

关卡设计与游戏难度的一种量化方法——以战锤40k:暗潮为例

⚠ 我懒得加很多配图了，文字量会比较多，观感差只是因为我比较懒！

🚫 您不应该将这篇文章的任何内容以任何形式转载、引用且在互联网上传播。

一、论点

省流立论：

1. 适度的游戏难度会让玩家有更好的游戏体验；
2. 针对不同的游戏类型，游戏难度的模型也不同，本文旨在提出一种量化方式；
3. 关卡设计是控制游戏难度的一种底层工具；

本文认为游戏给玩家带来的体验可以被部分的衡量为难度要素与美学要素。仅就难度而言，在难度维持于一个适中水平时，玩家的游戏体验最好。而关卡设计可以通过一些数学或机制工具的形式，量化的影响游戏难度。

因此，游戏制作者可以依据自己想要为玩家营造的游戏体验，结合玩法特点和关卡设计风格，来开发数值工具和机制工具。

本文下列所述内容主要以游戏《Warhammer 40,000: Darktide》（下文中称为“暗潮”）为例。



<https://store.steampowered.com/app/1361210/40K/>

Save 50% on Warhammer 40,000: Darktide on Steam

Take back the city of Tertium from hordes of bloodthirsty foes in this intense and brutal action shooter. Warhammer 40,000: Darktide is the new co-op focused...

二、目录

一、论点

二、目录

三、游戏难度和体验的关系

对游戏难度的量化

游戏难度与游戏体验的关联

专注和施加刺激

以暗潮为例

四、具体工具的设计

波次

波次刷新法

PVZ1的方法

类型

列表

级别

结论

暗潮中的基本波次设计

怪物的种类

小队

三、游戏难度和体验的关系

对游戏难度的量化

对于不同类型的游戏，游戏难度这个概念似乎难以统一概述。

比如卡牌对战游戏中的难度聚焦在卡组构筑、计算与实操上；FPS游戏中，射击的体验与敌我能力的差距构成了难度；而在塔防游戏中，资源获取和防御塔的相对杀敌效率，敌人的质量数量等相关关联的内容构成了难度。

可以说，如果我们只考虑不同游戏自己的领域，是很难找到一个统一的标准来衡量“何为游戏难度”的。这也是游戏难度难以被量化的主要原因，因为它在大多时候都要么过于复杂，要么过于主观。

但如果我们把视角放的高一些，提到电子游戏整体的宏观层面上，那么上述我们考虑的时机、怪物、数值……等等要素，无论游戏类型是动作游戏、即时战略游戏还是策略类游戏，其作用都可以归结为两点：即策略和操作。



一般来说，无论何种游戏类型，玩家都会以这个逻辑进行游玩

简单来说，游戏难度可以概括为“玩家在游戏环境中作出正确决策，并将其正确执行的难度”。衡量的单位可以是反应速度、概率和游戏经验等，这点对于不同类型的游戏，应采取不同的单位。

对于强调玩家反应速度的游戏，如各类对战性的FPS（如《CS》系列，《战地》系列等），反应速度是制胜的关键；

而在各类RTS游戏中（如《星际争霸1和2》，《红色警戒》系列等），即时反应速度在胜负中的占比下降了，如果双方水平相近，胜负往往取决于选手的战术使用；

举例来说，星际2的虫族玩家有裸三开局的打法（即开局时正常运营，但不出兵和攀科技，直接放下第二和第三基地以加速采集，是只要经济不要防御的战术）。

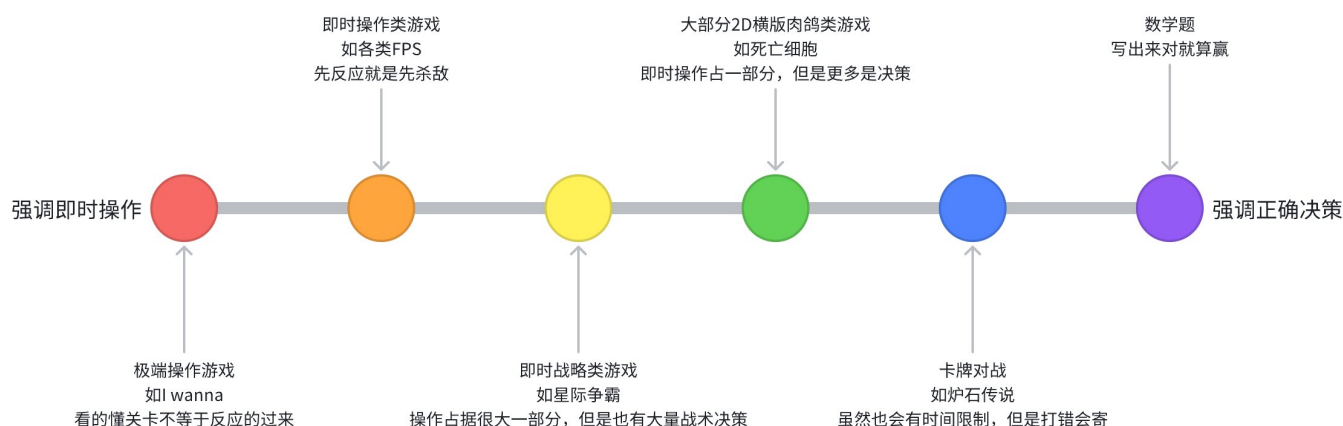
如果对方选手选择了大部分进攻战术，裸三的那方都拿不到任何优势，但如果对方选择了同样追求经济或防御性的战术，则裸三方的经济优势会极其巨大。



常见的裸三+单气矿的开局战术，此时小地图上看不到任何出兵建筑

在这种战术选择>操作水平的游戏中，只要不是选手的操作水平差距极大（如职业选手打普通人），那么胜负更多取决于战术选取的概率循环。这也是为什么视野在RTS类型游戏中总是极其重要，获得更好视野的那一方作出正确决策的概率往往更大。

游戏经验则是对于大部分类型游戏都有效的衡量。不过单讲所谓游戏经验还是太过笼统，笔者觉得此处可以概括为“玩家在100%作出正确决策时所积累游戏时长的中位数”比较合适；



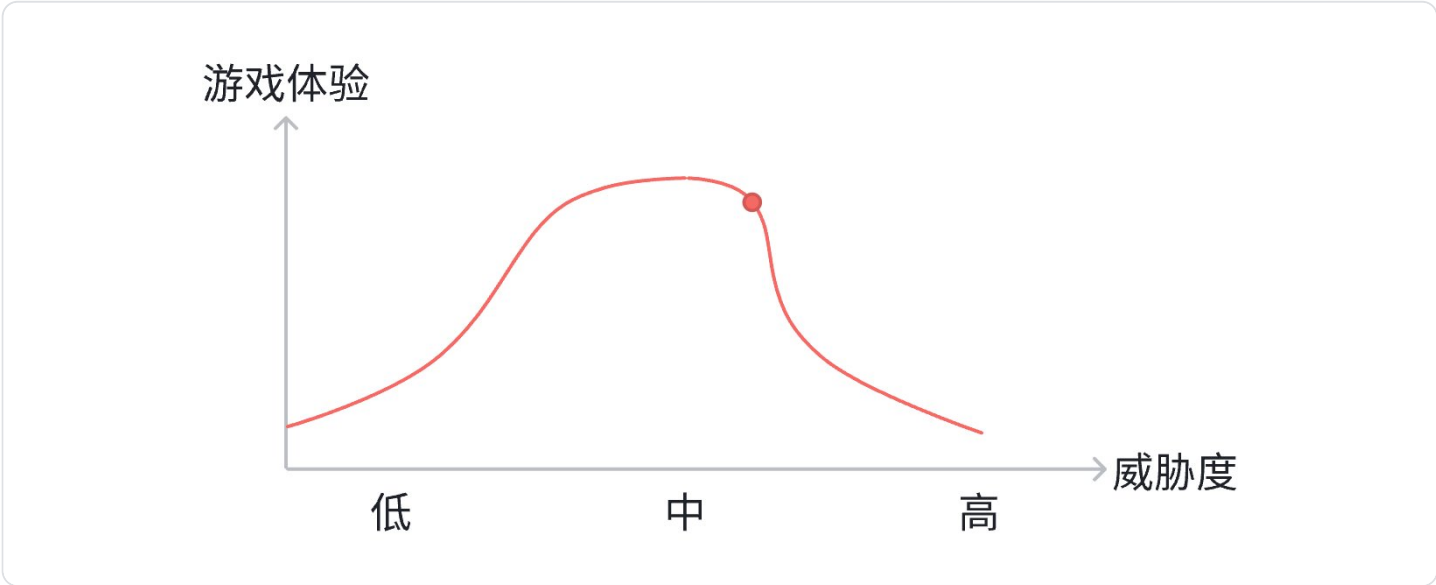
根据操作和决策对于游戏胜负（或收益）的影响程度，可以列出如上的一条光谱。大体上，更靠近即时操作一方的游戏，反应速率在游戏难度中的占比更大；靠近光谱中间的游戏更强调概率；而更靠近正确决策一方的游戏对于游戏经验的需求更高。

游戏难度与游戏体验的关联

为了将游戏难度与体验挂钩，我们需要为游戏难度引入一个可量化概念，在此我们称其为“威胁度”。

威胁度与玩家的游戏难度正相关。威胁度越高，玩家就会觉得游戏越难玩；同理，威胁度越低，玩家就会觉得游戏越简单。当然，决定威胁度和玩家体验挂钩的纽带，也就是我们上述的难度衡量的那些要素，比如游戏经验或者反应速度等等。

威胁度的具体定义需要从游戏本身入手才能拆解出来，但我们可以大致的描述出它与体验之间的关联。



为了方便界定，此处规定游戏体验是让游戏的核心受众玩家觉得舒适的平均线。

笔者在威胁度中—>高的区间内绘制了一个明显的转折点。这是在游戏的威胁度高到大多数玩家无法愉快进行游戏时会发生的事。或者说，这个点也可以是用来区分try hard玩家和普通玩家的分界点。分界点之前的游戏体验更多由游戏本身的娱乐性质提供，而分界点之后的体验则更多由非娱乐性的要素，如天梯排名，称号和成就提供。

事实上，找准这个点并且设置递减的实物性奖励，用稀缺性成就性奖励来区分玩家，能为不同的玩家都带来不错的体验。这是一种在手游中更常见的设计，如《明日方舟》中危机合约的奖励机制。

当然，笔者的这一观点有不少可以作为论据支撑的游戏。如经典拟真FPS《逃离塔科夫》在视频平台的受众并不少，但实际购买游戏并长期游玩的玩家可能连这个数的1%都没有。阻止玩家入坑、以及导致玩家退坑的理由，仅就游戏自身问题而言，无外乎“死亡惩罚大”、“机制繁杂”、“入坑困难”等等。

因此，我们可以说，虽然提高威胁度能够增强游戏体验，但高威胁度并不会给大部分玩家带来好的体验。

而“提高威胁度能够增强游戏体验”的部分，试求各种rougelike爬塔类游戏（如《杀戮尖塔》、《暗黑地牢》系列）、割草类游戏（如《吸血鬼幸存者》、《土豆兄弟》），大部分此类游戏的开局5min都是极度简单的。然而对于该类游戏的受众来说，这些威胁度较低的部分，与其说是体验，不如说是累赘。

这种低威胁度对应低体验的原理可以类比到游戏作弊或者开挂上。如果玩家赢得胜利太过轻松，那么胜利也就相应的一文不值了。

由此，我们得出结论：设计师需要提供玩家充足的威胁度，以满足玩家战胜困难的情感需求，才能够提升玩家的游戏体验。

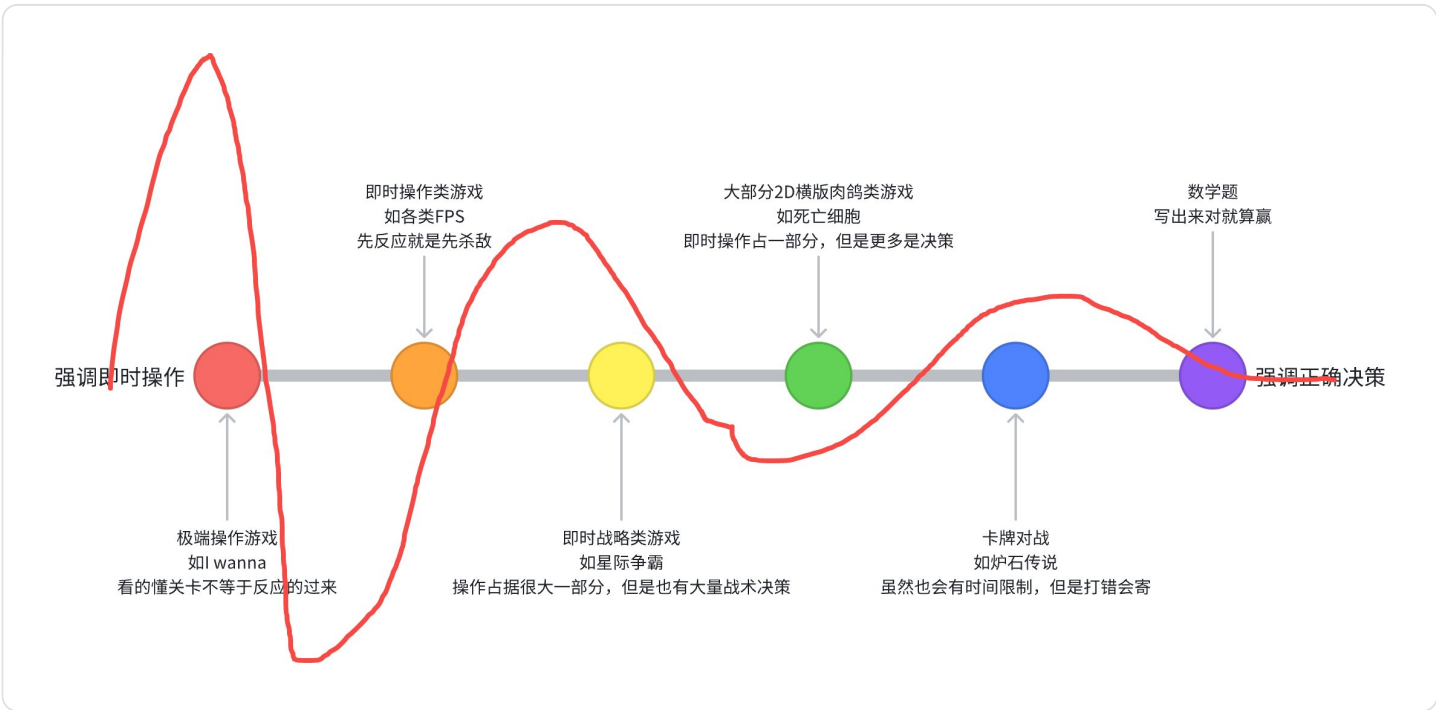
专注和施加刺激

但是，即使我们已经知道需要提供威胁度，也需要想办法把威胁度以一种更合适的方式提供给玩家。一款从头到尾都是一个难度的一成不变的游戏并不会给玩家带来什么体验上的新鲜感。

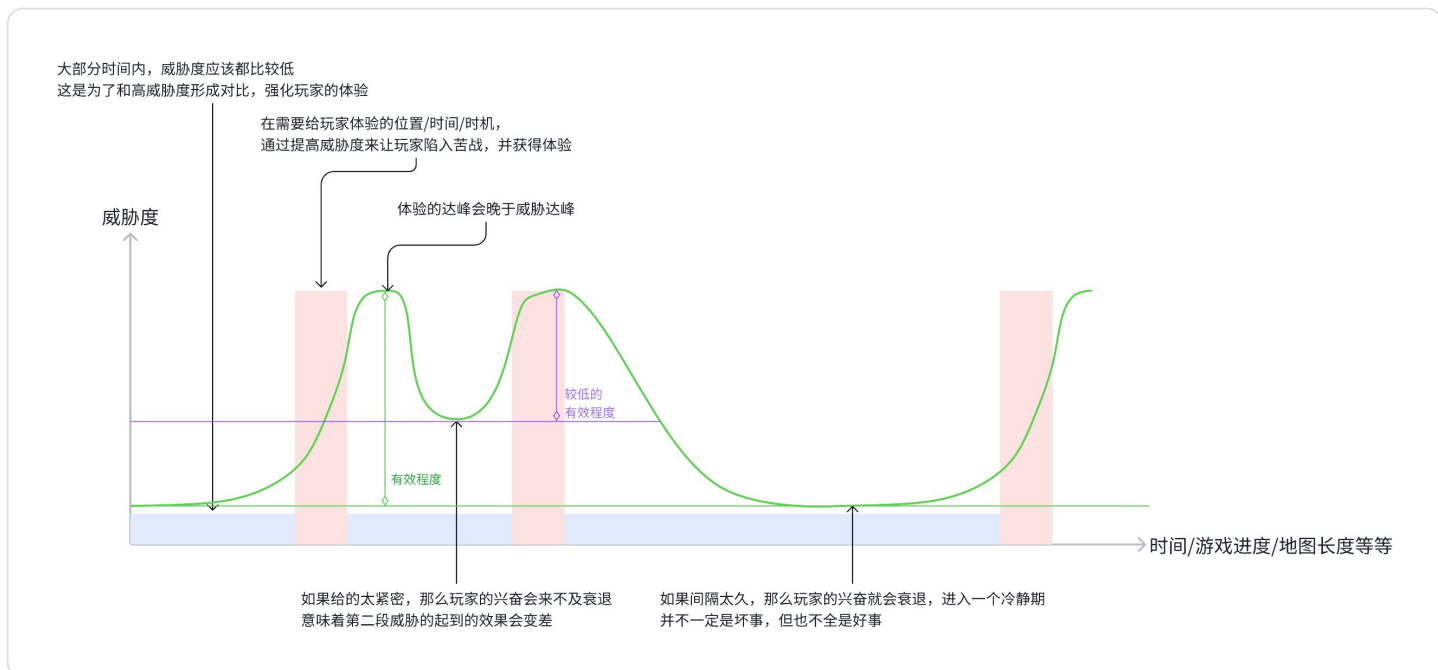
在客服拖延症的领域，存在着一种叫五分钟原则的方法。即预感到自己会拖延时，先进行至少五分钟的工作，在大多数情况下，五分钟之后拖延的情况会有好转，即使没有好转也已经进行了五分钟的工作，比因为拖延而完全不做要好得多。

举这个例子，只是为了说明人类心理保持某种状态是存在时效性的。人可以通过一些方式摆脱拖延，但反过来也一样。玩家为了获得威胁度带来的体验，必然要专注在游戏中，而专注本身也有时效性，会因为游戏刺激而疲劳、厌倦，进而导致体验下降。

因此，威胁度需要根据时间表现出差异。一次高威胁度阶段的持续时间因游戏类型而定，在上面那个光谱表右端的游戏几乎没有高低威胁度之分，但在左端则表现出短烈快的特征。



把它抽象一点的呈现在图上的话，大概就会是这样的情况。考虑到“刺激”这种感觉因为人类心理的这样那样的机制，它会自发的平滑过渡，而且存在一些滞后性，我们也可以针对于某个特定情形做一个示意图。



游戏开发的实际上不可避免的会存在上图中名为冷静期的瓶颈。倒不是说设计上天生存在一些缺陷，而是这种“玩家没什么新鲜感”的部分大多受制于实际开发中的各种资源短缺、产能不足问题。

想要平滑好每一段体验需要投入极其大量的时间和成本，这在实际开发中的难度实在太高。

但冷静期并不一定是坏事，关键在于如何调整，或者如何利用冷静期。许多RPG类游戏会在主线进展到两个BOSS战中间漫长的剧情期内插入支线任务，或者干脆丢一堆罐头小游戏来填补玩家的无聊时间。而在威胁度高峰更加陡峭的游戏，比如FPS和moba中，这种冷静期是玩家放松自己的好机会，是鏖战之后的喘一口气。

以暗潮为例

让我们用暗潮作为例子，把上面提到的这些点全部都串一遍。

考虑到暗潮是一款类似《求生之路》系列的合作PVE推图游戏，失败惩罚适中（玩家输掉本局游戏，时间浪费，但是可以无限次数重新开始），且每局存在很大随机性。笔者认为使用游戏累计时长作为游戏难度的衡量单位比较合适。

同时，作为一款PVE游戏，我们可以简单将游戏难度相关的因素归结为怪物的数量和怪物的质量。

威胁度与怪物的数量和质量正相关。虽然并不是绝对线性相关，但是我们仍然可以说，怪物的数量越多，质量越高，威胁度也就越大。当然，各种怪物同样存在一些搭配之类，不过那样的情况细究起来太复杂，此处拆解就仅考虑最简单的乘法计算。

由此，我们就可以得到对于暗潮这款游戏的游戏难度基础量化公式。

$$\text{威胁度} = \frac{\sum F(\text{怪物数量}) * \sum G(\text{怪物质量})}{H(\text{玩家累计游戏时长})}$$

其中函数F(x)、G(x)分别为不同怪物数量和怪物质量与威胁度的逻辑关系，H(x)则代表玩家游戏累计游戏时长与游戏经验之间的逻辑关系（毫无疑问，这个函数长得会非常像个log）。

F(x)和G(x)显然也会受到关卡设计等要素的影响。举例来说，在开阔地形中，自爆类型的怪物提供的威胁度较低，而远程炮台类型的怪物提供的威胁度较高，在狭窄地形中则相反。此外，自爆类型的怪物

数量叠加提供的威胁度无论如何都较少，而在开阔地形中，炮台类型的怪物存在威胁度上1+1>2的情况。

不过即使这样，威胁度这个东西还是太抽象了，想要落到游戏里还存在一定障碍。

为了解决这些概念的实操问题，我们需要引入一些工具。

四、具体工具的设计

波次

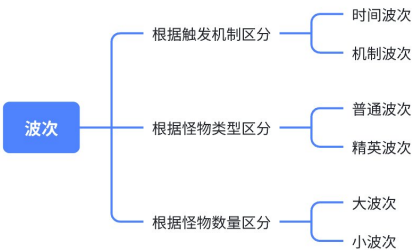
用波次作为高压的机制设计由来已久，在PVE游戏中已然是常态，经典代表就是《植物大战僵尸》中的那个“一大波僵尸要来了”。



在波次中，大量的怪物组成一个波次对玩家发动攻击。这与常态的少量但持续性出怪形成一种威胁度上的对比。

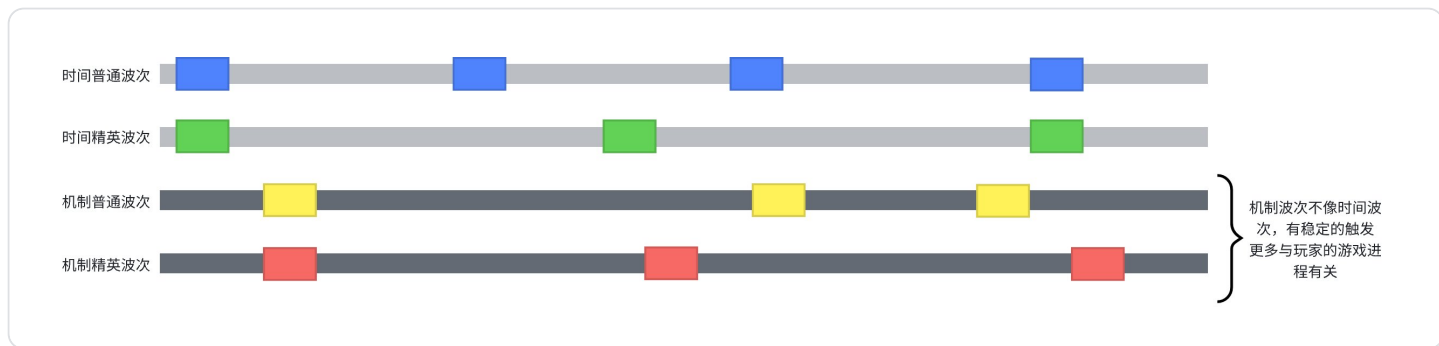
我们在这里将波次认知为一种可以调用的工具。设计的关键在于如何设计出一套机制来安排好波次，以给玩家提供游戏体验。

暗潮中的波次相对比较全面，囊括了大部分笔者所见过的类型。我们可以将波次根据触发机制分为时间波次和机制波次，根据怪物类型分为精英波次和普通波次，根据数量分为大波次和小波次。



当然，继续细分可以分出更多类型，在此不再赘述。

综合不同触发机制和怪物类型，可以得到下图。



时间波次相对来说调整的灵活性没有那么强，因此在下文中，我们将针对机制波次进行一些分析。

波次刷新法

由于没有办法获得暗潮的源代码（:P），所以在此我们对波次表现上相似的PVZ1的波次刷怪机制进行分析，并结合同公司相似类型的作品《鼠疫》来进行拆解。

暗潮中将怪物分为普通、专家和精英三种类型，普通波次里也可能会有专家与精英小队混入，而精英波次则根据类型不同，有纯精英和混合波次之分。普通波次的混编版本也就是玩家口中常说的肉潮，而精英波次的混编版本也就是玩家口中常说的混潮，两者的区分主要体现在怪物的装甲率上。

无论何种波次，考虑到暗潮连最基础的普通怪都存在7种不同的类型，如果一个个计算的话，每个波次的计算量实在太大，因此它们是以小队为最小单位的，而单小队中怪物的数量根据难度分为n1至n5五个不同类型，金级难度下，根据笔者的经验，单小队中怪物数量大致会有1.25倍左右的提升。

在PVZ1中，波次出怪是根据一定随机算法计算出一个列表，在波次时根据列表进行出怪。

代入暗潮后，大体可以概括为：某个波次存在名为战斗力的固定资源，怪物以小队为最基本单位，拥有权重和不同战斗力，形成一个卡池。在卡池中重复抽卡，直到抽出来的战斗力之和刚好等于战斗力的上限。

与PVZ相同的是，暗潮中机制波次的刷新存在一个最小冷却时间，系统不会在短的时间内刷出多个波次，但可能会刷新一个极长的波次。

PVZ1的方法

类型

随机数生成器算法为 MT19937。

<https://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E6%A2%85%E6%A3%AE%E6%97%8B%E8%BD%AC%E7%AE%97%E6%B3%95zh.wikipedia.org>

随机数种子由以下公式提供：

用户序号 + 出怪种子(默认为0，继承自计算前的数值) + 完成选卡次数 * 101 + 游戏模式；

对于基础类怪物：普通僵尸、路障僵尸、读报僵尸；有以下规则：

- 普通僵尸必定出现；

- 路障僵尸和读报僵尸有一个提前的抽选轮，此时两者出现的比例为4:1。但即使未出现，在后续轮次中也可能被选中。

令可出怪类型为 m ，剩余出怪类型为 n （此处不包括衍生怪），则有：

普通僵尸出现的概率为：1.0;

路障僵尸出现的概率为： $0.8 + \frac{0.2n}{m}$;

读报僵尸出现的概率为： $0.2 + \frac{0.8n}{m}$;

其他僵尸出现的概率为： $\frac{n}{m}$;

m 的取值范围视地图类型有差异，大体上 $m \in \{16, 17, 18, 20\}$

$n = \min(\text{选卡次数} + 1, 9)$ ，且 n 不包括普通僵尸与路障/读报。

僵尸类型总数为9/10/11的概率分别为：

$n * (n - 1) / (m * (m - 1))$;

$n * (m - n) * 2 / (m * (m - 1))$;

$(m - n) * (m - n - 1) / (m * (m - 1))$;

根据 m 取值的不同（实际上是一些地图中不会出现对应怪物，如屋顶不会出现潜水僵尸），得到如下表格：

m取值	普通僵尸	路障僵尸	读报僵尸	其他	9种	10种	11种
16	1	91.25%	65.00%	56.25%	30.00%	52.50%	17.50%
17	1	90.59%	62.35%	52.94%	26.47%	52.94%	20.59%
18	1	90.00%	60.00%	50.00%	23.53%	52.94%	23.53%
20	1	89.00%	56.00%	45.00%	18.95%	52.11%	28.95%

列表

出怪列表存储于内存地址[[[6a9ec0] + 768] + 6b4]开始的连续 1000 个 int_32 类型的地址。

信息源：植僵知识百科_植僵工具箱；

每次选卡时进行20波生成，按照列表顺序，每波上限为50只。对于大波（即上述“一大波僵尸要来了”），额外刷出8只普通僵尸和1只旗帜僵尸。

不同僵尸有不同的权重和级别，级别（即我们上述描述的战斗资源）和不超过该波次的容量上限。

容量上限的计算公式为：

每波容量上限 = $round(round(\frac{0.8(当前波数 + 已完成选卡数 * 每轮总波数)}{2}, 0), 0) + 1;$

已完成选卡数实际上等同于玩家已经完成的游戏轮数。

对于大波，额外乘以2.5并再取整。

此处round为excel语法中的四舍五入取整公式。

笔者比较会写这个，故就都这么写了。

对于各种类型僵尸，其数值如下：

类型	ID	级别	权重
普僵	0	1	4000
旗帜	1	1	0
路障	2	2	4000
撑杆	3	2	2000
铁桶	4	4	3000
读报	5	2	1000
铁门	6	4	3500
橄榄	7	7	2000
舞王	8	5	1000
伴舞	9	1	0
鸭子	10	1	0
潜水	11	3	2000
冰车	12	7	2000
雪橇	13	3	2000
海豚	14	3	1500
小丑	15	3	1000
气球	16	2	2000
矿工	17	4	1000
跳跳	18	4	1000

雪人	19	4	1
蹦极	20	3	1000
扶梯	21	4	1000
投篮	22	5	1500
白眼	23	10	1500
小鬼	24	10	0
僵博	25	10	0
豌豆	26	1	4000
坚果	27	4	3000
辣椒	28	3	1000
机枪	29	3	2000
窝瓜	30	3	2000
高坚果	31	4	2000
红眼	32	10	6000

权重会根据波次数有动态的变化，比如普通僵尸和路障僵尸的权重会根据波次逐渐减少，最终降低为400/1000。

级别

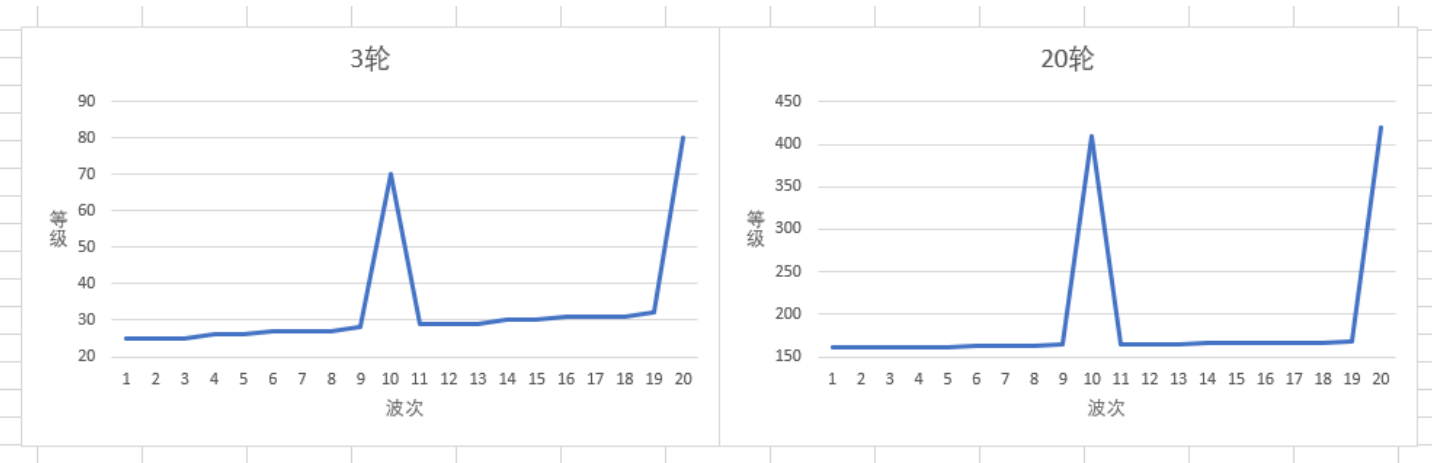
计算得到每一波次的级别上限，因为数据太多放不下了，这里选一些比较有代表性的展示：

轮数\波次	1	7	14	20
0	1	3	6	20
1	9	11	14	40
2	17	19	22	60
3	25	27	30	80
4	33	35	38	100
5	41	43	46	120

6	49	51	54	140
7	57	59	62	160
8	65	67	70	180
9	73	75	78	200
10	81	83	86	220
20	161	163	166	420
30	241	243	246	620
40	321	323	326	820
50	401	403	406	1020
60	481	483	486	1220

值得注意的是，在周期稳定的关卡（如无尽模式）内，波次10与20为一大波僵尸的刷新点。

在同一轮数内，不同波次的级别和呈现出如下的走向：



可见在轮数较低时，级别会随着关卡的推进逐级升高，而在诸如无尽模式的长线关卡中，玩家在后期会体验到几乎相同的高压波次。这符合PVZ作为一款塔防游戏在主线模式和挑战模式中对不同类型玩家作出区分的设计需要。

这样的级别曲线使得前期关卡的出怪容量不够用，大多数波次都是填满的状态。而后期每波都有盈余，于是随机系统会在高压波次中有更大的搭配空间。根据内置函数进行实测，则得出数值如下：

- 1 完成轮数：10 (20 flags)
- 2 僵尸总数：636 (满值1000)
- 3 每波上限级别：[81, 81, 81, 82, 82, 83, 83, 83, 84, 210, 85, 85, 85, 86, 86, 87, 87, 87, 88, 220]

- 4 每波实际级别：[81, 81, 81, 82, 82, 83, 83, 83, 84, 143, 85, 85, 85, 86, 86, 87, 87, 87, 88, 121]
- 5
- 6 完成轮数：50 (100 flags)
- 7 僵尸总数：1000 (满值1000)
- 8 每波上限级别：[401, 401, 401, 402, 402, 403, 403, 403, 404, 1010, 405, 405, 405, 406, 406, 407, 407, 407, 408, 1020]
- 9 每波实际级别：[185, 216, 188, 195, 213, 188, 190, 206, 204, 183, 209, 194, 215, 192, 203, 187, 196, 196, 193, 157]

结论

根据数据我们可以得出，PVZ的出怪在大概42轮后达到1000只的饱和。达到出怪饱和意味着理论算法上游戏不会再主动增加难度，不过考虑到出怪列表存在随机性，轮数的不同意味着出怪类型也会有所变化。因此，即使在难度达到稳定后，玩家仍然会体验到难以处理的高压轮和没有什么特殊怪物的恢复轮。

PVZ的这套系统给予了策划对游戏难度的很大调整空间。通过调节不同怪物的等级和权重，可以很轻松的控制的最终出怪列表里的比例，具体数学方法在下文对暗潮出怪机制的拆解中会详细介绍。

暗潮中的基本波次设计

实测中，笔者观察到在部分允许多个BOSS同时存在的词条中，除了少量机制刷新的特殊敌人外，几乎不会刷新新的小怪。因此，笔者认为暗潮将小怪、精英、专家和BOSS怪物算入同一个战斗力池中考虑，采取了一种类似PVZ的波次机制。

怪物的种类

只是为了方便下文提到时的查阅，如无需要可以折叠。

类型	名称
普通怪物/尸潮	呻吟者
	瘟疫行尸
	渣滓壮汉
	渣滓盯梢者*
	血痴壮汉
	血痴射手
	血痴盯梢者*
专家	血痴轰炸者**

	血痂火焰兵**
	血痂狙击手
	血痂陷阱手**
	渣滓火焰兵**
	渣滓剧毒轰炸者**
	变种人
	瘟疫猎犬
	瘟疫自爆者
精英	盾卫
	收割者
	粉碎者
	渣滓炮手
	渣滓霰弹手
	渣滓狂暴者
	血痂狂暴者
	血痂炮手
	血痂霰弹手
	血痂重锤兵

*：这些怪物会触发特殊机制；

**：这些怪物的刷新机制比较特殊；

小队

即使在非高威胁度情况下，根据游戏难度的不同，每次刷新的怪物数量也存在差异。根据实测，大致可以测算出暗潮的刷怪区间与难度的关系。

取几个代表性较强的级别，数值如下：

难度	种类	数量
n4	普通怪物（除盯梢者）	3~8

	专家（除特殊）	0~5
	精英	1~5
n5	普通怪物（除盯梢者）	4~12
	专家（除特殊）	1~7
	精英	1~8

此外，若以n1难度下怪物的血量为100%，则n2~n5分别为：125%、150%、200%、250%。
金级会额外提升约25%的出怪量，也会进一步提升怪物的血量。

关于组合概率的计算

根据PVZ的波次设计，我们假设一组测试数据。分别包括2战斗力，出现概率25%的怪物A；1战斗力，出现几率25%的怪物B；3战斗力，出现概率50%的小队C。在我们提供6点战斗力的情况，共存在七种结果。

怪物A
2战斗力
几率25%

怪物B
1战斗力
几率25%

小队C
3战斗力
几率50%

提供6点战斗力，此时存在的情况有：

小队C+怪物A+怪物B

怪物A*2+怪物B*2

小队C*2

怪物A*1+怪物B*4

小队C+怪物B*3

怪物B*6

怪物A*3

对于各种情况的概率，可以使用如下的方式进行计算：

假设 n_A 、 n_B 、 n_C 分别表示怪物A、B，小队C出现的数量，有条件： $2n_A + n_B + 3n_C = 6$ ，且 n 均为整数，枚举所有可能性，表述为：

$$(n_A, n_B, n_C) \in \{(3, 0, 0), (2, 2, 0), (1, 4, 0), (0, 6, 0), (1, 1, 1), (0, 3, 1), (0, 0, 2)\}$$

设怪物的出现概率为 p_A 、 p_B 、 p_C ， $p_A = 0.25$ 、 $p_B = 0.25$ 、 $p_C = 0.5$ 。
组合 (n_A, n_B, n_C) 的概率计算公式为

$$P(n_A, n_B, n_C) = \binom{n}{n_A, n_B, n_C} \cdot P_A^{n_A} \cdot P_B^{n_B} \cdot P_C^{n_C}$$

其中 $n = n_A + n_B + n_C$ ， $\binom{n}{n_A, n_B, n_C}$ 是多项式系数，表示总排列可能性。

对 $P(n_A, n_B, n_C)$ 进行归一化，则有：

$$P_{normalized}(n_A, n_B, n_C) = \frac{P(n_A, n_B, n_C)}{\sum P(n_A, n_B, n_C)}$$

最后，可得以下结果：

组合	概率
(3,0,0)	0.015625
(2,2,0)	0.0234375
(1,4,0)	0.009765625
(0,6,0)	0.00024414
(1,1,1)	0.046875
(0,3,1)	0.015625
(0,0,2)	0.25

归一化后为：

组合	概率
(3,0,0)	0.0432
(2,2,0)	0.0648
(1,4,0)	0.0270
(0,6,0)	0.0007
(1,1,1)	0.1296

(0,3,1)	0.0432
(0,0,2)	0.6915

其归一化后概率和约等于1，验证得数据有效。

因此，控制好战斗力的量，调节权重和各怪物对应的战斗力值，就可以很方便的控制最终想要为玩家提供的威胁度。如果希望质量高一些，就可以调高强力怪物组合的权重，降低一般怪物的权重。如果希望数量有提升，就降低怪物的战斗力，或者提高该波次的战斗力上限。

不过，这样的设计也只能在根据时间刷新的常规波次上直接套用。对于暗潮这样的PVE游戏，仅有时间波次的内容量并不很够。而且目前我们还没有进入到关卡设计的领域。

有没有其他能够和地图、机制等结合的刷新办法呢？

拌线

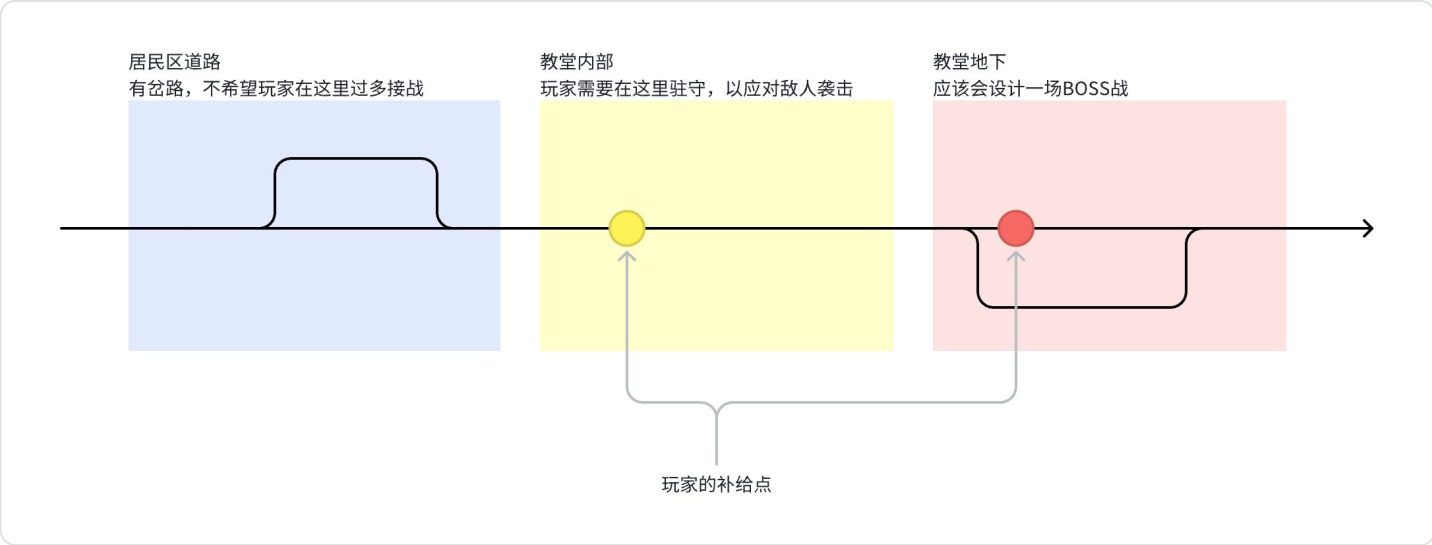
要说到与地图直接相关的波次刷新办法，最直观的也就是当玩家到达某个地点时，刷新一波怪物了。

暗潮这类PVE刷刷刷游戏的地图大体上是线性的，虽然可能有岔道，但是岔道并不影响线性推进到关底的路线。将一局游戏的地图拉成直线的话，可以大致绘制成这样。

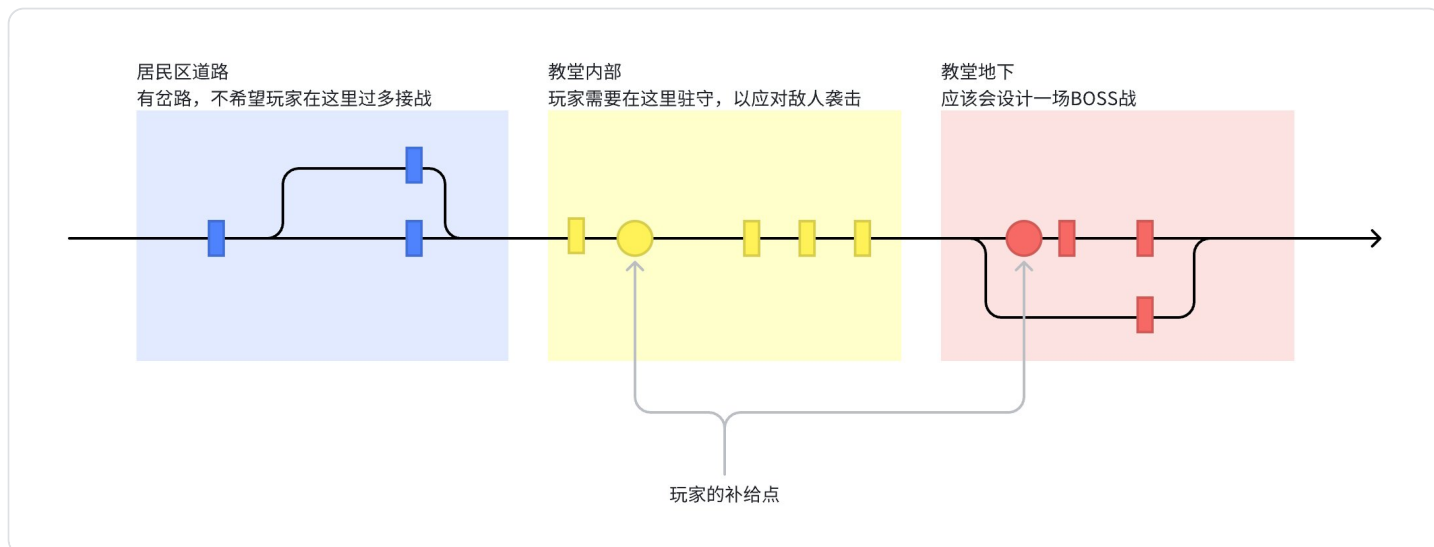


然后我们简单的根据地图设计，对上述路线进行一下标注。

假定在这个关卡中，玩家需要穿过居民区道路到达一个教堂，在教堂里完成驻守，在驻守后到达教堂地下墓地打一场BOSS战并撤离。那么我们大概可以将上面这张地图简单布置成这个样子。



根据上述列出来的需求，简单调整一下拌线布置，就可以得到如下的分布：



前期的拌线相对较少，玩家的推进速度会比较高，而在我们希望高压的教堂区，通过大量设置拌线的形式，玩家会遇到激烈的遭遇战。由于玩家相对较慢的推进速度，我们甚至可以开始考虑适当提升这个区域的地图美学设计和音乐搭配。

而在高威胁度阶段过去后，在到达BOSS战前，可以给玩家一段赶路的冷静期。BOSS战则更多作为一个关底考验存在，因此我们在终局前还设置了一些拌线，希望玩家在适度的战斗后再遇到BOSS。

由于岔路相对来说都比较狭窄，拌线的设置量可以适度下降。在相对狭窄的地形里，用更少的怪物就可以达到相似的威胁度效果。

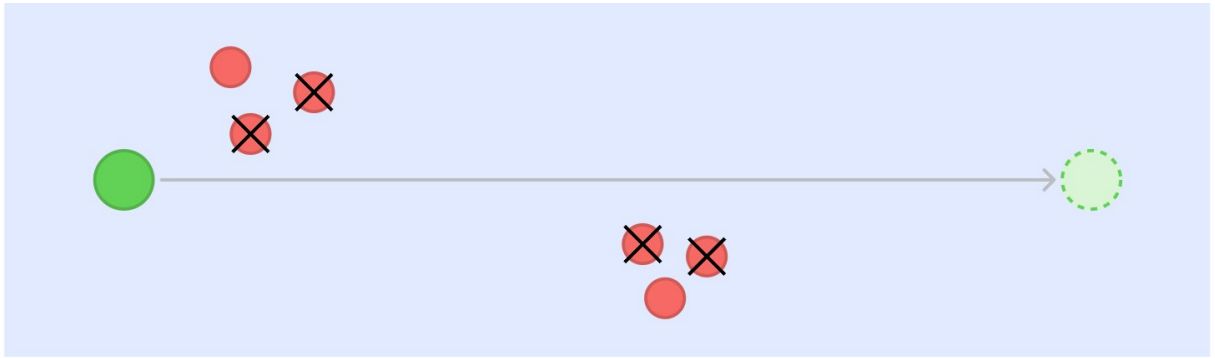
巡逻队

游戏中存在另一些以静态设计进行动态调控的机制，即巡逻队设计。

在玩家即将进入某个区域时，系统会在区域内随机生成一些站桩或缓慢移动的小队。这些小队一般由少量精英怪物和若干普通怪物组成。当玩家进入它们的警戒范围后，这些小队将会集体向玩家移动，并在一段时间后（一般来说，是玩家击杀它们时）触发巡逻队事件。

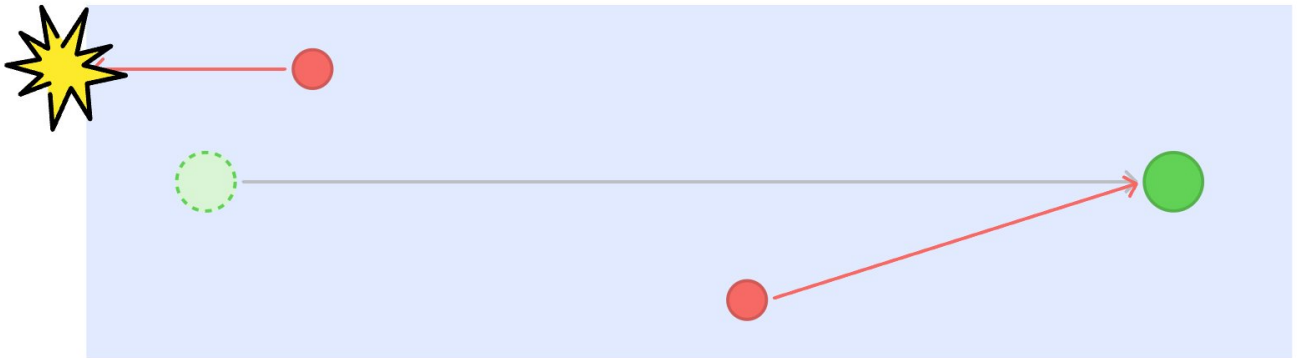
当玩家解决这些遭遇战后，若不在波次刷新的冷却时间内，也不被其他波次刷新挤掉的情况下，就会刷新巡逻队波次。

一般来说，遭遇战的触发点是在盯梢者死亡或离开玩家视野后发生的。



玩家在通过某个区域时，并不一定会击杀全部的怪物

为了节省性能，这些怪物的一部分（非追击型）会在玩家离开追击区域后主动逃跑，仅有部分以近战为主的怪物会一直跟随



逃出加载区域的怪物会被删除，同时触发一次巡逻队事件

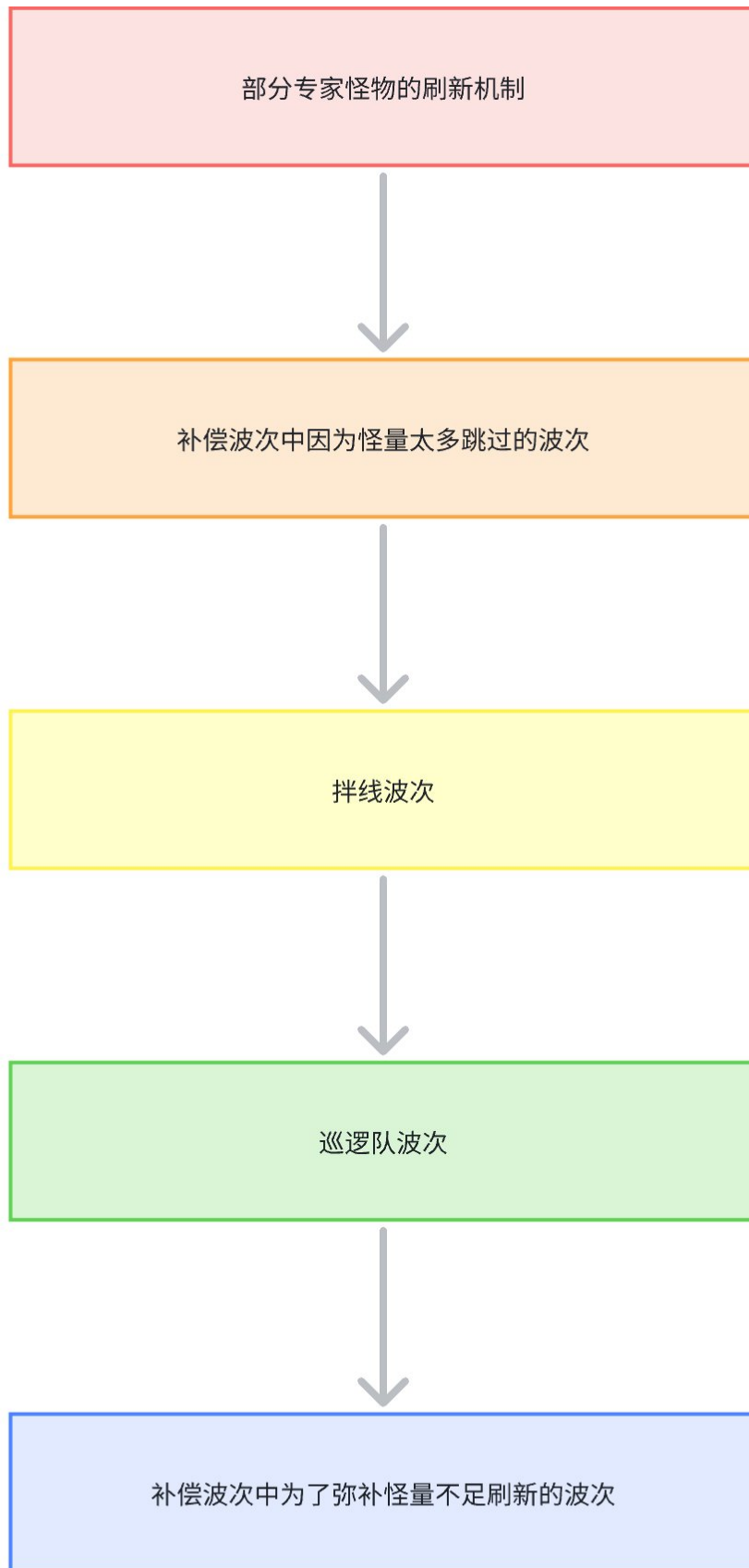
补偿波次

如果场面上存在的怪物太少，游戏会加速下一段时间波次的到来。如果场面上存在的怪物太多，游戏会强制跳过下次波次的刷新，但专家怪物的刷新并不在此列，它们不被视作一种波次，比较特殊。

补偿波次虽然使用了时间波次的刷新空间，但是受机制波次覆盖机制的影响。这意味着如果存在某个机制波次与补偿波次同时生效，补偿波次会因为优先级太低而被覆盖。

机制刷新波次的覆盖

我们上面已经提到，机制波次的刷新存在一个最小CD。这意味着可能存在两个或更多的机制波次因为CD的缘故需要同时结算，这样的刷怪量会使得玩家陷入苦战，因此，机制刷新的波次存在一定优先级，而时间波次的刷洗则通过补偿波次机制，受场上总怪物量的影响。



部分影响波次刷新组合的机制

暗潮的系统更倾向于提升出现次数较少的精英敌人的出现频率。因此，我们可以部分认为前述中组合概率计算内的权重，是一个基于概率回归的动态数值。若某个时间段内，随机生成了太多的某种怪物，它的权重会在后几次生成中降低，以降低它的出现频率，避免玩家拥有太过雷同的游戏体验。

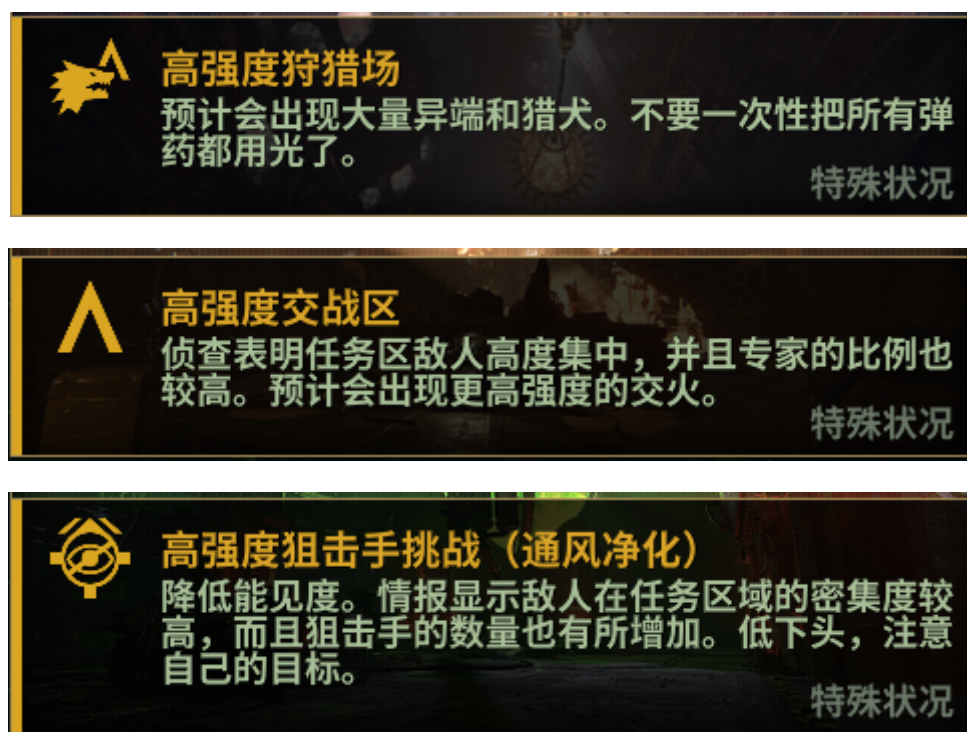
非波次

非波次的刷新机制会突破波次刷新的全场最大怪物数量限制，也就是不触发补偿波次的机制。

或者也可以说，非波次刷新出来的怪物不会占据在场怪物数量。

词条

在暗潮中，非波次刷新的怪物主要为专家类怪物，受当前关卡的词条和难度影响，特别受词条影响极大。



如上述的词条，会分别极大提升猎犬、精英类怪物和狙击手的数量。

在这些词条激活的情况下，会出现指定类型怪物集群刷新的伪波次，如同时出现数十只猎犬或刷新两位数狙击手的情况。这些非波次怪物会与正常的波次一起到来或穿插到来，极大提升了游戏的威胁度。这也是其作为特殊状况词条存在的设计目的。

另一重体现则是，游戏内词条越多，词条强度越高的关卡，其任务奖励也越高。完全没有词条的金级N5关卡仅有3W奖励，而词条数量最多的金级N5大漩涡关卡则最高可以达到8W7奖励。在玩家社群中，也会出现以奖励数量区分关卡难度的情况，在一些奖励较高的任务中，玩家普遍会认为经验不足的新手玩家难以胜任。说明这样的设计相当有效。

⚠ 下文内容来自于对游戏《Warhammer: Vermintide》及其续作《Warhammer: Vermintide 2》（下称鼠疫与鼠疫2）的解包。这两款游戏与暗潮为同一家制作公司，且存在几乎相同的游戏表现。因此笔者将其迁移到暗潮的拆解中。

解包的参考资料收集自reddit。

"rush_intervention"

也可以意译为“离群事件”。

顾名思义，当某位玩家试图单独行动并快速前进or落后时，系统会尝试生成一些控制性敌人来惩罚玩家（如猎犬、陷阱手和变种人），这些控制类敌人对玩家拥有强控（玩家靠自身无法挣脱）和软控（玩家在一定时间后可以自行挣脱）的能力，来迫使所有的玩家抱团前进。

因为如果玩家之间彼此间隔太远，跑的太快的玩家会大量触发拌线，导致落后的玩家受到更大、不公平的游戏压力。为了确保投放给所有玩家的威胁度相似，这个系统早在暗潮的前身鼠疫中就存在了。

一般来说，这个机制的触发距离约为30米外，且存在一些时间限制。短时间脱离队伍不会触发离群，但如果单独行动的时间过长，这个功能触发会逐渐加快，并达到最小触发间隔，约30秒一次。

"main_path"

也可以意译为“过速预防事件”。

类似离群事件，但过速则是对整个队伍生效的机制。由于部分装备能够为玩家赋予超过普通怪物的移动速度，若玩家的移动速度过快，则游戏会大量提升控制类怪物的刷新量，以确保玩家能慢下来。

关于移动速度过快，是通过计算队伍整体在地图上的推进速度（拌线触发速度），以及到达各处地点的次数确定的。换句话说，如果玩家在场地内四处跑，"main_path"会刷新更多的控制类怪物；而如果玩家固守某一个区域，常规波次刷新的敌人会更多一些。