

## 基于生态优先和地质环境适宜性的土地利用规划——以北海市为例

王齐鑫 (中国铁路设计集团有限公司, 天津 300251)

**摘要** 北海市作为“海上丝绸之路”规划建设的核心地区以及海岸带生态环境脆弱的典型地区,近年来,由于社会经济发展导致海岸带生态环境恶化、海水入侵与地下水污染等地质环境问题愈发严重,而开展科学合理的土地利用规划对促进当地人与自然的可持续发展具有重要的积极意义。基于 MapGIS 平台,分别建立生态用地、农业用地与建设用地地质环境评价指标体系,引入变权层次分析-综合指数法模型对北海市土地利用展开规划研究。规划结果显示:生态用地、农业用地与建设用地规划面积分别占研究区总面积的 43.8%、42.1%与 14.1%,并以此对比现有规划提出相应的优化建议。研究结果可为研究区未来土地利用规划提供技术支持。

**关键词** 地质环境;生态;土地规划;北海市

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)17-0063-08

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.17.019



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Land Use Planning Based on Ecological Priority and Geological Environment Suitability—A Case Study of Beihai City

WANG Qi-xin (China Railway Design Corporation, Tianjin 300251)

**Abstract** Beihai, as the planned core area of “Maritime Silk Road” and typical area of coastal city with fragile ecological environment, in recent years, geological environmental problems such as deterioration of ecological environment in the coastal zone, seawater intrusion, groundwater pollution led by social and economic development have become increasingly serious, scientific and rational land use planning is of great significance to promote the sustainable development of local people and nature. Based on the MapGIS platform, this study established geological environmental evaluation index system of ecological land, agricultural land and construction land respectively, and introduced the model of variable right hierarchy analysis-comprehensive index method to carry out the planning research of land use in Beihai City. The results showed that the planning area of ecological land, agricultural land and construction land occupied 43.8%, 42.1% and 14.1% of the total area respectively, and the corresponding optimization suggestions were put forward by comparing with the existing plans. The research results can provide technical support for future land use planning in Beihai City.

**Key words** Geological environment; Ecology; Land planning; Beihai City

海岸带作为人类经济活动频繁、生态系统脆弱、对全球变化响应极其敏感的区域<sup>[1]</sup>,人类活动更易引起的生态环境与地质环境恶化等负面问题。北海市作为沿海重要的经济开放城市,伴随着经济的不断发展与外来人口的大量涌入,由此引发的沿海生态环境破坏、过量开采地下水导致海水入侵等地质环境问题日益凸显<sup>[2]</sup>。

人类最早的区划源自于自然区划,土地利用区划研究就是在自然区划工作基础上进行的<sup>[3]</sup>。伴随着土地利用规划研究方法的不断创新以及对以人文因素与自然因素相互机制为基础的土地利用综合区划体系的不断完善,土地利用区划研究呈现出现代化、层次化与综合化的新趋势<sup>[4-5]</sup>。当今,土地利用规划作为经济发展前景和需要,对土地的合理使用所作出的长期安排,通常是以保障国民经济发展需求为目的编制。为了不断实现更高的经济效益与社会效益,势必导致规划建设用地面积的不断扩张,再加上土地重复利用效率不断提高,最终使得土地资源与生态环境造成不可逆转的破坏。因此,从土地利用规划角度探索实现城市发展、土地资源保护与生态文明建设的协调发展关系具有重要的科学意义。

笔者以北海市为例,在系统分析北海市生态与地质环境条件基础上,分别建立生态用地、农业用地与建设用地地质环境评价指标体系,依靠 MapGIS 平台对研究区土地利用规划开展研究,并对照现有土地利用规划提出相应的优化建议。

## 1 研究区概况

北海市地处广西南部,北部湾东北岸,南、北、西三面环海,地处 20°26′~21°55′N,108°51′~109°47′E。北海市辖 3 区 1 县,即海城区、银海区、铁山港区和合浦县,有涠洲、斜阳 2 岛(图 1)。研究区地处低纬,濒临海洋,属亚热带海洋性季风气候。地貌上大部分属河海相混合堆积平原,地形平坦开阔,西端及东北部有残丘断续分布,西北部及南部在滨海平原的前缘沿海岸分布有海积阶地。区内广泛分布第四系、第三系、泥盆系。其中,第四系、第三系以松散沉积土体为主,而涠洲岛、斜阳岛则为第四系更新统的岩浆岩。此外,合浦县内主要分布着一系列北东向的断裂构造,星岛湖周围主要分布着东西向断裂构造,北海市城区则位于新生代的南康盆地中,盆地的基底及外围发育有两组断裂带。区内地下水类型主要为以 Cl-Na 型水为主的松散岩类孔隙水、酸盐岩裂隙孔隙水以及以 HCO<sub>3</sub>·Cl-Na 型为主的基岩裂隙水。土壤类型主要分为砖红壤、水稻土、赤红壤,土壤环境质量整体良好,但存在着有益元素富集分布差异性与以老城区为中心的重金属元素污染异常带等空间特征。区内矿产资源以高岭土、石英砂、钛铁矿、陶瓷黏土等为主。地质环境问题主要以小型的崩塌、滑坡以及海水入侵为主。广西作为我国红树林面积最大的省区,其红树林主要集中在北海市的沿海地带,但近 10 年来,由于围海造地、围海养殖与砍伐等人为因素,造成红树林面积大幅锐减。

## 2 评价思路

技术路线见图 2。

**作者简介** 王齐鑫(1993—),男,安徽安庆人,助理工程师,硕士,从事水文地质、工程地质研究。

**收稿日期** 2020-04-22

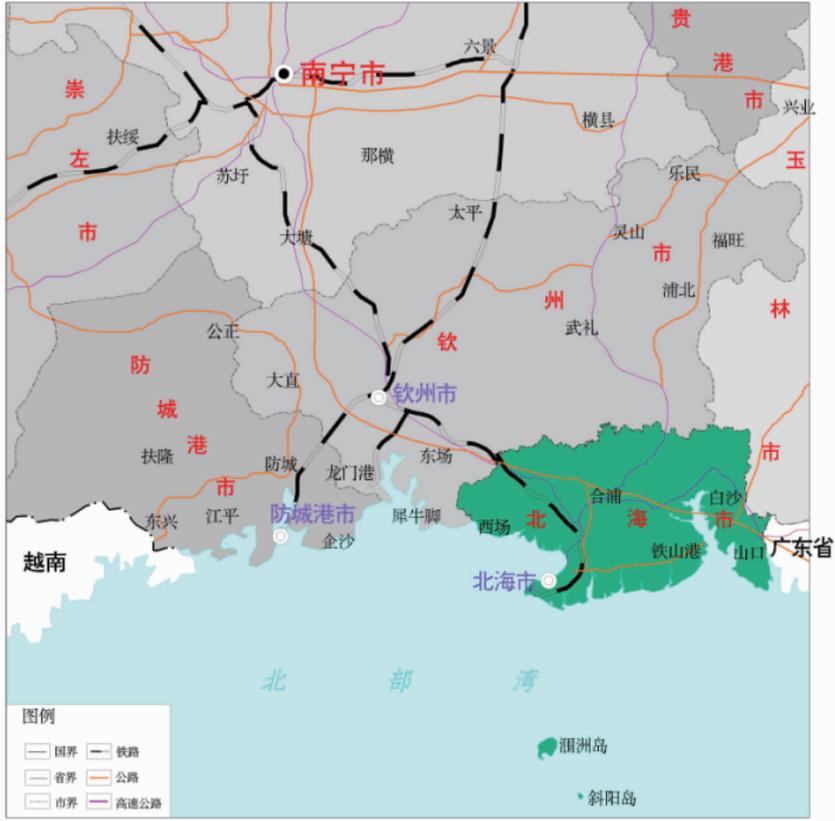


图 1 研究区位置范围

Fig. 1 The location of the study area

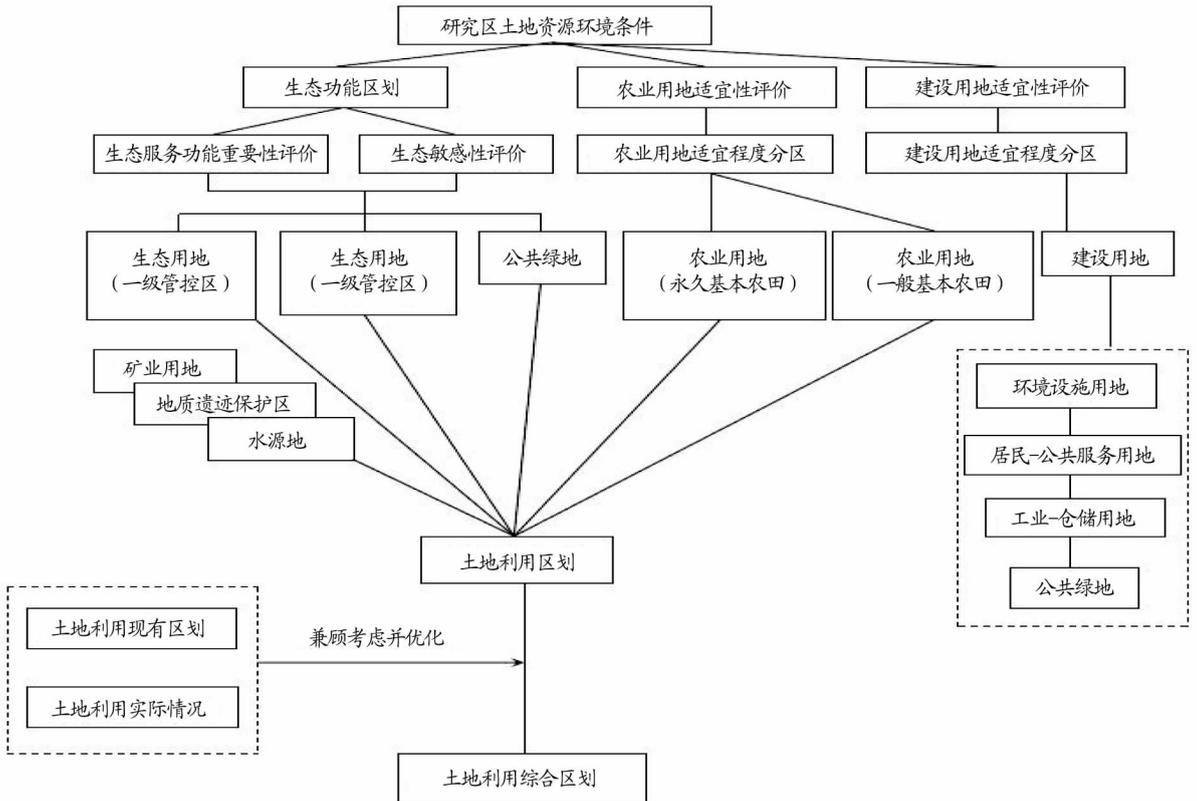


图 2 土地利用规划技术路线

Fig. 2 Flow chart for land use planning

### 3 评价过程

#### 3.1 建立评价指标体系

##### 3.1.1 生态用地评价指标体系。

(1)生态服务功能重要性评价。生物多样性是指生命形式的多样性,包括物种内、物种间、生态系统和景观的多样性<sup>[6-7]</sup>。生物多样性是生态系统的核心,支撑着全部生态系

统服务类型,生物多样性的丧失将直接影响着生态系统服务功能<sup>[8-9]</sup>。水源涵养功能是生态功能的重要组成部分<sup>[10]</sup>,水源涵养服务主要表现在截留降水、增强土壤下渗、抑制蒸发、缓和地表径流和增加降水等方面<sup>[11]</sup>。水源涵养功能的下降可导致水资源的不断枯竭<sup>[12]</sup>,进而对生态系统的稳定性造成破坏性的影响(表1)。

表1 生态服务功能重要性评价指标与生态保护级别划分标准

Table 1 The evaluation index of importance of ecological service function and the classification standards of ecological zoning

评价指标 Rating Index	生态系统服务功能 重要程度 The importance of ecological service function	分级标准 Grading standards	赋值 Value	生态保护级别(EI) The classification standards of ecological zoning	分级标准 Grading standard
生物多样性保护(EI <sub>bp</sub> ) Biodiversity protection	重要 一般 其他	自然保护区、红树林、山地、森林 地质公园、湿地公园、城市公园 其他	100 50 0	重要 一般	100 50
水源涵养(EI <sub>yy</sub> ) Water conservation	重要 一般 其他	一级饮用水保护区 二级饮用水保护区 其他	100 50 0	其他	0

(2)生态敏感性评价。研究区作为海水入侵的典型地区,海岸带滨海平原土壤含盐量较高,盐分组成以氯化物为主,且盐渍化分布集中连片;加之地势较低,排水不畅,土壤脱盐困难,造成耕地生产力十分低下<sup>[13]</sup>。因此,该研究以评价研究区土壤盐渍化风险来对研究区生态敏感性进行划分(表2)。

##### 3.1.2 地质环境适宜性评价指标体系。

(1)农业用地适宜性评价指标体系。在农业用地评价指标体系中(表3),将地貌定义为地表高低起伏的形态和外貌,因每种地貌在地形坡度、沉积物土壤和水文等形态性质上各具特点<sup>[14]</sup>,所以地貌条件是农业土地利用的基础,决定着农业土地利用的基本方向与布局;降水则是农作物生长的

主要限制因子,对于大部分地区而言,降水量增加恰当而适时,有利于农作物的生长发育,从而可以提高区域的农业生产水平;土壤的类型及其相关物理、化学、生物学特性与农作物的产量与品质有着密切的关系<sup>[15]</sup>;海水入侵的地区面临着海水淹没的风险,同时会导致种植成本过高,进而不适宜作为农业用地;土壤肥力是土壤物理、化学以及生物学性质的综合体现,是农作物生长过程中必不可少的重要支撑。这里参与评价的土壤肥力因子主要是养分因素方面,包括氮、磷、钾、锌、硒与有机质,考虑到二级因子过多会使得其他因子权重过分减小,因此将以上6种因子合并,用土壤肥力作为一个因子参与农业用地适宜性评价(表4)。

表2 盐渍化敏感性评价指标与生态敏感性分级标准

Table 2 The evaluation index of salinization sensitivity and the rating criteria of ecological sensitivity

评价指标 Rating Index	5 (极敏感) Extremely sensitive	3 (敏感) Sensitive	1 (一般敏感) Generally sensitive	权重 Weights	生态敏感性评分 The score of ecological sensitivity score	生态敏感性等级 The rating criteria of ecological sensitivity
地下水矿化度(g/L) Groundwater salinity	>25	5~25	<5	0.3	<2	一般敏感
地下水埋深(m) Groundwater depth	<1	1~5	>5	0.3	2~4	敏感
土壤质地 Soil texture	砂壤土	黏壤土、壤土	砂土、黏土	0.4	>4	极敏感

表3 农业用地适宜性评价指标与分级标准

Table 3 The evaluation index and the rating standards of suitability of agricultural land

准则层 Criterion layer	常权 权重 Constant weight	变权 权重 Variable weight	评价指标 Rating Index	5 (适宜) Suitable	3 (较适宜) Moderately Suitable	1 (不适宜) Unsuitable	常权 权重 Constant weight	变权 权重 Variable weight	适宜性评分 Suitability score	适宜性等级 Suitability level
自然地理条件 Natural geographical conditions	0.252	0.259	地貌	平原	丘陵	山地	0.121	0.125	<2	不适宜
				多年平均 年降雨量	>1 700 mm	1 400~ 1 700 mm	<1 400 mm	0.131		
地球化学条件 Geochem- ical conditions	0.637	0.638	土壤肥力	强	较强	一般	0.309	0.307	2~4	较适宜
				土壤类型	水稻土	砖红壤、 赤红壤	滨海盐土、 火山灰土	0.328		
地质环境问题 Geological environment problems	0.111	0.103	海水入侵	其他	咸水分布	已入侵	0.111	0.103		

表4 土地肥力适宜性评价指标与分级标准

Table 4 The evaluation index and the rating criteria of land fertility suitability

评价指标 Rating Index	5 (适宜) Suitable	3 (较适宜) Moderately Suitable	1 (不适宜) Unsuitable	土地肥力评分 The score of land fertility	土地肥力等级 The level of land fertility
N// $\mu\text{g/g}$	>1 000	800~1 000	<800	<2	一般
P// $\mu\text{g/g}$	>630	400~630	<400		
K//%	>1	0.63~1	<0.63	2~4	较强
Se// $\mu\text{g/g}$	>0.7	0.5~0.7	<0.5		
Zn// $\mu\text{g/g}$	>32	25~32	<25	>4	强
有机质 Organic matter//%	>1.0	0.8~1.0	<0.8		

(2)一级建设用地适宜性评价指标体系。在一级建设用地评价指标体系中(表5),由于地下水咸化往往导致地下水矿化度偏高,从而反映上水中的阴阳离子对地下基础腐蚀性的加强,进而对建筑物的安全稳定造成影响;断裂条件则反映区域的构造稳定性,建造在活动断层上的建筑物在受到地震后,地表产生重新错动而使建筑物破坏加重,因而遭到严重破坏的可能性大大增加;地质灾害易发程度越高对建筑物破坏的可能性就越大;地基土的类型直接关系到地基基础的稳定性,黏性土在荷载作用下容易产生剪切破坏,易液化土体在地震时可以导致地基失效,分布着岩溶的地区是地面塌陷的高易发区,进而严重危害着地表建筑的安全。

(3)二级建设用地评价指标体系。在二级建设用地评价指标体系中(表6),选择地下水污染程度作为评价居民-公共服务用地的指标,主要是从保障人类健康的角度出发,居

民的生活用水若采取受污染的地下水源,则对人类健康产生不利影响,可能导致区域性地方病的发生;选择地下水防污性能作为评价环境设施用地的指标,主要考虑环境设施用地作为收集污染的用地类型,在降雨量过大可能会加剧淋滤处理物质,造成有害物质逸散污染周围环境,进而进入地下水造成污染,而通过 DRASTIC 模型所评价出的防污性能较好的地区可最大降低有害物质大量溢出到地下水的可行性,因而可作为环境设施用地的备选地;选用重金属含量作为工业-仓储用地的评价指标(表7),在于工业-仓储用地往往对周围土壤环境质量产生重要影响,若选择在土壤重金属含量较高的地区布置工业-仓储用地,则有很大可能对土壤造成二次污染,导致土壤质量不断下降的恶性循环,即对其进行土壤环境修复的可能性也大大降低,从而最终导致土地功能的丧失。

表5 一级建设用地适宜性评价指标与分级标准

Table 5 The suitability evaluation index and the rating standards of building land at the first level

准则层 Criterion layer	常权 权重 Constant weight	变权 权重 Variable weight	评价指标 Rating Index	5 (适宜) suitable	3 (较适宜) Moderately suitable	1 (不适宜) Unsuitable	常权 权重 Constant weight	变权 权重 Variable weight	适宜性评分 Suitability score	适宜性等级 Suitability level
工程地质条件 Engineering geological conditions	0.642	0.646	地基土	基岩	黏土	岩溶发育	0.311	0.308	<2	不适宜
			断裂	稳定区	较稳定区	不稳定区	0.331	0.338	2~4	较适宜
地质环境问题 Geological environment problems	0.358	0.354	地质灾害	不易发区	中、低易发区	高易发区	0.358	0.354	>4	适宜

表6 建设用地二级适宜性评价指标

Table 6 The suitability evaluation index of construction land at the secondary level

土地类型 Land type	评价指标 Rating index	适宜 Suitable	较适宜 Moderately suitable	不适宜 Unsuitable
环境设施用地 Land for environmental facilities	地下水防污性能	好	一般	差
居民-公共服务用地 Residents-public service land	地下水污染程度	轻	中等	严重
工业-仓储用地 Industrial-warehousing land	土体重金属含量	各重金属指标为适宜	至少有一种重金属为较适宜	至少有一种重金属为不适宜

表7 土体重金属适宜性评价指标

Table 7 The suitability evaluation index of heavy metals in soil

评价指标 Rating index	适宜 Suitable	较适宜 Moderately suitable	不适宜 Unsuitable
Hg// $\mu\text{g/g}$	<50	50~80	>80
As// $\mu\text{g/g}$	<6	6~8	>8
Cd// $\mu\text{g/g}$	<125	125~160	>160
Ni// $\mu\text{g/g}$	<10	10~16	>16

### 3.2 评价方法

3.2.1 生态服务功能重要性评价。各评价单元生态服务功能重要性等级由依据生物多样性保护( $EI_{bd}$ )与水源涵养( $EI_{sy}$ )中的最高等级(即最大值)确定,公式如下:

$$EI = \text{Max} \{ EI_{bd}, EI_{sy} \} \quad (1)$$

式中, $EI$ 为评价单元生态重要性; $EI_{bd}$ 为生物多样性保护; $EI_{sy}$ 为水源涵养。

3.2.2 地质环境适宜性评价。为了更好地解决了加权求和中基础权重不变导致部分决策结果偏差问题<sup>[16]</sup>,引入变权-

层次分析法-综合指数法对研究区农业用地与建设用地实施适宜性评价,其具体公式如下:

$$M'_{ij} = \frac{M_j - \text{Min}}{\text{Max}_j - \text{Min}_j} \quad (2)$$

$$K_{ij} = \begin{cases} 1, S_{ij} > a_j \\ e^{-\theta(S_{ij} - a_j)}, 0 < S_{ij} < a_j \end{cases} \quad (3)$$

$$S'_{ij} = \frac{S_{ij} K_{ij}}{\sum_{i=1}^n S_{ij} K_{ij}} \quad (4)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n S'_{ij} M_{ij} \quad (5)$$

式中,  $M'_{ij}$  表示标准化处理后的第  $i$  个评价单元第  $j$  个指标的评分值;  $M_{ij}$  表示第  $i$  个评价单元第  $j$  个指标的实际评分值;  $\text{Max}_j$  与  $\text{Min}_j$  分别表示各评价单元第  $j$  个指标评分的最大值与最小值;  $K_{ij}$  表示第  $i$  个评价单元第  $j$  个指标的权重修正系数;  $\theta$  表示变权的惩罚程度,其取值越大惩罚效果越好;  $a_j$  表示  $j$  指标评分标准化值降序排列后占总数  $2/3$  处的临界值;  $S'_{ij}$  表示第  $i$  个评价单元第  $j$  个指标的权重修正值;  $S_{ij}$  表示第  $i$  个评价单元第  $j$  个指标的基础权重值,该研究  $\theta$  取值为 0.6;

$P_i$  表示第  $i$  评价单元各土地功能区的适宜性评分。

**3.3 土地利用区划原则** 针对研究区实际存在的生态风险与地质环境问题,遵循按照人类开发活动对土地资源加载负荷程度依次递增的顺序制定一级土地利用区划原则(表 8),即以优先保障生态用地为前提,在生态用地管控区外,依据地质环境适宜性高低,依次区划农业用地与建设用地;二级建设土地利用区划原则的制定则是考虑将建设用地按照接受污染、不接受不释放污染以及释放污染的顺序依次区划,即分别对应为环境设施用地、居住-公共服务用地和工业-物流仓储用地(表 9)。鉴于研究区所生产的矿产资源并不涉及国家安全、社会经济发展和不可缺少的矿业开采,并且开采难度较大以及对生态环境造成破坏影响。该研究除将分布在建设用地上矿业用地保留之外,将位于生态用地与农业用地的矿业用地直接划归为相对应的土地类型中;除将分布在建设用地上地质遗迹保护区保留之外,将位于生态用地与农业用地的地质遗迹保护区直接划归为相对应的土地类型中;将水源地直接划分为生态用地(二级管控区)中。

表 8 一级土地利用区划原则  
Table 8 The principle of land use zoning at the first level

生态服务功能等级 Ecological service function level	生态敏感性级别 Ecological sensitivity level	生态保护分区 Ecological protection zone	农业用地适宜性分区 Agricultural land suitability zoning	建设用地适宜性分区 Construction land suitability zoning	用地类型 Type of land
重要 Important	任何	重要区	任何	任何	生态用地(一级管控区)
一般 General	高度敏感 极度敏感	一般区	任何	任何	生态用地(二级管控区)
其他区 Other districts	任何	其他区	适宜区 较适宜区 不适宜区	任何 任何 适宜区 较适宜区 不适宜区	农业用地(永久基本农田) 农业用地(一般基本农田) 建设用地 建设用地 公共绿地

表 9 二级建设土地利用区划原则

Table 9 The principle of land use zoning at the secondary level

环境设施用地 Land for environmental facilities	居民-公共服务用地 Residents-public service land	用地类型 Type of land
适宜区 Suitable area	—	环境设施用地
较适宜区 Moderately suitable area	适宜区 较适宜区 不适宜区	环境设施用地 工业-物流仓储用地 环境设施用地
不适宜区 Unsuitable area	适宜区 较适宜区 不适宜区	居民-公共服务用地 居民-公共服务用地 公共绿地

**3.4 评价结果** 研究基于 MapGIS 平台,按照土地利用区划原则依次叠加各土地利用类型区划结果,并兼顾城镇发展现实需要,以及各类区划土地面积符合人均用地面积要求,优化得出研究区土地利用综合区划图(图 3)。为了更加直观对比现有规划,还将研究区现有土地利用规划(图 4)中的土地利用类型,按照图 3 中的土地利用类型进行对应合并,得到整合后研究区现有土地利用规划图(图 5)以及分别计算

各用地类型面积占比(表 10)。

表 10 研究区土地利用综合区划与土地利用规划结果对比

Table 10 Comparison of the land use planning and the comprehensive planning of land use %

用地类型 Type of land	本此区划中 各类用地占比 Proportion of various types of land in this study	现有土地利用 规划中各类 用地占比 Proportion of various types of land use in existing land use planning
生态用地 Ecological land	43.8	50.6
农业用地 Agricultural land	42.1	8.8
建设用地 Construction land	14.1	10.6
建设用地 环境设施用地	26.5	7.3
Construction land 居民-公共服务用地	17.6	72.3
工业-物流仓储用地	23.8	20.4
公共绿地	32.1	—

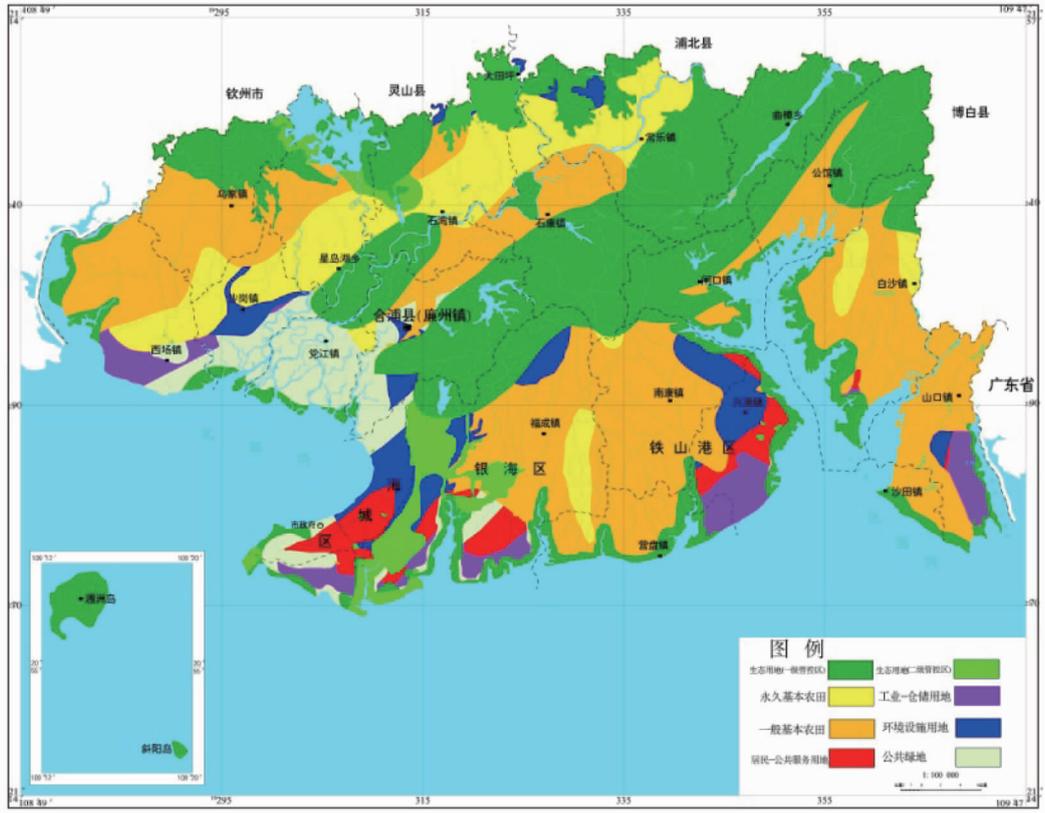


图 3 研究区土地利用综合区划

Fig. 3 The comprehensive planning of land utilization in the study area

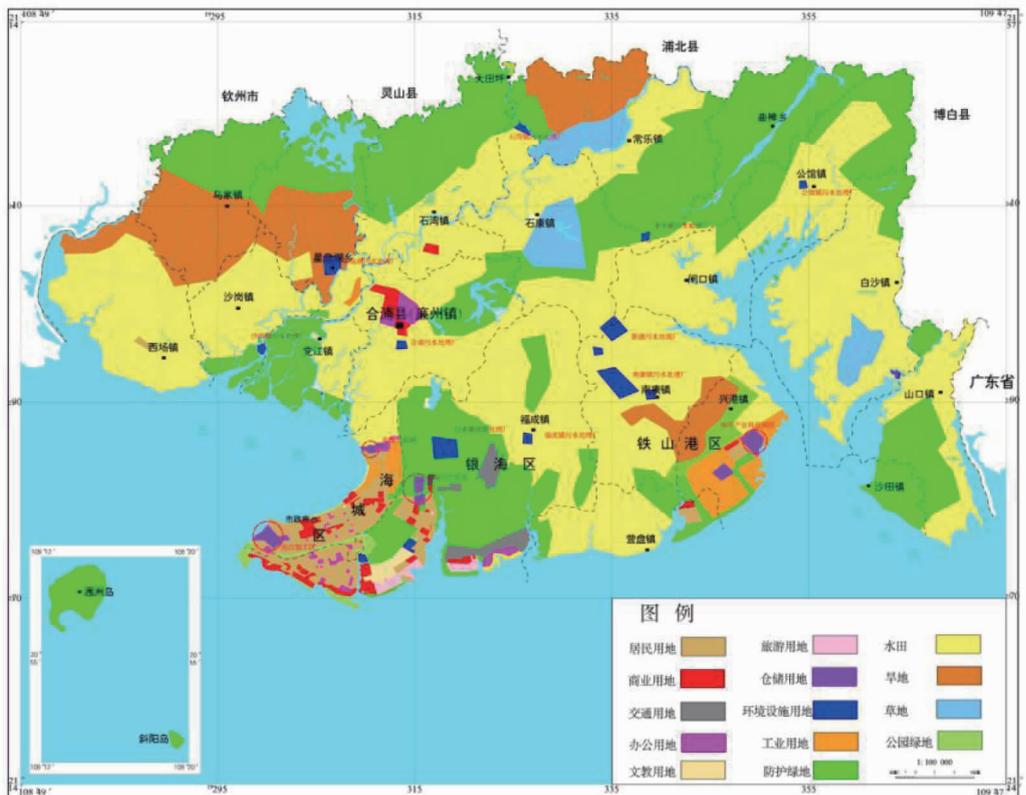


图 4 研究区土地规划(2008—2025年)

Fig. 4 Land planning for the study area (2008-2025)

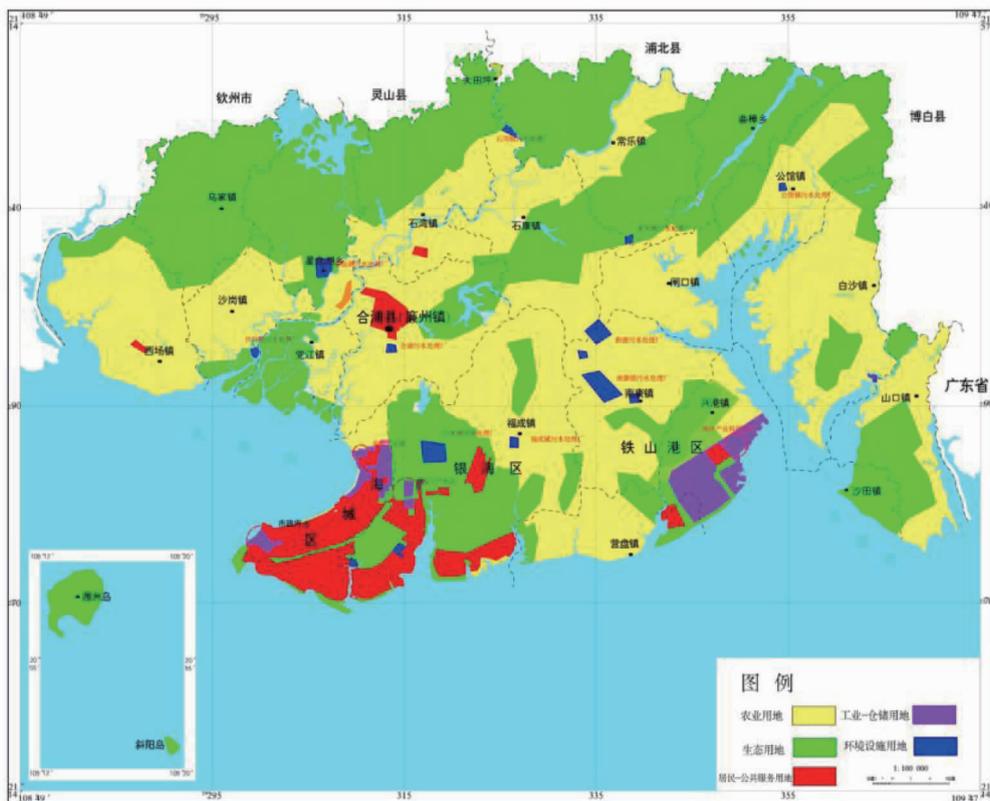


图 5 研究区土地利用规划图(整合)

Fig. 5 Land use planning in the study area(integration)

#### 4 讨论

(1) 该研究规划生态用地面积占研究区总面积 43.8%，其中主要分布在研究区的北部与中部地区，形成以自然保护区为主，水资源保护区为辅，城镇地区有斑状生态用地，水系串联组成生态廊道的格局。对比现有规划，可发现两张图的生态用地规划都大致分布于研究区的北部外围的丘陵地区与中部地区，但从研究规划可看出，合浦镇与石康镇大部分地区为生态用地，而现有规划相对应地区则为农业用地，其原因在于该地区处于自然保护区范围且土壤盐渍化极敏感区域，除此之外，该区域上存在着牛尾岭水库饮用水水源地与胡海运河东岭段饮用水水源地，可以看出这部分区域对于生物多样性以及水源涵养上都有着重要的作用，而现有规划将之划分为农业用地，在长期时间作用下，由于农业用地土壤中的有害物质积累效应可能对周围的饮用水水源地造成不利影响，从而影响保障区域水资源安全。因而，应积极实施退耕还林，充分发挥这一地区的生态功能效益。

(2) 现有规划中海城区与银海区的沿海地区大部分被建设用地所占据，由于此地区为海水入侵的高风险区，且对海岸带的生态防护功能有着至关重要的影响，并且地下水的 Cl<sup>-</sup> 含量远大于其他地区，对于工程建筑的钢筋腐蚀性有着重要影响，从而影响工程建筑的使用寿命与安全性。基于保障海岸带生态防护功能的稳定性，以及改善修复沿海地区的生态系统功能，应在距海岸线一定的范围内减少人类活动强度，划定海岸带生态防护红线，更加有利于人类与环境的可

持续发展。

(3) 现有规划中的部分环境设施用地建议调整，如沙岗镇的污水处理厂处于北部湾的入海口位置，一旦发生污染物的泄漏，将直接对附近海域水质产生严重影响，并且该位置也处于地下水防污性能较差的地区，长期使用作为环境设施用地将对地下水水质也产生污染，建议其应向北部移动，其远离入海口且地下水防污性能也增加。

(4) 现有规划中的部分工业-仓储用地建议调整，如海城区西部沿海的临海产业园区，由于该地区的汞、镉与镍含量均处于不适宜状态，因而划分为生态用地；位于临海区的临空产业园区的地下土层汞元素含量超标以及北海工业园地下土层的砷元素含量超标，但以上地区的地下水防污能力较好，因而划分为环境设施用地。

(5) 由于二级建设土地规划的优先级别问题，海城区西部的沿海地区在二级建设用地适宜性评价图中为环境设施用地，但此地区部分即可为环境设施也可为居民-公共服务用地，因此，从研究区的实际条件出发，对于居民-公共服务用地的面积的需求远大于环境设施用地，在保证一定的环境设施用地面积的前提下，将此类地区的部分环境设施用地划分为居民-公共服务用地，以满足该地区人口发展需要。

(6) 该研究规划建设用地面积占研究区总面积 14.1%，其中主要分布在研究区南部的沿海地区。由于海城区与银海区沿海地区的地质环境条件限制，大规模开发此处用地对于生态环境以及人类与地质环境关系的可持续产生不利影

响,与此相对比的是铁山港东部沿海地区地质环境条件优越,建设用地的适宜性程度较高,且可开发为环境设施用地、居民-公共服务用地以及工业-仓储用地。因此,在现实条件满足的条件下,应积极实施产业转移以及增加向此类地区的人口输入更好地发挥此类地区的土地功能。而现有的规划中,则将之划分为农业用地,则土地的经济价值大幅度降低。

(7)该研究规划农业用地面积占研究区总面积 42.1%,主要分布在研究区滨海冲洪积平原区,且该地区大部分土壤类型为水稻土,土壤的有益元素含量较高。而在现有规划中,山口镇的南部地区规划为生态用地,为了使得整个研究区的农业用地面积占补平衡以及保障区域粮食安全的角度上,并且考虑到此地区的农业用地适宜性程度较高,因而,把此地区划分为农业用地;除此之外的东部沿海地区的建设用地的适宜性条件优越,为了促进整个研究区的社会经济协调发展,因而把这部分区域划分为工业-仓储用地。

## 5 结论

(1)研究针对生态环境敏感与地质环境脆弱区域,构建生态用地、农业用地与建设用地的地质环境评价指标体系,引入变权层次分析-综合指数法开展土地利用规划研究。

(2)研究基于 MapGIS 平台,对于北海市生态用地、农业用地以及建设用地开展规划研究,重新规划面积分别占研究区总面积的 43.8%、42.1%与 14.1%。

(3)依据研究成果对北海市现有土地利用规划成果提出相应的优化建议,也为研究区今后的土地规划调整提供地学依据。

## 参考文献

[1] SEKOVSKI I, NEWTON A, DENNISON W C. Megacities in the coastal

zone: Using a driver-pressure-state-impact-response framework to address complex environmental problems[J]. *Estuarine, coastal and shelf science*, 2012, 96: 48-59.

- [2] MA C M, WU X Y, LI B, et al. The vulnerability evaluation of regional geo-environment: A case study in Beihai City, China[J]. *Environmental earth sciences*, 2019, 78(5): 18-32.
- [3] 张浩瑕, 陈佑启. 中国土地利用区划研究概况与展望[J]. *中国土地科学*, 2008, 22(5): 62-68.
- [4] GAO L, MA C M, WANG Q X, et al. Sustainable use zoning of land resources considering ecological and geological problems in Pearl River Delta Economic Zone, China[J]. *Scientific reports*, 2019(9): 16-52.
- [5] 郭娅, 濮励杰, 赵姚阳, 等. 国内外土地利用区划研究的回顾与展望[J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(6): 759-763.
- [6] 杨宝臣, 陈跃. 基于变权和 TOPSIS 方法的灰色关联决策模型[J]. *系统工程*, 2011, 29(6): 106-112.
- [7] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [8] HOLDREN J P, EHRLICH P R. Human population and the global environment: Population growth, rising per capita material consumption, and disruptive technologies have made civilization a global ecological force[J]. *American scientist*, 1974, 62(3): 282-297.
- [9] WESTMAN W E. How much are nature's services worth? [J]. *Science*, 1977, 197(4307): 960-964.
- [10] 陈东立, 余新晓, 廖邦洪. 中国森林生态系统水源涵养功能分析[J]. *世界林业研究*, 2005, 18(1): 49-54.
- [11] 肖懿, 陈圣宾, 张路, 等. 基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划[J]. *生态学报*, 2011, 31(24): 7357-7369.
- [12] 白杨, 初东, 田良, 等. 武汉城市圈的水源涵养功能重要性评价研究[J]. *地球信息科学学报*, 2014, 16(2): 233-241.
- [13] 岳耀杰, 张峰, 张国明, 等. 滨海盐碱地利用变化与优化研究: 以黄骅市“台田-浅池”模式为例[J]. *资源科学*, 2010, 32(3): 423-430.
- [14] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(7): 1008-1017.
- [15] 曹志洪. 优质烤烟生产的土壤与施肥[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991.
- [16] WILSON E O, WRIGHT A B, WARD G. The diversity of life [M]. Massachusetts: Harvard University Press, 1992.

(上接第 42 页)

和 1 位, 远远高于对照品种扬麦 20, 表明宁麦 28 不仅丰产性突出而且稳产性好; 2 年适应度均大于 90%, 居所有参试品种的第 2 位, 说明该品种对环境具有广泛的适应性, 其丰产性能不随时间、地点变化而改变。长江中下游联合体 2 年区域试验宁麦 28 产量变异系数虽略高于对照品种扬麦 20, 但其产量均值显著高于对照扬麦 20, 并且其高稳系数值 2 年平均略高于对照扬麦 20, 说明其产量稳定性较好; 2 年适应度明显高于对照扬麦 20, 表明该品种在长江中下游的江苏、安徽、浙江、湖北、河南信阳范围内同样具有较广泛的适应性。

## 参考文献

[1] 姚金保, 马鸿翔, 张鹏, 等. 小麦宁麦 26 丰产性、稳产性及适应性分析

[J]. *浙江农业科学*, 2018, 59(11): 1966-1968.

- [2] 汪红. 小麦新品种安麦 8 号丰产稳产性分析[J]. *种子*, 2018, 37(2): 123-124.
- [3] 任永康, 牛瑜琦, 逯成芳, 等. 小麦新品种太 113 丰产性、稳产性及适应性分析[J]. *农业科技通讯*, 2019(5): 114-117.
- [4] 李世平, 张哲夫, 安林利, 等. 品种稳定性参数和高稳系数在小麦区试中的应用及其分析[J]. *华北农学报*, 2000, 15(3): 10-15.
- [5] 包奇军. 早熟抗旱啤酒大麦甘啤 5 号丰产性稳产性适应性及品质分析[J]. *农业科技通讯*, 2011(11): 56-58.
- [6] 温振民, 张永科. 用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J]. *作物学报*, 1994, 20(4): 508-512.
- [7] 朱昌涛, 吕元丰, 王刚, 等. 小麦新品种平安 7 号丰产性、稳定性及适应性分析[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(11): 19-21.
- [8] 李文仓, 牛本永, 沈跃鹏. 开麦 18 丰产性、稳产性及适应性分析[J]. *中国种业*, 2006(4): 23-24.
- [9] 单福华, 张凤廷, 田立平, 等. 国审冬小麦新品种京冬 17 的选育与应用分析[J]. *小麦研究*, 2012, 33(2): 23-27.