ICS 29.060.01
CCS F20

DL

中 华 人 民 共 和 国 电 力 行 业 标 准

DL/T 2128—2020

配电网电线电缆节能评价技术规范

Technical Specification for Energy-saving Evaluation of The Wires and Cables in Distribution Networks system

2020- 10-23 发布　　2021- 02-01 实施

国家能源局　发布

目　　次

前　　言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 总则 2
5 电缆结构能效评价方法 2
5.1 导体损耗 2
5.2 绝缘层损耗 3
5.3 电缆结构能效评价参数 4
6 电缆生产环节节能评价方法 5
6.1 节能设备占比率 5
6.2 生产环节设备特征参数 6
6.3 生产环节管理特征参数 6
6.4 生产环节能源监测特征参数 7
6.5 生产环节节能评价参数 7
7 电缆综合节能评价方法 7
附　录　A （资料性附录）产品导体材料能效特征参数及产品导体工艺能效特征参数的基准值 9
附　录　B （资料性附录）绝缘层平均厚度取值系数 11
附　录　C （资料性附录）主要用能工序节能型设备的划分依据 12
附　录　D （资料性附录）评价流程 13

前　言

本标准依据GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业节能标准化技术委员会（DL/TC 46）归口。

本标准起草单位：国网（北京）综合能源规划设计研究院有限公司、中国质量认证中心南京分中心、远东电缆有限公司、无锡江南电缆有限公司、江苏亨通电力电缆有限公司、宝胜科技创新股份有限公司、中天科技海缆有限公司、无锡华能电缆有限公司、江苏上上电缆集团有限公司、江苏东峰电缆有限公司等单位负责编制。

本标准主要起草人：徐杰彦、许雯旸、贾容达、冒咏秋、佟以明、郝添翼、陈韬、李燕雪、褚渊、刘晓琳、刘格、徐静、鲍启伟、虞踏峰、李明、侯虹剑、杨怀、祝军、储建平、刘旸、高红阳、夏菲菲、赵英荣、陈晓蓓、杨一格、崔晗、左小雪。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

配电网电线电缆节能评价技术规范

1 范围

本标准规定了配电网电线电缆的电缆结构能效评价方法、生产环节节能评价方法以及综合节能评价方法。

本标准适用于额定电压35kV及以下架空绝缘电缆的节能评价，其他配电网电线电缆可参照使用。

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，仅所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 2951.11 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 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 4909.2 裸电线试验方法 第 2 部分：尺寸测量

GB/T 12527 额定电压 1kV 及以下架空绝缘电缆

GB/T 14049 额定电压 10kV 架空绝缘电缆

GB/T 23331 能源管理体系 要求

3 术语和定义

3.1

产品导体材料能效特征参数 efficiency characteristic parameter for conductor materials

侧重于反应电缆导体材料能效特性的参数，用f_1表示。

注：与电缆综合能效水平成反比。即，在称重截面相同的情况下，电缆导体单位长度直流电阻越小，线路损耗越小；在电缆导体单位长度直流电阻相同的情况下，称重截面越小，电缆导体材料使用量及其敷设时载荷也越小。

3.2

产品导体工艺能效特征参数 efficiency characteristic parameter for conductor processing technology

侧重于反应电缆导体加工工艺能效特性的参数，用f_2表示。

注：与电缆综合能效水平成反比。即，在电缆导体外径相同的情况下，电缆导体单位长度直流电阻越小，线路损耗越小；在电缆导体单位长度直流电阻相同的情况下，电缆导体外径越小，电缆导体绝缘材料使用量及其敷设时载荷也越小。

3.3

导体损耗 conductor loss

电流通过时单位长度导体产生的功率损耗。

3.4

绝缘层损耗 insulation loss

电缆在交流电作用下，电流通过时单位长度绝缘层产生的功率损耗。

4 总则

4.1 电缆结构能效评价方法、电缆生产环节节能评价方法和综合评价方法可根据评价工作需要单独或合并使用。

4.2 评价节能设备占比率，应以生产流程为边界，包括拉丝、绞线、绝缘（或挤出）等工序。

4.3 计算结果的宜保留两位小数，按四舍五入法修约。

5 电缆结构能效评价方法

5.1 导体损耗

5.1.1 产品导体材料能效特征参数

产品导体材料能效特征参数，为电缆导体单位长度直流电阻与电缆导体称重截面的乘积，用f_1表示，可按公式（1）计算：

$$f_1 = R \times S \tag{1}$$

式中：

f_1——产品导体材料能效特征参数；

R——电缆导体单位长度直流电阻，单位为欧每千米（Ω/km）；

S——电缆导体称重截面，单位为平方毫米（mm^2）。

f_1的计算值应至少保留两位小数；R应按GB/T 3048.4的规定测试，统一取被测试电缆导体20℃时的直流电阻值；S按GB/T 4909.2的规定测试，其中钢芯铝绞线芯电缆的S不应考虑钢芯部分。

注：产品导体材料能效特征参数f_1越小，电缆结构的能效水平越高。

5.1.2 产品导体工艺能效特征参数

产品导体工艺能效特征参数，为电缆导体单位长度直流电阻与导体实际外径的乘积，用f_2表示，可按公式（2）计算：

$$f_2 = R \times D \tag{2}$$

式中：

f_2——产品导体工艺能效特征参数；

D——电缆导体外径，单位为毫米（mm）。

f_2的计算值应至少保留两位小数，R应统一取被测试电缆导体20℃时的直流电阻值，D应按GB/T 4909.2的规定测试。

注：产品导体工艺能效特征参数f_2越小，电缆结构的能效水平越高。

5.1.3 电缆导体能效评价参数

电缆的导体能效评价参数，为产品导体材料能效特征参数f_1、产品导体工艺能效特征参数f_2分别相对各自基准值f_{10}、f_{20}百分制得分的加权平均值，用F_1表示，可按公式（3）计算：

$$F_1 = (\alpha_{RS} \times \frac{f_{10}}{f_1} + \alpha_{RD} \times \frac{f_{20}}{f_2}) \times 100 \quad (3)$$

式中：

α_{RS} ——产品导体材料能效特征参数f_1的权重；

f_{10} ——产品导体材料能效特征参数f_1的基准值；

α_{RD} ——产品导体工艺能效特征参数f_2的权重；

f_{20} ——产品导体工艺能效特征参数f_2的基准值。

α_{RS} 宜取0.80，α_{RD} 宜取0.20，f_{10} 、f_{20} 可按附录A对应产品规格型号确定。

注：电缆的导体能效评价参数F_1越大，电缆导体部分的电能损失越小，产品的能效水平越高。

5.2 绝缘层损耗

5.2.1 产品绝缘厚度能效特征参数

产品绝缘厚度能效特征参数，反映电缆产品绝缘层平均厚度对产品能效影响的参数，用f_3表示，可按公式（4）计算：

$$f_3 = \sigma \times 100 \quad (4)$$

式中：

σ ——绝缘层平均厚度取值系数。

σ 可按附录B绝缘层平均厚度差值率（即绝缘层平均厚度实测值、标称厚度之差与标称厚度的比值）与绝缘层平均厚度联合确定，其中绝缘层平均厚度按GB/T 2951.11规定测试。

注：在满足产品标准要求的基础之上，电缆绝缘层平均厚度越小越有利于散热，能效水平越高。

5.2.2 产品绝缘层偏心度能效特征参数

产品绝缘层偏心度能效特征参数，判定电缆产品绝缘层偏心度是否符合产品能效控制要求的参数，用f_4表示，可按公式（5）计算：

$$f_4=\begin{cases}100, \text{偏心度15\%以内}\\ 0，\ \text{偏心度15\%以上}\end{cases} \tag{5}$$

绝缘层偏心度按GB/T 2951.11规定测试。

5.2.3 电缆绝缘层能效评价参数

电缆的绝缘层能效评价参数，为产品绝缘厚度能效特征参数、产品绝缘层偏心度能效特征参数两者的加权平均值，用F_2表示，可按公式（6）计算：

$$F_2=\alpha_{hd}\times f_3+\alpha_{pxd}\times f_4 \tag{6}$$

式中：

α_{hd} ——产品绝缘厚度能效特征参数f_3的权重；

α_{pxd} ——产品绝缘层偏心度能效特征参数f_4的权重。

α_{hd} 宜取0.50，α_{pxd} 宜取0.50。

注：电缆的绝缘层能效评价参数F_2越大，电缆绝缘部分的电能损失越小，则产品的能效水平越高。

5.3 电缆结构能效评价参数

电缆结构能效评价参数，为电缆导体能效评价参数F_1与电缆绝缘层能效评价参数F_2的加权平均值，用F表示，可按公式（7）计算：

$$F = \alpha_{xx} \times F_1 + \alpha_{jy} \times F_2 \quad (7)$$

式中：

α_{xx} ——电缆导体能效评价参数F_1的权重；

α_{jy} ——电缆绝缘层能效评价参数F_2的权重。

α_{xx} 宜取0.80，α_{jy} 宜取0.20。

注：电缆结构能效评价参数F越大，则电缆结构的能效水平越高。

6 电缆生产环节节能评价方法

6.1 节能设备占比率

生产企业节能设备占比率为纳入核算范围的全部工序节能设备占比率的加权平均值，其中生产企业某工序节能设备占比率指生产企业该工序节能设备的台数与该工序设备总台数的比值。节能设备占比率可按公式（8）计算：

$$\eta = (\alpha_{lssb} \times \frac{n_{ls}}{N_{ls}} + \alpha_{jxsb} \times \frac{n_{jx}}{N_{jx}} + \alpha_{jcsb} \times \frac{n_{jc}}{N_{jc}}) \times 100\% \quad (8)$$

式中：

η ——节能设备占比率，单位为百分率（%）；

α_{lssb} ——拉丝工序节能设备占比率权重；

n_{ls} ——拉丝工序节能设备数量，单位为台；

N_{ls} ——拉丝工序设备总台数，单位为台；

α_{jxsb} ——绞线工序节能设备占比率权重；

n_{jx} ——绞线工序节能设备数量，单位为台；

N_{jx} ——绞线工序设备总台数，单位为台；

α_{jcsb} ——绝缘/挤出工序节能设备占比率权重；

n_{jc} ——绝缘/挤出工序节能设备数量，单位为台；

N_{jc} ——绝缘/挤出工序设备总台数，单位为台；

α_{lssb} 宜取0.40，α_{jxsb} 宜取0.20，α_{jcsb} 宜取0.40。

各工序节能设备的划分依据可参照附录C；若生产企业无某一工序产能，则应溯源其供应商该工序节能设备占比率。

6.2 生产环节设备特征参数

生产环节设备特征参数，为生产企业节能设备占比率与基准值的比值（百分制），用m_1表示，可按公式（9）计算：

$$m_1=\begin{cases}100\times\dfrac{\eta}{\eta_0},\dfrac{\eta}{\eta_0}\le 1\\ 100,\dfrac{\eta}{\eta_0}>1\end{cases} \quad (9)$$

式中：

η_0 ——节能设备占比率基准值，单位为百分率（%）。

η_0 宜取30%。

6.3 生产环节管理特征参数

生产环节管理特征参数，为判定企业生产环节能源管理是否符合生产环节节能控制要求的参数，用m_2表示，可按公式（10）计算：

$$m_2=\begin{cases}100,\text{企业已建立能源管理体系}\\ 0，\text{企业未建立能源管理体系}\end{cases} \quad (10)$$

注:生产企业已按照GB/T23331的规定编制并发布了体系文件，且定期进行能源绩效参数识别、定期开展内部审核和管理评审的，可视为已建立能源管理体系。

6.4 生产环节能源监测特征参数

生产环节能源监测特征参数，为判定企业生产环节是否具备能源在线监测系统的参数，用m_3表示，可按公式（11）计算。

$$m_3=\begin{cases}100,\text{企业已建立能源在线监测系统}\\0，\text{企业未建立能源在线监测系统}\end{cases} \quad (11)$$

6.5 生产环节节能评价参数

生产环节节能评价参数，为生产环节设备特征参数m_1、生产环节管理特征参数m_2、生产环节能源监测特征参数m_3三者的加权平均值，用M表示，可按公式（12）计算：

$$M=\alpha_{sb}\times m_1+\alpha_{ny}\times m_2+\alpha_{jc}\times m_3 \quad (12)$$

式中：

α_{sb} ——生产环节设备特征参数m_1的权重；

α_{ny} ——生产环节管理特征参数m_2的权重；

α_{jc} ——生产环节能源监测特征参数m_3的权重。

α_{sb} 宜取0.80，α_{ny} 宜取0.10，α_{jc} 宜取0.10。

注：生产环节节能评价参数M数值越大，反映生产企业在电缆生产过程中的能源利用状况越好，越有利于降低电缆生产过程中的能源消耗。

7 电缆综合节能评价方法

电缆综合节能评价参数，为电缆结构能效评价参数F与生产环节节能评价参数M的加权平均值，用E表示，可按公式（13）计算：

$$E=\alpha_{cp}\times F+\alpha_{sc}\times M \quad (13)$$

式中：

α_{cp} ——电缆结构能效评价参数F的权重；

α_{sc} ——生产环节节能评价参数M的权重。

α_{cp} 宜取0.80，α_{sc} 宜取0.20。

注1：电缆综合节能评价参数E越大，则电缆综合节能水平越高。

注2：某电网工程电缆的综合节能评价流程可参考附录D。

附 录 A

（资料性附录）

产品导体材料能效特征参数及产品导体工艺能效特征参数的基准值

A.1 产品导体材料能效特征参数f_1及产品导体工艺能效特征参数f_2的基准值

架空绝缘电缆的产品导体材料能效特征参数及产品导体工艺能效特征参数的基准值 f_{10}、f_{20}，可按表 A.1、表 A.2 确定。

表 A.1 铝芯、铝合金芯、中强度铝合金芯、硬铜芯架空绝缘电缆

序号	标称截面 /mm^2	f_{10}				f_{20}			
		铝	铝合金	中强度铝合金	硬铜	铝	铝合金	中强度铝合金	硬铜
1	10	30.80	35.74	——	——	11.70	13.58	——	——
2	16	30.56	35.47	——	——	9.17	10.64	——	——
3	25	30.00	34.83	30.00	18.73	7.20	8.36	7.32	4.49
4	35	30.38	35.25	30.38	18.90	6.08	7.05	6.16	3.78
5	50	32.05	37.20	32.05	19.95	5.32	6.18	5.45	3.31
6	70	31.01	35.98	31.01	19.32	4.43	5.14	4.52	2.76
7	95	30.40	35.25	30.40	18.91	3.71	4.30	3.78	2.31
8	120	30.36	35.28	30.36	18.96	3.29	3.82	3.36	2.05
9	150	30.90	35.85	30.90	19.20	3.01	3.49	3.07	1.87
10	185	30.34	35.15	30.34	18.89	2.66	3.08	2.71	1.65
11	240	30.00	34.80	30.00	18.65	2.30	2.67	2.35	1.43
12	300	30.00	34.80	30.00	18.57	2.06	2.39	2.10	1.28
13	400	31.12	36.16	30.80	19.36	1.85	2.15	1.87	1.15

表 A.2 钢芯铝绞线芯架空绝缘电缆

序号	规格	标称截面 /mm^2	导体直流电阻 /(Ω/km)	导体外径 /mm	f_{10}	f_{20}
1	25/4	25	1.2000	6.6	30.00	7.92
2	35/6	35	0.8680	7.8	30.34	6.76
3	50/8	50	0.6410	9.1	32.05	5.83
4	50/30	50	0.6410	11.1	32.05	7.12
5	70/10	70	0.4430	10.9	31.01	4.83

6	70/40	70	0.4430	13.1	31.01	5.80
7	95/15	95	0.3200	12.9	30.40	4.13
8	95/20	95	0.3200	13.1	30.40	4.19
9	95/55	95	0.3200	15.3	30.40	4.90
10	120/7	120	0.2530	13.6	30.36	3.44
11	120/20	120	0.2530	14.4	30.36	3.64
12	120/25	120	0.2530	14.7	30.36	3.72
13	120/70	120	0.2530	17.2	30.36	4.35
14	150/8	150	0.2060	15.1	30.90	3.11
15	150/20	150	0.2060	15.8	30.90	3.25
16	150/25	150	0.2060	16.1	30.90	3.32
17	150/35	150	0.2060	16.6	30.90	3.42
18	185/10	185	0.1640	16.7	30.34	2.74
19	185/25	185	0.1640	17.6	30.34	2.89
20	185/30	185	0.1640	17.8	30.34	2.92
21	185/45	185	0.1640	18.4	30.34	3.02
22	210/10	210	0.1411	17.9	29.63	2.53
23	210/25	210	0.1411	18.8	29.63	2.65
24	210/35	210	0.1411	19.1	29.63	2.70
25	210/50	210	0.1411	19.7	29.63	2.78
26	240/30	240	0.1250	20.0	30.00	2.50
27	240/40	240	0.1250	20.3	30.00	2.54
28	240/55	240	0.1250	21.0	30.00	2.63
29	300/15	300	0.1000	21.4	30.00	2.14
30	300/0	300	0.1000	21.6	30.00	2.16
31	300/25	300	0.1000	21.9	30.00	2.19
32	300/40	300	0.1000	22.3	30.00	2.23
33	300/50	300	0.1000	22.7	30.00	2.27
34	300/70	300	1.1000	23.5	30.00	2.35

附 录 B

（资料性附录）
绝缘层平均厚度取值系数

B.1 绝缘层平均厚度取值系数

根据 GB/T 12527、GB/T 14049 中绝缘层标称厚度及绝缘层平均厚度差值率，参照表 B.1 选定绝缘层平均厚度取值系数。

表B.1 绝缘层平均厚度取值系数

绝缘标称厚度（mm）	$\sigma = 1$	$\sigma = 0.5$	$\sigma = 0$
1.2 及以下	[0~20%]	（20%~35%]	35%以上
1.3~1.7	[0~15%]	(15%~30%]	30%以上
1.8~2.2	[0~10%]	(10%~20%]	20%以上
2.2 及以上	[0~8%]	(8%~15%]	15%以上

附 录 C

（资料性附录）
主要用能工序节能型设备的划分依据

C.1 主要用能工序节能型设备的划分依据

拉丝、绞线、绝缘（或挤出）耗能工序的节能型设备配备情况可参考表 C.1 中的划分依据。

表 C.1 划分依据

工序	主要设备	划分依据
拉丝	拉丝机	满足以下任一条件的均可视为节能型拉丝机：（1）连拉连退的；（2）多头的；（3）直流电机驱动的；（4）变频驱动的；（5）交流伺服电机单独驱动的。
绞线	绞线机	满足以下任一条件的均可视为节能型绞线机：（1）同心式绞线机；（2）采用变频驱动的。
绝缘/挤出	挤出机	满足以下任一条件的均可视为节能型挤出机：（1）直流驱动的；（2）变频驱动的；（3）交流伺服电机单独驱动的；（4）利用电磁感应原理加热的。

附 录 D

（资料性附录）
评价流程

D.1 情景概述

某电网工程需采购一批额定电压 10kV、标称截面为 185mm^2 的单芯铝芯交联聚乙烯绝缘架空电缆（产品型号：JKLYJ-10 1×185），为主动响应政策要求，将绿色发展理念落到实处，工程建设方决定在采购环节纳入对电缆产品及其生产企业节能相关评价，评价结果作为招标环节打分依据。

现有 A、B、C3 家生产企业纳入本次评价范围，具体评价过程如 D.2、D.3、D.4 所示。

D.2 数据收集

通过取样检测、台账核查等方式获取 3 家企业的具体数据，编制数据收集表（见表 D.1）。

表 D.1 电缆产品节能评价数据表

序号	名称	符号	单位	数据来源	数值		
					A 企业	B 企业	C 企业
1	产品名称	/	/	选定	铝芯交联聚乙烯绝缘架空电缆，额定电压 10kV，单芯，标称截面为 185mm^2		
2	产品型号	/	/	选定	JKLYJ-10 1×185		
3	电缆导体单位长度直流电阻	R	Ω/km	检测值，按 GB/T 3048.4 规定测试	0.158	0.159	0.160
4	电缆导体称重截面	S	mm^2	检测值，按 GB/T 4909.2 规定测试	183	184	185
5	电缆导体外径	D	mm	检测值，按 GB/T 4909.2 规定测试	16.2	16.4	16.4
6	绝缘层平均厚度实测值	δ	mm	检测值，按 GB/T 2951.11 规定测试	3.4	3.5	3.6
7	绝缘层偏心度	e	%	检测值，按 GB/T 2951.11 规定测试	10	13	15
8	拉丝工序节能设备台数	n_{ls}	台	设备台账	41	5	3
9	拉丝工序设备总台数	N_{ls}	台	设备台账	48	19	4

10	绞线工序节能设备台数	n_{jx}	台	设备台账	47	18	8
11	绞线工序设备总台数	N_{jx}	台	设备台账	61	46	12
12	绝缘/挤出工序节能设备台数	n_{jc}	台	设备台账	162	45	17
13	绝缘/挤出工序设备总台数	N_{jc}	台	设备台账	194	133	21
14	能源管理体系建设情况		/	能源管理制度文件及运行记录	有	有	无
15	能源在线监测系统情况		/	在线监测系统及运行记录	有	无	无

D.3 数据分析

根据公式（1）至公式（13），计算各过程参数并制表（见表 D.2）。

表 D.2 评价过程参数表

序号	名称	符号	计算公式或数据来源	数值		
				A 企业	B 企业	C 企业
1	产品导体材料能效特征参数	f_1	公式（1）	28.91	29.26	29.60
2	产品导体工艺能效特征参数	f_2	公式（2）	2.56	2.61	2.62
3	电缆导体能效评价参数	F_1	公式（3）	104.73	103.37	102.27
4	产品绝缘厚度能效特征参数	f_3	公式（4）	100.00	100.00	100.00
5	产品绝缘层偏心度能效特征参数	f_4	公式（5）	100.00	100.00	100.00
6	电缆绝缘层能效评价参数	F_2	公式（6）	100.00	100.00	100.00
7	电缆结构能效评价参数	F	公式（7）	103.78	102.69	101.82
8	拉丝工序节能设备占比率	η_{ls}	$\eta_{ls}=100\%\times n_{ls}/N_{ls}$	85.42%	26.32%	75.00%
9	绞线工序节能设备占比率	η_{jx}	$\eta_{jx}=100\%\times n_{jx}/N_{jx}$	77.05%	39.13%	66.67%
10	绝缘/挤出工序节能设备占比率	η_{jc}	$\eta_{jc}=100\%\times n_{jc}/N_{jc}$	83.51%	33.83%	80.95%
11	全厂节能设备占比率	η	公式（8）	82.98%	31.89%	75.71%

12	生产环节设备特征参数	m_1	公式（9）	100.00	100.00	100.00
13	生产环节管理特征参数	m_2	公式（10）	100.00	100.00	0.00
14	生产环节能源监测特征参数	m_3	公式（11）	100.00	0.00	0.00
15	生产环节节能评价参数	M	公式（12）	100.00	90.00	80.00
16	电缆综合节能评价参数	E	公式（13）	103.03	100.15	97.46

D.4 评价结果输出

通过计算，电缆自身结构能效、生产环节节能评价、综合节能评价等分项结果见表 D.3。

表 D.3 评价结果

序号	名称	符号	数值		
			A 企业	B 企业	C 企业
1	电缆结构能效评价参数	F	103.78	102.69	101.82
2	生产环节节能评价参数	M	100.00	90.00	80.00
3	电缆综合节能评价参数	E	103.03	100.15	97.46
注：以上评价结果，可供相关方在电缆产品采购环节，开展单项或多项节能评价时使用。					