域分布图
Fig.14 Distribution map of key areas for ecological restoration

资料来源:笔者根据相关资料自绘。

表6 临海骨干林要求一览表

Tab.6 List of requirements for coastal backbone forest

岸线类型	保护要求	是否风口	林地范围
基岩	严格或限制	否	迎风面一侧
砂质	严格或限制	是	200 m以上
人工	优化或限制	是	100 m以上
基岩	优化	是	100 m以上
砂质	限制	否	100 m以上
人工/砂质/基岩	优化	否	不做要求

资料来源:笔者自制。

表7 生态修复重点区域一览表

Tab.7 List of key areas for ecological restoration

修复要素	修复类型	修复范围	修复措施	建议修复时间/年
河道修复	水域空间保护	平原湖、幸福湖、芦南湖、竹屿湖、君山湖三十六脚湖、金井北湖、金井南湖、凤美溪、上攀溪、芦北溪、南松溪、西溪、东溪、3处自然降水补给点,5处再生水补水点	划定蓝线,片区水面率控制	2020—2035
	补水活水	凤美溪、西溪、东溪流域,现状污水管网缺失地区,规划新开发地区	新改扩建水库,配建管网	2020—2025
	控源截污	凤美溪、上攀溪、芦北溪、南松溪、西溪、东溪、其他景观河道	完善污水管网,设置生态截流沟	2020—2035
	驳岸生态优化	凤美溪、上攀溪、芦北溪、南松溪、西溪、东溪、其他景观河道	多种形式的生态护坡	2020—2022
海岸带与近岸海域生态修复	海岸侵蚀修复	北部和东北部的龙头山、长江澳及流水镇北部地区	建设水下挡沙堤,在岸线外侧2 km处设置水下挤密沙桩固定海床,逐步进行边坡植被恢复	2020—2025
	沙源生态恢复	流水镇南部和海坛湾地区	干滩补沙、围栏养护,补充优质沙土和固沙植被	2020—2025
	近海养殖污染修复	坛南湾	禁养区内的养殖活动全部迁出,远海设置人工藻厂和人工鱼礁,生态型开放养殖	2025—2035
	山岐澳生物多样性恢复	山岐澳中华鲎自然保护区	滩地修复、构建海草床、增殖放流、恢复生境	2025—2035
山体林地生态修复	红树林生态涵养	主岛西部围填海区域西侧滩地	红树林伴生植物促淤保滩,同时进行抚育管理,封滩2年以上,恢复红树林生态系统	2020—2025
	防风功能修复	防风林体系修复	分类确定沿海骨干林宽度;长江澳、流西、燕下埔种植3处骨干林斑块;岛屿最外围的迎风面山体种植树冠大、枝桠低的防风树种;城市集中建设区外围建设宽度200 m以上的防风林带;利用外围岛礁构建人工岛栽种防风林	2020—2035
	水源涵养功能修复	三十六脚湖水源保护区、自然保护区	种植根系发达的保水树种	2020—2025
	盐渍化区域修复	幸福洋西部围填海区域	培育耐盐植物,优化土壤性状	2020—2025
重要景观修复	农田林网修复	基本农田集中区和主要的农业开发区域	按照利于农作物生长的林网间隔和宽度,修复农田林网	2025—2035
	重要景观修复	环岛路沿线以及具有代表性景观特点的君山、牛寨山、南寨山、将军山	种植花、果丰富,树型优美,四季常绿的乡土植物	2020—2035
	郊野公园修复	城镇建设用地周边的山体植被退化区	以人工、半人工景观恢复为主,建设具有休闲游憩功能的城市郊野公园	2020—2025

资料来源:笔者自制。

“源”和“汇”的系统,梳理水系统,形成活水总体方案,营造良性的水生态循环。结合三十六脚湖、君山水库、平原湖设置自然降水补给点,结合污水处理厂(再生水厂)设置5处再生水补给点,保证基本的生态基流(见图11)。

(2) 海岸带与近岸海域生态修复

依据不同海岸带生态退化类别和主要胁迫因子施行生态修复工作,在修复的基础上同时进行生态恢复评估与调整,使得岸线和潮间带生态系统正向演替、持续发展(见表5,图12)。

(3) 防风林体系修复

依据《福建省林业厅关于开展全省沿海防护林体系建设工程规划的通知》,分类落实沿

海基干林带(见表6)。在长江澳、流西、燕下埔3大风口种植部分防风林,完善沿海防风林系统(见图13)。

城市外围构建2道防风林带,宽度为200 m以上,构成斑块主要为龙头山南部、十八村森林公园、君山南部、海岛森林公园、南寨山的林地,以及沿金井大道、潭东大道、规划铁路预留的防护林带(见图13)。

利用外围岛礁构建人工岛栽种防风林,达到防风效果。

(4) 山体、林地植被恢复

水源涵养功能修复:主要位于三十六脚湖自然保护区,种植根系发达的保水树种,提高该区域的水源涵养能力。

盐渍化修复:主要位于幸福洋西部围填海区域,新围海区域土壤盐渍化较严重,不利于植被生长,应培育耐盐植物,改良围填海区域生态环境。

农田林网修复:位于基本农田集中区和主要的农业开发区域,按照利于农作物生长的林网间隔和宽度,修复农田林网。

重要景观修复:位于环岛路沿线以及具有代表性景观特点的君山、牛寨山、南寨山、将军山,种植花、果丰富,树型优美,四季常绿的乡土植物,恢复山体自然景观。

郊野公园修复:位于城镇建设用地周边的山体植被退化区,以人工、半人工景观恢复为主,需要综合景观、休闲、游憩等多功能考虑,建设城市郊野公园。

3.5.3 生态修复工程汇总

按照生态岛的总体定位,梳理全岛山、水、林、田、湖、草等生态要素,分析各类生态系统退化机制和干扰因子,因地制宜施行生态修复工程,减缓生态退化趋势,改善生态环境。形成明确的生态修复任务、重点区域分布、重点工程和措施、实施时序的详细清单(见表7)。

修复措施分为河道、海岸带和近海海域、山体和林地等几类。河道修复主要包括水域空间保护、活水补水、控源截污、驳岸生态优化;海岸带和近海海域主要包括海岸侵蚀修复、沙源生态恢复、近海养殖污染修复、山岐澳生物多样性

恢复、红树林生态涵养;山体、林地修复主要包括防风功能修复、水源涵养功能修复、盐渍化修复、农田林网修复、重要景观修复、郊野公园修复(见图14)。

4 结语

本文以平潭为例,探索了总体类国土空间综合规划中生态修复需要关注的相关内容,并阐述了如何为规划提供支撑。从山、水、林、田、湖、草、海等生态要素和水、气、声、土壤等环境要素,分析区域现状存在的主要生态环境问题。构建生态风险综合评估指标体系和评估模型,综合评价区域生态环境高风险区域。结合分要素问题分析和生态风险分析结果,将问题与空间进行匹配,识别重点生态修复区域和主要的修复要素,提出有针对性的修复对策。最后形成明确的生态修复任务、重点区域分布、重点工程和措施、实施时序的详细清单,以支撑总体类国土空间综合规划实施空间治理。

参考文献 References

- [1] 赵俊锐. 资源型城市的生态风险与生态修复[J]. 山东理工大学学报(社会科学版), 2010, 26(1): 24-27.
ZHAO Junrui. Ecological risk and ecological restoration of resource-based cities[J]. Journal of Shandong University of Technology (Social Sciences), 2010, 26(1): 24-27.
- [2] 王雁林, 任超, 李朋伟, 等. 关于国土空间生态修复若干问题与对策探讨[J]. 陕西地质, 2019, 37(1): 86-89.
WANG Yanlin, REN Chao, LI Pengwei, et al. Discussion on some problems and countermeasures of spatial ecological restoration of land[J]. Geology of Shaanxi, 2019, 37(1): 86-89.
- [3] 杨辉. 关于国土空间生态修复工作的几点思考[J]. 国土资源, 2019(8): 36-37.
YANG Hui. Some thoughts on the ecological restoration of land and space[J]. Land and Resources, 2019(8): 36-37.

- [4] 王夏晖, 张箫, 牟雪洁, 等. 国土空间生态修复规划编制方法探析[J]. 环境保护, 2019(3): 36-38.
WANG Xiahui, ZHANG Xiao, MOU Xuejie, et al. Discussion on the planning of land spatial ecological restoration[J]. Environmental Protection, 2019(3): 36-38.
- [5] 高世昌. 国土空间生态修复的理论与方法[J]. 中国土地, 2018(12): 40-43.
GAO Shichang. Theory and method of land spatial ecological restoration[J]. China Land, 2018(12): 40-43.
- [6] 焦思颖. 推进生态保护修复, 服务生态文明建设——访自然资源部国土空间生态修复司司长周远波[J]. 国土资源, 2019(1): 18-19.
JIAO Siying. Promoting ecological protection and restoration and serving ecological civilization construction - interview with ZHOU Yuanbo, Director-General of the Department of Land and Space Ecological Restoration, Ministry of Natural Resources[J]. Land and Resources, 2019(1): 18-19.
- [7] 陈一波, 宋国宝, 赵文星, 等. 中国海水养殖污染负荷估算[J]. 海洋环境科学, 2016, 35(1): 1-6.
CHEN Yibo, SONG Guobao, ZHAO Wenxing, et al. Estimating pollutant loadings from mariculture in China[J]. Marine Environmental Science, 2016, 35(1): 1-6.
- [8] FORTHOFFER J, BUTLER B, MCHUGH C W, et al. Comparison of three approaches for simulating fine-scale surface winds in support of wildland fire management[J]. International Journal of Wildland Fire, 2014(8): 18.
- [9] 袁彦锋. 基于地理信息建模与CFD模拟的平潭岛风环境区划与评价研究[D]. 泉州: 华侨大学, 2016.
YUAN Yanfeng. Study on wind environment zoning and evaluation of Pingtan Island based on geographic information modeling and CFD simulation[D]. Quanzhou: Huaqiao University, 2016.
- [10] 施婷婷, 许章华. 2005—2014年平潭县土地利用变化及生态风险评估[J]. 海南大学学报(自然科学版), 34(3): 278-288.
SHI Tingting, XU Zhanghua. Land use change and ecological risk assessment in Pingtan County from 2005 to 2014[J]. Journal of Hainan University (Natural Science Edition), 2016, 34(3): 278-288.