

机械工业部

电线电缆专业中级技术工人培训教材

# 成缆工艺学

电线电缆专业技术工人培训教材编审委员会

机械工业出版社

## 前 言

为适应机电工业“三上一提高”的需要，有计划地加强对工人的技术理论培训，机械电子工业部第一装备司成立了电线电缆专业技术工人培训教材编审委员会。在编审委员会领导下，由上海电缆研究所组织编写了电线电缆专业三十四个工种的中级工人技术理论培训教材，并作为全行业的指定教材。

这套教材是根据原机械工业部《工人技术等级标准》和《电线电缆行业专用工种工人中级技术理论教学计划、教学大纲》编写的，内容以电线电缆制造工艺为主，包括材料、设备知识和产品质量方面的分析，介绍了新技术、新工艺和新设备。

这套教材，课时一般以100~150学时为宜，各单位在保证培训质量的前提下，可根据实际情况适当调整。

参加这套教材编写的有沈阳电缆厂、上海电缆厂、郑州电缆厂、西安电缆厂、哈尔滨电缆厂和湘潭电缆厂的教育部门的同志及工程技术人员。此外，昆明电缆厂、天津市电缆厂和北京市电线总厂的同志参加了教材的审定工作。本教材由尹仲阳同志主编，唐志清同志主审。为了保证教材的质量，聘请毛安民、胡懋书、林必梁三位专家为顾问，对于以上同志的辛勤劳动，表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，缺乏经验，不足之处，请读者批评指正。

机械电子工业部第一装备司

一九八九年三月

电缆情缘欢迎你

<http://ahwwwsb.b.co.163.com/>

## 再版前言

自1987年7月出版发行电线电缆专业三十四个工作种的中级工人技术理论培训教材以来，深受电线电缆行业欢迎。在深化改革、扩大开放的新形势下，线缆行业迫切需要工人培训教材，为此，我分会决定对电线电缆行业量大面广的拉线工艺学、线模制造工艺学、绞线工艺学、挤塑工艺学、成缆工艺学、漆包线工艺学等六个工作种的中级工人技术理论培训教材再版发行。

因原教材出版至今已近六年，目前再版时，根据每本教材不同情况，作些适当补充及修改。在本教材再版之际，谨向付出艰辛劳动的全体编审人员、组织人员表示衷心感谢。

电器工业职工教育研究会

电线电缆分会

一九九四年三月

# 目 录

前 言

再版前言

第一章 绪 论	(1)
第二章 材料和半成品	(2)
第一节 绝缘线芯	(2)
第二节 常用材料	(13)
第三章 成缆工艺装备	(16)
第一节 成缆机的种类及生产范围	(16)
第二节 成缆机的结构组成及传动系统	(17)
第三节 成缆模具和盘具	(25)
第四节 设备的维护保养	(27)
第四章 成缆工艺	(29)
第一节 成缆工艺基本知识	(29)
第二节 成缆工艺计算	(33)
第三节 填充、包带及干燥	(43)
第四节 扇形线芯成缆	(47)
第五节 分相铅包电缆的成缆	(50)
第五章 成缆的质量控制	(51)
第一节 成缆质量控制	(51)
第二节 废品种类及防止方法	(59)

# 第一章 绪 论

电缆是用来传输电能或控制信号的。电力设备用电多数是使用多相电源，所以电力电缆是多芯的，常用三相电源的三芯电缆或四芯电缆(其中有一芯作为地线)。控制电缆主要是用于控制设备的线路，控制线路需要的根数一般是很多的，因此控制电缆往往是做成多芯的。这样不仅使用方便、经济，而且对使用三相电源送电的三芯电缆成缆在一起，可以使三相磁场抵消，减少损耗。因此，在成缆工序中，是将二芯、三芯，甚至是几十根的绝缘线芯绞合在一起，组成多芯电缆。这种将绝缘线芯按一定的规则绞合起来的工艺过程，包括绞合时线芯间空隙的填充和在成缆上的包带过程，叫做成缆。

成缆时，绝缘线芯的绞合形式是采用同心层正规绞合，绝缘线芯直径相同的成缆叫做对称成缆，绝缘线芯总直径不同的成缆叫做非对称成缆。

虽然根据需要根数的绝缘线芯绞合在一起的电缆，使用方便经济，但有些电缆是不成缆的，如高压电缆等，这是为了避免结构太大而笨重和技术设备上的原因，制造成单芯电缆。本书只介绍电缆的成缆工艺及其有关的基础理论。

## 第二章 材料和半成品

### 第一节 绝缘线芯

#### 一、导电线芯

导电材料有银、铜、金、铝等，但考虑经济与资源等因素，常用的导体有铜和铝两种。

铜导体分软、硬、特硬三种状态。在电力电缆中一般采用软铜线(TR)，要求它的电阻率不大于  $0.017241\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ，伸长率对不同线径的铜线要求是不同的，线径大伸长率也就大。线径从  $0.66\sim 3.00\text{mm}$  的伸长率为 25%，线径  $3.15\sim 8.00\text{mm}$  的伸长率为 30%。铜导体的一般物理性能：密度为  $8.89\text{g}/\text{cm}^3$ ，线膨胀系数为  $0.000017/\text{C}$ ，电阻温度系数  $0.00393/\text{C}$ ，由于在架空电缆中才采用硬铜线，所以这里对硬铜线的性能暂不作介绍。

电缆中的铝导体多用硬铝线(H4 状态)，但在大截面的线芯中也用软铝线(O 状态)，电阻率为  $0.028264\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ，物理性能：密度  $2.703\text{g}/\text{cm}^3$ ，线膨胀系数  $0.000023/\text{C}$ ，电阻温度系数软线  $0.00407/\text{C}$ ，硬线  $0.00403/\text{C}$ ，力学性能见表 2-1。

$$\text{导线电阻 } R = \rho \frac{L}{S}$$

式中  $\rho$ ——电阻率；

表 2-1 铝导线力学性能

型号	状态	线 直 径 (mm)	抗拉强度 (N/mm <sup>2</sup> )	断裂伸长率 不小于%
LR	O	≤1.00	~98	15
		1.01~10.00	~98	20
LY4	H4	0.30~6.00	95~125	自身直径卷 8 圈 退 6 圈，重新卷
LY6	H6	0.30~6.00	125~165	不裂

L——导线长度；

S——为导线截面。

在其他条件不变时， $\rho$  越小，电阻值越小。所以要求导线有小的电阻率。他对导体各项性能的具体指标，在国标 GB3952~3957—83 中有明确的规定。

电力电缆的导电线芯，可以制成整根实心的，或是由多根单线绞合而成的；形状可以是圆形的、半圆形的和扇形的。绞合线芯可以采用非紧压式和紧压式的两种。油浸纸绝缘电缆的导电线芯通常采用绞合结构，而 10kV 及以下的产品采用紧压扇形结构，交联聚乙烯绝缘多采用圆形的紧压线。聚氯乙烯绝缘电缆，如用实心铝导体，电缆截面可达 240mm<sup>2</sup>。对控制电缆，一般说来，截面都比较小，多用细单线或绞合成圆形线。橡皮绝缘电缆，一般要求有好的弯曲性能，所以也常用细单线的圆绞线。

圆形导电线芯，其绞合排列采用“正规绞合”的形式，绞合原则是：中心一般为一根单线，第二层为六根单线，以后每层比内层多六根，单线采用相同的线径；每层单线的绞合

方向应和前一层方向相反，最外层应采用左向绞合，这样的结构可以保证电缆导电线芯的稳定性和一定的柔软性。

交联聚乙烯绝缘电缆和油浸纸绝缘电缆等电力电缆，为了改善导线表面情况，并节约其他材料常采用分层紧压。

35kV及以下油浸纸绝缘电缆线芯结构见表2-2，线芯的导线根数见表2-3。

表 2-2 35kV 及以下油浸纸绝缘电缆线芯结构

电缆的额定电压及型式 标称截面(mm <sup>2</sup> )		1及3kV		6及10kV		20及35kV
		各种型式电缆	粘性浸渍电缆	干绝缘分相铅包电缆		
16及以下	铜	由单根导线构成				—
	铝					
25及35	铜	多根导线允许单根	多根导线	多根导线允许单根	单根导线	多根导线
	铝	单根硬线或多根导线			单根软线	
50	铜	多根导线			单根导线允许多根导线	
	铝	单根软线及多根导线			单根软线或多根导线	
70及以上	铜	多根导线			单根导线允许多根导线	
	铝				单根软线或多根导线	

表 2-3 35kV 及以下油浸纸绝缘电缆线芯导线根数

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	线芯中的单线根数		标称截面 (mm <sup>2</sup> )	线芯中的单线根数	
	圆形 不少于	扇形或半圆形 不少于		圆形 不少于	扇形或半圆形 不少于
25及35	7	12	185	37	36
50及70	10	15	240	37	36
95	10	18	300, 400及500	37	—
120	10	24	625及800	61	—
150	10	30			



橡皮和塑料绝缘电缆线芯结构见表2-4。

表 2-4 橡皮和塑料绝缘电缆线芯结构

标称 面积 (mm <sup>2</sup> )	铜 芯		铝 芯	标称 面积 (mm <sup>2</sup> )	铜 芯		铝 芯
	第 I 种结构 根数 / 单线直径 (mm)	第 II 种结构 根数 / 折线直径 (mm)	第 I 种结构 根数 / 单线 直径 (mm)		第 I 种结构 根数 / 单线直径 (mm)	第 II 种结构 根数 / 单线直径 (mm)	第 I 种结构 根数 / 单线 直径 (mm)
0.03	1/0.20	—	—	(10)	—	(10/0.8)	—
0.06	1/0.30	—	—	16	7/1.70	49/0.64	7/1.70
0.12	1/0.40	—	—	25	7/2.12	98/0.58	7/2.12
0.2	1/0.50	—	—	35	7/2.50	—	7/2.50
0.3	1/0.60	—	—	50	19/1.83	—	19/1.83
0.4	1/0.70	—	—	70	19/2.12	—	19/2.12
0.6	1/0.80	7/0.30	—	95	19/2.50	—	19/2.50
0.75	1/0.97	7/0.37	—	120	37/2.00	—	37/2.00
1.0	1/1.13	7/0.43	1/1.13	150	37/2.24	—	37/2.24
1.5	1/1.37	7/0.52	1/1.37	185	37/2.50	—	37/2.50
2.0	1/1.60	7/0.60	1/1.60	240	61/2.24	—	61/2.24
2.5	1/1.76	19/0.41	1/1.76	300	61/2.50	—	61/2.50
(2.5)	—	(7/0.68)	—	400	61/2.85	—	61/2.85
4	1/2.24	19/0.52	1/2.24	500	61/2.62	—	91/2.62
(4)	—	(7/0.85)	—	630	127/2.50	—	27/2.50
6	1/2.71	19/0.64	1/2.71	800	127/2.85	—	127/2.85
(6)	—	(7/1.03)	—	1000	—	—	127/3.15
10	7/1.33	49/0.52	7/1.33				

注：有括号的表示应用较少的结构

圆形紧压线芯，紧压后的截面如图 2-1 所示，线芯结构参数如表 2-5 所列。

扇形和半圆形导电线芯，不是理想的对称形状，因此，设计多根线芯排列时

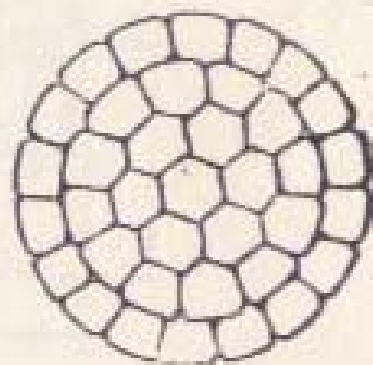


图 2-1 紧压后圆形线芯截面

表 2-5 紧压圆形线芯结构参数

标称 截面 (mm <sup>2</sup> )	导体 外径 (mm)	结构尺寸* 根数×单 线直径 (mm)	紧 压  系 数	直流电阻(Ω/km) 20°C, 不大于	
				铜 芯	铝 芯
16	4.8	7×1.76	0.88	1.15	1.91
25	6.0	7×2.26	0.88	0.727	1.20
35	7.0	7×2.65	0.91	0.524	0.868
50	8.4	19×1.91	0.90	0.387	0.641
70	10.0	19×2.26	0.89	0.288	0.443
95	11.6	19×2.65	0.90	0.193	0.320
120	13.0	37×2.12	0.90	0.153	0.253
150	14.6	37×2.38	0.90	0.124	0.206
185	16.2	37×2.65	0.90	0.0991	0.164
240	18.4	61×2.36	0.90	0.0754	0.125
300	20.6	61×2.65	0.90	0.0601	0.100
400	23.8	61×3.01	0.90	0.0470	0.0778
500	26.6	61×3.36	0.90	0.0366	0.0605
630	30.0	61×3.87	0.89	0.0283	0.0460
800	34.0	61×4.24	0.88	0.0221	0.0367
1000**	38.2	61×4.62	0.87	0.0176	0.0291
1200**	42.0	61×5.25	0.87	0.0151	0.0247

注 \* 结构尺寸为参考值。

\*\* 大于等于1000mm<sup>2</sup>及以上的铜导体, 应采用分割导体结构。

考虑到弯曲情况下的稳定性极为重要, 为使非紧压扇形线芯

具有足够的可曲度和稳定性，在设计不紧压扇形芯时，必须遵守下列规则。

**中央导线规则：**扇形芯的中央导线必须位于扇形芯的中心线上。否则，当线芯弯曲时，位于中心线上部的导线将被拉伸，而下部的将被压缩而可能凸出，这将引起扇形破坏而损伤绝缘。

**移滑规则：**扇形芯中心线上导线的直径一般较大，处在其两侧的导线应能沿中心线上导线滑动而不改变扇形芯外形，这一规则称为移滑规则，如图2-2所示。

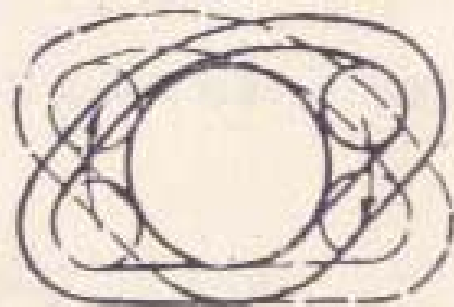


图2-2 移滑规则

目前，我国对工作电压在10kV及以下油浸纸绝缘电力电缆、kV级塑料电缆等均采用紧压扇形结构，先绞合成卵线芯坯子，再经过型模紧压成扇形线芯，通常采用的扇形坯的结构如图2-3、图2-4、图2-5所示。

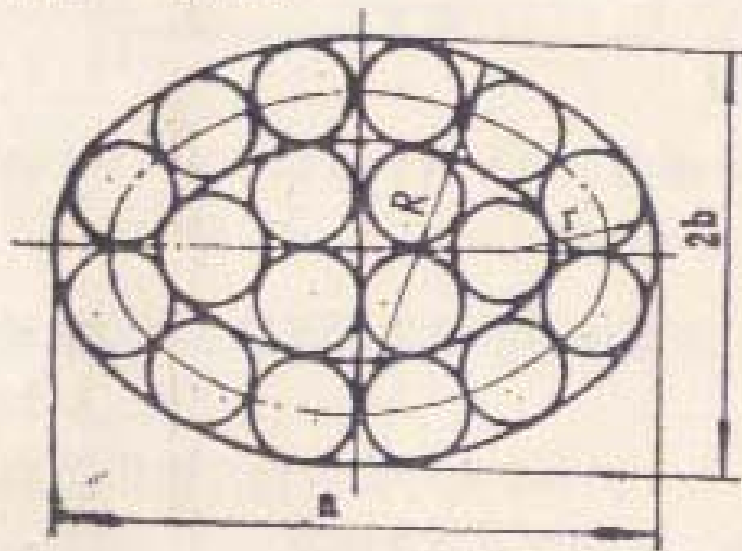


图2-3 截面积为25,35,50,70,95mm<sup>2</sup>扇形芯坯结构

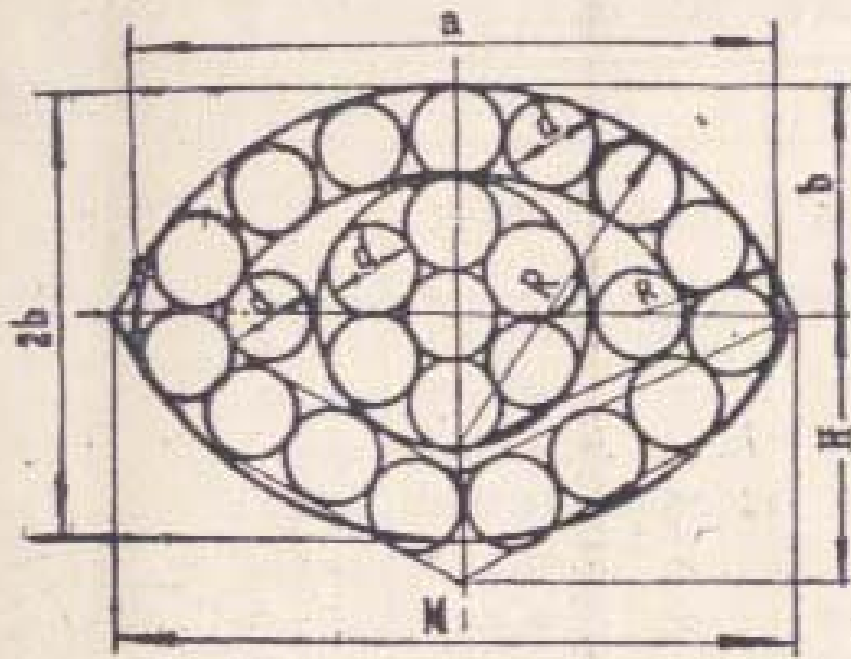


图 2-4 截面积为70、95、120mm<sup>2</sup>扇形芯坯结构

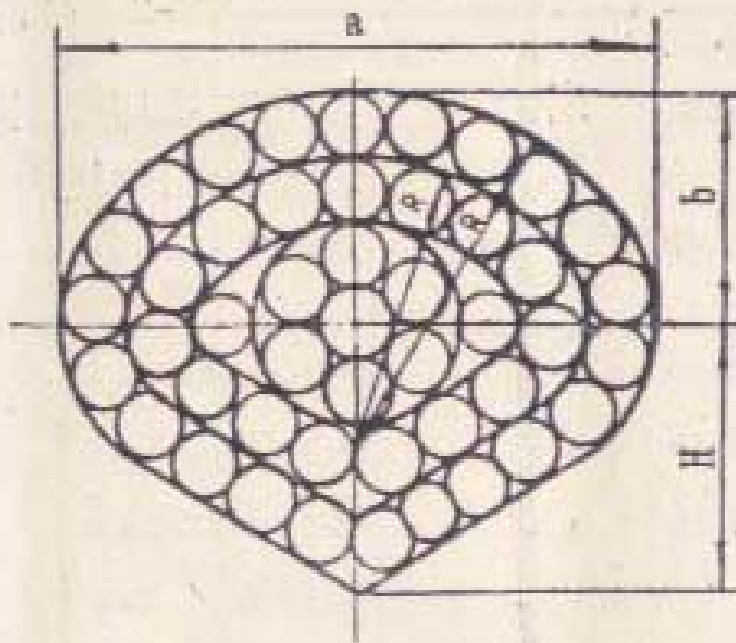


图 2-5 截面积为150、185、240mm<sup>2</sup>扇形芯坯结构

双芯电缆线芯一般采用弓形结构，紧压程序同扇形线芯。弓形线芯坯结构如图 2-6、图 2-7 所示。

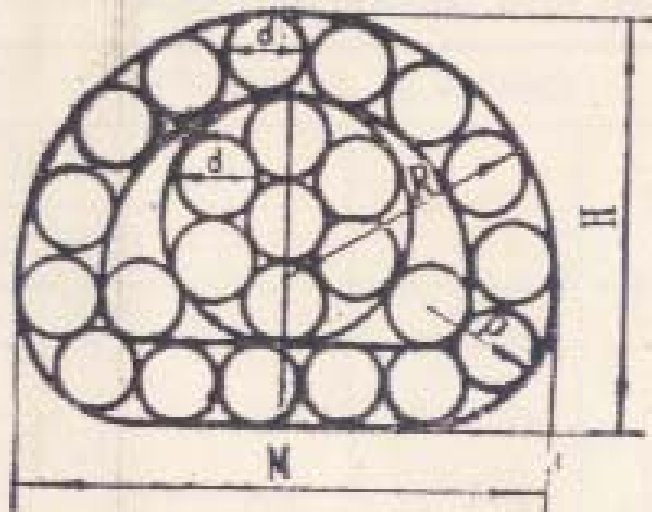


图 2-6 弓形芯坯结构(线芯截面积为 95、120mm<sup>2</sup>)

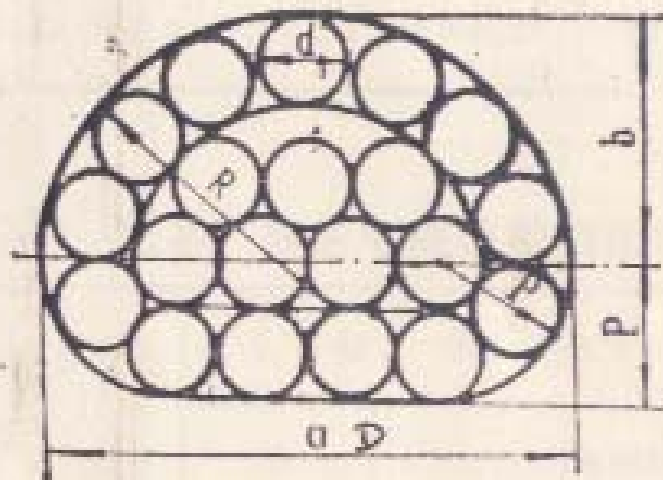


图 2-7 弓形芯坯结构 (线芯截面积为 25、35、50、70mm<sup>2</sup>)

几种标准扇形及弓形线芯的结构参数和尺寸见 表 2-6、表 2-7、表 2-8、表 2-9。

控制电缆用线芯结构列于表 2-10。

上述各线芯结构，各制造厂并非完全一样，在符合标准前提下，各制造厂稍有不同。

表 2-6 三芯电缆的扇形芯(紧压)结构

标称 截面 (mm <sup>2</sup> )	导线根数及直径(mm)				扇形尺寸(mm)	
	中 心		第一层	第二层	高度	宽 度
	绞 合	平 放				
25	—	6×1.34	12×1.34	—	4.9	9.0
35	—	6×1.59	12×1.59	—	5.8	11.0
50	—	6×1.90	12×1.90	—	7.0	13.0
70	—	6×2.25	12×2.25	—	8.3	15.4
95	—	6×2.62	12×2.62	—	9.8	18.0
120	7×2.62	2×2.62	15×2.40	—	11.2	20.1
150	7×2.07	2×2.07	15×2.07	21×2.07	12.8	22.5
185	7×2.29	2×2.29	15×2.29	21×2.29	14.2	25.2
240	7×2.62	2×2.62	15×2.62	21×2.62	16.4	28.5

表 2-7 四芯电缆的扇形芯(紧压)结构

标称 截面 (mm <sup>2</sup> )	基 本 线 芯					第 四 线 芯		
	导线根数和直径 (mm)				扇形 高度 (mm)	导线根数和直径 (mm)		扇形 高度 (mm)
	中 央		第一层	第二层		中 央	第一层	
绞 合	平 放							
25	—	6×1.34	12×1.34	—	5.3	6×1.34	12×1.34	6.4
35	—	6×1.59	12×1.59	—	6.5	6×1.59	12×1.59	7.9
50	—	6×1.90	12×1.90	—	7.7	6×1.90	12×1.90	7.7
70	—	6×2.25	12×2.25	—	9.2	—	—	—
95	7×2.32	2×2.32	16×2.14	—	11.0	6×2.25	12×2.25	10.3
120	7×2.62	2×2.62	16×2.40	—	12.4	—	—	—
150	7×2.07	2×2.07	15×2.07	21×2.07	13.4	—	—	—
185	7×2.29	2×2.29	15×2.29	21×2.29	15.2	—	—	—

表 2-8 双芯电缆弓形芯(紧压)结构

标称 截面 (mm <sup>2</sup> )	导线根数和直径(mm)				弓形高度 (mm)	
	中		第一层	第二层		
	绞	合				平
25	—	—	7×1.23	13×1.28	—	4.2
35	—	—	7×1.51	13×1.51	—	5.0
50	—	—	7×1.80	13×1.80	—	6.0
70	—	—	7×2.13	13×2.13	—	7.2
105	7×2.25	—	2×2.25	15×2.25	—	8.5
120	7×2.53	—	2×2.53	15×2.53	—	9.0
150	7×2.67	—	2×2.27	15×2.67	21×2.67	10.9

表 2-9 三芯、四芯电缆单根扇形芯结构

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	结构参数 (mm <sup>2</sup> )			
	高	宽	扇形弧半径	扇形角圆弧化半径
3×25	4.65	7.8	5.8	1
3×35	5.5	9.4	6.6	1
3×50	6.65	11.48	7.3	1
3×25+1×16	5.1	7.3	6.6	1
3×35+1×16	6.0	8.62	7.6	1
3×50+1×25基本线芯	7.19	10.08	8.6	1
1×5+1×25第四线芯	6.1	6.25	8.7	1

表 2-10 控制电缆线芯结构

标 称 截 面 (mm <sup>2</sup> )	导 线 结 构 (根数/直径)	芯 数 范 围
0.75	7/0.38	2~61
1	7/0.44	2~61
1.5	7/0.53	2~61
2.5	7/0.67	2~61
4	7/0.85	2~19
6	7/1.04	2~19
10	7/1.35	2~7
16	7/1.70	2~7
25	7/2.14	2~4

## 二、绝缘线芯

导电线芯在挤包或绕包绝缘层后，成为绝缘线芯。不同电压等级和规格的电纜，绝缘厚度不同，因此在上机成纜前，必须检查半成品是否合格，半成品的标签应与工作单一致，并有检查员合格章，标签与实物相符，线盘清洁无脏物，排线整齐，线芯尺寸和绝缘厚度符合要求，线芯绝缘表面规整，无凸起、皱折、碰伤，芯号或颜色配套，同一芯不得有两种号(主要是指纸绝缘线芯)，对于6kV及以上的纸力纜绝缘芯，还必须注意是经过预干燥，预干燥出罐至成纜前停放时间不得超过24h，纸绝缘不得有发脆和干燥不好的现象。

成纜用绝缘导电线芯，按绝缘材料分类有纸绝缘、交联聚乙烯绝缘、橡皮绝缘、聚氯乙烯绝缘等，按线芯形状分类有圆形、扇形、半圆形等，400mm<sup>2</sup>及以上一般是圆形线芯。



300mm<sup>2</sup> 及以下 (1kV 及以下电缆) 大多数做成扇形线芯; 150mm<sup>2</sup> 及以下的二芯电缆一般做成半圆形。圆形导线有紧压及非紧压两种, 半圆形、扇形均为紧压线芯。

## 第二节 常用材料

### 一、电缆纸

电缆纸在成缆中作为带绝缘用, 半导电纸是起屏蔽作用。常用的电缆纸是木质纤维制成的, 半导电纸是在电缆纸制造过程中加进适当的碳黑而成, 它们的主要性能见表2-11。

表 2-11 电缆纸的主要性能

项 目	绝 缘 纸		半导电纸
	DLZ-12	DLZ-17	IBLZ
厚 度 (mm)	0.12±0.007	0.17±0.01	0.12±0.01
密 度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.85±0.1	0.85±0.1	0.88
抗 张 力 (kg)	纵 向	15	11
	横 向	7	5.5
伸 长 率 (%)	纵向不小于	2.2	2.0
	横向不小于	9.5	6.0
透 气 度 ml/min 不大于	30	30	35
水 分 (%)	8 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	8 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	7 <sup>+2</sup> <sub>-2</sub>
灰 分, 不大于 (%)	1.0	1.0	1.0
体 积 电 阻 率 (Ω·cm)			1×10 <sup>7</sup>
工 频 击 穿 电 压 (V), 不小于	900	1700	

上述性能是根据 GB7969—87、SLSC—NO4003规定。

## 二、塑料带

成缆中绕包塑料带，对不同电缆用处不同，但总的说来，分别是隔离、扎紧、绝缘、衬垫用，或者是兼而有之。对它们总的要求是与电缆相一致的耐温等级，不吸水，不促使与其接触的材料性能发生变化，主要指标见表 2-12。

表 2-12 塑料带主要指标

项 目	聚乙烯带	绝缘用PVC带	垫层用PVC带
厚 度 (mm)	0.05~0.1±0.01 0.11~0.25±0.02 0.26~0.8±0.03	0.1±0.01	0.20 } +0.03 0.25 } -0.01
抗张强度 (N/cm <sup>2</sup> )	纵≥688 横≥490	117.6	117.6
断裂伸长率 (%)	纵≥180 横≥100	100	126
耐电强度 (kV/mm)	>40	18	14
体积电阻系数 (Ω·cm)	≥1×10 <sup>16</sup>	1×10 <sup>14</sup>	1×10 <sup>14</sup>

## 三、玻璃纤维乳胶布带

玻璃纤维乳胶布带在成缆中多数用于扎紧，它的宽度和

厚度种类很多，根据需要选用。它们的含胶量不小于  $15\text{g}/\text{m}^2$ ，断裂强度以  $25\text{mm}$  宽的布条计，纵向不小于  $392\text{N}$ ，横向不小于  $186\text{N}$ 。

#### 四、填充材料

填充材料主要用来填充绝缘间的缝隙，使电缆圆整。常用的材料有聚丙烯撕裂薄膜绳、塑胶管条、纸捻等。对填充材料也要考虑耐温和吸水性等问题，应与电缆用材料相一致。塑胶管条是根据需要填充空隙大小挤制的。纸捻由电缆厂自制，一般采用  $0.05\text{mm}$  厚的电话纸在专门的纸捻机上加工。根据需要，纸捻直径的大小确定纸捻的号数。要求纸捻紧密，否则填充就无法饱满，电缆不能圆整，也不能阻止电缆油的流动。一般纸捻的实际面积是其截面的  $0.3\sim 0.6$  倍的范围，现用纸捻的规格，即它的直径有  $20$ 、 $30$ 、 $40$ 、 $60$ 、 $80\text{mm}$  等五种。

除上述填充材料以外，还有麻绳等，已在淘汰之中。

## 第三章 成缆工艺装备

### 第一节 成缆机的种类及生产范围

用于成缆的设备，也就是把绝缘线芯绞合在一起，并加以填充、绕包的设备，称为成缆机。成缆机有普通式和盘绞式两种。

普通式成缆机有笼式和盘式两种，成缆速度一般在10m/min以下。大型成缆机制成盘式，能进行3芯及4芯电缆的成缆。如1+3/1600和1+3/2400大型成缆机，最大放线盘分别为1600mm和2400mm。中小型成缆机制成笼式，绞合部分如同绞线机的绞笼，有1+6/1000和1+6/400型等规格型式。盘绞式成缆机是较新的成缆设备，生产效率高，速度一般在30m/min以上，适用范围大，能用于各种电力电缆的成缆，也可用于通信电缆和控制电缆以及大截面超高压电缆分裂导体的绞合。常用成缆机生产范围见表3-1。

表 3-1 常用成缆机生产范围

设备规格	生产范围	
	截面积(mm <sup>2</sup> )	芯数
4DVM-400型	6及以下	不超过6芯
6KDVM-400型	6及以下	不超过7芯
6+12+18TDVM-400	6及以下	不超过37芯
18+24TDVM-400	6及以下	不超过160芯 (外屏42芯)

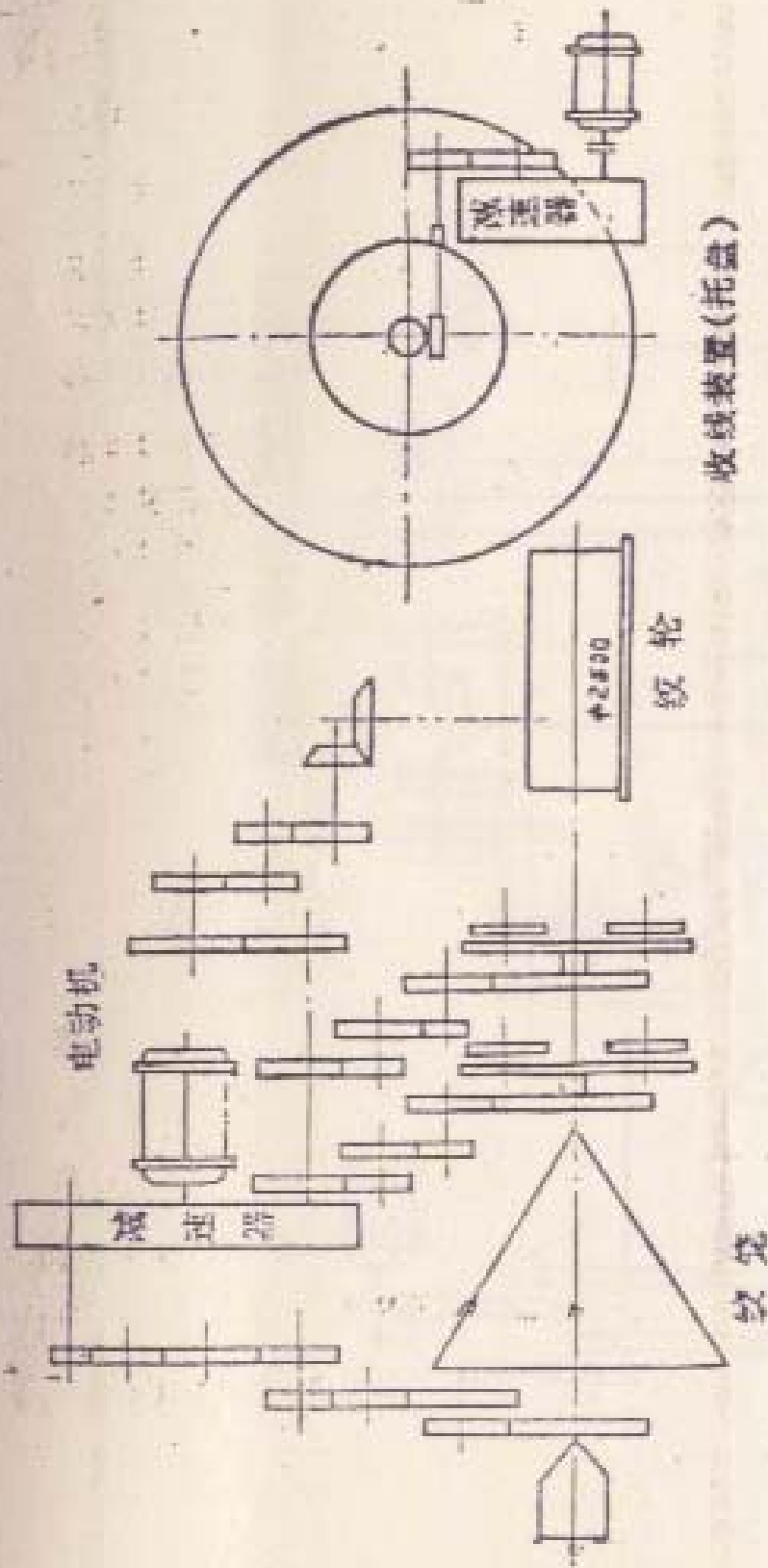
(续)

设备规格	生产范围	
	截面积(mm <sup>2</sup> )	芯数
6+12TDVM—000	25及以下	不超过19芯
n+1AVM—1000	10~400	不超过7芯
1+6/1000	10~50	不超过3芯
	10~90	不超过2芯
	15~50	不超过4芯
1+3/1600	25~240	不超过3芯
	25~185	不超过2芯
	25~185	不超过4芯
1+3/2400	50~240	不超过3芯
	50~185	不超过4芯
	25~240	不超过3芯

## 第二节 成缆机的结构组成及传动系统

### 一、成缆机的传动

成缆机的传动，一般都是采用一台电机，通过转动轴和齿轮，带动放线(绞笼)盘、绕包头、牵引轮等三部分，并且每部分至少有一组齿轮是可变换齿数，以便改变转动速度，这不仅可以改变成缆速度，而且也可以改变成缆节距和包带节距，几种代表性成缆机的传动系统如图3-1、图3-2、图3-3、图3-4、图3-5所示。



平面式纸包头

图 3-1 1 + 6/1000 型成缆机传动示意图

$n_{\text{绞}} = 10, 6, 10, 3$  和  $5, 3 \text{ r/min}$     $n_1 = 261$  和  $219, 7 \text{ r/min}$     $n_2 = 300 \sim 1440 \text{ r/min}$

机头传动系统主要参数计算: 1. 主轴转速;  $n_{\text{主}} = 205 \text{ r/min}$    2. 绞笼转速;  $n_{\text{绞}} = 27 \text{ 2A/Br/min}$    3. 包头转速;

$n_{\text{绞}} = 240 \text{ C/D} \cdot \gamma / \text{min}$

4. 绞轮直线速度;  $V = 16, 3 \text{ M/N} \cdot \text{E/Fm/min}$

5. 绞绳节距;  $t_{\text{绞}} = 610 \text{ M/N} \cdot \text{E/F}$

6. 纸包节距;  $t_{\text{纸}} = 70, 2 \text{ M/N} \cdot \text{E/F} \cdot \text{D/Ckm}$

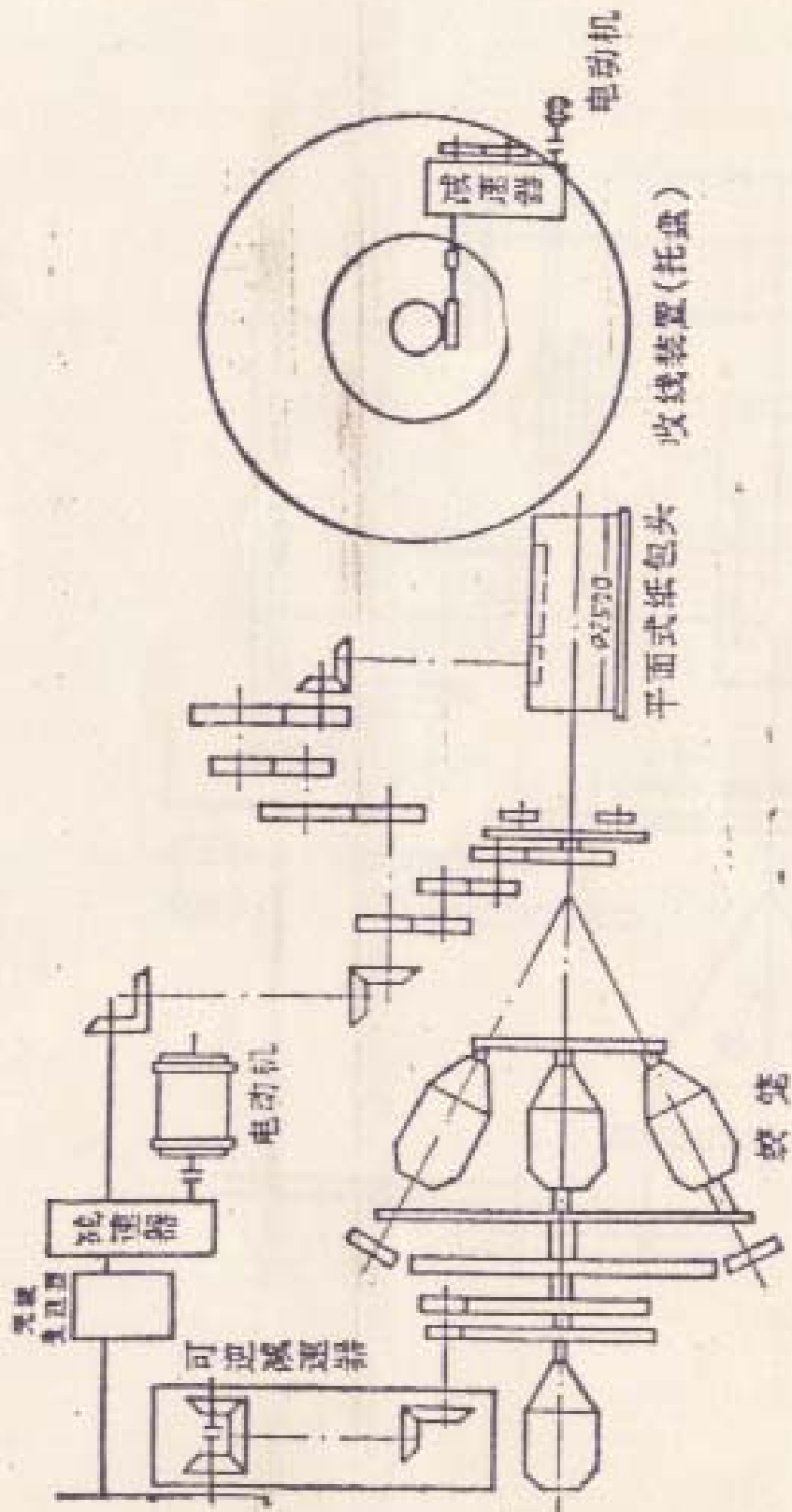


图 3-2 1+3/1600 型成缆机传动示意图

$n_{\text{绞}} = 757, 434$  和  $25r/\text{min}$        $n_1 = 261$  和  $21.97r/\text{min}$        $n_2 = 300 \sim 1440r/\text{min}$   
 机器传动系统主要工艺参数计算, 1. 主轴转速,  $n_{\text{主}} = 250r/\text{min}$ ; 2. 绞笼转速,  $n_{\text{绞}} = 10, 84A/Br/\text{min}$ ;  
 3. 纸包头转速,  $n_{\text{纸}} = 240C/D r/\text{min}$ ; 4. 绞轮直线速度,  $V = 1.82E/F, M/Nm/\text{min}$ ; 5. 绞线节距,  $t_{\text{绞}} =$   
 $1685M/N, E/F, A/Bkm$ ; 6. 纸包节距,  $t_{\text{纸}} = 75.8M/N, E/F, D/Ckm$

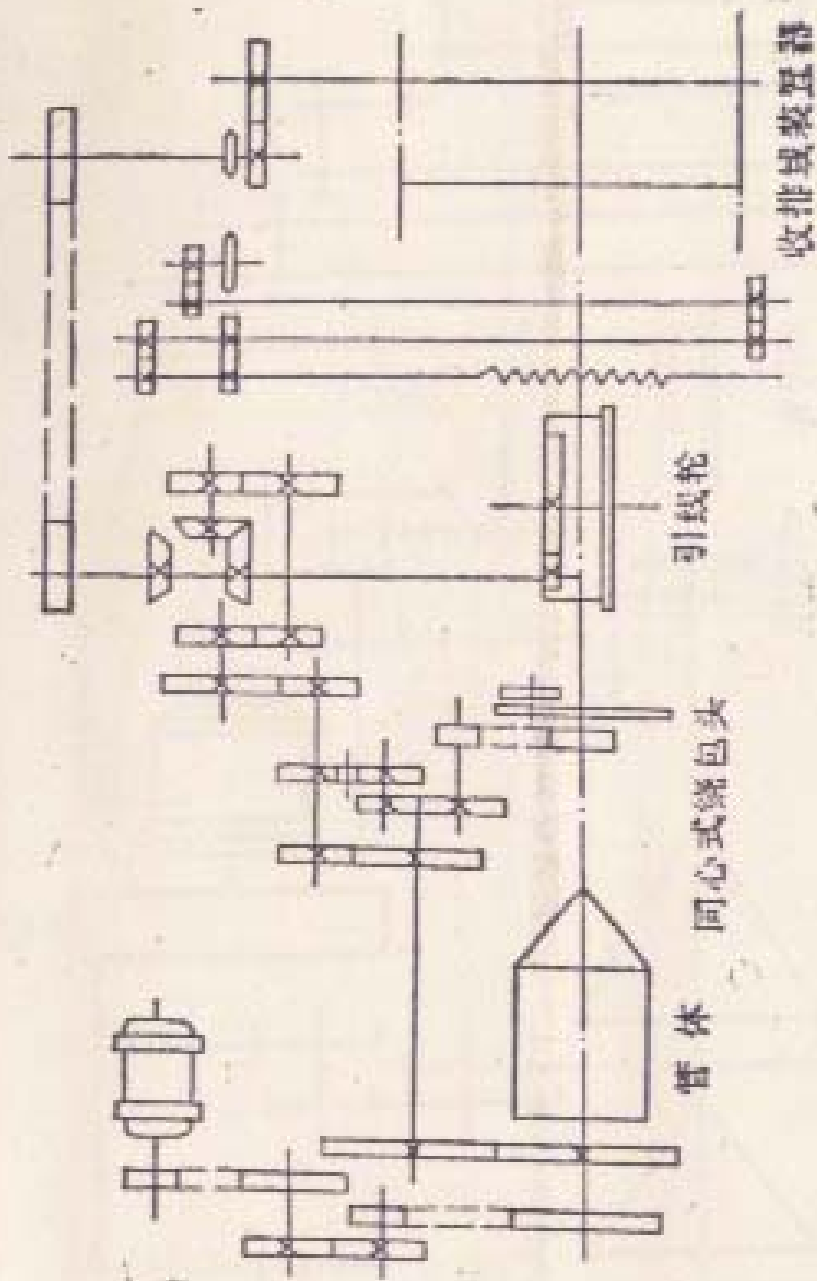


图 3-3 6KLV-400 型管式成缆机传动示意图



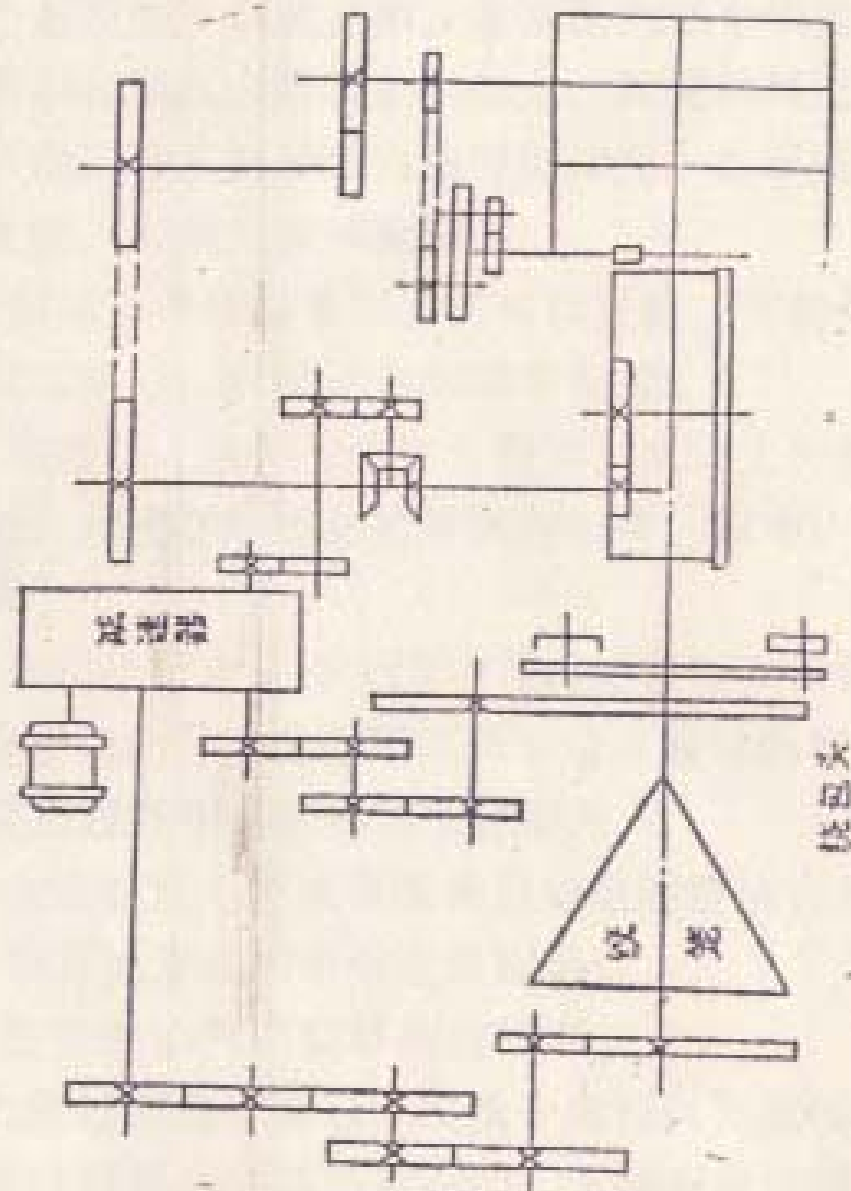


图 3-4 小四芯成缆机传动示意图

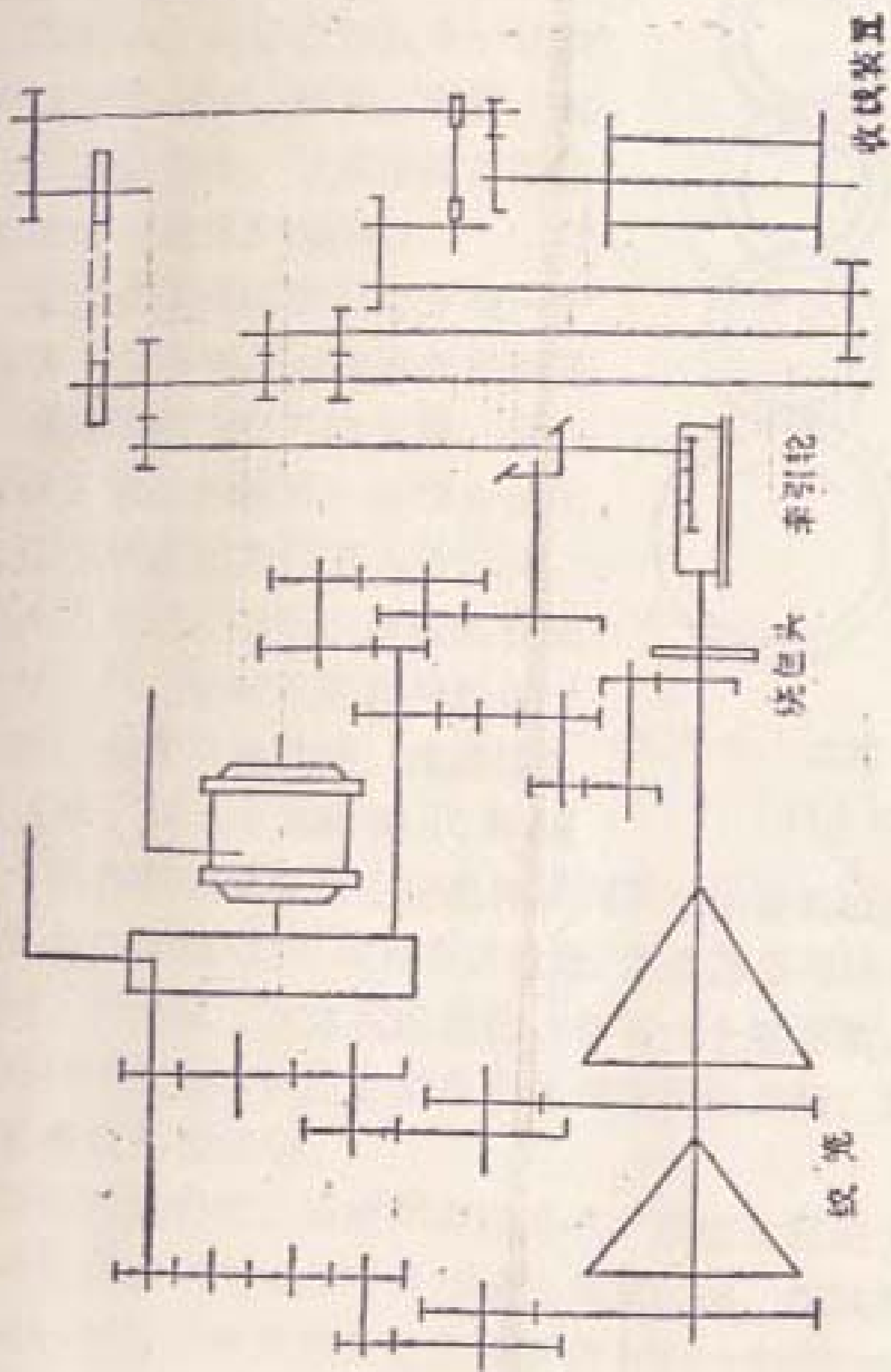


图 3-5 6+12 芯绞机传动示意图

## 二、成缆机的主要组成部分

1. 绞笼 结构与绞线机的绞笼大致相似，在绞笼上有放绝缘线芯盘的线盘架。各种型式的成缆机线盘架数不同，大型成缆机一般是3个或6个线盘架，小型成缆机可以有18个或24个甚至更多的线盘架。在绞笼的每个线盘架上都有制动器，用以控制绞合时线芯的张力。绞笼的转速是用变速齿轮来调节的，并且旋转方向也可以改变。在绞笼前部有一些固定的支杆，用以安放填充绳盘。

2. 模架 并线模根据需要可以更换，它的作用是使几个绝缘线芯并合，绞成正确的圆形电缆。

3. 包带头 结构与纸包头相似，支架上一般有3个或6个带夹，用来在电缆芯的外面包布带、纸带、玻璃布带或薄膜带等。

4. 牵引轮 由一个大直径可转轮盘以及拨线环组成，给线芯以直线运动，并具有可以调节速度装置的部分，绞合节距主要是通过牵引轮的转速来控制的。

5. 收线装置 用来将绞合后的电缆收绕在收线盘上(托盘内)，收存速度应和牵引速度配合好。

6. 放置中心(性)线具的放线架。

以上所述成缆机的组成仅是一般情况，成缆机的种类较多，各种成缆机的构造稍有不同。下面简单介绍几种成缆机的构造特点：

盘式成缆机，它由大小不同的圆盘紧固在一个空心轴上，两圆盘间有三只放线盘的盘架，放线盘架轴上装有退扭用的齿轮机构。行星式齿轮系统退扭的简单原理如图3-6

所示。齿轮 $Z_0$ 装在中央轴上与盘架一起旋转， $Z_n$ 为一对过渡齿轮， $Z_0$ 连接在放线盘架上，成缆绞合左向时， $Z_0$ 右向，这样使每绞合一转放线盘就回转一转，得到了退扭，这种方法比较方便，当扇形线芯不需要退扭时，卸下 $Z_n$ 即可。

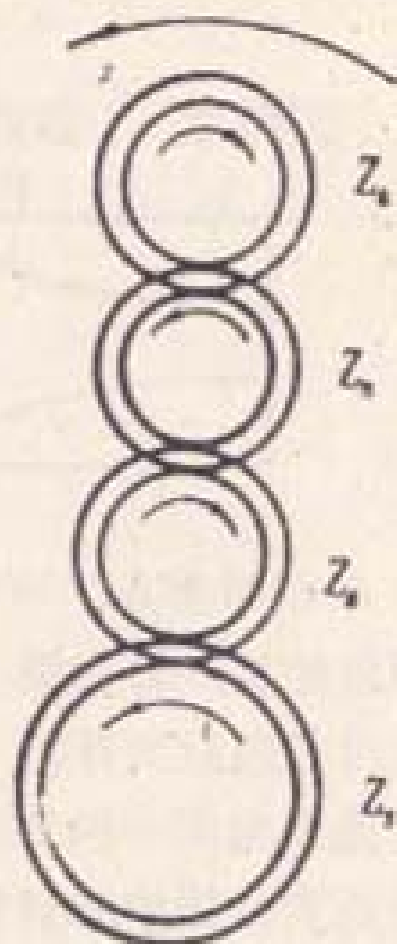


图 3-6 成缆机齿轮退扭系统

盘式成缆机的绞合部分有一个主轴承，空心轴的后端即在其中旋转，前后圆盘均由托轮支撑，空心轴的最前端是分线板，使绞合前的绝缘线芯依正确方向进入并线模，并防止绝缘线芯扭回。分线板有辊轮式的，每一根线芯在此均经过一对导轮，也有模孔式的，选择适当尺寸的模子插入分线板来代替辊轮，不同线径的绝缘线芯应选择不同尺寸的辊轮或模子。

笼式成缆机一般可放六个放线盘，绞合部分与绞线机的绞笼相同，不论盘式和笼式成缆机，都有一个星形架，以放置成缆用的填充料。在绞合后分别是并线模座支架、绕包头、牵引装置收线装置等。

盘绞式成缆机，原理同束线方式，放线盘固定为一种旋转，而收线盘同时完成绞合和收线双重运动，放线的同时，可以进行退扭。收放线盘直径可以在 1000~4000mm，其转速为 300~25r/min，比普通成缆机提高了效率，扩大了生产范围。

盘绞式成缆机采用履带牵引，放线固定，放线角度不变。所以绝缘线芯放线张力均匀，成缆角度小，成缆质量好。当成缆预扭线芯时，通过传感器能自动校正角度位置。

盘绞式成缆机主要组成部分，除放线部分外也大致和普通盘式成缆机相似。有可以退扭的放线盘架、填料盘架、控制预扭扇形线芯角度的正位传感器、并线模、包带头、转动的履带牵引、收排线装置、传动及控制系统等。

成缆预扭线芯时，放线盘架通过机器的主传动轴带动旋转。如成扇形绝缘线芯不需退扭，放线盘架便固定起来，这样它对不预扭和预扭的绝缘线芯都可用。正位传感器的作用是保证扇形线芯成缆时能正确并合。线芯进入并线模之前，先经正位传感器，如扇形线芯角度位置有误差，正位传感器就发出信号，使校正马达动作，进行调节，所以它能在生产中连续调节放线盘架的转动速度。

由于盘绞式成缆机速度快，要求绕包头的转速快，一般用两个半切线式的绕包头，最高转速能达到800r/min左右，否则就会影响生产率。旋转的履带通过气压将衬垫上的橡皮压紧，松紧调整要合适，避免过紧压扁电缆。对于采用履带牵引的也是一样的，适当调整气压，使其带动电缆前进即可，注意气压过大会压扁电缆。

### 第三节 成缆模具和盘具

成缆采用的模具有压模、包带模，这些模具由两个半圆模加定位销组合而成。

模子的形状大致相同，如图3-7所示。进线区是圆滑的

喇叭形，以适应绝缘线芯进入模时的过渡状态，成缆模具不使绝缘线芯产生过分的弯曲。承线区是直线，使线芯经过这个区域后基本定型。模子的进线段和定型段长度之比大约在2:1左右，它们之间是光滑圆弧过渡，使绝缘线芯保持良好状态。模具的内壁光滑耐磨。

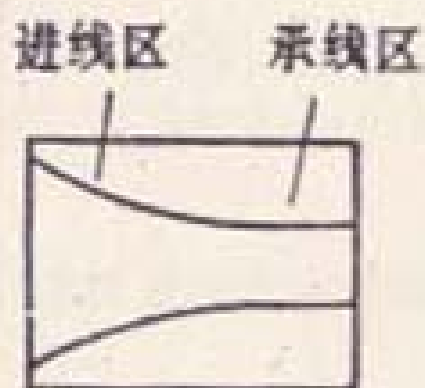


图 3-7 成缆模形状

各种绝缘线芯模孔尺寸稍有不同，纸绝缘线芯的成缆模孔径可以比成缆直径小0.4mm左右，塑料绝缘线芯的成缆模孔径与电缆直径相等为宜。这里分别介绍一组纸力缆和塑力缆等配模尺寸，见表3-2、表3-3。对控制电缆的配模较简单，基本采用模孔尺寸与成缆外径一致即可。

表 3-2 0.6/1kV型力缆成缆配模参数 (mm)

规格	成缆直径	模 I	压模 II	包带机
3×25	15.6	16.6	15.6	15.4
3×35	17.6	18.6	17.6	17.4
3×50	21.1	22.0	21.0	20.8
3×70	23.5	24.6	23.4	23.2
3×95	27.7	28.8	27.6	27.4
3×120	30.6	31.8	30.6	30.4
3×150	34.3	35.6	34.2	34.0
3×158	38.3	39.6	38.2	38.0
3×240	43.3	44.6	43.2	43.0
3×300	48.2	49.6	48.2	48.0

表 3-3 0.6/1kV 纸力纜成纜配模參數 (mm)

規 格	成纜直徑	壓模 I	壓模 II	包帶模
3×25	14.1	14.8	13.8	13.6
3×35	15.8	16.8	15.6	15.4
3×50	18.3	19.2	18.0	17.8
3×70	20.9	21.8	20.6	20.4
3×95	23.7	24.8	23.6	23.4
3×120	26.5	27.6	26.2	26.0
3×150	30.1	31.4	30.0	29.8
3×185	33.1	34.4	33.0	32.8
3×240	37.0	39.2	37.6	37.4
3×300	41.5	44.0	42.4	42.2

盤具是不出廠的，僅用作工序間裝半成品流動。選用盤的寬度與設備的最大允許寬度相匹配。並且盤的內徑不小於所裝的電纜允許彎曲直徑的規定。當然，收線盤芯直徑大對電纜質量沒有壞處，但影響裝盤容量。盤芯直徑太小時，會使電纜彎曲過度損傷絕緣線芯。一般要求多芯紙絕緣成纜芯的收線盤芯直徑不小於電纜直徑的20倍，塑料多芯電纜盤芯為電纜的15倍，這樣是能夠滿足成纜芯在收線時不損傷絕緣線芯的要求。

#### 第四節 設備的维护保养

設備正確良好的维护保养，不僅使設備耐久，而且也能減少運行中出現的事故，從而提高產品質量。所以設備必須經常維護，定期檢修。

设备各组成部分和部件，必须完整好用，如部件有缺陷必须立即修复或更换，不能带病运行。

工模具及变换齿轮应完整，保存整齐，防止腐蚀损伤。

设备各装配部分应紧固不动，保持控制和传动系统状态良好。

绞笼支撑圈及支撑托轮的接触部分应完全接触，中心对准。

线框稳固不晃动。线架预扭销预压定位良好，固定牢靠不松动。

绕包头抱闸灵活好使，绕包带夹拧紧，不自动松动。

拔线环和牵引轮间配合良好，运行时拔线环导轮灵活转动，不歪斜。

收线装置运转声音正常，电流指示不超过负荷要求。

开车时由于转动惯量很大，不能未停车就开反车。

起车必须逐级加速，但也不能长期低转数运转。

设备要按规定的时间、方法，用润滑剂进行润滑。

详细的维护保养要按各自设备的维护规程进行。



## 第四章 成缆工艺

### 第一节 成缆工艺基本知识

#### 一、成缆绞合方向

成缆绞合方向有左向和右向之分，区别的方法与绞合线芯相同，即将绝缘线芯成缆后，水平放置向前看，如果是左旋为左向，右旋为右向，

电缆最外层成缆应为右向。在生产过程中，面对着绞线机或成缆机的前端(即放线端)，绞笼是顺时针旋转，绞出的线芯为右向，反向为左向。判别已绞好的线芯绞向可用手去比试，拇指沿着电缆线芯轴向，其余四指与绞线方向一致，若与左手相同为左向，与右手相同为右向。如图4-1所示。

一般塑力缆的绞合方向均为右向。

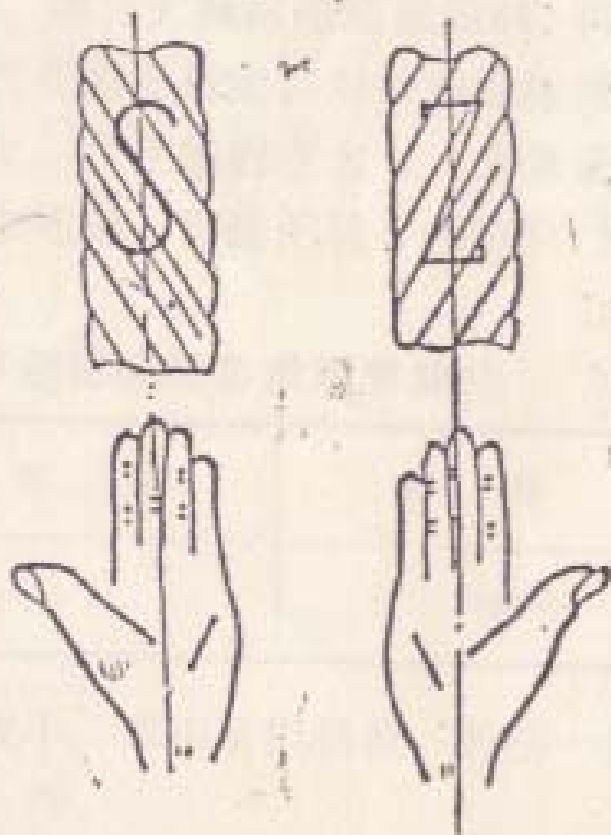


图4-1 绞合方向的判定

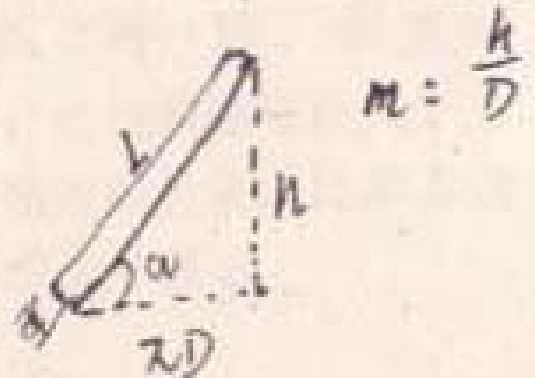
a) 左向(S向)      b) 右向(Z向)

## 二、成缆节距与节距倍数

成缆过程中，成缆的每根绝缘线芯，都有直线和旋转两种运动。当绝缘线芯旋转一周时，绝缘线芯沿轴向前进的距离称为成缆节距。

在生产实践中，一般成缆节距是以节距倍数来表示的。所谓节距倍数，即是节距长度与成缆的直径之比。用公式表示为：

$$m = \frac{L}{D}$$



式中  $m$ ——成缆节距倍数；  
 $L$ ——成缆节距；  
 $D$ ——成缆直径。

对于不同的产品节距倍数不同，一般要求柔软性较高的电缆，规定节距倍数较小。例如矿用电缆中的电钻电缆，UZ标准规定不大于5倍，UC、UCP标准规定不大于10倍，U、UP标准规定不大于12~14倍，以使这些电缆具有较好的弯曲性能。

成缆节距长度的选择，对各种电缆绝缘线芯是不同的。成缆节距大小直接影响绝缘线芯变形和电缆柔软性，成缆节距越大，电缆绝缘线芯在弯曲时变形越大，电缆柔软性越差。通常绝缘线芯的成缆节距是根据电缆使用条件、线芯柔软程度以及成缆后电缆的稳定性等因素加以选定。选择合适的成缆节距，使电缆有好的结构稳定性和弯曲性，减少变形和皱折以及有较大的生产率。对于圆形绝缘线芯采用浮动式成缆选用较小的节距，一般节距比为25~40，而扇形绝缘线芯采

用固定成缆，为减少变形和纸带的位移，选用较大的节距比，一般在40~80，常用的节距比如表4-1。

表 4-1 纸绝缘线芯成缆节距比

芯 数	四 形 芯	扇 形 芯
2	25~30	50~70
3	30~40	40~80
4	30~40	40~80

在具体选择时，一般绞合线芯的截面越大，成缆节距比选得越小。截面小些的电缆通常选节距比为70~80，而截面大些的电缆则选60~70。因为大截面电缆成缆时，机械应力大，若节距过大，柔软性变差不稳定。对挤包绝缘线芯成缆时，因绝缘线芯刚性较大，产生的内应力大，为保证其结构稳定性和防止成缆后产生蛇形，应选用较小的节距，如表4-2所示。

表 4-2 挤包绝缘线芯成缆节距比

形 式	四 形 芯	扇 形 芯
节 距 比	25~30	40~60

控制电缆成缆节距较小，成缆节距倍数，外层一般是18~20，内层要选得稍大一些。

### 三、绞合节距和绞入率

由于成缆过程中绝缘线芯除直线前进的运动外，还有一

个扭绞的转动，因此成缆的长度与绝缘线芯的实际长度是不等的。在成缆的一个节距内，绝缘线芯的实际长度  $l$  与节距长度  $L$  之比称为绞入系数  $K$ 。

即：
$$K = \frac{l}{L}$$

在实际使用中，还有绞入率的概念，即在一个成缆节距内绝缘线芯实际长度减去节距长度的差值与成缆节距长度之比称为绞入率。这是因为和导电线芯绞合时一样，成缆时当绝缘线芯沿螺旋线转过一个节距时，它的实际长度大于节距长度，因此将这个增加的长度与成缆节距长度之比称为成缆的绞入率，通常以百分比表示，如图 4-2 所示。

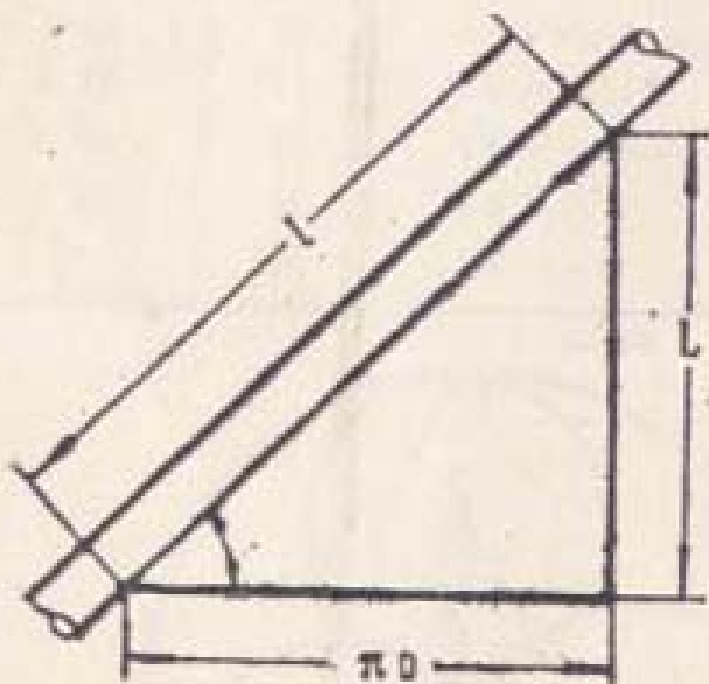


图 4-2 一个节距螺旋线展开图

$L$  为成缆节距， $D$  为成缆直径， $l$  为一个节距内绝缘线芯的实际长度。则绞入率可用下式表示：

$$\lambda = \frac{l - L}{L} \times 100\%$$

已知  $l = \sqrt{\pi^2 D^2 + L^2} = \sqrt{\frac{\pi^2}{m^2} + 1}$

式中  $m$ ——成缆节距倍数。

所以绞入率  $\lambda$  可写成：

$$\lambda = \left( \sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{m}\right)^2} - 1 \right) \times 100\%$$

由此可见，绞入率是由节距倍数决定的。节距倍数越小，绞入率越大。绞入率的增加，使成缆的导线电阻增加，同时也相应地增加了单位长度电缆导体材料和其他绝缘材料的消耗。

## 第二节 成缆工艺计算

通过成缆工艺计算来确定成缆的外径、成缆节距、包带节距、层数、宽度以及选配变换齿轮来达到计算结果的要求。

### 一、成缆外径计算

因电缆的绝缘线芯的形状、线径、芯数、排列方式不同，电缆成缆外径计算方法也不同。

1. 等圆形绝缘线芯成缆外径计算：

$$D = k d$$

式中  $D$ ——成缆外径(mm)；

$d$ ——绝缘线芯直径(mm)；

$k$ ——成缆绞合外径系数。

对于不同数量芯数的电缆，成缆绞合外径系数  $k$  值见表 4-3。

$$40 = 1 + 1 + 15 + 17$$

$$2 + 8 + 12 + 18$$

表 4-3 成缆绞合外径系数 K 值

电缆芯数	绞合规则	k 值	电缆芯数	绞合规则	k 值
2	2	2d	18	0+6+12	5d
3	3	2.154d	19	1+6+12	5d
4	4	2.414d	20	1+6+13	5.154d
5	5	2.7d	21	1+7+13	5.3d
6	6	2.8d	22	1+8+13	5.7d
7	1+6	3d	23	2+8+13	6d
8	1+7	3.3d	24	2+8+14	6d
9	1+8	3.7d	25	3+8+14	6.154d
10	2+8	4d	26	3+9+14	6.154d
11	3+8	4.154d	27	3+9+15	6.154d
12	3+9	4.154d	28	4+9+15	6.414d
13	4+9	4.414d	29	4+9+16	6.414d
14	4+10	4.414d	30	4+10+16	6.414d
15	5+10	4.7d	31	5+10+16	6.7d
16	5+11	4.7d	32	5+11+16	6.7d
17	0+6+11	5d	33	5+11+17	6.7d
			34	6+11+17	7d

成缆外径系数

k 值, 也可通过作图用三角关系求得。

例如三等芯电缆如图 4-3。

$$D = 2OE$$

$$= 2(EA + AO)$$

$$= 2\left(\frac{d}{2} + AO\right)$$

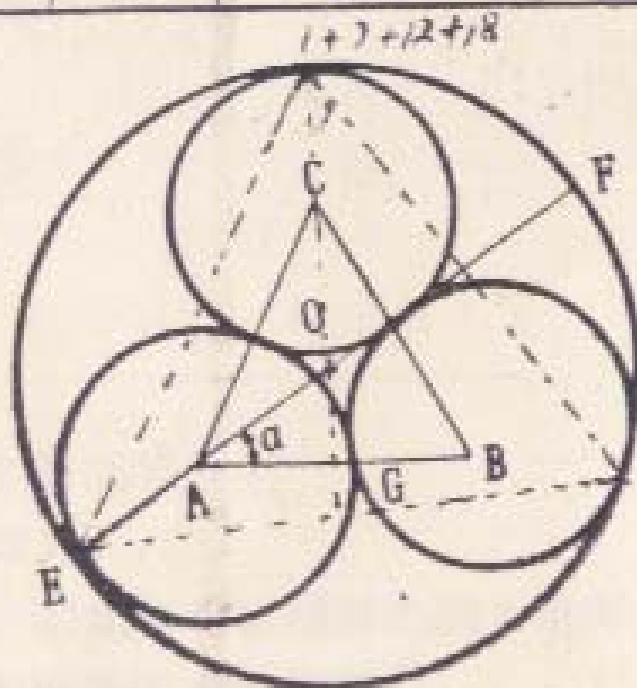


图 4-3 三等芯电缆成缆外径计算

△AOG中

$$AO = \frac{AG}{\cos\alpha} = \frac{\frac{d}{2}}{\cos 30^\circ} = \frac{\frac{d}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 0.577d$$

$$D = 2\left(\frac{d}{2} + 0.577d\right) = 2.154d$$

式中  $d$  —— 为绝缘线  
芯直径。

四等芯电缆如图4-4。

$$\begin{aligned} D &= EF = EB + BG \\ &+ GF = \frac{d}{2} + BG \\ &+ \frac{d}{2} = d + BG \end{aligned}$$

△BCG中

$$BG = \frac{BC}{\cos\alpha}$$

$$= \frac{d}{\cos 45^\circ}$$

$$= \sqrt{2}d$$

$$= 1.414d$$

$$D = d + BG$$

$$= d + 1.414d$$

$$= 2.414d$$

五等芯电缆如图4-5。

$$D = 2OE = 2(EA + AO)$$

$$= 2\left(\frac{d}{2} + AO\right)$$

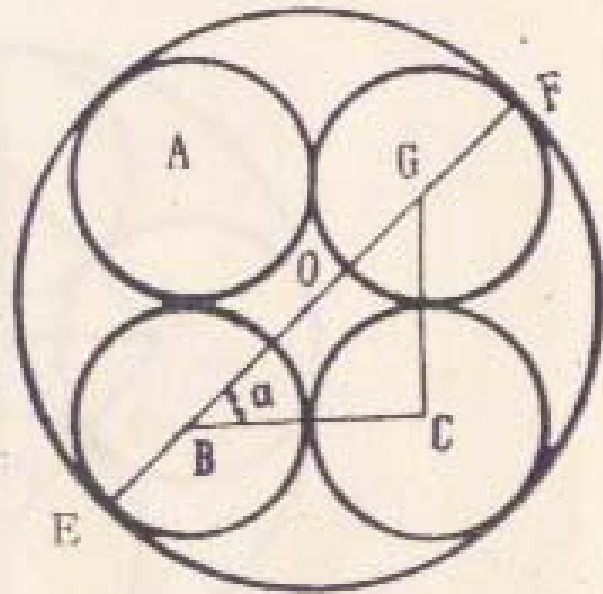


图 4-4 四等芯电缆成缆外径计算

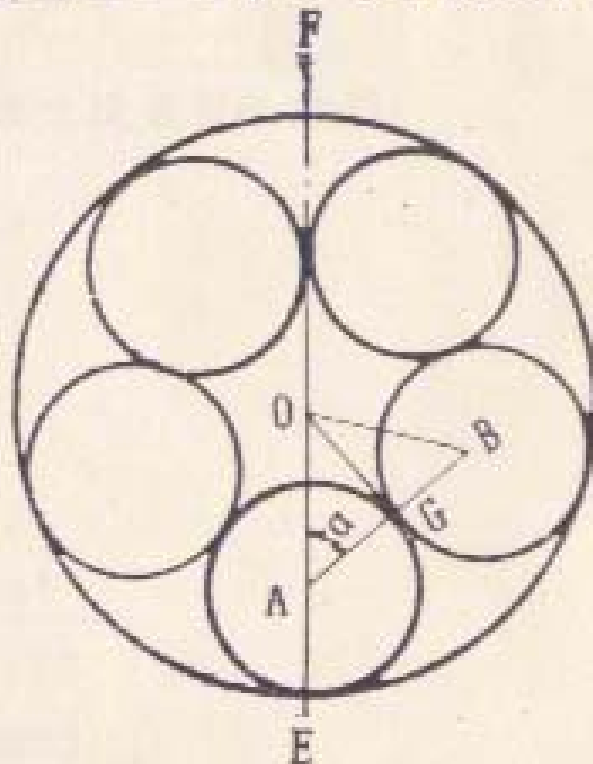


图 4-5 五等芯电缆成缆外径计算

△OAG中

$$AO = \frac{AG}{\cos\alpha} = \frac{\frac{d}{2}}{\cos 45^\circ} = \frac{d}{2 \times 0.588}$$

$$D = 2 \left( \frac{d}{2} + \frac{d}{2 \times 0.588} \right) = 2.7d$$

采用类似推导方法，即可计算出表 4-3 中所列芯数的成缆系数 k 值。这种电缆结构是最普遍最常见的一种形式，也可称为对称型电缆结构形式，比较多采用的是控制电缆、信号电缆、船用电缆等。

## 2. 不等圆形绝缘线芯成缆外径计算

构成这种电缆结构形式的多为移动式橡套电缆、中性点接地的电力电缆等，通常都是三个或两个同截面的工作线芯与一个截面较小的中性线芯合在一起，俗称三大一小或二大一小，绝缘线芯截面形状呈圆形。

二大一小电缆成缆外径的计算：

$$D = ad_1$$

式中  $a = \frac{b(b+1+\sqrt{b^2+2b})}{c-1+\sqrt{b^2+2b}}$ ；

$$b = \frac{d_2}{d_1}$$

$d_1$ ——工作线芯直径(mm)；*主芯*

$d_2$ ——中性线芯直径(mm)。

由于 b 值( $d_2/d_1$ )是已知的，因此与 b 值相对应的 a 值亦可按公式求得，然后即可计算出电缆的成缆外径 D。

为简便起见，a 与 b 的部分对应值列于表 4-4。



表 4-4 a 与 b 的部分对应值

b	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0
a	2.002	2.015	2.035	2.0588	2.088	2.120	2.1547

三大一小电缆结构示意图如图 4-6。

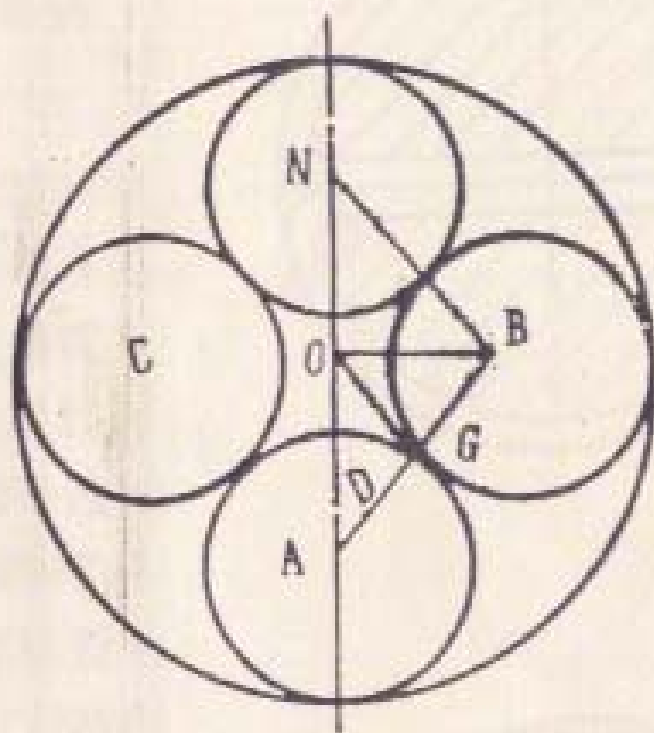


图 4-6 四芯不等直径电缆成缆示意图

这种电缆的成缆外径计算：

$$D = ad_1$$

$$\text{令 } b = \frac{d_2}{d_1}$$

根据三角公式推导可得：

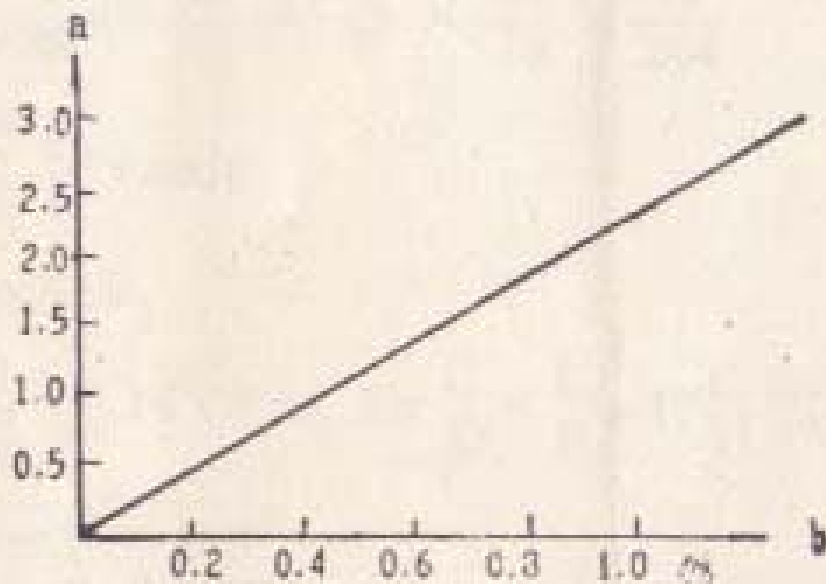
$$b = \frac{a^3 - 2a^2}{a^2 - a - 1}$$

式中  $d_2$ ——中性线芯直径(mm)；

$d_1$ ——工作线芯直径(mm)。

由于  $b$  值 ( $d_2/d_1$ ) 是已知的, 因此与  $b$  值相对应的  $a$  值可按上述公式求得, 即可计算出电缆的成缆外径  $D$ 。

为便于计算,  $a$  与  $b$  的对应值可从图 4-7 中查出,  $a$  与  $b$  的部分对应值见表 4-5。



4-7  $a$  与  $b$  的关系曲线

表 4-5  $a$  与  $b$  的部分对应值

$b$	0.367	0.4834	0.590	0.690	0.797	0.8897	0.970	1.000
$a$	2.100	2.155	2.200	2.250	2.300	2.350	2.400	2.414

### 3. 半圆形或扇形绝缘线芯成缆外径计算

用半圆形或扇形绝缘线芯构成的电缆芯, 有两芯 ( $180^\circ$ )、三芯 ( $120^\circ$ )、四等芯 ( $90^\circ$ )、不等四芯 ( $100^\circ$ ) 四种结构形式。两芯、三芯电缆结构如图 4-8 所示。

其成缆外径计算公式如下:

$$D = Mh(\text{mm})$$

式中  $h$  —— 绝缘线芯扇形高度 (mm);

$M$  —— 外径比, 见表 4-6。

表 4-6 半圆形或扇形电缆芯外径比

电缆芯数	2	3	4	3+1
M 值	2	2.11	2.2	2.31

### 三、计算举例

成缆的工艺计算，要根据电缆的结构、成缆节距允许范围、包带绕包角度范围和宽度以及机器传动规范的数据等进行计算。在允许范围内，尽量发挥机器的生产率，即有较高的线速度。以1+3/2400型成缆机为例进行计算如下：

#### 1. 主轴转速 $n$

$$n = 950 \times \frac{27}{102} = 251 \text{ r/min}$$

#### 2. 绞笼转速 $n_1$

$$n_1 = n \times \frac{A}{B} \times \frac{24}{44} \times \frac{20}{55} \times \frac{25}{125} = 0.96 \frac{\Lambda}{B} \text{ (r/min)}$$

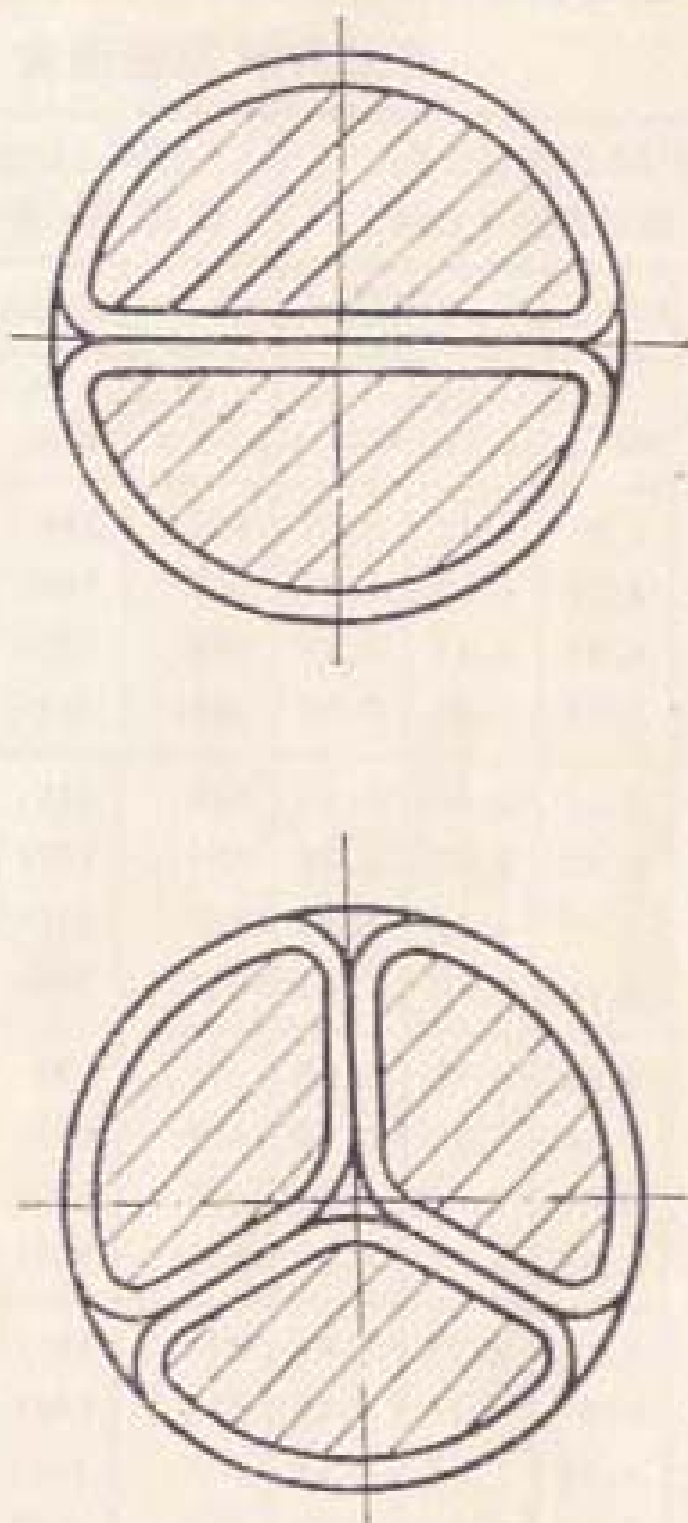


图 4-8 两芯、三芯电缆结构示意图

3. 绕包头转速  $n_2$

$$n_2 = n \times \frac{60}{60} \times \frac{M}{N} \times \frac{158}{165} = 240 \frac{M}{N} \text{ (r/min)}$$

4. 牵引轮转速  $n_1$

$$n_1 = n \times \frac{38}{88} \times \frac{C}{D} \times \frac{E}{F} \times \frac{15}{75} \times \frac{17}{204}$$
$$= 1.8 \frac{C}{D} \frac{E}{F} \text{ (r/min)}$$

5. 牵引轮线速度  $V_1$

$$V_1 = \pi D n_1 = 3.14 \times 3 \times 1.8 \times \frac{C}{D} \times \frac{E}{F} = 17 \frac{C}{D} \frac{E}{F} \text{ (m/min)}$$

6. 成缆节距  $L$

$$L = \frac{V_1}{n_1} = \frac{17BCE}{9.25ADF} = 1.84 \frac{BCE}{ADF} \text{ (m)}$$
$$= 1840 \frac{BCE}{ADF} \text{ (mm)}$$

7. 绕包带节距  $V$

$$V = \frac{V_1}{n_2} = \frac{17NCE}{240MDF} = 71 \frac{NCE}{MDF} \text{ (mm)}$$

8. 包带角度 ( $D_n$  为第  $n$  层包带外径)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V}{\pi D_n} \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{V}{\pi D_n}$$

9. 包带宽度

$$b = (V - e) \cos \alpha$$

式中  $D_n$ ——电线绕包后第  $n$  层直径(或相当于直径);

$b$ ——包带宽度;

c——为包带间隙；

V——绕包带节距。

从上面的计算，将各变换齿轮数据代入，可得到成缆节距和各部位转速，现将变换齿轮和节距表计算例子表4-7。

表4-7 齿轮速度与节距表

牵引轮 交换齿轮		线 速 度 (m/min)	按笼齿轮A/B转 速和成缆节距			绕包头齿轮M/N 转速和包带节距			
C/D	E/F		22/58	30/60	38.52	60/80	64/76	67/73	71/69
			3.0 r/min	4.63 r/min	6.76 r/min	180 r/min	202 r/min	221 r/min	247 r/min
24/72	36/50	4.08	1360	882	604	22.6	20.2	18.5	16.5
	40/46	4.94	1645	1067	731	27.4	24.6	22.4	20.0
	44/42	5.94	1980	1281	879	33.0	29.4	26.8	24.0
	48/38	7.15	2380	1543	1059	39.7	35.4	32.3	29.0
25/71	36/50	4.31	1437	930	638	23.9	21.3	19.5	17.4
	40/46	5.21	1738	1125	772	29.0	25.8	23.6	21.1
	44/42	6.27	2087	1354	928	34.8	31.0	28.3	25.4
	48/38	7.56	2520	1632	1120	42.0	37.4	34.2	30.6
26/70	36/50	4.54	1514	981	671	25.2	22.4	20.6	18.4
	40/46	5.50	1832	1169	814	30.6	27.2	24.9	22.3
	44/42	6.62	2205	1430	975	36.8	32.7	28.9	26.8
	48/38	8.00	2665	1728	1184	44.4	39.6	36.2	32.4
29/67	36/50	5.30	1768	1143	785	29.4	26.2	24.0	21.4
	40/46	6.40	2135	1381	947	35.6	31.6	28.9	25.0
	44/42	7.70	2565	1662	1140	42.8	38.1	34.8	31.2
	48/38	9.30	3100	2010	1375	51.6	46.0	42.1	37.6

现以0.6/1kV3×240mm<sup>2</sup>纸力缆为例，介绍工艺计算方法(计算数值作为参考值)；

### 1. 成缆外径

从结构表查出此电缆扇形高度为 18.3mm, 所以  $D_0 = 2.11 \times 18.3 = 38.6(\text{mm})$

### 2. 成缆节距选择

成缆节距比在 60~70 范围, 节距长度  $L = (60 \sim 70) \times 38.6 = 2316 \sim 2702(\text{mm})$

查齿轮速度节距表取  $L = 2665\text{mm}$

选择牵引轮  $C/D = 26/70$ ,  $E/F = 48/38$ , 线速度  $8\text{m}/\text{min}$ , 绞笼齿数  $A/B = 22/68$ ,

### 3. 包带层数和宽度

根据结构表要求, 带绝缘厚度为 0.6mm, 用 0.17mm 电缆纸, 带绝缘包带层数,

$$\frac{0.6}{0.17} = 3.529 \quad \text{取 4 层}$$

包带的宽度取决于成缆直径和包带绕包角, 包带应在一定范围内, 以保证绕包质量。包带用间隙绕包, 取间隙为 1.5mm, 查齿轮速度节距表, 与成缆节距相一致的选绕包头转速为  $\frac{M}{N} = 71/69$ , 纸包头为 247r/min, 包带节距为

32.4mm, 绕包角正切为,

$$\text{tg}\alpha = 32.4/3.14 \times 38.5 = 0.267$$

$$\alpha = 14.96^\circ \approx 15^\circ$$

包带宽度  $b = (32.4 - 1.5)\cos 15^\circ \approx 30(\text{mm})$

再核算外面一层包带的宽度, 包外层包带时电缆的直径为,  $38.6 + 2 \times 3 \times 0.17 = 39.62(\text{mm})$

外层包带绕包角正切为,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{32.4}{3.14 \times 39.62} = 0.2604$$

$$\alpha \approx 14.63^\circ$$

外层包带宽度

$$b = (32.4 - 1.5) \cos 14.63^\circ \approx 30 (\text{mm})$$

如果是重叠绕包，则应考虑间隙(或搭盖)  $e$ 。 $e$  的数值以绕包节距的倍数来表示：

$$e = KV$$

式中  $e$  —— 间隙搭盖；

$V$  —— 绕包节距；

$K$  —— 系数，一般选择 10% ~ 20%。

对于挤包绝缘电缆，成缆只不过去掉绕包绝缘，按结构表要求包塑料带等基层，计算的方法都是一样的，这样就可以算出不同规格的成缆节距、包带节距、包带层数和宽度以及相应的变换齿轮等。在实际使用时，这些数据已经列在工艺附表中，只有严格执行工艺，就能满足产品结构尺寸的要求。

### 第三节 填充、包带及干燥

#### 一、填充

绝缘线芯成缆时，其线芯与线芯之间均有一些空隙，特别是双芯、三芯、四芯和五芯成缆时，其内部和侧面的空隙均较大，如不用填充材料加以填充，很难保证成缆后电缆的圆整度，如图 4-9 所示。此外有些电缆，例如矿用电缆，在绝缘线芯中间放置硫化橡皮填芯，此填芯一方面起到填充作用，更重要的是增加了电缆的抗冲击和挤压强度，对纸绝缘

电缆还有阻止油的流动作用。对某些电缆的空隙不填充对其性能和寿命也无多大关系，但对其散热性能稍有影响。要求填料的耐热性能与电缆的工作温度相一致，要求不能促使与其接触材料的性能变化，还要求它具有不吸水性。对不同的电缆用不同的填充材料，填充用材料一般有纸捻绳、电缆麻、棉纱、塑料绳、橡皮填芯等。对于大多数电缆产品，国家标准规定应采用非吸湿性材料。对纸绝缘线芯一般采用纸捻或麻绳填充。对其他电缆多采用聚丙烯撕裂薄膜绳或塑胶条等填充。

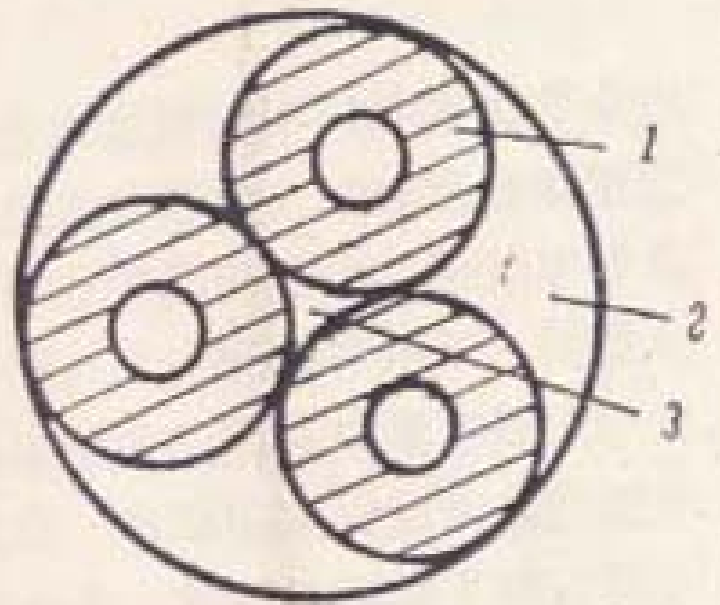


图 4-9 成缆填充

1—芯绝缘 2—侧边填充 3—中心填充

圆形绝缘线芯成缆后其空隙较大，对其填充的面积由下面的方法确定(绝缘线芯外径为  $d$ )：

二芯电缆侧面部分为  $2 \times 0.785d^2$

三芯电缆中心部分为  $0.04d^2$

三芯电缆侧面部分为  $3 \times 0.417d^2$

四芯电缆中心部分为  $0.215d^2$

四芯电缆侧面部分为  $4 \times 0.315d^2$

扇形纸绝缘线芯成缆时，中心与侧面的空隙与扇形圆角半径有关，一般按不同截面的线芯，选用不同号数的纸捻，其根数不作规定，以填圆整为准。



固体挤出绝缘扇形绝缘线芯成缆时，可以不填充。当然有特殊要求时也可以填充。这类的填充物要用与绝缘线芯具有同样耐温等级的非吸水性材料，较常用的是聚丙烯撕裂膜绳。

要绕包带绝缘的纸力缆绝缘线芯的填充，纸捻比麻绳要好，因为这些填充物处在电场作用下，纸捻的电气性能比麻好，同时麻中的杂质也较多。分相铅包电缆的填充物，纯属是为了电缆的圆整。处在电场作用之外。它一般用沥青、机油、羧酸铜等作防腐剂浸渍的电缆麻填充。并且也有不需填充饱满，以三角形成缆。但对钢丝铠装电缆，填充饱满以利于钢丝铠装紧实均匀。

## 二、包带

绕包带层。在成缆机上绕包的带绝缘、垫层、隔离层等统称为包带层。绕包有三种形式：重叠绕包、间隙绕包、衔接绕包，根据电缆结构和包带的作用选择。所谓重叠绕包是指后一圈绕包带有一部分压在前一圈绕包带之上。间隙绕包是指前后圈带彼此不相接触，有一间隙。衔接绕包是指绕包带边彼此相衔接的绕包方式。

带绝缘电缆在成缆时绕包绝缘层，是为了增加线芯对地的绝缘厚度。一般用0.17mm的电缆纸，间隙绕包，间隙范围在0.5~2.5mm。其绕包工艺与相绝缘工艺一样，只是纸带宽度比相绝缘纸带稍宽。但纸带太宽会包不紧并且弯曲时易撕裂或折皱。对于额定电压6~10kV及以上的纸力缆，在带绝缘外边要重叠绕包一层0.12mm厚的半导电纸屏蔽，有利于电场均匀。为了屏蔽的完整性，包括在允许的半径内弯

曲时，半导电纸也不至于脱开，纸带的重叠一般不小于其宽度的10%。

半导电纸的蔽屏作用，是使绝缘层表面与外面的零电位（铅层）良好的接触，尤其是在铅层变形时，绝缘层和铅层之间出现气隙，不致使气隙的气体发生局部放电。另外半导电纸中含有碳粒，它具有吸附作用，在电场的作用下，烷烃类油会放出气体，同时油与金属接触并长期在电场作用下，会产生老化，即产生氧化油和皂类，半导电纸能阻止这些老化产物从金属表面渗透到绝缘层中去，相对的提高了稳定性。

分相铅包电缆的成缆，仅将三根电缆绞合在一起，有各自独立完整的绝缘，所以它的包带层只是扎紧作用，常采用玻璃丝布重叠绕包，重叠率一般不小于20%。

挤包绝缘电缆的包带层较复杂。0.6~1kV的塑力缆，外护层无金属铠装的，成缆时用重叠绕包塑料带或无纺布带等扎紧，再挤塑料护套。外护层有金属铠装的要重叠绕包塑料带或无纺布带作垫层，防止铠装金属带时碰坏绝缘层。对于3.6~6kV的塑力缆，在成缆时重叠绕包0.1mm厚的铜带作屏蔽，也允许使用铝带绕包（除非各绝缘芯单独已有屏蔽外）。

### 三、预干燥

预干燥是纸绝缘电力电缆制造过程中的一个工艺环节，在绝缘线芯绞合成缆前进行，它对电缆的电气性能有一定影响。因此电缆纸在正常的环境下，含水份较多，在8%以上。众所周知，在电缆成缆时线芯与绝缘间存在着相对位移，而含水分高时，纸与纸的相对摩擦力增加，不容易位移，致使

潮湿的纸绝缘线芯成缆后容易起皱，绝缘皱会影响电缆的使用寿命，所以纸绝缘线芯在成缆前需进行预干燥，以使电缆绝缘光滑圆整。

预干燥在干燥罐内进行，采用混合加热方式，即罐壁夹层通以蒸汽，作为一个加热源。从线芯导体通以直流电，作为另一个加热源。这样两种方式联合加热，使绝缘中水分蒸发，再对罐内抽真空，去掉水分。预干燥工艺简述如下：

(1) 在大气压下采用蒸汽和电联合加热，罐内温度  $110 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ， $2 \sim 3\text{h}$ 。

(2) 真空干燥：罐内温度  $100 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，真空度  $3.9\text{MPa}$   $5\text{h}$ 。

(3) 电加热时，不同规格所需要电流值不同，一般线芯的电流密度每平方米在  $1.0 \sim 1.5\text{A}$  的范围。按照工艺附表执行，就能达到良好的效果。

## 第四节 扇形线芯成缆

圆形线芯的电缆采用退扭成缆，扇形线芯的成缆，有两种方式：一种是不退扭线芯(用固定式)成缆，另一种是退扭线芯(用浮动式)成缆。对于线芯不退扭的在成缆时，为了防止扇形线芯成缆过程中绝缘线芯的变形，采用固定式成缆，使扇形顶角始终对正电缆的几何中心，以保证成缆直径的圆整。为此扇形绝缘线芯必须进行弹性预扭。预扭的含义是：在线芯绞合压型时相反线芯按成缆节距进行扭转，并方向相反。放线芯逆成缆方向转过某一角度，使绝缘线芯有一个相反方向的弹性变形，扇形顶角对正电缆几何中心。预扭角度

的多少，不是以计算求知，是以经验掌握。放线盘到第一道压模的距离长，预扭的角度要大些，如现用的 $\phi 2400$ 型成缆机比 $\phi 1600$ 型成缆机的距离长，所以要多预扭一些。绝缘线芯的柔软度愈大，预扭的角度也要愈大；小截面的比大截面的预扭角度要大；同样规格的绞合线芯比单根线芯预扭角度大，一般对于在绞笼上的绝缘线芯预扭在半圈至三圈的范围。绞笼后面单独放线架上的扇形绝缘芯预扭角度较大些。对预扭角度略差些的，可利用调整压模架与分线板的距离少量的补偿。若预扭不足则把压模调节靠近分线板，反之预扭过头，则把压模调至远离分线板。但压模架到分线板的距离不能太小，如果距离太小，使绝缘线芯进模角度太大，容易使绝缘线芯弯曲半径过小，损伤绝缘或产生绝缘皱折，一般控制绝缘线芯进模角不大于 $45^\circ$ 。

另一种是线芯退扭的方法。它借助于绞制——绝缘机预扭设备的成缆，这种设备的传动系统如图4-10所示。绝缘线芯由右向左运动，通过紧压装置，由轴借链条和齿轮系统，使整个装置绕轴旋转。压辊绕轴的附加旋转是借锥形齿轮来达到的，这样线芯的前进运动和旋转运动能适当配合，很方便地得到了线芯预扭扭转。

线芯预扭是提高大截面扇形线芯电缆质量的一种方法，即在绞制线芯预扭，在成缆时它可以从根本上消除由于成缆时线芯变形而引起的损坏，同时减少一道预干燥的工序。

预扭绝缘线芯是螺旋形的不平坦的表面，为了保护绝缘，绞制绝缘设备应当用有橡皮压块的履带牵引装置或双牵引轮。

绝缘线芯的预扭角度是否合适，会影响电缆的对称性，

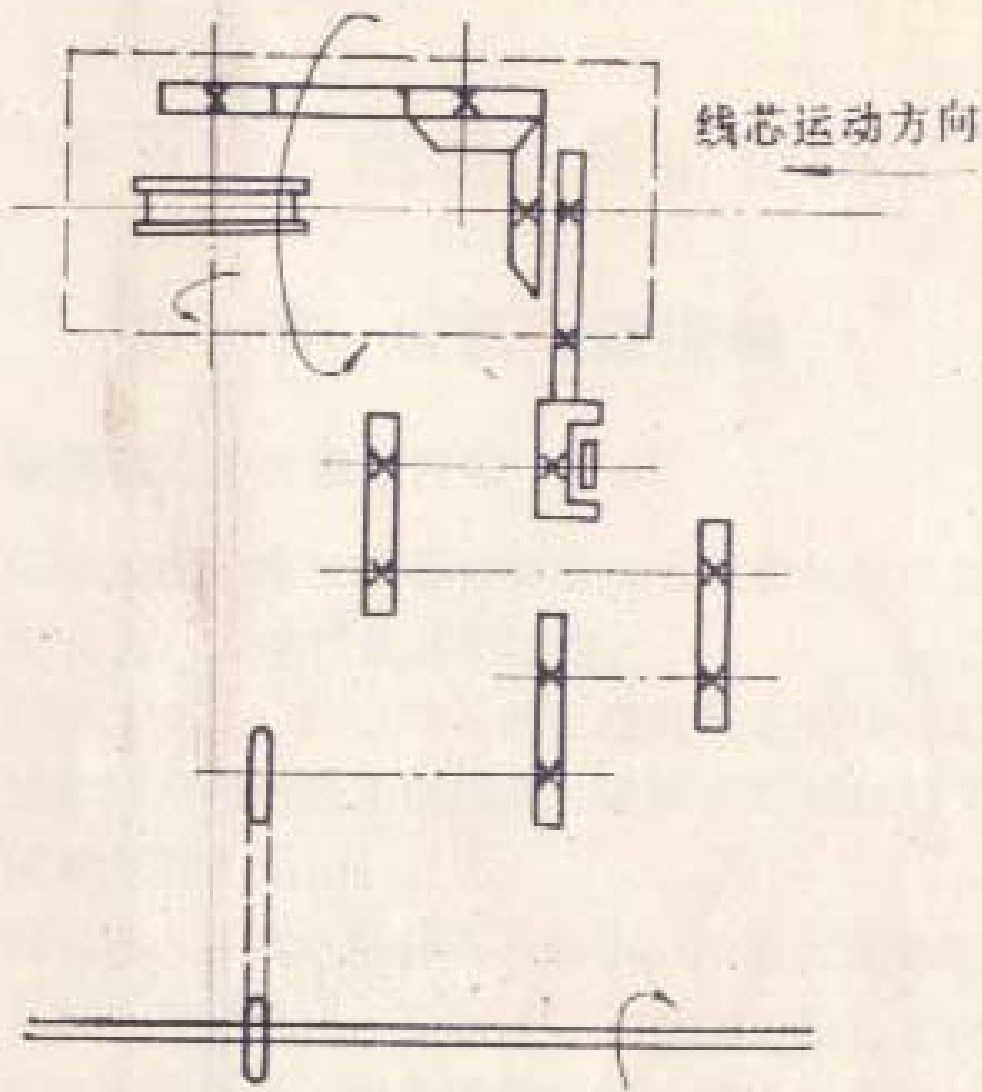


图 4-10 线芯扭绞

严重的还会引起扇形芯的翻身。因此，在成缆时用传感器来自动调节，避免上述问题的产生。

由于扇形和半圆形线芯成缆时的预扭，线芯将产生内应力。因此在第一道并线模中要产生很大的力来克服线芯的内应力。为了避免线芯变形而损伤绝缘，所以成缆时采用多道并线模来完成。通常纸绝缘线芯成缆第一道并线模较松，只是将绝缘线芯并拢，第二道或第三道并线模比较紧，成缆后马上进行绕包带绝缘或带扎紧，以防止绝缘线芯松开。因此要正确选择并线模的尺寸。通常第一道模的孔径比成缆外径

大1.0~3.0mm，它只起合拢作用，但要求各绝缘线芯合拢的位置要正确，不允许扇形线芯的翻身。第二道模的孔径比成缆外径小0~0.6mm，它是将已成缆的线芯进行一次紧压。第三道模孔的直径比成缆直径小0~0.4mm，这时包带模主要起定型作用。电缆从包带模出来后，立即绕包带层，包带与包带模的距离应尽可能的缩短，以防紧压好的成缆线芯松开。

综上所述，选择模具的尺寸，仅是一般的原则，实际使用模具时还要检查配模是否适宜；电缆在模内不能摆动，手转缆芯没有松动的感觉。压模和绝缘线芯摩擦产生热，压模的温度不应达到烫手的程度，绝缘线芯出压模后表面应光滑。

## 第五节 分相铅包电缆的成缆

对于分相铅包电缆的成缆，模孔要选择适当大些，一般第一道并线模孔直径比成缆直径大5~8mm，第二道并线模孔直径比成缆直径大2~3mm。对于塑力缆线芯的成缆，第一道模孔直径比成缆直径大1mm左右，第二道模孔径与成缆直径相同即可。总之，配模尺寸选择不是千篇一律，不同的成缆线芯各有所异，但对成缆总的要求是一样的，即成缆要紧密、圆整、对称，不损伤成缆线芯的表面。因此对不同线芯的成缆配模要按照工艺卡片的规定要求执行。

# 第五章 成缆的质量控制

## 第一节 成缆质量控制

### 一、纸绝缘线芯的质量控制

(1) 供成缆用的绝缘线芯必须有加盖检查员章的标签，线芯表面无灰尘、无损伤及其他脏物。

(2)  $70\text{mm}^2$  以上、 $6\sim 10\text{kV}$  的纸绝缘线芯必须经过预干燥，出罐后如因某种原因不能成缆，若停放时间超过工艺规定者，应回罐重新干燥。

(3) 成缆时，如纸绝缘线芯有损伤，凸起严重缺陷时必须修好，多层纸带返修时，必须逐层错开三个纸包节距。成缆过程不准擦伤芯绝缘，损伤纸带超过一层者必须修好。

(4) 成缆时应按 0、1、2、3 顺序排列，0 在 1 与 3 之间。

(5) 成缆不圆度不准超过其电缆外径的 4% (该值作为参考值，根据各厂具体规定说明)，成缆直径  $15\text{mm}$  及以下和四芯电缆不圆度不准超过 6% (该值作为参考值，根据各厂具体规定说明)，成缆的不圆度是以卡尺在同一截面上测得的最大与最小直径，并按下式计算：

$$\text{不圆度} = \frac{\text{最大外径} - \text{最小外径}}{\text{标称外径}} \times 100\%$$

(6) 成缆外径在整个制造长度上应一致，其外径的不均

半时，仍属成缆责任事故。

2) 6~10kV 电缆绝缘在同一个绕包头内，上下纸层出现重叠不超过一次者。

3) 纸带用错，但尚能保证绕包的质量规定（紧度、平整、搭盖等）者。

4) 间隙不超过3.0mm，或者有重叠不超过0.5mm，但能保证绕包平整者。

## 二、交联和塑料电缆的质量控制

(1) 绝缘线芯必须有检查合格的标签，绝缘线芯表面清洁，无损伤。

(2) 成缆时应按红、黄、绿、蓝或0、1、2、3顺序排列。

(3) 如有金属屏蔽，截面必须符合规定要求，并在金属屏蔽外用反向铜带或铜丝扎紧。金属屏蔽的铜带(或铜丝)的宽度、厚度(直径)、绕包节距等必须符合工艺附表规定。

(4) 三芯和四芯电缆的成缆方向为右向，包带为左向，成缆节距应符合工艺规定。

(5) 成缆填充饱满，保证电缆外形圆整，填充物必须是非吸水性材料，与电缆绝缘有同样的耐温等级，并且不促使与其接触材料性能的变化。

(6) 绕包带的作用不同，分别起扎紧、隔离、内衬垫的作用，或兼而有之，必须按工艺规定的层数、厚度、重叠率、节距进行绕包，包带平整、紧实、无皱折。

(7) 绕包带须非吸水性材料，与电缆相适应的工作温度，不促使与其接触材料性能的变化。

(8) 成缆按规定配模。成缆过程中，不得擦伤绝缘线芯。



率时，仍属成缆责任事故。

2) 6~10kV 电缆绝缘在同一个绕包头内，上下纸层出现重叠不超过一次者。

3) 纸带用错，但尚能保证绕包的质量规定（紧度、平整、搭盖等）者。

4) 间隙不超过3.0mm，或者有重叠不超过0.5mm，但能保证绕包平整者。

## 二、交联和塑料电缆的质量控制

(1) 绝缘线芯必须有检查合格的标签，绝缘线芯表面清洁，无损伤。

(2) 成缆时应按红、黄、绿、蓝或0、1、2、3顺序排列。

(3) 如有金属屏蔽，截面必须符合规定要求，并在金属屏蔽外用反向铜带或铜丝扎紧。金属屏蔽的铜带（或铜丝）的宽度、厚度（直径）、绕包节距等必须符合工艺附表规定。

(4) 三芯和四芯电缆的成缆方向为右向，包带为左向，成缆节距应符合工艺规定。

(5) 成缆填充饱满，保证电缆外形圆整，填充物必须是非吸水性材料，与电缆绝缘有同样的耐温等级，并且不促使与其接触材料性能的变化。

(6) 绕包带的作用不同，分别起扎紧、隔离、内衬垫的作用，或兼而有之，必须按工艺规定的层数、厚度、重叠率、节距进行绕包，包带平整、紧实、无皱折。

(7) 绕包带须非吸水性材料，与电缆相适应的工作温度，不促使与其接触材料性能的变化。

(8) 成缆按规定配模。成缆过程中，不得擦伤绝缘线芯。

在扇形绝缘线芯成缆过程中不得翻身。

(9) 绕包带材料厚度应均匀一致，不应有穿孔、凸起、皱折、孔眼及其他异常情况。

(10) 如用铜带屏蔽，铜带表面应光滑、清洁、无裂纹、起皮、起刺、边缘整齐。

(11) 二芯、三芯、四芯的不圆度不大于15%，3+1芯成缆不圆度不大于20%，整根电缆无明显蛇形。

(12) 分头处两头必须有明显标记，分头长度不超过1m，电缆的制造长度按标准规定。

(13) 收线盘具不得有损伤缆芯的缺陷，其盘径不小于电缆直径的20倍。

(14) 排线整齐、紧实，不得有起落交叉现象。

### 三、橡皮绝缘线芯成缆的质量控制

(1) 绝缘线芯的质量应符合工序中间控制标准，要求本工序重点检查绝缘线芯的结构尺寸、表面质量、打号号码清晰程度、分色情况、排线质量和配套长度。

(2) 填充橡皮、塑料垫芯的规格及要求应符合工艺附表规定。

(3) 填充用电缆麻、聚丙烯撕裂薄膜绳、棉纱的规格与根数应符合工艺附表要求。

(4) 绕包用材料的规格、宽度应符合工艺附表要求。

(5) 成缆线芯的芯数及截面、导线结构、绝缘厚度、绝缘分色、打号及标志、成缆节距及方向、填充材料及规格、包带材料及规格，应符合工艺附表要求。

(6) 成缆后导电线芯的公差应符合表5-1规定，成缆后

(10) 包带要平整无折，重叠率不少于 15%，接头处用胶水粘牢，塑料带和聚酯薄膜用粘带粘住。

(11) WCVF-4、WCHF-4 成缆后用卡普龙丝绕扎，绕包张力要均匀，电缆头要扎住。

(12) 成缆张力要均匀一致，成缆要圆整，对三大一小的橡套和矿用电缆要特别注意，防止护套起套和局部偏心。

(13) 成缆接头要牢固，接头大小不超过成缆外径，成缆接头时必须进行短路处理。

(14) 成缆接头要做标记，绕包玻璃布带的产品，在布带外还应刷色。

(15) 成缆收线盘应符合相应盘具标准要求，收线张力要均匀一致，排线要整齐，不准交叉起落，收线不能过满，线芯离盘边空隙不小于 50mm，电缆头应固定扎好。

(16) 电缆制造长度、短头长度应符合工艺附表要求。不符合标准长度的产品应立即处理，否则不得流入下道工序。

#### 四、成缆质量的保证

虽然各种类型的绝缘线芯成缆工艺各有所异，但保证成缆质量的内容大致是相同的。首先对半成品绝缘线芯和原材料进行认真检查，必须是合格的半成品和原材料才能上机投产。开车前必须检查设备正常完好才能使用。绝缘线芯的成缆节距、绕包带的宽度、厚度，绕包节距等，严格按照工艺附表执行。在成缆过程中要经常检查，绝缘线芯不能划伤，填充饱满，绕包带平整，成缆外径圆整和均匀度必须符合工艺规定。在成缆中如有接头应按规定作明显的标志，如有不合格品应立即处理。成缆过程中要按规定进行自检，并做好

(10) 包带要平整无折，重叠率不少于 15%，接头处用胶水粘牢，塑料带和聚酯薄膜用粘带粘住。

(11) WCVF-4、WCHF-4 成缆后用卡普龙丝绕扎，绕包张力要均匀，电缆头要扎住。

(12) 成缆张力要均匀一致，成缆要圆整，对三大一小的橡套和矿用电缆要特别注意，防止护套起套和局部偏心。

(13) 成缆接头要牢固，接头大小不超过成缆外径，成缆接头时必须进行短路处理。

(14) 成缆接头要做标记，绕包玻璃布带的产品，在布带外还应刷色。

(15) 成缆收线盘应符合相应盘具标准要求，收线张力要均匀一致，排线要整齐，不准交叉起落，收线不能过满，线芯离盘边空隙不小于 50mm，电缆头应固定扎好。

(16) 电缆制造长度、短头长度应符合工艺附表要求，不符合标准长度的产品应立即处理，否则不得流入下道工序。

#### 四、成缆质量的保证

虽然各种类型的绝缘线芯成缆工艺各有所异，但保证成缆质量的内容大致是相同的。首先对半成品绝缘线芯和原材料进行认真检查，必须是合格的半成品和原材料才能上机投产。开车前必须检查设备正常完好才能使用。绝缘线芯的成缆节距，绕包带的宽度、厚度，绕包节距等，严格按照工艺附表执行。在成缆过程中要经常检查，绝缘线芯不能划伤，填充饱满，绕包带平整。成缆外径圆整和均匀度必须符合工艺规定。在成缆中如有接头应按规定作明显的标志，如有不合格品应立即处理。成缆过程中要按规定进行自检，并做好

纸力缆绝缘线芯  
24

检验纪录，而且还要有检查员终检。交班时要把注意问题交待清楚，确保成缆的质量合格。

## 第二节 废品种类及防止方法

在成缆工序中，产生废品的种类和原因，不同类型的电缆有所不同，但从主要内容上，有相同之处，见表5-2。

表 5-2 成缆废品种类及防止方法

序 号	废品种类	产 生 原 因	防 止 办 法
1	线芯绝缘 损伤	1. 绝缘线芯下盘后运输和存放时撞伤 2. 绝缘线芯线盘在成缆过程中套圈勒伤绝缘 3. 成缆时操作不当而扭伤	1. 存放、搬运时勿使线芯绝缘受到碰撞 2. 线芯绝缘收线排放平整，发现套圈及时处理 3. 张力要适当
2	绝缘线芯 绝缘划伤、 压袋、压坏	1. 放线盘线嘴、导轮、压模内表面有毛刺或缺损 2. 放线张力太大，线嘴和导轮处被拉坏 3. 线芯绝缘局部粗大造成过模卡伤 4. 配模小 5. 压模中心没对正 6. 纸力缆绝缘线芯纸包松或凸起	1. 修理或更换线嘴、导轮、分线板、压模 2. 调整张力 3. 注意绝缘线芯质量 4. 选择适当压模 5. 校正压模 6. 提高纸力缆绝缘线芯质量

(续)

序号	废品种类	产生原因	防止办法
3	绝缘线芯上错和序号排错	操作者大意造成	注意检查, 正确操作
4	扇形绝缘线芯翻身	1. 预扭角不当 2. 放线盘上的线芯排线翻身, 线芯大, 分头下盘时线芯退扭造成翻身	1. 调整预扭角弹压模距线芯导轮的距离 2. 适当调整预扭角, 线芯放到线盘两侧板时要特别注意线芯进入压模角度。
5	成缆节距不符规定	工艺齿轮不正确	按工艺正确调整齿轮。
6	导线被拉细拉断	1. 放线张力过大 2. 导线啃夹线 3. 线芯绝缘上有包 4. 导线接头不平 5. 收线张力太大	1. 调节张力 2. 更换损坏的导线嘴 3. 注意检查绝缘线芯质量 4. 提高接头质量 5. 调节收线张力
7	成缆圆度超出允许范围	1. 压模大 2. 线芯进模角度不合适 3. 填充不满 4. 牵引轮的压轮压得太紧	1. 选合适压模 2. 调整压模和线芯导轮距离, 或放线预扭角 3. 合理填充 4. 调整压轮压力
8	成缆外径均匀度超出允许范围	1. 成缆节距大 2. 绕包带夹杂 3. 填充跳距和过多	1. 按规定倍数生产 2. 修理好包带 3. 控制好填充

(续)

序号	废品种类	产生原因	防止办法
9	成缆后电缆成蛇形	1. 放线张力不均匀 2. 成缆节距不当 3. 收线排线乱压成蛇带	1. 调整放线张力 2. 调整节距 3. 注意排线紧密整齐
10	绕包带(包括带绝缘)间隙或重叠率超出允许范围	1. 带材宽度不对 2. 起停车时间隙或搭盖变化 3. 齿轮换错	1. 更换带材 2. 设备不正常, 检修设备 3. 调整齿轮
11	包带(或带绝缘)负	1. 带材厚度用错 2. 缺层	1. 检查带材宽度和厚度, 如不对即更换 2. 如数补上
12	包带(或带绝缘)划伤和损坏	1. 楔子不光滑, 锥口弧度小 2. 拨线环和分线板有损坏而擦伤包带	1. 选择良好的楔子 2. 修理拨线环和分线板, 消除缺陷。
13	金属屏蔽松散, 截面不够	1. 张力小 2. 节距不当 3. 材料规格不符合要求	1. 调整张力 2. 调整节距 3. 检查材料, 不符的更换