

CSSC

中船海装风电有限公司

CSSC HAIZHUANG WINDPOWER CO.,LTD.

文件名称 风力发电机组钢制塔筒技术条件

文件代号 Q/HZ_J 030322-2024

版本号 V1.0

总页数 共 49 页 页 码 第 页

风力发电机组 钢制塔筒技术条件

编制: 江鸿校对: 温永杰标准化: 张杰审核: 周和批准: 周书日期: 2024-06-21

2024 -09- 14

Q/HZ_J

中 船 海 装 企 业 技 术 标 准

Q/HZ_J 030322-2024

代替Q/HZ_J 002-2023 V1.1

风力发电机组钢制塔筒技术条件

2024-07-01 发布

2024-07-01 实施

中 船 海 装 发 布

目 录

前 言.....	2
1 范围.....	3
2 规范引用文件.....	3
3 术语、符号.....	6
4 总则.....	8
5 材料.....	9
6 部件加工.....	16
7 焊接.....	20
8 内附件装配.....	33
9 防腐.....	34
10 检验及验收.....	42
11 出厂资料.....	45
12 包装、标识、运输和储存.....	45
13 基础环的防水与密封.....	47

前 言

本技术条件按照GB/T1.1-2009规则起草，用于替代《Q/HZJ 002-2023 风力发电机组塔筒技术条件》 V1.1版，自本规范发布之日起上述技术条件作废。与V1.1版相比主要技术变化如下：

- 删除了Q390钢板；
- 修订了焊接质量标准；
- 增加了内附件装配要求；
- 增加了防腐配套体系方案。

本技术条件由中船海装风电有限公司（以下简称“中船海装”）塔筒事业中心提出。

本技术条件由中船海装塔筒事业中心归口。

本技术条件起草单位：中船海装塔筒事业中心。

本技术条件主要起草人：任涛、侯承宇、周扬、张杰、陈庆

本技术条件主要修订人：江鸿、秦珊珊、温永杰

本技术条件所替代标准的历次版本发布情况为：

- 《Q/HZ002-2015 风力发电机组塔筒技术条件》；
- 《Q/HZJ 002-2019 风力发电机组塔筒技术条件》；
- 《Q/HZJ 002-2023 风力发电机组塔筒技术条件》；
- 《Q/HZJ 002-2023风力发电机组塔筒技术条件》 V1.1版。

9 防腐

9.1 涂层设计寿命

风力发电机组塔架的设计运行年限为 20 年，塔架防腐涂层的耐久性应用类别为 ISO12944-1 的高级（H）及很高级（VH），对应的耐久性年限如表 28 所示。

表 28 防腐耐久性分类

耐久性类别	耐久性年限
高（H）	15~25 年
很高（VH）	> 25 年

9.2 腐蚀环境分类

根据 ISO 12944-2 中对于环境的分类，风力发电机组运行环境主要为 C4-CX 级别，其中 C4 主要包括中等含盐度的工业区和沿海区域；C5 包括高湿度和恶劣大气的工业区域和高含盐度的沿海区域；CX 包括具有高含盐度的海上区域以及具有极高湿度和侵蚀性大气的热带亚热带工业区域。环境分类及耐久性年限的搭配选取应参考如下方案：

- (1) 若为干旱或半干旱半湿润地区：采用 C4 级环境，耐久性类别 H。
- (2) 若为潮湿地区：采用 C4 或 C5 级环境，耐久性类别 H。
- (3) 若为沿海地区：采用 C5 级环境，耐久性类别 VH。
- (4) 若为海上或化工地区：采用 C5 级或 CX 级环境，耐久性类别 VH。

地区定义可参照如下注释执行：

表 29 地区分类定义

干旱及半干旱半湿润地区	年均相对湿度 $RH < 80\%$ 且年降雨量 < 800 mm。
潮湿地区	年均相对湿度 $RH \geq 80\%$ ，且年降雨量 ≥ 800 mm；或位于大型淡水水域（湖泊、水库）沿岸区域范围。
沿海地区	海洋沿岸 10 km 区域范围。
海上及化工地区	海洋水域或化工大气腐蚀环境。

9.3 涂料防腐方案

9.3.1 配套体系涂料防腐方案适用于筒体、筒体焊接件、塔筒门及图纸要求的其他零部件，如涉及塔筒内外分界不明显的零部件则按高标准（外）执行，面漆颜色色标根据项目要求确定。若项目未特殊要求，则按 RAL9003 执行。

9.3.2 油漆制造厂供货时必须提交产品合格证、产品技术说明书和材料安全参数表；油漆型号、名称、颜色、有效期必须与其质量证明文件相符，并提供近 3 年配套方案对应的国家涂料监督检验中心或权威第三方检测机构的检测报告。

9.3.3 底漆、中间漆及面漆的种类和相应厚度按照油漆厂家的配套体系执行，但干膜总厚度不得低于表 30 的规定。

表 30 最小干膜厚度 (um)

耐久性类别	使用环境	塔筒部位	最小干膜总厚度
H	C4	外表面	200um
		内表面	180um
	C5	外表面	260um
		内表面	200um
VH	C5	外表面	320um
		内表面	260um
	CX	外表面	380um
		内表面	320um

9.3.4 当腐蚀环境为 C4 级时，防腐方案见下表 31。

表 31 塔筒 C4 级环境类别涂料防腐方案

涂料厂商	防腐部位	涂层	牌号	干膜厚度
				/um
				H
海虹老人 HEMPEL	外表面	底漆	先锋盾环氧富锌底漆 1736G	60
		中间漆	环氧厚浆漆 45880/45950	80
		面漆	聚氨酯面漆 55190/55610	60
	内表面	底面漆	环氧厚浆漆 47680/45880/45950	180
庞贝捷 PPG	外表面	底漆	环氧富锌漆 Sigmazinc109G(HS)	60
		中间漆	环氧中间漆 Sigmacover410/Sigmafast278	90
		面漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	50
	内表面	底漆	环氧富锌漆 Sigmazinc109G(HS)	60
		中间漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	120
		面漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	50
国际 International	外表面	底漆	环氧富锌漆 Interzinc52E	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Intergard475HS	90
		面漆	聚氨酯面漆 Interthane990	50
	内表面	底漆	环氧富锌漆 Interzinc52E	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Intergard475HS	120
佐敦 Jotun	外表面	底漆	环氧富锌底漆 Barrier 80S	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Penguard Express/Penguard Midcoat M20(S)	90

	内表面	面漆	聚氨酯面漆 Hardtop XP	50
		底漆	环氧富锌底漆 Barrier 80S	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Penguard Express/Penguard Midcoat M20(S)	120
厦门双瑞 Xiamen Sunrui	外表面	底中漆	725-H53-87 厚浆环氧漆	150
		面漆	725-BS43-91 可复涂聚氨酯面漆	50
	内表面	底中漆	725-H53-87 厚浆环氧漆	180

9.3.5 当腐蚀环境为 C5 级时，防腐方案见表 32。

表 32 塔筒 C5 级环境类别涂料防腐方案

涂料厂商	防腐部位	涂层	牌号	干膜厚度/ μm	
				H	VH
海虹老人 HEMPEL	外表面	底漆	先锋盾环氧富锌底漆 1736G	60	60
		中间漆	环氧厚浆漆 47680/45880/45950	140	200
		面漆	聚氨酯面漆 55190/55610	60	60
	内表面	底漆	先锋盾环氧富锌底漆 1736G	60	60
		中间漆	环氧厚浆漆 47680/45880/45950	160	200
庞贝捷 PPG	外表面	底漆	环氧富锌漆 Sigmazinc109G(HS)	60	60
		中间漆	环氧中间漆 Sigmacover410/Sigmafast278	140	200
		面漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	60	60
	内表面	底漆	环氧富锌漆 Sigmazinc109G(HS)	60	60
		中间漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	160	200
国际 International	外表面	底漆	环氧富锌漆 Interzinc52E	60	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Intergard475HS	140	200
		面漆	聚氨酯面漆 Interthane990	60	60
	内表面	底漆	环氧富锌漆 Interzinc52E	60	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Intergard475HS	160	200
佐敦 Jotun	外表面	底漆	环氧富锌底漆 Barrier 80S	60	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Penguard Express/Penguard Midcoat M20(S)	140	200
		面漆	聚氨酯面漆 Hardtop XP	60	60
	内表面	底漆	环氧富锌底漆 Barrier 80S	60	60
		中间漆	环氧云铁中间漆 Penguard Express/Penguard Midcoat M20(S)	160	200
厦门双瑞 Xiamen Sunrui	外表面	底漆	725-H06-21 环氧富锌底漆	50	60
		中间漆	725-H53-87 厚浆环氧漆	160	200
		面漆	725-BS43-91 可复涂聚氨酯面漆	50	60

	内表面	底漆	725-H06-21 环氧富锌底漆	60	60
		中间漆	725-H53-87 厚浆环氧中间漆	160	200

9.3.6 当腐蚀环境为 CX 级时，防腐方案见表 33。

表 33 塔筒 CX 级环境类别涂料防腐方案

涂料厂商	防腐部位	涂层	牌号	干膜厚度/um	
				VH	
海虹老人 HEMPEL	外表面	底漆	先锋盾环氧富锌底漆 1736G	80	
		中间漆	环氧厚浆漆 47680/45880/45950	220	
		面漆	聚氨酯面漆 55190/55610	80	
	内表面	底漆	先锋盾环氧富锌底漆 1736G	80	
		中间漆	环氧厚浆漆 47680/45880/45950	240	
		面漆	聚氨酯面漆	80	
庞贝捷 PPG	外表面	底漆	环氧富锌漆 Sigmazinc109G(HS)	80	
		中间漆	环氧中间漆 Sigmacover410/Sigmafast278	220	
		面漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	80	
	内表面	底漆	环氧富锌漆 Sigmazinc109G(HS)	80	
		中间漆	聚氨酯面漆 Sigmadur550/Sigmadur188	240	
		面漆	聚氨酯面漆	80	
国际 International	外表面	底漆	环氧富锌漆 Interzinc52E	80	
		中间漆	环氧云铁中间漆 Intergard475HS	220	
		面漆	聚氨酯面漆 Interthane990	80	
	内表面	底漆	环氧富锌漆 Interzinc52E	80	
		中间漆	环氧云铁中间漆 Intergard475HS	240	
		面漆	聚氨酯面漆	80	
佐敦 Jotun	外表面	底漆	环氧富锌底漆 Barrier 80S	80	
		中间漆	环氧云铁中间漆 Penguard Express/Penguard Midcoat M20(S)	220	
		面漆	聚氨酯面漆 Hardtop XP	80	
	内表面	底漆	环氧富锌底漆 Barrier 80S	80	
		中间漆	环氧云铁中间漆 Penguard Express/Penguard Midcoat M20(S)	240	
		面漆	聚氨酯面漆	80	
厦门双瑞 Xiamen sunrui	外表面	底漆	725-H06-21 环氧富锌底漆	80	
		中间漆	725-H53-87 厚浆环氧漆	220	
		面漆	725-BS43-91 可复涂聚氨酯面漆	80	
	内表面	底漆	725-H06-21 环氧富锌底漆	80	
		中间漆	725-H53-87 环氧云铁防锈漆	220	
		面漆	聚氨酯面漆	80	

常温型涂料施工环境温度范围为 5℃—35℃（在喷涂表面温度高于 35℃ 时在实施喷涂工作之前请咨询油漆供应商），相对湿度≤80%；当湿度超过 85%或钢板温度低于露点以上 3℃ 时不能进行喷漆施工；当因雨、雾、冷凝、霜冻等天气条件在结构件表面形成潮气层时也不允许进行喷漆工作。

当环境温度为-10℃—5℃时，施工必须使用冬用型涂料，施工工艺及要求必须按涂料厂家提供的施工说明进行。

当环境温度低于-10℃时，不允许施工。施工单位应对施工环境进行监测和记录。

9.5.8 防腐过程中，螺纹表面应涂可清洗的防锈油并采取措施进行可靠保护以防止油漆和其他污染物玷污。

9.5.9 油漆涂装后 4 小时内严禁雨淋。

9.6 涂层控制

9.6.1 涂装过程中，宜及时测定湿膜厚度以便控制每一层干膜厚度。

生产过程中所选择油漆必须满足以下要求：

1) 富锌底漆涂层干膜中锌粉颜料质量含量不得低于 80%；

2) 订货方需对油漆进行取样，并送有资质的涂料检测单位进行油漆技术参数指标的复验，其结果须符合国家相关标准要求。

9.6.2 涂层附着力试验按 10 套/次进行(首套必做)，结果应符合体系认证要求。

9.6.3 涂层漆膜应平整，颜色一致，无流挂、漏涂、针孔、气泡、裂纹等缺陷；

9.6.4 所有涂层损坏及不合格的部分都应根据原涂装体系进行修补并达到检验要求。

9.7 法兰防腐

9.7.1 塔体筒体法兰喷砂后，所有面均按 GB/T9793 火焰热喷锌，锌层厚度不小于 160±40um，法兰接触面及法兰背面螺栓孔垫圈范围（垫圈半径+5mm）不得喷涂油漆涂层。

9.7.2 如果法兰螺栓孔（光孔）不易喷锌防腐，可采用 80~100um 富锌底漆防腐。

9.7.3 其余部分（法兰外环面、法兰背面不含垫圈、法兰内环面）按涂层防腐配套方案喷涂相应油漆，防腐方案如下图 13 所示。

9.4 表面处理要求

9.4.1 应根据 ISO 12944-4 相关规定对塔筒体涂装部件的表面进行准备。基体表面处理后应干燥、无灰尘、无油污、无氧化皮、无锈迹。非机加工面喷涂前采用喷砂除锈，基体表面粗糙应达到 Rz40~80 μ m，并保证致密度和均匀度。喷砂用压缩空气必须干燥；砂料必须有棱角、清洁、干燥，特别是应无油污、可溶性盐类，喷砂防锈表面应达到 GB8923 之 3.2.3 项的 Sa2.5 级要求。对于个别部位喷砂达不到要求的要求时，应采用电动工具机械打磨除锈，达到 GB8923 之 3.3.3 项的 St3 级要求。喷砂所用的磨料应符合 YB/T5149、GB6485 的标准规定。建议使用钢砂、钢丸。金属砂最好是棱角砂与钢丸混合使用，混合比例为 30%，70%，棱角砂的规格为 G25、G40,钢丸的规格为 S330,可以用非金属磨料，但不准用海砂，建议使用铜矿砂或金刚砂。粒度为：16-30 目，磨料硬度必须在 40-50Rc 之间。

9.4.2 已喷砂表面在涂覆前，不允许与污染物接触；经预处理的表面应即时进行底漆涂装，一般环境下间隔时间不超过 4h，潮湿天气、含盐雾环境下，间隔时间不超过 2h。由于发生故障喷砂后停留时间过长或其他原因致使基体表面明显变质时，应再次进行打砂处理。

9.5 涂装施工工艺要求

9.5.1 涂装施工时应遵循涂料作业的相关规定，无合格证书或质保书的涂料不能施工，未经入库复验合格的涂料不能施工，在混合搅拌或稀释过程中发现涂料有分层、沉淀等现象时不能施工。

9.5.2 喷砂后 4 个小时内，钢材表面在返锈前，必须完成底漆涂装作业（在含盐雾气氛下，间隔时间不能超过 2h）。如果钢材表面有可见返锈现象，变湿或者被污染，要求重新清理达到要求。

9.5.3 同一段塔筒只允许使用同一品牌油漆配套。

9.5.4 当油漆开启后发现结皮、结块、凝胶等现象时应在设计单位和订货方、涂装施工方和油漆供货方四方临场下，共同见证取样，送有资质的涂料检测单位进行油漆技术参数指标的抽检或复验，合格后方可继续使用。

9.5.5 在喷涂过程中应注意防尘、防污染等。

9.5.6 必须遵守油漆供货厂家给出的涂漆各层之间的最短和最长间隔时间。

9.5.7 不能在高于或低于油漆供货厂家规定的部件表面和环境空气的最低和最高温度值进行涂装作业。

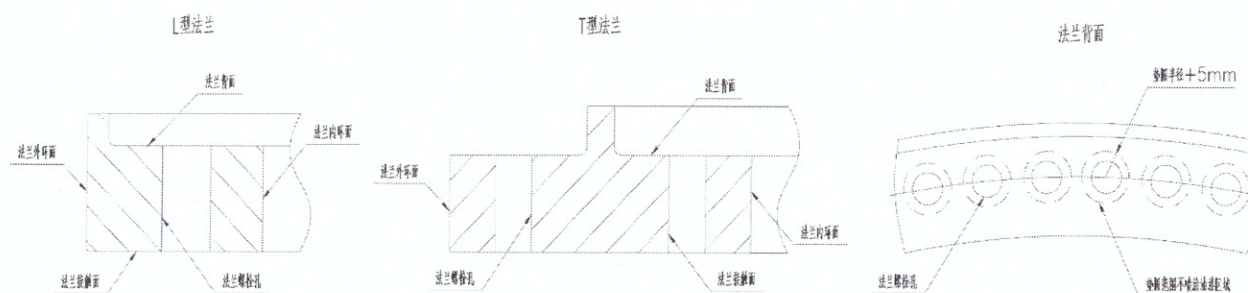


图 13 法兰防腐示意图示意图

9.8 基础环防腐

9.8.1 基础环上法兰上下端面按 GB/T9793 热喷锌，锌层厚 $160\pm 40\mu\text{m}$ 。

9.8.2 基础环顶部法兰面至以下 1100mm 的范围内（不包括顶部法兰面），按照塔体防腐处理技术要求进行防腐处理。基础环距顶部法兰面 1100mm 以下的其余所有面积喷涂无机富锌底漆 $40\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，确保运输过程中不锈蚀。

9.8.3 所有涂层损坏部分都应根据原涂装体系进行修补并达到检验要求。

9.9 塔筒生根件涂层防腐

与筒体焊接的生根件宜按照主筒体防腐要求与筒体一起按照筒体涂装方案进行涂装防腐。若筒壁焊接有螺柱，则螺柱焊后端面宜采用热喷锌处理，锌层厚度 $\geq 120\mu\text{m}$ ，螺柱端面不允许有油漆涂层，具体按图纸要求执行。

9.10 热喷涂锌处理技术要求

9.10.1 喷涂用金属材料应符合以下要求：

- 1) 金属线材应为锌或锌铝合金，直径 2mm 或 3 mm，直径公差应满足 ISO 14919 的要求；
- 2) 锌应符合 ISO 14919 规定的 Zn99.99；锌的含量不小于 99.99%；
- 3) 锌铝应符合 ISO14919 规定的 ZnAl15；锌的含量为 84%~86%，铝的含量 14%~16%；
- 4) 热喷涂材料的力学性能、表面性能和可使用性应满足 ISO 14919 的要求。

9.10.2 热喷涂锌处理工艺要求见下表 34。

表 34 热喷涂锌处理技术要求

项目名称	技术要求
喷锌层最小局部厚度	$\geq 120\mu\text{m}$

表面处理	喷射除锈后工件表面质量符合 9.3.1 要求，喷丸后应尽快进行喷涂处理、放置时间应符合 9.3.2 要求
涂层的封闭处理	构件热喷涂锌结束后的封闭处理应在 2h 内进行
涂层外观	涂层表面均匀，不允许有起皮、鼓泡、大溶滴、裂纹、掉块及其他影响涂层质量的缺陷，接头处不允许有高出平面 0.2mm 的刺锌、滴瘤、结块

9.10.3 焊接避雷螺柱须热喷锌，锌层厚度不小于 120um；其端面不允许有油漆涂层。

9.11 塔筒附件热浸锌要求

9.11.1 用于热浸锌的锌浴主要应由熔融锌液构成。熔融锌中的杂质总含量（铁、锡除外）不应超过总质量的 1.5%，所指杂质按 GB/T470 的规定。

9.11.2 热浸锌应根据各厂的设备制定酸洗、浸锌的温度、时间、钝化、清洗等工序的工艺。

9.11.3 镀锌层表面应连续、完整、无漏镀、结瘤、积锌、毛刺等缺陷。

9.11.4 若镀锌件因工艺需求开设工艺孔后进行防腐，则工艺孔应开在隐蔽处，且镀锌完成后需补焊或使用密封胶对工艺孔进行封堵。

9.11.5 镀锌层最小干膜厚度根据项目环境类别确定，详见表 35。

表 35 镀锌层最小干膜厚度要求

环境类别	局部最小干膜厚度 um	最小平均干膜厚度 um
C4	85	95
C5及CX	125	135

9.11.6 塔筒平台、钢直爬梯，吊梁及入口梯子等可拆卸的附件采用热浸锌防腐，锌层厚度应符合 9.11.5 的要求。

9.11.7 组装的钢制附件应拆开分别热浸锌防腐。

9.11.8 修复的总漏镀面积不应超过每个镀件总表面积的 0.5%，每个修复漏镀面不应超过 10cm²，若漏镀面积较大，应进行返镀。修复的方法可采用热喷涂镀锌或涂富锌涂层进行修补，修复层厚度应比镀锌层要求的最小平均厚度厚 30um 以上。