

法兰



文件名称	风力发电机组钢制塔筒技术条件		
文件代号	Q/HZ <sub>J</sub> 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 涛

校对: 温永杰

标准化: 张 杰

审核: 田 和

批准: 田 和

日期: 2024-06-21

2024-09-14

Q/HZ<sub>J</sub>

中 船 海 装 企 业 技 术 标 准

Q/HZ<sub>J</sub> 030322-2024

代替Q/HZ<sub>J</sub> 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。



3	冲击试验	3个/批	GB/T2975	GB/T229
4	Z向钢厚度断面收缩率	3个/批	GB/T5313	GB/T5313
5	弯曲试验	1个/批	GB/T2975	GB/T232
6	无损检测 (UT、MT)	逐件		NB/T47013、GB/T2970
7	尺寸、外形	逐件		符合精度要求的适宜量具
8	表面质量	逐件		目视及测量

5.1.13 钢板的检查和验收由供方进行，需方有权对本规范或合同中所规定的任一检验项目进行检查和验收。

组批：钢板应成批验收。每批应由同一牌号、同一质量等级、同一炉号、同一厚度、同一轧制方式、同一热处理方式的钢材组成，每批重量不大于 60 吨。

对于 Z 向钢的组批，应符合 GB/T5313 的规定。

复验与判定规则：钢板的冲击试验结果不符合规定时，抽样批次钢板应不予验收，再从该批次的剩余部分取两个抽样产品，在每个抽样产品上各选取新的一组 3 个试样，这两组试样的试验结果均应合格，否则，该批钢板应拒收。钢板拉伸试验的复验与判定应符合 GB/T17505 的规定。

钢板的其他检验项目的复验与判定应符合 GB/T17505 的规定。

力学性能与化学成分试验结果应按 YB/T081 的规定修约。

5.1.14 当采购的探伤钢板原材料进厂后复验出现不合格时，应及时针对不合格项目对该组批钢板进行逐张复验。

## 5.2 法兰

5.2.1 法兰（除基础环底部法兰）材料选用钢锭或连铸圆坯，由转炉或电炉冶炼，应加炉外精炼和真空脱气；不允许使用连铸板坯；当使用连铸圆坯时，法兰制造厂家应额外提供质量保证书，确认采用该材料的法兰性能不低于采用钢锭为材料时的性能；法兰不允许使用淬火钢或回火钢材锻造；应采用模铸钢锭或连铸圆坯锻造，模铸钢锭总锻比应大于等于 3，连铸圆坯的总锻造比应大于等于 5。其中径向锻造比（Km）应大于等于 2.5。

5.2.2 法兰采用钢锭锻制时，钢锭头尾应有足够的切除余量，确保成品锻件无缩孔、疏松、裂纹、严重偏析等影响锻造质量的缺陷；法兰（除基础环底部法兰）应采用整体碾环锻造成型；锻件质量等级至少应符合 NB/T47008 II 级标准要求，并按标准 NB/T47013 进行 100%超声波探伤 I 级合格。

法总



文件名称	风力发电机组钢制塔筒技术条件		
文件代号	Q/HZJ 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: 田 初

批准: 田 初

日期: 2024-06-21

2024-09-14



Q/HZJ

中 船 海 装 企 业 技 术 标 准

Q/HZJ 030322-2024

代替Q/HZJ 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。



3	冲击试验	3个/批	GB/T2975	GB/T229
4	Z向钢厚度断面收缩率	3个/批	GB/T5313	GB/T5313
5	弯曲试验	1个/批	GB/T2975	GB/T232
6	无损检测 (UT、MT)	逐件		NB/T47013、GB/T2970
7	尺寸、外形	逐件		符合精度要求的适宜量具
8	表面质量	逐件		目视及测量

5.1.13 钢板的检查和验收由供方进行，需方有权对本规范或合同中所规定的任一检验项目进行检查和验收。

组批：钢板应成批验收。每批应由同一牌号、同一质量等级、同一炉号、同一厚度、同一轧制方式、同一热处理方式的钢材组成，每批重量不大于 60 吨。

对于 Z 向钢的组批，应符合 GB/T5313 的规定。

复验与判定规则：钢板的冲击试验结果不符合规定时，抽样批次钢板应不予验收，再从该批次的剩余部分取两个抽样产品，在每个抽样产品上各选取新的一组 3 个试样，这两组试样的试验结果均应合格，否则，该批钢板应拒收。钢板拉伸试验的复验与判定应符合 GB/T17505 的规定。

钢板的其他检验项目的复验与判定应符合 GB/T17505 的规定。

力学性能与化学成分试验结果应按 YB/T081 的规定修约。

5.1.14 当采购的探伤钢板原材料进厂后复验出现不合格时，应及时针对不合格项目对该组批钢板进行逐张复验。

## 5.2 法兰

5.2.1 法兰（除基础环底部法兰）材料选用钢锭或连铸圆坯，由转炉或电炉冶炼，应加炉外精炼和真空脱气；不允许使用连铸板坯；当使用连铸圆坯时，法兰制造厂家应额外提供质量保证书，确认采用该材料的法兰性能不低于采用钢锭为材料时的性能；法兰不允许使用淬火钢或回火钢材锻造；应采用模铸钢锭或连铸圆坯锻造，模铸钢锭总锻比应大于等于 3，连铸圆坯的总锻造比应大于等于 5。其中径向锻造比（ $K_m$ ）应大于等于 2.5。

5.2.2 法兰采用钢锭锻制时，钢锭头尾应有足够的切除余量，确保成品锻件无缩孔、疏松、裂纹、严重偏析等影响锻造质量的缺陷；法兰（除基础环底部法兰）应采用整体碾环锻造成型；锻件质量等级至少应符合 NB/T47008 II 级标准要求，并按标准 NB/T47013 进行 100% 超声波探伤 I 级合格。



5.2.3 表面无锻造裂纹、折叠、压痕、接缝、白点和残余缩孔等缺陷。轻微的表面缺陷允许修磨清除，但修磨面积应不大于  $2\text{cm}^2$ ，深度应不大于  $1\text{mm}$ ，周边圆滑过渡。锻件的表面或内部缺陷不允许焊补。锻件表面粗糙度应不大于  $Ra12.5$ 。

5.2.4 为确保应力的均匀，同一法兰上的硬度值偏差要控制在  $10\text{HB}$  之内；同一批锻件的硬度值偏差要控制在  $30\text{HB}$  之内。

5.2.5 塔筒法兰焊接坡口形状、尺寸、预倾量应根据焊接工艺评定确定，满足焊后内倾度要求。

5.2.6 锻件交货状态为正火加回火。

5.2.7 法兰检验需按照炉批号取三组试样，沿圆周方向等分  $120^\circ$  取三组，第一组用于法兰厂家自检，第二组用于第三方实验室复检，第三组随成品法兰交货用于留存备份。每组试样包含的检验项目、取样数量、试验方法应符合表 5 的规定。只有在各项检验均合格后方可使用。

表5 每组试样的检验项目、取样数量、试验方法

序号	检验项目	取样数量	试验方法
1	化学成分、碳当量	1/炉	GB/T1591、GB/T222、GB/T4336
2	非金属夹杂物	1/炉	GB/T10561
3	拉伸试验	1 个轴向/批	GB/T228
4	冲击试验	3 个切向、3 个径向/批	GB/T229
5	Z 向钢法兰厚度方向断面收缩率	3 个轴向/批	GB/T5313
6	无损检测 (UT、MT)	逐件	NB/T47013、GB/T6402 (或 DIN EN10228-3)
7	金相检验	1 个切向、1 个轴向、1 个径向/批	GB/T6394、GB/T13299
8	表面质量	逐件	目视及测量
9	尺寸和形位公差	逐件	合适的测量器具

批次要求：同一牌号、同一冶炼炉号、同一热处理炉次、同一产品公称厚度核准范围（表6）的产品组成一个批次。

表6 锻造批次厚度标准范围

序号	公称厚度 T (mm)
1	$T \leq 63$
2	$63 < T \leq 80$
3	$80 < T \leq 100$
4	$100 < T \leq 150$
5	$150 < T \leq 200$
6	$200 < T \leq 250$



7	$250 < T \leq 400$
注：公称厚度 T 为精加工后产品总高。	

试样要求：从热处理后的同批次产品中某件本体上切取，并足够用于物理性能试验、化学性能试验以及最终提供给需方用户复验。

取样部位：试样应取自完成热处理的锻件本体延伸部位，拉伸和冲击试样轴线距锻件两热处理表面的距离应不小于相应厚度尺寸的1/4，但不大于90mm。

需方应在订货合同上或图样上写明锻件采用的标准、锻件组别、钢号、相应的技术要求和检验项目。

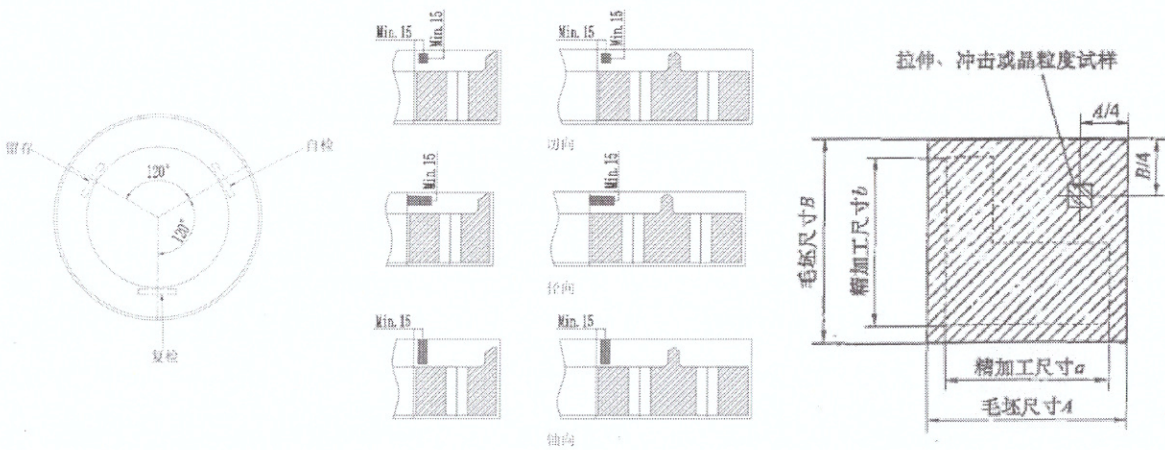
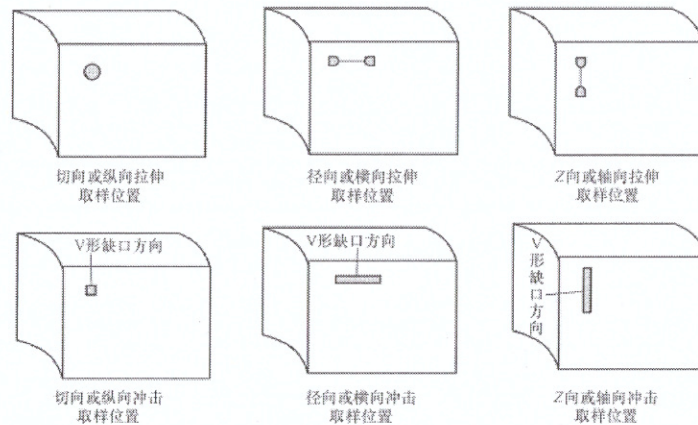


图 1 拉伸和冲击试样取样位置示例

在力学性能试验时，如果试验用试样有缺陷（除裂纹和白点之外），允许重新取样试验，作为初次试验结果。当某项力学性能初次试验不符合要求时，允许在靠近不合格试样的相邻位置取双倍试样进行复试，复试结果应全部符合要求；复试后任何一项结果不符合要求时，产品可以重新进行热处理，并重新取样试验；重新热处理的正火次数不得超过2次，回火次数不限。





5.2.8 塔筒法兰所选材料其化学成分应满足 GB/T1591 的要求，同时还需满足如下碳当量要求。

产品的最大碳当量（CEV）由下列公式计算：

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

为保证焊接性能，对于Q355材质法兰，产品分析的碳当量 $CEV \leq 0.43\%$ ；对于Q420材质法兰，产品分析的碳当量 $CEV \leq 0.48\%$ 。

化学分析用的试样按GB/T20066的规定制取，化学分析按GB/T223或GB/T4336的规定进行。

5.2.9 材料非金属夹杂物应满足 JB/T11218 要求，评定标准执行 GB/T10561。

5.2.10 法兰拉伸试验按 GB/T228 的规定执行，同时性能应符合表 7 的规定。

表7 法兰拉伸性能

牌号	屈服强度 Rel(Mpa)					拉伸强度 Rm(Mpa)			最小延伸率%		
	法兰公称厚度 T (mm)					法兰公称厚度 T (mm)			法兰公称厚度 T (mm)		
	>63	>80	>100	>150	>250	>63	>100	>150	≤150	>150	>250
	≤80	≤100	≤150	≤250	≤400	≤100	≤150	≤400	≤150	≤250	≤400
不小于					范围			不小于			
Q355NE-Z35	325	315	295	285	275	490~630	470~630	450~630	22	21	21
Q420NE-Z35	370	360	340	330	320	520~680	500~650	500~650	19	18	18

注：①法兰公称厚度为图1中的毛坯尺寸B。

②若法兰公称厚度（总高）大于400mm，则按表注400mm拉伸性能执行。

5.2.11 法兰冲击试验按 GB/T229 的规定执行，同时试验温度和冲击吸收能量应符合表 8 的规定。

表8 法兰冲击功

牌号	冲击试验温度℃	冲击功（切向，三个试样平均值，不小于），J	冲击功（切向，单个试样最低值，不小于），J	冲击功（径向），三个试样平均值，不小于），J	冲击功（径向），单个试样最低值，不小于），J
Q355NE-Z35	-50	50	35	30	21
Q420NE-Z35	-50	50	35	30	21

注：法兰的冲击试验结果按一组3个试样的算术平均值进行计算，允许其中有一个试验结果低于规定值，但不应低于规定的最低值，否则，应从同一产品的试样上再取3个冲击试样进行试验，先后6个试样试验结果的算术平均值不得低于规定值，允许有2个试样的试验结果低于规定值，但其中低于规定最低值的试样只允许有1个。



5.2.12 Z 向性能钢法兰厚度方向断面收缩率应符合 GB/T5313 的规定。

5.2.13 非破坏性试验：产品不得有表面缺陷，如裂纹、折叠、缩孔、斑痕、砂眼和其它影响锻件质量的缺陷。

5.2.14 超声波检验（UT）：超声波检验的法兰表面粗糙度应小于 Ra12.5，以确保在超声波检验中声波耦合良好。超声波检验至少在两个垂直的表面进行，对法兰 100%进行检验，检验结果应符合 DIN10228-3 3 级或 NB/T47013.3-2005 I 级的规定。

5.2.15 磁粉检测（MT）：磁粉探伤检测在法兰机械加工完成后进行，对法兰 100%进行检验，检验结果应符合 NB/T47013.4-2005 I 级的规定。

5.2.16 金相试验：每批法兰进行晶粒度试验，晶粒度  $N \geq 6$  级，执行标准 GB/T6394-2002，不得有混晶组织，晶粒的形状和规格应均匀。锻造法兰带状组织应不大于 2 级，判定标准 GB/T13299。应在法兰的相应部位进行金相试验并提供不低于  $\times 400$  的显微照片给法兰采购方。

5.2.17 低倍组织：法兰试样的横截面酸浸低倍组织应均匀，不得有肉眼可见的缩孔、气泡、夹杂、裂纹、分层、翻皮。法兰不得有白点。当在一个法兰上发现白点时，整批法兰应进行白点检查。

5.2.18 材料非金属夹杂物应满足表 9 要求，评定标准执行 GB/T10561。

表 9 非金属夹杂物最大含量（质量分数）

A (硫化物类)		B (氧化铝类)		C (硅酸盐类)		D (球状氧化物类)		DS (单颗粒球状物类)
细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	粗系
2	1	2	1	2	1	2	1	1
注：A 细+B 细+C 细+D 细 $\leq 6$ ；A 粗+B 粗+C 粗+D 粗 $\leq 3.5$								

5.2.19 法兰入厂探伤复验应按 NB/T47013 I 级逐件 100%UT、100%MT 进行复检。

### 5.3 紧固件

机械性能试验应符合 GB/T3098.1 和 GB/T3098.2 标准要求。

### 5.4 尼龙材质

用于电缆固定的尼龙夹块或隔环，材料为尼龙 66 或尼龙 1010，熔点不低于  $150^{\circ}\text{C}$ ，同时阻燃等级需达到 UL94-V0。





端距和边距 $s_d$	$\pm 1.0$	
切角边距 $s_g$	$\pm 1.0$	

### 6.3 法兰

法兰制造的允许偏差见表 13。

表13 法兰制造的允许偏差(mm)

项目	允许偏差	示意图
法兰孔直径 $d$ (涂装后)	$\pm 0.3$	
法兰孔圆度 $d_{max}-d_{min}$	0.8	
法兰孔垂直度 $P$	0.1	
外径偏差 $D_1$	+2.0 0	
内径偏差 $D_2$	0 -2.0	
法兰孔间距离 $s$	$\pm 0.5$	
法兰孔中心直径 $D$	$\pm 1.0$	
法兰孔位置度	$\phi 1$	
法兰厚度 $t, t_1$	+2.0	
	0	



法兰平面度	0.35	
法兰不圆度 $D_{1max}-D_{1min}$	2.0	
端面对中心跳动	0.5	

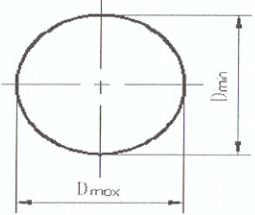

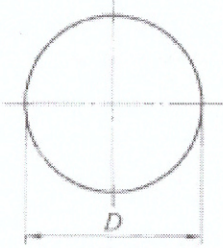
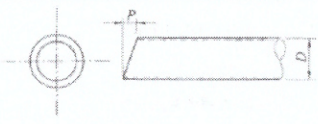
## 6.4 筒节

6.4.1 塔筒（或基础环）各个筒节须由一块钢板卷制而成（针对大直径且钢板较厚的筒节，若无法由一块钢板卷制而成，需提交多拼方案由设计方审核确认后方可实施），钢板卷制后其边缘应圆滑过渡，表面不得有损伤、皱褶和凹面，划痕深度不得大于 0.5mm 且不得超过其允许公差值之半；然后由数件筒节和端部法兰拼接组装成筒体（基础环）各段，筒体门框最多由两块组焊而成，详见图纸。

6.4.2 塔筒门框、风洞框及过缆框等厚板卷制结构成形后应经振动时效或热处理消除折弯加工应力。

6.4.3 筒节的制造允许偏差见表 14。

表14 筒节制造的允许偏差(mm)

项目	允许偏差	示意图
筒节周长 /mm	+6.0 -2.0	
单个筒节任意切断面 圆度公差 $D_{max}-D_{min}$	$D_{Max}-D_{Min} \leq 0.005D$ 且 $\leq 2$ (D 为公称直径)	
筒节合口纵向位移 e /mm	1.0	
筒节直径 D /mm	+2.0 0	
筒节端面倾斜度 /mm	1.5	
塔筒各节段两个法兰 面平行度	2.0	