



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112394256 B

(45) 授权公告日 2021.04.27

(21) 申请号 202110066373.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2021.01.19

G01R 31/00 (2006.01)

G01K 7/02 (2021.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112394256 A

审查员 朱刘路

(43) 申请公布日 2021.02.23

(73) 专利权人 国网江苏省电力有限公司电力科学研究院

地址 210000 江苏省南京市江宁区帕威尔路1号

(72) 发明人 刘洋 李陈莹 陈杰 陶风波
刘建军 胡丽斌 张伟 谭笑
曹京荣 王永强 袁栋

(74) 专利代理机构 北京智绘未来专利代理事务所(普通合伙) 11689

代理人 肖继军

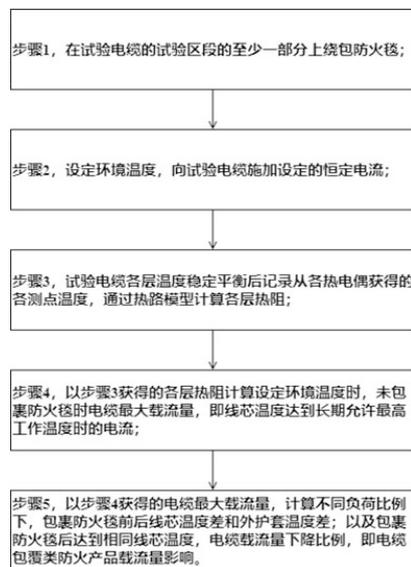
权利要求书4页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

电缆防火毯载流量影响检测平台及方法

(57) 摘要

一种电缆防火毯载流量影响检测平台及方法,方法包括以下步骤:步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上绕包防火毯;步骤2,设定环境温度,向试验电缆施加设定的恒定电流;步骤3,试验电缆各层温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算各层热阻;步骤4,以步骤3获得的各层热阻计算设定环境温度时,未包裹防火毯时电缆最大载流量,即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流;步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即电缆防火毯载流量影响。



1. 一种电缆防火毯载流量影响检测方法,将试验电力电缆首尾相连,穿过电流发生器,在包裹防火毯区域测点的防火毯表面设置第一组热电偶,在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的外护套处设置第二组热电偶,在包裹防火毯区域测点的金属护套处设置第三组热电偶,在包裹防火毯区域测点的绝缘层处设置第四组热电偶,在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的线芯处设置第五组热电偶,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上绕包防火毯;

步骤2,设定环境温度,向试验电缆施加设定的恒定电流;

步骤3,试验电缆各层温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算各层热阻;

步骤4,以步骤3获得的各层热阻计算设定环境温度时,未包裹防火毯时电缆最大载流量,即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流,具体地,以如下公式计算线芯最大载流量,

$$I_c = [(T_{C0} - T_0) - 0.5W_d(R_1 + R_2 + 2R_3 + 2R_F + 2R_4) - W_{Al}(R_3 + R_F + R_4)]^{\frac{1}{2}} [R_c(R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4)]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{式中:}$$

I_c 表示线芯最大载流量,

T_{C0} 表示线芯长期允许最高工作温度, T_0 表示环境温度;

W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗;

R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护层等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻;

步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即电缆防火毯载流量影响。

2. 如权利要求1所述的电缆防火毯载流量影响检测方法,其特征在于:

步骤1中,若检测使用的防火毯为气凝胶毡类防火毯或复合陶瓷材料类防火毯,采用单层绕包至电缆表面;若检测使用的防火毯为氢氧化铝类防火毯,采用双层绕包至电缆表面。

3. 如权利要求1或2所述的电缆防火毯载流量影响检测方法,其特征在于:

步骤3包括:

步骤3.1,计算试验条件下电缆线芯损耗 L_c ,

步骤3.2,以各测点获得的各层温度和线芯损耗 L_c 计算各层热阻。

4. 如权利要求3所述的电缆防火毯载流量影响检测方法,其特征在于:

步骤3.1中,以如下公式计算试验条件下电缆线芯损耗 L_c ,

$$L_c = I^2 R_{dc} [1 + k(T_c - 20)] \quad \text{式中:}$$

L_c 表示试验条件下电缆线芯损耗,

I 表示试验电流,

R_{dc} 表示线芯在20℃温度时的直流电阻，

k 表示电缆线芯的温度系数，

T_c 表示电缆线芯温度。

5. 如权利要求4所述的电缆防火毯载流量影响检测方法，其特征在于：

以如下公式计算各层等效热阻，

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_F \\ R_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{L_c} \left(\begin{bmatrix} T_1 \\ T_R \\ T_W \\ T_F \\ T_0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} T_c \\ T_1 \\ T_R \\ T_W \\ T_F \end{bmatrix} \right) \text{ 式中：}$$

T_c 表示电缆线芯温度， T_1 表示绝缘层(1)与缓冲层间温度， T_R 表示缓冲层与外护套(3)间温度， T_W 表示外护套(3)与防火毯(4)间温度， T_F 表示防火毯(4)外表面温度， T_0 表示环境温度；

R_1 表示绝缘层等效热阻， R_2 表示缓冲层等效热阻， R_3 表示外护套等效热阻， R_F 表示防火毯等效热阻， R_4 表示环境等效热阻；

L_c 表示电缆线芯损耗。

6. 一种运行如权利要求1至5中任一项所述电缆防火毯载流量影响检测方法的电缆防火毯载流量影响检测平台，包括：试验电力电缆、电流发生器、电流互感器、防火毯和多组热电偶，其特征在于，

试验电力电缆首尾相连，穿过电流发生器和电流互感器，电流发生器用于向电缆施加电流，防火毯包裹在电缆试验区段的至少一部分上；

电缆试验段设置多个测点，包括：包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点；

多组热电偶包括：第一组热电偶，设置在包裹防火毯区域测点的防火毯表面；第二组热电偶，设置在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的外护套处；第三组热电偶，设置在包裹防火毯区域测点的金属护套处；第四组热电偶，设置在包裹防火毯区域测点的绝缘层处；以及第五组热电偶，设置在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的线芯处。

7. 如权利要求6所述的电缆防火毯载流量影响检测平台，其特征在于：

电缆试验段设置五个测点，未包裹防火毯区域测点包括：第一测点和第五测点；包裹防火毯区域测点包括：第二测点、第三测点和第四测点。

8. 如权利要求7所述的电缆防火毯载流量影响检测平台，其特征在于：

防火毯包裹的长度为2米；第一测点与第二测点之间的距离、第四测点与第五测点之间的距离均为1米，第二测点与第三测点之间的距离、第三测点与第四测点之间的距离均为0.5米，使用同一层上的多个测点的热电偶获得的温度测量值求平均值代表该层的温度。

9. 一种电缆防火毯载流量影响检测方法，以敷设于电缆隧道工况中的导体内置光纤测温电缆为试验电缆，在隧道环境设置第一组热电偶，在防火毯表面设置第二组热电偶，在防火毯与电缆接触面设置第三组热电偶，在试验区段内未包裹防火毯区域设置第四组热电偶，其特征在于，包括以下步骤：

步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上双层绕包防火毯;

步骤2,设定环境温度时,向试验电缆施加恒定电流;

步骤3,各组热电偶温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算电缆热阻、防火毯热阻和环境热阻;

步骤4,以步骤3获得的电缆热阻、防火毯热阻和环境热阻计算设定环境温度时,未包裹防火毯时电缆最大载流量,即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流;具体地,以如下公式计算线芯最大载流量,

$$I_C = [(T_{C0} - T_0) - 0.5W_d(R_1 + R_2 + 2R_3 + 2R_F + 2R_4) - W_{Al}(R_3 + R_F + R_4)]^{\frac{1}{2}} [R_C(R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4)]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{式中:}$$

I_C 表示线芯最大载流量,

T_{C0} 表示线芯长期允许最高工作温度, T_0 表示环境温度;

W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗;

R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护层等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻;

步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即电缆防火毯载流量影响。

10. 如权利要求9所述的电缆防火毯载流量影响检测方法,其特征在于:

步骤4中,以如下公式计算各层热阻之和,

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4 = \frac{T_C - T_0}{L_C}$$

式中:

T_C 表示电缆线芯温度, T_0 表示环境温度;

R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护套等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻;

L_C 表示电缆线芯损耗。

11. 如权利要求10所述的电缆防火毯载流量影响检测方法,其特征在于:

采用电流源作为电源,被试电缆金属护套两端断开,介质损耗和金属损耗忽略,

$$W_d = W_{Al} = 0,$$

式中:

W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗。

12. 一种运行如权利要求9至11中任一项所述电缆防火毯载流量影响检测方法的电缆防火毯载流量影响检测平台,包括:导体内置光纤测温电缆、防火毯和多组热电偶,其特征在于,

所述导体内置光纤测温电缆敷设于电缆隧道工况中,模拟负荷电流;防火毯包裹在电缆试验区段的至少一部分上;多组热电偶包括:第一组热电偶,设置在隧道环境;第二组热电偶,设置在防火毯表面;第三组热电偶,设置在防火毯与电缆接触面;第四组热电偶,设置在试验区段内未包裹防火毯区域。

13. 如权利要求12所述的一种电缆防火毯载流量影响检测平台,其特征在于:

所述防火毯包括:气凝胶毡类防火毯、复合陶瓷材料类防火毯和氢氧化铝类防火毯。

电缆防火毯载流量影响检测平台及方法

技术领域

[0001] 本发明属于电缆防火毯检测技术领域,更具体地,涉及一种电缆防火毯载流量影响检测平台及方法。

背景技术

[0002] 国内外因电缆通道火情造成的大面积停电及火灾事故频发,降低电网供电可靠性,引发不良社会影响。为强化电力电缆运维管控,防止电力电缆火灾事故的发生和扩大,电缆本体及附件绕包防火毯作为电缆防火的重要技术手段,得到了广泛关注与研究。

[0003] 绕包防火毯也会增加热阻,阻碍电缆正常散热,降低电缆的载流量,但目前绕包防火毯对电缆载流量和温度影响的定量研究尚属空白。分布式光纤测温系统通过监测电缆表面温度计算电缆导体温度,是电缆状态监测和防火的重要技术手段。然而,对于防火毯绕包电缆,若分布式光纤测温系统以防火毯表面温度作为电缆外护层的参考温度,电缆载流量计算将产生偏差。

[0004] 因此,需要研究绕包防火毯对电缆温度监测和载流量的影响,进而重新确定电缆的最大允许载流量和温度监测报警阈值,确保最大负荷下电缆线路载流量在安全范围之内。

[0005] 与此同时,防火毯为代表的新型防火产品逐渐应用于电缆线路,然该产品尚无管控标准,产品性能难以评估。

发明内容

[0006] 为解决现有技术中存在的不足,本发明的目的在于,提供一种电缆防火毯载流量影响检测平台及方法,揭示不同类型电缆防火毯包覆后电缆散热特征、耐候性,为电力电缆防火布置设计提供技术支撑。

[0007] 本发明采用如下的技术方案。本发明的第一方面提供了一种电缆防火毯载流量影响检测平台,包括:试验电力电缆、电流发生器、电流互感器、防火毯和多组热电偶;试验电力电缆首尾相连,穿过电流发生器和电流互感器,电流发生器用于向电缆施加电流,防火毯可以包裹在电缆试验区段的至少一部分上;电缆试验段设置多个测点,包括:包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点;多组热电偶包括:第一组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点的防火毯表面;第二组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的外护套处;第三组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点的金属护套处;第四组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点的绝缘层处;以及第五组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的线芯处。

[0008] 优选地,电缆试验段设置五个测点,未包裹防火毯区域测点包括:第一测点和第五测点;包裹防火毯区域测点包括:第二测点、第三测点和第四测点。

[0009] 优选地,防火毯包裹的长度为2米;第一测点与第二测点之间的距离、第四测点与第五测点之间的距离均为1米,第二测点与第三测点之间的距离、第三测点与第四测点之间

的距离均为0.5米,使用同一层上的多个测点的热电偶获得的温度测量值求平均值代表该位置的温度。

[0010] 本发明的第二方面提供了一种基于所述电缆防火毯载流量影响检测平台的电缆防火毯载流量影响检测方法,包括以下步骤:

[0011] 步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上绕包防火毯;

[0012] 步骤2,设定环境温度,向试验电缆施加设定的恒定电流;

[0013] 步骤3,试验电缆各层温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算各层热阻;

[0014] 步骤4,以步骤3获得的各层热阻计算设定环境温度时,未包裹防火毯时电缆最大载流量,即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流;

[0015] 步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即电缆防火毯载流量影响。

[0016] 优选地,步骤1中,若检测使用的防火毯为气凝胶毡类防火毯或复合陶瓷材料类防火毯,采用单层绕包至电缆表面;若检测使用的防火毯为氢氧化铝类防火毯,采用双层绕包至电缆表面。

[0017] 优选地,步骤3包括:

[0018] 步骤3.1,计算试验条件下电缆线芯损耗 L_C ,

[0019] 步骤3.2,以各测点获得的各层温度和线芯损耗 L_C 计算各层热阻。

[0020] 优选地,步骤3.1中,以如下公式计算试验条件下电缆线芯损耗 L_C ,

$$[0021] \quad L_C = I^2 R_{dc} [1 + k (T_C - 20)]$$

[0022] 式中:

[0023] L_C 表示试验条件下电缆线芯损耗,

[0024] I 表示试验电流,

[0025] R_{dc} 表示线芯在20℃温度时的直流电阻,

[0026] k 表示电缆线芯的温度系数,

[0027] T_C 表示电缆线芯温度。

[0028] 优选地,以如下公式计算各层等效热阻,

$$[0029] \quad \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_F \\ R_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{L_C} \left(\begin{bmatrix} T_1 \\ T_R \\ T_W \\ T_F \\ T_0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} T_C \\ T_1 \\ T_R \\ T_W \\ T_F \end{bmatrix} \right)$$

[0030] 式中:

[0031] T_C 表示电缆线芯温度, T_1 表示绝缘层(1)与缓冲层间温度, T_R 表示缓冲层与外护套(3)间温度, T_W 表示外护套(3)与防火毯(4)间温度, T_F 表示防火毯(4)外表面温度, T_0 表示环境温度;

[0032] R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护套等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻;

[0033] L_C 表示电缆线芯损耗。

[0034] 优选地,以如下公式计算线芯最大载流量,

$$I_C = [(T_{C0} - T_0) - 0.5W_d(R_1 + R_2 + 2R_3 + 2R_F + 2R_4)$$

$$- W_{Al}(R_3 + R_F + R_4)]^{\frac{1}{2}} [R_C(R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4)]^{-\frac{1}{2}}$$

[0036] 式中:

[0037] I_C 表示线芯最大载流量,

[0038] T_{C0} 表示线芯长期允许最高工作温度, T_0 表示环境温度;

[0039] W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗;

[0040] R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护套等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻。

[0041] 本发明的第三方面提供了一种电缆防火毯载流量影响检测平台,包括:导体内置光纤测温电缆、防火毯和多组热电偶,所述导体内置光纤测温电缆敷设于电缆隧道工况中,模拟负荷电流;防火毯可以包裹在电缆试验区段的至少一部分上;多组热电偶包括:第一组热电偶,设置在隧道环境;第二组热电偶,设置在防火毯表面;第三组热电偶,设置在防火毯与电缆接触面;第四组热电偶,设置在试验区段内未包裹防火毯区域。

[0042] 优选地,所述防火毯可以包括:气凝胶毡类防火毯、复合陶瓷材料类防火毯和氢氧化铝类防火毯。

[0043] 本发明的第四方面提供了一种基于所述电缆防火毯载流量影响检测平台的电缆防火毯载流量影响检测方法,包括以下步骤:

[0044] 步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上双层绕包防火毯;

[0045] 步骤2,设定环境温度时,向试验电缆施加恒定电流;

[0046] 步骤3,各组热电偶温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算电缆热阻、防火毯热阻和环境热阻;

[0047] 步骤4,以步骤3获得的电缆热阻、防火毯热阻和环境热阻计算设定环境温度时,未包裹防火毯时电缆最大载流量,即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流;

[0048] 步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即电缆防火毯载流量影响。

[0049] 优选地,步骤4中,以如下公式计算线芯最大载流量,

$$I_C = [(T_{C0} - T_0) - 0.5W_d(R_1 + R_2 + 2R_3 + 2R_F + 2R_4)$$

$$- W_{Al}(R_3 + R_F + R_4)]^{\frac{1}{2}} [R_C(R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4)]^{-\frac{1}{2}}$$

[0051] 式中:

[0052] I_C 表示线芯最大载流量,

[0053] T_{C0} 表示线芯长期允许最高工作温度, T_0 表示环境温度;

[0054] W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗;

[0055] R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护套等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻。

[0056] 优选地,步骤4中,以如下公式计算各层热阻之和,

$$[0057] \quad R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4 = \frac{T_C - T_0}{L_C}$$

[0058] 式中：

[0059] T_C 表示电缆线芯温度， T_0 表示环境温度；

[0060] R_1 表示绝缘层等效热阻， R_2 表示缓冲层等效热阻， R_3 表示外护套等效热阻， R_F 表示防火毯等效热阻， R_4 表示环境等效热阻；

[0061] L_C 表示电缆线芯损耗。

[0062] 优选地，采用电流源作为电源，被试电缆金属护套两端断开，介质损耗和金属损耗忽略， $W_d = W_{Al} = 0$ ，

[0063] 式中：

[0064] W_d 表示电缆介质损耗， W_{Al} 表示电缆金属护套损耗。

[0065] 本发明的有益效果在于，与现有技术相比，本发明解决了防火毯为代表的新型防火毯性能难以评估的技术问题，能够准确获得绕包防火毯对电缆温度监测和载流量的影响，进而重新确定电缆的最大允许载流量和温度监测报警阈值，确保最大负荷下电缆线路载流量在安全范围之内。

附图说明

[0066] 图1为本发明实施例1电缆防火毯载流量影响检测平台热电偶布置的示意图；

[0067] 图2为本发明实施例2中电缆防火毯载流量影响检测方法的热路模型；

[0068] 图3为本发明实施例3电缆防火毯载流量影响检测平台的示意图；

[0069] 图4为本发明实施例2电缆防火毯载流量影响检测方法的流程图；

[0070] 图5为本发明实施例4电缆防火毯载流量影响检测方法的流程图；

[0071] 图中：

[0072] 1-绝缘层；

[0073] 2-金属护套；

[0074] 3-外护套；

[0075] 4-防火毯；

[0076] 5-周围环境；

[0077] 6-线芯；

[0078] 7-试验电力电缆；

[0079] 10-光纤；

[0080] 11-热电偶。

具体实施方式

[0081] 下面结合附图对本申请作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案，而不能以此来限制本申请的保护范围。

[0082] 实施例1：一种电缆防火毯载流量影响检测平台

[0083] 如图1所示，本发明提供了一种电缆防火毯载流量影响检测平台，包括：试验电力电缆7、电流发生器、电流互感器、防火毯4和多组热电偶。

[0084] 试验电力电缆首尾相连,穿过电流发生器和电流互感器,电流发生器用于向电缆施加电流,防火毯可以包裹在电缆试验区段的至少一部分上;电缆试验段设置多个测点,包括:包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点。

[0085] 多组热电偶包括:第一组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点的防火毯4表面;第二组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的外护套3处;第三组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点的金属护套2处;第四组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点的绝缘层1处;以及第五组热电偶,设置在包裹防火毯区域测点和未包裹防火毯区域测点的线芯6处。

[0086] 可以理解的是,搭建所述电缆防火毯载流量影响检测平台的目的在于,有效还原电缆现场运行环境。一个优选但非限制性的实施方式为,采用一根长约17m的220kV电力电缆首尾相连,电缆穿过大电流发生器、电流互感器,通过大电流发生器施加电流,电缆型号为YJLW03-127/220kV-1×630mm²。可以通过大电流发生器向试验电缆施加1100A的电流。

[0087] 电缆试验段设置五个测点,未包裹防火毯区域测点包括:第一测点和第五测点;包裹防火毯区域测点包括:第二测点、第三测点和第四测点;防火毯包裹的长度为2米;第一测点与第二测点之间的距离、第四测点与第五测点之间的距离均为1米,第二测点与第三测点之间的距离、第三测点与第四测点之间的距离均为0.5米。

[0088] 可以理解的是,上述设置测点的数量和位置仅是一种优选但非限制性的实施方式,所属领域技术人员可以使用更多或者更少数量的测点,可以采用不同的间距设置测点,使用同一层上的多个测点的热电偶获得的温度测量值求平均值代表该位置的温度。

[0089] 实施例2:一种电缆防火毯载流量影响检测方法

[0090] 如图4所示,基于所述电缆防火毯载流量影响检测平台,本发明还提供了一种电缆防火毯载流量影响检测方法,包括以下步骤:

[0091] 步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上绕包防火毯。可以理解的是,所述防火毯可以包括:气凝胶毡类防火毯、复合陶瓷材料类防火毯和氢氧化铝类防火毯。

[0092] 气凝胶毡类防火毯是以二氧化硅气凝胶为主体材料,并复合于玻璃纤维、预氧化纤维等增强性纤维中,形成的柔性保温材料。复合陶瓷材料类防火毯宜由耐火防火复合陶瓷材料构成,其中陶瓷纤维多为硅酸铝纤维或含锆硅酸铝纤维,玻璃纤维多为二氧化硅纤维。氢氧化铝类防火毯由氢氧化铝为主要阻燃材料,与耐火硅酸盐纤维材料复合构成,并在一面布有金属薄片,形成均匀的吸热防火材料。

[0093] 若检测使用的防火毯为气凝胶毡类防火毯或复合陶瓷材料类防火毯,采用单层绕包至电缆表面;若检测使用的防火毯为氢氧化铝类防火毯,采用双层绕包至电缆表面。

[0094] 步骤2,设定环境温度,向试验电缆施加恒定电流。可以理解的是,可以通过大电流发生器向试验电缆施加电流,一个优选但非限制性的实施方式为向试验电缆施加1100A的电流。所述环境温度例如但不限于30℃。

[0095] 步骤3,试验电缆各层温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算各层热阻。具体包括:

[0096] 步骤3.1,计算试验条件下电缆线芯损耗 L_c ,具体地,以如下公式计算试验条件下电缆线芯损耗 L_c ,

[0097]
$$L_c = I^2 R_{dc} [1 + k(T_c - 20)]$$

[0098] 式中：

[0099] L_c 表示试验条件下电缆线芯损耗，

[0100] I 表示试验电流，

[0101] R_{dc} 表示线芯在20℃温度时的直流电阻，

[0102] k 表示电缆线芯的温度系数，若电缆线芯使用铜导体， $k=0.00393$ ，若电缆线芯使用铝导体， $k=0.00403$ ，

[0103] T_c 表示电缆线芯温度。

[0104] 步骤3.2，以各测点获得的各层温度和线芯损耗 L_c 计算各层热阻。可以理解的是，电缆运行中的损耗主要包括导体电阻损耗、绝缘层介质损耗、金属护套和铠装层损耗。当电缆长期通过电流达到稳态后，电缆各部分损耗热量和向周围环境5媒质散发的热量相等。稳态状况下，电缆发热特性可利用热路或热流场的概念进行分析，其稳态等效热路模型如图2所示。

[0105] 以如下公式计算各层等效热阻，

$$[0106] \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_F \\ R_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{L_c} \left(\begin{bmatrix} T_1 \\ T_R \\ T_W \\ T_F \\ T_0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} T_c \\ T_1 \\ T_R \\ T_W \\ T_F \end{bmatrix} \right)$$

[0107] 式中：

[0108] T_c 表示电缆线芯温度， T_1 表示绝缘层1与缓冲层间温度， T_R 表示缓冲层与外护套3间温度， T_W 表示外护套3与防火毯4间温度， T_F 表示防火毯4外表面温度， T_0 表示环境温度；

[0109] R_1 表示绝缘层等效热阻， R_2 表示缓冲层等效热阻， R_3 表示外护套等效热阻， R_F 表示防火毯等效热阻， R_4 表示环境等效热阻；

[0110] L_c 表示电缆线芯损耗。

[0111] 步骤4，以步骤3获得的各层热阻计算设定环境温度时，未包裹防火毯时电缆最大载流量，即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流。具体包括：以如下公式计算线芯最大载流量，

$$[0112] I_c = [(T_{c0} - T_0) - 0.5W_d(R_1 + R_2 + 2R_3 + 2R_F + 2R_4) - W_{Al}(R_3 + R_F + R_4)]^{\frac{1}{2}} [R_c(R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4)]^{-\frac{1}{2}}$$

[0113] 式中：

[0114] I_c 表示线芯最大载流量，

[0115] T_{c0} 表示线芯长期允许最高工作温度， T_0 表示环境温度；

[0116] W_d 表示电缆介质损耗， W_{Al} 表示电缆金属护套损耗；

[0117] R_1 表示绝缘层等效热阻， R_2 表示缓冲层等效热阻， R_3 表示外护套等效热阻， R_F 表示防火毯等效热阻， R_4 表示环境等效热阻。

[0118] 在一个已实施的试验中，若向试验电缆施加1100A的电流，各个测点的温度数据以及热阻计算值如下表所示。

[0119] 表1气凝胶毡类防火毯测温数据

[0120] 环境温度：29.3℃

[0121]	测点位置	001	002	003	004	005	006	007
	温度/°C	29.3	59.9	60.6	62.7	80.2	76.7	44.4

[0122] 其中,测点001:防火毯表面温度;测点002:防火毯与外护套界面温度;测点003:铝护套温度;测点004:绝缘层温度;测点005:线芯温度;测点006:未包裹防火毯的电缆线芯温度;测点007:未包裹防火毯的电缆外护套温度。

[0123] 通过热路模型计算绕包防火毯后电缆防火组件各层热阻,计算结果如表2所示。

[0124] 表2气凝胶毡类防火毯热阻计算值

[0125]	绝缘层热阻	缓冲层热阻	外护套热阻	防火毯热阻	环境热阻
	0.531K·m/W	0.0991K·m/W	0.0387K·m/W	0.392K·m/W	0.347K·m/W

[0126] 上述已实施的试验中,若向试验电缆施加1100A的电流,环境温度30°C时,以线芯最大载流量公式计算获得未包裹防火毯时电缆载流量为1241A。

[0127] 步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即电缆防火毯载流量影响。

[0128] 即,考虑工程应用负荷情况,计算不同负荷比例下电缆线芯及外护套温度变化情况,结果如表3-5所示。

[0129] 表3气凝胶毡类防火毯散热影响分析

电流/A	负荷比例	未包裹防火毯		包裹防火毯	
		线芯温度 /°C	外护套温度 /°C	线芯温度 /°C	外护套温度 /°C
[0130] 248.2	20%	31.9	30.7	32.7	31.4
496.4	40%	38.1	32.8	41.3	36.0
744.6	60%	48.8	36.4	56.9	44.1
992.8	80%	65.5	42.1	81.8	57.2
1241	100%	90.0	50.5	121.0	77.8

[0131] 表4复合陶瓷材料类防火毯散热影响分析

[0132]	电流/A	负荷比例	包裹前后温差比对	
			线芯温差/°C	外护套温差/°C
	248.2	20%	0.5	0.5
	496.4	40%	2.1	2.0
	744.6	60%	5.1	4.9
	992.8	80%	10.4	9.6
	1241	100%	19.5	17.1

[0133] 表5氢氧化铝类防火毯散热影响分析

[0134]	电流/A	负荷比例	包裹前后温差比对	
			线芯温差/°C	外护套温差/°C
	248.2	20%	0.7	0.7
	496.4	40%	3.0	2.9
	744.6	60%	7.4	7.1
	992.8	80%	15.1	14.0
	1241	100%	28.7	25.2

[0135] 结合试验数据及电缆热路模型,计算环境温度30°C、环境热阻0.35k·m/W工况下,三类防火毯绕包电缆前后电缆载流量变化情况,计算结果如表6所示。结果表明三类防火毯绕包后载流量下降约10%~15%。

[0136] 表6电缆载流量影响分析

[0137]	防火毯类别	载流量下降比例
	气凝胶毡类防火毯	15.05%
	复合陶瓷材料类防火毯	10.57%
	氢氧化铝类防火毯	14.20%

[0138] 实施例3:一种电缆防火毯载流量影响检测平台

[0139] 如图3所示,一种电缆防火毯载流量影响检测平台,包括:导体内置光纤10测温电缆、防火毯和多组热电偶11。

[0140] 所述导体内置光纤测温电缆敷设于电缆隧道工况中,模拟负荷电流;防火毯可以包裹在电缆试验区段的至少一部分上;多组热电偶包括:第一组热电偶,设置在隧道环境;第二组热电偶,设置在防火毯表面;第三组热电偶,设置在防火毯与电缆接触面;第四组热电偶,设置在试验区段内未包裹防火毯区域。

[0141] 可以理解的是,搭建所述电缆防火毯载流量影响检测平台的目的在于,有效还原电缆现场运行环境。一个优选但非限制性的实施方式为,所述导体内置光纤测温电缆为YJLW02-DNG127/220kV-1×1600mm²。

[0142] 实施例4:一种电缆防火毯载流量影响检测方法

[0143] 如图5所示,一种基于实施例3所述电缆防火毯载流量影响检测平台的电缆防火毯载流量影响检测方法,包括以下步骤:

[0144] 步骤1,在试验电缆的试验区段的至少一部分上双层绕包防火毯;

[0145] 步骤2,设定环境温度时,向试验电缆施加恒定电流;

[0146] 步骤3,各组热电偶温度稳定平衡后记录从各热电偶获得的各测点温度,通过热路模型计算电缆热阻、防火毯热阻和环境热阻;

[0147] 步骤4,以步骤3获得的电缆热阻、防火毯热阻和环境热阻计算设定环境温度时,未包裹防火毯时电缆最大载流量,即线芯温度达到长期允许最高工作温度时的电流;具体包括:以如下公式计算线芯最大载流量,

$$I_C = [(T_{C0} - T_0) - 0.5W_d(R_1 + R_2 + 2R_3 + 2R_F + 2R_4) - W_{Al}(R_3 + R_F + R_4)]^{\frac{1}{2}} [R_C(R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4)]^{-\frac{1}{2}}$$

[0149] 式中:

[0150] I_C 表示线芯最大载流量,

[0151] T_{C0} 表示线芯长期允许最高工作温度, T_0 表示环境温度;

[0152] W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗;

[0153] R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护套等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻。

[0154] 以如下公式计算各层热阻之和,

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_F + R_4 = \frac{T_C - T_0}{L_C}$$

[0156] 式中:

[0157] T_C 表示电缆线芯温度, T_0 表示环境温度;

[0158] R_1 表示绝缘层等效热阻, R_2 表示缓冲层等效热阻, R_3 表示外护套等效热阻, R_F 表示防火毯等效热阻, R_4 表示环境等效热阻;

[0159] L_C 表示电缆线芯损耗。

[0160] 采用电流源作为电源,被试电缆金属护套两端断开,介质损耗和金属损耗忽略,

$$W_d = W_{Al} = 0$$

[0162] 式中:

[0163] W_d 表示电缆介质损耗, W_{Al} 表示电缆金属护套损耗。

[0164] 在一个已经实施的试验中,在电缆隧道内对在运220kV 1600mm²电缆采用实施例3双层绕包防火毯进行散热影响试验。施加恒定电流值,使得各层温度稳定平衡后记录各测点温度,通过热路模型计算各层热阻,分析防火毯包裹前后电缆温度变化情况。试验获得电缆隧道环境温度30℃,环境热阻0.3K·m/W时,此时电缆载流量为1705A。

[0165] 步骤5,以步骤4获得的电缆最大载流量,计算不同负荷比例下,包裹防火毯前后线芯温度差和外护套温度差;以及包裹防火毯后达到相同线芯温度,电缆载流量下降比例,即防火毯载流量影响。

[0166] 试验获得气凝胶毡类防火毯、复合陶瓷材料类防火毯双层绕包后防火组件的热阻

系数。考虑工程应用负荷情况,计算环境温度30℃时不同负荷比例下电缆线芯及外护套温度变化情况,结果如表7、8所示。

[0167] 表7气凝胶毡类防火毯散热影响分析

电流/A	负荷比例	包裹前后温差比对	
		线芯温差/°C	外护套温差/°C
341	20%	0.5	0.5
[0168] 682	40%	2.5	2.4
1023	60%	6.1	5.8
1364	80%	12.5	11.2
1705	100%	23.3	20.0

[0169] 表8复合陶瓷材料类防火毯散热影响分析

电流/A	负荷比例	包裹前后温差比对	
		线芯温差/°C	外护套温差/°C
341	20%	0.3	0.3
[0170] 682	40%	1.3	1.3
1023	60%	3.2	3.0
1364	80%	6.5	5.9
1705	100%	12.1	10.3

[0171] 轻载运行条件下,各类防火毯对电缆运行温度几乎无影响,且电缆线芯温度上升与电缆外护套温度上升数值近似相等;重载运行时,防火毯对电缆线芯温度影响10~20℃。

[0172] 结合试验数据及电缆热路模型,计算环境温度30℃工况下,防火毯绕包电缆前后电缆载流量变化情况,计算结果如表9所示。1600mm²电缆载流量下降趋势与630mm²电缆相似,防火毯绕包后载流量下降约10%~15%,其中复合陶瓷材料类防火毯载流量影响最小。

[0173] 表9电缆载流量影响分析

防火毯类别	载流量下降比例
气凝胶毡类防火毯	12.17%
[0174] 复合陶瓷材料类防火毯	7.09%

[0175] 本发明的有益效果在于,与现有技术相比,本发明解决了防火毯为代表的新型防火产品性能难以评估的技术问题,能够准确获得绕包防火毯对电缆温度监测和载流量的影响,进而重新确定电缆的最大允许载流量和温度监测报警阈值,确保最大负荷下电缆线路载流量在安全范围之内。

[0176] 本发明申请人结合说明书附图对本发明的实施示例做了详细的说明与描述,但是本领域技术人员应该理解,以上实施示例仅为本发明的优选实施方案,详尽的说明只是为

了帮助读者更好地理解本发明精神,而并非对本发明保护范围的限制,相反,任何基于本发明的发明精神所作的任何改进或修饰都应当落在本发明的保护范围之内。

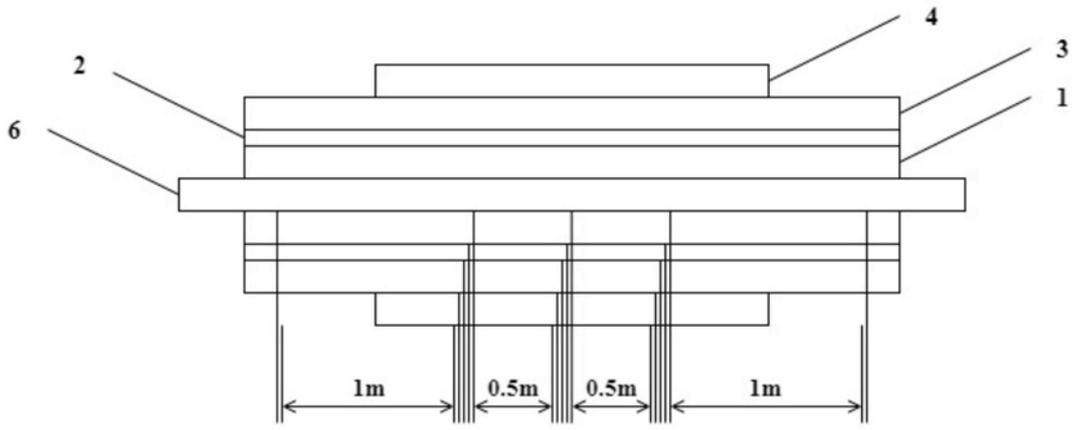


图1

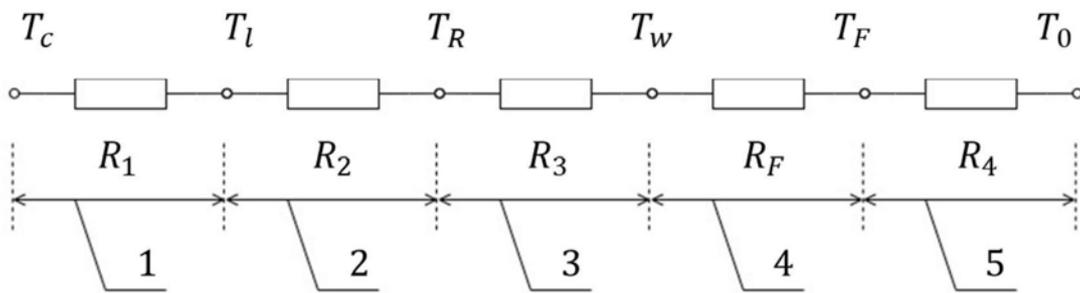


图2

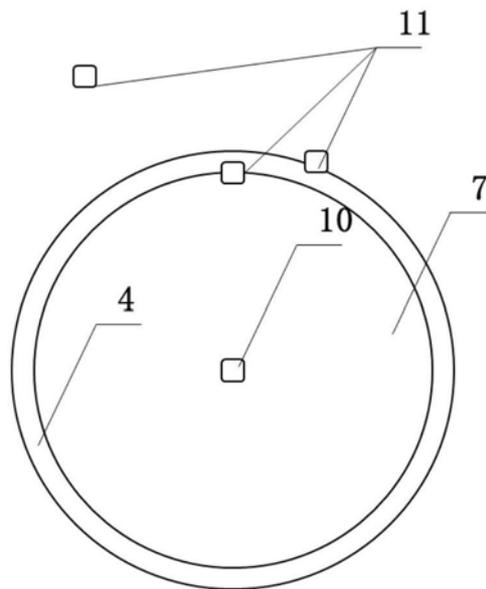


图3



图4

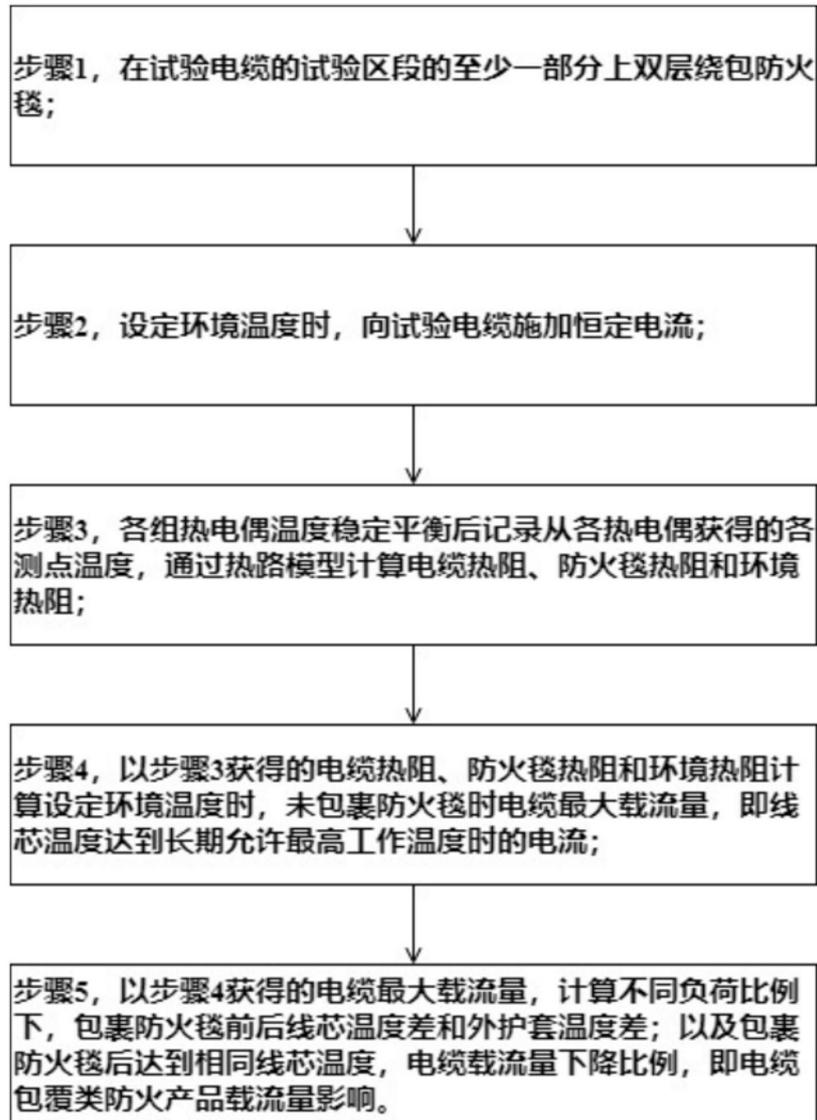


图5