

送电工人施工手册

中国电力出版社

送电工人施工手册

杜玉清等

•

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

•

787×1092毫米 32开本 13印张 285千字
1987年12月第一版 1987年12月北京第一次印刷

印数00001—21130册 定价3.90元

科技新书目, 146-194

书号 15143·6237

内 容 提 要

本手册主要介绍架空送电线路施工中常用的基本技术知识、施工方法、施工标准与要求以及有关的技术数据、计算公式和设备材料等。内容包括：架空送电线路基本知识、施工测量、工地运输、杆塔基础的施工、杆塔的组装与起吊、导线与避雷线的架线安装以及接地装置的施工等。

本手册供架空送电线路施工工人使用，也可供有关线路施工安装人员参考。

100010

前 言

为了适应电力工业发展的要求，满足广大送电工人及有关线路施工安装人员的急需，特编写了《送电工人施工手册》一书。书中主要介绍了架空送电线路施工中常用的基本技术知识、施工方法（包括新方法、新工艺及有关标准要求）和有关技术数据、计算公式和施工机具与设备材料等。本书是吸取各有关施工单位的实践经验，结合编者在线路施工安装中的一些体会写成的。在编写中，力求内容简明实用、通俗易懂并注意准确性及普及性。

本书系湖北省电力工程三处初编；湖南省送变电建设公司作了改编；最后由华北电力设计院杜玉清对全稿进行了整理、修改和定稿工作。水电部基建司送变电处李博之、四川省电力局送变电工程公司、吉林送变电公司、广西电力基建公司、北京送变电公司有关同志对该稿进行了审阅，在此一并致谢。

由于作者水平所限，对书中不足之处，期望读者指正。

编 者

1986年1月

目 录

前言

第一章 架空送电线路基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 避雷线	4
第三节 导线	6
第四节 金具和绝缘子	11
第五节 杆塔	21
第六节 拉线和杆塔基础	27
第七节 安全距离	33
第八节 路径选择	38
第二章 施工测量	41
第一节 测量工具和仪器	41
第二节 测量基本方法	46
第三节 施工测量	50
第四节 杆塔中心位移计算	61
第三章 工地运输与装卸	63
第一节 工地运输道路	63
第二节 材料重量及器材堆放	65
第三节 电杆的支吊方式和重量	65
第四节 钢丝绳吊索的选用和绳结	72
第五节 工地运输方式和装卸	79
第六节 安全注意事项	87
第四章 基坑开挖	92
第一节 基坑开挖方法	92

第二节	基坑开挖注意事项及坑口尺寸	94
第三节	炸药爆破的一般知识	98
第四节	基坑操平	106
第五节	土石方体积计算	110
第五章	基础施工	111
第一节	混凝土	111
第二节	现浇混凝土施工	133
第三节	预制基础施工	146
第四节	岩石基础施工	151
第五节	爆沉、爆扩桩施工	155
第六节	灌注桩	157
第七节	打桩基础	164
第八节	基础找正	168
第六章	钢筋混凝土杆的组装和起吊	171
第一节	排杆	171
第二节	杆段的焊接	174
第三节	电杆地面组装	178
第四节	独脚抱杆起吊法	181
第五节	固定人字抱杆起吊法	186
第六节	电杆吊点位置	191
第七节	倒落式人字抱杆起吊法	193
第七章	铁塔的组装和起吊	213
第一节	铁塔的地面组装	214
第二节	外拉线抱杆分解组塔	216
第三节	内拉线抱杆分解组塔	233
第四节	双小抱杆分解组塔	246
第五节	倒落式人字抱杆组塔	262
第六节	倒装组立铁塔	266
第八章	起重工具	272

第一节	白棕绳	272
第二节	钢丝绳	278
第三节	滑轮	282
第四节	抱杆	291
第五节	双钩紧线器和卸扣	298
第六节	手推绞磨	300
第七节	地锚和桩锚	301
第九章	导线和避雷线的展放	305
第一节	放线前的准备工作	305
第二节	放线方法	314
第三节	放线通信联系	321
第四节	放线工作注意事项	323
第五节	导线和避雷线损伤及其处理标准	325
第十章	导线和避雷线的连接	328
第一节	钳压连接	328
第二节	液压连接	332
第三节	爆炸压接	340
第四节	导线或避雷线连接的一般要求	357
第五节	安全注意事项	358
第十一章	紧线和附件安装	361
第一节	紧线前的准备工作	361
第二节	弧垂观测的一般要求	362
第三节	弧垂观测方法	365
第四节	紧线	373
第五节	附件安装	381
第十二章	接地装置施工	391
第一节	接地装置	391
第二节	接地电阻的测量	397
第三节	土壤电阻率的测量	400
常用计量单位名称符号和换算		402
参考文献		403

第一章 架空送电线路基本知识

第一节 概 述

一、架空线路特点

发电厂生产的电能可采用两种方式输送到负荷中心或用户，即架空输电或电缆输电。利用金具和绝缘子将导线悬挂在杆塔上，并使导线对地面和建筑物等保持一定的距离而传输电能的设施，统称为架空电力线路。一般将电压在 10kV 及以下的线路称为配电线路，电压在 35kV 及以上的称为送电线路（或称输电线路），采用电缆（电缆敷设在地下、排架上或电缆隧洞中）传输电能的线路，称为电缆线路或称电力电缆线路。架空线路与电缆线路相比较，具有以下特点：

（1）架空线路所用设备、材料简单，便于加工制造，价格低廉，工程投资较少；

（2）架空线路本身结构简单，便于施工安装，工程建设速度快；

（3）全部线路为露天设置，容易发现缺陷和事故点，便于巡视、检查和维修；

（4）事故处理较快，从而减少停电时间和电力损失，保证尽快恢复送电；

（5）容易遭受雷击、自然灾害和外力破坏，故发生事故的机会较多；

（6）对线路附近的电台、雷达、通信线、铁路信号线等弱电设施的干扰影响程度较电力电缆线路严重；

(7) 带电导线露置空间，因此对建筑物、地面等需保持一定的安全距离，故线路占地面积和空间较大，影响土地的充分利用。

电力电缆线路受雷击、自然灾害及外力破坏的机会较少，故供电可靠性高。但电缆的制造、施工、事故检查和事故处理都比较困难，工程造价高，投资昂贵（约为架空线路的几倍或更高），所以世界各国多采用架空线路，只有个别不能采用架空线路的局部地方，才考虑采用电缆线路。

二、线路的组成

架空送电线路的组成如图 1-1 所示，其主要组成部分有避雷线 1，导线 2，金具 3，绝缘子 4，电杆 5，基础 6 和防振锤 7 等。

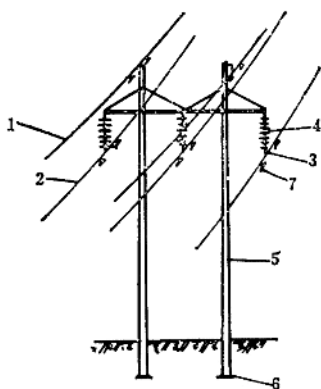


图 1-1 线路组成示意图

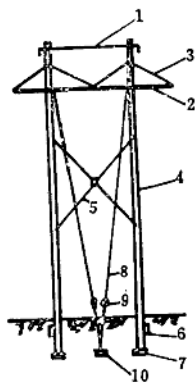


图 1-2 电杆结构

三、杆塔各部名称

图 1-2 所示为电杆结构示意图，其各部分的名称：1 为避雷线横担，2 为导线横担，3 为吊杆，4 为主杆，5 为叉

梁, 6 为卡盘, 7 为底盘, 8 为拉线, 9 为拉线棒, 10 为拉线盘。

图1-3为铁塔结构单线图, 其中A、B、C、D、E、F分别为避雷线支架、横担、上曲臂、下曲臂、塔身和塔腿部分, ABCD四个部分总称为塔头; G为斜材, H为主材, J为联板。

四、线路电压和送电能力

送电线路的送电能力(送电容量和送电距离)与线路电压高低和导线截面大小及电力系统的组成等有关。当送电容量和送电距离一定时, 电压愈高线路上的电流愈小。因此, 可以选用小截面的导线, 节省有色金属。但是, 由于线路电压高, 线路及其两端的电气设备(如变压器、断路器等)需

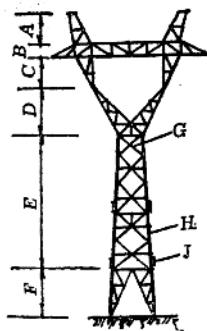


图 1-3 铁塔结构单线图

具有很高的绝缘强度, 从而加大了线路杆塔尺寸和电气设备制造的困难并可能使整个工程投资增加。所以应通过技术经

表 1-1 各级电压合理的送电容量和送电距离

额定电压 (kV)	送电容量 (MW)	送电距离 (km)
35	2.0~10	20~50
110	10~50	50~150
220	100~500	100~300
330	200~1000	200~600

济比较，确定经济合理的电压。一般来说，送电容量愈大、线路愈长，采用高电压比较有利。目前我国送电线路的电压等级为 35、60、110、154、220、330、500kV。

根据实践经验，各级电压的合理送电容量和送电距离如表1-1所列。

第二节 避 雷 线

一、避雷线的作用及与杆塔的连接

避雷线架设在杆塔顶部，其作用是保护线路导线，以减少雷击机会、提高线路耐雷水平、降低线路雷击跳闸次数，从而提高线路运行的安全可靠，保证连续供电。

根据线路的重要性以及线路通过地区的雷电活动情况，每条线路可在杆塔上架设一条或两条避雷线，同时将避雷线

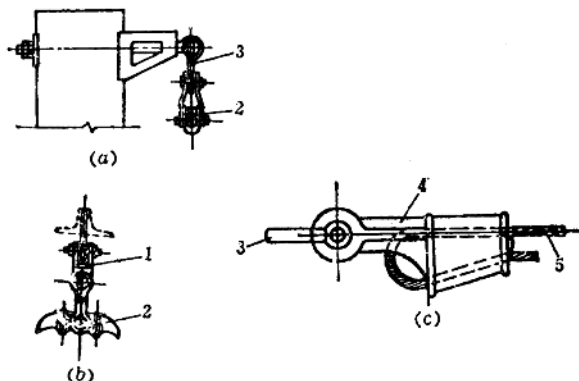


图 1-4 避雷线与杆塔的连接方式

1—直角挂板；2—悬垂线夹；3—U型挂环；4—楔型线夹；5—避雷线

逐基杆塔接地，以便将雷电流引入大地。

避雷线与杆塔的连接方式如图1-4所示。图1-4(a)为与电杆连接的悬垂方式，图1-4(b)为与铁塔连接的悬垂方式，图1-4(c)为耐张方式。

二、避雷线型号的选择

避雷线应具有较高的机械强度和疲劳强度，良好的耐腐蚀和热稳定性能。根据运行经验，避雷线的型号，可按线路

表 1-2 避雷线与导线配合表^[1]

导线型号	LGJ-35	LGJ-95	LGJ-240	LGJ-400
	LGJ-50	LGJ-120	LGJ-300	LGJQ-500及以上
	LGJ-70	LGJ-150		
		LGJ-185	LGJQ-240	
		LGJQ-150	LGJQ-300	
		LGJQ-185	LGJQ-400	
避雷线型号	GJ-25	GJ-35	GJ-50	GJ-70

表 1-3 镀锌钢绞线规格及机械物理特性^{[1][2]}

标称 截面 (mm ²)	计算 截面 (mm ²)	计算 直径 (mm)	股数/每 股直径	每公里 重量 (kg/km)	瞬时破 坏应力 (N/mm ²)	钢丝拉 断力 总和 (N)	弹性 系数 (kN/mm ²)	热膨胀 系数 (1/°C)	比重
25	26.6	6.6	7/2.2	227.7		31281			
25	25.21	6.5	19/1.3	214.7		29645			
35	37.15	7.8	7/2.6	318.2		43688			
50	49.46	9.0	7/3.0	423.7		58163			
50	48.32	9.0	19/1.8	411.1	1176	56820	181.3	11.5×10^{-6}	7.8
70	72.19	11.0	19/2.2	615		84887			
100	100.83	13.0	19/2.6	859.4		118570			
120	116.93	14.0	19/2.8	995.0		137503			
120	116.18	14.0	37/2.0	981.0		136621			

的导线型号及避雷线与导线的配合，由表 1-2 选择，详见参考文献[1]。

三、避雷线规格及机械物理特性

通常采用镀锌钢绞线作为避雷线，其规格及机械物理特性如表 1-3 所列，其中每股直径的单位为 mm。详见参考文献[2]和[1]。

第三节 导 线

一、导线型号及规格

输电线路的导线是载电流部分。因此，要求导线不但具有较高的机械强度、疲劳强度和耐腐蚀性而且还应具有优良的导电性能，以提高线路的输送能力。此外，导线所用材料的重量要轻，价格低廉，容易生产等。目前列入国家标准的导线型号如表 1-4 所列。详见参考文献[3]。

表 1-4 导 线 型 号 表^[3]

型 号	名 称
LJ	铝 绞 线
LGJ	钢 芯 铝 绞 线
LGJQ	轻型 钢 芯 铝 绞 线
LGJJ	加强型 钢 芯 铝 绞 线

另外还可生产表 1-4 所列的各种型号的防腐铝绞线和防腐钢芯铝绞线。

表中各字母的代号意义为 L——铝，G——钢，J——

表 1-5

LJ 型 铝 绞 线 规 格⁽¹⁾

标 称 截 面 (mm ²)	铝 截 面 (mm ²)	股 数/每 股 直 径	外 径 (mm)	制 造 长 度 (不小于) (m)	单 位 重 量 (kg/km)
10	10.10	3/2.07	4.46	4500	27.6
16	15.89	7/1.70	5.10	4500	43.5
25	24.71	7/2.12	6.36	4000	67.6
35	34.36	7/2.50	7.50	4000	94.0
50	49.48	7/3.00	9.00	3500	135
70	69.29	7/3.55	10.65	2500	190
95	93.27	19/2.50	12.50	2000	257
95 ⁽¹⁾	94.23	7/4.14	12.42	2000	258
120	116.99	19/2.80	14.00	1500	323
150	148.07	19/3.15	15.75	1250	409
185	182.80	19/3.50	17.50	1000	504
240	236.36	19/3.98	19.90	1000	652
300	297.57	37/3.20	22.40	1000	822
400	397.83	37/3.70	25.90	800	1099
500	498.07	37/4.14	28.98	600	1376
600	603.78	61/3.55	31.95	500	1669

绞或加强，Q——轻型。

各种型号的导线规格如表 1-5~表 1-8 所列。表中注有 (1) 符号的标称截面，为导线改型结构的标称截面；每股直径的单位为 mm。

架空送电线路，除使用上述各种型号的导线外，尚有铜绞线、铝镁合金绞线、铝包钢绞线等。但由于铜、铝镁合金、铝包钢等绞线价格昂贵，制造工艺困难，材料来源缺乏等原因未得到广泛应用，也未列入国家标准，在实际工程中可根据需要向生产厂家订货。

表 1-6

LGJ型钢芯铝绞线规格^[3]

标称 截面 (mm ²)	截 面 (mm ²)		铝 钢 截面比	股数/每股直径		外径(mm)		制造长度 不小于 (m)	单 位 重 量 (kg/km)
	铝	钢		铝	钢	导线	钢芯		
10	10.60	1.77	6.0	6/1.50	1/1.50	4.50	1.5	1500	42.9
16	15.27	2.54	6.0	6/1.80	1/1.80	5.40	1.8	1500	61.7
25	22.81	3.80	6.0	6/2.20	1/2.20	6.60	2.2	1500	92.2
35	36.95	6.16	6.0	6/2.80	1/2.8	8.40	2.8	1000	149
50	48.26	8.04	6.0	6/3.20	1/3.2	9.60	3.2	1000	195
70	68.05	11.54	6.0	6/3.80	1/3.8	11.40	3.8	1000	275
95	94.23	17.81	5.3	28/2.07	7/1.8	13.68	5.4	1500	401
95(1)	94.23	17.81	5.3	7/4.14	7/1.8	13.68	5.4	1500	398
120	116.34	21.99	5.3	28/2.30	7/2.0	15.20	6.0	1500	495
120(1)	116.38	21.99	5.3	7/4.60	7/2.0	15.20	6.0	1500	492
150	140.76	26.61	5.3	28/2.53	7/2.2	16.72	6.6	1500	598
185	182.40	34.36	5.3	28/2.88	7/2.5	19.02	7.5	1500	774
240	228.01	43.10	5.3	28/3.22	7/2.8	21.28	8.4	1500	969
300	317.52	59.69	5.3	28/3.80	19/2.0	25.20	10.0	1000	1348
400	382.40	72.22	5.3	28/4.17	19/2.2	27.68	11.0	1000	1626

表 1-7

LGJQ型轻型钢芯铝绞线规格^[3]

标称 截面 (mm ²)	截面(mm ²)		铝 钢 截面比	股数/每股直径		外径(mm)		制造长度 不小于 (m)	单 位 重 量 (kg/km)
	铝	钢		铝	钢	导线	钢芯		
150	143.58	17.81	8.0	24/2.76	7/1.8	16.44	5.4	1500	537
185	176.50	21.99	8.0	24/3.06	7/2.0	18.24	6.0	1500	661
240	253.88	31.67	8.0	24/3.67	7/2.4	21.88	7.2	1500	951
300	279.84	37.16	8.0	54/2.65	7/2.6	23.70	7.8	1000	1116
300(1)	298.58	37.16	8.0	24/3.98	7/2.6	23.72	7.8	1000	1117
400	397.12	49.48	8.0	54/3.06	7/3.0	27.36	9.0	1000	1487
400(1)	398.86	49.48	8.0	24/4.60	7/3.0	27.40	9.0	1000	1491
500	478.81	59.69	8.0	54/3.36	19/2.0	30.16	10.0	1000	1795
600	580.61	72.22	8.0	54/3.7	19/2.2	33.20	11.0	1000	2175
700	692.23	85.95	8.0	54/4.04	19/2.4	36.24	12.0	1000	2592

表 1-8

LGJJ型加强型钢芯铝绞线规格^[3]

标称 截面 (mm ²)	截面(mm ²)		铝 钢 截面比	股数/每股直径		外径(mm)		制造长度 不小于 (m)	单 位 重 量 (kg/km)
	铝	钢		铝	钢	导线	钢芯		
150	147.26	34.36	4.3	30/2.50	7/2.5	17.5	7.5	1500	677
185	184.73	43.10	4.3	30/2.80	7/2.8	19.60	8.4	1500	850
240	241.27	56.30	4.3	30/3.20	7/3.2	22.40	9.6	1500	1110
300	317.35	72.22	4.4	30/3.67	19/2.2	25.68	11.0	1000	1446
400	409.72	93.27	4.4	30/4.17	19/2.5	29.18	12.5	1000	1868

二、相分裂导线

一般线路每相采用一根导线，所谓相分裂导线系指每相采用相同截面相同型号的两根或三根及以上的导线。相分裂导线的每根导线叫子导线（或称分裂导线），子导线之间的距离叫做分裂导线的间距。如图 1-5 为双分裂导线排列示意图，图中 1 为子导线，2 为间隔棒。

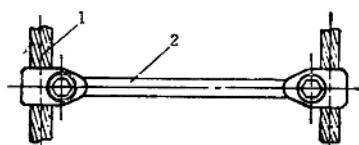


图 1-5 双分裂导线排列示意图

相分裂导线多用于电压为330kV及以上的线路。目前，由于送电容量不断增加，为了减少线路的回路数和线路走廊占地面积，有时220kV线路也采用双分裂导线。

采用分裂导线可提高线路送电容量，减少电晕损耗和对

无线电等的干扰。例如：在每相导线截面相等的条件下，若将单根导线改用两分裂导线，送电容量可增加21%。

三、导线安全系数

为了保证导线具有足够的机械强度，在导线的机械计算时，必须引入一定的安全系数。根据我国线路的多年运行经验，导线（或避雷线）的设计安全系数不应小于2.5。导线的安全系数可用下式计算：

$$K = \frac{\sigma_p}{\sigma_{max}} \quad (1-1)$$

表 1-9 导线的机械物理特性^①

导线种类		机械物理特性	瞬时破坏应力 ^① (N/mm ²)	弹性系数 (kN/mm ²)	热膨胀系数 (1/°C)	比重	
钢芯铝绞线	LGJ-70及以下		264.6	78.4	19×10 ⁻⁶	—	
	LGJ-95~400		284.2				
轻型钢芯铝绞线	LGJQ-150~300		245	72.52	20×10 ⁻⁶		
	LGJQ-400~700		235.2				
加强型钢芯铝绞线	LGJJ-150~240		303.8	81.34	18×10 ⁻⁶		
	LGJJ-300~400		313.6				
铝绞线	7股	股径≤3.5mm	147	58.8	23×10 ⁻⁶		2.7
		股径>3.5mm	137.2				
	19股	股径≤3.5mm	147	55.86			
		股径>3.5mm	137.2				
	37股		137.2	55.86			
	61股		132.2	53.9			

① 对型钢芯铝绞线，系指综合瞬时破坏应力。