

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2014年11月27日 (27.11.2014)



(10) 国际公布号  
WO 2014/187053 A1

- (51) 国际专利分类号:  
H01B 7/28 (2006.01) H02G 7/16 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/084075
- (22) 国际申请日: 2013年9月24日 (24.09.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201310193437.7 2013年5月23日 (23.05.2013) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街86号, Beijing 100031 (CN)。 中国电力科学研究院 (CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。
- (72) 发明人: 谢迎军 (XIE, Yingjun); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 张大华 (ZHANG, Dahua); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 于振 (YU, Zhen); 中国

北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。 黄娜 (HUANG, Na); 中国北京市海淀区清河小营东路15号, Beijing 100192 (CN)。

- (74) 代理人: 北京安博达知识产权代理有限公司 (AM-BOYNA INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD.); 中国北京市海淀区大钟寺13号院1号楼华杰大厦B215, Beijing 100098 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: POWER TRANSMISSION LINE FOR PREVENTING SNOW AND ICE DISASTER

(54) 发明名称: 一种防止冰雪灾害的输电导线

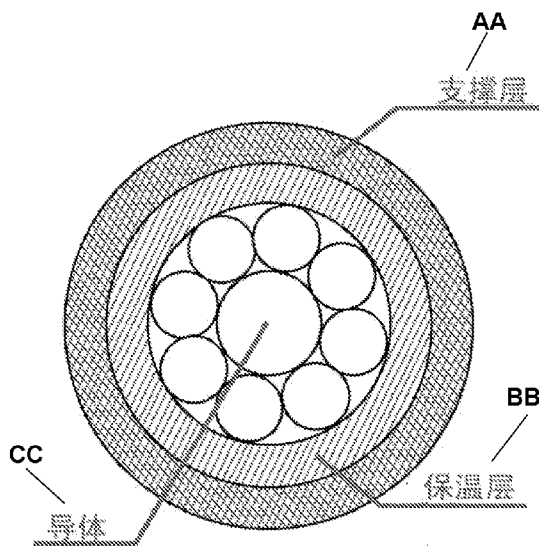


图1 / FIG. 1

- AA Supporting layer
- BB Heat-insulating layer
- CC Conductor

(57) Abstract: A power transmission line for preventing snow and ice disasters. The power transmission line is provided with a conductor, a heat-insulating layer and a supporting layer successively from inside to outside, wherein the supporting layer comprises rubber. The heat transfer process between the lost heat of the power transmission line and the surrounding environment is changed by adding the heat-insulating layer and the supporting layer around the surface of the conductor, thereby changing the distribution of the temperature field of the power transmission line and the surrounding environment, and preventing and delaying the coagulation of snow and ice on the power transmission line, so as to prevent snow and ice disasters.

(57) 摘要: 一种防止冰雪灾害的输电导线, 输电导线从内向外依次设置导体、保温层和支持层, 该支持层包括橡胶。通过环绕导体表面增加保温层和支持层, 改变了输电导线损耗热与周围环境的热传递过程, 从而改变了输电导线与周围环境的温度场分布, 阻止和延缓冰雪在输电导线的凝结, 起到防止冰雪灾害的作用。

WO 2014/187053 A1

BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

## 一种防止冰雪灾害的输电导线

### 技术领域

本发明属于防灾减灾技术领域，具体涉及一种防止冰雪灾害的输电导线。

### 背景技术

雨雪、冰冻并常常伴随的大风灾害是电网面临的主要灾害之一，此类灾害往往同时引起输电线路舞动，从而造成输电线路杆塔倒塔、线路跳闸、线路螺栓松动脱落、跳线脱落、断线断股、连接金具损坏、塔材受损、覆冰闪络等严重损情况，其直接后果就是容易引发因电网解列、电网大面积停电、局部电网孤网运行、电力铁路停电等次生灾害，给社会经济和民生造成极大的困难，此类灾害在我国、俄罗斯、加拿大、美国、日本、英国、芬兰、冰岛等都会经常大面积发生，可以说冰雪灾害是世界许多国家面临的共同问题。

目前电力行业应对冰雪灾害的主要方法有：

①外力敲打法，国外称之为“ad hoc”法，即由操作者在现场处理，处理方法千变万化。外力敲打虽简便易行，但只能为很少的一部分覆冰线路除冰，速度慢、工作量大且不经济，所以只在没有其它更有效方法的紧急情况下使用。

②大电流融冰法，包括过电流融冰、短路电流融冰、直流电流融冰等，此类方法效率较高，但一般需要有额外设备的事先准备，成本很高，耗能巨大，操作复杂，对系统安全有较大的影响，而且也容易发生局部过热而引起电网设备损坏。特别地，受限于系统短路容量、融冰电源等，对 500kV 及以上系统，短路融冰几乎不可能实现。

③带负荷融冰法，这种技术主要是利用双分裂导线线路本身，通过自耦变压器升压后在双分裂导线形成回路并产生电流或改变电网运行方式从而调整电网潮流分布增大结冰线路电流，导线发热从而实现融冰。这种技术的融冰效果较好，但不论是线路设计、配套设施建设或电网运行方式调整局限性都比较大，使用范围较窄。

④被动除冰法，此类方法是在导线上安装阻雪环、平衡锤等装置，使冰雪不易在导线上聚结而自行脱落，虽然不需基本投入且运作价格低廉，但这种方法效率低，受自然条件制约且局限于一定类型的冰，因此这种方法不能保证可靠。

⑤激光融冰法，一般有两种情况，第一种是利用激光的高能量融冰除冰，第二种是利用激光的脉冲、应力波产生冲击，从而达到融冰的目的。此类方法，一方面大功率激光源难以

得到，另一方面功率激光器对陶瓷、金属等物体的损害也较大，在实际工作中很少应用。

⑥化学除冰法，此类方法包括憎冰涂料、吸热涂料、喷洒除冰液等方法，在飞机、汽车、火车的防冰、防雪上，已经有试点应用。但输电线路的除冰作业范围太大，同时考虑到对环境的影响和对铁塔的腐蚀作用，难以在电力系统中应用。

⑦新型高压架空导线（AERO-Z）法（云南昭通），这种导线截面呈星 Z 形排列，比绞合电缆更结实、紧凑，AERO-Z 导线平滑的表面可大大减少雪和霜的积聚。由于造价很高，仅靠平滑表面减少冰雪积聚，随着导线老化，作用减弱，推广有限。

⑧其他还有机器人铲雪装置法、电磁力除冰法、电脉冲除冰法等，大多还处于探索性研究阶段。

以上方法基本都是在冰雪灾害形成之后的消除方法，往往损失已经造成，不论从损失方面还是应对措施方面看，代价都比较巨大。其实，冰雪灾害形成过程“非一日之寒”，灾害累积也非突变，灾害存在条件非常狭窄，如果从预防环节着手，在冰雪灾害形成过程中“防微杜渐”，那么，冰雪防止效果和付出代价就会大不一样。

## 发明内容

为了克服上述现有技术的不足，本发明提供一种防止冰雪灾害的输电导线，通过环绕导体表面增加保温层与保温支持层，从而改变输电线损耗热与输电线周围环境的热传导和对流热交换过程，人为造成可溢出“漫热坝”，从而改变输电导线、保温层及支持层、输电导线与周围环境空气接触薄层、输电线路周围空气环境层的温度场分布。从而阻断雨淞、雪淞等造成输电线路冰灾形成的通道，起到防治输电导线冰雪灾害的作用。

为了实现上述发明目的，本发明采取如下技术方案：

提供一种防治冰雪灾害的输电导线，所述输电导线从内向外依次设置导体、保温层和支持层，所述支持层包括橡胶。

在环境温度在 0℃ 附近时，保温层内外表面有 5℃ 左右温度差，在高温时，导线热平衡满足国家标准的保温层。

110kV 以下电网输配电导线，环绕输电导线紧密环绕一层柔软、绝缘高分子材料组成的保温层，在保温层外设置一层耐腐蚀、柔韧、绝缘的支持层橡胶。

110kV 及以上电网的输电导线，为克服强电场介质损耗、电晕、局部放电对支撑材料的影响，把保温层置于导线单线层中间，外层导线兼作支撑层。

采用保温层和支持层合二为一、采用保温涂层等情况，从而生产制造相同功能的冰灾防

治输电导线。

所述输电导线为用于各电压等级的输配电网中的电力线。

电能所述输电导线的传输过程中，被输电导线损耗掉的线路损耗能量以热交换和热辐射的形式散发到大气环境中；所述热交换包括由于内部原子和自由电子微观粒子的热运动引起的传导热交换，以及输电导线与环境空气之间以及空气内部发生相对位移所引起的对流热交换。

所述传导热交换中，根据傅立叶热传导定律，传导热量流失热功率遵循如下规律：

$$dQ = -\lambda dS \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

其中， $Q$ 为传热速率， $S$ 为导热面积， $x$ 为温度场位置变量， $\lambda$ 为导热系数， $t$ 为温度场温度变量；

所述导热系数 $\lambda$ 为在稳定传热条件下，单位厚度的材料，两侧表面单位温度差在单位时间内通过单位面积所传递的热量，其单位为瓦特/米·度；且导热系 $\lambda$ 表征材料导热性能的物性参数， $\lambda$ 越大，导热性能越好，其值与物质的组成、结构、密度、温度及压强有关。

所述对流热交换中，根据牛顿冷却定律，流体换热功率 $Q$ 由下式计算：

$$Q = \alpha S(t_1 - t_2) \quad (2)$$

其中， $t_1$ 和 $t_2$ 分别为固体壁温度和流体温度，单位均为摄氏度； $S$ 为导热面积，单位为平方米， $\alpha$ 为对流换热系数，单位为瓦特/平方米·摄氏度；且 $\alpha$ 代表对流换热能力的大小，其值等于单位时间内流体和壁面间温度相差 $1^\circ\text{C}$ 时，每单位面积所传递的热量，与换热面的形状和位置，流体的热传导系数、热容、密度和粘滞系数，流体的层流或湍流状态，以及流体自由运动或强制运动的运动状态相关。

所述热辐射中，物体的辐射能量 $Q$ 由下式计算：

$$Q = \varepsilon A \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

其中， $\varepsilon$ 为物体的发射率， $A$ 为物体的表面积， $\sigma$ 为斯特藩-波尔兹曼常数，其值为 $5.67 \times 10^{-8}$ 瓦特/米<sup>2</sup>·开尔文<sup>4</sup>， $T_1$ 和 $T_2$ 分别为物体温度和环境温度。

与现有技术相比，本发明的有益效果在于：本发明提供的输电导线通过环绕导体表面增加保温层与保温支持层，从而改变输电线损耗热与输电线周围环境的热传导和对流热交换过程，人为造成可溢出“漫热坝”，从而改变输电导线、保温层及支持层、输电导线与周围环境空气接触薄层、输电线路周围空气环境层的温度场分布。从而阻断雨淞、雪淞等造成输电线路冰灾形成的通道，起到防治输电导线冰雪灾害的作用。

## 附图说明

图 1 是本发明实施例中防治冰雪灾害的输电导线的结构截面示意图；

图 2 是本发明实施例中防治冰雪灾害的输电导线作结构变换 I 的结构截面示意图；

图 3 是本发明实施例中防治冰雪灾害的输电导线作结构变换 II 的结构截面示意图。

## 具体实施方式

下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

如图 1，本发明提供一种防治冰雪灾害的输电导线，输电导线从内向外依次设置导体、保温层和支持层，所述支持层包括橡胶。根据不同的气候条件和理论输电导线损耗热，调整保温层和保温支持层的材料与厚度，从而构造合适的“漫热坝”，从而阻断输电导线覆冰形成过程。由于输电导线“漫热坝”内热量通过表面缓慢释放（热势），从而使在输电导线的少量覆冰因融化消失或脱落。

利用冰灾形成于  $0^{\circ}\text{C}$  上下一个非常狭窄的区间的客观事实，不依靠外部能量输入、控制或干预，仅利用输电导线损耗热，通过改变输电导线及周围环境温度场，向上稍微平移输电导线及其表面的等温线，从而与环境冻雨形成温度错开，而使在冻雨条件下（ $0^{\circ}\text{C}$  左右），在输电导线表面不结冰；在温度进一步降低时，外部环境已不具备冻雨形成条件（干冷或降雪），在输电导线表面不结冰。在环境温度在  $0^{\circ}\text{C}$  附近时，保温层内外表面有  $5^{\circ}\text{C}$  左右温度差，在高温时，导线热平衡满足国家标准的保温层。

110kV 以下电网输配电导线，环绕输电导线紧密环绕一层柔软、绝缘高分子材料组成的保温层，在保温层外设置一层耐腐蚀、柔韧、绝缘的支持层橡胶。

如图 2，采用保温层和支持层合二为一、采用保温涂层等情况，从而生产制造相同功能的冰灾防治输电导线。

110kV 及以上电网的输电导线，为克服强电场介质损耗、电晕、局部放电对支撑材料的影响，把保温层置于导线单线层中间，外层导线兼作支撑层，如图 3。

所述输电导线为用于各电压等级的输配电网中的电力线。

电能所述输电导线的传输过程中，被输电导线损耗掉的线路损耗能量以热交换和热辐射的形式散发到大气环境中；所述热交换包括由于内部原子和自由电子微观粒子的热运动引起的传导热交换，以及输电导线与环境空气之间以及空气内部发生相对位移所引起的对流热交换。

温度场(temperature field)是空间中各点在某一瞬间的温度分布，物体的温度分布是空间坐

标和时间的函数，即

$$t = f(x, y, z, \tau)$$

其中：t为温度；x, y, z为空间坐标； $\tau$ 为时间。

在温度场中同一时刻相同温度各点组成的面为等温面。

等温面的特点：①等温面不能相交；②沿等温面无热量传递。沿等温面将无热量传递，而沿和等温面相交的任何方向，因温度发生变化则有热量的传递。温度随距离的变化程度以沿与等温面的垂直方向为最大。

等温面x及x +  $\Delta x$ 的温度分别为t(x,  $\tau$ )及t(x +  $\Delta x$ ,  $\tau$ )，则两等温面之间的平均温度变化率为：

$$\Delta t = \frac{t(x + \Delta x, \tau) - t(x, \tau)}{\Delta x}$$

温度梯度为：

$$\text{grad}t = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{t(x + \Delta x, \tau) - t(x, \tau)}{\Delta x} = \frac{\partial t}{\partial x}$$

温度梯度是向量，其方向垂直于等温面，并以温度增加的方向为正。

在温度空间中，传热速率（热流量）为单位时间通过传热面积的热量，用Q表示，单位瓦特（W），即焦耳/秒（J/s）。

传导热交换中，根据傅立叶热传导定律，传导热量流失热功率遵循如下规律：

$$dQ = -\lambda dS \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

其中，Q为传热速率，S为导热面积，x为温度场位置变量， $\lambda$ 为导热系数，t为温度场温度变量；

所述导热系数 $\lambda$ 为在稳定传热条件下，单位厚度（1米）的材料，两侧表面单位温度差（1度（K, °C））在单位时间（1秒）内通过单位面积（1平方米）所传递的热量，其单位为瓦特/米·度（w/m.k）；且导热系 $\lambda$ 表征材料导热性能的物性参数， $\lambda$ 越大，导热性能越好，其值与物质的组成、结构、密度、温度及压强有关。

在这里，不影响判断并可通过试验得到精确结果，理论上可以粗略地认为：导线热传导散热速度与输电导线平均导热系数和温度差成正比和保温层成反比。即： $Q = -\lambda S \frac{\Delta t}{\Delta x}$ ，亦即： $dx = -\lambda ds \frac{dt}{dQ}$ 。

由于流体在运动过程中质点发生相对位移而引起的热量转移，称为对流换热。流体和固体壁面直接接触时彼此之间的换热过程，既包括流体位移时所产生的对流，也包括流体分子间的导热作用，是导热和对流作用的共同结果。

对流热交换中，根据牛顿冷却定律，流体换热功率Q由下式计算：

$$Q = \alpha S(t_1 - t_2) \quad (2)$$

其中,  $t_1$ 和 $t_2$ 分别为固体壁温度和流体温度, 单位均为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );  $S$ 为导热面积, 单位为平方米( $\text{m}^2$ ),  $\alpha$ 为对流换热系数, 单位为瓦特/平方米·摄氏度( $\text{w}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ); 且 $\alpha$ 代表对流换热能力的大小, 其值等于单位时间内流体和壁面间温度相差 $1^{\circ}\text{C}$ 时, 每单位面积所传递的热量, 与换热面的形状和位置, 流体的热传导系数、热容、密度和粘滞系数, 流体的层流或湍流状态, 以及流体自由运动或强制运动的运动状态相关。

所述热辐射中, 物体的辐射能量 $Q$ 由下式计算:

$$Q = \varepsilon A \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

其中,  $\varepsilon$ 为物体的发射率,  $A$ 为物体的表面积,  $\sigma$ 为斯特藩-波尔兹曼常数, 其值为 $5.67 \times 10^{-8}$ 瓦特/米<sup>2</sup>·开尔文<sup>4</sup>( $\text{w}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ ),  $T_1$ 和 $T_2$ 分别为物体温度和环境温度, 温度为开尔文温度。

通过以上分析, 可得出以下结论:

在输电导线热交换的应用场景中, 在诸多因素中, 热量传递功率 $Q$ 和温度差 $\Delta t$ 是问题的关键和目标。

通过以上分析知道环境温度、天气状况、风速、导线表面积等受限于环境和具体应用都是不可控因素, 因此, 对流热交换、辐射热交换过程无法人为控制, 也就是说不能通过对一些变量的调控改变输电导线及其周围的能量温度(温度场)的分布。但输电导线的传导热交换过程是可以通过改变保温及支持材料的材质从而改变输电导线的平均(等效) $\bar{\lambda}$ , 并通过改变保温及支持层的包裹方式、厚度等, 从而调控输电导线损耗发热的传导速度, 使输电导线内部有较高的内能, 并和输电导线表层之间始终有“热势”存在, 可以作为输电导线覆冰的逆过程(或反馈过程), 有效阻止和延缓冰雪在输电导线的凝结。

材料及工艺情况, 输电线材料铝制导线的导热系数大约为 $237 \text{ w}/\text{m.k}$ , 石棉的导热系数大约为 $0.15 \text{ w}/\text{m.k}$ , 当前, 有一种新型的超细玻璃棉的热传导系数可达 $0.008 \text{ w}/\text{m.k}$ , 具有重量轻、导热系数低、弹性好、无毒、无污染、耐高温(可在 $600-1050^{\circ}\text{C}$ 长期使用)、抗压、抗拉、抗弯曲强度高的特点。通过试验可以制造符合要求的输电导线保温和保温支持层。

以下以LGG500/35为例估算分析如下:

前提说明: 由于钢芯导线电阻大于铝材导线, 再加上集肤效应, 钢芯界面大小不影响以下分析结论, 故不考虑钢芯截面。

计算参数作如下选择:

单位输电导线电阻(1米): 输电导线电阻理论计算比较复杂, 包括交流电阻和直流电阻,



涉及温度、绞入系数、铝线根数、单线直径、涡流、磁滞、集肤效应等，这里，理论电阻具有指导意义，实际电阻可通过试验精确得到，不失分析一般性，输电导线电阻按标准《铝及铝合金拉制圆线材》(GB/T 3195-2008)规定，铝线电阻率取  $0.028 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ，由于导线截面积为  $S_{\text{截}} = 500\text{mm}^2$ ，则单位长度(1米)导线的电阻为  $r = \rho \times \frac{1}{S_{\text{截}}} = 0.028/500 = 0.000056$  欧姆 ( $\Omega$ )。

单位导线表面积：忽略保温层和保温支持层厚度，单位导线表面积  $S_{\text{表}} = \pi d \times 1 = \sqrt{4\pi S_{\text{截}}} = 79 \times 10^{-3} (\text{m}^2)$ 。

导线最高使用温度：按照《110kV-750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545 - 2010)，导线最高使用温度取  $70^\circ\text{C}$ 。

载流量：按照《110kV-750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545 - 2010)规定计算载流量(最高使用温度  $70^\circ\text{C}$ )，LGJ500/35 的计算载流量大约为 670 安培 (A)。

按照《110kV - 750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545 - 2010)规定，其他参数如下：高温时环境温度为  $40^\circ\text{C}$ ，日照强度  $1000 (\text{w}/\text{m}^2)$ 。导线表面辐射系数为 0.9，导线吸热系数为 0.9。

由此计算线路损耗功率为  $P_{\text{耗}} = I^2 r = 670^2 \times 0.000056 \approx 25 (\text{W})$ 。

低温时(零度左右)，忽略热辐射，假设把导线内部温度和表面温度差控制在  $5^\circ\text{C}$ ，根据公式(6)，假设选用热传导系数为  $0.008 \text{ w}/\text{m}\cdot\text{k}$  的超细玻璃棉保温材料，则可以计算出保温层厚度为  $dx = -0.008 \times 79 \times 10^{-3} \times 5 \div (-25) = 0.13 \times 10^{-3} \text{ 米} = 0.13 \text{ 毫米}$ ，也就是说，只要在输电导线表面或内层增加 0.13 毫米的保温层，即可使导线内部和表面保持有大约  $5^\circ\text{C}$  的温差，也即有“热势”存在。(实际情况和温度场理论计算表明，若按铝导线导热系数，由于热容太小和热传导系数太大，导线温度还略低于环境温度，不具备“热势”)，从而阻止或延缓(根据天气条件和结冰速率)冰灾的发生。

高温时，按极端情况考虑，导线温度  $70^\circ\text{C}$ ，环境温度  $40^\circ\text{C}$ ，则导线热辐射功率  $P_{\text{耗}} = 0.9 \times 79 \times 10^{-3} \times 5.67 \times [(343/100)^4 - (313/100)^4] = 17.1 (\text{W})$ ；导线热传导功率  $P_{\text{传}} = 4 \times (70-40) = 120 (\text{W})$ ；按导线面积的 1/2 接受阳光照射，其功率  $P_{\text{阳}} = 0.5 \times 79 \times 10^{-3} \times 1000 = 39.5 (\text{W})$ ；线路损耗功率  $P_{\text{耗}} = I^2 r = 25 (\text{W})$ 。显然， $P_{\text{传}} + P_{\text{辐}} > P_{\text{阳}} + P_{\text{耗}}$ 。导线的散热功率大于热量产生的功率，也就是说，在  $70^\circ\text{C}$  以下，导线的热量产生功率和热量散失功率就可达到平衡，即导线最高温度不会突破  $70^\circ\text{C}$ 。经过改造的输电导线在高温时可以满足国家标准。

进一步计算表明：当前主要规格的钢芯铝绞线（1 米长度）的损耗热功率在 20 瓦特（W）左右，都能满足本发明的要求。

根据具体气候条件、规划输电容量，确定输电导线内部和表面的温度差（例如 5℃），并根据输电线路设计规范，计算和试验绝缘保温、绝缘支撑材料、编织、包裹方式等，从而降低输电导线的综合导热系数，调整绝缘保温层、绝缘支撑层的厚度，使得传导热交换满足保持温度差的目标要求，并以此制造满足需求的输电导线。

最后应当说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明，所属领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换，而未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

## 权 利 要 求

1. 一种防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：所述输电导线从内向外依次设置导体、保温层和支持层，所述支持层包括橡胶。

2. 根据权利要求1所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：在环境温度在0℃附近时，保温层内外表面有5℃左右温度差，在高温时，导线热平衡满足国家标准的保温层。

3. 根据权利要求1所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：110kV以下电网输配电导线，环绕输电导线紧密环绕一层柔软、绝缘高分子材料组成的保温层，在保温层外设置一层耐腐蚀、柔韧、绝缘的支持层橡胶。

4. 根据权利要求1所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：110kV及以上电网的输电导线，为克服强电场介质损耗、电晕、局部放电对支撑材料的影响，把保温层置于导线单线层中间，外层导线兼作支撑层。

5. 根据权利要求1所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：采用保温层和支持层合二为一、采用保温涂层等情况，从而生产制造相同功能的冰灾防治输电导线。

6. 根据权利要求1所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：所述输电导线为用于各电压等级的输电网中的电力线。

7. 根据权利要求6所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：电能在所述输电导线的传输过程中，被输电导线损耗掉的线路损耗能量以热交换和热辐射的形式散发到大气环境中；所述热交换包括由于内部原子和自由电子微观粒子的热运动引起的传导热交换，以及输电导线与环境空气之间以及空气内部发生相对位移所引起的对流热交换。

8. 根据权利要求7所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：所述传导热交换中，根据傅立叶热传导定律，传导热量流失热功率遵循如下规律：

$$dQ = -\lambda dS \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

其中，Q为传热速率，S为导热面积，x为温度场位置变量，λ为导热系数，t为温度场温度变量；

所述导热系数λ为在稳定传热条件下，单位厚度的材料，两侧表面单位温度差在单位时间内通过单位面积所传递的热量，其单位为瓦特/米·度；且导热系数λ表征材料导热性能的物性参数，λ越大，导热性能越好，其值与物质的组成、结构、密度、温度及压强有关。

9. 根据权利要求7所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：所述对流热交换中，根据牛顿冷却定律，流体换热功率Q由下式计算：

$$Q = \alpha S(t_1 - t_2) \quad (2)$$

其中， $t_1$ 和 $t_2$ 分别为固体壁温度和流体温度，单位均为摄氏度； $S$ 为导热面积，单位为平方米， $\alpha$ 为对流换热系数，单位为瓦特/平方米·摄氏度；且 $\alpha$ 代表对流换热能力的大小，其值等于单位时间内流体和壁面间温度相差 1℃时，每单位面积所传递的热量，与换热面的形状和位置，流体的热传导系数、热容、密度和粘滞系数，流体的层流或湍流状态，以及流体自由运动或强制运动的运动状态相关。

10. 根据权利要求 7 所述的防止冰雪灾害的输电导线，其特征在于：所述热辐射中，物体的辐射能量 $Q$ 由下式计算：

$$Q = \varepsilon A \sigma (T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

其中， $\varepsilon$ 为物体的发射率， $A$ 为物体的表面积， $\sigma$ 为斯特藩-波尔兹曼常数，其值为  $5.67 \times 10^{-8}$  瓦特/米<sup>2</sup>·开尔文<sup>4</sup>， $T_1$ 和 $T_2$ 分别为物体温度和环境温度。

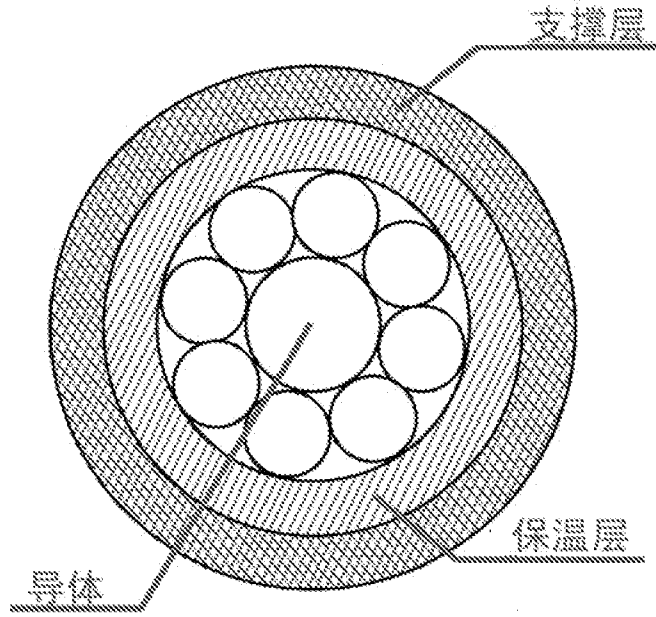


图 1

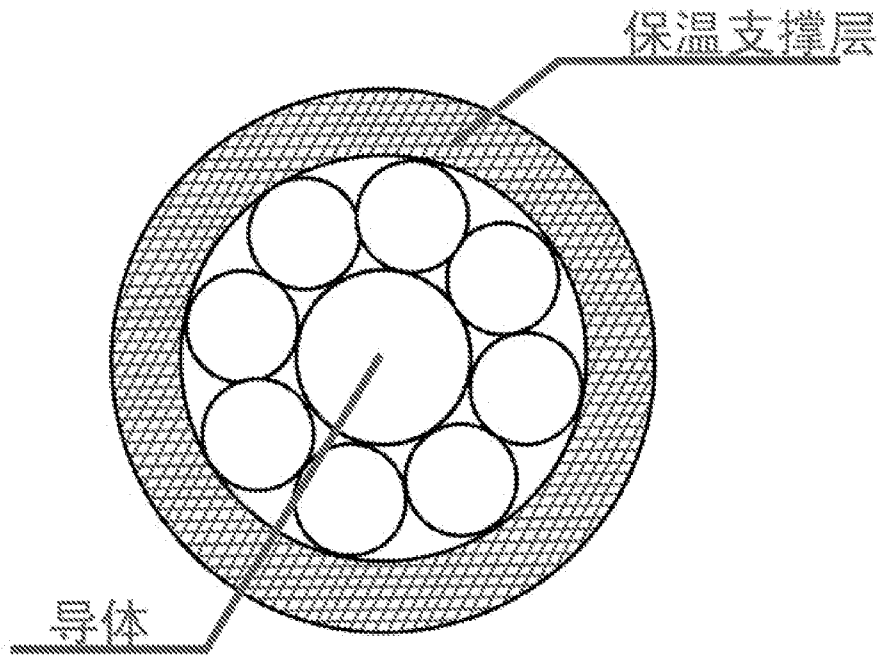


图 2

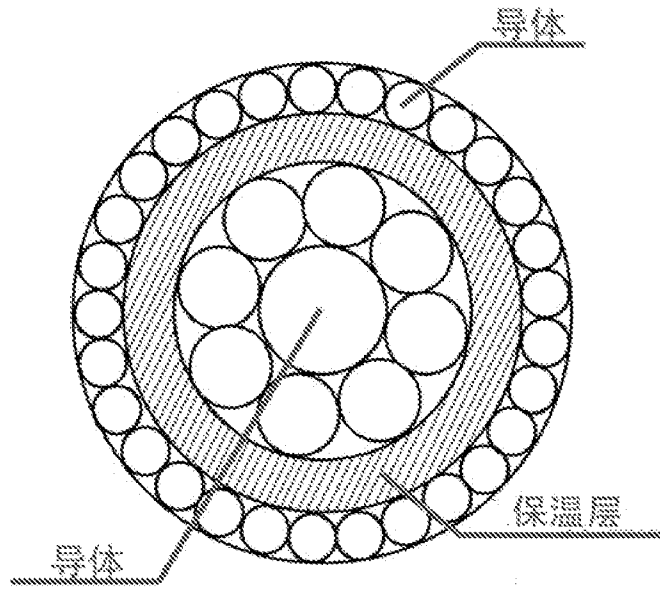


图 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2013/084075

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01B; H02G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI, SIPOABS, CNABS, CNKI: line, cable, ice, snow, cold, freez+, heat, warm

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102969052 A (YANGZHOU YONGPENG ELECTRONICS CO., LTD.) 13 March 2013 (13.03.2013) description, paragraphs [0002], and [0011] to [0016], and figure 1	1-3, 6-10
A		4, 5
A	CN 202694924 U (HANGZHOU QIANDAOHU YONGTONG CABLE CO., LTD.) 23 January 2013 (23.01.2013) the whole document	1-10
A	CN 202512933 U (CHANGZHOU NEWEAST CABLE CO., LTD.) 31 October 2012 (31.10.2012) the whole document	1-10
A	EP 0096123 A1 (NORTHERN TELECOM LTD.) 21 December 1983 (21.12.1983) the whole document	1-10
A	JP 1-99426 A (HITACHI CABLE LTD. et al.) 18 April 1989 (18.04.1989) the whole document	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  
20 February 2014 (20.02.2014)

Date of mailing of the international search report  
06 March 2014 (06.03.2014)

Name and mailing address of the ISA  
State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao  
Haidian District, Beijing 100088, China  
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer  
  
FU, Qi  
  
Telephone No. (86-10) 62411772

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.  
PCT/CN2013/084075

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102969052 A	13.03.2013	None	
CN 202694924 U	23.01.2013	None	
CN 202512933 U	31.10.2012	None	
EP 0096123 A1	21.12.1983	EP 0096123 B1	08.10.1986
		JPH 0125042 B2	16.05.1989
		US 4401366 A	30.08.1983
		CA 1143972 A1	05.04.1983
		DE 3273680 D1	13.11.1986
		JPS 597314 A	14.01.1984
JP 1-99426 A	18.04.1989	None	



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/084075

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01B 7/28 (2006.01) i

H02G 7/16 (2006.01) i

<b>A. 主题的分类</b>		
参见附加页		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
<b>B. 检索领域</b>		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC: H01B, H02G		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
DWPI, SIPOABS, CNABS, CNKI: 线, 缆, 冰, 雪, 寒, 保温, 保暖, cable, ice, snow, cold, freez+, heat, warm		
<b>C. 相关文件</b>		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 102969052 A (扬州永鹏电子有限公司) 13.3 月 2013 (13.03.2013) 说明书第 2,11-16 段, 图 1	1-3,6-10
A		4,5
A	CN 202694924 U (杭州千岛湖永通电缆有限公司) 23.1 月 2013 (23.01.2013) 全文	1-10
A	CN 202512933 U (常州市新东方电缆有限公司) 31.10 月 2012 (31.10.2012) 全文	1-10
A	EP 0096123 A1 (NORTHERN TELECOM LTD) 21.12 月 1983 (21.12.1983) 全文	1-10
A	JP 平 1-99426 A (HITACHI CABLE LTD 等) 18.4 月 1989 (18.04.1989) 全文	1-10
<input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 20.2 月 2014 (20.02.2014)		国际检索报告邮寄日期 <b>06.3 月 2014 (06.03.2014)</b>
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451		受权官员  <b>傅琦</b> 电话号码: (86-10) <b>6241 1772</b>

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
**PCT/CN2013/084075**

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102969052 A	13.03.2013	无	
CN 202694924 U	23.01.2013	无	
CN 202512933 U	31.10.2012	无	
EP 0096123 A1	21.12.1983	EP 0096123 B1	08.10.1986
		JP H0125042 B2	16.05.1989
		US 4401366 A	30.08.1983
		CA 1143972 A1	05.04.1983
		DE 3273680 D1	13.11.1986
		JP S597314 A	14.01.1984
JP 平 1-99426 A	18.04.1989	无	

A. 主题的分类:

H01B 7/28 (2006.01) i

H02G 7/16 (2006.01) i