

(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
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/135874 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06Q 10/06 (2012.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/129969
- (22) 国际申请日: 2019 年 12 月 30 日 (30.12.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811624934.7 2018 年 12 月 28 日 (28.12.2018) CN
- (71) 申请人: 国网河北省电力有限公司经济技术研究院 (ECONOMIC AND TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID HEBEI ELECTRIC POWER CO., LTD.) [CN/CN]; 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 27 号, Hebei 050021 (CN)。 国网河北省电力有限公司 (STATE GRID HEBEI ELECTRIC POWER LIMITED COMPANY) [CN/CN]; 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 32 号, Hebei 050021 (CN)。

国家电网有限公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 国网经济技术研究院有限公司 (STATE GRID ECONOMIC RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市昌平区未来科技城滨河大道 18 号 A 栋五、六层, Beijing 101399 (CN)。

- (72) 发明人: 郭佳 (GUO, Jia); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 27 号, Hebei 050021 (CN)。 李军阔 (LI, Junkuo); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 27 号, Hebei 050021 (CN)。 董祯 (DONG, Zhen); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 32 号, Hebei 050021 (CN)。 关巍 (GUAN, Wei); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 32 号, Hebei 050021 (CN)。 唐帅 (TANG, Shuai); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 27 号, Hebei 050021 (CN)。 郝军魁 (HAO, Junkui); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街 27 号, Hebei 050021 (CN)。 申永鹏 (SHEN, Yongpeng); 中国河北省石家庄市裕

(54) **Title:** METHOD AND APPARATUS FOR EVALUATING LIGHTNING PROTECTION PERFORMANCE OF OVERHEAD LINE, DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 架空线路防雷效能评价方法及装置、设备及存储介质

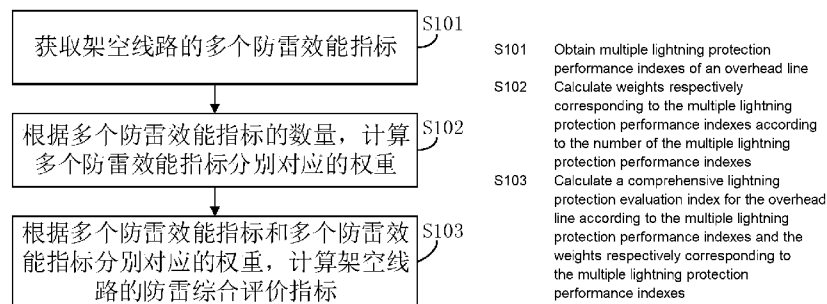


图 1

(57) **Abstract:** A method and apparatus for evaluating lightning protection performance of an overhead line, a device, and a storage medium. The method comprises: obtaining multiple lightning protection performance indexes of an overhead line (S101); calculating weights respectively corresponding to the multiple lightning protection performance indexes according to the number of the multiple lightning protection performance indexes (S102); and calculating a comprehensive lightning protection evaluation index for the overhead line according to the multiple lightning protection performance indexes and the weights respectively corresponding to the multiple lightning protection performance indexes (S103).

(57) **摘要:** 一种架空线路防雷效能评价方法及装置、设备及存储介质, 其中, 上述方法包括: 获取架空线路的多个防雷效能指标 (S101); 根据多个防雷效能指标的数量计算多个防雷效能指标分别对应的权重 (S102); 根据多个防雷效能指标和多个防雷效能指标分别对应的权重, 计算架空线路的防雷综合评价指标 (S103)。

华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 容春艳 (RONG, Chunyan); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 高立坡 (GAO, Lipo); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 康伟 (KANG, Wei); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 任志刚 (REN, Zhigang); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 张红梅 (ZHANG, Hongmei); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 宋妍 (SONG, Yan); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 张丽洁 (ZHANG, Lijie); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 谭凌峰 (TAN, Lingfeng); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街27号, Hebei 050021 (CN)。 余凯 (SHE, Kai); 中国河北省石家庄市裕华区富强大街32号, Hebei 050021 (CN)。

(74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司 (BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路39号西金大厦6层, Beijing 100036 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, 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))。

架空线路防雷效能评价方法及装置、设备及存储介质

本申请要求在2018年12月28日提交中国专利局、申请号为201811624934.7的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请属于电力运维技术领域，例如涉及一种架空线路防雷效能评价方法及装置、设备及存储介质。

背景技术

架空线路等输电线路在遭遇雷击时会引起过电压，有可能导致继电保护动作跳闸，造成输电线路停运，引发电网事故和经济损失。随着电力系统的发展，雷击架空线路引起的事故也日益增多。作为防范电网运行风险的重要手段和提升设备运行水平的重要方式，对架空线路进行防雷技术改进的投资逐年加大。在进行防雷技改的前后，都需要对架空线路的防雷效能进行全面、有效、合理的评估。

发明内容

本申请实施例提供了一种架空线路防雷效能评价方法及装置、设备及存储介质，以解决相关技术中缺乏对架空线路的防雷效能进行全面有效评估的问题。

在一实施例中，本申请实施例提供了一种架空线路防雷效能评价方法，包括：获取架空线路的多个防雷效能指标；根据所述多个防雷效能指标的数量，计算所述多个防雷效能指标分别对应的权重；根据所述多个防雷效能指标和所述多个防雷效能指标分别对应的权重，计算所述架空线路的防雷综合评价指标。

在一实施方式中，所述根据所述多个防雷效能指标的数量，计算所述多个防雷效能指标分别对应的权重，包括：根据所述多个防雷效能指标的数量构建判断矩阵；计算所述判断矩阵的一致性比率，并根据所述一致性比率判断所述

判断矩阵是否合理；在所述判断矩阵合理的情况下，计算所述判断矩阵对应的特征向量；对所述特征向量进行归一化处理，得到归一化特征向量；所述归一化特征向量中的元素分别为所述多个防雷效能指标对应的权重。

在一实施方式中，通过

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

构建所述判断矩阵；其中， A 表示所述判断矩阵； n 表示所述多个防雷效能指标的数量； $a_{ij} = f(x_i, x_j)$ ，表示指标 x_i 和指标 x_j 之间相比的重要性标度；当 $i = j$ 时， $a_{ij} = 1$ ；当 $i \neq j$ 时， $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 。

在一实施方式中，通过

$$C_R = \frac{C_1}{R_1}$$

计算所述判断矩阵的一致性比率；其中， C_R 表示所述判断矩阵 A 的一致性比率； $C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ，表示所述判断矩阵 A 的一致性指标； $\lambda_{\max}$ 为所述判断矩阵 A 的最大特征值； n 表示所述多个防雷效能指标的数量； R_1 表示平均随机一致性指标，为与 n 有关的常数。

在一实施方式中，所述根据所述一致性比率判断所述判断矩阵是否合理，包括：判断所述判断矩阵的一致性比率是否小于预设阈值；在所述判断矩阵的一致性比率小于预设阈值的情况下，判定所述判断矩阵合理。

在一实施方式中，通过

$$\bar{w} = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_i, \dots, \bar{w}_n]^T$$

计算所述判断矩阵对应的特征向量；其中， $\bar{w}$ 表示所述判断矩阵 A 对应的特征

向量；特征向量 $\bar{w}$ 中的元素 $\bar{w}_i = \sqrt{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$ 。

在一实施方式中，通过

$$W = \bar{w} / \sum_{j=1}^n \bar{w}_j$$

计算所述归一化特征向量；其中， W 表示所述归一化特征向量； $\bar{w}$ 表示所述判断矩阵 A 对应的特征向量； $\bar{w}_i$ 表示特征向量 $\bar{w}$ 中的元素。

在一实施例中，本申请实施例提供了一种架空线路防雷效能评价装置，包括：输入单元，设置为获取架空线路的多个防雷效能指标；计算单元，设置为根据所述多个防雷效能指标的数量，计算所述多个防雷效能指标分别对应的权重；所述计算单元还设置为根据所述多个防雷效能指标和所述多个防雷效能指标分别对应的权重，计算所述架空线路的防雷综合评价指标。

在一实施例中，本申请实施例提供了一种终端设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现本申请任一实施方式所述的方法。

在一实施例中，本申请实施例提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现本申请任一实施方式所述的方法。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法的一个具体示例的流程图；

图 2 是本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法的另一个具体示例的流程图；

图 3 是本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价装置的一个具体示例的

结构示意图；

图 4 是本申请实施例提供的终端设备的一个具体示例的结构示意图。

具体实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

为了说明本申请所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

本申请实施例提供了一种架空线路防雷效能评价方法，如图 1 所示，该架空线路防雷效能评价方法可以包括以下步骤：

S101：获取架空线路的多个防雷效能指标。在一具体实施方式中，效能指标可以包括雷击跳闸率、雷击故障停运率、雷击风险指标和耐雷水平等四个方面的评价指标。在一实施例中，雷击跳闸率可以分为雷击跳闸重合成功提升率、绕击跳闸率降低率、反击跳闸率降低率、雷击跳闸率降低率；雷击故障停运率可以分为雷击故障停运次数降低率和雷击故障停运时间降低率；雷击风险指标可以分为防雷措施有效性指标、线路风险值变化率、五级风险杆塔占比降低率和六级风险杆塔占比降低率；耐雷水平指标可以分为绕击耐雷水平提升率和反击耐雷水平提升率。

在实际应用中，可以通过公式（1）计算雷击跳闸重合成功提升率：

$$W_1 = \frac{U_2 - U_1}{U_1} \quad (1)$$

其中， W_1 为雷击跳闸重合成功提升率， U_2 为治理后雷击跳闸重合成功率， U_1 为治理前雷击跳闸重合成功率。

可以通过公式（2）计算绕击跳闸率降低率：

$$W_2 = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \quad (2)$$

其中， W_2 为绕击跳闸率降低率， V_1 为治理前绕击跳闸率， V_2 为治理后绕击跳闸率。在一实施例中，绕击跳闸率=绕击跳闸次数×2.78/（线路长度×计算年度×地闪密度）。

可以通过公式（3）计算反击跳闸率降低率：

$$W_3 = \frac{X_1 - X_2}{X_1} \quad (3)$$

其中， W_3 为反击跳闸率降低率， X_1 为治理前反击跳闸率， X_2 为治理后反击跳闸率。在一实施例中，反击跳闸率=反击跳闸次数×2.78/（线路长度×计算年度×地闪密度）。

可以通过公式（4）计算雷击跳闸率降低率：

$$W_4 = \frac{(Y_1 + 0.7 \times k / (L_1 \times n_1 \times \rho / 2.78)) - Y_2}{((Y_1 + 0.7 \times k / (L_1 \times n_1 \times \rho / 2.78))} \quad (4)$$

其中， W_4 为雷击跳闸率降低率， Y_1 为治理前雷击跳闸率， k 为避雷器动作次数， L_1 为线路长度， n_1 为计算年度， ρ 为地闪密度， Y_2 为治理后雷击跳闸率。在一实施例中，雷击跳闸率=雷击跳闸次数×2.78/（线路长度×计算年度×地闪密度）。

可以通过公式（5）计算雷击故障停运次数降低率：

$$W_5 = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} \times 100\% \quad (5)$$

其中， W_5 为雷击故障停运次数降低率， Z_1 为治理前雷击故障停运次数， Z_2 为治理后雷击故障停运次数。

可以通过公式（6）计算雷击故障停运时间降低率：

$$W_6 = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \times 100\% \quad (6)$$

其中， W_6 为雷击故障停运时间降低率， I_1 为治理前雷击故障停运时间， I_2 为

治理后雷击故障停运时间。

可以通过公式 (7) 计算防雷措施有效性:

$$W_7 = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100\% \quad (7)$$

其中, W_7 为防雷措施有效性, G_1 为防雷改造杆塔数量, G_2 为安装防雷措施后仍雷击跳闸杆塔数量。

可以通过公式 (8) 计算线路风险值变化率:

$$W_8 = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\% \quad (8)$$

其中, W_8 为线路风险值变化率, L_1 为治理前线路的风险值, L_2 为治理后线路风险值。在一实施例中, 风险值的计算技术方法, 可以按照《重要输电通道风险评估导则》(Q/GDW 11450-2015)附录 B 的规定, 确定隐患排查技术路线, 对重要输电通道开展隐患排查, 找出技术要素的风险区段; 根据隐患内容, 在导则附录 C 中表 C4 选取相应的 L、E、C 值, 按照如下公式计算该技术要素风险区段的风险值。

$$R = C \times E \times L$$

其中, R 为风险值; C 为事件发生的后果, 其赋值见《重要输电通道风险评估导则》(Q/GDW 11450-2015)附录 C 中表 C1 要求; E 为事件发生的频率, 其赋值见《重要输电通道风险评估导则》(Q/GDW 11450-2015)附录 C 中表 C2 要求; L 为事件发生的可能性, 其赋值见《重要输电通道风险评估导则》(Q/GDW 11450-2015)附录 C 中表 C3 要求。

可以通过公式 (9) 计算六级风险杆塔占比降低率:

$$W_9 = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \quad (9)$$

其中, W_9 为六级风险杆塔占比降低率, P_1 防雷措施实施前六级风险杆塔占

比, P_2 防雷措施实施后六级风险杆塔占比。

可以通过公式 (10) 计算五级风险杆塔占比降低率:

$$W_{10} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \quad (10)$$

其中, W_{10} 为五级风险杆塔占比降低率, M_1 为防雷措施实施前五级风险杆塔占比, M_2 防雷措施实施后五级风险杆塔占比。

可以通过公式 (11) 计算绕击耐雷水平提升率:

$$W_{11} = \frac{N_2 - N_1}{N_1} \quad (11)$$

其中, W_{11} 为绕击耐雷水平提升率, N_2 为防雷措施安装后绕击耐雷水平, N_1 为防雷措施安装前绕击耐雷水平。

可以通过公式 (12) 计算反击耐雷水平提升率:

$$W_{12} = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \quad (12)$$

其中, W_{12} 为反击耐雷水平提升率, S_2 防雷措施安装后反击耐雷水平, S_1 防雷措施安装前反击耐雷水平。

对于进行防雷技术改造的架空线路, 在对其进行评估时, 还可以引入成本效益指标。在一具体实施方式中, 可以利用以下公式 (13) 计算成本效益指标:

$$Q_{13} = \frac{H_2 - H_1}{E_1} = \frac{(LCC_1 / N_1 - LCC_2 / N_2)}{E_1} \quad (13)$$

其中, Q_{13} 为全寿命周期成本效益, H_2 为线路不治理方案全寿命周期年费用, H_1 为线路治理方案全寿命周期年费用, E_1 为线路防雷治理成本 (总投资), LCC_1 为线路不治理全寿命周期内总费用, LCC_2 为线路治理全寿命周期内总费用, N_1 为线路不治理全寿命周期年数 (一般取值为 30 年), N_2 为线路治理全寿命周期年数 (取值为已运行年数+30 年)。

其中, LCC_1 计算公式如下:

$$LCC_1 = k_1 + k_2 + k_3 + n_1 \times (k_4 + k_5) + n_2 \times (k_6 + k_7 \times j_1)$$

式中, k_1 为初期建设成本, k_2 为历史运维检修费用, k_3 为历史防雷治理成本, n_1 为发生线路雷害年至治理前年数, k_4 为线路雷害年度运行成本, k_5 为历年防雷治理年均成本, n_2 为剩余计算年数, k_6 为正常运行年度不治理的运维检修费用, k_7 为历年防雷治理年均成本, j_1 为气象调整系数。

LCC₂ 计算公式如下:

$$LCC_2 = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + m_1 \times (c_5 + c_6) + m_2 \times c_7$$

式中, c_1 为初期建设成本, c_2 为历史运维检修费用, c_3 为历史防雷治理成本, c_4 为防雷治理建设成本, m_1 为发生线路雷害至治理前年数, c_5 为线路雷害年度运行成本, c_6 为历年防雷害治理年均成本, m_2 为剩余计算年数, c_7 为治理后恢复正常运行运维检修费用。

S102: 根据多个防雷效能指标的数量, 计算多个防雷效能指标分别对应的权重。在一具体实施方式中, 如图 2 所示, 可以通过以下几个子步骤实现 S102 的过程:

S1021: 根据多个防雷效能指标的数量构建判断矩阵。在一实施例中, 可以通过公式 (14) 构建判断矩阵:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

其中, A 表示判断矩阵; n 表示多个防雷效能指标的数量; $a_{ij} = f(x_i, x_j)$, 表示指标 x_i 和指标 x_j 之间相比的重要性标度; 当 $i = j$ 时, $a_{ij} = 1$; 当 $i \neq j$ 时, $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 。 $f(x_i, x_j)$ 的选择方法根据指标 x_i 和 x_j 之间的重要程度由 1~9 比较尺度得到。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 通过不同指标之间相比的重要性标度构建判断矩阵, 使多个指标之间相互联系起来, 有利于提高通过

判断矩阵计算得到的权重的可信度。

S1022: 计算判断矩阵的一致性比率, 并根据一致性比率判断判断矩阵是否合理。当判断矩阵合理时, 执行 S1023; 当判断矩阵不合理时, 返回 S1021。

在一具体实施方式中, 可以通过公式 (15) 计算判断矩阵的一致性比率:

$$C_R = \frac{C_1}{R_1} \quad (15)$$

其中, C_R 表示判断矩阵 A 的一致性比率; $C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$, 表示判断矩阵 A 的一致性指标; $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵 A 的最大特征值; n 表示多个防雷效能指标的数量; R_1 表示平均随机一致性指标, 为与 n 有关的常数, 其取值见表 1。当判断矩阵的一致性比率 C_R 小于预设阈值时, 可以判定判断矩阵合理。在实际应用中, 预设阈值可以设定为 0.01。

表 1 平均随机一致性指标

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_1	0	0	0.52	0.89	1.12	1.24	1.36	1.41	1.46

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 充分认识到指标的判断矩阵与客观的指标之间的重要程度存在误差, 通过一致性比率对判断矩阵进行一致性校验, 从而识别不合理的判断矩阵。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 通过阈值比较的方式, 结合判断矩阵的一致性比率, 能够快速识别判断矩阵是否合理, 为后续步骤利用判断矩阵计算权重做好准备。

S1023: 计算判断矩阵对应的特征向量。在一具体实施方式中, 可以通过公式 (16) 计算判断矩阵对应的特征向量:

$$\bar{w} = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_i, \dots, \bar{w}_n]^T \quad (16)$$

其中, $\bar{w}$ 表示判断矩阵 A 对应的特征向量; 特征向量 $\bar{w}$ 中的元素 $\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$ 。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 利用公式, 并结合判断矩阵, 分别计算判断矩阵每一行元素的乘积的 n 次方根, 并将计算结果作为对应指标的权重, 能够方便快捷地计算出多个权重的取值。

S1024: 对特征向量进行归一化处理, 得到归一化特征向量。归一化特征向量中的元素分别为多个防雷效能指标对应的权重。在一具体实施方式中, 可以通过公式 (17) 计算归一化特征向量:

$$W = \bar{w} / \sum_{j=1}^n \bar{w}_j \quad (17)$$

其中, W 表示归一化特征向量; $\bar{w}$ 表示判断矩阵 A 对应的特征向量; $\bar{w}_i$ 表示特征向量 $\bar{w}$ 中的元素。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 通过归一化处理使特征向量中多个元素, 即多个权重的取值得到均衡处理, 有利于客观、合理地反应多个指标的重要程度。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 通过构建判断矩阵并对判断矩阵的一致性比率进行评价, 从而识别判断矩阵是否合理, 进而根据合理的判断矩阵计算多个防雷效能指标对应的权重。由于通过判断矩阵建立了多个指标之间的相互关系, 从而使权重的计算结果具有更高的可信度。

S103: 根据多个防雷效能指标和多个防雷效能指标分别对应的权重, 计算架空线路的防雷综合评价指标。由多个防雷效能指标的数值和权重系数可以求得综合评价值。在一具体实施方式中, 可以采用公式 (18) 所示的线性加权模

型计算架空线路的防雷综合评价指标:

$$y_i = \sum_{j=1}^n \omega_j x_{ij} \quad (18)$$

其中, y_i 为架空线路的防雷综合评价指标, n 为指标的个数, x_{ij} 为采集的样本 j 中第 i 个指标的指标值, ω_j 为权重的取值, 或称为权重系数。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法, 从电网线路规划的角度出发, 为架空线路生产技改项目投资策略提供有力支撑。充分结合架空线路雷击风险及其雷害理论, 风险效益理论以及全周期成本理论, 选取了相关影响线路防雷效果的评价指标。该指标体系从宏观角度对架空线路防雷效果进行全方位、多角度的准确评价, 有利于多个地区根据当地情况具体分析评价, 有利于根据地方特点优化线路的防雷项目投资方案, 能够更好地提高设备利用率和节约资源, 更好的为经济发展服务。采用网络层次分析法赋权, 建立了多个指标之间的相互关系, 保证了指标计算的精确度, 让计算结果具有更高的可信度。

上述实施例中多个步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后, 多个过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定, 而不应对本申请实施例的实施过程构成限定。

本申请实施例还提供了一种架空线路防雷效能评价装置, 如图 3 所示, 该架空线路防雷效能评价装置可以包括: 输入单元 301 和计算单元 302。

输入单元 301 设置为获取架空线路的多个防雷效能指标; 其具体的工作过程可参考上述方法实施例中 S101 所述。

计算单元 302 设置为根据多个防雷效能指标的数量, 计算多个防雷效能指标分别对应的权重, 以及设置为根据多个防雷效能指标和多个防雷效能指标分别对应的权重, 计算架空线路的防雷综合评价指标; 其具体的工作过程可参考

上述方法实施例中 S102 至 S103 所述。

本申请实施例提供的架空线路防雷效能评价方法，根据架空线路的多个防雷效能指标，并结合多个防雷效能指标的权重，计算得到架空线路的防雷综合评价指标，实现了对架空线路防雷效能的全面有效评估。

本申请实施例还提供了一种终端设备，如图 4 所示，该终端设备可以包括处理器 401 和存储器 402，其中处理器 401 和存储器 402 可以通过总线或者其他方式连接，图 4 中以通过总线连接为例。

处理器 401 可以为中央处理器（Central Processing Unit, CPU）。处理器 401 还可以为其他通用处理器、数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）、专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）、现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array, FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等芯片，或者上述多类芯片的组合。

存储器 402 作为一种非暂态计算机可读存储介质，可设置为存储非暂态软件程序、非暂态计算机可执行程序以及模块，如本申请实施例中的架空线路防雷效能评价方法对应的程序指令/模块（例如，图 3 所示的输入单元 301 和计算单元 302）。处理器 401 通过运行存储在存储器 402 中的非暂态软件程序、指令以及模块，从而执行处理器的多种功能应用以及数据处理，即实现上述方法实施例中的架空线路防雷效能评价方法。

存储器 402 可以包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需要的应用程序；存储数据区可存储处理器 401 所创建的数据等。此外，存储器 402 可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非暂态存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非暂态固态存

储器件。在一些实施例中，存储器 402 可选包括相对于处理器 401 远程设置的存储器，这些远程存储器可以通过网络连接至处理器 401。上述网络的实例包括互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

所述一个或者多个模块存储在所述存储器 402 中，当被所述处理器 401 执行时，执行如图 1 至图 2 所示实施例中的架空线路防雷效能评价方法。

上述终端设备具体细节可以对应参阅图 1 至图 2 所示的实施例中对应的相关描述和效果进行理解，此处不再赘述。

本领域技术人员可以理解，实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述方法的实施例的流程。其中，所述存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(Read-Only Memory, ROM)、随机存储记忆体(Random Access Memory, RAM)、快闪存储器(Flash Memory)、硬盘(Hard Disk Drive, HDD)或固态硬盘(Solid-State Drive, SSD)等；所述存储介质还可以包括上述种类的存储器的组合。

权 利 要 求 书

1. 一种架空线路防雷效能评价方法，包括：

获取架空线路的多个防雷效能指标；

根据所述多个防雷效能指标的数量，计算所述多个防雷效能指标分别对应的权重；

根据所述多个防雷效能指标和所述多个防雷效能指标分别对应的权重，计算所述架空线路的防雷综合评价指标。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述根据所述多个防雷效能指标的数量，计算所述多个防雷效能指标分别对应的权重，包括：

根据所述多个防雷效能指标的数量构建判断矩阵；

计算所述判断矩阵的一致性比率，并根据所述一致性比率判断所述判断矩阵是否合理；

在所述判断矩阵合理的情况下，计算所述判断矩阵对应的特征向量；

对所述特征向量进行归一化处理，得到归一化特征向量；所述归一化特征向量中的元素分别为所述多个防雷效能指标对应的权重。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其中，通过

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

构建所述判断矩阵；

其中， A 表示所述判断矩阵； n 表示所述多个防雷效能指标的数量； $a_{ij} = f(x_i, x_j)$ ，表示指标 x_i 和指标 x_j 之间相比的重要性标度；当 $i = j$ 时， $a_{ij} = 1$ ；当 $i \neq j$ 时， $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其中，通过

$$C_R = \frac{C_1}{R_1}$$

计算所述判断矩阵的一致性比率；

其中， C_R 表示所述判断矩阵 A 的一致性比率； $C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ，表示所述判断矩阵 A 的一致性指标； $\lambda_{\max}$ 为所述判断矩阵 A 的最大特征值； n 表示所述多个防雷效能指标的数量； R_1 表示平均随机一致性指标，为与所述 n 有关的常数。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据所述一致性比率判断所述判断矩阵是否合理，包括：

判断所述判断矩阵的一致性比率是否小于预设阈值；

在所述判断矩阵的一致性比率小于预设阈值的情况下，判定所述判断矩阵合理。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其中，通过

$$\bar{w} = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_i, \dots, \bar{w}_n]^T$$

计算所述判断矩阵对应的特征向量；

其中， $\bar{w}$ 表示所述判断矩阵 A 对应的特征向量；所述特征向量 $\bar{w}$ 中的元素

$$\bar{w}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}。$$

7. 如权利要求 6 所述的方法，其中，通过

$$W = \bar{w} / \sum_{j=1}^n \bar{w}_j$$

计算所述归一化特征向量；

其中， W 表示所述归一化特征向量； $\bar{w}$ 表示所述判断矩阵 A 对应的特征向量； $\bar{w}_i$ 表示所述特征向量 $\bar{w}$ 中的元素。

8. 一种架空线路防雷效能评价装置，包括：

输入单元，设置为获取架空线路的多个防雷效能指标；

计算单元，设置为根据所述多个防雷效能指标的数量，计算所述多个防雷效能指标分别对应的权重；

所述计算单元还设置为根据所述多个防雷效能指标和所述多个防雷效能指标分别对应的权重，计算所述架空线路的防雷综合评价指标。

9. 一种终端设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 7 任一项所述的方法。

10. 一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 7 任一项所述的方法。

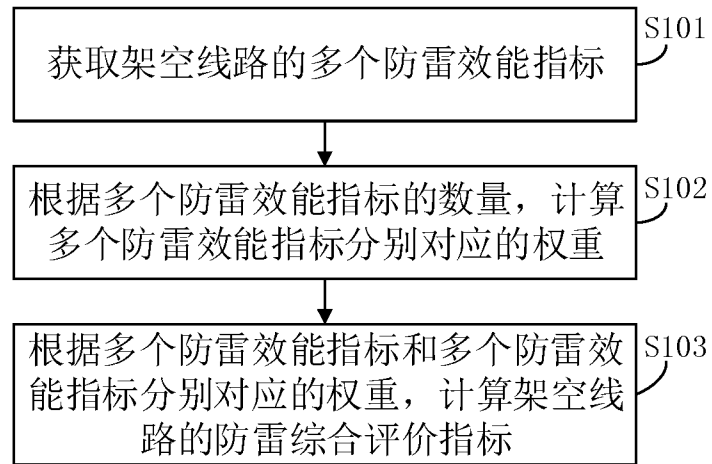


图 1

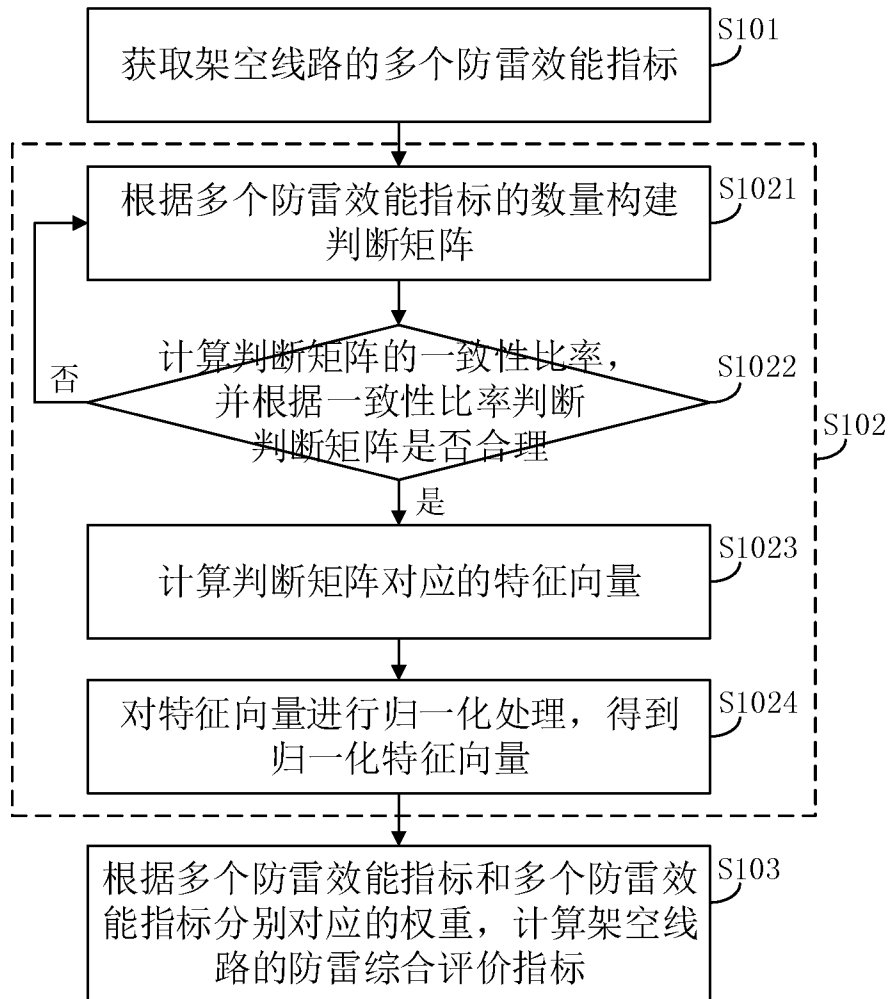


图 2

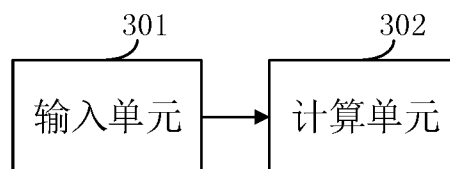


图 3

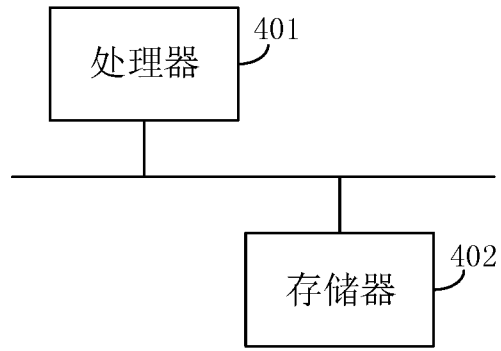


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/129969

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 10/06(2012.01)i

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)

G06Q; G06F; H02H

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 架空线路, 防雷, 效能, 评价, 指标, 权重, overhead, line, lightning, protection, efficiency, evaluation, calculate+, index, weights

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103914792 A (CHINA SOUTHERN POWER GRID CO., LTD., EHV POWER TRANSMISSION COMPANY, MAINTENANCE AND TEST CENTRE et al.) 09 July 2014 (2014-07-09) description, paragraphs [0105]-[0171], and figure 1	1, 8-10
Y	CN 103914792 A (CHINA SOUTHERN POWER GRID CO., LTD., EHV POWER TRANSMISSION COMPANY, MAINTENANCE AND TEST CENTRE et al.) 09 July 2014 (2014-07-09) description, paragraphs [0105]-[0171], and figure 1	2-7
Y	杨林泉编著 (edited by YANG, Linquan et al.). 系统工程方法与应用 (Systems Engineering Method and Application), 30 September 2018 (2018-09-30), pp. 59-63	2-7
PX	CN 109636238 A (ECONOMY TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE STATE GRID HEBEI ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 16 April 2019 (2019-04-16) claims 1-10	1-10
A	CN 106228305 A (CHINA GEZHOUBA GROUP ELECTRIC POWER CO., LTD.) 14 December 2016 (2016-12-14) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 March 2020

Date of mailing of the international search report

26 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/129969

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 0587866 A (NGK INSULATORS LTD.) 06 April 1993 (1993-04-06) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/129969

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	103914792	A	09 July 2014	CN 103914792 B	20 April 2016
CN	109636238	A	16 April 2019	None	
CN	106228305	A	14 December 2016	None	
JP	0587866	A	06 April 1993	JP 2942030 B2	30 August 1999

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/129969

A. 主题的分类 G06Q 10/06 (2012.01) i 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. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06Q; G06F; H02H 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)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 架空线路, 防雷, 效能, 评价, 指标, 权重, overhead, line, lightning, protection, efficiency, evaluation, calculate+, index, weights																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 103914792 A (中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心等) 2014 年 7 月 9 日 (2014 - 07 - 09) 说明书第 [0105]-[0171] 段, 附图1</td> <td>1, 8-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103914792 A (中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心等) 2014 年 7 月 9 日 (2014 - 07 - 09) 说明书第 [0105]-[0171] 段, 附图1</td> <td>2-7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>杨林泉编著. 《系统工程方法与应用》, 2018 年 9 月 30 日 (2018 - 09 - 30), 第59-63页</td> <td>2-7</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109636238 A (国网河北省电力有限公司经济技术研究院等) 2019 年 4 月 16 日 (2019 - 04 - 16) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106228305 A (中国葛洲坝集团电力有限责任公司) 2016 年 12 月 14 日 (2016 - 12 - 14) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 0587866 A (NGK INSULATORS LTD.) 1993 年 4 月 6 日 (1993 - 04 - 06) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 103914792 A (中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心等) 2014 年 7 月 9 日 (2014 - 07 - 09) 说明书第 [0105]-[0171] 段, 附图1	1, 8-10	Y	CN 103914792 A (中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心等) 2014 年 7 月 9 日 (2014 - 07 - 09) 说明书第 [0105]-[0171] 段, 附图1	2-7	Y	杨林泉编著. 《系统工程方法与应用》, 2018 年 9 月 30 日 (2018 - 09 - 30), 第59-63页	2-7	PX	CN 109636238 A (国网河北省电力有限公司经济技术研究院等) 2019 年 4 月 16 日 (2019 - 04 - 16) 权利要求1-10	1-10	A	CN 106228305 A (中国葛洲坝集团电力有限责任公司) 2016 年 12 月 14 日 (2016 - 12 - 14) 全文	1-10	A	JP 0587866 A (NGK INSULATORS LTD.) 1993 年 4 月 6 日 (1993 - 04 - 06) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 103914792 A (中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心等) 2014 年 7 月 9 日 (2014 - 07 - 09) 说明书第 [0105]-[0171] 段, 附图1	1, 8-10																					
Y	CN 103914792 A (中国南方电网有限责任公司超高压输电公司检修试验中心等) 2014 年 7 月 9 日 (2014 - 07 - 09) 说明书第 [0105]-[0171] 段, 附图1	2-7																					
Y	杨林泉编著. 《系统工程方法与应用》, 2018 年 9 月 30 日 (2018 - 09 - 30), 第59-63页	2-7																					
PX	CN 109636238 A (国网河北省电力有限公司经济技术研究院等) 2019 年 4 月 16 日 (2019 - 04 - 16) 权利要求1-10	1-10																					
A	CN 106228305 A (中国葛洲坝集团电力有限责任公司) 2016 年 12 月 14 日 (2016 - 12 - 14) 全文	1-10																					
A	JP 0587866 A (NGK INSULATORS LTD.) 1993 年 4 月 6 日 (1993 - 04 - 06) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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																			
* 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 2020 年 3 月 14 日		国际检索报告邮寄日期 2020 年 3 月 26 日																					
ISA/CN 的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 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 唐和香 电话号码 86-(10)-53961494																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/129969

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103914792	A	2014年 7月 9日	CN 103914792 B	2016年 4月 20日
CN	109636238	A	2019年 4月 16日	无	
CN	106228305	A	2016年 12月 14日	无	
JP	0587866	A	1993年 4月 6日	JP 2942030 B2	1999年 8月 30日