基于实时风力与阳光的光伏板向阳角度调节算法

# 算法开发背景

海上光伏具有不占用土地资源，且易于向东部沿海区域输送电力，具有很大的发展前景。但海上光伏相关技术发展并不成熟，目前依然有许多技术困难未能很好的解决，例如海上的风载荷作用会使光伏装置出现结构破坏，甚至出现倾覆，影响光伏发电的有效性，同时海水也会对光伏装置产生腐蚀效果。自然界中鸟类在飞行过程中非常平稳，原因是其翼型具有良好的空气动力学性能，现从翼型仿生的角度，提供一种基于翼型仿生的具有良好抗风性能的海上光伏支撑装置，该装置能够利用其翼型仿生构造有效降低风对整体结构的影响。

此装置，包括液压支撑腿、翼型光伏支架、光伏板组件以及相应的连接件。液压支撑腿共有四条，其底部与海上漂浮物相连接，支撑腿上端与转动连接件连接，转动连接件再与翼型光伏支架相连接，光伏板组件放置在翼型光伏板支架的上端凹槽中，通过四个固定连接件与翼型光伏板支架固定连接。液压支撑腿包含固定部分与可调长度部分，固定部分底部有平面底座，上附有两孔，通过螺栓与海上结构物固定；可调长度部分上部附有连接端，连接端上附有一孔，通过螺栓与转动连接件形成不同角度的连接。转动连接件上附有一个转动孔和两个固定孔，转动孔与液压支撑腿连接，固定孔与翼型光伏支架连接。

但是而海浪具有持续、不间断的特性，

## 1.1抗风性能

当光伏板无法及时根据风力调整角度以降低风阻时，将会对整个光伏的结构造成以下的负面影响：

（1）结构稳定性下降：光伏板受到风力作用时，无法及时调整角度以减少风阻，可能导致结构受力不均，进而影响其整体稳定性。风力的持续作用可能会导致结构的扭曲或变形，增加了破坏的风险。

（2）振动和共振：在高风速环境下，光伏板可能会受到风力的激励，导致振动或共振现象发生。这种振动可能会降低结构的稳定性，甚至引发疲劳损伤。

（3）载荷集中：由于无法调整角度以减少风阻，风力会在光伏板表面产生额外的压力和拉力，可能导致一些关键部位的应力集中，增加了这些部位的疲劳风险。

（4）表面损伤和磨损：高速风吹过光伏板表面可能会引起微观磨损和损害，从而逐渐降低光伏板的表面质量。这会影响光伏板的透明性和吸收效率，进而降低能量产量。

（5）材料疲劳和老化：连续的高强度风力会导致光伏板结构材料的疲劳和老化，可能降低其使用寿命，增加维护和更换成本。

## 1.2发电效率

在此光伏装置发电过程中太阳光以一定的角度照射到太阳能电池板上，这个角度被称为太阳照射角。太阳能电池的最大效率通常在垂直于太阳光照射的情况下达到，也就是说，太阳光直接照射到太阳能电池板上时效率最高。

然而，在该装置实际应用中，由于海浪的影响，各个浮点单元始终在自适应波浪的过程中，无法保证太阳光尽可能接近垂直的角度照射到浮点单元上。当浮点单元偏离垂直太阳照射角度时，光线将以更倾斜的角度击中太阳能电池板，这将会导致以下影响：

（1）减弱光强度：光线以斜角照射到太阳能电池板上时，单位面积上的光能会减弱，从而降低了电池的输出功率。

（2）增加反射和折射损失：斜角照射会增加光线在表面的反射和折射损失，减少了光能的利用率。

（3）降低电池效率：太阳能电池的效率会随着太阳照射角度的变化而变化。通常来说，照射角度越接近垂直，电池的效率就越高。

# 太阳能光伏板向阳角度调节算法

## 2.1风速风向实时获取方案

（1）数据获取设备选择：

风速计：选择高精度、可靠的数字风速计，能够提供数字信号输出以便接入数据采集系统。

根据设备部署地域实际条件考虑额外安装防护罩或者遮阳罩，以保护风速计免受恶劣天气和环境的影响。

风向计：选购高精度的风向计，选择便于收集实时数据的电子风向计等。

（2）风力设备安装条件：

安装位置：选择一个较为空旷的位置，以避免遮挡和干扰，确保设备能够充分暴露在风中，能够准确收集到实时信息。且根据气象学要求，风速计的安装需距离地面一定高度，已排除杂流的干扰。

安装位置定位：使用水平仪等工具确保设备水平安装，以保证测量的准确性。

电源供应：确保风速计和风向计的电源供应稳定，可以选择太阳能供电或接入稳定的电网。

（3）实时数据获取：

接口连接：风速计和风向计通常会提供模拟电压或数字信号输出，根据设备规格选择合适的接口进行连接。

数据处理：使用相应的转换公式或者参考设备手册将读取的数据转化为实际的风速和风向数值。

数据记录：使用数据采集设备或计算机接口将实时获取的风速和风向数据记录下来。

（4）设备安全监控和维护

实时监控：将探测设备连接到一个监控系统或者设定警报阈值，当风速或风向超出设定范围时触发警报，以减少设备损伤的可能。

定期维护：定期检查连接线是否有松动、传感器是否受到污染等，保证设备的正常运行。

定期校准：根据设备厂商的建议，定期对风速计和风向计进行校准，以保证数据的准确性。

注意事项：设备的工作环境要符合厂商规定的工作条件，避免过于恶劣的天气条件影响数据准确性。记录和备份实时获取的数据，以便后续的分析和参考。

## 2.2风阻模型

以下为一个表示空气动力学中的阻力公式：

在此式中，Raa为空气阻力（N）; Caa为空气阻力系数；为空气的质量密度，可取1.226 kg/m 3; At为光伏板在横剖面上的投影面积（m2); va为空气对光伏板的相对速度（m/s）; ，这里uw为风速（即探测获得的风速）；为风速uw与光伏板vs之间的夹角。

def calculate\_drag\_force(C\_aa, A\_t, v\_a):

# 给定空气密度

rho\_a = 1.226 # kg/m³

# 计算阻力

R\_aa = 0.5 \* C\_aa \* rho\_a \* A\_t \* v\_a\*\*2

return R\_aa

# 用户输入

C\_aa = float(input("请输入空气阻力系数 C\_aa："))

A\_t = float(input("请输入横截面积 A\_t (平方米)："))

v\_a = float(input("请输入相对空气速度 v\_a (米/秒)："))

# 调用函数计算阻力

result = calculate\_drag\_force(C\_aa, A\_t, v\_a)

# 输出结果

print(f"物体在给定条件下受到的阻力为 {result} 牛顿")

通过此程序计算可获得当前光伏板所受的风阻。

## 2.3太阳效率

1. 太阳高度角

其中为当地纬度，北纬为正；w为太阳时角

其中ST为当地时间，为太阳赤纬角

其中D为以春分作为第0天起算的天数，例如，若春分是3月21日，则4月1日对应D=11。

2.法向直接辐射辐照度DNI（单位：kW/m2）是指地球上垂直于太阳光线的平面单位面积上、单位时间内接收到的太阳辐射能量，可按以下公式近似计算

其中G0为太阳常数，其值取为1.366kW/m2,H为海拔高度（单位：km)。

import math

def calculate\_DNI(G0, H, phi, ST, D):

# 计算a, b, c

a=0.4237-0.00821\*(6-H)\*\*2

b=0.5055+0.00595 \* (6.5-H)\*\*2

c=0.2711+0.01858\*(25-H)\*\*2

# 计算δ

delta=math.asin(math.sin(math.radians(2\*math.pi\*D/365))\*math.sin(math.radians(23.45)))

# 计算ω

w=math.pi/12\*(ST-12)

# 计算sinα\_s

sin\_alpha\_s=math.cos(delta)\*math.cos(math.radians(phi)) \* math.cos(w) + math.sin(delta) \* math.sin(math.radians(phi))

# 计算DNI

DNI = G0 \* (a + b \* math.exp(-c / (math.sin(math.asin(sin\_alpha\_s)))))

return DNI

# 用户输入

G0 = 1366 # 太阳常数，单位为W/m²

H = float(input("请输入海拔高度（单位：km）："))

phi = float(input("请输入当地纬度（北纬为正）："))

ST = float(input("请输入当地时间（24小时制）："))

D = float(input("请输入以春分作为第0天起算的天数："))

# 调用函数计算DNI

result = calculate\_DNI(G0, H, phi, ST, D)

# 输出结果

print(f"直接法辐射（DNI）为 {result} W/m²")

通过此程序计算可获得当前时间垂直于太阳光线的平面单位面积上、单位时间内接收到的太阳辐射能量。

## 2.4模型综合权重因子

此为关于光伏板角度的风阻计算公式

此为光伏板向阳角度的辐射度计算公式

因两模型的物理意义不相同，无法直接引入权重因子比较，所以需要先将两模型的结果分别归一化。

（1）风阻模型：参考值取光伏板最大可承受阻力（经风洞试验测试）

(2)辐射度模型：参考值取太阳最大辐射度

而当进行工程设计或性能评估时，综合考虑风阻和阳光两个因素至关重要。在实际情况下，用户可以根据具体项目的需求和环境条件，灵活地调整这两个因素的权重。因此，通过合理地调整风阻和阳光的权重因子，可以使设计和规划更加符合实际情况，从而实现最佳的工程效果。这种灵活性有助于确保项目在各种环境下都能够达到预期的性能水准。

得到最终目标函数：

其中为权重因子。

## 2.4模型最优化

import scipy.optimize as opt

import numpy as np

# 用户输入需要优化的函数

user\_function = input("请输入需要优化的函数（使用 'x' 作为变量）：")

# 定义目标函数

def target\_function(x):

return eval(user\_function)

# 使用scipy的minimize函数来最大化目标函数

result = opt.minimize(lambda x: -target\_function(x), x0=0, bounds=[(-10, 10)])

# 输出结果

if result.success:

max\_value = -result.fun

max\_x = result.x[0]

print(f"最大值为 {max\_value}，取得于 x = {max\_x}")

else:

print("未能找到最大值")

输入最终的目标函数，通过最优化函数找到实时的最佳角度。

# 算法创新点

（1）使用多目标模型得到最优化角度：综合性能评估：此方案使用的多目标模型可以同时考虑风与阳光两个目标函数，从而提供了对系统综合性能的全面评估。这有助于找到在多个方面都具有良好表现的解决方案，而不是仅关注单一目标。平衡权衡：多目标模型允许在不同目标之间进行权衡和平衡，而不是只追求某个单一目标的最优解。这对于在现实问题中取得可行和可接受的解决方案非常重要。解空间的探索：多目标模型可以探索更广泛的解空间，因为它不会被单一目标的优化目标所限制。这有助于发现更多可能的解决方案。适应性强：多目标模型通常在处理复杂、多变量的问题时比单一目标模型更具适应性。它们可以处理多个相互关联的目标和约束，从而更好地模拟现实世界的复杂性。

（2）引入模型综合权重因子：最大化能量产量：光伏板的角度调整可以根据实时的风力和阳光条件来最大化能量产量。通过根据实际情况灵活调整角度，可以使光伏板始终处于最佳的工作状态，从而获得最高的能源利用效率。提高系统的稳定性：通过灵活调整光伏板角度，可以使其在不同天气和气候条件下保持稳定，减少了外部环境因素对系统性能的影响。应对复杂多变的环境：特别是在海岸、山区等复杂地形或变化多端的环境中，可灵活调整的影响因子可以使光伏系统更好地适应不同条件下的工作环境。优化光伏系统的设计和布局：考虑到风和阳光的因素，可以在设计和布局阶段就考虑到光伏板的灵活调整，从而更好地优化整体系统的性能。

# 算法优点

（1）太阳能发电效率得到有效提高：

智能太阳能光伏板朝向调节算法可以根据实时的气象和光照条件，自动调整光伏板的朝向，使其始终保持最佳的太阳辐射接收角度。这样做可以最大限度地利用阳光的能量，将其转化为电能，从而提高太阳能发电效率。特别是在季节变化或者天气条件不断变化的情况下，该算法能够保证系统一直处于最佳工作状态。

（2）提高系统抗风性

智能算法可以根据实时的风速和风向数据来调整光伏板的朝向，以降低风的作用对系统的影响。在风速较大或者突然增大的情况下，可以及时调整光伏板的朝向，降低其受到的风载荷，保证系统的安全稳定运行。

（3） 智能化运营和管理

通过智能调节算法，系统可以根据实时的气象和光照条件，自动调整光伏板的朝向，无需人工干预。这使得系统的运营和管理更加智能化，大大降低了人工维护的成本和工作量。同时，算法还能够根据历史数据和预测信息，提前做出相应的调整，以确保系统在不同气象条件下都能够高效运行。

（4）适应不同地区和场景

智能调节算法可以根据不同地区和场景的气象和光照条件将风阻与阳光模型的影响因子进行调整，以满足不同环境下的太阳能发电需求。例如，在极地地区可能需要优先考虑抗寒和抗风能力，而在炎热的沙漠地区则可能需要更注重散热和抗风能力。

（5）降低光伏系统的运维成本

智能算法可以实现系统的自动化运营和管理，减少了人工干预的需求，降低了运维成本。同时，通过实时监测系统状态和性能，可以提前发现问题并进行预防性维护，避免了突发故障的发生，减少了维修成本和停机时间。

该智能算法通过达到以上优点以实现可持续发展目标，即通过提高太阳能发电效率，可以大幅度减少对传统化石能源的依赖，推动可再生能源在能源结构中的比重不断增加。这符合全球范围内可持续发展的目标，对于减缓气候变化、保护环境等方面具有积极的影响。

# **算法应用前景**

该基于实时风力与阳光条件的光伏板向阳角度调节算法应用前景良好，除应用在海上光伏系统，还可广泛应用在以下产业，以实现各产业链的自动化与智能化，以下为详细的应用实例：

（1）智能建筑和绿色建筑

在智能建筑领域，该算法可以用于：

1.自动化照明调节：根据实时光照条件，智能调节建筑内部的照明系统，最大化利用自然光线，降低人工照明的能耗，从而实现节能减排的目的。

2.智能窗帘控制：根据太阳位置和光照强度，智能控制窗帘的开合，以保持室内舒适度，降低空调系统的运行负荷。

（2）农业和农业自动化

在农业领域，该算法可以用于：

1.智能温室控制：根据实时气象条件和光照情况，智能控制温室内的温度、湿度和光照，提高作物的生长效率。

2.自动化灌溉系统：根据实时气象数据，智能控制灌溉系统的运行，合理利用雨水资源，降低水资源的浪费。

（3）城市规划和能源规划

在城市规划中，该算法可以用于：

1.建筑能源优化设计：根据城市气象条件和太阳轨迹，优化建筑群的朝向和外立面设计，最大程度地利用自然光和太阳能。

2.智能能源系统集成：将智能调节算法应用于城市能源系统，实现能源的智能分配和调度，提高城市的能源利用效率。

（4）环保和可持续发展

在环保和可持续发展方面，该算法可以用于：

1.推动可再生能源应用：通过提高太阳能发电效率，促进可再生能源在能源结构中的比重增加，降低对传统化石能源的依赖。

2.减缓气候变化：通过最大化利用太阳能资源，降低温室气体排放，为减缓气候变化作出积极贡献。