



中华人民共和国国家标准

GB/T 31489.2—2020

额定电压 500 kV 及以下直流输电用 挤包绝缘电力电缆系统 第 2 部分：直流陆地电缆

D.C. extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to and including 500 kV—Part 2: D.C. land cables

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、符号	2
4 使用特性	3
5 产品命名	3
6 技术要求	5
7 成品电缆标志	10
8 电缆试验	11
9 验收规则	13
10 包装、运输和贮存	14
11 安装后的试验	14
附录 A (资料性附录) 绝缘料和半导电料的性能	15

前 言

GB/T 31489《额定电压 500 kV 及以下直流输电用挤包绝缘电力电缆系统》分为以下四个部分：

——第 1 部分：试验方法和要求；

——第 2 部分：直流陆地电缆；

——第 3 部分：直流海底电缆；

——第 4 部分：直流电缆附件。

本部分为 GB/T 31489 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电线电缆标准化技术委员会(SAC/TC 213)归口。

本部分起草单位：上海电缆研究所有限公司、上海国缆检测中心有限公司、中国电力科学研究院有限公司、江苏亨通高压海缆有限公司、中天科技海缆有限公司、宁波东方电缆股份有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、国网电力科学研究院有限公司、青岛汉缆股份有限公司、远东电缆有限公司、重庆泰山电缆有限公司、特变电工山东鲁能泰山电缆有限公司、中航宝胜海洋工程电缆有限公司、博禄贸易(上海)有限公司、陶氏化学(中国)投资有限公司、富通住电海缆有限公司、浙江万马股份有限公司、广州南洋电缆有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司。

本部分主要起草人：范玉军、赵健康、潘文林、张洪亮、郑琳、傅明利、朱智恩、王野、汪传斌、周忠义、龙海泳、陈大勇、周悦、缪晓雄、周厚强、刘焕新、王志辉、杨建军、闫笑寒、顾霄、夏俊峰、孙建生、谢书鸿、叶信红、毛阿兴、徐晓峰、周雁。

额定电压 500 kV 及以下直流输电用 挤包绝缘电力电缆系统 第 2 部分：直流陆地电缆

1 范围

GB/T 31489 的本部分规定了额定电压 500 kV 及以下直流输电用交联聚乙烯绝缘陆地电力电缆的使用特性、产品命名、技术要求、电缆标志、试验、验收规则、包装、运输和贮存以及安装后的试验。

本部分适用于通常安装和运行条件下使用的额定电压 500 kV 及以下交联聚乙烯绝缘直流陆地电力电缆。

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 494—2010 建筑石油沥青
- GB/T 2951.11—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 11 部分：通用试验方法——厚度和外形尺寸测量——机械性能试验
- GB/T 2951.12—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 12 部分：通用试验方法——热老化试验方法
- GB/T 2951.13—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 13 部分：通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验
- GB/T 2951.14—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 14 部分：通用试验方法——低温试验
- GB/T 2951.21—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 21 部分：弹性体混合料专用试验方法——耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验
- GB/T 2951.31—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 31 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法——高温压力试验——抗开裂试验
- GB/T 2951.32—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 32 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法——失重试验——热稳定性试验
- GB/T 2951.41—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 41 部分：聚乙烯和聚丙烯混合料专用试验方法——耐环境应力开裂试验——熔体指数测量方法——直接燃烧法测量聚乙烯中碳黑和（或）矿物质填料含量——热重分析法（TGA）测量碳黑含量——显微镜法评估聚乙烯中碳黑分散度
- GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第 4 部分：导体直流电阻试验
- GB/T 3048.8 电线电缆电性能试验方法 第 8 部分：交流电压试验
- GB/T 3048.11 电线电缆电性能试验方法 第 11 部分：介质损耗角正切试验
- GB/T 3048.13 电线电缆电性能试验方法 第 13 部分：冲击电压试验
- GB/T 3048.14 电线电缆电性能试验方法 第 14 部分：直流电压试验

GB/T 31489.2—2020

GB/T 3880.1—2012 一般工业用铝及铝合金板、带材 第1部分：一般要求

GB/T 3956 电缆的导体

GB/T 6995.3 电线电缆识别标志方法 第3部分：电线电缆识别标志

GB/T 11017.1—2014 额定电压110 kV($U_m=126$ kV)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第1部分：试验方法和要求

GB/T 18380.12 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1 kW 预混合型火焰试验方法

GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则

GB/T 26011 电缆护套用铝合金锭

GB/T 31489.1—2015 额定电压500 kV及以下直流输电用挤包绝缘电力电缆系统 第1部分：试验方法和要求

JB/T 5268.1—2011 电缆金属套 第1部分：总则

JB/T 8137(所有部分) 电线电缆交货盘

JB/T 10259 电缆和光缆用阻水带

JB/T 10696.5 电线电缆机械和理化性能试验方法 第5部分：腐蚀扩展试验

JB/T 10696.6 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分：挤出外套刮磨试验

IEC 60840:2020 额定电压30 kV($U_m=36$ kV)到150 kV($U_m=170$ kV)挤包绝缘电力电缆及附件 试验方法和要求 [Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m=36$ kV) up to 150 kV ($U_m=170$ kV)—Test methods and requirements]

3 术语和定义、符号

3.1 术语和定义

GB/T 31489.1—2015 和 GB/T 11017.1—2014 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 11017.1—2014 中的某些术语和定义。

3.1.1

标称值 nominal value

指定的量值并经常用于表格之中。

[GB/T 11017.1—2014, 定义 3.1.1]

注：在本部分，通常在考虑规定公差下标称值引伸出的量值可通过测量进行检验。

3.1.2

测量值 measurement value

按规定方法进行测量或测试所获得的数值。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

U_0 ：电缆系统设计用的导体与屏蔽之间的额定直流电压。

$U_{P2,S}$ ：当操作冲击电压与实际直流电压极性相同时，电缆系统可能经受的操作冲击电压最大绝对峰值的1.15倍。

$U_{P2,0}$ ：当操作冲击电压与实际直流电压极性相反时，电缆系统可能经受的操作冲击电压最大绝对峰值的1.15倍。

U_{P1} ：当雷电冲击电压与实际直流电压极性相反时，电缆系统可能经受的雷电冲击电压最大绝对峰值的1.15倍。

4 使用特性

4.1 额定电压

额定直流电压 U_0 。等级宜分为:100 kV、160 kV、200 kV、250 kV、320 kV、400 kV、500 kV。
可根据工程需求调整 U_0 ,调整范围一般不超过 10%,例如将 U_0 从 500 kV 调整为 525 kV。

4.2 工作温度

不同绝缘混合料适用的电缆导体最高温度见表 1。

表 1 绝缘混合料适用的电缆导体最高温度

绝缘混合料	导体最高温度 ℃	
	正常运行	短路(最长持续时间 5 s)
交联聚乙烯(DC-XLPE-70)	70	180 ^a
交联聚乙烯(DC-XLPE-90)	90	250

^a 在供需双方协商一致的情况下,可接受超过 180 °C 的值。

4.3 弯曲半径

电缆敷设时允许的最小弯曲半径为电缆直径的 20 倍,电缆运行时允许的最小弯曲半径为电缆直径的 15 倍。

5 产品命名

5.1 代号

电缆的相关代号及含义见表 2。

表 2 代号及含义

代 号	含 义
DC	直流
YJ(70 省略)	交联聚乙烯绝缘(导体正常运行最高温度为 70 °C)
YJ90	交联聚乙烯绝缘(导体正常运行最高温度为 90 °C)
T(省略)	铜导体
L	铝导体
LW	皱纹铝套(或焊接皱纹铝套)
L	平铝套
Q	铅套

表 2 (续)

代 号	含 义
A	金属塑料复合护套
02	聚氯乙烯外护套
03	聚乙烯外护套
Z	纵向阻水

5.2 型号

电缆常用型号和名称见表 3 和表 4。

表 3 电缆(70 ℃)的型号和名称

型 号		名 称
铜 芯	铝 芯	
DC-YJLW02	DC-YJLLW02	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘皱纹铝套聚氯乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJLW03	DC-YJLLW03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘皱纹铝套聚乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJQ02	DC-YJLQ02	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘铅套聚氯乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJQ03	DC-YJLQ03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘铅套聚乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJL02	DC-YJLL02	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘平铝套聚氯乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJL03	DC-YJLL03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘平铝套聚乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJA03	DC-YJLA03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘金属塑料复合聚乙烯外护套直流电力电缆

焊接皱纹铝套应在产品名称中明示。
 若含有纵向阻水性能,应在型号后增加-Z。
 若含有阻燃性能,应按 GB/T 19666 要求在型号前增加阻燃代号。

表 4 电缆(90 ℃)的型号和名称

型 号		名 称
铜 芯	铝 芯	
DC-YJ90LW02	DC-YJ90LLW02	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘皱纹铝套聚氯乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJ90LW03	DC-YJ90LLW03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘皱纹铝套聚乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJ90Q02	DC-YJ90LQ02	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘铅套聚氯乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJ90Q03	DC-YJ90LQ03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘铅套聚乙烯外护套直流电力电缆

表 4 (续)

型 号		名 称
铜 芯	铝 芯	
DC-YJ90L02	DC-YJ90LL02	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘平铝套聚氯乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJ90L03	DC-YJ90LL03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘平铝套聚乙烯外护套直流电力电缆
DC-YJ90A03	DC-YJ90LA03	铜芯(或铝芯)交联聚乙烯绝缘金属塑料复合聚乙烯外护套直流电力电缆
焊接皱纹铝套应在产品名称中明示。 若含有纵向阻水性能,应在型号后增加-Z。 若含有阻燃性能,应按 GB/T 19666 要求在型号前增加阻燃代号。		

5.3 规格

电缆的规格用额定电压、导体芯数、导体标称截面积/铜丝屏蔽(若有)标称截面积表示。

电缆导体标称截面积(mm^2)为:95、120、150、185、240、300、400、500、630、800、1 000、1 200、(1 400)、1 600、(1 800)、2 000、2 500、3 000、3 500,其中铝导体的最大截面积宜为 630 mm^2 ,括号内截面积为非优选截面积。用户要求时,可采用其他截面积的导体。

5.4 产品表示方法

产品用型号、规格和本部分标准编号表示。

示例 1: 额定电压 320 kV、单芯、铜导体标称截面积 1 600 mm^2 、交联聚乙烯绝缘(70 $^{\circ}\text{C}$)皱纹铝套、聚乙烯外护套直流电力电缆,表示为:

DC-YJLW03-320 kV 1×1 600 GB/T 31489.2—2020

示例 2: 额定电压 100 kV、单芯、铝导体标称截面积 240 mm^2 、交联聚乙烯绝缘(90 $^{\circ}\text{C}$)金属塑料复合聚乙烯外护套直流电力电缆,表示为:

DC-YJ90LA03-100 kV 1×240 GB/T 31489.2—2020

6 技术要求

6.1 导体

导体应为符合 GB/T 3956 的第 2 种铜导体或铝导体,单线可采用圆形单线或预制成型单线。若导体选择阻水结构,导体绞合时应加入阻水材料。

导体不应整芯焊接,应不存在断裂的单线。单线可焊接,但在同一层内,相邻两个接头之间的距离应不小于 300 mm。导体表面应光洁,无油污,无损伤导体屏蔽及绝缘的毛刺、锐边以及凸起的单线。

导体的直流电阻应符合 GB/T 3956 对第 2 种导体的规定,3 000 mm^2 和 3 500 mm^2 铜导体的 20 $^{\circ}\text{C}$ 导体直流电阻应分别不大于 0.006 0 Ω/km 和 0.005 1 Ω/km 。

6.2 导体屏蔽

导体屏蔽可由半导体带和挤包半导体层复合而成,320 kV 以下电压等级的电缆挤包的半导体层的最小厚度应不小于 0.8 mm,320 kV 及以上电压等级的电缆挤包的半导体层的最小厚度应不小于 1.2 mm。

半导体层应与绝缘牢固地结合。半导体层与绝缘层的界面应连续光滑,无明显凸纹、尖角、颗粒、焦化及擦伤的痕迹。

导体屏蔽电阻率应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.4.8 的规定。

导体屏蔽与绝缘层界面的微孔和突起试验应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.3.4 的规定。

导体屏蔽料的性能参见附录 A 中的半导体屏蔽料。

6.3 绝缘

6.3.1 材料

绝缘料应为直流电缆用交联聚乙烯料,按照工作温度分为 DC-XLPE-70 和 DC-XLPE-90。绝缘料的性能参见附录 A。

6.3.2 厚度

绝缘标称厚度见表 5。制造方也可自行设计并给出绝缘厚度的标称值。

绝缘最小厚度应符合公式(1)规定,320 kV 及以下直流电缆绝缘的偏心度应符合公式(2)规定,320 kV 以上直流电缆绝缘的偏心度应符合公式(3)规定。

$$t_{\min} \geq 0.90t_n \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0.10 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0.08 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

t_{\min} ——绝缘最小厚度,单位为毫米(mm);

t_n ——绝缘标称厚度,单位为毫米(mm)。

t_{\max} ——绝缘最大厚度,单位为毫米(mm);

t_{\max} 和 t_{\min} 应为绝缘同一截面上的测量值。

表 5 绝缘标称厚度

导体标称截面积 mm ²	绝缘标称厚度 mm						
	U_0 100 kV	U_0 160 kV	U_0 200 kV	U_0 250 kV	U_0 320 kV	U_0 400 kV	U_0 500 kV
95	12.0	—	—	—	—	—	—
120	12.0	—	—	—	—	—	—
150	12.0	—	—	—	—	—	—
185	11.5	—	—	—	—	—	—
240	11.0	17.0	—	—	—	—	—
300	11.0	16.0	—	—	—	—	—
400	10.5	15.0	18.0	24.0	—	—	—
500	10.5	15.0	18.0	24.0	—	—	—
630	10.5	15.0	17.5	23.0	—	—	—

表 5 (续)

导体标称截面积 mm ²	绝缘标称厚度 mm						
	U_0 100 kV	U_0 160 kV	U_0 200 kV	U_0 250 kV	U_0 320 kV	U_0 400 kV	U_0 500 kV
800	10.5	14.5	16.5	22.0	25.0	—	—
1 000	10.0	14.0	16.0	21.0	25.0	27.0	30.0
1 200	10.0	14.0	16.0	21.0	25.0	27.0	30.0
(1 400)	10.0	14.0	16.0	20.5	25.0	26.5	29.0
1 600	10.0	14.0	16.0	20.5	24.5	26.0	29.0
(1 800)	—	—	16.0	20.5	24.0	26.0	29.0
2 000	—	—	16.0	20.5	24.0	26.0	29.0
2 500	—	—	—	20.5	24.0	26.0	28.0
3 000	—	—	—	—	24.0	26.0	28.0
3 500	—	—	—	—	24.0	26.0	28.0

6.3.3 性能

成品电缆绝缘的机械物理性能应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.3.2 的规定。

绝缘微孔杂质试验应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.3.4 的规定。

成品电缆绝缘的相关电气性能应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.4 的规定,其中绝缘电导率试验应分别在 30 ℃和相应的工作温度(70 ℃或 90 ℃)下测试,并应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.4.9 的规定。

6.4 绝缘屏蔽

绝缘屏蔽应为挤出的半导体层,320 kV 以下电压等级电缆的绝缘屏蔽最小厚度应不小于 0.5 mm,320 kV 及以上电压等级电缆的绝缘屏蔽最小厚度应不小于 1.0 mm。

半导体层应与绝缘层牢固地结合。半导体层与绝缘层的界面应连续光滑,无明显尖角、颗粒、焦化及擦伤的痕迹。

绝缘屏蔽电阻率应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.4.8 的规定。

绝缘屏蔽与绝缘层界面的微孔和突起试验应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.3.4 的规定。

绝缘屏蔽料的性能参见附录 A 中的半导体屏蔽料。

6.5 缓冲层

绝缘屏蔽层外应有缓冲层,缓冲层应为半导电的,以使绝缘半导体屏蔽层与金属屏蔽层保持电气上接触良好。缓冲层的厚度应能满足补偿电缆运行中热膨胀的要求。

当电缆有纵向阻水要求时,缓冲层应由(或包含)半导电阻水膨胀带绕包而成,阻水材料应适合电缆的运行温度并与其相邻的其他材料相容。

当采用与绝缘半导体屏蔽直接粘结的金属塑料复合护套时,可免去额外的缓冲层。

绕包用的半导体缓冲带的体积电阻率应与电缆挤包的绝缘屏蔽的体积电阻率相适应,其他物理力学性能应符合 JB/T 10259 要求。

6.6 金属屏蔽

6.6.1 一般要求

金属屏蔽可采用铜丝屏蔽或金属套屏蔽结构,金属屏蔽的截面积应满足电缆短路容量的要求。

若适用,铜丝屏蔽的电阻测量值应符合 GB/T 3956 规定,或者不大于制造方的申明值(当铜丝标称截面积与 GB/T 3956 中规定的值不同时)。用户要求时,还应测量金属套的电阻值。

金属塑料复合护套应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.3.9 的要求。

6.6.2 铜丝屏蔽

铜丝屏蔽应由同心疏绕的软铜线组成,铜丝屏蔽层的表面应采用铜丝或铜带反向扎紧,相邻屏蔽铜丝的平均间隙 G 应不大于 4 mm。 G 由公式(4)定义:

$$G = \frac{\pi(D + d) - nd}{n} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

G ——相邻铜丝的平均间隙,单位为毫米(mm);

D ——铜丝屏蔽下的缆芯直径,单位为毫米(mm);

d ——铜丝的直径,单位为毫米(mm);

n ——铜丝的根数。

6.6.3 金属套屏蔽

当电缆采用金属套时,金属套可作为金属屏蔽。当金属套的厚度不能满足短路容量的要求时,应采用增加金属套厚度或内部增加铜丝屏蔽的措施。



6.7 金属套

6.7.1 一般要求

铅套应采用铅合金制造。可选用符合 GB/T 26011 要求的铅合金材料,也可采用性能相当或更优的铅合金材料。

皱纹铝套应采用铝或铝合金制造,纯度应不小于 99.50%。焊接用铝带应符合 GB/T 3880.1—2012 要求,伸长率应不小于 16%。

用户要求时,也可采用铜套或平铝套。铜套代号应符合 JB/T 5268.1—2011 的规定,厚度测量参照皱纹铝套厚度测量方法。

6.7.2 厚度

金属套的标称厚度见表 6,制造方也可自行设计并给出金属套厚度的标称值。

表 6 金属套标称厚度

导体标称截面积 mm ²	铅 套 mm			铝 套 mm		
	U_0	U_0	U_0	U_0	U_0	U_0
	<320 kV	320 kV	≥400 kV	<320 kV	320 kV	≥400 kV
≤300	2.4	—	—	2.0	—	—
400	2.5	—	—	2.0	2.4	—
500	2.5	—	—	2.0	2.4	—
630	2.6	—	—	2.0	2.4	—
800	2.6	2.8	—	2.0	2.4	—
1 000	2.7	2.8	3.4	2.3	2.6	3.0
1 200	2.8	2.9	3.5	2.3	2.6	3.0
(1 400)	2.9	3.0	3.5	2.3	3.6	3.0
1 600	3.0	3.1	3.6	2.3	2.6	3.1
(1 800)	3.0	3.1	3.6	2.5	2.8	3.2
2 000	3.1	3.2	3.7	2.5	2.8	3.2
2 500	3.2	3.3	3.8	2.5	2.8	3.2
3 000	—	3.4	3.9	—	2.8	3.3
3 500	—	3.5	4.0	—	3.0	3.4

铅套最小厚度应不小于标称厚度的 95% 减去 0.1 mm, 皱纹铝套最小厚度应不小于标称厚度的 85% 减去 0.1 mm, 平铝套最小厚度应不小于标称厚度的 90% 减去 0.1 mm。

6.7.3 防蚀层

需要时, 金属套表面可采用沥青、沥青漆或热熔胶作为防蚀层, 沥青可采用符合 GB/T 494—2010 要求的 10 号沥青。

6.8 外护套

6.8.1 材料

外护套类型如下:

- 以聚氯乙烯为基料的 ST₂;
- 以聚乙烯为基料的 ST₇;
- 低烟无卤(限于隧道和室内, 考虑中)。

外护套类型的选择取决于电缆的设计和运行时的机械、热性能和阻燃性能等的限定要求。外护套的颜色一般为黑色。为了适应某种特殊使用条件, 经供需双方协商也可采用其他颜色, 这种情况下不规定外护套混合料的碳黑含量。

6.8.2 厚度

外护套的标称厚度见表 7, 外护套最小厚度应不小于标称值的 80% 减去 0.2 mm。

表 7 外护套标称厚度

导体标称截面积 mm ²	外护套的标称厚度 mm
≤185	2.5
240	4.0
300	4.0
400	4.0
500	4.0
630	4.5
800	4.5
1 000	4.5
≥1 200	5.0

6.8.3 性能

成品电缆的护套机械物理性能应符合 GB/T 31489.1—2015 中 6.3.3 的规定。

6.8.4 半导电层

外护套的表面应施以均匀牢固的半导电层。如果采用挤出的半导电层,且其与电缆外护套粘结牢固,其厚度可构成成为外护套总厚度的一部分,但挤出半导电层不应超过外护套标称厚度的 20%。半导电层料的性能参见附录 A。

6.9 成品电缆

成品电缆应符合第 8 章的规定。

电缆的叠加冲击电压试验峰值见表 8。

表 8 电缆叠加冲击电压试验峰值

额定电压 U_0	$U_{P2,S}$	$U_{P2,0}$	U_{P1} (若适用)
<320 kV	$2.5U_0$	$1.2U_0$	$2.1U_0$
≥320 kV	$2.1U_0$	$1.2U_0$	$2.1U_0$

如工程有特殊需求,供需双方协商一致时,相应参数可选用高于表 8 中的值。

7 成品电缆标志

成品电缆的外护套表面应有制造方名称、产品型号和产品规格的连续标志及长度标志。标志应字迹清楚、容易辨认、耐擦。

成品电缆标志应符合 GB/T 6995.3 的规定。

8 电缆试验

8.1 试验类别及代号

试验类别及代号见表 9。

表 9 试验类别及代号

试验类别	代 号
开发试验	D
例行试验	R
抽样试验	S
型式试验	T
预鉴定试验	PQ

8.2 试验项目及要求

8.2.1 开发试验

当制造方不采用表 5 的绝缘标称厚度时,应进行开发试验,开发试验的项目由制造方自行决定,试验项目可包括但不限于 GB/T 31489.1—2015 中第 5 章规定的内容。

8.2.2 例行试验

例行试验的项目、要求及方法见表 10。

表 10 例行试验项目、要求及方法

试验项目	试验类型	试验要求	试验方法
		GB/T 31489.1—2015 章条号	
直流电压试验	R	8.1	GB/T 3048.14
交流电压试验(若适用)	R	8.1	GB/T 3048.8
外护套直流电压试验(要求时进行)	R	8.1	GB/T 3048.14
导体直流电阻试验	R	8.1	GB/T 3048.4
上述试验的顺序由制造方决定。 需要时,可增加交流局部放电试验,参数由供需双方协商确定。			

8.2.3 抽样试验

抽样试验的项目、要求及方法见表 11。

表 11 抽样试验项目、要求及方法

试验项目	试验类型	试验要求		试验方法
		GB/T 31489.1—2015 章条号		
导体检查	S	9.1.4		适当方法
导体和金属屏蔽(套)直流电阻测量	S	9.1.5		GB/T 3048.4
电容测量	S	9.1.6		GB/T 3048.11
绝缘和外护套厚度测量	S	9.1.7		GB/T 2951.11—2008
金属套厚度测量	S	9.1.8		GB/T 31489.1—2015 中 9.1.8
外径测量	S	9.1.9		GB/T 2951.11—2008
交联聚乙烯绝缘热延伸试验 ^a	S	9.1.10		GB/T 2951.21—2008
冲击电压试验 ^b	S	9.1.11		GB/T 31489.1—2015 中 6.4.5、 GB/T 3048.13
透水试验(若适用)	S	9.1.12		IEC 60840:2020 中附录 E
纵包金属箔/带粘结护套电缆的组件试验	S	9.1.13		IEC 60840:2020 中附录 G
^a 正常运行时允许导体最高工作温度为 70 °C 的产品,供需双方协商一致时可降低热延伸的负重值为 5 N/cm ² 。 ^b 若型式试验与抽样试验所用样品为相同批次,在满足抽样频次的前提下,可在抽样试验中省略此项测试。				

8.2.4 型式试验

电缆应作为电缆系统的一部分进行型式试验,型式试验项目、要求及方法见表 12。

表 12 型式试验项目、要求及方法

试验项目	试验类型	试验要求		试验方法
		本标准章条号	GB/T 31489.1—2015 章条号	
电缆结构尺寸检查	T	—	6.3.1	GB/T 2951.11—2008
绝缘机械物理性能 ^{a、b}	T	6.3.3	6.3.2	GB/T 2951.11—2008、GB/T 2951.12—2008、GB/T 2951.13—2008、GB/T 2951.21—2008
外护套机械物理性能 ^c	T	6.8.3	6.3.3	GB/T 2951.11—2008、GB/T 2951.12—2008、GB/T 2951.13—2008、GB/T 2951.14—2008、GB/T 2951.31—2008、GB/T 2951.32—2008、GB/T 2951.41—2008
绝缘微孔杂质及半导电层与绝缘界面微孔和突起试验	T	6.2、6.3.3、6.4	6.3.4	GB/T 11017.1—2014 中 附录 H
燃烧试验(若适用)	T	—	6.3.5	GB/T 18380.12
非金属外护套刮磨试验	T	—	6.3.6	JB/T 10696.6
腐蚀扩展试验(只适用于铝套)	T	—	6.3.7	JB/T 10696.5
透水试验(若适用)	T	—	6.3.8.1	IEC 60840:2020 中附录 E
纵包金属箔/带粘结护套电缆的组件试验	T	—	6.3.9	IEC 60840:2020 中附录 G
成品电缆表面标志	T	第 7 章	—	GB/T 6995.3

表 12 (续)

试验项目	试验类型	试验要求		试验方法	
		本标准章条号	GB/T 31489.1—2015 章条号		
电气型式试验	绝缘厚度检查	T	—	6.4.1	GB/T 2951.11—2008
	电气型式试验前机械预处理试验	T	—	6.4.3.1	GB/T 31489.1—2015 中 6.4.3.1
	负荷循环试验	T	—	6.4.4	GB/T 31489.1—2015 中 6.4.4
	叠加操作冲击电压试验	T	6.9	6.4.5.2、6.4.5.3	GB/T 31489.1—2015 中 6.4.5、GB/T 3048.13
	叠加雷电冲击电压试验(若适用)	T	6.9	6.4.5.4	GB/T 31489.1—2015 中 6.4.5、GB/T 3048.13
	直流电压试验	T	—	6.4.5.5	GB/T 3048.14
	检查	T	—	6.4.6	GB/T 31489.1—2015 中 6.4.6
	导体直流电阻试验	T	—	6.4.7	GB/T 3048.4
	半导体层电阻率试验	T	—	6.4.8	GB/T 11017.1—2014 中附录 D
	电缆绝缘电导率试验	T	6.3.3	6.4.9	GB/T 31489.1—2015 中附录 A
	电缆绝缘空间电荷试验	T	—	6.4.10	GB/T 31489.1—2015 中附录 B
^a 正常运行时允许导体最高工作温度为 70 °C 的产品,供需双方协商一致时可降低热延伸的负重值为 5 N/cm ² 。 ^b 绝缘热收缩试验仅适用于 U ₀ 为 200 kV 及以下的电缆产品。 ^c 碳黑含量测试仅适用于非阻燃型黑色聚乙烯外护套。					

8.2.5 预鉴定试验

预鉴定试验的项目、要求及方法见表 13。

表 13 预鉴定试验项目、要求及方法

试验项目	试验类型	试验要求		试验方法
		GB/T 31489.1—2015 章条号		
弯曲试验 ^a	PQ	6.4.3.1		GB/T 31489.1—2015 中 6.4.3.1
长期电压试验	PQ	7.4		GB/T 3048.14
叠加冲击电压试验	PQ	7.5		GB/T 3048.13
检查	PQ	7.6		目测
^a 要求时进行,可根据实际情况采取整根弯曲或分段弯曲。				

9 验收规则

电缆应按第 8 章规定的试验方法进行开发试验、例行试验、抽样试验、型式试验和(或)预鉴定试验

并应符合试验要求。抽样试验的频度和复试要求应按照 GB/T 31489.1—2015 中 9.1.2 和 9.1.3 的规定。如果电缆绝缘的一些非电气性能指标与 GB/T 31489.1—2015 不一致,则应由供需双方协商一致,并在相应的检测报告中指出。对于相同电缆结构,若对 4.1 中额定电压进行了调整,则所有电气试验应以调整后较高电压作为依据进行相应的测试,所取得的测试报告对调整前较低的额定电压也是有效的。对于 100 kV 以下电压等级的电缆,在供需双方同意的情况下,也可参照本部分进行相应的测试。

型式试验和预鉴定试验应由独立的检测机构或制造方按第 8 章进行测试并应符合要求。

产品应由制造方的质量检验部门检验通过后方能出厂。买方要求时,制造方应提供产品的相关试验报告。

产品的工厂验收应按表 10 和表 11 规定的试验项目进行并应符合试验要求。

10 包装、运输和贮存

10.1 包装

电缆应卷绕在符合 JB/T 8137(所有部分)的电缆盘上交货,电缆盘的筒径应考虑使电缆不受到过度弯曲。电缆的两个端头应有可靠的防水或防潮密封,并牢靠地固定在电缆盘上。

在每盘出厂的电缆上应附有产品检验合格证,产品检验合格证应放在不透水的塑料袋内,并固定在电缆盘的侧板上。

每个电缆盘上应标明:

- a) 制造方名称;
- b) 电缆型号、规格;
- c) 装盘长度,m;
- d) 毛重,kg;
- e) 电缆盘包装尺寸(长×宽×高),m;
- f) 电缆盘工厂编号;
- g) 制造日期,年月;
- h) 表示电缆盘搬运时正确滚动方向的箭头;
- i) 本部分编号。

10.2 运输和贮存

电缆应避免露天存放。电缆盘不应平放。

搬运中不应从高处扔下装有电缆的电缆盘,不应机械损伤电缆。吊装包装件时,不应几盘同时吊装。

在车辆、船舶等运输工具上,电缆盘应放稳,并用合适的方法固定,防止运输中相互碰撞、滚动或翻倒。

11 安装后的试验

电缆系统敷设安装后的电气试验应满足 GB/T 31489.1—2015 中第 10 章的规定。

附 录 A
(资料性附录)
绝缘料和半导电料的性能

电缆绝缘料和半导电料的性能参见表 A.1。

表 A.1 电缆绝缘料和半导电料的性能

项 目	单 位	绝缘料	半导电屏蔽料	半导电护套料
抗张强度	MPa	≥17.0	≥12.0	≥12.0
断裂伸长率	%	≥450	≥150	≥150
热延伸试验 [(200±3) °C, 20 N/cm ²] ^a				
负荷下伸长率	%	≤100	≤100	—
永久变形率	%	≤10	≤10	—
介电常数	—	≤2.5	—	—
短时击穿强度[较小的平板电极直径 25 mm, 升压速率 500 V/s, 样品厚度(1±0.1) mm]				
工频击穿强度	kV/mm	≥30	—	—
直流击穿强度	kV/mm	≥100	—	—
体积电阻率				
23 °C	Ω·m	≥1.0×10 ¹³	<1.0	<1.0
工作温度(70 °C或 90 °C)	Ω·m	—	<10	—
杂质最大尺寸(1 000 g 样片中)	mm	≤0.10	—	—
^a 正常运行时允许导体最高工作温度为 70 °C 的产品, 供需双方协商一致时可降低热延伸的负重值为 5 N/cm ² 。				