



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 (3)

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](#)



09

风力机的独立 变桨距系统

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

概述

在风力机调速方式课件中介绍了[变桨距调节转速](#)的原理，还介绍了一种简单的[离心力桨距](#)调节装置。现代大中型风力发电机组对叶片的变桨距性能有很高要求，以保证风力机能以最高效率安全的运行，主要有独立变桨距系统与[统一变桨距机构](#)。本课件介绍独立变桨距系统。变桨距系统要保证风轮叶片在起动状态、正常运行状态、停机顺桨状态能有良好的变桨距角功能，也就是：起动状态：风力机在静止时，[桨距角](#)为90度（全顺风）；当风速达到起动风速时，叶片转向45度左右，以获得较大的起动转矩；当风轮转速达到一定速度时，再调节叶片转到0度。

运行状态：在正常运行时，当功率在[额定功率](#)以下时，桨距角在0度附近；当功率超过额定功率时，根据计算机命令增大叶片的攻角，并不断调整桨距角使发电机的输出功率保持在额定功率附近，桨距角变化范围在0度到30度之间。

停机顺桨状态：当风机正常停机和快速停机时将叶片顺桨到90度附近，利用叶片的气动阻力将风轮转速降为0。当停电或出现故障时无需计算机命令能自动进入全顺桨状态，使风力机紧急停机，确保风力发电机组的安全。

本课件介绍的变桨距系统的三组叶片的桨距角变化是受各自的驱动装置控制，同一台风力机的各个叶片可根据不同的控制作出不同的桨距角变化，这种变桨系统称为独立变桨系统，有很好的控制性能。主要有液压驱动与电动驱动方式。

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

液压变桨距系统

液压变桨距系统，在风轮的三叉形轮毂上有三个变桨轴承法兰，将与变桨轴承的外圈固定安装，在图1中的三叉形轮毂是剖开的，在两个法兰上已经固定好两个变桨轴承，在其中一个变桨轴承内圈固定着叶片根盘，叶片根部与叶片根盘固定连接，叶片通过变桨轴承可自由转动。图中有一个液压缸，液压缸内有可伸出的活塞杆（液压杆），活塞杆输出端通过液压杆轴承与叶片根盘上的变桨摇柄连接，活塞杆的伸缩推动叶片根盘转动。由于变桨摇柄是圆弧运动，液压缸也会随之摆动，所以液压缸是通过一根摆动轴安装在轮毂上的。

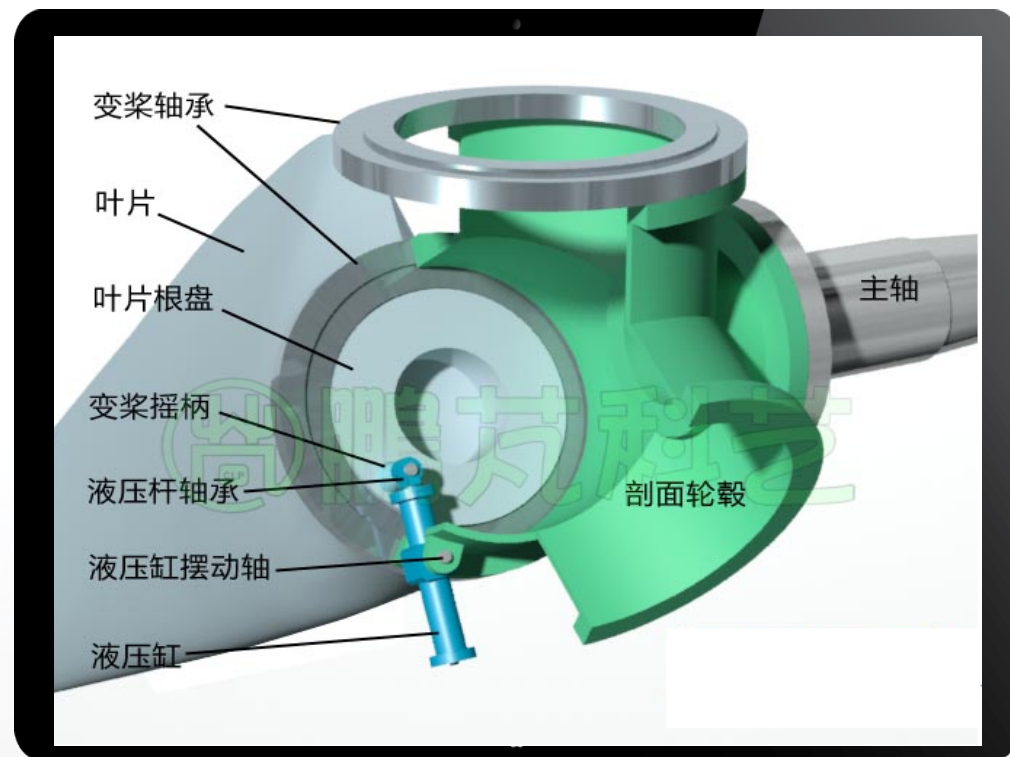


图1--液压变桨距系统的液压缸

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

液压变桨距系统

图2是液压缸的活塞杆部分推出时的状态，叶片转动了一定的角度。

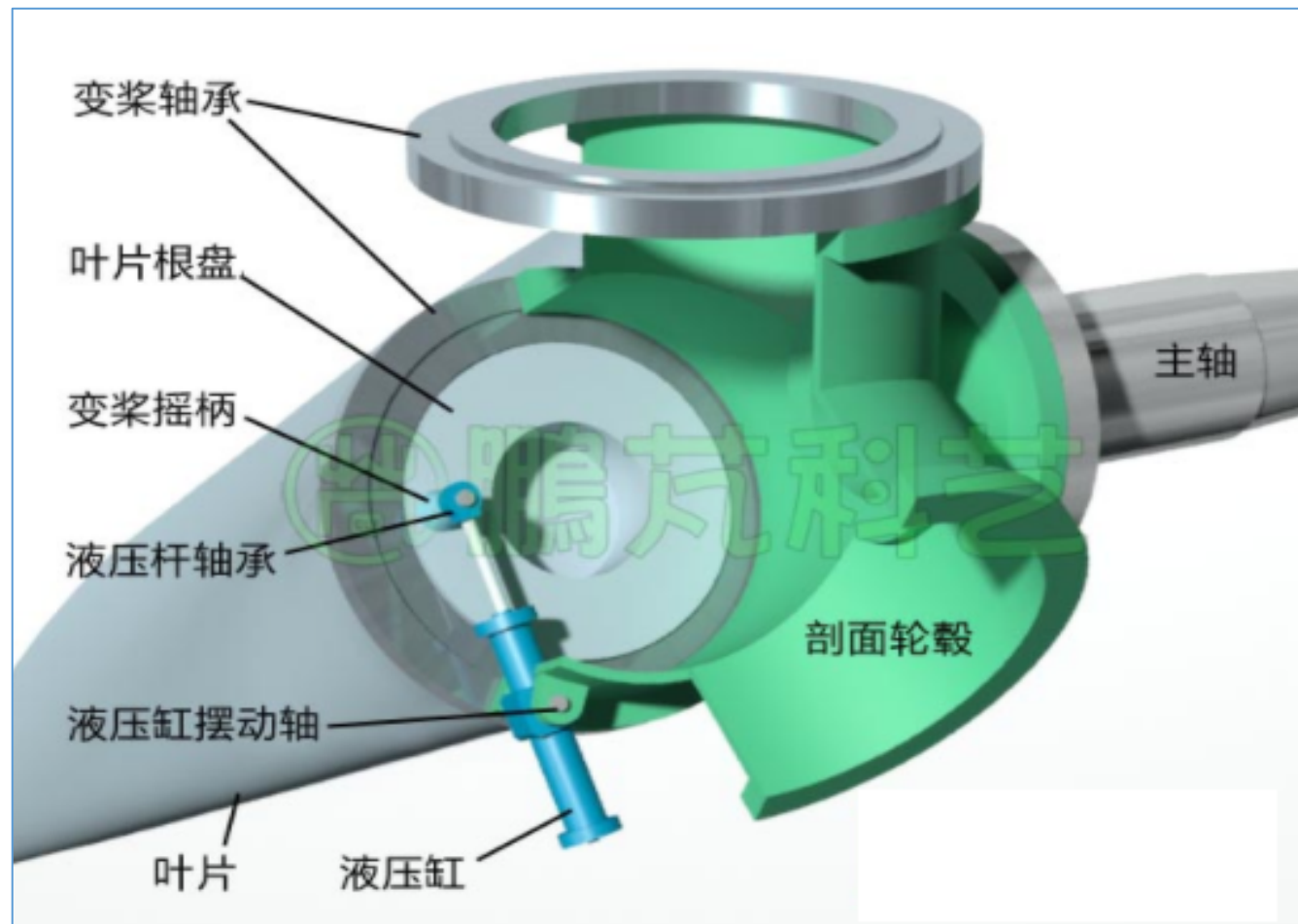


图2--液压变桨距装置调桨距

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

液压变桨距系统

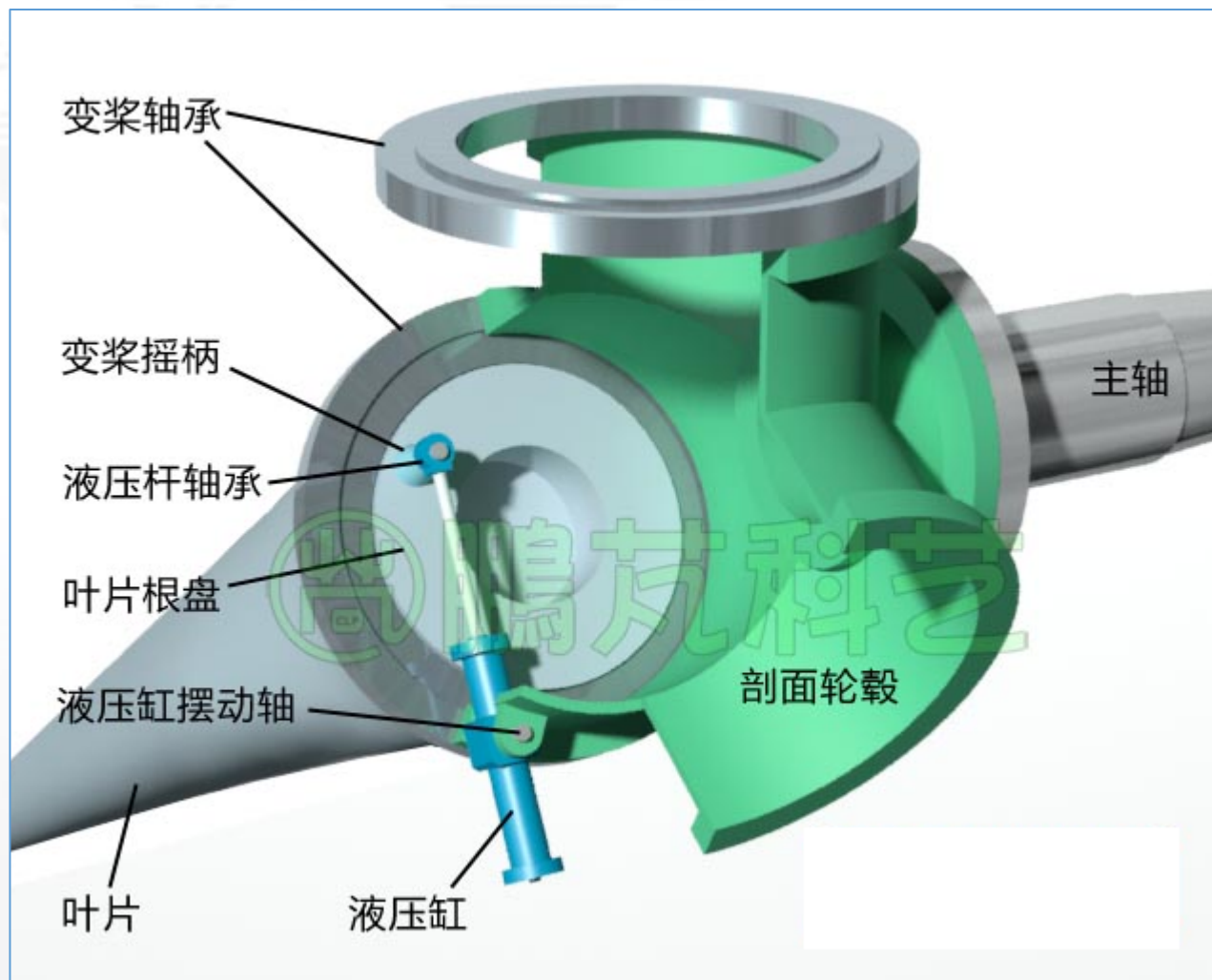


图3是液压缸的活塞杆全部推出时的状态，叶片转动到顺桨状态。

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

液压变桨距系统

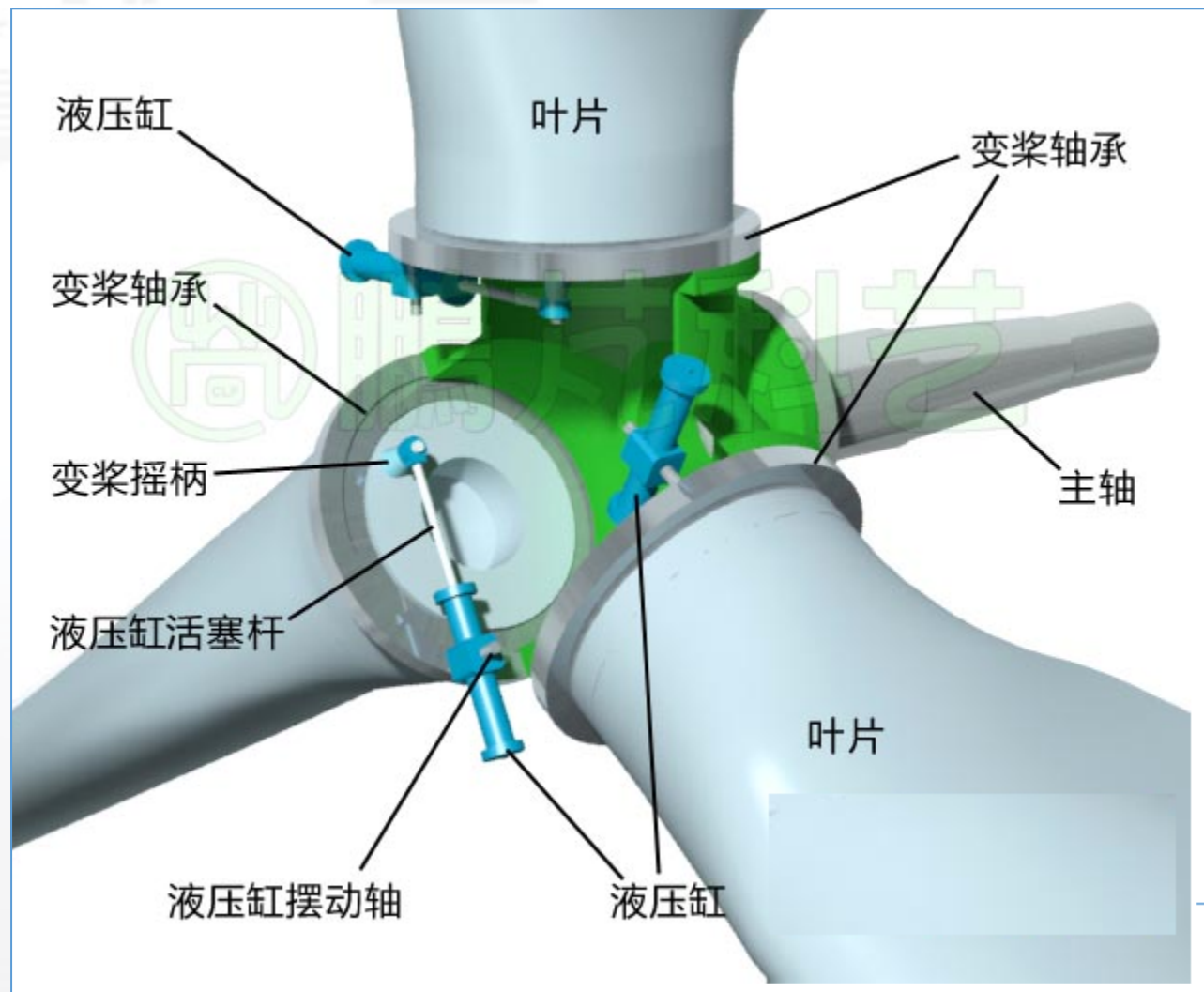


图4是安装好3套叶片的液压变桨系统示意图

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

液压变桨距系统

为了准确控制叶片转动角度，在每个液压缸配有直线位移传感器，根据测量活塞杆移动距离就可知道叶片转动角度。液压管路与信号电缆穿过主轴、齿轮箱的通孔，再通过滑环传输装置传到机舱控制器。图5左图是多路液压传输滑环（旋转接头），图5右图是液压传输与电气传输集成滑环，可同时传输液体与电信号，该图片来自网络。

滑环传输装置安装在齿轮箱后部，转动部分与主轴端来的通管连接。



图5--旋转接头与滑环

液压变桨距装置在超出额定风速与低于切出风速时根据计算机命令能很好的执行变桨距操作，保证风力机在额定转速附近运行；在超出切出风速时能进入全顺桨状态，在遇到停电或其他故障时也能自动进入全顺桨状态。

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

外齿轮电动变桨距系统

图6是采用外齿轮电动变桨距系统的轮毂，在风力机轮毂安装着3个变桨轴承，轴承的外圈与轮毂固定，轴承外圈集成着变桨大齿轮，齿轮的齿在外圆周上。轴承内圈可在外圈中转动。

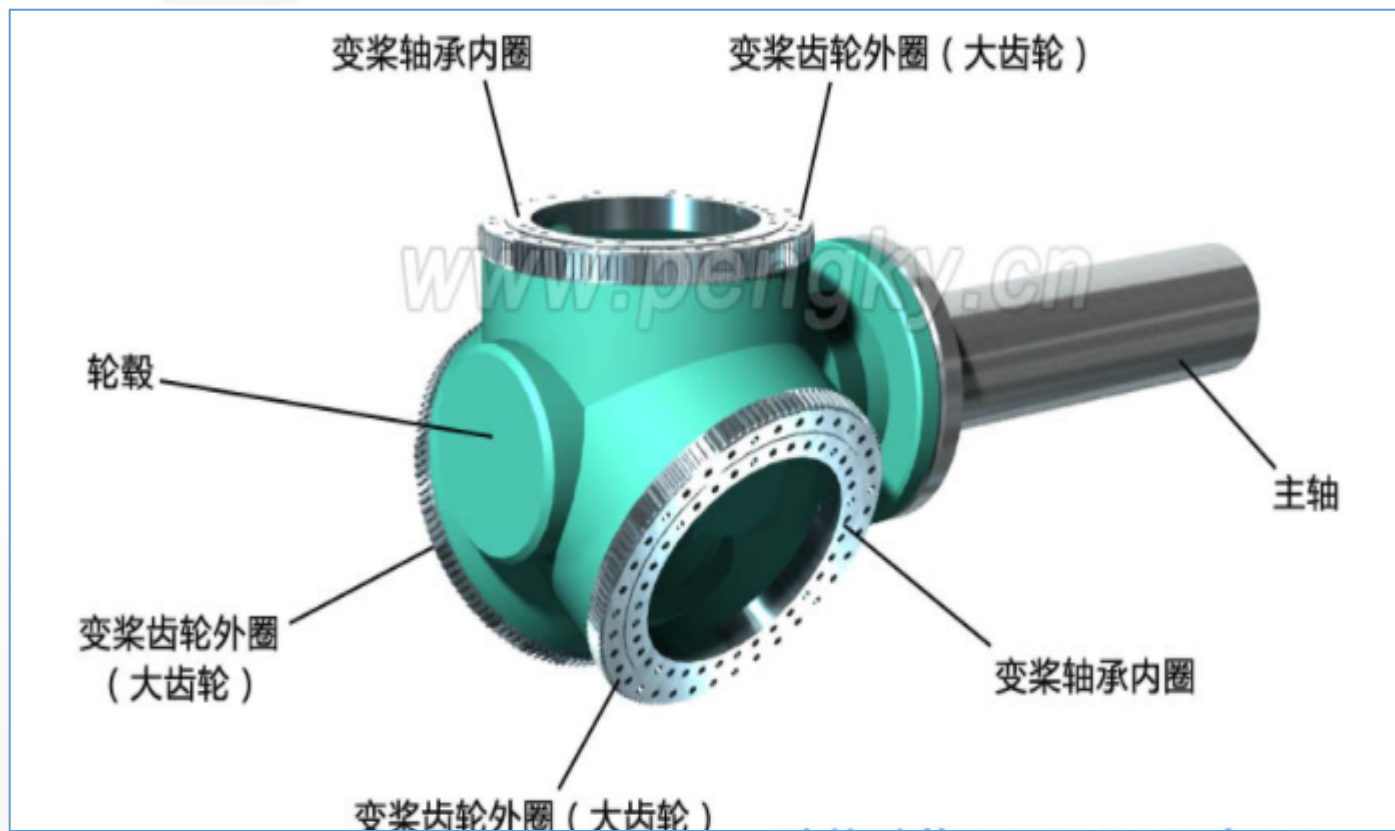


图6--外齿轮电动变桨距系统轮毂

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

外齿轮电动变桨距系统

变桨驱动电机可以是直流或交流伺服电机，通过齿轮箱进行大比例的减速，再驱动小齿轮，图7是网上下载的变桨电机图片。

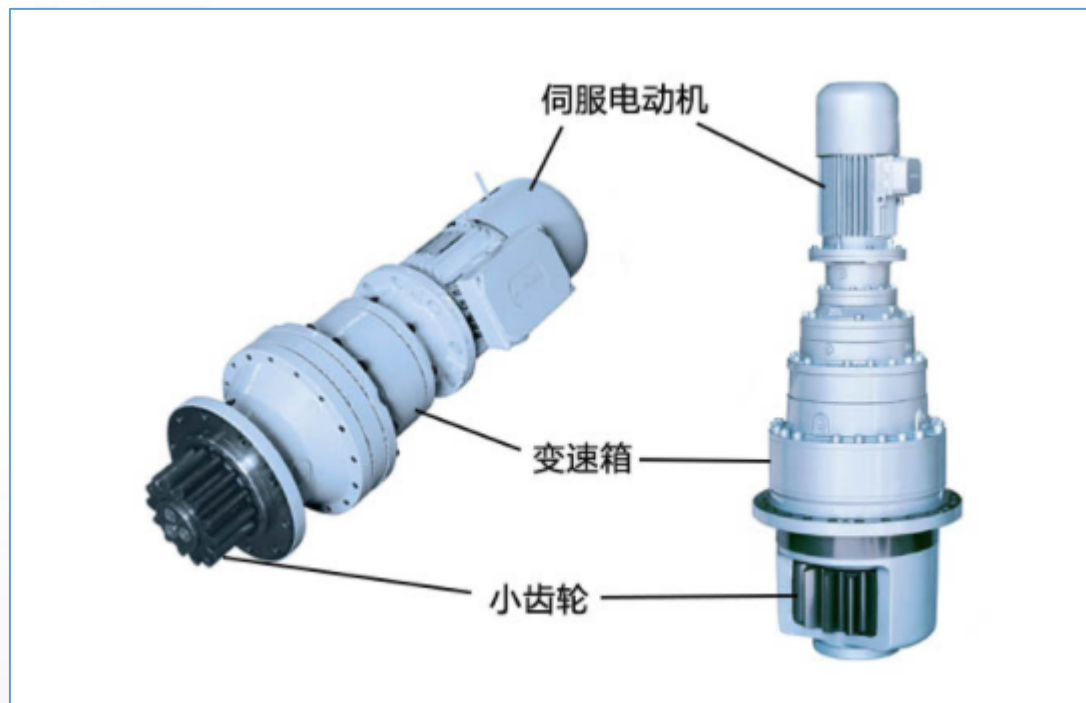


图7--变桨电机驱动电机

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

外齿轮电动变桨距系统

3个桨叶各有一套变桨距驱动电动机与轴上的小齿轮，小齿轮和变桨大齿轮啮合。其相对位置见图8。

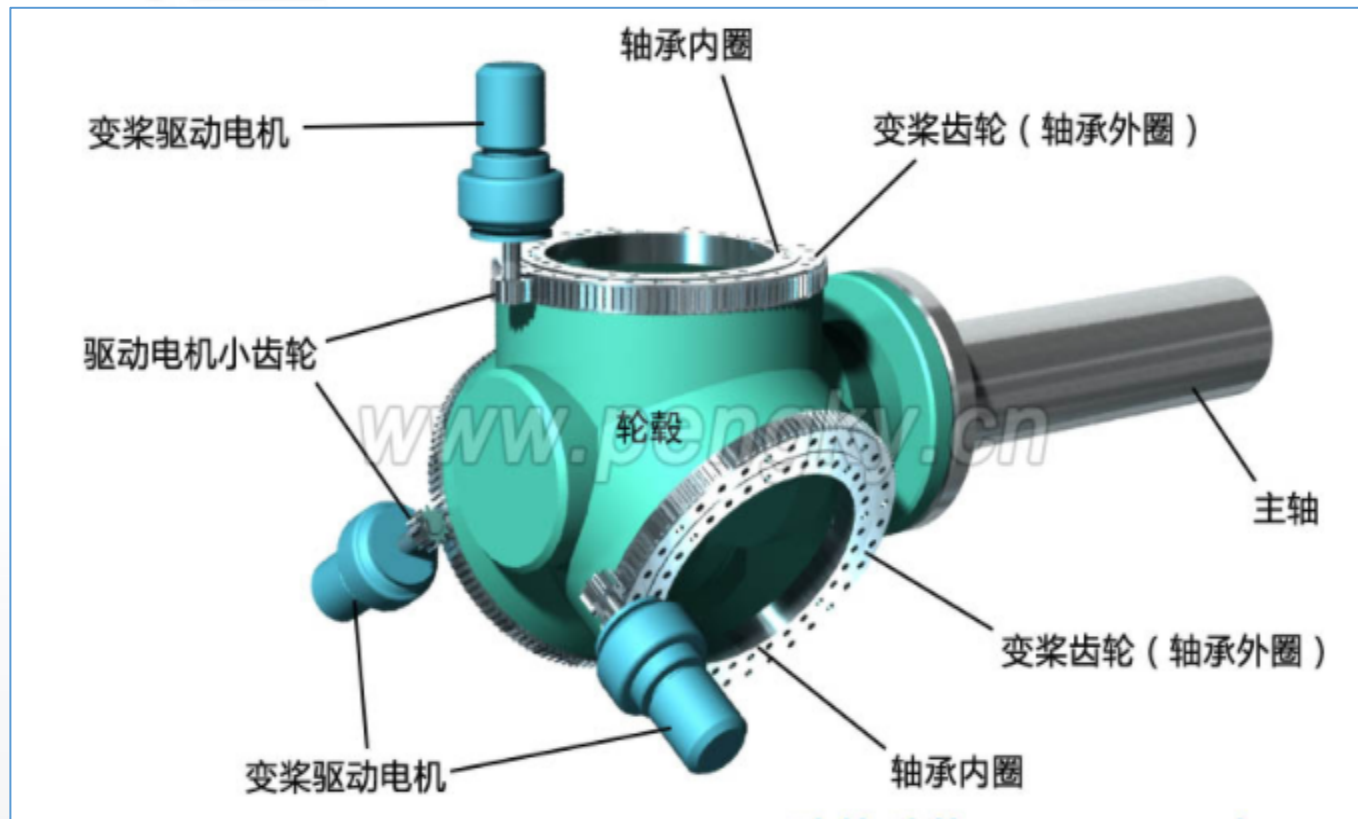


图8--外齿轴承变桨距电动机

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

外齿轮电动变桨距系统

变桨驱动电动机安装在叶片根部，电机轴上的小齿轮和变桨齿轮啮合，当电动机转动时推动叶片转动，即可改变桨距角。3个桨叶的变桨距驱动电动机与相关部件相对独立，可单独运作，这就是独立电动变桨系统，3个叶片的桨距角由计算机控制按规律变化。

变桨距电动机的驱动电源与控制装置安装在轮毂内，其电源与控制信号线通过主轴通孔与齿轮箱通孔再通过滑环装置连接到机舱的控制柜。

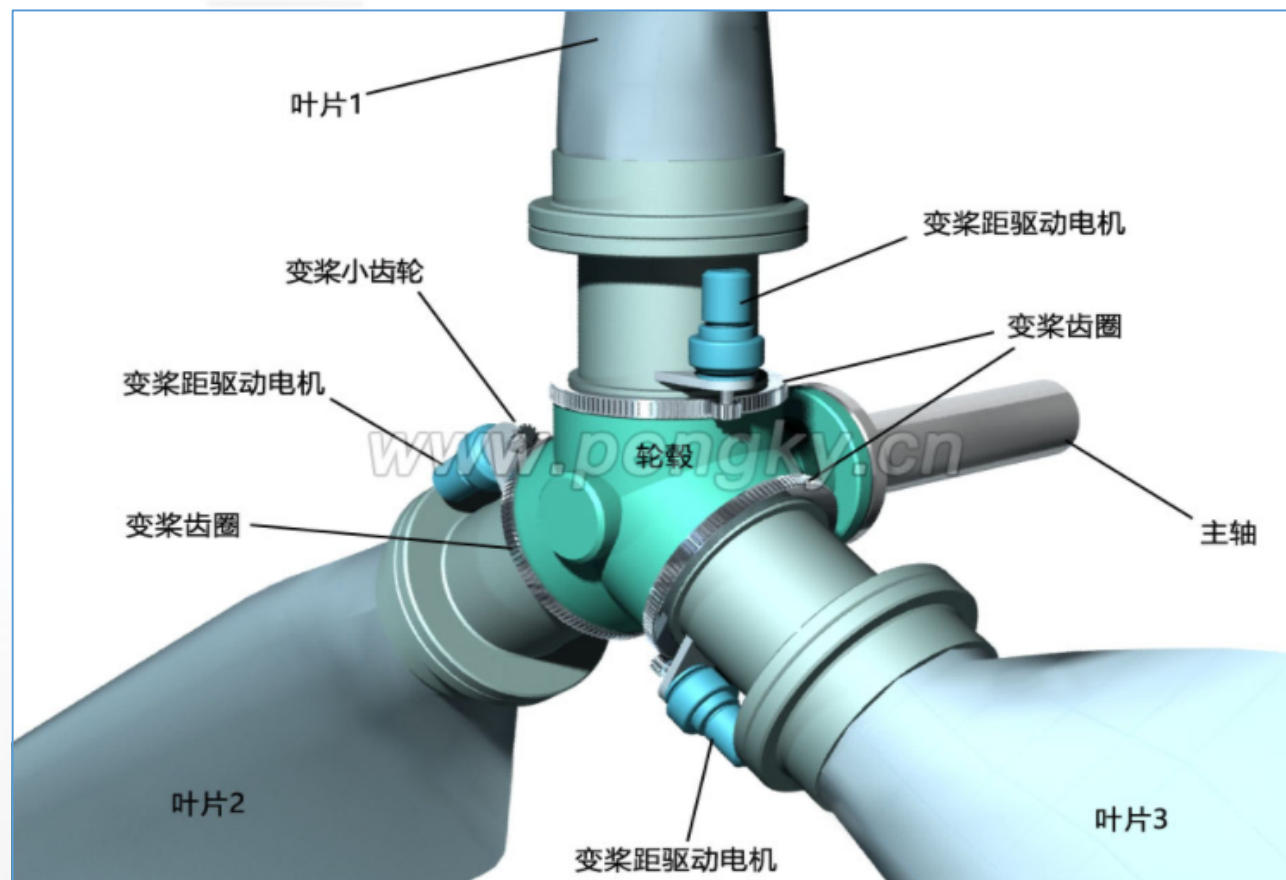


图9--外齿轮电动变桨距系统

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

内齿轮电动变桨距系统

图10是采用内齿轮的电动变桨距系统轮毂图，在风轮轮毂圆周安装着3个变桨轴承，轴承的外圈与轮毂固定，轴承内圈内周集成着变桨齿轮（大齿轮），叶片将安装在轴承的内圈上。

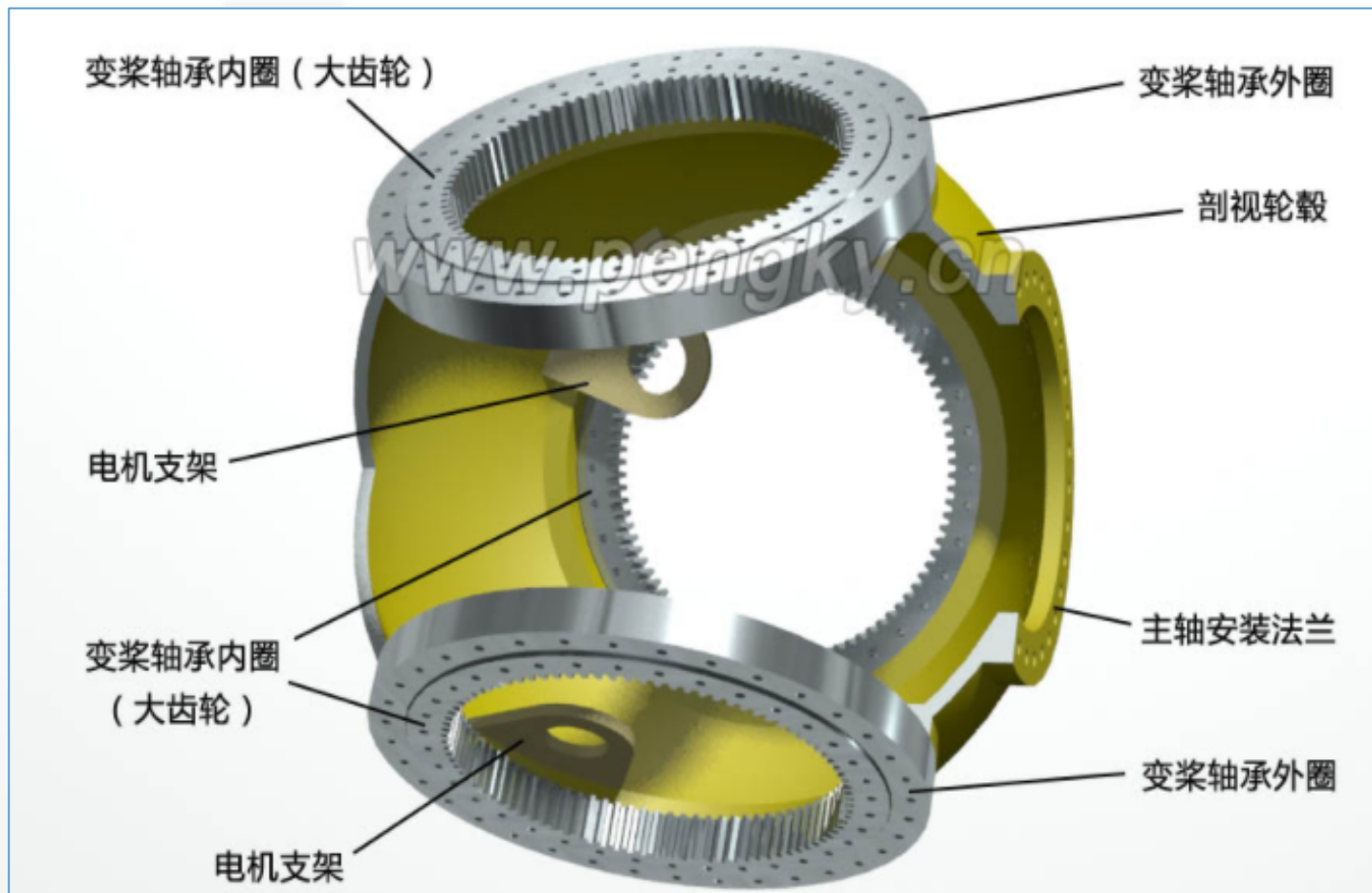


图10--变桨距内齿轴承与轮毂

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

内齿轮电动变桨距系统

在轮毂内安装有3台变桨驱动电动机，电机轴上的小齿轮和变桨齿轮啮合。当电动机转动时推动变桨齿轮转动，即可改变桨距角，见图11。

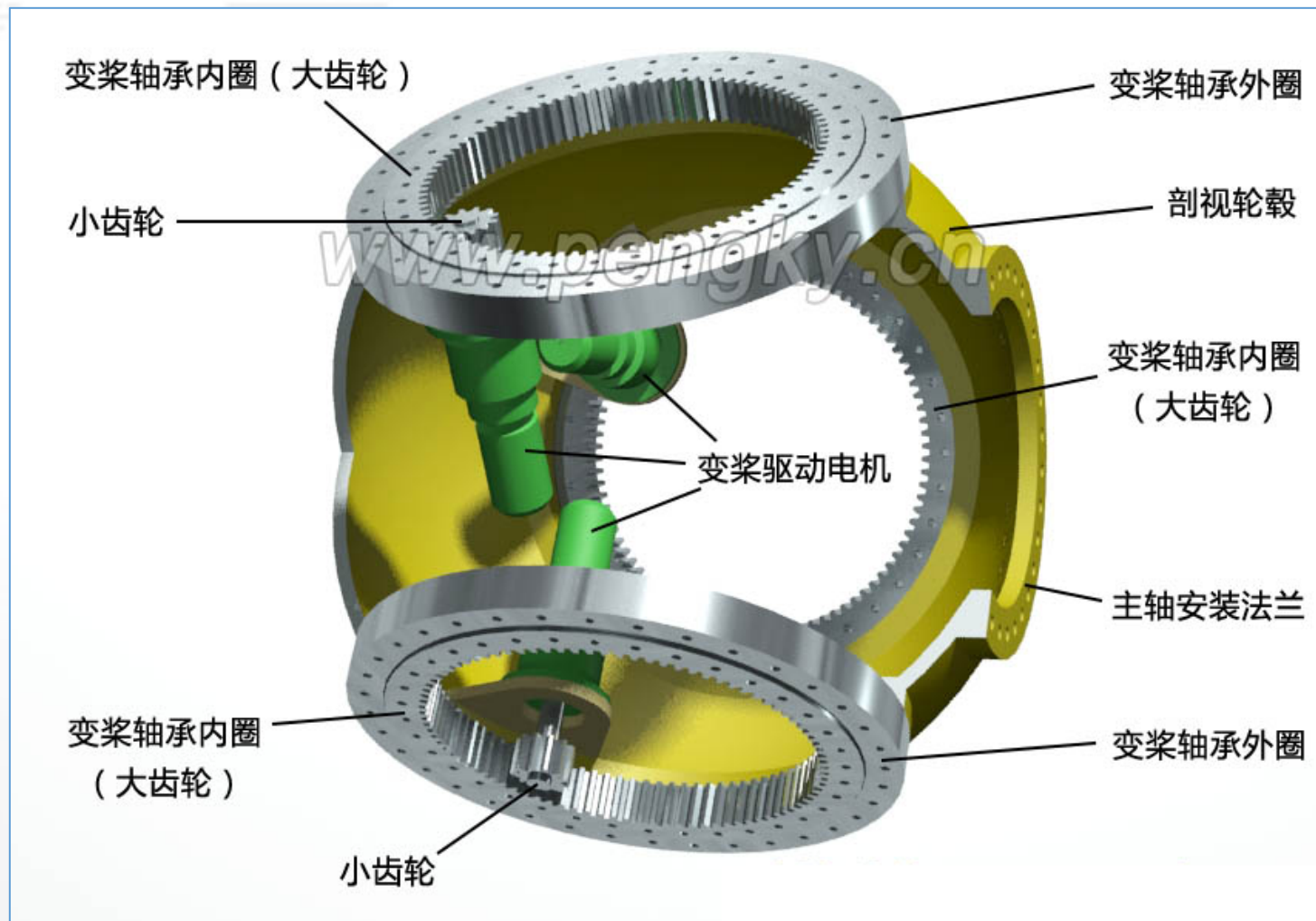


图11—变桨距内齿轴承与驱动电机

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

内齿轮电动变桨距系统

把3个叶片通过根部螺栓安装在3个轴承的内圈上，见图12，该图是内齿轴承电动变桨距动画的截图。

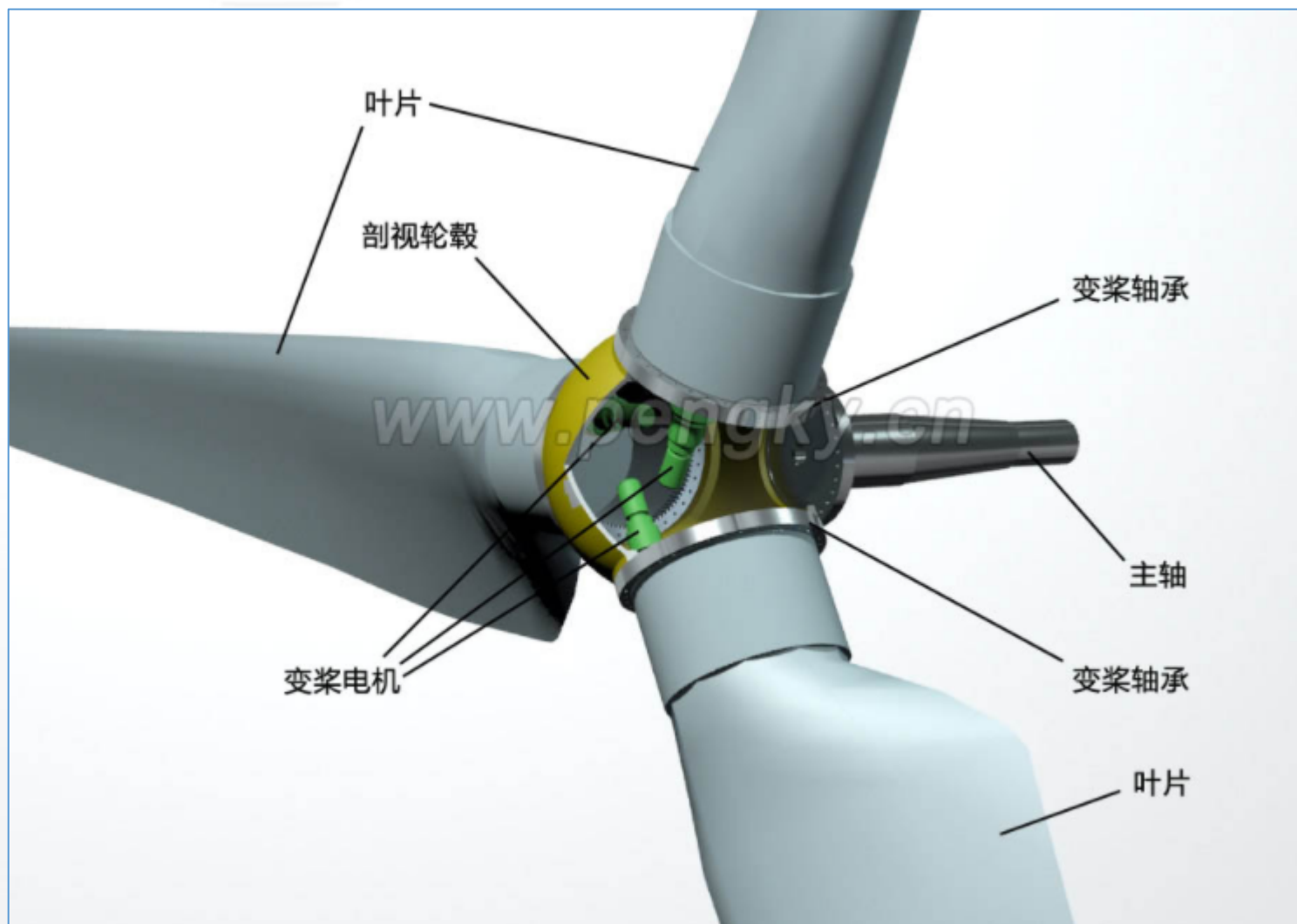


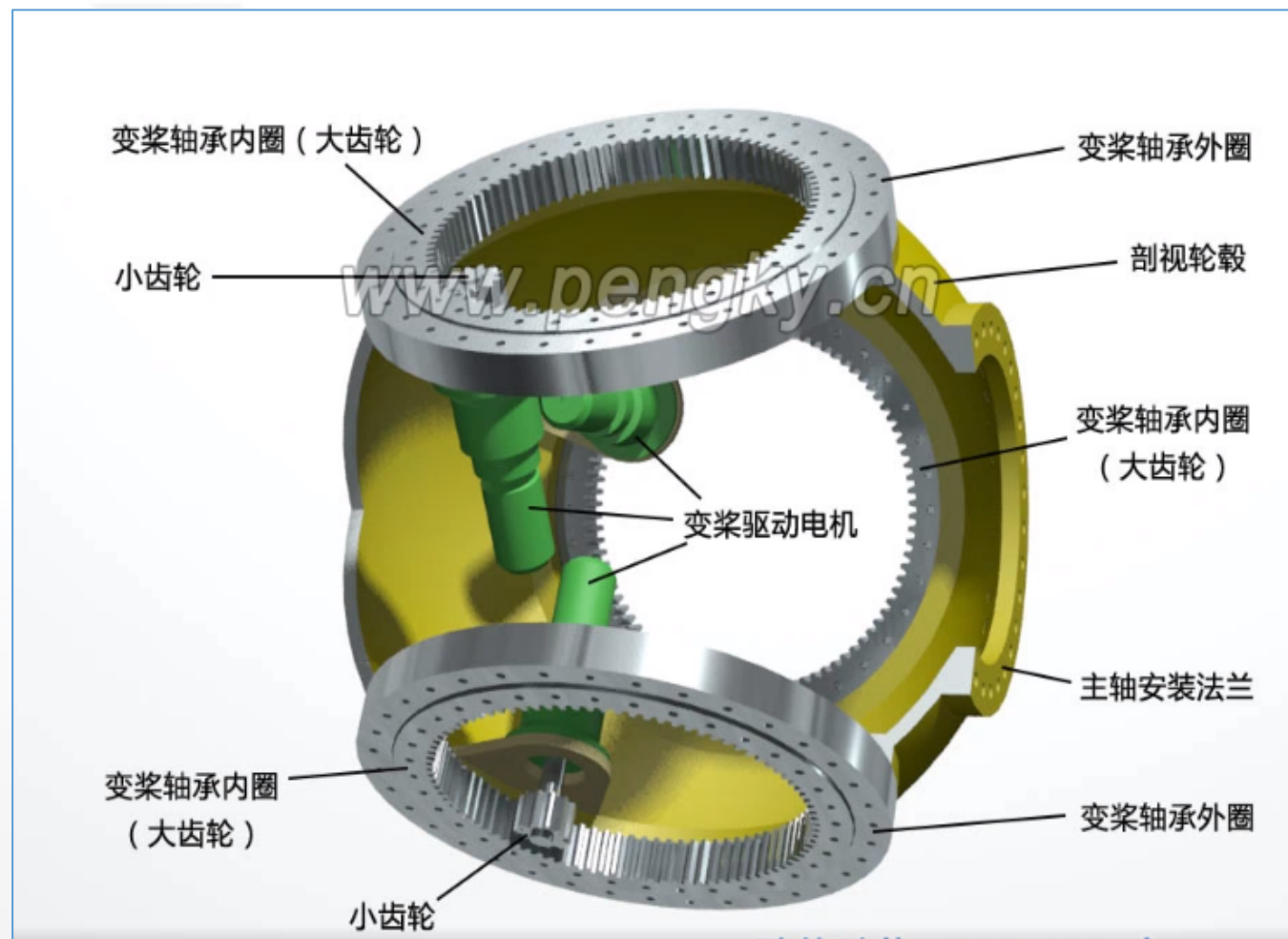
图12--内齿轴承电动变桨距系统

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

内齿轮电动变桨距系统

由于3个桨叶各有一套变桨距电动机与相关部件，可各自独立运行，故称为独立电动变桨系统，尽管3个变桨装置独立，但他们的桨距角由机舱计算机控制按规律同步变化的。

下面是内齿轮变桨距系统3D动画，动画前段演示轮毂轴承大齿轮在变桨电机驱动下转动，动画后段演示变桨距电机带动叶片进行变桨距动作，为看清叶片转动，叶片采用带线框半透明显示。



风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

辅助装置

变桨距电动机的驱动电源与控制装置安装在轮毂内，由于轮毂是在不停旋转，变桨系统的电源电缆，信号电缆、控制电缆不能直接与机舱连接，这些电缆通过主轴通孔与齿轮箱通孔再通过滑环装置连接到机舱的控制柜，图13是一个滑环装置剖开图（图片来自网络）。

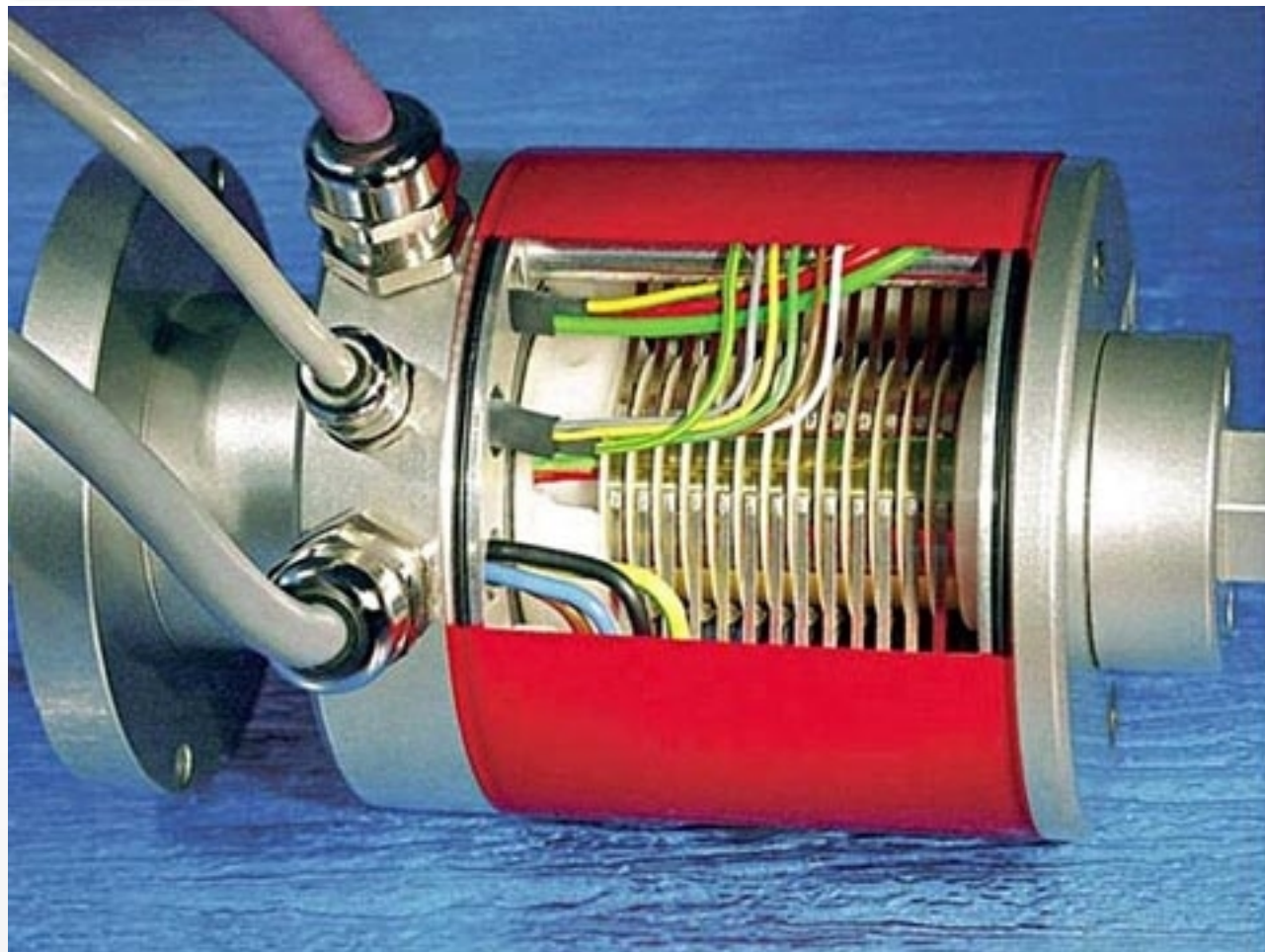


图13--滑环

风力机的独立变桨距系统 (*Independent Pitch System*)

辅助装置

在轮毂内装有蓄电池，每套变桨距装置还包含电机驱动电源、叶片转角传感器、限位开关等。电机驱动电源根据计算机命令输出电流使电动机运转。叶片转角传感器通过一个小齿轮与变桨轴承齿轮啮合，通过传感器上的编码器与计数器测量叶片转角，图14是叶片转角传感器。



图14--叶片转角传感器

变桨距电动机可以是[直流电动机](#)或[三相交流电动机](#)或[无刷永磁电动机](#)，电机必须有磁力刹车装置，保证电动机在停转时处于刹车状态，保证桨距角不变。当电网掉电时，电机驱动电源通过使用蓄电池电源为电动机提供电源，自动进入顺桨停机状态。现在大中型风力发电机多采用独立变桨系统。也有许多中型风力发电机中采用统一变桨方式，常用的有[驱动杆统一变桨驱动机构](#)与[齿轮统一变桨驱动机构](#)



本课程结束

制作单位：湖南电气职业技术学院