

文章编号:1005 - 6157(2015)04 - 0301 - 8

# 基于AHP及Mapgis岩溶和温泉发育区建筑适宜性评价——以巢湖半汤国际温泉度假区为例

李运怀<sup>1</sup>, 管后春<sup>1, 2</sup>, 彭苗枝<sup>1</sup>

(1 安徽省地质调查院, 安徽合肥 230001 2 南京大学地理与海洋科学学院, 江苏南京 210093)

**摘要:** 巢湖半汤国际温泉度假区温泉资源丰富, 为城市建设提供了契机, 而复杂的地质条件, 岩溶、断层发育及对温泉的保护等又制约着城市建筑适宜性。本文在综合考虑自然地理条件、区域地质条件、工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件等因素基础上, 选择了地形坡度、地基承载力、地质灾害(崩塌、滑坡、岩溶塌陷)及建筑对泉影响程度等评价因子, 建立建筑适宜性评价指标体系。采用层次分析法确定了各影响因子的权重; 借助Mapgis空间分析功能, 采用综合指数模型计算了适宜性指数, 通过量化的建筑适宜性指数进行分级评价, 从而为当地政府进行城市规划、土地利用审批等决策提供了地学依据, 同时对岩溶发育、温泉资源丰富地区建筑适宜性评价具有一定的指导意义。

**关键词:** 层次分析法; Mapgis; 岩溶; 温泉; 建筑适宜性评价

中图分类号: P641.69

文献标志码: A

## 0 引言

巢湖半汤温泉度假区核心部位半汤镇乃中国温泉之乡, 系卫生部命名的国家理疗基地, 是合肥市重点开发的新区(图1)。该区碳酸盐岩分布广泛, 断层十分发育, 以往工程建筑过程中曾发生岩溶塌陷灾害(如, 历史上1999年半汤工商银行地基桩基施工过程中, 数根灌注桩陷入溶洞中), 潜在的塌陷灾害已经成为该地经济建筑和发展规划的威胁。丰富的温泉资源为当地城市建筑和招商引资提供了契机, 而复杂的地质条件, 岩溶、断层发育及对温泉的保护等又制约着城市建筑适宜性。因此, 对碳酸盐岩分布区和温泉发育区建筑适宜性调查和评价, 是决策管理部门进行国土规划、资源开发、基础设施建筑及防灾减灾的必要性、前瞻性工作。

层次分析法(AHP)是对定性问题进行定量分析的一种简便、灵活而又实用的多准则决策方法, 使复杂问题中的各种因素通过划分层



图1 半汤温泉度假区位置图及拟规划图

Fig. 1 Location and planned area map of the Bantang hot spring resort

收稿日期 2015-07-01

基金项目: 国家自然科学基金(41371204, 41171163) 国家基础科学人才培养基金(J1103408) 安徽省公益性地质项目(2012-g-32)资助

作者简介: 李运怀(1969-), 男, 安徽庐江人, 硕士, 高级工程师, 主要从事水文地质、环境地质调查和研究工作。

次变得有序、条理化,然后利用数学方法计算确定各因素权重。该方法已在社会经济各个领域内得到广泛的应用<sup>[1-2]</sup>。建筑用地的适宜性评价,受多方面因素的影响和制约,所需处理的数据信息涉及面广,具有信息量大、信息属性关系复杂、信息时空变化大的特点,而 Mapgis 为解决这一难题提供了有力的技术支持,它能综合考虑调查评价区自然地理条件、区域地质条件、工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件等因素,为研究区建筑适宜性评价提供了极为方便的方法手段。

本文旨在基于建筑适宜性评价的特点,搜集以往资料、辅以综合调查研究区自然、地质条件,建立建筑适宜性评价指标体系<sup>[3-7]</sup>,应用AHP法确定各项指标权重,借助 Mapgis 空间分析功能,采用综合指数模型计算适宜性指数<sup>[2,7-8]</sup>,进而对拟建的发育岩溶和温泉的巢湖半汤温泉度假区建筑适宜性进行分级评价。

## 1 AHP法概述

层次分析法(The Analytic Hierarchy Process简称AHP)是一种将定性分析与定量分析有机结合的新的实用型多准则多目标决策分析方法,是由美国匹兹堡大学的运筹学家萨迪(T.L.Saaly)教授于20世纪70年代初最先提出的。由于它在处理复杂的决策问题上的实用性和有效性,已被广泛引用于多个领域。运用层次分析法来建造模型一般包括以下四个过程:

### 1.1 建立层次结构

层次分析法中层次结构的建立是指将问题进行条理化、层次化后而形成的层次鲜明的递阶层次模型,模型中一般包括最高层、中间层和最底层三部分。

### 1.2 构造判别矩阵

通过因子间的两两比较来建立判别矩阵。

### 1.3 层次单排序及一致性检验。

层次单排序的是指对于上层次的某个元素,在下一层次中找到与之相关的各元素,根据其重要性来进行排序的过程。也可以看做是求取判断矩阵A的特征根和正规化特征向量。

$$AW=\lambda_{\max}W \quad (1)$$

其中表示矩阵A的最大特征根,W为最大特征根的正规化特征向量,也就是对应元素单排序的权重值。

如果判断矩阵中存在如下关系:

$$a_{ij} = \frac{a_{ik}}{a_{jk}} (i, j, k = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

则称该矩阵具有完全一致性,由于这种情况一般是不可能出现的,因此,要

通过计算一致性指标来检验判断矩阵的一致性。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

当CI=0时,判断矩阵可以认为具有完全的一致性,相反CI越大,判断矩阵一致性就越差。用CI表示判断矩阵的随机一致性比例,即CI与同阶的平均随机一致性指标RI之比。当

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.1 \quad (4)$$

时,可认为该判断矩阵A具有一致性,否则就要对判断矩阵进行调整,直到满足公式(4)为止。

## 2 研究区地质概况

区内地形东、西两面环山,中部、南部为平原,总体地势北高南低。根据形态,地貌类型可划分为低山区、丘陵区、波状平原区与平坦平原区。低山区、丘陵区主要

分布于东、西部,地形起伏明显,高差30~350 m。由震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系的白云岩、灰岩与志留系、泥盆系、石炭系、二叠系的砂岩、泥岩、页岩组成;波状平原分布于中部,组成物质为第四系上更新统下蜀组灰黄色、杂色粉质黏土;平坦平原主要分布于中部与南部,由全新统芜湖组灰绿色粉质黏土,含砾粉细砂等组成。

地层属扬子地层区下扬子地层分区六合巢县地层小区巢北沉积区,区域地层自震旦系上统灯影组到第四系均有发育。主要有震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系和第四系组成(表1)。

半汤位于扬子板块西北缘,属于下扬子前陆褶皱冲断带。由于受印支期陆—陆碰撞造山运动的影响,前陆带遭受极为强烈的挤压,该带是前陆带内构造变形最为强烈的地带,发育一系列北东向线性紧密褶皱和叠瓦状冲断层。燕山期早期以北东向为主的新生断裂活动为主,晚期形成一系列北西向断裂。喜山期本区构造运动较弱。总之,半汤地区经历了多期次构造活动,地质构造较复杂。

## 3 建筑适宜性评价指标确定及单因素建筑适宜性评价

参照《城市规划工程地质勘察规范》(CJJ 57-94)中的附录D“场地工程建设适宜性分类”规定<sup>[9]</sup>,结合研究区地质背景,对建筑适宜性分区评价选择如下评价因素:将选取场地地质灾害、工程地质条件、水文地质条件和地形条件等四个方面的因素作为准则层。而地质灾害进一步可分解为岩溶塌陷、崩塌、滑坡等评价指标层<sup>[10]</sup>;工程地质条件主要考虑地基承载力<sup>[11]</sup>;地形条件主要取决于地形坡度;水文地质

表1 研究区地层表  
Table 1 List of strata in the study area

界	系	统	地层名称	主要岩性	
新生界	第四系	全新统	中段	灰黄色粉质砂土、灰色淤泥质粉土。	
			下段	含砾粉质黏土,含泥砂砾土。	
		更新统		黄色黏土、粉质黏土,含铁锰结核。	
				棕红色粉质黏土,含泥砾,结构紧密。	
	二叠系	上统	大隆组	硅质、碳质泥岩夹白云质泥灰岩、硅质岩、泥质粉砂岩。	
			龙潭组	灰、灰黑色页岩,灰白、灰黄色长石英砂岩夹粉砂岩、泥岩。	
			孤峰组	硅质岩含硅质岩、泥岩,底部粉砂质页岩,含磷结核。	
			栖霞组	底部碎屑岩段、下部臭灰岩段、下硅质岩段、中部燧石结核灰岩段、上硅质岩段和顶部灰岩段。	
			船山组	微晶灰岩、中上部夹微晶球状灰岩。	
			黄龙组	灰、灰白色厚-巨厚层巨晶白云质灰岩、含生物屑灰岩、致密灰岩。	
上古生界	石炭系	下统	老虎洞组	白云岩、泥质白云岩夹白云质灰岩,底部相变为石英砂岩。	
			和州组	上部生物碎屑微晶白云岩,下部微晶瘤状泥质灰岩夹泥岩,巢北上部微晶灰岩、生物碎屑微晶笔质灰岩(风化后成炉渣状)。	
	泥盆系	上统	高骊山组	粉砂质泥岩夹石英砂岩,白云质泥灰岩,巢北夹姜结核。	
			金陵组	含生物碎屑微晶灰岩,底部铁质粉砂质泥岩。	
			五通组	泥质粉砂岩夹石英细砂岩、黏土岩。	
			坟头组	石英细砂岩,底部为砾岩。	
	志留系	下统	高家边组	黄绿色中厚-厚层细粒石英砂岩、石英粉砂岩、含粉砂质泥岩、细粒石英砂岩等。	
			五峰组	灰色、灰紫、紫红色粉砂质泥岩、页岩,含硅质条带黏土质泥岩、页岩,夹紫红色页岩,粉砂质页岩。	
	下古生界	奥陶系	上统	汤头组	硅质页岩夹硅质岩。
				宝塔组	泥岩、硅质泥岩夹似瘤状白云质泥灰岩。
大田坝组				瘤状、龟裂纹状含生物碎屑微晶泥质灰岩。	
下统			牯牛潭组	细晶泥灰岩,含生物碎屑微晶泥灰岩。	
			大湾组	瘤状生物碎屑泥晶泥质灰岩、泥灰岩。	
			红花园组	上部灰岩、下部页岩。	
寒武系		中上统	仑山组	亮晶微晶灰岩、砂质灰岩夹硅质灰岩。	
			山凹丁群	细晶白云岩夹硅质条带,顶部夹灰岩透镜体。	
				含硅质团块白云岩粉晶含灰质团块白云岩。	
				微晶、粉晶白云岩夹砂屑白云岩底部杂白云质砾岩。	
	下统	半汤组	泥晶、粉晶泥岩与白云质泥灰岩互层。		
		冷泉王组	白云岩、含泥质白云岩与白云质泥灰岩互层。		
上元古界	震旦系	上统	灯影组	厚层含硅质条带泥晶白云岩,含藻类、微古植物化石。	

条件主要考虑建筑对泉影响程度。

$$0.5 \leq E < 0.7 \quad \text{中易发}$$

### 3.1 地质灾害

$$0.3 \leq E < 0.5 \quad \text{低易发}$$

本次调查评价区域尚处于规划阶段,对地质灾害所造成的生命损失、财产损失及救援重建难易程度等社会经济易损性不明确,所以只考虑地质灾害的自然属性,即易发性调查评价。根据城市崩塌、滑坡、岩溶塌陷等灾种的形成条件、诱发因素以及稳定状态和发展趋势,建立不同灾种的地质灾害易发程度的评价指标体系(表2),用AHP法确定权重,用综合指数法<sup>[5-7]</sup>:

$$E = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \frac{x_i}{40} \quad (5)$$

$$E \geq 0.7 \quad \text{高易发}$$

式中,  $x_i$ —地质灾害易发性影响因素,量化分值(表2)。

$a_i$ —影响因素 $x_i$ 权重(表2)。

对研究区的各评价单元进行地质灾害易发程度评判,然后将该单元各灾种的判断结果进行叠加,得出城市地质灾害易性评价结果。

以1:2000最新测制的等高线和高程点为基础,利用Mapgis空间分析模块功能,生成评价区域坡度分析图,将坡度按表2缓冲区等级划分;地层(覆盖层)岩性、节理发育程度依据图1进行分区;岩溶发育、断层力学性质及组合依据图

2进行分区量化赋值;土地利用和人类工程活动等通过野外补充调查进行分区赋值。借助Mapgis软件建成100m×100m评价单元格网,用该格网对参评因子的基础图件进行剖分,然后由专家依据上述方法对每个剖分后的每个网格进行打分确定各个因子的分值(表2),分值越小表示建筑适宜性越好。

再用Mapgis软件绘制崩塌、滑坡、岩溶塌陷及综合地质灾害对建筑适宜性影响评价分区图并进行分区评价(图3)。

由图3可见,半汤温泉度假区地质灾害易发程度以不易发区为主,占到了评价区的88.08%,低易发区占到评价区面积的11.81%,而中易发区占全区面积不到1%。

低易发区主要分布于半汤农贸市场-御泉山庄-省工人疗养院,该区为覆盖型碳酸盐岩区,区内岩溶发育较强烈-强烈,岩溶发育,且碳酸盐岩被第四系粉质黏土覆盖,断裂十分发育、纵横交汇,为岩溶塌陷高易发区。而分布于下倪村-卫村-邹庄一带以及冷泉王村北侧养鸡场一带的低易发区灾种主要为中易发的崩塌、低易发的滑坡和岩溶塌陷;零星分布于规划区西部的低易发区灾种主要为高易发的滑坡和低易发的崩塌。分布于规划区西界的中易发区灾种主要为中易发崩塌和高易发滑坡。

### 3.2 地基承载力

地基承载力是指地表对上部压力的承载能力,主要包括地质构造、岩石和土壤等多方面要素的承载能力。根据《住宅设计规范》(GB50096-1999),建筑物主要分为低层、多层、中层或高层建筑物,一般对于低层建筑物,即1~6层建筑物或者带0.5层地下室的建筑物,其基础埋深一般不超过3m,需要土地承载力的特征值为

表 2 地质灾害易发程度评价指标体系  
Table 2 Geological hazard susceptibility evaluation index system

评价指标	易发程度(量化得分)								权重	CR	
	高	得分	中	得分	低	得分	稳定	得分			
地形坡度(°)	≥55	40	55~45	30	45~30	10	<30	1	0.2940		
崩塌	地层岩性	坚硬-较坚硬中-厚层状碳酸盐岩组	40	坚硬-较坚硬-弱坚硬中、厚层状碎屑岩互层	30	—	10	岩性单一岩体(Z2)	1	0.3305	
	节理及裂隙发育	发育	40	较发育	30	一般	10	不发育	1	0.1314	0.0178
	土地利用	耕地	40	裸露	30	草地	10	林地	1	0.0605	
	人类工程活动	坡脚边坡开挖量大、矿业开采活动强烈	40	坡脚边坡开挖量较大、矿业开采活动较强烈	30	坡脚边坡开挖量较小、矿业开采活动轻微	10	无坡脚边坡开挖和矿业开采活动	1	0.1835	
滑坡	地形坡度(°)	30~45	40	20~30 ; >45	30	10~20	10	<10	1	0.2735	
	地层岩性	砂岩	40	泥岩、(硅质)页岩	30	(生物屑)灰岩、泥灰岩等	10	单一岩性碳酸盐岩	1	0.5302	
	土地利用	耕地	40	裸露	30	草地	10	林地	1	0.0585	0.0186
	人类工程活动	坡脚边坡开挖量大、矿业开采活动强烈	40	坡脚边坡开挖量较大、矿业开采活动较强烈	30	坡脚边坡开挖量较小、矿业开采活动轻微	10	无坡脚边坡开挖和矿业开采活动	1	0.1378	
岩溶塌陷	岩溶发育	强烈	40	较强烈	30	轻微	10	不发育	1	0.4262	
	覆盖层岩性结构	粉土、砂土	40	(含砾)粉质黏土	30	新黏土	10	老黏土或无	1	0.0879	0.0302
	断裂力学性质	张性	40	张扭性、压扭性	30	压性	10	无	1	0.2032	
	断层组合	多组交汇	40	多条但不相交	30	一条	10	无	1	0.2827	

注 综合地质灾害评价体系 由AHP法确定 $a_{崩塌}=0.3$   $a_{滑坡}=0.3$   $a_{岩溶}=0.4$  (CR=0<0.1 即通过一致性检验)

80~140kPa。而半汤温泉度假区拟规划的未来建筑基本为低层建筑物，即一般不超过六层。因此，本文在评价时选取的地基承载力深度

为3m。根据区内出露地层的岩性、结构及工程物理力学性质等因素，将区内工程地质背景划分为岩体

和土体两大类，共四个工程地质岩组：较坚硬碳酸盐岩工程地质岩组，由震旦纪、寒武纪、奥陶纪、石炭纪、二叠纪的灰岩、白云岩组成。层状结构，干抗压强度80~120MPa；较坚硬层状碎屑岩工程地质岩组，主要为志留系、泥盆系、石炭系、二叠系的砂岩、粉砂岩、砾岩等组成，新鲜岩石抗压强度50~149MPa；粘性土工程地质岩组，主要组成物质为晚更新世下蜀组黏土、粉质黏土等，地基承载力特征值220~240kPa；松散砂性土工程地质岩组，由全新世芜湖组的黏土质粉砂、粉砂质黏土、粉-细砂等组成，局部地区可见淤泥质土，地基承载力特征值200~220kPa。

由上可见，区内地基承载力都能符合低层建筑物建设要求，认为此因子全区适宜，本次即是在满足了地基承载力的条件下进行的建筑适宜性评价，故该指标不参与因子计算。

### 3.3 地形坡度

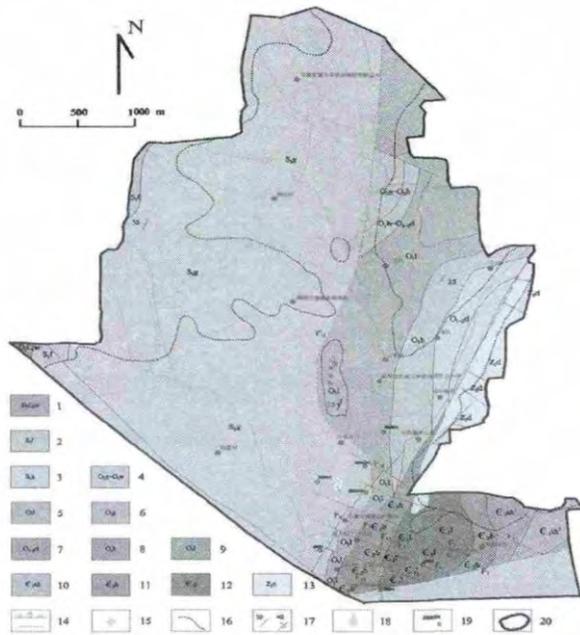


图2 半汤温泉度假区基岩地质图

Fig. 2 Bedrock geology map of the Bnatang hot spring resort

1五通组 2坟头组 3高家边组 4牯牛潭-五通组 5仑山组 6 牯牛潭组 7大湾组 8红花园组 9仑山组 ;10山凹丁群 ;11半汤组 ;12冷泉王组 ;13灯影组 ;14正断层、推测断层 ;15硅化 ;16基岩出露界线 ;17地层产状、倒转产状 ;18泉 ;19钻孔及编号 20规划区界线

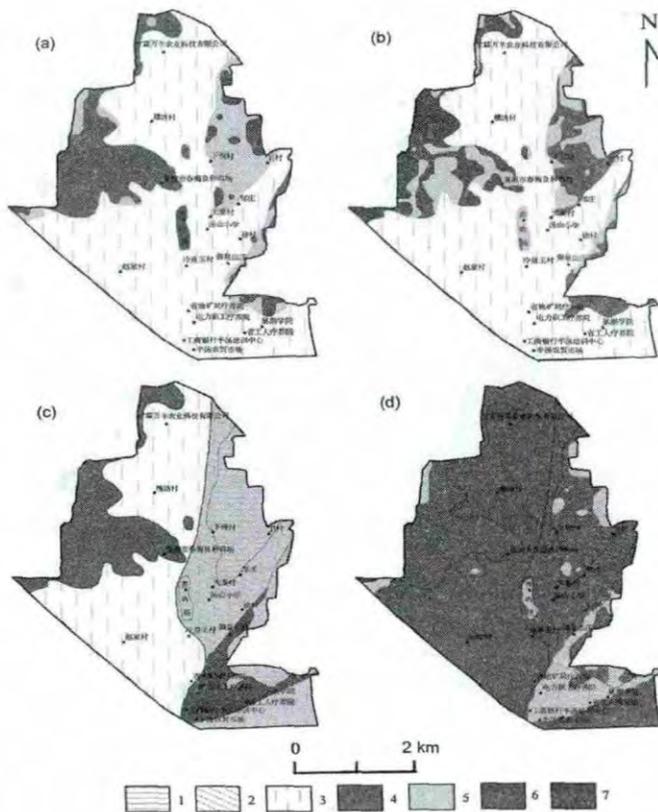


图3 地质灾害易发性评价图

Fig. 3 Geological hazard susceptibility evaluation diagram

(a) 崩塌 (b) 滑坡 (c) 岩溶塌陷 (d) 综合地质灾害

1 裸露型碳酸盐岩分布区; 2 覆盖型碳酸盐岩分布区; 3 第四系覆盖区; 4 不易发区; 5 低易发区; 6 中易发区; 7 高易发区

地形坡度决定着规划区建设的难易和适用的舒适度。如果地形坡度过大, 地表建筑物及其附属设施的建设难度和成本将会极大的增加, 而建成后人们使用的舒适度和方便程度也会大大降低。同时过大的坡度还容易引发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害, 特别是研究区地势差异很大的地区。而该研究区主要成三面高、中部、南部低的盆地状地形, 局部有冲沟、陆坡出现, 更容易产生诸多不利的影响。本次工作根据建设部门的规范和标准, 将地形坡度以 $>25^\circ$  (不适宜)、 $25^\circ \sim 15^\circ$  (适宜性差)、 $15^\circ \sim 6^\circ$  (较适宜) 和 $<6^\circ$  (适宜) 为区间划分为4个等级 (表 3)。

以规划区1 2000最新测制的等高线和高程点为基础, 利用

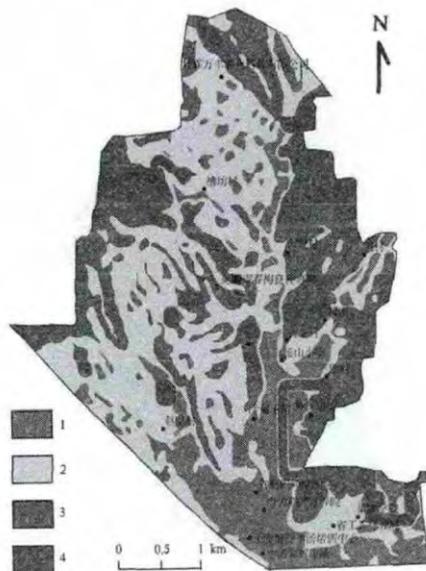


图4 地形坡度因素对建筑适宜性影响评价图

Fig. 4 Evaluation of effect of topographic slope on building suitability

1适宜区; 2较适宜区; 3适宜性差; 4不适宜区

Mapgis空间分析模块功能, 生成评价区域坡度分析图, 将坡度分为如

上四个等级 (图4)。

### 3.4 建筑对泉影响

图1、图2和图5所示, 拟建的商业小镇是在现在的半汤镇基础上改、扩建而成。小镇建筑物不透水层面积较大, 但其位置基本处于温泉一般补给区或处于“弱透水层” (下蜀组、高家边组, 下同) 之上, 对大气降水下渗量的改变很小。小镇均为低矮建筑, 建筑物荷重小, 对持力层承载力要求不高, 同时对地基产生的应力较小, 故对基岩影响小。位于温泉排泄区的外围, 对排泄区影响小。商业小镇对半汤温泉影响小。

酒店、健康疗养院等建筑物呈点状分散建设于规划区。单体不透水面积小, 大部分建筑物处于“弱透水层”之上, 对大气降水下渗量的改变很小。荷重小, 基本都远离温泉径流通道和排泄区。对半汤温泉影响很小。

公园和拓展基地等基本为透水

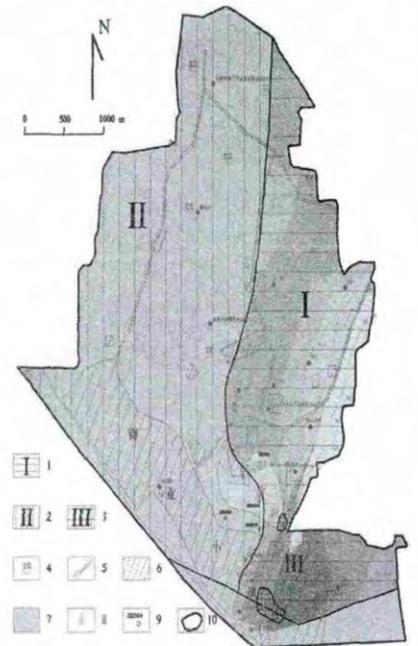


图5 半汤温泉度假区建筑对泉影响评价图

Fig. Evaluation of effect of buildings of the resort on hot spring  
1 主要补给区; 2 一般补给区; 3 排泄区; 4 拟建公园、花园等; 5 拟建主干道; 6 拟建小镇、酒店等; 7 拟建如意湖; 8 泉; 9 钻孔及编号; 10 规划区界线

表3 建筑适宜性评价指标体系  
Table 3 Building suitability evaluation index system

评价因子	适宜	较适宜	适宜性差	不适宜	权重	一致性检验
	1	10	30	40		
地质灾害易发指数E地	<0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	≥0.7	0.3873	CR=0.0068 <0.1
地形坡度(°)	≤6	15~6	25~15	>25	0.1698	
建筑对泉影响程度	无	小	中	强	0.4429	

建筑物，对大气降水下渗基本没有影响。建筑物荷重小，远离温泉排泄区，其对径流通道和排泄区的影响可以忽略。对半汤温泉基本没有影响。

如意湖为人工大面积的水体，利于大气降水对地下水的补给，对冷泉王径流通道和排泄区的影响很

小。通过对半汤规划区各类建筑物对泉影响分析、评价，认为各类建筑物对泉的影响小或基本没有影响。因此，总体上半汤规划区城市建设对泉的影响很小。综上所述，规划区建筑对泉的影响很小。

覆盖区( )，主要分布于巢湖学院南、赵家村-地矿局疗养院、以及评价区北部槽坊村一带。地形较平坦，下伏基岩为志留系高家边组泥岩、(硅质)页岩，建筑对泉影响极小，且为地质灾害不易发区。

较适宜区可分为四类亚区，-1亚区为半汤农贸市场-省工人疗养院-地矿局疗养院一带覆盖型碳酸盐岩分布区，地形条件较好，地质灾害综合评价为低易发区，建筑对泉影响较小；但多组断层纵横交错，岩溶较为发育，为单个灾种——岩溶塌陷中易发区，建筑施工时注意岩溶塌陷。-2亚区，也为覆盖型碳酸盐岩分布区，地质灾害综合评价为不易发区，岩溶塌陷低易发区，建筑对泉影响较小，而地形坡度大多介于8~15，即为建筑地形坡度较适宜区。-3亚区，下伏基岩为志留系高家边组泥岩、(硅质)页岩，为地质灾害综合评价为不易发区，建筑对泉影响极小，但是因地形略起伏，而为建筑地形坡度较适宜区。-4亚区，为志留系高家边组泥岩、(硅质)页岩基岩裸露区，为地质灾害综合评价为不易发区，建筑对泉影响极小，但是因地形略起伏，而为建筑地形坡度较适宜区；为单个灾种——滑坡低易发-中易发区，建筑施工时要注意。

建筑适宜性差区分为四类亚区，-1区为分布于下倪村-邹庄-卫村一带、汤山南坡及冷泉王村北养鸡场一带的碳酸盐岩裸露区，均为岩溶塌陷低易发区、建筑地形坡度适宜性差区，其中养鸡场一带为崩塌中易发区。-2区为分布于汤山西麓和南麓的碳酸盐岩覆盖区，前者为岩溶塌陷低易发区、建筑地形坡度适宜性差区；后者为岩溶塌陷中易发区、建筑地形坡度适宜性差区。-3区分布零散，为第

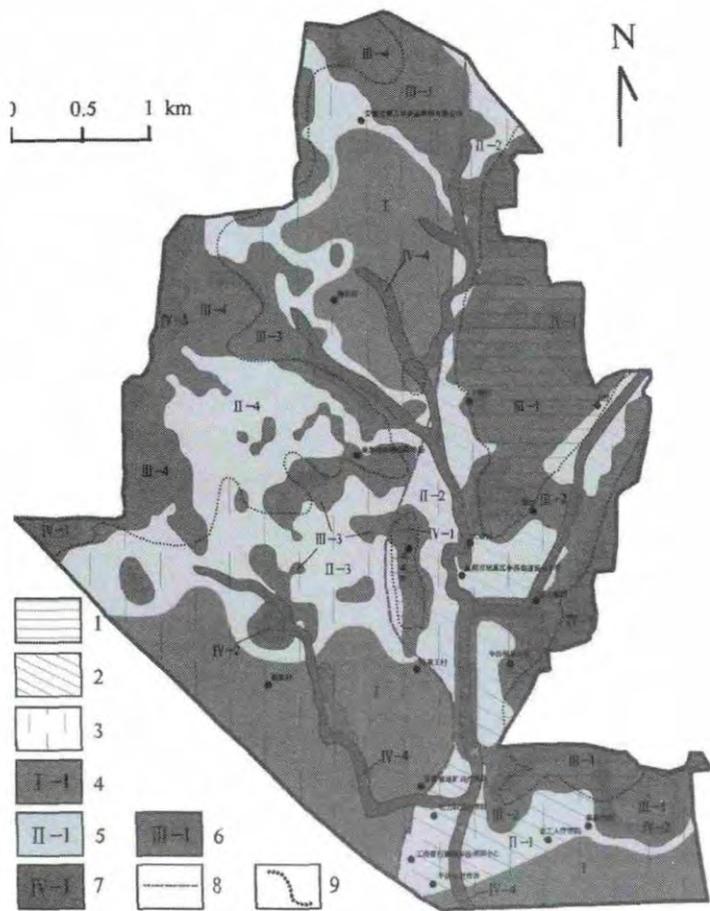


图6 半汤温泉度假区建筑适宜性综合评价图  
Fig. 6 Comprehensive evaluation of suitability of buildings in the resort

4 建筑适宜性综合评价

利用AHP建立的评价指标体系如表3所示，按照式(5)及上述地质

灾害单元格剖分方法进行分区、评价(图6)。

由图6可见，适宜区为第四系

四系覆盖区,主要受控于建筑地形坡度。-4区主要分布于评价区西北部,为志留系高家边组泥岩、(硅质)页岩基岩裸露区,为建筑地形坡度适宜性差区,且为单个灾种——滑坡中易发区。

不适宜区也分为四类亚区,-1分布于汤山西坡碳酸盐岩裸露区、下倪村-邹庄-卫村一带、养鸡场一带碳酸盐岩裸露区,因地形坡度大于 $25^{\circ}$ ,而为建筑不适宜区。若在下倪村-邹庄-卫村一带此类区域上建设公园、养鸡场一带建设酒店等,还要注意中易发的崩塌灾害。分布于巢湖学院东、汤山南麓的-2区为第四系覆盖区,主要因为地形坡度而评价为建筑不适宜区。分布于评价区西界的-3区为建筑地形坡度不适宜区,要注意和治理中-高易发的滑坡灾害。此外,调查评价区地形东、西两面环山,中部、南部为平原,考虑到洪水期雨水量很大,极易形成地表强径流,故将大闸河干流及部分重要支流作为拟规划的“一心三谷”地表汇水、径流、排泄通道,而评价为不适宜建筑区(-4)。

## 5 结论

(1)基于半汤温泉度假区地质环境条件,选取了地质灾害、地基承载力、地形坡度、建筑对泉影响程度等四个方面的因素作为评价因子,地质灾害因子又进一步分解为三个灾种因子——岩溶塌陷、崩塌、滑坡。建立了各种相应的评价指标体系和评价模型,并利用AHP法确定了各因子的权重、用综合指数法进行了单因素和综合分区评价。

(2)对地质灾害综合易发程度进行了评价及对不同灾种——岩溶塌陷、崩塌、滑坡等进行了单因素评价。综合地质灾害以不易发区为主,占到了评价区的88.08%,低

易发区占到评价区面积的11.81%,而中易发区占全区面积不到1%,无高易发区。综合低易发区主要分布于半汤农贸市场-半汤御泉山庄-省工人疗养院;分布于研究区西界的综合中易发区灾种主要为中易发崩塌和高易发滑坡。

(3)进行了建筑适宜性综合分区评价,分为适宜区、较适宜区、适宜性差区、不适宜区。其中较适宜区、适宜性差区、不适宜区均分为四个亚区。适宜区主要分布于巢湖学院南、建筑密集区——赵家村-地矿局疗养院、以及规划区北部槽坊村一带。地形较平坦,下伏基岩为志留系高家边组泥岩、(硅质)页岩,建筑对泉影响极小,且为地质灾害不易发区。

(4)拟规划的分布于半汤农贸市场-省工人疗养院-地矿局疗养院一带的建筑密集区,为建筑较适宜区,为覆盖型碳酸盐岩分布区,地形条件较好,地质灾害综合评价为低易发区,建筑对泉影响较小;但多组断层纵横交错,岩溶较为发育,为单个灾种——岩溶塌陷中易发区,建筑施工时注意岩溶塌陷。

(5)基于评价区地形东、西两面环山,中部、南部为平原,考虑到洪水期雨水量很大,极易形成地表强径流,故将大闸河干流及部分重要支流作为拟规划的“一心三谷”地表汇水、径流、排泄通道,规划为不适宜建筑区域。

致谢:在课题调查与研究得到了安徽省地质矿产勘查局童劲松博士和安徽省地质调查院储东如高级工程师、刘家云高级工程师等的指导,野外调查得到了安徽省地质调查院马涛和胡波等同志的协助;合肥巢湖经济开发区管委会和安徽省地勘局第二水文工程地质勘察院等单位提供了诸多宝贵资料,在此一并表示感谢!

## 参考文献:

- [1] 朱少荣,刘佑荣,吴益平.层次分析法在滑坡区建筑适宜性评价中的应用[J].水文地质工程地质,2003,(3):58~60.
- [2] 王维理,李文平.岩溶塌陷地质灾害的评价方法探讨[J].地质灾害与环境保护,2008,19(3):78~81.
- [3] 朱庆杰,苏幼坡,刘廷全.唐山市岩溶塌陷安全评价[J].中国安全科学学报,2004,14(2):91~94.
- [4] 胡成,陈植华,陈学军.基于ANN与GIS技术的区域岩溶塌陷稳定性预测——以桂林西城区为例[J].地球科学——中国地质大学学报,2003,28(5):557~562.
- [5] 缪钟灵,宗凤书.桂林岩溶塌陷风险评价[J].中国地质灾害与防治学报,1995,6(2):58~66.
- [6] 杨立中,王建秀.国外岩溶塌陷研究的发展及我国的研究现状[J].中国地质灾害与防治学报,1997,(S1):6~10.
- [7] 仲照东,任子炎.基于GIS的建设用地适宜性评价研究——以江西省南康市为例[J].现代城市,2013,(8):29~32.
- [8] 刘善军.隐伏岩溶区岩溶塌陷易发程度评价——以泰安为例[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(3):87~90.
- [9] 俞跃平,唐柏安.绍兴中心城区工程地质特征及场地工程建设适宜性评价[J].水文地质工程地质,2011,38(2):84~88.
- [10] 孙伟,朱诚,王晓翠,等.南京幕府山地区地质灾害与地热调查[J].山地学报,2011,29(6):753~758.
- [11] 李亚,叶文,南凌,等.昭通盆地土地承载力与城市建设适宜性研究[J].云南师范大学学报,1999,19(6):66~70.

(下转第312页)

## CLASSIFICATION OF GEOLOGICAL RELIC RESOURCES IN MARENSHAN, ANHUI AND STUDY ON THEIR DEVELOPMENT FOR TOURISM

XU Quan-hui, ZHU Hong, ZHANG Cheng-yun, YANG Qiang

*(Institute of Geological Surveying and Mapping Technology of Anhui Province, Hefei, Anhui 230022, China)*

**Abstract:** As a special kind of tourist area, geological park targets mainly on geological relic protection, geological knowledge popularization and local economic development. This paper introduced the types and features of geological relics in the Marensan geological park in Anhui, discussed the positioning of the park in view of tourism and the rule for tourist development, raised some suggestions for its development in line with actual conditions for the purpose of normalizing scientific management of the park, protecting geological relics in the area, and promoting geological tourism in a sustainable manner in South Anhui.

**Keywords:** geological relics; geological park; geological tourism; Marensan; Fanchang County

(上接第307页)

## AHP- AND MAPGIS-BASED EVALUATION OF SUITABILITY OF BUILDINGS IN AREAS DEVELOPED WITH KARST AND HOT SPRINGS——WITH THE CHAOHU BANTANG INTERNATIONAL HOT SPRING RESORT AS EXAMPLE

LI Yun-huai<sup>1</sup>, GUAN Hou-chun<sup>1,2</sup>, PENG Miao-zhi<sup>1</sup>

*(1. Institute of Geological Survey of Anhui Province, Hefei Anhui 230001 China; 2. School of Geography and Marine Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)*

**Abstract:** The Chahu Bantang international hot spring resort is rich in hot spring resources providing a chance for city construction, however, the complexity in geological conditions, and the developed karst and faults and hot spring protection set limits on the suitability of buildings in the city. This paper considered natural geography, regional geology, engineering geology, hydrogeology and environment geology conditions, chose topographic slope, ground bearing capacity, geological hazard (collapse, landslide and karst depression) and building as evaluation factors that may affect springs, and then build up an evaluation system for suitability of buildings, determined the weight of each factor using analytic hierarchy process, calculated suitability index by using Mapgis spatial analytic functions and comprehensive index model, made a grading evaluation using quantified building suitability index, thus expected to provide a geological basis for local government in city planning, land use and approval process, and guide suitability evaluation of buildings in areas with developed karst and hot springs.

**Key words:** analytic hierarchy process; Mapgis; karst; hot spring; building suitability evaluation