

doi: 10.7690/bgzd.2013.07.006

## 双仓结构弹箱设计及可靠性分析

谢云峰, 吴光宁

(中国兵器工业第二〇八研究所, 北京 102202)

**摘要:** 针对双仓结构弹箱设计过程中突出的可靠性问题进行研究。分析了双仓结构弹箱 2 种布局方案的优缺点, 采用 ADAMS 软件进行动作可靠性仿真, 并总结出相应的解决措施。结果表明: 增加压弹簧片、分仓上下隔板以及箱底斜垫片能有效防止枪弹在分仓里出现“低头”、“站立”现象; 良好的过渡仓斜板、正确的摆弹方式以及正确的出仓顺序能避免出现弹链钩挂死结现象。

**关键词:** 双仓结构弹箱; 过渡仓; 供弹阻力; 可靠性; 动力学

**中图分类号:** TJ59 **文献标志码:** A

## Design and Study on Reliability of Ammunition Magazine with Twin Bays

Xie Yunfeng, Wu Guangning

(No. 208 Research Institute of China Ordnance Industries, Beijing 102202, China)

**Abstract:** Aiming at the outstanding problems of reliability in the twin-bays ammunition magazine designing process, the advantages and disadvantages of its two layout schemes were analyzed. Use ADAMS software to operate reliability simulation, and sum up the corresponding solutions. The results show that the pressure spring leaf, the bulkhead of the compartments and the bottom oblique gasket can effectively prevent the “bow”, “standing” phenomenon; well designed crossover section inclined board, correctly placed cartridges and the right order of out positions can avoid the cartridge chains deadlock phenomenon.

**Key words:** twin-bays ammunition magazine; crossover section; feeding resistance; reliability; dynamics

### 0 引言

双仓结构弹箱采用双排单通道方式供弹, 结构紧凑, 适合安装在狭小载体空间内。通常此类弹箱的组成包括过渡仓、前后仓和归置通道(有的大口径枪弹弹箱还附有扬弹机)。摆弹时先将枪弹按一定规律放进其中特定的仓, 再将枪弹引伸至过渡仓, 弹链折弯后进入另外一个仓。通常双仓结构弹箱根据过渡仓的布局位置不同可以分为 2 种方案: 方案一为过渡仓与弹箱出弹口在同一侧; 方案二则过渡仓与弹箱出弹口不在同一侧。由于此前双排单通道的供弹方式尚没有运用在大口径的枪弹弹箱上, 笔者就其设计过程中突出的可靠性问题进行研究。

### 1 2 种方案分析

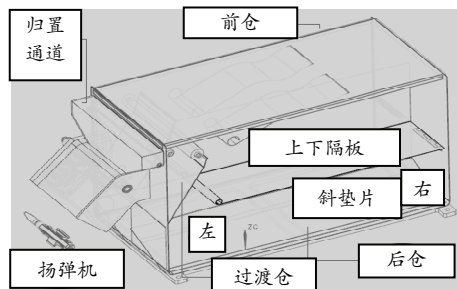


图 1 方案一示意图

方案一(布局如图 1 所示)中弹箱过渡仓与弹箱出弹口同一方位布置, 将扬弹机及进弹归置导轨安装在弹箱侧壁; 方案二(如图 2 所示)中归置通道布置在弹箱的上方。

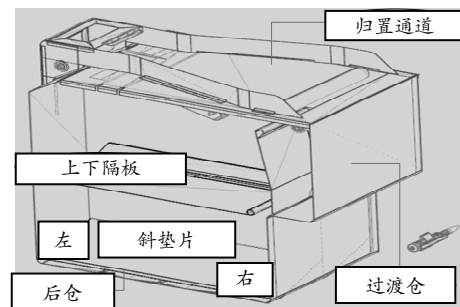


图 2 方案二示意图

方案一的优点是: 弹链直接从过渡仓出弹, 减少了拖弹长度, 利于减少拖弹阻力。缺点是: 枪弹通过滚轮实现在过渡仓出口处的直角拐弯, 阻力偏大, 动作不可靠。另外, 弹箱侧壁扬弹机进弹口归置通道偏短, 枪弹难以实现迅速平稳归置(甚至可能出现卡滞现象); 方案二的优点是: 扬弹机进弹归置通道长, 可以实现弹链从一侧可靠平稳归置。缺点是: 增加了拖弹行程, 供弹距离增长, 拖弹阻力相应增加。根据摆弹试验得到结果, 如表 1、表 2。

收稿日期: 2013-01-28; 修回日期: 2013-02-21

作者简介: 谢云峰(1989—), 男, 江西人, 在读硕士, 从事高射频武器系统总体技术研究。

表 1 方案一摆弹结果

现象	弹朝前	弹朝后
链下且弹交	左上或右下	左上或右下
链上且链交	左下或右上	左下或右上

表 2 方案二摆弹结果

现象	弹朝前	弹朝后
链上且弹交	左下或右上	左下或右上
链下且链交	左上或右下	左上或右下

如图 1 所示，弹的朝向为前，反之为后。“弹朝前”指的是弹从弹箱出来的时候朝向与图示一致。“弹朝后”指的是弹出来的朝向与图示相反。“链下且弹交”是指弹链在过渡仓折弯时出现了“弹靠弹”现象(见图 3)，且弹出弹箱时弹链在下面。“链上且链交”是指弹链在过渡仓折弯时发生“背靠背”现象(见图 4)，且弹出弹箱时弹链在下面。“左上或右下”指同时满足“弹朝前”及“链下且弹交”的条件是装弹时弹链必须从弹箱中一个分仓的左边开始，且弹链必须朝上；或者装弹时从分仓的右边开始，且弹链必须朝下。前后仓的装填顺序与前后仓的击发顺序有关，而与枪弹刚出弹箱时的状态无关。



图 3 过渡仓“弹靠弹”现象



图 4 过渡仓“背靠背”现象

由以上规律可知，2 种方案分别只能实现枪弹出弹箱的 2 种可能，且互相不能替代。弹箱设计者可根据设计实际情况考虑各方案的选择。

### 2 方案设计及其可靠性分析

方案一和方案二除去少许布局不同以外，大部分设计类似，现以方案二为例，对其 4 个关键部位的可靠性进行分析设计。

#### 1) 分仓内。

由于枪弹自身存在锥度，随着逐层装弹，弹壳

锥度不断放大，最上层倾斜的角度越来越大，最终出现“低头”现象，不仅给后续弹层码放带来不利影响，并且若上层弹头插入下层弹的缝隙中，将增大供弹阻力，可能发生卡滞<sup>[1]</sup>；另外由于载体恶劣的运动环境，使得枪弹在弹箱内颠簸摇摆，甚至出现弹尖朝上的“站立”现象。

为此，进行实弹码放试验，当弹药摆至 5 层时出现明显“低头”，但是在原弹箱底部增加 30°倾角斜垫片后，如图 5 所示摆弹直至第 7 层后，最上层才开始出现轻微低头，说明增加 30°斜垫片可以有效减少枪弹“低头”现象。另外在弹箱上盖内侧安装压弹簧片，当上部分弹药出仓时可以压住弹药；上下隔板铰接处增加扭簧，当分仓下部分弹药出仓时上下隔板在簧力作用下也可以压住弹药以免晃动，避免“站立”现象发生。



图 5 第 7 层弹轻微低头状态

#### 2) 分仓出口。

通过 ADAMS 动力学仿真，发现先出弹分仓的最后几个弹易在仓口卡滞(见图 6)，另外枪弹出分仓出口时容易将弹头卡在过渡仓斜板上(见图 7)。

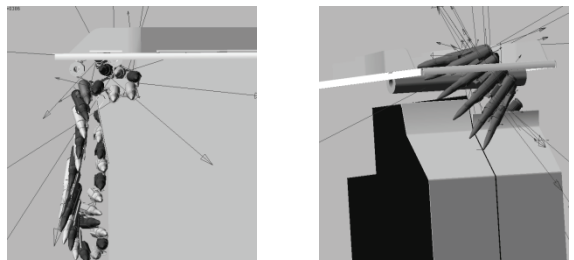


图 6 分仓出口卡弹仿真结果

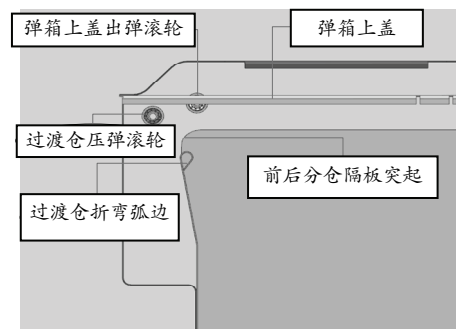


图 7 分仓出口布局示意图

枪弹在弹箱里高速拖动，连续碰撞，加之枪弹在归置通道归正时带动弹链扭转，若过渡仓处采用“弹靠弹”方式折弯，出弹口的两层“背靠背”的弹链刮蹭扭转更剧烈。另外，一般弹链的平面柔度  $R_1 > R_2$ ，即平面内朝弹底弯曲时开张的角度比朝弹头时大<sup>[2]</sup>。这一系列因素造成枪弹容易在分仓出口卡滞。

如图7所示，设计使过渡仓折弯弧边半径加大。水平上将弹箱上盖的出弹滚轮移离过渡仓前后斜板上方，竖直上距离结合水平距离适当调整。为保证弹链能顺利滑过前后仓隔板，应当使前后分仓隔板突起处于折弯弧边和出弹滚轮的外公切线之下，且隔板突起必须比过渡仓后斜板高出一个弹的高度（见图8），以免滑过时刮蹭。压弹滚轮处于出弹滚轮斜下方防止停射时惯性作用下后续枪弹挤塞，且其最外沿离折弯弧边和出弹滚轮二者的外公切线的垂直距离保持在1~2个弹高度之内。

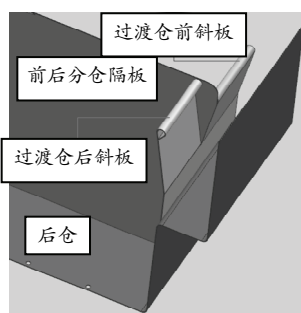


图8 方案二过渡仓设计示意图

### 3) 过渡仓。

根据弹链折弯方式的不同，过渡仓里出现的问题也不同。如果采取“背靠背”方式折弯，则容易出现2层弹交织以及弹链钩挂现象；而若采用“弹靠弹”的折弯方式，则有可能只出现2层弹交织问题。其中枪弹跟弹链装配后的结构见图9，前后有2个脱弹支臂，后脱弹支臂跟枪弹装配后形成封闭突起，而前脱弹支臂跟弹装配后仍保持开口。这种棱角外形很容易使弹链钩挂，甚至可能出现死结情况：中间隔板一侧的弹链的前脱弹支臂插入另一侧弹链的后脱弹支臂，拉力作用下有可能形成死结，造成严重卡滞。

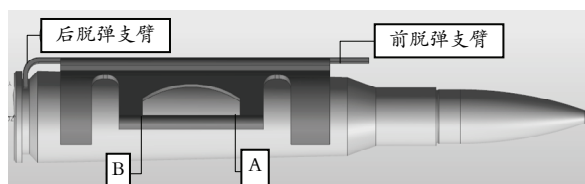


图9 某枪弹及弹链

为此，设计使过渡仓前后斜板的倾角不同<sup>[3]</sup>（如图8），错开左右空间，尽量只使过渡仓底部的弹药相接触，避免过渡仓上部分两侧弹药过早接触，使先出的弹链滑过前后分仓隔板突起后带动另一侧的弹药，从而实现弹链拐弯。这样就可以避免2层弹链在过渡仓互相交织一起。

若枪弹在过渡仓是“背靠背”方式折弯（弹头朝向与图2上枪弹朝向一致；枪弹朝向相反情况道理亦同），则可以通过规定前后分仓出弹顺序来避免弹链钩挂卡滞。

采用前仓先出弹，挂在过渡仓前斜板上的为主动弹链（见图4），极限情况下，前斜板上弹链的后脱弹支臂挂上过渡仓后斜板上弹链的前脱弹支臂，由于枪弹弹链装配后重心在前后脱弹支臂之间，碰撞后，后斜板上弹链将绕重心上抬，进而解脱钩挂。

若后仓先出弹，则挂在过渡仓后斜板上的为主动弹链，极限情况下，后斜板上的弹链前脱弹支臂挂上前斜板上弹链的后脱弹支臂；同理，碰撞后，前斜板上的枪弹将绕重心下抬进，而后斜板上弹链前脱弹支臂完全插入前斜板上弹链的后脱弹支臂，形成死结。

### 4) 归置通道。

通常归置通道侧壁设计为2个折弯角度相同的弯片，且前后侧壁对称（见图10）。故根据弹链的平面柔度  $R_1$ 、 $R_2$ <sup>[4]</sup>，可以确定折弯角度  $\beta$  最小值。

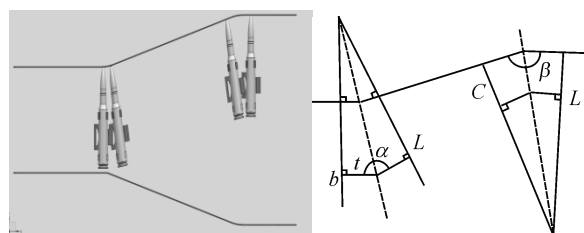


图10 归置通道及弹链极限折弯示意图

以图10描述情况为例， $t$ 为弹链节距的一半； $b$ 为极限情况下弹链在平面内朝弹头方向弯曲至联接支轴（如图9）B点接触，B点到弹底的轴向距离； $c$ 为极限情况下弹链在平面内朝弹底方向弯曲至联接支轴（如图9）A点接触，A点到弹头顶部的轴向距离。则得到：

第1个折弯角度  $\alpha$  必须满足条件：

$\tan \frac{\alpha}{2} \geq \frac{R_1 - b}{t}$ 。其中  $R_1$  为弹链在平面内朝弹头方向弯曲，在极限位置时弹底所组成的包络线之曲率半径。

第 2 个折弯角度  $\beta$  必须满足条件：

$$\tan \frac{\beta}{2} \geq \frac{R_2 + (L - c)}{t}$$

其中  $R_2$  为弹链在平面内朝弹底方向弯曲，在极限位置时弹底所组成的包络线之曲率半径； $L$  为全弹长度。

其他弹链摆放方式时，道理亦同；另外，设计增大归置通道侧壁折弯圆弧半径，亦可使枪弹在折弯处更加顺畅可靠实现转向。

重新加载枪弹运动约束条件<sup>[4-6]</sup>后进行仿真，弹链拖行动作正常可靠(如图 11 所示正常归置)，能满足 3 000 r/min 的射频时的供弹要求。通过复制接近过渡仓最深处的一节弹链，定义其为哑物体，加载碰撞力后测得其跟原件之间固连副的受力。在 3 000 r/min 的射频时的受力如图 12，从图 12 中可以看出，其在过渡仓时受到的力不超过 300 N，远远低于弹链屈服条件，且能满足扬弹机 30 kg 拖弹力的设计。



图 11 仿真结果

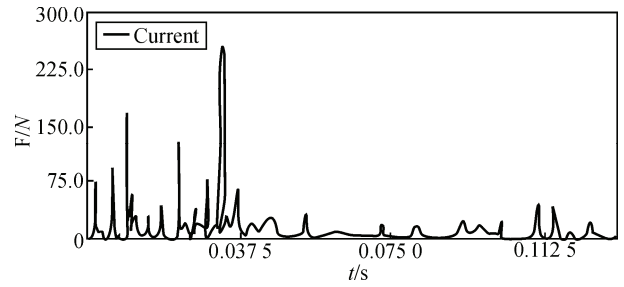


图 12 在过渡仓拐弯处的一节弹链在过渡仓时受力

### 3 结论

动力学仿真以及摆弹试验结果表明：通过增加压弹簧片、前后仓上下隔板以及箱底斜垫片可以有效防止枪弹在分仓里出现“低头”、“站立”现象；设计良好的过渡仓斜板、正确的摆弹方式以及正确的出仓顺序可以避免出现弹链钩挂死结现象；方案动作仿真中弹链拖行动作正常可靠。

### 参考文献：

[1] 谭仲子, 吴光宁, 吴其军, 等. 大容量弹箱设计分析[J]. 火炮发射与控制学报, 2011, 9(3): 52-55.

[2] 薄玉成, 王惠源, 李强, 等. 自动机结构设计[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2009: 172-174.

[3] Ammunition System[OL]. www.dillonaero.com[2012-12-28]. http://www.dillonaero.com/Ammunition\_Systems-8-7.html.

[4] 胡胜海, 张校东, 刘载淳, 等. 基于柔性铰的弹链系统建模及仿真分析[J]. 运用科技, 2011, 8(8): 18-22.

[5] 郭卫东. 虚拟样机技术与 ADAMS 应用实例教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

[6] 梁世瑞. 自动机创新引论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.

持，也可对类似结构武器的设计提供参考。

### 参考文献：

[1] 徐诚, 王亚平. 火炮与自动武器动力学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006: 77-80.

[2] 张本军, 王瑞林, 袁恒芝, 等. 某型步枪虚拟样机建模及仿真分析[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(19): 6122-6125.

[3] 宫鹏涵, 陈锦喜, 李永建, 等. 某榴弹发射器刚柔耦合动力学建模与仿真研究[J]. 兵工自动化, 2008, 27(2): 46-48.

[4] 于翠. 某型导弹虚拟样机验模与仿真[J]. 兵工自动化, 2012, 31(10): 14-16.

[5] 甘高才. 自动武器动力学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1990: 28-34.

[6] 聂冬, 张森, 牟能. 某型舰舱机枪枪架支座应变力受力分析[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(6): 24.

(上接第 20 页)

仿真结果与实测结果对比见表 1。

表 1 仿真数据与实验数据对比

机框速度	仿真值 v/(m/s)	试验数据 v/(m/s)	误差/%
后坐开始速度	7.15	6.84	4.53
后坐到位速度	1.57	1.48	6.08
复进开始速度	0.33	0.32	3.12
复进到位速度	2.98	3.13	4.79

由仿真结果可知：机框速度、位移变化规律与实际射击时的运动规律基本吻合，误差均在 10% 以内，证明该虚拟样机模型具有较高的可信度。

### 3 结束语

笔者基于 ADAMS 建立了某自动步枪的虚拟样机，并证明了其可信性。所建立的虚拟样机可供进一步的研究分析，可为该步枪结构优化提供理论支