

无坐力武器设计原理



国防工业出版社

WUZUOLI WUQI SHEJI YUANLI

出版者的话

这本书是美军编印的工程设计手册之一，书中系统地阐述了无坐力武器设计的基本原理，并简要地介绍了这种武器研究发展的历史和设计研究中采用的测试技术。本书内容比较全面，文字通俗易懂，但叙述不够详细具体；对从事无坐力武器研究设计的人员有一定参考价值，也可供有关教学人员阅读。

全书基本上是按原文照译的，只对个别章节稍作了删减。译校时发现的原书错误，都已直接在译文中改正，并在页末加注说明。原书有些插图模糊不清，翻译过程中重新描绘了一部分，实在辨识不清的只好删除。

参加此书翻译工作的有黄庆和（第一、九、十二章和第十章的一部分）、高兴民（第二、三、十三章）、徐文灿（第四章和第八章的一部分）、崔红（第五章）、朱荣超（第六章）、严慈修（第七章和第八章的一部分）、韩广志（第十一章）和朱少月（第十章的一部分）等同志。我们还请赵伟明同志对全部译稿作了校对。在这里谨向此书的全体译校者表示感谢。

目 录

第一篇 绪 论

第一章 无坐力武器系统发展简史	1	1-6.3 装甲研究基金会(Armour Research Foundation)	28
1-1 概述	1	1-6.4 费尔斯通轮胎和橡胶公司	31
1-2 第二次世界大战结束前的历史	1	1-6.5 通用焊接公司	31
1-2.1 1943年以前的研制情况	1	1-6.6 阿瑟·迪·利特尔公司	32
1-2.2 M18式57毫米无坐力炮的研制	4	1-6.7 哈威制铝(机械)公司(Harvey Aluminum (Harvey Machine Company))	32
1-2.3 T21(M20)式75毫米无坐力炮的研制	6	1-6.8 加拿大军械研究和改进中心(CARDE)	32
1-2.4 第二次世界大战结束前105毫米无坐力炮的研制	6	1-6.9 富兰克林研究所(Franklin Institute)	33
1-3 第二次世界大战后的历史	8	参考文献	33
1-3.1 T19(M27)式105毫米无坐力炮的研制	8	第二章 武器系统的设计和总体协调	35
1-3.2 106毫米营属反坦克武器系统的研制	9	2-0 符号表	35
1-4 105毫米和较小口径的其它无坐力炮	12	第一节 绪言	36
1-4.1 T62式37毫米无坐力炮	12	2-1 总述	36
1-4.2 T66式57毫米无坐力炮	13	2-2 一些术语的定义	36
1-4.3 T190式2.75英寸无坐力炮	13	2-3 一般工作原理	37
1-4.4 90毫米无坐力炮和弹药	14	第二节 武器系统的要求	39
1-4.5 T189和T237式105毫米连发无坐力炮的研制	17	2-4 概述	39
1-4.6 T135式105毫米无坐力炮的研制	18	2-5 需要的炮口动能	39
1-4.7 使用T170式106毫米无坐力炮的T165和T166式“奥图斯”(ONTOS)自行无坐力炮武器系统的研制	18	2-5.1 毁伤概率	39
1-5 其它大口径(大于105毫米的)武器	20	2-5.2 命中概率	39
1-5.1 120毫米重型反坦克武器的研制	20	2-5.3 易伤面积	40
1-5.2 大卫·克洛克特 XM83(XM28)式120毫米和XM64(XM29)式155毫米无坐力炮	21	2-6 武器系统的重量	40
1-5.3 8英寸无坐力加农炮(EK)的研制	24	第三节 弹道参量的确定	41
1-5.4 自动抽筒炮的研制	25	2-7 确定喷嘴的截面积	41
1-6 研究计划	25	2-8 确定火炮和火药的要求	42
1-6.1 导言	25	2-9 用试验武器验证计算	43
1-6.2 中西研究所(Midwest Research Institute)	26	2-10 炮、弹和附件的总体设计	43
		第四节 数字例题	44
		参考文献	47

第二篇 理论分析

第三章 终点弹道	48	3-2 基本情况	48
3-0 符号表	48	3-3 典型的无坐力炮用弹头	49
第一节 绪言	48	第二节 破甲弹弹头	50
3-1 总述	48	3-4 定性叙述	50

3-5 影响性能的因素	50	4-10 稳定性基本概念	70
3-5.1 引言	50	4-11 旋转稳定	70
3-5.2 弹丸的旋转	50	4-11.1 陀螺稳定性	70
3-5.3 药形罩的物理性能	51	4-11.2 动力平衡角	71
3-5.4 炸高	52	4-11.3 动态稳定性	71
3-5.5 药形罩锥角	53	4-11.4 旋转稳定弹的空气动力突跃	72
3-5.6 药形罩的壁厚	53	4-12 尾翼稳定	73
3-5.7 药形罩的形状	53	4-12.1 引言	73
3-5.8 药形罩与装药的同轴度	54	4-12.2 尾翼的类型	73
3-5.9 射流的限制	54	4-12.3 动态稳定性	73
第三节 榴弹弹头	55	4-12.4 尾翼稳定弹丸的空气动力突跃	74
3-6 定性叙述	55	4-12.5 马格努斯稳定性	74
3-7 破片特性的确定	55	4-12.6 共振不稳定性	74
3-7.1 破片大小的分布	55	第四节 空气动力阻力	75
3-7.2 破片的初速	57	4-13 概述	75
3-7.3 破片的减速	57	4-14 亚音速	76
3-7.4 破片散布曲线	58	4-15 跨音速	76
3-7.5 可控破片	59	4-16 超音速	77
第四节 其他类型的弹头	60	4-17 典型的阻力值	77
3-8 碎甲弹弹头	60	第五节 质点弹道计算	78
3-8.1 引言	60	4-18 外弹道问题	78
3-8.2 碎甲弹的优缺点	61	4-19 外弹道方程	79
3-8.3 性能理论	61	4-20 方程的解	79
3-8.4 总的结论	62	4-20.1 低伸弹道的半经验公式	80
3-9 其他弹头	62	4-20.2 数字计算机解	81
参考文献	63	4-20.3 其它方法	81
第四章 外弹道	64	参考文献	84
4-0 符号表	64	第五章 内弹道	85
第一节 绪言	65	5-0 符号表	85
4-1 总述	65	第一节 绪言	87
4-2 武器系统内部的相互作用	66	5-1 总述	87
4-3 定性叙述	66	5-2 内弹道问题的定性叙述	88
第二节 空气动力和力矩	66	5-3 内弹道的解法	89
4-4 概述	66	5-4 几种无坐力炮和弹药的设计数据	89
4-5 空气动力	67	第二节 快速近似计算用的经验解法和图解法	89
4-5.1 法向力、升力和阻力	67	5-5 以效率条件为依据的解	89
4-5.2 马格努斯力	67	5-5.1 引言	89
4-6 空气动力力矩	67	5-5.2 热效率	90
4-6.1 静力矩	67	5-5.3 压力效率	90
4-6.2 阻尼力矩	67	5-5.4 效率表和效率图	91
4-6.3 马格努斯力矩	68	5-5.5 数字例题	91
4-6.4 滚转阻尼力矩	68	5-6 表格化设计数据	93
4-7 力和力矩系数	68	5-6.1 方法	93
4-7.1 空气动力系数	68	5-6.2 例题	96
4-7.2 力矩系数和力矩	69	5-7 图解法	97
4-8 空气动力系数的确定	69		
第三节 弹丸的稳定性	69		
4-9 引言	69		

5-7.1 导言	97	5-31 未燃尽火药的损失	139
5-7.2 曲线图的使用程序	100	5-32 膛内的压力梯度	141
5-7.3 数字例题	103	5-33 火药燃烧的形状系数	142
5-8 相似关系	105	5-34 炮口闪光	143
5-8.1 导言	105	5-34.1 基本理论	143
5-8.2 特性相似关系	105	5-34.2 闪光的抑制	144
5-9 弹道变化的影响	106	5-35 身管重量的计算	144
5-9.1 导言	106	5-36 内弹道计算中使用的常数	145
5-9.2 燃速系数 B/W_0 的影响	106	参考文献	145
5-9.3 火药力 F 的影响	107	第六章 坐力的消除	147
5-9.4 火药渐减性 W/L 的影响	107	6-0 符号表	147
5-9.5 流量系数 Γ 的影响	108	第一节 绪言	148
第三节 内弹道基本方程	108	6-1 动量守恒	148
5-10 弹丸加速度方程	108	6-2 超音速喷管	149
5-11 火药气体状态方程	109	6-3 对内弹道的影响	149
5-12 火药燃烧速度方程	109	第二节 拉瓦尔喷管理论	150
5-13 火药气体从喷管流出方程	112	6-4 假设	150
5-14 膛内火药气体累积速度方程	112	6-5 定义	150
5-15 能量方程	112	6-6 基本方程	151
5-16 方程总述	113	6-6.1 流速	151
第四节 解方程的讨论	114	6-6.2 质量流量	152
第五节 以恒定的平均温度为基础的		6-6.3 喷管产生的推力	153
简易解法	114	6-7 设计考虑	155
5-17 导言	114	第三节 坐力消除理论	158
5-18 方法	114	6-8 动量比参量的定义	158
5-19 例题	116	6-9 作为火炮和喷管参量的函数的	
第六节 选择一定的火炮参量最佳值		动量比方程	159
用的解析方程	118	6-10 药室压力对理想容器压力之比的	
5-20 一定炮口能量的最轻火炮	118	方程	159
5-21 一定初速的最短火炮	121	6-11 方程的图解法	160
5-22 数字例题	121	6-12 喷管性能因素	162
第七节 利用数字计算机解内弹道	122	6-12.1 喷管推力随喷管膨胀角的变化	162
第八节 条件为“燃尽”之后的解	123	6-12.2 喷管推力随喷管膨胀比的变化	162
5-23 导言	123	6-12.3 喷管入口面积和药室结构对无坐力	
5-24 按“燃尽”条件修正方程组	124	炮性能的影响	163
5-25 “燃尽”条件下方程组的解	124	第四节 喷管烧蚀	164
5-26 例题	124	6-13 一般性讨论	164
第九节 热交换	125	6-14 理论	165
5-27 导言	125	6-15 各种金属的抗烧蚀性	166
5-28 基本方程	126	6-16 相似关系	169
5-29 方程的解	126	6-17 影响烧蚀速率的其它因素	170
5-30 温度分布数据	128	第五节 等膛径喷管	170
5-30.1 理论计算	128	第六节 坐力补偿器	172
5-30.2 试验情况	138	第七节 喷气流的效应	172
第十节 专门论题	139		

6-18 导言	172	第一节 绪言	199
6-19 各种损伤机理	173	第二节 速度的测定	200
6-20 后喷气流和闪光的模式	174	8-1 概述	200
6-21 实验数据	177	8-2 探测装置	201
6-21.1 压力等值线	177	8-2.1 断路靶网系统	202
6-21.2 危险区	178	8-2.2 通路靶系统	203
6-21.3 导流	179	8-2.3 螺旋管探测器	203
参考文献	180	8-2.4 天幕靶	204
第七章 武器系统的效率	183	8-2.5 雷达测速	204
7-0 符号表	183	8-2.6 照像方法	206
第一节 绪言	183	第三节 压力测定	207
第二节 命中概率	183	8-3 概述	207
7-1 概述	183	8-4 铜柱测压器	207
7-2 误差原因	184	8-5 压电测压器	208
7-3 命中概率的计算	185	8-6 应变测压器	208
7-3.1 概述	185	第四节 其他测试技术	209
7-3.2 与火控系统型式有关的误差	185	8-7 应变测量	209
7-3.3 横向和纵向单发命中概率	186	8-7.1 概述	209
7-4 试射弹的使用	187	8-7.2 应变器	209
7-4.1 概述	187	8-7.3 应变器的其他用途	210
7-4.2 弹道不吻合的数值	187	8-8 加速度的测定	210
7-5 无坐力炮命中概率	189	8-8.1 概述	210
7-5.1 单纯瞄准与用试射弹的比较	189	8-8.2 加速度仪	210
7-5.2 制式武器的命中概率	190	8-9 坐力的测定	210
7-5.3 命中概率与各种条件的函数关系	191	8-9.1 概述	210
7-5.4 命中概率与初速的函数关系	193	8-9.2 坐力冲量的测定	211
第三节 毁伤概率	195	8-9.3 坐力测定	211
7-6 导言	195	8-10 温度的测定	211
7-7 硬目标	195	8-10.1 概述	211
7-7.1 概述	195	8-10.2 测温技术	211
7-7.2 毁伤型式	195	8-11 弹丸的运动	212
7-7.3 有效毁伤面积	196	8-11.1 偏航	212
7-7.4 毁伤概率的计算	196	8-11.2 旋转	212
7-7.5 毁伤概率的典型值	197	8-12 冲击波	213
7-8 面目标	197	8-12.1 概述	213
7-8.1 概述	197	8-12.2 冲击波测压器	213
7-8.2 杀伤面积	197	8-13 记录装置	214
参考文献	198	8-13.1 示波器	214
第八章 测试技术	199	8-13.2 磁带	214
8-0 符号表	199	第五节 总的考虑	215
		参考文献	215

第三篇 设 计

第九章 基本设计考虑	216	9-2 武器系统设计方法的重要性	216
第一节 绪言	216	9-3 各种武器结构的说明	217
9-1 无坐力炮的优点	216	9-3.1 基本原理	217

9-3.2 戴维斯(Davis)炮	217	10-16 概述	247
9-3.3 俄国和德国的设计	217	10-17 喷管烧蚀	248
9-3.4 伯内(Burney)炮	218	10-18 喷管型式	249
9-3.5 混合式炮	218	10-18.1 中心喷管	249
9-3.6 侧装药结构	223	10-18.2 炮尾带挡板的中心喷管	249
9-3.7 使用有孔药筒的结构	224	10-18.3 可胀式中心喷管	250
9-3.8 特殊结构	225	10-18.4 多喷管和前喷口	250
9-4 无坐力炮的缺点	225	10-18.5 环形喷管	251
第二节 人因工程学	233	10-18.6 断隔环形喷管	251
9-5 概述	233	10-18.7 肾形喷口的喷管	251
9-6 基本因素	234	第三节 炮尾	252
9-6.1 使用武器的人	234	10-19 概述	252
9-6.2 野战保养	235	10-20 特性	252
9-6.3 生产人员	235	10-21 火药气体的密闭	253
9-7 人因工程鉴定	236	10-22 炮尾类型	253
9-8 应用范围	236	10-23 炮尾的操纵机构	254
9-9 人因工程小组的职责	236	第四节 药室	255
第三节 可靠性	236	10-24 概述	255
9-10 基本原理	236	10-25 药室容积的意义	255
9-11 材料	238	10-26 发射药的喷出	255
9-12 环境条件的有害影响	239	第五节 炮管	256
第四节 可维护性	240	10-27 概述	256
9-13 基本原则	240	10-28 设计考虑	256
9-14 可接近性	240	10-29 设计中须考虑的其它问题	257
9-15 标准化	241	第六节 击发机构	259
参考文献	241	10-30 结构特点	259
第十章 无坐力炮及其零部件	243	10-31 实例	259
10-0 符号表	243	10-32 保险装置	263
第一节 总的设计考虑	243	参考文献	263
10-1 概述	243	第十一章 弹药	265
10-2 击锤	243	11-0 符号表	265
10-3 击针	243	第一节 绪言	266
10-4 底火	244	11-1 概述	266
10-5 点火药	244	11-2 总的设计考虑	266
10-6 发射药	244	11-3 现有炮弹性能表	268
10-7 药筒	245	第二节 弹丸	269
10-8 弹丸	245	11-4 概述	269
10-9 炮尾与炮弹之间的关系	245	11-5 弹丸种类	269
10-10 药室与炮弹之间的关系	246	11-6 设计考虑	271
10-11 炮管与炮弹之间的关系	246	11-6.1 弹体壳	271
10-12 药室	246	11-6.2 要求的数据	272
10-13 喷管	246	11-6.3 稳定方法	272
10-14 炮管	247	11-7 金属零件可靠性——弹道环境内 的结构完整性	273
10-15 小结	247		
第二节 喷管	247		

11-7.1 概述	273	11-25 引信类型	296
11-7.2 应力分析	273	11-26 保险和解脱保险	296
11-8 空气动力学设计	274	第六节 发射药	296
11-9 其它的设计考虑	274	11-27 概述	296
11-10 弹头设计	275	11-28 发展历史	297
11-11 弹带	275	11-29 基本特性	298
11-12 闭气环	276	11-29.1 火药成分	298
11-13 变形补偿	276	11-29.2 火药力	298
11-14 弹丸起动力	276	11-29.3 燃烧温度	298
11-15 推管	277	11-29.4 药壁厚	298
第三节 药筒	277	11-29.5 燃烧速度	298
11-16 概述	277	11-29.6 火药形状	298
11-17 有孔药筒	277	11-30 化学特性和物理特性	299
11-17.1 总述	277	11-31 增面燃烧和减面燃烧	300
11-17.2 对内弹道的影响	278	参考文献	301
11-17.3 孔径的影响	278	第十二章 炮架	302
11-17.4 药筒内外的压力差	281	第一节 绪言	302
11-17.5 应力分析	282	12-1 概述	302
11-17.6 有孔药筒的衬筒	284	12-2 实例	303
11-17.7 衬筒材料	284	12-2.1 M79式炮架	303
11-17.8 衬筒的使用	285	12-2.2 T173式炮架	304
11-18 可碎药筒	286	12-2.3 XM124式炮架	304
11-18.1 概述	286	12-2.4 T234式炮架	305
11-18.2 要求	286	第二节 辅助设备	306
11-18.3 可碎药筒的材料	286	12-3 概述	306
11-18.4 “大卫·克洛克特”的药筒	287	12-4 安装方法	307
11-19 无孔药筒	287	12-4.1 普通应力武器	307
第四节 点火具	287	12-4.2 高应力武器	307
11-20 概述	287	12-5 安装要求	308
11-20.1 范围	287	12-5.1 地面和车载炮架	308
11-20.2 背景	288	12-5.2 瞄准镜座	308
11-21 点火具结构	288	12-5.3 试射枪座架	308
11-21.1 概述	288	参考文献	309
11-21.2 辅助点火药	289	第十三章 火力控制	310
11-21.3 主点火药	289	13-1 概述	310
11-21.4 底火座和点火管	289	13-2 典型设计	311
11-21.5 底火	290	13-2.1 装有 M8C 式 0.5 英寸试射枪的 M40 式 106 毫米无坐力炮	311
11-22 基本设计知识	291	13-2.2 装有 XM90E1 式试射枪的 XM105 型 120 毫米无坐力炮	311
11-23 研究程序	291	13-3 曳光试射弹的类型	312
11-23.1 概述	291	13-4 目标指示的评定	312
11-23.2 孔径与孔的图式的确定	291	13-5 弹着显示药的成分	312
11-23.3 实例计算	293	13-6 点火	313
11-23.4 孔的图式的选择	294	参考文献	315
11-23.5 初步的弹道试验	294		
11-23.6 最后的工程试验	295		
第五节 引信	295		
11-24 概述	295		

第一篇 绪 论

第一章 无坐力武器系统发展简史

1-1 概 述

这一节关于历史的叙述仅对无坐力武器发展中已经完成的工作加以概述。虽然是叙述过去的成就，而目的却在于指导该领域中今后的工作。详细的历史可能要写好几册，只有表 1-1 中所列的主要成果才是重点。为了使读者对无坐力炮研制有更详细的了解，文献〔26〕和〔27〕提供了已公开的无坐力炮资料的索引。

1-2 第二次世界大战结束前的历史

1-2.1 1943 年以前的研制情况

消除武器系统坐力的想法并不是什么新奇的想法。达·芬奇（Leonardo da Vinci——1452~1519）在他捧献给人类的数量庞大、科目繁多的工程原理和艺术作品中，留下了一幅用一根直的炮管将两发炮弹同时向相反方向射击的无坐力炮原理的草图。

在研究将火炮坐力减到最低程度方面开展的工作，从采用预刻槽弹带作为减少坐力的方法在 1857 年获得专利权开始，已有一百多年。不过，无坐力武器的现代史一直到二十世纪初叶才刚刚开始。1914 年，美国海军中校克莱兰·戴维斯（Cleland Davis）研制了将两门火炮的炮尾顶着炮尾结合在一起，一门火炮向前发射炮弹，另一门火炮向后发射涂油的炮塞和猎枪弹以基本消除坐力。戴维斯中校获得了这一发明的专利权，他将专利付诸实践并安装在一架飞机上进行了试验^{〔1〕}。

1921 年，查尔斯·杰·库克（Charles J. Cooke）因发明利用喷出的火药气流来平衡火炮坐力的无坐力炮而获得英国专利。不过，以采用这种喷管原理所研制的第一门无坐力炮应归功于俄国人。俄国的一种 76.2 毫米口径的武器是在 1936 年首次公之于众的，并在 1941 年用于对芬兰的战争。它的设计和制造是以俄国数学家梁布钦斯基在 1917 年的专利的一般性原理为基础的。

德国人在 1939 年研制成双弹式无坐力武器以便用大口径（88 毫米）武器装备飞机来攻击地面目标。发射 7 公斤炮弹所产生的后坐动量，是通过向相反方向加速等重的药筒来平衡的。它装在机身的下部，用于俯冲攻击军舰和其它重要的以及难于攻击的地面目标^{〔1〕}。

另一种德国的无坐力炮，一种带喷管的采用气体喷射平衡原理的无坐力炮，1940 年初就已提供给野战部队供地面战斗用，这就是 LG 40 式 75 毫米无坐力炮。英国 1940 年初也积极地研究无坐力炮，希尔·丹尼斯·伯尔尼（Sir Dannis Burney）为改进工艺作出了重要的贡献。

表1-1 现有美国无坐力炮

型 号	火 炮			炮 身			计初起 始日期	说 明	现 状	设 计 机 构
	口径 (毫米)	重量 (磅)	长度 (英寸)	重量 (磅)	初速(英尺/秒)	重量 (磅)				
T 62	37		49	0.30英寸机枪	1.61	1000	6060	步兵副射武器	已搁置	法兰克福兵工厂
T 15(M18)	57	30	62	0.30英寸机枪	2.75	1200	6500	步兵副射或三脚架射武器	已制式化	法兰克福兵工厂、通用汽车公司波里普敦尔分部
T 66	57	27	48	与炮成一体	2.75	1200	7100	改进型副射或三脚架射武器		法兰克福兵工厂
	65							高作能航炮	已搁置	装甲研究基金会
T 190	2.75英寸							轻型空对空发射器	研制	装甲研究基金会
T 16	75	67	65	0.30英寸机枪	6.75	1000	9000			法兰克福兵工厂
T 17	75	250	86	0.30英寸机枪	14.00	1500	25000			陆军制造和军械公司、法兰克福兵工厂
T 21(M20)	75	104	82	0.30英寸机枪	14.00	1000	9000	步兵三脚架射武器	已制式化	法兰克福兵工厂
T 192	75	35	66		5.50	1000	5550	缩小尺寸的营属反坦克武器型的研究		法兰克福兵工厂
T 41(ARF)	75	75	68.75	0.30英寸机枪				轻型半自动副射三脚架		陆军制造和军械公司、装甲研究基金会
T 184	90	33	43.5	与炮成一体				排属反坦克火前筒(肩射或三脚架射)		中西都研究所
T 149	90	47	60	与炮成一体	9.00	900	5500	排属反坦克炮(肩射或三脚架射)		A. D. Little公司
T 219E4(M67)	90	35	53	与炮成一体	6.80	700	7780	排属反坦克炮(肩射或三脚架射)	已制式化	中西都研究所
T 234E	90	30.5	60	与炮成一体	7.00	900	5400	排属反坦克炮(肩射或三脚架射)	已搁置	联合履带制造公司

T 18	105	120	97	0.30英寸机枪	12.00	1000	9000	1945		法兰克福兵工厂
T 19(M27)	105	330	134	M22-M75	29	1250	10000	1945	已制式化	法兰克福兵工厂
T 135-7	105	307		T 151	17.5	1660	16600	1953	吉普车载无坐力炮 前喷管式普属反坦克炮, 可 装在地面、三脚架、吉普车、 轻型装甲车上	通用汽车公司戴里吉戴尔分 部、装甲研究基金会
T 135	105								半自动反坦克炮	哈威机械公司
T 136E2	105	240	134	T 149	17.00	1700	10400	1950	普属反坦克炮, 可装在地面、 三脚架、吉普车、轻型装甲 车上	法兰克福兵工厂
T 137	105								普属反坦克炮, 可装在地 面、三脚架、吉普车、轻型装 甲车上	费尔斯通轮胎和橡胶公司
T 170E3 (M40A1)	106	281	134	T 149E3(M79)	17.00	1650	10400	1952	普属反坦克炮, 可装在地 面、三脚架、吉普车、轻型装 甲车上	法兰克福兵工厂
T 237	105	820	144		17.00			1952	连发反坦克炮	联合履带制造公司
XM105E1	120	391	141.25	XM124	18.1	1810	9100	1959	重筒反坦克武器, 可装在地 面、吉普车上	法兰克福兵工厂
XM53(M28)	120								射程2000米	已制式化
XM64(M29)	155			M121					射程4000米	已制式化
EIK	350 (或8英寸)							1954	远程炮兵无坐力炮	帕里士轧钢公司

1-2.2 M18 式 57 毫米无坐力炮的研制

一些国外的研制经验和以轻型的能击破装甲的加农炮来装备部队的前景,引起了美国陆军的注意。1943 年初,美国陆军军械局局长指示它的一个研究和改进单位(费城的法兰克福兵工厂(Frankford Arsenal)的 Pitman-Dunn 试验室)探索“……将无坐力原理应用于研制步兵便携式反装甲武器”的可能性。在负责轻武器研究和发展的军械局局长助理伦内·尔·司徒勒(Rene' R·Studler)上校及其工作人员,特别是拉费特·波伊德·海季(Lafayette Boyd Hedge)博士协调下,制定了无坐力炮的研制计划。计划的实施和技术指导由法兰克福兵工厂负责。同年中期,受聘于该试验室的物理学家威廉·杰·克罗格尔(William J. Kroeger)推导出了影响无坐力炮弹道的基本热力学关系的数学表达式,同时和希·瓦尔特(C. Walton)及一个科学家和工程师小组合作,将这些原理在实验性的无坐力炮上付诸实践。此实验性的无坐力炮由 2.75 英寸的滑膛炮管、火药燃烧室和开有许多小喷口的炮门组成。第一门试验室的“试验”炮在 1943 年 7 月 27 日进行了射击^[2]。

1943 年 9 月 10 日,在军械局局长办公室召开的会议上,决定把第一门无坐力炮研制成口径 57 毫米、肩托射击、发射 2.75 磅预刻槽弹丸的无坐力炮。二号试验炮设计出来了,但是就在二号试验炮的试验数据尚未得到之时,由于对轻型武器的需要,便开始作 57 毫米武器的最后设计。到了 1943 年 10 月,坚固实用的 T15(M18) 式 57 毫米无坐力炮设计已经完成。

T15 式无坐力炮继续通过了研究改进过程中的试验射击。试验于 1943 年 10 月在法兰克福兵工厂开始,于 1944 年 9 月 26 日在阿伯丁试验场为陆军和海军部代表作了最后表演而结束。1945 年初,开始小批生产 57 毫米无坐力炮,并且在 1945 年 3 月装运 50 门供欧洲战场使用。1945 年 4 月和 5 月,按照在实战条件下来考验武器而提出的要求开始修改设计。武器的设计随后被认为可供作战使用,并且根据陆军地面部队的要求,于 1945 年 6 月将 57 毫米无坐力炮列为制式武器^[2]。从开始研制起,不到两年的时间,第一门制式美国无坐力武器系统就提供给作战部队。这就是图 1-1 所示的 M18 式 57 毫米无坐力炮。1945 年,陆军后勤部队指挥官萨莫维尔(Somervell)上将向新武器研制会议报告时指出:“无坐力炮和定时引信,同是原子弹爆炸之前的最惊人的军事进展”^[2]。

这一武器系统的设计指标是供一个人携带和操作,另一个人补给弹药和连续装填炮弹。它是肩托立射或者跪射以及在地面上用轻型的、与火炮成一整体的炮架支承发射的。它的作用是给步兵提供重武器分队建制火力支援的能力,以低伸弹道的榴弹火力来配合迫击炮和机枪。M18 式 57 毫米无坐力炮重 44 磅,是按 1200 英尺/秒的初速发射 2.75 磅弹丸设计的,在第二次世界大战时的欧洲和太平洋战场使用时获得了惊人的成功。

在实用的野战武器中,这一项设计所以能取得如此高的成就,主要因为它有下列的设计特点:

1. 预刻槽弹带 预刻槽弹带消除了对膛线的挤进压力以及在炮管内引起的应力,从而可以采用薄壁轻型的炮管结构。预刻槽弹带还消除了挤进压力的不稳定性以及它在内弹道和坐力平衡中产生的不良影响。

2. 有孔药筒 药筒是为完成其传统的作用设计的,即容纳发射药、弹丸和底火,使弹药结合成一体,并在结构上与火炮相配合。除此之外,药筒还是在点火过程盛装发射药

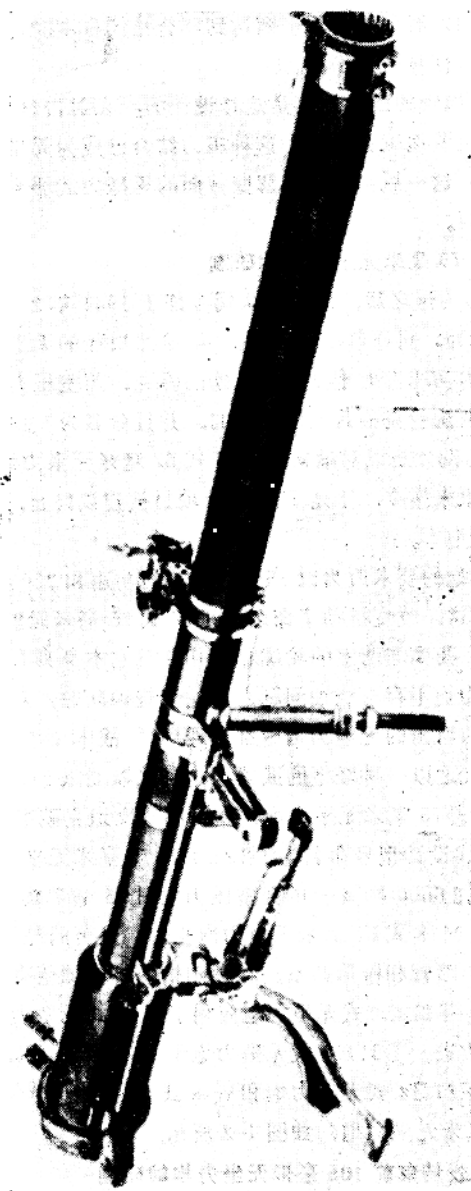


图1-1 M18式57毫米无坐力炮

的罩盒，并且使那些用来平衡坐力的气体透过衬筒从它侧壁上的孔排入药室，再沿药室向后流动并经喷管排出。

3. 喷管设计 喷管设计成倾斜的，以便平衡弹丸旋转力矩的反作用；喷管具有简单的喷管调节装置，在喷管烧蚀发展到坐力不平衡达到不合格的程度时，这种装置能够在野战条件下调节有效的气流，以恢复坐力平衡。

4. 压力结合 药室和炮管的螺纹连接是这样设计的，在射击过程中，由于弹性变形，内压力趋于把被连接零件更紧地压在一起。这种压力结合已成为无坐力武器工程及其它压力容器中的基本设计原则。这一原则对具有薄壁截面的无坐力武器系统来说，要比具有厚壁截面的普通火炮更为重要。

1-2.3 T21(M20) 式 75 毫米无坐力炮的研制

继 T15 式 57 毫米无坐力炮之后，地面部队司令部于 1944 年 2 月向美国陆军步兵部建议，除 57 毫米无坐力炮外，再研制 75 毫米和 105 毫米口径的无坐力炮。设计要求 75 毫米无坐力炮以 1000 英尺/秒的初速发射重量约为 5 磅的弹丸，药室压力为 4000 磅/英寸²。75 毫米口径无坐力炮的设计是在法兰克福兵工厂完成的，并且命名为 T16 式 75 毫米无坐力炮。T16 式 75 毫米无坐力炮的设计是以对最初的 T15 式 57 毫米无坐力炮的原理为基础的。不过，设计逾越了军械局的原来指令，于是 T16 设计项目被建议终止，但是还要进一步研究一种 75 毫米口径的无坐力炮⁽³⁾。

对 75 毫米口径无坐力炮的要求改为以 1500 英尺/秒的初速和 25000 磅/英寸² 的药室压力发射常规的 75 毫米炮弹。这一改变推动了命名为 T17 式 75 毫米无坐力炮的设计。炮设计成电发火的，采用无孔药筒。药筒与药室的轮廓相贴切并且它本身具有喷口。正如文献〔3〕所述：“因此，这种无坐力炮不存在烧蚀问题，而这个烧蚀问题，对于那些把喷管作为炮尾的一部分，并以同样压力射击的无坐力炮中都会遇到。”战术要求的改变促使 T17 式无坐力炮研制工作中断，而代之以一种轻型的武器，这种武器能以 2150 英尺/秒的初速和 7000 磅/英寸² 的药室压力（T21 式 75 毫米无坐力炮）发射制式反坦克破甲弹。

T21 式无坐力炮的最终设计型号命名为 T21E4 式 75 毫米无坐力炮。T21E4 式无坐力炮以 1000 英尺/秒的初速和 6500 磅/英寸² 的药室压力发射 75 毫米破甲弹。炮的总重量是 110 磅，设计特点基本上和 M18 式 57 毫米无坐力炮相似。显著的差别是，T21E4 式无坐力炮有断隔螺式炮门、环形喷管和锥形药室。在预刻槽弹带、侧壁有孔的药筒、倾斜的喷管和自动密封连结等方面，T21E4 式无坐力炮应用了 M18 式无坐力炮的基本原理，并根据后来又取得的经验作了改进。T21E4 式无坐力炮于 1945 年 3 月提供给欧洲战场的部队。大约在三个月以后，T21E4 式无坐力炮和 M18 式 57 毫米无坐力炮一起成为制式武器，并命名为 M20 式 75 毫米无坐力炮，如图 1-2 所示。

1-2.4 第二次世界大战结束前 105 毫米无坐力炮的研制

在上一小节说过，T15 式 57 毫米无坐力炮设计成功之后，曾希望拥有 105 毫米的轻型无坐力炮。设计这种无坐力炮的任务交给了法兰克福兵工厂。性能要求是按 T15 式无坐力炮成比例确定的，同时规定，火炮要以 1000 英尺/秒的初速和约 8000 磅/英寸² 的额定药室压力，发射重约 10 磅的轻型炮弹。其它要求有：采用有孔药筒和预刻槽弹带的弹丸，以便将 T15 式无坐力炮弹道实验过程所确定的原理加以最好的利用。命名为 T18 式的最

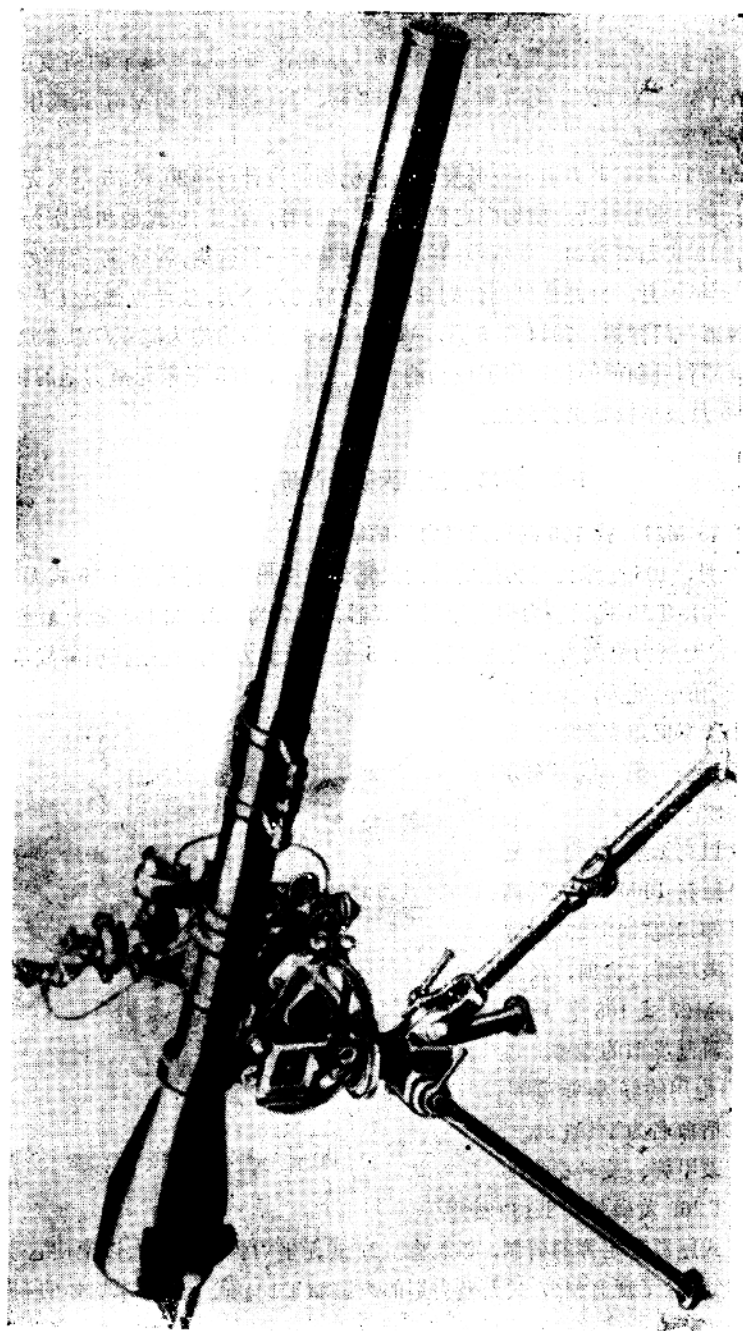


图1-2 M20式76毫米无后力炮

初的 105 毫米无坐力炮的设计, 因为感到研究和生产轻型炮弹所需要的时间太长, 所以被放弃了。这一设计被 T 19 式 105 毫米无坐力炮所取代, 该炮用的是当时正在生产的制式炮弹^[3]。

T 19 式 105 毫米无坐力炮是为了以 1250 英尺/秒初速和 8500 磅/英寸² 的药室压力发射制式 105 毫米破甲弹而设计的。炮的重量约为 352 磅, 其性能与发射 M67 式破甲弹的 M2A1 式 105 毫米榴弹炮相近。

T 18 式和 T 19 式无坐力炮击发装置和炮门机构的设计与 M20 式 75 毫米无坐力炮的相类似。唯一的主要差别是: 使炮门定位的断隔螺凸耳, 在 T 18 式是和药室为整体的, 而在 M20 式和 T 19 式无坐力炮, 支承炮门的凸耳却装于一衬套内, 衬套则用螺纹拧入药室。

到了 1944 年 4 月, 恰好是研制计划开始实施后的六个月, 法兰克福兵工厂完成了 T 19 式无坐力炮的第一门样炮。1944 年 5 月, 这门 T 19 式无坐力炮为海军部总参谋部、陆军地面部队司令部和后勤部的代表作成功的表演。但是, 105 毫米无坐力炮的积极研制活动于 1947 年 6 月被军械委员会终止。

1-3 第二次世界大战后的历史

1-3.1 T19(M27) 式 105 毫米无坐力炮的研制

1950 年 2 月, 105 毫米无坐力炮的计划又重新被提出来。继续对 T 19 式无坐力炮作了射击试验, 并使 T 19 式无坐力炮成为制式武器。命名为 M27 式 105 毫米无坐力炮 (图 1-3) 的 T 19 式无坐力炮成为过渡性的制式 105 毫米无坐力炮。此炮在朝鲜战争中被广泛使用并且是成功的。此外, 又着手制定 105 毫米营属反坦克武器的研究计划, 这种无坐力炮可以更充分地满足野战要求。

在营属反坦克无坐力炮计划中, 曾研制了能在 1000 码的距离上击毁任何已知坦克的固定式尾翼稳定 105 毫米破甲弹。同时, 还意识到过渡性的 M27 式 105 毫米无坐力炮也应该研制类似的炮弹。供 M27 式无坐力炮用的轻型炮弹的完整的系列包括命名为 T 184 的固定式尾翼稳定破甲弹、旋转稳定的

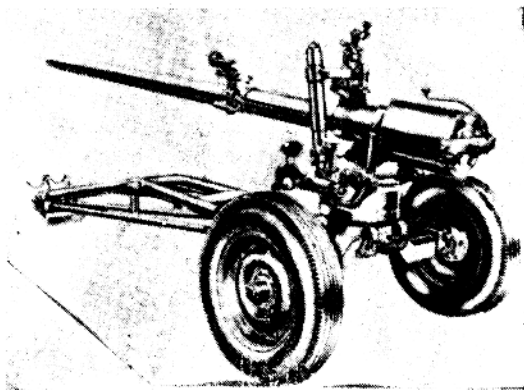


图 1-3 M27 式 105 毫米无坐力炮

T 268 榴弹、T 269 黄磷弹和 T 139 碎甲弹。

随着固定式尾翼稳定弹的研制, 必须将 M27 式无坐力炮药室扩大以便使它容纳长度增加 2 英寸的药筒。除了现有 M27 式无坐力炮的改进和 T 184 式 105 毫米炮弹的制式化以外, 还进行了大量工作来改善旋转稳定的榴弹和黄磷弹的远距离飞行特性。这方面的工作主要是以不同型式的船形弹尾部代替原有的圆柱形弹尾部。

1-3.2 106 毫米营属反坦克武器系统的研制

1-3.2.1 法兰克福兵工厂的研制情况

1950 年 4 月, 法兰克福兵工厂被指定主管 105 毫米营属反坦克武器的初步研制。到了 1950 年 8 月, 整个营属反坦克武器的全面技术主管的任务都交给了法兰克福兵工厂。除了这一领导任务外, 法兰克福兵工厂还研制了采用后喷管原理和滑膛炮的长药室的无坐力武器(和炮架), 用于发射长尾管的固定尾翼弹。该无坐力炮命名为 T 136⁽²⁾。

T 136 式无坐力炮炮管和药室的设计到 1950 年 10 月已经完成。第一个样品炮管是和法兰克福兵工厂制造的药室以及 M27 式 105 毫米无坐力炮的改进型喷管炮尾组件装配在一起的。决定采用 M27 式改进型的炮尾主要是由于研制计划要求紧迫。第一门 T 136 式无坐力炮于 1951 年 2 月试射合格。第二门和第三门 T 136 式无坐力炮是在 1951 年春季装配的, 并且装备了炮架和口径为 0.50 英寸的试射枪。通过对 T 136 式无坐力炮的研制试验射击, 获得以下的主要特性⁽²⁾:

1. T 136 式无坐力炮重 195 磅, 比 M27 式 105 毫米无坐力炮轻 135 磅;
2. 无坐力炮采用适于使用尾翼稳定弹的滑膛炮管;
3. 炮管应用了在 T 66 式 57 毫米无坐力炮发展起来的“应变补偿”原理。计算表明, 在薄壁炮管的情况下, 射击过程中炮膛的增大加上炮管以及弹丸的公差所形成的弹丸间隙会导致弹丸的偏航以及随之观察到的射弹的偏差。通过采用弹径加大的弹丸能使射击性能大为改善, 这种弹丸在射击过程中与炮管贴切, 而不是在射击以前与炮管贴切。
4. 炮尾是从右向左打开的, 当装填手站在火炮右侧正常位置上时, 可以较为方便地装填炮弹。这样布置时, 开门手柄置于药室的上部或者下部都可以。

1951 年 10 月, 对设计作了一些修改。修改后的 T 136 E1 式无坐力炮和 T 136 式无坐力炮的区别如下⁽²⁾:

1. 药室和炮管的若干部分的直径加大了, 以便为用钢板制的药筒提供间隙;
2. 炮管是按塑料弹带制造的, 塑料弹带紧靠 T 118 E10 式 105 毫米弹丸加大尺寸之定心部的前头;
3. 炮管膛线浅(深 0.006 英寸), 缠度为 360 倍口径;
4. 改进了试验枪的两个箍架。后箍架还可当作瞄准具的支座(试射枪是一小口径的武器, 它发射的子弹的弹道与大口径弹丸的弹道相耦合, 见 § 1-3.2.5)。

在 T 136 E1 式无坐力炮设计后不久, 要求提高射速达到每分钟六发, 这几乎是人工操作的极限。在这样的射击速度下, 火炮的温度很快升高到钢的屈服强度显著降低的温度。考虑到这些情况, 于 1952 年初设计成在 600°F 下具有足够强度的 T 136 E2 式 105 毫米无坐力炮。该炮的重量是 214 磅; T 136 E1 式无坐力炮的重量是 197 磅。

法兰克福兵工厂对大口径弹药的研制, 主要以 T 118 和 T 184 式弹药设计为中心。T 118 型炮弹药原定作为 T 136 式滑膛无坐力炮用的尾翼稳定弹。它最初是按带有长尾管和固定尾翼弹丸的 T 108 式 90 毫米炮弹放大的。它的初型设计有四片尾翼, 套在尾环内, 即装在一个无底的圆筒内。因为这样的尾环在发射过程经常损坏, 所以改为六片加长尾翼, 不带尾环。这种设计一直成为按 E 编号的整个系列的基本设计, 其区别主要在药筒和衬筒的改进上。在 T 118 E10 式炮弹中唯一的改变是将定心部的弹径从 4.133 英寸增加到 4.145 英