

# 对话(二)

## ——摧毁核弹头,需要多少粒子炮弹?

魏开煜

### 两个需要认真研究的问题

张:老李!听了您对三种类型粒子束武器的介绍,我觉得这粒子束武器要是能够研制成功的话,那对于防止敌人的核袭击来说真是一件好宝贝。就是不知道要摧毁一枚核弹头,需要发射多少颗粒子炮弹,这种加速器能不能造出来?

李:这个问题很重要,它是关系到粒子束武器的设想能不能变成现实的大问题。这个问题目前正在研究,还没有最后解决。所以围绕着这个问题,科学家们争论也很激烈。例如在美国,有一派对粒子束武器持否定观点的科学家认为:即使在外层空间作战,要摧毁敌人的一枚核弹头,也需要一个能量为 200 兆电子伏的加速器在一秒钟或更短的时间内,向目标发射二十万亿亿( $2 \times 10^{21}$ )个粒子炮弹。而目前世界上能量为 200 兆电子伏以上的强流粒子加速器要算质子直线加速器了。这种加速器束流强度达到的最高记录是每秒钟发射四千万亿( $4 \times 10^{15}$ )个质子炮弹。这同上面的要求相比还差 50 万倍。因此,这些人认为粒子束武器没有成功的希望。不赞成美国政府为研制粒子束武器投资。

张:果真没有成功希望的话,那是不应当为研制粒子束武器白花钱!

李:可是,问题并不那么简单。目前不光是苏联投入了大量的人力物力研制粒子束武器;美国也正在加紧干。

张:这是为什么?难道他们甘愿拿着钱往大海里扔吗?

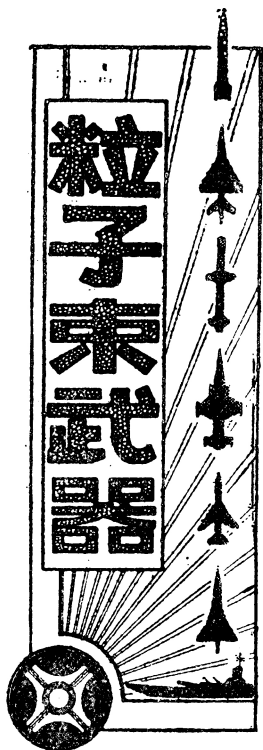
李:不!这是因为更多的科学家认为摧毁一枚核弹头并不需要那么多的粒子炮弹。否定派在两个需要认真研究的问题上估计得过于悲观,所以算出了那么高的指标。

张:这倒很有趣,是哪两个问题?

李:一个是粒子束对核弹头的破坏机制;另一个是粒子束在空间和大气中的传输。

### 钻进铁扇公主肚子里去兴妖作怪

张:记得您在前面说过,高能粒子束和激光束一样带



有大量的动能,打在目标物上,可以产生同样的热效应.那么,它对核弹头的破坏机制是不是也和激光束一样呢?譬如说:先要在弹壳上烧出一个洞来(图1),然后才能进到弹头里面去,把化学引爆炸药点着.如果是这样的话,那么粒子束在核弹头中沉积的热能,至少要等于点燃引爆炸药所需要的能量再加上烧穿弹壳所需要的能量.这种想法对吗?

李:嗯,这是一种很习惯的推理方法.否定派的科学家们就是这样推理和进行计算的.他们忽略了粒子束同激光束的一个很重要的区别,那就是“穿透力”不同.激光束不能直接透过金属弹壳,它只能一层一层由表及里地把弹壳熔化出一个洞来才能进去(图1).但是高能粒子束对金属有很强的穿透力,并不需要把弹壳烧出一个宏观的洞来,就可以钻入弹头中去把引爆炸药点燃(图2).打个比喻:就像孙悟空钻进铁扇公主肚子里去兴妖作怪一样.

张:真有意思!那么烧穿弹壳和不烧穿弹壳所需要的能量有什么差别呢?

李:差别可大啦!据估计,要把轻质合金做成的弹壳烧出一个洞来,至少

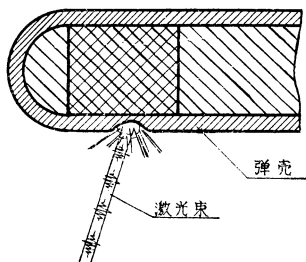


图 1

需要在每立方厘米的材料中沉积大约 2000 焦耳的能量才行。

张:要是不烧毁弹壳,只是穿透进去点燃引爆炸药呢?

李:大约只要在每立方厘米的材料中沉积 200 焦耳的能量就够了。

张:啊!一念之差,相差十倍?!

李:是的,科学的概念是很重要的.所以说粒子束武器的破坏机制是一个需要认真研究的问题,不能够简单地搬用

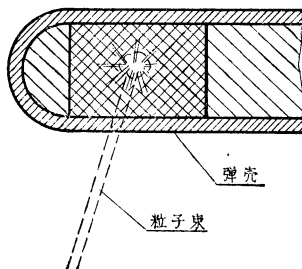


图 2

激光武器的概念。

张：看来，两种武器的破坏机制是不完全相同的。那么，每立方厘米 200 焦耳是不是破坏核弹头的最低能量呢？还能够降低吗？

李：每立方厘米 200 焦耳是根据一般炸药的起爆温度为摄氏 500 度左右计算出来的，如果能使起爆温度下降，所需要的能量就可以进一步降低。

张：起爆温度有希望下降吗？

李：有。目前有一种理论认为：当粒子束很快地轰击装在密闭容器中的炸药时，有两种机制会使炸药的起爆温度下降：一种是粒子束引起炸药内部的离子迁移，使电荷分布不均匀（图 3a）而产生局部电火花，把炸药点着；另一种机制是，当粒子束在炸药中沉积能量的时间小于声波在炸药中的传播时间时，会在炸药中产生冲击波（图 3b）使起爆温度下降。

张：这是一种很有趣的理论……

李：是的。但要证实它，而且要取得确实可靠的数据，还必须进行大量的理论和实验研究，特别是实验研究。

张：国外在研究这个问题吗？

李：我想，他们可能正在用加速器做轰击炸药的实验。

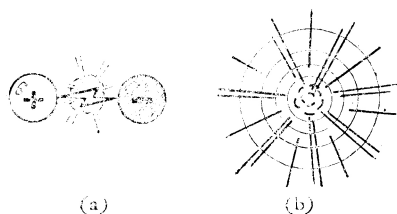


图 3

这种研究工作是不会在报刊杂志上详细报道的，但是，你可以根据各方面的情报资料去分析。

### 破坏核弹头的大脑和心脏

张：除了点燃引爆炸药之外，高能粒子束还可以对核弹头的其他部分进行破坏吧？

李：是的，还可以破坏制导系统和核装药。

张：电子制导系统可以说是核弹头的大脑；核装药是它的心脏。大脑和心脏遭到破坏，核弹头也就完蛋啦。唉，老李！您说说看，粒子束怎样破坏核弹头的制导系统？需要多少破坏能量？

李：高能粒子束有多种机制破坏核弹头的电子制导系统。例如，它所产生的热效应可以熔化一些电子元件，特别是损坏精密的固体组件；强流粒子束的轰击会改变半导体材料的性能；粒子束产生的强辐射场能将微型电器件击穿……等等。而且破坏核弹头的制导系统所需要的能量不多。例如对于硅晶体制造的电子元件，大约只要在每立方厘米的体积中沉积 23 焦耳的能量就会引起严重的破坏。要是用足够强的高能电子束去射击核弹头，即使

没有准确命中，只要从弹头旁边擦过去，它所产生的辐射场就有可能把制导系统破坏掉（图 4）。

张：那就专门破坏制导系统不是很省劲吗？

李：可惜的是，制导系统的损坏程度很难用雷达去探测，你怎么判断它坏了没有呢？

张：噢！这倒是个难题。那么，破坏弹头的核装药呢？

李：破坏核装药需要沉积较多的能量才行。例如，要是核装药是钚<sup>239</sup>的话，大约需要在每立方厘米的材料中沉积 1800 到 2400 焦耳的能量才能引起破坏。

张：如果核装药是铀<sup>235</sup>或者是铀<sup>233</sup>呢？

李：需要的能量也差不多。

张：那么，是不是可以说要通过破坏核装药去摧毁核弹头是最困难的了？

李：还不能这样简单地下结论。

张：为什么？

李：因为要比较破坏某种材料是困难还是容易，不光要看破坏它需要多少热能，还要看粒子束同这种

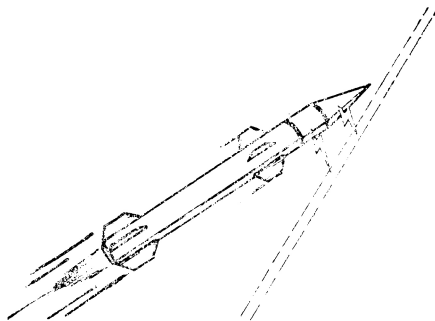


图 4

材料作用时能够产生多少热能。譬如说，破坏甲种材料需要在每立方厘米体积中沉积的热能比乙种材料高 10 倍，但粒子束同它相互作用时在每立方厘米中产生的热能比乙种材料高 100 倍，你说破坏哪种材料容易呢？

张：那当然还是破坏甲种材料容易些。

李：对啦，破坏甲种材料所需要的粒子炮弹反而要比乙种材料少 10 倍。

张：那么高能粒子同铀和钚这样的重金属材料相互作用产生的热能是不是要比轻物质多呢？

李：从每个粒子产生的热能总数来看要比轻金属中高得多。大家都知道，高能粒子束打到铀或钚这样的重金属靶上时，会产生散裂核反应。就是把原子核打破了，放出大量的次级带电粒子和散裂中子。这些带电粒子和中子在材料中慢化，所损失的能量可变成大量的热能。例如，一个能量为 1000 兆电子伏的高能质子打在铀或钚材料中，除了可以打出次级带电粒子外，能打出大约 50 个中子，这些粒子慢化所损失的能量大约可变成 4000

兆电子伏当量的热。再加上核装药一般是可裂变的铀<sup>235</sup>，钚<sup>239</sup>或者是铀<sup>233</sup>，慢化了的中子还可以被这些材料的原子核所吸收，引起核裂变，放出第二代中子和热能（图 5）。所以，一个高能质子在核装药中所产生的热能可能要比它自己所带的能量高出许多倍。打个比方，就像做生意一样，这是一种赚钱的买卖。

- 张：这些能量从哪里赚来的呢？  
 李：是铀或钚原子核的结合能被释放出来了。  
 张：高能粒子束同轻金属相作用呢？  
 李：因为轻金属原子核分裂时要吸收能量，所以，总是赔本买卖。就是说，一个粒子产生的热能一般小于它所带的动能，顶多相等。  
 张：这么说，会不会破坏核装药比点燃化学引爆炸药还要容易呢？  
 李：我不能下这个结论。这要进一步计算出高能粒子束在每立方厘米的核装药中所产生的热能才好比较。然而，要计算这个数据，除了知道高能粒子在材料中产生的总热能之外，还必须知道各种次级粒子的扩散范围，尤其是要知道核装药的具体形状和尺寸以及反射层对各种能量的中子的反射效率等参数。这些参数，我们搞加速器的人是不清楚的。  
 张：好，这个问题我以后有机会时去向核武器专家们

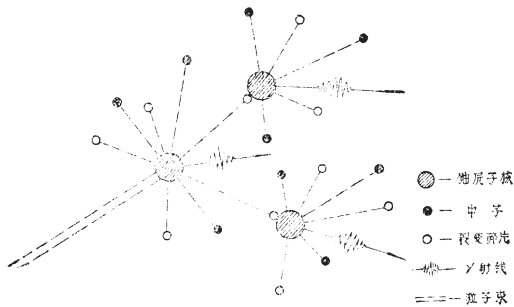


图 5

请教。现在请您谈谈，根据前面所说的各种破坏机制，您认为采取哪种破坏方案去摧毁核弹头最有希望？

**最有希望的方案**

- 李：将来的发展很难预测。从目前来看，我认为最有希望的破坏方案是高能粒子束穿透到核弹头中去点燃化学引爆炸药。  
 张：为什么？  
 李：因为：（1）这个方案对穿透力很强的高能粒子束来说，只需要在每立方厘米材料中沉积 200 焦耳能量就够了；（2）点燃引爆炸药所造成的破坏对核弹头来说是毁灭性的；（3）这种破坏最容易预测。

张：有道理。现在就让我们来算一算点燃引爆炸药需要在核弹头的每平方厘米上射入多少个粒子炮弹吧！

李：好，根据通常打轻物质靶的实验，一个能量为 200 兆电子伏的质子，在轻物质中每走 1 厘米大约可以沉积  $10^{-12}$  焦耳的能量。因而，要在每立方厘米体积中沉积 200 焦耳的能量，就需要在每平方厘米面积上射入大约二百万亿 ( $2 \times 10^{14}$ ) 个质子炮弹。

张：这个数目不算大嘛！您在前面不是说过目前能量为 200 兆电子伏以上的质子直线加速器每秒中能产生四千万亿 ( $4 \times 10^{15}$ ) 个质子吗？

李：是的，要是单从每平方厘米上需要射入的粒子数来看，的确是不多的。但这还不是摧毁核弹头所需要发射的总粒子数。

张：那么，需要发射的总粒子数怎样计算呢？

李：粗略地估计是，每平方厘米上需要射入的粒子数再乘上粒子束在核弹头附近的扩展面积。

张：噢！我明白了。要是扩展面积大，需要发射的总粒子数就多；扩展面积小，需要发射的总粒子数就少。对吗？

李：对！你很聪明。

张：那粒子束的扩展面积究竟有多大呢？

李：这同粒子束在空间和大气中怎样传输的关系很大。要是传输问题解决得好，就有可能很小；传输问题解决得不好，就会大得吓死人。

张：那么，请您举个具体例子。

李：好！譬如说，要摧毁 100 公里外的核弹头，粒子束从加速器出来后要飞行 100 公里才能够打到弹头上，用行话来说，就是粒子束要在空间传输 100 公里的距离。在这么长的传输距离上，用什么办法来保证粒子束不散开呢？要是你找不到有效的办法使粒子束在空间聚焦的话，那么，只要粒子束从加速器出来时稍微有一点点张开角，例如张开千分之一度，当它到达弹头附近时，横截面就会扩大到约二万五千 ( $2.5 \times 10^4$ ) 平方厘米（图 6）。在这种情况下，为了保证在核弹头的每平方厘米面积内射入二百万亿 ( $2 \times 10^{14}$ ) 个粒子，就要求加速器发射的总粒子数为五百亿 ( $5 \times 10^{18}$ ) 个。

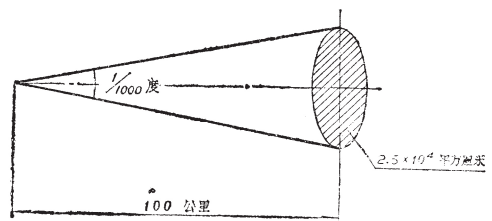


图 6

张：啊！粒子束传输的影响这么厉害？！张角千分之一度就能使所需要的粒子炮弹增加两万五千倍？！

李：是啊，我在前面不是说过，粒子束的传输也是一个需要认真研究的问题吗？如果不搞清楚粒子束在空间和大气中的传输机制，就很难可靠地估计出摧毁一枚核弹头究竟需要发射多少粒子炮弹。

张：嗯，搞清这个问题很重要，我同您约定，下次来讨论这个问题，好吗？

李：好！再见。