

文章编号: 1008-8857(2010)02-0117-05

沙漠太阳能热风发电技术及其应用

陈义胜^{1,2}, 杨燕¹, 魏毅立², 杨靖辉¹, 田艳荣¹

(1. 内蒙古科技大学 能源与环境学院, 包头 014010; 2. 内蒙古科技大学 新能源发电研究所, 包头 014010)

摘要: 通过对内蒙古乌海金沙湾地区的地理环境和太阳能资源的分析, 说明了太阳能热风发电站在该地区建设具有可行性。介绍了乌海金沙湾沙漠太阳能热风发电实验电站的建设情况。此项目对于新能源开发具有重要意义, 实现了商业化太阳能热风发电站的建设, 弥补多年太阳能热风电站只停留在理论阶段的空缺, 推动太阳能热风发电技术的快速发展。

关键词: 太阳能热风发电站; 热气流; 清洁能源

中图分类号: TK519

文献标识码: A

近几十年来, 世界各国对发展以太阳能为代表的新能源越来越重视^[1,2], 太阳能发电技术得以迅速发展, 各种新技术也迅速应用到太阳能发电系统中。太阳能热风发电技术是一种大规模利用太阳能的无污染可再生能源应用新技术, 是解决目前世界能源危机和环境危机的有效途径之一。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中也把太阳能热发电技术作为重点研究技术之一^[2]。但是由于工艺、材料、部件及相关技术未得到根本解决, 国家相关政策及研发导向重视程度不够, 研发经费不足, 使热风发电项目的研发相对滞后。

中国太阳能资源丰富, 三分之二以上国土具有开展太阳能发电较好的资源条件, 但是太阳能资源密度低, 要想利用太阳能发电来改善中国的能源结构、解决能源危机, 只有占用大量的土地资源。由此可见, 建设大型太阳能电站不仅需要良好的光照资源, 还需要广阔的土地资源。所以利用巨大的荒漠资源发展太阳能并网发电成了专家们的共识。

内蒙古地区太阳能资源丰富, 也具有大面积的沙漠、荒滩可供开发利用。为此, 在内蒙古乌海金沙湾地区兴建了一座 200 kW 的太阳能热风实验示范电站。

1 太阳能热气流发电原理

太阳能热气流发电的构想是在 1978 年由德国 J. Schlaich 教授首先提出的^[3]。太阳能热气流发电系统主要由太阳能集热棚、导流塔囱和涡轮发电机组三部分组成(见图 1)。集热棚用钢支架支撑, 其上铺盖玻璃、薄膜等透明材料, 形成一个巨大的太阳能收集器。集热棚四周与地面

收稿日期: 2009-11-24

作者简介: 陈义胜(1960-), 男(汉), 教授, zqyangyan022@163.com

基金项目: 自治区科技创新引导奖励资金(20071914); 内蒙古应用技术与开发计划

留有一定的间隙,集热棚下是用土壤、砂、石等材料做成的蓄热层^[4]。大约90%的太阳可见光以短波辐射并透过透明的集热棚,被棚内蓄热介质吸收,将能量存储于蓄热介质内。与此同时,蓄热介质向上发射长波辐射,而集热棚的透明介质能够很好地阻隔地面发出的长波辐射,形成温室效应,实现与集热棚内空气换热。空气被加热,密度减小,小于外界环境同高度处的空气密度,再加上棚中央的高耸的塔囱从而产生了系统抽力,因此形成强烈的上升气流。强烈的上升气流推动安装在塔囱底部的涡轮机旋转而带动发电机发电。

整个系统将太阳能收集存储起来转化为空气流动所需的动能(机械能)再转换为电能,因此,太阳能热气流发电系统是一个有效捕集和贮存太阳能的系统。

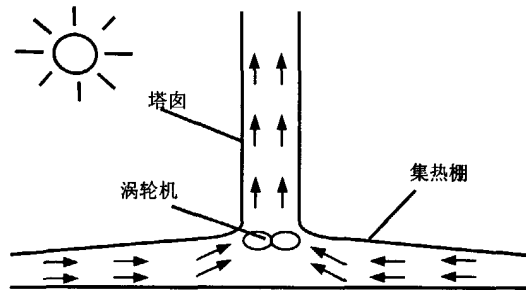


图1 太阳能热气流发电示意图

Fig. 1 Schematic of a solar chimney power plant

2 乌海地区地理环境和太阳能资源

2.1 地理环境

本太阳能热风发电站位于内蒙古自治区乌海市的金沙湾沙漠。乌海市位于内蒙古自治区西南部,东经106.36°至107.05°、北纬39.15°至39.52°之间,鄂尔多斯高原毛乌素沙漠西部,乌兰布和沙漠的东南边缘。东邻鄂尔多斯市、西连阿拉善盟,北与巴彦淖尔市接壤,南与宁夏回族自治区石嘴山毗邻。金沙湾生态旅游区位于乌海市政府所在地海勃湾城区北10 km,机场东3 km,占地面积 $2.0 \times 10^7 \text{ m}^2$,与110国道、机场路、京藏高速公路相连。奔腾不息的黄河水像一条彩带紧系在它的胸前。其间有县级公路相通,场址区域大部分为沙漠,表面植被稀疏,地势平坦稍有起伏,平均海拔高度为1400 m。

乌海市属于温带半干旱与干旱地带的大陆性气候,大陆度为70,干燥度接近4,年平均气温9℃以上,极端最热与极端最冷的温差达72℃,年平均降水量接近170 mm,65%~70%的降水量集中在夏季,蒸发量在3500 mm左右,是降水量的21倍,年平均风速在 $3.1 \sim 4.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据太阳能热风发电站的特点,该地区适合建造太阳能热风发电站。

2.2 太阳能资源

据太阳能热气流发电站较近的气象站是乌海气象站,其采集到的气象资料如表1~3所示。

由表1可看出,乌海市曾出现极端最高气温达40.2℃,极端最低气温-36.6℃。可见一年内温度变化范围之大,而且在同一日内的温差也能达到10℃以上。

1985~2005年乌海市年日照时数统计结果如表2所示。由表中可见,乌海市年日照时数大于3000 h,太阳能资源和当地的日照时数关系密切,日照时数越多说明当地太阳能资源越丰富。该区处于太阳能资源储量一类地区和二类地区之间。因此乌海市属于太阳能资源丰富地区。

表1 近十年的乌海市年平均气温统计表

Table 1 Annual average temperature in the previous decade in the city of Wuhai

年份	平均气温/°C	备注
1985	9.1	以每年的7月份最高, 每年的1月份最低
1995~1997	平均 9.9	比历年平均偏高
1998~1999	11.2	比历年平均偏高 1.8 到 1.9°C, 是乌海市有气象记录以来年平均气温最高的两年
2002~2003	平均 9.6	极端最高气温 40.2°C, 极端最低气温-36.6°C, 年平均接受太阳辐射能 $4.522 \times 10^6 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
2004	9.7	比历史平均值(均值为9.6°C)高0.1°C
2005	9.6	历史平均水平

表2 近十年乌海市年日照时数统计表

Table 2 Annual sunshine hours in the previous decade in the city of Wuhai

年份	年日照时数/h	备注
1985	3 137	以每年的7月份最高, 每年的1月份最低。
1997~1998	3 160.6	1997年、1998年日照时数分别为3 315.2 h、3 005.9 h, 冬季日照时数655.1 h、615.7 h; 春季日照时数910.8 h、743.6 h; 夏季日照时数940.6 h、948.8 h; 秋季日照时数808.7 h、787.8 h
2002~2003	3 141.8	极端最高气温40.2°C, 极端最低气温-36.6°C, 年平均接受太阳辐射能 $6.522 \times 10^6 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$
2004	3 218.2	比历年均值多82.8 h, 日照百分率为73%
2005	3 159.8	日照百分率为71%, 与历年年均相同

表3 1994~2005年乌海最高气温统计表

Table 3 Maximum temperatures in the city of Wuhai from 1994 to 2005

年份	最高气温/°C	备注
1994~1996	37.8	1994~1996年极端最高气温为37.8°C, 出现在1995年的7月8日, 极端最低气温为零下19.6°C, 出现在1994年的12月21日, 均未达到历年极值
1999~2000	40.2	1999年7月28日, 历史最高
2001~2002	39.1	极端最高气温39.1°C, 出现在8月4日; 极端最低气温-23.6°C, 出现在12月27日, 成为乌海市近十年来的最冷日, 受不断南下的强冷空气影响, 当年冬季也成为近十年来最冷的季节
2003	36.4	极端最高气温为36.4°C, 出现在7月25日
2004	36.3	极端最高气温为36.3°C, 出现在7月2日
2005	39.1	极端最高气温为39.1°C, 出现在6月21日

1994~2005年乌海市最高气温统计结果见表3。从表中可见, 近十年来乌海沙漠区最高气温达40.2°C, 出现在7月份。通常7月份是乌海市温度最高的月份, 也是太阳辐射最强的月份。图2是各月份太阳辐射强度和月平均气温的变化。该地区太阳辐射照度最高可达 $600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

资料数据表明, 乌海市属于暖温带大陆性气候, 四季分明, 冬寒夏热。降雨量少, 蒸发

强烈。昼夜温差大,最高气温 40.2°C ,最低气温 -36.6°C ,无霜期长,年平均无霜期 $156\sim 165\text{ d}$ 。日照时间长,年日照时数为 $3\ 000\text{ h}$ 以上,太阳能资源丰富,尤其是沙漠地区日照时间长,太阳能辐射强度高。

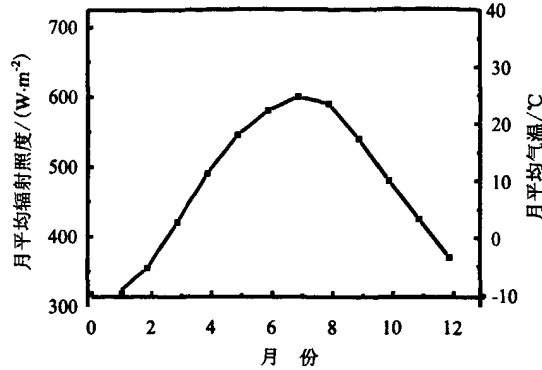


图2 各月份太阳辐射强度和月平均气温的变化

Fig. 2 Monthly solar-radiation intensity and average temperature

3 乌海市金沙湾地区建造太阳能热风发电站的优势条件

能量密度低、日照波动大是太阳辐射的基本特征,也是人类在大规模开发和利用太阳能时难以逾越的障碍。乌海金沙湾对于建设太阳能热风发电站具有独特的优势:

- (1) 能源充足,日照时间长。
- (2) 沙漠资源丰富,所需的蓄热介质沙子可就地解决。
- (4) 施工方法和建筑材料均可在当地获得,建筑材料只需玻璃、水泥和钢材等。
- (5) 地理环境优越,交通便利。

(6) 拥有得天独厚的气候条件,属温带大陆性干旱气候区,全年多风少雨,有利于提高气流速度。

因此,乌海金沙湾沙漠地区沙漠适合建造太阳能热风发电站。

4 太阳能热风发电示范电站技术的应用

目前乌海金沙湾地区正在投建一座 200 kW 太阳能热风发电站。其工程规划装机容量为 27.5 MW ,总共占沙漠 $2.78\times 10^4\text{ m}^2$,总投资 13.8 亿。工程分三期进行,第一期工程 2009 年 5 月~ 2009 年 12 月,建设 200 kW 太阳能热风发电示范项目,占沙漠 $4.0\times 10^4\text{ m}^2$,投资 $1\ 000$ 万元;第二期工程 2010 年 2 月~ 2011 年 12 月,建设 2.2 MW 太阳能热风发电系统,占沙漠 $2.2\times 10^5\text{ m}^2$,投资 1.1 亿元;第三期工程 2012 年 1 月~ 2013 年 12 月,建设 25.1 MW 太阳能热风发电系统,占沙漠 $2.51\times 10^4\text{ m}^2$,投资 12.6 亿元。

该 200 kW 太阳能热风发电站的集热棚呈椭圆状布置,其面积为 $6\ 170\text{ m}^2$ 、集热棚出口面积为 251.4 m^2 ,塔筒高度为 53 m ,塔筒直径为 18 m 。以当地沙子为吸热和储能材料,在巨大太阳能集热棚的中央建造竖直塔筒,塔筒底部设有热风通道,内部安装涡轮发电机组,太阳能集热棚透明盖板采用钢化玻璃。该系统还结合风力发电。当有风时,打开迎风门,自动调节进风量,风力提高了涡轮机的驱动力,可直接利用太阳能和风能同时发电。

乌海金沙沙漠太阳能热风发电示范电站将成为世界首家沙漠太阳能热风发电示范电站。

该电站的建设不仅开辟了太阳能发电的新途径,而且具有重要的现实意义。

(1) 该太阳能热风发电站只占用沙漠和荒地,不需征用有限的耕地,不会同粮食和果蔬生产发生冲突。

(2) 该发电项目将大片的沙漠覆盖,是减少沙尘的有效方法,有利于防沙治沙工作推进,改良气候和改善生态环境,提高环境效益。

(3) 底部隔水设计,可减少沙漠蒸发量,雨水收集系统可灌溉,绿化部分沙漠,加速提高当地空气质量。

(4) 太阳能热风发电站运行时无需水,排出的是清洁空气,不会产生任何污染,环保性能好,能改善当地的生态环境,而且涉及的规模越大,社会效益越显著。

所以,此项目的研发对于新能源开发具有重要意义。利用可再生能源发电,缓解能源危机,为替代常规能源发电开辟道路;促进改善沙漠生态环境,减少政府用于沙漠治理的费用,实现环境和经济效益的双丰收;实现商业化太阳能热风发电站的建设,弥补多年太阳能热风发电站只停留在理论阶段的空缺,推动太阳能热风发电技术的快速发展。

参考文献:

- [1] 张华,张静敏,黄惠兰,等. 太阳能热风发电系统的空气集热器试验装置的研制[J]. 上海理工大学学报, 2007, 29(4): 383-385.
- [2] 杨家宽,李劲,肖波,等. 太阳能烟囱发电新技术[J]. 太阳能学报, 2003, 24(4): 565-570.
- [3] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要[EB/OL]. http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm, 2006-02-09.
- [4] SCHLAICH J. *The solar chimney: electricity from the sun*[M]. Geislingen: Maurer C, 1995.
- [5] 明廷臻,刘伟,程时杰. 一种新型的太阳能发电技术[J]. 电网与水力发电进展, 2008, 24(6): 1-5.

Solar hot air-flows power generation and its application in Wuhai of Inner Mongolia

CHEN Yisheng^{1,2}, YANG Yan¹, WEIYili², YANG Jinghui¹, TIAN yanrong¹

(1. School of Environment and Energy, Inner Mongolia University of Science and Technology, BaoTou 014010, China; 2. Institute of New Energy Power Generation, Inner Mongolia University of Science and Technology, BaoTou 014010, China)

Abstract: Based on an analysis of the geographical conditions and solar-energy resources in the Golden Bay region in Wuhai of Inner Mongolia, the feasibility of constructing a solar hot air-flows power generating system was illustrated. The construction of a pilot power plant of this type in Wuhai was described. The implementation of this project is of great significance for the development of new energy resources and the commercialization of power generating systems of this type and will help us to promote the rapid development of the solar hot air-flows power generation.

Key Words: solar hot air-flows power generation; hot air-flows; clean energy

作者: [陈义胜](#), [杨燕](#), [魏毅立](#), [杨靖辉](#), [田艳荣](#), [CHEN Yisheng](#), [YANG Yan](#), [WEIYili](#),
[YANG Jinghui](#), [TIAN yanrong](#)

作者单位: [陈义胜, CHEN Yisheng \(内蒙古科技大学, 能源与环境学院, 包头, 014010\)](#); [内蒙古科技大学, 新能源发电研究所, 包头, 014010](#)), [杨燕, 杨靖辉, 田艳荣, YANG Yan, YANG Jinghui, TIAN yanrong \(内蒙古科技大学, 能源与环境学院, 包头, 014010\)](#), [魏毅立, WEIYili \(内蒙古科技大学, 新能源发电研究所, 包头, 014010\)](#)

刊名: [能源研究与信息](#)

英文刊名: [ENERGY RESEARCH AND INFORMATION](#)

年, 卷(期): 2010, 26(2)

被引用次数: 0次

参考文献(5条)

1. [张华, 张静敏, 黄惠兰, 卢峰](#) [太阳能热风发电系统的空气集热器试验装置的研制](#) 2007(4)
2. [杨家宽, 李劲, 肖波, 李进军, 张建锋, 马志云](#) [太阳能烟囱发电新技术](#) 2003(4)
3. 中华人民共和国国务院 [国家中长期科学和技术发展规划纲要](#) 2006
4. [SCHLAICH J](#) [The solar chimney:electricity from the sun](#) 1995
5. [明廷臻, 刘伟, 程时杰](#) [一种新型的太阳能发电技术](#) 2008(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyyjyxx201002010.aspx

授权使用: 浙江大学(wfzjdx), 授权号: 99632569-4423-456b-b6c2-9e36010bdad1

下载时间: 2010年11月22日