

**飞手 johny 封闭软管供弹管路：**北邮的下供弹步兵采用此类设计，一根波纹管直接连接拨弹机构和发射机构，结构简单。封闭软管供弹管路的缺点是云台转动时，软管需要随之变形，这个变形阻力是随机不均匀的，对控制有一定不良影响；当软管弯曲曲率较大时，容易造成卡弹；云台的转动会导致软管长度发生变化，导致管路中的弹丸排列过紧或过松，影响弹丸的发射。

**飞手 johny 开口硬质供弹管路：**早期夏令营下供弹步兵的设计，供弹管路直接从 Yaw 轴直通上来，经过小弯曲后对准发射机构入口，供弹管路出口与发射机构入口没有物理连接（开口），因此是个较长的悬臂梁。这个设计的优点是整个供弹管路 90° 转接头数量少、管路长度短，弹丸在管路内的运动阻力小；但是当 Pitch 轴俯仰角过大时，容易在开口处卡弹，卡弹严重时甚至导致 Yaw 轴直通上来的管路变形。

**封闭硬质供弹管路：**使用封闭式硬管供弹，弹丸从位于底盘的拨弹机构出来后，经过一段管路到达云台 Yaw 轴正下方；通过一段 90° 转接头，通过 Yaw 轴中心上行，为了节省空间，转接头尺寸较小，转接头轴线半径 15mm，这是目前使用的最小的弯管半径，经过测试，该尺寸转接头阻力较小，多个（目前测试到 6 个）同类型转接头串接后仍可保证较好的弹丸通过性。

仅仅靠弹丸与转接头内壁摩擦通过弯管会因为摩擦力太大导致卡弹，为此需要转接头安装轴承减小摩擦力；在目前的设

计中，转接头内安装了5个内径2mm 外径5mm 厚度2.5mm 的滚动轴承，轴承需要露出一部分在管路内部，作为接触面代替管路内壁与弹丸直接接触，因为管径仅有18mm，弹丸直径17mm 并存在一定偏差（本身的尺寸公差和多次使用后产生的挤压变形、起毛等），为了防止轴承露出过多影响弹丸通过，试验后确定将轴承漏出管路面0.5mm。剩余转接头仅外形存在不同，内径、转弯半径、轴承安装位等均相同。

仅仅靠弹丸与转接头内壁摩擦通过弯管会因为摩擦力太大导致卡弹，为此需要转接头安装轴承减小摩擦力；在目前的设计中，转接头内安装了5个内径2mm 外径5mm 厚度2.5mm 的滚动轴承，轴承需要露出一部分在管路内部，作为接触面代替管路内壁与弹丸直接接触，因为管径仅有18mm，弹丸直径17mm 并存在一定偏差（本身的尺寸公差和多次使用后产生的挤压变形、起毛等），为了防止轴承露出过多影响弹丸通过，试验后确定将轴承漏出管路面0.5mm。剩余转接头仅外形存在不同，内径、转弯半径、轴承安装位等均相同。

**飞手 johny 大师，下供弹发射延时该怎么解决？**

为了减小发射响应时间（延迟），以及保证弹丸发射数量的准确性（例如打大符需要保证一次发射一颗，不允许出现连发），在弹丸沿管路运动，接触到摩擦轮之前的位置，加装了一个限位开关，其工作逻辑如下：在下供弹管路内没有弹丸，弹仓中满弹丸时，启动拨弹机构；拨弹机构连续旋转将弹丸填

满供弹管路，直到弹丸压住（持续触发）限位开关；限位开关反馈信号使拨弹机构停止旋转；此时发射机构进入待击发状态；当收到单发射击命令时，拨弹机构开始旋转，弹丸压过限位开关，此时该弹丸接触旋转的摩擦轮被发射出去，同时限位开关复位；拨弹机构继续旋转，直到下一颗弹丸再次压住限位开关，拨弹机构停止旋转，由此完成单发射击的一个循环。该逻辑可以经过简单修改变为两点射、三点射等射击逻辑。需要连续射击时，可以发送连射命令，忽略限位开关的反馈信号，让拨弹机构按照需要的弹丸射频频率旋转即可。该限位开关可以前后移动调节发射延迟：限位开关接近摩擦轮的时候发射响应非常及时，但存在因为机器人震动、撞击等造成的意外发射；而限位开关远离摩擦轮时，响应会变差，但安全性会提高，这个需要参赛设计人员自行调试。下供弹的拨弹机构相对于上供弹的拨弹机构来讲，需要更大的拨动力矩，因为供弹链路存弹数量多，弹丸相互之间容易磕碰，并且经过弯管时阻力比较大，因此为了将弹丸输送到发射机构，需要优化设计拨弹机构。

飞手 johny

接下来有个问题，官方自己做下供弹，最早是怎么考虑的？出发点在哪里？怎么挖掘到做这个的需求？

下供弹的设计在很久之前就已经提出并确实使用了，当时的最主要目的就是想减轻云台的质量，但是因为 P 轴电机位置没有变化，P 轴电机质量在云台总质量的比重增大，导致机器人加

减速时，Yaw 轴出现摇头控制不住的问题，随着对下供弹的深入研究，发现了更多的优缺点，则如上述所述。

想替参赛队提个问，下供弹机构设计时，要想做好需要注意的点？

1. 管路转接头：管路转接头一般是  $90^\circ$  弯曲，考虑到直角会造成很大的阻力，往往会选择在转弯的内壁安装轴承，帮助弹丸过渡，也可以放大转角圆弧半径，让过渡更容易，但这会让链路外形尺寸变大，无用存弹也会更多。
2. 拨弹机构需要优化推力问题，尽管转接头内增加轴承，但下供弹因为供弹管路较长，管路内仍存在比较大的摩擦力，因此拨弹机构需要输出更大的推力。
3. 尽量减少管路长度，同样是考虑到存弹过多导致的阻力过大问题。

飞手 johny3. 如果使用 6020 电机的空心轴做下供弹，那么云台上部的电源线、信号线怎么连接呢？或者说怎么同时通过导电滑环以及弹丸

6020 要么做下供弹 要么做 360 度云台 两者不可兼得 当然要是硬做 还是能做出来的 在 yaw 轴过弹管正下方增加同轴电滑环 但是这样无疑增加了整个云台的高度 酌情处理

飞手 johny4. 下供弹链路如何加工才能经济实惠

3D 打印是可以做出完整的下供弹管路的 可以参考港科的设

计（论坛里有发图）当然要做好防护 例如钣金保护壳等 防止被打坏

飞手 johny5. 图传和测速的线，剪断然后用电环，不算篡改裁判设备吗

规则问题 请问罗吉

飞手 johny7. 自己做侧边的管道有什么好的方法么？就是连接 yaw 轴电机臂对面的“臂”

如果有机加设备或者好的供应商或者完全不缺钱 直接 CNC 干就可以 省钱的话 3D 打印是可以做的 注意保护

飞手 johny8. 官方的工程师是如何解决下供弹系统中，弹路大量存弹的问题。这个在比赛刚开始会损失很大一部分火力 这个就是战术选择问题了 开始损失的部分火力 可以通过避免正面交火来解决 后期输出可是很猛的 毕竟弹丸多

飞手 johny9. 请问董大师，我们采用的是切线拨弹，卡弹最多的地方就是在进弹口处，拨盘挤子弹，子弹挤进弹口的上面。在拨盘低速度下卡弹不是很明显，但是我们今年提高了射频，卡弹就特别明显了，我看官方的测试 S N A I L 电机，那样的射频都不会卡弹，请问是怎么做到的呢？

这个主要是在拨弹机构的设计上下功夫了 跟供弹管路的关系不是很大 拨弹机构的设计现在还不方便透露

飞手 johny10. 链太长会不会导致卡弹现象

管路阻力优化的好的话 40 颗存弹 6 个转接头还是可以顺畅供弹的

飞手 johny12. 请问供弹拐弯处的拐弯半径是如何确定的？

假设我们在这里全部用一样的迷你轴承，那么内圈轴承的切点（即内圈轴承靠近弹管一侧顶点）间距会大于外侧，且转弯半径越小、差值越大。考虑到弹丸中心连线实际上是一条折线，这个间距的影响理论上是比较大的（弹丸所受力的径向分量）这个是目前使用的比较顺畅的轴承分布尺寸数据 可以参考

飞手 johny1. 请问下供弹机构如果用封闭硬质供弹管路，怎么去权衡管路转接处数量和灵活性之间的矛盾呢

受到二轴云台自由度限制 想要完成同上供弹的一样的灵活性 最少 5 个转接头是必须的

飞手 johny16. 关于 90 角加工上有什么建议，便宜的 PLA 打印方法表面不平阻力太大

淘宝有卖 3D 打印后处理的试剂 可以增加打印件表面平滑度 可以试试 效果不错 另外 打印件走丝方向应该顺着管路方向 也能一定程度上增加平滑性

飞手 johny17. 为什么官方车选择用 5 个转角，而不是在 6020 下方一个，飞轮入口一个，两个拐角就可以了呢，是有其他设备占用空间吗

这就是封闭硬质管路和开口硬质管路的区别了 参考之前和主持人的问答 有说明的

飞手 johny18. 官方有没有考虑过做 360° 云台的下供弹呢

这个确实可以做的 但是考虑到尺寸问题 装在步兵上可能有问题

飞手 johny19. 今年新增一块大装甲 导致步兵底盘上部在沿前后方向空间变小 而下供弹的云台和弹舱都需要足够的体积 请问这个问题怎么解决 谢谢

下供弹云台本身体积是可以做的很小的 所以占地方的实际是大容量弹舱 弹舱的形状和安装位置就可以见缝插针了

飞手 johny21. 之前的上供弹设计靠摩擦轮来平衡一部分的质量, 以使云台质量关于 PITCH 轴尽量对称。但采用下供弹, PITCH 电机轴与水平输弹管同轴线, 这样, PITCH 轴电机势必要放在摩擦轮后面, 我们要在云台后面加更多配重。而且云台前后方向会很长, 纵倾更加明显, 云台更加不容易调试。请问董大师是怎么解决这个问题的呢?

按道理来讲 光是摄像头 主控板等一大堆设备就足够配重了 关于转动惯量是否会变大 这个只要在 Solidworks 中用质量属性看一下大小就可以判断了



飞手 johny23. 用输弹管道做支撑臂，连接处的轴承怎么固定  
尽量不要用管道做受力结构件 多一个件专门解决受力和固定问题

飞手 johny25. 怎么做到弹路尽可能地减重而不影响通弹呢  
cnc 的话 镂空是个很不错的选择 也可以防止脏东西误入拨弹机构引起的卡弹 3D 打印的话 就不建议镂空了 但是 3D 打印件本身也比较轻

想看图片的，可以点进原贴哈： 

<https://bbs.robomaster.com/thread-7632-21-1.html>