

DOI: 10.5846/stxb201812132718

常立侠, 张海杰, 张飞宇, 陈昌亮, 黄蓓, 周厚诚, 张振克, 彭少麟. 海岛生态物联网建设: 概念和模型. 生态学报, 2019, 39(10): - .

Chang L X, Zhang H J, Zhang F Y, Chen C L, Huang B, Zhou H C, Zhang Z K, Peng S L. An ecological Internet of Things for islands: Concept and model. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(10): - .

海岛生态物联网建设: 概念和模型

常立侠^{1,2,3}, 张海杰⁴, 张飞宇³, 陈昌亮², 黄蓓⁴, 周厚诚², 张振克¹, 彭少麟^{4,*}

1 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210000

2 广东省海洋发展规划研究中心, 广州 510000

3 云南中医药大学, 昆明 650500

4 中山大学生命科学学院有害生物控制与资源利用国家重点实验室, 广州 510275

摘要: 海岛是自然资源的重要组成部分, 但由于受海洋影响强烈、海岛空间有限而生态脆弱性明显, 应加强保护。保护的前提则需要掌握海岛生态本底现状及未来发展、变化趋势等信息, 海岛生态物联网监测则能够实现这一需求提供重要支撑。本文在前人相关研究的基础上, 首次明确概述了海岛生态物联网的概念, 即基于物联网技术对海岛生态系统开展自动、实时、长期监测并获取海岛生物、非生物、生态安全等信息以掌握海岛生态系统在自然和人为活动干扰下的变化规律与机制, 评估海岛生态状况以作出相应决策和开展海岛生态学的基础网络体系; 结合海岛特点构建了海岛生态物联网概念模型, 形成了由生态要素监测层、数据采集层、存储层、网络传输层、能源保障层、保密层、应用层等 7 部分构成的监测体系; 海岛生态物联网在前期构建、监测内容、数据管理、建设及维护、数据应用等方面具有区别于其他物联网的特征。文章最后以广东典型小海岛——三角岛为例展示了海岛生态物联网概念模型在具体海岛上的构建应用。为下一步开展三角岛生态物联网的实践应用及管理提供基础参考。本文的探索和示范将为海岛生态监测和生态物联网建设提供理论和实践参考, 并有助于未来海岛生态物联网建设的研究。

关键词: 海岛, 海岛生态物联网, 生态监测, 概念模型

An ecological Internet of Things for islands: Concept and model

CHANG Lixia^{1,2,3}, ZHANG Haijie⁴, ZHANG Feiyu³, CHEN Changliang³, HUANG Bei⁴, ZHOU Houcheng², ZHANG Zhenke^{1,2} PENG Shaolin^{4,*}

1 School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China

2 Guangdong center for marine development research, Guangzhou 510220, China

3 Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China

4 State Key Laboratory of Biocontrol, School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, 510275, China

Abstract: Islands are important part of natural resources. However, their spatially-confined nature, due to a strong effect of the sea, makes them ecologically more vulnerable, thus calling for the strengthening of protection strategies. Such strategies must take the specific ecological background of the island landform into account, as well as consider other information, such as future development and trends. Monitoring through an Island Ecological Internet of Things (IEIOT) approach can provide an important support to protection strategies. In this paper, the concept of IEIOT is firstly summarised on the basis of previous studies. Then, using the Internet of Things (IOT) technology, an automatic, real-time and long-term monitoring of an island ecosystem is carried out. Information on biological, abiotic and ecological security of the island is obtained through the monitoring to get insight into the changing patterns and mechanisms of the island ecosystem in response to natural and

基金项目: 2018 年省级促进经济发展专项资金 (海洋经济发展用途) 项目 (GDME-2018E002); 广东省海洋与渔业厅海洋与渔业科技对外合作及生态环境保护研究项目 (A201700005)

收稿日期: 2018-12-13; **修订日期:** 2019-02-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lsspsl@mail.sysu.edu.cn

human activities. The basic network system for assessing the state of the island ecology is presented, which is fundamental to make appropriate decisions and carry out island ecology research. A concept model of the IEIOT is constructed, tailored to the peculiar characteristics of the island. The IEIOT monitoring system is composed of a monitoring layer of ecological elements, a data acquisition layer, a storage layer, a network transmission layer, an energy security layer, a security layer, and an application layer. The IEIOT is different from other IOT systems in several aspects including its construction, monitoring content, data management, maintenance, and data application. Finally, a typical island of Guangdong, Triangle Island, is taken as a case study to demonstrate the construction and application of the conceptual model of IEIOT. The case study provides a reference for the possible future implementation and management of an IEIOT system in Triangle Island. Furthermore, the work provides a theoretical and practical reference for the ecological monitoring of islands, and for the construction of IEIOT systems.

Key Words: Island, Island ecological Internet of Things, Ecological monitoring, Conceptual mode of ecological monitoring

海岛远离大陆,受海风、海浪、盐雾、土壤养分等影响,土壤含盐量较高、水分较低、土层贫瘠,岛上植被以灌草丛为主,原生植被较少,多为次生植被,植物形态与陆域环境相比差异明显,但却形成了独特的生态景观,如一些隐域性植被海岛矮林。不少海岛上分布有名贵药用植物、国家重点保护动物等,周边海域分布有红树林、珊瑚礁生态系统、珍稀水生生物等典型生态系统。对于海岛而言,恶劣的气候环境和贫瘠的土壤大多不利于植物生长,植物群落结构简单且不稳定,演替缓慢,生态系统结构简单因而脆弱,一旦破坏将难以恢复。正因为如此,开展海岛生态学研究对于海岛植被保护与修复具有重要意义。海岛,尤其是面积较小的海岛,作为一种特殊而脆弱的生态系统,极易受到干扰和破坏^[1-3]。近年来,随着海岛开发活动的不断加剧,海岛自然资源环境破坏的问题逐渐突出,如陆源污染^[4-5]、海水养殖,以及外来物种入侵^[7-8]等问题,使得海岛生态环境面临较大威胁,且有可能造成难以挽回的损失。例如,上世纪90年代广东省的内伶仃岛出现的薇甘菊入侵几乎使岛上的珍稀野生动物灭绝。因此加强海岛生态监测就显得十分重要。

海岛作为自然资源的重要组成部分,是海洋经济发展的重要依托,是构建海洋生态文明的蓝色屏障。党的十八大以来,习近平总书记多次强调要加强生态保护,而生态保护的前提是对生态本底状况、发展变化趋势等一系列信息具有全面的掌握以此做出环境保护管理的决策依据。因此,在当今信息化技术飞跃发展的趋势下,探索一种完善的、基于现代信息技术而进行对海岛生态系统的综合观测将成为一种有效工具和必然趋势。众所周知,物联网作为互联网技术的重大变革,已经深入到社会各个领域,然而在海上利用互联网技术获得海岛生态系统长期观测鲜有研究。人们对于海岛生态物联网是什么?有什么用?如何构建?等一些列问题并不十分清楚。因此本文在前人对物联网及其应用研究的有关基础上,以无居民海岛这一典型且极少有人关注的研究领域作为研究对象,明确阐述了海岛生态物联网的概念,构建了概念模型,并以典型海岛为例示范了海岛生态物联网概念模型在具体海岛上的构建,为加强海岛生态系统监测及海岛生态物联网的实践应用提供基础参考。

1 海岛生态物联网概念与内涵

1.1 物联网

互联网技术的发展带动了物联网的产生,物联网是互联网向物理世界的延伸,被认为是下一信息时代的主要部分,也会是现阶段网络发展的方向^[9]。当前国际上较通用的物联网定义为:运用射频识别、全球定位系统、红外感应器等信息传感设备,根据约定协议,以通过物品与互联网连接实现信息和通信的交换为手段,从而实现智能识别、跟踪、定位等功能的一种网络概念^[10]。

物联网是许多领域的巨大整合^[11],包括传感器网络,嵌入式系统,智能控制,数据处理和融合,任务调度和分配等。普遍认为物联网的架构是由数据采集层、数据传输层和应用服务层3个层次组成^[9]。

目前,物联网已广泛应用于各种行业和异构网络中,识别和辨认技术在各种物联网场景中得到应用,例如门卫,物流,食品安全,移动支付等^[12]。在文化遗产的预防性保护^[13]、医疗及卫生保健^[14-15]、智能城市^[16]和智能生活^[17-18]以及工业^[19]、制造业^[20]、农业^[21]等领域均已经得到广泛使用。物联网的应用也极大的推动了环境监测^[22]研究的进展,以获取实时、长期的环境动态信息。

1.2 生态物联网

生态物联网(ecological internet of things, EIOT)是将网络和感应器嵌入生态应用对象,监测生态信息(水体、土壤、大气、生物)、社会经济数据和环保数据(污染状况、环境效应、管理策略)等^[23],其基础和核心仍然是互联网,是用户端扩展到了生态研究、管理及工程相关的诸多方面,并进行生态信息交换和通信,是生态物联网与现代生态管理相结合的产物^[24]。

生态环境监测^[25]是物联网的一个重要应用领域。物联网在生态/环境相关研究主要分为两大类,一是(生态)环境因子监测和生物过程,如森林生态因子^[26]、水环境^[27]、农田^[28]、城市环境^[29]、植被^[30]、土壤^[31]、湖泊碳通量^[25]等的监测;另一类是生物监测物联网,如害虫监测^[32]、动物^[25]等。然而到目前为止,国内外鲜有从生态学角度开展监测要素的系统性监测研究,要建立一个较为完整的生态物联网还需要一些理论和监测体系的支撑。

1.3 海岛生态物联网概念

海岛的地理位置决定其易受台风、地震、海啸等海洋灾害的不利影响,存在灾害多发,抗灾害能力差等弱点。例如,位于我国东南沿海的海岛,受台风影响较大,由此造成的海岛环境的自然破坏时有发生^[3]。因此加强海岛生态系统监控是海岛保护的重要前提。海岛生态系统的构成与其他生态系统相比具有自身的特点,海岛四面环海水因此相对独立,形成了特有的海岛生态景观。海岛与周边海域界限明确,以岛岸线为界限,岛岸线以上的陆域是海岛生态系统的主要组成部分,并与潮间带及近海两个子系统共同构成了海岛生态系统的3个子系统^[33]。这些决定了海岛生态系统监测的复杂性。

在海岛生态智能监测方面,已有文献对海岛红树林^[34]、气象^[35]、岛上鼠类^[36]等进行物联网的应用研究,但总体上研究不多。当前国家对海岛资源环境保护的重视和管理迫切需求系统掌握海岛生态现状及发展变化等信息。然而,利用物联网技术开展海岛生态系统的系统性研究较少,且没有完整的海岛生态物联网的概念。因此,本文在前人相关研究的基础上,首次明确阐述了海岛生态物联网的概念。

海岛生态物联网(island ecological internet of things, IEIOT)是将物联网技术应用于海岛生态系统的监测。它是指通过物联网技术,将海岛生态系统中的生物和非生物要素(包括生态安全要素)进行系统的采集、集中存储并经过岛-陆间的传输实现海岛生态信息的共享应用,以便获得海岛生态系统实时、长期的动态变化,掌握海岛生态系统在长期自然和人为干扰下的变化规律、机制和生态安全状况,为政策制定提供科学依据、为海岛生态学等科学研究提供重要支撑的基础信息网络。

由于海岛与大陆隔离,要正确认知海岛生态物联网的特征就需要从广义和狭义的角度深刻理解海岛生态物联网的涵义(如图1)。一是从海岛内部信息的获取、传输、存储及应用,可理解为狭义海岛生态物联网,这部分信息的获取以完全智能化的传感器为手段,在岛内形成信息自动获取、实时传输及岛内第一层次的应用,这与传统物联网构架是一致的,但应用层相对简单,仅为岛内工作人员,数据并不传输至岛外;二是信息的获取除了依靠智能化设备外,其他一些需要人工辅助的信息也是海岛生态系统信息的来源,两种来源的信息集成至海岛控制中心而形成大数据库,这些数据通过岛-陆间传输及应用,即构成了广义的海岛生态物联网,其应用层则面向更广阔的客户端。

1.4 构建海岛生态物联网的目的和意义

海岛生态监测的目的最终是为海岛保护与管理提供科学依据,保障海岛生态系统的健康、可持续发展。通过构建海岛生态物联网,掌握海岛生态系统现状、结构、功能变化规律,一方面为海岛生态学研究提供重要的平台,同时也为加强海岛的有效保护,促进海岛生态系统健康发展提供科学依据。

中国拥有上万个海岛,但这些海岛因为远离大陆、交通闭塞等原因而成为名副其实的“信息孤岛”,制约了海岛的管理以及相关研究的开展。在中国生态系统研究网络中,海岛生态系统试验站到目前为止依然是一片空白,而海岛生态物联网的建立,将实现对海岛生态系统长期的生态监测,填补中国生态系统网络建设的空白。此外,中国作为海岛大国,历来重视海岛的保护,在国家构建海洋生态文明、海洋战略安全等时代背景下,小海岛的保护是南海战略和保障领海安全非常重要的环节。海岛生态物联网恰恰能为生态岛礁建设、海岛统计调查制度、海岛监视监测、海岛生态本底调查等提供信息获取途径。因此对海岛生态系统开展长期的生态监测,无论是对于海岛自身资源环境的保护还是对政府管理部门决策的制定均有重要意义。

2 海岛生态物联网概念模型的构建

2.1 海岛生态物联网组成

海岛生态物联网以海岛生态系统为监测对象,以岛-陆传输作为海岛生态系统信息共享应用的关键环节。综合海岛所处地理位置、环境状况、海岛的战略地位等特征,在参考传统物联网结构的基础上,提出了适合海岛的生态物联网组成,即生态监测层、数据采集层、网络传输层、海岛控制层、能源保障层、数据保密层和应用服务层 7 部分(如图 2)。

其中生态要素层是海岛生态物联网最基本、最关键的组成部分,回答海岛生态物联网监测什么?主要包括海岛生物要素、非生物和特殊要素的监测;数据采集层,既包含智能监测设备如气象传感器、视频监控传感器等,又包含需要借助人工调查完成的信息监测如植物多样性、生物入侵等的监测以及其他国内目前还未研发出相应传感器的关键生物参量如树木径向生长自动观测仪、陆生脊椎动物监测设备等^[37];与陆地相比,无居民海岛供电、网络通讯等保障具有较大的难度,因此,能源保障和数据的传输及共享对海岛生态物联网的可持续运行和数据的岛外传输及共享非常关键。结合海岛特点,可考虑太阳能发电、海上风电,有条件的地区还可以通过海底电缆保障用电,而数据的传输不仅要解决岛内各传感器与海岛控制中心之间的网络传输,即岛内网络传输,更要解决海岛控制中心与大陆控制中心之间的网络传输,即岛-陆间数据传输,海岛控制中心既是岛内传输的终端(存储、分析等),又是岛陆间传输的接口端(数据采集端);由于一些海岛的特殊性,例如一些权益类海岛,因此还应当注意增加数据的安全保密层;海岛的应用服务层主要是面向各级政府、海洋主管部门、执法监督部门、科研机构、海岛开发商、社会大众等,这些机构获取海岛信息后分别制定相应的管理决策、科学研究目标以及知情海岛的基本现状信息,增强海岛保护与宣传意识。

2.2 海岛生态物联网概念模型构建流程

海岛生态物联网构建时一般应注意三方面的内容。首先需详细分析海岛及周边海域状况并据此确定生态监测指标和相应的设备;其次进行数据信息的自动/人工收集并由海岛控制中心汇集后传输至陆地服务器;最后根据对海岛生态系统监测的评价结果制定海岛管理的决策依据(如图 3)。海岛生态物联网构建除了上述一般流程之外,还应考虑海岛之间的差异性、特殊性,如对于有海岛植被恢复的应当重点增加植被恢复的监测指标;对于海岛沙滩有破坏趋势的,增加沙滩的动态监测指标;对于海岛有采石滑坡风险的还应当增加地质安全要素的监测。

2.3 海岛生态物联网的特点、特征

海岛生态物联网是对自然因素和人为因素共同干扰下海岛生态系统响应的综合监测,因此它不仅监测海

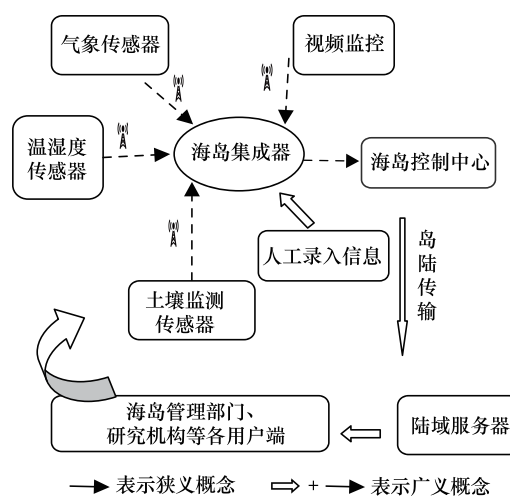


图 1 海岛生态物联网狭义和广义概念示意图

Fig.1 A schematic diagram of broad and narrow sense of island ecological internet of things

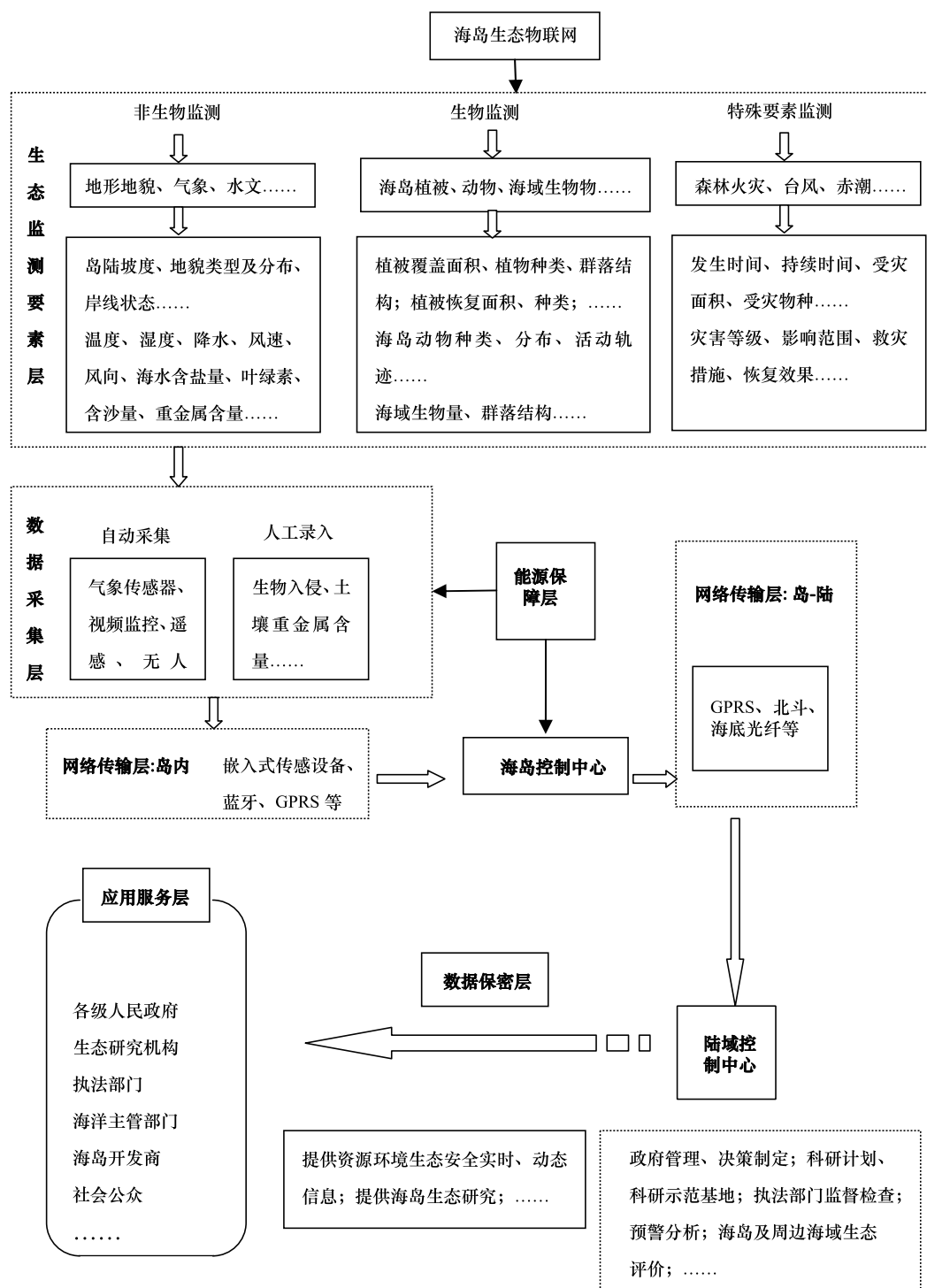


图2 海岛生态物联网的概念模型

Fig.2 Conceptual model of island ecological internet of things (IEIOT)

岛生态系统在自然因子影响下的变化同时还包括海岛及周边海域人为活动对海岛生态系统的影响。由于海岛长期暴露于海洋环境强烈的影响中,空气湿度大、盐雾多,对于仪器设备防潮、抗风、防腐蚀、使用寿命等的性能要求高,此外交通不便利导致了维护成本较高。

由于海岛的使用需要按照程序申请用岛、用海,因而海岛生态物理网建设的前期工作复杂、流程长,且涉及多个管理部门。获得海岛使用权是构建海岛生态物联网的关键环节。

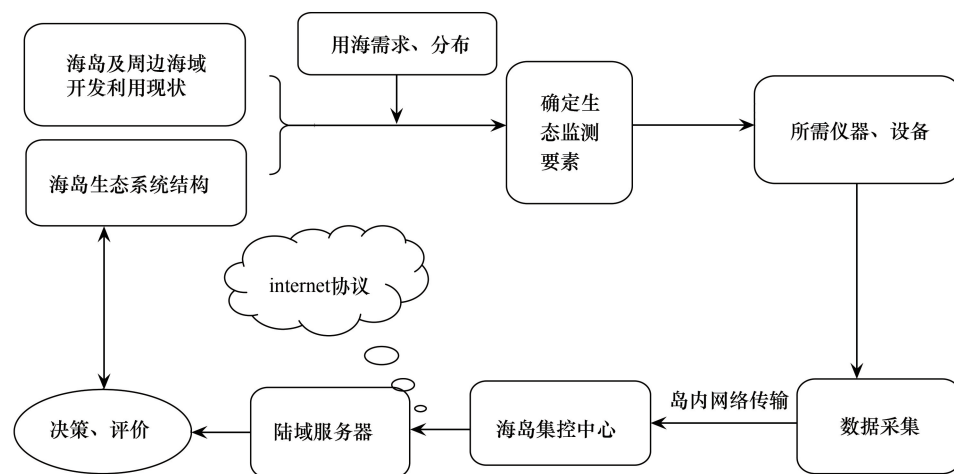


图3 海岛生态物联网构建流程分析

Fig 3 Construction process analysis of ecological internet of things (IEIOT)

海岛生态物联网的保密性要求高。海岛是维护国家海洋权益的象征,不少领海基点所在海岛、国防安全用岛等涉及国家海上安全战略,因此海岛物联网的构建应考虑数据保密性。

海岛生态物联网构成与传统物联网相比,测重从生态系统监测出发,强调系统性的监测指标,因此增加了生态要素层以明确监测指标,此外对于能源保障、网络通讯、数据保密等有特殊要求。

如前所述海岛生态物联网具有广义和狭义之分。在一个成熟的海岛生态物联网中同时存在狭义、广义两种情形,而后者是真正意义上的物联网。

2.4 海岛生态物联网的应用特色

海岛生态物联网更加强调信息的保密性。对于前文提及的特殊类海岛的信息应进行保密处理,确保信息的专网专用,因此数据的使用管理更加严格。

海岛生态物联网的监测包括了各种气象灾害、地质灾害等特殊要素,对这些信息的监测将有助于及时掌握和了解极端天气对海岛生态系统的影响,并能通过预警及时做好防范措施,最大程度降低损失。

海岛生态物联网测重生态因子的监测,更加强调对自然植被的演替、植被恢复效果、入侵物种、动物群落等的动态、长期跟踪监测,这些对于开展海岛生态学的长期跟踪评估研究十分关键。

与传统的人工调查相比,海岛生态物理网监测科获取大量、实时、长期的海岛资源环境的综合信息,因此对于海岛管理部门而言将是十分有利的管理手段;

海岛生态物联网获取的信息在社会公共平台共享后,可以让更多人了解海岛、认知海岛、保护海岛,对于在全社会范围内加强海岛的保护宣传、增强海岛保护意识也是非常重要的。

3 三角岛生态物联网概念模型应用分析

三角岛(地理位置)是隶属于广东省珠海市的众多无居民小岛中的一个,海岛面积虽小(不足1平方千米),但岛上有沙滩、地下水、植被等资源,是无居民海岛中资源相对丰富的海岛。因受采石活动影响,海岛原生植被及地貌遭到严重破坏,是珠江口采石造成破坏的典型海岛,亟需开展海岛生态修复。2017年三角岛已获得了广东省第一个不动产权属证书,且属于“公益+旅游”联合用岛创新模式,且目前旅游用岛项目已经开展前期通电、通讯基础设施建设,为海岛物联网观测基站的建立提供了重要基础支撑,是三角岛构建生物物联网的巨大优势。

应用海岛生态物联网概念模型,结合三角岛资源、环境现状、生态存在的问题及未来旅游开发活动可能存在的生态环境影响等因素综合考虑,构建了三角岛生态物联网监测指标体系,形成了海岛植被、土壤、气象、沙滩、淡水、岸线、海岛垃圾等在内的21项优先监测内容、95个生态监测指标(见表1),作为生态监测要素层。

根据生态监测指标确定了 3 大类传感器设备,即生态监测设备、视频监控设备、海洋水文传感器设备;采用 Mini-GSentry 节点保障数据岛内传输。由各传感器所获取的数据以及人工录入数据将汇聚至海岛西北部区域拟建的控制中心,并通过海底光纤、北斗、GPRS 等传输至岛外。上述几部分组合便构成了三角岛生态物联网的概念模型,如图 3。

表 1 三角岛生态监测要素及数据采集方式

Table 1 Ecological monitoring elements and data collection method of SanJiao island				
监测内容 Monitoring content	主要要素、对象 Main elements, objects	分布位置 Distribution location	主要监测指标 Main monitoring indicators	监测手段 Monitoring means
生物成分 Biological component	1 海岛自然植被状况	东 北 部、中 部-南 部 近岸	优势种类型、数量;植被类型;群落 结构、高度、边界、主要物种;植被 叶面积指数;	无人机、遥感解译、立体 相机、视 频 监 控、人 工 调查
	2 恢复植被状况 3. 入侵植被	西北部、中部 全岛	成活率;冠幅年生长量;树高年生 长量;胸径;林下物种、出现时间、 种类、覆盖度;草本蔓延面积变化; 叶片湿度;冠幅温度 种类;分布;面积;伴生种、数量 变化	植被传感器、视 频 监 控 系统
	4 海岛动物	全岛	种类;数量;活动范围	高清/红外摄像头、立体 相机
	5 中华白海豚	周边海域	活动时间、范围、数量	视屏监控系统
非生物成分	1 气象要素	全岛	温度;湿度;风速/风向;日照时数; 气压;雨量;蒸发量;	气象传感器
Abiotic component	2 土壤状况	西北部、中部	土壤水分;温度;盐分;水势;氮、 磷、钾;电导率;重金属	土壤传感器、人工调查 分析
	3 沙滩状况	西北侧	长度;坡度;面积;形态;上覆垃圾	Argus 监控系统
	4 岸线状况	全岛	类型;长度;分布;自然岸线保有率	视频监控系统
	5 岛上水塘	东、西部	pH 值;溶解氧;盐度;水位	水质传感器
	6 岛周边海域水文	附近海域	潮位;流速;温度;盐度;波高;波向	水文传感器
	7 码头溢油	西北侧、北部	发生位置;影响范围;发生原因;处 理措施;油膜厚度;恢复历时	视频监控系统
	8 海岛垃圾	海岛东侧湾内	出现时间;产生量;类型;来源	视频监控系统
特殊要素	1 采石坡面位移	中部	位移大小	位移传感器
Special elements	2 采石断面稳定性	东南部	高度变化、形态变化	三维激光扫描仪
	3 水土流失	全岛	位置;范围;上浮植被类型	视屏监控系统
	4 岛上火灾	全岛	发生位置;时间;影响范围	视屏监控系统、烟雾传 感器
	5 台风	万山群岛海域	发生时间、名称、级别;路径变化; 距离三角岛最近距离	视频监控系统
	6 风暴潮	万山群岛海域	发生时间;频率;近岸潮位变化	视屏监控系统
	7 赤潮	海岛附近海域	发生时间;影响范围;	视屏监控系统

三角岛生态物联网的构建在一定程度上具有重要的示范意义。该岛属于遭受人为破坏严重的海岛,这类海岛集中分布在珠江口,如小蚬洲、三门岛、牛头岛、二洲岛等,其他海域情况类似的海岛有马鞭洲等,因此构建海岛生态物联网,通过关注植被的恢复,验证生态学理论在海岛生态恢复、植物群落构建中的应用,对于海岛植被恢复理论和实践研究均具有探索意义,也是很好的实例验证。同时对于未来海岛开发建设中不可避免造成植被破坏的修复也是重要的探索尝试,将为海岛植被的保护与修复提供重要的理论和实践支撑,从而对于推动海岛生态学的研究具有重要的启示。长期、动态、连续的观测则有助于揭示该岛生态系统的演变规律,以便制定更加科学合理的海岛发展策略,为海岛生态建设、生态恢复提供可复制、可推广的经验。

其次,三角岛是自 2010 年海岛保护法公布实施以来全国首个“一岛双证”(即旅游用岛不动产权属证书和公共服务用岛权属证书)的无居民海岛,对于探索旅游开发与公共服务用岛相结合的新型海岛开发模式具有重要的示范作用,将是全国第一个开展“公益+旅游”创新海岛开发模式的有益探索。此外,三角岛作为粤港澳大湾区发展中的重要节点,通过构建三角岛生态物联网,还可为周边海域安全预警提供重要的信息平台,也将是开启南海生态监视监测与安全预警的重要开端。

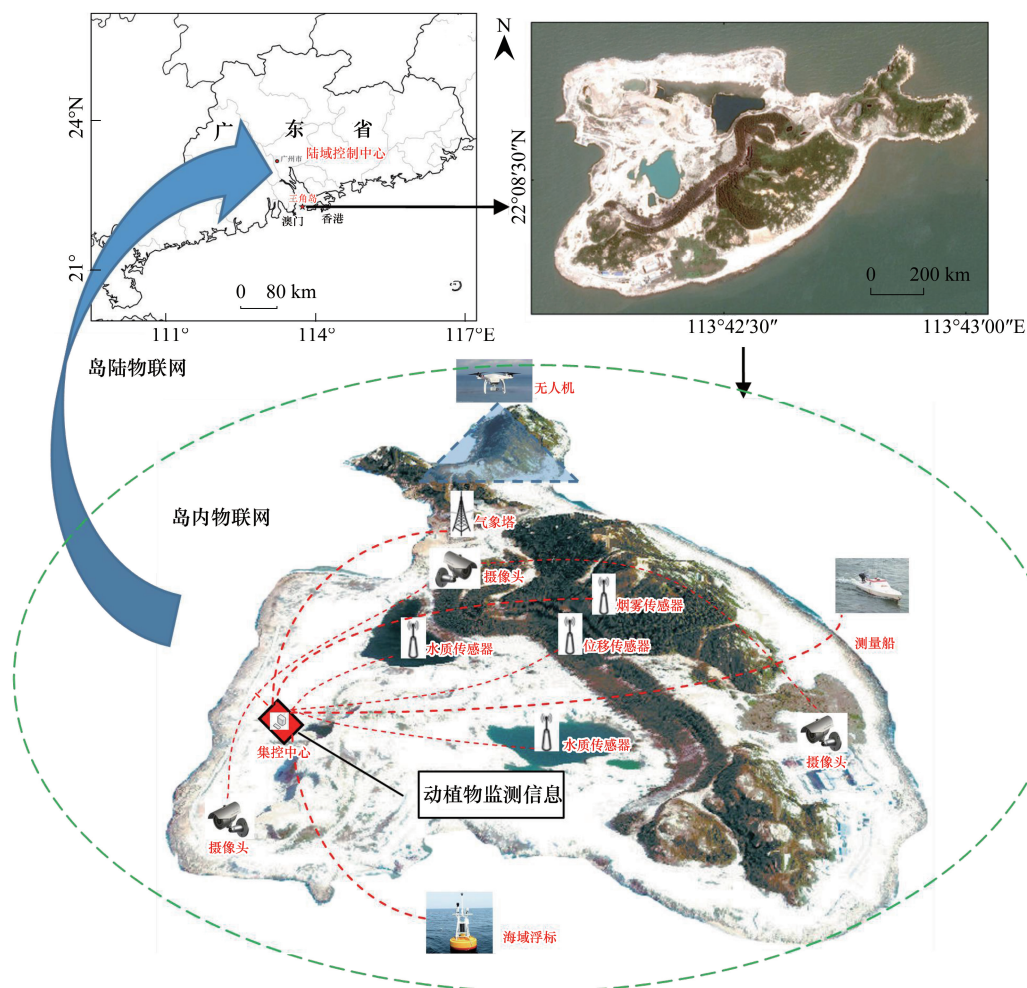


图 4 三角岛生态物联网监测模型

Fig.4 Monitoring model of ecological internet of things (EIOT) of SanJiao island

4 结论与展望

运用物联网技术,自动监测、存储、传输、评价海岛生态系统的相关信息,为海岛管理部门和研究机构提供决策依据和科学基础,这便是海岛生态物联网。海岛生态物联网概念模型由海岛生态监测要素层、数据采集层(信息录入层)、能源保障层、数据保密层、信息存储层、传输层(岛内传输和岛外传输)、应用层 7 个具体部分构成。从广义的尺度上理解海岛生态物联网与其他领域物联网的应用是一致的,但在海岛内部的信息获取则包括智能获取和人工录入相结合的模式,因此自海岛控制中心向岛外传输数据开始才可以算作真正意义上的物联网应用的范畴,岛内部分信息的获取、传输及存储可以看做是狭义的物联网范畴。

正因为海岛具有区别于农田、山地等陆域生态系统的特殊性,海岛生态物联网具有综合监测、需履行前期用岛手续、建成及运营成本高、数据保密性强等特点,决定了海岛生态物联网的应用具有一定的针对性、选择

性、侧重性、科研性、管理性等方面的特色。

尽管物联网技术已较为成熟,但关于海岛生态物联网的监测体系及应用和管理等相关研究仍处于摸索阶段,在诸多方面仍需开展进一步的研究:如何构建适合海岛特殊地理实体的生态监测指标的评价体系,让生态监测能够更好的为管理和科研服务;如何有效融合、展示多类型数据信息模块,以一种简单、便捷、高效的形式展现海岛生态监测的信息;如何进一步完善海岛生态物联网监测指标体系的建设,对模型的应用进行修改与提升;如何构建全国海岛生态监测网络体系平台、将全国沿海岛屿生态监测网纳入中国生态系统监测网络中;如何提高智能化监测水平、逐步解决人工录入的问题,将是未来在海岛生态物联网技术研发方面最大的挑战。笔者下一步将以三角岛为例,通过构建海岛生态物联网,探索海岛生态物理网模型在实践中的应用并据此进一步完善海岛生态物联网模型构建,为推广海岛生态物联网开展有益探索。

致谢:感谢论文编写及完善修改过程中陈宝明副教授、廖慧璇副研究员、胡娜胥等给予的指导和鼎力帮助,特此致谢!

参考文献 (References):

- [1] 常立侠, 冼嘉俊, 陈昌亮, 曹深西. 海岛岸线界定标准及方法初探. 海岸工程, 2015, 34(2): 89-96.
- [2] 杨义菊, 孙丽, 王德刚, 蔡廷禄, 于森, 王小波. 无居民海岛开发的时空顺序探讨. 海洋开发与管理, 2011, 28(11): 5-10.
- [3] 高俊国, 刘大海. 海岛环境管理的特殊性及其对策. 海洋环境科学, 2007, 26(4): 397-400.
- [4] Rodríguez-Navas C, Björklund E, Bak S A, Hansen M, Krogh K A, Maya F, Forteza R, Cerdà V. Pollution pathways of pharmaceutical residues in the aquatic environment on the island of Mallorca, Spain. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2013, 65(1): 56-66..
- [5] Watson E B, Powell E, Maher N P, Oczkowski A J, Paudel B, Starke A, Szura K, Wigand C. Indicators of nutrient pollution in Long Island, New York, estuarine environments. Marine Environmental Research, 2018, 134: 109-120.
- [6] 王媛, 刘述锡. 海水养殖对海岛生态系统脆弱性影响评估初探. 大连海洋大学学报, 2017, 3(32): 349-355.
- [7] Bezeng B S. Invasion of Alien Species on Robben Island: Causes and Impacts on Phylogenetic Diversity of Native Plant Communities[D]. South Africa: University of Johannesburg Institutional Repository, 2012.
- [8] Patro S, Krishnan P, Gopi M, Raja S, Sreeraj C R, Ramachandran P, Ramesh R. Snowflake coral, *Carijoa riisei* from Grand Island, Goa: a case of invasion of an alien species or re-establishment of a native species? Current Science, 2015, 109(6): 1028-1030.
- [9] 张羽. 某岛屿的智慧环境管理系统设计与实现[D]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- [10] 胡向东. 物联网研究与发展综述. 数字通信, 2010, 37(2): 17-21.
- [11] Han G J, Jiang J F, Zhang C Y, Duong T Q, Guizani M, Karagiannidis G K. A survey on mobile anchor node assisted localization in wireless sensor networks. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2016, 18(3): 2220-2243.
- [12] Hu P F, Ning H S, Qiu T, Xu Y, Luo X, Sangaiah A K. A unified face identification and resolution scheme using cloud computing in Internet of Things. Future Generation Computer Systems, 2018, 81: 582-592.
- [13] Perles A, Pérez-Marín E, Mercado R, Segrellese J D, Blanquer I, Zarzo M, Garcia-Diego F J. An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage. Future Generation Computer Systems, 2018, 81: 566-581.
- [14] Aboudi N. El. Parallel and distributed population based feature selection framework for health monitoring. International Journal of Cloud Applications and Computing, 2017, 7(1): 57-71.
- [15] Hossain M, Islam S M R, Ali F, Kwak K S, Hasan R. An Internet of Things-based health prescription assistant and its security system design. Future Generation Computer Systems, 2018, 82: 422-439.
- [16] Sani A S, Yuan D, Jin J, Gao L X, Yu S, Dong Z Y. Cyber security framework for internet of things-based energy internet. Future Generation Computer Systems, 2018, 1-10. doi: 10.1016/j.future.2018.01.029.
- [17] Zhou Y, Wang K, Liu H X. An elevator monitoring system based on the internet of things. Procedia Computer Science, 2018, 131: 541-544.
- [18] Wen Z G, Hu S H, De Clercq D, Beck M B, Zhang H, Zhang H N, Fei F, Liu J G. Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management. Waste Management, 2018, 73: 26-38.
- [19] Esposito S, Cafiero A, Giannino F, Mazzoleni S, Diano M M. A monitoring, modeling and decision support system (DSS) for a microalgae production plant based on internet of things structure. Procedia Computer Science, 2017, 113: 519-524.
- [20] Pease S G, Trueman R, Davies C, Grosberg J, Yau K H, Kaur N, Conway P, West A. An intelligent real-time cyber-physical toolset for energy

- and process prediction and optimisation in the future industrial Internet of Things. *Future Generation Computer Systems*, 2018, 79: 815-829.
- [21] Wang J Z, Zhou J S, Gu R R, Chen M Z, Li P P. Manage system for internet of things of greenhouse based on GWT. *Information Processing in Agriculture*, 2018, 5(2): 269-278.
- [22] Edmondson V, Cerny M, Lim M, Gledson B, Lockley S, Woodward J. A smart sewer asset information model to enable an 'Internet of Things' for operational wastewater management. *Automation in Construction*, 2018, 91: 193-205.
- [23] 王让会. 生态信息科学研究导论. 北京: 科学出版社, 2011: 80-85.
- [24] 王让会. 基于“互联网+生态”理念与技术的生态文明建设(ECC)模式研究. *生态与农村环境学报*, 2018, 34(9): 797-802.
- [25] Porter J, Arzberger P, Braun H W, Bryant P, Gage S, Hansen T, Hanson P, Lin C C, Lin F P, Kratz T, Michener W, Shapiro S, Williams T. Wireless sensor networks for ecology. *Bioscience*, 2005, 55(7): 561-572.
- [26] Bayne K, Damesin S, Evans M. The internet of things - wireless sensor networks and their application to forestry. *New Zealand Journal of Forestry*, 2017, 61(4): 37-41.
- [27] 崔振东, 郑亮, 桂福坤, 赵晟. 海-岛感知物联网关键技术研究. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 2015, 34(2): 204-208.
- [28] Aqeel-ur-Rehman, Abbasi A Z, Islam N, Shaikh Z A. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards and Interfaces*, 2014, 36(2): 263-270.
- [29] Zhao J Z, Zheng X C, Dong R C, Shao G F. The planning, construction, and management toward sustainable cities in China needs the Environmental Internet of Things. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2013, 20(3): 195-198.
- [30] Tolle G, Polastre J, Szewczyk R, Culler D, Turner N, Tu K, Burgess S, Dawson T, Buonadonna P, Gay D, Hong W. A macroscope in the redwoods//*Proceedings of the 3rd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*. San Diego, California, USA: ACM, 2005: 51-63.
- [31] Singh A, Batalin M A, Chen V, Stealey M, Jordan B, Fisher J C, Harmon T C, Hansen M H, Kaiser W J. Autonomous robotic sensing experiments at San Joaquin River//*Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Roma, Italy: IEEE, 2007: 4987-4993.
- [32] Popović T, Latinović N, Pešić A, Zečević Ž, Krstajić B, Djukanović S. Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 140: 255-265.
- [33] 张志卫. 无居民海岛生态化开发监管技术体系研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [34] 徐程. 海岸带生态系统感知平台设计与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [35] 张超, 金光. 基于 ZigBee 的海岛传感网环境监测系统应用研究. *无线通信技术*, 2017, 26(2): 15-18.
- [36] Naumowicz T, Freeman R, Kirk H, Dean B, Calsyn M, Liers A, Braendle A, Guilford T, Schiller J H. Wireless Sensor Network for habitat monitoring on Skomer Island//*Proceedings of the IEEE Local computer network Conference*. Denver, CO, USA: IEEE, 2010: 882-889.
- [37] 李新, 刘绍民, 孙晓敏, 吴冬秀, 周燕, 郭建文, 温学发, 陈世苹, 马明国, 晋锐, 赵宁. 生态系统关键参量监测设备研制与生态物联网示范. *生态学报*, 2016, 36(22): 7023-7027.