

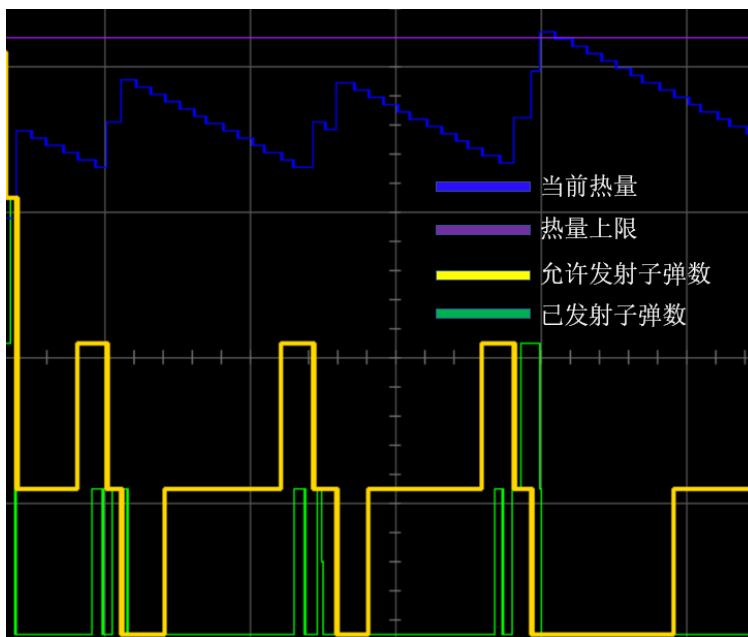
枪口热量限制和射击策略

对于枪口热量限制，首先有一个很关键的问题在于枪口热量结算存在一个延迟，当一发子弹打出去后，机器人主控读取到裁判系统的射速数据更新到热量数据更新这段时间，相差了 100ms 左右。这 100ms 带来的问题就是，比如一辆步兵，再打一发子弹就应该停止否则就会超热量了，然而这发子弹打出去后，热量还没更新，程序上就会认为还能多发一发，结果又多打了一发出去导致超热量。

对于这个延迟问题，如果相邻两发子弹打出去的间隔大于 100ms，即射频在 10 发以下，可以不用处理，只需要一个简单的策略即可把热量限制地很好，比如设定一个热量阈值，当热量接近阈值时就让拨盘停转。如果射频在每秒 10 发以上，如果不处理延迟问题，除非把热量的阈值设得很低（这样的话射频就很低），否则怎么限都一定会超热量。

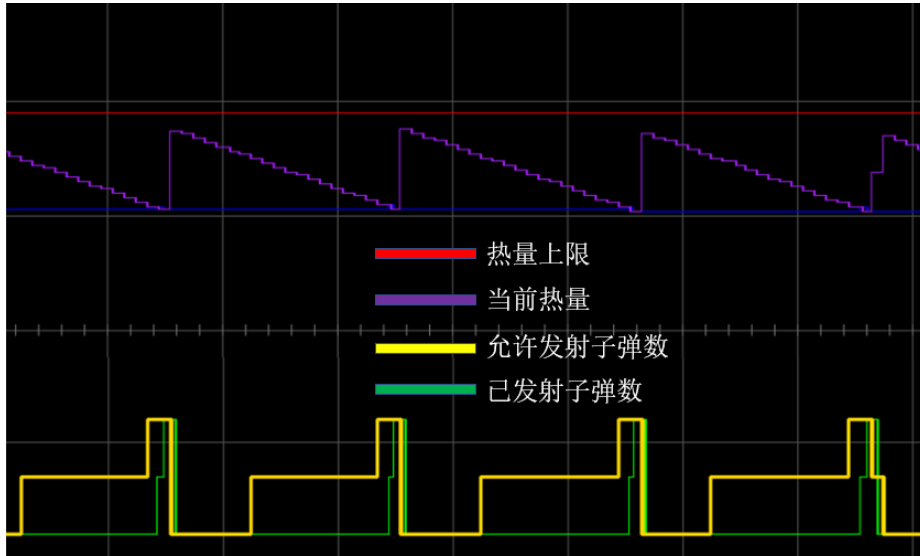
除了热量结算延迟问题之外，还有对拨弹电机的控制也会影响热量限制的效果。在这里，分享一个我的热量限制策略给大家参考。

既然要对热量有所限制，那从一开始我们就应该对发射子弹做一个计划调控，比如有一辆 1 级步兵，当前热量为 0，热量上限为 90，射速在 18m/s 到 19m/s 之间波动，拨弹电机用速度环控制。那我们就设定射速阈值为 20m/s，这样步兵最多可以发射的子弹数等于热量上限减去当前热量再除以 20，即 $(90-0)/20$ ，取整为 4。知道了当前允许发射的子弹数，我们还需要知道步兵已经打出了几发子弹。这里可以通过裁判系统读取实时射速，若数据有更新就说明打出了一发子弹，以此累加。当步兵已打出的子弹等于允许打出的子弹时，就让拨弹电机停转。这样做就避免了由于热量结算延迟而多发子弹的问题。而后续什么时候把已发射子弹的计数清零，为下一次发射做准备呢？我们本可以认为当拨弹电机停转时，本次射击结束，已发射子弹数清零，但是如果这样做，由于热量延迟，当已发射子弹数达到了允许发射的子弹数时，拨弹电机停转，已发射子弹数清 0，但是此时热量还没有更新，允许发射的子弹数还是一两发，这样一来，又会有多打出一两发子弹的问题，如下图波形。



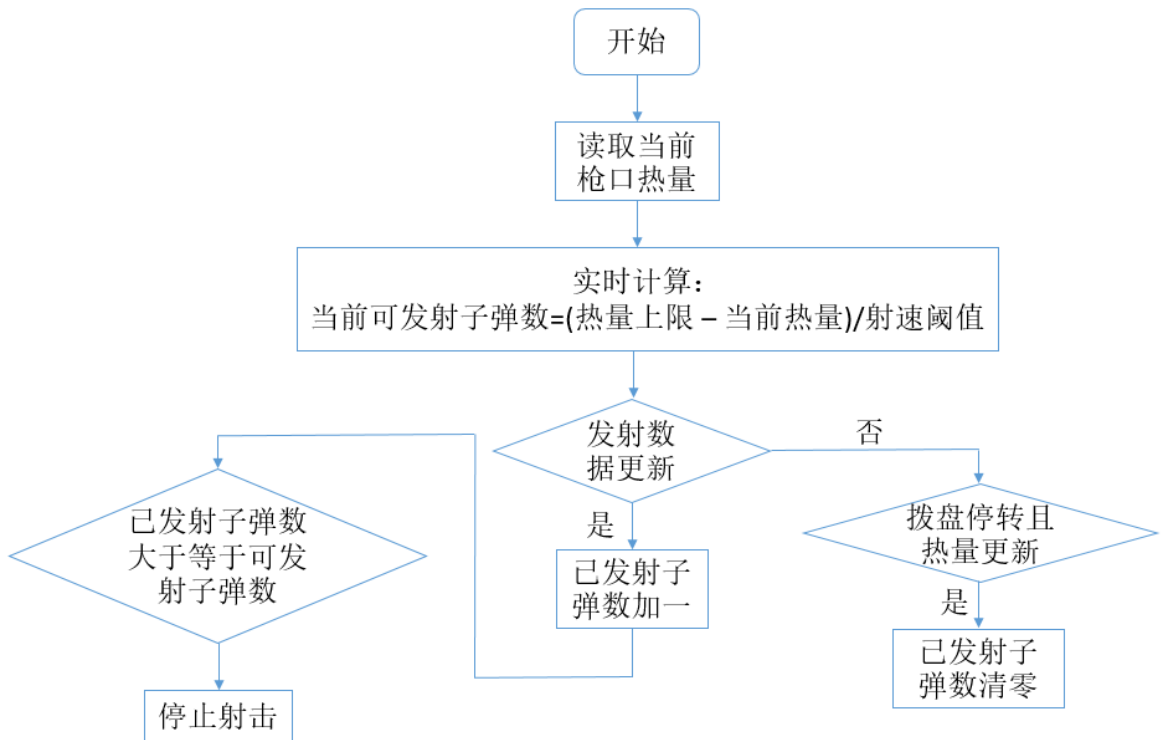
所以已发射子弹数清零的条件，除了拨弹电机停转，还应该在热量数据更新后，这里的

做法可以是打出一发子弹后开始计时，同时记下当时的热量，等待 100ms 后，将读取到的热量与记录下来热量作差，若热量更新，此时的差值肯定约等于最后一发子弹的射速（别忘了 100ms 内已冷却的热量值），如下图波形。



解决了热量延迟的问题，对于速度环控制的拨弹电机，在有负载的情况下，当转速很高，电机输出较大，很容易因为拨弹电机停转不及时，导致多打出一两发子弹，这就是速度环控制拨弹电机不可控的地方。只能调整 PID 参数，提高电机响应速度；在拨弹电机能带动满仓子弹的情况下限制最大输出；留出一两发子弹的余量（已发射子弹数等于允许发射子弹数减 1 时电机停转），这样射频即使达到 20 发也不会超热量，足以满足绝大多数参赛队的需求。若是使用位置环控制拨弹电机，思路其实是一样的，允许打 4 发，那就转四格就停，而且更可控，因为位置环没有速度太快转过头的问题。

如图为拨弹电机由速度环控制的步兵枪口热量限制逻辑图。



现在热量已经被我们限制住了，而 2018 规则里除了热量机制还新增了升级机制，随着等级的提升，机器人的热量上限以及冷却速度也会相应提升，射击策略也因此灵活了许多。而不同的射击策略在比赛中会体现出较大的差距，为了确保获得最大收益，射击策略的选择是参赛队需要思考的一个非常重要的问题。在这里就分享一下个人对射击策略的看法。

对于射击模式，目前比较普遍的发射模式有三种，单发（按一下打一发），连发（按住连发，松开停止），一键 n 连发（按一下连发 n 发）。以步兵为例，在 2018 最新版规则中，一场比赛里官方补弹机构会总共发出 1100 发子弹，弹药非常充足，所以就不需要考虑单发了，可以考虑做连发，一键 n 连发两种模式，切换使用。这两种模式看起来类似，其实还是有差别的，考虑到热量限制，连发更适用于命中把握不太高的场合，比如和对方步兵混战之类的，一排扫射过去命中几发也总比一串 n 连发全部打空，突然出现了机会却要等热量冷却要好；而一键 n 连发适用于命中把握比较高的场合，比如打基地，打英雄和哨兵的大装甲板。

每局比赛开始前，双方补给机器人的弹丸会被清空；比赛一开始，官方补弹机构会发出200发17mm弹丸，之后的每一分钟发出150发17mm弹丸。

对参赛队而言，低射速高射频的射击策略总会比高射频低射速带来更多收益，但是大家容易忽视的是低射速会导致弹道很差，几乎只能贴脸肉搏，中远距离和高处的目标根本没法打。因此，如何在不降低太多射频的情况下，尽量提高射速以提升弹道也是一个值得思考的问题。对于射速，我的建议是随着机器人等级的提升而相应升高。由于一级步兵热量较低，所以建议使用低射速，以确保能打出一定的射频；从二级开始，步兵的射频已经足够对英雄造成一定威胁了，这时候一血也应该已经诞生了，若是获得了对方的一血，对方哨兵底盘断电 60 秒，所以可以适当提高射速以提升弹道，方便更好地击杀对方英雄和哨兵。而三级步兵，热量限制的射频上限其实已经超过大部分参赛队步兵的发射机构射频上限了，可以继续提升射速，方便远程吊射。对于射频，可以从一开始就是高射频的转速，然后通过热量限制把射频限制下来。如果对热量限制没有十足把握，那就像射速一样，随着等级逐渐提升。

机器人等级	上限血量	枪口热量上限	枪口每秒冷却值	复活间隔时间 (s)	经验价值
一级步兵	750	90	18	5	2.5
二级步兵	1000	180	36	15	5
三级步兵	1500	360	72	30	7.5

在这里想特别说明一下，赛场中桥头、关口和碉堡的重要性。当机器人站上这三个地方，冷却速度为原来的五倍，步兵站上去就相当于直接升了一级，此外占领碉堡还会获得 50% 的防御。当步兵占领了这些位置，可以从裁判系统读取到场地交互信息，让机器人自动提升射速，因为此时对方不会愿意和你打近战了，适当提高射速，才能更好命中中远距离的目标。

荒地区有两个碉堡，设置热量冷却和防御加成增益效果。双方机器人可通过占领碉堡后，获得防御力50%，枪口热量冷却值提升为未占领前的5倍，仅优先占领碉堡的一方机器人可获得增益。