

ICS 91.100.30

CCS Q 14

CCPA

中国混凝土与水泥制品团体标准

T/CCPA XX—202X

风力发电机组混凝土塔筒信息化管理技术规程

Technical specification for informatization management of wind turbine concrete tower

(征求意见稿)

202X- XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国混凝土与水泥制品协会 发布

版权保护文件

本文件适用于风力发电机组预应力装配式混凝土塔筒结构的生产、安装、运维监测等的全过程信息化管理。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别专利的责任。本文件版权所有归属于该文件的发布机构。除非有其他规定，否则未得许可，此发行物及其中章节不得以其他形式或任何手段进行生产和使用，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可可于发布机构获取。

前 言

本文件是根据中国混凝土与水泥制品协会《关于下达2025年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第一批）的通知》（中制协字[2025]23号）的要求，为指导和规范风力发电机组预应力装配式混凝土塔筒结构的生产、安装、运维监测的信息化管理要求，由中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会组织起草编制完成。

本文件在编制过程中，编制组经过广泛的调查研究，参考借鉴了国内外的相关标准规范的规定，并在广泛征求意见的基础上，编制了本文件。

本文件共分8章，主要内容包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.信息化管理架构；5.信息化管理要求；6.信息化管理系统；7.数据管理及系统运维；8.信息安全。

本文件由中国混凝土与水泥制品协会归口管理，由中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会负责日常管理，由上海电气研砣（木垒）建筑科技有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中，如有意见或建议，请寄送至上海电气研砣（木垒）建筑科技有限公司（地址：上海市普陀区云岭西路600弄6号楼6楼，邮政编码：200333，邮箱：zhanghouchan@matechstone.com）。

主 编 单 位： 上海电气研砣（木垒）建筑科技有限公司
北京天杉高科风电装备有限责任公司
上海风领新能源有限公司

参 编 单 位： 远景能源有限公司
上海华砣绿筑新能源有限公司
中汉能源（上海）有限公司
北京建工新型建材科技股份有限公司
中能建装配式建筑产业发展有限公司

主要起草人： 张后禅 孙莉丽 牛丽科 郑宏博 刘乾政
吴 超 高 中 张程浩 雍 飞

主要审查人： 略。

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	信息化管理架构	5
4.1	一般规定	5
4.2	信息化要求	5
4.3	架构设计	6
5	信息化管理要求	7
5.1	一般规定	7
5.2	生产	7
5.3	安装	10
5.4	验收与交付	13
5.5	运维监测	13
6	信息化管理系统	20
6.1	一般规定	20
6.2	系统功能	20
6.3	接口标准	21
7	数据管理及系统运维	22
7.1	一般规定	22
7.2	数据管理	22
7.3	系统运维	23
8	信息安全	25
	用词说明	26
	引用标准名录	27
	附：条文说明	28

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
4	Informatization management architecture	5
4.1	General requirements	5
4.2	Architecture requirements	5
4.3	Architecture design	6
5	Informatization management requirements	7
5.1	General requirements	7
5.2	Fabrication	7
5.3	Install	10
5.4	Acceptance and delivery	13
5.5	Maintenance and observation	13
6	Informatization management system	20
6.1	General requirements	20
6.2	System function	20
6.3	Interface standard	21
7	Data management and system maintenance	22
7.1	General requirements	22
7.2	Data management	22
7.3	System maintenance	23
8	Information security	25
	Explanation of wording	26
	List of quoted standards	27
	Addition: Explanation of provisions	28

1 总 则

1.0.1 为了规范风力发电机组预应力混凝土塔筒的生产、安装、运维监测信息化管理要求，提升风力发电机组预应力混凝土塔筒全过程管理的信息化水平，编制本规程。

1.0.2 本规程适用于风力发电机组预应力混凝土塔筒的生产、安装、运维监测的信息化系统建设和信息化管理。

1.0.3 风力发电机组预应力混凝土塔筒的生产、安装、运维监测的信息化系统建设和信息化管理除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 混凝土塔筒 concrete tower

基础以上用于承载风力发电机组上部荷载的筒状混凝土结构。

[来源：T/CCPA 54—2024，2.0.1]

2.0.2 信息编码 information coding

信息处理时，为了方便信息的存储、检索和使用，赋予信息元素以代码的过程。

2.0.3 二维码 two-dimensional bar code

在二个维度方向上都表示信息的条码符号。

[来源：GB/T 12905—2019，2.3]

2.0.4 射频识别 radio frequency identification; RFID

在频谱的射频部分，利用电磁耦合或感应耦合，通过各种调制和编码方案。与射频标签交互通信唯一读取射频标签身份的技术。

[来源：GB/T 29261.3—2012，3]

2.0.5 射频标签 RF tag

用于物体或物品识别、具有信息存储功能、能接收读写器的电磁场调制信号，并返回响应信号的数据载体。

[来源：GB/T 29261.3—2012，3]

2.0.6 结构健康监测 structure health monitor

频繁、连续观察或量测结构的状态，实现对结构当前及未来服役状况及潜在风险进行分析和评估。

2.0.7 监测系统 monitoring system

由监测设备组成实现一定监测功能的软件及硬件集成。

[来源：GB 50982—2014，2.1.4]

2.0.8 监测设备 monitoring equipment

监测系统中，传感器、采集仪等硬件的统称。

[来源：GB 50982—2014，2.1.5]

2.0.9 传感器 transducer / sensor

能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

[来源：GB/T 7665—2005，2.1.4]

2.0.10 监测频次 times of monitoring

单位时间内的监测次数。

[来源：GB 50982—2014，2.1.7]

2.0.11 监测预警值 precaution value for monitoring

为保证工程结构安全或质量及周边环境安全。对表征监测对象可能发生异常或危险状态的监测量设定的警戒值。

[来源：GB 50982—2014，2.1.8]

3 基本规定

3.0.1 风力发电机组预应力混凝土塔筒的信息化管理应覆盖生产、安装、运维监测等过程，如图3.0.1所示。

3.0.2 生产信息化管理系统功能宜覆盖混凝土塔筒构件生产全过程，包括但不限于生产计划、物料管理、生产工序、检验检测、仓储发货及其他生产过程管理的信息化管理要求。

3.0.3 安装信息化管理系统功能宜覆盖混凝土塔筒的安装全过程，包括但不限于混凝土塔筒安装的计划管理、物料管理、进度管理、质量管理、预应力施工管理、验收交付及其他安装过程管理的信息化管理要求。

3.0.4 运维监测信息化管理系统功能宜覆盖预应力混凝土塔筒的日常运维、定期专项运维、健康监测、结构修复加固及其他运维监测管理的信息化管理要求。

3.0.5 生产、安装、运维监测信息化管理系统软件应能够满足生产、安装、运维监测等过程的信息化管理功能要求，应开发或选用适宜的应用系统或集成平台。信息化系统管理软件应留有扩展接口，满足功能扩展的要求。

3.0.6 进行风力发电机组预应力混凝土塔筒信息化管理系统建设，应配置相应网络基础设施、适宜的监测采集等必要的设备，建立健全信息化管理制度和组织机构，相应岗位的人员应具有使用信息化管理系统的功能。

3.0.7 风力发电机组预应力混凝土塔筒信息化管理应符合国家现行标准对数据保护和信息安全的有关规定。

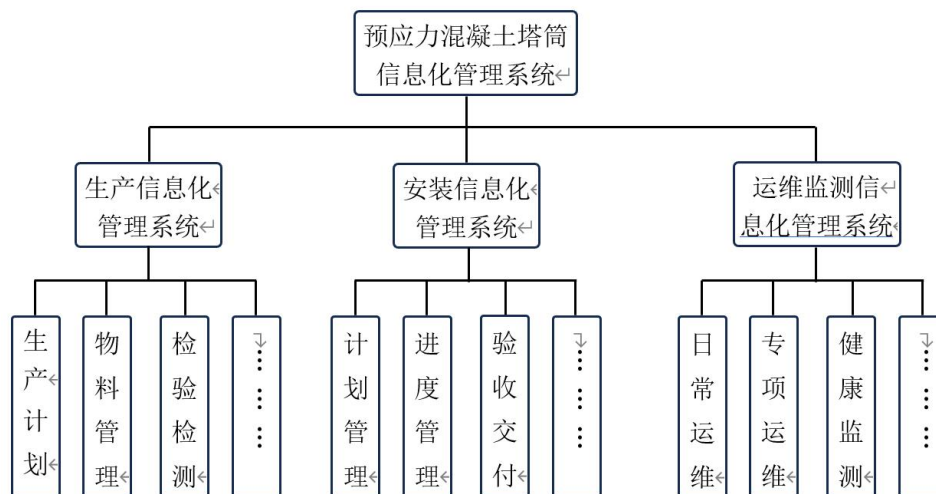


图3.0.1 预应力混凝土塔筒信息化管理系统范围及功能图

4 信息化管理架构

4.1 一般规定

4.1.1 风力发电机组预应力混凝土塔筒信息化管理应基于生产、安装、运维监测等过程的要求进行整体架构设计，满足信息化管理的要求。各系统需保持功能边界清晰，数据交互顺畅，形成覆盖混凝土塔筒全生命周期的信息化管理。

4.1.2 信息化管理架构宜采用模块化设计，支持功能扩展与定制化开发。系统架构设计应考虑未来数据量增长与业务扩展需求，预留硬件接口与软件资源。

4.1.3 系统架构应支持多参与方协同作业，明确各方的数据输入、输出权限及交互流程，满足不同参与方的权限管理和数据访问需求。

4.1.4 系统架构应具备开放性，可对接风电场监控系统、资产管理系统、企业资源规划系统等外部技术工具，并预留标准化数据接口。

4.2 架构要求

4.2.1 风力发电机组预应力混凝土塔筒信息化管理系统架构应以数据为核心，通过对生产、安装和运维监测等过程中的各类数据，进行采集、传输、处理和分析，实现全过程的信息化管理。

4.2.2 信息化管理系统架构数据存储设计应采用分布式数据库系统，支持水平扩展，宜满足大数据量的存储要求。数据存储设计应设计合理的数学模型，优化数据存储结构和数据库索引，提高数据检索效率。

4.2.3 信息化管理系统架构设计应定义清晰的API规范，确保系统内部和外部接口的一致性和稳定性。

4.2.4 信息化管理系统架构设计应考虑行业特点和企业管理要求，提供直观易用的用户界面，便于使用操作。

4.2.5 信息化管理系统各功能模块基本功能要求应符合表4.2.5的规定。

表4.2.5 信息化管理系统基本功能要求

功能模块	技术要求	管理要求
数据采集	支持传感器、射频识别（RFID）、人工录入等多种方式	覆盖全生命周期各环节
数据传输	支持4G/5G、有线、卫星等多种通信方式	传输延迟 $\leq 1s$ ，成功率 $\geq 99.9\%$
数据存储	时序数据库+关系型数据库混合架构	数据保存期 ≥ 25 年
数据分析	支持机器学习、数字孪生等分析模型	分析结果准确率 $\geq 95\%$
用户交互	支持Web、APP、大屏等多种展示方式	响应时间 $\leq 3s$

4.3 架构设计

4.3.1 风力发电机组预应力混凝土塔筒信息化管理系统的架构设计宜采用整体设计，宜包括感知层、网络通信层、数据处理层、应用层以及用户层5层架构，如图4.3.1所示，各层采用信息资源共享的架构形式，功能独立且通过标准化接口协同，配置相应的应用程序和应用软件模块。

4.3.2 感知层包括各类传感器、射频识别（RFID）标签、工业相机、无人机等信息采集设备，实时采集混凝土塔筒生产、安装、运维监测等过程中的关键数据信息，确保过程数据的全面性和准确性。

4.3.3 网络层宜采用移动通信系统、第五代移动通信技术（5G）网络等先进技术，确保数据的稳定传输和高效交互。应符合虚拟专网、混合专网或本地网络模式的规定，实现信息化系统的各设备、各系统间的无缝连接，以及信息化管理系统与外部供应链、客户直接的数据共享。

4.3.4 数据处理层应对感知层采集的数据进行存储、处理和分析，能够对计划进行调整、对数据进行统计分析和流程优化、对异常超限数据进行报警等。

4.3.5 应用层可通过智能控制系统、自动化设备、管理系统（MES）、健康监测信息化系统等应用软件，实现对生产、安装和运维监测过程的信息化管理。

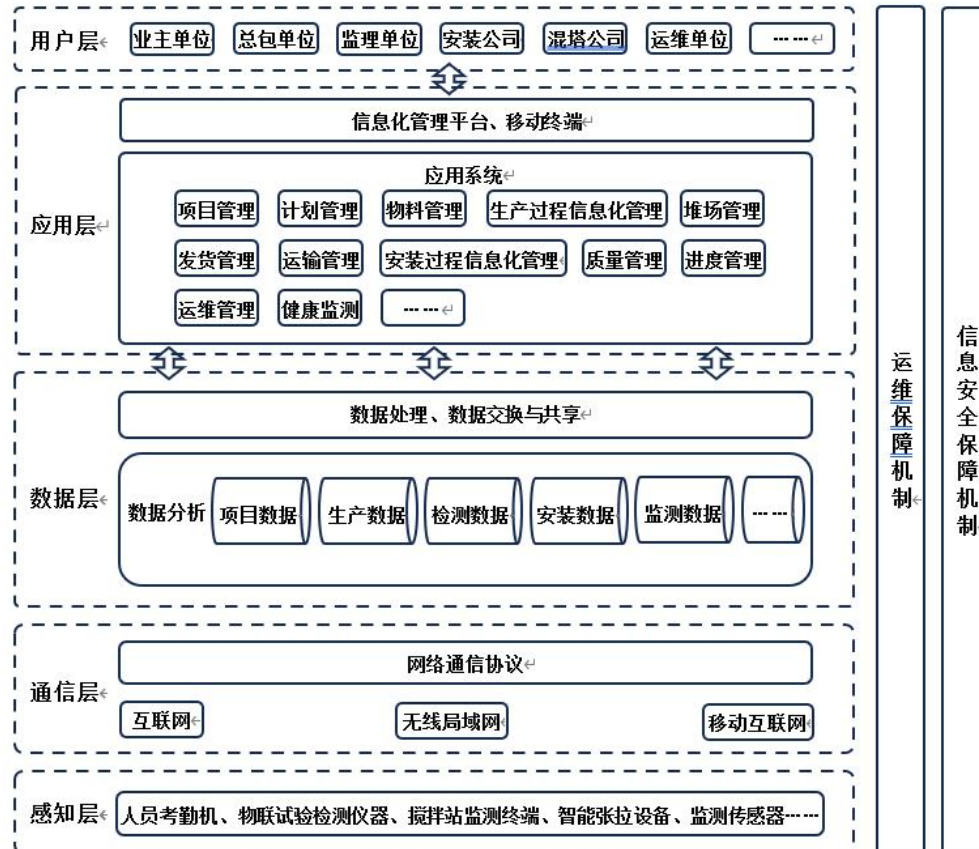


图4.3.1 信息化管理系统架构图

5 信息化管理要求

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土塔筒信息化管理的范围应覆盖计划管理、原材料、生产、贮存、运输、安装、验收交付、运维监测等混凝土塔筒全生命周期的过程管理要求，实现全生命周期的数据可追溯、可监控、可预警。

5.1.3 所有参与方（业主、设计单位、生产工厂、施工安装单位、监理单位、运维单位、监测单位等）应依据职责和权限，通过管理平台进行信息的录入、查询、审核与应用，基于统一的信息交互标准与接口进行数据协同，确保信息流的畅通与协同工作效率。

5.1.4 信息化管理系统实施单位应配置相应的信息化管理和操作人员，应具备必要数据录入、查询、分析等基础功能。

5.1.5 信息化管理系统实施单位应根据系统的数据采集、传输、处理分析的要求，配置必要的硬件设备，包括高性能服务器、网络通信设备和终端采集设备，且应具备冗余备份能力

5.1.6 信息化管理系统宜采用云计算、物联网、大数据和人工智能等技术构建，包括数据采集、网络传输、数据存储、应用分析和用户交互。应支持web端和移动端访问，满足现场和远程管理要求。

5.2 生产

5.2.1 混凝土塔筒构件生产信息化应以数字化为基础，基于物联网实现生产资源、生产设备与管理系统之间的信息交互，辅助完成原材料和半成品检验，以及塔筒构件的生产、检验、贮存及运输等过程，全流程记录执行结果及质量情况，且可实现过程追溯。

5.2.2 生产信息化管理应对生产所需的设计数据、物料、模具、设备、人员、生产资源、产品信息、生产工艺流程、存储场地等按规定进行信息编码。信息编码应符合以下规定：

- 1 信息编码应具有唯一性和可识读性，可实现质量追溯；
- 2 信息分类应遵循科学、系统、可扩展、兼容和实用的基本原则。
- 3 编码信息应能批量导入导出，并能授权进行人工检查与修正；
- 4 应能通过手机扫码、射频标签识别等方式对编码信息进行识读，快速预览、编辑、修改相应信息；

5 混凝土塔筒构件的产品信息编码宜包括生产企业、构件类别、预留字段、生产日期、生产顺序号、校验码等信息。

5.2.3 生产信息化管理宜包括项目管理、构件管理、进度管理、物料管理、模具管理、工艺管理、质量管理、堆场管理、物流管理、资料管理等模块。

5.2.4 项目管理模块应记录项目基本信息、项目编号、项目实施进度等信息。

5.2.5 构件管理应记录混凝土塔筒构件的编号、规格、尺寸、混凝土强度等级、混凝土方量、物料清单（BOM）等信息，具备数据批量导入、导出功能。

5.2.6 进度管理应包括生产、修补、发货、交付计划及执行结果记录，具有自动排产与手动排产功能，并可按需进行调整与优化。

5.2.7 物料管理应包括钢筋及混凝土原材料、预埋件、混凝土等物料的规格、品种、生产厂家、进场时间、批次号、出入库等信息的管理。物料管理应包括以下功能：

1 采购与验收

宜在系统中建立供应商档案，记录资质证书、历史供货质量等信息，每年对供应商进行评级。原材料进场后，系统应能录入原材料关键信息，包括原材料名称、规格、批次、生产厂家等基本信息，检验验收结果和质量判定，合格品入库进入库存管理。

2 存储与领用

仓库管理中应记录物料存储位置、信息码等，在生产领用时，对原材料的领用情况进行记录和跟踪，记录领用数量、用途等信息，确保原材料使用的可追溯性。

3 库存管理

系统应能根据材料领用直接扣减库存，并根据生产计划和原材料消耗情况，进行库存余量管理，并应具备库存预警功能。

5.2.8 模具管理应符合以下规定：

1 模具应具有唯一性编码，首次使用前，应按规定进行编码；编码信息宜包括模具编号、使用状态、生产厂家信息、型号规格、验收检测结果、配件等信息。

2 当模具改制，关键参数发生变化时，应重新编码，并将改制后的参数及影像资料上传系统；

3 模具首次使用，对模具强度、刚度、尺寸、弧度、弦长、平整度、倾斜度、连接可靠性、结构稳定性、密封性、预埋件定位位置等全部参数进行检查验收并记录数据，合格后方可使用。合格的数据和影像资料应上传系统。

4 模具使用过程中，应按规定的频次对模具的关键参数进行检查和记录，

合格的数据上传系统后，方可安排生产；

5 模具检查和验收过程应保留影像资料，并上传系统。

5.2.9 工艺管理包括模具工程、钢筋工程、混凝土工程、养护等工艺流程管理，并应符合以下规定：

1 模具工程应包含拆模、模具清洁、模具组装等过程的工艺管理和检验验收要求。

2 钢筋工程应包括钢筋半成品和成品的加工工艺和生产管理，包括过程中的生产加工要求、物料消耗、半成品产量、成品产量等，自动化加工设备宜具备物料消耗和产量自动统计、数据上传等功能。钢筋工程还应包括成品安装和隐蔽工程验收管理等。

3 混凝土工程应包括原材料存储管理、混凝土配合比管理、混凝土配制及性能检测和要求、混凝土浇筑和振捣管理等。

4 养护应包括混凝土硬化后的养护管理，包括温度、湿度监测，加热养护制度和记录等。

5 工艺管理应能编辑、修改、保存生产工艺，并且能根据生产工艺创建工作流程；能根据设定的生产工作流程，监控每个环节生产工艺参数；能根据当前工艺的执行结果自动流转至下一节点，异常时能停止流转并发出预警。

5.2.10 质量管理应符合以下规定：

1 原材料、预埋件应按规定记录批次、日期、生产厂家、牌号、等级、规格型号、外观、质保书编号、数量等信息；

2 原材料、预埋件应按现行国家、行业标准要求取样送检，记录样品信息和检验结果，并将检验结果报告上传信息化管理系统；

3 检验合格的原材料、预埋件才能用于生产。同一批次的原材料在总用量不超过进货数量的前提下允许用于多个项目；

4 混凝土配合比设计应记录试配日期、送样日期、检验指标、检验结果等信息，并上传系统。检验指标应包括坍落度（坍落扩展度）、混凝土强度和弹性模量等。上传的检验结果报告还应包括混凝土原材料检验报告；

5 根据每天的排产计划，记录当天混凝土施工配合比和混凝土的质量状况，并按规定取样送检，记录检验结果，上传报告；

6 根据生产工艺流程，记录钢筋、模具、隐蔽验收、混凝土浇筑、养护等关键工艺的执行实施结果数据并上传关键控制点的影像资料；

8 记录混凝土构件成品的质量检验数据和混凝土强度等资料，自动对数据进行分析和统计，并按规定进行质量判定；

9 对于不合格产品，记录详细的质量问题信息，并跟踪整改情况，确保产

品质量符合标准要求。

5.2.11 堆场管理应符合以下规定：

1 成品库应按规定进行分区并标识，标识应满足系统信息化管理要求，宜具备库位自动识别功能；

2 成品库应划分合格品库与不合格品库，进行产品的成品管理，并可实现不合格品的维修记录、二次验收、成品报废等管理功能。

3 成品出入库宜采用二维码或RFID芯片等自动识别方式，条件不允许时，也可采用人工方式；

4 成品出入库应能在移动终端上操作，具备数据自动采集和手动采集功能；

5 成品库数据应实时更新，具备高效的检索方式，具有异常数据提醒功能。

5.2.12 物流管理应具备登记物流信息、查阅发货信息、更新物流状态和签收信息等功能，宜采用自动采集录入数据。

5.2.13 资料管理应符合以下规定：

1 资料应包括原材料质量验收记录、预埋件质量验收记录、模具质量验收记录、隐蔽工程验收记录、混凝土质量验收记录、混凝土浇筑记录、混凝土养护记录、构件脱模强度检测记录、构件修补记录、成品验收记录、构件养护记录、构件出厂验收记录等；

2 具备资料模板导入和编辑的功能；

3 能根据记录的数据自动套用模板生成资料；

4 能根据指定的要求批量生成、打印资料；

5 已打印资料具备版本锁定功能，防止再次打印时出现数据前后不一致的情况。

6 检验报告能根据生产批次自动匹配，且可授权进行手动修改。后台应保留修改记录，便于追溯。

5.2.14 生产信息化管理系统应具备扩展功能，可根据管理需要增加人员管理、设备管理、安全管理、视频监控等功能，为实现自动化、智能化生产创造条件。

5.3 安装

5.3.1 混凝土塔筒安装信息化管理应包括项目管理、计划管理、运输管理、现场物料管理、安装管理、进度动态管理、质量管理、定额及成本管理等。

5.3.2 混凝土塔筒安装施工单位应及时录入项目基本信息，包括项目名称、项目地址、项目机位编号、各机位混凝土塔筒构件编号数量、安装施工物料、人员、设备机具等信息。

5.3.3 混凝土塔筒安装施工单位应根据项目策划书和项目合同编制施工计划，

依据计划安排混凝土塔筒构件的工厂生产和现场安装施工，通过计划对进度进行控制。混凝土塔筒安装的计划管理应符合以下规定：

1 应根据项目进度计划的总要求，编制混凝土塔筒安装施工计划，并对安装施工计划进行编码管理，建立安装施工计划与安装施工进度信息、质量信息、安全信息等的信息化管理关系。

2 应根据现场土建施工进度，对构件进场计划、施工设备机具进场计划、安装进度控制计划等进行动态调整。

3 构件进场计划应包含机位点、构件编码、进场顺序、进场时间等信息。

4 计划管理应满足多层计划管理和动态交互的要求。

5.3.4 运输管理应按混凝土塔筒安装计划的要求制定运输计划，应建立运输计划与混凝土塔筒构件信息、发货清单、出厂检验、运输状态、构件进场验收之间的信息化管理关系，并应符合下列规定：

1 混凝土塔筒构件的运输宜结合全球定位系统技术、二维码技术等，对构件的运输状态进行实时跟踪。

2 混凝土塔筒构件运输应按照安装固定要求进行绑缚及接触面保护，确保构件运输稳固，避免磕碰破损、污渍影响构件质量。

3 混凝土塔筒构件运输至目的地后，应由现场管理人员扫描核对发货清单，检查随车资料，并对构件外观进行检查验收，签收确认，并及时上传至信息化管理系统。

4 混凝土塔筒构件运输进场后，应及时卸车堆存，集中存储于指定场地，并按照项目物料进行入库管理。

5.3.5 现场物料管理应包括施工机具管理和材料管理，包含安装施工器具、安装施工物料、混凝土塔筒构件等，宜结合二维码、条码等信息化技术收集并录入物料进出场和耗用信息，并应符合以下规定：

1 现场物料管理应根据现场物料BOM清单与采购计划进行对比分析，依据进度管理信息及时调整进、退场时间及采购数量；

2 应根据物料需求量计划，组织货源，确定生产厂家、供应地点和供应方式，签订供应合同、制定运输计划和运输方案；

3 现场物料管理中的供应合同、施工机具和材料等应进行编码并录入信息化管理系统，实现现场物料的信息化管理。

5.3.6 安装管理应按混凝土塔筒安装施工计划要求，组织现场物料采购、运输与进场管理，并对安装施工人员的施工作业过程、测量结果进行视频影像记录和结果录入，并形成安装施工记录文件，并应符合以下规定：

1 混凝土塔筒安装施工前，建设单位应组织多方参建单位及监理单位进行

基础交接验收，并将基础顶板中心位置、预留槽口尺寸、表面平整度、预埋件位置、预应力预埋管位置及分度圆尺寸、预应力锚垫板位置及倾角、锚垫板承压混凝土密实性等重点项验收结果录入安装信息化管理系统，并形成验收过程视频影像记录，各方在线签署验收意见：

2 混凝土塔筒拼环施工前，安装单位应测量调整拼环工装安装位置和表面平整度，满足偏差要求方可进行塔筒构件拼环施工，并将测量结果录入信息化管理系统；

3 混凝土塔筒拼环施工前，应按照库存管理要求，将对应构件和内附件、施工材料等扫码领用出库，并检查表面质量。拼环施工应按照工艺技术要求进行，拼环施工完成后，应测量拼环尺寸偏差，包括环段底部、顶部直径，上表面平整度、错台尺寸等。并将拼环连接螺栓施工力矩值、尺寸测量偏差、表面质量、内附件安装等结果录入安装信息化管理系统。

4 混凝土塔筒底环安装施工前，应基础安装平面调平，并测量定位安装定位线，底环安装前应进行视频影像记录，将测量结果和视频影像录入安装信息化管理信息系统；

5 混凝土塔筒环段安装应使用高精度激光水平仪、全站仪、GPS等高精度测量设备，实时测量并记录每个环段的安装就位坐标、垂直度、同轴度、标高、接缝间隙等关键安装尺寸偏差，并对水平缝坐浆抹平质量进行视频影像记录，将测量结果和视频影像录入安装管理信息化系统；

6 预应力施工应记录施工进度、预应力张拉顺序、伸长量等信息，并对施工过程的预应力张拉值、稳压时间、混塔顶部水平度变化等数据实时采集并上传，并与设计值进行自动比对校验。预应力孔道灌浆时，应对灌浆过程中的压力、流量、水胶比、稳压时间等关键参数进行自动采集和数据上传。

5.3.7 混凝土塔筒安装施工过程中，应对实际进度信息和数据进行实时采集、智能分析与协同管控，提升管理效率与决策科学性，并应符合以下规定：

1 安装管理信息化系统应具有模拟安装功能，应能够根据现场实时进度数据采集，动态更新安装进度和质量状态；

2 安装管理信息化系统应能够自动对比计划进度和实际进度，提供进度对比甘特图或模拟模型着色图，实现进度可视化动态管理。当偏差超过预设阈值时，应能够自动预警；

3 应根据进度偏差预警，形成进度偏差分析报告，并及时调整项目进度计划，并根据调整后的进度计划合理有序地对人员、施工机具和物资进行有效调配。

5.3.8 质量管理应包括混凝土塔筒构件、安装施工物料的进场验收及安装施工

过程中的质量控制，并应符合以下规定：

1 混凝土塔筒安装施工应明确质量验收计划和验收标准，并在系统中建立质量验收要求；

2 应将物料检验验收和安装施工过程检验验收结果和相关资料上传系统，并对上传质量信息进行分析处理，对可能产生的质量问题进行预警，提前进行质量问题的预防和纠正；

3 对质量问题分析和处理时，应对质量信息和质量问题进行汇总分析，并在虚拟安装施工模型中进行记录，为混凝土塔筒全生命周期质量管理和安全健康分析提供依据。

5.3.9 安装信息化管理系统宜具备定额及成本管理功能，规范项目成本精细化、动态化管控，提升项目效益。

5.4 验收和交付

5.4.1 混凝土塔筒安装施工完成后，应以单台塔筒为一个单位工程，组织进行竣工验收，验收内容包含塔筒构件、拼装、安装、预应力施工验收，应符合《风力发电机组钢混塔筒安装与验收技术规程》T/CCPA 59-2025的相关规定。

5.4.2 竣工验收时，应对过程采集的信息进行整理分析，并将完工信息导入信息化管理系统，最终形成可交付的完整的竣工验收信息化管理模型。竣工验收信息化管理模型应与工程实际状况一致，宜基于安装施工过程中实际信息形成，并附加或关联相关验收资料及信息。

5.4.3 竣工验收应基于过程管理采集的数据信息形成电子文档，该文档应作为竣工交付资料的组成部分。塔筒安装施工过程应按照《风力发电机组钢混塔筒安装与验收技术规程》T/CCPA 59-2025的要求，形成安装施工过程记录和竣工验收记录。

5.4.4 混凝土塔筒竣工交付应形成完整的数字化交付文件包，包括项目信息、设计文件、原材料检验验收记录、生产过程质量控制和验收记录、安装过程质量控制和验收记录、视频影像资料、竣工验收报告和结论等，应确保数据的完整性、准确性和可读性。竣工验收相关单位应组织进行数字化验收和资料交付，并在安装信息化管理系统完成电子签认

5.4.5 竣工交付资料和数据应电子化存储，形成数字文档。资料和数据格式应为开放、通用的国际标准格式，确保资料和数据的可读性，并应分类管理，设置访问权限，确保数据安全。

5.5 运维监测

5.5.1 风电混凝土塔筒运维监测信息化管理是在风机发电运行后，开展的安全风险防控和运维管理，确保塔筒正常服役运行。运维监测主要内容包括混凝土塔筒运行寿命周期内的日常检查与维护、定期检查与维护、结构健康监测，以及结构状态评估与安全预警等。

5.5.2 运维单位应按照《风力发电机组钢混塔筒维护技术规程》T/CCPA 60-2025的要求，进行塔筒的日常检查与维护、定期检查与维护，并将检查与维护结果形成运维记录，并将运维记录上传至运维监测信息化系统。

5.5.3 运维单位宜采用智能传感器、图像采集与智能识别等信息化技术，提升塔筒运维检查的效率和准确性。

5.5.4 塔筒结构健康监测应根据各方的监测要求，结合塔筒结构特点、设计文件要求、塔筒结构损伤及安全评估、现场及周边环境条件等因素，制定详细的塔筒结构健康监测方案。

5.5.5 塔筒结构健康监测系统主要由传感器子系统、数据采集与传输子系统、数据存储与处理子系统、数据预警与结构评估子系统构成，通过系统管理软件将各子系统的软、硬件集成整合为结构健康监测系统。

5.5.6 塔筒结构健康监测的传感器可分为环境监测和结构响应两类。环境监测类包括温度、湿度、风速风向等，结构响应类包括振动、应力、应变、变形、沉降、索力、裂缝等，应按表5.5.6合理选择监测类别和传感器。

表5.5.6 监测类别与传感器类型表

监测类别		传感器类型
环境监测类	风速风向	风速仪、风压计
	温度	温度传感器
	湿度	湿度传感器
结构响应类	振动	加速度传感器、速度传感器、光纤光栅传感器
	变形	倾角仪、GPS、位移计、压力变送器、光纤光栅传感器
	应力	压力传感器、压力环、光纤光栅传感器
	应变	振弦式应变传感器、光纤光栅应变传感器、电阻式应变传感器
	索力	加速度传感器、磁通量传感器、压力环、光纤光栅传感器
	裂缝	裂缝传感器、光纤光栅传感器、导电涂料传感器
	沉降	倾角仪、静力水准仪

5.5.7 传感器的选型应满足量程、精度、分辨率、灵敏度、频响特性、稳定性、耐久性和环境适应性等要求，应符合表5.5.7-1、表5.5.7-2、表5.5.7-3及相关标准

规范的有关规定，并应便于现场安装和系统集成。

表5.5.7-1 索力传感器主要技术指标

项目	技术指标
测量范围	1.2倍钢绞线设计最大索力值
精度	$\leq \pm 1.0\%FS$ （满量程）
分辨率	$\leq \pm 0.1\%FS$
运行环境温度	$-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$
防护等级	$\geq IP67$

表5.5.7-2 振动、倾角、加速度传感器主要技术指标

项目	技术指标		
	加速度传感器	倾角传感器	振动传感器
测量范围	$\pm 1g$	$\pm 15^{\circ}$	0.2~100 Hz
采样频率	≥ 50 Hz	10分钟/次（静态）	10分钟/次
		1Hz（动态）	
精度	1mg	0.001°（静态）	0.01Hz
		0.01°（动态）	
分辨率	0.1mg	0.0001°	0.001Hz
运行环境温度	$-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$		
防护等级	$\geq IP67$		

表5.5.7-3 应变传感器主要技术指标

动态应变传感器		静态应变传感器	
项目	技术指标	项目	技术指标
灵敏度	$500\mu\epsilon/mV \cdot V^{-1}$	测量范围	$\pm 1500\mu\epsilon$
测量范围	$\pm 3000\mu\epsilon$	精度	0.1%FS
非线性误差	$\leq \pm 2\%.F.S.$	分辨率	$1\mu\epsilon$
运行环境温度	$-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$	运行环境温度	$-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$
防护等级	$\geq IP67$	防护等级	$\geq IP67$

5.5.8 数据采集设备应根据传感器输出信号类型、范围、兼容性、采样频率、精度和分辨率等要求进行选型，并与采集、传输软件功能相适应。数据采集设备的功能和技术指标并应满足以下要求：

- 1 数据采集模块应具备连续采集、触发采集及定时采集功能；
- 2 传感器输出信号为数字信号的，可选用基于RS485、CAN、Modbus、TCP或UDP等分布式数据采集设备，并兼顾传输距离、传输带宽和速率；
- 3 模拟电信号宜选用4mA~20mA和-5V~5V等标准工业信号，可选用基于PCI、PXI等技术的集中式数据采集设备，并进行光电隔离，以增强抗干扰能力；
- 4 光信号数据采集应采用专用的光纤解调设备，应根据波长范围、采样通道和采样频率进行选型，光纤光栅波长分辨率应 $\leq 1\text{pm}$ ，扫描频率应 $\geq 50\text{Hz}$ ；
- 5 静态模拟信号宜选用多路模拟开关、采样保持器进行多路信号采集；
- 6 动态信号应选用抗混滤波器进行滤波、降噪；
- 7 采集仪的技术性能指标应符合表5.5.8的要求。

表5.5.8 采集仪的主要技术指标

项目	技术要求
处理器主频	$\geq 700\text{MHz}$
存储容量	$\geq 16\text{G}$ （支持至少 1 个月的原始数据本地存储）
采样频率	$\geq 100\text{Hz}$ （满足动态索力监测需求）
通道数	按监测点数量配置
输入量程	$\geq \pm 10\text{V}$
采样方式	FPGA 侧硬件实现 us 级并行独立同步采集
ADC 位数	24 位
动态范围	$\geq 120\text{dB}$
供电	9~36V 宽压
工作温度	$-40^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$
防护等级	$\geq \text{IP67}$ （配备保护箱）
整机功耗	$\leq 10\text{W}$

5.5.9 数据采集软件应具备传感器数据实时采集、自动存储、缓存管理、及时反馈、自动传输功能，以及与数据库系统和数据分析软件进行稳定和可靠通信，可以对传感器输出信号和采集传输设备运行状况进行检测和识别。

5.5.10 数据传输方式可以分为有线和无线两种方式。数据传输系统应具有对各种数据接收、处理、交换和传输的能力，数据传输系统应保证可靠性、高效性

及数据传输质量。数据传输还应满足以下要求：

- 1 电信号的数据传输应采用屏蔽电缆，传输衰减损失应小于1db/30m；
- 2 传感器输出为模拟信号，且传输距离较短时，宜直接进行模拟信号传输；
- 3 传感器和数据采集设备的数据传输，宜采用工业以太网标准。
- 4 由数据采集设备至集中传输点设备，可采用有线传输方式、无线传输方式或两者相结合的方式；
- 5 由集中传输点至监控中心或云平台的数据传输可采用光纤传输技术、微波中继传输技术、移动互联网或使用已有通讯线缆。

5.5.11 结构健康监测信息化管理系统应建立数据库，存储从采集系统收集到的实时数据和历史数据，进行数据处理和分析，并将处理及分析结果进行存储和管理。数据库宜采用模块化架构设计，按照功能和业务类型对项目信息、监测系统信息和监测数据进行分类存储和管理。

5.5.12 数据处理软件应具有数据处理分析功能，包括对数据滤波、降噪、特征提取、转换等处理，以及数据的统计分析和特殊分析。

5.5.13 结构健康监测信息化管理系统应对监测项设置相应的统计阈值，当监测数据超过统计阈值时，系统应同步对各监测类型的监测数据进行标记和存储管理；系统还应设置超限阈值，并具备以下功能：

- 1 当监测数据超过各级超限阈值时应同步报警，报警功能应具备实时和自动报警功能，以及发布、调整和解除报警功能，并在系统软件界面展示报警信息；
- 2 应根据监测数据超限程度，设置超限报警等级进行管理，一般可设置为三级，如表5.5.13所示；

表5.5.13 超限报警等级设定表

超限报警等级	颜色标识	级别描述
1	蓝色	监测指标异于日常数据的平均水平，接近或超过塔筒正常使用条件界限值，但不会对塔筒结构安全、正常使用和运行安全产生影响
2	黄色	监测数据超出塔筒正常使用条件限值，且可能对塔筒结构安全、正常使用和运行安全产生显著影响
3	红色	监测数据已超出设计允许和规范规定，或者严重影响塔筒结构安全、正常使用和运行安全

3 超限阈值应基于监测数据历史统计值、设计值和规范容许值，考虑监测数据动态特征、统计特性，以及异常特征，兼顾混凝土塔筒定期检查及技术状况评定结果综合确定；

- 4 超限阈值应根据混凝土塔筒结构实际运行状况进行动态调整，当结构已

经进行承载力评定时，应采用基于相关测试结果修正的有限元模型计算理论值替代设计值；

5 结构监测数据超限阈值应根据塔筒的结构受力、运行安全和其他相关标准规范的要求设定，应符合塔筒结构设计要求；

6 监测系统报警功能应与混凝土塔筒运维形成协调机制，当出现报警时，应提醒运维单位采取检查、检测、限功率、停机等相应措施。

5.5.14 当采用无人机、爬壁机器人等设备对混凝土塔筒内外表面进行缺陷视频图像采集和识别分析时，应符合以下规定：

1 采用无人机或爬壁机器人进行巡检图像采集时，风机应停机运行，爬壁机器人宜设置安全绳，确保巡检活动设备安全；

2 无人机巡检图像采集宜具备三维立体自动建模和航线轨迹规划功能，实现快速定点拍摄，缺陷位置定位功能；

3 图像采集识别精度应满足缺陷识别精度要求，宜 $\leq 0.2\text{mm}$ 。图像识别软件宜具备缺陷自动识别功能，能够自动识别缺陷长度、宽度等尺寸，为混凝土结构健康状态评估提供依据。

5.5.15 混凝土塔筒结构健康状态评估应根据监测数据分析结果和结构有限元计算模型分析计算结果综合分析，进行结构损伤识别和状态评估，并应符合以下规定：

1 当混凝土塔筒出现结构异常、运维检测和监测过程中报警并发现明显病害、已有病害呈加速发展趋势、结构使用功能或使用范围发生改变的状况之一时，应对结构状态进行评估；

2 根据风机运行的荷载数据、混塔结构响应和变化的监测数据、运维检查和检测的数据，进行混塔结构健康状态评估。结构健康状态评估可分为结构构件异常状况评估和结构整体健康状态评估；

3 结构构件异常状况评估宜根据表征结构构件工作状态的监测数据，以及运维检查和检测数据结果进行；结构整体健康状态评估宜根据表征结构整体工作状态的检测数据和分析结果，以及运维检查和检测数据结果进行。

4 宜根据累积的历史监测数据统计分析、对比分析和趋势性分析结果，以及运维检查和检测结果，并与超限阈值比较，进行结构整体健康状态评估；

5 混凝土塔筒的结构健康状态评估宜通过修正后的结构有限元模型软件，进行计算分析和机器自主学习，实现智能化实时评估，并根据分析结果对结构健康状态评估结果进行修正。

5.5.16 监测设备的安装应符合以下规定：

1 监测设备的安装应安全可靠，警示标志应牢固、醒目，并便于后期维护；

2 监测设备宜采用防碰撞、防雷电、防水防潮、抗干扰、耐高低温等防护措施，以避免意外损坏，保障其稳定可靠运行；

3 传感器安装前应进行标定、校准或自校。传感器和测点位置应有编号，传感器应明确安装方向，表面安装宜采用焊接螺栓、防松螺栓固定方式，并应采取相应的防护措施。

4 采集设备安装应稳妥可靠，应安装在信号干扰和信号传输损失小的位置，或采取有效的屏蔽措施。

5 监测系统安装完成后，应进行系统硬件、软件和工具平台的集成与调试。系统调试分为单项调试和联合调试，调试完成后应出具调试报告。

6 监测系统验收应包括系统硬件验收、系统软件验收。监测承担单位提出验收申请，并出具安装和调试报告，由系统验收单位进行查验，并验收确认。

5.5.17 监测设备安装运行后，运维管理单位应建立监测系统巡查运维机制，巡检现场设备的工作状态，维护故障设备。

6 信息化管理系统

6.1 一般规定

6.1.1 信息化管理系统的建设应遵循完整、可靠、规范、安全、开放、实用、先进、可扩展和可移植的原则。

6.1.2 信息化管理系统的建设应符合现行国家标准《系统与软件工程 软件生存周期》GB/T 8566、《系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE）第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则》GB/T 25000.51以及《信息技术服务 运行维护第1部分：通用要求》GB/T28827.1的相关规定。且应遵循国家数据安全、网络安全相关法律法规及行业监管要求。

6.1.3 信息化管理系统宜包括数据平台、系统平台和应用系统。数据平台应满足准确性、完整性、及时性、一致性、安全性等要求。

6.1.4 信息化管理系统应建立数据安全防护机制，包括数据加密、访问控制、操作日志和备份恢复等功能，重要数据应异地备份，确保数据安全性和可靠性。

6.1.5 信息化管理系统应具备高度的可靠性，能够长时间稳定运行。

6.1.6 信息化系统实施单位应根据系统数据采集、传输、处理分析的要求，配置必要的硬件设备，包括高性能服务器、网络通信设备和终端采集设备，且应具备冗余备份能力。配置相应的信息化管理和操作人员，具备必要数据录入、查询、分析等基础能力。

6.1.7 信息化管理系统宜采用云计算、物联网、大数据和人工智能等技术构建，包括数据采集、网络传输、数据存储、应用分析和用户交互。

6.2 系统功能

6.2.1 混凝土塔筒信息化管理系统应具备用户管理、权限管理、符号库和代码等参数设置、历史数据储存和查询、日志管理、数据备份、数据修改更新与恢复等功能；

6.2.2 生产信息化管理系统应具备基础数据管理、项目管理、采购管理、生产订单管理、生产计划管理、原材料管理、质量管理、产量管理、堆场管理、设备管理、报表管理等功能。生产信息化管理系统应能在电脑、移动终端等多终端预览及操作，并支持采用扫码枪、移动终端、传感器等设备进行数据自动采集。

6.2.3 安装信息化管理系统应具备项目管理、计划管理、运输管理、物料管理、质量管理、进度管理等功能，并应满足以下要求：

1 应具备动态进度管理功能，应能够根据现场实际进度情况进行进度显示和进度调整；

2 宜具备实时数据采集和数字孪生虚拟施工功能，实时显示施工安装进度和质量；

3 应具备质量管理功能，能够记录存储现场安装质量数据和视频影像资料，并自动生成安装过程质量文件。

6.2.4 运维监测信息化系统应具备数据自动采集、存储和分析功能，能够对混凝土塔筒运行状态的各项监测数据进行分析、显示和预警，并宜具备结构安全健康状态评估功能，能够根据监测数据和运维数据，对混凝土塔筒服役状态进行计算分析和评估。

6.2.5 混凝土塔筒信息化管理系统的网络体系设备应具备以下功能：

1 联网功能，能够通过网络连接到生产、安装、运维监测等信息化管理系统；

2 实时接收数据功能，出现网络故障系统能够发出数据接收超时警告；

3 时钟校准功能；

4 断点续传功能

5 数据校验功能；

6 开机和关机请求功能。

6.3 接口标准

6.3.1 信息化管理系统接口标准应符合现行国家标准《数据安全技术 数据接口安全风险监测方法》GB/T 46796、《应用软件接口标准编写技术要素》GA/T 1293的规定。

6.3.2 信息化管理系统各子系统间应有对应的应用程序编程（API）接口标准和数据接口标准，子系统间的数据接口标准宜与数据平台的数据架构一致，具备互相转换的功能。

6.3.3 信息化管理的软件系统架构宜选用浏览器/服务器（B/S）架构，并应符合应用环境要求，实现跨平台应用。

6.3.4 基于互联网应用架构的子系统API接口可采用RESTful，Windows应用子系统的API接口可采用COM组件或动态库。

7 数据管理及系统运维

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土塔筒信息化管理系统应用单位应建立健全适应信息化管理的制度和组织架构，相应岗位的人员应具有熟练使用信息化管理系统的功能。

7.1.2 信息化管理部门或人员应统筹系统数据管理与系统运维工作，制定运维计划、数据安全策略、系统故障应急处置等，并组织系统运维培训与考核，提升相关操作人员水平。

7.1.3 信息化管理系统的功能管理操作与系统运维活动应全程留痕，确保问题可追溯、责任可界定。

7.1.4 信息化管理系统应建立系统数据库，满足多用户协同操作的基础要求，实现数据集中规范化管理，保障数据准确性和一致性，以及数据溯源与安全管控，支持系统技术升级迭代。

7.2 数据管理

7.2.1 数据采集应遵循“源头准确、按需采集”原则，明确数据采集范围、字段定义、格式标准及采集频率。数据采集以自动采集为主，人工录入为辅。并应符合以下规定：

1 采集数据需经过校验，包括格式校验、逻辑校验、完整性校验，校验不通过的数据应退回修正，严禁无效数据、错误数据进入系统；

2 自动采集数据应配置采集任务监控，确保采集过程稳定。采集的数据应直接接入系统，避免人工干预，确保数据原始性；

3 人工录入数据应设置录入权限和操作日志，支持数据溯源。数据录入时需录入人、复核人双人签字确认，确保数据准确性，复核不通过数据不可提交，需检查修正后方可重新录入；

4 数据录入需关联唯一标识，如项目编号、构件编码、设备编号等，确保每一条数据可追溯至具体实体，无关联标识数据系统应拒绝接收；

7.2.2 数据传输宜选择稳定可靠的传输设备，并遵从TCP/IP协议，并应符合以下规定：

1 数据传输宜采用数据加密协议，敏感数据不应明文传输；数据传输过程中应设置超时重试、断点续传机制，确保数据传输完整性；

2 跨系统数据传输应建立数据接口规范，明确接口地址、传输格式、校验规则及传输频率，接口访问需进行身份认证和权限控制；

3 数据传输完成后，应进行数据一致性校验，发现差异及时处理。

7.2.3 数据存储应根据数据敏感度、访问频率、生命周期等特性，选择合适的存储分级策略，并应符合以下规定：

1 敏感数据宜采用加密存储方式；

2 数据库宜进行规范化设计，满足3NF，便于查询，减少数据冗余；宜具有良好的结构、性能可扩展性和适度冗余，并宜有认证和授权机制保护数据；

3 存储设备应定期进行健康检查，监测存储设备健康状态和存储容量，避免存储故障导致数据丢失。

7.2.4 混凝土塔筒信息化管理系统数据备份应符合下列规定：

1 信息化管理系统应制定数据备份策略，明确系统数据备份功能类型，如全量备份、增量备份、差异备份等。宜支持异地备份；

2 数据备份应确定备份数量、备份频率及备份保存周期，系统应能够将数据自动分类保存到存储介质中，备份数据宜定期进行可用性校验；

3 系统备份宜考虑网络带宽对系统运行性能的影响。

7.2.5 数据恢复应经授权管理人员审批，恢复过程应全程记录。数据恢复后应进行数据一致性校验，确保恢复数据可以。

7.2.6 数据销毁应符合下列规定：

1 数据销毁应遵循“谁产生、谁申请、谁销毁”的原则，过期数据、冗余数据需销毁时，应由业务部门提出，授权管理人员审批后实施；

2 数据销毁应根据存储介质类型选择合适的销毁方式，如硬盘物理粉碎、数据覆写、数据库彻底删除等，确保数据无法被恢复；

3 数据销毁过程应全程记录，包括销毁数据名称、数量、存储介质类型、销毁方式、销毁时间、执行人、监销人等信息，存档备查。

7.3 系统运维

7.3.1 相关使用单位应编制信息化管理系统运维管理制度、故障响应和应急处理流程及方案，制定运维巡检计划。系统开发单位应制定系统运行维护技术文件，包括操作手册、系统维护手册，系统架构手册等常规运维指导文件。

7.3.2 运行与维护的对象包括网络系统、云平台、主机、存储系统、数据库、软件系统等。应定期对信息化管理系统的相关硬件进行维修、保养和检修。

7.3.3 运行与维护人员应具备必要的专业技术能力，并定期进行技术培训。

7.3.4 运行与维护的全部过程宜进行记录和存档，并对每次故障记录进行分析。

7.3.5 应定期对信息化管理系统进行性能评估，分析服务器、内存、网络带宽等性能瓶颈，并对系统进行优化设计和升级，提升系统运行和处理能力。

8 信息安全

8.0.1 系统运行环境应符合国家信息安全保密管理规定。应具备基本信息安全功能和运行环境，提供信息加密传输、防火墙技术、入侵检测、权限管理等功能。

8.0.2 应从身份认证、访问权限、对话确认、合法性检查、数据库事务机制、系统日志等方面保障录入数据的真实、有效、完整和一致，并及时备份和维护数据。

8.0.3 系统信息安全宜符合GB/T 22239、GB/T 25070和GB/T 22080的相关规定，网络安全等级不宜低于二等级保护要求。

8.0.4 系统应自动记录权限操作日志、用户访问日志、系统操作日志，确保操作过程可追溯。

8.0.5 宜对系统数据进行分级分类管理，将数据分为核心数据、敏感数据、一般数据，系统应对不同类别数据进行数据加密，对存储期限和查阅权限等进行分级分类管理。数据销毁应采用多次覆写或物理粉碎方式，确保无数据泄漏风险。

8.0.6 系统应布置防火墙和入侵防御系统，禁止未授权IP访问，拦截恶意攻击。终端用户需安装杀毒软件，定期查杀病毒，尽量避免使用公共网络访问系统，避免终端被入侵导致数据泄密。

8.0.7 宜对系统进行定期信息安全审计，检查数据加密、权限管控、日志管理等落实情况，发现漏洞需制定整改方案，限期修复。

用词说明

为便于在执行本文件条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件允许时首先这样做的：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

引用标准名录

本文件引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本文件；不注日期的，其最新版适用于本文件。

《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982

《传感器通用术语》GB/T 7665

《系统与软件工程 软件生存周期》GB/T 8566

《条码术语》GB/T 12905

《网络安全技术 信息安全管理要求》GB/T 22080

《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239

《系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE）第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则》GB/T 25000.51

《信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求》GB/T 25070

《工业企业信息化集成系统规范》GB/T 26335

《信息技术服务 运行维护第1部分：通用要求》GB/T 28827.1

《信息技术 自动识别和数据采集技术 词汇 第3部分：射频识别》

GB/T 29261.3

《数字化转型管理 参考架构》GB/T 45341

《数据安全技术 数据接口安全风险监测方法》GB/T 46796

《标准数字化平台 第1部分：系统架构》GB/T 47012.1

《应用软件接口标准编写技术要素》GA/T 1293

《信息安全技术 云存储系统安全技术要求》GA/T 1347

《公路桥梁结构监测技术规范》JT/T 1037

《风力发电机组混凝土塔筒构件生产技术规程》T/CCPA 54-2024

《风力发电机组钢混塔筒安装与验收技术规程》T/CCPA 59-2025

《风力发电机组钢混塔筒维护技术规程》T/CCPA 60-2025

中国混凝土与水泥制品协会标准

风力发电机组混凝土塔筒信息化管理 技术规程

T/CCPA XX—202X

条文说明

制定说明

《风力发电机组混凝土塔筒信息化管理技术规程》（T/CCPA XX—202X），经中国混凝土与水泥制品协会 202X 年 XX 月 XX 日以第 X 号公告批准发布。

混凝土塔筒作为风力发电机组支撑塔架的重要组成部分，以其优异的力学性能在风力发电工程建设领域得到了广泛地应用。特别是近几年，随着国内风电建设领域的迅猛发展，以及风力发电机组大型化发展趋势，风力发电机组混合塔筒结构在我国的应用也越来越广泛。目前，国内对于预应力装配式混合塔筒生产、安装、运维监测等的过程信息化管理要求适用的标准接近空白。本文件是中国混凝土与水泥制品协会标准风电混塔系列技术标准的重要组成部分，用于规范和指导预应力装配式混合塔筒结构的生产、安装、运维监测等的全过程信息化管理要求，促进混凝土塔筒行业信息化管理水平快速发展。

本文件在编制过程中，编制组进行了充分的调查研究，总结了国内外风电混塔行业企业信息化管理的实际经验。在本文件的编制过程中，还参考了其他行业技术法规、技术标准。

为了便于广大混凝土塔筒行业生产、施工、工程质监、运维监测等单位有关人员在使用本文件时能正确理解和执行条文规定，《风力发电机组混凝土塔筒信息化管理技术规程》编制组按章、节、条的顺序编制了本文件的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	31
3	基本规定	32
4	信息化管理架构	33
4.1	一般规定	33
5	信息化管理要求	34
5.1	一般规定	34
5.2	生产	34
5.3	安装	34
5.5	运维监测	35
6	信息化管理系统	37
6.1	一般规定	37
6.3	接口标准	37
7	数据管理及系统运维	38
7.2	数据管理	38
7.3	系统运维	38
8	信息安全	39

1 总 则

1.0.1 风力发电机组预应力混凝土塔筒近年来市场应用发展迅速，技术迭代较快，对于预应力混凝土塔筒从生产、安装、运维监测的全生命周期的管理并没有形成一个基于推动行业发展的技术要求，特别是采用信息化技术提升管理水平在行业的应用和开发较为缓慢，本规程的编制旨在建立从生产、安装、运维监测的全过程信息化管理的基本要求，提升行业产业链企业和混塔全生命周期管理的信息化应用水平，推动行业技术进步。

3 基本规定

3.0.2 得益于我国近年来装配式建筑的快速发展，混凝土塔筒环片构件预制的生产信息化管理系统的应用较为普遍，大多数企业采用的是基于装配式建筑企业生产信息化管理的MES系统，但是混凝土塔筒环片构件的生产，有其产品特点和工艺的特殊性，对于生产的工艺管理、质量管理等，均应考虑其要求，对MES系统进行深度开发，以使其适应管理要求。

3.0.3 混凝土塔筒的安装过程信息化管理应用较为落后，然而，塔筒的安装过程质量控制对混塔的服役安全影响巨大，因此，对于安装过程的信息化管理要求，应引起行业的重视。采用信息化管理的技术手段，提升混凝土塔筒安装过程的施工组织计划、过程质量控制和质量验收的管理水平，对于提升混塔最终质量和结构运行安全至关重要。

3.0.4 运维监测信息化管理应覆盖混塔的运维管理和塔筒结构运行健康状态监测。业主基于对混塔运行过程的健康状态和混凝土缺陷对结构安全影响的关切，近年来大量安装结构监测系统，来实时监测混塔运行过程的各项参数，然而，混塔作为一种特殊结构，与建筑和桥梁的结构监测存在差异，需考虑混塔的结构受力特点，制定监测方案。同时也需要考虑监测数据对结构健康状态的评价，解决监测数据的有效性和实用性问题。对于混塔结构修复加固后的效果和安全，也可以采用监测信息化手段来进行评价。

4 信息化管理架构

4.1 一般规定

4.1.3 混凝土塔筒信息化管理系统的架构设计，需考虑产业链企业的多方参与要求，不管是在构件的生产阶段，还是在混凝土塔筒安装和运维阶段，均需考虑业主、总包、监理、主机厂家、安装施工单位等各方人员参与管理的实际需求，系统应能够满足多方参与管理的需求，进行系统的架构设计和开发。

5 信息化管理要求

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土塔筒信息化管理应实现混凝土塔筒的生产、安装环节的过程管理和质量追溯，以及运维监测过程的信息化管理，确保满足混塔全生命周期的信息化管理要求。

5.1.3 基于业务管理和信息安全的要求，需限制对系统信息和信息处理设施的访问，确保各授权用户对系统的访问，让用户承担保护其鉴别信息以及防止对系统和应用的未授权访问。各参与信息化管理的单位应明确职责分工和系统权限，建立数据协同机制，确保数据在各环节、各系统间的无缝传输，避免数据脱节和重复采集。

5.2 生产

5.2.2 在混凝土塔筒生产信息化管理过程中，应对管理过程的信息资源进行编码，确保其唯一性和可追溯性，便于在信息化管理过程中进行流转和资源共享。信息编码可采用二维码、条形码等方式进行，对于信息分类和信息编码，可参照有关国家标准、行业标准，结合各类信息内容的属性和特征，将信息按一定的原则和方法进行区分和归类，建立生产信息化管理的信息代码体系，保证信息交换的唯一性，以便管理和使用信息。信息编码应符合科学性、系统性、唯一性、规范性、实用性、扩展性等基本原则。

5.2.4 项目管理是混凝土塔筒信息化管理系统的基础功能模块，其信息可在生产、安装、运维监测信息化管理系统间进行信息流转和共享，以对项目过程管理信息进行共享，同时覆盖混凝土塔筒的全生命周期的过程管理，也是实现过程质量追溯的重要功能模块。

5.2.11 物流管理工作包括计划、组织、指挥、协调、管理等功能，采用信息化管理手段，能够大大提高物流管理工作的效率，做到过程跟踪、去向可追、动态调整、责任明确。

5.3 安装

5.3.7 混凝土塔筒在安装过程中，应采用信息化管理技术，提升安装施工管理效率。在安装信息化管理系统中，采用数字模型，对实际安装施工进度进行动

态实时显示，以便对塔筒安装进度进行动态管控，提升安装管理进度，提高作业效率的同时，有效进行施工计划安排和调整，降低施工成本的损耗。

5.5 运维监测

5.5.1 混凝土塔筒的运维主要包括日常的运维检查、定期运维检查等，主要运维检查内容和检查周期可以参考《风力发电机组钢混塔筒维护技术规程》T/CCPA 60-2025的要求。对于混凝土塔筒在运行过程中的质量缺陷问题，应进行专项运维和检查、检测，详细了解质量缺陷的位置、缺陷程度，以分析对混塔结构安全的影响程度。

5.5.2 风电混凝土塔筒日常检查与维护的主要内容有塔筒混凝土外观质量检查与维护；基础及混凝土塔筒的防水、回填土沉降检查、基础内部照明、接地、电缆及附属配件等的检查与维护；转换段锚栓及钢塔筒、安装螺栓的外观质量、松动检查与维护；预应力系统，包括预应力钢绞线、锚垫板、锚具防护罩、减振装置、转向装置等的检查与维护；塔筒附件，包括升降设备、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、安全与标志等的检查与维护。

定期检查与维护的主要内容有基础沉降观测、混凝土塔筒内外壁缺陷检查、转换段锚栓张拉力检测、钢塔筒连接螺栓扭矩检测、预应力钢绞线索力检测等。

5.5.3 智能传感器、图像采集与智能识别等信息化技术发展迅速，智能传感器的种类众多，能够有效监测塔筒的实时运行状态和参数。智能传感器技术在高层建筑、桥梁、重要建筑等领域的结构健康监测中应用众多，在混凝土塔筒中的应用，应根据塔筒结构特点进行监测方案设计。目前主要的监测类型有塔筒模态监测、顶部位移监测、混凝土应力应变监测、裂缝监测、基础沉降监测、索力监测、锚栓应力监测等。图像采集与智能识别技术在混塔行业中的应用近年来逐渐兴起，主要采用无人机、爬壁机器人等对塔筒外、内部混凝土表面进行图像和视频采集和智能识别分析，来判断混凝土表面缺陷和变化情况，相比人工监测，有效提高了工作效率，也降低了作业风险。

5.5.6 对于索力和锚栓应力的监测，由于预应力钢绞线束和锚栓数量较多，全数监测的成本高，因此，行业通常采用抽样监测的方式，一般规定，监测数量不少于总量的20%，且不应少于4根，进行索力和锚栓应力监测；监测布设时，应采用对称布设方式。也可采用运维检测方式，定期对索力和锚栓应力进行定期运维检测。

5.5.8 采集设备的性能应与对应传感器性能匹配，并满足被测物理量的要求。

数据的采样频率应能反映并监测结构的行为和状态，满足结构健康监测数据的应用条件。混凝土塔筒的结构监测采取的是长期实时监测，分时段确定数据采样频率，应能够满足监测精度、数据分析、安全预警以及结构评估的要求，若监测数据达到预警值或发生异常情况应增加监测采样频率。

5.5.9 数据采集软件应具备各类传感器信号的自动采集和自动上传功能，还应具备原始数据本地暂存功能，能够在网络故障和突发事件情况下将数据自动存储在采集仪或本地计算机，并可在恢复后续传数据。同时还应能够接收监测参数调整的指令，进行数据采样频率、采集通道、采集参数以及监测数据处理参数的自定义调整设置功能，并记录、备份相关的调整指令。

5.5.11 数据库设计应遵循数据库系统的可靠性、先进性、开放性、可扩展性、标准性和经济性的基本原则。应保证数据的共享性、数据结构的整体性、数据的安全性、数据库系统与应用系统的统一性。

5.5.12 统计分析包括最大值、最小值、平均值、均方差、累计值等，特殊分析包括荷载谱分析、模态分析、疲劳分析等。数据处理软件应具有数据备份、数据检索查询、清除以及故障恢复等功能。

5.5.13 采用红、黄、蓝三色预警体系，对混塔监测数据超限进行报警等级设定，参考了国家应急管理和建筑、桥梁监测阈值超限报警管理等相关标准规范，管理简单且标识性强，对于监测系统报警设置简洁高效。

5.5.15 混凝土塔筒结构健康监测应实现对混塔结构状态评估的要求，结构健康状态的评估可分为安全预警与安全评估两方面，应基于监测和检测数据的分析结果进行。当需对混塔进行结构损伤识别评估时，应基于数据分析、模态参数分析与有限元模型修正的结果。对于运维监测的结构健康状态评估，应针对评估结果给出相应的运维建议或组织进行技术论证，给出结果判断和需采取的维保措施。

6 信息化管理系统

6.1 一般规定

6.1.1 系统应具备模块扩展功能，支持在生产、安装、运维监测核心系统的基础上，新增功能模块（如成本核算模块、进度追踪模块），扩展过程不得影响原有系统的稳定运行。各系统版本需同步记录变更日志，明确功能调整对其他关联系统的影响范围。

6.3 接口标准

6.3.1 接口开发需遵循《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》GB/T 22239 中的通信安全规定，采用 TLS1.3 协议加密传输，接口调用需通过令牌认证（Token 有效期 24 小时），防止未授权访问。同时应建立接口运行监测机制，实时监控接口调用成功率（要求 $\geq 99.9\%$ ）、数据传输完整性（采用 CRC32 校验），当接口故障持续超 30 分钟时，自动切换至备用接口（如主接口为 4G 传输时，备用接口切换为卫星通信），并推送故障告警至系统管理员。

7 数据管理及系统运维

7.2 数据管理

7.2.2~7.2.3 核心数据，如生产检测报告、安装验收记录、运维预警日志等，建议采用“本地+云端”双备份，本地存储保留近3年数据，云端存储 ≥ 20 年；非核心数据，如日常操作日志、临时监测数据等，本地存储 ≥ 5 年，云端存储 ≥ 10 年，到期后按规定脱敏，如采取删除项目名称、企业信息等措施，归档或销毁，销毁记录应留存3年以上。

建议数据备份策略，每日24:00自动进行增量备份，仅备份当日新增或修改数据，每周日24:00自动进行全量备份，备份数据存储于异地服务器，防止自然灾害导致数据丢失。

7.3 系统运维

7.3.5 运维管理人员应每日检查系统运行状态，包括服务器CPU使用率、内存占用、磁盘空间等，当CPU使用率 $\geq 80\%$ 、内存占用 $\geq 85\%$ 、磁盘空间 $\leq 10\%$ 时，应及时清理冗余数据，如过期日志等，扩容硬件，确保系统正常运行。

8 信息安全

8.0.7 建议每季度开展1次信息安全审计，检查数据加密、权限管控、日志管理等落实情况，发现如权限分配过宽、加密失效等安全漏洞，应及时制定整改方案，限期修复，信息安全审计报告应留存3年以上。