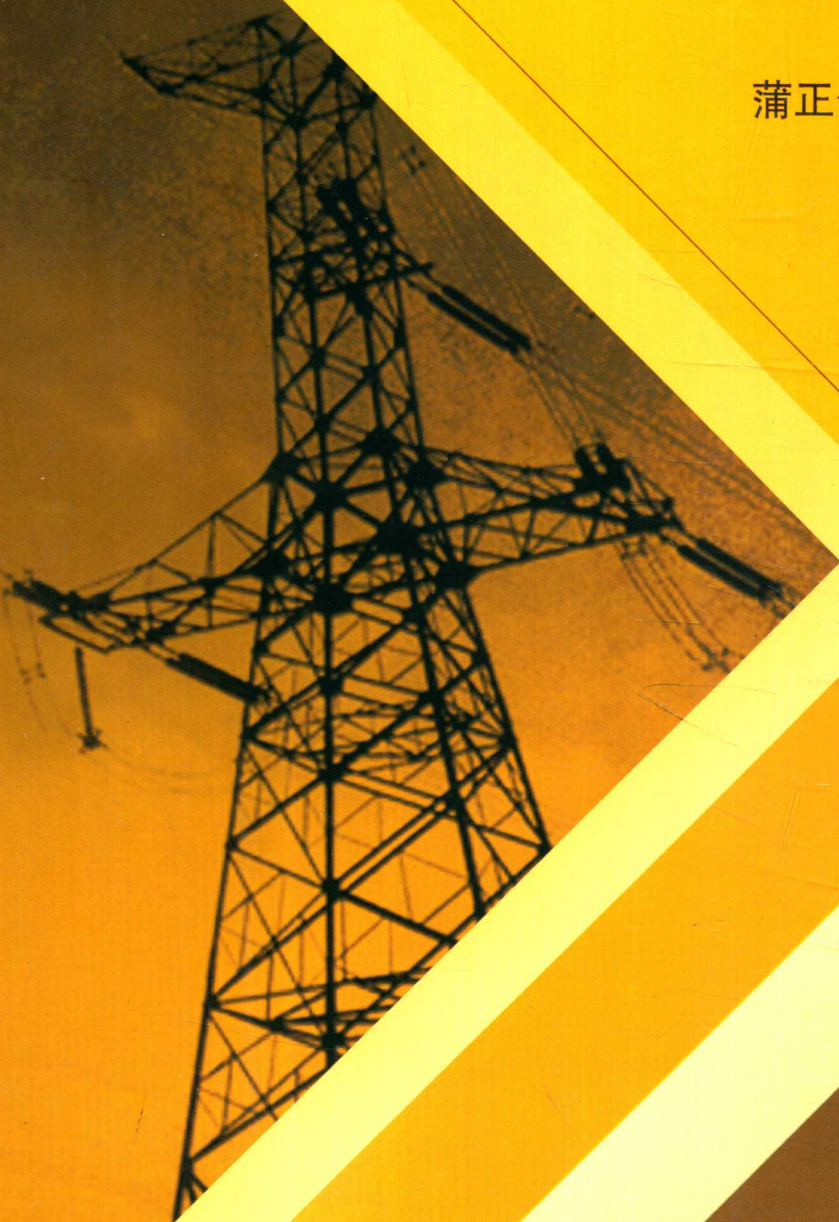


SHUDIAN XIANLU SHIGONG

输电线路施工

(220kV及以下)

蒲正全 陈 刚 蒲 建 / 编著



四川大学出版社

SHUDIAN XIANLU SHIGONG

输电线路施工

(220kV及以下)

蒲正全 陈刚 蒲建 / 编著



四川大学出版社

责任编辑:唐 飞
责任校对:蒋 琦
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

输电线路施工:220kV及以下 / 蒲正全,陈刚,蒲建编著. —成都:四川大学出版社,2014.12
ISBN 978-7-5614-8210-0

I. ①输… II. ①蒲… ②陈… ③蒲… III. ①输电线路—工程施工 IV. ①TM726

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第285559号

书名 输电线路施工(220kV及以下)

编 著 蒲正全 陈 刚 蒲 建
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段24号(610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5614-8210-0
印 刷 郫县犀浦印刷厂
成品尺寸 210 mm×285 mm
印 张 22.75
字 数 671千字
版 次 2015年1月第1版
印 次 2015年1月第1次印刷
定 价 60.00元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址: <http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究

第一版前言

由于输电工程的迅速发展，大量需要设计施工之技术人才，而且，现有技术人员也需要提高。为此，我院从 1985 年起共开办了十多期“输电线路设计与施工”培训班。特聘请具有 40 余年设计、施工经验的四川省送变电工程公司总工程师（教授级高级工程师）蒲正全为该班讲授“输电线路施工”一课，深受全国各地学员的好评。应广大学员和输变电施工单位的要求，我院协助蒲总编写了这本《输电线路施工》（220 kV 及以下）一书。

该书共分八章，书中讲述了架空线路的一般知识、施工测量、基础施工、施工器具、电杆组立、铁塔组立及接地装置、架线及施工技术等内容，内容丰富详实。除讲述基本理论及基本技术外，特别着重对施工中所遇到的普遍问题和难题，由作者进行了理论推证，并用多年实用而行之有效的设计施工方法进行了解答。同时还收集了架空线路施工中所需之大量数据、图表和施工实例，便于读者在实践中查阅。因此，本书不仅是培训该类工程技术人员的优良教材，也是输配电施工工程技术人员再学习的参考书。

在本书的出版过程中，承蒙四川省电力建设集团公司张思忠高级工程师、本院电力系副主任余廷贵教授和电工原理室主任罗大陶副教授也为该书出版做了很多工作。在此，特代表作者表示衷心的感谢。

四川联合大学水电学院

1998 年 3 月

再版前言

《输电线路施工》(1998年版)一书自出版以来,得到了广大送变电工作者的一致好评。四川省送变电建设有限责任公司(简称川送公司)和四川省西点电力设计有限公司(简称西点公司)多次请求蒲总工程师就该书进行再版。

蒲总工程师(已八十四岁高龄)把几十年对送电线路的设计、制造、施工的实践经验和研究成果,特别是“2008冰灾”、“5·12地震”、川藏地区高海拔、重冰区等的技术难点以及国家现行的新的规程规范的技术要求,在再版中得到了充分的体现。本次再版不仅是蒲总工程师毕生从事送电事业心血和智慧的结晶,更是蒲总工程师留给送电人的宝贵财富(与西点公司陈刚、蒲建合编)。

本次再版仍保持了第一版的章节,重点讲述了架空线路的一般知识、施工测量、基础施工、施工器具、杆塔组立、铁塔组立及杆塔接地装置施工、架线施工及三类架空线路的设计技术,内容丰富详实。编者除讲述基本理论及基本技术外,特别着重对施工中所遇到的普遍问题和难题进行了理论推证,并用多年实用而行之有效的设计施工方法进行了解答。同时还收集了架空线路设计施工中所需的大量数据、图表和实例,便于读者在实践中查阅。

设计部分考虑了以下内容:

- (1) 电压: 220, 110, 35, 10/0.4 (kV)。
- (2) 海拔: 1000, 1000~2500, 2500~4000, 4000~5000 (m)。
- (3) 冰区: -5, -10, -15, -20, -30, -40 (mm)。
- (4) 电气: 小系统, 电气(部分), 城网(中、小城镇)。
- (5) 杆塔: 钢筋砼杆(锥形、等径、方杆), 单回、双回、三回线路, 钢管杆, 钢管杆(锥形), 原塔(改进), 新塔(国电2011版)改进。
- (6) 环保型杆塔: 高低杆[级差1.5, 3.0, 4.5(m)]、全方位(长短腿)铁塔塔腿[级差1.0, 2.0, 3.0(m)或级差1.5, 3.0, 4.5(m)]。
- (7) 导地线: 单导线、分列导线、地线GJ及OPGW通信线。
- (8) 基础: 钢筋砼有台阶的立柱式或倾斜式、圆柱掏挖式、塔脚板式或主角钢插入式。
- (9) 穿跨杆塔: 无(有)地线水平排列低杆穿线(同级或高级电压下穿过), 呼高9~12 m。
- (10) 跨越杆塔: 导线水平排列高杆塔跨线(在同级或低级电压线上跨过), 呼高30~70 m, 有双主材。

本书适合作为中职、高职院校的辅助教材, 电力设计、施工、运行技术人员的学习资料, 高校学生、研究生的参考书。

本书在再版过程中, 得到了四川大学余廷贵教授, 四川电建集团高级工程师张思忠, 川送公司、西点公司高级工程师仲应贵、向兴林、全洪林、许卫的全力支持以及西点公司陈洋才、邓鹏、吴芋勇的帮助, 在此一并表示感谢!

欢迎读者对本书提出宝贵意见。

四川省西点电力设计公司(国家甲级设计)
四川省送变电建设有限责任公司(国家一级施工)

2014年9月

目 录

第一章 架空线路的一般知识	(1)
一、输电线路的概念	(1)
二、架空输电线路的主要构成部分	(2)
第二章 架空线路的施工测量	(59)
一、施工测量的质量要求	(59)
二、测量的基本功	(61)
三、经纬仪的测量	(63)
四、线路的复测	(66)
五、分坑测量	(70)
第三章 架空线路的基础施工	(80)
一、架空线路基础施工的概念	(80)
二、基础坑的挖掘	(84)
三、基础现浇砼施工	(88)
第四章 架空线路的施工工器具	(99)
一、绳索的应用计算	(99)
二、滑轮的应用计算	(105)
三、桩、锚的应用计算	(108)
四、抱杆的应用计算	(114)
五、其他工器具	(120)
六、应用施工工具的其他知识	(124)
七、施工机具的安全要求	(127)
第五章 架空线路的杆塔组立	(130)
一、电杆的运输	(130)
二、电杆(含拉门塔)的组立	(134)
三、等径电杆的起吊计算	(138)
四、等径电杆的起吊受力计算	(144)
五、等径电杆起吊各部分受力变化的分析	(147)
六、等径杆组立的主要工器具选择	(148)
七、拔梢杆(锥形杆)的起吊计算	(156)
八、钢筋砼杆的单吊计算	(162)

第六章 架空线路的铁塔组立及杆塔接地装置施工	(168)
一、铁塔的一般知识.....	(168)
二、组塔准备工作.....	(175)
三、主角钢代抱杆的散件组塔法.....	(176)
四、单抱杆吊装组塔法.....	(176)
五、内拉线抱杆组塔法.....	(180)
六、组立铁塔质量要求.....	(183)
七、组立铁塔安全要求.....	(184)
八、杆塔接地装置施工.....	(185)
第七章 架空线路的架线施工	(188)
一、架线前的准备工作.....	(188)
二、导线、地线(避雷线)的展放.....	(190)
三、导线、地线的连接.....	(193)
四、紧线施工.....	(206)
第八章 三类架空线路的设计技术	(215)
第一节 架空线路的电气设计技术	(215)
一、电力系统.....	(215)
二、电气技术.....	(230)
第二节 架空线路的结构设计技术	(245)
一、电杆设计技术.....	(245)
二、钢管杆设计技术.....	(252)
三、铁塔设计技术(含软件应用).....	(260)
四、自立式铁塔校核(以塔型 1A6-J3 为例).....	(292)
五、自立式铁塔校核(以塔型 1A5-ZM3 为例).....	(298)
六、结构加工图制作(以塔型 1A6-J3-9 段为例).....	(300)
七、基础设计技术(DL/T 5219-2005 规定).....	(309)
八、塔型图(实例).....	(319)

在 220 kV 及以下架空输电线路工程施工安装中, 必须严格执行《110~500 kV 架空送电线路施工及验收规范》(GB 50233—2005) 及《电力建设安全工作规程》(DL 5009.2—2004) 第 2 部分: 架空电力线路篇。为确保质量和安全, 特编本施工安装, 贯穿于“施工质量、工地运输、基础工程、接地安装、架线施工、设计技术”等的全过程中。

第一章 架空线路的一般知识

一、输电线路的概念

(1) 电力系统: 由发电厂、电力网和用电设备组成, 如图 1-1 所示。

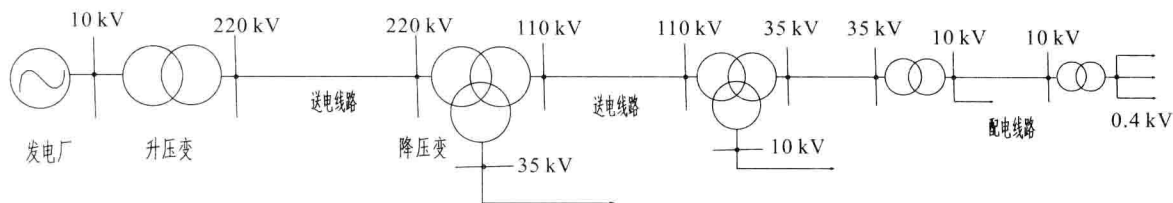


图 1-1 电力系统示意图

①发电厂: 把不同的化学能、位能、原子能等转变为电能。有火力、水力、风力、地热、原子能等发电厂。

②电力网: 电能发出后, 通过各种电压等级的变电站和线路组成的电力网, 将电能输送到远地, 分配给各用户。

③用电设备: 用户利用各种电力机械、照明、电炉、电解槽、家用电器等用电设备, 将电能转换为所需要的机械能、光能、热能、声能等, 直接服务于人们。

(2) 输电线路: 又称为送电线路, 是架设在升压变电站与降压变电站之间的线路, 是用来输送电能的, 有 35 kV, 110 kV, 220 kV, 500 kV 等之分。

(3) 配电线路: 从降压变电站至各用户的 10 kV 及以下的线路, 是用来分配电能的, 有 35 kV, 10 kV, 0.4 kV 等之分。

(4) 电缆线路: 城镇建设越发展, 负荷增加越快, 要求降压站尽量靠近负荷区, 常用电缆将电能送入负荷区。电缆线路有 0.4 kV, 10 kV, 35 kV, 110 kV 等, 常穿过交通要道或风景区。

(5) 取消 35 kV 级中间电压, 将 110 kV 电压直接降到 10 kV 电压, 将电能送给用户。

(6) 电压等级: 一类——1000 kV, 750 kV, 500 kV, 重要 330 kV; 二类——330 kV, 重要 220 kV; 三类——220 kV, 110 kV。

二、架空输电线路的主要组成部分

架空输电线路的主要组成部分有：导线、地线（避雷线）、绝缘子、金具、杆塔、基础、接地装置等，如图 1-2 所示。

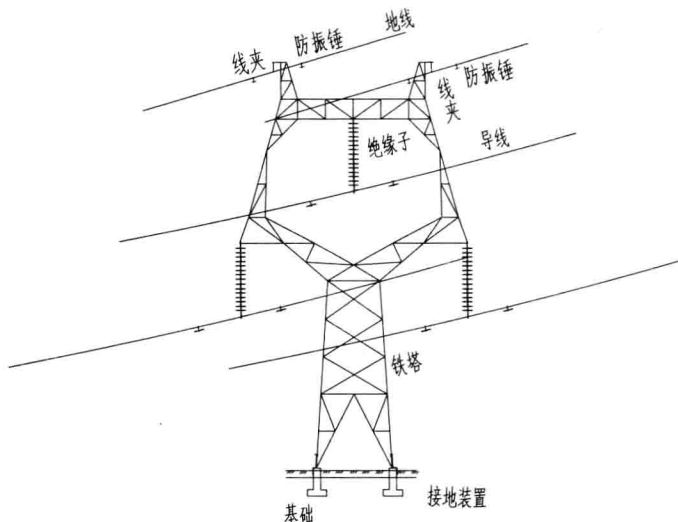


图 1-2 架空输电线路的主要组成部分

1. 导线及地线（避雷线）

(1) 架空绝缘线，见表 1-1。

表 1-1 额定电压 10 kV 钢芯铝绞线芯交联聚乙烯绝缘架空电缆

标称截面 铝/钢 1×(mm ²)	根数/直径 (mm)		外径 (mm)	导体 屏蔽 层最 小厚度 (mm)	绝缘 标称 厚度 (mm)	电缆 参考 外径 (mm)	导体 拉断 力不 小于 (N)	电缆 参考 质量 (kg/km)	LGJ 电缆连续 负荷载流量 (A) (参考)		
	铝	钢							70℃	80℃	90℃
1×95/15	26/2.15	7/1.67	13.61	0.8	3.4	22.01	35000	608.9	250	305	350
1×95/20	7/4.16	7/1.65	13.87	0.8	3.4	22.27	37200	649.1	235	275	320
1×95/55	12/3.20	7/3.20	16.00	0.8	3.4	24.40	78100	971.9	270	275	300
1×120/20	26/2.38	7/1.85	15.07	0.8	3.4	23.47	41000	715.3	285	350	400
1×120/25	7/4.72	7/2.10	15.74	0.8	3.4	24.14	47900	795.2	285	350	400
1×150/8	18/3.20	1/3.20	16.00	0.8	3.4	24.40	32900	726.3	325	395	455
1×150/25	26/2.70	7/2.10	17.10	0.8	3.4	25.50	54100	878.2	330	405	470
1×150/35	30/2.50	7/2.50	17.00	0.8	3.4	25.40	65000	979.5	330	405	470
1×185/10	18/3.60	1/3.60	18.00	0.8	3.4	26.40	40800	878.4	370	460	530
1×185/25	24/3.15	7/2.10	18.90	0.8	3.4	27.30	59400	1008.5	380	470	540
1×185/30	26/2.98	7/2.32	18.88	0.8	3.4	27.28	61300	1035.3	375	460	530
1×185/45	30/2.80	7/2.80	19.60	0.8	3.4	28.00	80200	1154.0	380	470	540
1×240/30	24/3.60	7/2.40	21.60	0.8	3.4	30.00	78600	1264.2	445	550	640
1×240/40	26/3.12	7/2.66	21.66	0.8	3.4	30.06	83400	1304.8	440	545	635
1×240/55	30/3.20	7/3.20	22.40	0.8	3.4	30.80	102100	1456.8	445	555	635

(2) 架空裸导线 (LGJ 钢芯铝绞线), 见表 1-2。

表 1-2 LGJ 钢芯铝绞线

标称截面 铝/钢 (mm ²)	根数/直径 (mm)		计算截面 (mm ²)			外径 (mm)	直流电阻 不大于 (Ω/km)	计算 拉断力 (N)	计算 质量 (kg/km)	连续荷载 流量 (A) (参考)
	铝	钢	铝	钢	总计					
95/15	26/2.15	7/1.67	94.39	15.33	109.72	13.61	0.3058	35000	380.8	335
95/20	7/4.16	7/1.85	95.14	18.82	113.96	13.87	0.3019	37200	408.9	
95/55	12/3.20	7/3.20	96.51	56.30	152.81	16.00	0.2992	78110	707.7	
120/25	7/4.72	7/2.10	122.48	24.25	149.73	15.74	0.2345	47880	526.6	380
120/70	12/3.60	7/3.60	122.15	71.25	193.40	18.00	0.2364	98370	895.6	
150/20	24/2.78	7/1.85	145.68	18.82	164.50	16.67	0.1980	46630	549.4	445
150/25	26/2.70	7/2.10	148.86	24.25	173.11	17.10	0.1939	54110	601.0	
150/35	30/2.50	7/2.50	147.26	34.36	181.62	17.50	0.1962	65020	676.2	
185/10	18/3.60	1/3.60	183.22	10.18	193.40	18.00	0.1572	40880	584.0	515
185/25	24/3.15	7/2.10	187.04	24.25	211.29	18.90	0.1542	59420	706.1	
185/30	26/2.98	7/2.32	181.34	29.59	210.93	18.88	0.1592	64320	732.6	
185/45	30/2.80	7/2.80	184.73	43.10	227.83	19.60	0.1564	80190	848.2	
240/30	24/3.60	7/2.40	244.29	31.67	275.96	21.60	0.1181	75620	922.2	610
240/40	26/3.42	7/2.66	238.85	38.90	277.75	21.66	0.1209	83370	964.2	
240/55	30/3.20	7/3.20	241.27	56.30	297.57	22.40	0.1198	102100	1108	
300/15	42/3.00	7/1.67	296.88	15.33	312.21	23.01	0.09724	68060	939.8	—
300/20	45/2.93	7/1.95	303.42	20.91	324.33	23.43	0.09520	75680	1002	
300/25	48/2.85	7/2.22	306.21	27.10	333.31	23.76	0.09433	83410	1058	
300/40	24/3.99	7/2.66	300.09	38.90	338.99	23.94	0.09614	92220	1133	
300/50	26/3.83	7/2.98	299.54	48.82	348.36	24.26	0.09636	103400	1210	
300/70	30/3.60	7/3.60	305.36	71.25	376.61	25.20	0.09463	128000	1402	
400/20	42/3.51	7/1.95	406.40	20.91	427.31	26.910	0.07104	88850	1286	—
400/25	45/3.33	7/2.22	391.91	27.10	419.01	26.64	0.07370	95940	1295	
400/35	48/3.22	7/2.50	390.88	34.36	425.24	26.82	0.07389	103900	1349	
400/50	54/3.07	7/3.07	399.73	51.82	451.55	27.63	0.07232	123400	1511	
400/65	26/4.42	7/3.44	398.94	65.06	464.00	28.00	0.07236	135200	1611	
400/95	30/4.16	19/2.50	407.75	93.27	501.02	29.14	0.07087	171300	1860	

(3) 架空铝合金导线, 见表 1-3。

表 1-3 LHA GJ 和 LHB GJ 钢芯铝合金绞线

哈尔滨、武汉电缆厂

标称截面 (mm ²)	根数/直径 (mm)		计算截面 (mm ²)			外径 (mm)	计算质量 (kg/km)	计算 拉断力 (kN)	20℃时 直流电阻 (Ω/km)	制造长度 (m)
	铝合金	钢	铝合金	钢	总计					
95/15	26/2.15	7/1.67	94.39	15.33	109.72	13.61	380.2	45.72	0.35508	2000
95/55	12/3.20	7/3.20	96.50	56.29	152.80	16.00	706.0	90.46	0.34722	2000
120/20	26/2.38	7/1.85	115.66	18.81	134.48	15.07	466.1	56.05	0.28977	2000
120/70	12/3.60	7/3.60	122.14	71.25	193.39	18.00	893.6	114.50	0.27435	2000
150/25	26/2.70	7/2.10	148.86	24.24	173.10	17.10	600.1	72.18	0.22515	2000
185/30	26/2.98	7/2.32	181.34	29.59	210.93	18.88	731.5	86.98	0.18483	2000
240/40	26/3.42	7/2.66	238.84	38.90	277.74	21.66	962.9	114.48	0.14033	2000
300/50	26/3.83	7/2.98	299.54	48.82	348.36	24.26	1207.9	143.62	0.11189	2000
400/50	54/3.07	7/3.07	399.72	51.81	451.54	27.63	1509.6	174.67	0.08399	1500

注: LHA——热处理铝美硅合金圆线; LHB——热处理铝美硅稀土合金圆线。

在电力网改建中, 为增加输送电能、减少停电、利用原建杆塔, 常用 LHB GJ 钢芯铝合金绞线。例如: 用 LHB GJ-240 (载流截面 238.84 mm²、质量 963 kg/km、使用计算张力 2444 N) 代替 LGJ-185/30 (载流截面 181.34 mm²、质量 732 kg/km、使用张力 2444 N), 能达到改建要求。

多股钢芯导线及 LHA, LHB 导线常用在大档距、大高差、大跨越、重要跨越等。

(4) 架空 LJ 铝绞线, 见表 1-4。

表 1-4 LJ 铝绞线

标称截面 (mm ²)	根数/直径 (mm)	计算截面 (mm ²)	外径 (mm)	直流电阻 不大于 (Ω/km)	计算拉断力 (N)	计算质量 (kg/km)	交货长度 不小于 (m)
35	7/2.50	34.36	7.50	0.8332	5760	94.1	2000
50	7/3.00	49.48	9.00	0.5786	7930	135.5	1500
70	7/3.60	71.25	10.80	0.4018	10950	195.1	1250
95	7/4.16	95.14	12.48	0.3009	14450	260.5	1000
120	19/2.85	121.21	14.25	0.2373	19420	333.5	1500
150	19/3.15	148.07	15.75	0.1943	23310	407.4	1250
185	19/3.50	182.80	17.50	0.1574	28440	503.0	1000
240	19/4.00	238.76	20.00	0.1205	36260	656.9	1000
300	37/3.20	297.57	22.40	0.0969	46850	820.4	1000

铝绞线: 无钢芯, 常用于城镇的档距为 50~100 m 的供配电线路。

(5) 架空地线（避雷线）及拉线，见表 1-5。

表 1-5 GJ 镀锌钢绞线 (GB 1200—88)

股数	钢丝直径 (mm)	钢绞线直径 (mm)	钢绞线断 面积 (mm ²)	公称抗拉强度钢丝破断力总和 (kN)			参考质量 不小于 (kg/km)
				1175	1270	1370	
1×7	2.30	6.9	29.08	34.17	36.93	39.84	230.9
	2.60	7.8	37.17	43.60	47.20	50.92	295.1
	2.90	8.7	46.24	54.33	58.72	63.35	367.1
	3.20	9.6	56.30	66.15	71.50	77.13	447.0
	3.50	10.5	67.35	79.14	85.85	92.27	534.8
	3.80	11.4	79.39	93.28	100.82	108.76	630.4
	4.00	12.0	87.96	103.35	111.71	120.50	698.4
1×19	1.60	8.0	38.20	44.88	48.51	52.33	304.0
	1.80	9.0	48.35	56.81	61.40	66.24	384.9
	2.00	10.0	56.69	70.14	75.81	81.78	475.1
	2.30	11.5	78.94	92.75	100.25	108.15	628.4
	2.60	13.0	100.88	118.53	128.12	138.20	803.0
	2.90	14.5	125.50	147.46	159.38	171.93	999.0
	3.20	16.0	152.81	179.55	194.06	209.35	1216.4

地线（避雷线）：作为防雷保护减少雷击导线。对边导线保护角（35 kV：20°~30°，山区 25°；110 kV：10°；220 kV：0°）。

35 kV 线路：可不全线架设地线，仅在发电厂、变电站进出线架设 1.0~2.0 km 地线。

2. 绝缘子

(1) 绝缘子（瓷柱、瓷瓶），如图 1-3 所示。

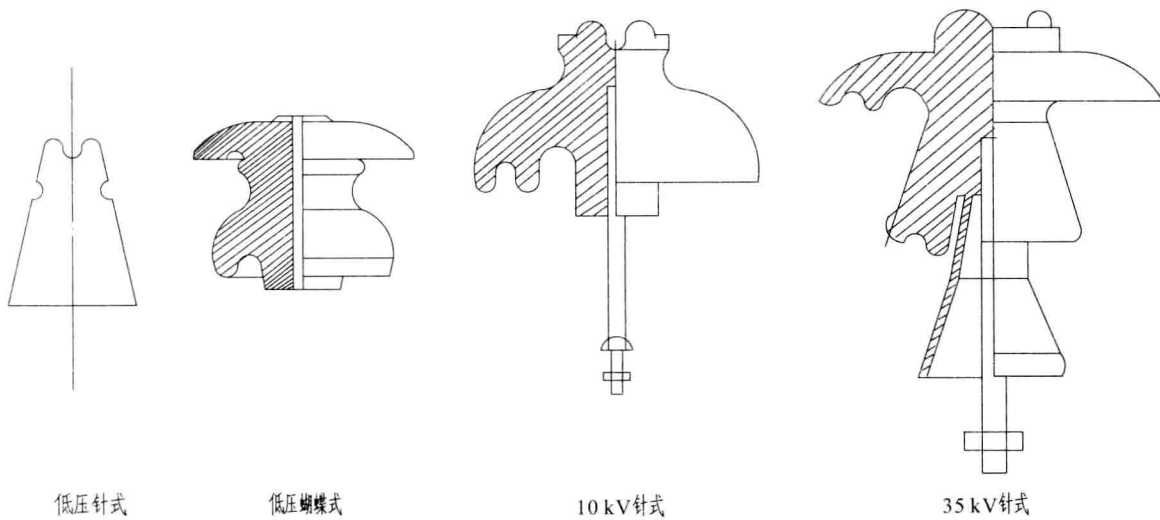


图 1-3 瓷绝缘子示意图

(2) 绝缘子 (悬式), 如图 1-4 所示。



图 1-4 悬式绝缘子示意图

- ①40, 45 (kN) 级: 有 XP-。
- ②60, 70, 80 (kN) 级: 有 X-, XP-, XWP-, XPS-, XHP-, WXP-, LXI-, LXHY-。
- ③100, 120 (kN) 级: 有 XP-, XWP-, XMP-, XHP-, LXI-, LXHY-, LXQY-, XAP-, LXH-。
- ④X, XP-普通型, XWP-, XW-, XH-, 双层耐防污型, C-槽型。
- ⑤生产厂家: 自贡、西安、大连、醴陵、苏州、牡丹江、南京、萍乡、景德镇等电瓷厂。
- ⑥玻璃绝缘子: 有 FC70/146, 防污 FC7P/146。
- ⑦地线绝缘子: 有 XDP-70C, XDP-70CN, XDP-100C, XDP-100CN, C-槽型, N-耐张型, 如图 1-5 所示。

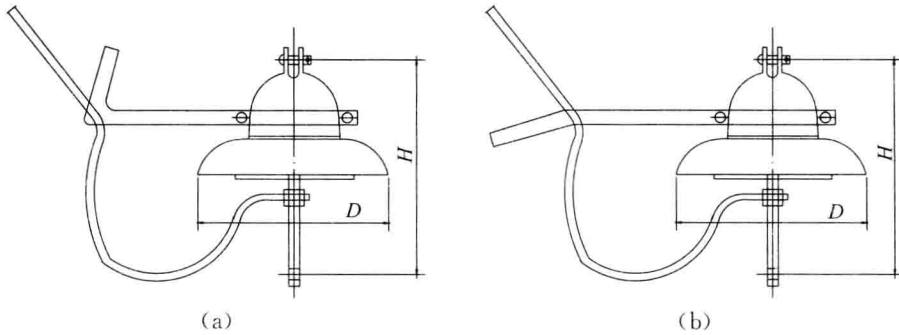


图 1-5 地线绝缘子示意图

(3) 合成绝缘子 (复合绝缘子) 及均压环, 其示意图如图 1-6 和图 1-7 所示, 主要型号尺寸和机电性能见表 1-6 和表 1-7。

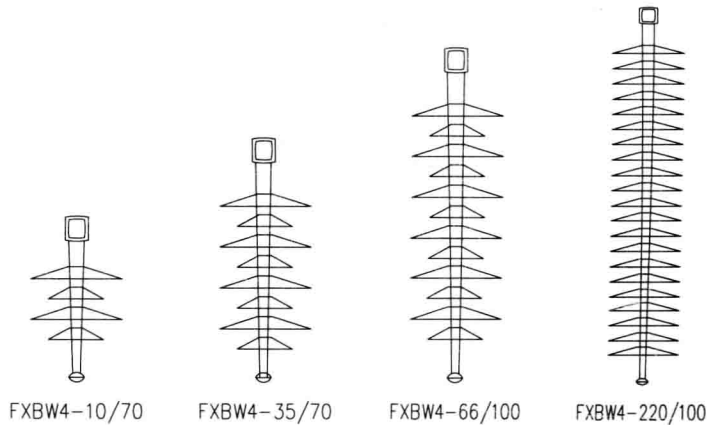


图 1-6 合成绝缘子示意图

表 1-6 合成绝缘子主要型号尺寸和机电性能 (温州)

序号	型号	额定电压 (kV)	额定机械拉伸负荷 (kN)	连接标记结构	结构高度 (mm)	最小电弧爬电距离 (mm)	最小公称爬电距离 (mm)	雷电全波冲击耐受电压 (峰值) 不小于 (kV)	工频 1 min 湿耐受电压 (有效值) 不小于 (kV)	均压环 (个)
1	FXBW4-10/70	10	70	16	380±15	190	480	115	45	无
2	FXBW4-35/70	35	70	16	650±15	470	1280	230	95	无
3	FXBW4-35/100	35	100	16	670±15	450	1260	230	95	无
4	FXBW4-66/70	66	70	16	940±15	700	1900	410	185	无
5	FXBW4-66/100	66	100	16	940±15	685	1870	410	185	无
6	FXBW4-110/70	110	70	16	1240±15	1035	3180	550	230	协议
7	FXBW4-110/100	110	100	16	1240±15	1015	3150	550	230	协议
8	FXBW4-220/100	220	100	16	2240±30	1095	6300	1000	395	协议

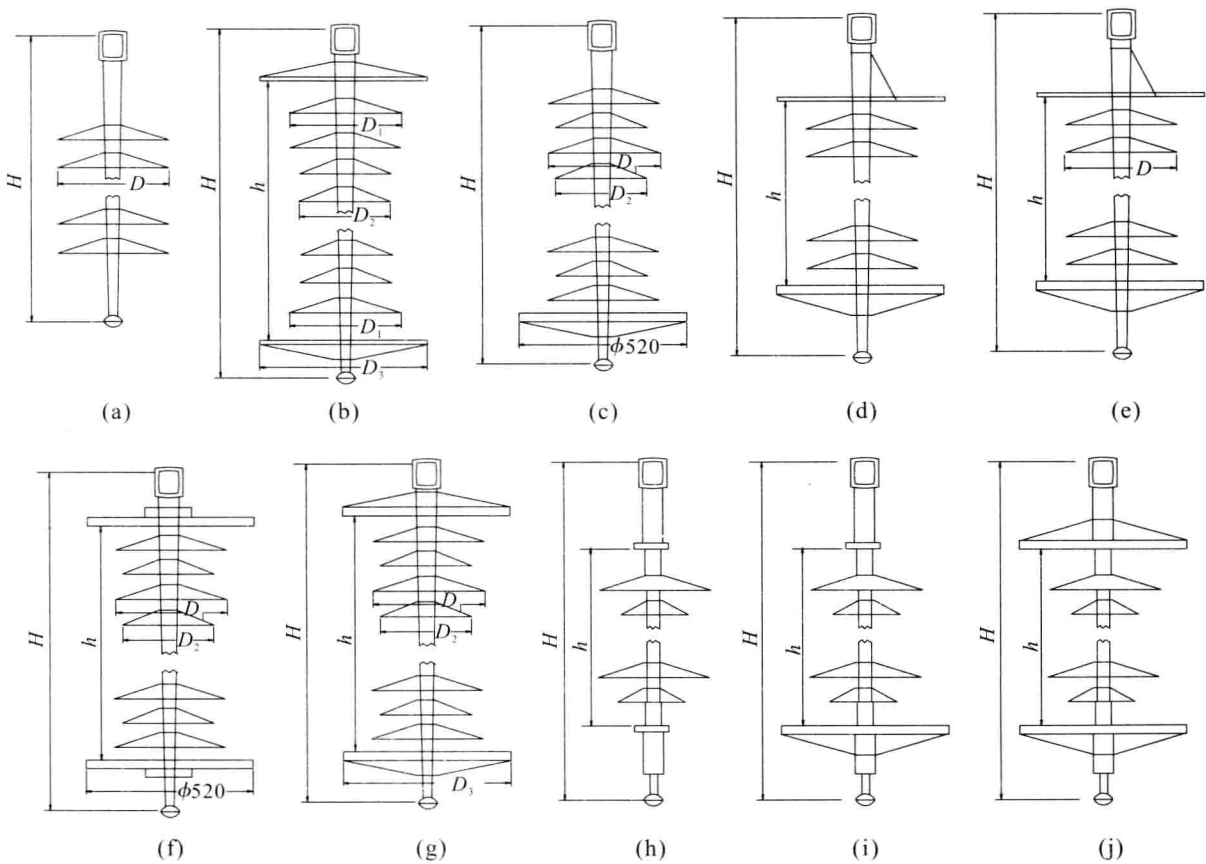


图 1-7 合成绝缘子均压环示意图

表 1-7 合成绝缘子均压环主要型号尺寸和机电性能 (大连、襄樊、保定)

型号	图	额定电压 (kV)	结构高度 (mm)	绝缘距离 (mm)	绝缘盘径 (mm)	均压环直径 (mm)	额定机械负荷 (kN)	泄漏距离 (mm)	工频电压有效值湿闪 (kV)	50%全波冲击闪络电压幅值 (kV)	质量 (kg)	符合标准	
FXB-35/100-3	a	35	560	320	100		100	820	80	185	3.2	IEC 大连	
FXB-35/100-4	a	35	590	350	100		100	1010	80	185	3.5		
FXBW1-35/70	h	35	610	450	100/150		70	810	95	230	2.95		
FXBW2-35/70	h	35	650	450	100/150		70	810	95	230	3.2		
FXBW3-35/70	h	35	610	450	100/150		70	1015	95	230	3.25		
FXBW4-35/70	h	35	650	450	100/150		70	1015	95	230	3.5		
HXS2-35/70	a	35	670	450	100		70	770	150	260	4.0	IEC-88 保定	
FXB-66/100-3	d	66	950	720	100	710	100	1600	190	360	4.5	IEC 大连	
FXB-66/100-4	d	66	1000	770	150/100	760	100	2180	190	360	6.2		
FXBW1-66/70	h	66	870	700	100/150		70	1450	185	410	3.8		
FXBW2-66/70	h	66	940	700	100/150		70	1450	185	410	4.1		
FXBW3-66/70	h	66	870	700	100/150		70	1900	185	410	4.2		
FXBW4-66/70	h	66	940	700	100/150		70	1900	185	410	4.5		
XSH-70/66	a	66	885		120		70	660			4.9	襄樊	
HXS2-66/70	a	66	870	660	100		70	1452	330	500	4.5	IEC-88 保定	
FXB-110/100-3	d	110	1240	1010	100	1000	100	2450	270	540	6.6	IEC 大连	
FXB-110/100-4	d	110	1270	1040	150/100	1030	100	2900	270	540	7.0		
FXBW1-110/70	h	110	1180	1000	100/150		70	2520	230	550	6.3		
FXBW2-110/70	h	110	1240	1000	100/150		70	2520	230	550	6.6		
FXBW3-110/70	h	110	1180	1000	100/150		70	3150	230	550	6.8		
FXBW4-110/70	h	110	1240	1000	100/150		70	3150	230	550	7.1		
FXBW1-110/100	h	110	1180	1000	100/150		100	2520	230	550	6.3		
FXBW2-110/100	h	110	1240	1000	100/150		100	2520	230	550	6.6		
FXBW3-110/100	h	110	1180	1000	100/150		100	3150	230	550	6.8		
FXBW4-110/100	h	110	1240	1000	100/150		100	3150	230	550	7.1		
XSH-70/110	b	110	1235	1008	140/110	250	70	1000	干闪 380 湿闪 340	540	6.0		襄樊
XSH-100/110	b	110	1235	1008	140/110	250	100	1000	干闪 380 湿闪 340	540	6.0		
HXS2-110/70	a	110	1240	1030	100		70	2420		580	5.0	IEC-88 保定	
HXS2-110/100	a	110	1240	1010	100		100	2420		580	5.0		

型号	图	额定电压 (kV)	结构高度 (mm)	绝缘距离 (mm)	绝缘盘径 (mm)	均压环直径 (mm)	额定机械负荷 (kN)	泄漏距离 (mm)	工频电压有效值湿闪 (kV)	50%全波冲击闪络电压幅值 (kV)	质量 (kg)	符合标准
FXB-200/100-3	e	220	2150	1915	150/100	1900	100	5500	560	950	10.0	IEC 大连
FXB-220/110-4	e	220	2540	2300	150/100	2290	100	6400	560	950	11.0	
FXB-220/160-3	e	220	2300	1990	160/120	1970	160	5500	560	950	13.0	
FXB-220/210-3	e	220	2300	1990	160/120	1970	210	5500	560	950	15.0	
FXBW1-220/100	i	220	2150	1900	100/150		100	5040	395	100	9.8	
FXBW4-220/100	i	220	2240	1900	100/150		100	6300	395	1000	11.6	
FXBW1-220/160	i	220	2150	1900	120/160		160	5040	395	1000	12.5	
FXBW4-220/160	i	220	2240	1900	120/160		160	6300	395	1000	14.7	
XSH-100/220	b	220	2190	1952	140/110	305	100	1950	干闪 720 湿闪 700	1100	10.0	襄樊
XSH-160/220	b	220	2317	2000	140/110	305	160	2000	干闪 720 湿闪 700	1100	15.0	
HXS2-220/110	c	220	2150	1900	100/150	250	100	4840	干闪 710	1100	10.0	IEC-88 保定
HXS2-220/160	c	220	2180	1900	100/150	250	160	4840	干闪 710	1100	11.0	

(4) 110 kV 线路固定间隙避雷器，其安装示意图如图 1-8 所示。

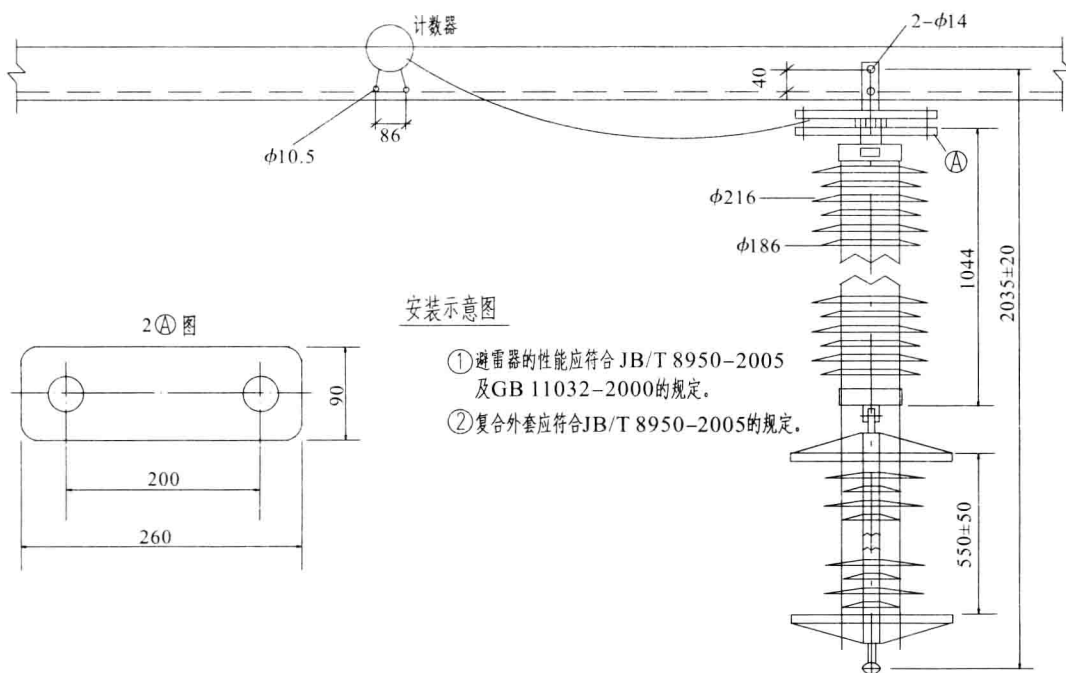


图 1-8 110 kV 线路固定间隙避雷器安装示意图 (苏州益坤公司)

(5) 复合针式绝缘子, 其示意图如图 1-9 所示, 主要型号尺寸和机电性能见表 1-8。

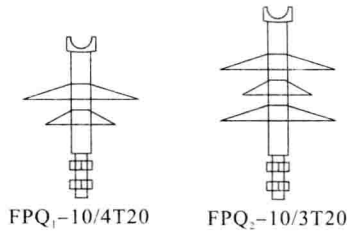


图 1-9 10 kV 复合针式绝缘子示意图

表 1-8 复合针式绝缘子主要型号尺寸和机电性能

序号	型号	额定弯曲 耐受 负荷 (kN)	结构 高度 (mm)	绝缘件 最大 直径 (mm)	最小 电弧 结构 距离 (mm)	最小 公称 爬电 距离 (mm)	下端 螺纹 直径 (mm)	额定 电压 (kV)	设备 最高 电压 (kV)	工频 1 min 湿耐受电压 (有效值) 不小于 (kV)	雷电全波 冲击耐受 电压 (峰值) 不小于 (kV)
1	FP-10/2T16	2	161	146	105	210	16	10	12	28	75
2	FPQ ₁ -10/4T20	4	195	146	127	300	20	10	12	40	90
3	FPQ ₂ -10/3T20	3	260	146	184	460	20	10	12	50	110

(6) 复合横担绝缘子的弯曲强度高, 耐污性能好, 其示意图如图 1-10 所示, 主要型号尺寸和机电性能见表 1-9。

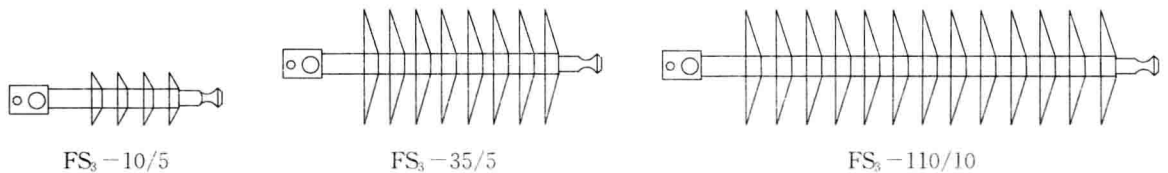


图 1-10 复合横担绝缘子示意图

表 1-9 复合横担绝缘子主要型号尺寸和机电性能

序号	型号	线槽与 安装孔 中心距离 (mm)	最小电弧 距离 (mm)	最小公称 爬电距离 (mm)	安装孔径 (mm)	额定弯曲 耐受负荷 (kN)	工频 1 min 湿耐受电压 (有效值) 不小于 (kV)	标准雷电 全波耐受 电压 (峰值) 不小于 (kV)
1	FS ₃ -10/2.5	390	274	362	16	2.5	45	165
2	FS ₃ -10/5	400	280	410	18	5.0	50	185
3	FS ₃ -35/5	620	490	1060	22	5.0	100	265
4	FS ₃ -66/6	890	735	1815	23	6.0	185	410
5	FS ₃ -110/10	1240	1070	3180	24	10.0	230	550

(7) 35 kV 瓷横担, 如图 1-11 所示。

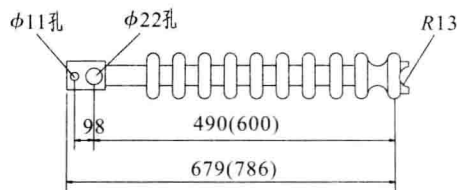


图 1-11 35 kV 瓷横担