

抽水蓄能电站建设的地理要素分析及 GIS 选址

宋云丽¹, 严云籍¹, 翟林博¹, 吴白玉¹, 姚佳其¹, 何海龙^{1,2}

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 储能技术作为一种稳定的清洁能源, 不仅能增加电网灵活性、改善电力质量, 还可以促进新能源消纳和能源结构转型。系统阐明多种地理要素对抽水蓄能电站选点的影响和注意事项, 对利用地理信息技术开展抽水蓄能电站选点过程中拟解决的关键问题及发展对策进行了分析, 并展望了应用 GIS 技术进行抽水蓄能电站选址的未来发展方向。

关键词: 清洁能源; 抽水蓄能电站; 选址; ArcGIS; 地理要素

中图分类号: P208; TV743

文献标识码: A

文章编号: 1006-3951(2022)04-0131-04

DOI: 10.3969/j.issn.1006-3951.2022.04.028

Geographic Element Analysis and GIS Location Selection for Pumped Storage Power Station Construction

SONG Yun-li¹, YAN Yun-ji¹, ZHAI Lin-bo¹, WU Bai-yu¹, YAO Jia-qi¹, HE Hai-long^{1,2}

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

2. Northwest A&F University, Key Laboratory of Agricultural Soil and Water Engineering in Arid Area, Yangling 712100, China)

Abstract: As a stable clean energy, energy storage technology can not only increase flexibility of power grid and improve power quality, but also promote new energy consumption and energy structure transformation. This paper systematically clarifies the influence of various geographical elements on the selection of pumped storage power station and points for attention. At the same time, the key problems and development countermeasures to be solved in the process of site selection of pumped storage power station by using geographic information technology are analyzed, and the future development direction of site selection of pumped storage power station by using GIS technology is prospected.

Key words: clean energy; pumped storage power station; site selection; ArcGIS; geographic feature

0 引言

习近平总书记 2020 年在第 75 届联合国大会一般性辩论及气候雄心峰会上提出中国将力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和^[1-2]。作为世界上人口最多、二氧化碳排放量最大的国家, 中国的碳排放量控制对世界碳达峰、碳中和这一“双碳”目标的实现具有重要意义。当前, 全球已经有 120 个国家和地区公开承诺到 2050 年实现零碳排放^[3]。

我国是一个能源生产和消费大国, “双碳”目标的提出也是应对资源问题的策略之一^[4], 其

实现极具挑战性^[5]。如何助推“双碳”目标的实现已经引发了广泛关注, 针对构建清洁、低碳的新型能源体系推动“双碳”目标, 学者提出了需要全国优化配置风能等清洁能源, 构建清洁、低碳的新型能源体系的建议。李政^[6-8]等人认为能源转型是碳达峰、碳中和目标实现的重要途径。卢纯^[9-10]等人认为大力发展清洁能源是碳达峰、碳中和目标实现的重要途径。然而, 能源结构的优化转型及清洁能源的大力发展需要持续的技术创新^[11], 新能源技术利用效率偏低、绿色低碳技术工业化应用不足、高碳排放行业绿色技术替

* 收稿日期: 2022-01-26

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

代缺乏动力等科技问题仍然普遍存在。新能源技术中风能利用率低,风电场发电稳定性较差难以保持电网安全稳定运行;水电可以在能源转型中发挥基石作用,配套促进新能源消纳,但其开发的难度较大,部分地区弃水问题严重;光热发电核心技术不够成熟,对于过剩产能的应用力度小;核电机组产生的核废料具有高危险性且单机容量较大,易对电网造成很大的冲击。而蓄能技术能够将难以储存形式的能量(主要是电能)转换成更便利或经济可存储的形式。储存的能量可以用于削峰填谷和事故备用,减轻电网波动。因此,储能技术被视为解决新能源灵活性的一个重要途径。据统计,2019年全球总储能容量为184.6 GW,其中抽水蓄能电站容量为170.9 GW(不包括水利调水工程中的调水储能),占92.6%^[12]。而我国总的储能为32.4 GW,其中抽水蓄能电站30.3GW,占93.5%^[13],可见抽水蓄能电站在我国乃至全球储能中都占据重要地位。

任何工程建设与项目开展都需要更多地建立在合理的自然地理要素的基础上。如果不具备充足的地理条件就盲目开始发展项目,很可能会给国民经济带来重大损失。抽水蓄能电站的建设是受多种自然地理要素综合影响,其中与稳定水源距离和选址区域土壤、地质条件等地理要素的影响尤为关键。当前我国的抽水蓄能电站仍然存在选址随意^[14]、没有科学的指导方案、建成后未考虑位置占用及水源和土壤条件等地理要素的影响,造成了破坏生态环境、占用耕地资源、影响民生等一系列问题^[15],影响经济和社会效益及生态环境可持续发展。

近年来,随着世界各国对地理信息行业的重视与相关行业研究人员的探索,GIS得以快速发展。当前,地理信息技术作为水资源、矿产资源、海洋资源等自然资源的非常重要的监测手段之一^[16],已经被广泛应用于选址规划、土地利用变化、地区差异研究等方面^[17-20]。GIS在自然资源的评估与管理方面也被广泛应用^[21-25],其具有应用于抽水蓄能电站选址的巨大潜力。

研究地理要素对抽水蓄能电站的影响以及GIS技术在抽水蓄能电站选址中的应用前景,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,为能源转型提供指导,最终推进“碳达峰”和“碳中和”目标的顺利实现。

1 影响抽水蓄能电站建设的主要地理要素

1.1 距水源的距离

蓄能技术是一种清洁能源,目前该领域的技术国内外广泛发展的是抽水蓄能电站,它分为上下两个水库(图1),其工作原理是在用电低谷时期(如:夜晚,可以避免关停发电机组)将水由下水库抽至上水库,将电能转化为水的势能;在用电高峰期(如:白天)将储藏的水势能转化为电能供给电网满足生产需求。抽水蓄能电站的库容除了要满足日循环或周循环发电所需的水量之外还需要保证不能及时把水抽回的备用发电水量和保证下库最低抽水水位所需的额外水量。因此,抽水蓄能电站对水资源的依赖性较强,如我国的广州抽水蓄能电站上库位于召大水上游的陈禾洞小溪上,下水库位于九曲水上游的小杉盆地;宝泉抽水蓄能站位于河南省境内的峪河附近;丹东蒲石河抽水蓄能电站上下水库均临近蒲石河。抽水蓄能电站在选址时在除了要综合考虑地区降水量、蒸发量之外,还要考虑土壤下渗率^[26]、形成填洼和坡面产流所需的时间、设计暴雨/洪水的概率、上下水库附近是否有河道经截弯区直而形成的凸曲段能够及时泄洪排沙等条件。再根据以上条件以计算待考究地区的水资源条件在可容差范围内是否充分满足抽水蓄能电站建设的需求。

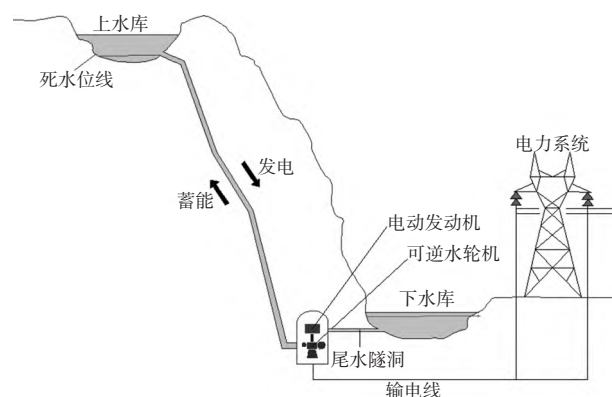


图1 抽水蓄能电站的示意图

1.2 地貌地形因素

地貌地形直接影响到上下水库的距高比,而距高比对抽水蓄能电站的影响非常大。抽水蓄能电站对库容、上下水库的高程差均有严苛的要求,

上下水库的落差(水势)决定了水在上下水库之间调用的电能转化效率,进而决定该地建设抽水蓄能电站能够提供的电能资源。建址地区的地形起伏情况也会影响到坝的位置和死水位线的高度、装机量等,适宜的地形可以为抽水蓄能电站的建设提供极大的便利^[27]。

一般水库的库区适宜选在河谷、山谷等地区,或“口袋形”的洼地和小盆地,以保证有较大的集水面积和库容。为了方便水库的建设和保证水库日后的稳定性,库址还应避开喀斯特等复杂地貌,断层等不稳定的地质地貌条件^[28]。

1.3 土壤条件及岩性

地质条件决定水工建筑物的难度、工程量和造价以及大坝的稳定性等。建站的岩土条件会影响库区渗漏率^[29]、层理发育、结构面以及产状的稳定状况^[30]。此外,抽水蓄能电站的大坝需要深入地基,因此其建设时需要有适宜的岩土基础。不同的岩石具有不同的风化和蚀变特征,岩石资源不同直接影响坝体稳定性^[31];而不同的土壤性质影响水库的保水效率。选取岩土条件适宜的地区既可实现既保证库址和填筑的快速施工,又能快速有效检测填筑质量。

1.4 其他条件

抽水蓄能电站的建址选择还需要考虑建设地区的土地利用类型、居民区占用情况、电源提供地与消费地的距离、电网负荷集中区及其周围的道路、交通状况等以保证电站有便利的接、送电条件。距离用电中心越远产生的传输费用越高,造成经济损失。

2 GIS技术与抽水蓄能电站的选址应用构想

2.1 抽水蓄能电站的建站规划选点流程

抽水蓄能电站的建站选址程序包括通过地图上作业初步筛选出有上、下水库库容和水源条件的地方并根据地形情况初估库容、结合电网远近规划布局要求进一步筛选地址、根据当地地理要素具体情况综合比较,选出适宜站址^[32-33]。抽水蓄能电站选点技巧注重水源、高程、地形等地理条件及其经济效应^[34]。根据相关文献凝练的选址具体流程图如图2所示。

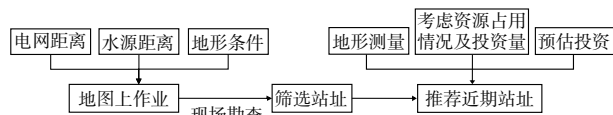


图2 抽水蓄能电站选址规划原则及流程图

2.2 地理要素限制条件筛选的应用

将GIS用到抽水蓄能电站的选址上,可以充分发挥其空间数据管理和分析的优势及强大的可视化功能,能够提升选址的效率和质量。

1) 坡度、坡向以及表面积体积等的三维分析工具可以分析地质地貌对抽水蓄能电站建站的影响。例如,利用表面分析提取坡度坡向等地形因子、建立适宜的指标体系、拟合隶属度函数、加权进行综合评价,最终得出抽水蓄能电站选址的适宜性评分,从而科学地对地形地貌进行分析。

2) 制图及可视化功能可将待考虑建站区域的复杂地形数据以三维场景的形式呈现,便于将地形地貌以及周围水资源的分布特征以直观的形式展现出来。图3为使用ArcScene将基本显示高度为数字高程模型场景系数的0.0001倍显示效果。

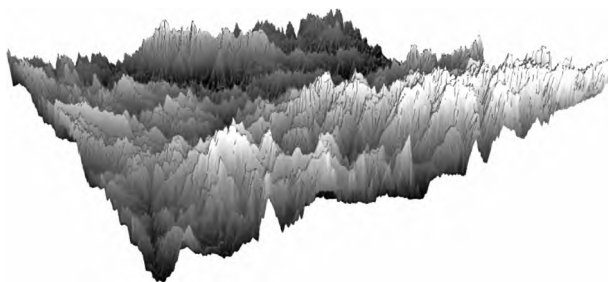


图3 地形可视化展示效果图

之后使用ArcScene三维可视化功能展现的水资源分布状况及地形起伏情况(图4),其中,地形特征及水资源空间分布具有较好的呈现效果。

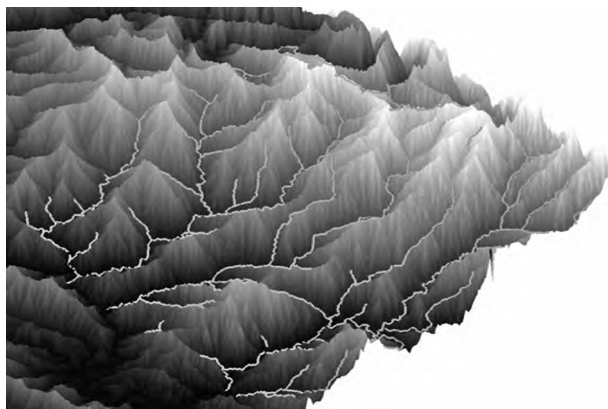


图4 陕西省某一区域地形可视化显示效果图

未来随着遥感技术的发展和地形数据精度的提高, GIS 可视化技术甚至可以取代大范围人工现场勘察, 为抽水蓄能电站的研究提供极大便利。

3) 缓冲区分析可以对与用电中心的距离限制筛选提供帮助。通过提取居民用电中心附近一定范围的区域, 利用地理信息系统高效无遗漏的技术特点探究缓冲区内的建站备选地址空间分布特征, 从而减少人力物力的浪费。

3 结语

发展清洁能源蓄能技术有助于我国能源结构向绿色低碳转型, 抽水蓄能电站作为蓄能产业中的中流砥柱, 其建设对碳达峰、碳中和目标的实现具有重要意义, 当前我国抽水蓄能电站建设中对地理条件的适宜性和充足性的考虑还需加强。

GIS 技术能够提升选址的效率和质量, 将 GIS 技术用到抽水蓄能电站的选址上, 可以充分发挥其空间数据分析和强大的可视化功能, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话 [N]. 人民日报, 2020-09-23 (1).
- [2] 习近平. 继往开来, 开启全球应对气候变化新征程 [N]. 人民日报, 2020-12-13 (2).
- [3] 苏健, 梁英波, 丁麟, 等. 碳中和目标下我国能源发展战略探讨 [J]. 中国科学院院刊, 2021, 36 (9): 1001-1009.
- [4] 张新安. 把碳达峰碳中和纳入自然资源改革发展整体布局中 [J]. 中国国土资源经济, 2021, 34 (12): 1.
- [5] 王少洪. 碳达峰目标下我国能源转型的现状、挑战与突破 [J]. 价格理论与实践, 2021, (8): 82-86+172.
- [6] 李政, 张东杰, 潘玲颖, 等. “双碳”目标下我国能源低碳转型路径及建议 [J]. 动力工程学报, 2021, 41 (11): 905-909+971.
- [7] 李世峰, 朱国云. “双碳”愿景下的能源转型路径探析 [J]. 南京社会科学, 2021, (12): 48-56.
- [8] 杨雷, 毕云青, 郑平, 等. 碳中和政策机制及社会共识的国际经验与启示 [J]. 中国工程科学, 2021, 23 (6): 101-107.
- [9] 卢纯. 开启我国能源体系重大变革和清洁可再生能源创新发展新时代——深刻理解碳达峰、碳中和目标的重大历史意义 [J]. 人民论坛·学术前沿, 2021, (14): 28-41.
- [10] 邹才能, 熊波, 薛华庆, 等. 新能源在碳中和中的地位与作用 [J]. 石油勘探与开发, 2021, 48 (2): 411-420.
- [11] 刘彬. 中国实现碳达峰和碳中和目标的基础、挑战和政策路径 [J]. 价格月刊, 2021, (11): 87-94.
- [12] Emrah Akyüz. Advantages and Disadvantages of Nuclear Energy in Turkey: Public Perception [J]. Eurasian Journal of Environmental Research, 2017, 1 (1): 134-137.
- [13] 程春田. 碳中和下的水电角色重塑及其关键问题 [J/OL]. 电力系统自动化. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1180.TP.20210203.1442.006.html>.
- [14] 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, 43 (1): 12-16.
- [15] 任岩, 侯尚辰. 基于多能互补的抽水蓄能电站站址选择的研究 [J]. 水电与抽水蓄能, 2021, (6): 37-39.
- [16] 叶远智, 张朝忙, 邓轶, 等. 我国自然资源、自然资源资产监测发展现状及问题分析 [J]. 测绘通报, 2019, (10): 23-29.
- [17] 王肖芳. 基于 ArcGIS 的河南省土地利用变化特征研究 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (1): 92-98.
- [18] 赵德. 基于 TM 影像和 ArcGIS 软件的海南州天然草地植被指数分析 [J]. 畜牧与饲料科学, 2017, 38 (7): 30-32.
- [19] 王浩程, 王琳, 卫宝立, 等. 基于 GIS 技术的污水处理厂选址规划研究 [J]. 中国给水排水, 2020, 36 (11): 63-68.
- [20] 林燕, 白秀佳, 叶泽宇, 等. 基于 ArcGIS 的南通市农业生产适宜性评价 [J]. 地质通报, 2021, 40 (6): 968-977.
- [21] 张丽, 李瑞敏, 许书刚, 等. 江苏宜兴市地质资源环境承载力评价 [J]. 地质通报, 2020, 39 (1): 131-137.
- [22] 闫金凯, 赵银鑫, 王志恒, 等. 银川市地下空间资源综合质量评价 [J]. 地质通报, 2021, 40 (10): 1636-1643.
- [23] 王海刚, 贾三满, 杨艳, 等. 基于 GIS 的城市地下空间资源综合质量评估研究 [J]. 上海国土资源, 2011, 32 (1): 59-62+77.
- [24] 霍红, 白艺彩, 詹帅. 东北地区旅游资源与旅游经济空间错位分析 [J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2020, 56 (4): 106-111+126.
- [25] 兰寅, 武锋强, 夏清. ArcGIS 软件在地形分析中的应用 [J]. 北京测绘, 2008, (1): 23-25+3.
- [26] 潘文国, 杨彪. 抽水蓄能电站上水库渗漏对环境的影响 [J]. 区域治理, 2019, (49): 149-151.
- [27] 赵晓辉. 抽水蓄能水电站地质条件对地下洞室开挖施工的影响分析 [J]. 居舍, 2018, (32): 192.
- [28] 谭老师地理工作室. 关于水库建设及其对地理环境的影响最全整理. [EB/OL]. (2021-04-13) [2022-1-23]. <https://www.163.com/dy/article/G7ENPE2A0516DHVE.html>
- [29] 王海涛. 陕西镇安抽水蓄能电站上水库渗漏问题分析与评价 [J]. 资源环境与工程, 2020, 34 (3): 439-444.
- [30] 赵海阔, 余小光, 周海峰, 等. 山西垣曲抽水蓄能电站上水库粘土质砂岩工程特性研究 [J]. 三峡大学学报: 自然科学版, 2019, 41 (S1): 41-48.
- [31] 张华, 杨忠兴. 句容抽水蓄能电站下水库主堆石坝填料碾压试验探究 [J]. 南昌工程学院学报, 2021, 40 (3): 7-11+32.
- [32] 李世东. 抽水蓄能电站规划设计中值得注意的问题 [J]. 水力发电, 1998, (2): 26-28.
- [33] 赵士和. 抽水蓄能电站规划设计中值得注意的几个问题 [J]. 水力发电, 2005, (9): 65-68.
- [34] 赵会林, 鲁新蕊. 抽水蓄能电站的选点原则 [J]. 东北水利水电, 2012, 30 (4): 1-2+71.