

- anisotropic metals. Proceedings Royal Society, 1948, 193A: 28
- 7 Hill R. Matn. Proc. Camd. Phil. Soc., 1979, 85: 179
- 8 Hosford W F. 7th N. Amer. Metal. Conf., Proc., 1979. 191
- 9 Hill R. Mathematical theory of plasticity, 1950
- 10 皮萨林 T C. 复杂应力下材料的变形与强度. 北京: 科学出版社, 1983. 235

STUDY ON THE BIAXIAL STRENGTHENING EFFECT OF THE TITANIUM TUBE UNDER THE COMBINATORY STRESSES USING THE PLASTIC POTENTIAL THEORY

REN Jianao CHEN Jiguang
(Yueyang University, Hunan Province, Yueyang 414000, China)

SU Liwen LIU Honggui LI Gangling
(South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract Under the different combinatory loads the thin titanium tube possesses different stress states. In particular, the anisotropy and biaxial strengthening of TA₂ titanium tube directly influences the reasonable design of the titanium tubular exchanger. Using the plastic potential theory and through different combinatory stress experiments, this paper proves the anisotropy and biaxial strengthening effect of TA₂ titanium tube, and presents a reliable basis for the reasonable design of the titanium tubular exchanger.

Key words the titanium tubular exchanger, anisotropy, the combinatory stresses, the biaxial strengthening effect

炮弹头螺受力分析及联接方式改进

冯 兵 冯勋欣

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要 运用受力分析的方法, 对弹丸头螺在全弹道过程中的受旋力进行分析, 提出头螺与弹体联接方式的改进意见, 并通过试验予以验证, 为某型榴弹的安全生产解决了一个实际问题。

关键词 炮弹头螺, 受力分析, 联接方式

某型加榴炮的弹丸, 其头螺与装药弹体之间是用螺纹联接的. 为防止跳弹射击时旋脱, 二者用驻螺固定. 这种联接方式必须在头螺上钻孔, 并加一固定销钉. 由于钻孔是在装药之后进行的, 稍有不慎就会发生意外. 因此, 探讨新的安全可靠联接方式, 从根本上解决该弹在生产中的不安全问题, 是一项很有实际意义的工作。

1 头螺受力分析

要寻找头螺与弹体的安全联接方式, 首先要对头螺进行受力分析, 特别是导致其旋脱的受旋力. 为此, 根据弹丸发射过程中所经历的 3 个阶段 (图 1), 分别进行分析。

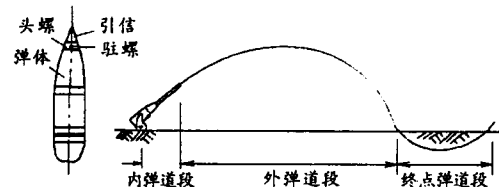


图 1 某型榴弹及弹道示意图

1.1 内弹道段头螺受力分析

某型加榴炮为右旋线膛炮. 在火药气体作用下, 弹丸在膛内一方面沿炮膛作直线运动, 另一方面绕弹轴作旋转运动. 对于头螺来说, 由于与弹体联接, 除自身重力外, 主要受两个力的作用 (图 2): 一个是弹体对头螺的推力 F , 这个力使头螺沿炮膛作直线运动, 它对头螺的联接可靠性不起作用, 对强度影响也不大; 另一个是弹体对头螺的作用力矩 M , 这个力矩使头螺在膛内作旋转运动, 它对头螺的联接可靠性起着决定性的作用. 把带引信的头螺作为研究对象, 根据定轴

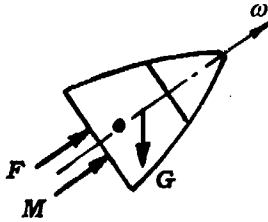


图2 内弹道段头螺受力图

转动微分方程有

$$M = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

式中, J 为带引信头螺的转动惯量, ω 为头螺旋转的角速度.

由于头螺以右旋螺纹与弹体联接, 所以头螺所受的力矩为旋紧力矩. 又由于火炮膛线为等齐缠度膛线, 则弹丸的转动角加速度 $\frac{d\omega}{dt}$ 与直线加速度 $\frac{dv}{dt}$ 成正比关系^[1], 于是有

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\pi}{\eta R} \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

式中, η 为膛线缠度, R 为炮膛半径.

在火药气体的作用下, 弹丸在膛内总是作加速运动, 因此头螺在膛内一直受旋紧力矩作用. 而弹丸在膛内的直线加速度是由膛压 P 引起的^[2]

$$\frac{dv}{dt} = \frac{AP}{\varphi m} \quad (3)$$

式中, A 为炮膛截面积, P 为平均膛压, m 为弹丸质量, φ 为次要功计算系数.

将(2)、(3)式代入(1)式, 可得到头螺在膛内所受的旋紧力矩为

$$M = J \frac{\pi}{\eta R} \cdot \frac{AP}{\varphi m} \quad (4)$$

查表并通过计算, 得各参数值为: $\eta = 30$, $A = 1.394 \times 10^{-2} \text{m}^2$, $P = 309 \times 10^6 \text{Pa}$, $m = 33.4 \text{kg}$, $J = 8.00 \times 10^{-5} \text{kg} \cdot \text{m}^2$, $R = 6.66 \times 10^{-2} \text{m}$, $\varphi = 1.158$. 将这些参数代入(4)式, 得

$$M = 14.00 \text{Nm}$$

1.2 外弹道段头螺受力分析

弹丸从出炮口到着击目标这段运动过程中, 由于脱离了火药气体的作用, 只受空气阻力和自身重力的作用. 空气阻力直接抑制弹丸的运动速度, 而重力则不影响弹丸的旋转. 我们所关心的是, 在空气阻力作用下, 弹体对头螺是否还有作用力矩 M . 仍以带引信的头螺为研究对象(图3), 其转动微分方程为

$$M - m_z = J \frac{d\omega}{dt} \quad (5)$$

式中, m_z 为作用在带引信头螺上的空气阻力矩.

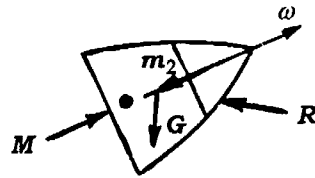


图3 外弹道段头螺受力图

由于带引信的头螺是弹丸的一部分, 在飞行过程中为一整体. 根据弹丸飞行力学原理和头螺与弹体联接的技术要求, 因此弹丸的转动微分方程为

$$-M_z = I \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

式中, M_z 为作用于弹丸上的空气阻力矩, I 为弹丸的转动惯量. 由式(5)、式(6)可得

$$M = m_z - \frac{J}{I} M_z \quad (7)$$

查表、计算, 得 $I = 8.00 \times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{m}^2$. 由弹丸空气动力学可知^[3], $m_z = 0.154 \text{Nm}$, $M_z = 7.65 \text{Nm}$. 将这些数值代入(7)式, 得

$$M = 0.775 \text{Nm}$$

1.3 终点弹道段头螺受力分析

弹丸落地瞬间, 带引信的头螺首先着地, 并由空气弹道进入地面. 介质的改变, 使头螺所受的阻力矩也由小变大. 在头螺完全入地, 弹体尚未进入地面瞬间, 头螺所受的阻力矩最大. 此时对于头螺与弹体的螺纹联接来说, 这个阻力矩为旋紧力矩.

在弹丸从地面钻出再进入空气弹道时, 带引信的头螺首先钻出地面, 所受的阻力矩逐渐减小. 而弹体对头螺的作用力矩, 由于介质的作用已经变向, 且逐渐增大. 对头螺与弹性的螺纹联接来说, 此时受旋开力矩作用. 当头螺完全钻出地面, 弹体还未露出的瞬间, 这个旋开力矩最大(图4). 当弹丸完全钻出地面再进入空气弹道时, 头螺受力的变化规律同外弹道段一样.

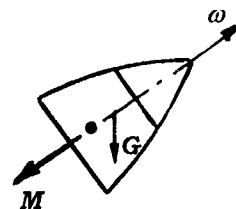


图4 终点弹道段头螺钻出地面时受力图

弹丸在土壤介质中的运动和受力情况是很难测量的, 头螺的受旋力矩也无法定量计算, 因此在终点弹道段, 头螺能否被旋脱, 只能作定性分析。

某型榴弹, 配用榴-5 触发型引信。引信装定分为瞬发、惯性和延期 3 个类型。对于引信装定为瞬发或惯性的弹丸来说, 因触击目标到引信的作用时间很短(微秒级), 头螺来不及旋动。对于延期装定的引信, 因头螺旋入弹体的长度为 39 mm, 螺纹为 $M_{52 \times 3}$, 头螺与弹体旋脱需要 13 rad, 在引信作用到弹丸爆炸的时间内, 头螺即使被旋松, 也来不及旋脱。

2 头螺联接方式的改进

从以上分析可知, 在内弹道段, 头螺受旋紧力矩作用, 其最大值为 14 Nm。在外弹道段, 头螺仍受旋紧力矩作用, 其最大值为 0.775 Nm。在终点弹道段, 头螺受旋开力矩作用, 在弹丸跳弹角(射角小于 15°)时, 弹丸落地跳出, 头螺脱离地面瞬间受旋开力矩最大, 但因作用时间极短, 头螺来不及旋开或旋脱。

上述分析结果, 为改进头螺与弹的联接方式提供了依据。在一般情况下, 头螺与弹体采用螺纹联接, 可以保证不被旋开或旋脱。但杀伤弹在进行跳弹射击时, 弹丸有可能多次落地, 易发生头螺旋脱现象。目前在头螺上钻孔用驻螺固定, 联接绝对可靠, 但生产和维修时很不安全。根据弹道和受力分析, 用点铆代替驻螺固定, 是一个既可行又安全的方法。这种方法要求, 弹丸在生产装配过程中, 头螺与弹体用一定的装配力矩旋紧到位, 二者点铆固定即可。这样, 既能保证榴弹的性能和使用安全, 又能满足榴弹勤务处理要求, 也便于大批连续生产。

3 验证试验分析

试验时, 头螺与弹体的装配力矩分别选择 198 Nm、297 Nm 和 343 Nm, 用点铆固定, 并采用具有一定磨损的炮管, 在强装药条件下, 分别以接近最大射程角 45° 和跳弹角 15° 、 10.2° 进行发射。

对射角大于 15° 、装配力矩为 198 Nm 的头螺进行检查, 发现大部分头螺有旋紧现象, 说明弹丸落地瞬间头螺受旋紧力矩作用超过了 198 Nm。针对这种

情况, 把装配力矩提高到 297 Nm 或 343 Nm 是有利的。通过对回收弹丸进行检测, 发现头螺与弹体的点铆结合需施加一定的力矩方可旋动, 说明用点铆代替驻螺固定能满足榴弹大射角发射要求。

在小射角 (10.2°)、装配力矩为 343 Nm 的试验中, 对回收弹丸进行检查, 发现头螺与弹体、引信与头螺均有旋松现象, 当然这是由于弹丸二次或多次落地造成的, 但未出现拒爆者, 点铆也没有被剪切力破坏。

通过理论分析和试验验证, 可以对头螺与弹体的联接方式得出如下结论: 头螺用 343 Nm 力矩同弹体装配到位, 两点方形点铆, 引信用手装配到位。这一改进方案, 又经 20 发制式弹进行爆炸性能试验, 结果完全起爆。

参 考 文 献

- 1 华恭, 欧林尔. 弹丸作用与设计理论. 北京: 国防工业出版社, 1975
- 2 浦发. 外弹道学. 北京: 国防工业出版社, 1980
- 3 赵文宜. 弹丸设计原理. 北京: 北京工业学院出版社, 1988

STRENGTH ANALYSIS ON HEAD OF SHELL AND IMPROVEMENT ON JOINT FORM

FENG Bing FENG Xunxin

(Ordnance Engineering Institute, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract With the strength analysis method, this paper analyses the rotate force on head of shell in full trajectory process and gives advice on improving the joint form between the shell's head and body. The test verifies above analysis. It can ensure the safety in some high explosive shell's production.

Key words head of shell, strength analysis, joint form