

团 体 标 准

T/SZRCA 006—2023

机器人特种线缆无氧铜导线技术规范

Technical standard for oxygen free copper conductor of robot special cable

2023 - 12 - 12 发布

2023 - 12 - 20 实施

深圳市机器人特种线缆行业协会 发 布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

作为团体标准化文件编写时规定的纲领性文件，本标准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。

本文件由深圳市机器人特种线缆行业协会提出并归口。

本文件起草单位：江西中臻通讯科技有限公司、深圳市金泰科环保线缆有限公司、新雅电线电缆（深圳）有限公司、太阳电线（东莞）有限公司、东莞市领康特种导体有限公司、广州番禺电缆集团有限公司、深标机器人检测与评定技术服务（深圳）有限公司、深圳市优尔检测技术有限公司。

本文件主要起草人：胡超云、张海斌、颜家军、白翠东、左新明、卢广业、乔森、斯红超、黄湘赣

机器人特种线缆无氧铜导线技术规范

1 范围

本标准规定了电工圆铜线的型号、规格、材料、尺寸、机械性能、电性能、交货要求及包装等。本标准适用于制造电线电缆及电机电器用的圆铜线。

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 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2900.10-2013 电工术语 电缆（IEC 60050-461:2008，IDT）

GB/T 3048.2—2007 电线电缆电性能试验方法 第2部分：金属导体材料电阻率试验（IEC 60468:1974，MOD）

GB/T 3048.4—2007 电线电缆电性能试验方法 导体直流电阻试验

GB/T 3952—2008 电工用铜线坯

GB/T 3956—2008 电缆的导体（IEC 60228:2004，IDT）

GB/T 4909.2—2009 裸电线试验方法 第2部分：尺寸测量

GB/T 4909.3—2009 裸电线试验方法 第3部分：拉力试验

GB/T 4910—2022 镀锡圆铜线

GB/T 3953-2009 电工圆铜线（本规范中引用标准参数）

GB/T 8170—1987 数值修约规则

JB/T 8137（所有部分）电线电缆交货盘

团体标准T/SZRCA 002-2022 机器人特种线缆测试技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属镀层 metal-coated

镀有合适金属的薄镀层，如锡或锡银。（金属镀层常用的有“镀锡”“镀银”）

3.2

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。

4 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。

5 材料

导体应采用符合 GB / T 3952- 2008 规定的铜线坯制造。

6 圆铜线与绞合圆形导体

6.1 圆铜线（第 1 种）

6.1.1 结构

- a) 圆铜线导体（第 1 种）应由第 5 章规定的材料之一构成；
- b) 导体应为圆形截面

6.1.2 电阻

按第 9 章测定的 20℃ 时每种导体的电阻值不应超过表 5 规定的最大值。

6.1.3 圆铜线型号

实心导体型号见表 1。

表 1 圆铜线型号及状态

型 号	名 称
TR	软圆铜线
TY	硬圆铜线
TYT	特硬圆铜线

6.1.4 规格

圆铜线的规格用标称直径表示，其范围应符合表 2 规定

表 2 圆铜线的规格

型 号	规格范围 / mm
TR	0.020-14.00
TY	0.020-14.00
TYT	1.50-5.00

6.1.5 表示方法

圆铜线用型号、直径及本标准编号表示。

示例：硬圆铜线标称直径 2.00 mm，表示为 TY-2.00 T/SZRCA 006-2023

6.1.6 尺寸偏差

6.1.6.1 圆铜线标称直径的偏差应符合表 3 规定。

表 3 圆铜线的标称直径 单位：mm

标称直径 d	偏 差
0.020-0.040	±0.0005
0.041-0.100	±0.001
0.110-0.200	±0.0015
0.210-0.300	±0.002

表3 圆铜线的标称直径 单位：mm（续）

标称直径 d	偏 差
0.310-0.500	± 0.003
0.510-1.000	± 0.004
1.100-14.00	$\pm 1\% d^a$

a 计算时标称直径 0.401 mm-1.000mm 者保留三位小数；大于 1.000 mm 者保留两位小数，均按 GB/T 8170 — 1987 的有关规定修约

6.1.6.2 圆铜线垂直于轴线的同一截面上测得的最大和最小直径之差(f 值) 应不超过标称直径偏差的绝对值。

6.1.7 机械性能

圆铜线的机械性能应符合表 4 规定。标称直径介于所列紧/邻两个数值之间时，应采用较大标称直径值的相应性能。

表 4 圆铜线的机械性能

规格 mm	公差 mm	伸长率 >%	导电率 >%	抗拉强度 / (N / mm ²)
0.02	± 0.0005	10%	98	421
0.03	± 0.0005	12%	98	421
0.04	± 0.0005	15%	98	421
0.05	± 0.001	16%	98	421
0.06	± 0.001	16%	98	421
0.08	± 0.001	18%	98	421
0.10	± 0.001	20%	98	421
0.12	± 0.0015	20%	98	421
0.127	± 0.0015	20%	98	421
0.14	± 0.0015	20%	98	421
0.15	± 0.0015	20%	98	421
0.16	± 0.0015	20%	98	421
0.18	± 0.0015	20%	98	421
0.20	± 0.002	23%	98	420
0.224	± 0.002	23%	98	420
0.24	± 0.002	23%	98	420

表4 圆铜线的机械性能（续）

规格 mm	公差 mm	伸长率 >%	导电率 >%	抗拉强度 / (N / mm ²)
0.254	±0.002	23%	98	420
0.26	±0.002	25%	98	420
0.28	±0.002	25%	98	420
0.30	±0.002	25%	98	419
0.32	±0.003	25%	99.3	419
0.34	±0.003	25%	99.3	419
0.36	±0.003	25%	99.3	418
0.38	±0.003	25%	99.3	418
0.40	±0.003	25%	99.3	417
0.45	±0.003	25%	99.3	417
0.50	±0.003	25%	99.3	416

注：如果按表中规格“伸长率值”表明为软态；“抗张强度值”表明为硬态，故应标明“软态”“硬态”

6.2 非紧压绞合圆形导体（第2种）

6.2.1 结构

- 非紧压绞合圆形导体（第2种）应由第5章规定的材料之一构成；
- 每根导体的单线应具有相同的标称直径；
- 每根导体的单线数量不应小于表26规定的相应的最小值。

6.2.2 电阻

按第9章测定的20℃时每种导体的电阻值不应超过表6规定的最大值。

6.3 紧压绞合圆形导体和绞合成型导体（第2种）

6.3.1 结构

- 紧压绞合圆形导体和绞合成型导体（第2种）应由第5章规定的材料之一构成。绞合成型的铜导体的标称截面积不应小于25 mm²；
- 同一导体内不同单线的直径之比应不大于2；
- 每种导体内的单线数量应不少于表6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。

6.3.2 电阻

按第7章测定的20℃时每种导体的电阻值不应超过表6规定的最大值

7 软导体（第5种和第6种）

7.1 结构

- 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，或铜箔丝构成；
- 每根导体中的单线应具有相同的标称直径；
- 每种导体中的单线直径不应超过表7或表8规定的相应的最大值。

7.2 电阻

按第9章测定的20℃时每种导体的电阻值不应超过表8规定的最大值。

8 符合第6章和第7章要求的检验

按照6.1.1、6.2.2、6.3.1和7.1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6.1.2、6.2.2、6.3.2和7.2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5 单芯和多芯电缆用第1种实心导体

标称截面积/ mm ²	20℃时导体最大电阻/(Ω/km)		
	圆形退火铜导体		备注(结构)
	不镀金属	镀金属	
0.014	1306.1	1402.2	规格*根数代表: 7/0.05
0.02	909.8	967.2	规格*根数代表: 7/0.06
0.024	740.5	795	规格*根数代表: 19/0.04
0.03	586.2	629.4	规格*根数代表: 6/0.08
0.038	481.2	516.6	规格*根数代表: 19/0.05
0.054	331.8	356.3	规格*根数代表: 19/0.06
0.065	270.6	290.5	规格*根数代表: 13/0.08
0.08	221.5	231.5	规格*根数代表: 7/0.12
0.09	197.5	206.5	规格*根数代表: 7/0.127
0.1	178.5	185.1	规格*根数代表: 19/0.08
0.12	165.1	153.8	规格*根数代表: 41/0.06
0.14	134.5	129.6	规格*根数代表: 50/0.06
0.16	112	117	规格*根数代表: 20/0.10
0.2	87.6	94	规格*根数代表: 72/0.06
0.22	78.2	83.9	规格*根数代表: 45/0.08
0.28	62.8	67.4	规格*根数代表: 56/0.08
0.32	56.3	60.4	规格*根数代表: 112/0.06
0.38	46.3	49.7	规格*根数代表: 76/0.08
0.5	35.2	37.8	规格*根数代表: 100/0.08
0.75	23.9	24.9	规格*根数代表: 42/0.15
1	17.6	18.9	规格*根数代表: 200/0.08
1.3	13.5	14.1	规格*根数代表: 115/0.12
1	17.6	18.9	规格*根数代表: 200/0.08
1.3	13.5	14.1	规格*根数代表: 115/0.12
2.5	7.28	7.61	规格*根数代表: 7*7/0.25
4	4.46	4.58	规格*根数代表: 7*7/0.32
6.3	2.84	2.92	规格*根数代表: 7*7/0.40

表 6 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℃时导体最大电阻/(Ω/km)	
	圆形	紧压圆形	成型	退火铜导体	
	铜	铜	铜	不镀金属单线	镀金属单线
0.5	7	—	—	35.2	37.8
0.75	7	—	—	23.9	24.9
1.0	7	—	—	17.6	18.9
1.3	7	6	—	13.5	14.1
2.5	7	6	—	7.28	7.61
4	7	6	—	4.46	4.58
6.3	7	6	—	2.84	2.92
10	7	6	—	1.75	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	18	18	0.153	0.154
150	37	18	18	0.124	0.126
185	37	30	30	0.099 1	0.100
240	37	34	34	0.075 4	0.076 2
300	61	34	34	0.060 1	0.060 7
400	61	53	53	0.047 0	0.047 5
500	61	53	53	0.036 6	0.036 9
630	91	53	53	0.028 3	0.028 6
800	91	53	—	0.022 1	0.022 4
1 000	91	53	—	0.017 6	0.017 7

表 7 导体结构参数

导体截面 (mm ²)	普通结构	柔性结构	高柔结构	特柔结构
0.05	7/0.10	11/0.08	28/0.05	28/0.05+抗拉丝
0.06	7/0.11	13/0.08	33/0.05	33/0.05+抗拉丝
0.08	7/0.127	17/0.08	42/0.05	42/0.05+抗拉丝
0.14	7/0.16	30/0.08	72/0.05	72/0.05+抗拉丝
0.22	11/0.16	44/0.08	112/0.05	112/0.05+抗拉丝
0.34	17/0.16	68/0.08	7/25/0.05	7/25/0.05+抗拉丝
0.50	26/0.16	105/0.08	7/38/0.05	7/38/0.05+抗拉丝
0.8	16/0.254	7/23/0.08	7/59/0.05	7/59/0.05+抗拉丝
1.0	32/0.2	7/28/0.08	19/27/0.05	19/27/0.05+抗拉丝
1.3	26/0.254	7/37/0.08	19/35/0.05	19/35/0.05+抗拉丝
1.5	30/0.25	7/42/0.08	19/42/0.05	19/42/0.05+抗拉丝
2.0	41/0.254	19/59/0.08	19/54/0.05	19/54/0.05+抗拉丝
2.5	49/0.25	19/27/0.08	19/67/0.05	19/67/0.05+抗拉丝
4.0	82/0.254	19/42/0.08	19/110/0.05	19/110/0.05+抗拉丝
6.0	120/0.254	19/63/0.08	19/161/0.05	19/161/0.05+抗拉丝
10	7/29/0.254	19/105/0.08	19/269/0.05	19/269/0.05+抗拉丝
16	7/46/0.254	19/168/0.08	19/429/0.05	19/429/0.05+抗拉丝
注：抗拉丝可以为目前市场常见的特柔导体或尼龙丝、芳纶丝、铜箔丝、防弹丝等				

表 8 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	40.1
0.75	0.16	26.0	26.7
1	0.16	19.5	20
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	3.3	3.39
10	0.21	1.91	1.95
16	0.21	1.21	1.24
25	0.21	0.78	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	0.21
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

9 电性能

圆铜线的电阻率应符合表9规定

表 9 圆铜线的电阻率

型 号	电阻率 ρ_{20} (不大于) / $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$	
	2.00 mm 以下	2.00 mm 及以上
TR	0.017 241	0.017 241
TY, TYT	0.017 96	0.017 77

℃时的铜线物理参数应取下列数值:

密度.....8.89 g/cm³线膨胀系数.....0.000 017℃⁻¹

电阻温度系数:

TR 型	0.00393℃—1
TY, TYT 型 标称直径 2.00 mm及以上.....	0.00381℃—1
标称直径 2.00 mm 以下.....	0.00377℃—1

10 外观

圆铜线表面应光洁，不应有与良好工业产品不相称的任何缺陷。

11 交货要求

11.1 圆铜线应成盘或成圈交货，每盘或每圈圆铜线应为一整根，不允许焊接或扭接，制造过程中的铜杆和成品模前的焊接除外。

11.2 若需方无协议，每盘或每圈圆铜线的净重，标称直径为 6.00 mm 及以下者，应符合表 10 规定，标称直径为 6.00 mm 以上者，按双方协议质量交货。

根据供需双方协议，允许以任何质量的圆铜线交货。

表 10 交货要求

标称直径 / mm	每根圆铜线质量 (不小于) / kg		短 段	
	成 盘	成 圈	质量 / kg	交货数量 / kg
0.020-0.025	0.1	—	不小于标准质量的 50%	不大于交货质量
0.026-0.035	0.2	—		
0.036-0.049	—	—		
0.050-0.060	1.5	—		
0.070-0.100	2.5	—		
0.110-0.150	5	—		
0.160-0.250	7	—		
0.260-0.400	8.5	—		
0.410-0.600	10	2.5		
0.630-0.800	20	5		
0.820-1.000	40	10		
1.01-2.00	60	20		
2.01-4.00	—	40		
4.01-6.00	—	60		

12 验收规则及试验方法

12.1 产品应由制造厂检验合格后方能出厂。每批出厂的产品应附有制造厂的产品质量检验合格证。

12.2 产品应按表 11 规定进行检验。

表 11 检验规则

序 号	检验项目	本标准条文号	验收规则	试验方法
1	尺寸	6.1.6	T, S	GB/T 4909.3-2009
2	外观	10	T, S	目测
3	机械性能	6.1.7	T, S	GB/T 4909.3-2009
4	电阻率	9	T, S	GB/T 3048.2-2007
5	质量	11.2	T, S	

12.3 每批按 1%抽样，但不少于三盘(圈)；批量较大时，不多于 10 盘(圈)。第一次试验结果有不合格时，应取双倍数量的试样就不合格项目进行第二次试验，如仍有不合格时，则判该批不合格

13 包装及标志

13.1 圆铜线应卷绕整齐，妥善包装。成盘时，最后一层应与线盘侧板边缘保持适当的距离。

13.2 每圈或每盘圆铜线上应附有标签标明：

- a) 制造厂名称；
- b) 型号及规格；
- c) 毛重及净重(kg)；
- d) 制造日期 年 月；
- e) 本标准编号。

附录 A (规范性) 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℃时和1 km长度的电阻值。

$$R_{20} = R_t \times k_t \times \frac{1000}{L}$$

式中：

k_t ——表A. 1提供的温度校正系数；

R_{20} ——20℃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化，校正，t：至 20℃时的测量电阻值

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

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
32	0.954	37	0.936
33	0.951	38	0.933
34	0.947	39	0.929
35	0.943	40	0.926
36	0.940		

注：校正系数Z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)
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

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

在以上所有情形中,t指测量时导体温度,单位℃

附录 C
(规范性)
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、铜合金的实心圆形导体（第 1 种）；
- b) 铜、铜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 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。

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
70a	9.4	11.0	13.1
95a	11.0	12.9	15.1
120a	12.4	14.5	17.0
150a	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.	35.0
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)。			