

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

轻武器及机关炮



编者的话

英国布拉西 (Brassey) 出版公司自 80 年代以来, 陆续出版了一套有关现代兵器与技术的丛书, 全套书共包括 12 卷。为满足我军现代化和开展全民国防教育的需要, 我社出版了该套丛书。该套丛书的作者都是英国著名的皇家军事学院的专家。该丛书是为军事院校受训的军官们编写的教材。所及内容虽然是现代兵器的最新发展及所用的高技术, 但却通谷易懂、并无复杂的理论及计算公式; 既有原理叙述, 结构特点介绍、发展趋势分析, 又有对战士使用要求的评价。

本丛书对培养现代化军事人材和供从事兵器研究、教学、设计、生产的人员是一套有价值的参考书; 对任何想了解现代兵器与技术发展的人, 特别是青少年亦是良师益友。

每章后都有自测验题, 每卷后都有各章自测验题答案, 可用来检查自己对重点内容的理解程度。

在编审本丛书中, 对个别内容作了删节, 对错误进行了更正, 对不易理解的词句作了注释。

编者 1989 年 4 月

原书前言

这是一套系列丛书。它是写给那些希望对军用武器和装备有更多了解的人们的。对于战士、武器的研制或生产人员、或是确实对现代军事技术有兴趣的任何人都是值得一读的。

这套丛书在写法上，尽量做到通俗易懂，不涉及很深的数学知识，所涉及技术内容的深度也不会比在学校中所获得的更为深奥。本书的目的是打算满足那些正在就读深造的陆军军官或在指挥、参谋学校的学员们增加自己对兵器技术知识的需要。

参加这套丛书编写的作者们都是由军事与科学专家组成的英国皇家军事学陆军的参谋人员。他们不但是有关学科领域里的带头人，而且也熟悉军事实践者所要了解的内容是什么，再也没有比这些人编写有关战场兵器与技术应用图书更合适的人了。

本卷的目的是阐述对轻武器和机关炮的要求，并概述了设计者是如何满足这些要求的。大多数轻武器方面的书籍都是按轻武器的分类来描述的，本卷不依样画葫芦，只在介绍某一问题时才提出武器名称并配图。除了作者认为专业人员应当掌握的有关知识外，本书对希望进一步了解轻武器和抽关炮设计原理的人也大有裨益。

轻武器及机关炮

第一章 军事要求概要

轻武器存在的基础

门外汉对轻武器和弹药的看法，常常是一种对传奇式人物手中使用的具有神奇威力的武器的浪漫主义观点；有时候人们知道游击队使用的那些武器，或者可能是笼统地称士兵携带的武器为“步枪”。除了可能听到作为某些武器名称一部分的口径，人们对弹药是不可能有任何特别注意的，弹药很少引起人们的想象力。然而正是枪弹才对目标造成毁伤，这也是轻武器有必要存在的理由。枪除了向目标发射弹头外，没有其它用处。就轻武器而言，弹头的主要目的是使人丧失能力。

证明

讨论保留轻武器的必要性，这是值得的，因为由轻武器引起的伤亡比例毕竟是小的。从第二次世界大战的中海战场上，当时装甲部队占支配地位，枪伤约占 15%，到美国和日本之间太平洋战场上展开的基本上是步兵式的战争中，枪伤约占 30%。但是，任何百分比也不能说明全部历史。有许多理由可以说明，对于许多任务来说，轻武器还是至关重要的。当所有其它办法均告失效时，那么步兵就会作为坚决的防卫者。尽管他还可能得到别的什么帮助，但是，如果没有有效的轻武器，那么他就无法去尝试完成这样的任务。一个士兵手里有了轻武器，就会大大提高他的士气。有时候他利用手中的枪来进行回击，尽管对于某些目标来说这是无效的。如果他没有这样的还击手段，那么当他受到攻击压力的时候，他就会象许多情况下那样，举手投降或者逃之夭夭。在防御中，轻武器还是最后一道防线。如果敌人突破后方地域，那么后续行政勤务部队中的士兵就必须丢夺回这些区域，这种情况是经常发生的，这些士兵需要装备轻武器。

影响枪弹选择的因素

现在，军事参谋人员已经认识到，弹药在轻武器系统中是于系重大的，尽管最近的轻武器史倾向于认为、参谋人员必须重新弄清楚轻武器艰难发展历程的教训。50 年代，北约组织选择了 7.62x51mm 枪弹，这可能不是对影响口径的各种因素完全作出合理评价后的选择。

在第三章的某些细节中，会涉及需要考虑的一些因素。基本问题是弹头必须完成什么任务以及能发射到什么样的射程上？为了获得全面的回答，在制定军事要求时必须考虑战术领域，从早期冲突的数据分析，到考虑医学统计，以及对辅助武器系统能力的评价。

战术使用要求

轻武器可以应用于战争的各个阶段，所有类型的冲突和各种不同的地形中。不管士兵在战场上是干什么的——坦克乘员、炮手、驾驶员、装配工——士兵都有一支轻武器。步兵这数量最多的部队仍然把轻武器看作其基本的武器。武器特性必须适应士兵可能存在的所有环境，若他们在狭窄的空间内进行战斗，他们需要小巧玲珑的武器。若他们的主要任务要求他们双手可以自由行动，那么武器必须是可悬挂或甩枪套背起来的，但是一定要使武器处于随时可以使用的状态。在雨雪、高低温情况下，”武器必须能无故障地工作。尽管士兵的轻武器训练时间可能极少，但是武器的简单性和易操作性应该使它在士兵手中是有效的。尽管有这样或那样的要求，但由于武器使用的数量多，决定了它们不应太昂贵。

必须考虑敌人的战术以及己方的战术，战术的考虑将影响到对轻武器的要求，因为这些武器是要被用于各种各样的环境中，去完成如此众多的不同任务的。整个军事作战范围，从对外战争到国内治安，无一例外地要使用步兵单兵武器，要求轻武器能打败进攻者，支援对目标的突击，并且在其它极端情况下，杀死丛林环境中神出鬼没的恐怖分子，而不管丛林是热带的，还是布满工事的。地形和气候的极端情况都对武器设计提出了各自的要求。在灼热沙漠条件中，武器不得变得很热而无法握持，如果是潮湿环境，瞄准镜不得生雾，弹药的初速不得有变化；在极寒冷的情况下，戴上手套的手要能操作扳机，但是扳机又不得外露得太多，以致挂在矮树丛上而走火。武器必须足够的轻，使得士兵在 20 英里的行军携带中，不会太疲劳，但它又必须足够坚固，以致匍匐行进、跳跃等行动和一般粗猛操作不会损坏它。

数据分析

从第二次世界大战以来，数据分析已成为一项重要工作。过去 40 年世界范围的无数次战争冲突已经提供了大量的数据，正是这些冲突促进了作战科学研究的发展。拟定装备要求的军事参谋人员利用大量有用的情报来解决他们的某些问题、可以对先前冲突的教训进行分析，并对今后装备所需的性能特点提出意见。这样，士兵能在更好的情报基础上，提出他们能反应真实需要的要求。

作为一个例子，对包括第二次世界大战、朝鲜战争和越南战争的统计分析表明，所有的步枪交战有 95% 是发生在 400m 或不到 400m 的距离上。有关设计方面的以下章节将表明，若步枪弹药的有效射程是如此之近，那么大口径枪弹就没有必要了。

小口径枪弹

近年来，在轻武器领域，广泛从 7.62mm 或 0.3 英寸的口径转向较小的口径。从广泛来源的证据清楚地表明，7.62MM 或 0.3 英寸这样大的枪弹在许多场合下是不必要的，近几年来，医学统计，加上对昏迷的动物和明胶块所做的试验工作，使人们认识大量有关创伤弹道学方面的知识。由弹头造成的破坏是随其口径、质量、速度、形状和稳定性的不同而异。倘若后面三个参数可以调整到设计出一种有效的弹头来，那么质量或口径就可以减小，并且可以根据其它因素来选择。

轻武器由较大口径转向较小口径，部分原因是因为更好地估计到武器系统互相之间的关系，以及取代中等距离（600 ~ 1000m）轻武器火力的其它弹头的能力。此外，它也是为了降低步兵的负荷。较小口径枪弹飞行距离较近，允许设计者设计出较小和较轻的武器。这是一种很早就该实现的改进，因为多年来，步兵负荷一直太重。在某些情况下，诸如长时间的丛林巡逻，步兵负荷可能大大超过 60 磅（27kg）。

专业技术兵，如报务员和迫击炮手，负荷可能还要重些。认真的战场研究表明，最大负荷（超过该重量，步兵的效率迅速下降）大约是 45 磅（21kg）。而且，重量可能超过 10kg 的如 rAW（轻型反坦克武器）的新武器系统将服役，并将由步兵使用。这种负荷的增加意味着需要减轻其它方面的重量。较小的口径和较轻的武器允许步兵以较少的负荷而使火力不降低，或者保持现有的负荷水平，可明显地提高其火力。

英国步兵的单兵武器历来采用单发瞄准射击，而近距离支援机枪历来采用认真瞄准的短点射射击。美国步兵在近年来的冲突中采用所谓“面射概

念”，它纯粹地靠火力密度，而且是用不要怎么精确瞄准的火力来压制对方的火力。尽管美国专家对上述这种概念还有其它想法，但是在许多场合用自动武器对付暴动人群的这种作法恰好告诫英国，要赢得火力交战，一定要向对方射击更多的枪弹，而不是让对方回手。因此，连发射击以及大容罩的弹仓和弹链就成为必要的了，而为了获得高火力密度，需要许多的枪弹。这再一次是指重量较轻的小口径弹药。正在发展中的较小的武器在现代战争中还具有许多优越性。

大多数步兵是由车辆从一个战斗场所转移到另一个战斗场所，而且这些车辆经常是空间有限的装甲车辆。迅速上下车是非常重要的，而一种短而轻巧的武器是有利放士兵上下车的。

后勤保障

在战场上重新补给弹药是一项必要的琐碎工作，平时又不经常做，由于战火纷飞、部队转移的特性以及携带问题，因此做起来经常是困难重重。对于相同数量的弹药而言；较小口径将意味着较小的重量和较小的体积，当评估整个军队时，这意味着减少大量的仓库与车辆。

武器勤务的另一重要方面是它们要易于保养维修。保养与修理是在不同层次进行的，从士兵分解和擦拭武器，部队军械士进行的简单修理，到工厂进行的大修。若武器的结构简单可靠、保养任务就轻而易举。现代轻型武器的零部件本身比较轻，并且由于采用现代的优质材料，因此事故和故障的发生应当少些。这些趋势将减少需要携带的备附件数量以及修理次数。

精度

在第五章中，我们将研究影响轻武器命中率的各种因素。精度是在对武器提出要求而进行权衡时必须充分考虑的一种特性。精度可以通过采用长枪管、长的瞄准基线以及发射具有低伸弹道的高速弹头而大大地提高，但这必然导致武器的结构笨重。要考虑到采用重量较轻的枪，这种枪噪音小且易于操作，后坐力也小，所有这些势必提高一般士兵的射击能力。考虑这一切以及其它有利于小口径的因素，精度高是有可能成为合乎需要的。

轻武器族

“轻武器”这个通用术语包含了各种武器。在试图对它下定义时，许多人将大到 30mm 的机关炮也包括在轻武器之内了。英国陆军认为，该术语包括到 12.7mm 或 0.5 英寸的武器。手枪是最小的轻武器，根据它们的动作方式，也可分别叫做手枪、左轮手枪或自动手枪。尺寸再大些的轻武器是冲锋枪，今天，它们当中有些不过比最大的手枪稍大一些而已，这些体积浪小的枪，是供非常近的距离射击使用的，如同在反恐怖分子战斗中遇到的那样。

与许多冲锋枪尺寸相似的是卡宾枪，事实上，该词已与美国人所指的冲锋卡宾枪混淆不清。卡宾枪是作为骑在马背上可以携带的小型步枪而出现的，毫不奇怪，由于美国人有采用骑兵的传统，因此，他们宁愿用卡宾枪这一名称。在欧洲大陆，该术语与冲锋手枪和突击步枪更加混淆不清，这两种枪往往指的是英国人所谓的冲锋枪。真正的卡宾枪或小型步枪已由现代较小的单兵武器所取代，英国现在正是用单兵武器（IW）这个术语来命名其新步枪的。步枪历史，众所周知已近一百年了，今后还将存在。它们坚固耐用，并且有效，在远射程上精度高，易于操作和保养，在某些情况下，它们是理想的武器，例如狙击作用。人们可以看到象 100 年前阿富汗人一个接一个地瞄准打中英国士兵那样，今天他们从岩石的隐蔽处一个接一个地瞄准撂倒苏

联士兵。

最后是机枪，作为轻武器，它们所包括的口径直到 12.7mm。目前，大部分机枪是 7.62mm 口径，它们分为轻机枪(LMG)，中型机枪(MMG)重机枪(HMG)，或车载机枪(VMMG)，主要取决于它们所采用的枪架型式以及它们在长时间内可以持续射击的能力。从英国命名 FN 公司设计的 L7A2 式为通用机枪的这种枪，可以看出枪架的影响，该枪装两脚架时、作为分排级的轻机枪；装三脚枪架时，作为连级的中型机枪。

现在，负责制订军事要求的参谋人员必须在轻武器这个广泛的范围中进行抉择。当轻武器的任务被确定时，在这么多的轻武器中，没有一种轻武器会完成全部任务，或者甚至是完成大部分任务。但是有许多理由企图将多种轻武器减少成只保留几种。这些理由包括各种后勤因素在内，例如，弹药品种减少一些，携带较少的备附件，零部件的互换性，训练时间可以减少，大批量购买一种类型的武器的费用要比购买小批量、多品种武器的费用便宜得多，因此，趋势是朝着符合军事要求，并且包括的种类与口径尽可能地少的武器族方向发展。英国提出用单兵武器(IW)和轻型支援武器(LSW)这两种几乎是相同的武器，去取代四种武器(服役中的半自动步枪、FN 公司设计的通用机枪、布伦(Bren)轻机枪和冲锋枪)，就是最好的说明。轻型支援武器具有较重的枪管和两脚架。还有机构动作多少有些不同。但其它方面与单兵武器相同。尽管这样满足了分排级的要求，但是对较远射程的持续火力的需要却无法由单兵武器和轻型支援武器来满足。估计英国的单兵武器和轻型支援武器将采用北约组织最近选定的 5.56mm 口径。为了完成持续射击的任务，较重的 7.62mm 北约口径将保留。苏联已经研制了著名和广泛使用的卡拉什尼柯夫(Kalashnikov)武器族。图 1—1 显示了设计原理非常类似于英国的单兵武器和轻型支援武器的 AK47 式步枪和 RPK 式轻机枪。

特殊任务仍然需要满足。若要保留狙击手的作用，那么将需要一支更具有传统式样的步枪，但用量不多，此外还可能满足陆军对比赛打靶步枪的需求。有些手枪将留作要员和专业人员个人的自卫武器。除非在专家手里，否则在作战使用中，手枪无实际用处，但是它的确具有不碍事的优点，这对于需要腾出双手来实施其主要任务的那些人来说是很有用的。可能需要若干其它专用武器，以满足特种部队的特殊需要。除了这些特殊武器外，许多国家的轻武器的大部分将是一个具有很大通用性的小族。

图 1-1 苏联卡拉什尼柯夫枪族的 AK47 和 RPK 武器

北约组织正在进一步采取通用化的作法，不仅是新系列小口径武器的口径标准化，而且采用标准规范。尽管有北约 7.62mm 标准口径，但是该口径武器使用的弹药的互相适用性是不可能的，因为长度、装药量、材料的规范以及武器的供弹方式等实际上并未标准化。北约组织的所有弹药生产国，除了部分 5.56mm 北约口径在采用弹仓或弹链上会有所不同外，至少在其它规范方面将会是相向的。

对要求的说明

我们已经大致地讨论了满足军事要求的某些方法所涉及的因素，某些考虑过程，限制和平衡。现在是陆军必须提出其要求的时候了，这是非常关键的时刻。必须尽可能多地进行上述分析，使遗留的问题尽可能减少。随着老式武器变得陈旧而且昂贵以及维修保养困难，因此必须及时地对新武器提出

要求，使得在老式武器被淘汰前，就对新武器进行设计、准备生产线，进行试验以及制造。

在英国，由陆军签发被称做总参谋要求（GSR）的文件。其他国家只是文件名称不同、但目的类似。在美国，称为作战能力要求（ROC）。这些文件的目的是，用以证明武器是需要的，说服财政拨款，并且对设计者设计武器进行正确指导。对于轻武器而言，这基本上是一系列按优先度次序排列的性能要求。设计者需要了解这些性能要求的排列，因为经常是，一个设计特点可以提高武器的某一性能，而与此同时，另一种性能实际上却降低了。设计者在这些准则范围内有进行相对选择的自由，这仅仅是相对的，因为设计者的责任总是要保证他所设计的武器符合士兵的需要。

性能要求包括：

射程——指有效火力下的射程，对有效火力一词必须明确是与侵彻力有关的。

侵彻力——一般规定侵彻特定射程上的北约制式软钢靶板。

创伤效应——以丧失战斗力的程度来表示，在第三章中详细解释。

精度——这是一个难以定义的术语；所以或者用与先前的武器系统相比较来表示，或者以普通士兵应该达到的要求来表示。

密集度——是衡量武器将一系列射弹打在特定范围内的能力，因此是精度的基础。

射速——不是指理论射速，而是士兵估计在极端战术情况下，以最小自燃的危险和枪管几乎不磨损为前提时，他将要发射的枪弹数。

可靠性——以不出现故障而发射的枪弹数来表示。

重量——指一个不得超过的重量值，要说明是否含特定数量的枪弹或不含枪弹。

长度——指要求达到的最大长度极限值。

武器的性能试验要在士兵必须经历的一组广泛和严格的环境条件下进行。其它要求要明确规定，尽管它们对于武器系统来说可能不是那么根本性的，但仍然是重要的，如易于保养，易于训练，瞄准的布置，使用弹种——曳光弹，训练特点，应当如何包装，有无膛口装置，如刺刀、消焰器和榴弹发射器以及其它部位的附件，枪背带、提把和工具等。

机枪

迄今，所谈的一切往往主要是指基本武器——步枪和轻机枪，或单兵武器和轻型支援武器。对于其它轻武器和机关炮来说，也要进行类似的分析过程，以便提出一份设计者要根据它来开展工作的书面文件。

对机枪的基本战术要求曾经谈到过。进行突击或提供最后掩护射击的轻重量型武器一般是装两脚架的枪，是北约两种制式口径 5.561mm 或 7.62mm 中的一种。较重的支援武器则要求用来压制较远距离上开阔地带的敌人，或者压制软皮车辆，这类武器几乎可能都是 7.62mm 口径的，但枪架的型式应为它提供较为稳定的基础，以便获得所需的精度。按预定时间间隔或射击一定数量的枪弹后，用备份枪管更换，将减轻发热的问题。

车载机枪的口径正趋向一致。如老式的勃朗宁（Browning），50 英寸机枪正被那些至少是考虑到弹药通用化的武器所取代。又如，大多数英国车辆已安装基本上类似于通用机枪的 FN 结构型的机枪。这些机枪在车下用（L37）或车上用（L8）时，其能力是不同的。

图 1-2 不能拆卸的 L8 式通用机枪

正在考虑对车载机枪的改进包括：可靠性标准比地面步兵武器要高，因为瞎火弹的退弹在炮塔内可能难以处理，大幅度减少在炮塔内生成的有害气体；改进安装以方便如更换枪管这样的任务。旨在供装甲战斗车辆用的传统导气式武器可能要经过长期努力才能符合这些标准，但并未符合全部标准。趋势是寻找装在许多现代飞机上的武器的革新性结构，因为它们甲外部能源驱动，所以达到了所需的目的。范例有米尼岗（Minigun）机枪、伏尔肯（Valcan，）小高炮、休斯（Huges）链式枪炮以及多佛魔鬼（DoverDeril）通用机枪。图 1-3 的照片所示的是通用电气公司的 7.62mm 米尼岗机枪。

图 1-3 通用电气公司 7.62mm 米尼岗机枪

外部能源枪炮无需用气体完成动作，因此气体可以通过沟槽排出车外，如同弹壳一样。射速和可靠性据说非常好，并且活动机件数量少，在炮塔内占据的空间小，可以用铰接松开，以便更换枪、炮管。这些武器的缺点是，例如依赖于车上分出的动力（尽管可能有一些手动曲柄），从车上卸下作为步兵地面武器使用的能方部分地丧失了。

口径大于 7.62mm 的重机枪用以对付轻型装甲目标。轻型装甲目标，从易于被击毁这个概念上说，已是过去的事情了。重机枪也是如此。取代重机枪的武器则是机关炮。

机关炮的要求

步兵战车的广泛使用导致未来战场上前所未有的交通拥挤。广泛采用供应本来已经不足的坦克饱和制导导弹来对付步兵战车，其费效比是不好的。因此，对步兵战车提出了要用它们自己的手段来摧毁其对手的要求。随着装甲的改进，要确保毁伤如苏联 BMP 这样的步兵战车，只能用机关炮来完成，若要击毁其前装甲板，口径要相当大。机关炮一般是 20、25、30 和 35mm 口径，尽管北约组织甚至可能采用 27mm 的口径，这是由于对安装在飓风战斗机上的毛瑟（Mausen）航炮感兴趣，该炮正在改为车用。

在北约组织内，对采用机关炮通用口径的争论部分地是由于军事因素引起的。商业上对机关炮弹药的興趣如此之浓，是由于生产炮弹远比生产枪弹能挣钱。尽管机关炮最大口径受到那些视毁伤力为武器主要性能的人的欢迎，但是，对于象英国这样的国家来说，较大口径机关炮和弹药的尺寸大，贮存问题成为困难，这些国家认为步兵战车最优先考虑的应是车内空间容积。因此，北约组织下一步很可能选择较小的口径，拆衷的口径是 25mm 或 30mm，它具有另外的好处是，那些关心对付飞机的人也倾向于喜欢这个口径。北约组织制造的防空机关炮显然是用 35mm（西德）或 40mm（美国）口径来获得威力。相反，苏联主要生产 23mm 口径，以数量来代替口径取胜。

不同的要求

结束本章时，认识到不同国家中甚至在盟国中的要求是彼此不一致的，这不一定是坏事。聪明的做法是应当同一下，为什么盟国，或者甚至是敌人对轻武器有不同要求，是我们错了，还是他们错了？只有冲突（设计的轻武器是供这种冲突使用的）发生了才能作出肯定的回答——但永远不能指望这么做。经常可能的情况是，两者的要求都错了。在对一种性能表示赞同或反对的争论中，当双方势均力敌时，要贬低对方是很容易的。历史经验的一定

影响惯例，设计者的诡辩，或者高级官员的嗜好都可能足以影响平衡的势态。其中，牢记最近的军事史可能是至关重要的。例如，据说德国人非常不情愿转向小口径，并且一直坚持所有分排级武器采用 7.62mm，因为在第二次世界大战中，他们与苏联红军进行过消耗战。热嘲冷讽的人可能认为这是商业上的原因。西德是所有北约组织伙伴中最接近于采用无壳弹技术的国家。在今后 10 年年，他们会在世界上率先采用革新性的轻武器，今天又为何要急急忙忙地转到 5.56mm 口径呢？

战术的基本观点可能使各国作出不同的抉择。苏联和中国军队仍然可能是依靠大量使用步兵，并且整个社会主义集团都是如此。人数较少的西欧步兵则非常倾向于使用火力和机动战术，而支援这些战术的步兵武器必须是不同的。

当大家提出要求并实施要求时，国家的经济因素经常在作出决定时占主要的地位。轻武器，如前所述，是一个国家的根本要求，以致无一国家愿意放弃生产轻武器的能力。若这些国家拥有那样的生产能力，财政动就业受益也是非常重要的。军队规模小的国家可能拥有相当规模的军械工业，在轻武器领域内，瑞典和比利时就是最好的例子。这些国家的参谋人员所提出的要求的影响，与 FFV 公司和 FN 公司工业界的影响相比就微不足道了。工业康采恩不厌其烦地对市场进行研究，因此，世界范围潜在用户的观点反映在他们的设计上。折衷是不可避免的，尽管对一种特定武器的缺点，表达出强烈的有时是极端的观点，但现代武器无一不是先进的，若不是这样，也就卖不出去。

至少曾听到一位轻武器制造商说过，如果有顾客购买他的弹药，他将奉送武器。所以，我们从士兵认识到弹药重要性；又转向到制造厂商知道弹药是他赢利之本。轻武器是发射弹药的工具。

自测验题

1. 既然轻武器在战争中造成很少的伤亡，为何还要保留它们？
2. 数据分析为制定轻武器要求提供什么主要教训？
3. 列举有利于使用小口径的部分因素。
4. 列举你能列出的轻武器的多种性能。
5. 轻机枪与中型机枪之间的差别是什么？
6. 将设计供步兵地面用途的轻机枪安装在车辆炮塔内有什么缺点？
7. 设计的轻武器必然要经受哪些恶劣环境？
8. 医疗统计与经验如何影响轻武器的需求参谋和设计者？
9. 重机枪为何陈旧？
10. 各国之间对完成类似作用的轻武器的要求为什么可以有不同？

第二章 基本科学原理

§ 2.1 引言

设计武器时，首先要考虑的是预计的目标以及决定应如何对付它。当这个问题已由士兵解决时，武器设计者就要决定需要用什么样的弹头才能对目标造成所需的损伤。在有些情况下，最有效的弹头可能是最难以发射的。这样一来，可能要对已选定的弹头结构方案进行修改，使它能由合适的发射装置准确地发射到所要求的距离。然后可研究范围越来越缩小的可行的弹头结构方案，以便设计出最有效的发射装置。首先是各种物理规律有限效应对弹头的互相作用，其次是发射药，最后是发射装置对弹头的互相作用，实际上，它们是不可能分别考虑的。然而，本章的主题将从对目标所期待的效应开始，回过头再介绍逻辑程序的各个阶段。

§ 2.2 目标效应

轻武器弹药的一般目标是人体。对这种目标所要达到的效应是造成杀伤或使人丧失战斗力的创伤。创伤的致命程度取决于创伤的部位与创伤本身的性质。士兵需要的弹药是不管打在目标何处均能迅速见效的弹药。弹药设计者的任务之一是研究不同类型弹头所造成的创伤。要与那些熟悉解剖学与生理学的学者协作研究有关人体作用的不同创伤效应。设计者应用这一研究成果，设计出一种既能产生丧失战斗力的创伤，同时又满足武器设计者提出的形状、尺寸和重量的设计要求的弹头。

表达目标效应的企图已经导致使用“丧失战斗力概率”和“能量传递”这样的一些术语。本章以下各节将研究这些术语的含义。

丧失战斗力

造成丧失意识、双目失明或瘫痪的任何创伤必然是丧失战斗力的创伤，因为受伤者既不能继续执行其任务，也不能还击。其它创伤，可能也属于丧失战斗力的，但要取决于与任务有关的受伤部位。受伤者由于为完成他的任务所激发的动力以便他可能克服看起来是丧失战斗力的创伤。因此，需要考虑任务和士兵的动力。下述例子是最好的说明：脚部受伤使进行突击的步兵比之固定的防御者更可能丧失战斗力。若进攻者手臂受轻伤，他可能仍顽强地继续殊死突击，而防御者受到类似的创伤，可能感到难以继续回击。若防御者停止战斗，那么进攻者就有可能占领阵地，将受伤的防御者杀死或俘虏。为避免此般厄运，防御者在刺激下会继续战斗。脚部受伤的进攻者不会受到类似的刺激的，因为他若停止进攻，他不会直接造成死亡或被俘。因此，若科学家在从事创伤弹道的任何研究时忽视动机这些主观因素，那么人们对其研究成果提出质问是完全合乎情理的。

从创伤到丧失战斗力的时间是一个重要因素。人体只有部分部位一旦受伤就易于立即丧失战斗力。这些部位限于头部、心脏以及第三脊椎以上的脊椎骨。由于这部位的面积约占人体的 15%，所以随机命中一各站立者，使他在几秒钟内丧失战斗力的机会充其量只不过 15%。因此，对随机命中而言，有 85% 的机会是处于弹头击中和丧失战斗力，两者之间将有一定的间隔。延迟丧失战斗力的时间取决于创伤的严重程度，部位以及受伤士兵的动力。当

然，战场上的士兵总是愿意使他的射击效果立竿见影。对随机命中而言，要想保证这一点，弹药的尺寸和重量将会很大，以致无法设计出发射这种弹药的轻武器。作为折衷，30s 是评估弹头战场创伤性能的最短时间间隔。

有 14 种正式的战场创伤标准，其中，在弹头效能研究中最经常引用的是防御时丧失战斗力和进攻时丧失战斗力各为 30s。由于考虑到目标的大部分是隐蔽的，暴露部分基本上是由铜盔保护，而且士兵怀有强烈的动机要继续战斗，以防止其阵地被对方占领。因此防御时丧失战斗力为 30s 的标准是最难以达到的。

能量传递

人体被弹头命中的效果已经到周密的研究。已经发现，因为人体不能随时吸收能量，肌肉才破裂。人体损伤程度取决于弹头传递能量的大小以及传递速度。能量可以用弹头质量乘其速度平方 (mv^2) 来表示，数学上，从弹头而不是从人员目标来评活能量传递要容易得多。当弹头击中目标时，它损失了速度，能量就传递给了目标。可用下列公式计算传递的能量值：

$$E = \frac{1}{2} m(v_1^2 - v_2^2)$$

式中：

F = 传递的能量

M = 弹头质量

v_1 = 命中速度

v_2 = 弹头离开目标的速度

低速钝头弹头，如飞行的碎片和棍棒，有可能造成撞伤、溢血和骨折、被防弹衣或其它装备阻挡的弹头也有可能引起类似的效果。对弹头而言，弹头内尺寸要引起有效损伤，它必须穿透人体。当弹头以不到 400m/S 的速度进入人体时，只能造成弹头侵彻轨迹性的损伤。弹头以较高速度命中人体时形成激波，激波可使由弹头产生的轨迹空腔扩大 30 倍。

图 2-1 高速弹头产生的激波

图 2-1 的照片显示一个在空气中的激波。当类似的激波通过人体时，受伤部位大大地扩大，丧失战斗力的机会也增加了。这种效应称为“爆炸性创伤”，并且是大部分现代高速弹头的一个特征。

下表显示几种现代武器发射的弹头初速。表 2-1 各种现代武器发射的弹头初速

在企图分析创伤效应时，工作集中于将不同形状、重量和速度的弹头射入模拟人体肌肉的材料中，并且记录其结果。医学专家则跟踪弹头穿入人体的大概轨道，并且评估损伤效果。在创伤效应和弹头质量、速度及形状之间有可能建立一种关系。为了解释过些试验结果，已经提出比 mv^2 更为完善 $mv^{\frac{3}{2}}$ 的公式。但是，为简便起见，本书仍采用数值偏大的 mv^2

§ 2.3 弹头的设计

弹头为了传递最大的能量，命中能量应当大，并且不应穿透目标。通过高初速，以及弹头的物理特性使其飞行速度衰减小的弹头来取得高的碰撞能

量。在下列条件下，弹头将滞留在人体中，或者加大其减速作用。首先，若弹头在目标内破裂，弹头的破片质量较小，侵彻力就比原来的弹头要小，其次，弹头命中时变形，威为非流线形；再次，弹头进入比空气稠密的介质时，变得非常不稳定。

目标经常得到某些必须被侵彻的人造材料或天然材料的保护。一枚稳定得足以侵彻覆盖物的弹头若以足够的速度击中目标，将侵彻并穿透目标。高速弹头在其离开目标前，仅将其能量的一小部分传递给了目标。尽管如此，传递的能量大小仍应是高到足以造成有效创伤。

§ 2.4 武器

当一发枪弹在轻武器弹膛内发射时，发射药燃烧并产生气体，它可以膨胀成原来发射药体积的 14000 倍左右。这种气体燃烧完，火焰温度可能高达 2000C。如图 2-2 所示，产生的压力使弹头脱离弹壳并被推入膛。

图 2-2 压力对弹头的作用

膛使弹头对准膛线，并使弹头与膛线的起始部分保持接触，直到压力上升到足以迫使弹头进入膛为止。图 2-3 示出了枪管内部的压力、弹头速度，从撞击底火到弹头飞离枪口的时间间隔内的变化规律。

随着弹头沿枪管向前运动，弹头后面的药室容积增大。在发射药“全部燃尽”前不久，药室容积增大的速度要比气体生成的速度快得多，所以压力开始下降，英国 L1A1 式半自动步枪，当弹头飞离枪口时，压力大约是 90MN/m²，约 2.5~3ms 后，该压力下降到大气压。图 2-4 详细示出 L1A1 式步枪的压力/时间关系曲线。

图 2-3 压力、速度与时间的关系

图 2-4 英国 L1A1 式步枪枪管的压力/时间曲线

后坐力

如图 2-2 所示，发射药燃烧时，它向膛各个方向施加压力。该压力迫使弹头沿着膛向前运动，并推动机枪向后。若枪机固定在枪管或枪身上，那么整个武器被推动向后，产生所谓后坐力、弹头的前进动量用其质量 (M) 乘其速度 (U) 表示。步枪的后坐动量可相应地写成 MV。弹头和步枪两者的动量必然是相同的，因为它们在同一时间内承受相同的力。并且两者都是从静止开始运动的，所以当弹头飞离枪口时，两者必然具有相同的动量。因此，mv = MV。值得重视的是，武器的动量取决于枪弹所含的动量。枪弹赋予弹头越来越大的动量，它将同样地增加武器的动量。若发射药气体质量忽略不计，那么武器的自由后坐速度可用简单公式 $v = \frac{mv}{M}$ 表示。这意味着，对于给定初速和给定重量的弹头而言，武器的后坐速度是由其质量控制的。较重的枪发射后，它的后坐速度较慢。当然，弹头的初速和重量是由武器的战术要求决定的。武器重量和其速度之间的比率，受到士兵肩部估计所能吸

收的能量值的影响。武器的动能是 $\frac{1}{2}MV^2$ ，但实际上，后坐力上限必然在 15J 左右。给出弹头质量及其初速，设计者可用下列公式来决定武器的质量。

$$\text{若后坐能量 } R \text{ 用 } R = \frac{1}{2}MV^2$$

$$\text{而速度 } v = \frac{mv}{M}$$

$$\text{代入后可得 } R = \frac{1}{2}M\left(\frac{mv}{M}\right)^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{mv}{M}\right)^2 \text{ 或 } M = \frac{1}{2}\frac{(mv)^2}{R}$$

因此，所有重量相同，并发射同样枪弹的武器产生的后坐能量是相同的。也可明确他说，若武器过分减轻重量，那么增大了的后坐能量将会使武器难以操作和操作起来会感到非常不舒服。

枪管

枪管越长，弹头初速越高，因为枪膛压力作用的时间就越长。但是，如图 2-3 所示，在发射药“全燃尽”点之后，枪管长度的增加也只能使初速按比例地增加一小部分。初速增加的优点可能被武器变长的缺点所抵销，因为枪管太长难以操作，尤其是在出入车辆时。另一方面，枪管可以缩短，而弹头相应降低少量的初速。这会导致稍为减轻武器重量，但缺点是增加后坐能量。枪首长度一般是通过权衡这些因素而加以控制的，第三章中将详细讨论这些因素。

枪管壁的强度必须大到足以承受膨胀气体的压力，并且厚到将过热问题降低到最小。它们也必须坚实到能承受住野蛮的操作，某些步枪还须具有发射榴弹和用刺刀进行肉搏战所要求的强度。

当发射弹头时，有两种主要应力作用在枪管材料上，如图 2-5 所示。径向压应力向外作用在枪管壁上，这种应力在枪管内表面最大，沿壁厚向外而减小。也出现圆周拉应力，因为枪管材料是周向地伸张的，伸张作用沿壁厚向外减小，在枪管外表面消失。圆周拉应力总是比径向应力大些，而且在理论上是枪管强度设计的一个限制因素。显而易见，最靠近枪管内侧的材料受应力最大。可以借助预应力的方法，使枪管壁上的应力均匀地分布。这种工艺叫做自紧工艺，但在制造轻武器时不能随意采用自紧工艺，因为枪管壁要厚到足以耐住士兵使用，并且为克服过热问题也要求使枪管壁足够厚以承受射击应力。本丛书的第 III 卷，《火炮及火箭》第四章中将详细介绍自紧工艺。

图 2-5 枪管应力

表 2-2 示出几种武器的恰好位于弹膛前的枪管内外直径。它说明为了解决速射引起的发热问题枪管壁应多厚。那些枪膛与枪管直径比率（相对壁厚）最低的武器是不具备连发射击条件的。

弹头是由枪管内侧的膛线赋予它旋转而保持飞行稳定的。膛线缠度系弹头旋转一整圈所需的长度。一般说来，缠度是 30 倍口径长，但高速弹或短弹头可以缩短缠度。缠度过小，弹头壳应力可能过大。缠度过大，会降低可能的稳定作用。膛线方向，如同在大多数武器中那样左旋或右旋。表 2-2 各种武器的枪管直径

旋是无关紧要的。图 2-6 示出线膛枪管的主要特点。金属螺脊叫阳线，阳线之间的沟槽叫阴线。图中还包括英国 LiAl 式半自动步枪内部尺寸，以便表示

尽管它的标称口径为 7.62mm，但并不表明其枪膛尺寸是如此。

图 2-6 枪管膛线剖面图

磨损

枪管的强度必须高到足以防止弹头通过枪膛造成的摩擦磨损以及灼热高压气体的烧蚀作用。所有军甲武器均采用钢质枪管，目的是廉价地提供必要的强度。

摩擦磨损出现在整个枪膛，但最明显的是出现在膛线的起始部。当弹头经过线膛枪管时，膛线的阳线嵌入弹头壳，使阳线和弹头的表面之间出现 $450\text{MN}/\text{m}^2$ 的高压。一旦弹头壳完全嵌入膛线，压力就下降。枪管钢的强度大到足以防止枪管变形，直到温度达到约 500 时，这时钢的硬度可能降低到包含弹头壳在内的金属的硬度以下。这会造成阳线严重损伤。正如第五章中详细叙述那样，弹头底部膨胀以充填膛线的阴线。从而使整个枪膛与弹头接触，以致整个枪膛表面出现磨损。倘若气体从弹头和枪膛之间的任何窄缝逸出，它会产生严重的局部发热，甚至可能融化枪膛表面。这种作用叫做气体冲刷烧蚀。在弹头完全嵌入膛线之前，可能有一部分气体逸出，受到这种类型烧蚀的正是膛线的起始部。

高压灼热气体还可能使枪膛表层金属转变成脆裂层。金属中的热应力使这一表层龟裂，然后下一发弹头通过时将龟裂层擦掉。当连续发射时，形成脆裂层所需的时间要比单发时各发射弹之间的间隔长些，因此，当以一定间隔单发射击时，这种损伤就会出现。

发热

枪管发热可能是自动武器设计中的一个主要问题。当武器发射时，逸出的灼热气体将其热量传递给枪管。由于枪管的传导，弹膛最后会变得灼热，但开始时由弹壳将弹膛与热源隔开，因此，经常被叫做“自燃”的发射药早点燃仅在热量有时间从枪管扩散到弹膛时才会出现。若采用无壳弹，灼热气体与弹膛壁直接接触，会使弹膛壁更快发热，导致更多的机会出现“自燃”。

能量分配

发射药能量仅有 1/4 是用于推动弹头沿枪管向前运动的。其余能量的消耗取决于如武器重量、枪管质量和枪管长度等许多相互联系的因素。以下是能量的大致分配。

供弹大的动	20 ~ 30%
使枪管发热	30%
膛口冲击波	高达 40%

上述尚未列出用于供弹头旋转或克服摩擦的少量能量。值得注意的是，仅约 0.1% 的有效能量看来是作为后坐能量的。

§ 2.5 小 结

本章概括叙述了轻武器所要求的目标效应和指导其设计的基本科学因素。既然随机命中机率的 85% 是非致命的，那么设计者的目的是设计出能造成丧失战斗力的武器，或者换句话说，使受伤者无法完成他的任务。将医学效果应用到统计中，计算出一名受伤士兵仍有一段时间可以活动的机会。破坏性最大的弹头是那种穿过人体时创伤效应扩散远远地超出其轨迹的那种弹头。高速弹头形成激波，造成“爆炸件创伤”。命中时翻滚的弹头也能引起

严重损伤，但不能侵彻覆盖物，看来侵彻覆盖物正是弹药设计上的主要因素。对目标引起损伤的大小取决于弹头传递能量的多寡。弹头的动量不仅影响弹头的有效射程，而且还影响到武器的重量以及射手的后坐感觉。

自测验题

1. 什么物理特性影响弹头的创伤效应？
2. 丧失战斗力指的是什么？
3. 什么因素影响创伤效应？
4. 你对“爆炸性创伤”一词是如何理解的？
5. 缩短枪管的结果是什么？
6. 决定枪管允许最小厚度的根据是什么？
7. 减小枪管膛线缠度的作用是什么？
8. 枪管哪一部位的磨损最引人注目，为什么？
9. “自燃”意味着什么？
10. 为何无壳弹易于引起“自燃”问题？

第三章 影响口径选择的因素

§ 3.1 背景

弹头所能够发射到的距离，取决于发射药的装药量和弹头的存速能力。装药量取决于采用的药室容积、火药力以及用于制造武器的材料质量。按广义的规则，相同材料制成的弹头的存速能力与其直径成正比。考虑到这些基本事实，既然现代兵器的设计不可避免地受到历史因素的影响，因此追溯轻武器的发展是有意义的。

早期的武器

最早的手枪是由低质材料制作的，而且无法承受相当大的气体压力。为了获得足够的初速，以便在合适的战斗射程上具有杀伤力，需要口径大的弹头。例如，滑膛枪原来是 10 号（.79 英寸），以后减小到 11 号（.753 英寸），1700 年出现布朗·贝斯（Brown Bess）滑膛枪，它发射重约 32g 的弹头，发射药重约 4.5G。当时的发射药是黑火药，这种火药产生大量烟雾，以致步兵不得不采用齐射的方式。初速是如此之低，并且变化无常，以致超过 80m 的交战是罕见的。布朗·贝斯枪 1824 年从第一线部队中撤装。

膛线、威力更大的发射药以及质量上乘的枪钢问世后，武器的口径逐渐减小，与此同时，作战距离却增大了。贝克（Baker）步枪（1800 年）采用与布朗·贝斯枪相同量的发射药，发射 .612 英寸的铅弹。瞄准射程为 100 和 200 码。这表明贝克步枪之所以改进，在很大程度上是采用了令人满意的膛线而获得的。但是应当注意，瞄准具武器性能的。1853 年，恩菲尔德（Enfield）P/53 线膛枪口径是 .577 英寸，瞄准距离达 800 码。当 P/53 改为枪尾装填、并重新命名为斯亲德步枪（1864 年）时，发射的是 31g 重的弹头，并且采用约 4.5g 的改性发射药。马丁尼·亨利步枪（1871 年）口径为 .45 英寸，瞄准距离达 1000 码，它也采用 31g 重的弹头，但是装药量增加到 5.59g。

近代武器

到 19 世纪末，将弹头发射到相当远的距离上才成了可能。对步兵的要求是能对远距离的目标交战。机枪作为主要的远射程轻武器的作用尚未被人们充分地认识，因此希望步枪手能对 2000 码以远的目标交战。例如，李·麦特福德（LeeMetford）Mk1 步枪瞄准距离为 2800 码，尽管这个数据是有点过于乐观的。

原先，李·麦特福德步枪发射的弹药是由 14G.303 英寸口径铅合金弹头加上 4.5G 火药组成的。黑火药不久由诞生的第一种无烟药所取代。在博尔战争中使用的李·恩菲尔德（LeeEnfield）长步枪被证明很笨拙，1902 年，将其枪管截短，出现了李·恩菲尔德 No. 1 式弹仓式短步枪。不久大家明白，在远距离上，机枪远比步枪要成功。但是，又认为步兵用的步枪和机枪两者需要通用弹药。303 英寸弹头重 11.3G 一直保留到由目前的北约 7.62mm（.300 英寸）弹取代，后者的弹头重量则减轻到 9.35%g。

§ 3.2 导致枪弹选择的分析

对枪弹的选择既取决于战术因素，又取决于技术因素。起初，战术要求

只说明对弹头所要求的性能（技术因素的应用导致了可以满足此战术性能的多种选择。接着进行评估，使得有可能拟定弹药的技术条件，并且给出发射这种弹头的武器设计概要。

图 3—1 是选择枪弹过程中涉及到的技术和战术因素的略图。为清楚起见，该图在某些方面将过程作了较大的简化。

设计者必须得到有关目标、武器要求的射程以及精度的情报。然后，根据弹头在所要求的射程上具有必需命中能量的初速，计算出弹头的效应、弹膛和枪管设计。根据有关的初始军事要求，经常在某些方面作些折衷。在最后这个阶段上，将枪弹口径确定下来。

标称口径相同伪武器不一定能发射相同的枪弹。例如，北约和华约军队均采用 7.62mm 口径的武器，但其弹药是不能互换的。

因此，为避免含糊不清，最好既标明武器所发射的枪弹的标称口径，又标明弹壳长度，北约军队使用的武器，发射无凸缘式 7.62X51mm 枪弹。苏联中型机枪发射凸缘式 7.62x54 (R)mm 枪弹，而 AKM 式突击步枪则发射较短的 7.62x39mm 枪弹。当武器能发射几种枪弹时，它们的型号也应当表明。例如美国 AR15 阿玛莱特步枪发射的枪弹中有一种是叫做 M193 式 5.56 × 45mm 枪弹。本章以下四节将细述设计过程的某些方面，开始是叙述目标所要求的效应。

图 3-1 枪弹选择过程略图

§ 3.3 杀伤力

杀伤力是用以描述弹头效能的一个术语。弹头必须将其部分能量传递到目标上才算有威力。要使目标在受伤 30s 内丧失战斗力，公认最少能量级是 80J。如第二章所述，大部分轻武器评估使用防御时 30s 内丧失战斗力这个标准。

图 3-2 示出几种弹头在不同射程上所具有的能量，并且指出对付无防护目标的那些弹头的杀伤距离。无防护目标是指穿戴普通军服和装备，而不穿戴防弹衣和铜盔的士兵。

图 3-2 存能与距离

应注意曲线图中下列各点。首先，北约 7.62 × 51mm 枪弹的弹头在 2000m 以外存能还超过 80J。其次，苏联 7.62x39mm 枪弹比较轻，比北约 7.62 枪弹初速低些，杀伤距离近得多。这种枪弹的杀伤距离与 M193 式 5.56x45mm 枪弹的相似。80J 以上并不是弹头本身真正的最小能量极限，因为它必须至少能将这个能量级传递给目标。在战斗射程上，轻武器枪弹的弹头的能量必然大大超过 80J，以致即使它们直线贯透人体，能量传递有可能大大超过 80J。

毁伤目标

使未加防护的人丧失战斗力相对来说是简单的。然而，一旦目标有覆盖物或穿防弹衣，要使他丧失战斗力就比较困难了。下表说明两种不同口径弹头毁伤几种目标所需的撞击能量。表中的数字假定弹头是垂直撞击材料表面的。

表 3-1 侵彻各种目标所需的大致能量

注：这些数字未包括需要使由这些材料保护的人丧失战斗力而附加的 80J。

由此表可以推导出，随着口径增大，使弹头侵彻覆盖物的能量也增加。换句话说，弹头越大，它必须在材料上冲出的孔也就越大。且显而易见，M193 式枪弹的枪口动能仅 1800J。决不能期望它去穿透 4 1/2 英寸的房屋砖墙；而北约 7.62mm 枪弹到 100m 左右还具有所要求的 3000J 能量。理论上，有可能制造出能穿透砖墙的 5.56mm 弹头，但是，弹头质量的增加可能导致稳定性的问题，而将初速提高到大大超过 1000m/s 可能会使磨损过分加剧。后坐力和武器重量也可能增加到超过允许的水平。

大多数士兵可能在战场上戴钢盔，因此丧失战斗力的要求经常与某些穿甲能力的要求相联系。在试验中、用约 3mm 厚的软钢代表目前的铜盔材料。能够侵彻 3mm 软钢的弹头也完全能够穿透在战斗中穿戴非常舒服的防弹衣。一般宁愿放弃武器可能用于侵彻野战工事中的砂、木这类材料的要求，而保持一支易于操作的武器。用侵彻钢盔所需的能量来决定弹药的最大杀伤距离。对于高速流线形弹头而言，该距离与曳光剂燃烧完毕和命中概率的射程极限是完全吻合的。

既然杀伤力的要求对于武器及其弹药的设计是最为重要的，那么士兵必须明确地确定目标及其射程。有时候要对目标和射程综合拟定要求。例如，可能要求武器用以对付 1000 人未加防护的人和 600 人上有防护的人。这些标准应当根据下列战术要求制定，例如武器用途，在特定地形上一般火力范围，以及有可能用其它武器，诸如迫击炮或火炮进行人力支援等。

§ 3.4 武器射程

步枪

对第二次世界大战、朝鲜战争和越南战争中步枪作战所作的分析，证实步枪火力在作战中的射程是有限的，一般比想象的要近得多。图 3-3 是累积的频率曲线图，从中可以看出：

所有作战中的 30% 是出现在 100m 或不到 100m 的射程上。

所有作战中的 70% 是出现在 200m 或不到 200m 的射程上。

所有作战中的 90% 是出现在 300m 或不到 300m 的射程上。

所有作战中的 95% 是出现在 400m 或不到 400m 的射程上。

应当注意的是，这些数字是根据近距离夜战与较远距离的昼战而平均得出的。此外，这些数字也不反映由于地形差别引起的作战距离变化。

有人可能对需要步枪能杀伤 400m 以远的少数目标表示疑问。北约组织轻武器试验中曾验证过，采用轻型小口径弹头有可能有效射击 400m 以远的目标。这些枪弹可以由后坐力很小的轻型武器来发射。由于弹头可以制成使它沿低伸弹道飞行，因此这种武器总的命中率是高的。

图 3-3 步枪作战射程

机枪

机枪的射程要求不是那么容易规定的。经常要求中型机枪提供对间隔可能达 2000m 的防御阵地进行压制射击。目标可能是开阔地的一群人，虽然他们可能戴钢盔，但身体的大部分并未加以保护，所以他们是比较易于击败的

目标。因此，具有稍微超过 80J 存能的弹头可能是有效的。为了达到 2000m，弹头需要很重，如本章下面所述，这可能导致口径超过 7mm。

分排机枪经常是指轻机枪。要求轻机枪在较近距离上提供密集火力。目标可能是突击中的步兵，或者是匍匐状态的敌人。大部分突击中的步兵是无防护的，因此 80J 存能级应当是合适的。另一方面，匍匐状态的敌人代表一个较小的目标，且其大部分还是由钢盔防护的。对轻机枪射击有防护和未加防护的步兵的射程要求，各国军队之间是不同的。凡是轻机枪和步枪两者对防护目标射击的射程要求是类似的，那么两种武器可以使用相同口径的弹药。但是，如果轻机枪的射程要比步枪远，那么宁愿采用不同口径的枪弹是非常合理的。

有些军队用同一种武器来完成轻机枪和中型机枪的作用。这种武器经常叫做通用机枪。图 3-4 中的美国 M60 式就是一例通用机枪。图上示出的是作为轻机枪用时的情况，安装一个三脚架才能将它改为中型机枪。

图 3-4 美国 M60 式通用机枪

通用机枪的口径势必是由中型机枪的远射程要求来决定的。中型机枪广泛采用有助于识别射弹落点的曳光弹。大口径枪弹的弹道性能相对地不受曳光弹的曳光剂燃烧缓慢的影响，所以通用机枪的口径一定在 7~8mm 左右。

存速能力和稳定性

现在必须考虑控制弹头射程的科学要素。初速和使弹头减速的运动阻力或制动力一样都是非常重要的。阻力大小明显地受弹头形状和尺寸的影响。

弹头的存速能力在数学上可由下列公式表示：

$$C_o = \frac{1}{K_o} \frac{m}{d^2}$$

式中

C_o 标准弹道系数（存速能力）

m 弹头质量

d 弹头直径

K_o 弹形和稳定系数

只要初速保持相同， C_o 值越高，弹头将飞得越远。因此，设计者想方设法提高 M/D 的值。为了精确射击，弹头须要稳定飞行。旋转稳定弹有可能在稳定性、弹头形状和旋转速率之间建立下列关系：

$$S = \frac{A^2 N^2}{4}$$

式中

S 稳定系数

A 极转动惯量

B 赤道转动惯量

N 旋转速率

u 对弹形敏感的空气动力系数

弹头稳定系数值应在 1.6 和 2 之间。欲取合适的 S 值， A 、 B 和 U 三个系数必须仔细地予以平衡。 U 值随弹头长度增加而迅速增大，但与弹头直径增加关系不大。长径比 ($1/d$) 大，将使 A 值降低和 B 值增大，这将降低 S 值，

但可以通过增大旋转速率来进行补偿。然而，旋转速率有一个上限。因为它要是太大，无论是弹头还是枪膛都有可能损坏。因此，要采用切合实际的长径比（ L/d ）。

为了稳定，理想的弹头应当是恒而钮。但这会使 M/D 下降，导致降低存速能力。拆衷的方案是取长径比（ L/d ）为 3~5 左右。

根据年弹道测量曾经发现，重的弹头吸收更多的发射药能量。根据外弹道研究又表明，当重弹头在空气中飞行时，它们比起径弹头来，能更好地保存能量。这从表 3-2 可以说明，表中是口径和初速保持不变而弹头重量增加时的情况。

表 3-2 随弹头重量变化的性能变化

弹头重量 (g)	7.1	8.4	9.7
可以毁伤特定目标的距离 (M)	590	660	730

大多数弹头是由复台材料制作的。弹头密度取决于些材料的比例。下列表中显出弹头中可能采用的部分材料的密度。

表 3-3 弹头材料密度

尽管曳光弹比普通弹长一些，但它们仍然比较轻。从图 3-5 中可以看出， $7.62 \times 51\text{mm}$ 普通弹与曳光弹的长度和密度差别是很大的，两者只有弹径和头部形状是相同的。

图 3-5 北约 $7.62 \times 51\text{mm}$ 弹头

随着曳光剂的燃烧，弹头重量改变。这样一来，曳光剂在飞行中的存速能力和稳定系数不断变化。因此毫不奇怪，普通弹与曳光弹的弹道性能是不可能一致的。令人高兴的是，在需要用曳光弹来观察弹着点的一般作战距离上，两种弹的不一致是最小的。

弹头重量上限是由下列事实控制的。首先，曳光弹长度需要比普通弹长一些：任何枪弹的长度是由其稳定性控制的（ L/d 小于 5），其次，较重而因此较长的弹头其稳定性减小，必然要减小膛线缠度（增加缠角），这本身又导致了磨损问题。

要求弹头具有侵彻远距离处钢盔的能力的结果形成了由钢尖或钢芯组成的小口径弹头。这种趋势可从下表中几种枪弹的组成看出来。

表 3-4 弹头结构

注（1）弹头壳一般由铜金或覆铜钢制成。

§ 3.5 命中概率

命中概率的某些方面与武器口径的选择有关。三个最重要的方面是弹道高、风偏和后坐力。下面将从弹道高开始依次叙述。命中概率的其它方面将在第五章中叙述。

弹道高

若空气阻力忽略不计，并认为重力是弹头在飞行过程中唯一作用在它上

面的力，那么弹头降落的高度可用下式表示：

$$S = \frac{1}{2}gt^2$$

式中

S 弹道降

g 重力加速度

t 飞行时间

瞄准具装定要考虑到这方面的问题，以便使弹头是以一个向上的角度，而不是沿平行于地面的方向发射的，弹道高是地面与弹道最高点之间的距离。图 3-6 表示从射手到目标的瞄准线与对弹道降调整后弹头所经弹道之间的关系，该图故意作了一些改变，以便夸大两者之间的差别。

图 3-6 弹道高与瞄准线之间的关系

从 T 到下的实线是武器的瞄准线。虚线是弹头的弹道。若目标朝向武器方向移动，那么尽管目标总是处在射手的瞄准范围内，但在 A 和 B 之间，目标是不会被命中的，因为弹头会从其头上飞越而过。提高初速可以降低弹道高。低的弹道高对于具有单一表尺、射程装定在 300 ~ 400m 以下的现代武器来说是很重要的。倘若射手的意图是不给敌人立锥之地，那么最好的方法是使弹头的弹道远远低于人的高度，空气阻力不仅使弹头水平运动减速，而且还加速了其垂直降。图 3-7 显示的是当考虑到空气阻力时，弹头在近距离上的下降量。

若假定人体目标平均高为 1.6m，并且瞄准点是中心，那么垂直误差是 0.8m。图 3-6 显示，发射初速大于 750m/S 的弹头，具有单一表尺、射程装定在 300m 的武器应当是图 3-7 不同初速的弹头在不同距离上的垂直降

合适的。该图还显示，随着初速下降，为何对射程的正确估计变得如此重要。

风偏

横风会使弹头偏离其正确的弹道。风偏大小取决于风向和风速，而且也取决于弹头的尺寸及飞行时间。

当风与弹头的弹道成直角时，风偏是最大的。斜交风引起的风偏小一些。风对弹头作用时间越长其影响将越大。因此，风偏大小随距离的增加而增加。同样原因，高速弹头的风偏有可能比低速弹头小些。弹头表面积越小，风偏应当越小一些，但种优点必然会被减小质量的小弹头这个缺点抵销掉。轻型弹头比重型弹头更易偏向。一般说来，高速、重型的弹头受横风影响可能是最小的。

后坐力

人们承认，当连发射击时，后坐力影响命中率。迄今尚无真凭实据可以认为，单发射击也是如此，当武器开始后坐时，弹头恰好仍在枪膛内。正确进行归零校正能消除这种影响，但每种射姿的归零不同，在战斗中是无暇这样做的。第五章中将详细叙述这方面的问题。若士兵在射击时肩部不会受到不舒服的冲击，那么他是不可能怯枪的。因此，低后坐力会提高命中概率。

通过考虑武器和弹头离开枪口瞬间的动量变换，可以建立武器重量与后坐能量之间的关系式。

在第二章中，已经说明后坐能量可以用数学式表示：

$$R = \frac{\frac{1}{2}(mv)^2}{M}$$

式中

R 后坐能量

M 武器质量

m 弹头质量

V 初速

这是一个简化公式，当考虑到发射药气体质量时，可以更加精确地表达后坐能量。这增加了系统的向前的动量。于是公式可以重写成：

$$R = \frac{\frac{1}{2}v^2(m+kc)^2}{M}$$

式中

C 装药质量

k 与系统效能有关的常数一般在 1.5~1.7 之间，并且是由试验得到的弹头质量数值与速度数值乘积的趋势是加大的。这些但是由侵彻特定距离上特定目标的战术要求所决定的。士兵要的是一支低后坐力的轻型武器。可以看出，上述公式是不易平衡的。表 3-5 示出若干武器的后坐能量值。

表 3-5 各种武器的自由后坐能量

对命中概率互相矛盾的影响

要士兵对命中概率提出明确的技术说明是不容易的。下列事实是互相矛盾的：首先，高速弹头能提高命中概率，因为其低伸弹道能对射程作出精确的估计，而且瞄准具装定不是那么关键；其次，轻重量和低速的弹头也能提高命中概率，因为发射这些枪弹的步枪重量轻，后坐力小，使射手能保持稳定的瞄准；再次，重而高速的弹头不易受风和丛休的影响而发生偏离，因此命中概率较高。对于士兵命中概率的要求根据现有装备的性能来表达，比之用数字来表达更为简单。例如，对步枪及其弹药的命中概率要求可以用下列方式表达：弹道高不应大于北约 7.62x51mm 枪弹；后坐力应与美国阿玛莱特步枪的后坐力相似；风偏应小于 M193 式 5.56x45mm 枪弹。

§ 3.6 膨胀比

有一个非常重要的准则影响到口径的选择，这就是武器的膨胀比。膨胀比的定义为：

$$\frac{\text{枪管体积} + \text{弹壳体积}}{\text{弹壳体积}}$$

该式用于测量发射药燃烧产生气体体积的公式。若该值太低，那么膛口压力太大，效率降低，并且枪口火焰太大。英国在第二次世界大战中使用的 No5 式步枪比 No4 式步枪的枪管短 163mm，但两枪发射的是同一种枪弹，因此，No5 式步枪必须加装一个大的消焰器。

一般宁愿要求在诸如装甲车辆和建筑物这些有限空间内使武器操作自如，这个对枪管长度的限制确定了膨胀比（ER）的上限。只要不期望武器提

供大的火力密度，尽管切合实际的膨胀比（ER）是 7，但大多数现代武器取膨胀比为 8。

对于既定的枪管长度和膨胀比而言，要仔细地限定弹壳容积和口径。假设膨胀比保持不变，随着口径减小，弹壳容积必须减小。这导致装药量减少，反过来降低了枪口动能。因此，膨胀比确定了特定口径枪口动能的上限。

图 3-8 简图示出后坐能量、弹道低伸性、风偏和膨胀比之间的关系。

图 3-8 影响枪口动能的要素

这四个要素的位置可以改变，但该图示出它们之间的关系是根据“对命中概率互相矛盾的影响”一节所述细节而建立的。当考虑较小口径时，可以看出，风偏和弹道低伸性指出允许的最低枪口动能级。此外，在此情况下，风偏比起弹道低伸性来限制不是大严格，枪口动能的上限是由允许的后坐能量和膨胀比 ER（枪管长）决定的。若允许枪管长和后坐能量增加，那么，枪口动能较大是切合实际的，且弹头在较远距离上将是有有效的。还可以看出，如果口径较大，那么不可能由低后坐力武器来获得所需的低伸弹道所需要的枪口动能的。这些准则之间的关系必须通过调整每个要素的数值才能改变。

§ 3.7 小结

在武器设计中，建立对目标要求的效应是重要的。这导致需要规定战场上可能存在的目标和防护程度。从这种分析中，有可能决定弹头所需撞击能量的大小。这种能量级不仅随口径，而且还随不同类型的防护而异。另一个重要因素是弹头必须具有有效的射程。由此，有可能规定特定弹头设计所需的初速。弹头初速是由另外这样一些军事因素决定的，如弹道低伸性、后坐力、允许的风偏和武器长度。由于士兵的理想要求经常是难以满足的，尤其是对于较大口径的武器，因此，必须进行折衷。

自测验题

1. 什么因素影响弹头杀伤力？
2. 什么因素影响弹头侵彻力？
3. 7.62 × 51mm 弹头的最大有效射程是什么？
4. 采用重型弹头的优点是什么？
5. 采用大口径弹头的缺点是什么？
6. 长弹头会引起什么问题？
7. 短枪管的优缺点是什么？
8. 曳光弹存在什么问题？
9. 你认为影响弹头性能要求的主要因素的顺序应当是什么？
10. 在选用通用机枪的口径时，什么因素是互相矛盾的？

第四章 发热

§ 4.1 引言

武器发射时，由两个来源产生热量：一小部分来自弹头和枪膛之间的摩擦，其余部分来自燃烧的发射药气体。开始时，部分热量被枪管吸收，然后缓慢地扩散到全枪，但大部分热量流向枪管外表面。枪管可以通过对流和辐射两种方式将热量散向其四周，但是，枪管热量势必累加，因为吸热远比散热快得多。

理论上，枪管可能变得如此之热，以致它无法再吸收更多的热量。这是因为从枪膛传递到大气的热量会等于从发射药气体传递到枪膛的热量。但几乎可以肯定的是，在未到达这个阶段之前，武器已经变得大热而无法握持，会损坏，并且射击不准确。

本章是研究过热对轻武器的影响以及可以消除该问题的方法。首先涉及热量流动的过程。

§ 4.2 热量输入

高温发射药气体和弹头与枪膛之间的摩擦，是两个热量来源。要精确地确定每种来源的热量大小是困难的。曾经用可能产生不同摩擦力的枪弹进行了试验。每种枪弹射击类似的次数后，枪管温度几乎是上升相同的度数。这证明了大量热量是来自发射药气体的观点是正确的。

发射药的火焰温度约 2000 。底火击发 5ms 后，热量通过对流和辐射传递给枪膛。在这期间，枪膛表面温度可能达 700 ~ 1000 之间。一旦该灼热气体扩散，枪膛温度下降，但下降速度相当慢。

图 4-1 显示射击若干发枪弹后，枪管内、外表面的温度。

图 4-1 枪膛和枪管表面温度

不同枪弹产生的热量大小主要取决于发射药量（装药量）、发射药燃速以及火焰温度。该热量随后传递给枪管的多少，这取决于枪管材料种类、发射药气体成份、枪膛面积以及枪膛和灼热气体之间的温差。随着枪膛表面变热，该温差变小，热量输入减小，温升越来越慢。

如同下述亦样，枪膛表面的冷却速度相对于发热速度来说是非缓慢的。它是如此之慢，以致在一般战斗射速情况下，其影响是微不足道并且可以忽略不计。因此，本章下面的所有图将示出连续的热量线，而不是更加精确的锯齿形曲线。

热量输入在膛线起始部后面是最大的，并向膛口逐渐减小。管壁越厚，热量到达外表面的时间越长。枪管厚度一般是朝膛口方向减小的。因此外表面温度沿枪管不可能是均匀的，枪膛温度大约比外表面高出 30 ，这只是一个原则。

若枪膛较长时间保持高温，武器会损坏。因此，非常重要的一项是研究可以散热的方法。本章下节将说明枪管是如何散热的。

§ 4.3 来自枪膛的热流

金属是优良导热体，而液体和气体则是不良导热体。热量相对迅速地传导到枪管外表面，并且逐渐传导到武器的其它所有部位，除非这些部位是绝热的。一旦热量到达武器外表面，它只能通过对流和辐射来散失，这个过程要比传导慢得多。

传导

从试验可以看出，圆柱体热传导速度与表面面积以及内、外表面之间的温差成正比，而与圆柱体壁厚成反比。因此，从理论上说，从枪膛向枪管外表面迅速传热最好是将枪管壁制得非常薄。即使这是切实可行的，但从枪管外表面向四周散热还是非常缓慢的，武器还是会过热的。为了避免这种情况，枪管必须成为贮热器，然而这只有将枪管壁制得很厚才能做到。实际上，枪管壁厚到足以经得起粗猛操作与发射压力的步枪枪管，在合理的战斗射这情况下，也足以成为一个合适的贮热器。诸如用以提供密集的连发射击和持久射击人力的轻机枪和中型机枪这些武器，需要厚壁枪管才能解决产生较大热量的问题。

对流

当气体或液体接触灼热物体时，如同空气接触热枪管那样，部分热量传导到紧挨着物体的一层。随后，这一层密度下降，因此该层向上升，而其紧挨热物体的位置则由较冷的流体层占据。这种过程叫做自然对流。着有任何的外界帮助，例如风扇，用于加快流体层的运动速度，这个过程叫做强制对流，它是交换热量的更为有效的方法。

从试验可以发现，通过对流的散热速度直接取决于温差、热物体的面积以及流体的某些特性。例如，液体的传热要比气体快得多。

辐射

第三种散热方法是辐射。热辐射以电磁波形式出现。所有的物体发射且接受辐射能。当一个物体比其周围要热时，它是辐射的基本发射体。从试验发现，通过辐射的散热取决于热物体的温度和某些物理特性，即其面积及辐射能力。易于吸热的材料，也易于发热。对热反射的材料既不吸热，也不发射热。经氧化处理的金属制成的枪管，辐射能力比发亮表面的强，因此它能更加有效地辐射热。因为散热速度取决于绝对温度的4次方（ T^4 ），随着热物体温度的上升，辐射散热逐渐变得更加有效。

枪管热传导

试验曾经验证，随着口径加大，高速武器平均热吸入量增加。这是合乎逻辑的，因为枪膛表面积较大，而且装药量一般也随口径增大而增加。下表给出两种不同口径枪弹在发射100和200发后的平均热输入。从表可以看出，随着枪管变热，热输入减少。

表 4-1 两种枪弹热输入

图 4-2 枪管温度

图 4-2 说明，发射表 4-1 中所述两种枪弹时枪管所达到的温度。

可以用数学方法计算武器的潜在散热。在下面引用的例子中，武器的枪管长 51cm，外径为 20mm。这些测量值既代表 5.56mm 又代表 7.62mm 分排武器，当枪管温度为 200C 以及周围温度为 15 °C 时，对流散热的理论值是 39w，辐

射散热的理论值是 57W，总计 96W。为了保持 96W 的热输入，7.62 × 51mm 武器的射速需要每分钟 3 发。在非常适中的射速情况下，尤其是机检，温度就可以达 200 °C。战场上，200 °C 不仅容易达到，而且肯定要超过，因为武器几乎肯定是以大于每分钟 3 发的射速发射的。

当枪管温度达到 500 °C 时，对流散热的理论值是 150W，而通过辐射散热理论值则增加到 506W。比起 200 °C 时，后者增加近 10 倍，这显示，随着温度上升，辐射成为主要的散热过程。总散热是 656W，它是 7.62 × 51mm 武器以每分钟 18 发的射速所产生的热量。在战场上，一般他说，500 °C 只是由机枪以远远超过每分钟 18 发的较快射速射击时才能达到。但是，枪管温度一旦达到 500 °C，是很容易保持的，因为每分钟 18 发是机枪的中等射速。这些例子强调这样一个事实，枪管的热输入远远超过通过自然对流和辐射的散热。在满足战场火力密度要求的情况下，是难以设计出不会遇到过热问题的器的。

§ 4.4 过热问题

枪管到达高温会产生一系列影响：首先是武器变得过热而无法操作；其次是武器可能损坏，且射击不准确；再次是弹药可能早发火。这些影响将分别予以叙述，首先是叙述一般称作“自燃”的早发火。

自燃

发射药一般是由位于枪弹底部的底火被击针击发后产生的火焰来点燃的。发射药吸收弹膛壁的热量而达到发火温度时，出现自燃。枪药的发火温度在 180 °C ~ 200 °C。但是，弹膛达到发火温度后是不会立即发生枪弹自燃的。铜壳能给发射药某些保护，因为热量从弹膛壁传递到铜壳需要一定时间。现在半自动武器在发射的几毫秒内就将铜壳抛出，以致几乎没有时间供热量从弹壳传递到弹膛。弹膛通过枪管逐渐传导间接地获得热量。因此，弹膛达到发火

表 4-2 5.56mm 轻机枪自燃时间

温度要有些时间，然后才能将该热传递给发射药。上表说明有关的时间延迟。

只要枪弹是临时留在弹膛内，甚至武器变得非常灼热，也不会有自燃问题。正因如此，机枪才采取开门待击，开门待击是指扣压扳机前，活动机件被控制在后面。扣压扳机，使活动机件复进，并从供弹系统中推出一发枪弹，将它推入膛内，并且自动击发它。只有出现故障的才会使未击发的枪弹在膛内留几毫秒以上。细心操练武器。将防止枪弹在膛内逗留太久而自燃。

采用开门待击的武器精度要稍逊于闭门待击的，第五章介绍命中概率时将解释这个原因。步枪要求精度高，所以它们必须采取闭门待击，这有可能使一发未击发的步枪弹在膛内停留太久而出现自燃。在采用闭门待击武器的情况下，必须确立温度上限。要考虑的因素，首先是战斗射速，其次是弹膛达到发射药发火的温度，再次是在某些情况下，军事上是否允许自燃的危险。膛线起始部前面枪管外表面温度为 250 就是这样一个准则。若武器温度达到 250 ，并在冷却到 200 以下前，只保持几秒钟，那么自燃是不可能出现的。但是，若枪管保持在 250 以上达一分钟以上，这时若膛内有一发枪弹，出现自燃的可能性则是很大的。

磨损与烧蚀

使用磨损与烧蚀这样一些术语时可能引起混淆。磨损是机械摩擦的结果，是从枪膛内丢掉几层金属。烧蚀是灼热发射药气体冲刷枪膛粒子。第二章中已经叙述了所有枪管中产生的逐渐磨损。烧蚀与快速磨损发生在枪管温度较高时。严重的枪管磨损与烧蚀使弹头偏离武器的瞄准线，在极端情况下会使弹头变得如此不稳定，以致使它无目标地飞行。

不准确射击

枪管高温单纯的瞬时影响是，每 100 枪膛直径膨胀 0.028mm。这可能使弹头难以在膛内定位。第五章中要对定位过程作进一步详述。若弹头与枪膛之间的配合在膛口很松动，那么弹头可能出现不能允许的章动。一般影响是增大射弹在目标四周的散布。

枪管高温时的另一个瞬时影响是降低枪管钢的强度。这可能导致永久性的变形和损坏。图 4-3 示出随着温度增高，典型枪管钢的硬度是如何降低的。水平虚线示出在大气温度下典型弹头壳的硬度。

可以看出，枪管温度约 600 时，冷弹头壳的硬度要比膛线阳线的硬度大。在膛线起始部出现的大机械力将使较软的阳线磨损，这种损伤的开始出现是突然的和永久性的。

图 4-3 硬度随温度的变化

当膛线起始部的阳线已经磨损时，弹头的转速要比弹道稳定所需的转速小。此外，弹头必须经过较长距离去嵌入膛线和获得较高速度，这使弹头和阳线受到较大的应力。

随着枪管钢的硬度下降，发射药气体压力的作用更加明显，在极端情况下，枪管在靠近压力最大的膛线起始部可能膨胀。枪管这个部位的变形使弹头更加难以定位，并引起初速下降。另一影响是在弹头定位前，且在极端情况下弹头留在膛内较长时间，气体经过弹头泄出。灼热的高压气体通过狭窄缝隙泄出，造成局部严重发热，可能融化膛面。这个过程叫气体冲刷烧蚀，它所引起的损坏是永久性的。

枪管温度高加速了磨损，并引起烧蚀。由于磨损与烧蚀，弹头会出现不同的初速，且转速下降。用损伤的枪管发射，是不会准确的，在极端情况下会使弹头变得完全不稳定。为了避免这种情况，枪膛温度必须保持在大大低于 550 ，枪管外表面温度不得超过 400 ~ 450 ，以便留有安全系数。磨损与烧蚀形成永久性损伤，但是这种损伤的影响在低温时可能不是那么明显，此时弹头有可能有效地定位。然而随温度的上升，枪膛由于热力和气体压力的膨胀减少了弹头有效定位的可能性。用这种武器发射是不会准确的。

操作

热量是从灼热枪管传导到武器其余部位的。在战场的正常交战中，这个过程缓慢得足以避免士兵需要操作武器的那些部位发生过热。但是部分武器的确因为操作困难限制了火力密度，尽管这些问题多半权在紧急的情况下出现。要对过热问题说得更准确是不容易时，精心设计和使用时使用绝缘材料会减少这方面的问题。

§ 4.5 减少过热问题

有两种减少过热问题的基本方法。可以设计具有专门特点的武器，这些特点或者是专门用于改善枪管向其四周散热，或者是可以将过热影响降低到最低程度。在前一类特点中有液体冷却套筒和开槽枪管；在后一类特点中是采用枪管衬套、重型枪管、冷燃发射药和使诸如扳机和护手精心定位。更换枪管可以归入以上任何一类。这些特点将予讨论，首先是讨论那些旨在改善枪管表面散热条件的措施。

开槽枪管

理论上，增加枪管表面面积可加快向四周散热的速度。一种方法是加大枪管直径，从而增大枪管周边，但这样可能会使枪管太重。另一种方法是使用如图 4-4 所示的散热片。

图 4-4 开槽枪管

散热片可以是纵向的或者是环形的，其效能取决于它们的深度、厚度与间距。这三个尺寸也示于图 4-4 中。这三个尺寸对散热的作用是互相矛盾的，以致设计者必须寻找一种折衷方案。例如，间距越小，散热片数目就可能越多，从而表面面积也越大。但是，间距小，空气间隙小，散热片势必彼此辐射，而不是通过对流成辐射使热量散失到空气中去。

实际上发现，除非散热片上方有气流，否则对散热改善是微不足道的。在枪管上方创造人工气流是困难的。第一次世界大战中对路易斯机枪曾经进行过成功的尝试。

当该机枪射击时，冷空气通过套筒向前抽走，以平衡枪口冲击波后膛口处的压降。由于枪体积庞大和特别笨重，所以开槽枪管和强制性空气对流系统只用于车载武器。虽然对车载系统重量不是一个非常重量的指标，但还是其它更加有效，防止过热的系统。

水套筒

改善散热的另一方法是用液体而不是用气体包覆枪管。液体比起气体来，不仅通过传导与对流吸热要快，而且若允许蒸发，还能吸收更多的热量。一般使用的液体是水，这不是因为水有任何特殊的吸热特性，而是因为水随时可以获得。

一种著名的水冷式武器是维克斯中型机枪。其水套筒容纳 41 水，以每分钟 200 发的射速射击 600 发后，水就沸腾。若枪继续射击，每射击 1000 发弹，水蒸发 0.61。大部分蒸汽被收集到一个冷凝罐内，并用以重新装入水套筒。

这种冷却系统的主要问题是：水的重新补给问题，在寒冷气候条件下结冰会冻裂水套筒，水套筒被击中有可能损坏，水套筒和水增加了武器重量。维克斯中型机枪不带 22.7kg 的三脚架时重为 18.2kg，其中 1/3 重量可能是冷却系统。液冷枪不可能在步兵分排中看到，因为它们重量大，但是可以作为车载或中型机枪。鉴于上述种种问题，车载机枪可以寻求其它冷却方法。

重型枪管

重型枪管的主要优点是它起到贮热器的作用。对于到达既定温度而言，重型枪管要比轻型枪管吸收更多的热量。因此，较重枪管允许武器以特定射速射击较长时间，或在相似时间内以较高射速射击。重型枪管还会更快散热，因为它们与相同材料制成的轻型枪管相比，表面积较大。但是直径的增加是有限度的。过大会导致出现无法接受的武器重量。

图 4-5 显示了预测的不同重量的 5.56mm 枪管的性能。该预测性能是以计

算机分析为基础的。轻重量枪管的分析

图 4-5 各种 5.56mm 枪管的性能的预测结果非常接近于试验数据。

增加枪管重量似乎是防止过热的一种引人瞩目的方法，但它的确有缺点。首先，重型枪管的冷却时间要比轻型枪管长些。在长时间火力交成中，枪管较重的武器暂停射击是没有什么好处的。

重型枪管一个不易看到的缺点是枪管重量的增加会导致武器其它部件的重量相应地增加。不仅是枪架强度必须大些，而且为了保持对枪管的正确重量比率，枪机也必须较重。该比率的任何失调均能导致第七章和第八章中将要叙述的循环动作的故障。

实际上，枪管最小重量是由枪管承受射击和操作的应力，以及避免在要求的战斗射速情况下过热这两种能力控制的。在分排武器中，枪管厚到足以承受前者时，一般也重得足以对付后者。只要枪者或是车载，或者仅近距离携行，那么枪管增加重量可能是一种防止过热的有效措施。

可更换的枪管

在枪管到达临界温度前，射手可以用冷枪管将它换下来。这种方法通常用以避免磨损与烧蚀问题，但是，枪管很容易达到并保持 250℃，从而用这种方法避免自燃是不切实际的。图 4-6 示出用两根枪管，每发射 250 发后进行更换的 5.56mm 斯通纳轻机枪的温升情况。尽管每根枪管逐渐变热，但即使发射 20min 后，温度也不超过 400℃。图 4-2 显示了仅用一根枪管的斯通纳轻机枪，以每分钟 50 发的相同射速发射时，10min 内可达 400℃。

图 4-6 斯通纳轻机枪用两根枪管更换发射的温升情况

武器：5.56mm 63A 式斯通纳轻机枪

弹药：FN9/66 普通弹（球形药）

试验：用两根枪管，以每分钟 50 发的射速，在 40m 内射击 2000 发，每 250 发后更换枪管。

最大温度：枪管 1	395
枪管 2	410
扳机	40
护木	18

令人感兴趣地注意到，更换枪管对扳机和护木也带来好处。当以每分钟 200 发的射速射击，并仅采用一根枪管时，护木在 10min 内到达 40℃。着超过此温度，护木会变得握持起来非常不舒服。

可更换的枪管增加武器的重量，因为设计者必须将提把以及将枪管固定到武器上的部分机构的重量也包括进去，这种重量的增加约为 0.5kg。

在理论上，一根固定枪管比两根总重与其相当的可更换的枪管能更好地防止过热问题。然而，可更换的枪管系统的确允许射手在他认为不会发生过热危险时，例如在夜间巡逻时，只携带一根已装在枪上的轻重量的枪管，而不再携带供更换的枪管。

枪管衬套

通过提高枪膛表面硬度，可以推迟磨损与烧蚀的影响。图 4-7 显示了高温下各种用于制造枪管衬套的材料的硬度，使用较硬约材料将推迟磨损与烧蚀的开始。

所有现代枪管都经某种处理方法以提高其高温强度。这些方法的一例就是镀铬，它就是在枪膛表面沉淀一层薄薄的铬，这是一项既昂贵又麻烦的工艺，但却可以大幅度地提高枪管寿命。

另一方案是在枪管后部几厘米处装入钨铬钴合金衬

图 4-7 不同枪管材料硬度随温度的变化套。钨铬钴合金是一种主要由钨、铬和钴组成的很硬的合金。目前美国 M60 式通用机枪内装有钨铬钴合金衬套。MAG58 式通用机枪英国型的重枪管内曾经装过钨铬钴合金衬套。

钨铬钴合金主衬套的一个缺点是难以保证衬套与枪管之间的完善密封。后部紧塞的失败使英国拒用钨铬钴合金衬套。

冷燃发射药

采用冷燃发射药或耐烧蚀发射药均可能使枪膛减少吸热量。冷燃发射药，顾名思义，火焰温度比较低。但是，在相同装药量下，冷燃发射药产生的初速较低。若这是关键的话，那么可以通过增加装药量来解决问题，但这反过来又会增加每发枪弹产生的热量。为了减少体积和重量，宁可采用高能发射药而不采用冷燃发射药。大口径武器的弹药可以采用耐烧蚀发射药。这种发射药含有作为保护层涂在枪膛表面的组分，遗憾的是这样会增加污垢，为此，目前轻武器不采用这种发射药。

手持零部件的位置选择

一般认为，40℃ 是射手握持那些武器零部件的温度上限。这些零部件包括所有不用两脚架发射的武器的护木、扳机、枪机以及贴腮。所有这些部位通过传导，并在某些情况下通过来自枪管的辐射，而变得灼热。因此，它们离枪管的远近影响到使它们变得令人不舒服的灼热所需时间的长短。当由于设计上的原因，或由于成本昂贵，而无法将这些零部件安排得离枪管远一些，那么对它们必须用某些方法加以隔热。图 4-8 上的照片显示美国阿玛莱特普通步枪以及法国 FM 步枪（无托武器）的结构。

图 4-8 美国阿玛莱特步枪与法国 FM 步枪的结构

这两种武器的护木，在射击相同数目的枪弹后均可能变得过热。但是，FM 的小握把和贴腮两者更为靠近枪管，因此有可能更迅速地发热。既然护木是第一个会变得大热而无法把持的零件，因此，使它到达 40℃ 时所需发射枪弹的数目，就成为武器所能提供火力密度的一个制约因素。

所有装两脚架的武器发射时不必去握持护木。因此，在它们变得热不可握前，这些武器可比步枪发射更长的时间。

§ 4.6 弹道要求对发热的影响

步枪

传统上，步枪用以提供精确的单发射击。为了取得必要的精度，步枪采用闭锁待击方式。其所要求的射程从第一次世界大战开始时的 800m，下降到目前的 400m，对于射程更远的要求，目前已由其它武器来满足。

对于瞄准的单发射击，每分钟 40 发左右的射速被认为是合适的射速。在战斗条件下，可以估计一名士兵保持约 2 分钟这样的射速。图 4-9 上的曲线显示在这些条件下到达的温度。在弹膛没有热得使发射药温度超过 200℃，

那就无自燃的危险。

图 4-9 步枪以每分钟 40 发的射速射击的枪管温度

大多数现代步枪是能够连发射击的。由于枪管前都是无支撑的，除了第一发外，所有射弹的精度是不良的。训练有素的射手能使一个短点射的射弹全部打在 100m 处的全身靶上，而大多数士兵只能使一个短点射的射弹全部打在 50m 处的全身靶上。近距离上连发射击是最有效的，而突击步枪之所以装有连发射击装置正是为了近距离战斗。在这种情况下，每分钟 80 发的射速是易于达到的，尽管以这样高的射速的，火力战斗持续时间不可能超过 2 ~ 3min。现代突击武器在发射约 200 发后，可能产生自燃问题，并且轻型武器可能变得灼热而无法舒服地握持。后面这个因素可能限制了射击的持续时间，所以不会产生自燃。

分排机枪

要求分排机枪的作用是提供精确而持续的密集火力。为了能准确地发射到所要求的 800 ~ 1000m 以远的射程，枪管必须用两旧架支撑。即使以适中射速射击，弹膛温度仍可能超过自燃的安全极限，所以机枪采用了开闩待击的方式。用两脚架支撑枪管，部分地弥补了由采用开闩待击而引起的少量精度损失。之所以同意精度欠佳的射击是为了满足密集火力的要求。分排机枪常被用于对付无法知道其精确位置的目标。

因此，弹头有一定的散布是机枪的一个优点，的确，据说过去某些机枪的精度是太精确了。

战场对分排机枪的要求可以分为三类。首先，机枪是用以阻止敌人的运动和阻止敌人干扰友邻部队的行动。这可以叫压制火力，并且是通过以每分钟 50 ~ 60 发的射速射击约 15m 内的目标而取得的。估计分排机枪可以保持 30min 以上这样的射速。

其次，分排机枪是用以阻止敌人回击或以任何方式向己方移动。这种作用是使射速提高到约每分钟 100 发而达到的。在战斗中，这样的射速估计可能保持 2min。

再次，要求分排机枪可以以最大实际射速进行短间隔的射击。对弹匣供弹武器，最大实际射速约每分钟 150 发，而弹链供弹武器的射速可能还要高些。这种高射速可能是用在战斗接触的初始阶段，以便对敌人占有优势，并且叫赢得火力的战斗，还有可能用于支援某一突击的最后时刻，或者用于击败敌人负隅顽抗的攻击。

分排机枪总的要求是，它应能保持达 30min 的射速为每分钟 50 发左右的持续射击。在这期间，将要求机枪进行短间隔的速射。这种速射将是在枪管已经灼热时进行的。除非采用可以更换的枪管，否则这样的要求对轻型武器来说，是难以满足的。

中型机枪

要求中型机枪的作用是保持极远距离的高密集火力。一个典型的例子是，维克斯枫枪使用 MKVII 弹药，可以射击到 4000m 以外。今天，要求中型机枪仅射击到 2000m 左右。为了取得合理的小散布，机枪安装在三脚架上。因此，它们很笨重，难于携行。许多现代机枪具有既作为分排机枪又作为中型机枪的双用途作用，这些枪叫通用机枪，能够将它们由轻机枪改为中型机枪作用的装备在运输中是由连或营级保存的。

中型机枪一般以 25 发长点射进行射击，因此，过热是一个主要问题。对这个问题是通过采用经常衬有某种硬材料（如钨铬钴合金衬套）的重型枪管而得到解决的。这些枪管或者是每射击几百发枪弹后进行更换，或者是用水套筒予以冷却。

车载机枪

车载机枪能以 25 发长点射进行射击，但更为经常的是，以较通的短点射来射击。由于武器重量不是问题，大多数车载机枪具有可以更换的重型衬套枪管。30 英寸勃朗宁机枪理论射速较一般为每分钟 400 ~ 550 发，重型枪管重 3.3kg。这两个因素有助于减少经常更换枪管的需要。

§ 4.7 小结

轻武器发射时产生的热量，被枪管吸收要比它向四周散失快得多。因此，随着发射更多的枪弹，枪管逐渐灼热。热量传导到武器其它部分，会使武器变得灼热而握持不舒服。精心设计能防止在一般战斗条件下出现这个问题。热量传导到弹膛，反过来又被留在膛内未发射的枪弹吸收。若发射药温度上升到 200 以上，它会立刻被引燃。这种自燃过程可能是闭门待击步枪的一个问题。但是，它仅可能在较长时间速射后才会出现，因此，这种危险被认为是可以接受的。分排机枪弹膛温度很容易超过自燃温度的安全极限，所以这些武器设计成采用开门待击。当膛内温度接近 450 ~ 500 ，磨损与烧蚀可能突然出现，引起枪膛严重损伤，这又导致不准确射击。通过采用较厚的枪管或特殊的枪膛衬套，这个问题在某种程度上可以得到解决，并且在达到临界温度前，通过更换枪管可以防止这个问题。

自测验题

1. 轻武器为何会过热？
2. 过热引起哪三个主要问题？
3. 为什么高温时辐射是最有效的传热方式？
4. 为何必需使枪管成为贮热器？如何达到？
5. 若枪管外表面温度为 230 ，枪弹是否会自燃？
6. 磨损与烧蚀之间的差别是什么？
7. 什么是气体冲刷烧蚀？
8. 在什么条件下枪管上开槽是一种有效的散热方法？
9. 避免轻机枪过热问题最有效的方法是什么？
10. 你对“压制火力”是怎样理解的？

第五章 命中率

为何要精度

尽管对于需要极高的精度有时是值得探讨的，但是英国传统的态度仍是要弹无虚发。博尔（Boer）战争的经验可能使这种观点更加突出，因为当时博尔的射击术证明是如此有效。为了使单发射击精度在远射程上达到高标准，要求对武器和弹药精心地设计与制造。为了训练射手，要消耗大量时间与弹药，这可能是做不到的，因为现代士兵除了射击术外，必须擅长多种技术。

英国 L1A1 式半自动步枪是比利时 FN 步枪的改型，其中一处改动是取消连发射击装置。该枪具有环形视孔表尺，并且可以装光学瞄准镜。武器已制造得可以使射手命中相对静上的目标的机会达到最大。若目标采取猛烈的躲避动作，尤其是在近距离内，那么可以通过对目标区域进行点射来改进命中率。要求迅速对付瞬间目标的能力是借助于在武器上安装缺口（V 形）表尺。所有苏联突击步枪都装缺口表尺，并且能点射。这两个例子说明，对轻武器的精度是有不同要求的。下面叙述应当由士兵考虑的部分因素。

每发射弹高精度的要求可能取决于下列因素。首先，目标可能是静止的或缓慢运动的，那么单发射弹可能具有高的命中率，经常由狙击手对付的这种目标可远到 800m。其次，目标可能被射手不愿伤害的人所包围。再次，若射手确信他的武器可以准确地射击，那么他就保持有信心。

另一方面，军队战术可能不要求单兵武器对付 300m 远的目标。要非常准确地对付超过 300m 以外时目标，既可由装备轻武器的专人，也可由其它武器来完成。在近距离交战中，压制火力的密度是非常重要的，这最好用自动武器来完成。可以通过靠近弹以及直接命中使敌人的头不敢拾起来，所以高精度不是如此重要的。

所有这些因素要加以权衡，要给设计者清楚说明武器所需的精度。本章其它部分叙述了如何使轻武器射击做到准确。

定义

一开始，了解下面两种特性之间的差别是重要的：精度是将枪弹发射到瞄准点的能力。密集度是防止连续发射的枪弹超出规定的射弹散布范围的能力。

为了澄清这些概念，要了解平均命中点（MPI）的含义。由于两发枪弹是很难命中同一点的（极罕见的情况例外），所以将任何若干发枪弹打在目标上（根据同一瞄准点）所形成的散布叫一组弹着点。MPI 是一组弹着点的几何中心，一组弹着点包含有水平散布和垂直散布。通过简单的数学，根据水平和垂直散布可以精确地计算 MPI，事实上，通过目视估计，大多数组的 MPI 是令人惊讶地接近。下面取目标上的两组各 5 发枪弹加以说明。

两种情况的瞄准点均在靶心（箭头所示）。在左侧图图 5-1 精度与密集度的比较

上，MPI 不会离靶心太远，所以精度是相当好的，但散布相当大，因此密集度很差，且武器系统中的某些部件未能发挥正常作用。在右侧图上，MPI 明显地偏右下，精度是差的，但密集度好，形成一个很密集的组。显而易见，士兵希望能提供密集度好的武器系统，并希望能有使密集的组靠近瞄准点而获得高精度的方法。通过精心设计，提高制造质量以及妥善操作，这是可以

达到的。

全散布半径

观察各要素之前，要先离题看一下是如何判断弹药散布的。在英国是通过全散布半径 (Figlire of Merit) 简称 FOM 来判断的，而在其它国家则叫做平均半径或平均径向偏差来判断的。它是由下列方法推导出来的。发射若干发枪弹，并计算 MPI，先取基准点，一般是取靶板在左下那发弹着点或角上那发弹着点，随后测量每一弹着点的垂直与水平偏差量；由每个靶面上的平均偏差量给出 MPI。图 5-2MPI 和全散布半径测量法

测量每发射弹的 x, y

测量每发射弹的 d

$$\text{找出平均值 } \bar{x} = \frac{x}{n}$$

$$\text{FOM} = \frac{d}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{y}{n}$$

MPI 是在 M 处 = \bar{x}, \bar{y}

\bar{x} 是水平平均偏差量

\bar{y} 是垂直平均偏差量

MPI 是离基准点水平为 \bar{x} 和垂直为 \bar{y} 的点

如果用数学符号表示，MPI 是 \bar{x}, \bar{y} ，而 $\bar{x} = \frac{x}{n}$ ， $\bar{y} = \frac{y}{n}$ (n 是射弹数目总和)

测量每一弹着点离 MPI 的直接距离，而 FOM 就是这些散布测量值的平均值，用数学公式表示是

$$\text{FOM} = \frac{d}{n}$$

在求 FOM 时，要尽力消除那些不必要因素引起误差。例如，求弹药的 FOM 时，在封闭靶场采用重型固定枪管，消除风和温度波动的严重影响。不可避免地会有某些外在影响，但在这些影响大部分消除后，试验的该批弹药的 FOM 是最真实的。

§ 5.1 弹药

枪弹的技术规范已经明确地形成，尺寸严格按公差控制，弹壳装药时要非常小心，以使装药量准确无误。现代弹药生产工艺是高度自动化的，在很多阶段要对尺寸和重量进行自动检测。尽管生产线上生产着无数的枪弹，但每发枪弹都要经过精巧测量装置的检测，这些装置自动地剔出超过公差的任一枪弹。当生产一批弹药时（通常是 10000 发枪弹），要进行一次打靶试验。这个过程由质量保证人员来完成，他不但要对一定比例的枪弹称重和测量，而且要射击若干发枪弹，看看它们是否符合可接受的质量水平。该过程的一部分是求每批枪弹 FOM，英国军队采用的 7.62mmL2A2 式普通弹的合格 FOM 在 500 码上是 8 英寸，设在雷拉威格林的皇家兵工厂生产的枪弹其 FOM 最佳是 2.8 英寸。由于 FOM 是平均值，每个 FOM 组中的部分枪弹必然超出 FOM 的数值。数学上简单统计表明，99.9% 的射弹将命中在 3 倍于 FOM 的区域内。由此可见，弹药的密集度以及精度是很好的。英国现役的 7.62mm 弹药没有一种

在 500 码距离上的散布超过 24 英寸的，而且经常是相当好的。

§ 5.2 武器

调整武器瞄准具可以使一组弹着点的 M_pL 移向瞄准点，这就是归零矫正的目的。瞄准具安在武器上的方式以及射手握持武器和瞄准的特有风格的差别，可能意味着不管该组的 MPI 偏离瞄准点有多近，但始终是不会与瞄准点重合的。所以，射击若干组并且对瞄准具进行调整，直到那位射手采用那种射姿以及那种武器射击时达到 MPI 与瞄准点重合的要求为止。假设已经做了这些工作，并且假设弹药潜在的散布已减到最小，此时必然保证了武器不会再产生有损于弹药所达到的散布。我们再看一下密集度。

机械结构

弹药的准确尺寸以及弹与弹之间的最小尺寸变化有助于弹膛与每发弹的配合一致。当弹头被发射时，应使膛压尽量不跳动。若武器弹膛的空间在各发弹之间是变化的，那么膛压也将变化。武器的机构要设计得既经得住膛压，又要使每发枪弹之间膛压变化尽量小。在发射瞬间，或者是枪机牢牢地闭锁在机匣上，或者象西德 G3 式步枪的半自由枪机式武器那样，延迟滚柱将起到类似的作用。所有这一切是为了减少弹膛容积的变化。此外，对弹底闭锁间隙（CHS）要谨慎地加以控制，这是表示枪弹和枪机镜面之间间隙的一个量，第八章将详细叙述。这儿只要说明它是一个尽量不变的设计参数就够了。

图 5-3 弹底闭锁间隙

机构中影响精度的一个重要要素是闭锁时间。闭锁时间是指从扣压扳机到弹壳上的底火被击发的这段时间。该时间应尽量短，因为扣扳机时，武器已经构成了准确的瞄准，若闭锁时间耽误了枪弹发火，就有可能破坏准确瞄准。大多数步枪和手枪是闭锁待击的，因此闭锁时间短，在 7ms 范围内。即使如此也可以看出，与弹头在枪膛内停留 1.3ms 左右的时间相比，该时间的影响是多大。一支专门设计与制作的比赛步枪的闭锁时间可能在 1 或 2ms 范围内。自动武器一般需开锁待击，使得热量可以在点射之间散失。在这种情况下，击针撞击前活动机件必须向前活动，闭锁时间要长一些，一般为 25ms。

枪管

弹药要严格按公差来制造，为的是使它能合适地装入为它而设计的任一武器内。武器弹膛和枪管必须有一致的制造精度，目的是使每发弹之间、武器与武器之间的变化最小。任一枪弹在任一弹膛内的配合以及它通过枪管时应尽量一致。不用说，世界上没有绝对十全十美的事，除了不可能严格按绝对尺寸制造外，还会反复出现各种不完善的因素，如枪管的磨损、振动和下倾问题。

枪管磨损

在第二和第四章中已经讨论过枪管磨损问题，当枪管已经“大量射击”或严重磨损时，会导致很大的散布，这种极端情况因为设计者已采取措施去减缓其出现的可能性所以相对来说是不常见的。枪管内表面的逐步磨损是不可避免的，而解决磨损问题的办法是通过定位的机理来解决的。弹头后端不象其侧边那样包有弹头壳，弹壳中产生的发射药气体压力全作用在弹头的这

个开口端——底部上。这种作用使弹头底部膨胀，以致弹头的这个膨胀的后端是过盈地嵌入膛线的。这种嵌入的定位动作可以自动地补偿由于枪管尺寸磨损而造成的微小变化。结果是使每发弹之间重要的压力参数几乎保持一致，从而消除了又一个潜在的散布因素。

振动

发射药气体迫使弹头进入枪管时而产生的应力和应变将会使枪管产生振动。无论是由射手握持还是由装置夹持枪管的方法，导致的振动大部分是在垂直平面内。显而易见，若枪管在弹头出枪口瞬间向上振动或跳动，弹道将比较高，同时命中点也就不会与扣压扳机和击发底火时的瞄准点一致。

为了避免枪管振动而引起的误差，设计者控制能自由振动的枪管长度，以便保证所有弹头在枪管向上跳动以前就离开枪口。若弹头初速较高，它在枪口上跳到最高位置前飞离枪管，初速较低的弹头，离开枪管要晚一些，是在枪口上跳到最高位置时离开枪管。但是，初速高弹道低伸，初速低弹道弯曲，如图 5-4 所示，将有一个交会点。

图 5-4 补偿射程

由同一武器发射的所有弹头，它们的初速跳动量均在一定的允许范围内，从理论上说，应当通过特定射程上的同一个孔。该射程叫做该武器的补偿射程。补偿射程应当是武器理想的战斗射程。

对于点射射击的武器，设计者或者是选择与振动相匹配而使振动的影响降到最小的射速，或者是选择低的射速，如英国单发射击的雷登（Rarden）炮，该炮在下一发弹发射前，振动已经消失。美国人对雷登的精度有深刻的印象，以致他们正在用它进行研究，当采用电动控制弹药发射时，以保证当振动最小时发射弹药，使精度获得大幅度的提高。

武器上的瞄准具一般要对补偿射程进行校正，但同样值得注意的是，设计者必须考虑其它变量，其中一个是偏流。膛线赋予弹头旋转是提高精度的一个重要因素，因为它使可能摇摆的弹头得到稳定。但旋转的副作用是，空气摩擦使弹头产生轻微偏斜，这称之为偏流。偏流的量级很小，但必须予以注意，当风向与偏流方向相同而横吹过弹头飞行轨道时，偏流将加大。另一个变量叫章动。章动的出现是因为弹头离开枪管时可能与枪管一侧有少量接触，这样势必破坏弹头的直线飞行。因为弹头表面对空气摩擦的气动作甲不对称，章动将被放大。所以在某一距离内，弹头将产生称为章动的涡流或螺旋运动，几米之后，膛线赋予弹头的转速使章动稳定，但在 25m 射程以内去测量精度是不明智的，因为在该距离内章动可能引起弹着点的

图 5-57.62mm 弹头离枪口不久后的章动不一致性。经过大量射击的枪管由于磨损使弹头转速下降，其转速已难以克服章动。图 5-5 上的照片示出弹头刚离开枪口后的章动。

下倾

下倾是一种奇妙的正常影响，任何由于发射而变得灼热的枪管将产生这种影响。热量有效地软化金属，结果使枪管很快地逐步下倾。坦克炮与野战炮的炮管较长，比轻武器更易受这种影响。尽管轻武器的下倾程度小，但足以使武器的 MPI 按下表所示值下降。

表 5-1 当 L7A2 式通用机枪管发热时，对 MPI 的影响
阻止下倾的一种方法是，在前面对枪管支撑。

§ 5.3 其它的设计性能

显而易见，设计者的任务是，要力所能及地将所有能提高密集度的性能都融合进他所设计的武器和弹药中去。这样做必然使得某些设计要素彼此互相矛盾，因此必须进行平衡折衷。某些最传奇的准确射击是来自于由野牛猎手所使用的武器。他们获得良好精度的部分原因是采用了非常长与重的枪管。即使在今天，人们也将发现。22 英寸比赛步枪的重型枪管显然是不必要的，但这种枪管几乎完全能消除振动。野牛猎手使用的枪弹也很重，这种弹是由大装药量来推动的，使弹膛内形成极高膛压，赋予弹头非常高的速度。这意味着，这种弹头以接近于瞄准线（直线）的低伸弹道飞行。慢速弹头受到重力影响的时间要长些，因而它的弹道按弧形下降。重型弹头具有较大的惯性，受侧风或其它如树叶或雨等使之偏斜的因素的影响要小些。

在长枪管上，表尺和准星的安装彼此间隔可以大一些，即长瞄准基线。长瞄准基线可以减少在短瞄准基线时易产生的潜在瞄准误差。

上述一切是保证用一发枪弹命中和杀死远距离上一只大动物所必要的。但武器和弹药是非常重的。后坐力极大，这要求一个身强力壮者才能承受这种后坐力，而且估计后坐的感觉不会破坏他的瞄准。在瞄准过程中还要采用诸如枪背带，甚至是单支架这样的固定辅助装置。

在对军用狙击手的要求上，可以看到类似的作法，狙击手经常装备着一支特制的步枪，并且受训采用辅助装置，如枪背带，进行远距离的准确射击。现在回顾有关要求这一章，可以使人们回忆起，普通士兵是不希望携带一支重而难以控制的枪的，所以设计者要设法用另外的方法来提高精度。如第一和第三章中所陈述的理由，最普通的轻武器将是一种轻型、短小的小口径枪。即使减少了许多影响密集度的要素，但是设计者仍有一些窍门可以利用，如他用较大装药量和火药力高的发射药，来保证高初速，高转速和细长弹形能使弹头在静止空气中稳定飞行；操作特性可以是这样的，枪在毫无经验的射手手里仍有可能精确地射击；设法使瞄准具的设计与装配既简单且有效。

轻武器经常是这样设计的，当发射时；后坐力通过枪托作用到射手肩上时，产生一个回转力矩。回转力矩是一个使物体围绕枢轴旋转而倾斜的技术术语。轻武器的动作中这个回转力矩是由武器重心不在枪膛轴线上而引起的，如图 5-6 所示。设重心偏置一个距离 D ，后坐力 P ，那么力的回转力矩 PXd 。

图 5-6 影响枪口运动的因素

因为枪托与枪管轴线成一个角度，所以回转力矩比较容易感觉到。射手肩部的支撑点与枪膛轴线偏置距离 h ，后坐力 P 将产生回转力矩 PXh 。这种结果经常可以从无经验的射手射击时步枪上跳看出来，当手枪射击时尤为明显。

优秀射手掌握了防止将弹射高的技能，或至少在单发射击时，只重复出现某种一致性的误差。但对连发射击的确是难以控制的。在连发中，射弹打在目标顶上或超出顶上是司空见惯的通病。若武器设计是使后坐力水平地传

递到肩部以消除回转力矩，那么瞄准具必须安装得大大高出枪管，以便允许射手的眼睛能瞄准它。无托结构步枪，如英国单兵武器就是一例，它的特点是直枪托，因此无回转力矩，但与阿玛莱特步枪一样，必须将瞄准具安装得高一些。还有其它一些试图减少回转力矩作用的方法，其中一种是第六章将要介绍的补偿器；另外一种方法是分配部件的重量，如弹匣，使武器的重心的确位于枪膛轴线上。

若武器很重，且后坐力很大；那么普通士兵是难于正确地握持他的武器和仔细瞄准的。无论是携枪投入战斗，还是举枪瞄准，这种枪本身的重量就足以引起士兵的疲劳了。能撞伤肩部或颊骨的后坐力，会使士兵怯枪，估计正是在他举枪与瞄准最为稳定的瞬间出现的，巨大的枪声可能使士兵双眼闭合，而无法在扣压扳机、闭锁枪机以及弹头飞离枪口时保持正确的瞄准。现代兵器较轻，口径小，应当使士兵携行不感到那么疲劳，后坐力和响声较小将大大提高普通或训练无素的射手的成绩。优秀射手和专业射手是不太可能用这些武器来提高他们的水平的，但他们为数不多。对付敌人或暴乱分子更多地是普通或训练无素的射手，因此必须考虑他们的射击。

§ 5.4 瞄准具

倘若要取得合适的命中率，轻武器系统的另一个重要部件是瞄准具。象猎枪射击猎枪弹或霰弹那样，只要简单地将枪管对着目标而不需要仔细瞄准，如果不是霰弹这么做就行不通了，必须将枪管与瞄准线准确地对准目标。轻武器是用简单的直接瞄准系统来进行瞄准的。本章不考虑供火炮、迫击炮和某些机枪射击用的更为复杂的间接瞄准具。

光是直线运动的，而弹头的弹道由于重力，而且有时候由于风偏而是弯曲的。射手必须小心注意到这些偏差，并且对瞄准具进行调整，或者是高低调整，或者是风偏修正。除此之外，瞄准具的作用应在所有条件下为射手眼睛提供尽可能清晰的目标图象，并在瞄准时能使武器射线指向目标。与此同时，产生的误差应极小。主要有 4 种瞄准具形式：缺口式、觇孔式、光学式以及准直式。

缺口瞄准具

缺口瞄准具廉价且简单，如图 5-7 所示，它们一般采用必须与目标对准的 V 形表尺和柱形准星。

这种瞄准具易导致误差，因为在瞄准时圆柱可能未对准 V 形的中心，它可能高于或低于表尺顶线，并且不可能完全对准目标的瞄准点。所有这一切都可能产生误差，这对于短瞄准基线来说，如当这种瞄准具用在冲锋枪或突击步枪上时，情况就更为严重。

当瞄准线不在 V 形中心时，瞄准基线 L 越短，潜在的图 5-8 缺口瞄准具的误差

误差角 θ 越大。缺口瞄准具的最大优点是比其它型式的瞄准具能更快地进行瞄准，因为当把武器举到眼那么高时，它不妨碍对目标的观察。

觇孔瞄准具

觇孔瞄准具瞄准起来不能那么快，因为在举起武器进行瞄准时，觇孔周围的东西会暂时使目标模糊。但是，觇孔会自动地使瞄准图象位于中心，并减少上述缺口瞄准具可能产生的误差。此外，若觇孔很小，那么瞄准误差也

应当是很小的。

图 5-9 觇孔瞄准具

瞄准误差

肉眼是难以同时清楚地看清离眼不同距离上的各种物体的。眼睛不能既聚焦在目标上，同时又聚焦在缺口瞄准具的准星与表尺上。射手必须迅速地为目标、准星到表尺调整他的聚焦。在发射瞬间，这三者中有一个要离开聚焦，射弹的精度必然是不好的。觇孔瞄准具在一定程度上解决了这个问题，由于无必要在表尺上聚焦，理论上说，眼睛通过环心进行观察。

在低能见度情况下，由于瞳孔变大，以便让更多光线进入视网膜，所以眼睛的焦深变坏了，在低能见度下，缺口瞄准具极难使用，而觇孔瞄准具通过改变与瞳孔直径配合的觇孔尺寸，能保持性能。即使如此，若武器安装光学瞄准具，在低能见度下射击一般是更为有效的。

光学瞄准具

在光学瞄准具上，透镜将位于同一平面上的目标和瞄准点（十字线）的图象提供给眼睛。实际上，这种将准星、表尺和目标立刻聚焦的能力，大大减少了潜在的误差。此外，光学瞄准具有放大倍率《望远镜式瞄准具》，它允许更加有效地，尤其是在低能见度下对小与模糊的目标进行交战。光学瞄准具就是这样大大地提高了可以交战的目标距离的，并由于有这种特性，它得到狙击手的广泛使用。

光学瞄准具有一些缺点。它们一般易于受损伤，遇冷时凝结水气造成模糊，重量较重，也比较昂贵。放大作用可能会使捕获目标更加困难，因为首先是随着放大倍率的增加，通过瞄准具的视场会变得更小；其次是眼睛对放大的图象要花一些时间来调整才能看清；最后是瞄准具的移动会夸大图象的运动。一种可以避免上述大部分缺点并有助于减小射手误差的瞄准具，就是放大倍率为一倍或非常接近一倍的瞄准具。早期放大倍率为一倍的瞄准具的例子是 50 年代英国试验性 EM2 式步枪上的瞄准具。现代较好的是奥地利斯太尔步枪上的 1.5 倍瞄准具。

准直瞄准具

准直瞄准具在目镜焦平面上有透明分划线。一个简单的会聚透镜是这样放置的，使出射光线彼此平行，并与瞄准具轴线以及枪膛轴线平行。若目标与分划线重叠，那么瞄准具轴线，从而枪膛轴线必然指向目标。这种系统的发展是单点瞄准具。

在单点瞄准具中，光源位于针孔前面，用会聚透镜使光线与轴线平行，并以有色光点出现在射手的眼前。射手保持两眼睁开，用自由眼睛看目标，若他的眼球能正确配合，将使瞄准轴线对着目标。不幸的是大约 10 人中就有 1 人的眼睛不能正确配合，从而不能使用单点瞄准具。这种瞄准具可能具有迅速捕捉目标和速射的优点，但它不适合于仔细地瞄准射击，与光学瞄准具不同，它不能提高低能见度条件下捕捉目标的能力。

安装架座

不管轻武器选择什么样的瞄准具，其安装架座是至关重要的。短瞄准基线可能引起的问题已经提到过。使这个问题复杂化的是，架座相对于射手眼睛的位置是关键性的，它不能太高或太低，也不能太前或太后，更不能随瞄准具形式的变化而变化。眼睛对光学瞄准具可以靠近，但对表尺必须离远一些，

射手头部有个舒服的位置，且又有贴腮的一席之地，就可能大大稳定射手，和保证他瞄准准确。架座必须相当坚固，以承受搬运和战斗中的相当大的加速度或重力，任何可拆卸式瞄准具的位置公差都必须很小，否则，当它重安装时会对不准或不能归零。安装架座或瞄准具本身必须要有归零装置。前面已扼要介绍了归零校正，归零校正是射手调整瞄准具，将一组弹着点的 MPI 调到与他的瞄准点重合的过程。换言之，为的是提高他射击的精度。

命中率

既然我们理解了密集度、精度以及弹药、武器、瞄准具和射手对提高密集度和精度的方法，我们又如何评定命中率呢？

我们认为，全散布半径可以从数学术语告诉我们，弹药以及武器所能够取得的命中率。知道了全散布半径就可以简单地换算成一个命中卒的数字，这就是命中一定距离上一定尺寸目标的概率，如 0.6 或 6/10 或 60%。这其中尚未把由射手所引起的误差计算进去。不幸的是，武器系统的综合命中率是命中率各个组成部分的乘积。例如，对于一定的目标尺寸和距离而言，若弹药的命中率是 0.9，武器的是 0.8，那么武器系统对该目标的综合命中率是 0.72。一般说来，造成最大误差或减小命中率数字的正是射手。若我们把射手的命中率是 0.6 加入到上述命中率为 0.72 的武器系统中去，那么对该目标总的命中率就变成 0.432。推导射手所引起误差的唯一方法只能是凭经验了。这就是说，若知道武器和弹药引起的误差，可以根据射击，找出实际命中率；其中包括射手因素在内，然后计算射手的命中率就相对地比较简单了。制造厂要细心地制造武器和弹药，使它们具有高的命中率。士兵必须通过训练，对武器系统充满信心并细心地发挥其作用，要进免引起扩大武器部件误差的那些误差。手枪就是这方面的突出一例。在试验条件下牢固固定的手枪系统，一般只出现小于 1 密位的标准偏差（1 密位是 1000MM 距离上 1M 弧长所对的角）、但一般射手将出现高达 40 密位的误差。提高手枪命中率众所周知的唯一方法，是训练射手正确操作手枪。

自测验题

1. 简述全散布半径，并且指出英国 7.62x51 普通弹合格的 FOM。
2. 什么因素加大枪管磨损？
3. 下倾及其影响是什么？
4. 长瞄准基线比之短的优点是什么？
5. 每发弹之间的初速跳动量应保持最小，为何要如此，且如何做到？
6. 初速对弹道有什么影响？
7. 指出影响武器命中率的三个要素。
8. 常规步枪有哪两个回转力矩会造成精度不好？
9. 瞄准具的安装架座要确实做到什么？
10. 给出精度仍然是轻武器要素的几个理由。

第六章 膛口装置

轻武器的膛口装置分为两大类。第一类是那些构成武器发射枪弹基本作用的必要部分，或是提高武器性能，或是减少武器发射痕迹的膛口装置，例如制退器和消焰器。第二类是使武器能完成其辅助作用的膛口装置，包括刺刀和枪榴弹发射具。当设计者企图解决互为矛盾的要求时，一般只需要在膛口安装某种装置。士兵可能要求一种既轻又短，与此同时产生最小火焰和后坐力的武器。这些是难以协调的，但借助于膛口装置，设计者可能设法达到所需的要求。

§ 6.1 制退器

制退器将部分地、对称地改变逸出的气体流场，而在这同时减少后坐力。图 6-1 以其最简易的形式示出弹头出膛口时四周的导流板（它安装在紧挨膛口前面的地方）是如何使气体向后偏转的。它给武器一个向前的力，直接减小后坐力。在本系列丛书的第 一卷中，详细介绍了制退器的工作原理。

制退器的主要问题是它也将冲击波向后和向侧边偏转，偏向射手以及和他毗邻的同伴。这可能是令人不快的事，而更为危险的是增加噪声的分贝量级，导致医学界所谓的声力创伤。因而，在减小制退效率与射手可以接受的噪声级之间必须进行平衡。下表显示各种制退器装在半自动步枪上时的效率。

图 6-1 简化的制退器

表 6-1 制退器在半自动步枪上的作用

§ 6.2 补偿器

补偿器可能也有助长气体的非对称偏转。这将引起武器上力的不平衡，从而可用来抵消其它不必要的影响。此类影响的一例是连发时枪弹经常爱偏向目标的右上方。利用偏转气体将枪口偏向另一个方向，使影响精度的这个误差因素得到了补偿，从而取名为补偿器，图 6-2 照片上所示突击步枪上的补偿器是一个典型的补偿器。弹头飞离枪膛后，排出的气体企图在枪口外所有方向膨胀，部分气体作用在补偿器内表面，迫使武器向下和向左。

图 6-2 苏联 AKM 突击步枪上的补偿器

§ 6.3 后坐助退器

第八章所述的动作方式之一是管退式。由于 7.62mm 弹药和小于 7.62mm 的弹药可以利用的后坐能量充其量恰好足够，因此需要安装后坐助退器。后坐助退器的设计可以不同，但目前众所周知的一例可能是西德 MG3 式通用机枪上的后坐助退器。

§ 6.4 消焰器

火焰、烟和噪声均会把轻武器的发射位置暴露出来。前两者是彼此联系的，发射药的化学性质使得减少一种排放痕迹自然要使另一种排放痕迹增大。因此大部分现代武器系统所用的发射药将烟减至最小，因为烟悬浮在枪口四周，它会使发射位置长时间暴露给敌人，而火焰出现的时间非常短暂，不太可能暴露轻武器的发射位置，若对隐蔽该火焰再采取些措施，效果就更好了。

消焰器有两种主要类型，条形消焰器和圆锥形消焰器。条形消焰器是由3或5个伸出枪口等距的金属条组成，其消焰方式目前还无法完全理解，但它可能把从枪口排出的混合气体和残余药粒团分开了，其中一部分在大气中燃烧。目前经常见到的是圆锥形消焰器，如英国通用机枪就装有这种消焰器。从图6—3可看到消焰器锥形筒后面的圆形板，它的作用是为了减少火焰闪光对射手的影响，否则在夜间会使射手暂时致盲。图6-3 条形和圆锥形消焰器

§ 6.5 消声器

一般公认，暴露武器大致位置的是其噪声。战斗的其它噪声经常无法淹没枪声，但在另外情况下，只有训练有素和富有经验的士兵才能根据枪声来估计射手的位置。消声器也给射手带来一些不利之处，这些缺点使它们无法广泛使用。但是，现代某些防暴武器需要这种装置。技术问题是减小弹头和发射药气体的速度，使之小于音速（340m/s）。高速弹是不可能做到这一点的，因为它们的初速经常要比音速大一倍。但是诸如许多北约冲锋枪使用的9X19mm枪弹，初速刚刚超过音速，所以问题不大。为了降低初速，发射药气体压力必须降低，通过在沿枪管长度上的许多孔将发射药气体排出可以做到这一点。在枪口前端延伸出若干隔板可以降低排出气体的速度。如图6—4所示，这样做的结果是使武器既重又长。

图6-4 装消声器的斯特林（Sterling）9mm冲锋枪

活动机件前后运动的碰撞声也应考虑。在采用前冲击发式的武器上，此噪声大为减小，这是由于枪弹提前发火而缓冲了活动机件对弹膛的碰击。这表明无声武器是有优点的，如图6—4所示的英国L2A3式斯特林冲锋枪。

§ 6.6 其它装置

有两种主要附件，当它们装在枪口时起到辅助作用，它们是刺刀和枪榴弹发射具。为了训练用，还有空包弹发射附件。

刺刀

自从矛退出历史舞台，步兵肉搏战使用的是刺刀；在第一次世界大战的堑壕战中，刺刀的作用非常显著，当时在那种狭窄的堑壕条件下发射的弹头对敌对友都是有危险的。今天，战争的性质有可能减少刺刀肉搏战。最有可能的情况是逐屋清扫战场，但即使那样，一般也宁愿采用手榴弹和冲锋枪。不过刺刀仍有好兆头，一些激动人心的争论认为，在极端情况下使用刺刀，可能是战争的转折点。因此，大多数步兵对步枪的要求中就包括需要装配刺

刀。但这不是太容易解决的，因为现代轻型而短的武器本身在前面有刀时是难以战斗的，而其它类型的附件的安装可能会使枪口不便安设安装刺刀的固定点。为了克服这个困难，大多数要求采用类似于战斗匕首的刺刀，只在需要时才连接到武器上去，而不是采用传统的又长又坚固的刺刀。现代枪管经常是很短的，难以装匕首，并且真正的危险是一种很重的刺刀在猛烈使用时可能会使枪管弯曲。为了证明这种附件是完全必需的，有些军队设法使刺刀成为一种多用途工具，这种工具可以开罐头与瓶子，切割电线，也可以成为武器的调整工具，还可当战斗匕首使用。

枪榴弹发射具

对枪榴弹发射具是否有存在价值的争论是激烈的。它给步兵带来的不用额外的武器就具有有限的间接射击能力和反坦克能力是毋庸置疑的。但是持否定的人指出这样的事实，若装枪榴弹发射具，步枪手必须携带枪榴弹，其威力小，精度不高，射程有限，且时常使武器不能为执行其主要任务而进行正常的射击。第一次世界大战时的早期枪榴弹是怀型发射具，它装普通手榴弹，如 36 式或米尔斯 (Mills) 手榴弹，用空包弹将它发射出去。这意味着，空包弹是另外一类枪弹，在其安全发射枪榴弹之前，一般的普通弹要从枪上退下来。此外当它企图命中车辆，尤其是活动中的车辆时，用杯型发射具发射的枪榴弹的精度肯定是不高的。解决精度问题的一个方法是给枪榴弹装上尾管和尾翼，这意味着要在膛口上装插座。枪榴弹经过不断改进，发射时其保险杆不再离开弹体，必须在弹上配置惯性引信，以使枪榴弹能解脱保险，而且具有不管枪榴弹以什么角度命中目标时都能起爆的碰炸作用。为了提高精度，发射时要高速，再加上枪榴弹的重量，这会导致相当大的后坐力。将后坐力降低到可以接受的水平，同时又改进精度，势必是或多或少地难以兼容的。一种折衷方法是适当地牺牲一些枪榴弹的杀伤威力，使它可以发射到所需要的射程，并具有足够的精度，而且造成一定的杀伤。

图 6-5 装恩埃插座的发射具、枪榴弹和瞄准具的 L1A1 式步枪

在某些情况下，若武器不采用其它膛口装置，插座可以与武器成为一体，一般装在刺刀座上，而且更经常的不是仅在使用前才把它装到位。由于枪榴弹的弹道与弹头的弹道差别甚大，所以在有些情况下还要使用专用瞄准具。这样的瞄准具一般是安在插座的背后。这些特点可以从图 6—5 的照片上看到，图 6—5 示出的是装有恩埃加 (Enerb) 反坦克枪榴弹的英国 L1A1 式半自动步枪。

对于需要专用枪弹发射枪榴弹的问题，解决的办法是，采用捕弹器或使枪弹正好穿过枪榴弹，在这种情况下，弹头的部分动量传给枪榴弹。捕弹器是由枪榴弹尾管内一系列隔板组成，这些隔板在弹头从它们中间穿过时，相继使弹头减速，而同时又将弹头的动量传给枪榴弹。在最后一块隔板破裂前，弹头和枪榴弹已具有相同的前进速度。比利时梅卡 (Mecar) 枪榴弹是一例带有捕弹器的枪榴弹，弹头嵌入插在插座内的金属塞中，当允许弹头从正中穿过中空的枪榴弹时，弹头穿过的是隔板，此时，赋予枪榴弹的能量或尾随弹头的排放气体可能用来推动枪榴弹。

图 6-6 装 M203 式榴弹发射器的 M16A1 式步枪

现在在需求参谋人员中有一种趋势，要求或同意发射榴弹是一个单独的

管子，它或者是一个完全独立的武器，或者在某些情况下作为一种附加特点，将榴弹发射器装在枪管下面。美国发射 40mm 榴弹的 M79 式榴弹发射器就是这种用途的一例专用武器，但这目前已由 M203 式取代，M203 式是装在 M16A1 式步枪上的一个管子，这种系统的样品示于图 6—6。

空包弹发射附件

在非自动武器上，不用改动武器便可发射空包弹。只要遵守切合实际的安全预防措施，从枪口发出的物质，无论是气体的还是固体的，几乎无危险性了。如同我们在第七章和第八章中所看到的那样，若武器是自动或半自动的，就需要一种合适的射击循环使机构能重复其动作，而这这就要求有弹丸飞出枪管，或至少要产生高的气体压力。在许多自动武器上这只能靠具有本质或塑料弹头的空包弹来完成，弹头在离枪口前必须破裂，这样不会给进行不重要的战术演习的部队带来危害。这是靠空包弹发射附件（BFA）来完成的，空包弹发射附件将木质或塑料破裂成细小散片，散片迅速损失其能量，并且不会引起伤害，除非荒谬地向靠近的另一名士兵射击。另一种空包弹发射附件是 FAL7.62x51mm 步枪上使用的那一类，它完全堵塞了枪管，这时在枪管内会形成足够的压力以驱动活动机件。

要求

对轻武器膛口装置或任何附加装置的要求应当认真仔细地考虑，这些装置应是非常必要的而不仅仅是有了也好的，因为它们装在武器上，可能在武器的主要作用中对武器的全面性能产生不利影响。在向敌人发射弹头这个主要功能之外，一味追求轻武器的多用途性，这种作法是有弊的。

自测验题

1. 轻武器有哪两大类膛口装置？
2. 枪口制退器带来什么问题？
3. 膛口装置可以减少武器哪两个发射痕迹的暴露问题？
4. 补偿器将取得什么效果？
5. 使用枪榴弹发射具会伴随什么缺点？
6. 怎样才能提高反坦克枪榴弹发射具的精度？
7. 发射枪榴弹时，如何才无需使用专用枪弹？
8. 自动武器为何要空包弹发射附件？
9. 叙述两种不同的消焰器？
10. 与过去相比，现在为何刺刀不再是必需的兵器了？

第七章 动作循环

§ 7.1 引言

对于所有常规轻武器以及较大型武器而言，要完成发射每发弹都要有一系列动作要发生。这些动作是：

- 装弹入膛
- 枪机闭锁（大多数枪机后坐式武器除外）
- 解脱击发机构
- 枪机开锁
- 枪机后坐
- 从弹膛中抽出弹壳
- 复进簧贮存能量
- 把弹壳抛出枪外
- 击发机构待击
- 输入一发新弹到待入膛位置

在这个过程中，底火被击发，点燃发射药，弹头被挤进枪营。除少数情况例外，每种武器，不管是非自动、半自动或全自动，都要出现这些动作。自动武器是如何实现这些动作的，将于下章讨论。但首先重要的是评审上述过程。这些过程将按下列次序分别予以叙述：

- 供弹系统
- 抽壳和抛壳机构
- 发射机构
- 闭锁将在保险机一章中叙述。

§ 7.2 供弹系统

供弹系统包括：

将弹药提供给武器，并将它传送给供弹机构的容弹装置（弹仓、弹链或弹板）；

将枪弹从容弹装置中取出，并将它定位在准备上膛位置的供弹机构中；
最后将弹药送入弹膛。

其中第一个组成部分是为枪供弹的弹仓、弹链或弹板。武器的用途决定了最好是选用哪一种类型的容弹装置，并且重要的是理解作出这种选择的原因。

基本决定是可携性与迅速重新装填是否比持久射击重要的多。在近战中，如突击或赢得火力战斗，步兵必须携行其武器及弹药，并且能迅速获得重新补给，最好是不必放下武器就获得补给。这种情况只能使用弹仓，弹仓一般可以用一只手从枪上卸下，并且选择和固定一个新弹仓，而另一只手无需放下武器，因此，手持武器，如冲锋枪、突击步枪、步枪和某些轻机枪，一般都采用弹仓。

若需要持续的掩护火力、为了使重新装弹少中断射击，弹链供弹是较好的抉择。显而易见，需要考虑其它一些因素。其中一个因素是适用性。分排步兵所使用的弹药很可能要经受粗猛的操作，这不是故意的，而是由步兵运

动并操作的方式决定的。倘若他摔在地上，爬墙，匍匐通过泥地、丛林和涉水，所有这一切可能都影响弹药，比起弹链中的枪弹来装在弹仓中的枪弹能较好地承受这种遭遇，当需要使用时仍能正常作用。

图 7-1 米尼米不同供弹方式

现代一般作法经常是混合使用，分排步枪手携行弹仓供弹式轻武器，而支援枪队则使用弹链供弹式武器。FN 米尼米 (MInimi) 5.56mm 轻机枪则进一步采取步骤，它无需改动，就能既可装弹链，又可装弹匣。某些其它轻机枪如苏联 RP—4B 也有这种装置，但一般需要改动受弹器盖。图 7—1 上的照片示出既可用弹匣供弹，又可用弹链供弹的米尼米轻机枪。

弹仓

弹仓按其形状可以分为弹匣、弹鼓（弹盘）和管状弹仓。弹鼓（弹盘）可进一步分为利用枪的活动机件驱动（如路易斯（Lewis）机枪）或利用弹簧驱动（如汤姆逊（Thompson）冲锋枪）两类。管状弹仓很罕见，因为尖头弹和中心底火会导致在输弹过程中一发枪弹引起另一发枪：弹发大的危险，采用管状弹仓最普通的例子是霍弹枪。弹匣可能是弧形的或直形的，有单行排列或双行交错排列，但它们均具有下列基本部件，弹匣体、托弹板和托弹簧。

图 7-2L4A1 式 7.62mm 轻机枪的弹匣

有几个重要设计因素影响到弹匣，它们是：

枪弹控制 若是双行交错排列，尤其要对枪弹控制。其控制是由弹匣体宽度、托弹板形状以及弹匣口形状决定的。

输弹角度 它是由弹匣口控制的，它的设计要使得枪弹向前送入膛内时不致于卡位。这也提供了一种将在第九章介绍的机械保险特点。

托弹簧 托弹簧的簧力必须大到当簧在弹匣内几乎完全伸展时，能将最后一发弹推上去；但当簧完全被压缩时，簧力不能太大。

装卸方法 装卸方法应当是使射手能容易地装卸弹匣。弹匣还必须非常牢靠地固定在位，避免输弹角度不适当地改变。

装在枪上的位置 弹匣可以位于枪的上方、下方或侧边，并且各自有自己的特点和结构，以下要予以叙述。

弹匣位置

若弹匣装在枪上方，托弹簧可以借助重力，但弹匣却位于瞄准线上，瞄准具因此须偏置，并且还提高了枪的轮廓，使枪的隐蔽更为困难。弹匣位于枪的下方，虽然离开了瞄准线，并且降低了轮廓，但换弹匣比较困难，若弹匣太长，虽可容纳较多枪弹，如 20 发以上，但它必然与地面相碰；此外托弹簧必须克服重力。侧装的弹匣会破坏枪的平衡，并且使枪操作起来笨重，但更换弹匣一般较快，也较容易。对于许多近战武器，象冲锋枪，侧装是一种妥善的位置。

弹鼓（弹盘）

弹鼓（弹盘）的设计和详细操作在一些使用弹鼓（弹盘）的老式武器的手册中均有介绍。简而言之，由枪的活动机件驱动的弹鼓（弹盘）不是依靠弹簧将弹从弹鼓（弹盘）中推出的，但它要求枪有复杂的拔弹齿机构。依靠弹簧驱动的弹鼓（弹盘）在动作上类似枪弹后面有托弹簧推动的托弹板的弹匣。的确，在部分机枪上，可以看到它是作为弹匣的一种取代者，这样对于

同一武器而言，使它或是具有持续射击的作用，或是具有易于携行的能力。

弹匣装弹

在这个年代，包装材料廉价且不用回收，设计者的思想正转变到采用可以扔掉的塑料弹匣，作为一种可行的弹药补给方法。这种弹匣可能便宜，且方便。但是，在出现塑料弹匣前，用完后需要对弹匣重新装弹，因为弹匣是武器系统一种昂贵与有机的组成部件，必须是反复使用的。可以重新使用、且透明的弹匣是一项新成果，使士兵对其弹匣何时需要再装弹一目了然。许多弹匣是手工装填的，士兵需要经过简单练习，迫使枪弹顶着托弹板和托弹簧往里装，这样才能使枪弹正确地交错排列，并且随时准备供用。有些弹匣需要用装弹器或弹夹。装弹器将枪弹在弹匣上定位，以便在装弹过程中将弹推入弹匣。而弹夹只是在枪弹装入弹匣时容纳枪弹。另一种替代可扔掉弹匣的方案是可扔掉的弹夹，实际上它是一种工厂装好弹、防水，防尘的包装。少数弹匣在装弹时需要借助于工具，司登冲锋枪的 30 发弹匣就是如此。

弹链供弹

弹链更加适用于持续射击。对于装相同数量的枪弹来说，弹链比弹匣要轻些，弹链易于损坏、易于污秽等缺点，意味着它们最常用在车辆上，例如坦克并列机枪，但这不是说它们不常用于步兵分排级。弹链有多种形式，即纤维的、带金属片纤维带的、金属的、金属与纤维的不散弹链以及金属可散弹链。

尽管纤维弹带易于制造，但它易于受潮或腐烂，并且易于被拉长。但这种弹带价钱便宜，在工厂装填，属于一次使用品，在使用前必须装在金属箱中。使用后不能再装填，主要是因为被拉长了。

显而易见，金属弹链成本昂贵且难以制造，比较重，但可以依靠它为枪弹正确定位，经风雨后仍能正常工作，若需要，可在野外进行重新装填。那些全金属弹链一般被认为是佼佼者。许多设计者用纤维、金属相混合的折衷方法，产生既轻又便宜的弹链，这种弹链具有合适的性能，一般可以重新装填。

图 7—3 示出若干不同类型的弹链（弹带），并且指出使用这些弹链（弹带）的武器。

今天金属弹链使用最普遍，且分为两大类：

不散弹链、可散弹链。

德国研制成的用于 MG42 式机枪的不散弹链，现在苏联将它用在郭留诺夫（Goryunov）M43 式中型机枪、RPD 轻机枪以及 PK 通用机枪上。

北约组织的大多数通用机枪采用可散弹链，这并不是因为可散弹链是一种昂贵的商品，而打算让它在战场上可以重新装弹。若散在装甲步兵战车内的链节不彻底地收集起来，还可能会引起问题，并且出现故障。训练中为了节省费用，只要有可能应尽量将链节作为废弃物收集起来。图 7-3 弹链与链节

节

弹板供弹

图 7-4 1920 0.03 英寸哈其开斯（Hotchkiss）采用弹板供弹

这种供弹方式是弹链和弹匣之间的一种折衷方式。图 7-4 示出一种具有代表性的弹板供弹方式。一般说来，坚固的金属弹板在枪弹重压下而变弯曲前，最多仅能支承 25 发枪弹。而弯曲会导致故障。目前，弹板供弹方式业已

陈旧，只是在博物馆中的一些老式武器上还可以见到。

供弹机构

弹仓将一发枪弹送到进弹口，以备枪机将它向前输送。弹链（和弹板）就需要一个机构将下一发枪弹拉到或推到供弹位置。这种机构可以是：

用活动机件能量驱动；用弹簧能量驱动；用外部能源驱动。

用弹簧驱动的机构一定要靠枪的动作使弹簧贮存能量，所以它仅是用活动机件驱动的供弹机构的变种。

由外部能源驱动的供弹机构的例子有采用手动曲柄的格得林（Gatling）枪，或如伏尔肯 20mm 航炮、7.62mm 米尼岗和休斯链式枪这些现代的外部能源的自动武器。这些武器的动作的详细叙述可以从制造厂商的手册中找到。

活动机件驱动的供弹机构是采用弹链的步兵武器最常用的。在其它章节中经常谈到主要利用排放气体的能量为武器提供自动能力。这种能量一般是以操作拨弹杆毛拨弹板和拨弹齿，而拉动弹链通过武器，并使各发枪弹相继对齐以准备输入弹膛。图 7-5 示出英国 L7A2 式通用机枪上的这种系统，采用简单的活动机件驱动的供弹机构，理论射速不可能很高。这就是采用外部能源的一个原因。

还应小心保证，利用的能量足以克服重力，并将弹箱中的弹链向上提到枪上来。枪在其枪架上可能出现的高角或低角也必须考虑，因为这对联结部分可以产生扭力，见图 7-7. 62mm L7A2 式通用机枪采用的活动机件驱动的供弹机构

机构

服这种过大的运动阻力可能会多消耗可利用的能源。一般说来，这种问题只有在车载机枪上才出现，因为在这种情况下，弹箱可能离枪远一些。当然，使用弹箱本身可以挂在枪上的、装在箱内的 250 发弹链时，可以便问题迎刃而解。

输弹入膛

若弹仓或弹链供弹机构正确完成其工作，那么枪弹应处于随时可输送入膛的位置。通常。枪机在后坐时，枪弹正运动到准备入膛的正确位置，当枪机向前。复进时，就推枪弹底部，使它离开弹仓或弹链，与枪膛轴线成一直线，以便弹头头部进入弹膛。机枪闭锁完成输弹入膛，在格得林转管式枪中，需要有装弹杆或柱塞来完成枪机的这个同一功能。

空仓挂机装置

大多数采用弹匣的自动武器装有空仓挂机装置，空仓挂机装置有若干用途。首先，当枪上的弹打完时，枪机挂在后方，这清楚地指示射手，空弹匣是停射的原因。枪机挂在后方，更换弹匣既快又易，因为武器无需为了装一发新弹而重新待击。其次，在闭锁待击武器上，需要手动的空仓挂机装置以便排除故障，并使武器更加快冷却，若武器变得非常灼热，还可以避免自燃。一般弹匣托弹板接触输弹机构，挂住空仓挂机。弹链供弹式武器不易适应空仓挂机装置，因为这种武器不需要象近距离战斗中使用的弹匣供弹式武器那样迅速地重新装弹。

§ 7.3 抽壳和抛壳

不言而喻，这两个概念包括将弹壳从弹膛内抽出，并把它抛出枪外。

抽壳

将弹壳从弹膛内抽出来，并不象说起来那么容易。当高速枪弹的发射药燃烧时，产生的压力约为 340 MN/m^2 (22t/英寸^2)，无论是弹膛还是弹壳都会膨胀。但是，钢弹膛与黄铜弹壳的屈服强度不同。弹膛膨胀后可恢复到原来的尺寸，不会超过其弹性极限，弹壳则很容易超过其弹性极限，不会收缩到原来的尺寸。这有可能使弹壳紧贴膛壁，以致抽壳困难或甚至卡住。通过细心地控制膛压上限和黄铜弹壳的成分可以避免抽壳困难。

除了少数武器采用直筒弹壳外，大多数枪弹的弹壳都有一定锥度。这样，当一旦开始有一点称之为初始抽壳的移动，那么抽壳就要顺利和容易了。初始抽壳一般是在枪机开始后退时，由某装置如凸轮形状的突起装置施加一定的附加杠杆动作而完成的。枪机后坐式武器的设计中有时采用开槽的弹膛，槽中的气体压力与弹壳中的气体压力相同，弹壳表面与弹膛内侧摩擦接触的部位较小。第八章中要详细叙述这几个问题。

实际的拉壳钩一般是某些形状的钩，用以抓住弹壳底缘。既然初始抽壳可能需要相当的力量，并且涉及的加速力很大，所以拉壳钩需要坚固，但同时又必须很小，在输弹过程中，拉壳钩必须抓住枪弹底缘，并经常需要用弹簧将它固定在位。在步枪枪机上，这是由连接到两个点的单件弹簧片来取得的，如图 7—6 所示。

更常见的是多件式拉壳钩，其中拉壳钩簧与拉壳钩是两个零件。

图 7-6 N03 式步枪上的单件式拉壳钩

图 7-7 L4 式 7.62mm 轻机枪上的多件式拉壳钩

另外一种是不用拉壳钩簧、位于枪机前端面上的 T 形槽拉壳钩，在这种结构中，底缘卡入 T 形槽端部后面的上部或下端。维克斯和勃朗宁机枪使用这种拉壳钩，这种拉壳钩对于输弹前必须从弹带向后拉出枪弹的那种机枪尤为需要。象左轮手枪和猎枪这种摊开式的武器是将拉壳钩与退壳挺合为一体的，如图 7-8 所示。

图 7-8 拉壳钩与退壳挺合为一体的恩菲尔德手枪

拉壳钩要坚固，但又要小，这种相互矛盾的要求使它经常失效，因此战斗中几乎必不可少地要贮备一些备件。

抛壳

除了上述拉壳钩与退壳挺合为一体的结构外，退壳挺有三种主要类型，如图 7-9 所示。

固定式，回转式、推杆式。

固定式退壳挺是静待着枪机后坐时将弹壳抽出。在弹壳接近对着机匣抛壳窗时，其底部撞击位于抛壳窗对面那一边的固定式退壳挺，使弹壳绕拉壳钩轴转动而被抛出枪外。回转式退壳挺绕退壳挺轴回转。当枪机后坐时，枪机上的突起撞击退壳挺后端，使退壳挺前端向里旋转，并且撞击弹壳侧边。这种方式比固定式退壳要缓和些，减少弹壳变形以及由手变形而导致故障的机会。

推杆式退壳挺的作用在有些方面与固定式退壳挺相似，即经过枪机底部而顶在弹壳底部上。撞击对着拉壳钩的那一侧弹底，使弹壳回转而抛出抛壳窗外。推杆一般有缓冲，因此比固定式退壳挺要缓和些。

当在有限空间（飞服装甲战斗车辆）内操作时，这意味着弹壳的自由乱抛会存在潜在的麻烦。此时实际的抛壳是分为两个阶段的，第一个阶段是如上所述的方法中的一种，第一个阶段是要将弹壳送入一个营子或容器内。

导致武器的故障，由于它必须承提却是关键部分，因为它们的失效会必须仔细地设计或者加以缓冲以克服所引起的振动。

可靠性

值得注意的是，很多情况下在动作循环过程中枪弹或图 7-9 退壳挺种类弹壳是在不断运动中，但又不是在可靠控制下运动。当检弹向前输送入膛时，在抽壳比，尤其是在抛壳过程中，位置没对正的机会以及随之而发生的故障是很多的。弹壳抛入车辆的有限空间内可能会引起武器以外的问题，例如卡住炮塔。所以可靠性是目前所有装备，尤其是武器的最重要的特性要求。这就是朝着外部能源枪炮发展的一个原因。这种武器因为它们对弹药在动作循环的所有阶段都进行控制，因此可能大大提高可靠性。

§ 7.4 发射机构

尽管发射机构的用途是众所周知的且显而易见地包括某种机构，事实上，在需要介绍的射击环节上有一个相当重要的补充环节，这就是击发机构。击发机构将能量传递给枪弹上的底火以引燃底火，而发射机构则控制着击发机构。

击发机构

电点火在 20mm 和 20mm 以上口径的机关炮是最常用功，但在真正的轻武器上，点火几乎都是撞击式的。或通过直动式击针，或通过击针，似足够的能量撞击枪弹的底火，使它起爆。巨功式击针一词一般是指与舱机整体连在一起的装置，或者是与击针簧或轻机枪的活塞住一起动作。击针将接受外部能源，如击锤的能量。

直动式击针的一个例子是连接到冲锋枪枪机上的直动式击针，而需要击锤的击针则可以在 L1A1 式半自动步枪上见到。不用使用直动式击针或是使用击针，重要的是它们要提供点燃底火的足够能量，而不得打穿底火，同时在发射过程中要与底火保持接触，以致不能出现底火被吹出。击针一般通过枪机而动作，它的制造公差必须严格，并用优质材料制造，以免弯曲或断裂。

扳机

击发机构与发射机构之间的联结是阻铁槽和阻铁。阻铁槽是击发机构中的一个凹槽。阻铁与阻铁槽相啮合，是发射机构的一个零件。当阻铁与阻铁槽啮合时，不能击发。当发射机构使阻铁从阻铁槽解脱时，就可以进行击发。阻铁与阻铁槽啮合时，一般使弹簧贮存部分能量，这叫做武器待击。

操作扳机是控制击发机构的主要方法。在有些左轮手枪中，扳机还使枪成待击状态，而一般需要使机构成待击状态，扳机的作用仅仅是释放贮存的能量。大多数人熟悉钩形杆这种普通扳机，但它可能包括连杆、拉火绳或使电路工作的按钮，尽管所有这些形式一般可以在车载武器上见到。

各种发射机构的设计区别很大，当设计者结合其它装置时尤其如此。这些装置包括保险机和选择发射方式，将在第九章中介绍它们。下面于出简单的扳机动作原理。

开闭或闭闭

武器是采用开闭还是闭闭待击的结构，是与发射和击发机构的功能有关的。开闭待击或闭闭待击所产生的优点基本上取决于武器的用途、采用开闭待击结构，在射击的暂停过程中，枪机被固定在后方，复进簧被压缩，发射机构将它固定在位。当扣压扳机时，枪机在复进簧作用下向前复进，抓住一发枪弹，将它推入膛内，击发时，为了闭气要支撑它。这种系统一般应用于提供密集火力的自动武器。

图 7-10 美国 M3 式冲锋枪的发射机构与击发机构

开闭待击的两个主要优点、首先是重新装填迅速且容易，射手无需去使武器重新待击，而重新待击要求向后拉动较重的枪机会压缩复进簧。其次，枪弹不必在弹膛内停留较长时间，因此不可能自燃，因为在持续射击后，自动武器产生大量热量，一发枪弹在膛内停留一段时间可能会吸收足够的热量，以致引燃和自燃。引燃和自燃可能是很严重的事故。除了不会自燃外，开闭要比闭闭能更快散热。

采用开闭待击的武器，闭锁时间要长些。该闭锁时间是相扣动扳机与击发底火之间的时间间隔。击发和扳机闭闭待击系统的闭闭要短一些，因此取过口对稍重要隶高的轻武器，在这种情况下，无需长时间连续射击。根据名词所示，击发前，枪机已经闭锁弹膛，当扣压扳机时，只有直动式击针和击针簧或击锤和击针需要移动。

§ 7.5 摆脱常规循环

与常规轻武器有关的一般的一系列动作、机构和部件已经在本章详细地作了介绍。设计者曾想方设法简化与减轻武器系统，与此同时，尽量降低其成本。在这个过程中，不容许牺牲精度、可靠性、坚固性或其它的一些重要性能。

达到该目的的乐观态度是设计一种无金属弹壳的武器。这会大大减轻弹重，而不消耗弹壳又使弹药成本大幅度下降。每个弹匣容纳更多的弹药将是一个受欢迎的优点，多达 100 发枪弹可以装在枪上，而不那么引人触目尽管输弹仍然是重要的过程，但不必抽壳和抛壳，发射药全部燃尽。要求操作活动机件的能量将会减小，尤其是无需初始抽壳。问题是如何制造弹头嵌在里面的药柱，无壳弹要可以供弹而不损伤，产生的初速要一致，尽管无弹壳有防护，但应不易受环境的影响。

许多国家已经研制了无壳弹。在大口径炮上采用分装式无壳弹药，已有多年历史了。在步具作战这样的环境中，无壳弹受损伤，受潮湿，并且受燃烧的危险，是非常难以避免的。武器工程设计已经取得一定成效，70 年代末，西德赫克菜·科赫公司研制的 C11 式无壳弹步枪，为参加北约组织的轻武器试验已准备就绪。毋庸置疑，无壳弹步枪的问题已顺利地解决，到 90 年代中期，士兵的手上将会有一支无壳弹武器。

§ 7.6 外部能源枪炮

前面已经提到外部能源枪炮，这种枪炮提供一种摆脱传统的常规动作循环的方法。采用外部能源的原因是不尽相同的，趋向是主要用于较大口径的

机关炮，第十章要加以细述。但是诸如 7.62mm 较小口径的外部能源武器不仅是可行的，而且已经服役。下图是 7.62MM 休斯链式枪。

与常规动作的武器相比，外部能源枪炮具有下列几个优点：

可靠性提高 供弹和输弹机构采用不同的能源，这更能保证储存在弹箱或链匣中的弹链可以被提到取弹口来，从而解决了弹链打滑、扭曲或伸长的问题。枪弹在控制下输送，并正确对准以便入膛，有毛病枪弹不再成为故障的原因，因为它虽在武器中输送，但又会象弹壳一样被抛出。

抛壳受到控制 弹壳不再从抛壳窗中向外乱飞，弹壳乱飞可能对车辆炮塔空间或隔间，或飞机机翼造成危险。它们在控制下退下来，并且可以送入一个管子内，然后通过管子将弹壳抛出车外。

可使排除故障简化 在出现故障情况下（希望不要出故障），外部能源枪炮上引起故障的大多数简单原因可以很容易地查明。

减少舱内或车内的占用空间 常规武器上往复运动机构、导气孔和活塞、缓冲器和弹簧所需要的笨重零部件可以内占空间小的系统取代。尤为重要的是位于弹膛后面的零部件。

图 7-11 休斯链式枪

更换枪管较快 对于高射速武器而言，更换枪管减小发热问题可能是于系重大的。大多数外部能源枪炮的机构可以与弹膛快速铰接或分开，允许将枪炮管向后抽出并放在发射室内。

减少有害气体 依靠气体完成动作循环的武器一般要向后排出大量气体，如果其后部装在炮塔内，气体将随后排入有限的炮塔。这些气体是有害的，要进行费用昂贵的改动和装上附件，方能部分减小气体浓度。采用外部能源来完成枪炮的动作意味着几乎所有气体可以排出发射室。因为不需靠火药气体来操作机构，枪炮有较长的不工作时间，允许所有的火药气体进入和通过枪炮管。

提高理论射速 对于高理论射速的需要，尤其在防空作战中，第十章中将作详细叙述。提供更多的能量，可简单地改变外部能源枪炮的射速，并且可以提高到与少数专门设计的常规动作武器所能达到的类似射速，超过每分钟 1000 发。一旦多管格得林式原理的枪炮获得外部能源，可以达到惊人的射速。目前为每分钟 6000 发。通用电气公司的 7.62mm 米尼岗做能提供这样的火力密度。

缺点

外部能源枪炮的主要潜在缺点是，离开能源就无法工作。这样，若车辆机动性出现故障，因为枪炮无法射击，至少部分械斗无法进行，枪炮又不能下车作为地面武器使用。有些并列或枢轴安装的机枪，若是采用常规动作原理，一旦车辆出现故障，可以卸下来并投入使用。外部能源枪炮是做不到这点的。部分枪炮备有手动曲柄装置，这样它们不用电能也可以继续射击，尽管射速不可避免地要慢些；在车辆能源出现故障情况下，可以用蓄电池组作为这些武器的能源，以避免发动机继续运转，或者可能的话，把枪炮从车上卸下来使用。

动力的应用

动力应用的程度是不同的。如上所叙，它可以仅仅包括帮助将弹输送到供弹系统，它还可扩大到对实际输弹实施控制，甚至达到对武器整个动作循

环过程的枪弹输送的控制。一种所有动作循环都采用外部动力的设计是加利福尼亚？休斯公司设计的休斯链式枪。

图 7-12 链式枪的循环

链式枪炮之所以明确地这样称呼，是因为有象摩托车上连续链节那样的带动机构。图 7-12 上的略图给出这种方式的轮廓图，图中环形链带动机构通过循环的各个过程。以枪弹在“可靠控制”下通过系统的特点阐明了这类武器充分利用其潜在优点的意图。

自测验题

1. 什么主要因素支配着一种自动武器选择弹仓还是弹链？
2. 同意与反对弹匣装在枪下方的争论是什么？
3. 弹仓三种主要类型是什么？4. 金属弹链两种主要类别是什么？
5. 空仓挂机装置在弹匣供弹式武器上为何有好处？
6. 供弹机构有什么类型？
7. 退壳挺三种主要类型是什么？
8. 你在何处能到阴铁槽和阻铁，它们是如何相互作用的？
9. 为何开门待击有利于自动武器？
10. 无壳弹药将减少射击循环的哪几部分？

第八章 获得连发射击的方法

§ 8.1 引言

武器完成自动动作所需的初始能量，或者来自弹药。或者来自某些外部能源。最早的自动武器，如格得林和加迪那机枪，要求射手转动与活动机件相连的拉柄，活动机件以后要进行第七章中所述的动作循环。现代的外部能源枪，例如休斯公司链式枪，是由电机驱动的。为了避免笨重的能源，手持武器利用发射药的能量，否则这些能量也是要白白浪费掉的。

可以用三种不同方式来利用发射药的能量。第一种，称之为“枪机后坐式”，在该过程中，枪膛内的压力直接作用在空弹壳上，迫使枪机后坐，枪机后坐时压缩复进簧，随后复进簧再推动活动机件向前；第二种，在发射瞬间，枪机不能自由活动，高压发射药气体经常通过活塞，间接作用在活动机件上，这叫导匀式自动原理，第三种，武器可以设计成利用后坐作用的管退式自动原理。

所有三种方式的效率，尤其是枪机后坐式，是依赖于当枪膛中仍有部分气体压力时的空弹壳的运动。但大部分时间内，膛内压力很高，弹壳是不能移动的，或者不允许它退出弹膛的。因此研究底火被撞击后，弹壳出现什么情况是很重要的。

撞击底火后的弹壳

在发射药开始燃烧后的几分之一毫秒内，气体压力迫使弹壳最薄弱部位的颈部迅速膨胀然后，弹头自由向枪膛运动。因为弹壳颈部与弹膛壁之间的紧密贴合、气体无法通过弹壳向后泄出，这种方法叫后部紧塞。在这非常短暂的时间内，弹壳可以稍为向后移动以充填所谓弹底间隙。值得重视的一点是，为了避免枪弹过分运动，枪机应可靠地与弹底相接触。

在以后的几毫秒内，尽管弹头已飞离枪管，气体压力还是很高的。该高压气体推弹壳向外抵着弹膛壁，并推弹壳向后抵紧枪机镜面。当弹壳和周围的金属紧密贴合时，在所有高速弹药的情况下，即使气体压力超过弹壳材料的屈服强度，弹壳也不会损伤。若弹底间隙过大、可能出现两种类型的损坏，图 8-1 用图示出这些结果。

图 8-1 弹底间隙过大的结果

若弹壳颈部与弹膛之间在 A 部位的间隙太大，弹壳可能会被剪切。若弹壳壁厚在下处太薄，那么弹壳可能膨胀或甚至炸裂。

主高速枪弹产生的压力下，弹壳材料的膨胀要比弹膛壁的大。结果是，弹壳紧密地贴在弹膛壁上，丝毫无法活动。若枪机镜面不能为弹底提供坚固的支承，那么弹壳就会被纵向地拉长，并会被剪切。

当压力下降时，弹壳收缩，尔后自由后退。若弹壳后退时，压力仍然超过弹壳材料的屈服强度，那么无支承的弹壳壁会膨胀。因此，弹壳壁厚是很重要的。北约 7.62 × 51mm 弹药其未支承弹壳的安全突出长度约为 3mm。20mm 弹药由于其弹壳壁较厚，该长度可以增加至 6mm。

这些量值是枪机后坐式武器设计至关重要的参数。

§ 8.2 枪机后坐式

在枪机后坐式武器中，动作循环的能量来自气体压力对弹壳的作用。这种武器的设计，枪机既不与枪管固定在一起，也不与机匣固定在一起，所以枪机可以由弹壳向后推动。

进簧后坐。在这段时间内，后部塞仍是必要的，并且最好由直筒式弹壳提供。使用有颈部的弹壳遇到的一个问题是弹壳最薄弱部位——颈部，在压力下降时是收缩最慢的部位。因此，需要部分可利用的有限压力来克服附加的摩擦力。这是枪机后坐式武器宁愿采用直筒式弹壳的另外一个原因。遗憾的是，直筒式弹壳的侧壁限制了普通长度枪弹药头后面的装药量。因此，高速弹药一定要使用有颈部的弹壳。

图 8-2 有颈部的弹壳内的压力

高速弹药由产生的高压使弹壳与弹膛壁紧紧贴合，所以弹壳后退运动是不可能的。在众多枪机后坐式武器的设计中，重要的是，有些运动是在高压情况下发生的，其理由下面将要予以叙述。因此，枪机后坐式武器或有采用小使弹壳紧贴弹膛壁的低威力弹药，或者如下所述，在弹壳与弹膛之间有某些形式的润滑。润滑还有助于克服采用有颈部的弹壳时所出现的附加摩擦力。

无论是大威力弹药，还是低威力弹药，均可由枪机后坐式武器发射。发射药或者装在直筒式弹壳内，或者装在有颈部的弹壳内。因此，有三类不同的枪机后坐式系统，即自由枪机式、前冲击发式和半自由枪机式。

自由枪机式

在自由枪机式武器中，枪机（经常叫闭锁块）在发射瞬间是静止不动的。气体压力同时迫使弹头与枪机同时移动。为了安全，枪机惯性（主要来自其质量）、复进簧的刚度以及摩擦力，均能防止弹壳过早地后退。为此，除非使用威力很小的弹药，否则活动机件的重量必须很大。即使如此，制造一种安全的自由枪机式系统的实际困难，迫使设计者减小枪管长度。以便使气体的高压时间减到最小。结果，采用这种自动方式的武器发射的低速弹头，一般说来，其射程和精度均是不适合战场要求的。

图 8-3 典型的自由枪机式系统

捷克蝎式（Skorpion）冲锋手枪采用了自由枪机式的原理。它发射；32 英寸（7.65mm）低威力的枪弹，对付未加防护的人员的有效射程约 100m。当连发时，除了近距离外，相对而言，武器的精度是不高的。

前冲击发式

有何能设计当枪机仍在向前复进中就击发底火的形式，取代撞击底火时枪机是静止不动的这种形式，这就称为前冲击发式原理。气体压力除了迫使弹头进入枪膛外，还使枪机和复进簧的运动减缓、停止和换向。采用这种原理的武器可以发射威力较大的弹药，而无需使枪机太笨重。

英国 L2As 式斯特林（Sterling）冲锋枪，重 3kg，使用前冲击发式原理。它发射 9x19mm 低速弹头，可有效地对付 300m 处未加防护的人员。当直筒式弹壳进入有助于防止弹壳过分被这长的稍小弹膛时，弹壳被挤压。装在枪机上的固定击针撞击底火。为了保证撞击底火时枪机仍在向前复进的过程中，弹膛设计成能足以阻止弹壳的向前运动，以致击针撞击底火时，弹壳仍正在

进入弹膛。图 8—4 示出膛压在最大值时，枪机的位置，此时枪机仍在向前复进，“还有约 0.45MM 的挤压弹壳的行程。

图 8-4 采用前冲击发式的英国 L2A3 式斯特林冲锋枪

对于前冲击发式系统而言，撞击底火的时间是关键。若撞击太早，弹壳可能会炸裂，若太迟，武器与弹壳两者都可能会损坏。采用低威力弹药时，问题不是太大，但是，发射高速枪弹的武器上必须包括若干特殊的结构特点。图 8-5 所示的第二次世界大战中英倒海军 20MM 博尔斯登 (Polsten) 机关炮，充分说明了若干这样的防护措施。

图 8-5 博尔斯登 (Polsten) 20mm 机关炮的保险特点

首先，弹药用油脂润滑，使得即使压力很高，炮弹仍可在药室内活动。其次，药筒底缘与炮门前端制作得小到足以全部进入叉口药室。这样，与采用普通药室系统相比，炮弹充分被支承的时间要长得多，药筒安全运动的附加时间有助于将炮门的重量减轻到 18KG。若武器采用自由枪机式原理，炮门重量会超过 20KG。再次，只有当击锤由凸轮拨动时，炮弹才能被击发。这只有当炮门正在向前复进以及药筒在药室内得到充分地支承时，才能发生。最后，有双装填挡块可防止在药室有堵塞的情况下，已装引信的炮弹被输入药室内。

采用前冲击发式原理的武器单发射击精度是不高的，因为它们必须采用开门待击。重量较重的枪机在向前复进时，可能影响射手的瞄准。

半自由枪机式

半自由枪机式允许准确的单发射击，因为采用半自由枪机式的武器是闭门待击的。只有在枪机后坐运动一直被延迟到膛压较低时，才有可能联合利用闭门待击与自由枪机式。发射北约 7.62 × 51mm 枪弹的自由枪机式武器。

图 8-6 采用半自由枪机式的西德 G3 式步枪要求枪机重约 20kg，才能提供足够的阻力。当在设计中包括了延迟机构时，枪机重量可以减小到 1kg。图 8—6 示出采用半自由枪机式原理的现役的西德 G3 式步枪。

在气体压力推动枪机向后，并且迫使滚柱进入枪机主要部位时，压力低到足以使弹壳安全地被抽出。随后，向后运动阻力减小了，以致剩余膛压可以为枪机提供足够的能量来使步枪动作。所需的延迟动作是由簧力、滚柱形状以及步枪枪机和机匣上的凹槽的精心设计来取得的。

G3 式步枪发射弹壳有颈部的 7.620 × 51mm 高速枪弹。弹壳必须经润滑，否则，过大的摩擦力会使抽壳非常困难。为了避免油和战场尘埃的研磨问题，弹壳由发射药气体来进行润滑，这要求弹膛前面部分开有槽或沟，当抽壳时，弹壳内外两侧的气体压力是相同的，从而减少了摩擦，后部的紧塞要比一般弹膛更靠近弹壳底部。图 8-7 示出开槽弹膛构重要特点。G3 式步枪上，弹膛从前向后有 40mm 长的沟槽。箭头示出气体进入情况。

图 8-7 开槽弹膛

枪机后坐式小结

尽管枪机后坐式武器的制造相对地比较简单，但是对其设计还是要慎之又慎，以保证弹壳只有在膛压下降到合适的水平时才能移动。公差范围小，

以致活动机件中的污垢对武器的性能有明显的影 响。在战场条件下，武器会迅速地受到尘、砂以及污垢的影响，所以武器要设计得具有足够的能量，以便在污秽情况下能动作。干净武器的抛壳可能是非常急速的。使枪机后坐式武器动作的能量是不能进行调整以满足不同条件的，通过利用后坐力提供的能量来使武器动作，则可以解决枪机后坐式武器中的众多问题。

§ 8.3 管退式

管退式武器在撞击底火瞬间，枪管与枪机扣合在一起。然后，它们一起相对于武器的机匣向后运动。根据它们扣合在一起后坐的距离，可以将管退式系统分为两类，长后坐式是指该后坐距离比未发射枪弹的长度要长；而短后坐式则是指该后坐距离比未发射枪弹的长度要短。

长后坐式

图 8—8 上示出的是长后坐式系统的概略说明。

图 8-8 从上到下是：A.底火击发；B 后坐终了，枪管和枪机扣合在一起后坐，能量贮存在弹簧中；c.枪管复进，枪机仍固定在后方；D.枪机复进，抛出弹壳，并推一发新弹；E.新弹入膛，此时击针可以撞击底火。

后坐时，膛压已经下降到安全界限，因此，从膛内抽

图 8-8 长后坐式系统的设计图解

壳时，弹壳是不会损坏的，复进簧贮存能量，而其它的动作循环不进行。因此，长后坐式的武器的射速一定是低的。后坐力分布在很长时间内，因此对枪架冲量（叫耳轴拉力）是小的。这样使得诸如英国 30mm 雷登机关炮这样的长后坐式武器有可能安装在轻型装甲车辆的炮架上。长后坐式系统有若干缺点，首先，枪机和枪管是在各发射弹之间后坐的，由于重心变化大，武器与射手的平衡受到干扰，其次，射速必须低到足以使枪管振动消失，有次，枪管必须正确支承。所有这些因素使得步枪或轻机枪不能采用长后坐式。用短后坐式原理则可以消除长后坐式中的许多缺点。

短后坐式

短后坐式武器的枪管和枪机在互相分开前，仅在一起后坐很短距离。勃朗宁机枪的该后坐距离约为 6mm。短后坐式武器射速可以高，而且枪管的运动不可能对其精度有较大的影响。因此，短后坐式可以应用于轻机枪或中型机枪。

所有管退式武器固有的问题是不到 1%的发射药能量转变成后坐能量。因此，要从 7.621mm 和小于 7.62mm 口径的弹药去获得足够的能量是有困难的，这些小口径武器需要一些装置来增加能量，以提供高的射速、提升长弹链以及在污秽情况下操作武器。可有三种方法提供额外的能量。第一种方法是使气体可以在膛口处折回，以增加对枪管和枪机上向后的作用力，这种使气体折回的装置叫助退器。图 8—9 上所示的是西德 MG3 式通用机枪上使用的一种助退器。

图 8-9 西德 7.62mmMG3 式通用机枪的助退器

第二种方法是，当膛内有部分剩余压力时，就可以使枪机与枪管解脱。然后，可以用后吹来推动枪机向后。在现役的西德 MG3 式通用机枪的前身 MG42

式（斯潘道，Spandau）上，当调整闭锁系统中的弹簧簧力时，可以使得发射后枪机与枪管很快地分开，从而使理论射速可大大提高。

第三种方法是，枪管的部分动量叫以由机械装置在枪机与枪管分开后立刻传递给枪机，这种装置叫加速子，其效能取决于其形状以及枪管与枪机的质量比。实际上，有可能设计出使枪机速度提高 50% 的加速子。

图 8-10 上从上到下依次是，循环开始；枪机开锁，加速开始，加速完成、枪管从枪管后坐缓冲器处开始复进，枪机从后缓冲器处开始复进；枪机榆弹入膛。图 8-10 短后坐式系统设计图解

§ 8.4 导气式

膛内的高压气体是获得连发射击能力的第三种能源。与枪机后坐式系统不同，导气式武器的枪机是闭锁在武器的机匣上的。因此，膛压不能直接迫使枪机向后。相反，发射药气体从枪管上的导气孔导出，用来使某个机构动作，该机构不仅使枪机开锁，而且还推枪机后坐。由于发射药气体能量大所以导气式武器有足够的能量以满足大多数战场的要求。图 8—11 示出的是典型的导气式武器的主要部件。

图 8-11 典型的导气式武器

导气孔距枪机的距离对武器的设计与性能有着重大的影响。若导气孔靠近弹膛，弹头发射后，枪机可能迅速开锁，可以提供高的射速。但是，过早开锁可能导致在高压时抽壳，继而危及安全。若导气孔靠近膛口。烧蚀可减小，但碳污秽成为一个问题，除了污秽问题外，与枪机的联杆要长，对于工程师来说，这可能成为一个棘手的问题。实际上，导气孔一般是位于上述两个极端位置之间。其确切的位置取决于提供一个合适射速所需的能量，而不要引起严重的烧蚀和污秽。

一旦弹头经过导气位置，如图 8-11 所示，高压气体通过导气孔推动活塞。活塞可能是采取长行程，并始终与枪机相连接，或者可能是采取短行程。图 8-11 中所示是长行程活塞，而图 8-12 所示的是美国 M1 式卡宾枪上使用的短行程活塞。

图 8-12 美国 M1 式卡宾枪的短行程活塞

美国阿玛莱特步枪是无活塞的。气体进入枪机和枪机框之间的空膛内，它迫使枪机框后坐，枪机开锁，并带动枪机后坐。图 8-13 示出该系统的主要特点。

武器动作所需的气体量可以根据战场条件而加以改变。但是，只有为了保持正确的理论射速才可调整导气孔。若射速变化很大，那么武器可能停射，因为弹壳可能抛不出去。抛壳窗的尺寸是根据正确的理论射这时的活动机件运动而定的。对气体晕的控制晕用下列三种方法达到的。首先是可以改变气体通道的直径，如布伦轻机枪上的那样。

图 8-13 M16 式步枪的直接导气式机构

其次，有可能改变气体逸向大气时孔的尺寸。若减小该孔的尺寸，那么可以利用更多的通过导气孔的气体来推动活塞；或者与之相反。

再次，是如美国 M60 式通用机枪使用的自动补偿系统。气体进入一个中空活塞，并膨胀进入导气筒，在这个过程中，它迫使中空活塞抵压与枪机连接的复进簧杆。随着中空活塞的后退，进入中空活塞的气体通道被切断。进入中主活塞的气体量取决于中空活塞与复进簧杆运动的阻力。理论上，随着阻力的增加，更多的气体进入活塞，以致有更多能量用于使武器动作。

§ 8.5 三种系统的比较

表 81 是用以获得武器自动动作的三种与弹药相关的系统的主要特点比较。

§ 8.6 混合式系统

并不是所有武器都很容易归于哪一类动作系统的。例如，有些武器用向后的压力提供完成动作循环，所需的能量，但它们发射时枪机却是闭锁的。用某些装置来使枪机开锁，这些装置或者使用后坐力，或者利用膛内高压气体去解脱闭锁机构。开锁机构提供的能量不足以完成动作循环，以后又以剩余膛压作为能量，换言之，这主要能源是枪机后坐式的。西班牙·瑞士公司 820L 式 20mm 机关炮就是一例这样的武器，还有英国轻型反装甲武器的试射枪。这两种武器使用气体压力来开锁，但美国在第二次世界大战时用的约翰·30 英寸轻机枪是采用后坐力来完成开锁过程的。表 8-1 导气式、管退式和枪机后坐式系统主要特点比较

自测验题

1. 弹底闭锁间隙的含义是什么？该间隙过大有什么影响？
2. 枪机后坐式武器与管退式和导气式武器之间的主要差别是什么？
3. 现代所有发射高速弹药的枪机后坐式武器的弹膛有什么特点？
4. 采用前冲击发式原理的手持武器为何固有的精度不好？
5. 为何短后坐式武器的理论射速有可能比长后坐式武器的高？
6. 为何多数管退式武器有助退器？
7. 当决定枪管上导气孔位置时，必须考虑什么因素？
8. 加大英国 L7A1 式通用机枪气体调节器的排气孔有什么效果？
9. 最适于车载中型机枪采用的、与弹药相关的武器自动动作系统是哪一种？
10. 约翰逊轻机枪为何不是一支真正的管退式枪？

第九章 保险特点

§ 9.1 引言

在轻武器的设计中，必须包括某些保险特性，以防止对武器的损坏和对射手的伤害。首先，在枪弹来得到弹膛壁和枪机镜面的可靠支撑前，击针不可能击发底火。其次，在膛压还是很高时，弹壳应可靠地受到支撑。再次，应能防止偶尔扣动已经上弹武器的扳机。本章将介绍轻武器上见到的某些机械保险特性的例子，首先介绍枪弹安全入膛前防止击发枪弹的机械保险特性。

击发前手机械保险

设计者对武器即将击发前主要考虑的保险是，防止在枪弹安全地定位在弹膛内以前出现击发底火的现象。当给予底火猛烈一击时，底火就被引燃。撞击可以来自击针，击针本身需要由某种外部能源，例如击锤，将它向前推动。图 9—1 所示的是一种典型的击锤撞击的击针系统。

另一种方法是底火可以直接通过直动式击针而引燃。与击针不同，直动式击针有自身的能源，经常是弹簧，而在许多武器上，直动式击针是活动机件某一个部件的延伸部。图 9-2 所示的是美国 M60 式通用机枪上的直动式击针，该直动式击针是活塞的延伸部。

图 9-2 美国 M60 式通用机枪的直动式击针

设计者可以采取一种措施或是几种措施的结合，来防止在枪弹确切入膛前击针撞击枪弹，首先，在击针运动通道上可以设置障碍物，即使击针受到撞击力，也只有当障碍物移掉之后，击针才能碰得到底火。图 9-3 所示的是西德 G3 式步枪，只有延迟滚柱进入机匣的凹槽内以后，击针才可以碰到底火，而在枪弹未完全入膛前，延迟滚柱是不可能进入凹槽的。

图 9-3 G3 式步枪击针被挡住

其次，击针的轴线只有在最后瞬间才与底火对成一直线。英国 L2A3 式就是一例采用这种方法的武器。

再次，击锤只有在枪弹完全入膛后才能撞击击针。单靠这第三种方法不是十分令人满意的。随着枪机向前复进，击针无需得到击锤的撞击，就有可能获得足够的动量去撞击底火，引燃枪弹。这种危险可以通过利用弹簧控制

留在枪机年的轻型击针来加以防止。当武器猛烈向下摇动时，赋予击针的动量是保险必须加以考虑的一个方面，目的在于避免闭锁待击武器偶尔走火的危险。

击发后的机械保险

为了获得击发后的机械保险，设计者应努力保证在气体压力较高时，不取消对弹壳的支撑。在高压下，未得到支撑的弹壳可能会损坏，且妨碍下一发枪弹的迅速发射。在最严重的情况下，弹壳可能炸裂，射手可能受到灼热碎片和从抛壳窗漏出的高压气体的影响。为此，设计者有三种选择。首先，他可以减少高压气体量，但低威力的枪弹初速也低。其次，他可以限制高压气体留在膛内的时间，但为了使气体迅速逸出而缩短枪管长度，会导致降低初速和精度。再次，他可以延迟弹壳的向后运动，直到压力下降到安全水准，

导气式和管退式武器比起枪机后坐式武器来容易做到这一点。

在枪机后坐式系统中，枪机既不与枪管又不与机匣扣合在一起，因此它可以自由活动。自由枪机式武器依赖枪机的惯性与复进簧的簧力，来防止枪机过早地后坐而使弹壳在高压下得不到支持。为了使枪机重量保持在合理范围内，自由枪机式武器为了安全，必须采用低威力枪弹。前冲击发式系统允许设计者采用威力较大的枪弹，这是由于膛压被用于减慢、停止和逆转枪机的运动。但是，如第八章所述，当这种系统发射高速枪弹时，需要有一些特殊措施。图 8-5 描述的是博尔斯登机关炮上的特点。采用半自由枪机式原理的武器，除了延迟机构外，无需任何特殊的保险特性。延迟机构可以是西德 G3 式步枪上的延迟滚柱（图 8—6），或法国 AA52 式通用机枪上的简单延迟杠杆。

即使导气式和管退式武器要求在膛内有压力时使弹壳退出弹膛，以便达到合适的射速，且使机械联结可以简单些。开锁瞬间或者是由需要科用的某些后坐阻力来决定，图 9-4 法国 AA52 式通用机枪上半自由枪机式系统的杠杆或者是由不会产生严重污秽或烧蚀的合适射速的要求来决定。在所有系统中，撞击底火与开锁之间的时间间隔要最短，这必须考虑到膛内压力下降到安全水准所需的时间。对于后坐式武器来说，枪机与枪管加合在一起后坐的最短距离取决于它们的惯性（它们的综合质量）和复进簧簧力的大小，大多数武器该最短距离在 10mm 以下。对于导气式武器来说，必要的延迟时间是由气体推动活塞的时间，以及开锁前枪机框的自由行程量两者综合起来决定的，图 9—5 描述的是导气式武器的延迟机构。

在英国 L1A1 式半自动步枪上，只有当弹头通过导气孔后，气体才能推动活塞，这不到 1ms 的时间。此时，膛内压力很高，为了安全抽壳，还要再等 3~4ms 的时间。在此期间内，活塞后退撞击枪机框。这种撞击力量必须克服复进簧的阻力和枪机框的惯性。在枪机框后坐过程中，使枪机离开闭锁斜肩，但只有在枪机框后坐约 12mm 后，才能完成开锁。此时，膛压已下降到安全水准，这种武器的闭锁系统采用倾斜式枪机，闭锁斜肩的形状可以设计成有助于克服任何初始抽壳问题。该系统的主要缺点是枪机和机匣的大部分要承受较大发射应力。这些零件需要用优质金属制造，因此增加了武器的成本。一种减少优质金属用量的方法是采用前端闭锁系统。今天，北约与苏式的武器采用最广的是在枪机前端有若干闭锁突笋，如图 9-6 所示由类似于美国 M60 式上的曲线槽使枪机旋转。闭锁突笋卡入枪管的闭锁槽内。

图 9-6 典型的回转枪机

应用保险

应用保险是一个术语，它是描述旨在帮助操作武器的射手避免偶尔走火的措施。有两种获得应用保险的方法。一种方法是采用可防止发射机构在不需使用时产生动作的保险卡笋，这种方法的缺点是射手可能忽视使用保险卡笋；另一种方法是在活动机件能自由活动前，射手必须解脱保险的装置，例如小握把上的握把保险。有些武器，如以色列乌齐冲锋枪，则兼有上述两者的特性。

在快慢机开关上经常包括保险卡笋，几乎所有分排武器都有选择连发或

单发射击的装置。这就要使发射机构设计成单发射击时只允许活动机件向前向后运动一次，而连发射击时要允许活动机件连续运动。发射机构经常包括一种以上的保险措施。例如，有可能在机构中装有联结装置，即使不使用保险卡笋，也只有在枪弹入膛后，

击针或击锤方能活动。保险卡笋本身或锁定发射机构，或使扳机与发射机构的其它零件相脱离。这些特性中的许多特性充分体现在苏联 AK47 式步枪上。

A 图是 AK47 采用闭锁待击，图中示出复进中的枪机（箭头所示）推一发新弹入膛。

只有当枪机闭锁在枪管上，到位保险才允许击锤上抬。

B 图显示枪机闭锁后，扣压扳机时，击锤回转。

C 图显示快慢机装定在“单发”位置上。扣压扳机时，击锤向上回转，打击击针。

图 9-7AK47 的快慢机装定在“单发”位置上

D 图显示由于快慢机装定在“单发”位置上，即使射手扣住扳机不放，武器不会发射一发以上子弹。该图显示了这种情况，即动作循环已经完成时，一发新弹已装入膛内。在这之前，枪机向前复进，击锤还由到位保险卡住，直到子弹入膛。即使到位保险松开击锤，因为击锤被单发阻铁向后卡住，此时击锤也不能上抬。只有松开扳机，且发射机构回到如图 B 所示的位置，再扣压扳机时，击锤才能向上回转。

图 9-8A 嘶 7 的快慢机装定在“连发”位置上

AK47 的快慢机装定在“连发”位置时，松开扳机前，武器应连续射击。为此，单发阻铁不能限制击锤。

快慢机使单发阻铁不与击锤接触。因此，当枪机闭锁时，击锤可向上回转。

从图上可以看出，当快慢机装定在“保险”位置时，因为快慢机本身构成挡在阻铁后面的杆，因此扳机被锁定在位，不能扣动。

轻便型武器，如手枪和冲锋枪，由士兵携带，他们的主要任务要求他们把注意力集中在各种情况上，而不是集中在他们手持的轻武器上。在这种情况下，很容易忘掉应用保险卡笋。为了将这类武器的偶尔走火的危险减到最低程度，它们经常装有握把保险装置，要求射手握紧武器以便使枪待击，然后发射。图 9-10 和 9-11 示出以色列乌齐（Uzi）冲锋枪上的这些特性。该枪是开锁待击的，在它待击前，扳机上的阻铁必须离开机上的阻铁后卡槽。除非正确握持武器，且压下握把保险机，否则是无法发射的。

图 9-9 应用保险卡笋时的 AK47 发射机构

当武器待击时，阻铁与枪机待发卡槽啮合。除非压下握把保险而松开阻铁，否则不能扣动扳机。

图 9-11 中的左侧显示阻铁与枪机待发卡槽啮合，枪待击，握把保险未压下；右侧则显示压下握把保险和扣动扳机，阻铁压下，枪射击的情况。图 9-11 乌齐冲锋枪的握把保险防止武器发射

§ 9.2 小结

设计者采用两种方法来保证武器机械上的保险。首先，击针的运动受到枪机的控制，只有枪弹正确入膛后，击针才能撞击底火。其次，发射后，当膛内气体压力高时，不能够移动支撑枪弹的机构，以便使弹壳得到完全的支撑。此外，所有武器安装有或者锁定扳机，或者使扳机与发射机构的其余零件相解脱的保险装置，射手有责任正确使用这种防止偶尔走火的装置。在半自由枪机式武器上，延迟机构控制上述两个方面的保险。在管退式武器上，闭锁装置一般既控制击针运动，又控制发射后到开锁前的时间。在采用长行程活塞的导气式武器上，是由枪机框控制这两方面的保险。在采用短行程活塞和直接导气式武器上，枪机与到位保险一起控制击针的运动，枪机延伸部的向由行程为发射后提供必要的延迟。

自测验题

1. 击发前后，主要的保险考虑是什么？
2. 列举设计者为取得击发前的机械保险可以采用的三种方法中的两种？
3. 用什么方法可以获得击发后的机械保险？
4. 握把保险装置的用途是什么？
5. 在防止偶尔走火中，保险卡笋是如何帮助射手的？

第十章 机关炮

§ 10.1 引言

机关炮在某些领域被认为是轻武器。它是在 12.7mm 到 151mm 口径范围内的重机枪的基础上发展起来的。重机枪除了用来对付非常远距离上的步兵外，还可以有效地对付工事和轻型装甲车辆。自从车辆和飞机第一次以一定数量出现在战场上（第一次世界大战中）以来，它们的数量越来越多，易损性越来越低，且运动速度越来越快，随着装甲车辆大量增加，尤其是它们的防护性能逐渐提高，不仅是坦克，而且步兵战车和装甲侦察车辆的设计与装甲也大为改善，必然变得更加难以毁伤它们。

结果是使击毁这些目标的武器的口径急剧增大。

飞机采用坚固的结构，装备大量的零附件，以及为了保护易损部位附加了装甲板，均意味着需要一种口径更大、破坏力更强、尽可能是爆破型的弹，才能保证毁伤这样的飞机。

为了攻击装甲车辆和飞机，导致发展了专用的防空和反坦克弹药，或者大大加大各类炮的口径，以便用它们来对付这些目标。因此，机关炮得到了发展，口径一般考虑在 20 ~ 35mm 范围内，任何更大约口径，如博福斯（Befors）40mm 炮，则是另一类专用的防空武器了。

§ 10.2 弹药

在木卷“要求”一章中，我们曾强调了弹药的重要性。对机关炮来说，不仅口径选择是一个重要方面，而且还应使弹药类型日新月异，更符合需要。为了击毁上述目标，不仅要求口径大些，而且要求专用弹药。靠加大弹头的这种日子已经一去不复返了。侵彻装甲需要穿甲弹，并要获得侵彻装甲后的二次杀伤效应，或者毁叔可能需要爆破弹。目前服役的各种弹药包括榴弹（HE）、穿甲弹（AP）、穿甲爆破双用途弹、特种效应穿甲弹（APSE）、复合作用次口径穿甲弹、脱壳穿甲弹（APDS）。因为所有这些弹药都比较昂贵，所以训练时要使用专门设计的廉价训练弹。

榴弹

小口径榴弹只不过是一种带有某些复杂性的小型炮弹。首先是将合适的炸药装药装入小的容积内，弹壁的强度要大到能承受药室和炮管内的应力，这需要采用专门的技术和材料。其次，尽管必须小型化，但需要配用可靠性极高的引信。由于这种弹药一般将用于防空，实弹是不允许落地再炸的，否则会危及友邻部队的安全，因此需要有自毁机构。这种弹现已极少用于对付现代装甲车，但仍具有对付半硬目标，如飞机、软皮车辆、建筑物及武器阵地等目标的用途。

穿甲弹

穿甲弹外形可能很象一发放大的枪弹，但为了有利子穿甲，对其结构与材料都作了改进。发射药装药量增多了，以便提高初速。这样做带来两个好处，较为低伸的弹道提高了精度和首发命中率：较大的能量有利于穿甲。单纯力穿甲弹可能已失效，这是因为它们穿透装甲战斗车辆的两侧时，在侵彻中既不能造成破坏，又不能引起伤亡。大多数其它的弹药设计设法克服这

种潜在的弊病。

穿甲爆破双用途弹

这种类型的弹药是在两种主要潜在目标之间寻求折衷。若需要，它可以具有一定的穿甲能力，但若要用以对付飞机或软皮车辆，它还要具有爆破效应。这种弹带来的附带好处是，若侵彻任何装甲后，在装甲板后面有爆炸效应，挪威人宵竭力推销这种弹药，但有人认为，要使一种弹兼顾两种作用，结果是无论哪一种任务都无法十全十美地去完成。

特殊效应穿甲弹

英国研制特殊效应穿甲弹的目的是为了获得能在侵彻装甲板后，在坦克内部引起杀伤的效应，这种弹一旦穿透装甲板后，能在车辆内造成引起烧灼的灼热火焰，这称之为自燃效应。

复合作用次口径穿甲弹

设计复合作用次口径穿甲弹是为了提高穿甲能力。这是通过在次口径的实心弹芯周围，包以一层类似于普通弹外形的轻型钢或合金钢套来获得的。在目标处，次口径穿甲弹芯的剩余能量集中在较小的直径上，因此比起全口径弹来，可以击毁更厚的装甲。其附加的效应是台囊弹头壳在装甲板上有闪光作用，对于炮手来说，这起到指示弹着点的作用。

脱壳穿甲弹

要求机关炮击毁大多数轻型装甲战斗车辆受严密防护的部位。由于装甲板的倾斜。厚度以及改进设计，这使得击毁它们，甚至是击毁装甲人员运输车，也成为棘手的任务。目前，从火炮来说，这只有采用脱壳穿甲弹来完成。破甲弹若要小到能装入机关炮的炮膛，也就不可能达到破甲所需的水平。尽管机关炮发射的脱壳穿甲弹与坦克炮发射的脱壳穿甲弹外形相似，只是尺寸按比例缩小了，但是设计者发现，需要对机关炮的脱壳穿甲弹的某些方面重新设计，以期对目标的各个部位都有效。脱壳穿甲弹是一种次口径弹，其弹芯外有轻合金或塑料的弹托和弹带，出炮口时弹托和弹带与弹芯分离，初速高且气动力性能好，能在很远距离上保证高速。这是脱壳穿甲弹优于迅速降速的复合作用次口径穿甲弹的地方。次口径弹芯的能量集中作用于个直径的面积上，因而获得较好的侵彻效果。加之采用钨这样密度高的弹芯材料，效果更佳。

弹药发展趋势

目前，正在积极地研究改善机关炮弹药效能的方法。在反装甲领域内，重点是究研高密度材料和提高二次效应。具有上述两煮作用的弹芯材料是贫铀宁（DU）。从性质上讲。贫铀与铀一样重，原子序数很高，穿甲时，它的瞬时自燃效应玄妙惊人。一些无需担心环境法的国家正朝着贫铀是指提炼过核燃料铀 235 以后剩下的废渣铀 233——编者注生产贫铀弹的方向前进。尽管贫铀的放射性强级低到不会造成危险，其它国家政府对于生产贫铀弹仍犹豫不决，担心会引起非技术性的麻烦。贫铀材料安全的一个例子是，作为配重，已在民用飞机机翼上使用多年，还用于增加快艇的龙骨重量。

对于防空用途来说，榴弹和穿甲爆破双用途弹是相当有效的，所有类型的穿甲弹，尽管大量使用会很昂贵，但还有某些效应。在为了击中高速飞机的情况下还是必要的，因为那时人们必须尽量将大量弹药发射到飞机的航线上，并希望至少有部分穿甲弹会命中目标。正在试验提高命中率的研制工作，包括提高弹头速度，大幅度提高射速，尤其是采用多管式武器。弹药的另一

种改进是每一发弹装有多颗弹头。一种具有一定希望的设计是含 3 个环形金属薄片的战斗部，每个环在气动力性能方面稍有差别，似便使它们分离，这使单发弹作用的空间覆盖面提高数倍，目前这种弹的缺点是单个环的杀伤力不大。

与轻武器比，机关炮的炮弹已不算小，而其趋势是加大口径，以便击毁所要击毁的目标。大多数机关炮安装在飞机或车辆上，其可用空间不大。因此，通过设计无弹壳或液体发射药弹来设法缩小弹药所占体积的这种动机是很强烈的，并不比轻武器弹药的差。某些国家正在进行这方面的研究。机关炮的无壳弹面临的工程和环境困难要比较轻武器的小，因为轻武器要由人携带与发射，而机关炮没有暴露在所有环境的危险。在 20 世纪末以前的某个时候，机关炮发射的非常规弹药很可能是无壳弹。

§ 10.3 机关炮的部署

如前所述，机关炮所要对付的目标基本上是机动的，飞机、有装甲和示装甲的车辆以及小型舰船是主要的目标类型。毫不奇怪，机关炮经改造后能适合于安装在同一类系统的不同载体上。高炮的用途导致它有多种炮架，以便将大量炮弹打在飞机航线上。

图 10-1 典型的高炮炮架

图 10—1 为南斯拉夫的小高炮安装在三脚架上的情况。

这些炮架还包括某些精巧的瞄准系统以及遥控发射装置。经常使用雷达以发现目标，并与计算机、火控系统联合使用。但是，武器本身在相当时间内不会有太大变化，且对于每种用途也是如此。最典型的例子是 20mm 厄利空 (Qerlikon) 机关炮，它是第二次世界大战和战后的一种廉价但有效的武器，它曾用于陆海空三军。

近 30 年来的机关炮是可靠与有效的，直到最近其传统设计与操作才发生较大变化。机关炮的传统设计可以说仅仅是机枪的“大哥”，它们可以采用炮闩后坐式或导气式原理，当认为必要时才作少量改动，例如前冲击发式和半自由炮闩式。因为炮弹重量较大，所以供弹机构复杂，又因为火炮安装在很轻的车辆上，以致经常需装驻退机。为了满足一种以上的战场用途以及毁伤更加难以对付的目标这些互相矛盾的需求，已出现要脱离上述传统式样武器的趋势。而这些更加难以对付的目标中有代表性的是现代高性能的飞机以及全装甲的车辆。

为了提高机关炮对高速飞机的命中率，射速必须尽量高。有些传统设计的机关炮，经过灵巧的改动，射速能达每分钟 1000 发或 1000 发以上，但是再进一步提高射速受到限制，并且会出现诸如降低可靠性等其它问题。越南战争使美国研制先前仅安装在飞机上，而现在供陆军使用的机关炮。除了对空作战外，需要时也能打击大面积丛林和江河三角洲地区的目标，而使机关炮改为具有掩护火力的“面射”概念。外部能源火炮只要简单改变能源的大小就能达到所需射速。这样，它可以很快地调整到满足完成上述任务所需的高射速，或者降低射速以对付点目标。即使如此，射速不可能调到适合所有的用途，解决方案是研制多管型。采用老式格得林原理多个炮管和炮闩的旋转结构，可以取得高达每分钟 6000 发的射速。不仅需要外部能源来旋转炮

管，而且还要用它来输弹。原先，外部能源是研制供直升机上机关炮用的，目前，该原理已适用于车辆。美国通用电气公司生产了6管20mm伏尔肯、6管7.62mm米尼岗以及“轻型”3管20mm型。外部能源火炮的一个特点是可靠性比常规火炮高得多，主要是因为在整个循环中，弹药处于可靠控制下。动作循环的任何环节无需气体，并使有害气体从安装机关炮的车辆内部的排气道中向外部排出，药筒也可以抛出车外。外部能源武器的这些优点已经导致其它武器开始采用这些原理，美国加利福尼亚州的休斯军械公司生产他们研制的链式炮，因为有类似于摩托车链条那样的链条驱动活动机件，故取名为链式炮。为直升机炮架研制的30mm链式炮现已改为25mm口径，并被选为将安装在美国步兵和骑兵战斗车辆上的“林中之王”（Bushmaster）系统上。设计适应性已由正在使用的7.62mm链式枪加以证明，该枪很可能被选为英国装甲战斗车辆上的并列机枪。

与要求机关炮具有高射速相对应的另一情况，是要求机关炮具有低射速，此时最佳是用于对付点目标。发射炮弹会引起炮管振动，若振动还未停止时，又接着发射炮弹，那么显然会降低其后面各发炮弹的精度。可以确信，命中1000m以上装甲人员输送车那样大小的目标，实际要求单发射击。英国曾决定把研制这种炮作为重点任务，对付飞机这种武器只起威慑作用。最后是由皇家军械研究发展院与皇家辎武器厂合作设计了雷登30mm机关炮。这种炮用备用的6发弹夹单发射击，可以迅速重复射击，而经过仔细的设计可以保证振动在各发之间迅速停止下来。其结果是使它成为一门精度极高的机关炮，加上它口径较大和专用的弹药，能很满意地毁伤轻型装甲战斗车辆。图10-2示出装在侦察车上的雷登80mm机关炮。

图10-2 装在“狐”（Fox）式战斗侦察车上的雷登30mm机关炮

另一个影响某些军事要求的因素是，“参谋人员虽要求机关炮具有高射速，但是他们不可避免地要解决在车辆内贮藏大量弹药的问题。若车辆主要是在战场上输送人员及其装备，那么机关炮的弹药将不得不争占可利用的有限空间。按英国的观点，采用较小的弹药是不可能的，因为杀伤力是干系重大的。

为了部分解决可能遇到的目标之间对弹药互相矛盾的要求，曾经要求研制可供选择的供弹机构。有时，当面临装甲目标时，发现为难的是，备用的弹药却是供防空用的。为解决这些问题，有些国家采用双程供弹方式，通过采用一种装置，可根据需求由一种弹转换为另一种弹。西德莱茵全瞄公司的Mk20RH202式20mm炮就具有这种装置，如图10-3所示。图10-3 莱茵金属公司MK20Rh202的双程供弹机构

§ 10.4 今后趋势

美国人研制一种组合式机关炮，适用于几种口径，名叫“多佛魔鬼”（Dove Devil）。它是专门设计用以对付任何一种潜在目标的人员、飞机和车辆的。它具有双程供弹机构，可以随时转换对付目标所需的弹种，并且第三种弹的供弹具也可迅速投入战斗。

今天，机关炮的整个趋势是专门化，或者是高射速，或者是高精度；便于安装和减小后坐力，高可靠性的外部能源以及生产复合供弹机构，以便对

付相应的目标。

自测验题

1. 机关炮有哪些互相矛盾的要求导致通常在设计上采取折衷的作法？
2. 用机关炮在击毁装甲方面，弹药设计者面临一些什么问题？
3. 今后机关炮弹药的发展趋势是什么，为什么？
4. 目前和今后如何提高机关炮对飞机的命中率？
5. 列举现役机关炮配用的某些弹种。
6. 概述导致英国设计臼登机关炮的基本观点？
7. 现代机关炮的主要作用是什么？
8. 为何机关炮的榴弹会给制造厂带来困难？
9. 多用途弹药所要对付的是什么？
10. 当面临的目标类型不确定时，穿甲爆破双用途弹的替代方案是什么？

自测验题答案

第一章

1. 单兵遇遭；清除防御者，防暴遭遇，单兵武器可提高士气；在步兵突击中进行最后的火力掩护；完成如阻击这样的特殊任务。

2. 所有的步枪交战有 95% 是发生在 400m 或不到 400m 的距离上。

3. 单兵负荷较轻；期望缩短轻武器的有效射程，减轻后勤负担；便于携行（尤其是车辆内），普通士兵改善射击；认识到通过弹药设计可以提高丧失战斗力的效应。

4. 射速、精度、密集度、侵彻力、丧失战斗力效应、有效射程、重量、长度、可携性、可靠性、易于保养、坚固性、操作简单性、易于训练、辅助作用。

5. 主要弹药供弹方式（轻机枪采用弹匣，中型机枪采用弹链），枪架（轻机枪采用两脚架，中型机枪采用三脚架）。还有轻机枪作战距离为 1000m，中型机枪为 2000m。

6. 有害气体的危险；可能引起故障，占用车辆内太多的空间；枪管更换能力差。

7. 士兵的粗猛操作；在热、冷、湿和污秽环境中操作；部队穿戴特殊服装（三防服和冬季手套）时的操作。

8. 主要是通过可取得的毁伤效果来促使弹头的一个参数（口径/质量，速度或稳定性）的最优化。

9. 常规弹头对付机动目标（装甲战斗车辆和飞机）的性能越来越不合适，反步兵作用又已陈旧。

10. 对性能的侧重点不同，历史教训；设计者的诡辩；军事优先度；商业的考虑。

第二章

1. 质量、形状、尺寸和可延性（形成破片的能力）。

2. 使目标无法完成其任务。

3. a. 传递能量的多寡；
- b. 传递能量的速度；
- c. 创伤部位；
- d. 目标的动力；
- e. 弹头是否高速运动。
4. 在目标材料上产生激波，使损伤部位超出弹头轨迹。
5. a. 加大枪口焰；
- b. 初速稍有降低；
- c. 由于重量的减少量比初速的降低量大得多，增加了后坐力。
6. a. 士兵粗猛操作；
- b. 发射枪榴弹和刺刀肉搏战；
- c. 热量散失（热量取决于射速）；
- d. 发射药燃烧产生的压力。
7. a. 增加能影响弹头稳定性的弹头旋转；
- b. 可能影响磨损速度，若影响太大，弹头壳可能变得应力过大。
8. a. 膛线起始部；
- b. 这晃阳线应力最大的部位，而且可能是气体冲刷烧蚀最严重的部位。
9. 发射药由于发热而提早点火。
10. 弹膛壁比有铜壳弹药时能更快地变热而引起发射药自燃。

第三章

1. a 以 $\frac{1}{2}mv^2$ （更加严格地说是 $\frac{1}{2}mv^{3/2}$ ）表达的撞击能量；
- b. 大于 80J 的传递能力，
- e. 弹头的稳定性——若可以加大截面面积，例如通过翻滚，就可传递更多的能量。
2. a. 稳定性——稳定性越大，慢御方越大；
- b. 撞击能量（ $\frac{1}{2}mv^2$ ）；
- c. 被侵彻材料的密度。
3. 对付 2000M 距离上来加防护的人。若人穿戴铜盔或某种形式的防弹衣，该距离可能减少一半以上。
4. a. 由于存速能力较大，射程较远；
- b. 当它在枪膛内时，可以从发射药获得更多的能量；
- c. 受横风影响小。
5. a. 导致增加武器的后坐力，
- b. 侵彻任何材料所需要的动能更多。
6. a. 命中诸如砖房或轻型装甲这些硬材料时弹头可能损坏，
- b. 从稳定性的要求，长径比必须小于 5；若需曳光弹口径不变、则弹头长会加长，与稳定性发生矛盾；
- c. 必需增加转速，以保持稳定性，这可能产生磨损问题。
7. a. 优点是有限空间内操作方便，并减少部分重量，

b. 缺点是火焰大，不能有效地利用发射药（初速降低），因为过热和后坐力可能增加，火力密度，可能受到限制。

8. a. 在整个飞行中，普通弹的重心与质量保持不变，而曳光弹是变的，因此要力求使曳光弹的弹道与普通弹的匹配。

b. 点燃曳光剂；

c. 白昼观察曳光弹，

d. 可以装入枪弹内的曳光剂量，其燃烧速度以及曳光弹的有效射程，

e. 稳定性以及使 l/d 小于 5 的问题。

9. a. 敌方士兵穿戴什么，如何使他迅速地失去作战能力，

b. 在所需战术射程上，弹头需要什么样的撞击能量才能达到上述要求；

c. 需要什么初速来达到该射程上所需的撞击能量，且给出弹头所需的弹道高以及允许的风偏；

d. 产生该初速需要多少装药量；

e. 要使后坐力以及武器重量都能为士兵所接受。

10. a. 射程：作中型机枪用时 2000m，但作轻机枪时可能近到 600m；

b. 火力密度希望中型机枪射速很高，这只有通过更换枪管或水冷才能满足要求；

c. 重量：轻机枪更为重要的是重量要轻。

第四章

1. 即使以中等的战场射速射击，轻武器来自枪弹的热量传入速度，远远超过其向大气散失热的能力。

2. a. 枪弹自燃，

b. 武器变得热不可握，

c. 因为过度磨损和烧蚀使射击变得不准确。

3. 辐射热的损失取决于绝对温度的 4 次方，而热传导与对流的热损失直接取决于温度。随着温度的上升，温度的 4 次方与 1 次方之间的差别愈加明显。

4. 枪管外表面的热散失速度比起枪膛到外表面的传导速度要慢得多。为了将这累积的热量保持在易控制的范围内，有必要放慢枪膛热量流动速度。这可以通过增加枪管壁厚来达到。

5. 除非该温度保持好几分钟，否则枪弹是不可能自燃的。弹膛可能在这种情况下达到轻武器发射药的点火温度范围 180~200。C 左右。铜壳可以很好地提供足够的绝缘。

6. a. 磨损是从枪膛逐渐磨掉一层金属，它是枪弹与枪膛摩擦引起的；

b. 烧蚀是从枪膛去掉其粒子，它是高压高温气体引起的破坏。

7. 当高压气体被迫通过狭窄的缝隙时，出现气体冲刷烧蚀。枪膛表面可能融化。

8. 若采用强制对流，并且若散热片间隔使彼此间的辐射热量减到最小，那么枪管开槽是一种有效的方法。

9. 更换有镀铬枪膛或其它硬衬套的枪管。其它方法可能会使武器过重。

10. 使敌人拾不起头来并且使他们行进遇到危险。它可以通过以至少每分钟 60 发的射速射击敌人的阵地来取得。

第五章

1. 一组射弹围绕 MPI 的平均散：布是全散布半径 (FOM)。英国 7.62mm 普通弹最低可以接受的 FOM，在 500 码上是 8 英寸。
2. 高射速加大枪管磨损，而热量是一个偶尔的因素，武器的口径很小 (5mm 以下)，减少膛线缠度。
3. 枪管金属软化导致枪口下倾，结果使 MPI 位于目标下方。
4. 因为误差角小，将使任何瞄准误差减至最小。
5. 初速保持一致会使弹道一致，因而提高了精度。这通过尽可能保持膛压的一致性来达到。
6. 高初速使弹头较快地飞离枪口，并且弹道平体，较低初速使弹头较慢地飞离枪口，且弹道较弯曲。
7. 武器、眼药和射手。
8. 武器重心的偏离枪膛轴线；射手肩部的支撑点偏离后坐力作用线。
9. 准确的重新安置瞄准具；坚固的支撑；对射手的眼睛而言，最佳的偏置和高度，归零。
10. 在主要战争或国内治安情况下，与单个的人员目标交战，要求弹无虚发的情况下，”给予使用看以信心。

第六章

1. 一类是成为武器性能必要部分的装置；另一类是为武器提供辅助作用的装置。
2. 折回的冲击波伤害射手的听觉器官。
3. 火焰和噪声 (消声器)。
4. 通过将枪口的气体向上偏斜，使枪口向下，从而减小自动武器上跳的趋势。
5. 要携行额外的重量；使武器不能执行其主要任务；可能需要专用枪弹。
6. 给枪榴弹安装昆管和尾翼，并在插座上安装瞄准具。
7. 或者使实弹通过枪榴弹而使伴随的气体推动枪榴弹，或者在枪榴弹中增设捕弹器。
8. 为了破碎训练弹的弹头，这种训练弹可使武器同发射正常枪弹时一样进行正常的动作循环。
9. 一种是圆锥形的；另一种是若干伸出枪口的金属条形的。
10. 刺刀已与战争类型不那么协调，小而轻型的武器不适合安装固定式刺刀。

第七章

1. 可携性和迅速重新装填是否比持久射击更为重要。
2. 同意者认为：降低轮廓与离开了瞄准线，反对者则认为：它难以更换弹匣；弹簧必须克服重力；长弹匣碰撞地面而限制将枪下压。
3. 弹匣、弹鼓 (弹盘) 和管状弹仓。
4. 散弹链和不散弹链。
5. 指明此时需更换弹匣；加快更换弹匣；避免自燃的危险；武器更快地

冷却。

6. 用活动机件能量驱动；用弹簧能量驱动；用外部能源驱动。
7. 固定式；回转式，推任式。
8. 阻铁槽是击发机构中的一个凹槽。阻铁是发射机构的一个零件。当阻铁与阻铁槽啮合时将击发机构固定在待击状态。两喜一解脱，射击过程开始。
9. 重新装填更加迅速与容易；散热更快；避免自燃，精度不是那么重要。
10. 抽壳和抛壳。

第八章

1. a. 弹底闭锁间隙是枪机镜面和枪弹特定点之间的距离。凸缘式枪弹与无凸缘枪弹两者的这个特定点是不同的。

B. 弹底闭锁间隙过大，或者在保险机可能妨碍击锤解脱时可能使枪无法发射；或者弹壳底部得不到支撑，这可能导致颈部或靠近弹底的侧部断裂。

2. 枪机后坐式武器的枪机既不与机匣，又不与枪管扣台在一起。但要注意的是，混合式武器系统的枪机后坐式是有闭锁枪机的。

3. 为了润滑弹膛开槽，使得易于进行初始抽壳。

4. 它们具有相对比较重的枪机，在扣压扳机时，枪机从开闩位置向前复进；闭锁时间长！武器重心变化，以致瞄准点可能被破坏。

5. 与短后坐式武器不同，长后坐式武器只有当枪管开始向前复进后，动作循环才可以进行。

6. 较小口径的武器（7.62mm 和 7.62mm 以下）能量不足，因为弹壳中无足量的发射药（不到 1% 的发射药能量被转换成后坐）。

7. A. 烧蚀；

B. 碳污秽，

C. 开锁速度。

8. 枪降低了射速，抛壳可能不太容易。

9. 营退式——其它方式将会使更多的发射药气体排入乘员室。

10. 来自后坐力的能量仅能开锁，并且能量不足以进行动作循环。供后者的能量来自枪机后坐式的原理小

第九章

1. A. 击发前；在枪弹安全地定位在弹膛以前，要防止底人被击发，此外，扳机若因不注意被扣动，将不会发射枪弹。

6. 击发后：当气体压力高时，不得除去对弹壳的支撑。

2. a. 挡住击针或直动式击针；

b. 使击针或直动式击针的轴线不与底火对准，

C. 不要让击锤碰到击比。

3. a. 减少高压气体量（使用低威力弹药）；

b. 限止高压气体的作用时间（缩短枪管长度）；

c. 延迟弹壳的向后运动，直到压力较低。

4. 当要发射武器时，迫使射手必须紧握武器，从而将偶尔走火的危险减小到最小。

5. 如果使用保险卡笋，击发机构不能动作。

第十章

1. 对付飞机的高射速以及对付车辆的精度。

2. 装甲防护性能日益提高；击穿两侧装甲而削弱弹药的战斗效能；穿甲后效要高。

3. 发展无壳弹药，因为安装机关炮的武器系统的贮有空间有限，并降低弹药成本。

4. 高射速；多联装，多卑头，相关的探测与定向系统。

5. 榴弹、穿甲弹、穿甲爆破双用途弹、特种效应穿甲弹、复合作用次口径穿甲弹、训练弹。

6. 首先是大威力（若无威力，为何要射击？），因此要大口径。为了毁伤目标，必须命中，因此单发命中精度要高，而不是靠连发射击的散布。

7. 摧毁点目标，大多数是车（舰、机）载型（陆、海、空）。

8. 尺寸限制了榴弹的炸药装药量、药筒壁厚以及引信的有效空间。

9. 能对付随时可能出现的任何种类的目标，要求用榴弹和/或穿甲弹。

10. 多种供弹方式，以便迅速地选择合适的弹种。

