

软弱地基风机基础浇筑锚栓笼不均匀沉降控制

宁晓伟

中国水利水电第五工程局有限公司

摘要: 灵活应用可再生能源可有效减少传统能源的消耗以及环境污染,所以国家开始大力开发风电项目等可再生能源项目。但大多数风电项目所处区域的地质条件相对较差,存在大量的软弱地基,可能会出现不均匀沉降等问题,需加强控制。因此本文利用调查法、文献资料法等方法对软弱地基风机基础浇筑锚栓笼不均匀沉降控制进行了研究与探讨。在探究过程中发现不同基础处理方式的沉降量不同,所以若想提高施工质量就需要科学选择处理方式、提高地基承载力并严格控制各个施工环节,从而减少不均匀沉降的发生。

关键词: 软弱地基; 风机基础; 不均匀沉降

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.065

前言:

风机基础浇筑锚栓笼是风电项目的关键施工环节,会对施工质量产生较大影响。但若存在软弱地基等问题就会导致浇筑过程中出现不均匀沉降等问题,继而增加施工安全隐患,因此需要深入研究如何控制不均匀沉降,增强施工安全性。

一、软弱地基及地基沉降概述

(一) 软弱地基的概念

软弱地基指的是由淤泥、冲填土、淤泥质土、杂填土或其他高压缩性土层构成的地基,其中淤泥及淤泥质土是在静水或缓慢流水环境中沉积而来的,含水量一般在40%-90%、天然孔隙比大于1.0;冲填土是由水泥充填泥沙沉积而成的,压缩性相对较高、强度较低;杂填土是含有大量建筑垃圾等杂物的填土,具有土质结构松散、变形量大等特点;其他高压缩性土包括湿陷性黄土、红黏土等,可能会出现液化情况^[1]。

(二) 软弱地基的特点

软弱地基具有沉降量大、压缩量高等特点,是由多种原因造成的。第一,沉降量大。软弱地基的含水量较高但透水性较低,所以软弱地基十分松软,流变性与不均匀性也比较强,就会加大地基的沉降量、导致工程出现不均匀沉降等问题。第二,压缩量高。软弱地基中含有大量的有机物,且土质的孔隙相对较大,所以压缩量比较高。

(三) 地基沉降的原因

地基沉降指的是地基土层在附加应力作用下压密引起的表面下沉问题,包括初始沉降、主固结沉降以及次固结沉降等类型,主要是由地基承载力弱等原因造成的。在进行风机基础浇筑锚栓笼施工时会改变地基土层的应力状态,使地基中产生竖向变形、侧向变形以及剪切变形,继而导致锚栓笼出现不均匀沉降甚至无法正常

使用。

二、风机基础浇筑锚栓笼施工的关键环节

风机基础锚栓笼施工是风电项目的关键施工环节,会对项目整体质量产生较大影响。在施工过程中需要做好准备工作、下锚板安装等各个环节的工作。

(一) 准备工作

在准备过程中需要根据预应力锚栓基础图纸的要求明确锚栓笼型号并安装预应力锚栓的组合件,为后续工作奠定基础。之后需要将施工零部件运输至存放场地中并做好防护工作,避免上下锚板出现变形等问题。

(二) 安装下锚板

在安装下锚板时需要根据基础图纸核对预埋件的数量、尺寸以及安装位置,利用汽车吊进行下锚板的吊装并将下锚板移动到预埋件上方1m处,使下锚板与螺孔相互对应并将下锚板放置在预埋件上,对下锚板的支撑螺栓与预埋件金信不过焊接处理,最后调节支撑螺栓^[2]。

(三) 安装锚栓笼

在这一环节中需要将基础锚栓分为普通锚栓与定位锚栓并在锚栓的下方放置锁紧螺母。之后在定位锚栓的上端放置尼龙调节螺母并控制螺母与锚栓顶端之间的距离。在安装锚栓笼时需要在风机基础外侧设置定位桩,之后根据定位桩调整锚栓笼的具体位置,避免锚栓笼的位置出现较大的偏差。

(四) 浇筑混凝土

在安装锚栓笼之后需要浇筑混凝土。在浇筑时需要做好锚栓笼的保护工作,利用土工布包裹锚栓笼,避免混凝土污染锚栓笼。在浇筑过程中若地质条件不符合要求就可能会出现不均匀沉降等问题,严重降低施工质量。为此,需要深入研究如何控制不均匀沉降,增强施工安全性。

三、锚栓笼不均匀沉降控制工程概况

(一) 工程地质条件

某风电项目位于沿海地带的红树林区域当中,地基的承载力相对较大。从实际情况来看,该地基表层是由不同颜色的有机沙质黏土组成的(含有少量的砂、大量的黏土与淤泥),其0.5-1.0m土层与2.0-2.5m土层的含水率分别为50.2%、66.12%;湿密度分别为1.662g/cm³、1.59g/cm³;干密度分别为1.107g/cm³、0.957g/cm³;饱和密度分别为1.668g/cm³、1.597g/cm³;孔隙比分别为1.39、1.776;液限分别为48.8%、59%;塑限分别为31%、30.5%;黏聚力分别为0.093kg/cm²、0.113kg/cm²;内摩擦角分别为2°0'、1°44';压缩指数分别为0.361、0.437^[3]。

(二) 工程基础结构设计

由于该项目所处区域的地质条件较差所以将风机基础的受力结构设置为摩擦型群桩基础，通过承台结构将上部的荷载传输至桩基础中。同时，为了提升地基承载力，降低出现质量问题与安全事故的概率在承台底部设置一层碎石垫层并浇筑一层混凝土垫层。其次，在混凝土垫层的中心区域以及锚栓笼安装区域设置钢筋网，并将锚栓笼的支撑系统设置在混凝土垫层上方。这些技术手段可以在一定程度上改善地质条件，但地基承载力过低且需要一次完成混凝土浇筑工作，仍然会造成不均匀沉降。如果不均匀沉降值过大就会影响到风机的正常安装，所以需要对接台基础进行有效处理。

(三) 工程施工流程

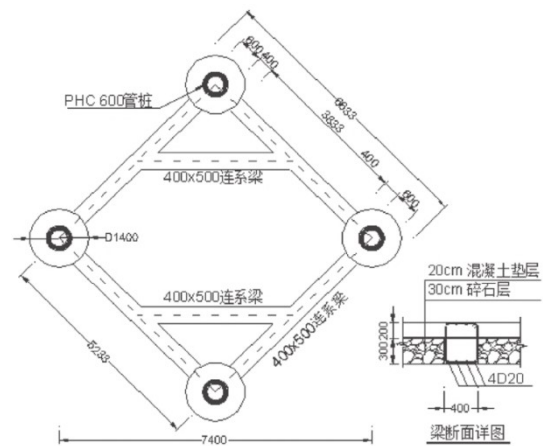
在施工过程中需要先进行群桩基础施工，利用专用设备将高强度预应力混凝土管桩打入地基中，之后开挖基坑并切除桩头。在开挖基坑时应于在基坑附近设置排水沟，做好基坑的排水工作，从而降低基坑的含水量。在清除基坑内部的积水后需要填筑一层碎石并对碎石层进行压实处理，之后固定锚栓笼的预埋板，避免后续出现倾斜等问题，固定后浇筑一层混凝土垫层^[4]。在混凝土垫层的强度达到设计标准之后先安装风机锚栓笼，之后再行钢筋施工、模板施工以及预埋件施工，最后浇筑混凝土。

四、工程基础处理方式与沉降观测策略

(一) 基础处理方式

在施工过程中应根据地质条件以及锚栓笼的不均匀沉降控制要求选择合适的基础处理方式，从而避免锚栓笼出现严重沉降。第一，需要综合划分风机基础条件。从实际情况来看，一些承台中心含有试验桩，一些承台中心不含试验桩，所以可以将风机基础条件划分为基础中心有试验桩、基础中心无试验桩这两种类型。第二，在条件相同的情况下可以利用不同的方式处理基础。例如，若基础中心有试验桩可以利用其支撑上部结构荷载或按照结构桩处理基础，若基础中心没有试验桩可以利用打入木桩、设置连系梁这两种方式加固基础。首先，在利用试验桩支撑上部结构荷载时需要科学调整中心试验桩以及混凝土垫层结构，使其能够支撑上部结构荷载。在这一过程中施工人员可以在混凝土垫层内部设置一层钢筋网；调整中心试验桩的顶部高程，使其与混凝土垫层结构的中心位置相对应，从而支撑上层钢筋网；在中心试验桩及周围的结构桩之间设置加强筋，从而增强中心试验桩的承载力^[5]。其次，在施工时可以按照结构桩的处理方式处理基础，即不对基础进行加固。再次，若风机基础当中没有试验桩就需要通过打木桩的方式加固基础。在施工时需要将木桩的长度控制在2.0m左右，将木桩与木桩之间的距离控制在20.0cm左右，之后利用直径为8.0cm的块石铺设一层厚度为30.0cm的碎石层并进行压实处理。在压实后利用土工布覆盖碎石层，从而降低混凝土浇筑难度。此外，若风机基础当中没有试验桩也可以通过设置连系梁这种方式进行加固处理。即在完成基坑排水工作后对土层进行压实处理，在土层上方利用直径较小的碎石铺设碎石层，最后在结构中心

设置连系梁（如图一所示）。



图一：连系梁加固方式

(二) 沉降观测策略

在完成加固工作后浇筑混凝土时仍然可能会出现沉降问题，所以需要利用先进的技术手段对进行沉降观测，从而明确沉降情况。

1. 科学布置沉降观测点并控制观测频率

在进行沉降观测时需要科学布置观测点，增强观测结果的准确性与对比性。例如，可以在锚栓笼的锚板上设置四个对称的沉降点，且需要对所有的观测点进行编号处理。其次，需要控制好观测次数。例如，可以在浇筑混凝土之前进行一次观测，并将此次观测结果当作初始值。之后在浇筑混凝土后每隔一小时观测一次，从而明确具体的沉降情况。此外，在进行沉降观测时需要按照观测点的编号顺序进行观测并详细记录观测点的标高，根据观测数据计算沉降量以及不均匀沉降量。

2. 明确不同基础处理方式的沉降量

不同基础处理方式的加固效果不同，产生的沉降量也不同，所以在观测时需要明确每一种处理方式所产生的沉降量。

第一，若基础中心有试验桩且利用试验桩承载上部结构荷载时需要详细记录锚栓笼的沉降数据（如表1所示）。从观测结果来看，利用这种方式进行基础处理的沉降量为8mm，最大不均匀沉降量为2mm。

表1：利用试验桩承载上部结构荷载时锚栓笼的沉降量

观测点编号	观测值/mm				平均值/mm
	P1	P2	P3	P4	
1	5017	5017	5017	5017	5017
2	5016	5016	5016	5016	5016
3	5016	5016	5016	5016	5016
4	5014	5014	5014	5013	5013.8
5	5012	5012	5012	5011	5011.8
6	5010	5010	5010	5009	5009.75
总沉降量/mm	7	7	7	8	7.25
最大不均匀沉降量/mm	2				

第二，若基础中心有试验桩且按照结构桩处理基础需要详细记录锚栓笼的沉降数据。从施工情况来看，由于地基承载力过低所以在浇筑混凝土时锚栓笼出现了严重的沉降，总沉降量达到了52mm，远远超过了设计标准值，所以利用这种方式处理基础的效果相对较差^[6]。

第三，若基础中心没有试验桩且利用打木桩的方式加固基础时需要详细记录不同风机基础锚栓笼的沉降数据（如表2所示）。从最终的观测结果来看，通过打木桩加固基础时也会导致锚栓笼出现较为严重的沉降情况，且最小沉降量的平均值为20.85mm、最大沉降量的平均值为26.05mm、不均匀沉降量的平均值为6.75mm。

表2：应用打木桩加固基础时不同风机基础锚栓笼的沉降量

风机基础	锚栓笼最小沉降量/mm	锚栓笼最大沉降量/mm	锚栓笼不均匀沉降量/mm
01	20.2	25.8	6
02	21.5	26.1	6
03	20.3	26.4	5
04	21.4	25.9	10

第四，若基础中心没有试验桩且利用设置连系梁的方式加固基础时需要详细记录锚栓笼的沉降数据（如表3所示）。从观测结果来看，相比于利用打木桩的方式，设置连系梁这种方式可以适当降低锚栓笼的沉降量，即将锚栓笼的最大沉降量降低至10mm，最大不均匀沉降量降低至2mm^[7]。

表3：通过设置连系梁加固基础时锚栓笼的沉降量

观测点编号	观测值/mm				平均值/mm
	P1	P2	P3	P4	
1	5017	5017	5017	5017	5017
2	5016	5016	5016	5016	5016
3	5014	5014	5014	5015	5014.25
4	5010	5010	5012	5013	5011.25
5	5008	5009	5010	5011	5009.5
6	5007	5008	5009	5009	5008.25
总沉降量/mm	10	9	8	8	8.75
最大不均匀沉降量/mm	2				

五、工程基础处理方式对比与施工优化策略

（一）基础处理方式对比

在施工过程中需要根据处理条件以及不同处理方式所产生的沉降量对基础处理方式进行分析。首先，从上述四种方式所产生的沉降量来看，有没有试验桩不会对沉降量产生明显影响。其次，在基础中心有试验桩的情况下若按照结构桩处理基础将会导致锚栓笼出现严重的沉降问题，继而增加混凝土浇筑施工的风险。而利用试验桩承载上部荷载可以降低锚栓笼的沉降量，所以在基础中心有试验桩的情况下需要利用试验桩支撑上部

荷载。此外，在基础中心没有试验桩的情况下利用打木桩或设置连系梁这两种方式进行加固处理都会导致锚栓笼出现沉降问题，但设置连系梁可以降低锚栓笼的沉降量，所以若没有试验桩就需要优先应用设置连系梁这种加固处理方式。

（二）施工优化策略

在浇筑混凝土时锚栓笼出现不均匀沉降问题主要是由地基承载力差这一原因造成的，且锚栓笼在不同时间段内的沉降速度不一样，通常是最初的沉降速度相对较慢，后续沉降速度有所加快，这也是由多种因素造成的。例如，最初混凝土的浇筑量相对较小，对锚栓笼造成的力较小，所以锚栓笼的沉降速度较慢，后续混凝土浇筑量逐渐增加，产生的力也越来越大，会导致锚栓笼出现快速沉降。所以，在施工过程中需要根据这些原因在加固地基的情况下采取一些优化策略，进一步降低锚栓笼的沉降量。第一，需要根据实际情况调整混凝土垫层与桩基之间的连接结构，从而使桩基承受上部结构的荷载。第二，将锚栓笼的调平系统固定在混凝土垫层上可能会加大沉降量，所以可以在结构钢筋上固定锚栓笼的调平系统，避免锚栓笼出现严重的沉降问题^[8]。第三，在浇筑混凝土时可以先浇筑下部结构的混凝土，等到混凝土的强度符合设计标准后再浇筑上部结构的混凝土，减小混凝土对锚栓笼施加的力。同时，在浇筑过程中需要应用对称浇筑这种方式并严格控制混凝土的浇筑速度，避免过快浇筑，否则不仅会加快锚栓笼的沉降，也会降低浇筑质量。第四，在完成浇筑施工后需要做好混凝土的养护工作，控制混凝土的初凝强度。第五，制定完善的不均匀沉降控制制度，对基础处理以及混凝土浇筑过程中的各个环节进行严格管理，判断其中是否存在不合理之处，若存在需及时返工，避免锚栓笼出现严重的沉降问题。第六，加大施工人员培训力度，增强施工人员的不均匀沉降控制意识，让施工人员明确如何控制不均匀沉降。

结语

在进行软弱地基风机基础浇筑锚栓笼施工时若出现不均匀沉降等问题不仅会降低施工质量也会威胁到施工人员的人身安全，为此需要科学处理地基、提高地基承载力；科学调整垫层混凝土与桩基之间的连接结构；控制混凝土的浇筑速度，从而降低沉降值、防范施工风险。但该研究还不够完善，所以需要进一步研究控制不均匀沉降的策略，提高风电项目的施工质量。

参考文献

[1] 芮扬. 钢管支架式大体积混凝土基础溜槽浇筑施工技术[J]. 建筑施工, 2022, 44(01): 42-44.
 [2] 祁建国. 高纬度严寒气候条件下混凝土基础结构浇筑创新研究[J]. 国际工程与劳务, 2020(08): 82-84.
 [3] 潘兵, 徐江涛, 胡小禹, 张俊林. 杨房沟水电站缆机基础浇筑对边坡稳定的影响分析[J]. 四川水利, 2020, 41(02): 1-5.