

(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 23 日 (23.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/147072 A1

(51) 国际专利分类号:
G05D 1/10 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/072198

(22) 国际申请日: 2019 年 1 月 17 日 (17.01.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: 于云 (YU, Yun); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。 贾向华 (JIA, Xianghua); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京博思佳知识产权代理有限公司 (BEIJING BESTIPR INTELLECTUAL PROPERTY LAW CORPORATION); 中国北京市海淀区上地三街9号嘉华大厦B座409室, Beijing 100085 (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,

(54) Title: TRAJECTORY GENERATING METHOD, TRAJECTORY GENERATING DEVICE, AND UNMANNED AERIAL VEHICLE

(54) 发明名称: 轨迹生成方法、轨迹生成装置和无人机

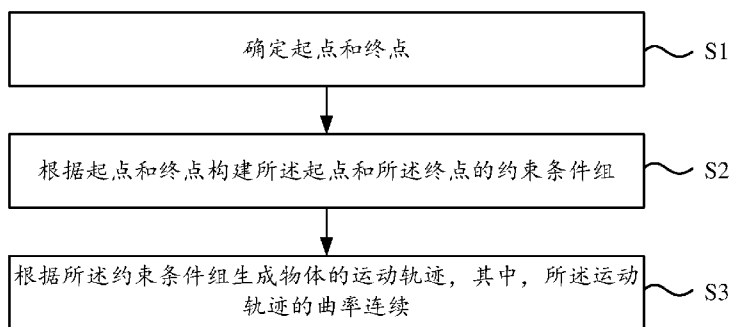


图 1

S1 Determine a point of origin and a point of destination
S2 Construct, on the basis of the point of origin and of the point of destination, a constraint set for the point of origin and the point of destination
S3 Generate a motion trajectory of an object on the basis of the constraint set, where the curvature of the motion trajectory is continuous

(57) Abstract: A trajectory generating method, comprising: determining a point of origin and a point of destination (S1); constructing, on the basis of the point of origin and of the point of destination, a constraint set for the point of origin and the point of destination (S2); and generating a motion trajectory of an object on the basis of the constraint set, where the curvature of the motion trajectory is continuous (S3). Per the method, by generating the motion trajectory of which the curvature is continuous, when the object moves along the motion trajectory, acceleration can be kept unchanged or can be changed continuously, thus ensuring that no sudden change is seen in the acceleration. On such basis, when the acceleration of the object is changing, obviated is the need for a structure providing power in the object to drastically change a work state within a short time, thus preventing the object from jittering whilst in motion, and ensuring that the object moves steadily.

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))。

(57) 摘要：一种轨迹生成方法，包括：确定起点和终点（S1）；根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组（S2）；根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹，其中，所述运动轨迹的曲率连续（S3）。根据该方法，通过生成曲率连续的运动轨迹，当物体沿着运动轨迹运动时，加速度可以保持不变，或者可以连续变化，从而保证加速度不会发生突变。据此，可以使得物体在改变加速度时，物体中提供动力的结构无需在短时间内大幅改变工作状态，从而避免物体在运动过程中发生抖动，保证物体稳定地运动。

轨迹生成方法、轨迹生成装置和无人机

技术领域

本公开涉及无人机领域，尤其涉及轨迹生成方法，轨迹生成装置和无人
5 机。

背景技术

为了引导无人机自主飞行，需要根据接收到的航点，按照特定的算法来生成通过这些航点的轨迹，进而按照生成的轨迹引导无人机自主飞行。

相关技术中一般是采用贝塞尔（Bezier）曲线来生成轨迹，其中，一阶贝
10 塞尔曲线需要两个控制点，可以用来描述直线，用于作为直线轨迹的生成方法，二阶贝塞尔曲线需要三个控制点，可以用来描述曲线，用于作为无人机曲线轨迹的方法。相关技术主要采用一阶贝塞尔曲线和二阶贝塞尔曲线相结合来生成包含直线和曲线的轨迹。

但是根据相关技术中生成轨迹的方法，在曲线和直线的连接处，曲率会
15 发生突变，这会导致无人机按照生成的轨迹飞行到曲线和直线的连接处时加速度发生突变，而为了短时间内大幅改变加速度，需要无人机中提供动力的结构在短时间内大幅改变工作状态，从而导致无人机发生抖动，影响无人机飞行的稳定性。

发明内容

20 本公开提供轨迹生成方法，轨迹生成装置和无人机，以克服相关技术中的技术问题。

根据本公开实施例的第一方面，提出一种轨迹生成方法，包括：

确定起点和终点；

根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组；

根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹，其中，所述运动轨迹的曲率连续。

根据本公开实施例的第二方面，提出一种轨迹生成装置，包括单独或者协同工作的一个或者多个处理器，所述处理器用于：

5 确定起点和终点；

根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组；

根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹，其中，所述运动轨迹的曲率连续。

10 根据本公开实施例的第三方面，提出一种无人机，包括上述任一实施例所述的轨迹生成装置。

由以上本公开实施例提供的技术方案可见，通过生成曲率连续的运动轨迹，当物体沿着运动轨迹运动时，加速度可以保持不变，或者可以连续变化，从而保证加速度不会发生突变。据此，可以使得物体在改变加速度时，物体中提供动力的结构无需在短时间内大幅改变工作状态，从而避免物体在运动过程中发生抖动，保证物体稳定地运动。

附图说明

20 为了更清楚地说明本公开实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是根据本公开的实施例示出的一种轨迹生成方法的示意图。

图 2 是根据本公开的实施例示出的另一种轨迹生成方法的示意图。

图 3 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 4 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 5 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 6 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 7 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 8 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

5 图 9 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 10 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 11 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

图 12 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

具体实施方式

10 下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本公开保护的范围。另外，在不冲突的情况下，下述的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

15 图 1 是根据本公开的实施例示出的一种轨迹生成方法的示意图。本实施例所示的轨迹生成方法可以适用于无人驾驶设备，例如无人机，无人车辆，无人船舶等，也可以适用于能够与无人驾驶设备通信的设备，例如遥控器、移动终端、云服务器等，并在生成运动轨迹后发送至无人驾驶设备，以供无人驾驶设备按照生成的运动轨迹运动。以下主要以无人机为例对本公开
20 的技术方案进行示例性说明。

如图 1 所示，所述轨迹生成方法可以包括以下步骤：

步骤 S1，确定起点和终点；

步骤 S2，根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件

组；

步骤 S3，根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹，其中，所述运动轨迹的曲率连续。

5 在一个实施例中，运动轨迹的曲率连续包括运动轨迹的曲率保持不变，以及运动轨迹的曲率是连续变化的两种情况。

其中，运动轨迹的曲率保持不变，包括运动轨迹为直线和运动轨迹为圆两种情况。在运动轨迹为直线的情况下，无人机按照运动轨迹飞行的加速度保持不变；在运动轨迹为圆的情况下，无人机按照运动轨迹飞行的加速度连续变化，具体是大小不变，方向连续变化。也即，在运动轨迹的曲率保持不
10 变的情况下，无人机按照运动轨迹飞行的加速度或者不变，或者连续变化。

其中，运动轨迹的曲率连续变化，那么无人机按照运动轨迹飞行的加速度也连续变化，例如加速的大小连续变化，且方向也连续变化。

例如从起点 A 到终点 B，基于相关技术中的生成运动轨迹包括从起点 A 开始的直线段 AC，以及半径为 4 的半圆 CB，那么在直线段和半圆的相接处，
15 也即 C 点，曲率从 0 突变到 $1/4$ ，那么当物体沿着该运动轨迹以速度 v 运动时，在 C 点的加速度从 0 突变到 $v^2/4$ 。

而基于本公开的实施例，生成的运动轨迹曲率是连续的，那么从 A 点到 C 点，以及从 C 点到 B 点，曲率可以连续变化，例如从 A 点到 C 点仍是直线段，曲率为 0，而从 C 点到 B 点，曲率从 0 逐渐增加到 $1/4$ ，例如曲率可以先
20 从 0 逐渐增加到 $1/16$ ，再从 $1/16$ 逐渐增加到 $1/8$ ，在从 $1/8$ 逐渐增加到 $1/4$ ，从而使得曲率连续变化，那么当物体沿着该运动轨迹以速度 v 运动时，加速度从 0 逐渐增加到 $v^2/16$ ，再逐渐增加到 $v^2/8$ ，然后再逐渐增加到 $v^2/4$ ，并且加速度的方向也从没有方向（例如从无限远处）逐渐地变为指向半圆的圆心。

根据本公开的实施例，通过生成曲率连续的运动轨迹，当物体沿着运动
25 轨迹运动时，加速度可以保持不变，或者可以连续变化，从而保证加速度不会发生突变。据此，可以使得物体在改变加速度时，物体中提供动力的结构无需在短时间内大幅改变工作状态，从而避免物体在运动过程中发生抖动，

保证物体稳定地运动。

图 2 是根据本公开的实施例示出的另一种轨迹生成方法的示意图。
如图 2 所示, 所述根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组包括:

5 步骤 S21, 获取所述物体在所述起点的第一位置和所述终点的第二位置, 预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间, 预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度, 预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度;

10 步骤 S22, 根据所述途经时间、所述起点的第一位置、所述终点的第二位置、所述第一速度、所述第二速度、所述第一加速度、和所述第二加速度构建所述约束条件组。

15 在一个实施例中, 可以确定起点和终点, 其中, 无人机可以自主确定起点和终点, 也可以根据用于指示起点和终点的指示信息来确定起点和终点。例如, 无人机可以根据预先设置的位置信息来确定起点和终点, 也可以根据用户输入的指示信息来确定起点和终点, 在此不作限定。

20 在一个实施例中, 第一速度和第二速度的大小可以是相等的, 例如可以根据预设速度值来确定第一速度的和第二速度的大小。进而根据起点和终点之间路径的长度, 即可预测出从起点到终点的途径时间。

25 在一个实施例中, 第一加速度和第二加速度根据航点中除了起点和终点以外的中间点与从起点到终点的直线段的关系, 以及经过起点和终点所在拟合曲线可以有所不同。

30 例如航点中没有位于所述直线段以外的中间点, 那么可以预测第一加速度和第二加速度为 0。例如航点中有位于所述直线段以外的中间点, 那么可以根据起点、中间点和终点所在拟合曲线在起点的曲率预测第一加速度, 根据拟合曲线在终点的曲率预测第二加速度, 例如拟合曲线在起点的曲率为 $1/r_1$, 预设速度值为 v , 那么第一加速度为 v^2/r_1 。

35 据此, 可以确定起点 A 的第一位置 pos_A , 终点 B 的第二位置 pos_B , 还可

以预测出途经时间 T ，第一速度 vel_A ，第二速度 vel_B ，第一加速度 acc_A ，第二加速度 acc_B ，进而可以根据这些数值构建约束条件组，并根据约束条件组生成物体的运动轨迹。其中，具体生成运动轨迹的方式在后续实施例进行说明。

图 3 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

- 5 如图 3 所示，所述约束条件组为关于时间的多项式的约束条件组，其中，所述多项式的最高次幂为大于或等于 5 的奇数；其中，所述根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹包括：

步骤 S31，根据所述约束条件组确定所述多项式；

步骤 S32，根据所述多项式生成所述运动轨迹。

- 10 在一个实施例中，由于起点的第一位置，终点的第二位置，第一速度，第二速度，第一加速度，第二加速度可以形成 6 个约束条件，也即可以构建包含 6 个约束条件的约束条件组。为求解出上述包含 6 个约束条件的约束条件组，本实施例中关于时间的多项式的最高次幂可以是 5。

- 15 进一步地，在预测得到加速度的情况下，可以预测加速度的变化率，甚至可以得到变化率的变化率，乃至更进一步的变化率，在这种情况下，可以得到更多约束条件，并且约束条件都是针对起点和终点的，所以约束条件的数量除了可以如上所述为 6 个，还可以是 8 个，也即还额外包含第一加速度的变化和第二加速度的变化，也可以是 10 个、12 个等能通过 $6+2n$ 表示的数量，那么对应的多项式的最高次幂就是 $6+2n-1=5+2n$ ，所以所构建的多项式的最高次幂为大于或等于 5 的奇数。

以下以多项式的最高次幂等于 5 的情况对本公开的技术方案示例性说明。

- 25 例如构建的多项式为 $f(t)=at^5+bt^4+ct^3+dt^2+et+f$ ，多项式的输出值为位置，多项式的一阶导的输出值为速度，多项式的二阶导的输出值为加速度，那么当 $t=0$ 时，所确定的约束条件是关于起点的约束条件，当 $t=$ 途经时间 T 时，所确定的约束条件是关于终点的约束条件。

据此，可以将时间等于 0 代入五次多项式的结果和第一位置 pos_A 确定第一约束条件 $f(0)=f=pos_A$ ；

将途经时间 T 代入五次多项式的结果和第二位置 pos_B 确定第二约束条件 $f(T) = aT^5 + bT^4 + cT^3 + dT^2 + eT + f = \text{pos}_B$;

将时间等于 0 代入五次多项式的一阶导式子中的结果和第一速度 vel_A 确定第三约束条件 $f'(0) = e = \text{vel}_A$;

5 将途经时间 T 代入五次多项式的一阶导式子中的结果和第二速度 vel_B 确定第四约束条件 $f'(T) = 5aT^4 + 4bT^3 + 3cT^2 + 2dT + e = \text{vel}_B$;

将时间等于 0 代入所述五次多项式的二阶导式子中的结果和第一加速度 acc_A 确定第五约束条件 $f''(0) = 2d = \text{acc}_A$;

10 将途经时间 T 代入五次多项式的二阶导式子中的结果和第二加速度 acc_B 确定第六约束条件 $f''(T) = 20aT^3 + 12bT^2 + 6cT + 2d = \text{acc}_B$;

进而根据上述第一约束条件、第二约束条件、第三约束条件、第四约束条件、第五约束条件和第六约束条件可以构建包含 6 个方程的方程组作为所述约束条件组, 基于该方程组可以求解出多项式中的 a, b, c, d, e, f 这 6 个未知数, 进而可以确定多项式。

15 而多项式是以时间为自变量的多项式, 由于对时间求一阶导得到的式子输出值为速度, 那么对时间求二阶导得到的式子输出值就是加速度, 根据本实施例中求得的多项式对时间的二阶导的式子是连续的, 那么加速度也就是连续变化的, 据此, 将该多项式的轨迹作为物体的运动轨迹, 可以保证当物体沿着运动轨迹运动时, 加速度可以保持不变, 或者可以连续变化, 从而使
20 得加速度不会发生突变。

图 4 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。
如图 4 所示, 所述预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间包括:

步骤 S211, 根据所述第一位置、所述第二位置和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

25 在一个实施例中, 按照预设速度值从第一位置运动到第二位置的时间即为途径时间, 因此可以根据第一位置到第二位置的路程除以预设速度值来计算得到途径时间。

需要说明的是，从第一位置到第二位置的路程可以是沿着直线从第一位置到第二位置的路程，也可以是沿着预设形状的曲线从第一位置到第二位置的路程。

图 5 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

- 5 如图 5 所示，所述预设速度为预设单位速度，所述根据所述第一位置、所述第二位置和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间包括：

步骤 S2111，根据所述第一位置到所述第二位置的距离和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

- 10 在一个实施例中，可以对于沿着直线从第一位置到第二位置的路程的情况来计算途径时间，那么从第一位置到第二位置的路程就是从从第一位置到第二位置的距离，进而可以根据第一位置到第二位置的距离除以预设速度值来计算得到途径时间。

- 15 可选地，所述预设速度值为预设单位速度值。例如可以是 1m/s，据此计算得到的途径时间的数值就等于从第一位置到第二位置的路程的数值，有利于简化运算过程。

图 6 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。

如图 6 所示，若航点中不包含位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度包括：

- 20 步骤 S212，根据所述第二位置和所述第一位置的矢量差预测所述第一速度的方向和所述第二速度的方向。

其中，航点可以是预先存储的，也可以是实时接收的，对于每个航点可以预先标记序号，根据所标记的序号可以确定起点和终点以及中间点。

- 25 在一个实施例，可以计算第二位置 B 和第一位置 A 的矢量差，该矢量差的方向是从 A 指向 B 的，那么可以预测第一速度的方向和第二速度的方向与该矢量差的方向相同。

由于速度的方向对应物体运动的方向，从而通过预测第一速度和第二速

度的方向，可以预测在第一位置和第二位置物体运动的方向。而物体在某个位置运动的方向，体现在运动曲线上，就是运动曲线上与该位置对应点的切线的方向，因此根据物体在某个位置运动的方向，可以进一步确定运动轨迹从什么方向通过该位置，以便确定运动轨迹的具体形状。

5 图 7 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。
如图 7 所示，所述预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度包括：

步骤 S213，预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

10 在一个实施例中，若航点中不包含位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，那么可以预测物体从起点沿着直线运动到了终点，并且由于在起点和终点的速度值都等于预设速度值，因此可以预测在从起点到终点的整个过程中不受力或受力之和为 0，因此可以进一步预测在起点的第一加速度和在终点的第二加速度都等于 0。

图 8 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。
15 如图 8 所示，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度包括：

步骤 S214，根据所述起点、所述中间点和所述终点所在的拟合曲线上通过所述起点的切线预测所述第一速度的方向，根据所述拟合曲线上通过所述终点的切线预测所述第二速度的方向。

20 在一个实施例，可以先预测起点、中间点和终点所在的拟合曲线，进而根据在拟合曲线上通过起点的切线预测第一速度的方向，以及根据在拟合曲线上通过终点的切线预测第二速度的方向。

图 9 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。
如图 9 所示，所述预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度
25 包括：

步骤 S215，根据所述第一速度和所述拟合曲线在所述起点的第一曲率预测所述第一加速度，根据所述第二速度和所述拟合曲线在所述终点的第二曲

率预测所述第二加速度。

在一个实施例中，在拟合曲线的不同位置，拟合曲线的曲率可以有所不同，例如在起点 A 的曲率为第一曲率 $1/r_1$ ，在终点 B 的曲率为第二曲率 $1/r_2$ 。

那么在起点 A 的第一加速度就等于以预设速度值 v 在曲率为 $1/r_1$ 的圆上运动时的加速度，第一加速度的大小为 v^2/r_1 ，方向垂直经过起点 A 的切线，且指向所述曲率为 $1/r_1$ 的圆的圆心，在终点 B 的第二加速度就等于以预设速度值 v 在曲率为 $1/r_2$ 的圆上运动时的加速度 v^2/r_2 ，第二加速度的大小为 v^2/r_2 ，方向垂直经过终点 B 的切线，且指向所述曲率为 $1/r_2$ 的圆的圆心。

可选地，若航点中包含一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线为经过所述起点、所述中间点和所述终点的外接圆。

在一个实施例中，若航点中包含一个位于从起点到所述终点的直线段以外的中间点，由于物体需要从起点运动到终点需要经过中间点，而中间点位于从起点到终点的直线段以外，那么可以假设物体沿着经过起点、中间点和终点的外接圆先后经过起点，中间点和终点，从而将该外接圆确定为拟合曲线，那么第一加速度的方向是从起点指向该外接圆的圆心，第二加速度的方向是从终点指向该外接圆的圆心，第一加速度和第二加速度的大小相等，都等于 v^2 与该外接圆的半径之比。

可选地，若航点中包含至少两个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线包括：

通过所述起点和至少两个所述中间点中到所述起点最近的两个中间点的第一外接圆，以及通过所述终点和至少两个所述中间点中到所述终点最近的两个中间点的第二外接圆。

在一个实施例中，若航点中包含至少两个位于从起点到终点的直线段以外的中间点，为简化描述，以两个位于从起点到终点的直线段以外的中间点 C 和 D 为例，由于物体需要从起点运动到终点需要经过中间点 C 和 D，而中间点 C 和 D 位于从起点到终点的直线段以外，那么可以假设物体沿着经过起点和中间点 C 和 D 的第一外接圆先后经过起点以及中间点 C 和 D，从而将第一

外接圆确定为拟合曲线，那么第一加速度的方向是从起点指向第一外接圆的圆心，第一加速度的大小等于 v^2 与第一外接圆的半径之比。

类似地，可以假设物体沿着经过中间点 C 和 D 以及终点的第二外接圆先后经过中间点 C 和 D 以及终点，从而将第二外接圆确定为拟合曲线，那么第二加速度的方向是从终点指向第二外接圆的圆心，第二加速度的大小等于 v^2 与第二外接圆的半径之比。

图 10 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。如图 10 所示，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度包括：

10 步骤 S216，在所述航点中的确定物体连续经过的第一对航点和第二对航点；

步骤 S217，根据所述第一对航点中两个航点的矢量差，预测所述第一速度的方向，根据所述第二对航点中两个航点的矢量差，预测所述第二速度的方向。

15 在一个实施例中，若航点中包含至少两个位于从起点到终点的直线段以外的中间点，为简化描述，以两个位于从起点到终点的直线段以外的中间点 E 和 F 为例，由于物体需要从起点运动到终点需要经过中间点 E 和 F，而中间点 E 和 F 位于从起点到终点的直线段以外，那么可以假设物体以大小等于预设速度值的速度先后经过起点，中间点 E 和 F 以及终点，在这种情况下，可以预测在从起点到终点的整个过程中不受力或受力之和为 0，因此可以进一步预测在起点的第一加速度和在终点的第二加速度都等于 0。

而物体从起点运动到终点需要经过中间点 E 和 F，那么从起点开始的运动方向并不是唯一的，例如可以在航点中的确定物体连续经过的第一对航点，第一对航点可以是 A 和 E，E 和 F，F 和 B，进而可以根据第一对航点中两个航点的矢量差，预测第一速度的方向，例如第一对航点为 A 和 E，那么第一速度的方向就与 AE 矢量的方向相同，例如第一对航点为 E 和 F，那么第一速度的方向就与 EF 矢量的方向相同。

类似地，物体运动到终点时的运动方向也不是唯一的，例如可以在航点中的确定物体连续经过的第二对航点，第二对航点可以是 A 和 E，E 和 F，F 和 B，进而可以根据第二对航点中两个航点的矢量差，预测第二速度的方向，例如第二对航点为 E 和 F，那么第二速度的方向就与 EF 矢量的方向相同，例如第二对航点为 F 和 B，那么第二速度的方向就与 FB 矢量的方向相同。

可选地，所述第一对航点中包含所述起点，和/或所述第二对航点中包含所述终点。

在一个实施例中，可以将起点作为第一对航点中的一个点，例如基于上述实施例，第一对航点就是 A 和 E，那么第一速度的方向就与 AE 矢量的方向相同，基于此，可以假设物体从 A 点开始运动的方向就是朝向物体下个将要达到的中间点，而物体按照这个方向运动的概率较高，基于这种假设可以较为准确地确定物体的运动轨迹。

类似地，可以将终点作为第二对航点中的一个点，例如基于上述实施例，第二对航点就是 F 和 B，那么第二速度的方向就与 FB 矢量的方向相同，基于此，可以假设物体运动到 B 的方向就是从物体上个经过的中间点到终点的方向，而物体按照这个方向运动的概率较高，基于这种假设可以较为准确地确定物体的运动轨迹。

图 11 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。如图 11 所示，所述预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度包括：

步骤 S218，预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

在一个实施例中，可以假设物体以大小等于预设速度值的速度先后经过起点，中间点 E 和 F 以及终点，在这种情况下，可以预测在从起点到终点的整个过程中不受力或受力之和为 0，因此可以进一步预测在起点的第一加速度和在终点的第二加速度都等于 0。

图 12 是根据本公开的实施例示出的又一种轨迹生成方法的示意图。如图 12 所示，所述方法还包括：

步骤 S4, 在将所述终点作为所述运动轨迹的下一运动轨迹的起点时, 将对所述终点的约束条件组, 作为所述下一运动轨迹的起点的约束条件组。

5 在一个实施例中, 上述实施例中的起点和终点, 可以只是物体整个运动轨迹中部分运动轨迹的起点和终点, 而在确定与上述运动轨迹的终点相连的下一个运动轨迹时, 可以将上述实施例中对终点的约束条件组, 作为下一运动轨迹的起点的约束条件组, 从而使得下一运动轨迹与上述运动轨迹相接处的曲率也是连续的, 进而保证物体整个运动轨迹上的曲率都是连续的。

与前述轨迹生成方法的实施例相对应地, 本公开还提出了轨迹生成装置的实施例。

10 本实施例提出的轨迹生成装置可以适用于无人驾驶设备, 例如无人机, 无人车辆, 无人船舶等, 也可以适用于能够与无人驾驶设备通信的设备, 例如遥控器、移动终端、云服务器等, 并在生成运动轨迹后发送至无人驾驶设备, 以供无人驾驶设备按照生成的运动轨迹运动。

15 在一个实施例中, 所述轨迹生成装置, 包括单独或者协同工作的一个或者多个处理器, 所述处理器用于:

确定起点和终点;

根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组;

根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹, 其中, 所述运动轨迹的曲率连续。

20 在一个实施例中, 所述处理器用于:

获取所述物体在所述起点的第一位置和所述终点的第二位置, 预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间, 预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度, 预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度;

25 根据所述途经时间、所述起点的第一位置、所述终点的第二位置、所述第一速度、所述第二速度、所述第一加速度、和所述第二加速度构建所述约

束条件组。

在一个实施例中，所述约束条件组为关于时间的多项式的约束条件组，其中，所述多项式的最高次幂为大于或等于 5 的奇数；其中，所述处理器用于：

5 根据所述约束条件组确定所述多项式；

根据所述多项式生成所述运动轨迹。

在一个实施例中，所述处理器用于：

根据所述第一位置、所述第二位置和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

10 在一个实施例中，所述预设速度为预设单位速度，所述处理器用于：

根据所述第一位置到所述第二位置的距离和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

在一个实施例中，所述预设速度值为预设单位速度值。

在一个实施例中，若航点中不包含位于从所述起点到所述终点的直线段

15 以外的中间点，所述处理器用于：

根据所述第二位置和所述第一位置的矢量差预测所述第一速度的方向和所述第二速度的方向。

在一个实施例中，所述处理器用于：

预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

20 在一个实施例中，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述处理器用于：

根据所述起点、所述中间点和所述终点所在的拟合曲线上通过所述起点的切线预测所述第一速度的方向，根据所述拟合曲线上通过所述终点的切线预测所述第二速度的方向。

25 在一个实施例中，所述处理器用于：

根据所述第一速度和所述拟合曲线在所述起点的第一曲率预测所述第一加速度，根据所述第二速度和所述拟合曲线在所述终点的第二曲率预测所述

第二加速度。

在一个实施例中，若航点中包含一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线为经过所述起点、所述中间点和所述终点的外接圆。

- 5 在一个实施例中，若航点中包含至少两个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线包括：

通过所述起点和至少两个所述中间点中到所述起点最近的两个中间点的第一外接圆，以及通过所述终点和至少两个所述中间点中到所述终点最近的两个中间点的第二外接圆。

- 10 在一个实施例中，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述处理器用于：

在所述航点中的确定物体连续经过的第一对航点和第二对航点；

根据所述第一对航点中两个航点的矢量差，预测所述第一速度的方向，根据所述第二对航点中两个航点的矢量差，预测所述第二速度的方向。

- 15 在一个实施例中，所述第一对航点中包含所述起点，和/或所述第二对航点中包含所述终点。

在一个实施例中，所述处理器用于：

预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

在一个实施例中，所述处理器还用于：

- 20 在将所述终点作为所述运动轨迹的下一运动轨迹的起点时，将对所述终点的约束条件组，作为所述下一运动轨迹的起点的约束条件组。

本公开的实施例还提出一种无人机，包括上述任一实施例所述的轨迹生成装置。

- 25 上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元，具体可以由计算机芯片或实体实现，或者由具有某种功能的产品来实现。为了描述的方便，描述以上装置时以功能分为各种单元分别描述。当然，在实施本申请时可以把各单元的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。本领域内的技术人员应明白，

本公开的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本公开可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本公开可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）

5 上实施的计算机程序产品的形式。

本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其，对于系统实施例而言，由于其基本相似于方法实施例，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

10 需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列
15 出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的权利要求范围
20 之内。

权利要求书

1、一种轨迹生成方法，其特征在于，包括：

确定起点和终点；

根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组；

5 根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹，其中，所述运动轨迹的曲率连续。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述获取所述起点和所述终点的约束条件组包括：

获取所述物体在所述起点的第一位置和所述终点的第二位置，预测所述
10 物体从所述起点到所述终点的途经时间，预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度，预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度；

根据所述途经时间、所述起点的第一位置、所述终点的第二位置、所述
15 第一速度、所述第二速度、所述第一加速度、和所述第二加速度构建所述约束条件组。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述约束条件组为关于时间的多项式的约束条件组，其中，所述多项式的最高次幂为大于或等于 5 的奇数；其中，所述根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹包括：

根据所述约束条件组确定所述多项式；

20 根据所述多项式生成所述运动轨迹。

4、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间包括：

根据所述第一位置、所述第二位置和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

25 5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述预设速度为预设单位速度，所述根据所述第一位置、所述第二位置和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间包括：

根据所述第一位置到所述第二位置的距离和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

6、根据权利要求 4 或 5 所述的方法，其特征在于，所述预设速度值为预设单位速度值。

5 7、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，若航点中不包含位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度包括：

根据所述第二位置和所述第一位置的矢量差预测所述第一速度的方向和所述第二速度的方向。

10 8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度包括：

预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

15 9、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度包括：

根据所述起点、所述中间点和所述终点所在的拟合曲线上通过所述起点的切线预测所述第一速度的方向，根据所述拟合曲线上通过所述终点的切线预测所述第二速度的方向。

20 10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度包括：

根据所述第一速度和所述拟合曲线在所述起点的第一曲率预测所述第一加速度，根据所述第二速度和所述拟合曲线在所述终点的第二曲率预测所述第二加速度。

25 11、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，若航点中包含一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线为经过所述起点、所述中间点和所述终点的外接圆。

12、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，若航点中包含至少两个

位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线包括：

通过所述起点和至少两个所述中间点中到所述起点最近的两个中间点的第一外接圆，以及通过所述终点和至少两个所述中间点中到所述终点最近的两个中间点的第二外接圆。

- 5 13、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述预测在所述起点的第一速度和在所述终点的第二速度包括：

在所述航点中的确定物体连续经过的第一对航点和第二对航点；

- 根据所述第一对航点中两个航点的矢量差，预测所述第一速度的方向，
10 根据所述第二对航点中两个航点的矢量差，预测所述第二速度的方向。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述第一对航点中包含所述起点，和/或所述第二对航点中包含所述终点。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度包括：

- 15 预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

16、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在将所述终点作为所述运动轨迹的下一运动轨迹的起点时，将对所述终点的约束条件组，作为所述下一运动轨迹的起点的约束条件组。

- 17、一种轨迹生成装置，其特征在于，包括单独或者协同工作的一个或
20 者多个处理器，所述处理器用于：

确定起点和终点；

根据所述起点和所述终点构建所述起点和所述终点的约束条件组；

根据所述约束条件组生成物体的运动轨迹，其中，所述运动轨迹的曲率连续。

- 25 18、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于：

获取所述物体在所述起点的第一位置和所述终点的第二位置，预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间，预测在所述起点的第一速度和在所

述终点的第二速度，预测在所述起点的第一加速度和在所述终点的第二加速度；

根据所述途经时间、所述起点的第一位置、所述终点的第二位置、所述第一速度、所述第二速度、所述第一加速度、和所述第二加速度构建所述约束条件组。

19、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述约束条件组为关于时间的多项式的约束条件组，其中，所述多项式的最高次幂为大于或等于 5 的奇数；其中，所述处理器用于：

根据所述约束条件组确定所述多项式；

10 根据所述多项式生成所述运动轨迹。

20、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于：

根据所述第一位置、所述第二位置和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

21、根据权利要求 20 所述的方装置，其特征在于，所述预设速度为预设单位速度，所述处理器用于：

根据所述第一位置到所述第二位置的距离和预设速度值预测所述物体从所述起点到所述终点的途经时间。

22、根据权利要求 20 或 21 所述的装置，其特征在于，所述预设速度值为预设单位速度值。

20 23、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，若航点中不包含位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述处理器用于：

根据所述第二位置和所述第一位置的矢量差预测所述第一速度的方向和所述第二速度的方向。

24、根据权利要求 23 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于：

25 预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

25、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述处理器用于：

根据所述起点、所述中间点和所述终点所在的拟合曲线上通过所述起点的切线预测所述第一速度的方向，根据所述拟合曲线上通过所述终点的切线预测所述第二速度的方向。

26、根据权利要求 25 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于：

5 根据所述第一速度和所述拟合曲线在所述起点的第一曲率预测所述第一加速度，根据所述第二速度和所述拟合曲线在所述终点的第二曲率预测所述第二加速度。

27、根据权利要求 25 所述的装置，其特征在于，若航点中包含一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线为经过所述起
10 点、所述中间点和所述终点的外接圆。

28、根据权利要求 25 所述的装置，其特征在于，若航点中包含至少两个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述拟合曲线包括：

通过所述起点和至少两个所述中间点中到所述起点最近的两个中间点的第一外接圆，以及通过所述终点和至少两个所述中间点中到所述终点最近的
15 两个中间点的第二外接圆。

29、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，若航点中包含至少一个位于从所述起点到所述终点的直线段以外的中间点，所述处理器用于：

在所述航点中的确定物体连续经过的第一对航点和第二对航点；

根据所述第一对航点中两个航点的矢量差，预测所述第一速度的方向，
20 根据所述第二对航点中两个航点的矢量差，预测所述第二速度的方向。

30、根据权利要求 29 所述的装置，其特征在于，所述第一对航点中包含所述起点，和/或所述第二对航点中包含所述终点。

31、根据权利要求 29 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于：

预测所述第一加速度和所述第二加速度等于 0。

25 32、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述处理器还用于：

在将所述终点作为所述运动轨迹的下一运动轨迹的起点时，将对所述终点的约束条件组，作为所述下一运动轨迹的起点的约束条件组。

33、一种无人机，其特征在于，包括上述任一项权利要求所述的轨迹生成装置。

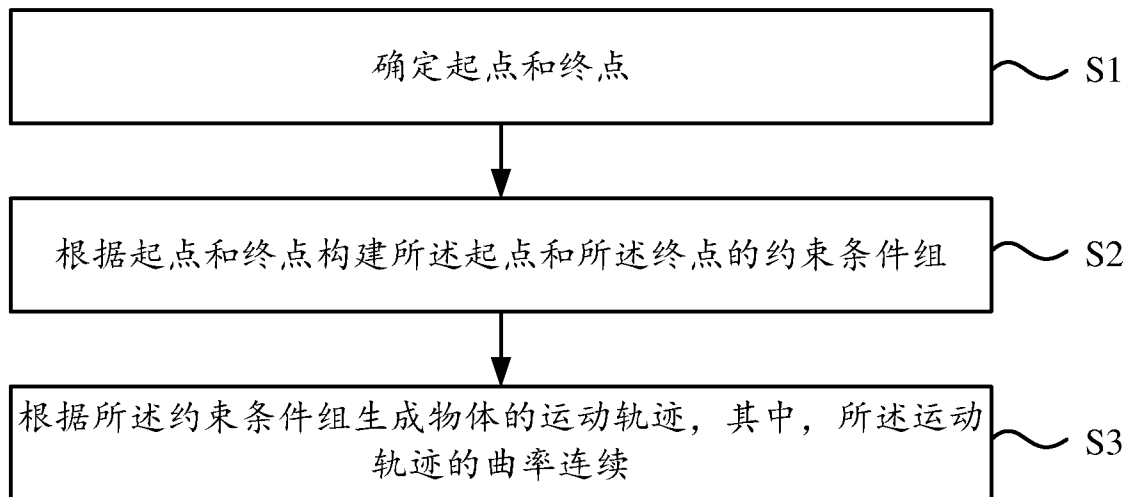


图 1

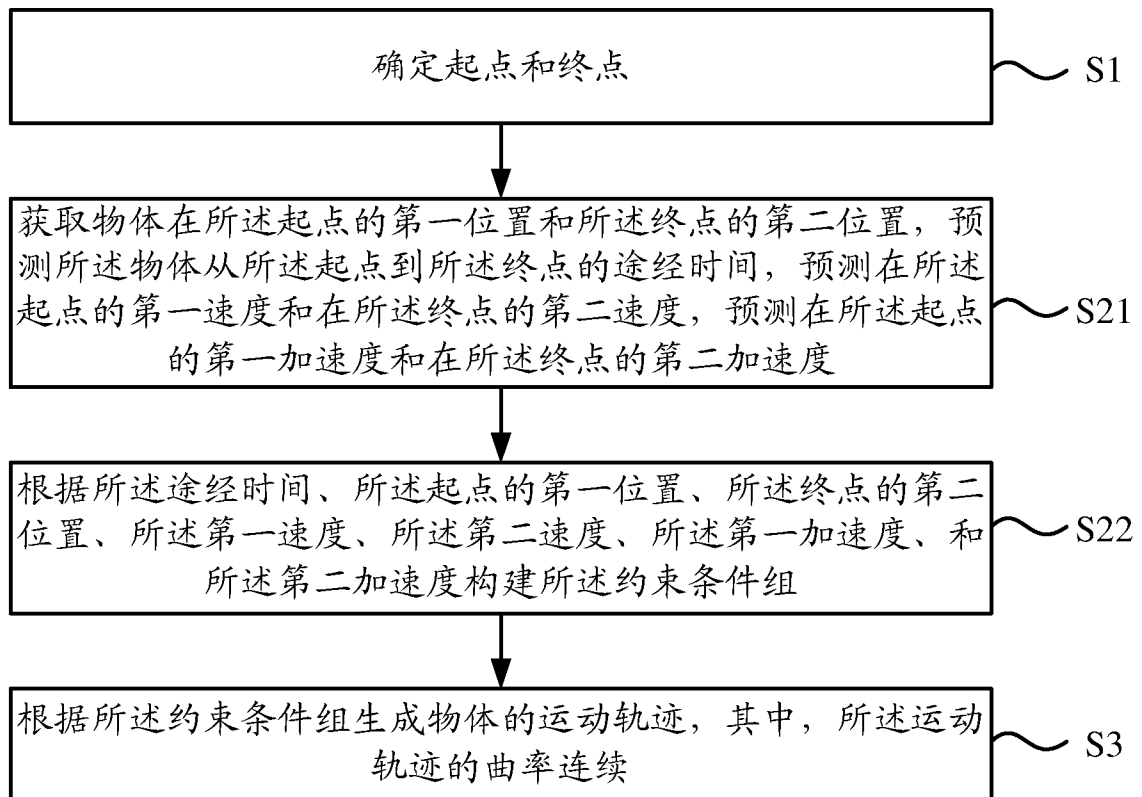


图 2

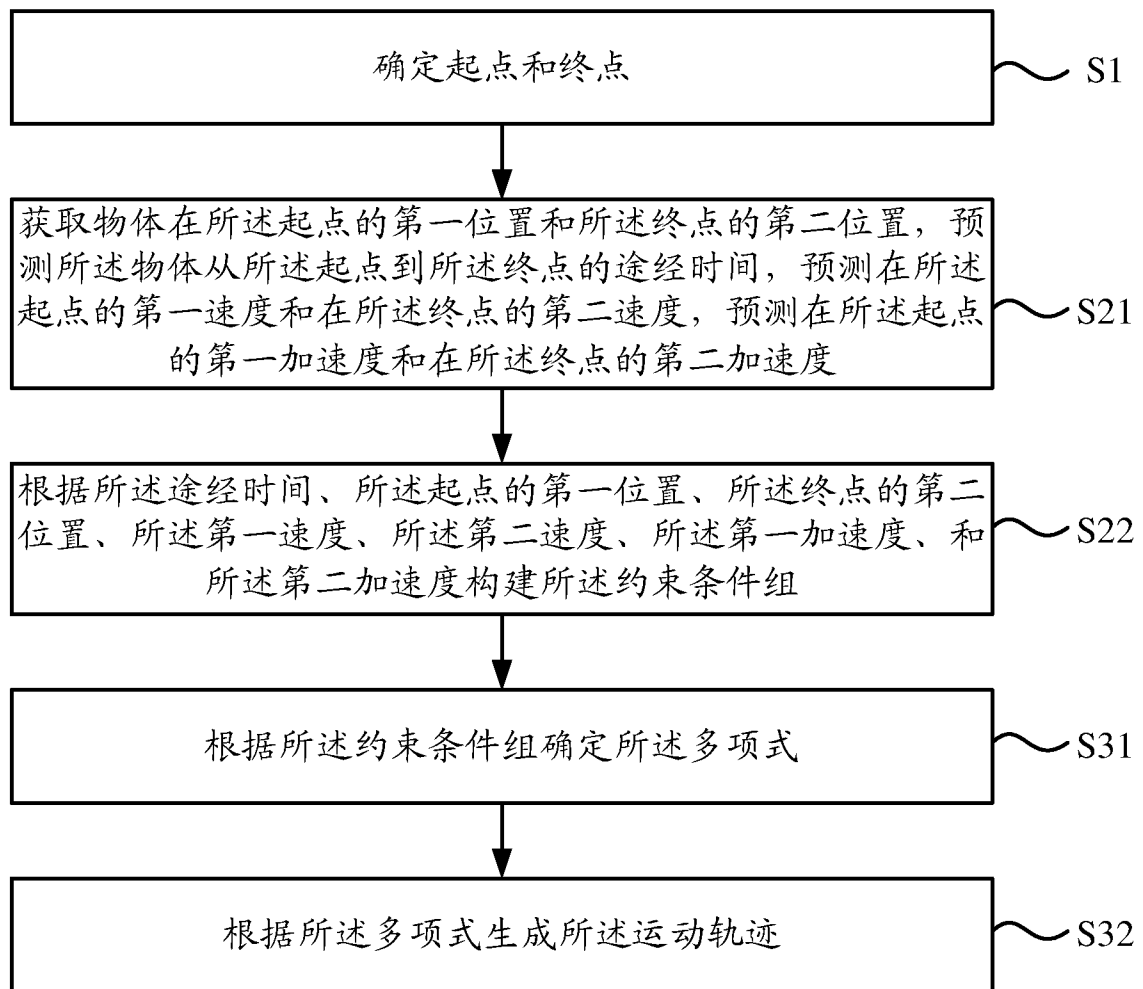


图 3

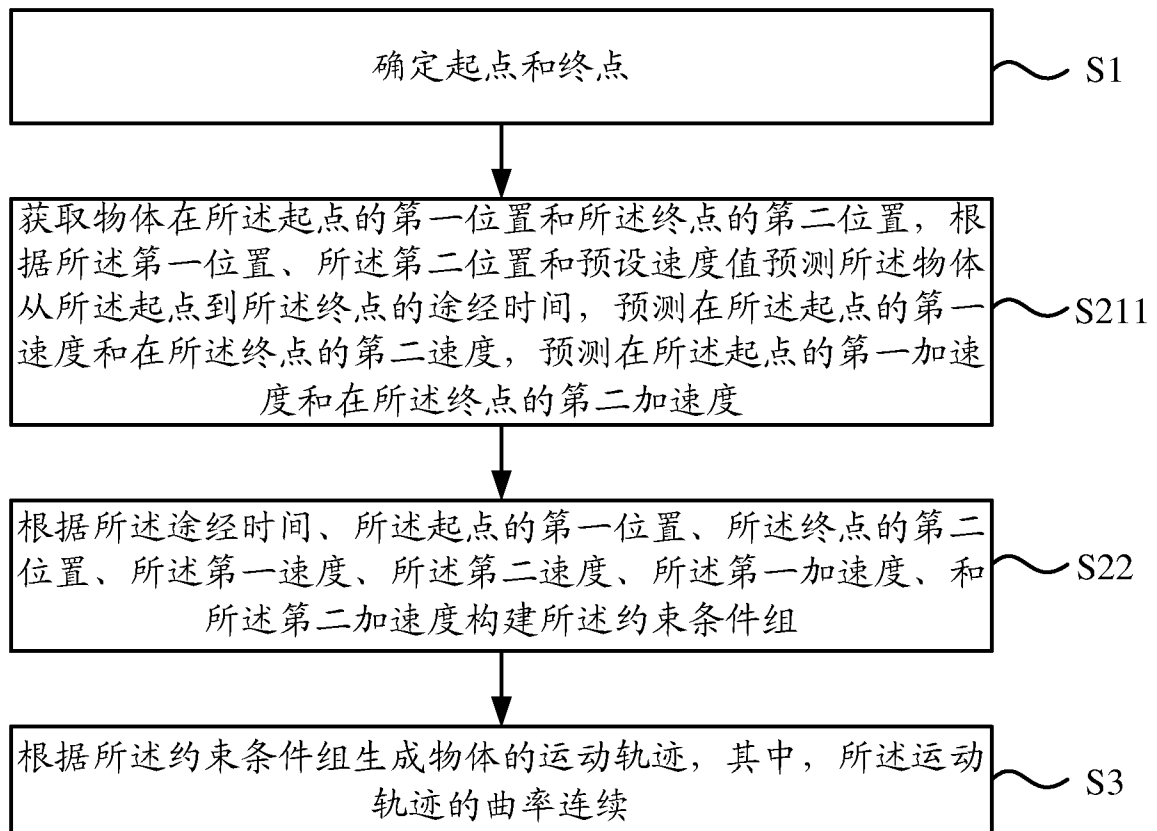


图 4

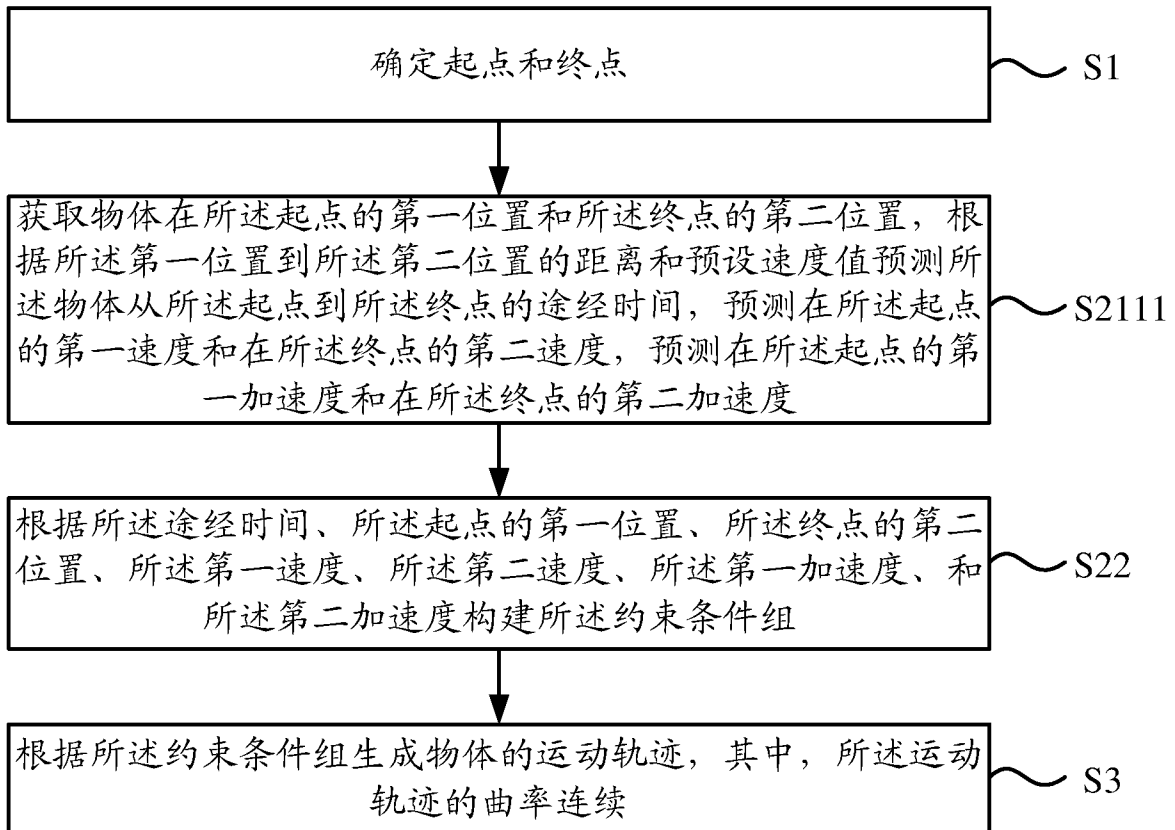


图 5

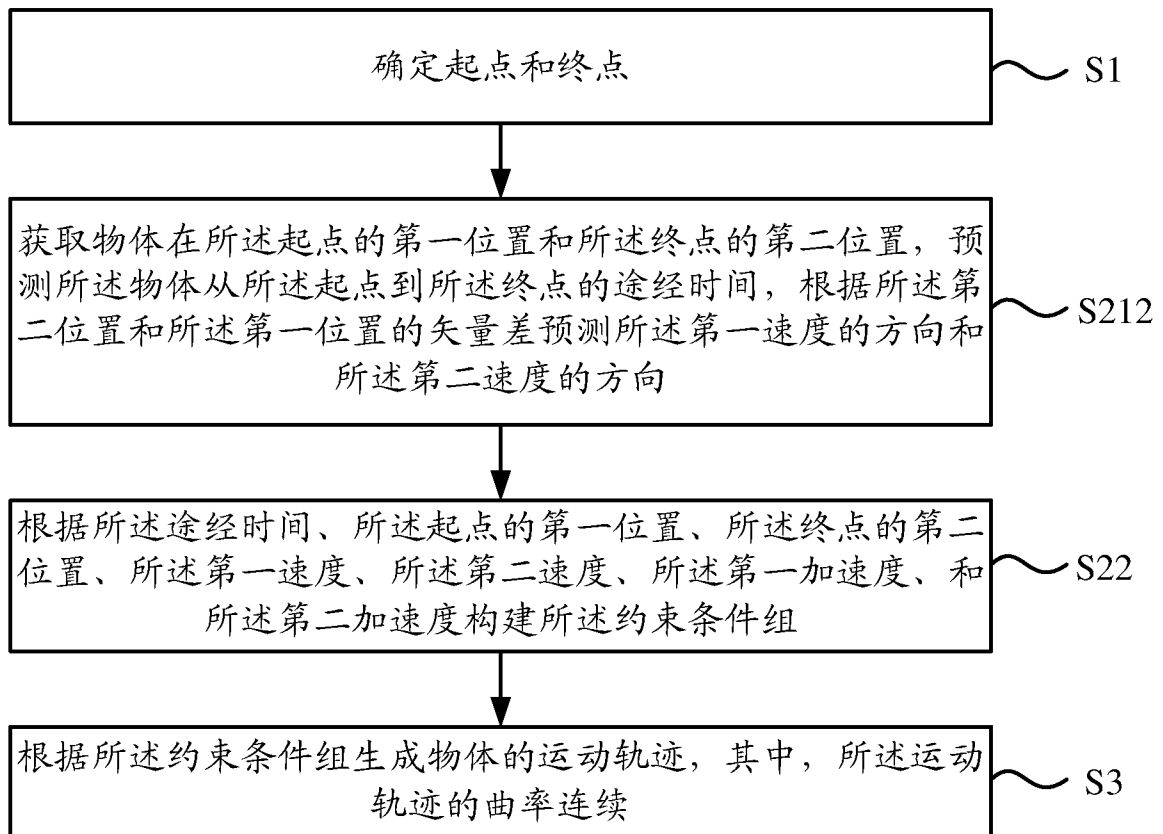


图 6

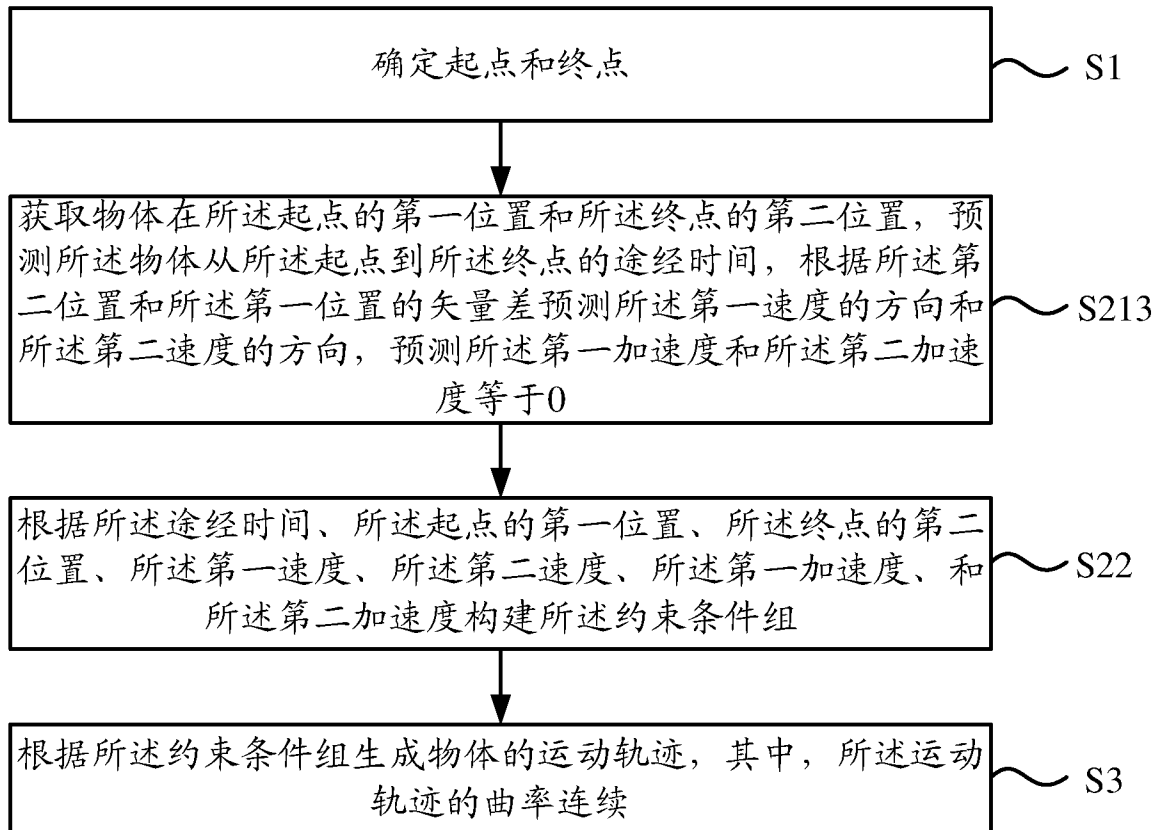


图 7

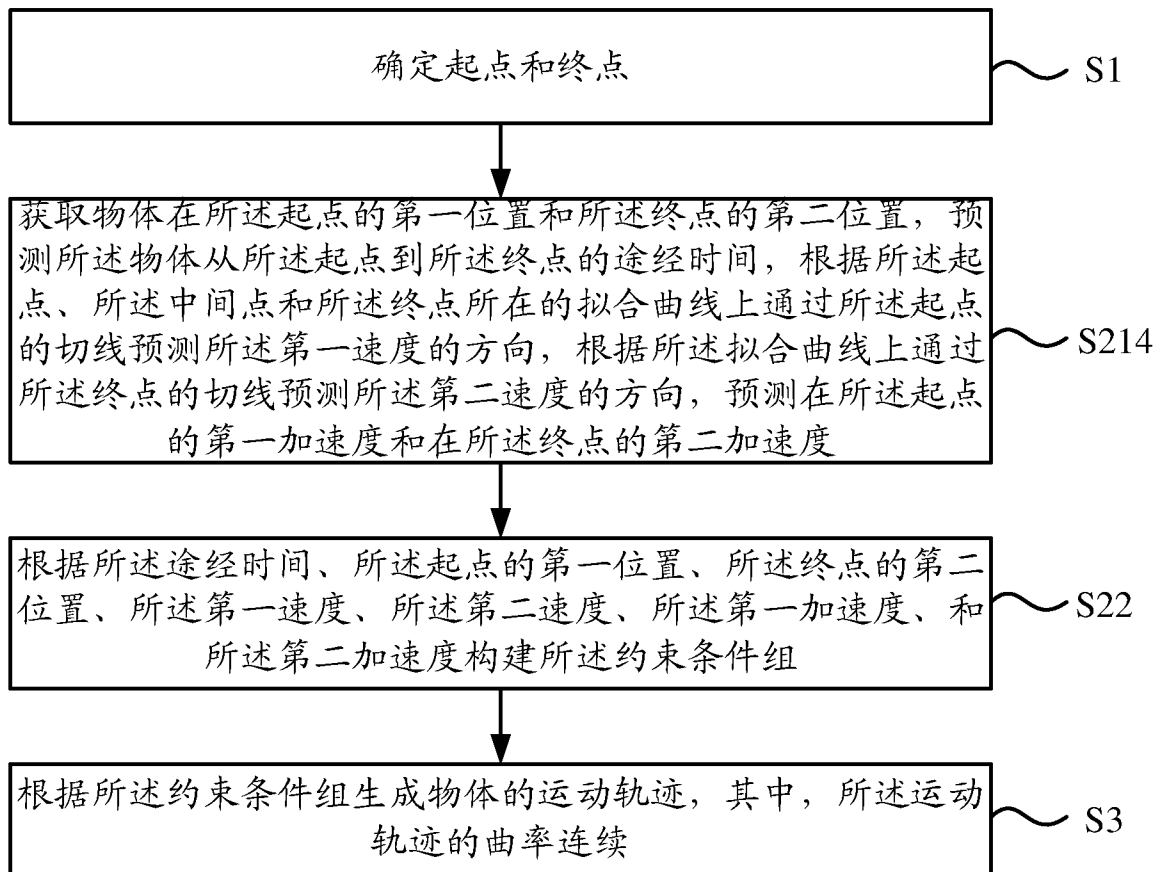


图 8

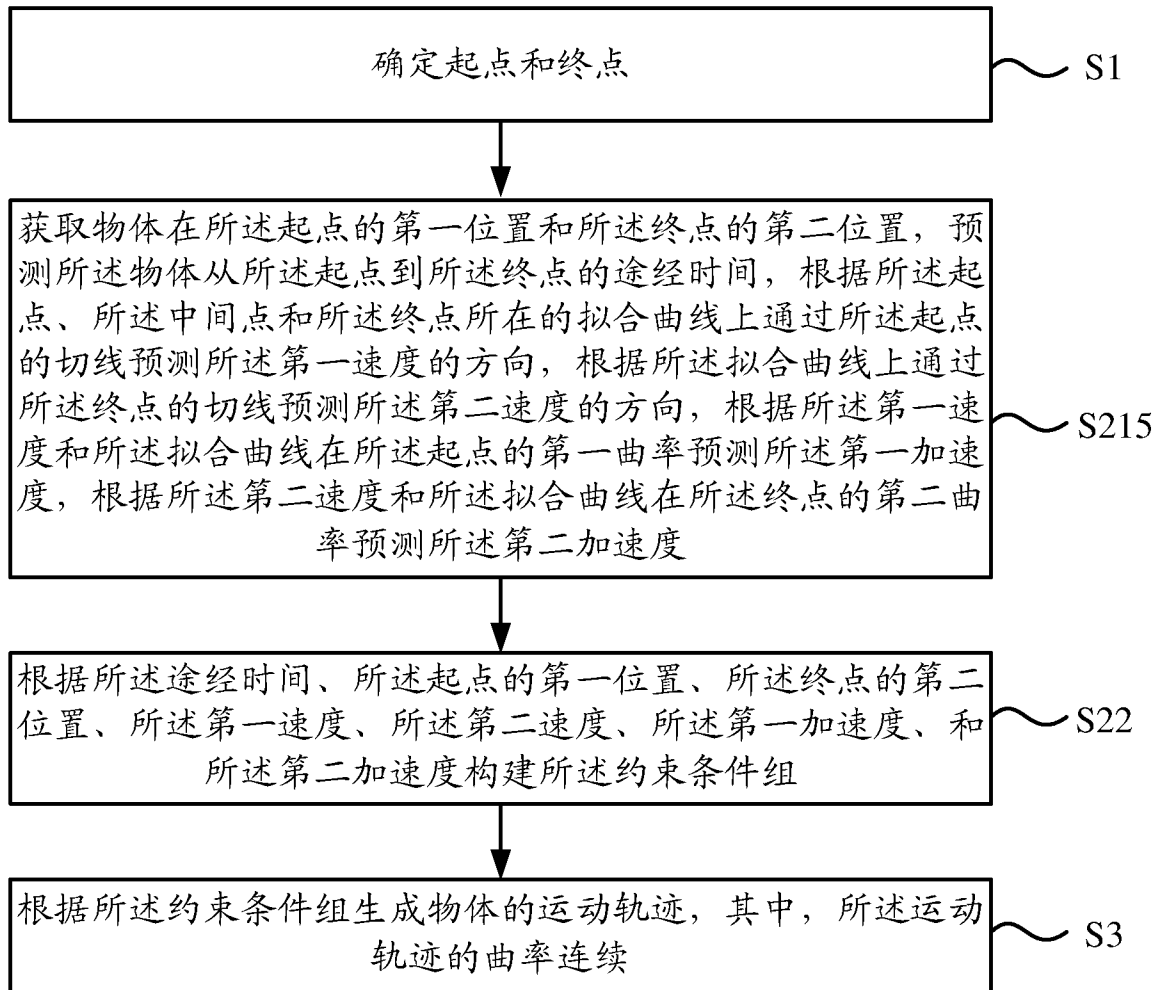


图 9

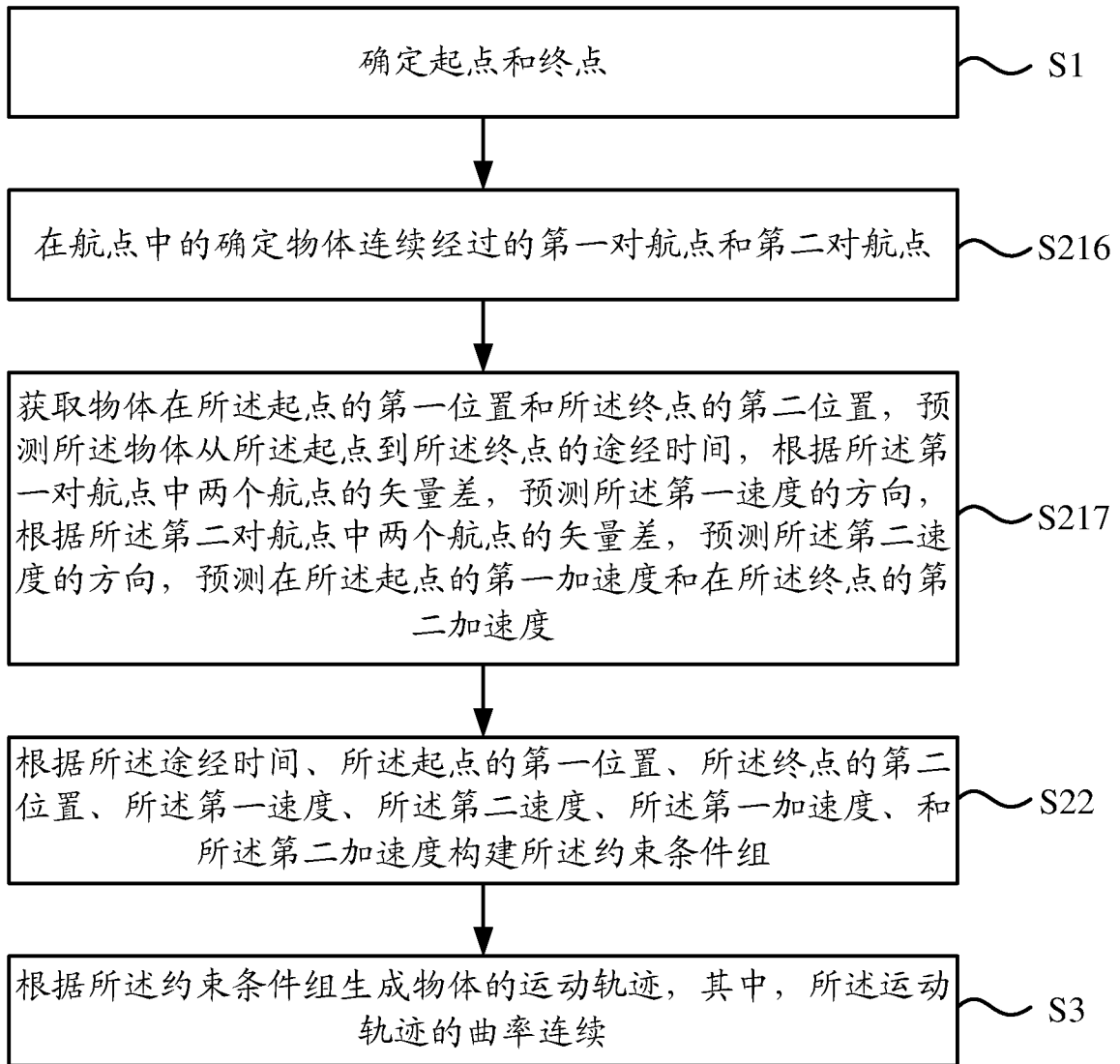


图 10

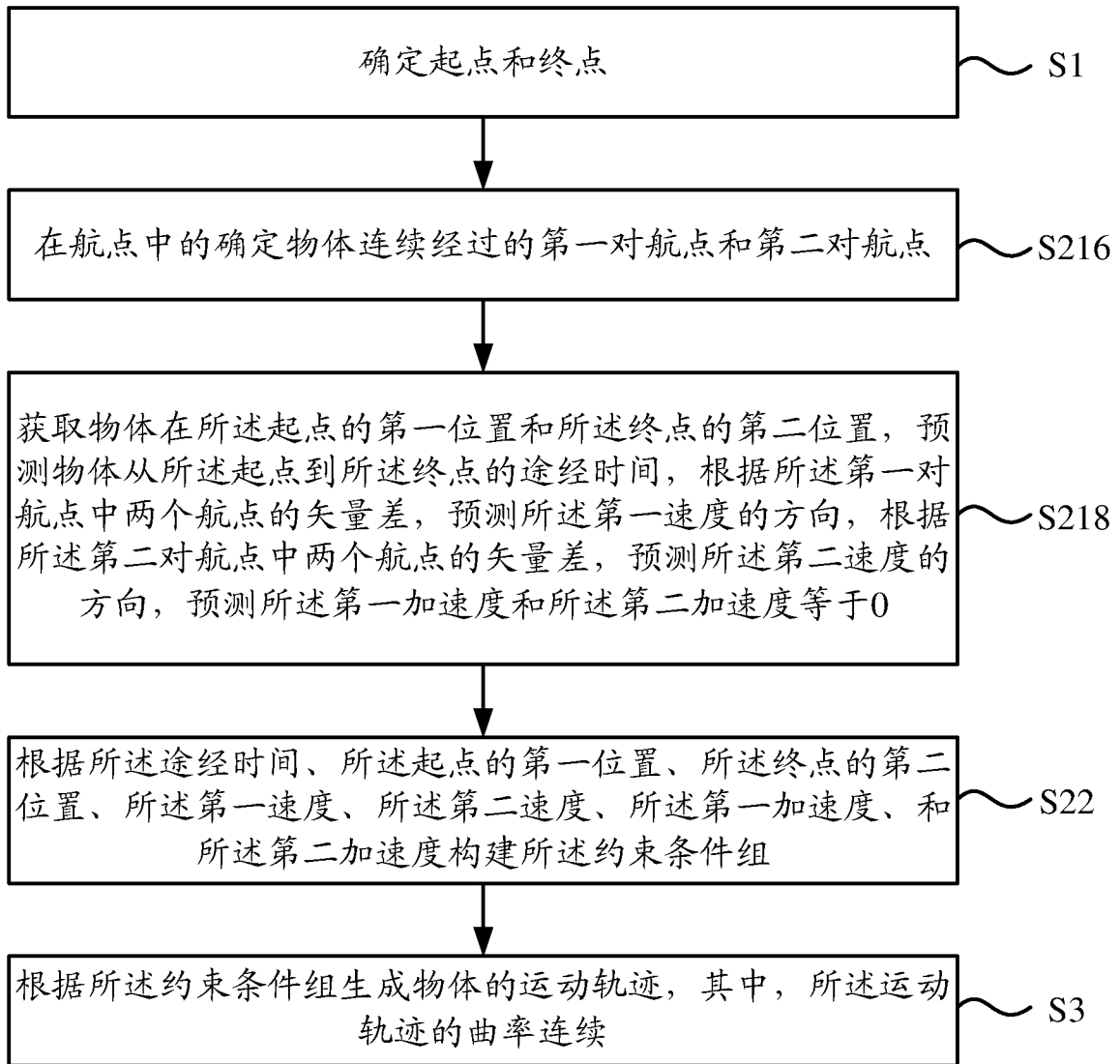


图 11

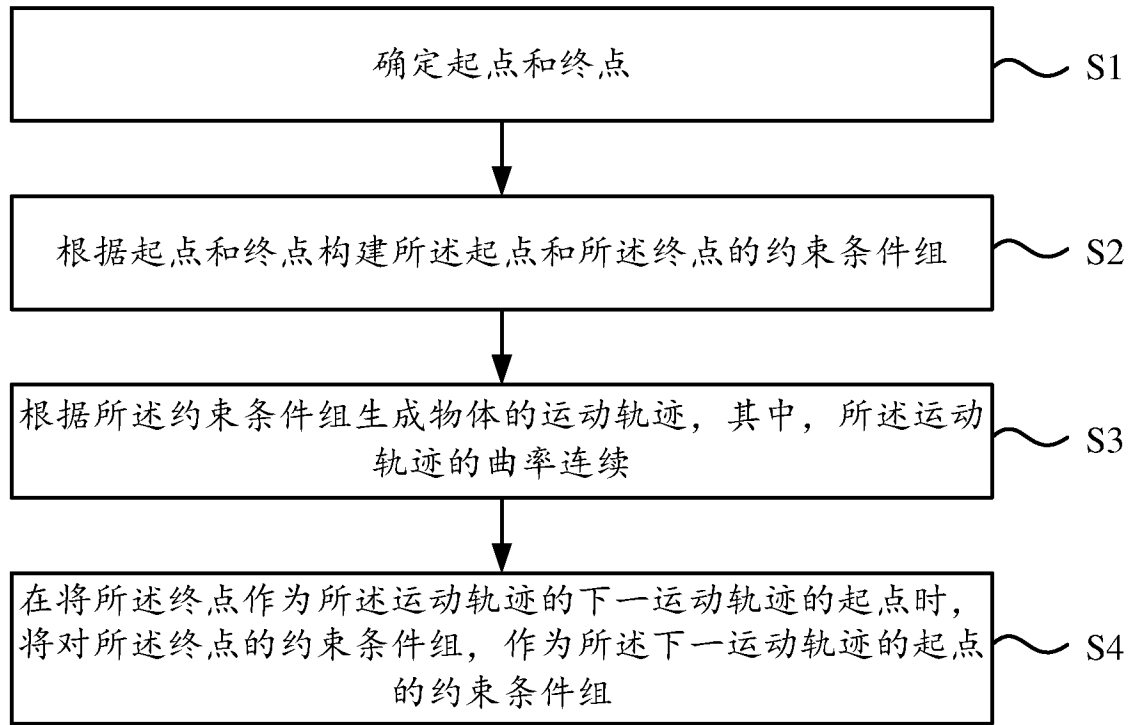


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/072198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/10(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)

G05D, G01C

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, WPI, EPODOC, CNKI: 曲率, 连续, 无人机, 加速度, 距离, 位置, 轨迹, 航迹, 约束, curvature, continue, UAV, acceleration, distance, position, trace, track, constraint

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	温乃峰 (WEN, Naifeng). "低空复杂环境下小型无人机的在线航迹规划算法研究 (Research on the Small UAV Online Path Planning Algorithms in Complex and Low-Altitude Environments)" 中国博士学位论文全文数据库 (China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 February 2017 (2017-02-15), pp. 42-44	1, 16, 17, 32, 33
Y	温乃峰 (WEN, Naifeng). "低空复杂环境下小型无人机的在线航迹规划算法研究 (Research on the Small UAV Online Path Planning Algorithms in Complex and Low-Altitude Environments)" 中国博士学位论文全文数据库 (China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 February 2017 (2017-02-15), pp. 42-44	2-15, 18-31
Y	崔敬魁 (CUI, Jingkui). "面向电网巡线和森林火情监测的无人机路径规划算法研究 (Research on UAV Path Planning Algorithm for Power Line Inspection and Forest Fire Monitoring)" 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (China Master's Theses Full-text Database), 15 February 2018 (2018-02-15), pp. 40-45	2-15, 18-31



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 September 2019

Date of mailing of the international search report

27 September 2019

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/CN2019/072198**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106289233 A (709TH RESEARCH INSTITUTE, CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORPORATION) 04 January 2017 (2017-01-04) description, paragraphs 37-62	1, 16, 17, 32, 33
X	CN 104808688 A (WUHAN UNIVERSITY) 29 July 2015 (2015-07-29) description, paragraphs 18-21	1, 16, 17, 32, 33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/072198

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106289233	A	04 January 2017	CN	106289233	B	19 April 2019
CN	104808688	A	29 July 2015	CN	104808688	B	12 April 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/072198

A. 主题的分类 G05D 1/10 (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) G05D, G01C 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, WPI, EPDOC, CNKI: 曲率, 连续, 无人机, 加速度, 距离, 位置, 轨迹, 航迹, 约束, curvature, continue, UAV, acceleration, distance, position, trace, track, constraint		
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
X	温乃峰. "低空复杂环境下小型无人机的在线航迹规划算法研究" 中国博士学位论文全文数据库, 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15), 第42-44页	1、16-17、32-33
Y	温乃峰. "低空复杂环境下小型无人机的在线航迹规划算法研究" 中国博士学位论文全文数据库, 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15), 第42-44页	2-15、18-31
Y	崔敬魁##. "面向电网巡线和森林火情监测的无人机路径规划算法研究" 中国优秀硕士学位论文全文数据库, 2018年 2月 15日 (2018 - 02 - 15), 第40-45页	2-15、18-31
X	CN 106289233 A (中国船舶重工集团公司第七〇九研究所) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 说明书第37-62段	1、16-17、32-33
X	CN 104808688 A (武汉大学) 2015年 7月 29日 (2015 - 07 - 29) 说明书第18-21段	1、16-17、32-33
☐ 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 2019年 9月 14日		国际检索报告邮寄日期 2019年 9月 27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		授权官员 武晓冬 电话号码 86-(10)-53961385

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/072198

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	106289233	A	2017年 1月 4日	CN	106289233 B 2019年 4月 19日
CN	104808688	A	2015年 7月 29日	CN	104808688 B 2017年 4月 12日