**《风力发电塔架用结构钢板》团体标准编制说明**

**一、任务来源**

贯彻落实国务院出台的《国家标准化发展纲要》中大力发展团体标准的有关要求，制定满足市场和创新需要的团体标准，落实国家关于钢铁行业高质量发展的政策导向，满足生产企业和下游用户对风力发电塔架用结构钢板产品标准的实际需求，提出《风力发电塔架用结构钢板》团体标准制定项目。

本标准由中国特钢企业协会提出并归口。由日钢营口中板有限公司、冶金工业规划研究院等起草，并共同参与前期研究、调研和标准的编制、修改、技术数据验证以及标准推广等工作。

**二、制定本标准的目的和意义**

随着全球气候变暖，风电等清洁能源得到迅速发展，在双碳背景下，开发风能是国内外大趋势，我国风力发电技术和设备的不断成熟，风力发点设备向着大型化和海洋化发展，塔架是风力发电机组的重要组成部分，主要起支撑作用，同时吸收机组震动，在高处将已获得足够的能量带动机组发电。国内风电产业不断壮大和成熟，风电项目的发展刺激了风电工程结构钢板，特别是风电塔架用钢板的需求。风电塔架用结构钢板的服役环境复杂，对于材料的综合力学性能、耐腐蚀性、低温冲击韧性等指标都有着较高要求。

国内风电市场需求的增大，风电产业的快速增长，导致风电结构用钢快速增长。风电塔架用钢板以往多为Q345等厚钢板，现在随着各钢厂的研发和生产技术的提升，可以生产具有更高强度、良好低温韧性、焊接性、耐腐蚀性的塔架用结构钢板，随着相关生产技术和产品的不断成熟，出现我国相关标准的针对性指导存在不足的情况。目前国家标准《风力发电塔用结构钢板》（GB/T 28410-2012）该标准适用于厚度为6mm~100mm的风力发电塔用结构钢板，该标准为通用标准，编制时间较早，随着技术和钢板性能、规格尺寸的变化缺乏有效的指导。本标准的制定，完善了风电用钢的标准体系，对于风力发电塔架用结构钢板的生产指导和市场推广有着推动作用。

**三、标准编制过程**

日钢营口中板有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同承担了《风力发电塔架用结构钢板》团体标准的编制工作，共同组建了该团体标准起草小组，明确各自的责任和分工并开展工作。在标准制定过程中，起草小组认真查阅有关资料、收集相关数据信息，本标准参考《风力发电塔用结构钢板》（GB/T 28410-2012），结合日钢营口中板有限公司风力发电塔架用结构钢板的生产情况，产品下游用户对风力发电塔架用结构钢板的性能要求，进行本团体标准的编制工作。

主要编制过程如下：

2022年3月，中国特钢企业协会团体标准化工作委员会（以下简称团标委）秘书处给各位委员发出团体标准立项函审单。到立项函审截止日期，没有委员提出不同意见。

2022年4月，团标委正式下达《风力发电塔架用结构钢板》团体标准立项计划（2022年第二批）。团体标准立项后，日钢营口中板有限公司、冶金工业规划研究院相关人员组成了标准起草组，提出了标准编制计划和任务分工，并开始标准编制工作。

2023年4月：进行了起草标准的调研、问题分析和相关资料收集等准备工作，完成了标准制定提纲、标准草案。

2022年X月：召开标准启动会，围绕标准草案进行了讨论，并按照与会意见和建议进行了修改。

2023年X月：形成征求意见稿并发出征求意见。

2023年X月：完成征求意见处理、形成标准送审稿。

2023年X月：完成该标准审定会，根据审定意见修改。

2023年X月：完成标准报批稿，上报中国特钢企业协会审批；完成标准发布、实施。

**四、本文件对讨论会意见的处理**

1、标准名称修改为风力发电塔用结构钢板，与国标一致；

2、碳当量、化学成分数值、力学性能部分数值进行了调整 。

3、特殊要求进行了完善。

4、交货状态删除淬火、回火。

5、其他编辑性修改。

**五、标准编制原则**

一是满足用户使用需要的原则。力争产品达到满足下游用户的需求，便于下游加工使用。二是实践标准供给侧改革的原则。争取实现团体标准的“及时性”、“先进性”和“市场性”的要求。三是技术创新的原则。《风力发电塔用结构钢板》（GB/T 28410-2012）发布时间较早，本文件与国家标准《风力发电塔用结构钢板》指标协调一致的基础上，根据下游客户的需求和产品使用环境的需求，在牌号、化学成分等方面进行技术创新，在标准中充分体现新产品的技术特点。

**六、主要技术内容**

（一）标准编写格式

本文件内容符合GB/T 1.1-2020的规定。

本文件规定了风力发电塔架结构用钢板的订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

（二）关于适用范围

根据风电发展大型化的趋势，本文件相较于国标将风力发电塔架结构用钢板，厚度调整为不大于150mm 的钢板。

（三）关于术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

（四）牌号表示方法

本节规定钢板的牌号由代表屈服强度的“屈”字的汉语拼音首字母“Q”、规定的最小屈服强度值、“风塔”的汉语拼音字母“FT”和质量等级符号四个部分组成。示例：Q355FTD，当要求钢板具有厚度方向性能时，则在上述规定的牌号后加上代表厚度方向（Z向）性能级别的符号Q355FTDZ25或Q355FTDZ35。

（五）关于订货内容

按本文件订货时合同或订单应包括下列内容：产品名称、本文件编号、牌号、规格、尺寸外形及允许偏差、重量、交货状态、特殊要求。

（五）关于尺寸、外形、重量

根据下游企业的要求，为保证产品的板形情况，本文件新增了对于不平度和对角线差的的要求。

钢板的不平度应满足GB/T 709表10中PF.B的要求，钢板的对角线差应满足≤15mm。钢板的其他尺寸、外形、重量及允许偏差应符合GB/T 709的规定。

（六）关于技术要求

1．牌号和化学成分

本节对于钢的牌号和化学成分进行了要求，与国标对比见表1。相较于国标，删除Q235、Q275级别，增加Q390、Q500级别，并对P、S元素加严，其他元素范围参照GB/T 28410及GB/T 1591，为保证产品的韧性等性能，部分V、Cu、Nb进行了微调。钢板的成品化学成分允许偏差应符合GB/T 222的规定。

本节对钢板的碳当量按照交货状态的不同进行了规定，碳当量指标根据实际生产能力调整质量等级及CEV数值。具体与国家标准对比见表2~表5，军严于或等于国标指标要求，机械轧制或热机械轧制加回火状态交货的钢板，当C含量不大于0.12%时，采用焊接裂纹敏感系数（Pcm）代替碳当量评估钢板的可焊性，可参照表4。

1. 牌号和化学成分（熔炼分析）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 质量等级 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | | | | | | | | | |
| C  ≤ | Mn | P  ≤ | S  ≤ | Si  ≤ | Nba  ≤ | Va  ≤ | Tia  ≤ | Mo  ≤ | Cr  ≤ | Ni  ≤ | Cu  ≤ | Als b  ≥ | N  ≤ |
| 本文件 | Q355FT | C、D | 0.20 | 0.90~1.65 | 0.025 | 0.015 | 0.50 | 0.05 | 0.12 | 0.05 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | 0.40 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| GB/T 28410 | Q345 | C、D | 0.20 | 0.90~1.65 | 0.025 | 0.015 | 0.50 | 0.060 | 0.12 | 0.050 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | 0.30 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| 本文件 | Q390FT | C、D | 0.20 | 0.90-1.70 | 0.025 | 0.015 | 0.50 | 0.05 | 0.20 | 0.05 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | 0.40 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| GB/T 1591 | Q390 | B | 0.20 | ≤1.70 | 0.035 | 0.035 | 0.55 | 0.05 | 0.13 | 0.05 | 0.10 | 0.30 | 0.50 | 0.40 | 0.015 | 0.015 |
| C | 0.030 | 0.030 |
| D | 0.025 | 0.025 |
| 本文件 | Q420FT | C、D | 0.20 | 1.00~1.70 | 0.025 | 0.015 | 0.50 | 0.05 | 0.20 | 0.05 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | 0.40 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| GB/T 28410 | Q420FT | C、D | 0.20 | 1.00~1.70 | 0.025 | 0.015 | 0.50 | 0.060 | 0.15 | 0.050 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | 0.30 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| 本文件 | Q460FT | C、D | 0.20 | 1.00~1.70 | 0.025 | 0.015 | 0.60 | 0.07 | 0.20 | 0.05 | 0.30 | 0.30 | 0.80 | 0.40 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| GB/T 28410 | Q460FT | C、D | 0.20 | 1.00~1.70 | 0.025 | 0.015 | 0.60 | 0.070 | 0.15 | 0.050 | 0.30 | 0.60 | 0.80 | 0.55 | 0.015 | 0.012 |
| E、F | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| 本文件 | Q500FT | C、D | 0.20 | ≤1.80 | 0.025 | 0.015 | 0.60 | 0.07 | 0.20 | 0.05 | 0.30 | 0.60 | 0.80 | 0.55 | 0.015 | 0.012 |
| E | 0.020 | 0.010 | 0.010 |
| 本文件 | Q550FT | D | 0.20 | ≤1.80 | 0.020 | 0.010 | 0.60 | 0.07 | 0.20 | 0.05 | 0.30 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.015 | 0.012 |
| E | 0.010 |
| GB/T 28410 | Q550FT | D | 0.20 | ≤1.80 | 0.020 | 0.010 | 0.60 | 0.070 | 0.15 | 0.050 | 0.50 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.015 | 0.012 |
| E | 0.010 |
| a、TMCP、TMCP+回火状态下的C含量最大值为0.12%；  b、Als可用全铝Alt替代，此时全铝最小含量为0.020%；  c、Nb+V+Ti≤0.22%。 | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. 热轧状态交货的钢板牌号及其碳当量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 交货状态 | 质量等级 | 碳当量（CEV）/% | |
| 厚度/mm | |
| ≤50 | ＞50-100 |
| 本文件 | Q355FT | 热轧 | C、D、E | ≤0.42 | ≤0.44 |
| GB/T 28410 | Q345FT | C、D、E、F | ≤0.42 | ≤0.44 |
| 本文件 | Q390FT | C、D、E | ≤0.45 | ≤0.47 |
| GB/T 1591 | Q390 | B、C、D | ≤0.45 | ≤0.47 |
| 本文件 | Q420FT | C、D | ≤0.45 | ≤0.47 |
| GB/T 28410 | Q420FT | C、D、E、F | ≤0.45 | ≤0.47 |
| 本文件 | Q460FT | C、D | ≤0.46 | ≤0.48 |
| GB/T 28410 | Q460FT | C、D、E、F | ≤0.46 | ≤0.48 |

1. 正火、正火轧制状态交货的钢板牌号及其碳当量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 交货状态 | 质量等级 | 碳当量（CEV）/% | |
| 厚度/mm | |
| ≤50 | ＞50-150 |
| 本文件 | Q355FT | 正火、正火轧制 | C、D、E、F | ≤0.43 | ≤0.45 |
| GB/T 28410 | Q345FT | C、D、E、F | ≤0.43 | ≤0.45 |
| 本文件 | Q390FT | C、D、E、F | ≤0.45 | ≤0.47 |
| GB/T 1591 | Q390N | B、C、D、E | ≤0.46 | ≤0.48 |
| 本文件 | Q420FT | C、D、E | ≤0.45 | ≤0.47 |
| GB/T 28410 | Q420FT | C、D、E、F | ≤0.48 | ≤0.50 |
| 本文件 | Q460FT | C、D、E | ≤0.47 | ≤0.49 |
| GB/T 28410 | Q460FT | C、D、E、F | ≤0.52 | ≤0.53 |

1. TMCP、TMCP+回火状态交货的钢板牌号及其碳当量和Pcm

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 交货状态 | 质量等级 | Pcm/% |
|
|
| 本文件 | Q355FT | TMCP、  TMCP+回火 | C、D、E、F | ≤0.20 |
| GB/T 28410 | Q345FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| 本文件 | Q390FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| GB/T 1591 | Q390M | B、C、D、E | ≤0.20 |
| 本文件 | Q420FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| GB/T 28410 | Q420FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| 本文件 | Q460FT | C、D、E、F | ≤0.22 |
| GB/T 28410 | Q460FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| 本文件 | Q500FT | C、D、E | ≤0.25 |
| 本文件 | Q550FT | D、E | ≤0.25 |
| GB/T 28410 |  |  |  |

2．冶炼方法

本节规定钢由转炉或电炉冶炼，并应进行炉外精炼。

3．交货状态

本节对不同等级、不同厚度规格的钢板的交货状态进行了规定，应符合表2~表4的规定。

4．力学性能和工艺性能

本节规定了钢板的力学性能和工艺性能，增加Q390、Q500级别，下屈服强度修改为上屈服强度，与国内、外标准接轨。钢板厚度上限调整为150mm，参照GB/T 28410和GB/T 1591对强度值、伸长率、冲击值进行调整。经过与国标对比，部分强度值和冲击吸收能量值相比于国标有所降低，还需要进行调整完善。

1. 力学性能和工艺性能

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 质量等级 | 拉伸试验a | | | | | | | | | 冲击试验d | | 180°弯曲试验e  D=弯心直径，  a=试样厚度 | |
| 上屈服强度b*ReH*/MPa  ≥ | | | | | 抗拉强度  *Rm*/MPa | | 断后伸长率c  *A*/% | | 温度/℃ | 冲击吸收能量  *KV2*/J  ≥ |
| 钢板厚度/mm | | | | | 钢板厚度/mm | |
| ≤16 | ＞16~40 | ＞40~63 | ＞63-100 | ＞100-150 | ≤100 | ＞100-150 | ≤100 | ＞100-150 | ≤16 | ＞16~100 |
| 本文件 | Q355FT | C | 355 | 345 | 335 | 315 | 295 | 470~630 | 450~600 | 21b | 20 | 0 | 47 | D=2a | D=3a |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 24 |
| GB/T 28410 | Q345FT | C | 345 | 335 | 325 | | 295  （GB/T 1591） | 470~630 | 450~600  （GB/T 1591，热轧态） | 21 | 18  （GB/T 1591） | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| 本文件 | Q390FT | C | 390 | 380 | 360 | 340 | 320 | 490~650 | 470~630 | 20b | 19 | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 27 |
| GB/T 1591 | Q390 | B | 390 | 380 | 360 | 340 | 320 | 490~650 | 470~620  （ GB/T 1591，热轧态） | 20/19 | 18  （GB/T 1591） | 20 | 27 |
| C | 0 | 27 |
| D | -20 | 27 |
| 本文件 | Q420FT | C | 420 | 400 | 390 | 390 | 340 | 520~680 | 500~650 | 19b | 18 | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| GB/T 28410 | Q420FT | C | 420 | 400 | 390 | | 350  （GB/T 1591） | 520~680 | 500~650  （ GB/T 1591，热轧态） | 19 | — | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| 本文件 | Q460FT | C | 460 | 440 | 430 | 410 | 380 | 540~720 | 520~710 | 17 | 17 | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| GB/T 28410 | Q460FT | C | 460 | 440 | 420 | | 390 | 550~720 | 530~700  （ GB/T 1591，热轧态） | 17 | — | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| 本文件 | Q500FT | C | 500 | 490 | 480 | 460 | — | 590-770 | — | 17 | — | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| 本文件 | Q550FT | D | 550 | | 530 | 530 | — | 670~830 | — | 16 | — | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| GB/T 28410 | Q550FT | D | 550 | | 530 | | — | 670~830 | — | 16 | — | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| a拉伸实验横向取样。  b当屈服不明显时，可采用RP0.2代表下屈服。  c当钢板厚度＞63mm时，断后伸长率可降低1%。  d夏比（V型缺口）冲击试样取纵向试样。  e ＞100mm钢板不要求弯曲检验。 | | | | | | | | | | | | | | | |

5.表面质量

本节规定的表面质量在GB/T 24810的基础上进行了完善，提出了钢板表面修磨的细化要求，规定单个修磨面积应不大于0.25m2，局部修磨面积之和应不大于总面积的2%，两个修磨面之间的距离应大于它们的平均宽度，否则认为是一个修磨面。7.5.4　经供需双方协商，表面质量可执行GB/T 14977相关要求.

6.特殊要求

根据下游大金重工反馈的下游要求，和国外对于原材料要求的发展趋势。

经供需双方协商，钢板可进行超声检测，检验方法按GB/T 2970或NB/T47013.3的规定执行，执行标准和级别应在协议或合同中明确，≥16mm钢板探伤级别应不低于GB/T 2970 II级或NB/T47013.3 III级。钢板也可进行其它项目的检验，如：韧脆转变温度、耐腐蚀指数、焊接评定，CTOD试验等。

（七）关于试验方法

钢板的检验项目及试验方法应符合表7的规定。

1. 检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 取样方法 | 试验方法 |
| 1 | 化学成分 | 1个/炉 | GB/T 20066 | 见8.1 |
| 2 | 拉伸试验 | 1个/批 | GB/T 2975 | GB/T 228.1 |
| 3 | 冲击试验 | 3个/批 | GB/T 2975 | GB/T 229 |
| 4 | 弯曲试验 | 1个/批 | GB/T 2975 | GB/T 232 |
| 5 | Z向钢厚度断面收缩率a | 3个/批 | GB/T 5313 | GB/T 5313 |
| 6 | 超声检测 | 逐张 | — | GB/T 2970或NB/T47013.3 |
| 7 | 表面质量 | 逐张 | — | 目视及测量 |
| 8 | 尺寸、外形 | 逐张 | — | 合适的量具 |
| 1. 仅对有Z向性能要求的钢板做此检验。 | | | | |

（八）关于检验规则

1．检查和验收

钢板的检查和验收由供方质量检验部门进行。

2．组批规则

相较于国标，本文件对于组批规则进行了部分修改，减少组批量，保证性能具有代表性。

钢板应成批验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一轧制制度及同一热处理制度的钢板组成，每批重量不大于40吨 。热处理态交货钢板（正火、淬火+回火、TMCP+回火）应逐轧制张检验 。Z向钢组批应符合GB/T5313的规定。

3．取样数量

钢板及钢带的取样数量和取样方法应符合表7的规定。

3．复验与判定

钢板的复验与判定应符合 GB/T 17505 的规定。Z向钢的厚度方向断面收缩率的复验与判定应符合 GB/T 5313 的规定。

4．数值修约

数值判定采用修约值比较法进行修约，修约规则应符合YB/T 081的规定，碳当量应先按公式计算后修约。

（十）关于包装、标志和质量证明书

钢板的包装、标志及质量证明书应符合GB/T 247的规定。

**七、与国内其它法律、法规的关系**

制定本标准时依据并引用了国内有关现行有效的标准，也不违背国内其它行业标准、法律、法规及强制性标准的有关规定。

**八、标准属性**

本标准属于中国特钢企业协会团体标准。

**九、标准水平及预期效果**

该标准的制定能有效规范风力发电塔架用结构钢板的生产、销售和使用，对风力发电塔架用结构钢板的有序发展具有重要意义。同时该标准对产品的质量提升具有意义，有利于促进下游产品的质量提升与推广应用，体现团体标准的引领作用。

**十、贯彻要求及建议**

本标准归口单位为中国特钢企业协会，经过审定报批后，由中国特钢企业协会发布。建议在对风力发电塔架用结构钢板的生产、贸易和使用等相关单位进行宣贯执行。

《风力发电塔架用结构钢板》标准编制工作组

2023年10月