

论文模板

1、文章题目(中英文对照)

题目应概括整个论文最主要的内容,恰当、简明、引人注目、力求简短,不宜超过20个字(黑体2号字,居中)

2、论文摘要和关键词(中英文对照)

摘要应阐述学位论文的主要观点。说明本论文的目的、研究方法、成果和结论。尽可能保留原论文的基本信息,突出论文的创造性成果和新见解。以300字左右为宜(宋体5号字)

关键词是能反映论文主旨最关键的词句,一般3-5个(楷体5号字)

3、正文

正文采用宋体5号字

一级标题宋体4号字,二级标题宋体5号字

4、参考文献

按论文中所引用文献编号的顺序列在论文正文之后

参考文献是期刊时,书写格式为:[编号]、作者、文章题目、期刊名(外文可缩写)、年份、卷号、期数、页码。

参考文献是图书时,书写格式为:[编号]、作者、书名、出版单位、年份、版次、页码。

5、文中的图表说需中英文对照

垂直轴风力机在风力致热中的应用研究

作者¹, 作者^{2*}

(1. 单位/学校; 2. 单位/学校)

摘要: 风能是一种可再生、无污染、取之不尽、用之不竭的绿色能源。相对于目前采用的风电致热, 风力致热是一种将风能直接转换成热能的方式, 用于供热采暖效率更高、更具有应用价值和实用性。对比分析三种类型垂直轴风力机与水平轴风力机的不同点, 介绍垂直轴风力机的类型与特点以及风力致热的原理、方式与应用研究现状, 重点阐述垂直轴风力机在风力致热中的应用研究, 提出并展望它们组合应用的发展方向, 为未来风力致热的绿色发展起到一定的指导作用。

关键词: 风能; 风电致热; 风力致热; 热能; 垂直轴风机; 应用; 绿色发展

中图分类号: TK83

文献标识码: A

文章编号: 1001-7119(20xx)xx-0001-08

DOI: 10.13774/j.cnki.kjtb.20xx.xx.001

Application of Vertical Axis Wind Turbine to Wind-heating

Author¹, Author^{2*}

(1. Company/University; 2. Company/University)

Abstract: Wind energy is a renewable and no polluting green energy. It is inexhaustible in supply and always available for use. Economically and technically, wind-heating which is a kind of way to convert the wind energy directly into thermal energy is more practical in heating system when compare to wind power heating. Based on the analysis and comparison of the different points of the three types vertical axis wind turbines (VAWTs) and the horizontal axis wind turbine (HAWT), the main types, characteristics and operation principles of VAWTs and the operation principles, methods and application of wind-heating are analyzed and introduced in this paper. Then the application of vertical axis wind turbine to wind-heating is significantly introduced. The future direction of the combination of them development is prospected. It provides guide significance for the green development of wind-heating in the future.

Keywords: wind energy; wind power heating; wind-heating; thermal energy; vertical axis wind turbines; application; green development

收稿日期: 20xx-xx-xx

基金项目: : xxxxxxxxxx (编号: xxxxxxxx)

作者简介: xx(1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向: xxxxxxxx。E-mail: xxxxxxxxxx。

*通信作者: xx(1964-), 男, 博士、教授、博士生导师, 研究方向: xxxxxxxx。E-mail: xxxxxxxxxx。

近年来,垂直轴风力机以其结构简单、噪音低、转动平稳、维护方便,美观等优点,在风力机市场的份额逐渐增加,国内外的研究者也对其进行了大量的相关研究^[1-3]。然而垂直轴风力机的理论研究复杂,导致其设计难度大,在一定程度上制约了其发展^[4]。

日常生活中需要的能源包括暖气、热水等,对这些低温热能的需求占到半数以上。风能这种古老的自然能源除了主要用于发电外,还用于提水,海水淡化,风帆助航,致热,采暖干燥等方面^[5]。风力致热是自20世纪70年代才开始发展的风能利用项目,并且风力致热在所有风能利用中具有较高的能量转换效率。在我国的许多地区,把较寒冷的风能转换成热能,供给住户、禽畜舍、蔬菜棚等采暖,可谓风能优势与采暖需求最佳匹配。随着我国经济的快速增长和居民生活水平的日益提高,工业和居民对热能的需求也越来越大,特别是我国许多风能资源丰富且经济发展旺盛的农村城镇对热能的需求也开始越来越大。而目前为了解决风电消纳问题,普遍采用的是风电致热(风能先转化成电能再转化成热能)供暖方式^[6],这种方式不经济实用,因为一是需要昂贵的发电机、设备复杂,二是效率比风力致热的方式低^[7]。因此,开发风力致热这种节能环保技术用于生活供暖及农业生产等具有重要的意义。

本文重点以垂直轴风力为例来介绍其在风力致热中的应用研究并对它们组合应用进行了分析及展望。

1 垂直风力机的类型

风力机按照其收集风能的结构形式及在空间的布置,可分为水平轴风力机和垂直轴风力机两类。三种类型的垂直轴风力机与水平轴风力机的一些特性比较如表1所示,从表中可以看出,如果垂直轴风力机的一些性能能够很好地被利用,将会使风能利用范围更加广阔。垂直轴风力机按风力机叶片工作原理可分为阻力型、升力型、升力-阻力组合型,具体分类如图1所示。

1.1 阻力型垂直轴风力机

阻力型垂直轴风力机主要是利用空气流过叶片产生阻力作为驱动力,在实际应用中常见的

几种阻力型风力机如图2所示。这类风力机和升力型风力机相比具有较大的启动力矩,但叶尖速比较低,在风力机尺寸、重量和成本一定的情况下,提供的输出功率较低,因而用于发电的经济性较差,一般是作为升力型垂直轴风力机的启动设备或者做成扭叶片的形式来利用。阻力型垂直轴风力机虽然风能利用率和转速较低、无法实现气动限速功能、抗台风能力弱,但回转矩较大、启动性好、低转速、结构简单、运行可靠、安装维护方便,成本低。该类风力机适用场合较少,仅适合常年风速较低、对风能利用率要求不高、无台风的地区使用,在小型微型风能利用中很有前途,例如多用于带动泵、抽水机及压气机等设备,同时也被用作升力型风力机的启动设备。应用最多的是S型垂直轴风力机,影响其设计的两个重要参数为高径比和重叠比,一般情况下,高径比越大风力机运转速度较高、力矩较小。在实际应用中,S型风力机的高径比为1~4^[11]。叶片重叠比对风力机的最大功率系数影响很大,对于不含轴的风力机,重叠比一般为0.15~0.2时,风能利用率最高和空气动力学性能最佳。但是含有转轴的风力机,可以增加整机的机械强度,提高风力机运行的稳定性^[12],但中心轴要细并要适当增大空间。合理的设计叶片的重叠比可以改善风力机的静态启动特性,对风力机的动态力矩的变化也有一定的影响。具体的数值应根据具体的设计情况、应用场合和成本预算而定。

1.2 升力型垂直轴风力机

升力型垂直轴风力机是利用空气流过叶片产生升力作为驱动力,常见的为 φ 型垂直轴风力机和H型垂直轴风力机,如图3所示。升力型垂直轴风力机的转速较高,旋转惯性大,结构相对简单,成本较低,适合往大型风力机方向发展,应用于发电的垂直轴风力机几乎都是升力型风力机,是兆瓦级水平轴风力机的主要竞争者。这类风力机的空气动力特性可以用单流管模型、双流管模型或多流管模型等方法进行分析计算^[3]。

最早的垂直轴风力发电机是 φ 型垂直轴风力发电机,由于其受风面积小,启动转矩小,启动性能差,必须靠其他动力启动,即需要具有启动机构和离合器等,达到要求的转速才能正常运转,这样就增加了系统结构的复杂性,提高了成本,导致其一直未得到大力发展。 φ 型风力机叶片通

过两端或中部固定在转轴上,有利于加大机械强度,可做得很轻巧,不存在头重脚轻的状况,对塔架要求较低,适合用拉索固定,安装容易,检修也方便,这些都是它的优点。 φ 型垂直轴风力机的外形也很漂亮,很能吸引人们的眼球,因此常安装在博物馆等场所。从结构上来说,这种风力机在加工上有一定的难度。从安全上考虑,需要设置能保证机组安全稳定运行的支撑机构。美国和加拿大自20世纪80年代就开始研究 φ 型垂直轴风力机。美国政府委托桑迪亚研究所研究垂直轴风力机,加拿大主要是DAF研究所研制垂直轴风力机。进入21世纪,很多国家都涉足了垂直轴风力机的研制,也取得了一定的成果。20世纪90年代,加拿大DAF研究所研制成功了50 kW φ 型垂直轴风力机和风力机直径为24.4 m的230 kW的 φ 型垂直轴风力机^[21]。经美国和加拿大的试验,得到 φ 型垂直轴风力机最大功率的经验公式为^[14]:

$$P_{\max} = 0.25Sv^3 \quad (1)$$

式中, $P_{\max}$ —— φ 型垂直轴风力机的最大功率, W; S ——风力机扫风面积, m^2 ; v —— φ 型垂直轴风力机所承受的最大风速, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

H型垂直轴风力机是由 φ 型垂直轴风力机改进发展而来的,解决了 φ 型垂直轴风力机自启动性差的缺点。经过研究发现只要风力机的翼型和安装角选择合适,启动性能完全能达到很好的效果,在风速只有 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的情况下,H型垂直轴风力机就能够自启动。我国神风XYW-3H型垂直轴风力机具有无方向选择、无陀螺力矩、无塔影效应、功率系数高、造价低、与工作机械连接方便、安装维修方便等优点。并且能自行启动、能自动调速、能满足单机独立运行的要求,特别适于制造大型和特大型机组。该机的风速范

4 应用展望

风力致热能量利用率高,具有很好的应用前景。如在寒冷的冬季,风力越强劲,风速越大,则房间在大空间里散失的热量就越多,这时从风力致热装置中获得的热能也就越充分。因此,利用风力致热给房间供热采暖将会得到很好的效果。

储热技术在供热采暖等领域有着非常广泛的应用,对风力致热技术的开发具有一定的借鉴

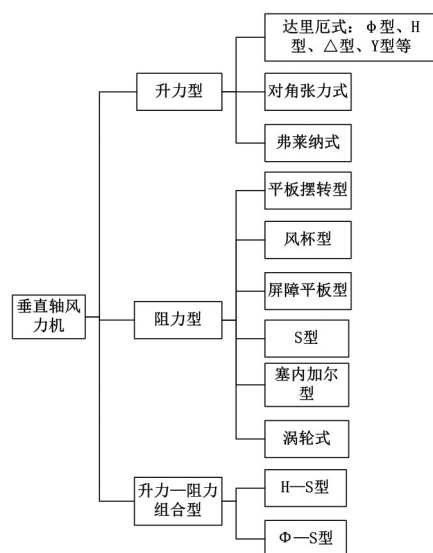


图1 垂直轴风力机的分类

Fig.1 Configurations of vertical axis wind turbine

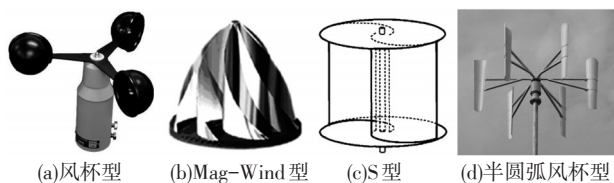


图2 阻力型垂直轴风力机

Fig.2 Drag type vertical axis wind turbines

价值。风能具有间歇性,不能连续利用,并且不能直接储存起来,因此,即使在风能资源丰富的地区,当把风力致热作为获得热能的主要方法时,必须配备适当的储热装置。在风力强的期间,除了通过风力致热系统向用热负荷提供所需的热能以外,将多余的风能直接转换为热能在储热装置中储存;在风力弱或无风期间,将储热装置中储存热能释放出来,向热负荷供热。可见,储热装置是风力致热系统中储能和实现稳定、持续供热必不可少的装置。

在某些风能资源不是很丰富的地区,由于风能的随机不稳定性,要相对稳定供热,仅依靠垂直轴风力机致热系统是不行的,通常与其它辅助热源互补组成系统联合应用。垂直轴风力机致热系统可与太阳能供热、电力、燃煤、燃气、燃油、生物质能以及热泵等组合成各种不同的互补致热系统,是今后新型可持续发展、为人们所喜爱的绿色供热采暖系统。

风力致热供暖对提高北方风能资源丰富地区利用风能能力,减少化石能源低效燃烧带来的环境污染,改善北方地区冬季大气环境质量有重要意义。三北地区属于季风带,大约是每年的9

表1 三种类型的垂直轴风力机和水平轴风力机比较^[5,8-10]
Table1 Comparison between three types of vertical axis wind turbines and horizontal axis wind turbine

性能	S型垂直轴风力机	φ型垂直轴风力机	H型垂直轴风力机	水平轴风力机
叶片翼型	简单	简单	简单	复杂
叶片复杂度	简单	复杂	简单	复杂
是否需要对风装置	否	否	否	是
是否需要定位装置	否	否	是	是
是否需要塔架	否	否	是	是
是否需要拉索	否	是	可以选择	否
噪声	小	中等	小	大
叶片面积	中等	小	大	小
发电机位置	地面	地面	地面	塔顶
叶片载荷	小	中等	中等	大
弯矩	小	小	中等	大
受力情况	简单	简单	中等	复杂
叶片可塑性	好	差	好	差
是否自启动	是	否	是(变攻角)	是(风轮正对风)
塔影效应	小	小	小	大
基础	简单	简单	中等	巨大
整体结构	简单	简单	简单	复杂
故障率	低	低	低	高
维修保养	简单	简单	简单	复杂
安装和维护费用	低	低	中等	较高
技术成熟度	中等	低	中等	高
对鸟类的影响	小	小	中等	高
地面投影对人的影响	小	小	小	眩晕
抗风能力	小	大	大	阻力型小、升力型大
适用风速范围	小	大	大	大
使用寿命	长	长	长	短
电磁干扰	小	小	小	大
与建筑相容度	好	中等	好	差
吸收能量方式	阻力	升力	升力	主要是升力
风力机扫风面积公式	$S=HD$	$S=\frac{2}{3}DH$	$S=HD$	$S=\frac{\pi D^2}{4}$
理想效率	30%	超过70%	超过70%	50%~60%

注:S—风轮的扫风面积,H—风轮的高度,D—风轮的旋转直径

月中旬至来年的5月中旬风力较大。冬季大风降温天气较多,风能密度较大,风能质量好。如选用垂直轴风力致热机组供暖,暴风雪会带来更多

的绿色暖气,为居民供热采暖提供保障。三北地区如果采用垂直轴风力致热供暖,可以在每年的9月中旬季风逐渐形成时,房间便开始预热,待正式供暖时房间是暖和的,供暖房间的温度过渡平稳。在每年的4月份左右停止供暖时,垂直轴风力致热机组供暖仍然能够保持很长一段时间过渡供暖,房间温度仍然舒适。而且,垂直轴风力致热机组将是一种实用的新型暖气设备,能够给别墅、分户供暖用户的生活带来极大的方便,避免一氧化碳中毒和触电事件的发生,对改善生活环境,提高生活品质,降低供暖成本有着远大前景。

在强调垂直轴风力机与风力致热组合应用的优点时,也应该注意到其局限性。这也是在以后的应用研究推广过程中需解决的问题。例如目前垂直轴风力机理论研究复杂、液体致热器防冻、垂直轴风力机与致热器合理匹配、低风速风能无法利用高风速致热系统过热、远距离输送、载热介质的选择和全年热能利用效率低等问题。

参考文献:

[1] Islam M R, Mekhilef S, Saidur R.Progress and recent trends of wind energy technology [J].Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 21:456-468.

[2] Nasir Hayat, Ahmed uzair Farooq.Vertical axis wind turbine—A review of various configurations and design techniques[J].Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16:1926-1939.

[3] Xin Jin, Gaoyuan Zhao, Kejun Gao, *et al.* Darrieus vertical axis wind turbine: Basic research methods [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 42:212-225.

[4] 丁国奇,李岩,王绍龙,等.实度对垂直轴风力机性能影响的风洞试验[J].可再生能源, 2013, 31(9):58-62.

[5] 金浩,胡以怀,冯是全.垂直轴风力机在风力发电中的应用现状及展望[J].环境工程, 2015, 33(S1):1033-1038.

[6] Wu CB, Huang GH, Li W, *et al.*An inexact fixed-mix fuzzy-stochastic programming model for heat supply management in wind power heating system under uncertainty [J].Journal of Cleaner Production, 2015:1-12.

[7] 胡以怀.新能源与船舶节能技术[M].北京:科学出版社, 2015:107-124.

[8] Eriksson S, Bernhoff H, Leijon M.Evaluation of Different Turbine Concepts for Wind Power [J].Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008, 12(5):1419-1434.

[9] Islam M R, Mekhilef S, Saidur R.Progress and recent trends of wind energy technology[J]. Renewable and Sus-

- tainable Energy Reviews, 2013, 21:456-468.
- [10] Howell Robert, Qin Ning, Edwards Jonathan. Wind tunnel and numerical study of a small vertical axis wind turbine [J]. 2010, 35(2):412-422.
- [11] 李岩. 垂直轴风力机技术讲座(二)阻力型垂直轴风力机[J]. 可再生能源, 2009, 27(2):119-121.
- [12] 李岩, 原丰, 林农. Savonius 风力机叶片重叠比的风洞实验研究[J]. 太阳能学报, 2009, 30(2):226-231.
- [13] Clare R, Mays ID. Development of vertical axis wind turbine[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Part Design and construction, 1989, 86(3):857-878.
- [14] 苏绍禹, 苏刚. 风力发电机组设计、制造及风电场设计、施工[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 62.
- [15] Moir Stuart. An Investigation into the efficiency of a wind to heat converter [D]. Edinburgh: Heriot-Watt University, 2010.
- [16] MA Al-Nimr, WAM Al-Shohani. Design of Wind Water Heater [J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 110-116:4970-4976.
- [17] Okazaki Toru, Shirai Yasuyuki, Nakamura Taketsune. Concept study of wind power utilizing direct thermal energy conversion and thermal energy storage [J]. Renewable Energy, 2015, 83:332-338.
- [18] 任飞, 王存堂, 谢方伟, 等. 液压式风力致热系统中节流阀致热特性仿真[J]. 流体传动与控制, 2015, 3:1-6.
- [19] 彭国勋, 邹强强, 张飞翔. 一种完全基于风能的供暖系统研究[J]. 机械工程师, 2014, 9:41-43.
- [20] 王士荣, 沈德昌, 刘国喜. 风力提水与风力致热[M]. 北京: 科学出版社, 2012:197-205.
- [21] 王元凯. 国外风力致热现状[J]. 太阳能, 1987, 3:11-13.
- [22] 赵建柱, 宗玉峰, 王国业, 等. 分层式液力搅拌致热系统致热效能研究[J]. 太阳能学报, 2014, 35(6):1034-1039.
- [23] Jianzhu Zhao, Qingmiao Liu, Fengchen Wang, *et al.* Experimental study on stirring wind-heating devices [J]. Advanced Materials Research, 2014, 953-954.
- [24] 王士荣, 吴书远, 武刚. 液压式风力致热与蓄热装置[J]. 可再生能源, 2002, 4:29-31.
- [24] Wang Shirong, Wu Shuyuan, Wu Gang. Hydraulic type wind-heating and heat storage device [J]. Renewable Energy Resources, 2002, 4:29-31.
- [25] 郭新生, 赵知辛, 唐桂华. 风能-流体升压节流致热效应的实验研究[J]. 太阳能学报, 2004, 25(2):157-161.
- [26] 陈垂灿. 基于涡流法的风力致热系统应用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2010.
- [27] 陈垂灿, 陈家权, 刘晓红. 涡流法在风力致热上的应用[J]. 电网与清洁能源, 2011, 27(2):71-73.
- [28] 王福宝, 郑茂盛, 滕海鹏, 等. 垂直轴阻力差型风车驱动磁涡流致热分析[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2013, 43(4):545-548.
- [29] 寇鹏, 李永光. 以自然风为动力的搅拌致热试验[J]. 上海电力学院学报, 2012, 28(6):521-524.
- [30] 李永光, 张志飞, 翁建华, 等. 风力搅拌致热的试验研究[J]. 上海电力学院学报, 2014, 30(2):111-114.
- [31] 王熙, 李永光, 王凯, 等. 采用风力制热供暖的经济性分析[J]. 可再生能源, 2015, 33(1):75-81.
- [32] 金浩, 胡以怀, 冯是全. 一种电磁阻尼型风力致热装置: 中国, 201510296430.7[P]. 2015-09-16.
- [33] Balduzzi F, Bianchini A, Carnevale EA, *et al.* Feasibility analysis of a Darrieus vertical-axis wind turbine installation in the rooftop of a building[J]. Applied Energy, 2012, 97(SI):921-929.
- [34] Tjiu W, Marnoto T, Mat S, *et al.* Darrieus vertical axis wind turbine for power generation I: Assessment of Darrieus VAWT configurations [J]. Renewable Energy, 2015, 75:50-67.
- [35] 刘洋, 胡以怀. 搅拌式风力致热装置的参数设计[J]. 太阳能学报, 2014, 35(10):1977-1980.