团体标准

T/SSEA XXXX—XXXX

风力发电塔用结构钢板

Structural steel plates for wind power towers

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中国特钢企业协会发布

ICS 77.140.50

CCS H 46

版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，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》给出的规则起草。

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。

本文件由中国特钢企业协会团体标准化工作委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

风力发电塔用结构钢板

1. 范围

本文件规定了风力发电塔用结构钢板的牌号表示方法、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。

本文件适用于厚度为6~150mm的风力发电塔用结构钢板（以下简称钢板）。

1. 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成为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/T 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法

GB/T 223.9 钢铁及合金 铝含量的测定 铬天青S分光光度法

GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离--二苯碳酰二肼光度法测定铬量

GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量

GB/T 223.16 钢铁及合金化学分析方法 变色酸光度法测定钛量

GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量

GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法

GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法

GB/T 223.37 钢铁及合金 氮含量的测定 蒸馏分离靛酚蓝分光光度法

GB/T 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S分光光度法

GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量

GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量

GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量

GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法

GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法

GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验第1部分：室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法

GB/T 247 钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定

GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 2970 厚钢板超声检测方法

GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱方法（常规法）

GB/T 5313 厚度方向性能钢板

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 14977 热轧钢板表面质量的一般要求

GB/T 17505 钢及钢产品 交货一般技术要求

GB/T 20066 钢和铁化学成分测定用试样的取样和制样方法

GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)

GB/T 20125 低合金钢多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

NB/T 47013.3 承压设备无损检测第3部分：超声检测

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热轧 as-rolled; AR 或WAR

钢材未经任何特殊轧制和/或热处理的状态。

3.2

正火 normalized；N

钢材加热到高于相变点温度以上的一个合适的温度，然后在空气中冷却至低于某相变点温度的热处理工艺。

3.3

正火轧制 normalizingrolling；+N

最终变形是在一定温度范围内的轧制过程中进行，使钢材达到一种正火后的状态，以便即使正火后也可达到规定的力学性能数值的轧制工艺。

3.4

热机械轧制 thermomechanicalprocessed；M

钢材的最终变形在一定温度范围内进行的轧制工艺,从而保证钢材获得仅通过热处理无法获得的性能。

注1:可能会降低钢材强度值的热成型或580℃以上温度的焊后热处理不宜应用。根据相关的技术规范，火焰矫直是允许应用的。

注2:热机械轧制可以包括回火或无回火状态下冷却速率提高的过程，回火包括自回火但不包括直接淬火及淬火加回火。

1. 牌号表示方法

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

Q——屈服强度的“屈”字汉语拼音的首位字母；

355——规定的最小屈服强度值；

FT——“风塔”汉语拼音首位字母；

D——质量等级为D级。

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，例如：Q355FTDZ25或Q355FTDZ35。

1. 订货内容

按本文件订货时，合同或订单应包括下列内容：

1. 产品名称；
2. 本文件编号；
3. 牌号；
4. 规格、尺寸外形及允许偏差；
5. 重量；
6. 交货状态；
7. 无损检测要求；
8. 其它特殊要求。
9. 尺寸、外形、重量
   1. 不平度

钢板的不平度应满足GB/T 709表10中PF.B的要求

* 1. 对角线差

四切边钢板的对角线差应满足≤15mm。

* 1. 其他尺寸、外形、重量

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。

1. 技术要求
   1. 牌号和化学成分
      1. 钢的牌号和化学成分（熔炼分析）应符合表1的规定。本文件牌号与国外相关标准中相似牌号的对照关系参见附录A。
         1. 细化晶粒元素Al、Nb、V、Ti应至少加入其中一种，可以单独加入或以任一组合形式加入，并保证其中至少有一种的含量不小于0.015%。当单独加入时，其含量应符合表1所列值。当混合加入两种或两种以上时，总量应不大于0.22%。
         2. 当采用全铝（Alt）含量（质量分数）计算钢中铝含量时，全铝含量应不小于0.020%。
         3. 如果添加其他固氮元素，酸溶铝（Als）和全铝（Alt）含量不适用。
      2. 钢板的成品化学成分允许偏差应符合GB/T 222的规定。
      3. 钢板的碳当量（CEV）由熔炼分析成分按式（1）计算，其值应符合表2~表5的规定。

CEV=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+（Ni+Cu）……………………………（1）

* + 1. 热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，Pcm应由熔炼分析成分按式（2）计算，其值应符合表4的规定。

Pcm=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+5B………………（2）

* + 1. Z向钢板的硫含量应符合GB/T 5313的要求。
  1. 冶炼方法

钢由转炉或电炉冶炼，并应进行炉外精炼。

* 1. 交货状态

不同等级、不同厚度规格的钢板，交货状态应符合表2~表4的规定。

1. 牌号和化学成分（熔炼分析）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 质量等级 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | | | | | | | | | |
| Ca  ≤ | Mn | P  ≤ | S  ≤ | Si  ≤ | Nb  ≤ | V  ≤ | Ti  ≤ | Mo  ≤ | Cr  ≤ | Ni  ≤ | Cu  ≤ | Alsb  ≥ | N  ≤ |
| 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 |
| 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 |
| 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 |
| Q460FTc | 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 |
| Q500FTc | 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 |
| Q550FTc | 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 |
| 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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 交货状态 | 质量等级 | 碳当量（CEV）/% | |
| 厚度/mm | |
| ≤50 | ＞50-100 |
| Q355FT | 热轧 | C、D、E | ≤0.42 | ≤0.44 |
| Q390FT | C、D、E | ≤0.45 | ≤0.47 |
| Q420FT | C、D | ≤0.45 | ≤0.47 |
| Q460FT | C、D | ≤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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 交货状态 | 质量等级 | 碳当量（CEV）/% | |
| 厚度/mm | |
| ≤50 | ＞50-150 |
| Q355FT | 正火、正火轧制 | C、D、E、F | ≤0.43 | ≤0.45 |
| Q390FT | C、D、E、F | ≤0.45 | ≤0.47 |
| Q420FT | C、D、E | ≤0.45 | ≤0.47 |
| Q460FT | C、D、E | ≤0.47 | ≤0.49 |

1. TMCP、TMCP+回火状态交货的钢板牌号及其Pcm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 交货状态 | 质量等级 | Pcm/% |
|
|
| Q355FT | TMCP、  TMCP+回火 | C、D、E、F | ≤0.20 |
| Q390FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| Q420FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| Q460FT | C、D、E、F | ≤0.20 |
| Q500FT | C、D、E | ≤0.24 |
| Q550FT | D、E | ≤0.25 |

* 1. 力学性能及工艺性能
     1. 钢板的力学性能和工艺性能应符合表5的规定
     2. 厚度不小于12mm的钢板，冲击试验取10mm×10mm×55mm的标准试样；厚度小于12mm的钢板，应采用7.5mm×10mm×55mm或5mm×10mm×55mm的试样，冲击吸收能量应分别不小于表6规定值的75%或50%，优先采用较大尺寸的试样。
     3. 钢板的冲击试验结果按一组3个试样的算术平均值进行计算。允许其中有一个试验值低于规定值，但不应低于规定值的70%，否则，应从同一取样钢板上再取3个试样进行试验，先后6个试样试验结果的算术平均值不得低于规定值，允许有2个试样的试验结果低于规定值，但其中低于规定值70%的试样只允许有一个。
     4. Z向钢厚度方面断面收缩率应符合GB/T 5313的要求。
     5. 当需方要求做弯曲试验时，弯曲试验应符合表6的规定。如供方保证弯曲合格时，可不做弯曲试验。

1. 力学性能和工艺性能

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |
| Q355FT | C | 355 | 345 | 335 | 325 | 305 | 470~630 | 450~600 | 21b | 20 | 0 | 47 | D=2a | D=3a |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| Q390FT | C | 390 | 380 | 360 | 340 | 320 | 490~650 | 470~630 | 20b | 19 | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 27 |
| Q420FT | C | 420 | 400 | 390 | 390 | 340 | 520~680 | 500~650 | 19b | 18 | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| Q460FT | C | 460 | 440 | 430 | 420 | 380 | 550~720 | 520~710 | 17 | 17 | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| F | -50 | 34 |
| Q500FT | C | 500 | 490 | 480 | 460 | - | 590-770 | - | 17 | - | 0 | 47 |
| D | -20 | 47 |
| E | -40 | 34 |
| Q550FT | D | 550 | 540 | 530 | 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。 | | | | | | | | | | | | | | |

* 1. 表面质量
     1. 钢板表面不允许存在气泡、结疤、裂纹、折叠、夹杂和压入氧化铁皮等。钢板不应有目视可见的分层。
     2. 钢板表面允许有不妨碍检查表面缺陷的薄层氧化铁皮、铁锈、由压入氧化铁皮脱落引起的不显著的表面粗糙、划伤、压痕及其它局部缺陷，但其深度不得大于钢板厚度公差之半，并应保证钢板允许的最小厚度。
     3. 钢板表面缺陷允许修磨清理，但应保证钢板允许的最小厚度，修磨清理处应平滑无棱角，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。
     4. 经供需双方协商，表面质量可执行GB/T 14977相关要求。
  2. 特殊要求
     1. 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。
     2. 经供需双方协商，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。

1. 试验方法
   1. 钢的化学成分分析按GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20125或其他通用方法进行，仲裁时按照GB/T 223.5、GB/T 223.9、GB/T 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.16、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.37、GB/T 223.40、GB/T 223.58、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.67、GB/T 223.69、GB/T 223.78的规定进行。
   2. 每批钢板的检验项目和试验方法应符合表7的规定。
2. 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。 | | | | |

1. 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。

* 1. 组批规则

9.2.1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60吨。

9.2.2 热处理态交货钢板（正火、TMCP+回火）应逐轧制张检验。

9.2.3 Z向钢组批应符合GB/T5313的规定。

* 1. 取样数量

钢板及钢带的取样数量和取样方法应符合表6的规定。

* 1. 复验和判定规则
     1. 钢板的复验与判定应符合GB/T 17505的规定。
     2. 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。
  2. 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GB/T 8170的规定，碳当量应先按公式计算后修约。

1. 包装、标志和质量证明书

钢板的包装、标志、质量证明书应符合GB/T 247的规定。

附录A

（资料性）

牌号对照表

1. 本文件牌号与国内外相关标准中的相近牌号的对照关系参见表A.1.
2. 本文件牌号与国内外相关标准的相近牌号对照表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 本文件牌号 | GB/T 28410 | ASTM A709-05 | EN10025 |
| 牌号 | Q355FT | Q345FT | A709Gr50 | S355J0、S355J2、S355N、  S355NL、S355M、S355ML |
| Q390FT | - | — | —- |
| Q420FT | Q420FT | — | S420N、S420NL、S420M、S420ML |
| Q460FT | Q460FT | A709Gr70 | S460N、S460NL、S460M、S460ML |
| Q500FT | - | — | S500M、S500ML |
| Q550FT | Q550FT | — | S550Q |