

# Study on quality control measures of wind power mixed tower construction cycle

Kunquan Ji Chao Zhou

State Power Investment Group Wuling Electric Power Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

## Abstract

Wind turbine hybrid towers, renowned for their safety, reliability, high power generation capacity, and low carbon emissions, have emerged as a dominant technological trend in global tower construction. With continuous technological advancements, the market for wind turbine hybrid towers continues to expand while facing increasing influencing factors. Inadequate quality control measures could compromise both construction standards and long-term operational performance. Therefore, implementing comprehensive lifecycle quality control strategies—particularly prioritizing early-stage supervision—is essential to enhance overall construction quality. This study outlines the significance of full-cycle quality control and proposes practical implementation strategies for industry professionals to reference.

## Keywords

wind power hybrid tower; whole construction cycle; quality control

## 风电混塔施工全周期质量控制措施研究

计坤全 周超

国家电投集团五凌电力有限公司, 中国 · 湖南长沙 410000

## 摘 要

风电混塔具有安全可靠、发电量大、碳排放低的优点, 成为国内外高塔的主流技术趋势之一。随着技术不断发展, 风电混塔市场规模越来越大, 影响因素也不断增加, 如果质量控制不到位, 会影响到整体的施工水平和后续的使用性能。因此具体的工程项目中需要采用全周期质量控制工作, 重点加强前期控制, 便于提升风电混塔施工的整体质量。鉴于此, 开展本文的研究工作, 简单概述全周期质量控制的意义, 并提出几点有效的措施, 以供相关人员参考。

## 关键词

风电混塔; 施工全周期; 质量控制

## 1 引言

随着能源结构向清洁能源转型, 风电这一种可再生能源的应用会越来越广泛, 规模不断扩大。风电混塔是风力发电机组的关键支撑结构, 其施工质量关系到整个风电场的安全稳定运行。因此在施工中, 施工单位要开展全生命周期质量管控工作, 加强前、中、后的管理, 涵盖配合比设计、钢筋与模板工程、浇筑与养护等环节, 保障混塔质量。提高风电混塔施工质量, 确保风电项目的顺利稳定运行。

## 2 风电混塔施工全周期质量控制的意义

### 2.1 提高项目整体的质量和安全性

全生命周期管理指的是以项目综合策划、设计、施工、运营、维护全流程为对象, 通过优化设计, 实现资源配置和

风险管控的一种管理模式。风电混塔施工中采用全生命质量控制措施, 可以提高项目整体的质量和安全性。全生命周期管理模式通过构建预防、控制、改进的闭环体系, 可以提高风电混塔的质量与安全<sup>[1]</sup>。风险管控工作设计阶段, 做好实地勘察, 规避基础工程中的不足之处; 施工阶段, 加强混凝土浇筑、钢筋绑扎等一系列的参数管控, 提高施工精度; 运维阶段要开展全方面检查工作, 及时发现异常情况, 采取适当的处理措施。在各环节的把控工作, 保障风电混塔施工实现预期目标, 整体的性能和安全性得到充分地发挥。

### 2.2 提升项目的经济性

全生命周期质量控制工作的建设应用还可以提升项目的经济性。风电混塔是高投入、长周期的基础设施。在设计阶段构建数字仿真模型, 评估各项参数, 优化方案设计, 降低前期的建设成本。例如, 使用 BIM 技术模拟不同的组合方案, 选择最优的混凝土强度等级以及钢结构厚度, 控制材料的浪费。运维阶段, 构建预测性维护机制, 将被动维修转化为主动干预, 可以减少故障的发生, 保障整体的运行效率。

【作者简介】计坤全 (1982-), 男, 中国云南曲靖人, 本科, 工程师, 从事新能源建设工程项目管理研究。

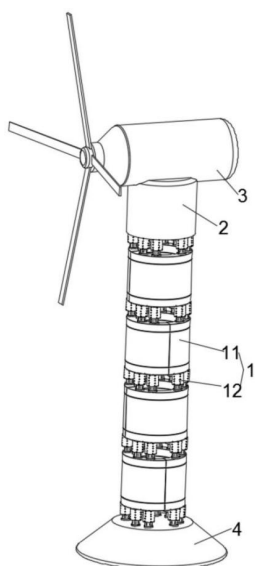


图1 一种风电混塔设计

### 3 风电混塔施工全周期质量控制措施

#### 3.1 优化前期控制

##### 3.1.1 做好整体设计

混塔是风电设施的关键结构，其设计关系到整个项目安全稳定运行，因此在前期工作中需要加强设计的质量控制。项目设计需要严格遵守国家能源局等相关部门发布的一系列规范和章程。这些标准规范中详细规定了风电混塔的参数和各类要求，供项目设计参考应用。与此同时需要做好现场勘查与调研工作，组织地质、结构、施工方面的专家，对周边环境的地质、气候、交通等进行详细的勘察，了解环境的具体情况，可以为施工方案提供基础依据优化设计。

##### 3.1.2 原材料质量控制

加强原材料的质量管控工作，为施工奠定良好基础。混塔管片需要的原材料有水泥、骨料、掺和剂、外加剂等各种材料。首先要选择具有良好信誉和资质的供应商，开展全面评估工作，建立供应商的档案，定期进行考核。优化供应商的选择。采购工作中，要求供应商提供产品的合格证、出厂检验报告等各类质量文件。其次，原材料进场时由专人进行验收，检查原材料的外观、规格、型号。同时采用抽样检验的方式，了解原材料的各类性能，确保原材料每一批次都符合施工要求。

#### 3.2 加强基础工程质量控制

##### 3.2.1 优化配合比设计

优化混凝土配合比设计。而且混塔不同部位在受力耐久性的需求有差异，因此要优化设计。底部承受较大的压力和弯矩，对混凝土的强度要求极高，而在外部环境对于抗渗、抗冻的耐久性指标要求高<sup>[2]</sup>。可以通过配合比的设计满足这些要求。与此同时，施工中要根据原材料的变化和气候条件的影响，及时地调整混凝土的配合比。其次，混凝土搅拌中

按照严格的配合比进行，按照顺序下料，控制好搅拌的时间与速度，确保搅拌均匀。搅拌的过程中随时检查混凝土的坍落度，若坍落度不符合要求要及时调整。

##### 3.2.2 钢筋与模板工程

混凝土塔筒钢筋与模板施工中，也要加强质量控制。钢筋是混凝土管片的关键承载部分，加工过程中，施工人员需要使用专业设备，按照设计精确操作，切断钢筋，确保切口平整。弯曲时根据设计的角度与半径熟练地操作，确保形状符合要求，使钢筋能够有效承载<sup>[3]</sup>。在钢筋的绑扎环节，施工人员需要严格检验钢筋规格数量间距以及保护层的厚度，确保这些参数与施工设计一致。模板施工中，根据幻塔的设计尺寸形状优化模具的选择。模具安装确保拼接紧密平整，避免出现缝隙的情况。模板安装阶段需要确保轴线位置标高尺寸等符合要求，安装结束后要及时验收，确保合格以后才能进行混凝土浇筑工作。处理好模具的表面使其光滑，然后涂刷脱模剂。同时也要注意模具的脱模时间，根据混凝土的强度发展情况，确定脱模时间，保障模具工程的整体质量。

##### 3.2.3 混凝土施工

混凝土浇筑环节，采用分层浇筑方法，每层浇筑厚度不宜过大，一般控制在300~500mm。使用振捣器对混凝土进行振捣，确保均匀密实，避免出现蜂窝、麻面等情况。振捣时选择合适的振捣设备，例如高频振捣器，按照一定的振捣间距和时间进行操作，振捣棒需要快插慢拔，确保混凝土内的气泡可以充分地排出，实现其密实性<sup>[4]</sup>。混凝土养护也尤为关键，养护阶段需要根据混凝土的强度、现场的环境优化操作。例如，在高温条件下，水分蒸发快，因此要给混凝土覆盖保湿材料定期浇水，防止混凝土表面因失水过快出现干裂的情况。而在低温天气要采用适当的保温措施。

#### 3.3 塔筒安装质量控制

塔筒安装质量控制工作中，要先对塔筒预制进行质量控制。塔筒预制模板采用高精度的钢模板，控制好模板的尺寸，安装时确保整体牢固，拼接严密，混凝土浇筑的过程中不得出现变形、漏浆的情况<sup>[5]</sup>。钢筋工程中，也要严格按照设计的品种、规格数据要求，优化操作；提高钢筋绑扎的质量，确保牢固，避免混凝土浇筑过程中出现移位的情况。合理设计钢筋保护层的厚度，保证钢筋的耐久性。塔筒预制混凝土的配合比要通过实验确定，确保具有良好的和易性、强度和耐久性。加强混凝土浇筑、振捣的质量控制，从而提高塔筒预制的整体质量。

其次，加强塔筒安装的质量控制。塔筒在运输的过程中采取有效的固定措施，防止出现变形、损坏的情况，选择合适的运输车辆，行驶速度适中，保障运输的安全性。运输到现场后采用合适的吊装设备与方法，吊装塔筒。吊装前仔细检查吊装设备和锁具，确保安全可靠。吊装的过程中，密切关注吊装参数的变化，包括吊装高度、速度、角度等<sup>[6]</sup>。

操作人员要结合现场的实际情况，灵活地调整参数，确保整个过程更加安全稳定。塔筒对接时要确保对接面的平整度和垂直度，确保对接的间隙符合设计要求。对接完成以后使用焊接或者法兰进行有效连接。

吊装结束后采取恰当的验收措施，确保安装的整体质量符合要求。验收人员要全面详细地检查塔筒的外观，观察是否存在蜂窝、麻面、裂缝等一系列缺陷问题，若有缺陷及时修补。使用全站仪、水准仪等仪器设备检测，塔筒的各项尺寸，包括直径、高度、垂直度，确保其符合要求。与此同时还要检测塔筒混凝土的强度，可以使用回弹法等方法进行检测，获取详细的数据信息，评估混凝土的强度情况。

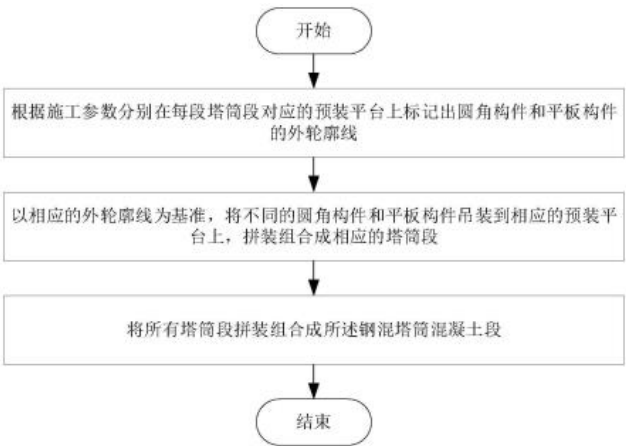


图 2 施工流程

3.4 运维阶段质量控制

整体施工结束以后进入验收阶段，风电混塔施工验收要按照相关的标准规范来进行。验收的内容有基础工程、塔筒工程等，规范验收程序，包括施工单位自检、监理单位验收、业主单位验收等多个环节。通过层层验收检测，确保风电混塔的整体施工质量符合要求，验收合格后方可投入使用。

定期开展运维工作。巡检工作需要形成常态化、规范化的流程，涉及混凝土的各个部位。检查人员从外观方面入手，检查混凝土表面是否有新出现的裂缝、渗漏等情况。检查塔架的连接部位，螺栓是否有松动、锈蚀的情况；检查爬梯、平台等一些附属设施，确保其牢固性和安全性<sup>[7]</sup>。而在

检测工作中，可以使用无人机、无损检测技术开展整体的评估工作。无损检测技术，例如射线检测、超声波检测等，可以评估混塔内部的具体情况，不会对混塔造成损伤。通过定期巡检与检测，可以及时发现混塔存在的安全隐患和性的问题，做好处理，避免造成严重影响。

做好混塔的养护维修工作，确保工程能够长期稳定运行。养护工作中考虑到混塔的使用情况和所处环境，制定详细的计划。例如，一些地区空气湿度大，对混塔腐蚀性强，会影响到混塔的使用寿命，因此在养护工作中要增加防腐措施，对表面进行防腐处理，定期修复防腐涂层，可以保障整体质量。通过检测工作，及时发现混凝土的异常情况，采取适当的维修方法，保障混塔的使用寿命。

4 结语

综上所述，混塔结构风电机组有着良好的经济性和更高的耐受性。因此随着规模不断扩大，需要加强对混凝土结构的质量管控工作。施工中采用全生命周期管理方法，优化整体设计，加强原材料管控，开展混凝土管片、塔筒施工的质量管控工作，并进行定期养护维修管理，可以确保风电混塔的施工符合各项参数，充分发挥性优势，促进风电机组安全稳定运行。

参考文献

[1] 张云峰. 风电混塔全周期质量控制要点分析[J]. 工程管理与技术探讨,2025,7(9).

[2] 蒋晓平. 风电机组混凝土塔筒施工质量控制要点[J]. 江西电力职业技术学院学报,2022,35(12):15-17.

[3] 姚建辉,马会勇. 风电混塔安装质量控制要点及措施[J]. 电气技术与经济,2024(12):391-394.

[4] 张强,王玉玉,李云龙,等. 风电混塔新技术的研究应用[J]. 能源与节能,2024(5):61-63.

[5] 李琪. 风电混塔安装工艺的标准探讨与实践应用[J]. 安装,2025(3):52-55.

[6] 宋雪飞,陈良勇. 风力发电机组混塔施工技术的研究与应用的探讨[J]. 工程施工新技术,2025,4(1).

[7] 肖厚全,高汇川,裴绍军. 风电机组混塔施工技术与风险管控[J]. 风能,2024(1):84-89.