

# 电线电缆绝缘性能检测技术的研究

## Research on Testing Technology of Wire and Cable Insulation

徐嘉良 徐水元 韩昌宁 陈家成 王伟

Jialiang Xu Shuiyuan Xu Changning Han Jiacheng Chen Wei Wang

深圳市宏之都科技有限公司 中国·广东 深圳 518108

Shenzhen Hongzhidu Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518108, China

**摘要:** 电力是国民经济发展的重要组成部分。电线是输送电能的主要工具,从高压线路到各类电气设备,都需要用到电线,因此电线电缆在生产、生活中的地位是显而易见的。由于生产投入低、技术水平低,中国线缆生产企业中大部分都是小型企业,他们中大部分没有化验实验室,有的甚至根本不能正常地进行电线电缆的生产,对关键指标与原材料的关系不清楚,也不具备电线电缆出厂检验的能力,其产品质量很难控制,造成企业产品质量波动大,合格率低。

**Abstract:** Electric power is an important part of the national economic development. Wire is the main tool of conveying electric energy, from high voltage lines to all kinds of electrical equipment, all need to use wire, so the position of wire and cable in production and life is obvious. Due to low production input, low technical level, most of China's cable production enterprises are small enterprises, most of them without laboratory, some even normal production of wire and cable, the relationship between key indicators and raw materials is not clear, also do not have the ability of wire and cable factory inspection, its product quality is difficult to control, cause enterprise product quality fluctuations, qualified rate is low.

**关键词:** 电线; 电缆; 检测技术

**Keywords:** wire; cable; detection technology

**DOI:** 10.12346/peti.v4i4.6974

## 1 引言

电力与人类的日常生活密切相关,关系日益密切,在发展电力的同时,也会与其对应的经济有着密切的关系。在发展电力资源时,必须始终保持稳定的发展态势。要保证电网的稳定运行,必须减少电网故障。此外,在电网运行过程中,绝缘材料是电力发展的关键,一旦绝缘材料发生故障,不仅影响到供电的安全性,而且可能引发火灾。因此,在电力发展中,必须注意电缆的绝缘问题,以保证电网的正常运转。

## 2 电线电缆性能检测的重要性

随着社会的发展,电线电缆已经成为一种重要的辅助设备,从高压输电到各种微电机,电线电缆都起到了至关重要的作用。在中国,有数千家的线缆制造商,所涉及的产品种类繁多,而且线缆的产量很大。但是,在众多的生产企业中,

也存在着许多质量不合格的企业<sup>[1]</sup>。针对这一问题,国家应该尽快制订相关的标准,充分认识到其存在的问题,了解到其存在的危害,进而开发出更加先进、高效的电线电缆检测技术。各大厂家应严格按照特定的要求,采用科学的检验技术,注重对检验工艺的控制,以达到对电缆产品质量的控制,为社会提供高品质的电线电缆。

## 3 电缆故障的形成及故障类型

### 3.1 电缆故障的形成原因

#### 3.1.1 工程损毁

由于对地面进行机械施工,并在地面上铺设管线,造成了电缆的破坏。其中仅有 20% 的损伤能够使保护设备直接检测到故障,并使其发生保护动作。但其余 80% 的失效并不会导致防护措施失效,因此,在长时间内,潮湿的空气会

【作者简介】徐嘉良(1999-),男,苗族,中国广东深圳人,本科,从事电线电缆绝缘性能研究。

将损坏部分发展为穿孔，严重的话会导致损坏部分完全崩溃，从而导致失效。

### 3.1.2 中间电缆端子的制造工艺较差

这种失效也是造成电缆失效的一个主要原因。目前，线缆接头大多使用热缩材料，但很多厂家为了节约生产成本，选用质量差、烘烤不均匀、烘烤过多的热缩材料，使绝缘材料不能进行热缩或热熔，从而降低产品的绝缘强度，从而产生安全隐患。

### 3.1.3 机械故障

在铺设缆索时，由于牵引力太大或过弯，会导致绝缘与防护层的破坏，在输送过程中，外力对电缆的直接作用也会导致电缆的机械损伤<sup>[2]</sup>。

### 3.1.4 超负荷操作

在长时间的超负荷下，电缆的真实温度将显著上升，从而导致电缆的超温，加速老化，甚至将电缆的绝缘脆弱部分击穿。

### 3.1.5 线缆接头失效

电缆发生故障的主要原因是：①电缆制造工艺上的问题，导致杂质和空气进入电缆头部，这种电缆在使用后，会因为强电场的影响而产生游离，引起发树枝放电，从而导致电缆失效；②电缆接头的金属护套不能有效地接地，造成电缆的接地电阻，产生高感应过电压，造成电缆局部绝缘断裂，造成电缆失效。

### 3.1.6 保温防潮

电缆的绝缘受潮是一种较为普遍故障，它的具体表现就是绝缘电阻过低和漏电流太大，下面列举了导致电缆绝缘受潮的主要原因：①电缆中间接头密封不好或连接接头密封不好，导致外界潮气侵入，导致电缆绝缘损坏，如图1所示；②电缆本身的质量不达标，在制作包铅线或包铝线时出现砂孔或裂缝；③外来物质穿透电缆外壳，导致电缆外壳或电解质侵蚀电缆外壳，从而导致保护层失效。



图1 电线胶管保护套

## 3.2 电缆故障类型

### 3.2.1 高阻故障

通常，电缆的绝缘电阻要比电缆的特性阻抗大，高温会

使电缆失效，使其电阻增大。当电阻超过 100 Ω 时，就是高电阻失效。通过数字万用表和电流表判断高电阻故障。

### 3.2.2 断路失效

通常情况下，当电缆在正常工作时，由于电力供应不足，或者由于电流过大导致地过流烧断、断路等原因，在测量过程中，会产生短路、高电阻等故障。

## 4 电缆检验项目

### 4.1 识别结构

标志结构主要由标志和线缆的大小组成。标志检验的重点在于检查电缆的厂家名称、电压等级、生产型号等，这些标志是否具有连续性和清晰。线材尺寸包括外形尺寸、绝缘厚度、护套厚度等，线材尺寸对后续电气性能和力学性能的检测有较大的影响。

### 4.2 导体直流电阻

导线的直流电阻是衡量导线的材质和截面面积是否满足规范的重要指标。导体的电阻是由导体的材质、截面面积等多种因素决定的。根据标准，对被测导线的直流电阻、电阻率等进行测试，是找出电线电缆在制造过程中存在一些问题的重要方法，例如：导线有没有断裂，导线中有没有断开，导线的截面面积是否与额定截面一致，以及产品的实际长度等。另外，在电力电缆方面，该项目还能探测到导线对电缆产品在使用过程中所容许的载流率的影响。

### 4.3 电压测试

电缆电压测试是在测试电缆的每一根绝缘上，按一定的标准电压进行测试，并在一定的时间内将其连接起来，并按一定的标准电压进行测试。电压测试是反映电力电缆质量的一项安全指标<sup>[3]</sup>。所有的绝缘型导线通常都要经过电压测试。如果不通过电压测试，会造成安全事故，引发火灾，或使产品彻底失去作用。绝缘层的平均厚度、导线的质量、绝缘原料的质量是决定其耐压性能的主要因素。

### 4.4 绝缘性

绝缘性测试能发现在制造过程中存在的一些问题，如绝缘材料不够干燥、外壳破损、受潮、绝缘原料被污染、其他杂质混入、绝缘层破裂等。

### 4.5 力学特性

力学性能是电缆的一个重要质量指标，它直接关系到电缆的寿命和使用的安全性。力学性能测试包含了大量的测试内容。绝缘及护套的老化是检验被测电缆在高温下的老化性能，将待测样品置于标准规定的环境中，经过一定的时间后，测定其老化前后的拉伸强度及断裂伸长率，以评估其老化性能。拉伸强度和断裂伸长是指在不同的工作环境中，以及在长时间的工作中，电线电缆制品能否保证正常的供电和人员的安全。该测试还能发现制造过程中的瑕疵，例如绝缘或外壳原料是否掺杂了其他杂质，是否使用了再生或劣质原料，挤压过程是否均匀，如图2所示。

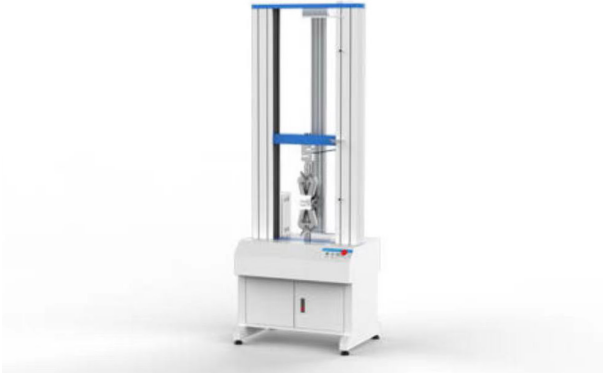


图 2 电线电缆力学检查设备

## 5 电线电缆检测技术

### 5.1 在线检测技术

为了更好地测试电力电缆的基本性能，必须加强对电力电缆的在线监测，建立和推广电力电缆的实时监测。在线检测技术通过多种仪器和设备，对线路的基本工作状况进行远程监测，并根据相关的规范和需求，对相应的数据库进行优化和实现。该系统利用 C 语言进行综合诊断，判断电流指标及实际故障类型，以便快速准确地获取故障的具体部位，如图 3 所示。



图 3 在线监测设备

### 5.2 离线测试技术

广义地说，只要使用先进的设备和仪器，就可以获得 AF/AB 的实际电阻，并通过计算 AF/AB 的百分数，从而获得电桥的故障距离。这种方法的基础是电桥均衡，它主要是精确地计算出故障区域的电阻，然后计算出故障区域中的电阻与总电阻之比，并将该系数乘以导线的长度，从而得出该线路的实际失效位置。低压脉动检测法是一种比较常用的检测法，它的工作原理是将对应的低电压脉冲信号输入到测试口，然后利用精密的仪器与特殊的装置来记录反射脉冲信号和接收信号的时刻，准确地计算出测试端与故障点之间的实际距离。

### 5.3 声磁同步法

声磁同步法是利用某一故障部位的放电现象，通过声波和电磁波来判断故障部位。在此之前，在故障电缆上安装了一个高压脉冲，当故障区域出现放电的时候，就会产生一个很强的脉冲信号。两种不同类型的信号在传输速率上存在着一定的差别，它们的作用是寻找最短的传播时差，从而确定故障的确切位置。

### 5.4 跨级电压测量

通过向地面和电缆的故障部位提供直流高压信号，使接地面附近的地表出现类似喇叭形的电位分布特征，方便了利用高灵敏度的压力表进行地面侧的电压测量。在接近失效位

置时,电压计上的指针会指向另一个方向,从而判断出故障的确切地点。

### 5.5 低压脉冲反射法

针对低压脉冲的线路原理,将低压脉冲注入电缆故障中,根据故障点的电阻值与其他点的电阻值不一致,当低压脉冲通过电缆传输到故障点时,会产生一个反射脉冲,根据该信号的回路和信号的传输速度,可以得到故障的位置。因为测量电缆失效时,一般采用矩形脉冲,而矩形脉冲很容易产生,如果在实际测量中,反射脉冲与发送脉冲叠加,则很难分辨,也无法准确地确定故障点的位置,因此,该方法存在着一定的盲区。

### 5.6 机械性能检测技术

电线电缆绝缘层机械性能检测技术目前主要是利用微机电子拉力仪来检验电线电缆的塑料绝缘层机械性能指标。保证其在安装使用中能承受各位作用力问题。在电线电缆上截取试样,按有关试验标准中规定一组哑铃形试片进行拉断测试,记录拉断时的拉力以及伸长位移。按照记录计算每一试片的抗张强度、断裂伸长率,取中间值作为试验结果。与产品标准规定的指标值比对判定是否合格。若测试结果小于标准要求值,即为产品的绝缘层材料不合格。可及时对整批电缆进行更换退货,保证电缆产品性能符合要求,电力系统建设的高质量组建。有效减少因安装后运行时才发现问题的风险,保证工程或系统的一次性高效完成。大大降低因电线电缆质量问题而造成的返工问题。所以在电缆的实际使用之前或者到货时,要保证其不会受到安装使用作用力的影响,最终保证电线电缆整体布置效果。

### 5.7 结构尺寸检测技术

对于线缆的整体工艺设计上需要提前充分考虑产品有关的外形尺寸问题。不能为了节省成本把生产工艺范围定得很小,导致生产时波动时,下限小于了标准要求。即对于检测时,最为直观的就是对于产品外观结构尺寸的检查。并且这种检查不需要专用仪器设备,仅用目力和常规的游标卡尺,千分尺、直尺等就能完成检测。主要是利用目测产品绝缘层、护套层外观是否光洁平整,横截面是否有气孔、杂质以及缆芯有无水液等与良好产品不相称的任何缺陷。使用卡尺测量

绝缘、护套层或保护层的厚度以及外径测量。通过对取样测量同一截面的最小厚度,再平分六点测得几点厚度作用塑料层的平均厚度。与产品标准要求进行比对判定是否符合要求。对于带材材料,主要是用千分尺测量其厚度,用卡尺测量基绕包的重叠或间隙尺寸来进行比对判定。

通过最为直接观察能够对整体的情况进行一个合理有效的预估。很多电缆的质量问题较多是通过外观观察发现的。电线电缆产品种类繁多,型号、规格、电压不同,其工艺结构有较大区别,对于不懂线缆的人员,就做不到通过外观检查。建议可以准备相同产品的校准试样作为参照标样,进行物理比对方式进行外观检查。通过这种物理检测方式能够判断出电缆物理变化情况,保证其结构和各种工艺尺寸偏差不会有明显问题。对尺寸方面可以截取小段试样由技术人员统一测量记录,比对判定。即对所有产品的实际尺寸均有检测,并且确定电缆的结构、绝缘层和护套层的工艺尺寸都有监督。保证线缆产品达到整体外观结构良好和尺寸达标的设计要求。

## 6 结语

因此,为了保证社会的平稳的发展,我们必须加强对电网的建设,电力是现代基础设施建设中的一个重要组成部分,它不仅关系到人民的日常生活,还关系到人民的生存和幸福。目前,为了确保电力系统安全、高效、可靠地运行,电力系统的安全运行是必不可少的,为了保证电线电缆不出现泄漏或断裂,必须采用更加科学、合理的检测技术,才能准确、迅速地发现电缆故障,从而使工作人员及时做出反应,从而减少对社会的伤害。因此,为了更好地为电力系统提供更好的服务,我们应该加强对电线电缆的测试技术的研究和探讨。

### 参考文献

- [1] 周春和.电线电缆绝缘检测技术的相关研究[J].海峡科技与产业,2018(8):3.
- [2] 唐鹏.电线电缆绝缘检测技术的研究[J].民营科技,2017(3):1.
- [3] 赵琳琳.电线电缆绝缘检测技术研究[J].中国科技纵横,2015(3):46.