



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



基础知识风力发电机 (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



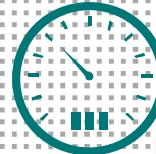
PART 02

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](#)





06



机舱设备与塔架

机舱设备与塔架 (Nacelle Equipment and Tower)

概述

机舱是风力发电机核心所在，风轮旋转机械能在这里转换成电能。水平轴风力发电机机舱里主要设备有主传动轴、齿轮箱、发电机、刹车装置、机架、控制设备等。

齿轮箱

由于发电机转速高，二极三相交流发电机转速约每分钟3000转，四极三相交流发电机转速约每分钟1500转，六极三相交流发电机转速约每分钟1000转，而风力机风轮转速低，小型风力机转速每分钟最多几百转，大中型风力机转速约每分钟几十转甚至十几转。这么大的转速差别，风轮只有通过齿轮箱增速才能使发电机以额定转速旋转，增速比一般为几十倍至一百多倍。

齿轮变速主要有两种形式，一种是圆柱齿轮变速，一种是行星齿轮变速，风力机的齿轮增速箱增速比较大，多采用二级行星齿轮增速或一级行星齿轮加一级圆柱齿轮增速，大增速比的采用二级行星齿轮增速加一级圆柱齿轮增速。圆柱齿轮增速箱的输入输出轴不在同一轴线上，行星齿轮增速箱的输入输出轴则在同一轴线上。行星齿轮增速箱变比大、体积较小，故行星齿轮增速在风力机中是用得最多的增速方式。多数风力机增速箱的主输入轴是管状的，中部通孔用于轮毂变桨的信号与动力的传输。图1是一个发电机增速箱的示意图。

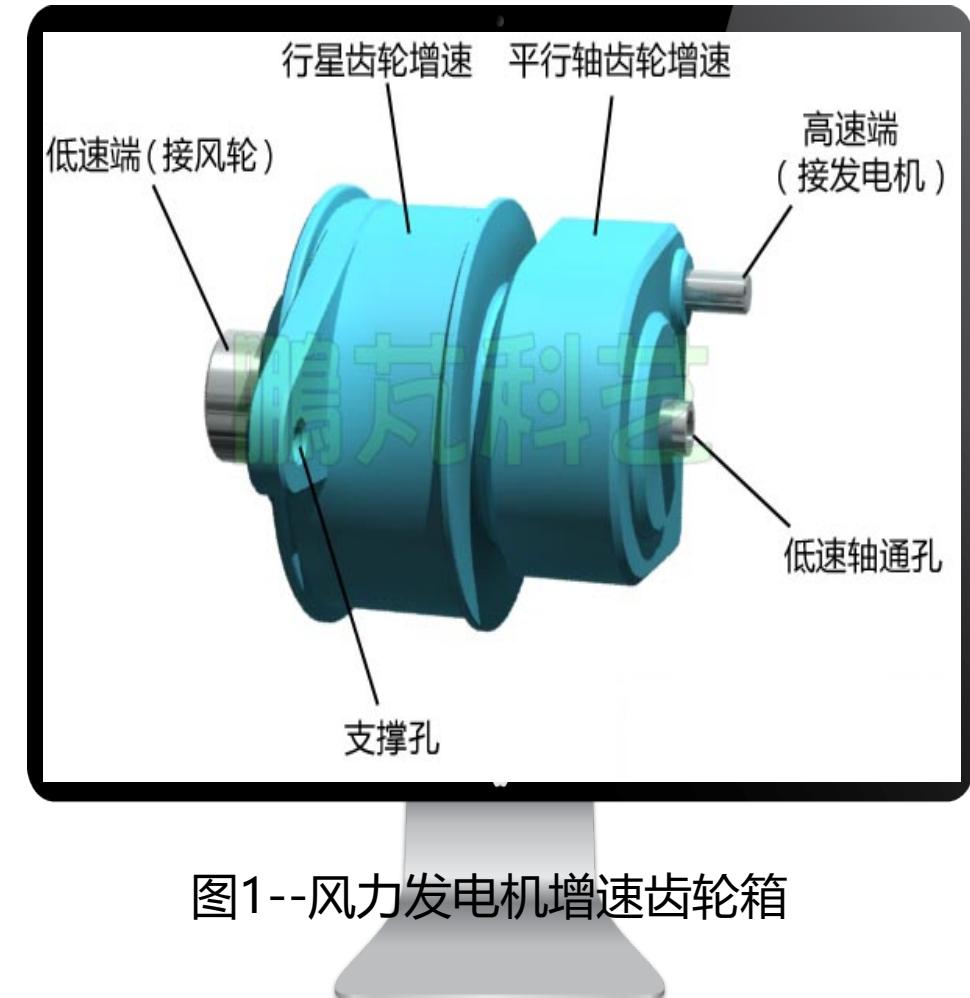


图1--风力发电机增速齿轮箱

|| 齿轮箱

由于风力机的工作环境恶劣，对制作齿轮箱的材料与工艺要求很高，同时对齿轮箱的润滑系统要求也很高。关于齿轮箱的结构参见“[风力发电机的齿轮箱\(1\)](#)”与“[风力发电机的齿轮箱\(2\)](#)”课件”，图2是网上下载的风力机齿轮箱外观图片，图片上的齿轮箱附有冷却与润滑装置。



图2--齿轮箱

|| 发电机

大多数风力发电机采用三相交流发电机，因其有效率高体积小的优点，在微型、小型风力发电机中也有些采用爪极发电机。根据不同的运行模式，有用同步发电机的也有用感应发电机的。目前风力发电机组的主要运行模式有以下几种：

定桨变速 风轮叶片是固定的，发电机的转速随风速而变，只要能发出电即可，在小型离网运行（不并网）的风力发电机用得较多，多采用永磁同步发电机，多数情况下将发出的电整流后给蓄电池充电，或逆变成稳定的交流电供电器使用。

变浆定速 大中型风力发电机多工作在并网状态，要求发出的交流电频率稳定为50Hz，电压也要与电网相同，由于风速变化频繁，采用变浆距角的方法控制风轮转速尽量稳定（只在较小的范围内波动），采用笼型感应发电机发电，在发电机转速变化不大时可输出稳定的50Hz交流电，达到直接并网目的。但变浆对风力发电机转速控制效果并不理想，定桨运行使风力机经常运行在效率不高的状态。

变速变浆 近些年来由于电力电子与电脑控制飞速发展，风力发电广泛采用变速恒频的工作方式，风轮不再限制在固定转速，可在较宽的转速范围内运行，由同步发电机发出的电经整流后再逆变成频率稳定的交流电输送到电网，这样可使风力发电机工作在最高效率，变浆主要是为了在超出额定风速时对电机功率进行调节，这就是变速恒频方式。目前流行的双馈风力发电机组与直驱风力发电机组是运行在[变速恒频](#)方式。双馈风力发电机组采用[绕线转子感应发电机](#)，直驱风力发电机组多采用[多极永磁发电机](#)。

|| 主轴与轮毂

风力机的增速齿轮箱与发电机安装在机舱内，风轮通过风力机主轴与齿轮箱联接，主轴不但要传输风轮转动的力矩，还要抗拒风轮的摆动，由硬质不锈钢制作。风力机主轴前端有轮毂联接法兰，尾端联接齿轮箱。主轴轴心有通孔，是变桨机构控制电缆、油路或机械杆的通道，见图3。

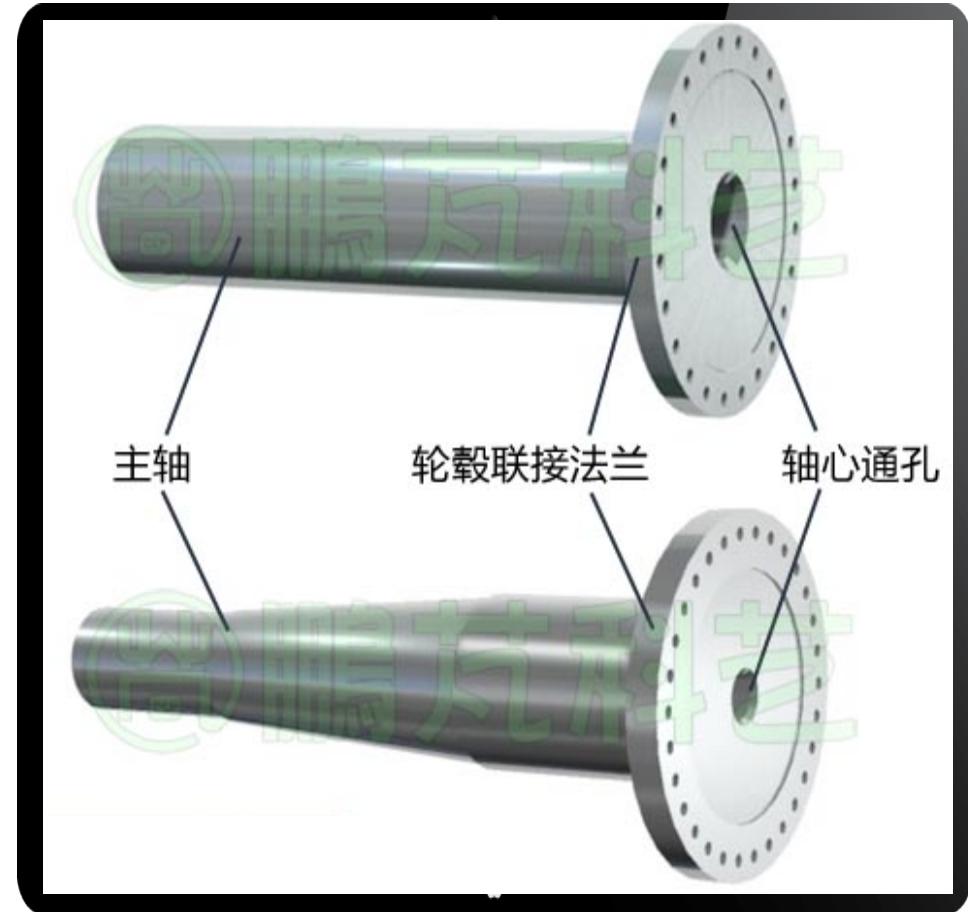


图3--风力机主轴

|| 主轴与轮毂

轮毂是固定叶片的基座，叶片安装在轮毂上组成风轮，叶片通过轮毂与主轴固定，叶片的变桨机构安装在轮毂上。图4是球形轮毂，轮毂上的三个变桨轴承法兰可以安装3个变桨轴承与3个叶片，左图是球形轮毂外形图，右图是安装在主轴上的轮毂，[同步变桨驱动机构](#)安装在球形轮毂内。

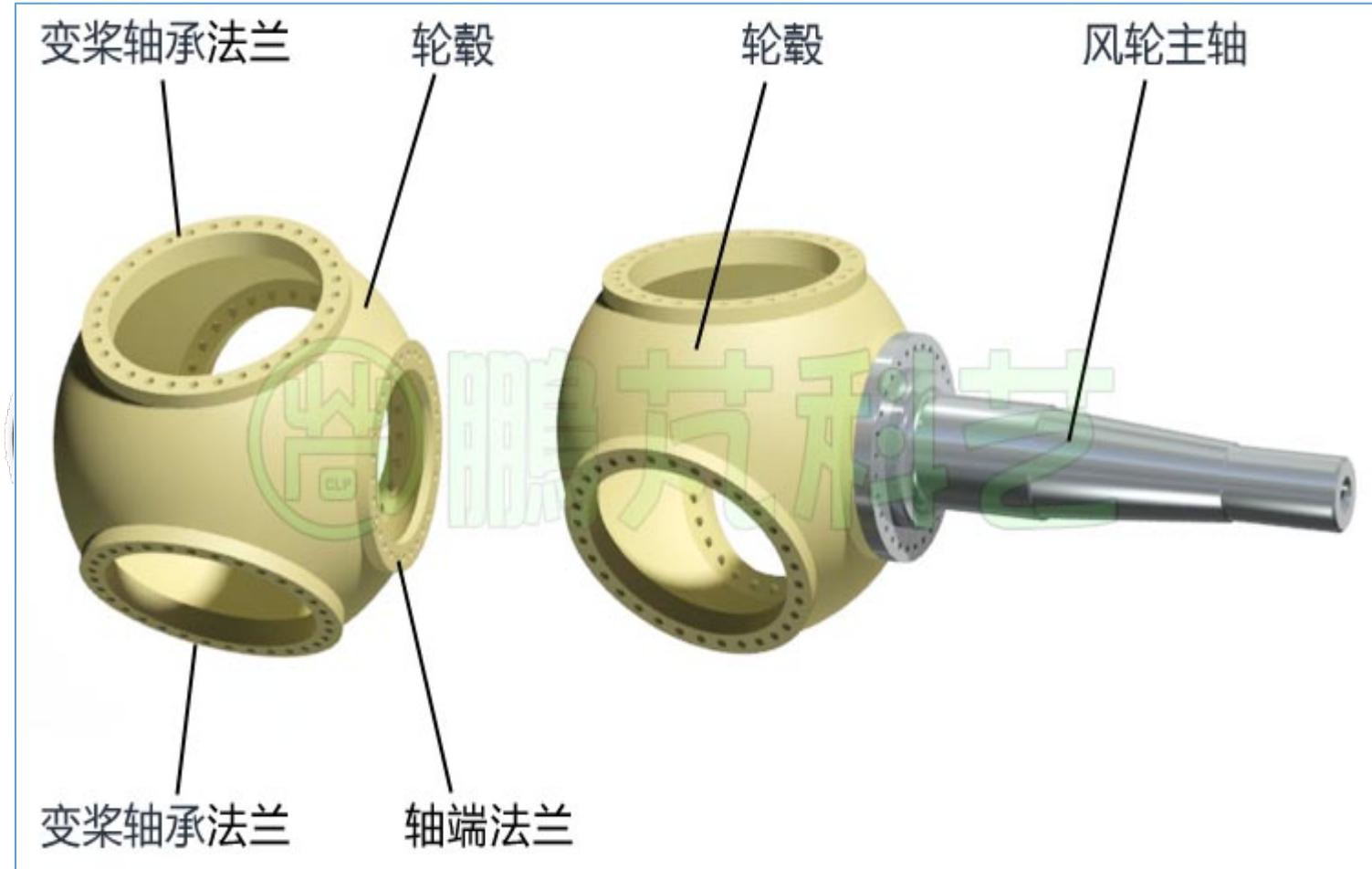


图4--主轴与球形轮毂

机舱设备与塔架 (*Nacelle Equipment and Tower*)

|| 主轴与轮毂

图5是三圆柱形轮毂，也称三叉形轮毂，可以安装3个叶片，右图是三圆柱形轮毂外形图，左图是安装在主轴上的轮毂。叶片的变桨轴承固定在轴承法兰上，用来安装3个叶片。[独立变桨机构](#)多采用三圆柱形轮毂。

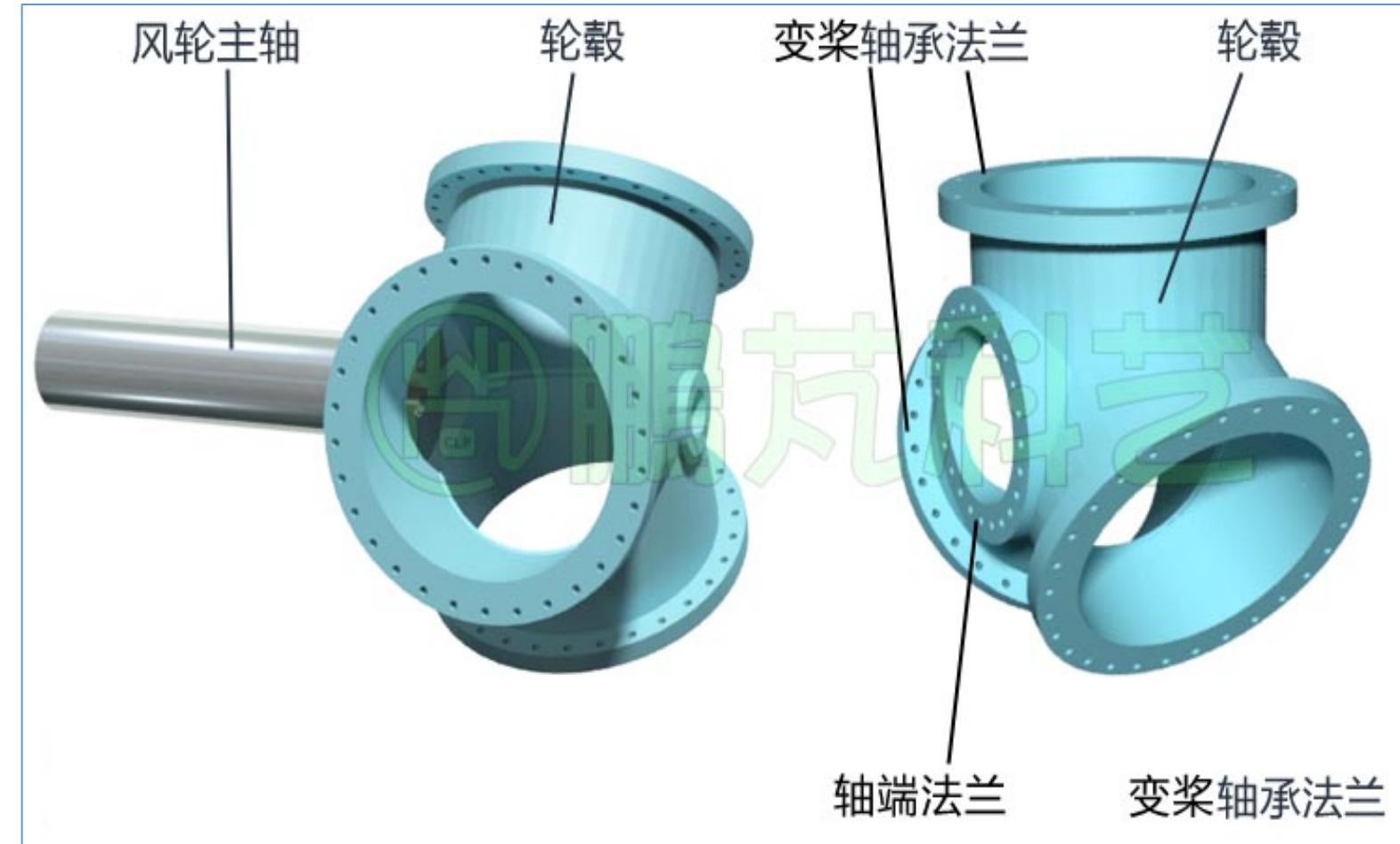


图5--主轴与三圆柱形轮毂

|| 主轴与轮毂

图6中的球形轮毂安装了3个叶片，构成3叶风轮。在轮毂外面将安装导流罩。

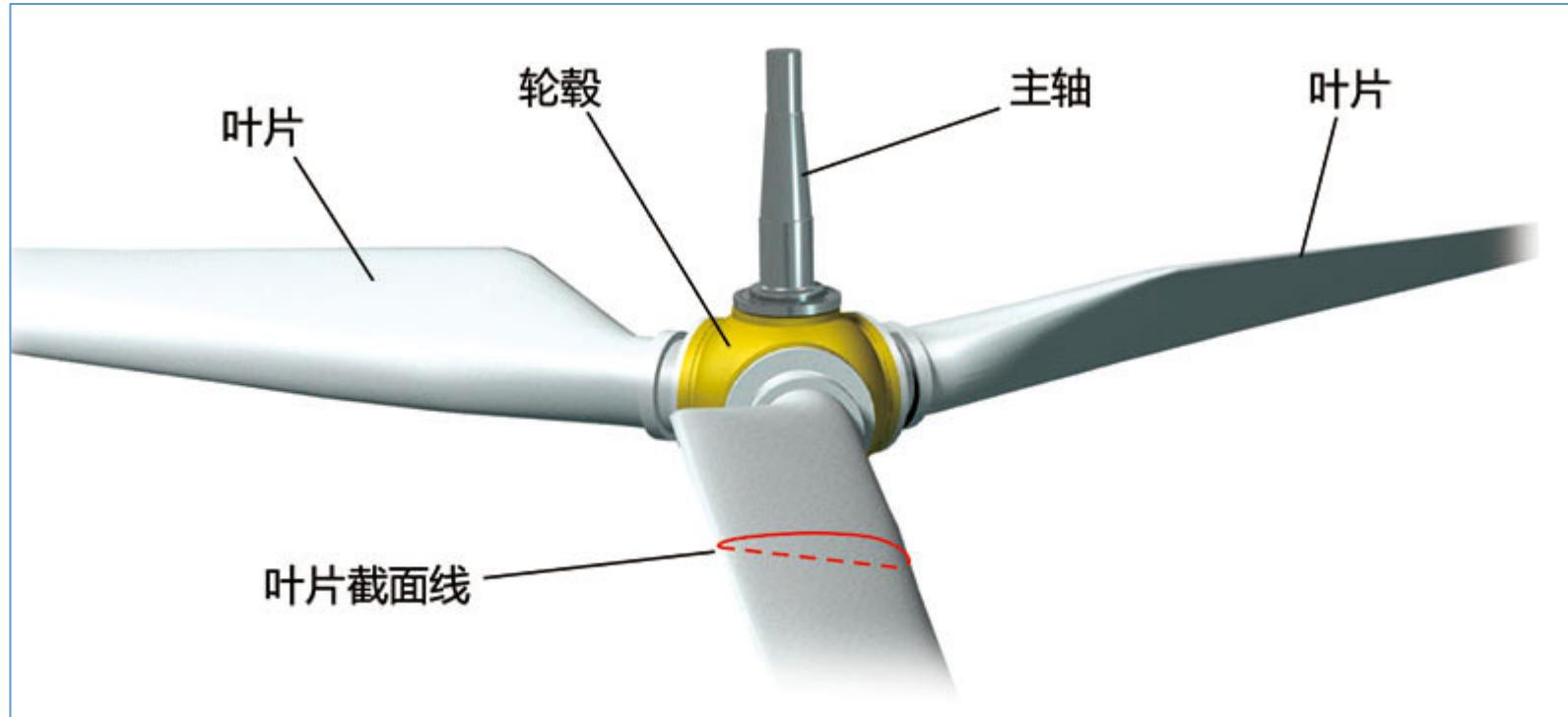


图6--3叶片风轮

机舱主要设备组成

机架（底盘）由横梁与纵梁组成，是风轮、齿轮箱、发电机等主要设备的支撑基座，见图7。风力机主轴通过[主轴轴承](#)安装在机舱的机架上，主轴轴承在机架前端，主轴轴承要承受来自风轮的巨大力量，主要是风轮的重量、推力、各种扭转力矩，主轴轴承采用球面滚子轴承，有良好的调心性能。靠轮毂的轴承称为前轴承，在主轴尾端的是后轴承，图7是一种常用的布置方式，没有后轴承，主轴尾端通过联轴器直接与齿轮箱低速轴连接。

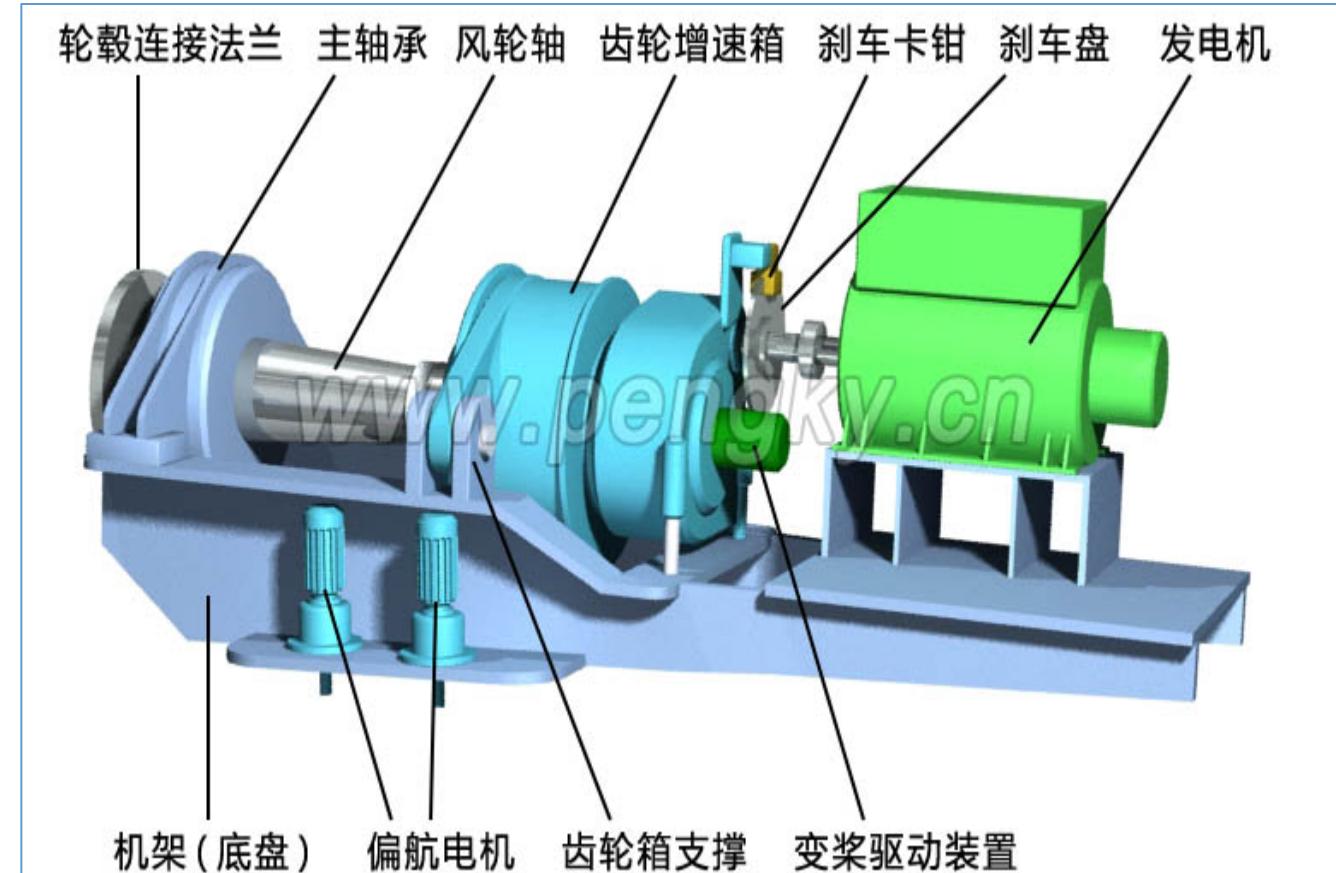


图7--增速齿轮箱、发电机、机架

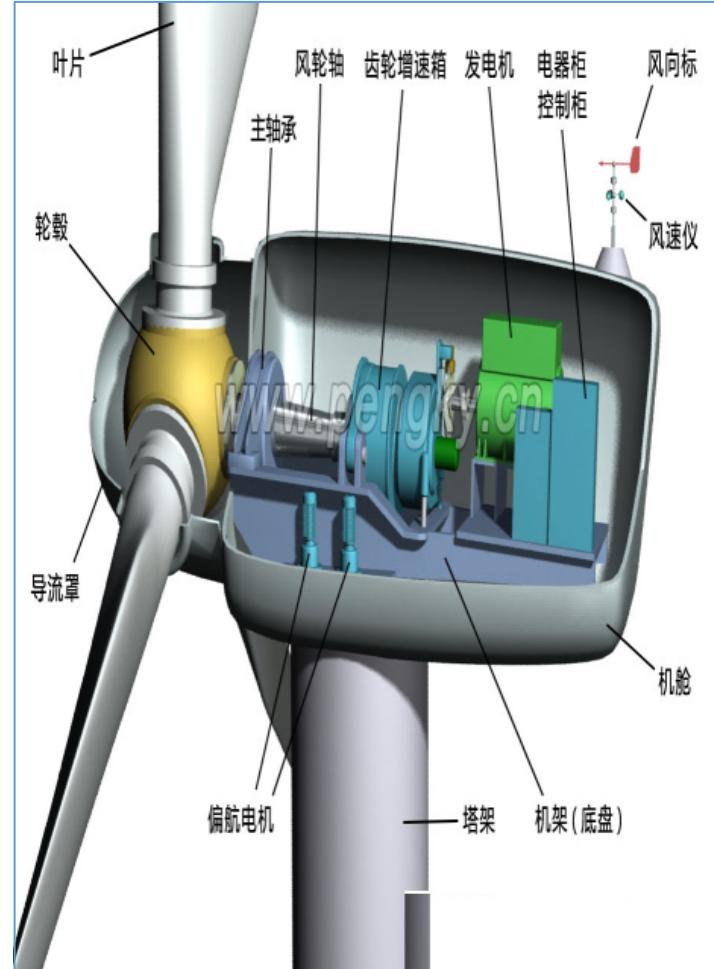
|| 主轴与轮毂

齿轮箱右侧高速轴通过联轴器连接发电机。为了在大风、故障与检修时停止运转，在发电机轴上装有刹车盘，由刹车卡钳进行刹车。

风力机的主轴通孔与齿轮箱低速轴通孔相通，风力机变桨用的信号、动力（电或液压介质）从齿轮箱后部通过滑环输送到轮毂变桨装置。或使用连杆直接操纵变桨。

风轮主轴轴线向前仰起，与水平线有一个不大的夹角，目的是防止叶片碰到塔架，同时缩短风力机主轴的延伸长度。在机舱里还装有齿轮箱的润滑系统，以保证齿轮箱的润滑；大型发电机还有专门的冷却系统。

在机舱底座下方有偏航系统，机舱顶部后方装有风向标与风速仪，输出其信号给控制柜，偏航装置按控制柜的信号推动风力机对风。控制柜还要根据风速变化来控制桨距角，以工作在最佳转速。图8是水平轴风力发电机机舱内设备的布置图。



机舱设备与塔架 (*Nacelle Equipment and Tower*)

机舱主要设备组成

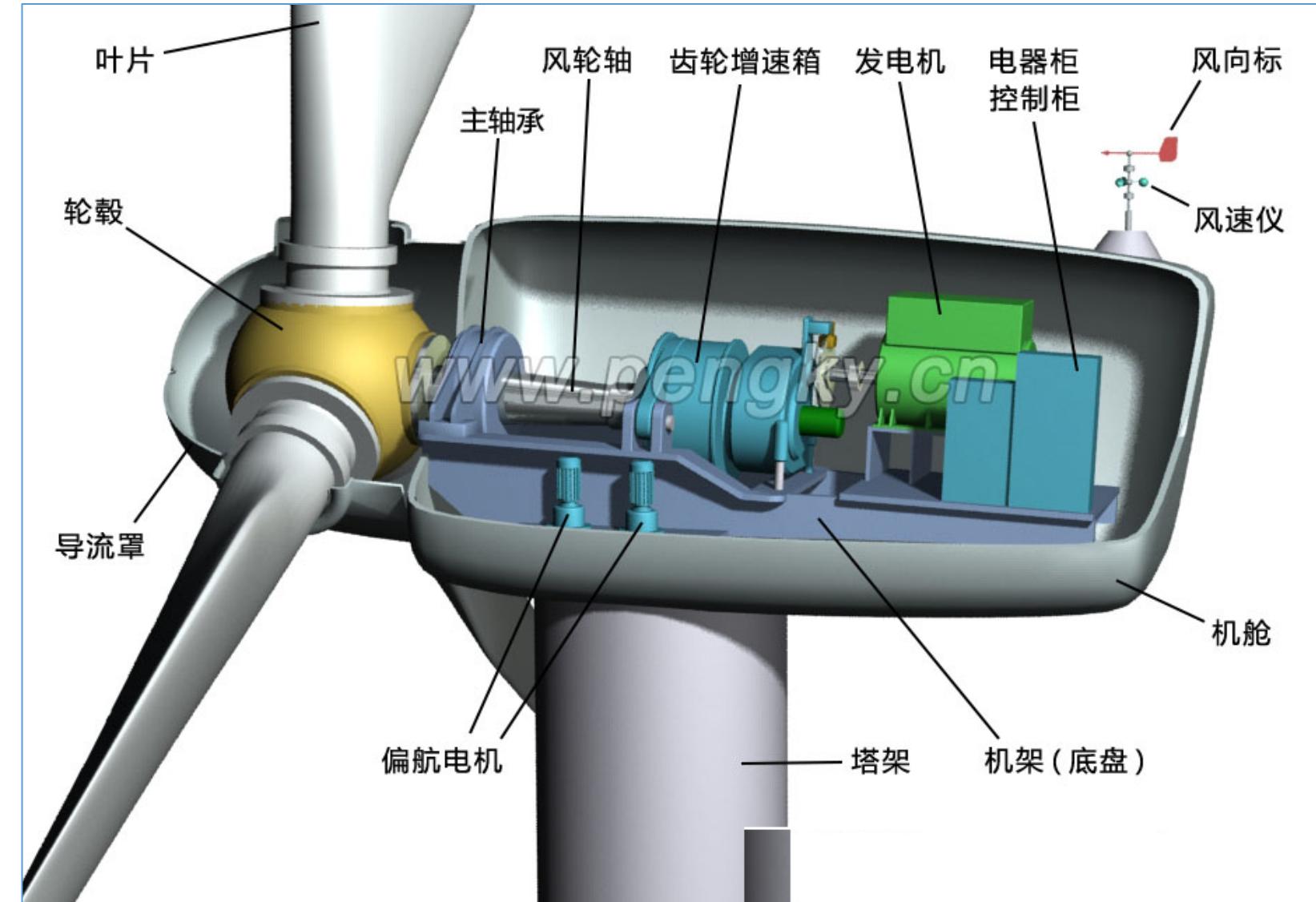


图8--风力发电机机舱结构与设备布置图

塔架

叶轮要在一定的高度上才能获得较大较稳定的风力，在空中的风轮与机舱要靠塔架支撑，塔架的高度约为叶轮直径的1至1.5倍，小型微型风力机的塔架相对风轮会更高些。

塔架需要高强度也要考虑造价，微型风力机是铁管加拉线，中小型风力机有采用桁架型的也有采用管柱型的，大型风力机基本采用管柱型的。桁架即用角铁等型材搭建而成，简单、造价低，但不美观且人员上下也不安全。

大型风力机的管柱型塔架主要采用钢筋混凝土结构或钢结构，但钢塔架运输困难，可现场制作的混凝土塔架用得越来越多。塔架内敷设有发电机的电力电缆、控制信号电缆等，塔底有塔门，塔架内分若干层，层间有直梯便于人员上下，见图9。

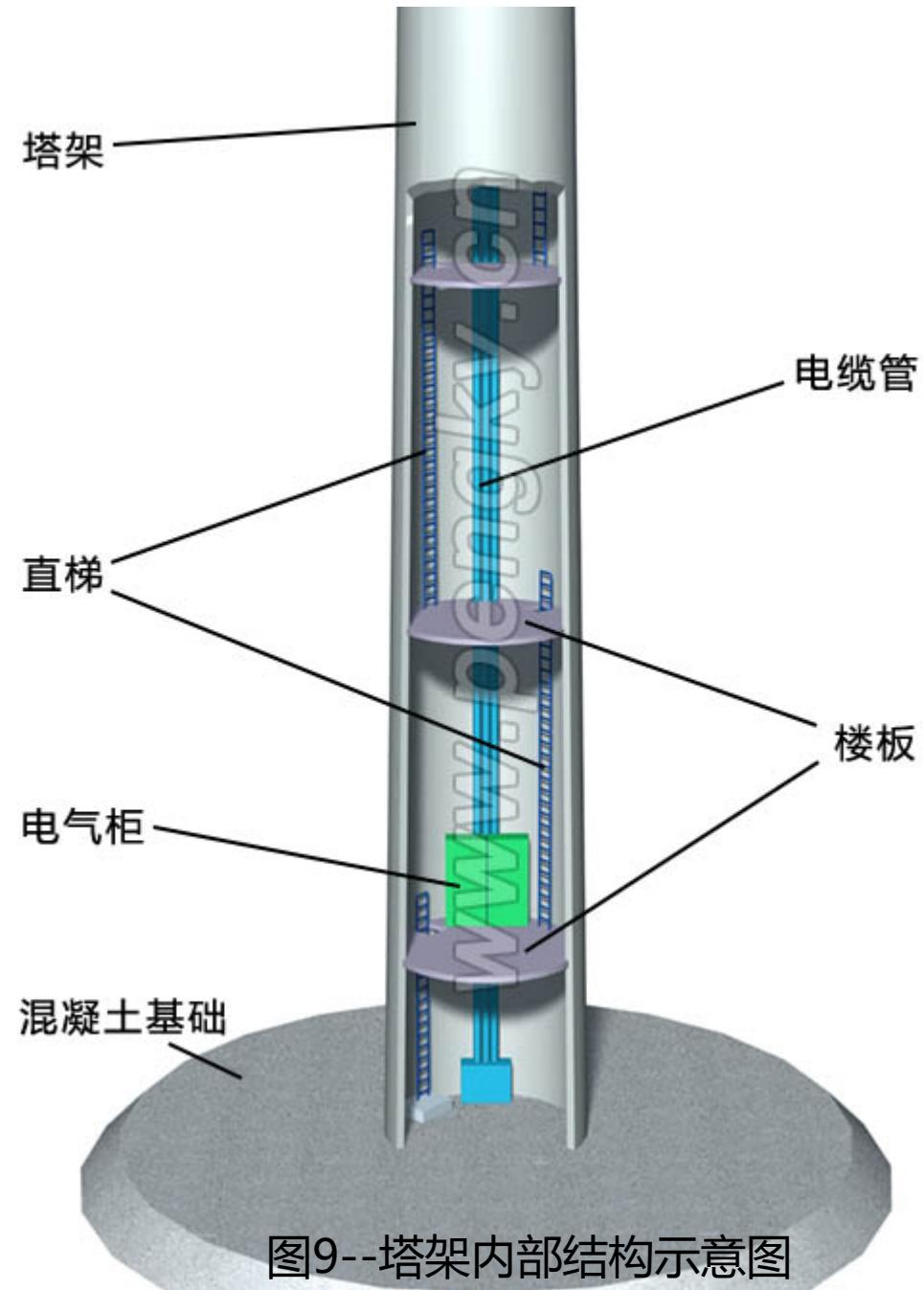


图9--塔架内部结构示意图

机舱设备与塔架 (*Nacelle Equipment and Tower*)

|| 塔架



图10--塔架内部照片

本课程结束

制作单位：湖南电气职业技术学院