

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02G 7/16 (2006.01)

H02G 1/02 (2006.01)

B60M 1/12 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910023412.6

[43] 公开日 2010年2月3日

[11] 公开号 CN 101640400A

[22] 申请日 2009.7.23

[21] 申请号 200910023412.6

[71] 申请人 中铁第一勘察设计院集团有限公司
地址 710043 陕西省西安市雁塔区西影路二
号

[72] 发明人 宫衍圣 李会杰 刘和云 彭文盛
李 强 王祖峰 陈学光 田志军
李 晋 何廷文 王继来 黄文勋

[74] 专利代理机构 西安新思维专利商标事务所有
限公司
代理人 李 罡

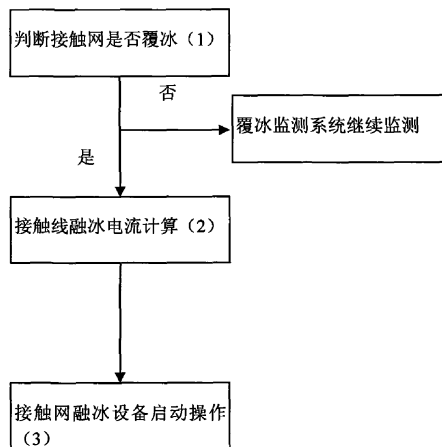
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种电气化铁路接触网的融冰方法及其融冰系统

[57] 摘要

本发明涉及一种电气化铁路接触网的融冰方法及其融冰系统。接触网覆冰时，产生的危害主要有电力机车受电弓无法与接触线接触取流、接触网舞动乃至倒杆、塌网等事故。本发明采用上、下行接触网通过分区所串联成一个回路，在回路首端输入交流或直流融冰电流，通过覆冰数据处理及控制模块对气象及接触网参数的分析得出覆冰厚度及安全的融冰电流值，然后控制融冰系统在回路末端输出融冰电流，由此依靠电流产生的焦耳热融冰。本发明依靠焦耳热融化附着在接触线的冰，与运营部门通过人工敲打等方式除冰相比，不仅大大提高了除冰效率从而减少了对铁路运输的影响，而且消除了外力对接触线的损伤。



1、一种电气化铁路接触网的融冰方法，其特征在于：通过以下步骤实现：

(1)、判断接触网是否覆冰：覆冰数据处理及控制模块通过联网获取铁路防灾系统或地方的气象信息数据，或通过自身风速计、温度计、湿度计来收集所需气象数据，再由人机对话或系统自动输入温度、风速、相对湿度、天气情况、接触线半径和长度、覆冰时间，分析得出接触网覆冰厚度；

(2)、接触线融冰电流计算：覆冰数据处理及控制模块根据上述步骤得出的接触网覆冰厚度，以及接触线参数、冰的参数，再根据融冰时间分析得出融冰电流值，同时根据导线密度、导线比热容、对流传热系数进行裸露导线融冰安全性校验，分析融冰电流值是否安全；

(3)、如果融冰电流值为安全值，则融冰系统进行融冰操作，如果融冰电流值不是安全值，返回步骤2重新分析。

2、根据权利要求1所述的一种电气化铁路接触网的融冰方法，其特征在于：所述的步骤(1)的接触网覆冰厚度的分析如下：

$$M = 8.9635 \times 10^{-3} \times l \times \sqrt{-VT} \tau^{4/3}$$

式中 v 为风速，单位为 m/s； T 为温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ； τ 为时间，单位为小时(h)； l 为导线长度，单位为 m； M 为覆冰重量，单位为 kg；

根据覆冰重量，再根据导线线径及密度转化成覆冰厚度。

3、根据权利要求1所述的一种电气化铁路接触网的融冰方法，其特征在于：所述的步骤(2)的融冰电流值的分析如下：

$$t = \frac{2.78 \times R_i \rho_s [h_{yf} + C_s (T_m - T_0)]}{I^2 R_e} (R - R_i)$$

式中 ρ_s 、 h_{sf} 、 C_S 、 T_m 、 T_o 分别为冰的密度、融解热、比热、融化温度、初始温度； I 、 R_e 分别为融冰电流值及接触线电阻。

4、根据权利要求 1 所述的一种电气化铁路接触网的融冰方法，其特征在于：所述的步骤（2）的融冰电流值安全校验如下：

$$\rho cv \frac{dT}{d\tau} = -Ah(T - T_{\infty}) + I^2 R$$

式中为 T 导线的温度、 T_{∞} 为环境温度、 ρ 为导线的密度、 c 为导线比热容、 v 为单位长度导线体积、 h 为对流传热系数、 I 为电流大小、 R 为每米长导线电阻、 A 为单位长度导线表面积。

5、一种电气化铁路接触网的融冰系统，其特征在于：包括覆冰数据处理及控制模块、双极负荷隔离开关（4）、交流融冰限流装置（3），交流融冰限流装置（3）包括融冰电阻箱、融冰电容器箱、风冷或水冷装置、控制保护装置；

所述的交流融冰限流装置（3）设置分区所内，下行接触网（2）与综合接地箱（10）连接，且之间设置有接地隔离开关（11），上、下行接触网（1、2）通过供电臂末端分区所的双极负荷隔离开关（4）串联成融冰回路。

6、一种电气化铁路接触网的融冰系统，其特征在于：包括覆冰数据处理及控制模块、直流负荷隔离开关（16）、直流融冰限流装置（12），直流融冰限流装置（12）包括降压变压器、整流滤波装置、风冷或水冷装置、控制保护装置；

所述的直流融冰限流装置（12）设置牵引变电所内，母线通过断路器（13）与直流融冰限流装置（12）连接，且两者之间设置有隔离开关（14），直流融冰限流装置（12）的输出电缆通过直流负荷隔离开关（16）、分区所的并联断路器（9）、直流隔离开关（15）与上、下行接触网（1、2）串联形成融冰回路。

一种电气化铁路接触网的融冰方法及其融冰系统

技术领域

本发明涉及一种电气化铁路接触网的融冰方法及其融冰系统。

技术背景

接触网覆冰属构件大气结冰范畴，它是在空气高度过饱和且含有过冷却水滴、导线温度等于或略高于环境温度的一种自然附着成冰现象。由于微气象、微地形及温度、空气中过冷却水含量、风速等不同，接触网覆冰可以按不同分类方法划分为雨淞、混合淞、雾淞、白霜等。对接触网产生影响的主要是雨淞与混合淞。

接触网覆冰时，产生的危害主要有电力机车受电弓无法与接触线接触取流、接触网舞动乃至倒杆、塌网等事故。

电气化铁路接触网融冰主要目的是融化接触网最主要设备—接触线的覆冰，同时兼顾融化承力索覆冰，主要原理是将融冰电流注入接触网，使接触线、承力索通过焦耳热融冰。

电气化铁路接触网融冰方法是将上、下行接触网通过分区所串联成一个回路，在回路首端输入融冰电流，在回路末端输出融冰电流，由此依靠电流产生的焦耳热融冰。

接触网上、下行形成的融冰回路长度一般不大于 50km，产生的电流有效值可达 1500A。

在进行接触网融冰时还需要注意以下环节：

- 1、牵引变压器停止向接触网馈出牵引电流；
- 2、接触网上隔离开关处于合适的状态。比如电分相处的隔离开关处于打开状态，设置在分区所内的上、下行联络开关处于闭合状态。

目前，依靠上述方法，还不能融化附加导线、吊弦、绝缘子等接触网其余设备的覆冰。

发明内容

本发明所解决的技术问题是提供一种电气化铁路接触网的融冰方法及其融冰系统能够提高了除冰效率从而减少了对铁路运输的影响，而且消除了外力对接触线的损伤。

为解决上述的技术问题，本发明采取的技术方案：

本发明的特殊之处在于：通过以下步骤实现：

(1)、判断接触网是否覆冰：覆冰数据处理及控制模块通过联网获取铁路防灾系统或地方的气象信息数据，或通过自身风速计、温度计、湿度计来收集所需气象数据，再由人机对话或系统自动输入温度、风速、相对湿度、天气情况、接触线半径和长度、覆冰时间，分析得出接触网覆冰厚度；

(2)、接触线融冰电流计算：覆冰数据处理及控制模块根据上述步骤得出的接触网覆冰厚度，以及接触线参数、冰的参数，再根据融冰时间分析得出融冰电流值，同时根据导线密度、导线比热容、对流传热系数进行裸露导线融冰安全性校验，分析融冰电流值是否安全；

(3)、如果融冰电流值为安全值，则融冰系统进行融冰操作，如果融冰电流值不是安全值，返回步骤2重新分析。

上述的步骤(1)的接触网覆冰厚度的分析如下：

$$M = 8.9635 \times 10^{-3} \times l \times \sqrt{-VT} \tau^{4/3}$$

式中 v 为风速，单位为 m/s； T 为温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ； τ 为时间，单位为小时 (h)； l 为导线长度，单位为 m； M 为覆冰重量，单位为 kg；

根据覆冰重量，再根据导线线径及密度转化成覆冰厚度。

上述的步骤 (2) 的融冰电流值的分析如下：

$$t = \frac{2.78 \times R_i \rho_s [h_{sf} + C_s (T_m - T_0)]}{I^2 R_e} (R - R_i)$$

式中 ρ_s 、 h_{sf} 、 C_s 、 T_m 、 T_0 分别为冰的密度、融解热、比热、融化温度、初始温度； I 、 R_e 分别为融冰电流值及接触线电阻。

上述的步骤 (2) 的融冰电流值安全校验如下：

$$\rho c v \frac{dT}{d\tau} = -Ah(T - T_{\infty}) + I^2 R$$

式中为 T 导线的温度、 T_{∞} 为环境温度、 ρ 为导线的密度、 c 为导线比热容、 v 为单位长度导线体积、 h 为对流传热系数、 I 为电流大小、 R 为每米长导线电阻、 A 为单位长度导线表面积。

一种电气化铁路接触网的融冰系统，其特殊之处在于：包括覆冰数据处理及控制模块、双极负荷隔离开关、交流融冰限流装置，交流融冰限流装置包括融冰电阻箱、融冰电容器箱、风冷或水冷装置、控制保护装置；

所述的交流融冰限流装置设置分区所内，下行接触网与综合接地箱连接，且之间设置有接地隔离开关，上、下行接触网通过供电臂末端分区所的双极负荷隔离开关串联成融冰回路。

一种电气化铁路接触网的融冰系统，其特殊之处在于：包括覆冰数据处理及控制模块、直流负荷隔离开关、直流融冰限流装置，直流融冰限流装置包括

降压变压器、整流滤波装置、风冷或水冷装置、控制保护装置；

所述的直流融冰限流装置设置牵引变电所内，母线通过断路器与直流融冰限流装置连接，且两者之间设置有隔离开关，直流融冰限流装置的输出电缆通过直流负荷隔离开关、分区所的并联断路器、直流隔离开关与上、下行接触网串联形成融冰回路。

与现有技术相比，本发明依靠焦耳热融化附着在接触线的冰，与运营部门通过人工敲打等方式除冰相比，不仅大大提高了除冰效率从而减少了对铁路运输的影响，而且消除了外力对接触线的损伤。

附图说明

图 1 为本发明的交流连接示意图；

图 2 为本发明的直流连接示意图；

图 3 为本发明的工作流程图；

图 4 为本发明计算出覆冰值与实测覆冰值对比图；

图 5 为本发明计算出融冰时间与实测融冰时间对比图；

图 6 为某一电流值时导线温升与时间关系图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

参见图 1，本发明包括融冰数据处理及控制模块、双极负荷隔离开关 4、交流融冰限流装置 3，交流融冰限流装置 3 包括融冰电阻箱、融冰电容器箱、风冷或水冷装置、控制保护装置，融冰电阻箱用于调整融冰电流值，采用密封式。

交流融冰限流装置 3 设置分区所内，下行接触网 2 与综合接地箱 10 连接，且之间设置有接地隔离开关 11，上、下行接触网 1、2 通过供电臂末端分区所的

双极负荷隔离开关 4 串联成融冰回路。

参见图 2，本发明包括融冰数据处理及控制模块、直流负荷隔离开关 16、直流融冰限流装置 12，直流融冰限流装置 12 包括降压变压器、整流滤波装置、风冷或水冷装置、控制保护装置，整流滤波装置采用二极管或晶闸管整流。

直流融冰限流装置 12 设置牵引变电所内，母线通过断路器 13 与直流融冰限流装置 12 连接，且两者之间设置有隔离开关 14，直流融冰限流装置 12 的输出电缆通过直流负荷隔离开关 16、分区所的并联断路器 9、直流隔离开关 15 与上、下行接触网 1、2 串联形成融冰回路；

覆冰数据处理及控制模块设置在牵引变电所内，并与铁路防灾系统或地方的气象信息数据联网或通过自身风速计、温度计、湿度计等来收集所需气象数据。

参见图 3，本发明的融冰方法，通过以下步骤实现：

(1)、判断接触网是否覆冰：覆冰数据处理及控制模块通过联网获取铁路防灾系统或地方的气象信息数据，或通过自身风速计、温度计、湿度计等来收集所需气象数据，再由人机对话或系统自动输入温度、风速、相对湿度、天气情况、接触线半径和长度、覆冰时间，分析得出接触网覆冰厚度。

接触网覆冰厚度的分析如下：

$$M = 8.9635 \times 10^{-3} \times l \times \sqrt{-VT} \tau^{4/3}$$

式中 V 为风速，单位为 m/s； T 为温度，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ； τ 为时间，单位为小时 (h)； l 为导线长度，单位为 m； M 为覆冰重量，单位为 kg。

根据覆冰重量，再根据导线线径及密度转化成覆冰厚度。

参见图 4 本发明计算出覆冰值与实测覆冰值对比图，输入温度 -5°C 、风速

5m/s、相对湿度 90%，选择冻雨天气，输入接触线半径 6.45mm、覆冰时间 6 小时，得出覆冰厚度为 8.19mm。

(2)、接触线融冰电流计算，覆冰数据处理及控制模块根据上述步骤得出的接触网覆冰厚度，以及接触线参数、冰的参数，再根据融冰时间分析得出融冰电流值，同时根据导线密度、导线比热容、对流传热系数进行裸露导线融冰安全性校验，分析融冰电流值是否安全，图 6 为某一电流值时导线温升与时间关系图。

融冰电流值的分析如下：

$$t = \frac{2.78 \times R_i \rho_s [h_{sf} + C_s (T_m - T_0)]}{I^2 R_e} (R - R_i)$$

式中 ρ_s 、 h_{sf} 、 C_s 、 T_m 、 T_0 分别为冰的密度、融解热、比热、融化温度、初始温度； I 、 R_e 分别为融冰电流值及接触线电阻。

融冰电流值安全校验如下：

$$\rho c v \frac{dT}{d\tau} = -Ah(T - T_\infty) + I^2 R$$

式中为 T 导线的温度、 T_∞ 为环境温度、 ρ 为导线的密度、 c 为导线比热容、 v 为单位长度导线体积、 h 为对流传热系数、 I 为电流、 R 为每米长导线电阻、 A 为单位长度导线表面积。

图 5 为本发明计算出融冰时间与实测融冰时间对比图，输入接触线直径 12.9mm、截面积 120mm²、电阻率 0.000199 Ω /m，输入冰的厚度 8.19mm，初始温度 -5 $^{\circ}$ C，其中采用系统自动提供的参数。当电流值为 600A 时，融冰时间为 10.2 分钟。经校验，裸导线温度为 20.45 $^{\circ}$ C，因此证明采用该电流融冰是安全的。

(3)、如果融冰电流值为安全值，则融冰系统进行如下融冰操作：

I、交流融冰时，参见图 1：

正常情况下设在分区所的双极负荷隔离开关 4 及设在牵引变电所的接地隔离开关 11 分闸，融冰回路不运行，融冰操作步骤如下：

- A 牵引变电所断开上、下行馈线断路器 5、6；
- B 牵引变电所上、下行馈线隔离开关 7、8 分闸；
- C 分区所断开并联断路器 9，自耦变退出运行；
- D 自耦所退出运行（AT 供电方式）；
- E 牵引变电所下行馈线（T 线）与综合接地箱 10 间的接地隔离开关 11 合闸；
- F 分区所双极负荷隔离开关 4 合闸；
- G 牵引变电所上行馈线隔离开关 7 合闸；
- H 闭合牵引变电所上行馈线断路器 5，融冰系统正式启动。

接触网交流融冰限流装置 3 退出运行并恢复供电的操作过程

- A 断开牵引变电所上行馈线断路器 5；
- B 牵引变电所上行馈线隔离开关 7 分闸；
- C 分区所双极负荷隔离开关 4 分闸；
- D 牵引变电所下行馈线（T 线）与综合接地箱 10 间的接地隔离开关 11 分闸；
- E 自耦所投入运行，分区所自耦变压器投入运行；
- F 闭合分区所并联断路器 9；
- G 牵引变电所上、下行馈线隔离开关合闸 7、8；
- H 闭合变电所上、下行馈线断路器 5、6，供电臂恢复供电。

II、直流融冰时：

正常情况下设在牵引变电所内的直流负荷隔离开关 16 及直流隔离开关 15

分闸，融冰回路不运行，融冰操作步骤如下：

- A 断开牵引变电所断开上、下行馈线断路器 5、6；
- B 牵引变电所上、下行馈线隔离开关分闸 7、8；
- C 分区所断开并联断路器 9，自耦变退出运行；
- D 自耦所退出运行（AT 供电方式）；
- E 牵引变电所下行馈线（T 线）与直流融冰限流装置 12 间的直流隔离开关 15 合闸；
- F 牵引变电所的直流负荷隔离开关 16 合闸；
- G 闭合分区所并联断路器 9；
- H 牵引变电所的隔离开关 14 合闸；
- I 闭合牵引变电所的断路器 13，融冰系统正式启动。

接触网直流融冰限流装置退出运行并恢复供电的操作过程：

- A 断开牵引变电所的断路器 13；
- B 牵引变电所的隔离开关 14 分闸；
- C 断开分区所并联断路器 9；
- D 牵引变电所的直流负荷隔离开关 16 分闸；
- E 牵引变电所下行馈线（T 线）与直流融冰限流装置 12 间的直流负荷隔离开关 15 分闸；
- F 自耦所投入运行，分区所自耦变压器投入运行；
- G 闭合分区所并联断路器 9；
- H 牵引变电所上、下行馈线隔离开关 7、8 合闸；
- I 闭合牵引变电所断开上、下行馈线断路器 5、6，供电臂恢复供电。

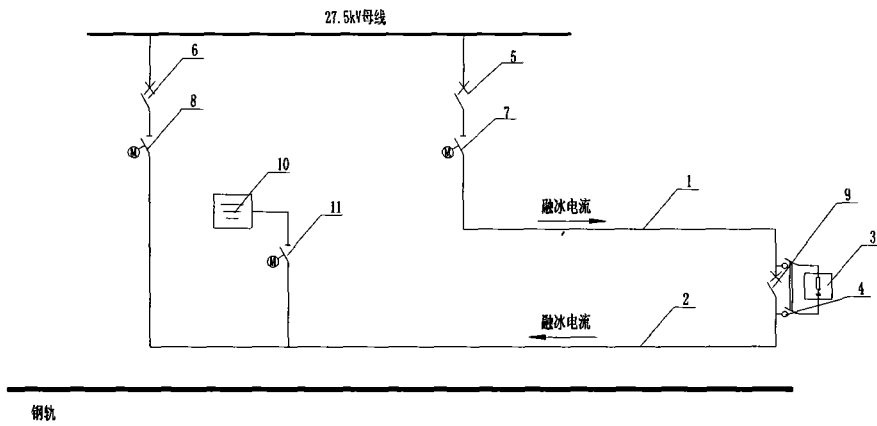


图 1

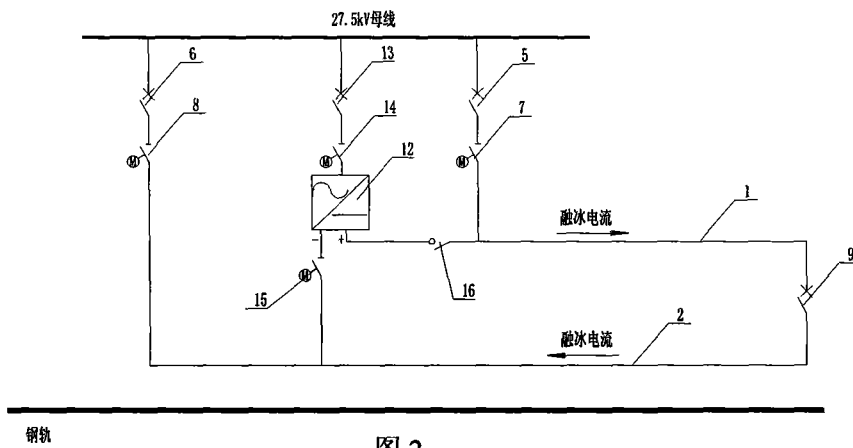


图 2

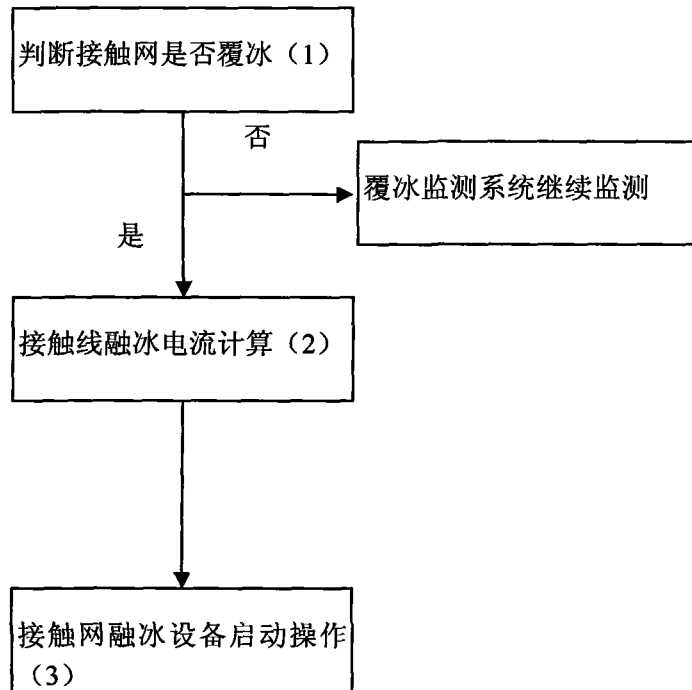


图 3

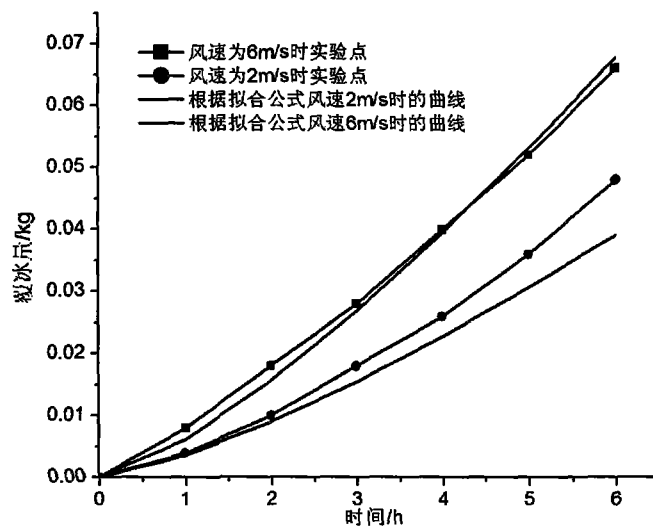


图 4

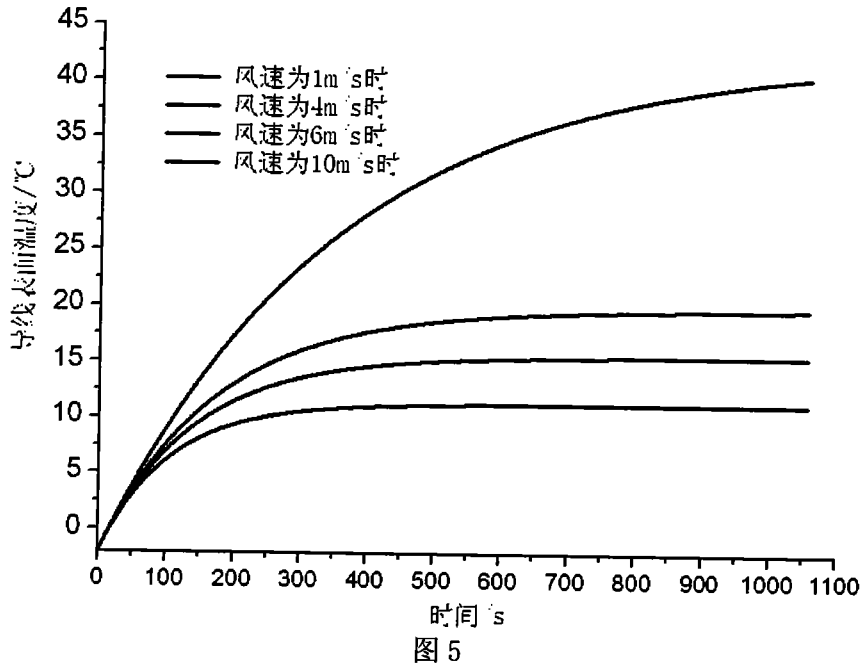


图 5

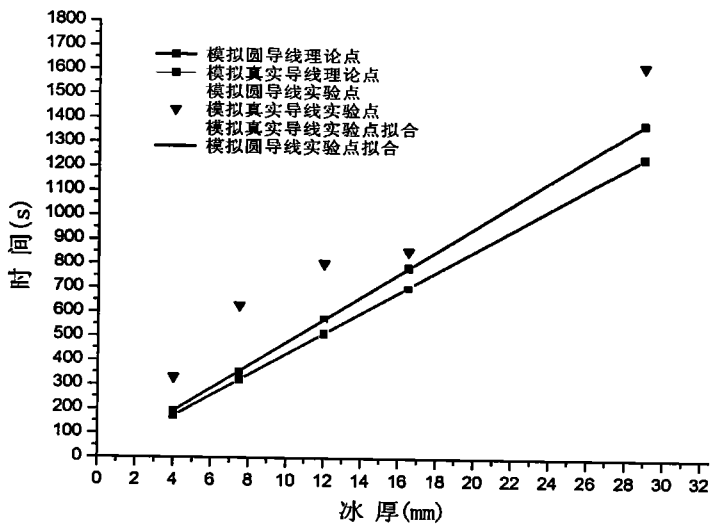


图 6