

风电项目“以大代小”施工技术合理性技术研究

王双林 白雪源

西北水利水电工程有限责任公司 陕西 西安市 长安区 710199

【摘要】陆上风机基础通常采用钢筋混凝土或钢结构基础形式，其具有较大的承载能力和抗倾覆能力，在复杂海况下其结构性能较好。陆上风机基础受力过程中的破坏模式主要是由于材料、结构与地基之间的相互作用等因素共同作用引起的。鉴于我国陆上风机基础仍处于发展阶段，目前对陆上风机基础的研究多为理论分析和初步设计阶段，其研究内容主要集中在理论研究和工程应用两方面，理论研究主要包括动力特性分析、模型试验和有限元数值模拟三部分。

【关键词】陆上风机；基础；关键技术

1 风电项目“以大代小”施工技术内涵

“以大代小”是指在风电项目中，使用大型设备或模型来代替实际风电场中的小型设备进行试验、测试或演示。这种技术手段主要用于模拟实际风电场中的情况，以验证设计方案、优化施工流程、提高效率，并在一定程度上降低施工成本。设备模拟：使用大型风力发电机组、大型吊装设备等来模拟实际风电场中小型设备的工作状态，以便更真实地测试和验证系统性能。风场模拟：通过风洞试验或数值模拟，模拟实际风电场中的风场情况。这有助于了解风力对设备的影响，优化设计以及验证设备的耐风性能。施工流程优化：利用大型模型模拟施工过程，如大型吊装操作、塔筒安装等，以验证施工方案的可行性，识别潜在风险，并寻求提高效率的方法。工程设计验证：使用大型模型对风电场的整体设计进行验证，包括布局、设备安装等，确保设计方案的合理性和可行性。

2 风电项目“以大代小”施工技术合理性技术研究

2.1 基础材料

风机基础材料选择应充分考虑基础结构的可靠性和经济性。在工程应用中，还需要考虑风机基础材料的耐久性和环境适应性等因素。目前，国外已有学者提出了碳纤维增强混凝土(CFRP)作为一种新型结构材料，可提高钢材的性能，具有广阔的发展前景。风机基础结构在承受循环荷载作用时会产生疲劳破坏，因此要求风机基础应具有较高的耐久性和较好的耐疲劳性能。

2.2 地基处理

陆上风机基础施工时，若地基承载力不满足设计要求，则需采取地基处理措施，使地基承载力满足设计要求。通常情况下，地基处理方法有两种：换填法和挤密法。换填法适用于软弱地基；挤密法则适用于相对较硬的土层。挤密法所产生的挤压力对土体有较大作用，可

提高地基承载力，但挤压力过大可能会造成基础开裂。由于风机基础处于海上，受风浪影响较大，对地基处理要求更高，目前国内未见有关采用挤密法对陆上风机基础进行地基处理的研究报道。而目前国内有关挤密方法在陆上风机基础中的应用研究较为少见，主要集中在挤密效果的评价、挤密机理分析和挤密作用下的上部结构受力性能等方面。

2.3 基础结构形式

我国陆上风机基础主要采用钢筋混凝土基础和钢结构基础两种结构形式。目前，钢筋混凝土基础应用较为广泛，其优点是受力明确、施工方便、经济性较好，缺点是施工过程中容易造成环境污染。钢结构基础具有强度高、自重轻、承载力高等优点，但其成本较高，适用于场地开阔的沿海地区。因此，在选择陆上风机基础时，应根据工程所在的地理环境和场地条件进行综合考虑。

2.4 荷载计算

目前，我国陆上风机基础结构设计规范仍采用荷载设计法，包括风荷载、波浪荷载、地震荷载和冰荷载。风机基础的荷载计算主要有三个步骤：（1）风荷载计算，包括风荷载计算和风荷载组合；（2）波浪荷载计算，包括波浪荷载计算和波浪组合；（3）冰荷载计算，包括冰荷载计算和冰荷载组合。在上述三种荷载的计算中，风、海浪、地震荷载的计算方法不尽相同。由于海上风场与陆地风场的差异，在对风、浪、海潮等风、海环境进行分析时，通常需要考虑风、海潮等因素的影响。此外，由于海上风力发电设施需要承受海洋环境下的长期作用，因此海洋环境影响也是风电设施设计考虑的重要因素之一。由于我国目前海上风电的发展尚不成熟，因此在风机基础设计过程中需考虑风、浪、海等环境因素对结构产生的影响，以提高陆上风机基础结构的可靠性和安全性。

2.5 基础结构的动力分析与模型试验

陆上风机基础的动力分析与模型试验是对陆上风机基础进行结构设计的重要依据,其主要目的是为满足设计要求提供理论依据。陆上风机基础的动力分析与模型试验研究内容主要包括:结构动力特性分析、基础结构模型试验及数值模拟。其中,结构动力特性分析包括整体结构的模态分析和局部结构的模态分析,而基础模型试验则是对基础进行振动台试验,以获得其动力特性和破坏模式。目前,国内外对陆上风机基础的动力特性及模型试验研究工作均取得了一定成果,但对海上风机基础的研究仍处于起步阶段,研究内容主要集中在动力特性分析、模型试验和有限元数值模拟三部分。

2.6 基础的数值模拟

目前,国内对陆上风机基础的数值模拟主要有 ABAQUS 软件、SAP2000 软件、ADINA 软件以及 ANSYS 软件等。

其中,ABAQUS 软件的研究已经比较成熟,具有良好的计算精度和较强的数值模拟能力。但在进行有限元分析时,需要考虑材料非线性和几何非线性,这也会影响计算结果的准确性。

SAP2000 软件是 ANSYS 公司推出的有限元程序,它能进行结构和材料的分析、设计和计算,适用于复杂结构和大变形问题的分析。

ANSYS 是一个功能强大且用途广泛的通用有限元分析软件,在土木工程领域被广泛使用。基于 ANSYS 有限

元模拟程序对陆上风机基础进行数值模拟,能更好地研究其工作性能、应力分布规律等。

2.7 施加预应力

预应力技术是对风力发电机组地基进行预先确定的一种方法,它可以提高风机地基的抗拉变形性能。该计算公式可用于反复加载或大变形时的计算。在进行预处理前,首先要明确所需预压的位置、强度、所采取的方法与装置。在此基础上,进一步研究了预应力加固对桥梁的作用及安全问题,以保证加固工程的高品质与高安全。预应力的应用有体外、体内和短期三种形式。采用体外预应力法和拉索法对其进行张拉,采用内插式预应力法或千斤顶法对其进行张拉,短期法采用短期加载装置对其进行张拉。在张拉结束后,要对其进行检验,以保证其达到期望的维修效果。

3 结语

本文对陆上风机基础的关键技术进行了归纳和总结,并提出了一些建议,以期为今后我国陆上风机基础的研究提供参考。

【参考文献】

[1]邵双.混凝土一次浇筑成型施工技术在陆上风机基础中的应用[J].中国高新科技,2023(9):60-62.

[2]沈建全,范明阳,陆地.浅谈 BIM 技术在陆上风机吊装中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023.