

# 兵棋推演中典型行为和策略分析与推荐

-----2022 庙算杯选拔赛数据分析报告

中国科学院自动化研究所

复杂系统认知与决策实验室&智能系统与工程研究中心

复旦大学心理学系

# 1. 总篇

2022 庙算杯人机混合对抗赛由中国人工智能学会与中国科学院自动化研究所联合主办，面向人机混合决策环境下有人/无人编组协同的智能技术需求，探索人机之间任务互补、认知互信、行动互助，推动人工智能技术创新发展。

## 1.1 目标定位

2023 庙算杯开赛伊始，为助力参赛选手全面了解智能体以及人类选手策略运用技巧，中国科学院自动化所联合复旦大学编制本报告，希望为兵棋爱好者和兵棋 AI 研究者在兵棋推演中的策略制定与运用提供理论与技术支持。

## 1.2 主要内容

本报告通过对 2022 庙算杯选拔赛近千场数据分析，给出了包括 5 类不同水平选手、8 种典型行为及推演策略的定义，给出了选手水平-典型行为-推演策略的相关性分析，并给出了兵棋推演典型行为策略的相关建议和推荐。

## 1.3 适用范围及对象

本报告适用但不限于广大兵棋爱好者、庙算杯参赛选手、兵棋 AI 研究者、智能博弈技术研究人员等。报告内容可辅助兵棋爱好者和参赛选手对 2022 庙算杯人机混合对抗数据进行策略能力评估与训练，同时可为智能博弈 AI 研发人员提供人机混合决策算法研究思路。

## 1.4 分析依据

本报告依据人类选手的心理特点，从心理画像与行为/策略运用相关性分析出发，得到行为和策略之间的一系列结论。

## 2. 定义篇

### 2.1 选手水平定义

将参与比赛的 124 人（748 场比赛）按照选手在分队级比赛中是否晋级，将其划分为低等级（未晋级）和高等级（晋级）两大类，每类数据情况如表 1 所述。

表 1 选手等级

等级	最高赛事排名	人数	总人数
低等级	选拔赛	71	71
高等级	晋级赛第一阶段	29	53
	晋级赛第二阶段（64 强）	15	
	晋级赛第三阶段（32 强）	7	
	晋级赛第四阶段（16 强）	2	

### 2.2 典型操作行为与策略定义

依据兵棋推演经验，构建了 8 种典型操作行为或策略，涵盖：[兵力分配策略](#)、[无人机关键点位行为](#)、[右侧兵力-欺骗策略](#)、[兵力分配离散性](#)、[解聚行为](#)、[距离夺控点的距离](#)、[夺控步数](#)、[无人机步兵引导射击](#)。这些行为与策略直接反映了人类选手与智能体在兵棋推演过程中的关键操作行为或者操作策略。[更重要的是](#)，[这些操作行为/策略运用也直接反映了人类选手的心理特点，即心理画像与行为/策略运用息息相关](#)。例如，早期兵力分配策略反映了选手的决策加工方式，即直觉型还是分析型；对对手无人机关键点位行为的预测间接反映了观点采择心理特点，高观点采择选手更加重视该点位的预测。

标注过程中，结合选拔赛想定情况，首先将复盘数据进行预处理，处理方式为：将一场比赛的 1800 步划分成 36 个 step，标记为 0-35；每一个 step 包含 50 步，数值为选手在这 50 步的行为数据。例如，判定一位选手在某个 step 中是否出现了某个行为，则标定为：50 步中大于 25 步处于该状态，就判定这个算子处于这个状态，并记为 1；若等于 25，则两个状态各记 0.5。全局行为/策略以 36 个 step 为周期进行统计，早期行为/策略按照经验以 12 个 step 为周期进行统计。

### 2.2.1 兵力分配策略

按照主次要夺控点连线为基线，向外两格分别划为左路、中路和右路，将三路步兵、坦克和战车的算子数量分别求和，某一路中，小于总算子数量的 1/3，记为“兵力少”，若大于总算子数量的 1/3，记为“兵力多”。标定三路的兵力分配情况，主要为“左多，左少，中多，中少，右多，右少”。将三路的分配情况组合在一起，记为选手的兵力分配策略。



图 1 兵力分配策略示意图

**早期主策略。**取选手在某场比赛中的前 12 个 step (整场比赛的前 1/3 步)，对兵力分配策略计次数，次数出现最多的策略即为选手在该场比赛早期的主策略。

**早期主策略等级。**划分等级依据：从己方出发路线，逐渐向两方偏移。作为红方，“右多”为初始策略；作为蓝方，“中多”为初始策略。

等级	红方主策略			
1	右多			
2	右多中少	左少右多		
3	右多中多	左多右多		
4	右少中多			
5	中多	左少中多		
6	左多中多	左多右少	左多	
等级	蓝方主策略			
1	中多			
2	右少中多	左少中多	左少右少中多	
3	右多中多	左少右多中多	左多中多	左多右少中多
4	左少右少中少			
5	右多中少	左少右多	左多中少	左多右少中少
6	右多	左多		

图 2 策略等级表

### 2.2.2 无人机关键位点行为

**出现：**50 步内无人机是否出现在下列位置（50 步中超过 25 步在该位置，则判定为在此位置，并记为 1）；

**停止：**50 步内非行进中的无人机是否在下列位置（字段 state\_num\_6，50 步中超过 25 步停在该位置，则判定为停在此位置，并记为 1）。

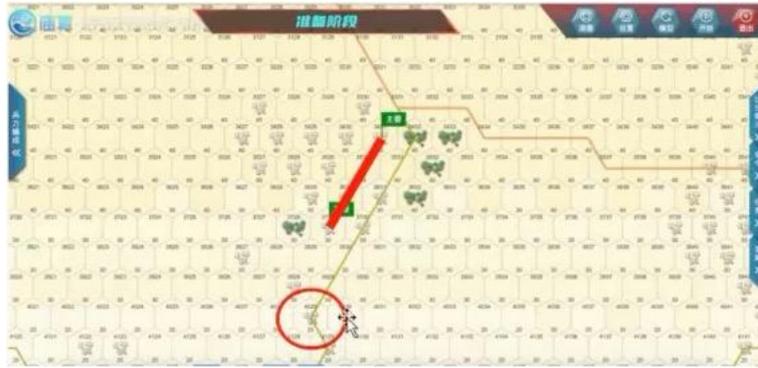


图 3 红方无人机关键点位



图 4 蓝方无人机关键点位

### 2.2.3 右侧兵力-欺骗

右侧兵力代表佯攻，即红蓝双方都会少量兵力在右路迂回，牵制敌方。计算依据如下表，可以根据早期与全局分别进行早期欺骗策略与全局欺骗策略。

表 2 右侧兵力-欺骗策略计算依据

算子数	右路欺骗兵力是否出现
	右路欺骗兵力占比均值（右路算子数占比程度）

	右路欺骗兵力出现的步数频次占比
血量数	右路欺骗兵力是否出现
	右路欺骗兵力占比均值（右路血量数占比程度）
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比

#### 2.2.4 兵力分配离散性

将左、中、右三路的步兵、坦克和战车的算子数量/血量分别求和，再求三路的标准差（SD），SD 越大越倾向于不均分，SD 越小越倾向于均分。计算步骤为：求每场次的 SD；每位选手参加的所有比赛场次的 SD 求均值，即为兵力分配离散性数据；分别计算选手作为红方和作为蓝方时的 SD 均值。

#### 2.2.5 解聚行为

选手在每一场比赛中各类算子（坦克、战车、步兵）的解聚程度。计算步骤为：求每场次的解聚频次；每位选手参加的所有比赛场次的解聚频次求均值，即为解聚行为数据；分别计算选手作为红方和作为蓝方时的解聚频次均值。

#### 2.2.6 距离夺控点的距离

50 步中各类算子（坦克、战车、步兵）距主次要夺控点的平均距离。计算步骤为：求每场次的均值；每位选手参加的所有比赛场次的距离求均值，即为早期离夺控点的距离数据；分别计算选手作为红方和作为蓝方时的解聚频次均值。

#### 2.2.7 夺控步数

提取字段 `action_statistics_num_5` 为 1 时的 `step`（每场比赛 `step` 编号为 0-35，若一场比赛中无夺控行为，则将 `step` 置为 36）。计算步骤为：求选手每场比赛各类算子（坦克、战车、步兵）最早夺控的 `step`；每位选手参加的所有

比赛场次的最早夺控 step 求均值，即为最早夺控步数数据；分别计算选手作为红方和作为蓝方时的最早夺控步数的均值。

#### 2.2.8 无人机步兵引导设计

选手在每一场比赛中无人机和步兵的引导射击程度（由于步兵引导射击的频率较低，因此与无人机引导射击的次数进行合并）。计算步骤为：求场次次的引导射击频次；每位选手参加的所有比赛场次的引导射击频次求均值，即为引导射击行为数据；分别计算选手作为红方和作为蓝方时的引导射击频次的均值。

### 3. 分析篇

#### 选手等级与行为和策略的关系

##### 3.1 选手等级与早期兵力分配策略的关系

- 1) **选手等级和早期兵力分配策略的关系**: 低等级选手倾向使用简单的分配策略, 即开场默认兵力在右路或中路, 整场比赛都不会重新分配兵力; 高等级选手倾向将兵力分配到其他方向, 而不是拘泥于开场所在路;
- 2) **选手等级和早期兵力分配策略改变频次的关系**: 低等级选手作为红方时, 全局策略改变频次低于高等级选手, 作为蓝方时, 早期和全局策略改变频次低于高等级选手; 高等级选手有更多的策略改变频次。

##### 3.2 选手等级与无人机关键点位的关系

- 1) **选手等级与无人机是否出现/停关键位点的关系**: 作为红方时, 高等级选手在早期比低等级选手更多地出现/停关键位点, 在总 1800 步上也更多地出现在关键位点; 作为蓝方时, 选手等级与无人机是否出现/停关键位点无关;
- 2) **选手等级与无人机出现/停关键位点频次的关系**: 总 1800 步无人机停关键位点的频次: 红蓝方和选手等级的交互效应显著, 简单效应分析为低等级选手作为红方时停关键位点的频次高于作为蓝方时; 高等级选手作为红方时停关键位点的频次高于作为蓝方时; 红蓝方的主效应和选手等级的主效应均不显著。

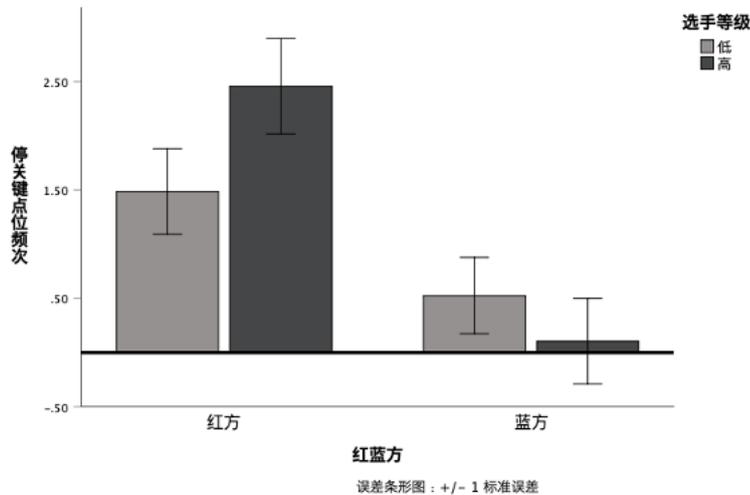


图 5 红蓝方和选手等级对总 1800 步无人机停关键位点的频次的影响

### 3.3 选手等级与欺骗策略的关系

- 1) **选手等级与是否欺骗的关系**：作为蓝方时，高等级选手的算子数和血量数在早期和总体上均比低等级选手出现更多的欺骗行为；作为红方时，选手等级与是否欺骗无关。
- 2) **选手等级与右路欺骗兵力出现的步数频次占比的关系**：
  - a) 总 1800 步算子数：选手等级的主效应显著，高等级选手欺骗比低等级选手的欺骗步数频次占比更高；红蓝方的主效应、红蓝方和选手等级的交互效应均不显著。
  - b) 总 1800 步血量数：红蓝方和选手等级的交互效应显著，简单效应分析：作为红方时，选手等级的高低影响不显著；作为蓝方时，高等级选手的欺骗步数频次占比更高；红蓝方的主效应、选手等级的主效应均不显著。
  - c) 早期算子数：仅红蓝方的主效应显著，作为蓝方时，欺骗步数频次占比更高。

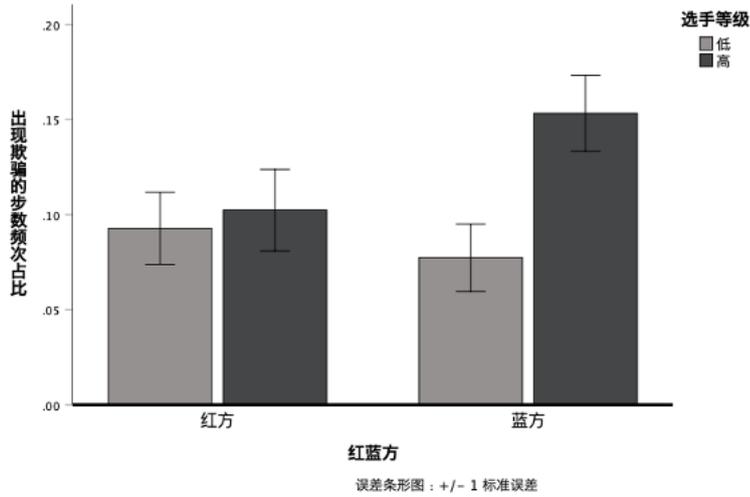


图 6 红蓝方和选手等级对欺骗兵力出现的步数频次占比（总 1800 步算子数）的影响

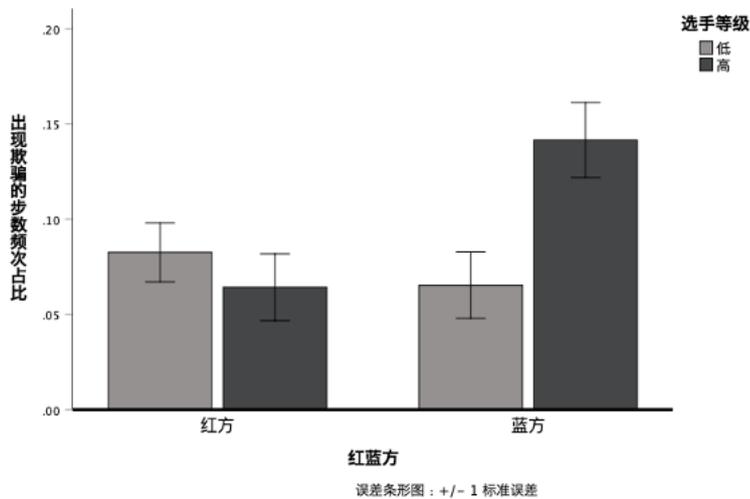


图 7 红蓝方和选手等级对欺骗兵力出现的步数频次占比（总 1800 步血量数）的影响

### 3.4 选手等级与兵力分配离散性分析

#### 1) 红蓝方和选手等级在兵力分配离散性上的交互效应:

- a) 早期算子数量离散性与血量离散性: 选手等级的主效应显著, 高等级选手的  $SD$  更小, 更倾向于均分;

- b) 全局算子数量离散性与血量离散性：选手等级的主效应显著，高等级选手的  $SD$  更小，更倾向于均分；红蓝方的主效应显著，作为红方时的  $SD$  更小，更倾向于均分。

### 3.5 选手等级与解聚行为分析

- 1) **选手等级与是否解聚的关系**：作为红方时，高等级选手在早期比低等级选手更倾向使用解聚；
- 2) **红蓝方和选手等级在解聚频次上的交互效应**：
  - a) 早期解聚频次：红蓝方和选手等级的交互效应显著，简单效应分析为低等级选手，作为红方时的解聚频次小于作为蓝方时；红蓝方的主效应和选手等级的主效应均不显著。
  - b) 全局解聚频次：红蓝方和选手等级的交互效应显著，简单效应分析：低等级选手，作为红方时的解聚频次小于作为蓝方时；红蓝方的主效应和选手等级的主效应均不显著。

### 3.6 选手等级与早期离夺控点距离的分析

- 1) **选手等级与离夺控点距离关系**：红蓝方和选手等级的交互效应不显著；红蓝方的主效应和选手等级的主效应均不显著。

### 3.7 选手等级与夺控步数的关系

- 1) **选手等级与各类算子最早夺控步数的关系**：
  - a) 步兵最早夺控步数：选手等级的主效应显著，高等级选手倾向于更早夺控；红蓝方的主效应显著，作为蓝方时，夺控步数更早；红蓝方和选手等级的交互效应显著，简单效应分析：作为蓝方时，高等级选手的夺控步数更早。

- b) 平均最早夺控步数：选手等级的主效应显著，高等级选手倾向于更早夺控；红蓝方的主效应显著，作为蓝方时，夺控步数更早。
- c) 战车、坦克最早夺控步数与选手等级无关。

### 3.8 选手等级与无人机步兵引导设计的分析

- 1) **选手等级与是否引导射击的关系**：高等级选手在早期和总体上均比低等级选手出现更多的引导射击
- 2) **红蓝方和选手等级在引导射击频次上的交互效应**：
  - a) 早期：红蓝方的主效应显著，作为蓝方时的引导射击频次高于作为红方时；选手等级的主效应显著，高等级选手比低等级选手出现更多的引导射击。
  - b) 全局：红蓝方的主效应显著，作为蓝方时的引导射击频次高于作为红方时；选手等级的主效应显著，高等级选手比低等级选手出现更多的引导射击；红蓝方和选手等级的交互效应显著，简单效应分析：作为红方时，高等级选手出现更多的引导射击；作为蓝方时，高等级选手出现更多的引导射击。

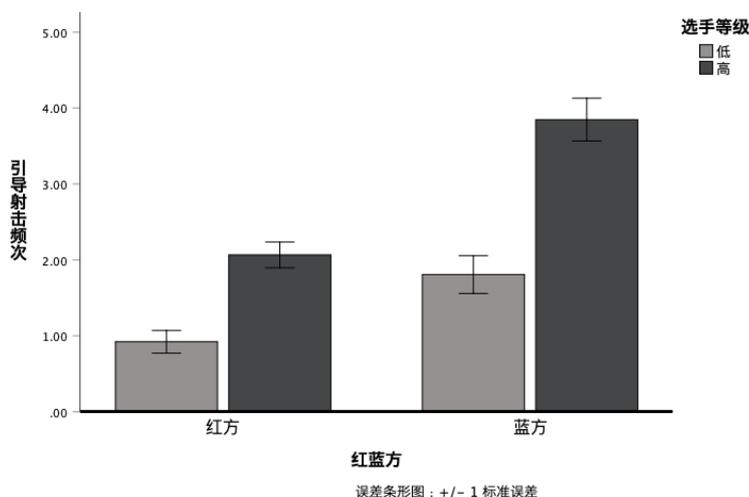


图 8 红蓝方和选手等级对总 1800 步引导射击频次的影响

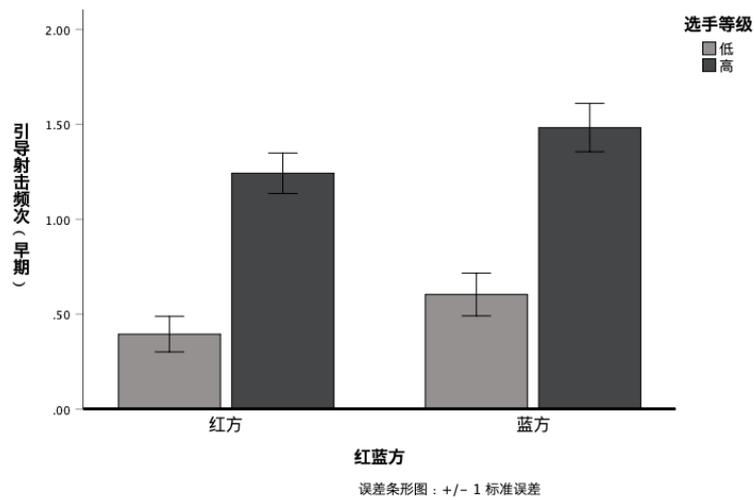


图 9 红蓝方和选手等级对早期引导射击频次的影响

## 4. 进阶篇

### 操作行为和策略之间的关联分析

#### 4.1 早期无人机关键位点对欺骗行为的预测

表 3 早期无人机是否停关键位点对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数 频次占比 (算子数)	早期不停留关键位点的个体, 早期欺 骗行为更多, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p = .043$
	早期右路欺骗兵力出现的步数 频次占比 (血量数)	同上, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (血量数)	同上, $p = .001$
全部欺骗 (总 1800 步)	右路欺骗兵力出现的步数频次 占比 (算子数)	早期不停留关键位点的个体, 欺骗行 为更多, $p = .001$
	右路欺骗兵力出现的步数频次 占比 (血量数)	同上, $p = .003$

表 4 早期无人机是否出现关键位点对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数 频次占比 (算子数)	早期不出现关键位点的个体, 早期欺 骗行为更多, $p < .001$
------	-----------------------------	--

	早期右路欺骗兵力出现的步数 频次占比（血量数）	同上， $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值 （血量数）	同上， $p < .001$
全部欺骗 （总 1800 步）	右路欺骗兵力出现的步数频次 占比（算子数）	早期不出现关键位点的个体，欺骗行为更多， $p = .015$
	右路欺骗兵力出现的步数频次 占比（血量数）	同上， $p = .055$ （边缘）

基本结论：早期无人机停留/出现关键位点负向预测右路佯攻欺骗策略。

#### 4.2 早期无人机关键位点对离夺控点距离的预测

表 5 早期无人机关键位点对离夺控点距离的预测

早期无人机是否 <b>停</b> 关键位 点对离夺控点距离的预测	早期坦克战车步 兵离夺控点平均 距离	早期不停留关键位点的个体，早期离夺控点的距离更近， $p = .001$
早期无人机是否 <b>出现</b> 关键 位点对离夺控点距离的预 测	早期坦克战车步 兵离夺控点平均 距离	早期不出现关键位点的个体，早期离夺控点的距离更近， $p < .001$

基本结论：早期无人机停留/出现关键位点正向预测离夺控点的距离。

### 4.3 早期兵力分配策略对欺骗行为的预测

对主策略的 6 个等级进行分类，主策略 1 和 2 记为“0”，表示以出发点为主的兵力分配策略；主策略 3-6 记为“1”，表示不以出发点为主的兵力分配策略。

表 6 早期兵力分配策略对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比（算子数）	主策略以出发地为主的兵力分配策略的个体，早期欺骗行为更多， $p < .001$
	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比（血量数）	同上， $p < .001$
全部欺骗 (总 1800 步)	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（算子数）	主策略以出发地为主的兵力分配策略的个体，欺骗行为更多， $p = .042$
	右路欺骗兵力占比均值（算子数）	同上， $p = .071$ （边缘）
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（血量数）	同上， $p = .002$

**基本结论：**早期兵力分配策略集中在出发地（高经验型决策风格/低系统决策风格）的个体，右路佯攻欺骗策略越多。

### 4.4 早期兵力分配策略对最早夺控步数的预测

表 7 早期兵力分配策略对最早夺控步数的预测

坦克最早夺控步数	主策略以出发地为主的兵力分配策略的个体，坦克夺控步数更晚， $p < .001$
----------	--

战车最早夺控步数	主策略以出发地为主的兵力分配策略的个体，战车夺控步数更早， $p < .001$
最早夺控步数（置空step36)	主策略以出发地为主的兵力分配策略的个体，最早夺控步数更早， $p = .043$

基本结论：早期兵力分配策略集中在出发地的个体，坦克夺控更晚，战车夺控更早，最早夺控更早。

#### 4.5 早期欺骗对全局欺骗行为的预测

表 8 早期欺骗对全局欺骗行为的预测

全部 (总 1800 步)	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（算子数)	早期出现欺骗的个体，在全局中的欺骗行为更多， $p < .001$
	右路欺骗兵力占比均值（算子数)	同上， $p < .001$
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（血量数)	同上， $p < .001$
	右路欺骗兵力占比均值（血量数)	同上， $p < .001$

基本结论：早期欺骗行为正向预测全局欺骗行为。

#### 4.6 早期兵力分配离散性对欺骗行为的预测

表 9 早期兵力分配离散性对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数	早期兵力分配越不均分，早期欺骗
------	---------------	-----------------

	频次占比 (算子数)	行为越少, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (血量数)	同上, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (血量数)	同上, $p < .001$
全部欺骗 (总 1800 步)	右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (算子数)	早期兵力分配越不均分, 欺骗行为越少, $p < .001$
	右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p < .001$
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (血量数)	同上, $p < .001$
	右路欺骗兵力占比均值 (血量数)	同上, $p < .001$

基本结论: 早期兵力离散性负向预测欺骗行为, 早期兵力分配越不均分, 欺骗行为越少。

#### 4.7 早期解聚对欺骗行为的预测

表 10 早期解聚对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (算子数)	早期解聚行为越多, 早期欺骗行为越多, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p < .001$
	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (血量数)	同上, $p = .036$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (血量数)	同上, $p < .001$
全部欺骗 (总 1800 步)	右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (算子数)	早期解聚行为越多, 欺骗行为越多, $p < .001$
	右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p < .001$
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (血量数)	同上, $p = .067$ (边缘)
	右路欺骗兵力占比均值 (血量数)	同上, $p = .022$

基本结论: 早期解聚行为正向预测欺骗行为。

#### 4.8 早期离夺控点的距离对欺骗行为的预测

表 11 早期离夺控点的距离对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数 频次占比（算子数）	早期离夺控点的距离越近，早期欺骗 行为越多， $p = .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值（算 子数）	同上， $p = .015$
	早期右路欺骗兵力出现的步数 频次占比（血量数）	同上， $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值（血 量数）	同上， $p < .001$
全部欺骗 (总 1800 步)	右路欺骗兵力占比均值（算子 数）	早期离夺控点的距离越近，欺骗行为 越少， $p = .006$
	右路欺骗兵力占比均值（血量 数）	同上， $p = .011$

基本结论：早期离夺控点越近，早期欺骗行为越多；早期离夺控点越远，全局欺骗行为越多。

#### 4.9 全部无人机关键位点对全局欺骗行为的预测

表 12 全部无人机关键位点对全局欺骗行为的预测

无人机是否停 关键位点	右路欺骗兵力出现的步 数频次占比（算子数）	不停留关键位点的个体，全局 对全局欺骗行为的预测 欺骗行为更多， $p = .004$
----------------	--------------------------	---

	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（血量数）	同上， $p = .003$
无人机是否出现关键位点对全局欺骗行为的预测	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（算子数）	不出现关键位点的个体，全局欺骗行为更多， $p = .011$
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（血量数）	同上， $p = .013$

基本结论：全局停留/出现关键位点负向预测右路佯攻欺骗行为。

#### 4.10 早期主策略是否改变对欺骗行为的预测

表 13 早期主策略是否改变对欺骗行为的预测

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比（算子数）	早期兵力分配主策略改变的个体，早期右路佯攻欺骗行为更多， $p < .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值（算子数）	同上， $p < .001$
	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比（血量数）	同上， $p = .001$
	早期右路欺骗兵力占比均值（血量数）	同上， $p < .001$
全部欺骗	右路欺骗兵力出现的步数频次占比（算子数）	早期兵力分配主策略改变的个体，右路佯攻欺骗行为更多， $p = .004$

(总 1800 步)	右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p < .001$
	右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (血量数)	同上, $p = .008$
	右路欺骗兵力占比均值 (血量数)	同上, $p = .001$

基本结论: 早期兵力分配主策略改变正向预测右路佯攻欺骗行为。

#### 4.11 早期是否引导射击对欺骗行为的预测

表 14 早期引导射击正向预测右路佯攻欺骗行为

早期欺骗	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (算子数)	早期出现引导射击的个体, 早期右路佯攻欺骗行为更多, $p = .004$
	早期右路欺骗兵力占比均值 (算子数)	同上, $p = .026$
	早期右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (血量数)	同上, $p = .015$
全部欺骗 (总 1800 步)	右路欺骗兵力出现的步数频次占比 (算子数)	早期出现引导射击的个体, 右路佯攻欺骗行为更多, $p = .089$ (边缘)

基本结论: 早期引导射击正向预测右路佯攻欺骗行为。

## 5. 结论篇

文本以 2022 庙算杯选拔赛分队级数据为基础，凝练了 8 种能表征人类选手兵棋推演能力的典型行为和策略，分析了选手水平与上述典型操作行为和策略之间的关系，以及行为和策略之间的相关关系，基本结论如下

### (1) 不同等级选手策略和行为显著性差异表现在：

- 1) 低等级选手倾向使用简单的分配策略，即开场默认兵力在右路或中路，整场比赛都不会重新分配兵力；高等级选手倾向将兵力分配到其他方向，而不是拘泥于开场所在路；
- 2) 高等级选手比低等级选手出现更多的引导射击；
- 3) 作为红方时，高等级选手在早期比低等级选手更多地出现/停关键位点，在总 1800 步上也更多地出现在关键位点，此外，高等级选手解聚频次更高；
- 4) 作为蓝方时，高等级选手的夺控步数更早。

### (2) 早期策略和行为如何用于预测全局策略和行为：

- 1) 早期停留/出现无人机关键位点的个体，右路佯攻欺骗策略更少，全局停留/出现关键位点的频次更高，离夺控点更远，坦克夺控更早，步兵夺控更晚；
- 2) 早期兵力分配策略集中在出发地的个体更多的有右路佯攻欺骗行为，兵力更加不均分，更少出现或停留无人机关键位点，离夺控点更近，坦克夺控更晚，战车夺控更早，最早夺控更早；
- 3) 早期使用右路佯攻欺骗行为的个体，全局使用欺骗策略更多，兵力分配更均分，解聚次数更多，无人机停留/出现关键位点频次更低，离夺控点的距离更近，坦克夺控更晚，步兵夺控更早；

- 4) 早期兵力分配越不均分，右路佯攻欺骗行为越少，全局兵力分配越不均分，离夺控点的距离越近，战车夺控越早，步兵夺控越晚；
- 5) 早期解聚行为越多，欺骗行为越多，兵力分配越均分，全局解聚行为越多，坦克夺控越晚，步兵夺控越早；
- 6) 早期离夺控点的距离越近，早期右路佯攻欺骗行为越多，全局右路佯攻欺骗行为越少，无人机停留/出现关键位点频次越低，战车、步兵的夺控步数越早，最早夺控步数越早；
- 7) 全局无人机停留/出现关键位点的个体，右路佯攻欺骗行为更少，无人机停留/出现关键位点频次更高，坦克夺控更早，战车、步兵夺控更晚，最早夺控步数更晚；
- 8) 早期兵力分配主策略改变的个体，右路佯攻欺骗行为更多，兵力分配更加均分，解聚行为更多，战车夺控更晚，步兵夺控更早，最早夺控更早；
- 9) 早期兵力分配主策略改变频次越高，右路佯攻欺骗行为越多，兵力分配更均分，无人机停/出现关键位点频次越低，解聚行为越多，离夺控点的距离越近，坦克、战车夺控越晚，步兵夺控越早，最早夺控越早；
- 10) 早期出现引导射击的个体，右路佯攻欺骗行为更多，兵力分配更加均分，解聚频次更高，步兵夺控更早，最早夺控更早，置空 step36 后最早夺控更晚，兵力分配主策略改变频次更高。

## 致谢

本项目研究由中国科学院自动化研究所黄凯奇研究员、复旦大学心理学系朱磊教授共同指导；

中国科学院自动化研究所尹奇跃、赵美静起草并撰写本稿，复旦大学心理系柳珺玺帮助完善本稿；

复旦大学心理学系柳珺玺和赛雪莹完成数据（行为与策略）设计、数据分析，中国科学院自动化研究所尹奇跃完成复盘数据行为和策略提取；

中国科学院自动化研究所倪晚成研究员、陈杰对复盘数据使用提供支持。