

# 基于微电网技术的海上风电陆上升压站建设关键技术研究

侯子凡<sup>1</sup> 李涛<sup>2</sup> 李硕<sup>3</sup>

1. 中国电力企业联合会；

2. 3. 中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司

**摘要：**本文依托华能山东半岛南4号海上风电项目陆上运维中心工程，针对海上风电陆上升压站建设关键技术开展研究，主要从智能微电网技术创新、陆上升压站建造施工质量控制技术、陆海缆敷设及接头转换技术等方面进行研究，提高了项目建设的效率，为今后同类型风电工程施工提供参考。

**关键词：**风电工程；升压站；微电网；海陆转换

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.047

## 一、前言

当前，我国进入能源发展转型升级的关键时期，同时正在加快构建适应国情的新型电力系统。“双碳”目标提出以来，新能源发电占比逐步提高，2021年，山东电网新能源装机容量继续保持高速增长，风电、光伏装机容量较去年同期分别增长8.25%、46.01%，新能源装机容量突破5000万千瓦，占全网发电装机容量36.7%。自2016年以来，我国海上风电装机容量由原来0.59GW增长至16.49GW，累计增长了27倍，海上风电发展一片向好。

本成果技术依托华能山东半岛南4号海上风电项目，基于智能微电网技术，对海上风电陆上升压站建设关键技术进行研究。升压站内单体构筑物多，工期紧任务重，为提高施工过程放线准确高效，研制了升压站施工快速测量装置；工程位置临海近且受夏季风影响，降雨量多，站内降排水不利，为及时高效清理雨季管道内雨水等杂物，研制雨水管高效清污装置；为提高小空间范围内屋面光伏安装效率，研制光伏组件运输小车及光伏板安装专用支架；为提高储能、SVG集装箱等大型设备安装就位效率，研制大型设备吊装就位装置；为解决大直径海上电缆转换为小直径双回路陆上电缆施工难题，开发海陆电缆转换井装置，同时研制电缆敷设专用装置，提高电缆敷设安装效率。



图1 基于微电网技术的屋面光伏发电系统

## 二、主要技术方案及特点

### （一）智能“微电网”技术创新应用研究

设计并使用微电网技术进行站内用电供给，做到节能减排降低经营投入，研制光伏组件运输有轨小车及光伏板安装专用支架，提高升压站屋面光伏安装效率；研发一种大型设备吊装精准就位装置、就位系统，提高大型装置安装效率，实现设备一次精准就位目的。主要特点如下：

施工期用电成本高，用电高峰期负荷大，易出现跳闸、过载等问题，同时后期站内生活用电成本高，消耗量大。项目团队加强与设计单位沟通，引入智能“微电网”技术，利用屋面光伏发电（图1），补充现场施工用电，后期站内生活用电自发自用，日储夜用，余电上网，低碳高效。

传统屋面光伏组件运输与安装，主要靠人力作业施工，施工人员投入数量多，且易造成组件开裂。同时，施工过程中存在高处掉落、重物砸落的风险，影响施工进度，造成劳动力增加等众多问题，针对此类问题，研制了开合式托盘小车装置，实现大宗笨重物品的快速运输，提高施工效率，同时托盘小车的收纳能力节省了

材料堆放场地，为人员施工提供安全保障，加快施工进度。

储能蓄电池集装箱（包括SVG集装箱、GIS设备箱体等）体积庞大，重量大，起吊就位困难，设备内部精密不容磕碰。研制大型设备吊装就位装置（图2），提高设备就位的准确性和稳定性。

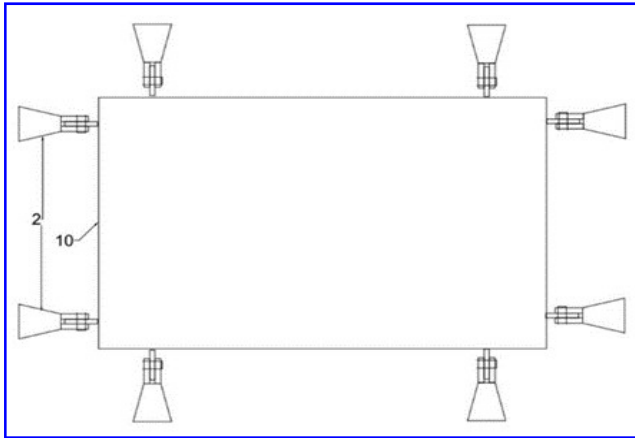


图2 大型设备吊装就位装置系统图

屋面光伏安装带有坡度，在安装横向支撑杆时，无法完美确定两根相邻横向支撑杆之间的间距与光伏板的宽度，易导致后期安装光伏板过程中需要对大部分横杆间距进行微调，为降低后续安装难度，传统施工采用多人配合的方式进行横杆“U”型导槽安装，施工作业效率低。项目研制出一款光伏支架安装定位器（图3），该定位器将原来由2-3人安装的工作变为1人安装，有效提高了施工效率。



图3 屋面光伏安装完成示意图

### （二）陆上升压站建造施工技术研究

目前常用的定位测量装置为GPS RTK、全站仪等，

现有测量装置需至少两人配合操作，准备时间较长，程序较为繁琐，工作效率低。项目研发专用的土建施工位置测量装置（图4），该装置只需单人即可对整个场地进行定位测量，操作简单便捷，有效提高测量的便利性和工作效率，同时也降低了人员的数量需求。



图4 专用测量装置放线图

海边降雨较多，泥沙易堵塞雨水管，易导致整个排水系统瘫痪。雨水管竖管清淤难度大，目前常用人工洛阳铲清理或普通排污泵清淤方式，洛阳铲费时费力，清淤效率低，普通排污泵清淤效果不佳。项目研发专用清淤装置，利用两片反向转动的叶轮搅动淤泥杂物，保证泥沙等杂物处于悬浮状态，通过污泥泵抽排，有效降低管道内污泥沉积量。

砖墙砌筑后，墙面及墙砖内含较大水分，现有技术为自然风干，因海边常年潮湿，自然风干相对缓慢，如遇冬季施工，易造成墙体受冻，砖墙砌筑后易出现不平整，既影响观感质量又会对下道工序施工造成影响。项目研发专用墙面烘干与粗打磨装置，烘干部分使用电热网与鼓风机组合，对墙面进行快速烘干与冷却，解决砌筑墙体自然风干效率低的问题；装置集成竖向打磨棍，在烘干墙面的同时对墙面进行粗打磨。

### （三）陆海缆接头转换及敷设技术研究

海缆因其海底敷设的特殊性，直径较大且材料成本高，为降低电缆敷设难度及工程造价成本，需在海边设置转接点，将大直径海缆转变为多道小直径陆缆。项目设计专用箱型陆海缆转接井，转接井具有优异的防水与密封性，顶部设置两个圆形的检查孔，孔口防水性能良好，井底角落设计集水坑，出现渗水情况时方便将积水

排出，转接井，完成电缆穿线后使用防水防火材质的密封胶密封（图5）。

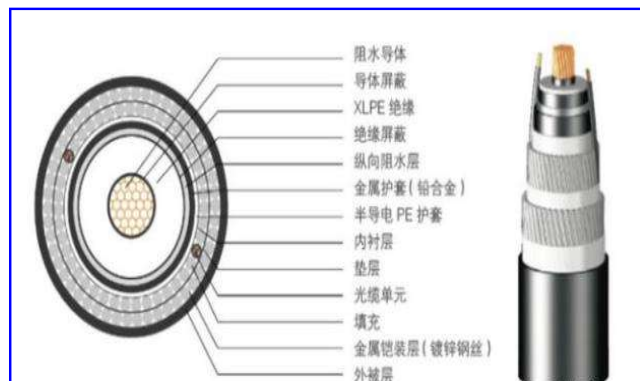


图5 海陆缆接头构造

为有效解决止水带在固定、浇筑过程中的定位问题，同时保证不破坏止水带结构，及橡胶止水带的优良止水效果，采用特有的橡胶止水带固定夹具。

大型的电缆盘由于自重重大，施工所需要的牵引力和人员多，敷设难度增加，运用传统电缆敷设方法，易造成电缆拉扯受损、刮蹭等情况发生。项目研制降低电缆盘搬运难度、减少设备人员投入、提高施工效率的卧式电缆放线架，将电缆盘水平放置于该装置上，利用电缆前段设置好的牵引头，对电缆进行牵引敷设，牵引过程中每隔一段距离放置电缆滑轮，用电缆滑轮可以及时调整敷设过程中的偏差，防止电缆拖拽，多个滑轮及卧式电缆放线架配合可以提前在弯道处进行转弯，过弯道后

又可以及时调直，在相同敷设长度内减少人员及牵引机数量的需求，保证电缆敷设质量，降低敷设过程中的摩擦力及偏心力，提升电缆敷设的稳定性（图6）。

### 三、结束语

在华能山东半岛南4号海上风电陆上运维中心施工过程中，采用的基于微电网技术的海上风电陆上升压站建设关键施工技术，效果显著，解决了施工过程中的诸多难题，在保证工程建设高标准、高质量的前提下，有效降低施工难度，提高了施工效率，经济效益及社会效益明显，具有很高的推广价值。

### 参考文献

- [1] 220kV高压电缆敷设的要点分析[J]. 马跃, 王雪川, 魏鹏. 电站系统工程. 2016, 32 (03)
- [2] 电厂建设中大型设备的吊装技术分析[J]. 李艳鹏, 李连川. 机电信息. 2020, (36)

### 作者简介:

侯子凡, 男, 1967年03月, 汉, 山东郓城县, 研究生, 高级工程师, 主要从事工程项目建设技术管理工作。

李涛, 男, 1988年03月, 汉, 山东嘉祥县, 本科, 工程师, 主要从事电力工程土建专业技术管理工作。

李硕, 男, 1996年01月, 汉, 甘肃靖远县, 本科, 助理工程师, 主要从事电力工程土建专业技术管理工作。



图6 敷设完成的陆缆