



王运祥

# 高压架空输电线路 架线施工

水利电力出版社

**高压架空输电线路架线施工**

王 运 祥

\*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经营

水利电力出版社印刷厂印刷

\*

850×1168毫米 32开本 0.875印张 259千字

1990年11月第一版 1990年11月北京第一次印刷

印数0001—5300册

ISBN 7-120-01228-2/TM·347

定价5.95元

### 内 容 提 要

本书较全面系统地介绍了高压输电线路架线施工方面的施工方法、施工工艺、技术要求以及有关施工设计等。

全书共分十章，包括线材、绝缘子和金具的种类及有关技术数据，有关架线施工的设计知识，架线前的准备工作，人力及张力放线，紧线，弛度观测与调整，装配式架线及任意弛度法紧线，附件安装，架空线的连接等。在本书的附录中，还列出了与架线施工有关的常用参考资料。

此外，在本书第一章，还对线路工程的接地施工与接地电阻测量作了介绍。

本书内容丰富，结合实际，实用性强，适合于输电线路技术工人使用，也可供从事线路设计、施工、运行的工程技术人员和有关技工学校及中等专业学校师生参考。

## 前 言

架线施工是输电线路工程的重要工序之一，它是整个线路施工中技术性最强、高空作业最多的一个工序，因此，架线施工质量的好坏，进度的快慢，不仅对施工，而且对以后的运行，都有着重大的影响。

架线施工技术，和其它线路施工技术一样，由高压到超高压，由单导线到复导线，由人力架线到张力架线，在不断地发展。总结施工经验，交流施工技术，是广大线路工人和技术人员的殷切希望。

本书是积我国在线路施工方面的丰富经验，并在作者从事30多年线路施工实践的基础上写成的。

在本书的写作过程中，承蒙吉林省送变电工程公司的领导及总工程师赵景普同志的大力支持，曲瑞芳同志提供了大量参考资料，赵金英和赵世友同志在绘制书中插图方面也提供了不少帮助；广西送变电工程公司李庆林高级工程师及北京送变电工程公司谢景元高级工程师分别审阅了提纲及全稿，并提出了许多宝贵意见，在此一并致谢。

由于作者水平所限，书中错漏和谬误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作 者

1989年9月14日于北京

# 目 录

前 言	
第一章 线路施工概述 .....	1
第二章 线材、绝缘子及金具 .....	8
第一节 线材 .....	8
第二节 绝缘子 .....	16
第三节 金具 .....	20
第三章 有关架线施工的设计知识 .....	68
第一节 设计的主要内容 .....	68
第二节 气象条件的选择 .....	70
第三节 架空线比载 .....	72
第四节 档距 .....	75
第五节 架空线的状态方程式 .....	78
第四章 架线前的准备工作 .....	83
第一节 障碍物清除及施工场地平整 .....	83
第二节 越线架的分类与搭设 .....	86
第三节 施工技术手册的编制与技术交底 .....	91
第五章 放线 .....	97
第一节 放线滑车及其布置 .....	97
第二节 拖地放线 .....	102
第三节 张力放线 .....	107
第四节 不停电跨越架线 .....	128
第五节 通讯设施 .....	138
第六章 紧线 .....	141
第一节 紧线前的准备工作 .....	141
第二节 紧线操作 .....	144
第三节 划印 .....	149
第四节 临锚与排线 .....	151
第五节 地面划印紧线 .....	156

第七章	弛度观测与调整	163
第一节	观测弛度的计算	163
第二节	弛度观测方法	176
第三节	弛度的观测与调整	193
第八章	装配式架线及任意弛度紧线	199
第一节	装配式架线	199
第二节	任意弛度紧线	212
第九章	附件安装	219
第一节	附件安装的基本内容和要求	219
第二节	对接挂线	221
第三节	跳线安装	233
第四节	直线杆塔的附件安装	240
第五节	间隔棒安装	251
第十章	架空线的连接	260
第一节	钳压连接	260
第二节	液压连接	265
第三节	爆压连接	273
附录 1	风级风速视力鉴别	292
附录 2	导线对跨越物的垂距计算	293
附录 3	爆压管爆后外径推荐值及判断方法	296
附录 4	常用线材技术参数	300

## 第一章 线路施工概述

输电线路有架空线路和电缆线路之分。架空输电线路与电缆输电线路相比，具有投资省、易于发现故障、便于维修等特点，所以远距离输电，多采用架空线路，只有在个别城市或工矿企业区架设架空线路确有困难时，才敷设电缆线路。随着我国社会主义四化建设及大型水力枢纽工程的开发和核电站的建设，高电压、远距离、大容量的高压架空输电线路工程，必将得到更快的兴建。

### 一、线路施工程序

高压架空输电线路的施工安装，一般分为四个大工序，它们分别是基础施工、杆塔施工、架线施工和接地施工。

架线施工，是架空输电线路施工安装的主要工序，它的任务是将导线及避雷线，按设计要求的架线应力（弛度）架设于已组立的杆塔上。

架线施工，按照施工顺序可分为下列七个程序：

（1）障碍物的清除：主要是线路走廊内的妨碍施工和运行的树木的砍伐及被跨越房屋的拆迁。

（2）搭设越线架：线路走廊内不能拆迁的被跨越物（如铁路、公路、电力线路、通讯线及广播线路等等）除个别在架线施工时能采取其他临时措施，使架线作业得以顺利进行者外，都要对被跨越物搭设越线架（又称跨越架），以利导线和避雷线通过及架线工作的安全、顺利进行。

（3）挂悬垂绝缘子串和放线滑车：放线滑车要和被展放的导线或避雷线（地线）相配合。导线一般为钢芯铝绞线，其放线滑车必须用铝质的或挂胶的滑轮；地线若为钢线，可使用钢轮放线滑车；若为其它良导体，则亦必须使用铝质的或挂胶的滑轮。

放线滑车的轮径，要与所放导、地线的线径相匹配。

放线滑车可以直接挂于悬垂绝缘子串上。对于无绝缘子串（如非绝缘地线）或放线时不能挂悬垂串（如承力杆塔）者，则放线滑车可以用滑车套挂于挂线位置。

（4）放线：根据线路电压等级，线材材质，以及对导（地）线磨损的限制程度，放线可分为拖地（无张力）展放和张力的展放两种方法。

拖地放线适用于线路电压较低，对导（地）线磨损无严格限制的放线施工；张力放线常被用于超高压架空线路工程和对导（地）线磨损有严格限制的放线施工。

（5）紧线与弛度观测：即将已展放的导线或地线收紧，并按耐张段调整到设计要求的架线应力（弛度）。

紧线（收紧架空线）的工作，一般均采用机械施工。根据具体情况，紧线可采用三相同步紧，也可以采用分相紧，但对于分裂导线（亦称复导线），则最好将同相的所有子导线同时紧，以保持其线间应力（弛度）互相一致。

架空线的应力，是靠紧线时调整架空线的弛度来进行控制的。因此，在紧线的同时，要采用特定的方法进行弛度观测。此外，在实行装配化架线时，则是以严格控制架空线长度来实现对其应力（弛度）控制的。

（6）附件安装：架空线在紧线并进行弛度观测与调整，达到设计要求的应力之后，应将其分别固定在各杆塔支持物上，这项工作统称为“附件安装”。附件安装的内容包括：

- 1）架空线在直线杆塔上的固定（称直线塔的附件安装）；
- 2）耐张挂线或对接挂线，即架空线在承力塔上的固定，又称耐张塔附件安装；
- 3）分裂导线的间隔棒安装等。

（7）架空线的连接：线路绵长，线长有限，这就有个架空线连接的问题。放线过程中，架空线与架空线之间需要进行连接；在承力塔上，架空线与耐张线夹需要进行连接；此外，由于种种原因所造成的架空线超过规范的损伤处理，往往也需要割断



架空线重新连接。凡此均称为架空线的连接。

架空线的连接方法，按连接工艺不同，可分为钳压连接、液压连接和爆压连接。

架空线的连接，是整个架线施工中的一个重要工序，它的施工质量的优劣，将直接影响着架空线路投产后的安全运行。

本书将着重介绍前述七个架线施工程序的作业方法、施工设计、施工工艺以及保证施工质量和安全的技术措施等。有关基础施工、杆塔施工，可参见《高压送电线路基础施工》、《高压送电线路杆塔施工》及《高压架空输电线路内拉线抱杆组塔》等已出版书籍。

## 二、关于接地施工

为了防止直接雷击导线，在35kV以上的架空输电线路，一般都架设避雷线。当雷击避雷线时，强大的雷电流通过接地体而流入大地，从而达到保护架空输电线路的正常运行。按照规定，有避雷线的杆塔，应逐基接地；无避雷线的钢筋混凝土杆、金属杆塔及木杆的铁横担，也应逐基接地。

架空线路的接地装置，包括接地体和接地引下线两个部分。

### (一) 接地装置型式的确定

接地装置的型式，由设计部门根据土壤电阻率及允许的接地电阻（见表1-1）确定。在满足接地电阻的情况下，接地装置的型式，按下列原则确定：

表 1-1 有避雷线架空电力线路杆塔接地的工频电阻表

塔基土壤电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )	<100	100~500	500~1000	1000~2000	>2000
允许工频电阻 ( $\Omega$ )	10	15	20	25	30

注 无避雷线的钢筋混凝土杆、金属杆塔及木杆的铁横担，其接地电阻可不受限制，但年平均雷暴日超过40的地区，不宜超过30 $\Omega$ 。

(1) 在土壤电阻率不超过100 $\Omega \cdot m$ 的地区或已有运行经验的地区，可优先考虑利用杆塔基础（包括拉线基础）本身的接

地，而不另设人工接地装置。

(2) 在杆塔基础坑内，设置环形接地装置，利用基础坑进行深埋，以省去挖接地沟的作业，如图1-1所示。

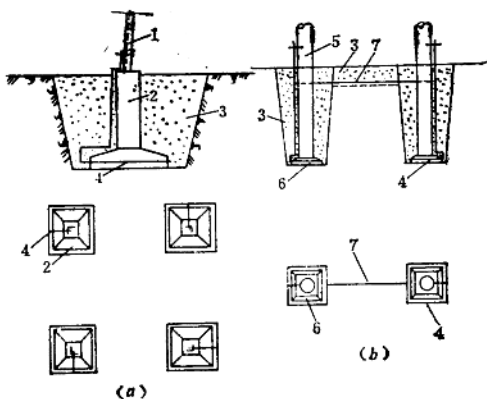


图 1-1 环形接地装置图

(a) 铁塔基础；(b) 混凝土杆基础

1—塔腿；2—基础；3—回填土；4—环形接地带；5—混凝土杆；6—底盘；  
7—连接带

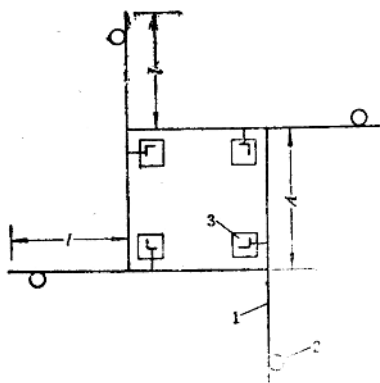


图 1-2 放射形接地装置图

1—接地带；2—接地板；3—杆塔基础

(3) 当环形接地装置无法满足接地电阻的要求时, 可根据工程的实际情况, 在杆塔基础四周设置放射形接地带, 或打入接地极, 或接地带与接地极两者联合使用, 以满足对接地电阻的要求。放射形接地装置如图1-2所示。图中放射长度  $l$ , 由设计部门根据不同的土壤电阻率确定。

接地引下线一般用与避雷线同规格的镀锌钢绞线, 当钢筋混凝土电杆的主杆与横担有可靠的电气连接时, 可以其内部钢筋作接地引下线。

### (二) 对接地施工的要求

(1) 要按照设计图纸规定的型号、埋深及材料规格进行施工。

(2) 开挖接地沟时, 如遇大石允许避开, 但避开大石后仍需注意保持原设计的形状。如原设计形状为环形, 仍应为环形; 如原设计为放射形, 虽不受限制, 但也应尽量减少射线弯曲, 以免增大冲击接地电阻。

(3) 在一般地域, 接地沟深度应不小于0.6m, 在耕地, 接地沟深度应超过耕作深度。

(4) 进行接地体焊接时的搭接长度: 圆钢不少于  $6d$  ( $d$  为圆钢直径), 双面施焊; 扁钢应为宽度的2倍, 并四边施焊。

(5) 接地装置敷设完毕回填土时, 应注意选择土质, 去除杂质及块石, 每回填20cm夯实一次, 并加高10~20cm防沉。

### (三) 使用化学降阻剂的操作

化学降阻剂是我国电力部门在化工部门的协助下研制出来的较为有效的降低接地电阻的新产品, 它对高土壤电阻率地区节约接地材料有着显著的效果。化学降阻剂由A、B、C、D四剂和水混合而成, 其配方如表1-2所示。

注入降阻剂的操作和顺序是:

取一铁桶(或木桶), 在桶中加入20L水, 先加入A剂搅拌溶解; 再加入B剂, 充分搅拌溶解; 在A剂、B剂完全溶解后, 再加入C剂混合, 最后加入D剂。四剂和水混合后, 应充分搅

表 1-2

30L降阻剂的原料配方表

配合剂	原料名称	重量比	重量	作用
A剂	氯化钾KCl 氯化镁MgCl	1:1	1.5kg 1.5kg	强电解质(为减少接地电阻的主体)
B剂	一水硫酸氢钠 NaHSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O		0.4kg	
C剂	尿醛树脂	尿素:甲醛 =1:25	4 kg	聚合成网状胶体(包含水份和强电解质)
D剂	尿素 聚乙烯醇 水	尿素:聚乙烯醇 :水=2:1:6	0.8kg 0.5kg 2.7kg	填充网状胶体的空格,使水份和强电解质不易流失
	水		20L	混合用
合计			30L	

拌, 搅拌后注入接地体的孔洞中。遇到疏松的砂土时, 应将药剂放置呈乳化后再注入孔洞。冬季施工时, B剂应成倍增加。

#### (四) 接地电阻的测量

(1) 测量接地电阻接线图, 如图1-3所示。

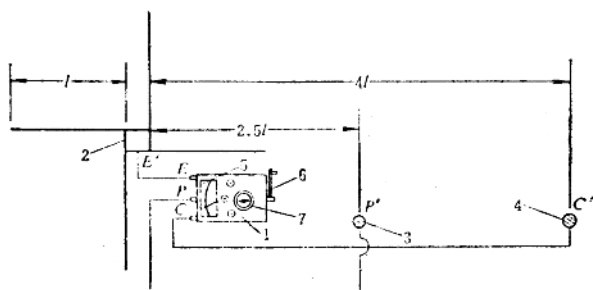


图 1-3 测量接地电阻接线图

1—接地摇表; 2—接地体; 3—电压探针; 4—电流探针; 5—检流计; 6—发电机摇柄; 7—标度盘

## (2) 测量方法:

1) 在不与接地体射线平行的方向, 分别打入两个探针, 其距离如图1-3所示;

2) 按接线图接线;

3) 摇动摇表发电机摇柄6, 使其达每分钟120转;

4) 同时调整测量标度盘7, 使检流计5的指针指于中心线;

5) 读出标度盘的读数。此读数乘以倍率标度的倍数, 即为所测接地电阻值。

## (3) 测量注意事项:

1) 测量时, 要将接地装置与避雷线断开;

2) 电流探针、电压探针应布置在与线路或地下金属管道垂直的方向上;

3) 应避免在雨后立即测量接地电阻。

在整个线路工程的施工中, 接地施工往往被安排在工程的末尾, 它的工艺又比较简单, 不易被重视, 从而使施工质量受到影响, 这是应特别注意的问题。合理的做法应该是, 在基础与杆塔施工时, 就应同时安排接地施工, 直到架线施工完毕, 仍要同其它工序一样重视接地施工, 使之符合要求, 确保工程全面优质。

## 第二章 线材、绝缘子及金具

### 第一节 线 材

#### 一、线材的分类

##### (一) 按组合材料分类

(1) 单一线股绞线：由一种金属线绞合而成。线路上常用的有铝绞线、钢绞线和铝合金绞线等。

(2) 钢芯绞线：由钢线绞成钢芯，外绞以其它良性导体线材的线。常用的有钢芯铝绞线、钢芯铝合金绞线等。

(3) 混绞线：即由两种或两种以上不同材质的线混绞而成。如铝包钢线和钢线混合绞线，钢铝混绞线等。

##### (二) 按用途分类

(1) 导线：在线路上专门用来传送电能的线称为导线。最常用的导线有铜绞线、铝绞线和钢芯铝绞线等。

(2) 避雷线：又称“地线”。它架设于导线上方，以防止雷击导线。避雷线一般采用钢绞线，在避雷线兼作载波通讯线时，也有使用其它良导体绞线作避雷线的。

(3) 屏蔽线：又称“屏蔽地线”，用于超高压架空输电线路某些特殊地段，以对导线进行屏蔽。屏蔽线架设于导线下方。

(4) 拉线：一般均采用钢绞线做为拉线，用来固定杆塔。

#### 二、铝绞线及钢芯铝绞线

(1) 在线路上常用的铝绞线及钢芯铝绞线类型，见表 2-1 所列。

(2) 标称截面及结构：电线的规格，通常是以其标称截面来代表的。电线的标称截面及其结构尺寸，应符合表 2-2 的规定。

(3) 电线的制造要求与质量检查，应符合下列要求：

1) 电线为同心式绞合, 各相邻层的绞制方向应相反, 最外层的绞制方向为右向。绞制的节距比应符合表2-3的规定。

同一层的绞制节距必须均匀一致, 相邻层的外层节距比应小于内层。

2) 电线应紧密整齐地绞合, 不得有缺线、断线、跳线或松股现象。

3) 电线中铝单股和钢芯为多股的钢线单股允许焊接, 单股的焊接处应圆整。铝单股焊接区的抗拉强度应不低于 $73.5\text{N}/\text{mm}^2$ ; 镀锌钢线焊接区的抗拉强度应不低于 $785\text{N}/\text{mm}^2$ , 且焊接区应作防腐处理。同一根单线两焊接处之间的距离应不小于 $15\text{m}$ ; 同一层非同一根单线两焊接处之间的距离, 内层应不小于 $5\text{m}$ , 外层应不小于 $15\text{m}$ 。

钢芯为单股时, 不允许焊接。

4) 电线的制造长度, 应不小于表2-4的规定。当供需双方有协议时, 允许按协议长度交货。

表 2-1 常用电线的类型及名称表

类 型	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
LGJF <sub>1</sub>	轻 防 腐 钢 芯 铝 绞 线
LGJQF <sub>1</sub>	轻 防 腐 轻 型 钢 芯 铝 绞 线
LGJF <sub>1</sub>	轻 防 腐 加 强 型 钢 芯 铝 绞 线
LGJF <sub>2</sub>	中 防 腐 钢 芯 铝 绞 线
LGJQF <sub>2</sub>	中 防 腐 轻 型 钢 芯 铝 绞 线
LGJF <sub>2</sub>	中 防 腐 加 强 型 钢 芯 铝 绞 线

表 2-2

电线标称截面及结构尺寸表

标称截面 (mm <sup>2</sup> )	结 构 尺 寸 (根/直径, mm)						
	LJ	LGJ、 LGJF <sub>1</sub> 、 LGJF <sub>2</sub>		LGJQ、 LGJQF <sub>1</sub> 、 LGJQF <sub>2</sub>		LGJJ、 LGJJF <sub>1</sub> 、 LGJJF <sub>2</sub>	
		铝	铝	钢	铝	钢	铝
10	3/2.07	6/1.50	1/1.5				
16	7/1.70	6/1.8	1/1.8				
25	7/2.12	6/2.20	1/2.2				
35	7/2.50	6/2.8	1/2.8				
50	7/3.00	6/3.20	1/3.2				
70	7/3.55	6/3.80	1/3.8				
95	19/2.50	28/2.07	7/1.8				
95(1)	7/4.14	7/4.14	7/1.8				
120	19/2.80	28/2.30	7/2.0				
120(1)		7/4.60	7/2.0				
150	19/3.15	28/2.53	7/2.2	24/2.76	7/1.8	30/2.50	7/2.5
185	19/3.50	28/2.88	7/2.5	24/3.06	7/2.0	30/2.80	7/2.8
240	19/3.98	28/3.22	7/2.8	24/3.67	7/2.4	30/3.20	7/3.2
300	37/3.20	28/3.80	19/2.0	54/2.65	7/2.6	30/3.67	19/2.2
300(1)				24/3.98	7/2.6		
400	37/3.70	28/4.17	19/2.2	54/3.06	7/3.0	30/4.14	19/2.5
400(1)				24/4.60	7/3.0		
500	37/4.14			54/3.36	19/2.0		
600	61/3.55			54/3.70	19/2.2		
700				54/4.04	19/2.4		



表 2-3

电线绞制节距比

线 材	层 次		节 距 比 (倍)
钢	6 根		16~28
	12 根		14~24
铝	单 层		10~14
	多 层	内 层	11~17
		外 层	10~13

表 2-4

电线制造长度表

标 称 截 面 (mm <sup>2</sup> )	制 造 长 度 不 小 于 (m)			
	LJ	LGJ, LGJF <sub>1</sub> , LGJF <sub>2</sub>	LGJQ, LGJQF <sub>1</sub> , LGJQF <sub>2</sub>	LGJJ, LGJJF <sub>1</sub> , LGJJF <sub>2</sub>
10、16	4500	1500		
25	4000	1500		
35	4000	1000		
50	3500	1000		
70	2500	1000		
95	2000	1500		
120	1500	1500		
~ 150	1250	1500	1500	1500
185、240	1000	1500	1500	1500
300	1000	1000	1000	1000
400	800	1000	1000	1000
500	600		1000	
600	500		1000	
700			1000	