

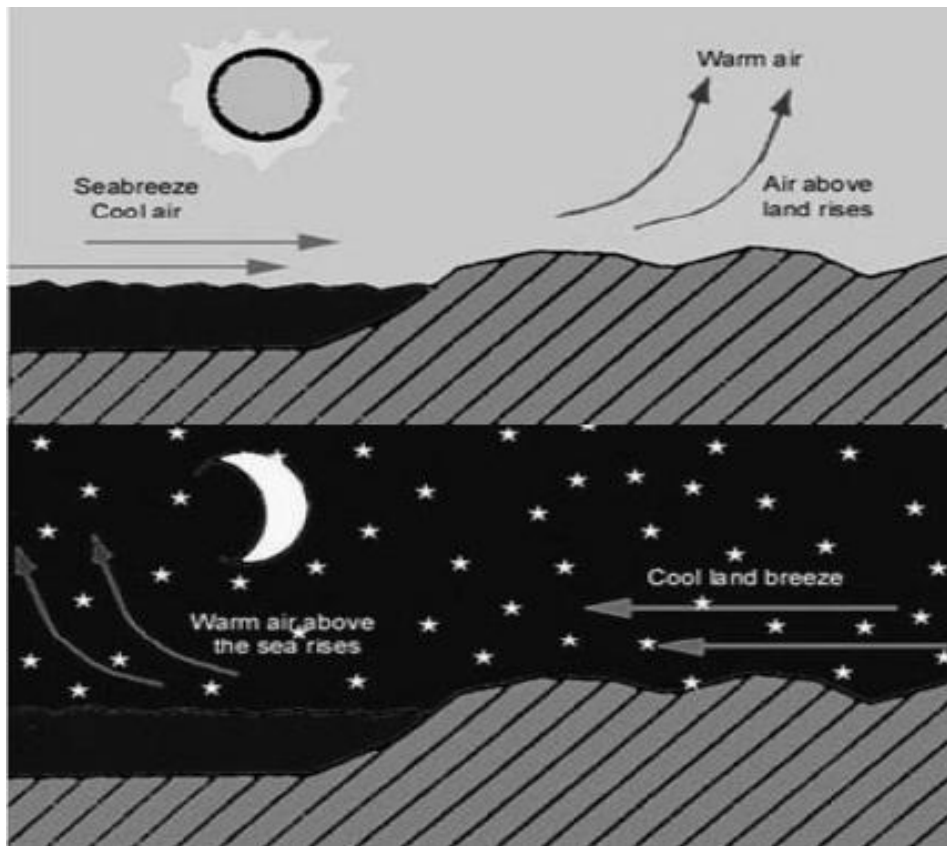
风力发电基础知识及风电液压应用

一、风的形成

地球表面上，受太阳加热的空气较轻，上升到高空；冷却的空气较重，倾向于去补充上升的空气。这就导致了空气的流动——风。

全球性气流、海风与陆风、山谷风的形成大致都如此。

风能是地球表面空气移动时产生的动能，即风的动能，是太阳能的一种表现形式。



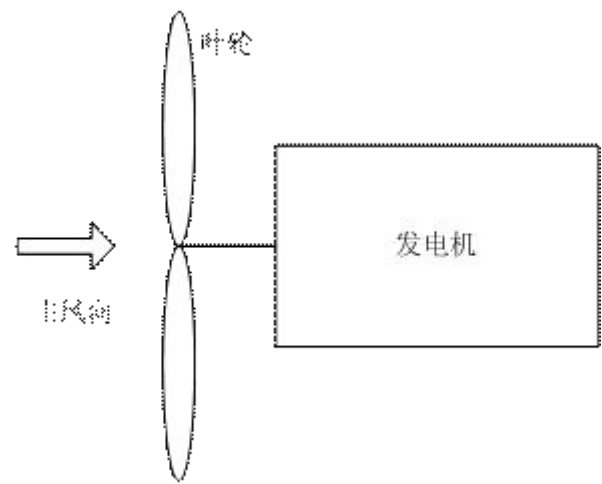
二、风力发电的原理及优缺点

风力发电的原理说起来非常简单，最简单风力发电机可由叶轮和发电机两部分构成，如图 1 所示。空气流动的动能作用在叶轮上，将动能转换成机械能，从而推动叶轮旋转。如果将叶轮的转轴与发电机的转轴相连，就会带动发电机发出电来。

风力发电的原理这么简单，为什么仅到 20 世纪的中后期才获得应用呢？

第一，常规发电还能满足需要，社会生产力水平不够高，还无法顾及降低环境污染和解决偏远地区的供电问题；

第二，能够并网的风力发电机的设计与制造，只有现代高技术的出现才有可能，20 世纪初期是造不出现代风力发电机的。



(图一)

风力发电有三种运行方式：一是独立运行方式，通常是一台小型风力发电机向一户或几户提供电力，它用蓄电池蓄能，以保证无风时的用电；二是风力发电与其他发电方式（如柴油机发电）相结合，向一个单位或一个村庄或一个海岛供电；三是风力发电并入常规电网运行，向大电网提供电力，常常是一处风电场安装几十台甚至几百台风力发电机，这是风力发电的主要发展方向。

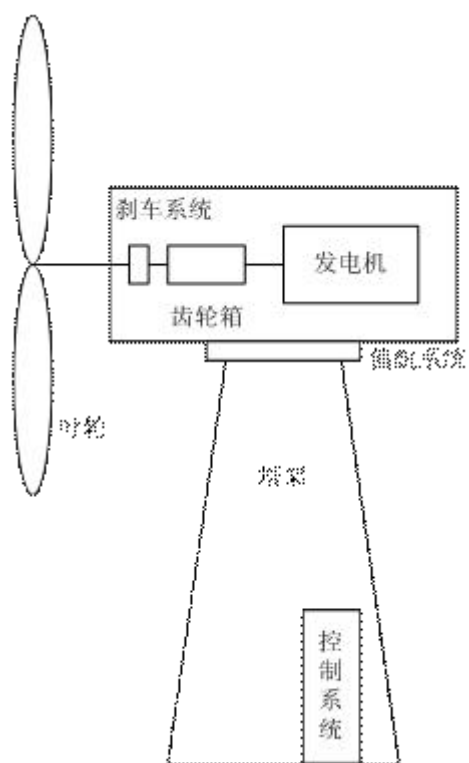
我们这里所说的风力发电都是指大功率风机并网发电。

风力发电的优缺点

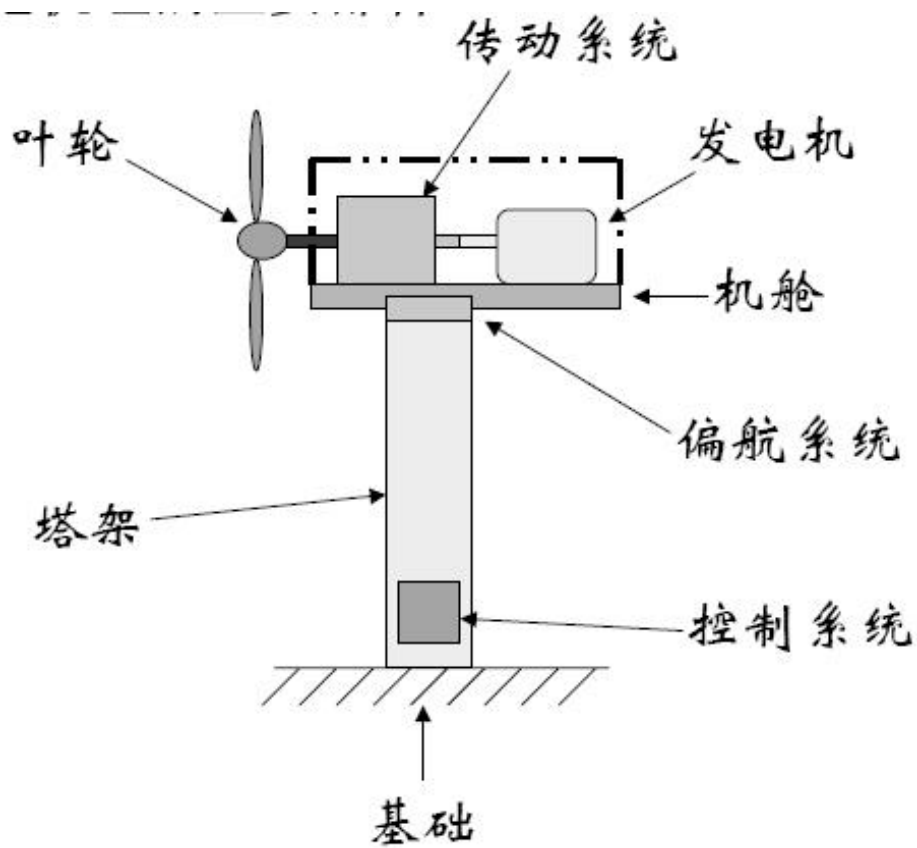
优点	缺点
清洁,环境效益好	噪声,视觉污染
可再生,永不枯竭	占用大片土地
基建周期短、投资少	不稳定，不可控
装机规模灵活	目前成本仍很高
技术相对成熟	

三、现代风机的结构与技术特点。

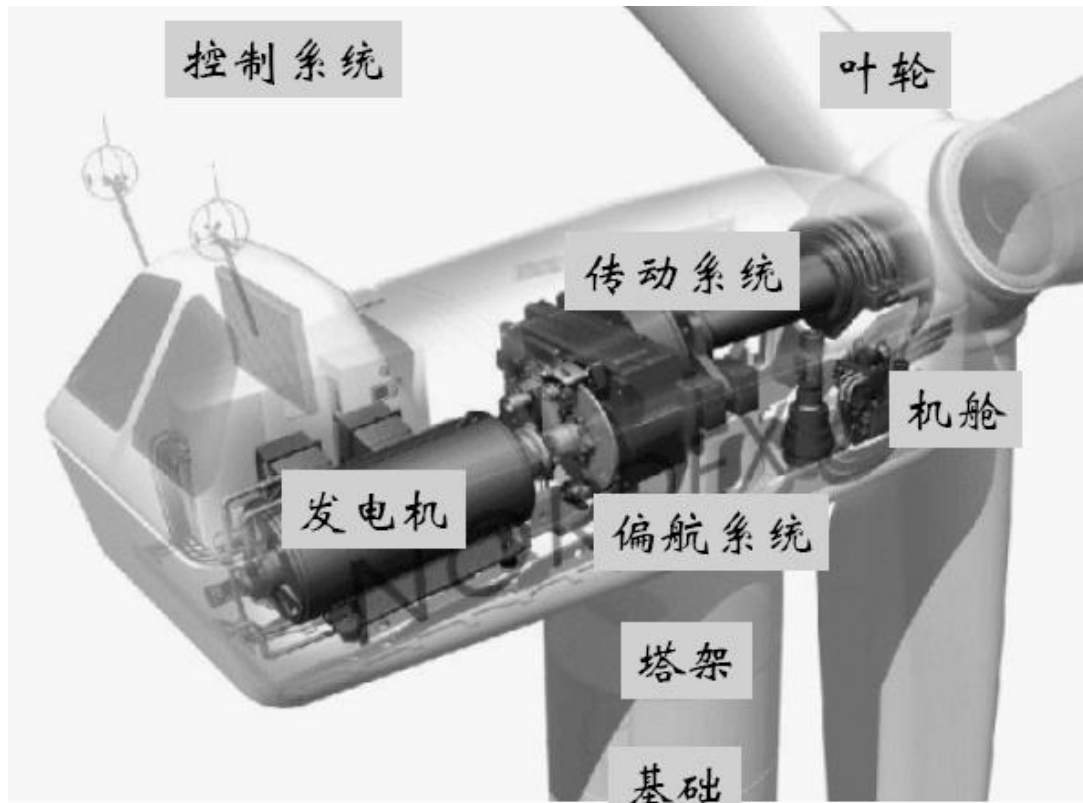
图一所示的风力发电机发出的电时有时无，电压和频率不稳定，是没有实际应用价值的。一阵狂风吹来，风轮越转越快，系统就会被吹跨。为了解决这些问题，现代风机增加了齿轮箱、偏航系统、液压系统、刹车系统和控制系统等，现代风机的示意如图二、三、四所示。



(图二)



(图三)



(图四)

四、风力发电机组的分类和主要构成

一)、风力发电机组的构成

风力发电机组的主要组成部分：

- 叶轮：将风能转变为机械能。
- 传动系统：将叶轮的转速提升到发电机的额定转速
- 发电机：将叶轮获得的机械能再转变为电能。
- 偏航系统：使叶轮可靠地迎风转动并解缆。
- 其它部件：如塔架、机舱等
- 控制系统：使风力机在各种自然条件与工况下正常运行的保障机制，包括调速、调向和安全控制。

1、叶轮由叶片和轮毂组成，是机组中最重要的部件：决定其性能和成本，目前多数是上风式，三叶片；也有下风式，两叶片。叶片与轮毂的连接有固定式（定桨距），及可动式（变桨距）。叶片多由复合材料（玻璃钢）构成。

2、传动系统由风力发电机中的旋转部件组成。主要包括低速轴，齿轮箱和高速轴，以及支撑轴承、联轴器和机械刹车。齿轮箱有两种：平行轴式和行星式。大型机组中多用行星式（具有重量和尺寸优势）。有些机组无齿轮箱，即直驱式。传动系的设计按传统的机械工程方法，主要考虑特殊的受载荷情况。

齿轮箱可以将很低的风轮转速（17 - 48 转/分）变为很高的发电机转速（通常为 1500 转/分）。同时也使得发电机易于控制，实现稳定的频率和电压输出。

由于机组安装在高山、荒野、海滩、海岛等风口处，受无规律的变向变负荷的风力作用以及强阵风的冲击，常年经受酷暑严寒和极端温差的影响，齿轮箱安装在塔顶的狭小空间内，一旦出现故障，修复非常困难，故对其可靠性和使用寿命都提出了比一般机械高得多的要求。例如对构件材料的要求，除了常规状态下机械性能外，还应该具有低温状态下抗冷脆性等特性；应保证齿轮箱平稳工作，防止振动和冲击；保证充分的润滑条件。

3、机舱与偏航机构

包括机舱盖，底板和偏航系统。机舱盖起防护作用，底板支撑着传动系部件。偏航机构是驱动机舱在回转轴承上相对塔架转动的装置，也称为对风装置，其作用是能够快速平稳地对准风向，以便风轮获得最大的风能，偏航系统的主要部件是一个连接底板和塔架的大齿轮。上风式机组采用主动偏航，由偏航电机或液压马达驱动，由偏航控制系统控制。偏航刹车用来固定机舱位置。

4、控制系统是现代风力发电机的神经中枢。现代风机是无人值守的。以 600 千瓦风机为例，一般在 4 米/秒左右的风速自动启动，在 14 米/秒左右发出额定功率。然后，随着风速的增加，一直控制在额定功率附近发电，直到风速达到 25 米/秒时自动停机。现代风机的存活风速为 60-70 米/秒，也就是说在这么大的风速下风机也不会被吹坏。通常所说的 12 级飓风，其风速范围也仅为 32.7-36.9 米/秒。风机的控制系统，要在这样恶劣的条件下，根据风速、风向对系统加以控制，在稳定的电压和频率下运行，自动地并网和脱网。并监视齿轮箱、发电机的运行温度，液压系统的油压，对出现的任何异常进行报警，必要时自动停机。

二)、风力发电机组的分类及特征



1、 风力发电机组 —— 定桨距失速调节型

定桨距是指桨叶与轮载的连接是固定的，桨距角固定不变，即当风速变化时，桨叶的迎风角度不能随之变化。失速型是指桨叶翼型本身所具有的失速特性，当风速高于额定风速，气流的攻角增大到失速条件，使桨叶的表面产生涡流，效率降低，来限制发电机的功率输出。为了提高风电机组在低风速时的效率，通常采用双速发电机（即大/小发电机）。在低风速段运行的，采用小电机使桨叶具有较高的气动效率，提高发电机的运行效率。

失速调节型的优点是失速调节简单可靠，当风速变化引起的输出功率的变化只通过桨叶的被动失速调节而控制系统不作任何控制，使控制系统大为减化。其缺点是叶片重量大（与变桨距风机叶片比较），桨叶、轮载、塔架等部件受力较大，机组的整体效率较低。

2、 风力发电机组 —— 变桨距调节型

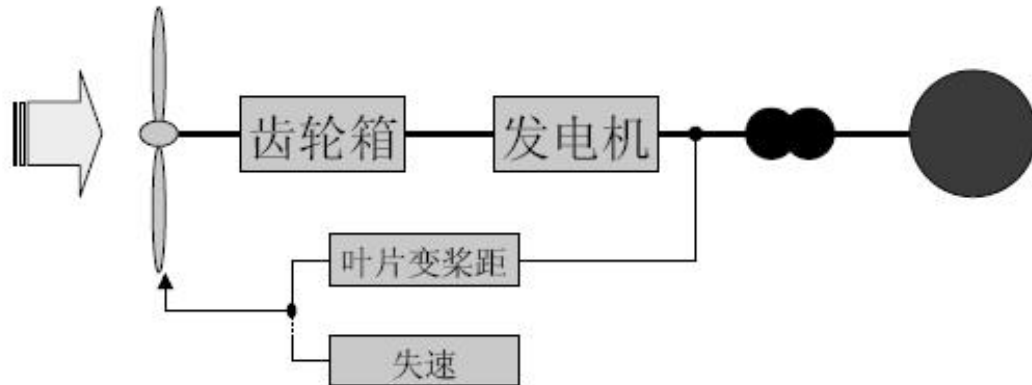
变桨距是指安装在轮载上的叶片通过控制改变其桨距角的大小。其调节方法为：当风电机组达到运行条件时，控制系统命令调节桨距角调到 45° ，当转速达到一定时，再调节到 0° ，直到风力机达到额定转速并网发电；在运行过程中，当输出功率小于额定功率时，桨距角保持在 0° 位置不变，不作任何调节；当发电机输出功率达到额定功率以后，调节系统根据输出功率的变化调整桨距角的大小，使发电机的输出功率保持在额定功率。

随着风电控制技术的发展，当输出功率小于额定功率状态时，变桨距风力发电机组采用OptiTip技术，即根据风速的大小，调整发电机转差率，使其尽量运行在最佳叶尖速比，优化输出功率。

3、风力发电机组 —— 定速机型：

—— 发电方式简单，造价低；

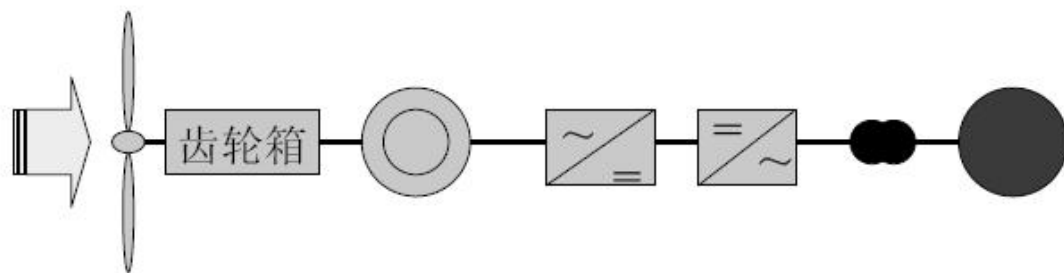
—— 对电网依赖程度高。



4、风力发电机组 —— 变速机型：

—— 电气设备价高；

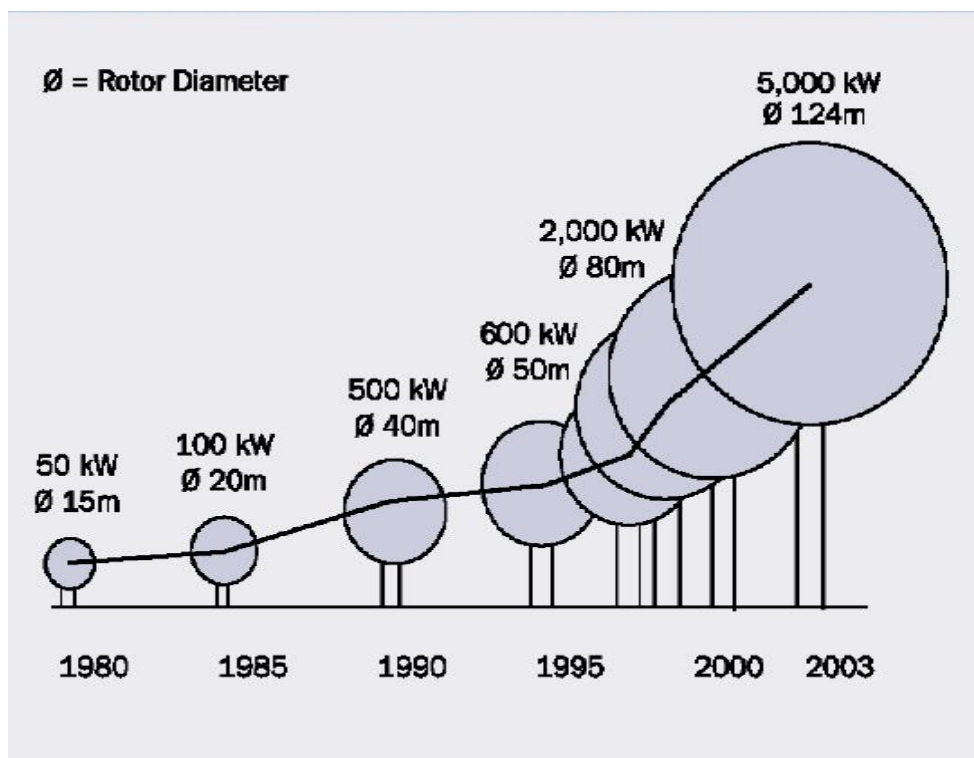
—— 电能品质好。



五、风电技术发展趋势

1、更大的尺寸和功率

叶片直径/功率比逐年增加. 以 1.5MW 风机为例,自 1997、2000、2003 年直径分别为 65 米、69 米、74 米



2、海上风场的建设成为未来发展趋势

风机噪声将随叶尖速度急剧上升。对一定的功率而言，传动链负载与噪声之间存在此消彼长的关系，对于陆地风场，噪声是一个主要的制约；离陆地 30 公里以外的海上风场的风机噪声不会如此敏感；

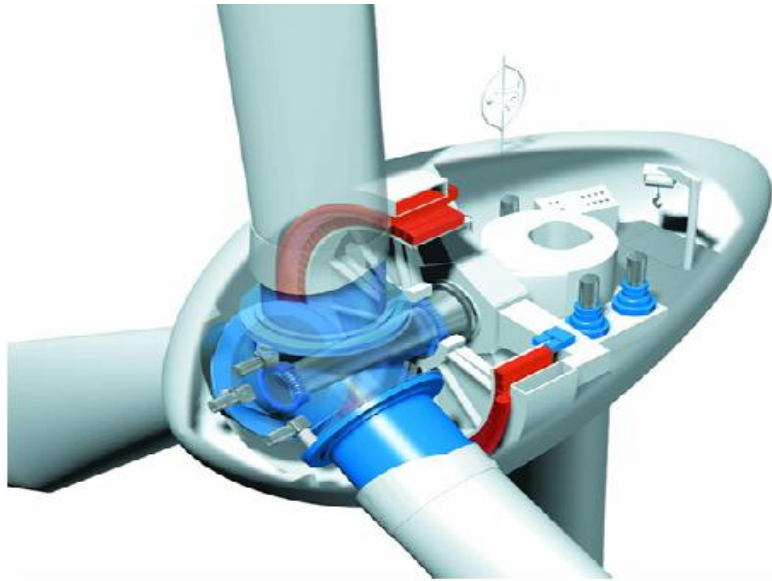
另外，风力资源和大型传动部件的运输都是海上风力发电发展的理由。

3、大功率风机的叶片桨距是连续变化的，未来变桨调节控制将成为标配。

4、变速恒频，利用变速恒频发电方式，风力机就可以改恒速运行为变速运行，这样就可能使风轮的转速随风速的变化而变化，使其保持在一个恒定的最佳叶尖速比，使风力机的风能利用系数在额定风速以下的整个运行范围内都处于最大值。

5、采用直接驱动发电机

在原理上通过转子滑环与励磁电路达到同步，风力发电机直接与风机转子联接而取消齿轮箱的优势是降低的设备投资、减小了机舱重量、传动链效率损失、维修成本及维修停机时间；



六、风力发电设备液压及密封应用

一)、风电液压系统

风机是有许多转动部件的。机舱在水平面旋转，随时跟风。风轮沿水平轴旋转，以便产生动力。在变桨距风机，组成风轮的叶片要围绕根部的中心轴旋转，以便适应不同的风况。在停机时，叶片尖部要甩出，以便形成阻尼。液压系统就是用于调节叶片桨距、阻尼、停机、刹车等状态下使用。

1、驱动系统

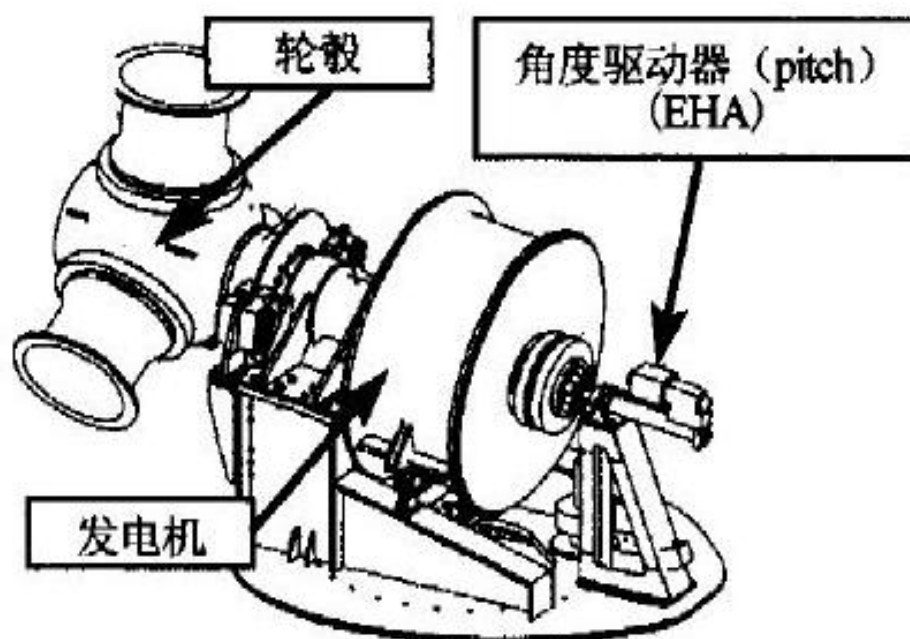
风力发电机使用两个驱动系统，即制动系统(偏转器和主轴—高速轴回转系统)和叶片角度控制及机舱偏转器回转控制系统。制动系统用液压控制，而叶片和偏转器的控制则用液压或电气驱动方式。采用那一种传动的争论在风力发电机的设计中也不例外。至于采用液压还是电气来控制叶片角度的输出功率、速度或频响，一般取决于制造厂家的经验而定。

2、变桨控制系统

叶片角度(变桨)控制系统设计时主要应考虑当风力发电机遇到像台风等强风力时，机组能立即停止运行，以使电源中断，而此时的叶片需要控制在和风向相平行的位置上，确保叶片不再转动，电源中断后，机组的能量贮存系统开始工作，如液压蓄能器或蓄电池。用液压控制时，用液压直线驱动器(液压缸)，用电气控制时，采用电气回转式驱动器。装在主轴内的液压直线驱动器，及停止时应

用的蓄能器也装在轴内。

国外液压直线驱动器是将液压、电子、电气的优点融合在一起的液压直线驱动装置（Electro-hydraulic system），简称Hybrid 系统，这种系统节能是值得提倡。



这种由液压缸、液压泵、AC 马达、蓄能器、电磁阀、传感器和动力源组成的集成式电气液压伺服驱动系统具有动态性能好，输出功率大，电气安装性和维护性好等优点。它可以降低液压系统的缺点，如漏油和油污染的影响，使可靠性得到显著提高，而当电力中断时，又能充分显示出液压传动的优点，即和液压缸串联的液压缸，从蓄能器获得供油，使叶片迎风面和风向平行，使叶轮停止转动。液压系统由带位置传感器的液压缸和双向供油的齿轮泵直接供油，中间没有阀，减少了压力损失和漏油点，这种系统比伺服控制系统节能40%以上。

除上述Hybrid 系统外，在国外，叶片角度控制和偏转器回转也有采用直线式电液伺服比例液压缸和回转型液压比例伺服驱动马达的。这些系统具有动静态性能好，寿命长等优点，但在节省能耗和油液污染度等方面较Hybrid 系统差。

目前世界各大公司提供的风电液压系统，广泛采用比例伺服闭环控制系统。

美国Parker 公司为风力发电提供各种液压元件和成套风电系统(包括制动、偏转器和叶片角度等的控制系统)。角度控制系统由特殊设计的液压缸组成，装在风轮轮毂内，液压缸内装有位置传感器，缸上还集成了所需的液压阀，每台风

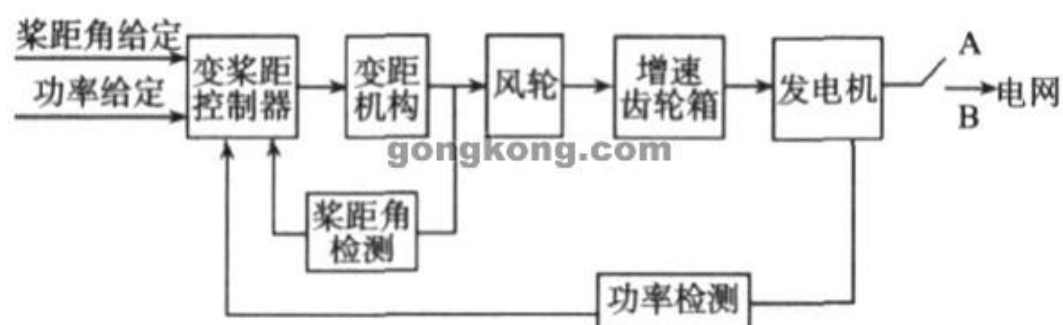
电设备都设有二三套独立的角度控制系统(每个叶片一个)。该系统具有高可靠性和安全性,动静态性能好,维护方便,泄漏少等优点。系统采用高性能比例伺服控制可以由模拟信号或数字信号控制。Parke 公司提供的阀总成预先都经过严格验,可减少安装调试时间,降低成本,还可节省运行维护费用。液压源由过滤性能良好的单独液压站提供。偏转器回转系统具有良好的保持叶片正确与风向对中,使风力发电具有良好的性能。Parker 公司可提供电控和液压控制两种系统,液压系统可实现更加紧凑的直接驱动,还具有良好的过载保护,避免部件损坏,系统采用闭环比例伺服控制,动态和静态性能好。Parker 公司为和上述三个系统配套,还提供独立的过滤性好并可在停电故障时,由蓄能器提供的液压动力源,保证安全停止和机组安全。

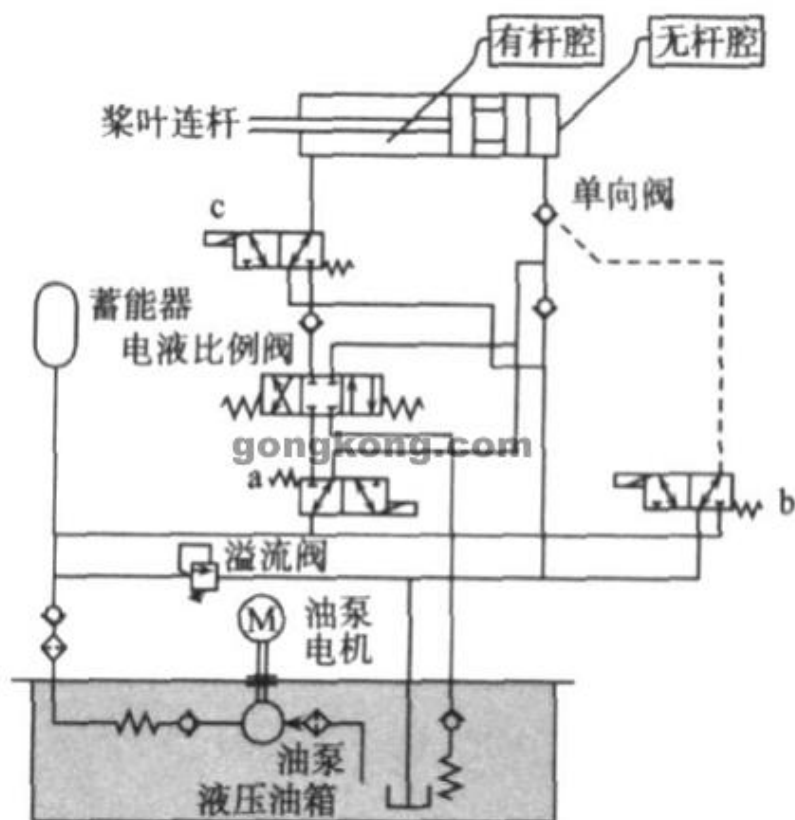
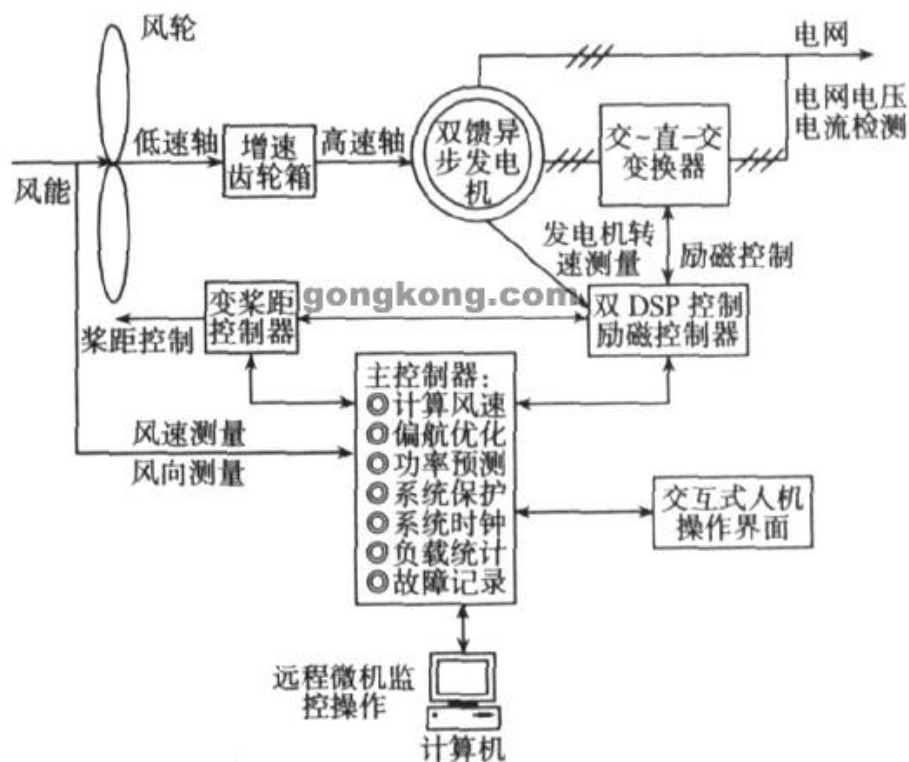
美国伊顿(Eaton)公司在风力发电液压控制系统方面做了不少研究工作,所提供的风轮叶片角度闭环比例控制系统可承受高温、低温的工作条件,系统的动静态性能好、位置精度高。

德国博世力士乐公司是欧洲风力发电液压系统和电气系统的供应商,可以成套提供机组用的增速齿轮箱、制动系统、风轮叶片控制系统、偏转器控制系统。根据用户需要可提供电气控制系统和液压比例伺服闭环系统。液压驱动系统已广泛用于大型风力发电机组。

变桨控制系统实例:

美国 Zond 公司的 Z-40 型液压变桨距控制机构





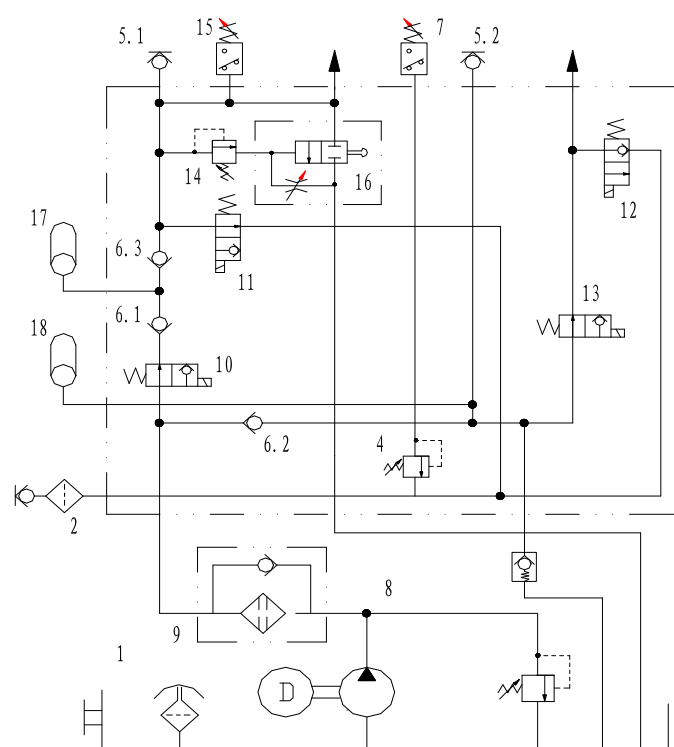
该液压变桨距控制机构属于电液伺服系统，典型的变桨距液压执行机构原理如上图所示。桨叶通过机械连杆机构与液压缸相连接,节距角的变化同液压缸位移基本成正比。当液压缸活塞杆朝左移动到最大位置时,节距角为 88° ,而活塞向右移动到最大位置时,节距角为 -5° 。在系统正常工作时,两位三通电磁换向阀 a ,b ,c 都通电,液控单向阀打开,液压缸的位移由电液比例阀换向阀进行精确控制。在风速低于额定风速时,不论风速如何变化,电液比例换向阀维持桨叶节距角为 3° ,考虑到油缸的泄漏,电液比例换向阀进行微调,保持节距角不变;当风速高于额定风速时,根据输出功率,利用电液比例换向阀精确改变输出流量,从而控制桨叶的节距角,使输出功率恒定。

3、液压制动系统

机舱和主轴一高速轴回转系统采用液压圆盘片式制动器主轴高速轴回转系统是供直径 $60\sim 100\text{m}$ 的叶片的制动用。急剧制动会使叶片及回转系统产生强烈振动，并产生很大负荷。为此，需对轴的转速进行反馈，采用由改变幅度来调整制动压力的方法(软制动)，可以将负荷减轻数倍。

Parker 公司、Eaton 公司和力士乐公司也生产圆盘叶片式制动系统，可以经受恶劣条件，安全性好。泄漏少，体积小，节省空间，液压源由单独液压站供应

液压制动系统实例丹麦 BONUS-150KW 风机刹车液压系统



名称	作用	名称	作用
液压系统组成		圆闸盘组成	
驱动电机 8#-1	液压泵动力源	闸盘	刹车时起摩擦作用
液压泵 8#-2	提供系统压力	液压缸	将液压压力传递到液压闸块
		液压闸块	特制耐摩擦片，产生制动力
阀块 1#	装阀/压力开关，组成油道	闸盘架	固定液压缸及闸块
压力开关15#、7#	确定阀及泵开停值	叶尖阻尼板	
电磁阀10#、11#、12#、13#	在压力开关控制下接通或断开油路	弹簧	停机时靠摩擦力将叶片尖部旋转90°
单向阀6#-1、6#-2、6#-3	只允许油单向流动	液压缸	启动时克服弹簧力将叶片尖部收回
蓄能器 17#、18#	贮藏压力能量减少电机启动次数	叶尖导向槽钢丝绳及滑块	传递液压力至叶尖将其收回
测压点5#-1、5#-2	测压		
飞车保安阀 16#	飞车时保护		

1)、起动开机：当控制系统发出起动命令（可以是自动或手动），电机立即起动，压力由“P”口进入阀块，阀块左半部分为供叶尖压力部分；右半部分为圆盘闸提供压力。电机起动同时，电磁阀 10#、11#均带电由接通变为关闭状态，压力油只能沿单向阀 6#-2 进入右半部分，当压力值达到由压力开关 7#调定的 10.3MPa 时，阀门 10#打开，压力开始进入叶尖部分，使叶片阻尼板收回，同时还将打开电磁阀 12#，关闭电磁阀 13#，使圆闸盘的压力卸压，做好起动的准备。当叶尖收起后圆闸盘也同时被松开，当压力开关 15#的压力达到 7MPa 时，电机停止转动。17#、18#为蓄能器，利用被压缩的气体来贮藏压力油中的能量，以补充在运行过程中由于叶尖阻力板和圆闸盘的泄露，减少电机的频繁起动。

2)、刹车停机：当风力控制系统的停机命令发出后，电磁阀 10#立即带电、11#失电，关闭 10#电磁阀，打开 11#电磁阀，然后使 12#、13#电磁阀失电，即打开 13#，关闭 12#，结果在叶尖阻尼板被弹出之后，圆盘闸也动作刹车使风力机平稳的停机。

3)、性能特点

从设计机构上来看，这种风力机的制动力矩来源于两个方面，一是叶尖阻尼制动，二是圆盘闸刹车制动，制动力矩均在低速轴上，这样在刹车过程中对齿轮箱的冲击力小。除此之外还有以下几个特点：

a)、刹车过程平稳，振动小，由于刹车过程中首先由均匀分布的三个叶片的叶尖阻尼极动作，降低速度，然后再由圆盘闸制动，这就使刹车过程变得较为平

稳；

b)、刹车机构相互独立：该刹车系统的两套刹车机构是相互独立的，即不会由于一套刹车系统失灵而造成另一套也失去工作能力，例如当液压系统故障，压力建立不起来，圆盘闸不能正常刹车时，叶尖阻尼板恰好因为失压而被弹出来，起到了阻尼刹车作用，这样增强了该刹车系统的可靠性。

c)、设有失速保护机构：该刹车系统在叶片根部装有一个离心式压力缸，当风力机失去控制而飞车时，在离心力的作用下，使得压力上升到压力开关 14# 的调定值，14# 动作而被打开，飞车安全阀 16# 被接通，叶尖阻尼板中的压力被泄放，阻尼板弹出，起到了保护作用。

爱力代理产品在风电液压系统上的应用

目前国内风电设备制造厂中，多数将液压系统外包，或整体进口，从 2008 北京国际风能大会上看到各大国际品牌液压公司包括力士乐、派克、伊顿威格士、贺德克、哈威等都有风电液压系统和元件展出，涵盖了制动系统、偏航系统、变桨系统等。

万福乐对风电液压系统应用一直比较重视，主要是用在制动系统的压力阀，据称在东方电气等有两种型号试用。

基于性能及可靠性方面的考虑，各家液压元件公司对风电液压系统上的关键液压元件讳莫如深，在标准样本上没有资料。

推进液压元件的最好方式，是整套提供系统解决方案，或成套配给元件，特别是要求很高的偏航及变桨比例伺服系统，如果单独供给其中某些常规的液压件，则没有太强的竞争力，容易被替代。

我们可以推介的一种液压元件是马祖奇的齿轮泵，性能和寿命相对不差。

二)、风电密封应用

风电密封主要是齿轮箱和轴承旋转油封，尺寸大、可靠性和寿命要求高（风电要求的无限寿命指的是 20 年的预期寿命）。

这方面爱力代理的 CARCO 品牌是我们可重点推介的产品。

Carcoseal 优点

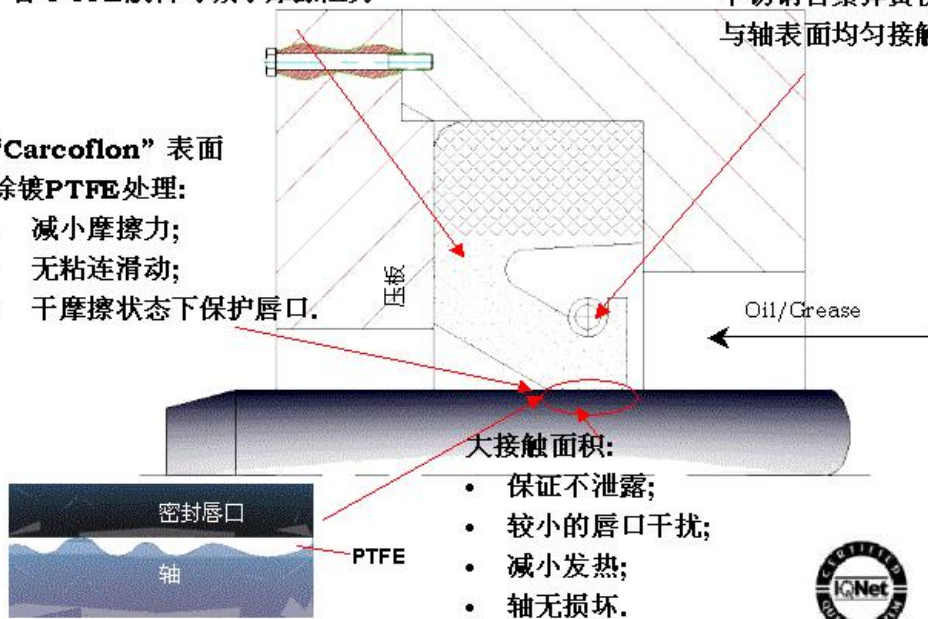
CARCO®
LARGE DIAMETER SEALS AND PACKINGS

含 **PTFE** 胶料可减小摩擦阻力

不锈钢自紧弹簧使密封唇口
与轴表面均匀接触

“Carcoflon” 表面
涂镀 **PTFE** 处理:

- 减小摩擦力;
- 无粘连滑动;
- 干摩擦状态下保护唇口.



CARCO 密封在风电设备上的典型应用及典型产品

CARCOSEAL APPLICATIONS

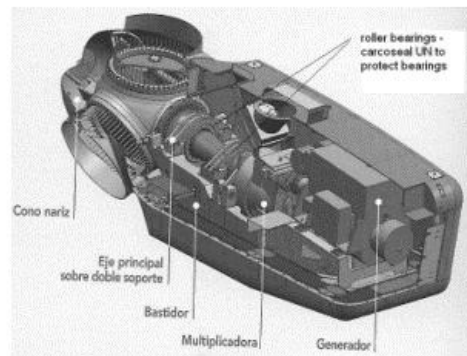
CARCO®
LARGE DIAMETER SEALS AND PACKINGS

用途 :

- 主轴轴承
- 转子轴承
- 发电机输出轴轴承
- 变桨轴承
- 偏航轴承

典型CARCO产品 :

- Carcoseal/UN
- Carcoseal/UN/Split
- Carcoseal/SCA
- Carcoseal/SCA/Split
- Customized rubber profiles



CERTIFIED
IQNet
QUALITY SYSTEM

SQG
1 1 P

CARCOSEAL APPLICATIONS



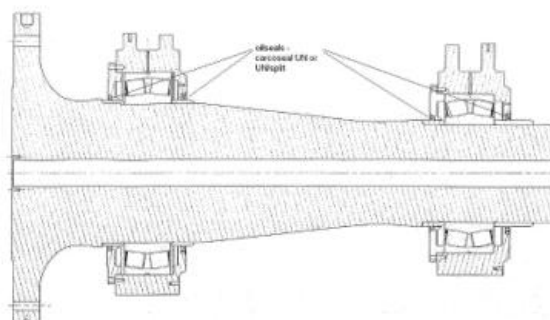
卡高产品主要用于风机轴承密封:

-初装产品主要推荐无开口型

满足风电设备使用寿命要求 (使用氢化橡胶材质减小摩擦并具有最佳的臭氧抵抗力)

对已装机故障维修设备推荐开口型产品

替换骨架油封并将维修时间缩短到最短



CARCO产品用于3MW风机实例

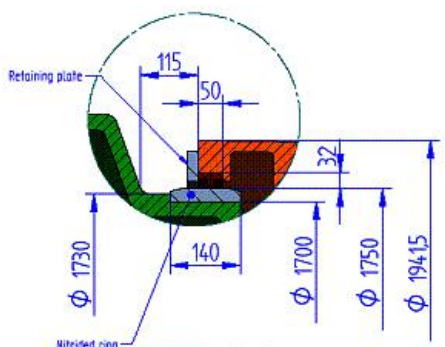
齿轮箱与转子直接相联接

轴径 1750 mm

2组CARCOSEAL/SCA/ 开口型轴封背对背安装, 保证润滑介质被可靠密封在轴承内, 并阻挡灰尘等污染物.

开口型设计便于密封件的安装

使用氢化橡胶材质保证达到风机的使用寿命要求.



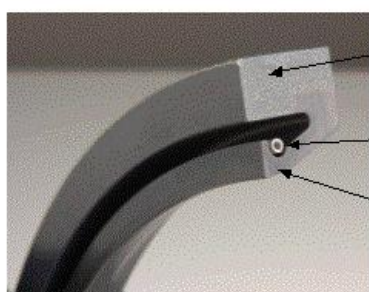
CARCO产品用于故障维修

对故障维修产品，CARCO推荐CARCOSEAL/UN/开口型轴封，如下图所示西班牙某公司1.5MW风机，轴表面被磨损泄露润滑脂处清晰可见，建议维修时将此处避开安装。



Carcoseal/UN

可提供开口及不开口型产品



肩部经强化处理夹布橡胶。

不锈钢或镍铜合金 自紧弹簧。

高性能橡胶唇口部。

橡胶材质	温度范围	最高速度	最大耐压
NBR	-40° +120°C	15m/s (尖峰至 20m/s)	0,5 bar
HNBR	-40° +170°C	25m/s	0,5 bar
FKM (Viton)	-30° +200°C	25m/s	0,5 bar

“Carcoflon” 表面处理可显著降低橡胶与金属之间的干摩擦系数

UN: 带安装压板

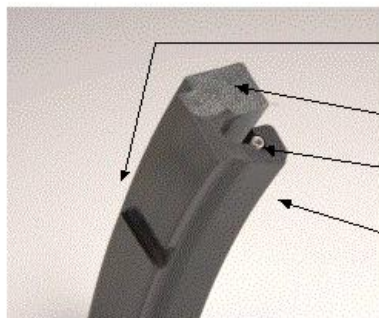
UN/SF: 不带安装压板



Carcoseal/SCA



可提供开口及不开口型产品



带径向油口的环形沟槽 为密封轴封间的润滑油通道。

肩部经强化处理夹布橡胶。

不锈钢或镍铜合金 自紧弹簧。

高性能橡胶唇口部。

橡胶材质	温度范围	最高速度	最大耐压
NBR	-40° +120°C	15m/s (尖峰至 20m/s)	0,5 bar
HNBR	-40° +170°C	25m/s	0,5 bar
FKM (Viton)	-30° +200°C	25m/s	0,5 bar

- 2组 Carcoseal/SCA 背对背成对安装以取得良好密封效果，
- 采用同向并列安装可以得到最佳的密封效果，
- SCA: 带安装压板
- SCA/SF: 不带安装压板



特殊型 Carcoseal



Carcoseal UN/LA

第二副唇口 可防止主唇口被微粒磨损, 锈渍及灰尘损坏。



Carcoseal UN/LA/FS

“防尘唇口”及前密封 (V形环)复合在轴封夹布橡胶肩部。适用于沟槽空间尺寸受限, 集多种功能于一提。

橡胶材质	温度范围	最高速度	最大耐压
NBR	-40° +120°C	15m/s (尖峰至 20m/s)	0,5 bar
HNBR	-40° +170°C	25m/s	0,5 bar
FKM (Viton)	-30° +200°C	25m/s	0,5 bar

“Carcoflon” 表面处理可显著降低橡胶与金属之间的干摩擦系数

UN: 带安装压板

UN/SF: 不带安装压板



特殊Carcoseal



Carcoseal UN/LL 长唇口型

唇口具有特殊几何形状，即使对不同轴（偏心）严重的直径规格应用场合也能达到满意的密封效果



Carcoseal/SCA/ATLMP

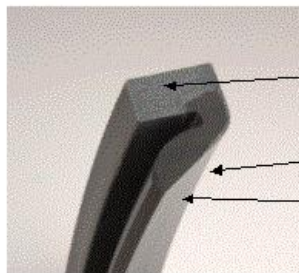
可解决常规轴封安装过程中易损坏的问题

橡胶材质	温度范围	最高速度	最大耐压
NBR	-40° +120°C	15m/s (尖峰至 20m/s)	0,5 bar
HNBR	-40° +170°C	25m/s	0,5 bar
FKM (Viton)	-30° +200°C	25m/s	0,5 bar



耐压轴封可推荐如下产品：

Carcoseal/TM



肩部经强化处理夹布橡胶。

“Carcoflon”表面处理

橡胶增厚唇口

橡胶材质	温度范围	最高速度	最大耐压
NBR	-40° +120°C	2m/s	5 bar
HNBR	-40° +170°C	2m/s	5 bar
FKM (Viton)	-30° +200°C	2m/s	5 bar

适用于TBM密封用设计

Carcoseal/TM/FR: 全橡胶，适用直径2米及以上产品应用



由于风电轴承的直径比较大，性能要求高，价格昂贵，对其起重要保护作用的轴封自身的品质非常重要。

在实际使用中，CARCOSEAL/UN，或 CARCOSEAL/SCA 通常成对用，背对背安装，内侧的作为密封润滑脂用，外侧的为防尘用。

风电叶轮、主轴、塔架等尺寸非常的，风场又常位于偏远地区，安装运输非常困难，CARCO 的开口型密封就很适合风电设备轴封的现场装卸，甚至在没有损坏的情况下，轴封可以反复装卸，而无需拆下主轴和轴承。

CARCO 提供现场将开口型轴封密合在一起的工具体件



维修包减少现场维修时间

现场将开口型轴封粘合

维修包组成:

ARALDITE 2026 胶;

射胶枪;

金属夹持环;

定位器;

温度带.



七、风电企业概况及爱力目标客户

目前国内市场中的国外制造商主要有：VESTAS、GAMESA、GEWINDNORDEX、SUZLON 等。

国内市场的国内制造商主要有：金风科技、运达、华锐、东汽、沈阳工大、哈飞威达、航天安迅能等。

1、我国从事风电机组整机制造的企业主要有：

a. 新疆金风科技股份有限公司 是目前国内最大的风力发电设备制造企业，该公司 600 千瓦和 750 千瓦机型已经批量生产。2007 年推出 1.5 兆瓦直驱式永磁机组，并生产 100 余台。生产基地包括新疆、北京、包头。

b. 大连重工起重集团（华锐风电科技有限公司） 2004 年以生产许可证形式从德国 Fuhrlander（富兰德）公司引进 FL1500 系列风机（FL1500/70、19FL1500/77）。2006 年生产 1.5 兆瓦风机 100 台，2007 年、2008 年产量将分别达到 500 和 800 台。

c. 东方汽轮机厂 2004 年，以生产许可证形式从德国 RePower 公司引进了 MD77/MD70 型（1.5 兆瓦）风电机组技术。目前，风电订单达到 50 亿元以上，预计 2007 年、2008 年产量将分别达到 300 台和 500 台。

d. 湖南湘电风能有限公司 由湖南湘电集团与日本原弘产株式会社合资成立，双方各占股 50%，主要机型为 2 兆瓦直驱式永磁风电机组。2007 年 9 月，首批机组已在内蒙卓资风场安装运行。目前，湘电风能有限公司已和大唐集团签订 3.5 亿元风电机组合同。

e. 浙江运达风力发电工程有限公司 承担了国家 863 攻关项目——1.5 兆瓦变速恒频风力发电机组，现已完成总体及各主要部件的初步设计，并通过了科技部验收，预计 2007 年底推出产品。

此外，国内整机制造企业还包括广东明阳风电技术有限公司、上海电气风电设备有限公司、保定天威风电科技有限公司、浙江华仪风能开发有限公司、北京北重汽轮机有限责任公司、保定惠阳航空螺旋桨制造厂（保定惠德风电工程有限公司）等，中外合资企业包括南通航天万源安迅能风电设备制造有限公司、恩德（银川）风电设备制造有限公司、歌美飒风电（天津）有限公司等。

2)、我国从事风电机组齿轮箱制造的企业主要有：

a. 南京高精齿轮箱厂 2006 年生产了 500 多套风电用齿轮箱，折合成装机容量超过 50 万千瓦，在国内风电齿轮箱领域占据了 40% 以上的市场份额。2007 年开发了 1.25 兆瓦和 1.5 兆瓦齿轮箱产品，计划生产 1300 套，产值超过 10 亿元。到 2008 年将形成年产 2400 套风电齿轮箱能力，产值超过 20 亿元。

b. 重庆齿轮箱厂已初步实现了 600 千瓦--1.5 兆瓦风电齿轮箱的批量生产，风电齿轮箱定单有 6 个亿左右，预计 2007 年能生产风电齿轮箱 3 亿元左右。

c. 大连重工起重集团已形成年产 500 套 1.5 兆瓦风电齿轮箱能力，正扩建改造形成年产 1500 套能力。二重为东方汽轮机厂试制出 1.5 兆瓦风电齿轮箱，已生产 200 多套。此外还有杭州齿轮厂、四川齿轮厂、洛阳第一拖拉机厂等。

3)、涉足偏航减速箱制造企业

- a. 杭州齿轮箱厂
- b. 西安重型机械研究所
- c. 重庆铸力公司

4) 涉足风电轴承制造企业

风电机组轴承主要包括：偏航轴承、主轴轴承、变桨轴承、发电机轴承等，其中主轴轴承和变桨轴承技术难度较大，现在基本依靠进口，成为制约国内很多整机厂商的主要瓶颈。瑞典 SKF 及德国 FAG 是风电轴承的主要供货商。

我国风电轴承缺少成熟技术，大多轴承厂家在 1 兆瓦风机以上的技术多处于实验阶段，难以形成规模。虽然洛阳 LYC 轴承有限公司已具有 1.5 兆瓦级风电机组配套轴承的制造技术并可批量生产，最近又研制出 2 兆瓦风电轴承，但与世界先进技术相比还有一定距离。最近瓦房店轴承集团有限责任公司配合大连重工起重集团研制出变桨轴承，并形成年产 2000 套能力，现正在试制主轴轴承。

涉足偏航轴承制造企业

- a. 洛阳轴承厂
- b. 瓦房店轴承厂
- c. 徐州回轮支撑制造公司

八、爱力个分公司在风电液压密封方面需要配合的可与北京爱力技术中心及深圳海德联系。