

大长度电缆敷设可行性的研究

侯友林

(湖北中科达能电力咨询有限公司 430000)

摘要：随着电力技术的发展，以及电力系统配置的需求增加，需要搭载大长度电缆敷设。通过对电缆容许拉力、电缆长距离管群中敷设、直线及拐弯混合管群敷设、和输送机及其他补偿四个方面的描述和计算，探讨大长度电缆敷设的可行性。通过一系列研究后的结果表明，在敷设电缆项目中采用大长度电缆敷设模式，能够达到预期的输电效果，同时还可以有效缩减成本。本文主要围绕大长度电缆敷设展开研究，总结出了可行的方案。

关键词：大长度电缆敷设；可行性；实践探究

1. 电缆容许拉力

根据《电力工程电缆设计标准》(GB 50217-2018) 中 H.0.4 中可知,用牵引头方式的电缆允许拉力可按下式计算:

$$T_m = k \sigma q s$$

T_m —电缆允许拉力 (N);

k —校正系数, 电力电缆 $k=1$, 控制电缆 $k=0.6$;

σ —导体允许拉抗强度 (N/m²), 铜芯取 68.6 × 10⁶N/m², 铝芯取 39.2 × 10⁶N/m²;

q —电缆芯数;

s —电缆导体截面 (m²);

根据以上计算方式可知, 常用电缆截面的允许拉力如下表:

电压等级	110kV			220kV		
电缆截面 (mm ²)	800	1000	1200	1600	2000	2500
允许拉力 (KN)	54.88	68.60	82.32	109.76	137.20	171.50

1.1 电缆长距离管群中敷设

1.2.1 直线段管群敷设

根据《电力工程电缆设计标准》(GB 50217-2018) 中 H.0.2 中可知, 电缆在直线段管群中连续敷设时拉力为下式:

$$T = \mu C W L$$

T —直线段入口拉力 (N); 起始拉力可按 20m 左右长度电缆摩擦力计;

μ —电缆与管道间的动摩擦系数;

C —电缆重量校正系数, 2 根电缆时, $C_2=1.1$;

W —电缆单位长度的重量 (kg/m);

L —直线段管长 (m);

《电力工程电缆设计标准》(GB 50217-2018) 中 H.0.6 中电缆与管道间动摩擦系数如下表:

管壁特征和管材	波纹状	平滑状		
	聚乙烯	聚氯乙烯	钢	石棉水泥

μ	0.35	0.45	0.2	0.65
-------	------	------	-----	------

武汉市目前使用较多的管材为 MPP 管, 另有 MPP 塑钢复合管、BWFPR 管也在使用, 根据上表中可知, 无 MPP 管材质 (改性聚丙烯管), 本报告根据厂家提供资料, MPP 管内壁摩擦系数取值 0.35。在正式施工前, 还需要对一批次的 MPP 管的摩擦系数进行抽检, 确认该系数是否为 0.35, 如误差过大需要更换另外批次的 MPP 管。

因电缆质量无统一标准, 经对比各电缆厂家资料, 选择一家电缆重量较重 (江苏普睿司曼科技有限公司) 的作为本报告重量依据。参数如下:

电压等级	110kV			220kV		
电缆截面 (mm ²)	800	1000	1200	1600	2000	2500
电缆单位重量 (kg/m)	14.1	17.2	19.3	27.8	32.8	39.6

1.2.2 水平转弯段管群敷设

根据《电力工程电缆设计标准》(GB 50217-2018) 中 H.0.2 中可知, 电缆在转弯段牵引力为下式:

$$T_j = T_1 e^{\mu \theta_j}$$

T —直线段入口拉力 (N); 起始拉力可按 20m 左右长度电缆摩擦力计;

e —自然常数;

θ_j —第 j 段弯曲管的夹角角度 (rad);

1.2 直线及转弯混合管群敷设

根据武汉地区管群使用情况, 针对管群中存在 1-3 个 90 度转弯井进行牵引力分析及最大管长计算。

1.3.1 管群中存在一处 90 度转弯情况

$$T_{总} = T_1 + T_2$$

$$= T_1 + T_1 e^{\mu \theta_j}$$

$$= T_1 (1 + e^{\mu \theta_j})$$

$$= \mu C W L (1 + e^{\mu \theta_j})$$

依据上式可知, 当直线管群线路中存在 1 座 90 度转弯时且转弯电点位于通道终点时管长最大, 转弯点位于起点时, 管长最小, 具体如下:

电压等级	110kV			220kV		
电缆截面 (mm)	800	1000	1200	1600	2000	2500

2)						
管群最小长度 (m)	480	491	525	486	515	534
管群最大长度 (m)	1131	1159	1240	1148	1216	1259

1.3.2 管群中存在两处 90 度转弯情况

当工程中出现 2 处 90 度转弯时,可能出现以下情况:

- 1、两处转弯位于头尾;
- 2、两处转弯位于中间部分(本报告考虑均匀分布);

电压等级	110kV			220kV		
电缆截面 (mm ²)	800	1000	1200	1600	2000	2500
情况 1 最大管长 (m)	414	424	454	420	445	461
情况 2 最大管长 (m)	304	312	333	308	327	338

1.3.3 管群中存在三处 90 度转弯情况

当工程中出现 3 处 90 度转弯时,可能出现以下情况:

- 1、三处转弯位于头尾及中间
- 2、三处转弯位于中间部分(本报告考虑均匀分布)

电压等级	110kV			220kV		
电缆截面 (mm ²)	800	1000	1200	1600	2000	2500
情况 1 最大管长 (m)	276	283	302	280	297	307
情况 2 最大管长 (m)	223	228	244	226	239	248

根据上述情况的分析,当转弯井数量增加时,则最大管长减小。施工前,需要逐项完成计算,统计转弯井的数量。在此基础上,再展开分析,对施工方案做出调整,较少不必要的转弯井。而在施工阶段,则需要加强质量意识,保护好线缆,避免其外表面出现损伤。否则可能会在整条电缆线路投入到使用时产生安全隐患。如一段电缆敷设中仅有一个转弯井时,单段电缆长度则可能不受敷设条件限制,则由电缆盘大小及运输能力作为控制因素。而 2-3 个转弯井后,电缆敷设最大管长能力出现明显下滑,这时则应考虑采用输送机及其他方式进行补偿。基于上述现状,要做好施工规划,在施工区域提前配置对应数量的输送机。当然,在敷设完一段电缆后,应及时完成检测,根据数据反馈确认没有对线缆内部造成损伤。

以上分析时,电缆转弯角度均按 90 度考虑,当实际工程转弯角度降低时,最大管长会增加,则需根据实际工程进行具体计算。

1.4 输送机及其他补偿

根据武汉地区设计习惯,110kV 电缆线路单段长度约为 500-650 米间,220kV 电缆线路单段长度约为 400-600 米间,根据 1.3 章节中的情况分析可知,电缆敷设时均可能出现牵引力不足的情况。因此需在中间井工井处设置输送机补偿牵引力。

不同工程可根据实际使用情况设置 1-3 台输送机进行补偿。另还可以通过将管壁内或电缆表面涂刷水或润滑油等措施,降低摩擦系数,可增加电缆敷设长度。施工阶段,应控制好施工效率,确保整个工程可以按期完成。而在涂刷水或润滑油的过程中,要注意观察敷设电缆的状况,均匀涂刷。尤其在涂刷润滑油时,要最大限度避免润滑油堆积,在封闭环境中可能会对电缆的外表面形成腐蚀,会直接影响到整体的输电效率。而为了保障好施工质量,需要做好推力计算,避免推力过大而对电缆外表面造成划痕,或是对管道造成损伤。

1.5 结论

根据以上论述,可以得出大长度电缆盘长是可行的,能较少或者取消电缆工程中的电缆中间接头的使用,加快电缆工程施工进度,降低工程造价,改善工程质量,提高电力系统运行的可靠性,降低故障率。而在规划大长度电缆敷设方案的过程中,应从宏观角度,对整条敷设线路展开研究,逐段完成规划。期间,应综合考虑每一个影响因素,包括施工区域地质情况、电离辐射干扰,以及施工环境等。在此基础上,不断优化敷设方案。

以上计算中均采用 90 度水平转弯,但实际工程使用中,转弯角度均会有减小,实际可敷设最大管长会较以上数据有所增加,在实际设计中,应进行具体计算。施工阶段,还需要,在控制好输电效率的前提下,根据实际情况及时做出调整,避免影响工期进度。但是需要注意的一点是,总成本要维持不变。

综上所述,大长度电缆敷设存在明显的优势,可以推广使用。而在具体应用该项技术时,应做好规划,逐步优化敷设方案,以保证最终的敷设效果达到预期,同时可以实现缩减敷设成本的效果。过程中,要注重对敷设细节的把控。