

罗丹琴,李世杰,罗祎浩,等. 场地区域类别划分方法的应用分析[J]. 华南地震, 2022, 42(2): 33-40. [LUO Danqin, LI Shijie, LUO Yihao, et al. Application of Site Area Classification Method [J]. South China journal of seismology, 2022, 42(2): 33-40]

场地区域类别划分方法的应用分析

罗丹琴^{1, 2}, 李世杰², 罗祎浩^{1, 2}, 纪星星^{1, 2}, 邱鹏^{1, 2}

(1. 贵州省工程防震研究院, 贵阳 550001; 2. 贵州省地震局, 贵阳 550001)

摘要: 基于场地成因的场地分类方法主要是依靠大量的地质资料, 建立地质条件和成因的场地分类矩阵^[1], 通过GIS完成场地类别划分。以遵义市为例, 收集了比例尺为1:50万的地质图资料, 借助Arcgis建立了遵义市地质数据库, 结合地层年代和岩石坚硬程度等地质因素, 完成了遵义场地类别划分, 并根据实测钻孔对场地分类结果进行验证, 分类结果大致正确。基于地形坡度的场地类别划分方法是利用DEM数据进行坡度分析, 借助V_{s30}建立坡度与场地类别之间的关系, 从而进行场地类别划分。获取了30 m精度的DEM数字高程数据, 对其进行坡度分析, 并建立了坡度与场地分类之间的关系, 完成了美国标准下的遵义场地区域类别划分, 并根据实测钻孔对场地分类进行验证, 分类结果大致正确。

关键词: 遵义市; 地质单元; 地形坡度; 场地类别

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2022)02-0033-08

DOI: 10.13512/j.hndz.2022.02.05

Application of Site Area Classification Method

LUO Danqin^{1, 2}, LI Shijie², LUO Yihao^{1, 2}, JI Xingxing^{1, 2}, QIU Peng^{1, 2}

(1. Guizhou Institute of Engineering Earthquake Engineering, Guiyang 550001, China;

2. Guizhou Earthquake Agency, Guiyang 550001, China)

Abstract: The site classification method based on site genesis mainly relies on a large amount of geological data to establish a site classification matrix of geological conditions and genesis, and complete site classification by GIS. Taking Zunyi City as an example, this paper collects geological map data with a scale of 1:500, 000, and establishes a geological database of Zunyi City with the help of ArcGIS. Combined with geological factors such as stratum age and rock hardness, site classification of Zunyi City is completed, and the site classification results are verified according to the measured boreholes, which are roughly correct. The site category classification method based on terrain slope is to use DEM data for slope analysis, and establish the relationship between slope and site category with the help of V_{s30}, so as to classify the site. This paper obtains DEM digital elevation data with a precision of 30 m, analyzes its slope, and establishes the relationship between slope and site classification, completes the classification of Zunyi site area under the American standard, and verifies the site classification based on measured boreholes, which is roughly correct.

收稿日期: 2021-10-15

基金项目: 六盘水市活动断层探测项目(黔科合支撑[2020]4Y053)

作者简介: 罗丹琴(1992-), 女, 工程师, 工学硕士, 主要从事地震地质、地震安全性评价等工作。

通信作者: 李世杰(1991-), 男, 工程师, 理学硕士, 主要从事地震应急、工程地震等工作。

E-mail: luodanqin2021@163.com

Keywords: Zunyi City; Geological unit; Terrain slope; Site category

0 引言

场地分类可以提高地震地质灾害和地震风险评估的精确度^[1],近年来,中国学者致力于研究如何获得场地类别图:史大成^[2]等利用场地土的地质年代以及岩石类别进行场地分类,建立了基于地质特征的场地类别划分关系表,应用GIS软件的空间数据库分析工具,整合了地质成因类型与图层属性,绘制了全国1:250万场地分类图;亢川川^[3]等采用Wills提出的地质单元与 V_s30 之间的相关关系,以四川省1:50万地质图地质单元推测估计全省范围的 V_s30 分布,从而获得场地类别分类图;李昕蕾^[4]等将钻孔勘测结果与大比例尺地质图相结合,获得了相对更精细的新疆场地分类图。本文收集了比例尺为1:50万的地质图资料,借助Arcgis建立了遵义市地质数据库^[5],结合地层年代和岩石坚硬程度等地质因素,完成了遵义场地区域类别划分,并根据实测钻孔对场地分类进行验证,分类结果大致正确;获取了30m精度的DEM数字高程数据,对其进行坡度分析,并建立了坡度与场地分类之间的关系,完成了遵义场地区域类别划分,并根据实测钻孔对场地分类进行验证,分类结果大致正确。最后叠加两种方法获得的场地类别划分图,进行修正,得到最终的遵义市场地类别划分结果。

1 方法介绍

1.1 基于地质成因的场地类别划分

地质图中含有丰富的地质要素信息,如年代地层、地质界线、断层、成因类型、岩石类型、钻孔等;地理内容信息,如居民地、河流、湖泊等。通过地质图中相关信息,建立地质单元与等效剪切波速之间的对应关系,可以推测得到区域面的剪切波速分布,进而得到区域面的场地类别分类图。结合地质年代及覆盖层岩土坚硬程度^[6],形成基于地质成因的场地分类关系矩阵,完成场地类别划分。

1.2 基于地形坡度的场地类别划分

利用数字高程数据,对区域性场地做坡度分

析,提取区域坡度,根据坡度推测地表形态和岩性变化,建立地形坡度与场地类别之间的关系^[6-7]。

坡度计算一般采用拟合曲面法^[8]。拟合曲面一般采用二次曲面,即 3×3 的窗口,如图1所示。每个窗口的中心为一个高程点。图1中中心点 e 的坡度的计算公式如下:

$$\text{slope} = \tan \sqrt{\text{slope}_{we}^2 + \text{slope}_{sn}^2} \quad (1)$$

式(1)中: Slope为坡度, Slope_{we} 为X方向的坡度, Slope_{sn} 为Y方向的坡度。

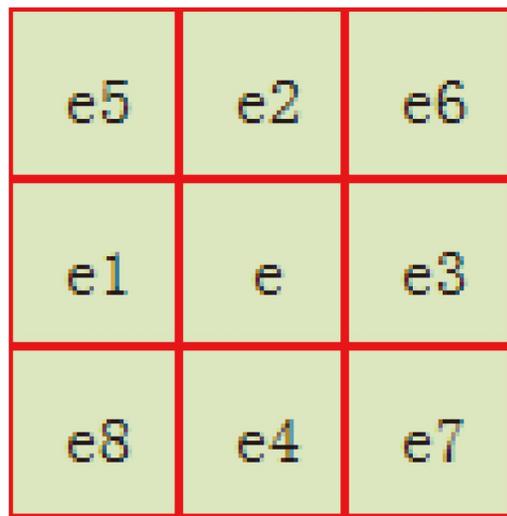


图1 3*3的窗口

Fig.1 3*3 window

关于 Slope_{we} 、 Slope_{sn} 的计算可以采用以下几种常用的方法:

(1)算法1

$$\text{slope}_{we} = \frac{e_1 - e_3}{2 \times \text{cellsize}} \quad (2)$$

$$\text{slope}_{sn} = \frac{e_4 - e_2}{2 \times \text{cellsize}} \quad (3)$$

(2)算法2

$$\text{slope}_{we} = \frac{(e_8 + 2e_1 + e_3) - (e_7 + 2e_3 + e_6)}{8 \times \text{cellsize}} \quad (4)$$

$$\text{slope}_{sn} = \frac{(e_7 + 2e_4 + e_8) - (e_6 + 2e_2 + e_5)}{8 \times \text{cellsize}} \quad (5)$$

(3)算法3

$$\text{slope}_{we} = \frac{(e_8 + \sqrt{2}e_1 + e_5) - (e_7 + \sqrt{2}e_3 + e_6)}{8 \times \text{cellsize}} \quad (6)$$

$$\text{slope}_{sn} = \frac{(e_7 + \sqrt{2}e_4 + e_8) - (e_6 + \sqrt{2}e_2 + e_5)}{8 \times \text{cellsize}} \quad (7)$$

(4)算法4

$$\text{slope}_{we} = \frac{(e_8 + e_1 + e_5) - (e_7 + e_3 + e_6)}{8 \times \text{cellsize}} \quad (8)$$

$$\text{slope}_{sn} = \frac{(e_7 + e_4 + e_8) - (e_6 + e_2 + e_5)}{8 \times \text{cellsize}} \quad (9)$$

上式中的 cellsize 为格网 DEM 的间隔长度。算法1的精度最高,计算效率也最高,其次是算法2。ArcMap 采用的是算法2。

不同的地形坡度对应不同范围的 V_{s30} 值,根据得到的坡度建立与 V_{s30} 的关系,进一步得到场地类别划分结果。

2 数据情况

2.1 钻孔情况

本文共收集到遵义市场地钻孔资料24组,具体分布如图2所示,从图2看出,钻孔分布比较均匀,平均每个县至少有一个钻孔,在播州区仁怀市分布较多,从地形角度看,主要分布于较平坦地区。

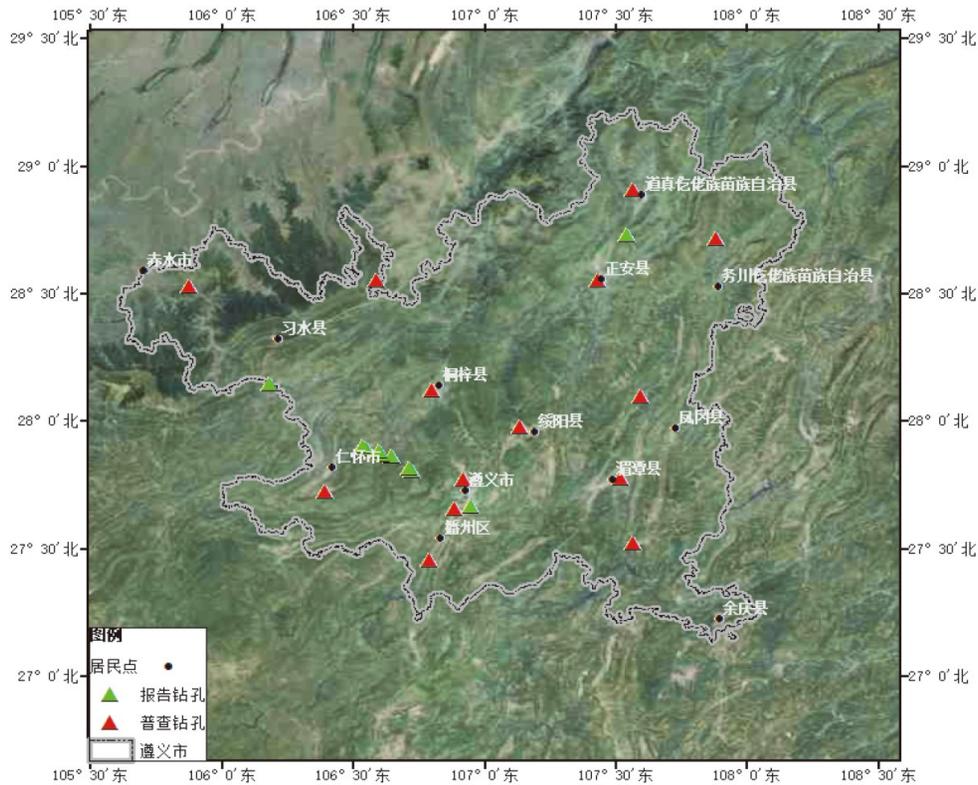


图2 遵义市场地钻孔数据分布
Fig.2 Distribution of site drilling data in Zunyi City

从场地类别来看,钻孔场地主要以II类为主,共计14组,占钻孔总数的58.33%;I类场地上的钻孔共计10组,占钻孔总数的41.67%。

2.2 地形数据

本文使用的DEM数据来源于地理空间数据云下载的GDEM V2 30m分辨率数字高程数据,如图3所示。

3 结果与分析

3.1 基于地质成因的场地类别划分结果

遵义市位于贵州北部,与渝、川、黔三省市接

壤,晚元古代以来的地层发育齐全。本文搜集到遵义市1:50万比例尺地质图,提取了其中的地层年代信息和岩性相关信息。

由地质图提取地层年代信息,绘制了不同地质年代地层分布图(图4)。纵观遵义市地层的构成及分布具有如下几个特点:

(1)地层主要由沉积岩组成。其中以碳酸盐岩最为发育。分布面积约9231 km²,占遵义市地层面积的50%。

(2)各时代地层空间分布具有一定的规律性,主要表现为:①震旦系主要分布于遵义市南部,寒武系、奥陶系主要呈条带状分布于中部东部习水县、仁怀市、湄潭县等地,志留系少量分布于全

区，石炭系少量分布于南部，二叠系、三叠系较广泛分布于全区，侏罗系、白垩系较集中分布于西部赤水市，第四系零散分布在遵义市中部、南部。总体呈现背斜形态，由中部向东西部出露的地层时代

由老变新的趋势。②大致以习水县为界，西北、东南的地层发育存在着明显的差异：西北地区主要出露白垩系侏罗系，未见其余时代地层；东南地区地层发育较全。

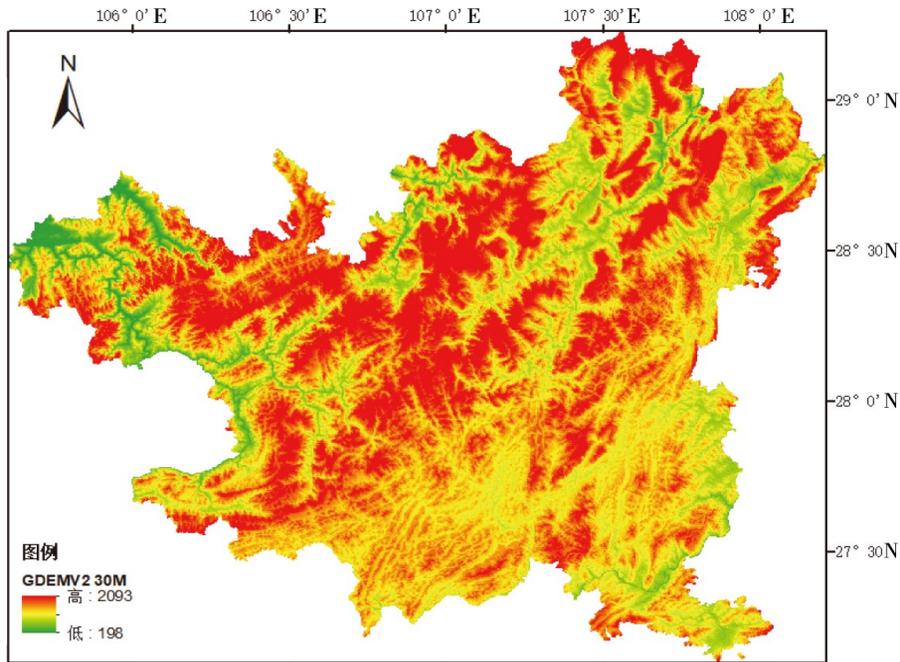


图3 遵义市 GDEM2 数据

Fig.3 Data of GDEM2 in Zunyi City

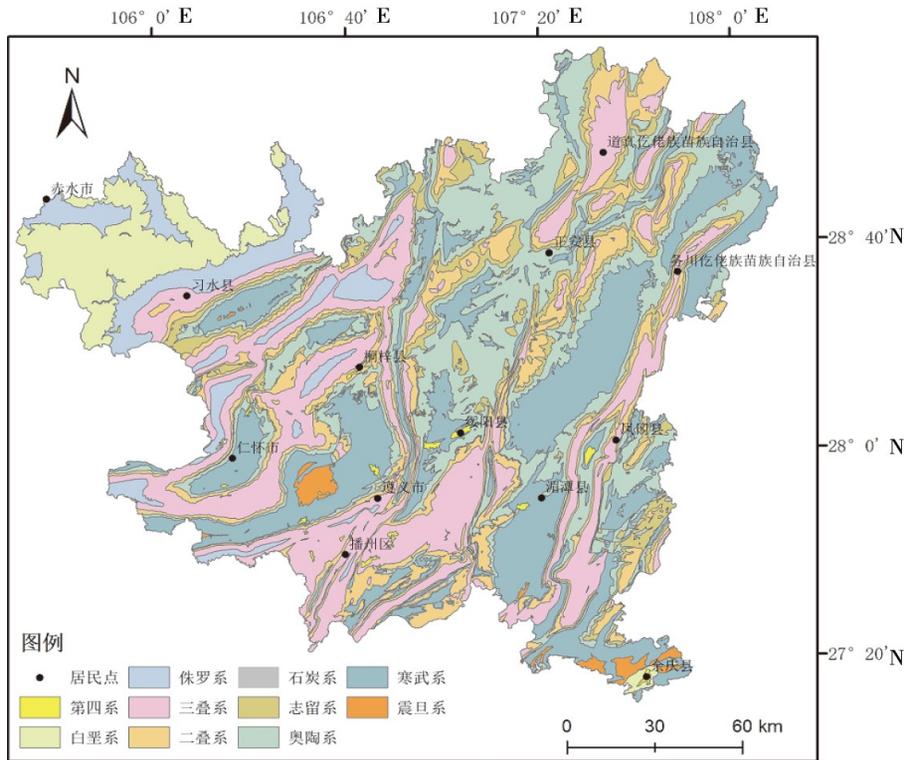


图4 不同地质年代地层分布图

Fig.4 Stratigraphic distribution map of different geological ages

1: 50万比例尺地质图根据岩性、岩性组合及结构面等性质, 遵义市岩体按照坚硬程度将岩土体划分为4个基本大类^[9-10]:

(1)坚硬岩, 主要包括: 流纹岩、玄武岩、石英砂岩等;

(2)较坚硬岩, 主要包括: 白云岩、砾岩、砂岩、石英砂岩、灰岩、硅质岩等;

(3)较软岩, 主要包括: 页岩、粉砂岩、粘土岩夹粉砂-细砂岩、泥灰岩、泥灰岩夹粘土岩、炭质页岩、砂质夹粉砂质黏土岩、板岩等;

(4)软岩类, 主要包括第四纪堆积物: 泥岩、砂、砂砾石等。

根据岩石坚硬程度绘制了分布图(图5), 并统计了各类岩石分布面积(表1)。根据图可以看出, 遵义市较软岩分布较广, 占比50%, 较坚硬岩次之, 占比43%, 坚硬岩占比6.6%, 主要分布于赤水市和余庆县, 遵义市还有少数区域分布有软岩, 如绥阳县附近等。从岩体坚硬程度分布图可以得出初步结论, 遵义市地貌以山地丘陵为主。

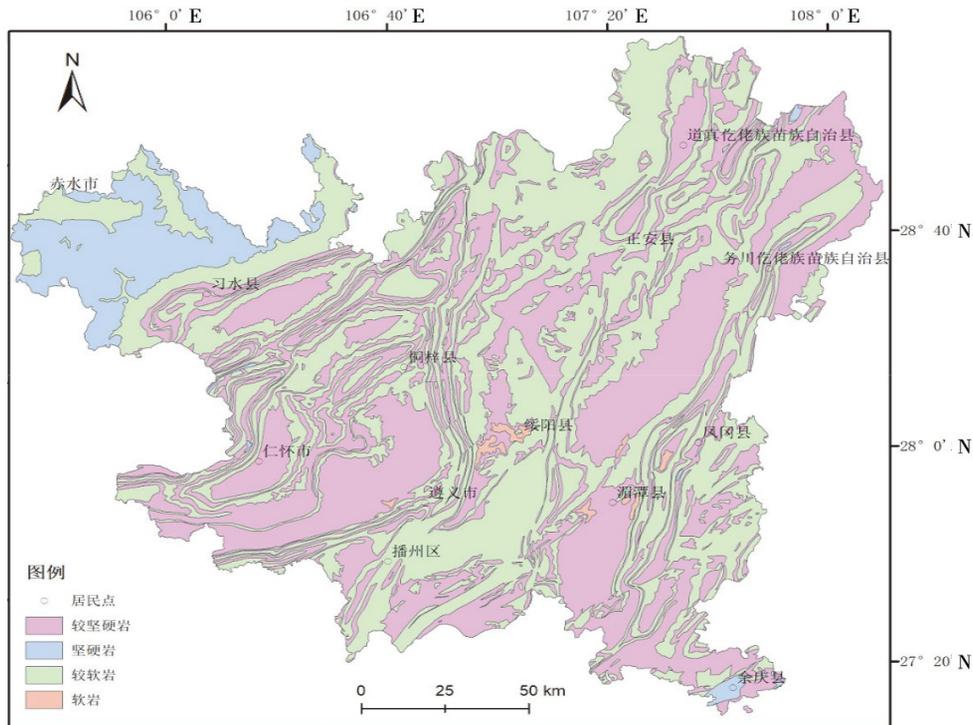


图5 岩石坚硬程度分布图

Fig.5 Distribution of rock hardness

表1 岩石坚硬程度分类面积及占比

Table 1 Classification area and proportion of rock hardness

分类	面积/(km ²)	占比/(%)
坚硬岩	2079	6.6
较坚硬岩	13 552	43
较软岩	15 789	50
软岩	137	0.4

我国场地类别划分的标准主要依据 V_{se} 及覆盖层厚度的双参数, 但也规定了无波速测试数据时土的类型也可以作为建筑场地类别划分的一个参考依据^[11]。

根据中国场地分类指标以及遵义市地质数据

库, 结合年代与岩性信息, 建立适用于本文的基于地质成因的场地分类标准, 得出基于地质成因的场地分类图(图6)。坚硬岩划分为I类场地, 较坚硬岩根据其覆盖层厚度进行划分, 覆盖层厚度小于5米时, 划分为I类场地, 其余划分为II类场地, 较软岩划分为II类场地, 覆盖第四纪沉积物地区划分为III类场地。

将实测钻孔对应的场地类别投到场地类别划分图上, 红色三角形为II类场地钻孔, 黄色三角形为I类场地钻孔, 据图7可以看到, 实测钻孔场地类别划分与场地类别划分图大致相对应, 在个别地方会有出入, 判断可能是因为地质图年代岩性等数据精度太低, 得出的场地类别划分图结果粗略。

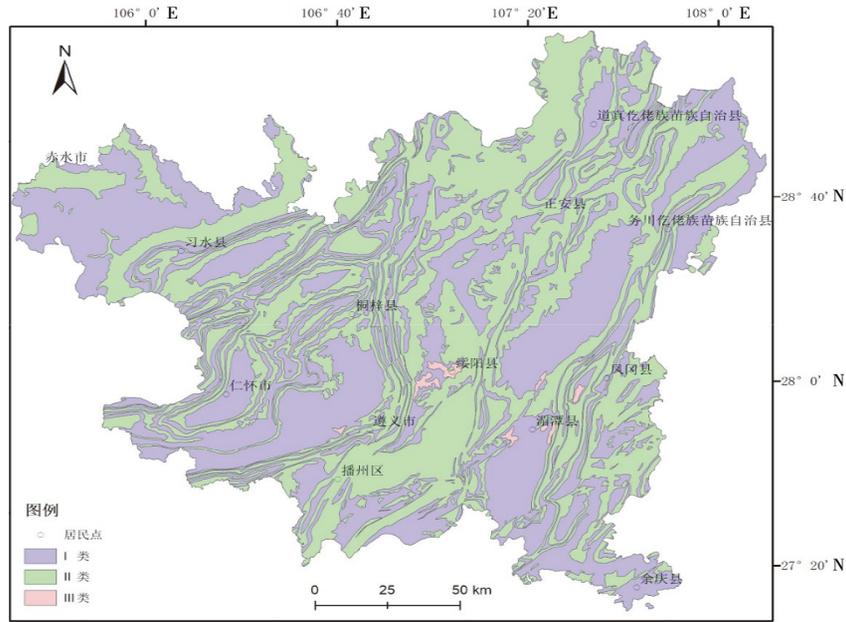


图6 场地分类图

Fig.6 Site classification diagram

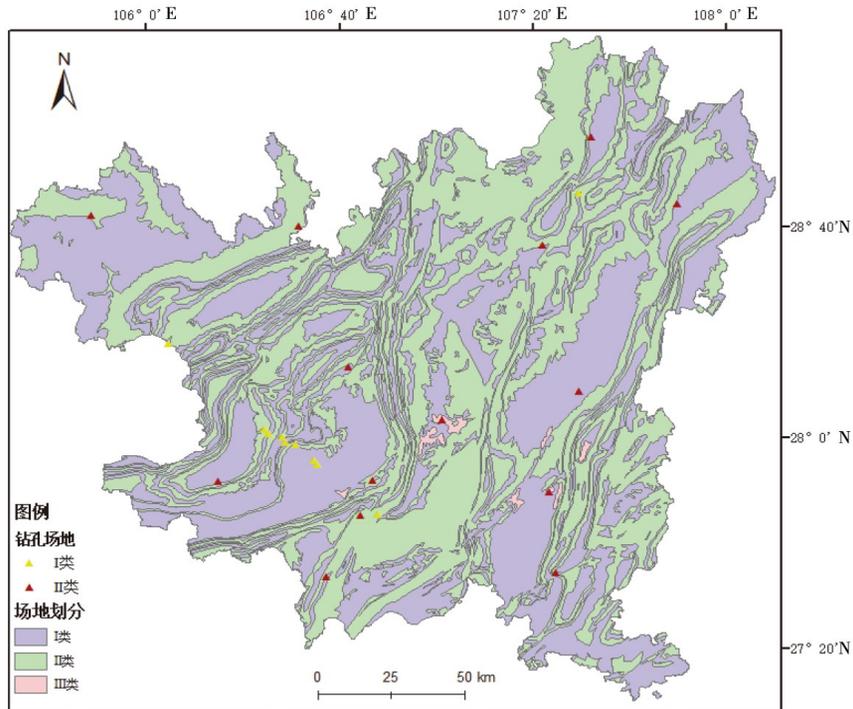


图7 钻孔实测场地图

Fig.7 Field map of borehole measurement

3.2 基于地形坡度的场地类别划分结果

本文采用遵义市 30 m 数字高程数据，通过 GIS 的坡度分析计算得到区域的坡度值，参照美国场地类别划分标准，以 V_{s30} 为桥梁建立坡度值与场地类别划分的对应关系(表 2)，得到基于地形坡度的

场地类别划分图(图 8)。

将实测钻孔对应的场地类别投到场地类别划分图上，红色圆形为 B 类场地钻孔，绿色圆形为 C 类场地钻孔，据图 9 可以看到，实测钻孔场地类别划分与场地类别划分图大致相对应，在个别地方会有出入，判断可能是因为 30 m 数字高程数据精度不够，只能得出区域类大致场地类别划分结果。

表2 NEHRP V_s30 分类指标、 V_s30 和坡度值之间的关系表^[8]
 Table 2 The relationship between NEHRP V_s30 classification index, V_s30 and slope value

场地类型	V_s30	坡度值
E	<180	<1.0E-4
	182-240	1.0E-4—2.2E-3
D	240-300	2.2E-3—6.3E-3
	300-360	6.3E-3—0.018
C	360-490	0.018-0.050
	490-620	0.050-0.10
	620-760	0.10-0.138
B	>760	>0.138

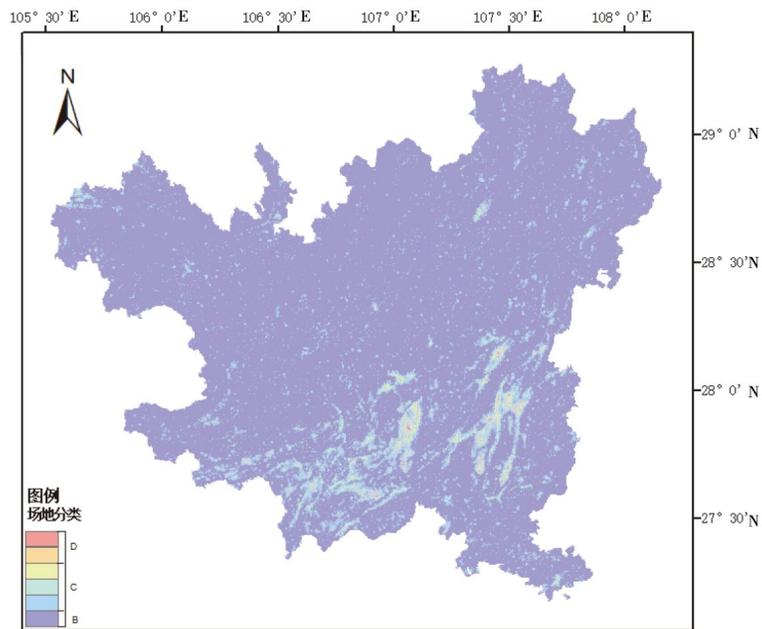


图8 场地分类图(美国标准)

Fig.8 Site classification chart (American standard)

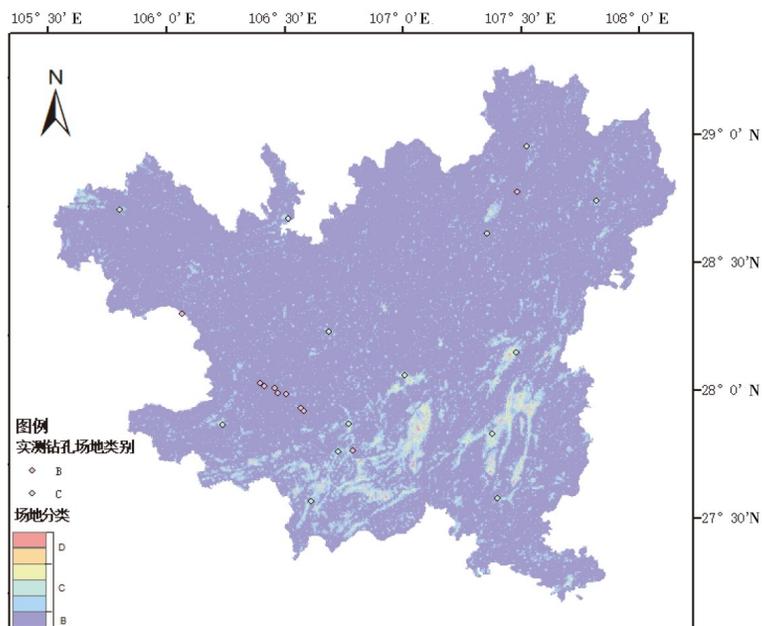


图9 钻孔实测场地图(美国标准)

Fig.9 Field map of borehole measurement (American standard)

4 结论与建议

本文主要通过研究基于地质成因的场地类别划分方法和基于地形坡度的场地类别划分方法,将其应用于遵义市地区,绘制得到遵义市场地类别划分图件,在研究过程中得出以下结论:

(1)通过收集遵义市相关地质资料,建立了相对合理的基于地质年代、岩石坚硬程度等地质因素与场地类别分类的关系,实现了遵义市场地数据库的建立和场地类别划分。

(2)通过下载拼接 30 m 数字高程数据,借助 Arcgis 软件处理 DEM 数据后进行坡度分析,并通过 NEHRP 的场地类型划分关系,得到美国标准下的遵义场地类别划分结果。

(3)通过对贵州省遵义市进行场地类别划分,为贵州省其他地区如六盘水市等进行场地类别划分提供了很好的方法借鉴。

在研究中尽管取得了一定的结果,也发现了如下问题:

(1)基于地质成因得到的场地类别划分结果相对粗略,只能反映区域上的场地类别情况,与实测钻孔场地类型叠加有部分出入,建议搜集更大比例尺地质图进行分类,结果将更加精确。

(2)基于地形坡度得到的场地类别划分结果也受到精度影响,划分结果不够精确,建议以后可以用更高精度的 DEM 数据进行分类。

(3)收集到的遵义市的钻孔较少,缺少 V_{s20} 、 V_{s30} 等数据,故没有很好地借助钻孔数据进行更进一步的研究,下一步将继续收集钻孔资料,为进一步建立精确的坡度-剪切波模型做准备。

参考文献

- [1] David J. Wald, Trevor I. Allen. Topographic slope as a proxy for seismic site conditions and amplification[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 2007, 97(5): 1379-1395.
- [2] 史大成. 基于 GIS 的场地分类新方法研究[D]. 哈尔滨: 中国地震局工程力学研究所, 2009.
- [3] 亢川川, 马超, 刘韶, 等. 四川省区域性场地分类的初步研究[J]. 四川地震, 2017(03): 37-42.
- [4] 李昕蕾. 基于多因素的区域场地分类方法研究[D]. 北京: 中国地震局工程力学研究所, 2020.
- [5] 张卫华, 廉超, 陈昊, 等. 基于 MapInfor 的中华人民共和国 1/50 万数字地质图数据库管理系统[J]. 地震地质, 2005(03): 470-478.
- [6] 亢川川. 通过地形坡度估计四川省场地类别研究[D]. 北京: 中国地震局地球物理研究所, 2017.
- [7] 陈学良, 高孟潭, 俞言祥, 等. 地形坡度场地分类法在玉溪-江川-通海盆地的适用性研究[J]. 地震工程与工程振动, 2014, 34(S1): 146-152.
- [8] 强晓焕, 元昌安. 基于 DEM 的坡度算法分析及精度探讨[J]. 南昌工程学院学报, 2005(02): 41-45.
- [9] 陈国兴, 丁杰发, 方怡, 等. 场地类别分类方案研究[J]. 岩土力学, 2020, 41(11): 3509-3522+3582.
- [10] 张雨婷. 基于我国地形与地质条件的场地分类方法研究[D]. 哈尔滨: 中国地震局工程力学研究所, 2020.
- [11] 郭锋, 吴东明, 许国富, 等. 中外抗震设计规范场地分类对应关系[J]. 土木工程与管理学报, 2011, 28(02): 63-66.