



增建增修技术丛书

绞线生产

昆明电线厂 上海电缆研究所 编

《绞线生产》为电线电缆技术丛书之一。本书较全面系统地介绍了绞线的制造工艺，重点论述了绞线的结构与性能、绞合的基本原理与绞线结构计算、绞合的工艺与设备以及绞线的检查与试验。对编织线的生产也作了简要的介绍。

本书可供从事电线电缆生产的工人、技术人员及有关院校的师生参考。

电线电缆技术丛书

绞线生产

昆明电缆厂
上海电缆研究所 编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

沈阳市第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $7 \frac{7}{8}$ ·字数 173 千字

1980年9月沈阳第一版·1980年9月沈阳第一次印刷

印数0,001—29,000·定价0.64元

*

统一书号：15033·4563

前 言

电线电缆工业是国民经济的重要组成部分之一。电线电缆产品广泛用于电力输配、电信、电工仪表以及日用电器等各方面，在我国社会主义建设中具有重大意义。

随着我国工农业的不断发展，对电线电缆生产提出了越来越高的要求。为了适应生产发展的需要，我们组织编写了电线电缆技术丛书。

这套丛书按电线电缆的产品类别及生产工艺，组织有关单位陆续编写，将分册出版。

本丛书在总结我国生产实践的基础上，参考国外的先进经验，按电线电缆的不同产品分别写成。在文字上力求深入浅出，通俗易懂；在内容上以介绍电线电缆生产工艺为主，对产品的结构和性能、生产设备及产品质量的检查和试验等也加以概括地叙述。本丛书的主要读者对象是从事电线电缆生产的工人，也可供技术人员和有关院校的师生参考。

本丛书在编审过程中，得到有关单位和同志们的大力支持和帮助，在此谨致谢意。由于我们缺乏编书经验，加之水平所限，书中定有不足以至错误之处，切望读者批评指正。

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一章 绞线的结构和性能	3
--------------	---

一、绞线的型号及规格	5
------------	---

二、架空绞线	7
--------	---

三、软绞线和专用绞线	25
------------	----

四、绞合线芯	30
--------	----

第二章 绞合原理与绞线结构计算	42
-----------------	----

一、绞合主要参数	42
----------	----

二、绞合规律	48
--------	----

三、圆形绞线的结构计算	55
-------------	----

四、异形绞合线芯的结构计算	66
---------------	----

五、绞线的柔软性与稳定性	71
--------------	----

六、单线在绞合中的变形	78
-------------	----

第三章 绞合设备	83
----------	----

一、绞合设备的原理与组成	83
--------------	----

二、绞线机	87
-------	----

三、束线机	113
-------	-----

四、辅助设备及设施	127
-----------	-----

第四章 绞合工艺	139
----------	-----

一、设备选择	139
--------	-----

二、绞合节距和绞向	143
-----------	-----

三、绞线的紧压	163
---------	-----

四、工艺要点	181
--------	-----

第五章 绞线的检查与试验	188
--------------	-----

一、外观及结构尺寸检查	189
-------------	-----

二、机械物理性能试验	190
三、电气性能试验	201
四、载流量的确定	205
第六章 编织线的生产	207
一、编织线的结构	207
二、编织基本原理与计算	211
三、编织机	220
四、编织工艺	227
附录 单线在绞合中的变形	238

绪 论

大家知道，导线通电后，因有电阻消耗电能而发热。温度升高会影响导体及包在导体外面的绝缘层和保护层的材料性能与使用寿命。所以，当输送大容量电能时，应增大导体截面。但是大截面的单根导线不便于弯曲，柔软性差，这给生产、运输、安装敷设和使用都带来了困难。同时，由于截面大，涡流损耗大，影响输电效果。由此可见，从电气性能上要求输电导体应有一定的截面；从机械性能上又要求它具有一定的柔软性。如果大截面电线电缆的导体采用多根单线扭在一起的绞线，就可以解决采用单根导线所存在的矛盾。

绞线是单线的发展和扩大。绞合的导线直接作为电线使用称为裸绞线，它与裸单线同属于裸电线，用于架空输电线路和电气设备的连接线。绞合的导线用作绝缘电线电缆的导体时称为绞合线芯，它与单根线芯同属于导电线芯，是绝缘电线电缆的主要组成部分。

绞线由多根单线构成。一般说来，构成绞线的单线多而细，不仅增加了电线电缆的柔软性，还提高线路连通的可靠性。有些电线电缆的导体并不要求大的截面，但也采用了绞合形式，正是为了具有更好的柔软性或高度的可靠性，因此绞线在电线电缆中占有重要位置。裸绞线中的架空线是电力输配网路中的一种主要电工器材，它使发电站（厂）经过各级变电装置与用户连接。电力电缆与电气装备电线电缆广泛

用于工矿企业、城市、农村，是生产和生活中不可缺少的产品，而这些电线电缆的导体，很多是绞合的。

制造绞线最基本的方法是“绞合”。绞合工艺是裸电线和绝缘电线电缆生产中的重要环节，而且这种绞合原理和方法还应用于电线电缆绝缘线芯的绞制和钢丝装铠。电线电缆生产中的绕包、编织等工艺与此也有密切关系。因此，绞合工艺是电线电缆生产技术中广为应用的一项基本工艺。

第一章 绞线的结构和性能

不同绞线品种有不同的结构和性能要求。裸绞线呈圆形，在结构上大多是同心层绞；性能方面除要求有良好的导电性能外，还要求有一定的抗拉强度，这对架空绞线尤为重要。绝缘电线电缆用绞合线芯的结构形式较多，有同心层绞、同心复绞、束绞等，外形又有圆形、扇形以及空心形等种；它的导电性能比裸绞线要求高，而且要求柔软性好，特别是用于橡皮和塑料绝缘电线电缆时尤应如此。

不同绞线品种在用途、材料、结构、软硬以及外形上互有同异（参见表1）。裸绞线可分为架空绞线、软绞线和专用绞线三种。绞合线芯可归纳为圆形线芯和异形线芯两种。

表1 裸绞线与绞合线芯的种类分析

品种类别	用 途	导 电 材 料	结 构	软 硬	外 形
架空绞线	电力输配	铝、铝合金、铜	同心层绞、特殊	硬	圆、紧压圆形
软 绞 线	电气设备连接	铜	同心层绞及复绞	软	圆
专用绞线	专 用	铜	同心层绞及复绞	硬、软	圆
圆形线芯	各种电线电缆	铝、铝合金、铜	同心层绞、束绞、同心复绞	软、半硬	圆、紧压圆形
异形线芯	塑料及油纸力缆	铝、铝合金、铜	特 殊	软、半硬	扇形、紧压扇形、空心

表 1 中几种结构形式的区分如下：

1) 同心层绞 这是绞线最基本的结构形式。构成绞线的单线是一层一层有秩序地绞合在绞线中心的周围，相邻绞层绞向相反。绞线中心可由单根或几根单线组成，最常见的是单根圆线。同心层绞又称正规绞合。

2) 束绞 构成绞线的各根单线虽然也是绞合在绞线中心的周围，但各单线的绞向都相同，很难分出层次，单线排列也不是很有秩序。这种结构常用于根数很多的细单线的绞合。用束绞方法制成的称为束线。束绞也称束制。

3) 同心复绞 绞合形式与同心层绞相同，所不同的是以股线代替同心层绞中的单线。绞线为同心层绞的绞线或束线。

4) 特种结构 不属于上述三种的其它结构。

绞线的性能基本取决于构成绞线的单线性能和绞线的结构。通常，绞线的性能可按单线性能数据加以计算，一般不作测试；只有对特定线路用的架空绞线才进行一些电气、物理、机械或其它性能方面的测试。

单线的主要性能，在电气方面有电阻系数（电阻率）、电阻温度系数等；物理机械方面有抗拉强度、伸长率、弯曲性能等。用于特定线路上的架空绞线，根据情况，在电气方面常进行电晕试验及载流量的测定等；在物理机械方面则有总拉断力、弹性系数、热膨胀系数的测定和蠕变及耐振动试验等。

表 2 为常用导电单线的主要技术性能。

表2 导电单线的主要技术性能

技 术 性 能	圆 铝 线		
	硬 线	半 硬 线	软 线
电阻系数 (欧-毫米 ² /米)	0.0290	0.0283	0.0283
电阻温度系数(1/℃)	0.00403	0.00410	0.00410
抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	15~18	9.5~14	7~9.5
伸长率 (%)	0.5~2.0	1.0~3.0	8~20
弯曲次数 (次)	6	12~14	—

技 术 性 能	圆 铜 线		铝合金线	
	硬 线	软 线	热处理	非热处理
电阻系数 (欧-毫米 ² /米)	0.0179~0.0181	0.01748	0.0328	0.0328
电阻温度系数 (1/℃)	0.00385	0.00395	—	—
抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	37~42	20~21	30	23~28
伸长率 (%)	0.5~1.5	12~30	4	2
弯曲次数 (次)	5	—	5~6	4

一、绞线的型号及规格

电线电缆产品型号，我国采用汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的命名办法，其组成如下：

类型、用途	导体	绝缘层	(内) 护层	特征	外护层	—	派 生
-------	----	-----	--------	----	-----	---	-----

裸绞线由于没有绝缘层及内外护层，产品的型号主要反映导体材料、特征、派生几项，有的还标明用途，但用途代号排列在导体代号之后。为了简化型号，便于记忆，有些项目常不标出。例如架空线并不标出“架空”，圆形绞线也不标出“圆”。裸绞线型号中各字母和数字的代表意义如表3所列。

表3 裸绞线型号的代字

导 体	用 途	特 征				派 生
		形状	加 工	型 式	软 硬	
G 钢(铁)线	S 电刷线	K 空心	F 防腐	J 加强型	R 软	1 第一种
HL 铝合金线	T 天线		J 绞制	K 扩径型	Y 硬	2 第二种
L 铝线			X 镀锡	Q 轻 型	YB 半硬	3 第三种
T 铜线			YD 镀银	Z 支撑式		4 第四种

裸绞线的型号举例如下：

铝(L)绞(J)线

LJ

防腐(F)轻型(Q)钢芯(G)铝(L)绞(J)线

LGJQF

裸铜(T)电刷(S)线

TS

根据送电需要，每一绞线品种制有大小不同的截面，即大小不同的规格。产品规格按一定系列组成，相邻的规格按一定的比值分档，裸绞线是如此，绞合线芯也是如此，而且绝缘电线电缆的规格都是以其导电线芯的规格来表示。我国电线电缆的规格系列，是根据我国规定的优先数系中的优先数值确定的，考虑了使用上的要求和习惯，在不同规格范围内，选用了不同的优先系列。我国电线电缆规格系列如表4所列。表中数值都表示导体的截面积（毫米²），称为标称截面，导体的实际截面应尽量接近此值。计算时为了简便，常用标称截面数值。

上表中电线电缆规格，有些是优先数的化整值（如1.5、0.3、0.6）；个别是接近R10系列优先数的其它值（如185、240）；还有两个规格（35及70）不是R10系列的优先数，而是R20系列中优先数的化整值。各行不足十个数值的则

表4 电线电缆规格系列①

规格范围 (毫米 ²)	R10 系 列 的 优 先 数										
	1.00	1.20	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00
0.01~0.10	—	0.012	—	—	—	0.03	—	—	0.06	—	—
0.10~1.00	—	0.12	(0.16)	0.2	—	0.3	0.4	0.5	0.6(0.75)	0.8	1.0
1.00~10	1.0	—	1.5	(2)	2.5	—	4	—	6	—	10
10~100	10	—	16	—	25	35	—	50	70	—	95
100~1000	—	120	150	185	240	300	400	500	630	800	1000

① 表中括号内的数值，系习惯用的保留规格。

为其它优先系列，即：

0.012~0.03	R 10/4系列	公比为2.5
0.03~0.12	R 10/3系列	公比为2.0
0.12~0.3	R 10/2系列	公比为1.6
1.0~25	R 5 系列	公比为1.6
25~70	R 20/3系列	公比为1.4
70~120	R 40/5系列	公比为1.32

二、架 空 绞 线

这是一种主要的裸电线，用于架空输送电力线路。它具有较大的抗拉强度和耐振动性能。由于输送大电流，绞线的规格都比较大，标称截面一般在 10毫米² 以上，最大规格达数百甚至上千平方毫米。

架空绞线按其结构组成有同心层绞和特殊结构两类。其中同心层绞的绞线按使用的单线材料及直径相同与否，又可分为普通绞线和组合绞线：前者由材料及直径相同的单线构

成；后者则由几种材料或不同直径的单线构成。目前使用的架空绞线有表 5 所列的几种。

上述绞线各有特点，普通绞线所用材料、线径及工艺都比较简单。组合绞线则进一步较合理地利用了材料的性能，所以是目前应用比较广泛的一种架空绞线。特种绞线是专为某些输电线路而设计的结构形式。图 1 是几种架空绞线产品，其中铝绞线是一种典型的正规绞线。

表5 架空线品种

同心层绞的正规绞线		特殊结构的特种绞线
普通绞线	组合绞线	
铝绞线	钢芯铝绞线	防腐绞线①
铝合金绞线	钢芯铝合金绞线	扩径绞线
铝包钢绞线	钢-铝包钢混合绞线	空心型绞线
铜绞线	钢芯软铝绞线	压缩绞线①
	铝合金芯铝绞线	减振绞线
		间隙绞线
		防冰绞线

① 这两种绞线实际也是正规绞线，分别涂有防腐涂料或在绞合后再经紧压。

铝及铝合金具有重量轻、导电好的优点。铝合金导体的电阻一般略大于纯铝导体，但机械性能比纯铝好，因此它在架空绞线中的应用发展很快。表 6 为一些架空绞线的总拉断力、导电率及自身重量的对比。

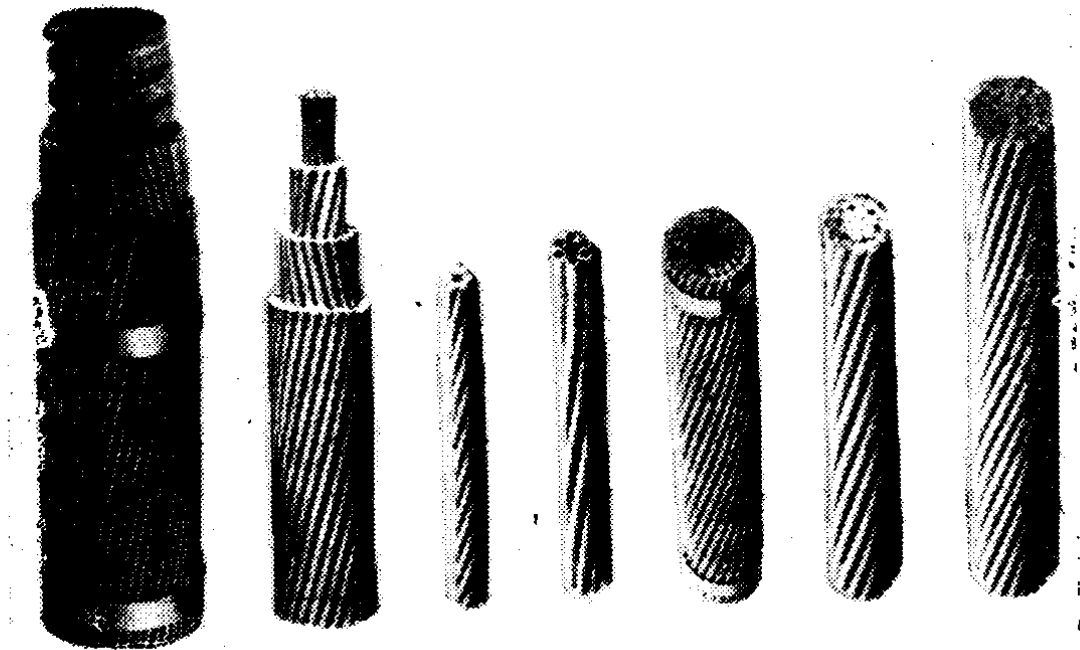


图 1 架空绞线

- 1—空心扩径绞线 2—钢芯铝绞线 3—钢芯铝合金绞线
4—钢芯铝包钢绞线 5—扩径钢芯铝绞线 6—铝合金绞线
7—铝绞线

表6 几种架空绞线性能对比
(以铝绞线的相应数据作 1 计)

项 目	铝合金绞线 (热处理)	铝合金绞线 (非热处理)		钢芯铝绞线		
		普 通	钢 芯 ^①	普通	轻型	加强型
总 拉 断 力	1.88	1.63	2.97	2.34	1.90	2.74
导 电 率	0.88	0.88	0.88	1	1	1
重 量	1	1	1.5	1.5	1.37	1.66

① 对钢芯只计算总拉断力，导电率不作计算。

此外，近几年出现的耐热铝合金和高导电耐热铝合金导体，其绞线性能更为优越。铝包钢线也是一种较好的导体，其比重为 5.7，电阻系数为0.0578 欧—毫米²/米，抗拉强度为 90 公斤/毫米²，伸长率为 1.5%（一般钢线的伸长率为

3%)。

1. 普通绞线

如前所述，普通绞线是由材料和直径相同的导电单线以同心层绞形式制成的，有铝绞线、铝合金绞线及铝包钢绞线等品种。为使绞线成为圆形，每层的单线应紧密相接，而且在中心层单线根数固定的情况下，每层的单线根数也是固定的。由图 2 可知，绞线中相邻两层（中心层不作层次计，下同）的单线根数，有如下规律：

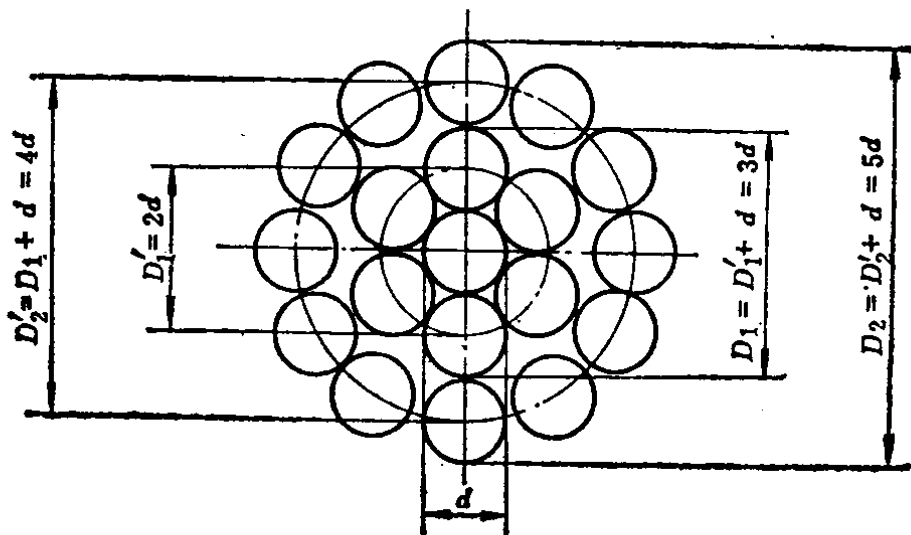


图 2 同心层绞的正规绞线

$$\pi D'_2 = \pi (D'_1 + 2d) = \pi D'_1 + l_0$$

$$l_0 = 2\pi d = 6.28d$$

式中 D'_1 —— 第一层单线中心构成的节圆；

D'_2 —— 第二层单线中心构成的节圆；

d —— 单线直径；

l_0 —— 两层节圆周长之差。

所以，相邻两层单线根数理论上相差 6.28 根；但单线根数只能是整数，故两层相差为 6 根，并存在 $0.28d$ 的空隙（实际空隙并非 $0.28d$ ，这在第二章将作说明）。

普通绞线的具体结构如下：

- 7 根单线的绞线 $1 + 6 = 7$
- 19根单线的绞线 $1 + 6 + 12 = 19$
- 37根单线的绞线 $1 + 6 + 12 + 18 = 37$
- 61根单线的绞线 $1 + 6 + 12 + 18 + 24 = 61$
- 绞层数为一
- 绞层数为二
- 绞层数为三
- 绞层数为四

现有的铝或铝合金绞线的单线根数都不超过61根；铜绞线的单线根数不超过37根。表 7 为铝绞线的规格、结构和主要技术性能。

表7 铝绞线的结构和技术性能

标称截面 (毫米 ²)	结构尺寸 ^① 根数×直径 (毫 米)	实际截面 (毫米 ²)	线外径 (毫米)	20℃时直 流 电 阻 (欧/公里)	拉断力 (公斤)	弹性系数 ^② (公斤/ 毫米 ²)	热膨胀 系 数 (10 ⁻⁶ /℃)
10	3×2.07	10.10	4.46	2.896	163	6000	23.0
16	7×1.70	15.89	5.10	1.847	257	6000	23.0
25	7×2.12	24.71	6.36	1.188	400	6000	23.0
35	7×2.50	34.36	7.50	0.854	555	6000	23.0
50	7×3.00	49.48	9.00	0.593	750	6000	23.0
70	7×3.55	69.29	10.65	0.424	990	6000	23.0
95	19×2.50	93.27	12.50	0.317	1510	5700	23.0
95 ^③	7×4.14	94.23	12.42	0.311	1340	6000	23.0
120	19×2.80	116.99	14.00	0.253	1780	5700	23.0
150	19×3.15	148.07	15.75	0.200	2250	5700	23.0
185	19×3.50	182.80	17.50	0.162	2780	5700	23.0
240	19×3.98	236.38	19.90	0.125	3370	5700	23.0
300	37×3.20	297.57	22.40	0.0996	4520	5700	23.0
400	37×3.70	397.83	25.90	0.0745	5670	5700	23.0
500	37×4.14	498.07	28.98	0.0595	7100	5700	23.0
600	61×3.55	603.78	31.95	0.0491	8150	5500	23.0

- ① 铝合金绞线的结构尺寸与铝绞线相同。
- ② 弹性系数是架空线的一项重要技术指标，是计算绞线 受力条件下变形情况的参数。
- ③ 为同一规格的另一结构形式。表 8 和表 9 与此同。

表 7 中各项性能数据，都是根据硬铝线计算而得，例如

直流电阻就是按硬铝线的电阻系数和绞线的节距计算得出。

2. 组合绞线

组合绞线除用铝（铝合金）线作导电材料外，还采用抗拉强度较大的钢线或铝合金线（用于铝单线的绞线）作为加强材料，以提高绞线的总拉断力。其中，钢线不作导电用，主要起加强作用；铝合金线则兼具加强和导电双重作用。根据它们在组合绞线中的结构排列，分中心加强和混绞加强两种形式。前者是常用的加强形式，加强单线排列在绞线的中心，称为钢芯或铝合金芯，而钢单线的直径往往小于外层导电单线的直径；后者的加强单线（钢线）则均匀而有规律地夹在导电单线中，加强单线与导电单线的直径必须相同，这种组合绞线称为混合绞线。不过，这两种加强形式的组合绞线，则都是按同心层绞正规绞合而成。

钢线表面应镀锌或镀铝，以提高防腐性能并延长使用寿命。镀锌钢线在伸长1%时的抗拉应力应在116～120公斤/毫米²范围内，抗拉强度应为120～130公斤/毫米²，伸长率应不小于3%；钢线椭圆度应控制在线径允许公差范围内；镀锌层应平整，无裂缝、斑疤和漏镀的地方，且能经受弯曲、扭转和腐蚀试验。近年出现的镀铝钢线，防腐性能比镀锌钢线好得多，它与绞线中铝线接触时，不会像镀锌钢线那样出现锌层与铝线之间的电蚀作用。因此，镀铝钢线很有发展前途。

组合绞线由于采用钢线或铝合金线加强，它与导电单线相同的普通绞线相比，总拉断力有不同程度的提高，这可相应加大线路的杆塔距离，具有很大的经济意义。例如，若以钢线代替铝包钢绞线中的几根铝包钢单线，就可用于过江、跨谷的架空输电线路。