

文章编号:2096-5389(2021)06-0026-05

基于 GIS 的石漠化区域光伏项目建设适宜容量估算 ——以镇宁县、紫云县和关岭县为例

段莹¹, 廖留峰¹, 杨娟¹, 詹沛刚²

(1. 贵州省生态气象和卫星遥感中心, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省安顺市气象局, 贵州 安顺 561000)

摘要:该文利用卫星遥感技术,采用 30 m DEM 及 16 m GF1 号卫星遥感数据,选取镇宁县、紫云县和关岭县区域内坡度、坡向及石漠化情况进行卫星遥感反演。结合气象站点日照资料,运用 ArcGIS 软件对 3 个县石漠化区域光伏利用潜力分布进行空间分析,计算光伏项目建设适宜容量,得到光伏电站建设的空间适宜性分布。通过研究表明,关岭县适宜建设面积为 149.6 km²,占总面积 42.3%;镇宁为 85 km²,占 24%;紫云为 119.1 km²,占 33.7%;3 个县总适宜装机容量达 3 315.9 万 kW,关岭、镇宁、紫云分别为 1 402.5 万 kW、796.9 万 kW、1 116.6 万 kW。精细化提取石漠化区光伏建设适宜区域并定量估算装机容量,能够为该区域进行太阳能资源开发提供科学依据。

关键词: 太阳能;光伏项目;遥感技术;适宜性

中图分类号: P407.8 **文献标识码:** A

Estimation of Suitable Capacity of Photovoltaic Project Based on GIS in Rocky Desertification Area: A Case Study of Zhenning, Ziyun and Guanling

DUAN Ying¹, LIAO Liufeng¹, YANG Juan¹, ZHAN Peigang²

(1. Guizhou Ecological Meteorology and Satellite Remote Sensing Center, Guiyang 550002, China;

2. Anshun Meteorological Bureau of Guizhou Province, Anshun 561000, China)

Abstract: In this paper, satellite sensing technology, the satellite remote sensing data of 30m DEM and 16m GF1 are used to retrieve the slope, slope aspect and rocky desertification in Zhenning, Ziyun and Guanling for the satellite remote sensing retrieval. Based on the sunshine data of Meteorological Station, the spatial distribution of PV utilization potential in rocky desertification area of three counties was analyzed by ArcGIS software, the suitable capacity of PV project was calculated, and the suitable suitability distribution of photovoltaic power station construction is got. The research shows that the suitable construction area of Guanling country is 149.6 km², accounting for 42.3% of its total area, Zhenning is 85 km², accounting for 24% of its area, Ziyun is 33.7%, and the suitable construction area is 119.1 km². The total suitable installed capacity of the three counties is 3 315.9 million kW, of which Guanling is 1 402.5 million kW, Zhenning is 7.969 million kW, Ziyun is 1 116.6 million kW. Precise and detailed extraction of the suitable area for photovoltaic construction and quantitative estimation of the installed capacity can provide scientific basis for exploiting solar energy resources in rocky desertification area.

Key words: solar energy; photovoltaic projects; remote sensing technology; suitability

收稿日期:2020-12-04

第一作者简介:段莹(1988—),女,工程师,主要从事应用气象服务、生态气象遥感等工作,E-mail:lovedying@163.com。

资助项目:贵州省气象局科研业务登记项目(黔气科登[2020]12-04号);贵州省石漠化区域气候效应研究。

0 引言

地球与大气系统最重要的能量来源于太阳辐射,占人类从地面所能采集到的能源中的99.98%,太阳能可转换的电能相当于目前世界平均消费电能的几十万倍^[1]。与传统的化石能源相比,太阳能具有资源丰富、环境污染小、可再生等优点。随着社会的进步,低碳、环保、可持续发展等一系列的热门话题跃然纸上,太阳能光伏发电正是在这一背景下应运而生的。

太阳能光伏发电技术是将太阳能直接转换为电能的一种发电方式^[2],其具有建设周期短、适应范围广、运营维护量小和清洁环保等优点,在全球范围内已经得到了广泛的应用^[3]。与国外发达国家相比,我国的光伏发电行业起步较晚,但随着我国政府的重视,出台了一系列的激励政策不断拉动内需,光伏发电近些年在我国发展迅速,在一定程度上改善了我国传统能源消耗的现状,与之相关的科学研究及实际应用也呈现规范化、规模化上升态势^[4]。太阳能光伏发电在未来社会发展和能源结构中 will 发挥重要作用。大规模开发和应用太阳能光伏项目对逐步优化能源结构、节约常规能源、改善生态环境、解决能源短缺问题具有重大意义,开展太阳能资源评估研究已成为一项紧迫而重要的任务。

对太阳能资源利用潜力进行评价,是进行太阳能规划的前提^[5]。就贵州省太阳能资源分布情况来看,贵州省全年太阳能资源总量主要处于资源丰富和资源一般2个等级,在全国属于低值区,省西南部和南部边缘地区资源相对丰富。随着光伏发电技术的不断发展,性价比越发提高,加之政策的影响,鼓励发展分布式光伏发电,贵州省光伏发电行业装机容量迅猛增长,但与发达地区相比,贵州省太阳能资源利用仍较为落后,发展潜力巨大^[6-7]。在这样的背景下,根据光伏项目建设需求,结合地表状况,提取一个区域内光伏建设适宜区,并对光伏装机容量进行估算,能够为该区域进行太阳能资源开发提供科学依据。

贵州地处典型的喀斯特地形地貌地区,绝大部分地区为山地,地形复杂,且石漠化区域分布较广。进行光伏评估时,在选取满足光伏项目建设基本条件的基础上,重点将种植条件差的石漠化区域考虑在内,尽量不占用或少占用林地和耕地,更大地提高光伏建设的合理性和有效性。

1 数据与方法

1.1 资料

利用镇宁县、关岭县、紫云县近30a(1990—2019年)气象站点资料、30m×30m分辨率DEM数据、2019年16m分辨率GF1号卫星资料。

1.2 方法

本文中石漠化区域是利用GF-1影像数据获取研究区的岩石裸露率、植被状况等划分出石漠化等级,确定研究区石漠化分布状况^[8-9]。

1.2.1 岩石裸露率 岩石裸露作为石漠化地区最显著的特征,在石漠化信息的提取中有着至关重要的作用,研究采用遥感影像解译来获取研究区岩石裸露率。对于GF系列数据,由于缺失短波红外波段,因此采用涂杰楠等^[9]的方法,即由于石漠化程度和植被覆盖度直接相关,且“岩石(土体)裸露程度=1-植被覆盖度”,因此通过植被覆盖度的变化程度对岩石裸露率进行计算。

1.2.2 植被覆盖度 植被覆盖度是水土流失的抑制因素之一,覆盖度的高低决定着石漠化程度的强弱。植被覆盖度是植物群落覆盖地表状况的一个综合量化指标,反映了植被覆盖情况,有植被覆盖的土地会减少水土流失。

计算植被覆盖度,首先要计算归一化植被指数 $NDVI$, $NDVI$ 越大植被覆盖度越高,归一化植被指数是近红外波段与可见光红光波段的亮度值之差与之和的比值,即:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

$$FC = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (2)$$

式中, FC 为植被覆盖度, $NDVI_{min}$ 为对应5%的覆盖度 $NDVI$ 的值, $NDVI_{max}$ 为对应95%的覆盖度 $NDVI$ 的值。置信区间的选取主要依赖于 $NDVI$ 实际的变化区间,可通过实地测量或经验法获取,较为通用的方法是选择5%~95%的区间为置信区间,可将大部分纯植被象元和纯非植被象元以及异常值过滤,最终得到区域内 FC 分布图。

1.2.3 石漠化等级评价标准 目前为止,石漠化强度等级划分还没有严格的标准,也没有统一的评价体系。不同的学者其研究的角度、方法不同,石漠化分类方法亦不同。本研究评价方法参照《中国地质调查局工作标准DD2004—02 区域环境地质调查总则》^[10]进行,根据石漠化指数和基岩裸露率划分出石漠化等级(表1)。

表 1 石漠化等级分区表
Tab.1 Division of rocky desertification grade

等级分区	露裸岩石面积	露裸岩石分布形状	植被情况
重度石漠化区	面积 > 70%	面状	疏草、裸岩(土)
中度石漠化区	50% < 面积 ≤ 70%	线状 + 面状	疏草 + 疏灌
轻度石漠化区	30% < 面积 ≤ 50%	线状 + 点状	乔草 + 灌草
无度石漠化区	10% < 面积 ≤ 30%	点状 + 线状	灌乔草

1.2.4 适宜容量估算 利用 ArcGIS 软件对数据进行处理,得到光伏电站建设各项条件(如坡度、坡向分布等),并进行图层叠加和面积计算,提取满足建设基本条件和石漠化程度的适宜建设区域总面积。

2 结果分析

2.1 日照时数

根据光伏项目建设要求,年日照时数必须大于等于 950 h。利用最近 30 a(1990—2019 年)气象站点资料,运用克里金法进行插值,计算出镇宁县、紫云县和关岭县区域年日照时数分布情况。由图可见,3 县区域内日照时数均大于 1 100 h,整体表现为由东向西增大形势,其中关岭中东部超过 1 300 h,均达到光伏项目建设要求。

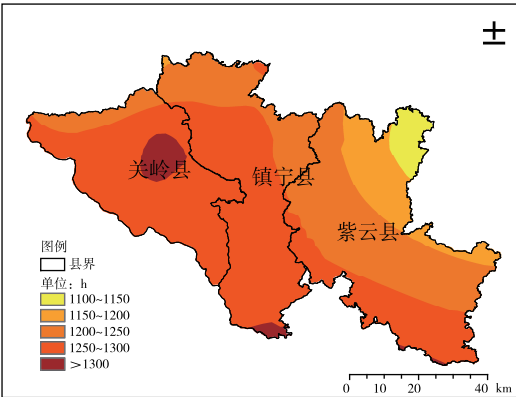


图 1 镇宁县、紫云县和关岭县年日照时数分布
Fig.1 Distribution of annual sunshine hours in Zhenning,Ziyun and Guanling

2.2 坡度及坡向

光伏项目建设要求,坡度需不大于 35°,坡向以南坡为最佳,可向西南坡、东南坡扩展,适宜坡向为 135°~225°之间。利用 ArcGIS 对安顺市镇宁县、紫云县和关岭县 30 m × 30 m 分辨率 DEM 数据进行处理,提取坡度及坡向地形因子,并根据光伏项目建设要求,提取满足坡度小于 35°及坡向介于 135°~225°之间的区域。

图 2 为坡度划分,3 个县绝大部分区域坡度在 35°以下,其中镇宁北部、关岭中北部等地坡度较小,关岭东南部、紫云西北及东南部坡度则相对较大。表 2 为不同坡度对应面积,3 个县内坡度符合光伏项目建设要求的总面积达 4 770 km²,占总面积的 87.8%。不同坡度范围的面积上看,整体以 20 ~ 35°坡度面积最大,达 1 985.8 km²,10 ~ 20°次之。除关岭 10 ~ 20°面积最大外,镇宁、紫云县均以 20 ~ 35°面积为最大。

表 2 镇宁县、紫云县和关岭县各坡度面积(单位:km²)
Tab.2 Slope areas in Zhenning, Ziyun and Guanling(unit:km²)

坡度	总面积	关岭	镇宁	紫云
0 ~ 10°	1006.3	303	355.7	347.6
10 ~ 20°	1777.9	501.1	588	688.8
20 ~ 35°	1985.8	490.6	625.4	869.8
> 35°	665.8	170.4	147.9	347.5
适宜坡度(≤35°)	4770	1294.7	1569.1	1906.2

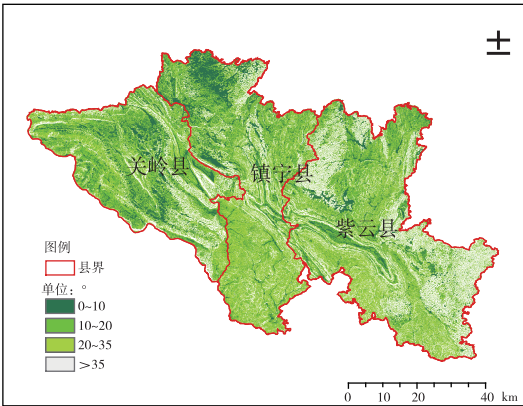


图 2 镇宁县、紫云县和关岭县坡度划分
Fig.2 Slope division of Zhenning , Ziyun and Guanling

图 3 为适宜光伏项目开发的坡向分布情况,表 3 为适宜坡向面积。经计算坡向适宜区域(135°~225°)面积为 1 875.8 km²,占镇宁县、紫云县和关岭县区域面积的 28.2%,其中南坡(157.5°~202.5°)为最适宜区域,面积为 921.7 km²,占适宜区域面积的 49.2%。

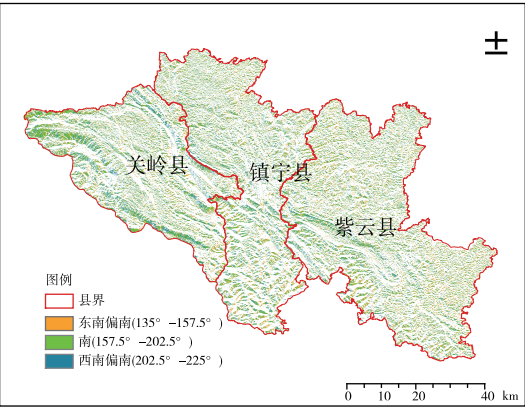


图3 镇宁县、紫云县和关岭县光伏项目适宜坡向分布
Fig.3 Photovoltaic projects suitable for slope distribution in Zhenning, Ziyun and Guanling

表3 镇宁县、紫云县和关岭县适宜坡向面积(单位:km²)
Tab.3 Suitable slope areas in Zhenning , Ziyun and Guanling (unit:km²)

适宜坡向	总面积	关岭	镇宁	紫云
东南偏南(135 ~ 157.5°)	445.5	111.9	134.2	199.4
南(157.5 ~ 202.5°)	921.7	274.7	278.4	368.6
西南偏南(202.5 ~ 225°)	508.6	164.5	158.3	185.8
适宜坡向(135 ~ 225°)	1875.8	551.1	570.9	753.2

2.3 石漠化情况

贵州地处典型的喀斯特地形地貌地区,绝大部分地区为山地,地形复杂,且山地环境复杂,光伏项目建设若选择植被状况好的林地或农田进行开发,势必对周围生态环境及农业生产造成一定影响。因此充分利用耕作条件不佳、植被生长较难的喀斯特区域,尤其是石漠化区域作为光伏项目建设区域,不仅能够尽可能避免或减小项目对生态环境的影响,甚至能够为区域增加经济收入,起到经济发展与生态保护并行的良好效果。

利用镇宁县、紫云县和关岭县地质分布图,将区域内碳酸盐岩区(喀斯特区)和非碳酸盐岩区(非喀斯特区)进行区分,利用2019年16m分辨率GF1号卫星资料,对归一化植被指数(NDVI)和归一化岩石指数(NDRI)进行波段运算提取,分别计算植被覆盖度和岩石裸露率,在石漠化外业遥感调查基础上,建立石漠化斑块遥感信息提取的解译标志和精度评价样地。在此基础上,利用喀斯特区植被覆盖度、岩石裸露率和土地覆盖分布数据,运用决策树分类方法提取石漠化斑块信息,按石漠化分级标准,最终得到区域内岩溶石漠化分级分布遥感解译结果。

结果显示(图4),除镇宁中部局部及南部、紫云中东部及西南部为非喀斯特区外,其余大部均为喀斯特区,喀斯特区域内存在不同程度石漠化,其中关岭西部、镇宁北部等地石漠化程度较重。喀斯特区域内均可作为光伏项目建设适宜区,其中轻度以上石漠化区域为更适宜的区域。

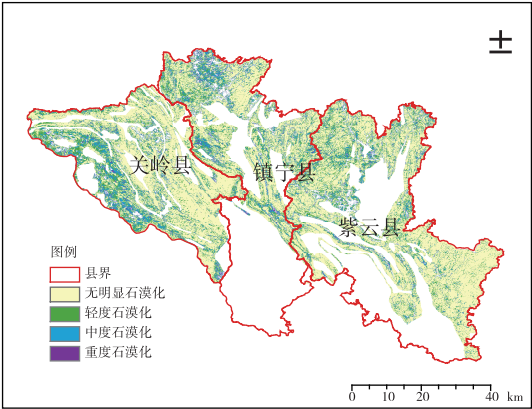


图4 镇宁县、紫云县和关岭县喀斯特石漠化分级情况
Fig.4 Grade of Rocky Desertification in Zhenning, Ziyun and Guanling

2.4 光伏项目适宜开发区域面积提取及容量估算

综合考虑日照时数、坡度坡向地形因子及喀斯特石漠化区域,利用GIS进行叠加计算,提取出镇宁县、紫云县和关岭县适宜进行光伏项目开发的区域。如图5所示,其中蓝色为满足日照及地形要求的喀斯特无明显石漠化区域,为光伏项目建设适宜区;绿色为满足日照及地形要求的轻度及以上石漠化区域,为更适宜项目建设区域。

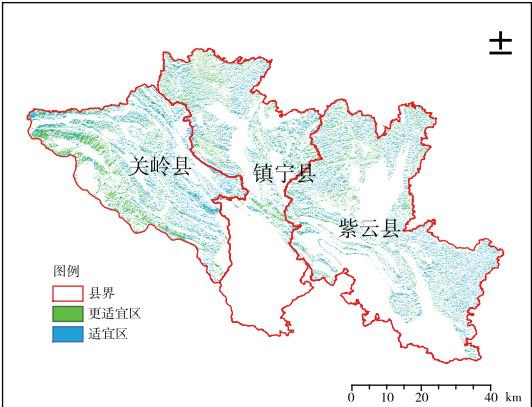


图5 镇宁县、紫云县和关岭县光伏项目适宜开发区
Fig.5 Photovoltaic project suitable for development zones in Zhenning , Ziyun and Guanling

表 4 镇宁县、紫云县和关岭县
光伏项目适宜开发区域面积(单位:km²)

Tab. 4 Photovoltaic project suitable for development
areas in Zhenning, Ziyun and Guanling(unit:km²)

适宜性	总面积	关岭	镇宁	紫云
适宜	353.7	149.6	85.0	119.1
适宜(仅南坡)	72.0	35.6	15.0	21.4
更适宜	101.3	51.3	24.7	25.3
更适宜(仅南坡)	23.4	14.0	4.4	5.0

运用 ArcGIS 的表面体积计算工具,对区域表面积进行计算,结果如表 4 所示。镇宁县、紫云县和关岭县光伏项目适宜开发区域总面积为 353.7 km²,其中有 28.6% 的区域为石漠化区。关岭县适宜建设面积为 149.6 km²,占总面积 42.3%;镇宁为 85 km²,占 24%;紫云为 119.1 km²,占 33.7%。

按照常用单位面积装机容量 5 万 kW/53.33 hm² 计算(表 5),总适宜装机容量可达 3 315.9 万 kW,其中关岭、镇宁、紫云分别为 1 402.5 万 kW、796.9 万 kW、1 116.6 万 kW。

表 5 镇宁县、紫云县和关岭县
光伏项目适宜开发区域总装机容量(单位:万 kW)

Tab. 5 Photovoltaic project suitable for the development of
regional total capacity in Zhenning, Ziyun and Guanling

装机容量适宜性	总面积	关岭	镇宁	紫云
适宜	3315.9	1402.5	796.9	1116.6
适宜(仅南坡)	675.0	333.8	140.6	200.6
更适宜	949.7	480.9	231.6	237.2
更适宜(仅南坡)	219.4	131.3	41.3	46.9

3 小结与讨论

本文采用高分辨率卫星遥感资料,结合气象台站数据,根据光伏电站建设基本条件,结合喀斯特石漠化分布情况,对安顺市南部 3 县光伏项目适宜建设区域进行精细化提取,并计算石漠化区域光伏项目适宜建设区域理论总装机容量。结果显示:安顺市南部 3 县石漠化区光伏项目适宜建设区域总装机容量可达 3 315.9 万 kW(其中,关岭县 1 402.5 万 kW,紫云县 1 116.6 万 kW,镇宁县 796.9 万 kW),更适

宜建设区域(石漠化区域)装机容量也可达 949.7 万 kW(其中,关岭县 480.9 万 kW,紫云县 237.2 万 kW,镇宁县 231.6 万 kW)。目前已建或拟建总装机容量为 252.6 万 kW,占适宜建设区域理论总装机容量的 7.6%、更适宜建设区域(石漠化区域)理论总装机容量的 26.6%。

本文结果可为该区域内光伏项目建设选址提供参考依据,具有很好的科学意义。但该技术方法属首次探索,尚存在值得讨论的问题:一是日照时数分布的计算上,仅使用了国家气象台站的日照时数进行插值,方法较为简单,空间分辨率较低,可采用复杂山地地形下太阳辐射的计算方法,能更充分的考虑贵州山地的坡度和坡向特点,对太阳能资源进行精细化计算;二是石漠化区域本身生态环境较为脆弱,开展项目建设可能会更加破坏某些区域的生态,因此石漠化区域是否均适合开展光伏项目建设尚值得探讨。

参考文献

[1] 张华. 城市建筑屋顶光伏利用潜力评估研究[D]. 天津大学,2017.

[2] 刘畅. 低碳背景下的城市规划策略研究[D]. 天津大学,2010.

[3] 王利珍,谭洪卫,庄智,等. 基于 GIS 平台的我国太阳能光伏发电潜力研究[J]. 上海理工大学学报,2014,36(5):491-496.

[4] 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.

[5] 朱震宇. 我国太阳能光伏产业投资风险及决策研究[D]. 中国地质大学(北京),2010.

[6] 胡家敏,于飞,谷晓平. 贵州太阳能资源现状及开发利用分析[J]. 贵州气象,2012,36(3):10-11,23.

[7] 杨通江,陈仕军,文贤旭,等. 贵州地区太阳能资源应用潜力分析[J]. 贵州电力技术,2013,16(10):25-26,16.

[8] 习慧鹏,王世杰,白晓永,等. 西南典型喀斯特地区石漠化时空演变特征——以贵州省普定县为例[J]. 生态学报,2018,38(24):8919-8933.

[9] 涂杰楠,王毅,童立强,等. 基于高分辨率遥感影像的石漠化演变趋势分析——以蒙自东山生态治理区为例[J]. 中国岩溶,2018,37(6):900-909.

[10] DD2004-02. 区域环境地质调查总则(试行)[S]. 中国地质调查局:2004.