

doi: 10.7690/bgzdh.2014.12.022

## 2D 仿真 5VS5 防守策略研究

卞迪, 夏庆锋

(南京大学金陵学院机器人实验室, 南京 210089)

**摘要:** 为提高水中多机器鱼协作能力, 针对国际水中机器人大赛 2D 仿真水球 5VS5 项目, 提出应对当前主流的进攻方式的防守策略。对于直线型进攻方式, 提出“勺子型”防守策略; 对于勺子型进攻方式, 提出“破勺子型”防守策略。结果表明: 该策略能很好地完成防守任务, 其调整跟踪函数也能做到非常好的实时跟踪。运用该策略曾经在 2012 年中国水中机器人大赛上取得过亚军。

**关键词:** 机器鱼; 多机器鱼协作; 防守策略

**中图分类号:** TP242 **文献标志码:** A

## Defending Strategies in 2D Simulation Water Polo 5VS5

Bian Di, Xia Qingfeng

(Laboratory of Robotics, Nanjing University Jinling College, Nanjing 210089, China)

**Abstract:** In order to improve the ability of multi-robot fish cooperation in water, based on 2D Simulation Water Polo 5VS5 Project in International Underwater Robot Contest, puts forward defending strategies, dealing with the current mainstream attacking ways. For heading the ball in the straight-line way, a “spoon-type” defensive strategy is proposed. For heading the ball in the spoon-type way, a “broken-spoon-type” defensive strategy is proposed. The results showed that this method can complete the defensive task perfectly, and the adjusting and following function can finish real-time tracking especially. Using these strategies, we once got runner-up in Chinese Underwater Robot Contest in 2012.

**Keywords:** robot fish; multi-robot fish collaboration; defending strategies

### 0 引言

机器人作为 21 世纪高新技术的集中代表, 具有极大的应用前景。机器人竞赛是以机器人作为对抗主体的一种竞技活动, 是机器人研究者进行技术交流的平台, 同时也是对社会民众进行机器人科普教育的窗口。

由国际水中机器人联盟主办, 中国自动化学会机器人竞赛工作委员会、北京大学和微软亚洲研究院等单位共同协办的国际水中机器人大赛是目前唯一一项完全由中国人自主创立并主导的国际赛事, 是货真价实的“中国创造”。随着 2014 年国际水中机器人大赛中的 9 个项目被列入教育部组织的全国信息技术应用水平大赛, 各高校对于水中机器人大赛的重视程度将得到更大的提高。

在众多水中机器人比赛项目中, 基于水中多机器人协作的水球 5VS5 比赛中的顶球策略受到各参赛队伍的高度关注, 使得多机器鱼顶球策略发展迅速。从近年来的比赛情况和相关论文资料可以看出, 目前主流的顶球策略主要就是形如直线形的顶球策略和形如勺子形的顶球策略。但是, 在顶球策略日益精进的同时, 防守策略却显得有些滞后, 少有学校将主要精力放在防守策略的研究上; 因此, 笔者

从当前 2 种主流的顶球形式出发, 重点介绍水中多机器人协作算法中的防守策略。

### 1 当前主流的顶球策略

对于目前基于 5VS5 项目比赛<sup>[1]</sup>出现的多机器鱼顶球形式主要有 2 种: 1) 形如直线型, 如图 1 所示; 2) 形如勺子形, 如图 2 所示。

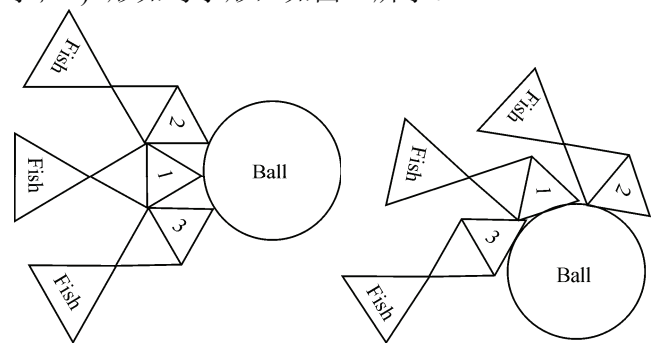


图 1 直线型顶球形式

图 2 勺子型顶球形式

当然对于目前的形如勺子形的顶球形式, 不同学校的参赛队伍应用的方式各不相同, 常见的有形如蛇形顶球形式以及形如螺旋形顶球形式, 如图 3、图 4 所示。

对于直线型顶球策略, 大多数学校主要就是简单地利用 3 条鱼共同顶球的同一个坐标点, 这种方式在早期比较盛行, 但这种思想过于简单, 鱼体动

收稿日期: 2014-06-23; 修回日期: 2014-07-24

基金项目: 南京大学金陵学院 2012 年教学改革与科学研究项目 (0010111231)

作者简介: 卞迪 (1990—), 男, 江苏人, 本科, 从事通信工程研究。

作过于单调，导致产生了一系列问题。例如：当比赛双方都采用这种顶球算法的时候，就容易出现球很难移动的局面，如图 5 所示。



图 3 勺子型中蛇形顶球轨迹



图 4 勺子型中螺旋形顶球轨迹

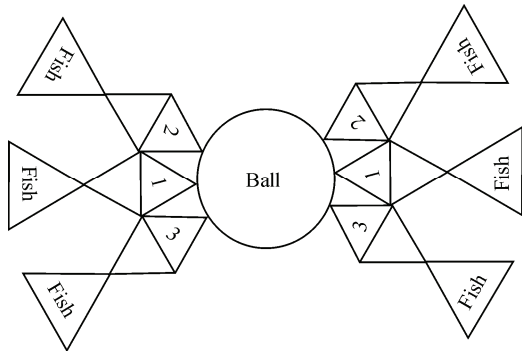


图 5 比赛双方都采用直线型导致的局面

此外，直线型顶球形式最致命的缺点是球很容易被对方抢断。当然，直线型顶球方法在某些条件下也具有自身的优势，例如直线型顶球方法在球门口处顶球时会具有很大的优势。

## 2 防守策略

2012 年比赛实践表明：单纯的以进攻压制对方的思想对于进攻的要求太高，当面对一些进攻力度与我方相当对手时，防守就成了成败的关键，所以在此实践基础上，提出了下面的防守策略。

### 2.1 针对普通的直线形带球方式的防守

对于直线型带球方式的防守，一般采用以进攻抑制进攻的思想，下面详细讲解勺子型顶球策略及其抑制直线型顶球方式。

#### 2.1.1 勺子型的顶球策略

对于勺子型的顶球方式，目前主要有蛇形和螺旋形 2 种应用方式。

##### 1) 蛇形顶球方式主要思想。

通过 3 条鱼构造出勺子形状，紧紧地包裹住球，利用类似于蛇的 S 形游动形式向前推进，如图 6。

这种游动顶球形式的优点是：鱼体的动作更加复杂，使得对方机器鱼不是那么容易根据己方的鱼

体动作判断球的下一步走向，因为 S 形的构造可以有多种形式，根据不同的区域可以设置不同的 S 形构造形式，如图 7 所示。

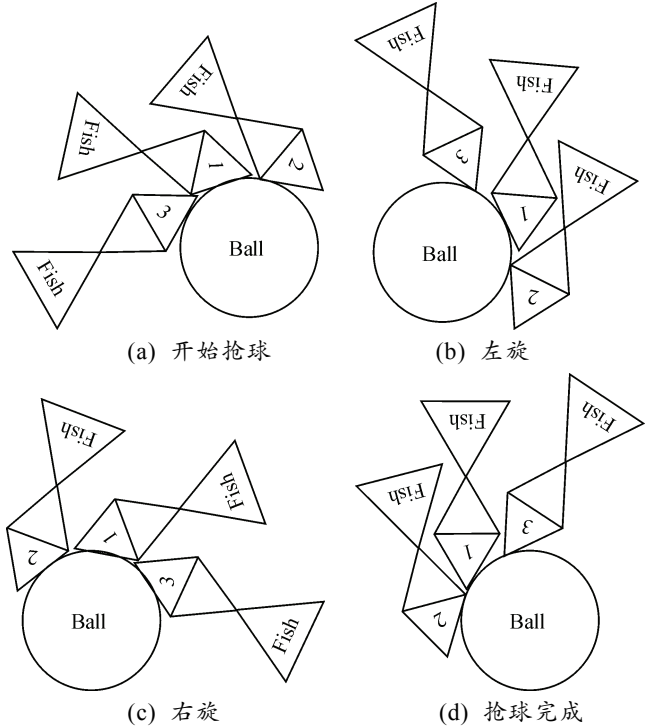


图 6 蛇形顶球方式

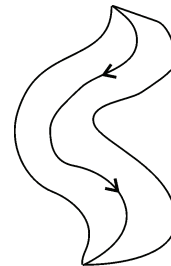
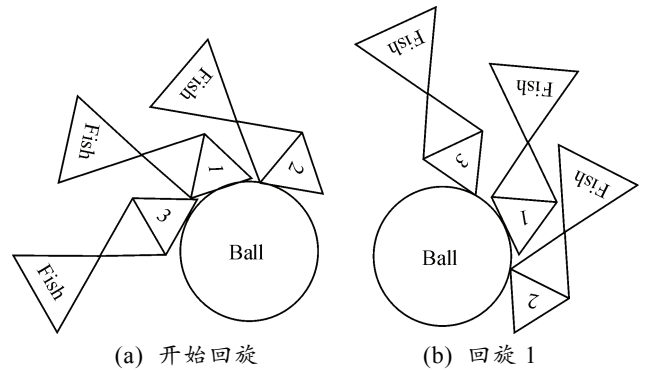


图 7 不同 S 形构造形式

另外，这种顶球方式可以很容易抢掉直线型顶球，后面将给出解释。

##### 2) 螺旋形顶球方式主要思想。

通过 3 条鱼构造出勺子形状，紧紧地包裹住球，利用类似于螺旋旋转的形式，如图 8 所示。



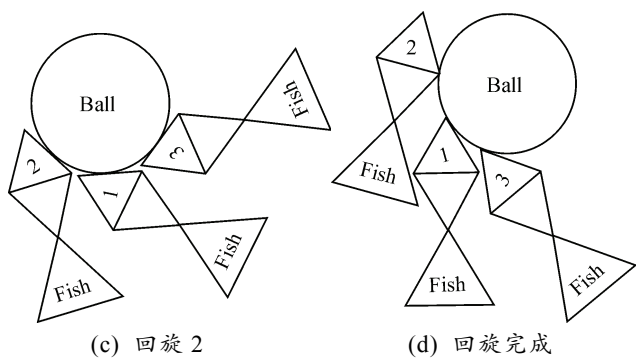


图 8 螺旋形顶球方式

这种游动顶球形式的优点是：鱼体的动作更加复杂，使得对方机器鱼很容易根据己方的鱼体动作错误判断球的下一步走向，因为螺旋形的构造通常要求己方的鱼要对球做出往回带的动作，这很容易使得对方错误判断我方鱼的动作，如图 9 所示。

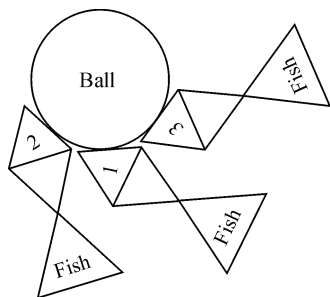


图 9 螺旋形回带的动作

这将导致对方错误地判断球在往回走，殊不知这是以退为进的策略。

### 2.1.2 勺子型顶球抑制直线型顶球方式

勺子型顶球方式可以很容易抢断直线型顶球，因为对于直线型顶球的一个特点就是没有做到对球体两侧的防守，而勺子型顶球的特点是，对于球体两侧的防守做得很好，所以勺子型能够很容易抢掉直线型顶球方式，如图 10 所示。

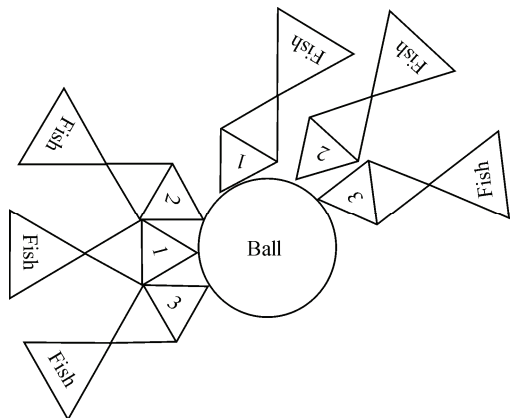


图 10 勺子型抢断直线型

使用勺子型顶球方式的不同组合将会产生多种

不同的顶球形式，在球场的不同区域运用不同的组合方式将会产生不同的效果。

## 2.2 针对勺子型带球方式的防守策略

### 2.2.1 防守方法的提出背景

如前所述，对于勺子型顶球方式，要想根据对方鱼的动作通过抢球进攻的方式抢到球，就需要确保自己的勺子型动作设计的函数足够优秀，但这是很难的。如果己方的勺子型算法没有对方的优秀，最终落败的可能性就会大大增加。基于此，笔者提出了一种新的抢球方式，即破坏勺子型阵型。

### 2.2.2 破坏勺子型阵型的主要思想

对于勺子型阵型的破坏采用的主要思想是利用 3 条鱼作为防守；2 条鱼用于破坏，即主防鱼；1 条鱼用于辅助破坏，即协防鱼。

以左半场为己方为例，3 条鱼的具体协作流程如下：

1) 3 条鱼都在球的左边。

根据 3 条鱼的  $z$  坐标判断 3 条鱼的上下位置关系。上面的鱼为上主防鱼，游动到上面设置的主防点位置；中间鱼为协防鱼，游动到协防点；下面的鱼为下主防鱼，游动到下面设置的主防点位置。

当上下主防鱼游动到主防点时执行扭动函数，协防鱼游动到协防点执行调整跟随函数。

2) 2 条鱼在球的左边，1 条鱼在球的右边。

首先将左边的 2 条鱼确定为主防鱼，然后判断在球左边的鱼的  $z$  坐标，以确定上主防鱼与下主防鱼，上下主防鱼分别游动到上下主防点，将球右边的鱼确定为协防鱼，协防鱼游动到协防点。

当上下主防鱼游动到主防点时执行扭动函数，协防鱼游动到协防点执行勺子形顶球函数。

3) 1 条鱼在球的左边，2 条鱼在球的右边。

首先将左边的鱼确定为上主防鱼，游动到上主防点，然后判断球右边 2 条鱼的  $z$  坐标，将下面的鱼确定为协防鱼，游动到协防点，上面的鱼为下主防鱼，游动到下主防点。

当上下主防鱼游动到主防点时执行扭动函数，协防鱼游动到协防点执行勺子形顶球函数。

4) 3 条鱼在球的右边。

首先判断 3 条鱼的  $z$  坐标，中间鱼确定为协防鱼，上下分别为主防鱼，主防鱼游动主防点。

当上下主防鱼游动到主防点时执行扭动函数，协防鱼游动到协防点执行勺子形顶球函数。

5) 对于协防鱼的触发状态的设置。

对于协防鱼的触发状态的触发标志，主要是利用周期采用后球的  $x$  坐标与协防鱼的  $x$  坐标之间的差值判断，具体如下：当每次协防鱼开始往协防位置处运动开始，采样开始，在这个采样周期内，协防鱼的协防位置坐标不变，即协防位置的  $x$  坐标为采样开始时球的  $x$  坐标往左  $K$  个球半径；协防位置的  $z$  坐标为采样开始时球的  $z$  坐标。这个坐标的有效期为一个采样周期  $T$ 。

6) 主防点的设置。

主防点的  $x$  坐标为：采样开始时球的  $x$  坐标往左  $M$  个球半径；上主防点的  $z$  坐标为采样开始时球的  $z$  坐标向上  $P$  个半径。下主防点的  $z$  坐标为采样开始时球的  $z$  坐标向下  $P$  个半径。这个坐标的有效期为一个采样周期  $T$ 。

2.2.3 防守用到的主要函数功能

防守用的主要函数有破坏函数 Destroy 和调整跟踪函数 Adjust\_Follow 2 种。除此以外，还用到进攻型函数，即勺子型顶球函数 Snatch。

1) 破坏函数功能。

对于 Destroy 函数，主要由游动函数 Swim 和扭动函数 Wring 2 个函数构成。

Swim 函数实现的功能就是使得鱼体能够快速稳定地游动到目标点，关于 Swim 函数的设计思想可参考文献[2-4]，文中给出一种具体实现。Swim 函数 TCode 与 VCode 划分如表 1。

表 1 Swim 函数 TCode 与 VCode 划分

鱼相对于目标点将要转的角度 $m/(^\circ)$	TCode	VCode
$-180 < m < -95$	0	1
$-95 < m < -55$	1	1
$-55 < m < -25$	2	1
$-25 < m < -5$	5	1
$-5 < m < -1$	7	12
$-1 < m < 1$	Transform_Angle_To_TCode	5
$1 < m < 5$	7	12
$5 < m < 25$	9	1
$25 < m < 55$	12	1
$55 < m < 95$	13	1
$95 < m < 180$	14	1

扭动函数 Wring 的实现思想：扭动函数的功能主要是为了完成鱼体大幅度转动功能，其涉及到的参数设置主要是 TCode。对于这一函数的设计，笔者认为可以参照 Swim 函数的设计，主要是对 Swim 函数中 TCode 做出修改，以使得鱼体能够大幅度扭动，从而达到破坏的目的。

2) 调整跟踪函数 Adjust\_Follow。

调整跟踪函数要实现的功能是使得鱼体的位姿能够随着目标点(如球)的变化原地做出调整，要实现这一功能，其实核心思想与 Swim 函数有些相像，只不过这里 VCode 间歇性地为零，而 TCode 的数值通过实验可以得到适当的数值，即根据鱼体与目标点之间的夹角来设置 TCode 的数值，使得鱼体能够随时跟踪目标点，其实现框图如图 11 所示。

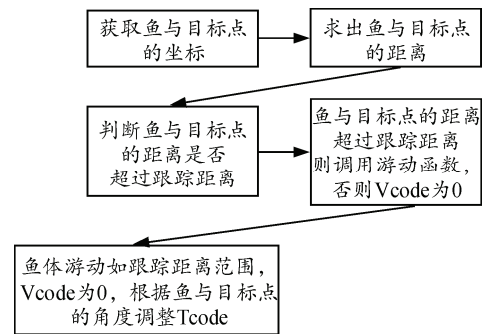


图 11 调整跟踪函数实现框图

3) 勺子型顶球函数 Snatch。

对于勺子型顶球函数的设计有 2 个要点：1) 顶球点的设置；2) 鱼体游动的设计。

对于顶球点的设计，笔者采用的方式是：如果我方球场为左半场，当机器鱼在球的左边时，主要任务是带球，顶球点设置在球体左边 1 倍直径处，可取得较好的效果；当机器鱼在球的右边时，主要任务是抢球，顶球点设置在球的下方或上方 1 倍直径处，这样可起到形如勺子型的抢球动作。

3 结束语

笔者现已基本实现了上述各函数，并得到了很好的效果，尤其是勺子型顶球算法能够非常好地抑制直线型顶球算法，并在 2 次中国水中机器人大赛中获得 5VS5 项目亚军，验证了其有效性。调整跟踪函数也已实现了非常好的实时跟踪效果。但扭动函数的实现效果还不是很好，笔者将在以后的工作中进行改进。

参考文献：

[1] 北京大学智能控制实验室. 2013 宁波国际水中机器人大赛暨第六届水中机器人技术研讨会 2D 仿真组规则[OL]. <http://robot.pku.edu.cn/>, 2013.3.25.

[2] 徐林程, 史豪斌, 郭志巍, 等. 2D 仿真机器鱼协作过孔策略[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 55-58.

[3] 卞迪, 夏庆锋. 一种 2D 仿真水球 5VS5 比赛策略[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 59-62.

[4] 高俊杰, 贾翠玲, 李卫国. 水中机器人 2D 仿真水球斯诺克策略优化[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 78-80.