

风电塔筒制造技术及质量控制要求探析

黄青松 陈涛
平高集团有限公司 河南平顶山 467000

摘要: 本文将就风电塔筒制造技术和质量控制要求进行探析。首先, 将介绍风电塔筒制造的一般流程、材料选择和各种工艺技术; 其次, 将针对风电塔筒制造过程中的瓶颈问题, 如焊接缺陷、表面质量、形状精度等进行探讨; 最后, 将重点阐述如何在风电塔筒制造中实现更高水平的质量控制, 包括质量控制的体系建设、技术控制手段以及人员管理等方面的内容。总之, 对于风电塔筒制造技术和质量控制要求的探析, 将有助于风电行业从质量和效率两方面进行提升, 并推动我国风电产业的可持续发展。

关键词: 风电塔筒; 制造技术; 质量控制

Analysis on the manufacturing technology and quality control requirements of wind power tower cylinder

Qingsong Huang Tao Chen
Pinggao Group Co., Ltd., Pingdingshan, Henan 467000

Abstract: This paper will analyze the manufacturing technology and quality control requirements of wind power tower cylinder. Firstly, the general process, material selection and various technologies of wind tower manufacturing will be introduced; secondly, the bottlenecks in the manufacturing process, such as welding defects, surface quality, shape accuracy are discussed; finally, the emphasis will be on how to achieve higher level of quality control in wind tower manufacturing, including the construction of quality control system, technical control means and personnel management. In short, the analysis of wind power tower manufacturing technology and quality control requirements will help the wind power industry from the two aspects of quality and efficiency, and promote the sustainable development of China's wind power industry.

Keywords: Wind power tower cylinder; Manufacturing technology; Quality control

引言

随着我国节能环保产业的蓬勃发展, 风电行业正在逐渐成为重要的可再生能源产业。而风电机组中的风电塔筒作为一个重要的基础部分, 其制造技术和质量控制要求也逐渐被重视起来。在风电塔筒制造过程中, 如何采用先进的工艺技术、合理的过程控制和严格的质量控制手段, 以保证产品质量和生产效率, 成为行业内关注的重点。

一、风电塔筒制造流程

风电塔筒是风力发电机组的重要组成部分, 是支撑风力机组叶片和发电设备的关键构件。风电塔筒的制造流程可以分为: 加工制造、装配与焊接、喷涂和质检检验等阶段如图 1。下面将详细介绍关键阶段的主要工艺流程和注意事项, 以及最终产出的风电塔筒的品质控制方法。

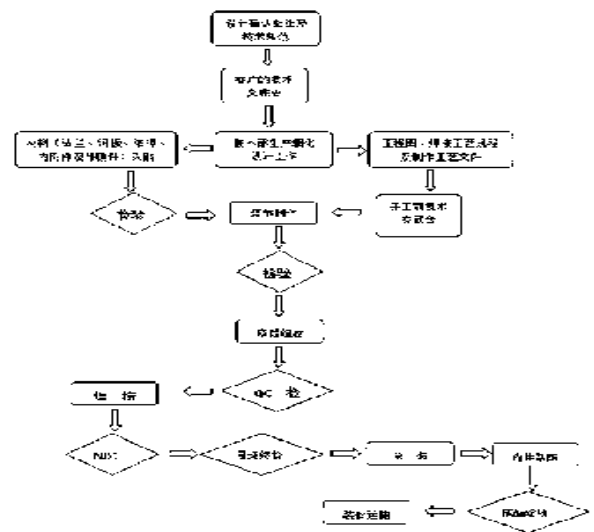


图 1 制造工艺总流程

1. 加工制造阶段

风电塔筒制造中的加工制造阶段涉及到多个具体的施工工艺要点, 具体数据如下: (1) 前处理工艺: 钢板切割精度应达到 $\pm 1\text{mm}$, 刨平后表面平整度 $\leq 3\text{mm/m}$, 矫直后弯曲度不大于 3mm/m 。(2) 卷板工艺: 卷板机的圆度误差

应控制在 0.5mm 内, 焊接接头的焊缝应符合焊接标准要求。

(3) 气割和切割工艺: 气割机和钢板切割机的切割精度应达到 $\pm 1\text{mm}$, 切割角度误差不大于 1° 。

2. 装配与焊接阶段

装配要点: (1) 在装配过程中, 使用精密测量设备对各部件进行尺寸检测, 确保各部件尺寸符合要求, 如钢板厚度应控制在 $\pm 2\text{mm}$ 范围内。(2) 在装配过程中, 应仔细检查各部件表面是否有油脂、灰尘等杂物, 以保证各部件的清洁度。(3) 在装配过程中, 应使用合适的工具和设备, 如吊车、起重机等, 以确保装配的准确性和牢固性。(4) 在装配过程中, 应注意各部件之间的水平和垂直度, 避免出现倾斜和偏差。根据数据分析, 各部件之间的相对误差应控制在 0.5% 以内。

焊接要点: (1) 在焊接前, 应对焊接部位进行表面处理, 如除锈、清洁等, 以保证焊缝质量。(2) 在焊接过程中, 应控制焊接参数, 如焊接电流、电压、速度等, 以确保焊接质量和焊接强度。根据数据分析, 焊接电流应控制在 500A 左右。(3) 在焊接过程中, 应注意焊接顺序和焊接方向, 避免产生焊缝变形和应力集中。根据数据分析, 焊接方向应沿圆周方向进行, 以避免筒体出现变形。(4) 焊接完成后, 应对焊缝进行探伤和超声波检测等无损检测, 以确保焊接质量。根据数据分析, 焊缝探伤合格率应达到 95% 以上。

3. 喷涂阶段

表面处理要点: (1) 在喷涂前, 应对钢材表面进行清洗和除锈处理, 以确保表面光洁度和粗糙度符合要求。根据数据分析, 表面粗糙度应控制在 $Ra 2.5 \mu\text{m}$ 以内。(2) 为了提高喷涂涂层的附着力, 应在表面处理后进行磷化处理, 并进行适当的干燥处理。根据数据分析, 磷化涂层的厚度应控制在 $5-15 \mu\text{m}$ 范围内。

喷涂要点: (1) 在喷涂过程中, 应使用优质的喷涂设备和喷涂材料, 确保涂层的质量。根据数据分析, 喷涂材料的含固量应控制在 65-70% 范围内。(2) 在喷涂过程中, 应注意涂层的厚度和均匀性, 避免出现涂层厚度不均或漏涂的情况。根据数据分析, 涂层的厚度应控制在 $80-120 \mu\text{m}$ 范围内。(3) 在喷涂过程中, 应注意喷涂速度和喷涂距离, 并根据气候条件和喷涂材料的特性进行调整。根据数据分析, 喷涂速度应控制在 $0.5-1.5\text{m}/\text{min}$ 范围内。(4) 喷涂完成后, 应进行涂层的质量检测, 如膜厚检测、附着力检测等, 以确

保涂层质量符合要求。根据数据分析, 涂层的附着力应达到 GB/T 9286-2021 标准的一级要求。

4. 质检检验阶段

风电塔筒制造中的质检检验阶段, 需要关注以下施工工艺要点和数据: (1) 焊接质量检验: 焊接质量检验应按照相关标准进行, 包括焊缝外观检查、尺寸检查、焊缝内部检查等。焊缝外观质量应符合 GB-T3323.1-2019 标准, 焊缝尺寸偏差应控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。(2) 尺寸检验: 风电塔筒的尺寸检验需要根据设计要求进行。筒体直径、高度、壁厚、筒体重量等尺寸数据应符合制造要求和设计要求, 测量精度应控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内。(3) 超声波探伤: 超声波探伤应按照相关标准进行, 主要包括检测位置、探头类型、检测灵敏度等。探伤灵敏度应符合 JT/T 794-2016 标准, 检测灵敏度需达到 3 级以上。(4) 磁粉探伤: 磁粉探伤应按照相关标准进行, 包括磁场强度、磁粉类型、观察距离等。磁场强度应符合 GB/T 24606-2021 标准, 磁粉类型应选择适合的型号。(5) 涂层检验: 涂层检验应按照涂装标准进行, 包括涂层厚度、均匀性、附着力等多个方面。涂层厚度应符合相关标准, 附着力应达到 1 级以上。

二、风电塔筒制造过程中的瓶颈问题

风电塔筒是风力发电机组中的重要组成部分, 其安全性和稳定性直接关系到整个风电系统的运行效率和可靠性。但是, 在风电塔筒制造过程中, 存在着一系列的制造问题, 比如焊接缺陷、表面质量和形状精度等问题, 这些问题会直接影响风电塔筒的性能和质量。为了解决这些瓶颈问题, 需要对焊接技术、表面质量和形状精度进行详细探讨, 并提出相应的解决方案。

1. 焊接缺陷

在风电塔筒的制造过程中, 焊接是最为关键的技术之一, 焊接质量也是整个风电塔筒的稳定性和安全性的关键因素。但是由于焊接过程中受到外界因素的影响较大, 而且焊接人员的水平参差不齐, 容易产生焊接缺陷。常见的焊接缺陷包括气孔、夹渣、未焊透、未熔合、裂纹、凹坑、咬边、焊瘤等 (如图 2), 这些缺陷会直接影响焊接强度和耐磨性, 从而影响风电塔筒的使用寿命和安全性。

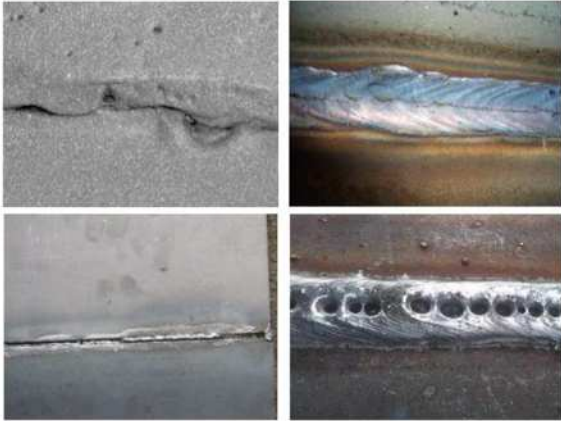


图 2 常见焊接缺陷

解决方案: 1.制定科学的焊接规程和焊接参数,并对焊接参数和放电电压等参数进行控制。2.对气体保护焊、手弧焊、埋弧焊等多种焊接技术进行适当的选择,选择适合不同情况下的最佳焊接技术。3.使用高效的焊接设备和焊接材料,以达到最佳的焊接质量。4.人员素质的提升,通过全员培训、考核和熟练度认证等多种方式,提升焊接工人的素质和技术水平。

此外,根据国家相关法规和标准,焊接工作人员证书有效期为 6 个月,若该人员 6 个月内没有进行焊接工作,则需要重新进行资格认证,获得新的证书。

2.表面质量

在风电塔筒制造过程中,表面质量问题是一个十分重要的方面。如果制造出来的风电塔筒表面存在明显的缺陷,比如腐蚀、凹凸不平、裂纹等问题,那么这将会对风电塔的使用寿命和性能产生很大的影响,甚至影响到整个风电场的可靠性和经济效益。

解决方案: (1) 优化加工工艺: 通过改进焊接、打磨、喷涂等加工工艺方法,使用先进的技术和设备,有效地解决表面质量问题。(2) 改进设备与检测工具: 引进更先进的生产设备和检测工具,满足高质量的制造要求,提高生产效率和产品质量,有效降低表面质量问题发生的风险。(3) 提供高质量原材料: 加强材料检验工作,确保原材料的品质达到标准,避免出现包铁、麻面、冷裂纹等问题。

3.形状精度

风电塔筒的形状精度是影响其稳定性和安全性的关键因素,也是风电塔筒制造过程中的另一重要瓶颈问题。如果塔筒的形状偏差过大,则会导致脱离安全范围,影响整个风电系统的运行效率和安全性。

解决方案: (1) 准确的图纸设计: 在进行风电塔筒的

生产前,需要制定标准的图纸设计,确保生产出来的风电塔筒形状精确符合要求。(2) 严格复检: 生产过程中需要严格按照图纸进行检测和复检,确保制品尺寸精度达到要求。

(3) 精准的机器加工: 对风电塔筒所采用的钣金和焊接方式采用精准的机器加工等先进制作设备,确保风电塔筒形状精度达到要求。(4) 定期维护: 在风电塔筒的生产过程中,需要定期检查各种设备,对于出现精度偏差的设备及时进行维护和更换。

在现代制造业的要求下,风电塔筒制造不再局限于简单的生产制造模式,而是需要科技、技术与管理同步发展,应用新技术、新工艺来改善比现有加工技术更高效、更可靠、更节约成本的产品制造方式。针对焊接缺陷、表面质量、形状精度等问题,我们需要对焊接技术、涂装技术、机器和设备等采取灵活、可靠、经济和人性化的生产管理措施,以确保风电塔筒制造质量,满足市场需求。在制造过程中,对于生产运作的每一个环节,都应该付出足够的注意。只有在标准化的基础上,实行合理的制造过程,才能保证风电塔筒的制造质量,从而确保整个风电系统的安全性和稳定性。

三、提升风电塔筒制造质量的有效措施

1.质量控制体系建设

质量控制体系建设是实现更高水平质量控制的重要方面。在风电塔筒制造中,如何建立完善的质量控制体系,是关系到制造过程质量可控性的关键。

(1) 制度建设

制度建设是质量控制体系建设的第一步。应该建立和完善质量管理的制度体系,包括质量手册、程序文件、规章制度等。质量手册是制定和实施质量控制的核心文档,应该详细描述制造过程、质量标准和制定改进方案等内容。程序文件描述了各项活动的实施步骤和标准,规章制度则规范员工的行为和操作。这些制度文件的建立和实施,可以确保风电塔筒制造过程的规范化和可控性。

(2) 培训教育

加强对质量管理知识的宣传和培训,提高员工的质量意识和素质。培训的内容包括质量意识、质量管理体系、操作规范、质量问题处理等。通过培训,可以使员工了解质量控制的重要性和标准,减少质量问题的发生,并且提高员工的责任感和自觉性。

(3) 质量控制

在风电塔筒制造过程中,应该引入先进的质量控制技术和方法,确保质量管理的精细化和标准化。主要措施包括制

造过程控制、质量检验、质量评审和数据分析。制造过程控制可以通过制定操作规范、制造流程控制表等方式,确保制造过程的可控性和一致性。质量检验则通过抽样检验、全检、遗留物检测等方式,验证产品的质量是否满足标准。质量评审则可以通过流程评审、结果评审、问题分析等方式,进行质量问题的发现和分析。数据分析则是通过对制造数据的分析,发现制造过程中存在的质量问题和潜在问题,并及时调整制造过程,提高制造品质。

2. 技术控制手段

技术控制手段是指在风电塔筒制造过程中采用的一系列技术手段和设备,以实现制造过程的高度控制和质量保证。在风电塔筒制造过程中,控制生产质量的技术手段非常重要,可以有效地降低风电塔筒的制造成本,提高产品的质量和产量,因此技术控制手段非常值得关注。

(1) 加强自动化设备的应用

在风电塔筒制造过程中,应用自动化设备是摆脱人工操作依赖性的关键。自动化设备能够对制造过程进行可重复性控制,确保产品的一致性和稳定性。在焊接、切割、涂装、旋压等制造过程中,通过采用自动化设备,可以大幅度降低操作错误和浪费的发生率,提高生产效率和稳定性。

(2) 强化数字化控制和监测

数字化控制能够通过预测仿真软件、虚拟现实技术和嵌入式系统等技术手段,更加精准地控制制造过程。数字化监测能够通过跟踪质量参数、检测实时数据、异常检测等方式,及时发现问题,并采取措施进行相应的调整和改进。

(3) 采用先进的加工工艺

采用高精度数控加工设备,可以大幅度提高制品制造过程的高精度和高度控制能力。同时,采用超声波清洗、电泳喷涂、静电除尘和足量喷涂等技术手段,可以进一步降低产品的缺陷率和不良率,并提高产品的美观程度。

3. 加强质量检测

在风电塔筒制造过程中,质量检测是非常重要的环节,具体措施如下:(1)在接触焊缝处进行超声波检测,以确

定焊缝是否存在问题,如气孔、裂纹等。(2)在筒体内部进行温度检测,以确保筒体内部温度均匀,避免温度梯度过大导致应力集中。(3)对于钢板的尺寸和厚度进行严格的检测,并在制造过程中加强对材料的控制,以确保材料的质量。(4)进行焊接前的无损检测,以确保焊接部位的质量。

(5)在制造过程中,根据相关标准进行质量检测和控制在,如GB/T1591-2018《低合金结构钢》、GB/T700-2016《碳素结构钢》等。(6)在制造完成后,对风电塔筒进行整体的检测,包括外观检测、尺寸检测、物理性能检测等,并按照质量标准进行评估和判定。

通过以上的控制措施,可以确保风电塔筒的质量,使其能够稳定地承载风机及其叶片,以确保风电场的安全和稳定运行。

四、结束语

综合上述,风电塔筒制造技术的水平和质量控制的要求是公司发展的关键。需要建立一整套全链条的质量管理体系,保证从设备采购、原材料到成品品质的全过程的稳定性和可控性。同时,在制造工艺的选择上,要根据原材料的特点和采用的制造工艺选择合适的加工机床和工艺,完善并规范作业指导书,严格按照标准化的工艺流程进行生产。只有这样,才能为风电塔筒制造行业带来更高的质量标准和逐步提升的技术水平。

参考文献:

- [1]刘同兵,吴春龙,徐先林.风电塔筒制造质量控制技术研究[J].水电与新能源,2022(036-007).
- [2]陈琨.风电塔筒制造技术及质量控制探讨[J].2021.
- [3]张威,张浩然.基于海上风电塔筒制造技术及质量控制要点[J].中国科技期刊数据库工业 A,2022(8):5.
- [4]杨一帆.风电工程项目土建施工质量控制要点分析[J].工程技术研究,2022,4(3):91-93.
- [5]高椿超.风电塔筒制造技术及质量控制分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(7):4.