

ICS 29.240.20

K 47

备案号: 18571-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1007 — 2006 / IEC 61328:2003

架空输电线路带电安装导则 及作业工设备

Live working-Guidelines for the installation of transmission line
conductors and earthwires-Stringing equipment and accessory items

(IEC 61328:2003, IDT)

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	· 1
3 术语和定义	· 1
4 危及作业安全的基础理论分析	· 11
5 导线架线方法和设备	· 14
6 特别接地要求	· 25
7 设备测试	· 32
附录 A（规范性附录） 接地、接地电缆和连接器尺寸的选择	· 34

前 言

本标准是根据《国家发展和改革委员会办公厅关于下达 2005 行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2005〕739 号）的任务而编制的。

本标准等同采用 IEC61328: 2003 Live working-Guidelines for the installation of transmission line conductors and earthwires-Stringing equipment and accessory items《架空输电线路带电安装导则及作业工设备》。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国带电作业标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准主要起草单位：国网武汉高压研究院、山西省电力公司、山东省电力公司超高压输变电分公司。

本标准主要起草人：易辉、燕福龙、纪建民、胡毅、张丽华、刘洪正、熊炽明。

架空输电线路带电安装导则及作业工器具设备

1 范围

本标准规定了带电安装架空输电线路的导线、地线和绝缘子串及其金具时，安装工器具设备的选择原则和技术要求等。

本标准规定了接地程序，以保证作业设备和工作人员不受感应电流的伤害。

本标准适用于 110kV 及以上输电线路。对于 35kV 及以下的配电线路，大部分技术要求和试验规定也是适用的。

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）或修订版均不适用于本标准，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。

GB/T 2900.51 电工术语 架空线路 [IEC 60050(466):1990, Electrotechnical terminology — Overhead line, IDT]

GB/T 2900.55 电工术语 带电作业 (IEC 60050-651:1999, Electrotechnical terminology — Live working, MOD)

GB/T 14286 带电作业工器具设备术语 (IEC 60743:2001, Terminology for live working, MOD)

DL/T 879 带电作业用便携式接地和接地短路装置

3 术语和定义

GB/T 2900.51、GB/T 2900.55 和 GB/T 14286 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

高空操作平台 aerial platform

附属在杆塔、起重机或升降机的顶部，为高处作业人员提供支撑的装置。

3.2

锚固 anchor

将一物体牢固地固定于一个可靠地方的一种措施。

注：锚固通常与锥型、板型、螺旋型或者混凝土型地锚联合使用，但锚桩、锚栓和圆木地锚，通常以杆、木桩等埋入地下作为临时锚固用。混凝土块如能够承担足够的负荷也可以作为临时锚固，这些临时锚固用在牵引场和张力场。

3.3

锚固点 anchor site

为了方便导线展放、牵引和紧线而放置的导线临时固定点，该点一般沿输电线路方向设置。

3.4

散股 birdcaging

导线的外层松开并在导线上形成一个鼓包。

注：多层大直径导线在通过张力机时经常发生，可通过增加导线在离开导线轴架时的张力来控制。

3.5

滑车 block

设计有单个或者多个滑轮，以合成材料或金属为外壳，并附着挂钩或吊环相连的装置。

注：当绳索穿过两个滑车使用时，一般称为滑车组。

3.6

连结 bond

将不同的裸导体等电位连接。

注：连结可以使工作区域中所有的人和物体在同等电位下。

3.7

吊篮 bucket

附属在电力工程车、起重机或升降机的悬臂顶端，用以起重、提升并支持工作人员在高空位置作业的装置。

注：为了减轻质量并具有较好机械强度和良好的电气特性，一般用玻璃纤维制成。

3.8

转轮 bullwheel;paw wheel

与牵引机或张力机上的牵引轮或张力轮，通过摩擦在导线或导引绳上产生拉力或制动力。

注：牵引机或张力机一般设计有一个或多个转轮，转轮的大小依据所使用的导线或绳索的直径而不同，以动力驱动或制动。张力轮一般用氯丁橡胶绳或聚亚安酯绳，而牵引轮则采用加硬的钢槽。

3.9

(架空线路的)回路 circuit (of an overhead line)

电流流通的导线或导电系统。

注：在输电和配电线路中，交流线路一般为三相系统，直流线路一般为两极系统。

3.10

间距 clearance

同一电压等级或两个不同电压等级的带电体之间、导体与杆塔或其他设备之间、导体对地之间的最小距离。

3.11

悬垂线夹 clipping-in

将导线从放线滑车提升到悬挂点，并将导线安装固定的悬挂导线的装置。

3.12

线夹位移 clipping offset

一个计算的距离，沿导线从导线的垂直点标记测量到线夹中心点。

注：当在恶劣环境下架线时，用线夹位移来平衡每个悬挂支架上两侧的水平张力。

3.13

接续管 compression joint

用铝、铜或钢制造的用于连接或终止导线或地线的管状型压缩装置。

注：通过液压或机械压力使用，但在有些情况下使用爆炸式接头。

3.14

导线 conductor

适用于承载电流的元件，为一根或一束绝缘或者裸的电线。

3.15

分裂导线 conductor bundle

由多根导线平行连接构成均匀或不均匀的几何布局，形成线路的一相或一极。

注：一相的每根导线作为一根子导线，比如，两分裂导线每相有两根子导线。子导线可以布置成纵向、水平、方形、圆形或其他合适的配置。

3.16

导线飞车 conductor car

用于承载工作人员，悬挂在单根导线或分裂导线上行进，以便检查导线或安装间隔棒、阻尼线圈及其他装置。

注：飞车可为人力或动力驱动。

3.17

卡线器 conductor grip

用于牵引导线或临时握紧导线的装置。

注：卡线器可附着在连续的导线上，其设计各不相同，最为普遍的是利用一个开合型刚体结构，带有反向移动钳夹和一个旋转插销。除了牵引和临时握紧导线外，该装置也用于收紧绳索，有时候用来收紧或临时握住绳索。另一种流行夹具（特别对大导线和高握力）是楔型紧线夹具，用插销合上夹钳从而夹紧导线，可以完全包裹住导线。

3.18

提线吊钩 conductor lifting hook

用于提升导线，以进行线夹等安装，钩绳为合成材料，一般在卡线操作时使用。

注：有时使用悬挂线夹以达到此目的。

3.19

导线温度计 conductor thermometer

附属在一小段导线上用来确定环境温度的精密温度计，以便在调整弧垂操作中根据实际情况校准弧垂。

3.20

剥线钳 conductor trimmer

用于切割 ACSR 导线（钢芯铝合金绞线）钢芯周围铝股的工具，以便为连接导线做好准备。

3.21

抗弯连接器 conductor link

用于连接牵引绳的刚性连接装置，一般要穿过牵引机卷轮（牵引轮）的凹槽。

注：它不会旋转来减轻抗扭力。

3.22

跨越架 crossing structure

由杆、管或其他特殊设备如起重机，有时使用绳网等制成的构架。

注：当在公路、输电线路、通信线路、高速公路或铁路上架线时，为了防止线路由于设备故障、牵引绳断裂、张力消失等原因而跌落在下方的设施上，必须使用跨越架。

3.23

挂线 dead-ending

将导线悬挂至耐张杆塔的过程。

3.24

断电 de-energized

在工作位置上的电位与地的电位相同，或者没有明显差异。

3.25

测力计 dynamometer

用来测量导线张力的装置。

注：各种型号的测力计用于张力绳或下垂导线。

3.26

接地装置 earth

连接到大地或某些代替大地的延伸导体，这种连接是有意图的，或是故障接地。

3.27

接地电缆 earth cable

用铜绞线制成的带有透明保护外层的柔软导线，两端附有线夹，用来将导线或设备连接到大地或接地体。

3.28

接地线夹 earth clamp

连接接地电缆或分组连接接地导线或接地极的元件。

接地线夹用于导线、架线设备、牵引绳、导引绳等与大地之间的连接。

3.29

接地网 earth mat

用裸线相互连接的具有一定面积，放置于地面或者埋在地下的网状接地系统。

注：一般接地网与周围的接地装置连接，在其范围内增强接地能力，并为接地设备提供方便的连接点。接地网的初衷是为作业人员提供安全，防止由于某种原因使正在作业的线路带电而产生大电流，并限制其范围内的电位差在安全水平内。有时也可以使用金属表面的网和栅栏。一般用在牵引场、张力场和中间档距内导线连接的场所。

3.30

接地棒 earth rod

打入土地中作为接地终端的一根圆棒，如镀铜的钢棒、实心的铜棒或镀锌的钢棒。

注：镀铜的钢棒作为便携式的接地装置，通常用于架线作业中作为提供电气接地的措施。

3.31

接地线 earth wire

从支点连接到地的导线，一般悬吊在导线上，在一定程度上可以防止雷击。

3.32

接地杆 earth stick

在绝缘棒的一端安装有一个固定的或可分离的元件以便安装线夹、短路棒或导电延伸元件。

注：接地杆用纤维玻璃、强化塑料或类似材料制成，带有高电阻连接，其长度除满足工作人员手持的绝缘要求外还应能安装接地线夹。

3.33

接地系统 earth system

在一定面积的范围内包含所有相互连接的接地系统，如张力场区。

3.34

电磁场感应 electromagnetic field induction

产生感应电压和电流的现象。

注：主要由电压产生的称为静电感应，由电流产生的称为磁场感应。

3.35

静电感应 electric field induction

在导体或电气回路中由时变电场所产生电压或电流的过程。

3.36

带电 energized

在工作位置与大地之间具有明显的电位差，具有危害性。

注：电气连接到电源上的带电部件，或由于静电或磁场影响下电气放电而带电。

3.37

等电位 equipotential

具有相同电位的所有点。

3.38

等电位工作区 equipotential work zone area/site

所有设备通过连接跳线、接地棒或接地网相互连接的工作区，在带电情况下使工作区内所有部件之间的电位差最小。

3.39

安全系数（机械） factor of safety, mechanical

断裂强度或屈服强度与允许施加的最大使用荷载或拉力的比值。

3.40

故障 fault

改变正常运行的不良变化，导致设备、元件或部件出现非正常运行的状况。

注：例如短路故障、电路损坏或间歇连接等。

3.41

故障电流 fault current

电网中某一处故障导致另一处的电流流动。

注：流向地的故障电流也可以叫做接地故障电流。

3.42

引绳 pilot rope

一般用天然纤维或合成纤维做成的轻质绳子，放置在走线滑轮的轮槽内。

注：引绳一般从地面到放线滑车，穿过放线滑车后再回到地面，使导引绳或牵引绳的一端穿过放线滑车，而不需要作业人员上到杆塔上。如果在吊起放线滑车时就已经安装了导引绳或牵引绳则不需要引绳了。

3.43

链条葫芦 hoist

用滚轴、环链或绳子利用杠杆原理提起或拉起重物的装置。

注：链条葫芦用于悬垂线夹安装（或卡线）作业和耐张塔挂线。

3.44

压线滑轮 hold down block

带有一个或多个凹槽滑轮，放置在导线上控制导线抬升的装置。

注：压线滑轮本质上起着放线滑车的作用，只是在方向上相反。一般用在档距中来控制导引绳、牵引绳或者导线由于架线张力而抬高，或在压接位置控制导线的上升。

3.45

绝缘子提升器 insulator lifter

将绝缘子整串提升并安装到杆塔悬挂点的装置。

3.46

隔离 isolate

将设备或线路与其他的设备或线路断开，与所有的电源从结构、电气、机械上分离。

注：这种隔离不能消除所有的电磁感应的影响。

3.47

接头保护管 joint protector

临时安装在导线接头上的开合式保护管，用于防止导线接头在穿过放线滑车时弯曲或损伤。

注：一般在两端有橡胶罩，以防止接头边导线在进出放线滑车时损坏。

3.48

跳线 jumper

连接耐张杆塔两端导线的导线；或是连接于两根导线末端之间，或正在连接的金属牵引绳之间的导线。

注：其目的是起到分流作用，防止作业人员不小心与两根导线串接发生事故。

3.49

磁场感应 magnetic field induction

通过时变磁场在电气回路中产生电压和/或电流的过程。

3.50

断供期 outage

回路即使带电也不具备工作的条件，即带电也无法工作。

注：这种隔离不能消除电磁感应的所有影响。

3.51

引导绳 pilot rope

轻质的钢缆绳或合成纤维绳，用于牵引较重的牵引绳。

注：在起吊绝缘子和放线滑车时，可通过引绳或在直升机的协助下来安装导引绳。

3.52

导引绳牵引机（小牵引机） pilot rope puller

在架线中用于导引绳展放和收回的装置。

注：导引绳牵引机可为双卷筒式，通常带有钢丝绳卷车，作为机器的部件；也可为单卷筒式。通常安置于张力场。

3.53

铅锤划印 plumb mark

导线上划印的位置，位于悬式绝缘子串下方的垂直位置，作为悬挂线夹中心的基准点。

3.54

便携式接地断流工具 portable earth interrupter tool

便携式开断设备，断开大电流电路，防止接地系统中去除最后接地时发生大电弧放电。

3.55

牵引绳 pulling rope

用于牵引导线的高强度合成纤维或钢丝绳。

注 1：在导线替换作业中，老导线可作为新导线的牵引绳。在此情况下，在牵引之前要仔细检查老导线有无损坏。

注 2：在有些国家牵引绳也叫做导引绳。

3.56

放线段 pull section

线路的一部分，在此由牵引机和张力机将导线展放到位。

注：其长度大约 5km，或者为两盘导线的长度。

3.57

牵引场 pull site

沿线路布置牵引机、卷轴和锚固的场所。

注：此牵引场可为下一个牵引区段的牵引场或张力场。

3.58

转轮牵引机 puller/bullwheel

在架线中用来牵拉牵引绳和导线的装置。牵引绳穿过牵引轮后以低张力绕紧在钢丝绳卷车上。

注：钢丝绳卷车可以与牵引机配合使用，也可以作为单独的设备使用。

3.59

卷筒牵引机 puller/drum

在架线中用来牵拉牵引绳和导线的设备，牵引绳直接以高张力绕紧在牵引机的卷筒上。

注：牵引机可以有几个卷筒，每个卷筒为一相，多卷筒牵引机一般用于低压配电线路。

3.60

牵张两用机 puller tensioner

可作为牵引机也可作为张力机使用的设备。

注：牵张两用机一般只用于单导线，但对分裂导线也有拉力或张力功能。尤其在重新架线或灵活性大的工作中非常重要。可以是转轮式也可以是鼓筒式，而卷筒式主要用于配电线路。

3.61

牵引车 pulling vehicle

在地面上可移动的，有能力牵引导引绳、牵引绳或导线的任何装置。

注：直升机用在此工作中也可以认为是牵引车。

3.62

导线轴架 reel stand

支撑一个或多个卷轴的设备，并能够安放在拖车或卡车上。

注：导线轴架一般位于张力机的后面，在输电线路安装中，以低张力将导线从轴架向张力机放线，或在配电线路中直接向放线滑车放线。该设备可以用于各种型号的绳索或导线，并装配有制动器，以防止停止牵引时转动，可以用于松弛架线法和张力架线法。

3.63

卷车 reel winder

和牵引机转轮联合作用的机器，作为回收牵引绳的前置。

注：卷车一般由牵引机提供液动力，也可以单独安装发动机，可安放在拖车或卡车上。

3.64

滚动夹角 roll over angle

导线或绳索进出放线滑车与水平线的两个夹角之和。

注：当通过线角架线时应当考虑反侧角。

3.65

代表档距 ruling span

假想的一个档距，在此档距中由于负荷或温度变化而引起拉力的变化几乎和实际档距中的一样。

注：代表档距的近似值计算公式见 GB/T 2900.51。

3.66

放线牵引板 running board

允许用一根牵引绳同时连接多根导线的牵引设备。

注 1：该设备可以在架线过程中平滑地穿过放线滑车，牵引板的后面悬挂一个柔软的平衡锤，防止牵引板翻转及导线在牵引过程中绞绕。

注 2：导线和牵引绳通过旋转连接器连接到牵引板上，以防止扭绞力传递给牵引板。

3.67

移动接地 running earth

通过接地滑车用来连接移动的导线或牵引绳/导引绳到电气接地的便携式设备。

注：该设备一般设置于牵引机和张力机出口处的导线或牵引绳/导引绳上。

3.68

安全绳 safety life rope

当工作人员在高空作业,其常规安全带无法使用时,用来连接其安全腰带和固定物体的合成纤维绳。

3.69

紧线 sagging

将导线牵引至其最终张力或弧垂的过程。

3.70

弧垂观测段(紧线段) sag section

线路中的两耐张杆塔段或终端杆塔与构架之间的部分。

为了对应于实际导线长度进行正确观测弧垂的需要,可划分为多个弧垂观测段。

3.71

弧垂观测档 sag span

在紧线段内选择的档距,用于控制导线弧垂,使导线有适当的高度和张力。

注:为了保证适当的弧垂,在一个紧线段内要求至少两个观测档,一般为三个,在山区或者档距长度变化较大的地方需要更多。

3.72

弧垂板 sag target

安装于弧垂观测档一端的结构(杆塔、构架)上,作为导线弧垂观测的标准点的装置。

注:弧垂观测者可将其作为导线弧垂观测的基准。

3.73

松弛架线法 slack striging

不使用张力机的一种松弛架线方法,但会在导线线盘上施加很小的制动力。

注:在两基杆塔之间的导线会拖在地面上,由牵引车将导线拖离线盘并沿线路拖拉,或线盘放在牵引车上,沿路线前进放线。在导线经过每基杆塔时,借助引绳将导线放置在放线滑轮轮槽内。

3.74

开口滑车 snatch block

带有一个滑轮、合成材料或金属外壳和一个吊钩的装置,外壳的一边有开口,用于穿绳。

注:通常用单绳来提升物体,或作为控制吊绳、牵引绳位置和/或方向的设备。

3.75

间隔棒安装 spacing

在每相的子导线之间安装间隔棒的过程。

注:一般为人工走线或利用飞车作业。

3.76

压接 splicing

将两根导线首尾连接,形成连续的机械和电气连接的过程。

注:通常在两根导线的首尾采用锻压铝或铝合金套管连接来完成。

3.77

压接车 splicing cart

装备有液压器和导线压接作业所必需的其他设备的装置。

3.78

架线 stringing

牵引/导引绳、牵引绳和导线穿过杆塔上的放线滑车,将架空线路安装在杆塔上的过程。

注:通常整个架线工作看作一次架线作业,从在杆塔上安装绝缘子和放线滑车开始,到导线安装在悬垂线夹、间隔

棒或阻尼线安装完毕为止。

3.79

放线滑车 **stringing block**

带有框架的滑轮，可独立使用，也可组合使用，悬挂在杆塔上用于架线。

注：该设备有时带有组合滑轮，中心滑轮供牵引绳用，另有两个或多个导线滑轮，可同时架设多条导线。为了防止导线机械磨损，导线轮槽一般使用绝缘体或半导体的氯丁橡胶或聚亚安酯。

3.80

放线滑车接地 **stringing block earth**

附着在放线滑车上的便携式接地装置，用于移动导线或牵引/导引绳电气接地的连接。

注：放线滑车接地最初是在架线或重新架线过程中用来为作业人员提供安全保护，安装在放线滑车上提供接地。

3.81

放线滑车吊索 **stringing block sling**

在架线作业中有时代替绝缘子用来悬挂放线滑车的绳索，通常在绝缘子还没有安装就绪，或不利的架线条件很可能产生严重的下压力导致绝缘子难以承受的情况下使用。

3.82

杆塔基座接地 **structure base earth**

用来连接金属基座电气接地的便携式设备，主要用于为建筑、重建或维护作业中的人员提供安全。

3.83

分裂导线的子导线 **subconductor (of a bundle)**

在一组分裂导线中的任何一个单独的导线。

3.84

操作冲击过电压 **switching surge**

由于开关操作在电气回路中产生的暂态过电压。

注：当发生操作冲击时，在其临近的平行线路上也可能产生短暂的电压冲击。

3.85

旋转连接器 **swivel**

用于导线、牵引绳和导线，或导线和牵引板之间连接的设备。

注：旋转连接器在任何负荷下都不能穿过牵引机或张力机的卷轴。在架线过程中，可以帮助减小导线或绳上的扭力。

3.86

张力场 **tension site**

在牵张段内放置张力机、导线轴架、导线盘和锚固的场所。

注：该处也可以作为下一个牵引区的张力场或牵引场。

3.87

张力放线 **tension stringing**

在架线作业中，使用牵引机和张力机给导线施加足够的张力和控制，保持导线离开地面和其他的障碍物，防止导线表面受损。

3.88

张力机 **tensioner, bullwheel**

在架线作业中保持牵引机或导线张力的设备。

注：一般包含一对或多对使用氯丁橡胶或聚亚安酯绳的转轮（张力机），带有单个或多个轮槽。通过缠绕在转轮轮槽中导线的摩擦产生张力。张力机可用于架设单根导线，也可以用于架设多根导线。

3.89

导绳 threading rope

天然纤维或合成纤维制成的轻质柔软的绳子，用于引导导线穿过张力机的转轮（张力轮）或引导牵引绳穿过牵引机的转轮（牵引轮）。

3.90

接触电压 touch voltage

在接地的金属构架和地表上某点之间的电位差。

注：这一电位差是由感应或故障条件产生的，也可能两者兼有，这种电位差会引起触电危险。

3.91

塔梯 tower ladder

带有吊钩和安全吊链的梯子。

注：一般用玻璃纤维、木或金属做成，悬挂在杆塔的横担上，使作业人员可以在导线的高度进行作业，悬挂放线滑车、接地线等，有时候，塔梯也可作为巡线员的工作平台。

3.92

履带拖拉机 tractor, crawler

用于牵引牵引绳/导引绳、导线的履带式装置，可移动牵引或静止牵引，以及其他的工作，也常作为临锚和轴架配合使用。

3.93

轮式拖拉机 tractor, wheeled

用于牵引牵引绳/导引绳、导线的轮式装置，有时候和轴架配合使用。

3.94

经纬仪 transit

在架线作业中用来测量路线和导线弧垂等的设备。

3.95

极限强度 ultimate strength, mechanical

组合件或元件局部的强度。在此载荷下元件或部分发生故障时，该组合件不再能够支撑负荷或发挥其应有的功能。

3.96

压线滚筒 uplift roller

小型单凹槽滑轮，安装在放线滑车的轮槽上方，在放线过程中使牵引绳/导引绳始终保持在放线滑车的轮槽里。

3.97

额定荷载 working load limit

使元件或组合元件能够安全承受的负荷限度。

注：可按照规定的安全系数和元件或组合元件的屈服强度或极限强度来计算，比如绳索，其许用荷载通过按照公认的安全系数和其极限强度来计算。

3.98

连接网套 woven wire grip

允许临时连接或牵引导线而不需要特殊的连接器的设备。

3.99

屈服强度 yield strength, mechanical

组合元件或局部的强度，在此载荷下，组合元件或局部发生永久变形后，元件不再能够发挥其应有的功能。

4 危及作业安全的基础理论分析

在输电线路安装导线过程中保护作业人员的安全是十分重要的。在新线路安装现场的作业人员应该注意防止临近带电线路产生的感应电压和电流的伤害，也要注意防止新线路发生事故性带电。可以通过在作业现场使用适当的保护接地系统，采用正确的作业方法，进行特殊培训，使用配套的设备来防止类似的危害。

在导线的架设过程中，在正在安装的导线上或在其他的设备和元件上，如架线过程中涉及的绳索等可能会产生高电压，这是由于以下原因：

- a) 临近带电线路的电磁感应（即电容或感应耦合）或当跨越带电线路时引起的电磁感应；
- b) 正在安装的导线或绳索与临近原有带电线路误接触；
- c) 由于气候条件或临近的高压直流输电线路（HVDC）对导线或绳索产生静电充电（即导电耦合）；
- d) 正在安装的导线由于开关误操作而导致意外带电；
- e) 临近雷击，或雷击在正在安装的导线上，或如架线过程中所涉及的绳索等其他设备及元件上。

由于雷击、与带电线路意外接触以及误操作等原因所导致的危险普遍比较熟悉。但是由于感应电压和电流导致的危险却少为人知，所以在此做较为详细的介绍。注意区别由于感应和上述其他原因所导致的危险的本质不同非常重要，只要线路带电，其感应是持续性的，而雷击或故障电流则是一个瞬态的过程。

注：在以下的例子中，感应发生在导线上。但是，同样的结果和危险也会出现在架线过程中所使用的其他设备上，如导电的细绳、导引绳、牵引绳、地线等。

4.1 临近带电线路的电场感应

临近带电交流线路所导致的感应通常有两种类型，即电场和磁场，而且都和电压、电流有关。

如果临近线路是带电的直流输电线路，则感应电压是离子迁移的结果，所产生的感应电压比临近交流线路的高。磁感应仅和波动影响有关，因此比临近交流线路的要低得多。

4.1.1 感应电压

带电导线周围的电场会在附近没有接地的导体上产生电压（见图1）。

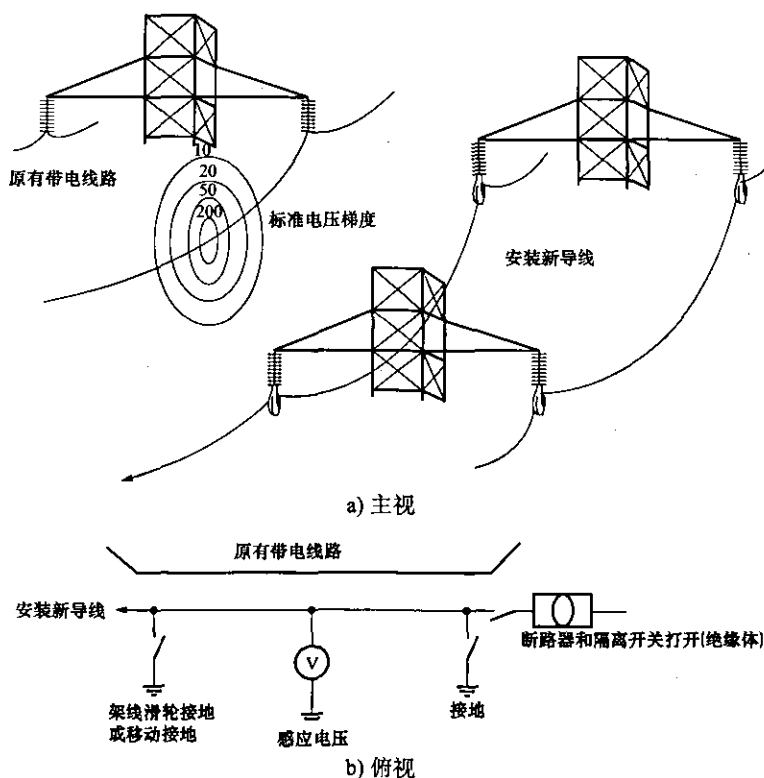


图1 平行导线上的电场感应电压

电压的产生取决于电源的数量和系统的状况，而与带电线路和正在安装的新线路并行的长度无关。

如果电路没有接地，感应电压可能为带电线路电压的 30%。感应电压可以由计算得出，但是一般没有必要。如果正在安装的新线路在某点上接地，电荷就会降到一个较低的稳定状态值，这取决于接地通路的电阻。

4.1.2 感应电流

对于交流系统，带电线路和正在安装的已接地线路如同电容器的两极板，充电电流会从它们之间的空气间隙中流过（见图 2）。

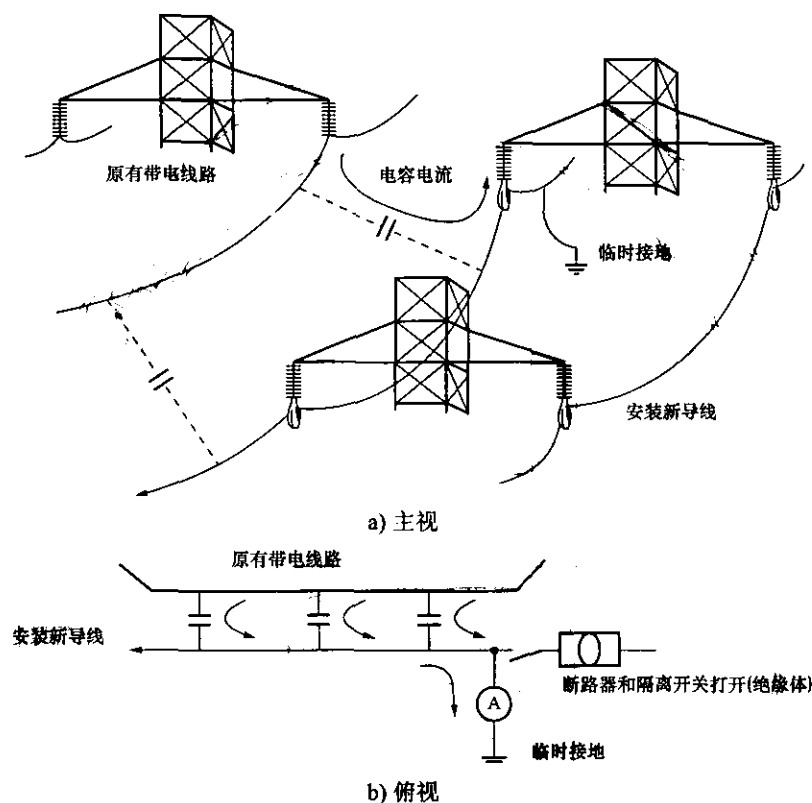


图 2 平行导线上的感应电流

以下两点应予以考虑：

- 从线路通过临时接地流向大地的电流。带电线路和正在安装的新线路之间的并行长度和电流是成比例的，可以达到几安培。
- 如果临时接地有缺陷或者拆除，则会立即产生电容电压。这样，如果工作人员正好和系统接触，而唯一的接地被拆除，那么该工作人员就处于危险的电压和电流下。如果该工作人员试图接触导线或连接的部件，将会遭受到危险的放电电流，随后是稳态电流。因此，工作人员应该避免接近导线或连接的部件，因为感应电压可能高到可以产生电弧放电的程度。同样，也应该注意到在接触后产生的稳态电容电流也可能达到危险的程度。

4.2 临近带电线路磁场感应

4.2.1 感应电流

除了临近带电线路的电压产生电场外，带电线路的电流也会产生另一种影响。

带电的导线和附近正在安装的导线可以看作是空心变压器的一次绕组和二次绕组。

如果新线路有两处接地，则如同空心变压器的二次侧，通过大地这个短回路。一个循环电流将沿着新线路流动，经过一个接地点入地，向上经过另一个接地点形成回路〔见图 3a〕。此电磁场电流与带电线路的电流成比例，并取决于系统的状况和阻抗。

如果应用了多处接地，就会形成多个回路，每个回路都传送电流 [见图 3b)]，而中间接地极电流将会消失。

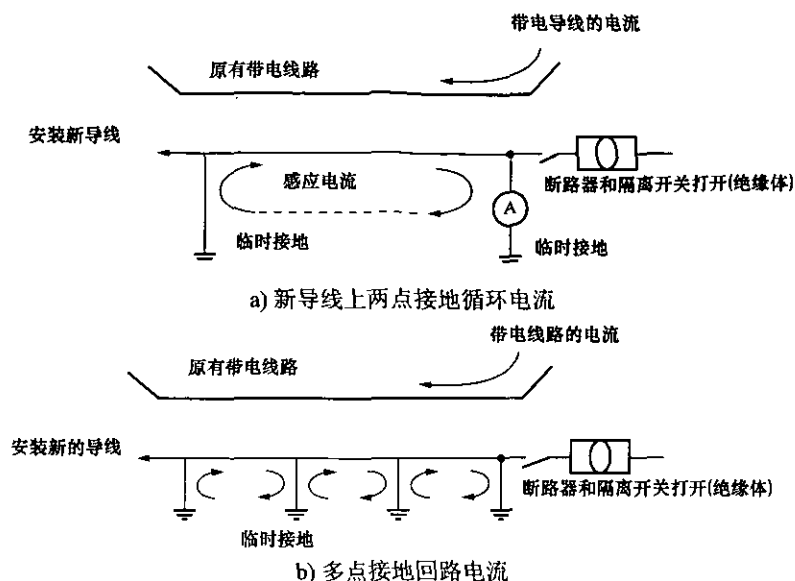


图 3 平行电路上的磁场感应电流

如果临近线路的接地阻抗有很大的差异，比如在一个回路中有湖，而另一个回路是岩石，则中间的接地装置则承载几乎全部的循环电流。

如果与带电线路有交叉，则感应电流的相角将会沿线不同，并且也能在接地装置中产生大的循环电流。

当在一个高负荷的带电线路附近工作或在临近的带电线路发生故障时，在正在安装的新线路上将会产生很大的感应电流，进而会影响到接地装置的选择。

4.2.2 感应电压

继续以空心变压器为例，如果正在安装的新线路仅有一点接地，比如通过拆除一个临时接地，则在新导线上出现开路电压。这一电压与接地点的距离成正比，即当新线路与带电线路平行时，距接地点越远，开路电压越高 [见图 4a)]。

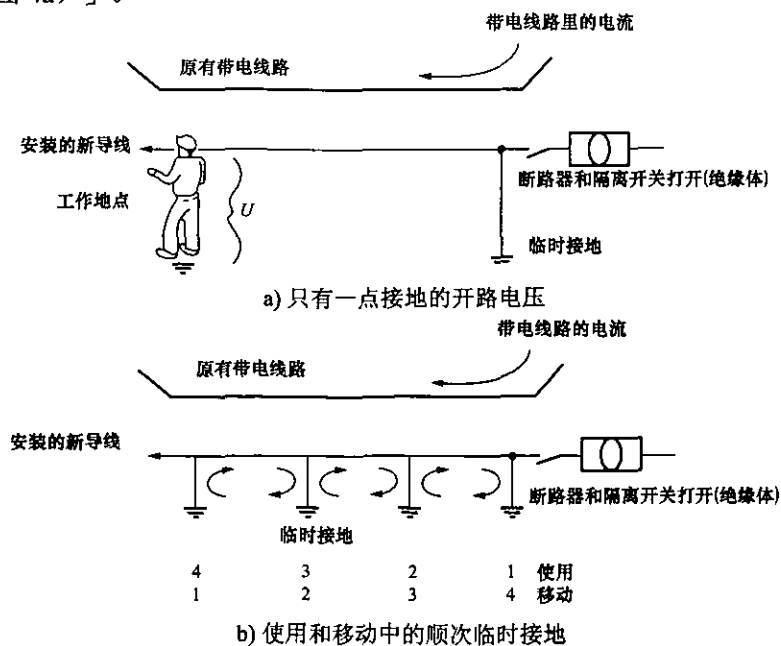


图 4 平行导线上的磁场感应电压

在拆除最后一个接地时，循环电磁场电流被破坏，通过间隙产生电压。如果带电线路和正在安装的新线路长距离平行，则此电压可能会达到危险值，因此必须通过连续接地技术加以限制，采用中部接地分割新线路，分割段长度以限制开路电压为原则，接地点是连续且为移动的〔见图4b〕〕。

5 导线架线方法和设备

在电力系统中所采用的架线方法很多，以下是常用的几种基本方法。可根据已有设备的需要进行修改。这些方法也取决于输电线路的类型、尺寸以及架线的地形等。

在选择架线设备时，其机械和电气特性十分重要，下面将详细介绍。

5.1 松弛架线法

松弛架线法如图5a)和5b)所示。

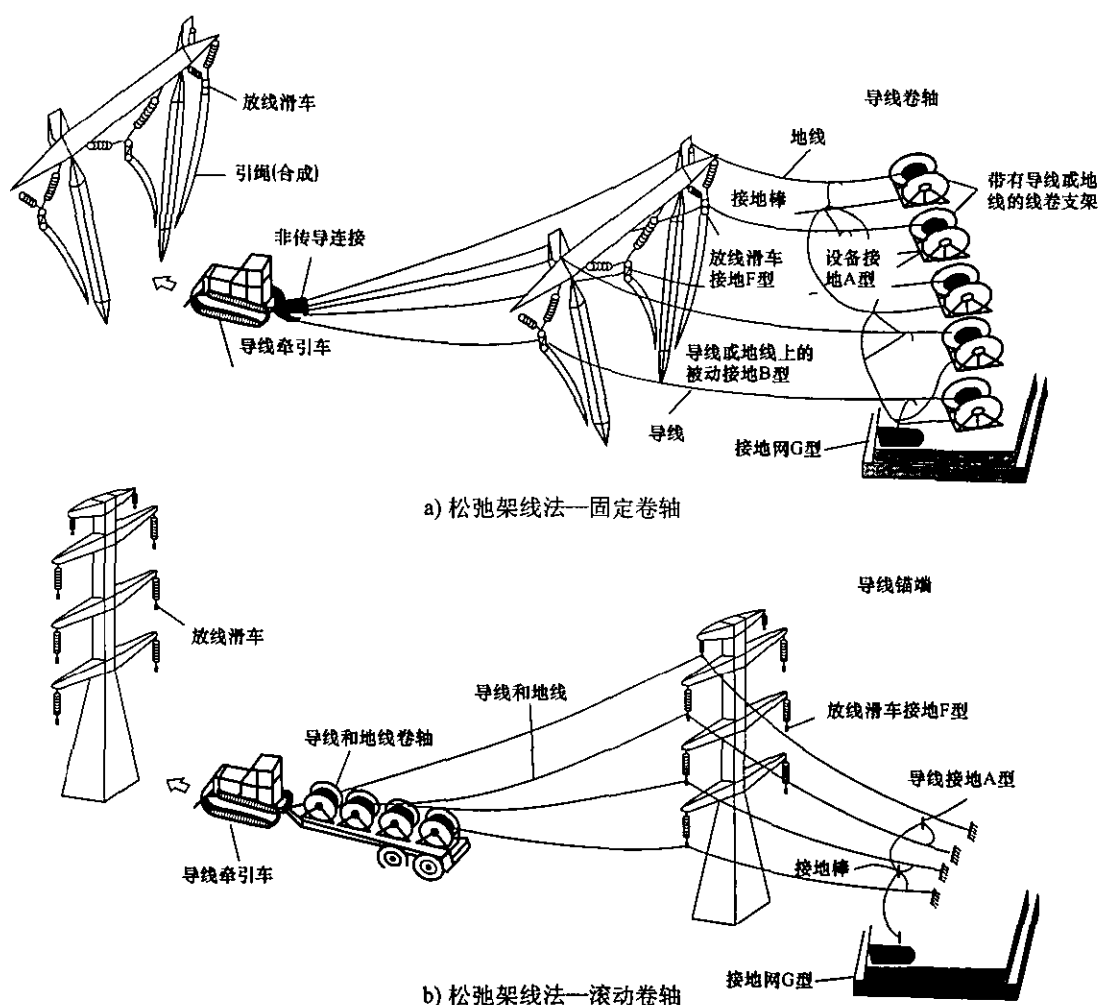


图5 松弛架线法

在220kV及以上电压等级的输电线路中不推荐采用松弛架线法。因为采用此方法时，导线表面的损坏很大，进而会导致电晕损耗加大、无线电干扰、电视和通信干扰。

松弛架线法普遍有两种：

a) 固定线盘法。此方法是将导线线盘固定在牵引段的一端，导线通过牵引车沿路线拖拉前进〔见图5a〕〕。

b) 滚动线盘法。此方法是将线盘固定在牵引车后面的拖车上，牵引车沿路线前进放线〔见图5b)〕。

导线线盘一般是固定在轴架上，也可以搁置在地上或安放在拖车上。这些轴架是用在轴上支撑线盘的，当导线拉出时线盘转动。当牵引停止时，有一个制动的设备来控制以防止线盘继续转动。

当导线拖过每基杆塔时，牵引车会停下来，将导线放进挂在杆塔上的放线滑车轮槽中，然后再向下一基杆塔前进。

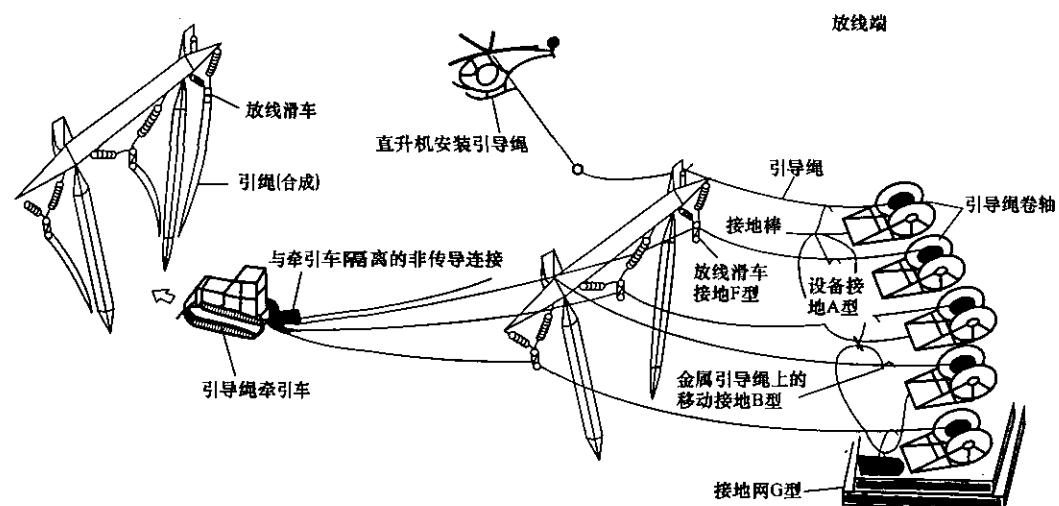
此方法主要适用于架设对导线表面条件要求并不苛刻的线路，而且线路走廊要易于牵引车进入。而不适用于拥挤的城区，因为城区的交通、带电线路等存在危险。也不适用于山区，因为牵引车无法沿线路走廊前进。

5.2 张力架线法

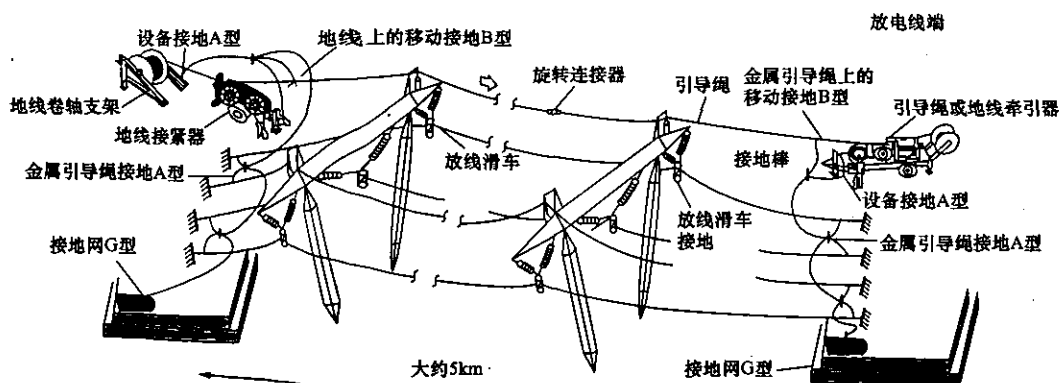
此方法如图6a)、b)、c)、d)所示。

使用这种方法，导线在牵引过程中保持张力，从而避免接触杆塔之间的地面和其他障碍物，防止导线表面受损。导线上的张力可以使导线跨越带电线路、铁路或主要交叉路口等，避免与之接触。

对于相分裂导线线路，使用张力架线法时，首先需要将轻质的合成或金属导引绳穿过放线滑车，一般采用松弛架线固定线盘的方法，使用牵引车或直升机展放。



a) 直升机安装引导绳



b) 安装架空地线

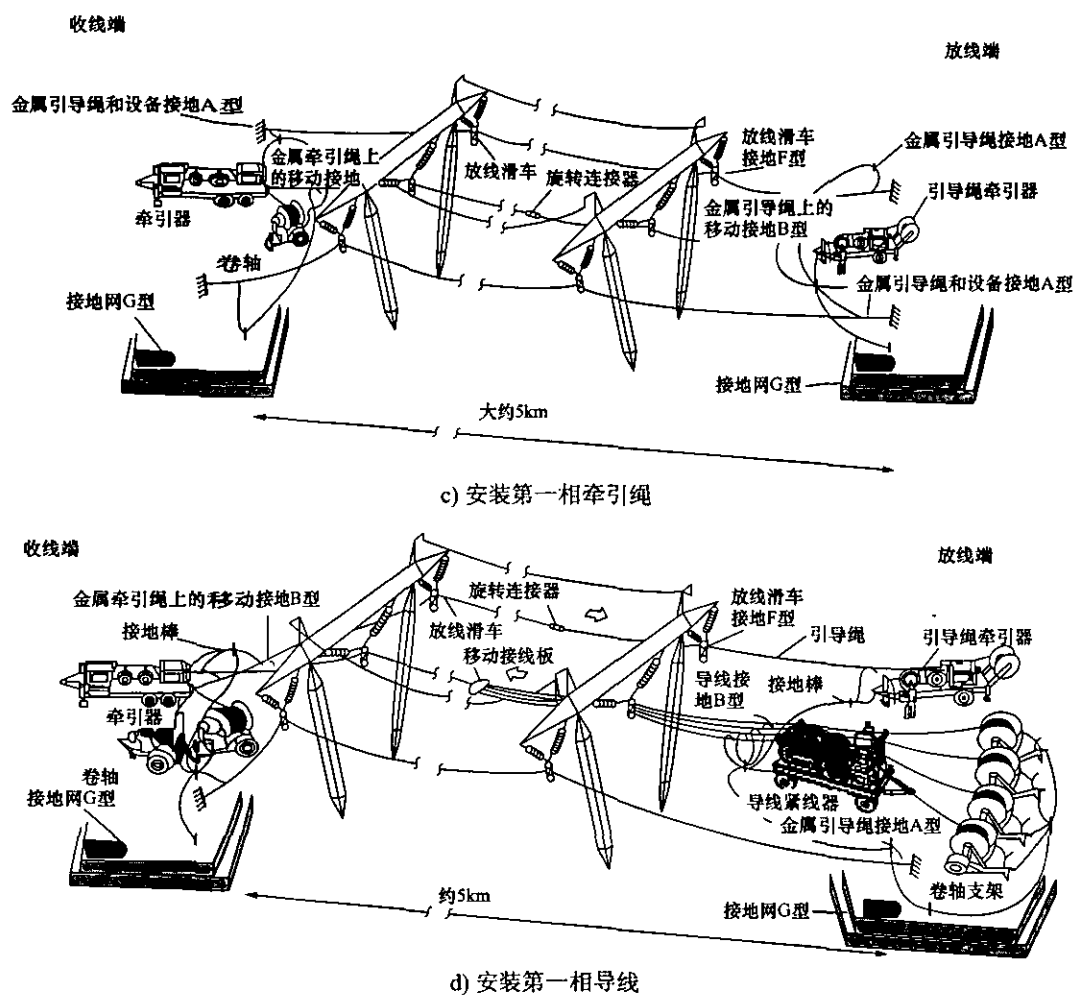


图6 张力架线法

此导引绳用来牵引规格更大、质量更重的牵引绳，然后再用此牵引绳通过张力机和牵引机从导线轴架上牵引导线。

安装单相单根导线时，牵引绳直径可以较小，可以不使用导引绳，直接展放牵引绳。

当旧线路进行重新安装新导线时，旧导线常用做牵引绳来牵引新导线。由于旧导线的机械强度等原因，尤其是压接接头，在牵引过程中应特别小心。旧接头在通过牵引机的转轮时，要经过轮槽，会弯曲变形，然后又被拉伸，容易导致突然断裂，使导线跌落，造成导线或杆塔损坏。

正确的操作步骤是当接头到达牵引机之前切掉，然后用双头网套连接导线端头。当网套通过牵引轮，在导线绕在卷车前将网套去掉。

5.3 牵引设备

这里介绍采用张力牵引法安装导线时所用到的设备，给出了选择设备的一般要求，包括保护施工人员免受电击的安全措施。这些基本要求也适用于松弛架线法中使用的设备。

5.3.1 张力装置

对于输电线路，架线装置一般采用转轮型。对于配电线路，牵引导线的张力一般小于 5kN，常使用卷筒式张力机或导线轴架。导线线盘放在机器上，可以对牵引张力进行控制或者制动。

有两种类型的张力机：

- 有两个转轮的多槽张力机，每个转轮有 4 个或多个轮槽；
- 有 V 型槽的单槽转轮 V 型槽张力机，也有两个或多个的单转轮 V 型槽张力机。

当使用 V 型槽张力机时,对展放多层导线应特别小心,很有可能导致导线散股。因为在放线过程中张力传递给导线的距离比多槽张力机的短。

5.3.1.1 一般准则

张力机的一般特性如下:

- a) 导线展放要平稳,没有急拉或弹起,这点很重要。因此推荐全液压制动张力机,制动系统应在各种牵引速度下保持张力不变,在牵引停止时也要保持张力。

当展放单相单根导线时使用机械制动的张力机。一般来讲,机械制动的张力控制没有全液压制动的张力控制平稳。

- b) 对于相分裂导线展放来说,所有子导线都必须具有同样的张力,所以张力机必须有此功能。而且,同时展放的所有子导线应出自同一个制造商的同一流水线或同一批量。

5.3.1.2 选择张力机正确的荷载

张力机是根据每根导线或子导线所能达到的最大张力来进行选择。

对于每项工程所选择的张力机应该可以给导线以足够的张力,使杆塔之间的导线与地面或被跨越物之间有足够的净空距离。

5.3.1.3 选择张力机的其他标准

在具体的工程项目中,正确选择张力机应该考虑以下的特别标准:

- a) 张力轮轮槽的衬垫物所使用的材料应对导线的表面无伤害。
- b) 张力轮最小直径应为导线直径的 35 倍。
- c) 张力轮轮槽的最小直径应为导线直径的 1.1 倍。
- d) 张力机及轮槽应能满足正常的右捻导线的穿线和牵引。即站在张力机的后面,面向牵引方向的杆塔,导线应从张力机左边张力轮进入,从左向右绕在张力轮上,从右边出线至前方的杆塔,这样可以使导线在经过张力机时收紧正常的右捻导线。
- e) 导线应通过导向轮或放置在下方的滚轴,将导线从线盘上引入到正确的张力轮凹槽里。
- f) 在每个张力轮的驱动上应该安装手动刹车,为液压弹簧型,当驱动或液压系统出现故障时能够用以牵引住导线,不致跑线。操作员可在控制台上操作手动刹车。
- g) 张力机控制台上应有张力显示仪,以显示每根导线或子导线上的张力。
- h) 张力机结构应有设置地锚的锚环及支撑架,以便在工作点的位置固定机器。因为张力机带有拖车,并能在湿地或不平的地面上轻松移动,所以建议使用支撑固定。
- i) 张力机应配有接地棒,其表面无油漆、无涂层、无污染,这样可以保持良好的电气连接,尤其是连接接地线夹时。
- j) 如果张力机有操作室,且发动机和其他的部件都带有隔离噪声和防振的橡胶垫,那么应在隔离的部件及张力机上安装接地装置。
- k) 张力机在运行中,操作员要能清楚的听到工作指令,应提供适当的通信工具,使张力机操作人员和其他施工人员随时保持清晰的信息沟通。

5.3.2 牵引机

牵引机有四种基本类型:

- a) 卷筒式牵引机(绞磨、卷扬机);
- b) 转轮式主机与卷车分离式牵引机;
- c) 转轮式主机与卷车整合式牵引机;
- d) 牵张两用机。

前三种类型的卷线器仅适用于导引绳或牵引绳。

牵引机既可以是配电线路作业中使用的卷筒式,也可以是输电线路作业中使用的转轮式。这些设备可以作为牵引绳的收线器,同时,在放线段的另一端,可以用来展放导线。

牵张两用机的转轮直径一般比牵引机的直径大，而且带有凹槽，凹槽的衬垫材料可避免对导线的表面造成伤害，此设备也用于展放导线。

5.3.2.1 一般要求

牵引机的一般要求和特性如下：

- a) 平稳地牵引导线，无急拉或弹起。因此，牵引机的速度变化应平稳。
- b) 牵引机在停止后应有足够的牵引动力，并可保持张力重新启动牵引导线。

5.3.2.2 选择牵引机正确的荷载

牵引机常以在低速下完成的最大导线牵引力来评价。筒式牵引机通常以其输出扭矩来评价。而这种对输出扭矩的评价应该转化为当卷筒缠满牵引绳时最外层牵引绳的最大牵引力。

对每个具体的工程选择牵引机的规格时，应该考虑每根导线的牵引张力、每次牵引的相导线数量以及牵张施工段的长度。

5.3.2.3 选择牵引机的其他标准

选择牵引机的其他标准如下：

- a) 如果牵引机使用钢丝绳作牵引绳，牵引机的卷筒应具有坚硬的钢槽来满足较大的磨损特性。
- b) 卷筒的直径虽然不像张力机转轮直径那么重要，但是，不推荐使用直径小于 20 倍绳索直径的牵引机，尤其在使用钢丝绳的时候。当使用钢丝绳作牵引绳的时候，转轮直径和牵引绳的比例应该更大些，具体选定方法可咨询绳索制造商。

如果牵引机用来缠绕旧导线，以旧导线做牵引绳来牵引新导线时，牵引机卷筒的直径最小应是导线直径的 30 倍。

- c) 牵引机驱动控制台应安装有手动制动装置，可以为液压弹簧型，这样，在驱动出现故障或暂停期间，能以架线张力拉住牵引绳。操作人员应能从控制台处使用或释放手动制动装置。
- d) 牵引机控制台应有牵引力指示仪，包括工作人员预先设定的最大牵引力整定值，当牵引力达到该值时，安装有过载保护设备的牵引机应自动停止动作。这样，如果导线、绳索或牵引板在牵张施工段的某个地方受阻时，可以防止继续牵引而出现危险。
- e) 钢丝绳卷车的控制应该与牵引机的控制台相结合，才能使牵引机的操作人员全面控制钢丝绳卷车操作。
- f) 牵引绳应通过引向轮或安置在下方的滚轴，将钢丝绳从线盘上引入到正确的卷筒内侧凹槽里，也可以使用类似的导向滚轴将导引绳从卷筒引入卷车。
- g) 牵引机应设有锚固用的锚环（板），以便在工作点的位置支撑、固定机器。因为牵引机带有拖车，并能在湿地或不平的地面上轻松移动，所以推荐使用支撑锚。
- h) 牵引机应配合接地柱或接地棒，表面无油漆、无涂层、无污染，这样可以保持良好的电气连接，尤其是连接接地线夹时。
- i) 如果牵引机有操作室，发动机和其他的部件都有用于隔离噪声和振动的橡胶垫，则应在从隔离的部件及牵引机结构上安装接地装置。
- j) 牵引机在运行中，操作员要能清楚的听到工作指令，应提供适当的通信设备，使牵引机操作者和其他施工人员能随时进行清晰通信联系。

5.3.3 卷车

卷车用在牵引机的后面，用来收卷牵引绳。对单卷筒式牵引机不需要。

卷车有时与牵引有相同的结构配合，但通常是大型牵引机。为了降低每个部件的质量，卷车可以采用分离式。它们可以由自身的动力装置驱动，或依靠液压管连接，从牵引机上的液压系统来获得动力。

一般情况下，卷车收卷牵引绳的速度比牵引机放绳的速度快。这样确保牵引绳在牵引机和卷车之间保持绷紧，绳索不会在牵引机卷筒上松弛、打滑。

5.3.3.1 选择卷车的要求

选择卷车的要求如下：

- a) 卷车应有一个平稳缠绕系统,来帮助牵引绳平稳缠绕通过牵引机卷筒,并防止产生不平稳,否则会导致牵引绳在卷筒上打滑或松脱。
- b) 卷车应该能满足工程中使用的牵引绳绳盘的大小和重力。
- c) 当牵引绳通过牵引机卷筒准备绕到卷车上的绳盘上时,应将卷车上的收线驱动断开。在这种情况下,当牵引操作停止时,卷车上应有一个防止过转的刹车装置来阻止绳盘继续转动。
- d) 应有一个手动刹车或反向运动刹车与卷车驱动配合,用来保证在牵引机失灵或在牵引暂停的情况下,在卷车和牵引机卷筒之间有正常张力拉住牵引绳。
- e) 如果卷车不是牵引机的组成部分,则卷车结构应单独设有用于锚固的拉环(板),以便在工作点的位置支撑、固定机器。
- f) 如果卷车不是牵引机的组成部分,卷车上应配有接地柱或接地棒,表面无油漆、无涂层、无污染,这样可以保持良好的电气连接,尤其是连接接地线夹时。

5.3.4 导线轴架

导线轴架是用来支撑导线卷线盘的,一般放在张力机的后面,释放导线给张力机。导线轴架可以自行安装,但一般用起重机或其他起重方法来安装导线轴架和线盘。

每根导线要求有一个导线轴架。

导线轴架有时单独作为放线装置,但只能作为单根导线的放线装置。

在导线轴架上要求安装刹车装置,拉紧导线轴架和张力机之间的导线,制动力的大小应满足在正常牵引速度下保持导线一定的张力,直到线盘上的导线放完为止。

5.3.4.1 选择导线轴架的要求

选择导线轴架的要求如下:

- a) 导线轴架应能满足工程中所用导线线盘的尺寸和重力。
- b) 如果导线轴架不是张力机的组成部分,则导线轴架应设有用于锚固的拉环(板),以便在工作区固定轴架。如果导线轴架安装在拖车上,则更要有锚固位置并要求锚固锚,这样履带拖车才能在湿地或不平路面上轻松行进。
- c) 如果导线轴架不是紧线器的组成部分,则其上应该安装接地柱或接地棒,表面无油漆、无涂层、无污染,这样可以保持良好的电气连接,尤其在连接接地线夹时。

5.3.5 导引绳张力机(小张力机)

导引绳张力机在本质上和导线张力机有相同的特性(见 5.3.1 条),用于大型输电线路建设工程中,从张力机到牵引机展放牵引绳,也常用于展放地线。

5.3.6 导引绳、牵引绳

输电线路作业所用的牵引绳一般是特别制造的高强度钢丝绳,也有高强度的合成绳,但一般只用于单相单根导线的牵引。

导引绳可以是钢丝绳,也可以是高强度的合成绳。

导引绳或者牵引绳最重要的特性之一就是不扭转,尤其在展放很长距离的绳索时,绳索不应将扭结或旋转传给导线或牵引板。

绳索(尤其是钢丝绳)外表要光滑,以减小绳索在穿过牵引机卷筒或放线滑车时的摩擦。

钢丝牵引绳表面应干净无油脂,这样在牵引机卷筒上才会有更好的附着力。

当使用合成绳作为牵引绳或导引绳时,不应视为是绝缘的。它们最初表现出高阻抗电气特性,但经验显示,长期使用后,合成绳索表面的积污使其导电,特别在潮湿的环境中。

建议作为牵引绳或导引绳使用的合成绳应选择在最大使用荷载下或在绳索破断拉力 20% 下时,延伸率不超过 3%。超过此延伸率则意味着绳索承受了相当大的荷载,万一绳索断裂,将十分危险,并且需要更大型牵引机来抵抗此荷载带来的危害。

牵引绳和导引绳安全要素建议如下:

——钢丝绳，钢丝绳的破坏强度应不小于最大使用荷载的 3 倍。

——合成绳，合成绳的破坏强度应不小于最大使用荷载的 5 倍，有些高强度合成绳可在 4 倍最大使用荷载下成功使用。制造厂应明确标明绳索的最大使用荷载。

5.3.7 放线滑车

放线滑车悬挂在每个杆塔上，一般挂在每相绝缘子串的末端金具上，在架线过程中用于支承导线和展放导线。

在耐张转角杆塔上，放线滑车可以直接悬挂在杆塔横担上。在此情况下，如果放线滑车有一个滑轮，建议放线滑车用绝缘材料进行悬挂与杆塔隔离，或使用放线滑车进行接地。

一般直线塔上的放线滑车应捆绑在塔架上，当承载牵引绳或导线时，可以正常摆动角摆动。

对于单相多根导线的输电线路，放线滑车一般包括牵引绳轮槽、导线轮槽，其中每根导线一个导线轮槽。

导线轮槽内衬垫有用于保护导线穿过滑车时避免伤及表面的材料，内衬材料可以是橡胶、氯丁橡胶、聚亚安酯或其他弹性体。

聚亚安酯有时用在牵引绳和导线都必须穿过的同一个轮槽里，比如在单轮放线滑车中，或每相中奇数序号导线牵引绳滑轮中（比如每相三分裂导线）。

轮槽内衬材料即使含有导电因子也不能认为它具有导电性，经验显示，所谓的导电内衬在经过一段时间使用后就变成非导体了。

建议放线滑车轮槽使用高质量滚轴或滚珠轴承，以减小牵引过程中滑轮上的滚动和摩擦。轴承可以是封闭型的，由制造厂添加润滑油，也可以是可加润滑油式的，通过加油装置重新加注润滑油。

放线滑车所承受的荷载不能超出制造厂的规定值，在转角塔上应特别注意，确保在架线作业时没有过载。在有些情况下，为了分担荷载，在转角塔上使用多个放线滑车。

5.3.7.1 选择放线滑车的要求

- a) 在展放和紧线作业中，为了达到最佳效果，每根导线轮槽槽底的最小直径（有时叫做底径）应该是：

$$D_s = 20D_c - 10$$

其中 D_s 和 D_c 单位为 cm， D_c 是要安装的导线直径。

注：根据各地区施工的经验，以上的比例也可以超出。

- b) 轮槽凹槽最小深度为：

$$D_g = 1.25D_c$$

- c) 从凹槽底处凹槽的最小半径为 $1.1D_c/2$ 。

凹槽的侧面和半径处的宽度应足以允许导线连接器和网套顺利通过，如果希望导线接头在张力机的前面压接，并穿过放线滑车时，应该考虑槽沟的形状设计，一般要求宽的凹槽。

- d) 凹槽的两侧应该相对垂直张开 $15^\circ \sim 20^\circ$ 的角，以便于牵引板、导线接头、连接器、网套等通过。

- e) 放线滑车结构顶部或侧面允许打开，以方便提线进行附件安装过程中取出导线。

- f) 放线滑车的入口或导线需要经过的地方，应该设计为允许牵线板、导线接头、连接器、网套等平滑通过，不得摩擦滑车的支架。

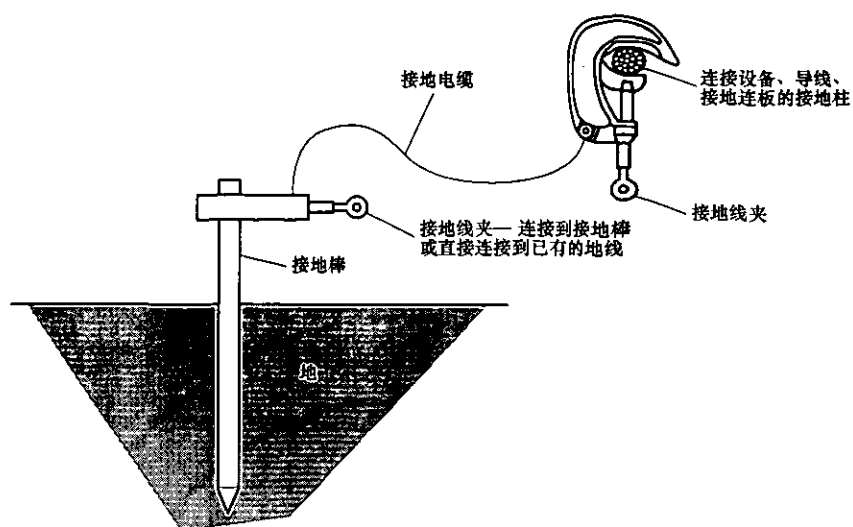
5.3.8 放线滑车接地

放线滑车接地附属在放线滑车上，安装在移动导线上或牵引绳/导引绳上，提供对地电气通路。

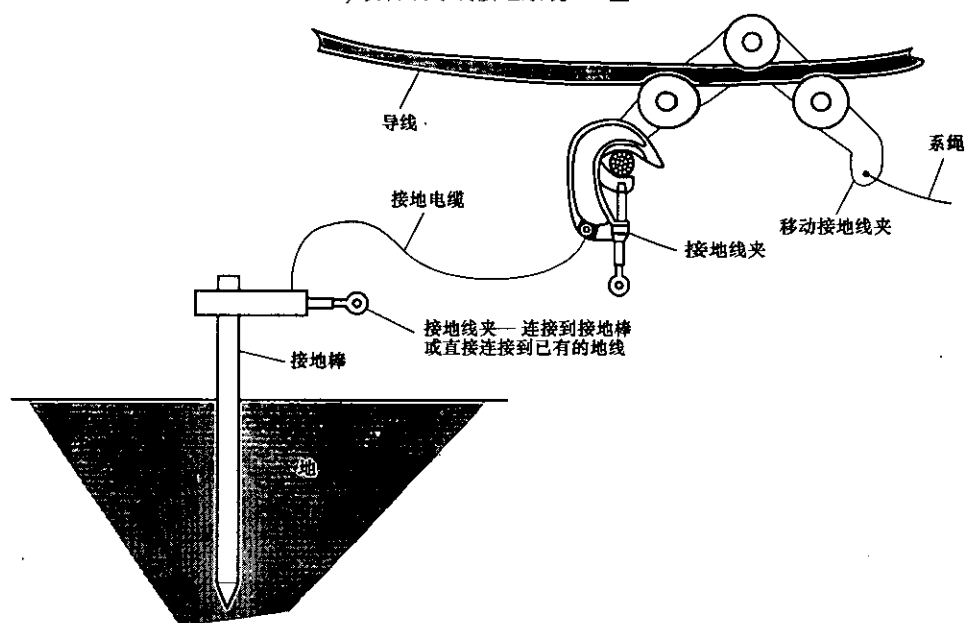
放线滑车接地的一些重要特性如下：

- a) 可以承受 20kA 电流，对称 20 个周波。

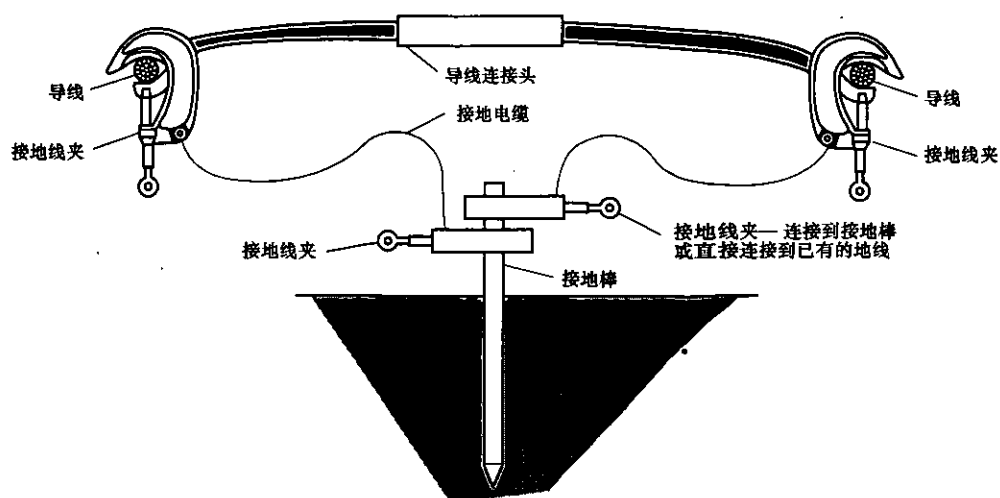
- b) 有一个接地棒，表面无油漆、无涂层、无污染，保持良好的电气连接，尤其是在用接地线夹附着接地电缆的时候，见图 7f）。



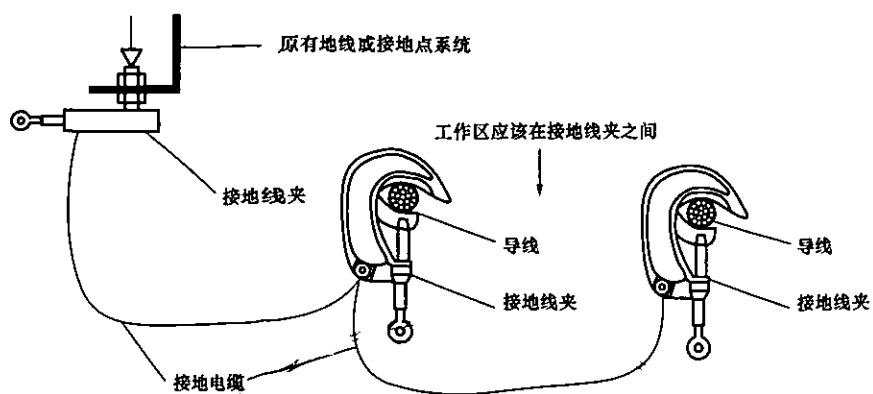
a) 设备或导线接地系统—A型



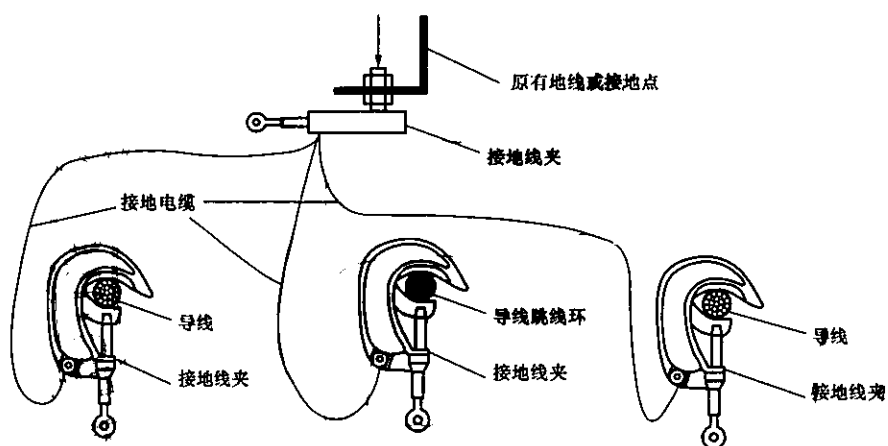
b) 移动接地系统—B型



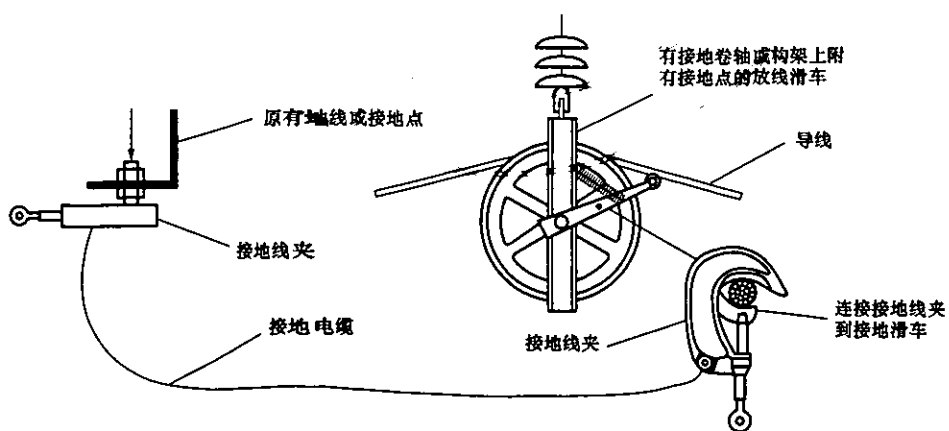
c) 导线的压缩型接地系统—C型



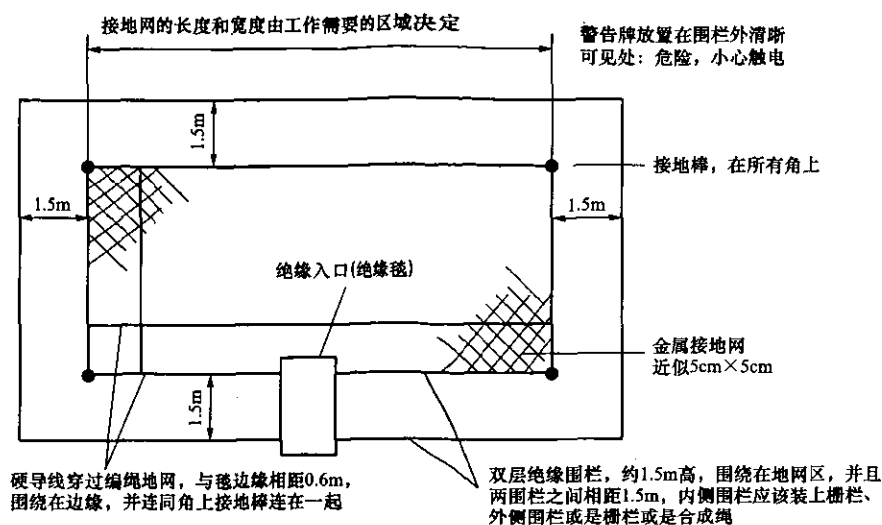
d) 握紧导线的接地系统—D型



e) 导线跳线环接地系统—E型



f) 放线滑车接地的接地系统—F型



g) 典型的接地网—G型

图7 接地系统

- d) 导线上使用的接地滑车轮槽一般采用铝质材料, 而钢索牵引绳或导引绳上使用的接地滑车轮槽为高强钢材料。

5.3.9 移动式接地

移动式接地安装在移动的导线或牵引绳/导引绳上，用来提供对地的电气通路，一般用在牵引场和张力场。

移动式接地的重要特性包括以下几点:

- a) 可以承受 20kA 电流, 对称 20 个周波。
- b) 有一个接地棒, 表面无油漆、无涂层、无污染, 保持良好的电气连接, 尤其是在用接地线夹附着接地线的时候, 见图 7b)。
- c) 其设计应该使导线压接头、编织接头或者绳索的接头等可以穿过接地滑车, 而不必将滑车从导线或者绳索上拆下来, 接地滑车应紧紧的依附在绳索或导线上。
- d) 导线上使用的接地滑车轮槽一般用铝制成, 而钢索牵引绳或导引绳上使用的接地滑车轮槽为高强度钢材料制成。
- e) 移动式接地应有一个锚绳的位置, 这样当导线或绳索通过的时候可以固定接地, 接地线绝不能当作锚绳使用。

5.3.10 导线飞车

飞车是特殊设计的笼子或者设备，可以承载一个或多个施工人员，在单根导线或分裂导线上行驶，用来检查导线，而更多的是用来安装间隔棒、阻尼线或者其他的附件，有时也作为带电作业工具进行导线维护。

飞车基本构造有以下三种形式:

- 无动力飞车，由一个笼子构成，用滑轮悬挂在导线上，可通过操作人员沿导线牵拉，也可由地面人员通过连接在飞车上的合成绳索拖拉。
- 脚踏飞车，结构与自行车相似，用滑轮悬挂在导线的下方，滑轮通过踏板和链条获得推进力，操作员面向后面，可以在踏板的位置上放置间隔棒。
- 动力飞车，由一个笼子构成，用滑轮悬挂在导线上，采用动力驱动前进。有些动力飞车设计为能通过悬垂绝缘子串或可跨越间隔棒而不需要操作员离开飞车。

5.3.10.1 一般要求

飞车的滑轮有三种功能：

- a) 给悬挂在导线下面的操作员和笼子提供支撑；
- b) 有些滑轮可以为飞车提供拽引或推进的动力；
- c) 与滑轮一起可以为分裂导线提供计程数据，便于安装间隔棒。

飞车的轮子及其支撑结构可以离开导线，方便将飞车放在导线上，或者允许导线飞车绕过绝缘子串。

对于动力飞车，驱动轮应带有合成橡胶层，这样可以给飞车的驱动提供必要的摩擦力，同时也可以保护导线的表面不受损伤。车轮的衬层不能作为接地路径，因为合成橡胶通常有较高的阻抗。

非动力飞车以及带电作业用飞车一般用无衬层支撑轮。

导线应该在滑轮凹槽的中间，两侧有足够的空间，允许导线及导线接头平滑通过。

动力飞车应设计为能爬 30° 的斜坡，并保证安全，在各种条件下不倒滑，包括潮湿导线。

动力飞车一般用汽油发动机提供动力，因此在给发动机加油时应特别小心。有时也用柴油机，但很少，因为柴油机较重。

建议发动机的动力通过液压系统传输给驱动轮或其他机器，这样可以避免使用开放式的链条、齿轮或驱动带等。

动力飞车的控制杆应是自动防故障装置型的，当释放时可以回到空档或停止位。

发动机应该安装在操作员不易接触到其发烫或旋转部件的地方，但也可接近发动拉绳和油箱。

动力飞车的控制杆应该有一个较大的、显眼的应急按钮，以快速关闭发动机。

液压和发动机的控制装置应位于操作员容易接近的位置。飞车一般是针对一定的类型（相分裂线数）和导线间距设计的，所以，在没有制造厂授权的情况下，一般不要用于其他类型的导线。而有些飞车设计成可根据相分裂导线的数量和间距进行调整的通用形式。

飞车的重力非常重要，尤其当用于带电作业时。当飞车在承载施工人员和施工材料后，不应将导线压得很低，使导线和带电线路或杆塔之间有足够的净空。对于跨越公路、铁路等也应如此考虑。

另外，尤其当飞车采用人力提升到绝缘子串挂点时，最好是轻型的。所以，飞车应质轻、坚固且具有良好的承载能力。

飞车的设计应考虑到操作人员、工具以及其他必须携带的材料的重力。同时，如果使用拉绳时，还应该考虑到拉绳向下的拉力影响。

在飞车框架显著位置标明其承载量，并注明“不得超载”。

所有的飞车应有手动刹车装置，既可以直接夹在导线上，也可以在其中的两个驱动轮上。

为了间隔棒或者阻尼线跨距的精确定位，建议使用驱动轮接触导线的可调里程表。

在杆塔上适当的位置安装飞车提升设备，允许系绳或吊索，以便将飞车吊起并放置到导线上。

飞车至少应有一根安全绳，两端连接在飞车的构架上，并留有足够的长度，可在导线上移动。当飞车万一从导线上跌落时，安全绳会将其悬吊在导线上。较大的动力飞车应该有两根安全绳，前后两端各一根。

安全绳应具有足够的机械强度，能够承受操作人员、工具、材料以及飞车自重，而且最大总荷载为安全绳断裂强度的 1/10。

安全绳至少一端应有安全钩，可以轻松从锚固点移开。

飞车操作员应将防坠落安全绳在导线上打成环扣，单线飞车也应有安全带，安装在车架上。

笼式飞车一般为铝材车架，底部为结实耐用的线网，周围是线网或者薄铝板，至少有 12cm 高，以防止工具等坠落。

建议动力飞车在容易接触的位置上安放一个小型多用途灭火器和一个急救包。

带有衬垫滑轮的飞车也应有一个感应连接轮，用全铝材制成，和其中的某一根导线接触，和车架形

成低阻抗的电气通路。

有时候地面人员看不见驾驶员，飞车的驾驶员应配备无线通信设备，尤其是在大跨距水上、山区等处作业。

建议在飞车上要配备一根干净的绳子，用绝缘材料做成，其长度可以到达地面，这样可以将材料提到车上。在紧急情况下，操作员也可通过该绳子降落到地面。这种绳子应该通过绝缘连接附着在车架上。绳子的最大使用荷载为绳子断裂强度的 1/10，符合设计的提升负荷。

5.3.10.2 带电作业飞车

飞车作为带电作业的维护工具，除了一般要求外，还应满足以下要求：

- a) 飞车的所有部件都用导电材料做成。
- b) 用于带电作业维护时，飞车的重力很关键，要确保导线与接地构架间有足够的净空，防止发生闪络。

带电作业飞车一般不采用动力型的，且滑轮不得采用绝缘衬垫。

绝缘拖绳或拖链要保持干净、干燥，以保证其良好的绝缘性能。

5.4 通信系统

当采用张力架线法安装导线时，在牵张施工段的关键位置处（如带电线路交叉跨越处），设备操作员、监督员以及护线员之间清晰、快捷的通信非常重要。

这些人员都应该在其作业位置配备不受外界干扰的无线电通信设备，包括牵引机操作员、张力机操作员、监督员、塔与塔间的牵引板的跟随人员以及中间护线员等。

如果在施工中任何一处通信故障或失灵，则应立即停止放线作业。

牵引机操作员和张力机操作员使用的通信设备应是带有耳麦的便携式设备，但不能和机器有任何的导线连接。因为在架线过程中一旦发生触电或者操作员在离开等电位区时而通信设备仍然带在身上，将形成电气通路造成危险。

6 特别接地要求

这里指的是安装导线过程中为每个作业程序所提供的临时接地系统。

在导线安装工程中，接地保护的等级取决于该工程作业区内存在的电气危害。

当新导线的安装在远离带电线路的区域，且当前没有雷电活动，应该采用最低要求的接地，包括牵引场和张力场所有设备的等电位连接和接地。另外，应该在金属牵引绳或导引绳，以及在牵引机和张力机前的导线或地线上安装移动式接地装置。当采用最低接地要求时，应该注意，并没有对工作人员提供跨步电压和接触电压的保护。

和以上情况相反，在闹市区里施工，涉及到很多平行或交叉的带电线路，或者有很大可能的雷暴活动及恶劣天气，此时应该采用最高接地要求。最高要求包括：设备的等电位连接和接地、使用移动式接地、在作业点使用接地网以及放线滑车接地等。这些接地和接地网应按照可能直接接触到带电线路的故障电流而设计。

对于单个的接地线夹、接地线或接地棒的尺寸可参见附录 A 中的一般原则。

图 6a)、b)、c) 和 6d) 是按照架线作业顺序推荐的接地程序，由于第 4 章中所描述的任何可能产生的严重电气危害时，则需要最高接地要求。

除了确保正在架设的新线路上的断路器（开关）位于断开位置之外，还应该采用接地和其他保护措施来对所有人员进行合理和足够的保护。最好的安全预防是认为所有的设备随时都有可能带电。对于一个具体的工程项目，其保护等级应该由工程监理来决定，并强制执行，清楚地了解电压的危害。本标准所推荐的接地系统已经经过了多年的应用，效果明显。

当在人口稠密地区作业时，路人有可能无意走进了作业区，这时应该采取额外的措施隔离作业区，比如安全员、警告标记等。工作点用围栏包围起来，用显著的警告标记警告旁观者。

6.1 作业点接地系统

在作业点上的导线、架空地线、牵引绳和导引绳都要求接地。导线、架空地线、金属牵引绳和导引绳都应一视同仁，除非另有具体说明。

下面给出了架线过程中设备和其他元件具体的接地系统建议。

6.1.1 接地棒的使用

当使用接地棒时，应该对接地棒的电阻进行电气测试，确保其电阻小于 25Ω 。

注：对可能接触到正在安装的新导线的所有带电线路的保护是消除故障电流，所以检查接地棒的电阻非常重要。

如果接地电阻不能小于 25Ω ，作业点在地面时用接地网，作业点在高空时，采用等电位接地系统。

另外，如果在工作过程中有可能有电气接触，那么所有可能与正在作业的线路有接触的带电线路都应该将其重新接通设备锁住。

为了保证每个作业点不同接地棒具有同等电位，它们应通过接地线夹和接地线进行等电位连接。

当安装接地棒时，应注意避开所有的地下设备，如地埋带电线路、天然气管道、下水道、自来水管、通信电缆等。在安装接地棒之前应该检查该区域内的地理设施。

6.1.1.1 接地杆的使用

所有使用的接地线夹应设计成能用一根绝缘棒安装或拆除。

6.1.1.2 连接处的清洁

因为接地系统的优劣取决于低电阻的通路，所以在接地线夹和其附着的表面应该确保良好的电气接触。

6.1.1.3 安装和拆除接地线夹

接地线夹和接地线应该首先连接到接地棒或接地源，然后再连接到需要接地的物体上。当拆除接地时，接地线夹应首先从接地物体上拆开，然后再从接地棒或接地源上拆开。使用接地线夹不应对需接地的物体造成损坏。

当用接地杆安装接地线夹时，应将线夹举到导线附近的位置，然后迅速牢靠的夹紧在导线上。如果产生电弧，不要收回线夹，而要保持导线上，这样使导线接地。

6.1.2 设备接地

在架线过程中使用的所有设备至少应有一处接地，一般在安装方便的地方。建议所有架线设备制造厂在设备支架上焊接一个特殊接地棒，用来附着接地线夹。

图 7a) 中给出了典型的接地线夹、接地线和接地极，主要针对牵引场和张力场或其他作业区的设备接地。此接地线夹也应通过接地线与接地网和移动式接地等电位连接。

6.1.3 导线、地线、金属和合成绳索的接地

建议在安装的每根导线上使用接地滑车接地，一般安装在张力场上张力机前面的导线上，及牵引场上牵引机前面的金属牵引绳上。移动式接地也应与接地网和设备接地进行等电位连接。

图 7b) 是典型的接地滑车接地、接地线和接地极的安装。

注：当合成绳作为牵引绳或导引绳时，建议不使用移动式接地或放线滑车接地，临近的带电线路将会产生感应。随着时间的推移，人们发现，合成绳已经成了高阻抗的导线。绳子的表面也会在使用中被雨打湿。

如果在合成绳上使用移动式接地或放线滑车接地，它们将成为电场感应电流对地排泄的汇聚点。经验表明，如果合成绳从牵引场延伸到张力场，并停留一段时间，则绳子表面和接地接触的所有地方会发热升温，情况严重时，绳子会自然，在张紧状态下断裂。

而且，如果合成绳用来牵引用接地滑车接地进行接地的金属绳或导线时，则必须使用绝缘连接将两者连接起来，否则，由于感应，合成绳将发生升温并燃烧。

6.1.4 接地网、导线或地线的接地

在牵引场和张力场用于接地网、导线或地线接地的接地线夹、接地线和接地棒如图 7a) 所示。接地线夹也应该通过接地线与设备和接地滑车接地进行等电位连接。

6.1.5 导线或地线在档距中部连接时的接地

图 7c) 显示了导线档距中央接头接地所用的接地线夹、接地线和接地棒系统。

在此过程中，用非导电绳在档距中部处将导线拉到地面，拆除导线临时连接的双头网套，将导线两端进行永久的接头压接。

在工作人员接触任何导线前，将每根导线用接地棒进行接地。否则，工作人员与导线末端接触，容易遭受由感应产生的电流和电压的伤害。

6.1.6 导线或地线线夹安装时的接地

当导线从放线滑车上移出并安装在悬垂线夹里时，导线接地所用的接地线夹、接地线、杆塔连接系统如图 7d) 所示。

6.1.7 安装导线跳线时的接地

当在耐张杆塔的导线上安装跳线时，导线接地所用的接地线夹、接地线和结构连接系统如图 7e) 所示。

6.1.8 放线滑车的接地

通过放线滑车接地给导线或牵引绳接地的接地线夹、接地线和杆塔连接系统如图 7f) 所示。

放线滑车接地有时用在有轮槽衬垫的放线滑车上，在中间杆塔上使用，以消除临近带电线路的感应电影响。

如果放线滑车没有轮槽衬垫，轮槽与滑车框架有良好的接地路径，则一般仅对滑车框构进行接地，而不需使用放线滑车接地。

放线滑车通常悬挂在绝缘子串上。但是在耐张转角杆塔上，放线滑车可以直接悬挂在横担上。建议放线滑车与杆塔之间的连接采用绝缘材料予以电气隔离，或使用放线滑车接地。

6.1.9 接地网

图 7g) 是带有双层围栏的典型的接地网系统。其他设计有不同的网眼尺寸和结构的接地网，只要符合以下的要求也可以接受。

接地网是相互连接的裸导线和一个带有接地棒的金属网系统。接地网一般放置在牵引区、张力区和接头设备下面的地上。

接地网的作用是给作业人员提供等电位保护，而接地网本身不会通过故障电流。

接地网应该有足够的尺寸，以便所有的导线牵引设备都能够完全处于接地网上，并在里层围栏内，而且允许完成必要的工作。

接地网的材料和接地线应该有足够的尺寸和耐受力，既可以承受移动物体的机械要求，也可以支撑设备。

接地网导线和接地棒应该相互连接，在接地网内的所有设备、支架、锚固、牵引绳、导引绳、导线、地线都应该与其等电位连接，设备应该和接地棒采用 A 型接地直接连接，而不用接地网的编织网。

在感应比较严重的地方，应该考虑在接地网的周围竖起双层围栏，如图 7g) 所示，通过绝缘垫进入接地网里面。双层围栏可以防止里面的人或物体与外面的人员接触。

6.2 接地系统的一般程序和使用

本节详细表述了在架线过程中每个单独的作业区应该使用哪些接地系统，以及如何使用。接地程序的介绍见图 5a)、b)、图 6a)、b)、c)、d)。

注：当架线过程中一个步骤完成后要开始下一个步骤时，需要改变接地系统，在原接地系统拆除前必须先安装好新的接地系统，这样，导线、绳索或者设备总处于接地状态。

6.2.1 一般程序

以下是在开始工作前的一些一般程序，所有的操作都必须遵守，以使保护人员和设备免受电气危害，尤其是当需要最大接地系统时。

6.2.1.1 选择正确的设备

选择完成工作所需要的足够容量的设备非常重要（见 5.3 条），以确保有超出工作实际要求的安全裕度。

6.2.1.2 工作前设备检查

当在带电线路附近安装新导线时，可能会发生电气接触。所以，事先由培训过的人员对使用的设备如牵引机、张力机和导引绳牵张机等进行彻底的检查非常重要，确保设备正常工作。尤其是制动系统，应该确保正确操作和对最大负荷时的制动能力。

应该检查牵引绳和导引绳的损坏情况，防止使用已严重降低强度的绳索。建议对用作牵引绳或导引的合成绳应每年至少进行一次抽样检查，测试其极限强度，对受损绳索进行更换。

应该对移动式接地、接地线、接地线夹和放线滑车接地进行检查，确保正确运行，无破损元件，以免影响接地通路。

6.2.1.3 工作前交底会

当正在安装的导线有可能产生感应电或者在带电线路附近作业时，所有的工作人员都应该清楚地了解有关危害，这点非常重要。在开始工作之前，进行交底，应该给他们清楚地解释其工作程序和责任，使他们知道使用接地和等电位连接系统的必要性，以及如何正确安装。

如果工作范围改变或者人员变化，应该对所有涉及到的人员再次重申工作程序和责任。

在工作开始前，安全员应该对牵引场至张力场进行视察，确保所有与带电线路或设备有可能接触的地方都有充分的保护，采用净空、绝缘网等防止与新安装导线的接触。

6.2.1.4 受过培训的作业人员

在架线工作中使用的特殊设备要求其操作人员必须预先接受特殊的培训，以便安全正确操作。这一点尤其在需要最大接地系统的工程中非常重要，因为导线或设备很有可能带电。

6.2.2 导引绳、牵引绳的安装

当在每个杆塔的放线滑车上从张力场到牵引场安装导引绳或牵引绳时，要求如下：

最低要求：

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关（绝缘），防止重接，确保装置隔离。
- 在牵引场和张力场的所有架线设备都应该以 A 型接地系统接地 [见图 7a)]。
- 在牵引机前面的所有金属绳以 B 型接地 [见图 7b)]，对合成牵引绳或导引绳，不使用移动式接地（见 6.1.3 条）。
- 当从张力场到牵引场安装绳索的时候，绳索的末端应该使用 A 型接地系统接地 [见图 7a)]，直到绳索连到导线上。此时，在牵引场和张力场绳索的两端安装 B 型接地。

最高要求。除了满足以上的要求外，还应该满足以下的要求：

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用，其重合可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 所有的金属绳索应该有一段绝缘连接，如用绝缘绳，以连接到牵引车上。
- 所有架线设备，包括设备、绳索或导线的临时锚，应该位于 G 型接地网区域内 [见图 7g)]。
- 在牵引机和张力机前面的第一基杆塔以及每隔两个杆塔应该有一个 G 型放线滑车接地系统 [见图 7f)]。在感应比较严重的情况下，比如在杆塔的一边新架设线路，而杆塔的另一边是高压带电线路，建议在每基杆塔架上使用放线滑车接地，除非采用了其他的感应补偿方法。如果放线滑车轮槽内没有衬垫，则可以通过其框架接地。但应该说明，通过滑车框架接地相比直接在导线上接地，接地电阻要略高。在使用合成牵引绳或导引绳的地方不应使用放线滑车接地（见 6.1.3 条）。

6.2.3 导线的架设

当导线从张力场牵引展放到牵引场时，要求如下：

最低要求:

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关(绝缘),防止重接,确保装置隔离。
- 在牵引场和张力场的所有架线设备,包括设备、绳索或导线的临时锚,都应该以A型接地系统接地[见图7a)]。
- 在架线时,在牵引机前面的所有绳索以B型接地[见图7b)]。
- 在架线时,在张力机前面的所有导线以B型接地[见图7b)]。
- 当架线完成,做弧垂调整时,所有导线应该以A型接地系统接地[见图7a)]。
- 导线在锚线、压接前应拉升到一定的高度,防止沿线故障性接触。

最高要求。除了满足以上的要求外,还应该满足以下的要求:

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用,其重合可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 所有架线设备应该位于G型接地网区域内[见图7g)]。
- 在牵引机和张力机前面的第一基杆塔以及每隔两个杆塔应该有一个G型放线滑车接地系统[见图7f)]。在感应比较严重的情况下,比如在杆塔的一边新架设线路,而杆塔的另一边是高压带电线路,建议在每基杆塔上使用放线滑车接地,除非采用了其他的感应补偿方法。如果放线滑车轮槽没有衬垫,则可以通过其框架接地。但应该说明,通过滑车框架接地与直接在导线上接地相比其接地电阻要略高。在使用合成牵引绳或导引绳的地方不应使用放线滑车接地系统(见6.1.3条)。

6.2.4 导线的连接

在张力场、牵引场或中间档距内压接导线时要求如下:

最低要求:

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关(绝缘),防止重接,确保装置隔离。
- 在压接前所有的导线都以C型接地系统接地[见图7c)]。

注:如果在中间档距内进行接头,应该用非导电合成绳将导线拉到地面,接头完成后再拉起来。如果使用金属绳索,则牵引设备应该以A型接地系统接地[见图7a)]。

- 当导线到达地面时,在压接前,两端必须以C型接地系统接地[见图7c)]。

最高要求。除了满足以上的要求外,还应该满足以下的要求:

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用,其重合可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 在张力机前或者在中间档距内的压接必须在G型接地垫区域内进行[见图7g)],所有导线的临锚都应该位于接地垫区域内。
- 导线在中间档距内连接区域的两端以C型接地系统接地[见图7c)],接地棒应连接到接地网上。
- 在牵引机和张力机前面的第一基杆塔,以及每隔两基杆塔应该有一个G型放线滑车接地系统[见图7f)]。在感应比较严重的情况下,比如在杆塔的一边新架设线路,而杆塔的另一边是高压带电线路,建议在每基杆塔上使用放线滑车接地,除非采用了其他的感应补偿方法。如果放线滑车轮槽内没有衬垫,则可以通过其框架接地。但应该说明,通过滑车框架接地与直接在导线上接地相比接地电阻要略高。在使用合成牵引绳或导引绳的地方不应使用放线滑车接地(见6.1.3条)。

6.2.5 导线紧线

当导线被拉升到最终的下垂位置,达到标准弧垂时,要求如下:

最低要求:

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关(绝缘),防止重接,确保装置隔离。

- 在紧线期间，在紧线设备拖车前面的所有导线应该以 B 型接地系统接地〔见图 7b〕。
- 最高要求。除了满足以上的要求外，还应该满足以下的要求：
- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用，其接触可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 紧线设备以 A 型接地系统接地〔见图 7a〕。
- 导线的所有临时锚都应该位于接地网区域内〔见图 7g〕。
- 在牵引机和张力机前面的第一基杆塔，以及每隔两基杆塔应该有一个 G 型放线滑车接地系统〔见图 7f〕。在感应比较严重的情况下，比如在杆塔的一边新架设线路，而杆塔的另一边是高压带电线路，建议在每基杆塔上使用放线滑车接地，除非采用了其他的感应补偿方法。如果放线滑车轮槽内没有衬垫，则可以通过其框架接地。但应该说明，通过滑车框架接地与直接在导线上接地相比接地电阻要略高。在使用合成牵引绳或导引绳的地方不应使用放线滑车接地（见 6.1.3 条）。

6.2.6 卡线

当导线紧线完成后，导线从放线滑车安装到悬垂绝缘子末端的线夹上时，要求如下：

最低要求：

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关（绝缘），防止重接，确保装置隔离。
- 在卡线的杆塔上，所有同相导线在耐张转角杆塔或者接地点之前以 D 型接地系统接地〔见图 7d〕。

最高要求。除了满足以上的要求外，还应该满足以下的要求：

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用，其使用可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 导线的所有临锚都应该位于接地网区域内〔见图 7g〕。
- 在牵引机和张力机前面的第一基杆塔，以及每隔两基杆塔应该有一个 G 型放线滑车接地系统〔见图 7f〕。在感应比较严重的情况下，比如在杆塔的一边新架设线路，而杆塔的另一边是高压带电线路，建议在每基杆塔上使用放线滑车接地，除非采用了其他的感应补偿方法。如果放线滑车轮槽内没有衬垫，则可以通过其框架接地。但应该说明，通过滑车框架接地与直接在导线上接地相比接地电阻要略高。在使用合成牵引绳或导引绳的地方不应使用放线滑车接地（见 6.1.3 条）。

6.2.7 耐张挂线和跳线安装

紧线完成后，导线紧挂在耐张杆塔的耐张水平绝缘子串上。当安装耐张塔跳线时，要求如下：

最低要求：

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关（绝缘），防止重接，确保装置隔离。
- 当使用绞磨将耐张绝缘子串和导线紧挂到耐张杆塔的横担上时，绞磨应该以 A 型接地系统接地〔见图 7a〕。
- 当导线挂在耐张杆塔上后，准备安装跳线时，耐张杆塔两侧所有同相导线应该以 E 型接地系统〔见图 7e〕对杆塔或接地点接地。接地线夹应该放置在作业区域外的导线上。

最高要求。除了满足以上的要求外，还应该满足以下的要求：

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用，其使用可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。

除了以上要求外，当利用起重机的吊篮安装跳线时，还应满足以下要求：

- 起重机外壳应以 A 型接地系统接地〔见图 7a〕，当在铁塔上作业时，起重机外壳也要以 A 型接地系统对塔脚接地。
- 跳线和导线以 E 型接地系统〔见图 7e〕接地，跳线的自由端和起重机臂等电位连接。

- 在非导电吊篮的底上应使用金属网，并和导线及跳线等电位连接。对金属吊篮，应和导线及跳线等电位连接。
- 当起重机以任何形式与导线连接时，操作人员应始终留在起重机上，地面上任何人不得与起重机接触。

6.2.8 间隔棒安装

当在飞车上安装隔离器、阻尼线、航空警告装置、维修滑车或进行其他作业时，要求如下：

最低要求：

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关（绝缘），防止重接，确保装置隔离。
- 已隔离的线段，所有同相导线应以 D 型接地系统 [见图 7d)] 对塔脚接地，或者在线段两端的接地点上接地。
- 在操作人员进入飞车前，应确保车和人在同一电位，可以先用与操作人员等电位连接的导线接触飞车，或者在飞车上连接等电位连接棒来测试。
- 当飞车操作人员希望从飞车里出来，并从杆塔上下来时，他应该首先采用 A 型接地系统将飞车与杆塔接地 [见图 7a)] 。

最高要求。除了满足以上的要求外，还应该满足以下的要求：

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用，其使用可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 飞车的滑轮要么是无衬垫的金属轮，要么始终与导线等电位连接。
- 如果飞车需要在每基杆塔悬垂线夹处提升，则飞车在离开导线之前应该与导线等电位连接，直到飞车重新回到导线上时等电位线夹才可以拆除。

6.2.9 导线上的特殊工作

在导线安装或停电检修过程中，经常需要修理滑轮、安装飞机或航空警告装置等。此工作一般在飞车上完成。但是在条件恶劣的情况下必须采用直升机的办法，悬挂吊篮或平台进行作业。要求如下：

最低要求：

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关（绝缘），防止重接，确保装置隔离。
- 已隔离的线段，所有同相导线应以 D 型接地系统 [见图 7d)] 对塔脚接地，或者在线段两端的接地点上接地。
- 在操作人员进入飞车前，应确保车和人在同一电位，可以先用与操作人员等电位连接的导线接触飞车，或者在飞车上连接等电位连接棒来测试。
- 当飞车操作人员希望从飞车里出来，并从杆塔塔上下来时，他应该首先采用 A 型接地系统将飞车与杆塔接地 [见图 7a)] 。

最高要求。除了满足以上的要求外，还应该满足以下的要求：

- 在所有交叉或平行的带电线路上的自动重合闸应该禁用，其使用可能导致事故。
- 跨越所有交叉的带电线路应该搭设跨越架。
- 飞车的滑轮要么是无衬里的金属轮，要么始终与导线等电位连接。
- 如果飞车需要在每个基杆塔悬垂线夹处提升，则飞车在离开导线之前应该与导线等电位连接，直到飞车重新回到导线上时等电位线夹才可以拆除。

6.2.10 加油

在牵引场和张力场从油罐给设备加油时，要求如下：

最低要求：

- 在所有作业线路的末端有一个打开的开关（绝缘），防止重接，确保装置隔离。
- 在加油嘴插入设备的油箱前，油车或油罐首先应该以 A 型接地系统与接地棒接地，设备也和接地棒等电位连接。

最高要求。除上述外，所有设备必须在 G 型接地网系统内 [见图 7g)]。

7 设备测试

本章详细介绍了放线滑车接地和移动式接地的电气型式试验。而接地线夹、接地线等型式试验详见 DL/T 879。

7.1 型式试验的次数

放线滑车接地或移动式接地每个新的设计都要进行本标准所要求的型式试验。至少要有两次试验成功后才可认为该设计是安全的。

一旦该装置通过了型式试验，就没有必要对附加产品组件进行试验，除非该设计的确会影响接地能力。

7.2 型式试验装置

放线滑车接地和接地滑车接地试验装置分别如图 8 和图 9 所示。

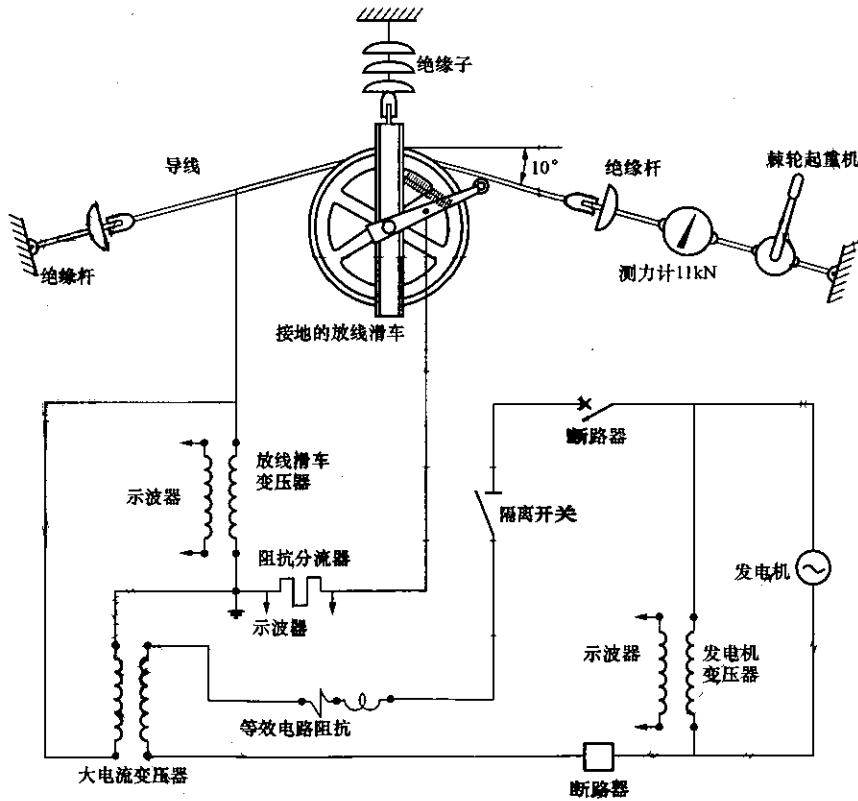


图 8 对放线滑车接地的型式试验布置

7.3 型式试验通过的判据

对放线滑车接地和接地滑车接地，通过型式试验的标准是：能够承受 20kA 的试验电流，对称 20 个周波。

即在规定的试验时间内，接地装置能够连续通过规定的电流值而不中断。此时，接地装置有可能产生机械性损坏，但是接地部件应该长期保持其通过电流的通道。

注：通过此标准的放线滑车接地和接地滑车接地适合以下情况：

- a) 由于正在安装的导线和带电导线事故性接触而产生故障电流；
- b) 雷击；
- c) 感应电压和电流。

在施工作业中需特别注意，有可能发生与现有带电高压输电线路事故性接触，所以选择放线滑车接地和

移动式接地时需考虑其短接容量的要求。对于短路容量更大的系统，还应考虑特殊的型式试验标准要求。

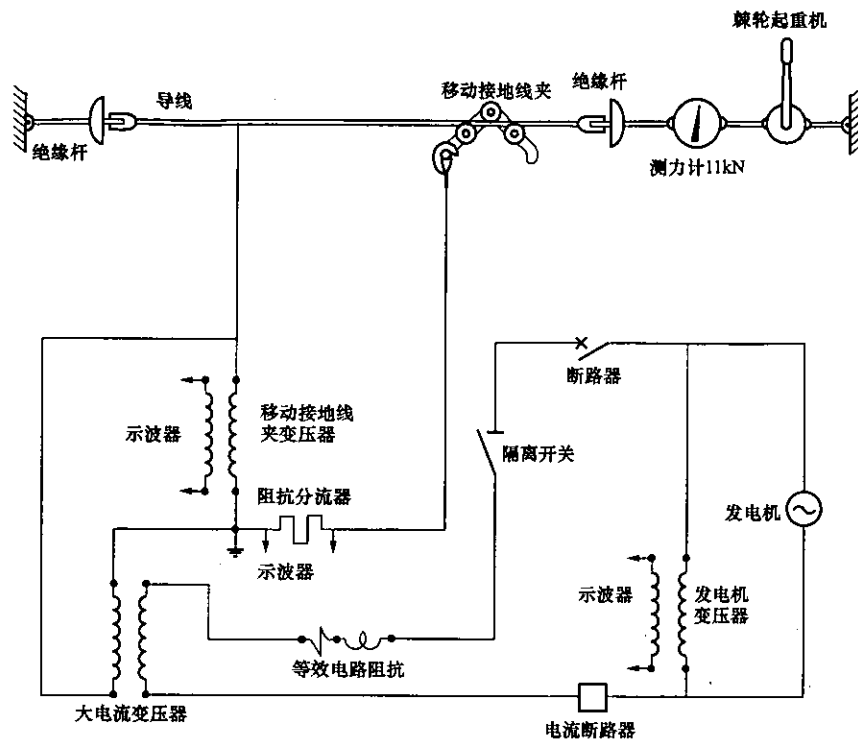


图9 移动接地线夹的型式试验布置

附 录 A

(规范性附录)

接地、接地电缆和连接器尺寸的选择

等电位连接线和接地用电缆和线夹的尺寸应该能承受最大稳态感应电流以及最大故障电流，也可参见 DL/T 879。

可能受到三种电流的威胁，如：

——雷电；

——故障电流；

——感应电流。

在有可能发生故障电流的地方，接地装置应该较长时间承载此电流，以便线路保护系统动作。在接地装置承载了故障电流后，接地系统中所有暴露的部件必须立即更换。

接地系统的所有元件应该能够承受 20kA 的电流对称 20 个周波，而且仍然能够持续通过稳态感应电流而不中断。这样可以防止以上可能发生的大部分事故。但是，发生更大故障电流的可能性值得特别考虑。

在新导线安装过程中，当新导线和原有带电导线有可能接触的时候，接地系统应该能够承载最大的相对地间或相间故障电流。

当新的输电线路跨过原有输电或配电线路，且不可能切断原有线路的电源时，有可能发生接触。也有的工程，在一个双回路塔的上面或一侧安装新的线路，而塔下面的线路或另一侧的线路仍然带电，也会发生接触。

注：在感应严重的情况下，以上的电流承载能力可能不够，感应电流的量值可以通过测量或计算得出，从而选择合适尺寸的接地和等电位连接电缆。
