

# 塔科夫改枪优化器

基于约束规划的自动化配置方案优化

Impossible 嗨

2026 年 1 月 8 日

# 问题背景：复杂的武器改装系统

《逃离塔科夫》拥有业界最复杂的武器改装系统之一。

玩家面临的主要挑战：

- 配件数量庞大：超过 2500 种配件，涉及后坐力、人机工效、重量、精准度等多项属性
- 嵌套兼容结构：配件可安装于其他配件之上（导轨 → 转接座 → 瞄具）
- 组合空间爆炸：一把 AR-15 有 50 余个槽位，有效配置方案多达数万种
- 性价比难以评估：高价配件是否物有所值？
- 购买限制：价格实时波动，且受商人等级和跳蚤市场解锁条件限制

现状：玩家需要相当的时间来熟悉各个配件的属性，或直接照搬网上的“版本答案”，而不理解其背后的权衡逻辑或者盲目购买高价配件。

# 解决方案：自动化配置优化

项目目标：在给定约束条件下，自动计算出数学意义上的最优改枪方案。

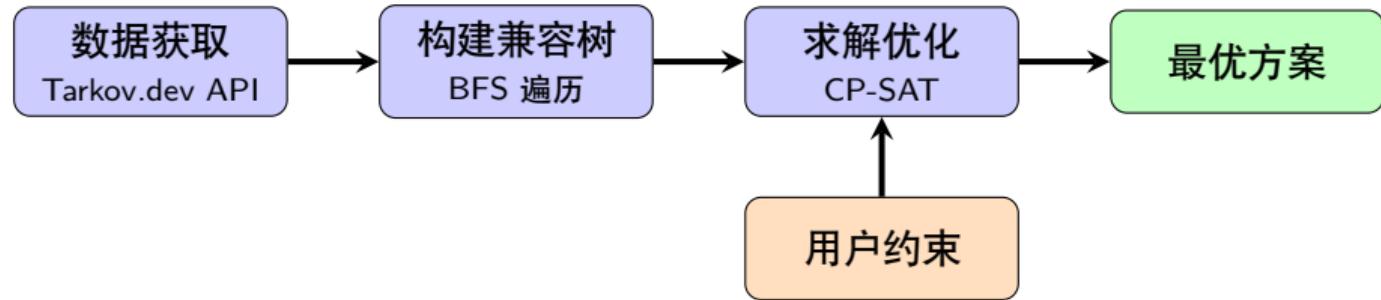
典型应用场景：

- “预算 20 万卢布，如何改出最好的 M4 ?”
- “不限预算，AK 的后坐力最低能达到多少？”
- “当前商人等级下，能改出什么水平的武器？”
- “增加 10 万预算，后坐力提升有多大？”
- “不同预算档位下的最优改枪方案分别是什么？”

核心功能：

- **多目标优化**：综合平衡后坐力、人机工效与价格
- **预算控制**：支持硬性上限或软性惩罚
- **商人等级过滤**：根据玩家等级筛选可购配件以及商人等级限制
- **自定义过滤器**：根据玩家需求，自定义过滤器，如必装槽位、必装配件、必装类别等，以及排除某些配件等
- **帕累托前沿**：忽略一个属性，可视化呈现其他属性之间的权衡曲线
- **枪匠任务**：自动求解枪匠任务，输出成本最优的改枪方案

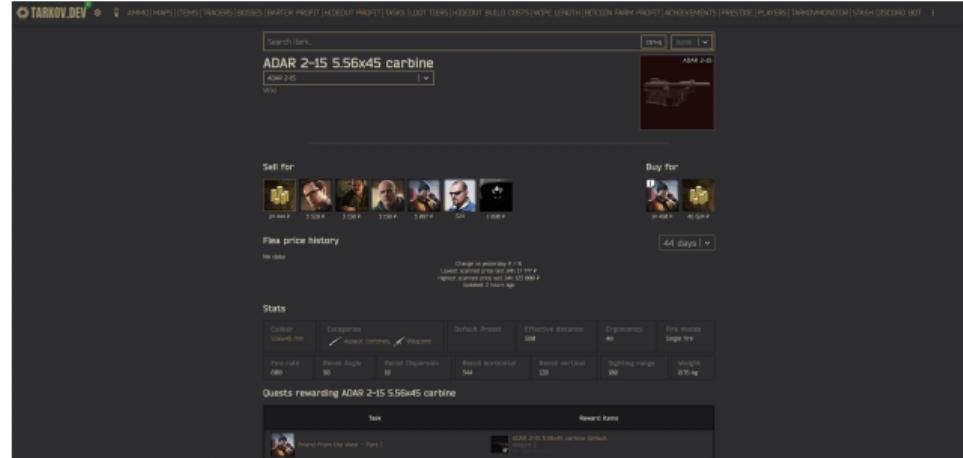
# 整体流程



# 数据获取

## Tarkov.dev GraphQL API

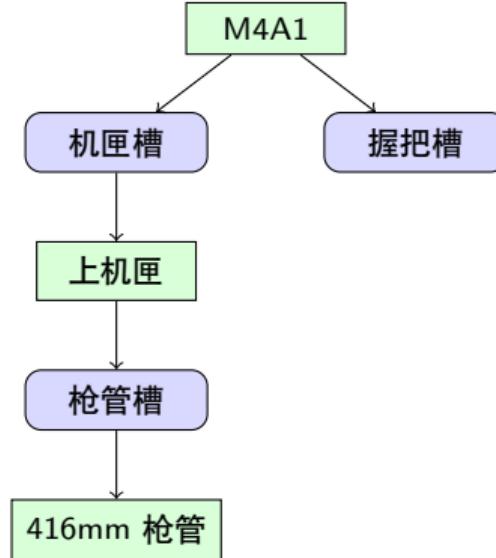
- 获取全部武器、配件及兼容性规则
- **24 小时内价格**: 包含商人价格与跳蚤市场价格
- 商人等级要求与跳蚤市场解锁条件
- 本地缓存机制提升查询效率



# 构建兼容性树

广度优先搜索（BFS）流程：

- ① 从基础武器的槽位出发
- ② 遍历每个槽位，获取所有可以安装在该槽位的配件
- ③ 将这些配件加入待处理队列
- ④ 继续探索每个配件自身拥有的槽位
- ⑤ 重复上述过程直至无新配件可以安装



配件拥有槽位，槽位容纳配件

# CP-SAT 求解器简介

**CP-SAT** = 约束编程 (Constraint Programming) + 布尔可满足性 (SAT)

## 核心原理

Google OR-Tools 库中的求解器，通过融合以下技术求解组合优化问题：

- **约束编程**：以声明式方式表达复杂规则
- **SAT 求解**：高效的布尔逻辑推理引擎
- **线性规划**：优化数值目标函数

## 为何适用于本问题？

- 天然支持“选中/不选”的布尔决策建模
- 可处理数千个变量与约束条件
- 保证求得全局最优解，而非近似解
- 典型武器配置问题可在毫秒级完成求解

# CP-SAT 在武器配置中的应用

核心思路：明确定义合法配置的条件，由求解器自动搜索最优方案。

## 模型三要素

- ① **决策变量**: 为每个可用配件定义布尔变量  $X_i$  ( $X_i = 1$  表示选中)
- ② **约束条件**: 兼容性规则、预算限制、必装槽位等
- ③ **目标函数**: 最大化人机工效、最小化后坐力或价格

求解器遍历数百万种配件组合，实时剪除不合法配置，最终返回数学意义上的最优方案。

# 约束 1：槽位互斥

规则：每个槽位最多安装一个配件。

## 数学表达

对于槽位  $s$  及其候选配件集合  $\{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ ：

$$\sum_{i \in \text{slot}_s} X_i \leq 1$$

其中  $X_i = 1$  表示配件  $i$  被选中， $X_i = 0$  表示未选中。

示例：M4 的握把槽可安装 GRAL-S 或 Ergo PSG-1，但二者不可同时安装。

## 约束 2：父子依赖

规则：子配件的安装必须以父配件已安装为前提。

### 数学表达

若配件  $c$  需安装于配件  $p$  所拥有的槽位：

$$X_c \leq X_p$$

父配件未选中时，子配件不可选中。

示例：安装前握把的前提是护木已安装在武器上，速瞄镜的前提是镜架已安装。

武器 → 护木 → 前握把

## 约束 3：配件冲突

规则：部分配件存在互斥关系，不可同时安装。

### 数学表达

对于 API 定义的冲突配件对  $(a, b)$ :

$$X_a + X_b \leq 1$$

二者最多选其一。

示例：AK 以及 M4 的榴弹发射器和一些护木存在冲突，游戏不允许同时安装。

## 约束 4：必装槽位

规则：特定槽位必须安装配件，武器才可以正常使用。

### 数学表达

对于必装槽位  $s$ :

$$\sum_{i \in \text{slot}_s} X_i \geq 1$$

该槽位必须安装至少一个兼容配件。

### AR-15 平台必装槽位：

- 枪管、导气座、握把、拉机柄、机匣、护木

缺少任一配件，武器均无法在游戏中正常使用。

## 约束 5：预算限制

规则：配置总成本不得超过玩家设定的预算。

### 数学表达

$$\sum_i \text{Price}_i \cdot X_i \leq \text{Budget}$$

所有选中配件的价格之和必须在预算范围内。

### 价格软约束机制 (BFS 阶段剪枝)：

- 考虑商人等级（1-4 级对应不同解锁价格）
- 对比跳蚤市场价格
- 自动选择每个配件的最低价购买渠道

## 加权评分函数（最大化）

$$\text{Score} = W_E \cdot \text{人机} - W_R \cdot \text{后坐力} - W_P \cdot \text{价格}$$

- $W_E$ : 人机工效权重     $W_R$ : 后坐力权重     $W_P$ : 价格权重

## 预设配置方案：

- 最高人机:  $W_E = 98\%, W_R = 1\%, W_P = 1\%$
- 最低后坐力:  $W_E = 1\%, W_R = 98\%, W_P = 1\%$
- 最低价格:  $W_E = 1\%, W_R = 1\%, W_P = 98\%$
- 均衡方案:  $W_E = 34\%, W_R = 33\%, W_P = 33\%$

# 用户界面：优化配置

Language 中文

选择武器 选择武器: Custom Guns NLS45 (...)

基础属性:

- 人机工效: 46
- 垂直后坐力: 114
- 水平后坐力: 330

玩家与商人 玩家等级: 79  
商店等级: 商人等级

约束条件 包含排除模组

工作原理: 工作原理: 点击优化配置找到最佳模组搭配

工作原理:

- 使用三角图设置优先权重 (点击网格点)
- 可选设置属性约束 (子弹数、最小人机、最大后坐力)
- 点击优化配置找到最佳模组搭配

提示: 先使用探索模式熟悉了解能达到的效果!

塔科夫武器模组优化器 Deploy

已加载 167 把武器和 2181 个模组

搜索配置 优化配置 重置任务

### 优化您的配置

#### 优化权重

人机 | 后坐力 | 价格 | 均衡

优化配置

# 优化结果：极限后坐力

Language: 中文

选择武器: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default

基础属性:

- 人机工效: 46
- 垂直后坐力: 114
- 水平后坐力: 330

额外配件:

名称	人机	后坐力	价格	来源
AK-74 "Siga S45" 5.45x39 10-round magazine	+5.0	-	#1,566	Rebelz5
AR-15 Strike Industries Advanced Receiver Extension	+2.0	-2.0%	#10,440	Mechanic LL4
HK 416 Strike Industries CRUX 15 inch M-LOK handguard	+11.0	-3.0%	#16,700	Mechanic LL4
AR-15 Magpul PRS GEN3 stock (Black)	+3.0	-24.0%	#25,522	Rebelz20
AR-15 AAC Blackout 5.56x45 flash hider	-1.0	-6.0%	#10,031	Peacekeeper LL3
Magpul M-LOK 4.1 inch rail	-0.2	-	#1,558	Mechanic LL1
Zemt RV-2 tactical foregrip	-6.0	-4.0%	#31,908	Rebelz20
AN/PEQ-15 multi-caliber sound suppressor	-26.0	-10.0%	#47,609	Rebelz15

最终属性:

- 人机工效: 26.3
- 垂直后坐力: 48.3
- 水平后坐力: 139.9
- 总重量: 4.20 公斤
- 总配置费用: 299,267

已选配置:

预设: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default

套装价格: #153,035 (RebelMarket)

包含: 14 items

# 优化结果：极限人机

Language: 中文

选择武器: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default

基础属性:

- 人机工效: +46
- 垂直后坐力: -114
- 水平后坐力: -330

额外附件:

名称	人机	后坐力	价格	来源
AR-15 HK Ergo PSG-1 style pistol grip	+15.0	-	#27,140	Mechanic LL4
AK-74 "Saiga 545" 5.45x39 10-round magazine	+5.0	-	#1,566	Rea Lx25
AR-15 Strike Industries Advanced Receiver Extension	+2.0	-2.0%	#10,640	Mechanic LL4
NL545 (GP) 5.45x39 11.5 inch barrel	-6.0	-2.1%	#25,760	Skiier LL4
HK 456 Strike Industries CRUX 15 inch M-LOK handguard	+11.0	-3.0%	#16,700	Mechanic LL4
AR-15 FAB Defense G-CORE buttstock	+15.0	-10.0%	#4,715	Skiier LL3
Magpul M-LOK AR6 tactical foregrip (FDE)	+7.0	-2.0%	#8,067	Skiier LL3

总计属性: 100.0 / 63.7 / 184.5 / 2.83 公斤 / ¥247,421

已选配置: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default

套装价格: #153,035 (ReaMarket)

包含: 14 Items

玩家与商人:

- 玩家等级: 79
- 商店等级: 79
- 商店市场: ReaMarket
- 商人等级: 79

约束条件: + - 包含: 增强模块

优化详情: > Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default 相应的物品

优化详情: > 优化详情

# 优化结果：均衡方案

Language: 中文

选择武器: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default

基础属性:

- 人机工效: 46
- 垂直后坐力: 114
- 水平后坐力: 330

已选配置

预设: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default

套装价格: #151,03 (GearMarket)

包含: 14 items

额外配件:

名称	人机	后坐力	价格	来源
AH-15 Hera Arms HS-15 pistol grip	+10.0	-	#5,100	Mechanic LL4
AK-74 "Saigo 545" 5.45x39 10-round magazine	+5.0	-	#1,566	Pilot Lv25
AH-15 Strike Industries Advanced Receiver Extension	+2.0	-2.0%	#10,440	Mechanic LL4
HK 416 Strike Industries CRUX 15 inch M-LOK handguard	+11.0	-3.0%	#16,700	Mechanic LL4
Magpul M-LOK 4.1 inch rail	-0.2	-	#1,558	Mechanic LL1
RTM Osvets P-2 tactical foregrip [Khaki]	+1.0	-3.0%	#13,492	Skiier LL3

Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default 预设中的物品

优化详情

**背景：**枪匠任务要求玩家按照指定规格改装武器，对新手玩家来说具有一定难度。

**任务定义（JSON 格式）：**

- 指定武器型号
- 属性要求：
  - 人机工效下限、后坐力上限
  - 弹匣容量、重量、瞄准距离等
- 必须安装的特定配件
- 必须包含的配件类别（如消音器）

**求解流程：**

- ① 加载任务配置文件
- ② 将任务要求转化为约束：
- ③ 目标函数：最小化总价格
- ④ 输出成本最低的达标方案

**效果：**可自动求解全部 28 个枪匠任务，输出成本最优的通关方案。

# 枪匠任务列表

**机械师任务优化器**

选择任务  
Gunsmith - Part 6 (AKM)

任务要求

武器: Kalashnikov AKM 7.62x39 assault rifle

- 最低人机工效: 40
- 最大后坐力总和: 400
- 最小缩进距离: 800

所需物品

- Fortis Shift tactical foregrip
- AK 7.62x39 Magpul PMAG 30 GEN M3 30-round magazine
- One of: Silencer

根据低价格组队

✓ 最优

优化最优

**最终属性**

人机工效 (◎)	垂直后坐力 (◎)	水平后坐力 (◎)	总重量 (◎)	总配额费用 (◎)
40.0	110.3	279.7	5.49 公斤	₽124,564
+34.0	+38.7	+98.3		+98,564

# 枪匠任务求解详情

已选配置

物品: Kalashnikov AKM 7.62x39 assault rifle (AKMP)

套餐价格: #36,000 (ReaMarket)

包含: 11 items



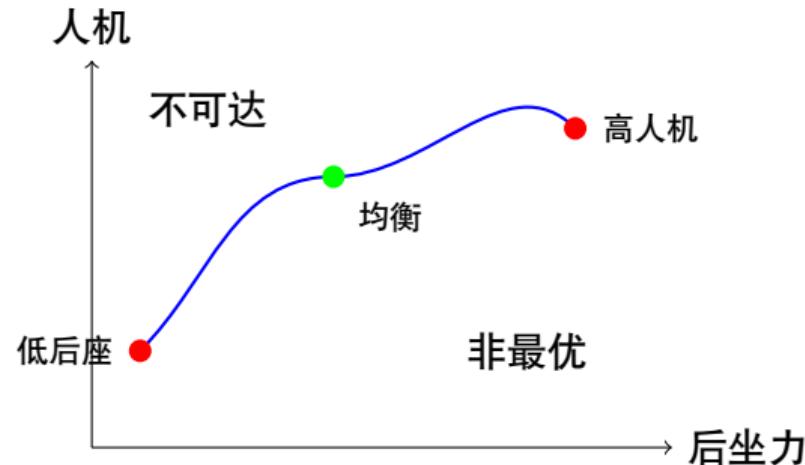
额外组件:

名称	人机	后坐力	价格	来源
AKM Hexagon 7.62x39 sound suppressor	-23.0	-6.0%	#26,223	Flea Lv25
AK Aeroknox Scorpion pistol grip	+12.0	-	#5,800	Mechanic L14
AK AKademia Bastion dust cover	+1.0	-0.5%	#6,325	Skiier LL1
AK Samson Rear Trunnion Folding Stock Adapter	-0.5	-	#1,093	Mechanic L13
AK 7.62x39 Magpul PMAG 30 GEN M3 30-round magazine	-1.5	-	#5,513	Peacekeeper LL2
AK 100-series polymer handguard	+5.0	-	#1,441	Prapor LL1
KMZ 1P69 Weaver mount	-1.0	-	#2,050	Prapor LL2
SIG Sauer Collapsing/Telescoping Stock	+17.0	-18.0%	#4,315	Peacekeeper LL1
Fortis Shift tactical foregrip	+8.0	-1.5%	#21,496	Flea Lv20
KMZ 1P59 3-10x riflescope	-8.0	-	#13,680	Flea Lv25
KMZ 1P59 scope eyecup	+5.0	-	#628	Prapor LL2

# 帕累托前沿分析

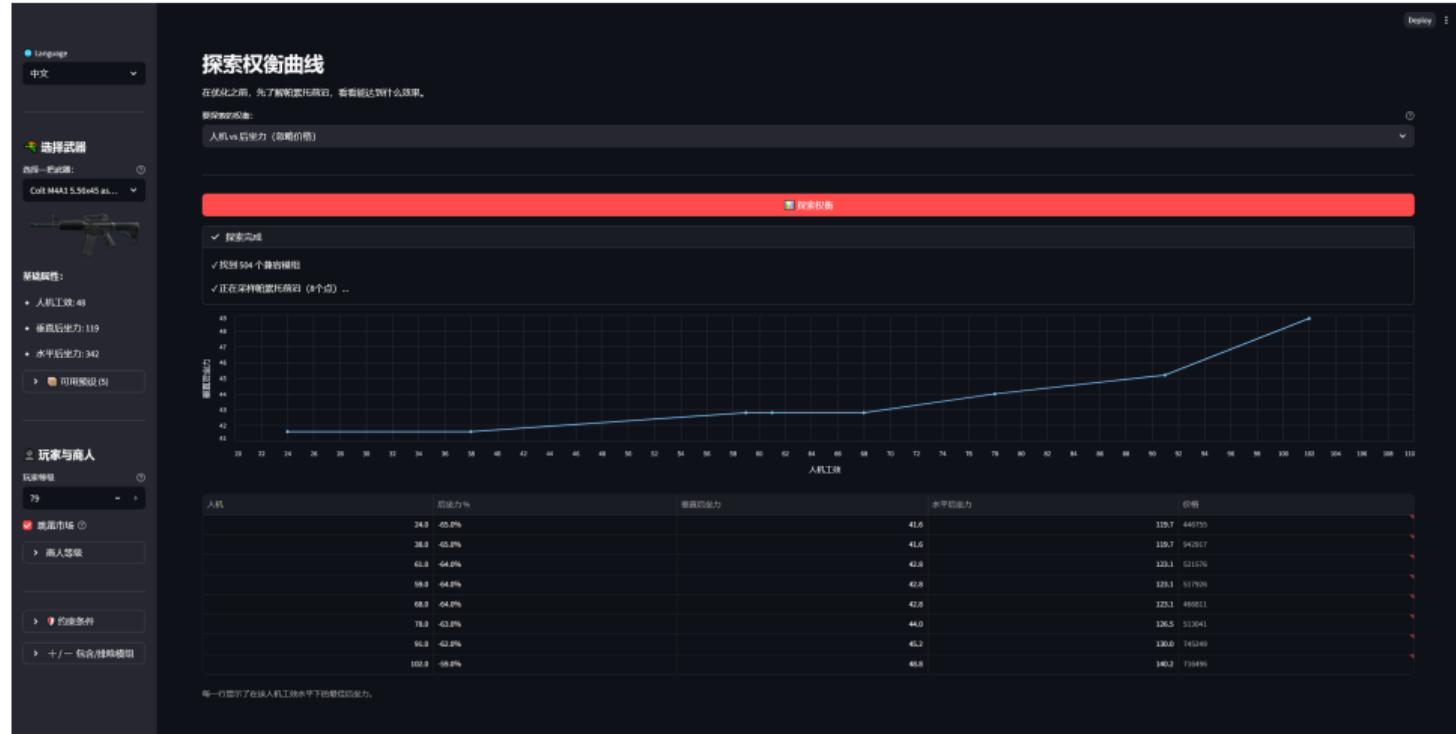
## 概念说明：

- 帕累托前沿展示了两个冲突目标（如后坐力与人机工效）之间的最优权衡曲线。



应用价值：帮助玩家直观判断后坐力与人机工效之间的权衡，选择最适合自己的配置方案。

# 帕累托前沿可视化



# 尚未实现的功能

- **武器隐藏属性**: 目前无法获取武器的隐藏属性, 如后坐力角度等
- **商人以物易物**: 目前无法获取商人以物易物的物品列表, 以及商人以物易物的价格

## 数据来源



社区开源 GraphQL API

## AI 编程助手



**Claude Code**

Anthropic



**Gemini CLI**

Google



**MiniMax**

MiniMax

感谢以上 AI 助手在代码编写、调试及文档撰写方面提供的支持