

T/CEEIA

团 体 标 准

T/CEEIA 430—XXXX

代替 T/CEEIA 430-2020

电工用高强度和高伸长率铝包钢线

High-strength and high-elongation aluminium-clad steel wires for electrical purposes

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2024-10）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国电器工业协会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 等级和表示方法 1

 4.1 等级 1

 4.2 表示方法 1

5 要求 1

 5.1 材料 1

 5.2 外观 1

 5.3 标称直径的偏差 1

 5.4 最小铝层厚度 2

 5.5 抗拉强度 2

 5.6 1%伸长时的应力 2

 5.7 伸长率 2

 5.8 20℃时直流电阻率 3

 5.9 扭转试验 3

 5.10 接头 3

6 试验方法 4

 6.1 外观 4

 6.2 直径 4

 6.3 最小铝层厚度 4

 6.4 拉力试验 4

 6.5 伸长率试验 5

 6.6 扭转试验 5

 6.7 电阻率测量 5

7 检验规则 6

 7.1 总则 6

 7.2 试验地点 6

 7.3 检验项目 6

 7.4 取样 6

8 包装和标识 6

 8.1 长度和长度偏差 6

 8.2 包装方法 6

 8.3 标识 6

9 接收和拒收 7

附录 A（资料性） 铝包钢线参数 8

表 1	铝包钢线直径偏差.....	2
表 2	最小铝层厚度.....	2
表 3	高强度铝包钢线抗拉强度、伸长率和 20℃时电阻率要求(绞合前)	2
表 4	高伸长率铝包钢线抗拉强度、伸长率和 20℃时电阻率要求(绞合前)	3
表 5	高强度高伸长率铝包钢线抗拉强度、伸长率和 20℃时电阻率要求(绞合前)	4
表 6	测定 1%伸长时的应力和断裂时伸长率的起始值	5
表 7	铝包钢线检验项目.....	6
表 A. 1	铝包钢线的标称密度.....	8
表 A. 2	铝和钢的标准比.....	8
表 A. 3	导电率.....	8
表 A. 4	铝层厚度.....	9
表 A. 5	物理常数.....	9

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》的规定及T/CEEIA270—2017《CEEIA标准编写指南》给出的规定编写。

本文件代替T/CEEIA 430—2020《电工用高强度和高伸长率铝包钢线》，与T/CEEIA 430—2020相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了铝包钢线材料的要求（见5.1，2020年版的5.1）；
- 更改了最小铝层厚度要求（见表2，2020年版的表2）；
- 更改了表3中LB14、LB20等级铝包钢线的抗拉强度、伸长率和电阻率要求，LB23、LB27、LB30、LB35、LB40等级铝包钢线的最大直径由4.25mm扩大至5.0mm（见表3，2020年版的表3）；
- 更改了表4中LB14、LB20等级铝包钢线的抗拉强度、伸长率和电阻率要求，LB23、LB27、LB30、LB35、LB40等级铝包钢线的最大直径由4.25mm扩大至5.0mm（见表4，2020年版的表4）；
- 更改了表5中LB14、LB20等级高强度高伸长率铝包钢线抗拉强度、伸长率和电阻率要求（见表5，2020年版的表5）
- 更改了铝包钢线的接头要求（见5.10，2020年版的5.10）；
- 增加了铝包钢线直径的激光测量方法（见6.2，2020年版的6.2）；
- 更改了铝包钢线铝层厚度的测量方法（见6.3，2020年版的6.3）；
- 更改了铝包钢线的1%伸长时的应力用电子或机械引伸仪（见6.4.2，2020年版6.4.2）；
- 增加了标称直径1.24mm-2.25mm，高强度、高强度高伸长率铝包钢线单线1%伸长时的应力和断裂时伸长率的起始值（见表6，2020年版的表6）。

本文件由中国电器工业协会标准化工作委员会提出。

本文件由中国电器工业协会裸电线标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：江苏中天科技股份有限公司，上海电缆研究所有限公司等。

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为：

- 2020年首次发布版本为T/CEEIA 430—2020。

电工用高强度和高伸长率铝包钢线

1 范围

本文件规定了电工用高强度和高伸长率铝包钢线（以下简称铝包钢线）的等级和表示方法、要求、试验方法、检验规则、包装和标志、接收和拒收。

本文件适用于架空导地线用高强度铝包钢线、高伸长率铝包钢线和高强度高伸长率铝包钢线。

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 3048.2 电线电缆电性能试验方法 第2部分：金属材料电阻率试验
GB/T 4909.3 裸电线试验方法 第3部分：拉力试验
GB/T 4909.4 裸电线试验方法 第4部分：扭转试验
GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法
GB/T 17937-2024 电工用铝包钢线

3 术语和定义

GB/T 17937-2024界定的术语和定义适用于本文件。

4 等级和表示方法

4.1 等级

铝包钢线按导电率分为LB14、LB20、LB23、LB27、LB30、LB35和LB40等级，其相应的导电率分别为14%IACS、20.3%IACS、23%IACS、27%IACS、30%IACS、35%IACS和40%IACS。

注：IACS为国际退火铜标准。

4.2 表示方法

铝包钢线由代号、等级、型式（若有）、标称直径和本文件编号表示。其中，代号“Q”表示高强度；代号“S”表示高伸长率；代号“QS”表示高强度高伸长率。QLB14高强度铝包钢线按强度性能分为B、C两种型式。

示例：标称直径为2.50mm，导电率为20%IACS的高强度高伸长率铝包钢线，表示为：QSLB20-2.50-T/CEEIA 430-XXXX。

5 要求

5.1 材料

5.1.1 基体金属应是碳素钢。

5.1.2 包覆在钢线外层铝的质量分数最小为99.5%。

5.2 外观

铝包钢线表面应光洁，不应有影响产品性能的缺陷，如裂纹、粗糙、毛刺、划痕和杂质等。

5.3 标称直径的偏差

铝包钢线直径及偏差应符合表1的规定。

表 1 铝包钢线直径偏差

标称直径 d mm	偏差 mm
d<2.67	±0.04
d≥2.67	±1.5%d

5.4 最小铝层厚度

铝包钢线在任一截面处的最小铝层厚度应不小于表2的规定。

表 2 最小铝层厚度

等级	最小铝层厚度 mm
LB14	铝包钢线标称半径的 5%
LB20	标称直径 1.80mm 以下，铝包钢线标称半径的 8% 标称直径 1.80mm 及以上，铝包钢线标称半径的 10%
LB23	铝包钢线标称半径的 11%
LB27	铝包钢线标称半径的 14%
LB30	铝包钢线标称半径的 15%
LB35	铝包钢线标称半径的 20%
LB40	铝包钢线标称半径的 25%

5.5 抗拉强度

高强度铝包钢线的抗拉强度应符合表3的规定。
高伸长率铝包钢线的抗拉强度应符合表4的规定。
高强度高伸长率铝包钢线的抗拉强度应符合表5的规定。
根据抗拉强度计算单根铝包钢线的拉断力时，应使用成品线的实测直径。

5.6 1%伸长时的应力

高强度铝包钢线1%伸长时的应力应符合表3的规定。
高伸长率铝包钢线1%伸长时的应力应符合表4的规定。
高强度高伸长率铝包钢线1%伸长时的应力应符合表5的规定。
试验应在校直的未变形的铝包钢线上进行。

5.7 伸长率

高强度铝包钢线的断裂后伸长率或断裂时伸长率应符合表3的规定。
高伸长率铝包钢线的断裂后伸长率或断裂时伸长率应符合表4的规定。
高强度高伸长率铝包钢线的断裂后伸长率或断裂时伸长率应符合表5的规定。
仲裁试验以断裂时伸长率为准。

表 3 高强度铝包钢线抗拉强度、伸长率和 20℃时电阻率要求(绞合前)

代号和等级	型式	标称直径 d mm	抗拉强度 (最小值) MPa	1%伸长时的应力 (最小值) MPa	伸长率 (最小值) %		20℃时直流电阻率 (最大值) n Ω·m
					断时	断后	
QLB14	B	1.75<d≤2.25	1825	1550	1.5	1.0	123.15 (对应 14%IACS)
		2.25<d≤3.00	1790	1500			
		3.00<d≤3.50	1760	1470			
		3.50<d≤4.75	1725	1430			
	C	1.24<d≤2.25	1965	1580			
		2.25<d≤3.00	1900	1550			
		3.00<d≤3.50	1860	1515			

代号和等级	型式	标称直径 d mm	抗拉强度 (最小值) MPa	1%伸长时的应力 (最小值) MPa	伸长率 (最小值) %		20℃时直流电阻率 (最大值) n Ω · m
					断时	断后	
			3. 50<d≤4. 75	1825	1480		
QLB20	—	1. 28<d≤2. 28	1620	1390	1. 5	1. 0	84. 80 (对应 20. 3%IACS)
		1. 28<d≤3. 04	1580	1360			
		3. 04<d≤3. 55	1545	1330			
		3. 55<d≤4. 82	1515	1300			
QLB23	—	2. 25<d≤3. 00	1410	1280			74. 96 (对应 23%IACS)
		3. 00<d≤3. 50	1410	1240			
		3. 50<d≤5. 00	1380	1170			
QLB27	—	2. 25<d≤3. 00	1310	1140			63. 86 (对应 27%IACS)
		3. 00<d≤5. 00	1290	1100			
QLB30	—	2. 50<d≤5. 00	1080	800			57. 47 (对应 30%IACS)
QLB35	—	2. 50<d≤5. 00	960	700			49. 26 (对应 35%IACS)
QLB40	—	2. 50<d≤5. 00	810	590			43. 10 (对应 40%IACS)
注：表中QLB14B、QLB14C、QLB20高强度铝包钢线抗拉强度、1%伸长时的应力、伸长率与电阻率要求与GB/T 17937-2024一致。							

5.8 20℃时直流电阻率

高强度铝包钢线的20℃时直流电阻率应符合表3的规定。
高伸长率铝包钢线的20℃时直流电阻率应符合表4的规定。
高强度高伸长率铝包钢线的20℃时直流电阻率应符合表5的规定。

5.9 扭转试验

- 5.9.1 在 100 倍标称直径的长度上，铝包钢线应能经受不少于 20 次的扭转而不断裂。
5.9.2 试样扭转断裂后，用肉眼或正常的矫正视力观察，铝层不应从钢芯上脱离。

5.10 接头

铝包钢线不应有任何形式的接头。

表 4 高伸长率铝包钢线抗拉强度、伸长率和 20℃时电阻率要求 (绞合前)

代号和等级	标称直径 d mm	抗拉强度 (最小值) MPa	1%伸长时的应力 (最小值) MPa	伸长率 (最小值) %		20℃时直流电阻率 (最大值) n Ω · m
				断时	断后	
SLB14	2. 25<d≤3. 00	1590	1410	2. 5	2. 0	123. 15 (对应 14%IACS)
	3. 00<d≤3. 50	1550	1380			
	3. 50<d≤4. 75	1520	1340			
	4. 75<d≤5. 50	1500	1270			
SLB20	1. 24<d≤3. 25	1340	1200			84. 80 (对应 20. 3%IACS)
	3. 25<d≤3. 45	1310	1180			
	3. 45<d≤3. 65	1270	1140			
	3. 65<d≤3. 95	1250	1100			
	3. 95<d≤4. 10	1210	1100			
	4. 10<d≤4. 40	1180	1070			
SLB20	4. 40<d≤4. 60	1140	1030			
	4. 60<d≤4. 75	1100	1000	2. 5	2. 0	84. 80

代号和等级	标称直径 d mm	抗拉强度 (最小值) MPa	1%伸长时的应力 (最小值) MPa	伸长率 (最小值) %		20℃时直流电阻率 (最大值) n Ω · m (对应 20.3%IACS)
				断时	断后	
	4. 75<d≤5. 50	1070	1000			74. 96 (对应 23%IACS)
SLB23	2. 50<d≤5. 00	1220	980			63. 86 (对应 27%IACS)
SLB27	2. 50<d≤5. 00	1080	800			57. 47 (对应 30%IACS)
SLB30	2. 50<d≤5. 00	880	650			49. 26 (对应 35%IACS)
SLB35	2. 50<d≤5. 00	810	590			43. 10 (对应 40%IACS)
SLB40	2. 5<d≤5. 00	680	500			
注：表中 SLB14、SLB20 高伸长率铝包钢线抗拉强度、1%伸长时的应力、伸长率与电阻率要求与 GB/T 17937-2024 一致。						

表 5 高强度高伸长率铝包钢线抗拉强度、伸长率和 20℃时电阻率要求(绞合前)

代号和等级	标称直径 d mm	抗拉强度 (最小值) MPa	1%伸长时的应力 (最小值) MPa	伸长率 (最小值) %		20℃时直流电阻率 (最大值) n Ω · m
				断时	断后	
QSLB14	1.75<d≤2.25	1825	1550	2.5	2.0	123.15 (对应 14%IACS)
	2.25<d≤3.00	1790	1500			
	3.00<d≤3.50	1760	1470			
	3.50<d≤4.75	1725	1430			
QSLB20	1.28<d≤2.28	1620	1390			84.80 (对应 20.3%IACS)
	2.28<d≤3.04	1580	1360			
	3.04<d≤3.55	1545	1330			
	3.55<d≤4.82	1515	1300			

6 试验方法

6.1 外观

应采用正常目力或校正后的目力目测检查铝包钢线的外观。

6.2 直径

应在同一截面且互为90° 的方向上测量两次，取两次测量值的平均值作为铝包钢线的直径，测量仪器是千分尺或激光测径仪，其分度值应至少为0.001mm。

6.3 最小铝层厚度

试件的最小铝层厚度按照GB/T 4956或GB/T 6462规定的方法进行测量，仲裁试验时应采用GB/T 6462规定的方法。

最小铝层厚度测量应读取小数点后3位小数，然后修约至小数点后2位小数作为厚度测量值。作为基准测量时，应在成圈铝包钢线的一端截取的试件上直接测量最小铝层厚度。

6.4 拉力试验

6.4.1 抗拉强度试验

试件的抗拉强度应按GB/T 4909.3规定的方法进行测试。测试时应逐渐增加负荷，拉力试验机拉伸速度应取为（25-100）mm/min，试验中试样纵轴线与拉伸的中线重合。

按拉断力的测量值计算抗拉强度，应采用施加拉力前的成品线直径。

6.4.2 1%伸长时的应力试验

试件应夹在拉力试验机的夹具内，施加与表6规定的相应的初应力对应的负荷，置电子或机械引伸仪于标距为250mm，并按表6规定调整至相应的起始值。然后均匀增加负荷直到引伸仪在250mm标距内指示出2.50mm的伸长。

读取此点的负荷，并根据该值和受力前成品线的直径计算1%伸长时的应力，所得的数值应不小于表3、表4或表5的规定。试件可继续用于规定的拉力试验。

表 6 测定 1%伸长时的应力和断裂时伸长率的起始值

代号	标称直径 d mm	初应力 MPa	引伸计起始值
S	1.24<d≤2.50	81.4	0.0005 (0.05%伸长)
	2.50<d≤3.30	162	0.0010 (0.10%伸长)
	3.30<d≤4.25	244	0.0015 (0.15%伸长)
Q、QS	1.24<d≤2.50	100	0.0005 (0.05%伸长)
	2.50<d≤3.30	200	0.0010 (0.10%伸长)
	3.30<d≤4.25	306	0.0015 (0.15%伸长)

6.5 伸长率试验

6.5.1 概述

伸长率试验可在拉力试验的同一试件上进行，试验方法同6.4。

6.5.2 断时伸长率

试件应夹在拉力试验机夹具的钳口内，施加与表6规定的初应力对应的负荷。置引伸仪于标距为250mm，并按表6的规定调整至相应的起始值。

施加拉力试验规定的拉力负荷，断裂时的读数即为该试件的断裂时伸长率。

如果断裂发生在标距标记之外，或在离每个标记25mm之内，且没有达到要求的伸长率时，则应重新试验。

6.5.3 断裂后伸长率

无负荷条件下的最高伸长率应在试件上测量。试件应用手缓慢校直，在上面标注250mm原始标距，然后施加拉力试验规定的负荷。铝包钢线断裂后，应小心地将试件的断口对齐，测量最终的标距。

断裂后伸长率以标距的增量与原始标距之比的百分数表示。

如果断裂发生在标距之外，或离每个标记25mm之内，且没有达到要求的伸长率时，则应重新试验。

6.6 扭转试验

扭转试验应按GB/T 4909.4规定的方法进行测试。

试件两端应分别夹在两个钳口中，其间距为铝包钢线标称直径的100倍，其中一个钳口试验时应能纵向自由移动，试验时应在试件上施加一个小的拉力，其数值不超过铝包钢线拉断力的2%。使其中的一个钳口旋转，直至试件扭断为止。用计数器或其它装置指示扭转次数，扭转360°计为1次。扭转速度应不超过60r/min。

6.7 电阻率测量

试件的体积电阻率应按GB/T 3048.2规定的方法进行测量，测量时的温度应为10℃～30℃。测量的电阻值应用公式（1）校正至20℃时的值。

$$R_{20} = R_T \times \left(\frac{1}{1 + \alpha \times (T - 20)} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 R_{20} —20℃时的电阻，单位为欧姆（Ω）；
 R_t —T℃时的电阻，单位为欧姆（Ω）；
 α —20℃时电阻温度系数，单位为每摄氏度（1/℃），见表A.3；
T—测量时的温度，单位为摄氏度（℃）。
注：20℃时直流电阻率应按20℃时的电阻、由直径测量值计算的总截面积以及测量电阻用的长度计算。

7 检验规则

7.1 总则

产品应经制造厂检验合格，并附合格证后方能交付使用。

7.2 试验地点

除非供需双方另有协议，所有检验项目的试验均应在制造厂内进行。

7.3 检验项目

铝包钢线检验项目见表7。试验项目应在绞合前的每个试样上进行。
型式试验用于检验铝包钢线的主要性能，用新的生产工艺生产的铝包钢线，型式试验只做一次，并且仅当其设计或者生产工艺改变之后才重新做。
抽样试验用于保证铝包钢线质量符合本文件的要求。

表 7 铝包钢线检验项目

序号	检验项目	检验规则	要求	试验方法
1	外观	R, T, S	5.2	6.1
2	直径及偏差	T, S	5.3	6.2
3	最小铝层厚度	T, S	5.4	6.3
4	抗拉强度	T, S	5.5	GB/T 4909.3
5	1%伸长时应力	T, S	5.6	GB/T 4909.3
6	伸长率	T, S	5.7	6.5
7	20℃时直流电阻率	T, S	5.8	GB/T 3048.2
8	扭转	T, S	5.9	GB/T 4909.4
注 1：T 表示型式试验，S 表示抽样试验，R 表示例行试验。				
注 2：如果单根铝包钢线用于仅由铝包钢线构成的产品时，在供需双方达成协议的情况下可不作 5) 试验。				

7.4 取样

7.4.1 试验用试样应由制造厂从 10%抽成品线的各线段上截取。
7.4.2 如果是大批量的铝包钢线，并且制造厂能证明该批铝包钢线达到或超过规定性能要求时，则在供需双方达成协议的情况下，试样数目可以减少至保证对每批铝包钢线成品达到足够的监测水平。

8 包装和标识

8.1 长度和长度偏差

铝包钢线应按双方合同规定的长度交货，其允许偏差为长度的0~+4%。如果供需双方另有协议，则允许用任意长度交货。

8.2 包装方法

铝包钢线应成盘或成圈包装以防止在装卸和运输中受到损坏。

8.3 标识

每盘或每圈铝包钢线上应标明：

- a) 制造厂名称或商标；
- b) 代号、等级、标称直径；
- c) 毛重及净重，kg；
- d) 制造日期；
- e) 本文件编号。

9 接收和拒收

若试样不符合本文件规定的任一项要求，即可作为拒收由该试样所代表的该批次铝包钢线的根据。

若任何一批铝包钢被这样拒收，则制造厂有权对该批所有各盘或各圈铝包钢线仅重新试验一次，并将其中合格的产品提交使用。

附录 A
(资料性)
铝包钢线参数

A.1 20℃时的标称密度

铝包钢线在20℃时的密度根据20℃时的铝密度（2.70 g/cm³）和20℃时的钢密度（7.80 g/cm³）及其截面比来计算。表A.1给出了其20℃时标称密度。

表A.1 铝包钢线的标称密度

等级	20℃时标称密度 g/cm ³
LB14	7.14
LB20	6.59
LB23	6.27
LB27	5.91
LB30	5.61
LB35	5.15
LB40	4.64

A.2 截面标准比

铝包钢线的铝、钢截面对其总截面的标准比见表A.2。

表A.2 铝和钢的标准比

等级	铝比	钢比
LB14	13%	87%
LB20	25%	75%
LB23	30%	70%
LB27	37%	63%
LB30	43%	57%
LB35	52%	48%
LB40	62%	38%

A.3 导电率

一根规定导电率的铝包钢线是依据61% IACS的铝、9% IACS的钢而设计的。

示例：LB30 的导电率计算：

设计的导电率：铝（61% IACS×0.43）+钢（9% IACS×0.57）=31.36% IACS。

考虑到误差，最小导电率规定为30% IACS（57.47 nΩ·m）。

如只认为铝层是导体的导电部分，铝包钢线的电阻可根据A.2的铝截面积和61% IACS导电率计算。根据这一点，铝包钢线“包括铝和钢的导电率”和“不包括钢的导电率”之间的关系见表A.3。

表A.3 导电率

等级	导电率 %IACS			
	铝	钢	包括铝和钢的最小规定值	不包括钢的导电率计算值
LB14	61	9	14	7.9
LB20			20.3	15.3
LB23			23	18.3
LB27			27	22.6
LB30			30	26.2

表 A.3 导电率（续）

等级	导电率 %IACS			
	铝	钢	包括铝和钢的最小规定值	不包括钢的导电率计算值
LB35	61	9	35	31.7
LB40			40	37.8

A.4 铝层厚度

截面的标准铝层比率和平均铝层厚度之间的关系见表A.4。

表A.4 铝层厚度

等级	截面的标准铝层比率	平均铝层厚度
LB14	13%	6.7%铝包钢线标称半径
LB20	25%	13.4%铝包钢线标称半径
LB23	30%	16.3%铝包钢线标称半径
LB27	37%	20.5%铝包钢线标称半径
LB30	43%	24.5%铝包钢线标称半径
LB35	52%	30.7%铝包钢线标称半径
LB40	62%	38.4%铝包钢线标称半径

A.5 物理常数

铝包钢线的物理常数见表A.5。

表A.5 物理常数

等级	型式	最终弹性模量 GPa	线膨胀系数 ℃ ⁻¹	电阻温度系数 α ℃ ⁻¹
LB14	—	170	12.0×10 ⁻⁶	0.0036
	B	174	11.9×10 ⁻⁶	0.0036
	C	174	11.9×10 ⁻⁶	0.0036
LB20	—	162	13.0×10 ⁻⁶	0.0036
LB23	—	149	12.9×10 ⁻⁶	0.0036
LB27	—	140	13.4×10 ⁻⁶	0.0036
LB30	—	132	13.8×10 ⁻⁶	0.0038
LB35	—	122	14.5×10 ⁻⁶	0.0039
LB40	—	109	15.5×10 ⁻⁶	0.0040