

# 神迹之战 3.0

## 最新更新

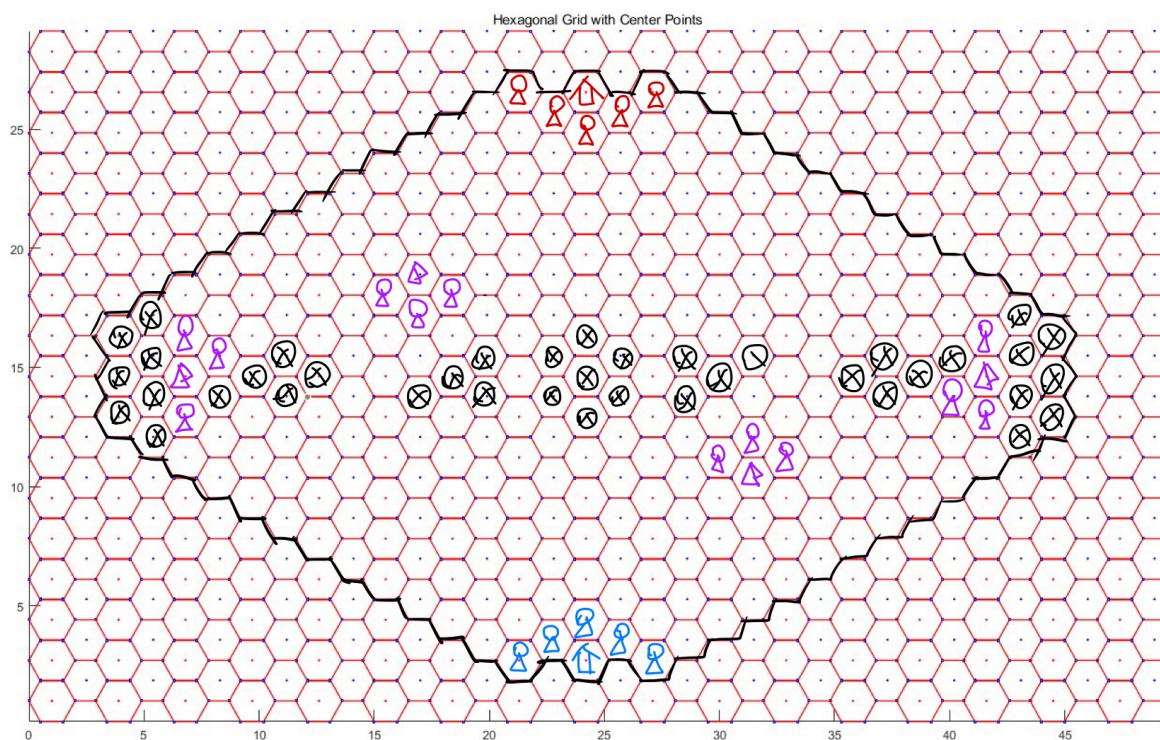
见 [update-log-2.3beta.pdf](#)

和 [update-log-3.0.pdf](#)

## 游戏介绍

神迹之战是一款同时为人类玩家和AI设计的，基于六边形地图的战棋游戏。具有丰富的策略性与趣味性。

## 地图介绍



要素：

- 地图中心对称，但不轴对称
- 双方 **神迹**（红色与蓝色的房屋标志）在地图两侧，拥有5个 **初始出兵点**（红色与蓝色的小人标志）
- 地图上有4处 **驻扎点**（紫色帐篷标志），每个被 **占领**的驻扎点提供3个 **额外出兵点**（紫色小人标志）
- 被黑色 ⊗ 标记的格子为 **深渊**，深渊仅有 **飞行生物** 可以 **经过** 与 **停留**

## 神迹

双方 **神迹** 具有 30 生命上限，不会恢复

- 神迹不属于 **生物**
- 神迹生命值率先降至 0 及以下的一方落败

## 驻扎点

**驻扎点** 默认为中立。

每个回合开始，当一名 **地面生物** 位于一个 **驻扎点** 上方时，该 **驻扎点** 被 该生物所属的一方占领。

**驻扎点** 被 **另一方占领** 前，**驻扎点** 的占领状态不会因为（用于占领的生物离开等）任何因素而改变。

被己方占领的 **驻扎点** 周围的 **出兵点** 视为 **己方出兵点**（**额外出兵点**）。

即现在，你不再需要一个生物驻守在驻扎点以维持占领状态了。但是与此同时，驻扎点被对手窃取所带来的后果将更加严重。

不要忘了边角位的驻扎点，现在，利用空闲的生物占据边角位可能带来更大的优势

## 出兵点

**初始出兵点** 和 **额外出兵点** 统称 **出兵点**。

每回合都可以在 **己方出兵点** 召唤生物，如果某个召唤行为会导致 **生物重叠**，则不能进行召唤。

- 一个 **己方出兵点** 上如果有一个 **地面生物**（无论敌我），则你不可以在此召唤 **地面生物**，但你可以在此召唤 **飞行生物**。反之亦然。

## 深渊

**深渊** 是一种特殊地形。

**地面生物** 无法 **经过** 或 **停留** 在 **深渊** 中（~~（如果 **地面单位** 被 **强制位移** 并停留至 **深渊** 则立即死亡（但穿过不会））~~）【**暂无强制位移机制**】。

**飞行生物** 可以自由 **经过** 和 **停留** 在 **深渊** 中。

## 基本机制

### 游戏流程

#### 确定先后手

随机确定先后手，并告知双方玩家

#### 提交卡组

双方玩家提交自己的卡组，卡组包含 1 种 **神器** 和 3 种不同 **生物**

实际上由于不存在抽卡，可以理解为这些卡一开始就全在手牌里

不合法的卡组直接判负。

## 对局开始

公布双方卡组。

进入 **先手玩家** 的回合，之后轮流进行回合。

## 法力值

游戏开始时，**先手玩家** 拥有 **1 法力上限**，**后手玩家** 拥有 **2 法力上限**。

回合开始时：

1. 先手玩家的奇数回合，即总第  $4k+1$  回合，**法力上限** 增大 **1**；后手玩家的偶数回合，即总第  $4k$  回合，**法力上限** 增大 **1**
2. 当前玩家 **法力值** 设置为 **法力上限**

实际上，先手玩家的第一个回合也会增长法力上限，所以实际上双方玩家前几个回合的法力上限如下表：

回合数	1	2	3	4	5	6	7	8
先后手	先	后	先	后	先	后	先	后
法力上限	2	2	2	3	3	3	3	4

先手在自己的第21回合，总的第41回合到达12法力上限；后手在自己的第20回合，即总的第40回合到达12法力上限。

召唤生物、使用神器都会消耗法力值。

**法力上限** 最高为 **12\*\***

## 冷却

### 生物

每种生物在加入卡组后会提供若干张 **生物单元**。

生物单元的数量由生物种类决定，如：将剑士编入卡组将获得6张剑士生物单元，而将弓箭手编入卡组将获得3张弓箭手生物单元

每张 **生物单元** 可以被 *独立地* 消耗，用于一次任意 **星级** 的该种生物召唤。

召唤出的 **生物死亡** 后，召唤其所消耗的 **生物单元** 会进入 **冷却**，冷却结束后才能再次用于召唤。

冷却所需回合数与生物 **种类** 和 **星级** 有关。

在全局第51回合（先手回合）和第76回合（后手回合），双方生物单元数量会得到补充。

在生物介绍中，将用 初始/51回合/76回合 的格式描述各次变化后的生物单元数量

### 神器

**神器-回收** 后进入冷却，冷却结束后可再次使用。

**神器-回收** 的相关描述参见 **神器** 条目

**回收** 时机和 **冷却时间** 与神器有关。

## 玩家回合

---

双方玩家轮流进入 **回合**，每个回合分为以下阶段：

### 回合开始

按顺序处理以下事件：

1. 当前玩家 **法力上限** 按规则增大 **0 or 1**
2. 当前玩家 **法力值** 设置为 **法力上限**
3. 当前玩家占领 **驻扎点**
4. 处理描述带有 **回合开始** 的效果

### 冷却阶段

己方 **生物单元** 和 **神器** **剩余冷却时间** 减少 1。

**剩余冷却时间** 为 0 的 **生物单元** 和 **神器** 变为可用。

### 主要阶段

在该阶段，玩家可以任意进行以下操作：

- 召唤生物
- 生物-移动
- 生物-攻击
- 神器-使用

### 回合结束

处理描述带有 **回合结束** 的效果

## 胜利判定

---

满足如下条件时，游戏结束：

1. 一方AI回合超时
2. 一方神迹血量小于等于0
3. 双方完成的回合总数到达 **100**

依次按照以下规则判定胜者：

1. 回合超时的AI判负，其对手获胜
2. 如果没有AI超时，神迹剩余血量更多的一方获胜
3. 如果神迹剩余血量相同，计算所有阵亡的己方生物的 **星级** 之和，阵亡己方生物星级和较小的一方获胜

# 生物

---

## 生物单元

---

每张 **生物单元** 可以被 *独立地* 消耗，用于一次任意 **星级** 的该种生物召唤。

召唤出的 **生物** **死亡** 后，召唤其所消耗的 **生物单元** 会进入 **冷却**，冷却结束后才能再次用于召唤。

冷却所需回合数与生物 **种类** 和 **星级** 有关。

在全局第51回合（先手回合）和第76回合（后手回合），双方生物单元数量会得到补充。

## 星级

---

**生物** 拥有 3 个 **星级** 不同的版本，不同 **星级** 的生物拥有相似的定位和特性，但往往具有不同的 **基本属性**。

**生物单元** 可以用于任意 **星级** 的该种生物召唤。

## 基本属性

---

生物拥有6种 **基本属性** —— **法力消耗**、**攻击力**、**攻击距离**、**最大生命值**、**最大行动力**、**冷却时间**。

### 法力消耗

生物 **召唤** 时会消耗等同于 **法力消耗** 的 **法力值**。

### 攻击力

决定生物 **攻击** 和 **反击** 造成的 **伤害**

### 攻击距离

决定生物攻击的范围。在棋盘中，两个格子的 **直线距离** 定义为从一个格子走到另一个格子，无视地形和生物所需要的最少步数。而 **攻击距离X-Y** 意为该生物能攻击到与其所在格 **直线距离** 在 X-Y 范围内的格子上的生物。

**飞行生物** 的 **攻击范围** 包括 **空中层** 和 **地面层**，**地面生物** 的 **攻击范围** 包含 **地面层**，如果有 **对空** 属性，则还包含 **空中层**。

### 最大生命值

生物 **生命值** 的最大值，**生物-召唤** 后，**初始生命值** 等于 **最大生命值**。

受到 **治疗** 后，生命值不会超过最大生命值。

### 最大行动力

**生物-移动** 时，一条 **合法移动路径** 的最大格数。

**地面生物** 计算 **合法路径** 时，不能 **经过** 或 **停留** 于 **其他地面生物**、**神迹**、**深渊**；不能 **经过** 但能 **停留** 于 **敌方飞行生物**、**敌方地面生物** 周围1格。

**飞行生物** 计算 **合法路径** 时，不能 **经过** 或 **停留** 于 **其他飞行生物**；不能 **经过** 但能 **停留** 于 **敌方地面生物**、**敌方飞行生物** 周围1格。

**路径** 的格子不包含移动前的位置。

**停留** 的格子即路径的最后一格。

**经过** 的格子不包含最后停留的格子。

**另一种描述方式：**

每个生物 **占据** 某一格的某一层，这使得双方生物都不能经过/停留于该格该层。同时，每个生物 **拦截** 同层的周围6格和同格的另一层，这使得 **敌方生物** 不得经过这些区域，一旦走入就必须停止移动。

提示：间断（生物之间间隔1格）防线能很好地阻击敌方同层生物，同时减少需要用到的生物数量和增大攻击面积。但对于非同层生物仅能起到有限的拖延作用。

## 冷却时间

指 **生物-死亡** 后，对应 **生物单元** 重新可用前，需要经历的 **冷却阶段** 数。

## 相关操作

---

### 召唤

消耗 **法力值** 和 **对应生物单元**，在指定位置，召唤一个指定 **种类** 和 **星级** 的生物。

如无特殊 **词条**，生物 **召唤** 出来的当回合不能 **攻击** 或 **移动**。

### 攻击

让一个处于 **可攻击状态** 的 **生物（攻击者）** 对攻击范围内 **敌方生物/神迹（被攻击者）** 发起一次攻击，造成等同于 **攻击者 攻击力** 的伤害。

如果 **攻击者** 同时也在 **被攻击者** 的攻击范围内，**被攻击者** 会对 **攻击者** 进行 **反击**，造成等同于 **被攻击者 攻击力** 的伤害。

**攻击力** 为 0 的生物不可 **攻击**。

如无特殊 **词条**，一个生物在一个回合内不可以既 **移动**，又 **攻击**。

### 移动

让一个处于 **可移动状态** 的 **生物** 移动到指定地点。

移动时的 **占据** 与 **拦截** 的相关概念，参见 **最大行动力** 一条。

## 死亡

---

如果玩家的一次指令所引发的事件全部处理完毕后，进行一次 **死亡检索**，如果存在场上生物 **生命值** 降至 0 或更低，则这样的生物会进入 **濒死状态**。这些 **濒死** 生物会依次进入 **死亡结算**——他们的 **亡语** 会被触发，接着模型被删除，召唤他们所用的 **生物单元** 会进入冷却。

生物一旦进入 **濒死状态**，即使因为其他生物的 **亡语**，生命恢复到 0 以上，也一样会进行 **死亡结算**。

当所有 **濒死** 生物 **死亡结算** 完成后，进行一轮新的 **死亡检索**，直到不再有生物生命值为 0 或更低。

## 词条

---

## 长词条

### 触发

达成某种条件时，触发某种效果

### 光环

对一定范围内满足条件的生物产生持续效果

### 亡语

死亡时生效的触发效果

## 短词条

### 对空

仅 **地面生物** 可能有本词条

可攻击 **攻击范围** 内的 **地面生物** 和**飞行生物**

### 飞行

是 **飞行生物**，可攻击 **攻击范围** 内的 **地面生物** 和**飞行生物**

### 圣盾

抵消受到的第一次伤害，不可叠加

## 神器

### 基本属性

神器拥有基本属性：**法力消耗**、**冷却时间**、**使用方式**。

### 法力消耗

**使用** 神器时需要消耗的 **法力值**。

### 冷却时间

神器 **回收** 后直到变为 **可用** 所需经历的 **回合数**。

**回收** 时机由使用方式决定。

### 使用方式

神器有3种使用方式，每个神器的使用方式是固定的。

### 释放

可以理解为魔法卡，当即使用，产生效果，立即 **回收**

### 生成

当即使用，产生效果（可能没有即时效果）。

产生效果之后，会在目标地点生成一个 **神器生物**，被看作 **生物**。

**神器生物** 死亡后，**神器** 才 **回收**。

## 装备

以 **友方生物** 为目标使用，使用后为目标生物增加 **属性** 和 **词条**

装备神器的生物死亡后，**神器回收**

# 卡牌一览

## 生物

以下用 初始/51回合/76回合 的格式描述各次变化后的生物单元数量

费用/攻击/生命/最小范围-最大范围/行动力/冷却

## 剑士

- 生物单元数量：6/7/8

### L1

- 2/2/2/1-1/3/2

### L2

- 4/4/4/1-1/3/2

### L3

- 6/6/6/1-1/3/3

## 弓箭手

- 生物单元数量：3/4/5

### L1

- 2/1/2/3-4/3/4
- **对空**

### L2

- 4/2/3/3-4/3/4
- **对空**

### L3

- 6/3/4/3-4/3/4
- **对空**



## 黑蝙蝠

- 生物单元数量：3/4/5

### L1

- 2/1/1/0-1/4/3
- 飞行

### L2

- 3/2/1/0-1/4/3
- 飞行

### L3

- 5/4/2/0-1/5/4
- 飞行

## 牧师

- 生物单元数量：3/4/4

### L1

- 2/0/3/0-1/5/3
- 触发：己方回合结束时，(范围2) 友方生物 回复 1 生命
- 光环：(范围2) 其他友方生物 +1 攻击力
- 

### L2

- 4/0/4/0-1/5/3
- 触发：己方回合结束时，(范围3) 友方生物 回复 1 生命
- 光环：(范围3) 其他友方生物 +1 攻击力

### L3

- 7/0/6/0-2/5/5
- 触发：己方回合结束时，(范围3) 友方生物 回复 1 生命
- 光环：(范围3) 其他友方生物 +1 攻击力

**注意：**攻击力为 0 的生物不可 攻击。

虽然牧师攻击力仍然为0，但当多个牧师彼此靠近时，他们将有一定的近战和对空反制能力，必要时可以进行少量输出

回复生命效果对自身起作用，加攻击力效果对自身不起作用

如果范围内有其他牧师，加攻击力会对其他牧师起作用

## 火山之龙

- 生物单元数量： 3/4/5

## L1

- 5/3/5/1-2/2/5
- **触发：攻击 敌方地面生物** 后，对（与目标距离1）且（与自身距离2）的 **敌方地面生物** 造成 3 点伤害

## L2

- 7/4/7/1-2/2/5
- **触发：攻击 敌方地面生物** 后，对（与目标距离1）且（与自身距离2）的 **敌方地面生物** 造成 4 点伤害

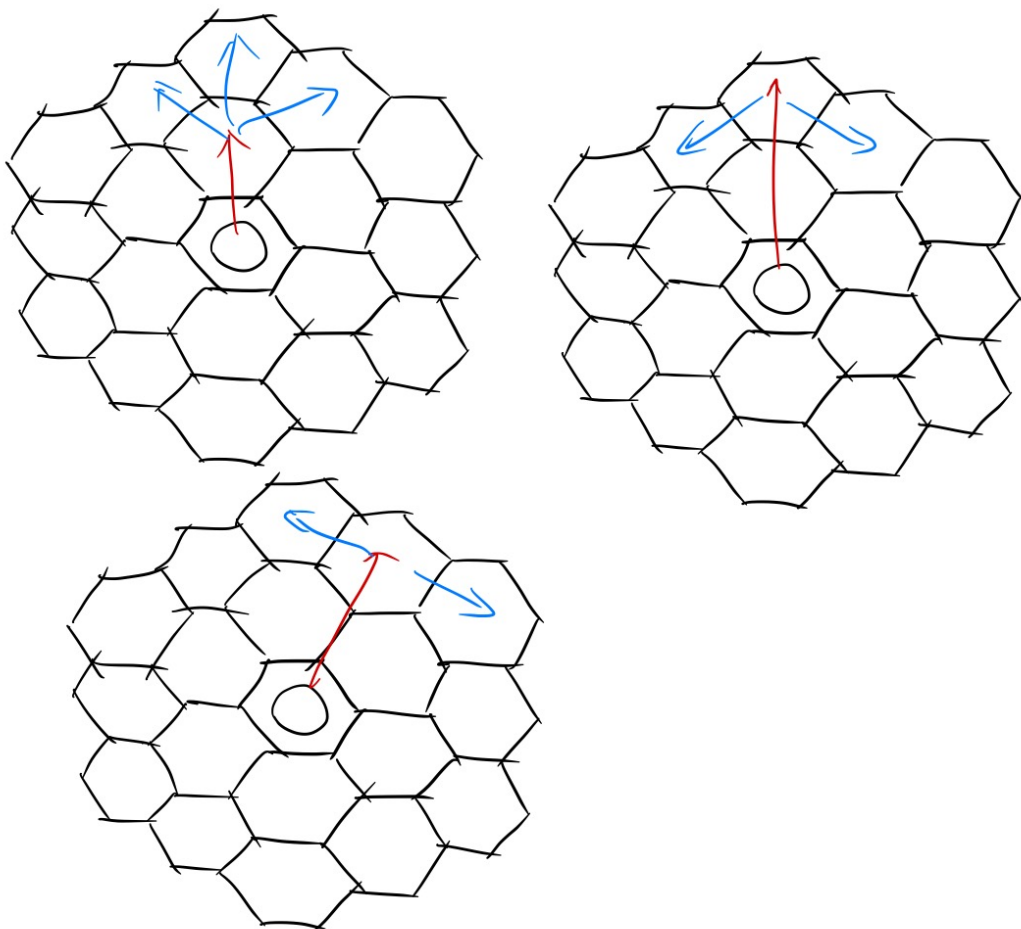
## L3

- 9/5/9/1-2/2/5
- **触发：攻击 敌方地面生物** 后，对（与目标距离1）且（与自身距离2）的 **敌方地面生物** 造成 5 点伤害

相当于锥形攻击（攻击距离2目标不会溅射距离1目标），溅射伤害不享受攻击力加成

如下图，红色箭头为选取的目标，蓝色箭头为溅射到的位置

选择距离为2的目标时，距离为1的生物并不会被溅射



## 冰霜之龙

- 生物单元数量： 3/4/5

## L1

- 5/3/4/0-2/2/4
- 对空

## L2

- 7/4/6/0-2/2/4
- 对空

## L3

- 9/5/8/0-2/2/5
- 对空

# 神器

法力值/冷却

## 塞瓦哈拉的圣光之耀

- 6/5
- 释放：任意位置（包括 深渊）
- 回复（目标地点 范围2）友方生物 生命值至生命上限，（目标地点 范围2）友方生物 直到下下个回合开始 获得 +2 攻击。

## 洛古萨斯的地狱之火

- 8/6
- 生成：（神迹范围7 或 占领驻扎点范围5）且 无地面生物 且 非深渊 的位置
- 召唤物-地狱火：
  - 8/12/0-1/3
  - 对空
- 使用时对（目标范围2）内 敌方生物 造成 2 伤害，然后 生成 一个 召唤物-地狱火

## 马尔瑞恩的阳炎之盾

- 6/4
- 装备：友方生物
- +0/+3
- 圣盾（抵消受到的第一次伤害，不可叠加）
- 触发：己方回合开始时，获得 圣盾

## 塞浦洛斯的风神之佑

- 8/12
- 释放：任意地点（包括 深渊）
- 重置（目标地点 范围1）友方生物 行动次数。

即目标范围内的友方生物，无论本回合是否行动过，无论是否为本回合新召唤的生物，都可以立即行动一次。对行动过的生物使用即可达到双倍行动的效果。

特别注意：对未行动过的生物使用并不能使其行动两次！

# 手把手教你写AI

## 第一个“AI”

AI模板文件为 `ai.cpp` 和 `ai.py`，内含一个继承自 `AIClient` 的类 `Ai`，定义有成员函数 `play()`。

在主程序中，会周期性地调用成员函数 `Ai.play()`。

你所需要做的就是 在 `play()` 函数中填充代码。

我们先来了解一个“AI”应当至少具备的三种操作。

## 召唤生物

游戏的目标在于摧毁对手的神迹，而对神迹造成伤害的主力军自然是各式各样的生物。

那么我们来看看召唤生物对应的SDK

### C++

```
1 // 在[x,y,z]位置处召唤一个本方类型为type,星级为level的生物
2 void summon(std::string type, int level, int x, int y, int z);
3
4 // 在position位置处召唤一个本方类型为type,星级为level的生物
5 void summon(std::string type, int level, std::vector<int> position);
6
7 // 在position位置处召唤一个本方类型为type,星级为level的生物
8 void summon(std::string type, int level, std::tuple<int, int, int>
   position);
```

事实上 `std::tuple<int, int, int>` 已经被 `typedef` 为 `gameunit::Pos`，SDK中各种位置信息也都用 `gameunit::Pos` 来储存。因此我们最常用第三种召唤函数来进行召唤。

### Python

```
1 def summon(self, _type: str, level: int, position: tuple):
2     """
3     在位置position处召唤一个本方类型为_type,星级为level的生物
4     """
5     pass
```

一个最简单的“AI”只需要不断尽可能地在指定位置召唤指定生物即可。

召唤生物需要剩余法力值充足，我们可以用以下代码获知当前回合的法力上限和当前的剩余法力值。

### C++

```

1 | int max_mana = players[my_camp].max_mana; //当回合法力值上限
2 | int mana = players[my_camp].mana; //当前剩余法力值

```

## Python

```

1 | max_mana = self.players[self.my_camp].max_mana # 当回合法力值上限
2 | mana = self.players[self.my_camp].mana # 当前剩余法力值

```

你希望知道一个生物的信息，以便帮助你判断能否召唤这一生物，你需要用到 `card.h` / `card.py` 中的内容。

## C++

```

1 | const std::map<std::string, const Creature *> CARD_DICT = {
2 |     std::map<std::string, const Creature *>::value_type("Swordsman",
3 |     SWORDSMAN),
4 |     std::map<std::string, const Creature *>::value_type("Archer",
5 |     ARCHER),
6 |     std::map<std::string, const Creature *>::value_type("BlackBat",
7 |     BLACKBAT),
8 |     std::map<std::string, const Creature *>::value_type("Priest",
9 |     PRIEST),
10 |    std::map<std::string, const Creature *>::value_type("VolcanoDragon",
11 |    VOLCANOGRAGON)
12 | };

```

在 namespace `card` 内有一个 `std::map<std::string, const Creature *>` 类型常量 `CARD_DICT`，你可以用过 `CARD_DICT.at(creature_type_name)[star]` 得到一个 `card::Creature` 类型的常量。其记录了该种类该星级的生物的基本模板信息。

```

1 | struct Creature // 生物
2 | {
3 |     std::string type; // 种类
4 |     int available_count; // 生物槽容量
5 |     int cost; // 法力消耗
6 |     int atk; // 攻击
7 |     int max_hp; // 最大生命值
8 |     int min_atk_range; // 最小攻击范围
9 |     int max_atk_range; // 最大攻击范围
10 |    int max_move; // 行动力
11 |    int cool_down; // 冷却时间
12 |    bool flying; // 是否飞行
13 |    bool atk_flying; // 能否对空
14 |    bool agility; // 是否迅捷
15 |    bool holy_shield; // 有无圣盾
16 | }

```

例如，你可以通过 `card::CARD_DICT.at("VolcanoDragon")[1].cost` 来获取1星火山之龙的法力消耗。

## Python

```

1 CARD_DICT = {
2     'Swordsman': SWORDSMAN,
3     'Archer': ARCHER,
4     'BlackBat': BLACKBAT,
5     'Priest': PRIEST,
6     'VolcanoDragon': VOLCANOGRAGON
7 }

```

在 `card.py` 内有一个字典 `CARD_DICT`，你可以用过 `CARD_DICT[creature_type_name][star]` 得到一个 `card.Creature` 类型的常量。其记录了该种类该星级的生物的基本模板信息。

```

1 class Creature:
2     """
3     生物
4     """
5     def __init__(self, _type, _count, _cost, _atk, _maxhp, _minatk,
6         _maxatk,
7         _maxmove, _cool, _fly, _atkfly, _agility, _hollyshield):
8         self.type = _type # 种类
9         self.available_count = _count # 生物槽容量
10        self.cost = _cost # 法力消耗
11        self.atk = _atk # 攻击
12        self.max_hp = _maxhp # 最大生命值
13        self.min_atk_range = _minatk # 最小攻击范围
14        self.max_atk_range = _maxatk # 最大攻击范围
15        self.max_move = _maxmove # 行动力
16        self.cool_down = _cool # 冷却时间
17        self.flying = _fly # 是否飞行
18        self.atk_flying = _atkfly # 能否对空
19        self.agility = _agility # 是否迅捷
20        self.holy_shield = _hollyshield # 有无圣盾

```

例如，你可以通过 `card.CARD_DICT['VolcanoDragon'][1].cost` 来获取1星火山之龙的法力消耗。

在召唤前，你需要确保在你需要召唤的 **位置和层**（指地面/空中）没有其他生物。

你可以用继承自 `AIClient` 的 `getUnitByPos` / `get_units_by_pos`

## C++

```

1 // 获取位置pos上的生物，flying表示是否为空中生物
2 // 如果有，返回对应的Unit，否则返回一个id为-1的Unit
3 gameunit::Unit getUnitByPos(gameunit::Pos pos, bool flying);

```

你可以用 `getUnitByPos(pos, false).id == -1` 表示 `pos` 的地面层没有生物

## Python

```

1 def get_unit_by_pos(self, pos: tuple, flying: bool) -> gameunit.Unit:
2     """
3     获取位置pos上的生物，flying表示是否为空中生物
4     未找到时，返回None
5     """
6     pass

```

你可以用 `get_unit_by_pos(pos, False) is None` 表示 `pos` 的地面层没有生物

你想知道有哪些出兵点在本回合属于你，你可以使用继承自 `AIClient` 的 `getSummonPosByCamp` / `get_summon_pos_by_camp` 函数来获取本回合隶属于你的出兵点列表。

**C++**

```
1 // 获取所有属于阵营camp的出兵点(初始出兵点+额外出兵点)
2 std::vector<gameunit::Pos> getSummonPosByCamp(int camp);
```

**Python**

```
1 def get_summon_pos_by_camp(self, camp: int) -> list:
2     """
3     获取地图上所有属于阵营camp的出兵点(初始出兵点+额外出兵点)
4     """
5     pass
```

得到的是 `list of gameunit.pos`

## 移动生物

刚召唤出来的生物经过一个回合的等待之后就可以移动了。不过我们的生物可不能飞跃半个地图打到对方的神迹，因此，我们需要控制生物移动到对方神迹附近。

让我们来看看移动生物对应的SDK

**C++**

```
1 // 将id为mover的生物移动到(x,y,z)位置处
2 void move(int mover, int x, int y, int z);
3
4 // 将id为mover的生物移动到position位置处
5 void move(int mover, std::vector<int> position);
6
7 // 将id为mover的生物移动到position位置处
8 void move(int mover, std::tuple<int, int, int> position);
```

同样，第三个版本最为常用。

**Python**

```
1 def move(self, mover: int, position: tuple):
2     """
3     将id为mover的生物移动到位置position处
4     """
5     pass
```

不过，对于移动操作而言，光知道移动函数是不够的，你还需要一些其他函数的帮助。

你可能有很多生物需要移动。你可以用继承自 `AIClient` 的 `getUnitsByCamp` \ `get_units_by_camp` 函数来获取某一方所有的生物列表。

## C++

```
1 | auto ally_list = getUnitsByCamp(my_camp);
```

## Python

```
1 | ally_list = self.get_units_by_camp(self.my_camp)
```

返回值是 `std::vector<gameunit::Unit>` / `list of gameunit.Unit` 。可以查阅相关文件获取 `Unit` 类型的更多信息。

---

`ally` 是 `ally_list` 中的一个元素，代表你的一个生物。

你想知道 `ally` 能否移动。

布尔值 `ally.can_move` 就储存了这一信息。为真则表示可以移动。

---

你可能想知道一个生物能移动到哪些格子，你可以用 `reachable` 函数（在 `calculator.h` 的 `namespace calculator` 和 `calculator.py` 中）。

## C++

```
1 | auto reach_pos_with_dis = calculator::reachable(ally, map);
```

## Python

```
1 | reach_pos_with_dis = calculator.reachable(ally, self.map)
```

**特别注意的是**，返回值为 `std::vector<std::vector<gameunit::Pos>>` / `list of list of gameunit.Unit`

`reach_pos_with_dis[i]` 储存的是 `ally` 单位以最短路（考虑占据和拦截）走 `i` 步能到的位置的列表。

`reach_pos_with_dis[0]` 自然就是只含自身所在位置的一个元素的列表。

如果你不需要知道你走几步能到哪一格，你可以通过如下代码将这个列表的列表压平：

## C++

```
1 | vector<Pos> reach_pos_list;  
2 | for (const auto &reach_pos : reach_pos_with_dis) {  
3 |     for (auto pos : reach_pos)  
4 |         reach_pos_list.push_back(pos);  
5 | }
```

## Python

```
1 | reach_pos_list = []  
2 | for reach_pos in reach_pos_with_dis:  
3 |     reach_pos_list += reach_pos
```

---



你想走到距离敌方神迹最近的位置，那么你首先需要知道敌方神迹的位置。

这里的 `map` 是继承自 `AIClient` 的成员变量，类型为 `gameunit::Map / gameunit.Map`。

**C++**

```
1 | gameunit::Pos enemy_pos = map.miracles[my_camp ^ 1].pos;
```

**Python**

```
1 | self.enemy_pos = self.map.miracles[self.my_camp ^ 1].pos
```

接着你可以通过 `calculator` 中的 `cube_distance` 来计算两个位置之间的距离。

**C++**

```
1 | int cube_distance(Pos a, Pos b);
```

**Python**

```
1 | def cube_distance(a:tuple, b:tuple):  
2 |     pass
```

即计算 `pos` 到 `enemy_pos` 的距离可以用 `cube_distance(pos, enemy_pos)`

你可以依据这个距离作为关键字对 `reach_pos_list` 排序，从而走到距离敌方神迹最近的位置。

## 攻击目标

要取得胜利，你需要对敌方神迹造成足够的伤害，你会用到攻击命令。

让我们来看看命令生物攻击对应的SDK

**C++**

```
1 | // 令id为attacker的生物攻击id为target的生物或神迹  
2 | void attack(int attacker_id, int target_id);
```

**Python**

```
1 | def attack(self, attacker_id: int, target_id: int):  
2 |     """  
3 |     令id为attacker的生物攻击id为target的生物或神迹  
4 |     """  
5 |     pass
```

攻击者 `attacker` 向目标 `target` 发起一次合法的攻击需要满足2个条件——

1. `attacker.can_atk` 为真
2. `attacker` 与 `target` 的 **曼哈顿距离** 介乎 `attacker` 最小攻击范围和最大攻击范围之间。

## 攻击神迹

攻击神迹时，需要保证神迹在攻击者的攻击范围内。

假设你正操纵的生物为 `ally`，是一个 `gameunit::Unit` / `gameunit.Unit` 类型的变量。

那么 `ally.atk_range[0]` 为其最小攻击距离，`ally.atk_range[1]` 为其最大攻击距离。只有 **曼哈顿距离** 介乎这二者之间的神迹和生物才有可能被攻击到。

利用 **移动生物** 一节中介绍的 `cube_distance` 函数，计算 `ally` 到敌方神迹的距离 `dis = cube_distance(ally.pos, enemy_pos)`

因此，只需判断，`ally.atk_range[0] <= dis && dis <= ally.atk_range[1]` 是否为真，即可得知 `ally` 能否攻击神迹。

而特别的，神迹的id与阵营编号相同，己方神迹id为 `my_camp`，敌方神迹id为 `my_camp ^ 1`

`^` 为异或符号，相同的两个1位二进制数异或和为0，不同为1——`my_camp ^ 1` 表示 “`my_camp == 0` 则得 1，`my_camp == 1` 则得 0”

那么，你可以使用 `attack(ally.id, my_camp ^ 1)` 来下达攻击对方神迹的命令。

## 攻击生物

在前往敌方神迹的路途中，你会遭遇敌方生物，虽然你可以忽略他们勇往直前，但这并不是一个聪明的套路。

你需要与敌方生物战斗，你需要命令你的生物 `ally` 攻击敌方生物。

要攻击敌方生物，你得先知道敌方生物有哪些，用 **移动生物** 一节中介绍的 `getUnitsByCamp` / `get_units_by_camp` 来获取敌方生物列表。

### C++

```
1 | auto enemy_list = getUnitsByCamp(my_camp ^ 1);
```

### Python

```
1 | enemy_list = self.get_units_by_camp(self.my_camp ^ 1)
```

接下来，你想判断 `ally` 能攻击到哪些敌方生物，继承自 `AIClient` 的函数 `canAttack` / `can_attack` 实现了这一功能。用如下代码可将 `ally` 能攻击到的生物加入列表 `target_list` 中：

### C++

```
1 | vector<Unit> target_list;
2 | for (const auto &enemy : enemy_list)
3 |     if (AIClient::canAttack(ally, enemy))
4 |         target_list.push_back(enemy);
```

### Python

```
1 | target_list = []
2 | for enemy in enemy_list:
3 |     if self.can_attack(ally, enemy):
4 |         target_list.append(enemy)
```

接下来就只要从 `target_list` 中选择一个 `target` 然后调用 `attack` 指令即可：

### C++

```
1 | attack(ally.id, target.id);
```

## Python

```
1 | self.attack(ally.id, target.id)
```

## 结束回合

使用继承自 `AIClient` 的 `endRound()` / `end_round()` 函数结束回合。

结束回合后，你的程序将被挂起，在下次调用 `play()` 前，请避免进行任何操作和运算。

你可以调用 `updateGameInfo()` / `update_game_info()` 获取新的局面信息。在正常情况下，这个函数会在每一次操作后自动被调用，不需要手动调用。特别注意，**此函数会进行一定量的数据收发，请尽可能避免过于频繁额外调用，以免导致你的AI程序超时而被判负。**

## 几个注意事项

1. 提交任何操作之后，之前获取的信息可能发生改变，需要重新获取一次，例如召唤后友方生物列表会变化，移动后地图信息会变化，攻击后友方生物和敌方生物列表都会发生变化。
2. 请记得在 `play()` 函数的最后调用回合结束指令。

## 更高级的“AI”

我们已经学会了生物的召唤、移动和攻击，但是游戏的关键机制——**驻扎点**和**神器**还没有用上。

这里只给出这两部分的SDK，希望选手通过阅读SDK的代码进一步发现他们的用法。

## 驻扎点

### gameunit.h

```
1 | struct Barrack // 驻扎点
2 | {
3 |     Pos pos; // 位置
4 |     int camp; // 阵营
5 |     std::vector<Pos> summon_pos_list; // 出兵点位置
6 |     Barrack(int _camp, Pos _pos, std::vector<Pos> _list) : pos(_pos),
   |     camp(_camp), summon_pos_list(_list) {}
7 | };
8 |
9 | struct Map // 地图
10 | {
11 |     std::vector<Unit> units;
12 |     std::vector<Barrack> barracks;
13 |     std::vector<Miracle> miracles;
14 |     std::vector<Obstacle> obstacles;
15 |     std::vector<Obstacle> flying_obstacles;
16 |     std::vector<Obstacle> ground_obstacles;
17 | };
```

## ai\_client.h

```
1 // 对于pos位置,判断其驻扎情况
2 // 不是驻扎点返回-2,中立返回-1,否则返回占领该驻扎点的阵营(0或1)
3 int checkBarrack(gameunit::Pos pos);
```

## gameunit.py

```
1 class Barrack:
2     """
3     驻扎点
4     """
5     def __init__(self, pos=(0,0,0), summon_pos_list=None, camp=-1):
6         if summon_pos_list is None:
7             summon_pos_list=[]
8         self.pos = tuple(pos) # 位置
9         self.camp = camp # 阵营
10        self.summon_pos_list = summon_pos_list # 出兵点位置
11
12
13 class Map:
14     """
15     地图
16     """
17     def __init__(self):
18         self.units = ...
19         self.barracks = ...
20         self.miracles = ...
21         ABYSS_POS_LIST = ...
22         self.obstacles = ...
23         self.flying_obstacles = []
24         self.ground_obstacles = self.obstacles[:]
```

## ai\_client.py

```
1 def check_barrack(self, pos: tuple) -> int:
2     '''判定位置pos的驻扎情况
3     Args:
4         pos: 地图上的(x,y,z)位置
5     Returns:
6         int 不是驻扎点返回-2,中立返回-1,否则返回占领该驻扎点的阵营(0或1)
7     '''
8     pass
```

## 神器

## gameunit.h

```

1 struct Artifact // 神器
2 {
3     int id;                // id
4     std::string name;      // 名字
5     int camp;              // 阵营
6     int cost;              // 法力消耗
7     int max_cool_down;     // 最大冷却时间
8     int cool_down_time;    // 当前冷却时间
9     std::string state;     // 使用状态
10    std::string target_type; // 目标种类
11 };

```

## ai\_client.h

```

1 // 对id为target的生物使用artifact神器
2 void use(int artifact, int target);
3
4 // 对target位置使用artifact神器
5 void use(int artifact, std::vector<int> target);
6
7 // 对target位置使用artifact神器
8 void use(int artifact, std::tuple<int, int, int> target);
9
10 // 判断能否对pos位置使用artifact神器(不考虑消耗、冷却)
11 bool canUseArtifact(gameunit::Artifact artifact, gameunit::Pos pos, int
    camp);
12
13 // 判断能否对unit生物使用artifact神器(不考虑消耗、冷却)
14 bool canUseArtifact(gameunit::Artifact artifact, gameunit::Unit unit);

```

## card.h

```

1 struct Artifact // 神器
2 {
3     std::string name;      // 名字
4     int cost;              // 法力消耗
5     int cool_down;         // 冷却时间
6     std::string target_type; // 目标类型
7     Artifact(std::string _name, int _cost, int _cool, std::string
    _targettype)
8         : name(_name), cost(_cost), cool_down(_cool),
    target_type(_targettype) {}
9 };
10
11 // 圣光之耀
12 const Artifact HOLYLIGHT = Artifact("HolyLight", 8, 6, "Pos");
13
14 // 阳炎之盾
15 const Artifact SALAMANDERSHIELD = Artifact("SalamandersShield", 6, 4,
    "Unit");
16
17 // 地狱之火
18 const Artifact INFERNOFLAME = Artifact("InfernoFlame", 6, 6, "Pos");

```

## gameunit.py

```
1 class Artifact:
2     '''神器'''
3
4
5     def __init__(self, artifact_list=None):
6         if artifact_list is None:
7             artifact_list = [-1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
8         self.camp = artifact_list[0]
9         self.name = artifact_list[1]
10        self.id = self.camp
11        self.cost = artifact_list[2]
12        self.max_cool_down = artifact_list[3]
13        self.cool_down_time = artifact_list[4]
14        self.state = artifact_list[5]
15        self.target_type = artifact_list[6]
```

## ai\_client.py

```
1 def use(self, artifact: int, target):
2     """
3     对目标target使用artifact神器
4     Args:
5         artifact: 使用的神器的id
6         target: 目标生物 id / 地图的[x,y,z]位置
7     """
8     pass
9
10 def can_use_artifact(self, artifact: gameunit.Artifact, target, camp: int)
11     -> bool:
12     """
13     判断阵营camp能否对目标target使用神器artifact(不考虑消耗、冷却)
14     Args:
15         artifact: 神器
16         target: 目标(Unit或者Pos)
17         camp: 使用神器的阵营
18     Returns:
19         bool 能攻击到返回True,不能攻击到返回False
20     """
21     pass
```

## card.py

```
1 class Artifact:
2     """
3     神器
4     """
5
6     def __init__(self, _name, _cost, _cool, _targettype):
7         self.name = _name # 名字
8         self.cost = _cost # 法力消耗
9         self.cool_down = _cool # 冷却时间
10        self.target_type = _targettype # 目标类型
11
```

```

12 HOLYLIGHT = Artifact("HolyLight", 8, 6, "Pos") # 圣光之耀
13
14 SALAMANDERSHIELD = Artifact("SalamandersShield", 6, 4, "Unit") # 阳炎之盾
15
16 INFERNOFLAME = Artifact("InfernoFlame", 6, 6, "Pos") # 地狱之火

```

## 一些可能有用的小策略

不做解释

1. 卡射程
2. 利用拦截机制形成间隔防线
3. 互相保护
4. 抱团，或吸引抱团，利用神器

## 更智能的AI

以上教学部分已经结束了，但可以发现以上内容仅仅是简单的逻辑分支，还远远称不上智能。

让AI智能起来可以从以下方面考虑。

1. 引入局面评估方法，既可以对单次操作的目标进行评估以选择最大价值的目标，也可以对整体局面进行评估已决定行动顺序
2. 引入对抗搜索，预测对手的行动以提前准备对策，使得局面偏向有利于自己的一面

## 作战策略示例

对下图不作任何解释

