



新能源与环保技术

NEWENERGY 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 (2)

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](#)



05

网 轮 实 度

风轮实度 (*Rotor Solidity*)

概念

在“风力机基础知识”一节中介绍了风轮实度的概念：风力机叶片（在风向投影）的总面积与风通过风轮的面积（风轮扫掠面积）之比称为**实度**（实度比、容积比），是风力机的一个参考数据。

图1是几种水平轴风力机叶轮，绘有单叶片、双叶片、三叶片、多叶片四种叶轮的示意图， S 为每个叶片对风向的投影面积， R 为风轮半径， B 为叶片个数， σ 为实度比，

$$\sigma = \frac{BS}{\pi R^2}$$

在图1中从单叶片到三叶片的风轮实度比小，是低实度风轮，12叶片的风轮实度高，是高实度风轮。

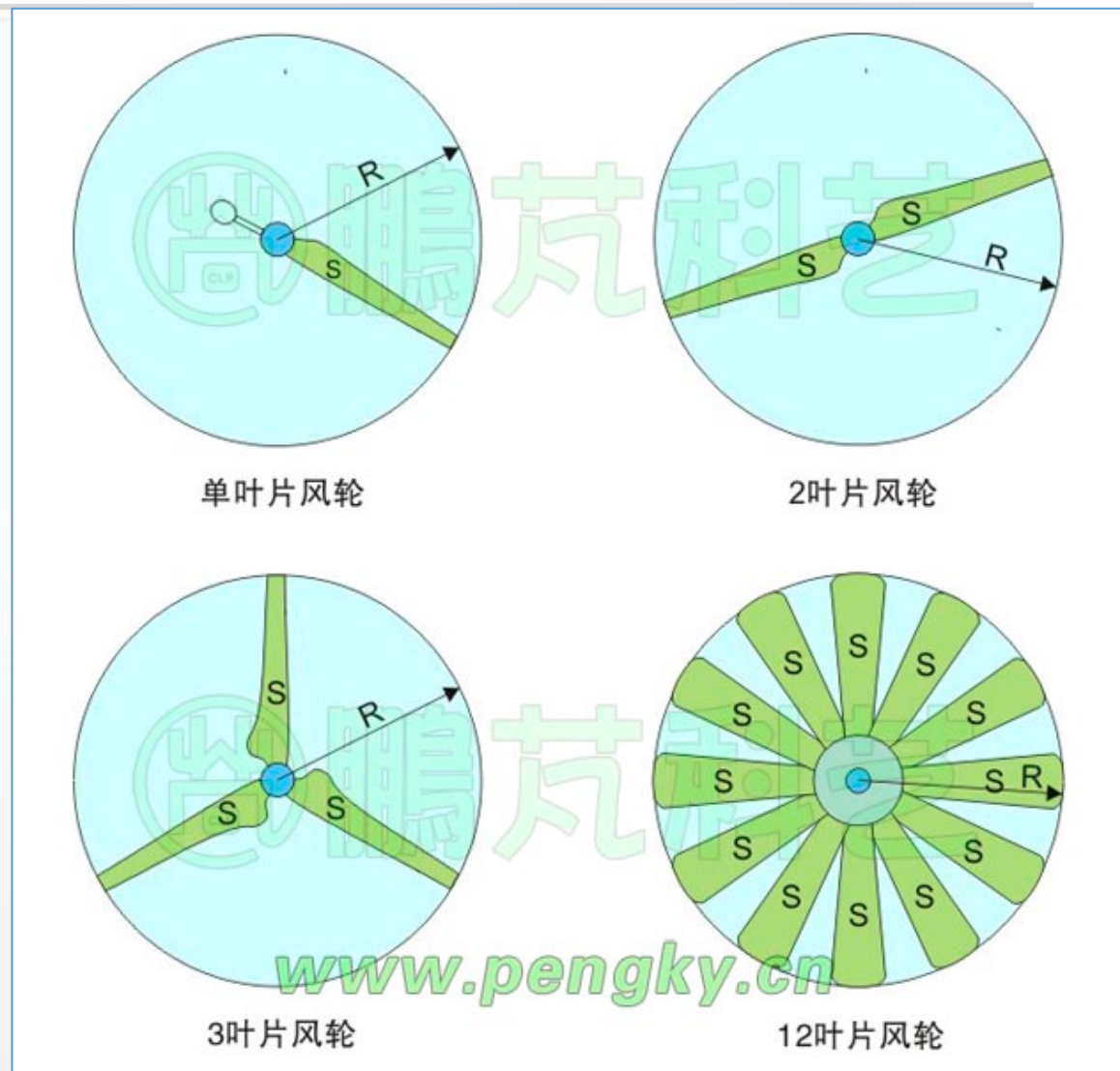
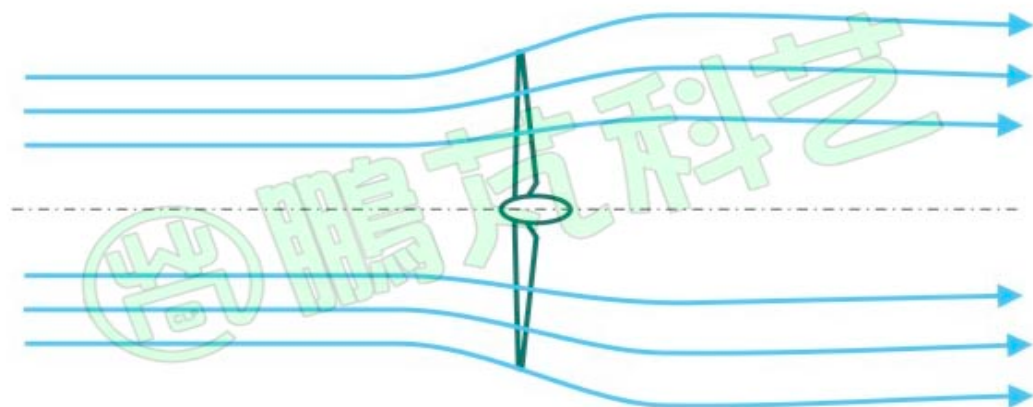


图1 - 单叶片至多叶片的风轮实度

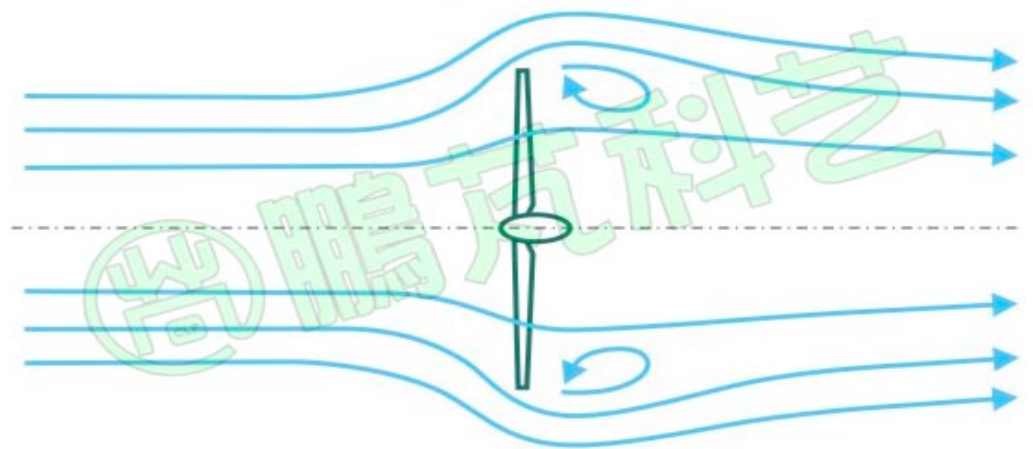
叶片气流

一些初接触风力发电机的人常发出疑问，认为三个细细的叶片让大多数风都漏掉了，为什么不采用多叶片风轮以便接受更多风能。也有些人设计一些高实度风力机，甚至前后两级高实度风轮的风力机，认为是风能利用率很高的风力机，其实高实度的风轮不一定能提高风能利用率，结果可能相反。我们通过图2来作简单的解释：图中上部分是风通过普通三叶片（低实度）风轮的气流示意图，气流通过叶轮做功后速度减慢，由于速度变慢气流向四周发散，就有图中所示的气体发散的流动曲线。举个例子，一队人马（按2列排列）沿路跑步，经过某点时的人速度减慢为原来的二分之一，在该点后这些减慢的人群将变为4列才能保持原有间距，将占用更宽的路面。



低实度气流示意图

www.pengky.cn



高实度气流示意图

图2 - 三叶片与多叶片的气流示意图

风涡轮概念

图2下部分是风通过多叶片（高实度）风轮的气流示意图，多叶片大大增加了气体通过的阻力，一部分气流会分开绕过叶轮流向后方，这部分气流没有通过叶轮做功，所以叶轮实际得到的风能量减少了，这就是多叶片风力机得不到更多风能的重要原因。

能不能不让气流绕过叶轮呢，那只有将风轮外围的风挡住（图3），设立一个风坝，风坝中开有气流通道，风轮安装在气流通道中，这样气流就不会绕过风轮，由于风坝造成坝前与坝后有较大的压差，通道的后段扩散使进入通道内的气流速度会比原风速提高许多，足以推动实度较大的风轮高速旋转，若风坝够大，还可再增加一级风轮叶片来提高风能利用率。

如果仅从风坝前来风速度与风轮面积来计算风能利用率肯定超过**贝茨极限**，实际上应该把风坝的面积作为受风面积，这样算来风能利用率就很小了，而且建立风坝会使成本大大增加，没有实际应用价值，除非有现成的物体或建筑物充当风坝，由于这样的风坝不会随风向转动的，也只能应用在风向长期较稳定的地方。

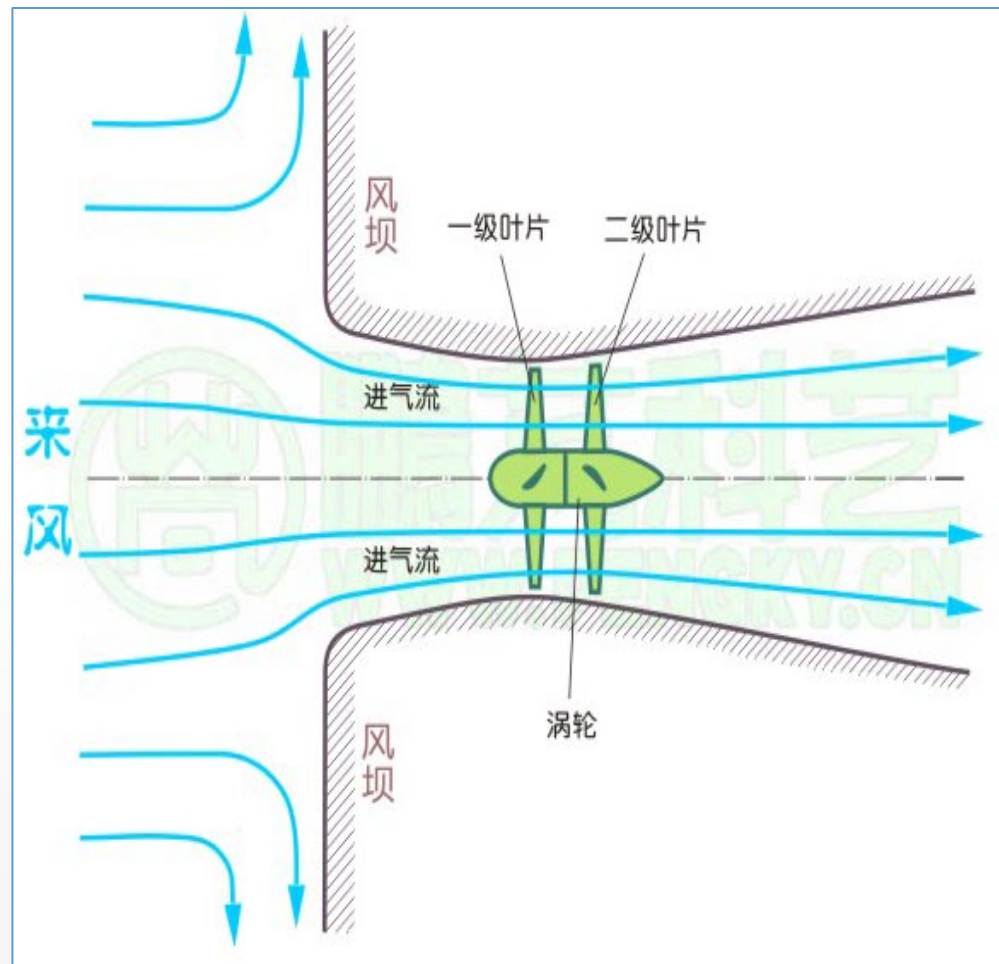


图3 - 风道内的风涡轮示意图



国家电网
STATE GRID

本课程结束

制作单位：湖南电气职业技术学院