

资源环境承载能力和国土空间开发 适宜性评价技术指南 (征求意见稿)

自然资源部国土空间规划局

2019 年 1 月 18 日

前 言

资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价是国土空间规划编制的重要基础。按中央要求，在资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的基础上，科学有序统筹布局生态、农业、城镇等功能空间，划定生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界等空间管控边界以及各类海域保护线，强化底线约束，为可持续发展预留空间。

为确保资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的科学性、规范性和可操作性，编制本技术指南。

本技术指南重点阐述资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的技术流程、单项评价及指标算法、集成评价与综合方法等技术要点，主要包括：总则、陆域双评价、海域双评价、陆海统筹、附则 5 部分。

本技术指南起草单位：中国科学院地理科学与资源研究所、中国国土勘测规划院、国家海洋信息中心、中国科学院生态环境研究中心、生态环境部环境规划院、水利部水利水电规划设计总院、清华大学、中国城市规划设计研究院、中国地质调查局、中国自然资源经济研究院、自然资源部经济管理科学研究所。

目 录

前 言.....	1
1 总 则.....	1
1.1 基本概念	1
1.2 评价原则	1
1.3 技术流程	2
2 陆域双评价.....	4
2.1 资源环境承载能力评价	4
2.1.1 单要素评价	4
2.1.2 集成评价	25
2.2 国土空间开发适宜性评价	30
2.2.1 农业生产适宜性评价	30
2.2.2 城镇建设适宜性评价	33
3 海域双评价.....	44
3.1 资源环境承载能力评价	44
3.1.1 单要素评价	44
3.1.2 集成评价	54
3.2 海洋空间开发适宜性评价	57
3.2.1 渔业资源利用适宜性评价	57
3.2.2 港口航运用海适宜性评价	61
3.2.3 工业利用用海适宜性评价	64
4 陆海统筹.....	69
5 附 则.....	70
5.1 基础数据获取	70
5.2 适用范围	72
附录.....	74

1 总 则

1.1 基本概念

资源环境承载能力是一定国土空间内自然资源、环境容量和生态服务功能对人类活动的综合支撑水平。资源环境承载能力评价是对自然资源禀赋和生态环境本底的综合评价，确定国土空间在生态保护、农业生产、城镇建设等不同功能指向下的承载能力等级。

国土空间开发适宜性是指国土空间对城镇建设、农业生产等不同开发利用方式的适宜程度。国土空间开发适宜性评价是在资源环境承载能力评价的基础上，评价其进行城镇建设、农业生产的适宜程度。

1.2 评价目标

开展资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价，需紧紧围绕支撑服务国土空间规划编制这一核心目标，在确定承载能力等级和适宜程度的基础上，甄别评价区域资源环境的突出问题，揭示不同区域资源环境的限制性因素，明确空间发展的潜力规模及分布范围，并提出相关措施建议。

1.3 评价原则

尊重自然和科学规律。评价应体现尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念，充分考虑土地、水、生态、环境等资源环境禀赋条件，统筹把握自然生态整体性和系统性，集成反映各

要素间相互作用关系，客观全面地评价资源环境本底状况。

突出评价针对性。评价应紧紧围绕国土空间规划的目标，确定双评价技术路线。根据生态、农业、城镇不同功能指向和承载对象，遴选差异化评价指标，设置能够凸显地理区位特征、资源环境禀赋等区域差异的关键参数，因地制宜地确定指标、算法和分级阈值。

适应新发展阶段。按照生态文明建设要求，落实新发展理念和“以人民为中心”的发展思想，满足高质量发展、高品质生活对空间发展和治理的现实需求。

注重评价操作性。评价应尽可能简化，选择最少最有代表性的指标。加强与相关数据基础的统筹衔接，做到评价数据可获取、评价方法可操作、评价结果可检验，确保管用、好用、适用。

1.4 技术流程

严格遵循评价原则，围绕生态保护、农业生产、城镇建设要求，构建差异化评价指标体系，以定量方法为主，以定性方法为辅，全面摸清并分析国土空间本底条件，评价过程中应确保数据可靠、运算准确、操作规范以及统筹协调，为科学划定“三区三线”奠定坚实基础。技术流程包括：

第一步，资源环境承载能力单要素评价。按照评价对象和尺度差异遴选评价指标，从土地资源、水资源、环境、生态以及灾害等陆域自然要素，以及资源、环境、生态、灾害等海洋自然要素分别开展陆域和海域资源环境要素单项评价。

第二步，资源环境承载能力集成评价。根据资源环境要素单项评价结果，分别开展陆域和海域集成评价，陆域集成评价生态、农业、城镇不同功能指向下的陆域资源环境承载（保护）等级，海域集成评价生态、渔业资源利用、港口航运功能以及工业利用不同功能指向下的海域资源环境承载（保护）等级，综合反映国土空间自然本底条件对人类生活生产活动的支撑能力。

第三步，国土空间开发适宜性评价。分别开展陆域和海域国土空间适宜性评价。根据农业和城镇承载等级评价结果，分别划分农业生态和城镇建设备选区，结合农业生产和城镇建设适宜性评价指标，从备选区中进一步识别并划分农业生产和城镇建设的适宜区、一般适宜区和不适宜区。根据海域渔业资源利用、港口航运功能以及工业利用承载等级评价结果，分别划分渔业资源利用、港口航运功能以及工业利用备选区，结合相应的适宜性评价指标，从备选区中进一步识别并划分渔业资源利用、港口航运功能以及工业利用的适宜区、一般适宜区和不适宜区。

第四步，陆海统筹。在海洋承载能力评价基础上，将海洋建设开发条件、海洋生态重要性和海洋灾害风险三个指标的评价结果，分别与对应的陆域沿海评价中的土地资源、生态和灾害评价的结果进行复合，调整沿海区域对应指标的评价值，统筹陆域和海域承载能力。

2 陆域双评价

2.1 资源环境承载能力评价

2.1.1 单要素评价

围绕生态保护、农业生产、城镇建设功能指向的差异化要求，结合不同层级空间规划评价精度需求，从土地资源、水资源、环境、生态以及灾害等自然要素，构建差异化评价指标体系，逐项开展资源环境要素单项评价。

表 2-1 陆域资源环境承载能力评价指标体系

功能指向	自然要素					备注
	土地资源	水资源	环境	生态	自然灾害	
生态保护	—	—	—	生态系统服务功能重要性：水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护等；生态敏感性：水土流失、石漠化、土地沙化、盐渍化等 ^[1]	—	^[1] 针对区域生态特征与问题选择具体指标。
农业生产	农业耕作条件：坡度 高程	水资源丰度：降水量 水资源可利用量	农业生产气候和环境条件：光热条件 土壤环境容量	—	气象灾害风险：干旱 洪水 寒潮	—
城镇建设	城镇建设条件：坡度 高程	水资源丰度：降水量 水资源可利用量	城镇建设环境条件：大气环境容量 水环境容量	—	地震危险性：活动断裂；地质灾害危险性：崩塌、滑坡、	^[2] 地震和地质灾害危险性指标主要用于市

					泥石流等 [2]	县层面 评价。
--	--	--	--	--	-------------	------------

注：全国层面评价建议以 100m×100m 栅格为基本单元进行分项评价，省级层面评价建议以 50m×50m 栅格为基本单元进行分项评价，市县层面建议优先使用矢量数据进行分项评价，或以 20m×20m~30m×30m 栅格为基本单元进行评价，在地形条件复杂或幅员较小的区域可提高评价精度。

2.1.1.1 土地资源评价

土地资源评价主要表征区域土地资源对农业生产、城镇建设的可利用程度。针对农业功能和城镇功能指向，分别采用农业耕作条件、城镇建设条件作为评价指标，通过坡度、高程综合反映。

(1) 评价方法

1) 农业功能指向的土地资源评价

$$[\text{农业耕作条件}] = f([\text{坡度}], [\text{高程}]) \quad (2.1.1)$$

[农业耕作条件]是指农业生产的土地资源可利用程度，需具备一定的坡度、高程等条件。对于地形条件复杂的地区，还可考虑坡向、坡型、地形部位等因素。

2) 城镇功能指向的土地资源评价

$$[\text{城镇建设条件}] = f([\text{坡度}], [\text{高程}]) \quad (2.1.2)$$

[城镇建设条件]是指城镇建设的土地资源可利用程度，需具备一定的坡度、高程等地形条件。对于地形起伏剧烈的地区，如西南喀斯特地貌区，还应考虑地形起伏度指标。

(2) 评价步骤

第一步：图件制备与叠加处理。将数字地形图转换为栅格图，栅格大小可根据实际情况确定，一般用于全国层面空间规划的栅格精度为 100m×100m 格网，省级层面的栅格精度为 50m×50m 格

网，县级层面的栅格精度为 $20\text{m} \times 20\text{m} \sim 30\text{m} \times 30\text{m}$ 格网。将数字地形图以土地利用现状图为参照进行投影转换，对每幅图进行修边处理，供数据提取和空间分析使用。

第二步：地形要素空间分析。基于数字地形图，计算栅格单元的坡度，按 $<3^\circ$ 、 $3 \sim 8^\circ$ 、 $8 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 25^\circ$ 、 $>25^\circ$ 生成坡度分级图。各地可根据地形地貌特点，结合垂直地带性林草界线、农牧界线、种植业熟制等确定地形高程分级阈值，全国层面按 $<1000\text{m}$ 、 $1000 \sim 2000\text{m}$ 、 $2000 \sim 3000\text{m}$ 、 $3000 \sim 4000\text{m}$ 、 $>4000\text{m}$ 生成海拔高度分级图。

第三步：土地资源评价与分级。以坡度分级结果为基础，结合高程，将土地资源的可利用程度划分为高、较高、中等、较低、低 5 种类型。高程 $>4000\text{m}$ 的区域，将坡度分级降 2 级作为农业和城镇土地资源等级；高程在 $3000 \sim 4000\text{m}$ 之间的，将坡度分级降 2 级作为农业土地资源等级，降 1 级作为城镇土地资源等级；高程在 $2000 \sim 3000\text{m}$ 之间的，将坡度分级降 1 级作为农业土地资源等级；高程在 2000m 以下的，采用坡度分级作为农业和城镇土地资源等级。

第四步：地形复杂地区评价结果修正。在地形起伏剧烈的地区，进一步通过地形起伏度指标对城镇土地资源等级进行修正。基于栅格精度为 $20\text{m} \times 20\text{m} \sim 30\text{m} \times 30\text{m}$ 的格网，通过栅格与邻域栅格的高程差计算地形起伏度，邻域范围通常采用 8 邻域，各地可根据地形地貌特点进行调整。对于地形起伏度 $>200\text{m}$ 的区域，

将坡度分级降 2 级作为城镇土地资源等级；地形起伏度在 100~200m 之间的，将坡度分级降 1 级作为城镇土地资源等级。

(3) 评价成果

对坡度、高程等指标进行评价，编制要素分级评价图、统计表。分析区域地形、地貌特点及其对农业耕作条件、城镇建设的影响。分别编制农业耕作、城镇建设条件空间分布图、统计表，并刻画可利用程度的空间分异特征。

2.1.1.2 水资源评价

水资源评价主要表征区域水资源对农业生产、城镇建设的保障能力。针对农业功能和城镇功能指向，通过区域水资源的丰富程度反映。¹

(1) 评价方法

$$[\text{水资源丰度}] = f([\text{降水量}], [\text{水资源可利用量}]) \quad (2.1.3)$$

[水资源丰度]是指区域水资源的丰富程度，通过降水量和水资源可利用量综合反映。

(2) 评价步骤

第一步：降水量评价。基于区域内及邻近地区气象站点长时间序列降水观测资料，通过空间插值得到格网尺度的多年平均降水量数据，一般可按照>1200mm、800~1200mm、400~800mm、200~400mm、<200mm 划分为很湿、湿润、半湿润、半干旱、干旱 5 个等级。

¹ 水资源评价由水利部水利水电规划设计总院提供技术支撑，在地方数据难以满足指南评价方法实现的情况下，可以对评价方法进行适当简化，采用降水量、本地水资源量等指标进行评价。

第二步：水资源可利用量评价。以重要河流水系为评价单元，计算水资源可利用量，通过生态环境保护和水资源可持续利用前提下可供河道外经济社会系统开发利用消耗的最大水量（按不重复水量计）反映，划分丰富、较丰富、一般、较不丰富、不丰富 5 个等级。

第三步：水资源评价与分级。取降水量、水资源可利用量两项指标中相对较好的结果，确定水资源丰富、较丰富、一般、较不丰富、不丰富 5 个等级。评价中可根据实际需要，选取差异化的分级阈值标准。已有大中型蓄引提调等水资源开发利用工程的，可根据工程规模和能力适度提高受水区水资源评价等级。同时，考虑不同区域的水资源配置条件和管控要求，结合流域水资源供给保障状况对评价结果进行调整。

（3）评价成果

对降水量、水资源可利用量等指标进行评价，编制要素分级评价图、统计表。分析区域降水、河流特点及其对农业生产、城镇建设的影响。分别编制水资源丰度空间分布图、统计表，并刻画其空间分异特征。

2.1.1.3 环境评价

环境评价主要表征区域环境系统对经济社会活动产生的各类污染物的承受能力，以及光照、热量、通风等环境条件对城镇建设、农业发展的支撑能力。针对农业功能和城镇功能指向，分别采用农业生产气候和环境条件、城镇建设环境条件作为评价指

标，通过大气、水、土壤环境容量以及光热条件综合反映。

(1) 评价方法

1) 农业功能指向的环境评价

$$[\text{农业生产气候和环境条件}] = f([\text{光热条件}], [\text{土壤环境容量}]) \quad (2.1.4)$$

[农业生产气候和环境条件]是指环境系统对农业发展的支撑能力；[光热条件]是指自然气候条件对农业生产的支撑能力，通过 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温反映；[土壤环境容量]是指自然环境承纳重金属等主要土壤污染物的能力，通过土壤污染风险等级高低反映。

2) 城镇功能指向的环境评价²

$$[\text{城镇建设环境条件}] = f([\text{大气环境容量}], [\text{水环境容量}]) \quad (2.1.5)$$

[城镇建设环境条件]是指环境系统对城镇建设的支撑能力；[大气环境容量]、[水环境容量]是指自然环境承纳主要大气、水污染物的能力，其中，大气环境选择二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、可吸入颗粒物（ PM_{10} ）、细颗粒物（ $\text{PM}_{2.5}$ ）等污染物作为评价对象，水环境选择化学需氧量（ COD ）、氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）等污染物为评价对象。

$$[\text{大气环境容量}] = [\text{大气环境区域总量控制系数}] \times [\text{大气环境功能区年均目标浓度}] \times [\text{大气环境功能区面积}] / [\text{大气环境总量控制区域面积}^{0.5}] \times [\text{评价区域年均风速} / \text{大气环境总量控制区域}]$$

² 大气、水环境容量评价由生态环境部环境规划院提供技术支撑，在地方数据难以满足指南评价方法实现的情况下，大气环境容量可采用附录 A 提供的方法替代，水环境容量评价可对评价方法进行适当简化。

年均风速]

(2.1.6)

表 2-2 大气环境区域总量控制系数

单位: $10^4\text{km}^2/\text{a}$

地区 编号	省(市)名	A 值	推荐 A 值
1	新疆、西藏、青海	7.0~8.4	7.14
2	黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古(阴山以北)	5.6~7.0	5.74
3	北京、天津、河北、河南、山东	4.2~5.6	4.34
4	内蒙古(阴山以南)、山西、陕西(秦岭以北)、宁夏、甘肃(渭河以北)	3.5~4.9	3.64
5	上海、广东、广西、湖南、湖北、江苏、浙江、安徽、海南、台湾、福建、江西	3.5~4.9	3.64
6	云南、贵州、四川、甘肃(渭河以南)、陕西(秦岭以南)	2.8~4.2	2.94
7	静风区(年平均风速小于 1m/s)	1.4~2.8	1.54

$[\text{水环境容量}] = [\text{水功能区年均目标浓度}] \times [\text{地表水资源量}] + [\text{污染物综合降解系数}] \times [\text{地表水资源量}] \times [\text{水功能区年均目标浓度}]$

(2.1.7)

其中,地表水资源量为评价区域近五年地表水资源量平均值,降解系数可根据已有相关研究成果进行确定,在一般情况下, COD_{Cr} 降解系数的取值应不大于 $0.2(1/\text{d})$,氨氮降解系数的取值应不大于 $0.1(1/\text{d})$ 。地方在计算时可根据本地实际情况确定。

(2) 评价步骤

第一步:光热条件评价。整理区域内及周边地区气象台站长时间序列观测资料,统计各气象台站年平均 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温,分析海拔、坡度、坡向等要素对积温的影响,通过空间插值得到活动积温图层,按 $<1600^\circ$ 、 $1600\sim 3400^\circ$ 、 $3400\sim 4500^\circ$ 、 $4500\sim 8000^\circ$ 、 $>8000^\circ$ 生成活动积温分级图。

第二步:土壤环境容量计算。主要方法为通过评估土壤污染

风险等级高低反映土壤环境容量。整理区域内及周边地区土壤污染调查点位的调查资料,对土壤按照农用地,建筑用地(第一类、第二类)类型分类后,进行各点位主要污染物含量分析,通过空间插值得到土壤污染物含量分布图层,依据《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018),按低于或等于风险筛选值、大于风险筛选值但小于等于风险管制值、大于1-3倍风险管制值、大于3-5倍风险管制值、大于5倍风险管制值划分为好,一般,较差,差,极差这五个等级,生成土壤环境容量分级图。

第三步:大气和水环境容量计算。按照环境功能分区划定基础评价单元,确定环境功能区内的污染物目标浓度,计算污染物环境容量。环境功能区以省级区划为基础,可结合地级和县级区划方案进行细分。充分借鉴全国环境容量相关研究经验,将大气、水环境容量按照强度划分为高、较高、一般、较低、低5个等级,详见下表,并通过等级分布图空间叠加,生成大气、水环境容量分级图。

表 2-3 大气、水环境容量等级表

环境容量等级	大气环境容量 (吨/km ²)				水环境容量 (吨/km ²)	
	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	COD	NH ₃ -N
低	<15	<13	<18	<9	<20	<1.0
较低	15-22	13-20	18-26	9-13	20-40	1.0-2.0
一般	22-32	20-27	26-38	13-19	40-70	2.0-3.6

较高	32-48	27-40	38-56	19-28	70-130	3.6-6.5
高	>48	>40	>56	>28	>130	>6.5

第四步：环境评价与分级。将农业生产气候和环境条件、城镇建设环境条件各指标按照高、较高、一般、较低、低等级分别赋予 9、7、5、3、1 分，并将其平均值作为环境条件评价得分，根据分值高低划分农业生产（城镇建设）环境条件好、较好、中等、较差、差等级。

（3）评价成果

对主要大气、水和土壤污染物的环境容量、光照和热量条件进行单要素评价，编制环境容量、光热条件分级评价图、统计表。分析环境容量和光热条件空间特征及其对农业生产和城镇建设的影响。编制农业生产气候和环境条件、城镇建设环境条件分布图、统计表，并刻画环境条件的空间分异特征。

2.1.1.4 生态评价

生态评价的目的主要是识别区域生态系统服务功能相对重要和敏感或脆弱程度相对较高的生态地区，通过生态系统服务功能重要性、生态敏感性反映。³

（1）评价方法

1）生态系统服务功能重要性

主要包括生物多样性维护、水源涵养、水土保持和防风固沙等生态服务功能的重要性。⁴

³ 生态评价由中国科学院生态环境研究中心提供技术支撑。

⁴ 生态系统服务功能重要性可以用两种方法评估，一是模型法，二是 NPP 参数计算法，指南推荐模型法进行评估，NPP 参数计算法以附件形式提供，以供参考。

①生物多样性维护功能重要性

该项指标评价的目的是识别现状和未来可以承担区域生物多样性（包括生态系统多样性、物种多样性和遗传多样性）维护功能的重点区域，主要考虑现状物种及其保护地因子、物种生境因子（森林、草原、湿地等生态系统分布反映植被生产力的综合指标）。可通过物种分布模型法评价：

以国家一、二级保护物种和其他具有重要保护价值的物种为保护目标，全面收集区域动植物多样性和环境资源数据，建立物种分布数据库。根据关键物种分布点的环境信息和背景信息，应用物种分布模型（Species Distribution Models, SDMs）量化物种对环境的依赖关系，从而预测任何一点某物种分布的概率，结合关键物种的实际分布范围确定重点区域。常用的物种分布模型主要包括回归模型、分类树和混合大量简单模型的神经网络、随机森林等。其中逻辑斯蒂回归是最为简单、应用最广的模型。

②水源涵养功能重要性

该项指标评价的目的是识别现状和未来可以承担水源涵养功能的重点区域，以水源涵养能力或水源涵养量作为衡量指标，主要考虑河流源区、河流供水功能、地表覆盖、地形等因子。评价方法为水源涵养量计算模型法。

计算公式如下：

$$\text{水源涵养量}(TQ) = \sum_i^j (P_i - R_i - ET_i) \times A_i \times 10^3 \quad (2.1.8)$$

P_i 为降雨量（mm）， R_i 为地表径流量（mm）， ET_i 为蒸散发

量 (mm), A_i 为 i 类生态系统面积 (km^2), i 为研究区第 i 类生态系统类型, j 为研究区生态系统类型数。

降雨量 (P_i) 和蒸散发量 (ET_i) 根据实测数据通过空间差值求得, 地表径流量 (R_i) 通过公式计算求得:

$$\text{地表径流量 } (R_i) = P_i \times \alpha \tag{2.1.9}$$

式中, α 为平均地表径流系数, 按地表生态系统类型计算, 各生态系统类型平均地表径流系数如下表:

表 2-4 各类型生态系统地表径流系数均值

生态系统类型 1	生态系统类型 2	平均地表径流系数 (%)
森林	常绿阔叶林	2.67
	常绿针叶林	3.02
	针阔混交林	2.29
	落叶阔叶林	1.33
	落叶针叶林	0.88
	稀疏林	19.20
灌木	常绿阔叶灌木	4.26
	落叶阔叶灌木	4.17
	针叶灌木	4.17
	稀疏灌木	19.20
草地	草甸	8.20
	草原	4.78
	草丛	9.37
	稀疏草地	18.27
湿地	湿地	0.00

③水土保持功能重要性

该项指标评价的目的是识别现状和未来承担水土保持功能的重点区域, 水土保持功能主要与气候、土壤、地形和植被有关, 主要考虑土壤可蚀性、地形、降雨等因子。评价方法为水土保持

量计算法。

以潜在土壤侵蚀量与实际土壤侵蚀量的差值作为水土保持量，采用修正的水土流失方程（RUSLE）计算，公式如下：

$$A = R \times K \times L \times S \times (1 - C) \quad (2.1.10)$$

式中， A 为水土保持量（ $t/hm^2 \cdot a$ ）； R 为降雨侵蚀力因子（ $MJ \cdot mm/hm^2 \cdot h \cdot a$ ）， K 为土壤可蚀性因子（ $t \cdot hm^2 \cdot h/hm^2 \cdot MJ \cdot mm$ ）， L 、 S 为地形因子， L 表示坡长因子， S 表示坡度因子； C 为植被因子。

降雨侵蚀力因子 R ：是指降雨引发土壤侵蚀的潜在能力，通过多年平均年降雨侵蚀力因子反映，计算公式如下：

$$R = \sum_{k=1}^{24} \bar{R}_{\text{半月}k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m \alpha P_{i,j,k}^{1.7265} \quad (2.1.11)$$

$\bar{R}_{\text{半月}k}$ 为第 k 个半月的降雨侵蚀力（ $MJ \cdot mm/hm^2 \cdot h \cdot a$ ）， k 为一年的 24 个半月， $k = 1, 2, \dots, 24$ ； i 为所用降雨资料的年份， $i = 1, 2, \dots, n$ ； j 为第 i 年第 k 个半月侵蚀性降雨日的天数， $j = 1, 2, \dots, m$ ； $P_{i,j,k}$ 为第 i 年第 k 个半月第 j 个侵蚀性日降雨量（ mm ）， α 为参数，暖季时 $\alpha = 0.3937$ ，冷季时 $\alpha = 0.3101$ 。

土壤可蚀性因子 K ：指土壤颗粒被水力分离和搬运的难易程度，主要与土壤质地、有机质含量、土体结构、渗透性等土壤理化性质有关，计算公式如下：

$$K = [-0.01383 + 0.51575 K_{\text{epic}}] \times 0.1317 \quad (2.1.12)$$

$$K_{\text{epic}} = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 m_s (1 - m_{\text{silt}}/100)]\} \times [m_{\text{silt}}/(m_c + m_{\text{silt}})]^{0.3} \times \{1 - 0.25 \text{orgC}/[\text{orgC} + \exp(3.72 - 2.95 \text{orgC})]\} \times \{1 -$$

$$0.7(1 - m_s/100)/\{(1 - m_s/100) + \exp[-5.51 + 22.9(1 - m_s/100)]\} \quad (2.1.13)$$

式中， m_c 、 m_{silt} 、 m_s 、 $orgC$ 分别为粘粒、粉粒、砂粒和有机碳的百分比含量。

地形因子 $L \times S$: L 表示坡长因子, S 表示坡度因子, 是反映地形对土壤侵蚀影响的两个因子。在评估中, 可以应用地形起伏度, 即地面一定距离范围内最大高差, 作为区域土壤侵蚀评估的地形指标。

植被因子 C : 反映生态系统对土壤侵蚀的影响, 土壤侵蚀的控制因素。水田、湿地、城镇和荒漠参照 N-SPECT 的参数分别赋值为 0、0、0.01 和 0.7, 旱地按以下公式换算:

$$C_{旱} = 0.221 - 0.595 \log c_1 \quad (2.1.14)$$

式中, $C_{旱}$ 为旱地的植被因子, c_1 为小数形式的植被覆盖度。

其他生态系统类型按下表赋值:

表 2-5 林、草、灌生态系统植被因子赋值

生态系统类型	植被覆盖度					
	<10	10-30	30-50	50-70	70-90	>90
森林	0.1	0.08	0.06	0.02	0.004	0.001
灌丛	0.4	0.22	0.14	0.085	0.04	0.011
草地	0.45	0.24	0.15	0.09	0.043	0.011
乔木园地	0.42	0.23	0.14	0.089	0.042	0.011
灌木园地	0.4	0.22	0.14	0.087	0.042	0.011

④防风固沙功能重要性

该项指标评价的目的是识别现状和未来承担防风固沙功能的重点区域, 以防风固沙量 (潜在风蚀量与实际风蚀量的差值)

作为主要评估指标。主要考虑因素有风速、降雨、温度、土壤、地形和植被等。

采用修正的风蚀方程来计算防风固沙量，公式如下：

防风固沙量 (SR) = 潜在风蚀量 (S_l) - 实际风蚀量 (S_p)

$$S_l = \frac{2z}{Q_l^2} Q_{lmax} e^{-(z/Q_l)^2} \quad (2.1.15)$$

$$Q_l = 150.71(WF \times EF \times SCF \times RS)^{-0.3711} \quad (2.1.16)$$

$$Q_{lmax} = 109.8(WF \times EF \times SCF \times RS) \quad (2.1.17)$$

$$S_p = \frac{2z}{Q_p^2} Q_{pmax} e^{-(z/Q_p)^2} \quad (2.1.18)$$

$$Q_p = 150.71(WF \times EF \times SCF \times RS \times Vc)^{-0.3711} \quad (2.1.19)$$

$$Q_{pmax} = 109.8(WF \times EF \times SCF \times RS \times Vc) \quad (2.1.20)$$

SR 、 S_l 、 S_p 的量纲单位为 $t/km^2 \cdot a$ 。 Q_l 、 Q_{lmax} 分别为潜在风沙转移量和最大转移量， Q_p 、 Q_{pmax} 分别为实际风沙转移量和最大转移量，量纲单位为 kg/m ； z 为最大风蚀出现距离 (m)； WF 、 EF 、 SCF 、 RS 、 Vc 分别为气候因子、土壤可蚀因子、土壤结皮因子、地表糙度因子和植被覆盖因子，计算方法如下：

$$WF = Wf \times \frac{\rho}{g} \times SW \times SD \quad (2.1.21)$$

Wf 为各月多年平均风力因子， ρ 为空气密度， g 为重力加速度， SW 为各月多年平均土壤湿度因子，无量纲； SD 为雪盖因子，无量纲。

$$EF = [29.09 + 0.31sa + 0.17si + 0.33(sa/cl) - 2.59OM - 0.95CaCO_3] / 100 \quad (2.1.22)$$

$$SCF = 1 / (1 + 0.0066cl^2 + 0.021OM^2) \quad (2.1.23)$$

sa 为土壤粗砂含量 (0.2mm ~ 2mm) (%) ; si 为土壤粉砂含量 (%) ; cl 为土壤粘粒含量 (%) ; OM 为土壤有机质含量 (%) ; $CaCO_3$ 为碳酸钙含量 (%) , 可不予考虑。

$$RS = e^{1.86k_r - 2.41k_r^{0.934} - 0.127c_{rr}} \quad (2.1.24)$$

$$k_r = 0.2(\Delta H)^2 / L \quad (2.1.25)$$

式中, k_r 为土垄糙度, 以 Smith-Carson 方程计算, 单位 cm; C_{rr} 为随机糙度因子, 单位 cm, 可取 0; L 为地势起伏参数; ΔH 为距离 L 范围内的海拔高程差。

$$Vc = e^{a_i c} \quad (2.1.26)$$

a_i 为不同植被类型的系数, 按以下植被类型取值: 林地 0.1535, 草地 0.1151, 灌丛 0.0921, 裸地 0.0768, 沙地 0.0658, 农田 0.0438; c 为植被覆盖度。

2) 生态敏感性

主要包括水土流失敏感性、沙漠化敏感性、石漠化敏感性和盐渍化敏感性。

① 水土流失敏感性

$$[\text{水土流失敏感性}] = \sqrt[4]{R \times K \times LS \times C} \quad (2.1.27)$$

式中, R 为降雨侵蚀力因子, K 为土壤可蚀性因子, LS 为地形起伏度因子, C 为植被覆盖因子, 各因子的计算方法参照 2015 年由国家环境保护部发布的《生态保护红线划定技术指南》, 各因子的赋值方法见下表。

表 2-6 水土流失敏感性评价因子分级赋值

评价因子	极敏感	高度敏感	中度敏感	轻度敏感	不敏感
------	-----	------	------	------	-----

降雨侵蚀力 (<i>R</i>)	>600	400-600	100-400	25-100	<25
土壤可蚀性 (<i>K</i>)	砂粉土/ 粉土	砂壤/粉粘 土/壤粘土	面砂土/ 壤土	粗砂土/细 砂土/粘土	石砾/沙
地形起伏度 (<i>LS</i>)	>300	100-300	50-100	20-50	0-20
植被覆盖 (<i>C</i>)	≤0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	≥0.8
分级赋值	9	7	5	3	1

② 石漠化敏感性

$$[\text{石漠化敏感性}] = \sqrt[3]{D \times P \times C} \quad (2.1.28)$$

式中，*D* 为碳酸盐出露面积比例，*P* 为地形坡度，*C* 为植被覆盖，各因子的计算方法参照 2015 年由国家环境保护部颁发的《生态保护红线划定技术指南》，各因子的赋值见下表。

表 2-7 石漠化敏感性评价因子分级赋值

评价因子	极敏感	高度敏感	中度敏感	轻度敏感	不敏感
碳酸盐出露面积 百分比 (%)	≥70	50~70	30~50	10~30	≤10
地形坡度	≥25°	15° -25°	8° -15°	5° -8°	≤5°
植被覆盖度	≤0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	>0.8
分级赋值	9	7	5	3	1

③ 沙漠化敏感性

$$[\text{沙漠化敏感性}] = \sqrt[4]{I \times W \times K \times C} \quad (2.1.29)$$

I、*W*、*K*、*C* 分别为干燥度指数、冬春季节大于 6m/s 的起风沙天数、土壤质地和植被盖度因子，各因子的计算方法参照 2015 年由国家环境保护部颁发的《生态保护红线划定技术指南》，各因子的赋值见表 2-6。

$$I=0.16(\text{全年} \geq 10^{\circ} \text{ 积温/全年} \geq 10^{\circ} \text{ 期间的降水量}) \quad (2.1.30)$$

表 2-8 沙漠化敏感性评价因子分级赋值

评价因子	极敏感	高度敏感	中度敏感	轻度敏感	不敏感
干燥度指数	≥16.0	4.0-16.0	1.5-4.0	1.0-1.5	<1.0
起风沙天数 (天)	≥30	20-30	10-20	5-10	<5

土壤质地	砂质	壤质	砾质	粘质	基岩
植被覆盖	<0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	≥0.8
分级赋值	9	7	5	3	1

④ 盐渍化敏感性

$$[\text{盐渍化敏感性}] = \sqrt[4]{I \times M \times D \times K} \quad (2.1.31)$$

式中，I、M、D、K 分别为评价区域蒸发量/降雨量、地下水矿化度、地下水埋深和土壤质地因子，各因子的计算方法参照 2015 年由国家环境保护部颁发的《生态保护红线划定技术指南》，各因子的赋值见下表。

表 2-9 盐渍化敏感性评价因子分级赋值

评价因子	极敏感	高度敏感	中度敏感	轻度敏感	不敏感
蒸发量/降雨量	≥15	10-15	3-10	1-3	<1
地下水矿化度 (g/l)	≥25	10-25	5-10	1-5	<1
地下水埋深 (m)	≤1	1-5	5	5-10	>10
土壤质地	砂壤土	壤土	粘壤土	黏土	沙土
分级赋值	9	7	5	3	1

(2) 评价步骤

第一步：因子评价与分级。根据评价区域主要生态系统服务功能与主要生态问题，选择评价因子，评估水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护等生态服务功能重要性，以及水土流失、土地沙化、石漠化、盐渍化等生态敏感性，评价结果划分为 5 个等级，由高到低分别赋予 9、7、5、3、1 的分值。

第二步：生态系统服务功能重要性评价。取水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护 4 项功能中重要性最高的等级，作为生态系统服务功能重要性等级，划分为生态系统服务功能重要性高、较高、中等、较低、低 5 个等级。

第三步：生态敏感性评价。将水土流失敏感性、土地沙化敏

感性、石漠化敏感性、盐渍化敏感性的得分取算数平均值，得到生态敏感性分值，按照>8、6~8、4~6、2~4、<2 的阈值划分为生态敏感性高、较高、中等、较低、低 5 个等级。

(3) 评价成果

编制生态系统服务功能重要性、生态敏感性要素分级评价图、统计表，分析区域生态系统服务功能重要性、生态敏感性的空间分异特征，编制分布图、统计表。

2.1.1.5 灾害评价

灾害评价主要表征区域灾害对农业生产和城镇建设的影响。选择气象灾害风险作为农业生产影响评价指标，通过干旱、洪水等灾害影响的大小和可能性综合反映；选择地震危险性、地质灾害危险性作为市县层面城镇建设影响评价指标，分别通过活动断裂以及崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害影响的大小和可能性综合反映。

(1) 评价方法

(1) 农业功能指向的灾害评价

$$[\text{气象灾害风险}] = f([\text{最大风速}], [\text{最大日降雨量}], [\text{最低气温}]) \quad (2.1.32)$$

[气象灾害风险]是指农业生产受到大风、暴雨洪涝和低温寒潮等气象灾害影响的大小和可能性，一般由最大风速、最大日降雨量和最低气温等条件共同决定。

(2) 城镇功能指向的灾害评价

$$[\text{灾害危险性}] = f([\text{地震危险性}], [\text{地质灾害危险性}]) \quad (2.1.33)$$

[灾害危险性]是指城镇建设及人类生存居住受到地震、地质灾害等影响的大小和可能性。其中，地震与地质灾害危险性主要用于市县层面评价，一般由活动断裂分布与规模，以及崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降等地质灾害的易发程度和强度综合反映。⁵

（2）评价步骤

1) 气象灾害风险

第一步：图件制备。将气象站点的年均最大风速、年均日最大降雨量和年均最低气温转换为矢量点状图，进行插值分析，得到各要素栅格图，栅格大小参考土地资源评价。

第二步：气象要素空间分级分析。基于年均最大风速、年均日最大降雨量和年均最低气温栅格图，结合区域特征，分别生成年均最大风速 5 级分布图、年均日最大降雨量 5 级分布图和年均最低气温 5 级分布图。

第三步：气象灾害风险评价。将年均最大风速、年均日最大降雨量和年均最低气温值归一化后，采用分级赋值加权平均的方法计算气象灾害风险，并划分为气象灾害风险度高、较高、中等、较低、低 5 种类型。

2) 地震危险性

第一步：活动断层距离分析。明确区域内距今 12 万年与 1

⁵ 地震及地质灾害危险性由中国地质调查局提供技术支撑，活动断层分布图和地震动峰值加速度数据由中国地质调查局提供。

万年以来活动的活动断裂分布情况，应依据 GB 18307-2015，确定地震动峰值加速度的具体数值。活动断裂一般是指距今 12 万年以来有充分位移证据证明曾活动过，或现今正在活动，并在未来一定时期内仍有可能活动的断裂。根据 shp 格式活动断层分布图，利用 GIS 距离分析，按照活动断层距离划分为极高、高、中、低、极低风险 5 个等级。

表 2-10 活动断层或地裂缝安全距离分级表

等级	稳定	次稳定	次不稳定	不稳定	极不稳定
距断裂距离	单侧 500 米以外	单侧 200～500 米	单侧 100～200 米	单侧 50～30 米	单侧 30 米以内

第二步：地震动峰值加速度评价。地震动峰值加速度是与地震动加速度反应谱最大值相应的水平加速度，与地震烈度具有紧密的联系，是表征地震作用强弱程度的指标，是确定地震烈度、明确建筑物地震设防等级的重要依据。根据地震动峰值加速度的大小，进行地震危险性分级，分为极高、高、中、低、极低 5 个等级。

表 2-11 地震动峰值加速度分级表

等级	I（极低）	II（低）	III（中）	IV（高）	V（极高）
地震动峰值加速度（g）	$a \leq 0.05$	$a = 0.10$	$a = 0.15$	$a = 0.20$	$a \geq 0.30$

3）地质灾害危险性

第一步：崩滑流易发程度评价。采用地形坡度、地形起伏度、地貌类型、工程地质岩组、斜坡结构类型、地震动峰值加速度、历史地质灾害发育程度等主要指标计算确定。评价模型建议采用概率比率模型、证据权模型方法，进行崩滑流易发程度评价，将

易发程度分为极高易发、高易发、中易发、低易发、不易发 5 个等级。或直接利用历史地质灾害发育点密度、面密度和地质灾害隐患点，生成地质灾害易发程度，避让高易发区和地质灾害隐患点。

第二步：地面沉降易发程度评价。利用地面沉降累计沉降量或年地面沉降速率确定地面沉降易发程度等级，按照就高不就低原则，满足一项即可划入对应的等级。

表 2-12 地面沉降累计沉降量分级表

等级	极低	低	中	高	极高
地面沉降累计沉降量 (mm)	<200	200~800	800~1600	1600~2400	>2400
地面沉降速率 (mm/a)	10	10~30	30~50	50~80	>80

第三步：矿山地面塌陷和岩溶塌陷高易发区评价。采空区根据全国矿山地质环境调查成果和岩溶塌陷调查成果，避让地面塌陷区。无明显地面沉降的区域根据矿山开采情况，按照下表评估。

表 2-13 采空地面塌陷易发程度按采深采厚比判断

易发程度	低易发	中等易发	高易发
采深采厚比	≥ 100	100~50	<50

表 2-14 采空地面塌陷易发程度按地表移动变形值判断

易发程度	指标			
	年下沉量 (mm)	倾斜(mm/m)	水平变形 (mm/m)	曲率(mm/m ²)
低易发	≤ 20	≤ 3.0	≤ 2.0	≤ 0.2
中等易发	20~60	3.0~6.0	2.0~4.0	0.2~0.3
高易发	>60	>6.0	>4.0	>0.3
注：易发程度采用上一级优先原则				

(3) 评价成果

对活动断裂分布、地质灾害分区及易发程度等进行评价，对最大风速、日最大降雨量和最低气温等气象灾害要素进行评价，

编制要素分级评价图、统计表。分析气象灾害空间分布格局及其对农业生产的影响；分析地震、地质灾害空间分布格局及其对城镇建设的影响。编制地震、地质灾害和气象灾害空间分布图、统计表，刻画地震、地质灾害和气象灾害的空间分异特征。

2.1.2 集成评价

2.1.2.1 集成准则

基于资源环境要素单项评价的分级结果，根据生态保护、农业生产、城镇建设三方面的差异化要求，综合划分生态指向的生态保护等级以及农业、城镇指向的承载能力等级，表征国土空间的自然本底条件对人类生活生产活动综合支撑能力。承载能力等级（生态保护等级）按取值由低至高可划分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级5个等级。集成评价应遵循的基本准则如下：

——保护等级高值区应具备重要的水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护等生态功能，或属于水土流失、石漠化、土地沙化、盐渍化等生态问题的敏感区域。

——承载能力高值区应具备较好的水土资源基础，即同时要求土地资源、水资源均对农业生产、城镇建设具有较好的支撑能力。

——承载能力高值区还应具备较好的生态环境本底，即同时要求环境容量较高、生态功能重要性较低。

——承载能力还一定程度上受自然灾害的约束，即自然灾害危险较高的地区，承载能力受到约束。

2.1.2.2 集成方法与步骤

(1) 生态保护等级

首先，取生态系统服务功能重要性及生态敏感性评价结果的最大值，初步判定生态保护等级。

其次，根据生态保护能力等级，确定生态保护极重要区、重要区的备选区域。将生态保护等级高（V）、较高（IV）的空间单元，作为生态保护极重要区的备选区域；将生态保护较高（IV）、中等（III）、较低（II）的空间单元，作为生态保护重要区的备选区域；将生态保护低（I）的空间单元，直接划定为生态保护一般区。

第三，根据生态斑块集中度对生态保护等级进行修正。生态斑块集中度用于刻画生态系统服务功能重要及生态敏感区域的规模及空间分异特征，通过聚集或邻近的图斑聚合为相对完整连片的地块实现，分别对生态保护极重要备选区和重要备选区进行聚合操作，聚合距离为 500m。按照斑块集中度与生态保护重要性参考判别矩阵，进一步生态保护极重要区、重要区和一般区。一般来说，生态保护红线的斑块集中度不应低于一般等级。

表 2-15 生态斑块集中度评价分级参考阈值

斑块面积 (km ²)	<0.25	0.25-0.5	0.5-1.0	1-2	≥2
斑块集中度	低	较低	一般	较高	高

表 2-16 生态斑块集中度和生态保护等级分区参考判别矩阵

生态保护等级	生态斑块集中度				
	高	较高	一般	较低	低

高	极重要	极重要	极重要	重要	一般
较高	极重要	极重要	重要	重要	一般
中等	重要	重要	重要	重要	一般
较低	重要	重要	重要	重要	一般
低	一般	一般	一般	一般	一般

第四，根据生态廊道重要性对生态保护等级进行修正。对于生态廊道重要性高的地块，将初划结果为一般区的地块，调整为生态保护重要区。生态廊道重要性评价主要表征生态系统及其服务功能的完整性与连贯性，主要包括植被廊道、山体廊道和湿地水域廊道，划分为高、较高、一般 3 个等级，划分标准如下表所示。

表 2-17 生态廊道重要性评价分级参考标准

生态廊道重要性		高	较高	一般
植被廊道	优势树种面积由大到小排列的累积百分率（%）	0-10	10-80	80-100
	珍贵树种面积（hm ² ）	≥5	<5	-
山体廊道		主要山体、流域分水岭	主要河流源区	-
湿地水域廊道		湿地公园、饮用水水源地保护区	河流、湖泊、水库	-

（2）农业功能指向的承载等级

农业功能指向的承载能力等级按如下公式进行综合集成：

$$[\text{承载能力等级}] = f([\text{光热条件}], [\text{水土资源基础}], [\text{土壤环境容量}]) \quad (2.1.34)$$

$$[\text{水土资源基础}] = f([\text{农业耕作条件}], [\text{农业供水条件}]) \quad (2.1.35)$$

首先，基于农业耕作条件和农业供水条件两项指标，确定农

业功能指向的水土资源基础，参考判别矩阵见表 2-18。其次，基于光热条件和水土资源基础两项，初步确定农业功能指向的承载等级，参考判别矩阵见表 2-19。第三，根据土壤环境容量对初步评价结果进行调整，对于土壤环境容量评价结果为最低值的，将初步评价结果下降两个级别作为农业承载能力等级；对于土壤环境容量评价结果为次低值的，将初步评价结果下降一个级别作为农业承载能力等级。在此基础上，进一步纳入气象灾害风险指标，对初步评价结果进行修正。修正准则一般为：对于农业承载能力初步评价结果为 V 级，但气象灾害风险高的国土空间，将其调整为 IV 级。

表 2-18 农业功能指向的水土资源基础参考判别矩阵

农业耕作条件 农业供水条件	好	较好	一般	较差	差
好	5	5	4	3	1
较好	5	4	4	2	1
一般	4	4	3	2	1
较差	3	3	2	1	1
差	2	1	1	1	1

表 2-19 农业功能指向的承载等级

水土资源基础 光热条件	好	较好	一般	较差	差
好	5	5	4	3	1
较好	5	4	4	2	1
一般	5	4	3	2	1
较差	4	3	2	1	1
差	3	2	2	1	1

(3) 城镇功能指向的承载等级

城镇功能指向的承载能力等级按如下公式进行综合集成：

$$[\text{承载能力等级}] = f([\text{水土资源基础}], [\text{水、气环境容量}])$$

(2.1.36)

[水土资源基础]=f([城镇建设条件],[城镇供水条件]) (2.1.37)

[水、气环境容量]=Min([水环境容量],[大气环境容量])

(2.1.38)

首先，基于城镇建设条件和城镇供水条件两项指标，确定城镇功能指向的水土资源基础，初步确定城镇功能指向的承载等级，参考判别矩阵见表 2-20。其次，根据水环境容量、大气环境容量确定[水、气环境容量]指标结果，根据水、气环境容量对初步评价结果进行调整，对于水、气环境容量评价结果为最低值的，将初步评价结果下降两个级别作为城镇承载能力等级；对于水、气环境容量评价结果为次低值的，将初步评价结果下降一个级别作为城镇承载能力等级。在此基础上，进一步纳入地震危险性、地质灾害危险性指标，对初步评价结果进行修正。修正准则包括：对于城镇承载能力初步评价结果为 V 级和 IV 级，但地震危险性、地质灾害危险性高的国土空间，将其调整为 III 级；对于初步评价结果为 V 级，但地震危险性、地质灾害危险性较高的国土空间，将其调整为 IV 级。

表 2-20 城镇功能指向的水土资源基础参考判别矩阵

城镇建设条件 城镇供水条件	好	较好	一般	较差	差
好	5	5	4	3	1
较好	5	5	4	2	1
一般	5	4	3	2	1
较差	4	4	3	1	1
差	3	3	2	1	1

2.1.2.3 集成结果

刻画承载力空间分布格局。编制生态指向的生态保护等级和农业、城镇指向的承载力等级和分布图、汇总表，分析承载力等级（生态保护等级）I 级~V 级 5 个等级区域的数量和面积，分析承载力等级（生态保护等级）的空间分布特征，总结地理分区、流域分布、海陆位置等地理背景下资源环境承载能力的基本规律。

解析承载力限制性因素。通过综合等级与单项评价结果叠加分析，刻画不同承载等级下的水—土资源、水资源—环境、环境—生态等要素间组合特征，根据单项指标及其构成要素的分级结果，通过承载力低值区、生态保护等级高值区分布，识别承载力限制性要素。

2.2 国土空间开发适宜性评价

2.2.1 农业生产适宜性评价

农业生产适宜性反映国土空间中进行农业生产活动的适宜程度，农业生产适宜性评价结果一般划分为适宜区、一般适宜区和不适宜区 3 种类型。通常地，农业生产适宜区具备承载农业生产活动的资源环境综合条件、且田块完整性和耕作便利性优良；农业生产一般适宜区具备一定承载农业生产活动的资源环境综合条件、但田块完整性和耕作便利性一般；而农业生产不适宜区不具备承载农业生产活动的资源环境综合条件、或田块完整性和耕作便利性差。

2.2.1.1 评价准则

(1) 根据农业承载能力等级确定不同等级适宜区的备选区域。适宜农业空间布局的区域首先应具备承载农业生产活动的资源环境综合条件，水土资源条件越好，生态环境对农业生产约束性越弱，气象灾害风险的限制性越低，农业生产适宜程度越高。按照农业承载能力等级，确定农业生产适宜区、一般适宜区的备选区域。

(2) 确保地块连片程度能够满足基本农业生产需求。适宜农业空间布局的区域应具有一定平整度、且破碎程度较低。对适宜农业空间布局的备选区域进一步评价地块连片度，若单个地块越大，地块连片度越高，农业空间适宜程度越高。

(3) 兼顾现状农业生产格局。适宜农业空间布局的还应考虑现状农业发展状况，兼顾优化现状农业生产格局。对于粮食安全保障十分重要的区域，农业空间适宜程度可给予一定弹性，但不宜突破耕地应在坡度 25° 以下等刚性约束。

2.2.1.2 评价指标及算法

地块连片度主要表征适宜农业生产田块的规模及空间分异特征，通过具备农业承载能力的用地规模反映。选择农业生产适宜区、一般适宜区的备选区域，分别利用地理信息系统软件将备选区域栅格数据转换为 shape 格式，通过聚合工具将相对聚集或邻近的图斑聚合为相对完整连片地块，聚合距离为 100m。

表 2-21 地块连片度评价分级参考阈值

地块连片度	低	较低	一般	较高	高
平原田块面积 (亩)	<150	150-400	400-600	600-900	≥900

山地丘陵田块面积（亩）	<80	80-150	150-250	250-400	≥400
-------------	-----	--------	---------	---------	------

计算连片地块面积，按面积大小将地块连片度依次划分高、较高、一般、较低和低 5 个等级。地块面积规模可结合区域特点适当调整。一般山地丘陵区分级标准可有所降低，但为保障耕作效率和农业机械化，地块形态应相对规整，需计算连片田块形状指数。计算公式如下：

$$[\text{地块形状指数}] = 0.25 \times [\text{地块周长}] / [\text{地块面积}]^{0.5} \quad (2.2.1)$$

对形状指数偏高的地块，应按照离心距离逐步降低其外围区域的连片度等级。

2.1.1.3 评价步骤

第一步，根据农业承载能力等级，确定农业生产适宜区、一般适宜区的备选区域。将农业承载能力等级高（V）、较高（IV）的空间单元，作为农业生产适宜区的备选区域；将农业承载能力较高（IV）、中等（III）、较低（II）的空间单元，作为农业生产一般适宜区的备选区域；将农业承载能力低（I）的空间单元，直接划定为农业生产不适宜区。

第二步，根据地块连片度初步确定农业生产适宜性等级。按照农业生产适宜性分区参考判别矩阵，进一步划分农业生产适宜区、一般适宜区和不适宜区。一般地，永久基本农田的地块连片度不应低于一般等级。

表 2-22 农业生产适宜性分区参考判别矩阵

农业承载能力	地块连片度				
	高	较高	一般	较低	低

高	适宜	适宜	适宜	一般适宜	不适宜
较高	适宜	适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜
中等	一般适宜	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜
较低	一般适宜	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜
低	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜

第三步，按照适宜性结果评估农业生产格局及优化路径。编制农业生产适宜区、一般适宜区和不适宜区分布图、汇总表，分析三类适宜区的数量和面积、空间分布特征。通过三类适宜区与现状农业格局的叠加分析，结合资源环境承载能力评价，解析农业生产的调整方向、重点，提出优化路径与具体举措。

2.1.1.4 注意事项

（1）地块连片度计算时，可根据当地具体情况，适当调整聚合距离和最小地块规模。

（2）农业生产适宜性判别矩阵可根据评价区域实际状况进行调整，但原则上农业生产适宜区只在农业承载能力高、较高区域中划分；农业生产一般适宜区不在农业承载能力低值区中划分。

2.2.2 城镇建设适宜性评价

城镇建设适宜性反映国土空间中从事城镇居民生产生活的适宜程度，城镇建设适宜性评价结果一般划分为适宜区、一般适宜区和不适宜区 3 种类型。通常地，城镇建设适宜区具备承载城镇建设活动的资源环境综合条件、且地块集中度和综合优势度优良；城镇建设一般适宜区具备一定承载城镇建设活动的资源环境综合条件、但地块集中度和综合优势度一般；而城镇建设不适宜区不具备承载城镇建设活动的资源环境综合条件、或地块集中度

和综合优势度差。

2.2.2.1 评价准则

（1）根据城镇承载能力等级确定不同等级适宜区的备选区域。适宜城镇空间布局的区域首先应具备承载城镇建设活动的资源环境综合条件，水土资源条件越好，生态环境对一定规模的人口与经济集聚约束性越弱，地质灾害风险的限制性越低，城镇建设适宜程度越高。按照城镇承载能力等级，确定城镇建设适宜区、一般适宜区的备选区域。

（2）确保城镇空间具有一定规模和集中连片布局的条件。适宜城镇空间布局的区域应具有一定规模和集中连片布局的条件。对适宜城镇空间布局的备选区域进一步评价地块集中度，若地块集中度越高，集中连片性相对较好，适宜程度越高。

（3）结合基础设施对国土开发的引导和支撑能力。适宜城镇空间布局的区域基础设施应具有一定网络化和干线（或通道）支撑条件。若基础设施网络密度和区位优势越高，城镇空间发育和拓展潜力越大，城镇建设适宜程度也越高。

（4）兼顾战略区位因素和优化城镇建设格局。适宜城镇空间布局的还应考虑开发轴带、重要廊道等宏观格局中的门户区位、节点区位等区位条件，并兼顾优化、整合现状城镇建设格局。对于战略区位十分重要的区域，城镇空间适宜程度可给予一定弹性。

2.2.2.2 评价指标及算法

（1）地块集中度

地块集中度主要表征适宜城镇建设区域的规模及空间分异特征，通过具备城镇承载能力的用地规模反映。选择城镇建设适宜区和一般适宜区的备选区域，分别利用地理信息系统软件将备选区域栅格数据转换为 shape 格式，通过聚合工具将相对聚集或邻近的图斑聚合为相对完整连片地块，聚合距离为 100m。

表 2-23 地块集中度评价分级参考阈表

地块面积 (km ²)	<0.25	0.25 -0.5	0.5 -1.0	1 -2	≥2
地块集中度	低	较低	一般	较高	高

计算连片建设用地地块面积，按面积大小将地块集中度依次划分高、较高、中等、较低和低 5 个等级，地块面积规模可结合区域特点适当调整。一般山地丘陵区分级标准可有所降低，但为保障地块形态相对集中，避免过度条带状拓展，需计算连片建设用地紧凑度。计算公式如下：

$$[\text{用地紧凑度}] = [\text{连片建设用地面积}] / [\text{最小外切圆面积}] \tag{2.2.2}$$

对连片适宜建设用地紧凑度偏低的地块，应按照离心距离逐步降低其外围区域的集中度等级。

（2）综合优势度

综合优势度评价主要表征区位、基础设施等对城镇建设的引导、支撑和保障能力。根据不同尺度评价需求，分别采用差异化指标进行刻画，其中全国及省级层面通过区位优势度与舒适度综合反映，市县层面通过区域交通网络发展水平、公共服务设施距离、区位条件综合反映。计算方法如下：

1) 国家和省级层面

$$[\text{综合优势度}] = f([\text{区位优势度}], [\text{舒适度}]) \quad (2.2.3)$$

$$[\text{区位优势度}] = f([\text{距中心城市的交通距离}]) \quad (2.2.4)$$

区位优势度主要指由各评价单元与中心城市间的交通距离所反映的区位条件和优劣程度,其计算应根据各评价单元与中心城市的交通距离远近进行分级。中心城市原则上选取国家中心城市、副省级城市、省会城市等,距离北京、上海、广州 300km 以内、或在一般及以上等级距离范围内出现 3 座及以上中心城市的评价单元等级可上调一级,在实际操作中可根据需要考虑人口、经济、新城市或其他重要城市。此外,还应当考虑重要航空港和海港布局、与国外主要城市来往便捷程度、对外开放格局等战略区位系数,对区位优势度评价结果进行修正。

表 2-24 区位优势度分级参考阈值

等级	分级标准	说明
1	0—100 公里	好
2	100—300 公里	较好
3	300—600 公里	一般
4	600—1000 公里	较差
5	>1000 公里	差

舒适度是指人类对人居环境气候的舒适感,采用温湿指数表征,计算公式为:

$$THI = T - 0.55 \times (1-f) \times (T-58) \quad (2.2.5)$$

式中: THI 为温湿指数, T 为月均温(华氏温度), f 是月均空气相对湿度(%). 表征舒适度的温湿指数可按下表分为五个等级。

表 2-25 舒适度分级参考阈值

等级	分级标准	说明
----	------	----

1	55-70	好
2	45-55 或 70-80	较好
3	40-45 或 80-85	一般
4	35-40 或 85-90	较差
5	<35 或 ≥90	差

综合优势度根据区位优势度和舒适度两项指标确定，参考判断矩阵如下：

表 2-26 综合优势度参考判断矩阵

区位优势度 舒适度	好	较好	一般	较差	差
好	高	高	高	高	中
较好	高	高	中	中	中
一般	中	中	中	中	低
较差	中	中	低	低	低
差	低	低	低	低	低

2) 市县层面

$[\text{综合优势度}] = f([\text{区位条件}], [\text{交通网络密度}], [\text{公共服务设施距离}])$

(2.2.6)

$[\text{区位条件}] = f([\text{交通干线可达性}], [\text{中心城区可达性}], [\text{交通枢纽可达性}])$

(2.2.7)

$[\text{交通网络密度}] = [\text{公路通车里程}] / [\text{区域土地面积}]$ (2.2.8)

① 区位条件主要指评价单元与交通干线、中心城区、主要交通枢纽等要素的通达程度，其计算根据各评价单元与交通干线、中心城区及主要交通枢纽等多要素的交通距离远近综合得出。

a. 交通干线可达性

交通干线可达性是指在考虑不同交通干线的技术等级后，格

网单元到各级交通干线的距离。按照格网单元距离不同技术等级交通干线的距离远近，从 1 到 5 打分。分级参考阈值如表 2-27 所示，可结合区域特点适当调整。对各类指标进行加权求和集成，计算交通干线可达性，原则上各指标权重相同，但在实际操作中可根据本地情况予以调整。在 GIS 软件中采用相等间隔法将交通干线可达性由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级。

表 2-27 交通干线可达性评价分级参考阈值

评价指标	分级参考阈值	赋值
一级公路	距离一级公路 $\leq 3\text{km}$	5
	$3\text{km} < \text{距离一级公路} \leq 6\text{km}$	4
	距离一级公路 $> 6\text{km}$	1
二级公路	距离二级公路 $\leq 3\text{km}$	4
	$3\text{km} < \text{距离二级公路} \leq 6\text{km}$	3
	距离二级公路 $> 6\text{km}$	1
三级公路	距离三级公路 $\leq 3\text{km}$	3
	$3\text{km} < \text{距离三级公路} \leq 6\text{km}$	2
	距离三级公路 $> 6\text{km}$	1
四级公路	距离四级公路 $\leq 3\text{km}$	2
	距离四级公路 $> 3\text{km}$	1

b.中心城区可达性

中心城区可达性反映格网单元能直接接受中心城区辐射的程度，是指格网单元到现状中心城区范围的几何中心的时间距离。按照格网单元到现状中心城区的时间距离远近，从 1 到 5 打分。分级参考阈值如下表所示，各级道路时速可结合地方实际情况而定，阈值可结合区域特点适当调整。

表 2-28 中心城区可达性评价分级参考阈值

评价指标	分级参考阈值	赋值
中心城区可达性	车程 ≤ 30 分钟	5

	30 分钟 < 车程 ≤ 60 分钟	4
	60 分钟 < 车程 ≤ 90 分钟	3
	90 分钟 < 车程 ≤ 120 分钟	2
	车程 > 120 分钟	1

c. 交通枢纽可达性

交通枢纽可达性，反映网络化发展趋势下城镇沿枢纽团块状发展的潜力，是指格网单元到区域内航空、铁路、港口、公路、市域轨道交通等交通枢纽的交通距离。按照格网单元距离不同类型交通枢纽的交通距离远近，从 0 到 5 打分。分级参考阈值如表 2-29 所示，可结合区域特点适当调整。对各类指标进行加权求和集成，计算交通枢纽可达性，原则上各指标权重相同，但在实际操作中可根据本地情况予以调整。在 GIS 软件中采用相等间隔法将交通枢纽可达性由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级。

表 2-29 交通枢纽可达性评价分级参考阈值

评价指标		分级参考阈值	赋值
机场	干线机场	车程≤60 分钟	5
		60 分钟<车程≤90 分钟	4
		90 分钟<车程≤120 分钟	3
		车程>120 分钟	0
	支线机场	车程≤30 分钟	4
		30 分钟<车程≤60 分钟	3
		车程>60 分钟	0
铁路站点		车程≤30 分钟	5
		30 分钟<车程≤60 分钟	4
		车程>60 分钟	0
港口	主要港口	车程≤60 分钟	3
		60 分钟<车程≤90 分钟	2
		车程>90 分钟	0
	一般港口	车程≤60 分钟	2
		车程>60 分钟	0

公路枢纽	车程≤30 分钟	3
	30 分钟<车程≤60 分钟	2
	车程>60 分钟	0
高速公路出入口	车程≤30 分钟	4
	30 分钟<车程≤60 分钟	3
	车程>60 分钟	0
市域轨道交通站点	车程≤30 分钟	5
	30 分钟<车程≤45 分钟	4
	45 分钟<车程≤60 分钟	3
	车程>60 分钟	0

注：主要港口指特大型港口（年吞吐量>3000 万吨）和大型港口（年吞吐量 1000~3000 万吨），一般港口指中型港口（年吞吐量 100~1000 万吨）和小型港口（年吞吐量<100 万吨）。公路枢纽指两条或两条以上公路线的交汇、衔接处形成的具有运输组织、中转、装卸、仓储等服务功能的综合性设施，包括公路客运枢纽、公路货运枢纽等。

区位条件为以上交通干线可达性、中心城区可达性、交通枢纽可达性三个指标项的加权求和集成，原则上各指标权重相同，但在实际操作中可根据本地情况予以调整。在 GIS 软件中采用相等间隔法将综合优势度由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级。

②将公路网作为交通网络密度评价主体，公路网络密度为各评价单元（一般选择行政单元作为评价单元）的公路通车里程与其土地面积的比值。其计算公式为：

$$D = L / A \quad (2.2.9)$$

式中，D 为交通网络密度（千米/平方公里）；L 为行政单元内的公路通车里程总长度（千米），主要考虑高速公路、国道、省道和县道，县道以下交通线路可酌情计入分析范围，并在具体操作中根据评价单元等级和需要予以考虑；A 为行政单元面积（平方公里）。

按照交通网络密度由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级，由于不同市县所在的区域城镇化程度很大，分级参考阈值结合本地实际情况，采取专家打分方式进行分级。

表 2-30 交通网络密度评价分级参考阈值

评价指标	分级参考阈值	赋值
交通网络密度	高	5
	较高	4
	中	3
	较低	2
	低	1

③公共服务设施距离是指距离教育科研（包括中小学、高等院校、科研院所）、医疗（三级甲等）、行政中心（本级政府）等公共服务设施的远近，反映评价单元开展人类活动的便利程度以及沿高等级服务中心团块状发展的潜力。利用地理信息系统软件计算评价单元与现状公共服务设施距离，对评价单元的不同距离赋值，从 1 到 5 打分，分级参考阈值如表 2-31 所示，分级参考阈值需结合考虑城市用地规模以及公共服务设施的类型、等级、服务能力等因素进行调整。对各类指标进行加权求和集成，计算公共服务设施距离，原则上各指标权重相同，但在实际操作中可根据本地情况予以调整。在 GIS 软件中采用相等间隔法将公共服务设施距离由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级。

表 2-31 公共服务设施距离评价分级参考阈值

评价指标	分级参考阈值	赋值
教育设施	车程≤30 分钟	5
	30 分钟<车程≤60 分钟	3
	车程>60 分钟	1
医疗设施	车程≤30 分钟	5

	30 分钟 < 车程 ≤ 60 分钟	3
	车程 > 60 分钟	1
行政中心	车程 ≤ 30 分钟	5
	30 分钟 < 车程 ≤ 60 分钟	3
	车程 > 60 分钟	1

综合优势度为以上区位条件、交通网络密度、公共服务设施距离三个指标项的加权求和集成，原则上各指标权重相同，但在实际操作中可根据本地情况予以调整。在 GIS 软件中采用相等间隔法将综合优势度由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级。根据综合优势度修正城镇开发适宜性分区。

2.2.2.3 评价步骤

第一步，根据城镇承载能力等级，确定城镇建设适宜区、一般适宜区的备选区域。将城镇承载能力等级高（V）、较高（IV）的空间单元，作为城镇建设适宜区的备选区域；将城镇承载能力较高（IV）、中等（III）、较低（II）的空间单元，作为城镇建设一般适宜区的备选区域；将城镇承载能力低（I）的空间单元，直接划定为城镇建设不适宜区。

第二步，根据地块集中度初步确定城镇建设适宜性等级。按照城镇建设适宜性分区参考判别矩阵，进一步划分城镇建设适宜区、一般适宜区和不适宜区。一般地，县城及以上层级城镇布局的地块集中度应为高等级区间，而重点镇布局的地块集中度不应低于一般等级。

表 2-32 城镇建设适宜性分区参考判别矩阵

城镇承载等级	地块集中度				
	低	较低	一般	较高	高
高	不适宜	一般适宜	适宜	适宜	适宜
较高	不适宜	一般适宜	一般适宜	适宜	适宜
中等	不适宜	不适宜	一般适宜	一般适宜	一般适宜
较低	不适宜	不适宜	一般适宜	一般适宜	一般适宜
低	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜

第三步，根据综合优势度修正城镇建设适宜性分区。对于综合优势度评价结果为低的地块，将初划适宜性分区结果均划分为不适宜区，而对结果为较低的地块，将初划结果下调一级。

第四步，按照适宜性结果评估城镇建设格局及优化路径。编制城镇建设适宜区、一般适宜区和不适宜区分布图、汇总表，分析三类适宜区的数量和面积、空间分布特征。通过三类适宜区与现状城镇格局的叠加分析，结合资源环境承载能力评价，解析城镇建设的调整方向、重点，提出优化路径与具体举措。

2.2.2.4 注意事项

（1）地块集中度计算时，可根据空间规划层级、图斑破碎化程度和当地具体情况，适当调整聚合距离和最小地块规模。省级层面评价聚合距离和最小地块规模可适当调高，市级、县级则适当调低。

（2）城镇建设适宜性判别矩阵可根据评价区域实际状况进行调整，但原则上城镇建设适宜区只在城镇承载能力高、较高区域中划分；城镇建设一般适宜区不在城镇承载能力低值区中划分。

3 海域双评价

3.1 资源环境承载能力评价

3.1.1 单要素评价

围绕海洋生态保护与建设开发功能指向的差异化要求，结合不同层级空间规划评价精度需求，从海洋资源、海洋生态、海洋环境以及海洋灾害等自然要素的角度，构建差异化评价指标体系，逐项开展海洋资源环境承载能力要素单项评价。

表 3-1 海域资源环境承载能力评价指标体系

功能指向		资源环境承载能力评价			
		海洋资源	海洋生态	海洋环境	海洋灾害
海洋生态保护		-	海洋生态重要性： 典型海洋生态系统、生物资源集中分布区、典型海岸、海岛及自然景观区	-	-
海洋建设开发	渔业资源利用	资源利用条件：初级生产力	-	环境条件：富营养化指数	-
	港口航运	资源利用条件：岸线、水深	-	水动力条件：潮差	海洋灾害风险：风暴潮、海浪、海冰灾害危险性
	工业利用	资源利用条件：水深、海底坡度	-	水动力条件：流速	海洋灾害风险：风暴潮、海啸灾害危险性

注：国家、省级建议以 200m×200m 栅格为基本单元进行分项评价，市县级可根据实际情况提高评价精度。

3.1.1.1 海洋资源评价

海洋资源评价主要表征区域海洋资源对渔业资源利用、港口航运和工业利用的禀赋能力。针对渔业资源利用、港口航运和工业利用功能指向，分别采用渔业资源利用条件、港口航运资源利用条件及工业利用资源利用条件作为评价指标，通过初级生产力、岸线、水深、海底坡度等综合反映。

(1) 评价方法

1) 渔业资源利用功能指向的海洋资源评价

[资源利用条件]是指渔业资源饵料基础和潜在产量，表征对渔业资源发展的支撑能力，由海洋初级生产力反映。

2) 港口航运功能指向的海洋资源评价

$$[\text{资源利用条件}] = f([\text{岸线}], [\text{水深}]) \quad (3.1.1)$$

[资源利用条件]是指海洋港口航运建设开发的海洋资源可利用程度，由岸线及水深反映。

3) 工业利用功能指向的海洋资源评价

$$[\text{资源利用条件}] = f([\text{水深}], [\text{海底坡度}]) \quad (3.1.2)$$

[资源利用条件]是指海洋工业开发的海洋资源可利用程度，由水深和海底坡度反映。

(2) 评价步骤

第一步：渔业资源利用条件评价。基于区域内初级生产力监测调查资料，通过反距离权重空间插值法得到格网尺度的初级生产力数据，一般可按 >1000 、 $500-1000$ 、 $150-500$ 、 $50-150$ 、 $\leq 50 \text{ g} \cdot \text{C}$

$/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 划分高、较高、中等、较低、低 5 个等级。如果区域内缺乏初级生产力资料，也可采用叶绿素 a 含量估算，一般来说，近岸初级生产力和叶绿素 a 含量存在线性相关关系，可根据经验公式进行计算：

$$P=0.5\times C\times Q\times Z\times D \quad (3.1.3)$$

其中，P 为初级生产力，C 为表层叶绿素 a 含量（单位为 mg/m^3 ），Q 为同化系数，Z 为真光层深度，一般认为是透明度的 3.05 倍，D 为昼长（单位为 h/d）。

第二步：岸线评价。基于岸线利用现状调查资料，自然岸线按基岩海岸、砂质海岸、河口海岸、淤泥质海岸类型划分为好、较好、一般、差 4 个等级，人工岸线按人工化程度强弱分为较好和一般 2 个等级。

第三步：水深坡度地形要素空间分析。首先将海底地形栅格数据，重采样至 $200\times 200\text{m}$ 分辨率，供空间分析使用。（1）港口航运功能指向的水深评价范围包括海域及岸线所在栅格单元，海岸线所在栅格单元采用距 5m 等深线的最短距离评价，按 $\leq 1.5\text{km}$ 、1.5-3km、3-4.5km、4.5-6km、 $>6\text{km}$ 划分为近、较近、中等、较远、远 5 个等级，海域所在的栅格单元按水深 $>20\text{m}$ 、15-20m、10-15m、5-10m、 $\leq 5\text{m}$ 划分为深、较深、中等、较浅、浅 5 个等级。（2）工业利用功能指向的水深评价栅格为海域所在栅格单元，按 $\leq 0\text{m}$ 、0-5m、5-15m、15-30m、 $>30\text{m}$ 划分为近、较近、中等、较远、远 5 个等级。海底坡度评价基于近岸海域水深图，计算栅

格单元的地形坡度，按 $\leq 3^\circ$ 、 $3-10^\circ$ 、 $10-15^\circ$ 、 $15-25^\circ$ 、 $>25^\circ$ 划分为缓、较缓、中等、较陡、陡 5 个等级。

第四步：港口航运及工业利用功能指向的资源利用条件评价与分级。

1) 港口航运功能的资源利用条件评价时，海域栅格单元直接采用水深分级结果，岸线栅格单元基于岸线和水深两项指标，参考以下判别矩阵划分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级。

表 3-2 港口航运功能指向的资源利用基础参考判别矩阵

岸线 水深	好	较好	一般	差
深	好	较好	一般	差
较深	好	较好	一般	差
中等	较好	一般	较差	差
较浅	一般	较差	差	差
浅	一般	较差	差	差

2) 工业利用功能的资源利用条件评价基于水深和海底坡度两个指标，参考以下判别矩阵划分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级。

表 3-3 资源利用条件参考判别矩阵

水深 海底坡度	浅	较浅	中等	较深	深
缓	好	好	较好	较差	差
较缓	好	好	较好	差	差
中等	较好	较好	一般	差	差
较陡	一般	一般	较差	差	差
陡	一般	一般	较差	差	差

(3) 评价成果

对初级生产力、岸线、水深、海底坡度等指标进行评价，编制要素分级评价图、统计表，分析区域自然资源禀赋、水深地形特点及其对建设开发的影响。分别编制渔业资源利用、港口航运

用海和工业利用用海功能指向的资源利用条件空间分布图、统计表，并刻画可利用程度的空间分异特征。

3.1.1.2 海洋环境评价

海洋环境评价主要表征区域海洋环境系统对海洋经济活动的限制条件。针对渔业资源利用、港口航运和工业利用功能指向，分别采用渔业水域环境、港口航运及工业利用水动力环境作为评价指标，通过富营养化指数、潮差、流速综合反映。

(1) 评价方法

1) 渔业资源利用功能指向的海洋环境评价

[环境条件]是指海水环境条件对渔业资源利用活动的限制作用，由富营养化指数反映。

2) 港口航运功能指向的海洋环境评价

[水动力条件]是指水动力环境对港口航运功能的限制作用，由潮差反映。

3) 工业利用功能指向的海洋环境评价

[水动力条件]是指水动力环境对工业利用功能的限制作用，由流速反映。

(2) 评价步骤

第一步：渔业资源利用功能指向的海洋环境评价。基于区域内海水水质监测调查资料，采用以下公式计算富营养化指数。

$$E = (C_{\text{COD}} \times C_{\text{DIN}} \times C_{\text{PO4-P}} / 4500) \times 10^6 \quad (3.1.4)$$

其中，E 为富营养化指数， C_{COD} 为化学需氧量浓度， C_{DIN} 为无机氮浓度， $C_{\text{PO4-P}}$ 为活性磷酸盐浓度，单位为 mg/L。

通过反距离权重空间插值得到格网尺度的年均富营养化指数，按 ≤ 1 、1-3、3-9、 > 9 划分为未富营养化、轻度富营养化、中度富营养化、重度富营养化。

第二步：港口航运功能指向的海洋环境评价。根据区域内及周边地区验潮站长时间序列观测资料，按平均潮差 $\leq 2.5\text{m}$ 、2.5-3.5m、 $> 3.5\text{m}$ 划分为好、一般、差 3 个等级。

第三步：工业利用功能指向的海洋环境评价。基于评价区域潮流数据，按年均最大流速划分为强、较强、中等、较弱、弱 5 个等级。

(3) 评价成果

对富营养化指数、潮差、流速进行单要素评价，编制要素分级评价图、统计表，分析区域海洋环境条件对渔业资源利用、港口航运和工业利用的影响。编制渔业资源利用、港口航运和工业利用功能指向的分布图、统计表，并刻画海洋环境条件的空间分异特征。

3.1.1.3 海洋生态评价

海洋生态评价的目的主要是识别海域中具有典型性、代表性的海洋生态系统以及生态功能相对重要、生态敏感或脆弱程度相对较高的区域。

(1) 评价方法

[海洋生态重要性]主要评价典型海洋生态系统、生物资源集中分布区、典型海岸、海岛及自然景观区等生态服务功能的重要性。

该项指标评价的目的是识别海洋中具有典型性、代表性的重点区域，根据海洋生态系统完整性、维持自然属性和支持生物多样性等需要，按照典型资源的数量、分布以及提供各项生态服务功能等通过定量评估及专家识别法进行评价。

表 3-4 生态评价指标及分级标准

评价指标	分类	极重要	重要	一般
典型海洋生态系统	红树林	自然林比重 80-100%； 红树林覆盖度的归一化值 0.6-1	自然林比重 50-80%； 红树林覆盖度的归一化值 0.3-0.6	自然林比重 0-50%； 红树林覆盖度的归一化值 0-0.3
	珊瑚礁	珊瑚礁盖度的归一化值 0.3-1；硬珊瑚补充量>1.0 个/m ²	珊瑚礁盖度的归一化值 0-0.3；硬珊瑚补充量<1.0 个/m ²	-
	海草床	海草床面积的归一化值 0.3-1；海草床盖度的归一化值 0.3-1	海草床面积的归一化值 0-0.3；海草床盖度的归一化值 0-0.3	-
	滨海湿地及河口	列入国际、亚洲及我国重要湿地名录；自然流淌状态、自然潮滩、自然属性强、分布有极重要典型生态系统的河口	列入我国省级重要湿地名录；属于国家重点保护野生动物名录中鸟类的栖息、迁徙地；自然流淌、潮滩环境整洁、自然属性较强的河口	未列入湿地名录，自然属性较好，具有一定保护价值的滨海湿地；具有一定自然属性、通航及泄洪区河口
生物资源集中分布区	珍稀濒危物种分布区	珍稀濒危物种集中栖息生境	珍稀濒危物种迁徙通道	-
	重要渔业水域	重要海洋经济生物的产卵场、育幼场、洄游通道	重要增殖区域	-

评价指标	分类	极重要	重要	一般
典型海岸、海岛及自然景观区	自然岸线和沙源保护海域	自然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线（优质沙滩、典型地貌、滨海湿地、红树林、珊瑚礁、海草床等所在岸线）及缓冲区；沙源保护海域	自然形态保持基本完整、生态功能与资源价值较好的自然岸线及缓冲区	-
	保护海岛	领海基点、国防用途等特殊保护类海岛、保护区内海岛	具有生态保护价值的海岛	一般保护类海岛
	海洋自然景观和文化历史遗迹区	被纳入世界文化遗产名录、国家级非物质文化遗产名录、省级非物质文化遗产名录等海洋自然景观风貌和文化遗址	能够反映文化体系和自然地理特征，在艺术、历史、社会、科学等方面具有代表性和保护意义的自然景观风貌和文化遗址	-

（2）评价步骤

第一步：划定区域范围。

典型海洋生态系统包括红树林、珊瑚礁、海草床、滨海湿地以及河口五种类型。红树林生态系统的区域范围为红树群落覆盖区域与正在或规划实施生态整治修复区域叠加得到的范围（红树群落覆盖区域依据红树群落覆盖度>20%的林斑边缘确定）；珊瑚礁生态系统的区域范围为现场核测区域与正在或规划实施生态整治修复区域叠加得到的范围；海草床生态系统的区域范围为现场核测区域与正在或规划实施生态整治修复区域叠加得到的范围；滨海湿地及河口的区域范围为自海岸线向海延伸至-6m等深线内，包括潮间带滩涂湿地、岩石性海岸湿地、浅海水域湿地、

河口三角洲湿地等类型。

生物资源集中分布区包括珍稀濒危物种分布区以及重要渔业水域。珍稀濒危物种集中分布区域范围为珍稀濒危物种的集中栖息生境及迁徙通道；重要渔业水域的区域范围为重要海洋经济生物的产卵场、育幼场、洄游通道、重要增殖区域等。

典型海岸、海岛及自然景观区包括自然岸线和沙源保护海域、保护海岛以及海洋自然景观和文化历史遗迹区。自然岸线及缓冲区的区域范围为岸线向陆一侧 500 米或第一个永久性构筑物或防护林，向海一侧最大落潮位置围成的区域，沙源保护海域的区域范围为高潮线向陆一侧 500 米或第一个永久性构筑物或防护林，向海一侧的波基面围成的区域；保护海岛的区域范围为海岛海岸线至-6m 等深线或向海 3.5 海里内的区域，对于已经建立的涉及海岛的自然保护区和特别保护区，保护海岛的区域范围为保护区的整体范围；海洋自然景观和文化历史遗迹区的范围为保证海洋自然景观和历史文化遗迹风貌完整的前提下，向外扩展 100 米。

第二步：海洋生态重要性评价。

对红树林、珊瑚礁、海草床、滨海湿地及河口、珍稀濒危物种分布区、重要渔业水域、自然岸线和沙源保护海域、保护海岛、海洋自然景观和文化历史遗迹区等九类区域分别开展海洋生态重要性评价，划分为生态重要性极重要、重要与一般三个等级，对于每类区域评价指标中结果不一致的，依据高值确定评价等级，

对于分类属性上有交叉的区域，依据高值确定评价等级。

(3) 评价成果

编制典型海洋生态系统、生物资源集中分布区、典型海岸、海岛及自然景观区分级评价图、统计表，在此基础上，编制海洋生态重要性分级评价图、统计表，刻画区域海洋生态重要性的空间分异特征。

3.1.1.4 海洋灾害评价

灾害评价主要表征区域灾害对海洋经济活动的影响。针对港口航运和工业利用功能指向，选择风暴潮、海啸、海浪、海冰作为影响评价指标，通过风暴潮危险性、海啸危险性、海浪危险性、海冰灾害危险性综合反映。

(1) 评价方法

$$[\text{海洋灾害风险}] = \text{Max}[\text{风暴潮危险性}, \text{海啸危险性}, \text{海浪危险性}, \text{海冰危险性}] \quad (3.1.5)$$

风暴潮、海啸、海浪、海冰灾害危险性依据《风暴潮灾害风险评估和区划技术导则》《海啸灾害风险评估和区划技术导则》《海浪灾害风险评估和区划技术导则》和《海冰灾害风险评估和区划技术导则》评价。

(2) 评价步骤

依据评估技术导则开展风暴潮、海啸、海浪、海冰灾害危险性评价。综合考虑灾害强度、历史情况、空间分布等特征，风暴

潮、海啸、海浪危险性分为高、较高、较低、低 4 个等级。综合考虑冰厚、冰期以及密集度等冰情要素特征，将海冰危险性划分为高、较高、一般、较低和低 5 个等级。

(3) 评价成果

对风暴潮、海啸、海浪、海冰灾害危险性等指标进行评价，编制风暴潮、海啸、海浪、海冰灾害危险性分级评价图、统计表，分析区域灾害特点及其对建设开发的影响。分别编制港口航运和工业利用功能指向的海洋灾害风险分级评价图、统计表，并刻画区域海洋灾害风险的空间分异特征。

3.1.2 集成评价

3.1.2.1 集成准则

基于资源环境要素单项评价的分级结果，根据海洋生态保护和建设开发的差异化要求，综合划分海洋生态指向的生态保护等级以及海洋建设开发指向的承载能力等级，表征海洋空间的自然本底条件对人类生活生产活动综合支撑水平。海洋生态保护等级划分为极重要、重要、一般 3 个等级，承载能力等级由高至低划分为 V 级、IV 级、III 级、II 级、I 级 5 个等级，集成计算时分别对应 5、4、3、2、1 分。集成评价应遵循的基本准则如下：

——生态保护等级高的区域应具备典型海洋生态系统、集中分布的生物资源、典型海岸、海岛、自然景观等特征。

——承载能力等级高的区域应具备较好的海洋资源基础，对渔业资源利用、港口航运、工业利用具有较好的支撑能力。

——承载能力等级的高区域还应具备较好的环境本底条件，对渔业资源利用、港口航运和工业利用的限制性较低。

——承载能力等级高的区域还应受海洋灾害的约束较少，即海洋灾害危险性较高的区域，承载能力受到约束。

3.1.2.2 集成方法与步骤

(1) 海洋生态保护等级

海洋生态保护等级按如下公式进行综合集成：

$$[\text{海洋生态保护等级}] = \text{Max}([\text{典型海洋生态系统}], [\text{生物资源集中分布区}], [\text{典型海岸、海岛及自然景观区}]) \quad (3.1.6)$$

基于典型海洋生态系统、生物资源集中分布区和典型海岸、海岛及自然景观区三类指标的评价结果（极重要、重要和一般重要），取重要性高值确定海洋生态保护等级。

(2) 渔业资源利用功能指向的承载能力等级

渔业资源利用功能指向的承载能力等级按如下公式进行综合集成：

$$[\text{承载能力等级}] = f([\text{资源利用条件}])^{k[\text{渔业水域环境条件}]} \quad (3.1.7)$$

利用渔业水域环境条件对[资源利用条件]进行 k 指数修正，当渔业水域环境条件为“重度富营养化”时， $k[\text{渔业水域环境条件}] = 0$ ，承载能力等级为 I 级；否则， $k[\text{渔业水域环境条件}] = 1$ ，承载能力等级等于资源利用条件等级。

(3) 港口航运功能指向的承载能力等级

港口航运功能指向的承载能力等级按如下公式进行综合集成：

$$[\text{承载能力等级}] = f([\text{资源利用条件}], [\text{水动力条件}]) \quad (3.1.8)$$

首先，基于资源利用条件和水动力条件，确定港口航运功能指向的承载能力等级，参考判别矩阵见下表。

表 3-5 港口航运功能指向的海洋承载能力参考判别矩阵

资源利用条件 水动力条件	好	较好	一般	较差	差
好	5	5	4	2	1
一般	4	4	3	1	1
差	3	3	2	1	1

其次，纳入灾害风险指标对初步评价结果进行修正。修正准则为：对于港口航运功能指向承载能力初步评价结果为 5 分，但灾害风险高的海洋空间，将其承载能力分值调整为 4 分；对于初步评价结果为 4 分，但灾害风险高的海洋空间，将其承载能力分值调整为 3 分。

（4）工业利用功能指向的承载等级

工业利用功能的承载力评价等级按如下公式进行综合集成：

$$[\text{承载能力等级}] = f([\text{资源利用条件}], [\text{水动力条件}]) \quad (3.1.9)$$

首先，基于资源利用条件和水动力条件，确定工业利用功能指向的海洋承载能力，参考判别矩阵见下表。

表 3-6 工业利用功能指向的海洋承载能力参考判别矩阵

资源利用条件 水动力条件	好	较好	一般	较差	差
强	5	5	4	2	1
较强	5	5	4	1	1

资源利用条件 水动力条件	好	较好	一般	较差	差
中等	4	4	3	1	1
较弱	3	3	2	1	1
弱	3	3	2	1	1

其次，纳入海洋灾害风险指标对初步评价结果进行修正。修正准则为：对于工业利用功能指向承载能力初步评价结果为 5 分，但灾害风险高的海洋空间，将其承载能力分值调整为 4 分；对于初步评价结果为 4 分，但灾害风险高的海洋空间，将其承载能力分值调整为 3 分。

3.1.2.3 集成结果

刻画承载能力空间分布格局。编制生态指向的生态保护等级和建设开发指向的承载能力等级分布图、汇总表，分析各生态保护等级、承载能力等级区域的数量和面积，总结海洋资源环境承载能力空间分布特征。

解析承载能力限制性因素。通过综合等级与单要素评价结果叠加分析，刻画不同承载等级下的单要素组合特征，针对承载能力低值区解析承载能力的限制性因素。

3.2 海洋空间开发适宜性评价

3.2.1 渔业资源利用适宜性评价

渔业资源利用适宜性反映海洋空间从事渔业资源利用活动的适宜程度，渔业资源利用适宜性评价结果一般划分为适宜区、一般适宜区和不适宜区 3 种类型。通常，渔业资源利用适宜区具

备承载渔业资源利用活动的资源环境综合条件，斑块完整性好、资源利用优势度高；渔业资源利用一般适宜区具备一定承载渔业资源利用活动的资源环境综合条件，但斑块完整性和资源利用优势度一般；渔业资源利用不适宜区不具备承载渔业资源利用活动的资源环境综合条件，或斑块完整性和资源利用优势度差。

3.2.1.1 评价准则

（1）根据承载能力等级确定适宜区备选区域

适宜渔业资源利用的区域首先应具备承载渔业资源利用的资源环境综合条件，渔业资源利用条件越好，水域环境条件对渔业资源利用的约束性越小，渔业资源利用的适宜程度越高。按照渔业资源利用指向的承载能力等级，确定渔业资源利用适宜区、一般适宜区的备选区域。

（2）确保斑块连片程度能够满足渔业资源利用需求

适宜渔业资源利用的区域应具有一定的规模和集中连片布局的条件，斑块集中度越高，渔业资源利用适宜程度越高。

（3）结合渔业资源利用优势度确定渔业资源利用需求

滩涂、浅海及较好的海湾掩护条件是渔业资源利用的优势条件，更适于开展养殖利用。

3.2.1.2 评价指标及算法

（1）斑块集中度

斑块集中度主要表征适宜渔业资源利用区域的规模及空间分异特征。将渔业资源利用适宜区和一般适宜区的备选区域，利用地理信息系统软件聚合工具将相对聚集或邻近的图斑聚合为

相对完整连片区块，聚合距离一般为栅格精度的 2 倍。计算连片渔业资源利用区面积，按面积大小将斑块集中度依次划分高、较高、一般、较低和低 5 个等级。

表 3-7 斑块集中度评价分级参考阈值

斑块面积 (km ²)	≤2.5	2.5-5	5-10	10-20	>20
斑块集中度	低	较低	一般	较高	高

(2) 养殖优势度

养殖优势度是指开展开放养殖活动所需的便利条件，包括开适宜水深和利于躲避风浪的海湾条件。计算公式如下：

$$[\text{渔业资源利用优势度}] = f([\text{水深}], [\text{海湾条件}]) \quad (3.2.1)$$

[水深]按水深≤5m、5-10m、10-20m、20-30m 和>30m 划分浅、较浅、中等、较深、深，共 5 个等级，分别赋 5、4、3、2、1 分。

[海湾条件]海湾界定为被陆地环绕且面积不小于以口门宽度为直径的半圆面积的海域，不含辽东湾、渤海湾、莱州湾、杭州湾、北部湾 (GB/T19485-2014)，根据是否位于海湾内进行判别。

基于水深和海湾条件，确定养殖优势度，参考判别矩阵如下。

表 3-8 养殖优势度参考判别矩阵

水深 海湾条件	浅	较浅	中等	较深	深
海湾	高	高	较高	一般	较低
非海湾	高	较高	较低	低	低

3.2.1.3 评价步骤

第一步，根据渔业资源利用指向的承载能力等级，确定渔业资源适宜性分区备选区域。将承载能力等级高 (V)、较高 (IV) 的空间单元，作为适宜区的备选区域；将承载能力等级较高 (IV)、

中等(Ⅲ)、较低(Ⅱ)的空间单元,作为一般适宜区的备选区域;将承载能力低(Ⅰ)的空间单元,直接划定为不适宜区。

第二步,渔业资源利用适宜性分区。对适宜区备选区域及一般适宜区备选区域分别进行聚合操作,根据斑块集中度及承载能力参考判别矩阵,确定渔业资源利用适宜性等级,参考判别矩阵如下。

表 3-9 渔业资源利用承载等级和斑块集中度参考判别矩阵

承载等级	斑块集中度				
	高	较高	一般	较低	低
高	适宜	适宜	适宜	一般适宜	不适宜
较高	适宜	适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜
中等	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
较低	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
低	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜

第三步,养殖适宜性分区。根据养殖优势度对渔业资源利用适宜性分区结果进行调整。将养殖优势度为高的区域,且养殖适宜性初步分区结果为一般适宜的区域,上调一级变为适宜区。

3.2.1.4 注意事项

(1) 斑块集中度计算时,可根据当地具体情况,适当调整斑块集中度分级阈值。

(2) 渔业资源利用适宜性判别矩阵可根据评价区域实际情况进行调整,但原则上渔业资源利用适宜区只在渔业资源利用功能指向承载能力高、较高区域中划分。

3.2.2 港口航运用海适宜性评价

港口航运用海适宜性反映海洋空间从事港口航运活动的适宜程度，港口航运用海适宜性评价结果一般划分为适宜区、一般适宜区和不适宜区 3 种类型。通常，港口航运用海适宜区具备承载港口航运活动的资源环境综合条件，且区位优势优良；港口航运用海一般适宜区具备一定承载港口航运活动的资源环境综合条件、区位优势度一般；港口航运用海不适宜区不具备承载港口航运活动的资源环境综合条件，或区位优势度差。

3.2.2.1 评价准则

（1）根据承载能力等级确定适宜区备选区域

适宜港口航运的区域首先应具备承载港口航运活动的资源环境综合条件，岸线条件越好、水深越深、海洋灾害风险越低，港口航运适宜程度越高。按照港口航运功能指向的承载能力等级，确定港口航运用海适宜区、一般适宜区的备选区域。

（2）确保具备港口航运布局的条件

适宜港口航运的区域应具有一定规模和集中连片布局的条件，斑块集中度越高，港口航运用海适宜程度越高。

（3）兼顾区位优势对港口航运的引导和支撑能力

适宜港口航运的区域应具有一定的腹地条件，腹地经济发展对海上交通运输需求度越高、陆域交通条件越好，港口航运用海适宜程度越高。

3.2.2.2 评价指标及算法

(1) 斑块集中度

斑块集中度主要表征适宜港口航运用海区域的规模及空间分异特征。将港口航运用海适宜区和一般适宜区的备选区域，利用地理信息系统软件将备选区域栅格数据转换为矢量格式，通过聚合工具将相对聚集或邻近的图斑聚合为相对完整连片区块，聚合距离一般为栅格精度的 2 倍。计算连片港口航运建设用海面积，按面积大小将斑块集中度依次划分高、较高、一般、较低和低 5 个等级。

表 3-10 斑块集中度评价分级参考阈值

斑块面积 (km ²)	≤2.5	2.5-5	5-10	10-20	>20
斑块集中度	低	较低	一般	较高	高

(2) 区位优势度

区位优势度主要表征腹地条件、海陆交通联通性等对港口航运的辐射带动作用。

1) 国家和省级层面

$$[\text{区位优势度}] = f([\text{腹地条件}]) \quad (3.2.2)$$

腹地条件考虑腹地平整度、高程、港口航运对内陆地区的辐射范围及辐射区的经济规模等因素，采用专家决策法进行适宜性分级，分为高、中、低三级。评价过程中，可参照港口布局规划，国家港口布局规划区区位优势度一般为高，省级港口规划区区位优势度一般为中。

2) 市县层面

$$[\text{区位优势度}] = f([\text{交通优势度}]) \quad (3.2.3)$$

主要考虑海陆交通联通性，采用沿海市县陆域交通优势度计算结果。

3.2.2.3 评价步骤

第一步，根据港口航运用海功能指向的承载能力等级，确定港口航运用海适宜区、一般适宜区的备选区域。将承载能力等级高（V）、较高（IV）的空间单元，作为适宜区的备选区域；将承载能力较高（IV）、等级中等（III）、较低（II）的空间单元，作为一般适宜区的备选区域；将承载能力低（I）的空间单元，直接划定为不适宜区。

第二步，根据适宜性分区备选结果，对适宜区备选区域及一般适宜区备选区域分别进行聚合操作，根据斑块集中度及承载能力参考判别矩阵，适宜性初步分区参考判别矩阵如下。

表 3-11 适宜性初步分区参考判别矩阵

承载等级	斑块集中度				
	高	较高	一般	较低	低
高	适宜	适宜	适宜	一般适宜	不适宜
较高	适宜	适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜
中等	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
较低	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
低	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜

第三步，根据区位优势度修正港口航运用海适宜性分区。对于区位优势度评价结果为低的区域，将适宜性分区初划结果调整为不适宜区，对于区位优势度评价结果为中的区域，将适宜性分

区初划结果下调一级，对于区位优势度评价结果为高的区域，适宜性分区初划结果不变。

第四步，根据港口航运用海适宜性结果，编制港口航运用海适宜区、一般适宜区和不适宜区分布图、汇总表，分析三类区域数量和面积、空间分布特征，通过三类区域与现状港口航运用海的叠加分析，结合资源环境承载能力评价，评估现状港口航运用海的格局，解析港口航运用海的重点调整方向，提出优化路径与具体举措。

3.2.2.4 注意事项

（1）斑块集中度计算时，可根据海面宽阔度、海湾条件和当地具体情况，适当调整斑块集中度分级阈值。

（2）港口航运适宜性分区参考判别矩阵可根据评价区域实际状况进行调整，但原则上港口航运适宜区只在港口航运功能指向承载能力高、较高区域中划分。

3.2.3 工业利用用海适宜性评价

工业利用用海反映海洋空间从事工业生产活动的适宜程度，工业利用用海适宜性评价结果一般划分为适宜区、一般适宜区和不适宜区 3 种类型。通常，工业利用用海适宜区具备承载工业开发利用活动的资源环境综合条件、斑块集中度和区位优势度优良；工业利用用海一般适宜区具备一定承载工业开发利用活动的资源环境综合条件、斑块集中度和区位优势度一般；工业利用用海不适宜区不具备承载工业开发利用活动的资源环境综合条件，或

斑块集中度和区位优势度差。

3.2.3.1 评价准则

(1) 根据承载能力等级确定不同等级适宜区的备选区域

适宜工业利用用海的区域首先应具备承载工业开发利用活动的资源环境综合条件，水深越浅、海底坡度越平缓、海洋灾害风险越低，工业用海适宜程度越高。按照工业利用功能指向的承载能力等级，确定工业利用用海适宜区、一般适宜区的备选区域。

(2) 确保具有工业利用布局的条件

适宜工业利用用海的区域应具有一定规模和集中连片布局的条件，斑块集中度越高，工业利用用海适宜程度越高。

(3) 兼顾战略区位对海洋开发的引导和支撑能力

适宜工业利用用海的区域应具有一定的区位优势、海洋经济发展战略引导等，港口区位优势越高，海洋经济发展潜力越大，工业利用用海适宜程度越高。

3.2.3.2 评价指标及算法

(1) 斑块集中度

斑块集中度主要表征适宜工业利用用海区域的规模及空间分异特征。将工业利用用海适宜区和一般适宜区的备选区域，利用地理信息系统软件将栅格数据转换为矢量格式，通过聚合工具将相对聚集或邻近的图斑聚合为相对完整连片区块，聚合距离一般为栅格精度的 2 倍。计算连片工业利用用海面积，按面积大小将斑块集中度依次划分高、较高、中等、较低和低 5 个等级。

表 3-12 斑块集中度评价分级参考阈值

斑块面积 (km ²)	≤2.5	2.5-5	5-10	10-20	>20
斑块集中度	低	较低	一般	较高	高

(2) 区位优势度

区位优势度主要表征港口区位优势 and 海洋经济战略对工业开发利用的辐射带动作用。

1) 国家和省级层面

$$[\text{区位优势度}] = f([\text{港口区位优势}]) \quad (3.2.4)$$

港口区位优势表征港口航运对区域工业开发利用的支撑能力，根据港口级别进行分级。并依据腹地平整度对区位优势判别结果进行修正。

表 3-13 港口区位优势判别表

港口级别	等级
国家级重要港口	高
省级重要港口	中
其他	低

2) 市县层面

$$[\text{区位优势度}] = f([\text{与人口聚居区的距离}], [\text{交通优势度}]) \quad (3.2.5)$$

与人口聚居区的距离表征海洋工业开发利用对人居环境的影响程度。人口聚居区主要选择行政乡镇、街道人民政府所在地，同时考虑人口实际分布情况，根据评价区域与人口聚集区的距离划分为 3 个等级。

表 3-14 与人口聚居区的距离评价判别标准

指标	远	中	近
与人口聚居区的距离	>15km	5-15km	≤5km

交通优势度采用沿海市县陆域交通优势度计算结果。

综合与人口聚居区的距离和交通优势度，确定市县层面区位优势度，判别矩阵如下。

表 3-15 市县层面区位优势度判别矩阵

区位优势度		与人口聚居区的距离		
		远	中	近
交通优势度	高	高	高	中
	中	高	中	低
	低	中	低	低

3.2.3.3 评价步骤

第一步，根据工业利用功能指向的承载能力等级，确定工业利用用海适宜区、一般适宜区的备选区域。将承载能力等级高（V）、较高（IV）的空间单元，作为适宜区的备选区域；将承载能力等级较高（IV）、中等（III）、较低（II）的空间单元，作为一般适宜区的备选区域；将承载能力低（I）的空间单元，直接划定为不适宜区。

第二步，根据适宜性分区备选结果，对适宜区备选区域及一般适宜区备选区域分别进行聚合操作，根据斑块集中度及承载能力参考判别矩阵，适宜性初步分区参考判别矩阵如下。

表 3-16 适宜性初步分区参考判别矩阵

承载等级	斑块集中度				
	高	较高	一般	较低	低
高	适宜	适宜	适宜	一般适宜	不适宜
较高	适宜	适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜
中等	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
较低	一般适宜	一般适宜	一般适宜	不适宜	不适宜
低	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜	不适宜

第三步，根据区位优势度修正工业利用用海适宜性分区。对于区位优势度评价结果为低的区域，将适宜性分区初划结果调整为不适宜区，对于区域优势度评价结果为中的区域，将适宜性分区初划结果下调一级，对于区位优势度评价结果为高的区域，适宜性分区初划结果不变。

第四步，根据工业利用用海适宜性结果，编制工业利用用海适宜区、一般适宜区和不适宜区分布图、汇总表，分析三类区域数量和面积、空间分布特征，通过三类区域与现状用海的叠加分析，结合资源环境承载能力评价，评估现状工业用海的格局，解析工业用海的重点调整方向，提出优化路径与具体举措。

3.2.3.4 注意事项

（1）斑块集中度计算时，可根据海面宽阔度、海湾条件和当地具体情况，适当调整斑块集中度分级阈值。

（2）工业利用用海适宜性判别矩阵可根据评价区域实际状况进行调整，但原则上工业利用用海适宜区只在工业利用用海功能指向承载能力高、较高区域中划分。

4 陆海统筹

在海洋承载能力评价基础上，将海洋资源利用条件、海洋生态重要性和海洋灾害风险三个指标的评价结果，分别与对应的陆域沿海评价中的土地资源、生态和灾害评价的结果进行复合，调整沿海区域对应指标的评价值，统筹陆域和海域承载能力。

——基于海洋资源利用条件评价，选取资源利用条件指标，同所属陆域沿海区域的城镇建设条件指标进行复合，将实际土地资源评价结果为陆域评价的城镇建设条件与海域评价的资源利用条件之间的较高级。

——基于海洋生态评价，选取海洋生态重要性指标，对沿海地区的陆地生态评价结果进行修正。将陆地生态保护等级初评结果较低，但邻近海域的海洋生态系统重要性结果为高、较高的，将其生态保护等级分别提升到 V 级、IV 级。

——基于海洋灾害评价，选取海洋灾害风险指标，同所属陆域沿海区域面向城镇建设的灾害评价结果进行复合，将实际灾害评价结果为陆域评价的灾害危险性与海域评价的海洋灾害风险性之间的较高级。

5 附 则

5.1 基础数据获取

基础数据是开展空间规划资源环境承载能力评价的重要保障,陆域部分涉及的数据内容按属性包括土地资源类、水资源类、环境类、生态类、灾害类、气候气象类、基础设施类数据以及基础底图类数据。海洋部分涉及的数据内容按属性包括海洋空间资源类、生态类、环境类、海洋灾害类及社会经济数据。

基础数据获取时,应确保数据的权威性、准确性、时效性以及可获得性。根据评价需要与要素属性确定数据精度,应采用权威部门生产的遥感监测、普查调查统计、地面监测以及科学计算数据,数据时间一般以最新年度为准,图形数据一般应为 GIS 软件支持的矢量数据,统计数据一般应为 Access 或 Excel 软件支持的表格数据。陆域和海域评价基础数据清单详见表 5-1,表 5-2。

表 5-1 陆域双评价基础数据清单

数据类别	数据内容		备注
土地资源类	土地利用现状数据	全国第二次土地利用现状更新调查数据	
	地形数据	全要素数字地形图、1:5 万 DEM 数据	
水资源类	水文数据	降水量、水资源量(地表水、地下水)、地表径流流量与流速、地下水埋深、地下水矿化度	
	水功能区划数据	水功能区划图、控制单元或流域划分图	
	水资源公报	近 5 年水资源公报	
环境类	大气环境功能区划数据	大气环境功能区划及功能区目标浓度或所在区域应达的空气质量目标	

数据类别	数据内容		备注
	水环境功能区划数据	水环境功能区划及功能区目标浓度	数据时间以2017年度为主，若无可采用最接近年度数据替代；图形数据一般应为GIS软件支持的矢量数据；统计数据一般应为Access或Excel软件支持的表格数据。
	环境统计基库数据	区县环境统计的SO ₂ 、NO ₂ 、颗粒物、COD、氨氮、TN、TP排放量	
	大气环境质量监测数据	所有监测站点（包括国控、省控、市县级监测站点）SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 、PM _{2.5} 、PM ₁₀ 月均、年均浓度	
	水环境质量监测数据	所有监测站点（包括国控、省控、市县级监测站点）年均水质监测数据	
	土壤污染普查数据	土壤污染状况普查数据	
生态类	土壤侵蚀数据	水力、风力侵蚀区域和强度分级数据	
	土壤属性数据	粘粒、粉粒、砂粒和有机碳的百分比含量等	
	土地退化数据	沙漠化、石漠化、盐渍化等生态退化区域和强度分级数据	
	植被退化数据	森林退化率、草地退化率	
	植被覆盖数据	植被覆盖度、年NPP	
	生态功能区划数据	生态系统分类数据、生态功能区划图	
	各类保护区数据	一级、二级水源涵养区分布图，自然保护区、森林公园、风景名胜区分布图	
	植被廊道	优势树种面积及分布数据	
		珍贵树种面积（hm ² ）及分布数据	
	山体廊道	主要山体、流域分水岭、主要河流源区	
灾害类	地震灾害数据	活动断层分布图（地调局提供）、地震动峰值加速度（地调局提供）	
	地质灾害数据	崩塌、滑坡、泥石流和地面沉降、矿山地面塌陷和岩溶塌陷等地质灾害发生频次、强度及高易发区	
	气象灾害数据	年最大风速（近10年）、年最大日降雨量（近30-50年）、年最低气温（近10年）	
气候气象类	气象数据	降水、月均气温（华氏温度）、风速、日照时数、活动积温、月均空气相对湿度（%）、起沙天数、蒸散发、干燥度指数等	
基础底图类	行政区划数据	县（市、区）行政区划图，乡镇行政区划图	
	基础性地理国情监测数据	地表覆盖数据	
		地理国情要素数据	

表 5-2 海域双评价基础数据清单

数据类别	数据内容	数据描述	备注
空间资源类	水深数据	中国近海水深调查点矢量数据或水深网格产品，精度为 200m	数据时间一般以最新年度为准，岸线、生态等调查数据以最新的规模调查为准；图形数据一般应为 GIS 软件支持的矢量数据；统计数据一般应为 Access 或 Excel 软件支持的表格数据。
	岸线类型	岸线现状调查矢量数据（按照基岩、砂质、淤泥、人工岸线生态属性及本底情况、河口分类）	
生态类	滨海湿地、河口	滨海湿地分布面状矢量数据，滨海湿地植被及自然属性状况描述，属于鸟类栖息、迁徙生境的滨海湿地；河口自然流淌状况、河滩状况、闸口等描述，治导线等属性数据	
	红树林、珊瑚礁、海草床	红树林、珊瑚礁、海草床集中分布区域覆盖率、生物量等监测调查数据，红树林需区分自然、人工属性，正在实施修复或规划修复的面积及分布	
	珍稀濒危物种	珍稀濒危物种分布区范围，珍稀濒危生物调查数据	
	重要渔业海域	渔业产卵场、育幼场、索饵场、洄游通道分布矢量数据，重要增殖区分布数据，现状调查数据	
	自然岸线	岸线自然属性情况矢量数据，现状调查数据	
	沙源保护地	砂质岸线分布情况及沙源保护地分布情况	
	海岛	海岛名录及海岛分布矢量数据，海岛保护规划，领海基点及国防用途海岛名称	
	保护区、滨海旅游度假区、自然景观与历史文化遗迹区	国家、省级、市县级海洋保护区分布、功能分区面状矢量数据，现状调查数据；3A 以上滨海旅游度假区分布情况矢量数据；自然景观与历史文化遗迹区分布情况	
	海洋生态红线	海洋生态红线区矢量数据、登记表及文本	
	初级生产力	初级生产力、叶绿素、透明度、日照时间监测调查矢量数据	
环境类	富营养化数据	化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐浓度调查矢量数据	
	潮差	验潮站平均潮差数据	
	水半交换周期	流场（流速、流向）数据	
灾害类	海洋灾害	国家海洋信息中心提供	
	地质灾害	海底滑坡崩塌、断层、地震等工程地质灾害发生频次、强度或风险评估等级	
社会经济	渔港、港口、航道数据	矢量数据，应明确港口、航道名称、等级及分布位置矢量数据	

数据类别	数据内容	数据描述	备注
类	行政区划数据	沿海县（市、区）行政区划数据和海域勘界，乡镇行政区划数据、人口数	
	沿海人口聚居区分布位置	以沿海乡镇、街道人民政府为代表，包括名称、分布位置矢量数据，如有其他更详细数据一并提供	
	海洋经济发展战略	海洋经济发展的相关规划、批复，以及其他能够说明海洋经济重要性的战略、规划的相关材料	
	海洋开发利用现状	海洋渔业资源利用（养殖、人工鱼礁），港口、工业利用描述数据	

5.2 适用范围

本技术方法制定了资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价的技术流程、单项评价及指标算法、集成评价与综合方法等技术要点，主要适用于开展全国、省级、市县级国土空间规划时的资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价工作。若开展其他相关工作，需进行资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价工作的，可参照执行。

附录 A（参考性附录）

大气环境容量评价

大气环境容量是指自然环境承纳主要大气污染物的能力，通过区域大气扩散条件的平均水平表征，采用静风日数和风速综合反映。计算方法如下：

$$[\text{大气环境容量}] = f([\text{静风日数}], [\text{风速}])$$

整理区域内及周边地区气象台站长时间序列观测资料，统计各气象台站年平均风速以及日最大风速低于 3m/s 的日数，通过空间插值分别得到年平均风速和静风日数图层，按<1m/s、1-2 m/s、2-3 m/s、3-5 m/s、>5 m/s 生成风速分级图，按全年静风日数占比<5%、5-10%、10-20%、20-30%、>30%生成静风日数分级图。取静风日数、风速两项指标中相对较低的结果，划分大气环境容量高、较高、一般、较低、低 5 个等级。

附录 B（参考性附录）

生态系统服务功能重要性评价（NPP 参数计算法）

生态系统服务功能重要性评价主要包括生物多样性维护、水源涵养、水土保持和防风固沙等生态服务功能的重要性。

①生物多样性维护功能重要性

以植被净初级生产力（NPP）为主要参数，计算公式为：

$$[\text{生物多样性维护功能重要性}] = [\text{NPP}_{\text{mean}}] \times F_{\text{pre}} \times F_{\text{temp}} \times (1 - F_{\text{alt}}) \quad (\text{b-1})$$

式中， $[\text{NPP}_{\text{mean}}]$ 为植被净初级生产力，数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心，为 10 年以上平均值。 F_{pre} 、 F_{temp} 、 F_{alt} 分别为多年平均降雨量、多年平均气温和海拔因子，降雨和气温因子分别按极值法进行标准化，高程数据按最大最小法进行标准化，各因子标准化后的阈值为（0,1）。

考虑到 NPP 是 1km 格网的数据，降雨和气温为空间插值数据，模拟结果空间精度不够、对垂直分异规律解释不足。可针对试评价地区的地形地貌特点，引入“物种生境因子”对评价结果进行校正。校正方法是对上述公式的计算结果乘以“物种生境因子”系数，“物种生境因子”系数根据土地利用现状赋值，赋值方法参照表 1，根据全国地理国情普查的地表覆盖分类确定土地利用现状。

表 1 “物种生境因子”系数赋值

地理国情 普查代码 (2015)	310	320-350/ 411/1001	360-380/ 412/413	200/110/ 420/1012	120/900	500-800/ 1050
赋值	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.01

②水源涵养功能重要性

水源涵养功能重要性计算公式为：

$$WR = NPP_{mean} \times F_{sic} \times F_{pre} \times (1 - F_{slp}) \quad (b-2)$$

WR 为生态系统水源涵养服务能力指数， NPP_{mean} 为多年植被净初级生产力平均值， F_{sic} 为土壤渗流因子， F_{pre} 为多年平均降水量因子， F_{slp} 为坡度因子。考虑到 NPP 是 1km 格网的数据，降雨为空间插值数据，模拟结果空间精度不够、对垂直分异规律解释不足。引入“地表覆盖因子”和“海拔高度因子”对评价结果进行校正，校正方法是对上述公式的计算结果乘以“地表覆盖因子”系数和“海拔高度因子”系数。“地表覆盖因子”系数根据表 2-3 对现状地表覆盖类型赋值，数据来源为全国地理国情普查数据。

“海拔高度因子”系数的计算方法为：

$$[\text{海拔高度因子}] = \text{Max}(H_i, H_{\text{地带性植被}}) / H_{\text{max}} \quad (b-3)$$

式中， H_i 为像元高程值， H_{max} 为评价区域海拔高度的最大值， $H_{\text{地带性植被}}$ 为评价区域垂直地带性植被中，介于最低和最高之间，分布面积最大的植被所在的海拔高度值。地带性植被的选择要视评价地区所处的自然地带单元而定，一般在我国东南沿海，可选择针叶林或硬叶阔叶林面积最大的海拔高度值，西南部可选择针叶林面积最大的海拔高度值，北方地区可选择针叶林或灌草，西北干旱区可选择草甸草原，青藏地区可选择高寒草甸。海拔高度

因子是对具有水源地保护功能的山地区域起突显作用的因子，目的是使具有水源地保护功能的山地区域尽可能完整的评价出来。这种方法对无植被的山地区和山顶作为居民点的区域则可忽略此因子，可用地表覆盖因子系数校正。

表 2 “地表覆盖因子” 系数赋值

地理国情 普查代码 (2015)	310/340/ 1000	320/330/ 350/380/411	360/370/ 412/413/420	100/200/ 900	500-800
赋值	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1

③水土保持功能重要性

水土保持功能重要性计算公式如下：

$$[\text{水土保持功能重要性}] = [\text{NPP}_{\text{mean}}] \times (1 - K) \times (1 - F_{\text{slp}}) \quad (\text{b-4})$$

$[\text{NPP}_{\text{mean}}]$ 为植被净初级生产力多年平均值， K 、 F_{slp} 分别为土壤可蚀性因子、坡度因子，坡度按极值法进行标准化，标准化后的阈值为（0,1）。 K 的计算公式如下：

$$K = [-0.01383 + 0.51575K_{\text{epic}}] \times 0.1317 \quad (\text{b-5})$$

$$K_{\text{epic}} = \{0.2 + 0.3\exp[-0.0256m_s(1 - m_{\text{silt}}/100)]\} \times [m_{\text{silt}}/(m_c + m_{\text{silt}})]^{0.3} \times \{1 - 0.25\text{orgC}/[\text{orgC} + \exp(3.72 - 2.95\text{orgC})]\} \times \{1 - 0.7(1 - m_s/100)/\{(1 - m_s/100) + \exp[-5.51 + 22.9(1 - m_s/100)]\}\} \quad (\text{b-6})$$

式中， m_c 、 m_{silt} 、 m_s 、 orgC 分别为粘粒、粉粒、砂粒和有机碳的百分比含量。

④防风固沙功能重要性

$$[\text{防风固沙功能重要性}] = [\text{NPP}_{\text{mean}}] \times K \times F_q \times D \quad (\text{b-7})$$

$[\text{NPP}_{\text{mean}}]$ 为植被净初级生产力多年平均值, K 、 F_q 、 D 分别为土壤可蚀性因子、多年平均气候侵蚀力、地表粗糙度因子。

$$F = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} u^3 \frac{\text{ETP}_i - P_i}{\text{ETP}_i} \times d \quad (\text{b-8})$$

$$\text{ETP}_i = 0.19(20 + T_i) \times (1 - r_i) \quad (\text{b-9})$$

$$u_2 = u_1 (z_2 / z_1)^{1/7} \quad (\text{b-10})$$

$$D = 1 / \cos(\theta) \quad (\text{b-11})$$

式中, u 为 2m 高的月平均风速, u_1 、 u_2 分别表示 z_1 、 z_2 高度处的风速, ETP_i 为月潜在蒸发量, P_i 为月降水量, d 为当月天数, T_i 为月平均气温, r_i 为月相对湿度 (%), θ 为坡度 (弧度)。