



文档名称	《恐怖黎明》数值拆解
作者	数值小白
版本	V0.1 / 草稿

修改者	修改时间	修改内容	版本
数值小白	2023.9.7	创建数值拆解文档	V0.1/草稿

9812299

## 目录

1. 概述 .....	4
2. 伤害计算 .....	4
2.1 物理伤害计算 .....	4
2.2 各类抗性减伤的计算 .....	8
2.3 暴击、暴伤和命中 .....	10
2.4 BUFF 和 DEBUFF .....	15
2.5 DOT 伤害 .....	17
2.6 其他的伤害判定 .....	17
2.7 伤害判定流程 .....	21
3. 角色属性 .....	21
3.1 标准人和职业定位 .....	22
3.2 角色属性成长 .....	25
3.3 角色等级 .....	27
4. 总结 .....	30

9812299

## 1. 概述

《恐怖黎明》是于 2016 年由 Crate Entertainment 发行的一款 ARPG 游戏。它的战斗数值体系相当复杂，有着多种伤害类型、数值类型，以及较为特殊的养成体系，这使得它成为一个分析起来有一定难度的游戏。然而，游戏的官方非常开放，友善地将相当一部分游戏中的数据、机制等公开，这为玩家的游玩和分析提供了便利。

本文即是基于官方文档、自行数据收集和推导，以及玩家社区的信息，对《恐怖黎明》的部分战斗数值的拆解，主要从战斗伤害的计算以及角色属性的养成两个方面来叙述。这项分析展示了我对游戏数值设计的理解和分析技能。

## 2. 伤害计算

《恐怖黎明》的伤害类型共有 10 种，其中多种伤害类型还会对应一种 DOT 伤害。具体名称如下：

伤害类型	对应 DOT 伤害名称
物理	创伤
火焰	燃烧
冰冷	霜燃
闪电	电击
酸毒	毒素
穿刺	无
流血	流血本身即为 DOT
活力	活力衰减
虚化	无
混乱	无

表格 1 伤害类型

10 种伤害类型分别有一种与之对应的百分比抗性。其中，物理伤害还受到护甲这一自然数的影响，计算相对更加复杂。并且火焰、冰冷、闪电这三种类型合称为“元素伤害”，在堆叠元素抗性和元素伤害时，会同时加成这三种类型。

### 2.1 物理伤害计算

物理直伤伤害（单次物理伤害）以及创伤伤害（物理伤害的 DOT 伤害）都受到物理百分比抗性的减免，而其中的物理直伤在物理抗性减伤之后，还会受到护甲的减免。

#### 2.1.1 破甲机制

《恐怖黎明》的护甲是不同部位分别生效的，在受到物理直伤时，按图 1 所示的概率命中其中一个部位，并按照对应部位的护甲值进行伤害结算。所以总护甲值高并不能说明角色对于物理直伤的抵抗能力高，玩家需要同时注重各个部位的护甲，才能保证生存能力。在游戏中，角色属性栏内显示的战斗数据也是平均护甲，而不是总护甲。

	部位受击概 率	护甲值	护甲吸收
头部:	15%	20	70%
肩部:	15%	55	70%
胸部:	26%	21	70%
手臂:	12%	25	70%
腿部:	20%	35	70%
足部:	12%	19	70%

图 1 不同部位受击概率

护甲减伤同时具有减法公式和乘法公式的计算方式。依据所受伤害是否大于护甲值而分为减法公式区间和乘法公式区间：

- 在伤害值高于护甲值时，伤害吸收值取决于护甲值和护甲吸收（护甲吸收默认值为 70%，可通过装备等渠道获得加成）的高低：

$$\text{实际伤害} = \text{物理直伤} - \text{护甲值} * \text{护甲吸收}$$

例. 玩家胸甲部分的护甲值为 100，胸部受到了 120 的物理直伤。则此次伤害结算的计算过程为：

$$\begin{aligned} \text{实际伤害} &= 120 - 100 * 0.7 \\ &= 50 \end{aligned}$$

即，当伤害大于护甲值时，可以视为护甲项带衰减系数的减法公式。

在破防的情况下，攻方每增加 1 点物理直伤，防方的损血也随之增加 1，对于数值的敏感性很高，玩家在投入物理直伤时，可以得到“所见即所得”的养成体验。在堆叠一定物理直伤的情况下，可以秒杀几乎绝大部分的普通怪物，获得足够的正反馈。在体验游戏的过程中，玩家获得了大量快速清怪的爽感，这也有助于玩家快速推进游戏进程。

但这也同样意味着：如果玩家的护甲值不能超过大多数怪物的物理直伤，在同时遇到大量的物理直伤大于我方护甲值的怪物时（突然刷新大量普通怪物的情况在《恐怖黎明》中出现频率很高），玩家很可能由于短时间内受到的攻击次数过高而遭到秒杀，所以玩家必须要堆叠足够的护甲值。

- 在伤害值低于护甲值时，伤害吸收值依照乘法公式计算，仅取决于护甲吸收：

$$\text{实际伤害} = \text{物理直伤} (1 - \text{护甲吸收})$$

例. 玩家胸甲部分的护甲值为 100，胸部受到了 80 的物理直伤。则此次伤害计算结果的计算过程为：

$$\begin{aligned} \text{实际伤害} &= 80 \times (1 - 0.7) \\ &= 24 \end{aligned}$$

所以即使是不破防的情况下，也不会出现攻击无效的结果。但由于此情况下，不论护甲值是多少，都不会影响减伤比例，这会导致玩家在受到的物理直伤一定时，超过物理直伤部分的护甲值的**价值为 0**，没有任何额外作用。

综上所述，再加上物理抗性的减伤，物理直伤最终的计算公式可由以下函数表示：

$$f(AP) = \begin{cases} (1 - phyResist) \times phyAttack(1 - Absorption), & AP \leq phyAttack \\ (1 - phyResist) \times phyAttack - AP \times Absorption, & AP > phyAttack \end{cases} \quad (1)$$

其中，AP(Armor Point)为护甲值，phyAttack 为物理直伤，phyResist 为物理抗性，Absorption 为护甲吸收。

## 2.1.2 伤害曲线

使用 MATLAB 绘制了如下伤害曲线：

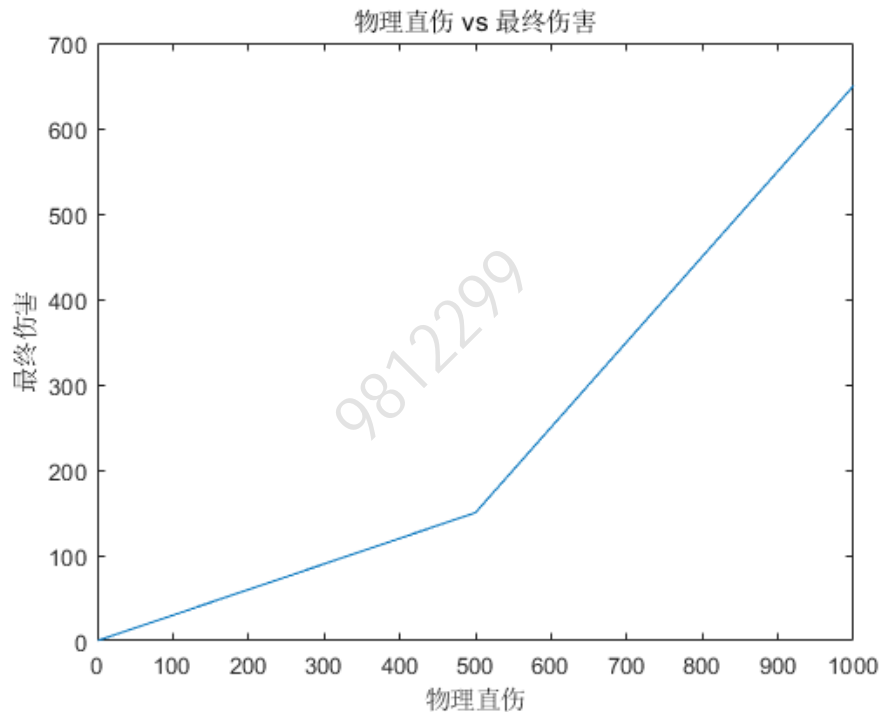


图 2 物理直伤为自变量的伤害曲线

图 2 自变量为物理直伤，护甲值为 500，物理抗性为 0%，护甲吸收为 70%，物理直伤从 1 增加至 1000。

由此图可知，随着物理直伤的提高，角色最终受到的伤害以角色的护甲值为交界，呈现分段线性递增的趋势。在物理直伤的值等于护甲值时，两段曲线的值相等，这样伤害曲线整体就是连续的，没有跳变点，不会出现减法公式原始形式的不破防问题。

同时，由于护甲吸收是一个设定好的值，与护甲值之间是打断的，所以不会出现如《英雄联盟》以及《魔兽世界》的乘法公式边际收益递减的问题。

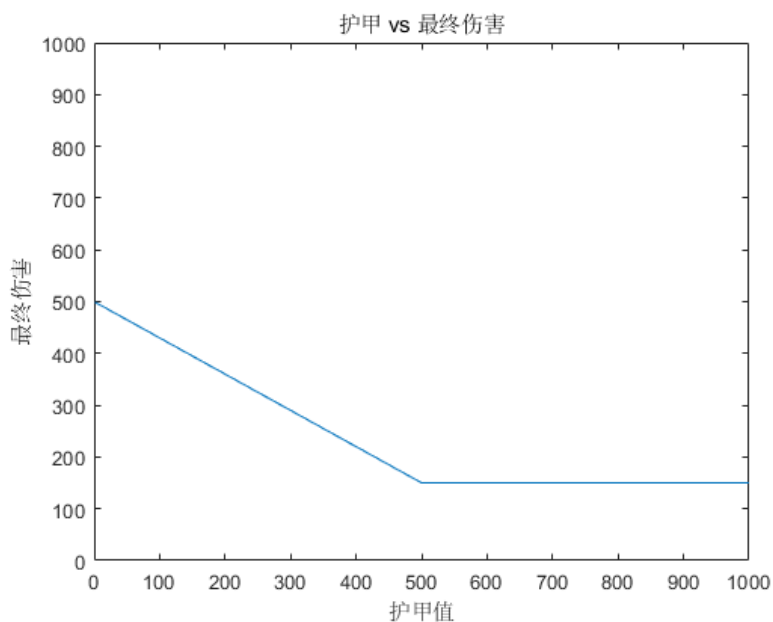


图 3 护甲为自变量的伤害曲线

图 3 自变量为护甲值，物理直伤为 500，物理抗性为 0%，护甲吸收为 70%，护甲值从 0 增加值 1000。

由此图可知，此计算方法也存在一些问题，即玩家的受到的物理直伤一定时，护甲值超过物理直伤的部分价值为 0，没有任何额外的减伤作用。

### 2.1.3 护甲养成无效的问题

实际上，护甲养成无效的问题在实际游戏的过程中几乎不会给玩家产生负面反馈，主要有两个原因：

- 护甲的来源是装备，角色升级时点的属性点对护甲值没有加成，故护甲值是在更换装备时以阶跃的形式增加，而非连续投入资源，连续增加。所以玩家基本不会感受到对护甲进行养成却无效的游玩过程。
- 护甲值堆叠的主要的目的是尽可能接近精英、Boss 等怪物的物伤，减少此类高伤怪物伤害的减法公式区间。它们的伤害通常高于普通怪物的物伤一大截(参见图 4 和图 5 的数值)，所以玩家会更倾向于选择匹配高伤怪物的装备，否则难以保障生存。

128-148 物理伤害  
8% 几率造成 +35% 物理伤害

图 4 LV30 普通怪物骷髅士兵的物伤

195-263 物理伤害  
10% 几率造成 +15% 物理伤害

图 5 LV30 Boss 的物理伤害



图 6 LV30 胸部装甲的护甲值

如图 4 展示的是 30 级普通怪物的物理伤害，图 5 展示的是 30 级 Boss 的物理伤害，图 6 展示的是 30 级左右的胸甲提供的护甲值。

可以看出，玩家在 30 级穿戴的装备（升灵长袍，197 点护甲），与 Boss 造成的物理直伤（伤害期望 232 点）较为接近，每次攻击受到 94 点伤害。

30 级装备受到伤害 = 伤害期望 - 护甲值 \* 减伤百分比

$$= \left( \frac{195 + 263}{2} + 0.1 \times \frac{195 + 263}{2} \times 0.15 \right) - 197 \times 0.7$$

$$= 94$$

而如果此时玩家认为 25 级装备（幽魂长袍，136 点护甲）在抵抗普通怪物攻击（伤害期望 142 点）时已经足够（47 伤害/刀），而停止堆叠护甲，则会受到来自 Boss 的巨大伤害（137 伤害/刀），和不更换装备相比，受到的伤害提高了 46%。

25 级装备受到伤害 = 伤害期望 - 护甲值 \* 减伤百分比

$$= \left( \frac{195 + 263}{2} + 0.1 \times \frac{195 + 263}{2} \times 0.15 \right) - 136 \times 0.7$$

$$= 137$$

所以，玩家为了保证足够的生存能力，在多数情况下会选择穿戴护甲值接近精英、Boss 怪物的物伤的装备。这样以来，玩家堆叠护甲无效的过程很大程度上会被玩家直接跳过。

## 2.2 各类抗性减伤的计算



[表格 1](#) 中的各类伤害均有其对应的抗性，能降低对应类型的伤害及其 DOT 伤害。抗性均以**百分数**的形式出现，也与人物的属性加点无关，只来源于装备。生效的方式相比于护甲而言较为简单，使用**乘法公式**直接按对应百分比进行伤害减免即可：

$$\text{最终伤害} = \text{怪物造成的某类型伤害} \times (1 - \text{对应伤害类型抗性})$$

各类伤害抗性的**有效上限为 80%**，数值可以溢出。溢出的部分不会减少更多伤害，但可以在被降抗的时候用来抵消。如[图 7](#) 所示，总火焰抗性为 112%，即使被降低 28%，最终火焰抗性降至 84% (1 - 0.28)，最终生效的火抗仍然是 80%。



图 7 火焰抗性及其溢出

这种设计起到了两个作用：

- 抗性的有效上限，避免了角色在抗性达到 100%后不受到伤害的情况。
- 允许抗性溢出，以及怪物中大量的降抗手段，又很大程度保证了抗性在游戏中的价值，基本不会出现“多一点就是浪费”的情况。

在 MATLAB 中绘制了百分比抗性对应的伤害曲线：

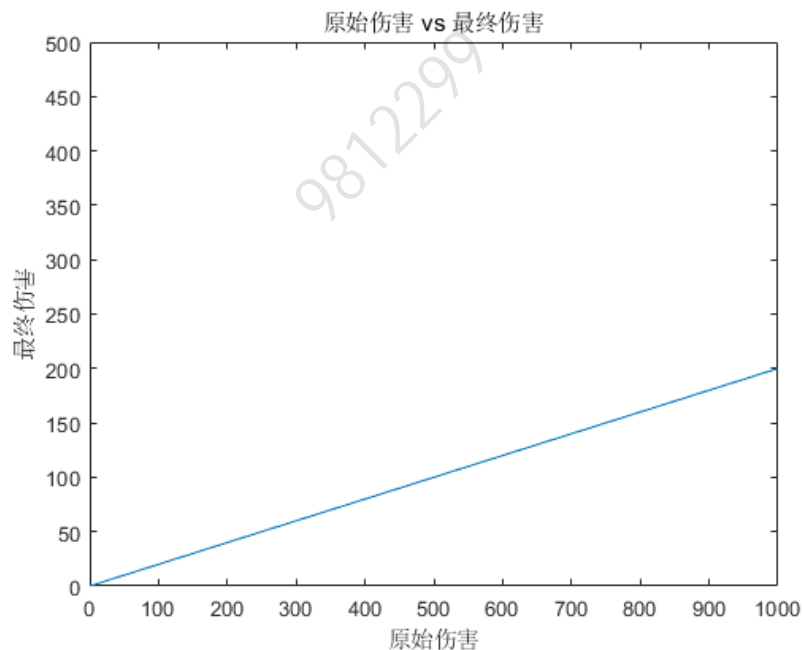


图 8 原始伤害为自变量曲线

[图 8](#) 为抗性 80%，原始伤害从 1 增加到 1000 的伤害曲线。不论攻方输出的伤害是多少，防方都以相同的比例减免伤害，呈线性增加。

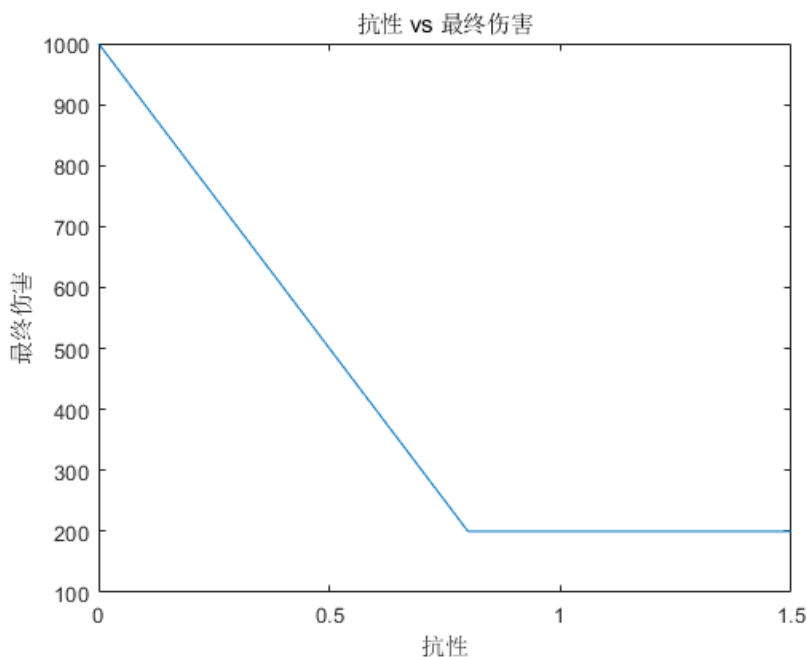


图 9 抗性为自变量的伤害曲线

图 9 为原始伤害为 1000, 抗性从 0 增加到 80% 的伤害曲线。当抗性达到有效上限以后, 继续增加抗性不会再提供额外减伤。

综上所述, 抗性的表达式可以表达为:

$$f(\text{Resist}) = \text{Damage} \times (1 - \min \{\text{Resist}, 0.8\}) \quad (2)$$

其中, Resist 是某类型伤害的抗性, Damage 为受到的原始伤害。

对比图 9 和图 3 可以看出, 在防御属性堆叠到一定值后, 都有斜率为 0 的区间。但二者都通过在怪物强度和养成进度上做文章, 使得玩家“投入无回报”的感觉降到了最低, 玩家在任何时候都不会因为某项数值过高且没有性价比, 而不愿意投入精力, 保证了游戏的深度。

## 2.3 暴击、暴伤和命中

《恐怖黎明》中, 暴击、暴击伤害倍率和命中的结算均由攻方的攻击能力 (以下简称 OA, Offensive Ability) 以及防方的防御能力 (以下简称 DA, Defensive Ability) 共同决定。

首先, OA 和 DA 的计算方式如下:

- 角色每升一级, OA 和 DA 各加 12 点。
- 每加一点属性点至灵巧, OA 提升 4 点。
- 每加一点属性点至体格, DA 提升 4 点。
- 部分技能和物品也可以提供 OA 和 DA 的加成。

所以 OA 和 DA 的来源, 除物品外, 其他的均与等级直接挂钩 (绝大部分属性点, 技能点都要靠升级获得), 即这两个数值与等级之前呈现强正相关的关系。

命中概率 (PTH, Probability to Hit) 的计算公式如下:

$$PTH = \frac{\text{攻方}OA \times 300}{\frac{\text{防方}DA}{3.5} + \text{攻方}OA} \times 0.3 + \left[ \frac{(3.25 \text{ 攻方}OA + 10000) - 3.25 \text{ 防方}DA}{100} \right] \times 0.7 - 50$$

这是个看起来比较复杂的二元函数，将它化简为如下形式：

$$PTH(OA, DA) = \frac{315OA}{3.5OA + DA} + \frac{2.275}{100}(OA - DA) + 20 \quad (3)$$

令  $x(OA, DA) = \frac{315OA}{3.5OA + DA}$ ,  $y(OA, DA) = \frac{2.275}{100}(OA - DA)$ , 则

DA 为定值，OA 为自变量时：

- $x(OA, DA)$  是收敛项，在 OA 的值较小的区间内占据主导，极限为  $\lim_{OA \rightarrow \infty} \frac{315OA}{3.5OA + DA} =$

$\frac{315}{3.5} = 90$ ，随着 OA 增大，增速减缓。

- $y(OA, DA)$  是线性项，在 OA 和 DA 相等时值为 0，增速恒定。

所以，PTH 的整体曲线的走向会随着  $x(OA, DA)$  逐渐收敛，而转为由线性项主导。

固定 DA 为 500，以 OA 为自变量， $OA \in [0, 10000]$ ，画出 PTH 的曲线：

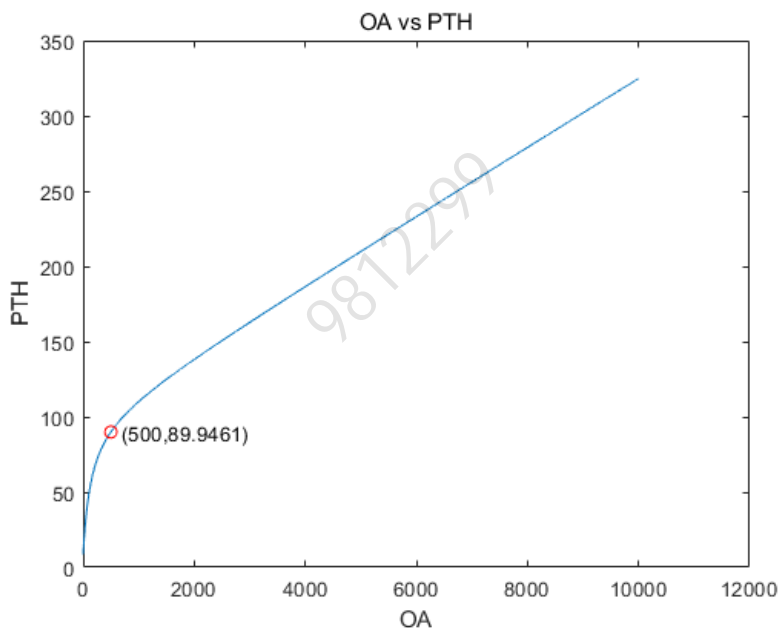


图 10 OA 为自变量 PTH 的变化曲线

由图可以看出，在攻方 OA 低于防方 DA 时，PTH 会以较快的速度增加至 90，后续的增长基本随着二者差值线性增加。此外，PTH 虽然是自然数，但实际使用时会为 PTH 直接添加百分号作为命中概率，所以会出现超出 100% 的情况，《恐怖黎明》通过将暴击概率、暴击伤害与 PTH 挂钩，使得溢出 100% 的值得到了利用。

官方手动划定了以下 PTH 阈值，在命中判定时使用**圆桌理论**在数轴上随机取点，落在不同区间，产生不同的攻击结果。不同区间内的 PTH 对应的暴击概率和暴击伤害判断方式如下：

- 普攻伤害减少的 PTH 阈值：70

在此情况下，不会发生暴击，即使命中敌人，伤害也会被减少一定比例：

命中的区间为 $[1, PTH]$ ，未命中的区间为 $(PTH, 100]$ ， $(PTH \leq 70)$ 。最终的伤害会被削弱为 $\frac{PTH}{70} \cdot Damage$ 。并且游戏还有一个硬性规定，是玩家的命中

例如，PTH 为 60，则命中后造成的伤害为原始伤害的 $\frac{60}{70}$ ，即 85.7%（此情况实际中基本不会出现，只有低等级越级打怪时才可能发生）。

设按照圆桌理论随机生成的自然数为  $x$ ，则

$$FinalDamage1(x) = \begin{cases} \frac{PTH}{70} \times Damage, & 1 \leq x \leq PTH \\ 0, & PTH < x < 100 \end{cases}, PTH \in [1, 70] \quad (4)$$



图 11 普攻伤害减少的判定区间

- 在 $PTH \in (70, 90]$ 的区间中，命中的伤害即为原始伤害：

$$FinalDamage2(x) = \begin{cases} Damage, & 1 \leq x \leq PTH \\ 0, & PTH < x < 100 \end{cases}, PTH \in (70, 90] \quad (5)$$



图 12 普攻伤害不变的判定区间

- 1.1 倍暴击伤害的 PTH 阈值：90，即攻方 OA 等于防方 DA 的情况。在此情况下，如果发生暴击，暴击造成的伤害为原始伤害的 110%：普通命中的区间为 $[1, 90]$ ，1.1 倍普攻伤害暴击的区间为 $[90, PTH]$ ，未命中的区间为 $(PTH, 100]$ 。

$$FinalDamage3(x) = \begin{cases} Damage, & 1 \leq x < 90 \\ 1.1 \times Damage, & 90 \leq x \leq PTH \\ 0, & PTH < x \leq 100 \end{cases} \quad (6)$$

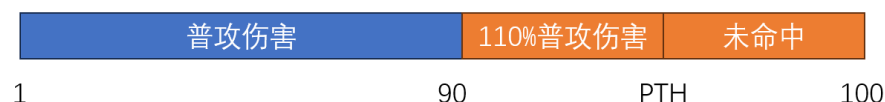


图 13 1.1 倍暴击的判定区间

- 1.2 倍暴击伤害的 PTH 阈值：105，当 PTH 在 100 以上时，不会再出现未命中。在此情况下，1.2 倍暴击伤害的区间也会被加入圆桌中：普通攻击的区间为 $[1, 90)$ ，1.1 倍普攻伤害暴击的区间为 $[90, 104]$ ，1.2 倍暴击伤害为 $(104, PTH]$ 。

$$FinalDamage4(x) = \begin{cases} Damage, & 1 \leq x < 90 \\ 1.1 \times Damage, & 90 \leq x \leq 104 \\ 1.2 \times Damage, & 104 < x \leq PTH \end{cases} \quad (7)$$

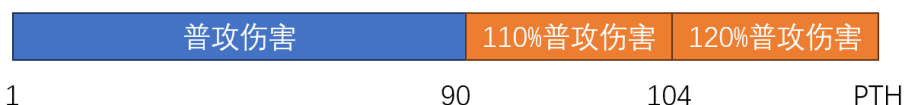


图 14 加入 1.2 倍暴击的判定区间

- 1.3 倍暴击伤害的 PTH 阈值：120。

在此情况下，1.3 倍暴击伤害的区间也会被加入圆桌中：

普通攻击的区间为[1, 90)，1.1 倍普攻伤害暴击的区间为[90, 104)，1.2 倍普攻伤害的区间为(104, 120)，1.3 倍普攻伤害暴击的区间为[120, PTH]。

$$FinalDamage5(x) = \begin{cases} Damage, & 1 \leq x < 90 \\ 1.1 \times Damage, & 90 \leq x \leq 104 \\ 1.2 \times Damage, & 104 < x < 120 \\ 1.3 \times Damage, & 120 \leq x \leq PTH \end{cases} \quad (8)$$



图 15 加入 1.3 倍暴击的判定区间

- 1.4 倍暴击伤害的 PTH 阈值：130。

在此情况下，1.4 倍暴击伤害的区间也会被加入圆桌中：

普通攻击的区间为[1, 90)，1.1 倍普攻伤害暴击的区间为[90, 104)，1.2 倍普攻伤害的区间为(104, 120)，1.3 倍普攻伤害暴击的区间为[120, 130)，1.4 倍普攻伤害暴击的区间为[130, PTH]

$$FinalDamage5(x) = \begin{cases} Damage, & 1 \leq x < 90 \\ 1.1 \times Damage, & 90 \leq x \leq 104 \\ 1.2 \times Damage, & 104 < x < 120 \\ 1.3 \times Damage, & 120 \leq x < 130 \\ 1.4 \times Damage, & 130 \leq x \leq PTH \end{cases} \quad (9)$$



图 16 加入 1.4 倍暴击的判定区间

- 1.5 倍暴击伤害的 PTH 阈值：135，是最后一个阈值。

在此情况下，1.5 倍暴击伤害的区间也会被加入圆桌中：

普通攻击的区间为[1, 90)，1.1 倍普攻伤害暴击的区间为[90, 104)，1.2 倍普攻伤害的区间为(104, 120)，1.3 倍普攻伤害暴击的区间为[120, 130)，1.4 倍普攻伤害暴击的区间为[130, 135)，1.5 倍普攻伤害暴击的区间为[135, PTH]

$$FinalDamage5(x) = \begin{cases} Damage, & 1 \leq x < 90 \\ 1.1 \times Damage, & 90 \leq x \leq 104 \\ 1.2 \times Damage, & 104 < x < 120 \\ 1.3 \times Damage, & 120 \leq x < 130 \\ 1.4 \times Damage, & 130 \leq x < 135 \\ 1.5 \times Damage, & 135 \leq x \leq PTH \end{cases} \quad (10)$$



图 17 加入 1.5 倍暴击的判定区间

- PTH 继续增大，不会再增加暴击伤害，只会继续扩大 1.5 倍暴击的区间宽度，增大圆桌，使得发生 1.5 倍暴击的概率越来越高。

根据式(1) ~ (7)，绘制伤害倍率期望曲线，图中的红圈对应各个阈值：

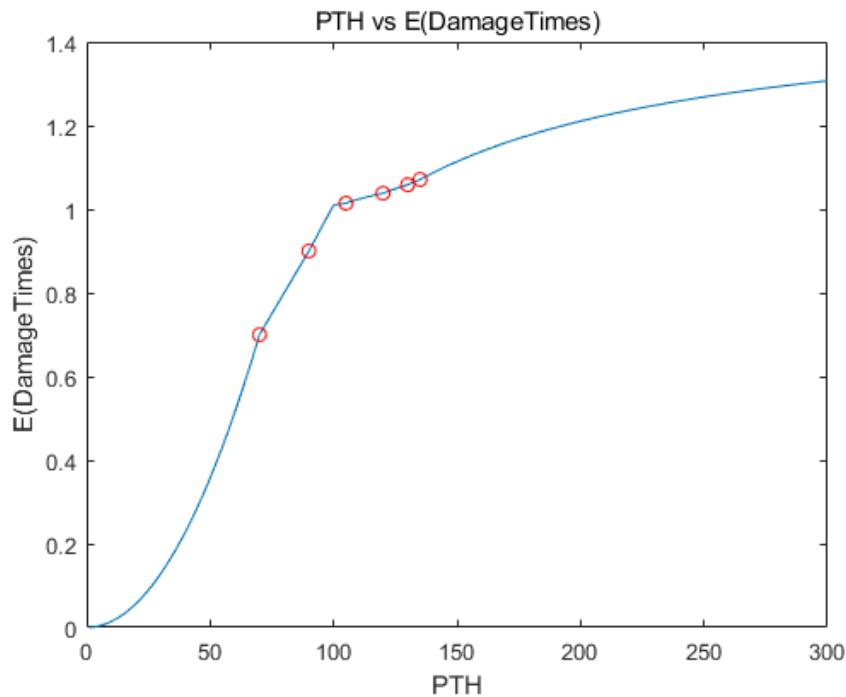


图 18 PTH 较小时的伤害倍率期望曲线

由图可知，在  $PTH = 100$  之前，伤害倍率期望上升的速度较快。而在  $PTH = 100$  之后，增速会逐渐减缓。继续增大  $PTH$  至 3000，图像如下：

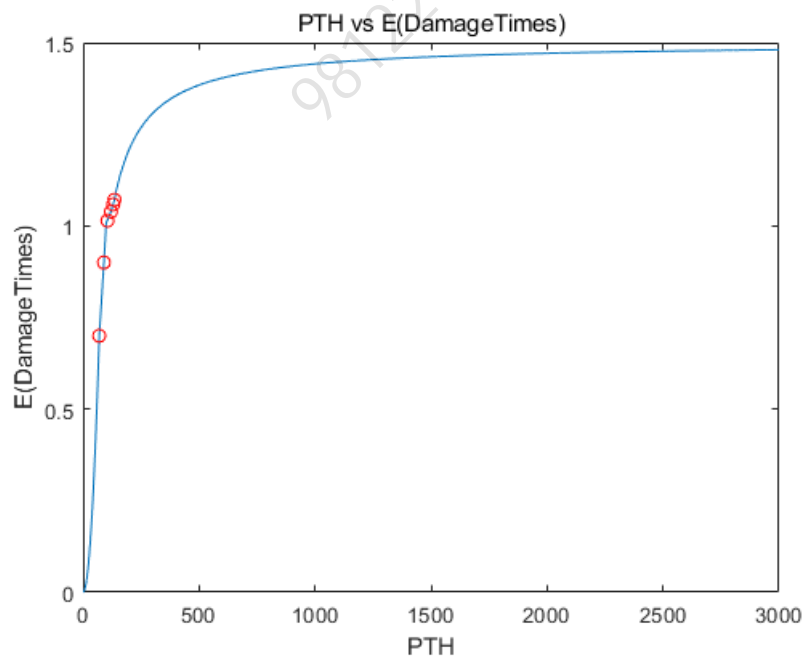


图 19 PTH 较大时的伤害倍率曲线

随着  $PTH$  的增大， $PTH$  增速逐渐趋于 0，伤害倍率期望逐渐趋近于暴击伤害上限（1.5 倍）。而  $PTH$  在值较大时几乎和  $OA$  为线性正相关的关系，所以提升  $OA$  对于伤害倍率期望值的提升是边际收益逐渐递减的。

再从防御方来研究  $OA$ 、 $DA$ 、 $PTH$ ：

将 OA 固定，DA 作为自变量，则

$$x(OA, DA) = \frac{3150A}{3.50A+DA} \text{ 变为反比例函数，极限为 } \lim_{DA \rightarrow \infty} \frac{3150A}{3.50A+DA} = 0.$$

$$y(OA, DA) = \frac{2.275}{100}(OA - DA) \text{ 变为线性负相关。}$$

与 OA 作为自变量时类似，在自变量值较小时， $x(OA, DA)$  为主导，后续逐渐以  $y(OA, DA)$  为主导，但斜率为负。PTH 随 DA 变化的曲线如下：

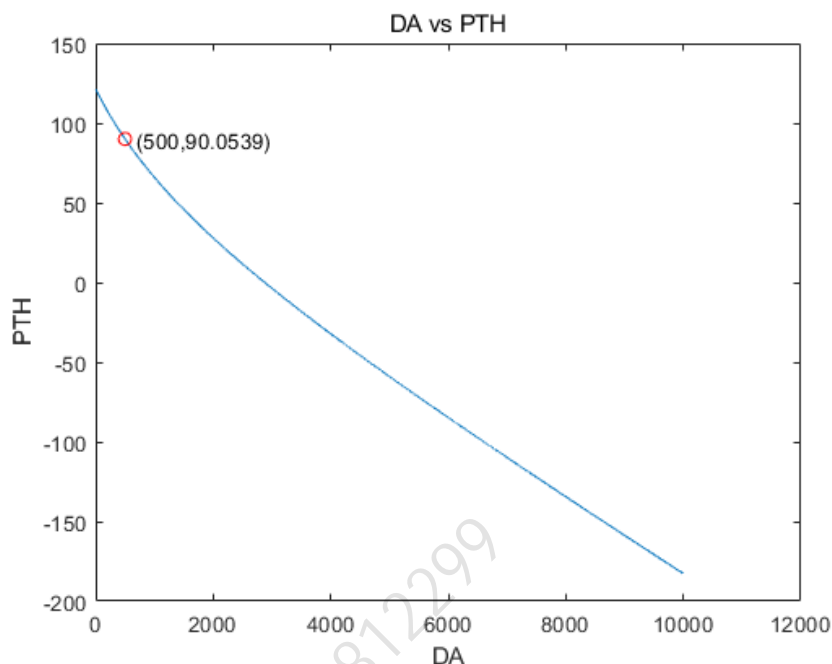


图 20 DA 为自变量 PTH 变化的曲线

可以看出，PTH 的值可以降至 0 以及负数，完全无法被命中。在《恐怖黎明》论坛中，玩家 Zeratulag 已经做过这个实验：当防御能力非常大的时候，被命中的概率会降至 0。

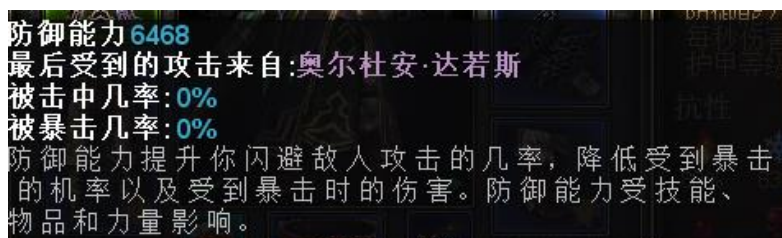


图 21 修改 DA 后的被击中几率

但实际游戏中其实无法达成这一点，因为防御能力的成长是有限的，即使所有的养成都以 DA 为导向，也不会达到这种水平。并且，PTH 判定的范围限于：近战攻击、远程攻击、以及附带 DEBUFF 的技能（占比为绝大部分），纯 AOE 伤害技能（占比较低）不受 PTH 判定的影响，是必定命中的。所以被击中几率即便达到 0%，也无法实现无敌的效果。

## 2.4 BUFF 和 DEBUFF

《恐怖黎明》中，BUFF 和 DUBUFF 共有四种：

数值类型	说明
点数绝对值( $\pm XX$ ) (称之为 TypeA)	描述的形式仅为 $\pm XX$ (不包含加减 $XX$ )。直接在当前某种属性数值的基础上线性叠加, 计算的优先级 <b>最高</b> 。 eg. +15 攻击能力, +20 攻击能力。 加成后的结果为: 当前攻击能力 + 15 + 20。
百分比绝对值( $\pm XX\%$ ) (称之为 TypeB)	描述的形式仅为 $\pm XX\%$ (不包含加减 $XX\%$ )。直接在当前某种属性百分比数值的基础上线性叠加, 计算的优先级 <b>第二</b> 。 eg. +15%火焰抗性, +20%火焰抗性。 加成后的结果为: 当前火焰抗性 + 15% + 20%。
百分比(增/减 $XX\%$ ) (称之为 TypeC)	按当前某种属性的值的 $XX\%$ 进行增减。同类型的属性值不叠加, 只取其中的最大值, 计算的优先级 <b>第三</b> 。主要出现在 DEBUFF。 eg. 增加 15%火焰抗性, 增加 20%火焰抗性。 加成后的结果为: 当前火焰抗性 + 20%。
点数(增/减 $XX$ ) (称之为 TypeD)	在当前某种属性的数值上增加 $XX$ 。同类型的属性值不叠加, 只取其中的最大值, 且数值类型本身为百分比, 也直接增加对应的属性, 计算的优先级 <b>最低</b> 。主要出现在 DEBUFF。 eg. 增加 15 攻击能力, 增加 20 攻击能力。 加成后的结果为: 当前攻击能力 + 20。

表格 2 BUFF 和 DEBUFF 类型及说明

整体的计算过程可以归纳为以下公式:

令某属性当前数值为  $X$ , 加成后为  $X'$ , 此时 TypeA、TypeB、TypeC、TypeD 四种 BUFF 分别有若干个, 则

$$\begin{aligned}
 X' = & \left( X + \sum TypeA \right) \times \left( 1 + \sum TypeB \right) \\
 & + \left| \left( X + \sum TypeA \right) \times \left( 1 + \sum TypeB \right) \right| \times \max\{TypeC\} \\
 & + \max\{TypeD\}
 \end{aligned} \tag{11}$$

eg. 我方当前 OA 为 1600.

$$TypeA = \{+60, +90, +100, +200\},$$

$$TypeB = \{+3\%, +4\%, +6\%, +12\%\},$$

$$TypeC = \{降低6\%, 降低12\%, 降低20\%\},$$

$TypeD = \{降低100, 降低150, 降低200\}$ , 则 OA 经过计算后的数值为:

$$\begin{aligned}
 OA' = & (1600 + 60 + 90 + 100 + 200) \times (1 + 0.03 + 0.04 + 0.06 + 0.12) \\
 & + |(1600 + 60 + 90 + 100 + 200) \times (1 + 0.03 + 0.04 + 0.06 + 0.12)| \times (-0.12) \\
 & - 200 \\
 = & 2055
 \end{aligned}$$

前两类多见于角色的装备词条, 技能说明, 星座点等。由于收益稳定, 直接在现有的数值上叠加, 并且按百分比放大, 所以 **A 类** 和 **B 类** 是玩家数值养成的主要来源。

后两类多见于怪物的光环, 地板技能等, 主要以 DEBUFF 的形式出现。它们的设计意图在于, 给怪物增加一些除伤害之外的战斗内容, 增加游戏深度和可玩性。而又因为 DEBUFF



如果过多，会严重影响玩家的游玩体验；而过少又会显得可有可无。所以此类数值的投放比较高，并且不能叠加，取最高值。

## 2.5 DOT 伤害

DOT 伤害虽然也是在一定时间内给角色或者怪物带来负面收益的状态，但与 C 类、D 类 BUFF 和 DEBUFF 不同的是，所有来源的 DOT 伤害都会叠加，不会取其中某个值。

## 2.6 其他的伤害判定

### 2.6.1 攻击丢失



图 22 攻击失误和投射物偏转

这类命中失败分为两种：我方无视近战攻击/远程投射物、以及对方攻击失误/远程瞄准障碍。和基于 OA、DA 的闪避不同，它们是以一个固定概率触发的效果，仅对近战攻击和远程投射物有效，触发时会完全避免当次攻击。

### 2.6.2 盾牌格挡



图 23 盾牌格挡

装备盾牌时，角色会以一定的概率格挡任意类型的一定数值的直接伤害，格挡成功触发时，会进入一段冷却时间。对 AOE 伤害，DEBUFF 伤害，DOT 伤害、反击反弹伤害不生效。

### 2.6.3 减免 XX%来自某类怪物的伤害

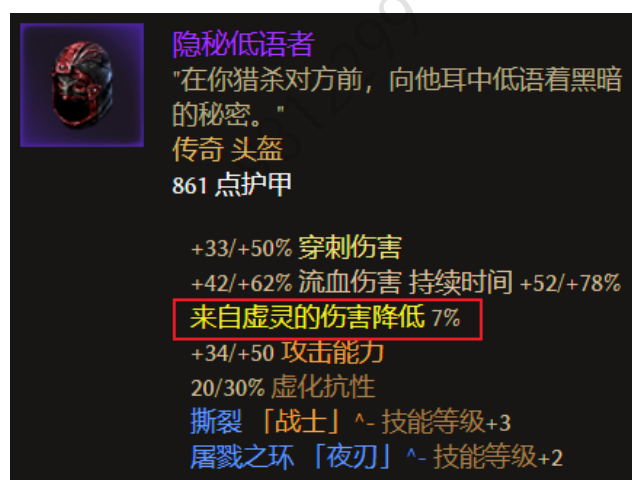


图 24 减免 XX%来自某类怪物的伤害

按百分比减少某类怪物对角色造成的伤害。

### 2.6.4 减免 XX 来自某类怪物的伤害

按自然数减少某类怪物对角色造成的伤害。

### 2.6.5 百分比伤害吸收

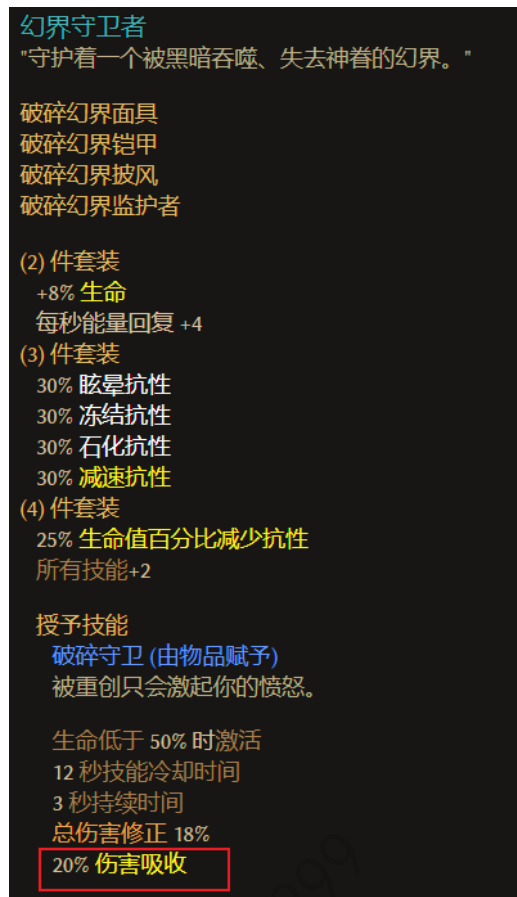


图 25 百分比伤害吸收

按百分比减少所有受到的伤害。但多个百分比伤害吸收同时生效时，不会叠加，而是依次分别结算。

例如：角色拥有 10%伤害吸收、25%伤害吸收。此时受到 100 点伤害，则

最终受到的伤害为： $100 - 100 * 10\% - (100 - 100 * 10\%) * 25\% = 67.5$

而不是： $100 - (100 * (10\% + 25\%)) = 65$

## 2.6.6 自然数伤害吸收



图 26 自然数伤害吸收

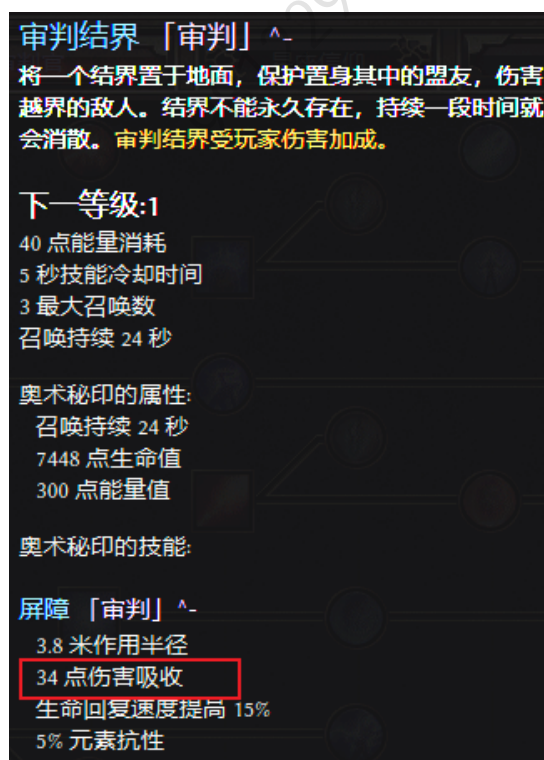


图 27 带持续时间的自然数伤害吸收

按自然数的伤害吸收分为两种，一种是带持续时间的，一种是不带持续时间的。带持续时间的伤害吸收判定完成，才继续进行不带持续时间的伤害吸收。

## 2.7 伤害判定流程

以上内容介绍了《恐怖黎明》中的各种防御机制，它们的结算顺序如下：

- 1) [攻击丢失](#)
- 2) 由[攻方 OA 和防方 DA 计算的 PTH](#) 确定攻击是否命中、暴击几率和暴击伤害。
- 3) [盾牌格挡](#)
- 4) [减少 XX%来自某类怪物的伤害](#)
- 5) [抗性减伤](#)
- 6) [护甲减伤](#)
- 7) [减少 XX 来自某类怪物的伤害](#)
- 8) [百分比伤害吸收](#)
- 9) [自然数伤害吸收](#)

编写了如下 MATLAB 代码：



CalcOrderDamag  
e.m

模拟了玩家受到一次伤害，进行伤害判定的全过程。

## 3. 角色属性

《恐怖黎明》中，共有 9 种职业，分别为：战士、爆破者、神秘学者、夜刃、奥术师、萨满、审判官、死灵法师、守誓者。与常规 RPG 不同，此游戏在创建角色时不选择职业，而是通过升级获得技能点，在某种职业中**投入技能点，即成为该职业**。并且，玩家可以最多同时选择**两种职业**，即总共有  $C_9^2 = 36$  种职业搭配，可以实现丰富的技能、装备等搭配，玩家能选择任意不同的流派游玩，广度非常大。



图 28 双职业设计

职业组合	战士	爆破者	神秘学者	夜刃	奥术师	萨满	审判官	死灵法师	守誓者
战士	/	/	/	/	/	/	/	/	/
爆破者	突击者	/	/	/	/	/	/	/	/
神秘学者	巫师之刃	烈焰术士	/	/	/	/	/	/	/
夜刃	剑圣	破坏者	巫师猎人	/	/	/	/	/	/
奥术师	战斗法师	巫师	术士	破法者	/	/	/	/	/
萨满	守卫	元素使者	咒术师	诡术刺客	德鲁伊	/	/	/	/
审判官	战术家	净化者	欺诈者	潜伏者	法师猎人	维护者	/	/	/
死灵法师	死亡骑士	污染者	秘术师	收割者	缚法者	祭司	变节者	/	/
守誓者	战争领主	破盾者	哨兵	狂舞者	圣殿骑士	执政官	帕拉丁	压迫者	/

表格 3 职业组合

### 3.1 标准人和职业定位

在常规 RPG 中，开发者会根据职业定位的不同，在标准人的属性上进行不同程度的乘法修正，缩放各项属性。但《恐怖黎明》中，所有职业的初始属性、以及投入属性点之后的属性成长都是相同的，如图所示：





图 29 LV1 战士属性



图 30 LV1 守誓者属性

精神 58  
 已使用属性点数: 1  
 生命值加成: 8  
 魔法伤害加成: +27%  
 持续性伤害加成: +29%  
 能量值加成: 16  
 能量回复加成: 15.1% + 0.08

精神 58  
 已使用属性点数: 1  
 生命值加成: 8  
 魔法伤害加成: +27%  
 持续性伤害加成: +29%  
 能量值加成: 16  
 能量回复加成: 15.1% + 0.08

图 31 战士和守誓者的属性点加成对比

从两组对比图中可以看出，战士和守誓者职业，在属性基础数值和属性点加成是完全相同的。也就是说，不同职业的玩家在等级的提升，投入属性点过程中，都是在对标准人直接进行养成，没有职业定位带来的属性倾向。

《恐怖黎明》区分不同职业的手段是技能点的分配。如图所示：



图 32 技能点系统

技能点除了分配至技能本身，获取和升级技能外（图 32 中上方的红色方框），还需要分配至下方红框的职业专精条。一旦给某个职业的精专条投放了技能点，即视为玩家选择了这个职业，并且只有在专精条中投入的技能点数量达到某技能对应的下方专精条的绿色数字，才可以给该技能进行加点（例如图 32 中第二列的技能，需要先在专精条中投放 5 点技能点，才能点亮）。不同职业的区别，体现在给职业专精条分配技能点数时带来的属性加成：



图 33 在专精条分配技能点的属性加成



如图 33 所示，战士和守誓者在给专精条分配技能点时，给予灵巧、精神、生命、能量的加成是不同的。

综上所述，《恐怖黎明》中区分不同职业的方法，并不是在标准人的基础属性数值上根据职业特性进行乘法修正，而是根据玩家在对应职业的专精条中投放点数时得到的属性加成上进行加法修正来区分职业，可以用如下表达式来表示：

常规 RPG 职业属性的表达式：

$$\begin{aligned} \text{职业属性} &= \text{标准人属性} * \text{职业特性修正} \\ &= \overline{\text{StandardAttr}} * \overline{\text{ClassMultiplier}} \end{aligned} \quad (12)$$

其中， $\overline{\text{StandardAttr}}$ 和 $\overline{\text{ClassMultiplier}}$ 分别为标准人属性矩阵和职业乘法修正的系数矩阵。而《恐怖黎明》职业属性的表达式：

$$\begin{aligned} \text{职业属性} &= \text{标准人属性} + (\text{专精条点数加成} + \text{职业特性加法修正}) \\ &= \overline{\text{StandardAttr}} + (\overline{\text{SkillPtBonus}} + \overline{\text{ClassAddition}}) \end{aligned} \quad (13)$$

其中， $\overline{\text{SkillPtBonus}}$ 是在专精条投放技能点的属性加成矩阵， $\overline{\text{ClassAddition}}$ 是不同职业的加法修正矩阵。

## 3.2 角色属性成长

上一部分介绍到，玩家投入属性点和向专精条投放技能点都可以提升人物属性。具体的加成数值如下：

- 投入属性点，提升体格、灵巧、精神等一级属性：

$$1 \text{ 属性点} \Leftrightarrow (+8 \text{ 体格}) \parallel (+8 \text{ 灵巧}) \parallel (+8 \text{ 精神})$$

每点一级属性对应的二级属性成长：

$$\text{➤ } 1 \text{ 体格} \Rightarrow \begin{bmatrix} 2.5 \text{ 生命值} \\ 0.04 \text{ 生命恢复} \end{bmatrix} \Rightarrow 0.5 \text{ 防御能力(DA)}$$

即，投入 1 属性点在体格，**体格+8**；获得 20 生命值，0.32 生命恢复，4 防御能力。

$$\text{➤ } 1 \text{ 灵巧} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 \text{ 生命值} \\ 0.4125\% \text{ 物理伤害加成} \\ 0.4125\% \text{ 穿刺伤害加成} \\ 0.4625\% \text{ 持续性伤害加成} \end{bmatrix} \Rightarrow 0.5 \text{ 攻击能力(OA)}$$

即，投入 1 属性点在灵巧，**灵巧+8**；获得 8 生命值，3.3%物理伤害加成，3.3%穿刺伤害加成，3.7%持续伤害加成，4 攻击能力。

$$\text{➤ } 1 \text{ 精神} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1 \text{ 生命值} \\ 0.4625\% \text{ 魔法伤害加成} \\ 0.5\% \text{ 持续伤害加成} \\ 2 \text{ 能量} \\ 0.2625\% + 0.01 \text{ 能量回复} \end{bmatrix} \Rightarrow \text{不提升OA或DA}$$

即，投入 1 属性点在精神，**精神+8**；获得 8 生命值，3.7%魔法伤害加成，4%持续伤害加成，16 能量，2.1%+0.08 能量回复。此加成与职业无关，由玩家自主选择。

- 投入技能点在专精条：

不同职业在专精条投入技能点，获得的加成不同：

技能点加成					
职业	体格	灵巧	精神	生命	能量
战士	5	3.5	1.5	28	10
爆破者	3.5	3.5	3	24	14
神秘学者	2.5	3	4.5	20	18
夜刃	3.5	4	2.5	25	13
奥术师	2	3	5	18	20
萨满	4	3	3	26	12
审判官	2.5	4	3.5	23	15
死灵法师	4	2	4	19	19
守誓者	5	2.5	2.5	25	13

表格 4 不同职业技能点的加成

这里需要注意，投入技能点对一级属性也会有加成。所以综合起来，每投入 1 技能点，对应职业的角色获得的属性加成为：

1 技能点的加成								
职业	生命值	生命恢复	物伤加成	穿刺加成	DOT 加成	法伤加成	能量	能量回复
战士	45.5	0.2	1.44375%	1.44375%	2.36875%	0.69375%	13	0.39375%+0.015
爆破者	39.25	0.14	1.44375%	1.44375%	3.11875%	1.3875%	20	0.7875%+0.03
神秘学者	33.75	0.1	1.2375%	1.2375%	3.6375%	2.08125%	27	1.18125%+0.045
夜刃	40.25	0.14	1.65%	1.65%	3.1%	1.15625%	18	0.65625%+0.025
奥术师	31	0.08	1.2375%	1.2375%	3.8875%	2.3125%	30	1.3125%+0.05
萨满	42	0.16	1.2375%	1.2375%	2.8875%	1.3875%	18	0.7875%+0.03
审判官	36.75	0.1	1.65%	1.65%	3.6%	1.61875%	22	0.91875%+0.035
死灵法师	35	0.16	0.825%	0.825%	2.925%	1.85%	27	1.05%+0.04
守誓者	42.5	0.2	1.03125%	1.03125%	2.40625%	1.15625%	18	0.65625%+0.025

表格 5 不同职业 1 技能点的属性提升

每种职业可以在专精条投入 50 点技能点，所以 50 点全部投放后，各职业总共获得的属性加成为：

50 技能点全部投入后加成								
职业	生命值	生命恢复	物伤加成	穿刺加成	DOT 加成	法伤加成	能量	能量回复
战士	2275	10	72.1875%	72.1875%	118.4375%	34.6875%	650	19.6875%+0.75
爆破者	1962.5	7	72.1875%	72.1875%	155.9375%	69.375%	1000	39.375%+1.5
神秘学者	1687.5	5	61.875%	61.875%	181.875%	104.0625%	1350	59.0625%+2.2
夜刃	2012.5	7	82.5%	82.5%	155%	57.8125%	900	32.8125%+1.25
奥术师	1550	4	61.875%	61.875%	194.375%	115.625%	1500	65.625%+2.5
萨满	2100	8	61.875%	61.875%	144.375%	69.375%	900	39.375%+1.5
审判官	1837.5	5	82.5%	82.5%	180%	80.9375%	1100	45.9375%+1.75
死灵法师	1750	8	41.25%	41.25%	146.25%	92.5%	1350	52.5%+2
守誓者	2125	10	51.5625%	51.5625%	120.3125%	57.8125%	900	32.8125%+1.25

表格 6 投入 50 技能点后各职业的属性

将玩家选择的双职业的属性加起来，即得点满两个专精条(100 点)后的属性加成，再加上玩家自己在体格、灵巧、精神中投入所有属性点(总计 107 点)后的标准人属性，可进而利用(13)式求得人物满级时，不穿戴装备的属性：

满级不穿戴装备双职业角色属性

$$= (1 \text{ 级标准人属性} + \text{属性点加成}) + (\text{职业 1 专精加成} + \text{职业 2 专精加成})$$

从表格 6 可以看出，随着人物养成度的提高，各个职业的分度也逐渐明显。例如战士的法伤加成低而血量高；奥术师的 DOT 和法伤加成高，但血量低。

### 3.3 角色等级

对角色从 1–44 级的经验值总和，升级所需经验进行数据采集，可得以下经验值曲线：

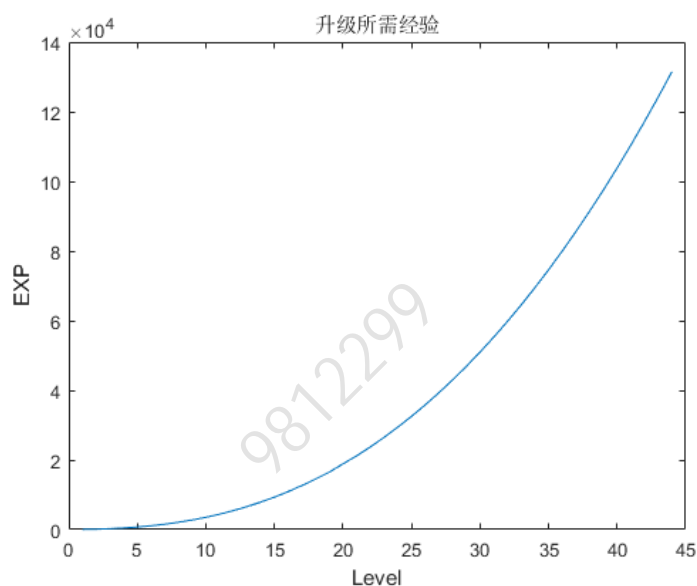


图 34 升级经验

从图中可以看出，升级所需经验随等级的提升越来越多，整体呈现出幂函数递增的趋势，符合绝大多数 RPG 游戏“前期快速成长、后期慢速成长”的规律。

设升级所需经验的函数为：

$$y = EXP[level]$$

对升级所需经验求 1–3 阶差分，可得各阶差分曲线：

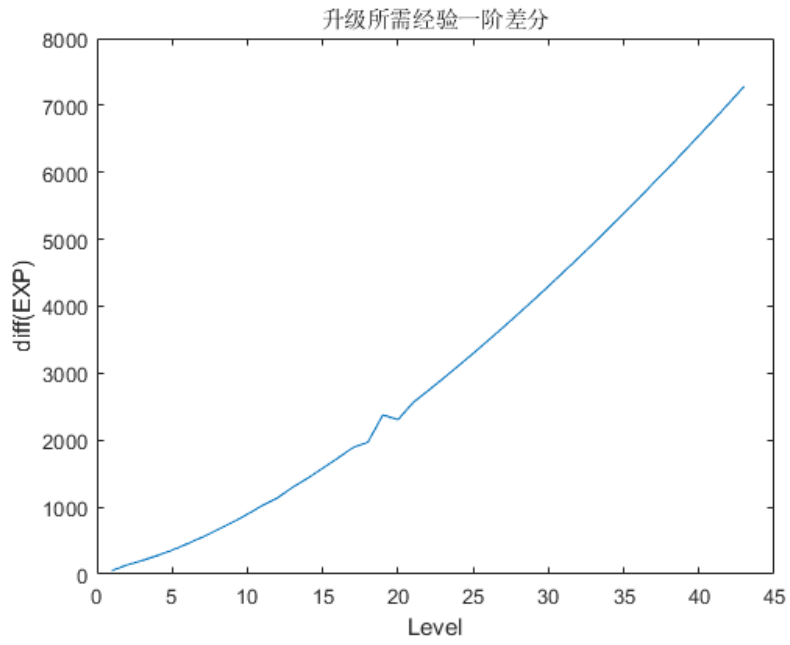


图 35 一阶差分

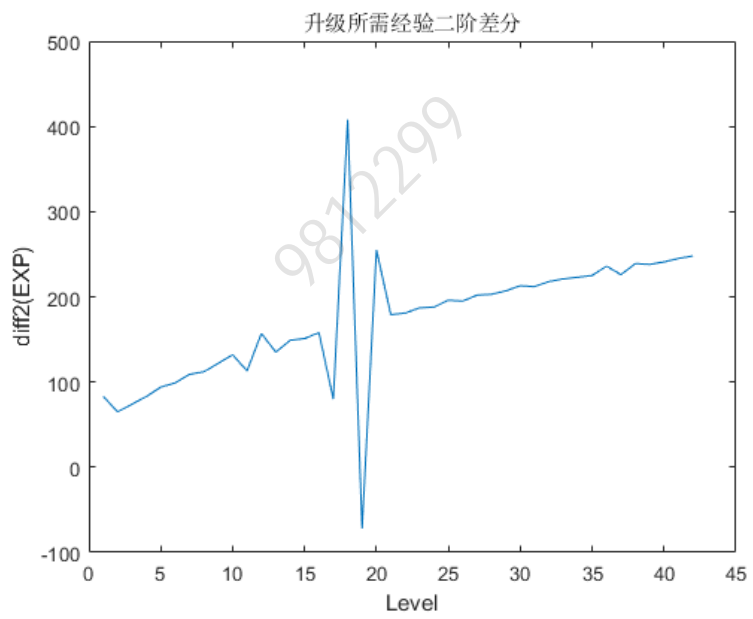


图 36 二阶差分

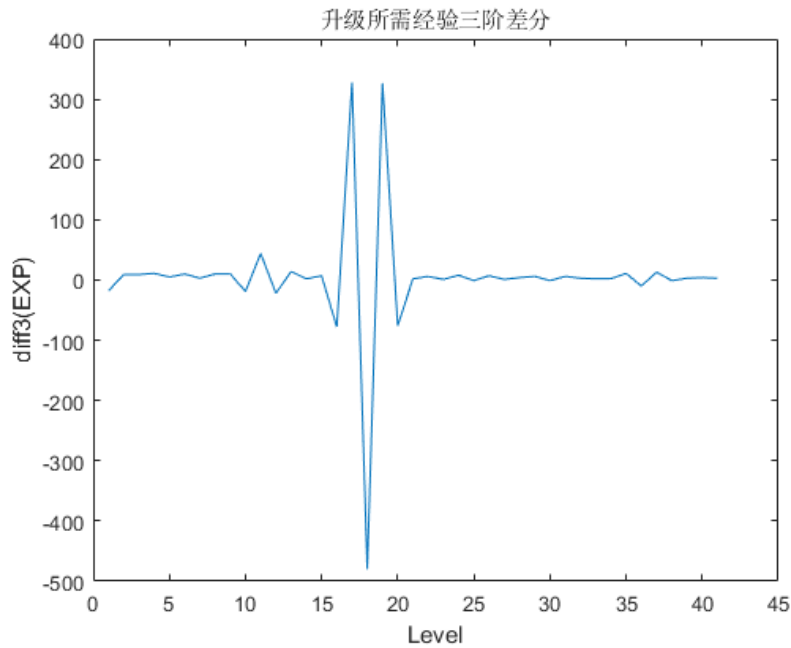


图 37 三阶差分

各阶差分图中，在 15-20 左右出现剧烈波动值，推断是收集数据的过程中有疏漏，视为异常点并剔除。求得差分后，使用 MATLAB 的 `cftool` 对曲线进行拟合，得 1-3 阶差分的表达式：

一阶差分：

$$\Delta EXP(Level) = p1 \times Level^2 + p2 \times Level + p3$$

95%置信区间：

$$p1 = 2.103 (2.004, 2.202)$$

$$p2 = 82.63 (78.15, 87.12)$$

$$p3 = -103.4 (-146.2, -60.53)$$

二阶差分：

$$\Delta^2 EXP(Level) = p1 \times Level + p2$$

95%置信区间：

$$p1 = 4.268 (2.778, 5.758)$$

$$p2 = 80.38 (43.61, 117.2)$$

三阶差分：

$$\Delta^3 EXP(Level) = p1 \times Level + p2$$

95%置信区间：

$$p1 = -0.04861 (-2.95, 2.853)$$

$$p2 = 5.045 (-64.9, 74.99)$$

在三阶差分时，等级带来的差异已经可以忽略不计，所以可以认为二阶差分是以 5 的步长固定上升的。由此可以猜测，升级所需经验和等级是三次多项式的关系，再次使用 `cftool` 进行 3 次多项式的拟合，得到表达式：

$$EXP(Level) = 0.692Level^3 + 41.57Level^2 - 186.5Level + 453.9$$

$$\approx 0.7Level^3 + 42Level^2 - 187Level + 454$$

对结果进行检验：50 级升级值 51 级所需经验为 188491 点：

距离下一级还需：**188,491点经验值**

代入，得：

$$\begin{aligned} EXP(50) &= 0.7 \cdot 50^3 + 42 \cdot 50^2 - 187 \cdot 50 + 454 \\ &= 183604 \end{aligned}$$

误差在  $\frac{188491-183604}{188491} = 2.6\%$  左右，偏差很小，在可接受范围内。

从时间的角度来说，1 级时一只普通怪物的经验值为 5，击杀时间大约为 2s，即 1s 可以大约获得 2.5 点经验值。由此可以得出纯杀怪升级时间的表达式为：

$$\begin{aligned} lvUpTimeKillOnly(Level) &= \frac{EXP(Level)}{2.5} \\ &= 0.28Level^3 + 17Level^2 - 75Level + 182 \end{aligned}$$

在 50 级时， $lvUpTimeKillOnly(50) = 78932(s) = 205(h)$ 。

显然，仅靠杀怪升级是极其缓慢的，即使是在等级很低的前期，纯杀怪升级的速度也较慢。在实际游戏中，杀怪是获取经验占比较少的途径，大约只有 10%~20% 左右，升级主要的是依靠任务经验。

## 4. 总结

《恐怖黎明》因为双职业的设计、多样的伤害类型以及数值类型等原因，总体上来说是一个数值设计比较复杂的游戏。本文通过对伤害计算、角色属性成长两个方面进行文字分析和数字模拟、绘图，对它的战斗数值设计进行了部分拆解，并给出了一些关于设计目的猜想。

在撰写这份数值拆解文档的过程中，我采用了多种技术和工具：

- 首先，我利用 AI 来获取一些优质的信息来源，然后在信息来源中根据自身需求进行精确搜索。
- 其次，我使用 MATLAB 进行了数据分析、绘图、曲线拟合和伤害计算流程模拟，同时也利用 Excel 的拉表、引用等功能进行技能点加成的推导。
- 在公式反推的部分，我使用了微积分、概率论等数学知识。
- 在分析过程中，我还进行了一些关于设计思路的猜测。

文中的数据、机制、计算过程等信息来源于《恐怖黎明》官网、模拟器、贴吧以及自己从游戏中采集的数据。