

团 体 标 准

T/CSEE 0043—YYYY
代替 T/CSEE 0043-2017

水轮发电机热轧磁轭钢板

Hot-rolled Steel for Yokes of Hydrogenerator

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电机工程学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 牌号	5
5 订货内容	5
6 技术要求	6
7 冲击试样设计	7
8 制造	8
9 检验	9
10 包装、标志和质量证明书	10

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准化管理办法》《中国电机工程学会标准化管理办法实施细则》的要求，依据 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。

本文件代替 T/CSEE 0043-2017《大型水轮发电机高强度热轧磁轭钢板技术条件》，与 T/CSEE 0043-2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术性变化如下：

- a) 名称由“大型水轮发电机高强度热轧磁轭钢板技术条件”修改为“水轮发电机热轧磁轭钢板”；
- b) 明确了本文件用于 SRE650、SRE700、SRE750 热轧磁轭钢板的订货、制造和验收（见 1）；
- c) 增加了化学成分分析标准 GB/T 20123、GB/T 20125（见表 1）；
- d) 增加了“试料、样坯、试样”术语的定义（见 3.1、3.2、3.3、图 1）；
- e) 将“消除应力热处理”修改为“消除应力处理”或“消除应力”（见 5.3、8.3）；
- f) 增加了化学成分 $Ni \leq 0.30\%$ （见表 1）；
- g) SRE700、SRE750 磁轭钢板板厚“上限 6.0mm”修改为“上限 4.0mm”（见表 2）；
- h) 将“冲击性能指标对应 10mm 试样，对于其它规格试样，尺寸的换算按 GB/T 229 执行”修改为“55mm×2.5mm×10mm 试样试验结果按 3 个试样的算术平均计算，允许其中 1 个试样试验值低于规定平均值，但不得低于规定平均值的 70%”（见表 2 中 b）；
- i) 冲击性能考核值“横 40J、纵 54J”修改为“横 10J、纵 14J”（见表 2）；
- j) 删除了“是否考核由订货合同规定”；
- k) 增加了 55mm×2.5mm×10mm 冲击试样设计图样（见图 2）；
- l) 增加了 55mm×2.5mm×10mm 冲击试样尺寸及偏差、表面粗糙规定（见表 6）；
- m) 增加了冶炼规定（见 8.1）；
- n) 增加了轧制规定（见 8.2）；
- o) 增加了热处理规定（见 8.3）；
- p) 增加了矫形规定（见 8.4）；
- q) 增加了工艺验证规定（见 8.5）；
- r) 增加了喷丸处理规定（见 8.6）；
- s) 增加了拉伸性能试验在板宽 $w/4$ 位置取横向及纵向样坯（试样）、且在板宽边部取纵向样坯（试样）规定（见 9.2.3、图 3）；
- t) 增加了冲击性能试验取样位置规定（见 9.2.4、图 3）；
- u) 增加了弯曲工艺性能试验取样位置规定（见 9.2.5、图 3）；
- v) 增加了磁性能试验取样位置规定（见 9.2.6、图 3）；
- w) 增加了订货方检验频次规定（见表 7）；
- x) 删除了供货方成品分析（见表 7）；
- y) 增加了试样数量（见表 7）；
- z) 增加了化学成分、拉伸性能、弯曲工艺性能、冲击性能复试规定（见 9.4）。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会电机标准专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况：

——2017年首次发布为 T/CSEE 0043-2017 《大型水轮发电机高强度热轧磁轭钢板技术条件》。

——本次为第一次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条1号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

水轮发电机热轧磁轭钢板

1 范围

本文件规定了水轮发电机热轧磁轭钢板的牌号、订货内容、技术要求、冲击试样设计、制造、检验、包装、标志及质量证明书等。

本文件适用于水轮发电机转子磁轭用 SRE650、SRE700、SRE750 热轧磁轭钢板的订货、制造和验收。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 223 钢铁及合金化学分析方法
- 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 钢板和钢带的检验、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 2975 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
- 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 4336 碳素钢和中低合金钢火花源原子发射光谱分析方法（常规法）
- GB/T 13012 软磁材料直流磁性能的测量方法
- 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
- GB/T 32548 钢铁锡、锑、铈、铅和铋的测定电感耦合等离子体质谱法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试料 sample

在热轧磁轭钢板上切割的具有代表性、用于取样坯的部分材料，该部分材料应满足取样坯位置、方向、尺寸、数量等要求，见图 1 虚线部分所示。

3.2

样坯 rough specimen

采用机加工、激光切割等方法从热轧磁轭钢板或试料上切取有少量加工余量或某些面无加工余量、用于制备试样的坯料，见图 1 所示。

3.3

试样 test piece

经对样坯进行机加工，具有合格尺寸且满足性能试验要求状态的试件，见图1所示。

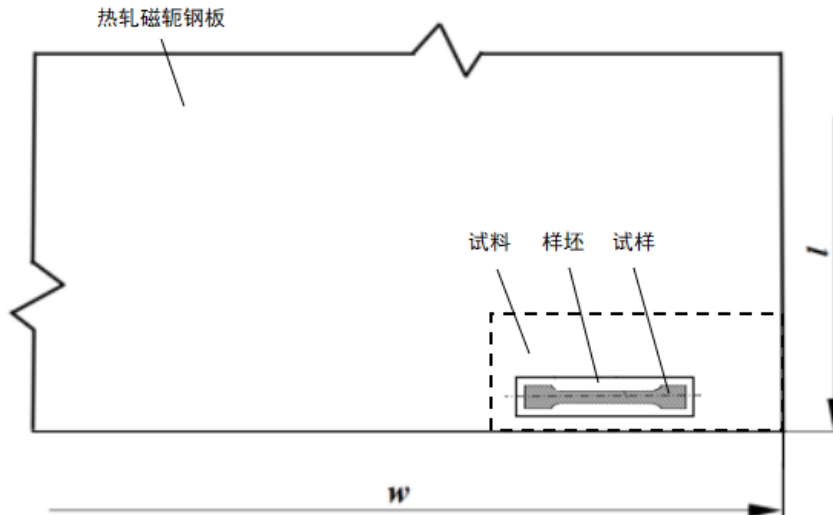
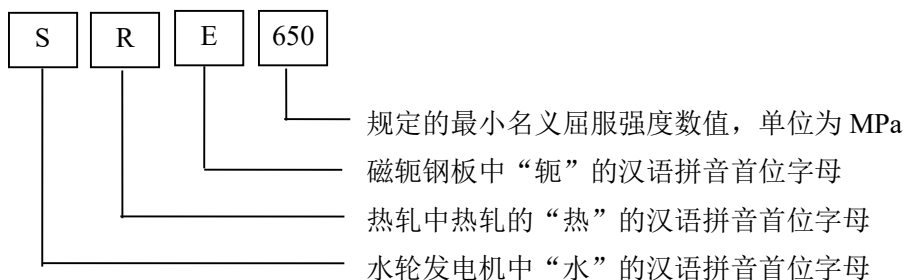


图 1 试料、样坯、试样

4 牌号

水轮发电机 SRE650、SRE700、SRE750 热轧磁轭钢板的牌号，由水轮发电机中“水”的汉语拼音首位字母、热轧中“热”的汉语拼音首位字母、磁轭钢板中“轭”的汉语拼音首位字母、规定的最小名义屈服强度数值等组成。

以水轮发电机 SRE650 热轧磁轭钢板（简称磁轭钢板）牌号为例，各部分含义如下：



5 订货内容

- 5.1 按本文件订货的合同或协议中应明确磁轭钢板牌号、名称、尺寸规格、重量等信息。
- 5.2 本文件规定磁轭钢板按宽度方向切边交货，如不切边（含公差）则应在合同中注明。
- 5.3 本文件规定的磁轭钢板交货状态为热轧+消除应力处理。
- 5.4 磁轭钢板交货涂油、或涂保护层由订货合同规定，当合同未规定时，则按不涂油、或不涂保护层交货。

5.5 订货方提出本文件以外的附加要求时，需经供货方与订货方商定。

6 技术要求

6.1 化学成分

6.1.1 钢水熔炼分析结果，化学成分应符合表 1 规定。

6.1.2 磁轭钢板成品分析结果，化学成分应符合表 1 规定，其中成品分析 Alt 不设下偏差、其余元素不设上偏差。

表 1 化学成分

化学成分 ^a							
% (质量百分比)							
C	Si	Mn	P	S	Ni	Nb+V+Ti	Alt
≤0.15	≤0.25	≤2.10	≤0.020	≤0.008	≤0.30	≤0.40	≥0.010
^a 允许供货方根据性能需要加入其他元素，其含量应在质量证明书中注明。							

6.2 力学性能及工艺性能

磁轭钢板力学性能及工艺性能应符合表 2 规定。

表 2 力学性能及工艺性能

牌号	板厚 mm	力学性能					工艺性能
		屈服强度 R _{p0.2} MPa	抗拉强度 R _m MPa	断后伸长率 ^a A %	冲击吸收能量 ^b KV ₂ (-20°C) J		弯曲 α=180° D=2a
		横向、纵向	横向、纵向	横向、纵向	横向	纵向	横向
SRE650	3.0	≥650	700~850	≥14	≥10	≥14	外表面无裂纹， 外侧面无分层
	>3.0~6.0	≥650	≥700	≥14	≥10	≥14	外表面无裂纹， 外侧面无分层
SRE700	3.0~4.0	≥700	≥750	≥14	≥10	≥14	外表面无裂纹， 外侧面无分层
SRE750	3.0~4.0	≥750	≥800	≥12	≥10	≥14	外表面无裂纹， 外侧面无分层
^a A 表示 L ₀ =5.65S ₀ ^{0.5} 时的断后伸长率，其中 L ₀ 为原始标距，S ₀ 为原始横截面积。							
^b 冲击试样尺寸为 55mm×2.5mm×10mm；试验结果按 3 个试样的算术平均计算，允许其中 1 个试样试验值低于规定平均值，但不得低于规定平均值的 70%。							

6.3 磁性能

磁轭钢板磁性能应符合表 3 规定。

表3 磁性能

磁性能 ^a				
磁场强度 A/m	5000	10000	20000	30000
磁通密度 T	≥1.58	≥1.73	≥1.90	≥1.93
^a 横、纵各半。				

6.4 形状尺寸精度及重量

6.4.1 磁轭钢板形状尺寸精度应符合表4规定。

表4 形状尺寸精度

牌号	厚度 mm	加工方法	不平度 mm/m	同板差 mm	厚度允许偏差		长宽允许偏差	
					mm		mm	
					宽<1200	宽≥1200	长	宽
SRE650	3.0	冲切	≤3.0	≤0.10	±0.16	±0.21	0~+25	0~+15
	>3.0~4.0	激光切割	≤1.0	≤0.10	±0.16	±0.21	0~+25	0~+15
	>4.0~6.0	激光切割	≤1.0	≤0.10	±0.18	±0.24	0~+25	0~+15
SRE700 SRE750	3.0~4.0	激光切割	≤1.0	≤0.10	±0.16	±0.21	0~+25	0~+15

6.4.2 紧急情况下经协商，第三方检测机构应满足委托方检测工作需求。

6.4.3 磁轭钢板按理论重量交货，理论计算重量应符合 GB/T 709 标准规定。

6.5 表面质量

磁轭钢板表面质量应符合表5规定。

表5 表面质量

粗糙度 ^a Ra μm	缺陷控制	清洁度	防护
≤3.2	无裂纹、麻坑、孔洞、折叠、锈斑等缺陷	光滑，无灰、无渣	包装完好条件下，保证6个月不锈蚀
^a 可根据合同要求进行调整和处理。			

7 冲击试样设计

7.1 磁轭钢板 55mm×2.5mm×10mm 冲击试样设计图样见图2所示，尺寸及偏差、表面粗糙见表6。

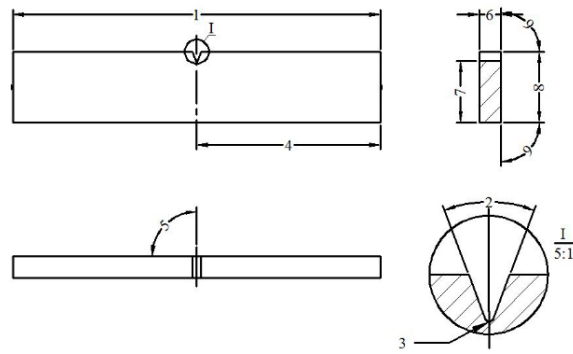


图2 冲击试样设计

表6 冲击试样尺寸及偏差、表面粗糙

序号 ^a	名称	公称尺寸	机加工偏差
1	长度	55mm	±0.60mm
2	缺口角度	45°	±1°
3	缺口圆角	0.25mm	±0.025mm
4	缺口对称面—端部距离	27.5mm	±0.42mm
5	缺口对称面—纵轴角度	90°	±2°
6	宽度	2.5mm	±0.040mm
7	缺口底高	8mm	±0.075mm
8	高度	10mm	±0.05mm
9	纵向面间夹角	90°	±2°
10	除两端面外所有表面粗糙度	Ra 1.6μm	
11	缺口检查	投影	
12	表面检查	无擦伤及划痕	

^a 序号1~9对应图1中编号1~9。

7.2 缺口拉刀拉制后，应上磨床进行修磨。

8 制造

8.1 冶炼

钢水应由转炉或电炉冶炼，并进行炉外精炼处理。

8.2 轧制

8.2.1 轧制过程应采取控制措施，为钢带横向性能均匀性、纵向性能均匀性奠定基础。

8.2.2 在粗轧、精轧各阶段，采取相应的除鳞等工艺措施，防止氧化铁皮压入表面。

8.3 消除应力

8.3.1 钢带热轧+消除应力处理。

8.3.2 钢带如进加热炉进行消除应力，则加热炉内应充保护性气体，防止钢带表面氧化。

8.4 矫形

钢带在横切时，根据规格、强度等级设定横切线矫直机辊径、辊缝等工艺参数，保证板形精度，消除内应力，防止激光切割后磁轭钢板变形。

8.5 工艺验证

磁轭钢板首次生产，批量投产前应在钢卷头中尾、不同宽度位置的横向及纵向取样进行性能均匀性检验验证，同时还应进行激光切割试验验证。

8.6 喷丸处理

磁轭钢板加工成品，若 T 形槽需进行喷丸处理，应在订货合同中规定。

9 检验

9.1 组批

按同一牌号、同一熔炼炉号、同一制造工艺、同一尺寸规格磁轭钢板组为一批，每批重量不超过 80t。

9.2 取试料及取样坯（试样）

9.2.1 所取试料应满足性能试验取样坯（试样）位置、方向、尺寸、数量要求及复试需要如图 3 虚线部分所示。

9.2.2 化学成分分析按 GB/T 20066 标准取样。

9.2.3 拉伸试验参照 GB/T 2975 标准取样，在磁轭钢板板宽 $w/4$ 处取横向、纵向样坯（试样），且在板宽边部取纵向样坯（试样），见图 3 所示。

9.2.4 冲击试验参照 GB/T 2975 标准取样，在磁轭钢板板宽 $w/4$ 处取横向、纵向样坯（试样），见图 3 所示。

9.2.5 弯曲试验参照 GB/T 232 标准取样，在磁轭钢板板宽 $w/4$ 处取横向样坯（试样），尺寸为 $30\text{mm}\times 300\text{mm}$ ，见图 3 所示。

9.2.6 磁性能试验，在磁轭钢板板宽 $w/4$ 处取横向、纵向样坯（试样），见图 3 所示。

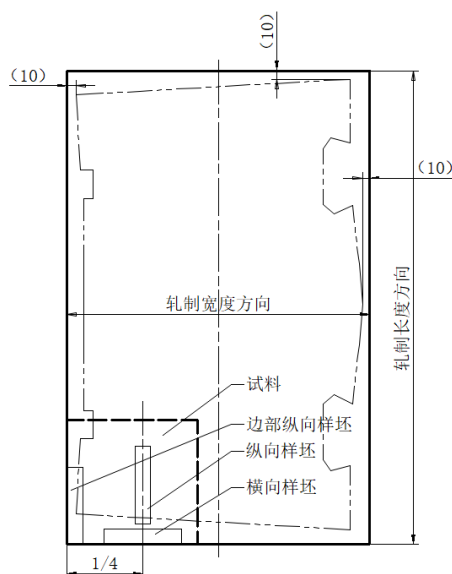


图 3 取样坯位置

9.3 检验项目、检验频次及试验方法

磁轭钢板检验项目、检验频次及试验方法应符合表7规定。

表 7 检验项目、检验频次及试验方法

检验项目			检验频次		试验方法
检验项目		试样数量	供货方	订货方	
化学成分分析	熔炼		1份	每熔炼炉号	GB/T 223、GB/T 4336、 GB/T 20066、GB/T 20123、 GB/T 20125、GB/T 32548
	成品		1份	/	
力学及工艺性能试验	拉伸试验	w/4 处横向	1件	每批	GB/T 228.1
		w/4 处纵向	1件	每批	
		任一边部纵向	1件	每批	
	冲击试验	w/4 处横向	1组(3件)	每批	GB/T 229
		w/4 处纵向	1组(3件)	每批	
弯曲试验	w/4 处横向	1件	每批	GB/T 232	
磁性能测定		w/4 处横、纵各半	各1件	每批	GB/T 3655、GB/T 13012
形状尺寸检测				每张	合适的量具
表面质量检测				每张	目视加合适的量具

^a 订货方抽检频次由订货方与供货方商定。

9.4 复试

9.4.1 化学成分不合格时，可在原试料的余料上或经供货方与订货方协商在原磁轭钢板上重新取样进行复试，若复试合格则判定磁轭钢板化学成分合格。

9.4.2 拉伸性能或弯曲工艺性能不合格时，可在原试料的余料上取双倍样坯（试样）进行复试，如余料不够经供货方与订货方协商也可在原磁轭钢板上取双倍样坯（试样）进行复试，若双倍试样复试均合格则判定磁轭钢板拉伸性能或弯曲工艺性能合格。

9.4.3 冲击吸收能量不合格时：

- a) 当低于规定平均值的试样不超过两个，且低于规定平均值 70%的试样不超过一个，可在原试料的余料上再取 1 组样坯（3 个试样）进行复试，如余料不够经供货方与订货方协商也可在原磁轭钢板上再取 1 组样坯（3 个试样）进行复试，复试结果：若 6 个试样的平均值不低于规定平均值、低于规定平均值的试样不超过 2 个、低于规定平均值 70%的试样不超过 1 个，则判定磁轭钢板冲击性能合格；
- b) 当低于规定平均值的试样超过 2 个，或低于规定平均值 70%的试样超过 1 个，则抽样磁轭钢板所代表的钢卷应判废；可再从该组批剩余部分中重新抽取 2 个钢卷分别取 1 组样坯（3 个试样）进行复试，如 2 组试样复试结果均合格，则判定该组批磁轭钢板合格，否则，将被拒收。

10 包装、标志和质量证明书

10.1 磁轭钢板应采用钢架盒式防锈包装。

10.2 磁轭钢板包装、标志及质量证明书应符合 GB/T 247 标准规定。