

《电缆屏蔽用铝合金带》编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况

1、任务来源

根据《关于 2022 年第一批中国电工技术学会标准立项的通知》(电技学字〔2022〕第 008 号),《电缆屏蔽用铝合金带》已列入制定计划,项目编号为 CESBZ2022012。该项目由温州安能科技有限公司牵头起草,项目完成时间为 2022 年 12 月。

2、目的和意义

目前,我国铜资源紧缺,铝合金作为电网在新材料方面的突破及应用,有利于更好的保存我国战略铜资源,符合我国“以铝节铜”的基本国策。以往人们在电缆制造节铜的生产实践中,曾使用过如铜包铝、铜包锌以及表面导电涂料(如树脂中添加石墨烯或碳纳米管)、但在电缆运行中证实上述产品均不能满足金属屏蔽的要求,其中双金属复合材料由于电极电位差引起严重的电化学腐蚀;导电涂料因为膜层较厚,虽然防腐良好,但导电、传热、耐老化、耐溶剂、焊接等性能要求仍难以解决;铝合金导电氧化虽满足防腐能力,但其导电性不能达标。由于很多金属屏蔽外形看着虽然一样,但其实性能各有不同,给用户的选择和使用带来很大的麻烦,并且由于没有相关标准,产品质量良莠不齐,这些电缆市场监管无法可依,大量不合格或劣质电缆充斥市场,不仅为用户带来了不必要的经济损失,也为使用电缆的用户安全运行带来了很大的隐患。

电缆金属屏蔽种类繁多,缺乏相应的性能规定和判别标准,产品性能高低有别,这些问题限制了新材料技术的进一步发展和应用,电缆屏蔽用铝合金带技术规范的制定,作为电缆金属屏蔽材料标准体系的一部分,必将在很大程度上净化国内电缆非铜金属屏蔽混乱、产品质量参差不齐的局面,有利于产品质量的提高和控制,并将使电缆生产单位及设计院有了选择电缆新材料的依据,采购方和用户有了产品质量考核的依据,对电工新材料发展具有重要的意义。

3、主要过程

(1) 起草阶段:

2021 年 8 月-9 月,温州安能科技有限公司启动《电缆屏蔽用铝合金带》团体标准相关准备工作,成立了标准编写工作组,确认了各成员的工作任务和职责,制定了工作计划和进度安排,确定了制定原则,进行了相关领域的调研,并召开了的研讨会,参与标准研讨的专家主要来自检测中心、电网公司、电缆企业的检测、运维和一线生产人员等,通过对标准内容讨论、修改和完善,参照 IEC 60502、GB50217、GB/T12706、

GB/T 31840、GB/T11091、ASTM B736-2000(R2006)等标准，结合产品测试及使用情况，形成了《电缆屏蔽用铝合金带》标准草稿。

2021年10月-11月，标准起草工作组将标准草稿和立项申请书提交中国电工技术学会标准工作委员会电线电缆工作组秘书处。秘书处组织专家对标准草案和立项申请书进行审查，共收到16条意见和建议。2021年12月，起草工作组对专家审查意见进行汇总处理均采纳并作出后续处理解释。2022年1月，经中国电工技术学会正式立项。

立项后，在中国电工技术学会标准工作委员会电线电缆工作组秘书处指导下，标准牵头起草单位组织起草工作组视频会议、开展相关试验验证、确定了电缆屏蔽用铝合金带的主要技术指标、完善标准草案等，经工作组成员讨论一致后，形成标准征求意见稿。

(2) 征求意见阶段：

(3) 审查阶段：

(4) 报批阶段：

4、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准起草单位：温州安能科技有限公司、中国电力科学研究院有限公司、国网河南省电力有限公司电力科学研究院、国网湖北省电力有限公司电力科学研究院、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、西安理工大学、中国西电电气股份有限公司、上海摩恩电气股份有限公司、上海起帆电缆股份有限公司、四川鑫电电缆有限公司、浙江正泰电缆有限公司、湖北洪乐电缆股份有限公司、山西航运铝业科技有限公司、上海工程技术大学、安徽国电电缆股份有限公司、浙江华云电力工程设计咨询有限公司。

本文件主要起草人：种鹏蛟、王昱力、邓显波、李德阁、白银浩、杨威、吴明孝、周少珍、张耀东、黄友聪、汪浩、张静、汤玉斐、刘照伟、郭剑箫、陈磊、王国福、李准、陶瑞祥、张欢欣、王兵胜、皇甫亚俊、周细应、何立群、任远。标准主要起草人以及分工见表1：

表1 标准主要起草人及分工

姓名	单位	分工
种鹏蛟	温州安能科技有限公司	负责组织、调研、协调、标准起草
王昱力	中国电力科学研究院	负责验证和试验数据
邓显波	中国电力科学研究院	资料收集、提供相关验证
李德阁	中国电力科学研究院	负责标准起草、验证和编写
白银浩	国网河南省电力公司电力科学研究院	负责标准起草、验证和编写
张静	国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司	负责相关标准对比，数据单位统一
汤玉斐	西安理工大学	负责试验数据验证
李准	四川鑫电电缆有限公司	负责成缆数据验证

王兵胜	山西航运铝业科技有限公司	负责化学成分检测
其他起草人	其他单位	参与标准编写和验证

二、标准编写原则和主要内容

1、标准编写原则

本标准在修订过程中遵循“面向市场、服务产业、自主制定、及时修订”原则，将标准化科研与技术创新、试验验证、用户侧反馈相结合，统筹推进。

本标准在结构编写和内容编排等方面根据 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》进行编写。在确定本标准主要技术性能指标时，综合考虑制造企业技术水平和用户需求，寻求最大经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和技术上的合理性。

2、标准主要内容

1、主要内容：

本文件规定了电缆金属屏蔽用铝合金带的产品结构、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存等。本文件适用于电缆金属屏蔽用铝合金带的生产、检测和使用。

本标准亦可作为配电电缆金属屏蔽新材料的采购、验收的依据。

2、设计思路：

- 1) 铝合金带的外观尺寸、状态、规格以及尺寸偏差有了详细的规定。
- 2) 铝合带的化学成分和结构以及产品表示方法进行了说明。
- 3) 铝合金带的机械性能、电气性能、耐腐蚀性能以及表面电阻等数据作了详细规定。参考 GB/T 31840、NB/T 10306、ASTM B736-2000(R2006)、等标准。
- 4) 对其铝合金带绕包的电力电缆的短路电流值进行了说明，参考标准 IEC 60949《考虑非绝热效应的允许短路电流计算》和 GB 50217《电力工程电缆设计规范》。
- 5) 规定了机械性能测量时的试样类型，包括试样尺寸、标距、位移速率等，参考标准 GB/T 228.1《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》。
- 6) 增加了资料性附录对于铝合金带由于铝合金带耐腐蚀性能专项试验中需要较长时间，出厂及到货检测可使用测量腐蚀质量损失（腐蚀率）替代平均腐蚀速率（480h），即用中性盐雾试验（48h）或铜加速乙酸盐雾试验（6h）作为快速抽检的试验方法。参考标准 GB/T 10125《人造气氛腐蚀试验 盐雾试验》。
- 7) 铝合金带的检验和结构判定参考依据，以及型式试验、例行试验、抽检试验等相关规定和标参照了 NB/T 10306-2019《电缆屏蔽用铜带》标准和 GB/T 31840《额定电压 1 kV (Um=1.2 kV) 到 35 kV (Um=40.5 kV) 铝合金芯挤包绝缘电力电缆》。

4、解决的主要问题

本标准主要参考 GB/T 31840《额定电压 1 kV(Um=1.2 kV)到 35 kV(Um=40.5 kV)铝合金芯挤包绝缘电力电缆》; GB 50217 《电力工程电缆设计规范》; ASTMB736-00 Standard Specification For Aluminum, Aluminum Alloy And Aluminum-Clad Steel Cable Shielding Stock。主要解决电力用户以及电缆制造企业用铝合金屏蔽在实际生产、检验、客户选型的不统一，测试时参照标距、防腐、电阻等指标上标准不统一的问题。通过对铝合金规格性能、技术参数和应用中的实际情况，对材料的现有问题进行了修正和增加，有利于产品质量的提高和控制，并将使电缆生产单位及设计院有了选择电缆新材料的依据,采购方和用户有了产品质量考核的依据，对电工新材料发展具有重要的意义。

三、主要试验（或验证）情况

电缆金属屏蔽用铝合金带主要验证数据为力学性能、耐腐蚀性能、电气性能。其中第一项力学性能包含电缆的绕包、敷设、运行等，具体表现在抗拉强度、延伸率、硬度等技术参数要求；第二项耐腐蚀性能包含电缆成缆后金属屏蔽的氧化性能、运行在现场环境下的腐蚀性的标定，具体表现在盐雾试验、全浸试验等技术参数的要求；第三项电气性能包含电缆的静电屏蔽、接地以及短路电流的温升等，具体表现在电阻率和表面电阻以及短路电流试验等技术参数要求。

1、力学性能相关验证数据：

表2 抗拉强度、伸长率、硬度、附着强度

机械性能	单位	导体标称截面积 mm ²									
		0.15mm*40mm					0.18mm*45mm				
		要求	实测				要求	实测			
抗拉强度	MPa	175	181	190	199	188	175	185	194	190	186
伸长率	%	15	16.5	16.6	17.1	16.5	15	15.6	15.5	16	15.8
维氏硬度	HV	40~60	47	46	45	47	40~60	47	48	49	52
附着强度	等级	≤1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

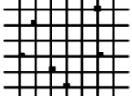
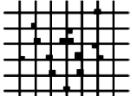
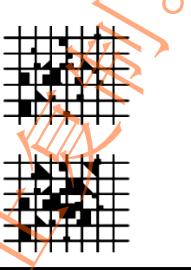
分级	说明	发生脱落的十字交叉切割区的表面外观
0	切割边界完全平滑，无一格脱落	——
1	在切口交叉处存在少量涂层脱落。但交叉切割处 脱落面积不能明显大于 5%	
2	在交叉处或沿切线边缘有涂层脱落，脱落面积在 5%~15%范围内	
3	划格去内出现部分涂层脱落，受影响区域脱落面 积在 15%~35%范围内	
4	切割线边缘出现大碎片脱落，出现方格内全部脱 落，受影响脱落面积在 35%~65%范围内	

图1 附着强度标准

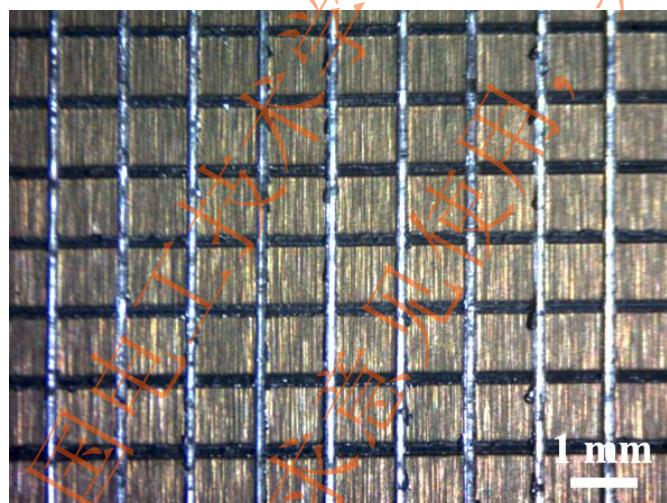


图2 附着强度实测

将划格测试结果与附着强度测试结果评价表进行比对，该膜层中划格线间距为 1mm，划格区域无脱落，表明膜层附着强度高。根据评价表中等级标准对该膜层附着强度进行定级，该膜层附着强度为 0 级。

2、耐腐蚀性能相关验证数据：

表3 腐蚀率以及腐蚀速率

耐腐蚀性能	单位	导体标称截面积 mm ²							
		0.15mm×40mm				0.18mm×45mm			
		要求	实测			要求	实测		
平均腐蚀速率 (480h)	g/(m ² • h)	0.004	0.0001	0.0002	0.0001	0.004	0.002	0.001	0.001
腐蚀质量损失	g/m ²	0.5	0.01	0.02	0.015	0.5	0.01	0.01	0.01

(腐蚀率) 48h									
防腐等级	评级	10	10	10	10	10	10	10	10

3、电气性能相关验证数据：

表4 电阻率以及表面电阻

电气性能	单位	导体标称截面积							
		0.15mm×40mm				0.18mm×45mm			
		要求	实测			要求	实测		
电阻率	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	0.030	0.0298	0.0295	0.0295	0.030	0.0291	0.0295	0.0294
表面电阻	$\text{m}\Omega$	0.3	0.24	0.23	0.25	0.3	0.24	0.25	0.24

为了研究不同型号的中低压电缆金属屏蔽层与短路电流温升之间的关系，工作组做了大量的试样和试验对其进行验证。试样基本涵盖额定电压为 6kV-35kV 的常用电缆型号。

如表 5-1~表 5-13 所示，表中计算了铜屏蔽的横截面积，理论短路电流容量值、以及用纳米膜复合铝合金屏蔽带绕包后的实测短路电流引起的温升。

表5-1 电压3.6/6kV的单芯电缆屏蔽短路电流数据

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 3.6/6kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm^2	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm^2	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
25	6.0	2.5	5.82	690	692	65.0~69.2
35	7.1	2.5	6.29	746	750	65.5~70.1
50	8.4	2.5	6.86	813	814	66.2~68.4
70	10.0	2.5	7.55	895	896	64.5~68.9
95	11.7	2.5	8.29	983	985	64.7~72.3
120	13.1	2.5	8.89	1055	1056	66.1~71.5
150	14.6	2.5	9.37	1111	1113	64.3~69.9
185	16.2	2.5	10.24	1214	1216	65.2~67.3
240	18.4	2.6	11.27	1337	1338	66.0~68.4
300	20.6	2.8	12.40	1471	1473	64.3~72.6
400	23.8	3.0	13.96	1656	1659	64.7~70.9

表5-2 电压3.6/6kV的三芯电缆屏蔽短路电流数据

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 3.6/6kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm^2	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm^2	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
25	6.0	2.5	14.52	1449	1451	90.2~96.3
35	7.1	2.5	15.71	1569	1567	89.9~94.5

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 3.6/6kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 /mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
50	8.4	2.5	17.12	1709	1713	91.2~96.9
70	10.0	2.5	18.85	1883	1885	88.7~95.1
95	11.7	2.5	20.69	2067	2068	92.1~94.6
120	13.1	2.5	22.21	2218	2220	91.8~97.6
150	14.6	2.5	23.40	2337	2339	90.3~94.8
185	16.2	2.5	25.57	2554	2556	89.6~95.8
240	18.4	2.6	28.17	2813	2814	90.1~98.2
300	20.6	2.8	30.98	3095	3097	90.5~96.0

表5-3 电压6/6kV 6/10kV的单芯电缆屏蔽短路电流数据

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 6/6kV 6/10kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
25	6.0	3.4	6.60	782	789	65.2~68.7
35	7.1	3.4	7.07	839	840	64.4~73.1
50	8.4	3.4	7.64	906	912	65.3~68.4
70	10.0	3.4	8.33	988	991	66.8~68.9
95	11.7	3.4	9.07	1075	1082	65.8~72.3
120	13.1	3.4	9.67	1147	1148	64.9~70.2
150	14.6	3.4	10.32	1224	1235	65.3~69.9
185	16.2	3.4	11.01	1307	1320	64.2~67.3
240	18.4	3.4	11.97	1420	1425	65.4~68.4
300	20.6	3.4	12.92	1533	1542	66.0~68.2
400	23.8	3.4	14.31	1697	1704	65.8~69.6

表5-4 电压6/6kV 6/10kV的三芯电缆屏蔽短路电流数据

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 6/6kV 6/10kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
25	6.0	3.4	16.47	1645	1660	90.3~97.6
35	7.1	3.4	17.66	1764	1783	89.7~94.8
50	8.4	3.4	19.07	1904	1921	90.3~95.8
70	10.0	3.4	20.80	2077	2095	91.2~97.2
95	11.7	3.4	22.64	2261	2288	91.5~95.3
120	13.1	3.4	24.16	2413	2422	88.7~93.9
150	14.6	3.4	25.78	2575	2610	89.3~94.8
185	16.2	3.4	27.52	2748	2773	89.1~95.1

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 6/6kV 6/10kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
240	18.4	3.4	29.90	2986	3023	90.3~96.3
300	20.6	3.4	32.28	3224	3243	90.4~96.0

表5-5 电压8.7/10 8.7/15kV的单芯电缆屏蔽短路电流数据

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 8.7/10 8.7/15kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
25	6.0	4.5	7.55	895	903	65.2~68.9
35	7.1	4.5	8.03	952	963	65.4~69.5
50	8.4	4.5	8.59	1018	1024	66.3~67.4
70	10.0	4.5	9.28	1101	1130	65.2~70.5
95	11.7	4.5	10.02	1188	1201	64.9~69.0
120	13.1	4.5	10.63	1260	1277	65.3~70.1
150	14.6	4.5	11.27	1337	1368	66.2~72.9
185	16.2	4.5	11.97	1420	1454	67.3~73.1
240	18.4	4.5	13.01	1543	1587	66.3~72.4
300	20.6	4.5	14.13	1677	1701	64.8~71.2
400	23.8	4.5	15.26	1810	1823	65.9~69.8

表5-6 电压8.7/10 8.7/15kV的三芯电缆屏蔽短路电流数据

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 8.7/10 8.7/15kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
25	6.0	4.5	18.85	1883	1890	90.2~94.5
35	7.1	4.5	20.04	2002	2013	90.4~95.3
50	8.4	4.5	21.45	2142	2160	91.2~95.2
70	10.0	4.5	23.18	2316	2332	89.8~97.1
95	11.7	4.5	25.02	2499	2529	89.3~98.3
120	13.1	4.5	26.54	2651	2664	90.3~95.5
150	14.6	4.5	28.17	2813	2832	91.1~96.0
185	16.2	4.5	29.90	2986	3011	90.8~94.9
240	18.4	4.5	32.50	3246	3260	89.5~96.2
300	20.6	4.5	35.32	3527	3544	89.4~97.1
400	23.8	4.5	38.13	3808	3819	89.5~96.9

表5-7 电压12/20kV的单芯电缆屏蔽短路电流数据

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆 (电压等级 12/20kV)					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
35	7.1	5.5	8.89	1055	1070	65.3~70.1
50	8.4	5.5	9.46	1122	1145	65.8~69.3
70	10.0	5.5	10.15	1204	1221	64.3~67.1
95	11.7	5.5	10.88	1291	1309	66.9~68.6
120	13.1	5.5	11.49	1363	1384	66.4~69.2
150	14.6	5.5	12.14	1440	1466	67.1~69.5
185	16.2	5.5	12.83	1523	1534	65.7~70.4
240	18.4	5.5	13.79	1636	1646	64.5~71.7
300	20.6	5.5	15.00	1780	1798	65.3~70.5
400	23.8	5.5	16.13	1913	1929	65.9~70.0

表5-8 电压12/20kV的三芯电缆屏蔽短路电流数据

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆 (电压等级 12/20kV)					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
35	7.1	5.5	22.21	2218	2229	90.1~93.2
50	8.4	5.5	23.62	2358	2378	91.2~95.3
70	10.0	5.5	25.35	2532	2551	89.7~95.2
95	11.7	5.5	27.19	2716	2731	88.9~95.1
120	13.1	5.5	28.71	2867	2874	89.4~94.3
150	14.6	5.5	30.33	3029	3039	90.3~95.5
185	16.2	5.5	32.07	3203	3210	90.4~96.0
240	18.4	5.5	34.45	3441	3459	90.8~94.9
300	20.6	5.5	37.48	3744	3764	91.3~95.2
400	23.8	5.5	40.16	4020	4100	90.4~96.7

表5-9 电压18/20kV的单芯电缆屏蔽短路电流数据

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆 (电压等级 18/20kV)					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
50	8.4	8.0	11.62	1379	1391	65.0~70.1
70	10.0	8.0	12.31	1461	1478	65.9~69.3
95	11.7	8.0	13.05	1548	1569	64.5~67.1
120	13.1	8.0	13.66	1620	1642	66.1~71.6
150	14.6	8.0	14.31	1697	1703	66.3~69.2
185	16.2	8.0	15.00	1779	1791	65.3~69.5
240	18.4	8.0	15.95	1893	1899	66.1~68.4

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 18/20kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
300	20.6	8.0	16.91	2005	2012	64.6~71.7
400	23.8	8.0	18.29	2170	2192	64.8~71.5

表5-10 电压21/35kV的三芯电缆屏蔽短路电流数据

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 21/35kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
50	8.4	9.3	31.85	3181	3190	90.1~96.5
70	10.0	9.3	33.58	3354	3368	89.7~94.3
95	11.7	9.3	35.42	3538	3559	90.3~97.2
120	13.1	9.3	36.94	3689	3699	90.7~94.8
150	14.6	9.3	38.57	3852	3870	88.8~96.3
185	16.2	9.3	40.30	4025	4047	90.8~93.5
240	18.4	9.3	42.68	4263	4286	91.7~95.7
300	20.6	9.3	45.07	4501	4527	91.5~94.9
400	23.8	9.3	48.53	4847	4855	90.5~96.2

表5-11 电压26/35kV的单芯电缆屏蔽短路电流数据

单芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 26/35kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
50	8.4	10.5	13.79	1635	1649	65.3~68.9
70	10.0	10.5	14.48	1717	1721	67.0~70.5
95	11.7	10.5	15.22	1805	1830	65.2~67.4
120	13.1	10.5	15.82	1877	1894	65.9~70.5
150	14.6	10.5	16.47	1954	1958	66.3~69.0
185	16.2	10.5	17.17	2036	2052	65.2~70.1
240	18.4	10.5	18.12	2150	2163	66.9~72.3
300	20.6	10.5	19.07	2262	2279	65.3~68.1
400	23.8	10.5	20.46	2427	2453	66.8~71.9

表5-12 电压26/35kV的三芯电缆屏蔽短路电流数据

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 26/35kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
50	8.4	10.5	34.45	3441	3456	91.3~97.9
70	10.0	10.5	36.18	3614	3633	91.2~96.8
95	11.7	10.5	38.02	3797	3810	90.5~95.7

三芯交联聚乙烯绝缘电力电缆（电压等级 26/35kV）					铝合金带绕包后试验测量	
标称截面 mm ²	导体直径 mm	绝缘厚度 mm	铜屏蔽截面积 mm ²	理论短路电流(1s) A	测量短路电流值 A	温度变化情况 °C
120	13.1	10.5	39.54	3949	3965	92.6~99.7
150	14.6	10.5	41.17	4112	4132	91.8~96.2
185	16.2	10.5	42.90	4284	4304	89.7~95.8
240	18.4	10.5	45.28	4523	4542	91.4~100.3
300	20.6	10.5	47.67	4761	4783	92.1~101.2
400	23.8	10.5	51.13	5107	5121	90.7~99.8

分别将以铜带和纳米膜复合铝合金带作为屏蔽带的单芯和三芯的各两段导体截面为 185mm^2 电压等级为 $8.7/15\text{kV}$ 的交联聚乙烯电力电缆，电缆结构除金属屏蔽带外完全相同。将试样在试验条件完全相同的情况下对两种金属屏蔽带进行热稳定对比试验。检测结果表 5-13 所示

表5-13 纳米膜复合铝合金带与铜带短路试验

名称	检测项目	标准要求	检测结果		
(三芯) 纳米铝合金带	屏蔽带短路电流/ 热稳定试验	电缆金属屏蔽层短路电流 3500A , 1s 和 2s 时, 金属屏蔽层终止温度不 超过 160°C (起始温度 95°C)	短路时间/ 短路电流	金属屏蔽层 起始温度	金属屏蔽层 短路后温度
			3953A/1.01s	95.0°C	102.4°C
			3760A/2.00s	94.5°C	112.0°C
(三芯) 铜带	屏蔽带短路电流/ 热稳定试验	电缆金属屏蔽层短路电流 3500A , 1s 时, 金属屏蔽层终止温度不超过 160°C (起始温度 90°C)	3519A/1.02s	90.0°C	93.8°C
(单芯) 纳米 铝合金带	屏蔽带短路电流/ 热稳定试验	电缆金属屏蔽层短路电流 1500A , 1s 和 2s 时, 金属屏蔽层终止温度不 超过 160°C (起始温度 65°C)	1512A/1.01s	65.0°C	71.3°C
			1507A/2.01s	65.8°C	78.2°C
(单芯) 铜带	屏蔽带短路电流/ 热稳定试验	电缆金属屏蔽层短路电流 1500A , 1s 时, 金属屏蔽层终止温度不超过 160°C (起始温度 90°C)	2027A/1s	65.0°C	66.9°C

试验测的导体截面为 185mm^2 电压等级为 $8.7/15\text{kV}$ 的单芯电缆纳米膜复合铝合金屏蔽带的短路电流所承受的热量，基本与额定电压为 $26/35\text{kV}$ 的导体截面为 240mm^2 单芯电缆理论短路电流值所承受的热量相同。

试验测的导体截面为 185mm^2 电压等级为 $8.7/15\text{kV}$ 的三芯电缆纳米膜复合铝合金屏蔽带的短路电流所承受的热量，大于额定电压为 $26/35\text{kV}$ 的导体截面为 400mm^2 三芯电缆理论短路电流值所承受的热量。

绕包在电缆上的纳米膜复合铝合金屏蔽带实际所测短路电流容量基本覆盖了额定电压在 35kV 以下的所有电缆规格。且在每个规格的电缆绕包的纳米膜复合铝合金屏蔽带短路电流值还有安全余量。

由上述可以得出，当纳米膜复合铝合金屏蔽带和铜带绕包在电缆上时通过相同的短路电流，纳米铝合金屏蔽带短路时温升达到要求，没有损坏，符合金属屏蔽带热稳定要求。

由于 GB50217 在 2018 版对金属屏蔽的要求有所改变，参照国家强制标准发生了变化，电力电缆金属屏

蔽的短路电流终止温度根据 GB50217-2018《电力工程电缆设计规范》对金属屏蔽的短路中的 3.6.12 电力电缆金属屏蔽层的有效截面应满足在可能的短路电流作用下最高温度不超过外护层的短路最高允许温度，聚氯乙烯和聚乙烯外护套 130℃变为粘弹态，160~180℃开始转变为粘流态，一般选取金属屏蔽的短路电流温度与之前的平均值有所下降，一般短路终止温度为 150℃或者 160℃（根据不同外护套进行选择终止温度），通过 IEC949IEC 60949—1988 考虑非绝热效应的允许短路电流计算，导电率有所满足其 50%以上即可，我们根据 GB/T 31840 进行导电率为 57.5%，电阻率 $\leqslant 0.030 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

之前 GB50217-2007 版本中 3.7.12 电力电缆金属屏蔽层的有效截面，应满足在可能短路电流作用下的温升值不超过绝缘与外护套的短路允许最高温度平均值。

新版 GB50217-2018 版本中 3.6.12 电力电缆金属屏蔽层的有效截面应满足在可能的短路电流作用下最高温度不超过外护层的短路最高允许温度。

2007 版本

3.6.11 交流供电回路由多根电缆并联组成时，各电缆宜等长，敷设方式宜一致，并应采用相同材质、相同截面的导体；具有金属套的电缆，金属材质和构造截面也应相同。

3.6.12 电力电缆金属屏蔽层的有效截面应满足在可能的短路电流作用下最高温度不超过外护层的短路最高允许温度。

3.6.13 敷设于水下的高压交联聚乙烯绝缘电缆应具有纵向阻水构造。

2018 版本

3.7.11 交流供电回路由多根电缆并联组成时，各电缆宜等长，并应采用相同材质、相同截面的导体；具有金属套的电缆，金属材质和构造截面也应相同。

3.7.12 电力电缆金属屏蔽层的有效截面，应满足在可能的短路电流作用下温升值不超过绝缘与外护层的短路允许最高温度平均值。

相关第三方试验：

(1) 在电力工业电力设备及仪表质量检验测试中心（中国电科院）做了各种带材绕包电缆模型的型式试验以及短路热稳定实验。

- 电缆型式试验符合 IEC 60502 和 GB/T 12706 标准；
- 短路热稳定试验符合 IEC 60949 考虑非绝热效应的允许短路电流计算，短路温升符合 IEC 61443 中的护套极限温度，试验结果：单芯电缆短路电流通过铝合金带 1800A,三芯电缆短路电流通过铝合金带 3500A。

(2) 在上海国缆检测中心有限公司做了几种带材绕包电缆模型的型式试验、长期老化运行试验、短路热稳定试验、防腐试验、屏蔽抑制系数、过载热循环试、机械性能、电阻率等试验。

- 型式试验符合 IEC 60502 以及 GB/T 12706 标准；
- 长期老化运行试验是参照 IEC62067，仿照高压电缆进行一年期的酸碱盐的不同环境（酸碱盐）下的运行数据，试验结果：电缆过负荷运行一年后通过试验检测；

- 短路热稳定试验符合 IEC 60949 考虑非绝热效应的允许短路电流计算，试验结果：单芯电缆短路电流流过铝合金带 1800A；
- 防腐试验参照 GB/T 10125 和 JB/T 7901。试验结果：中性盐雾 NSS(pH=6.5~7.2)中，平均腐蚀速率(96h) $\leq 0.001\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$ ，在乙酸盐雾 AASS(pH=3.0~3.1)中，平均腐蚀速率 (96h) $\leq 0.001\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$ 试验判定，镀膜铝合金带为防腐性能优于铜带。
- 屏蔽抑制系数参照 TICW 6-2009。试验结果：屏蔽抑制系数（铜带）0.0423 屏蔽抑制系数铝合金带 0.0442；
- 过载热循环试参照 GB/T 12706 附加过载加热循环 (130°C)，每个加热循环 8h，循环 20 次，试验结果：检测结果完好通过；
- 机械性能参照国标 GB/T 228.1。试验结果：抗拉强度 176MPa，断裂伸长率 15.6%；维氏硬度 45HV
- 电阻率参照国标 GB/T 3048.2。试验结果：导电率 57%IACS

(3) 在武汉质量监督研究院做了材料的散热性能试验

散热性能（红外辐射性能）参照 GB/T 7287-2008 红外辐射加热器试验方法，试验结果：法相全发射率（铜带）=0.70 法相全射率(镀膜铝合金带)=0.73，试验判定：纳米膜复合铝合金带散热性能与铜带相当。

表 6 镀膜铝合金带、铜带、铝合金带散热性能

金属温度 ℃	法相全发射率		
	铜带	铝合金带	镀膜铝合金带
30	0.69	0.65	0.72
40	0.68	0.66	0.73
50	0.70	0.66	0.74
60	0.71	0.67	0.74
70	0.70	0.68	0.74
80	0.70	0.68	0.74

(4) 在西安理工大学材料中心做了铝合金成分元素以及纳米膜的成分试验。

表面膜层成分参照共焦显微拉曼光谱仪使用检测方法，检测结果：拉曼测试表明，镀膜铝合金金属带的内外表面都有特征峰出现，铝导体表面则没有上述特征峰出现，峰值出现的碳氢氧键的化合物

表 7 镀膜铝合金带表面膜层成分

峰位 cm^{-1}	官能团	振动形式
680~725	一取代苯（临接五个 H）	δCH
1210~1050	R-O-R'	asC-O-C

(5) 在西安理工大学材料学院做了金属膜层表面接触电阻测试。

表面接触电阻参照 GB/T 5095.2 和 GB/T 1551。测试结果如下：

表 8 镀膜铝合金带表面电阻

试样名称	试样编号	正压力	检测结果（均值） $\text{m}\Omega$	检测结果（最小值） $\text{m}\Omega$
铝合金带（未镀膜）	C.1	5N	0.245	0.240

试样名称	试样编号	正压力	检测结果(均值) mΩ	检测结果(最小值) mΩ
	C.2	10N	0.237	0.225
	C.3	15N	0.201	0.197
铝合金带(未镀膜) (中性盐雾 48h 后)	C.4	5N	425.23	414.14
	C.5	10N	335.55	327.85
	C.6	15N	314.45	301.09
铜带	B.1	5N	0.231	0.225
	B.2	10N	0.189	0.163
	B.3	15N	0.152	0.149
铜带 (中性盐雾 48h 后)	B.4	5N	28.456	28.340
	B.5	10N	26.293	25.193
	B.6	15N	25.192	24.845
铝合金带(镀膜)	D.1	5N	0.214	0.214
	D.2	10N	0.201	0.201
	D.3	15N	0.195	0.195
铝合金带(镀膜) (中性盐雾 48h 后)	D.4	5N	0.298	0.288
	D.5	10N	0.275	0.247
	D.6	15N	0.236	0.220

四、标准中涉及专利的情况

本标准在起草编制过程中，未发现涉及相关专利的问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

2021 年我国铜产量为 2177 吨，而我国电线电缆用铜约 800 万吨，铜杆行业每年消费量约占到全国铜消费量 40% 以上，而中国 80% 的铜资源需要从美洲进口，而以美国为首的智利、澳大利亚、秘鲁等国对华进行封锁，导致我国铜价居高不下，战略资源被严重消耗，国家发改委对此进行布局，线缆企业以及电力行业部门要逐渐减少对铜材的使用，民用产品优先使用铝基替代材料。

而我国每年的我国电线电缆年总产值过 1.5 万亿，其中电力电缆占比很大。电力电缆中，中低压电力电缆占总量的 60% 以上，在中低压电缆制造成本中，电缆中屏蔽带大约能占到生产成本的 3%-5%，这样保守计算，也可以给电缆企业和电力公司节约数十亿的原材料成本。

采用铝合金屏蔽带，在相同电缆下与铜屏蔽带相比能节约 60% 以上，也使得电缆的总材料成本节约了 3% 左右，在中低压电缆原本毛利润只有 5% 以下的现状中，铝合金屏蔽带无疑给电缆生产厂家争取到一定的利润空间。

电缆屏蔽用铝合金带技术规范的制定依托电工技术学会的行业优势，规范了铝合金带的技术指标和抽检验收相关规定，作为中低压电缆金属材料标准体系的一部分，必将在很大程度上净化国内电缆非铜金属

屏蔽混乱、产品质量参差不齐的局面，有利于产品质量的提高和控制，并将使电缆生产单位以及设计单位有了选择电缆新材料的依据，得到了可靠技术参数依据。统一技术参数标准，能够提升整体产品质量水平，避免纠纷，为中国制造产品质量的提升做出贡献。

六、与国标、国外对比情况

该类产品没有国际、国内或行业标准，本标准主要参考 GB/T 31840《额定电压 1 kV(Um=1.2 kV)到 35 kV(Um=40.5 kV)铝合金芯挤包绝缘电力电缆》；GB 50217 《电力工程电缆设计规范》；ASTM B736-00 Standard Specification For Aluminum, Aluminum Alloy And Aluminum-Clad Steel Cable Shielding Stock。本标准于 ASTM B736-2000(R2006)相比，抗拉强度、伸长率、电阻率等技术指标更高，并增加了维氏硬度、附着强度等级、腐蚀速率、腐蚀率、表面电阻等重要技术指标。二者的主要技术指标见表 9。

表 9 电缆屏蔽用铝合金带与美国材料协会铝合金带数据对比

序号	主要性能	ASTM B736-2000(R2006)	电缆屏蔽用铝合金带
1	抗拉强度 MPa	95~135	160~200
2	伸长率%	≥14	≥15
3	维氏硬度 HV	无规定	40~60
4	附着强度	无规定	0 级
5	电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	≤0.035	≤0.030
6	腐蚀速率 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 480h	无规定	≤0.004
7	腐蚀率 g/m^2 (48h)	无规定	≤0.2
8	表面电阻 $\text{m}\Omega$	无规定	≤0.3
9	短路电流温升 $^{\circ}\text{C}$	无规定	PE 护套 150 PVC 护套 160
10	短路电流计算	无规定	满足 IEC 60502

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准符合国家有关法令法规和国家标准化的方针政策，本标准与有关的国家标准和行业标准相协调，本标准不与现行法律、法规、规章及相关标准冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中，不存在重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

建议本标准以团体标准发布实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准发布后即实施，以满足市场需求。

十一、废止现行相关标准的建议

无现行相关标准。

十二、其他应予说明的相关事项

无。

版权归中国电工技术学会所有。
仅供标准征求意见使用，禁止复制。