

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。

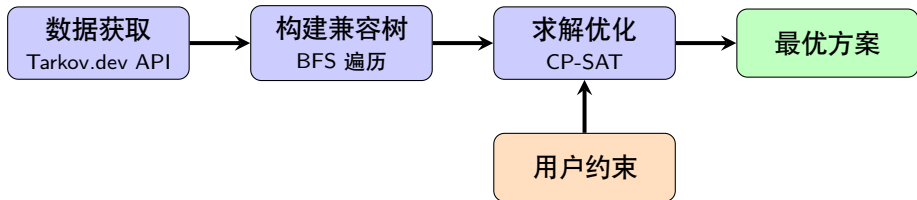
典型应用场景：

- “ 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：

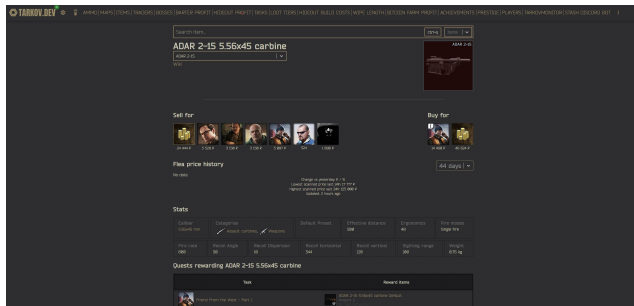
- **多目标优化：**综合平衡后坐力、人机工效与价格
- **预算控制：**支持硬性上限或软性惩罚
- **商人等级过滤：**根据玩家等级筛选可购配件以及商人等级限制
- **自定义过滤器：**根据玩家需求，自定义过滤器，如必装槽位、必装配件、必装类别等，以及排除某些配件等
- **帕累托前沿：**忽略一个属性，可视化呈现其他属性之间的权衡曲线
- **枪匠任务：**自动求解枪匠任务，输出成本最优的改枪方案

整体流程



Tarkov.dev GraphQL API

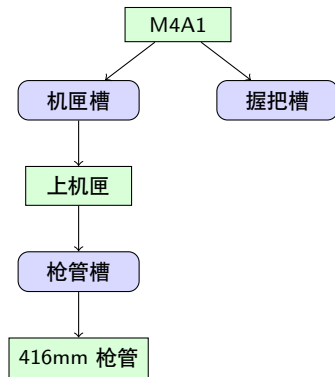
- 获取全部武器、配件及兼容性规则
- 24 小时内价格：包含商人价格与跳蚤市场价格
- 商人等级要求与跳蚤市场解锁条件
- 本地缓存机制提升查询效率



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

- ❶ **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)
- ❷ **约束条件：**兼容性规则、预算限制、必装槽位等
- ❸ **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



优化结果：极限后坐力

Language
中文

选择武器
选择一把武器:
Custom Gurus NL545 (...)

基础属性:

- 人机工效: 48
- 垂直后坐力: 114
- 水平后坐力: 330

可用预设 (1)

玩家与商人

玩家等级
79

跳蚤市场

商人等级

约束条件

包含/排除模组

最终属性

人机工效
26.3
+21.7

垂直后坐力
48.3
+45.7

水平后坐力
139.9
+106.1

总重量
4.20 公斤

总配置费用
¥299,267
+¥140,234

已选配置

预览: Custom Gurus NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default
套餐价格: ¥153,033 (RealMarket)
包含: 14 items

额外模组:

	名称	人机	后坐力	价格	来源
	AK-74 "Salga 545" 5.45x39 10-round magazine	+5.0	-	¥1,566	Free Lv25
	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	Free Lv20
	AR-15 AAC Blackout SIT 3.56x45 flash hider	-1.0	-6.0%	¥10,931	Peacekeeper LL3
	Magpul M-LOK 4.1 inch rail	-0.2	-	¥1,558	Mechanic LL1
	Zent RK-2 tactical foregrip	-8.0	-4.0%	¥31,908	Free Lv20
	AAC T62 SDW 6 multi-caliber sound suppressor	-26.0	-10.0%	¥47,609	Free Lv25

Impossible 嗨

塔科夫改枪优化器

2026 年 1 月 8 日

16 / 25

优化结果：极限人机

Language
中文

选择武器
选择一把武器:
Custom Guns NL545 (...)

基础属性:

- 人机工效: 48
- 垂直后坐力: 114
- 水平后坐力: 330

可用预设 (1)

玩家与商人

版本等级
79

跳蚤市场

商人等级

约束条件

包含删除按钮

最终属性

人机工效 ①
100.0
+152.8

垂直后坐力 ①
63.7
+38.3

水平后坐力 ①
184.5
+145.5

总重量 ①
2.83 公斤

总造价 ①
P247,421
+1,954,388








已选配置

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

配置价格: P153,033 (RealMarket)

包含: 14 Items

额外模组:

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 345" 5.45x39 10-round magazine	+5.0	-	#1,566	Flea Lv25
 AR-15 Strike Industries Advanced Receiver Extension	+2.0	-2.0%	#10,440	Mechanic LL4
 NL545 (GP) 5.45x39 11.5 inch barrel	-6.0	-2.1%	#25,760	Skier LL4
 HK 416 Strike Industries CRUX 15 inch M-LOK handguard	+11.0	-3.0%	#16,700	Mechanic LL4
 AR-15 FAB Defense GL-CORE buttstock	+15.0	-19.0%	#4,715	Skier LL3
 Magpul M-LOK AFG tactical foregrip (FDE)	+7.0	-2.0%	#9,067	Skier LL3

Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default 配置中的物品

优化详情

Navigation icons

Impossible 嗨

塔科夫改枪优化器

2026 年 1 月 8 日

17 / 25

优化结果：均衡方案

Language
中文

选择武器
选择一把武器:
Custom Guns NL545 (...)

基础属性:

- 人机工效: 48
- 垂直后坐力: 114
- 水平后坐力: 330

可用预设 (1)

玩家与商人

- 玩家等级: 79
- 跳蚤市场
- 商人等级
- 约束条件
- 包点删除按钮

优化结果

最终属性

人机工效 ①
71.3
+423.3

垂直后坐力 ①
54.0
+443.3

水平后坐力 ①
156.4
+173.6

总重量 ①
3.01 公斤

总配置成本 ①
¥201,889
+194,856

已选配置

预览: Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default
套装名称: P153,033 (RealMarket)
包含: 14 Items

额外模组:

	名称	人机	后坐力	价格	来源
	AR-15 Hera Arms HG-15 pistol grip	+10.0	-	¥5,100	Mechanic LL4
	AK-74 "Saigo 745" 5.45x39 10-round magazine	+5.0	-	¥1,566	Flex Lv25
	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
	Magpul M-LOK 4.1 inch rail	-0.2	-	¥1,558	Mechanic LL1
	RTM Ososvets P-2 tactical foregrip (Khaki)	+1.0	-3.0%	¥13,492	Slaker LL3

Custom Guns NL545 (GP) 5.45x39 assault rifle Default预设配置中的物品

优化详情

Impossible 嗨

塔科夫改枪优化器

2026 年 1 月 8 日

18 / 25

枪匠任务求解器

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
- 最小瞄准距离: 800

所需物品:

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

拖到最低性价比

✓ 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 ⓘ	总配重 ⓘ
40.0	110.3	279.7	5.49 公斤	¥124,564
↑ 14.0	↓ 38.7	↓ 98.3		↑ 130,564

枪匠任务求解详情

已选配置

预览: Kalashnikov AKM 7.62x39 assault rifle (AKMP)

套装价格: ¥35,000 (fleaMarket)

包含: 11 Items



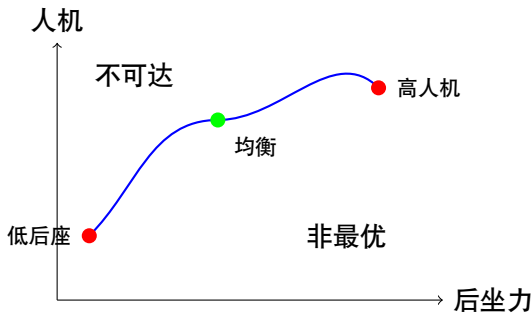
额外配件:

	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 Scorpius pistol grip	+12.0	-	¥5,800	Mechanic LL4
	AK Akademia Bastion dust cover	+1.0	-0.5%	¥6,325	Skier LL1
	AK Samson Rear Trunnion Folding Stock Adapter	-0.5	-	¥1,093	Mechanic LL3
	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%	¥4,515	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

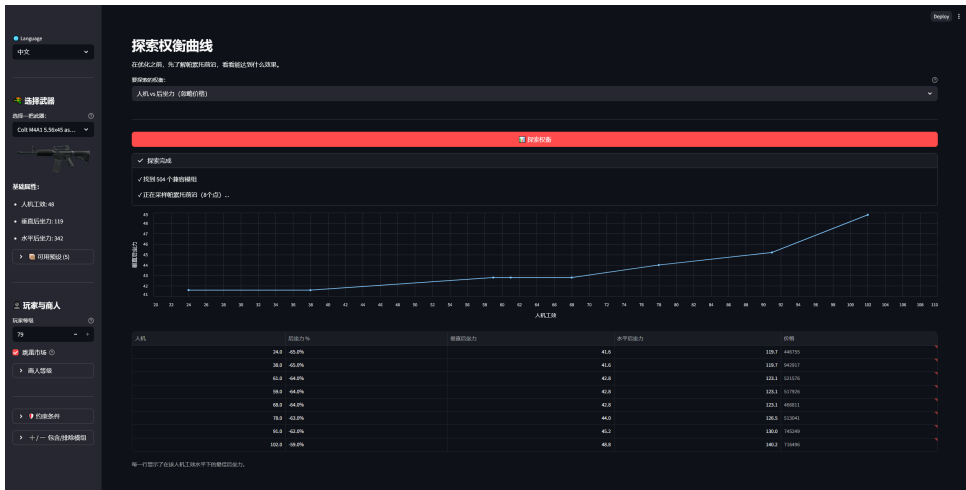
概念说明：

- 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