

# Geological Hazard Risk Assessment of Construction Land in Quanzhou Bay Area\*

Shuhua Luo<sup>1</sup>, Chaokui Li<sup>1,2#</sup>, Junxiao Li<sup>1</sup>, Guo Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Schools of Architecture and Urban Planning, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan

<sup>2</sup>Hunan Province Engineering Laboratory of Geospatial Information, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan  
Email: 95355059@qq.com, #chk1\_hn@163.com

Received: Sep. 4<sup>th</sup>, 2013; revised: Oct. 5<sup>th</sup>, 2013; accepted: Oct. 14<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2013 Shuhua Luo et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** This paper analyses the Geological conditions in the area of Quanzhou bay and ensures the major and potential geological disasters of the construction land in Quanzhou bay area which are Earthquakes, collapse, landslide and dangerous rock mass. According to the theory of Analytic Hierarchy Process, we set up the analytic hierarchy process model of geological disaster risk assessment. And according to the risk degree of the construction, land in Quanzhou bay area can be divided into four levels: high risk, medium risk, low risk and the safe. By the evaluation results, most areas of the Quanzhou bay are relatively safe and are suitable for engineering construction as the construction land. High risk area and medium risk area which are not suitable for development and construction are mainly in the western mountainous hilly region and near the fault zone. Danger also exists in the eastern coastal areas, it is not appropriate to conduct excessive construction.

**Keywords:** Quanzhou Bay Area; Geological Hazards; Risk Assessment; Analytic Hierarchy Process (AHP)

## 环泉州湾地区建设用地质灾危险性评价\*

罗淑华<sup>1</sup>, 李朝奎<sup>1,2#</sup>, 李俊晓<sup>1</sup>, 陈果<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南科技大学, 建筑与城乡规划学院, 湘潭

<sup>2</sup>湖南科技大学, 地理空间信息湖南省工程实验室, 湘潭  
Email: 95355059@qq.com, #chk1\_hn@163.com

收稿日期: 2013年9月4日; 修回日期: 2013年10月5日; 录用日期: 2013年10月14日

**摘要:** 本文对泉州湾地区建设用地的地质条件进行分析, 确定了泉州市环泉州湾地区建设用地主要存在的潜在地质灾害为地震、崩塌、滑坡和危岩体。根据层次分析理论, 建立地质灾害危险性评价的层次分析模型, 将泉州湾地区建设用地按危险性程度分为高危险、中危险、低危险、安全四个等级。评价结果: 泉州湾大部分地区相对安全, 适宜作为建设用地进行工程建设; 高危险和中危险区主要位于西部山地丘陵地区, 且处于断裂带附近, 不适合进行开发建设; 东部沿海也存在中危险区域, 因此不宜再进行过度的工程建设。

**关键词:** 泉州湾; 地质灾害; 危险性评估; 层次分析法

\*基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项课题(编号: 201211039-4)资助。

#通讯作者。

## 1. 引言

近年来, 由于人类对各类资源的过度开发利用, 随之而来的便是地质灾害的频繁发生。由于事先未进行地质灾害危险性评估工作, 而使得工程建设本身诱发或导致的地质灾害发生的事件时有发生, 并造成了极大的人员伤亡和经济损失。建设用地地质灾害危险性评估的研究文献较多<sup>[1-7]</sup>, 并有专著出版<sup>[8]</sup>。环泉州湾地区毗邻台湾海峡, 是海西经济区的重要发展地带, 在中国东部沿海具有代表性, 而针对此处的地质灾害的研究均比较零散<sup>[9,10]</sup>。本文以该区域为例, 对该地区的地质条件进行研究。根据层次分析法确定评价因子权重, 建立地质灾害危险性指标体系与评价模型<sup>[11]</sup>, 可为中国东部沿海其他城市的地质灾害危险性评价及土地适宜性评价提供方法上的借鉴与参考。

## 2. 环泉州湾地区地质灾害危险性评价

### 2.1. 研究区概况

福建省泉州市介于东经 117°25'~119°05'E, 北纬 24°30'~25°56'N, 环泉州湾地区位于泉州市西南沿海, 区域范围内晋江、洛阳江汇入泉州湾, 主要包括泉港区的南浦镇、后龙镇、峰尾镇、山腰镇, 惠安区的辋川镇、东桥镇、东岭镇、净峰镇、山霞镇等, 洛江区的百奇回族乡、东园镇、洛阳镇、双阳镇, 丰泽区的城东镇、东海镇, 石狮的祥芝镇、蚶江镇等。该区地势总体为北西高、东南低, 以阶梯状向滨海过渡。目前研究区内城市建设主要集中在泉州湾东南及西南部, 这是由于地势走向自西向东阶梯状由高到低所造成。而泉州湾大部分地质灾害发生在西北部山地丘陵地区, 在人口过于集中的东部临海, 也有地质灾害发生点。

研究区内, 主要的潜在地质灾害包括地震、滑坡、崩塌以及危岩体。地震主要诱发原因为研究区内各断层的分布, 该区发育着北东向和北西向二组共轭断裂带, 其中, 北东向断层归属于长乐-诏安断裂构造体系, 主要位于长乐-诏安断裂带中段, 北西向断层归属于永安-晋江北西向断裂带, 均为全新世以前断裂。全区约有 60 处滑坡, 不稳定滑坡约有 32 处, 主要集中在泉州湾偏西中低山区一带, 主要影响因素有地形地貌、岩土体特征、地震、降雨、地质构造等。危岩体约有 18 处, 其中有 8 处不稳定, 主要存在于泉州湾偏西山区丘陵一带, 而在城市建设中心, 也存

在暂时稳定的危岩体。研究区范围内分布的崩塌, 约有 20 处, 从分布上看东北部比较密集。

### 2.2. 数据来源

本文采用福建省 1:10 万的 DEM 数据进行裁剪得到环泉州湾地区的地形图, 用以提取坡度及地形起伏度, 其他断层分布及地质灾害点分布的矢量数据由基金项目提供。

### 2.3. 评价因子的选择及指标体系构建

本文选取地形坡度、地表起伏度、距活动断层距离、灾害点密度、灾害点稳定度 5 个因子为评价因子, 其选定依据如下:

1) 泉州湾地形西高东低, 坡度和地形起伏度差异较大, 在评估时可以体现出强烈的对比, 且这两者是影响地质灾害的重要因素。

2) 泉州湾正处于地震带上, 各断裂带在泉州湾内纵横交错, 因此研究距离断裂带的距离对于该地区有着重要意义。

3) 经过资料的整理分析, 目前泉州湾常见地质灾害有崩塌、危岩体和滑坡三类, 对于该地区的危险性评估因着重选择常见且具有代表性的评估因子。因此将这三类灾害列为地质灾害点中的评估因子, 利用灾害点密度及灾害点稳定度作为衡量地质灾害危害程度的标准。

建立以自然条件、地震脆弱性、地质灾害危害程度为二级评价指标的环泉州湾地区地质灾害危险性评价体系及评价模型, 通过调查与实验, 对划分的单元进行赋分, 采取评价模型计算各单元的地质环境质量综合指数, 根据评价结果将评价区分为高危险、中危险、低危险、安全四个等级区。技术路线图如图 1 所示。

### 2.4. 评价因子分级标准

评价因子的分级标准如下:

1) 自然条件

根据《城市规划原理》, 地形坡度的分级为: 平坡 0%~2%; 缓坡 2%~5%; 中坡 10%~25%; 陡坡 25%~50%; 急坡 > 50%。

用度数法表示即为(表 1)。

在此, 因为平坡和缓坡差别不大, 在坡度的划分

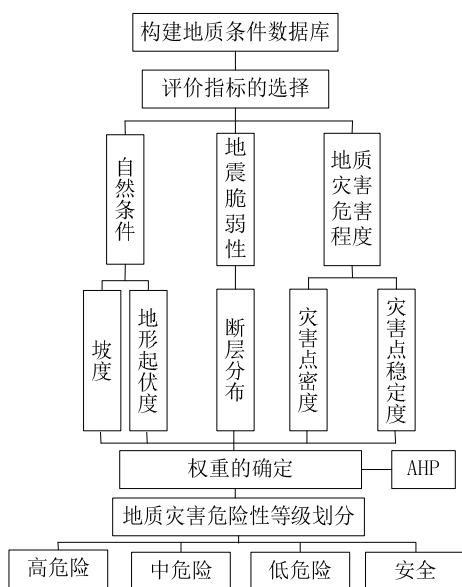


Figure 1. AHP evaluation model  
图 1. 层次分析法评估模型

Table 1. Slope classification  
表 1. 坡度分级依据

平坡	缓坡	中坡	陡坡	急坡
0~1	1~6	6~14	15~27	>27

中将平坡和缓坡合并考虑。

地形起伏度是指在一个特定的区域内，最高点海拔高度与最低点海拔高度的差值，是描述地貌形态的定量指标。

国际地理学联合会地貌调查与制图委员会以高度划分基本形态，如表 2<sup>[12]</sup>。

根据环泉州湾地区的实际情况，该地区西南部大多数部分为平原，仅西北部存在低山及丘陵，因此在这里将该地区的地形起伏度分级稍作调整，如表 3。

### 2) 距断层距离

所谓断层，即地壳岩层因受力达到一定强度而发生破裂，并沿破裂面有明显相对移动的构造。根据研究表明，断层是导致地震的最主要原因。泉州湾处于长乐—诏安深大断裂与永安—晋江大断裂的交汇处，这里利用断层分布来判断其地震脆弱性。

根据《建筑抗震设计规范》附录，泉州市抗震设防烈度为 7 度，应避开主断裂带。依据危险性进行分级，断裂带两百米内为高度危险区，因此不能进行工程建设。离断裂带 400 米以上即可以进行工程建设，属于安全区。

Table 2. 1:2.5 million European geomorphological map division standard basic forms  
表 2. 1:250 万欧洲地貌图基本形态划分标准

16 km <sup>2</sup> 内高差(m)	第五方案	第六方案
	基本地形形态类型	地势等级
0~30	低平原	低平起伏
35~75	高平原、丘陵、高原	和缓起伏
75~300	台原、山垄	中等起伏
300~600	中山、低山	山地形起伏
>600	高山	高山型起伏

Table 3. Classification of relief in Quanzhou Bay Area  
表 3. 环泉州湾地区起伏度分级

地形平坦	起伏较小	起伏较大	起伏很大
0~30	30~80	80~150	>150

### 3) 地质灾害危害程度

地震时，滑坡、崩塌、危岩体等潜在地质灾害点都具有一定的危险性，按每平方公里计算，研究区灾害点密度最大为 8 处/Km<sup>2</sup>，岳超俊在《中原城市群地质灾害风险区划研究中》将地质灾害点高危险等级的临界密度定为 1.5 处/Km<sup>2</sup>，因为环泉州湾地区部分区域灾害点密度极高，因此，在这里将危险等级的临界值定为 5 处/Km<sup>2</sup>。

研究区内地质灾害点有的处于不稳定期，有的基本稳定，有的完全稳定，整理统计出每平方公里各种灾害点的类型，按照灾害点稳定、基本稳定、较不稳定、不稳定分为四个等级。

## 2.5. 评价因子权重确定

在本文地质灾害危险性评估中，选择层次分析法计算各因子权重，以评估地质灾害危险性综合指数为目标层；其次选定评价指标自然条件、地震脆弱性、地质灾害危害程度为准则层；选取坡度、地面起伏度、断层分布、灾害点密度、灾害点稳定度共五个评估因子为指标层。研究区共有滑坡、笨塔、危岩体三种地质灾害，因单种的地质灾害点在一定范围内个数较少，所以将三种一起统计。

建立层次分析结构，然后对同一层次各元素对于准则层的重要性进行两两比较，构造出两两比较判断矩阵，判断矩阵的数值是根据数据资料、专家意见和分析者的认识，加以平衡给出的。一般认为评价因

子对要控制在 9 个以内, 比较结果划分 1~9 为不同等级, 见表 4。

根据地质灾害调查, 将分析研究的目的、已经建立的评价指标体系和初步确定的指标重要性的量化标准结合分析层次结构中评价因子对目标的影响程度, 评判量化指标, 建立判断矩阵 A。见表 5。

计算权向量并作一致性检验, 确定坡度、地形起伏度、断层分布、灾害点密度这 4 个指标的最终权重分别为: 0.0399、0.1199、0.2801、0.2001 和 0.3600。根据指标体系及权重, 确定地质灾害评价因子分级标准, 见表 6。

## 2.6. 综合评价

在本次研究中, 利用 ArcGIS 平台提取空间数据和进行栅格数据的计算和叠加。具体工作如下:

1) 利用环泉州湾地区范围界限数据对福建省 1:10 万的 DEM 进行裁剪, 利用 ArcGIS 的空间分析功能提取得到坡度、地形起伏度, 并按分级标准进行分级。

2) 按照距断层的距离标准对环泉州湾地区的断层做缓冲分析。

3) 采用网格法划分研究区, 每个格网面积为一平方公里, 统计每个格网中的灾害点的个数, 计算每平方公里内灾害点密度及灾害点稳定度。

4) 将各个因子图层转换为栅格数据, 生成单因子评价图。见图 2~图 6。

5) 对各单因子图进行重分类, 根据各评价因子的权重, 在 ArcGIS 中进行栅格运算, 编制出环泉州湾地区地质灾害危险性分区图。见图 7。

## 2.7. 地质灾害危险性评价结果分析

研究区内坡度最大值为 79.06°, 最大高差为 359 m, 大部分地区地势平坦, 起伏较小, 坡度在 27°以上、高差在 150 m 以上区域只集中在西偏北的小部分地区, 这片属于丘陵山地地形, 断裂构造发育, 河市镇、双阳镇均在其中。从地质灾害点密度分布来看, 大部分区域属于安全区域, 低危险区有 47 处, 分布较均匀, 中危险区有 3 处, 洛江区两处, 惠安区一处, 高危险区有一处, 位于东北部泉港区沿海地段, 一平方公里内有八处灾害点, 其中, 滑坡点有五处, 崩塌点有一处。总体来看, 研究区内大多数区域为安全区,

**Table 4. Evaluation factors paired comparison standard table**  
**表 4. 评价因子成对比较标准表**

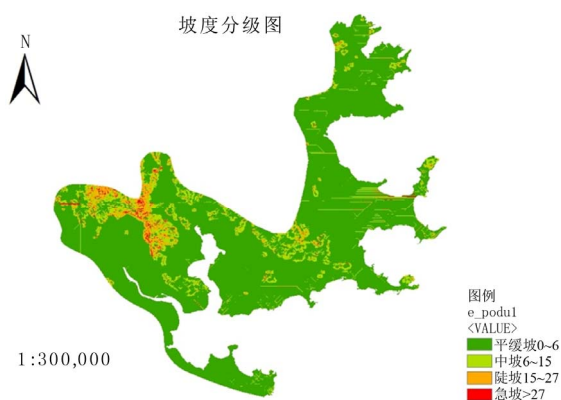
等级划分	定义
1	两个因子相比较同等重要
3	两个因子相比较, 一个因子比另一个稍微重要
5	两个因子相比较, 一个因子比另一个明显重要
7	两个因子相比较, 一个因子比另一个非常重要
9	两个因子相比较, 一个因子比另一个极为重要
倒数	因子 $a_{ij} = 1/a_{ji}$

**Table 5. Each index factor of the judgment matrix A**  
**表 5. 各指标因子的判断矩阵 A**

	坡度	地面起伏度	断层分布	灾害点密度	灾害点危害程度
坡度	1	1/3	1/7	1/5	1/9
地表起伏度	3	1	3/7	3/5	1/3
断层分布	7	7/3	1	7/5	7/9
灾害点密度	5	5/3	5/7	1	5/9
灾害点危害程度	9	3	9/7	9/5	1

**Table 6. Geological disaster evaluation factor classification standard**  
**表 6. 地质灾害评价因子分级标准**

评价因子	安全	低危险	中危险	高危险
坡度(0.0399)	0°~6°	6°~14°	14°~27°	>27°
地表起伏度(0.1199)	0~30 m	30~80 m	80~150 m	>150 m
距断层距离(0.2801)	400 m	300 m	200 m	100 m
灾害点密度(0.2001)	0 个/Km <sup>2</sup>	1~2 个/Km <sup>2</sup>	3~4 个/Km <sup>2</sup>	5~8 个/Km <sup>2</sup>
灾害点危害程度(0.3600)	灾害点稳定	灾害点基本稳定	灾害点较不稳定	灾害点不稳定



**Figure 2. Slope classification**  
**图 2. 坡度分级图**

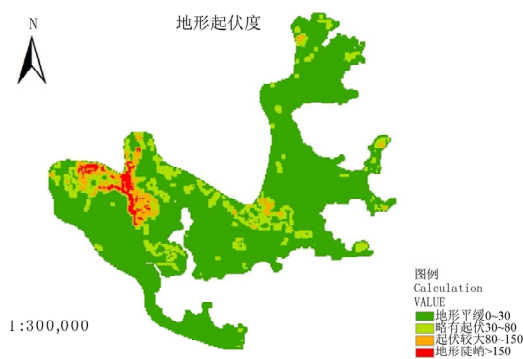


Figure 3. Relief degree classification  
图 3. 地形起伏度分级图

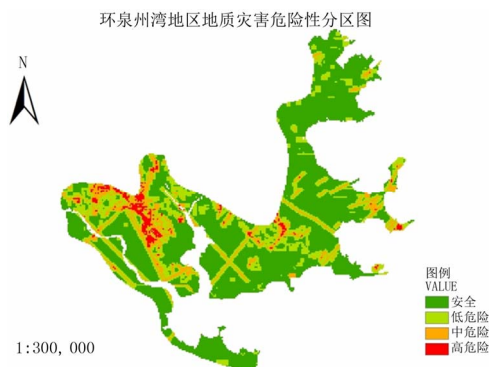


Figure 7. Geological hazard classification in Quanzhou Bay Area  
图 7. 环泉州湾地区地质灾害危险性分区图

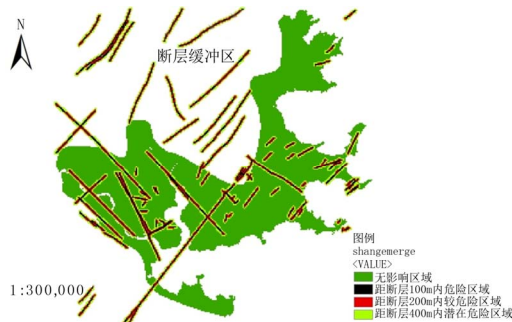


Figure 4. Distance from fault classification  
图 4. 距断层距离分级图

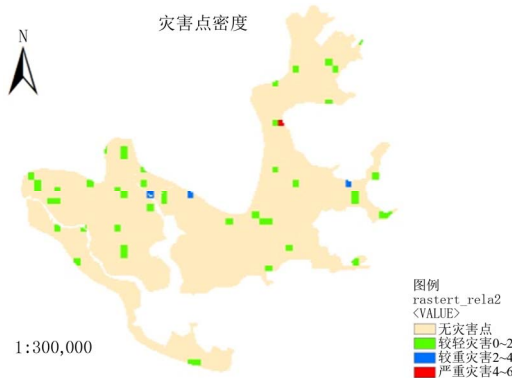


Figure 5. The density of disasters  
图 5. 地质灾害点密度分布图



Figure 6. Degree of stability of disasters  
图 6. 地质灾害点稳定度分布图

约占总面积的 60%以上, 低危险区包含较少地质灾害, 约占总面积的 20%左右, 中危险区与高危险区包含多种地质灾害, 范围较小, 主要分布在清源山风景区内。

### 3. 结论

本文对泉州湾地区进行建设用地适宜性评价, 建立了地质灾害危险性评价指标模型, 划分了建设用地危险性等级。研究表明:

1) 环泉州湾地区建设用地存在存在特殊的地质灾害种类及分布特征。

2) 根据实际情况选取地形坡度、地表起伏度、距活动断层距离、灾害点密度、灾害点稳定度 5 个评价因子, 建立以自然条件、地震脆弱性、地质灾害危害程度为二级评价指标的环泉州湾地区地质灾害危险性评价体系, 采用层次分析法确定了各个单因子的权重。

3) 经过叠加分析, 将泉州市环泉州湾建设用地地质灾害危险程度分为四个等级, 分别为: 高危险区, 中危险区, 低危险区, 安全区。环泉州湾地区大部分区域相对安全, 适宜作为建设用地进行工程建设, 高危险区及中危险区不适合进行开发建设。这两级危险区主要位于西部山地丘陵地区, 且处于断裂带附近, 东部沿海也存在二级危险区域, 不宜再进行过度的工程建设, 相反应实时监测该地区地质灾害动态, 做好防灾减灾工作。

4) 采用层次分析法进行地质灾害危险性评估, 其结果令人满意。对于不能量化的因素, 要尽量多的听取专家的意见, 进行量化取值, 使评价结果更加准确可信。

## 参考文献 (References)

- [1] 岳超俊 (2009) 中原城市群地质灾害风险区划研究. 中国地质大学, 北京, 2009.
- [2] 李福建, 马安青, 丁原东 (2010) 基于 RS 与 GIS 技术的地质灾害危险性评价: 以青岛市崂山区为例. *中国海洋大学学报*, **6**, 47-52.
- [3] 蔡余宽, 劳燕凭 (2006) 上海城市规划建设与地质灾害危险性评价. *西部探矿工程*, **7**, 281-283.
- [4] 钟林君 (2005) 浅析山地城市的地质灾害防治对策及规划措施——以重庆市綦江县城市总体规划为例. *重庆建筑*, **2**, 12-15.
- [5] 陈静, 马亚杰, 朱庆杰 (2005) 唐山市地质灾害环境分析和城市规划. *河北理工学院学报*, **2**, 133-139.
- [6] 敖亮鲸 (2008) 土地利用规划环境影响评价实证研究——以三峡库区丰都县为例. 西南大学硕士学位论文, 西南大学, 重庆.
- [7] 张超 (2010) 基于地质环境评价的中心城区土地利用规划研究. 山东农业大学硕士学位论文, 山东农业大学, 泰安市.
- [8] 周爱国, 周建伟, 梁合诚等 (2008) 地质环境评价. 中国地质大学出版社, 北京.
- [9] 陈连进, 张佳文, 赵云胜, 林从谋 (2011) 环泉州湾地质灾害与城乡规划关系研究. *湖南科技大学学报(自然科学版)*, **4**, 55-59.
- [10] 张佳文, 陈连进, 林从谋, 薛强 (2012) 环泉州湾地质灾害风险评估. *国土资源科技管理*, **29**, 1-7.
- [11] 钟洛加, 周衍龙, 任津 (2008) 基于层次分析法的武汉城市圈地址环境质量评价. *环境科学与技术*, **31**.
- [12] 张磊 (2008) 基于地形起伏度的地貌形态划分研究——以京津冀地区为例. 河北师范大学硕士学位论文, 河北师范大学, 石家庄.