**《水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板》**

**标准编制说明**

一、任务来源

本文件由中国特钢企业协会提出并归口，冶金工业规划研究院作为标准组织协调单位。根据中国特钢企业协会团体标准化工作委员会团体标准制修订计划，由南京钢铁股份有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同参与起草，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、制定背景

水电用钢使用环境特殊，对钢板的强度、韧性、焊接性能、耐腐蚀性能等要求非常严格，随着水电站装机容量和水头数值越来越大，对水电用钢板的要求越来越高。高强度低焊接裂纹敏感性钢板主要用于水电站的压力钢管及蜗壳等重要使用部位，压力管道及涡壳是从水库、压力前池或调压室向水轮机输送水量的水管，一般为有压状态，其特点是集中了水电站大部分或全部的水头，故压力钢管及涡壳用钢需要具有较高的强度、韧性，同时由于在施工过程中需要通过焊接方式进行连接，所以又需要具有优良的焊接性，方便在施工过程中进行焊接作业。

随着全球范围内对可再生能源的持续关注和投入，水力发电等可再生能源在能源供应中的地位越来越重要，水电用低焊接裂纹敏感性钢板的应用范围可能会进一步扩大。同时，随着国内生产企业技术的不断进步和研发的持续投入，水电用钢的性能也得到进一步提升，以满足更多领域和更高要求的需要。水电站用低焊接裂纹敏感性低合金高强钢需具备低碳当量、低裂纹敏感性的特性，并且需要具备较高的强度和低温冲击韧性，来适应水电站蜗壳、压力钢管等重要结构件的需要。目前国内标准《水电站压力钢管用钢板》（GB/T 31946-2015），该标准应用于厚度12mm~150mm的水电站压力钢管、蜗壳、岔管用钢板，标准对低焊接裂纹钢板的技术指标没有体现，不适用于指导水电站用低焊接裂纹敏感性低合金高强钢板产品的生产和使用，本标准的制定完善了水电站用低焊接裂纹敏感性低合金高强钢板产品技术要求，适应水电用钢的最新技术指标要求，满足细分市场需求。

三、标准编制过程

南京钢铁股份有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同承担了《水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板》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《水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板》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，以《低焊接裂纹敏感性高强度钢板》（YB/T 4137）为参考，借鉴《水电站压力钢管用钢板》（GBT31946）标准，结合国内水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板生产企业生产情况，产品下游用户对水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板的性能要求，进行本团体标准的编制工作。

2024年4月：提出制定标准项目，并进行了标准立项征求意见和论证工作；

2024年5月：中国特钢企业协会发布项目计划；

2024年7-8月：进行起草标准的调研、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；

2024年8月：工作组内征求意见和讨论；

2024年8-9月：计划召开标准启动会，围绕标准草案进行讨论，按照与会意见和建议将标准名称修改为《水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板》进行修改，形成征求意见稿并发出征求意见；

2024年8月：计划完成征求意见处理、形成标准送审稿；

2024年X月：计划完成该标准审定会和标准报批稿，上报中国特钢企业协会审批；

2024年X月：计划发布、实施标准。

四、讨论会后修改内容

1、完善表2　焊接裂纹敏感性指数；

2、修改交货状态，交货状态按照不同牌号划分；

3、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。力争达到“科学、合理、先进、实用”。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。在与国家标准体系协调一致的基础上，在标准结构、内容及主要技术指标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。

标准牵头单位南京钢铁股份有限公司具有水电站用钢领域钢板产品生产经验，为进一步完善钢材产品标准体系，保障低焊接裂纹敏感性钢板的使用安全，冶金规划院等单位积极配合起草组开展标准预研等基础工作，标准研制过程中，编制组细致收集比对现行有效标准，着重调研下游行业重点关注的技术指标，并广泛征求利益相关方意见，强化标准的适用性、先进性和公正性，提升标准应用实施效果。

六、标准主要内容及编制依据

（一）编制思路

《水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板》主要以帮助企业减少下游加工焊接的难度为导向，进行标准设计与研制。据悉，水电站用钢板主要由钢板进行加工后制得，低焊接裂纹敏感性可降低焊接加工难度。根据使用的需要，成分、力学性能控制等是低焊接裂纹敏感性高强度钢板的主要问题，生产工艺的控制是保障产品的主要技术问题。

本文件在编制过程中指标体系的设置参考《低焊接裂纹敏感性高强度钢板》（YB/T 4137-2013），产品性能指标根据南钢的生产数据进行完善，并重点对下游客户关注的技术指标进行完善补充，使标准更具有针对性和实用性。

（二）标准技术框架

本文件包含以下部分

前 言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 分类和代号

5 订货内容

6 尺寸、外形、重量

7 技术要求

8 试验方法

9 检验规则

10 包装、标志及质量证明书

（三）主要技术内容

1. 范围

本文件适用于水电站用厚度为6mm~150mm的低焊接裂纹敏感性高强度钢板。

2. 规范性引用文件

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。

3. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4．牌号表示方法

本文件命名方式参考YB/T 4137-2013，采用常用的牌号表示方法，体现细分领域用途，避免发生重复。

钢的牌号由“水电”字汉语拼音首位字母“SD”、规定的最小屈服强度值、国际上代表低焊接裂纹敏感性的英文字母CF（crack free的缩写）和质量等级四部分组成。

示例：SD690CFE

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：SD690CFZ25。

5. 订货内容

按本文件订货时，合同或订单应包括下列内容：本文件编号；

产品名称；牌号；尺寸、外形精度；交货状态；重量；其他特殊要求。

6. 尺寸、外形、重量

钢板的尺寸、外形及允许偏差应符合GB/T 709-2019的规定。钢板的厚度允许偏差应符合GB/T 709-2019中B类的规定；根据需方要求，并在合同中注明，也可按C类偏差供货。钢板按理论重量交货，理论计重采用的厚度为钢板允许的最大厚度和最小厚度的算术平均值。钢的密度为7.85g/cm3。

7　技术要求

7.1牌号和化学成分

本文件给出了产品的化学成分要求，焊接裂纹敏感性指数要求和计算公式，本文件的成分设计参考YB/T 4137中成分，采用低含碳量，降低Si、Mn元素含量上限的要求，保证产品的焊接性能，牌号增加890强度级，具体规定800强度级合金含量。焊接裂纹敏感性指数严于行业标准，本文件与YB/T 4137牌号并不完全对度应，强度相似牌号进行对比，完善了100mm以上厚度钢板的化学成分要求，对比情况见下表。

7.2冶炼方法

本文件规定钢由电炉或转炉冶炼，应进行炉外精炼。

7.3交货状态

本文件规定SD490CF、SD560CF、SD690CF钢板应以热机械轧制(TMCP)、TMCP+回火或淬火＋回火状态交货，SD800CF、SD890CF钢板应以淬火+回火状态交货，具体交货状态由供需双方商定并在合同中注明。

表1 钢的牌号和化学成分（熔炼分析）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 质量等级 | 钢板厚度/mm | 化学成分（质量分数）/%a | | | | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | Ni | Cr | Mo | Ti | Nb | V | Cu | B | P | S | Als |
| ≤ | | | | | | | | | ≥ |
| 本文件 | SD490CF | C、  D、  E | 6~60 | ≤0.09 | ≤0.40 | 1.00~1.60 | 0.10~1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.30 | 0.003 | 0.020 | 0.005 | 0.015 |
| ＞60~100 | ≤0.09 | ≤0.40 | 1.00~1.60 | 0.10~1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.30 | 0.003 | 0.020 | 0.005 | 0.015 |
| ＞100~150 | ≤0.10 | ≤0.40 | 1.00~1.60 | 0.30~1.50 | 0.60 | 0.50 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.003 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| 行标 | Q500CF | C、D、E | 5~100 | ≤0.09 | ≤0.50 | ≤1.80 | ≤1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.05 | 0.100 | 0.08 | — | 0.003 | 0.020 | 0.010 | 0.015 |
| 本文件 | SD560CF | D、  E | 6~60 | ≤0.10 | ≤0.40 | 1.00~1.60 | 0.20~1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.30 | 0.003 | 0.020 | 0.005 | 0.015 |
| ＞60~100 | ≤0.10 | ≤0.40 | 1.00~1.60 | 0.20~1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.30 | 0.003 | 0.020 | 0.005 | 0.015 |
| ＞100~150 | ≤0.11 | ≤0.40 | 1.00~1.60 | 0.50~1.50 | 0.60 | 0.50 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.003 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| 行标 | Q550CF | C | 5~100 | ≤0.09 | ≤0.50 | ≤2.00 | ≤1.80 | 0.80 | 0.70 | 0.05 | 0.12 | 0.10 | — | 0.005 | 0.020 | 0.010 | 0.015 |
| D | 0.018 | 0.010 |
| E | 0.015 | 0.008 |
| 本文件 | SD690CF | D、  E | 6~60 | ≤0.10 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 0.50~1.50 | 0.60 | 0.60 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.003 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| ＞60~100 | ≤0.10 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 0.50~1.50 | 0.60 | 0.60 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.003 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| ＞100~150 | ≤0.12 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 0.80~2.00 | 0.70 | 0.70 | 0.05 | 0.05 | 0.08 | 0.30 | 0.003 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| 行标 | Q690CF | C | 5~100 | ≤0.09 | ≤0.50 | ≤2.00 | ≤1.80 | 0.80 | 0.70 | 0.05 | 0.12 | 0.10 | — | 0.005 | 0.020 | 0.010 | 0.015 |
| D | 0.018 | 0.010 |
| E | 0.015 | 0.008 |
| 本文件 | SD800CF | D、  E | 6~60 | ≤0.11 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 0.60~1.50 | 0.60 | 0.60 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.004 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| ＞60~100 | ≤0.11 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 0.60~2.00 | 0.60 | 0.60 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.004 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| ＞100~150 | ≤0.12 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 1.00~2.00 | 0.70 | 0.70 | 0.05 | 0.05 | 0.08 | 0.30 | 0.004 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| 行标 | Q800CF | C | 5~100 | ≤0.09 | ≤0.50 | 根据需要添加，就含量应在质量证明书中注明 | | | | | | | | | 0.020 | 0.010 | — |
| D | 0.018 | 0.010 |
| E | 0.015 | 0.008 |
| 本文件 | SD890CF | E、  F | 6~60 | ≤0.12 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 1.20~2.00 | 0.70 | 0.70 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.004 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| ＞60~100 | ≤0.12 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 1.40~2.50 | 0.70 | 0.70 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.30 | 0.004 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| ＞100~150 | ≤0.13 | ≤0.40 | 0.70~1.50 | 1.60~3.00 | 0.70 | 0.70 | 0.05 | 0.05 | 0.08 | 0.30 | 0.004 | 0.015 | 0.005 | 0.015 |
| a 供方根据需要可添加其中一种或几种合金元素,最大值应符合表中规定,其含量应在质量证明书中报告。  b 钢中至少应添加 Nb、Tī、V、A1 中的一种细化晶粒元素，其中至少一种元素的最小量为0.015%（对于Al为 Als）也可用 Alt 替代 Als,此时最小量为 0.020%。 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表2 焊接裂纹敏感系数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 焊接裂纹敏感性指数值Pcm/% | | |
| 公称厚度/mm | | |
| 6~60 | 60~100 | ＞100~150 |
| 本文件 | SD490CF | ≤0.20% | ≤0.22% | ≤0.24% |
| 行标 | Q500CF | ≤0.20 | ≤0.22（60~75）  ≤0.24（75~100） | — |
| 本文件 | SD560CF | ≤0.22% | ≤0.24% | ≤0.25% |
| 行标 | Q550CF | ≤0.25% | ≤0.25（60~75）  ≤0.28（75~100） | — |
| 本文件 | SD690CF | ≤0.25% | ≤0.26% | ≤0.28% |
| 行标 | Q690CF | ≤0.25%（5~50）  ≤0.28%（50~60） | ≤0.28（60~75）  ≤0.30（75~100） | — |
| 本文件 | SD800CF | ≤0.26% | ≤0.27% | ≤0.29% |
| 行标 | Q800CF | ≤0.28%（5~50） | — | — |
| 本文件 | SD890CF | ≤0.27% | ≤0.29% | ≤0.31% |
| 行标 | — | — | — | — |

7.4 力学性能和工艺性能

本文件钢板力学性能指标符合表3的规定。

钢板的力学性能参考了相关国标和实际生产应用中的要求，进行了适当调整，显著提升了冲击吸收能量指标，在高强度等级的牌号中提升了断后伸长率的要求本文件新增了890强度等级的要求。本文件的产品组织和力学性能的稳定性和均匀性较高，，并保证大厚度产品的性能，多数指标与国标基本一致。厚度方向性能钢板的厚度方向断面收缩率应符合GB/T 5313的规定。

表3　力学性能和工艺性能

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 质量等级 | 拉伸试验a | | | | 180°弯曲试验c  D=弯心直径，a=试样厚度 |
| 钢板厚度  mm | 上屈服强度b  *ReL* /MPa | 抗拉强度  *Rm*/MPa | 断后伸长率  *A*/% |
| 本文件 | SD490CF | C、D、  E | ≤60 | ≥490 | 610～750 | ≥17 | D=3a |
| ＞60-100 | ≥470 | 590～730 |
| ＞100-150 | ≥450 | 570～730 |
| 行标 | Q500CF | C、D、  E | ≤50 | ≥500 | 610～770 | ≥17 | D=3a |
| ＞50~100 | ≥480 |
| 本文件 | SD560CF | D、E | ≤60 | ≥560 | 690～850 | ≥16 | D=3a |
| ＞60-100 | ≥540 | 670～830 |
| ＞100-150 | ≥520 | 650～830 |
| 行标 | Q550CF | C、D、  E | ≤50 | ≥550 | 670～830 | ≥16 | D=3a |
| ＞50~100 | ≥530 |
| 本文件 | SD690CF | D、E | ≤60 | ≥690 | 780～930 | ≥15 | D=3a |
| ＞60-100 | ≥670 | 760～920 |
| ＞100-150 | ≥650 | 740～900 |
| 行标 | Q690CF | C、D、  E | ≤50 | ≥690 | 770～940 | ≥14 | D=3a |
| ＞50~100 | ≥670 |
| 本文件 | SD800CF | D、E | ≤60 | ≥800 | 880～1050 | ≥15 | D=3a |
| ＞60-100 | ≥780 | 860～1030 |
| ＞100-150 | ≥770 | 850～1020 |
| 行标 | Q800CF | D、E | ≤50 | 800 | 880～1050 | ≥12 | D=3a |
| ＞50~100 | 协议 |
| 本文件 | SD890CF | E、F | ≤60 | ≥890 | 950～1150 | ≥14 | D=3a |
| ＞60-100 | ≥880 | 930～1130 |
| ＞100-150 | ≥860 | 920～1120 |
| a拉伸试样取横向试样。  b当屈服现象不明显时，可采用RP0.2代表上屈服。  c弯曲试样取横向试样。 | | | | | | | |

表4　夏比（V型缺口）冲击试验的试验温度和冲击吸收能量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 质量等级 | 冲击试验  （V型缺口） | |
| 温度/℃ | 吸收能量（横向）*KV2*/J |
| 本文件 | SD490CF | C | 0 | ≥100 |
| D | -20 | ≥100 |
| E | -40 | ≥100 |
| 行标 | Q500CF | C | 0 | ≥60 |
| D | -20 | ≥60 |
| E | -40 | ≥60 |
| 本文件 | SD560CF | D | -20 | ≥100 |
| E | -40 | ≥100 |
| 行标 | Q550CF | C | 0 | ≥60 |
| D | -20 | ≥60 |
| E | -40 | ≥60 |
| 本文件 | SD690CF | D | -20 | ≥80 |
| E | -40 | ≥80 |
| 行标 | Q690CF | C | 0 | ≥60 |
| D | -20 | ≥60 |
| E | -40 | ≥60 |
| 本文件 | SD800CF | D | -20 | ≥80 |
| E | -40 | ≥80 |
| 行标 | Q800CF | C | 0 | ≥60 |
| D | -20 | ≥60 |
| E | -40 | ≥60 |
| 本文件 | SD890CF | E | -40 | ≥60 |
| F | -60 | ≥60 |

7.5 表面质量

本文件规定与YB/T 4137一致。

7.6超声检测

本文件规定经供需双方协商，钢板应逐张按GB/T 2970或NB/T 47013.3标准的规定进行超声检测，检测方法及合格级别需在合同中注明。

8. 试验方法

本节规定了产品的化学成分检测方法，检验项目、取样数量、取样方法及试验方法。

表6　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 | 一组（3个）/批 | GB/T 2975 | GB/T 229 |
| 4 | 弯曲试验 | 1个/批 | GB/T 2975 | GB/T 232 |
| 5 | 厚度方向性能 | 3个/批 | GB/T 5313 | GB/T 5313 |
| 6 | 超声检测 | 逐张 | — | GB/T 2970或JB/T 4730.3 |
| 7 | 表面质量 | 逐张 | — | 目视及测量 |
| 8 | 尺寸、外形 | 逐张 | — | 合适的量具 |

9检验规则

本文件对检查和验收、组批规则、取样数量、复验与判定进行了要求。

10　包装、标志及质量说明书

钢板的包装、标志和质量证明书应符合GB/T 247的规定。

七、试验验证分析

八、标准的应用领域

本文件确定了水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板的订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则等技术指标，进一步满足水电站领域用钢需求，对下游用户的采购、加工和制造具有指导意义。强化了上下游企业的衔接和联系，简化了双方采购合同的复杂性，降低了双方企业的管理成本，有助于产业链的协同发展。

本文件的实施，符合我国钢铁工业由高速度发展向高质量发展的整体趋势，能够为我国水力发电领域提供有力支撑，使原料生产企业充分满足下游用户对钢板的各参数要求，引导双方形成合力，共同助力下游行业快速发展。

九、标准属性

本标准属于中国特钢企业协会团体标准。

十、标准水平及预期效果

该标准的制定能有效规范水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板的生产、销售和使用，对水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板产品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。

十一、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。建议在对水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板的生产、贸易和使用等相关单位进行宣贯执行。

《水电站用低焊接裂纹敏感性高强度钢板》标准编制工作组

2024年9月