

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2019.01.008

引用格式:邢怀学,葛伟亚,李亮,等. 基于GIS的丹阳城镇工程建设适宜性评价[J]. 华东地质,2019,40(1):59-66.

基于GIS的丹阳城镇工程建设适宜性评价

邢怀学^{1,2}, 葛伟亚¹, 李亮¹, 余成¹, 常晓军¹, 贾军元¹, 田福金¹, 雷廷¹

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210016;
2. 国土资源部资源环境承载力评价重点实验室, 北京 101149)

摘要: 为了使城市地质调查成果更好地服务于新型城镇化建设, 以正在开展的丹阳城市地质调查项目为依托, 分析丹阳市地质环境条件并评价城镇工程建设的适宜性。选取地形地貌、水文、工程地质、水文地质、地质灾害、活动断裂和地震效应7个一级评价因子, 地貌分区、水系水域、洪水淹没程度等11个二级评价因子, 以500 m×500 m网格为评价单元, 利用GIS软件对丹阳市进行工程建设适宜性评价。在此基础上, 叠加了丹阳市生态红线管控区, 将一级管控区划为工程建设不适宜区, 二级管控区划为工程建设适宜性差区。结果表明, 除生态管控区外, 丹阳市工程建设适宜性总体良好, 大部分地区为适宜区, 适宜工程建设; 城市开发建设不能突破生态保护红线。

关键词: GIS; 城镇工程建设; 适宜性评价; 丹阳市

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2019)01-059-08

建设用地适宜性评价是城市总体规划的一项基础而重要的工作, 可为土地利用规划、科学调整用地结构提供依据^[1]。地质地貌条件对建设用地的适宜性的限制是建设用地适宜性指标体系最重要的组成部分^[2-5], 其中地质要素主要通过岩性、地基承载力、地下水位、地质构造和地震活动等指标反映^[6-7], 地貌因素主要通过地貌类型体现^[8]。近年来, 由于城市建设空间快速扩张而引起的地质环境问题日益凸显, 为实现人类与环境的协调发展, 需重视建设用地的地质环境适宜性评价。目前, 建设用地适宜性评价以流域、城市等大范围研究居多^[9-16], 对县级以下城镇建设适宜性评价研究较少。

本文以“江苏镇江丹阳市小城镇水工环地质综合调查”项目实际调查资料为基础, 分析该区地质地貌条件, 在充分考虑生态环境保护和永久基本农田保护的基础上进行丹阳市工程建设适宜性评价, 该成果可为丹阳城镇规划布局、建设及重大工程选址提供参考。

1 研究区概况

丹阳市位于江苏省南部, 是苏南地区较为发达的县级市, 行政区下设11个镇、1个省级开发区(图1)。该市气候湿润、光照充足、雨量丰沛、无霜期长、四季分明, 年均气温14.9℃, 多年平均降水量为1 056.5 mm。地势西北高、东南低, 有丘陵和平原, 以平原为主。

2 研究方法

2.1 评价指标体系构建

根据丹阳市地质环境条件, 选取7个一级因子和11个二级因子作为工程建设适宜性的评价因子, 在评价结果的基础上, 选取生态红线作为否决区。

一级因子主要为地形地貌、水文、工程地质、水文地质、地质灾害、活动断裂和地震效应; 二级因子包括地貌分区、水系水域、洪水淹没程度、软土分

* 收稿日期: 2018-01-25 修订日期: 2018-04-26 责任编辑: 谭桂丽

基金项目: 中国地质调查局“江苏镇江丹阳市小城镇水工环地质综合调查(编号: 12120114023101)”和国土资源部资源环境承载力评价重点实验室开放课题(编号: CCA2017.09)项目联合资助。

第一作者简介: 邢怀学, 1981年生, 男, 高级工程师, 主要从事环境地质调查研究工作。

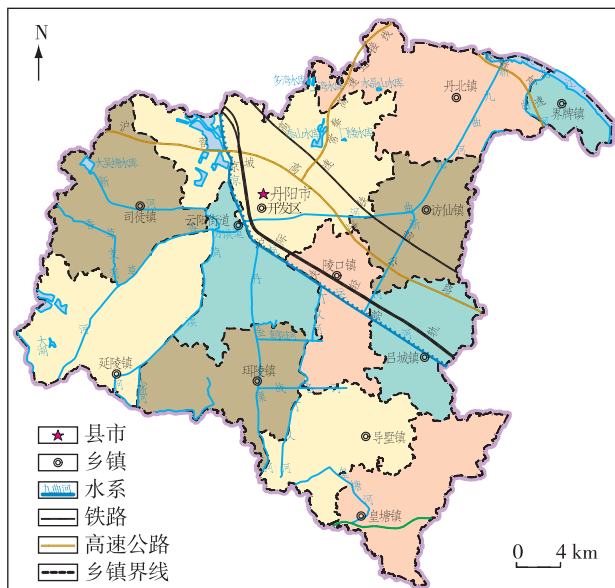


图1 丹阳市行政区划图(据2015年丹阳市统计年鉴修编)

Fig. 1 Map showing administrative division of Danyang

布、桩端持力层埋深、地下水埋深、土壤腐蚀性、地下水腐蚀性、地质灾害易发性、地震液化和区域稳定性。根据评价因子对建设用地的影响程度,采用定量与定性相结合的方法对各个单因子进行量化分级,经专家咨询确定量化级别,按其对工程建设用地适宜性的影响程度分为适宜级、较适宜级、适宜性差级和不适宜级,对应的定量分值依次为 10

表1 丹阳城镇工程建设适宜性评价指标体系及权重

Table 1 Suitability evaluation index system and weighted coefficient of urban engineering construction in Danyang

一级因子	二级因子	一级因子权重	二级因子权重	量化分级			
				I	II	III	IV
地形地貌	地貌分区	0.20	10.0	丘陵	丘陵	岗地	平原
水文	水系水域	0.10	4.5	区域防洪标准行洪、泄洪水系水域 ($D>30$)		城乡标准蓄滞洪系水域、防洪保护区 ($D<30$)	
	洪水淹没程度		5.5	设防标高 $-x_j \geq 1$	$0.5 \leq \text{设防标高} - x_j < 1$	设防标高 $-x_j < 0.5$	设防标高 $\leq x_j$
工程地质	软土分布	0.35	7.5	无软土区	埋深 >15	$5 < \text{埋深} \leq 15$	埋深 < 5
	桩端持力层埋深		2.5	>50	$30 < d \leq 50$	$5 < d \leq 30$	$d < 5$
	地下水埋深		3.0	<1.0	1.5	2.5	≥ 3.0
水文地质	土壤腐蚀性	0.10	2.5	强	中等	弱	微
	地下水腐蚀性		4.5	强	中等	弱	微
地质灾害	地质灾害易发性	0.10	10.0	高易发	中易发	低易发	不易发
活动断裂	地震液化	0.15	4.5	严重液化		轻微液化	不液化
地震效应	区域稳定性		5.5	不稳定	次不稳定	次稳定	稳定

注: x_j 为 j 点地面高程, m ; d 为桩端持力层埋深, m ; D 为评价区距水系距离, m 。

分、6分、3分和1分。基本指标定量分值大者为优,根据专家经验值确定因子权重(表1)。

2.2 评价模型

以上述各单项因子评价为基础,形成城镇建设各单因子适宜性程度分级图,将各单因子适宜性程度分级图叠加,按式(1)计算各单元的综合适宜性指数 I_s ,根据适宜性评价标准判定评价单元的工程建设适宜性分级。

$$I_s = \sum_{i=1}^n W'_i \left(\sum_{j=1}^m W''_{ij} \cdot X_j \right), \quad (1)$$

式中: n 为参评一级因子总数; m 为隶属于第 i 项一级因子的参评二级因子总数; w'_i 为第 i 项一级因子权重; w''_{ij} 为隶属于第 i 项一级因子下的第 j 项二级因子权重; X_j 为第 j 项二级因子的定量分值。当 $I_s \geq 70.0$ 为适宜级, $45 \leq I_s < 70.0$ 为较适宜级, $20 \leq I_s < 45$ 为适宜性差级, $I_s < 20.0$ 为不适宜级。

3 评价结果

3.1 单因子定量分级评价结果

3.1.1 地貌分区

丹阳市地貌主要分为平原区、岗地区和丘陵区(图2),以平原区为主。平原区主要由东北部长江沿岸平原和南部太湖平原组成,地形低平,平均海拔约 7 m,总面积约 862.16 km²,占丹阳市总面积

的82.23%,属于工程建设地貌适宜区。岗地区主要分布在丹阳市北部和西部,面积约174.11 km²,约占丹阳市总面积的16.61%,属于工程建设地貌较适宜区。丘陵区主要分布在丹阳市北部,最高峰为水晶山,主峰海拔166 m,丘陵地貌呈NW—SE向展布,面积约12.29 km²,约占丹阳市总面积的1.17%,属于工程建设地貌适宜性差区。

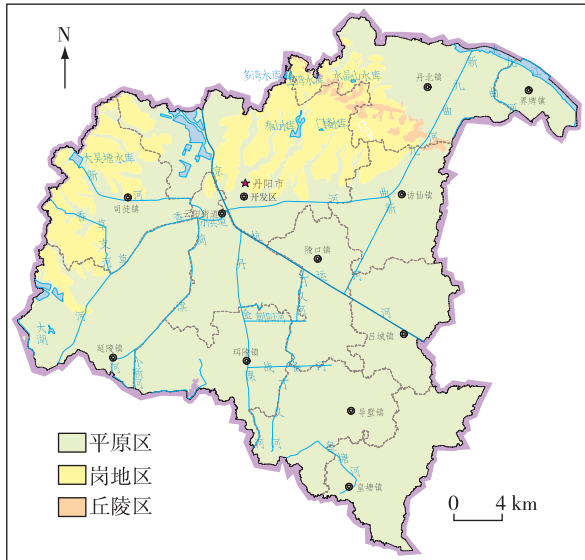


图2 丹阳市地貌分区图

Fig. 2 Map showing geomorphologic division of Danyang

3.1.2 水系水域

水系水域是城镇建设中维持生态系统稳定性的重要因素^[17],工程建设适宜性与场地距地表水的距离呈正比。以场地距河流距离为划分标准,河流影响范围取30 m缓冲距离进行分析,将陆域区分为工程建设适宜区和较适宜区。丹阳市共有河道96条,计长464 km,其中以京杭运河、鹤溪河、九曲河和丹金溧漕河为主脉。较适宜区面积较小,占丹阳市总面积的5%以下;适宜区面积较大,占丹阳市总面积95%以上(图3)。

3.1.3 洪水淹没程度

洪水淹没程度是工程建筑物等级标准之一,不同建筑物对洪水淹没程度要求不同。根据《丹阳市“十三五”县乡河道轮浚规划(报批稿)》^[18],1970—2010年,丹阳市年均降水量1 066.9 mm,年均雨日为123天/a,历史最高洪水水位为7.5 m。以丹阳市历史最高洪水水位为设防洪(潮)标高,根据洪水淹没程度分级标准,对丹阳市进行不同等

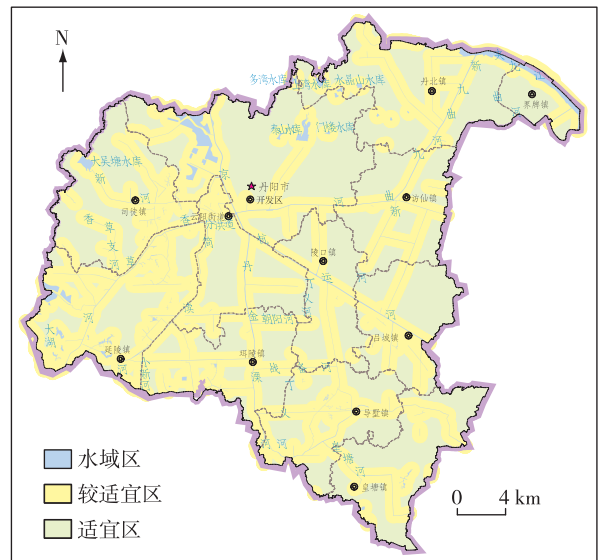


图3 丹阳市水系水域评价分区图

Fig. 3 Map showing division of water area and land area in Danyang

级场地标高划分(图4)。丹阳市大部分地区地形标高为6.5~7 m,即 $0.5 \text{ m} \leq \text{设防标高} - x_j < 1 \text{ m}$,面积约622.32 km²,占丹阳市总面积的59.55%;丹阳市地形标高为7~7.5 m,即设防标高 $-x_j \leq 0.5 \text{ m}$ 的区域主要分布于岗地与平原过渡区,面积约134.38 km²,占丹阳市总面积的12.81%;丹阳市地形标高 $>7.5 \text{ m}$ 的区域主要分布在西部和北部,面积约288.83 km²,占丹阳市总面积的27.64%。

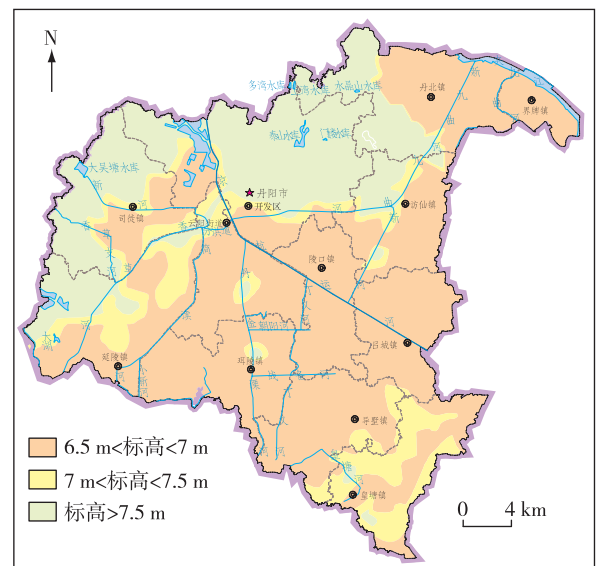


图4 丹阳市洪水淹没程度评价分级图

Fig. 4 Map showing evaluation and classification of flood inundate degree in Danyang

3.1.4 软土分布

根据软土性质对工程建设影响,将丹阳市软土分 4 个等级,分别为无软土区、软土埋深 <5 m、软土埋深 $5\sim 15$ m 和软土埋深 >15 m(图 5)。软土主要分布于滨江、陵口—吕城、横塘及练湖北部,软土埋深 <5 m 的区域主要分布在滨江地区,层顶埋深为 $1.2\sim 5.0$ m。软土埋深为 $5\sim 15$ m 的区域主要分布在太湖沉积单元,层顶埋深为 $3.9\sim 15.0$ m,为工程地质不良软土层,工程地质性质较差。

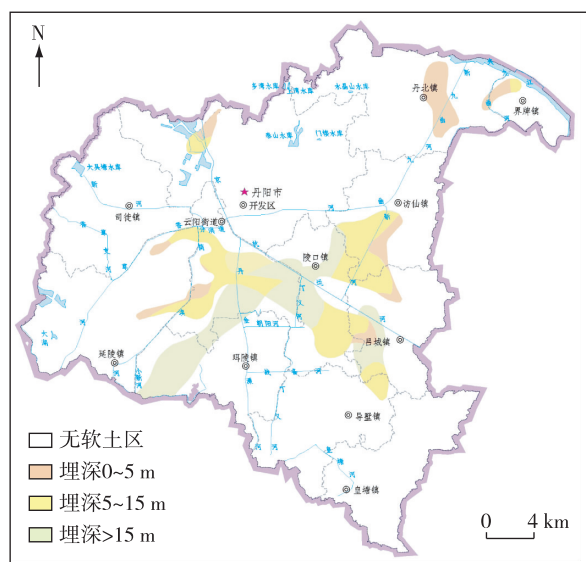


图 5 丹阳市软土分布图

Fig. 5 Map showing the distribution of soft soils in Danyang

3.1.5 桩端持力层埋深

工程建设中,硬土层和砂层是桩基主要持力层,而桩端持力层埋深是工程建设的主要影响因素。本文选择硬土层和密实砂层作为持力层,按桩端持力层埋深 <5 m、 $5\text{ m}<\text{桩端持力层埋深}\leq 30$ m、 $30\text{ m}<\text{桩端持力层埋深}\leq 50$ m,分为工程建设适宜区、工程建设较适宜区和工程建设适宜性差区(图 6)。

$30\text{ m}<\text{桩端持力层埋深}\leq 50$ m 的区域主要分布在丹阳市北部长江沿岸平原和中部太湖平原,分布面积约 245.94 km^2 ,约占丹阳市总面积的 23.64% ,属于工程建设适宜性差区; $5\text{ m}<\text{桩端持力层埋深}\leq 30$ m 的区域主要分布在丹阳市中部太湖平原和西部岗地,分布面积约 426.84 km^2 ,约占丹阳市总面积的 41.04% ,属于工程建设较适宜区;桩端持力层埋深 <5 m 的区域主要分布在丹阳市南

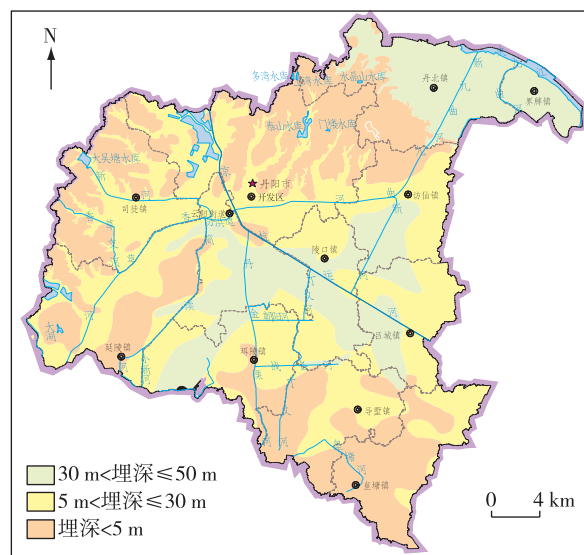


图 6 丹阳市工程建设桩端持力层埋深评价分区图

Fig. 6 Map showing division of buried depths for pile end bearing stratum of engineering construction in Danyang

部太湖平原、西部岗地和北部丘陵,分布面积约 367.49 km^2 ,约占丹阳市总面积的 35.33% ,属于工程建设适宜区。

3.1.6 地下水埋深

在工程建设中,地下水埋深直接影响基坑开挖和建筑基础施工,是影响工程建设的重要因素之一。根据实测的 230 个地下水水位埋深数据,采用克里格插值法进行成图(图 7)。由图 7 可知,丹阳市地下水西深东浅。皇塘镇西南部及滨江地区地下水埋深 <2 m,工程建设适宜性较差;丹北镇东部及皇塘镇东部地下水埋深为 $2\sim 3$ m,属于工程建设较适宜区;其余地区地下水埋深 >3 m,属于工程建设适宜区。

3.1.7 土壤腐蚀性

根据《GB 50021—2001 岩土工程勘察规范》^[19],对丹阳市 1 108 个土样点按 pH 值进行腐蚀性评价, $\text{pH}>5.5$ 为微腐蚀性, $\text{pH}\leq 5.5$ 为弱腐蚀性。评价结果表明,丹阳市为工程建设适宜区和工程建设较适宜区(图 8)。工程建设较适宜区零星分布在丹阳市南部导墅镇、皇塘镇及西部延陵镇、司徒镇,面积约 83.03 km^2 ,约占丹阳市总面积的 7.84% ;丹阳市大部分地区为工程建设适宜区,面积约 976.75 km^2 ,占丹阳市总面积的 92.16% 。

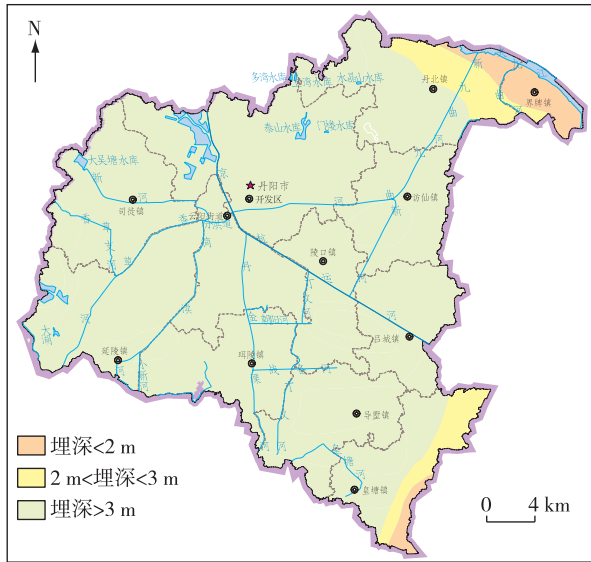


图 7 丹阳市地下水埋深评价分区图

Fig. 7 Map showing division of groundwater depth in Danyang

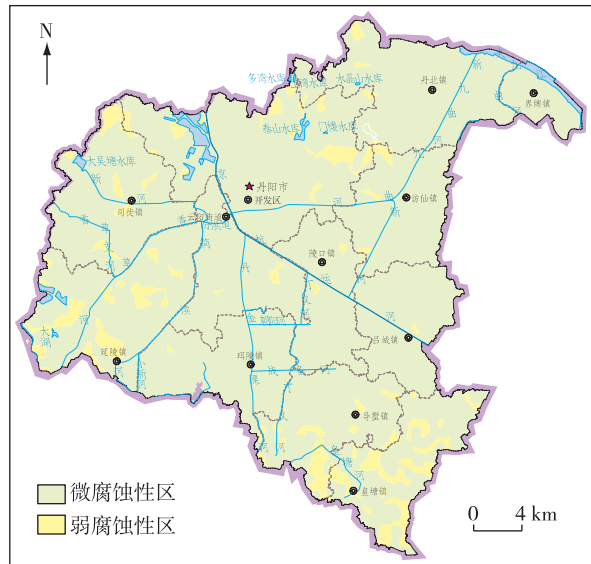


图 8 丹阳市土壤腐蚀性评价分级图

Fig. 8 Map showing classification of soil corrosion evaluation in Danyang

3.1.8 地下水腐蚀性

根据《GB 50021—2001 岩土工程勘察规范》^[19],对丹阳市 200 个水样点分别按照 pH 值、侵蚀性 CO_2 含量和 HCO_3^- 含量等指标进行腐蚀性评价,将地下水分为微腐蚀性、弱腐蚀性和中腐蚀性 3 个级别(图 9)。

地下水中腐蚀性区主要分布在界牌镇与丹北镇交界处的九曲河入江口、丹北镇镇中、延陵镇南部、皇塘镇东北部和导墅镇镇中,面积约 70.73 km^2 ,约占丹阳市总面积的 6.76% ,属于工程建设适宜性差区;地下水弱腐蚀性区主要分布在长江沿岸平原、珥陵镇西部和北部、陵口镇中部,面积约 263.94 km^2 ,约占丹阳市总面积的 25.23% ,属于工程建设较适宜区;丹阳市大部分地区为地下水微腐蚀性区,面积约 711.75 km^2 ,约占丹阳市总面积的 68.04% ,属于工程建设适宜区。

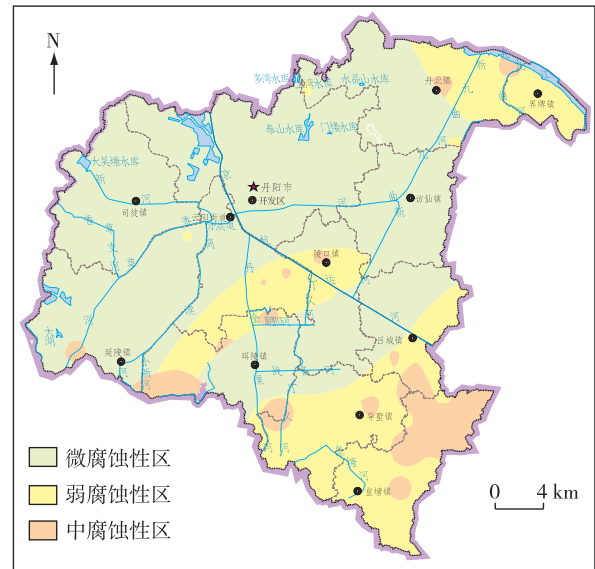


图 9 丹阳市地下水腐蚀性评价分区图

Fig. 9 Map showing classification of groundwater corrosion evaluation in Danyang

3.1.9 地质灾害易发性

丹阳市地层结构稳定,地形平坦,地质灾害不发育,地质灾害易发性分区如图 10 所示。

由图 10 可知,地质灾害中易发区分布在东北部基岩区,滑坡是最主要的地质灾害。丹阳市大部分地区为地质灾害低易发区和地质灾害不易发区,面积分别为 200.89 km^2 和 820.80 km^2 ,分别占丹阳市总面积的 19.17% 和 78.32% 。

3.1.10 地震液化

丹阳市抗震设防烈度为 7 度,在古冲沟和漫滩沉积区分布粉质黏土、粉土夹粉砂、粉土夹粉质黏土及粉砂,长年处于高水位,易产生震动液化,危害建筑物。根据《GB 50011—2010 建筑抗震设计规范》^[20],对区内地面以下 20 m 范围的土层进行液化

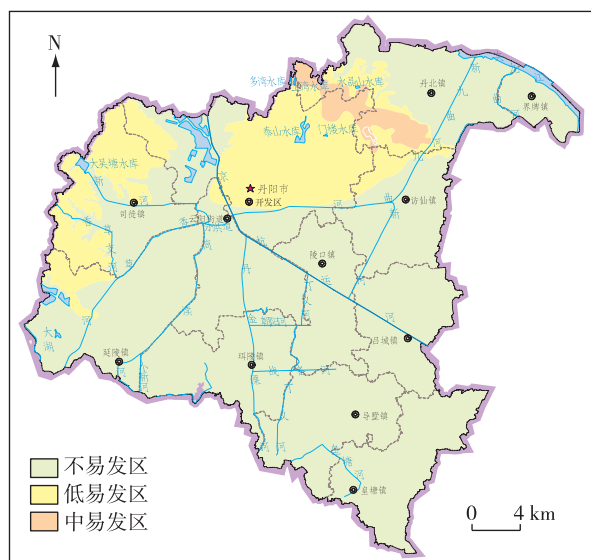


图 10 丹阳市地质灾害易发性分区图

Fig. 10 Map showing division of geological disaster susceptibility in Danyang

判别,分为无地震液化区和地震液化轻微区(图 11)。地震液化轻微区主要分布在长江沿岸平原和皇塘镇中部,分布面积约 50.56 km²,约占丹阳市总面积的 5%,其他区域均为无地震液化区。

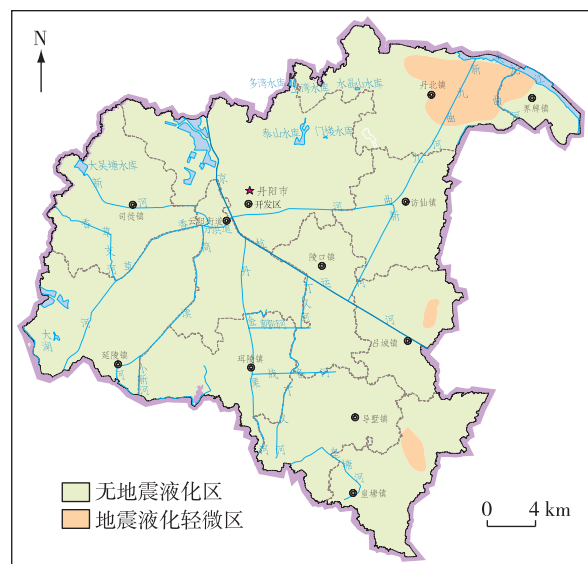


图 11 丹阳市地震液化等级分区图

Fig. 11 Map showing division of earthquake liquefaction grades in Danyang

3.1.11 区域稳定性

NNE—NE 向和 NW—NWW 向断裂是区内主要的发震断裂,茅山断裂带具有晚第四纪活动特征。

根据《GB 50011—2010 建筑抗震设计规范》^[20]、断裂分布、力学性质及活动性,将研究区分为稳定区、次稳定区和次不稳定区(图 12)。次不稳定区分布在丹阳市西南部延陵镇,主要受茅山断裂影响,分布面积 20 km²;次稳定区分布在长江沿岸平原界牌镇中部和丹阳市东北部丘陵区,分布面积 18.3 km²;其余地区为稳定区。

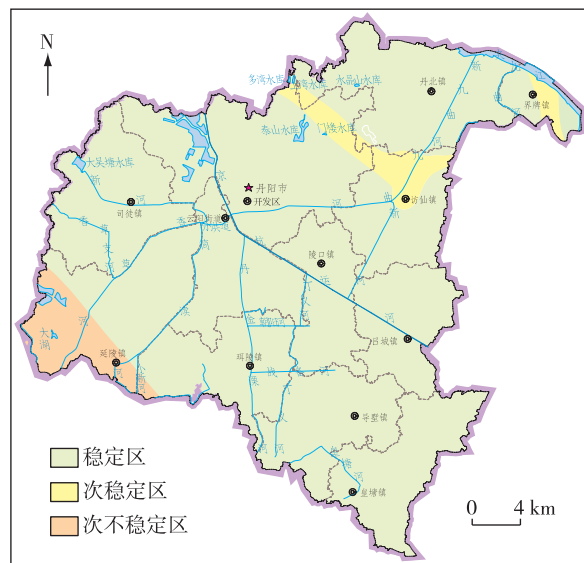


图 12 丹阳市区域稳定性评价分区图

Fig. 12 Map showing division of regional stability evaluation in Danyang

3.2 综合评价结果

根据研究尺度,将研究区划分为 500 m×500 m 网格,丹阳市 1 047 km² 共划分为 4 493 个网格,用基本指标多因子分级加权指数合法,对以上各单因子分级评价图(图 2—图 11)进行加权叠加,得到丹阳市工程建设适宜性评价结果(图 13)。为维护丹阳市生态安全和可持续发展,充分考虑工程建设对环境破坏的影响,将丹阳市生态红线一级管控区划为工程建设不适宜区,禁止工程建设区,二级管控区划为工程建设适宜性差区,严禁有损主导生态功能的开发建设。

评价结果(图 13)表明,丹阳城镇工程建设适宜性分为工程建设适宜区、工程建设较适宜区、工程建设适宜性差区和工程建设不适宜区。工程建设不适宜区主要是生态红线一级管控区,包括齐梁文化风景名胜(泰山水库),面积 2.17 km²。工程建设适宜性差区主要为二级生态管控区和次不稳定

区,包括季子庙风景名胜区、各洪水调蓄区、重要湿地及受茅山断裂影响的延陵镇西部,面积 269.79 km^2 ,占丹阳市总面积的 25.8% 。工程建设较适宜区包括地形坡度大、地下水位埋深浅以及存在软土、砂土液化和次稳定区等区域,主要分布在东北部后巷镇、新桥镇和界牌镇,面积 56.64 km^2 ,占丹阳市总面积的 5.4% 。其他地区为工程建设适宜区,主要分布在丹北镇、埤城镇、司徒镇、延陵镇和皇塘镇,面积约占丹阳市总面积的 68.6% 。

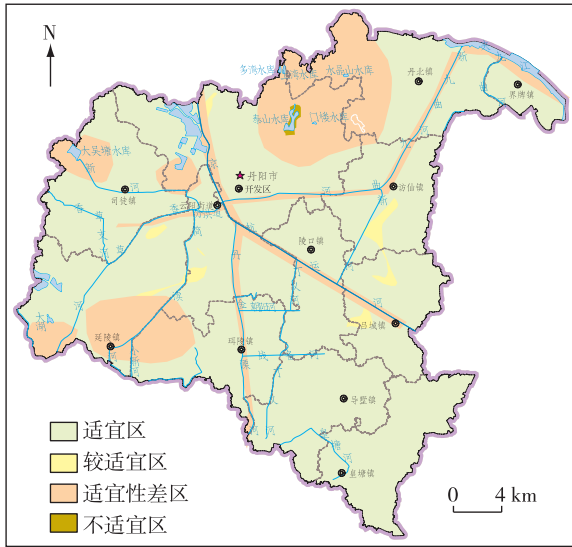


图13 丹阳城镇工程建设适宜性评价分区图

Fig. 13 Map showing division of suitability evaluation of urban engineering construction in Danyang

4 结论及建议

4.1 结论

(1)丹阳市工程建设适宜性总体良好,大部分地区为工程建设适宜区。工程建设不适宜区为生态红线一级管控区;工程建设适宜性差区主要为二级生态管控区和区域次不稳定区,包括季子庙风景名胜区、洪水调蓄区、湿地以及受茅山断裂影响的延陵镇西部;工程建设较适宜区包括地形坡度大、地下水位埋深浅及存在软土、砂土液化的次稳定区。

(2)城镇工程建设适宜性评价既要考虑地质条件和环境地质问题,也要注重生态环境保护。结合城市生态红线区划定,将一级生态管控区划为不适宜区,不能进行工程建设;二级生态管控区划为适宜性差区,严禁有损主导生态功能的工程建设。

4.2 建议

(1)对工程建设适宜性差区,应注意活动断裂、地质灾害、软土等地质问题;对工程建设适宜区及较适宜区,注意生态红线区和永久基本农田的保护,合理开发利用建设用地。

(2)丹阳市经济开发区是重点发展区域,要保护生态环境,泰山水库周边严禁开发建设,水晶山区域要注意防范崩塌滑坡、岩溶塌陷和采空塌陷。建议丹阳市重点向西发展,司徒镇东部、珥陵镇北部和陵口镇距老城区近,地质环境良好,有利于工程建设,可重点开发。丹阳市可适度向南发展,注意保护基本农田,优先满足农业发展需求。

参考文献

- [1] 何丹,金凤君,周璟.资源型城市建设用地适宜性评价研究——以济宁市大运河生态经济区为例[J].地理研究,2011,30(4):655-666.
- [2] 陈传康.城市建设用地综合分析和分等问题[J].资源科学,1983,5(2):18-25.
- [3] 简王华,陈传康.北海市城市用地条件分析评定及土地利用[J].热带地理,1990,10(1):78-86.
- [4] 吴恒.城市用地的影响因素分析及其评价系统[J].地理研究,1995,14(4):69-77.
- [5] 钱乐祥,郑建闽,曹文志,等.城镇建设用地适宜性评价信息系统研究——以福建省漳州市芗城区为例[J].热带地理,1996,16(2):114-121.
- [6] DOBSON F S. An Experimental Study of Dispersal in the California Ground Squirrel[J]. Ecology, 1979, 60(6):1103-1109.
- [7] 陈桂华,徐樵利.城市建设用地质量评价研究[J].资源科学,1997,19(5):22-30.
- [8] 许嘉巍,刘惠清.长春市城市建设用地适宜性评价[J].经济地理,1999,19(6):101-104.
- [9] 王全,徐建刚,徐闻闻.基于GIS的城市用地适宜性评价——以南京高淳新区为例[J].地球物理学进展,2005,20(3):877-880.
- [10] 罗婧,姚亦锋,盛鸣,等.基于GIS的陇南灾区建设用地适宜性评价[J].长江流域资源与环境,2009,18(6):540-544.
- [11] 奇怒涛.基于建设用地适宜性评价的县域城乡用地布局优化研究——以浮梁县为例[J].农村经济与科技,2009,20(5):11-12.
- [12] 陈燕飞,杜鹏飞,郑筱津,等.基于GIS的南宁市建设用地生态适宜性评价[J].清华大学学报(自然科学版),2006,46(6):801-804.

- [13] 王洋,张俊梅,许皞,等.城乡建设用地增减挂钩适宜区评价体系研究——以河北任丘市为例[J].河北农业大学学报,2011,34(3):127-132.
- [14] 刘细元,王道英,游玮.江西省主要城市建设用地地质环境初步评价[J].华东地质,2007,28(4):298-305.
- [15] 方家骅.中国城市环境地质工作回顾和今后工作思路[J].火山地质与矿产,2001,22(2):84-86.
- [16] 于少康,袁芳.基于 GIS 的浮梁县建设用地适宜性评价[J].国土与自然资源研究,2011,22(6):22-24.
- [17] 严军,张仲昊,周泉.基于 GIS 叠加分析的规划建设适宜性研究——以宣城市白云山养生养老社区为例[J].林业科技开发,2014,28(5):131-135.
- [18] 丹阳市水利局,丹阳市财政局,镇江市工程勘测设计研究院.丹阳市“十三五”县乡河道轮浚规划(报批稿)[R].2015:4-5.
- [19] 中华人民共和国建设部. GB 50021—2001 岩土工程勘察规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2009:122-127.
- [20] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 50011—2010 建筑抗震设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2010:14-17.

GIS-based suitability evaluation on constructive lands in the city of Danyang

XING Huai-xue^{1,2}, GE Wei-ya¹, LI Liang¹, YU Cheng¹,
CHANG Xiao-jun¹, JIA Jun-yuan¹, TIAN Fu-jin¹, LEI Ting¹

(1. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, China; 2. Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land & Resources, Beijing 101149, China)

Abstract: In order to better apply of urban geological survey results in the construction of new-type urbanization, an urban geological survey project was carried out in the city of Danyang to analyze its geological environment conditions. Seven first-order evaluation factors (such as topography, hydrology, engineering geology, hydrogeology, geological disaster, active fault and seismic effect), and 11 second-order evaluation factors (such as topographic division, waters system and flood inundating level) were selected to involve in this evaluation. Through GIS software, the suitability of engineering construction in Danyang city was evaluated on a grid of 500 m×500 m. The ecological redline control area in Danyang was superimposed on the evaluation results. This study divided Danyang into two areas: the first-level control area was defined as the unsuitable area for engineering construction and the second-level control area as the poor area for engineering construction. The results show that, except for the ecological control areas, Danyang enjoys a good suitability of engineering construction, with most of the area well suitable for engineering construction, but urban development and construction must not break through the redline of ecological protection.

Key words: GIS; engineering construction of town; suitability evaluation; Danyang