



宝山钢铁股份有限公司企业标准

Q/BQB 620—2023

代替Q/BQB 620—2018

水电用低裂纹敏感性高强度厚钢板

Low crack susceptibility high strength steel plates for hydropower

2023-04-09 发布

2023-07-01 实施

宝山钢铁股份有限公司 发布

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。

本文件参照GB 19189—2011《压力容器用调质高强度钢板》并结合宝钢生产实际情况制定。

本文件代替 Q/BQB 620—2018《水电用低裂纹敏感性高强度厚钢板》，与 Q/BQB 620—2018 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 规范性引用文件中更改了 GB/T 228.1、GB/T 709 和 GB/T 2975 的年号，明确 NB/T 47013.3—2015 含第 1 号修改单，增加了 GB/T 222-2006 的引用；
- 增加了第 3 章“术语和定义”；
- 更改了表 7 中应变时效敏感性取样方法。

本文件所含钢种为低焊接裂纹敏感性钢。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部提出。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部归口。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部起草。

本文件主要起草人：黄锦花

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：Q/BQB 620-2009, Q/BQB 620-2013, Q/BQB 620-2018。

水电用低裂纹敏感性高强度厚钢板

1 范围

本文件规定了水电用低裂纹敏感性高强度厚钢板的尺寸、外形、技术要求、检验和试验、标志及检验文件等。

本文件适用于宝山钢铁股份有限公司生产的水电用低焊接裂纹敏感性高强度厚钢板。

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/T 222—2006 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法（适用部分）
- GB/T 228.1—2021 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 709—2019 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 2970 厚钢板超声波检验方法
- GB/T 2975—2018 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 4160 钢的应变时效敏感性试验方法（夏比冲击法）
- 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法（常规法）
- GB/T 5313 厚度方向性能钢板
- 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
- JB/T 4730.3—2005 承压设备无损检测 第3部分 超声检测
- NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测 第3部分 超声检测（含第1号修改单）
- Q/BQB 600 厚钢板一般技术要求

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般技术要求

除非本文件另有规定，否则按本文件供货的钢板应符合 Q/BQB 600 的相应要求。

5 分类和代号

5.1 牌号表示方法

钢的牌号由宝钢股份中“宝”的拼音字母首位“B”、规定最小抗拉强度（单位MPa）的数值、代表其特性的英文字母、用途、交货状态和质量等级组成。表示低焊接裂纹敏感性时用英文Crack Free首位字母“CF”、水电用英文Hydropower首位字母“H”、交货状态为调质状态时以“Q”，为热机械轧制时以“M”表示、和质量等级中要求冲击韧性时以“Low temperature”中字母“L”表示，并用“2”、“4”和“5”分别区分-20℃、-40℃和-50℃冲击试验温度。

5.2 钢板的牌号、交货状态、公称厚度、用途如表 1 所示。

表 1

牌 号 ^a	交货状态	公称厚度 mm	用 途
B610CFHQL2、B780CFHQL2	Q	10~150	低焊接裂纹敏感性钢，用于最低服役温度为-20℃等水电站压力钢管、蜗壳、岔管等金属构件。
B610CFHML2、B780CFHML2	TM 或 TM+T	10~60	
B610CFHQL4、B780CFHQL4	Q	10~150	低焊接裂纹敏感性钢，用于最低服役温度为-40℃等水电站压力钢管、蜗壳、岔管等金属构件。
B610CFHML4、B780CFHML4	TM 或 TM+T	10~60	
B780CFHQL5	Q	10~150	低焊接裂纹敏感性钢，用于最低服役温度为-50℃等水电站压力钢管、蜗壳、岔管等金属构件。
B780CFHML5	TM 或 TM+T	10~60	

^a 订货时有 Z 向性能要求时，在牌号后增加 Z 向性能级别后缀，例如：B610CFHQL2-Z35。

6 订货所需信息

根据需要，订货时用户需提供包括足以说明所需材料的下述信息：

- a) 本文件号；
- b) 牌号、交货状态；
- c) 规格和厚度偏差类别；
- d) 边缘状态；
- e) 超声波检测方法和合格级别；
- f) 重量和用途；
- g) 其他（如碳当量要求、冲击吸收能量、模拟焊后热处理制度及要求、厚度方向性能级别、应变时效敏感性要求等特殊要求）。

7 尺寸、外形、重量及允许偏差

钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合 GB/T 709 的规定。

8 技术要求

8.1 牌号及化学成分

8.1.1 钢的牌号及化学成分（熔炼分析）应符合表 2 的规定。

8.1.2 碳当量和焊接裂纹敏感系数的计算公式应符合表 3 规定。

8.1.3 钢板的焊接裂纹敏感系数应符合表 4 的规定。

8.2 冶炼方法

钢由氧气转炉冶炼，并经真空处理。

表 2

牌 号	厚度 mm	化学成分 ^a （质量分数）， %										
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B
B610CFHQL2	10~80	≤0.09	≤	0.60~	≤	≤	≤	≤0.60	≤0.30	≤0.40	0.02~	≤0.002
B610CFHQL4												
B610CFHML2	>80~150	≤0.11	0.40	1.60	0.015	0.007	0.25	≤1.0			0.06	
B610CFHML4												
B780CFHQL2	10~80	≤0.09	≤	0.60~	≤	≤	≤	≤1.50	≤0.60	≤0.60	0.02~	≤0.002
B780CFHML2												
B780CFHQL4	>80~150	≤0.12	0.40	1.60	0.015	0.007	0.40				0.06	
B780CFHML4												
B780CFHQL5												
B780CFHML5												

^a 为改善钢的性能，可添加其他微合金元素。

表 3

项目	计算公式 ^a
碳当量	$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$
焊接裂纹敏感系数	$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$

^a 计算公式中的化学成分采用熔炼分析的值

表 4

牌号	焊接裂纹敏感系数 P_{cm} , %		
	厚度, mm		
	10~60	>60~80	>80~150
B610CFHQL2、B610CFHML2 B610CFHQL4、B610CFHML4	≤ 0.20	≤ 0.22	≤ 0.24
B780CFHQL2、B780CFHML2 B780CFHQL4、B780CFHML4 B780CFHQL5、B780CFHML5	≤ 0.24	≤ 0.25	≤ 0.28

表 5

牌号	碳当量 C_{eq} , %		
	厚度, mm		
	10~60	>60~80	>80~150
B610CFHQL2、B610CFHML2 B610CFHQL4、B610CFHML4	≤ 0.42	≤ 0.44	≤ 0.48
B780CFHQL2、B780CFHML2 B780CFHQL4、B780CFHML4 B780CFHQL5、B780CFHML5	≤ 0.53	≤ 0.54	≤ 0.56

8.3 交货状态

8.3.1 钢板以调质、热机械控制轧制或热机械控制轧制加回火状态交货。当以调质状态交货时，其回火温度应不低于 600℃。

8.3.2 根据需要，对于调质钢板可进行多次热处理。

8.3.3 通常情况下钢板的边缘状态以剪切或火焰切割边交货。如需方有要求，经供需双方协商并在合同中注明时也可以不切边（毛边）交货。

8.4 力学和工艺性能

8.4.1 钢板的力学和工艺性能应符合相应表 6 的规定。

8.4.2 冲击吸收能量为一组三个试样试验结果的平均值，允许其中一个试样的试验结果小于规定值，但不得小于规定值的 70%。

8.4.3 冲击试验仅适用于厚度大于等于 6mm 的钢板。对厚度大于等于 12mm 的钢板进行冲击试验时，应采用 10mm×10mm×55mm 标准试样，试验结果应满足表列的规定值；对厚度大于等于 6mm 且小于 12mm 的钢板进行冲击试验时，应采用 7.5mm×10mm×55mm 或 5mm×10mm×55mm 的小试样，其试验结果分别不小于表列规定值的 75%或 50%。

8.4.4 如冲击试验结果不符合规定要求时，可以在同一取样产品上另取三个试样进行检验，这时，前后六个试样的试验结果（平均值）应不小于规定值，并且其中低于规定值的试样最多只能有二个，只允许其中一个值小于规定值的 70%。

8.5 表面质量

8.5.1 钢板表面不允许存在裂纹、气泡、结疤、折叠和夹杂等对使用有害的缺陷。如有上述缺陷，允许清理，清理深度从钢板实际尺寸算起，不得超过钢板厚度公差之半，并应保证钢板的最小厚度。缺陷清理处应平滑无棱角。钢板不得有分层。

8.5.2 其他缺陷允许存在。但其深度从钢板实际尺寸算起，不得超过厚度允许公差之半，并应保证缺陷处厚度不小于钢板允许最小厚度。

表 6

牌号	厚度 mm	拉伸试验			冲击试验		180° 弯曲试验 b=2a (a=试样厚度, b=试样宽度, D—弯曲压头直径)
		下屈服强度 ^a R_{eL} MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率A, %, ($L_0=5.65\sqrt{S_0}$)	温度 ℃	冲击吸收 能量 ^b KV ₂ , J	
B610CFHQL2 B610CFHML2	10~75 >75~150	≥490 ≥470	610~740 590~720	≥17	-20	≥47	D=3a
B610CFHQL4 B610CFHML4	10~75 >75~150	≥490 ≥470	610~740 590~720				
B780CFHQL2 B780CFHML2	10~50 >50~150	≥690 ≥670	780~920 760~900	≥15	-20	≥47	D=3a
B780CFHQL4 B780CFHML4	10~50 >50~150	≥690 ≥670	780~920 760~900				
B780CFHQL5 B780CFHML5	10~50 >50~150	≥690 ≥670	780~920 760~900	≥15	-50	≥47	D=3a

^a 屈服现象不明显时采用 $R_{p0.2}$

^b 根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，冲击吸收能量可规定≥80J或≥100J。

8.6 超声检测

钢板应逐张进行超声检测，检测方法可按 JB/T 4730.3-2005、NB/T 47013.3-2015（含第1号修改单）或 GB/T 2970 执行，检测方法和合格级别由订货时确定。探头选用可按 GB/T 2970 的规定。

8.7 特殊要求

经供需双方协商，并在合同中注明，还可对钢板提出以下特殊要求。

8.7.1 厚度大于等于 15mm 钢板的厚度方向性能应符合 GB/T 5313 的规定。

8.7.2 应变时效敏感性试验要求，样坯拉伸应变量为 5%。

8.7.3 模拟焊后热处理制度及要求。

8.7.4 其他要求。

9 检验和试验

9.1 检验文件类型在选用规定的检验和试验时，应符合 9.2~9.3 条款规定。

9.2 每批钢板的检验项目、试样数量、取样方法、试验方法及取样方向应符合表 7 的规定。

表 7

序号	检验项目	试样数量 (个)	取样方法 ^b	试验方法	取样 方向
1	化学分析 ^a	1 (每炉)	GB/T 20066	GB/T 223、GB/T 4336、 GB/T 20123、GB/T 20125 或通用方法	—
2	拉伸试验	1	厚度≤25mm, GB/T 2975-2018 图 A10 a (全厚度板状) 厚度>25mm~≤50mm, GB/T 2975-2018 图 A.10 a 或 c 厚度>50mm, GB/T 2975-2018 图 A.10 c (1/4t 棒状)	GB/T 228.1-2021 方法 B ^c	横向 试样
3	弯曲试验	1	GB/T 2975 (弯曲试样应至少保留一个轧制面, 轧制面为 弯曲试验的受拉面)	GB/T 232	横向 试样
4	冲击试验 ^d	1 组 (3 个)	厚度≤25mm, GB/T 2975-2018 图 A.11 a (近表面) 厚度>25mm, GB/T 2975-2018 图 A.11 b (1/4t)	GB/T 229	横向 试样
5	超声检测	逐张	—	JB/T 4730.3-2005 或 NB/T 47013.3-2015 (含第 1 号修改通知 单) 或 GB/T 2970	—
6	厚度方向性能	协议	GB/T 5313	GB/T 5313	厚度 方向
7	应变时效敏感性	协议	GB/T 4160	GB/T 4160	横向 试样

^a 对化学成分进行仲裁试验时，按 GB/T 223。

^b 允许采用剪切或火焰切割方法切取样坯，但样坯的尺寸必须保证试样避开因剪切或火焰切割造成的加工硬化区或热影响区。当不能按规定取样位置取样时，应尽量靠近该位置。

^c 为了改善测量结果的再现性，推荐采用横梁位移速率控制方法，测定屈服强度的横梁位移速率为 $0.00083 \times L_c$ (mm/s) 或 $0.05 \times L_c$ (mm/min)；屈服强度测得后，横梁位移速率为 $0.0067 \times L_c$ (mm/s) 或 $0.4 \times L_c$ (mm/min)。

^d 根据需方要求，经供需双方协商并在合同中注明，可增加纵向冲击试验，冲击试验温度和冲击吸收能量同横向要求。

9.3 取样频率

9.3.1 化学成分分析的取样频率

按炉对化学成分进行熔炼分析。

9.3.2 力学性能和工艺性能的取样频率

对于调质状态交货的钢板，每批应由同一热处理母板组成。对于热机械轧制状态交货的钢板，每批应由同一交货状态的母板组成。力学性能样坯应取自钢板宽度的 1/4 处。当钢板长度小于等于 15m 时，在钢板的一端取样坯，当钢板长度大于 15m 时，在钢板的两端取样坯。

9.3.3 经供需双方协商，可另外确定组批规则。