

前 言

本标准等同采用国际电工委员会(IEC)标准 IEC 228:1978《电缆的导体》(其中包括第一次修改单 Amendment No. 1:1993)和 IEC 228A:1982《电缆的导体——圆形导体的尺寸范围导则》对 GB 3956—83《电气装备电线电缆铜、铝导线芯》和 GB 3957—83《电力电缆铜、铝导线芯》标准进行修订。

本标准是电缆和软线的基础标准。在制定产品标准时,应从本标准的各表中选择适合于电线和电缆产品用的导体。

由于 IEC 228(1978)正文中的“引言”旨在说明本版本与 1966 年版本的差异是非标准内容,所以本标准编写时将“引言”从标准正文移入“IEC 前言”中。

IEC 228(1978)在 1982 年公布第一次补充件 IEC 228A《圆形导体的尺寸范围导则》,目的为指导电缆及电缆连接接头的制造,并保证连接接头与电缆的适配。本标准将 IEC 228 补充件 IEC 228A 作为本标准的附录 A。

本标准从实施之日起同时代替 GB 3956—83,GB 3957—83。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:机械工业部上海电缆研究所。

本标准主要起草人:吴曾权、朱翠珍。

IEC 前言

1. IEC(国际电工技术委员会)就技术委员会代表各国家委员会准备的,并为各国家委员会特别关切的技术问题作出的正式决议或协议尽可能地表达出国际上对这些问题的一致意见。

2. 这些决议或协议以推荐标准的形式供国际上使用,并在此意义上取得各国家委员会的认可。

3. 为促进国际间的统一,IEC 希望各国家委员会在其国内情况许可的范围内,宜尽可能采用 IEC 推荐标准的内容作为他们的国家标准。IEC 推荐标准与相应的国家标准之间的任何差异,应尽可能在国家标准中明确指出。

IEC 228“电缆的导体”由 IEC 第 20 技术委员会“电缆”的 20A 分委员会“高压电缆”制定。

1976 年的奥斯陆会议讨论了本标准的草案。

1977 年 6 月以 20A(中央办公室)第 60 号文件将此次会议的决议草案提交各国家委员会按照六月法表决。

下列国家投票明确同意本出版物:

阿根廷	丹麦	德国	荷兰	瑞典
澳大利亚	埃及	以色列	葡萄牙	土耳其
奥地利	芬兰	意大利	罗马尼亚	苏联 ¹⁾
比利时	法国	日本	西班牙	英国

IEC 228 引用的其他 IEC 出版物:

IEC 28 铜电阻国际标准

IEC 111 工业硬铝导线电阻率

IEC 228 第 1 号修改单由 IEC 第 20 技术委员会“电缆”的第 20A 分委员会“高压电缆”制定。此修改单文本以下述文件为基础:

六月法/DIS 文件	投票表决报告
20A(CO)145	20A(CO)153

投票表决此修改单的全部资料可以在上表列出的投票表决报告中查找到。

IEC 228 第一次补充件 IEC 228A“圆形导体的尺寸范围导则”由 IEC 第 20 技术委员会“电缆”的 20A 分委员会:“高压电缆”制定。其草案在 1980 年佛罗伦萨会议上经过讨论,会议决定于 1980 年 12 月将草案文件 20A(CO)76 送交各国家委员会,按六月法规则进行表决。

下列国家投票明确同意此出版物:

澳大利亚	丹麦	民主德国 ¹⁾	挪威	瑞士
奥地利	埃及	以色列	罗马尼亚	土耳其
比利时	芬兰	意大利	南非	苏联 ¹⁾
加拿大	法国	日本	西班牙	英国
中国	德国	荷兰	瑞典	

1) 指前民主德国和前苏联。

IEC 引言

本标准是 IEC 228 的修订本,代替 1966 年第一版标准。

本标准预定作为 IEC 各技术委员会及各国家委员会在起草电缆标准时的指南。各委员会应从本通用标准的各表中选择能适合特定用途的导体,可以在电缆标准中详细采用合适的内容或适当地引用本标准。

制定本版标准的主要目的是考虑到自出版第一版以来的经验和发展,并从技术和经济的一致性考虑尽可能简化本标准。

导体的种类已减少到四种。供固定敷设电缆用的导体有两种:第 1 种为实心导体;第 2 种为绞合导体。供软电缆用的也有两种。由于这两种与 1966 年版的第 5 种和第 6 种相同,为了维持其连续性和避免混淆,所以保留了这两种编号。而第 3 种和第 4 种相对使用较少,同时考虑到本版的第 2 种和第 5 种分别适用于以往第 3 种和第 4 种应用的多数场合,所以删除第 3 种和第 4 种。

相同标称截面的不同种类导体,其最大规定电阻值可以合并,规定如下:

对第 1 种和第 2 种同一种材料和相同标称截面的导体,不管导体是圆形的、紧压圆形的、还是成型的,单芯和多芯电缆采用的这两种导体的最大导体电阻均规定为相同。但是为了避免与前版有太大的变动,对不镀金属铜导体和镀金属铜导体的电阻值仍保留了它们之间的差别。

在这两种导体当中,截面在 10 mm^2 及以下的每一标称截面铝导体规定的最大电阻与比该铝导体小一档规格的铜导体规定的最大电阻相同。目的是为了使铜和铝导体在小规格的布线电缆之间提供等价电阻值,而 16 mm^2 及以上的铜和铝导体之间仍保留各自电阻值。

无镀层或包覆层铝导体及铝合金导体仍规定相同的电阻值。为了使电阻值标准化,按所用的特定材料,相同标称截面所用单线尺寸可以有变动。

第 1 种和第 2 种导体所选用的电阻值是 1966 年版多芯电缆第 2 种导体标称截面从 2.5 mm^2 到 400 mm^2 和单芯电缆第 2 种导体标称截面 400 mm^2 以上所规定的电阻值。对 1.5 mm^2 及以下的导体,在 1966 年版中第 1 种和第 2 种导体的电阻值之间的差别比其他规格的大,为了避免电阻值增大,故采用了 1966 年版中多芯电缆第 1 种导体所规定的较低电阻值。

第 5 种和第 6 种软导体只使用铜导体。这两种导体的电阻值相同而且符合 1966 年版第 5 种导体规定的多芯电缆电阻值,但仍保留了不镀金属导体和镀金属导体电阻值之间的差别。

把单芯和多芯电缆以及不同类型导体的电阻合并成相同电阻值简化的结果,使 1966 年版提及的电阻计算方法已不再适用,故予以删除。为此归纳了本标准规定值及其来源,提供了确定其出处的方法如下:

第 1 种和第 2 种

铜导体

1.5 mm^2 及以下 同 1966 年版多芯电缆第 1 种导体电阻值;

$2.5 \sim 400 \text{ mm}^2$ 同 1966 年版多芯电缆第 2 种导体电阻值;

500 mm^2 及以上 同 1966 年版单芯电缆第 2 种导体电阻值。

铝导体

10 mm^2 及以下 同比该铝导体小一档标称截面的铜导体电阻值;

$16 \sim 400 \text{ mm}^2$ 同 1966 年版多芯电缆第 2 种导体电阻值;

500 mm^2 及以上 同 1966 年版单芯电缆第 2 种导体电阻值。

第 5 种和第 6 种

同 1966 年版多芯电缆第 5 种导体电阻值。

简化温度校正系数的表 5 是将铜和铝导体取相同系数而简化的。所以按照此表计算得出的实际值足够在电缆导体温度和长度测量结果所能达到的精度范围之内。但同时也分别列出计算铜和铝导体校正系数的更精确的公式。

中华人民共和国国家标准

电 缆 的 导 体

Conductors of insulated cables

GB/T 3956—1997
idt IEC 228:1978
IEC 228A:1982
代替 GB 3956—83
GB 3957—83

1 范围

本标准规定了电缆和软线用的导体从 0.5~2 000 mm² 经标准化的标称截面、单线根数、单线直径及其电阻值。

本标准不适用于通信用途的导体。只有当电缆标准指明时,才适用于特定设计电缆用的导体,例如压力电缆用导体,特软电焊机电缆用导体,或具有特短节距成缆的特种软电缆用导体。

2 分类

导体共分四种:第 1 种、第 2 种、第 5 种和第 6 种。

第 1 种和第 2 种预定用于固定敷设电缆的导体。第 1 种为实心导体,第 2 种为绞合导体。

第 5 种和第 6 种预定用于软电缆和软线的导体,第 6 种比第 5 种更柔软。

3 材料

导体可由下列材料组成:

——不镀金属或镀金属的退火铜线;

——无镀层铝或铝合金线;

各种类型导体的具体规定见本标准第 4 章和第 5 章。

术语“镀金属”是指导体外面镀有适当的金属薄层,例如锡、锡合金或铅合金。

4 固定敷设电缆用导体

4.1 实心导体(第 1 种)

实心导体应符合下列要求。

4.1.1 导体应由下列材料组成:

——不镀金属或镀金属的退火铜线;

——无镀层铝或铝合金线。

4.1.2 实心铜导体应是圆形截面。

表 1 列出的标称截面 25 mm² 及以上的实心铜导体仅预定用于特种电缆,而不适用于一般用途的电缆。

4.1.3 截面 16 mm² 及以下的实心铝导体应是圆形截面。

截面 25 mm² 及以上的实心铝导体;若是单芯电缆应是圆形截面;若是多芯电缆可以是圆形截面,也可以是成型截面。

截面 95 mm² 及以上的导体,可由 5 个及以下分截面导体构成。

4.1.4 在 20℃ 时每芯导体电阻应不超过表 1 相应规定的最大值。

表1 单芯和多芯电缆用第1种实心导体

标称截面 mm ²	20℃时导体最大电阻,Ω/km		
	圆铜导体		圆或成型铝导体
	不镀金属	镀金属	
0.5	36.0	36.7	—
0.75	24.5	24.8	—
1	18.1	18.2	—
1.5	12.1	12.2	18.1 ²⁾
2.5	7.41	7.56	12.1 ²⁾
4	4.61	4.70	7.41 ²⁾
6	3.08	3.11	4.61 ²⁾
10	1.83	1.84	3.08 ²⁾
16	1.15	1.16	1.91 ²⁾
25	0.727 ¹⁾	—	1.20
35	0.524 ¹⁾	—	0.868
50	0.387 ¹⁾	—	0.641
70	0.268 ¹⁾	—	0.443
95	0.193 ¹⁾	—	0.320
120	0.153 ¹⁾	—	0.253
150	0.124 ¹⁾	—	0.206
185	—	—	0.164
240	—	—	0.125
300	—	—	0.100

1) 见本标准 4.1.2。
2) 1.5 mm² 到 16 mm² 只有圆铝导体,见本标准 4.1.3。

4.2 非紧压绞合圆形导体(第2种)

非紧压绞合圆形导体应符合下列要求。

4.2.1 导体应由下列材料组成:

- 不镀金属或镀金属的退火铜线。
- 无镀层铝或铝合金线。

绞合铝导体截面一般应不小于 10 mm²,但如果特殊考虑 4 mm² 和 6 mm² 的绞合铝导体能适合某种特殊电缆及其使用场合,则也允许采用。

4.2.2 导体中的单线应具有相同标称直径。

4.2.3 导体中的单线根数应不少于表 2 规定的相应最少根数。

1 200 mm² 到 2 000 mm² 截面的导体不规定单线的最少根数。

4.2.4 在 20℃ 时每芯导体电阻应不超过表 2 相应规定的最大值。

4.3 紧压绞合圆形导体和绞合成型导体(第2种)

紧压绞合圆形导体和绞合成型导体应符合下列要求。

4.3.1 导体应由下列材料组成:

- 不镀金属或镀金属的退火铜线;
- 无镀层铝或铝合金线。

紧压绞合圆铝导体截面应不小于 16 mm²,绞合成型铜或铝导体截面应不小于 25 mm²。

4.3.2 同一导体中两根不同单线的直径比应不超过 2。

表 2 单芯和多芯电缆用第 2 种绞合导体

标称截面 mm ²	导体中单线最少根数						20℃时导体最大电阻,Ω/km		
	非紧压圆形导体		紧压圆形导体		成型导体		铜导体		铝导体
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	不镀金属	镀金属	
0.5	7	—	—	—	—	—	36.0	36.7	—
0.75	7	—	—	—	—	—	24.5	24.8	—
1	7	—	—	—	—	—	18.1	18.2	—
1.5	7	—	6	—	—	—	12.1	12.2	—
2.5	7	—	6	—	—	—	7.41	7.56	—
4	7	7 ²⁾	6	—	—	—	4.61	4.70	7.41
6	7	7 ²⁾	6	—	—	—	3.08	3.11	4.61
10	7	7	6	—	—	—	1.83	1.84	3.08
16	7	7	6	6	—	—	1.15	1.16	1.91
25	7	7	6	6	6	6	0.727	0.734	1.20
35	7	7	6	6	6	6	0.524	0.529	0.868
50	19	19	6	6	6	6	0.387	0.391	0.641
70	19	19	12	12	12	12	0.268	0.270	0.443
95	19	19	15	15	15	15	0.193	0.195	0.320
120	37	37	18	15	18	15	0.153	0.154	0.253
150	37	37	18	15	18	15	0.124	0.126	0.206
185	37	37	30	30	30	30	0.099 1	0.100	0.164
240	61	61	34	30	34	30	0.075 4	0.076 2	0.125
300	61	61	34	30	34	30	0.060 1	0.060 7	0.100
400	61	61	53	53	53	53	0.047 0	0.047 5	0.077 8
500	61	61	53	53	53	53	0.036 6	0.036 9	0.060 5
630	91	91	53	53	53	53	0.028 3	0.028 6	0.046 9
800	91	91	53	53	—	—	0.022 1	0.022 4	0.036 7
1 000	91	91	53	53	—	—	0.017 6	0.017 7	0.029 1
1 200		3)		3)	—	—	0.015 1		0.024 7
(1 400) ¹⁾		3)		3)	—	—	0.012 9		0.021 2
1 600		3)		3)	—	—	0.011 3		0.018 6
(1 800) ¹⁾		3)		3)	—	—	0.010 1		0.016 5
2 000		3)		3)	—	—	0.009 0		0.014 9

1) 括号内的尺寸为非优选尺寸。
2) 见本标准 4.2.1。
3) 不规定单线的最少根数。

4.3.3 导体中单线根数应不少于表 2 相应规定的最少根数。

1 200 mm² 到 2 000 mm² 截面的导体不规定单线的最少根数。

4.3.4 在 20℃时每芯导体电阻应不超过表 2 相应规定的最大值。

5 软导体(第 5 种和第 6 种)

软导体应符合下列要求。

- 5.1 导体应由不镀金属或镀金属的退火铜线组成。
- 5.2 导体中的单线应具有相同标称直径。
- 5.3 导体中的单线直径应不超过表 3 或表 4 相应规定的最大值。
- 5.4 在 20℃时每芯导体电阻应不超过表 3 或表 4 相应规定的最大值。

表 3 单芯和多芯电缆用第 5 种软铜导体

标称截面 mm ²	导体中单线 最大直径 mm	20℃时导体最大电阻 Ω/km		标称截面 mm ²	导体中单线 最大直径 mm	20℃时导体最大电阻 Ω/km	
		不镀金属	镀金属			不镀金属	镀金属
0.5	0.21	39.0	40.1	50	0.41	0.386	0.393
0.75	0.21	26.0	26.7	70	0.51	0.272	0.277
1	0.21	19.5	20.0	95	0.51	0.206	0.210
1.5	0.26	13.3	13.7	120	0.51	0.161	0.164
2.5	0.26	7.98	8.21	150	0.51	0.129	0.132
4	0.31	4.95	5.09	185	0.51	0.106	0.108
6	0.31	3.30	3.39	240	0.51	0.080 1	0.081 7
10	0.41	1.91	1.95	300	0.51	0.064 1	0.065 4
16	0.41	1.21	1.24	400	0.51	0.048 6	0.049 5
25	0.41	0.780	0.795	500	0.61	0.038 4	0.039 1
35	0.41	0.554	0.565	630	0.61	0.028 7	0.029 2

表 4 单芯和多芯电缆用第 6 种软铜导体

标称截面 mm ²	导体中单线 最大直径 mm	20℃时导体最大电阻 Ω/km		标称截面 mm ²	导体中单线 最大直径 mm	20℃时导体最大电阻 Ω/km	
		不镀金属	镀金属			不镀金属	镀金属
0.5	0.16	39.0	40.1	35	0.21	0.554	0.565
0.75	0.16	26.0	26.7	50	0.31	0.386	0.393
1	0.16	19.5	20.0	70	0.31	0.272	0.277
1.5	0.16	13.3	13.7	95	0.31	0.206	0.210
2.5	0.16	7.98	8.21	120	0.31	0.161	0.164
4	0.16	4.95	5.09	150	0.31	0.129	0.132
6	0.21	3.30	3.39	185	0.41	0.106	0.108
10	0.21	1.91	1.95	240	0.41	0.080 1	0.081 7
16	0.21	1.21	1.24	300	0.41	0.064 1	0.065 4
25	0.21	0.780	0.795				

6 检验要求

若可行,应在成品电缆上进行检查和测量,检验是否符合本标准 4.1.1,4.1.2,4.1.3,4.2.1,4.2.2,4.2.3,4.3.1,4.3.2,4.3.3,5.1,5.2 和 5.3 规定的要求。

测量导体电阻可以在整根长度的电缆或软线上或在至少 1 m 长的试样上进行,把测量值除以其长度后,检验是否符合本标准 4.1.4,4.2.4,4.3.4 和 5.4 的规定要求。

如果需要,应采用下列公式校正到 20℃ 和 1 km 长时的导体电阻:

$$R_{20} = R_t \cdot K_t \cdot \frac{1\ 000}{L}$$

式中: R_{20} ——20℃ 时电阻, Ω/km;

R_t —— t ℃ 时 L m 长电缆或软线的实测电阻, Ω;

K_t ——温度为 t ℃ 时的电阻温度校正系数;

L ——电缆或软线的长度, m;

t ——测量时的导体温度, ℃。

表 5 规定了在通常温度范围内的温度校正系数 K_t 值。其值按下式计算:

$$K_t = \frac{1}{1 + 0.004(t - 20)} = \frac{250}{230 + t}$$

此式为近似公式,但能计算出足以达到在测量导体温度和电缆或软线长度的精度范围内的实际值。

表 5 在 $t^{\circ}\text{C}$ 时测量导体电阻校正到 20°C 时的温度校正系数 K_t

测量时导体温度 $t/^{\circ}\text{C}$	校正系数 K_t	测量时导体温度 $t/^{\circ}\text{C}$	校正系数 K_t	测量时导体温度 $t/^{\circ}\text{C}$	校正系数 K_t
5	1.064	16	1.016	27	0.973
6	1.059	17	1.012	28	0.969
7	1.055	18	1.008	29	0.965
8	1.050	19	1.004	30	0.962
9	1.046	20	1.000	31	0.958
10	1.042	21	0.996	32	0.954
11	1.037	22	0.992	33	0.951
12	1.033	23	0.988	34	0.947
13	1.029	24	0.984	35	0.943
14	1.025	25	0.980		
15	1.020	26	0.977		

注:表中校正系数 K_t 值是根据 20°C 时电阻温度系数为 $0.004/^{\circ}\text{C}$ 计算的。

铜和铝更精确的温度校正系数公式是:

铜导体(不镀金属或镀金属的导体)

$$K_{t\text{Cu}} = \frac{254.5}{234.5 + t} = \frac{1}{1 + 0.00393(t - 20)}$$

铝或铝合金导体

$$K_{t\text{Al}} = \frac{248}{228 + t} = \frac{1}{1 + 0.00403(t - 20)}$$

电阻温度系数值列于 IEC 28《铜电阻国际标准》以及 IEC 111《工业硬铝导线电阻率》。

附录 A
(标准的附录)
圆形导体的尺寸范围导则

引言

本附录处理电缆用的圆形导体问题。已准备起草实心成型铝导体包括其尺寸检验方法的进一步的补充件。

由于绞合成型铜和铝导体通常在连接前已予成型,故不需要对这些导体的尺寸范围作标准化处理。

A1 范围和目的

本附录预定作为电缆和电缆接头制造商之间沟通的导则,有助于确保接头和电缆导体能相互适配,并规定了本标准下列类型导体尺寸范围。

- 第1种铜和铝实心圆形导体;
- 第2种铜和铝非紧压和紧压绞合圆形导体;
- 第5种铜的软导体;
- 第6种铜的软导体。

A2 圆铜导体的尺寸范围

圆铜导体的直径应不超过表 A1 的规定值。

对圆铜导体只规定最大直径,而对绞合(第2种)铜导体则按非紧压导体规定其最大直径。这是由于连接接头对铜导体比铝导体有较宽的直径适配范围,因此,一般对铜导体只需推荐最大直径便足以能与连接接头适配。另外,绞合圆铜导体比铝导体更经常使用非紧压形式。

如果需要第1种和第2种圆铜导体的最小直径则可参照表 A2 中规定的实心紧压绞合圆铝导体的最小直径。

A3 圆铝导体的尺寸范围

实心圆铝导体和紧压绞合圆铝导体的直径应不超过表 A2 规定的最大值和不小于表 A2 规定的最小值。

非紧压绞合圆铝导体在特殊情况下,其最大直径应不超过表 A1 第3栏中规定的铜导体的相应值。

因为铝导体的尺寸变化与所使用的各种铝材及其组合有关,因此,对截面小于 16 mm² 的铝导体,未规定尺寸范围。

由于目前还没有相应的紧压技术,故对截面大于 630 mm² 的铝导体,也未规定尺寸范围。

表 A1 圆铜导体的最大直径

mm

标称截面,mm ²	固定敷设电缆用导体		软导体(第5和6种)
	实心(第1种)	绞合(第2种)	
0.5	0.9	1.1	1.1
0.75	1.0	1.2	1.3
1	1.2	1.4	1.5
1.5	1.5	1.7	1.8
2.5	1.9	2.2	2.6
4	2.4	2.7	3.2
6	2.9	3.3	3.9
10	3.7	4.2	5.1
16	4.6	5.3	6.3
25	5.7	6.6	7.8
35	6.7	7.9	9.2
50	7.8	9.1	11.0
70	9.4	11.0	13.1
95	11.0	12.9	15.1
120	12.4	14.5	17.0
150	13.8	16.2	19.0
185	—	18.0	21.0
240	—	20.6	24.0
300	—	23.1	27.0
400	—	26.1	31.0
500	—	29.2	35.0
630	—	33.2	39.0
800	—	37.6	—
1 000	—	42.2	—

表 A2 圆铝导体的最小和最大直径

mm

标称截面,mm ²	实心导体(第1种)		紧压绞合导体(第2种)	
	最小直径	最大直径	最小直径	最大直径
16	4.1	4.6	4.6	5.2
25	5.2	5.7	5.6	6.5
35	6.1	6.7	6.6	7.5
50	7.2	7.8	7.7	8.6
70	8.7	9.4	9.3	10.2
95	10.3	11.0	11.0	12.0
120	11.6	12.4	12.5	13.5
150	12.9	13.8	13.9	15.0
185	14.5	15.4	15.5	16.8
240	16.7	17.6	17.8	19.2
300	18.8	19.8	20.0	21.6
400	—	—	22.9	24.6
500	—	—	25.7	27.6
630	—	—	29.3	32.5