风电轮毂智能翻身吊具的研制

杨超
（巨力索具股份有限公司　河北　保定　072550）

摘要：风电安装现场进行风电机组轮毂组装时，正常的吊装方式为直接在地面进行整体叶轮的组装，然后再进行叶轮吊装。由于每个风电安装现场的工况均不相同，很多风电场地面空间受到很大限制，吊装场地条件亦不理想，很难满足正常吊装需求。现研制出了一种风电轮毂智能翻身吊具，解决了风电轮毂起吊后翻身、调整倾斜角度的难题，克服了场地面空间受限、条件不理想的问题。

关键词：智能翻身；锁死；轴承内圈法兰；倾角调整；翻转角度；重心变化

1　基本情况

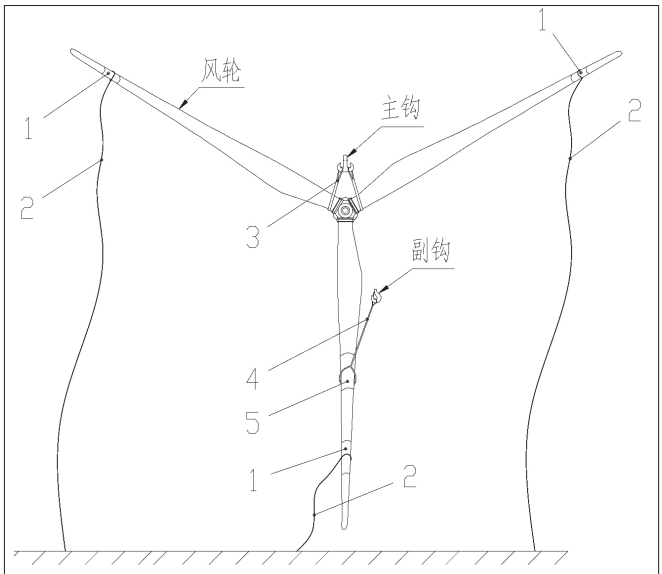
从 2010 年到 2020 年，这 10 年间全球陆上风电总装机工增加了约 682GW，因此整个陆上风电行业发展的成熟度不能忽视。全球不同国别市场中风电场容量系数的差异，最主要还是因为风资源情况的差异，其次是不同的风机技术应用及风电项目场址特征等因素，也会影响风电场容量系数。目前，我过很多的风电场地面空间受到很大限制，吊装场地条件亦不理想，包括海上风电安装船的使用场地亦很受限，所以在有限的空间内无法满足叶轮的整体吊装。

图 1 所示为叶轮的整体吊装方式，主要由叶尖护套、柔性缆风绳、主吊装带、辅吊装带和硬质护套等零部件组成。两根主吊装带对折使用，分别挂入主吊钩的钩腔中。缆风绳捆绑于每个叶片的叶尖处，工作人员拉拽缆风绳使叶轮在吊装过程中处于平衡的状态。缆风绳与叶尖的捆绑位置设置有叶尖护套装置，主要用于保护叶尖。辅吊装带捆绑于叶片规定的辅助吊装点上，辅助叶轮起吊和翻转。

3 支叶片与轮毂对接后，形成一个“Y”形叶轮。叶轮吊装时占用场地空间太大，现有的场地空间无法满足叶轮的整体吊装，只能对风机进行分体吊装，分体吊装会先吊装轮毂，然后单独对每支叶片进行吊装，在空中完成叶轮的组装。由于轮毂导流罩的原因导致轮毂没有多余的吊点，只能利用与叶片对接的三个轴承法兰，致使轮毂起吊后很难翻身或调整角度，为后续轮毂与机舱的组装带来不便。所以现急需一种风电轮毂智能翻身吊具，来满足各种受限空间内风机轮毂的吊装。

2　风电轮毂智能翻身吊具的研制

为了减小施工作业平台，节约空间资源，减少投资和施工成本，使轮毂和机舱在空中的安装更加方便、快捷，现研制一种风电轮毂智能翻身吊具，此吊具可通过人工操纵遥控器使轮毂进行倾角自动调整，结构简单、操作方便，可通过调整主吊具两端的法兰孔，来适应不同机型的轮毂翻身。



1- 叶尖护套；2- 柔性缆风绳；3- 主吊装带；
4- 辅吊装带；5- 硬质护套

图 1　叶轮吊具吊装示意图

风电轮毂智能翻身吊具主要由两部分组成，一部分为轮毂翻身主吊具，一部分为两个相同的轮毂翻身辅助吊具。图 2 所示为风电轮毂智能翻身吊具的结构示意图，也是轮毂翻身时的初始起吊状态图。轮毂翻身主吊具主要由主吊具体、主吊带、旋转臂、卸扣、旋转轴、液压缸、螺栓组和液压站等零部件组成；轮毂翻身辅助吊具主要由卸扣、螺栓组、辅助吊具本体和辅助吊带等零部件组成。

主吊具体两端设有安装法兰板，通过螺栓组使之与轮毂变桨轴承内圈法兰孔连接紧固，通过旋转轴将旋转

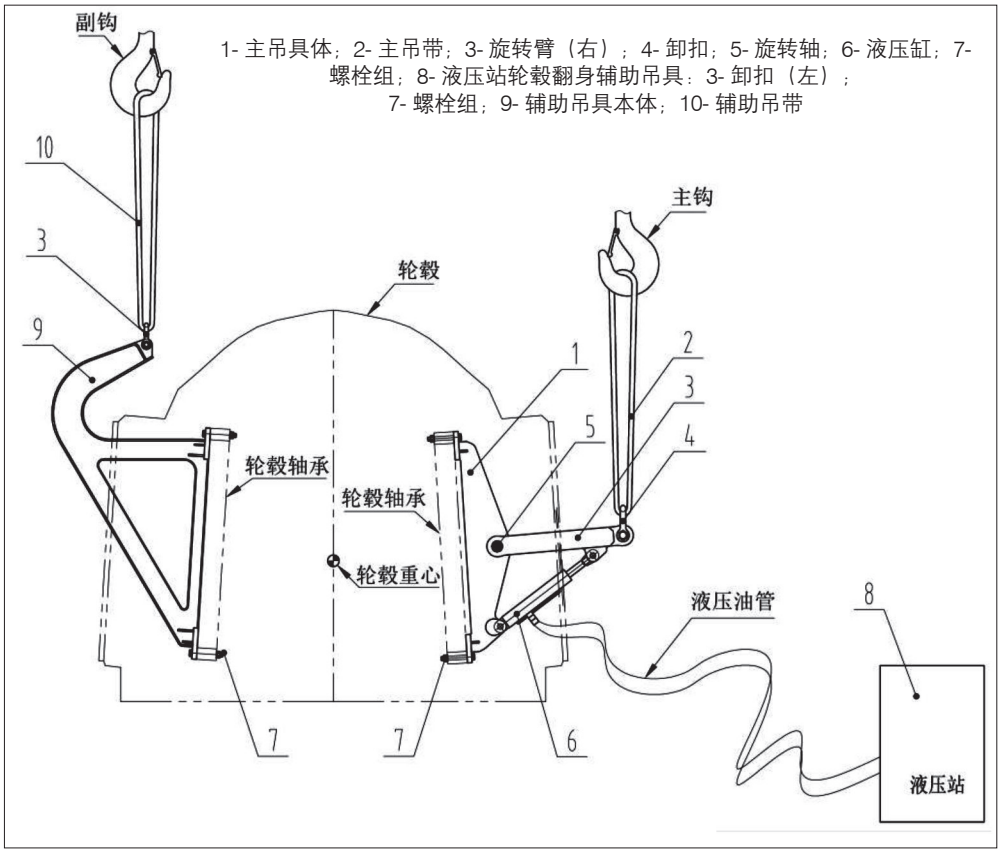


图 2　风电轮毂智能翻身吊具结构示意图

臂与主吊具体进行铰接，液压缸与旋转臂和主吊具体进行铰接，此结构可以通过液压缸的伸缩功能让旋转臂围绕旋转轴旋转，使旋转臂可以达到摆动的效果，利用卸扣使主吊带与旋转臂连接，从而使主吊带可以在主吊钩的作用下达到随动旋转效果。将液压站设置于地面，通过液压油管连接液压缸的连接方式，可以减少吊具的自重和吊具体积大小，可在轮毂变桨轴承有限的安装空间内方便工人进行作业。

为了防止轮毂在翻身过程中出现吊带挤压轮毂罩，致使轮毂罩损坏的不利工况，将辅助吊具本体的吊点设计为如图 2 所示的折弯结构，同时此吊点也在辅助吊具本身的重心线上，使辅助吊具的安装更加方便快捷，将辅助吊带挂入副钩中，通过卸扣将辅助吊具与辅助吊带连接，从而辅助轮毂翻身作业。

图 3 所示为轮毂翻身 45° 后的状态图，轮毂主吊具和轮毂辅助吊具的安装位置均为变桨轴承内圈的法兰孔，由两个起重吊钩配合完成轮毂翻身，在翻转过程中，液压缸处于锁死状态，主钩吊运主吊具，副钩吊运两个辅助吊具，两个起重吊钩同时起升，等起升到一定高度后，主钩继续起升，副钩不动，或者主钩继续起升，副钩下降，直至轮毂翻身 90°。翻身完毕后，在轮毂悬空的状态下，先将副钩吊带进行脱钩，然后用副钩将两个轮毂辅助吊具拆卸掉，通过主吊具对轮毂进行倾角调整。

图 4 所示为轮毂翻身完毕后的状态图，通过两个起重吊钩的配合，使轮毂由轮毂主轴法兰面朝下的姿态转换成轮毂中心轴水平的姿态，然后拆卸掉两个辅助吊具，此时可由液压站提供给主吊具上液压缸动力，通过液压缸伸缩来实现旋转臂的旋转，从而改变旋转臂吊点位置，进而达到轮毂的翻转角度和重心变化随动调节，从而实现轮毂的轮毂主轴法兰面的安装角度的调整，使调整好的轮毂倾斜角度有利于安装到机舱上，减少了轮毂在空中和机舱安装时的调整工作量，使轮毂和机舱在空中的安装更加方便、快捷。待安装角度调整好后，将液压缸锁死，再拆卸掉液压油管的

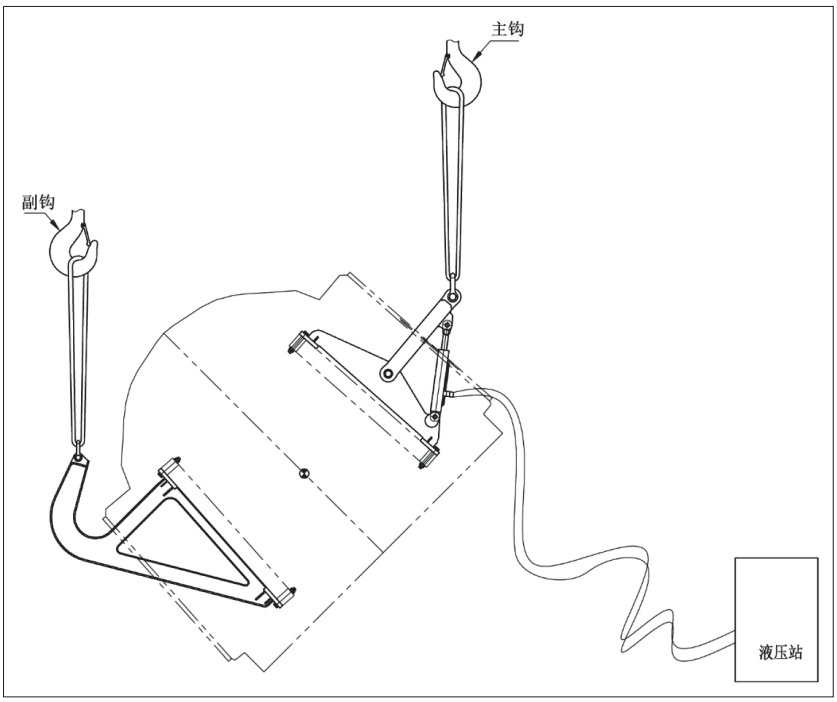


图 3　轮毂翻身 45° 后状态图

（下转第 26 页）

体使用对产品的测试条件进行确定。在开展接通－断开试验的过程中，必须保证发热电流为 400A 以下，在接通－断开的循环操作中，循环时间要间隔（30±10）s，每一次在接通－断开操作循环时，等待检测的产品必须在闭合位置保障足够的停留时间，确保通断操作能够顺利完成。等待检测产品的运动部件要保持在静止状态。完成操作循环后，电压值恢复要保持 0.05s 左右。测试完成后要及时开展空载接通－断开操作，从而保证设备能够正常运行。在正常操作下，如果被测产品手柄经过满行程，其触头装置可以完全闭合，可以确定产品能够承载额定电流，可以确定闭合操作为正常状态，在完成测试后，也可以满足机电性能和温升规定要求。

4　结语

总而言之，在此次光伏用隔离开关触头装置设计过程中，主要是以光伏发电系统中的直流电源为基础对隔离开关的触头装置进行设计。在具体的设计过程中，需要加强动 / 静触头材料的科学选择，保证动 / 静触头材料性能可以满足触头装置后期使用需求，同时还要对导电润滑脂的使用进行合理确定。经过研发设计后，制作的光伏用隔离开关触头装置符合标准规定，并且通过温升试验、电流泄漏试验和接通与分断能力试验，可以确定该触头装置能够满足隔离开关系统的应用需求，其在光伏直流发电系统中具有广阔的推广应用空间。

参考文献：

[1] 蔡烨凯．光伏用隔离开关触头装置的研发 [J]. 机电元件 ,2019,39(3):5.
[2] 靳康怡，贺冰．关于高压隔离开关电触头性能改善的思考 [J]. 山东工业技术 ,2019(24):103.
[3] 刘勇辉，吕旺燕，郑克勤，等．隔离开关触头材料环境耐久性模拟试验及带电性能评价研究 [J]. 环境技术 ,2018,36(6):6.
[4] 潘卓，杜燕雄，刘辰曦，等．高压隔离开关触头发热处理及预防方法研究 [J]. 工业 ,2016(005):146-148.
[5] 滕松，刘新，李毅，等．电网中高压隔离开关触头接触温升实验测试分析 [J]. 电子测量技术 ,2019(8):4.

（上接第 22 页）

快接插头使之与液压缸分离，然后主吊具起升将轮毂与空中的机舱进行对接。此轮毂智能翻身吊具，使其解决了风电轮毂起吊后翻身、调整倾斜角度的难题，从而克服了场地面空间受限、条件不理想的问题。

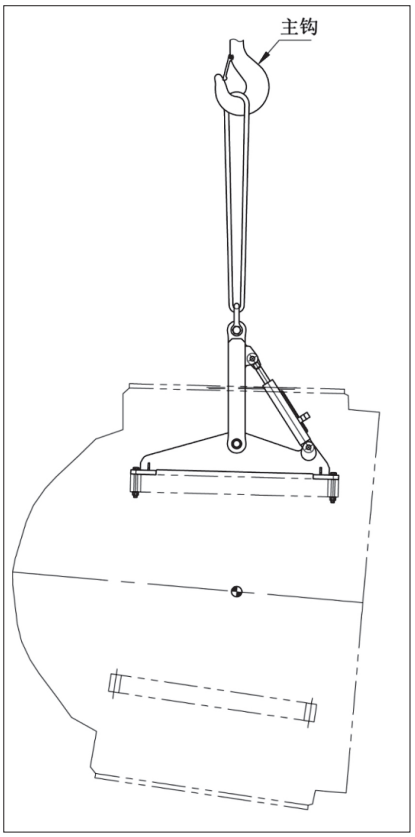


图 4　轮毂翻身完毕后状态图

3　结语

风电轮毂智能翻身吊具通过负载敏感的液压系统为液压缸提供动力，并通过液压缸的伸缩实现轮毂起吊时轮毂的翻转角度和重力变化随动调节，使调整好的轮毂倾斜角度利于安装到机舱上，减少了轮毂在空中和机舱安装时的调整工作量，不需要再更改轮毂的结构，使轮毂和机舱在空中的安装更加方便、快捷。结构简单，操作方便，对场地的要求低，还可以在运输车上直接起吊轮毂，省时、方便、灵活性强，具有很好的经济性。

参考文献：

[1]GB/T 26079-2010,《梁式吊具》[S].
[2] 黄靖运，龚剑霞．机械设计学 [M]. 北京：机械工业出版社 ,1991.
[3] 吴宗泽．机械结构设计 [M]. 北京：机械工业出版社 ,1988.
[4] 张质文，虞和谦，王金诺，包起帆．起重机设计手册 [M]. 北京：中国铁道出版社 ,1998.
[5] 曾亿山．液压传动与气压传动 [M]. 合肥：合肥工业大学出版社 ,2008.
[6] 黄锡恺，郑文纬．机械原理（第六版）[M]. 北京：高等教育出版社 ,1989.

作者简介：杨超（1993.08-），男，汉族，河北保定人，本科，研究方向：机械设计。