

基于WBS的海上风电总承包项目 风险管理模式探索

官嫣嫣[✉]

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663)

摘要: [目的]根据国家能源战略的规划大力发展绿色能源,以EPC总承包模式建设海上风电项目的方式日益增长。如何在执行过程中做好风险管理工作,对海上风电项目的建设意义重大。传统的风险识别方式存在主观性强、分析不全面、分析不系统等问题。[方法]提出基于WBS(Work Breakdown Structure)工作分解开展风险识别、风险预测和风险应对措施的工作模式,并在某个执行海上风电EPC总承包项目进行总结应用。[结果]结果显示,基于WBS工作分解的海上风电风险管理模式可较全面系统地进行分析项目风险。[结论]可指导并提醒项目管理中主要负责人不同阶段的项目重点工作,并采取有效的风险防范措施,降低项目风险,降低项目成本,整体推动项目进展。

关键词: 风险管理;海上风电项目;EPC总承包项目;WBS工作分解;风险分析;风险措施

中图分类号:TK89;TM614

文献标志码:A

文章编号:2095-8676(2023)S1-0051-07

开放科学(资源服务)二维码:



Exploration on the Offshore Wind Power General Contracting Project Risk Management Model Based on WBS

GUAN Yanyan[✉]

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

Abstract: [Introduction] According to the planning of national energy strategy, green energy is vigorously developed, and there is a growing trend of constructing offshore wind power projects in the form of EPC general contracting. How to properly manage risks in the implementation process is of great significance to the construction of offshore wind power projects. Traditional risk identification methods have some problems such as strong subjectivity, incomprehensive and unsystematic analyses. [Method] This paper proposed a working model of risk identification, risk prediction and risk response based on WBS and summarized and applied it in an offshore wind power EPC general contracting project. [Result] The results show that the WBS-based offshore wind power project risk management model can analyze the project risks in a more comprehensive and systematic way. [Conclusion] It can guide and remind the main persons in charge of project management about the project priorities at different stages so that they can take effective risk prevention measures to reduce the project risks and costs and promote the overall progress of the project.

Key words: risk management; offshore wind power project; EPC general contracting project; WBS; risk analysis; risk prevention measures

2095-8676 © 2023 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

0 引言

在碳达峰、碳中和“3060”的国家重大战略决策下,能源领域迎来了重大的变革。其中电力行业作为我国主要的碳排放主体之一,承担着加快构建以

新能源为主体,清洁低碳、高效安全的新型电力系统,提高可再生能源有效利用,实现能源结构转型的迫切历史使命。众多可再生能源中,风电是公认的最为清洁的能源形式之一,对我国而言,海岸线长,海

上风能资源非常丰富,因此海上风电将成为风电领域的增长主力,对降低碳排放具有显著作用,发展潜力巨大,是实现我国碳中和目标的有效手段。

在“3060”政策的大背景下,海上风电行业受风电补贴政策影响,进入了“抢装潮”的高景气状态。随着 EPC 总承包项目管理模式的专业化、广泛化和全球化,国内也越来越多海上风电项目采用 EPC 总承包的建设模式。EPC 总承包模式让设计、采购、施工 3 个专业深入融合,提前配合,利于接口管理,减少矛盾推诿,不仅为业主实现了机组性能指标优、工程质量优、工期缩短、造价可控、安全可靠的增值目标,还在工程建设的全生命周期阶段为业主提供了从策划到移交运营全方位的技术支持和服务保障。但正因为总承包商全面负责项目全过程的管理,也就同时承担了全过程的风险。

近几年,虽然各总承包商都提出要重视风险管理,但是大部分总承包商仅停留在策划阶段,风险管理的应用成效并未在项目管理执行过程中发挥作用,尤其是海上风电近几年喷井式增长,EPC 总承包项目管理模式尚处于初级的摸索阶段,相应的风险管理经验更是积累的甚少。因此深入探索适合海上风电 EPC 总承包项目风险管理模式,能有效降低海上风电总承包项目管理风险,控制项目成本,促进项目进展,促进 EPC 合同顺利履约,乃至促进风电行业科学健康稳定地发展。

鉴于风险管理在大型工程项目的促进作用,国内外学者早就对项目管理过程中的风险管理进行了大量研究工作。V M Rao Tummala^[1]提出风险的类别、风险识别的方式、风险有效应对的管理步骤。Ali Jaafari^[2]提出应该针对项目全生命周期进行风险分析,不仅仅停留在项目管理阶段。国外学者^[3]提出了风险管理的研究方法主要包括决策树、模糊综合评价法、层次分析法、德尔菲法、蒙特卡洛模拟法等等。孟小斌^[4]从 EPC 工程的管理模式、合同和资金风险等方面进行分析。欧阳子泰^[5]对海上风电的自然风险、设备风险、运维风险、技术风险等方面进行了定性分析。韩鑫^[6]等人主要从分包管理的角度对 EPC 总承包海上风电项目的风险^[7]进行了初步探讨,并给出了防范的建议。

国内海上风电 EPC 总承包风险管理大部分基于几个突出重大风险进行识别分析和提出风险应对措

施^[8],无法全面系统地对整个 EPC 执行过程中的风险进行分析,存在一定的主观性,容易遗漏重大风险。因此本文提出基于 WBS 进行风险识别的海上风电总承包项目风险管理模式,力求全面系统对项目风险进行管理。

1 构建基于 WBS 的总承包项目风险管理模式^[9-10]

1.1 传统风险管理的程序

风险管理是个有序的过程,主要是包括风险识别、风险因素评价、风险应对措施、风险措施效果跟踪反馈等主要几个步骤,通过科学地方法消除、转移和控制项目全生命周期的风险,取得最优效果。

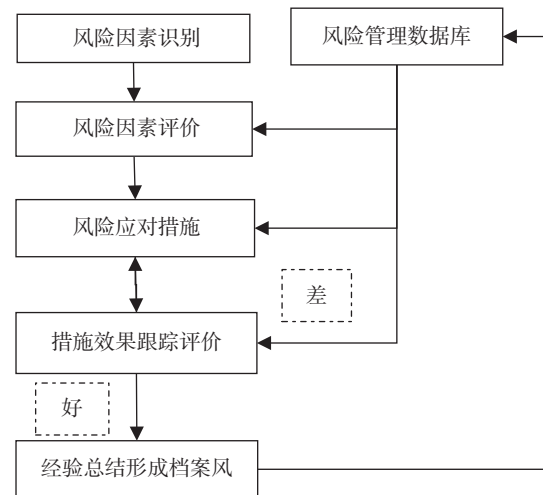


图 1 传统风险管理程序

Fig. 1 Traditional risk management procedures

通过图 1 不难看出,风险识别是传统风险管理程序的第一步,风险识别的时间性和全面性决定了风险管理者的主动性,是非常关键的一步。传统风险识别的方法主要是核查表法、头脑风暴法、德尔菲法、情景分析法、故障树分析法、敏感性分析法,如表 1 所示。

由于目前海上风电项目在我国属于新类型项目,采用总承包项目建设模式的项目经验并不多,同时结合上面传统风险识别方法的优缺点,基本适合海上风电总包项目风险识别的方法是头脑风暴法、德尔菲法和核查表法。但直接采取这三种方法进行风险识别容易出现错漏、遗漏等情况,容易忽视项目的系统性和全局性。对于工程项目的风险识别来说,仅仅采用一种方法进行风险识别是远远不够,一般

表 1 传统风险识别方法的利弊

Tab. 1 The pros and cons of traditional risk identification methods

方法	优点	缺点	适用范围
核查表法	将项目潜在风险列在核查表内, 便于识别和核对	不能揭示风险源之间重要的相互依赖关系, 对隐含的风险识别不力	适用于类似项目较多的项目
头脑风暴法	充分发挥集体智慧	对领导能力要求较高	适用于无先例参照的项目
德尔菲法	集中许多专家意见	容易受主观因素影响, 容易偏于保守	常用于信息、数据缺乏或加工其数据的代价太大等长期项目
情景分析法	展示未来发展变化, 避免过低或过高	带有一定局限性	适用于变化因素较多的项目
故障树分析法	逻辑性强、其分析结果系统、准确	用于大系统时, 容易产生遗漏和错误	适用于直接经验很少, 较复杂的系统, 应用广泛
敏感性分析法	能找出敏感因素, 确定变动幅度	未考虑参数变化的概率	常用于方案优选, 预测项目的临界条件

采用两种或多种方法综合考虑才取得较为满意的效果。因此本文提出风险识别基于 WBS 的思路进行, 可以系统全局性地考虑项目的情况, 一定程度上减少错漏、遗漏的情况出现。

1.2 基于 WBS 的风险管理模式

1) WBS 的定义

WBS 是指 Work Breakdown Structure, 即工作分解结构, 也就是将一个项目, 按一定的原则进行分解, 常用于梳理工作间的联系, 归纳和定义工作范围。一般工程中的 WBS 是将整体工作按一定逻辑分解为工作包。WBS 通过对现有项目进一步细分、梳理与归纳, 明晰工作间的逻辑关系。

2) WBS 和专家调查法的结合

本文提出基于 WBS 工作分解结构, 结合专家调查法(头脑风暴法和德尔菲法)对海上风电 EPC 总承包项目进行风险识别, 风险评价以及风险措施的制定, 同时在项目管理过程中进行定期的 PDCA 循环动态管理工作, 同时在这个过程中对风险进行分级管理, 指导总包项目部成员工作; 最终形成海上风电 EPC 项目^[11]全生命周期风险管理数据库, 供企业和项目进行参考。

通过对海上风电总承包项目进行 WBS 工作分解, 梳理项目中的工作包, 将各项作业的关系逐级进行分解, 找出项目关键路径和关键工作, 形成项目的 WBS 工作。在这个工作结构框架基础上, 采用专家调查法(头脑风暴和德尔菲法相结合)进行风险识别。这个方法符合系统性原则, 同时风险源逐级地进行风险辨识, 从而有效地避免某些重大风险的遗漏如图 2。

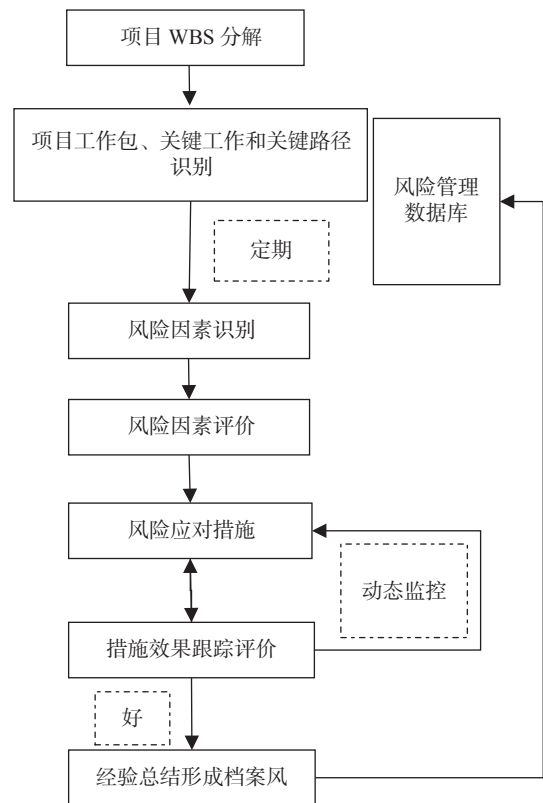


图 2 基于 WBS 的风险管理模式^[12]

Fig. 2 WBS-Based risk management model^[12]

2 基于 WBS 的总承包项目风险管理模式在海上风电项目的应用

在构建了基于 WBS 的总承包项目风险管理模式后, 在广东省某海上风电总包项目上进行了应用, 取得了较好的效果。

2.1 某海上风电总包项目基本介绍

该海上风电总包项目工作范围为: 在合同规定工程范围内申报办理自核准后直至竣工验收移交的

全部工作^[13],包括但不限于:所有手续(含所有专题报告、文件等编制、评审)、用海用地办理、全部设计、设备和材料采购(含监造)、建筑安装工程施工、设备调试、性能质量检测、试运行、质保期维护、验收、移交生产、机组通过竣工验收、以及项目执行全过程的安全保障投入落实(安全保障投入必须保证专款专用),并按本合同履行完所有义务等。要求承包人应对项目的工期、质量、安全、环保、信息、协调及费用总负责。

也就是该总包项目是个完全的 EPC 交钥匙工程^[14],工作范围大,责任大,风险也非常大。

2.2 WBS 工作分解

2.2.1 海上风电关键线路分析

常规 EPC 总承包项目工作分解是基于设计、采购、施工并结合不同的工程阶段进行开展的。海上风电项目由于工期紧,我们一般采用在分阶段的基础上结合设计、采购、施工的工作进行 WBS 工作分解。

通过分析,该工程的关键路径是:备料图—首台风机单桩制作—海上升压站建模、开工—首台风机单桩施工—海上升压站就位—首批风机顺利并网—全部风机顺利并网—通过 240 h 试运行—移交验收。

各专业关键工作如下:

风机基础部分:风机法兰锻造—首台风机单桩制作—首台风机单桩施工—首批风机桩基施工完成—全部风机桩基施工完成。

风机安装专业:首批风机安装完成—首批风机顺利并网—全部风机安装完成—全部风机顺利并网。

海上升压站:备料图—设备制造—上部结构组装—陆上联调—海上安装、调试—海缆敷设完成—倒送电成功。

2.2.2 第一根桩基前的 WBS 工作分解

通过分析本项目里程碑节点要求,风机第一根桩基是否顺利按时完成对项目后续节点起着决定性的作用,海上风电建设过程主要分为第一根桩基前工作,风机桩基施工和风机安装工作、调试工作及最后收尾工作几个阶段。因此本文将基于第一根桩基之前 WBS 工作分解的基础上进行风险案例分析,如图 3 所示。

2.2.3 第一根桩基前的关键工作分析

从 WBS 工作分解中,可以得知,第一根桩基前工作最关键的是:勘察资料的提交、风机基础备料图

和海上升压站备料图的提供、风机基础钢材料和海上升压站钢材料的备料和及时到货、风机基础和海上升压站建造的准时开始、施工船的锁定几个重点工作。

2.3 关键工作上的重大风险识别

针对第一根桩基前关键工作的分析,采取专家调研法进行风险识别^[15-16],该海上风电总承包项目主要存在以下重大风险会制约项目的进展。

2.3.1 勘测资料的提交

海上风电勘测资料的及时输入是整个项目能否顺利开工的关键。该总包项目签约时间为第四季度,正值海域条件非常不理想的时期。因此勘测资料能否及时输入给设计是个非常重大的风险点。影响该风险点的主要因素主要有:天气原因、勘测船对海域的适应性、内业实验室的忙碌程度、勘测报告的审批流程及时间等。

针对该项风险,需要采取的措施为:

1)关注海域历年来的勘测窗口期,推测合理的窗口期,并留有余度,根据工期确定合理的勘测数据提交时间,制定相应的节点计划。

2)对勘测单位进行项目调研,了解勘测单位船机资源、人力资源的情况,选择合适的勘测单位。

3)确定勘测单位后,锁定勘测单位相应的勘测资源,并将工期要求、船机资源要求、人力资源要求,明确在合同中,并制定相应的罚则。

4)执行过程中动态监测资源情况的动向,确保资源的落地。

5)现场勘测数据确保按时提供后,还要关注实验室的人力资源情况,因为业内数据处理所需要的时间是不可以压缩的。所以根据项目需求可以寻找多个符合条件的实验室同时开展工作,确保业内数据处理不耽误相关报告提交。

6)勘测报告审核的反复修改也会制约勘测资料的提交。这个过程中总承包项目部相关人员应提醒勘测人员重视和专家交流沟通工作,避免报告的反复修改,以免造成重大的影响。

2.3.2 备料图

风机基础备料图和海上升压站备料图都是前期工作的重点。风机基础备料图由于涉及到第一根桩基基础的插打工作,关注的岗位较多,基本上只要确保设计人员数量和质量的投入便可以避免该项工作

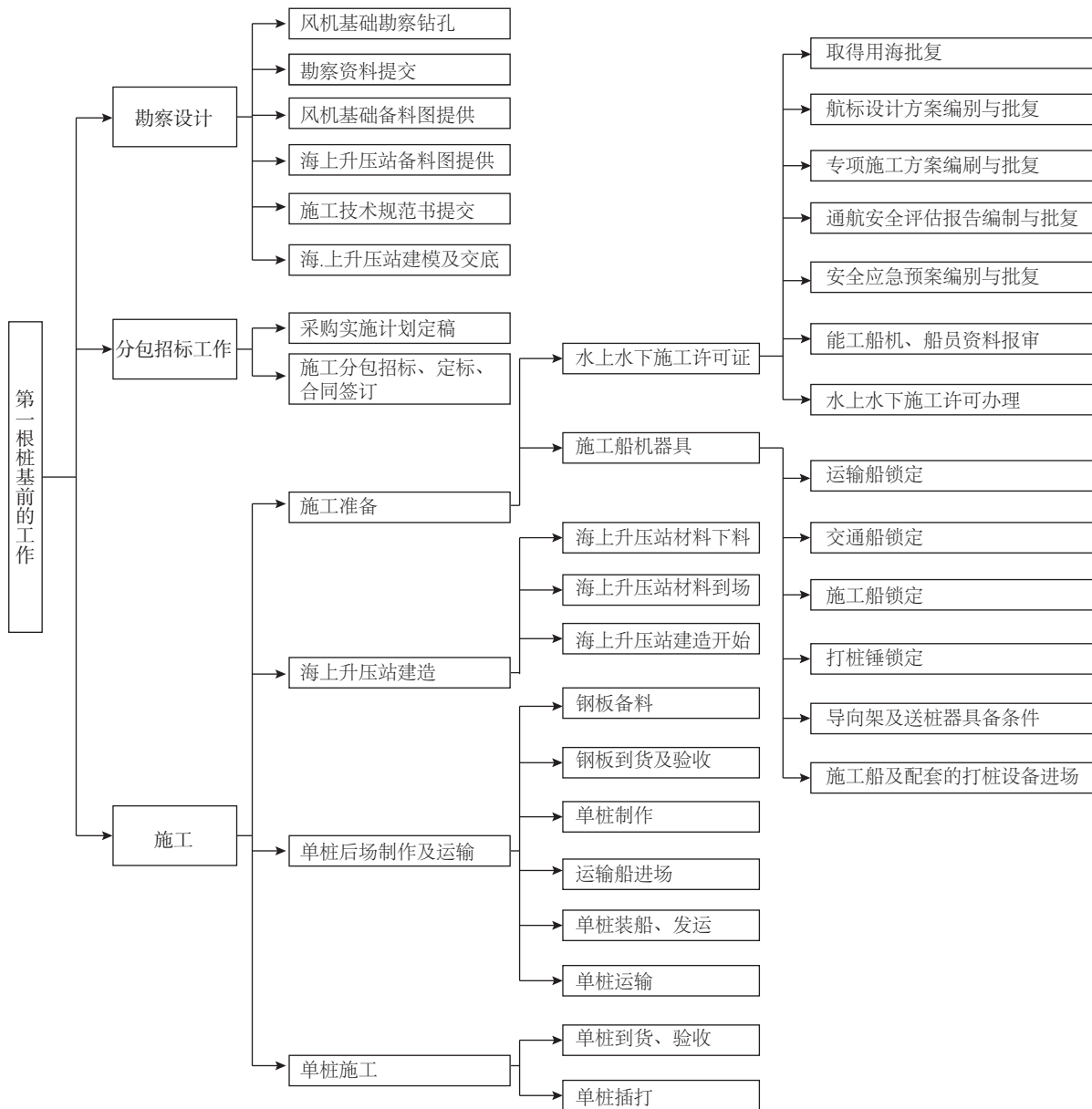


图 3 WBS 工作分解

Fig. 3 Work breakdown structure

的推迟。而海上升压站备料图则容易被忽视,但海上升压站的建造周期较长,且为关键路径中的一个关键工作,因此应列为项目的重大风险。影响海上升压站备料图的主要因素为:设备资料的输入、布置图的确定、钢材市场的供求等。

针对海上升压站备料图未能按时提交的风险,需要采取的措施为:

1)重视设备的定标完成时间,提前沟通设备资料的输入时间,确保设备资料的及时输入,重视设计人员和设备厂资料配合过程中的矛盾点,及时疏通,

为设备资料的及时输入提供基础。

2)重视关注设计人员之间的专业配合,尽快确定海上升压站的布置图,确保备料图输入资料的尽快定稿。

3)同时关注钢材市场的钢材走向^[17],及时和设计人员进行相关参数的确认。

2.3.3 钢材料备料及到货

备料图确认后,总承包项目部需要关注钢材料的备料及到货情况,由于一般总承包商都会将这部分工作进行分包,认为这是分包商的工作范围,不属

于总承包人员的工作重点,就容易出现该项风险的遗漏。目前海上风电行业发展较快,钢材材料的提供成为了很多项目的制约点。影响钢材材料备料及到货的因素有:钢材材料价格上涨、钢材材料排产变动性快、钢材材料不按施工要求到货、钢厂赶工设备老旧影响制造等因素。

针对该项风险,需要采取的措施为:

1)海上风电市场快速发展,钢材制造跟不上,供求关系不平衡,导致钢材价格飞速上涨。许多项目在钢材下料的时候,价格已远远高于投标价格,导致分包商为了成本控制,会采用集中采购或者是推迟采购的方式,直接影响项目的进度。因此总承包项目部必须紧盯分包商钢材的购买、预付款的支付及下料的工作,确保不要出现工作断层。

2)由于每个项目都要确保发电节点,拿到发电补贴,都在抢夺钢材资源,容易出现钢厂受业主方影响或者支付条件变化的不同对排产计划进行动态随意变动的情况,因此总承包商也要关注本项目在钢厂的排产计划和实际制造情况。

3)在项目高峰期,钢材材料到货往往是分批次,就容易出现钢厂为了满足分包要求,只是钢材料到,但并不是按照批次所要求的参数到场,造成材料到场却无法开工的情况。

2.3.4 风机基础及海上升压站建造排产

和前面钢材材料的情况一致,风机基础和海上升压站建造也面临着抢占资源的情况,容易出现业主沟通后,建造会出现反悔的情况。因此总承包项目部相关人员需要重点关注风机基础和海上升压站的排产情况,确保本项目能按期排产,同时要时刻关注建造厂场地的情况,避免出现插队等情况的发生。

2.3.5 施工船的锁定

施工船的锁定一直是海上风电行业内的一个重要工作,虽然大家都已非常关注该项风险,但是在万众关注的情况下,还是会发生这项风险。

针对该项风险,需要采取的措施为:

1)将施工船的具体要求签到合同内,加大违约成本。

2)关注施工单位和船东的的具体执行条款。

3)当施工船锁定后要动态跟踪施工船的动向。

4)当施工船进场后对其不按约定离场进行约束。

5)时刻更新施工船机资源的各种情况,制定相关应急预案。

本文仅仅是基于海上风电项目第一根桩基插打前的关键工作进行了风险识别和分析,在项目策划之初,应该基于项目全生命周期的 WBS 进行分析,这样可以较为全面的进行风险识别,避免重大风险的疏漏。而项目部各岗位负责人基于 WBS 工作对自己工作的风险进行梳理,也是梳理自己不同阶段项目重点工作的过程,并针对重点工作中的风险进行分析采取有效的风险应对措施,这样可以更好地指导本职工作和对接口工作进行查漏补缺。

3 结论

通过在海上风电 EPC 总承包项目的应用,可以得知经过 WBS 分解,将项目在初始状态进一步细化,在一定程度上避免了其他风险识别方法笼统地凭借主管判断识别风险的弊端。能把握工程项目的全局,又能深入到工程施工的具体细节^[18]。

基于 WBS 工作分解的海上风电风险管理模式可较全面系统地进行分析项目风险,可指导并提醒项目管理中主要负责人不同阶段的项目重点工作,并采取有效的风险防范措施,降低项目风险,降低项目成本,整体推动项目的进展。

参考文献:

- [1] TUMMALA V, BURCHETT J F. Applying a risk management process (RMP) to manage cost risk for an EHV transmission line project [J]. *International journal of project management*, 1999, 17(4): 223-235. DOI: 10.1016/S0263-7863(98)00038-6.
 - [2] JAAFARI A. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift [J]. *International journal of project management*, 2001, 19(2): 89-101. DOI: 10.1016/S0263-7863(99)00047-2.
 - [3] IRANMANESH H, JALILI M, PIRMORADI Z. Developing a new structure for determining time risk priority using risk breakdown matrix in EPC projects [C]//Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Singapore, December 2-4, 2007. New York: IEEE, 2007: 999-1003. DOI: 10.1109/ieem.2007.4419342.
 - [4] 孟小斌. EPC工程总承包项目管理能力提升研究 [J]. *低碳世界*, 2021, 11(5): 301-302. DOI: 10.3969/j.issn.2095-2066.2021.05.147.
- MENG X B. Research on improving project management ability of EPC general contracting [J]. *Low carbon world*, 2021, 11(5):

- 301-302. DOI: [10.3969/j.issn.2095-2066.2021.05.147](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-2066.2021.05.147).
- [5] 欧阳子泰, 吕未. 海上风电项目风险分析研究 [J]. *中国水运*, 2019(11): 35-36. DOI: [10.13646/j.cnki.42-1395/u.2019.11.012](https://doi.org/10.13646/j.cnki.42-1395/u.2019.11.012).
OUYANG Z T, LÜ W. Research on risk analysis of offshore wind power projects [J]. *China water transport*, 2019(11): 35-36. DOI: [10.13646/j.cnki.42-1395/u.2019.11.012](https://doi.org/10.13646/j.cnki.42-1395/u.2019.11.012).
- [6] 韩鑫, 张家豪. 海上风电EPC建设模式中的风险防范研究 [J]. *水电与新能源*, 2021, 35(9): 32-34. DOI: [10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2021.09.008](https://doi.org/10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2021.09.008).
HAN X, ZHANG J H. On the risk prevention of offshore wind power projects with EPC construction mode [J]. *Hydropower and new energy*, 2021, 35(9): 32-34. DOI: [10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2021.09.008](https://doi.org/10.13622/j.cnki.cn42-1800/tv.1671-3354.2021.09.008).
- [7] 李冉阳. EPC总承包项目风险管理前沿文献综述 [J]. *项目管理技术*, 2021, 19(3): 41-46. DOI: [10.3969/j.issn.1672-4313.2021.03.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4313.2021.03.007).
LI R Y. The literature review on the frontier of EPC general contracting risk management [J]. *Project management technology*, 2021, 19(3): 41-46. DOI: [10.3969/j.issn.1672-4313.2021.03.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4313.2021.03.007).
- [8] 林新辉. 海上风电项目的风险分析及应对措施 [J]. *福建建材*, 2020(4): 112-113,6.
LIN X H. Risk analysis and countermeasures for offshore wind power projects [J]. *Fujian building materials*, 2020(4): 112-113,6.
- [9] 许文雯. 基于WBS的工程项目进度管理研究 [J]. *化工管理*, 2019(18): 168-169. DOI: [10.3969/j.issn.1008-4800.2019.18.116](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-4800.2019.18.116).
XU W W. Research on project schedule management based on WBS [J]. *Chemical enterprise management*, 2019(18): 168-169. DOI: [10.3969/j.issn.1008-4800.2019.18.116](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-4800.2019.18.116).
- [10] 马旭平, 郝俊, 孙晓蕾, 等. 基于工作分解结构-风险分解结构(WBS-RBS)耦合矩阵的海外电力工程投资风险识别与分析 [J]. *科技促进发展*, 2019, 15(3): 225-233. DOI: [10.11842/chips.2019.03.001](https://doi.org/10.11842/chips.2019.03.001).
MA X P, HAO J, SUN X L, et al. Risk identification and analysis of overseas power engineering investment based on WBS-RBS coupling matrix [J]. *Science & technology for development*, 2019, 15(3): 225-233. DOI: [10.11842/chips.2019.03.001](https://doi.org/10.11842/chips.2019.03.001).
- [11] 谭安. 建筑工程EPC总承包项目风险管理研究 [J]. *工程技术研究*, 2021, 6(3): 153-154. DOI: [10.3969/j.issn.1671-3818.2021.03.068](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3818.2021.03.068).
TAN A. Research on risk management of EPC general contracting projects for construction engineering [J]. *Engineering and technological research*, 2021, 6(3): 153-154. DOI: [10.3969/j.issn.1671-3818.2021.03.068](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3818.2021.03.068).
- [12] 刘国超, 王文伟, 吴凯锋, 等. 浅谈总承包工程项目风险管理能力的提升 [J]. *项目管理技术*, 2021, 19(2): 146-149. DOI: [10.3969/j.issn.1672-4313.2021.02.027](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4313.2021.02.027).
LIU G C, WANG W W, WU K F, et al. Enhancement of risk management ability in general contracting projects [J]. *Project management technology*, 2021, 19(2): 146-149. DOI: [10.3969/j.issn.1672-4313.2021.02.027](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-4313.2021.02.027).
- [13] 郑小惠. 论国内海上风电项目保险管理及解决方案 [J]. *中国市场*, 2019(8): 51-52. DOI: [10.13939/j.cnki.zgsc.2019.08.051](https://doi.org/10.13939/j.cnki.zgsc.2019.08.051).
ZHENG X H. Insurance management and solutions for offshore wind power projects in China [J]. *China market*, 2019(8): 51-52. DOI: [10.13939/j.cnki.zgsc.2019.08.051](https://doi.org/10.13939/j.cnki.zgsc.2019.08.051).
- [14] 章维飞. 基于EPC工程总承包模式的现场施工管理 [J]. *工程技术研究*, 2020, 5(7): 146-147. DOI: [10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.07.067](https://doi.org/10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.07.067).
ZHANG W F. On-site construction management based on EPC model [J]. *Engineering and technological research*, 2020, 5(7): 146-147. DOI: [10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.07.067](https://doi.org/10.19537/j.cnki.2096-2789.2020.07.067).
- [15] 程碧华, 吴翔华. 工程项目管理国际期刊研究热点及趋势 [J]. *土木工程与管理学报*, 2017, 34(3): 137-141. DOI: [10.13579/j.cnki.2095-0985.2017.03.024](https://doi.org/10.13579/j.cnki.2095-0985.2017.03.024).
CHENG B H, WU X H. International journal of engineering project management: hotspots and trend research [J]. *Journal of civil engineering and management*, 2017, 34(3): 137-141. DOI: [10.13579/j.cnki.2095-0985.2017.03.024](https://doi.org/10.13579/j.cnki.2095-0985.2017.03.024).
- [16] 孔亮, 郭彦, 张健. 境外电力总承包项目风险管理 [J]. *项目管理评论*, 2018(4): 64-66.
KONG L, GUO Y, ZHANG J. Risk management of overseas power EPC projects [J]. *Project management review*, 2018(4): 64-66.
- [17] 何佰洲, 王玉. 基于模糊综合评价的国际工程项目投资风险研究 [J]. *北京建筑大学学报*, 2018, 34(4): 60-65. DOI: [10.19740/j.1004-6011.2018.04.10](https://doi.org/10.19740/j.1004-6011.2018.04.10).
HE B Z, WANG Y. Research on investment risk of international engineering project based on fuzzy comprehensive evaluation [J]. *Journal of Beijing university of civil engineering and architecture*, 2018, 34(4): 60-65. DOI: [10.19740/j.1004-6011.2018.04.10](https://doi.org/10.19740/j.1004-6011.2018.04.10).
- [18] 白礼彪, 白思俊, 张以彬. 基于阶段耦合的项目组合配置战略贴适度 [J]. *中国管理科学*, 2017, 25(3): 93-101. DOI: [10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2017.03.011](https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2017.03.011).
BAI L B, BAI S J, ZHANG Y B. Close degree between strategy and project portfolio allocation based on stage coupling [J]. *Chinese journal of management science*, 2017, 25(3): 93-101. DOI: [10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2017.03.011](https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2017.03.011).

作者简介:



官嫣嫣

官嫣嫣(通信作者)

1987-, 女, 高级工程师, 管理科学与工程硕士, 主要从事发电业务项目管理工作(e-mail) guanyanyan@gedi.com.cn.

(编辑 赵琪)