



# 基于斑块尺度的资源环境承载力测算与国土空间优化策略 ——以厦门市为例

李渊（教授）

厦门大学建筑与土木工程学院  
2019-5-10

## 《道德经》

“天下难事，必做于易；天下大事，必做于细”



政府的精细化管理表现为决策和执行的  
**及时（实时或在期待的时间内）**  
**到位（地理上和心理上）**

关注  
政府  
思维



人民网 >> 观点



### 政府精细化管理的实现之维

黄程栋 施国栋

2014年12月22日19:22 来源：学习时报 手机看新闻

## 大数据时代的政府精细化管理

- (1) 以大数据提升政府的科学决策水平
- (2) 以大数据提升政府管理效率降低管理成本
- (3) 以大数据促进政府服务的精细化、人性化

## 习近平：城市管理应该像绣花一样精细

2017-03-05 18:49:00 来源：央广网



习近平总书记5日下午在参加上海代表团审议时强调，走出一条符合超大城市特点和规律的社会治理新路子，是关系上海发展的大问题。（新华社记者兰红光 摄）

## 两会“部长通道”聚焦热点话题

发布时间: 2018-03-14 09:01 来源: 中国文化报 编辑: 李庆禹



雒树刚在第十三届全国人民代表大会第一次会议“部长通道”接受媒体采访

中国文化报记者张婧报道:3月13日上午,第十三届全国人民代表大会第一次会议在人民大会堂举行第三次全体会议,雒树刚在“部长通道”接受媒体采访。雒树刚在“部长通道”接受媒体采访,回答记者关于“在保护利用、传承发展文化遗产方面,如何落实好政府责任”的提问。雒树刚表示,文化遗产的保护利用工作,按照党中央、国务院部署,近年来,文化文物普查、第一次全国可移动文物普查、第一次全国非物质文化遗产资源普查以及全国地方志普查,为做好保护工作奠定了基础。

利用**云计算、大数据、遥感技术**等技术,简历覆盖全球、全国的全域旅游全息信息系统、为游客提供全域全时的信息管理服务,并为旅游管理部门、旅游企业提供全域全时的信息管理服务,为旅游资源管理研究及国家政策制定提供数据支撑和分析管理水平。

## 关注行业新动向

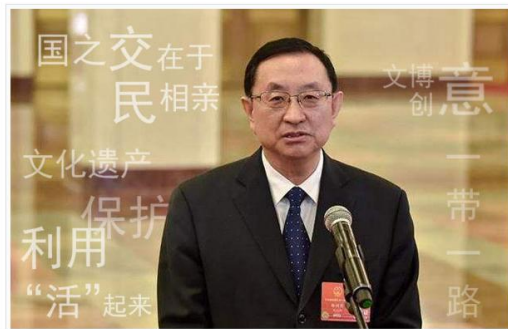
习近平总书记强调,“**旅游是传播文明、交流文化、增进友谊的桥梁,是人民生活水平提高的一个重要指标。**”

### 文化和旅游部新任部长雒树刚的“旅游观”

作者: 品橙旅游 时间: 2018-03-19



【品橙旅游】据最新消息,国务院总理李克强提名雒树刚为文化和旅游部部长,这是新成立的文化和旅游部的首任部长。雒树刚(luò)自2014年12月28日出任文化部副部长、党组书记以来,主管人事司、国家文物局、故宫博物院、国家博物馆工作,曾多次在文化的国际传播、一带一路、精准扶贫、文化遗产、文博文创等方面谈及旅游部分观点。



文化和旅游不是一个偶然的结合,而是在人们追求美好生活背景下的“**职能融合**”。就像“**诗和远方**”词组的形成一样,在偶然中隐藏着某种必然。

基于大数据平台提供的旅游在线服务、网络营销、网上预订、网上支付等智慧旅游服务,在大大加快旅游行业智慧化、信息化建设步伐的同时,也为游客提供了更多智能化、个性化、信息化的出行体验。

中国旅游研究院(文化和旅游部数据中心)旅游经济重点实验室完成更名为“**旅游经济文化和旅游部重点实验室**”,共建单位包括**中国电信**股份有限公司、**银联**商务股份有限公司、上海**携程**国际旅行社有限公司、北京**蚂蜂窝**网络科技有限公司、上海**景域文化**传播股份有限公司、上海**创图网络**科技股份有限公司等6家。据悉,旅游经济文化和旅游部重点实验室依托单位是中国旅游研究院(文化和旅游部数据中心),戴斌任实验室主任。



## 中华人民共和国自然资源部

Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China

### 自然资源部部长陆昊：以后规划叫“国土空间规划”

2018-05-27 15:52

“AI城市智库”以智慧建筑、智慧工业为核心，通过智库服务不断延伸产业链上下游，形成“研究-咨询-规划-设计-运营-投资-教育”为一体的综合性新型城镇化和工业化服务平台，具备全产业链服务能力。



关注  
行业  
新动向

为进一步推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，做好智慧城市时空大数据平台建设，近日，自然资源部修订完成并印发《**智慧城市时空大数据平台建设技术大纲（2019版）**》（简称《技术大纲》），对智慧城市时空大数据平台建设的目标、思路与原则、主要内容、重点任务、技术路线等作出明确。

2019-02-20

近日，自然资源部印发《**自然资源科技创新发展规划纲要**》

实施以“一核两深三系”为主体的自然资源重大科技创新战略，构建**地球系统科学核心理论支撑**（“一核”），引领**深地探测、深海探测**国际科学前沿（“两深”），建立**自然资源调查监测、国土空间优化管控、生态保护修复技术体系**（“三系”），全面增强对高质量经济发展和生态文明建设的科技支撑，持续提高科技贡献率，推进自然资源治理体系和治理能力现代化。

2018-11-15

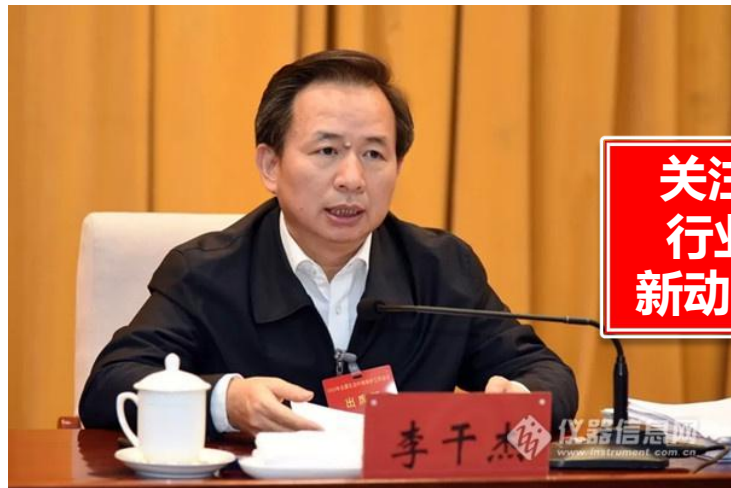
自然资源部成立以来，始终在探索和推动海洋经济高质量发展，先后与中国工商银行、国家发改委联合印发《关于促进海洋经济高质量发展的实施意见》《关于建设海洋经济发展示范区的通知》，拓展蓝色发展空间。

2019-01-17



**中华人民共和国生态环境部**

Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China



**关注  
行业  
新动向**

早在2000年，时任福建省省长的习近平总书记时提出“生态省”建设和“数字福建”建设的战略思想。习近平总书记还强调，“生态资源是福建最宝贵的资源，生态优势是福建最具竞争力的优势，生态文明建设也应当是福建最花力气的建设”，2014年福建省被确立为全国首个生态文明先行示范区，2016年成为第一个国家生态文明试验区。

2018年4月9日，生态环境部常务会议审议并原则通过《2018—2020年生态环境信息化建设方案》，建设生态环境大数据、大平台、大系统，形成生态环境信息“一张图”。

生态环境部应急中心副主任马建华：加大数据在环保执法方面的应用，推动环保督查精准化、规范化

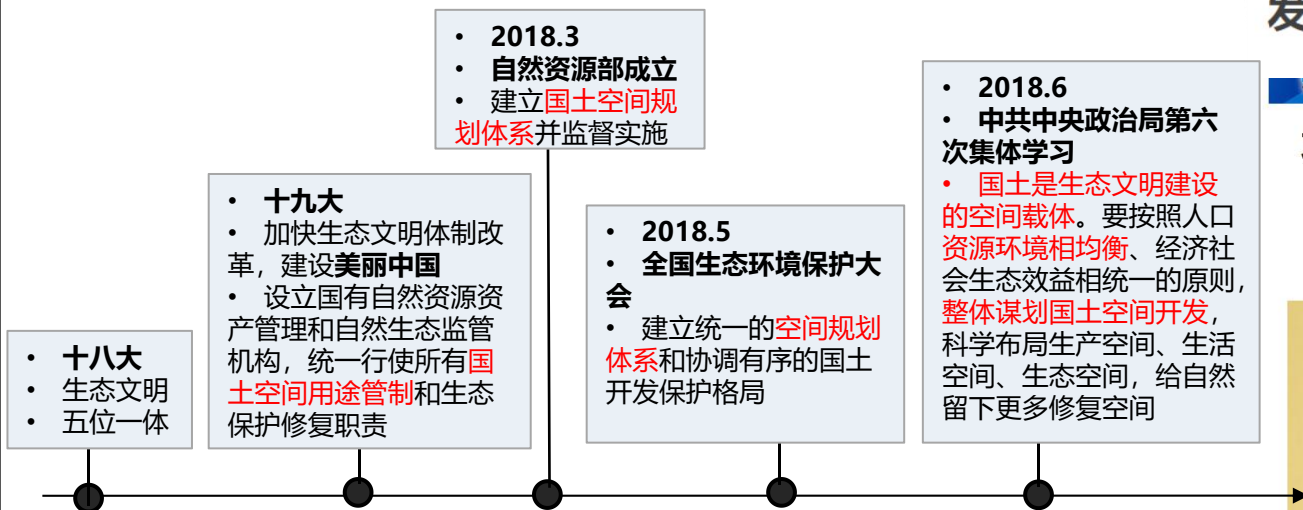
5月16日，河北雄安新区生态环境局挂牌仪式在容城县举行。这意味着生态环境部组建后全国首个地方“生态环境局”正式成立。

环境部：充分依托卫星遥感技术加强国家生态环境遥感监管

对照生态环境部“统一负责生态环境监测和执法”职责，国家生态环境遥感监管将在其中发挥重要作用。生态环境遥感监测具有宏观、快速、定量、准确等特点，经过50多年的快速发展，已从可见光发展到全波段、从传统的光学摄影演变为光学和微波结合、主动与被动协同的综合观测技术，空间、光谱、辐射、时间分辨率持续增加，具有大范围、全天时、全天候、周期性监测全球环境变化的优势，成为监测宏观生态环境动态变化最可行、最有效的技术手段。

## 研究背景

- ❑ 资源环境承载力作为推进**生态文明建设**的重要基础性内容，其合理测算与空间格局特征为优化国土空间的开发与利用提供了科学基础和可靠依据。
- ❑ **优化国土空间布局**是落实生态文明的重要举措，资源环境承载力是优化国土空间开发格局不可或缺的重要依据（高吉喜等，2014）。



求是网  
QSTHEORY.CN

首页 - 经济 - 政治 - 文化 - 社会 - 党建 - 科教 - 生态 - 国防

### 十九大奠定了生态文明建设新格局

2017年11月08日 15:15:54 来源：中国环境报 作者：杨毅超

### 发挥国土资源环境承载力评价作用

2017-07-02 03:37:56 来源：人民日报

### 习近平出席全国生态环境保护大会并发表重要讲话

2018-05-19 21:08:05 来源：新华网



## 研究进展

**生态足迹方法**从土地利用出发，通过收集社会经济发展数据和资料，建立计算模型，以其较为科学完善的理论基础和精简统一的度量指标，以及评价方法的普适性得到了国内外学者的深入探讨和广泛应用。

- ❑ 传统的生态足迹法应用多采取土地利用的**统计数据**进行计算，由于**数据更新的实效性**以及**统计口径的差异性**使得其计算结果在揭示区域承载能力的空间格局方面存在不足。
- ❑ 利用生态足迹进行承载力空间分布或时空格局的研究多从国家、省市等宏观区域尺度作为评价单元，且**大多受限于行政区划**



- ❑ **遥感技术**的快速发展使其成为**空间数据获取和空间问题分析**的有效手段
- ❑ 遥感技术提取的各地类**斑块**具有空间属性，能在一定程度上弥补统计数据在**小尺度空间可视化**的不足。

## 技术路线

ENVI

厦门遥感影像

监督分类

目视解译

均衡因子

关联

土地利用类型图斑

关联

产量因子

ArcGIS

计算

资源环境承载力

生态供给

生物资源消费

能源消费

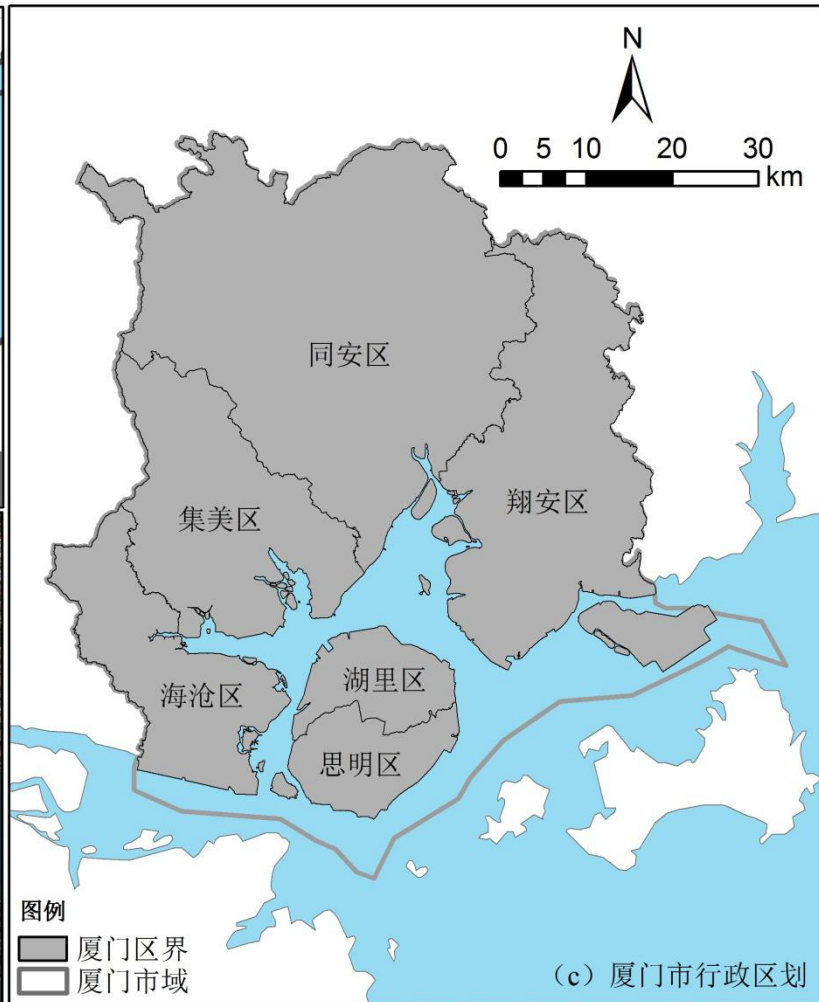
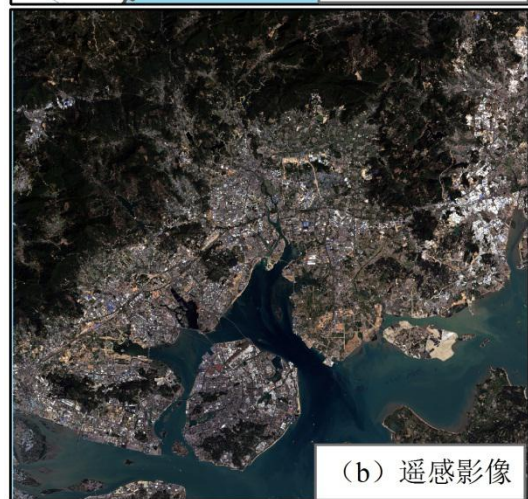
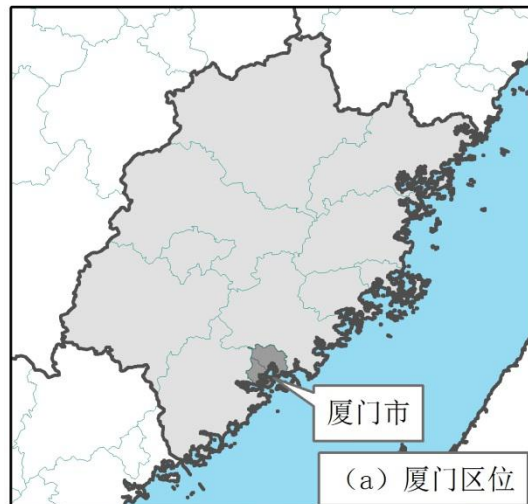
生态足迹

生态需求

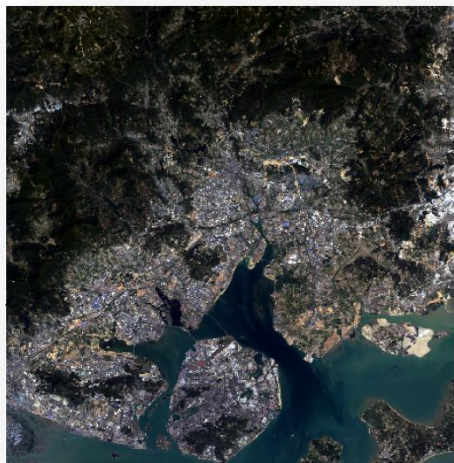
生态赤字/盈余

## 研究区域

- 厦门市位于福建省东南沿海，台湾海峡西岸中部
- 4个经济特区之一
- 15个副省级城市之一
- 五个计划单列市之一
- 全市陆地总面积1699.39km<sup>2</sup>
- 海域面积390余km<sup>2</sup>
- 辖思明、湖里、集美、海沧、同安、翔安6区
- 截止2017年末，全市常住人口**401万人**，户籍人口231.03万人。

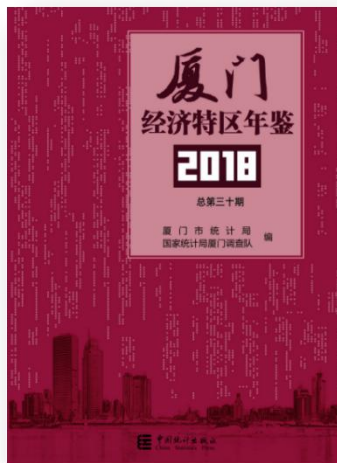


## 研究数据



### □ 遥感影像数据

Landsat8 OLI数据  
2018年3月11日  
影像级别L1T  
空间分辨率30m  
地理空间数据云  
(<http://www.gscloud.cn/>)



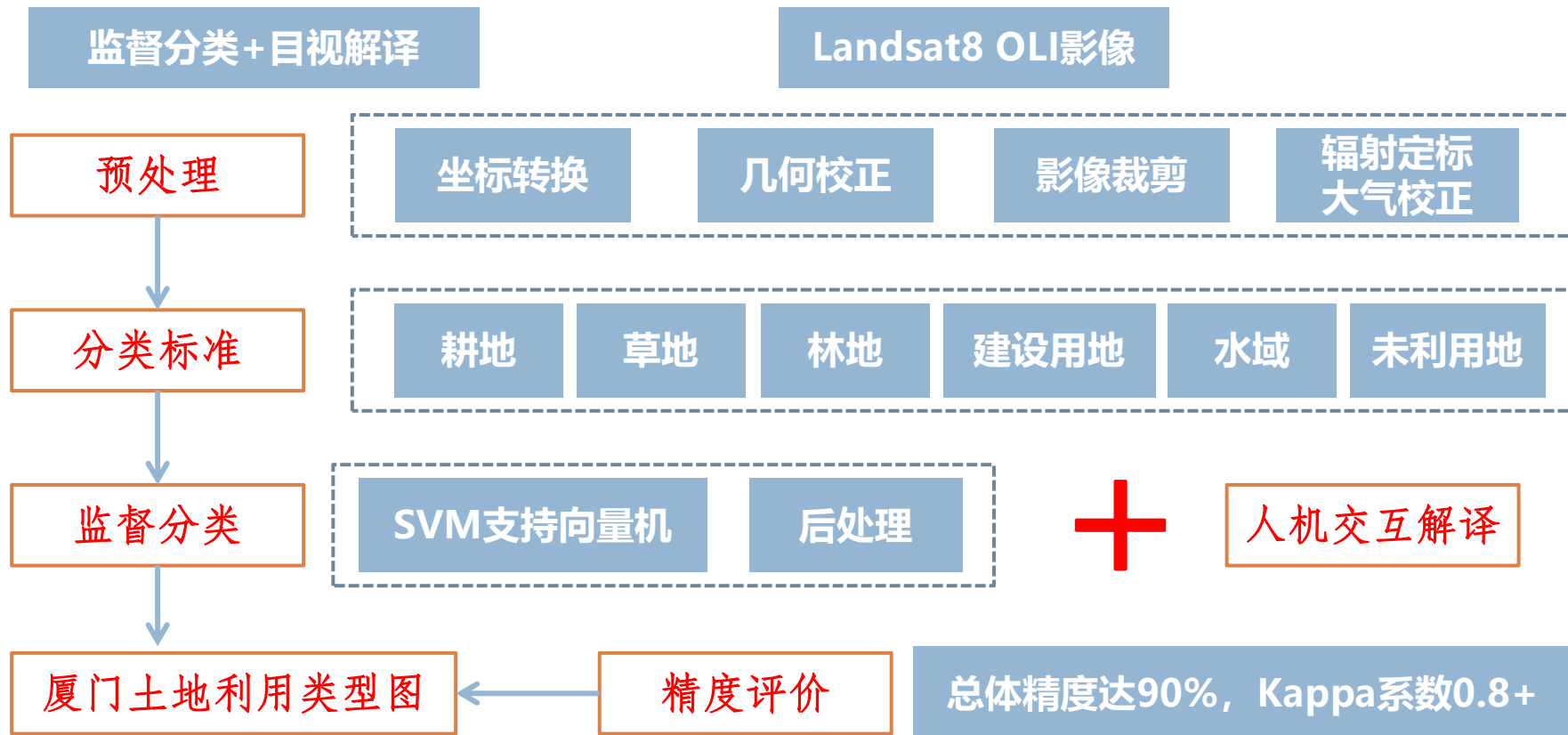
### □ 生物资源产量 □ 能源消费量数据

生物资源：  
农产品、动物产品、  
林产品和水产品等  
能源消费：  
原煤、焦炭和汽油等

- 各类农作物、水产的**世界单产数据**来源于联合国粮食及农业组织（FAO）（<http://www.fao.org/>）
- **均衡因子和产量因子**取值采用全球足迹网络网站（<https://www.footprintnetwork.org>）2018年数据
- **常住人口数据**和**矢量边界数据**均来自于厦门市城市规划设计研究院，其中街镇单元数据包括下辖街道、镇、农场、水库等共49个空间单元。

# 研究方法

## 土地利用类型划分



特定区域的**生态足迹供给**是指该区域在一定时期内（通常为1年）实际生产人类所需的生物资源和吸纳人类废弃物的所有可用的**生物生产土地和水域面积**的总和。

### □ 生物生产性土地

资源与能源消费项目均折算为**耕地、林地、草地、水域、建筑用地**和**化石能源用地**六种类型生物生产土地，未利用土地认为是生物生产力为0的土地类型

### □ 均衡因子

### □ 产量因子

	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地
均衡因子	2.52	1.29	0.46	2.52	0.37	0
产量因子	2.18	1.18	0.81	2.18	1.27	0

### □ 资源环境承载力计算方法

采用生态足迹方法中**生态承载供给模型**

$$EC = N \sum (a_j \times r_j \times y_j)$$

式中：**EC**是区域生态足迹总供给； **$a_j$** 是人均实际占有的第 **$j$** 类生物生产性土地面积； **$r_j$** 是均衡因子； **$y_j$** 是产量因子。

## □ 生态足迹计算方法

$$EF = N \times ef = N \times \sum r_j \times ai = N \times \sum r_j \sum \left( \frac{Ci}{Yi} \right)$$

式中： $EF$ 是总生态足迹； $ef$ 是人均生态足迹； $N$ 是人口数； $i$ 是消费项目类别； $j$ 是生物生产面积的类别； $r_j$ 是各种土地类型的均衡因子； $ai$ 是 $i$ 种消费项目所代表土地类型均衡前人均生态足迹分量； $Ci$ 是 $i$ 种消费项目年人均消费量； $Yi$ 是第 $i$ 种消费项目全球年平均产量。

## □ 生态赤字与盈余

$$ED = EC - EF$$

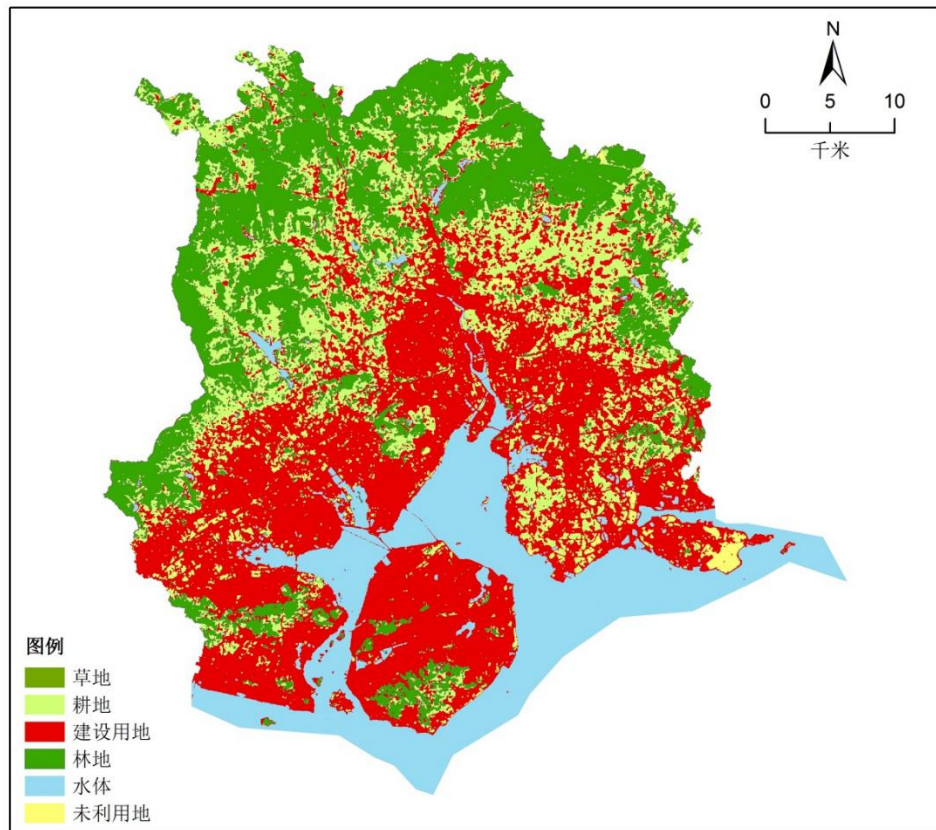
如果 $ED < 0$ ，那么生态赤字，表明该区域生态系统的发展是不可持续的；反之则表示生态盈余，表明该区域生态系统的发展是可持续的。



## 结果与分析

### 区域土地利用类型空间格局

- **建设用地**占行政区总面积的一半以上，分布于厦门岛、海沧区南部与东北部、集美区、同安区南部；在岛外呈现沿海分布的“**马鞍形**”；体现了厦门港口城市的湾区特征
- **林地**主要分布于厦门北部山区
- **耕地**多零散分布于建设用地与林地之间
- 厦门为沿海城市，**水域**生态系统主要为围绕厦门岛的海域，以及多处水库、湖泊等
- **未利用地**呈斑块状零散分布；多分布于翔安区。



# 结果与分析

## 区域资源环境承载力空间格局

资源环境承载力计算结果统计表

	土地面积 (ha)	人均土地 面积 (ha/ 人)	均衡因子	产量因子	资源环境 承载力 (gha)	人均资源环 境承载力 (gha/cap)
耕地	36779.054	0.009172	2.52	2.18	202049.41	0.050
林地	67335.682	0.016792	1.29	1.18	102498.37	0.026
草地	15.7608	0.000004	0.46	0.81	5.87	0.000
水域	62770.514	0.015653	2.52	2.18	344836.10	0.086
建设用地	84805.063	0.021148	0.37	1.27	39849.90	0.010
未利用地	2002.7304	0.000499	0	0	0.00	0.000
合计	253708.8	0.063269	-	-	689239.66	0.172

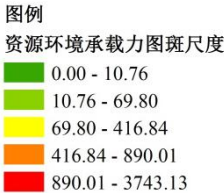
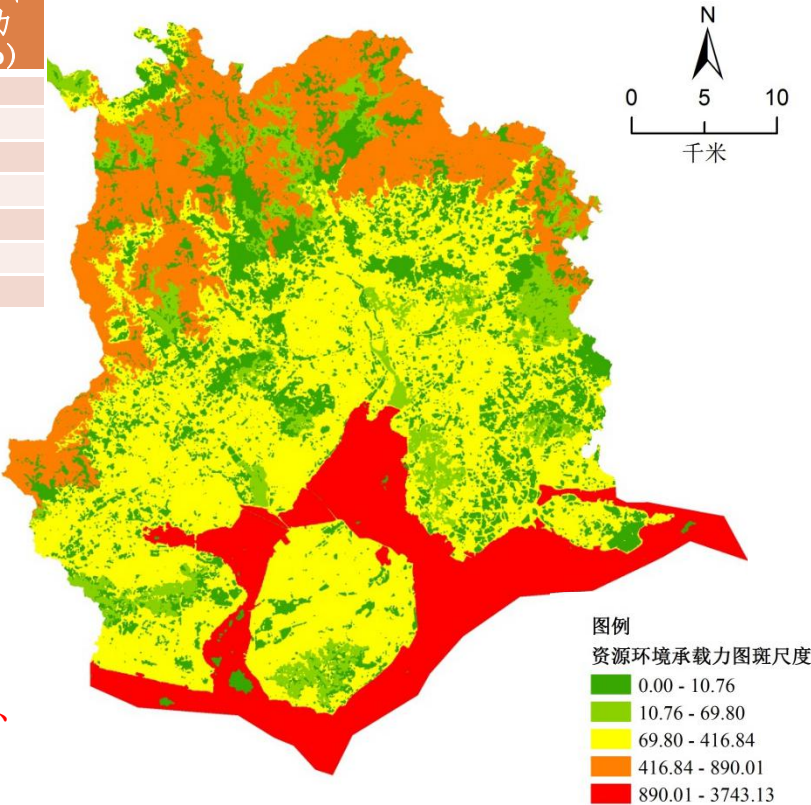
资源环境承载力供给空间分布不均，与土地利用类型分布具有的相似性

南部海域、北部林地的整体资源环境承载力高，说明海洋、森林生态系统具有较高的生态稳定性

建设用地和北部的大部分耕地区域具有中等的资源环境承载力

建设用地内部的林地、水域，以及翔安区、同安区南部的耕地区域具有相对较低的资源环境承载力，说明受到城市建成环境人类活动的影响，承载力降低

岛内部分林地和筶筴湖、湖边水库，岛外同安区中北部的部分林地、耕地和翔安区东南部耕地、未利用地，以及鼓浪屿等周边岛屿具有最低的资源环境承载力，体现该类型地类环境的生态脆弱性



结果与分析

区域生态足迹

生物资源消费账户

生物资源账户		全球平均产量 (kg/ha)	生物量 (t)	生产土地类型
农产品	谷类	2744	19759	耕地
	豆类	1856	462	耕地
	薯类	12607	15051	耕地
	油料	1856	7113	耕地
	蔬菜	18000	522 918	耕地
林产品	糖类	4893	1396	耕地
	油菜籽	1600	8	林地
	水果	3500	15 975	林地
动物产品	木材	1.99	28599m³	林地
	猪肉	74	42322	草地
	牛肉	33	779	草地
	羊肉	33	88	草地
	禽蛋	400	4111	草地
	奶类	502	792	草地
水产品	各类水产品	29	44402	水域

能源消费账户

能源账户	全球平均能源足 迹 (GJ/hm²)	折算系数 (GJ/t)	消费量 (t)	生产土地类型
原煤	55	20.93	3307536	化石能源用地
天然气	93	38.98	34575万立方米	化石能源用地
汽油	93	43.12	16886	化石能源用地
柴油	93	42.71	37549	化石能源用地
燃料油	71	50.20	8465	化石能源用地
热力	1000	29.34	6028800百万千 焦	建设用地
电力	1000	11.84	981390万千瓦时	建设用地

	均衡前生态 足迹 (ha)	均衡前人均 生态足迹 (ha/人)	均衡因子	总生态足迹 (gha)	人均生态足 迹 (gha/cap)
耕地	41812.33	0.010	2.52	105367.07	0.025
林地	33168.29	0.008	1.29	42787.09	0.010
草地	610046.84	0.152	0.46	280621.55	0.070
水域	1531103.45	0.382	2.52	3858380.69	0.963
建设用地	188504.65	0.047	0.37	69746.72	0.017
化石能源用地	1393690.33	0.348	1.35	1881481.95	0.470
合计	3798325.89	0.947	-	6238385.07	1.555

厦门对**水域**生态系统的**需求量大**，体现了沿海城市水产品消费占重要地位以及对海洋生产的依赖性；对**化石燃料用地**的需求**次之**；而对草地、耕地、建设用地的需求不高。

## 结果与分析

### 供需平衡分析

生态足迹总供给为**689239.66gha**

总需求为**6238385.07gha**

供给远小于需求量，**ED<0**，

生态预算为**赤字**

不考虑相关消费品输出输入的情况下，该地区资源利用模式处于不可持续发展状态

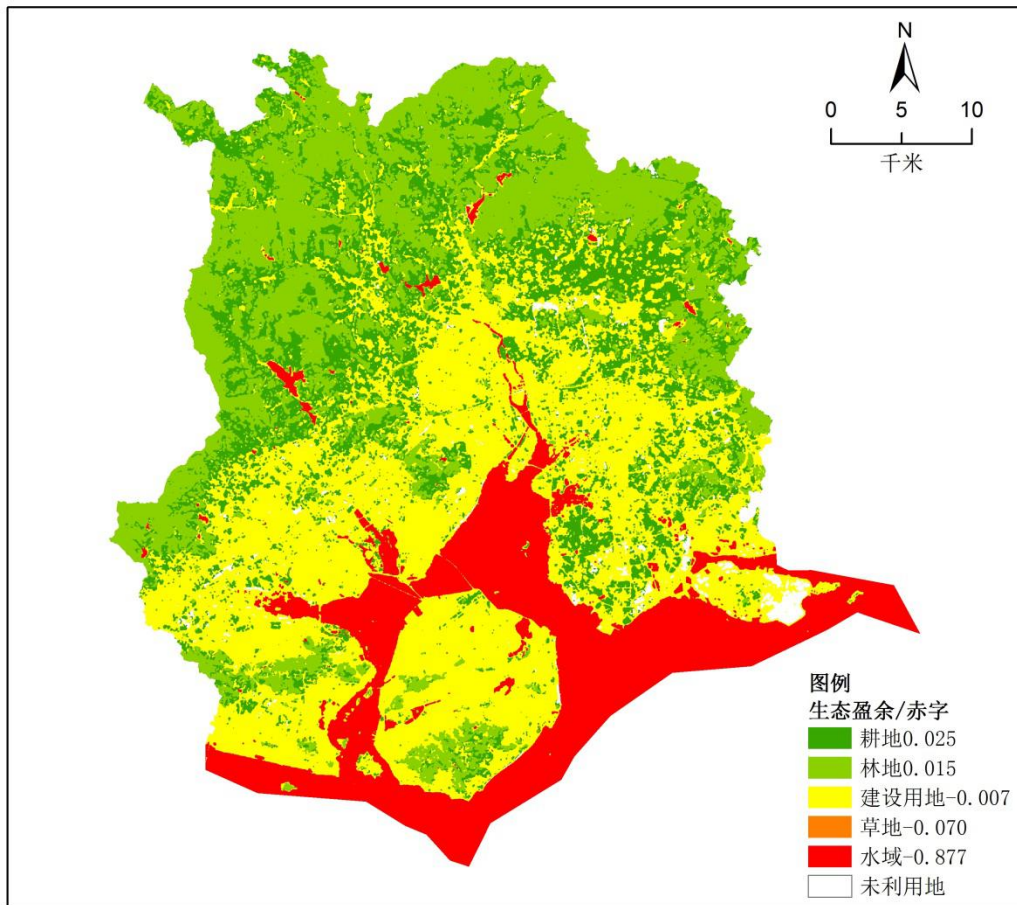
**耕地和林地**的承载力大于生态足迹，保持**生态盈余**，说明当前厦门耕地面积在不考虑粮食输出输入的情况下能够满足本地人口的消费需求  
**草地、水域和建设用地**，均处于供小于求的**生态赤字**状态

水域生态赤字最大

- 对辖区内水域的过度开发利用
- 海洋具有开放性，水产品的生产不光来自辖区内，但水域的生态安全需得到格外关注。

建设用地生态赤字

城镇化快速发展为环境生态造成了一定的压力。

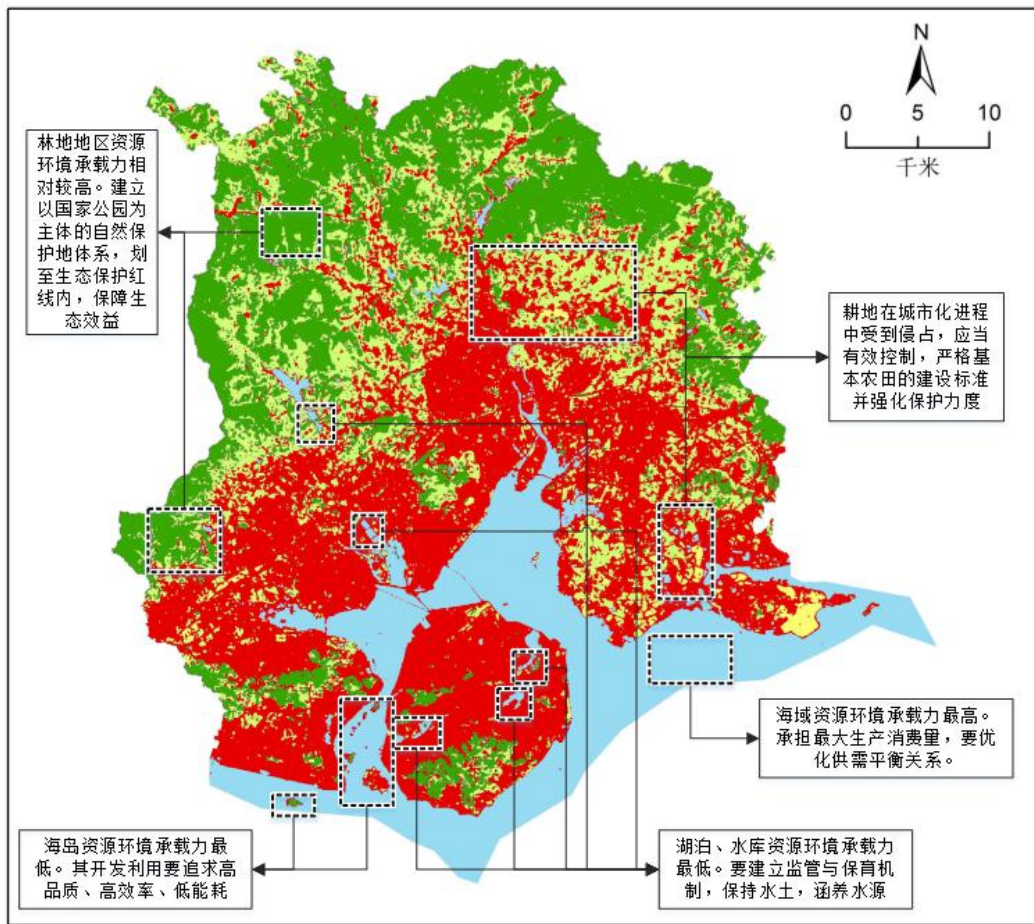


## 国土空间优化策略

### □ 斑块单元国土质量提升

- **周边的海岛**均呈现了最低的资源环境承载力  
重视与保护生态岛屿  
高品质、高效率、低能耗开发利用
- **区内湖泊和水库**资源环境承载力最低  
重要饮用水源地，严格控制周边的生产建设活动  
建立管制与保育机制  
保持水土、涵养水源，全面提升生态质量
- **林地**资源环境承载力相对较高  
以农场经营生产与旅游活动为主  
重要的生态功能区，保障生态效益
- **海域**提供了最高的资源环境承载能力  
对应承担了最大的生产消费量  
需进一步优化供给与消费之间的平衡关系
- **耕地**承载力绝对值较大，对整体承载力贡献大  
严格基本农田的建设标准并强化保护力度

**斑块单元的国土质量提升策略打破了行政区划的壁垒，避免了资源环境自然分区的机械割裂，有助于实现区域的均衡协调发展。**



## □ 街镇单元人口调控

理论上，对一些人口数量多，且资源环境承载力低的地区应当优先进行调控。

“十二五”规划纲要提出对人口密集、开发强度偏高、资源环境负荷过重的部分城市化地区要优化开发，对资源环境承载能力较强、集聚人口和经济条件较好的城市化地区要重点开发。

## ● 优先提升区

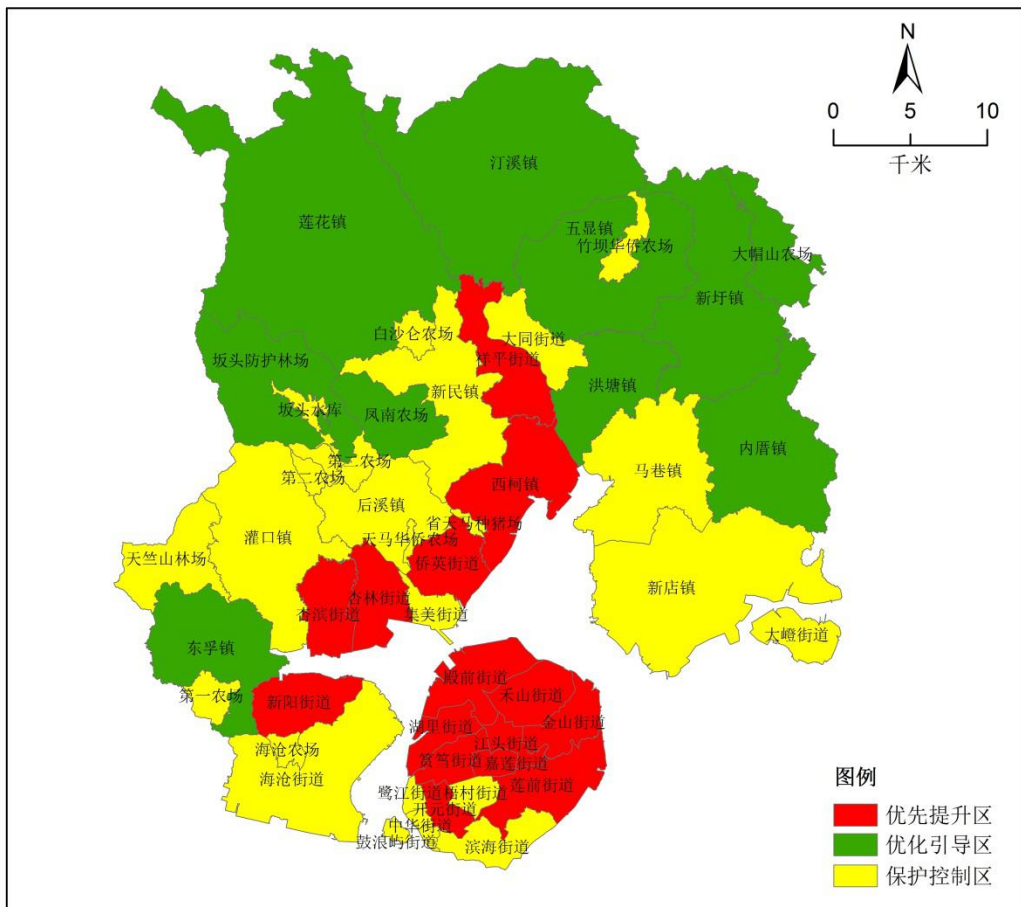
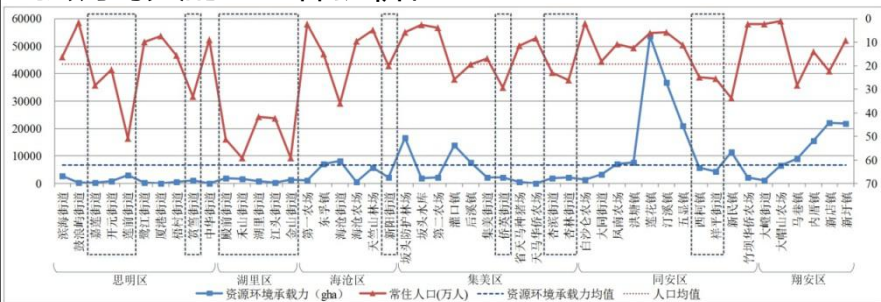
## 优先提升，科学有序疏解人口，缓解承载压力

## ● 优化引导区

## 进一步优化现状人口规模，合理引导布局

## ● 保护控制区

强调对其的生态保护价值



## 结论与讨论

### (1) 厦门市人均资源环境承载力为**0.172gha/cap**

水域生态系统人均资源环境承载力占据的比重最大，其次为耕地，林地的人均资源环境承载力排第三位，比重最小的是建设用地和草地生态系统。

### (2) 厦门市资源环境承载力供给的空间分布不均，其分布格局与土地利用类型分布具有一定的相似性

南部海域的资源环境承载力最高，其次为厦门北部林地，建设用地和北部的大部分耕地区域具有中等的资源环境承载力，同安区南部的耕地区域具有相对较低的资源环境承载力，湖泊、水库以及周边岛屿等具有最低的资源环境承载力。

### (3) 厦门市人均生态足迹面积为**1.555gha/cap**，供给远小于需求量，出现生态赤字

在不考虑相关消费品输出输入的情况下，厦门资源利用模式处于不可持续发展状态。需要采取针对性措施提升区域整体生态质量。

### (4) 资源环境承载力空间分异结果可作为国土空间优化提升方略的重要依据

分别从斑块单元的国土质量提升和街镇单元的人口调控两方面提出针对性的国土空间格局优化策略，并依据资源环境承载力和常住人口数量的关系将厦门各街镇单元划分为优先提升区、优化引导区和保护控制区。

## 结论与讨论

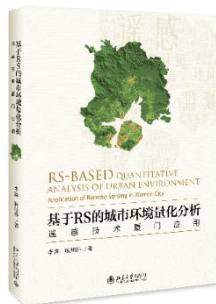
- ❑ 指导国土空间规划优化实施的有效手段
- ❑ 国家规划与区域发展的科学基础和核心指标之一
- ❑ 科学性与可持续发展理念一脉相承，应用性与国家战略紧密契合

未来，需要充分利用现代地学技术手段，完善承载力定量评价方法，依托遥感技术的国土空间格局研究将成为大势所趋。

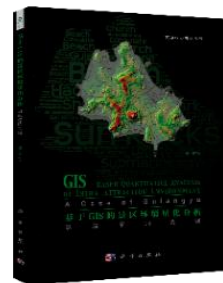
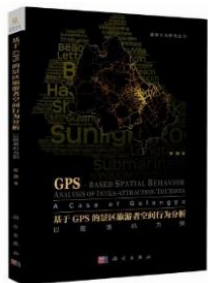
- 首先，依据多时相遥感数据可以实现资源环境承载力的**动态监测**分析与趋势**预测预警**，可用于指引未来区域发展功能完善和国土空间开发目标设定；
- 其次，遥感识别了耕地、水域、海岛等承载主体的短板要素，以“**短板思维**”明晰区域发展制约因素，依据各本底要素的评价结果对国土空间划定分类保护原则；
- 此外，依托遥感便于实现区域承载能力在斑块尺度的空间分异表达，针对重点区域采取相应有效措施，依据承载力评价阈值弹性，合理进行开发规模、强度和人口数量的控制。斑块尺度的资源环境承载力探索有助于实现**国土空间规划精细化实施**需求。

## 后续展望

- 李渊, 耿旭朴 (2019) 基于RS的城市环境量化分析—遥感技术厦门应用。北京: 北京大学出版社
- 李渊 (2017) 基于GIS的景区环境量化分析-以鼓浪屿为例。北京: 科学出版社
- 李渊 (2016) 基于GPS的景区旅游者空间行为分析-以鼓浪屿为例。北京: 科学出版社



中国大学MOOC  
福建省精品在线课程



遥感  
RS

获取

全球定位系统  
GPS

空间定位

地理  
信息

管理、查询、更  
新、分析、应用、  
评价

地理信息系统  
GIS

# 研究设备与条件

## eBee无人机

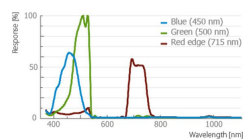
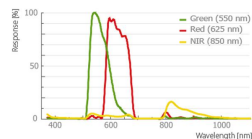
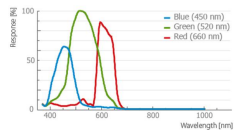


RGB

NIR

RE

Thermo



重量 (含照相机)

翼展

材料

推进力

电池

照相机 (标配)

照相机 (选装)

约0.71公斤 (1.56磅)

96厘米(38英寸)

EPP泡沫、碳纤维框架&复合材料部件

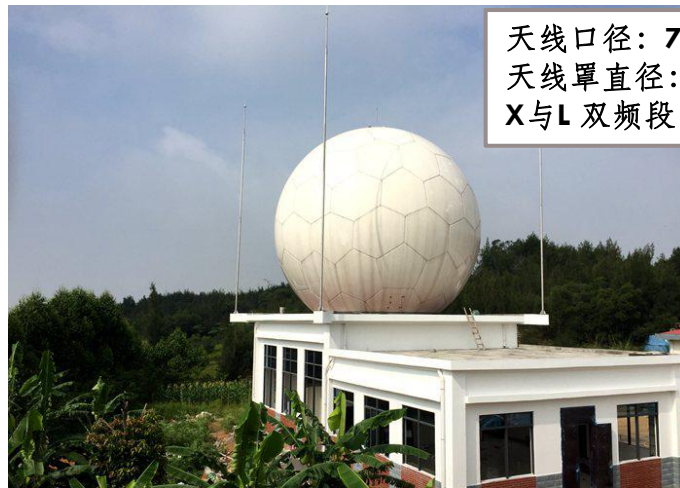
电子推进器螺旋桨, 160W无刷直流电动机

11.1 V, 2150mAh

1200万像素S110 NIR摄像机

S110 RE, S110 RGB, multiSPEC 4C, thermoMAP

## 大疆精灵4pro

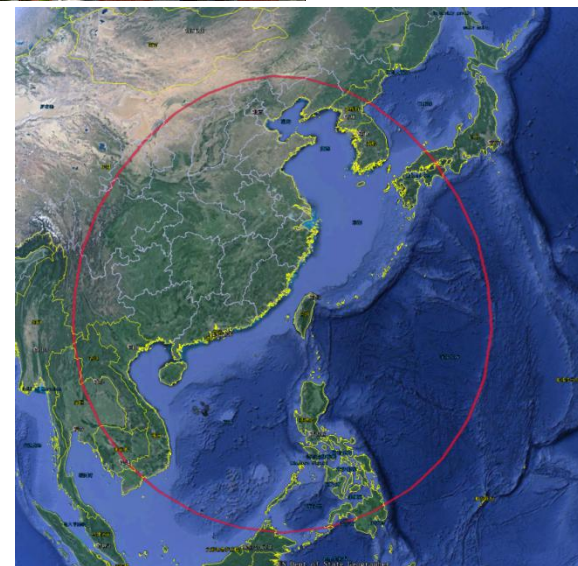


天线口径: 7.5米

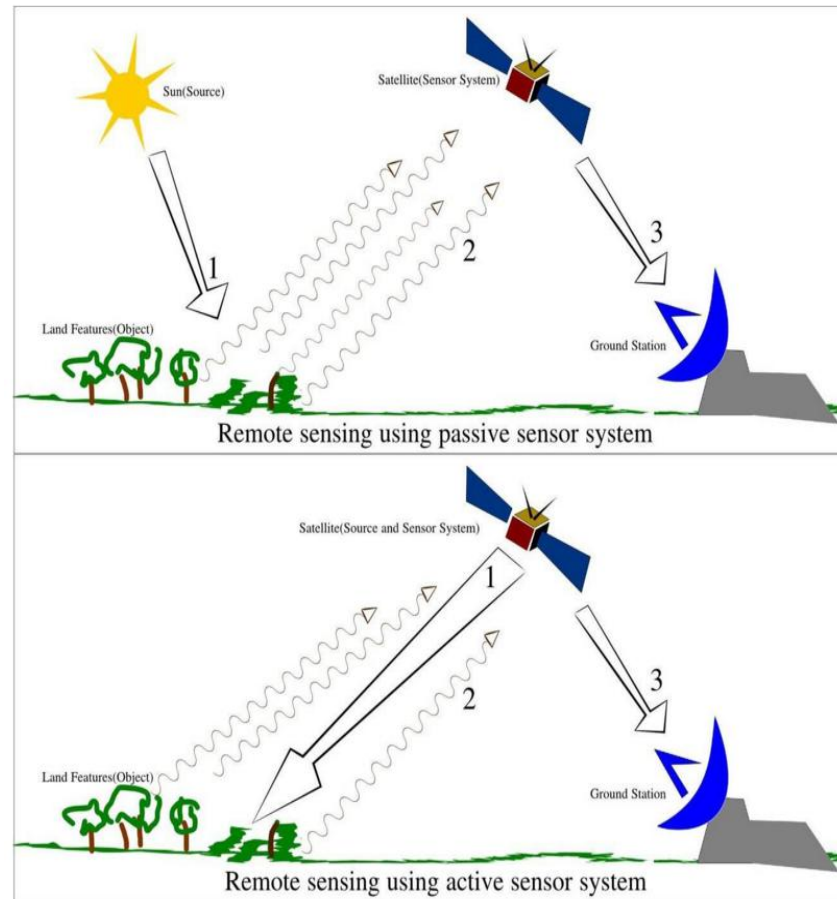
天线罩直径: 11.8米

X与L 双频段: 遥感与气象卫星

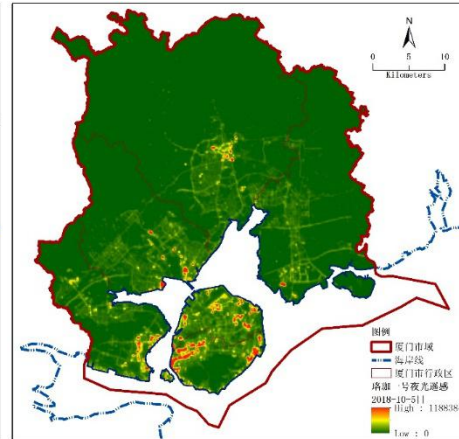
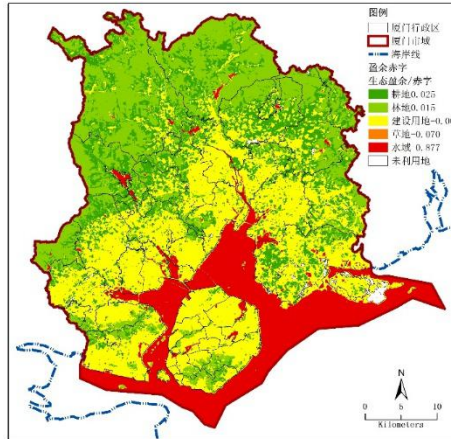
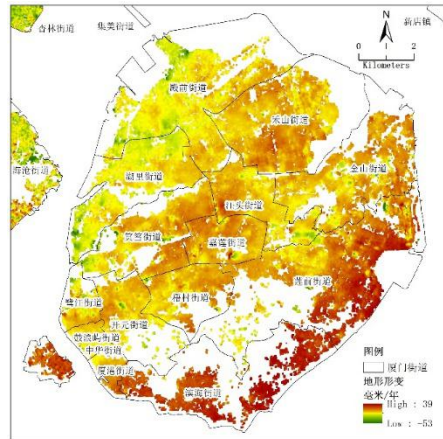
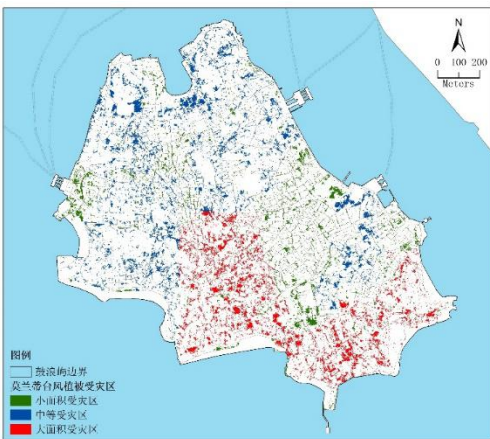
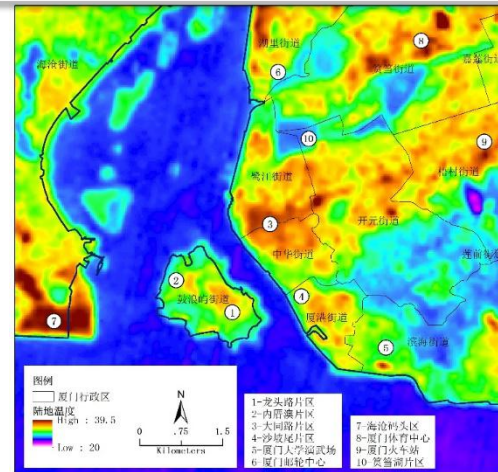
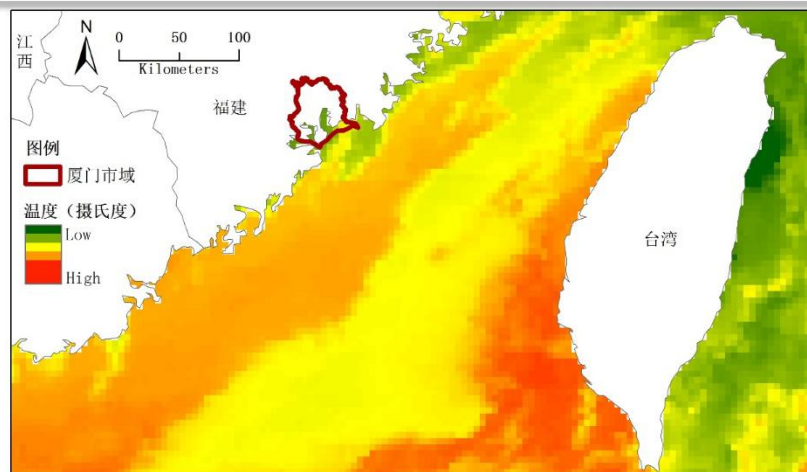
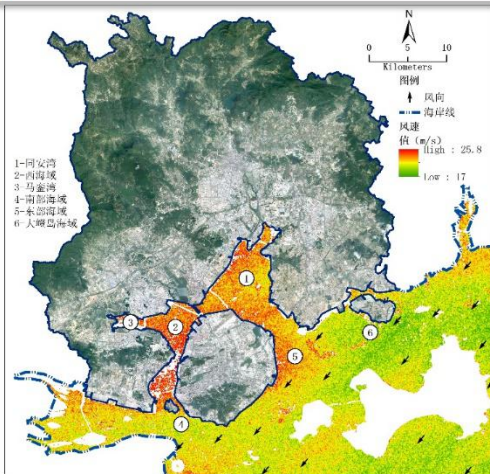
## 联合遥感接收站



## 接收站空间覆盖范围



# 厦门RS空间数据库





个人微信



厦门大学  
XIAMEN UNIVERSITY

汇报完毕

李渊

QQ: 112012091

Email: [liyuan79@xmu.edu.cn](mailto:liyuan79@xmu.edu.cn)

微信号: yako79



鼓浪屿数据画像团队