



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102840850 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 17

(21) 申请号 201210261333. 0

(22) 申请日 2012. 07. 26

(73) 专利权人 云南电力试验研究院(集团)有限公司电力研究院

地址 650217 云南省昆明市经济技术开发区云大西路中段云电科技园

专利权人 云南电网公司技术分公司

(72) 发明人 申元 王磊 赵现平 马仪 陈磊 侯亚非 周仿荣 马御棠 黄然 钟剑明

(74) 专利代理机构 昆明大百科专利事务所 53106

代理人 何健

(51) Int. Cl.

G01C 1/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101272040 A, 2008. 09. 24, 全文.

CN 101900779 A, 2010. 12. 01, 全文.

US 2007/0052951 A1, 2007. 03. 08, 全文.

JP 特开 2009-97985 A, 2009. 05. 07, 全文.

王永信等. 基于 ArcGIS9. 0 的 DEM 的生成及坡度分析. 《气象与环境科学》. 2007, 第 30 卷(第 2 期), 47-51.

审查员 杨钊

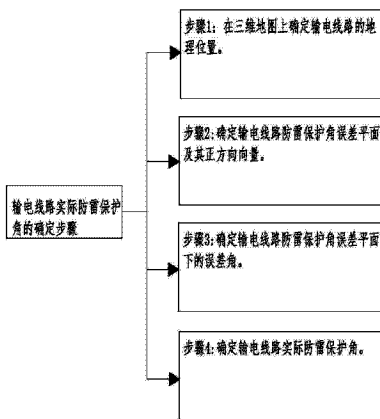
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种输电线路实际防雷保护角的测定方法

(57) 摘要

一种输电线路实际防雷保护角的测定方法, 首先利用现有的二维输电线路走廊分布图和海拔高程地图, 通过扫描和投影叠置分析得到输电线路走廊的三维分布图并确定输电线路各处的三维地理坐标, 然后通过向输电线路任意档距段作垂线的方式, 根据空间两条相交直线确定唯一平面的性质得到档距段内防雷保护角的误差平面及其正方向向量, 再通过误差平面正方向向量与笛卡尔坐标系 z 轴夹角反余弦运算可以得到输电线路误差平面下的误差角, 最后根据三相导线与杆塔的相对位置关系, 经过误差角修正, 即可得到各相导线的实际防雷保护角。本发明实现了远程、准确、快速确定输电线路实际防雷保护角, 具有很好的操作性和实用性。



1. 一种输电线路实际防雷保护角的测定方法,其特征在于,所述方法包括下述步骤:

步骤 1:在三维地图上确定输电线路所处的地理位置,即:把含有 GPS 全球定位系统定位的输电线路杆塔位置坐标的二维线路径图经扫描得到光栅图像,再和海拔高程数据地图投影叠置分析;通过对投影地理区域多重属性的模拟,寻找和确定同时具有几种地理属性的位置,按照确定的地理坐标,对其进行逻辑交运算,即:

$$x \in A \cap B \quad (1)$$

式中,  $x$  是输电线路某处地理坐标;  $A, B$  分别是二维输电线路径图和海拔高程地图;通过逻辑交运算,得到三维地图下代表输电线路地理位置的基本栅格单元四角顶点坐标,用基本栅格单元表示线路走廊各处的地理位置,其精度由所选栅格的大小决定;

步骤 2:确定输电线路防雷保护角误差平面及其正方向向量,即:在三维地图上的输电线路走廊取任一档距的线路段,在档距任一点做出该档距的垂线,则该垂线与输电线路档距段所确定的平面即为该档距段内输电线路防雷保护角的误差平面,作误差平面的垂线,取此垂线与笛卡尔坐标系  $\bar{z}$  轴夹角为锐角的垂线方向  $\bar{n}$  为该档距段内输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量;  $\bar{n}$  的求取方法如下:

利用含有该输电线路地理位置信息的三维地图的坐标系统,确定以档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点的地理坐标,并分别记为  $\vec{P}_{i,j}, \vec{P}_{i+1,j}, \vec{P}_{i,j+1}, \vec{P}_{i+1,j+1}$ , 其空间三维坐标可以通过公式 (2) 得到,基本栅格单元确定的地表基本单元的对角向量  $\vec{a}_{i,j}, \vec{b}_{i,j}$  的空间三维坐标可以通过公式 (3) 求得,根据空间解析几何原理,通过  $\vec{a}_{i,j}, \vec{b}_{i,j}$  就可以确定基本栅格单元的空间特性,通过公式 (4) 计算  $\vec{a}_{i,j}, \vec{b}_{i,j}$  的向量积即可得到输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量  $\bar{n}$ ;

$$\begin{aligned} \vec{P}_{i,j} &= (x_0 + (i-1) * \Delta x, y_0 + (j-1) * \Delta y, z_{i,j}) \\ (i &= 1, 2, \dots, M) \\ (j &= 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (2)$$

式中,  $\Delta x, \Delta y$  为栅格模型的基本单位长度;  $(x_0, y_0)$  为原点坐标;

$$\begin{aligned} \vec{a}_{i,j} &= \vec{P}_{i+1,j+1} - \vec{P}_{i,j} = (\Delta x, \Delta y, z_{i+1,j+1} - z_{i,j}) \\ \vec{b}_{i,j} &= \vec{P}_{i,j+1} - \vec{P}_{i+1,j} = (-\Delta x, \Delta y, z_{i,j+1} - z_{i+1,j}) \end{aligned} \quad (3)$$

式中,  $\vec{a}_{i,j}, \vec{b}_{i,j}$  为基本栅格单元确定的地表基本单元的对角向量;  $\vec{P}_{i,j}, \vec{P}_{i+1,j}, \vec{P}_{i,j+1}, \vec{P}_{i+1,j+1}$  为以线路档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点的地理坐标;  $\Delta x, \Delta y$  为栅格模型的基本单位长度;  $z_{i,j}, z_{i+1,j}, z_{i,j+1}, z_{i+1,j+1}$  为以线路档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点在  $\bar{z}$  轴方向上的坐标;

$$\begin{aligned}
\vec{n} = \vec{a}_{ij} \times \vec{b}_{ij} &= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x_a & y_a & z_a \\ x_b & y_b & z_b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \Delta x & \Delta y & z_{\#1, j+1} - z_{i, j} \\ -\Delta x & \Delta y & z_{i, j+1} - z_{\#1, j} \end{vmatrix} \\
&= (\Delta y(z_{i, j+1} + z_{i, j} - z_{\#1, j+1} - z_{\#1, j}), -\Delta x(z_{i, j+1} + z_{\#1, j+1} - z_{\#1, j} - z_{i, j}), 2\Delta x\Delta y) \\
&(i=1, 2, \dots, M) \\
&(j=1, 2, \dots, N)
\end{aligned} \tag{4}$$

式中,  $\vec{n}$  为输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量,  $\vec{a}_{i,j}, \vec{b}_{i,j}$  为基本栅格单元确定的地表基本单元的对角向量;  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  分别为坐标  $x, y, z$  轴方向上的单位向量;  $x_a, y_a, z_a, x_b, y_b, z_b$  分别为  $\vec{a}_{i,j}, \vec{b}_{i,j}$  的三维空间坐标值;  $\Delta x, \Delta y$  为栅格模型的基本单位长度;  $z_{i,j}, z_{i+1,j}, z_{i,j+1}, z_{i+1,j+1}$  为以线路档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点在  $z$  轴方向上的坐标;

步骤 3: 求取输电线路防雷保护角误差平面下的误差角, 即: 定义输电线路防雷保护角误差平面的坡度值为误差角; 根据定义, 误差角为误差平面与水平面的夹角, 其在数值上等于步骤 2 所求得的误差平面正方向  $\vec{n}$  与笛卡尔坐标系中  $z$  轴的夹角, 而此夹角的余弦等于  $\vec{n}$  与  $z$  轴方向单位向量的数量积与模的乘积之商, 所以通过求反余弦运算可以求得该误差角的数值, 如公式 (5) 所示:

$$\begin{aligned}
slope &= \arccos\left(\frac{\vec{z} \cdot \vec{n}}{|\vec{z}| \cdot |\vec{n}|}\right) \\
&= \arccos\left(2\Delta x\Delta y / \left(\left(\Delta y(z_{i,j+1} + z_{i,j} - z_{\#1,j+1} - z_{\#1,j})\right)^2 + \left(\Delta x(z_{i,j+1} + z_{\#1,j+1} - z_{\#1,j} - z_{i,j})\right)^2 + 4\Delta x^2\Delta y^2\right)^{\frac{1}{2}}\right) \tag{5}
\end{aligned}$$

式中, slope 代表该档距下输电线路防雷保护角的误差角;

步骤 4: 求取输电线路实际防雷保护角, 即: 通过查阅输电线路该档距下的相序图和杆塔明细表, 可以确定该档距下的线路相序分布, 若某相导线位于杆塔与地表夹角为锐角的一侧时, 则该相导线的实际防雷保护角为设计值减去误差平面下的误差角; 若某相导线位于杆塔与地表夹角为钝角的一侧时, 则该相导线的实际防雷保护角为设计值加上误差平面下的误差角; 重复步骤 1 到步骤 4 即可求得该输电线路任意档距段内的防雷保护角实际值。

## 一种输电线路实际防雷保护角的测定方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于防雷工程技术领域,具体地说涉及一种输电线路实际防雷保护角的确定方法。

### 背景技术

[0002] 输电线路防雷保护角是指避雷线对外侧输电导线的夹角,它的取值对线路雷电绕击率有很大影响,因此电力行业规程上有对各电压等级输电线路防雷保护角的明确规定,而实际线路也是按规定要求设计施工的。但是由于输电线路走廊地形的复杂多样性,输电线路防雷保护角实际受到地形的影响而发生变化,若此时仍用防雷保护角的设计值计算线路的耐雷水平等一系列参数时,必然导致错误的结果,给线路防雷工作造成严重的影响。因此,如何准确、快速地得到线路防雷保护角成为线路防雷工作亟待解决的问题之一。

[0003] 传统确定实际防雷保护角的方法通常是要现场踏勘地形,根据线路走向和周围地形的关系确定保护角的偏差度,最后修正设计值得到,这种方法需要到现场进行测量,耗费大量的人力物力,且存在着很大的人为主观因素,往往导致结果的精度较低。

[0004] 综上所述,由于输电线路实际防雷保护角的确定方法存在以上种种不足,严重影响线路雷击跳闸率的理论计算精确度,因此,在输电线路雷电防护领域,亟需一种可以准确、快速地得到线路防雷保护角的方法。

### 发明内容

[0005] 为了克服传统输电线路实际防雷保护角确定方法存在的种种不足,准确、快速地实现输电线路防雷保护角的求取,本发明提出的方法主要包括以下步骤:

[0006] 步骤 1:在三维地图上确定输电线路所处的地理位置,即:把含有 GPS 全球定位系统定位的输电线路杆塔位置坐标的二维线路径图经扫描得到光栅图像,再和海拔高程数据地图投影叠置分析:通过对投影地理区域多重属性的模拟,寻找和确定同时具有几种地理属性的位置,按照确定的地理坐标,对其进行逻辑交运算,即:

$$[0007] \quad x \in A \cap B \quad (1)$$

[0008] 式中, $x$  是输电线路某处地理坐标; $A, B$  分别是二维输电线路径图和海拔高程地图。通过逻辑交运算,得到三维地图下代表输电线路地理位置的基本栅格单元四角顶点坐标,用基本栅格单元表示线路走廊各处的地理位置,其精度由所选栅格的大小决定;

[0009] 步骤 2:确定输电线路防雷保护角误差平面及其正方向向量,即:在三维地图上的输电线路走廊取任一档距的线路段,在档距任一点做出该档距的垂线,则该垂线与输电线路档距段所确定的平面即为该档距段内输电线路防雷保护角的误差平面,作误差平面的垂线,取此垂线与笛卡尔坐标系  $z$  轴夹角为锐角的垂线方向  $\vec{n}$  为该档距段内输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量。 $\vec{n}$  的求取方法如下:

[0010] 利用含有该输电线路地理位置信息的三维地图的坐标系统,确定以档距垂足为中

心的基本栅格单元四个顶点的地理坐标,并分别记为 $\vec{P}_{i,j}$ ,  $\vec{P}_{i+1,j}$ ,  $\vec{P}_{i,j+1}$ ,  $\vec{P}_{i+1,j+1}$ ,其空间三维坐标可以通过公式(2)得到,基本栅格单元确定的地表基本单元的对角向量 $\vec{a}_{i,j}$ 、 $\vec{b}_{i,j}$ 的空间三维坐标可以通过公式(3)求得,根据空间解析几何原理,通过 $\vec{a}_{i,j}$ 、 $\vec{b}_{i,j}$ 就可以确定基本栅格单元的空间特性,通过公式(4)计算 $\vec{a}_{i,j}$ 、 $\vec{b}_{i,j}$ 的向量积即可得到输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量 $\vec{n}$ 。

$$\begin{aligned} \vec{P}_{i,j} &= (x_0 + (i-1) * \Delta x, y_0 + (j-1) * \Delta y, z_{i,j}) \\ [0011] \quad (i &= 1, 2, \dots, M) \\ (j &= 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (2)$$

[0012] 式中,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  为栅格模型的基本单位长度;  $(x_0, y_0)$  为原点坐标。

$$\begin{aligned} \vec{a}_{i,j} &= \vec{P}_{i+1,j+1} - \vec{P}_{i,j} = (\Delta x, \Delta y, z_{i+1,j+1} - z_{i,j}) \\ [0013] \quad \vec{b}_{i,j} &= \vec{P}_{i,j+1} - \vec{P}_{i+1,j} = (-\Delta x, \Delta y, z_{i,j+1} - z_{i+1,j}) \end{aligned} \quad (3)$$

[0014] 式中,  $\vec{a}_{i,j}$ ,  $\vec{b}_{i,j}$  为基本栅格单元确定的地表基本单元的对角向量;  $\vec{P}_{i,j}$ ,  $\vec{P}_{i+1,j}$ ,  $\vec{P}_{i,j+1}$ ,  $\vec{P}_{i+1,j+1}$  为以线路档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点的地理坐标;  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  为栅格模型的基本单位长度;  $z_{i,j}$ ,  $z_{i+1,j}$ ,  $z_{i,j+1}$ ,  $z_{i+1,j+1}$  为以线路档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点在 $\vec{z}$ 轴方向上的坐标。

$$\begin{aligned} \vec{n} = \vec{a}_{ij} \times \vec{b}_{ij} &= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x_a & y_a & z_a \\ x_b & y_b & z_b \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \Delta x & \Delta y & z_{i+1,j+1} - z_{i,j} \\ -\Delta x & \Delta y & z_{i,j+1} - z_{i+1,j} \end{vmatrix} \\ [0015] \quad &= (\Delta y(z_{i,j+1} + z_{i,j} - z_{i+1,j+1} - z_{i+1,j}), -\Delta x(z_{i,j+1} + z_{i+1,j+1} - z_{i+1,j} - z_{i,j}), 2\Delta x\Delta y) \\ (i &= 1, 2, \dots, M) \\ (j &= 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \quad (4)$$

[0016] 式中,  $\vec{n}$  为输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量,  $\vec{a}_{i,j}$ ,  $\vec{b}_{i,j}$  为基本栅格单元确定的地表基本单元的对角向量;  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$ ,  $\vec{k}$  分别为坐标  $x$ ,  $y$ ,  $z$  轴方向上的单位向量;  $x_a$ ,  $y_a$ ,  $z_a$ ,  $x_b$ ,  $y_b$ ,  $z_b$  分别为  $\vec{a}_{i,j}$ ,  $\vec{b}_{i,j}$  的三维空间坐标值;  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  为栅格模型的基本单位长度;  $z_{i,j}$ ,  $z_{i+1,j}$ ,  $z_{i,j+1}$ ,  $z_{i+1,j+1}$  为以线路档距垂足为中心的基本栅格单元四个顶点在 $\vec{z}$ 轴方向上的坐标。

[0017] 步骤3: 求取输电线路防雷保护角误差平面下的误差角。即: 定义输电线路防雷保护角误差平面的坡度值为误差角。根据定义, 误差角为误差平面与水平面的夹角, 其在数值上等于步骤2所求得的误差平面正方向 $\vec{n}$ 与笛卡尔坐标系中 $\vec{z}$ 轴的夹角, 而此夹角的余弦等于 $\vec{n}$ 与 $\vec{z}$ 轴方向单位向量的数量积与模的乘积之商, 所以通过求反余弦运算可以求得该误差角的数值, 如公式(5)所示。

$$\begin{aligned} slope &= \arccos\left(\frac{\vec{z} * \vec{n}}{|\vec{z}| * |\vec{n}|}\right) \\ &= \arccos\left(2\Delta x \Delta y / \left(\left(\Delta y(z_{i,j+1} + z_{i,j} - z_{i+1,j+1} - z_{i+1,j})\right)^2 + \left(\Delta x(z_{i,j+1} + z_{i+1,j+1} - z_{i+1,j} - z_{i,j})\right)^2 + 4\Delta x^2 \Delta y^2\right)^{\frac{1}{2}}\right) \quad (5) \end{aligned}$$

[0018] 式中, slope 代表该档距下输电线路防雷保护角的误差角。

[0019] 步骤 4: 求取输电线路实际防雷保护角。即: 通过查阅输电线路该档距下的相序图和杆塔明细表, 可以确定该档距下的线路相序分布, 若某相导线位于杆塔与地表夹角为锐角的一侧时, 则该相导线的实际防雷保护角为设计值减去误差平面下的误差角; 若某相导线位于杆塔与地表夹角为钝角的一侧时, 则该相导线的实际防雷保护角为设计值加上误差平面下的误差角。重复步骤 1 到步骤 4 即可求得该输电线路任意档距段内的防雷保护角实际值。

[0020] 本发明的有益效果是, 本发明提出的方法实现了远程准确、快速地确定输电线路实际防雷保护角的方法, 克服了传统方法误差较大、费时费力的缺点, 具有很好的操作性和实用性。

[0021] 下面结合附图及实施例进一步阐述本发明内容。

#### 附图说明

[0022] 图 1 是输电线路实际防雷保护角确定流程图;

[0023] 图 2 是输电线路任意档距段防雷保护角误差平面正方向示意图;

[0024] 图 3 是输电线路防雷保护角误差平面基本栅格单元正方向向量示意图;

[0025] 图 4 是输电线路防雷保护角误差角示意图。

#### 具体实施方式

[0026] 下面通过云南 110kV 普马输电线路 74#-75# 档距段防雷保护角的确定, 对本发明的技术方案

[0027] 案做进一步说明。

[0028] 第一步: 把 110kV 普马输电线路经过 GPS 定位后形成二维坐标地图, 然后经扫描得到计算机能够处理的光栅图像, 再和该地区的三维海拔高程地图投影叠置分析, 寻找和确定具有相同经纬度坐标的输电线路所在位置, 按照确定的二维地理坐标, 对其进行逻辑交运算, 即通过公式 (1) 得到三维地图下 (如图 2 所示) 输电线路各处的三维地理坐标。

[0029] 第二步: 如图 2, 任取该输电线路档距段如 74#-75#, 在三维坐标地图做该档距段的垂线, 由此垂线和档距段确定的平面则为该档距段的防雷保护角误差平面, 在误差平面内, 确定以垂足为中心的基本栅格单元的四个顶点的三维坐标分别为

$\vec{P}_{i,j}(744294.865, 2573083.462, 1454.318)$ ,  $\vec{P}_{i,j+1}(744304.865, 2573083.462, 1453.984)$ ,  $\vec{P}_{i,j+1}(7744294.865, 2573073.462, 1455.651)$ ,  $\vec{P}_{i+1,j+1}(744304.865, 2573073.462, 1455.318)$ , 如图 3 所

示, 通过公式 (3) 求得该栅格单元的对角向量  $\vec{a}_{i,j}$ ,  $\vec{b}_{i,j}$  的空间三维坐标, 分别为 (10, -10, 1), (-10, -10, 1.667), 再利用公式 (4) 计算向量  $\vec{a}_{i,j}$ ,  $\vec{b}_{i,j}$  的向量积就可得到该档距

段内输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量  $\vec{n}$  为  $(-6.67, 26.67, 200)$ 。

[0030] 第三步:利用第二步中已经计算出的该档距段内输电线路防雷保护角误差平面的正方向向量  $\vec{n}$ ,通过公式(5)求得该档距段误差角的余弦  $\text{cosslope} = 0.99$ ,再通过求反余弦的方法即可计算出该档距段的误差角  $\text{slope} = 8.1^\circ$ ,如图4所示。

[0031] 第四步:通过查阅该条输电线路该档距段的相序图和杆塔明细表,确定该档距段 A、B、C 三相水平排列,A相和C相是边相导线,防雷保护角设计值均为  $15^\circ$ ,其中A相导线位于杆塔与地表夹角为锐角的一侧,则A相导线的实际防雷保护角为设计值减去误差角即  $15^\circ - 8.1^\circ = 6.9^\circ$ ;C相导线位于杆塔与地表夹角为钝角的一侧,则C相导线的实际防雷保护角为设计值加上误差角即  $15^\circ + 8.1^\circ = 23.1^\circ$ 。重复第一步~第四步即可求得该输电线路任意档距段的防雷保护角实际值。

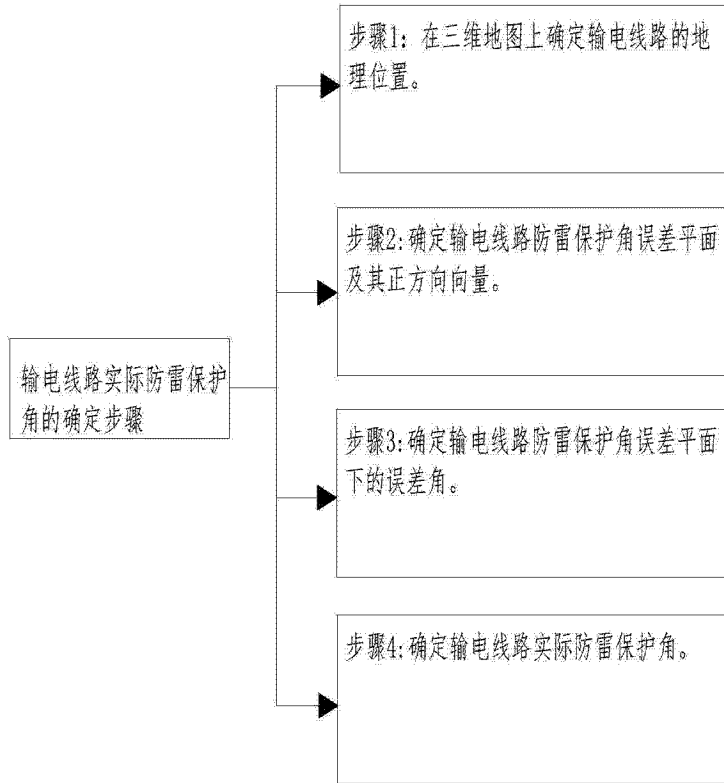


图 1

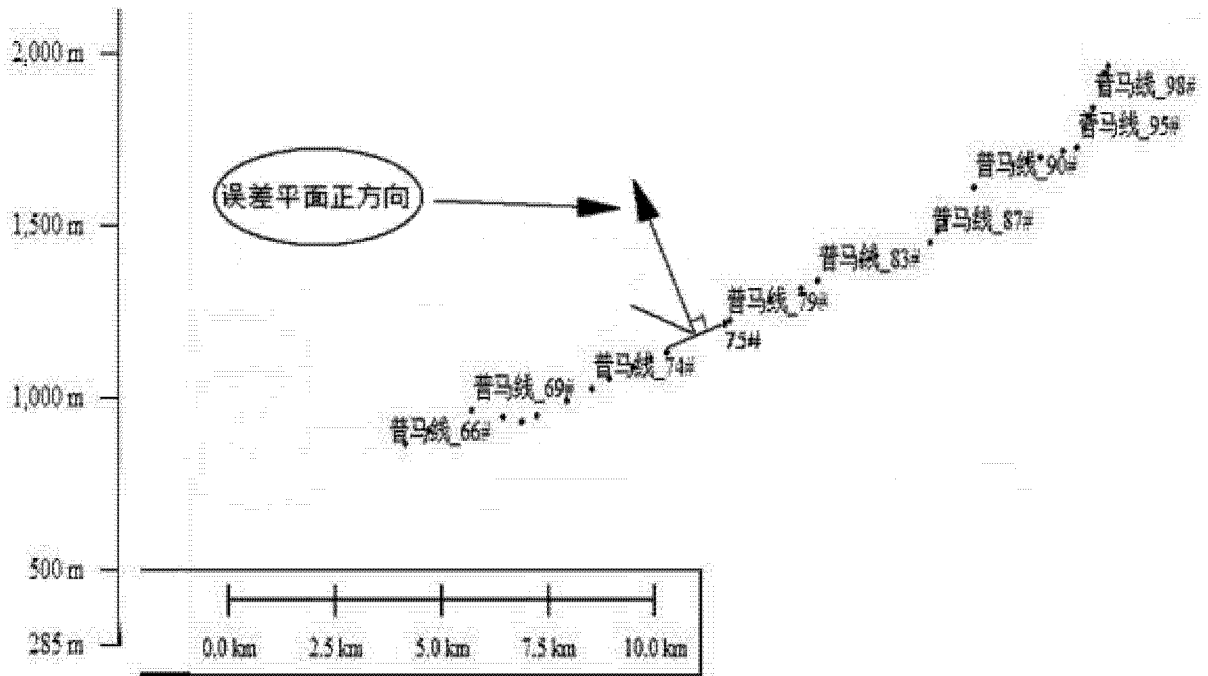


图 2



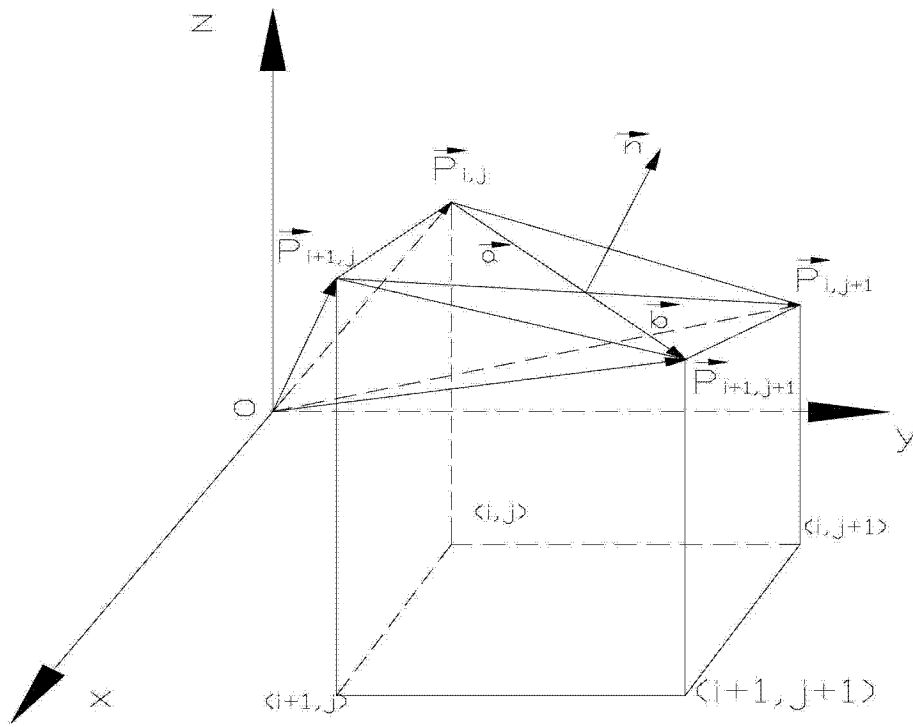


图 3

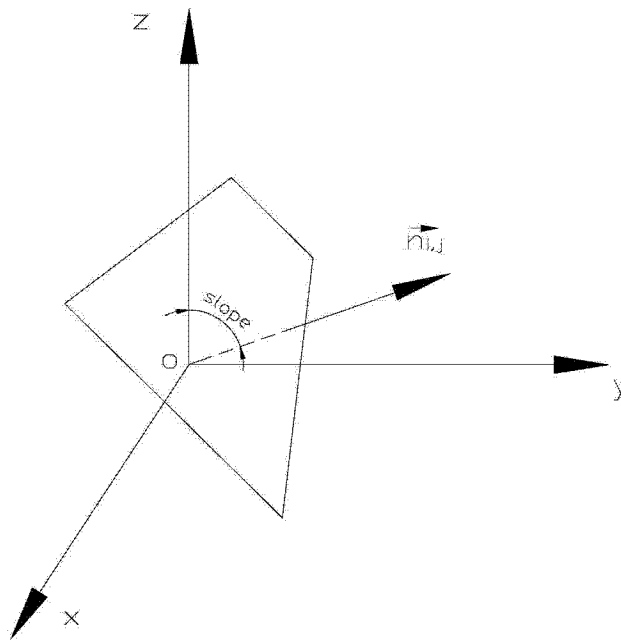


图 4