

Development of Automatic Sample Preparation Equipment for Vicat Softening Test of Cable Protection Tube

Xiaopeng Yu, Xiao Ma, Weizhong Ye, Shengxi Dai, Yekai Huang, Pengfei Jin

State Grid Jinhua Electric Power Supply Company, Jinhua Zhejiang

Email: 522455891@qq.com

Received: Nov. 4th, 2019; accepted: Nov. 22nd, 2019; published: Nov. 29th, 2019

Abstract

The cable protection tube can protect the cable tube from damage and is easy to replace and check, so it is widely used in the construction of cable line. The Vicat softening temperature is an important index reflecting the heat resistance of the cable protection tube. In this paper, an automatic sample preparation equipment for Vicat softening test of cable protection tube is developed and the main structure and working principle of the equipment are introduced in detail. The equipment has the advantages of simple operation, smooth sample preparation and short time consumption, which makes it has broad prospects in engineering applications.

Keywords

Cable Protection Tube, Vicat Softening Test, Automatic Sample Preparation

电缆保护管维卡软化试验自动制样设备研制

俞晓鹏, 马 骁, 叶卫忠, 代盛熙, 黄晔凯, 金鹏飞

国网金华供电公司, 浙江 金华

Email: 522455891@qq.com

收稿日期: 2019年11月4日; 录用日期: 2019年11月22日; 发布日期: 2019年11月29日

摘 要

电缆保护管可以保护电缆管免受损伤以及便于更换和检查, 在电缆路线建设中被广泛使用。在电缆保护管各项性能检测中, 维卡软化温度是反映材料耐热性能的重要指标。本文研制了一种电缆保护管维卡软

化试验自动制样设备,并具体介绍了设备的主要结构、工作原理等主要内容。该设备具有操作简单,制样平整,耗时短等优势,在工程应用中具有广阔前景。

关键词

电缆保护管,维卡软化,自动制样

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着城市化进程的加快,电力电缆在电力传输和分配中已发挥越来越重要的作用,排管敷设是电缆线路建设的重要形式之一,具有施工简单,成本低,建设周期短,检修方便等优点[1]。在实际工程应用中,电缆保护管可以保护电缆管免受损伤及方便更换和便于检查,因此电缆保护管在电网建设和改造工程中被广泛使用。电缆保护管种类繁多,性能各异,目前主要有碳素波纹管、PVC-C管、PVC-U管、涂塑钢管、镀锌钢管、玻璃钢管、改性聚丙烯管、低磨擦纤维水泥管和承插式混凝土预制管等[2]。其中,有机高分子材料的电缆保护管,以其优越的性能、较低的价格,成为电力电缆保护管的重要选择,在电力电缆建设中取得良好的经济和社会效益,其质量好坏对电缆线路建设具有重大意义。

根据标准 DL/T802.3-2007 [3]以及 DL/T 802.7-2010 [4]显示,电缆保护管应具备外观、尺寸检查,维卡软化温度、密度、环刚度和压扁试验等多个项目的检测。在众多技术指标中,维卡软化温度(Vicat Softening Temperature)是指热塑性塑料放于液体传热介质中,在一定的负荷和一定的等速升温条件下,试样被1平方毫米的压针头压入1毫米时的温度,对应的国标是 GB/T 8802-2001 [5]和 GB/T 1633-2000 [6],试验通常需要2到3个小时。维卡软化温度反映材料的耐热性能,维卡软化温度越高,材料受热时的尺寸稳定性越好,受热变形越小。通过检测管材维卡软化温度可以来指导材料的质量控制,确保工程质量与安全。

然而,受到负荷、升温速率、试样质量等多重因素的影响,维卡软化温度的检测结果具有较大的不确定性,影响了电缆保护管的质量评价,对工程管理带来了困扰[7] [8]。尤其是维卡软化温度试验的试样制作,目前仍大范围采用手工切割或者传统铣床铣削,这导致试样表面粗糙、不平整甚至存在飞边,且试样之间质量参差不齐,影响了试验的准确性。此外,不同电缆保护管直径相差较大,传统切割制样的方法耗时较长,工作量庞大。

因此,为有效提高维卡软化温度试验的高效性和准确性,研制并投入使用电缆保护管维卡软化试验自动制样设备十分必要。

2. 电缆保护管维卡软化试验自动制样设备设计

2.1. 设计要点

维卡软化温度试验的制样对应国标 GB/T 8802-2001 [5]和 GB/T 1633-2000 [6],其中 GB/T 8802-2001标准要求试样在壁厚大于6 mm时,采用适宜的加工方法,使壁厚减至2.4~6 mm之间,制备长度约50 mm,宽度10~20 mm的试样;GB/T 1633-2000标准要求试样为厚度在3~6.5 mm,边长10 mm的正方形或圆形,表面平整、平行、无飞边。根据以上标准要求,我们选择4 mm作为样品的统一厚度,选择50 mm * 20 mm

的长方形以及边长 10 mm 的正方形作为不同标准的最终样品。

传统的平面加工方式一般为铣削，然而电缆保护管制样要求具有一定厚度，层层铣削的方式尽管加工精度较高，但是加工时间长。考虑到保护管的材料一般为塑料，强度较弱，因此选择铣削平面后利用冲压机将样品一次成型的方式制样。为此，我们将维卡软化试验的试样制作简单分为两个步骤：1) 铣削，使电缆保护管的壁厚达到标准要求；2) 冲压，通过不同模具将铣削后的管材冲压成试验所需的形状。

2.2. 自动制样机设计

2.2.1. 铣削装置设计

铣削装置的结构设计从功能上要实现装置机架、铣刀转动以及移动铣削三大部分(见图 1)。其中，装置机架选择钣金焊接而成，结构简单且制造成本低，可以用来安装、固定设备的相关零部件。

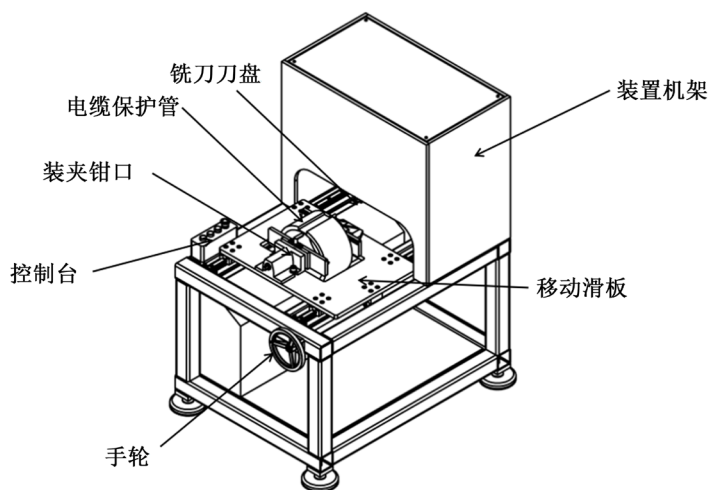


Figure 1. Design diagram of milling device
图 1. 铣削装置设计示意图

铣刀转动主要由电气控制和主轴组成，通过按动电气控制部分的启停按钮，可以控制主轴的转动和停止。主轴上安装可转位立铣刀刀盘，刀盘直径为 50 mm，可以保证平面一次铣削成型，满足国标要求。为保证铣削效果，铣削刀片要求具有一定的强度和韧度，设计选用刀片材质为 42CrMo，兼具高钢性与高韧性，可以轻松铣削氯化聚氯乙烯等有机高分子材料的电缆导管。

为完成铣削，要求电缆保护管在铣削过程中保持稳定，并与铣削方向产生相对位移。为此，本文设计了具有安装定位和手动移动两个功能的移动滑板。移动滑板上安装了如图 2 所示的装夹钳口，用以固定安装截取的电缆保护管。此外，整个移动滑板安装在滚珠丝杆上，可通过转动手轮控制整个滑板前后移动，从而控制铣削进给量。为减少加工时间，设计图示装夹钳口与主轴保持对齐，且高度定位部分与铣刀刀盘高度上相差 4 mm，可保证电缆保护管一次铣削成型，壁厚满足国标要求。

该铣削装置结构设计简单，操作便捷，通过电动控制铣刀转动和手动控制滑板移动相结合，可以完成电缆保护管的一次铣削成型，且其壁厚和平面均满足国标要求。

2.2.2. 冲压装置设计

为了从电缆保护管上分离出所需形状和尺寸的样品，我们采用冲压成型的方式。冲压加工的生产效率高、成本低，加工出来的样品重复精度高，规格一致，具有良好的制样效果。设备、模具和板料是冲压加工的三要素。

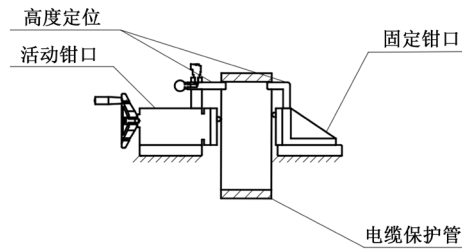


Figure 2. Installation diagram
图 2. 安装示意图

冲压装置工作原理如图 3 所示,电动机通过三角带传动,带动飞轮转动,并通过离合器的作用驱动曲轴,连杆和球头螺杆随着曲轴的运动推动滑块体作上、下往复运动。为使在冲压工作中曲轴的转动能稳定、均衡,可以调节制动器的锁紧螺栓,使制动器对轴套夹紧或放松,产生理想的摩擦作用,实现对曲轴的制动。

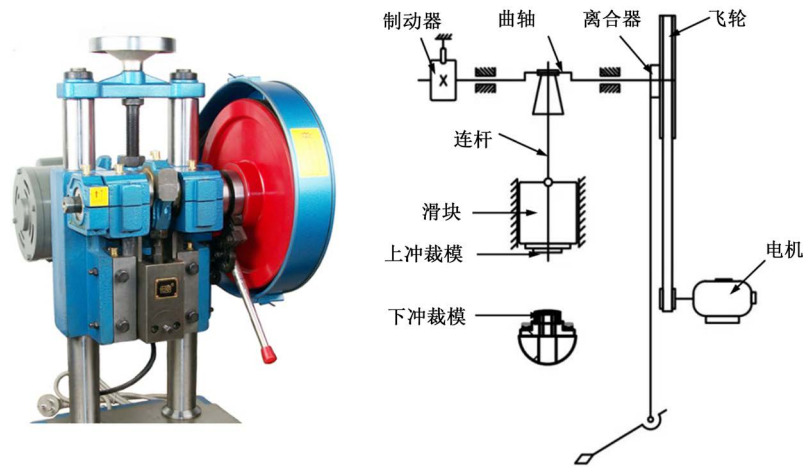


Figure 3. Schematic diagram of transmission principle
图 3. 传动原理示意图

冲压滑块是本机进行冲压工作的重要主体,由连杆、球头螺杆、滑块体、左右导轨和上冲裁模组成。滑块下方的模具压块可以夹紧上冲裁模的模柄。曲轴转动后,通过连杆和球头螺杆推动滑块,在左右导轨精确导向下,滑块进行往复运动,带动安装在滑块上的上冲裁模向下快速运动,配合下冲裁模完成冲压工作。冲裁模主要有 50 mm * 20 mm 长方形以及边长 10 mm 的正方形两种规格,上下冲裁模采用定位板实现模具的简单定位。根据不同标准要求,实际制样过程中可以更换不同模具,以满足不同样品的制作。

冲压装置的整体设计如图 4 所示,装置机架是本装置的重要组成部分,它包含了手轮、工作台等机械部分,其中工作台上安装了下冲裁模,可以将电缆保护管放置在下冲裁模上。由于冲压过程具有振动,为保证冲压稳定性,需要将电缆保护管进行固定。设计采用压板的方式将保护管紧固在下冲裁模上,手轮旋转可以带动压板压紧电缆保护管,便于后续冲压。装置设计左右两个冲压按钮,两只手同时按下按钮,才能进行冲压工作,极大提高了操作安全性。

3. 维卡软化试验自动制样设备结构与测试

3.1. 制样设备结构

电缆保护管维卡软化试验自动制样设备最终结构如图 5 所示,主要包括铣削装置和冲压装置两个部分,分别完成铣削平面和冲压制样两道工序。

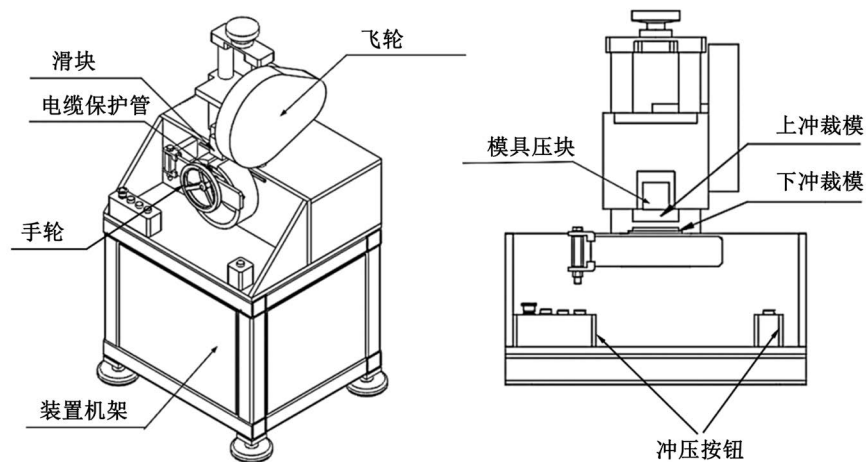


Figure 4. Structure diagram of stamping device
图 4. 冲压装置结构示意图

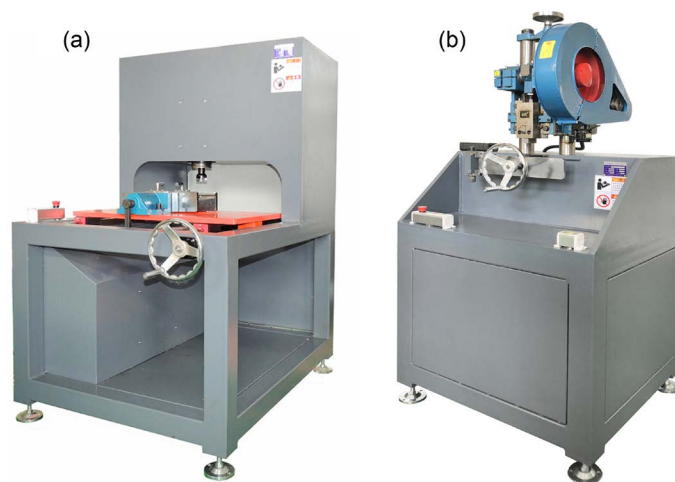


Figure 5. Development of automatic sample preparation equipment for Vicat softening test: (a) Milling device, (b) Stamping device

图 5. 维卡软化试验自动制样设备: (a) 铣削装置; (b) 冲压装置

本文的维卡软化试验自动制样设备制样满足国标 GB/T 8802-2001 [5]和 GB/T 1633-2000 [6], 其中铣削装置的主要技术参数如表 1 所示, 冲压装置的主要技术参数如表 2 所示。

Table 1. Parameters of milling device

表 1. 铣削装置技术参数

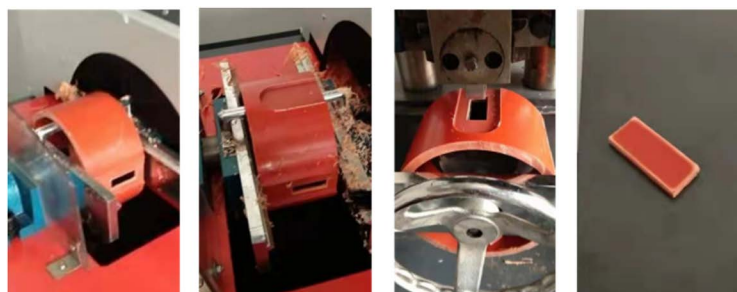
技术内容	数值	技术内容	数值
主机尺寸	892 mm × 1170 mm × 1510 mm	平口钳规格	6 寸
主机电源	AC380V 2 kW 50 Hz	设备质量	550 kg
试样型号	公称内径 $\varnothing 100$ mm~ $\varnothing 250$ mm 全规格电缆保护管	刀盘直径	$\varnothing 50$ mm
取样长度	110 ± 10 mm	刀具锥柄型号	MT4
试样壁厚	6 mm~25 mm	刀片材质	42CrMo

Table 2. Parameters of stamping device**表 2.** 冲压装置技术参数

技术内容	数值
主机尺寸	800 mm × 700 mm × 1700 mm
主机电源	AC380V 2 kW 50 HZ
试样型号	公称内径 $\phi 100$ mm~ $\phi 250$ mm 全规格电缆保护管
取样长度	110 ± 10 mm
设备质量	550 kg
冲压模具	10 mm × 10 mm; 20 mm × 50 mm

3.2. 制样测试

电缆保护管维卡软化试验自动制样设备研制成功后,我们使用改性聚丙烯(MPP)电缆保护管进行试样制作,其制样结果如图 6 所示。自动制样设备投入使用前,制作 1 个试样至少需要 1 个工时,且制作的试样粗糙,不平整,有毛边,极大地影响了后续维卡软化试验的准确性;使用自动制样设备后,制作 1 个试样平均不超过 6 分钟,主要包括:截取电缆保护管时间 2 分钟;铣削安装 2 分钟,铣削时间 20 秒;冲压安装 1 分钟,冲压时间 5 秒。单个试样的制造时间减少了 90%,且制作的试样表面平整,无明显毛边,具有较高的精度。

**Figure 6.** Sample preparation of Vicat softening test**图 6.** 维卡软化试验试样制作

经验证,该电缆保护管维卡软化试验自动制样设备能够快速高效进行制样,大幅提高了制样效率,简单便捷。目前,该设备已经正式投入工程应用,为电网物资质量检测做出了一定贡献。

4. 结论

为了提高样品制作的效率和精度,提高维卡软化温度的检测质量,本文研制了一种电缆保护管维卡软化试验自动制样设备。该设备由铣削装置与冲压装置两部分组成,能够实现维卡软化温度样品的制作,并具有明显优势,主要表现在:

- 1) 操作便捷。根据国标的制样要求,该设备将维卡软化试验的试样制作简单分为铣削和冲压两个步骤,每个步骤的操作简单,试样制作便捷,具有良好的用户体验。
- 2) 制样效率高。铣削装置采用平面铣刀一次铣削成型,同时冲压装置可以快速冲裁多个试样,单个试样的平均制作时间不超过 6 分钟,极大地提高了试样制作效率。
- 3) 试样精度高。利用自动制样设备制作的试样表面平整,无毛边,具有较高的精度,能有效提高维卡软化温度试验的准确性。

参考文献

- [1] 荆林国. 电缆保护管的性能与应用[J]. 农村电气化, 2006(5): 51-52.
- [2] 边洋. 城市非开挖电缆保护管铺设施工技术研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学(北京), 2011.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. DL/T802.3-2007 电力电缆用导管技术条件. 第3部分: 氯化聚氯乙烯及硬聚氯乙烯塑料电缆导管[S]. 2007.
- [4] 国家能源局. DL/T 802.7-2010 电力电缆用导管技术条件. 第7部分: 非开挖用改性聚丙烯塑料电缆导管[S]. 2011.
- [5] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 8802-2001 热塑性塑料管材、管件维卡软化温度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [6] 国家质量技术监督局. GB/T 1633-2000 热塑性塑料维卡软化温度(VST)的测定[S]. 2000.
- [7] 蒋昭瑜, 丁嘉慧. 对影响热塑性管材维卡软化温度的因素研究[J]. 建设科技, 2017(21): 112-113.
- [8] 方进, 吴雄杰, 江小平, 等. PVC-U 管材维卡软化温度测试的不确定度评定[J]. 广东化工, 2018, 45(3): 176.