

《风电塔筒用超高性能混凝土管片》

编制说明

(征求意见稿)

标准编制组
二〇二四年九月

一、工作简况

（一）任务来源

根据中国建筑材料联合会《关于下达2023年第九批协会标准制定计划的通知》（中建材联标发〔2023〕86号）和中制协字〔2023〕55号文件《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》，由上海风领新能源有限公司、苏州混凝土水泥制品研究院有限公司等单位作为标准负责起草单位组织《风电塔筒用超高性能混凝土管片》团体标准的编制工作（计划号2023-107-xbjh）。

本文件由中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会共同管理并归口，由上海风领新能源有限公司、苏州混凝土水泥制品研究院有限公司等组织相关单位共同完成。

（二）主要工作过程

本标准于2023年9月收到立项通知。接到任务后，由上海风领新能源有限公司和苏州混凝土水泥制品研究院有限公司组织成立标准工作组。工作组首先对产品行业状况和国内外相关标准文件进行了广泛调研分析，并征求了部分专家意见，形成标准草稿。

2023年11月3日以线上+线下方式召开了《风电塔筒用超高性能混凝土管片》标准第一次工作会议，来自四川华构住宅工业有限公司、埃肯国际贸易（上海）有限公司、北京市高强混凝土有限责任公司、天津恒沣栩翔金属新材料股份有限公司、同济大学、致泰科技新材料（江苏）有限公司、嘉兴学院、上海复培新材料科技有限公司、武汉源锦建材科技有限公司、清华大学、深圳国金电力新能设计院有限公司、北京市燕通建筑构件有限公司、上海风领新能源有限公司、苏州混凝土水泥制品研究院有限公司、CCPA-UHPC分会等相关专家和代表25人参加了此次会议，在本次会议上讨论了本标准的范围、规范性应用文件、技术指标、检验方法等内容，工作组提出了编制计划和编制大纲，围绕编制大纲，与会代表们发表了自己的观点、意见和建议，并讨论了塔筒与管片设计、管片预制生产和安装中需要关注和研究的问题编制组将根据会上提出的意见建议，修改完善编制大纲，及时开展草案编写工作，与会专家和代表提出了意见和建议。

2024年6月25日~26日在安徽淮南召开了《风电塔筒用超高性能混凝土管片》标准第二次工作会议，来自高校、科研院所、设计和施工单位等33位专家和代表出席了会议。与会代表针对《风电塔筒用超高性能混凝土管片》标准的范围、规范性引用文件、术语和定义、分类及标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、运输和贮存逐条进行讨论。会议结束后，编制组根据第二次工作会议对草案提出的意见建议修改完善标准文本、条文说明及编制说明，形成《风电塔筒用超高性能混凝土管片》征求意见稿。

2024年9月，标准编制组综合了组内专家及参编单位的相关意见，完成了本文件的征求意见稿，并向中国建筑材料联合会、中国混凝土与水泥制品协会标准化管理部门提交了申请，以公开征集公众意见。

（三）主要参加单位和工作组人员及其所做的工作

本标准的主要参编单位及分工如下：

1. 上海风领新能源有限公司和苏州混凝土水泥制品研究院有限公司主要负责标准立项、标准讨论会组织及筹备、标准相关文献搜集及分发、行业征求意见汇总、标准正文的编写及修改等。

2. 武汉源锦建材科技有限公司、埃肯国际贸易（上海）有限公司、四川华构住宅工业有限公司、甘肃三远硅材料有限公司、湖南固力工程新材料有限责任公司、山东高速交通装备有限公司、深圳尚博特科技有限公司、北京建工新型建材有限责任公司、深圳国金电力新能设计院有限公司、江西建材科研设计院有限公司、北京市燕通建筑构件有限公司为本标准提供了大量的验证试验样品，以及生产工艺和实际工程应用相关的大量材料。

3. 同济大学、嘉兴学院、哈尔滨工业大学负责本标准的验证试验工作，并对试验结果进行分析。

二、标准编制的原则和主要内容

（一）标准编制原则

本标准根据我国风电塔筒用超高性能混凝土管片行业的实际需要及生产状况而制定。我们通过调研管片的生产、销售与市场等实际情况，结合对现有资料的分析与对比，尽力使得本标准既保持先进性，又能适合我国国情。

本标准按照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》的规定进行编写和表述。遵从以下规则：贯彻执行国家的政

策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；技术指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定突出产品特性，促进行业健康发展和产品推广的原则。标准制定过程中参考了各生产企业标准，试验方法主要采用现行的国家标准和行业标准，以保证标准中技术指标的准确性、科学性与可比性，各项指标值在满足工程要求的前提下根据各生产企业试样试验验证结果确定。

（二）标准的主要内容

本标准共分10章：1. 范围；2. 规范性引用文件；3. 术语和定义；4. 分类与标记；5. 一般要求；6. 技术要求；7. 试验方法；8. 检验规则；9. 标志和贮存；10. 产品合格证。

1、范围

规定了本标准内容和适用范围。

给出了本标准的适用范围，本文件适用于风电场工程风电机组混凝土塔筒使用的超高性能混凝土管片生产与验收。

2 规范性引用文件

根据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》第8.6.3.2条的规定，列出正文中引用的标准文件的一览表。

引用该原材料产品标准作为管片生产原材料选用依据，引用测试方法标准作为管片生产过程中的各项技术指标的检验。

3 术语与定义

3.1超高性能混凝土的定义为由水泥、矿物掺合料、骨料、纤维、外加剂和水等原材料制成的具有高力学性能、高耐久性能的纤维增强水泥基复合材料，与目前国内相关的超高性能混凝土术语与定义协调一致。

3.2超高性能混凝土管片和3.3超高性能混凝土塔筒规定了用超高性能混凝土制作的塔筒最小单元以及拼装后的结构型式，与GB/T 19072-2022《风力发电机组 塔架》相关描述协调一致。

3.4等效壁厚在相同边界和荷载作用下，用作结构力学分析的超高性能混凝土管片厚度值，本标准所列等效壁厚，可用作管片计算厚度。

4 分类与标记

4.1 产品分类

管片按拼装后管节形状分为：等径圆弧形管片（BC）、变径圆弧形管片（ZC）等径多边形管片（BS）、变径多边形管片（ZS）。目前生产过程中有立式浇筑成型和卧式浇筑成型两种方式，管节的分片形式各有不同，有分成2片、4片、6片等型式。

4.2 产品规格与型号

表1和表2给出了目前常用的分片式等径管片和变径管片的规格尺寸，设置超高性能管片的最小壁厚为150mm，满足GB 50010中壁厚最小值为 $0.01d+100$ 的规定。

4.3 标记

管片以管体形状、截面形状、规格、标准编号为顺序进行标记。

5 一般要求

5.1 超高性能混凝土的原材料与标准T/CBMF 96—2020T/CCPA 20—2020《超高性能混凝土预混料》协调一致。

5.2 钢筋及钢筋骨架的加工规定了超高性能混凝土塔筒管片制造过程中钢筋及骨架的加工控制要求，参考了《预制混凝土衬砌管片》中对钢筋和钢筋骨架加工控制要求。

5.3 对超高性能混凝土中不作为出厂检验或者型式检验的混凝土拌合物性能指标、脱模强度、90d弹性模量、28d自收缩、氯离子扩散系数做出了一般性规定。

6 技术要求

本章是对最终产品的技术要求，是本标准的核心。本标准共规定了超高性能混凝土力学性能、外观质量、尺寸偏差等的技术要求和试验要求。

6.1 超高性能混凝土力学性能包括抗压强度、抗拉性能。力学性能满足T/CBFM 37—2018/T/CCPA7—2018的要求，其中抗压强度规定了不应小于120MPa；抗拉性能不低于UT05的要求。

6.2 外观质量规定中根据性能指标的重要性分类A类和B类，其中贯穿裂缝、内外表面露筋、孔洞为A类控制指标，拼接面裂缝、非贯穿性裂缝、麻面、粘皮、蜂窝、疏松、夹渣、缺棱掉角、飞边、纵横向螺栓孔、预埋孔、预埋件、预留插筋、预埋管为B类控制指标。

6.3 尺寸偏差规定中根据性能指标的重要性分类A类和B类，其中高度、

直径或弦长、拼接面平整度、对角线差、预埋板中心线位置、预埋螺栓中心线位置、预埋套筒和螺母中心线位置、预留孔中心线位置、预留洞中心线位置、预埋波纹管中心线位置为 A 类控制指标；厚度、预埋板与混凝土面平面高差、预埋螺栓外露长度、预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差、预留孔尺寸、预留洞口尺寸及深度、钢筋保护层厚度为 B 类别控制指标。

7 试验方法

本章给出了超高性能混凝土力学性能、外观质量、尺寸偏差检验的试验方法。

8 检验规则

本章是对管片产品检验的规定。管片的检验分出厂检验和型式检验。出厂检验是正常的生产检验，而型式检验是对产品的所有性能检验。

9 标志和贮存

本章是对管片产品管片成品标志和贮存的规定，需要在管片标准喷涂相应的永久标志和临时标志；贮存中不仅包含了对贮存场地的要求，同时还包含了管片在贮存过程中保湿养护。

10 产品合格证

本章是对管片产品合格证内容的要求。

三、主要试验情况分析

标准编制组根据先进科学、合理可行的原则，本着实事求是、精益求精的精神，为保证标准项目要求的合理性，编制工作组对风电塔筒用超高性能混凝土管片设计和生产企业进行了广泛调研，并通过对试验数据的分析、处理和试验过程的观察等，与相关技术人员深入交流讨论，确定标准的试验条件及试验方法，保证本标准所列的各项试验方法建立在科学、可行的基础上，使技术指标具有一定的代表性。为本标准提供预制塔筒管片生产工艺技术和试验数据支撑的工程实践项目包括：

（一）运达巨石涟水风电项目

巨石涟水项目规划装机容量233MW风电，场址位于江苏省涟水县东部，共安装47台单机容量5MW风力发电机组。我司中标38台，适配运达WD200-5000-180机型，轮毂高度180m。

HH180-WD5.0-200型钢混塔筒结构总高度约177.3m（含基础抬高0.5m）。其中，混凝土部分高度为157.4m（含基础抬高0.5m），钢制转接环高度为1.4m，钢塔段高度约18.5m。塔筒底部外径7800mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 ≥ 150 MPa，总高157.4m（含基础抬高0.5m），共有40节，其中M01~M19、M21~M39高4m，M20高2.5m、M40高2.4m。混凝土塔筒沿竖向分两段设置40束后张有粘结预应力钢绞线，每束采用12根1860级S15.2mm钢绞线。其中第一段钢绞线顶部锚固在M20，底部张拉端在基础位置，第二段钢绞线顶部固定端位于钢制转接段底法兰，底部张拉端在M20下端。在钢制转换段吊装完成后穿束安装张拉钢绞线，最后进行灌浆。



（二）国电投黑龙江呼玛项目

国电投呼玛100MW风电项目规划装机容量100MW风电，场址位于黑龙江省大兴安岭地区呼玛县呼玛镇，共安装20台单机容量5.0MW风力发电机组，适配明阳MySE5.0-193机型，轮毂高度160m。

HH160-MySE5.0-193型钢混塔筒结构总高度约157.3m（含基础抬高0.5m）。其中，混凝土部分高度为133.4m（含基础抬高0.5m），钢制转接环高度为1.4m，

钢塔段高度约22.5m。塔筒底部外径7800mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 $\geq 105\text{MPa}$ ，总高133.4m（含基础抬高0.5m），共有34节，其中M01~M14、M16~M33高4m，M15高2.5m、M34高2.4m。混凝土塔筒沿竖向分两段设置40束后张有粘结预应力钢绞线，每束采用10根1860级S15.2mm钢绞线。其中第一段钢绞线顶部锚固在M15，底部张拉端在基础位置，第二段钢绞线顶部固定端位于钢制转接段底法兰，底部张拉端在M15下端。在钢制转换段吊装完成后穿束安装张拉钢绞线，最后进行灌浆。



（三）浙江运达国投天津宝坻 150MW 风电场项目

浙江运达国投天津宝坻150MW风电场项目规划装机容量150MW风电，场址位于天津市宝坻区。本风电场工程拟安装28台单机容量为5MW的WD190-5.0-HH150型风力发电机组，轮毂高度150米。

WD190-5.0/5.5-HH150型钢混塔筒结构总高度约147.2m（含基础抬高0.5m）。其中，混凝土部分高度为117.4m（含基础抬高0.5m），钢制转接环高度为1.4m，

钢塔段高度约28.4m。塔筒底部外径7800mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 ≥ 150 MPa，总高117.4m（含基础抬高0.5m），共有30节，其中M00~M11、M13~M28高4m，M12高2.5m、M29高2.4m。混凝土塔筒沿竖向分两段设置40束后张有粘结预应力钢绞线，M00~M12每束采用10根1860级S15.2mm钢绞线，M12~M29每束采用10根1860级S15.2mm钢绞线。其中第一段钢绞线顶部锚固在M12，底部张拉端在基础位置，第二段钢绞线顶部固定端位于钢制转换段底法兰，底部张拉端在M12下端。在钢制转换段吊装完成后穿束安装张拉钢绞线，最后进行灌浆。



（四）华锐酒泉马鬃山 200MW 风电项目

华锐酒泉马鬃山200MW风电项目规划装机容量200MW风电，场址位于酒泉市肃北蒙古族自治县马鬃山镇东南向约94km 的剥蚀残丘区。本项目共计32台混凝土塔筒，其中HH120-SL6.25-193型混塔32台，轮毂高度120米，适配华锐6.25-193风力发电机组。

HH120-SL6.25-193型混塔结构总高度约117.626m（含基础抬高0.5m），其中，混凝土部分高度为58.9m（含基础抬高0.5m），钢制转接环高度为1.4m，钢

塔段高度约57.326m。塔筒底部外径5400mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 $\geq 150\text{MPa}$ ，总高58.9m（含基础抬高0.5m），共有15节，其中M01~M14高4m，M15高2.4m。混凝土塔筒沿竖向设置后张有粘结预应力钢绞线，钢制转换段吊装完成后张拉并灌浆。



（五）讷河市东庆 100MW 风电项目

讷河市东庆100MW风电项目规划装机容量100MW风电，场址位于呼玛县呼玛镇讷河市南约20km，主要分布在兴旺乡附近，共安装18台单机容量5.56MW风力发电机组。适配明阳MySE5.56-200机型，轮毂高度140m。

MySE5.56-200-HH140型钢混塔筒结构总高度约137.7m（含基础抬高0.5m）。其中，混凝土部分高度为118.9m（含基础抬高0.5m），钢制转接环高度为1.4m，钢塔段高度约17.4m。塔筒底部外径5400mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 ≥ 150 MPa，总高118.9m（含基础抬高0.5m），共有30节，其中M01~M29高4m，M30高2.4m。混凝土塔筒沿竖向设置40束后张有粘结预应力钢绞线，每束采用11根1860级S15.7mm钢绞线。其中钢绞线顶底部张拉端在基础位置，顶部固定端位于钢制转换段底法兰。在钢制转换段吊装完成后穿束安装张拉钢绞线，最后进行灌浆。



（六）国华投资陕西公司志丹顺宁一期 100MW 风电项目

国华投资陕西公司志丹顺宁一期100MW风电项目规划装机容量100MW风电，场址位于陕西省延安市志丹县顺宁镇。本风电场工程拟安装20台单机容量为5MW的WT5.0-195-HH140型风力发电机组，轮毂高度140米。本项目为特殊地形项目。

WT5.0-195-HH140型钢混塔筒结构总高度约137.3m（含基础抬高0.5m）。其中，混凝土部分高度为121.4m（含基础抬高0.5m），钢制转换环高度为1.4m，钢塔段高度约14.5m。塔筒底部外径6600mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 ≥ 150 MPa，总高121.4m（含基础抬高0.5m），共有31节，其中M01~M08、M10~M30高4m，M09高

2.5m、M31高2.4m。混凝土塔筒沿竖向分两段设置40束后张有粘结预应力钢绞线，M01~M09每束采用10根1860级S15.2mm钢绞线，M09~M31每束采用9根1860级S15.2mm钢绞线。其中第一段钢绞线顶部锚固在M09，底部张拉端在基础位置，第二段钢绞线顶部固定端位于钢制转接段底法兰，底部张拉端在M09下端。在钢制转换段吊装完成后穿束安装张拉钢绞线，最后进行灌浆。



（七）河南电建新宋风杞县西寨林场 100MW 风电项目

河南电建新宋风杞县西寨林场100MW风电项目规划装机容量100MW风电，场址位于河南省开封市杞县西寨乡，场址距杞县公路里程约 15km。本风电场工程拟安装16台单机容量为6250kW的SI-193625-HH160型风力发电机组，轮毂高度160米。

HH160- SI6.25-193型钢混塔筒结构总高度约157.3m（含基础抬高0.5m）。其中，混凝土部分高度为137.4m（含基础抬高0.5m），钢制转接环高度为1.4m，钢塔段高度约18.5m。塔筒底部外径7800mm，混凝土塔筒段顶部外径4800mm，由下至上塔筒外径逐级递减。

混凝土部分为预制装配式结构，28天立方体抗压强度 $\geq 95\text{Mpa}$ ，总高137.4m（含基础抬高0.5m），共有35节，其中M01~M14、M16~M34高4m，M15高2.5m、M35高2.4m。混凝土塔筒沿竖向分两段设置40束后张有粘结预应力钢绞线，M01~

M15每束采用11根1860级S15.2mm钢绞线，M15~M35每束采用10根1860级S15.2mm钢绞线。其中第一段钢绞线顶部锚固在M15，底部张拉端在基础位置，第二段钢绞线顶部固定端位于钢制转换段底法兰，底部张拉端在M15下端。在钢制转换段吊装完成后穿束安装张拉钢绞线，最后进行灌浆。



四、标准中涉及专利情况

本标准经起草小组认真调研和核查，未发现涉及相关企业、单位和个人的专利。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果等情况

截至2023年底，全国累计并网风电装机44134万千瓦，同比增长20.7%，占全国电源总装机容量的15.1%，全年新增加风电7570万千瓦，整体维持高速发展的趋势。从2015年中国第一台混塔样机树立以来，不到十年的时间，陆上风电采用混凝土塔架的装机容量接近18GW，按公开中标陆上风电统计数据测算，混塔的风电市场占比高达30%，2023年陆上风电单机平均容量5.5MW的数据测算，其采用混塔的塔架数量已经突破3000根。实际初步统计数据显示2023年：混塔实际中标

混塔风电台数接近4000台，交付数量接近2000台，随着风力发电的快速发展，混塔的市场占有量会越来越大。

该标准的发布与实施将进一步规范超高性能混凝土塔筒管片的质量要求、试验方法、检验规则等，进一步规范超高性能混凝土塔筒管片生产企业和施工企业的质量控制，以适应发展需要，提高产品的利用率，为生产企业带来直接的经济效益，更加促进行业的发展。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

经广泛查阅，尚未找到有关的国际标准和国外先进标准，本标准制定中没有采用国内外相关标准的关键指标或相关数据。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

和现行相关法律、法规、规章无抵触之处，和相关标准，特别是强制性标准无矛盾、冲突之处。

风电塔筒用超高性能混凝土管片已经多处工程中应用，目前尚无国标、行标产品标准，本标准的制定，规定了风电塔筒用超高性能混凝土管片的分类及标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、运输和贮存、产品合格证的要求，适用于风电场工程塔筒使用的超高性能混凝土管片的生产制造与检验，填补了国内在风电塔筒用超高性能混凝土管片的标准空白。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定的过程中，没有出现重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准发布为推荐性标准。

本标准为首次提出，制定过程中有些内容还有待生产实践不断完善和提高，参编单位及行业专家建议本标准为推荐性标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

目前国内风电塔筒用超高性能混凝土管片没有一个可以指导其发展的统一的标准，个别企业对于产品的不当宣传、产品质量参差不齐、内部无序竞争等问题严重阻碍了行业的健康发展。

建议在本标准正式发布后，建议中国混凝土水泥制品协会以及UHPC分会，在全国各省市分期主办标准的宣贯会议，使本标准尽快得到塔筒管片生产企业、施工企业的重视和贯标落实。

十一、废止现行相关标准的建议

本标准为新制定标准，无需废止其他标准。

十二、其他应予说明的事项

无其他说明。