



宝山钢铁股份有限公司企业标准

Q/BQB 486—2023

代替Q/BQB 486—2021

特高压(含直流换流型)变压器用冷轧取向 电工钢带

Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip specialized for UHV
Transformers (including UHVDC Converter Transformers)

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 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 Q/BQB 486—2021。本文件与 Q/BQB 486—2021 相比，除编辑性改动外，主要修改内容如下：

- 删除允许产品存在焊缝的规定；
- 加严涂层附着性的要求；
- 修改切边产品剪切毛刺高度的规定；

本文件的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本文件由宝山钢铁股份有限公司硅钢事业部和制造管理部提出。

本文件由宝山钢铁股份有限公司硅钢事业部和制造管理部联合起草。

本文件由宝山钢铁股份有限公司制造管理部归口。

本文件主要起草人：胡聆。

本文件所代替的历次版本发布情况为：Q/BQB 486-2018，Q/BQB 486-2021。

特高压(含直流换流型)变压器用冷轧取向电工钢带

1 范围

本文件规定了1000kV及以上特高压交流变压器、±800kV及相关直流换流变压器用冷轧取向电工钢带的术语和定义、分类和代号、一般要求、技术要求、检验和试验、包装、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特高压(含直流换流型)变压器用的全工艺冷轧取向电工钢带(以下简称产品)。

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 228.1-2021	金属材料拉伸试验 第一部分:室温实验法
GB/T 2521.2-2016	全工艺冷轧电工钢 第2部分:晶粒取向钢带(片)
GB/T 2522	电工钢片(带)表面绝缘电阻、涂层附着性测试方法
GB/T 2900.60	电工术语 电磁学
GB/T 3655	用爱泼斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能的方法
GB/T 4340.1	金属材料维氏硬度试验 第一部分:试验方法
GB/T 8170	数值修约规则与极限数值的表示和判定
GB/T 9637	电工术语磁性 材料与元件
GB/T 13789	用单片测试仪测量电工钢片(带)磁性能测量方法
GB/T 19289	电工钢片(带)的密度、电阻率和叠装系数的测量方法
GB/T 37953-2019	特高压变压器用冷轧取向电工钢带
YB/T 4292	电工钢带(片)几何特性测试方法
YB/T 4731	电工钢带(片)反复弯曲试验方法
Q/BQB 400	冷轧产品的包装、标志及检验文件
IEC 60404-8-7	Specifications for individual materials - Cold-rolled grain-oriented Magnetic materials electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state
IEC/TR 62581-2010	Methods of measurement of the magnetostriction characteristics by means of single sheet and Epstein test specimens
IEC/TR 62383-2006	Determination of magnetic loss under magnetic polarization waveforms including higher harmonic components - Measurement, modelling and calculation methods

3 术语和定义

GB/T 2521.2-2016、GB/T 2900.60、GB/T 9637 和 YB/T 4292 界定的以及下列术语适用于本文件。

3.1 谐波比总损耗 harmonic specific total loss

在额定频率下附加谐波工况磁场,磁极化强度随时间按正弦磁场叠加谐波磁场变化的规律变化,

其峰值为某一定值，变化频率为某一特定频率时，单位质量的铁芯所消耗的功率为谐波比总损耗，单位为瓦特每千克（W/kg）。

3.2 直流偏磁比总损耗 DC biased specific total loss

在额定频率下附加直流偏磁工况磁场，磁极化强度随时间按正弦磁场叠加直流偏磁磁场变化的规律变化，其峰值为某一定值，变化频率为某一特定频率时，单位质量的铁芯所消耗的功率为直流偏磁比总损耗，单位为瓦特每千克（W/kg）。

3.3 比视在功率 specific apparent power

对于设定的磁极化强度和频率值，磁化单位质量的铁芯所消耗的交流电源总功率为比视在功率，单位为伏安每千克（VA/kg）。

3.4 磁致伸缩系数 magnetostriction coefficient

当磁极化强度随时间按正弦规律变化，其峰值为某一标定值，变化频率为某一标定频率时，电工钢片（带）沿磁化方向上发生的尺寸变化相对值为工频磁致伸缩系数。

3.5 A 计权磁致伸缩速度水平 A-weighted magnetostriction velocity level, L_{VA}

当磁极化强度随时间按正弦规律变化，其峰值为某一标定值，变化频率为某一标定频率时，单位长度电工钢片（带）沿磁化方向上发生磁致伸缩所引起的表面振动声压水平为 A 计权磁致伸缩速度水平。

4 分类

本文件的材料的等级是根据磁极化强度在1.7T、频率在50Hz下的最大比总损耗名义值 $P_{1.7/50}$ （W/kg）、材料公称厚度进行牌号分类，并按产品类型，细分为特高压变压器专用高磁极化强度型和特高压变压器专用磁畴细化型两类产品。

5 符号与牌号

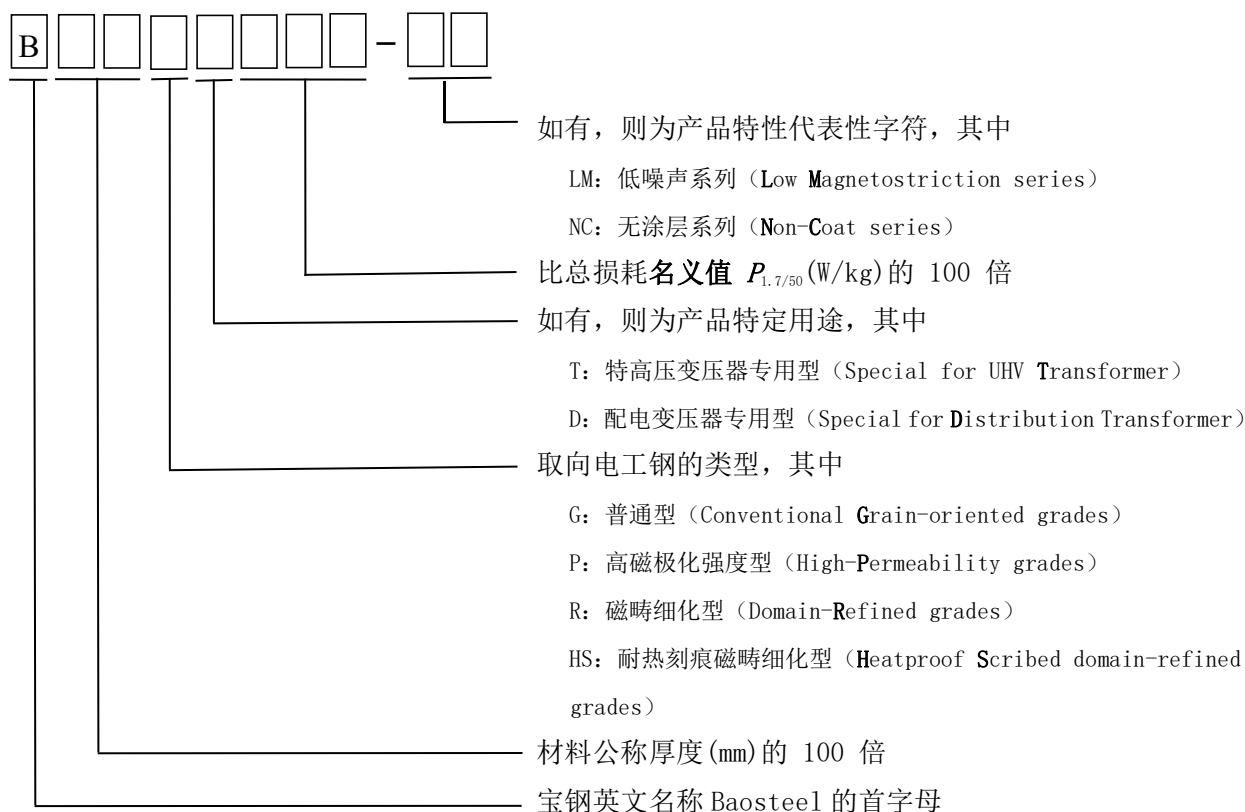
5.1 符号和说明

本文件的符号和相应的说明见表1。

表1 符号与说明

符号	单位	说明
P	W/kg	比总损耗, 通常称为铁损。
$P_{1.5/50}$	W/kg	磁极化强度在1.5T、频率在50Hz下测得的比总损耗
$P_{1.5/60}$	W/kg	磁极化强度在1.5T、频率在60Hz下测得的比总损耗
$P_{1.7/50}$	W/kg	磁极化强度在1.7T、频率在50Hz下测得的比总损耗
$P_{1.7/60}$	W/kg	磁极化强度在1.7T、频率在60Hz下测得的比总损耗
J	T	磁极化强度
J_{800}	T	磁场强度 H 为800A/m(用峰值表示)下的磁极化强度
B	T	磁感应强度
μ_0	H/m	真空中的磁导率, 取 $4\pi \times 10^{-7}$
S_s	VA/kg	比视在功率
$S_{S_{1.7/50}}$	VA/kg	磁极化强度在1.7T、频率在50Hz下测得的比视在功率
L_{VA}	dB(A)	A 计权磁致伸缩速度水平
F_c	—	SST 法检测所得比总损耗值转换为爱泼斯坦方圈法数值的转换系数
C	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{面}$ 或 $\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{面}$	表面绝缘电阻系数
R_i	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{片}$ 或 $\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{片}$	层间电阻系数
f	—	叠装系数

5.2 牌号定义



示例 1: B23G110 表示公称厚度为 0.23mm 的普通型取向电工钢, 牌号比总损耗名义值的保证值 $P_{1.7/50}$ 不大于 1.10W/kg;

示例 2: B30P105 表示公称厚度为 0.30mm 的高磁极化强度型取向电工钢, 牌号比总损耗名义值的保证值 $P_{1.7/50}$ 不大于 1.05W/kg;

示例 3: B27R090 表示公称厚度为 0.27mm 的磁畴细化型取向电工钢, 牌号比总损耗名义值的保证值 $P_{1.7/50}$ 不大于 0.90W/kg;

示例 4: B23RD080 表示公称厚度为 0.23mm 的配电变压器专用磁畴细化型取向电工钢, 牌号比总损耗名义值的保证值 $P_{1.7/50}$ 不大于 0.80W/kg;

示例 5: B27P100-LM 表示公称厚度为 0.27mm 的高磁极化强度型低噪声系列取向电工钢, 牌号比总损耗名义值的保证值 $P_{1.7/50}$ 不大于 1.00W/kg

示例 6: B27G140-NC 表示公称厚度为 0.27mm 的普通型无涂层系列取向电工钢, 牌号比总损耗名义值的保证值 $P_{1.7/50}$ 不大于 1.40W/kg

5.3 绝缘涂层的分类和代号应符合表 2 的规定。

表 2 特高压专用取向电工钢产品表面涂层种类及特征

绝缘涂层种类	代号	特征
无机涂层	S	涂层为磷酸盐和二氧化硅为主的无机成分混合物。 该涂层具有较高的耐热性, 在干的氮气或者干的氮氢混合保护气氛中可以承受 850℃ 消除应力退火。 对绝缘油、清漆、机械油、制冷气体等有高耐腐蚀性。

6 一般要求

6.1 生产工艺

产品的生产工艺和化学成分由制造方决定。

6.2 供货形式

产品以卷供货，简称钢卷。当订货合同中未注明边缘状态时，产品按切边状态供货。

6.2.1 钢卷的重量应符合订货要求，卷重一般为 2.00~6.00 吨。

6.2.2 钢卷通常以切边状态交货。用户有特殊要求时，通过协议可以以不切边状态交货。

6.2.3 钢卷内径应在 500mm~520mm 范围内，推荐内径值为 508 ± 5 mm。

6.2.4 钢卷应由同一宽度的钢带连续、紧密卷绕，卷的侧面应尽量平直，自重下不塌卷。

6.2.5 除无涂层系列产品之外，产品两面涂有绝缘涂层。

6.2.6 用户有特殊要求时，应符合订货协议。

6.3 交货状态

产品以最终退火状态交货，带涂层的产品两面涂敷绝缘涂层，无涂层系列产品表面无底层和绝缘涂层。绝缘涂层的种类由供方根据自身生产工艺确定，也可由供需双方协商确定。

6.4 表面条件

6.4.1 产品表面应光滑清洁，无油脂，无锈渍，无影响使用的缺陷。

6.4.2 产品表面允许存在不影响材料正常使用的基板缺陷、底层缺陷、绝缘涂层缺陷，如轻微划痕、辊印、色差、露晶、色斑、小白点、小气泡、裂纹等缺陷。

6.4.3 产品表面的绝缘涂层应附着良好，涂层应均匀，以保证在合理剪切操作中和在制造方推荐的消除应力退火条件下退火时不脱落，

6.5 剪切适应性

产品应便于用适当剪切工具在任何位置准确地剪切成通常形状。

7 技术要求

7.1 磁性能

7.1.1 在 6.3 条件下提供的特高压（含直流换流型）变压器用取向电工钢的特性应符合表 3 和表 4 的规定，时效试样也应满足这些特性。对带有涂层的产品，绝缘涂层的质量应被计算在内。

7.1.2 表 3 和表 4 中的高磁极化强度型产品的磁性能应该按 GB/T 3655 测试，在测试前，试样应在制造方提供的条件下进行消除应力退火（通常消除应力退火温度的范围为 $800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ ，退火时间为 2h，退火后随炉冷却）；但表 3 和表 4 中的非耐热磁畴细化法（如激光刻痕）生产的产品磁性能应按照 GB/T 13789 测试，试样在测试前不需要进行消除应力退火。经供需双方协商，表 3 和表 4 中的其他产品的磁性能也可按照 GB/T 13789 测试。

7.1.3 在磁场强度 $H = 800 \text{ A/m}$ 条件下测试所得的磁极化强度 J_{800} 应符合表 3 的规定，其中，同一产品按 GB/T 13789 方法所测得的磁极化强度值 J_{800} 比 GB/T 3655 方法所测得的磁极化强度值偏低。

7.1.4 同一产品在磁极化强度 1.7T、频率 50Hz 或 60Hz 条件下，按 GB/T 13789 方法所测得的 50Hz 和 60Hz 条件下比总损耗值，参照 IEC 6040-8-7 Edition 5.0 2020-09 中规定的转换系数 $F_c=0.925$ 进行转换，转换后的 $P_{1.7/50}$ 和 $P_{1.7/60}$ 应符合表 3 的规定。

7.1.5 同一产品在磁极化强度 1.5T、频率 50Hz 或 60Hz 条件下，按 GB/T 13789 单片法所测得的比总损耗值，参照 GB/T 13789-2008 (IEC 60404-3: 2002, IDT) 附录 C 中指定的关系式 C.2a 向方圈法数据转换，两种检测方法所得比总损耗转换因子 δP 的拟合关系可参照 GB/T 13789-2008 (IEC 60404-3: 2002, IDT) 附录 C 关系式 C.3a，式中拟合有效区间为 1.0T~1.8T，且该转换关系只适用于 0.23mm 及以上厚度规格激光刻痕产品，0.20mm 及以下厚度规格激光刻痕产品的转换关系根据实际检测、应用对比实验结果进行专项规定。当供应商和用户协商对 $P_{1.5/50}$ 和 $P_{1.5/60}$ 有明确要求时，转换后的 $P_{1.5/50}$ 和 $P_{1.5/60}$ 应符合表 3 的规定。

7.1.6 同一产品按 GB/T 13789 单片法所测得的 50Hz 和 60Hz 条件下比视在功率值，参照 GB/T 13789-2008 附录 C 中指定的关系式 C.2c 向方圈法数据转换，两种检测方法所得比视在功率转换因子 δHS 的拟合关系可参照 GB/T 13789-2008 附录 C 关系式 C.3b，式中拟合有效区间为 1.0T~1.8T，且该转换关系只适用于 0.23mm 及以上厚度规格激光刻痕产品，0.20mm 及以下厚度规格激光刻痕产品的转换关系根据实际检测、应用对比实验结果进行专项规定。当供应商和用户协商对 $S_{S_{1.7/50}}$ 有明确要求时，转换后的 $S_{S_{1.7/50}}$ 应符合表 3 的规定。

7.1.7 其他测试条件下，转换系数 F_c 可由供应商和用户协商确定。

注1：多年来习惯上采用磁感应强度，实际上爱泼斯坦方圈和单片测试仪测量的是磁极化强度。磁感应强度与磁极化强度的关系： $J=B-\mu_0 H$ ， $H=800A/m$ 条件下，B和J的差异约为0.001T。

表 3 产品的主要磁性能和技术特性 (1)

产品类型	牌号	公称厚度 mm	比总损耗 名义值 W/kg	最大比总损耗 W/kg					最小磁极 化强度 T	最小 叠装 系数 f	最大比视 在功率 VA/kg
				$P_{1.7}$		$P_{1.5}^a$		均值 ^b			
				$P_{1.7/50}$	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	$P_{1.7/50}$	J_{800}	$S_{S_{1.7/50}}^a$
磁畴细化型 (激光刻痕)	B23RT080	0.23	0.80	0.79	1.04	0.59	0.78	0.775	1.90	0.955	1.90
	B23RT085		0.85	0.82	1.08	0.61	0.81	0.800			2.30
	B23RT090		0.90	0.88	1.15	0.65	0.85	0.850			2.80
	B27RT085	0.27	0.85	0.84	1.11	0.64	0.84	0.830	1.90	0.960	1.90
	B27RT090		0.90	0.87	1.15	0.66	0.87	0.860			2.30
	B27RT095		0.95	0.92	1.22	0.69	0.91	0.895			2.70
	B30RT090	0.30	0.90	0.89	1.18	0.68	0.91	0.880	1.90	0.965	1.80
B30RT095	0.95		0.92	1.22	0.71	0.94	0.910	2.00			
B30RT100	1.00		0.95	1.26	0.73	0.97	0.930	2.50			
高磁极化 强度型	B23PT085	0.23	0.85	0.85	1.12	0.64	0.84	0.830	1.90	0.955	1.30
	B23PT090		0.90	0.88	1.15	0.65	0.87	0.870			1.40
	B27PT090	0.27	0.90	0.89	1.18	0.67	0.89	0.870	1.90	0.960	1.30
	B27PT095		0.95	0.93	1.23	0.69	0.93	0.920			1.40
	B27PT100		1.00	0.96	1.27	0.72	0.96	0.940			1.50

表 3（续）

产品类型	牌号	公称厚度 mm	比总损耗 名义值 W/kg	最大比总损耗 W/kg					最小磁极 化强度 T	最小 叠装 系数 <i>f</i>	最大比视 在功率 VA/kg
				$P_{1.7}$		$P_{1.5}^a$		均值 ^b			
				$P_{1.7/50}$	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz			
高磁极化 强度型	B30PT095	0.30	0.95	0.95	1.25	0.72	0.97	0.930	1.90	0.965	1.30
	B30PT100		1.00	0.98	1.30	0.74	1.00	0.970			1.40
	B30PT105		1.05	1.01	1.34	0.76	1.02	1.000			1.50

^a 为参考值，根据用户需要，也可作为供货标准。

^b 为参考值，按合同批次的算术平均值。

表 4 产品的主要磁性能和技术特性（2）

产品类型	牌号	厚度 mm	最大谐波比总损耗（均值） ^a W/kg		最大直流偏磁 比总损耗（均值） ^b W/kg	最大 A 计权磁致伸缩 速度水平（均值） ^c dB(A)
			3 次谐波，磁感含 量 10%， $P_{1.7/50}$	5 次谐波，磁感含 量 5%， $P_{1.7/50}$	直流偏磁磁场 150A/m， $P_{1.7/50}$	$L_{VA, 1.7/50}$
磁畴细化型 （激光刻痕）	B23RT080	0.23	0.92	0.87	1.08	58
	B23RT085		0.95	0.91	1.10	
	B23RT090		0.99	0.95	1.12	
	B27RT085	0.27	0.97	0.91	1.12	59
	B27RT090		1.02	0.97	1.14	
	B27RT095		1.06	1.01	1.19	
	B30RT090	0.30	1.05	0.98	1.10	61
	B30RT095		1.10	1.03	1.20	
	B30RT100		1.15	1.08	1.25	
高磁极化 强度型	B23PT085	0.23	1.01	0.96	1.15	58
	B23PT090		1.05	1.01	1.20	
	B27PT090	0.27	1.05	1.01	1.20	59
	B27PT095		1.11	1.05	1.25	
	B27PT100		1.15	1.11	1.30	
	B30PT095	0.30	1.10	1.03	1.20	61
	B30PT100		1.18	1.13	1.30	
B30PT105	1.25		1.20	1.40		

^a 谐波比总损耗按合同批次的算术平均值。供方如能保证，可不进行该试验。

^b 直流偏磁比总损耗按合同批次的算术平均值。供方如能保证，可不进行该试验。

^c A 计权磁致伸缩速度水平按合同批次的算术平均值。供方如能保证，可不进行该试验。

7.2 涂层特性

根据需方要求，经供需双方协商，可进行涂层特性检测，并在合同中注明涂层特性保证值。若产品需要进行热处理，应按制造方指定的条件进行，并在合同中注明在热处理之前或之后检测涂层特性。

绝缘涂层应可耐受绝缘漆、变压器油、机械油等介质的侵蚀。

7.2.1 涂层附着性

$\leq 0.27\text{mm}$ 厚度规格的产品涂层附着性级别应为 C 级及以上， $> 0.27\text{mm}$ 厚度规格的产品涂层附着性级别应为 D 级及以上。

在剪切过程和供方规定的热处理条件下进行热处理时，涂层不得有大面积脱落，但是在剪切边缘上，允许存在涂层的轻微碎裂。

7.2.2 涂层绝缘电阻

涂层绝缘电阻的检测参照 GB/T 2522 进行，也可以双方协商，按照约定方法进行检测，相关技术要求应在合同中注明。

按照 GB/T2522 测得的表面绝缘涂层电阻，单面 5 次测量的平均值应不小于 $30\ \Omega \cdot \text{cm}^2/\text{面}$ ，单面 5 次测量的单次最小值应不小于 $15\ \Omega \cdot \text{cm}^2/\text{面}$ 。供方如能保证，可不进行该试验。

注：涂层绝缘电阻分为表面绝缘电阻和层间电阻，理论上，层间电阻是表面绝缘电阻的 2 倍。

7.3 几何特性和公差

7.3.1 厚度

产品的公称厚度为 0.23mm、0.27mm、0.30mm。厚度允许偏差包括以下三类，其中包括：

- 同一个验收批内公称厚度的允许偏差，简称公称厚度允许偏差；
- 平行于轧制方向（即产品长度方向）的一定长度（ $2000\text{mm} \pm 200\text{mm}$ ）范围内，产品纵向上各点的实际厚度之间的偏差，以下称纵向厚度偏差；
- 垂直于轧制方向（即沿着产品宽度方向），产品上距离边部不小于 15mm 及横向宽度中间位置，各点的实际厚度之间的偏差，以下称横向厚度偏差。

产品的厚度偏差应符合表 5 的规定，带钢允许厚度负偏差交货。

表 5 产品厚度允许偏差

单位为 mm

公称厚度	公称厚度允许偏差 ^a	纵向厚度偏差 ^b	横向厚度偏差 ^c
0.23	+0.010	+0.012	+0.010
	-0.020	0	0
0.27	+0.010	+0.012	+0.010
	-0.020	0	0
0.30	+0.010	+0.012	+0.010
	-0.025	0	0

^a 焊缝处厚度增加值不应超过 0.050mm；
^b 任意 2000mm 长产品或一张钢片上的厚度偏差；
^c 仅适用于宽度大于 150mm 的产品，对于窄带，需另签协议。

7.3.2 宽度

产品的公称宽度 W 范围为 $750\text{mm} < W \leq 1270\text{mm}$ 。切边供货的产品母卷宽度允许偏差应为 ${}^{+0.5}_0\text{mm}$ 。用户有特殊要求时，通过协议可以按毛边状态交货，其宽度允许偏差由供需双方通过协议另行约定。

7.3.3 镰刀弯

产品镰刀弯的检测适用于宽度不小于 150mm 的切边材料，任意 1000mm 长度的产品镰刀弯应不超过 0.50mm。供方如能保证，可不进行该试验。

7.3.4 不平度和浪高

产品不平度的检测适用于宽度不小于 150mm 的材料，其不平度应不超过 1.0%，浪高应不超过 2.5mm。

7.3.5 残余曲率

根据需方要求，并在合同中注明，宽度不小于 150mm 的产品可检测残余曲率，其测试钢片的底边和支撑板间的距离应不超过 10mm。供方如能保证，可不进行该试验。

7.3.6 毛刺高度

切边产品的剪切毛刺高度应不超过 0.015mm。

7.4 技术特性

7.4.1 密度

用于计算磁性能和叠装系数的约定密度为 $7.65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

7.4.2 叠装系数

产品的最小叠装系数应符合表 3 的规定。

7.4.3 弯曲次数

产品平行于轧制方向的最小弯曲次数应不小于 1 次。供方如能保证，可不进行该试验。

7.4.4 由内应力引起的剪切边的偏差

产品应尽可能避免内应力。根据需方要求，并在合同中注明，可对宽度不小于 500mm 的材料（纵切分条后的材料）检测由内应力引起的剪切边偏差，其缝隙测量值应不超过 1mm。供方如能保证，可不进行该试验。

8 检验和试验

8.1 一般要求

8.1.1 按本文件签订订货协议时，用户可按 GB/T 17505 规定进行规定检验和试验或非规定检验和试验。然而，对于非规定检验和试验，制造方应提供所需产品的比总损耗值和磁极化强度值。

8.1.2 当按规定检验和试验订货时，用户应明确 GB/T 18253 中的检验文件的类型。

8.1.3 钢卷应按卷组批，一般以一个卷组成一个验收批。

8.1.4 除另有协议外，8.1.3 规定适用于因内应力引起的剪切边的偏差、涂层绝缘电阻、几何特性和公差检验。

8.1.5 当产品以分卷的形式供货时，原验收组批上的测试结果适用于该分卷。

8.2 取样

8.2.1 取样应从每一个验收组批上切取。

8.2.2 产品的最内圈和最外圈应视为包装材，不代表整个钢卷的质量，试样不应从这部分截取。试样应避免焊缝和接带区域。

8.2.3 取样位置距产品头尾两端不小于 3m，距产品边部不小于 15mm 处截取。对大单片磁性能、绝缘涂层附着性等有特殊取样要求的检测项目，则按照附录 A 的规定取样。

8.2.4 通过合理地安排测试顺序，同一副试样可以用于测试多种特性。

8.3 表面外观检查

产品的表面外观质量用肉眼检查。

8.4 尺寸和外形的测量

8.4.1 尺寸和外形

应采用合适的测量工具测量。测量位置距产品头尾两端不小于 3m。

8.4.2 厚度的测量

切边钢带的厚度应在距边部不小于 15mm 的任意位置处测量。测量所采用的千分尺精度应为 0.001mm。

8.4.3 不平度(波浪度)的测量

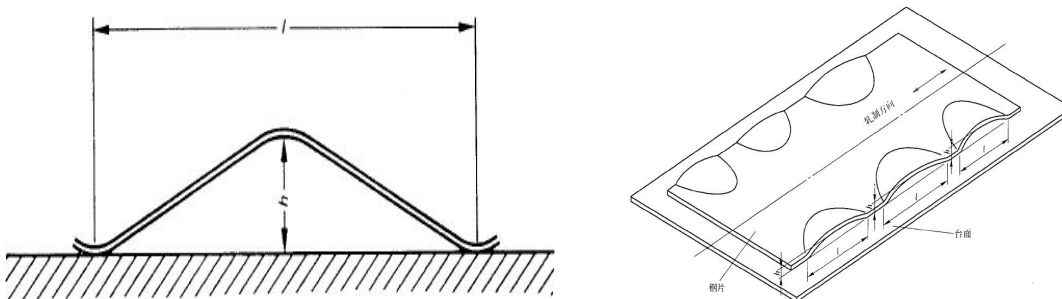


图 1 不平度(波浪度)的测量

测量产品最大波的高度 (h) 和波长 (l)，计算得到产品的不平度 $(h/l) \times 100\%$ ，如图 1 所示。

8.4.4 毛刺(h)的测量

测量产品剪切处及内侧的厚度 h_2 和 h_1 ，毛刺高度等于两者的厚度之差 ($h = h_2 - h_1$)。如图 2 所示。测试毛刺高度的试样从成品交货的产品上制取，推荐试样长度不小于 500mm。

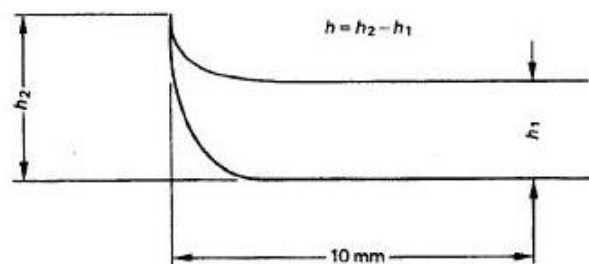


图2 毛刺高度(h)测量图

8.5 磁性能测试

8.5.1 爱泼斯坦方圈测量

用 25cm 爱泼斯坦方圈测量时，参照检测方法 GB/T 3655 (IEC 60404-2, IDT)，一副试样由不少于 24 片的样片组成。试样的长度方向应沿平行于产品轧制方向切取，试样长度方向与产品轧制方向的偏离角度应在 $\pm 1^\circ$ 以内，试样应尽可能覆盖产品的全板宽范围。试样应的取样方法、尺寸及允许偏差应符合 GB/T 3655 的规定。

测试前，试样应在制造方提供的条件下进行消除应力退火处理。测试产品时效试样的最大比总损耗时，时效试样应在 $225^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 温度中持续保温 24h，然后空冷到环境温度。

8.5.2 单片法 (SST) 测量

用单片测试仪测量时，试样的取样方法、尺寸及允许偏差应符合 GB/T 13789 (IEC 60404-3, IDT) 的规定。单片法测量的试样为轧制状态试样，不需要消除应力退火处理，也不允许进行时效处理。

8.6 取样数量、试样方向、试样尺寸及试验方法

8.6.1 产品检验项目的取样数量、试样方向、试样尺寸及试验方法应符合表 7 的规定。

8.6.2 拉伸试验应按照 GB/T 228.1-2021 的方法 B。为了改善测量结果的再现性，推荐采用横梁位移控制方法，测屈服强度速率为 $5\%L_c/\text{分钟}$ 或 $0.00083/\text{s}$ ，屈服强度测得后的速率为 $40\%L_c/\text{分钟}$ (L_c 为试样的平行长度) 或 $0.0067/\text{s}$ 。试样位置距边部应不小于 50mm。

表 6 检验项目的取样数量、试样方向、试样尺寸及试验方法

检验项目	取样数量	试样方向	试样尺寸	试验方法
比总损耗、磁极化强度、比视在功率	1 组/批	纵向	长度: 500mm 宽度: 500mm	GB/T 13789 (磁畴细化型产品)
叠装系数			长度: 280mm~320mm 宽度: 30mm	GB/T 3655 GB/T 19289
涂层附着性	1 组/批	纵向	长度: 280mm~320mm 宽度: 30mm	GB/T 2522
不平度	1 个/批	纵向	全板宽×1000mm 长	YB/T 4292
毛刺高度		纵向	全板宽×1000mm 长	YB/T 4292
表面绝缘电阻	—	横向	$\geq 400\text{mm} \times \geq 50\text{mm}$ 带钢纵向	GB/T 2522
谐波比总损耗		纵向	$500\text{mm} \times 500\text{mm}$	IEC/TR 62383-2006
直流偏磁比总损耗		纵向	$500\text{mm} \times 500\text{mm}$	在特定的直流偏磁状态下 (如 $150\text{A}/\text{m} \pm 1\%$) 参照 GB/T 13789 测量交流比总损耗
A 加权磁致伸缩速度水平	—	纵向	长度: 500mm 宽度: 100mm	IEC/TR 62581-2010
弯曲次数		纵向	宽度: 30mm	YB/T 4731
维氏硬度 (HV1)		/	$\geq 12\text{mm} \times \geq 30\text{mm}$	GB/T 4340.1
拉伸试验		纵向	平行段 $25\text{mm} \times 60\text{mm}$ (50mm 标距)	GB/T 228.1
镰刀弯		纵向	全板宽×2000mm 长	YB/T 4292
残余曲率		纵向	全板宽×500mm 长	YB/T 4292
由内应力引起的剪切边的偏差	—	纵向	全板宽×1000mm 长	YB/T 4292

8.7 其他

供方可采用不同的检验和试验方法进行验收测试。发生争议时，应采用本技术条件规定的检验和试验方法及相关的技术要求进行测试。

9 判定与复验规则

产品的判定与复验规则应符合 GB/T 17505 的规定。

如有某一项试验结果不符合文件要求，则从同一批中再任取双倍数量的试样进行该不合格项目的复验。复验结果(包括该项目试验所要求的所有指标)合格，则整批合格。复验结果(包括该项目试验所要求的所有指标)即使有一个指标不合格，则复验不合格。如复验不合格，则已做试验且试验结果不合格的单件不能验收，但该批材料中未做试验的单件可逐件重新提交试验和验收。

10 包装、标志和检验文件

产品的包装、标志及检验文件应符合 Q/BQB 400 规定。如无特殊要求，钢卷采用卧式包装，详见 Q/BQB 400 中图 7 包装类型，如需方对包装有特殊要求，可在订货时协商，并在合同中注明。

取向电工钢产品质量证明书基本列印项目有 $P_{1.7/50}$ 、 $P_{1.7/60}$ 、 J_{800} 、叠装系数，如需方有特殊要求，可在订货时协商，并在合同中注明。

11 数值修约规则

数值判定采用修约值比较法，数值修约应符合 GB/T 8170 的规定。

12 其他说明

受外部环境、仓储条件、包装等因素影响，取向电工钢长期存放情况下存在产品表面锈蚀风险。在通常的包装、运输、装卸和储存条件下，供方应保证自制造完成之日起 12 个月内，产品表面不产生锈蚀。

注：通常把产品检验文件中的签发日期规定为产品的制造完成日期。

13 订货所需信息

用户按本部分订货时应提供下列资料：

- 1) 本文件号；
- 2) 牌号；
- 3) 规格尺寸；
- 4) 边缘状态；
- 5) 重量；
- 6) 包装方式；
- 7) 用途；
- 8) 对细化磁畴型产品，需明确细化磁畴处理方法（耐热或者非耐热细化磁畴处理）；
- 9) 其他特殊要求。

附录 A

(规范性附录)

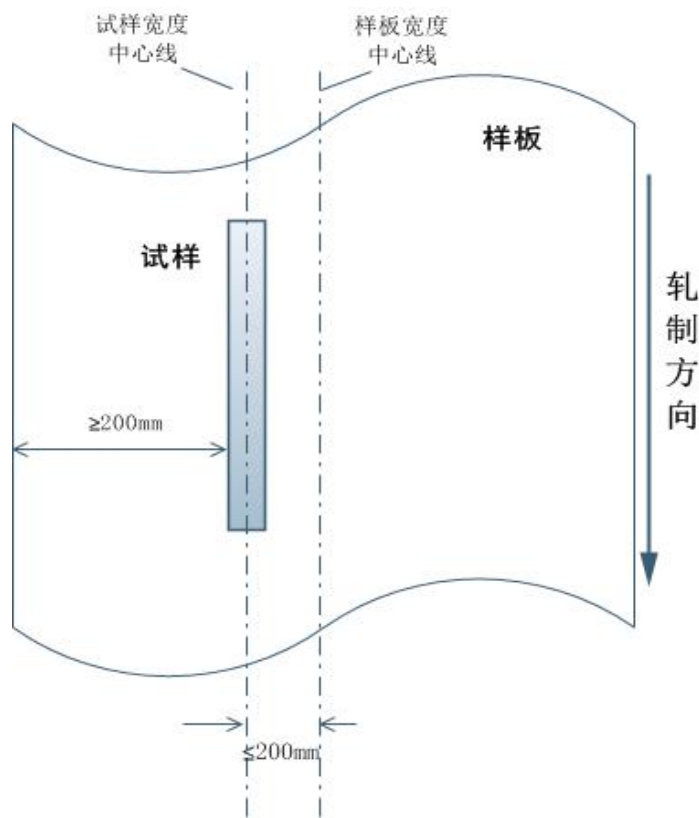
取向电工钢绝缘涂层附着性和大单片磁性能测试试样剪切方法

A.1 说明

本附录适用于取向电工钢绝缘涂层附着性和大单片磁性能测试试样剪切。

A.2 绝缘涂层附着性测试试样剪切方法

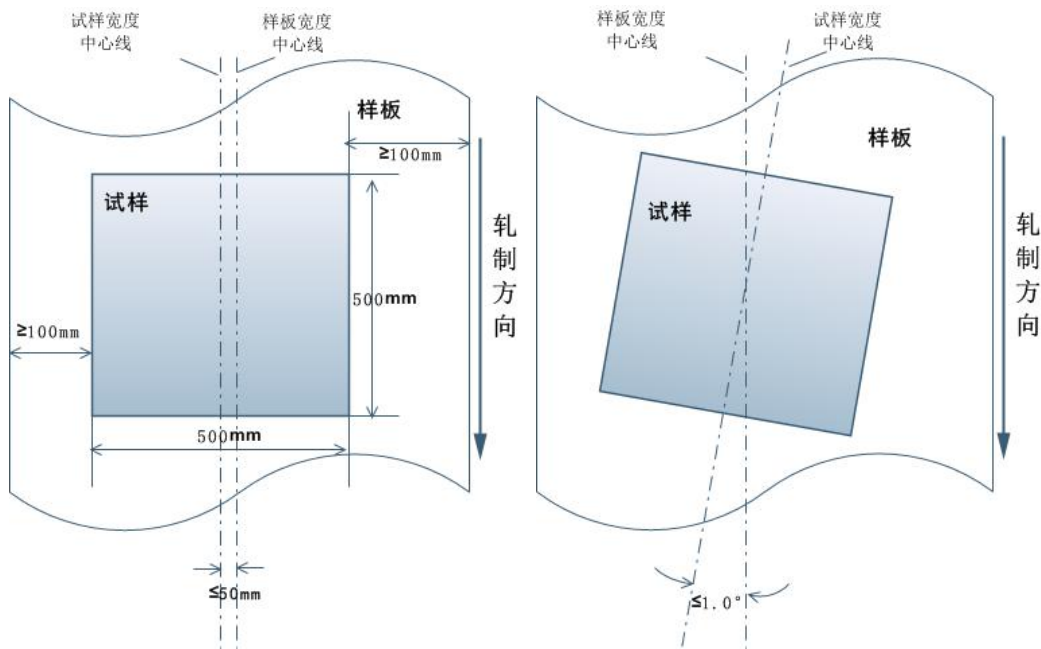
在产品中部位置取样，沿平行于轧制方向剪切具有代表性的试样，不得损伤试样涂层。裁剪测试试样时，当产品宽度 $\leq 800\text{mm}$ 时，试样中心位置与带钢宽度方向中心位置偏移量控制在 $\leq 200\text{mm}$ ；当产品宽度 $> 800\text{mm}$ 时，试样中心位置与带钢宽度方向中心位置偏移量控制在 $\leq 200\text{mm}$ ，且试样边部距离样板边部控制在 $\geq 200\text{mm}$ 。试样的尺寸为宽度为 $30\pm 0.2\text{mm}$ ，长度为 $280\sim 320\text{mm}$ 的试样。用户有特殊要求，应另签协议。



附图 A.1 涂层附着性试样剪切规定示意图

A.3 大单片磁性能测试试样剪切方法

宝钢激光刻痕磁畴细化型产品磁性能检测采用了单片测试仪进行测试，通常情况下取向电工钢只测试平行于轧制方向的磁性能水平，特殊情况可以约定分别检测平行于轧制方向和垂直于轧制方向的磁性能。具体测试方法符合 GB/T 13789-2008 (IEC 60404-3:2002, IDT) 相关规定，测试试样公称尺寸为 $500\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，测试试样长度的误差在 $\pm 0.1\%$ 以内，测试试样的质量误差在 $\pm 0.1\%$ 以内。为保证磁性测试结果对带钢磁性能的代表性，裁剪大单片试样时，试样中心位置与带钢宽度方向中心位置偏移量控制在 $\leq 50\text{mm}$ ，试样边部距离样板边部控制在 $\geq 100\text{mm}$ ，试样纵向与样板轧制方向的偏离角度 $\leq 1.0^\circ$ ，如附图 A.2 所示。试样要求剪切整齐、平坦、直角性好，表面清洁，无影响性能检测的缺陷，试样边部不允许剪切后打磨，剪切毛刺高度不应高于 $20\mu\text{m}$ 。大单片试样不经过消除应力退火处理直接测试。



(a) 试样剪切位置示意图 (b) 试样剪切纵向偏离角示意图

附图 A.2 大单片磁性能测试试样剪切规定示意图

附 录 B
(资料性附录)

本技术条件与国家标准 GB/T 2521.2-2016 的技术性差异

本技术条件与国家标准 GB/T 2521.2-2016、Q/BQB 485-2023 的技术性差异见表 B.1。

表 B.1 本技术条件与 GB/T 2521.2-2016、Q/BQB 485-2023 的技术性差异

序号	项目	GB/T 2521.2 - 2016	Q/BQB 485 - 2023	Q/BQB 486 - 2023	
1	产品系列	普通型、高磁极化强度型、磁畴细化型	普通型、高磁极化强度型、磁畴细化型、耐热磁畴细化型、配电变压器专用系列、低噪声系列、无涂层系列	特高压(含直流换流型)变压器专用型	
2	牌号等级	常规牌号	删除 27Q130、23Q120、23QH100、27QH100、30QH110 等低端牌号, 新增 B23R075、B27R080、B30R090、B30P100、B30P095 等 31 个高端牌号。	特定 16 个专用牌号: B23RT080、B23RT085、B23RT090、B27RT085、B27RT090、B27RT095、B30RT090、B30RT095、B30RT100、B23PT085、B23PT090、B27PT090、B27PT095、B27PT100、B30PT095、B30PT100。	
3	几何特性	厚度检测位置	距离边部不小于 30mm 位置	距离产品边部不小于 15mm 位置	距离产品边部不小于 15mm 位置
		纵向厚度差	$\leq 0.025\text{mm}$	0.27、0.30、0.35mm: $\leq 0.015\text{mm}$ 0.23、0.20、0.18mm: $\leq 0.012\text{mm}$	$\leq 0.012\text{ mm}$
		横向厚度差	$\leq 0.015\text{mm}$	0.27、0.30、0.35mm: $\leq 0.012\text{mm}$ 0.23、0.20、0.18mm: $\leq 0.010\text{mm}$	$\leq 0.010\text{ mm}$
		宽度允许偏差	0~2mm	0~0.5mm	0~0.5mm
		不平度(急峻度)	$\leq 1.5\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 1.0\%$
		浪高	---	$\leq 3\text{mm}$	$\leq 3\text{mm}$
		毛刺高度	$\leq 0.025\text{mm}$	$\leq 0.020\text{mm}$	$\leq 0.020\text{mm}$
		叠装系数	0.23mm: 0.945 0.27mm: 0.950 0.30mm: 0.955 0.35mm: 0.960	0.23mm: 0.955 0.27mm: 0.960 0.30mm: 0.965 0.35mm: 0.965	0.23mm: 0.955 0.27mm: 0.960 0.30mm: 0.965
		残余曲率	$\leq 35\text{mm}$	$\leq 5\text{mm}$	$\leq 5\text{mm}$
由内应力引起的剪切边的偏差	---	$\leq 1\text{mm}$	$\leq 1\text{mm}$		
4	涂层特性	涂层附着性	---	不差于 E 级	不差于 D 级
		表面绝缘电阻	---	---	①单面测量的平均值: $\geq 30\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{面}$; ②单面 5 次测量单次最小值: $\geq 15\Omega \cdot \text{cm}^2/\text{面}$
5	常规磁性	最大 $P_{1.7/50}$	与牌号名义值相同	按宝钢产品实际水平确定, 全面升级所有牌号的标准值。	按宝钢产品实际水平确定, 全面升级所有牌号的标准值。
		最大 $P_{1.7/60}$	对牌号名义值对应		
		最大 $P_{1.5/50}$	---		
		最大 $P_{1.5/60}$	---		
		最小 J_{800}	---		

表 B.1 (续)

序号	项目	GB/T 2521.2 - 2016	Q/BQB 485 - 2023	Q/BQB 486 - 2023
6	$P_{1.7/50}$ 均值	---	---	特高压系列专项规定
	3 次谐波, 磁感含量 10%, $P_{1.7/50}$	---	---	特高压系列专项规定
	5 次谐波, 磁感含量 5%, $P_{1.7/50}$	---	---	特高压系列专项规定
	直流偏磁磁场 150A/m, $P_{1.7/50}$	---	---	特高压系列专项规定
	A 加权磁致伸缩速度水平, L_{WA}	---	---	特高压系列专项规定
	比视在功率	---	---	特高压系列专项规定
7	取向电工钢绝缘涂层附着性和大单片磁性能测试试样剪切方法	---	规范性附录 A	规范性附录 A