广西沿海滩涂资源港口—工业开发的适宜性评价

林金兰，刘昕明，曹庆先，覃漉雁，赖廷和

（广西壮族自治区海洋研究院　南宁　530022）

摘要：文章以广西沿海滩涂为研究对象，以生态保护和经济发展为出发点，从生态适宜性、区位适宜性和经济发展适宜性 3 个方面构建评价指标体系，基于 ArcGIS 识别研究区潜在可开发的滩涂资源，分析其港口—工业开发的适宜性程度和空间分布特征，将研究区划分成限制开发区、适度开发区、适宜开发区 3 个等级，并提出相关开发和保护建议。结果表明：研究区潜在可利用滩涂共 39 958 hm^2，其中 25％为限制开发区，21％为适度开发区，54％为适宜开发区。适宜性分区结果呈现差异显著的区域性空间特征，可为广西沿海地市发展港口—工业产业提供决策支持。

关键词：滩涂；港口—工业开发；GIS；适宜性评价

中图分类号：X32；P74　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2015)07－0081－06

1　研究背景

自 2008 年北部湾经济区成立以来，广西沿海港口成为经济发展的重点，已初步形成了以防城港为主、钦州港和北海港共同发展的格局。据广西壮族自治区港航管理局的公开信息可知，截至 2013 年年底，广西北部湾港共有生产性泊位 241 个，其中万吨级以上泊位 66 个，最大靠泊能力 20 万 t，完成港口货物吞吐量 18 641 万 t，集装箱 100 万 TEU；2014 年 1—10 月，广西全区港口累计完成货物吞吐量 2.6 亿 t，为去年同期的 108.24％。其中，沿海港口完成货物吞吐量 1.7 亿 t，内河港口完成货物吞吐量 0.9 亿 t，分别为去年同期的 111.71％和 102.26％。《广西北部湾港总体规划》指出，近年来广西沿海港口发展迅速，推进了一系列重大项目的开工建设和临港工业的布局，但在港口布局、规划建设、安全运营等方面尚不能满足经济社会发展以及区域合作的需要，岸线、环境、土地等资源呈现日益紧张的局面。如何有效配置滩涂资源，合理规划港口工业开发区布局，解决沿海土地资源紧张问题，带动港口经济发展，是新世纪广西北部湾经济区发展的重要任务。

另外，随着海洋经济的发展，滩涂作为人类开发海洋、发展海洋经济的优先区域，人类开发的强烈需求与滩涂可持续发展之间的矛盾也愈来愈紧张[1]。特别是沿海港口群建设、运行、发展对滩涂生态环境影响日益突出，生物多样性受到严重威胁，生态环境的恶化给滩涂资源的持续利用和滩涂经济的持续发展带来了直接影响[2]。因此，如何在滩涂保护及利用之间取得平衡，优化港口开发模式，是滩涂港口开发研究面对的课题和挑战。

为了因地制宜、科学合理地利用资源，在进行开发活动前，应充分进行自然条件和社会条件的调查，并综合考虑影响区域环境保护与开发利用前景的因素，构建评价体系进行适宜性分析，为区域开发利用和规划提供参考。国内外学者对此开展了相关研究：20 世纪 60 年代以来，美国、英国、荷兰、澳大利亚等国家就开始了土地适宜性评价方面的研究。进入 20 世纪后，主要研究土地利用方式的适宜性[3]。近年来，GIS 和 Internet 技术的国家级土地信息系统建设成为了适宜性评价的重要工具，在土地利用规划与地区经济发展方面发挥了重要的决策支持作用[4－7]；国内适宜性评价起步于 20 世纪 80 年代，经过 30 多年的发展，研究的地理范畴、研究内容和技术方法都在不断拓展和创新。目前，陆域范畴的适宜性评价包括土地资源[8]、耕地开发[9]、城镇建设等[10－12]多方面研究；海域范畴包括海岸带以及海

岛，主要涉及滩涂资源开发[13]、港区建设[14]、海岛开发等[15-18]方面的适宜性研究。初期的适宜性评价侧重开发利用，而目前的评价更重视保护资源，走可持续利用之路[19]。

本文以广西沿海滩涂为研究对象，在分析2014年海岸滩涂利用现状的基础上，识别潜在可开发滩涂，考虑滩涂利用的生态脆弱性及港口－工业开发的经济需求，构建指标体系和评价方法，分析滩涂港口－工业开发的适宜性等级和分布，为广西北部湾经济区的发展和滩涂的保护及可持续利用提供科学依据。适宜性评价的技术路线如图1所示。

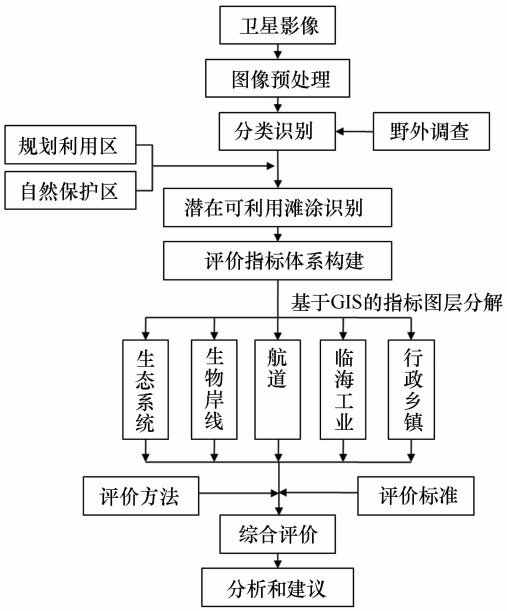


图1 技术路线

2 研究区概况

广西海岸线总长1 595 km，海岛646个，海域面积12.83万 km^2。沿岸入海河流120余条，其中南流江、大风江、钦江、茅岭江、防城江、北仑河等为常年性河流；海岸带地势总体西北高、东南低，近岸浅海属半封闭性大陆架海域，海底地形坡度平缓，等深线基本与岸线平行；附近海域的潮汐除铁山港为不正规日潮外，其余为正规日潮，潮差较大；潮流类型主要是往复流，波浪随季节变化十分明显。

广西海洋资源丰富，开发潜力大。海岸线迂回曲折，港湾水道众多，现有岸线资源可建成上百个万吨级深水泊位，年吞吐能力可达6亿t以上；鱼类资源500多种，虾蟹类220多种，浅海有主要经济鱼类50多种、经济虾蟹类10多种，是我国著名的珍珠产地；沿海地区和海上风能、潮汐能丰富，海洋能源的总储量达92万kW；滨海湿地分布广、类型多，总面积达2 076 km^2。

3 适宜性分区评价

3.1 遥感解译

从学术角度来看，海洋滩涂就是潮间带，指大潮高潮线与大潮低潮线之间海水周期性淹没的地带[20]。而从开发利用角度看，广义的滩涂还包括潮上带和潮下带可供开发利用的部分[21]。《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》根据底质类型将中国海岸分为河口岸、基岩岸、砂砾质岸、淤泥质岸、珊瑚礁岸和红树林岸等6种基本类型[22]。沿海滩涂形态错综复杂，国内外至今没有一个统一的分类标准。本文根据滩涂利用情况和开发用途，将研究区历史上及现有的海岸滩涂资源分成两大类8小类：已开发利用类，包括工业、城镇、公共、交通、农业和其他用地；未开发利用类，包括生物滩涂和光滩。

选取2014年国产高分一号影像（2 m分辨率），通过几何精校正、影像融合、影像增强处理等影像预处理，选用WGS84坐标系、高斯－克里格投影、111°中央经线、1985国家高程基准作为影像数据地理基础，基于ERDAS和ENVI软件进行人机交互解译，并结合野外核查与精度验证，解译出2014年研究区的海岸滩涂利用现状（表1）。

3.2 潜在可利用滩涂识别

在得知研究区光滩分布的基础上，运用GIS叠加规划建设区和海洋自然保护区范围，选取不相交部分为潜在可开发利用滩涂，即扣除已经规划利用和保护的滩涂资源。根据《广西北部湾经济区发展规划》《广西北部湾港总体规划》《广西海洋功能区划（2011－2020）》、北海、钦州和防城港沿海3市的城市总体规划等资料，可知研究区潜在可开发利用滩涂共39 958 hm^2，其中离岸滩涂面积为26 087 hm^2，近岸滩涂为13 871 hm^2，主要分布在防城港江山半岛东岸、企沙半岛东岸、钦州三娘湾、北海西场、廉州湾、营盘等地。

表 1　研究区海岸滩涂开发利用现状解译结果

一级类	二级类	对应解译结果	面积/hm^2	比例/%
已开发利用类	工业用地	工业仓储用地	3 783.0	4.0
	城镇用地	城镇住宅用地	81.4	0.1
	公共用地	文体娱乐、风景名胜	11 031.1	11.3
	交通用地	公路、港口码头、跨海桥梁	1 093.4	1.1
	农业用地	虾塘等养殖用地	7 457.4	7.6
	其他用地	建设空闲地	1 555.8	1.6
未开发利用类	生物滩涂	红树林、海草、盐沼草、珊瑚礁	11 140.9	11.4
	光滩	光滩	61 390.6	62.9
合计			97 533.6	100.0

3.3　指标体系构建

3.3.1　指标选取

在吸收多位学者的研究[2,14,23-27]经验的基础上，结合广西沿海独特的区域环境，从生态适宜性、区位适宜性和经济发展适宜性 3 个方面，按照数据可获性、代表性、全面性等原则构建评价指标体系（表 2）。其中，生态适宜性指标反映滩涂周围生态环境状况对其开发建设活动的限制作用，基于生态保护原则，选择与重要生态系统、生物海岸的距离为评价指标；区位适宜性反映滩涂建设开发的区域限制，考虑建设开发活动不得侵占或影响船舶停靠和通行，选择与离航道的距离为评价指标；经济发展适宜性反映影响研究范围内滩涂建设开发的社会经济要素，考虑到沿海经济活动的开发与规模集聚、货运量、交通便利程度等息息相关[28]，选择与周围行政乡镇、临海工业区、主要交通干道的距离为评价指标。

表 2　滩涂港口－工业开发适宜性评价指标体系　　km

指标体系		标准化分级赋值			
准则层	指标层	1	3	5	7
生态适宜性(0.58)	距重要生态系统距离(0.875)	<0.5	0.5～1	1～2	>2
	距生物海岸距离(0.125)	<0.5	0.5～1	1～2	>2
区位适宜性(0.11)	距航道距离(1)	<0.1	0.1～0.2	0.2～0.5	>0.5
经济发展适宜性(0.31)	距主要交通干道距离(0.243)	>15	10～15	5～10	<5
	距临海工业距离(0.669)	>10	5～10	2～5	<2
	距行政乡镇距离(0.088)	<6	6～10	10～15	>15

注：括号内数值为指标对应权重．

3.3.2　指标权重确定

结合层次分析法[29]和德尔菲法，咨询多位海洋生态评价和资源开发、利用等研究领域的专家意见确定专家调查表。以匿名、多次反馈的方式邀请专家确定指标的重要性程度，构建指标比较判断矩阵，作为滩涂建设开发适宜性评价指标权重的重要依据。根据层次分析法计算特征根和一致性指标，结果显示各层次指标均通过一致性检验。

3.3.3　数据标准化分级

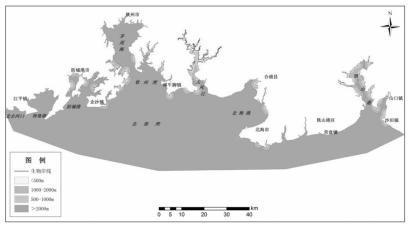
为了统一各指标量纲，使其具有可比性，因此需对各指标进行标准化处理，按其属性或者数量特征分成 4 个等级，分别赋值为 1、3、5、7。

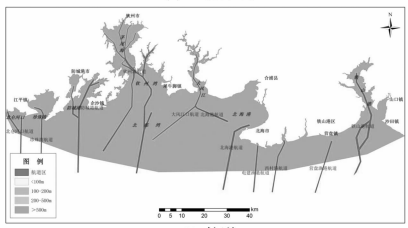
3.4　指标信息提取

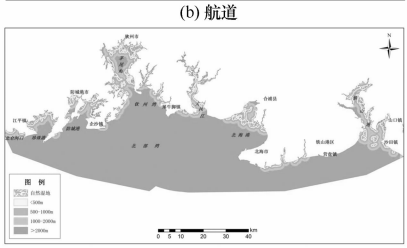
以遥感解译后的滩涂利用现状图为底图，基于 Arcgis10.0 软件，绘制各指标图层，并建立属性数据。数据来源包括：遥感解译结果、广西岸线资料、广西海洋功能区划矢量图层、广西各市

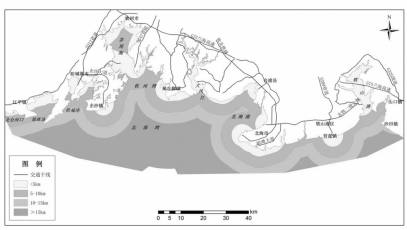
县行政区划图、广西及沿海 3 市的港口规划资料。

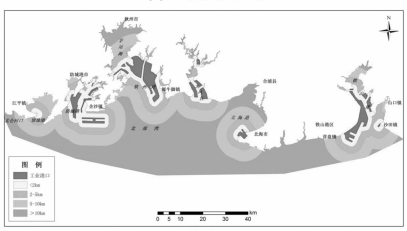
按照指标分级标准，利用 Arcgis Spatial analyst 模块的邻域分析工具，分别对 6 个指标图层进行多环缓冲分析，6 个指标的分级结果见图 2 所示。


(a) 生物岸线


(b) 航道


(c) 重要生态系统


(d) 主要交通干道


(e) 临海工业

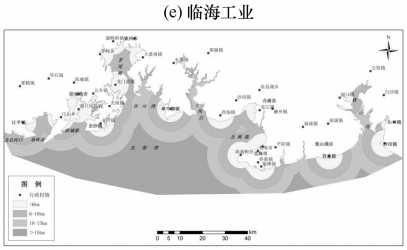

(f) 行政乡镇

图 2 适宜性评价指标分级结果图

3.5 综合评价

按照指标权重对各指标缓冲分析结果进行空间加权叠加运算；叠加潜在可利用滩涂分布获取其综合评价分值；根据 Arcgis 自然间断点分类法(Natural Break)，将加权叠加结果按分值从低到高分成限制开发、适度开发、适宜开发 3 个区域，分别对应低、中、高 3 个等级(图 3)。其中，限制开发区指包含或靠近自然生态系统，应为优先保护的区域；适度开发区指距自然生态系统有一定距离，具备开发条件，应为保护和发展并重的区域；适宜开发区指远离自然生态系统，具有经济发展优势，应为优先开发的区域。

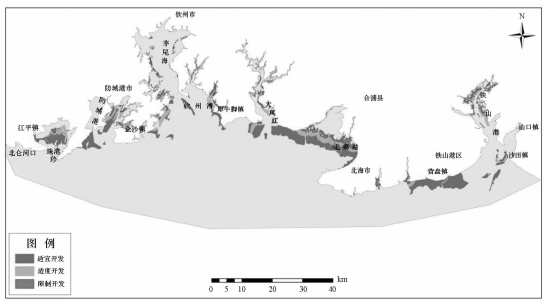


图 3 潜在可开发利用滩涂港口－工业开发适宜性分区

4 结果分析

4.1 滩涂利用现状分析

目前，研究区有已开发利用类滩涂 25 002.06 hm^2，约占 25%，滩涂的总体利用程度不高；各开发类型占比不一，从高至低依次排序为：公共用地、农业用地、工业用地、其他用地、交通用地、城镇用地，主要利用方式为开发程度不高的服务业(文体娱乐、风景名胜用地)和农业(围塘养殖)；工业、交通、城镇等填海造地类建设用地近年来发展迅猛，特别是港口码头、临港工业的开发，主要分布在城市功能定位依托于港口开发和临港工业发展的防城港和钦州。未开发利用类滩涂共有 72 531.5 hm^2，占 74.4%，以光滩为主，65%为离岸滩涂，主要分布在北海市；而生物类滩涂中红树林最多，在沿岸均有分布，海草和盐沼数量较少，珊瑚礁主要分布在涠洲岛、斜阳岛沿岸。

4.2 适宜性评价结果分析

(1)根据适宜性分区评价结果，统计研究区不

同岸段的适宜性等级和分布见表 4。由表 4 可知：潜在可利用滩涂中，限制开发区 9 929.9 hm^2，占 25%，主要分布在铁山港、南流江区和茅尾海。满足港口－工业开发的滩涂面积为 30 028.2 hm^2，占 75%。其中，适度开发区 8 442.35 hm^2，占 21%，主要分布在铁山港、南流江区和防城港东湾；适宜开发区 21 585.8 hm^2，占 54%，主要分布在北海营盘区和大风江区；防城港西湾、北仑河口、涠洲岛和斜阳岛不适宜开展港口－工业区开发。

表 3　研究区滩涂港口－工业开发适宜性分区信息

hm^2

评价单元	限制开发区	适度开发区	适宜开发区
铁山港	1 843.7	1 105.8	972.7
北海营盘区	90.5	239.8	5 411.3
北海市区	451.4	2.7	—
廉州湾	302.8	401.0	1 420.5
南流江区	1 722.4	1 770.7	2 318.5
大风江区	675.3	687.1	3 486.3
三娘湾	312.5	517.7	1 771.8
钦州港	595.7	474.6	483.9
茅尾海	1 014.6	448.5	204.2
企沙半岛区	274.0	831.9	758.6
防城港东湾	513.2	1 055.4	1 263.2
防城港西湾	1.5	—	—
江山半岛区	4.5	9.1	1 686.5
珍珠湾区	531.1	898.2	1 803.2
金滩区	—	—	5.1
北仑河口、涠洲岛斜阳岛	1 596.5	—	—
总计	9 929.85	9 929.9	8 442.4

(2)研究区滩涂港口－工业开发适宜性分区由陆向海呈现“限制开发区－适度开发区－适宜开发区”的分布特征，这是因为红树林、海草床等重要生态系统主要分布在近岸滩涂，考虑到对自然湿地的生态保护，因此近岸滩涂多为限制开发区，适度开发区处于限制开发区和适度开发区之间，起到一定的缓冲保护作用，属于生态敏感性过渡地带，适宜开发区作为优先建设区，引导研究区沿海经济发展。

(3)不同开发适宜等级的滩涂面积由少到多依次为“限制开发区、适度开发区、适宜开发区”，这是由于近岸滩涂的利用类型较为丰富，尤其是受人类活动的影响，近岸滩涂的开发程度要远大于离岸滩涂，因此近岸滩涂分布较为零散破碎，导致限制开发区面积较小。而离岸滩涂人类活动涉及较少，多为光滩，分布较为集中，因此适宜开发区的面积最大。

5　结论和建议

本文基于集约节约利用、保护开发并重的原则，构建较为合理的评价方法体系广西北沿海滩涂港口－工业开发的适宜程度。评价指标体系涉及生态保护、区位发展条件等基础限制因子，评价方法具备实际操作性。

《广西北部湾港总体规划》对研究区的功能定位为：满足腹地经济及临港产业对以矿石、集装箱、石油、煤炭等大宗货物为主的货物运输需求及休闲旅游需要。规划广西北部湾港形成由渔澫港区和企沙西港区组成的矿石运输系统；由大榄坪港区（钦州保税港区）、渔澫港区、石步岭港区组成的集装箱运输系统；由企沙西港区、金谷港区、铁山港西港区构成的煤炭运输系统；由金谷港区、大榄坪港区、铁山港西港区构成的石油及油品运输系统；以石步岭港区为主，马鞍岭、三娘湾等共同发展的北部湾休闲、旅游、客运系统。在识别可开发利用滩涂的基础上，有必要根据不同岸段实际发展需求和相关规划设计，合理确定港口－工业发展的具体模式；另外，建议各类型开发模式在具体建设实施时，结合开发模式带来的经济、社会效益等因素，根据所在区域地形地貌、经济发展需求、海洋功能定位、港口和工业发展的饱和度或利用率等来全面考量，以及考虑各开发模式建立后带来的环境影响，做足前期调查评价，并设计、采取相应的环境保护措施。

参考文献

[1]　王芳，朱跃华．江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J]．资源科学，2009，31(4)：619－628.

[2] 刘波，成长春．基于滩涂资源生态保护的江苏沿海港口群开发模式研究：以盐城港口群开发为例[J]．国土与自然资源研究，2011(6)：33－35.

[3] SMITH C S，MCDONAL G T. Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage[J]. Journal of Environmental Management，1998，52:15－37.

[4] AHAMED T R N,RAO K G，MURTHY J S R. GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis[J]. Agricultural Systems，2000，63(2)：75－95.

[5] Kalogirous. Expert systems and GIS：an application of land suitability evaluation[J]. Computers，Environment and Urban Systems，2002，26(2－3)：89－112.

[6] MALCZEWSKI J. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers：GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation，2006(8)：270－277.

[7] SHARMA T,CARMICHAEL Jeff,KLINKENBERG B. Integrated modeling for exploring sustainable agriculture futures [J]. Futures，2006，38:93－113.

[8] 张晓萍，李锐，杨勤科．基于 RS/GIS 的生态脆弱区土地利用适宜性评价[J]．中国水土保持科学，2004，2(4):30－36.

[9] 牟磊，高敏华，王新军．灰色关联分析在耕地适宜性评价中的应用:以新疆巴州尉犁县为例[J]．安徽农业科学，2006，34(10)：2241－2243.

[10] 邹俊毅．外迁移民安置区适宜性评价:以雅安市天全县为例[D]．成都:四川农业大学，2007.

[11] 孙华芬，赵俊三，潘邦龙，等．基于 GIS 和 BP 神经网络技术的建设用地适宜性评价研究[J]．国土资源科技管理，2008(1)：112－116.

[12] 黄宇，罗智勇，杨武年．基于 GlS 的城市居住适宜评价研究[J]．测绘科学，2008,33(1)：126－129.

[13] 王繁，周斌，徐建明．海涂土地资源适宜性空间分析与优化开发模式研究[J]．农业工程学报，2008，24(1)：119－123.

[14] 吕霞，陆明生．港口建设用地生态适宜性评价指标体系的建立与应用[J]．交通标准化，2008(1)：112－116.

[15] 李金克，王广成．海岛可持续发展评价指标体系的建立与探讨[J]．海洋环境科学，2004，23(1):54－57.

[16] 周琳，吴克宁．无居民海岛旅游开发可行性评价[J]．资源与产业，2006，8(3)：61－64.

[17] 吴珊珊，林忠，齐连明．旅游用无居民海岛定量评价及等级划分研究[J]．海洋开发与管理，2006，23(6)：137－140.

[18] 王介勇，刘彦随，张富刚．海南岛土地生态适宜性评价[J]．山地学报，2007，25(3)：290－294.

[19] 史同广，郑国强，王智勇，等．中国土地适宜性评价研究进展[J]．地理科学进展，2007，26(2)：106－115.

[20] 赵一平．大连市沿海滩涂资源现状及其开发利用[J]．海洋开发与管理，2005，22(3)：102－106.

[21] 魏有兴，王震，张长宽．沿海滩涂开发研究综述[J]．水利水电科技进展，2010，30(5):85－89.

[22] 《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》编写组．全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程[M]．北京:海洋出版社，1986：40－49.

[23] 宗跃光，王蓉，汪成刚，等．城市建设用地生态适宜性评价的潜力—限制性分析:以大连城市化区为例[J]．地理研究,2007,26(6):1117－1127.

[24] 孙伟，陈雯．市域空间开发适宜性分区与布局引导研究:以宁波市为例[J]．自然资源学报,2009，24(3)：402－413.

[25] 黄沛，丰爱平，吴桑云，等．基于 GIS 的港口功能适宜性评价模型构建研究[J]．海洋开发与管理,2010,27(1)：31－35.

[26] 陈鹏，顾海峰，吴剑，等．海岛港口开发利用与保护适宜性分区评价:以大亚湾岛群为例[J]．海洋环境科学,2013，32(4):614－618.

[27] 陈君，张长宽，林康，等．江苏沿海滩涂资源围垦开发利用研究[J]．河海大学学报:自然科学版，2011，39(2):213－219.

[28] 许树柏．层次分析法原理[M]．天津:天津大学出版社，1998:118－119.

[29] 赵红．层次分析法在定量分析中的应用[J]．中国公共安全:学术版,2010(1):134－136.