**下供弹圆桌直播**

**1.请问，董大师，下供弹和过往的普通步兵发射机构有什么区别？有哪些优势？**

首先给“下供弹”做几个定义，方便明确各部分名称，防止混乱；

“下供弹”是从系统来描述的，由如下部分（已用双引号标出）组成：机器人的“拨弹机构”固连在底盘云台Yaw轴，通过硬质软质“供弹管路”，将弹丸供给至位于Pitch轴的“发射机构”中，由发射机构将弹丸发射出去。这样一整套机构组合被称为“下供弹”。

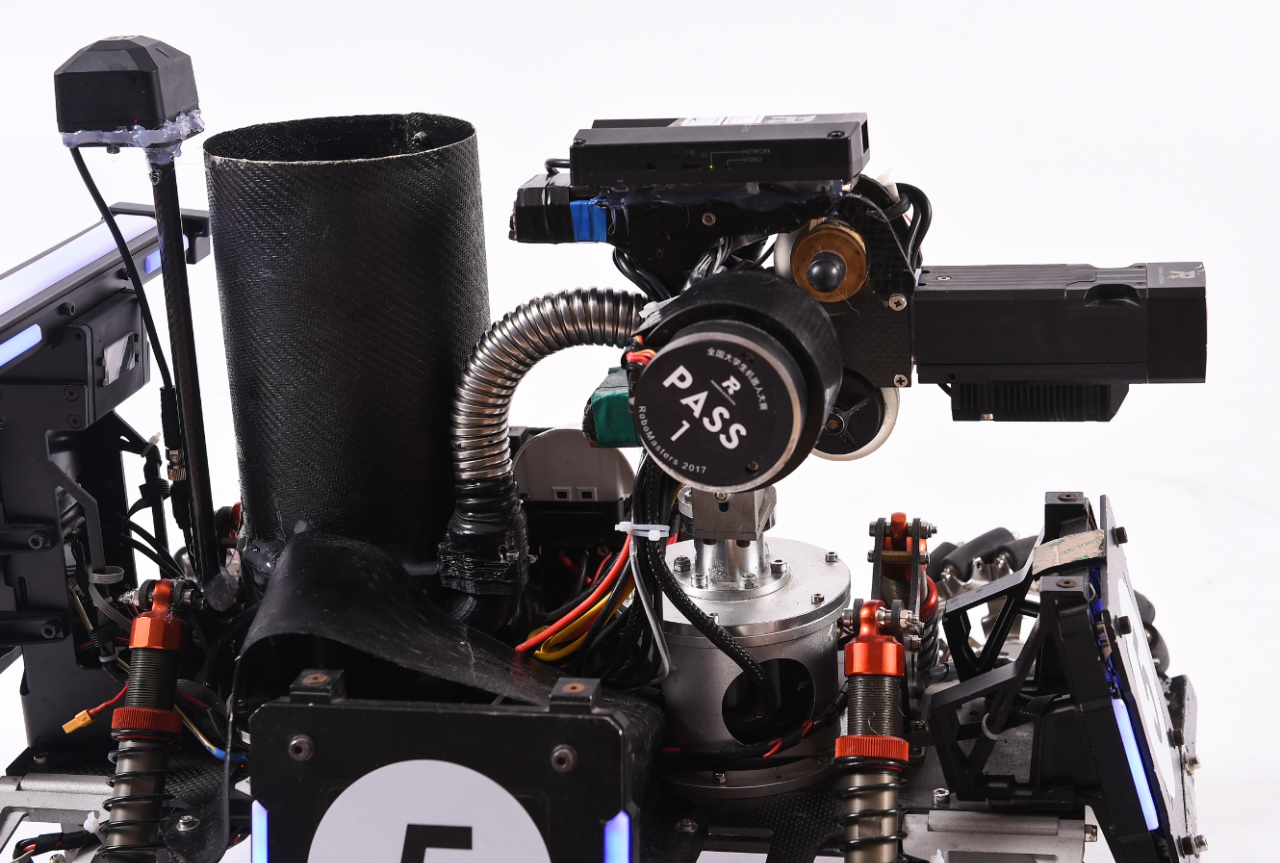
就实际结构来说，下供弹步兵的发射机构和普通步兵（上供弹）的发射机构没有什么区别。

下供弹和上供弹的区别主要是发射机构和拨弹机构的分离。发射机构位置不变；

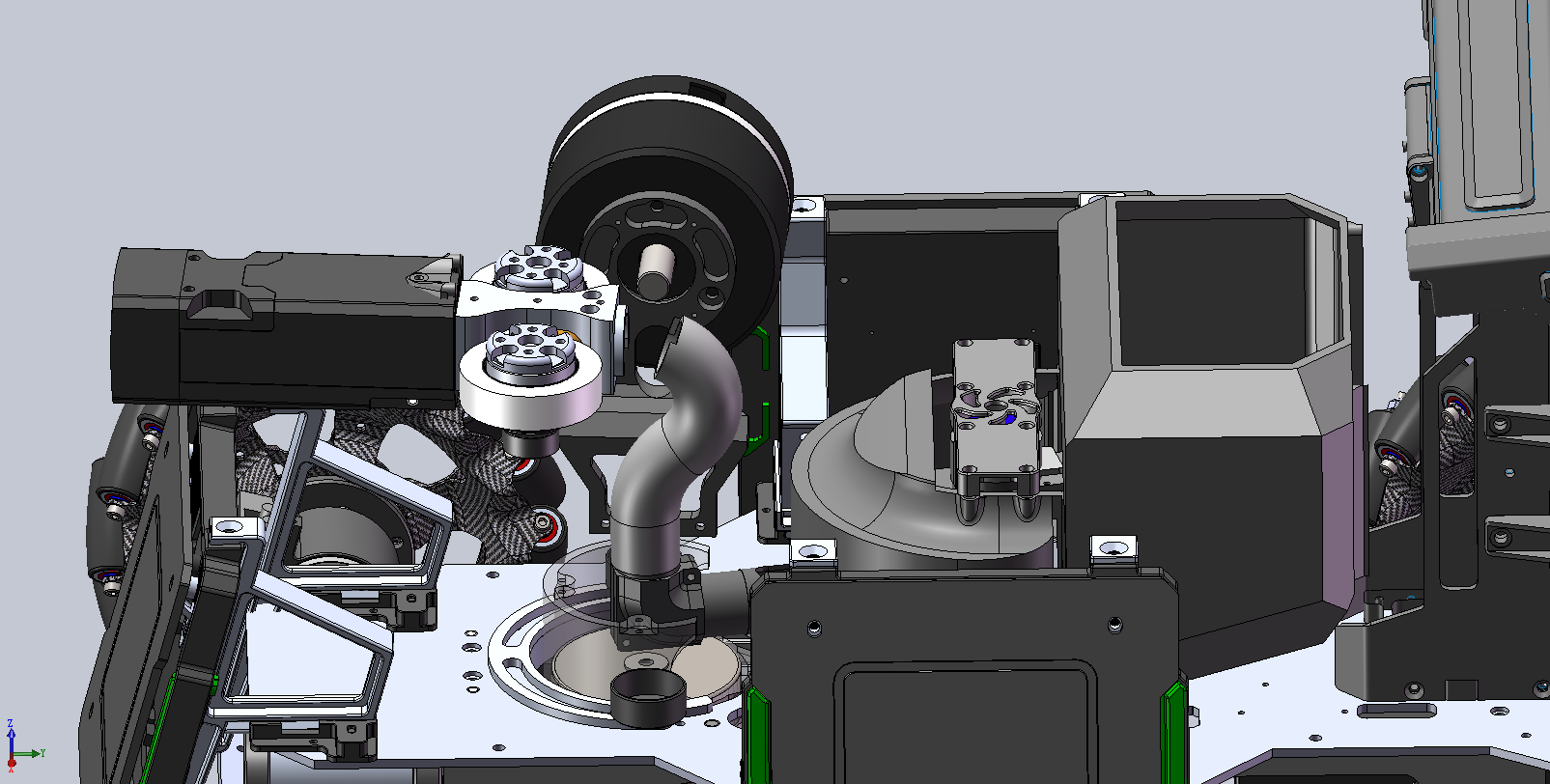
拨弹机构下置：拨弹机构固连于底盘云台Yaw轴；

供弹管路延长（下面仅说明封闭硬质供弹管路），连接拨弹机构出口和发射机构入口，并且供弹管路存在可活动转角：转角轴心同云台P、Y轴轴心重合，这样的目的是为了在云台转动时，供弹管路的路径总长度不变，防止管路中的弹丸排列过紧或过松，影响弹丸的发射时机。

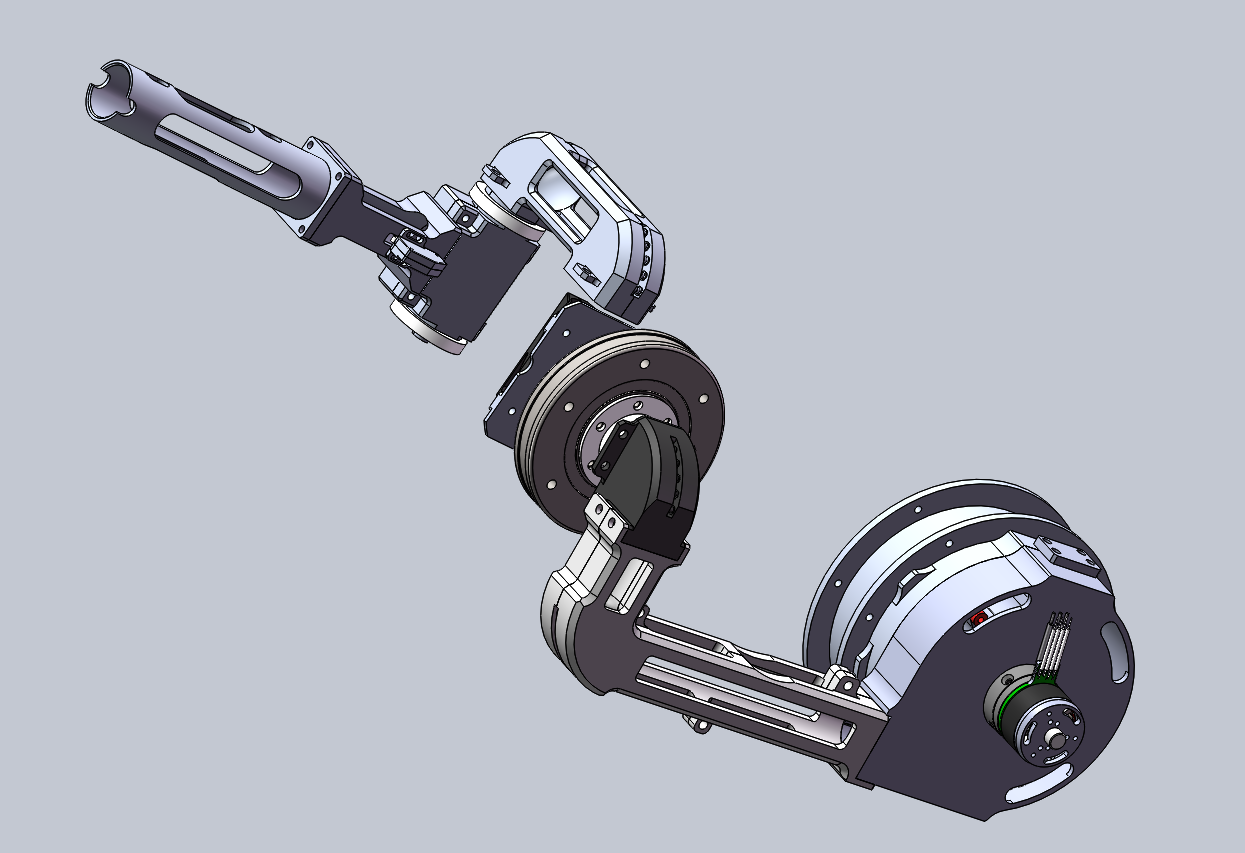
目前出现过几种类型的下供弹设计，它们的区别主要体现在供弹管路上：

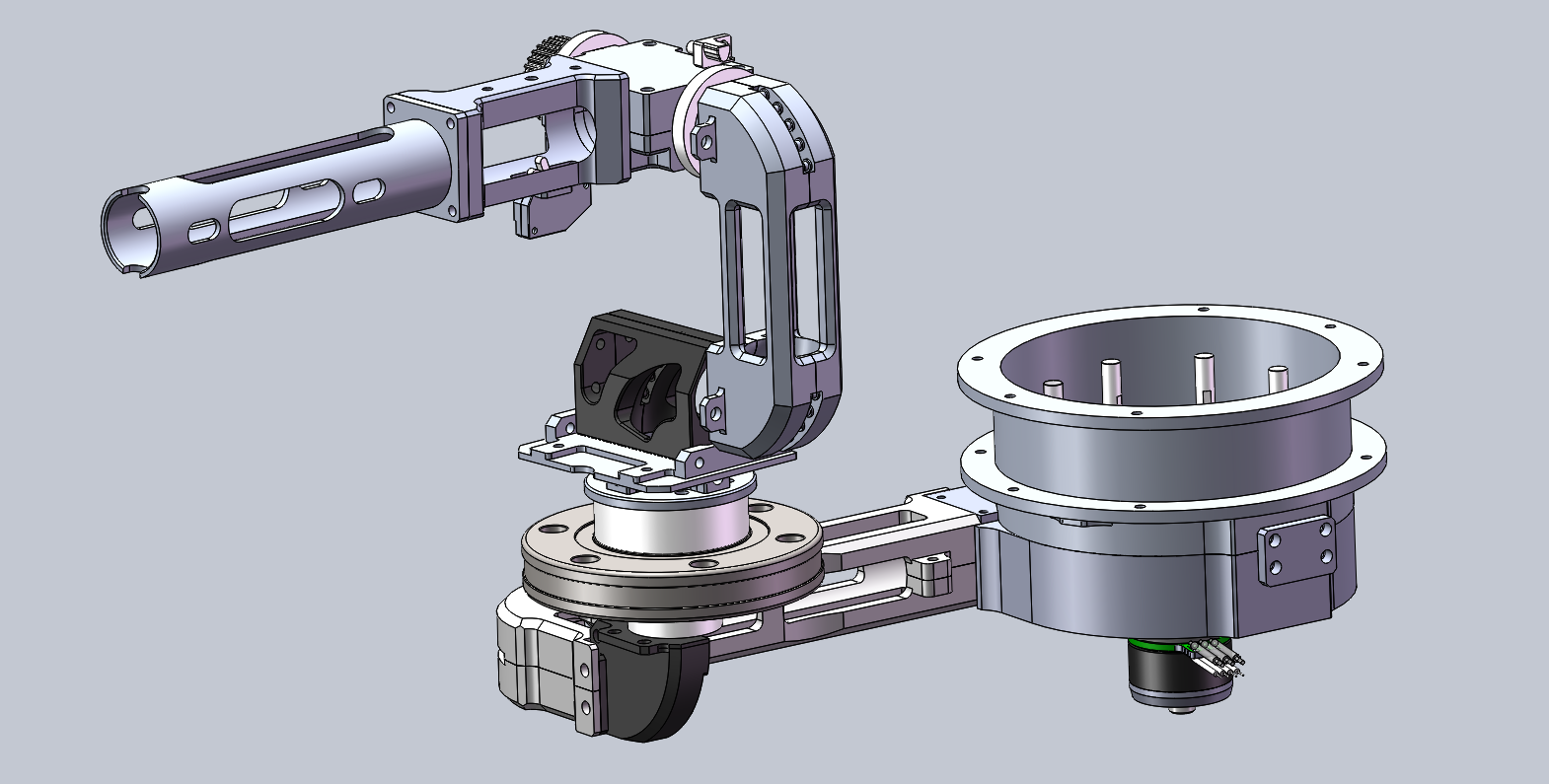


封闭软管供弹管路：北邮的下供弹步兵采用此类设计，一根波纹管直接连接拨弹机构和发射机构，结构简单。封闭软管供弹管路的缺点是云台转动时，软管需要随之变形，这个变形阻力是随机不均匀的，对控制有一定不良影响；当软管弯曲曲率较大时，容易造成卡弹；云台的转动会导致软管长度发生变化，导致管路中的弹丸排列过紧或过松，影响弹丸的发射。

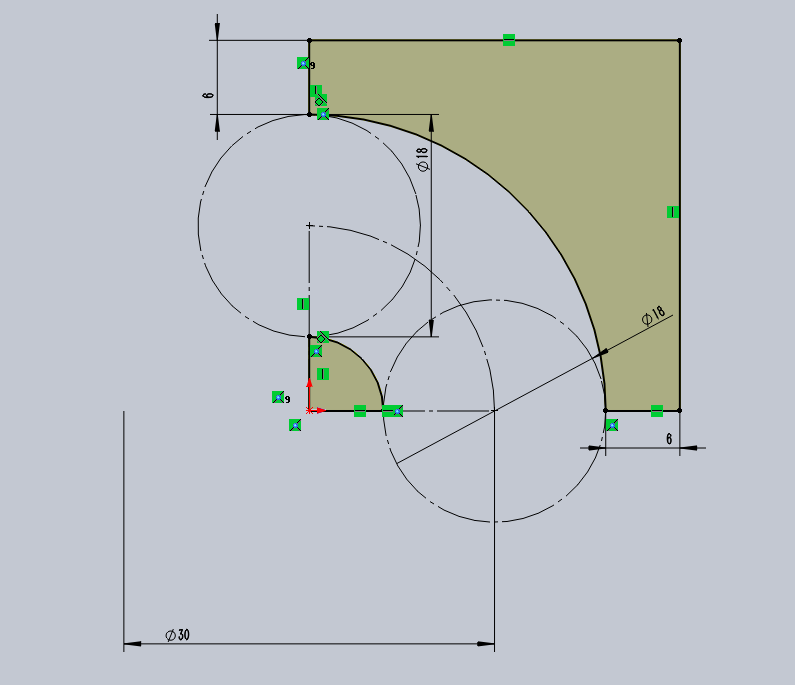


开口硬质供弹管路：早期夏令营下供弹步兵的设计，供弹管路直接从Yaw轴直通上来，经过小弯曲后对准发射机构入口，供弹管路出口与发射机构入口没有物理连接（开口），因此是个较长的悬臂梁。这个设计的优点是整个供弹管路90°转接头数量少、管路长度短，弹丸在管路内的运动阻力小；但是当Pitch轴俯仰角过大时，容易在开口处卡弹，卡弹严重时甚至导致Yaw轴直通上来的管路变形。





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。

**2.请问大师，下供弹的优点在哪里？**

下供弹优点：

将质量较大的拨弹机构和弹仓挪到底盘上，使得云台活动部分质量减小，更容易配平，转动惯量减小，在不更换云台电机的情况下云台响应速度更快。

不会因为弹丸晃动、弹丸消耗导致弹仓质量和重心发生变化，有利于云台控制的稳定性。

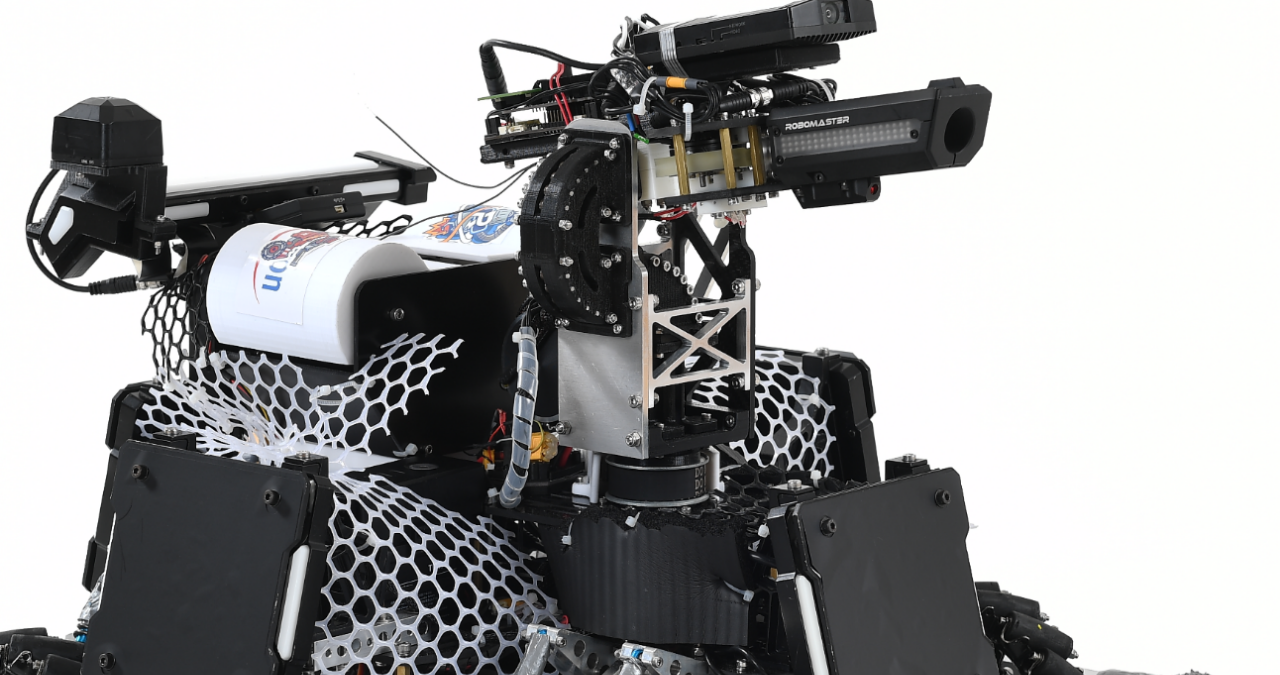
拨弹机构和弹仓的下置使得云台有更多空间来安装其他设备，例如视觉传感器等。

弹仓位于底盘上，弹仓可以做大，单次载弹量大。

模块化程度更高，将下供弹分为发射机构、供弹管路、拨弹机构三部分，设计上可以分别优化三个部分，局部维修也更加方便。

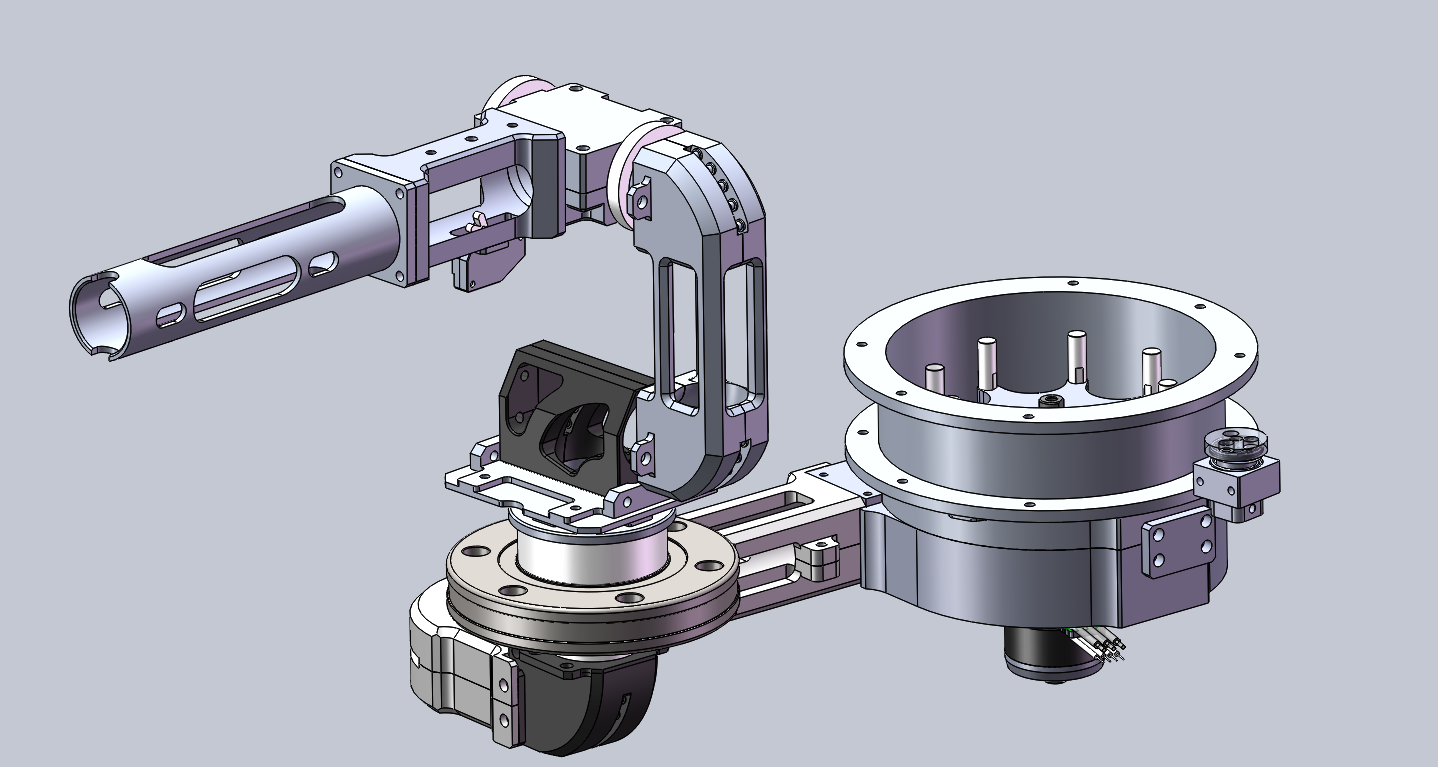
下供弹缺点：

比较明显的一点是结构复杂，相对于上供弹有更多的结构件，加工费时，组装复杂，成本高，当然部分结构可以用3D件来代替机加件，可以降低部分成本。



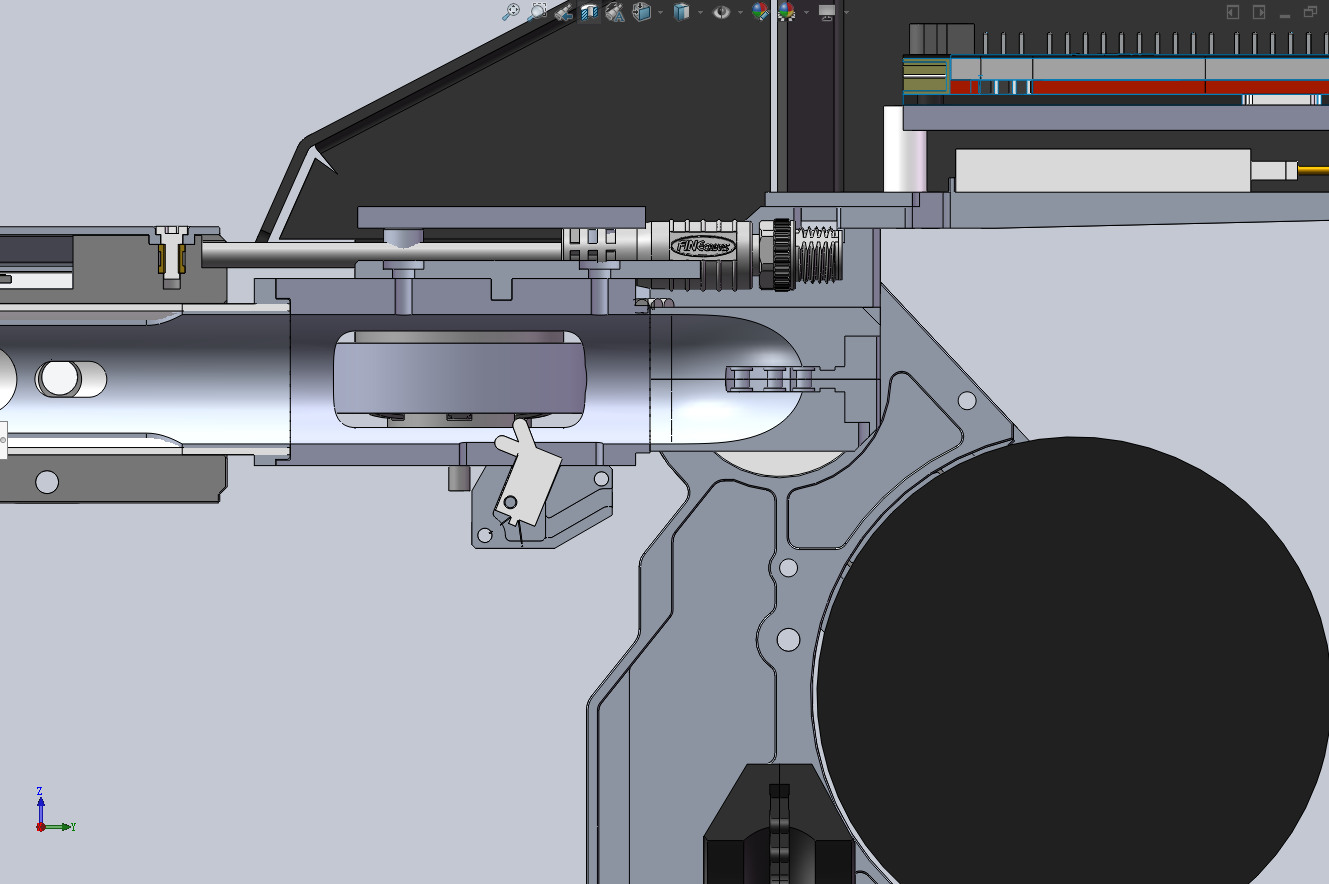
对于供弹管路的设计需要保证管路阻力小供弹顺畅，这一点需要良好的结构设计和加工精度来保证。存弹的问题因为规则原因，仅仅在第一局比赛时会浪费部分弹丸，后续比赛中影响不大。

遇到异物堵塞供弹管路时，其修理难度会比上供弹大，但是使用镂空设计的管路，可以减少异物堵塞的可能性。



如上图为镂空的管路

**3.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。

**4.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。

**5.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°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。

**6.下供弹卡弹一般是什么原因导致的？**

1.供弹管路弯管接头设计问题 上面说过了 弯管接头需要安装轴承减小阻力

2. 下供弹需要的拨弹机构需要更大的推力 因此需要优化拨弹机构推力

3.管路里有脏东西。。

**7.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

**8.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

**9.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

**10.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

**11.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

**12.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ＳＮＡＩＬ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

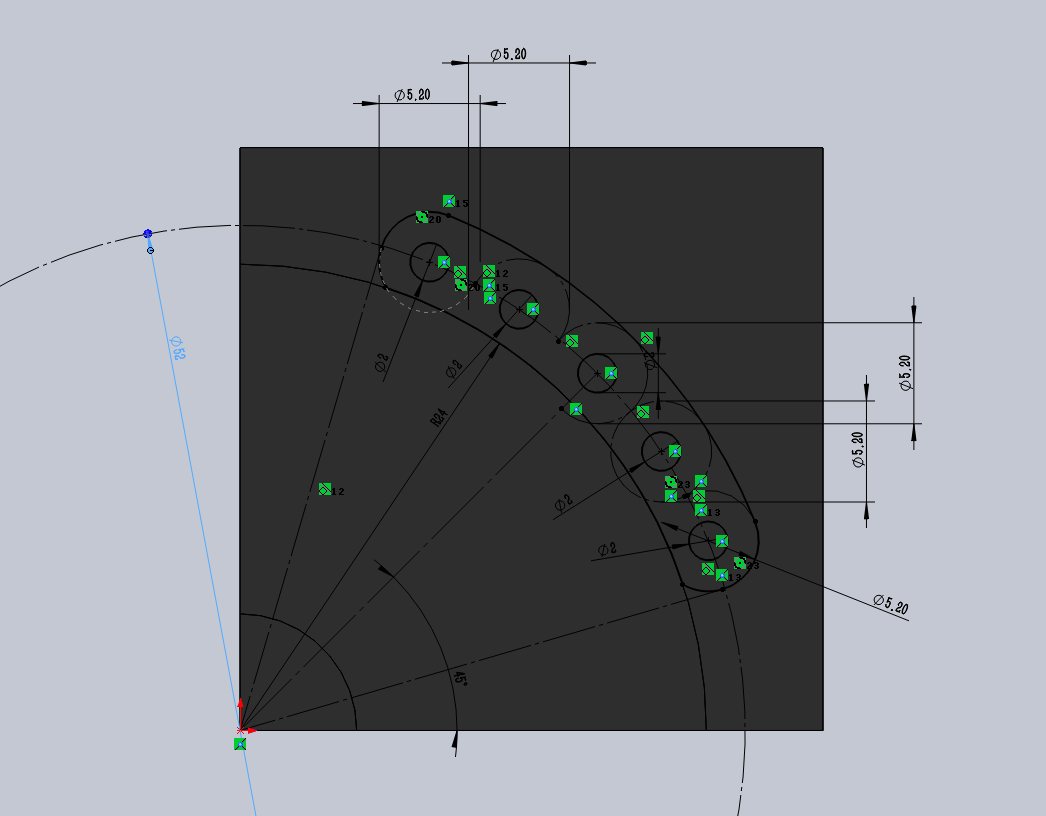
**13.链太长会不会导致卡弹现象**

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

**14.没有设备和大量资金，打印件做到有点卡弹，还有其他方式解决吗**

3D打印优化可以解决卡弹问题的 这个是实际情况

**15.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

**14. 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

**15. 请问在拨弹机构转速太快的情况下，如何解决拨弹盘空转问题，即空弹问题**

这个牵扯到专利问题。。。现在不方便透露 可以等下一期 专利发布之后

**16. 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

**17. 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

**18. 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

**19. 今年新增一块大装甲 导致步兵底盘上部在沿前后方向山空间变小 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

**20. 下供弹可以做二级供弹吗，从拨弹机构出来进第一对摩擦轮，加速到发射机构的摩擦轮再打出去**

好想法 不知道有啥优势

**21. 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

**22. 请问董大师，如果要使用硬质管道的下供弹的话为能确保供弹顺利是要保留一定距离的，那么在固定完后如何保证一定的同心度？因为在赛场上震动大，同心度很容易受影响导致卡弹**

轴承定心是可以解决这个问题的

**23. 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

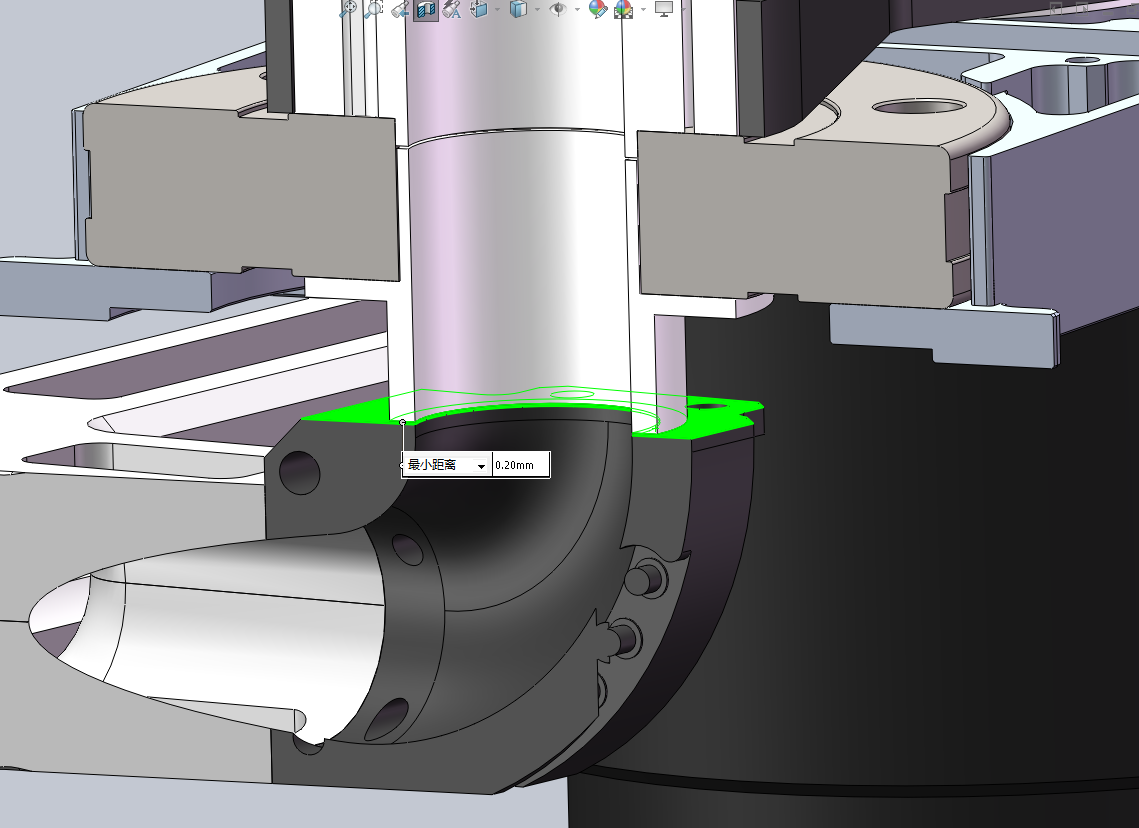
**24. 董大师，在弹丸下落时会由大口径大小口径，中间会存在落不下去的情况，如果不考虑添加搅拌或振动，可以如何考虑解决这个问题？**

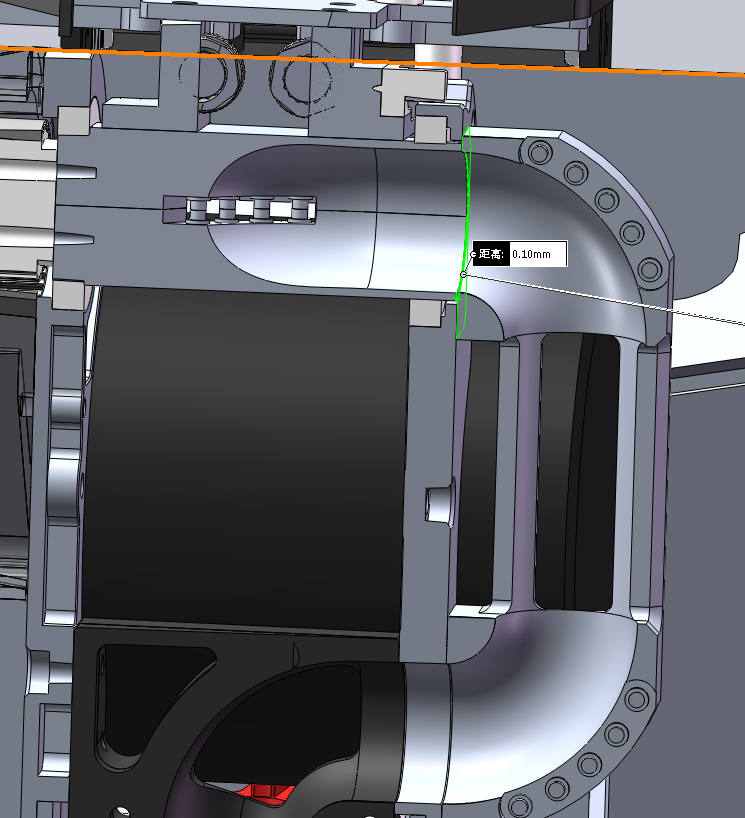
<https://bbs.robomaster.com/thread-6168-1-1.html> 比较详细的教程

**25. 请问大师如何解决转接头之间的连接，尤其是最后进入炮管前的连接**

参考与主持人对答时候po的图片 仔细看的话应该能看到结构的

这两张图也可以看清楚





**26. 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

**27. 请问拨弹轮做一层弹频上不去，空弹严重；做两层卡弹，这个有好的思路吗？**

后续如果有拨弹机构解析的话 会讲清楚的

**28. 请问董大师PITCH轴处的轴承用的是什么型号的呢？**

关于轴承的外圈，和内圈都是怎么和输弹管固定的呢？

轴承型号根据你自己的需求来选 因为受力条件不恶劣 尽可能使用薄壁轴承

**29. 请问一下：官方炮管内径是多少？**

18mm 但是没什么参考意义

**30. 董大师，请问如何保证弹丸初速度以及出射位置的重复性的？**

好问题 我们也在解决

**31. 作为平民玩家，为保证强度，董大师有什么推荐的材料或者加工工艺来制作输弹管吗？**

18mm内径亚克力管 3D打印件 都是可以用的

**33. 饶了五个弯，请问官方是用的铝合金阳极处理吗**

阳极氧化 甚至可以喷点铁氟龙喷剂