

美国核炸弹 M K 4

蜀青;张立敏

M K 4 - 0 型“胖子”是一枚内爆型原子弹，以和 M K III 相同的基本核裂变原理为基础。它装有比 M K III - 1 型武器更好的引信和点火电路，并使用与 M K III - 0 型相同的基本电路。这种弹在工艺方面作了改进，以保证在坚固耐用、简化生产、可靠性、方便现场操作以及长期储存性能和弹道特性等各方面，都比任何一种 M K III 变型为好。与 M K III 一样其尺寸仍受 B - 2 9 弹舱的限制。

1 9 4 5 年初在洛斯阿拉莫斯就开始了 M K 4 的研制工作，那时战争尚未结束。据了解，“小男孩”和“胖子”在宝贵的可裂变材料利用率方面很差，极大地浪费了昂贵的稀有同位素。L A S L 的科学家们认为，通过一些简单的改进，包括将弹芯悬置并使用双元素复合结构，就可使内爆弹的效率得到相当程度的提高。

早在 1 9 4 5 年 9 月就有可能制成一枚当量两倍于“胖子”弹的内爆型弹而其芯部可裂变材料的用量却仍然不变。换言之，一枚当量与长崎弹相同的内爆武器可少用 2 5 % 的裂变材料：“目前洛斯阿拉莫斯正在进行的研制，可使所需可裂变材料减少约 2 5 %（并不相应地牺牲性能），或者说，如果使用目前的裂变材料用量，则弹的当量将加倍”。

此外，空军在寻求一种所谓“木弹”（WOODEN BOMB），它的特点是基本设计简单，尽量减少储存时的维护，同时在操作与使用方面极其安全，后一项尤其重要。这涉及良好的弹道特性，从运载飞机投弹后的控制方法，减少“哑弹”的几率，重量轻以及当量的可预测性和再现性。M K 4 是走向“木弹”极重要的第一步。

M K 4 的正式工程研制始于 1 9 4 5 年 8 月 2 日，同时在洛斯阿拉莫斯成立了 Z 部或者说武器工程部。Z 部是战时 L A S L 的 E 部的分部，设立 E 部的目的是研究与发展弹的引信、“小男孩”的铀枪以及内爆系统。Z 部指导弹的工程与生产（主要解决与飞机和弹道特性有关问题），并代替一个战时在文多弗基地（犹他州盐湖城附近）称作 W - 4 7 课题小组。当时曼哈顿计划拥有一个小型机场（前为陆军航空兵基地），称作桑迪亚基地，位于新墨西哥州阿尔伯克基附近，Z 部被授权拥有它自己的飞机并使用阿尔伯克基附近的大型开兰陆军基地。这个新部在战争结束之前就公开地组织起来了

Z 部首批任务之一就是合理的工程角度重新设计“胖子”弹。原子弹研制的这一阶段一直被忽视，而忙于越快越好地提供可以使用的武器。对设计方面改进的必要性是显而易见的：“胖子”弹道特性是十分可怕的；更换它的短寿命蓄电池时几乎要全部拆开；在运载飞机飞行中装保险或打开保险都没有预防措施。

设计中一项基本的弹道特性要求就是重心（C. g.）要尽可能地移到弹的前端。这是必要的，因为任何炮弹的稳定性力矩都是重力和压力中心间距离的函数（炮弹重心一定要在压力中心之前以避免飞行中翻滚，重心越在前，弹身越稳定）。

战时，所有的炸弹工程都在犹他州文多弗基地进行（有时也用另外名称莱夫特维尔基地）。选择这个地方有很多理由，主要是安全，因为它距任何城市都很远，不易到达。战后，由于远离城市也产生了特殊的不可克服的困难，尤其是基地距武器实验室 L A S L 太远。1 9 4 5 年秋，即从 9 月 2 7 日开始，将 W - 4 7 的工作转移到阿尔伯克基附近的奥克斯纳德基地（桑迪亚基地）。沿着炸药库房和装配区修建了几幢建筑物。附近的开兰机场用来停放 B - 2 9 机组，以供做飞机的协调性和空投试验之用。存放在文多弗的一些炸药都转移到新墨西哥州盖洛普附近的温格提堡陆军仓库。这时，1 9 4 5 年夏曾被曼哈顿计划使用过的海军索尔顿海上基地，又被指定为供 Z 部作投弹试验的主要场所。

1 9 4 5 末，过去专用钚的内爆系统已发展成为使用钚和铀 - 2 3 5 的复合内爆弹芯，这项基本设计对 M K 4 的前景是一个决定性因素。

1 9 4 5 年 1 0 月 4 日确定了 M K 4 的研制日程表。武器的设计和制造主要以新的悬式复合弹芯为基础。1 9 4 5 年 1 2 月 1 4 日，M K 4 原型弹体同 M K III 差不多在阿尔伯克基西南的洛斯卢纳斯靶场进行了实际空投试验

M K III 和 M K 4 之间主要差别出现在 1 9 4 6 年初，那时研制了围绕核芯部的 6 0 点高能炸药内爆

系统以取代用于MK III的3 2点系统。起爆点数目加倍就能更有效率地、使球对称内爆波能更好地压缩弹芯，从而给定量的裂变材料能产生更高的当量。

另一方面，新系统在雷管引爆同步性方面比3 2点系统的MK III有更高要求；除了数目增加外，炸药“透镜”要改变形状。X一部件（点火系统）变得更重和更复杂，雷管和电缆的增加也增加了重量和布线的复杂性。

在1946年2月影响MK 4未来设计的一个重大的、尚无答案的问题是，选择3 2点或6 0点内爆系统。正在制造的弹的许多部件要适配两种系统，而从事武器制造的军械工程师们倾向于3 2点系统，他们提出了种种理由。首先，3 2点的设计雷管布线简单。雷管数目加倍，可能要求把一部分X一部件移向高能炸药球的前方，这样可能与业已放在那儿的引信部件及达天线相干扰。第二，一套6 0点的X一部件将比5 0 0磅重的3 2点系统的X一部件增强3 0 0磅。雷在弹尾的这一增重会使重心移向尾部，其影响是不利于武器的弹道特性。第三，设计6 0点系统高能炸药“透镜”模具涉及的工程方面的工作，要求有经验丰富的人材，而那时洛斯阿莫斯没有这方面人材（战后，即1946年初大批人员离开洛斯阿拉莫斯）。3 2点“透镜”可以重新设计，以提高折射系数（这是炸药块冲击波聚焦能力的量度），就时间与费用而言出比较合算。第四，6 0点系统的“活门”将要去掉至少4块“透镜”，结果使得球的前端极帽处出现一个大洞（武器进入作战状态时，核部件从头锥插入）。而3 2点系统只需去掉两块五边形高能炸药，所以孔洞小得多。

L A S L在春未作出决定，推迟在直径6 0英寸的弹上建立6 0点内爆系统（最后用在MK 6上）。可是，在炸药“透镜”最外层药块中心部位使用了一种新的“慢速”炸药以增加折射系数，从而使内爆冲击波更好聚焦。

1946年夏天，在比基尼环礁举行的“十字路”行动期间对MK 4试验就有某种考虑。这一试验系列是考查原子弹对海军舰船的效应。在洛斯阿拉莫斯讨论最多的用哪种武器进行试验。该所推荐的是战时型MK III“胖子”武器，尽管装有新弹芯的MK 4急待进行试验。L A S L之所以推荐“胖子”弹是出于下述考虑：

（a）试验的目的是严格的限于军事应用。L A S L的武器专家们对武器的核效率和T N T当量有否精确测定没有把握。因此，从军事战略与战术的观点考虑，使用过去用过的武器是重要的，只有用同样武器才能比较在不同环境中的差异。（b）如果一件新的和没有试验过的武器性能差和效率低，那末该所和武装部队将会因不用一种“成熟”武器而受到批评。（c）因为要研究的是原子武器的效应，而不是武器本身，所以L A S L不愿意使用性能难于或不可能测定的新武器。

基于上述论据，在严格控制与严格测试条件下进行MK 4的全尺寸试验还得等待时机。

“十字路”行动对MK 4的研制的影响是巨大的和不利的。对Z部的冲击，当时洛斯阿拉莫斯和阿尔伯克基之间的分歧是严重的；MK 4的研制与工程计划差不多全停下来，因为比基尼试验占用了高级人员

1947年2月在桑迪亚基地的Z部被加强了。4月4日在海军的加利福尼亚索尔顿湖试验基地进行了第一次半尺寸MK 4空投。

1947年夏天，L A S L请求陆军航空部队（A A F）提出所需的MK 4的军事特性。在答复中，A A F要求在电子学和电气部件方面作某些改变，但重点是改进弹道特性。这些小的改变包括（1）延长蓄电池寿命，（2）在运载飞机飞行中调定爆炸高度。（3）用时间/气压系统代替雷达引信系统，以及（4）研制供紧急投掷或供将弹作为海港水雷使用时的降落伞或阻力袋。当时，在运载飞机飞行中调定爆炸高度引信已由A A F的器材司令部作为特殊保密项目为A E C进行研制，同时它也正在研制一种改进的雷达引信系统。

首次MK 4高能炸药模型于7月末进行试装配。从制造厂已收到第一个MK 4 X一部件的试验模型并做了全部机械的和电的检验以及同步性试验。夏末，Z部中的一个工程小组在MK 4弹的机械模型方面取得进展，从而帮助拟定部件精确的加工规格和确定精确尺寸、位置以及每个部件的作用。新炸弹的特点是，外壳是钢和铝制的。带有不同类型的尾部装置的全尺寸和半尺寸模型已进行了空投试验。

11月初，接到了小尺寸的、用火炮发射的、带尾翼的MK 4模型，并送到陆军阿伯丁弹道实验室进行试验。完成了第一个MK 4全尺寸完整模型，并进行了空投试验。同时完成了阻力最小的外壳定形

并做了试验，同时确定了外壳内部的机械部件设计。对稳定尾翼和罩盖的性能进行了半尺寸的实际研究和局部的全尺寸研究。空投试验表明，外壳弹道系数较高（2.5），武器在0.8-1.2马赫通过相当长一段弹道时，由压缩引起的振动导致短时间的5°—10°的偏航和俯仰。

1947年底，一种供MK 4使用全部重新设计的较紧凑和轻量的X-部件正在EG&G公司（AEC的承包商）生产。12月末，美国空军，洛斯阿拉莫斯科学研究所、美国海军和原子能委员会在洛斯阿拉莫斯举行的联合会议上，再次提出了为提高安全性需要在运载飞机飞行中插入核部件（IFI）。N·布拉德伯利博士在这次会上指出，IFI至少需要两年时间进行研制，而且可能使武器和飞机都复杂化。他同意提供一次机会，把MK 4核部件在飞行中移出，并计划试验这种程序。1947年12月从MK 4去掉了头锥雷汞“自毁”信管，这是空军十分希望的安全性改进（由于使用极其安全的引信及点火系统，头锥信管已过时和不必要）。LASL在当时不重视改进弹道特性，并认为从弹的摧毁半径很大看轰炸精度已足够（至少LASL这样认为），直到1948年夏MK 4的尾部和MK III没有多大变化。

1948年3月29日，利用改进的MK III模型，在停在开兰机场的B-29上进行了核部件插入的抽出的首次试验。试验用了大约31分钟（仅为预定时间三分之一），没有使用特殊工具和设备。因此，空军在一周内提出使用IFI要求，AEC答应重新设计MK 4，以便使用IFI。

1948年4月1日，LASL的Z部成为LASL在桑迪亚的分枝机构。

MK 4最佳弹道系数是这段时间争论和计算的对象，最后，在弹尾装上一块平面阻力板，再加上平稳和准确的飞行，弹道特性将大大改善。

1948年春，在埃尼威托克岛上举行的“砂石行动”中，完成了MK 4研制的一项重大步骤。在代号为“X光”、“轭”和“斑纹”的试验中，对新型悬置式铀钚复合裂变弹芯作了全尺寸爆炸试验。悬置式铀钚复合弹芯的设计如此出色以致被立即投入生产。“砂石”行动非常成功，MK 4部件生产订货所需裂变材料比当时已进入储备的MK III优先供应。MK III的弹芯的制造立即停止，将所有可裂变材料都用于制造新弹芯。随着MK 4部件的批生产以及采用标准化的生产装配线技术，手工制造武器的时代已一去不复返。

4月末，MK 4部件的生产订货在进行安排的同时，除了准备IFI和修改的空气动力部件，特别是改进的尾翼外，MK 4的设计接近完成。为了解决弹道特性问题，飞机工厂给予了帮助。以诺思罗普公司的丁·诺思罗普为首的由六位该国第一流空气动力学专家组成的一个小组，于5月24日在加利福尼亚因约肯与海军武器试验站和陆军阿伯丁试验场的代表们举行了会议。会上成立了MK 4空气动力学小组，其主要任务就是重新设计MK III的尾部，使其适合于MK 4。

在这个小组领导下，MK 4模型（当时称为TX-4）做过多次风洞试验。MK III武器从32,000英尺高度下落过程中，当速度达0.93马赫时出现摇摆（这种摇摆被认为是炸弹计算不精确的原因），为此作了多次修改。基于多次风洞试验及空投试验的结果，尾部采用V形尾翼和多孔阻力板。这个尾部装置，较之MK III带加利福尼亚降落伞箱式尾翼在偏航、俯仰和滚动方面，特别是在爆前高马赫数弹道段，得到了相当大的改善。到该年年底，获得了满意的武器基本结构。

MK III最大缺点之一就是在设计方面缺少安全性考虑：炸弹必须在地面准备完毕，因此增加了万一运载飞机失事而引起核爆炸的可能性。此外，把核部件插入弹中是一项费时的程序。而MK 4能在飞行中快速地人工插入和抽出核部件。6月17日，AEC同意美国空军早先的建议，在MK 4总体设计采用IFI。

当TX-4在绘图板上的轮廓越来越清楚时，可以看出MK 4和MK III相差不大。这时，美空军在规定的性能中又加入两项新要求：MK 4的弹道外壳及内球（包括雷管、高能炸药块、弹芯和核部件）应更轻一些，如果可能，弹芯应采用“助爆型”以提高当量。这些要求不可能立即达到：轻量型60英寸直径的外壳必须等到MK 6，而“助爆”问题要更后解决。

1948年夏末，空军对MK 4及其它“胖子”型大直径原子弹提出了今后改进设想。在MK 4方面：（1）弹道特性可预定和可再现；（2）运载飞行中插入和抽出核部件以及（3）研制并储备可供大直径和小直径武器使用和多种高能炸药装置（多种几何形状）。空军出于较长期考虑提出（1）设法降低装配了的弹内弹芯温度（装有大量钚的武器是常见的问题），（2）延长蓄电池寿命，使装配好的弹有较长的储存时间，（3）在飞行中调试（调定）气压计和高空雷达引信，（4）提高引信及点火

线路和设备的可靠性，(5)在不降低核效率的情况下研制小直径和轻重量的高当量炸弹以及(6)研制长细比较大的新型内爆弹，以便利用B-52及XB-55较长的弹舱。

9月初，MK4空气动力学小组在洛斯阿拉莫斯会议上建议，用重量轻的铝合金外壳代替当时用于MKIII和MK4的钢外壳。丁·诺斯罗普指出，用飞机型硬壳式结构的外壳可以节省2,000到3,000磅重量(轻型外壳对MK4已为时太迟，后来用于MK6)。

1948年底之前，还采取步骤研制一种新型引信系统，用以更换MKIII上使用的那种极其复杂的易损的二次世界大战时代的高空雷达引信。此外，在洛斯阿拉莫斯和桑迪亚另外两个项目是研究弹部件的低温性以及弹紧急投掷后用降落伞或阻力袋回收。

MK4的最后设计是1949年初完成的，在连续的空投试验中，包括1949年2月2日在AEC所属加利福尼亚索尔顿湖轰炸靶场用波音B-47同温层喷气机投掷两枚MK4模拟弹，高度为35,000英尺，气流速度为232英里/小时。

第一枚MK4-0型于3月19日，约比原计划超前10个月进入国家武库(异常紧张的研制计划曾经是MK4发展的特点)。新弹与MKIII尺寸相同(长128英寸，直径60英寸)但重量增加500磅，即全重10,800磅而不是10,300磅(增重原因主要是更厚的高能炸药块)。就弹道特性看，新武器有更为平滑更为流线型的外壳，弹道系数为3.0而不是如MKIII的1.25。振动降低了，最大俯仰与偏航角在5°内而MKIII为25°。MKIII与MK4的主要差别在尾翼，即利用升力稳定性而不是阻力稳定性。

尽管这种弹没有安装轻型外壳或者引信系统没有大的改变(仍用计时—气压—高度引信)，但确有许多改进，空军乐于接受。武器中最重要的部件的装配和维护大大简单化，所以MK4能在一小时之内进入作战状态。

从战术方面看，这种武器也有同样重要的改进。6次空投距实际弹着点的平均偏差为533英尺，而MKIII27次空投平均偏差为928英尺。MK4操作与装配所需工具只要61件和电气测试设备141件，对比之下，MKIII需要115件和270件。这就是说，在维护和准备使用方面，MK4比MKIII快得多而且方便。

较之MKIII-0型、MKIII-1型和MK4III-1型“胖子”模型，MK-0型其它改进有下列几项：

(1)在现场准备投弹时间短、人员少和辅助工具少。

(2)从战术上看运载更安全(a)攻击机升空后插入核部件，(b)点火开关激励前点火线路中不存在高电压(MKIII-1型也是这样)。

(3)有许多专门设计或专门安排的改进部件，以便武器在严格的环境条件下作战或者储存。

MKIII和MK4明显的形体差异是外貌整体“简洁”：椭球体加上尾部装置。引信雷达天线，以及有碍的吊耳都被取消。吊耳(用于挂在运载苦) 漳冢 冂捎靡 谗剑 涨皇嚼状 镞 盘煜 咂教 谕纷 栋 迳希 妨停 刷竿 侵忠 姿鸪 暮捅 卜对 谕 穰 南 咬 卫 状 媛 煜 摺 K 械 陌 踩 逋 泛 筒 逋 范 计 教 潭 ā # 停 刷 蟾 丛 拥 募 永 D 磁 墙 德 沛 涓 轿 惨 丰 唬 锤 觥 埃 帧 毙 挝 惨 浆 矧 W 钷 匾 哪 诶 勘 浞 牵 藕 偷 慷 鸫 考 贾 貌 沧 霸 编 辉 编 子 编 贫 耐 材 诿 皇 前 沧 霸 谏 译 蛄 讲 嗟 淖 短 迳 希 苍 诳 梢 贫 牡 脊 焬 弦 平 瞥 觥

MK4弹主要部件包括外壳、内球(高能炸药球)、电子器件筒、电引信与点火系统、高能炸药雷管、高能炸药装置，以及核部件(弹芯，芯件、起爆器)。外壳为防潮湿用可膨胀型密封垫封闭所有开孔处(美国早期几种原子弹都储存在充氮的密封加压容器和箱内，这类容必须经常监测是否漏气)。

MK4弹只用一个弹芯(C型)，它可同三种核芯件适配：49LTC-C(悬置式铀-235，“砂石”行动“斑马”核试验)，49LCC-C(悬置式复合芯件，“砂石”行动“X-射线”核试验)，以及50-LCC-C(FOX复合芯件)。MK4使用芯件不同，其当量范围介于20到40千吨。

引信系统的基本组成（高空引信雷达、气压开关，钟表）基本上与MKⅢ-1型相同。某些部件经过改进后比较“坚固”，能承受粗鲁操作（对MKⅢ而言这是一个问题），同时引爆装置（X-部件）经过再次全面的工程设计而变得坚固和紧凑。引爆系统做过30种功能空投试验。打开气压开并的气压系统利用壳体内侧作为导管：空气受飞行中冲击压力作用通过干燥器进入武器头锥，使内部压力与外部环境压力接近相等。

如果雷管已装好和核部件在运载飞机起飞后插入，那么武器在地面做一次现场核查可能不需两小时。MK4的芯件插入过程不用半小时，而MKⅢ在地面做同样工作则需要8小时或更长一些，同时需装配人员多得多。

提高战术组装速度的重大改进就是将引信和点火部件装在一个插入式筒内（能自动接通雷管线路），以及外壳经过重新设计便于安装雷管和插入活性材料部件。

引信和点火筒很容易通过尾部板封闭的开口从弹内移出，移开天线锥尾部盖板、引信和点火筒、以及环绕炸弹中心的接合带就可以接近内球（高能炸药球），以便安装雷管。移开天线头锥板，球体活门，以及内层和外层炸药快活门，就可以接近活性（核）材料。在运载飞机飞行中插入活性材料部件只需准备简单工具。

由于弹设计方面这些战术性改进，进行一次全面核查和最后装配所需移开的部件少于7个，而MKⅢ弹在完成同样核查时，几乎要全部拆卸和重新组装。

MK4的弹道外壳构形是以美海军第一次世界大战改进的“C-级”飞艇形状为基础的，这种飞艇有一个直径为29英寸的平头锥和直径为33英寸的尾翼部阻力板，尾翼为双“V”形，翼展59英寸。弹的总重为10,9000±240磅，重心距头锥约43 1/2英寸。

MK4可装在B-29、B-47、AJ-1和B-36飞机弹舱内运载。弹只有一个吊耳，吊耳距头锥45英寸。

MK4较后型号有-1型及-2型。这些型号武器有预装的雷管和简化电子部件。

改进MK4的建议主要是减轻外壳重量改进引信筒体。MK4采用3/8英寸厚的低碳钢外壳保护弹内部以防防空火力（高射炮弹片）杀伤。1949年提供给桑迪亚的军事情报表明，轻型外壳具有较大的战术意义。由于用铝合金代钢制作外壳，重量减轻约2,000到2,400磅是可能的。外壳设计的改变将失去对部件防低速弹片的全部保护能力，可是重量减轻将大大减少起飞危险性并提高了飞行速度、航程或高度。

第二项改进计划是重新设计电子引信和点火筒，以提供更为可靠的引信系统。

为了有可能用于新的引信筒体还在研制几种雷达引信设计和一种新型气压开关。

从1949年3月到1951年5月，制造了约550枚MK4（各种型号）。它们在1952年7月到1953年5月期间已全部退役。一些，MK4分别在“巨物一喧闹”、“倒钩”和“结局与节孔”行动中于1951、1952和1953年在内华达试验场进行了核试验。