

基于 EC 细网格数值预报产品的太阳辐照度订正技术

武辉芹¹ 时珉² 赵增保¹ 尹瑞²

(1 河北省气象服务中心, 石家庄 050021; 2 河北省电力公司, 石家庄 050021)

摘要 太阳辐照度与光伏电站发电功率密切相关,其预报的准确性直接影响发电功率预报的准确性。根据光伏电站太阳辐照度实况、气象站实况、WRF(Weather Research and Forecast Model)模式辐照度预报、EC 细网格数值预报以及太阳理论辐照度,利用逐步回归法开展太阳辐照度预报订正研究,得到以下结论:①太阳辐照度实况与太阳理论辐照度的比值与 EC 细网格数值预报中气象要素的相关性优于太阳辐照度实况与气象要素的相关性;②不同时刻影响太阳辐照度的气象因子存在差异,通过逐步回归法建立不同时刻太阳辐照度预报模型;③在非晴天情况下,回归预报辐照度相对均方根误差比 WRF 模式预报辐照度降低 10%左右,减小了辐照度预报误差。该研究成果在光伏电站的新能源数值预报服务中有一定的应用价值。

关键词 太阳辐照度;辐照度比值;EC 细网格预报;逐步回归

中图分类号: P422.1 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20190452 **文献标识码:** A

引言

在气候变暖和能源紧缺的背景下,各国日益重视清洁能源开发利用,太阳能作为一种可再生的清洁能源已成为世界各国竞相研究应用的热点^[1],我国也不例外。我国太阳能资源丰富,理论储量大,与同纬度国家相比,资源丰度与美国相近,比欧洲、日本优越得多,是未来最有希望的、可大规模开发利用的可再生能源,近年来发展势头强劲^[2-3]。但与常规能源发电相比,太阳能发电具有固有的间歇性和不可控性,易对电网造成冲击,弃光是当前我国新能源发展碰到的难题。作为太阳能发电预报的基础,提高太阳能数值天气预测精度,间接提高再生能源功率预测水平,是解决弃光问题的重要技术基础,对提高新能源消纳水平,促进我国新能源行业稳健、持续发展具有重大的意义,也对光伏产业的健康发展有积极的借鉴作用。近年来,对太阳辐射的研究观测进展很多^[4-6],梁益同等^[7]采用神经网络方法进行 FY-2C 资料太阳能估算并与统计方法进行比较,结果表明在用 FY-2C 资料估算太阳辐射时,神经网络方法精度优于统计方法;徐维^[8]展开了短时间尺度

太阳辐射数据的时间序列模型的研究,提出了相关的建模、模拟与预报方法;苏兆达等^[9]利用滚动订正法对不同季节的太阳辐射进行了分析,表明不同季节影响太阳辐射的因子不同;白永清等^[10]基于 WRF 模式逐时输出结果,设计了逐时太阳总辐射的模式输出统计预报模型,这些工作为太阳能预报技术研究工作奠定了基础。另外,随着计算机性能的不断改进,大气数值模式分辨率显著提高,数值天气模式逐渐完善,科学家们对高分辨率的大气数值模拟的能力与效率也随之提高。试图解决太阳能发电预报能力的重点已经集中在需要大量计算能力和充分考虑了多种物理过程的数值天气预报上^[11]。

河北省张家口、承德等地拥有丰富的太阳能资源,同时与该地区相邻的北京、天津有巨大的能源需求市场,在当前京津冀地区环境污染和雾霾的大背景下,加快可再生能源替代的重要性和紧迫性逐渐突显。光伏发电功率的大小虽与多种气象因素有关,但与太阳辐照度的相关性达到 0.8 以上,由此,辐照度预报的准确性成为太阳能稳定转化的关键问题^[12-14]。如何利用数值天气预报,分析太阳辐照度与气象因子的关系,建立订正指标,提高辐照度预报

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

河北省科技厅项目(19214310D)、河北省气象局项目“基于多数据源的辐照度预报订正技术研究”共同资助

作者简介:武辉芹,女,1973年生,高级工程师,主要从事电力、交通专项气象服务工作,Email:1532650350@qq.com

收稿日期:2019年10月15日;定稿日期:2019年11月25日

的准确率是当前能源气象服务急需解决的问题。

1 资料

资料包括:①2018年1月至2019年4月承德正北沟光伏电站太阳辐照度实况、气象站实况及同期的EC细网格数值预报资料,其中辐照度实况来源于光伏电站安装在水平面上的太阳辐射仪,气象站实况指承德气象站的定时观测资料,EC细网格数值预报来源于欧洲中心(时间分辨率为逐3h,空间分辨率为 $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$);②2018年6月至2019年4月的WRF模式辐照度预报和承德气象站的主观预报,其中WRF是中尺度数值模式,每日20:00(北京时)起报,预报时长7d,空间分辨率为 $4\text{ km} \times 4\text{ km}$,时间分辨率为15min;③2019年1—4月人工订正后的辐照度预报,预报员根据EC细网格数值预报,经过分析判断对WRF模式辐照度预报进行订正。根据辐照度与气象要素的关系,利用逐步回归建立辐照度预报模型。

2 太阳辐照度变化规律

2.1 理论辐照度的变化规律

利用太阳常数、日地距离订正系数、赤纬角、纬度、时角等,计算光伏电站的理论辐照度^[15-16]

$$E_m = \lambda E_{sc} (\sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\tau) \quad (1)$$

$$\lambda = 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \quad (2)$$

$$\delta = 23.45 \sin(360 \frac{284+n}{365}) \quad (3)$$

$$\tau = 15(S_0 - 12) \quad (4)$$

其中, E_m 为理论太阳辐照度,单位: W/m^2 ; λ 为日地距离订正系数; E_{sc} 为太阳常数,一般取 $1367\text{ W}/\text{m}^2$; δ 为赤纬角、 ϕ 为纬度、 τ 为时角(以正午时刻为0,上午为负,下午为正),单位:($^{\circ}$); n 为一年中日序号,1月1日为 $n=1$; S_0 为时刻(取正点数值)。

根据以上公式得到正北沟光伏电站理论辐照度,理论辐照度的日极值变化曲线呈抛物线型,12月最小,日极值一般在 $600\text{ W}/\text{m}^2$ 左右,6月最大,日极值可达 $1200\text{ W}/\text{m}^2$ (图1)。

2.2 电站辐照度实况

通过对正北沟光伏电站2018年1—12月辐照度实况分析可知,辐照度最早出现的时刻是04:45,出现在6月中下旬,最晚结束的时刻是19:30,出现

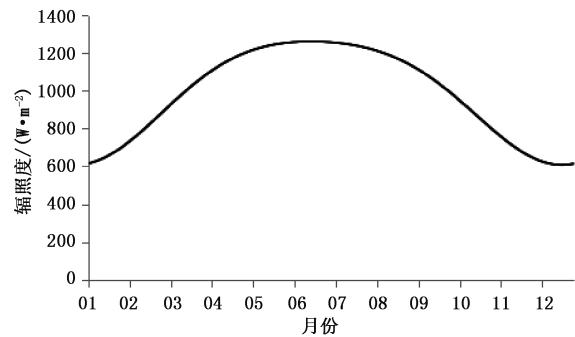


图1 河北省承德正北沟光伏电站太阳理论辐照度年变化

在6月下旬;辐照度最晚出现的时刻是07:30,出现12月下旬,最早结束的时刻是16:30,出现在12月中下旬。

太阳辐照度日变化呈抛物线状,变化曲线关于12:00呈轴对称图形,在12:00以前辐照度呈上升趋势,在12:00辐照度达到最大值,12:00以后辐照度为下降趋势。太阳辐照度的年变化也呈现抛物线状,在1—3月辐照度呈上升趋势,4—5月辐照度变化较小,辐照度数值普遍较大,6—8月太阳辐照度受云量、降水等气象因素的影响,波动尤为显著,9—12月辐照度总体呈下降趋势。12月太阳辐照度最小,日辐照度最大值一般在 $400\text{ W}/\text{m}^2$ 左右,4—5月太阳辐照度较大,日辐照度最大值一般在 $900\text{ W}/\text{m}^2$ 左右。

3 辐照度与气象要素的相关性

由于辐照度有明显的年变化特征,同样天空状况下,12月最大辐照度仅为 $400\text{ W}/\text{m}^2$,4—5月最大辐照度可达 $900\text{ W}/\text{m}^2$,两者相差一倍以上,由此可见如果直接分析辐照度与气象要素的关系将会出现较大偏差,因此采用间接方法,通过分析实况辐照度与理论辐照度的比值与气象要素的关系,可有效减少偏差。

3.1 不同天空状况下辐照度比值

太阳辐照度的大小与云量、降水密切相关^[17],按照云量和降水情况将天空状况分为晴、多云、阴、降水4类天气,其中当天空云量在0~3成时为晴,天空云量在4~8成时为多云,天空云量在9~10成时为阴。由于EC细网格数值预报的时间分辨率为逐3h,气象站的云量实况资料也是逐3h,因此,按

照 08:00、11:00、14:00、17:00 分析不同天空状况下辐照度实况和理论辐照度之间的比值变化(表 1)。

由表 1 可知,08:00、11:00、14:00 3 个时刻在不同天空状况下的辐照度比值变化趋势一致,晴天最大,其次是多云,降水时最小,进一步分析发现,同一天空状况不同时刻的辐照度比值差距较大,如晴天情况下,08:00 辐照度比值是 0.54,11:00 为 0.68,两者相差 0.14。17:00 的辐照度比值变化与其他时刻不同,在有降水时为 0.1,最小,其他天空状况下均明显小于其他 3 个时刻,这可能与辐照度的月变化有关,在每年 11 月至次年 2 月期间 17:00 的太阳辐照度接近零。

表 1 不同天空状况下不同时刻辐照度实况和理论辐照度的比值

时间	天空状况			
	晴	多云	阴	降水
08:00	0.54	0.47	0.28	0.10
11:00	0.68	0.59	0.37	0.13
14:00	0.62	0.51	0.34	0.13
17:00	0.27	0.31	0.21	0.10

3.2 EC 细网格预报中气象要素与辐照度比值

选取正北沟光伏电站周边 4 个 EC 细网格的格点数据,分别分析 4 个格点的各气象要素与辐照度实况的相关性,结果发现 4 个格点的气象要素与辐照度实况的相关性接近,因此,最终选取 4 个格点的气象要素平均值代表光伏电站的气象要素预报值。根据 2018 年 1—12 月 EC 细网格预报和同期实况辐照度、理论辐照度资料,分别分析 08:00、11:00、14:00、17:00 4 个时刻的辐照度比值和辐照度实况与总云量、低云量、3 h 降水量以及从 1000~400 hPa 不同高度层相对湿度等气象要素的相关性(表 2)。

通过表 2 可知,在 08:00、11:00、14:00 辐照度的比值与气象各要素呈负相关,且相关性显著,通过了 0.01 的显著性检验;在 17:00 实况辐照度和理论辐照度的比值与气象要素的相关性较差,其中与低云量的相关性显著,通过了 0.01 的显著性检验,与 400 hPa 湿度较显著,通过了 0.05 的显著性检验,与其它要素相关性不显著。辐照度实况与气象要素的相关性分析中(表略),只有 11:00 和 14:00 两个时刻的各要素通过了信度为 0.01 的显著性检验,且相关系数在 $-0.4246 \sim -0.1822$;08:00 的总云量、

低云量、3 h 降水量、850~400 hPa 的相对湿度通过了 0.01 的显著性检验,且相关系数在 $-0.3341 \sim -0.1562$ 之间,1000~925 hPa 的相对湿度没有通过 0.05 的显著性检验;17:00 的所有气象要素都没有通过 0.05 的显著性检验。由此可见,辐照度比值与气象要素的相关性优于辐照度本身,其原因是辐照度既有日变化,又有年变化,同一时刻不同季节的辐照度差异很大,用实况辐照度和理论辐照度的比值可以抵消不同季节辐照度自身变化,更能体现气象因子对辐照度的影响。

表 2 不同时刻辐照度比值与气象要素的相关系数

	08:00	11:00	14:00	17:00
样本数	304	304	304	248
总云量	-0.5562**	-0.5978**	-0.5063**	-0.0092
低云量	-0.4090**	-0.4470**	-0.4067**	-0.1614**
3 h 降水量	-0.2850**	-0.3839*	-0.3545**	-0.0714
1000 hPa 湿度	-0.3769**	-0.5121**	-0.4515**	-0.0958
950 hPa 湿度	-0.3886**	-0.5143**	-0.4516**	-0.0870
925 hPa 湿度	-0.4242**	-0.5154**	-0.4484**	-0.0852
850 hPa 湿度	-0.5526**	-0.5102**	-0.4468**	-0.0937
700 hPa 湿度	-0.4837**	-0.4420**	-0.4368**	0.0304
600 hPa 湿度	-0.4799**	-0.5113**	-0.3998**	0.0303
500 hPa 湿度	-0.4844**	-0.4796**	-0.4176**	-0.1143
400 hPa 湿度	-0.4013**	-0.4196**	-0.3668**	-0.1495*

注:**表示通过 0.01 显著性水平检验,*表示通过 0.05 显著性水平检验。

4 辐照度比值预报模型及检验

利用逐步回归,选取主要影响因子,分时刻建立辐照度比值预报模型,在分析中选取统计显著水平 $\alpha=0.05$ 进行 t 检验。

通过逐步回归分析,08:00 影响辐照度比值的主要气象因子有总云量、850 hPa 湿度、600 hPa 湿度、400 hPa 湿度;11:00 影响辐照度比值的主要气象因子有总云量、低云量、3 h 降水量、950 hPa 湿度、925 hPa 湿度、600 hPa 湿度、400 hPa 湿度;14:00 影响辐照度比值的主要气象因子有总云量、3 h 降水量、850 hPa 湿度、700 hPa 湿度、400 hPa 湿度;17:00 影响辐照度比值的主要气象因子有低云量、1000 hPa 湿度、950 hPa 湿度、600 hPa 湿度、500 hPa 湿度,具体预报模型见表 3。

表 3 不同时刻辐照度比值预报模型

08:00	$K=0.7004-0.0119x_1-0.0030x_7-0.0013x_9-0.001x_{11}$
11:00	$K=0.8309-0.0136x_1-0.0113x_2-0.0434x_3+0.0173x_5-0.0180x_6-0.0018x_9-0.0010x_{11}$
14:00	$K=0.7519-0.0112x_1-0.0257x_3-0.0019x_7-0.0012x_8-0.0010x_{11}$
17:00	$K=0.2844-0.0111x_2-0.0501x_4+0.0498x_5+0.0013x_9-0.0014x_{10}$

注:K 表示辐照度比值, x_1 表示总云量, x_2 表示低云量, x_3 表示逐 3 h 降水量, x_4 表示 1000 hPa 湿度, x_5 表示 950 hPa 湿度, x_6 表示 925 hPa 湿度, x_7 表示 850 hPa 湿度, x_8 表示 700 hPa 湿度, x_9 表示 600 hPa 湿度, x_{10} 表示 500 hPa 湿度, x_{11} 表示 400 hPa 湿度。

根据辐照度比值预报模型和理论辐照度开展 2018 年 8—12 月辐照度回代预报,参照吴焕波等^[18]太阳总辐射预报性能检验方法,通过平均误差 (ME)、平均绝对误差 (MAE)、均方根误差

(RMSE)、相关系数 (R) 等 4 个指标^[19-20]与同期 WRF 模式直接得到的辐照度预报进行对比检验,具体结果见表 4。

表 4 2018 年 8—12 月不同时刻回归预报与 WRF 预报对比检验

	平均误差 (ME)		平均绝对误差 (MAE)		均方根误差 (RMSE)		相关系数 (R)	
	回归预报	WRF 预报	回归预报	WRF 预报	回归预报	WRF 预报	回归预报	WRF 预报
08:00	-7.55	74.76	49.83	82.21	73.94	132.77	0.80	0.70
11:00	-25.70	160.57	108.41	172.39	147.42	247.21	0.79	0.63
14:00	-4.59	184.69	105.13	190.00	146.33	247.26	0.69	0.65
17:00	-6.07	120.13	38.75	125.72	53.48	146.16	0.78	0.71

由表 4 可知,回归预报的平均误差、平均绝对误差、均方根误差结果均小于 WRF 预报,回归预报与实况的相关性也优于 WRF 预报。回归预报的平均误差是 -11.00 W/m²,比实况略偏低,WRF 预报的平均误差是 135.04 W/m²,比实况明显偏高;回归预报的平均绝对误差是 75.53 W/m²,WRF 预报的绝对误差是 142.58 W/m²,回归预报的均方根误差是 105.29 W/m²,WRF 预报的均方根误差是 193.35 W/m²;回归预报与实况的相关系数是 0.77,WRF 预报是 0.67。WRF 预报的平均绝对误差和均方根误差接近回归预报的 2 倍,08:00、17:00 回归预报和 WRF 预报的结果好于 11:00 和 14:00。

利用辐照度比值预报模型对 2019 年 1—4 月辐照度进行预报检验,并根据 08:00、11:00、14:00、17:00 4 个时刻辐照度预报结果通过双向订正法得到逐时刻的辐照度预报,将辐照度回归预报与人工订正辐照度、WRF 模式辐照度预报分别进行检验,辐照度回归预报的均方根误差为 144.43 W/m²,人工订正辐照度的均方根误差为 145.15 W/m²,WRF 模式辐照度预报的均方根误差为 157.45 W/m²,进一步分析发现在晴天时,辐照度回归预报结果与实况偏差较大,在云量较多或出现降水时,WRF 模式

辐照度预报偏差较大。按照主观预报分晴天和非晴天两种情况,根据平均绝对百分比误差 (MAPE) 和相对均方根误差 (RRMSE)^[10-11]分月检验非晴天时 WRF 模式辐照度、人工订正辐照度、回归预报辐照度的预报效果 (表 5)。结果发现,WRF 模式辐照度的 MAPE 在 27.6%~38.5% 之间,RRMSE 在 38.9%~52.2% 之间;人工订正辐照度的 MAPE 在 22.9%~49.5% 之间,RRMSE 在 30.0%~65.4% 之间;回归预报辐照度的 MAPE 在 21.0%~34.1% 之间,RRMSE 在 29.8%~41.4% 之间,回归预报辐照度 RRMSE 比 WRF 模式预报辐照度降低 10% 左右。

表 5 2019 年 1—4 月非晴天 3 种辐照度预报的误差 %

	WRF		人工订正		回归预报	
	MAPE	RRMSE	MAPE	RRMSE	MAPE	RRMSE
1 月	37.8	51.1	49.5	65.4	34.1	41.4
2 月	28.4	39.2	22.9	30.0	21.0	29.8
3 月	38.5	52.2	37.4	47.3	25.9	36.9
4 月	27.6	38.9	22.9	31.7	24.7	31.2

注:MAPE 为平均绝对百分比误差,RRMSE 为相对均方根误差。

5 结论

本文通过对 EC 细网格预报、WRF 模式辐照度和河北承德正北沟光伏电站辐照度实况分析,利用逐步回归法建立了辐照度比值预报模型,并对模型预报效果进行了检验。

(1)1—3 月辐照度呈上升趋势,4—5 月辐照度变化较小,辐照度数值普遍较大,6—8 月辐照度波动尤为显著,9—12 月辐照度总体呈下降趋势。总体上,12 月日辐照度最大值一般在 400 W/m^2 左右,4—5 月日辐照度最大值一般在 900 W/m^2 左右。

(2)不同时刻实况辐照度和理论辐照度的比值与 EC 细网格数值预报气象要素的相关性均大于实况辐照度与气象各要素的相关性,其原因是辐照度既有日变化,又有年变化,同一时刻不同季节的辐照度差异很大,因此用实况辐照度和理论辐照度的比值可以抵消辐照度自身变化的影响,更能体现气象因子对辐照度的影响。

(3)用 2018 年 1—12 月的相关资料建立的实况辐照度和理论辐照度比值回归预报模型,从相关性、平均误差、平均绝对误差和均方根误差等方面对辐照度回归预报和 WRF 模式预报进行对比检验,结果表明辐照度回归预报效果明显好于 WRF 模式预报。对 2019 年 1—4 月的辐照度预报检验结果表明,晴天时 WRF 模式辐照度预报效果较好,非晴天时回归预报辐照度的 RRMSE 比 WRF 模式预报辐照度降低 10% 左右,在业务应用中可结合主观预报选择最佳预报结果。

(4)实况辐照度和理论辐照度的比值具有月变化,6 月辐照度比值最大可达 0.73 左右,12 月辐照度比值最大只有 0.68 左右,今后如果数据量足够多时,可以分月分时刻建立辐照度比值模型,希望能够消除不同月份辐照度比值的差异;此外,霾天气对辐照度的影响也不容忽视,这也需要今后进一步讨论。

参考文献

[1] 丁丽佳,林巧美. 粤东地区太阳能资源及其利用气候分析[J].

气象科技,2008,36(4):491-494.

- [2] 章激扬,李达,杨苹,等. 光伏发电发展趋势分析[J]. 可再生能源,2014,32(2):127-132.
- [3] 黄鹏,白帆,王学峰. 太阳能光伏发电发展趋势分析[J]. 中国科技信息,2014(3+4):31-32.
- [4] 白永清,陈正洪,王明欢,等. 关于 WRF 模式模拟到达地表短波辐射的统计订正[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2013,47(2):28-32.
- [5] 权继梅,丁蕾,郑向东,等. 总辐射表两种现场校准方法的比较[J]. 气象,2010,36(9):116-119.
- [6] 刘香娥,王广河. FY-2C 静止气象卫星红外通道辐射特性研究[J]. 气象,2010,36(2):39-47.
- [7] 梁益同,刘可群,夏智宏. 利用 FY-2C 卫星资料估算太阳辐射研究[J]. 气象科技,2009,37(2):234-238.
- [8] 徐维. 基于时间序列分析的短时间尺度太阳辐射模型研究[J]. 常州工学院学报,2009,22(增刊 1):41-44.
- [9] 苏兆达,程兴宏,杨兴东,等. 太阳辐射预报滚动订正方法研究[J]. 气象科技,2016,44(2):259-268.
- [10] 白永清,陈正洪,王明欢,等. 基于 WRF 模式输出统计的逐时太阳总辐射预报初探[J]. 大气科学学报,2011,34(3):13-19.
- [11] 王明欢,赖安伟,陈正洪,等. WRF 模式模拟的地表短波辐射与实况对比分析[J]. 气象,2012,38(5):635-642.
- [12] Haupt S E. A public-private-academic partnership to advance solar forecasting[C] // Proc 42nd ASES Annual Conf Baltimore, MD: American Solar Energy Society, 2013: 1-5.
- [13] Devabhaktuni V, Alam M, Depuru S S S R, et al. Solar energy: Trends and enabling technologies [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 19: 555-564.
- [14] Haupt S E, Kosovic B. Variable generation power forecasting as a big data problem [J]. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 2017, 8(2): 725-732.
- [15] 王炳忠. 太阳辐射计算讲座,第三讲,地外水平辐射量的计算[J]. 太阳能,1999(4):12-13.
- [16] 杨金焕,于化丛,葛亮. 太阳能光伏发电应用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2009:21-29.
- [17] 武鹏飞,张钧泳,谭娇. 1961-2015 年新疆天山日照时数时空变化特征及其影响因素分析[J]. 气象科技,2019,47(3):450-459.
- [18] 吴焕波,石岚. 基于 WRF-SOLRA 数值模式的太阳总辐射预报性能分析[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版),2019,50(2):154-161.
- [19] 王丹,王建鹏,潘留杰. ECMWF 模式对陕西 2016 年春季气温预报性能评估[J]. 气象科技,2018,46(1):92-101.
- [20] 万夫敬,赵传湖,马艳,等. ECMWF 模式气温预报在青岛地区的检验与评估[J]. 气象科技,2018,46(1):112-120.

Stepwise Revision of Solar Irradiance Based on EC Fine-Grid Numerical Forecast Products

WU Huiqin¹ SHI Min² ZHAO Zengbao¹ YIN Rui²

(1 Public Meteorological Service Centre of Hebei Province, Shijiazhuang 050021;

2 Hebei Electric Power Company, Shijiazhuang 050021)

Abstract: Solar irradiance is closely related to the power generation of photovoltaic power plants, and the accuracy of irradiance forecast directly affects the accuracy of power generation forecast. Based on the reality of solar irradiance of the photovoltaic power plants and weather stations, WRF model irradiance forecast, the EC fine grid numerical forecast, and theoretical solar irradiance, a study of the revised solar irradiance forecast is carried out by means of stepwise regression. The conclusions are as follows: (1) the correlation between irradiance ratio and meteorological elements is better than that between irradiance and meteorological elements; (2) there are differences in meteorological factors that affect solar irradiance at different times, and a prediction model of solar irradiance at different times is established through the stepwise regression method; (3) in the case of non-clear weather, the RMSE of the regressed prediction irradiance is about 10% lower than that of the WRF model. The results have some application value in the new energy numerical forecasting service for photovoltaic power stations.

Keywords: solar irradiance; irradiance ratio; EC fine grid forecast; stepwise regression

欢迎订阅《气象科技》

《气象科技》由中国气象局气象探测中心、中国气象科学研究院、北京市气象局、国家卫星气象中心及国家气象信息中心联合主办。报道大气科学和相关科学各领域新理论、新方法和新技术,也刊载反映大气科学各领域发展水平的综合评述。主要栏目:大气探测与信息技术,天气气候与数值预报,应用气象与科学试验,台站实用技术等。欢迎气象部门和相关学科的业务、科研、技术开发人员以及相关院校师生投稿和订阅。《气象科技》为大 16 开本双月刊,全年定价:120 元,全年随时订阅。

联系地址:北京市海淀区中关村南大街 46 号,中国气象局气象探测中心,《气象科技》编辑部

http: //www.qxkj.net.cn, **邮政编码:**100081, **电话:**(010)68407256, **Email:** qxkj@cma.gov.cn

户名:中国气象局气象探测中心, **账号:**4043200001819900025525, **开户行:**华夏银行北京紫竹桥支行