

平流层飞艇太阳能电池阵输出性能多因素影响规律

杨希祥^{1,*}, 侯中喜¹, 韩喻¹, 杨洋²

(1. 国防科技大学 空天科学学院, 长沙 410073; 2. 上海空间电源研究所, 上海 200245)

摘 要: 太阳能电池阵是平流层飞艇实现长期驻空的关键分系统之一。基于此, 建立太阳能电池阵曲面铺装模型, 提出高精度的太阳能电池阵输出性能计算方法, 仿真分析纬度、日期、飞艇航向等多类因素对太阳能电池阵输出性能的影响规律。仿真结果表明: 在北半球, 辐照条件较好的夏季, 纬度对太阳能电池阵输出性能的影响相对较小, 秋冬两季, 纬度对太阳能电池阵输出性能的影响较大; 日期对太阳能电池阵输出峰值功率和日输出总电量均存在重要影响, 且中高纬度地区影响更大; 低纬度地区, 航向对太阳能电池阵输出峰值功率的影响很小, 对日输出总电量存在一定影响, 高纬度地区, 航向对太阳能电池阵输出峰值功率的影响与日期有关, 夏季较小, 冬季较大。研究结果为平流层飞艇能源系统设计和总体设计提供了参考。

关 键 词: 平流层飞艇; 太阳能电池阵; 输出性能; 纬度; 日期; 航向

中图分类号: V274; TM91

文献标志码: A

文章编号: 1001-5965(2025)08-2587-07

平流层飞艇是工作在平流层的轻于空气的可控飞行器, 可以在特定区域上空实现月量级长期驻留, 进行高分辨率对地观测, 具有广阔的军民应用前景和巨大的发展潜力, 近年来, 受到航天大国广泛关注^[1-2]。法国的 Stratobus 项目^[3]、美瑞合资的 Sceye 公司的 HAPS 项目^[4]是当前在研的代表性大型长航时平流层飞艇项目。

为实现长期驻空, 平流层飞艇一般采用太阳能电池与储能电池构成再生式循环能源系统, 为螺旋桨推进、任务载荷、飞行控制等分系统供电。能源系统的主要工作模式为: 白天, 由太阳能电池阵进行太阳辐照的光电转换, 提供飞艇工作所需功率, 并利用富余功率为储能电池充电; 夜间, 由储能电池供电; 晨昏, 一般由太阳能电池和储能电池联合供电。

太阳能电池阵发电能力决定了能源系统的供电能力, 准确计算太阳能电池阵产能对于平流层飞艇能源系统设计乃至总体设计至关重要。平流层飞艇

一般采用薄膜太阳能电池, 电池沿飞艇曲面铺装, 发电能力受到飞艇姿态、时间、工作区域地点、铺装位置等多种因素影响, 导致太阳能电池阵产能计算分析较为复杂, 目前国内外相关研究较少。文献 [5-6] 在进行平流层飞艇总体参数设计时采用了近似平面计算方式; 文献 [7-8] 采用数值方法计算了平流层飞艇薄膜太阳能电池阵的发电能力, 分析了外部环境对输出功率的影响, 研究了能源系统的工作策略; 文献 [9] 采用投影法计算了平流层飞艇曲面铺装太阳能电池阵的产能; 文献 [10] 提出了一种基于太阳能电池之间关系计算发电功率与总发电量的方法, 可解决不规则太阳能电池阵产能计算问题; 文献 [11-12] 研究了热效应对太阳能电池阵输出功率的影响; 文献 [13] 研究了平流层飞艇太阳能电池阵的布局优化问题。此外, 文献 [14-16] 研究了长航时太阳能无人机太阳能电池输出性能问题。

本文对平流层飞艇曲面铺装柔性薄膜太阳电

收稿日期: 2022-07-27; 录用日期: 2022-10-10; 网络出版时间: 2023-01-04 10:28
网络出版地址: link.cnki.net/urlid/11.2625.V.20230103.1707.003
基金项目: 湖南省自然科学基金 (2017JJ3590)
* 通信作者. E-mail: nkyangxixiang@163.com

引用格式: 杨希祥, 侯中喜, 韩喻, 等. 平流层飞艇太阳能电池阵输出性能多因素影响规律 [J]. 北京航空航天大学学报, 2025, 51 (8): 2587-2593. YANG X X, HOU Z X, HAN Y, et al. Effect pattern of multiple factors on output performance of solar array for stratospheric airships [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2025, 51 (8): 2587-2593 (in Chinese).

池阵输出性能进行仿真,建立曲面铺装模型,研究太阳电池阵产能的高精度计算方法,分析日期、纬度、飞艇航向等因素对太阳电池阵产能的影响规律。

1 太阳辐照模型

1.1 太阳空间位置

图 1 给出了太阳在地平坐标系中的位置。图中: S 表示天文中的南方, W 表示天文中的西方, Z 表示天顶方向, h 为太阳高度角,在地平面上方为正; a_z 为太阳方位角,正南方为 0° ,左手向西度量。

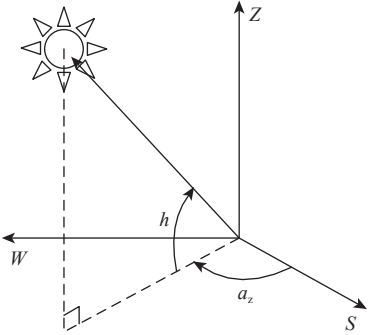


图 1 太阳的空间位置
Fig. 1 Position of the sun

太阳在地平坐标系的空间位置向量可用 h 和 a_z 这 2 个欧拉角进行描述:

$$\mathbf{S_g} = [-\cosh \cos a_z, -\cosh \sin a_z, -\sinh]^T \quad (1)$$

根据太阳在地平坐标系和时角坐标系中的位置关系,可得^[17]

$$\begin{cases} \sinh = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \omega \cos \varphi \\ \cosh \cos a_z = -\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \cos \omega \sin \varphi \\ \cosh \sin a_z = \cos \delta \sin \omega \end{cases} \quad (2)$$

式中: δ 为太阳赤纬,定义为太阳中心与地球中心的连线与地球赤道面的夹角; ω 为太阳时角; φ 为当地纬度。

由于地轴相对公转轨道面的倾角保持不变,致使赤纬随日期变化,可根据式(3)近似计算^[18]:

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

式中: n 为从当年 1 月 1 日起算的天数序列。

由式(2)可推出,方位角 a_z 与时角 ω 有相同的符号,从而得到方位角的计算公式为

$$a_z = \begin{cases} \arccos \left(\frac{-\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \cos \omega \sin \varphi}{\cosh} \right) & \omega \geq 0^\circ \\ -\arccos \left(\frac{-\sin \delta \cos \varphi + \cos \delta \cos \omega \sin \varphi}{\cosh} \right) & \omega < 0^\circ \end{cases} \quad (4)$$

1.2 太阳辐照强度

在垂直于阳光射线的表面上,单位时间内投射到单位面积上的太阳直接辐射能量 I 为

$$I = I_{\text{sun}} \varepsilon \tau_{\text{atm}} \quad (5)$$

式中: I_{sun} 为大气层外的太阳辐照强度,其值为 1367 W/m^2 ; ε 为日地距离修正系数,表达式为

$$\varepsilon = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi n}{365} \right) \quad (6)$$

τ_{atm} 为大气透射率,有^[19]

$$\begin{cases} \tau_{\text{atm}} = 0.5 [\exp(-0.65m_{\text{a,r}}) + \exp(-0.095m_{\text{a,r}})] \\ m_{\text{a,r}} = \frac{P_{\text{a}}}{P_0} \left[\sqrt{1229 + (614 \sin h)^2} - 614 \sin h \right] \end{cases} \quad (7)$$

其中: P_{a} 为实际高度大气压; P_0 为海平面标准大气压。

与文献[9]对比,太阳空间位置和辐照强度计算结果平均偏差不超过 5%,且与文献[20-21]计算结果十分接近。

2 太阳电池阵输出性能计算方法

2.1 太阳电池阵铺装模型

平流层飞艇太阳电池阵由大量组件组成。假定每个组件为近似的平面。平流层飞艇为轴对称的椭球体,从飞艇半径最大处正上方分别沿圆周方向和纵轴(x 轴)方向依次铺装太阳电池组件,每个单体的安装坐标记为 (x_i, α_i) ,如图 2 所示。每个横截圆面圆周上铺装的组件对应的圆心角限定为

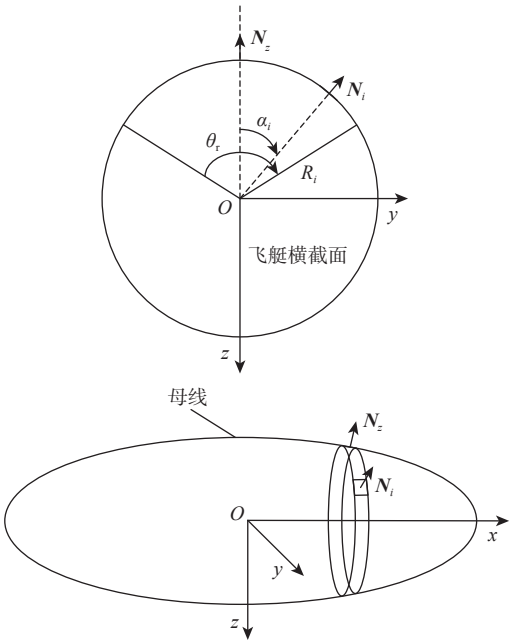


图 2 太阳电池阵铺装模型
Fig. 2 Solar array paving model

θ_r 。对铺装数量进行累加, 计算太阳能电池阵总面积, 当该面积达到规定面积时停止铺排。

图 2 中, R_i 为组件所在横截面圆周的半径, 可由组件纵向坐标 x_i 代入飞艇母线方程得到, α_i 为组件安装角 (组件所在横截面内, 组件与圆心连线与 z 轴负向的夹角), N_i 为组件表面的法向量, 由母线在 xOz 平面的法向量 N_z 绕 x 轴转动角度 α_i 得到。

2.2 太阳能电池阵输出功率计算

太阳能电池阵输入功率计算方法为: 先计算各组

件输入功率, 再进行累加。

为计算组件表面接收的太阳辐照量, 需先计算太阳入射方向向量与组件法向量之间的夹角。由于太阳位置定义是在地平坐标系中, 而组件位置定义是在艇体坐标系中, 需先将太阳方向向量转换到艇体坐标系中。

$$S_a = B_g^a S_g$$

(8)

式中: S_a 为艇体坐标系中的太阳方向向量; B_g^a 为地平坐标系到艇体坐标系的坐标转换矩阵, 可表示为

$$B_g^a = \begin{bmatrix} \cos\psi\cos\theta & \sin\psi\cos\theta & -\sin\theta \\ \cos\psi\sin\theta\sin\phi - \sin\psi\cos\phi & \sin\psi\sin\theta\sin\phi + \cos\psi\cos\phi & \cos\theta\sin\phi \\ \cos\psi\sin\theta\cos\phi + \sin\psi\sin\phi & \sin\psi\sin\theta\cos\phi - \cos\psi\sin\phi & \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix}$$

其中: ψ 为飞艇偏航角, 飞艇头部朝东时为 90° ; θ 、 ϕ 分别为飞艇俯仰角、滚转角。

第 i 个组件法向量与太阳方向向量的夹角为

$$\beta_i = \arccos\left(\frac{N_i S_a}{|N_i||S_a|}\right) = \arccos(N_i S_a)$$

(9)

第 i 个组件的入射辐射功率为

$$P_i = \begin{cases} I_s \cos\beta_i & \beta_i \in [0, 90^\circ) \\ 0 & \beta_i \in [90^\circ, 180^\circ] \end{cases}$$

(10)

式中: s_i 为组件面积。在计算过程中, 当 $\beta_i > 90^\circ$ 时, 表示太阳在组件所在切平面的下方, 组件表面处于背光面, 入射辐射功率为 0。

平流层飞艇太阳能电池阵某个时刻的总输入功率为

$$P_I = \sum_{i=1}^N P_i$$

(11)

式中: N 为太阳能电池组件数量。

平流层飞艇太阳能电池阵某个时刻的总输出功率为

$$P_O = \eta \sum_{i=1}^N P_i$$

(12)

式中: η 为太阳能电池光电转化效率。

3 太阳能电池阵多因素影响规律分析

以长度约 70 m 的平流层飞艇为例, 基于本文建立的仿真模型, 分析太阳能电池阵输出性能及其影响因素, 仿真采用的主要参数如表 1 所示。

3.1 纬度对太阳能电池阵输出性能的影响分析

为分析纬度对平流层飞艇太阳能电池阵输出性能的影响规律, 选取北半球低纬度 ($\leq 30^\circ$)、中纬度 ($30^\circ \sim 60^\circ$) 和高纬度 ($\geq 60^\circ$) 地区 6 个典型地点, 纬

表 1 主要参数

Table 1 Main parameters

参数	数值
飞艇长度/m	70.0
太阳能电池阵面积/m ²	500
太阳能电池组件宽度/m	0.4
飞艇最大直径/m	20.4
太阳能电池光电转化效率	0.08
最大安装角/rad	$\pi/2$

度分别为 15°N 、 30°N 、 45°N 、 60°N 、 75°N 、 85°N , 经度均为 112°E , 对 2022 年 6 月 21 日 (夏至)、7 月 30 日、9 月 23 日 (秋分)、12 月 22 日 (冬至) 的太阳能电池阵输出性能进行仿真。太阳能电池阵日输出功率变化曲线如图 3 所示, 日输出总电量如表 2 所示。

仿真结果表明: ①辐照条件较好的夏季, 纬度对太阳能电池阵输出性能影响相对较小, 除夏至外, 日输出总电量在中低纬度和高纬度形成极大值点和极小值点 (见图 4)。以夏季普通日期 7 月 30 日为例, 自 15°N 至 75°N , 纬度每增加 15° , 日输出总电量变化分别为 3.41%、2.42%、6.2%、6.41%。②辐射条件较差的秋冬两季, 纬度对太阳能电池阵输出性能的影响较大, 高纬度和冬季影响更大, 日输出总电量和输出峰值功率随纬度增高而衰减。自 15°N 至 75°N , 纬度每增加 15° , 秋分日输出总电量分别衰减 11.3%、19.4%、27.34%、36.64%; 冬至日输出总电量分别衰减 28.13%、37.51%、58.74%、100% (至北极圈附近)。

3.2 日期对太阳能电池阵输出性能的影响分析

为分析日期对平流层飞艇太阳能电池阵输出性能的影响规律, 选取 2022 年夏至、秋分、冬至 3 个典

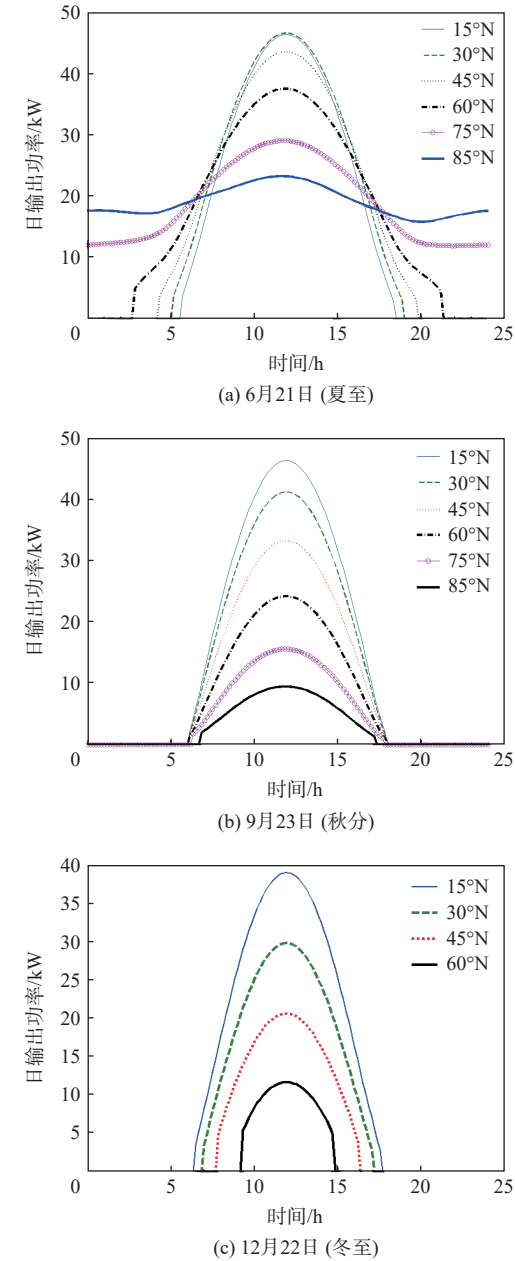


图 3 不同日期太阳电池阵日输出功率
Fig. 3 Daily output power of solar array in different dates

典型日期	太阳电池阵日输出总电量/(kW·h)					
	15°N	30°N	45°N	60°N	75°N	85°N
6月21日	376.8	404.8	413.7	414.1	456.7	459.9
7月30日	375.6	388.4	379.0	355.5	378.3	382.0
9月23日	350.0	310.3	249.8	181.5	115.0	66.9
12月22日	280.1	201.3	125.8	51.9	0	0

型日期, 对 (20°N,112°E), (40°N,112°E), (60°N,112°E) 3 个地区太阳电池阵输出性能进行仿真。太阳电池阵日输出功率变化曲线如图 5 所示, 日输出总电量

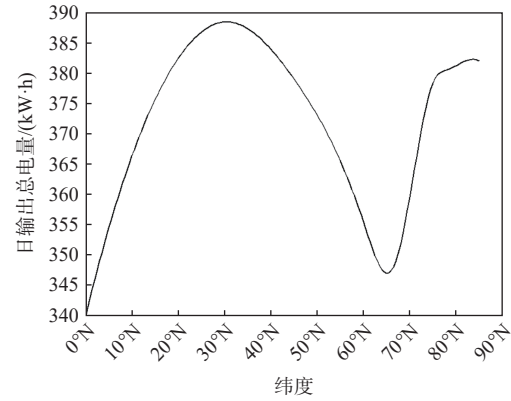


图 4 不同纬度太阳电池阵日输出总电量(7 月 30 日)
Fig. 4 Total daily output power of solar array in different latitudes (July 30)

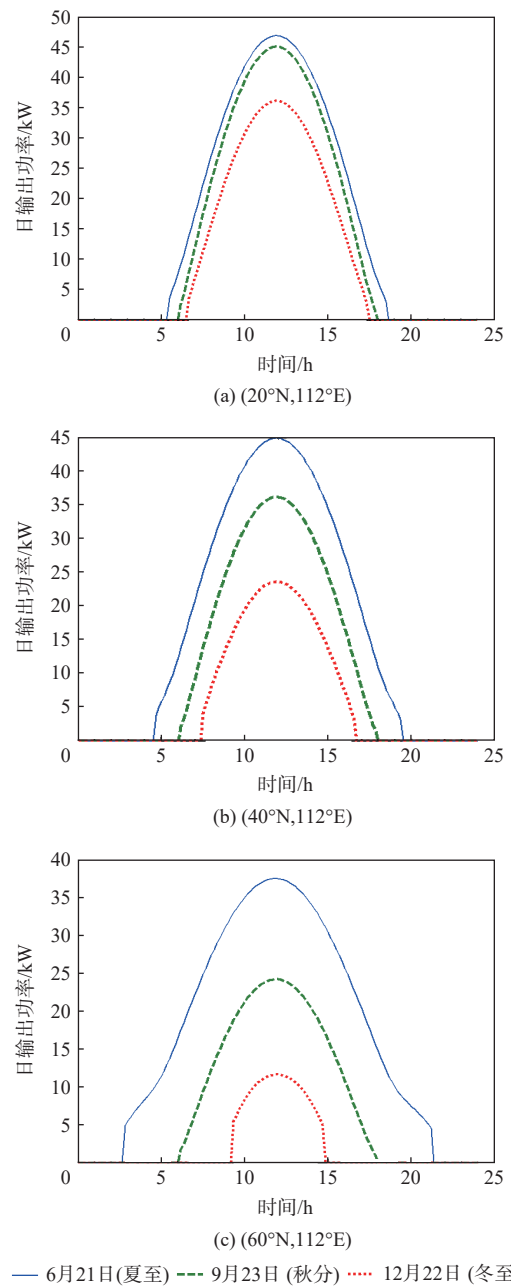


图 5 不同纬度太阳电池阵日输出功率
Fig. 5 Daily output power of solar array in different latitudes

如表 3 所示。

表 3 不同日期太阳能电池阵日输出总电量

Table 3 Total daily output power of solar array on different dates

典型地区	太阳能电池阵日输出总电量/(kW·h)		
	6月21日(夏至)	9月23日(秋分)	12月22日(冬至)
(20°N,112°E)	388.6	339.3	253.9
(40°N,112°E)	412.5	271.9	159.5
(60°N,112°E)	414.1	249.8	51.9

仿真结果表明: ①日期对太阳能电池阵日输出总电量存在显著影响, 且中高纬度地区和秋冬季节影响更大。(20°N,112°E) 地区, 太阳能电池阵日输出总电量, 夏至至秋分、秋分至冬至分别衰减 12.7%、25.17%; (40°N,112°E) 地区, 衰减比例为 34.08%、41.34%; (60°N,112°E) 地区, 衰减比例为 39.68%、79.22%。②日期对太阳能电池阵输出峰值功率存在显著影响, 中高纬度地区影响更大。根据图 5 中的峰值功率情况, 夏至至秋分、秋分至冬至, (20°N, 112°E) 地区衰减比例为 3.91%、19.81%; (40°N,112°E) 地区, 衰减比例为 19.44%、34.7%; (60°N,112°E) 地区, 衰减比例则为 35.43%、51.86%。

3.3 航向对太阳能电池阵输出性能的影响分析

平流层飞艇在临近空间长期驻空工作期间, 主要采取“抵抗风”实现区域驻留, 而 20 km 高度附近以平流层纬向风(东西风)为主, 径向风(南北风)风速很小, 航线飞行以东西向为主。平流层飞艇体积惯量巨大, 且吊舱下置安装, 俯仰和滚转姿态相对稳定。

为分析航向对太阳能电池阵输出性能的影响规律, 选取 (20°N,112°E)、(40°N,112°E)、(60°N, 112°E) 低中高纬度 3 个典型地区, 2022 年夏至、秋分、冬至 3 个典型日期, 对北、东、南、西 4 个航向太阳能电池阵输出性能进行仿真。太阳能电池阵日输出功率变化曲线如图 6 所示, 日输出总电量如表 4 所示。

仿真结果表明: ①中低纬度地区, 航向对太阳能电池阵输出峰值功率的影响很小, 4 个方向输出峰值功率基本相同; 航向对日输出总电量存在一定影响, (20°N,112°E) 地区, 夏至、秋分、冬至各方向最大差值为 4.12%、5.95%、6.26%; 东西航向日输出总电量相同, 南北航向相近。②高纬度地区, 航向对太阳能电池阵输出峰值功率和日输出总电量的影响与日期有关, 夏季较小, 冬季较大, (60°N,112°E) 地

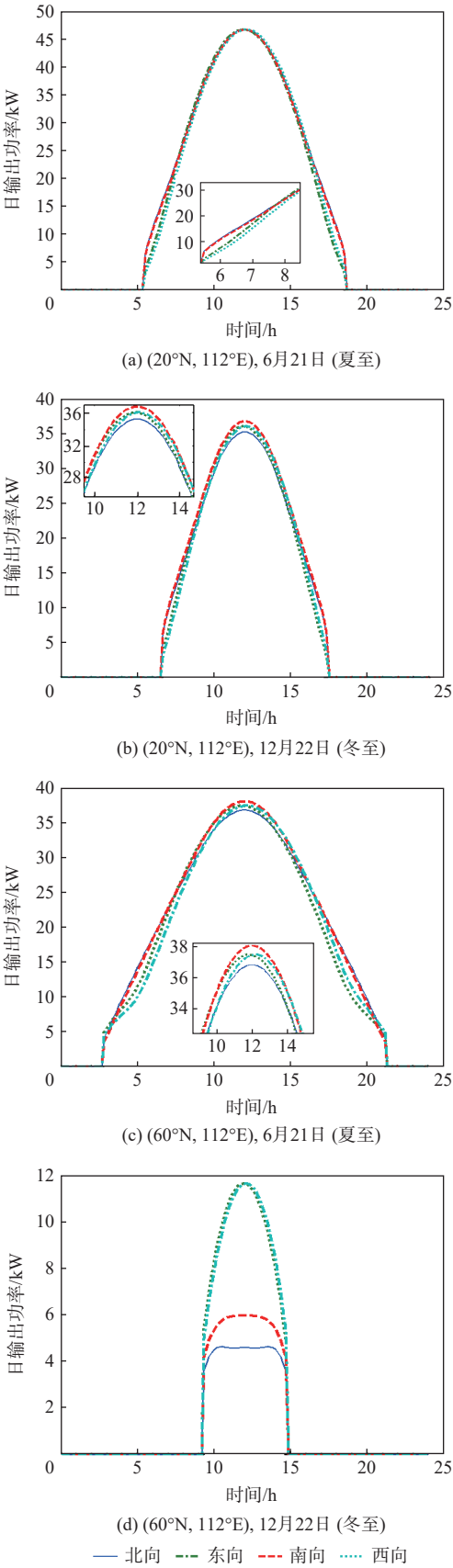


图 6 不同航向太阳能电池阵日输出功率

Fig. 6 Daily output power of solar array for different heading

区, 夏至、秋分、冬至各方向最大差值为 4.9%、12.18%、111.8%。

表 4 不同航向太阳电池阵日输出总电量

Table 4 Total daily output power of solar array in different headings

区域与日期		太阳能电池阵日输出总电量/(kW·h)			
		北向	东向	南向	西向
(20°N,112°E)	6月21日(夏至)	404.6	388.6	400.5	388.6
	9月23日(秋分)	353.8	339.3	359.5	339.3
	12月22日(冬至)	257.3	253.8	269.7	253.8
(40°N,112°E)	6月21日(夏至)	428.9	412.6	429.9	412.6
	9月23日(秋分)	286.9	271.9	297.0	271.9
	12月22日(冬至)	137.3	150.5	149.9	150.5
(60°N,112°E)	6月21日(夏至)	430.2	414.1	434.4	414.1
	9月23日(秋分)	191.4	181.5	203.6	181.5
	12月22日(冬至)	24.5	51.9	30.6	51.9

4 结 论

本文详细分析了地理因素和航向对平流层飞艇太阳电池阵输出性能的影响规律,为平流层飞艇循环能源系统设计和总体设计提供重要参考,主要研究工作和结论如下:

- 1) 建立了平流层飞艇太阳电池阵曲面铺装模型,提出了高精度的太阳电池阵输出性能计算方法,仿真分析了纬度、日期、飞艇航向等因素对太阳电池阵输出性能的影响规律。
- 2) 北半球辐照条件较好的夏季,纬度对太阳电池阵输出性能影响相对较小,除夏至外,日输出总电量在中低纬度和高纬度形成极大值点和极小值点;辐射条件较差的秋冬两季,纬度对太阳电池阵输出性能的影响较大,高纬度和冬季影响更大,日输出总电量和输出峰值功率随纬度增高而衰减。
- 3) 日期对太阳电池阵输出峰值功率和日输出总电量均存在显著影响,且中高纬度地区影响更大;高中低纬度地区,输出峰值功率和日输出总电量均为夏至最高,冬至最低。
- 4) 中低纬度地区,航向对太阳电池阵输出峰值功率的影响很小,对日输出总电量存在一定影响;高纬度地区,航向对太阳电池阵输出峰值功率和日输出总电量的影响与日期有关,夏季较小,冬季较大。

参考文献 (References)

[1] ANDROULAKAKIS S P, JUDY R. Status and plans of high altitude airship (HAATM) program[C]//Proceedings of the AIAA Lighter-Than-Air Systems Technology Conference. Reston: AIAA, 2013.

[2] D'OLIVEIRA F A, DE MELO F C L, DEVEZAS T C. High-altitude platforms-present situation and technology trends[J]. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 2016, 8(3): 249-262.

[3] 杨希祥, 朱炳杰, 邓小龙, 等. Stratobus 平流层飞艇项目研究进展

与仿真分析[J]. *航空学报*, 2021, 42(9): 224579.

YANG X X, ZHU B J, DENG X L, et al. Development status and simulation analysis of stratospheric airship Stratobus[J]. *Acta Aeronautica et Astronautica Sinica*, 2021, 42(9): 224579(in Chinese).

[4] BRYA S M. Company tests high-altitude airship over New Mexico desert[EB/OL]. (2022-06-14)[2022-07-22]. <https://www.newsnation-now.com/business/tech/company-tests-high-altitude-airship-over-new-mexico-desert/>.

[5] OZOROSKI T, MAS K, HAHN A. A PC-based design and analysis system for lighter-than-air unmanned vehicles[C]//Proceedings of the 2nd AIAA Unmanned Unlimited Systems, Technologies, and Operations. Reston: AIAA, 2003.

[6] COLOZZA A. Initial feasibility assessment of a high altitude long endurance airship[R]. Washington, D. C.: NASA Glenn Research Center, 2003.

[7] 郑威, 宋琦, 李勇, 等. 平流层飞艇太阳电池阵发电功率计算及分析[J]. *宇航学报*, 2010, 31(4): 1224-1230.

ZHENG W, SONG Q, LI Y, et al. Computation and analysis of power generated by the solar cell array of a stratospheric airship[J]. *Journal of Astronautics*, 2010, 31(4): 1224-1230(in Chinese).

[8] ZHANG L C, LI J, JIANG Y, et al. Stratospheric airship endurance strategy analysis based on energy optimization[J]. *Aerospace Science and Technology*, 2020, 100: 105794.

[9] 朱炳杰, 杨希祥, 麻震宇, 等. 平流层飞艇太阳电池系统产能分析[J]. *国防科技大学学报*, 2019, 41(1): 13-18.

ZHU B J, YANG X X, MA Z Y, et al. Power analysis of stratospheric airship's solar array system[J]. *Journal of National University of Defense Technology*, 2019, 41(1): 13-18(in Chinese).

[10] 刘乾石, 徐国宁, 李兆杰, 等. 不规则太阳电池临近空间发电模型构建与分析[J]. *太阳能学报*, 2022, 43(7): 73-79.

LIU Q S, XU G N, LI Z J, et al. Research and analysis of irregular solar cells power generation model in near space[J]. *Acta Energiæ Solaris Sinica*, 2022, 43(7): 73-79(in Chinese).

[11] LI J, LV M Y, TAN D J, et al. Output performance analyses of solar array on stratospheric airship with thermal effect[J]. *Applied Thermal Engineering*, 2016, 104: 743-750.

[12] LIU Y, DU H F, XU Z Y, et al. Mission-based optimization of insulation layer for the solar array on the stratospheric airship[J]. *Renewable Energy*, 2022, 191: 318-329.

[13] LV M Y, LI J, DU H F, et al. Solar array layout optimization for stratospheric airships using numerical method[J]. *Energy Conversion and Management*, 2017, 135: 160-169.

[14] KARTHIK REDDY B S, POONDLA A. Performance analysis of solar powered unmanned aerial vehicle[J]. *Renewable Energy*, 2017, 104: 20-29.

[15] DANTSKER O D, THEILE M, CACCAMO M, et al. Integrated power simulation for a solar-powered, computationally-intensive unmanned aircraft[C]//Proceedings of the AIAA Propulsion and Energy Forum. Reston: AIAA, 2021.

[16] RAJENDRAN P, SMITH H. Implications of longitude and latitude on the size of solar-powered UAV[J]. *Energy Conversion and Management*, 2015, 98: 107-114.

[17] FOSTER R, GHASSEMI M, COTA A. Solar energy[M]. Boca Raton: CRC Press, 2010.

[18] JUI S H. Solar energy engineering[M]. Upper Saddle River: Pren-

tice-Hall Inc., 1986.

[19] KERITH F, KERIDER J F. Numerical prediction of the performance of high altitude balloons[R]. Colorado: National Center for Atmospheric Research, 1974.

[20] 王国安, 米鸿涛, 邓天宏, 等. 太阳高度角和日出日落时刻太阳方位角一年变化范围的计算[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(增刊 1): 161-164.

WANG G A, MI H T, DENG T H, et al. Calculation of the change

range of the Sun high angle and the azimuth of sunrise and sunset in one year[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2007, 30(Sup 1): 161-164(in Chinese).

[21] 贺晓雷, 于贺军, 李建英, 等. 太阳方位角的公式求解及其应用[J]. 太阳能学报, 2008, 29(1): 69-73.

HE X L, YU H J, LI J Y, et al. An engineering formula solution for the solar azimuth and its application[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2008, 29(1): 69-73(in Chinese).

Effect pattern of multiple factors on output performance of solar array for stratospheric airships

YANG Xixiang^{1,*}, HOU Zhongxi¹, HAN Yu¹, YANG Yang²

(1. College of Aerospace Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. Shanghai Institute of Space Power-Sources, Shanghai 200245, China)

Abstract: Solar array is a key subsystem for stratospheric airships to achieve long-endurance station-keeping. A curved surface paving model for solar arrays was established, and a high-precision calculation method for the output performance of solar arrays was proposed. The effect patterns of multiple factors, including latitude, date, and heading, on the output performance of solar arrays were simulated and analyzed. Simulation results show that: in the summer of the northern hemisphere with favorable irradiation, the effect of latitude on the output performance of solar arrays is relatively small, while the effect is much greater in autumn and winter. Date has an important effect on the peak output power and total daily output power of solar arrays, especially in regions at middle and high latitudes. In low-latitude regions, the heading has little effect on the peak output power of the solar array, but a certain effect on the total daily output power of the solar array, while in high-latitude regions, the heading’s effect varies with the date, being smaller in the summer and larger in the winter. The findings can provide references for renewable energy system design and the overall design of stratospheric airships.

Keywords: stratospheric airship; solar array; output performance; latitude; date; heading