

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.11.024

# 基于弦端点法的机器鱼寻迹策略

苏琦, 李卫京

(陆军航空兵学院, 北京 101123)

**摘要:** 为进一步缩短机器鱼寻迹顶球所走的路径, 提高机器鱼找目标点的效率, 提出一种基于弦端点法的机器鱼寻迹策略。在对切入圆算法改进的基础上, 给出弦端点法的总体思路, 通过作辅助圆弦中垂线的方法给机器鱼具有很好连贯性且逐渐逼近最佳击球点的一系列目标点。对 2 种算法的寻迹情况进行比较的结果表明: 该策略能使机器鱼在寻找目标点时游动路径更短、轨迹更光滑, 从而更好地实现顶球射门。

**关键词:** 寻迹策略; 弦端点法; 路径模拟

**中图分类号:** TP301.6 **文献标志码:** A

## Tracing Strategy of Robot Fish Based on String Endpoint Algorithm

Su Qi, Li Weijing

(Army Aviation Institute, Beijing 101123, China)

**Abstract:** For shorting the tracing path of robot fish heading ball, and improving the efficiency of finding out target point, the writer introduces the tracing strategy of robot fish based on string endpoint algorithm. Based on improvement of tangent circle algorithm, give the design for string endpoint algorithm. Offer a series continuous target points for robot fish, by approaching the best contact point as close as possible by drawing the perpendicular bisector of an auxiliary circle's string. Compare tracing situations of 2 algorithms, the results show that the strategy promotes a shorter tracing path, which result in a smoother track when fish head the ball into the goal.

**Key words:** tracing strategy; string endpoint algorithm; path simulation

### 0 引言

机器鱼水球比赛涉及自动控制、程序设计、图像采集、水下通讯、抗干扰技术和流体力学等多门学科, 是一个综合性的研究<sup>[1]</sup>。机器人的控制往往要面临图像采集滞后和图像识别不准确等困难, 而水中机器人在进行寻迹动作时, 还要受水波扰动和目标漂移等多种不确定因素影响; 因此, 在机器鱼顶球过程中, 高效、准确和连贯地寻找目标点显得至关重要。对于寻找机器鱼的目标点, 先前的参赛者多采用切入圆法或类似算法。笔者在切入圆算法的基础上, 对其进行改进, 提出一种新的弦端点算法, 并对 2 种算法的思路和实现过程进行比较。

### 1 切入圆法的基本思路

基于切入圆算法的基本思路如图 1 所示, 以球中心点为圆心,  $r$  为半径作门球连线的切圆  $C_1$  (称辅助圆  $C_1$ ), 再做过鱼中心点半径适当的圆 (称转弯圆  $C_2$ , 该圆满足鱼转过一个劣弧即可正对球、门连线)<sup>[2]</sup>。当鱼接到指令时, 先沿  $C_2$  转弯至  $T_2$  处沿  $T_1T_2$  ( $C_1, C_2$  公切线) 运动, 到达  $T_1$  后在辅助圆上做一段圆弧运动, 到达击球点, 顶球射门<sup>[3]</sup>。

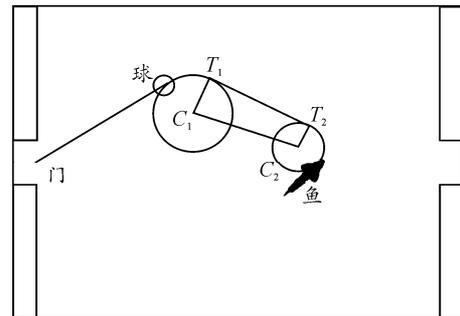


图 1 切入圆法基本示意图

### 2 弦端点法的总体思路

#### 2.1 弦端点法的思路

基于弦端点法的基本思路如图 2 所示, 首先在球和门的连线上做半径适当 (可根据实验具体效果取半径) 的切圆  $C_3$ , 切点在  $B$  点 (注意是后击球点)。连接鱼和水球中心点交  $C_3$  圆于  $A$  点, 连接  $AB$ , 做  $AB$  的中垂线交  $C_3$  圆于  $D_1$  和  $D_2$  2 点, 很明显应取  $D_1$  点为鱼的目标点, 这个目标点是一个动态更新的点, 会随着鱼位置的变化而变化, 它具有连贯性, 并不因鱼和球的距离缩短而改变, 随着鱼和球距离的逐渐缩短, 目标点会逼近最佳击球点, 即  $B$  点, 并且此时鱼的方向与球、门在同一条直线上。

收稿日期: 2012-05-29; 修回日期: 2012-06-20

作者简介: 苏琦 (1990—), 男, 河北人, 本科在读, 从事飞行器系统与工程研究。

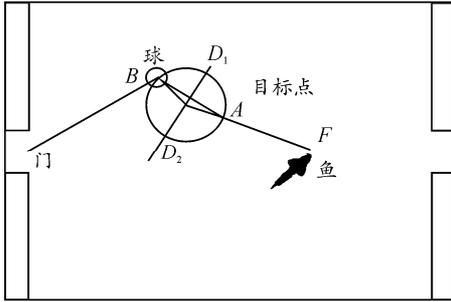


图 2 弦端点法的基本示意图

关于怎样取舍  $D_1$  和  $D_2$  2 点。笔者最初是取离球门较远的一点为目标点，但后来在实验过程中发现存在漏洞。如图 3 所示，在鱼与球距离较近的情况，会错误地取成  $D_2$ ，造成鱼与球擦肩而过，错失顶球良机。笔者对找点原则进行了改良，如图 4 所示，分别作出角  $\angle GBD_1$  和  $\angle GBD_2$  (在图 4 中用粗线画出)，比较它们的大小， $\angle GBD_1$  大则取  $D_1$ ，反之则取  $D_2$ ，经过数学证明和实验验证，如图 5 所示。这种判断方法有效地避免了上述错误，能够在鱼接近球的时候方向准确地顶球。

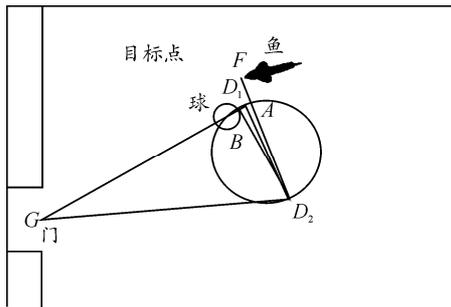


图 3 判断 2 个根目标点距离球门的远近时特殊情况

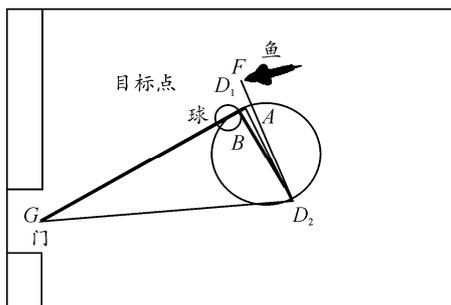


图 4 取舍根目标点特殊情况的解决方案

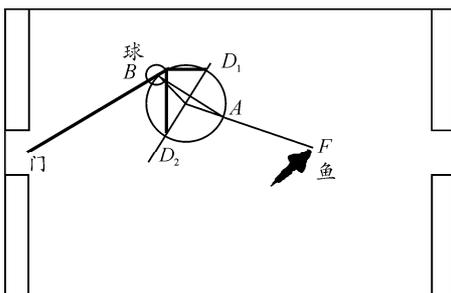


图 5 一般情况下的解决方案验算

## 2.2 弦端点法的算法实现

### 2.2.1 参数设定

如图 6，已知机器鱼的坐标为  $F(x_f, y_f)$ ，球的坐标为  $B(x_b, y_b)$ ，球门的坐标为  $G(x_g, y_g)$ 。辅助圆  $C_3$  半径为  $r$ ，与直线  $GB$  切于  $B$  点，直线  $FC_3$  交圆  $C_3$  于  $A$  点 (此处也涉及到一次取舍，这里取靠近鱼的点)，线段  $AB$  的中垂线为  $D_1D_2$ 。

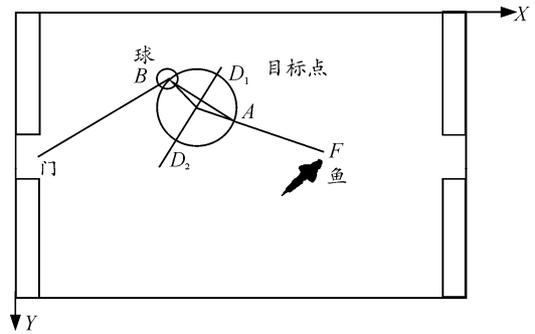


图 6 坐标系下的弦端点法寻迹

### 2.2.2 确定辅助圆圆心 $C_3$ 的坐标

当  $y_b = y_g$  时， $x_{C_3} = x_b$ ， $y_{C_3} = y_b \pm r$ ，即球在门的中心线。

直线  $GB$  的斜率  $K_1 = \frac{y_g - y_b}{x_g - x_b}$ ，当  $y_b \neq y_g$  时直线

$BC_3$  的斜率  $K_2 = -\frac{1}{K_1}$ ，则直线  $BC_3$  的方程为

$$y = K_2(x - x_b) + y_b \quad (1)$$

设以  $B$  为圆心以  $BC_3$  为半径的圆为圆  $B$ ，圆  $B$  的方程如式 (2)

$$(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2 = r^2 \quad (2)$$

联立式 (1)、式 (2) 得

$$x_{C_3 01} = \frac{2x_b + \sqrt{4x_b^2 - 4(x_b^2 - \frac{r^2}{k_2^2 + 1})}}{2a}$$

$$x_{C_3 02} = \frac{2x_b - \sqrt{4x_b^2 - 4(x_b^2 - \frac{r^2}{k_2^2 + 1})}}{2a}$$

分别代入直线  $BC_3$  方程得到 2 个圆心点，取距离鱼的近点为辅助圆的圆心。

同理，连接  $FC_3$ ，与圆交于两点，同样是取距离鱼较近的点为  $A$  点，连接直线  $AB$  并作其中垂线仍交圆于两点，按照 2.1 中的比较方法，比较  $\angle GBD_1$  和  $\angle GBD_2$  两角的大小，选择  $D_1$  为目标点。在这之后，目标点会按照上述算法，随着鱼位置的变化而实时生成，逼近最佳击球点，完成顶球。