

基于 arcpy、DEM 抽水蓄能电站选址方案的研究

宋云丽, 吕鹏, 吴白玉, 翟林博, 严云籍, 姚佳其, 何海龙

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 抽水蓄能电站具有调峰、填谷、调频、调相和事故备用等多种作用, 是一种重要的清洁能源。当前, 我国的抽水蓄能电站仍然存在选址随意、没有科学的指导方案等问题。根据抽水蓄能电站选址的地形要求, 在已有的研究地区流域矢量数据和 DEM 数据的基础上, 提出了一种合理有效的面向库容、坝长及副坝个数的抽水蓄能电站选址方法。该方法通过 Python 编程语言实现了要素属性表的读取与编辑, 利用 arcpy 站点包调用 ArcGIS 的空间分析工具建立了抽水蓄能电站初步选址算法, 以推进解决抽水蓄能电站选址的规划及前期储备问题, 为抽水蓄能电站的发展和建设提供科学参考和理论依据。

关键词: arcpy; 清洁能源; 抽水蓄能电站; DEM; GIS

中图分类号: TV74; P933

文献标识码: A

文章编号: 1006-3951(2022)04-0135-04

DOI: 10.3969/j.issn.1006-3951.2022.04.029

Research on Site Selection Scheme of Pumped Storage Power Station Based on Arpy and DEM

SONG Yun-li, LV Peng, WU Bai-yu, ZHAI Lin-bo, YAN Yun-ji, YAO Jia-qi, HE Hai-long

(Northwest A&F University, College of Natural Resources and Environment, Yangling 712100, China)

Abstract: Pumped storage power plant is an important clean energy source with many functions, such as peak shaving, Valley filling, frequency regulation, phase modulation and emergency standby. At present, problems such as random site selection and lack of scientific guidance scheme still exist in China's pumped storage power plants. According to the topographic requirements for site selection of pumped storage power station, this paper presents a reasonable and effective method for site selection of pumped storage power station facing reservoir capacity, dam length and number of Secondary Dams on the basis of existing watershed vector data and DEM data in the research area. This method reads and edits attribute table of elements by Python programming language, uses arcpy station package to call spatial analysis tool of ArcGIS to establish preliminary site selection algorithm of pumped storage power station, so as to promote the planning and preliminary reserve of pumped storage power station, and provide scientific reference and theoretical basis for the development and construction of pumped storage power station.

Key words: arcpy; clean energy; pumped storage power station; DEM; GIS

0 引言

抽水蓄能电站是电力系统最可靠、最经济、寿命周期最长、容量最大的储能装置之一^[1], 在我国可再生能源结构中占有很大的比重, 它具有运行灵活且可实现高达 80% 的整体效率的优势^[2]。据中关村储能产业技术联盟的数据, 截至 2020 年底我国已投运储能项目累计装机规模为 35.6GW,

占全球总规模的 18.6%, 同比增长 9.8%。从我国储能结构来看, 抽水蓄能仍是我国主要的储能方式, 在 2020 年末占比达 89.3%^[3]。能源局发布的《抽水蓄能中长期发展规划(2021-2035 年)》^[4]明确提出, 到 2025 年, 抽水蓄能投产总规模 6 200 × 10⁴ kW 以上; 到 2030 年, 投产总规模 12 000 × 10⁴ kW 左右; 到 2035 年, 总装机规模有

* 收稿日期: 2022-01-28

作者简介: 宋云丽(2001-), 女, 内蒙古赤峰人, 主要从事研究地理信息科学、遥感技术及其应用研究工作。

望达到 $30\,500 \times 10^4 \text{ kW}$ 。然而,目前尚无抽水蓄能电站选址的统一标准或流程,对我国抽水蓄能电站的发展造成一定影响^[5]。

抽水蓄能电站包含上下两个水库,是利用电网中负荷低谷时的电力,由下水库抽水到上水库蓄能,待电网高峰负荷时,放水回到下水库发电的水电站。水库选址时,根据形成水库的地形、地质条件选择上、下水库库址^[6],由于地形限制库容大小,水库库容可为水库选址提供直观的依据^[7]。当前,传统的水库库容计算方法大致有:等高线法、方格网法、地形法、断面法、混合法等^[8]。相比之下,在求取库容时,都存在操作繁琐、自动化程度低等问题^[9]。一方面,在进行大范围区域的空间分析时,这些方法往往需要重复进行一些简单操作,会耗费大量的时间。另一方面,伴随航测遥感技术的发展,数据采集和计算方法更加丰富,不少研究人员开始探究新的库容计算途径和方法。刘东、李艳^[10]利用遥感技术估算了鄱阳湖库容容量;张晨等^[11]应用无人船等精确计算了梅州水库库容量。但是这些方法通常需要将多源数据融合进行处理分析,对于数据的质量要求较高。而使用 Arcpy 可以从有限的快速挖掘潜在信息,并通过编程实现数据批处理可以显著减少工作量,避免人工大量重复操作产生的错误,提高了结果的准确性^[12]。马云岗^[13]运用 arcpy 解决数据分析、数据转换、数据管理及处理等方面的问题;叶莹莹^[14]用 arcpy 自动计算地形起伏度的最佳统计单元;赵远洋^[15]利用 arcpy 修正 DEM 数据得到趋近于实际的河网;而杨松等人^[16]实现了对特大型丹江口水库库容分层分块复核量算。因此,arcpy 实现数据的批处理技术相对成熟,而本研究是基于 arcpy 与 DEM 进行抽水蓄能电站单个库容和坝长提取,能够为编程实现批量提取水库库容提供新的途径。

大坝是一种用于拦截江河提高水位的拦水建筑物,在地形条件未满足水库库容要求时,可以建设水坝拦截水体达到库容要求^[17]。但建坝成本高昂,因此需要建设的水坝长度及副坝的数量也是选址的重要因素。坝长的计算需要结合所需库容和地形数据进行拟合计算,若要提高结果精度还需要数学模型的辅助。当前,对于坝长提取多

依赖于实地考察,通过地形数据编程提取坝长的研究较少,而大范围多个水库的坝长的计算会浪费大量的人力物力和时间,仍缺乏便捷有效的方法。

对于选址方案的合理性验证,一般只依赖于实地考察,面对大量库址的检验效率较低^[18-19]。而 ArcScene 是基于 OpenGL 适合于展示三维透视图景的平台,作为 ArcGIS 的三维可视化工具, ArcScene 能够将复杂的地形数据以三维场景的形式呈现,目前已经较为广泛的应用于地理分析研究中进行直观的结果表达。马丽娜等^[20]基于 GIS 三维模型,使用北京市昌平区南口镇 DOM 数据及等高线数据进行了建筑模型的精细建模与建筑物纹理显示,通过在 Arc Scene 环境下进行数据集成成功实现了地形可视化显示。冯国瑞等^[21]基于太原市数字高程模型数据和 ETM+ 遥感影像数据在 Arc Scene 中实现了太原市三维地表实景的可视化并且视觉效果良好。王晓利等^[22]基于 ArcScene 平台遥感影像三维可视化的实现方法和技术流程完成了研究区域三维可视化的构建,为地形勘察、地理分析等提供了良好的研究基础。因此使用 ArcScene 可将库址地形情况较清晰地呈现出来进行库址选择结果合理性的初步验证。

鉴于上述水库库容提取方法的不足及目前关于坝体长度提取的研究短板,本研究将利用 DEM 数据,通过建立抽水蓄能电站水库库容及坝高的计算模型,借助 Arcpy 工具实现抽水蓄能电站水库库容、坝长与副坝个数的批量计算,最后通过 ArcScene 可视化检验结果对比分析模型适宜性,总结出 1 套完整的计算流程,为抽水蓄能电站水库的库容计算提供 1 种新的方法。

1 总体方案设计

1.1 Arcpy 简介

ArcGIS 软件自带有许多地理分析的工具,可以进行多种基础的地理分析。但是面对现实问题,基础的分析功能还是无法满足需求,需要把工具进行组合和修改形成 1 个便捷的解决机制。后来 ArcGIS 10 采用了 python 作为脚本语言并继承了其功能,构建成为 1 个站点包,依附 Python 语言强大的通用性和适应性,为 ArcGIS 的使用拓展和开发提供了便利,使得 ArcGIS 执行地理数据分析、

数据转换、数据管理和地图自动化创建基础更加高效实用^[23]。

ArcPy 以开源编程语言 Python 为编程基础, 提供了大量的调用函数, 可以充分利用 ArcGIS 已有的分析工具调用 ArcGIS 的各种地理处理分析功能, 可以降低程序编写难度, 提高运行效率^[24], 为用户提供了, 1 个灵活的开发和拓展平台。

1.2 DEM 数据来源及库容标准的确定

研究的 DEM 数据来源于地理空间数据云中 GDEM V3 30M 分辨率数字高程数据。经度范围为 $108^{\circ} \text{E} \sim 109^{\circ} \text{E}$, 纬度范围为 $33^{\circ} \text{N} \sim 34^{\circ} \text{N}$ 。

为满足抽水蓄能电站日调节的性能和避免资源浪费, 将库容控制在 $1\,000 \times 10^4 \text{m}^3 \sim 5\,000 \times 10^4 \text{m}^3$ 之间; 为减少筑建坝体的费用成本及人力物力和其他投资开销, 控制坝体高度满足在 $30 \sim 200 \text{m}$ 范围内; 考虑到坝的稳定性和经济性, 控制包括副坝在内的坝体的最大长度不超过 $1\,000 \text{m}$ 。

1.3 选址流程

选址流程包括以下 5 个部分: ①根据研究地区流域矢量数据提取水库边界 DEM; ②通过迭代计算合适库容下的水库大坝高度, 提取库容; ③副坝个数及最大坝体长度提取; ④将 arcpy 脚本打包成工具, 进行批量处理; ⑤分析和评价数据处理结果。选址流程见图 1。

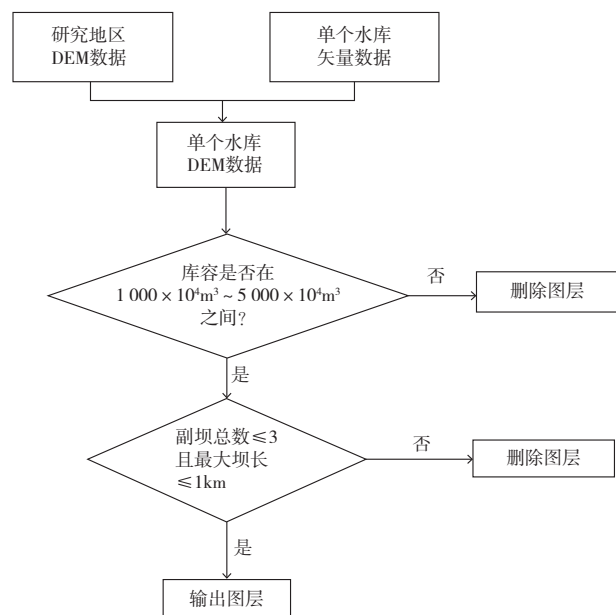


图 1 抽水蓄能电站单个水库选址流程图

2 技术路线

2.1 基于库容与大坝高度的单个水库选址流程

通过单个水库表面及水库边界提取、栅格数据与矢量数据的转换、利用 for 循环对坝体高度和体积计算工具实现单个水库的库容和坝体长度提取。即以库容为“约束条件”, 从坝体高度最下限开始迭代, 利用“表面体积”工具计算库容, 库容不达标时增加坝体高度再次执行“表面体积”工具进行库容计算, 直至满足约束条件并达到合适库容范围而终止。具体流程见图 2。

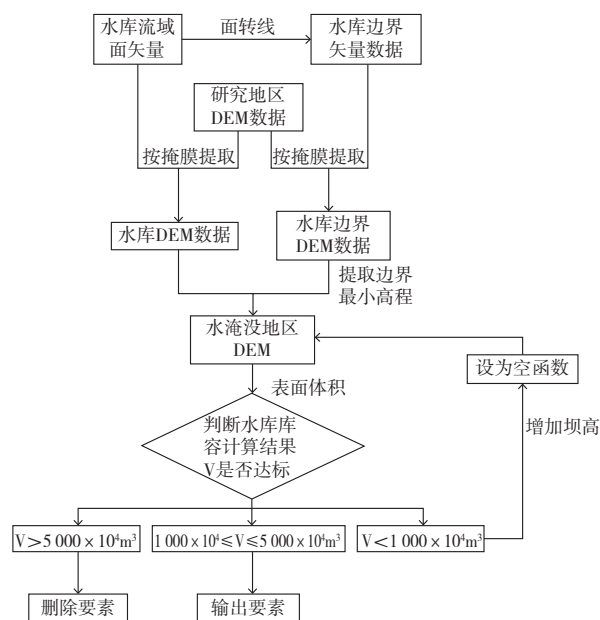


图 2 抽水蓄能单个水库库容与大坝高度计算流程图

2.2 基于最大坝体长度与副坝个数的抽水蓄能电站单个水库选址流程

提取水库边界中高于坝体高度的部分并计算该部分长度, 实现水库的最大坝体长度及副坝个数的计算, 具体流程见图 3。

3 结果输出

此次以研究区域 DEM 数据为例, 计算的其水库库容为 $1\,194.075 \text{m}^3$, 坝体高度为 198.672m 。主坝满足 $1\,000 \text{m}$ 阈值要求且副坝个数为 1。将结果使用 ArcScene 进行三维数据可视化, 最终结果如图 4, 其三维可视化展示符合预期结果。

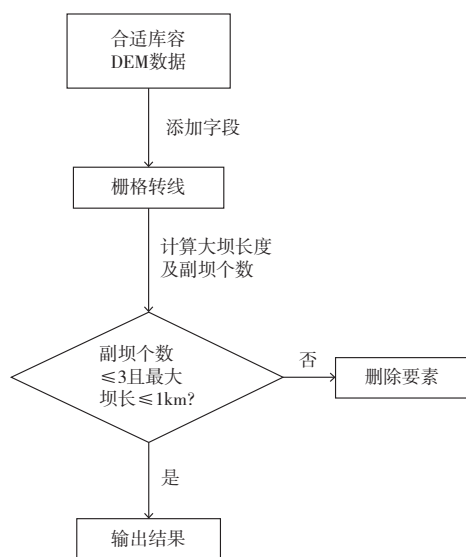


图3 抽水蓄能电站单个水库最大坝体长度与副坝个数计算流程图



图4 抽水蓄能电站单个水库提取的三维可视化结果图

4 结语

使用 arcpy 脚本语言在地图上作业,能够辅助完成前期抽水蓄能电站的选址工作,具有极大减少人工成本,缩短建设流程,加快建设速度,提高建设效率的优势,能够为抽水蓄能电站的科学选址提供参考依据。

基于 arcpy 站点包和 DEM 数据的抽水蓄能电站水库的选址算法具有思路清晰,方法便捷、可行性高的优点;同时,算法使用的分析数据容易

获得,在今后抽水蓄能电站的快速发展上拥有巨大应用空间。

参考文献:

- [1] 王舒鹤. 中国水电发展的现状与前景展望[J]. 河南水利与南水北调, 2021, (7): 26-27.
- [2] 王兵, 刘朋帅, 邓凯磊. 基于模糊多准则决策模型的废弃矿井抽水蓄能电站选址研究[J]. 矿业科学学报, 2021, 33(6): 677.
- [3] 2020 年全球及中国储能行业发展概况及发展趋势分析[图][Z]. (baidu.com), <https://baijiahao.baidu.com>.
- [4] 抽水蓄能中长期发展规划: 2021-2035 年[Z]. 国家能源局, <http://www.nea.gov.cn>.
- [5] 郭敏晓. “十四五”能源转型为抽水蓄能发展创造有利条件[J]. 中国能源, 2021, (1): 1003-2355.
- [6] DL/T 5208-2005 抽水蓄能电站设计导则[S].
- [7] 任曦, 康天科. 多标准分析法(MCA)在水电站选址项目中的应用[J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2013, 30(5): 31-38.
- [8] 米鸿燕, 宰建, 蒋兴华. 静库容计算方法的比较分析[J]. 地矿测绘, 2007, 23(2): 1-4, 11.
- [9] 李鑫龙, 阮宝民, 陈和权. 无人机倾斜摄影测量技术在水库库容量算中的应用[J]. 东北水利水电, 2021, (12): 59-61+72.
- [10] 刘东, 李艳. 基于遥感技术的鄱阳湖面积库容估算[J]. 遥感信息, 2012, (2): 57-61.
- [11] 张晨, 牟乃夏, 周霞, 等. 无人智能技术在水库地形测量与库容计算中的应用[J]. 测绘通报, 2017, (11): 72-76.
- [12] 王戈飞, 浮怀鹏, 王涛. ArcPy 在第三次全国国土调查中的应用初探[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(7): 198-201.
- [13] 马云岗. Arcpy 在地理信息数据处理中的应用[J]. 华北自然资源, 2019, (5): 78-80.
- [14] 叶宝莹. 利用 Python ArcPy 计算地形起伏度最佳统计单元[J]. 地矿测绘, 2019, 35(3): 1-5+11.
- [15] 赵远洋, 丁永生, 孙丹, 等. 基于 Arcpy 编程修正的数字高程模型小流域水文分析[J]. 大连海事大学学报, 2016, 42(4): 55-60.
- [16] 杨松, 夏定华, 孙慧敏, 等. 基于 ArcPy 技术的特大型水库库容量算研究——以丹江口水库为例[J]. 水利水电快报, 2017, 38(6): 54-57.
- [17] 汉典. 水坝. [EB/OL]. [2022-1-27]. <https://www.zdic.net/hans/%E6%B0%B4%E5%9D%9D>
- [18] 李国会, 潘军伟. 河南五岳抽水蓄能电站下水库库址选择[J]. 东北水利水电, 2020, 38(2): 17-18.
- [19] 白妍丽. 甘肃省临夏县石门滩水库库址方案比选[J]. 西北水电, 2019, (3): 34-37.
- [20] 马丽娜, 邢晓彬. 基于 ArcScene 平台的电子沙盘制作[J]. 科技资讯, 2017, (2): 15-16.
- [21] 刘耀龙, 冯国瑞, 康颖卿, 等. 基于 ArcScene 的太原市三维地表可视化研究[J]. 太原理工大学学报, 2013, (1): 38-41.
- [22] 王晓利, 马大喜. 基于 ArcScene 的遥感影像三维可视化技术研究与应用[J]. 计算机与现代化, 2012, (6): 54-57.
- [23] 本刊编辑部. ArcGIS10 地理信息系统教程——从初学到精通[J]. 测绘通报, 2012, (12): 43.
- [24] 辛兵厂, 王来强, 张朝坤. 浅谈 Python 在地理国情普查数据处理中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2014, (6): 108-110.