

ADSS光缆相间敷设工程技术研究

首先介绍了全介质自承式 (All Dielectric Self-Supporting, ADSS) 光缆的特点和分类, 然后总结了ADSS光缆架设的整个过程。对ADSS光缆挂点的选择、弧垂的确定以及金具的安装进行了比较系统的阐述, 同时也说明了ADSS光缆施工中的动态弯曲和静态弯曲对光缆正常运行所产生的影响及其预防措施, 接着对ADSS光缆的接续及接头盒内盘纤提出实施方法和技巧。

郝佳恺 李子楠 刘继刚 安明 刘颖 田蕊 李晨 谢静瑶/国网北京市电力公司



郝佳恺/高级工程师

0 引言

近年来, 一种依靠原有的输电电缆, 完全依赖光缆自身的强度将光缆架设在高压线路上的全介质自承式 (All Dielectric Self-Supporting, ADSS) 光缆, 在电力线路上得到了大规模的应用。ADSS光缆具有很大传输容量、突出的抗扰能力及良好的保密性, 能够满足信息高速公路发展的要求。

目前, 世界上ADSS光缆主要由以下四种结构构成: ①A型为ADSS中心束管式光缆; ②B型为ADSS层绞式松套管型光缆; ③C型为ADSS分布式增强型光缆; ④D型为ADSS带状式光缆。

光纤根据光在光纤中的传输方式可分为: 单模光纤和多模光纤。

(1) 单模光纤。芯径一般为 $9\mu\text{m}$ 或 $10\mu\text{m}$, 中心玻璃芯较细决定了其只能

传递单一模式的光。单模光纤适用于远程通信, 但其色度色散起主要作用, 所以对光源的稳定程度和谱宽有较高的要求。谱宽越窄, 稳定性越差。目前在工程上采用的单模光纤较多。但由于ADSS光缆特殊的结构和光缆材料, 和普通光缆在敷设工程上区别较大, 下面就多次参与ADSS光缆督导的实践对相关的工程技术问题进行探讨。

(2) 多模光纤。芯径一般为 $50\mu\text{m}$ 或 $62.5\mu\text{m}$, 多种模式的光均可在多模光纤上传输。但缺点是限制了传输数字信号的频率, 而且随距离的增加, 模间色散较大会使频率被限制的更加严重。例如: 600 MB/km 的光纤在 2 km 时则只有 300 MB 的带宽了。因此多模光纤传输的距离就比较近, 一般所剩无几。

1 ADSS光缆的工程设计及相间敷设技术

随着智能电网建设的发展, 电力光纤的应用日益广泛, 承载业务日益重要。随着北京市架空入地环境治理工作的逐步深入, 城区 (五环内) 架空弱电线将被逐步清除, 架空光缆敷设难以开展, 在 10 kV 导线敷设光缆已经不被允许。为满足电力配网光纤覆盖要求, 必须采用新技术、新工艺。对于大量的存量电力配网线路, 采用的敷设技术一般为ADSS光缆相间方式。

运用相见敷设的方式, ADSS光缆承受着冰霜雨雪、风雨雷电等恶劣天气, 正如输电线路其他元件一样。作为非金属材料, ADSS光缆对相间的输电线路运

关键词/Keywords

ADSS光缆 ·
相间敷设 ·
挂点 ·
绝缘金具 ·
弧垂 ·

行没有电气方面的影响。

ADSS光缆在相间敷设,在架空光缆的同种类型下,ADSS光缆具有很强的耐低温性能和环境适应性。在不停电的状态下进行安装操作,经济性能较为明显;电力通信事业因为ADSS快速光缆的发展变得更加便利,可作为一种理想的选择。

ADSS光缆自身就抗很大拉力,它跨距一般是100~800 m,跨距越大,同等类型的产品价格就越高。在相间敷设于最下方,与其他输电线承菱形,既可保证其他线路不受相间敷设因素导致的影响,又不会造成视觉上的欠缺。

在设计中需要考虑ADSS光缆的空气动力学性能:主要与光缆本身的线路条件、气象条件及机械特性有关。机械特性主要包括光纤数量、缆径、缆重、计算断裂张力、允许使用张力、最大允许跨距、交货标准段长及弹性模量等指标;线路条件一般指线路电压、档距、线路转角和高差等。

1.1 ADSS光缆接续和线长计算

受生产运输条件线路及自身情况限制,在耐张杆塔上进行接续,接头一次需要5 m左右。ADSS光纤接头尽量少在信号传输的角度看,光信号在通过一个接头将有不同程度的衰耗。在做中间接续盒时,一般是将ADSS光缆引到地面,从地面做好光纤熔接后再将接头盒固定到杆塔上,为防止被盗,接头盒固定位置应适当提高,对作好接头后的剩余光缆,要按照不小于允许弯曲半径的要求,将余缆规则做盘圈,在接头盒附近固定。

根据“悬链线”方程可计算出每段光缆的长度,当光缆两端悬挂点等高时长度为

$$L=l+l^3g^2/24\sigma^2 \quad (1)$$

式中, l 为档距; σ 为光缆应力; g 为光缆比载。

在实际情况中,可根据一般平丘经验,考虑线长比线路路径长至少2%;山区线长比路径至少长4%;山区可取6%左右;从施工的角度考虑每1根ADSS光缆,其线长除考虑架设在杆塔之间的线长外,每盘ADSS光缆从施工的角度考虑,还要留有2倍的耐张塔全高度的一段为被方便接续。熔接光纤之前,应将在施工牵引时受力较大的光缆接头部分剪断,一般不低于6 m,同时要考虑光缆

余长,以杆塔基地面算起留10 m左右较为合理。光缆开剥应首先将两条光缆在离熔接点4~5 m处接地,在厂家的施工技术督导指导下进行光纤熔接的具体工艺。

1.2 选择ADSS光缆的布放位置

在光缆的放置方面,一般采用张力放线机、牵引绳、放线架、牵引机和附带退扭器的牵引网套等工具来完成ADSS光缆的架空工作。放线时要保持一定的张力,光缆在架设施工过程中张力一般保持一定,牵引机应慢速起动,并逐步平稳增加速度,确保放线平稳进行。在光缆路由转角达到或超过35°处,以及放缆方向的第一个挂点和最后一个挂点处,滑轮的最小直径应不小于500 mm,挂点处负责中间支撑的滑轮直径也应大于400 mm,滑轮槽直径应不大于缆径的1.2倍,深度应不小于光缆的半径,确保光缆不会滑项;建筑物、树木等与架空光缆间的垂直净距有一个最小值。居民区高度应为6 m,非居民区高度应为5 m,越过房屋时应有1 m左右,10 kV电力线交叉跨越应有大约2 m,35 kV电力线交叉跨越应保持在7.5 m,公路跨越应保持在6 m高度。ADSS光缆施工的过程包括出轮槽。在架设光缆过程中还有一些注意事项:

1) 不可随意改动过渡金具和滑轮的位置,若随意改动会改变感应电动势使电腐蚀加剧。

2) 牵引绳应布置好,确保牵引绳与ADSS光缆连接牢固。

3) 将放线机安装在一盘光缆的起点和牵引机安装在一盘光缆的终点,在离始端杆(塔)较远的位置安置张力放线机,一般来说应保证至少挂点高度在4倍左右。

4) 应首先布放牵引绳,再施加一定的张力,并检查牵引绳和连接点是否牢固。

5) 借助张力表,在光缆牵引过程中对牵引张力进行实时监测,确保光缆的运行张力大于光缆所受的张力。可利用场强分布分析软件计算出ADSS光缆挂点位置,可用该软件的分析结果来指导选择最佳安装光缆的挂点。在选取光缆最佳挂点的实际过程中,还必须考虑线路场强的分布及变化情况。当光缆距相线距离过近,引起光缆表面感应电压过高,会电腐蚀ADSS光缆。因此,

在确定光缆挂点时,应充分考虑全线路的端面情况,ADSS光缆与相线的间距应留有足够余度,并保证足够的离地高度。铁塔内设置光缆挂点,可有效地避免光缆与相线处于同一垂直平面,错开相线与光缆的弧垂,增加之间的间距。在实际施工中,通常还要用便携式电场强计对ADSS光缆挂点处的场强进行再次实际测定,以确保安全。如图1所示,ADSS光缆在几种常用电力杆塔上的安装位置。

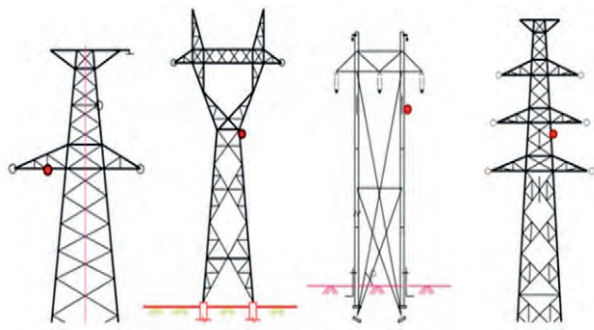


图1 典型杆塔挂点位置

在选择挂点位置一般要考虑以下因素:

- (1) 减少电腐蚀,在杆塔上挂点的电场强度应限制在25 kV/m以内。
- (2) 在杆塔上安装挂线金具很方便。
- (3) 光缆受风摇摆时不能与杆塔结构和导线相碰,不和地线发生碰撞。
- (4) 避免受到外力破坏。
- (5) 尽量采用低挂,使铁塔的附加弯矩有所降低。
- (6) 有利于施工。
- (7) 方便维护光缆。

1.3 ADSS光缆所用金具及其安装

1.3.1 ADSS光缆所用金具

目前光缆金具一般由ADSS光缆供货厂家配套供应,其金具类型主要有以下几种:耐张线夹、导引线夹、悬垂线夹和防振器等。悬垂线夹一般为预绞丝式,优点是制造简单、使用效果好且安装方便。预绞丝式耐张线夹是按照ADSS光缆规格预先加工成型,安装时将预绞丝包缠在ADSS光缆上,握力是利用预绞丝与ADSS光缆的摩擦力获得,ADSS光缆不受挤压,与预绞丝的握力分布均匀且安装方便,握力可达到ADSS光缆破坏应力

的90%以上,山区等地形使用,同时还能消耗微风振动能量,提高电线的耐振能力,安全可靠。ADSS光缆承担着系统保护信息传输和通信,其重要性不言而喻。

根据光缆型号的不同,施工方在安装前要仔细核对。《工具和附件使用手册》、《工具和附件选用原则》由厂家提供。其安全系数参照:正常运行时小于2.5,断线时不超过1.5。

接头在塔上的光缆,用导引线夹在杆塔上固定,防止风吹摆动磨损。一般每隔2 m安装一个。为防止光与杆塔在风力作用下来回摩擦,可以在杆塔上将条线用导线夹固定起来。

1.3.2 安装金具

在附件安装前,应紧缆后一个耐张段内的ADSS光缆。使用的金具通常有以下几种:悬垂金具、预绞式耐张金具、短档距悬垂金具、螺旋防振器和短档距耐张金具等。耐张金具用于光缆终端或线路夹角大于30°的杆塔上,由夹具、预绞丝、“U”形套环和调节拉环组成;悬垂金具用于光缆路由夹角小于30°的杆塔。由预绞丝、外绞丝和橡胶嵌入件等构成。

(1) 安装耐张金具的步骤

1) 用一端着色的带箍紧预绞丝,在光缆上缠绕将预绞丝,利用定位作用的着色记号,依次绕上其他预绞丝,所有的预绞丝应紧密的绕在一起。应保持预绞丝的末端平齐,禁止使用工具来折断预绞丝,避免使光缆受到损伤。

2) 在准静端金具上的着色处用预绞丝上色标。把“U”形套环套入空心环内,移动销栓,使之成为空心环。用色标对准已经部分绕在预绞丝层上的第一条静端末的着色处,将第二条静端也绕在预绞层外面,保持长为50 cm。并用胶带扎进预绞层的两端,确保所有的预绞层都处于牢固的状态。

3) 在“U”形环被固定到伸缩调节环的同时,在杆塔上固定伸缩调节环,如图2所示。

(2) 悬垂金具的安装步骤

1) 在预绞层的中间存在特定的着色标记,作用是提供支撑单元,从中间分别往两边缠绕,着色标记与预绞层支撑单元相邻,在其旁边,轮流装上各个单独的支撑单元。

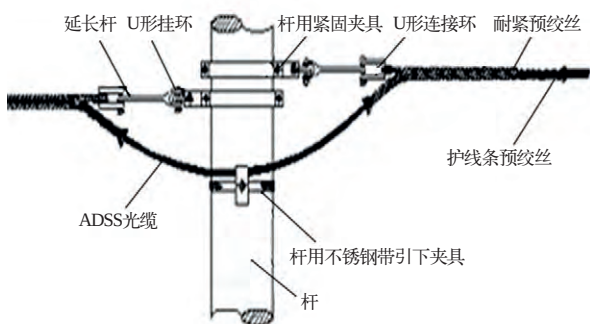


图2 中部耐张杆上耐张线夹安装示意图

2) 将橡胶插入件安装在事先装好的预绞层的中间色标处, 安装时需要注意套壳的连接缝隙保持水平, 为了固定位置, 避免移动, 装好后需将插入件用胶布带缠绕。

3) 预绞层的中心在插入件上, 将两根绞丝分别缠绕在插入件的两端, 缠绕的弯曲程度绞丝应与插入件保持相同。

4) 在用别的外绞丝对插入件进行缠绕时应该注意丝与丝之间严禁交错, 除此之外, 绞丝应平行于插入件, 绞丝两端平坦整齐, 保证杆塔完整不被折断。

5) 为了连接悬挂钩环, 需要安装两个半合金套壳。装好后, 需要立刻对光缆进行接续, 如果没有及时接续, 需在杆上距离地面至少5 m的位置将剩余的光缆盘好悬挂。

1.4 弧垂的确定

要计算ADSS光缆的弧垂, 可参考架空线路, 需要用到悬链线方程。气象条件的取值考虑可参照悬挂的输电线路, 需要满足两个条件: ①气温取平均值时, 光缆的张力最大值不超过每天的运行张力; ②当荷载达到最大时, 光缆的张力最大值不超过最大运行张力。而光缆比电线对温度的感应小的多, 所以为了避免光缆与导线产生撞击, 光缆的悬挂点位置以及悬挂弧垂都要适当选择, 光纤弧垂通常不能超过临近导地线的弧垂。

在得知光缆运行的气象条件以及客户提出的跨距和芯数, 就能够对光缆进行架设。ADSS光缆的架设方法一般分为两种: 等高架设和不等高架设。采用等高架设的光缆如图3所示。从图3中可以看出, S_1 为在没有负载情况下光缆的弧垂; S_2 为负载达到最大时的光缆弧垂; L 为两个杆塔的直线距离。

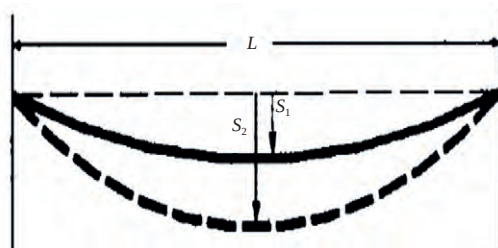


图3 ADSS光缆等高架设示意图

弧垂的确定方法有很多, 而ADSS光缆通常采取三种方法来确定弧垂, 分别是等长法、绑缚弧垂板法和异长法, 除此之外, 还需要使用到经纬仪, 配合角度法。

同一个耐张段的不同档最大弧垂都不一样, 这是因为地形差别, 地面物体不同以及缆线悬挂点位置不同而造成的。一般弧垂分为两种: 安装弧垂和运行弧垂。两者的不同之处在于安装弧垂是静态的, 而运行弧垂是一种综合弧垂, 产生原因是由于光缆受到外力影响, 如自身重量、冰荷和风压等因素。计算公式为

$$f_m = gl^2 / (8\sigma_0 \cos\beta) \quad (2)$$

式中, f_m 为有外力影响时光缆弧垂的最大值; g 为各种载荷的综合比载; l 为光缆悬挂的档距; σ_0 为光缆架设后最低点的水平应力; β 为两杆塔之间的仰角。

1.5 动态弯曲和静态弯曲

光缆弯曲分为两种: 动态弯曲和静态弯曲。一般会出现在ADSS光缆的施工过程中, 这种弯曲如果没有被及时发现, 轻则导致光缆对折、管套变形, 重则可能造成光纤断裂。所以作业人员需要小心对待。通常情况下, 动态弯曲的最大半径要小于等于光缆直径的20倍。在实验室中的试验方法如图4所示。

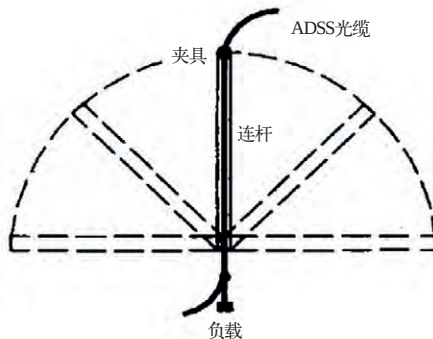


图4 ADSS光缆动态弯曲示意图

1.6 接续与盘纤

光纤传输系统中有一道必不可少的工序光纤接续，这道工序的特点是工程量大、技术要求复杂。它对光纤线路的传输有重大影响，ADSS光缆接续的步骤如下：

1) 在缆头处使用专门的剥缆刀切两刀，注意切口方向与光缆平行，接下来拿刀子从两个切口之间剥开，把这种方法叫做“开天窗”。切掉芳纶纱，穿过接头盒，在盘纤架上安放好事先留出的中心FRP。使用二次被覆刀将套管切断，除去套管，再使用无水酒精将光纤上的油膏擦去，重复擦抹至发出滋滋的响声。

2) 将等待进行熔接的光纤事先使用接头盒光纤槽进行预盘，盘留两圈或以上，如此一来，光纤头正好留在热熔管槽中，将剩余的光纤切掉，光纤端部的着色层需要除掉并使用酒精擦净。

3) 熔接机准备好，熔接方式选择妥当，然后开始对光纤进行切割，切割时需使用精密的光纤切割刀，切割长度规定为16 mm。

4) 切好后，从机器上拿出光纤，然后在裸纤的中间位置放入热熔管，并使用加热器进行处理，当收到熔接机发出的完成信号时，将光纤从加热器中拿出。光纤熔接完成后的另一项工作是盘纤。盘纤也是一种技术含量很高的工作，需要注意以下几点：

1) 盘纤的圈数越多，光纤互相挤压的概率就越大，从而导致附加衰减变大。因此，盘纤的圈数应保持在适当的范围内。

2) 盘纤的直径不宜过小，需达到8 cm以上。盘纤时注意用牙签或其他工具轻轻拨开交叉相压的光纤，并将光纤放置在碟盘和热熔管槽之间。若芯数较多，则应采用分碟盘纤。采用此方法时，套管切勿弯折。

3) 盘纤完成后，放置适量棉花于碟壁周围，可防止光纤挤压或碰壁所产生的附加衰减。热熔管入槽后应用粘胶加固，以防止接头移位。须注意的是，所用粘胶不应含有任何腐蚀性成分。

2 结束语

ADSS光缆的施工全过程需要各部门的密切配合，在每一个环节都做到无比的细致和准确，包

括工程人员的时刻监督、技术人员的反复演算、接续人员的严谨态度、光纤厂家的跟踪督导和电力部门的无间配合等。任何一个环节出现差错，都将给整条线路的运行带来种种问题。此外值得一提的是，在施工过程中，光缆的动态弯曲和静态弯曲这两项数据也是需要时刻注意的。通过对实际工作的总结，上述两项数据和大部分光缆事故都存在联系。最后，接头盒的处理是避免工程返工的关键环节。工程人员应善于总结经验，优先完善此环节的工作。

参考文献

- [1] 马建林, 孙国华. ADSS光缆有关设计与制造探讨[C]. 中国通信学会2007年光缆电缆学术年会论文集, 2007.
- [2] 李晓东, 张洪义, 姜克志. ADSS 光缆的选型及安装设计[J]. 电气时代, 2009 (9).
- [3] 唐祝军, 李运发. ADSS光缆应用现状与产业发展急需解决问题[C]. 第三届中国通信光缆产业高峰论坛暨中国光纤光缆30年大会, 2007.
- [4] 黄俊华. ADSS 光缆的电腐蚀和控制[J]. 电力系统通信, 2003 (6).
- [5] 陈炳炎. 光纤光缆的设计和制造[M]. 2版. 杭州: 浙江大学出版社, 2011.

(收稿日期: 2015-05-15) EA

作者简介

郝佳恺 (1972-), 男, 高级工程师, 主要从事光缆线路运行维护及管理工作。

李子楠 (1987-), 男, 助理工程师, 主要从事光缆线路运行维护及管理工作。