

ICS 29.240

P 62

备案号: J545—2006

**DL**

**中华人民共和国电力行业标准**

**P DL/T 5343 — 2006**

---

**750kV 架空送电线路张力架线  
施工工艺导则**

**Construction technology guidance for tension stringing  
of 750kV overhead transmission line**

**2006-09-14 发布**

**2007-03-01 实施**

---

**中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布**

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 一般规定 .....	3
4 施工准备 .....	6
4.1 机具准备 .....	6
4.2 跨越施工准备 .....	11
4.3 放线滑车准备 .....	15
5 张力放线 .....	20
5.1 施工区段及牵引场、张力场 .....	20
5.2 导引绳、牵引绳和地线展放 .....	23
5.3 张力放线主要施工计算 .....	25
5.4 张力放线施工操作 .....	30
5.5 放线质量和施工安全 .....	33
6 紧线 .....	36
6.1 紧线工艺 .....	36
6.2 弧垂观测与调整 .....	43
6.3 画印 .....	44
7 附件安装 .....	46
7.1 一般要求 .....	46
7.2 耐张塔附件安装（挂线） .....	47
7.3 直线塔附件安装 .....	52
7.4 间隔棒安装 .....	54
7.5 跳线安装 .....	55

## 前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2005 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号）的安排制定的。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准负责起草单位：国家电网公司基建部、国网北京电力建设研究院、国网交流工程建设有限公司。

本标准参加起草单位：西北电网有限公司、陕西送变电工程公司、北京送变电公司、西北电力设计院。

本标准主要起草人：郑怀清、田子恒、艾肇富、陈发宇、荆津、衣立东、杨林。

本标准由国网北京电力建设研究院负责解释。

## 1 范 围

本标准规定了架空送电线路中导线、架空地线、光纤复合架空地线（OPGW）的张力架线施工工艺。

本标准适用于 750kV 架空送电线路。

以下特殊张力架线施工可参照本标准，进行编制特殊张力架线施工方案：

- 1 大跨越张力架线施工。
- 2 不停电跨越张力架线施工。
- 3 采用过渡方法的张力架线施工。
- 4 采用环形牵放方式的张力架线施工。
- 5 多于六分裂导线的线路张力架线施工。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修改版均不适用本标准。然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

DL/T 685 放线滑轮基本要求、检验规定及测试方法

DL 5009.2 电力建设安全工作规程 第2部分:架空电力线路

### 3 一般规定

3.0.1 在架线施工中，用张力放线方法展放导线，以及用与张力放线相配合的工艺方法进行紧线、挂线、附件安装等各项作业的整套架线施工方法，叫做张力架线。张力架线的基本特征如下：

- 1 导线在架线展放过程中处于架空状态。
- 2 以施工段为架线施工的单元工程，放线、紧线等作业在施工段内进行。
- 3 施工段不受设计耐张段限制，可以用直线塔作施工段起止塔，在耐张塔上直通放线。
- 4 在直线塔紧线并作直线塔锚线。
- 5 在直通紧线的耐张塔上作平衡挂线或半平衡挂线。
- 6 同相子导线推荐同时展放、同时收紧的施工方法。

在保证架线施工质量的前提下，可根据工程具体条件选择张力架线的工艺流程、施工机械、施工组织及操作方法等。

3.0.2 利用牵引机、张力机等施工机械展放导线，使导线在展放过程中离开地面和障碍物呈架空状态的放线方法称为张力放线。张力放线的基本程序为：

- 1 展放导引绳：将导引绳分段展放，逐基穿过放线滑车，并与邻段相连。
- 2 用导引绳牵放牵引绳：用小牵引机收卷导引绳，逐渐将施工段内的导引绳更换为牵引绳。
- 3 用牵引绳牵放导线：用主牵引机收卷牵引绳，逐步将施工段内的牵引绳更换为导线。以 1 根牵引绳同时牵放 6 根子导线，称为 1 牵 6 放线。
- 4 六分裂导线的展放：根据现有的张力放线机械，能组合成多种张力放线方法。本标准仅介绍一次展放 6 根子导线的放线

方式。

一次展放 6 根子导线有 3 种施工方法：1 牵 6、1 牵 (4+2)、1 牵 (2+2+2)，括号内的数字 4 和 2，代表 4 线张力机和 2 线张力机。

- 1) 1 牵 6 放线方法：用 1 台牵引机，牵引 1 台 6 线张力机出来的 6 根子导线，用 1 牵 6 走板和七轮放线滑车配合放线。
- 2) 1 牵 (4+2) 放线方法：用 1 台牵引机，牵引从 2 台张力机中出来的 6 根子导线，2 台张力机中有 1 台 4 线张力机和 1 台 2 线张力机，用 1 牵 6 走板和七轮放线滑车配合放线。
- 3) 1 牵 (2+2+2) 放线方法：用 1 台牵引机，牵引从 3 台 2 线张力机中出来的 6 根子导线，用 1 牵 6 走板和七轮放线滑车配合放线。

3.0.3 为保证 750kV 送电线路建成后的运行质量，在张力架线全过程中必须对导线采取严格的保护措施：采用不磨伤导线的材料制作放线滑车的轮槽；正确悬挂放线滑车以改善导线在滑车中的通过性；机具在选用材料和外形上均有利于保护导线；选择合适的放线张力，既保证导线架空，又符合导线防振要求。

3.0.4 预防电害是张力架线安全施工的突出问题之一。电害来自于雷电、平行邻近高电压线路的静电感应、邻近强电流线路的电磁感应以及与带电体发生事故性接触。必须对施工全过程采取防止电害的安全措施，设置消除电害的接地系统。

必须按合理程序装设和拆除临时接地线，使架空的线路在施工期间始终保持可靠接地，新工序接地线未装设，原工序接地线不得拆除；必须按 DL 5009.2 规定的操作程序装设和拆除临时接地线。

3.0.5 采用张力架线施工的施工段，应具备下列施工条件：

- 1 放线段长度不宜超过 20 个放线滑车。两端的牵引场或张

力场应便于牵引机和张力机的运输和布置，场的前后两端杆塔允许作直线锚线。

2 耐张塔单侧紧线时，应按设计要求安装临时拉线平衡对侧导线的水平张力。

3 耐张段长度小于1500m时，按过牵引200mm验算耐张塔。耐张金具组合串中应具有调整范围较大的调节金具。

4 直线塔应设附件安装施工孔，耐张塔应设锚线孔、临时拉线孔和放线滑车悬挂孔等施工孔，孔径与施工工具相配合。

5 直线挂线联板和耐张挂线联板均应设置足够的施工孔。

6 用于张力架线的导线，不得因导线质量问题在张力放线过程中产生松股、断股、跳股、背股、鼓包、扭曲等现象。

3.0.6 特种导、地线和光纤复合架空地线（OPGW）的架设，厂家有严于本标准的特殊要求时，按特殊要求执行。

3.0.7 新技术、新工艺必须经过试验、测试及试点，符合本标准要求后方可应用。

## 4 施 工 准 备

### 4.1 机 具 准 备

4.1.1 机具准备之前，应计算施工段的放线张力及紧线张力，确定张力放线方式。根据施工技术要求配备放线机具。成套放线机具应相互匹配。在工程准备阶段应安排落实张力放线的主要机具如下：

1 主牵引机及钢丝绳卷车(意大利式牵引机自备卷绕钢丝绳机构)。

2 主张力机及导线盘架。

3 小牵引机及钢丝绳卷车。

4 小张力机及牵引绳轴架。

5 导引绳及连接器。

6 牵引绳及连接器。

7 牵引板。

8 旋转连接器。

9 放线滑车、压线滑车、接地滑车。

10 连接导线的单头网套和双头网套。

11 导线、地线、牵引绳、导引绳配套的卡线器。

12 其他。

4.1.2 在牵放导线过程中起牵引作用的机械叫主牵引机。主牵引机应具有健全的工作机构、控制机构和防护(保安)机构，能在使用地区自然环境下连续工作。变速机构以无级变速为优。主卷扬机构工作应平稳。主牵引机的额定牵引力可按下式选用：

$$P \geq mK_p T_p \quad (4.1.2)$$

式中：

$P$ ——主牵引机的额定牵引力，N；

$m$ ——同时牵引子导线的根数；

$K_p$ ——选择主牵引机额定牵引力的系数，可取  $K_p=0.2\sim 0.3$ ；

$T_p$ ——被牵放导线的保证计算拉断力，N。

主牵引机的卷筒槽底直径不应小于牵引绳直径的 25 倍。

#### 4.1.3 与主牵引机配套的钢丝绳卷车应符合如下要求：

- 1 驱动能来自主牵引机，并由主牵引机司机集中操作和控制。
- 2 输送动力油源的高压软管接头采用密封良好的快速接头。
- 3 能与主牵引机同步运转，保证牵引绳不在主牵引机卷扬机构上打滑，即保持牵引绳尾部张力满足：

$$2000 < P_w < 5000 \quad (4.1.3)$$

式中：

$P_w$ ——牵引绳尾部张力，N。

- 4 具有良好的排绳机构，能使牵引绳整齐地排列在钢丝绳卷筒上。
- 5 具有平滑可调且允许连续工作的制动装置，在展放牵引绳时能有效控制钢丝绳轴的惯性。

4.1.4 在牵放导线过程中对导线施加放线张力的施工机械叫主张力机。750kV 线路一般采用六分裂导线，张力放线应使用六线张力机，如没有六线张力机，也可以用多台张力机组合成六线组合张力机。主张力机应具有健全的工作机构和控制机构，能连续平稳地调整放线张力；能与主牵引机同步运转；能在使用地区自然环境下连续工作；放线张力一经调定后能基本保持恒定不变；能分别控制同时牵放的各子导线的放线张力，或用其他方法补偿各子导线在牵放过程中可能出现的张力差；导线轮和导线导向滚轮均不损伤导线。主张力机单根导线额定制动张力

可按下式选用：

$$T = K_T T_p \quad (4.1.4-1)$$

式中：

$T$ ——主张力机单导线额定制动张力，N；

$K_T$ ——选择主张力机单导线额定制动张力的系数，可取  $K_T = 0.14 \sim 0.20$ 。

主张力机的导线轮槽底直径应满足下式：

$$D \geq 40d - 100 \text{ mm} \quad (4.1.4-2)$$

式中：

$D$ ——张力机的导线轮槽底直径，mm；

$d$ ——被展放的导线直径，mm。

OPGW 张力放线机主卷筒槽底直径应大于 OPGW 直径的 70 倍，且不得小于 1m。

大部分张力机可以并轮使用，张力轮并轮后可以提高张力机单线制动张力，用来解决特殊工程大张力放线问题。

4.1.5 支撑导线线盘并为张力机提供导线尾部张力的机具叫线盘车或线盘架。线盘车或线盘架均应具有可调制动力装置，使制动张力即导线尾部张力保持满足：

$$1000 < T_w < 2000 \quad (4.1.5)$$

式中：

$T_w$ ——导线的尾部张力，N。

尾部张力不宜过大，以免导线在线盘上产生过大的层间挤压及在展放过程中产生剧烈振动；亦不宜过小，以免导线在主张力机导线轮上滑动及在线盘上松套。

4.1.6 在牵放牵引绳过程中起牵引作用的机械叫小牵引机。小牵引机一般随带可升降的导引绳回盘机构。起控制放牵引绳张力作用的机械叫小张力机。当钢丝绳卷车能起控制放牵引绳张力作用时，也可不使用小张力机。

小牵引机的额定牵引力可按下式选择：

$$P \geq \frac{1}{10} Q_p \quad (4.1.6-1)$$

式中：

$P$ ——小牵引机的额定牵引力，N；

$Q_p$ ——牵引绳的综合破断力，N。

小张力机的额定制动张力可按下式选择：

$$t \geq \frac{1}{15} Q_p \quad (4.1.6-2)$$

式中：

$t$ ——小张力机的额定制动张力，N。

地线需要张力放线时，一般以小牵引机、小张力机作地线张力放线机械（但应验算地线直径与小张力机张力轮的直径比），以导引绳作地线牵引绳。符合式（4.1.6-1）、式（4.1.6-2）要求的小牵引机、小张力机一般均能满足地线张力放线需要。

4.1.7 导引绳、牵引绳均应使用受拉后扭矩较小、不易产生金钩且通过工艺性试验确认可以使用的少扭或无扭结构钢丝绳。牵引绳规格可按下式选择：

$$Q_p \geq \frac{3}{5} m T_p \quad (4.1.7-1)$$

导引绳规格可按下式选择：

$$P_p \geq \frac{1}{4} Q_p \quad (4.1.7-2)$$

式中：

$P_p$ ——导引绳综合破断力，N。

4.1.8 张力架线其他特种受力工器具，如连接网套、牵引板、平衡锤、抗弯连接器、旋转连接器、卡线器、链式葫芦等，均按实际可能发生的最大负荷选用，并注意对导线的适用性和相互之间

的匹配。使用前应对所用工器具认真进行外观检查。

4.1.9 第一次启动和中大修后启动主牵引机、主张力机、小牵引机、小张力机、钢丝绳卷车时，应在检查各部分润滑油、液压油的油量、油质后，按机械说明书规定启动，空载运转至规定时间后检查：

1 变矩器、变速器、各轴承、液压泵、液压电动机、液压阀及其他所有运动件、传动机构有无过热现象。

2 各部油封情况。

3 传动部分有无异响。

4 装配情况及紧固件、定位件有无变化。

5 内燃机工作状况。

6 档位、档次及换档情况，变量机构工作状况。

7 机油压力、补油压力、刹车油压力。

8 制动机构工作状况。

完成规定时间的机械磨合后，方可正式投入使用。

4.1.10 每天使用牵引机、张力机等机械，均应进行下列检查：

1 燃料油、润滑油、液压油的油量、油质。

2 内燃机、传动机构、执行机构的工作性能和变速情况，变量机构所定位置。

3 停车刹车可靠性。

4 仪表灵敏度和准确度。

5 机油、补油、刹车油的压力。

6 机身锚固情况和接地情况。

7 张力机张力控制阀（溢流阀）保压情况，张力机张力控制阀应定期清洗和检查。

8 应检查牵引机整定值。

4.1.11 长距离转运非自行式且无消振装置的牵引机、张力机时，应装载在汽车上运输。短距离转场运输时可拖运，但应限制行车速度，在平坦的道路上速度不得超过 30km/h，在不平坦的道路上

速度不得超过 15km/h。

钢丝绳卷车、线盘车可以拖运。

运输前应检查道路和桥梁，必要时加以修补和加固。应将人身上的活动零部件临时加以固定，应接通车部分的刹车和信号灯。应以机身吊运环（孔）起吊。

4.1.12 导引绳、牵引绳端头宜采用插接式绳扣。插接式绳扣的拉断力不应低于本绳的综合拉断力。

每项工程前或每年对导引绳、牵引绳进行一次检查和保养，如发现导引绳、牵引绳有金钩、有明显背扣以及一个节距内断丝百分比超过 5% 时，应切断后改制成插接式绳套，断丝严重的应予以报废。

## 4.2 跨越施工准备

4.2.1 张力架线中的跨越施工，除应执行 DL 5009.2 的有关规定外，还应充分注意导引绳、牵引绳、导线等在放线过程中处于架空状态这一特点，慎重选择跨越施工方案，防止放、紧线过程中发生张力失控，确保施工安全和被跨越物的安全。

4.2.2 跨越电力线路施工的跨越方式分为停电跨越和不停电跨越两种，跨越施工中应优先考虑停电跨越。

4.2.3 张力架线中跨越架的几何尺寸应符合如下要求：

1 架顶宽度（沿被跨越物方向的有效遮护宽度）：

$$B \geq \frac{1}{\sin \gamma} [2(Z_x + c) + b] \quad (4.2.3-1)$$

$$Z_x = w_{4(10)} \left[ \frac{x}{2H} (l-x) + \frac{\lambda}{w_1} \right] \quad (4.2.3-2)$$

上二式中：

$B$ ——跨越架架顶宽度，m；

$\gamma$ ——跨越交叉角，°；

$Z_x$ ——施工线路导线或地线等安装气象条件下在跨越点处的风偏距离, m;

$c$ ——停电跨越时取 1.5, 不停电跨越时取 2.0, m;

$b$ ——跨越架所遮护施工线路在跨越处的最外侧导、地线间在施工线路横线路方向的水平宽度, m;

$H$ ——水平放线张力, N;

$l$ ——施工线路跨越档档距, m;

$x$ ——被跨越物至施工线路邻近的杆塔的水平距离, m;

$w_{4(10)}$ ——安装气象条件(风速 10m/s)下, 施工线路导线或地线的单位长度风荷载, N/m;

$\lambda$ ——施工线路跨越档两端悬垂绝缘子串或滑车挂具长度, m;

$w_1$ ——施工线路导线、地线的单位长度重力, N/m。

风速 10m/s 的导线或地线的每米长度风荷载按下式计算:

$$w_{4(10)} = 0.0613Kd \quad (4.2.3-3)$$

式中:

$K$ ——风载体型系数:  $d < 17\text{mm}$ ,  $K=1.2$ ;  $d > 17\text{mm}$ ,  $K=1.1$ ;

$d$ ——导线或地线直径, mm。

跨越架中心线应与遮护宽度  $b$  的中心线重合。

## 2 跨越架架面与被跨越物的最小水平距离:

### 1) 跨越电力线路:

$$S \geq Z_x + S_{\min} \quad (4.2.3-4)$$

式中:

$S$ ——无风时跨越架架面与被跨越电力线路导线间的最小水平距离, m;

$Z_x$ ——被跨越电力线路外过电压条件下导线在跨越点处的风偏, I 级气象区, 外过电压条件下取风速为 15m/s, 其余气象区均取 10m/s, 故一般仍可用式 (4.2.3-2) 与式 (4.2.3-3) 计算, 但式中符号均应改用被跨越线

路的有关参数。不停电跨越施工时，根据施工地区的气象条件，适当提高计算风速， $m$ ；

$S_{\min}$ ——跨越架架面在被跨越线路导线发生风偏后尚应保持的最小安全距离（具体值见表 4.2.3-1）， $m$ 。

表 4.2.3-1 跨越架对带电体的最小安全距离

距离说明	被跨越电力线路电压等级 (kV)					
	≤10	35	66~110	220	330	500
架面与导线的水平距离 (m)	1.5	1.5	2.0	2.5	5.0	6.0
无架空地线 (OPGW) 时，封顶网 (杆) 与导线的垂直距离 (m)	1.5	1.5	2.0	2.5	4.0	5.0
有架空地线 (OPGW) 时，封顶网 (杆) 与架空地线 (OPGW) 的垂直距离 (m)	0.5	0.5	1.0	1.5	2.6	3.6

2) 跨越其他被跨越物，与其他被跨越物的最小安全距离见表 4.2.3-2。

表 4.2.3-2 跨越架与被跨越物的最小安全距离

距离说明	被跨越物名称		
	铁路	公路	通信线
距架面水平距离 (m)	至路中心: 3.0	至路边: 0.6	0.6
距封顶杆垂直距离 (m)	至轨顶: 6.5	至路面: 5.5	1.0

注：跨越高速公路、电气化铁路时，按有关规定确定跨越参数。

3 跨越架架顶高度：张力架线的跨越架架顶高度应符合表 4.2.3-1 和表 4.2.3-2 的要求。

跨越多排轨铁路，宽面公路等时，跨越架如不能封顶，应适当加高跨越架架顶高度，以抵消施工线路导线、地线落架后在两

侧架间产生的弧垂。

4.2.4 张力架线跨越架按承受下述荷载计算结构强度、整体及局部稳定性。

1 架面风压：风压作用在距离地面 2/3 架高处，风压值按下式计算：

$$P_N = 9.81K \frac{v^2}{16} \sum F_C \quad (4.2.4-1)$$

式中：

$P_N$ ——跨越架全架面风压，N；

$K$ ——风载体型系数，跨越架使用圆形杆件， $K=0.7$ ，使用在架面上为平面的杆件， $K=1.3$ ；

$v$ ——线路设计最大风速，m/s；

$\sum F_C$ ——架面杆件总投影面积， $m^2$ 。

2 垂直压力。集中作用在架顶，作用点可沿架全宽移动（活荷载）。压力值按下式计算：

$$W_j = l_y m w_j \quad (4.2.4-2)$$

式中：

$W_j$ ——跨越架的垂直荷载，N；

$l_y$ ——假设导线落在跨越架上，跨越架两侧的垂直档距中较大的一个，一般情况下，平地取 200m，山区取计算值，但不小于 200m；

$m$ ——同时牵放子导线的根数。

3 顺施工线路方向水平力。作用在垂直压力的作用点，水平力值按下式计算：

$$F = \mu W_j \quad (4.2.4-3)$$

式中：

$F$ ——跨越架顺施工线路方向的水平荷载，N；

$\mu$ ——导线对跨越架架顶的摩擦系数，架顶为滚动横梁， $\mu =$

0.2~0.3；架顶为非滚动横梁，横梁为非金属材料，可取 $\mu=0.7\sim 1.0$ ；架顶为非滚动横梁，横梁为金属材料，可取 $\mu=0.4\sim 0.5$ 。

4.2.5 采用停电落线方式跨越电力线路，可由耐张塔松线或由直线塔落线。无论采用何种落线方式，均应验算：

- 1 落线过程中导线、地线的应力增加。
- 2 落线后导线、地线的应力增加。
- 3 杆塔的不平衡张力及垂直压力均不应超过杆塔设计条件。
- 4 落线过程中及落线后导线、地线的安全系数均不应小于2。

### 4.3 放线滑车准备

4.3.1 放线滑车应满足如下要求：

1 与牵放方式相配合。牵引绳通过滑车中心轮，同时牵放的各子导线与滑车中心轮严格对称。若同时牵放子导线数为奇数，中间轮既通过牵引绳、又通过导线，则需特殊考虑。

2 牵引板与放线滑车相匹配，保证牵引板的通过性。

3 导线放线滑轮槽底直径和槽形应符合 DL/T 685 的规定。OPGW 放线滑轮槽底直径应大于 OPGW 直径的 40 倍，且不得小于 500mm。滑轮的摩阻系数应不大于 1.015。

4 轮槽宽度能顺利通过接续管或接续管保护套及各种连接器。

5 滑轮槽的材料在满足强度要求的同时，应有足够的硬度和较好的韧性，减轻导线与轮槽接触部分的挤压。

4.3.2 直线塔和直线转角塔一般将放线滑车挂在悬垂绝缘子串下；耐张塔和耐张转角塔用钢丝绳套将放线滑车直接挂在横担下面。一相导线在一基铁塔上一般用一个滑车支撑，但存在下列情况之一时，必须挂双放线滑车，悬挂双滑车时，应设置滑车支撑连杆。

- 1 垂直荷载超过滑车的承载能力时。

2 接续管或接续管加保护套过滑车时的荷载超过其允许荷载（通过试验确定），可能造成接续管弯曲时。

3 导线在放线滑车上的包络角超过  $30^\circ$  时。

4.3.3 导线在放线滑车上的包络角按下式计算：

$$\cos \varphi = \cos \alpha - [\cos \alpha + \cos(\alpha_A - \alpha_B)] \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (4.3.3-1)$$

$$\alpha = \alpha_A + \alpha_B \quad (4.3.3-2)$$

式中：

$\varphi$ ——导线在滑车上的包络区间所对的圆心角，称为包络角， $(^\circ)$ ；

$\alpha$ ——放线滑车两侧导线的悬垂角之和， $(^\circ)$ ；

$\alpha_A$ 、 $\alpha_B$ ——放线滑车两侧导线的悬垂角， $(^\circ)$ ；

$\theta$ ——滑车的水平转角。当挂单滑车时，滑车的水平转角为线路水平转角；当挂双滑车时，每个滑车的水平转角均为线路水平转角之半， $(^\circ)$ 。

4.3.4 挂放线滑车方法：

1 直线塔、直线转角塔，放线滑车直接挂在绝缘子串下。

2 耐张塔、耐张转角塔，用钢丝绳套将放线滑车挂在导线横担的合适位置处。该处应安全可靠、作业方便。

3 挂放线滑车的钢丝绳套安全系数应大于 4。

4.3.5 按第 4.3.2 条的条件验算同根导线需挂双滑车时，为使两个放线滑车受力均匀，无论何种塔型，均应计算导线在滑轮顶处的高度差  $\Delta h$  或挂具长度差  $\Delta \lambda$ 。如高度差  $\Delta h$  小于 300mm 时，双滑车可等高悬挂。如大于 300mm 时，应使用不等长挂具悬挂双滑车，长挂具要挂在导线悬垂角大的一侧，短挂具要挂在导线悬垂角小的一侧。如图 4.3.5 所示。

计算式为：

$$\Delta\lambda = \frac{\Delta h}{\cos\eta_1 \cos\eta_2} = \frac{C}{\cos\eta_1 \cos\eta_2} \sin \frac{\alpha_B - \alpha_A}{2} \quad (4.3.5-1)$$

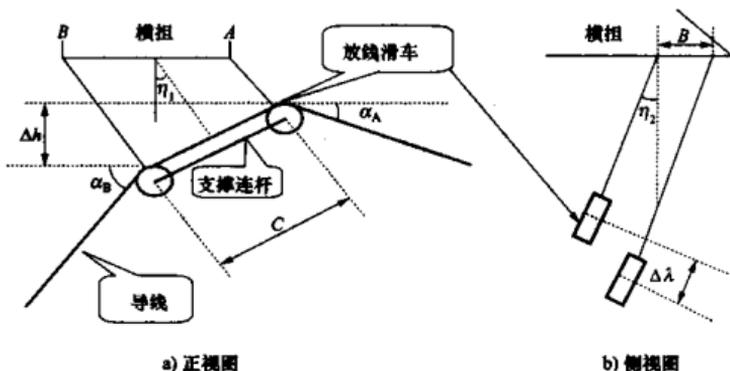


图 4.3.5 不等长挂具悬挂双滑车

式中：

$\Delta\lambda$ ——双滑车挂具长度差，m；

$\Delta h$ ——双滑车悬挂高度差，m；

$C$ ——两滑车间的支撑连杆长度，与横担的宽度相近，m；

$\eta_1$ ——放线过程中，滑车挂具在顺线路方向的倾斜角，(°)；

$\eta_2$ ——放线过程中，滑车挂具在横线路方向的倾斜角，(°)；

$\alpha_A$ 、 $\alpha_B$ ——放线滑车前后两侧导线的悬垂角，(°)。

$$\Delta h = C \sin \frac{\alpha_B - \alpha_A}{2} \quad (4.3.5-2)$$

$$\eta_1 = \arctan \left( \tan \frac{\alpha_B - \alpha_A}{2} \cos \frac{\theta}{2} \right) \quad (4.3.5-3)$$

$$\eta_2 = \arctan^{-1} \frac{W + G_H}{H} \quad (4.3.5-4)$$

式中：

$\theta$ ——线路的水平转角，(°)；

$W$ ——滑车的垂直荷载，N；

$G_H$ ——滑车和挂具自重，N；

$H$ ——转角塔放线滑车在内角侧横线路方向承担的水平分力，N。

不等长挂具等高悬挂见图 4.3.5 b)，两者在横担上的悬挂位置沿横线路方向应有一定的差距  $B$ （即长挂具在横担上的挂点比短挂具在横担上的挂点向线路转角外侧位移一段距离）：

$$B = \Delta\lambda \sin \eta_2 \quad (4.3.5-5)$$

4.3.6 应验算转角塔放线滑车受力后是否与横担下平面相碰。图 4.3.6 是放线滑车受力后不与横担下平面相碰的临界状态。转角塔放线滑车与横担不碰的条件是：

$$\arctan \frac{W + G_H}{H} > \arctan \frac{a}{2\lambda} \quad (4.3.6)$$

式中：

$a$ ——滑车轴向外轮廓宽度，m；

$\lambda$ ——滑车挂具长度，由横担挂点至滑车自身挂点，m。

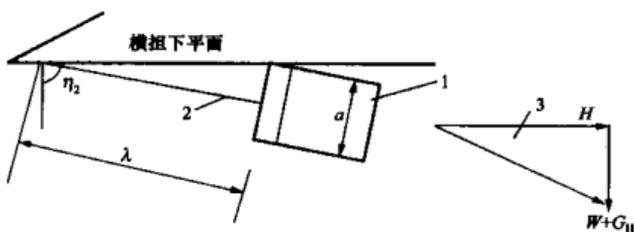


图 4.3.6 转角塔放线滑车受力后横线路倾斜的临界情况

1—放线滑车；2—放线滑车挂具；3—放线滑车受力图

滑车碰横担下平面后不能正常工作，必须采取以下措施使其不碰横担：

- 1 加长挂具长度。
- 2 用压线滑车压线，即增加滑车的垂直荷载。
- 3 减小放线张力。
- 4 以临时挂架或能起临时挂架作用的其他方法悬挂滑车。

## 5 张力放线

### 5.1 施工区段及牵引场、张力场

5.1.1 影响架线区段长度的因素很多，主要有放线质量、设计条件、线路的地形和交通条件、环境条件、技术条件、放线效率及其他因素。架线区段的选择要综合考虑各种因素，经过经济技术分析比较后确定。

5.1.2 当设场位置较多时，施工段可参照如下各点优选：

- 1 优先选用长度接近理想长度，而且区段总数最少的方案。
- 2 选用施工段长与数盘导线累计线长相近的方案，以减少接续管数量。
- 3 选用施工段代表档距与所在耐张段或所在主要耐张段代表档距接近的方案，以利紧线。
- 4 选用便于跨越施工，停电作业时间最短的方案。
- 5 选用上扬杆塔作施工段起止塔的方案。

5.1.3 牵引场、张力场按如下条件选择：

- 1 符合下述条件可作牵引场、张力场：
  - 1) 牵引机、张力机能直接运达，或道路桥梁稍加修整加固后即可运达。
  - 2) 场地地形及面积满足设备、导线布置及施工操作要求。
  - 3) 相邻直线塔允许作过轮临锚，符合设计和施工操作的要求：① 锚线角不大于设计规定值；② 锚线及压接导线作业无特殊困难。
- 2 下列情况不宜用作牵引场、张力场：
  - 1) 需以直线换位塔或直线转角塔作过轮临锚塔时。
  - 2) 档内有重要交叉跨越或交叉跨越次数较多时。

- 3) 档内不允许导地线接头时。
- 4) 邻塔悬点与牵引机、张力机进出口高差较大时。
- 5) 相邻铁塔不允许锚线时。

#### 5.1.4 布置牵引场、张力场应注意如下各点：

1 牵引机、张力机一般布置在线路中心线上。根据机械说明书的要求确定牵引机、张力机出线所应对准的方向。放六分裂导线可能出现 2 台或 3 台张力机组合成复合的六线张力机。

2 牵引机、张力机进出口与邻塔悬点的高差角不宜超过  $15^\circ$ 。

3 牵引机卷扬轮、张力机导线轮、导线线盘、导引绳及牵引绳卷筒的受力方向均必须与其轴线垂直。

4 钢丝绳卷车与牵引机的距离和方位、线盘架与张力机的距离和方位应符合机械说明书要求，且必须使尾绳、尾线不磨线盘或钢丝绳筒。

5 牵引机、张力机、钢丝绳卷车、线盘架等均必须按机械说明书要求进行锚固。

6 下一施工段导线线盘的堆放位置不应影响本段放线作业。

7 小牵引机应布置在不影响牵放牵引绳和牵放导线同时作业的位置上。

8 锚线地锚坑位置尽可能接近弧垂最低点。

9 牵引场、张力场必须按施工设计要求设置接地系统。

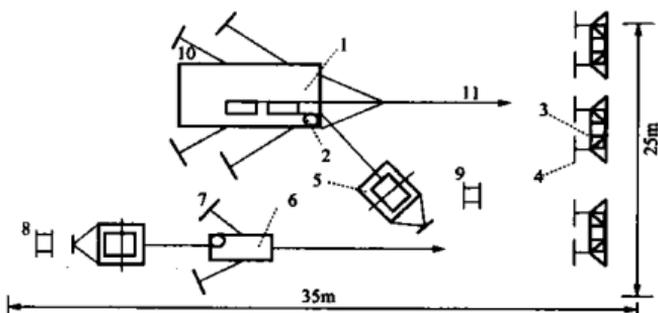
10 尽量减少青苗损失。

牵引场布置图如图 5.1.4-1 所示，2 个张力机组合成主张力机的张力场布置图如图 5.1.4-2 所示。

5.1.5 受地形限制，牵引场选场困难而无法解决时，可通过转向滑车转向布场。转向滑车可设一个或几个。张力场不宜转向布场。牵引场转向布场应注意如下各点：

1 每一个转向滑车的荷载均不得超过所用滑车的允许承载能力。各转向滑车荷载应均衡，即转向角度应相等。

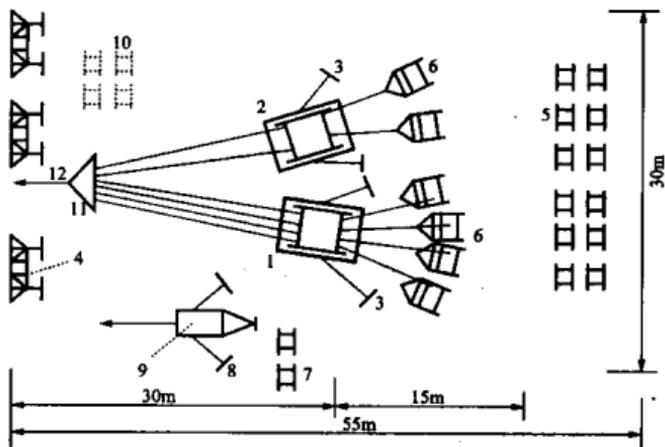
2 靠近邻塔的最后一个转向滑车应接近线路中心线。



\* 当主牵引机设有出线导向机构时,不再另设高速导向滑车。

图 5.1.4-1 牵引场平面布置图

- 1—主牵引机; 2—高速导向滑车; 3—锚线架; 4—锚线地锚; 5—钢丝绳卷车; 6—小张力机;  
7—小张力机地锚; 8—牵引绳盘; 9—空牵引绳盘; 10—主牵引机地锚; 11—牵引绳



\*下一施工段使用的线盘称为待用导线线盘,为方便本施工段作业,待下放线时再进场。

图 5.1.4-2 2个张力机组合成主张力机的张力场平面布置图

- 1—四线张力机; 2—二线张力机; 3—主张力机地锚; 4—锚线架; 5—导线线盘;  
6—线盘架; 7—导引绳盘; 8—小牵引机地锚; 9—小牵引机; 10—待用导线线盘;  
11—牵引板; 12—牵引绳

- 3 靠近牵引机的第一个转向滑车应使牵引机受力方向正确。
- 4 转向滑车应使用允许连续高速运转的大轮槽专用滑车，每个转向滑车均应可靠锚定。
- 5 转向滑车围成的区域为危险区，不得布置其他设备材料，工作人员不应进入，如图 5.1.5 所示。

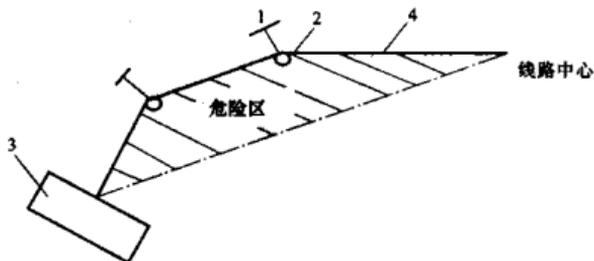


图 5.1.5 牵引场转向平面布置图

1—转向滑车地锚；2—转向滑车；3—牵引场；4—牵引绳

## 5.2 导引绳、牵引绳和地线展放

5.2.1 导引绳每盘绳长 800~1200m，两端作成插接式绳套，缠绕在特制的导引绳卷筒上。平地及丘陵地带按 1.1~1.2 倍线路长度，山区按 1.2~1.3 倍线路长度布线。

施工段内同根导引绳宜使用同型号、同规格、同捻向的导引绳。否则应使用旋转连接器分隔不同型号、不同规格、不同捻向的导引绳。

5.2.2 展放导引绳的主要方法如下：

- 1 用人工沿线牵放或铺放：尽可能将导引绳盘分散地运到施工段沿线指定地点，以人工展放，穿过逐基放线滑车，以抗弯连接器将邻段连接在一起。当导引绳放通架线区段后，用小牵引机将导引绳收紧升空到一定高度后临锚待用。

- 2 用次级（或多级）导引绳牵放：规格最小一级导引绳可用

直升机、飞艇、热气球、航模或其他飞行器展放，或用发射方法展放。用次级导引绳牵放导引绳。

3 先展放少量导引绳，利用这少量导引绳牵引出所需用的全部导引绳，经过放线滑车之间的渡绳操作，将全部导引绳展放到预定的位置。例如分两次展放一相导线时，先放一根导引绳，用这根导引绳再牵放 2 根导引绳，分别放在同相的 2 个放线滑车中。

5.2.3 导引绳与牵引绳的连接应使用旋转连接器。

5.2.4 牵引绳展放：牵引绳一般情况带张力牵放，用导引绳通过小牵引机和小张力机配合，带张力展放牵引绳，展放牵引绳的操作方法与导线张力放线相同，属于一牵一放线方式。牵引绳与牵引绳的连接使用能通过牵引机卷扬轮的抗弯连接器。

条件允许时，也可直接用拖拉机展放牵引绳，而不用导引绳牵放牵引绳，以减少作业程序。

5.2.5 架空地线展放：OPGW、铝包钢线、钢芯铝绞线、钢铝混绞线等地线，应采用张力放线方法展放。钢绞线的展放宜采用张力放线，OPGW 应符合制造厂的技术要求。

通常以导引绳作地线张力放线的牵引绳，可以用小牵引机、小张力机作地线张力放线的牵引机、张力机，当张力展放 OPGW 时，要使用符合要求的专用张力机。施工设计、操作方法、现场布置等均与导线一牵一张力放线相同。但应按制造厂说明进行施工，选择 OPGW 放线区段长度应与 OPGW 长度相适应。牵张场所在位置应保证 OPGW 进出口仰角小于  $25^\circ$ ，水平偏角不宜大于  $7^\circ$ 。OPGW 放线过程中，在放线滑车上的包络角不得大于  $60^\circ$ 。光纤的熔接应由专业人员操作，并符合下列要求：

- 1 剥离光纤的外层铝套管、塑料套管、骨架时不得损伤光纤。
- 2 防止 OPGW 接线盒内有潮气或水分进入，安装接线盒时螺栓应紧固，橡皮封条必须安装到位。
- 3 光纤熔接后应进行接头损耗测试，不合格者应重接。
- 4 雨天、大风、沙尘或空气湿度过大时不应熔接。

地线宜超前于导线一个施工段放紧线。受停电作业限制或有其他特殊原因时，也可与导线同时放紧线。

### 5.3 张力放线主要施工计算

5.3.1 本节仅叙述导线牵放过程的施工计算。对于地线及牵引绳牵放过程也应作相应的计算。

5.3.2 张力放线应作布线设计。布线原则如下：

- 1 有效控制接续管位置。
- 2 将接续管数量减至最少。
- 3 保证紧线时牵、张场剩余的导线最少，防止导线升空松出余线时放线区段内的导线落地。
- 4 节约导线，使放线中产生的不能继续使用的短线头最少。
- 5 转场时余线转运量较少。

为此，宜采用连续布线法布线，即施工段内各相导线均按展放顺序的累计线长使用导线线盘，第一相放完后，线盘上如余线时可将导线切断，剩余导线接着使用于第二相，依此类推，直至放完，所剩导线转至下一施工段使用。

连续布线时，每相的子导线宜等长。

5.3.3 布线计算中常用线长计算式如下：

- 1 施工段内每一线档放线时所需线长：

$$L_i = \frac{l_i}{\cos \varphi_i} + \frac{w_i^2 l_i^3}{24H^2} \quad (5.3.3-1)$$

$$\text{其中} \quad \varphi_i = \arctan \frac{\Delta h_i}{l_i} \quad (5.3.3-2)$$

上两式中：

$L_i$ ——线档放线所需线长，m；

$l_i$ ——线档档距，m；

$\varphi_i$ ——线档悬挂点连接线倾斜角，(°)；

- $w_1$ ——导线单位长度重力，N/m；  
 $\Delta h_i$ ——导线悬挂点高差，m；  
 $H_1$ ——导线放线水平张力，N。
- 2 施工段内每一线档紧线产生的余线为：

$$\Delta L_1 = \frac{w_1^2 l_i^3 (H_2^2 - H_1^2)}{24 H_1^2 H_2^2} \quad (5.3.3-3)$$

式中：

- $\Delta L_1$ ——线档紧线产生的余线，m；  
 $H_2$ ——导线紧线水平张力，N。

**5.3.4** 根据计算结果做出放线作业图，标出接续管位置，并应注意相邻两施工段之间各段尾线的实际位置和上一施工段紧线余线总长度。

布线时宜将接续管位置控制在靠近紧线锚端的半档距内。  
 放线后，紧线前还应现场核对接续管的实际位置。

**5.3.5** 牵放过程中，导线与地面及被跨越物的距离应不小于：

- 1 一般区段，导线距离地面 3m。
- 2 通行行人及少量车辆的道路，施工时只需设岗监护而不需搭设跨越架者，导线距离路面 5m。
- 3 风沙较大区段，导线距离地面 5m。
- 4 平衡锤距离跨越架架顶 1m。

**5.3.6** 施工段内各档档距比较均匀、悬点高差不大时，可用模板比试法选择放线张力，以一定张力间隔（例如可以 1500N 或 2000N 为张力间隔）刻制通用放线曲线模板〔放线曲线方程见式（5.3.9-1）及式（5.3.9-2）〕；用通用模板在设计断面图上比试，分别找出各档符合 5.3.5 要求的水平放线张力，将其中的最大值选作张力机出口水平张力。

**5.3.7** 施工段内各档档距和悬点高差相差比较悬殊时，可用下列公式计算出与各档所需放线张力相对应的张力机出口张力，以其

中的最大值作为施工段放线张力：

$$T_{Hi} = \frac{H_i}{K_i} \quad (5.3.7-1)$$

$$K_i = 0.945 \left[ \varepsilon^{i-1} + \frac{6\omega_1}{T_p} (h_1 \varepsilon^{i-1} + h_2 \varepsilon^{i-2} + \dots + h_i) \right] \quad (5.3.7-2)$$

$$T_{Hi \max} = T_H \quad (5.3.7-3)$$

上三式中：

$i$ ——各档编号，张力机到邻塔  $i=1$  张力机邻塔到第二基塔  $i=2$ ，余类推，牵引机到邻塔为施工段最后一个线档；

$T_{Hi}$ ——与第  $i$  档所需水平放线张力  $H_i$  相对应的张力机出口水平张力，N；

$H_i$ ——为满足 5.3.5 要求，第  $i$  档所需放线水平张力，N；

$\varepsilon$ ——放线滑车综合阻力系数，此处可取  $\varepsilon=1.012 \sim 1.015$ ；

$T_p$ ——导线的保证计算拉断力，N；

$h_i$ ——第  $i$  档悬点高差，牵引机端悬点高于张力机端， $h_i$  取正值，反之取负值，m；

$T_H$ ——选出的张力机出口水平张力（所有  $T_{Hi}$  中的最大值），N；

$K_i$ ——系数，称为线档张力系数，是线档放线水平张力与张力机出口水平张力的比值。

5.3.8 在张力机出口水平张力作用下，施工段内各线档的实际放线张力为：

$$H'_i = K_i T_H \quad (5.3.8)$$

式中：

$H'_i$ ——与张力机出口水平张力  $T_H$  相对应的各档水平张力，N。

5.3.9 用放线曲线模板确定水平放线张力时，应分别使用牵引绳放线曲线和导线放线曲线来选择它们的放线张力。放线曲线的曲线方程可使用平抛物线方程：

$$y = Kx^2 \quad (5.3.9-1)$$

$$K = \frac{w_1}{2H_1'} \quad (5.3.9-2)$$

上两式中:

$x, y$ ——在以曲线最低点为坐标原点, 顺线路水平方向为横轴的坐标系中, 放线曲线上任意点的横坐标和纵坐标, m;

$w_1$ ——牵引绳或导线的单位长度重力, N/m;

$K$ ——放线曲线模板模数。

两条放线曲线与线路设计纵断面图的比例尺应相同, 并绘制在纵断面图上。下述所有计算, 均应对上述牵引绳放线曲线和导线放线曲线两种情况分别进行。

5.3.10 牵引机牵引力的水平分力按下式计算:

$$P_H = m [T_H \varepsilon^n + w_1 (h_1 \varepsilon^n + h_2 \varepsilon^{n-1} + \dots + h_n \varepsilon + h_n)] \quad (5.3.10)$$

式中:

$P_H$ ——牵引力的水平分力, 若场地布置符合本标准要求, 可近似地将水平分力当作牵引力, N;

$\varepsilon$ ——滑车综合阻力系数, 计算牵引力时可取 1.012~1.015;

$n$ ——施工段内放线滑车总个数;

$m$ ——同时牵放的子导线根数。

注: 式 5.3.10 是每基铁塔挂一个放线滑车的  $P_H$  计算公式, 如果某基铁塔挂两个放线滑车, 应考虑双滑对  $P_H$  的影响。  $P_H$  的最大值不一定出现在牵引板走到牵引机时, 对不同的地形应通过多点计算比较后确定  $P_H$  最大值。

5.3.11 牵引机应按计算牵引力  $P_H$  确定牵引力过载保安定值。牵引力达到过载保安定值时, 牵引机应自动熄火停车, 或发出明显警报, 以使操作人员立即停止牵引, 防止诱发事故。过载保安定值不应大于杆塔允许单相纵向 (顺线路方向) 荷载, 一般情况下

可取：

$$P_g = 1.1P_H \quad (5.3.11)$$

式中：

$P_g$ ——牵引力过载保安定值，N。

5.3.12 牵引绳按计算牵引力验算安全系数。导引绳、牵引绳的安全系数均不得小于 3。当施工段内有不停电跨越时，安全系数宜各增加 0.5。

5.3.13 应校核牵放过程中滑车里的线绳是否上扬。校核上扬时可将牵引力作为各档水平放线张力，不再考虑其他因素。校核可采用下述任一种方法：

1 在放线滑车垂直档距内为同一种线绳时，计算放线滑车的垂直档距，若垂直档距小于或等于零，则该放线滑车里的线绳上扬。即若下式成立时，滑车里的线绳上扬：

$$\frac{1}{2}(l_1 + l_2) + \frac{P_H}{w_1} \left( \frac{h_1}{l_1} + \frac{h_2}{l_2} \right) \leq 0 \quad (5.3.13)$$

式中：

$l_1$ 、 $l_2$ ——被校核放线滑车两侧线档的档距，m；

$h_1$ 、 $h_2$ ——两相邻滑车与被校核滑车的高差，邻塔滑车高于被校核滑车，高差取负值，反之取正值，m。

2 当放线滑车两侧线绳不一致时，应计算放线滑车的垂直荷载，校验线绳是否上扬；

3 移去被校核滑车，以与被校滑车相邻的两放线滑车为悬点，以牵引力作线档水平放线张力作放线曲线，若所得曲线由被校核滑车上方通过，该滑车里的线绳上扬，否则不上扬。

5.3.14 导引绳、牵引绳上扬以单轮压线滑车压绳。小转角及无转角耐张塔导线上扬，以倒挂放线滑车压线，如图 5.3.14 所示。倒挂滑车应拆掉滑车横梁板，使牵引板能直接通过。

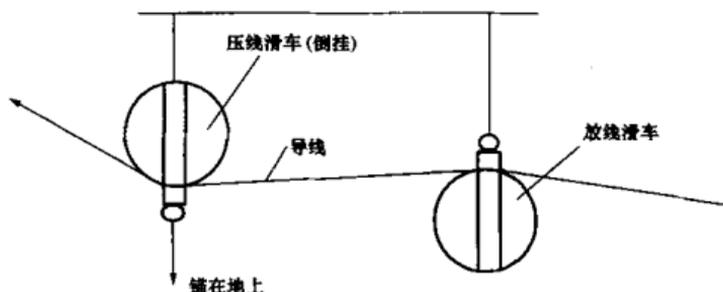


图 5.3.14 以正倒挂放线滑车组解决导线上扬

垂直档距较小，以及当张力机侧放线曲线弧垂最低点接近滑车时，应作为上扬滑车，设置压线滑车。

5.3.15 根据施工设计，制定施工作业指导书，并必须按作业指导书的规定进行施工。

#### 5.4 张力放线施工操作

5.4.1 与导线连接的单头网套尾部用 14 号铁丝缠绕两道扎紧，每道扎 20 圈，两道间距 150mm 左右，网套通过旋转连接器连在走板后边。调整尾部张力，拉紧尾线。

在张力放线过程中，导线尾线在线盘上的盘绕圈数、导引绳及牵引绳尾绳在钢丝绳盘上的盘绕圈数均不得少于 6 圈，尾端应与线盘或绳盘固定。

5.4.2 开始牵放前应重点检查：

- 1 跨越架的位置和牢固程度。
- 2 场地布置和机械锚固情况。
- 3 临时接地是否符合 5.5.7 的要求。
- 4 岗位工作人员是否全部到岗，通信联络是否畅通。
- 5 受力系统连接情况。

6 机械无载起动，空载运转后检查是否符合使用要求；需对液压油预热的机械，起动前应进行温车。

7 在所有放线滑车上牵引绳是否均位于正确槽位。

5.4.3 张力放线的现场指挥位置设在张力场。全现场按现场指挥的统一指令作业，现场指挥按各岗位的情况，汇总并判断后发出作业指令。

5.4.4 开始牵放时应慢速牵引，在慢速牵引过程中，施工段沿线均应仔细检查有无异常现象。调整放线张力，使牵引板呈水平状态。待牵引绳、导线全部架空后，方可逐步加快牵引速度。

5.4.5 牵引机、张力机等应严格按使用说明书的要求，由经过专业培训的工作人员操作。牵引时应先开张力机，待张力机刹车打开后，再开牵引机；停止牵引时应先停牵引机，后停张力机。应始终保持尾线、尾绳有足够的尾部张力。

按张力机特性选择张力调整方式。张力应缓缓升高，不使牵引绳、导线产生大幅度波动。

牵引机接到由任何岗位发出的停车信号，均必须立即停止牵引；任何情况下，张力机必须按现场指挥的指令操作。

5.4.6 放线张力升高到一定程度时，暂停牵引，安装上扬塔号的压线滑车。上扬作用消失，压线滑车应及时拆除。

5.4.7 角度较大的转角塔放线滑车应采取预倾斜措施，并随时调整预倾斜程度，使导引绳、牵引绳、导线的作用力方向基本垂直于滑车轮轴。预倾斜方法一般是从滑车侧架下端将滑车向上吊起一段高度，如图 5.4.7 所示。

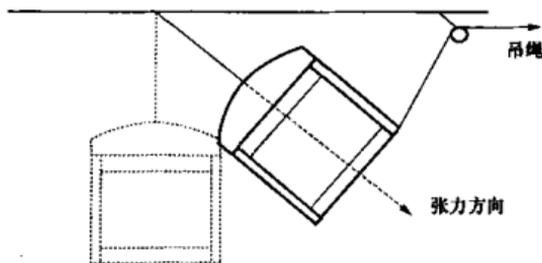


图 5.4.7 转角塔放线滑车的预倾斜

5.4.8 牵放过程中应随时调整各子导线的张力机出口张力，使牵引板保持水平，平衡锤保持垂直（牵引板靠近转角塔放线滑车时，牵引板平面与滑车轮轴方向基本平行）。

经工艺性试验确认性能良好的牵引板，通过直线放线滑车时可不降低牵引速度，通过转角放线滑车时，牵引速度应控制在15m/min之内，并注意按转角滑车监视人员的要求调整子导线张力和牵引速度。

牵引板通过转角滑车后，应检查牵引板是否翻转、平衡锤位置是否正确，如有异常情况，应及时将其恢复至正确位置。

5.4.9 张力放线的直线压接宜在张力机前集中进行，集中压接作业程序如下：

1 线盘上尚剩6圈导线时停止牵引，张力机制动。

2 将尾线临时锚固（锚固力为导线尾部张力）；将线盘上的余线松出后换线盘；将松出的线尾与新轴线头用双头网套临时连接，双头网套的两端用14号铁丝按第5.4.1条要求绑扎；将余线全部盘绕到新线盘上；恢复线盘制动，拆除尾线临锚。

3 打开张力机制动；牵引机慢速牵引。当连接网套到达压接操作点时停止牵引，张力机制动。

4 在压接操作点前将导线临时锚固（锚固力为放线张力）；打开张力机制动，松出一段导线，拆除双头网套，进行压接作业，压接完成后在接续管外安装保护套。

5 用张力机将松出的导线盘回线盘，当锚绳不受力时拆除临锚，打开张力机制动，继续牵引。若张力机不允许反牵回盘导线，应以其他方法拆除临锚。

6 以一组张力控制机构同时控制2根导线放线张力的张力机，集中压接时，应将同组导线均锚在张力机前，再松线压接。

5.4.10 每相导线放完，在牵、张机前将导线临时锚固。锚线水平张力最大不得超过导线保证计算拉断力的16%。锚线后导线距离地面不应小于5m。

同相各子导线锚线张力宜稍有差异,使子导线空间位置错开,避免发生线间鞭击。

## 5.5 放线质量和施工安全

5.5.1 张力放线施工质量、施工安全应符合 DL 5009.2 的规定。

5.5.2 张力放线过程中应采取的防止导线磨损措施主要有:

1 吊运、架设线盘时应保证线盘不变形;拆除线盘包装时应使用不损伤导线的工具;拔除线盘外缘上所有封装铁钉。

2 线盘架应呈扇形布置,使线盘出线对正张力机进线导向轮,防止导线与线盘侧边相磨。

3 换线盘时,注意线头、线尾不与张力机、线盘架的硬、锐部件接触。

4 向线盘上回缠余线时,若连接网套被缠进线盘,应在连接网套和其他导线间垫一层隔离物如麻袋片、塑料布等。

5 在如下部位采取隔离措施保护导线:

1) 导线局部落地,地面能磨损导线时,应在地面铺木板、木棒或草袋等;

2) 卡线器附近的导线上应套橡胶管,与导线近距离平行的锚绳应套橡胶管或挂胶;

3) 导线与钢丝绳、导线与导线交叉处,应垫木板或木棒。

6 张力机出口张力应始终满足施工设计的规定,并在导线距离地面最近的位置设置岗位,监视导线离地高度,保证全施工段导线架空。

7 导线在放线滑车中跳槽应及时消除,使各子导线恢复正常槽位。处理跳槽时,应使用附件吊钩吊线。

8 完成牵放作业后,避免在其他子导线保持原位不动的情况下,再单独牵引个别子导线,使子导线间产生相互运动,造成线与线相磨。

9 各子导线临锚后,避免弧垂相平,造成子导线相互鞭击的

机会。

- 10 与牵引板相连的连接网套内的导线压接前应切除。
- 11 应采取措施防止接续管或其保护套因鞭击损伤导线。

### 5.5.3 导线临锚处容易发生磨伤，临锚作业中应注意：

- 1 使用线间距离较大的临锚架，使各子导线相互分离。
- 2 锚线坑尽可能接近导线方向。
- 3 卡线器不应在导线上滑动（包括受力前因安装位置不正确而在线上推动卡线器和受力后因初始正压力不足而使卡线器在线上滑动）。

4 临锚钢丝绳套宜使用无扭结构钢丝绳或钢绞线制作，与导线接触部分应包胶。

5 临锚钢丝绳套与卡线器相连应使用卸扣，不应使用 U 形环。卸扣螺杆应朝向导线穿入。

6 锚线架上应垫木板、木棒等，使导线不直接接触锚线架。

7 按锚线坑位置确定张力机松线顺序，不使导线相互交叉。

5.5.4 连接网套、牵引板、各种连接器、导引绳和牵引绳的插接式绳扣是张力放线受力体系中的薄弱环节，每次使用前均应严格检查，按规定方式安装和使用。并按 DL 5009.2 规定定期作荷载试验。

5.5.5 张力放线及紧线作业中，经常出现以另一套承力机具替换原承力机具，以另一种受力方式改变原受力方式的作业过程，如更换线盘、直线接续、临时锚线、临锚体系更换、松锚、收紧导线等等。进行此种作业时应注意：

1 新承力机具的承载能力和受力方式除应符合原受力状态的要求外，尚应根据操作特点，留有一定余度。

2 只有当新承力体系全部承受原体系的荷载，并检查无误后，才能拆除原体系。

3 新、旧承力体的受力方向应大体一致，特别注意卡线器一般只能沿受力方向使用，若卡线器过多改变力的作用方向，卡线

器将卡不住导线而在导线上滑移。

4 操作人员应在安全位置作业。

5.5.6 为保证放线安全和提高放线质量，牵放过程中应在下列部位设专人负责：

- 1 牵引场及张力场，并在张力场设现场总指挥。
- 2 各放线滑车处，尤其是转角滑车处。
- 3 所有跨越架处，特别是跨越运行的电力线路处。
- 4 导线距离地面最近处。
- 5 居民区，未搭跨越架但通行行人的乡道处。
- 6 其他特殊需要监护的地方。

5.5.7 迅速可靠的通信联络是张力放线正常作业的基本保证，为此要求：

- 1 各岗位工作人员应经过通信技术培训，掌握通信知识和要求，能正确使用和保管通信工具。
- 2 选择可靠的通信工具。
- 3 通信语言简短、明确、统一、清晰。
- 4 传递、接受、执行信息的程序合理。
- 5 通信缺岗不得进行牵放作业。

5.5.8 张力放线中防止电害的基本措施如下：

- 1 牵引机、张力机机体接地。
- 2 在牵引机、张力机机体前方的牵引绳和导线上分别安装接地滑车。
- 3 操作人员应站在干燥的绝缘垫上，并不得与未站在绝缘垫上的人员接触。
- 4 跨越电力线路两侧的放线滑车应接地。
- 5 雷雨天停止放线作业。

## 6 紧 线

### 6.1 紧 线 工 艺

6.1.1 张力放线结束后应尽快进行紧线。一般以张力放线施工段作紧线段，以直线塔作紧线操作塔。

6.1.2 紧线前应完成如下准备工作：

- 1 检查子导线在放线滑车中的位置，消除跳槽现象。
- 2 检查子导线是否相互绞劲，如绞劲，需打开后再收紧导线。
- 3 检查接续管位置，如不合适，应处理后再紧线。
- 4 导线损伤应在紧线前按技术要求处理完毕。
- 5 现场核对弧垂观测档位置，复测观测档档距，设立观测标志。

6 中间塔放线滑车在放线过程中设立的临时接地，紧线时仍应保留，并于紧线前检查是否仍良好接地。

6.1.3 综合考虑如下因素，确定子导线收紧次序：

- 1 子导线应对称收紧，尽可能先收紧位于放线滑车最外边的两根子导线，使滑车保持平衡，避免滑车倾斜导致导线滚槽。
- 2 宜先收紧弧垂较小的子导线。
- 3 宜先收紧在线档中间搭在其他子导线之上的子导线。
- 4 根据风向紧线，尽量避免在紧线过程中子导线因风吹造成相互驮线而绞劲。
- 5 同相子导线应基本同时收紧，收紧速度不宜过快。

6.1.4 不应因本紧线段紧线而造成上一紧线段的弧垂、相间弧垂差、同相子导线弧垂差等发生变化。为此，只有当上一紧线段具备如下条件时，方可在本紧线段与上紧线段接合处进行直线松锚升空作业：

- 1 操作塔已按要求完成锚线，成为锚线塔。
- 2 除锚线塔外，其他杆塔已装完线夹。
- 3 距锚线塔最近的两基塔之间已安装好间隔棒。

6.1.5 在相邻的紧线段的接合处，进行接续管压接、拆除导地线临锚、使导地线由地面升至空中等项作业，统称为直线松锚升空。直线松锚升空作业与紧线作业协调进行，操作程序、方法及注意事项如下：

- 1 松锚前先压接相邻两紧线段的接续管。
- 2 在本紧线段放线临锚附近安装卡线器，接入牵引滑车或其他牵引工具，作为松锚工具；收紧松锚工具，至放线临锚钢丝绳不再受力时，拆除放线临锚。
- 3 放松松锚工具，松至一定程度时，压下导地线，拆除松锚工具，再松开压线绳。进行此项作业时，紧线操作端配合收紧导地线，保持导地线始终有适当的架空高度。
- 4 紧线场继续进行紧线，至上紧线段线尾临锚钢丝绳的受力方向由顺导地线方向改变成偏于向上时，用压线绳（压线滑车）压下导地线，拆除线尾临锚锚具；慢慢放松压线绳（压线滑车），至完全不受力时，拆除压线绳（压线滑车）。
- 5 应对称松锚，使放线滑车保持平衡。
- 6 松锚时注意避免发生子导线相互驮线，造成绞劲。
- 7 余线较多时，不宜将一根线一次松完后再松另一根线，而应分几次交替放松各子导线。

6.1.6 直线松锚升空时只松本线线尾的地面临锚，不松过轮临锚。本线线尾临锚拆除后，由过轮临锚平衡上一紧线段导线张力，由过轮临锚和反面临锚保证上一紧线段导线应力变化的独立性。

当本紧线段中邻近上一紧线段的观测档的弧垂接近且稍大于标准值时，再松开并拆除上一紧线段的过轮临锚，使其不再对上紧线段已调好的弧垂和本紧线段的弧垂调整产生影响。反面临锚保留至相邻两紧线段附件及间隔棒全部安装完毕后拆除。

6.1.7 本紧线段紧线应力达到标准后，保持紧线应力不变，在紧线段内所有直线塔和耐张塔上同时画印。未完成画印，不得进行锚线作业。

6.1.8 紧线操作塔是直线塔时，弧垂调好后，操作塔按如下方法临时锚线：

1 画印后，在紧线场将各子导线分别锚在紧线底滑车地锚上，此锚称作本线线尾临锚，导线锚线后拆除紧线工具。

2 在紧线操作塔上对子导线做过轮临锚。过轮临锚打法示意图如图 6.1.8 所示。过轮临锚与本线线尾临锚的锚线工具应相互独立。

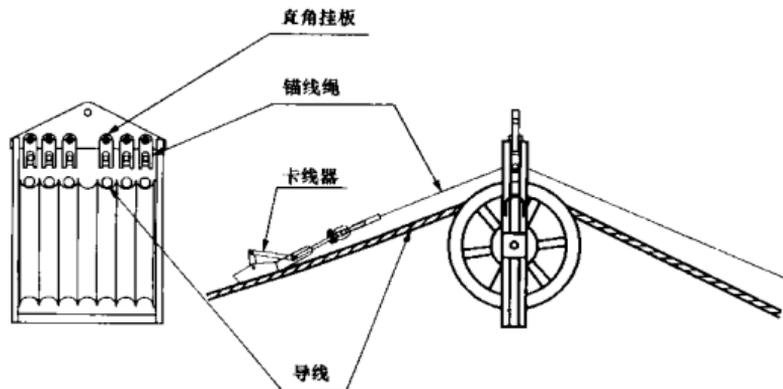


图 6.1.8 过轮临锚打法示意图

6.1.9 在与紧线操作塔相邻的前一基直线塔上，待该塔安装完直线悬垂线夹后，利用特制六分裂导线锚固器，以图 6.1.9 方式做反向往锚。调整反向往锚钢丝绳张力，使直线线夹始终处于正确位置（即直线悬垂串呈竖直状态，不偏斜）。特制六分裂导线锚固器应尽量靠近直线线夹，使两者之间相距 100mm 为宜。

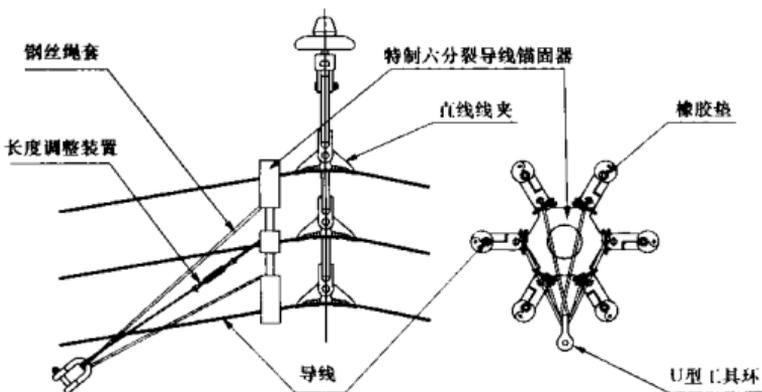


图 6.1.9 反向临锚打法示意图

#### 6.1.10 锚线作业应注意如下问题：

- 1 导线本线线尾临锚和过轮临锚的临锚工器具按承受全部紧线张力选择，反向临锚按承受 1/4 紧线张力选择。
- 2 锚线时不应使紧线操作塔上的印记的位置窜动过多。
- 3 锚线方向应基本符合线路方向。
- 4 锚线布置应便于松锚作业，且应符合杆塔设计条件。

#### 6.1.11 紧线操作塔为耐张塔的紧线亦称为耐张塔紧线，分中间耐张塔紧线和导线在地面锚线的耐张塔紧线。紧线操作塔为耐张塔的紧线方式与紧线操作塔为直线塔的紧线方式不同，仅将二者的不同之处叙述如下：

1 紧线操作塔为中间耐张塔的紧线。中间耐张塔紧线系指放线施工段两端牵张场侧的耐张塔已挂线，其施工段中间耐张塔的紧线。中间耐张塔紧线时，在紧线前首先将耐张组装串通过手扳葫芦、锚线绳和卡线器与导线对接（锚接），如图 6.1.11-1 所示。然后再用如图 6.1.11-2 所示紧线牵引系统进行紧线操作。

- 1) 将耐张组装串与导线对接（锚接）后，在两侧锚线卡线器之间靠近放线滑车位置处切断导线。

- 2) 每相导线的紧线按子导线逐根进行，紧一根锚一根。
- 3) 用机动绞磨进行紧线，用手扳葫芦锚线。导线弧垂先通过绞磨粗调，再用手扳葫芦进行细调。

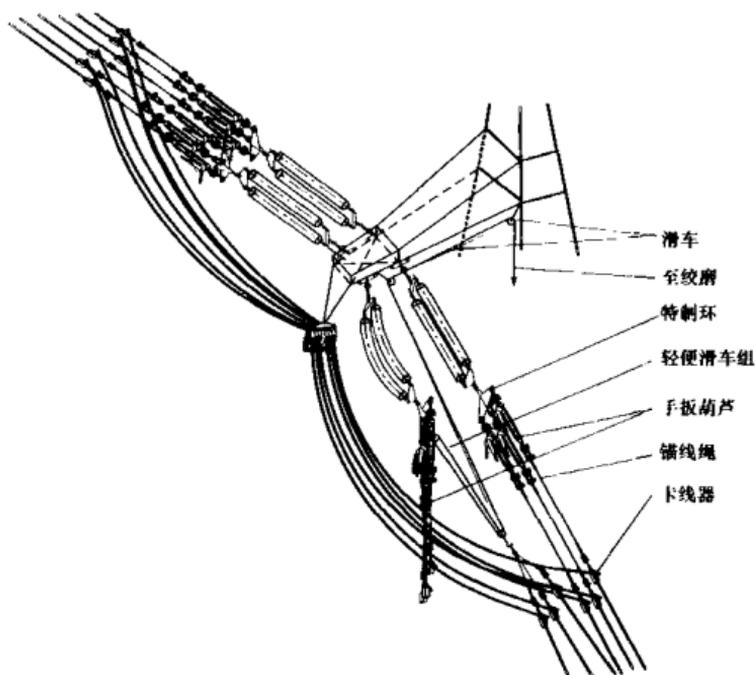


图 6.1.11-1 耐张组装串与导线对接（锚接）示意图

- 2 导线在地面锚线的耐张塔的紧线：
  - 1) 本耐张塔应具备的条件：导线横担的另一侧已挂好导线，或已打好平衡拉线。
  - 2) 按图 6.1.11-3 所示方法将导线升空，再使导线与耐张组装串对接（锚接）。
  - 3) 按图 6.1.11-2 所示的方法进行导线的紧线操作。

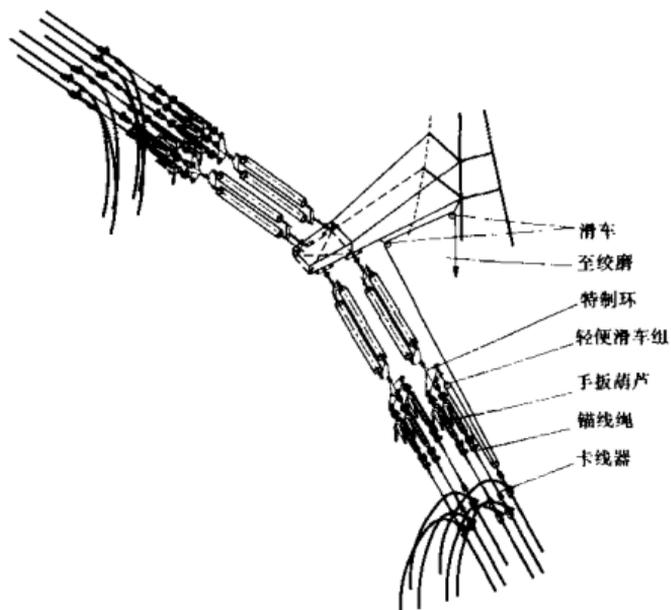


图 6.1.11-2 中间耐张塔紧线牵引系统示意图

6.1.12 紧线过程中应认真护线，护线的重点区在紧线场和锚线场。而在松锚、紧挂线及锚线等项作业中最易损伤导线，作业时特别注意：

1 过轮临锚的锚线绳应与导线分离。锚线绳一般通过挂在滑车横梁板上的直角挂板，而不通过滑车上的导线轮槽，如图 6.1.8 所示。

2 卡线器应在导线上错开安装，并与滑车保持足够距离（1.0~1.5m），避免卡线器顶滑车。

3 避免将锚线绳、紧线钢丝绳及其他工具搭在导线上拖动，必须接触导线时，应对导线采取保护措施。

4 妥善保管紧线余线。

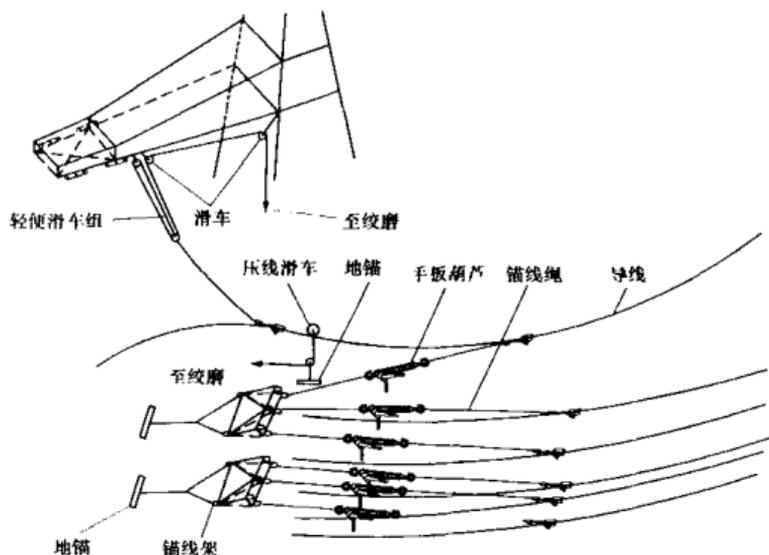


图 6.1.11-3 耐张塔前的导线架空方式示意图

5 不得在子导线相互绞劲的情况下收紧导线,亦不得在导线跳槽情况下继续收紧导线。

6 临锚、松锚、收紧等作业均不应动作过猛和速度过快,不应使张力发生急剧变化。

7 限制导线在各种紧线滑车上的包络角,以防止导线内伤。

#### 6.1.13 紧线过程中预防电害的主要措施如下:

1 跨越电力线路时,两侧放线滑车均应接地。

2 耐张塔挂线前,用导体将耐张绝缘子串短接。

3 耐张段距离较长时,选适当的中间直线塔接地。

4 雷电时停止紧线作业。

5 在感应电特别严重的地区紧、挂线时,在操作点附近的导地线上装接地线,接地线要能随导地线运动而伸展。

## 6.2 弧垂观测与调整

6.2.1 以能全面掌握和准确控制紧线段应力状态为条件选择弧垂观测档，选择时兼顾如下各点：

- 1 观测档位置分布比较均匀，相邻两观测档相距不宜超过4个线档。
- 2 观测档具有代表性，如连续倾斜档的高处和低处、较高悬挂点的前后两侧、相邻紧线段的接合处、重要被跨越物附近应设观测档。
- 3 宜选档距较大、悬挂点高差较小的线档作观测档。
- 4 宜选对邻近线档监测范围较大的塔号作测站。
- 5 不宜选邻近转角塔的线档作观测档。

6.2.2 优先使用平行四边形法（等长法）观测和检查弧垂。两端悬点高  $h_a$  和  $h_b$  均大于平行四边形弧垂且视线可通，即同时满足下列两式的观测档，均可使用平行四边形法观测和检查弧垂：

$$f_{\varphi} \leq h_a - 2 \quad (6.2.2-1)$$

$$f_{\varphi} \leq h_b - 2 \quad (6.2.2-2)$$

上两式中：

$f_{\varphi}$ ——观测档的平行四边形弧垂，m；

$h_a$ ——测站端导线悬挂点至塔脚的距离，m；

$h_b$ ——视点端导线悬挂点至塔脚的距离，m。

当观测气温与弧垂板所设气温的差不超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 时，可保持视点端弧垂板位置不变，以2倍弧垂差调整测站端弧垂板位置，进行观测。

6.2.3 视点端悬挂点高  $h_b$  大于异长法视点端导线悬挂点至弧垂板间的垂直距离且视线可通，切点对同侧档端的水平距离超过1/4档距长度，即同时满足下列两式的观测档，可使用异长法观测和检查弧垂：

$$b = (2\sqrt{f_p} - \sqrt{a})^2 \leq h_0 - 2 \quad (6.2.3-1)$$

$$\frac{1}{4} \leq \frac{a}{f_p} \leq \frac{9}{4} \quad (6.2.3-2)$$

上两式中：

$a$ ——测站端导线悬挂点至异长法弧垂板间的垂直距离，m；

$b$ ——视点端导线悬挂点至异长法弧垂板间的垂直距离，m。

6.2.4 切点对同侧档端的水平距离超过 1/4 档距长度，即满足式 (6.2.3-2) 的观测档，也可使用角度法观测和检查弧垂。

6.2.5 上述三种方法均不适用的观测档，使用平视法观测和检查弧垂。

6.2.6 弧垂调整程序和方法为：

1 以各观测档和紧线场气温的平均值为观测气温。

2 收紧导线，调整距紧线场最远的观测档的弧垂，使其合格或略小于要求弧垂；放松导线，调整距紧线场次远的观测档的弧垂，使其合格或略大于要求弧垂；再收紧，使较近的观测档合格，依此类推，直至全部观测档调整完毕。

3 同一观测档同相子导线应同为收紧调整或同为放松调整，否则可能造成非观测档子导线弧垂不平。

4 同相子导线应基本同时收紧或同时放松，不使其张力相差过大。

5 同相子导线用经纬仪统一操平，并利用测站尽量多检查一些非观测档的子导线弧垂情况。

6 弧垂调整发生困难，各观测档不能统一时，应检查观测数据；发生紊乱时，应放松导线，暂停一段时间后重新调整。

## 6.3 画 印

6.3.1 应在弧垂调整完毕，紧线应力未发生变化时，在紧线段内各直线塔、耐张塔上同时画印。印记应准确、清晰。

**6.3.2** 直线塔、无转角的耐张塔可用下述方法画印：用垂球将横担挂孔中心投影到任一子导线上，将直角三角板的一个直角边贴紧导线，另一直角边对准投影点，在其他子导线上画印，使诸印记点连成的直线垂直于导线。

**6.3.3** 直线兼角塔取放线滑车顶点为画印点，用直角三角板在各子导线上画印。

**6.3.4** 耐张转角塔的画印方法必须与割线尺寸计算方法相配合，常用方法有：

1 三角板垂球法：以具有一个长直角边的直角三角板和垂球作画印工具，将短直角边贴紧导线，长直角边对准横担挂孔中心或由挂孔中心垂下的垂球线，顺长直角边在各子导线上画印。

2 横担中心线延伸法：工具和方法同上，但长直角边不是对准挂孔中心，而是对准横担挂孔断面处的横担中心。杆塔挂双放线滑车时，用此法画印比较方便。

3 挂点延伸法：用直尺对准横担挂孔中心，将挂孔中心连线准确地延伸到各子导线上画印。

**6.3.5** 紧线操作塔为耐张塔时，其耐张塔的画印采用对导线进行比量画印方法。

## 7 附件安装

### 7.1 一般要求

7.1.1 紧线完毕后，应尽快进行附件安装，避免导线因在滑车中受振和在线档（档距）中的相互鞭击而损伤。为此，应按放线和紧线施工速度确定附件安装工序的施工组织，保证能及时完成附件安装工作。

7.1.2 安装附件及间隔棒时，应对导线作全面检查，将导线上的所有遗留问题处理完毕，重点是：

- 1 打光导线上未处理的局部轻微磨伤，并特别注意线夹两侧及锚线点。
- 2 安装补修管。
- 3 拆除接续管保护套。
- 4 拆除导线上的各种标志物、保护物及其他异物（保护接地线除外）。

7.1.3 附件安装过程中采取如下措施预防电害：

1 保留紧线过程设置的接地，即保留耐张绝缘子串的短接接地、跨越电力线路两侧杆塔上的滑车接地、耐张段较长时在选定的中间直线塔上所作的接地。

附件安装中的所有作业，均必须在两端都设有临时接地的封闭区间内进行。

2 每一个附件安装工作点，均应在正式作业开始前首先设置好工作接地。工作接地可使用截面积不小于  $16\text{mm}^2$  的编织铜线作接地引线。工作完成后，自行拆除工作接地。

3 飞车越过电力线路，一律视为从带电体上飞越，必须保证对带电体的安全距离，飞越时应有专人监护。

4 附件（包括跳线）全部安装完毕后，按工程技术文件的规定，保留部分临时接地作半永久性接地，拆除其余临时接地。半永久性接地应作好记录、定期检查，保留至竣工验收后、启动运行前拆除。

7.1.4 附件安装过程中，不得出现有潜在危险的交叉作业，主要应注意：

- 1 正在进行平衡挂线作业的导线，不得同时在该线其他部位进行其他作业。
- 2 相邻杆塔避免同时在同一相线吊装直线附件。
- 3 同塔避免同时在同一垂直面上进行双层或多层作业。

## 7.2 耐张塔附件安装（挂线）

7.2.1 无论是以直线塔为紧线操作塔，还是以耐张塔为紧线操作塔的紧线，在其紧线后的耐张塔、耐张转角塔上进行割线、安装耐张线夹和连接耐张绝缘子金具串等作业，统称为耐张塔附件安装，亦称为挂线。耐张塔附件安装又分为以直线塔为紧线操作塔的耐张塔附件安装和以耐张塔为紧线操作塔的耐张塔附件安装。

7.2.2 以直线塔为紧线操作塔的耐张塔附件安装按下列方法和程序进行：

- 1 在耐张塔两侧同时对称地即平衡地进行空中锚线，平衡地收紧两侧导线，使两侧锚线卡线器间的导线松弛。
- 2 在两侧锚线卡线器间的断线位置处割断导线；将导线松下，安装耐张线夹及金具、绝缘子等。
- 3 在操作塔两侧以平衡挂线法和半平衡挂线法挂线。
- 4 松开空中锚线，安装其他附件。

7.2.3 完成耐张塔挂线时，导地线过牵引不宜超过 350mm。过牵引时，导地线的安全系数不得小于 2。

7.2.4 空中临锚操作方法如下：

- 1 用特制空中临锚飞车或人工出线安装卡线器，卡线器与杆

塔的距离：当地面安装耐张线夹时取 1.5 倍挂点高，当空中安装耐张线夹时取耐张线夹外 3m 左右。

2 以横担挂线板上的施工孔为锚线孔，在卡线器与锚线孔间设置临锚工具，按次序为卡线器、卸扣、锚线绳、手扳葫芦（或其他收紧工具）、卸扣、锚线孔。

3 两侧同时收紧手扳葫芦，使临锚工具逐渐受力，导线逐渐松弛。收紧时应保持操作塔对称平衡受力。根据收紧过程中导线是否向操作塔一侧移动，判断操作塔受力是否对称平衡。

7.2.5 耐张转角塔进行空中锚线时，应将操作塔放线滑车预先吊在横担上，使其在收紧临锚时保持紧线时的原位置不变，否则滑车因自重下坠，导线不能随临锚收紧而松弛，造成过牵引量增大。

7.2.6 断线前，在卡线器后侧 0.5~1.0m 处，用棕绳将导线宽松绑在锚线绳上，防止松线时导线出现硬弯，断线后，用棕绳将导线松下。

7.2.7 在空中安装耐张线夹后，可用空中对接法在空中安装耐张绝缘子和耐张金具，操作方法为：

- 1 将耐张组装串吊装到横担挂孔上。
- 2 在耐张组装串的近线端和临锚卡线器间布置轻便滑车组。
- 3 收紧滑车组，对接耐张线夹和耐张金具，如图 7.2.7 所示。

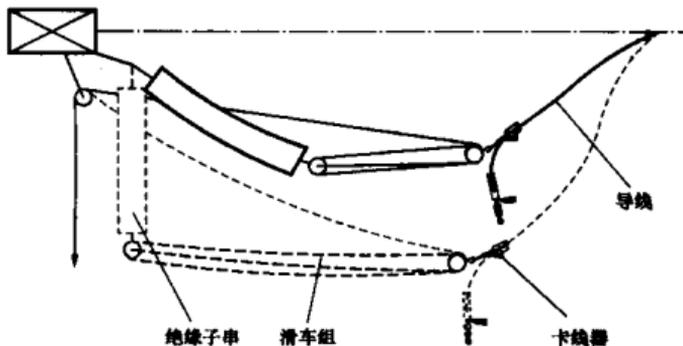


图 7.2.7 用空中对接法挂线示意图

7.2.8 空中操作平台是一种轻便的有围栏的长方形平台，通常用多点悬挂在空中锚线的锚线绳上，为在空中进行耐张线夹的压接等作业提供工作面。空中操作平台参见图 7.2.8。

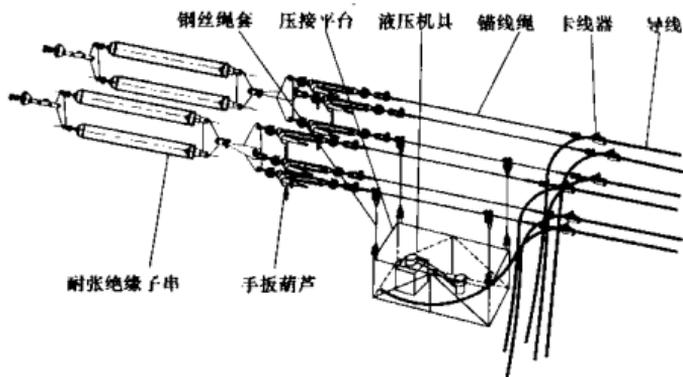


图 7.2.8 空中操作平台悬挂示意图

7.2.9 必须在地面安装耐张线夹时，也在地面组装耐张绝缘子和耐张金具，然后用下述任一种方法挂线：

1 带张力挂线。此法属半平衡挂线。六分裂导线一般分 4 次挂完一相两侧导线，每次均只挂横担一侧一相导线中的一半子导线，且第一次在横担一侧挂线，第二次在横担另一侧挂线，第三次及第四次可在横担任一侧挂线，使横担上的不平衡张力始终不超过一相导线总张力的  $1/2$ 。挂线所需过牵引量由挂线工具收紧，连接金具到达挂线位置时，空中临锚已松弛而不再受力，故挂线工具承受全部挂线张力。

如操作塔的允许不平衡张力大于一相总张力的  $1/2$ ，带张力挂线时可不打临时拉线，否则应打临时拉线。

2 不带张力挂线。此法为平衡挂线。挂线所需过牵引量用空中临锚预先收足，连接金具到达挂线位置时，空中临锚仍然承受锚线张力，挂线工具只承受拉紧耐张组装串和所带导线需要的张力。如临锚收紧的过牵引量不足，应补充收紧，不得以挂线工具

强行挂线。不带张力挂线后，在横担两侧对称松锚。不带张力挂线，操作塔不打临时拉线。

7.2.10 为方便应用以上方法进行耐张塔附件安装，耐张绝缘子金具组装串宜采用双联双串双挂点形式。每个铁塔挂点上只悬挂一个双联绝缘子金具组装串，每个组装串最多只悬挂3根子导线。

每个铁塔挂点应至少设置3个施工孔，孔径与挂孔相同，孔距大于绝缘子盘径。

7.2.11 用张拉台或其他工具拉直耐张组装串，实测组装串长度，确定基本割线尺寸。计算割线尺寸时应考虑如下因素：

- 1 耐张绝缘子金具组装串实测长度。
- 2 同相导线角内侧和角外侧挂点距离引起的线长差。
- 3 紧线滑车在水平和垂直方向偏离挂点而引起的线长差。
- 4 同联于一块竖直向二联板上的上线和下线，由二联板倾斜引起的线长差。
- 5 后联耐张组装串引起的线长差。

7.2.12 耐张绝缘子金具组装串实测长度。同相所有子导线所对应的耐张绝缘子金具组装串长度均应实测。

7.2.13 操作塔为耐张转角塔，且采用双串双挂点耐张金具组装串时，同相角内侧和角外侧挂点在横线路方向上有较大偏离，由此引起的线长差，在用调长金具补偿后，一般尚剩余一小部分未得补偿，应在割线尺寸中补充补偿。补充补偿值为：

$$\Delta\lambda_4 = D \sin \frac{\alpha}{2} - \Delta\lambda'_4 \quad (7.2.13)$$

式中：

$\Delta\lambda_4$  ——应在割线尺寸中补充补偿的角内外侧线长差，m；

$D$  ——角内侧挂孔和角外侧挂孔间的距离，m；

$\alpha$  ——线路水平转角，度；

$\Delta\lambda'_4$  ——已调整的角内外侧线长差，即实际取用的角内外侧调长金具长度差，m。

7.2.14 放线滑车与设计挂线点位于不同高度引起的线长差，一般可直接以斜档距差在割线尺寸中加以调整。斜档距差的近似计算式为：

$$\Delta\lambda_2 \approx \frac{\Delta h h \pm \frac{1}{2} \Delta h^2}{l} \quad (7.2.14)$$

式中：

$\Delta\lambda_2$  ——操作塔放线滑车与设计挂线点高差引起的线长差，m；

$l$  ——紧线操作档档距，m；

$h$  ——紧线操作档导线安装完毕后的悬点高差，m；

$\Delta h$  ——操作塔放线滑车与设计挂线点的高差，增加了高差  $h$ ，式中的土号取正号，减少了高差  $h$ ，土号取负号，m。

7.2.15 由放线滑车与设计挂线点偏移一段水平距离引起的线长差，一般仍直接以斜档距差在割线尺寸中加以调整。

7.2.16 同联于一块竖向二联板上的上线和下线，由于竖向二联板上下两挂孔连线不取铅垂方向，而取弧垂曲线的法线方向，所以上下线间存在线长差，需在割线尺寸中加以调整。该线长差可通过计算求得，也可使用经验数据。

7.2.17 后联耐张组装串引起的线长差。向操作塔挂线时，在操作塔端导线端头加联耐张组装串，相当于操作塔端导线用均布自重荷载很大的耐张组装串去代替同长度的一段导线，因而使挂线后操作档内导线的水平张力增大。所以，在向操作塔挂线前调整其导线长度，以进行补偿，使挂线后的导线水平张力符合设计要求。后联耐张组装串引起的线长差可通过计算求得。

7.2.18 无论是中间耐张塔，还是导线在地面锚线的耐张塔作为紧线操作塔时，其耐张塔的附件安装作业程序如下：

- 1 装设空中操作平台，空中操作平台的悬挂如图 7.2.8 所示。
- 2 确认导线上所画印记，在计入安装耐张线夹所需长度后的

断线位置处断导线。

- 3 在空中操作平台上安装耐张线夹（液压）。
- 4 卸下空中操作平台，挂线并拆除锚线工具。
- 5 安装其他附件。

### 7.3 直线塔附件安装

#### 7.3.1 直线塔悬垂线夹安装

- 1 各子导线的编号及就位顺序，如图 7.3.1-1 所示。

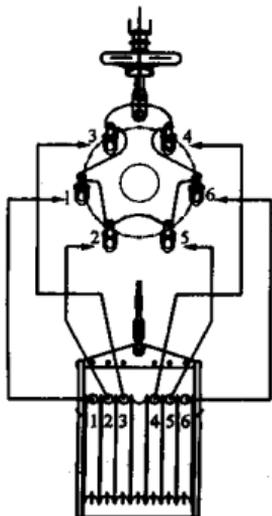


图 7.3.1-1 各子导线编号及就位顺序

2 使用四套特制的“三线提线器”提线。为防横担偏扭，需在横担前后对称各挂一组提线器，如图 7.3.1-2 所示。

3 子导线提线器均悬挂在子导线最终安装位置上方的导线横担主材上，左右提线器的安装间距应适当，使其在提线操作中不互相干扰。

4 提线时，扳动提线器上的手扳葫芦，当 1 号、6 号子导线

提至预定高度后，分别窜动 2 号、3 号和 4 号、5 号子导线，使它们也达到预定高度，进行悬垂线夹的安装。

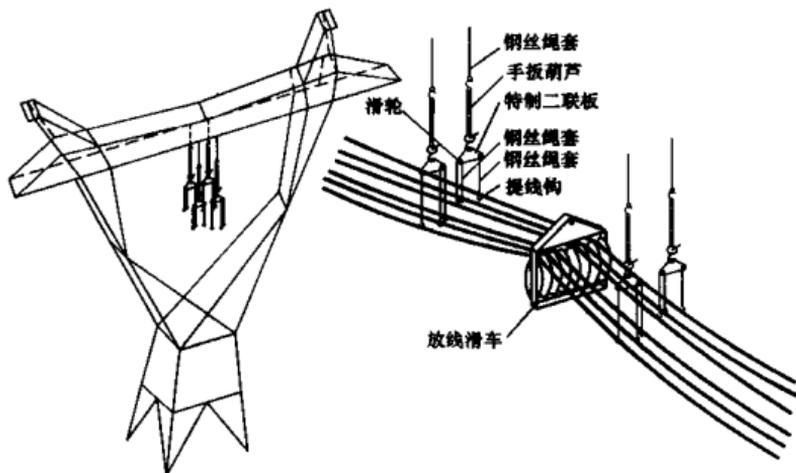


图 7.3.1-2 直线塔导线提线示意图

7.3.2 直线线夹的安装位置，不需作调整时即为画印点，需作调整时应先按移印值移位以确定安装位置。如采用微调、精调程序紧线，应在精调后确定线夹安装位置。

7.3.3 安装直线塔线夹时，应以横担上悬挂点附近的施工孔为提线安装承力点。横担上未设施工孔时，提线安装方法和承力点位置应经计算确定，不得以未经验算的位置作提线安装承力点。

7.3.4 提线安装时按提升荷重，取动荷系数为 1.2 验算横担受力和选择提线工具（即吊具），当需使横担前后两片桁架均匀受力时，可使用两套吊具，分别悬挂在前后两片桁架上，各提升一半子导线；也可在前后两桁架上挂“V”形套，以一套吊具挂在“V”形套上提线，但吊具承载能力必须满足要求。

7.3.5 提升导线的吊钩，应使用承托面积较大者。吊钩沿线长方向的承托宽度不得小于导线直径的 2.5 倍，接触导线部分应衬胶。

大截面导线及安装护线条的导线，宜使用特制线夹作提线吊钩。

7.3.6 直线转角塔安装线夹时，以棕绳将悬垂绝缘子串拢绑在吊具上，防止其因自重作用离开安装位置。角度较大的直线转角塔，应慎重选择提线安装方案，对如下项目作严格验算：

- 1 提线安装时的最大导线应力。
- 2 提线工具的荷载。
- 3 提线安装过程中的杆塔受力。

#### 7.4 间隔棒安装

7.4.1 安装间隔棒采用专用飞车或人工走线等方法。不应使用有缺陷的飞车安装间隔棒，人工走线时应穿软底胶鞋。

7.4.2 间隔棒安装位置的确定用测绳高空测量定位、地面测量定位、计程器定位等方法。在跨越电力线路安装间隔棒时，应使用绝缘测绳测量次档距。

7.4.3 间隔棒平面应垂直于导线。三相导线间隔棒的安装位置应符合设计要求。

7.4.4 飞车或人工走线跨越电力线路时，必须验算对带电体的净空距离。该距离不得小于最小安全距离，见表 7.4.4。验算时荷重取实际荷载的 1.2 倍，并计算相邻一基悬垂绝缘子串在不平衡张力下产生的偏移。

表 7.4.4 飞车最下端对被跨越电力线路的最小安全距离

被跨越线路 电压等级 (kV)	≤10	35	63~110	220	330	500
最小安全距离 (m)	2.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0

7.4.5 采用人工走线安装间隔棒时，应采取可靠的安全措施，并防止损伤导线。

## 7.5 跳线安装

7.5.1 耐张塔的跳线为刚性跳线，其主体为刚性结构，两端以软导线与耐张线夹的引流板相连；跳线器材运输和装卸要防止碰撞变形，运到安装现场安装前方可拆除包装。

7.5.2 刚性跳线应严格按照设计文件和安装说明书进行安装。

7.5.3 柔性部分应使用未经牵引的原状导线制作。应使原弯曲方向与安装后的弯曲方向相一致，以利外观造形。

7.5.4 在地面将硬跳线与悬垂绝缘子串组装好，一并吊装，安装于塔上。根据确定的软跳线长度，将其与硬跳线引流板、耐张线夹引流板连接，再安装软跳线间隔棒，并进行外观整形。

7.5.5 跳线安装后，对塔体最小距离应符合设计要求。任何气象条件下，跳线均不得与金具相摩擦碰撞。

---