

风电塔筒用超高性能混凝土管片

Ultra-high performance concrete segments for wind power tower

(征求意见稿)

(本稿完成时间: 2024. 09. 20)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中国建筑材料联合会
中国混凝土与水泥制品协会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 分类及标记	2
5 一般要求	2
6 技术要求	4
7 试验方法	5
8 检验规则	6
9 标志、运输和贮存	7
10 产品合格证	7

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。

本文件由中国建筑材料联合会和中国混凝土与水泥制品协会共同提出并归口。

本文件负责起草单位：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、中国混凝土与水泥制品协会...

本文件参加起草单位：略。

本文件主要起草人：略。

风电塔筒用超高性能混凝土管片

1 范围

本文件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。

本文件适用于风电场工程塔筒使用的超高性能混凝土管片。

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/T 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 748 抗硫酸盐硅酸盐水泥
- GB 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 1596—2017 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 2015 白色硅酸盐水泥
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 31387 活性粉末混凝土
- GB/T 38143 水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维
- GB/T 39147—2020 混凝土用钢纤维
- GB/T 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB/T 50080—2016 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范
- JC/T 949 混凝土制品用脱模剂
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JG/T 225 预应力混凝土用金属波纹管
- T/CBMF 37—2018/T/CCPA 7—2018 超高性能混凝土基本性能与试验方法
- T/CBMF 96—2020/T/CCPA 20—2020 超高性能混凝土预混料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超高性能混凝土 ultra-high performance concrete

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。

3.2

超高性能混凝土管片 ultra-high performance concrete segments

在工厂或现场预先生产制作完成的，构成超高性能混凝土塔筒的基本单元。

3.3

超高性能混凝土塔筒 concrete tower

由超高性能混凝土管节拼装后用于承载风力发电机组上部荷载的筒状钢筋混凝土结构。

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。

4 分类及标记

4.1 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）。

按照管节的组合方式，管片分为分片式和整体式。

4.2 规格和型号

管片的规格按拼装后筒体的结构尺寸见表 1 和表 2。

表 1 等径圆弧形管片的结构尺寸

单位为毫米

项目名称	底部外径	等效壁厚	高度
公称尺寸	4800	≥150	≤4000
	5400	≥150	≤4000
	6600	≥150	≤4000
	7800	≥150	≤4000
注：本表给出的是常用规格，其他规格可由供需双方确定。			

表 2 变径圆弧形管片的结构尺寸

单位为毫米

项目名称	底部外径	顶部外径	最小壁厚	高度
公称尺寸	5400	4800	≥150	≤4000
	6600	5400	≥150	≤4000

	7800	6600	≥ 150	≤ 4000
注：本表给出的是常用规格，其他规格可由供需双方确定。				

4.3 标记

管片以管体形状、截面形状、规格（底部外径×顶部外径×厚度×高度）、标准编号编排，直线段管片规格按照外径×高度×壁厚形式标记。标记示例如下：

示例1

等径圆形、外径7800mm、高度4000mm、壁厚240mm的管片标记为：

BC-78×40×2.4 T/CBMF XX—202X/T/CCPA XX—202X

示例2

等径段、半圆形、外径5400mm、高度4000mm、壁厚240mm的管片标记为：

BC_{1/2}-54×40×2.4 T/CBMF XX—202X/T/CCPA XX—202X

示例3

变径段、四分之一圆弧形、底部外径6600mm、顶部外径5400mm、高度4000mm、壁厚1000mm的管片标记为：

ZC_{1/4}-66×54×40×100 T/CBMF XX—202X/T/CCPA XX—202X

示例4

等径段、六边形、边长2000mm、高度4000mm、壁厚240mm的管片标记为：

ZS_{1/6}-20×40×2.4 T/CBMF XX—202X/T/CCPA XX—202X

5 一般要求

5.1 原材料

5.1.1 水泥

水泥宜采用抗硫酸盐硅酸盐水泥、中热、低热硅酸盐水泥、白色硅酸盐水泥、通用硅酸盐水泥，其中抗硫酸盐硅酸盐水泥应符合 GB/T 748 的规定，中热、低热硅酸盐水泥符合 GB/T 200 的规定，白色硅酸盐水泥应符合 GB/T 2015 的规定、通用硅酸盐水泥应符合 GB 175 的规定。

5.1.2 矿物掺合料

矿物掺合料宜采用硅灰、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、磨细天然沸石、偏高岭土、石灰石粉，其中硅灰应符合 GB/T 27690 的规定；粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定；粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定；磨细天然沸石和偏高岭土应符合 GB/T 18736 的规定；石灰石粉应符合 GB/T 51003 的规定。采用其他掺合料使用前应进行试验验证。

5.1.3 骨料

细骨料应符合 GB/T 14684 的规定，其坚固性应符合 I 类要求；粗骨料应符合 GB/T 14685 的规定，其坚固性和压碎指标应符合 I 类要求。

5.1.4 外加剂

外加剂宜选用高性能减水剂，性能应符合 GB 8076 的规定，其中减水率宜大于 25%。混凝土外加剂使用前，应按 GB 50119 的规定进行混凝土配合比试配，符合要求方可使用。

5.1.5 纤维

纤维宜使用钢纤维、合成纤维、耐碱玻璃纤维，钢纤维宜采用符合 GB/T 39147-2020 规定的钢丝冷拉型钢纤维，公称抗拉强度不低于 1700MPa，合成纤维应符合 GB/T 21120 的规定，耐碱玻璃纤维应符合 GB/T 38143 的规定。

5.1.6 水

混凝土拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.1.7 钢材

5.1.7.1 骨架钢筋宜采用 HRB500 热轧带肋钢筋，其性能应符合 GB 1499.2 的规定。

5.1.7.2 预埋件的锚筋宜采用 HRB400E 级钢筋，吊钩、吊环宜采用 HPB300 级钢筋，其性能应符合 GB/T 1499.2 的规定。

5.1.7.3 预应力混凝土用金属波纹管应符合 JG/T 225 的规定。

5.1.7.4 法兰用钢板宜采用 Q235，性能指标应分别符合 GB/T 700、GB/T 1591 的规定。

5.1.7.5 型钢宜采用 Q235、Q355 和 Q420，性能指标应分别符合 GB/T 700、GB/T 1591 的规定。

5.1.8 超高性能混凝土预混料

应符合 T/CBMF 96—2020/T/CCPA 20—2020 的规定。

5.1.9 脱模剂

应符合 JC/T 949 的规定

5.2 钢筋及钢筋骨架的加工

5.2.1 钢筋加工

5.2.1.1 弧形主筋加工时应防止平面翘曲，成型后表面不应有裂纹，且成型尺寸应正确。

5.2.1.2 钢筋的弯钩和弯折应符合 GB/T 50204 中的有关规定。

5.2.1.3 除焊接封闭式箍筋外，箍筋的末端应作弯钩，弯钩形式应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

a) 箍筋弯钩的弯弧内直径应符合 GB 50204 中的有关规定；

b) 箍筋弯钩的弯折角度应为 135° 且弯后平直部分长度不应小于箍筋直径的 5 倍。

5.2.1.4 钢筋调直加工应符合 GB 50204 的相关规定。

5.2.1.5 钢筋弯曲成型后不得出现裂纹、鳞落及撕裂现象。

5.2.1.6 钢筋焊接前须消除焊接部位的铁锈、水锈和油污等，钢筋端部的扭曲处应矫直或切除。施焊后焊缝表面应平整，不得有烧伤、裂纹等缺陷。

5.2.2 钢筋骨架制作

5.2.1 钢筋骨架应采用 CO₂ 保护焊点焊，保证焊接点牢固，要求至少隔点点焊。

5.2.2 钢筋骨架内主筋对焊焊接点数量不应超过 2 个，对焊焊接点的位置应在弧面钢筋层上且不在连接面，其他焊接质量还应符合 GB 50204 的规定。

5.2.3 钢筋骨架制作偏差应满足表 3 要求：

表 3 骨架制作允许偏差

单位为毫米

序号	项 目	允许偏差
1	环向筋间距	±10
2	纵向筋间距	±10
3	骨架长、宽、高	+5 -10
4	预埋件中心线位置	±2

5.3 超高性能混凝土

5.3.1 超高性能混凝土的质量控制宜符合 T/CBFM 127—2021/T/CCPA 22—2021 的相关规定。

5.3.2 超高性能混凝土出机扩展度宜大于等于 650mm，1h 扩展度经时损失宜小于等于 100mm，T500 扩展时间宜小于 10s。

5.3.3 超高性能混凝土脱模强度宜大于 37MPa。

5.3.4 超高性能混凝土的 90d 弹性模量应大于等于 40GPa，且允许偏差不宜大于 5%。

5.3.5 超高性能混凝土的 28d 自收缩宜小于等于 800×10^{-6} 。

5.3.6 超高性能混凝土的氯离子扩散系数应小于等于 $20 \times 10^{-14} \text{m}^2/\text{s}$ 。

5.4 修补

管片存在下列外观缺陷时，应进行修补并经检验合格后才准予出厂。

- 表面非贯穿性裂缝宽度不超过 0.20mm；
- 表面麻面、粘皮、蜂窝总面积不大于表面积 5%；
- 管片存在不影响结构的缺棱掉角和飞边。

6 技术要求

6.1 超高性能混凝土力学性能

超高性能混凝土的力学性能满足 T/CBFM 37-2018/T/CCPA 7-2018 的要求，抗压强度不低于 120MPa，抗拉强度不低于 UT05 的要求。

6.2 外观质量

管片成品的外观质量应符合表 5 的规定。

表 5 外观质量要求

序号	项 目	项 目 类 别	质 量 要 求
1	贯穿裂缝	A	不准许
2	拼接面裂缝	B	不准许
3	非贯穿性裂缝	B	不准许
4	内、外表面露筋	A	不准许
5	孔洞	A	不准许
6	麻面、粘皮、蜂窝	B	不准许

7	疏松、夹渣	B	不允许
8	缺棱掉角、飞边	B	不允许
9	纵横向螺栓孔/预埋孔	B	畅通、内圆面平整，不得有塌孔或杂物
10	预埋件、预留插筋、预埋管线	B	无错位

6.3 尺寸偏差

管片的尺寸允许偏差应符合表 6 的规定

表 6 尺寸允许偏差

序号	检验项目		项目类别	允许偏差/mm
1	高度		A	±5
2	直径/弦长		A	±5 或设计值的±1/1000 的较大值
3	厚度		B	±5
4	拼接面平整度		A	≦3
5	对角线差（分片构件）		A	±5 或设计值的±1/1000 的较大值
6	预埋件	预埋板中心线位置	A	≦5
7		预埋板与混凝土面平面高差	B	0 -5
8		预埋螺栓中心线位置	A	≦2
9		预埋螺栓外露长度	B	10 -5
10		预埋套筒、螺母中心线位置	A	≦2
11		预埋套筒、螺母与混凝土面平面高差	B	±5
12		预留孔	中心线位置	A
13	孔尺寸		B	+5 0
14	预留洞	中心线位置	A	≦10
15		洞口尺寸、深度	B	+10 0
16	预埋波纹管	中心线位置	A	≦10
17	钢筋保护层厚度		B	±5

7 试验方法

7.1 超高性能混凝土

7.1.1 取样

7.1.1.1 每天拌制的同配合比的混凝土，取样不得少于一次，每次至少成型三组抗压试块：两组试件与管片同条件养护、一组蒸汽养护或标准养护。

7.1.1.2 两组与管片同条件养护的试件用于脱模强度和出厂强度；一组经 90℃ 蒸汽养护 48h 后，标养至 7d 或标准养护 28d 用于检验评定混凝土的抗压强度。

7.1.2 力学性能

混凝土抗压强度、抗拉强度试验方法按照 T/CBMF 37-2018/T/CCPA 7-2018 规定。

7.2 外观质量

外观质量检验方法与检验工具见表 7。

表 7 外观质量检验方法与检验工具

序号	检 验 项 目	检 验 方 法	量具分度值 /mm	
1	外观质量	贯穿裂缝	用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01mm	0.01
2		拼接面裂缝	用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01mm	0.01
3		非贯穿性裂缝	用 20 倍读数放大镜测量，精确至 0.01mm	0.01
4		内、外表面露筋	观察	/
5		孔洞	观察	/
6		麻面、粘皮、蜂窝	用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至 1mm	≤1
7		疏松、夹渣	观察	/
8		缺棱掉角、飞边	观察	/

7.3 尺寸偏差

尺寸偏差的检验方法与检验工具见表 8

表 8 尺寸偏差检验方法与检验工具

1	尺寸偏差	预埋件、预留孔洞、预埋波纹管	观察，并用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至 1mm	≤1
2		宽度、高度、厚度	用钢卷尺（或钢直尺）测量，精确至 1mm	≤1
3		钢筋保护层厚度	用钢筋保护层厚度测定仪进行测量，在内弧面和外弧面各测量三点，精确至 0.1mm。有争议时通过凿开混凝土保护层用深度游标卡尺进行	≤0.1

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

8.2 出厂检验

8.2.1 检验项目

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差。

8.2.2 批量

同材料、同配合比连续生产 20 片作为一个检验批。

8.2.3 抽样、检验

8.2.3.1 混凝土抗压强度

按7.1检查受检批混凝土抗压强度试验记录。

8.2.3.2 外观质量

对生产的每一片管片进行外观质量检验。

8.2.3.3 尺寸偏差

在8.2.3.2 检验合格品中，每20片抽取一片进行尺寸偏差检验。

8.2.4 判定规则

8.2.4.1 混凝土抗压强度

混凝土抗压强度符合本标准6.1的规定，则判定混凝土抗压强度合格。

8.2.4.2 外观质量

受检样品所有检查点全部合格为单项合格；A类项目全部合格，B类项目不合格不超过2项，则判定该批产品外观质量合格。

8.2.4.3 尺寸偏差

受检样品A类项所有检查点全部合格为单项合格；当A类项目全部合格，B类项目超差点不超过检查点的20%，则判定该批产品尺寸偏差合格。

8.2.5 总判断

混凝土抗压强度、外观质量、尺寸偏差均符合本标准要求时，则判该批产品为合格。

8.3 型式检验

8.3.1 检验项目

混凝土力学性能、外观质量、尺寸偏差。

8.3.2 检验条件

当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后如产品结构、原材料、生产工艺和管理有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- e) 相同产品连续生产1000片或在6个月内生产不足1000片时。

8.3.3 批量

同材料、同配合比连续生产1000片为一批，但6个月内连续生产总量不足1000片时仍可作为一批。

8.3.4 抽样、检验

8.3.4.1 混凝土力学性能

检查受检批经90℃蒸汽养护48h后，标养至7d或标准养护28d抗压强度、抗拉性能试验记录。

8.3.4.2 外观质量

同8.2.3.2。

8.3.4.3 尺寸偏差

同8.2.3.3。

8.3.5 判定规则

8.3.5.1 混凝土力学性能

混凝土力学性能符合本标准 6.1 的规定，则判定混凝土力学性能合格。

8.3.5.2 外观质量

同8.2.4.2。

8.3.5.3 尺寸偏差

同8.2.4.3。

8.3.6 总判定

混凝土力学性能、外观质量、尺寸偏差均符合本标准要求时，则判该批产品为合格。

9 标志和贮存

9.1 标志

应在管片表面标明：企业名称、商标、产品标记、生产日期和“严禁碰撞”字样。

9.2 贮存

9.2.1 产品堆放场地应坚实平整。

9.2.2 产品应按其规格及生产顺序分批堆放并采取有效安全防护措施。

9.2.3 应加强管片的后期洒水保养工作。

10 产品合格证

管片出厂时，应随带企业统一编号的产品合格证，其内容包括：

- a) 制造企业名称、商标、地址、电话；
 - b) 生产日期、出厂日期；
 - c) 本文件；
 - d) 产品规格；
 - e) 混凝土抗压强度检验结果；
 - f) 制造企业质量检验部门签章。
-