

基于影像的XLPE电缆附件安装质量管控措施

基于对XLPE电缆附件安装过程的研究，指出了电缆附件安装中直接影响接头质量的关键部位。通过现场对关键部位进行尺寸测量及影像存档，并设计相应的电缆附件安装质量管控记录，实现了对电缆附件安装的全程质量管控与资料储存，提高了记录的准确性和客观性，保证了电缆附件安装的质量。

张成 赵洋 李晶 张子伟 李譔 张谊/北京市电力公司



张成/工程师

关键词/Keywords

电缆附件安装·
质量管控·
影像·

0 引言

随着近几年的电力发展，北京电力电缆敷设里程不断增长，始终位于全国前列。目前，国内的高压输电线路已经大量应用交联聚乙烯(XLPE)电缆^[1]。国内外新建设的高压电缆工程，大多采用了预制型电缆附件^[2]。

高压电力电缆附件是电缆线路的薄弱点。电缆接头处电缆屏蔽层被剥除，电场向外发散，导致屏蔽层末端电场发生畸变，局部电场强度过大^[3]。电力电缆发生故障的统计中，电缆附件的故障率大约为70%^[4]。所以，电缆附件安装的质量对电力系统安全运行十分重要，建立有效的电缆附件安装质量管控措施非常必要。

1 传统的电缆附件安装质量管理

传统的电缆附件安装依靠班组兼职质检员对安装质量进行检查，并填写电缆附件安装记录，内容从电缆线路工程情况到电缆附件安装情况均有涵盖。

线路工程信息包括工程名称、线路名称、相位、接头编号、接头种类、接头型号、组装方式、出厂日期、应力锥号、电缆型号及电缆厂家等。

安装时间及现场环境信息包括时间、地点、天气、环境温度及相对湿度等。

电缆本体处理信息包括电缆加热、调直、固定、剥除外护套、刮除石墨涂层、剥除金属护套、剥除外半导体层、去除端部绝缘及打磨主绝缘等。

附件安装信息包括套入预制件、芯线连接、安装应力锥、恢复外屏蔽、组装保护壳体、焊接金属屏蔽与铜壳、缩接头热缩管及恢复外护套等。

传统的电缆附件安装记录内容丰富而全面，在考察电缆附件安装质量方面起到了很大的作用。但是，这种质量管理方法也存在局限性：首先，质检员通常由施工人员兼职担任，利用施工间隙进行手工记录，人为影响因素大，容易发生由于记录错误而造成的数据不准确或不正确；其次，对于一些电缆本体和附件处理的状态，在表格中也仅有合格或不合格两种状态进行描述，对安装的实际情况缺乏详尽的描述手段。如果电缆接头出现故障，常规的安装记录对于工作人员进行检修帮助不大。

2 基于影像的电缆附件安装质量管控措施探讨

为实现精益化施工，北京市电力

公司检修分公司电缆检修中心建立了完善的检修质量管理体系，形成工区、班组两级技术管理，班组三级质量把关。班组长为第一责任者，在施工班组设置了专职技术员，负责施工质量管控。并结合电缆附件安装过程中容易出现的问题，对传统的电缆附件安装记录进行改进，采用现场照相、获取附件安装中的电缆及附件关键部位及尺寸影像资料的方法对安装质量进行监督。

2.1 电缆附件安装关键部位的选择

在电缆附件安装过程中，能够直接影响日后电缆安全运行的部位称作关键部位，是附件安装质量管控的重点。下面以XLPE电缆预制式中间接头为例对关键部位及尺寸进行说明。

(1) 剥除外半导体层尺寸及直度

对从线芯端到半导体屏蔽口的长度和直度进行测量和照相。具体位置如图1所示。

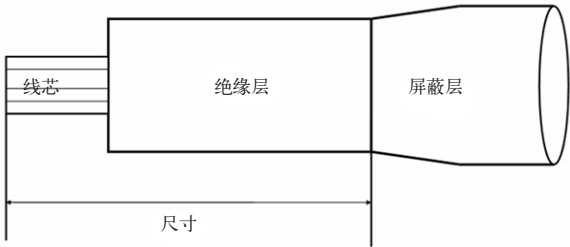


图1 剥除外半导体层尺寸

剥除外半导体层是进行电缆附件安装过程中对电缆本体处理的关键步骤，应力锥在套入电缆后应该与电缆本体的半导体屏蔽层有效搭接，从而达到电缆附件厂家对均匀电场的设计要求。附件厂家对半导体屏蔽层剥除长度和公差有严格规定，超出或者低于设计值均会成为接头安全运行的隐患。

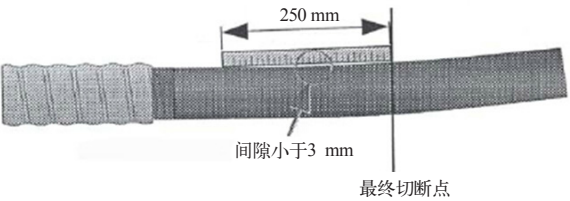


图2 电缆加热校直

在测量尺寸的同时能够检查电缆的直度。如图2所示，电缆和直尺之间的间隙应小于3/250 mm。

(2) 电缆绝缘层尺寸及打磨状况

对从绝缘端部到半导体屏蔽口的长度和打磨状况并进行照相。具体位置如图3和图4所示。

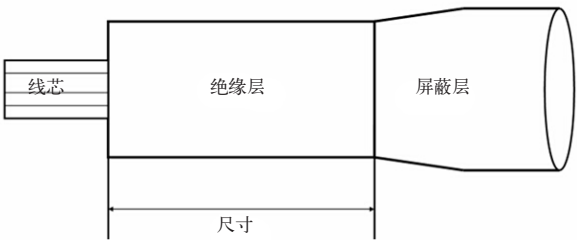


图3 电缆绝缘层尺寸

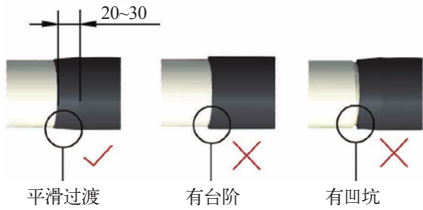


图4 半导体屏蔽口打磨状况

对电缆绝缘层尺寸进行照相有两个用处：

① 电缆绝缘层在打磨后要求表面光滑平整，与半导体屏蔽层间平滑过渡，过渡处不能有台阶或凹坑的出现（见图4），通过影像资料能够对绝缘层的打磨状况和半导体屏蔽口的处理状况进行检查和记录。② 通过A部分尺寸减去B部分尺寸可以得到电缆的线芯长度。线芯长度与接管压接相关。过短的线芯会造成压接不充分，影响导体的导电性能和接管的机械强度；而过长的线芯会造成接头尺寸的增加而影响附件正常安装。

(3) 打磨后的绝缘直径

打磨绝缘层完成后，在邻近半导体屏蔽口附近测量绝缘直径。具体位置如图5所示。

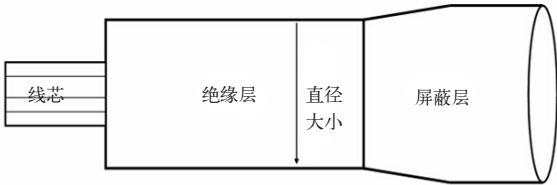


图5 打磨后绝缘直径

为了确保橡胶预制件对交联聚乙烯绝缘有足够的界面压力，交联聚乙烯绝缘外径和橡胶预制件内应有较大的过盈配合^[5]。附件厂家所

生产的应力锥对过盈尺寸都有具体要求，电缆绝缘直径超过应力锥的过盈要求会使安装中套锥困难，运行中应力锥抱紧力过大，甚至造成锥体开裂。电缆绝缘直径低于应力锥的过盈量时，应力锥对电缆的抱紧力不够，运行一段时间后可能会发生锥体移动，或在特定位置应力锥与电缆间产生空气间隙，形成放电通道，造成接头损坏。因此，实际施工过程中，此尺寸能够检查电缆绝缘直径是否在附件厂家所提供应力锥的允许范围内。

(4) 压接后尺寸

应采用围压法压接，压接后使连接金具表面光滑，并清除污迹，然后测量两侧电缆绝缘层的间距。具体位置如图6所示。

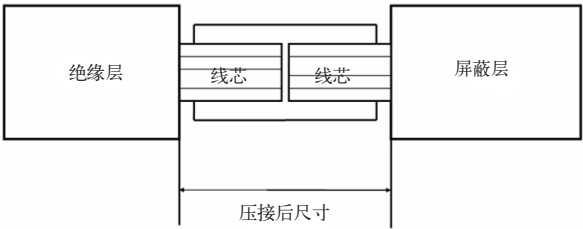


图6 导体压接后绝缘层间距

附件厂家对剥除线芯长度有具体尺寸要求，所以按要求压模后绝缘层间距应该在一定范围内。

如果压接后尺寸超出范围，可能有三个原因：①线芯剥除过长。②线芯在接管内位置不到位。③压模尺寸或次数有误。

如果接管压接后尺寸低于设计值范围，可能有两个原因：①线芯剥除过短。②压模尺寸或次数有误。

(5) 应力锥套入位置后尺寸

对套入最终位置并经静置释放应力后的应力锥长度进行测量并照相。具体位置如图7所示。

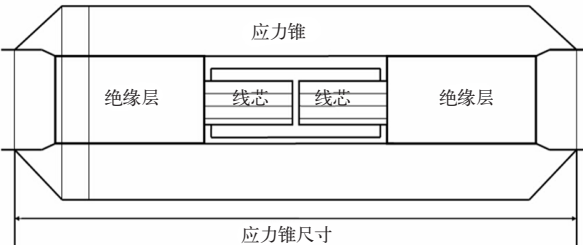


图7 应力锥套入位置后尺寸

应力锥必须准确定位在交联聚乙烯电缆上，不能偏于一侧。同时要求应力锥内半导体屏蔽层必须和电缆绝缘屏蔽层良好接触，而且两侧交接长度应基本一致。应力锥在套入最终位置后锥体长度会增加，如果应力锥的延伸量不足会造成两侧半导体搭接尺寸不够或偏移。高压电缆终端应力锥安装出现错位时，会造成局部电场集中^[6]。

(6) 应力锥外包铜网后相片

常见的直通接头和绝缘接头在应力锥套入后需要绕包铜网，直通接头的铜网从电缆短端金属护套包到长端金属护套，使两段电缆的金属护套形成可靠的电气连接。绝缘接头的铜网从电缆两端分别包到应力锥绝缘柄口，两侧电缆的金属护套不应有电气连接，根据绕包铜网后的影像资料可以辨别接头类型是否与原设计相符。

(7) 附件整体装配相片

电缆附件整体装配要求符合设计要求，固定牢固，电缆无扭曲。包绕相色带正确、牢固、规范且美观，最后对整体装配进行照相。

(8) 接头制作人相色牌相片

牌子中应包括相位、相色、制作人姓名、附件厂家和电缆型号等信息，如图8所示。



图8 接头制作人相色牌

2.2 电缆附件安装质量管控记录

基于前面所提到的电缆附件安装关键部位，设计电缆附件安装管控记录表。并通过在Word软件对文字、数字信息加载超链接的方法实现与现场安装相片的结合。电缆附件安装质量管理记录表如表1所示。

表1 电缆附件安装质量管控记录（单位：mm）

工程名称编号 XXXXX送电工程(00001)			
线路名称	XXX	施工地点	XXX隧道1号对接井
加热信息	XXX班		
施工时间	XXXX. XX. XX	温湿度	XX ℃/ XX%
电缆厂家及型号	XXXX, ZR—YJLW02—64/110kV—1×800 mm ²		
接头厂家型号	XXXX, YJJJI—64/110 kV		
分相参数	A相	B相	C相
制作人	XXX	XXX	XXX
最终断点-屏蔽口(L)	<u>231</u>	<u>232</u>	<u>233</u>
最终断点-屏蔽口(S)	<u>231</u>	<u>232</u>	<u>232</u>
主绝缘尺寸(L)	<u>159</u>	<u>160</u>	<u>161</u>
主绝缘尺寸(S)	<u>160</u>	<u>160</u>	<u>160</u>
打磨后绝缘直径(L)	<u>62</u>	<u>61.7</u>	<u>62</u>
打磨后绝缘直径(S)	<u>62.1</u>	<u>62</u>	<u>61.8</u>
压接后绝缘间距	<u>160</u>	<u>158</u>	<u>161</u>
应力锥相关照片	<u>534</u> A相铜网	<u>532</u> B相铜网	<u>534</u> C相铜网
附件整体装配照片	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
相色牌照片	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
应力锥编号	XXXX	XXXX	XXXX

表格设计基于信息关键、分类清晰和查看方便三个理念，并选取了电缆附件安装的关键信息进行记录。对A、B、C三相的有关信息取自上而下的记录顺序，并将背景色设置为该相位的相色，方便查看。表格中的关键部位尺寸分别加载超链接图片，当鼠标点击尺寸或文字时即可弹出相应关键部位相片的功能（表1中有下划线的数字和文字均为超链接）。

2.3 传统电缆附件安装质量管理与基于影像的电缆附件安装质量管控措施比较

通过附件安装质量管控比较表（见表2）可以看到，传统的电缆附件安装记录在内容上较基于影像的电缆附件安装质量管控记录更多，但后者的表格对附件安装的关键信息及尺寸都有记录。传统的安装记录方式单一，准确性和

客观性不如电缆附件安装质量管控记录，纸质记录的储存方式也不如电子记录的方式可靠、长久。

表2 附件安装质量管控比较表

传统电缆附件安装质量管理		基于影像的电缆附件安装质量管控
记录人（质检员）	兼职质检员	专职技术员
记录表内容	全部尺寸及信息	关键尺寸及信息
记录表形式	文字及数字	文字、数字及影像
准确性	受记录人因素影响	基于相片，客观、准确
储存方式	纸质记录	电子记录

3 质量管控措施应用情况

在实际生产中应用本文所述的措施，对关键部位留取现场影像资料的方式进行质量管控，能够有效地提高电缆附件安装质量。现场的电缆附件安装关键部位尺寸照片如图9~图15所示。

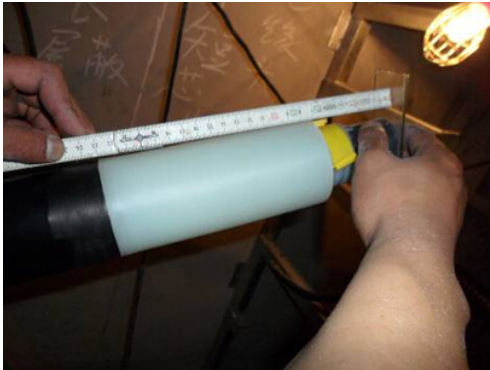


图9 现场剥除外半导体层尺寸



图10 现场电缆绝缘层尺寸



图11 打磨后绝缘直径



图15 现场附件整体装配相片

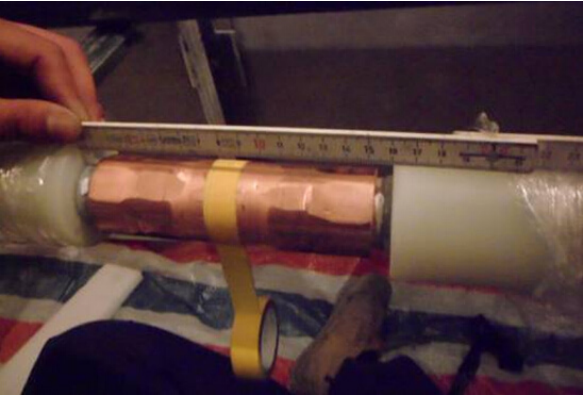


图12 现场导体压接后绝缘层间距



图13 现场应力锥套入位置后尺寸



图14 现场绝缘接头应力锥包铜网相片

4 结束语

通过对电缆专业生产工作的不断研究和总结，提出了基于影像的电缆附件安装质量管控的新思路，并设计了相关管控措施记录表格。基于影像的电缆附件安装管控措施能够帮助安装人员提高责任心和工作质量，有效减少由于电缆附件安装原因造成的故障，提高电缆线路的供电可靠性。

参考文献

- [1] 应启良，魏东，高小庆，等. 我国高压及超高压交联聚乙烯绝缘电力电缆的应用与发展[J]. 电线电缆，2001(3)：3-9.
- [2] 王佩龙，车年坚. 高压交联电力电缆附件选型的若干问题[J]. 电力设备，2004，5(8)：18-22.
- [3] 应启良. 高压及超高压XLPE电缆附件的技术进展[J]. 电线电缆，2000（1）：3-12.
- [4] 李新平，刘守功，曹晓琰，等. 高压电缆终端结构设计进展[J]. 电线电缆，2002，3（6）：11-14.
- [5] 史传卿. 电力电缆[M]. 北京：中国电力出版社，2004.
- [6] 陈成伟，刘刚，陆国俊，等. 预制式电缆终端应力锥安装错位的影响分析[J]. 高压电器，2010，46(6)：86-88.

作者简介

张成（1984-），男，硕士，工程师，从事电力电缆运维、检修工作。

（收稿日期：2015-12-10） **EA**

（编辑：杨得润）