

摘要

这里是摘要

1 问题重述

1.1 问题背景

塔式太阳能光热发电作为一种低碳环保的清洁能源技术，其对我国“可持续发展”战略有着重大意义。定日镜是一种由平板反射镜、镜架、跟踪传动机构机器控制系统等组成的聚光装置。发电站中心塔周围分布着上千个定日镜，称为镜场，镜场之中的定日镜数量庞大，于是开发定日镜镜场的光学效率的计算和优化成为了重要课题。

1.2 问题重述

塔式太阳能光热发电站由中心塔和其顶部的集热器和其周围的定日镜组成。定日镜水平转轴和纵向转轴能够控制俯仰角，两个转轴的交点是定日镜的镜面中点。定日镜的安装高度是镜面中点和地面的距离。定日镜的作用是将太阳光反射到中心塔的集热器。定日镜正常运作时，其能够将太阳中心发出的光线反射到集热器中心。

以中心为东经 98.5° ，北纬 39.4° ，海拔 3000 m ，半径 350 m 的区域内建设定日镜场。

问题 1 对于每一个定日镜设定镜面尺寸为 $6\text{ m} \times 6\text{ m}$ ，安装高度为 4 m ，在附件之中给出所有定日镜中心的位置，要求给出在此设置之下，镜场的年平均光学效率、年平均输出热功率、单位镜面积年平均输出热功率。所得结果填入表格。

2 符号说明

3 模型假设

本文根据题意以及合理推断，做出下面模型假设：

1. 不考虑定日镜镜面面型精度造成的误差
2. 假设每月 21 日各个时间段的天气情况良好，光线充足
3. 假设镜场场地地面平坦
4. 假设镜面反射率为 92%
5. 假设吸收塔集热器吸收光线的能量和射到集热器的光线角度之间没有关系
6. 假设测试年份并不是闰年

4 问题分析

为了得到年平均输出热功率，镜场的年平均光学效率，需要先得到每个定日镜的年平均光学效率，为此在当地时间每个月的 21 日的 $9:00$ 、 $10:30$ 、 $12:00$ 、 $13:30$ 、 $15:00$ 每个定

日镜的光学效率，以此得到年平均光学效率。为了计算定日镜的光学效率，需要确定阴影遮挡效率，余弦效率，大气透射率，集热器截断效率，以及镜面反射率。

其中余弦效率是由镜面法向和太阳入射光未必平行所造成的影响造成的，大气透射损失是太阳光在大气中传播时大气中的粉尘、颗粒所造成的影响。阴影损失有三种因素造成 1) 中心塔投射到平面镜上造成的阴影；2) 入射太阳光被相邻定日镜所遮挡造成的阴影；3) 定日镜反射的太阳光线被相邻定日镜所遮挡导致的挡光。截断损失是由反射光线并未射到集热器上导致的损失。

为了得到阴影遮挡效率，需要知道在给定了时间的情况下，对于定日镜上的任意一个点是否会被阴影遮挡。需要按顺序确定上面三种因素是否会造成遮挡：根据时间确定太阳入射角度、反射光角度，检测入射光线是否和中心塔、相邻定日镜有交点，检测反射光线是否和相邻定日镜有交点。

为了测量截断效率，需要考虑入射反射光线都是光锥，计算定日镜上某点反射的光斑射到集热器上的面积比值。

4.1 问题 1

根据题意，所有定日镜的位置、安装高度、镜面尺寸已知，要求算出此设置之下镜场的年平均输出热功率、镜场的年平均光学效率，为此，本文拟采用蒙特卡洛方法计算阴影遮挡效率和集热器阶段效率，进而得到定日镜的光学效率，得出整个镜场的光学效率，随后根据法向直接辐射辐照度 DNI 计算公式、输出热功率公式得出答案。

5 模型建立和求解

5.1 问题 1

5.1.1 模型准备

太阳高度角和太阳方位角

法向量

阴影遮挡

6 模型评价