

ICS 27.180
CCS F 11



团 体 标 准

T/CI 1198—2025

风电机组混凝土塔筒全寿命周期 监督技术规范

Technical specification for life cycle supervision of concrete towers
for wind turbines

2025-10-17 发布

2025-10-17 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	2
5 设计监督	2
5.1 一般要求	2
5.2 结构设计监督	2
5.3 设计方案校核	3
6 制造与运输监督	3
6.1 一般要求	3
6.2 塔筒材料监督	4
6.3 制造监督	4
6.4 运输与到场验收监督	6
7 安装监督	6
7.1 一般要求	6
7.2 预应力混凝土塔筒安装	7
7.3 预应力工程施工	8
7.4 施工结束验收监督	9
8 运行与检修监督	9
8.1 一般要求	9
8.2 运行维护监督	9
8.3 混凝土塔筒结构安全监测	14
8.4 常见缺陷处理	15
9 退役与处置监督	17
9.1 一般要求	17
9.2 拆除监督	17
9.3 处置监督	17

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由西安热工研究院有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会发布。

本文件起草单位：西安热工研究院有限公司、中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、永诚财产保险股份有限公司、华能国际电力股份有限公司安徽风电分公司、沈阳工业大学、东方电气风电股份有限公司、华能新能源股份有限公司、三一重能股份有限公司、上海风领新能源有限公司、广东瑞风科技有限公司、中国能源建设集团广东火电工程有限公司、北方联合电力有限责任公司新能源分公司、四川省能投会东新能源开发有限公司、哈尔滨全安测控技术有限公司、中国水电基础局有限公司、中电建新能源集团股份有限公司华北分公司、广东省能源集团西南(贵州)电力投资有限公司、中地兆基(北京)建设有限公司、华能吉林新能源开发有限公司、华能湖北新能源有限责任公司、中能建装配式建筑产业发展有限公司、内蒙古京能新能源科技有限公司、国网能源研究院有限公司、北京碧环清洁能源科技有限公司。

本文件主要起草人：兰昊、闫俞廷、李晓博、顾盛明、张斌、张东栋、刘羿、孙州、刘海宇、徐水周、杨英能、丰春芳、何明、戚红彬、夏睿、戴文华、丁伯松、孙仲泽、鲁丽华、韩基刚、徐峰、郭巍、易权、张超、宋媛、布日古德、韦思琦、魏二帅、汪帆、张剑锋、徐克强、王君、吕文军、伍建刚、刘雨鑫、郭宇亮、王琦、杨振甲、刘建伟、秦现峰、乔克寒、许崇伟、吴国、王腾、陈旺、方阳、高铭泽、任海军、易里坤、赵广赫、张政东、孙晓峰、陈浩、雍飞、黄鹏飞、郝守礼、王之剑、杨彪、刘素蔚、刘祥伟、李德意、孙丽娟。

风电机组混凝土塔筒全寿命周期 监督技术规范

1 范围

本文件规定了风电机组混凝土塔筒(以下简称“混凝土塔筒”)全寿命周期监督的设计监督、制造与运输监督、安装监督、运行与检修监督和退役与处置监督。

本文件适用于新建和改扩建陆上风电机组混凝土塔筒全寿命周期监督。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改)单适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋
- GB/T 1499.3 钢筋混凝土用钢 第3部分:钢筋焊接网
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB 6722 爆破安全规程
- GB/T 10171 建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站(楼)
- GB/T 19072 风力发电机组 塔架
- GB/T 25177 混凝土用再生粗骨料
- GB/T 25182 预应力孔道灌浆剂
- GB/T 29733 混凝土结构用成型钢筋制品
- GB/T 33363 预应力热镀锌钢绞线
- GB/T 50010 混凝土结构设计标准(2024年版)
- GB/T 50011 建筑抗震设计标准(2024年版)
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB 50135 高耸结构设计标准
- GB/T 50344 建筑结构检测技术标准
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- JG/T 161 无粘结预应力钢绞线
- JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
- JGJ 18 钢筋焊接及验收规程
- JGJ 80 建筑施工高处作业安全技术规范
- JGJ 146 建设工程施工现场环境与卫生标准

- JGJ 147 建筑拆除工程安全技术规范
- NB/T 10907 风电机组混凝土-钢混合塔筒设计规范
- NB/T 10908 风电机组混凝土-钢混合塔筒施工规范
- NB/T 11373 陆上风电场工程安全监测实施技术规范
- NB/T 31056 风力发电机组接地技术规范
- NB/T 31073 风电场工程劳动安全与工业卫生验收规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

混凝土塔筒全生命周期监督 life cycle supervision of concrete towers

对混凝土塔筒从设计、制造、安装、运行、检修至退役处置全流程各阶段潜在风险点进行系统性识别、评估及管控的活动。

4 总体要求

- 4.1 混凝土塔筒全生命周期监督可分为设计监督、制造与运输监督、安装监督、运行与检修监督、退役与处置监督,并应符合NB/T 10907、NB/T 10908规定。
- 4.2 主体结构服役年限不应低于风电机组设计寿命。

5 设计监督

5.1 一般要求

- 5.1.1 混凝土塔筒高度及其与钢制塔筒段高度比,应按风电场风能资源、风电机组机型、结构受力状况、固有频率、工程造价以及施工条件等因素确定。
- 5.1.2 混凝土塔筒结构安全等级应符合NB/T 10907规定。
- 5.1.3 混凝土塔筒结构设计单位应具备相应工程设计资质,或设计方案通过有资质的单位组织的设计认证。

5.2 结构设计监督

- 5.2.1 混凝土塔筒采用装配结构型式时应分析横缝和纵缝的影响,并确保在设计使用年限内具备良好工作性能和耐久性能。
- 5.2.2 混凝土塔筒结构的承载能力极限状态设计、正常使用极限状态设计、施工过程设计和耐久性设计应符合GB/T 50010、NB/T 10907、GB 50135的规定。
- 5.2.3 混凝土塔筒截面抗震承载力应符合GB/T 50011的规定。
- 5.2.4 混凝土塔筒的吊点设置应符合下列规定:
 - a) 整环预制塔筒的吊点数量不应少于4个;
 - b) 单片预制塔筒的吊点数量不应少于2个;
 - c) 吊点设计应符合NB/T 10907的规定。
- 5.2.5 混凝土塔筒应预留施工平台挂点,挂点数量与布置应满足下列规定:
 - a) 挂点预留孔无开裂堵塞情况,且应设置明显标识;

- b) 挂点的数量应根据平台重量、作业人员数量等计算确定,且不应少于4个;
 - c) 挂点应对称布置,且应避免塔筒边缘、连接螺栓等区域;
 - d) 施工作业的安全绳应悬挂于混塔段上的独立挂点(如塔筒拼装完成后的连接螺栓),不悬挂于作业平台。
- 5.2.6 预应力混凝土塔筒正截面的混凝土、纵向预应力筋和普通钢筋的最小、最大应力和应力幅应按NB/T 10907的规定计算,且应确保塔筒核心受力部位不出现裂缝。
- 5.2.7 过渡段设计应确保混凝土塔段与钢塔段的刚度过渡合理。
- 5.2.8 混合塔筒的防雷电保护设计应符合NB/T 31056中Ⅰ级防雷要求,接地线与塔筒段接地端子的连接应采用铜鼻子压接,塔筒各节对接后,接地线应形成连续通路,安装后需用接地电阻仪测试导通性,并保证混塔段接地电阻 $\leq 0.24 \Omega$ 。
- 5.2.9 预应力筋应采用高强度低松弛钢绞线,预应力钢绞线的强度标准值、强度设计值、弹性模量和线膨胀系数等应符合GB/T 5224的规定。无粘结钢绞线还应符合JG/T 161的规定。

5.3 设计方案校核

- 5.3.1 混凝土塔筒结构设计方案校核应在承载能力极限状态和正常使用极限状态下进行,投运前校核应涵盖不同风速下结构整体及局部稳定性分析,结构在长期及短期荷载作用下的变形计算与限值校核,关键构件及连接节点在疲劳荷载谱作用下的疲劳性能分析,以及施工阶段临时工况下的结构安全性校核。
- 5.3.2 混凝土塔筒投运后校核应包括基于实际运行风速统计数据的结构整体稳定性复核,结合运行期监测数据的正常使用极限状态验证,按累计运行时间更新的疲劳荷载累积损伤评估,以及极端气候事件后结构损伤检测与承载能力复核。
- 5.3.3 投运的混凝土塔筒进行设计方案校核时,材料性能参数取值除可参照原设计值外,还应通过现场实测获取材料性能指标,并以实测数据为依据,对设计方案合理性验证。
- 5.3.4 风电机组运行荷载应由风电机组制造商提供。
- 5.3.5 混凝土塔筒承载能力计算应分析附加弯矩的影响,取值应符合GB/T 19072、GB 50135的规定。

6 制造与运输监督

6.1 一般要求

- 6.1.1 混凝土塔筒构件生产企业应建立完善的企业内部管理制度、具备必要的技术能力,技术部门应根据设计图纸要求,编制生产工艺技术文件,做好技术交底和生产过程质量控制。
- 6.1.2 混凝土塔筒构件生产单位应编制生产方案,生产方案应包括生产计划及生产工艺、技术质量控制措施、成品存放、运输和保护方案等。
- 6.1.3 生产单位的检测、试验、张拉、计量、生产厂房等设备及仪器仪表均应检定合格,并应在有效期内使用。不具备试验能力的检验项目,应委托第三方检测机构进行试验。
- 6.1.4 预制构件的原材料质量、钢筋加工、混凝土强度等均应根据GB/T 50010、GB 55008等标准进行检查和检验,并应具有生产操作规程和质量检验记录。
- 6.1.5 混凝土塔筒构件制造场地应平整、坚实,并应有排水措施。预制构件生产的质量检验应按模具、钢筋、混凝土、预制构件等检验进行。当上述各检验项目的质量均合格时,方可评定为合格产品。预制构件经检查合格后,应设置表面标识。预制构件出厂时,应出具质量证明文件。
- 6.1.6 混凝土塔筒的运输应制定专项运输与堆放方案,内容应包括运输时间、次序、堆放场地、运输路线、堆放支垫及成品保护措施等。对于混凝土塔筒超高、超宽的运输和堆放应有专项安全保证措施。

6.2 塔筒材料监督

6.2.1 混凝土塔筒构件生产用混凝土原材料、钢筋及各类预埋件等材料与部件应符合设计文件和国家现行有关标准的规定,应具有质量合格证明文件。

6.2.2 各类原材料和部件在使用前应进行复检,复检的数量和项目应符合现行国家相关标准的有关规定,经检验合格后方可使用。

6.2.3 混凝土塔筒应采用普通硅酸盐水泥,强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥,混凝土强度等级不应低于C60。当采用其他品种或标号的水泥时应根据GB 175、NB/T 10907、GB/T 50081等规定进行对比试验。

6.2.4 钢筋进场时,应抽取试件进行屈服强度、抗拉强度、伸长率、弯曲性能和重量偏差检验,检验结果应符合NB/T 10907、GB/T 50010的规定。

6.2.5 预埋件进场时应对其外观、标记、外形尺寸、力学性能等指标进行检验,检验应符合设计要求和相关产品标准的规定。对于不同类型和用途的预埋,尚应分别满足以下要求:

- a) 受力型预埋件的力学性能、焊接质量及锚固性能应符合GB/T 50010、GB 50017等的有关规定;
- b) 钢筋焊接预埋件的焊接质量应符合JGJ 18的有关规定;
- c) 专用预埋件应符合相应产品标准的技术要求;
- d) 预埋件的防腐处理应符合设计规定及相关标准的要求。

6.2.6 预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器的形式和质量应符合GB/T 5224、GB/T 33363的规定。高强螺栓及锚栓的力学性能参数、初始预应力、应力松弛率、疲劳性能及低温性能等应符合相关规定,并应符合NB/T 10907的规定。

6.2.7 骨料、外加剂、粉煤灰、硅灰、粒化高炉矿渣粉等掺合料应符合现行国家和行业规范。

6.3 制造监督

6.3.1 钢筋的加工、焊接、构造要求等应符合GB 1499.2、GB/T 1499.3的规定。

6.3.2 混凝土塔筒构件的生产模具宜采用钢制模具,模具安装应符合NB/T 10907的规定。

6.3.3 混凝土塔筒浇筑前应对钢筋(包括直径、型号、锈蚀情况、钢筋骨架尺寸偏差等)、预埋件、预留孔洞、模具(包括尺寸、支撑稳定性、模具完整性以及接缝严密性)进行检查,并经检验验收合格后方可进行浇筑工作。

6.3.4 混凝土塔筒构件生产浇筑过程中,应在混凝土浇筑地点对混凝土拌合物进行抽样检验;当采用商品混凝土时,还应在搅拌地点对混凝土拌合物进行抽样检验。混凝土拌合物的检验频次和检验项目应符合GB/T 10171、GB/T 50080的规定及企业技术文件的规定。

6.3.5 混凝土拌合物从搅拌完成到入模的时间间隔、混凝土入模温度、泵送方式、泵管出口与浇筑部位的高度应符合GB 50666、JGJ/T 10的规定。

6.3.6 模具拆除应按NB/T 10907的规定执行,应对混凝土强度全面检查。

6.3.7 混凝土塔筒构件应分类分区域堆存、场地应坚实平整,且设置排水沟。塔筒构件下方放置垫块,垫块上应放置橡胶垫等软性过渡层。堆存场地应配备构件养护需要的水源和喷淋设备。

6.3.8 混凝土塔筒构件成品的外观质量要求应符合表1的规定,当需对混凝土塔筒进行修补时,应进行专项评审制定专项修补方案。

表1 混凝土塔筒外观质量标准

序号	缺陷类别	质量要求	检验方法
1	贯穿裂缝	除拼接面外,不准许出现贯穿裂缝	用20倍读数放大镜检查,精确至0.01 mm

表1 混凝土塔筒外观质量标准(续)

序号	缺陷类别	质量要求	检验方法
2	拼接面裂缝	拼接面方向,长度不超过300 mm,且宽度不超过0.2 mm非贯穿裂缝。若为构件边缘贯穿裂缝,应分析原因,若为收缩、温度裂缝,且长度不超过300 mm,宽度不超过0.2 mm,允许修补	用20倍读数放大镜测量,精确至0.01 mm,裂缝
3	非贯穿裂缝	表面裂缝宽度不超过0.2 mm,裂缝深度不超过保护层,允许修补	用20倍读数放大镜测量,精确至0.01 mm
4	表面露筋	单处露筋长度不大于200 mm,累计长度不大于400 mm,允许修补	观察,用钢卷尺或钢直尺测量,精确至1 mm
5	孔洞	非关键受力部位,孔洞面积单处不大于40 cm ² ,累计不大于80 cm ² ,允许修补	观察,测量孔洞深度和长度,精确至1 mm
6	蜂窝	蜂窝总面积不大于表面积的5%,允许修补	观察,用钢卷尺或钢直尺测量,精确至1 mm
7	疏松、夹渣	非关键受力部位,疏松、夹渣深度不超过保护层厚度、面积不大于100 cm ² ,允许修补	观察,用钢卷尺或钢直尺测量,精确至1 mm
8	外形缺陷,如缺棱掉角、飞边等	不应有,允许修补	观察
9	外表缺陷,如麻面、起砂、掉皮、沾污等	外表缺陷总面积不大于表面积的5%,允许修补	观察,用钢卷尺或钢直尺测量,精确至1 mm
10	连接部位缺陷,如螺栓孔、预埋件塌孔、堵塞、松动等	螺栓孔应畅通,内表面圆滑平整,不应有塌孔。预埋件不应堵塞、松动,螺牙不应有损坏	目测观察,用螺栓进行穿孔、试拧检验
11	外露钢筋或预埋件锈蚀	外露钢筋或预埋件不应锈蚀剥落,应除锈并采取防护措施	观察

6.3.9 混凝土塔筒构件成品的尺寸偏差应符合表2的规定。

表2 混凝土塔筒构件成品的尺寸偏差

序号	项目	允许偏差 mm	检验方法
1	构件高度	±5	用游标卡尺、软性游标卡尺,在上下表面端部及中部测量各3个点,取平均值,精确至0.1 mm
2	构件厚度	±5	用游标卡尺,在两个侧面的端部及中部测量各3个点,取6个点平均值,精确至0.1 mm
3	分片构件弦长(或整环直径)	±5或设计值的±1/1 000的较大值	尺量,抽取环面底部、中部、顶部3点,取平均值,精确至0.1 mm
4	上表面平整度	≤3	2 m折叠靠尺与塞尺配合,测量靠尺与模面间隙,测6点~8点数据,取最大值与最小值差
5	对角线(分片构件)	≤5或设计值的±1/1 000的较大值	尺量上下端面对角线值,取两个数据中的差值

表 2 混凝土塔筒构件成品的尺寸偏差（续）

序号	项目		允许偏差 mm	检验方法
6	预埋件	预埋板中心线位置	≤ 5	丈量
		预埋板与混凝土面平面高差	$\begin{matrix} 0 \\ -5 \end{matrix}$	
		预埋螺栓中心线位置	≤ 2	
		预埋螺栓外露长度	$\begin{matrix} +10 \\ -5 \end{matrix}$	
		预埋套筒、螺母中心线位置	≤ 2	
		预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	± 5	
7	预留孔	中心线位置	≤ 5	丈量
		孔尺寸	± 5	
8	预留洞	中心线位置	≤ 10	丈量
		洞口尺寸、深度	± 10	
9	构件保护层厚度		± 5	用钢筋保护层厚度测定仪测量,在内弧面和外弧面各测量 3 点,精确至 1 mm,有争议时可通过凿开混凝土保护层用深度游标卡尺测量

6.3.10 混凝土塔筒构件出厂强度应满足设计文件的相关规定。

6.3.11 混凝土塔筒构件检查合格后,应在构件表面设置标识,标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

6.3.12 如采用现浇混凝土塔筒,浇筑前应按 NB/T 10908 对基础和仓面验收,验收合格后方可浇筑。现浇混凝土塔筒的混凝土配合比、输送、浇筑、养护、质量控制措施按照 6.3.1~6.3.11 执行。现浇混凝土塔筒应分段浇筑,且分段施工水平施工缝应将表面松动石子以及浮浆剔凿并冲洗干净。

6.4 运输与到场验收监督

6.4.1 构件运输应编制专项运输方案,应包括道路通行条件、转弯半径要求、构件配车方案、成品保护等。构件运输时底部应放置垫木或橡胶垫,或者加装限位装置。

6.4.2 混凝土塔筒进场时,塔筒制造单位应提供原材料合格证明文件及塔筒构件质量证明文件。塔筒到场后,应组织监理、厂家、施工单位等参建单位联合验收。

6.4.3 混凝土塔筒外观质量应按照表 1 规定进行到场验收复检。

6.4.4 混凝土塔筒构件成品的尺寸应按照表 2 规定进行到场验收复检。

6.4.5 混凝土塔筒构件强度应按照 GB/T 50082 规定进行到场验收复检。

6.4.6 混凝土塔筒堆放场地应平整、坚实,并应有排水措施;预埋吊件应朝上,标识宜朝向堆垛间的通道;重叠堆放时,混凝土塔筒间应设置垫块,支垫应坚实,堆放不应超过两节。

7 安装监督

7.1 一般要求

7.1.1 混凝土塔筒施工前应由建设单位组织设计、施工、监理等单位对设计文件交底和会审。

7.1.2 混凝土塔筒安装前,建设单位应组织监理、总包、生产、安装、基础施工、预应力安装等相关单位驻

场人员按照表3进行验收。

表3 混塔基础交接验收检查项

序号	检查项目	要求	检查方式
1	混凝土强度	设计图纸	弹性模量仪
2	基础预埋件水平度	≤10 mm	水平度测量
3	基础预应力孔道偏差	≤10 mm	尺量
4	定位销轴中心度	≤2 mm	尺量
6	基础锚垫板混凝土密实度	无疏松、孔洞	目测、锤击
7	基础顶板中心点位置	设计图纸	尺量
8	基础凹槽尺寸	设计图纸	尺量
9	裂缝	无裂缝	目测
10	凹槽浮浆	无浮浆	目测、锤击

7.1.3 承担混凝土塔筒施工单位应制定专项施工方案,方案中应包括施工质量控制和检验制度。

7.1.4 混凝土塔筒采用体内预应力型式时,吊装前应在预埋管端口安装专用弹性封堵件,封堵件应与管壁紧密贴;坐浆拼接发生漏浆时,应在灌浆料初凝前清理孔道并更换封堵装置,不应使用刚性材料直接封堵孔道。

7.1.5 混凝土塔筒安装作业时的温度、风速等环境条件应符合NB/T 10907、NB/T 10908的规定。

7.1.6 施工操作平台拼装完成后应报监理单位验收,验收合格应悬挂施工操作平台公示牌,公示牌注明平台编号、安全责任人、操作人员、荷载重量及验收人员等信息。

7.1.7 施工前监理人员应对施工平台进行专项验收,确保平台铰链与混塔段挂点可靠连接;施工过程中,监理人员应按照JGJ 80规定全程监督作业人员安全带的悬挂情况,确保安全带须悬挂于混凝土塔筒的专用安全绳上,不将安全带悬挂于作业平台。

7.1.8 转换段螺栓安装应采用扭矩扳手进行对称紧固,法兰安装时应保证同心度,密封胶条应连续铺设,对接处采用斜口搭接,安装后法兰结合面应均匀压紧,不应出现气泡或间隙。

7.1.9 爬梯支架与塔筒壁的连接螺栓应采用双螺母锁紧,拧紧扭矩符合设计要求。

7.1.10 对于设计文件明确有监测要求的混凝土塔筒,应在塔筒安装期间同步安装监测传感器。

7.2 预应力混凝土塔筒安装

7.2.1 混凝土塔筒安装平台地面承载能力应满足吊装方案要求且不低于130 kN/m²,平台压实系数应不小于0.95,平台倾斜度应不大于1%。

7.2.2 混凝土塔筒拼装及塔筒拼接后质量应符合表4的规定。

表4 拼环后塔筒构件尺寸允许偏差及检验方法

类别	检查项目	质量标准	检验方法及器具
主控项目	体内预应力孔道位置	<10 mm	尺量
	定位销轴孔中心距(如有)	≤5 mm	尺量
	连接螺栓力矩值	满足设计要求	数显力矩扳手
一般项目	拼缝处错位	≤5 mm	尺量

表4 拼环后塔筒构件尺寸允许偏差及检验方法(续)

类别	检查项目	质量标准	检验方法及器具
一般项目	整环内外径	-5 mm~+10 mm	尺量
	整环底面水平度	≤3 mm	激光标线仪
	承受内力的U形筋及插筋钢筋(如有)	钢筋位置、插筋安装应符合设计要求	观察

7.2.3 环氧胶粘剂、水泥基灌浆料、水泥基座浆料、连接紧固件等材料应按照委托检测见证取样流程,送有相应资质、检测能力的第三方检测单位复检材料性能。

7.2.4 坐浆材料采用水泥基座浆料时安装基面应用水湿润且不应有明水,坐浆材料采用环氧胶粘剂时操作面应保持干燥;水平缝施工时内、外侧端面应采用确保坐浆层饱满、密实要求的工艺措施。

7.2.5 混凝土塔筒安装时应对水平度、垂直度、粘结剂强度等进行控制,检查频次及方式应符合表5的要求,质量标准及检验方法应符合表6要求。

表5 混凝土塔筒安装控制项目

序号	检查项目	频次	检查方式
1	座浆料/环氧胶粘剂	每段或按设计文件	回弹仪
2	水平度	每段	扫平仪
3	首段垂直度	全检	垂准仪
4	中间段垂直度	前2台,3段/次;合格后6段/次	垂准仪
5	钢制过渡段	全检	垂准仪

表6 混凝土塔筒安装验收项次及检验方法

类别	检查项目	质量标准		检验方法及器具
主控项目	坐浆缝质量	全部溢浆,且水平缝内外端部应挤压密实		观察
	过渡段水平度	≤3 mm		水平仪
	转换段水平度	张拉后≤5 mm		水平仪
	垂直度	$H < 18\text{ m}$	<15 mm或设计要求	
$H \geq 18\text{ m}$		$H/1\ 200$ 或设计要求		垂准仪
一般项目	高度	±H/1 000		水准仪
	外观质量	不应有一般缺陷		观察
	水平错台	≤10 mm		尺量
注: H为混凝土塔筒安装高度。				

7.3 预应力工程施工

7.3.1 预应力钢绞线施工单位应编制预应力工程专项施工方案,对特种材料、特种施工工艺或有特殊要求的预应力结构,应对施工方案进行专项论证。

7.3.2 预应力施工采用的预应力钢绞线、夹具等应符合GB/T 5224、GB/T 33363、JG/T 161的规定。使用前应检查预应力筋的外观质量,对于无粘结预应力筋不应出现护套破损。

7.3.3 混凝土塔筒预应力钢绞线或成孔管道应按设计规定的形状和位置安装。

7.3.4 张拉预应力时,塔筒混凝土强度、基础混凝土强度、灌浆料强度应符合设计要求,且同条件养护试块抗压强度应达到设计强度的100%,混凝土塔筒的水平缝座浆料抗压强度应达到设计要求。当有监测要求时,应加装索力传感器。

7.3.5 预应力筋的张拉应进行分级张拉,张拉至设计要求的张拉力后停止,体内预应力筋宜持续2 min~5 min后锁定。初拉力取值范围宜为张拉控制力的10%~20%。

7.3.6 预应力筋张拉应采用控制应力与预应力钢绞线伸长值双控方法进行,以控制应力为主,伸长值进行校核。张拉结束后,实测伸长值与计算伸长值的偏差应控制在±6%之内,每束内各根钢绞线的索力误差应控制在5%范围内。整束张拉索力误差应控制在设计值的±5%范围内。

7.3.7 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求,且应避免出现结构不利的应力状态。

7.3.8 张拉后宜采用砂轮锯或其他机械方法切割多余的预应力筋,不应采用电弧焊或其他加热方式进行切割,切断后露出锚具夹片外的长度不宜小于预应力索直径的1.5倍,且不应小于30 mm。对于可更换及可多次张拉的体外预应力束的张拉端锚具,设计应留有足够的外露操作长度,应保证可进行补张拉和反拉法检测索力。

7.3.9 如需对孔道进行灌浆时,灌浆前应对孔道进行清洗,保持孔道湿润。孔道灌浆的浆体应采用预应力孔道专用灌浆剂且符合GB/T 25182中相关规定。

7.3.10 预应力钢绞线张拉索力、伸长值、防腐、封锚等应符合GB/T 5224、GB/T 33363、NB/T 10908、NB/T 10907的规定,并应形成完整的验收资料。

7.4 施工结束验收监督

7.4.1 混凝土塔筒验收应由监理单位组织施工单位实施,并见证实实施过程。施工单位应制定结构检验方案,并经监理单位审核批准后实施。其中,结构位置与尺寸偏差的检验由施工单位完成,其他结构实体检验项目应由具有相应资质的检测机构完成。

7.4.2 混凝土塔筒工程质量验收应提供设计变更文件、材料合格证和进场验收记录、施工记录、施工试验、结构实体检验和工序质量检验验收记录等全套文件。

8 运行与检修监督

8.1 一般要求

8.1.1 维护作业前,应对作业人员进行技术交底、安全交底、安全教育培训、环保知识培训,并告知作业现场和工作岗位存在的危险因素、防范措施及事故紧急处理措施,作业人员应充分了解作业现场的工作环境,掌握维护作业流程并完成维护作业。

8.1.2 混凝土塔筒巡检结果应形成书面或电子记录,记录中应包括发现的问题及处理措施。记录应归档保存,并定期反馈给运维管理部门。

8.2 运行维护监督

8.2.1 混凝土塔筒结构巡检应包括首检、日常检、年检和特殊巡检,巡检标准应符合表7的规定。

表7 巡检标准

维护等级分类	维护周期	误差规定	检查项目
	机组首次并网且持续发电后计时		
500 h首检	500 h	≤7 d	基础检查、塔架结构检查、内附件检查、预应力系统检查

表7 巡检标准(续)

维护等级分类	维护周期	误差规定	检查项目
	机组首次并网且持续发电后计时		
日常检	每季度	—	基础检查、塔架结构检查、内附件检查
年检	每年	±30 d	基础检查、塔架结构检查、内附件检查、预应力系统检查
特殊巡检	—	—	基础检查、塔架结构检查、内附件检查、预应力系统检查、防水检查

8.2.2 日常检查应每季度开展一次,主要通过目测等方式检查混塔运行状态,确保基础和塔架结构功能正常。检查项目主要包括基础检查、塔架结构检查、内附件检查等。

8.2.3 年检应主要通过目测和手动操作等方式定期巡检混塔运行状态,评定塔架使用功能,为制定塔架维修计划提供基本数据。检查项目主要包括基础检查、塔架结构检查、内附件检查、预应力检查等。

8.2.4 混凝土塔筒特殊巡检应在下列情况发生后12 h内进行,检查项目主要包括基础沉降检查、防水检查、预应力检查、塔架结构检查:

- a) 风速超过一年一遇设计风速;
- b) 持续降雨超过设计防护标准或发生洪水内涝;
- c) 地震烈度超过所在地区设计标准;
- d) 运行状态出现振动剧烈、噪声增大等明显异常。

8.2.5 混凝土塔筒基质量检查标准应符合表8的规定。

表8 混凝土塔筒基础质量检查标准

序号	维护项目及内容	判别标准	维护方式	维护周期
1	检查风机基础沉降情况	风机基础沉降累计值未超过限值100 mm,风机基础倾斜率未超过0.003	水平仪	首年每季度一次,第二年开始两季度一次特殊巡检
2	检查基础上覆回填土、基础边缘地表	基础上覆回填土未发生明显的隆起或下沉,基础边缘地表未产生明显的裂缝	目测	每季度一次及特殊巡检
3	检查基础钢筋、混凝土	基础钢筋无外露、生锈现象,基础外露部分混凝土未发生剥离现象	目测	首年每季度一次,第二年开始两季度一次特殊巡检
4	检查基础混凝土裂缝	基础外露部分裂缝宽度未超过0.2 mm,长度未超过1 m	仪器测量、目测	首年每季度一次,第二年开始两季度一次特殊巡检
5	检查基础空腔内部钢绞线锚固端周围混凝土	混凝土未发生被拉裂、被压碎现象	目测	首年每季度一次,第二年开始两季度一次特殊巡检
6	检查基础盖板外观质量	基础盖板未有明显超限的裂缝、变形	目测	首年每季度一次,第二年开始两季度一次特殊巡检
7	检查基础空腔内部防水情况	空腔内部未长时间存在积水现象(雨季期间、基础周边农田灌溉后)	目测	每季度一次,雨季加强巡视
8	检查基础与塔架根部防水情况	基础与塔架底部的防水卷材未发生损伤、起鼓和开裂现象;防水涂料未出现裂纹、脱落现象	目测、手动操作	每季度一次,雨季加强巡视
9	检查基础电缆管密封情况	未发生漏水、渗水现象,电缆管密封材料未有脱落现象	目测、手动操作	每季度一次,雨季加强巡视

8.2.6 混凝土塔筒结构检查质量检查标准应符合表9的规定。

表9 塔架结构检查质量检查标准

序号	维护项目及内容	判别标准	维护方式	维护周期
1	检查各平台处塔筒混凝土剥落、掉块及表层风化现象(尤其是涉水机位浸水段)	塔筒内部各平台及外部基础承台顶面处均无混凝土掉块、碎渣	目测,塔筒内部可借助爬梯、升降机、平台进行巡查	每季度一次特殊巡检
2	检查塔筒内外壁混凝土裂缝现象(尤其是涉水机位浸水段、门洞上方及顶环上下端部)	无明显裂缝出现	无人机或悬挂蜘蛛人等方式	每五年一次特殊巡检
3	检查浸水段防水涂料完整性及塔筒内壁渗水现象	防水涂料无起鼓、开裂、脱落现象;塔筒内壁无水痕	目测,塔筒内部可借助爬梯、升降机、平台进行巡查	每季度一次
4	检查塔筒与基础连接处塔筒底部及基础顶面混凝土的裂缝	无明显裂缝出现	目测、裂缝检测仪、记号笔	每季度一次
5	检查塔筒与基础连接处环氧结构胶或灌浆料开裂现象	连接面环氧结构胶完全填充无开裂	目测	每季度一次
6	检查混凝土顶段顶部区域内部裂缝情况	无明显裂缝出现	目测、裂缝检测仪、记号笔	每季度一次
7	检查塔筒竖向拼缝位置处裂缝现象	无明显裂缝出现	无人机或悬挂蜘蛛人等方式	每五年一次特殊巡检
8	检查拼缝处环氧结构胶的开裂现象	拼缝处环氧结构胶完全填充无开裂	无人机或悬挂蜘蛛人等方式	每五年一次特殊巡检
9	检查混凝土塔筒壁外观清洁(尤其是涉水机位浸水段)	无严重污渍	目测	每季度一次

8.2.7 混凝土塔筒垂直度检查标准应按表10执行。

表10 混凝土塔筒垂直度标准

部位	检查内容	检查方法及步骤	频次
混凝土塔筒垂直度	混凝土塔筒垂直度与成塔时垂直度一致或接近	使用垂直检测仪器检测	每年一次

8.2.8 过渡段检查质量检查标准应符合表11的规定。

表11 过渡段质量检查标准

序号	维护项目及内容	维护标准	维护方式	维护周期
1	检查过渡段表面	无积水,无油污	目测	每季度一次
2	检查过渡段零部件防腐	无凹陷、凸起、裂纹、脱落	目测	每季度一次
3	检查过渡段锚固法兰变形情况	无明显变形	目测	每季度一次
4	检查过渡段焊缝	无开焊裂缝、无锈蚀现象	目测	每季度一次
5	检查接地连接件外观	无损伤	目测	每季度一次

表 11 过渡段质量检查标准 (续)

序号	维护项目及内容	维护标准	维护方式	维护周期
6	检查接地螺栓	紧固	力矩扳手、目测	每季度一次
7	检查接地螺柱焊缝	无开焊裂缝、无锈蚀现象	目测	每季度一次
8	检查接地电阻	整机接地为 $\leq 4 \Omega$, 转换段到基础顶部均压环 $\leq 0.24 \Omega$	手动操作、目测	运行一年或机组遭受雷击或故障时

8.2.9 预应力系统质量检查标准应符合表 12 的规定。

表 12 预应力系统质量检查标准

序号	维护项目及内容	维护标准	维护方式	维护周期
1	检查索体线形	无滑脱、松动和异常现象	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
2	检查混塔平台处钢绞线外部为 PE 层是否破损	无损伤、裂纹、起皮或剥落	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
3	检查索力	与设计值在偏差 -10% 内(每台抽检不少于 4 束/台, 每束不少于 10% 钢绞线)	联系钢绞线厂家或专业人员检测	每五年一次
4	检查下锚固端防护盖帽	无开裂、变形和漏水	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
5	检查下锚固端防护盖帽和锚具外露表面	无裂纹、锈蚀	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
6	检查预埋钢管	无破损, 钢管内无物	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
7	检查预埋钢管处橡胶圈	无异常磨损	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
8	检查上部索箍	紧固螺栓无松动、缺失	力矩扳手、目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
9	检查上锚固端防护盖帽	无松动、开裂或老化	力矩扳手、目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
10	检查上锚固端锚具外露表面及垫板外露表面	无裂纹、锈蚀	目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
11	检查锚具、夹片	无松动、变形、锈蚀(维护数量: 4 束/台)	力矩扳手、目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
12	检查上锚固端、下锚固端防护盖帽内的油脂	无变质或油脂不饱满(维护数量: 4 束/台)	力矩扳手、目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次
13	检查上锚固端、下锚固端外露钢绞线	无锈蚀, 防腐油脂密封(维护数量: 4 束/台)	力矩扳手、目测	首年每季度一次, 第二年开始每年一次

8.2.10 混凝土塔筒附件维护应检查升降设备、平台和护栏、塔筒门、塔筒照明、塔筒接地、电缆及附属配件、爬梯与防坠落系统、安全与标志等。混凝土塔筒附件维护应符合表 13 的规定。

表 13 混凝土塔筒附件质量检查标准

序号	维护项目及内容	维护标准	维护方式	维护周期
1	检查塔筒内附件的外观清洁	无严重污渍,不影响使用	目测	每季度一次
2	检查平台及护栏镀锌层	无凹陷、凸起、裂纹、防腐涂层脱落	目测	每季度一次
3	检查平台板	无变形损坏、平台上各处连接螺栓有无松动腐蚀现象	手动操作、目测检测数量 100%	每季度一次
4	检查平台整体情况	风机启动、运行、停机三种状态下无异响及异常振动	目测	每季度一次
5	检查各平台支座与筒壁连接螺栓	无松动现象	力矩扳手、目测检测所有可触及到的螺栓	每季度一次
6	检查各平台钢绞线开口处	不与钢绞线发生刚蹭	目测	每季度一次
7	检查护栏固定情况	无松动、大幅晃动	手动操作、目测	每季度一次
8	检查塔筒门开启、关闭功能	无异响、顺畅、无卡滞	手动操作、目测	每季度一次
9	检查闭锁机构	无损坏	手动操作、目测	每季度一次
10	检查百叶窗、门板、门框和密封圈	无损坏	目测	每季度一次
11	检查塔筒门内侧四周与筒壁的密封胶连接处	无漏水,渗水痕迹	目测	每季度一次
12	检查门梯子外观	防腐完好,无开焊、裂纹现象;目测梯子整体未歪斜	目测	每季度一次
13	检查塔筒门内外表面	无油污的污渍	目测	每季度一次
14	检查塔筒内所有照明设备	通电后全部正常工作	目测	每季度一次
15	检查塔筒内电气插座	通电时所有插座需能够正常工作,在断电后插座能够正常断开,且无漏电现象	手动操作、目测	每季度一次
16	检查照明灯安装紧固件	无松动或脱落	力矩扳手、目测	每季度一次
17	检查接地电阻	风电机组运行一年或机组遭受雷击或故障时,接地电阻应 $\leq 4\ \Omega$	手动操作、目测	风电机组运行一年或机组遭受雷击或故障后
18	检查各段塔筒之间的接地连接	无腐蚀现象	目测	每季度一次
19	检查各平台与接地连接处的螺栓	无松动、腐蚀现象	力矩扳手、目测检测数量 100%	每季度一次
20	检查所有电缆夹块	电缆应固定在塔筒内电缆夹块上,不应存在未固定现象、电缆下滑或电缆夹块松动,螺栓松动,电缆未夹紧现象	力矩扳手、目测	每年一次
21	检查弱电电缆与弱电线槽的固定扎带	无断裂、电缆夹块螺栓紧固情况	力矩扳手、目测	每季度一次
22	检查弱电线槽、电缆桥架	无变形损坏、固定螺栓有无松动	力矩扳手、目测	每季度一次
23	检查爬梯导轨、安全滑块导轨外观	无凹陷、凸出等缺陷	目测	每季度一次

表 13 混凝土塔筒附件质量检查标准（续）

序号	维护项目及内容	维护标准	维护方式	维护周期
24	检查每段爬梯导轨之间和安全滑块导轨之间的连接处	无错位、断开等故障	目测	每季度一次
25	检查爬梯导轨支撑与塔筒壁的连接螺栓	无松动、腐蚀现象	力矩扳手、目测检测数量 100%	每季度一次
26	检查攀爬保护系统的钢丝绳或滑轨连接点的螺栓	无松动、腐蚀现象	力矩扳手、目测检测数量 100%	每季度一次
27	检查爬梯及安全滑块导轨	无油污、杂质、结构胶、灰尘等污物	目测	每季度一次
28	检查爬梯与爬梯支撑之间的连接	无松动、空隙或错位	目测	每季度一次
29	检查在风机启动、运行、停机三种状态下爬梯状态	无异响及异常振动	目测	每季度一次
30	检查安全标志	无破损、变形、褪色、标识模糊不清；固定或粘贴牢固	目测	每季度一次
31	检查基础电缆桥架	电缆桥架无变形损坏、固定螺栓无松动	目测、力矩扳手	每年一次
32	检查基础爬梯、爬梯螺栓及下人孔	爬梯无松动现象；下人孔盖板螺栓紧固，且盖板开合正常	目测、力矩扳手	每年一次
33	检查基础接地	基础接地焊接牢靠，无开焊裂缝、锈蚀现象	目测、力矩扳手	每季度一次
34	检查基础均压环	均压环接地牢靠、无松动	目测、力矩扳手	每季度一次

8.3 混凝土塔筒结构安全监测

8.3.1 混凝土塔筒宜配备在线监测系统，监测项目应包括变形监测、应变监测、预应力锚索监测和结构动力响应监测。

8.3.2 塔筒监测标准宜按表 14 执行。

表 14 塔筒监测标准

监测类别	监测内容	监测选项
环境	机舱顶部风速、风向	◎
	塔筒表面风压	◎
	风电场温度、湿度	◎
	风电机组结构噪声	◎
变形	塔筒倾斜度	●
	塔筒接缝和裂缝开合度	○
	塔基沉降	●
应变	塔筒钢混结合部应变	◎
	塔筒基础应力	◎
预应力锚索	预应力钢绞线张力	●

表 14 塔筒监测标准 (续)

监测类别	监测内容	监测选项
结构动力响应	塔筒结构动力特性	●
	机舱摆动	◎
专项	强振	◎
	腐蚀	◎
注：●为应选监测项，○为宜选监测项，◎为可选监测项。		

8.3.3 混凝土塔筒监测系统设计应符合 GB 50982、NB/T 11373 的规定，应具备对塔筒振动、应力、应变、倾斜角度、锚索预应力等关键参数的采集与传输 4 束，并呈现对称分布。

8.4 常见缺陷处理

8.4.1 混凝土塔筒表观质量缺陷应按表 15 处理，且应对出现质量缺陷的原因进行分析。

表 15 混凝土塔筒表观质量缺陷处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
混凝土塔筒崩边掉块	缺陷面积不超过 0.08 m ² ，单处不超过 0.04 m ² ，深度不大于保护层厚度	对缺陷修补，并填写修补记录
	缺陷面积超过 0.08 m ² ，单处超过 0.04 m ² ，深度大于保护层厚度	专项评审，制定专项修补方案
混凝土塔筒表面裂纹	0 < 外表裂缝宽度不大于 0.2 mm，长度 ≤ 50 cm，深度 ≤ 1 cm	修补，填写缺陷修补记录
	贯穿裂缝或外表裂缝宽度 > 0.2 mm，裂缝长度 > 50 cm，深度 > 1 cm	专项评审，制定专项修补方案
混凝土塔筒表观质量	混凝土塔筒表面有返碱或油漆脱落	专项评审，制定专项修补方案

8.4.2 混凝土塔筒门及防护平台缺陷处理应按表 16 执行。

表 16 混凝土塔筒塔筒门及防护平台缺陷处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
塔筒门变形	轻微变形，不影响使用	加强巡查频次
	严重变形，影响开合	专项评审，制定专项修补方案
塔筒门锈蚀	塔筒门或门锁锈蚀	除锈与防锈
防护网损坏或有异物堵塞	防护网损坏或有异物堵塞	更换或修补防护网
塔筒入口梯结构变形、偏斜、锈蚀	变形、偏斜、锈蚀严重	专项评审，制定专项修补方案
入口梯接地线断裂	入口梯接地线断裂	对接地线重新安装
平台及盖板翘起、开焊、断裂等	平台及盖板翘起、开焊、断裂等	更换或修补平台及盖板
平台防护栏杆损坏	平台防护栏杆损坏	更换平台防护栏杆

8.4.3 混凝土塔筒爬梯缺陷处理应按表 17 执行。

表 17 混凝土塔筒爬梯缺陷处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
混凝土塔筒爬梯变形	塔筒内爬梯变形	专项评审,制定专项修补方案
安全滑轨卡滞	安全滑轨卡滞	专项评审,制定专项修补方案
防松线错动	防松线错动	专项评审,制定专项修补方案紧固

8.4.4 锚栓缺陷处理应按表 18 执行。

表 18 锚栓缺陷处理式

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
防松线错动	防松线错动	重新紧固,并加倍抽检其他防松线
锚栓出现锈蚀	锚栓出现锈蚀	除锈并采用自喷锌、防锈油脂或防腐漆喷涂处理,记录处理时间、处理部位等,作为日后重点检查部位
锚栓螺母损坏	锚栓螺母损坏	更换锚栓螺母

8.4.5 螺栓缺陷处理应按表 19 执行。

表 19 螺栓缺陷处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
防松线错动	防松线错动	重新紧固,并加倍抽检其他防松线

8.4.6 混凝土塔筒漏水处理应照表 20 执行。

表 20 混凝土塔筒漏水处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
混凝土塔筒漏水	漏水不影响电气平台设备使用	对漏水部位封堵
混凝土塔筒漏水	影响电气平台设备使用	专项评审,制定混凝土塔筒漏水专项处理方案

8.4.7 混凝土塔筒预应力钢绞线缺陷处理应按表 21 执行。

表 21 混凝土塔筒预应力钢绞线缺陷处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
预应力钢绞线破皮	预应力钢绞线破皮	修补处理
锚盘、夹片等锚具发生变化	锚盘、夹片等锚具发生变化	进行专项评审,制定专项处理方案
锚罩破损	锚罩破损	排查破损原因,更换破损锚罩
夹具角度发生变化	夹具松弛或角度发生变化	排查原因,专项评审,制定专项处理方案
减震器破损	减震器破损	排查破损原因,专项评审,制定专项处理方案
预应力钢绞线松弛	预应力钢绞线松弛或掉落	专项评审,制定专项处理方案

8.4.8 混凝土塔筒垂直度偏移处理应按表 22 执行。

表 22 混凝土塔筒垂直度偏移处理

缺陷描述	缺陷程度	处理方法
混凝土塔筒垂直度偏差	混凝土塔筒垂直度与成塔时垂直度偏差 1/1 000 以内	加强日常巡检频次
混凝土塔筒垂直度偏差	混凝土塔筒垂直度与成塔时垂直度偏差超过 5 mm	专项评审,混凝土塔筒垂直度偏差专项处理方案

8.4.9 钢制转换段及钢筒段的螺栓处理可参照 8.4.5 执行。

9 退役与处置监督

9.1 一般要求

9.1.1 混凝土塔筒出现达到设计使用年限、发生重大结构损伤、结构性能检测显示关键指标持续劣化等情况时,应启动退役评估程序。

9.1.2 混凝土塔筒退役前应委托具备资质的第三方机构依据 GB/T 50344 无损检测,在此基础上应对塔筒的服役性能综合评估。

9.1.3 混凝土塔筒结构拆除前应编制退役成本预算,应包括拆除费用、废物处理费用及生态修复费用,并评估钢筋、混凝土再生骨料等材料回收价值。

9.1.4 拆除施工前应提交包含结构分析、安全防护措施、扬尘控制方案等的专项施工方案,经专家论证及主管部门备案后方可实施。

9.2 拆除监督

9.2.1 拆除区域应符合 JGJ 146 的规定,设置高度不低于 2.0 m 的硬质围挡,并配备喷淋降尘系统。

9.2.2 混凝土塔筒拆除工艺应按结构类型、高度及周边环境制定,机械拆除时应符合 JGJ 147、NB/T 31073 的规定;涉及爆破拆除的,还应遵守 GB 6722 中关于高耸构筑物爆破的专项要求。

9.2.3 混凝土塔筒拆除的安全措施应执行 JGJ 147 的强制性规定。

9.3 处置监督

9.3.1 破碎后的混凝土块再利用应符合 GB/T 25177 的级配及压碎指标的规定。

9.3.2 拆除的钢筋应分类存放,锈蚀率大于 15% 的钢筋应采用除锈处理,符合 GB/T 29733、GB/T 50010 的质量规定后可用于非承重结构。

中国国际科技促进会
团体标准
风电机组混凝土塔筒全寿命周期
监督技术规范
T/CI 1198—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字
2025年12月第1版 2025年12月第1次印刷

*

书号:155066·5-18603 定价 49.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CI 1198-2025