



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102508046 A

(43) 申请公布日 2012.06.20

(21) 申请号 201110357457.4

(22) 申请日 2011.11.11

(71) 申请人 广东电网公司深圳供电局

地址 518001 广东省深圳市罗湖区深南东路  
4020 号

(72) 发明人 胡子珩 徐旭辉 程韧俐 于洋

熊小伏 沈智健 邓伟光

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理

有限公司 44224

代理人 王茹 曾旻辉

(51) Int. Cl.

G01R 29/08 (2006.01)

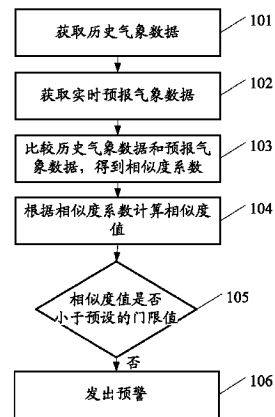
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种户外电气设备实时雷击预警方法及装置

(57) 摘要

本发明提出了一种户外电气设备实时雷击预警方法,包括步骤:获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数;获取雷暴的实时预报气象参数;将所述历史气象参数与所述实时预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数;根据所述相似度系数计算相似度值;当所述相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。本发明还提出了一种实时雷击预警装置,可以实时预测是否会发生雷击电气设备,并发出告警。



1. 一种户外电气设备实时雷击预警方法,其特征在于,包括步骤:

(1) 获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数;

(2) 获取雷暴的实时预报气象参数;

(3) 将所述历史气象参数与所述实时预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数;

(4) 根据所述相似度系数计算相似度值;

(5) 当所述相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。

2. 根据权利要求1所述的户外电气设备实时雷击预警方法,其特征是,所述历史气象参数包括所述若干个连续雷暴的平均雷暴频率、平均雷暴电流强度、平均雷暴电荷、平均雷暴能量以及上升陡度的平均值;

所述实时预报气象参数包括:实时预报雷暴频率、实时预报雷暴的最大电流强度、实时预报雷暴的最大电荷、实时预报雷暴的最大能量值以及实时预报雷暴的最大上升陡度值。

3. 根据权利要求2所述的户外电气设备实时雷击预警方法,其特征在于,

所述相似度系数包括:

频率相似数  $C_f$ 、电流强度相似数  $C_I$ 、电荷相似数  $C_Q$  以及能量相似数  $C_J$ ; 其中,

$$C_f = \begin{cases} 1, & RTFOT \geq AFOT \\ 0, & RTFOT < AFOT \end{cases}; \quad RTFOT \text{ 为所述实时预报雷暴频率; } AFOT \text{ 为若干个连续雷暴的平}$$

均雷暴频率;

$$C_I = \begin{cases} 1, & I_{\max} \geq ACDOT \\ 0, & I_{\max} < ACDOT \end{cases}; \quad I_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大电流强度; } ACDOT \text{ 为平均雷暴电流}$$

强度;

$$C_Q = \begin{cases} 1, & Q_{\max} \geq AECOT \\ 0, & Q_{\max} < AECOT \end{cases}; \quad Q_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大电荷值; } AECOT \text{ 为若干个连续雷暴}$$

的平均雷暴电荷;

$$C_J = \begin{cases} 1, & J_{\max} \geq AEEOT \\ 0, & J_{\max} < AEEOT \end{cases}; \quad J_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大能量值; } AEEOT \text{ 为若干个连续雷暴}$$

的平均雷暴能量;

$$C_G = \begin{cases} 1, & G_{\max} \geq AUGOT \\ 0, & G_{\max} < AUGOT \end{cases}; \quad G_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大上升陡度值; } AUGOT \text{ 为若干个连续}$$

雷暴的平均雷暴上升陡度。

4. 根据权利要求3所述的户外电气设备实时雷击预警方法,其特征在于,

所述步骤(4)具体为:相似度值  $COTALS = W_f C_f + W_I C_I + W_Q C_Q + W_J C_J + W_G C_G$ ;

其中,  $W_f$ 、 $W_I$ 、 $W_Q$ 、 $W_J$ 、 $W_G$  分别为频率相似数的权重值、电流强度相似数的权重值、电荷相似数的权重值、能量相似数的权重值以及上升陡度相似数的权重值,且  $W_f + W_I + W_Q + W_J + W_G = 1$ 。

5. 一种户外电气设备实时雷击预警装置,其特征是,包括:

地理气象电力综合信息平台,用于获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数,以及获取雷暴的实时预报气象参数;

第一比较器,用于将所述历史气象参数与所述预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数;

计算器,用于根据所述相似度系数计算相似度值;

第二比较器,用于比较所述相似度值和预设的门限值的大小;

报警器,用于根据所述第二比较器的比较结果,当所述相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。

6. 根据权利要求5所述的户外电气设备实时雷击预警装置,其特征是,

所述历史气象参数包括所述若干个连续雷暴的平均雷暴频率、平均雷暴电流强度、平均雷暴电荷、平均雷暴能量以及上升陡度的平均值;

所述实时预报气象参数包括:实时预报雷暴频率、实时预报雷暴的最大电流强度、实时预报雷暴的最大电荷、实时预报雷暴的最大能量值以及实时预报雷暴的最大上升陡度值。

7. 根据权利要求6所述的户外电气设备实时雷击预警装置,其特征在于,

所述相似度系数包括:

频率相似数  $C_f$ 、电流强度相似数  $C_I$ 、电荷相似数  $C_Q$  以及能量相似数  $C_J$ ;

$$\text{其中, } C_f = \begin{cases} 1, & RTFOT \geq AFOT \\ 0, & RTFOT < AFOT \end{cases};$$

其中,RTFOT为所述实时预报雷暴频率;AFOT为若干个连续雷暴的平均雷暴频率;

$$C_I = \begin{cases} 1, & I_{\max} \geq ACDOT \\ 0, & I_{\max} < ACDOT \end{cases}; I_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大电流强度; } ACDOT \text{ 为平均雷暴电$$

强度;

$$C_Q = \begin{cases} 1, & Q_{\max} \geq AECOT \\ 0, & Q_{\max} < AECOT \end{cases}; Q_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大电荷值; } AECOT \text{ 为若干个连续雷暴}$$

的平均雷暴电荷;

$$C_J = \begin{cases} 1, & J_{\max} \geq AEEOT \\ 0, & J_{\max} < AEEOT \end{cases}; J_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大能量值; } AEEOT \text{ 为若干个连续雷暴}$$

的平均雷暴能量;

$$C_G = \begin{cases} 1, & G_{\max} \geq AUGOT \\ 0, & G_{\max} < AUGOT \end{cases}; G_{\max} \text{ 为实时预报雷暴的最大上升陡度; } AUGOT \text{ 为若干个连续雷}$$

暴的平均雷暴上升陡度。

8. 根据权利要求7所述的户外电气设备实时雷击预警装置,其特征在于,

所述计算器计算相似度值时,根据如下公式进行计算:

$$\text{相似度值 } COTALS = W_f C_f + W_I C_I + W_Q C_Q + W_J C_J + W_G C_G;$$

其中,  $W_f$ 、 $W_I$ 、 $W_Q$ 、 $W_J$ 、 $W_G$  分别为频率相似数的权重值、电流强度相似数的权重值、电荷相似数的权重值、能量相似数的权重值以及上升陡度相似数的权重值,且  $W_f + W_I + W_Q + W_J + W_G = 1$ 。

9. 根据权利要求5至8任一项所述的户外电气设备实时雷击预警装置,其特征在于,

所述实时雷击预警装置还包括操作界面,用于接收控制命令和显示所述控制命令的响应结果。

## 一种户外电气设备实时雷击预警方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及气象预警领域,具体涉及一种户外电气设备实时雷击预警方法及装置。

### 背景技术

[0002] 电力系统的运行经验表明,电网的安全性、可靠性与地理气象因素密切相关,恶劣的地理环境与极端天气是长距离输、配电线路发生故障的主要原因之一。而雷击引起的对供电设施的危害,每年都达到很大的数额。输电线路因为雷暴气象而发生损坏、停运、避雷器放电、继电保护与重合闸动作称为雷击,雷击会对输电线路造成严重影响,从而影响电力系统的安全、稳定性。将输电线路因为雷暴气象条件发生设备损坏、停运、避雷器放电、继电保护与重合闸动作均定义为雷击事件;

[0003] 目前已研究出结合地理信息、气象信息、输电线路信息的综合信息平台,在这个信息平台中不但记录了历史雷暴天气数据,也可采集实时雷暴天气数据。

[0004] 由于雷暴属于强对流天气系统,对于在什么情况下产生雷击,目前还没有完善的方案去解决这个问题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提出一种户外电气设备实时雷击预警方法,可以实时预测是否会发生雷击,并发出告警。

[0006] 为解决上述问题,采用的方案是:

[0007] 一种户外电气设备实时雷击预警方法,包括步骤:

[0008] (1) 获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数;

[0009] (2) 获取雷暴的实时预报气象参数;

[0010] (3) 将所述历史气象参数与所述实时预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数;

[0011] (4) 根据所述相似度系数计算相似度值;

[0012] (5) 当所述相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。

[0013] 本发明通过获取目的地的若干个连续雷暴的历史气象数据和实时预报的气象数据,比较上述历史数据和实时数据,得到对应的气象参数相似度系数;然后根据该气象参数相似度系数计算相似度值;根据相似度值与预设的相似度门限值的比较结果,进行预警。可以实时预测是否会发生雷击,并发出告警。地理气象电力综合信息平台有强大的数据库处理能力,确保预警的可靠度。

[0014] 本发明的目的还在于提出一种户外电气设备实时雷击预警方法,可以实时预测是否会发生雷击,并发出告警。

[0015] 为解决上述问题,采用的方案是:

[0016] 一种户外电气设备实时雷击预警装置,包括:

[0017] 地理气象电力综合信息平台,用于获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数;以及获取雷暴的实时预报气象参数;

[0018] 第一比较器,用于将所述历史气象参数与所述实时预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数;

[0019] 计算器,用于根据所述相似度系数计算相似度值;

[0020] 第二比较器,用于比较所述相似度值和预设的门限值的大小;

[0021] 报警器,用于根据所述第二比较器的比较结果,当所述相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。

[0022] 本发明装置通过地理气象电力综合信息平台获取目的地的若干个连续雷暴的历史气象数据和实时预报的气象数据;比较器比较上述历史数据和预报数据,得到对应的气象参数相似度系数;然后计算器根据该气象参数相似度系数计算相似度值;预警器根据相似度值与预设的相似度门限值的比较结果,进行预警。可以实时预测是否会发生雷击,并发出告警。地理气象电力综合信息平台有强大的数据库处理能力,确保预警的可靠度。

#### 附图说明

[0023] 图 1 是本发明方法的一个流程图;

[0024] 图 2 是本发明装置的一个结构示意图;

[0025] 图 3 是本发明装置的另一个结构示意图。

#### 具体实施方式

[0026] 为便于理解奔赴马本发明,下面将结合附图进行阐述。

[0027] 请参考图 1,本发明一种户外电气设备实时雷击预警方法,包括步骤:

[0028] 101、获取历史气象数据;

[0029] 获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数。采集历史所记录的  $n$  个  $n_{ST} \neq 0$  的连续位置相关雷暴过程的气象因素特征值,包括雷暴频率  $f$ 、电流强度  $I$ 、电荷  $Q$ 、能量  $J$  以及上升梯度的平均值。

[0030] 102、获取实时预报气象数据;

[0031] 获取雷暴的实时预报气象参数。

[0032] 103、比较历史气象数据和预报气象数据,得到相似度系数;

[0033] 将历史气象参数与预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数。

[0034] 104、根据相似度系数计算相似度值;

[0035] 105、相似度值是否小于预设的门限值;

[0036] 判断相似度值是否小于预设的门限值,若否,则进行步骤 106。

[0037] 106、发出预警。

[0038] 当相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。

[0039] 本发明通过获取目的地的若干个连续雷暴的历史气象数据和实时预报的气象数据,比较上述历史数据和实时数据,得到对应的气象参数相似度系数;然后根据该气象参数相似度系数计算相似度值;根据相似度值与预设的相似度门限值的比较结果,进行预警。可以实时预测是否会发生雷击,并发出告警。

[0040] 具体的,本发明方法可以应用在电力输电系统中;地理、气象、电力系统综合信息平台拥有雷暴天气对电网造成的灾害的历史数据资料,并能对其进行定时、定点、定量化的实时或短时临近预报;从实时雷暴监测信息中可以获得雷暴对地闪络的地理位置坐标以及雷暴频率  $f$ 、电流强度  $I$ 、电荷  $Q$ 、能量  $J$  以及上升陡度等参数;通过历史雷暴气象数据,可以获得多次雷击时以上参数的平均值;通过实时数据参数和历史数据的比较得出当前雷暴天气与历史记录中存在雷击情况的雷暴天气相似度,以此相似度为雷暴风险评估的指标,从而判断雷击情况发生的概率,当概率较大且超过设定门槛值时,自动报警,利用地理气象电力综合信息平台有强大的数据库处理能力,确保预警的可靠度。

[0041] 其中,根据地理、气象、电力系统综合信息平台可获得目的地的若干个连续雷暴的历史气象参数,历史气象参数包括若干个连续雷暴的平均雷暴频率、平均雷暴电流强度、平均雷暴电荷、平均雷暴能量以及上升陡度的平均值;

[0042] 各参数的获得具体如下:

[0043] A、平均雷暴频率 AFOT(average frequency of thunder),是对于统计时间内所有  $n_{ST} \neq 0$  的  $n$  个连续雷暴过程信息的计算结果,是包含  $N$  条输电线路的某电压等级电网的历史雷暴气象参数;

$$[0044] \quad AFOT = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{n_{ST}(i)}{t_{ST}(i)}}{n} \quad (1)$$

[0045] 其中,  $n_{ST}(i)$  为第  $i$  次连续位置相关雷暴的雷暴个数;  $t_{ST}(i)$  为第  $i$  次连续位置相关雷暴时间;

[0046] B、平均雷暴电流强度 ACDOT(average current density of thunder):

$$[0047] \quad ACDOT = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\max}(i)}{n} \quad (2)$$

[0048] 其中,  $I_{\max}(i)$  为第  $i$  次连续位置相关雷暴的最大电流强度;

[0049] C、平均雷暴电荷 AECOT(average electric charge of thunder):

$$[0050] \quad AECOT = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{\max}(i)}{n} \quad (3)$$

[0051] 其中,  $Q_{\max}(i)$  为第  $i$  次连续位置相关雷暴的最大电荷值;

[0052] D、平均雷暴能量 AEEOT(average electric energy of thunder):

$$[0053] \quad AEEOT = \frac{\sum_{i=1}^n J_{\max}(i)}{n} \quad (4)$$

[0054] 其中,  $J_{\max}(i)$  为第  $i$  次连续位置相关雷暴的最大能量值;

[0055] E、平均雷暴上升陡度 AUGOT(average up gradient of thunder):

$$[0056] \quad AUGOT = \frac{\sum_{i=1}^n G_{\max}(i)}{n} \quad (5)$$

[0057] 其中,  $G_{\max}(i)$  为第  $i$  次连续位置相关雷暴的最大上升陡度。

[0058] 实时预报气象参数包括：实时预报雷暴频率、实时预报雷暴的最大电流强度、实时预报雷暴的最大电荷、实时预报雷暴的最大能量值以及实时预报雷暴的最大上升陡度值。

[0059] 其中，相似度系数包括：

[0060] 频率相似数  $C_f$ 、电流强度相似数  $C_I$ 、电荷相似数  $C_Q$  以及能量相似数  $C_J$ ；

[0061] 其中， $C_f = \begin{cases} 1, & RTFOT \geq AFOT \\ 0, & RTFOT < AFOT \end{cases}$ ；RTFOT 为实时预报雷暴频率；AFOT 为若干个连续雷暴的平均雷暴频率；

[0062]  $C_I = \begin{cases} 1, & I_{\max} \geq ACDOT \\ 0, & I_{\max} < ACDOT \end{cases}$ ； $I_{\max}$  为实时预报雷暴的最大电流强度；ACDOT 为平均雷暴电流强度；

[0063]  $C_Q = \begin{cases} 1, & Q_{\max} \geq AECOT \\ 0, & Q_{\max} < AECOT \end{cases}$ ； $Q_{\max}$  为实时预报雷暴的最大电荷值；AECOT 为若干个连续雷暴的平均雷暴电荷；

[0064]  $C_J = \begin{cases} 1, & J_{\max} \geq AEEOT \\ 0, & J_{\max} < AEEOT \end{cases}$ ； $J_{\max}$  为实时预报雷暴的最大能量值；AEEOT 为若干个连续雷暴的平均雷暴能量；

[0065]  $C_G = \begin{cases} 1, & G_{\max} \geq AUGOT \\ 0, & G_{\max} < AUGOT \end{cases}$ ； $G_{\max}$  为实时预报雷暴的最大上升陡度值；ACDOT 为若干个连续雷暴的平均雷暴上升陡度。

[0066] 步骤 104 具体为：相似度值  $COTALS = W_f C_f + W_I C_I + W_Q C_Q + W_J C_J + W_G C_G$ ；

[0067] 还可以采用如下相似度计算公式：

[0068] 公式一： $\lambda = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_k - \bar{x}_k)^2$ ；

[0069] 其中， $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  分别是实时预报雷暴频率、实时预报雷暴的最大电流强度、实时预报雷暴的最大电荷、实时预报雷暴的最大能量值以及实时预报雷暴的最大上升陡度值；

[0070]  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4, \bar{x}_5$  分别是平均雷暴频率，平均雷暴电流强度，平均雷暴电荷，平均雷暴能量，平均雷暴上升陡度；

[0071]  $m$  为雷暴指标项数。

[0072] 公式二： $r = \frac{\sum_{k=1}^m x_k \bar{x}_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_k^2 \sum_{k=1}^m \bar{x}_k^2}}$ ；

[0073] 其中， $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  分别是实时预报雷暴频率、实时预报雷暴的最大电流强度、实时预报雷暴的最大电荷、实时预报雷暴的最大能量值以及实时预报雷暴的最大上升陡度值；

[0074]  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4, \bar{x}_5$  分别是平均雷暴频率，平均雷暴电流强度，平均雷暴电

荷,平均雷暴能量,平均雷暴上升陡度;

[0075]  $m$  为雷暴指标项数。

[0076] 其中,  $W_f$ 、 $W_I$ 、 $W_Q$ 、 $W_J$ 、 $W_G$  分别为频率相似数的权重值、电流强度相似数的权重值、电荷相似数的权重值、能量相似数的权重值以及上升陡度相似数的权重值,且  $W_f+W_I+W_Q+W_J+W_G=1$ 。由于雷暴频率是发生雷击的主要因素,因此可以取  $W_f$  为 0.4,  $W_I$ ,  $W_Q$ ,  $W_J$ ,  $W_G$  各取 0.15。

[0077] 下面介绍本发明装置,请参考图 2,一种户外电气设备实时雷击预警装置,包括:

[0078] 地理气象电力综合信息平台 T1,用于获取记录的若干连续雷暴的历史气象参数;以及获取雷暴的实时预报气象参数;

[0079] 第一比较器 T2,用于将历史气象参数与预报气象参数比较,得到对应气象参数的相似度系数;

[0080] 计算器 T3,用于根据相似度系数计算相似度值;

[0081] 第二比较器 T4,用于比较相似度值和预设的门限值的大小;

[0082] 报警器 T5,用于根据第二比较器的比较结果,当相似度值大于或者等于预设的门限值时,发出雷击告警。

[0083] 本发明应用在电力输电系统中,可以实时预测是否发生雷击,并发出告警,给电力工作人员采取防雷措施提供依据和准备时间,减少雷击损坏电力设备的情况,降低电力运营成本。

[0084] 本发明装置通过地理气象电力综合信息平台获取目的地的若干个连续雷暴的历史气象数据和实时的气象数据;比较器比较上述历史数据和实时数据,得到对应的气象参数相似度系数;然后计算器根据该气象参数相似度系数计算相似度值;预警器根据相似度值与预设的相似度门限值的比较结果,进行预警。可以实时预测是否会发生雷击,并发出告警。地理气象电力综合信息平台有强大的数据库处理能力,确保预警的可靠度。

[0085] 其中,历史气象参数包括若干个连续雷暴的平均雷暴频率、平均雷暴电流强度、平均雷暴电荷、平均雷暴能量以及上升陡度的平均值;

[0086] 实时预报气象参数包括:实时预报雷暴频率、实时预报雷暴的最大电流强度、实时预报雷暴的最大电荷、实时预报雷暴的最大能量值以及实时预报雷暴的最大上升陡度值。

[0087] 相似度系数包括:

[0088] 频率相似数  $C_f$ 、电流强度相似数  $C_I$ 、电荷相似数  $C_Q$  以及能量相似数  $C_J$ ;

[0089] 其中,  $C_f = \begin{cases} 1, & RTFOT \geq AFOT \\ 0, & RTFOT < AFOT \end{cases}$ ;  $RTFOT$  为实时预报雷暴频率; $AFOT$  为若干个连续

雷暴的平均雷暴频率;

[0090]  $C_I = \begin{cases} 1, & I_{\max} \geq ACDOT \\ 0, & I_{\max} < ACDOT \end{cases}$ ;  $I_{\max}$  为实时预报雷暴的最大电流强度; $ACDOT$  为平均雷暴

电流强度;

[0091]  $C_Q = \begin{cases} 1, & Q_{\max} \geq AECOT \\ 0, & Q_{\max} < AECOT \end{cases}$ ;  $Q_{\max}$  为实时预报雷暴的最大电荷值; $AECOT$  为若干个连续

雷暴的平均雷暴电荷;



[0092]  $C_J = \begin{cases} 1, & J_{\max} \geq AEEOT \\ 0, & J_{\max} < AEEOT \end{cases}$ ;  $J_{\max}$  为实时预报雷暴的最大能量值; AEEOT 为若干个连续

雷暴的平均雷暴能量;

[0093]  $C_G = \begin{cases} 1, & G_{\max} \geq AUGOT \\ 0, & G_{\max} < AUGOT \end{cases}$ ;  $G_{\max}$  为实时预报雷暴的最大上升陡度; ACDOT 为若干个连

续雷暴的平均雷暴上升陡度。

[0094] 计算器 T3 计算相似度值时, 根据如下公式进行计算:

[0095] 相似度值  $COTALS = W_f C_f + W_I C_I + W_Q C_Q + W_J C_J + W_G C_G$ ;

[0096] 其中,  $W_f$ 、 $W_I$ 、 $W_Q$ 、 $W_J$ 、 $W_G$  分别为频率相似数的权重值、电流强度相似数的权重值、电荷相似数的权重值、能量相似数的权重值以及上升陡度相似数的权重值, 且  $W_f + W_I + W_Q + W_J + W_G = 1$ 。

[0097] 请参考图 3, 实时雷击预警装置还包括操作界面 T6, 用于接收控制命令和显示控制命令的响应结果。

[0098] 以上本发明实施方式, 并不构成对本发明保护范围的限定。任何在本发明的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的权利要求保护范围之内。

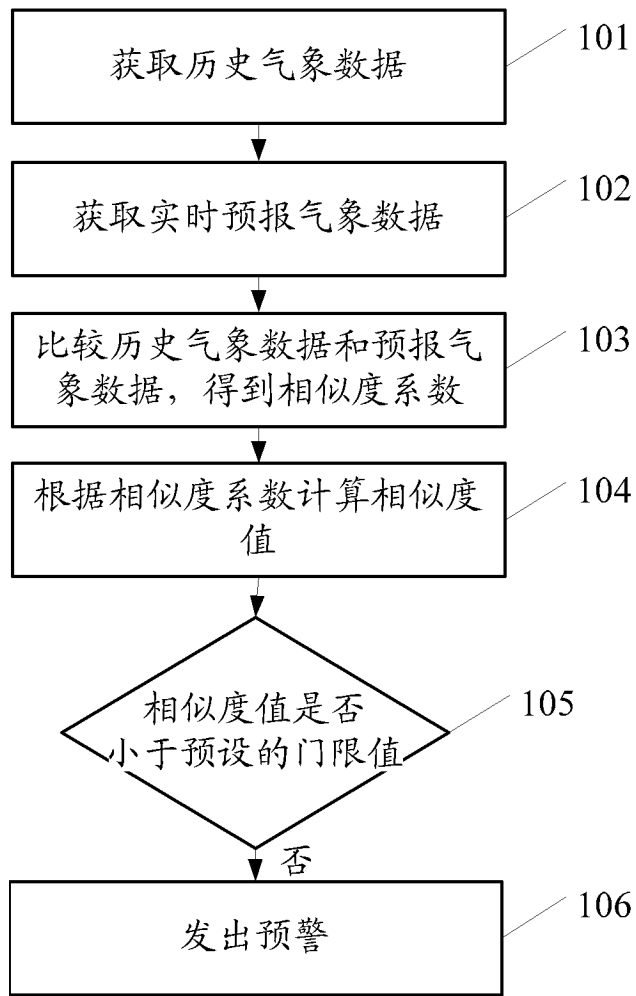


图 1

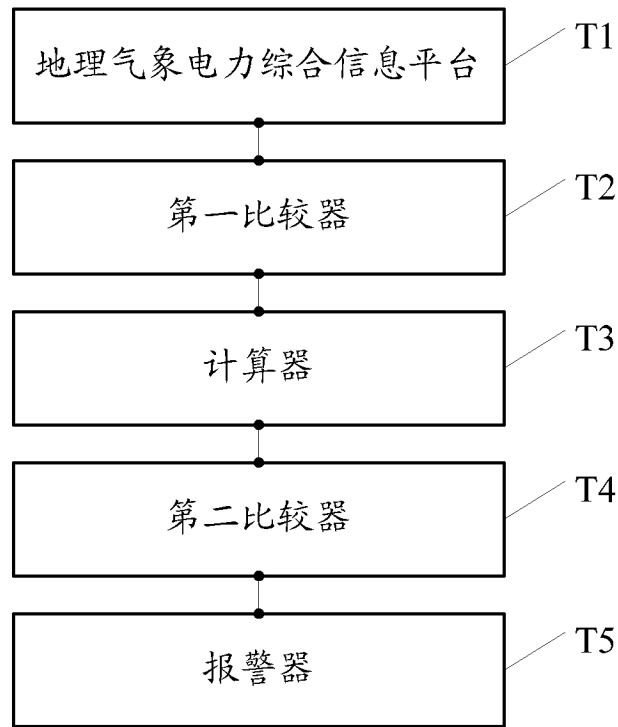


图 2

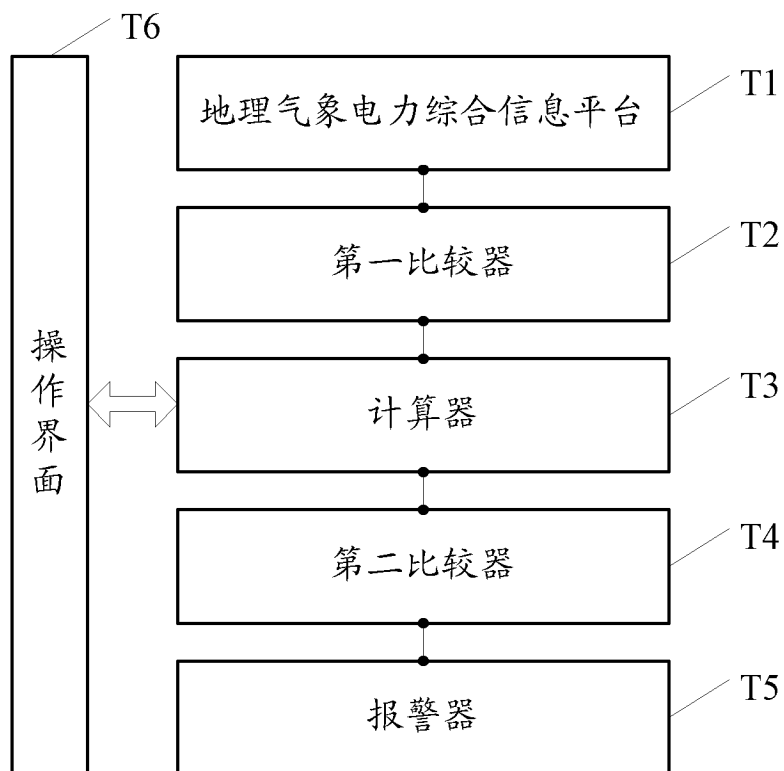


图 3