(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
2016 年 10 月 6 日 (06.10.2016)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2016/155484 A1

(51) 国际专利分类号:
G01V 1/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/076283

(22) 国际申请日: 2016 年 3 月 14 日 (14.03.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201510148433.6 2015 年 3 月 31 日 (31.03.2015) CN

(71) 申请人: **清华大学 (TSINGHUA UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园, Beijing 100084 (CN)。 **北京辰安科技股份有限公司 (BEIJING GLOBAL SAFETY TECHNOLOGY CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。

(72) 发明人: **苏国锋 (SU, Guofeng)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **陈涛 (CHEN, Tao)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **袁宏永 (YUAN, Hongyong)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **吕栋亮 (LV, Dongliang)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **陈涛 (CHEN, Tao)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **黄全义 (HUANG, Quanyi)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **陈建国 (CHEN, Jianguo)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。 **李志鹏 (LI, Zhipeng)**; 中国北京市海淀区丰秀中路 3 号院 1 号楼, Beijing 100094 (CN)。

(74) 代理人: **北京东方亿思知识产权代理有限责任公司 (BEIJING EAST IP LTD.)**; 中国北京市东城区东长安街 1 号东方广场东方经贸城东 2 座 1601 室, Beijing 100738 (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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,

[见续页]

(54) Title: TSUNAMI FORECAST METHOD AND DEVICE AND TSUNAMI WARNING METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称 : 海啸预测方法以及装置、海啸预警方法以及装置

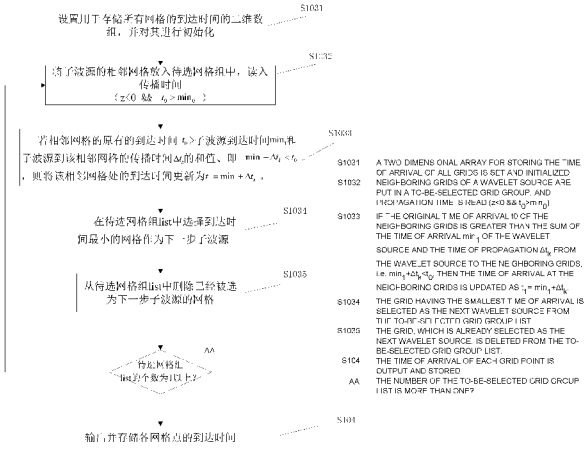


图 7

(57) **Abstract**: A tsunami forecast method and device and a tsunami warning method and device. The tsunami forecast method comprises: a data acquisition step (S101) for acquiring spatial data of a tsunami propagation area; a propagation time calculating step (S102) for calculating, on the basis of the acquired data, and storing propagation time between neighboring grids; a time of arrival calculating step (S103) for acquiring the time of arrival of each grid in a to-be-selected grid group on the basis of the propagation time between the neighboring grids, and selecting a next wavelet source from the to-be-selected grid group on the basis of the minimum value of the time of arrival of each grid in the to-be-selected grid group, so that the time of arrival of a tsunami arriving at each grid in the tsunami propagation area is calculated, wherein it is possible for the to-be-selected grid group to be used as a set of grids of the wavelet source; and an outputting step (S104) for outputting the time of arrival of each grid in the tsunami propagation area. Thus, fast tsunami forecast and warning can be realized.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/155484 A1

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))。

一种海啸预测方法以及装置、海啸预警方法以及装置。该海啸预测方法包括：数据获取步骤（S101），获取海啸传播区域的空间数据；传播时间计算步骤（S102），根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；到达时间计算步骤（S103），根据相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；以及输出步骤（S104），输出海啸传播区域中的各网格的到达时间。从而能够进行快速的海啸预测、预警。

海啸预测方法以及装置、海啸预警方法以及装置

技术领域

本发明涉及海啸预测方法以及装置、海啸预警方法以及装置，尤其涉及基于海啸传播时间的海啸预测方法以及装置。

背景技术

海啸通常会造成惨重的人员伤亡和巨大的经济损失。因此，对海啸的到达时间进行准确的预测，并基于海啸预测结果进行及时的预警，可以有效地降低经济损失和人员伤亡。

当前，通常，通过计算海啸传播时间来分析海啸的传播过程。计算海啸传播时间时需要用到海洋深度的网格数据。

在非专利文献 1 中，从运动学的角度进行了考虑，认为海啸波的传播遵循惠更斯原理。当海啸波行进时，波前上的每一点都可视为新的点波源。

海啸波在大洋中的传播速度近似为 $v=\sqrt{gh}$，地球上任两点 (θ_1,φ_1)，(θ_2,φ_2) 间的距离公式为：

$$\rho = R\cdot Arc\cos(\cos(\varphi_1)\cdot\cos(\varphi_2)\cdot\cos(\theta_1-\theta_2)+\sin(\varphi_1)\cdot\sin(\varphi_2)) \qquad (1)$$

其中 θ_1，θ_2 是经度，φ_1，φ_2 是纬度，R 是地球半径。

设 O 是子波源，A 是 O 邻域上的网格，那么 O 到格点 A 的传播时间为

$$t=\frac{2\rho}{v_O+v_A} \qquad (2)$$

从而可以计算出子波源到其邻域任意网格上的传播时间。

由于海洋深度数据为矩形网格形式，在这种数据格式下，每个网格都有一个 $N\times N$ 邻域，假定波前上的网格作为子波源的影响范围是它的 $N\times N$ 邻域。对于子波源 $N\times N$ 邻域上的网格，如果经子波源的到达的时间小于该网格原来的时间，那么用小的时间值替代该网格的时间。

在非专利文献 2 中，认为海啸波是浅水波，满足浅水波方程，通过有限差分方法求解浅水波方程，由此计算出了海啸的传播时间。

非专利文献 1：Shokin, Yu. I., Chubarov, L. B., Novikov, V. A., and Sudakov, A.N.: Calculations of Tsunami Travel Time Charts in the PacificOcean – Models, Algorithms, Techniques, Results, Sci. TsunamiHazards, 5, 85–122, 1987.

非专利文献 2：I. V. Fine and R. E. Thomson. A wavefront orientation method for precise numerical. determination of tsunami travel time. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 2863–2870, 2013.

发明内容

然而，由于用于预测海啸的基础数据非常庞大、而且目前用于计算海啸的到达时间的方法比较复杂，运算量非常大，因此需要很长的计算时间。从而，虽然可以用于海啸的事后分析，但是很难在海上发生地震之后马上用于进行海啸的预测。另外，难以在普通的小型计算机上进行海啸预测。也就是说，无法满足应对灾害的有关部门快速地预测海啸的传播并及时发布预警信息的需求。另外，灾害应对相关部门需要配备大型的、专用的计算设备，要求投入较大的成本。

因此，本发明提供一种快速的海啸预测方法。该海啸预测方法还能够在普通的小型计算机上执行。

本发明的第一方式提供了一种海啸预测方法，该方法包括：数据获取步骤，获取海啸传播区域的空间数据；传播时间计算步骤，根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；到达时间计算步骤，根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；以及输出步骤，输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

本发明还提供了第二方式，该第二方式是如第一方式所述的海啸预测方法，其中，在所述到达时间计算步骤中，针对每个子波源，将该子波源

的相邻网格加入待选网格组中，在选择下一步子波源之后，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格，循环执行上述操作直到待选网格组中没有网格。

本发明还提供了第三方式，该第三方式是如第一或第二方式所述的海啸预测方法，其中，在所述到达时间计算步骤中，在所述待选网格组中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源。

本发明还提供了第四方式，该第四方式是如第一至第三方式中的任一方式所述的海啸预测方法，其中，所述到达时间计算步骤包括：初始化步骤，设置用于存储所述海啸传播区域中的所有网格的到达时间的二维数组，并进行初始化，将除了震中以外的所有网格的到达时间初始化为无穷大的值，且选择震中为初始的子波源；待选网格组添加步骤，将子波源的相邻网格放入所述待选网格组中，读入在传播时间计算步骤中存储的从子波源到相邻网格的传播时间；到达时间更新步骤，当相邻网格的到达时间大于子波源的到达时间和从子波源到该相邻网格的传播时间的和值时，将该相邻网格处的到达时间更新为所述和值；下一步子波源选取步骤，在所述待选网格组中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源；待选网格组更新步骤，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格；当待选网格组的个数为 1 以上时，重复执行所述待选网格组添加步骤、到达时间更新步骤、下一步子波源选取步骤、待选网格组更新步骤。

本发明还提供了第五方式，该第五方式是如第一或第二方式中的任一方式所述的海啸预测方法，其中，在所述到达时间计算步骤中，根据所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值，选择多个网格作为下一步子波源。

本发明还提供了第六方式，该第六方式是如第一、第二、第五方式中的任一方式所述的海啸预测方法，其中，所述到达时间计算步骤包括：初始化步骤，设置用于存储所述海啸传播区域中的所有网格的到达时间的二维数组，并进行初始化，将除了震中以外的所有网格的到达时间初始化为无穷大的值，且选择震中为初始的子波源；最小值计算步骤，计算所有相邻网格之间的传播时间的最小值；待选网格组添加步骤，将该子波源的相

邻网格放入所述待选网格组中，读入在传播时间计算步骤中存储的从子波源到相邻网格的传播时间；到达时间更新步骤，当相邻网格的到达时间大于子波源的到达时间和从子波源到该相邻网格的传播时间的和值时，将该相邻网格处的到达时间更新为所述和值；下一步子波源选取步骤，根据所述所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值，选择多个网格作为下一步子波源；待选网格组更新步骤，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格；当待选网格组的个数为 1 以上时，重复执行所述待选网格组添加步骤、到达时间更新步骤、下一步子波源选取步骤、待选网格组更新步骤。

本发明还提供了第七方式，该第七方式是如第六方式所述的海啸预测方法，其中，在所述下一步子波源选取步骤中，选择到达时间小于所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值的和值的网格为下一步子波源。

本发明还提供了第八方式，该第八方式是如第四或第六方式所述的海啸预测方法，其中，在所述待选网格组添加步骤中，仅将子波源的相邻网格之中位于海洋且到达时间大于上一步子波源的到达时间的网格放入待选网格组中。

本发明还提供了第九方式，该第九方式是如第一或第二方式所述的海啸预测方法，其中，在所述传播时间计算步骤中，当所述子波源位于陆地时，使从该子波源到相邻网格的传播时间均为 0，或者，当所述子波源及其相邻网格中的任意一个位于陆地时，使从该子波源到该相邻网格的传播时间为 0。

本发明的第十方式提供了一种海啸预警方法，其特征在于，包括：第一方式至第九方式中的任一项所述的海啸预测方法；以及预警步骤，根据所述海啸预测方法的输出结果，对到达时间小于预定的阈值的区域发出预警。

本发明的第十一方式提供了一种海啸预测装置，其特征在于，包括：数据获取部，获取海啸传播区域的空间数据；传播时间计算部，根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；到达时间计算部，根

据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；以及输出部，输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

本发明还提供了第十二方式，该第十二方式是如第十一方式所述的海啸预测装置，其中，所述到达时间计算部针对每个子波源，将该子波源的相邻网格加入待选网格组中，在选择下一步子波源之后，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格，循环执行上述操作直到待选网格组中没有网格。

本发明还提供了第十三方式，该第十三方式是如第十一或第十二方式所述的海啸预测装置，其中，所述到达时间计算部在所述待选网格组中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源。

本发明还提供了第十四方式，该第十四方式是如第十一至第十三方式中的任一方式所述的海啸预测装置，其中，所述到达时间计算部包括：初始化部，设置用于存储所述海啸传播区域中的所有网格的到达时间的二维数组，并进行初始化，将除了震中以外的所有网格的到达时间初始化为无穷大的值，且选择震中为初始的子波源；待选网格组添加部，将子波源的相邻网格放入所述待选网格组中，读入在传播时间计算部中存储的从子波源到相邻网格的传播时间；到达时间更新部，当相邻网格的到达时间大于子波源的到达时间和从子波源到该相邻网格的传播时间的和值时，将该相邻网格处的到达时间更新为所述和值；下一步子波源选取部，在所述待选网格组中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源；待选网格组更新部，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格；当待选网格组的个数为 1 以上时，使所述待选网格组添加部、到达时间更新部、下一步子波源选取部、待选网格组更新部重复动作。

本发明还提供了第十五方式，该第十五方式是如第十一或第十二方式中的任一方式所述的海啸预测装置，其中，所述到达时间计算部根据所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值，

选择多个网格作为下一步子波源。

本发明还提供了第十六方式，该第十六方式是如第十一、第十二、第十五方式中的任一方式所述的海啸预测装置，其中，所述到达时间计算部包括：初始化部，设置用于存储所述海啸传播区域中的所有网格的到达时间的二维数组，并进行初始化，将除了震中以外的所有网格的到达时间初始化为无穷大的值，且选择震中为初始的子波源；最小值计算部，计算所有相邻网格之间的传播时间的最小值；待选网格组添加部，将该子波源的相邻网格放入所述待选网格组中，读入在传播时间计算部中存储的从子波源到相邻网格的传播时间；到达时间更新部，当相邻网格的到达时间大于子波源的到达时间和从子波源到该相邻网格的传播时间的和值时，将该相邻网格处的到达时间更新为所述和值；下一步子波源选取部，根据所述所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值，选择多个网格作为下一步子波源；待选网格组更新部，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格；当待选网格组的个数为 1 以上时，使所述待选网格组添加部、到达时间更新部、下一步子波源选取部、待选网格组更新部重复动作。

本发明还提供了第十七方式，该第十七方式是如第十六方式所述的海啸预测装置，其中，所述下一步子波源选取部选择到达时间小于所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值的和值的网格为下一步子波源。

本发明还提供了第十八方式，该第十八方式是如第十四或第十六方式所述的海啸预测装置，其中，所述待选网格组添加部仅将子波源的相邻网格之中位于海洋且到达时间大于上一步子波源的到达时间的网格放入待选网格组中。

本发明还提供了第十九方式，该第十九方式是如第十一或第十二方式所述的海啸预测装置，其中，所述传播时间计算部在所述子波源位于陆地时，使从该子波源到相邻网格的传播时间均为 0，或者，在所述子波源及其相邻网格中的任意一个位于陆地时，使从该子波源到该相邻网格的传播时间为 0。

本发明的第二十方式提供一种海啸预警装置，其特征在于，包括：第十一方式至第十九方式中的任一项所述的海啸预测装置；以及预警部，根据所述海啸预测装置的输出结果，对到达时间小于预定的阈值的区域发出预警。

本发明的第二十一方式提供一种海啸预测装置，其特征在于，包括：处理器；以及用于存储处理器可执行的指令的存储器，其中，所述处理器被配置为：获取海啸传播区域的空间数据；根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

本发明的第二十二方式提供一种海啸预测装置，其特征在于，包括：输入部，用于输入海啸传播区域的空间数据；存储部，用于存储相邻网格之间的传播时间；以及处理器，所述处理器还包括：传播时间计算部，根据所输入的空间数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储到存储部中；到达时间计算部，根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；以及输出部，输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

本发明的第二十三方式实施方式提供一种海啸预测程序，所述程序使得计算机执行如下操作：获取海啸传播区域的空间数据；根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，

所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

本发明的第二十四方式实施方式所提供的存储有海啸预测程序的存储介质，所述程序使得计算机执行如下操作：获取海啸传播区域的空间数据；根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

根据本发明所提供的海啸预测方法和装置，能够快速地获得海啸到达每个网格的到达时间。即，能够快速地进行海啸的预测。从而，能够为及时的预警提供基础。

根据本发明所提供的海啸预警方法和装置，能够对海啸可能到达的区域及时地发出预警。从而，使得可能受灾的区域的人们能够迅速应对灾害。并且，能够减少人员伤亡和经济损失。

另外，本发明所提供的海啸预测方法以及装置、海啸预警方法以及装置结构简单，运算量小。从而，能够在普通的小型计算机上应用。能够降低灾害应对部分的成本。

附图说明

图 1 是示出本发明的第一实施方式所涉及的海啸预测装置的主要构成的框图；

图 2 是示出本发明的第一实施方式所涉及的海啸预测方法的主要流程的图；

图 3 是示出传播时间计算模块的主要构成的框图；

图 4 是示出计算相邻网格之间的传播时间的具体步骤的流程图；

图 5 是示出海啸在邻域内传播的示意图；

图 6 示出实施例 1 所涉及的到达时间计算模块的主要构成的框图；

图 7 是示出实施例 1 所涉及的计算到达时间的具体步骤的流程图；

图 8 是示出实施例 2 所涉及的到达时间计算模块的主要构成的框图；

图 9 是示出实施例 2 所涉及的计算到达时间的具体步骤的流程图；

图 10 是示出基于本发明预测 2014 年 4 月 2 号的智利海啸传播时间的结果的图；

图 11 是示出第二实施方式所涉及的海啸预警装置的主要构成的框图；

图 12 是示出第二实施方式所涉及的海啸预警方法的主要流程的图；

图 13 是处理装置的内部组件的方框图。

具体实施方式

以下，参照附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。

<第一实施方式>

首先，参照图 1 和图 2，说明本发明的第一实施方式所涉及的海啸预测装置的构成和海啸预测方法的主要流程。

如图 1 所示，本发明的海啸预测装置 1 包括：数据获取部 101、传播时间计算部 102、到达时间计算部 103、输出部 104。

如图 2 所示，本发明的海啸预测方法包括：数据获取步骤 S101、传播时间计算步骤 S102、到达时间计算步骤 S103、输出步骤 S104。

在数据获取步骤 S101 中，数据获取部 101 获取海啸传播区域的空间数据。

具体来说，海啸传播区域的空间数据是指海啸传播区域的经度、纬度、深度的数据。

在海啸的预测中，需要海啸可能传播的区域（即，海啸传播区域）的空间数据(θ,φ,z)，经度θ，纬度φ，深度或高程z。该空间数据可以以栅格文件或文本文档给出。其中，经、纬度的单位为十进制度，深度或高程的单位为米。

若网格位于陆地，则z值大于等于 0，若网格在海洋，则z值小于 0。由于海洋高程数据量巨大，对运算影响很大。因此，可以对空间数据进行

简化处理，降低数据的空间分辨率。通过对空间数据进行简化，能够在普通的小型计算机执行海啸预测。

本发明中，假设海啸传播区域的网格数据的行数、列数分别为 row，column。

接着，在传播时间计算步骤 S102 中，传播时间计算部 102 根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储。关于传播时间的具体计算方法，可以采用已有的方法，也可以采用利用图 2 后述的计算方法。

在本发明中，传播时间为海啸在相邻的两个网格点之间传播的时间。

接下来，在到达时间计算步骤 S103 中，到达时间计算部 103 根据在步骤 S102 中存储的相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间。

在本发明中，待选网格组是可能作为子波源的网格的集合，到达时间是指海啸从震源到达该网格的时间。

在 S103 步骤中，到达时间计算部 103 针对每个子波源，将该子波源的相邻网格加入待选网格组中，在根据上述的操作选择下一步子波源之后，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格，循环执行上述操作直到待选网格组中没有网格，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间。

最后，在输出步骤 S104 中，输出部 104 输出海啸传播区域中的各网格的到达时间。所述输出可以输出给外部的存储装置、分析装置、预警装置、显示装置、打印装置等。输出的形式可以是显示、打印、存储等。输出的结果可以是表格，也可以是图形。例如，如图 10 所示，在地理信息系统 GIS、电子地图等中，通过到达时间的等高线来展现。

<计算传播时间>

以下，参照图 3 和图 4，对传播时间计算部 102 执行的上述传播时间计算步骤 S102 进行详细说明。

如图 3 所示，传播时间计算部 102 包括：距离计算部 1021、速度计算

部 1022、时间计算部 1023、传播时间存储部 1024。

如图 4 所示，S102 步骤还包括：S1021 步骤，计算相邻网格之间的距离；S1022 步骤，计算海啸波沿每个网格的传播速度；S1023 步骤，根据所述距离和所述传播速度，计算出所述传播时间；S1024 步骤，存储所述相邻网格之间的传播时间数据。

具体来说，在 S1021 步骤中，距离计算部 1021 可以利用地球上的任意两点之间的距离公式（1）计算出海啸传播区域内的任意网格 O 到其邻域内点 $p_1, p_2, \ldots, p_{16}$ 之间的距离 $\rho(O, p_i)$。

在 S1022 步骤中，速度计算部 1022 具体可以根据海啸传播速度与海洋深度的近似关系式 $v = \sqrt{gh}$，确定海啸波在每个网格上的传播速度。

在 S1023 步骤中，时间计算部 1023 计算网格 O 到邻域内的网格之间的传播时间。

如图 5 所示，在矩形网格中，存在 4×4 邻域的网格。记 O 点所在网格上的速度为 v，点 p_i(1≤i≤16)所在网格的速度为 v_i。则 O 与 p_i 之间的传播时间为

$$t(O, p_i) = \frac{2\rho(O, p_i)}{v + v_i} \qquad (3)$$

在 S1023 步骤中，时间计算部 1023 还可以进行如下操作：如果 O 点的高程大于 0，令 O 点到周围 16 个点的传播时间均为 0；如果 O 与邻域内的网格有一个高程大于 0，也令它们之间的传播时间为 0。

在 S1024 步骤中，传播时间存储部 1024 可以将相邻网格之间的传播时间存储起来，作为新的基础数据。高程数据中具有 4×4 邻域的网格共有 nrow-2 行、ncolumn-2 列，可以将每个网格点到其邻域内 16 个网格点的传播时间都存储起来。

<计算到达时间>

以下，对到达时间计算部 103 所执行的到达时间计算步骤 S103 进行详细说明。

实施例 1

如图 6 所示，到达时间计算部 103 包括：初始化部 1031、待选网格组添加部 1032、到达时间更新部 1033、下一步子波源选取部 1034、待选网

格组更新部 1035。

以下，结合图 7 来说明计算海啸到达海啸传播区域的每个网格的到达时间的实施例 1。

如图 7 所示，S103 步骤包括：初始化步骤 S1031、待选网格组添加步骤 S1032、到达时间更新步骤 S1033、下一步子波源选取步骤 S1034、待选网格组更新步骤 S1035。

在初始化步骤 S1031 中，初始化部 1031 设置用于存储海啸传播区域中的所有网格的到达时间的二维数组，并对其进行初始化。该二维数组的行数、列数分别为 row 和 column。可以将震中对应的元素初始化为 0（s），其他元素都初始化为无穷大的值，例如可以设定为 10^8（s），震中为初始的子波源。

在待选网格组添加步骤 S1032 中，待选网格组添加部 1032 将子波源的相邻网格放入待选网格组 list 中，并读入在 S102 步骤中计算并存储（传播时间计算部 102 所计算并存储）的从子波源到相邻网格的传播时间。

具体来说，可以读入在 S1024 步骤中存储的相邻网格之间的传播时间之中、作为这一步的子波源的网格和与该子波源相邻的网格、即该子波源（i,j）的4×4邻域内的 16 个网格 $p_1, p_2, \cdots, p_{16}$ 之间的传播时间。

另外，如果碰到陆地，海啸波将不会接着传播。即，海啸仅在于海洋中传播。因此，可以仅将高程 z 小于 0 的网格放入待选网格组中。

并且，在本发明中，例如，通过目前的到达时间 t_0 大于上一步子波源的到达时间 $\min_0$ 来判断该网格还未被放入过待选网格组中。

因此，在 S1032 步骤中，待选网格组添加部 1032 可以仅将子波源的相邻网格之中位于海洋（z＜0）且目前的到达时间大于上一步子波源的到达时间 $t_0 > \min_0$ 的网格放入待选网格组中。

在到达时间更新步骤 S1033 中，到达时间更新部 1033 在相邻网格 p_k 的原有的到达时间 t_0 大于子波源（i,j）的到达时间 $\min_1$ 和从子波源到该相邻网格 p_k 的传播时间 Δt_k 的和值、即 $\min_1 + \Delta t_k < t_0$ 时，将该相邻网格处的到达时间更新为所述和值，即 $t_1 = \min_1 + \Delta t_k$。

在下一步子波源选取步骤 S1034 中，下一步子波源选取部 1034 在待

选网格组 list 中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源。

在待选网格组更新步骤 S1035 中，待选网格组更新部 1035 从待选网格组 list 中删除已经被选为下一步子波源的网格。

若待选网格组 list 的个数为 1 以上，则重复执行 S1032~S1034 步骤。

根据第一实施方式的实施例 1 所涉及的海啸预测方法，通过从待选网格组中选择到达时间最小的一个网格作为下一步的波源，能够快速地获得海啸到达每个网格的到达时间，能够迅速地预测海啸的传播过程，能够为及时的预警提供基础。

实施例 2

以下，参照图 8 和图 9 来说明计算海啸到达海啸传播区域的每个网格的到达时间的实施例 2。

如图 8 所示，在实施例 2 中，由下一步子波源选取部 1034'来替换实施例 1 中的下一步子波源选取部 1034，且还可以包括最小值计算部 1030，其他的构成与实施例 1 相同。

如图 9 所示，在 S103 步骤包括下一步子波源选取步骤 S1034'来替换实施例 1 中的下一步子波源选取步骤 S1034，且还可以包括最小值计算步骤 S1030，其他的步骤与实施例 1 相同。

在最小值计算步骤 S1030 中，最小值计算部 1030 计算所有相邻网格之间的传播时间的最小值 $\Delta t_{\min}$，将其输出给下一步子波源选取部 1034'。

在图 9 中，该最小值计算步骤 S1030 位于初始化步骤 S1031 之后，然而，该最小值计算步骤 S1030 也可以位于步骤 S1031 之前。

另外，还可以通过其他模块计算所有相邻网格之间的传播时间的最小值并存储，而在下一步子波源选取步骤 S1034'中，下一步子波源选取部 1034'直接利用该最小值 $\Delta t_{\min}$。也就是说，S103 步骤可以不包含最小值计算步骤 1030，该最小值计算步骤 1030 可以省略。即，本发明的到达时间计算部 103 可以不包含最小值计算步骤 1030，最小值计算步骤 1030 可以省略。

在下一步子波源选取步骤 S1034'中，下一步子波源选取部 1034'根据所有相邻网格之间的传播时间的最小值 $\Delta t_{\min}$ 和待选网格组中的到达时间的

最小值t_{min}，选择多个网格作为下一步子波源。

具体来说，在步骤 S1034’中，下一步子波源选取部 1034’选择到达时间小于所述所有相邻网格之间的传播时间的最小值Δt_{min}和待选网格组中的到达时间的最小值t_{min}的和值的网格为下一步子波源。即，对于待选网格组中的任意网格p_k（1≤k≤n，其中，n 为 list 的长度），如果网格p_k处的到达时间$time_{p_k} < t_{min} + \Delta t_{min}$，则将该网格选择为下一步子波源。

而在实施例 2 中，若待选网格组 list 的个数为 1 以上，则重复执行 S1032~S1033、S1034’、S1035 步骤。

根据实施例 2 所涉及的海啸预测方法，通过从待选网格组中选择到达时间较小的一批网格作为下一步的波源，除了与实施例 1 相同的效果之外，还具有收敛更快的优点。即，能够进一步提高运算速度。同时，避免了引入累计误差。

<第二实施方式>

本发明可以通过海啸预警装置和海啸预警方法来实现。

如图 11 所示，第二实施方式所涉及的海啸预警装置 2 除了第一实施方式的海啸预测装置 1 之外还包括预警部 105。

第二实施方式所涉及的海啸预警方法除了第一实施方式的海啸预测方法之外还包括预警步骤 S105。

在预警步骤 105 中，预警部 105 根据海啸预测方法的输出步骤 S104 的输出结果（输出部 104 的输出结果），对到达时间小于预定的阈值的区域发出预警。

例如，如图 10 所示的那样，可以根据到达时间的大小绘制出等高线，根据预定的阈值生成预警线，对等高线位于预警线内的区域发出预警。

根据第二实施方式，能够对海啸可能到达的区域及时地发出预警，使得受灾区域的人们能够及时应对灾害，从而减少人员伤亡和经济损失。

本发明的各个部件实施例可以以硬件实现，或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现，或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解，如图 13 所示，为一个处理装置的内部组件的方框图，它可以

是工作站，例如，该处理装置包括一个总线 409，总线上连接各组成结构如下所述：该处理装置包括一个处理器 405，处理器 405 是一块超大规模的集成电路，是一台计算机的运算核心和控制核心。它的功能主要是解释计算机指令以及处理计算机软件中的数据。处理器 405 主要包括运算器和高速缓冲存储器 406 及实现它们之间联系的数据、控制及状态的总线。

处理装置还包括存储器，计算机中的存储器按用途可分为主存储器（内存），例如，ROM（Read Only Memory image，只读存储器）403、RAM（Random Access Memory，随机存取存储器）404 和辅助存储器（外存）402。存储器具有用于执行上述方法中的任何方法步骤的程序代码的存储空间。例如，用于程序代码的存储空间可以包括分别用于实现上面的方法中的各种步骤的各个程序代码。这些程序代码可以从一个或者多个计算机程序产品中读出或者写入到这一个或者多个计算机程序产品中。这些计算机程序产品包括诸如硬盘，光盘（CD）、存储卡或者软盘之类的程序代码载体。这样的计算机程序产品通常为便携式或者固定存储单元。该存储单元可以具有与前面所述的终端中的存储器类似布置的存储段、存储空间等。用于执行上述方法中的任何方法步骤的程序代码也可以通过网络进行下载。程序代码可以例如以适当形式进行压缩。通常，存储单元包括计算机可读代码，即可以由诸如之类的处理器读取的代码，这些代码当由服务器上运行搜索引擎程序时，导致该服务器执行上面所描述的方法中的各个步骤。

进一步地，该处理装置包括至少一个输入装置 401 用于用户与处理装置之间的相互作用，输入装置 401 可以为键盘、鼠标、图像捕捉元件，重力传感器，声音接收元件，触摸屏等；处理装置还包括至少一个输出装置 408，输出装置 408 可以是喇叭，蜂鸣器，闪光灯，图像投影单元，振动输出元件，屏幕或触摸屏等；处理设备还可以包括一个以有线或无线方式进行数据通信的通信接口 407。

在此处所提供的说明书中，说明了大量具体细节。然而，能够理解，本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下被实践。在一些实例中，并未详细示出公知的方法、结构和技术，以便不模糊对本说明书的理解。

应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制，并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中，这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

此外，还应当注意，本说明书中使用的语言主要是为了可读性和教导的目的而选择的，而不是为了解释或者限定本发明的主题而选择的。因此，在不偏离所附权利要求书的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。对于本发明的范围，对本发明所做的公开是说明性的，而非限制性的，本发明的范围由所附权利要求书限定。

上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点，其目的是让熟悉该技术领域的技术人员能够了解本发明的内容并据以实施，并不能以此来限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作出的等同变换或修饰，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

虽然结合附图描述了本发明的实施方式，但是本领域技术人员可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下做出各种修改和变形，这样的修改和变形均落入由所述权利要求所限定的范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种海啸预测方法，其特征在于，包括：

数据获取步骤，获取海啸传播区域的空间数据；

传播时间计算步骤，根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；

到达时间计算步骤，根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；以及

输出步骤，输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

2. 如权利要求 1 所述的海啸预测方法，其特征在于，

在所述到达时间计算步骤中，针对每个子波源，将该子波源的相邻网格加入待选网格组中，在选择下一步子波源之后，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格，循环执行上述操作直到待选网格组中没有网格。

3. 如权利要求 2 所述的海啸预测方法，其特征在于，

在所述到达时间计算步骤中，在所述待选网格组中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源。

4. 如权利要求 2 所述的海啸预测方法，其特征在于，

在所述到达时间计算步骤中，根据所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值，选择多个网格作为下一步子波源。

5.一种海啸预警方法，其特征在于，包括：

权利要求 1 至 4 中的任一项所述的海啸预测方法；以及

预警步骤，根据所述海啸预测方法的输出结果，对到达时间小于预定的阈值的区域发出预警。

6. 一种海啸预测装置，其特征在于，包括：

数据获取部，获取海啸传播区域的空间数据；

传播时间计算部，根据所获取的数据，计算出相邻网格之间的传播时间并存储；

到达时间计算部，根据所述相邻网格之间的传播时间，获得待选网格组中的各网格的到达时间，根据所述待选网格组中的各网格的到达时间的最小值，从所述待选网格组中选择下一步子波源，从而计算出海啸到达所述海啸传播区域中的每个网格的到达时间，其中，所述待选网格组是可能作为子波源的网格的集合；以及

输出部，输出所述海啸传播区域中的各网格的所述到达时间。

7. 如权利要求 6 所述的海啸预测装置，其特征在于，

所述到达时间计算部针对每个子波源，将该子波源的相邻网格加入待选网格组中，在选择下一步子波源之后，从待选网格组中删除已经被选为下一步子波源的网格，循环执行上述操作直到待选网格组中没有网格。

8. 如权利要求 7 所述的海啸预测装置，其特征在于，

所述到达时间计算部在所述待选网格组中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源。

9. 如权利要求 7 所述的海啸预测装置，其特征在于，

所述到达时间计算部根据所有相邻网格之间的传播时间的最小值和待选网格组中的到达时间的最小值，选择多个网格作为下一步子波源。

10.一种海啸预警装置，其特征在于，包括：

权利要求 6 至 9 中的任一项所述的海啸预测装置；以及

预警部，根据所述海啸预测装置的输出结果，对到达时间小于预定的阈值的区域发出预警。


海啸预测装置1
数据获取部101
传播时间计算部102
到达时间计算部103
输出部104

图 1

海啸预测方法

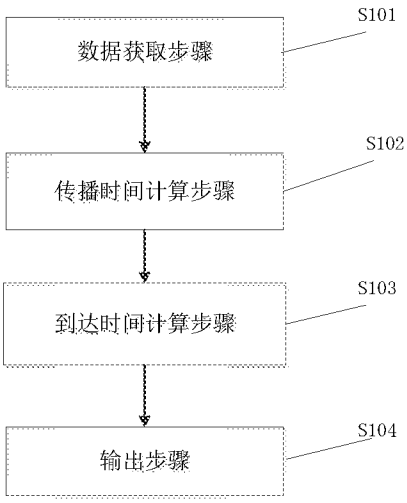

S101
数据获取步骤
S102
传播时间计算步骤
S103
到达时间计算步骤
S104
输出步骤

图 2


传播时间计算部102
距离计算部1021
速度计算部1022
时间计算部1023
传播时间存储部1024

图 3

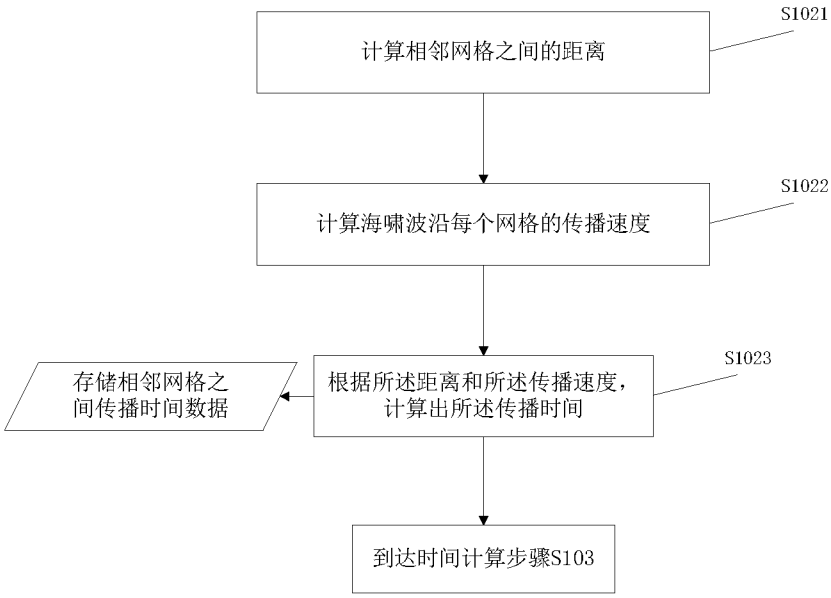

S1021
计算相邻网格之间的距离
S1022
计算海啸波沿每个网格的传播速度
S1023
根据所述距离和所述传播速度，计算出所述传播时间
存储相邻网格之间传播时间数据
到达时间计算步骤S103

图 4

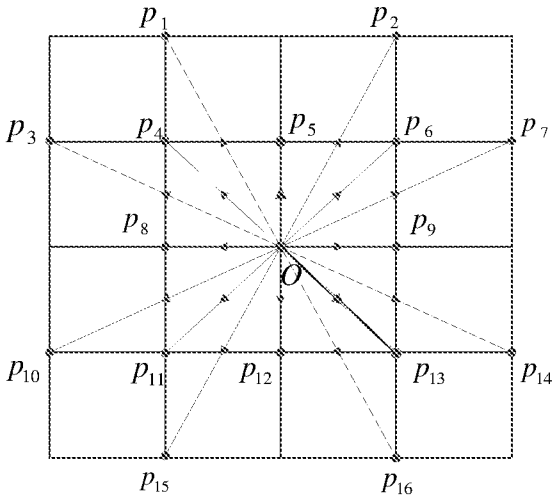

p_1
p_2
p_3
p_4
p_5
p_6
p_7
p_8
p_9
O
p_{10}
p_{11}
p_{12}
p_{13}
p_{14}
p_{15}
p_{16}

图 5

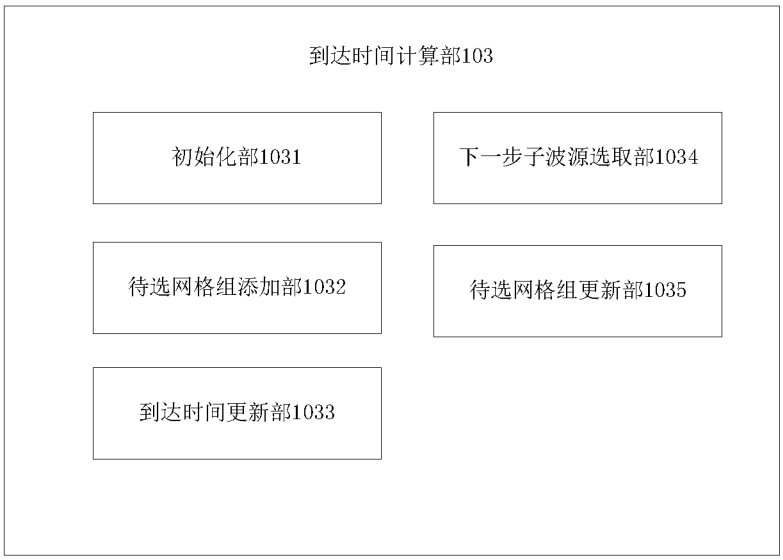

到达时间计算部103
初始化部1031
下一步子波源选取部1034
待选网格组添加部1032
待选网格组更新部1035
到达时间更新部1033

图 6

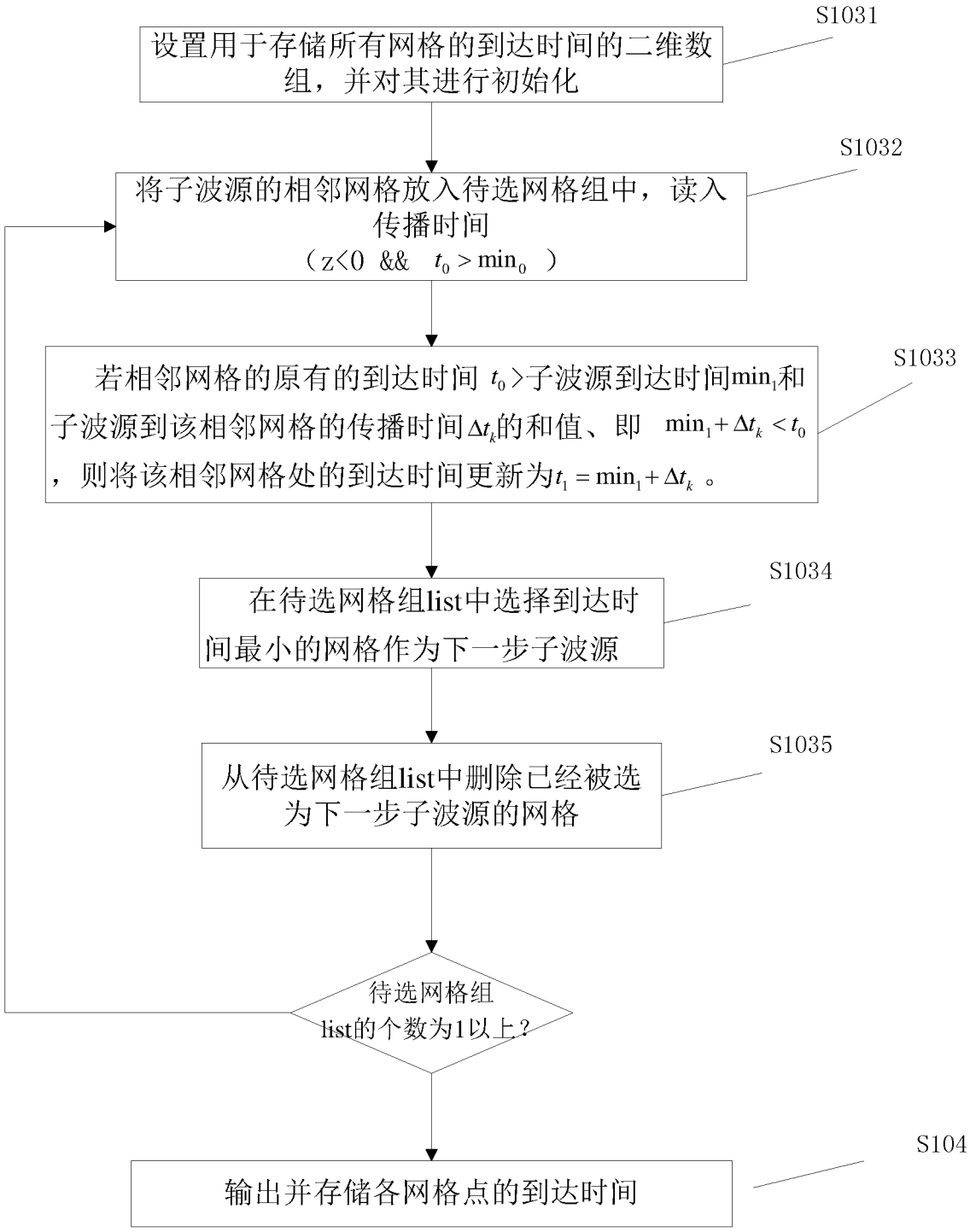

S1031
设置用于存储所有网格的到达时间的二维数组，并对其进行初始化
S1032
将子波源的相邻网格放入待选网格组中，读入传播时间
（z<0 && $t_0 > \min_0$ ）
S1033
若相邻网格的原有的到达时间 t_0 >子波源到达时间$\min_1$和子波源到该相邻网格的传播时间Δt_k的和值、即 $\min_1 + \Delta t_k < t_0$ ，则将该相邻网格处的到达时间更新为$t_1 = \min_1 + \Delta t_k$ 。
S1034
在待选网格组list中选择到达时间最小的网格作为下一步子波源
S1035
从待选网格组list中删除已经被选为下一步子波源的网格
待选网格组list的个数为1以上？
S104
输出并存储各网格点的到达时间

图 7

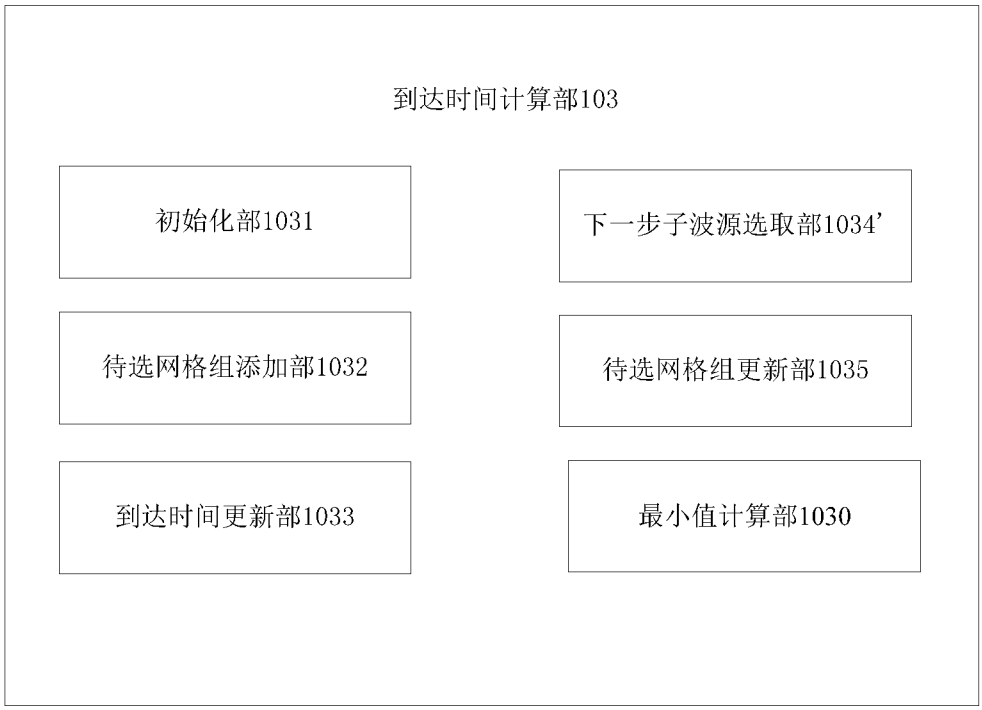

到达时间计算部103
初始化部1031
下一步子波源选取部1034'
待选网格组添加部1032
待选网格组更新部1035
到达时间更新部1033
最小值计算部1030

图 8

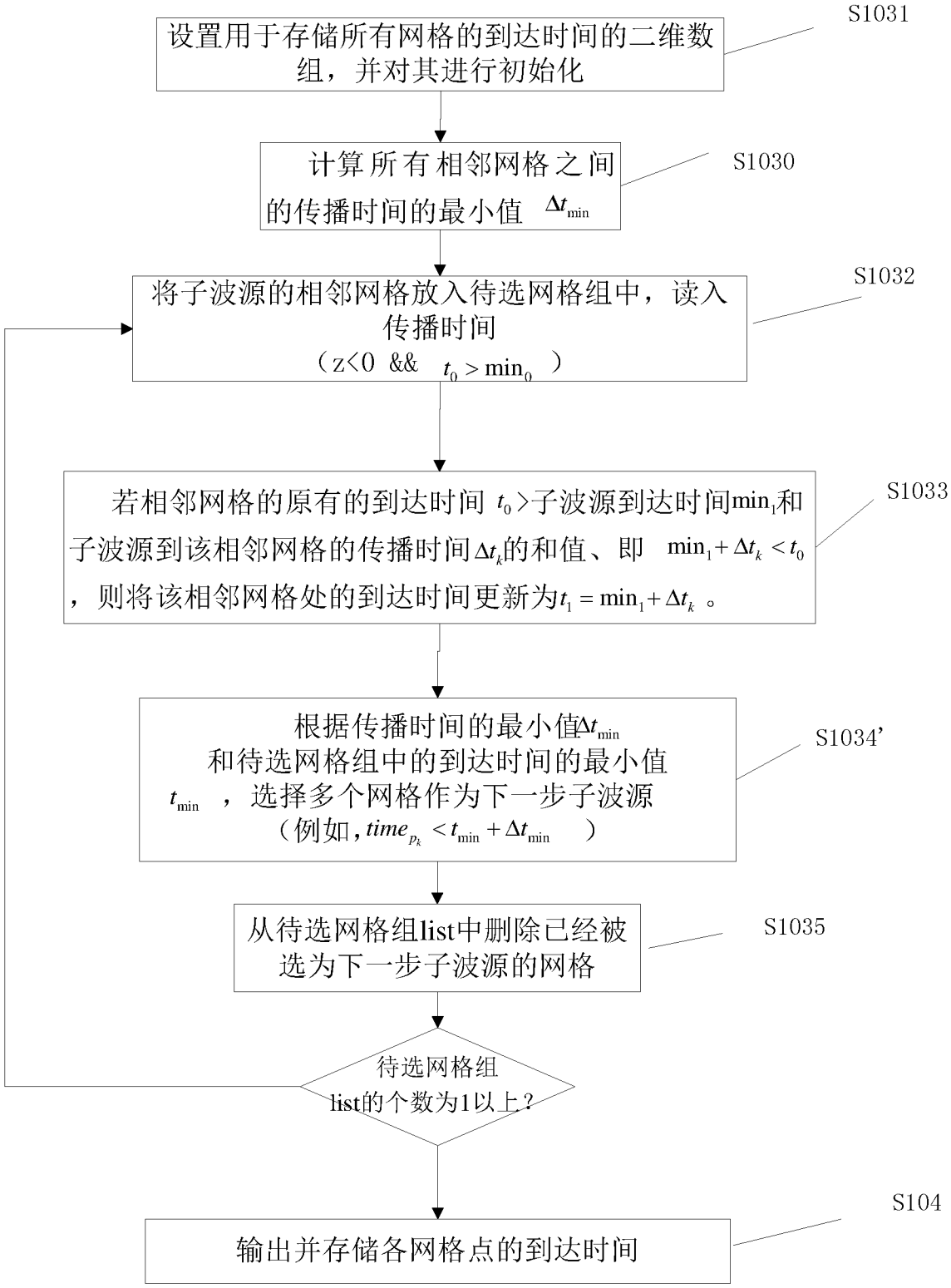

S1031
设置用于存储所有网格的到达时间的二维数组，并对其进行初始化
S1030
计算所有相邻网格之间的传播时间的最小值 $\Delta t_{\min}$
S1032
将子波源的相邻网格放入待选网格组中，读入传播时间
（z<0 && $t_0 > \min_0$ ）
S1033
若相邻网格的原有的到达时间 t_0>子波源到达时间$\min_1$和子波源到该相邻网格的传播时间Δt_k的和值、即 $\min_1 + \Delta t_k < t_0$ ，则将该相邻网格处的到达时间更新为$t_1 = \min_1 + \Delta t_k$ 。
S1034'
根据传播时间的最小值$\Delta t_{\min}$
和待选网格组中的到达时间的最小值
$t_{\min}$ ，选择多个网格作为下一步子波源
（例如，$time_{p_k} < t_{\min} + \Delta t_{\min}$ ）
S1035
从待选网格组list中删除已经被选为下一步子波源的网格
待选网格组list的个数为1以上？
S104
输出并存储各网格点的到达时间

图 9

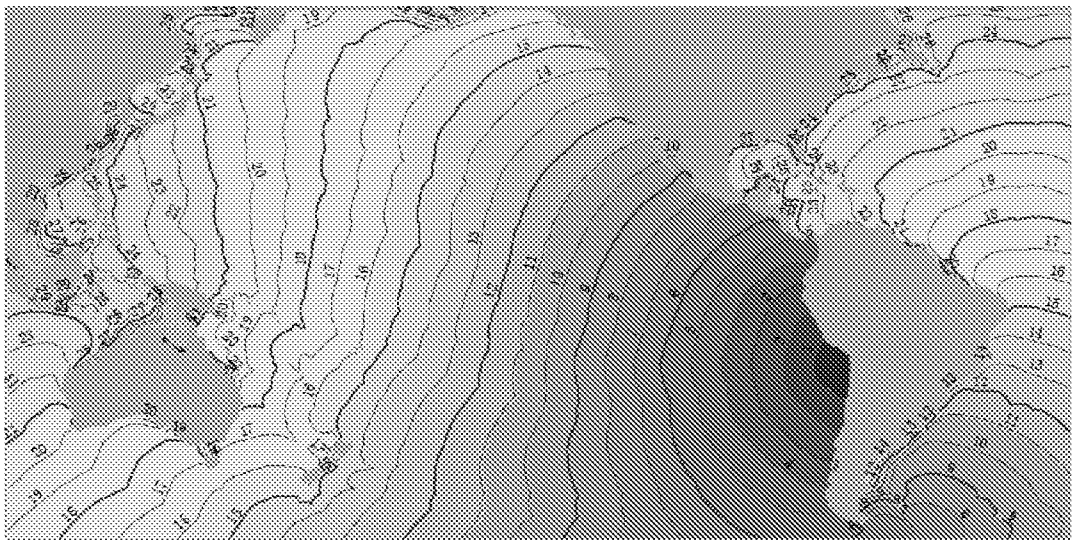


图 10


海啸预警装置2
海啸预测装置1
数据获取部101
传播时间计算部102
到达时间计算部103
输出部104
预警部105

图 11

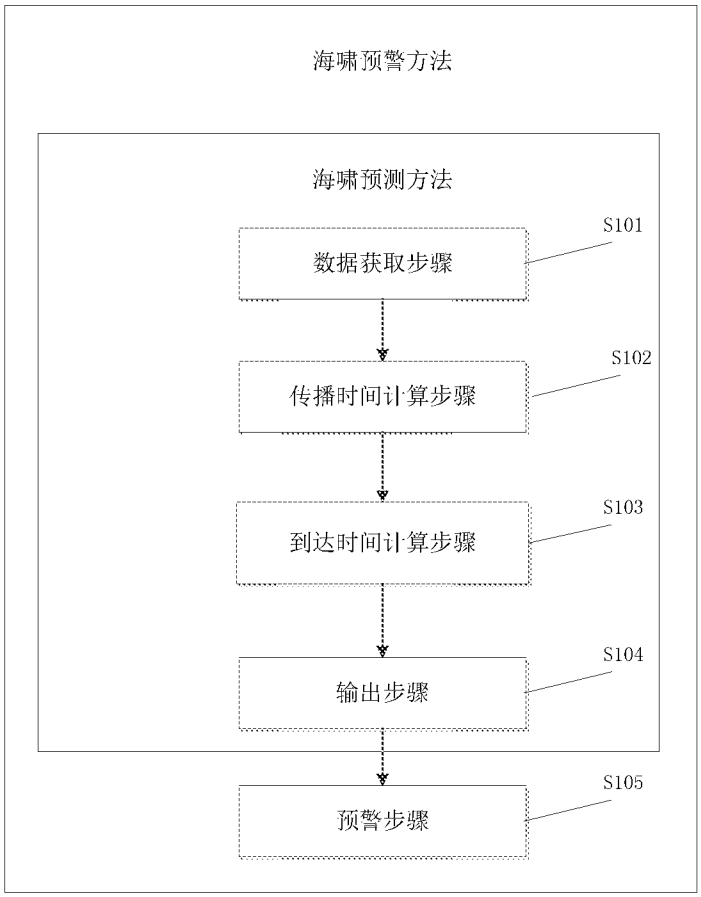

海啸预警方法
海啸预测方法
S101
数据获取步骤
S102
传播时间计算步骤
S103
到达时间计算步骤
S104
输出步骤
S105
预警步骤

图 12

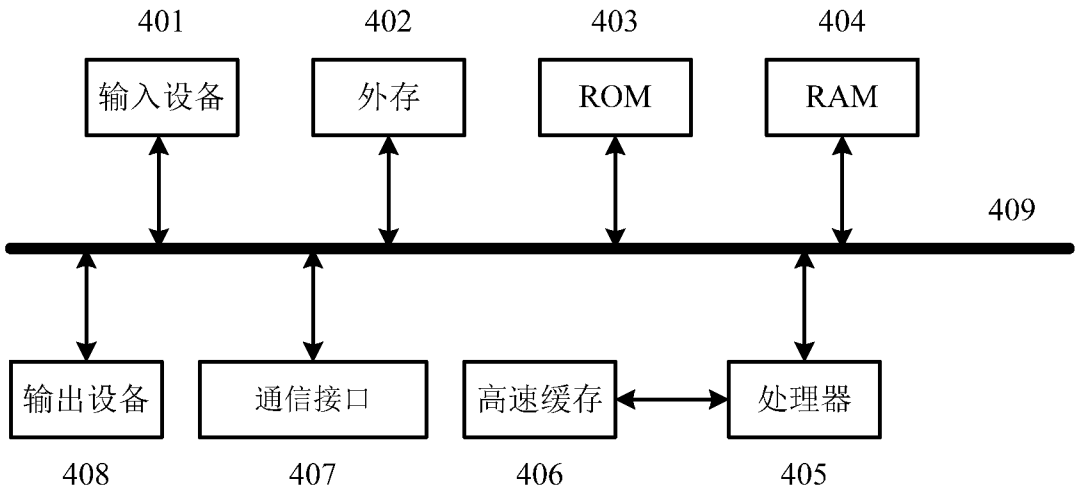

401
402
403
404
输入设备
外存
ROM
RAM
409
输出设备
通信接口
高速缓存
处理器
408
407
406
405

图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/076283

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01V 1/00 (2006.01) 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)

G01V

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: network, wavelet source, minimum, tsunami, grid*, graticule, mesh, reseau, forecast*, warning, calculate*

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	UCHIDA, K. et al., "Tsunami Simulation Based on Dijkstra Algorithm", 2014 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK-BASED INFORMATION SYSTEMS, 12 September 2014 (12.09.2014), ISSN: 2157-0418, pages 114-119	1-10
A	JP 2012058062 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP.), 22 March 2012 (22.03.2012), the whole document	1-10
A	CN 101788683 A (EAST CHINA NORMAL UNIVERSITY), 28 July 2010 (28.07.2010), the whole document	1-10
A	WO 2014192326 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.), 04 December 2014 (04.12.2014), the whole document	1-10
A	CN 101686090 A (ZTE CORP.), 31 March 2010 (31.03.2010), the whole 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	Date of mailing of the international search report
23 May 2016 (23.05.2016)	**21 June 2016 (21.06.2016)**
Name and mailing address of the ISA/CN: 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 **DING, Xiaoting** Telephone No.: (86-10) **010-62413267**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/076283

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012058062 A	22 March 2012	None	
CN 101788683 A	28 July 2010	CN 101788683 B	23 May 2012
WO 2014192326 A1	04 December 2014	DE 112014002638 T5	17 March 2016
		JP 5905646 B2	20 April 2016
CN 101686090 A	31 March 2010	WO 2010031348 A1	25 March 2010
		CN 101686090 B	20 April 2011

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2016/076283

A. 主题的分类

G01V 1/00(2006.01)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)

G01V

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）)

CNPAT,CNKI,WPI,EPODOC,IEEE:预测,预警,预报,预告,海啸,网格,网络,计算,子波源,最小,tsunami,grid*,graticule,mesh,reseau,forecast*,warning,calculat*

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	UCHIDA, Kazunori 等. "Tsunami Simulation Based on Dijkstra Algorithm." 2014 17th International Conference on Network-Based Information Systems., 2014年 9月 12日 (2014-09-12), ISSN：2157-0418, 第114-119页	1-10
A	JP 2012058062 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP.) 2012年 3月 22日 (2012-03-22) 全文	1-10
A	CN 101788683 A (华东师范大学) 2010年 7月 28日 (2010-07-28) 全文	1-10
A	WO 2014192326 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 2014年 12月 4日 (2014-12-04) 全文	1-10
A	CN 101686090 A (中兴通讯股份有限公司) 2010年 3月 31日 (2010-03-31) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 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	国际检索报告邮寄日期
2016年 5月 23日	2016年 6月 21日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(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 丁小汀 电话号码 (86-10)010-62413267

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/076283

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)
JP	2012058062	A	2012年 3月 22日	无			
CN	101788683	A	2010年 7月 28日	CN	101788683	B	2012年 5月 23日
WO	2014192326	A1	2014年 12月 4日	DE	112014002638	T5	2016年 3月 17日
				JP	5905646	B2	2016年 4月 20日
CN	101686090	A	2010年 3月 31日	WO	2010031348	A1	2010年 3月 25日
				CN	101686090	B	2011年 4月 20日