

电力建设工程经济专业培训教材

第五册

输电线路专业

电力工业部建设协调司 编

DIANLI JIANSHE
GONGCHENG

ING

I

ZHUANYI

水利电力出版社

培训教材

07.61

5

电 力 建 设 工 程
经济专业培训教材

第 五 册
输 电 线 路 专 业

本册主编 李 旭

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

内 容 提 要

本书为《电力建设工程经济专业培训教材》的第五册——输电线路专业，主要介绍了送电线路的基础知识，送电线路设计、施工以及概预算编制方面的知识。基础部分包括架空线路、电缆线路、直流输电基础；概预算部分包括送电工程概预算项目划分和编制依据、工程量计算、概预算书的组成及编制程序等，并在此基础上给出了一个送电工程概预算的案例。本书可供从事电力建设工程经济工作的人员参考。

电力建设工程经济专业培训教材
第五册 输电线路专业
电力工业部建设协调司 编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号)

各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 7.625 印张 169 千字

1995 年 6 月第一版 1995 年 6 月北京第一次印刷

印数 0001—8110 册

ISBN 7-120-02426-4/TM·657

定价 20.90 元

前言

由于电力建设事业的发展,从事电力建设工程经济专业的人员越来越多。在这些人员中,有些是从工程建设其它专业转来的,亦有一些是从各专业毕业后直接从事这方面工作的。这些人员渴望能有一部既有一定理论水平,又有一定实践经验的教学参考书来系统地丰富自己的工程经济专业方面的基础知识,并指导实际工作。随着社会主义市场经济的发展、新财会制度实施和工程经济管理模式逐步向国际靠拢,工程经济工作所涉及的范围亦更加广阔,即使是在电力建设工程经济专业工作多年的人员,也需要增补很多相关知识,熟悉新的情况,学习新的理论,进行新的实践。为此,原能源部基建司确定,组织力量编制这套培训教材。

1992年11月,基建司将这套教材的编写任务委托给北京动力经济学院牵头完成。北京动力经济学院从院内外遴选专家组成编写组起草编写大纲。1993年2月,在厦门召开全国电力建设定额站长和直属设计院技经处长会议,对教材编写大纲进行了审议;编写组依照修编大纲提出了教材初稿;1993年9月,电力部建设司召集各集团公司、直属设计院、部分省局、省院和施工企业、大专院校的工程经济专家在海拉尔进行了审查;之后,又组织了各方面专家在北京动力经济学院与编写人员进行了沟通、交流和探讨。在这个基础上,编写组完成了修改稿。电力部建设司于1994年4月再次邀集各集团公司、直属院、部分省局、省院和施工企业、大专院校工程经济专家对修改稿进行了审查。编写小组按照审查的意见作了修改、删简和补充,完成了报批稿。部建设协调司将此稿送交有关专家再次审阅,并请编写组完成最终修改,现拟印发给大家。

这套教材是为具有中等以上文化程度从事电力工程经济管理工作的在职人员再教育而编写的。可供从事电力建设各级领导人员、工程人员、技术经济人员和大专院校相关专业师生作学习参考读物。同时,亦将作为电力建设预算工作人员考核认证的培训教材。教材主要包括三方面内容:工程技术专业基础知识、工程经济专业基础知识、相关专业基础知识。在编写中力求能更好地吸取以往类似教材优点,使之更加充实、更加切合实际,选材力求广泛,案例力求实际并具有代表性,使之能较充分地反映和符合当前政策、法规和文件的规定。这套教材共分八册,即总论、土建专业、机务专业、电气专业、输电线路专业、工程经济分析、经济合同、施工企业会计。

为把这套教材编制工作做好,在编写中实行编审领导小组领导下的主编负责制。编审领导小组组长:刘本粹;副组长:卢元荣、周志芳;成员:吴瞻宇、孟加丰、孙宗诚;主审:周志芳;顾问:朱思义。北京动力经济学院谢传胜任本套教材主编。在编写过程中,部建设协调司组织各集团公司、省公司、直属院、省院、施工企业提供素材,并请中国工程造价管理协会副理事长朱思义高级工程师(教授级)、中国人民大学管理工程系主任王志儒教授以及张福银、吴锡钹、崔宏旺、齐广信、夏国忠、朱永修、王琨、卢士顺、邱仲文、李

彦波、王仲明等专家对教材进行了审议。在此，仅向提供素材并参与审查的所有人员表示感谢，对于在本教材中吸收和引用的一些专著的论述，各个分册的执笔人将分别注明出处，在此仅向原著作者致以敬意。

本书是这套教材的第五册，主要介绍送电线路及其概预算的基础知识。内容包括：交流架空送电线路基础、设计及施工，电缆送电线路，直流输电线路基础，送电工程概预算编制基础和实例等。在本书的编写过程中，得到了电力部基建司、电力规划设计院、华北电力设计院、北京动力经济学院等单位许多同志的大力支持和热情帮助，在此特向这些同志表示衷心的感谢！

这套教材尽管各方面给予了多方关注，编写组亦十分认真努力，几易其稿，但由于系统编制这套教材尚属首次，在理论和实践上都可能存在这样和那样的不足乃至错误之处，热诚欢迎提出宝贵意见，恳请各方面专家予以斧正。

电力工业部建设协调司

1995年2月

目 录

前 言

第一章 交流架空送电线路	1
第一节 导线	1
第二节 避雷线和拉线	5
第三节 绝缘子	6
第四节 金具	8
第五节 杆塔	9
第六节 基础	11
第七节 接地装置	13
第八节 安全距离	14
第九节 路径选择	18
第二章 送电线路设计	22
第一节 初步设计	22
第二节 施工图设计	27
第三章 架空送电线路施工	32
第一节 基础施工	32
第二节 杆塔组立	37
第三节 架线施工	43
第四节 收尾工程	48
第四章 电缆输电线路	50
第一节 电力电缆	50
第二节 电缆附件	53
第三节 电缆敷设	55
第五章 直流输电基础	59
第一节 直流输电原理及构成	59
第二节 直流输电的发展及应用	64
第三节 直流输电与交流输电的比较	67
第六章 送电工程概预算项目划分和编制依据	69
第一节 送电工程概预算项目划分	69
第二节 概预算编制依据	72
第七章 送电工程工程量计算	75
第一节 工地运输	75

第二节	土石方工程	78
第三节	基础工程	81
第四节	杆塔工程	81
第五节	架线及附件安装工程	82
第六节	电缆工程	83
第八章	送电工程概预算书的组成及编制程序	85
第一节	送电工程概预算书的组成	85
第二节	送电工程概预算书编制程序	93
附录	送电工程概预算案例	95
参考文献		115

第一章 交流架空送电线路

交流架空送电线路送电是最主要的、应用最为普遍的送电方式。其构成部分主要有导线、避雷线、绝缘子、金具、杆塔、基础、接地装置等。架空送电线路示意图如图 1-1 所示。

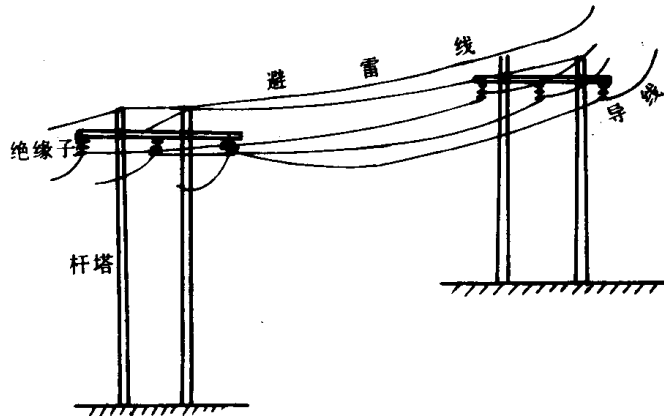


图 1-1 架空送电线路

本章重点介绍构成架空送电线路的导线、避雷线、绝缘子、金具、杆塔、基础、接地装置等方面的基础知识，此外，对线路导线的安全距离和线路路径选择的原则也进行了简述。

第一节 导 线

导线是架空送电线路的主要组成部分，其作用是传导电能。导线的种类、性能及截面的大小，不仅对杆塔、避雷线、绝缘子、金具等有影响，而且直接关系到线路的输送能力、运行的可靠性和建设费用的大小。

导线必须具有良好的导电性能。此外，由于架空送电线路导线架设在空中，要承受自重、风压、冰雪荷载等机械力的作用和空气中有毒气体的侵蚀，故还要求导线具有较高的机械强度和较好的抗腐蚀性能。

一、导线种类

导线主要由铝、钢、铜等材料制成，在特殊条件下也使用铝合金。铜是理想的导线材料，但由于铜的资源少、价格高，使用不多。为了提高导线的机械强度，架空线路导线采用绞合的多股导线，常用的导线有硬铝线、钢芯铝绞线，少数情况下也采用铝合金线、铝包钢绞线及硬铜线。

硬铝线即裸铝绞线，由多股铝线绞制而成，比重小、价格低，导电性能仅次于铜，但机械强度较低。

钢芯铝绞线由内部的钢芯和外部的铝线绞制而成，是将铝线绕在单股或多股钢线外层

作主要载流部分、机械荷载则由钢线和铝线共同承担的导线，其机械强度高，导电性能好。钢芯铝绞线中铝线部分与钢线部分截面积的比值不同，机械强度也不同。可分为下面 3 种：①普通钢芯铝线，其铝线和钢线部分截面积的比值为 5.2~6.1；②加强型钢芯铝线，其铝线和钢线部分截面积的比值为 4~4.5；③轻型钢芯铝线，其铝线和钢线部分截面积的比值为 7.6~8.3。

铝合金绞线含有 98% 的铝和少量的镁、硅、铁、锰、锌等元素，比重和裸铝绞线相似，机械强度比铝线约高一倍，导电率比铝线降低 10% 左右。铝包钢绞线用于线路大跨越及其他特殊用途，它以单股钢线为芯，外面包以铝层，做成多股绞线。

硬铜绞线由多股铜线绞制而成，导电性能最好，机械强度比铝高，但比重大、价格高，除特殊需要外，一般很少采用。

各种导线的种类及用途参见表 1-1。

表 1-1 各种导线的种类及用途

导线种类	品 种	型 号	导线结构概况	用途及选用原则
硬铝线	铝绞线	LJ	用圆铝线多股绞制的绞线	对 35kV 架空线路，铝绞线截面一般小于 35mm ² ；对 35kV 以下线路不小于 25mm ²
钢芯铝绞线	钢芯铝绞线 轻型钢芯铝绞线 加强型钢芯线	LGJ LGJQ LGJJ	内层（或芯线）为单股或多股镀锌钢绞线，主要承担张力；外层为单层或多层硬铝绞线，为导电部分	LGJ、LGJQ 型钢芯铝绞线用于一般地区，LGJJ 型钢芯铝绞线用于重冰区或大跨越地段
防腐型钢芯铝绞线	轻防腐 中防腐 重防腐	LGJF	结构型式及机械、电气性能与普通钢芯铝绞线相同。轻防腐仅在钢芯上涂防腐剂；中防腐仅在钢芯及内层铝线上涂防腐剂；重防腐在钢芯和内外层铝线均涂防腐剂	用于沿海及有腐蚀性气体的地区
铝合金线	铝合金单线 铝合金绞线 钢芯铝合金绞线	LH LHJ LHGJ	以铝、镁、硅合金拉制的圆单线或用多股作成的绞线，抗拉强度接近铜线，导电率及重量接近铝线	抗拉强度高，可减少弧重，降低线路造价。单股线在线路上不许使用
铝包钢绞线	铝包钢绞线	GLJ	以单股钢线为芯，外面包以铝层，作成单股及多股绞线	线路的大跨越及地线通信使用
硬铜线	硬圆铜单线 硬铜绞线	TY TJ	用硬铜拉制成的单股线或用多股制成的绞线	一般不使用，必须使用时，导线最小截面规定如下：35kV 以上线路不许使用单股线，多股绞线导线截面不小于 25mm ² ；10kV 及以下线路单股线不小于 16mm ² ，绞线不小于 16mm ²

在高压送电线路中，还经常采用分裂导线。一般线路每相采用一根导线，所谓分裂导线系指每相采用相同截面、相同型号的两根或两根以上的导线，如两分裂、三分裂、四分

裂、六分裂、八分裂导线。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、减少电量损耗和对无线电等的干扰。

二、导线型号及规格

导线型号由导线的材料、结构和载流截面两部分组成。前一部分用汉语拼音第一个字母表示: T 表示铜; L 表示铝; J 表示多股绞线或加强型; Q 表示轻型; H 表示合金; G 表示钢; F 表示防腐。拼音字母横线后面的数字表示载流部分的标称截面积 (mm^2)。如标称截面为 240mm^2 的铝绞线表示为 LJ-240GB1179-83; 标称截面为铝 300mm^2 、钢 50mm^2 的钢芯绞线, 表示为 LGJ-300/50GB1179-83。

导线的规格是按载流部分的标称截面积来区分的。我国常用的导线系列主要有 16、25、35、50、70、95、120、150、185、210、240、300、400、500、630、800 mm^2 等。

常用铝绞线和钢芯铝绞线的规格参见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 铝 绞 线 规 格

标称截面 (mm^2)	股数/直径 (股/mm)	计算截面 (mm^2)	外径 (mm)	计算重量 (kg/km)	交货长度不小于 (m)
16	7/1.70	15.89	5.01	43.5	4000
25	7/2.15	25.41	6.45	69.6	3000
35	7/2.50	34.36	7.50	94.1	2000
50	7/3.00	49.48	9.00	135.5	1500
70	7/3.60	71.25	10.80	195.1	1250
95	7/4.16	95.14	12.48	260.5	1000
120	19/2.85	121.21	14.25	333.5	1500
150	19/3.15	148.07	15.75	407.4	1250
185	19/3.50	182.80	17.50	503.0	1000
210	19/3.75	209.85	18.75	557.4	1000
240	19/4.00	238.76	20.00	656.9	1000
300	37/3.20	297.57	22.40	820.4	1000
400	37/3.70	397.83	25.90	1097	1000
500	37/4.16	502.90	29.12	1387	1000
630	61/3.63	631.30	32.67	1744	800
800	61/4.10	805.36	36.90	2225	800

表 1-3 钢芯铝绞线规格

标称截面 (mm^2)		股数/直径 (股/mm)		计算截面 (mm^2)			外径 (mm)	计算重量 (kg/km)	交货长度不小于 (m)
铝	钢	铝	钢	铝	钢	总计			
10	2	6/1.50	1/1.50	10.60	1.77	12.37	4.5	42.9	3000
16	3	6/1.85	1/1.85	16.13	2.69	18.82	5.55	65.2	3000
25	4	6/2.32	1/2.32	25.36	4.23	29.59	6.96	102.6	3000
35	6	6/2.72	1/2.72	34.86	5.81	40.67	8.16	141.0	3000
50	8	6/3.20	1/3.20	48.86	8.04	56.29	9.6	195.1	2000
50	30	12/2.32	7/2.32	50.73	29.59	80.32	11.60	372.0	3000
70	10	6/3.80	1/3.80	68.05	11.34	79.39	11.40	275.2	2000
70	40	12/2.72	7/2.72	69.73	40.67	110.40	13.60	511.3	2000

续表

标称截面 (mm ²)		股数/直径 (股/mm)		计算截面 (mm ²)			外径 (mm)	计算重量 (kg/km)	交货长度不小于 (m)
铝	钢	铝	钢	铝	钢	总计			
95	15	26/2.15	7/1.67	94.39	15.33	109.72	13.61	380.8	2000
95	20	7/4.16	7/1.85	95.14	18.82	113.96	13.87	408.9	2000
95	55	12/3.20	7/3.20	96.51	56.30	152.81	16.00	707.7	2000
120	7	18/2.90	1/2.90	118.89	6.61	125.50	14.50	379.0	2000
120	20	26/2.385	7/1.85	115.67	18.82	134.49	15.07	466.8	2000
120	25	7/4.72	7/2.10	122.48	24.25	146.73	15.71	526.6	2000
120	70	12/3.60	7/3.60	122.15	71.25	193.40	18.00	895.6	2000
150	8	18/3.20	1/3.20	144.76	8.04	152.80	16.00	461.4	2000
150	20	24.2.78	7/1.85	145.68	18.82	164.50	16.67	549.4	2000
150	25	26/2.70	7/2.10	148.86	24.25	173.11	17.10	601.0	2000
150	35	30/2.50	7/2.50	147.26	34.36	181.62	17.50	676.2	2000
185	10	18/3.60	1/3.60	183.22	10.18	193.40	18.00	584.0	2000
185	25	24/3.15	7/2.10	187.04	24.25	211.29	18.90	706.1	2000
185	30	26/2.98	7/2.32	181.84	29.59	210.93	18.88	732.6	2000
185	45	30/2.80	7/2.80	184.73	43.10	227.83	19.60	848.2	2000
210	10	18/3.80	1/3.80	204.14	11.34	215.48	19.00	650.7	2000
210	25	24/3.33	7/2.22	209.02	27.10	236.12	19.98	789.1	2000
210	35	26/3.22	7/2.50	211.73	34.36	246.09	20.38	853.9	2000
210	50	30/2.98	7/2.98	209.24	48.82	258.06	20.86	960.8	2000
240	30	24/3.60	7/2.40	244.29	31.67	275.96	21.60	922.2	2000
240	40	26/3.42	7/2.66	238.85	38.90	277.75	26.66	964.3	2000
240	55	30/3.20	7/3.20	241.27	56.30	297.57	22.40	1108	2000
300	15	42/3.00	7/1.67	296.88	15.33	312.21	23.01	939.8	2000
300	20	45/2.93	7/1.95	303.42	20.91	324.33	23.43	1002	2000
300	25	48/2.85	7/2.22	306.21	27.10	388.81	23.76	1058	2000
300	40	24/3.99	7/2.66	300.09	38.90	338.99	23.94	1133	2000
300	50	26/3.83	7/2.98	299.54	48.82	348.36	24.26	1210	2000
300	70	30/3.60	7/3.60	205.36	71.25	376.61	25.20	1402	2000
400	20	42/3.51	7/1.95	406.40	20.91	427.31	26.91	1286	1500
400	25	45/3.33	7/2.22	391.91	27.10	419.01	26.64	1295	1500
400	35	48/3.22	7/2.50	390.88	34.36	425.24	26.82	1349	1500
400	50	54/3.07	7/3.07	399.73	51.82	451.55	27.63	1511	1500
400	65	26/4.42	7/3.44	398.94	65.06	464.00	28.00	1611	1500
400	95	30/4.16	19/4.50	407.75	93.27	501.02	29.14	1860	1500
500	35	45/3.75	7/2.50	497.01	34.36	531.37	30.00	1642	1500
500	45	48/3.60	7/2.80	488.58	43.10	531.68	30.00	1688	1500
500	65	54/3.44	7/3.44	501.88	65.06	566.94	30.96	1897	1500
630	45	45/4.20	7/2.80	623.45	43.10	666.55	33.60	2060	1200
630	55	48/4.12	7/3.20	639.92	56.30	696.22	34.32	2209	1200
630	80	54/3.87	19/2.32	635.19	80.32	715.51	34.82	2388	1200
800	55	45/4.80	7/3.20	814.30	56.30	870.60	38.40	2690	1000
800	70	48/4.63	7/3.60	808.15	71.25	879.40	38.58	2791	1000
800	100	54/4.33	19/2.60	795.17	100.88	896.05	38.98	2991	1000

第二节 避雷线和拉线

一、避雷线

避雷线架设在杆塔顶部，其作用是保护线路导线，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性和保证连续供电。

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。

现行规程对各级电压线路架设避雷线的要求有如下规定：

(1) 330kV 及 500kV 线路应沿全线架设双避雷线。

(2) 220kV 线路应沿全线架设避雷线。在山区，宜架设双避雷线，但少雷区除外。

(3) 110kV 线路一般沿全线架设避雷线，在雷电活动特别强烈的地区，宜架设双避雷线。在少雷区或运行经验证明雷电活动轻微地区，可不沿全线架设避雷线，但应装设自动重合闸装置。

(4) 60kV 线路负荷重要且所经地区年平均雷暴日数为 30 以上，宜沿全线架设避雷线。

(5) 35kV 及以下线路，一般不沿全线架设避雷线。

(6) 装设避雷线的线路，杆塔上双避雷线对边导线的保护角，220kV 及 330kV 双避雷线线路一般采用 20° 左右；山区单避雷线线路一般采用 25° 左右；500kV 线路一般不大于 15° 。山区宜采用较小的保护角；重冰区的线路则不宜采用过小的保护角。杆塔上两根避雷线间的距离，不应超过导线与避雷线间垂直距离的 5 倍。

避雷线一般采用镀锌钢绞线。镀锌钢绞线是用镀锌高碳钢丝同心绞合而成，具有一定的防腐蚀性能，机械强度较高。其型号的表示方法为“GJ- $\times\times$ ”，GJ 代表钢绞线， $\times\times$ 表示其标称截面 (mm^2)。线路上常用的镀锌钢绞线有 GJ-35、GJ-50、GJ-100、GJ-120 等，在超高压或大跨越线路，也有用 GJ-135、GJ-500 的。

根据运行经验，避雷线的型号可按线路的导线型号及避雷线与导线的配合、参考表 1-4 选择。表 1-5 列出了镀锌钢绞线的规格。

表 1-4 避雷线与导线配合表

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 1-5

镀锌钢绞线规格

标称截面 (mm ²)	计算截面 (mm ²)	计算直径 (mm)	股数/每股直径 (股/mm)	单位重量 (kg/km)
25	26.6	6.6	7/2.2	227.7
25	25.21	6.5	19/1.3	214.7
35	37.15	7.8	7/2.6	318.2
50	49.46	9.0	7/3.0	423.7
50	48.32	9.0	19/1.8	411.1
70	72.19	11.0	19/2.2	615
100	100.83	13.0	19/2.6	859.4
120	116.93	14.0	19/2.8	995.0
120	116.18	14.0	37/2.0	981.0

近年来,为满足开设地线载波、减少对通信设施的干扰、降低能耗等要求,在 220kV 及以上的线路中,也有采用良导体作为避雷线的。

二、拉线

杆塔上的拉线,用来抵消作用在杆塔上的荷载,以减少杆塔材料消耗量,降低造价。由于拉线承受作用在杆塔上的荷载,拉线及其基础一旦发生断线或上拔变形,将使杆塔倾斜或破坏,给线路运行造成严重恶果,所以拉线质量的优劣直接影响线路的安全可靠性。

拉线的材料,通常采用镀锌钢绞线。根据受力大小可采用单根或双根拉线,采用双根拉线时,两根拉线的紧固程度应相同以保证拉线受力均匀。

拉线由上部、下部、拉线盘 3 部分组成。上部一般采用镀锌钢绞线。下部一般采用拉线棒,因埋在土壤中容易腐蚀,所以其强度应大于上部。拉线盘用钢筋混凝土或条石制作,拉线盘上部承压面积与拉线拉力、拉线盘埋深等因素有关。拉线拉力越大,拉线盘面积越大;拉线盘埋设越深,拉线盘面积越小。为了防止拉线上拔,拉线盘上部承压面积应与拉线棒垂直。

第三节 绝 缘 子

绝缘子是送电线路绝缘的主体,其用途是悬挂导线并使导线与杆塔和大地保持绝缘,它应具有机械强度高、绝缘性能良好、不受强度急剧变化的影响、耐自然侵蚀及抗老化等特点。绝缘体的材料一般采用瓷和钢化玻璃,也有用合成材料的。

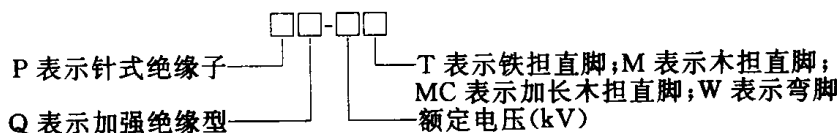
架空送电线路常用的绝缘子有针式绝缘子、悬式绝缘子、蝶式绝缘子、瓷横担绝缘子等。

一、针式绝缘子

俗称直瓶或立瓶,使用在电压不超过 35kV 的线路上。根据绝缘子爬距(又叫泄漏距离,是指绝缘子上的导体沿绝缘子表面到绝缘子铁脚的最短距离)的不同,分为普通型和加强绝缘型两种。加强绝缘型爬距大,抗污性能较好,适用于污秽地区的线路。绝缘子根据其

铁脚型式的不同，分为短脚、长脚和弯脚 3 种。

针式绝缘子的型号含义：

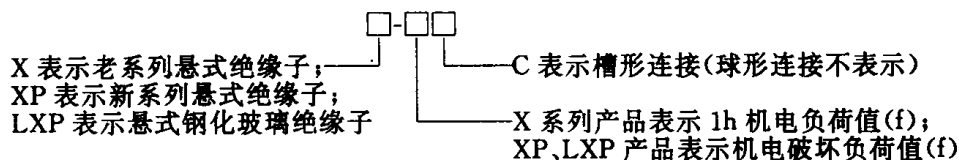


二、悬式绝缘子

俗称吊瓶，一般组成绝缘子串，用于不同电压等级的线路上。目前我国生产的悬式绝缘子有普通型和防污型两类。

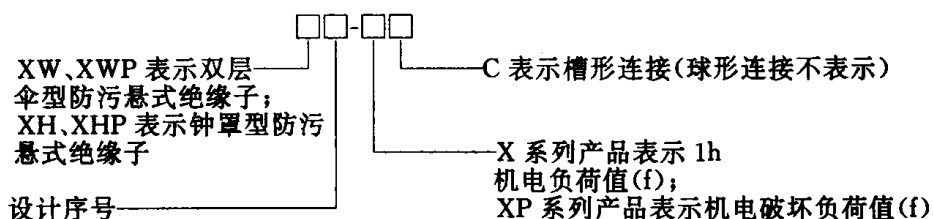
普通型悬式绝缘子有新系列（XP 系列）、老系列（X 系列）和钢化玻璃 3 大类。新系列产品尺寸小、重量轻、性能好、金属附件连接结构标准化，它将逐步取代老系列产品。钢化玻璃悬式绝缘子除具有新系列悬式绝缘子的优点外，还具有强度高、爬距大、不易老化、维护方便等优点。普通悬式绝缘子的连接方法分为球型和槽型两种，目前绝大部分均采用球型连接。

普通型悬式绝缘子的型号含义：



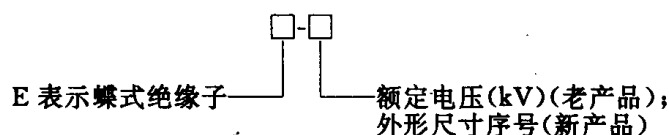
防污型悬式绝缘子一般用于工业粉尘、化工、沿海、盐碱、多雾和工业污秽较严重的地段，按伞形结构的不同，分为双层伞型和钟罩型两种。

防污型悬式绝缘子的型号含义：



三、蝶式绝缘子

俗称茶台，一般与悬式绝缘子配套（即 1 个悬式绝缘子配 1 个蝶式绝缘子），其型号含义：

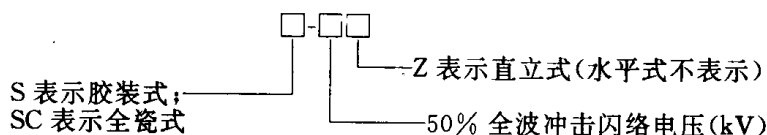


四、瓷横担绝缘子

瓷横担绝缘子有全瓷式和胶装式两种，有带金属附件的，也有不带金属附件的。绑扎的形式有两种，一种是直接绑扎，一种是瓷件头部带有联结金具，用以悬挂线夹。安装方式有水平式（边相用）和垂直式（顶相用）两种。它有下列优点：由于采用可转动结构，断线时，导线两端张力不平衡，使瓷横担转动，使电杆承受的拉力得到缓和，避免断线事故的扩大；因系实心结构，不易击穿，不易老化，泄漏距离长，绝缘水平较高；容易清扫，自

洁性好，可减少线路维护工作；结构简单，安装方便；能充分利用电杆高度，节约钢材或木材，降低线路造价。其主要缺点是机械抗弯强度低。

瓷横担绝缘子的型号含义：



第四节 金 具

架空送电线路的金具是用于导线、绝缘子串，并与杆塔连接的零件。线路金具按性能和用途大致可划分为悬垂线夹、耐张线夹、联结金具、接续金具、保护金具和拉线金具等。

一、悬垂线夹

用于将导线固定在直线杆塔上及悬垂绝缘子串上，或将避雷线悬挂在直线杆塔的避雷线支架上。悬挂线夹常用的定型产品，目前只保留了 U 型螺丝式固定悬垂一种。

悬垂线夹悬挂导线时，应能承受直线档距离内导线的全部荷载，并且在线路正常运行或断线时不允许导线在线夹内滑动或脱离绝缘子串。因此，使用这种夹具时杆塔承受的断线张力较大。

悬垂线夹悬挂避雷线时，同时应能承受重档距内避雷线的全部荷载，并且当避雷线产生不平衡张力时，亦不允许避雷线在线夹内滑动。

悬垂线夹按使用导线或避雷线的型号划分为若干种。选用时必须根据导线或避雷线直径及其荷载大小挑选合适的线夹型号。

二、耐张线夹

导线用耐张线夹一般分为两类。第一类用螺丝将导线压紧固定，线夹只承受导线全部张力，而不导通电流，这类线夹称为螺栓型耐张线夹。螺栓型耐张线夹用于将导线固定在耐张、转角杆塔的绝缘子串上，适合于安装中小截面的导线。其主要优点是施工安装方便，并对导线有足够的握力，重量也较轻，多年来在送电线路应用广泛。第二类称为压缩型耐张线夹，采用液压机或爆压方法将导线的铝股、钢芯与线夹锚压在一起。线夹本身除承受导线的全部拉力外，还是导体，这类线夹适用于安装大截面的导线。

避雷线用耐张线夹，按其结构分为楔型及压缩型两种。楔型耐张线夹，可用于避雷线的终端，也可用于固定杆塔的拉线。由于楔型线夹具有施工方便和运行可靠等优点，所以被广泛地应用到送电线路。但是楔型线夹在施工安装时必须把所安装的钢绞线弯曲成圆弧状，才能使其紧密地贴在线夹楔子上。

三、连接金具

连接金具分专用连接金具和通用连接金具两类。专用连接金具是直接用来连接绝缘子的，故其连接部位的结构尺寸与绝缘子相配合。用于连接球型绝缘子的连接金具，有球头挂环、碗头挂板、直角挂环和直角挂板等。

通用连接金具，用于将绝缘子组成两串、三串或更多串数，并将绝缘子与杆塔横担或

与线夹之间相连接，也用来将避雷线紧固或悬挂在杆塔上，或将拉线固定在杆塔上等。根据用途不同，连接金具有不同形式和品种，如 U 形挂环、U 形挂板、直角挂板、平行挂板、延长环和二联板等。

四、接续金具

接续金具用于接续导线及避雷线，接续非直线杆塔的跳线及补修损伤断股的导线、避雷线。

架空送电线路常用的接续金具有接续管、补修管及并沟线夹等。其中圆型接续管用于大截面导线的接续及避雷线的接续，椭圆形接续管用于中小截面导线的接续，补修管用于导线和避雷线的补修，并沟线夹用于导线及避雷线作为跳线时的接续。

五、保护金具

保护金具用于保护导线、避雷线、绝缘子，使之不受损伤和正常运行。常用的保护金具有防震锤、预绞丝护线条、预绞丝补修条、重锤、间隔棒等。其中防震锤起抑制导线、避雷线震动作用；预绞丝护线条用于保护导线；预绞丝补修条用于导线损伤的修补；重锤起抑制悬垂绝缘子串及跳线绝缘子串摇摆度过大及直线杆塔上导线、避雷线上拔的作用；间隔棒用于固定分裂导线排列的几何形状。

六、拉线金具

拉线金具主要用于固定拉线杆塔，包括从杆塔顶端引至地面拉线之间的所有零件。根据使用条件，拉线金具可分为紧线、调节及联结三类。紧线零件用于紧固拉线端部，与拉线直接接触，必须有足够的握紧力；调节零件用于调节拉线的松紧；联结零件用于拉线的组装。常用的拉线金具有 UT 型线夹、楔型线夹、拉线二联板等。

第五节 杆 塔

杆塔是架空送电线路本体的主要部分，其作用是支持导线和避雷线，保证导线与避雷线之间、导线与导线之间、导线与地面或交叉跨越物之间所需的距离。

杆塔类型与送电电压，回路数，导、地线安装，经过地区的自然条件，线路工程的重要性，建筑材料，经济等因素有关。

我国送电线路工程中，目前常用的杆塔有钢筋混凝土电杆（简称水泥杆或电杆）和铁塔两种。一些特殊大跨越工程中还用钢筋混凝土烟囱式巨型塔。此外还有使用钢柱、钢管、铝合金制造的杆塔。钢筋混凝土杆在低压送电线路中应用比较广泛，它具有坚实耐用（一般可使用 50 年以上）、运行维护容易等优点，采用分段带拉线水泥杆以后，基本上可以满足各种跨越杆高度的要求。其缺点是比较笨重、运输不便，易产生裂纹。现推广使用的预应力钢筋混凝土杆，与普通水泥杆比较，可以节约大量钢材，减轻杆身重量，并能提高抗裂性能。

铁塔是高压送电线路最常用的支持物，其优点是牢固可靠，运输方便，各种地形均可安装施工。根据结构形式和受力特点，铁塔可分为拉线塔和自立塔两大类。

拉线塔由塔头、主柱和拉线组成。塔头和主柱一般由角钢组成的空间架构成，有较好

的整体稳定性,能承受很大的拉力,拉线塔能充分利用材料的强度特性而减少材料耗用量。就外形而言,拉线塔可设计成导线呈三角形排列的鸟骨型、猫头型等,以及导线呈水平排列的门型、V型,还有纵向能自立的内拉线门型塔等。

自立塔也可分为导线呈三角形排列的鸟骨型、猫头型、上字型、干字型及导线呈水平排列的酒杯型、门型等两大类;自立式双回路铁塔有六角型、倒伞型和蝴蝶型等。目前国内大多采用六角型。蝴蝶型一般用于大跨越塔;自立式受力塔主要有酒杯型和干字型、桥型等。由于干字型塔结构简单,比较经济,在220~500kV送电线路常用。

大跨越塔是杆塔中一种用于特殊场合的塔,其高度高、荷载大、结构复杂、耗钢量和投资都较高。目前国内大多采用组合构件铁塔、钢管塔或独立式钢筋混凝土塔等。组合构件铁塔是指采用几个等肢角钢拼合成组合截面的构件作为主要承力构件,这种结构的材料来源比较方便,加工、施工工艺都与一般铁塔相同,无需特殊加工设备,因而使用较为广泛;钢管塔结构的空气动力特性较好,断面力学特性也优于角钢,但要求加工部门要有大型卷管、焊接和镀锌设备,加工工艺比较复杂,造价较高;钢筋混凝土塔在我国几处长江大跨越中得到较成功的应用,这种塔结构外形美观、耗钢量少、运行维护有优越性,在超高压线路的特大跨越处已常被采用。

杆塔按其在线路上的不同作用可分为直线杆塔、耐张杆塔、转角杆塔、终端杆塔、跨越杆塔及换位杆塔6种。

1. 直线杆塔

直线杆塔又称中间杆塔,用于线路中间的直线部分,采用悬垂绝缘子串悬挂导线,是线路中使用最多的杆塔。直线杆塔正常运行中仅承受导、地线自重和风压等荷重,机械强度要求不高,组装结构简单,造价较低。

直线杆塔有单杆、双杆及铁塔等类型,图1-2为常用的直线杆塔型式。

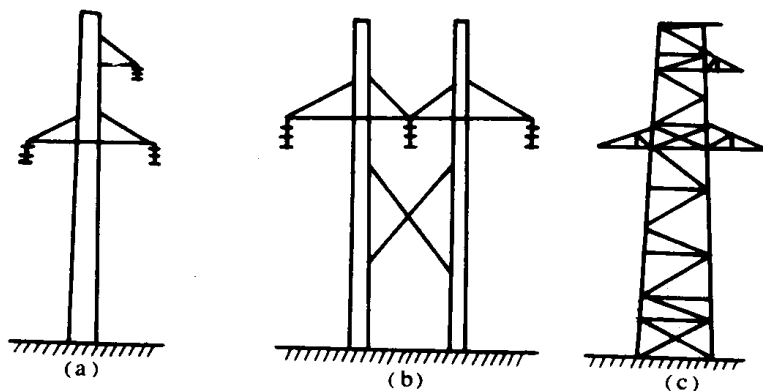


图 1-2 直线杆塔型式

(a) 单杆直线杆塔; (b) 双杆直线杆塔; (c) 直线铁塔

2. 耐张杆塔

耐张杆塔又称承力杆塔,一般指直线耐张杆塔或小于 5° 的转角杆塔,它可承受导线、避雷线架设后的纵向张力。正常运行时所承受的荷重,基本上与直线杆塔相同,导、地线张力两侧是相互抵消的。有时仅承受两侧导、地线的不平衡张力,只在事故时承受一侧断线