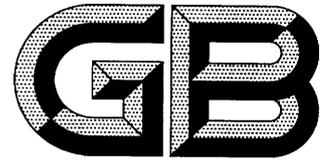


郑州市华威金属材料有限公司

www.zzcables.com

ICS 29.060.01

K 13



中华人民共和国国家标准

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

代替 GB/T 3956—1997

电缆的导体

Conductors of insulated cables

(IEC 60228:2004, IDT)

2008-12-30 发布

2009-10-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

郑州市华威金属材料有限公司

www.zzcables.com

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 分类	1
4 材料	1
5 实心导体和绞合导体	2
6 软导体(第 5 种和第 6 种)	3
7 符合第 5 章和第 6 章要求的检验	3
附录 A(规范性附录) 电阻的测量	7
附录 B(资料性附录) 温度校正系数的精确公式	9
附录 C(资料性附录) 圆形导体的尺寸范围导则	10

郑州市华威金属材料有限公司
www.zzcables.com

前 言

本标准等同采用 IEC 60228:2004《电缆的导体》第 3 版(英文版)。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- 将“本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用小数点‘.’代替作为小数点的逗号“,”;
- 删除了 IEC 60228:2004 标准的前言和引言。

本标准代替 GB/T 3956—1997《电缆的导体》。

本标准与 GB/T 3956—1997 相比,主要差异如下:

- 导体截面范围由 2 000 mm² 向上扩展至 2 500 mm²(前版第 1 章,本标准第 1 章);
- 增加了术语和定义(本标准第 2 章);
- 增加了实心铝导体和绞合铝导体单线的抗拉强度要求(本标准 4.2 和 4.3);
- 单芯和多芯电缆用第 1 种实心导体和第 2 种绞合导体的截面范围分别向上扩展至 1 000 mm² 和 2 500 mm²(前版表 1 和表 2,本标准表 1 和表 2);
- 增加了实心铝合金导体的电阻要求(本标准 5.1.1 和 5.1.2);
- 非紧压绞合铝导体截面范围要求变化(前版 5.2.1,本标准 5.2.1);
- 增加了紧压绞合圆形和成型铝合金导体截面范围要求(本标准 5.3.1);
- 取消前版标准的第 6 章;
- 增加了电阻的测量的内容(本标准附录 A);
- 增加了温度校正系数的精确公式的内容(本标准附录 B)。

本标准的附录 A 为规范性附录,附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会(SAC/TC 213)归口。

本标准起草单位:上海电缆研究所、天津塑力线缆集团有限公司、特变电工山东鲁能泰山电缆有限公司、青岛汉缆股份有限公司、远东控股集团有限公司、福建省南平南线电缆有限公司、无锡江南电缆有限公司。

本标准主要起草人:徐晓峰、韩长武、胥玉民、赵新院、汪传斌、林奇庆、刘军。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 3956—1983、GB/T 3956—1997;
- GB/T 3957—1983。

电 缆 的 导 体

1 范围

本标准规定了标称截面积 $0.5 \text{ mm}^2 \sim 2\,500 \text{ mm}^2$ 的电力电缆和软线用的导体。对单线的数量和尺寸以及电阻值的要求也包括在内。这些导体包括固定敷设的电缆中的实心 and 绞合的铜、铝和铝合金导体,以及柔软铜导体。

本标准不适用于通信用途的导体。

本标准适用于特定设计的电缆,只要该种类型电缆在本标准中作了规定。

除非指明特定条款中的例外,本标准涉及电缆成品的导体,而不是为电缆挤出而制造或提供的导体。

本标准包括的资料性附录提供了补充信息,包括电阻测量的温度校正系数(附录 B)和圆形导体的尺寸范围(附录 C)。

2 术语和定义

以下术语和定义适用于本标准。

2.1

金属镀层 metal-coated

镀有合适金属的薄层,如锡或锡合金。

2.2

标称截面积 nominal cross-sectional area

确定导体特定尺寸的数值,但并不受直接测量影响。

注:本标准中导体的每个特定尺寸应符合最大电阻值的要求。

3 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 种导体用于固定敷设的电缆中。第 5 种和第 6 种导体用于软电缆和软线中,也可用于固定敷设。

——第 1 种:实心导体;

——第 2 种:绞合导体;

——第 5 种:软导体;

——第 6 种:比第 5 种更柔软的导体。

4 材料

4.1 引言

导体应包含以下类型之一:

——不镀金属或镀金属的退火铜线;

——铝或铝合金线。

4.2 实心铝导体

圆形或成型实心铝导体应由铝制成,且成品的抗拉强度满足以下要求:

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

标称截面积/ mm ²	抗拉强度/ (N/mm ²)
10,16	100~165
25,35	60~130
50	60~110
≥70	60~90

注：以上数值不适用于铝合金导体。

4.3 绞合圆形和绞合成型铝导体

绞合铝导体应由铝材制成，且单线的抗拉强度满足以下要求：

标称截面积/ mm ²	抗拉强度/ (N/mm ²)
10	≤200
≥16	125~205

注 1：以上数值不适用于铝合金导体。

注 2：这一数据只是对绞合前单线的检验结果，而不是来自绞合导体的单线。

5 实心导体和绞合导体

5.1 实心导体(第 1 种)

5.1.1 结构

- a) 实心导体(第 1 种)应由第 4 章规定的材料之一构成；
- b) 实心铜导体应为圆形截面；

注：标称截面积 25 mm² 及以上的实心铜导体用于特殊类型的电缆，如矿物绝缘电缆，而非一般用途。

c) 截面积 10 mm²~35 mm² 的实心铝导体和实心铝合金导体应是圆形截面。对于单芯电缆，更大尺寸的导体应是圆形截面；而对多芯电缆，可以是圆形或成型截面。

5.1.2 电阻

按第 7 章测量时，每根导体 20 °C 时的电阻值不应超过表 1 中规定的最大值。

注：对于具有与铝导体相同标称截面积的实心铝合金导体，表 1 中给出的电阻值可乘以 1.162 的系数，除非制造方和买方另有规定。

5.2 非紧压绞合圆形导体(第 2 种)

5.2.1 结构

- a) 非紧压绞合圆形导体(第 2 种)应由第 4 章规定的材料之一构成；
- b) 绞合铝导体或铝合金导体的截面积不应小于 10 mm²；
- c) 每根导体的单线应具有相同的标称直径；
- d) 每根导体的单线数量不应小于表 2 规定的相应的最小值。

5.2.2 电阻

按第 7 章测定的 20 °C 时每种导体的电阻值不应超过表 2 规定的最大值。

5.3 紧压绞合圆形导体和绞合成型导体(第 2 种)

5.3.1 结构

- a) 紧压绞合圆形导体和绞合成型导体(第 2 种)应由第 4 章规定的材料之一构成。紧压绞合圆形铝导体或铝合金导体的标称截面积不应小于 10 mm²。绞合成型的铜导体、铝导体或铝合金导

体的标称截面积不应小于 25 mm²。

- b) 同一导体内不同单线的直径之比应不大于 2。
- c) 每种导体内的单线数量应不少于表 2 给出的相应最小值。

注：这一要求适用于紧压前由圆形单线组成的导体，而非预制成型的单线组成的导体。

5.3.2 电阻

按第 7 章测定的 20 °C 时每种导体的电阻值不应超过表 2 规定的对应值。

6 软导体(第 5 种和第 6 种)

6.1 结构

- a) 软导体(第 5 种和第 6 种)应由不镀金属或镀金属的退火铜线构成；
- b) 每根导体中的单线应具有相同的标称直径；
- c) 每种导体中的单线直径不应超过表 3 或表 4 规定的相应的最大值。

6.2 电阻

按第 7 章测定的 20 °C 时每种导体的电阻值不应超过表 3 或表 4 规定的相应的最大值。

7 符合第 5 章和第 6 章要求的检验

按照 5.1.1、5.2.1、5.3.1 和 6.1 的要求，应用可行的检查和测量方法对电缆成品进行检验。

按照 5.1.2、5.2.2、5.3.2 和 6.2 的要求，应按附录 A 进行测量，并按表 A.1 的温度校正系数进行修正。

表 1 单芯和多芯电缆用第 1 种实心导体

标称截面积/ mm ²	20 °C 时导体最大电阻/(Ω/km)		
	圆形退火铜导体		铝导体和铝合金导体， 圆形或成型 ^e
	不镀金属	镀金属	
0.5	36.0	36.7	—
0.75	24.5	24.8	—
1.0	18.1	18.2	—
1.5	12.1	12.2	—
2.5	7.41	7.56	—
4	4.61	4.70	—
6	3.08	3.11	—
10	1.83	1.84	3.08 ^a
16	1.15	1.16	1.91 ^a
25	0.727 ^b	—	1.20 ^a
35	0.524 ^b	—	0.868 ^a
50	0.387 ^b	—	0.641
70	0.268 ^b	—	0.443
95	0.193 ^b	—	0.320 ^d
120	0.153 ^b	—	0.253 ^d
150	0.124 ^b	—	0.206 ^d
185	0.101 ^b	—	0.164 ^d
240	0.0775 ^b	—	0.125 ^d
300	0.0620 ^b	—	0.100 ^d
400	0.0465 ^b	—	0.077 8

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

表 1 (续)

标称截面积/ mm ²	20 °C时导体最大电阻/(Ω/km)		
	圆形退火铜导体		铝导体和铝合金导体, 圆形或成型 ^c
	不镀金属	镀金属	
500	—	—	0.0605
630	—	—	0.0469
800	—	—	0.0367
1 000	—	—	0.0291
1 200	—	—	0.0247

a 仅适用于截面积 10 mm²~35 mm² 的圆形铝导体;见 5.1.1 c)。
b 见 5.1.1 b) 注。
c 见 5.1.2 注。
d 对于单芯电缆,四根扇形成型导体可以组合成一根圆形导体。该组合导体的最大电阻值应为单根构件导体的 25%。

表 2 单芯和多芯电缆用第 2 种绞合导体

标称截面积/ mm ²	导体的最少单线数量						20 °C时导体最大电阻/(Ω/km)		
	圆形		紧压圆形		成型		退火铜导体		铝或铝合金导体 ^c
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	不镀金属单线	镀金属单线	
0.5	7	—	—	—	—	—	36.0	36.7	—
0.75	7	—	—	—	—	—	24.5	24.8	—
1.0	7	—	—	—	—	—	18.1	18.2	—
1.5	7	—	6	—	—	—	12.1	12.2	—
2.5	7	—	6	—	—	—	7.41	7.56	—
4	7	—	6	—	—	—	4.61	4.70	—
6	7	—	6	—	—	—	3.08	3.11	—
10	7	7	6	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	37	37	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

表 2 (续)

标称截面积/ mm ²	导体的最少单线数量						20 °C时导体最大电阻/(Ω/km)		
	圆形		紧压圆形		成型		退火铜导体		铝或铝合金导体 ^c
	铜	铝	铜	铝	铜	铝	不镀金属单线	镀金属单线	
1 200	b						0.015 1	0.015 1	0.024 7
1 400 ^a	b						0.012 9	0.012 9	0.021 2
1 600	b						0.011 3	0.011 3	0.018 6
1 800 ^a	b						0.010 1	0.010 1	0.016 5
2 000	b						0.009 0	0.009 0	0.014 9
2 500	b						0.007 2	0.007 2	0.012 7

^a 这些尺寸不推荐。其他不推荐的尺寸针对某些特定应用,但未包含进本标准范围内。
^b 这些尺寸的最小单线数量未作规定。这些尺寸可以由 4、5 或 6 个均等部分(Milliken)构成。
^c 对于具有与铝导体标称截面积的相同的绞合铝合金导体,其电阻值宜由制造方与买方商定。

表 3 单芯和多芯电缆用第 5 种软铜导体

标称截面积/ mm ²	导体内最大单线直径/ mm	20 °C时导体最大电阻/(Ω/km)	
		不镀金属单线	镀金属单线
0.5	0.21	39.0	40.1
0.75	0.21	26.0	26.7
1.0	0.21	19.5	20.0
1.5	0.26	13.3	13.7
2.5	0.26	7.98	8.21
4	0.31	4.95	5.09
6	0.31	3.30	3.39
10	0.41	1.91	1.95
16	0.41	1.21	1.24
25	0.41	0.780	0.795
35	0.41	0.554	0.565
50	0.41	0.386	0.393
70	0.51	0.272	0.277
95	0.51	0.206	0.210
120	0.51	0.161	0.164
150	0.51	0.129	0.132
185	0.51	0.106	0.108
240	0.51	0.080 1	0.081 7
300	0.51	0.064 1	0.065 4
400	0.51	0.048 6	0.049 5
500	0.61	0.038 4	0.039 1
630	0.61	0.028 7	0.029 2

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

表 4 单芯和多芯电缆用第 6 种软铜导体

标称截面积/ mm ²	导体内最大单线直径/ mm	20℃时导体最大电阻/(Ω/km)	
		不镀金属单线	镀金属单线
0.5	0.16	39.0	40.1
0.75	0.16	26.0	26.7
1.0	0.16	19.5	20.0
1.5	0.16	13.3	13.7
2.5	0.16	7.98	8.21
4	0.16	4.95	5.09
6	0.21	3.30	3.39
10	0.21	1.91	1.95
16	0.21	1.21	1.24
25	0.21	0.780	0.795
35	0.21	0.554	0.565
50	0.31	0.386	0.393
70	0.31	0.272	0.277
95	0.31	0.206	0.210
120	0.31	0.161	0.164
150	0.31	0.129	0.132
185	0.41	0.106	0.108
240	0.41	0.080 1	0.081 7
300	0.41	0.064 1	0.065 4

附录 A
(规范性附录)
电阻的测量

电缆应在试验场地放置足够长的时间,以确保使用提供的校正系数时,导体温度已经达到精确测定电阻值允许的水平。

导体直流电阻的测量在整根电缆长度或软线上,或者在长度至少为 1 m 的电缆样品或软线上和室温下进行,并记录测量时的温度。通过表 A.1 提供的校正系数修正测量电阻值。

依据整根电缆的长度,而非单独的线芯或单线长度,计算每公里长度电缆的电阻值。

如果必要,应采用下列公式将电阻值修正到 20 °C 时和 1 km 长度的电阻值。

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1\,000}{L}$$

式中:

k_t ——表 A.1 提供的温度校正系数;

R_{20} ——20 °C 时导体电阻,Ω/km;

R_t ——导体测量电阻值,Ω;

L ——电缆长度,m。

表 A.1 导体电阻值的温度校正系数 k_t , 校正 t °C 至 20 °C 时的测量电阻值

1	2	1	2
测量时导体温度 t / °C	校正系数 k_t 对所有导体	测量时导体温度 t / °C	校正系数 k_t 对所有导体
0	1.087	17	1.012
1	1.082	18	1.008
2	1.078	19	1.004
3	1.073	20	1.000
4	1.068	21	0.996
5	1.064	22	0.992
6	1.059	23	0.988
7	1.055	24	0.984
8	1.050	25	0.980
9	1.046	26	0.977
10	1.042	27	0.973
11	1.037	28	0.969
12	1.033	29	0.965
13	1.029	30	0.962
14	1.025	31	0.958
15	1.020	32	0.954
16	1.016	33	0.951

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

表 A.1 (续)

1	2	1	2
测量时导体温度 t / °C	校正系数 k_t 对所有导体	测量时导体温度 t / °C	校正系数 k_t 对所有导体
34	0.947	38	0.933
35	0.943	39	0.929
36	0.940	40	0.926
37	0.936		

注：校正系数 k_t 值是根据 20 °C 时电阻-温度系数 0.004/K 计算的。
 温度校正系数的值在第 2 列中规定。它为近似值，但给出了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。
 若要求铜和铝的温度校正系数的更精确数值，可参考附录 B。然而这些不应作为符合本标准电阻评价的试验要求。

附录 B
(资料性附录)
温度校正系数的精确公式

a) 退火铜导体:不镀金属或镀金属

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

b) 铝导体

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

注: 对于铝合金,可对制造商提出参考。

在以上所有情形中, t 指测量时的导体温度,单位℃。

郑州市华威金属材料有限公司
www.zzcables.com

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

附录 C
(资料性附录)
圆形导体的尺寸范围导则

C.1 目标

本附录旨在为电缆和电缆连接器的制造商提供指导,以帮助确保导体与连接器的尺寸相匹配。它为包括在本标准内的以下类型导体的尺寸范围提供导则。

- a) 铜、铝和铝合金的实心圆形导体(第 1 种);
- b) 铜、铝和铝合金的圆形和紧压圆形绞合导体(第 2 种);
- c) 软铜导体(第 5 种和第 6 种)。

C.2 圆形铜导体的尺寸范围

圆形铜导体的直径应不超过表 C.1 给出的值。

如果要求第 1 种圆形铜导体的最小直径,可参照表 C.3 中实心圆形铝导体或铝合金导体的最小直径。

C.3 铜、铝和铝合金的紧压绞合圆形导体尺寸范围

铜、铝和铝合金的紧压绞合圆形导体的尺寸范围应不超过表 C.2 给出的最大值,且不小于其最小值。

对于非紧压绞合圆形铝导体或铝合金导体的例外情况,最大直径应不超过表 C.1 中第 3 列给出的铜导体的相应数值。

C.4 实心圆形铝导体的尺寸范围

实心圆形铝导体和铝合金导体应不超过表 C.3 给出的最大值,且不小于其最小值。

表 C.1 圆形铜导体的最大直径——实心、非紧压绞合和软导体

截面积/ mm ²	固定敷设用电线导体最大直径/mm		软导体 (第 5 种和第 6 种)最大直径/ mm
	实心导体(第 1 种)	绞合导体(第 2 种)	
0.5	0.9	1.1	1.1
0.75	1.0	1.2	1.3
1.0	1.2	1.4	1.5
1.5	1.5	1.7	1.8
2.5	1.9	2.2	2.4
4	2.4	2.7	3.0
6	2.9	3.3	3.9
10	3.7	4.2	5.1
16	4.6	5.3	6.3
25 ^a	5.7	6.6	7.8
35 ^a	6.7	7.9	9.2
50 ^a	7.8	9.1	11.0

表 C.1 (续)

截面积/ mm ²	固定敷设用电线导体最大直径/mm		软导体 (第 5 种和第 6 种)最大直径/ mm
	实心导体(第 1 种)	绞合导体(第 2 种)	
70 ^a	9.4	11.0	13.1
95 ^a	11.0	12.9	15.1
120 ^a	12.4	14.5	17.0
150 ^a	13.8	16.2	19.0
185	15.4	18.0	21.0
240	17.6	20.6	24.0
300	19.8	23.1	27.0
400	22.2	26.1	31.0
500	—	29.2	35.0
630	—	33.2	39.0
800	—	37.6	—
1 000	—	42.2	—

注：软导体的数值对第 5 种和第 6 种导体均适用。

^a 见 5.1.1 b)。

表 C.2 铜、铝和铝合金的紧压绞合圆形导体的最大和最小直径

截面积/ mm ²	紧压绞合圆形导体(第 2 种)	
	最小直径/ mm	最大直径/ mm
10	3.6	4.0
16	4.6	5.2
25	5.6	6.5
35	6.6	7.5
50	7.7	8.6
70	9.3	10.2
95	11.0	12.0
120	12.3	13.5
150	13.7	15.0
185	15.3	16.8
240	17.6	19.2
300	19.7	21.6
400	22.3	24.6
500	25.3	27.6
630	28.7	32.5

注 1：由于紧压技术通常未确定，截面积 630 mm² 以上铝导体的尺寸范围未作规定。

注 2：对 1.5 mm² ~ 6 mm² 范围的紧压铜导体，未给出数值。

GB/T 3956—2008/IEC 60228:2004

表 C.3 实心圆形铝导体的最小和最大直径

截面积/ mm ²	实心导体(第1种)	
	最小直径/ mm	最大直径/ mm
10	3.4	3.7
16	4.1	4.6
25	5.2	5.7
35	6.1	6.7
50	7.2	7.8
70	8.7	9.4
95	10.3	11.0
120	11.6	12.4
150	12.9	13.8
185	14.5	15.4
240	16.7	17.6
300	18.8	19.8
400	21.2	22.2
500	24.0	25.1
630	27.3	28.4
800	30.9	32.1
1 000	34.8	36.0
1 200	37.8	39.0