

# A1 电缆导体

导体是指“电缆中具有传导电流功能的一个部件”。根据地区划分的不同，导体相关标准包括：

中国、欧洲及大多数公制国家的标准等均等同采用国际电工委员会（IEC）的标准 IEC 60228（中国对应的标准为 GB/T 3956，德国对应的标准为 VDE 0295）

美国、加拿大、墨西哥等北美国家为代表的标准，如：ASTM B 258

日本使用的标准 JIS C3102

IEC 60228 “电缆的导体（Conductors of insulated cables）”标准规定了标称截面积 $0.5\text{mm}^2 \sim 2500\text{mm}^2$ 的电力电缆和软线用的导体。标准对单线的尺寸和电阻值的要求（参见表1-表4）。这些导体包括固定敷设的电缆中的实心核绞合铜、铝和铝合金导体，以及柔软铜导体。但此标准不适用于通信用途的导体。

在此标准中“标称截面积（nominal cross-sectional area）”定义为：确定导体特定尺寸的数值，但不受直接测量影响。所谓的特定尺寸应符合最大电阻值的要求。

标准中对导体分类为四种：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中和第6种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

对导体使用的材料，标准中规定了导体材料应为：

- 不镀金属或镀金属的退火导线
- 铝或铝合金线（我司产品中无这类导体，故样本中对此类产品的要求略去）

表 1：单芯和多芯电缆用第 1 种铜实心导体

标称截面积/ $\text{mm}^2$	20°C时导体最大电阻/（ $\Omega/\text{km}$ ）	
	圆型退火铜导体	
	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
4.0	4.61	4.70
6.0	3.08	3.11
10	1.83	1.84
16	1.15	1.16
25	0.727 <sup>a</sup>	-
35	0.524 <sup>a</sup>	-
50	0.387 <sup>a</sup>	-
70	0.268 <sup>a</sup>	-
95	0.193 <sup>a</sup>	-
120	0.153 <sup>a</sup>	-
150	0.124 <sup>a</sup>	-
185	0.101 <sup>a</sup>	-
240	0.0775 <sup>a</sup>	-
300	0.0620 <sup>a</sup>	-
400	0.0465 <sup>a</sup>	-
a) 标称截面积 25mm2 及以上的实心铜导体（第 1 种）用于特殊类型的电缆，如矿物绝缘电缆，而非一般用途。		

# A1 电缆导体

表 2 单芯和多芯电缆用第 2 种绞合铜导体

标称截面积 /mm <sup>2</sup>	导体的最少单线数量			20℃时导体最大电阻/ ( Ω/km )	
	圆型	紧压圆型	成型	退火铜导体	
	铜			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
4.0	7	6	-	4.61	4.70
6.0	7	6	-	3.08	3.11
10	7	6	-	1.83	1.84
16	7	6	-	1.15	1.16
25	7	6	6	0.727	0.734
35	7	6	6	0.524	0.529
50	19	6	6	0.387	0.391
70	19	12	12	0.268	0.270
95	19	15	15	0.193	0.195
120	37	15	18	0.153	0.154
150	37	15	18	0.124	0.126
185	37	30	30	0.0991	0.100
240	37	30	34	0.0754	0.0762
300	61	30	34	0.0601	0.0607
400	61	53	53	0.0470	0.0475
500	61	53	53	0.0366	0.0369
630	91	53	53	0.0283	0.0286
800	91	53	-	0.0221	0.0224
1000	91	53	-	0.0176	0.0177
1200	b			0.0151	0.0151
1400 <sup>a</sup>	b			0.0129	0.0129
1600	b			0.0113	0.0113
1800 <sup>a</sup>	b			0.0101	0.0101
2000	b			0.0090	0.0090
2500	b			0.0072	0.0072
a) 这些尺寸不推荐。					
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。					

表 3 单芯和多芯电缆用第 5 种软铜导体

标称截面积/mm <sup>2</sup>	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	0.21	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	0.31	4.95	5.09
6.0	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	0.0801	0.0817
300	0.51	0.0641	0.0654
400	0.51	0.0486	0.0495
500	0.61	0.0384	0.0391
630	0.61	0.0287	0.0292



# A1 电缆导体

表 4 单芯和多芯电缆用第 6 种软铜导体

标称截面积/mm <sup>2</sup>	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	0.16	4.95	5.09
6.0	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	0.0801	0.0817
300	0.41	0.0641	0.0654

如测量时铜导体温度有偏差，可采用如下公式进行修正：

$$R_{20} = R_t \times K_t \times \frac{100}{L}$$

其中：

- Kt 温度校准系数；
- R20 20℃时导体电阻，Ω/km；
- Rt 导体测量电阻值，Ω；
- L 电缆长度，m。

退火铜导体温度校准系数的精确公式为：

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

其中：

- t 测量时的导体温度，℃

样本中数据电缆的导体标称截面积的确认，参考了VDE0812标准中的规定，其导体直流电阻的大小规定见表5。

表 5 单芯及多芯数据电缆铜导体要求

标称截面积/mm <sup>2</sup>	导体的最少单线数量	导体内单线标称直径/mm	20℃时导体最大电阻/（Ω/km）	
			不镀金属单线	镀金属单线
0.14	18	0.10	142	148
0.25	14	0.15	77.5	79.9
0.5	16	0.20	38.2	38.9
0.75	24	0.20	25.4	26.0
1.0	32	0.20	19.1	19.5
1.5	30	0.25	13.0	13.3

# A1 电缆导体

美制导体的标称是通过AWG ( America Wire Gauge ) 和kcmil ( thousands of circular mils ) 来标定，同一般的公制的表示方法不同的是，AWG的线规号越大，导体的直径越小。对AWG4/0以上的电缆导体，也可采用了kcmil ( 1kcmil=0.5067mm<sup>2</sup> ) 的标定方法标定，AWG4/0下一个导体的标注为250kcmil。一个圆密尔 ( circular mil ) 定义为1密尔的圆的截面积，而1in的圆面积是1百万圆密尔，老的千圆密尔简写为MCM。

UL1581规定了UL标准电缆使用铜导体的AWG线规的几何尺寸、导体直流电阻的关系表格，现摘录如下：-

表 1 AWG 实心导体几何尺寸表格

导体标称	单线直径		导体截面积	
	mils	mm	cmil	mm <sup>2</sup>
AWG				
36	5.0	0.127	25.0	0.0127
34	6.3	0.160	39.7	0.0201
32	8.0	0.203	64.0	0.0324
30	10.0	0.254	100	0.0507
28	12.6	0.320	159	0.0804
26	15.9	0.404	253	0.128
24	20.1	0.511	404	0.205
22	25.3	0.643	640	0.324
20	32.0	0.813	1020	0.509
18	40.3	1.02	1620	0.823
16	50.8	1.29	2580	1.31
14	64.1	1.63	4110	2.08
12	80.8	2.05	6530	3.31
10	101.9	2.588	10380	5.261
8	128.5	3.264	16510	8.367
6	162.0	4.115	26240	13.30
4	204.3	5.189	41740	21.15
2	257.6	6.543	66360	33.62
1	289.3	7.348	83690	42.41
1/0	324.9	8.252	105600	53.49
2/0	364.8	9.266	133100	67.43
3/0	409.6	10.40	167800	85.01
4/0	460.0	11.68	211600	107.2
kcmil			kcmil	
250	-	-	250	127
300	-	-	300	152
350	-	-	350	177
1) 实心导体及构成 29-20AWG 的绞合导体的单丝截面积下公差值为 0.98x 额定值，而构成 36-30AWG 的单丝的截面积下公差 0.97x 额定值。				
2) 电力电缆理论计算中导体的直径上下公差为 1.01x 额定值和 0.98x 额定值。其它仅考虑直径下公差为 0.99x 额定值。				



## A1 电缆导体

大多数软导体都是采用了绞合的形式，按绞合工艺的不同，导体绞合包括以下形式（参见图1所示）：

- 圆形同心绞合导体：多根单线以螺旋状绞合在一起，成为具有一层或多个同心层的绞合导体，通常相邻层绞向相反。
- 束合导体：多根单线以螺旋状同向同节距随机绞合在一起而形成的绞合导体。
- 复绞导体：若干个线组以一层或多个螺旋层绞合在一起形成的绞合导体，每个线组中的单线可以束合也可以绞合。

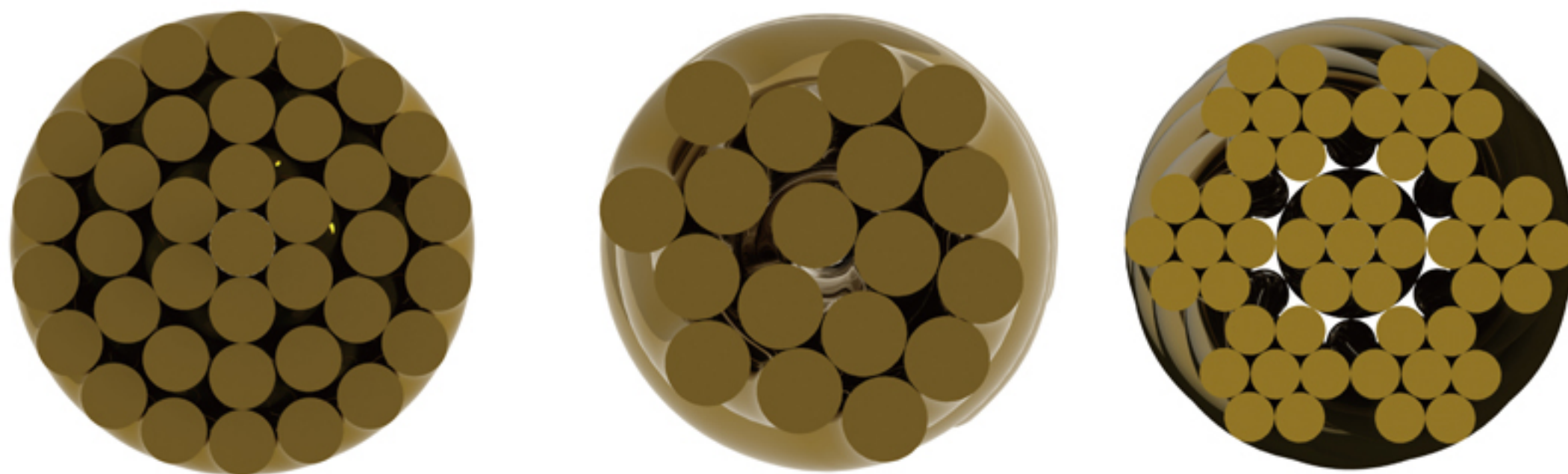


图1 圆形同心绞合导体

束合导体

## 复绞导体

根据不同的使用情况及标准要求, 选用不同的绞合形式及做出不同的绞合参数, 在其它情况不变的条件下:

- 绞合的单根铜丝的直径越小，绞合根数越多，导体越柔软。
- 绞合的节距越小，弯曲半径越小，但导体的耐扭转特性也随之降低。

表7列举了常用的绞合参数。

表 7 常用绞合系数表

标称截面 积/mm <sup>2</sup>	第 2 种导 体	第 5 种导体	第 6 种导体	其它绞合结构			
	根数 x 单根直径/No.xmm						
0.14			18x0.10		18x0.10	36x0.07	72x0.05
0.25		14x0.15	32x0.10		32x0.10	65x0.07	128x0.05
0.34		19x0.15	42x0.10	7x0.25	42x0.10	88x0.07	174x0.05
0.50	7x0.30	16x0.20	28x0.15	7x0.30	64x0.10	131x0.07	256x0.05
0.75	7x0.37	24x0.20	42x0.15	7x0.37	96x0.10	195x0.07	384x0.05
1.0	7x0.43	32x0.20	56x0.15	7x0.43	128x0.10	260x0.07	512x0.05
1.5	7x0.52	30x0.25	84x0.15	7x0.52	192x0.10	392x0.07	768x0.05
2.5	7x0.67	50x0.25	140x0.15	19x0.41	320x0.10	651x0.07	1280x0.05
4	7x0.85	56x0.30	224x0.15	19x0.52	512x0.10	1040x0.07	
6	7x1.05	84x0.30	192x0.20	19x0.64	768x0.10	1560x0.07	
10	7x1.35	80x0.40	320x0.20	49x0.51	1280x0.10	2600x0.07	
16	7x1.70	128x0.40	512x0.20	49x0.65	2048x0.10		
25	7x2.13	200x0.40	800x0.20	84x0.62	3200x0.10		
35	7x2.52	280x0.40	1120x0.20	133x0.58			
50	19x1.83	400x0.40	705x0.30	133x0.69			
70	19x2.17	356x0.50	990x0.30	189x0.69			
95	19x2.52	485x0.50	1340x0.30	259x0.69			
120	37x2.03	614x0.50	1690x0.30	336x0.67			
150	37x2.27	765x0.50	2123x0.30	392x0.69			
185	37x2.52	944x0.50	1470x0.40	494x0.69			
240	61x2.24	1225x0.50	1905x0.40	627x0.70			
300	61x2.50	1530x0.50	2385x0.40	790x0.70			

1) 实际根数及单根直径如有偏差以 IEC60228 标准为准