引文格式：施海霞,朱晨曦,晏王波. 地理视角下光伏用地潜力与产能分布预测探析[J]. 地理空间信息, 2025, 23(3): 27-30. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.03.007

# 地理视角下光伏用地潜力与产能分布预测探析

施海霞[1]，朱晨曦[1]，晏王波[2]
（1. 江苏省土地勘测规划院，江苏 南京 210000；2. 江苏省测绘研究所，江苏 南京 210000）

**摘　要：**光伏作为清洁能源逐渐成为业界研究的重要方向。分析光伏产能的重点是对其承载的自然资源潜力进行有效评估。以南京市六合区为研究区，依托GIS空间分析和空间数据治理等方法，从地理视角对可用于光伏发电的自然资源潜力规模进行预测，探索划定研究区光伏发电设施产能拟建位置，旨在提高自然资源要素保障能力，为推动和保障研究区新能源产业发展提供支撑。结果表明：①六合区属于低山丘陵区，光伏潜能位置分布较分散；②单块图斑面积较小，无法形成光伏集中区，只能选择多块图斑合并布设；③六合区有22个符合光伏用地潜力要求的项目区，最大和最小项目区面积分别为545.54 $hm^2$、114.74 $hm^2$，主要地类为坑塘水面和设施农用地。

**关键词：**光伏潜能；低山丘陵；地理视角
**中图分类号：**P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）03-0027-04

# Analysis and Prediction of Photovoltaic Land Potential and Production Distribution from Geographical Perspective

SHI Haixia[1], ZHU Chenxi[1], YAN Wangbo[2]
(1. Jiangsu Provincial Land Survey and Planning Institute, Nanjing 210000, China;
2. Jiangsu Institute of Surveying and Mapping, Nanjing 210000, China)

**Abstract:** Photovoltaic energy, as a clean energy source, has gradually become an important research direction in the industry. The key to analyzing the potential of photovoltaic energy is to effectively evaluate the land resources it carries. Taking Liuhe District, Nanjing City as the research area, we used GIS spatial analysis and spatial data governance methods to predict the potential scale of photovoltaic natural resources from geographical perspective, and delimited the proposed location of photovoltaic power generation facility capacity in the study area, aiming to improve the efficiency of natural resource utilization and provide support for promoting and ensuring the development of new energy industry in the study area. The results indicate that ①Liuhe District belongs to low mountain and hilly area, with a relatively scattered distribution of photovoltaic potential positions. ②The area of a single patch is small and cannot form a photovoltaic concentration area, so multiple patches can only be selected for layout together. ③There are 22 project areas in Liuhe District that meet the potential requirements for photovoltaic land, with the largest and smallest project areas of 545.54 ha and 114.74 ha, respectively. The main land-use types are pond water surface and facility agricultural land.

**Key words:** photovoltaic potential, low mountain and hill, geographical perspective

能源作为人类生存与社会发展的重要基础保障，在一定程度上制约着经济发展的速度与质量。人均能耗也成为评价一个国家贫富的重要指标[1-2]。光伏作为清洁能源，已成为众多业界专家研究的重点[3-4]。为了更好地发展光伏能源，需要从不同角度测算光伏潜力，如物理潜力，有专家引入分层分级方法对指定地区接收到的最大太阳能资源潜力进行有效测度；地理潜力则是综合考虑地理位置因素，利用位置限制测度其获取的太阳能量；技术潜力是对承载、接收、输出太阳能的光伏设备进行考量；此外，还有专家提出了可再生能源的经济潜力、社会潜力，则需充分考虑更加复杂的经济与社会因素[5-7]。土地作为城市配套设施建设、工业、旅游发展的重要要素保障条件，综合了人文要素与自然要素。光伏能源的发展离不开土地的重要承载，社会经济的发展使得人口与土地利用的矛盾进一步突出，因而科学合理地分析土地潜力尤为重要。土地潜力分析不仅是摸清后备资源的必要手段，也为城市发展与建设提供了自然资源要素保障的根本[8]。在土地利用潜力影响因素方面，有学者综合城市用地的人口容纳能力、建筑容纳能力、土地产出率等因素，更全面地分析评价城市土地利用潜力。传统的潜力分析方法包括层次分析法、专家分析法等[9-11]，

项目来源：2024年度江苏省自然资源科研课题资助项目（项目编号2024013）。
第一作者简介：施海霞（1979—），硕士，高级工程师，研究方向为国土空间规划、土地利用政策研究，E-mail：178537186@qq.com。

近年来PSR模型、BP神经网络模型、深度学习方法等也逐渐被引入用于土地利用潜力分析，更好地服务于土地潜力定量评价。此外，还有学者从扩展潜力、结构潜力、强度潜力、管理潜力4个方面进行土地利用潜力水平的综合性分析，旨在定量揭示不同地类的土地利用潜力[12-16]。

随着我国光伏产业的快速发展，土地资源对光伏产业的约束日渐趋紧。2017年自然资源部、国家能源局在《关于支持光伏扶贫和规范光伏发电产业用地的意见》中明确指出：光伏产业用地可利用未利用地的，不得占用农用地；可利用劣地的，不得占用好地；禁止占用永久基本农田。2022年国家发展改革委、国家能源局发布的《关于促进新时代新能源高质量发展实施的方案》以及2023年自然资源部办公厅、国家林业和草原局办公室、国家能源局综合司联合发布的《关于支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知》中都明确要求做好光伏发电产业发展规划与国土空间规划的衔接，合理安排光伏项目新增用地规模、布局和开发建设时序；将符合国土空间总体规划，作为审批光伏项目新增用地用林用草的规划依据；鼓励利用未利用地和存量建设用地发展光伏发电产业。因此，本文根据国家相关文件政策要求，立足南京市六合区国土空间总体规划“三区三线”成果和六合区土地利用现状成果，以未利用土地中的坑塘水面、设施农用地、滩涂、裸岩石砾地为项目潜在用地资源，分析光伏用地潜能及产能规模。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

六合区位于江苏省南京市北部，是国家重要的现代工业基地，国家东部地区先进制造业聚集区和科技创新基地；现管辖雄州街道、龙池街道、程桥街道、金牛湖街道、横梁街道、龙袍街道、马鞍街道、冶山街道和竹镇镇等9个镇（街道）。六合区的未来规划定位为围绕江南江北双主城发展布局以及南北田园定位，不断提升城乡功能品质，建设“产业增长极、宜居新空间、生态后花园”。2021年全区GDP为477.36亿元（仅高于南京市浦口区和高淳区），比上年增长7.5%，人均GDP为68 243元（全市最低）。第一、二、三产业的比重为13.8∶35.5∶50.7（南京全市的三产比重为2.1∶36.9∶61.0）。根据2021年土地利用现状变更调查数据，全区（含江北新区直管区）土地总面积为147 143.57 $hm^2$，其中农用地102 397.80 $hm^2$、建设用地37 907.23 $hm^2$、其他土地6 838.54 $hm^2$。

### 1.2 数据来源

本文数据主要用于评估可用于光伏发电设施项目建设的自然资源潜力规模，判别可用于布设光伏设施的自然资源类别，包括基础现状数据、国土空间总体规划数据和其他数据（表1）。为统一研究尺度，本文通过ArcGIS中Data Management Tools的Resample工具将所有栅格数据的空间分辨率重采样为30 m。

表1 数据来源

| 数据名称 | 数据来源 | 数据类型/空间分辨率 |
|---|---|---|
| 2021年度土地利用现状遥感识别数据 | 地理国情监测云平台（http://www.dsac.cn/） | 矢量数据 |
| 2021年度遥感数字正射影像图 | 南京市规划和自然资源局六合分局 | 栅格数据（30 m） |
| 六合区国土空间总体规划 | 南京市国土空间规划数据库 | 矢量数据 |
| 六合区省级生态管控区 | 南京市六合区生态管控区范围 | 矢量数据 |
| 六合区河湖管理范围 | 南京市河湖管理范围数据库 | 栅格数据（30 m） |
| 交通路网数据 | 地理国情监测云平台 | 矢量数据 |
| 已有光伏用地范围 | 地理国情监测云平台 | 矢量数据 |

## 2 研究方法

根据光伏设施建设需求，综合研究区实际地类分布发现，可用于新建光伏发电设施的地类主要包括坑塘水面、设施农用地、沿海滩涂和裸岩石砾地4种。据此确定技术路线，主要包括数据综合治理、影像解译与判读和用地位置选定3个部分。数据综合治理包括基础图斑提取、数据扣除、空间分析3个步骤。由于搜集的数据格式不同、来源不一，因此需要对空间数据进行清洗；再从土地利用现状数据中提取坑塘水面、设施农用地、沿海滩涂和裸岩石砾4种地类，得到待选数据；然后分析待选数据中的光伏潜力用地，根据光伏用地规模，设置土地面积阈值为700亩；最后以初步筛选的所有图斑为基础进行范围内遍历，设置范围为1~3 km，保留面积大于700亩的图斑，作为第二次筛选结果。影像解译与判读用以辅助筛选结果的综合判定，主要提取河流、铁路、高速公路、主干道、其他数据5种数据，并设置人工判读的依据，即

光伏潜能用地不能被上述图斑分割开来，不影响光伏设施电路的铺设。在此基础上，去除不合理范围，结合区域自然资源的实际情况，重新调整光伏潜能用地的具体范围。

## 3　研究成果

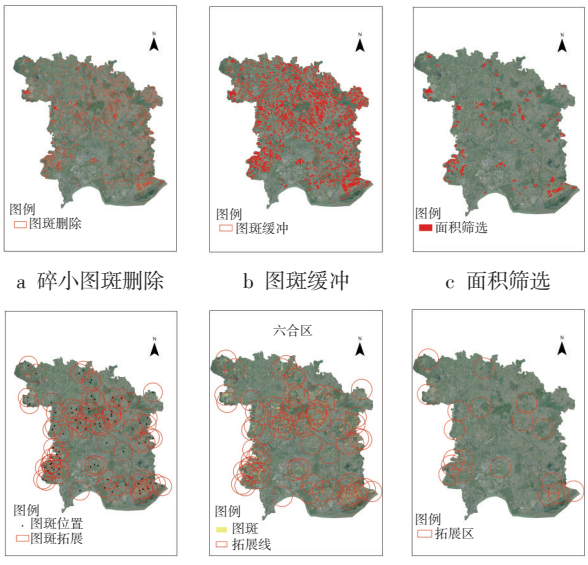
### 3.1　光伏用地潜能和分布

以六合区为例，提取土地利用现状数据得到相应结果，并扣除与永久基本农田、生态保护红线、生态管控区以及河湖管理范围等约束性数据对应的图斑，得到各镇（街道）的统计结果（表2），可以看出，马鞍街道的图斑面积最大，超过了1 000 hm²，而大厂街道的规模仅为6.47 hm²，说明大厂街道的光伏用地潜力规模较小；基础数据统计的平均值为515.57 hm²，高于平均值的有金牛湖街道、龙池街道、龙袍街道、马鞍街道和竹镇镇。

表2　六合区基础数据提取统计结果

| 行政区名称 | 用地规模/hm² | 行政区名称 | 用地规模/hm² |
|---|---|---|---|
| 程桥街道 | 491.92 | 龙袍街道 | 671.27 |
| 大厂街道 | 6.47 | 马鞍街道 | 1 255.77 |
| 葛塘街道 | 231.86 | 雄州街道 | 334.37 |
| 横梁街道 | 493.26 | 冶山镇 | 435.58 |
| 金牛湖街道 | 668.73 | 长芦街道 | 362.81 |
| 龙池街道 | 523.09 | 竹镇镇 | 711.71 |

在图斑扣除的基础上，本文对研究区进行地理空间分析，具体步骤（图1）为：①删除碎小图斑，根据面积阈值筛选碎小图斑；②图斑缓冲，设置缓冲区范围，生成图斑缓冲区；③面积筛选，设置阈值为700亩，筛选面积较大的图斑；④图斑拓展，将图斑转换为点，进行3 km缓冲区分析；⑤拓展区内面积分析，设置阈值为700亩，筛选连续的图斑面积；⑥拓展区筛选，得到最终结果。




a 碎小图斑删除　b 图斑缓冲　c 面积筛选

d 图斑拓展　e 拓展区内面积分析　f 拓展区筛选

图1　六合区光伏用地潜能地理空间分析步骤

审图号：宁S(2024)003号

在空间分析的基础上，本文进行影像解译与判读，即叠加影像、主要河流、铁路、高速、主干道等线性基础设施，对筛选后的拓展区进行判断，筛选出被上述数据隔开的区域，调整或删除不合理的区域，再重新计算区域内划定可用图斑面积，确定最终的选点位置（图2）。

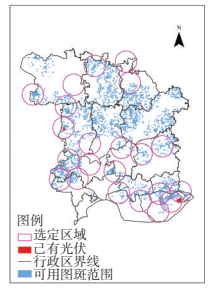



图2　六合区光伏用地潜能筛选位置

审图号：宁S(2024)003号

从地理视角来看，六合区内大部分属于低山丘陵区，境内大小山丘达60余座，面积较小，分布零散。此外，由于六合区内有曾享誉盛名的雨花石矿区（东南部分），鼎盛时曾大量开采，后经保护和修复，逐渐成为废弃矿区的“小天池”，周边的裸露岩石地块也成为光伏的潜能用地。综合自然地理因素，六合区境内无法进行大规模、集中的光伏设施铺设，只能选择多块图斑进行合并布设，最终划定了22个项目区。

### 3.2　光伏产能预测分析

由已有研究与实践基础可知，光伏产能=光伏潜能土地资源规模×0.75，据此计算六合区光伏用地潜能（表3），可以看出，符合光伏用地潜力要求的有22个项目区，其中最大项目区的面积为545.54 hm²，产能预测为409.16万kW；最小项目区的面积为114.74 hm²，产能预测为86.06万kW。从最终统计的结果来看，六合区光伏潜力资源的主要地类为坑塘水面和设施农用地，土地资源总规模达到5 565.05 hm²，产能预测能达到4 173.79万kW。

## 4　结　论

能源是支撑社会经济的重要元素，发展可持续、成本低、污染少的能源一直是业界研究的重要方向。光伏能源作为取自太阳能的重要能源，越来越受到关注。本文以南京市六合区为研究区，基于自然资源调

表3 六合区光伏用地潜能分析统计

| 编码 | 光伏潜能土地资源规模/hm² | 产能预测/万kW | 编码 | 光伏潜能土地资源规模/hm² | 产能预测/万kW |
|---|---|---|---|---|---|
| 320116GFQLQ001 | 306.96 | 230.22 | 320116GFQLQ012 | 252.75 | 189.56 |
| 320116GFQLQ002 | 320.01 | 240.01 | 320116GFQLQ013 | 188.75 | 141.56 |
| 320116GFQLQ003 | 246.69 | 185.02 | 320116GFQLQ014 | 338.31 | 253.73 |
| 320116GFQLQ004 | 235.62 | 176.71 | 320116GFQLQ015 | 202.54 | 151.91 |
| 320116GFQLQ005 | 133.44 | 100.08 | 320116GFQLQ016 | 248.25 | 186.18 |
| 320116GFQLQ006 | 114.74 | 86.06 | 320116GFQLQ017 | 471.70 | 353.77 |
| 320116GFQLQ007 | 427.92 | 320.94 | 320116GFQLQ018 | 129.82 | 97.37 |
| 320116GFQLQ008 | 545.54 | 409.16 | 320116GFQLQ019 | 164.78 | 123.58 |
| 320116GFQLQ009 | 183.83 | 137.87 | 320116GFQLQ020 | 185.18 | 138.88 |
| 320116GFQLQ010 | 193.20 | 144.90 | 320116GFQLQ021 | 299.30 | 224.48 |
| 320116GFQLQ011 | 246.12 | 184.59 | 320116GFQLQ022 | 129.61 | 97.21 |

查利用现状数据，依托GIS空间分析和空间数据治理等方法，从地理视角进行光伏用电自然资源潜力规模预测，划定研究区光伏发电设施产能拟建位置，旨在预测光伏产能，为地区经济的可持续发展提供理论基础与技术支撑。

研究结果表明：①六合区属于低山丘陵区，可用于布设光伏设施的地块图斑面积普遍较小，因而布设的位置相对分散；②图斑面积较小，单独在某一地块布设光伏设施的可能性较小，无法形成光伏集中区；③符合光伏用地潜力要求的项目区有22个，土地资源总规模达5 565.05 hm²，最大、最小项目区面积分别为545.54 hm²、114.74 hm²，产能预测达409.16万kW、86.06万kW，项目区内的主要地类为坑塘水面和设施农用地；④产能分布主要位于龙袍街道、马鞍街道、金牛湖街道、龙池街道、冶山街道、竹镇镇等区域，均为集体所有。

## 参考文献


[1] 张天中,赵强军,郭思岩,等. 建设项目土地节约集约利用评价研究:以甘肃省106个光伏项目为例[J]. 中国农业资源与区划, 2017,38(7):153-158

[2] 宋业冲,李英成,耿中元,等. 深度学习方法在光伏用地遥感检测中的应用[J]. 测绘科学,2020,45(11):184-192

[3] 张乾,辛晓洲,张海龙,等. 基于遥感数据和多因子评价的中国地区建设光伏电站的适宜性分析[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(1):119-127

[4] 童昕,王涛,王蔚. 混合功能社区对分布式光伏应用的影响[J]. 应用基础与工程科学学报,2017,25(4):793-804

[5] 杨春. 基于熵权TOPSIS模型的风电光伏发展潜力评估[J]. 太阳能学报,2022,43(12):70-78

[6] 刘立程,孙中孝,吴锋,等. 京津冀地区光伏开发空间适宜性及减排效益评估[J]. 地理学报,2022,77(3):665-678

[7] 杨立滨,冯冀,乔梁,等. 基于层次分析法与劳瑞模型的光伏电站综合效益评估[J]. 电力系统及其自动化学报,2018,30(11):120-125

[8] 项晓敏,金晓斌,杜心栋,等. 基于"强度—潜力—难度"综合测度的中国农用地整治实施协调性分析[J]. 地理研究,2016,35(2):285-298

[9] 丁建中,金志丰,陈逸. 基于空间开发潜力评价的泰州市建设用地空间配置研究[J]. 中国土地科学,2009,23(5):30-36

[10] 宗跃光,王蓉,汪成刚,等. 城市建设用地生态适宜性评价的潜力—限制性分析:以大连城市化区为例[J]. 地理研究,2007,26(6):1 117-1 126

[11] 吴文恒,史海金,杨毕红,等. 城市企业社区用地更新潜力分析框架与应用[J]. 地理学报,2021,76(10):2 391-2 406

[12] 王宏亮,高艺宁,吴健生,等. 高度城市化地区建设用地扩展及其驱动力分析:以深圳市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版),2021,57(4):707-715

[13] 范泽孟,李赛博. 1990年来中国城镇建设用地占用耕地的效率和驱动机理时空分析[J]. 生态学报,2021,41(1):374-387

[14] 乔文怡,黄贤金. 长三角城市群城镇用地扩展时空格局及驱动力解析[J]. 经济地理,2021,41(9):162-173

[15] 高建,李彤,贾宝全,等. 生态用地空间稳定性及其格局分析:以咸阳市为例[J]. 生态学报,2022,42(23):9 843-9 856

[16] 祝培甜,李树枝,李蕾. 我国光伏产业用地供应情况分析[J]. 国土资源情报,2018(6):35-39