

海上风电场施工安装风险管理研究

元国凯, 朱光涛, 黄智军

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 随着经济与社会的发展, 海上风力发电已成为可再生能源发展的重要方向, 与陆上风电相比, 海上风电建设的技术难度和经济成本将明显提高, 是制约其快速发展的瓶颈之一。以某典型海上风电场建设为例, 应用风险管理理论, 针对海上风电场建设中的基础施工、风机安装、海缆敷设、升压站施工等主体工程, 进行风险的识别、分析并提出相应的控制措施, 为类似海上风电场施工建设提供风险管控的参考。

关键词: 海上风电机组; 基础; 海上升压站; 海缆; 风险管理

中图分类号: TM614

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)S1-0190-04

Construction and Installation Risk Management of Offshore Wind Farm

YUAN Guokai, ZHU Guangtao, HUANG Zhijun

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: With the economic and social development, offshore wind power has become an important direction of renewable energy development. Compared with onshore wind farm, the difficulty and economic cost of offshore wind farm construction will be significantly increased, which become one of the constraints of its rapid development. In this paper, a typical offshore wind farm construction was studied. By using risk management process, risks of the main projects including offshore wind turbine foundation construction, turbine installation, submarine cable laying, offshore substation construction was identified, analyzed and treated. The corresponding treatments provide good reference for the similar offshore wind farm construction and installation.

Key words: offshore wind turbine; foundation; offshore substation; submarine cable; risk management

可再生能源是解决能源短缺问题的战略选择, 而风能是目前发展最快、产业前景最好的可再生能源之一。由于海上风速大、风能产量高, 风力持久稳定、较小的风湍流对风电机组损耗小, 受土地、环境噪声制约也较弱, 风电机组大型化和从陆地走向海上已成为国际风电发展的趋势, 因此, 近海风力发电具有广阔前景。

与陆上风电相比, 海上风电建设的技术难度和经济成本将明显提高, 是制约其快速发展的瓶颈之

一。海上风电场的建设涵盖了风电机组基础施工、风电机组安装、海底电缆敷设以及海上升压站或陆上升压站施工等。其中基础施工与风电机组安装是最具风险的2个主体工程。

海洋石油工程建设的风险评估研究成果较多, 海上风电场的风险评估研究却不多见, 尤其是建设期间的风险研究。Andre Koukal 等人运用决策支持工具对海上风电场项目进行风险管理^[1]。Euan Barlow 等人对海上风电场安装过程中的施工流程与方法进行了描述, 为风险识别提供了有益参考^[2]。高宏飙等人以国内海上风电场为对象, 从政策、法律、技术等不同角度对海上风电项目风险管理进行了阐述^[3]。李静等人利用模糊网络分析对海上风电项目风险进行评估研究^[4]。

本文以某典型海上风电场建设为例, 应用风险识别与控制理论, 针对海上风电场建设中的基础施

收稿日期: 2016-11-01

基金项目: 中国能建广东院科技项目“海上风机基础建造、安装以及大直径桩基沉桩可实施性和风险评估研究”(EV02971W)

作者简介: 元国凯(1986), 男, 湖南岳阳人, 工程师, 硕士, 主要从事海上风电场结构设计与研发工作(e-mail) yuanguokai@gedi.com.cn。

工、风机安装、海缆敷设、升压站施工等主体工程, 进行风险的识别、分析并提出相应的控制措施, 为类似海上风电场施工建设提供风险管控的参考。

1 风险管理流程

风险评估是一种基于数据、经验、直观认识对项目风险进行确认与评价的过程, 通过风险识别与风险应对等过程, 为工程建设与风险管控提供可靠的科学决策依据和应对措施。

根据 ISO 31000 规范, 风险管理流程如图 1 所示。结合海上风电场建设的每项主体工程, 对每个主体工程所面临的风险进行识别, 研究应对措施, 提出科学的改进建议, 达到有效降低和控制风险的目的。

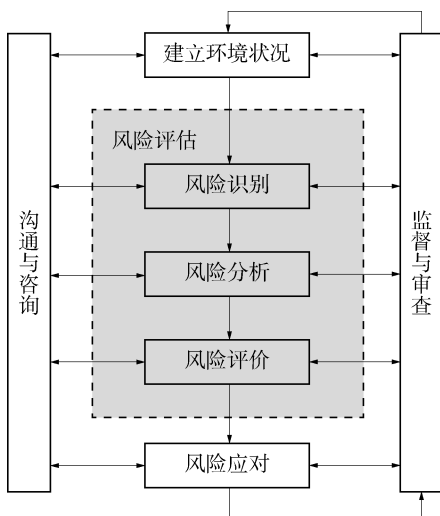


图 1 风险管理流程^[5]

Fig. 1 Risk management process^[5]

2 基础施工风险识别与控制

海上风电机组基础型式按结构型式及其安装方法, 分为桩基础、重力式基础、吸力筒基础和浮式基础等^[6], 目前普遍采用桩基础, 单桩基础、多桩导管架基础、高桩承台基础等均属桩基础型式。桩基础的共同特点是需要进行管桩的打入, 但不同桩基础型式的施工方式均明显不同。

本文以导管架基础为例进行风险识别与控制。导管架基础施工主要包含钢管桩运输与沉桩、导管架运输与安装、基础灌浆等方面。海上风电导管架基础一般采用先沉桩后安装导管架, 因此, 导管架

基础对基础沉桩的精度要求非常高, 为了确保沉桩施工精度, 需要首先搭建导向架平台, 然后插桩并利用振动打桩锤与常规打桩锤配合施工。导管架基础施工中会面临如下主要风险:

- 1) 地质变化较大, 导致钢管桩未沉入至设计标高。
- 2) 钢管桩的最终高程误差与水平误差超过设计要求。
- 3) 导管架基础无法顺利插入钢管桩内。
- 4) 导管架基础法兰水平度超过设计要求。
- 5) 导管架基础灌浆漏浆、堵管。

针对上述风险, 按照风险管理流程, 其风险分析如下所述:

本案例中的钢管桩停锤控制以设计标高为准, 贯入度作为校核。一旦钢管桩未沉入至设计标高, 将直接降低钢管桩的承载力, 同时减少了灌浆连接段设置剪力键的裕度, 带来额外桩头处理工作。因此, 在钢管桩沉桩前, 应对每个机位的钢管桩进行可打入性分析, 初步判断可打性, 结合已沉桩的数据, 对打桩分析参数开展反分析, 确定合理的分析参数。如果风险不能避免与减轻, 应结合未沉入的钢管桩长度与贯入度综合判断, 是否停锤, 对于无法满足承载力要求的桩基, 应按嵌岩桩处理。

水平误差过大将直接导致导管架基础无法安装, 因此, 针对该风险处理的最好方法是采取一切必要的预防措施, 保证水平误差控制在设计要求范围内。通过精确调整和控制导向架平台, 对打桩全过程进行监测, 确保导管架平台在打桩过程中的控制作用。如果误差依然超过安装的允许值, 需评估微调桩基对钢管桩的影响。

导管架基础法兰水平度是影响风机正常运行的重要因素, 超过一定限制, 将影响海上风机安全与发电量。如果该风险发生, 应采取调平措施, 目前一般采取两种调平方法, 第一种是液压调平, 第二种为垫块调平, 两者均可采用。

导管架基础灌浆施工是承前启后的一个关键工序, 是一项不可逆的施工环节。一旦发生漏浆, 会发生严重的经济损失。套管顶部出口处未发现有灌浆料, 那么有以下几种失效可能性:

- 1) 底部灌浆密封圈或灌浆塞失效。
- 2) 浆料管线失效。
- 3) 浆料进口喷嘴或套管/导管架腿漏浆。

若发生上述风险,应降低灌浆料泵送率以查明漏浆原因,应用水下监测设备检查套管/导管架腿。如果密封圈已明显失效,则灌浆料泵应立即停止并让灌浆料自由结硬形成封头。再通过其他次要灌浆管线继续灌浆。

灌浆管线堵塞会影响现场灌浆时间,继而影响灌浆料的流动度,甚至造成灌浆软管堵塞而无法继续使用。如果遇到此类风险,应分两种情况讨论,当堵塞发生在软管道内并且在最大允许压力下尚无法疏通,那么应替换注浆软管,如果这发生在预装的管道中,可采用应急管道以保证灌浆工作的进行。此外,所有的灌浆设备应一用一备,以免因设备障碍导致灌浆作业失败^[7]。

3 海上风电机组安装风险识别与控制

按照海上风电机组安装工艺不同,海上风电机组设备安装主要有整体吊装方式和分体吊装方式两种。分体安装方案是将风电机组的各个部件运抵机位后,由自升式平台上配备的吊机将各个部件按先后顺序分别吊到指定部位进行组装。整体吊装方式是在运输驳上拼装整机,整机拼装完成后,利用整机运输船及大型起重船安装风机。如图2所示。



图2 海上风电机组整体吊装方案

Fig. 2 Integral lifting of offshore wind turbine

国外的海上风电场建设中,往往采用风机分体安装方式,此种安装方式类似于陆上风机安装。在国内,能够用于海上风机分体安装的专用船舶数量较少,施工方案受限于安装船只可利用性,整体拼装方式较常见。以下以整体吊装方式进行风险管理研究,其主要风险点如下:

1) 风电机组组装作业过程中,存在因操作失误

或其他因素意外吊重坠落而导致风电机组及船体结构损伤的风险。

2) 海上整体吊装就位时,潮位、风与波浪对吊装的影响。

3) 海上风机整体吊装时的“硬着陆”。

针对以上风险,首先要模拟不同速度下意外坠落对船体结构的冲击,获取机舱下落导致船体结构屈服强度产生塑性变形和结构发生破损的临界速度。同时,准确预测潮位、风以及波浪的实时变化,为风机出运与吊装提供准确的施工窗口。吊装过程中设计一套“软着陆”系统,能实时监控风机整体吊装时的加速度与变形情况。风机整体吊装过程中,涉及到多艘船舶的海上配合,相互的接口务必做到畅通无阻。

4 海上升压站施工风险识别与控制

海上升压站的施工包含下部基础与上部组块。海上升压站上部组块平台整体组装完成后,采用台车转运至驳船上固定,再利用拖轮将驳船拖运至海上升压站基础位置进行安装。其下部基础的相关风险与风电机组基础施工相似,此处主要探讨上部组块平台在装船、运输、吊装过程中的风险。

上部组块在装船过程中,可能发生滑动摩擦力太大,导致拖拉困难;天气变化较快,码头滑道与驳船滑道无法对正;船舶压载系统与绞缆机负荷不满足安装要求;绞缆机用力不均,造成平台偏移,并卡住滑靴等风险。针对这些风险,应重点设计拖曳滑移系统与驳船压载,解决装船过程中力的平衡问题与对接问题。

上部组块在运输过程中,除了通常的天气、航标风险外,潜在的风险主要有以下几方面:组块平台的临时支撑设置不合理,造成结构损伤;绑扎设计未考虑到极端工况,造成结构与电气设备损坏或翻落;拖轮发生故障,平台驳船失控漂移。为防范以上风险,主要是要做好运输前的准备工作,尤其是组块平台的临时支撑与绑扎焊接工作,必要时需要分析运输过程中的疲劳问题,对长距离运输,需做好路线选择,并尽量避免经过恶劣海况的海域,或者停船靠港,等待良好天气。

上部组块在吊装过程的风险与风电机组整体吊装类似,此处不再赘述。

5 海缆敷设风险识别与控制

海缆敷设分场内集电海缆、高压送出海缆以及登陆段施工。

对于集电海缆与高压送出海缆, 风险主要存在于海底交越段与航道区。有些风场存在多个海缆与原有管线、光缆等交越的问题。近海风电场的周围航道一般较为繁忙, 特别是杂货船、集装箱船和高速客船等。因此, 必须考虑航道对海缆敷设的影响。

对于交越段的风险, 应与已铺管线单位协商确定, 并采取详细的措施以避免管道和电缆铺设中对双方的铺设造成损害, 尤其是天然气管线。对于穿越航道区的海缆, 可加大电缆的埋深, 在航道内施工时, 需向海事主管机关申请交通管制, 同时尽量避免航道封航。

6 结论

随着经济与社会的发展, 海上风力发电已成为可再生能源发展的重要方向。本文以某工程为例, 对导管架基础施工、风机整体吊装、海上升压站施工与海缆敷设的风险进行了识别、分析与控制, 结论如下:

1) 导管架基础施工前, 应开展钢管桩的可打入性分析, 保持打桩过程的实时监测, 严格控制钢管桩的水平误差, 导管架基础灌浆前应做好充足的准备, 设备建议一用一备。

2) 风机整体吊装前, 应对运输与吊装时的天气

与海况进行准确预测, 同时对吊装过程的加速度与变形进行监测, 确保软着陆。

3) 海上升压站施工前, 应重点设计拖曳滑移系统与驳船压载, 确保装船与运输的安全。

4) 海缆敷设的风险主要在于交越段与航道段, 进行海缆防护与加大埋深是主要应对措施。

5) 海上风电场涉及的施工面较多, 海上施工环境复杂多变, 应针对每个施工过程进行风险点的识别、分析与控制, 将有助于指导项目管理人员与施工人员安全高效完成海上作业。

参考文献:

- [1] ANDRE K, MICHAEL H B. A decision support tool for the risk management of offshore wind energy projects [C]. [S. l.]: [s. n.], 2013.
- [2] EUAN B. Exploring the impact of innovative developments to the installation process for an offshore wind farm [J]. Ocean Engineering, 2015(109): 623-6534.
- [3] 高宏飙, 张钢. 海上风电项目风险管理实例研究 [J]. 风能, 2014(7): 62-66.
- [4] 李静, 孙亚胜. 模糊网络分析在海上风电项目风险评价中的应用 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2011, 30(1): 96-99.
- [5] ISO. Risk management-principles and guidelines: ISO 31000 [S]. Switzerland: ISO, 2009.
- [6] DNV. Design of Offshore Wind Turbine Structure: DNV-OS-J101 [S]. Norway: Det Norsk Veritas, 2014.
- [7] 刘晋超, 陈涛, 马兆荣, 等. 海上风电灌浆技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016

(责任编辑 郑文棠)

订 阅

《南方能源建设》的办刊宗旨立足于为能源行业尤其是电力行业工程建设提供技术支持和信息服务, 推广新理论、新技术的工程应用, 提高我国能源建设质量和技术水平。主要面向全国能源行业尤其是电力行业设计、建设、制造等企业、以及相关的研究机构 and 高等院校的广大工程技术人员、管理人员、专家学者等。本刊设有能源资讯、专家论坛、规划咨询、勘测设计、施工建设、装备制造、工程管理、投资运营、运行维护、案例分析、简讯等栏目, 将优先报道低碳环保、节能减排等技术研究和工程应用以及风能、太阳能、生物质能、海洋能等可再生能源的技术研究及工程建设。

出版周期: 季刊(季末 25 号)

国内刊号: CN 44-1715/TK

联系电话: 020-32116043

期刊网站: <http://nynf.cbpt.cnki.net>

订阅年价: 60 元

国际刊号: ISSN 2095-8676

传 真: 020-32118078

微 信 号: ceec-gedi