



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 (5)

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



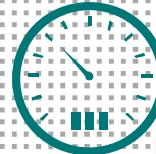
PART 02

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](#)



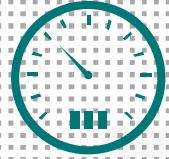
PART 12

[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](#)





风力发电机的齿轮箱

制作单位：湖南电气职业技术学院

制作时间：2022年9月



19



风力发电机的轴承

风力发电机的轴承(*Wind Turbine Bearings*)

主轴轴承

风力发电机组中有很多旋转部件，都用到轴承，其中最重要的是主轴轴承、偏航轴承与变桨轴承，这些轴承的结构与普通轴承不同，本课件将介绍其结构与特点。

一般风力机主轴轴承有前后两个，**主轴轴承**承受的力主要有**风叶**及**轮毂**的重量、风通过风轮作用在主轴的力，因而主轴轴承主要承受径向力，也受由于风力而产生的轴向力，由于风力的变化，风的湍流，主轴会产生弯曲、摆动，要求主轴弯曲倾斜时也能正常转动，也就是说轴承必须有好的调心性能。本课件介绍风力机**主轴前轴承**，其安装位置位于转子轮毂后，该轴承主要受力是径向力与倾覆力矩。**球面滚子轴承**有良好的**调心性能**，允许轴承在运转时内圈与外圈之间有轻微的偏斜和错位，所以，风力发电机广泛使用球面滚子轴承作为主轴轴承。图1是一个球面滚子轴承的结构图。

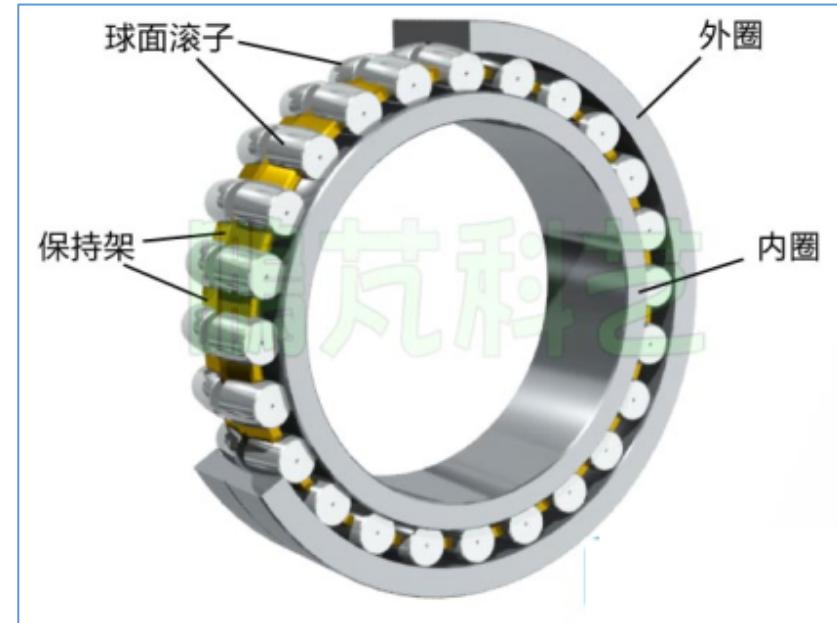


图1--球面滚子轴承

主轴轴承

与普通轴承一样，球面滚子轴承由外圈、内圈、滚子与保持架组成，其主要特点是滚子与滚道不同。

球面滚子轴承的外圈的内周是球面，球心在轴承的中心位置，这个球面就是滚道。轴承有两列滚子，共用外圈的球面滚道，滚子呈鼓形，鼓面与外圈球面滚道相吻合，称为球面滚子。对应两列滚子在轴承内圈有两条滚道，与轴承轴线倾斜成一定角度，见图2左图。两列滚子不仅可以绕轴承轴线旋转，还能以轴承中心转动，图2右图就是内圈轴线与外圈轴线倾斜5度时的状态，此时内圈依然可绕自己的轴线自由旋转。所以说球面滚子轴承具有自动调心性能，也称为调心滚子轴承。由于滚子与内圈外圈的接触是线不是点，所以可以承受径向重负荷和冲击负荷。

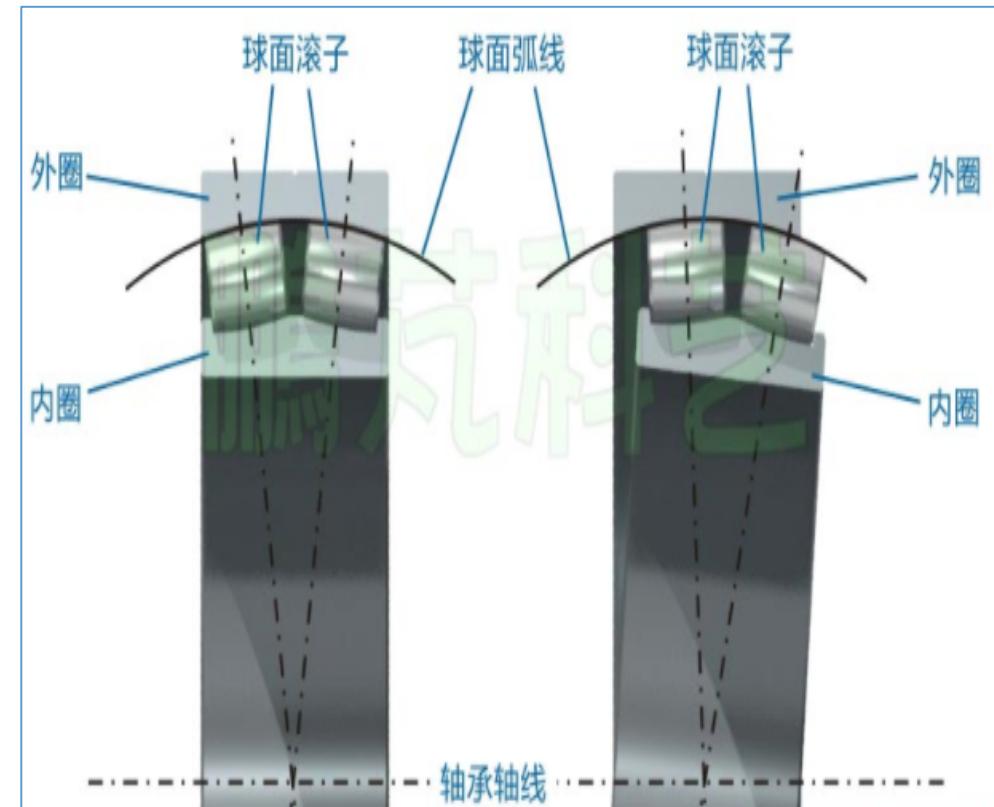


图2--调心滚子轴承

主轴轴承

把球面滚子轴承安装在轴承座内，两面用端盖夹紧，端盖留有内圈与滚子倾斜的空间（0.5度足以），图3是风力机主轴轴承结构示意图。

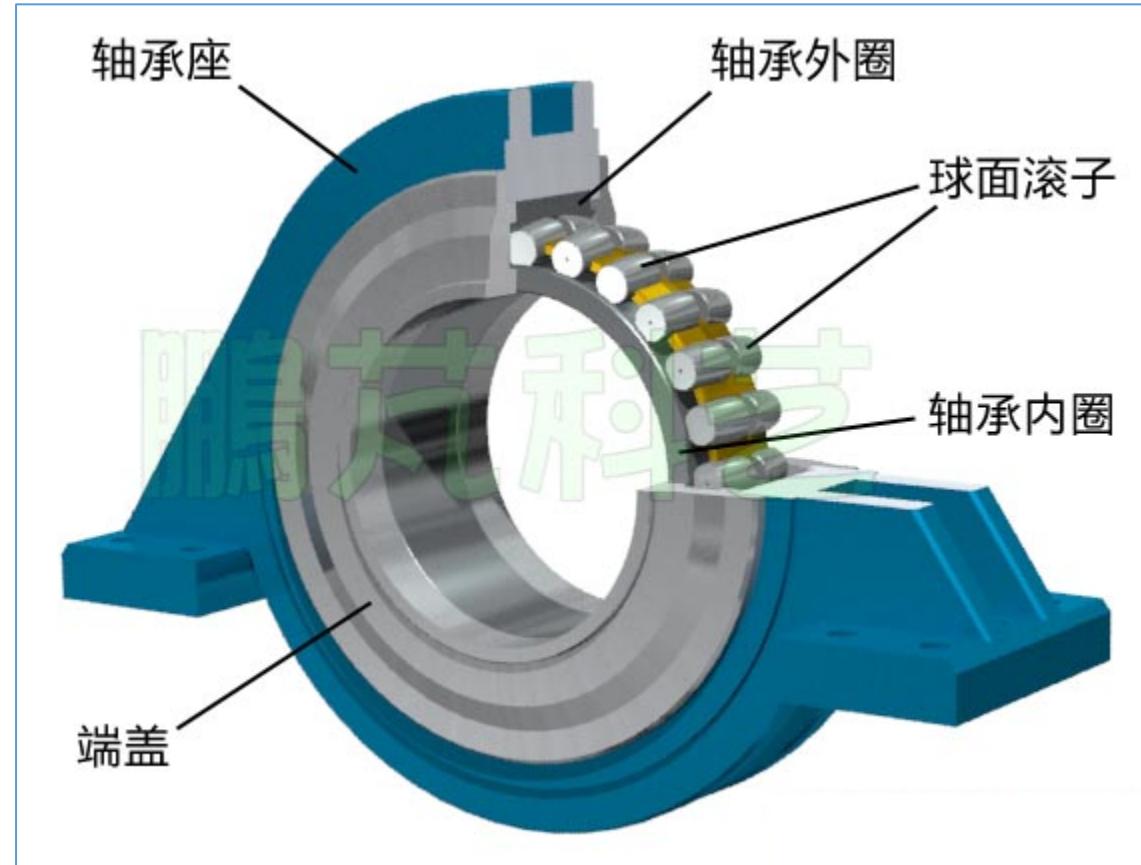


图3--风力机主轴轴承

偏航轴承与转盘轴承

机舱通过偏航轴承安装在塔架上，叶片通过变桨轴承安装在轮毂上，这些轴承要承受轴向力与径向力，同时还要承受巨大的**倾覆力矩**。

图4是一个偏航轴承的剖视图，轴承由外圈、内圈、滚子与保持架组成（图中没显示保持架），其滚子采用球形滚子，与普通轴承的区别是滚道不同。

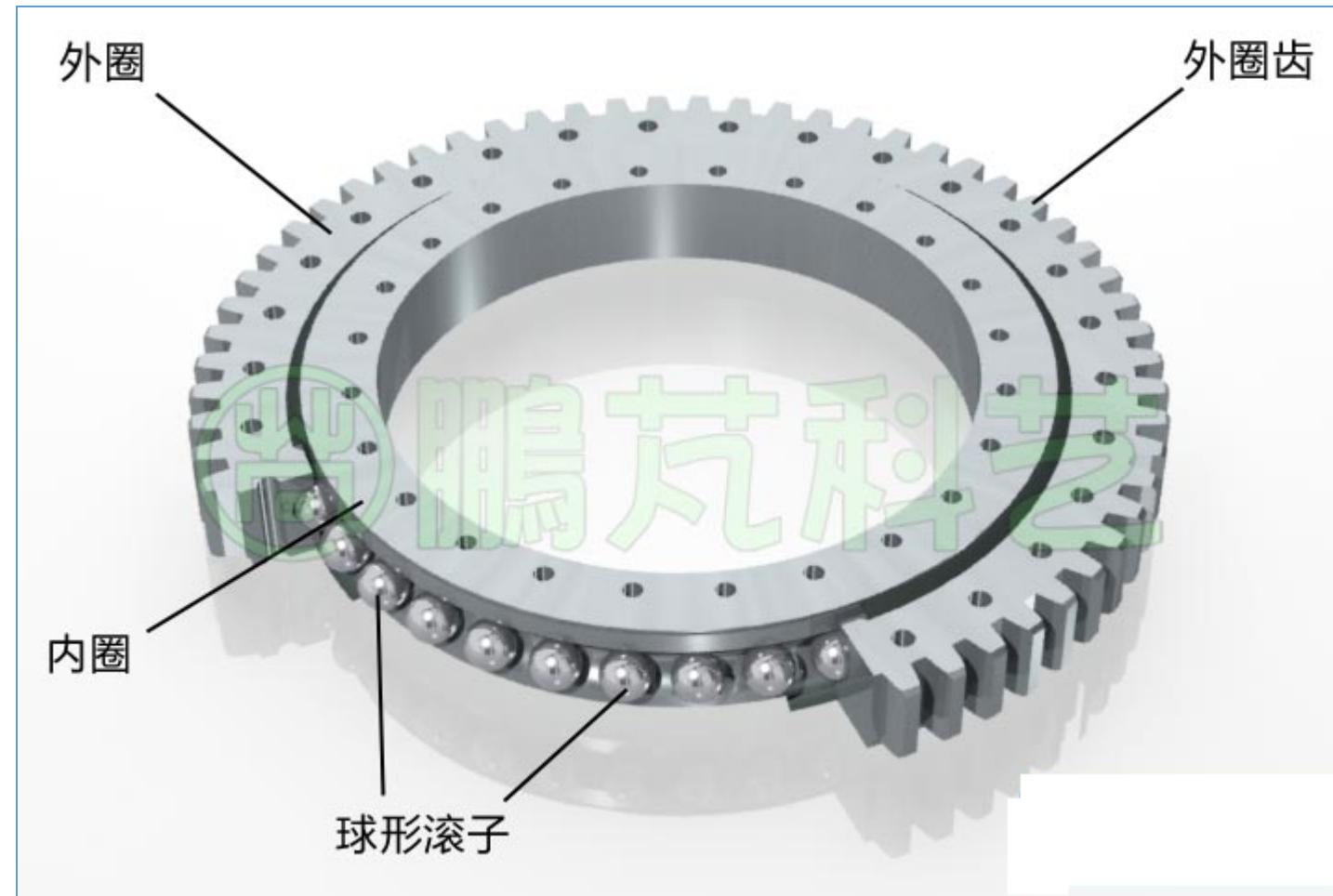


图4--外齿四点接触球轴承

偏航轴承与转盘轴承

轴承内圈与外圈的滚道采用桃型的截面，见图5（为加强区别滚球为绿色），当无载荷或是纯径向载荷作用时，钢球和内外圈滚道呈现为**四点接触**（图中红点表示接触点位置），故也称为四点接触球轴承。但在轴向载荷或倾覆力矩作用时，钢球和内外圈滚道就成了两点接触。

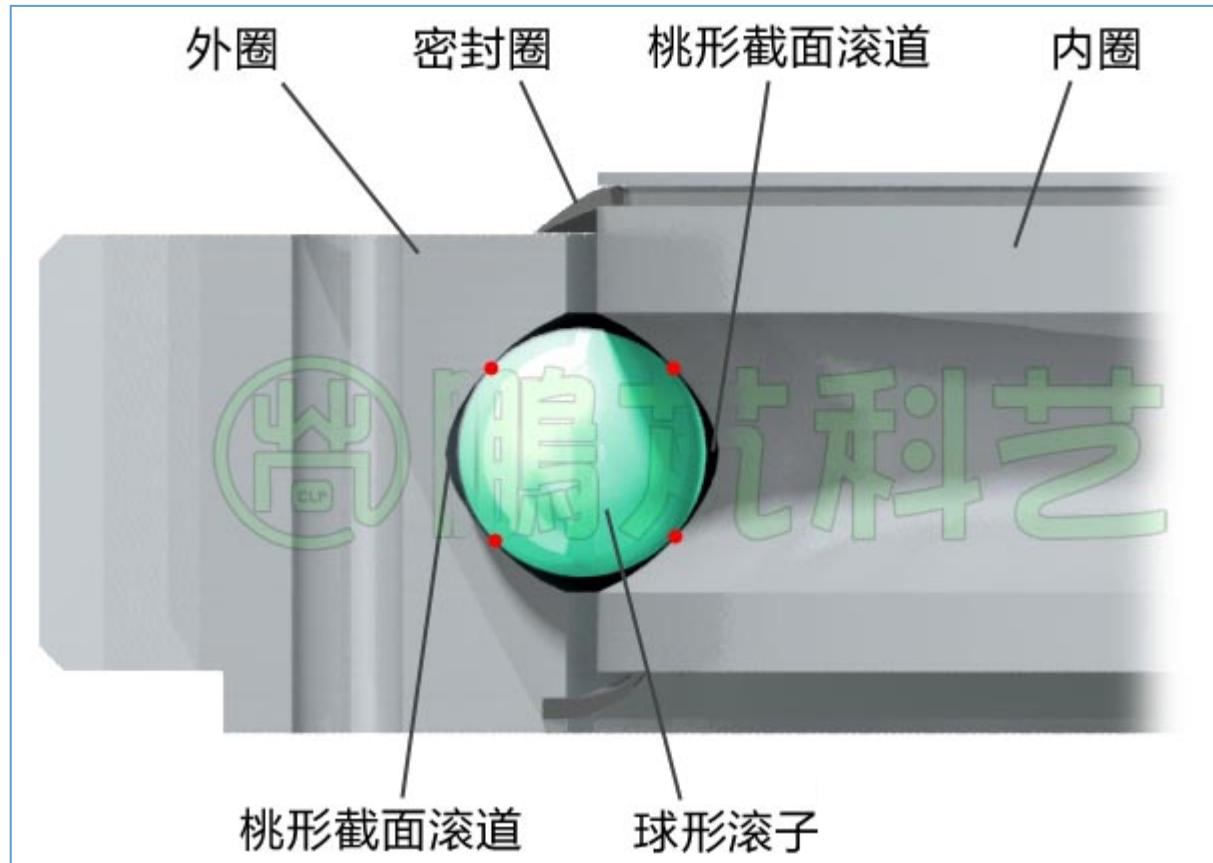


图5--四点接触球轴承的滚道

偏航轴承与转盘轴承

四点接触球轴承多用在轴向载荷大、同时倾覆力矩大的场合，在风力机的偏航轴承与变桨轴承广泛使用。其轴承的直径较大，厚度相对直径较薄，也称为**转盘轴承**。

作为风力机的偏航轴承或变桨轴承通常把驱动齿轮直接做在轴承圈上，图4是**外齿四点接触球轴承**，齿做在轴承外圈外部；图6是**内齿四点接触球轴承**，齿做在轴承内圈内部。

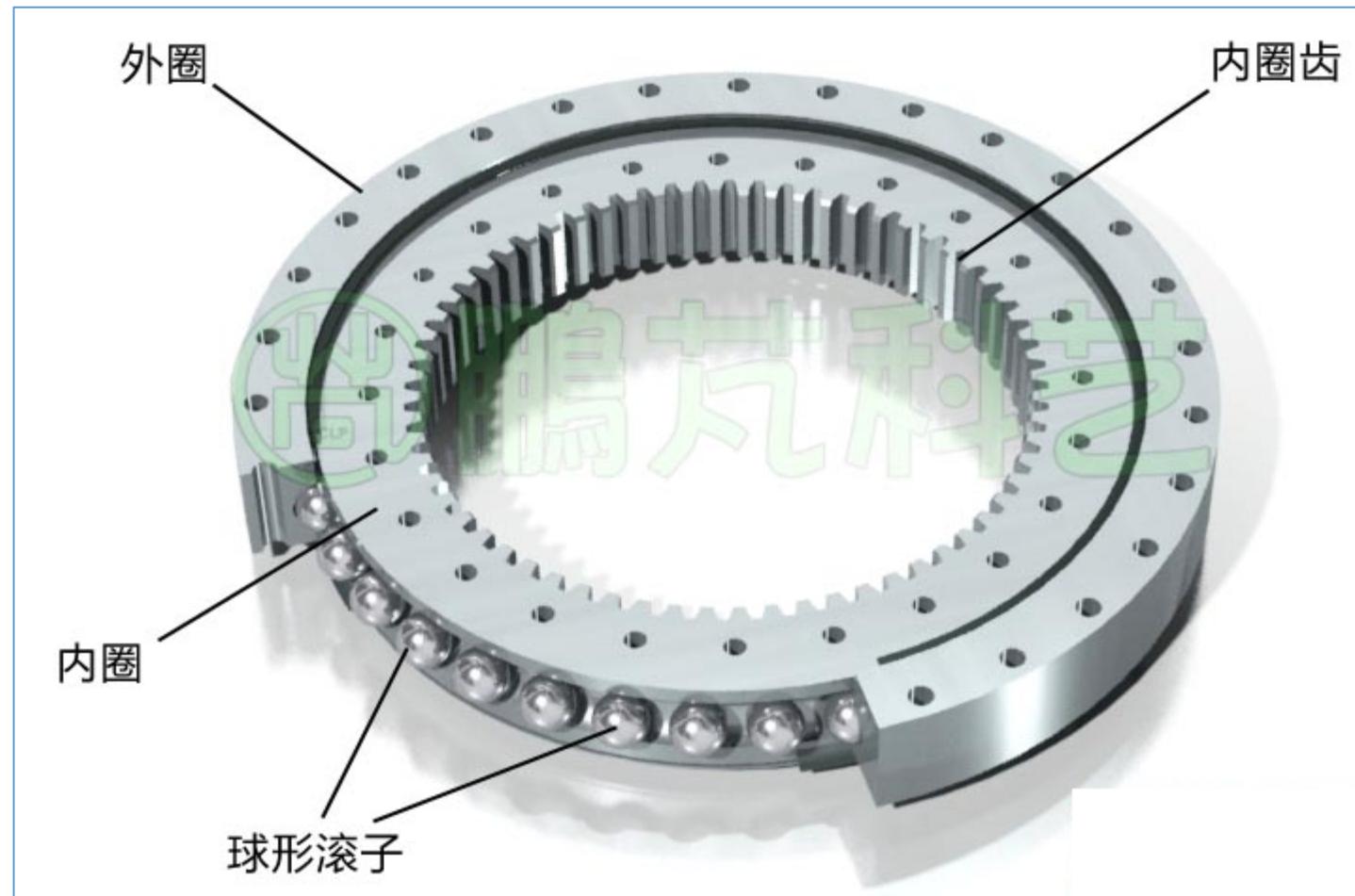


图6--内齿四点接触球轴承

偏航轴承与转盘轴承

以上转盘轴承只有一排滚子，称为单排四点接触球轴承，一些重载荷设备要采用双排四点接触球转盘轴承，图7是从网络转载的双排四点接触球转盘轴承结构示意图



图7--双排四点接触球转盘轴承

偏航轴承与转盘轴承

球形滚子是点接触，承载能力有限，**圆柱形滚子**是线接触，承载能力强，为了同时承受多方向载荷，把圆柱形滚子轴线与轴承轴线成45度排列，相邻滚子交叉排列（相互垂直），见图8（图中橙色的是滚子）。图9也是**交叉圆柱滚子**转盘轴承结构图片（图片均来自网络）。采用交叉圆柱滚子可承受更大的载荷。

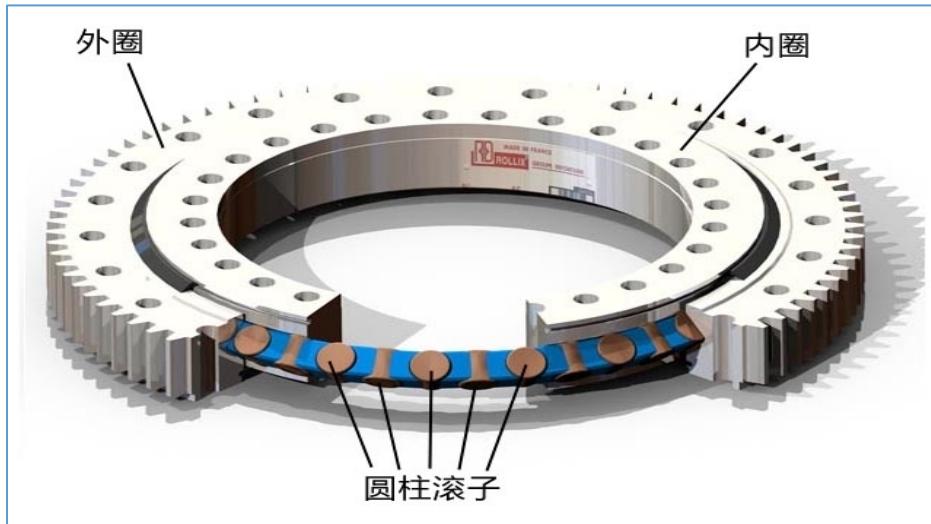


图8--交叉圆柱滚子转盘轴承



图9--交叉圆柱滚子转盘轴承图片

偏航轴承与转盘轴承

对于用在轴向载荷特别重，径向载荷较轻的场合的转盘轴承，采用不同的滚子进行组合，用柱形滚子承受轴向载荷，用球形滚子承受径向载荷，称为**球柱联合式转盘轴承**，见图10（图片均来自网络）。球柱联合式转盘轴承主要承受轴向载荷，承受倾覆力矩能力较差。



图10--球柱联合式转盘轴承

双排四点接触球轴承

目前大型风力机的**变桨轴承**多为双列滚子轴承，有两排球形滚子，与偏航轴承类似，滚道采用四点接触结构，故称为**双排四点接触球轴承**。

变桨轴承安装在叶片与轮毂之间。与偏航轴承类似，有外齿轮轴承与内齿轮轴承，用于**电动齿轮变桨**。还有无齿轮轴承用于**液压驱动变桨或齿形带驱动变桨**。

双排四点接触球轴承对轴向力、径向力、倾覆力矩都有很好的承载能力。图11显示了**内齿轮双排四点接触球轴承**的结构，轴承外圈用螺栓安装在轮毂上，叶片用螺栓安装在轴承内圈上。

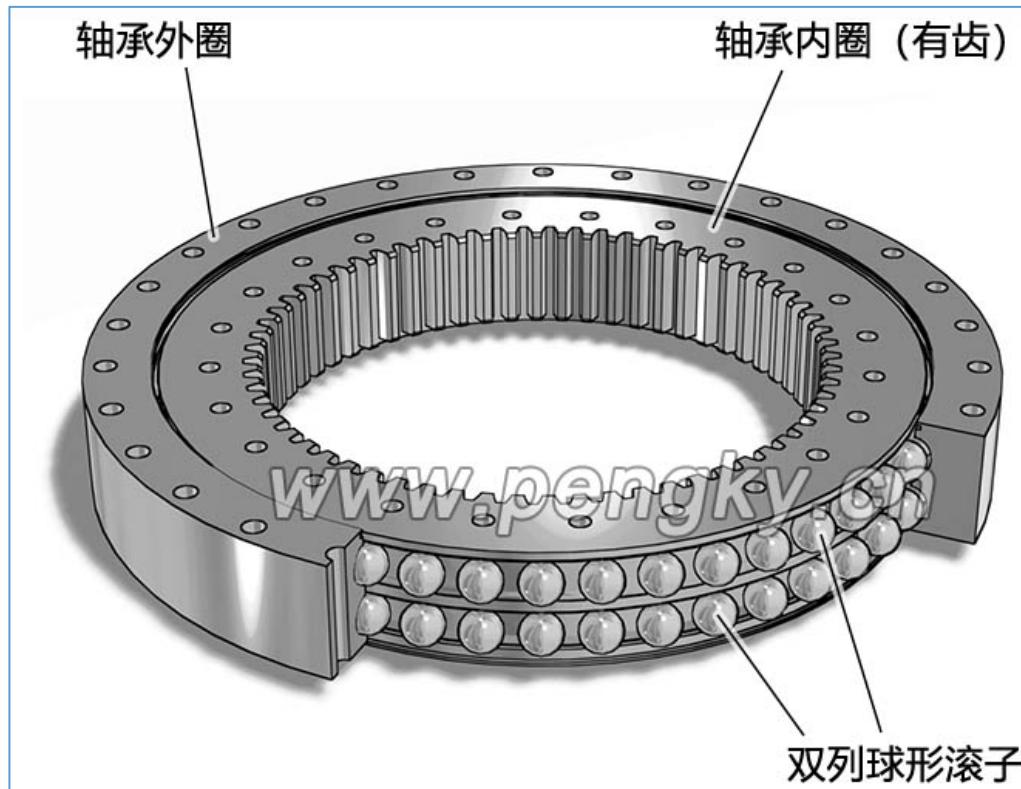


图11--双排四点接触球轴承 (内齿)

风力发电机的轴承(*Wind Turbine Bearings*)

双排四点接触球轴承

图12显示了外齿轮双排四点接触球轴承的结构，轴承内圈用螺栓安装在轮毂上，叶片用螺栓安装在轴承外圈上。

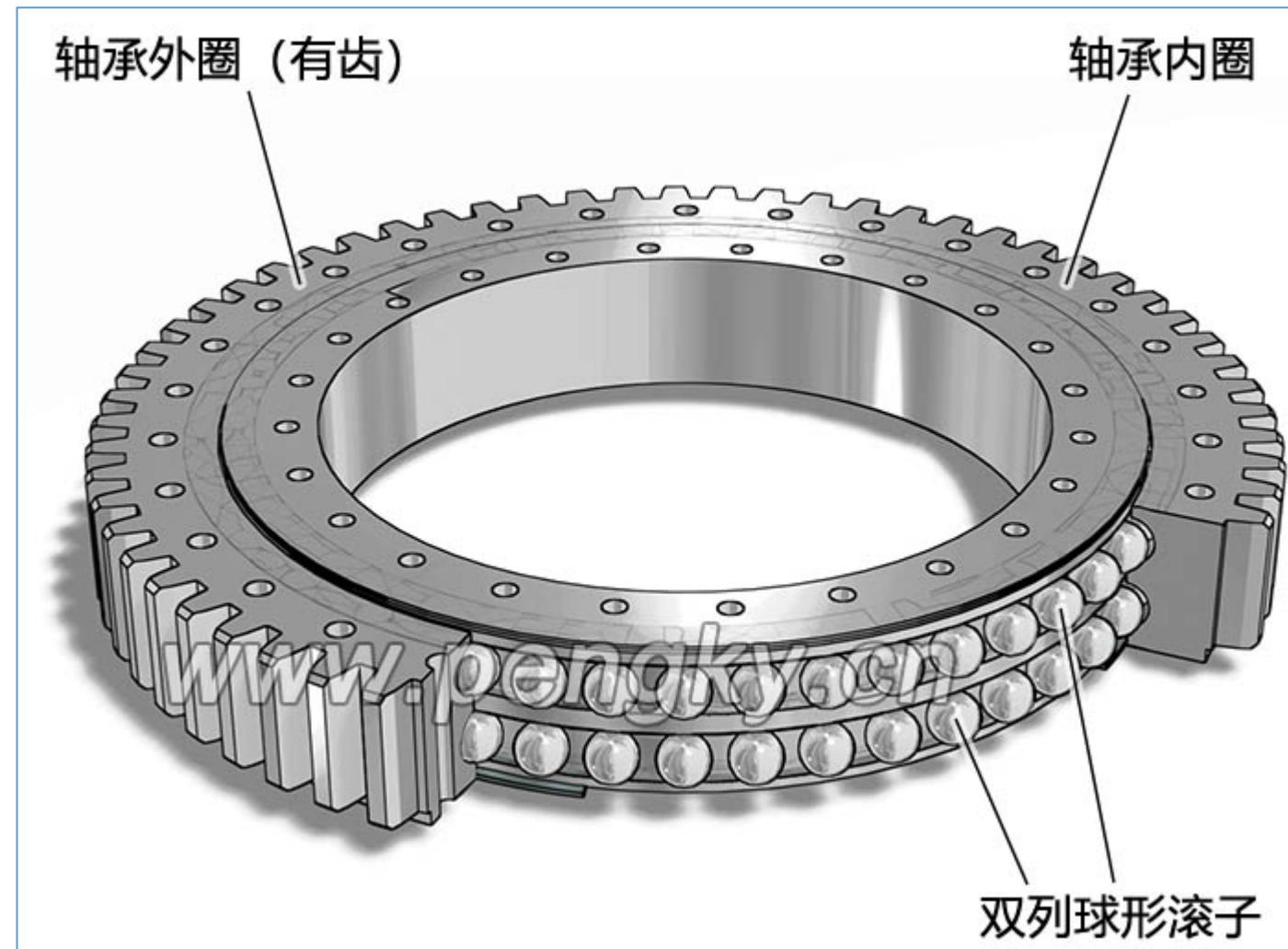


图12--双排四点接触球轴承 (外齿)

|| 双列圆锥滚子轴承

直驱式风力发电机组没有齿轮箱，主轴分**双轴承结构与单轴承结构**两种。单轴承结构的风力机主轴只有一个轴承，由于一个轴承对倾覆力矩的承受能力较差，解决办法是采用大直径轴承，目前单轴承结构使用的轴承直径已超过3m，采用双列圆锥滚子轴承。由于滚子轴线与轴承轴线之间有夹角，使轴承能承载轴向负荷，夹角越大轴向承载能力越强。滚子是圆锥状，所有滚子圆锥表面的投影线都在轴承轴线的同一点相交。所以这种轴承有很好的**轴向负荷、径向负荷、倾覆力矩**的承载能力。

|| 双排四点接触球轴承

图13是双外圈双列圆锥滚子轴承，为了安装，轴承的外圈由两个并合组成，组合安装，两外圈之间有中隔圈，改变中隔圈厚度来调整轴承的游隙。轴承游隙是轴承滚子与轴承内外圈之间的间隙。

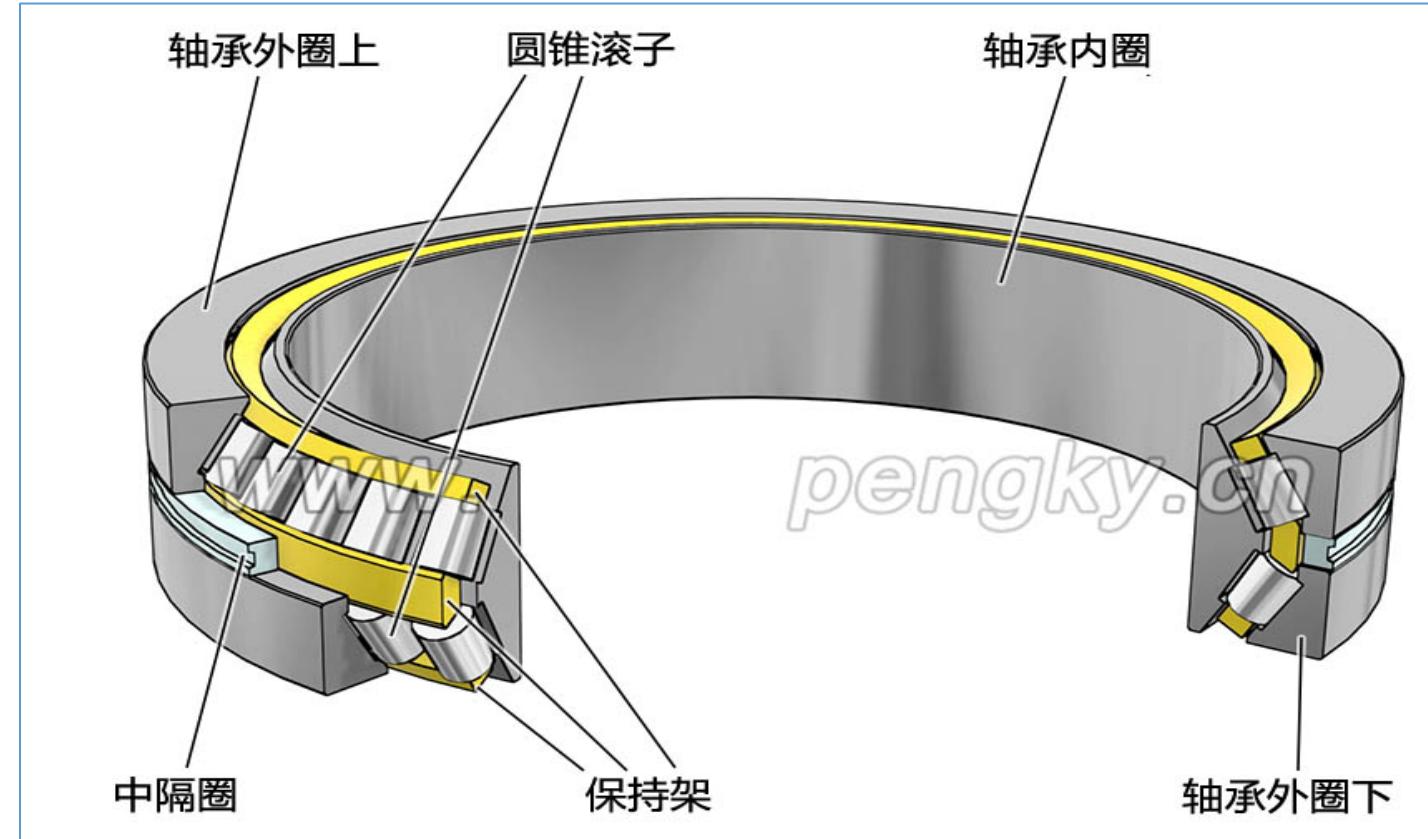


图13--双外圈双列圆锥滚子轴承

|| 双排四点接触球轴承

图14是双内圈双列圆锥滚子轴承，轴承的内圈由两个并合组成，组合安装，两内圈之间有中隔圈，改变中隔圈厚度尺寸，即可调整轴承的游隙。该轴承外圈与内圈有安装螺栓孔，方便轴向安装。

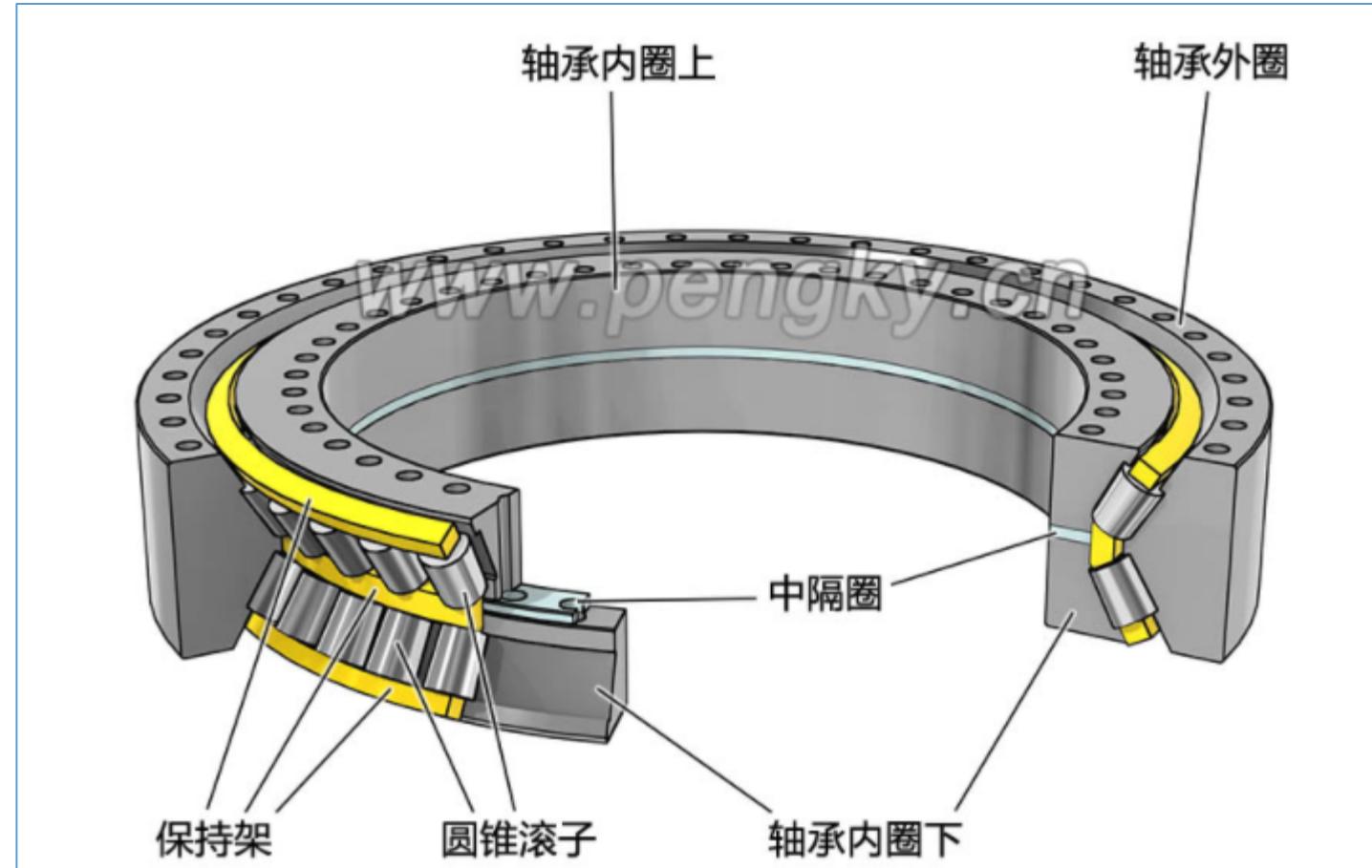


图14--双内圈双列圆锥滚子轴承

本课程结束

制作单位：湖南电气职业技术学院