

陆上风力发电机组混凝土塔筒生产技术规范

Technical specification for onshore wind turbine concrete tower fabricate

(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

前 言

本规程是根据中国混凝土与水泥制品协会《关于下达2023年中国混凝土与水泥制品协会标准制修订计划（第四批）的通知》（中制协字[2023]55号）的要求，为指导和规范陆上风力发电机组混凝土塔筒构件的生产过程，由中国混凝土与水泥制品协会混塔分会组织起草编制完成。

本规程在编制过程中，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，编制了本规程。

本规程共分5章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 生产组织设计；5. 原材料；6. 构件生产；7. 试验室管理；8. 技术资料管理；9. 信息化管理；10. 安全生产及环境保护。

本规程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）。

主 编 单 位：中国混凝土与水泥制品协会风电混塔分会
上海电气研砣（木垒）建筑科技有限公司
北京天杉高科风电科技有限责任公司
浙江华东新能科技有限公司
内蒙古金海新能源科技股份有限公司
上海风领新能源有限公司

参 编 单 位：一重（黑龙江）风电混塔有限公司
巨杰科技发展集团股份有限公司
江苏正锐达新能源有限公司
远景能源有限公司
明阳智慧集团股份有限公司
中国广核新能源控股有限公司
协合新能源集团有限公司
中国三峡新能源（集团）股份有限公司
中国船级社质量认证有限公司
上海电气研砣（木垒）建筑科技有限公司分公司
一重上电（齐齐哈尔市）新能源有限公司

同济大学

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司

主要起草人：张后禅 钟 华 徐瑞龙 付 坤 黄张裕 宋 媛
孙莉丽 张明熠 赵学明 魏思航 高军峰 张信祯
王兆邻 郭丙善 曹周生 白海洋 梁 言 秦 廉
周瑞权 陈俊岭 彭文兵

主要审查人：史文超…。

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 基本规定	(3)
4 生产组织设计	(4)
5 原材料	(5)
5.1 一般规定	(5)
5.2 混凝土原材料	(5)
5.3 钢筋	(8)
5.4 预埋件	(8)
6 构件生产	(12)
6.1 一般规定	(12)
6.2 钢筋工程	(12)
6.3 模具工程	(15)
6.4 混凝土工程	(17)
6.5 构件质量检验	(20)
6.6 构件堆存运输	(22)
7 试验室管理	(24)
7.1 一般规定	(24)
7.2 仪器设备管理	(24)
7.3 人员管理	(25)
7.4 技术管理	(25)
8 技术资料管理	(27)
9 信息化管理	(29)
10 安全管理及环境保护	(30)
10.1 安全管理	(30)
10.2 环境保护	(30)
用词说明	(32)
引用标准名录	(33)
附：条文说明	(35)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(3)
4	Production organization design	(4)
5	Materials	(5)
5.1	General requirements	(5)
5.2	Concrete materials	(5)
5.3	Reinforcing bar	(8)
5.4	Embedded part	(8)
6	Component manufacture	(12)
6.1	General requirements	(12)
6.2	Reinforcement	(12)
6.3	Formwork	(15)
6.4	Concrete	(17)
6.5	Component quality inspect	(20)
6.6	Component stacking and transportation	(22)
7	Laboratory management	(24)
7.1	General requirements	(24)
7.2	Instrument management	(24)
7.3	Personnel management	(25)
7.4	Technical management	(25)
8	Technical data management	(27)
9	Information management	(29)
10	Safety management and environment protection	(30)
10.1	Safety management	(30)
10.2	Environment protection	(30)
	Explanation of wording	(32)
	List of quoted standards	(33)
	Addition:Explanation of provisions	(35)

1 总 则

1.0.1 为了加强陆上风力发电机组混凝土塔筒生产质量管理，明确技术要求，规范混凝土塔筒生产过程控制及质量管理要求，编制本规程。

1.0.2 本规程适用于陆上风力发电机组混合塔筒结构的预应力装配式混凝土塔筒的生产和质量控制。

1.0.3 陆上风力发电机组混凝土塔筒生产制造及质量验收，除遵守本规程规定外，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

用于承载风力发电机组塔筒结构中除基础外的底部混凝土结构。

2.0.2 塔筒构件 precast concrete tower components

在工厂生产制作的混凝土塔筒结构预制构件，简称塔筒构件；塔筒构件按外形区分，一般有整环型、半环型、1/4环型，以及其他形状塔筒构件。

2.0.3 转换段 transition section

混凝土塔筒与钢塔筒之间的连接段，转换段可以是混凝土结构，也可以是钢结构。

2.0.4 固定式生产工艺 fixed mold production process

混凝土塔筒构件生产时，采用将生产模具固定在地面或台座上进行生产组织的生产工艺。固定式生产工艺，各生产工序作业人员按生产工艺要求依次完成生产操作。固定式生产工艺适应性强，对生产场地要求较低，通过合理配置模具数量、生产人员数量以及优化生产工艺条件，能够合理有效组织生产。

2.0.5 流水式生产工艺 assembly line production process

混凝土塔筒构件生产时，采用将生产模具放置于流水线上，按工艺顺序流转进行生产组织的生产工艺。流水式生产工艺按照工序分段设置操作工位，模具在流水线上有序移动，完成构件的生产。流水式生产工艺对生产场地和设备的要求较高，一次性建设投入较大。但流水式生产工艺生产效率较高、生产用工需求较少，各工序生产操作人员在固定工序段进行生产操作，作业效率较高。

2.0.6 预埋锚栓 embedded anchor

在混凝土塔筒转换段中，预先安装埋置在混凝土中的锚栓系统，用于混凝土转换段与钢结构转换段或钢塔筒的安装连接。

3 基本规定

3.0.1 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，并建立完善的质量、职业健康安全与环境管理体系，以保证企业生产经营活动正常有序进行。

3.0.2 混凝土塔筒构件生产企业应具备必要的原材料、混凝土配合比及成品试验检验能力，设立企业试验室。企业试验室的试验检验能力应与企业的生产范围及能力相适应，为生产过程质量控制提供可靠的技术支持。

3.0.3 混凝土塔筒构件生产企业应建立完善的档案资料管理制度，生产过程的图纸、生产原材料质量证明文件及记录、生产过程质量控制文件及记录等应按照制度及时归档、有效保管。

3.0.4 混凝土塔筒构件生产企业应具备必要的技术能力，生产企业相关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。

3.0.5 混凝土塔筒构件生产企业应根据生产工艺技术文件的要求，对各工序岗位员工进行专业操作技能岗位培训。

3.0.6 混凝土塔筒构件生产企业，应按照质量体系管理要求，对生产设备、原材料、半成品和成品等进行标识，有序管理，标识系统应满足真实性、唯一性、溯源性要求。

3.0.7 混凝土塔筒构件生产企业宜在生产过程管理中应用信息化技术，提升管理效能。

3.0.8 混凝土塔筒构件出厂时，应进行出厂检验，并对检验合格的产品出具合格性证明文件。

4 生产组织设计

4.0.1 混凝土塔筒构件生产企业应根据生产场地条件、生产规模等选择合适的生产组织方式，按照固定式生产工艺或流水式生产工艺的技术特点，合理进行生产线工艺设计。

4.0.2 混凝土塔筒构件生产工艺应合理设计，工艺布置应综合考虑物料流转、生产工艺操作以及安全生产等要求，以构件生产便利高效、工艺操作流转顺畅为工艺布置图设计的首要原则。

4.0.3 混凝土塔筒构件的生产设备选型应能满足生产能力和工艺操作要求，且安装完毕后应试运行并组织验收，经验收合格后方可投产使用。生产企业应加强设备管理，做到定期维护保养，确保设备正常使用和安全运行，保障构件生产正常有序。

4.0.4 对于有特殊条件要求的生产线工艺设计，如露天生产、冬期生产等要求，应根据工厂所处地区气候条件等，合理进行生产工艺设计，并配置必要的生产辅助设施和设备，确保塔筒构件生产满足质量控制管理要求。

4.0.5 对于混凝土塔筒构件采用露天生产方式，应制定合理的露天生产作业制度，并加强生产工艺操作和质量管理，细化管理要求，注意高温、雨天、大风、低温等对构件生产质量的影响。

5 原材料

5.1 一般规定

5.1.1 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。

5.1.2 各类材料和部件在使用前应进行检验，包括来料检验和复检，来料检验项目应包括产品品种、规格、生产批次、外观、生产厂家等。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。

5.1.3 混凝土塔筒构件生产企业应制定材料管理制度，并应做到订货、存放、使用规范化。

5.2 混凝土原材料

5.2.1 水泥

应采用强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。对于混凝土设计强度等级在C60及以上混凝土塔筒，水泥宜采用强度等级不低于52.5级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥。水泥中氯离子的质量分数不应大于0.06%。

水泥进场时，应对其品种、出厂日期、代号、强度等级、包装或散装仓号等进行检查，并应对水泥的强度、安定性和凝结时间、细度等进行检验，检验结果应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

检查数量：按同一厂家、同一品种、同一代号、同一强度等级、同一批号且连续进场的水泥，袋装不超过200t为一批，散装不超过500t为一批，每批抽样数量不应少于一次。

检验方法：检查质量证明文件和抽样复验报告。

5.2.2 掺合料

1 粉煤灰宜选用I级或II级F类粉煤灰。粉煤灰进场时，应对粉煤灰的细度、需水量比、烧失量、含水量、三氧化硫、游离氧化钙、安定性等进行检验，检验结果应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596中的I级或II级的各项技术性能及质量指标的规定。

2 矿粉宜选用S95级或S105级粒化高炉矿渣粉。矿粉进场时，应对矿粉的密度、比表面积、活性指数、流动度比、含水量、三氧化硫、烧失量等进行检验，检验结果应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046中的S95级、S105级的各项技术性能及质量指标的规定。

3 当混凝土设计强度等级为C60及以上时，宜掺加硅灰。硅灰进场时，应

对硅灰的细度、二氧化硅含量、活性指数、需水量比、含水量、烧失量等进行检验，检验结果应符合《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690中的各项技术性能及质量指标的规定。

4 当采用复合掺合料时，复合掺合料进场时，应对细度、流动度比、活性指数、胶砂抗压强度增长比、含水量、氯离子含量、三氧化硫含量、安定性等进行检验，检验结果《混凝土用复合掺合料》JG/T 486的各项技术性能及质量指标的规定。

掺合料进场时，应对其品种、性能、出厂日期等进行检查。并应对掺合料的相关性能指标进行检验，检验结果应符合国家现行有关标准的规定。

检验数量：按同一厂家、同一品种、同一批号且连续进场的掺合料，其中粉煤灰、矿粉不超过200t为一批，硅灰、复合掺合料以不超过30t为一批，每批抽样数量不应小于一次。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

粉体掺合料的储存应注意防潮，严禁室外堆放。对于质量有怀疑或存放时间超过三个月的掺合料，应重新进行抽样检验，合格后方可生产使用。

5.2.3 骨料

1 粗骨料宜采用连续级配碎石，其最大公称粒径不宜大于25mm，且不应超过钢筋净距的3/4；粗骨料的泥粉含量不大于0.5%，其他质量指标应符合《建设用卵石、碎石》GB/T 14685中Ⅱ类以上粗骨料质量指标的有关规定，以及应符合《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的有关规定。

2 细骨料宜采用洁净硬质的天然砂或机制砂。天然砂的细度模数宜为2.3~3.2，机制砂的细度模数宜为2.5~3.5，且细骨料的含泥量应不大于2.0%，泥块含量应不大于0.5%，氯离子含量应不大于0.02%。当采用机制砂时，石粉亚甲蓝（MB）值应小于1.4，石粉含量不应大于10%，压碎指标值应小于20%。细骨料的其他质量应符合《建设用砂》GB/T 14684的有关规定。

3 对于有抗冻融等其他特殊使用环境要求的产品，其所使用的骨料应符合相关标准的有关规定。

检验数量：应按照砂或石的同产地同规格分批验收，采用大型工具（如火车、轮船或汽车）运输的，应以不超过400m³或600t为一验收批，每批抽样数量不应小于一次。当使用新产源的砂或石时。应按照企业质量控制指标要求及相关标准规范要求全面检验各项性能指标。

检验方法：每验收批砂或石应至少进行颗粒级配、含泥量、泥块含量检验；对于碎石，还应检验针片状含量；对于机制砂，还应检验石粉含量。质量检验报告应包括：样品名称、样品产地、代表数量、检验项目、检验结果、检验依

据、结论等内容。

5.2.4 外加剂

1 外加剂性能应符合《混凝土外加剂》GB 8076的规定，应满足混凝土配制强度、拌合物和易性及混凝土含气量等技术控制指标的要求。

2 减水剂宜选用聚羧酸系高性能减水剂，其性能应符合《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223的规定。

3 混凝土早强剂性能应符合《混凝土早强剂》T/CECS 10124的规定，混凝土防冻剂性能应符合《混凝土防冻剂》JC 475的规定。

4 外加剂与水泥和掺合料之间应有良好的适应性，并应经试验验证。

5 采用粉状外加剂时，不应有受潮结块现象；采用液态外加剂时，应储存在密闭容器中，并应防晒和防冻，当有沉淀等异常现象时，应经检验合格后方可使用。

6 混凝土外加剂进场时，应对其品种、性能、出厂日期等进行检查，并应对外加剂的密度、固含量、pH值、减水率等相关性能指标进行检验，检验结果应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的规定。

检验数量：按同一厂家、同一品种、同一性能、同一批号且连续进场的外加剂，不超过50t为一批，每批抽样数量应不少于一次。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

5.2.5 水

混凝土拌合用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定，采用饮用水作为混凝土用水时，可不检验；采用中水、搅拌站清洗水等其他水源时，应对其成分进行检验。

检验数量：同一水源检查不应少于一次。

检验方法：检查水质检验报告。

5.2.6 纤维

1 纤维的选用应通过试验验证，满足塔筒构件混凝土设计性能要求方可使用；

2 钢纤维的抗拉强度不宜低于1700MPa，其他性能指标应符合《混凝土用钢纤维》YB/T 151规定。钢纤维进场时，应对其表面质量、杂质含量、尺寸、形状合格率、弯折性能等指标进行抽样检验；

3 应根据设计和混凝土性能要求，选用适合类型的合成纤维。其中增韧用合成纤维的分散性、抗压强度比、弯曲韧性、抗冲击次数等性能指标应符合设计规定的技术指标要求，其他性能指标应符合《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》

GB/T 21120规定。合成纤维进场时，应对其外观、尺寸（直径和长度）等指标进行抽样检验；

4 玻璃纤维应符合《耐碱玻璃纤维勿捻粗纱检验标准》JC/T 572的规定，玻璃纤维进场时，应对其外观、线密度、断裂强度等进行抽样检验。

5 其他类型纤维的选用应通过试验验证，并符合相关标准规定。

6 各种纤维进场时应检查质量证明文件、形成抽样检验记录或报告。

检验数量：按同一厂家、同一品种、同一性能、同一批号、同一规格且连续进厂的纤维，钢纤维不超过20t为一检验批，当连续3批保持较高稳定水平时，可适当提高检验批数量，但不应超过50t为一批；合成纤维不超过50t为一检验批，每批抽样数量应不少于一次。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

5.3 钢筋

5.3.1 混凝土塔筒构件的钢筋采用HRB400及以上的热轧带肋钢筋或螺纹钢盘条钢筋，其质量应符合《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2中的有关规定。采用光圆钢筋时，其质量应符合《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1中的有关规定

5.3.2 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GB 1499.2或GB 1499.1中的有关规定。

检验数量：每批由同一牌号、同一炉罐号、同一尺寸的钢筋组成。每批重量通常不大于60t，超过60t的部分，每增加40t（或不足40t的余数），增加一个拉伸试验试样和一个弯曲试验试样。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告

5.4 预埋件

5.4.1 预埋吊件应选择碳素结构钢、优质碳素结构钢或合金结构钢。采用碳素结构钢时，其质量应满足《碳素结构钢》GB/T 700的规定；采用优质碳素结构钢时，牌号不低于Q235B，其质量应符合《优质碳素结构钢》GB/T 699的规定；预埋吊件采用合金结构钢，应选20Mn2或CM490型合金钢，其质量应符合《合金结构钢》GB/T 3077的有关规定。

5.4.2 预埋套筒采用销栓型预埋套筒、锚筋型预埋套筒，销栓、锚筋的材质宜选用热轧钢筋，牌号不低于HRB400，其质量应符合《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的规定。

预埋吊件及预埋套筒进场时，应对其外观、标记、外形尺寸、力学性能等

指标进行检验，检验结果应符合《预制混凝土构件用金属预埋吊件》T/CCES 6003-2021及相关标准规范的规定。

检验数量：按同一厂家、同原材料、同类型、同型式、同规格、同批号且连续进场的，每10000个为一检验批，不足10000个也为一检验批，进行抽样检验，抽样数量、检验方法及技术要求应符合T/CCES 6003-2021及相关标准规范的规定。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

5.4.3 预应力锚垫板采用合金结构钢，牌号不应低于Q355B，其质量应符合《低合金强度结构钢》GB/T 1591的有关规定。预应力锚垫板下螺旋筋采用热轧带肋钢筋，牌号不低于HRB400，其质量应符合GB 1499.2的有关规定。预应力预埋管采用碳素结构钢时，牌号不低于Q235，其质量应符合GB/T 700的有关规定；采用其他材料时，应符合相关材料的技术及质量指标的要求。

预应力锚垫板及螺旋筋、预埋管进场时，应对其外观、标记、外形尺寸等指标进行检验验收。检验结果应符合设计图纸要求及相关标准规范的规定。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件和检验验收报告。

5.4.4 混凝土塔筒转换段采用预埋锚栓结构时，锚板应采用合金结构钢，牌号不应低于Q355C。锚板所采用钢板质量分级应满足不低于《承压设备无损检验 第3部分：超声检验》NB/T 47013.3中I级板要求，当锚板采用多块焊接拼接而成时，焊缝应打磨平整并进行100%超声检验和磁粉探伤，焊缝的质量分级要求应符合《承压设备无损检验 第3部分：超声检验》NB/T 47013.3及《承压设备无损检验 第4部分：磁粉检验》NB/T 47013.4中的I级探伤要求。

裸露于混凝土外的锚板表面，应进行热喷锌处理，锌层厚度 $120\mu\text{m}\pm 80\mu\text{m}$ ，热喷锌检验及质量要求应符合《热喷涂 金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》GB/T 9793及相关标准规范的有关规定。锚板的其他位置可采用 $10\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ 的富锌底漆防腐。

锚板进场时，应对其外观、外形尺寸、加工偏差等指标进行检验验收。锚板表面不得有气泡、结疤、裂纹、折叠、夹杂、分层等质量缺陷，其尺寸偏差允许值应满足表5.4.4的要求或根据设计图纸要求执行，检验验收及加工偏差应符合设计图纸要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件和检验验收报告。

5.4.5 预埋锚栓应采用不低于8.8级高强螺栓，锚栓材料可采用35CrMo、40CrMo、42CrMo，其质量应符合《合金结构钢》GB/T 3077的有关规定；螺母

表5.4.4 锚板加工尺寸偏差允许值表

项目	尺寸偏差允许值 (mm)
内、外径	-1, +2
上锚板厚度	≤2或按设计图纸要求
下锚板厚度	-1, +2
上锚板上表面平面度	≤1.5mm/2000mm
上锚板下表面、下锚板平面度	1m范围内≤3
锚栓孔直径	按设计图纸要求
锚栓孔位置度	≤1.5

材料宜采用低合金钢或合金结构钢，其材料牌号等选择应符合《风力发电机组用锚杆组件》NB/T 10214的规定。垫圈原材料宜采用优质碳素结构钢，其材料牌号等应符合《优质碳素结构钢热轧钢板和钢带》GB/T 711的有关规定。

锚栓光杆部分表面不应有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、结疤、折叠等，锚栓光杆杆径和锚栓长度尺寸允许偏差应符合表5.4.5-1、表5.4.5-2的规定。锚栓的弯曲度应≤2.5mm/m，总弯曲度应≤0.25%总长度。

锚栓及螺母的螺纹基本尺寸和公差应符合NB/T 10214及相关标准的规定。

螺母、垫圈的尺寸允许偏差应符合NB/T 10214及相关标准的规定。

锚栓的力学性能应符合表5.4.5-3的规定。

表5.4.5-1 锚栓光杆杆径尺寸允许偏差

锚栓光杆杆径 d_s (mm)	尺寸允许偏差 (mm)
$20 < d_s \leq 30$	±0.30
$30 < d_s \leq 50$	±0.40
$50 < d_s \leq 80$	±0.60

表5.4.5-2 锚栓长度允许偏差

锚栓长度 L (mm)	尺寸允许偏差 (mm)
$L \leq 5000$	0~20
$5000 < L \leq 12000$	0~30

表5.4.5-3 锚栓力学性能

性能等级	抗拉强度 R_m (MPa)	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	断后伸长率 A (%)	硬度	
				维氏硬度HV30	洛氏硬度HRC
8.8	$R_m \geq 830$	$R_{p0.2} \geq 660$	$A \geq 12$	255~335	23~34
10.9	$R_m \geq 1040$	$R_{p0.2} \geq 940$	$A \geq 9$	320~380	32~39

锚栓采用涂油脂进行防腐处理时，应选择无粘结预应力筋用防腐油脂或低温润滑型防锈油，其性能应符合《无粘结预应力筋用防腐油脂》JG/T 430或《防锈油》SH/T 0692的规定；锚栓也可采用达克罗进行防腐，防腐处理后锚栓表面涂层硬度不低于4H，锚栓采用锌铬涂层进行防腐时，涂层应为银灰色锌铬涂层，涂层等级不低于《锌铬涂层技术条件》GB/T 18684规定的4级。锚栓中部光杆部分防腐处理后，应按照设计图纸要求安装热缩管或套管。

螺母、垫圈等锚栓组件可采用达克罗进行防腐处理，也可采用锌铬涂层进行防腐处理，质量要求与锚栓同类的防腐处理一致；采用发黑处理时，氧化膜性能应符合《化学转化膜 钢铁黑色氧化膜 规范和试验方法》GB/T 15519的规定；采用其他防腐处理方式时，应符合NB/T 10214及相关标准规范的有关规定。

锚栓及其组件进场时，应对其外观、标记、外形尺寸、加工偏差等指标进行检验验收。检验结果应符合设计图纸要求及相关标准规范的规定。同时抽取一定数量进行力学性能等检验测试。进场时应按照NB/T 10214提供出厂检验和型式检验报告。

检验数量：按同一厂家、同性能等级、同规格、同批次（同批次指锚栓原材料为同批生产，并且热处理同批加工）且连续进场，为一检验批，进行抽样检验。抽样数量、检验方法及技术要求应符合《风力发电机组用锚杆组件》NB/T 10214及相关标准规范的规定。

检验方法：检查质量证明文件和检验验收报告。

5.4.6 其他预埋件及材料质量及验收要求应符合设计及相关标准规范的规定。

6 构件生产

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土塔筒构件的生产应按照工艺布置设计和生产工艺操作要求进行。工厂应建立必要的质量管理体系和产品技术质量控制标准，编制生产技术手册指导产品的生产、成品的运输、堆放养护等。

6.1.2 混凝土塔筒构件在生产前应组织进行模具安装质量验收，检查模具尺寸偏差及安装精度、辅助工装等是否达到生产操作要求。正式投产前，应组织进行首件生产和验收。首件生产前，应对生产作业班组和质量管控人员进行详细的设计图纸、生产操作要求、质量控制要求交底。首件生产完后，应组织进行首件质量检验，重点检查构件尺寸偏差、预埋件尺寸偏差是否满足质量控制要求，以及模具的密封、拆装等是否满足模具设计要求，及时对不合格项进行整改和再验收。

6.1.3 混凝土塔筒构件生产应制定合适的产品信息标识要求和产品信息编码规则，编码应具有唯一性，以方便进行质量追溯。产品信息标识应包含工程名称、生产单位、生产日期、模具编号、产品标识及编码、质量标识及检验人员等信息。

6.1.4 构件的场内转运及发货运输应设计合适的加固工装，对构件进行安全加固，防止磕碰、倾倒等。应根据项目发货要求制定合适的发货运输装车方案、加固绑扎方案、运输路线、卸车堆放方案、吊车要求等，确保运输安全快捷、成本最优。

6.2 钢筋工程

6.2.1 钢筋应平直、无损伤、表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈斑。采用盘卷钢筋时，切断加工前应调直，调直宜采用无延伸功能的机械设备，调直钢筋不应有表面损伤、锤痕、局部弯折，钢筋横肋不应有损伤。盘卷钢筋调直后应进行力学性能和重量偏差等检验，力学性能应符合《钢筋混凝土用钢第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2的有关规定，断后伸长率、重量偏差应符合GB/T 1499.2及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

6.2.2 钢筋切断应采用无齿锯或切断机，不得采用电弧切割或氧炔焰切割；钢筋表面有损伤、锤痕、局部弯折或横肋损伤时，应切除。

6.2.3 采用焊接成型钢筋网时，宜采用电阻点焊工艺，电阻点焊工艺参数应根据钢筋直径及焊机性能等选择合适焊接电流。应按《钢筋混凝土用钢第3部分：

钢筋焊接网》GB 1499.3中的有关规定对钢筋骨架焊点质量、钢筋骨架制作质量进行抽样检验。

6.2.4 钢筋弯折加工时，对于HRB400带肋钢筋，弯折的弯弧内径不应小于钢筋直径的4倍；对于HRB500带肋钢筋，当直径为28mm以下时，弯折的弯弧内径不应小于钢筋直径的6倍；钢筋弯折后的平直段长度应符合设计要求及《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

6.2.5 钢筋连接可采用机械连接、焊接或绑扎搭接，相邻钢筋的连接接头应相互错开，具体要求按照《混凝土结构设计规范》GB 50010以及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的规定执行。当采用机械连接或焊接连接时，应按照《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的规定进行抽样检验和验收。采用机械连接时，螺纹接头安装后应按照《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的规定检验拧紧力矩；挤压接头应量测压痕直径，结果应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的规定。采用绑扎搭接时，接头的搭接长度应符合设计要求，当设计无规定时，钢筋的搭接长度应不小于35d（d为钢筋直径），且不小于300mm。

6.2.6 钢筋的切断和弯曲加工环境温度应不低于-20℃，钢筋焊接施工时，当环境温度低于-20℃时，不宜施焊。

6.2.7 钢筋半成品加工的形状、尺寸应符合设计要求，其偏差应符合表6.2.7的要求。应按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的要求进行抽样检验。

表6.2.7 钢筋加工的允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
钢筋下料长度	±10	尺量
箍筋外廓尺寸	±5	

6.2.8 钢筋骨架制作

1 应根据构件的配筋图，编制钢筋配料单，严格按照钢筋配料单进行钢筋半成品加工，并经抽样检验合格方可使用。

2 加工好的钢筋半成品应做好标识、分类堆放、做好防锈措施。

3 钢筋骨架制作应严格按照设计图纸进行。钢筋骨架尺寸应准确，钢筋规格、数量、位置和连接方法等应符合相关标准规定和设计文件要求。

4 钢筋骨架的制作，宜在工装架上进行，确保钢筋骨架加工尺寸和位置准确，提高生产加工效率。构件开口部位、吊钉等设计要求配筋加强部位，应按照设计图纸要求配置加强筋，加强筋应有两处以上部位绑扎固定。

5 钢筋骨架的固定，可采用绑扎工艺，也可采用焊接工艺，以及绑、焊结

合的工艺，提高施工效率，同时保证钢筋骨架牢固不变形。

6 采用绑扎工艺加工钢筋骨架时，扎丝宜采用镀锌钢丝。当绑扎钢筋直径在12mm以下时，宜用22号扎丝；当绑扎钢筋直径在12mm~25mm时，宜采用20号扎丝；当绑扎钢筋直径在25mm以上时，宜采用18号扎丝。绑扎拧紧后，扎丝的末梢应向内侧弯曲。

7 采用焊接成型钢筋骨架时，宜采用电阻点焊和电弧焊工艺。采用电阻点焊的工艺参数应根据钢筋牌号、直径及焊机性能等具体情况，选择变压器级数、焊接通电时间和电极压力；采用电弧焊时，焊条、焊丝和焊接工艺参数应根据钢筋牌号、直径以及焊接质量进行调整确定。焊接成型的钢筋骨架，应根据《钢筋混凝土用钢第3部分：钢筋焊接网》GB 1499.3、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18的规定进行抽样检验和验收。电弧焊接成型钢筋骨架生产作业时，操作人员应持有焊工证上岗作业。

8 钢筋骨架制作完成后，应进行质量检验，并做好分类和合格标识，分类堆放、做好防锈措施。

6.2.9 钢筋骨架安装

1 钢筋骨架安装前，应根据生产工艺操作的规定，预先安装内模面预埋件。预埋件的安装位置应准确，并满足方向性、密封性和牢固性等要求，并经质量检查合格方可进入下道工序。

2 钢筋骨架在整体转运、吊装就位时，应采用多点起吊方式，防止发生扭曲、弯折、歪斜等变形。吊点应根据形状、尺寸、重量及刚度确定。对多分片式钢筋骨架，宜采用两点起吊方式；对于半圆及整圆形环片钢筋骨架，宜采用四点起吊方式；尺寸大、刚度差的钢筋骨架，宜采用工装进行多点起吊。为防止吊点处钢筋受力变形，宜采用兜底吊或增加辅助工具的方式。

3 钢筋骨架入模前，宜预先安装保护层垫块。保护层垫块应根据钢筋规格和间距按梅花状安装，与钢筋骨架连接牢固。保护层垫块间距宜根据生产经验确定合适间距，但不宜大于1000mm。保护层垫块厚度尺寸偏差应符合构件设计保护层厚度允许尺寸偏差的要求。

4 钢筋骨架入模时，骨架钢筋应平直、无损伤、表面不得有油污、颗粒状或片状锈斑。入模安装时应轻放防止变形。

5 钢筋骨架入模安装完成后，应按照设计图纸及生产工艺操作的要求，安装其他埋件，并安装预埋件锚固钢筋等。

6 钢筋骨架安装完成后，模具合模前，应进行隐蔽工程检查验收，经检验合格并确认签字后，方可进入下道工序。

6.2.10 钢筋骨架加工及安装质量应符合表6.2.10中的要求。

表6.2.10 钢筋骨架制作安装尺寸允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
焊接钢筋网	长、宽	±25和规定长度和宽度的±0.5%的较大值	尺量
	网眼尺寸	±10和规定间距的±5%的较大值	尺量连续三档，取最大偏差值
	对角线差	规定对角线的±0.5%	尺量
绑扎钢筋网	长、宽	±10	尺量
	网眼尺寸	±20	尺量连续三档，取最大偏差值
钢筋骨架	长(弧长)	±10	尺量
	宽	±5	尺量
	竖向高度	±5	尺量
	水平(横向)钢筋间距	±10	尺量两端、中间各一点，取最大偏差值
	竖向(纵向)钢筋间距	±10	
	钢筋弯起点位置	≤20	尺量
	保护层厚度	±5	尺量
预留插筋外露长度偏差	-5, +10	尺量	
预埋件	中心线位置	5	尺量
	水平高差	≤2	塞尺、水平尺或激光水准仪测量

6.3 模具工程

6.3.1 混凝土塔筒构件生产模具宜采用钢制模具，应根据构件样式、生产工艺等要求合理进行模具设计，可采用立式模具，也可采用卧式模具。

6.3.2 模具应具有足够的刚度和稳定性，应能承受混凝土浇筑时的拌合物自重、侧压力、工作荷载以及其他附加荷载，定位及拉接件应具有足够的强度不变形。模具设计需考虑生产作业要求，应安装拆卸方便，设计必要的止浆措施保证构件外观质量。

模具与混凝土的接触面应平整、清洁，折角过渡处应平滑方便脱模。模具的预留孔洞应定位准确，孔洞大小应满足安装和止浆要求。内外模与底模及端模连接固定应紧密不变形，防止漏浆。

6.3.3 模具在出厂前，应在模具工厂进行试拼校正，满足验收质量及尺寸偏差要求，方可出厂运输至生产场地安装使用。模具外观质量及尺寸偏差验收应符合表6.3.3的要求。

表6.3.3 模具外观质量、尺寸偏差及安装质量要求

项目		质量标准/允许偏差 (mm)	检验方法
外观质量	表面	无凹凸、破损, 无锈蚀、焊瘤焊渣	观察
	焊接	焊缝均匀、饱满, 无夹渣、脱焊	
出厂尺寸偏差允许值	高度	±2	尺量
	弦长	±2 或设计值的 ±1/1500的较大值	
	弧长	±2 或设计值的 ±1/1500的较大值	
	倾斜度	≤构件高度设计值1/1500	采用激光水平仪投射底模边垂直线, 尺量模具顶面与底模垂直线之间的距离
	对角线	±2 或设计值的 ±1/1500的较大值	尺量
	底、端模面平面度	≤2	2米折叠靠尺与塞尺配合, 测量靠尺与模面间隙, 测6~8点数据, 取最大值
	预埋开孔位置	±2	尺量
	模具安装定位孔位置	±2	
安装尺寸偏差允许值	底模水平度	≤2	使用水准仪测量, 测6~8点数据, 取最大值与最小值差
	底模弦长	±2或设计值的±1/1500的较大值	尺量
	内外模弦长	±2或设计值的±1/1500的较大值	
	内外模面弧长	±2或设计值的±1/1500的较大值	
	分片构件模具对角线长	±2或设计值的±1/1500的较大值	
	内模倾斜度	≤构件高度设计值的1/1500	采用激光水平仪投射底模边垂直线, 尺量模具顶面与底模垂直线
	模具安装错台	≤2	尺量

注: 1 出厂尺寸偏差允许值检验项目既是模具组成构件质量验收要求, 也是工厂试拼组装后的模具质量验收要求。

2 本表检验项目表述参考立式模具, 当采用卧式模具时, 检验项目表述根据实际调整, 允许尺寸偏差应满足本表及设计要求。

6.3.4 模具应安装在混凝土或钢制底座上, 安装底座应具有足够强度, 不应凹陷和下沉。安装时底模应调水平并与底座固定牢固, 不松动、不变形, 模具其他部件应按照设计图纸要求安装和校正。模具安装尺寸偏差控制应符合表6.3.3的要求。

6.3.5 模具安装后初次使用, 及超过6个月未生产, 重新启用时应进行模具安装

偏差测量，消除不合格项。应按首件制作验收制度进行构件质量检验，并校验模具安装质量直至满足要求。生产过程中，应根据构件质量检验偏差，及时调整模具安装质量。

6.3.6 脱模剂应根据脱模及排气泡效果，选择水性或油性脱模剂。涂刷脱模剂前，模具表面应清理干净，无残留混凝土或锈斑等影响表面质量残渣。脱模剂涂刷应均匀，厚度应满足要求。脱模剂不应污染钢筋表面，且不应影响脱模后混凝土表面处理要求。

6.3.7 钢筋骨架及预埋件安装后，应进行隐蔽工程检查，检查保护层垫块、钢筋骨架安装质量、预埋件数量及规格、预埋件安装固定质量等，并经检验验收合格后方可进行下道工序施工作业。

6.3.8 合模前，应检查密封止浆措施是否完好。合模后，应检查尺寸偏差、连接固定质量等，检验合格后方可进行下道工序施工作业。

6.4 混凝土工程

6.4.1 水泥、掺合料、外加剂及砂石等原材料进场时应取样并按要求进行检验试验，并留样。抽查检验批次及技术指标要求应符合相关标准规范及企业技术控制要求的规定。

6.4.2 外加剂进场及水泥、外加剂品种更换时，应取样进行外加剂适应性试验、减水率等相关性能测试，满足要求方可投入生产使用。

6.4.3 混凝土生产搅拌应具有自动控制系统，生产及计量数据应能自动存储并可追溯。混凝土生产搅拌计量设备的计量精度应满足《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171的规定，并应按照规定定期进行校准和计量检定。混凝土原材料的计量允许偏差应满足《预拌混凝土》GB/T 14902的规定。

6.4.4 混凝土生产原材料应分仓贮存，并应有明显标识，标识应包含原材料名称、生产厂家、技术规格等必要信息。

水泥及粉体掺合料宜采用密封筒仓进行储存，防止受潮影响产品质量。对于硅灰、功能型复合掺合料等用量较小的掺合料，采用吨袋等进行储存时，粉体材料宜采用自动上料设备，且应有除尘装置，满足环保和职业健康要求。

粗、细骨料仓和上料斗仓应加盖顶棚，满足遮雨和环保防尘要求，且堆放地面不应积水。砂石在运输、装卸及堆放过程中，应防止颗粒离析、混入杂质，并按产地、种类和规格分别堆放。

粗、细骨料应均化堆存和上料，应制定必要的均化堆存和上料的技术操作要求，减小原材料质量波动对混凝土拌制质量控制的影响。碎石的堆料高度不宜超过5m，对于单粒级或最大粒径不超过25mm的连续粒级，其堆料高度可增

加到10m。

6.4.5 投入生产的混凝土配合比应经试验验证，混凝土配合比设计应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55及《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281的规定，混凝土配合比的各龄期强度应满足生产控制及构件设计强度等级要求，混凝土拌合物的和易性应满足生产浇筑要求。

混凝土配合比的调整及控制应符合下列规定：

1 对首次使用、使用间隔时间超过三个月的配合比应进行开盘鉴定，其原材料、强度、凝结时间，拌合物性能等应满足设计配合比及施工的要求。当混凝土塔筒设计有要求时，尚应检查混凝土耐久性能等要求。

2 在混凝土生产拌制过程中，应测定粗、细骨料的含水率，并应根据实际含水率调整粗、细骨料的称重，调整混凝土生产拌制过程中的用水量。

3 当混凝土的原材料品质、施工工艺发生较大变化时，应重新进行配合比设计和验证试验。

4 混凝土的生产拌制过程中，试验室技术人员应根据原材料质量波动、浇筑环境条件、现场浇筑操作要求等，对混凝土配合比进行适当调整，使调整后的混凝土拌合物性能满足生产浇筑及设计要求。

6.4.6 在塔筒构件生产施工过程中，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生产技术质量控制要求的规定，检验项目如坍落度、坍落扩展度、T500试验、含气量等。

6.4.7 混凝土拌合物在运输过程中，应控制混凝土不离析、不分层，并应控制运至浇筑场地的混凝土拌合物和易性能满足生产浇筑质量控制要求。混凝土拌合物在厂区内短距离运输时，可采用料斗运输，也可采用搅拌罐车运输；长距离运输时，宜采用搅拌罐车运输。混凝土从搅拌机装入搅拌罐车至卸料时间间隔不宜大于90min。当采用料斗运输时，运输时间不宜大于45min。混凝土运输在冬期施工时应有保温措施，炎热天气应有隔热和降温措施。

6.4.8 当混凝土拌合物在浇筑时坍落度损失过大而卸料困难，以及混凝土拌合物和易性能不满足施工技术质量要求时，可采用在混凝土拌合物中掺入适量减水剂并快速搅拌的方法。减水剂的掺量应经试验确定，并制定现场实施预案，严禁在现场私自加水搅拌。

6.4.9 浇筑混凝土前，应完成隐蔽工程检查及模具安装尺寸偏差检查，并经工序检查合格并签字。检查模具支撑、锁紧及连接装置的强度和稳定性，以及接缝处的密封情况，确保混凝土浇筑过程中不失稳、不跑模、不漏浆。清理模具的混凝土浇筑口及周边杂物，便于混凝土连续浇筑且过程质量可控。

6.4.10 混凝土在浇筑时应控制拌合物入模温度，当暑期浇筑时，混凝土拌合物入模温度不应高于35℃，应采取有效的降温措施。冬期施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于5℃，并应有保温措施。

6.4.11 混凝土应分层浇筑施工，分层厚度不宜大于500mm，或根据振动方式和拌合物和易性经试验确定。振捣可采用振捣棒捣实，插入点间距不应大于振捣棒振动作用半径，每点振捣时间不宜超过20s。连续多层浇筑时，振捣棒应插入下层拌合物50mm进行振捣，当混凝土拌合物表面出现泛浆，基本无气泡溢出，可视为捣实；

6.4.12 混凝土浇筑成型后，应及时对混凝土暴露面进行覆盖。混凝土终凝前，应用抹子搓压表面至少两次，然后收光平整，再次覆盖，并保湿。成型后的构件应采取必要的保温覆盖措施，促进混凝土强度增长，有条件宜采取加热养护措施。应根据设计脱模强度要求，制定不同温度条件下的养护制度。

6.4.13 浇筑顶部混凝土转换段时，宜按大体积混凝土浇筑技术要求进行技术质量管理。优化混凝土配合比设计，采取必要的温控措施和保温覆盖、加湿养护，控制混凝土水化升温、内外温差，避免构件产生温度裂缝。混凝土表面以内40mm~100mm位置处的温度与混凝土表面温差不应大于25℃，混凝土表面以内40mm~100mm位置处的温度与环境温差不应大于25℃，具体技术质量控制要求应根据实际情况制定操作规程，指导生产施工。

6.4.14 当构件采用加热养护工艺进行养护时，应控制养护环境湿度不低于90%。加热养护工艺应包括静停、升温、恒温和降温四个阶段。静停时间不宜小于2小时，静停温度应根据施工环境温度调整，宜控制在20℃~40℃，且不应低于5℃；升温速度不宜大于25℃/h。构件的加热养护工艺制度、恒温温度及恒温时间应根据脱模强度要求和混凝土配合比实际情况，通过试验确定；降温速度不宜大于20℃/h，且应避免构件表面急剧失温。

6.4.15 构件养护降温阶段的降温时间和降温速度应按照养护工艺制度执行。构件拆模时，混凝土抗压强度应达到设计脱模强度的要求。拆除养护覆盖设施和松脱模具前，应测量构件表面温度，与环境温度差值不宜大于20℃。当温差过大时，应延长降温时间，使温差值达到生产工艺控制要求。拆模后，应在构件表面采取覆盖措施，防止构件表面急剧失温。对于露天生产构件，拆模后构件及时覆盖保温尤其重要，应作为工艺控制重点。

6.4.16 当混凝土浇筑完毕，抹面收光后采用喷洒养护剂进行养护时，养护剂的有效保水率不应小于90%，7d和28d抗压强度比均不应小于95%。

6.4.17 冬期施工搅拌混凝土时，宜优先采用加热拌合用水搅拌的方法提高拌合物温度，也可同时采用加热骨料的方法提高拌合物温度。当拌合用水和骨料加

热时，拌合用水的加热温度不应超过60℃，骨料的加热温度不应超过40℃；当骨料不加热时，拌合用水可以加热到60℃以上，但不宜超过80℃。应先投入骨料和热水进行搅拌，然后再投入胶凝材料等共同搅拌。北方地区有冬期施工要求时，粗细骨料仓和上料斗仓应设置必要的保温覆盖措施和加热措施，确保混凝土拌合物温度达到生产工艺控制技术要求。

6.4.18 冬期施工时，混凝土浇筑后应及时覆盖保温养护，确保护养温度不低于5℃，宜采取加热养护措施促进混凝土强度增长；混凝土受冻前的强度不宜小于设计强度的30%，混凝土达到脱模强度要求后方可脱模，且脱模后混凝土表面温度与环境温度相差不宜大于20℃。拆模后应及时覆盖保温，有条件应存放在温度较高的厂房内进行养护。当混凝土强度达到设计强度等级的70%时，可撤除养护措施，但出厂时混凝土强度应达到设计强度等级要求。

6.5 构件质量检验

6.5.1 混凝土塔筒构件生产企业在生产施工过程中，应加强生产过程质量控制。应建立工序交接验收制度，制定完善的混凝土塔筒构件制作过程及成品质量检验等相关表格，并如实完成质量检验及记录，便于质量追溯。

6.5.2 混凝土浇筑过程中，应在浇筑地点随机抽取混凝土拌合物样品，用于检查拌合物性能以及制作检查混凝土强度质量的试件。混凝土拌合物的取样应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《普通混凝土拌合物性能及试验方法标准》GB/T 50080的要求，每拌制100盘且不超过100m³时，取样不得少于一次，每工作班拌制不足100盘且不超过100m³时，取样不得少于一次。试件的制作成型及强度试验方法应符合《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081的要求。应制作不少于3组试件，检验脱模强度、同条件养护强度、28d标准养护强度等。强度试块制作数量还应满足企业技术质量管理规定的要求。

6.5.3 塔筒构件混凝土强度应按《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的规定分批检验评定，当对混凝土耐久性指标有要求时，应按《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的规定检验评定。为提高生产过程中的混凝土质量控制水平，混凝土塔筒构件生产企业宜按照不同龄期强度目标值及28d标养混凝土强度值，按月、季、年为单位对不同龄期混凝土强度值进行统计分析，计算强度的均值和标准差，用于评价混凝土生产质量控制水平，为管理持续提升提供参考。

6.5.4 混凝土塔筒构件的外观质量和尺寸偏差应按照表6.5.4-1、表6.5.4-2中的要求进行质量检查。构件的外观不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷，对已出现的一般缺陷，应按技术方案要求进行处理和修复，并形成实施前后的文字和图像记录，重新检验。构件的尺寸偏差超过规定时，应进行结构复核，

表6.5.4-1 构件外观质量缺陷

项目	缺陷描述	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少泥浆而形成的石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中的孔穴深度和长度均超过保护层	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
裂缝	裂缝从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能和使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接件松动，预埋件、预埋套筒发生堵塞、偏位、松动、破损等	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞边凸肋、磕损等	构件有影响结构性能和使用功能的外形缺陷	有不影响构件结构性能和使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、起砂、掉皮、沾污等	有严重影响构件装饰效果且无法修复的外表缺陷	不影响构件使用性能和装饰效果的外表缺陷，包括少量气泡孔等
外露钢筋及预埋件锈蚀	构件外露钢筋及预埋件发生锈蚀	构件外露钢筋及预埋件完全锈蚀且有锈蚀剥落	构件外露钢筋及预埋件有部分少量锈蚀

若尺寸偏差对结构性能和使用功能未构成影响，可申请偏差验收；若尺寸偏差对结构性能和使用功能构成影响，应进行专项评估，或报废处理。

6.5.5 混凝土塔筒构件脱模后，应对外观质量和尺寸偏差进行检验。应在构件明显部位按企业技术管理要求进行标识，并加盖质量验收标识。合格品进入库存管理，待维修或待偏差放行产品进入暂存区，经重新验收合格后，加盖质量验收标识，进入合格品库存管理。不合格品进入不合格品库存或销毁。

6.5.6 混凝土塔筒构件出厂强度应不低于设计强度等级的75%，出厂时，混凝土养护龄期不应少于7d。当出厂时混凝土养护龄期少于28d，以同条件养护试块出厂龄期强度代表出厂强度；当出厂时混凝土养护龄期大于等于28d，以28d标养试块强度代表构件强度。构件出厂时，应随附产品合格证及其他质量证明文件，并经出厂检验合格后方可发货出厂。

6.5.7 当采用回弹法对混凝土塔筒构件强度进行抽检时，应按照《高强混凝土强度检验技术规程》JGJ/T 294，选用4.5J或5.5J的回弹仪对构件进行测区布置、

6.5.4-2 构件尺寸偏差质量要求

项目	允许偏差 (mm)	检验方法	
构件高度	±5	尺量，随机抽取构件两端及中间6点，取数据中的偏差最大值	
构件厚度	±5	尺量，随机抽取构件侧面及顶面10点，取数据中的偏差最大值	
分片构件弦长 (或整环直径)	±5或设计值的 ±1/1000的较大	尺量，抽取环面底部、中部、顶部3点，取数据中的偏差最大值	
上表面平整度	≤3	2米折叠靠尺与塞尺配合，测量靠尺与模面间隙，测6~8点数据，取最大值与最小值差	
对角线 (分片构件)	≤5或设计值的 ±1/1000的较大	尺量上下端面对角线值，取两个数据中的差值	
预埋件	预埋板中心线位置	≤5	尺量
	预埋板与混凝土面平面高差	-5, 0	
	预埋螺栓中心线位置	≤2	
	预埋螺栓外露长度	-5, +10	
	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	
预留孔	中心线位置	≤5	尺量
	孔尺寸	±5	
预留洞	中心线位置	≤10	尺量
	洞口尺寸、深度	±10	

注：预埋件位置允许偏差及其他尺寸允许偏差如有特殊控制要求时，应按照设计图纸要求执行。

回弹值测量及测区平均回弹值得计算。混凝土抗压强度回弹换算应优先采用专用测强曲线换算取得，有条件企业应根据自身技术数据库，建立专用地区测强曲线，提高回弹强度换算准确率。当对回弹换算值争议较大值，应采用同条件标准试件或直接从构件测区内钻取混凝土芯样进行推定强度修正，且试件数量或混凝土芯样不应少于6个。按《高强混凝土强度检验技术规程》JGJ/T 294中方法进行修正。

6.6 构件堆存运输

6.6.1 构件应分类分区域堆存，各堆存区域应有明显标识，方便管理。堆存场地应设置装卸车通道，方便构件转运和发货；场地应坚实平整，且设置排水沟。堆存场地应配备构件养护需要的水源和喷淋设备。

6.6.2 严禁将混凝土塔筒构件直接堆放在地面上，应在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，避免构件混凝土面与垫块直接硬接触边角崩裂。构件堆放时应有必要支撑措施防止倾倒。

6.6.3 构件在堆存场地存放时应加强养护，可采取蓄水、浇水、喷淋洒水或覆盖保湿等方式，并形成养护记录，养护水的技术要求应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。养护水温与混凝土表面温度之间的温差不宜大于20℃。在风速较大的环境中进行养护时，应采取适当的防风措施。低温地区冬期施工，应尽量将构件存放在室内，达到设计强度等级的70%后，方可转运至堆存场地存放。当冬季养护区域日平均温度低于5℃时，应停止浇水养护。

6.6.4 构件在堆存场地存放时，预埋吊件应朝上，便于起吊发货。应对预埋件外露部位采取防护措施，避免灰尘、雨水进入使铁件锈蚀。对于带有螺纹的预埋件，应清理干净并涂抹防腐油脂，并加盖防尘帽或缠绕保护。

6.6.5 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。构件底部应比运输平台最高点处高出 30mm 以上，以防底部磕碰损坏。边角部位以及与绳索、链条、限位装置等接触处应采取保护措施，避免混凝土破损。

7 试验室管理

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土塔筒构件生产企业应设立能满足生产质量控制要求的企业试验室，具备与生产过程质量控制相适应的检验能力，为构件生产质量控制提供技术保障。

7.1.2 企业试验室应根据生产质量控制的特点和要求，编制与质量检验和质量控制相适应的管理制度。严格遵守国家、行业、地方及企业的现行相关标准及技术要求，进行生产质量控制要求的检验工作。

7.1.3 企业试验室应根据混凝土塔筒构件生产的特点，确定试验室所应具备的检验能力，对于采用外部商品混凝土或租赁搅拌站生产混凝土，可共用或租用设备及场地开展工作。

7.1.4 企业试验室应根据检验能力要求，配置必要的试验场所和试验仪器设备。试验场所的设置应充分考虑安全、环保、便利等因素，且满足检验工作要求。检验环境应符合现行标准的要求，应按要求配备相应的控制设备。

7.1.5 企业试验室应制定样品管理制度，建立样品管理台账以及样品唯一性标识管理系统。

7.1.6 企业试验室应严格按照国家及地方对于检验能力管理的要求，根据生产质量管理和竣工验收管理要求，委托具有资质的第三方检验机构进行相应的检验，出具正式报告。无资质的企业内部试验室，只作为内部生产质量管理依据。

7.2 仪器设备管理

7.2.1 企业试验室应配备与检验项目相适应的仪器设备，建立仪器设备管理台账与档案，编制检定/校准计划。仪器设备的选用应满足检验能力和数据采集精度的要求，经检定/校准合格并确认满足使用精度及测量范围后方可投入使用。

7.2.2 仪器设备应张贴状态管理标识，标识内容宜包括仪器设备名称、规格型号、设备编号、出厂编号、检校日期、有效日期、检校单位和使用状态等信息。

7.2.3 仪器设备在检定/校准周期内发生修理、搬运、移动等影响精度情况时，应重新进行检定/校准。

7.2.4 设备出现故障或异常时，应停止使用并贴停用标签、标记，直至修复并通过检定、校准或核查表明能正常工作为止，同时应核查这些缺陷或偏离对之前检验结果的影响。

7.2.5 各检验功能区的温湿度条件应满足试验标准中的规定要求，对于混凝土

标准养护室，应配备自动养护系统，满足混凝土试块标准养护的环境条件要求。

7.2.6 力值检验试验设备，宜采用自动化数据采集系统及数字显示技术，提高数据采集和读取精度。

7.2.7 试验设备的操作细则及安全规程，应上墙张贴，试验操作人员应严格按照操作要求进行检验试验工作。

7.3 人员管理

7.3.1 企业试验室设置合理组织架构，配备必要的能满足管理要求和试验检验能力的试验检验人员，明确工作职责和工作分工。混凝土塔筒构件生产企业试验室应根据企业管理要求配置试验检验人员，试验检验人员应包括试验室主任、试验员、样品管理员、设备管理人员、资料员等基本岗位，岗位职责可兼任。

7.3.2 试验室主任宜具有混凝土及制品行业相关的工作经历，能胜任岗位能力要求。试验员宜具有相关行业从业经验，熟悉检验相关标准规范及试验操作等。

7.3.3 试验人员应严格执行相关标准规范及企业技术要求，遵守试验室规章制度，按照现行有效相关标准、技术文件和作业指导书规定的要求和方法开展检验试验工作。

7.3.4 企业试验室应制定试验员培训计划和考核制度，建立试验员档案。

7.4 技术管理

7.4.1 企业试验室应定期对原材料质量、产品质量和生产数据进行统计，统计周期一般为1个月，最长不宜超过3个月，并应对统计数据进行分析，并动态跟踪。

7.4.2 企业试验室应建立比对试验制度，每年编制比对和验证试验方案，并予以实施，试验室间的比对试验和内部比对试验，每年均不应少于一次，并应做好相关记录。

7.4.3 企业试验室应建立档案管理制度，并做好技术质量资料的收集整理、分类编目和立卷归档工作，应设置资料档案室保存资料文件档案，技术质量资料档案可以是纸质文件或电子文件。检验试验原始记录和检验报告保存期限不宜少于20年，保存期满后经企业技术负责人批准后方可销毁处理。

7.4.4 企业试验室应建立技术标准管理制度，配齐与检验能力相适应的技术标准和技术文件，并受控确认，编制标准目录清单。并及时更新标准规范，确保受控标准规范均为现行有效。

7.4.5 企业试验室应对取样、检验操作、原始记录、数据分析和检验报告等试验过程进行管理。试验过程中，样品标识应唯一、准确，检验原始记录、检验

报告、原材料质量证明文件及检验台账等资料应真实、有效、完整，具有可追溯性。

7.4.6 试验原始记录应包含样品名称、记录编号、样品编号、规格型号、检验项目及依据、检验数据、计算结果、试验日期、试验员、复核人员签名等内容。原始记录应使用钢笔、签字笔填写或检验仪器即时打印，不得任意更改。如因笔误需要更正时，应由原记录人在笔误处杠改并签名。

7.4.7 原材料、产品检验完成后，应及时出具检验报告，检验报告应具有可追溯性。检验报告内容应包含报告名称、报告编号、抽样日期、检验日期及报告日期、样品名称、规格型号、检验依据、检验项目、技术指标及检验结果值、检验结论、必要的检验说明、试验员、审核人、批准人签名等，并加盖企业试验室印章。

7.4.8 企业试验室应制定原材料质量管理体系和产品质量管理制度，建立不合格品控制程序，明确不合格品的评判和处置。原材料进场时，试验室应按批检查其规格、型号、外观和质量证明文件等，按照现行标准规范和企业技术文件要求，按批取样进行检验复测。当原材料检验结果不符合现行标准规定时，应做好相关记录，并向企业相关部门上报，采取处理措施。

7.4.9 企业试验室应根据原材料的品质、施工环境条件变化、企业管理水平和施工工艺要求，定期对混凝土配合比进行分析、优化和试验，及时调整生产配合比，并做好配合比调整和通知单下发，确保混凝土配合比的适用性和可靠性，确保构件正常进行、质量满足要求。

8 技术资料管理

8.0.1 混凝土塔筒构件生产企业应建立完善的技术资料管理体系，明确技术资料保管场所及设备，并指派相关技术资料管理负责人。

8.0.2 技术资料包括纸质文档和电子文档，包括但不限于构件生产相关的技术质量文件。

8.0.3 技术资料由混凝土塔筒构件生产企业各部门分别收集和保管，并建立保管台账和档案资料目录，并按照年度进行统一归档集中保存。技术资料档案宜根据类型进行汇编、标识和归档，应做到分类清晰、标识明确、查找方便、便于阅读，妥善保存。

表8.0.5 技术资料管理期限表

技术资料分类	资料名称	保管期限
原材料和部件	供应合同及其他附属文件	资料产生起20年
	质保书、合格证、质量证明文件等	
	台账、检验报告等	
试验检验记录及结果	原材料检验记录、检验报告，对外送检报告等	资料产生起20年
校准检验、年检以及内部设备检查检修记录	设备日常运行检查及维修记录表	资料产生起5年
	计量设备检验检定结果	
	设备年检报告等	
文件记录	图纸收发记录	项目结束后5年
	文件收发记录	资料产生起5年
	对外往来公文及邮件记录等	项目结束后5年
	质量手册及文件修改记录等	下次修订为止
生产过程记录	模具验收及日常检查、维修记录	资料产生起20年
	钢筋加工及成品检查记录	
	隐蔽工程检查记录	
	混凝土浇筑前检查记录	
	混凝土浇筑记录	
	构件模内养护记录	
	构件成品检查记录	
	发货检查记录	
	出厂合格证等出厂资料	
	搅拌楼混凝土搅拌、配合比调整记录等	
不合格品维修、报废等记录	不合格品维修记录及二次验收记录	资料产生起5年
	不合格品报废记录	

8.0.4 技术资料的使用应经过相关管理负责人的同意。

8.0.5 技术资料的保管期限应符合表8.0.5的规定，超过保管期限的技术资料方可销毁。

9 信息化管理

9.0.1 混凝土塔筒构件生产企业应提升生产过程管理及企业管理的信息化水平，宜建立构件生产管理信息化系统，用于记录构件生产关键信息，追溯、管理构件的生产质量和进度。

9.0.2 生产管理信息化系统的功能应能涵括构件生产的全过程，包括但不限于构件的生产计划、生产过程信息化管理、生产及质量数据采集分析、模具及构件编码管理、堆场管理及生产过程其他管理。

9.0.3 生产管理信息化系统软件应能够满足构件生产计划管理、生产过程信息化管理、数据采集分析、生产过程及其他管理功能要求，且留有扩展接口，满足功能扩展的要求。

9.0.4 生产管理信息化系统应包括数据采集与传输子系统、数据分析与处理子系统、数据输出与呈现子系统。生产管理信息化系统对构件生产过程数据包括但不限于接收、分析、展示、评价和追溯。

9.0.5 构件生产过程的物料流转、构件产品身份信息识别、堆场区域管理等宜采用信息化技术进行管理，采用如预埋RFID芯片、二维码、条形码等技术手段，快速录入信息化系统，提升管理效率。

9.0.6 鼓励有条件的混凝土塔筒构件生产企业搭建智慧化管理系统，采用物联网技术、信息化技术、智慧化技术、大数据处理技术、数据加密传输技术以及BIM技术等，集成成熟信息化系统管理软件，提升企业管理的信息化水平。

9.0.7 智慧化管理系统宜涵括企业管理的各项要求，如设计及图纸管理、人员管理、物料管理、成本管理、生产过程管理、仓储管理、设备管理等，宜扩展如发货及运输管理、项目施工物料及成本管理，施工进度管理、虚拟施工管理、施工质量管理、运维管理等功能。实现混凝土塔筒构件生产及工程应用全过程信息化管理。

10 安全管理及环境保护

10.1 安全管理

10.1.1 混凝土塔筒构件生产企业应建立健全安全生产管理制度，落实安全生产责任制，制定相应的安全生产技术规范和劳动保护措施，确保安全管理目标落到实处。

10.1.2 混凝土塔筒构件生产企业应按要求建立应急管理制度，成立安全管理领导小组，并建立安全值班制度。

10.1.3 混凝土塔筒构件生产企业应加强安全生产培训，应根据职工的专业、工种的特点，进行技术和操作技能的培训教育。应特别加强对新进员工的三级安全教育和岗位技能培训。

10.1.4 混凝土塔筒构件生产企业应加强对一线生产人员的安全生产管理，健全管理架构，落实安全生产管理要求和责任，严禁无证上岗和违章作业。

10.1.5 企业员工应按岗位要求配备合格的劳动防护用品，所有人员进入生产区域必须佩戴好安全帽。安全员应加强安全巡视，制止违章作业等各种违反安全生产管理的行为，情节严重者按制度进行处罚和通报。

10.1.6 起重设备以及各类电器、机械设备必须严格执行操作规程，操作人员必须经过培训。岗位人员必须按要求持证上岗，特种设备如行车、龙门吊等必须专人操作，操作人员必须具备岗位资格。

10.1.7 生产机械设备必须按要求定期检查和维护保养，故障设备及时维修，严禁机械设备带病作业。

10.1.8 混凝土塔筒构件生产企业应加强起吊管理，安全员应定期对吊索、吊具、起吊工装、起吊设备进行安全点检。操作人员每次操作前均应检查工具及设备安全状况，确保满足安全作业要求。起吊作业时，下方严禁站人，必须待吊物降落至放置平台1m以内方可靠近，就位固定必须牢靠后方可脱钩。

10.1.9 企业应按要求建立消防管理制度，成立消防领导小组，按规定配备消防器材和设备，并定期检查和更换。

10.1.10 易燃、易爆品必须储存在专用仓库、专用场地，并标识清晰、专人管理。仓库等重要场所应配备充足的消防设备，并严禁吸烟及使用明火。

10.1.11 企业应加强安全用电管理，严禁私拉乱接生产用电，必须做到三级配电加两级保护。

10.2 环境保护

10.2.1 混凝土塔筒生产企业应制定环境保护管理计划，明确管理目标，对环境危害因素进行识别、分析与评价。应在生产活动过程中采取必要的防范措施，并对防范措施的有效性进行分析和评价。

10.2.2 构件生产过程中，应采取防尘、降尘措施，控制作业厂区扬尘。构件生产场地、厂区道路、构件贮存场地等宜进行必要的场地硬化处理，砂、石等原材料堆放场地宜遮盖堆放，构件生产活动区域内应采取有效的扬尘控制措施，应符合地方及国家环境保护政策要求。

10.2.3 材料搬运、构件生产施工、构件运输、生产设备和机具作业等应采取可靠的降低噪声措施，噪声控制应符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523的有关规定，夜间生产施工应加强噪声管理，合理安排生产时间。

10.2.4 构件生产过程中产生的污水应采取沉淀、隔油等措施处理，不得直接排放，有条件宜循环使用。

10.2.5 建筑垃圾和生活垃圾应分类堆放和处理。可循环使用的垃圾应回收利用，不可循环使用的垃圾宜进行减量化处理，及时清运，并按当地相关部门要求进行处理。

本规范用词说明

为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的用词：
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用词：
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用词：
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

- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 《高耸结构设计标准》 GB 50135
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080
- 《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 《优质碳素结构钢热轧钢板和钢带》 GB/T 711
- 《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1
- 《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2
- 《钢筋混凝土用钢 第3部分：钢筋焊接网》 GB/T 1499.3
- 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 《合金结构钢》 GB/T 3077
- 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 《热喷涂 金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》 GB/T 9793
- 《建筑施工机械与设备混凝土搅拌站(楼)》 GB/T 10171
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523
- 《建设用砂》 GB/T 14684
- 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
- 《预拌混凝土》 GB/T 14902
- 《化学转化膜 钢铁黑色氧化膜 规范和试验方法》 GB/T 15519
- 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 《锌铬涂层 技术条件》 GB/T 18684
- 《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》 GB/T 21120
- 《砂浆和混凝土用硅灰》 GB/T 27690
- 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 《混凝土用水标准》 JGJ 63

《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107
《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
《聚羧酸系高性能减水剂》 JG/T 223
《高强混凝土应用技术规程》 JGJ/T 281
《高强混凝土强度检验技术规程》 JGJ/T 294
《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》 JG/T 430
《混凝土用复合掺合料》 JG/T 486
《混凝土防冻剂》 JC 475
《耐碱玻璃纤维无捻粗纱》 JC/T 572
《风力发电机组用锚杆组件》 NB/T 10214
《承压设备无损检验 第3部分：超声检验》 NB/T 47013.3
《承压设备无损检验 第4部分：磁粉检验》 NB/T 47013.4
《防锈油》 SH/T 0692
《混凝土用钢纤维》 YB/T 151
《预制混凝土构件用金属预埋吊件》 T/CCES 6003-2021
《混凝土早强剂》 T/CECS 10124

中国混凝土与水泥制品协会标准

陆上风力发电机组 混凝土塔筒生产技术规范

T/CCPA XX-202X

条文说明

制定说明

《陆上风力发电机组混凝土塔筒生产技术规程》(T/CCPA XX-202X)，经中国混凝土与水泥制品协会 202X 年 X 月 X 日以第 X 号（总第 XX 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，得到了广泛的应用。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，国内对于混凝土塔筒构件生产制造的过程管控适用的标准接近空白。本规程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，用于规范和指导混凝土塔筒构件的生产、质量检验和验收，促进混凝土塔筒构件生产制造行业良性快速发展。

本规程在编制过程中，编制组进行了充分的调查研究，总结了国内外混凝土塔筒构件生产和应用的实际经验。在本规程的编制过程中，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构件生产、施工、工程质监等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《陆上风力发电机组混凝土塔筒生产技术规程》编制组按章、节、条的顺序编制了本规程的条文说明，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	(38)
2	术 语	(39)
3	基本规定	(40)
4	生产组织设计	(41)
5	原材料	(42)
5.1	一般规定	(42)
5.2	混凝土原材料	(42)
5.4	预埋件	(42)
6	构件生产	(43)
6.1	一般规定	(43)
6.2	钢筋工程	(43)
6.3	模具工程	(43)
6.4	混凝土工程	(43)
6.5	构件质量检验	(45)
6.6	构件堆存运输	(46)
7	试验室管理	(47)
7.1	一般规定	(47)
7.2	仪器设备管理	(47)
7.3	人员管理	(47)
8	技术资料管理	(48)

1 总 则

1.0.1 风力发电机组混合塔筒技术已经在我国大批量推广应用，本规程的制定旨在规范和指导混凝土塔筒构件的生产，确保工程质量。本规程主要根据我国现有的标准规范、科研成果和实践经验，并参考国际先进标准制定而成。

1.0.2 本规程适用于陆上风力发电机组混凝土塔筒构件的生产管理和质量检查验收等，对于其他形式的风力发电机组塔架的混凝土结构，由于结构形式、制造工艺等均与混凝土塔筒构件有较大区别，故本规程没有纳入。

1.0.3 混凝土塔筒构件生产涉及不同工程类别及国家标准或行业标准，在使用中除应执行本规程外，还应按所属工程类别符合国家现行相关标准的规定。当设计文件对混凝土塔筒构件结构及生产有不同于本规程的专门要求时，应遵守设计文件执行。

2 术 语

2.0.2 混凝土塔筒构件，主要指按照装配式结构设计的混凝土预制构件。目前混凝土塔筒的主要外形为圆筒或圆锥筒形，构件按其分片形式有半环型、1/4环型，以及整环型。近年来，混凝土塔筒结构外形还出现多种不规则形状，如六边形、八边形等，其结构还是筒式结构，在施工现场装配组成整环塔筒节段，因此本规程的技术要求可参考执行。

2.0.3 混凝土塔筒结构中，转换段结构不同混塔型式各有特点。本规程中的转换段以及其生产质量控制要求，主要指预应力锚固端位于混凝土塔筒的顶部节段构件上的转换段，其壁厚较大，生产质量控制要求高。

3 基本规定

3.0.1 混凝土塔筒构件生产厂家应有全过程质量管理体系，包括对模具的设计、材料选择、生产制造、质量验收及现场安装等环节的质量控制；对钢筋及钢筋骨架的加工制作的质量控制；高强混凝土的材料选择、配合比设计、制备、运输、浇筑、振捣的质量控制；对混凝土塔筒构件的养护、堆存、运输保护等环节的质量控制。

3.0.2 高强混凝土的生产制备及生产过程质量控制相对复杂，需要对原材料、配合比设计、混凝土拌合物制备、混凝土浇筑等环节进行严格的质量管控，试验室在其中发挥着重要作用。对于混凝土塔筒构件生产企业，试验室的设立应作为评价其技术和质量管控能力的重要指标之一。

3.0.5 混凝土塔筒构件的生产工艺相比传统的混凝土预制构件，有其自身的技术特点和复杂性，主要体现为高强混凝土生产质量管控的要求高、构件的精度要求高。因此，对生产操作人员按照工艺技术文件要求进行必要的操作技能培训，使其认识到生产操作要求的重要性，是非常有必要的。

4 生产组织设计

4.0.1 混凝土塔筒构件因其工程特点，生产周期短，施工周期也较短。大量的生产工厂均为临时性工厂，场地条件均不尽相同。根据场地条件合理地进行生产工艺和生产组织设计，对提高产品生产效能、提高产品质量、降低生产成本，具有重要的作用。

4.0.3 混凝土塔筒构件单体混凝土方量较大，构件较重，生产设备中重型设备较多。生产工艺设计时，设备选型应合适；生产过程中，应定期对设备进行维修保养，确保混凝土塔筒构件生产正常进行、安全生产。

4.0.5 露天生产混凝土塔筒构件，气候条件对其生产质量管控和产品质量的影响较大，特别是极端天气对产品质量的影响非常明显。应合理制定露天生产混凝土塔筒构件的生产工艺作业技术文件，确保生产过程质量可控。

5 原材料

5.1 一般规定

5.1.2 混凝土塔筒构件生产原材料进场后，应按照相关标准规范、企业技术文件内控要求等，检查其质量证明文件，并进行来料抽样复验，满足质量要求，经检验合格后方可投入使用。企业技术文件的内控要求不得低于相关标准规范中的有关规定。

5.2 混凝土原材料

5.2.1 水泥中氯离子含量，《混凝土结构通用规范》GB 55008及《混凝土结构设计规范》GB 50010中规定的技术指标要求仅规定了混凝土中的氯离子含量要求，远高于《通用硅酸盐》GB 175中水泥氯离子含量要求，且高强混凝土的耐久性较普通混凝土优异。混凝土塔筒参考50年建筑设计寿命，采用GB 175中规定的水泥中氯离子含量技术指标的要求，完全能够满足风力发电机组塔架的设计使用寿命，无需进行特殊要求。

5.2.3 粗骨料的最大粒径，参考《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281中的规定，以及混凝土塔筒构件的生产特点、高流态高强混凝土配制的研究成果等，将粗骨料的最大公称粒径规定为不宜大于25mm。

5.2.6 塔筒构件混凝土中若掺加纤维，纤维的选型和技术指标要求应执行相关产品标准规范的有关规定，以及混凝土配合比设计的要求，并经试验验证后方可使用。

5.4 预埋件

5.4.4 混凝土塔筒中的锚板，指混凝土转换段中的预埋锚板，有别于钢转换段或钢塔筒中的法兰板，在结构中主要为承压结构。生产制造时，可以采用多片焊接成型，也可采用一体锻造成型。采用焊接成型时，应对焊缝的焊接质量进行检验，应满足NB/T 47013.3-2015及NB/T 47013.4--2015中的I级板的探伤要求。

6 构件生产

6.1 一般规定

6.1.2 混凝土塔筒构件的尺寸精度要求较高，因此，对模具的生产质量、安装质量应严格控制，并加强构件首件生产质量检查验收，并及时对检验不合格项进行整改和再验收，是提高混凝土塔筒产品质量的有效措施。

6.2 钢筋工程

6.2.3 采用焊接成型钢筋网，特别是采用机械自动焊接成型钢筋网，能极大提升生产效能，在建筑工程中，特别是装配式混凝土构件中已经大量使用。混凝土塔筒构件的钢筋加工成型，采用焊接成型钢筋网时，按照《钢筋混凝土用钢第3部分：钢筋焊接网》GB 1499.3的有关规定进行质量控制和质量验收。

6.2.10 钢筋骨架加工及安装质量，应按照表6.2.10及相关标准规范执行。因钢筋骨架安装时，预埋件安装工序同时完成，故钢筋骨架制作安装质量检验中，加入了预埋件的安装尺寸允许偏差要求。

6.3 模具工程

6.3.1 混凝土塔筒构件尺寸精度要求较高，钢制模具具有刚度大、重复使用率高等优点，因此，混凝土塔筒构件生产宜采用钢制模具。模具结构应根据构件外形、生产工艺和尺寸偏差控制要求，合理设计。

6.3.4 模具安装应确保质量，安装底座应具有足够的刚度。当安装在混凝土地坪面上时，混凝土地坪应坚实不变形、不沉降。固定锚栓或膨胀螺栓与混凝土地坪之间应有足够的连接强度，避免构件脱模起吊时将模具拉脱变形。当强度不足时，应采取加固措施。模具的出厂及安装质量应按照表6.3.3进行质量验收。当采用卧式钢模生产混凝土塔筒构件时，可参考表6.3.3进行验收，或按照卧模设计要求进行验收，但不得低于表6.3.3中的尺寸偏差控制要求。

6.3.4 模具长时间未使用，超过6个月应重新进行模具安装偏差检验，满足要求方可投入生产。生产过程中，应定期对模具进行安装质量检查和尺寸偏差测量，并通过构件的尺寸偏差测量结果，调整模具安装尺寸偏差。

6.4 混凝土工程

6.4.2 外加剂的选用，应根据生产气候条件、运输距离、配合比设计等要求合

理选用。使用前，应进行水泥适应性试验，并经配合比试验验证，达到要求方可生产使用。

6.4.5 混凝土生产拌制时，试验室应测定砂、石含水率，及时调整砂、石的用量和混凝土拌制用水量，确保满足配合比设计要求。搅拌工的配合比调整应进行授权管理，确保混凝土拌合物质量可控。混凝土拌制过程中，搅拌工应加强拌合物状态观察，在授权管理的权限范围内进行调整，使混凝土拌合物性能满足生产浇筑要求。

6.4.6 混凝土塔筒构件生产时，应加强混凝土拌合物性能测试，并进行记录，确保混凝土拌合物质量可控。

6.4.7 混凝土拌合物的运输时间控制，应根据温度条件、运输距离和浇筑时间等要求合理调整。在进行混凝土配合比设计时，应根据生产浇筑现场环境条件等，采取必要的技术措施，使生产浇筑时混凝土拌合物性能满足质量控制要求。

6.4.8 当混凝土拌合物坍落度损失过大而卸料困难，现场可采取掺入适量减水剂并快速搅拌的方法进行调整。但减水剂的掺量应经试验室验证，确认对构件的强度和其他性能无影响，并制定实施技术方案，按技术方案的规定要求实施。

6.4.9 混凝土浇筑前，应进行隐蔽工程检查及模具安装质量检查，完成工序交接验收，方可进行混凝土浇筑。混凝土浇筑前，应记录混凝土生产编号、性能数据、模具编号，确保质量可追溯。

6.4.12 高强混凝土的胶凝材料掺量大、水胶比低，极易在混凝土表面早干固化。混凝土浇筑完成后，应及时抹面收光，并保湿覆盖，避免表面开裂。

6.4.13 转换段构件因壁厚较大，且高强混凝土水化热较高，极易造成内外温差过大，构件内部产生温度裂缝。因此，转换段的生产宜参照大体积混凝土浇筑技术要求执行，采取必要的温控措施。

6.4.14 构件的加热养护制度应经试验验证，并根据生产环境温度条件进行调整，实施过程中应严格执行。

6.4.17 冬期施工生产拌制混凝土，应采取措施提高骨料的温度，或采取热水搅拌方式。有条件企业，宜对搅拌楼及砂、石骨料堆放场地、输料机构等进行密封保温，并设置必要的采暖措施，使混凝土拌合物出料温度达到技术要求。

6.4.18 冬期施工生产浇筑混凝土塔筒构件，应编制专项冬期施工方案，应包含工艺实施方案、设备方案、技术控制要求等内容。参考《混凝土结构工程施工规范》GB 50666中的规定，冬期施工时C50及C50级以上混凝土的受冻临界强度确定为不宜小于设计强度的30%，且对于有抗冻耐久性要求混凝土，受冻临界强度不宜小于设计强度的70%。因此，本规程中规定，塔筒构件混凝土受冻前的强度不宜小于设计强度的30%，当达到设计强度的70%时，方可撤除养护措

施。考虑到冬期施工地区，低温条件下混凝土强度几乎无增长，因此规定，混凝土塔筒构件出厂强度需达到设计强度等级要求方可出厂。

6.5 构件质量检验

6.5.2 混凝土拌合物取样频次，可参考《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204，以及根据混凝土塔筒构件产能情况综合确定。混凝土强度试件制作数量，应满足技术管理要求，根据生产实际情况确定，上、下午、晚班应各取样进行混凝土强度试件制作。试件数量应根据检测试验项目内容确定，且不得少于3组。试件尺寸，考虑混凝土塔筒均为高强混凝土，成型150mm×150mm×150mm边长立方体试件，对压力试验机的量程要求高，因此，也可成型100mm×100mm×100mm边长的立方体试件。抗压强度试验时，尺寸影响系数应参考标准规范执行，或经试验确定。

6.5.4 混凝土塔筒构件的外观质量和尺寸偏差检验应遵守以下规定：

1 外观质量检验应按照表6.5.4-1中的要求进行，检验时应形成检查记录，并有必要的外观质量缺陷描述。严重质量缺陷不应有，若构件出现严重质量缺陷，应先进入不合格品处置流程，然后进行结构评估。对结构安全有影响且无法修复构件，应报废处理；对结构无影响，或经结构加固后能达到设计要求，可制定专项加固修复方案，经修复或加固后，重新检验合格方可进入堆场存放或出厂。一般缺陷不宜有，对已出现一般缺陷的构件，应按照构件修复专项技术方案进行修复，重新检验合格方可进入堆场存放或出厂。构件修复应形成实施前后的文字和图像资料记录，重新检验，合格方可进入堆场存放或出厂。

2 尺寸偏差检验应按照表6.5.4-2的要求进行，对尺寸偏差超过规定时，应进行结构复核，若可修复，则应修复至表6.5.4-2的允许偏差值。若无法修复，或结构复核不满足设计要求，应报废处理。

6.5.6 混凝土塔筒构件出厂强度值设定，主要参考以下标准规范规定：

1 《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010中第10.1.4条：施加预应力时，所需的混凝土立方体抗压强度应经计算确定，但不宜低于设计混凝土强度等级值的75%。

2 《无粘结预应力混凝土结构设计规程》JGJ 92-2016中第6.3.8条：无粘结预应力构件的侧模可在张拉前拆除，下部支撑体系的拆除顺序应符合设计的规定。无粘结预应力筋张拉时，混凝土同条件立方体试块抗压强度应满足设计要求；当设计无具体要求时，不应低于设计混凝土强度等级值的75%。

3 《工厂预制混凝土构件质量管理标准》JG/T 565-2018中第9.1.7条：预制构件出厂时混凝土强度实测值不应低于设计要求；当无设计要求时，出厂时混凝土强度不应低于设计混凝土强度等级值的75%。

4 高强混凝土普遍较脆，应在工厂堆场内进行浇水湿润养护，为保证产品出厂运输的外观质量，同时依据高强混凝土强度发展规律，定义出厂时混凝土养护龄期不低于7d。

综合以上依据，本规程编制组经慎重讨论，确定“混凝土塔筒构件出厂强度应不低于设计强度等级的75%，出厂时，混凝土养护龄期不应少于7d”的表述。

6.5.7 混凝土塔筒构件生产企业应对构件强度回弹值与混凝土养护龄期、生产地域、设计强度、同条件试块抗压强度等进行数据汇总分析，建立塔筒构件高强混凝土专用回弹换算测强曲线，提高回弹检测混凝土强度的准确性。

6.6 构件堆存运输

6.6.2 混凝土构件堆放，底部应放置垫块，垫块位置应合理，可参考相关标准规范或技术资料进行设计。垫块上部应设置软性过渡材料，防止构件混凝土与垫块硬接触崩裂。构件堆放应有必要的防倾倒措施，采取必要的支撑或固定措施。

6.6.3 混凝土构件在堆存场地应加强浇水养护，可采用蓄水养护、人工浇水、自动雾化喷淋等方式。由于混凝土塔筒构件均为竖向存放，上表面积小，浇水后容易快速表面干燥，因此，宜采用覆盖保湿方式进行养护，特别是在干燥地区、高温天气进行构件浇水养护时，采用覆盖保湿方式进行养护的效果较好，混凝土强度增长较快，表面不易形成干燥收缩裂缝。

6.6.4 构件出厂运输前，应进行运输道路踏勘，根据道路情况、通行条件制定专项运输方案，运输方案中应包括构件防倾倒措施，以及混凝土接触面、边角等的防磕碰保护措施等。

7 试验室管理

7.1 一般规定

7.1.3 企业试验室应根据生产企业的特点、场地条件、检测能力要求等进行建设，对于采用商品混凝土时，可共用或租用商混搅拌站场地和设备进行试验检测活动

7.1.6 无资质的企业试验室，不能出具有法律效力的检验试验报告，只能作为企业内部生产质量管控的管理依据。应根据生产质量管理及竣工验收要求，委托具有资质的第三方机构进行检验试验，并出具报告。

7.2 仪器设备管理

7.2.1 检验试验仪器设备应定期进行计量检定/校准，检定/校准合格的仪器设备应张贴管理标识，才能进行试验检测活动，确保检测数据的可靠性和有效性。

7.2.5 专项检测试验室的环境条件应满足相关标准规范的有关规定。

7.3 人员管理

7.3.1 企业试验室应配备具备相应能力的试验室主任和试验室人员，确保试验室的试验检测数据的及时性和有效性，且能为混凝土塔筒构件生产企业的生产质量管理工作提供依据，提升企业的管理水平。试验室人员的配置应根据工作内容、工作强度等情况综合确定，也是评价企业技术管理能力的重要条件之一。

8 技术资料管理

8.0.1 企业应建立技术资料管理体系，明确保管人员、负责人等，确保生产过程资料保存满足表8.0.5以及相关标准规范、法律法规的要求，确保企业的生产质量管理过程可追溯。