

文章编号: 1007-290X(2007)07-0016-03

中压冷缩电缆附件的技术与性能分析

张健

(韶关电厂, 广东 韶关 512132)

摘要: 针对中压屏蔽电缆目前广泛应用于电网, 而使用中会发生终端和中间连接处防护层断口, 所以经常用电缆附件对断口进行防护的问题, 对冷缩中压电缆附件进行了详细的介绍, 比较了该类产品与热缩产品的优劣, 并对国内主要冷缩产品的性能进行了分析, 指出需要改进之处。

关键词: 冷缩电缆附件; 中压屏蔽电缆; 技术比较; 性能分析

中图分类号: TM247

文献标志码: B

Technique and Performance Analysis of MV Cold-shrink Cable Accessories

ZHANG Jian

(Shaoguan Power Plant, Shaoguan, Guangdong 512132, China)

Abstract: MV shielded cables are widely applied in power network, and cable accessories are often used to protect the protective coating fracture at the cable terminal and the intermediate joint. In this paper, MV cold-shrink cable accessories are described in detail and compared with the hot-shrink type. An analysis is also made of the main cold-shrink products in China with points for improvement indicated.

Key words: cold-shrink cable accessory; MV shielded cable; technical comparison; performance analysis

在经济飞速发展的今天, 中压电网电缆化的比例越来越高, 各类中压屏蔽电缆广泛用于城市电网。中压屏蔽电缆采用了多层结构, 各层担负着不同的功能, 以达到绝缘、电场应力控制、防潮防水和机械强度保护等效果。

在使用中, 中压屏蔽电缆在终端和中间连接处会出现防护层断口, 于是, 常用电缆附件对断口进行防护, 防护工作主要体现在以下三个方面: 第一, 做好电应力控制; 第二, 做好对污秽的防护; 第三, 做好机械强度的防护, 尤其是在中间接头。同时在中间接头处, 还要恢复铜屏蔽和钢铠的电气连接。这样, 才可以保证整条电缆的正常使用。在工程实际中, 常将电缆附件简称为“终端头”和“中间头”。

按出现的先后, 电缆附件分为绕包式、热缩式、预制推入式和冷缩式几种。具体来说, 其作用就是用各种功能的胶带或胶管, 对电缆断口进行包

裹, 以对应恢复电缆各层的防护, 并重点做好电应力控制。目前大量使用的电缆附件主要是热缩式和冷缩式。现就这两类电缆附件进行对比分析, 并着重对国内冷缩电缆附件的情况进行类比, 以利于产品的设计选型、施工安装和运行维护。

1 冷缩电缆附件和热缩电缆附件的对比

1.1 发展历史

冷缩电缆附件是 1973 年由美国 3M 公司发明的, 1986 年进入中国。20 世纪 90 年代后期, 国内厂商开始进行大量仿制, 在湖南、广东、福建、浙江等地陆续有厂商开始生产冷缩电缆附件。尽管国内厂家起步较晚, 但技术却在不断进步, 在工程中他们发现了许多有待改进的地方, 希望通过不断的改进, 让国有品牌早日达到国际先进水平。

热缩电缆附件是 1959 年由美国人 Dole 与瑞凯 (Raychem) 公司合作发明的。热缩材料的开发, 国内与国外几乎同步, 从 20 世纪 50 年代末即开始, 但直到 80 年代初才完成热缩电力电缆附件的

攻关，并迅速推广。

1.2 二者对比

冷缩电缆附件和热缩电缆附件，都是将比电缆截面大的保护功能管安装在电缆上，即“缩”在电缆上。下面从三个方面进行分析。

1.2.1 结构上

冷缩电缆附件将内电极、应力控制管、主绝缘、外半导体层等预制成一体；而热缩电缆附件的各功能层则独立成管。

1.2.2 施工上

冷缩电缆附件采用的硅橡胶或三元乙丙橡胶在工厂即进行了预扩张，用芯绳管支撑，到现场后，只需抽去芯绳，电缆附件即收缩在电缆上。施工不需用火，一次能完成数个功能层，安装时间短，安装后即可送电。

热缩电缆附件采用聚乙烯、聚烯氢等热缩材料，各功能层单独成管，但现场分层需用喷灯等加热工具，才能使其收缩。热缩电缆附件因弹性较小，运行中热胀冷缩时可能使界面产生气隙，因此密封技术很重要。为防止潮气浸入，需要借助硅脂或热融胶。这里可以看出热缩产品的两个缺点，一是对工艺要求较高，二是很多场合对动火有很高要求。

1.2.3 使用性能上

冷缩电缆附件材料性能优良，无需加热即可安装，弹性好。这使得其界面性能得到较大改善，局部放电低，长期工作可靠。可以随电缆热胀冷缩“同呼吸”，长期工作由于热导致的机械老化程度很低，较热缩附件优势明显。

热缩产品问世时间长，经过多年的不断改进，在热缩材料配方中加入各种功能成分，其性能也已十分稳定，国内有使用寿命达到20年的记录。但相对而言其弹性较差，导致控制局部放电较难，热循环造成的老化速度快。

1.3 产品未来预测

冷缩电缆附件是否会替代热缩电缆附件，国内纷争已久，笔者认为冷缩产品不会完全取代热缩产品。

首先，冷缩头的规格受限制，它不能做得太小，这样在低压电缆中应用受限，电缆截面较小时几乎无法应用。

其次，对于油浸电缆冷缩不适用，它堵不住油，限制了冷缩附件在油浸电缆上的应用。

第三，它的价格约为热缩产品的5~6倍，在

某些考虑经济的场合，不会被首选。

2 国内市场上主要冷缩产品的性能分析

冷缩电缆附件要达到高的性能，主要依靠两个方面，一个是核心的高科技材料，另一个是完善的配套能力。

2.1 冷缩电缆附件材料的分析

2.1.1 冷缩管的机械扩张率——最关键的指标

冷缩管的机械扩张率是指预制的硅橡胶管主体被撑开后的直径和撑开前的直径的比值。

根据弹簧的胡克定律，扩张率大，弹力则大，冷缩管对界面的径向压力就大，贴合就紧密。扩张率大的优点：一是可以降低爬电，爬电的发生和对界面的压力成反比，压力越大，越难爬电；二是贴合紧密，没有气隙，降低局部放电；三是可以防水防潮；四是方便安装，安装时冷缩管内壁和电缆间空间大，便于调整和抽取芯绳；五是减少型号，一种冷缩管可以配截面范围较大的电缆，降低型号数量，便于采购管理，降低成本。

但是做到扩张率大很难。第一，扩张太大，冷缩管会永久变形；第二，芯绳管很难支撑住；第三，影响储存寿命。若想加大扩张率，就必须在材料配方上下功夫。

2.1.2 Hi-K 材料的电应力控制

电缆绝缘断口的电应力控制是电缆附件的一个重要作用。图1是在没有采取任何措施的情况下开剥后电缆的电场分布图。从图1可以看出屏蔽断口处的电应力非常集中，是要重点防护的薄弱环节。

在使用中，一般会采用应力锥和Hi-K材料应力控制管来进行应力控制。采用应力锥的优点是比较容易实现；缺点是效果有限，并且人为加强了壁厚，导致难以扩张。采用Hi-K材料应力控制管的

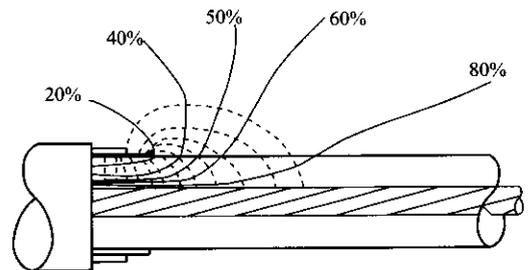


图1 电缆开剥后电场分布图

优点是效果好,不增加壁厚;缺点是 Hi-K 材料难以找到。图 2 是两种方式的对比,上半图是应力锥,下半图是 Hi-K 材料应力控制管。

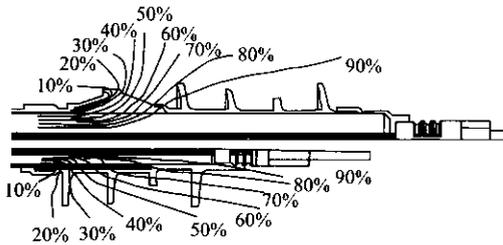


图 2 应力锥法控制的电场分布图(上半剖面)和 Hi-K 应力控制管法控制的电场分布图(下半剖面)

从图 2 可以看出,Hi-K 材料应力控制管所控制的电应力曲线明显平滑,电应力集中改善明显。国外的先进产品,一般优先采用 Hi-K 材料应力控制管模式。

2.2 配套能力的比较

成套的冷缩电缆附件,不仅包括冷缩管,还牵涉到很多小配件,任何配件的缺陷,都会成为将来安全运行的隐患。

2.2.1 电气连接的恒力卡簧

不论是终端头还是中直接头,都有铜编制带与电缆铜屏蔽或钢铠的连接问题。过去采用锡焊点焊的方式时,不仅对工具有额外的要求(要么用喷灯,要么用大功率电烙铁),而且容易造成虚焊,导致故障发生。现在越来越多地采用不锈钢恒力卡簧圈,直接将铜编制带卡在位置上。但其必须满足以下三个条件:一是具有恒力。在安装时,当掰开的角度过大,卡簧就会永久变形,导致弹力不够,压接电阻上升,成为故障隐患。二是高磁阻。只有高磁阻才能降低卡簧自身的环流,否则环流导致发热,日久必生故障。三是耐腐蚀。如抗腐蚀性差,产生氧化膜,也会导致压接电阻上升。据了解,现在国内厂家生产此类卡簧,均不能很好地满足上面三个条件,美国 3M 公司的配件亦是德国配套的。

2.2.2 机械防护的装甲带

在中直接头的施工中,最后一层一般都是起机械防护作用的装甲带。

所谓装甲带,就是浸含特种树脂的纱布,在中直接头处做最后绕包,树脂在空气中自然硬化,与纱布基形成坚固的装甲带。此胶带原为美国 3M 公

司为美国军方发明的产品,在战场上起紧急弥补装甲车装甲破损之用。

该装甲带的采用,使得中直接头的铠装层的恢复变得十分容易。但特种树脂配方的选定十分关键,它会直接影响成型后的装甲层的机械强度及在恶劣条件下的寿命。由于国内此类材料开发得较晚,在性能上与进口产品还有较大差距。

2.2.3 支撑芯绳管

冷缩电缆附件是在工厂将冷缩管预扩张,再插入支撑芯绳管固定。支撑芯绳管也是冷缩产品的关键零件。首先,要坚固。撑开后的冷缩管,有强大的径向压力,芯绳管必须要能支撑住,并且要能抵抗运输和安装中的冲撞。第二,要容易抽取。芯绳管按螺旋方式一圈一圈地抽取出来后,冷缩管便随之收缩。如果在抽取过程中芯绳断掉,整套附件就得报废;如果难以抽取,则给施工带来很多麻烦。

国内产品中,有的用尼龙绳阴阳搭扣形成螺旋型芯绳管,它抽出轻松,但耐力差,容易垮塌,提前报废。有的用整根尼龙管,再刻上螺纹槽制成的芯绳管,虽然坚固足够,但抽取费力,还容易断绳。这些都是国内产品需要改进的地方。

2.2.4 高耐侯的硅橡胶材料

在户外,对绝缘材料损害最大的是紫外线。热缩材料由于采用的是碳基材料,无法避免紫外线的损害,表现为表面龟裂,变硬,最终脆化,导致材料失效。究其机理,主要是紫外线能量高达 398 kJ/mol,足以破坏热缩材料和一般三元乙丙橡胶中的碳碳(C—C)键,C—C 键能只为 348 kJ/mol,而紫外线对冷缩电缆附件采用的硅橡胶中的硅氧(Si—O)键却无能为力,Si—O 键的键能高达 443.08 kJ/mol,所以冷缩电缆附件具有优良的耐辐射、耐射线、耐紫外线的性能。

国外的一些厂商,由于从事材料开发达百年时间,积累了很多经验,许多小配件的参数很高。国内的材料开发厂家,还需要进一步提高产品性能。

3 结束语

屏蔽电缆的中直接头和终端头虽然只占整个供电系统投资的一小部分,但如果选用不当或者处理

(下转第 46 页)

裂纹深度与实际裂纹深度吻合。



图5 渗透探伤后留下的痕迹

在汽轮机的金属检验中,转子叶片(特别是低压转子叶片)表面积很大,且表面粗糙不平,无法采用超声波探伤,如果采用传统的渗透探伤,只能发现表面的缺陷,对近表面的缺陷不适用,且需要大量的探伤用剂(包括清洗剂、渗透剂、显像剂),因此,我们尝试用裂纹测深仪对汽轮机低压转子叶片进行检测,见图6。

用这种裂纹测深仪对金属部件表面进行检测,无需对表面打磨,无需去除表面防腐层油垢和锈迹,甚至对附着5 mm厚防腐层母材也能直接探伤,不必像常规方法先用磁粉或渗透法查找裂纹,然后再用电位法或超声波方法去估计裂纹深度,这种方法可以在扫查裂纹的同时,直接判定裂纹深度。

4 结论

采用特种涡流传感器的裂纹测深仪,可以应用

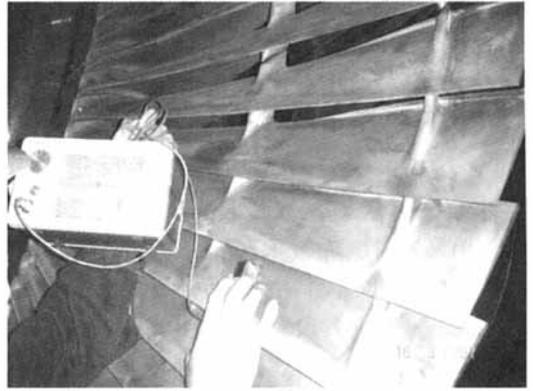


图6 裂纹测深仪在汽轮机转子探伤中的应用

于汽轮机金属部件的检测。这种传感器最突出的优点是提高效应小,适合于表面粗糙不平的金属部件的快速检测,可用于汽轮机叶片粗糙表面以及高、中压缸结合面和近表面缺陷的快速查找和测深。这种检测方法不必象渗透检验那样使用大量的探伤器材,克服了普通涡流检测不能在粗糙表面探伤的缺点,而且能直接判断缺陷深度,因此在汽轮机金属检验中会逐渐得到广泛的应用和推广。

参考文献:

- [1] 林俊明, 张开良, 林发炳, 等. 焊缝表面裂纹涡流检测技术[J]. 中国锅炉压力容器安全, 2004, 20(6): 33-36.
- [2] 林俊明, 李同滨. 飞机轮毂扫描专用涡流探头的研制和应用[J]. 无损探伤, 1998(6): 42-44.
- [3] 林俊明, 张开良, 林发炳, 等. 焊缝裂纹快速检测与深度测量[J]. 无损探伤, 2003, 27(6): 35-38.

作者简介: 李鹏云(1973-), 男, 湖北汉川人。焊接工程师, 工学硕士, 从事电力锅炉和压力容器检验、金属技术监督工作。

(上接第18页)

不好, 将成为整条电缆线路或者整个供电系统的薄弱环节, 其带来的损失远远高于其自身价值。

随着生产水平的提高, 冷缩电缆附件因安装工艺方便快捷, 性能表现突出, 将会有更加广泛的应用。

参考文献:

- [1] 施启达. 高压电缆热缩聚合物终端的应用及寿命评估[J]. 电

力技术, 1991(10): 58-60.

- [2] 柯德刚. 硅橡胶冷缩式电力电缆附件的应用[J]. 有机硅材料, 2006, 16(6): 11-13.
- [3] 陈羽中. 热缩型电力电缆附件的技术与应用[J]. 绝缘材料, 2002, 35(2): 34-39.
- [4] 汤亚华. 硅橡胶冷缩式电力电缆附件的应用[J]. 华东电力, 2006, 34(2): 63-64.

作者简介: 张健(1969-), 男, 江苏江阴人。工程师, 工学学士, 长期从事电力系统电气检修工作。E-mail: jzbyz-9@163.com.