

「电缆」

浅谈500 kV电缆系统附件安装工艺

文/杭州电缆股份有限公司 杨丽伟

简单分析了输电系统现状及存在的问题，重点介绍电缆系统中间接头安装工艺，描述了中间接头安装过程中的流程及注意事项，可以有效避免中间接头安装时的随意性，从而提高500 kV电缆系统安全性以及稳定性。

随着我国超大城市的不断扩容，输电距离和用电量在不断增长，现有的220 kV城市输电网已满足不了超大城市的供电要求，因此，利用有限的空间，使用大容量的500 kV电力输电电缆系统进入大城市，已成为必然的发展趋势。近年来，虽然我国在500 kV高压电缆及附件生产方面取得了不小进步，生产出来的产品性能指标均能满足国家标准和IEC标准，然而由于附件接头工艺方法的不成熟、不稳定以及不规范，与国外相比还有差距，使得我国500 kV电力电缆系统仍然依赖国外厂家。通过阐述电缆中间接头的安装工艺流程和注意事项，提出了一整套500 kV电缆系统中间接头安装工艺，可有效规范接头的安装流程，避免接头安装的随意性，从而保证电缆系统的稳定性与安全性。

500 kV交联电缆系统技术要求

目前交联电缆技术要求中，除了注重电缆产品（电缆本体及附件）出厂前的质量水平，还更加注重系统的长期性能（30年以上的安全运行寿命）。

交联电缆投入运行后，出现故障时，大多数为高阻和闪络性故障，故障探测难度较大，因此，使用高质量的电缆产品、成熟的安装技术是确保电缆系统运行的可靠性，并达到预期的使用

寿命的最根本途径。工业发达国家对系统的质量要求，用了非常形象的语言“遗忘工程（Forget it）”，即电缆系统一旦运行就不再需要大量的维护，这需要电缆系统能够可靠运行并达到预期的使用寿命。要实现这一点，系统可靠是唯一的途径。

500 kV电缆系统附件种类

电缆附件是连接电缆与输电线路及相关配电装置的产品，根据位置的不同一般指电缆线路中各种电缆的中间连接及终端连接，它与电缆一起构成电力输送网络。

500 kV电缆系统中间接头安装流程

500 kV电缆系统中间接头工艺安装流程主要分为现场施工条件确认、安装前准备、接头主绝缘应力锥安装、电缆与接头外屏处理、外壳安装和接地安装等部分。

1. 现场施工条件确认

- 1) 核对产品规格型号（电缆和附件是否配套）是否正确。
- 2) 安装所需工具是否齐全。
- 3) 现场安装净化篷及移动空调，确保安装现场的温度和湿度（温度控制在0~35℃，空气相对湿度≤70%）满足要求。

2. 安装前准备

(1) 电缆两端就位，加热校直预处理，去除机械应力

1) 将待安装的两端电缆摆放，并按照现场要求确定电缆的长端、短端方向。

2) 根据工艺尺寸要求，去除两端电缆的外护套、金属套，保留阻水带，在此过程中确保电缆半导体层不被损伤。

3) 将电缆金属套表面清理干净，用专用工具将金属套端口处胀成喇叭口，用锉刀将喇叭口处理圆整。

4) 用加热校直装置将电缆端部去除金属套的部分加热校直。

将加热带绕包在阻水带外面，加热温度为 $80 \pm 5^\circ\text{C}$ ，加热时间为6 h以上，确保加热后的电缆能达到校直需要，加热结束后，用角铝板固定电缆，让电缆冷却到环境温度，时间不少于8 h。校直后弯曲度每400 mm电缆段长不大于2 mm间隙，如图1所示。

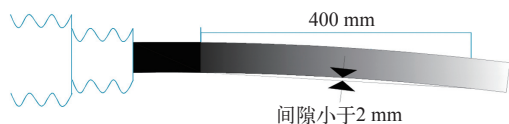


图1 加热校直后弯曲度要求

(2) 电缆半导体层剥离及电缆表面处理（如图2所示）

1) 将电缆金属护套断口处保留15 mm长阻水带，其余去除。

2) 按照附件工艺要求尺寸剥除电缆绝缘屏蔽，处理半导体层和绝缘层。

3) 对于电缆绝缘层表面处理，依次用400

目、600目、1 500目砂纸打磨，使电缆主绝缘层表面没有划痕和导电颗粒，打磨过程中不断在轴向和周围方向匀速移动，避免在局部位置长时间打磨形成绝缘表面凹陷，打磨时持续用强光手电筒检查绝缘表面质量，打磨后的尺寸复合工艺要求，并用保护膜缠绕保持干净。

4) 绝缘屏蔽层处理：绝缘屏蔽层断口与电缆轴线垂直、平整，在绝缘屏蔽层断口刮出 70 ± 5 mm的坡口，并依次用400目、600目、1 500目砂纸打磨至与绝缘平滑过渡，此过程应特别注意不能损伤绝缘，打磨过半导体层的砂纸不用再用于打磨绝缘层。

3. 中间接头主绝缘应力锥安装（如图3所示）

(1) 零部件套装和接头主体安装

1) 测量正交两方向的电缆主绝缘外径和接头主体应力锥内径，电缆主绝缘外径应比接头主体应力锥内径大 $20 \pm 5\%$ 。

2) 按照要求将热缩管、铜外壳和密封圈等依次套在电缆上。

3) 在长端安装定位夹，将主体应力锥内表面清洁干净并用热风吹干，用尼龙棒均匀涂抹硅油，用保鲜膜做临时保护。去掉电缆上的保鲜膜，将导向头装在长端线芯上，并对长端的绝缘表面、半导体表面进行清洁用热风机吹干，并在半导体面上缠绕一层聚四氟乙烯带，然后在表面均匀地涂覆复酯用于填充，涂抹硅油用于润滑，用保鲜膜做临时保护，然后通过拉装工具使应力锥套入长端，在套入过程中缓慢将保鲜膜剥除，直到电缆长端绝缘露出50 mm左右后卸下导向头和拉装工具。在此过程中要做好防尘，安装人员应穿带一次性防护服和手套，且主体应力锥在长端的时间控制在30 min内。

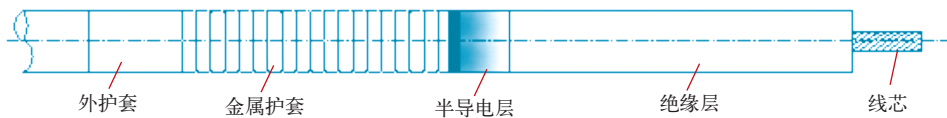


图2 电缆半导体层剥离及电缆表面处理

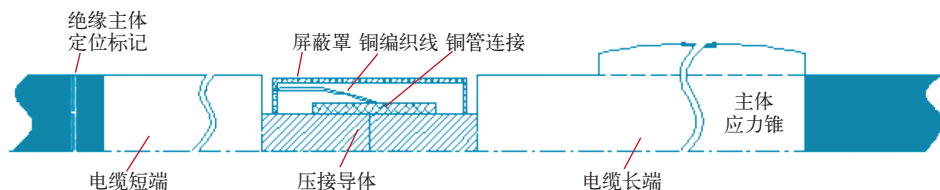


图3 中间接头主绝缘应力锥安装

(2) 压接连接管

1) 去掉导向头, 露出电缆线芯, 对直两端电缆。

2) 套上连接管, 确定导体线芯对接到位后, 选取适当的压模用750 kN压力进行压接, 压接后用锉刀锉掉连接管上的锐边毛刺并清洁吹干, 此工序要确保压接位于中心处。

(3) 安装屏蔽罩

1) 先将铜编织带与连接管、屏蔽罩通过螺钉连接紧固, 把两块屏蔽罩扣在已经压接后的连接管上, 再用PVC带做临时固定(在主体拉上屏蔽罩时去掉PVC带); 铜编织带要完全被屏蔽罩盖住, 确保屏蔽罩圆滑对接无错位无毛刺。



图4 电缆与接头外屏的处理

2) 从电缆金属护套一端开始搭接缠绕铜网至另一端金属护套上50 mm, 两端用铜丝扎紧。

3) 在铜网外缠绕6~8层绝缘自粘带, 之后缠绕一层PVC胶带。

5. 铜外壳的安装

1) 将密封圈装入铜外壳法兰上的密封槽内, 用螺栓将两端铜外壳紧固在一起。

2) 将铜外壳灌胶口朝上, 铜外壳尾端与金属护套间的空隙用防火泥填充(防止电缆烫伤), 对铜外壳两端与电缆金属护套进行密封处理, 方法如下。

①在铜外壳尾端及电缆金属护套封铅区域用钢丝刷进行毛化处理。

②先用铅条对电缆金属护套的封铅位置进行打底处理, 再用铅条对铜外壳尾端封铅位置进行打底处理。

③用铅条进行封铅, 封铅时涂抹均匀、压实, 长度不小于120 mm, 封铅过程不能超过30 min, 避免烫伤电缆。

3) 尾部处理。

①在铜外壳两端封铅处和电缆护套之间缠防水带(防水带至少搭接到电缆外护套上150 mm)和密封胶, 将热缩管加热收缩, 在热缩管两端搭

2) 作定位标记。量取套在电缆上的接头主体应力锥的长度K, 从压接管中心起像电缆短端方向量取K/2作定位标记。

3) 将电缆绝缘层、半导体层及屏蔽罩表面清洁吹干后, 戴一次性手套在电缆绝缘层表面均匀涂覆聚酯和涂抹硅油, 在此过程中做好防尘措施。

4) 按照本节“3. (1) 3)”所述方法将接头主体拉至电缆短端定位标记位置, 将长端缠绕的聚四氟乙烯带去掉。

4. 电缆与接头外屏的处理(如图4所示)

1) 分别从电缆两端金属护套开始缠绕两层半导体带到接头主体两端外屏蔽端口(搭接55 mm), 两端金属护套搭接50 mm左右。

接处绕包密封胶、防水带, 防水带外绕包黑色PVC胶带加强密封。

②将一组A、B高压电缆密封胶以体积1:2的比例倒入搅拌桶中搅拌均匀, 从铜外壳灌胶口灌满为止。

③按照工艺要求覆盖灌胶口及铜外壳法兰, 缠绕3~4层防水带; 用热缩套管覆盖法兰和灌胶口, 加热收缩, 在热缩管两端口处缠绕3~4层防水带, 防水带外缠绕2层黑色PVC胶带。

6. 接地处理

将接地电缆绝缘剥除, 剥除长度满足附件尺寸要求, 将裸露导体插入两铜外壳的铜接管内将其压紧, 并用带材、热缩套管将接地电缆与铜接管压接处密封好, 在通过接地保护箱或接地箱进行接地。

结束语

电缆附件是电缆线路必不可少的组成部分, 完成输电任务的是由电缆及附件组成的电缆线路整体, 因此电缆整体线路即电缆系统的稳定性至关重要。EA

(收稿日期: 2017.06.06)

(编辑: 刘群彦)