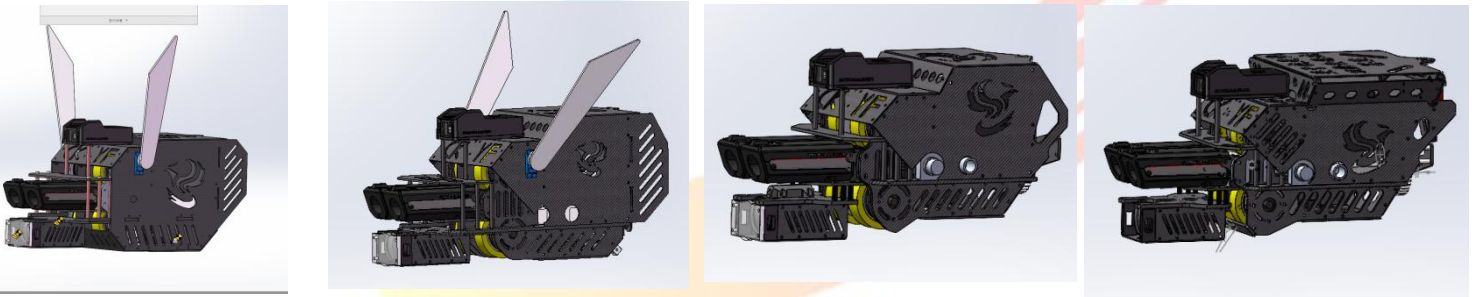


前言

在刚开始进行双管步兵的设计时首先遇到的问题便是云台两套测速和发射机构和两套供弹机构所带来的额外重量使得双管云台在基础配置上就比较重为此减重便成了首要问题,测速和发射机构无法进一步处理,首先对枪管进行了减重,由于双管是两套对称机构,为此把枪管设计成对称结构有利于简化装配和降低制造成本,同时将荧光充能模块集成到枪管上这样下来发射机构重量有所下降。之后就是改动较大的弹舱了,常规双管需要使用两套拨弹盘,就得使用两个 2006 电机,但对于拨弹盘而言运动形式单一,精度和扭矩要求都较低,使用两个 2006 电机十分冗余,如何使用一个 2006 电机带动两个拨弹盘工作便是现在的主要问题,然后就将 2006 电机置于中间通过传动装置同时带动两个拨弹盘运动。然后就是步兵云台的一个关键问发射精度,与单管发射精度不同的是,双管本身两个枪口就存在间距,先天就有一个较大散步存在,为此将两个枪管相贴合能将这个影响讲到最小。在分析总结了如上因素后,查看各队文档与相关机械结构,想到了螺杆直供的方案。

四世同堂



一、技术构想

关于双枪管步兵的云台,两套发射机构的布局是一个关键的问题。

首先在枪管的排布上有横置双管和纵置双管,纵置双管上下距离很大,弹道散布受影响较大,双层发射机构和拨弹盘使得供弹的设计更加困难提高了整体的设计难度,同时提高了重心并且使得 pitch 的活动范围受限,因此没有选择这个构型。然后关于横置双管又可以平行排布或者有一定的夹角使得两个枪管的弹道汇交在一个焦点上。

1】横置平行双枪管:由于枪管横向平行排布相对于击打目标中心的散布更大,对发射机构的准确性着很高的考验;

2】横置焦点双枪管:弹道汇交与一点,在设定焦距处弹道散布较为可观,但在于距焦距较远的位置散布很大,主要体现于在长距离对战时较为吃力。

确定了枪管的排布方案后进行摩擦轮机构的设计,现以横置排布双管构型来展开。在此构型下,可以使用三摩擦轮或四摩擦轮。

1) 三摩擦轮:通过中心的摩擦轮转变方向,来进行左右枪管的交替冷却和输出,可以获得更加持久的火力输出(如图 1 所示),相较于普通

步兵提高了冷却输出能力，同时单管射击弹道问题较好解决，保证了射击的精度，同时减轻了云台的重量和体积。

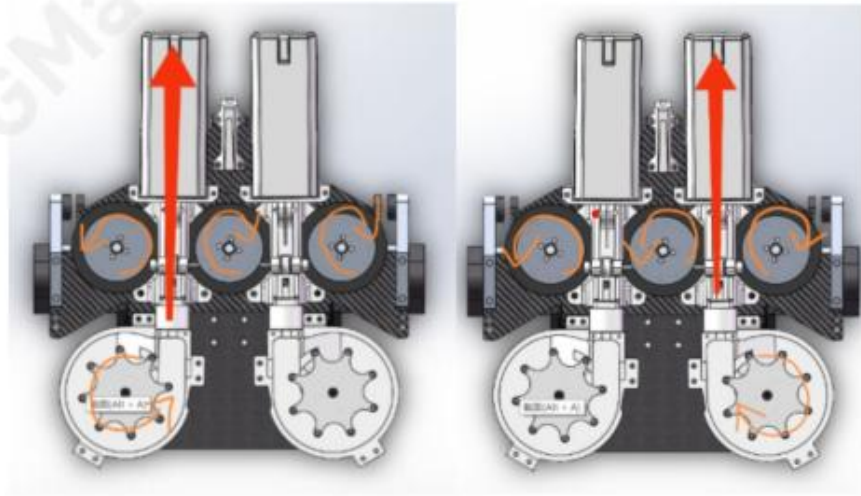


图 1 三摩擦轮发射机构（西交利物浦大学 GMaster 战队开源）

2) 四摩擦轮：四个摩擦轮一般采用分别竖置排布（如图 2 所示），可以灵活选用单管发射或双管齐发，同时两套摩擦轮独立工作相互之间影响可忽略，但这个构型重量和体积较大，所以有的队伍在使用双管时会出现 pitch 云台电机力矩或响应不够的情况不得不使用双云台电机或加减速器，增加了结构的复杂成度和整体重量。

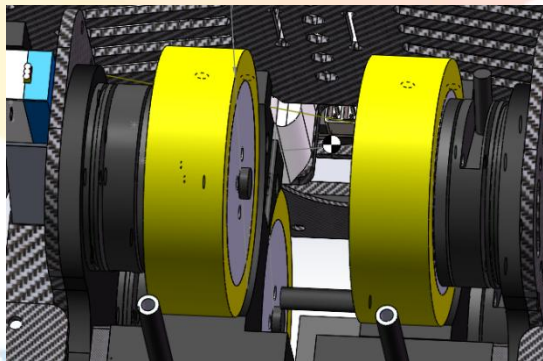


图 2 竖置双发射机构

经过以上分析考虑选用横置双枪管竖置双发射机构，为了降低两枪管间弹道的散布，将枪管两轴距缩小到了 4.6cm（如图 3 所示），使得在双管齐射同时的保证了较好的击打精准度。

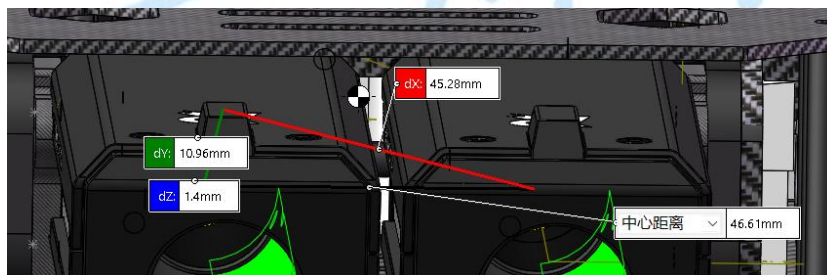


图 3 两个枪管轴距

为了达到这个间距要求同时减小体积和重量在供弹机构上进行了进一步设

计——双螺杆供弹机构（如图 4.1 和图 4.2 所示）。

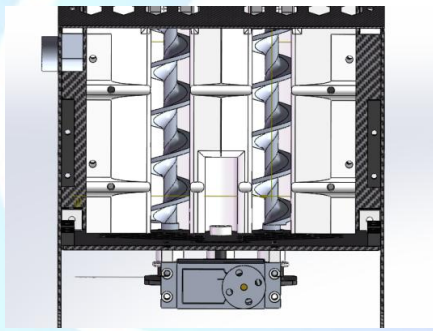


图 4.1 双螺杆

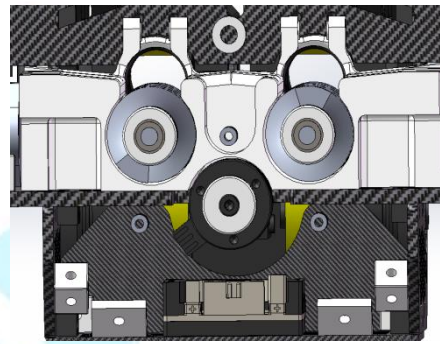


图 4.2 螺杆传动机构

通过使用两个螺杆推动弹丸进入摩擦轮中，减小了供弹机构的体积和重量，同时可以使用一个 2006 电机通过同步带同时驱动两个螺杆，达到双管齐射的目的。在弹舱槽中弹丸被两侧壁约束运动，由螺杆推动前进，因此弹丸的移动时线性的从而避免了卡弹的问题。此套供弹机构外部负载较小因此对强度要求低，可以使用 pla 空心 3D 打印，这样两个螺杆和弹舱架总重量小于 200g，相较于一般传统拨弹盘重量更小。

由于螺杆使用的 2006 电机，电机的扭矩很足，但 2006 电机最大空载转速 500rpm，相较于 20Hz 射频并不足，为此使用了 1:2 的同步轮，来增加射击频率。

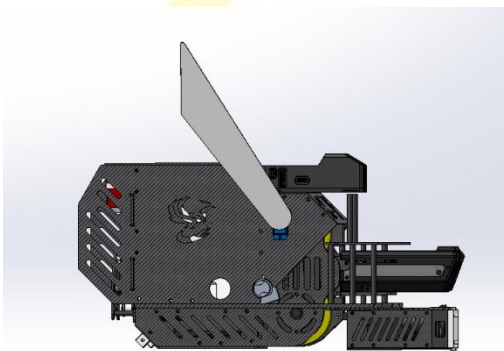


图 5.1 双管云台左视图

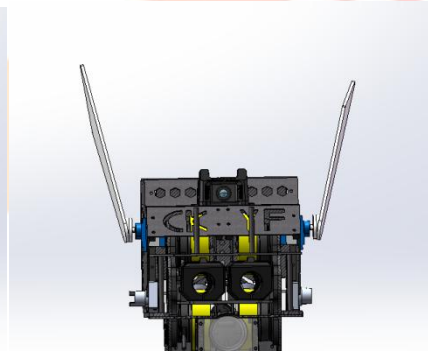


图 5.2 双管云台正视图

设计螺杆和弹舱时，确定弹路的尺寸和螺杆的尺寸是关键问题，要保证 17mm 小弹丸在 20Hz 的射频下保持良好的通过性和螺杆扇面与 17mm 小弹丸的良好接触，不跳弹造成卡弹和弹丸供应不佳的情况。

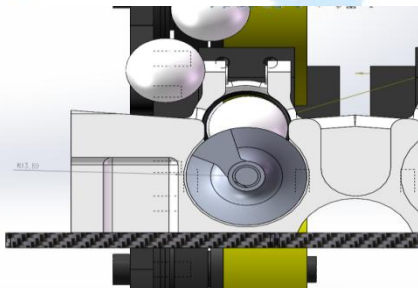


图 6.1 单螺杆示意

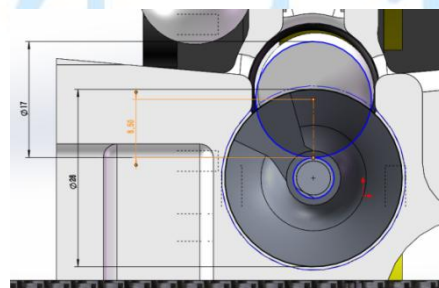
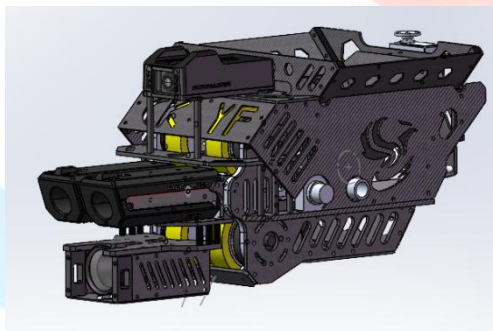


图 6.1 单螺杆尺寸选取示意

螺杆只使用上半部分供弹，选取了 6mm 中轴，螺纹牙深 10mm 的螺杆小弹丸半径 8.5mm 扇面接触于球心，且高 1.5mm，同时在弹舱弹路中加双边限位，有效

解决了弹丸限位不良，跳弹卡弹的问题。

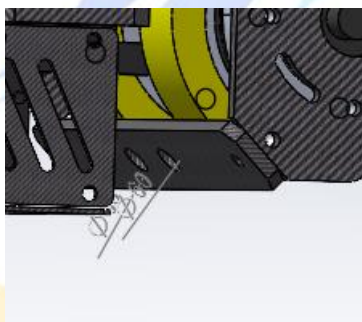
二、现役双管技术介绍



双管云台外观总览

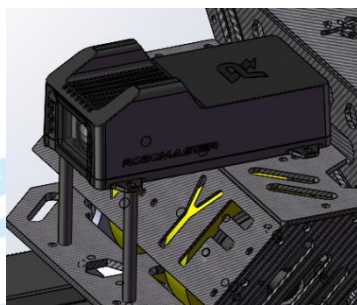
经过四次整体迭代便为现在正在使用的双管步兵云台，下面就这一版的技术细节进行分析介绍哈。

1】相机线保护板



在分区赛装相机走线发现相机线在 pitch 轴活动时容易蹭到摩擦轮对于好的走线位置未曾想到就增加了这个板子来固定保护相机的线。（机械考虑了电控可别忘记了视觉）。

2】图传的安装固定



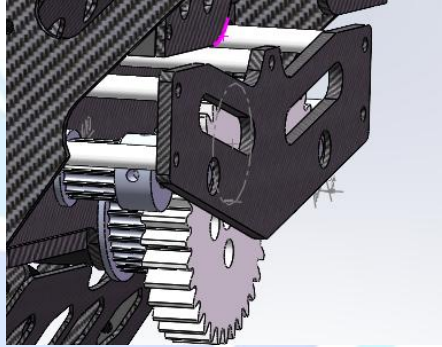
图传安装要特别注意裁判系统的安装规范和视角的遮挡问题，同时建议多留几个图传微调位置，可以优化操作手的操作手感。在机械结构功能要求达到的前提下也考虑下操作手的使用体验。

3】枪管耳朵垫片



由于双管需要两套枪管,之前有讲两个枪管为了降低加工成本而这个与枪管连接的“小耳朵”只能做单边的为此使用了一块碳板来做垫块将枪管与测速模块进行连接。但这个结构不便定位在当前保证枪管平行度靠的是装配精度,具有复杂不稳定等缺点。为此这个枪管的定位方案仍有待进一步优化。

4】转轴支撑板



同步带传动要传动良好同步带要保持张紧状态,同时在同步带工作时也会产生拉力,在齿轮传动中,由于齿轮为打印件精度并不是很好,在啮合是也会有较大的压力,由于以上情况存在螺杆转轴会受到较大的交变力作用,不利于螺杆的长期使用为此使用一个支撑板对螺杆进行支撑,但当前方案使用的铝柱连接刚度并不是很好,工作时整体晃动,仍待进一步优化。

三、关键结构迭代说明

双螺杆拨弹盘为双管云台中最重要也是最复杂的部分就其迭代过程进行一下单独的介绍。

• 螺杆供弹第一版

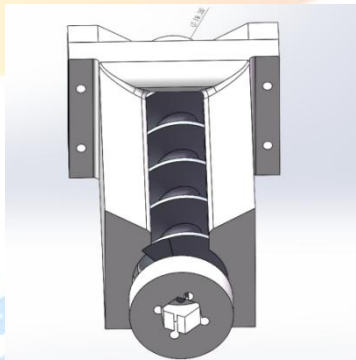


图7 第一版螺杆测试

初始使用了阿基米德螺旋泵的结构(如图7),将所有的小弹丸全部填装到螺杆中,在初代测试时发现在输出末端螺扇对弹丸的作用力不足以使弹丸随着旋转,截面处五个弹丸全部在做自旋运动的基础上向前平动,因此造成了末端卡弹,也由此产生了第二版的构想

• 螺杆供弹第二版

在放弃了弹丸全部进入供弹的方案(如图8),使用了单线方案,仅仅使用螺杆使弹丸进行向前的平动,只使用到了螺杆大约1/5的部分,每次可以同时运输5颗17mm小弹丸,在螺杆运动时只于在其上的5课弹丸作用,这样极大的减少了螺杆的供弹压力使得一个2006在驱动两个供弹系统时游刃有余。

由于使用的全没入的结构，使得在供弹时不会于其它弹丸相接触，在弹丸较多时大约 200 发以上会形成一个自锁饿空腔，使得弹丸无法下落造成空弹的问题，造成了输出的不连续同时给予操作手极差的操作体验。（传统拨弹盘上部分表面与弹丸直接接触带动弹丸运动，起到了搅拌作用因此无空弹情况发生。）

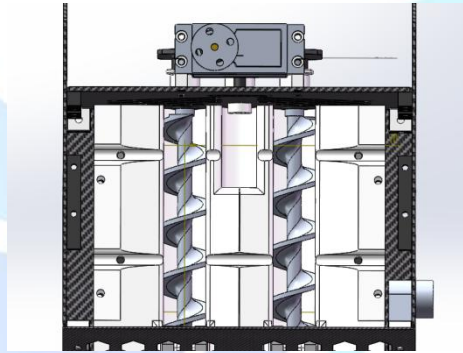


图 8 第二版下弹路螺杆

• 螺杆供弹第三版

为了解决空弹问题，最初设计了四同步轮再额外带动一个摇杆来搅动弹丸、加摆振弹簧和加舵机等方案，但经过验证均效果不佳。从机构本身来解决问题效果往往是最好的，以这个思想出发设计了新的供弹机构（如图 8），将弹路放到螺杆下部，在两侧留出 18mm 的进弹口，在使用下部供弹的同时使用其它部分进行弹丸的搅动，将螺杆机构充分应用，这个构型由于底仓更加薄相较于第二版将底版提高了 14mm，减小了头的高度同时增大了俯仰角，也缓解了第二版弹舱储量过剩的问题。

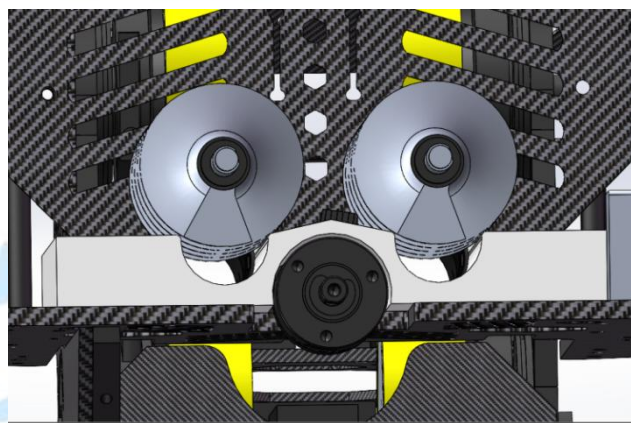


图 8 第三版下弹路螺杆

• 螺杆供弹第四版（空弹问题解决的里程碑）

第三版的构想经过制作验证机构发现无法避免末端卡弹且螺杆被弹丸埋没阻力很大，工况十分恶劣。由之前进弹口方向的不断试错，思考了一下有没有可能用一部分螺杆搅动弹丸一部分螺杆运送弹丸，由此想法便促使了这第四版半包围螺杆供弹机构（如图 9.1）这一版将供弹链路设计到了螺杆左右两侧，使用侧边推送弹丸，同时露出螺杆上部弹舱中间做空腔+三角斜面使得处与两螺杆中部和上部的弹丸与螺杆接触起到了搅拌弹丸的作用。同

时两个螺杆旋向相反，转动方向也相反。避免了弹丸卡到侧壁上。这一版对仓体也进行了优化将电调及相关线材隔离，更加简洁不易相互干扰。

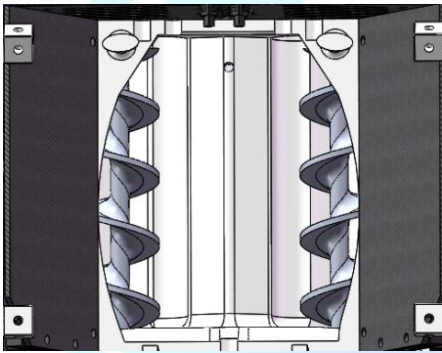


图 9.1 半包围螺杆供弹

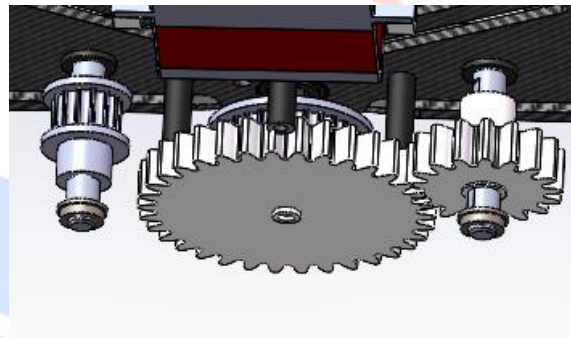


图 9.2 反旋螺杆传动机构

• 螺杆供弹第五版（卡弹问题解决的里程碑）

进过前四版的技术积累，对空弹问题得到了很好解决，卡弹问题得到了改善，但对于卡弹的问题只有在低转速，有较好电控保护和螺杆强度足够的情况下才勉强可以使用，因此这第五版就卡弹问题进行解决，这时已是分区赛结束，在赛场交流中了解到防卡弹做的优秀的队伍都采用了轴承防卡，为此又回归到轴承机构防卡弹的设计上，进过观察了解到弹丸会被进弹口、弹舱壁和螺杆扇面三个面一起卡到。

对于防卡弹的思路是既然卡弹是由两个及以上静止面对弹丸产生的作用力相互平衡而发生卡死，因此只需破坏这一个平衡即使一个面发生扰动。由此在进弹口处设计了正交轴承组（图 10），使得弹丸得以由于轴承的滚动而发生滑移。进过防卡弹的改良使得螺杆可以满速工作使得射频提高，同时空弹情况进一步改善了。

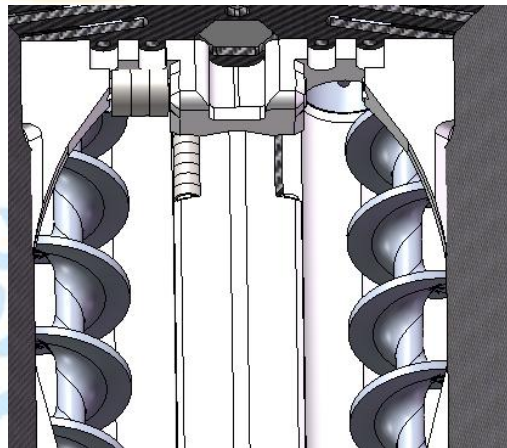
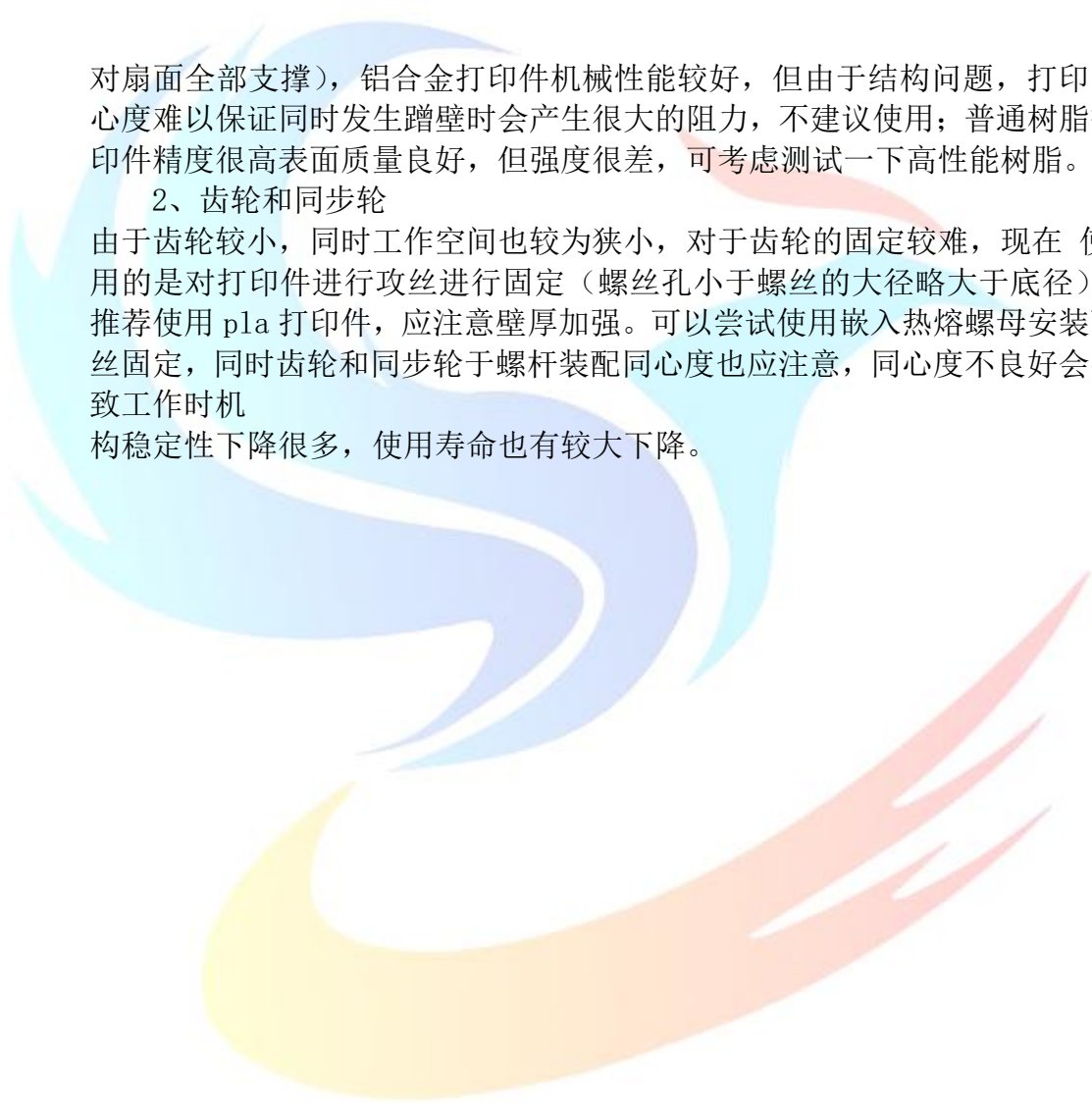


图 10、正交轴承防卡

4、重要零件说明

1、螺杆

螺杆拨弹机构最重要的就是这两根反旋螺杆，螺杆的强度、刚度和精度都要求较高，使用过 pla 打印件、铝合金打印件和普通树脂打印件，这几种中打印良好的 pla 打印件较为出色（高精度、壁厚方向填充满、支撑细密



对扇面全部支撑), 铝合金打印件机械性能较好, 但由于结构问题, 打印同心度难以保证同时发生蹭壁时会产生很大的阻力, 不建议使用; 普通树脂打印件精度很高表面质量良好, 但强度很差, 可考虑测试一下高性能树脂。

2、齿轮和同步轮

由于齿轮较小, 同时工作空间也较为狭小, 对于齿轮的固定较难, 现在使用的是对打印件进行攻丝进行固定(螺丝孔小于螺丝的大径略大于底径), 推荐使用 PLA 打印件, 应注意壁厚加强。可以尝试使用嵌入热熔螺母安装顶丝固定, 同时齿轮和同步轮于螺杆装配同心度也应注意, 同心度不良会导致工作时机

构稳定性下降很多, 使用寿命也有较大下降。

长空御风