

湖北省咸宁市光伏电站太阳能资源评价

成 驰^{1,2}, 陈正洪^{1,2}, 李 芬^{1,2}, 崔新强^{1,2}, 卢 胜³

(1. 湖北省气象能源技术开发中心, 湖北 武汉 430074; 2. 湖北省气象服务中心, 湖北 武汉 430074;
3. 湖北省电力勘测设计院, 湖北 武汉 430024)

摘 要: 为了对无太阳辐射观测的咸宁市进行并网光伏电站太阳能资源综合评价, 拟采用水平面太阳辐射气候学推算方法和倾斜面辐射换算方法, 即根据武汉站历史资料分月建立总辐射量和直接辐射量与日照百分率的推算方程推算出咸宁逐月太阳辐射各分量, 分析其时间变化、资源丰度和稳定性, 并基于 Klein 提出的散射辐射各向同性的假设, 计算出该地不同倾斜面年总辐射量和最佳倾角。结果表明: 咸宁地区近 50 a (1961~2009 年) 水平面太阳总辐射年总量为 4 091.4 MJ/m², 该地区属于太阳能资源丰富区, 该地辐射形式等级处于散射辐射较多 (C) 等级, 且太阳能资源年变化稳定度较高。正南朝向斜面接受总辐射年总量最大的条件下其最佳倾角为 18°, 该倾角下斜面年总辐射量为 4 224.6 MJ/m², 比水平的值高出 3.3%。设计容量为 1 500 kW_p 的光伏阵列若按最佳倾角和方位角安装, 每年可发电约 1.32×10⁶ kW·h。太阳辐射各分量的合理推算与多个评价指标的联合应用为光伏电站规划设计提供了科学依据, 也为今后类似工作提供了样本。

关键词: 太阳能资源; 湖北省咸宁市; 光伏电站; 最佳倾角

中图分类号: TK511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8227(2011)09-1067-06

太阳能资源评估是太阳能光伏电站规划、设计、建设以及运营维护的基础性工作, 通常利用拟建电站附近长期测站的辐射观测数据进行。但目前我国辐射观测站分布较为稀疏, 尤其我国南方, 局地气候多样, 太阳能资源分布局地性强, 仅依靠辐射的观测数据难以描述无观测站地区的太阳能资源状况, 通常需要通过其他要素进行推算。目前国内在太阳辐射量的气候学计算上比较成熟, 20 世纪 60 年代起, 我国许多研究者探讨了太阳总辐射量和直接辐射量在我国的气候学计算方法, 并给出了分区分月计算公式和经验系数等^[1~3]。近年随着太阳能资源开发利用的新需要, 许多研究者^[4~6]在资源利用的角度, 采用较新的资料对太阳辐射量在全国或区域的空间分布和变化规律进行了新的研究。这些研究中, 以日照百分率为基础的水平面太阳辐射量计算方法最为普遍, 可信度高。

对倾角固定的并网光伏电站项目设计而言, 光伏组件的安装位置和倾斜角度将最终决定该项目是否能做到资源利用的最大化, 并将影响建成后的发

电量和盈利能力。因此, 在项目设计中对项目所在地水平面 and 不同倾角斜面接受的太阳辐射量进行准确的计算和预估, 并由此确定光伏组件的最佳倾角十分重要。

斜面辐射量的计算最早是由于研究山区气候的需要而产生^[7], 近年来的研究^[8,9]提出了斜面辐射量和光伏阵列最佳倾角的计算方法, 为太阳能系统设计提供了指导。但计算方法和原始数据各异, 得到的结果也不一致。以武汉为例, 文献[8]采用散射辐射各向异性模型计算得到最佳倾角为 24°, 文献[9]按月进行计算, 给出武汉的最佳倾角为 19°, 也有评估研究^[10]中采用的长江下游光伏阵列最佳倾角为 40°。由此可以看出, 目前对于最佳倾角的理论计算尚无定论, 而在工程实际应用中, 武汉地区阵列倾角常取为 15~20°左右, 与杨金焕等在文献[9]给出的推荐值较为接近。

以无辐射观测的湖北咸宁为例, 以临近武汉气象站 1961~2009 年总辐射、直接辐射、日照百分率资料为基础, 采用太阳辐射气候学推算方法和斜面

收稿日期: 2010-12-26; 修回日期: 2011-02-09

基金项目: 科技部 2010 年度公益性行业(气象)科研专项“太阳能预报技术研究”(GYHY201006036); 中国气象局 2010 年度“太阳能光伏发电预报系统研究”(气函函[2010]76 号); 华中区域气象中心科技发展基金重点项目“太阳能光伏发电量预报方法研究”(QY-Z-201010)

作者简介: 成 驰(1981~), 男, 湖南省岳阳人, 工程师, 主要研究方向为气候资源与气候应用, E-mail: chc8108@126.com

辐射换算方法,可推算出该地区的逐月太阳总辐射量、直接辐射量,并给出不同倾角斜面上的年总辐射量和最佳倾角计算方法和推荐最佳倾角,参考系列太阳能资源评估标准进行评价,从而实现太阳能资源综合评估。

1 资料与评估方法

1.1 资料

拟建太阳能光伏电站工程位于鄂东南的咸宁市区,距离厂址最近的气象站为咸宁气象站,该站有日照时数观测,并可得到日照百分率资料,但无辐射观测。距站址最近的辐射观测站为武汉气象站,位于咸宁城区正北方向约 90 km,为国家气候观象台和一级辐射观测站。该站自 1961 年 1 月起进行完整的辐射要素观测,包括总辐射、直接辐射、散射辐射、净辐射和反射辐射。

采用的计算基础资料包括 1961~2009 年武汉站逐月的月日照时数、日照百分率,水平面太阳总辐射、直接辐射、散射辐射,以及咸宁站逐日日照时数、逐月日照时数和日照百分率等。所有资料均经过了检查,部分缺失的资料采用多年平均的对应月值替代,1981 年前的总辐射资料均乘以系数 1.022。

1.2 水平面辐射推算

目前,被大家公认的总辐射和直接辐射气候学计算公式基于日照百分率进行求算^[4],其公式如下:

$$Q = Q_0(a + bs) \quad (1)$$

$$Q' = Q_0(a's + b's^2) \quad (2)$$

式中: Q 为太阳总辐射 (MJ/m^2); Q' 为直接辐射 (MJ/m^2); Q_0 为天文辐射量^[11] (MJ/m^2); s 为日照百分率 (%); a 、 b 、 a' 、 b' 为需要确定的经验系数。

天文辐射大小由太阳对地球的天文位置和各地纬度决定,其计算式如下:

$$Q_0 = \frac{TI_0}{\pi\Omega} (\omega_0 \sin\varphi \sin\delta \sin\omega_0) \quad (3)$$

式中: Q_0 为每日天文辐射量; T 为一天的长度 ($24 \times 3600 \text{ s}$); I_0 为太阳常数 ($1367 \text{ W}/\text{m}^2$); φ 为当地纬度; δ 为赤纬; ω_0 为日末时角; ρ 为日地距离,由上式可求得每日天文辐射。在计算各月的太阳辐射平均值时,采用文献[9]和[12]中的方法,从逐日值中挑选与月平均值相近的作为各月代表日,并由此求得天文辐射各月平均值。

由于咸宁距武汉站仅 90 km,且气候状况相似,因此本文直接采用武汉站 a 、 b 系数进行推算,具体

做法为逐月建立推算方程。首先将武汉站 1961~2009 年同月份所有太阳总辐射(Q)和直接辐射(Q')与日照百分率(s)序列进行整理,每个月样本长度为 49。按以上方法计算出逐月天文辐射值,通过最小二乘法确定各月 a 、 b 、 a' 、 b' 系数,最终得到的逐月推算公式,结合咸宁站逐月日照百分率序列资料,即可用于推算咸宁地区逐月水平面太阳总辐射和直接辐射。散射辐射量则通过总辐射量与直接辐射量的差值求出。

1.3 倾斜面辐射量和最佳倾角计算

无论是从气象站直接得到的资料,还是采用气候学推算的资料,均为水平面上的太阳辐射量,而为了获得年最大总辐射量,光伏阵列均是倾斜放置的,因此需要将水平面辐射量计算结果换算成倾斜面上的辐射量才能进行发电量的估算。倾斜面上的太阳辐射量由太阳直接辐射量、太阳散射辐射量和太阳反射辐射量 3 部分组成。

斜面辐射和最佳倾角的计算中,散射和地面反射采用各向同性模型,按月推算正南朝向、不同倾角斜面的总辐射量,并累加得到斜面年总辐射量。比较不同倾角的斜面年总辐射量,即可得到光伏阵列年接受辐射量最大情况下的最佳倾角。

太阳散射辐射计算方法有许多,在计算建模时可以根据实际需要进行选择,本研究假定散射和地面反射是各向同性的,参考 Klein(1977 年)的计算方法^[8],方位角为 0° (正南朝向) 倾斜面上的太阳总辐射月总量计算公式为:

$$Q_s = D_s + S_s + R_s \quad (4)$$

$$D_s = D_H \cdot R_b \quad (5)$$

$$S_s = S_H \cdot \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) \quad (6)$$

$$R_s = Q_H \cdot \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \cdot \rho \quad (7)$$

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega + \frac{\pi}{180} \omega \cdot \sin(\varphi - \beta) \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega + \frac{\pi}{180} \omega \cdot \sin\varphi \cdot \sin\delta} \quad (8)$$

上式中: Q_s 、 D_s 、 R_s 分别为倾斜面上的总辐射、直接辐射、散射辐射和反射辐射月总量; Q_H 、 D_H 、 S_H 分别为水平面上的总辐射、直接辐射、散射辐射月总量; R_b 为倾斜面和水平面上的日太阳直接辐射量之比的月平均值; β 为倾斜面倾角; ω 代表日的日落时角; ρ 为月平均地表反射率。该光伏电站位于咸宁市经济技术开发区,反射面地表为待开发草地和裸土地混杂。根据表 1 的不同地物反射率范围,本文

地表反射率取干燥地和干草地地物情况下的值 0.20。

表 1 不同地物表面反射率

Tab.1 Surface Reflectivity of Different Objects			
地物表面状态	反射率	地物表面状态	反射率
沙漠	0.24~ 0.28	干草地	0.15~ 0.25
干燥地	0.10~ 0.20	湿草地	0.14~ 0.26
湿裸地	0.08~ 0.09	森林	0.04~ 0.10

1.4 太阳能资源丰富程度等级标准

太阳能资源多寡以太阳总辐射量来度量,它直接反映了太阳能资源的可开发程度。采用太阳总辐射年曝辐量作为分级指标^[13],将全国太阳能资源划分为 4 个等级:极丰富(A)、很丰富(B)、丰富(C)以及一般(D),见表 2。

表 2 太阳能资源丰富程度等级

Tab.2 Richness Class of Solar Energy Resources	
太阳总辐射年总量	资源丰富程度
≥1 750 (kW·h)/(m ² ·a)	极丰富(A)
6 300 MJ/(m ² ·a)	
1 400~ 1 750 (kW·h)/(m ² ·a)	很丰富(B)
5 040~ 6 300 MJ/(m ² ·a)	
1 050~ 1 400 (kW·h)/(m ² ·a)	丰富(C)
3 780~ 5 040 MJ/(m ² ·a)	
< 1 050 (kW·h)/(m ² ·a)	一般(D)
< 3 780 MJ/(m ² ·a)	

1.5 水平面直射比计算方法与等级标准

直射比是指直接辐射量在总辐射量中所占的比例,用百分比或小数表示,实际大气中,其数值在[0, 1)区间变化。采用直射比作为衡量指标,全国太阳能资源可分为 4 个等级(表 3)。

表 3 太阳辐射形式等级

Tab.3 Level of Solar Radiation Form Energy Resources		
名称	符号	分级阈值
直接辐射主导	A	$R_x \geq 0.6$
直接辐射较多	B	$0.5 \leq R_x < 0.6$
散射辐射较多	C	$0.35 \leq R_x < 0.5$
散射辐射主导	D	$R_x < 0.35$

1.6 太阳能资源稳定程度计算方法与等级标准

太阳能资源稳定程度用各月的日照时数大于 6 h 天数的最大值与最小值的比值表示^[12],见以下公式,其比值表示资源全年变幅的大小,其等级见表 4。

$$K = \frac{\max(Day_1, Day_2 \dots Day_{12})}{\min(Day_1, Day_2 \dots Day_{12})} \tag{9}$$

式中:K 为太阳能资源稳定程度指标,无量纲数;Day₁, Day₂ ..Day₁₂分别表示 1~ 12 月份各月日照时数大于 6 h 天数,单位为天(d)。

表 4 太阳能资源稳定程度等级

Tab.4 Stability Level of Solar Energy Resources

太阳能资源稳定程度指标	稳定程度
$K < 2$	稳定
$2 \leq K \leq 4$	较稳定
$K > 4$	不稳定

2 太阳能资源评估结果

2.1 日照时数和日照百分率年(代)际变化

图 1 给出了咸宁站 1961~ 2009 年日照时数和日照百分率的年(代)际变化情况,可以看出,咸宁站日照时数和日照百分率变化趋势大体均是波动中缓慢下降,从上世纪 60 年代的 1 900 h 和 45% 左右下降到近几年的 1 500 h 和 35% 左右,咸宁 1961~ 2009 年平均年总日照时数为 1 710 h。

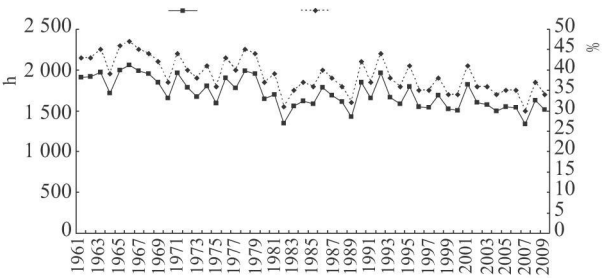


图 1 日照时数(h)和日照百分率(%)变化(1961~ 2009)

Fig.1 Sunshine Hours (h) and Percentage of Sunshine (%) Change(1961~ 2009)

2.2 水平面辐射量年(代)际变化与月分布

利用表 2 中各月 a、b、a'、b' 系数计算咸宁站 1961~ 2009 年逐月的太阳总辐射月总量,统计可得直接辐射和总辐射年总量和多年平均的月平均直接辐射和总辐射日总量。受日照时数下降等影响,咸宁站近 49 a 来总辐射量和直接辐射量呈波动中下降趋势,直接辐射量的下降较总辐射更为明显,近年总辐射量的下降主要是由于直接辐射量的下降导致的,这与全球地面辐射下降大趋势一致,还与观测环境变化相关。而散射辐射年际变化相对较小,呈缓慢上升趋势。统计表明,1961~ 2009 年平均年总辐射量为 4 091.4 MJ/m²,折合峰值日照时数为 1 136 h。年直接辐射量为 1 683.0 MJ/m²。散射辐射量则可由推算的总辐射量减去直接辐射量而得到,咸宁年平均散射辐射量为 2 408.4 MJ/m²,研究还发现,咸宁散射辐射要比直接辐射量大,而且差值

越来越大, 差值在 500 0~ 900 0 MJ/ m² 左右(图 2)。

可以看出, 咸宁地区近年年平均总辐射量均处于全国太阳能资源丰富区(3 780 MJ/ (m² · a) ≤ R_s < 5 040 MJ/ (m² · a) 或 1 050 (kW · h) / (m² · a) ≤ R_s < 1 400 (kW · h) / (m² · a)。

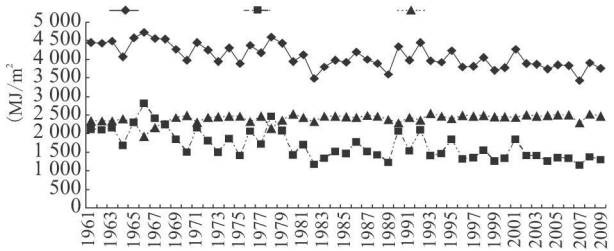


图 2 水平面总辐射和直接辐射年总量变化(1961~ 2009)

Fig.2 Change of Annual Total Radiation and Direct Radiation Amount of Horizon(1961~ 2009)

图 3 显示, 咸宁的辐射量夏季大, 冬季小, 7 月的月总辐射量和月直接辐射量最大, 分别为 531. 5 和 263. 4 MJ/ m²; 1 月的月总辐射量和月直接辐射量最小, 为 209. 3 和 78. 9 MJ/ m²。散射辐射量则是在 6 月最大, 12 月最小, 分别为 274. 7 和 122. 4 MJ/ m² 左右。除 7 月散射辐射量与直接辐射量大体相当外, 各月直接辐射量均显著小于散射辐射量。

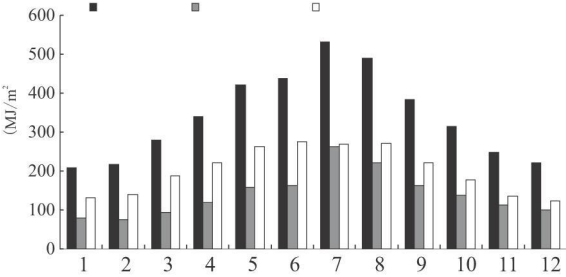
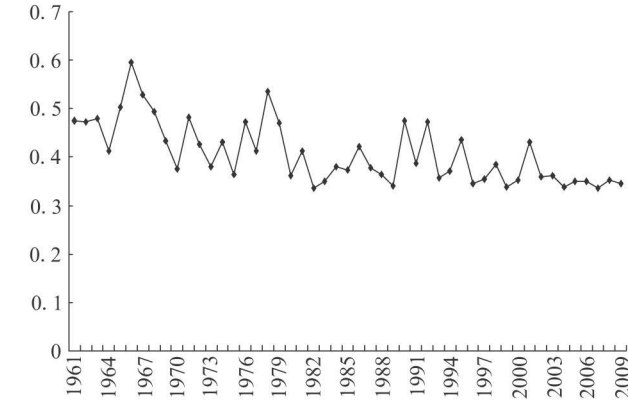


图 3 水平面总辐射和直接辐射月总量变化(1961~ 2009)

Fig.3 Monthly Change of Day Total Radiation and Direct Radiation Amount of Horizon(1961~ 2009)

2.3 水平面直射比

图 4 给出了咸宁站直射比的年际和月际变化。咸宁站直射比从上世纪 1960 年代开始一直在波动中略下降, 1980 年代以前在 0. 40~ 0. 60, 本世纪以来直射比约为 0. 38 左右。多年平均(1961~ 2009 年) 直射比为 0. 41, 因此, 咸宁地区辐射形式等级处于散射辐射较多(C) 等级。

从月变化来看, 7 月时最高的月份, 夏季 7 月在 0. 5 左右, 上半年的 1~ 6 月直射比最小, 在 0. 4 以下。整体来看, 下半年 7~ 12 月的直射比要大于上半年 1~ 6 月, 这也是湖北东部地区雨水、云量的变化特征的反映。

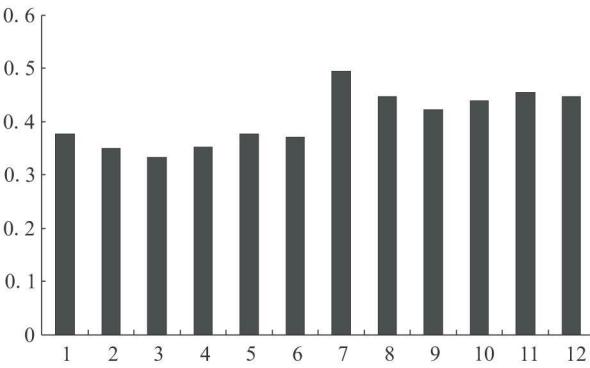


图 4 直射比的年际变化和月变化(1961~ 2009)

Fig.4 Annually Change and Monthly Change of Direct Radiation Ratio(1961~ 2009)

2.4 太阳能资源稳定程度评估

按照公式(9), 利用咸宁站 1961~ 2009 年逐月日照时数资料进行计算, 结果咸宁日照时数大于 6 h 的天数为 158 d, k 值为 2. 22, 根据表 4 表明咸宁地区太阳能资源年变化较为稳定, 有利于太阳能资

源的利用。

2.5 不同倾角斜面太阳总辐射年总量和最佳倾角

采用 1. 3 节中斜面总辐射量的计算方法, 以 1° 为计算间隔, 分别以多年平均的水平面辐射量为基础, 计算了咸宁站方位角为 0° (正南朝向) 倾角为 0°

~ 30°的斜面上 1961~ 2009 年平均的太阳总辐射月总量,最后逐月累加得到年总量,结果见图 5。可以发现,随着斜面倾角的变大,斜面上的年总辐射量呈单峰型的变化趋势,存在一个极大点为 18°,斜面年总辐射量为 4 224.6 MJ/m²,比水平面年总辐射量大约 3.3%,约 133.2 MJ/m²。这个计算结果与目前多数研究结论和工程实际采用的角度较为接近,比工程所在咸宁的纬度低了约 12°。

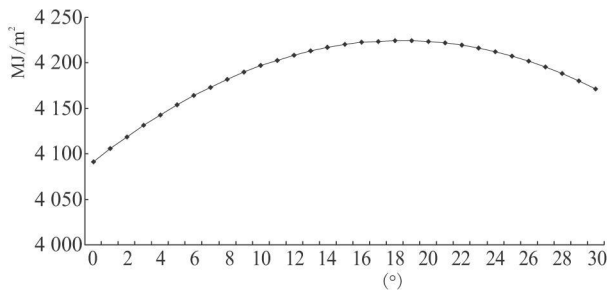


图 5 不同倾角斜面上接收的太阳总辐射年总量(1961~ 2009)

Fig. 5 Annual Total Global Solar Radiation Receive by Different Angle of Inclined Plane(1961~ 2009)

图 6 给出了倾角为 18°的最佳倾角斜面各月份日平均总辐射与水平面的对比,倾斜面在 4~ 8 月份接受的辐射量小于水平面的,也就是说,倾斜放置的太阳能光伏阵列是牺牲了夏季太阳高度角较高时的直接辐射量,而较多地获取了冬季的直接辐射量。

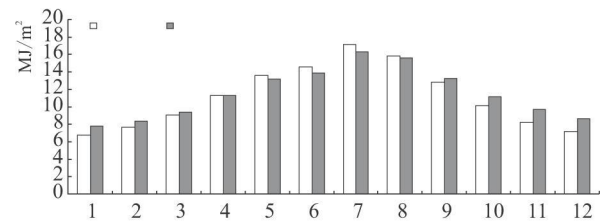


图 6 水平面和最佳倾角斜面各月日平均总辐射(1961~ 2009)

Fig. 6 Average Daily Total Radiation Each Mounth Receive by Best Angle of Incline and Horizon(1961~ 2009)

2.6 太阳能电站年总发电量估算

对于并网光伏电站而言,每年输出的能量可用下式进行计算^[9]:

$$E_{out} = H_t P_0 PR \tag{10}$$

式中: E_{out} 为电站每年可能输出的能量; H_t 为方阵面上的年太阳辐射量; P_0 为方阵的容量; PR 为方阵到电网的综合效率,一般情况可取 0.75^[9]。

该光伏电站太阳能电池设计总容量为 1 500 kW_p,若全部按最佳倾角 18°,方位角为 0°安装,则该光伏电站每年约可发电 1.32×10⁶ kW·h。

3 结论和讨论

本文采用日照时数和气候学推算的太阳总辐射量和直接辐射量作为基础,结合一系列评价指标,对某太阳能光伏电站所在地的咸宁市太阳能资源的时间变化、丰富程度、稳定性、可利用性及各分量的比例等做了较为充分的研究分析,并给出了评价结论和最佳倾角建议。

(1) 该评估方法利用气候学方法进行辐射量和可能发电量的推算,可供太阳能光伏电站规划设计时参考。但利用其他资料进行的推算毕竟存在一定误差,如果要细致了解该地区的太阳能资源状况和进行发电量精确计算,那么在电站建设地点进行辐射观测和验证将是十分必要的。

(2) 采用本文计算评估方案得到咸宁地区近 50 a(1961~ 2009 年)水平面太阳总辐射年总量为 4 091.4 MJ/m²,年平均峰值日照时数为 1 136 h,根据气象行业标准《太阳能资源评估方法》(QX/T 89-2008),该地区属于太阳能资源丰富区。咸宁地区辐射形式等级处于散射辐射较多(C)等级,所以采用非晶硅电池将更有优势;从各月日照时数大于 6 h 天数反映的太阳能资源年变化稳定度较高,有利于太阳能资源的利用。

(3) 计算得到咸宁市正南朝向光伏阵列最佳倾角为 18°,即该方位接受辐射年总量最大,达到 4 224.6 MJ/m²,比水平面高出 3.3%。设计容量为 1 500 kW_p 的光伏阵列若按最佳倾角和方位角安装,每年可发电约 1.32×10⁶ kW·h。

参考文献:

[1] 左大康,王勃贤,陈建绥.中国地区太阳总辐射的空间分布特征[J].气象学报,1963,33(1):78~96.
[2] 翁笃鸣.试论总辐射的气候学计算方法[J].气象学报,1964,34:304~314.
[3] 祝昌汉.我国直接辐射的计算方法及分布特征[J].太阳能学报,1985,6(1):1~11.
[4] 赵东,罗勇,高歌等.我国近50年来太阳直接辐射资源基本特征及其变化[J].太阳能学报,2009,30(7):946~952.
[5] 刘可群,陈正洪,夏智宏.湖北省太阳能资源时空分布特征及区划研究[J].华中农业大学学报,2007,22(6):888~893.
[6] 杜尧东,毛慧琴,刘爱君等.广东省太阳总辐射的气候学计算

及其分布特征[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 66~ 70.

[7] 傅抱璞. 山地气候[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 51~ 84.

[8] 杨金焕, 毛家俊, 陈中华. 不同方位倾斜面上太阳辐射量及最佳倾角的计算[J]. 上海交通大学学报, 2002, 36(7): 1 032~ 1 036.

[9] 杨金焕, 于化从, 葛 亮. 太阳能光伏发电应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 178~ 179.

[10] 刘光旭, 吴文祥, 张续教. 等. 屋顶可用太阳能资源评估研究——以 2000 年江苏省数据为例[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(11): 1 242~ 1 248.

[11] 和清华, 谢 云. 我国太阳总辐射气候学计算方法研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(2): 308~ 319.

[12] 王炳忠. 太阳辐射计算 讲座第三讲: 地外水平面辐射的计算[J]. 太阳能, 1999, 4: 12~ 13.

[13] 中国气象局. 太阳能资源评估方法 QX/T89- 2008[S]. 北京: 气象出版社, 2008: 1~ 7.

EVALUATION OF SOLAR ENERGY RESOURCES OF PV POWER STATION
IN XIANNING OF HUBEI PROVINCE

CHENG Chi^{1,2}, CHEN Zheng-hong^{1,2}, LI Fen^{1,2}, CUI Xin-qiang^{1,2}, LU Sheng²

(1. Hubei Technology Development Center of Meteorological Energy, Wuhan 430074, China; 2. Hubei Meteorological Science and Technology Service Center, Wuhan 430074, China; 3. Hubei Electric Power Design Institute, Wuhan 430024, China)

Abstract: In order to evaluate grid PV power station solar energy resources in Xianning which without solar radiation observation data, by plane solar radiation climatology computative method and slope surface radiation conversion method, that is, based on historical data of Wuhan station on establishing total amount and direct radiation quantity and the sunshine percentage calculation equation Xianning monthly solar radiation components was calculated, and their time change, resource abundance and stability were analyzed. Based on the scattering radiation isotropic hypothesis, the amount of radiation on tilted surface and the best angle were calculated. Results show that: In recent 50 years(1961~ 2009) total solar radiation amount in Xiannin region was 4 091. 4 MJ/m². This area is a rich region of solar energy resources. The radiation level is C level which is more scattering radiation, and stable degree is higher. Optimum tilt angle in the conditions of the biggest total solar radiation amount of a year is 18°, in this angle the total amount of radiation is 4 224. 6 MJ/m², 3. 3% higher than the horizontal plane. If it is installed by the best dip and azimuth, the designed capacity of the photovoltaic array 1 500 kWp annual power will generate 1. 32×10⁶ kW · h. The reasonable calculation and application of evaluation index of various components of solar radiation will provide a scientific basis for planning and design of photovoltaic power plants, and provided a sample of similar work in future.

Key words: solar energy resources; Xiannin of Hubei Province; PV power station; optimum tilt angle