

模块化施工在海上风电场混凝土承台基础建设中的应用

潘路,雷丹

(中交第三航务工程局有限公司宁波分公司 宁波 315200)

摘要:在海上风电场项目建设中,通过设计与施工的优化结合,应用模块化施工工艺,将单件或零散构件预制或预组装成整体或组合件后安装,以减少海上作业工序或形成平行施工作业面,从而提高工效。文章介绍了在海上风电项目中模块化的总体思路、应用情况以及对未来发展趋势的探讨。

关键词:海上风电;混凝土承台基础;模块化施工

模块化是解决一个复杂问题自上而下逐层把系统划分成若干模块的过程,每个模块完成一个特定的子功能或者适合分项的单一结构,而所有的模块按某种方法组装起来成为一个整体,完成整个系统所要求的功能,而实施模块化这个过程称为模块化施工。模块化施工在发达国家中应用比较普遍,也是近年来国内外各行各业普遍关注的新的研究课题。^[1]

实施模块化的关键在于设计与施工的配合,模块化设计理念需要符合现有的施工条件和工艺水平,现场施工中的问题反馈也为理论设计提供了依据,而先进合理的设计则是实施模块化施工的前提条件。针对现场安装工作量大、安装工艺复杂或在现场安装受空间等施工条件限制较大的构件,在设计优化的基础上,通过施工工艺的优化,将单件或零散构件进行模块化预制和或预组拼,以提高现场安装施工工效。

1 总体思路

海上风电场项目施工过程中,海上可作业有效时间是制约施工进度关键因素,施工方需要最大程度地利用有限的可作业时间、缩短施工工期从而节约施工成本。目前国内海上风电场采用的风电机组基础型式主要有单桩、导管架和混凝土承台等几种,其中混凝土承台基础因施工工艺成熟、结构

整体刚度大、对施工船机设备要求低而最早被应用,但混凝土承台基础工序繁多,施工工期长,导致建设成本较高,且现场作业安全风险较大,质量控制环节多,使得混凝土承台基础失去了原本的优势。正因如此,利用模块化施工的原理,在混凝土承台基础施工中引入模块作业,将极大地缩短工期,产生良好的经济效益。如,华能如东 300 MW 海上风电场项目,采用的高桩墩式预应力螺栓钢筋混凝土基础是一种新型的混凝土承台基础,风机底塔筒通过预应力螺栓锚固于混凝土承台,根据该基础型式的结构特点和现场施工条件,结合设计交底,对各施工工序的模块化可能性进行分析和研究,制定了电缆管、靠船构件、钢套箱模板和预应力螺栓组合件模块化安装工艺。

2 应用情况

2.1 电缆管模块化安装

根据设计图纸在钢结构厂将电缆管分段预制成型并组拼成整体后运至现场进行吊装,吊装时只需确定好安装方位和标高,吊装完成后进行简单加固即可,单个混凝土承台基础电缆管安装仅需 2 h,大大提高了工效。

实施电缆管安装模块化施工需要注意的问题:电缆管制作前先测量安装机位泥面标高,根据实际泥面标高确定好电缆管长度,安装前再次进行位泥

面标高测量,如变化较大需采取措施进行处理,确保电缆管安装后标高符合设计要求;电缆管整体吊装时还应控制好方位,可提前进行测量并在钢管桩和电缆管上做好标记,吊装时通过缆风绳进行控制;由于钢管桩为斜率 5 : 1 的斜桩,吊装时起重船采用双钩起吊,通过两吊钩的上下调整进行斜率控制,需要吊车司机与起重指挥的密切配合;电缆管制作时在靠底部两层圈梁内侧加装尼龙导向滑轮,方便就位和保护防腐涂层。

2.2 靠船构件模块化安装

靠船构件的模块化安装与电缆管类似,所不同的是靠船构件吊装完成后需要进行灌浆固结。每个混凝土承台基础包含两套靠船构件,现场吊装平均耗时半天,灌浆施工另需半天,而灌浆施工可与后续施工工序平行进行,对项目施工工期没有影响。

实施靠船构件安装模块化施工需要注意的问题:靠船构件制作前先测量桩顶标高和斜度,根据桩顶标高计算桩身环形牛腿高度,并依此对靠船构件套管环板位置进行调整,确保靠船构件安装后标高满足设计要求,同时满足后续爬梯安装的要求,此外还应根据钢管桩斜度来调整靠船撑杆长度,确保安装后靠船立柱的斜度;靠船构件的安装方位关系到后续爬梯能否正确安装,因此在控制方位时必须精确;在靠船构件套管内侧靠底部位置布置两层尼龙导向滑轮,方便就位和保护防腐涂层,同时起到限位作用,确保套管与桩之间的环形空间满足灌浆施工要求;靠船构件吊装就位后立即进行必要的加固措施,防止移动。

2.3 钢套箱模块化安装

根据混凝土承台结构特点,在以往钢套箱模板结构基础上进行适当优化,将钢套箱设计成可拆卸式整体结构。钢套箱结构由侧壁、挑梁和底桁架组成,其中侧壁分为 4 个单片,每个单片均为整体平面,挑梁为整体结构,底桁架由 8 个单樯桁架和 1 个八边形圈梁组拼而成。钢套箱经组拼后整体吊装,平均每个基础承台耗时半天,吊装完成后即可进行底模板铺设和钢筋混凝土施工。承台混凝土浇筑完成并达到规定强度后将钢套箱拆除并重新组拼,重复利用,形成流水作业。

测量混凝土承台基础各钢管桩实际桩位并计算承台中心位置坐标,在钢套箱上放样出 GPS 测量控制点,吊装时先粗定位下放,然后根据测量结果精确调整钢套箱位置。钢套箱安装完成后及时进行必要的连接加固工作,与钢管桩形成整体刚性连接。

2.4 预应力螺栓组合件的模块化安装

高桩墩式预应力螺栓钢筋混凝土基础通过预应力螺栓与风机连接,预应力螺栓沿下塔筒底法兰分两圈均匀布置,为组合件结构,包括法兰垫板、预应力螺栓和下锚板。预应力螺栓组合件中螺栓数量多,组拼和测量控制过程繁琐,且法兰垫板、下锚板尺寸大,在混凝土承台上作业空间有限,若直接逐根现场组拼安装,施工工效较低,通过工艺优化和创新,设计专用工装将螺栓组合件在陆上组拼后运至现场整体吊装。

组拼工装支架平面结构为正八边形,8 个角分别设置两种高度不同的支撑立柱,分别作为螺杆与法兰垫板组装、法兰垫板和螺杆组合与下锚板组装时的支撑点,立柱之间通过上下两层围图及斜撑连接,并在顶部设置作业平台方便操作。“十字型”吊架用于组装时将法兰垫板吊起并支撑于工装支架上,并作为组合件整体起吊时的吊具见图 1。

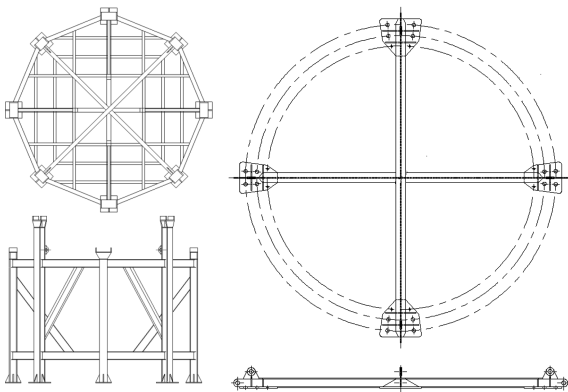


图 1 组拼工装支架和吊架结构

通过先预组装后整体吊装的工艺,实现预应力螺栓组合件的模块化安装。海上吊装、调平及加固仅需半天,极大地提高了施工工效。

实施靠船构件安装模块化施工需要注意的问题:预组装的地基需平整的硬化地基,便于整体水

平度的控制及组装时组合件的稳固;组拼完成后在内环空间增加槽钢作为斜撑牵连加固,避免组合件产生扭曲、变形;吊装完成并精确调平后将组合件与底部支撑件焊接固定,并采用型钢将其与钢管桩进行焊接牵连加固,防止组合件在混凝土浇筑过程中发生移动。

3 发展趋势

由局部小模块到大模块,最终实现最大模块化,这是模块化施工发展的必然趋势。近年来国内海上风电发展迅速,风电机组型号和基础型式也越来越丰富多样,而不同的风机和基础都有其特定的优势和适用条件。随着模块化施工理念的日趋成熟,模块化施工在海上风电场建设中的应用越来越广泛,如,风电机组的海上整体吊装、单桩基础集成式附属构件安装、基础防冲刷护底砂被的整体铺设、导管架基础上部导管架及附属结构的整体吊装等,这些工艺都实现了最大模块化施工,在很大程度上提高了风电场建设的效率。

混凝土承台基础目前虽然实现了局部模块化,但主要应用于附属、辅助结构和预埋构件等,由于承台内部钢筋绑扎工作量大、混凝土浇筑后养护时间长,使得混凝土承台基础施工工期依然很长,为了进一步提高工效,能否实现承台内部钢筋笼模块化预制安装乃至混凝土承台的整体预制安装将会成为新的研究方向。要实现钢筋笼的模块化,首先需要解决钢筋笼与钢管桩、内部预埋件及其他构件的连接问题,可考虑分层或分块预制,以便于安装,或通过承台内部结构的优化实现整体预制,其次还需考虑钢筋笼结构的强度和稳定性,确保满足运输和起重机吊装要求;而混凝土承台的整体预制安装则需要考虑承台与桩基之间的对接和整体吊装的吊点设置,并进行起重运输设备的作业能力校核。

参考文献

- [1] 余庆军,潘思明,常亚楠.浅谈工程建设模块化施工[J].中国高新技术企业,2010(18):129—131