



**新能源与环保技术**

NEW ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY

**国家级职业教育教师教学创新团队共同体**

**风力发电工程技术专业**

**课程拓展资源**

**湖南电气职业技术学院**



在内蒙、甘肃、河北、吉林、新疆、江苏、山东等省区建设大型风电基地



# 基本知识风力发电机 (4)

制作单位：湖南电气职业技术学院

制作时间：2022年9月

# 目录 Contents



PART 01

**风力机基础知识**



PART 02

**风的测量**



PART 03

**风力机的原理与组成**



PART 04

**叶片的气动特性**



PART 05

**风轮实度**



PART 06

**机舱设备与塔架**



PART 07

**风力机对风装置**



PART 08

**风力机调速方式**



PART 09

**独立变桨距系统**



PART 10

**齿形带传动变桨**



# 目录 Contents



PART 11

[统一变桨驱动机构-1](#)



PART 12

[统一变桨驱动机构-2](#)



PART 13

[直驱式风力发电机](#)



PART 14

[双馈风力发电机组](#)



PART 15

[扩散放大器风力机](#)



PART 16

[高空风筝风力发电机](#)



PART 17

[圆柱齿轮增速箱](#)



PART 18

[行星齿轮增速箱](#)



PART 19

[风力发电机的轴承](#)



PART 20

[水平轴风力机图片](#)



16

# 高空风筝风力发电机

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

高空风的特点是风速大，200m高度的风速比50m高约一倍，400m高度的风速比100m也高约一倍，按[风能与风速](#)的立方成正比来算，对于同样的[扫略面积](#)高空风能比地面风能高出数倍、数十倍。

高空风的另一特点是分布广，稳定性高，常年不断。许多地方的理论发电时间可以超过60%。采集高空风能发电可以获得高稳定性、低发电成本的风电，这是高空风电的显著特点之一，也是高空风电相比常规风电的最显著优势之一。

风筝最早发源于中国,至今已有2000多年历史，是世界上最早的人工飞行器。风筝的发明对科学技术的发展产生了深刻的启示，风筝也曾用于战争，至近百年诞生了飞机。现在科学家们研究采用风筝在高空收集风能进行发电，国外的发明家已有不少的奇思妙想，有用钢缆拖动地面装置旋转或摆动发电的，有在空中直接发电传输到地面的，其中有些已进行了试验，取得了很好的效果。本网站认为以GoogleX空中风力机为代表的发电风筝是一种有前途的空中发电方式。

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

下面对GoogleX的发电风筝的工作原理作简单介绍，图1是网络上的照片，好像一架飞机，其实就是一架飞机，有机翼、有垂直尾翼、有水平尾翼、有螺旋桨，而且机翼上还有副翼与襟翼。



图1--GoogleX的空中发电风筝



# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

与飞机不同的是GoogleX的这架飞机是用绳索牵着，靠风也就是流动的空气给托起来的，所以不是飞机，叫风筝更合适。图2是发电风筝在空中的姿态（照片来自网络）。

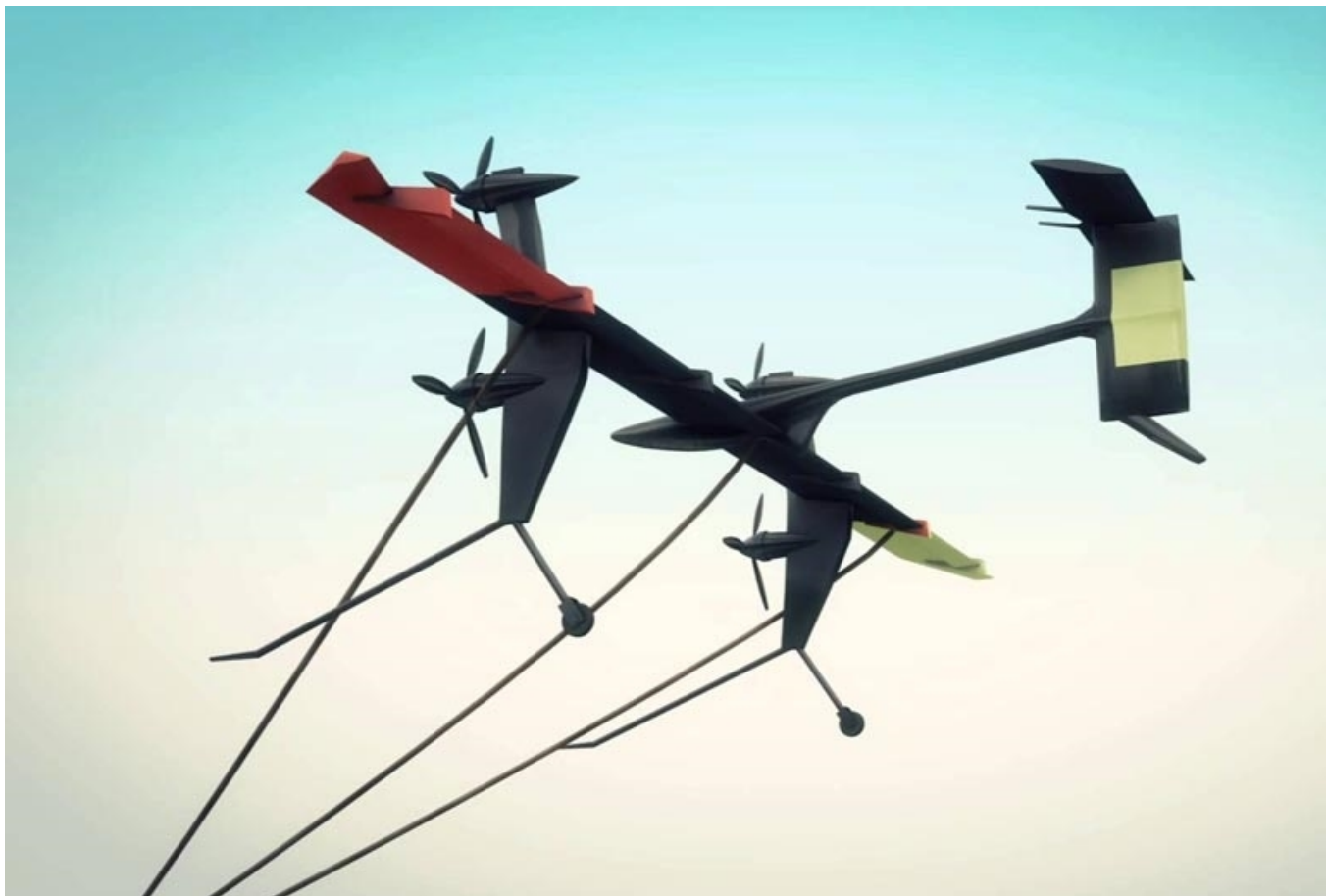


图2--GoogleX的发电风筝在空中

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

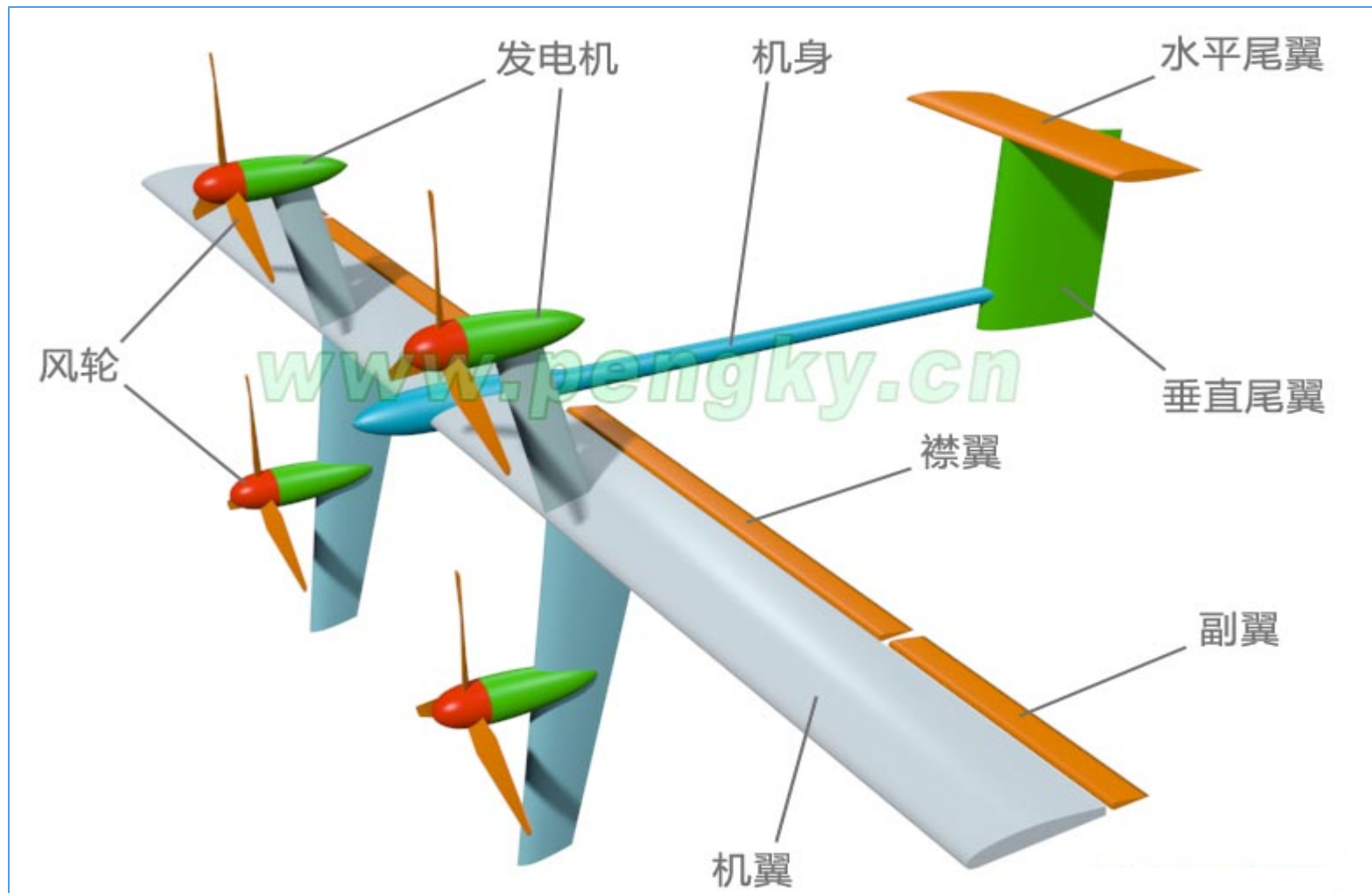


图3--发电风筝的主要组成

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

发电风筝有机翼，在风的作用下产生升力，使风筝在空中飞行；在机翼后缘安装有襟翼，调节襟翼可增加机翼的升力；在机翼后缘还安装有副翼，调节副翼可使两侧机翼产生不同的升力；襟翼与副翼在两侧机翼对称安装，机翼安装在机身上，机身尾部安装有垂直尾翼用来改变飞行方向；机身尾部还安装有水平尾翼用来调节向上或向下飞行。通过副翼、垂直尾翼、水平尾翼的调节，风筝可以做各种翻滚动作。在机翼上还安装有4台风力发电机，每台发电机的前面有3个叶片组成的风轮。风筝的牵引绳索中包裹着电力电缆，可把风筝风力发电机发出的电传输到地面。

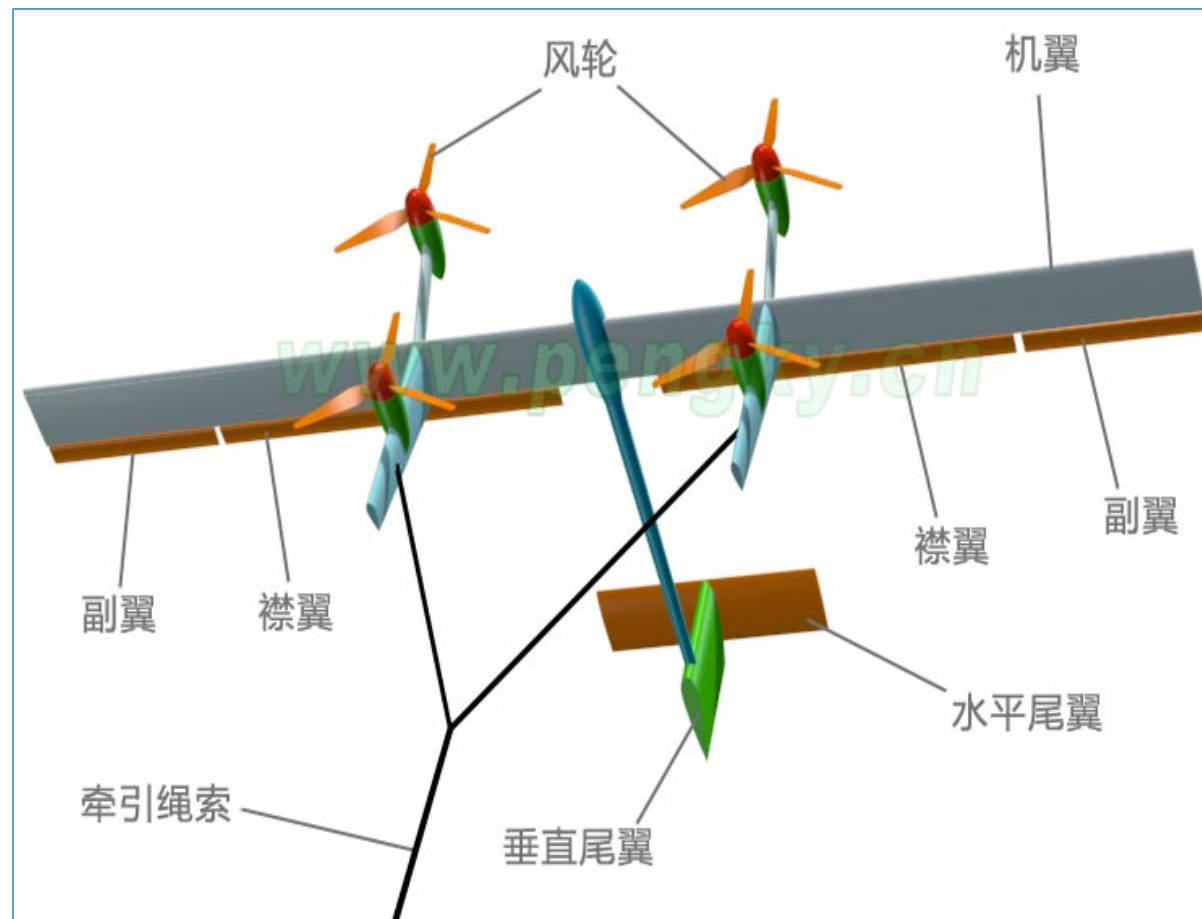


图4--在空中的发电风筝

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

风把风筝吹上天空，风筝悬在空中，依靠空中的风力吹动风轮旋转带动发电机旋转发出电来。空中风速比地面大一至两倍，同样的风轮面积可获得比地面高几倍至几十倍的电力。但风筝不可能把大尺寸的风轮带上天空，高空的小风轮比地面的大风轮没有明显的优势。

风筝风力机的发明者采用新的运行方式，使这架风筝的小风轮获得更多的电力。他们使风筝在空中飞行，其飞行速度可比风速大3至5倍，这样小风轮的发电量又会增大数十倍至一两百倍。

怎样使风筝飞起来呢，放过风筝的人都见过风筝在空中翻筋斗、绕圈子的现象，其飞行速度比风速快得多，那是风筝没调好，不对称等原因造成的。而我们就是需要风筝在空中不停的打圈子，见图5。

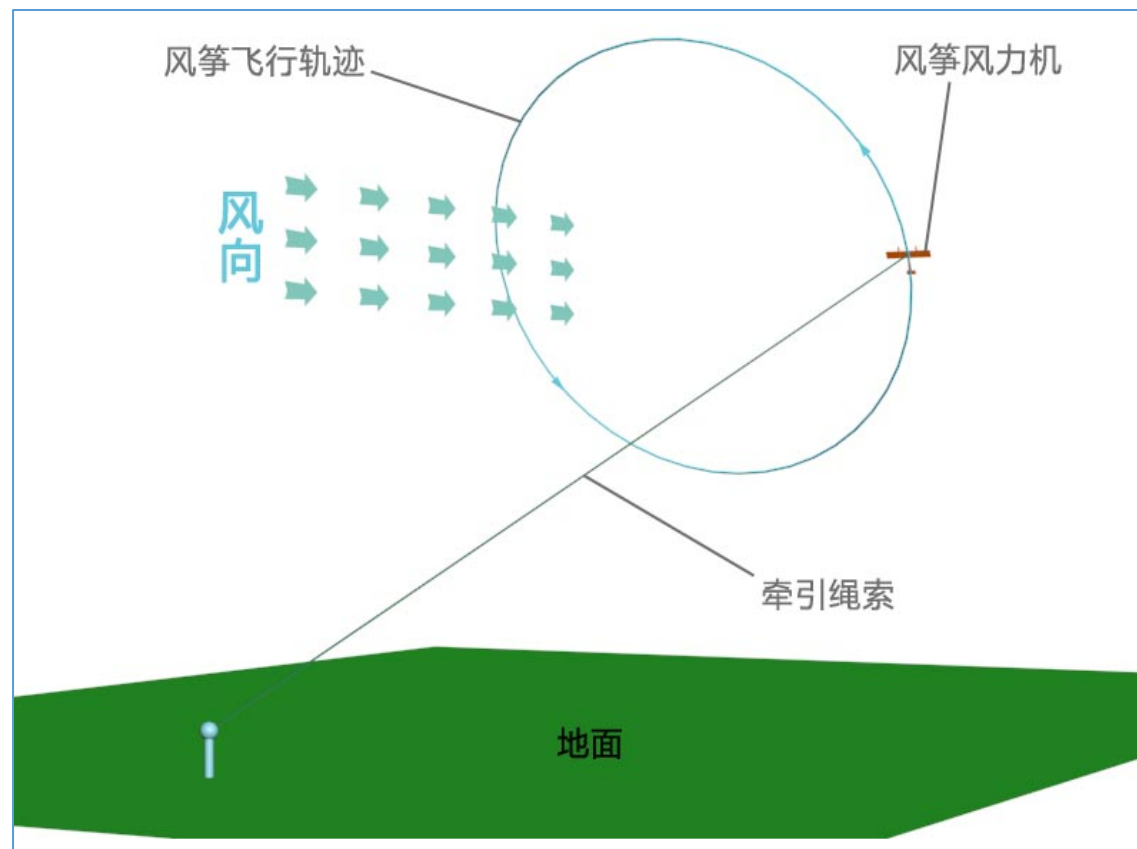
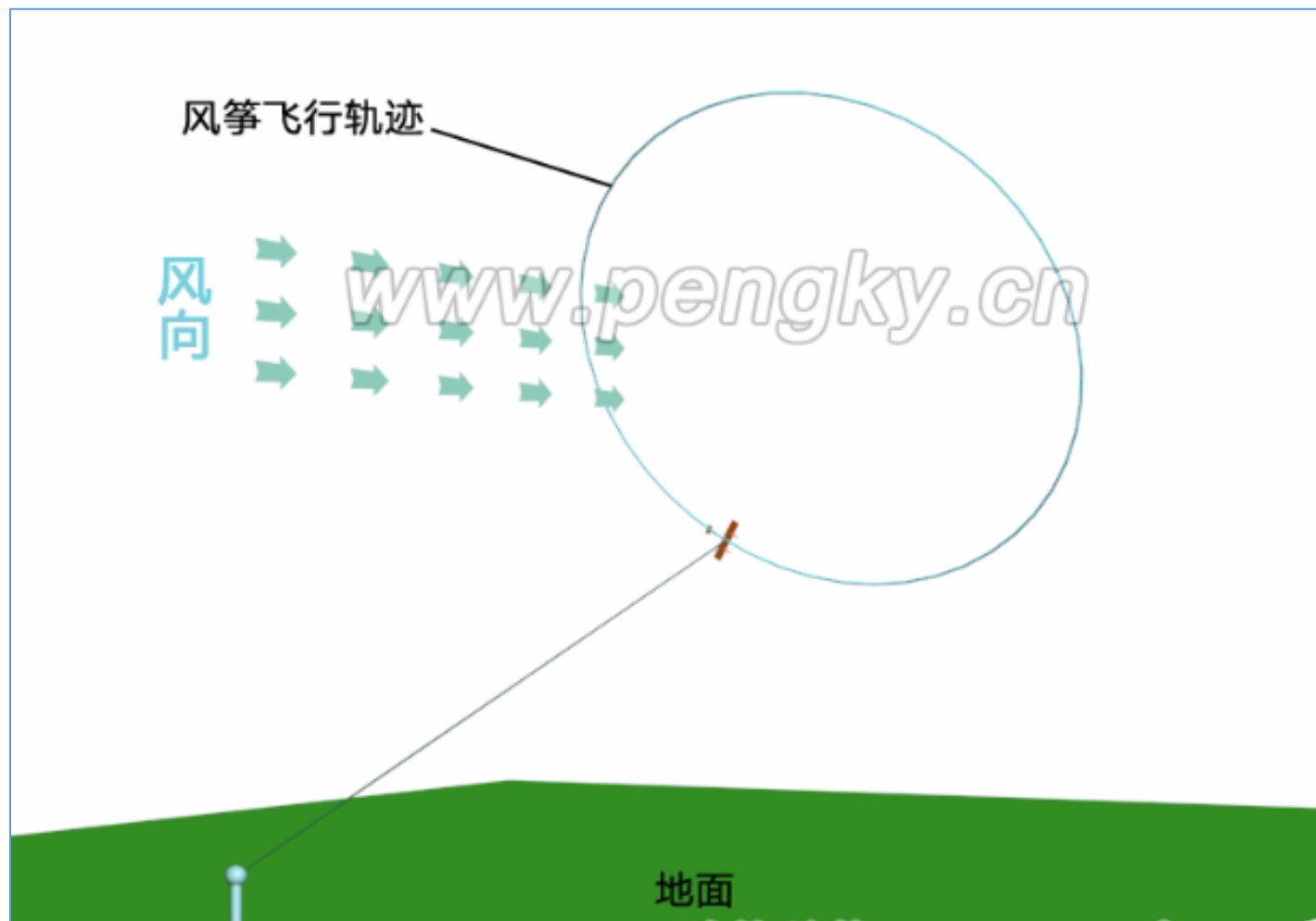


图5--风筝的圆周飞行

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述



通过动画可更清楚的看到风筝风力机在空中做圆周飞行。

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

风筝起飞时利用风轮叶片作为螺旋桨使用，发电机作电动机使用，4个螺旋桨高速旋转，风筝向上垂直起飞。待到了合适高度与距离时，风筝调整好飞行角度，利用风力推动进入圆周飞行，在圆周飞行时，螺旋桨在风的作用下旋转，收回风筝同样利用螺旋桨做垂直降落。

对风筝做圆周飞行的原理，在图6中做简单的分析。在图6的上方有个矢量图，箭头线 $u$ 是实际的外来风速的大小与方向； $v$ 是风筝的前进速度， $v$ 箭头线是风筝运动感受到的气流速度，所以与运动方向相反； $v$ 与 $u$ 的合成速度 $w$ 是风筝真正感受到的风速，称为[相对风速](#)，该图仅表示相对风速的来源。

图6中机翼的截面用橙红色表示，相对风速 $w$ 作用到风筝的机翼上，对机翼的作用力是 $F$ （升力与阻力的合成力），风筝受到绳索的牵引力（在图中是向下的力），由于绳索很长，在图中的风筝可看着只能做水平运动， $F$ 在水平方向的分力是 $F_t$ ，力 $F_t$ 是推动风筝不停前进的力。换个角度思维，可以把机翼看成一个大风轮的叶片，风筝做圆周飞行就同叶片旋转一样，也就是一段叶片绕圆周的圆心旋转，其圆周直径达数百米，扫掠面积见图7左图蓝色圆环部分，可见其风筝虽小，掠面积远大于任何地面风力机，可扑捉到更多的风能。从普通风力机的角度看其[叶尖速比](#)通常大于3，也就是风筝做圆周飞行的速度比风速要大3倍以上，达每秒数十米至百余米。

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

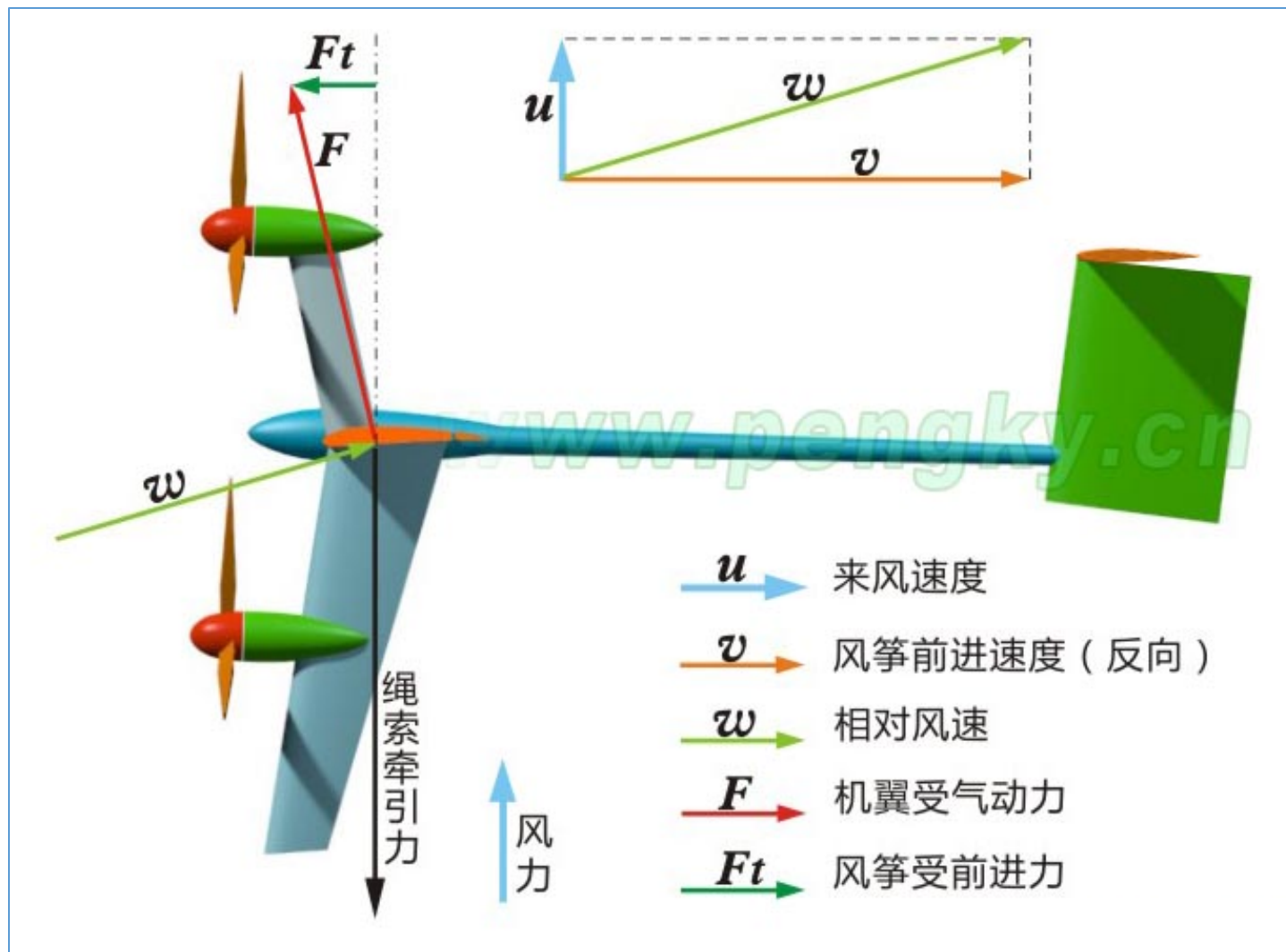


图6--风筝飞行受力分析

# 高空风筝风力发电机 (*Altitude kite generator*)

## 概述

需要多长的绳索，在多大的空中以多大半径做圆周飞行能获得最大发电效率，根据理论与经验由电脑进行控制，风筝上也有各种传感器与电脑，保证风筝做完美的飞行。

风筝在空中可以做圆周飞行（单环型），也可作横“8”字飞行（双环型），见图7。

圆周飞行简单，但要解决牵引绳索的扭绞问题，还要保证电力的正常传输。横“8”字飞行的绳索不会扭绞，由于飞行宽度大，需较长的绳索。

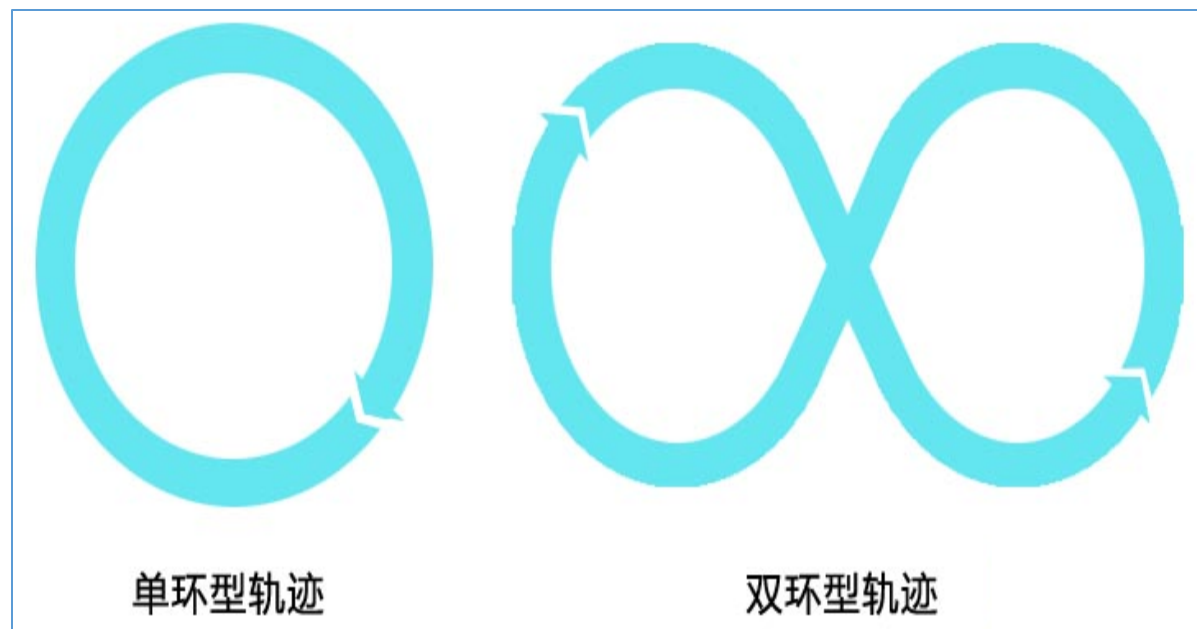


图7--风筝的圆周飞行与横“8”字飞行轨迹





# 本课程结束

制作单位：湖南电气职业技术学院