

doi: 10.6046/zrzyg.2022319

引用格式: 朱博勤, 严召进, 谢晶, 等. FAST 型大射电望远镜选址洼地地形搜寻关键技术研究[J]. 自然资源遥感, 2023, 35(2): 80–88. (Zhu B Q, Yan Z J, Xie J, et al. Key technology for selecting depressions as sites of FAST-type radio telescopes[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2023, 35(2): 80–88.)

FAST 型大射电望远镜选址洼地地形搜寻关键技术研究

朱博勤^{1,2}, 严召进³, 谢晶³, 刘宏⁴, 宋小庆³, 向喜琼⁴

(1. 中国科学院国家天文台, 北京 100101; 2. 中国科学院 FAST 重点实验室, 北京 100101;

3. 贵州省地质矿产勘查开发局 111 地质大队, 贵阳 550008; 4. 贵州大学资源与环境工程学院喀斯特地质资源与环境教育部重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 500 米口径球面射电望远镜 (Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST) ——“中国天眼”举世瞩目, 是世界上最大的单口径射电望远镜。如果再建造几个 FAST 型大射电望远镜, 开展联合观测, 那么不仅可以进一步提高探测的灵敏度, 也可以提高分辨率, 从而拓展射电天文研究领域, 这正是当前中国射电天文学家的期盼, FAST 型大射电望远镜选址洼地地形搜寻就是为实现这一期盼而开展的前期研究。当前, 可以共享的地形数据数字高程模型 (digital elevation model, DEM) 资源已经实现洲际覆盖, 且有不同的地面分辨率供选择; 计算机技术发展带来了地形数据 DEM 处理分析能力大大增强, 处理技术不断创新, 分析表达实现了可仿真。为此, 通过比较分析阿雷西博射电望远镜 (Arecibo radio telescope, Arecibo) 和 FAST 望远镜工程结构尺度、台址岩溶洼地地形的形态特点, 提出 500 m 口径望远镜的理想洼地地形条件; 在评价分析网络共享 DEM 地形数据的分辨率和数据质量的基础上, 总结认为省级区域大射电望远镜选址以 30 m 分辨率的 ASTER_GDEM3 数据为宜; 在贵州全省大型洼地地形搜寻研究中, 开发了基于 ArcGIS 平台提取洼地地形特征参数和拟合填挖方、叠合剖面等定量分析专题模块, 归纳了应用 ArcGIS 主要工具搭建专题模块的关键步骤。研究结果解决了省级区域大型岩溶洼地地形搜寻中的关键技术, 并提出了在实际工作中需要注意的几个问题。

关键词: 选址; 岩溶洼地; DEM; 地形参数; 填挖拟合

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2023)02-0080-09

0 引言

在 2016 年之前, 全世界最大的射电望远镜是位于波多黎各的阿雷西博射电望远镜 (Arecibo radio telescope, Arecibo), 于 1963 年 11 月 1 日落成, 是美国利用天然海滩岩上的溶蚀洼地地形作为台址建成的, 望远镜反射面口径 305 m。2016 年 9 月 25 日, 中国利用贵州大型峰丛洼地——大窝凼的地形, 建造了全球最大的单口径射电望远镜——500 米口径球面射电望远镜 (Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope, FAST), 被称为“中国天眼”。由于 FAST 望远镜的接收面积比 Arecibo 射电望远镜提高了 2.8 倍, 望远镜的灵敏度得到了显著的提升^[1]。当射电天文学家在追求更大的望远镜

接收面积时, 工程结构和力学支撑条件的限制使得全可动望远镜的口径只能到 100 m 左右; 若要追求更大的接收面积, 射电望远镜只有“平躺”在地面、依附地形, 以牺牲观察天区换取更大的接收面积。所以, 形式上 Arecibo 和 FAST 都属于“平躺”式射电望远镜或“仰卧”式射电望远镜。Arecibo 和 FAST 这 2 个超大的单口径射电望远镜都是利用圆形口径在 300 m 以上的洼地作为台址^[2]。FAST 望远镜选址自 1994 年开始, 至 2007 年 7 月获得立项批复, 经历了 13 a 的艰难历程。FAST 选址包括洼地地形条件、工程地质基础、自然灾害、无线电环境、社会经济条件等方面的分析。洼地的地形条件分析又包括收集各种地形图、卫星图像等资料, 解读、量算、数字化、分析并建立洼地属性数据库, 反复形态比较、绘制各种各样的地形剖面、拟合不同口径反射面的填

收稿日期: 2022-08-10; 修订日期: 2022-12-22

基金项目: 中央引导地方科技发展资金项目“FAST 扩展阵贵州省综合选址研究”(编号: 黔科中引地[2021]4001)和国家自然科学基金项目“以 FAST 为中心的大型射电望远镜阵列选址研究”(编号: 12173053)共同资助。

第一作者: 朱博勤 (1962-), 男, 研究员, 主要研究方向为工程环境与遥感地学应用。Email: zhubq@bao.ac.cn。

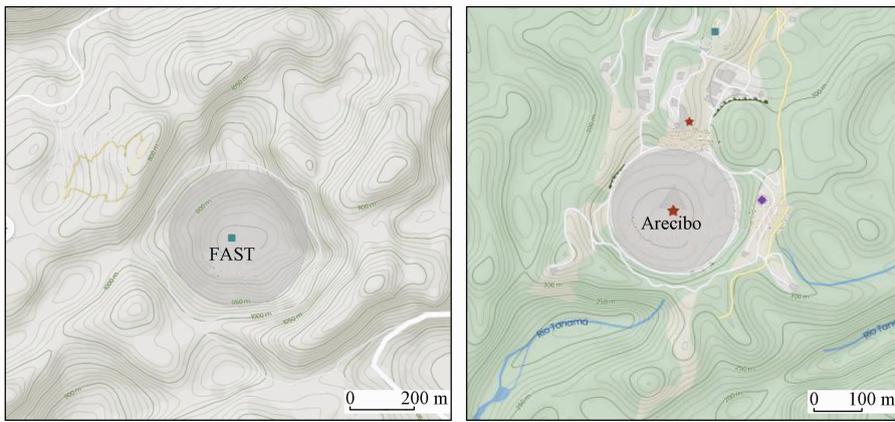
通信作者: 严召进 (1973-), 男, 高级工程师, 从事工程测量及地理信息产学研工作。Email: 1017831147@qq.com。

挖方量,6 个馈源支撑塔的地面分布优化等。找到大小和形态适宜的洼地,通过填挖方拟合和望远镜结构位置优化,确定 FAST 开挖中心、开挖标高,推荐 6 塔分布。堪輿台址,“给 FAST 找个家”并不容易^[3-5]。开展省级范围 FAST 型大射电望远镜地形选址,包括应用 30 m 分辨率的数字高程模型(digital elevation model,DEM)搜寻大型洼地,研究洼地地形参数的适宜性。应用精细的洼地地形数据开展填挖方拟合和结构位置优化是选址第一阶段重要的基础工作,也是评价台址适宜性的关键^[6]。

1 FAST 和 Arecibo 望远镜台址地形分析

FAST 和 Arecibo 望远镜虽然都选址于峰丛岩溶洼地,但所处局地的海拔、相对高差和基岩背景等都

不同(图 1 和表 1)。FAST 望远镜台址大窝凼洼地大而深,东西宽 990 m,南北长 1 050 m,深 360 m,最低垭口至洼地底部高差 140 m。Arecibo 望远镜台址洼地小而浅,东西长 460 m,南北宽 440 m,深 120 m,最低垭口至洼地底部高差 70 m。大窝凼洼地的地质构造稳定,在小型断层构造交汇的背景下,SN 向断层构造附近灰岩岩体破裂,两侧近水平的致密中厚层灰岩向外倾斜。若以东侧相距 1.2 km 的水淹凼洼地底作为水力基准面,高差达 104 m,水力梯度达到 86.6‰,这给洼地的溶蚀、侵蚀提供了较好的水动力条件。Arecibo 望远镜台址则多地震,珊瑚礁岩或海滩岩基岩松软,年降水量 1 000 mm,风化层(土层)厚,植被生长茂盛。洼地底部与最近的低高程点(南偏东伏流出口)相距 550 m,高差 50 m,水力梯度达到 90.91‰。较大的水力梯度和有利的地质构造易于形成大型岩溶洼地。



(a) FAST 望远镜台址

(b) Arecibo 望远镜台址

图 1 FAST 望远镜与 Arecibo 望远镜台址等高线图

(<https://mapcarta.com/W23957081/Map>)

Fig.1 Site contour map of FAST and Arecibo

表 1 FAST 与 Arecibo 望远镜几何要素比较

Tab.1 Comparison of geometric elements of FAST and Arecibo

几何要素	FAST 望远镜	Arecibo 望远镜
地理坐标	N25. 652°, E106. 856°	N18. 344°, W66. 752°
最高山峰标高/m	1 201.2(东北)	360 m(西南)
最低垭口标高/m	981.2(西南)	305 m(南)
原始洼地底标高/m	841.2	235 m
洼地有效深度/m	140	70 m
洼地最大高差/m	360	125 m
周围最低点海拔/m	737.5(东侧水淹凼底)	185 m(南偏东伏流出口)
球直径(开口直径、球冠深)/m	600(500,134.17)	530(305,48.28)
馈源仓悬空/m	176.38	137.25 ^[7]
反射面开口标高/m	970.2	290
基岩类型	三叠纪灰岩、白云质灰岩	中第三纪(即渐新世和中新世)珊瑚礁岩或海滩岩

FAST 望远镜的反射面是截取 600 m 直径球面上 500 m 开口的球冠面,通过微小变形成抛物面,从而实现来源于宇宙射电信号的聚焦。通过平均分布于 600 m 圆周上的 6 个支撑塔悬挂馈源仓,在仓索的驱动下,使馈源仓精确移动到聚焦,实现宇宙射电信号的接收。FAST 望远镜反射面、馈源运移面和馈源支撑塔的几何参数如图 2。相对于球冠面(反射面)底,500 m 口径的球冠深 134.17 m,40°观察天顶角馈源运移的最高点 176.38 m,分布于 600 m 圆周上的 6 个馈源支撑塔塔高 271.00 m^[8]。在理想状况下,最适宜 500 m 口径的 FAST 型大射电望远镜的洼地地形是圆形、直径在 600 m 左右的洼地,底部平缓,坡面越高越陡;洼地分水岭相对于洼地底高出 270 m;最低垭口相对于洼地底高出 176 m,洼地底部 134 m 高度范围地形越圆、越接近球面越

据的水平分辨率,ALOS AW3D30_V2.2 数据为 12.5 m、SRTM3V00 3 数据的为 90 m,其他均为 30 m。NASADEM_HGTV001、SRTM3V003 的数据格式分别为 hgt 和 img,其他的均为 tif 格式。

图 3(a)一(e)是表 2 中所列 5 种数字表面数据 FAST 台址区域高程值拉伸后的灰度影像、派生的等值线图。十分明显的是 SRTM3_V003 的 DEM 灰度影像图的分辨能力不足,洼地地形反映不清晰,有明显的马赛克;NASADEM_HG 的 DEM 灰度影像图中亮点噪声较多,噪声反映的是局地地形直上直下,与实际不符;ALOS_AW3D30 的 DEM 灰度影像

图中亮点噪声和暗点噪声有所减少,影像也显得更加平滑;ALOS_PALSAR 的 DEM 灰度影像图有一些亮点噪声;ASTER_GDEM3 的 DEM 灰度影像图虽然比 ALOS_AW3D30 及 ALOS_PALSAR 的在高亮值区范围要大些,但在地形的连续性方面更为合理,对低高程(洼地)的表达更明显。应用 ArcMap10.8 的表面插值功能,对各样例数据采用 20 m 等间距插值生成等高线,结果如图 3(f)一(j)。ALOS_PALSAR,ALOS_AW3D30 及 NASADEM_HG 的 DEM 等值线在较陡的区域有粘连,ASTER_GDEM3 的 DEM 等值线显得相对平滑而少粘连。

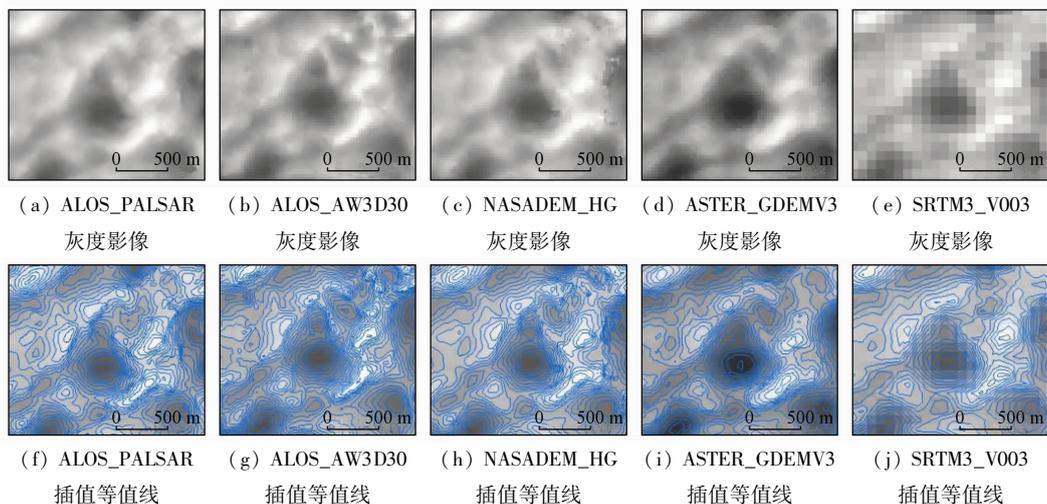


图 3 FAST 台址 DEM 灰度影像与插值等值线图

Fig. 3 DEM gray image and isoline at FAST site

通过上述 5 种 DEM 数据的 DEM 灰度影像和表面插值等值线的比较,在大范围的区域,开展岩溶洼地的搜寻以 ASTER_GDEM3 的 DEM 数据为宜。

程的晕渲彩色图,色彩纹理和清晰度与 DEM 的分辨率、质量直接相关,分辨率越高晕渲彩色图反映的地形信息越精细、越清晰,效果越好。

图 4 是应用 DEM 坡度值的单色图像与地形高

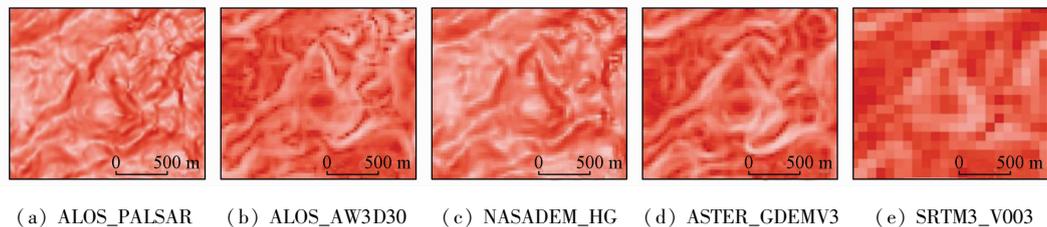


图 4 FAST 台址大窝凼洼地地形增强影像

Fig. 4 Terrain enhanced image of Dawodang depression(FAST site)

图 4(a)一(c)虽然分辨率都是 30 m,但清晰度和效果差别较大。其中,图 4(c)是最新发布数据 NASADEM_HG 的晕渲彩色图,相对于图 4(a)和 (b),图面反映的地形更清晰,颜色反差和地形效果更好,只是局部噪声点比较大。相比较而言,开展岩溶洼地的搜寻以 ASTER_GDEM3 的 DEM 数据为宜。在实际选用 DEM 数据时,不仅要分析数据附带的精度和质量评价资料,更要选择地形变化剧烈、

高差大的区域检测 and 对比分析数据的真实情况,选用适宜的数据源。

3 洼地形态参数提取与填挖拟合

开展 FAST 型大射电望远镜选址洼地地形搜寻包括应用 30 m 分辨率的 ASTER_GDEM3 数据开展大区域的洼地搜寻、洼地形态参数提取,应用大比例

尺地形图等高线矢量化的洼地填挖拟合 2 个方面的研究。ArcGIS10.8 的软件处理平台对具有统一投影坐标系统的点、线、面的矢量数据和栅格数据可开展管理、处理、分析和显示等。ArcMap Model Builder 可有序组织 ArcMap10.8 附带的处理工具,实现多个处理过程的一体化、“一键完成”。因此,通过构

建洼地地形参数提取模块、填挖拟合模块实现洼地地形参数“一键一个要素”的提取和分析。

3.1 洼地形态参数提取

DEM 的本质是高程数值的矩阵,洼地地形参数中最低点、山峰点、垭口点、分水线、洼地等深线的地貌部位形态、DEM 高程和处理提取方法如表 3。

表 3 地形地貌特征点及其 DEM 特征与提取方法

Tab.3 Topographic feature points and its DEM features and extraction methods

洼地地形参数	地貌特征	DEM 数值特征	提取方法
最低点	洼地区域内地形低洼点,是地面水汇流的最低点,坡度为 0°	洼地区域内 DEM 数值最小的点	应用移动窗口,求取 DEM 数值最小值(凹陷)及其位置
山峰点	地形突出的高地点,是地面水向四周分散的最高点,坡度为 0°	一定区域内 DEM 数值最大的点	应用移动窗口,求取 DEM 数值最大值(凸起)及其位置
垭口点	某一方向地形低洼点和另一方向地形突出高地点,也是分水线与沟谷源头的交叉点,坡度为 0°	DEM 在沟谷方向局部的最大值,同时又是分水线方向最低值的点	提取正地形沟谷线(凹陷)和反地形沟谷线(凹陷)的交汇点
分水线	洼地区域的山梁连线,是地面水向两侧分流点的连线。分水线是封闭、洼地集水汇流边界线,通常称为分水岭	洼地区连续分流点(包括山峰点、垭口点)的连线	判别和提取汇聚最大流量区域的边界
洼地等深线	最低垭口以下洼地深度的等值线,是洼地封闭区域内的深度线。等深线是衡量洼地“有效深度”的地形线,形态上与同一地点的等高线完全一致	DEM 数值均小于最低垭口高度区域的等值线	通过填洼分析得到最低垭口以下部分的栅格数据,再计算与最低垭口之间的高差并等值化

在 ArcMap10.8 的软件处理平台下,通过栅格和矢量的组合处理即可实现上述基本地形参数的提取。地形参数提取模块的主要环节和步骤如表 4。这些参数提取模块已在贵州全省范围的 DEM 数据

洼地搜寻处理分析中实际应用。由于存在 DEM 栅格的分辨率大小和提取采用的背景参数设置的差别,提取结果应该在 DEM 栅格图像背景上筛选判断和确认。

表 4 地形参数模块化提取主要工具和步骤

Tab.4 Main tools and steps for modular extraction of terrain parameters

洼地地形参数	主要工具和步骤
最低点	①[焦点统计],应用 MINIMUM 统计类型处理 DEM 数据;②[栅格计算器],计算输出最低像元(区);③[栅格转面],栅格低值像元转面型矢量;④[要素转点],提取低值像元面几何中心点矢量(面内);⑤[值提取至点],计算矢量点位置的 DEM 数值;⑥编辑整理,删除虚假最低点
山峰点	①[焦点统计],应用 MAXIMUM 统计类型处理 DEM 数据;②[栅格计算器],计算输出最高像元(区);③[栅格转面],栅格高值像元转面型矢量;④[要素转点],提取高值像元面几何中心点矢量(面内);⑤[值提取至点],计算矢量点位置的 DEM 数值;⑥编辑整理,删除虚假最高点(山峰点)
垭口点	①编辑分水线,使得每个洼地分水岭只有一个线矢量记录,即一个洼地的分水线只是一条线,修改矢量线为最北点为起点,顺时针矢量方向;②[沿线生成分水线洼地等深线点],以一个像素为间隔提取分水线上等间隔顺序点;③[值提取至点],提取顺序点位置的 DEM 高程值;④导出包含位置和高程的顺序点数据,应用 EXCEL 对顺序点高程值进行比较判断,即可得到分水线上垭口点(分水线上局部低值)、山峰点(分水线上局部高值);⑤分类导入,获得分水线上的各个垭口点
分水线	①[流向],计算 DEM 范围每个像元最大的坡降方位(流向);②[汇],计算和编号每个没有流向的像元或像元区,也即连续地形中的山峰、垭口、最低点区;③[集水区],应用流向数据和汇数据,获得最大范围的集水区;④[分区统计],通过集水区和原始 DEM 数据,选取统计类型 MINIMUM 或 MAXIMUM,即可得到集水区最小 DEM 值或最大高程值作为高程值的栅格;⑤[栅格转面],将最大值栅格转为矢量面;⑥[消除],设定最小的流域面积和归并方式,消除小多边形;⑦[要素转线],将流域面多边形转为矢量线;⑧编辑整理,消除锯齿,删除虚假和不合理矢量线,即可得到完整流域的分水线
洼地等深线	①[填洼],将一定区域内的 DEM 值修改为最低高程值,使得只有高于这个高程的水才会流出洼地;②[栅格计算器],计算填洼栅格和原始 DEM 栅格,得到各栅格点的填洼深度;③[等值线],插值填洼深度值栅格表面,可获得填洼深度等值线,也即最低垭口以下等深度线;④编辑整理,消除锯齿,删除虚假和不合理等深线

图 5 是大窝凼周区洼地最低点、山峰点、分水线、洼地等深线图。分析发现:①大窝凼洼地不管是洼地底高程、底部等值线,还是大窝凼底部地形态

势,都与 1:1 万地形图形态十分接近,只是局部小规模形态被“平滑”掉了;②每个完整的分水线封闭区都有洼地最低点、洼地等深线分布于地形高程低值

距点提取的分水线高程值,在结果比较、判断分析、分类后得到的大窝凼洼地垭口(低值)点与山峰(高值)点分布图。图 7 是大窝凼洼地 30 m 间距点分水线高程值的展开图,可十分清晰地看到垭口(低值)点与山峰(高值)点的分布特征,垭口与山峰的形态及高程一目了然。参考图 6,可分析垭口与山峰的分布方位。

3.2 填挖方量拟合与三维显示

搜寻到了一个深度和口径基本合适的洼地,还需对洼地的地形开展三维的分析评价。平面形态、剖面形态千差万别的洼地,只有通过拟合分析才能显示口径 500 m、球径 600 m 球冠反射面与地形的“交-切-割”关系。工程建设需要开挖土石方少,同时反射面下方空间小,从而既可以减少开挖成本、降低反射面下部支撑结构建设,又能降低造价,同时也可以提升望远镜的性能。研究应用洼地区 1:1 万地形图数字化等高线,经插值和重采样,生成了 1 m 分辨率的 DEM。借助 ArcGIS10.8 的三维空间分析工具,进行填挖方量拟合,平衡开挖土石方量和反射面下方空间,寻找最优球冠安置的平面位置和高度位置。

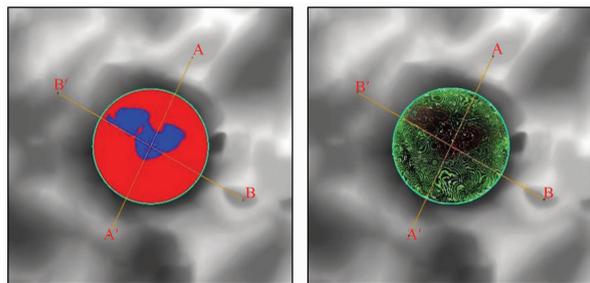
ArcMap Model Builder 的填挖方量拟合模型包括下列几个主要步骤:

- 1) 创建一个与 DEM 数据范围相同、分辨率相同的 0 值高程栅格文件;
- 2) 设定球冠最低点三维位置(X_0, Y_0, Z_0)、球冠直径(D_0)、球冠开口(D_1),应用球冠参数和几何位置计算并将球冠区域的栅格 0 值改为球冠面高程,得到球冠面 DEM;
- 3) 应用球冠区的多边形矢量裁剪得到地形 DEM 栅格表面和球冠面 DEM 栅格表面文件;
- 4) 应用[填挖方]工具,分别输入填挖之前的地形 DEM 栅格表面和填挖之后的球冠面 DEM 栅格

表面文件,计算得到开挖区 DEM 差值图像和填方区 DEM 差值图像,同时得到开挖(填方)总方量、开挖(填方)区的垂直投影面积、开挖(填方)的表面面积。通过多次拟合计算,即可回归分析得到填挖方优选的球冠位置,并据此综合分析得到经济最优的开挖方案。

在 ArcScene 的环境下,可以应用地形、球冠面、馈源塔、填挖区域、剖面线等具有三维信息的表面栅格或 TIN 进行组织和参数设置,显示各要素间的三维关系。

图 8(a)是某洼地填挖方量拟合得到的结果图,蓝色为挖方区,红色为填方区域。应用开挖区 DEM 差值图像和填方区 DEM 差值图像,进行等值线处理,即可得到开挖深度等值线图和填方深度等值线图,如图 8(b)。

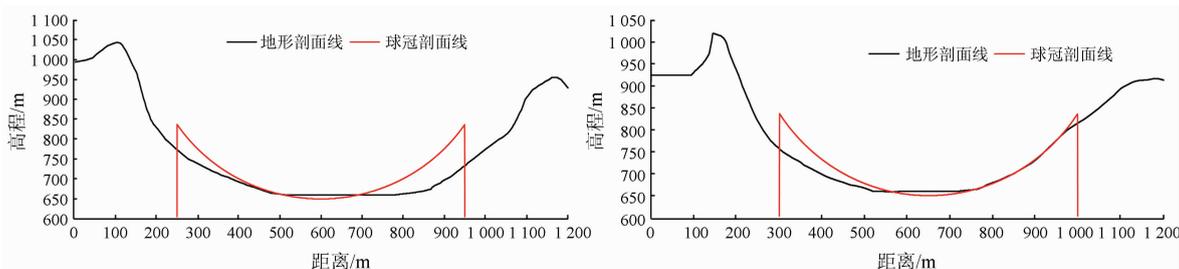


(a) 挖方区(蓝色)填方区(红色) (b) 填挖深度垂直投影等值线

图 8 某洼地地形-球冠拟合填挖分布图

Fig. 8 Terrain - Spherical crown simulating filling and excavation distribution on a depression

图 8 显示了 A - A' 和 B - B' 这 2 个剖面的位置,图 9 则显示了洼地的地形 - 球冠叠合剖面图,应用剖面显示开方和填方向的“交-切-割”关系。图 10 是某洼地 DEM 分析数据在 ArcScene 的环境下,三维显示地形表面、开挖面、反射面、地形剖面、支撑塔的空间关系。可以交互变化观察视角和位置,直观分析各要素间的空间关系。



(a) A - A'剖面线,方向 205°

(b) B - B'剖面线,方向 295°

图 9 某洼地地形-球冠叠合剖面图

Fig. 9 Topography - Spherical crown composite section on a depression

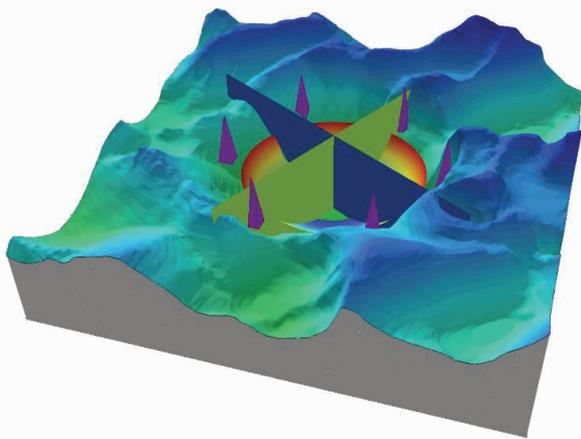


图 10 某洼地反射面-支撑塔-地形剖面三维显示图

Fig. 10 3D view of reflector - support tower - terrain section on a depression

4 结论

通过研究 FAST 型大射电望远镜选址中的洼地搜寻、地形分析、填挖拟合和三维分析,实现了基于 DEM 数据的大范围、快速、准确的处理分析。ArcGIS10.8 软件平台不仅可以管理和分析各类空间数据,而且可以一体化快速分析提取洼地形态参数、拟合开挖、剖面叠合分析和三维显示。解决了省级区域大型岩溶洼地地形搜寻中的关键技术。

1) DEM 数据选用要根据工作需要、工作区域大小和研究条件来选定,适宜即可;全省范围的大型岩溶洼地的搜寻宜应用 30 m 分辨率的 DEM;洼地填挖方量拟合、剖面叠合、三维空间交互分析宜采用 1 m 分辨率由 1:1 万地形图等高线生成的 DEM。

2) 应用 ArcGIS 强大的空间数据管理、处理和分析功能,通过构建洼地地形参数提取模块,实现贵州全省洼地地形提取、识别和洼地地形参数“一键一个要素”,达到快速、准确。大量的空间图形计算分析需有优良的图形处理硬件环境,执行模块处理时要减少并行处理,以免经常报错。

3) 填挖方量拟合模型以栅格为基础,受到栅格大小和高程精度的限制,开挖区和填方区边缘区锯

齿效应明显,生成等值线时要进行甄别处理。

4) 由于岩溶洼地地形类型多样、地形高差变化较大,DEM 数据也存在局部质量和精度问题,参数提取、空间分析结果要交叉验证和检查,以减少虚假信息干扰。

参考文献 (References):

- [1] Qian L, Pan Z C, Li D, et al. The first pulsar discovered by FAST [J]. Science China - Physics, Mechanics & Astronomy, 2019, 62 (5): 71 - 74.
- [2] 南仁东, 彭勃, 等. KARST - SKA 射电望远镜 [R]. 北京: 年度报告, 1998.
Nan R, Peng B, et al. Kilometer - Square Area Radio Synthesis Telescope [R]. Beijing: Annual Report, 1998.
- [3] 朱博勤, 聂跃平, 南仁东, 等. FAST/SKA 贵州省选址 [C] // 国际天文学联合会学术讨论会, 2001 (182): 213 - 218
Zhu B Q, Nie Y P, Nan R D, et al. The FAST/SKA site selection in Guizhou Province [C] // International Astronomical Union Colloquium, 2001 (182): 213 - 218.
- [4] 聂跃平. 探索宇宙奥秘的巨大“天眼”: 贵州 500 m 口径球面射电望远镜 (FAST) 工程遥感选址 [J]. 遥感学报, 2009, 13 (s1): 353 - 363.
Nie Y P. The giant "Sky Eye" for exploring the mystery of the universe: Remote sensing site selection of Guizhou 500 m aperture spherical radio telescope (FAST) project [J]. Journal of Remote Sensing, 2009. 13 (s1): 353 - 363.
- [5] 朱博勤. FAST 工程勘察技术理论与实践 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2021: 20 - 46.
Zhu B Q. Theory and practice of geotechnical investigation on FAST project [M]. Wuhan: Hubei Science & Technology Press, 2021: 20 - 46.
- [6] 朱博勤, 钱磊, 岳友岭. 贵州岩溶地区射电望远镜方案探讨 [J]. 中国科学: 物理学、力学、天文学, 2020, 50 (8): 147 - 153.
Zhu B Q, Qian L, Yue Y L. The conceptual designs of radio telescopes in Guizhou Karst region [J]. Science China - Physics, Mechanics & Astronomy, 2020, 50 (8): 147 - 153.
- [7] NASA. Arecibo observatory: Watching for asteroids, waiting for E. T. [EB/OL]. NASA, [2022 - 12 - 22]. <https://www.space.com/20984-arecibo-observatory.html>.
- [8] 沈世钊, 范峰, 钱宏亮. FAST 主动反射面支承结构总体方案研究 [J]. 建筑结构学报, 2010, 31 (12): 5 - 12.
Shen S Z, Fan F, Qian H L. Research on support scheme for active reflector of FAST [J]. Journal of Building Structures, 2010, 31 (12): 5 - 12.

Key technology for selecting depressions as sites of FAST - type radio telescopes

ZHU Boqin^{1,2}, YAN Zhaojin³, XIE Jing³, LIU Hong⁴, SONG Xiaoqing³, XIANG Xiqiong⁴

(1. National Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Key Laboratory of FAST, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. 111 Geological Brigade of Guizhou Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550008, China; 4. Key Laboratory of Karst Georesources and Environment (Ministry of Education), College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: The Five - hundred - meter Aperture Spherical radio Telescope (FAST), also known as Tianyan

(meaning the Eye of the Sky), has attracted worldwide attention and is the largest single – dish radio telescope in the world. The joint observations of FAST and several more FAST – type radio telescopes allow detection sensitivity and resolution to be further improved and the research fields to be expanded. Therefore, Chinese radio astronomy scientists have the expectation of building more FAST – type radio telescopes in China, which should be achieved based on the preceding research on depressions as the sites of FAST – type radio telescopes. Presently, the shared digital elevation model (DEM) data enjoy intercontinental coverage and different ground resolutions. The development of computer processing technology has greatly enhanced the processing and analysis capacities of DEM data and continuously innovated the processing technologies. Moreover, relevant analyses and expressions can be simulated. Therefore, based on a comparative analysis of the structural scales of the projects of the Arecibo radio telescope and the FAST, as well as the morphological characteristics of karst depressions, this study proposed the conditions of ideal depressions as the sites of FAST – type radio telescopes. Moreover, by analyzing the resolution and data quality of shared DEM data on the Internet, it is concluded that areas with ASTER_GDEM3 data with a resolution of 30 m are suitable as sites of large radio telescopes in provincial – level regions. In search of large – scale depressions in Guizhou Province, this study developed special modules for quantitative analyses, such as extracting the characteristic parameters of depressions and the fitting of filling, excavation, and superimposed sections, based on the ArcGIS platform and summarized the key steps to organize and apply the major tools of ArcGIS in the special modules. The results of this study determined key technology in search of large Karst depressions in provincial – level regions. Furthermore, this study proposed several issues that are noteworthy in the application.

Keywords: site selection; Karst depression; DEM; terrain parameters; fitting of filling and excavation

(责任编辑:李 瑜)

下 期 要 目

- 牛祥华 基于注意力特征融合的高保真遥感图像薄云去除
- 郭 艺 1948—2021 年河南省土壤含水量时空分布特征及其影响因素研究
- 林佳惠 联合改进 U – Net 模型和 DInSAR 技术提取采矿沉陷方法研究
- 王嘉芃 德兴铜矿矿山重金属污染修复效果高光谱遥感评价
- 排日海 · 合力力 干旱区绿洲城市生态环境时空格局变化及影响因子研究——以乌鲁木齐市和喀什市为例
- 姜德才 时序 InSAR 技术在珠三角地区地质灾害隐患识别中的应用研究
- 席 磊 基于 ICESat2 的西南山地森林 LAI 遥感估测模型优化研究
- 于 航 黔西南采煤塌陷区高分遥感动态监测 ——以六盘水市煤矿采空塌陷区为例
- 伍炜超 面向多背景环境的 Sentinel – 2 云检测
- 刘 立 顾及地学特征的遥感影像语义分割模型性能评价方法
- 阳煜瑾 洞庭湖区生态服务 – 经济发展时空协调分析与优化
- 徐欣钰 NSCT 和 PCNN 相结合的遥感图像全色锐化算法