

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书(44)

坦克



坦克

坦克的作用

坦克是根据战场的需要和科学技术水平的可能逐步发展起来的。在战场上，由于大量使用机关枪并以坚固的防御工事为阵地，对于防御一方非常有利，而对进攻一方即使付出生命代价也难以攻破防线，所以进攻者需求进攻有效的新型武器。同时，由于内燃机、履带式行动装置、武器和装甲技术的发展，特别是汽车工业的迅速发展，为这种进攻有效的武器——坦克的制造提供了必要的物质技术条件，所以在 1914~1915 年间由英国率先制成了坦克。

1916 年 9 月 15 日，英国和德国的军队在索姆河上交战，英军第一次使用了 49 辆被称为“陆地巡洋舰”的 MK1 型坦克。坦克上共装有两门口径为 75 毫米的火炮和几挺机枪，采用过顶的长金属履带，刚性悬挂，最大速度为 6 公里/小时，没有对外通信联络设备，对外联络是靠乘员携带的信鸽完成的。参加作战的坦克实际上只有 32 辆到达出发阵地，其中 5 辆在冲击时陷入沼泽中，9 辆的机构损坏，最后只剩下 18 辆。虽然，坦克的数量少，技术也不完善，又受索姆河畔沼泽地战场的限制，但是这种首次出现在战场上的庞然大物，却使德军惊惶一时。

要说坦克参战的首次成功，还是 1917 年 11 月 20 日的康布雷战役。当时，在没有炮火准备的情况下，在 15 公里的正面战场上投入大量坦克，结果一举占领了 10 公里的纵深，于是坦克的作用和价值在世界上首次得到公认。

在每次大战以后和第二次世界大战期间，相继出现了多种型号的坦克，其中有超轻型的、轻型的、中型的、重型和超重型的。最轻的如英国的卡登——洛伊德系列机枪坦克，仅重 1~2 吨；最重的如德国的鼠式超重型坦克，重达 180 吨。坦克的形式也多种多样，有多炮塔的，有单炮塔的，也有无炮塔的；有履带式的，也有履带—轮胎式的。

第二次世界大战证明，坦克在陆战中具有重要的快速突击作用。例如，1943 年 7~8 月库尔斯克会战的第一阶段，德军在主要方向上用 2700 辆坦克发动进攻，苏军以 3200 余辆坦克和自行火炮进行防御，交战的结果是德军失败，损失坦克 2000 辆，而苏军损失 1500 辆。在会战的第二阶段苏军投入 600 辆坦克，用坦克支持步兵发起进攻，德军则以 2500 辆坦克进行防御，结果是苏军迅速突破德军主要防御地带并歼灭大量德军而取胜。这次会战说明，坦克不仅是一种威力强大的进攻性武器，而且是一种非常有效的防御武器。再如，苏军在白俄罗斯战役中，以坦克兵团组成快速集群，在追击中实施了大纵深合围；在柏林战役中，苏军用 6250 辆坦克和自行火炮组成快速集群，协同步兵突破德军防御、对柏林实施包围行动，最后完成对德军的合围，并对柏林实行了攻坚战。此外，苏军在莫斯科会战、斯大林格勒会战、德涅伯河会战、维斯瓦河——奥德河战役和远东战役等，也都动用了大量的坦克。可以说，前苏联卫国战争的胜利，在很大程度上取决于装甲坦克兵和机械化兵的行动。

正是由于坦克在战争中具有重要的地位和作用，所以前苏联及美国等国家都重视研制和装备坦克。我国有坦克是 1927 年的事。当时，军阀张作霖为了打内战从法国引进了雷诺式轻型坦克。1929 年国民党军队从英国引进“卡登——劳得”超轻型坦克，后来又从德国、意大利和美国引进坦克。新中国成立后，我国才开始研制和生产坦克。

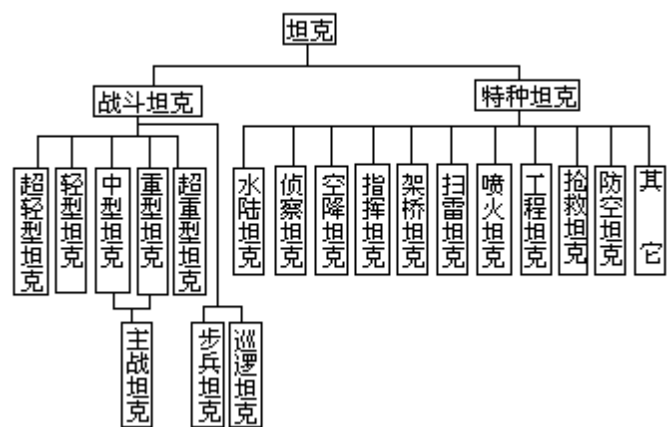
坦克的类型

“坦克”是由英文“Tank”音译而来。“Tank”是“水柜”或“大容器”的意思。首次出现在战场上的“陆地巡洋舰”MK1 型坦克，很像“水柜”，因而英国人当时为了保密起见以此命名，后来，就一直沿用这个名称。

坦克有两大类：一类是直接担任各种作战任务的各型战斗坦克；另一类是具有各种特殊用途的特种坦克。坦克的分类详见后表。特种坦克大多数是利用战斗坦克的底盘改装的，可以说是坦克的变型车辆。

从表中可以看出，战斗坦克或是按重量或是按用途分类的。美国、前苏联、法国、日本和我国都是按战斗坦克重量分类的，但标准不同。例如，前苏联的超轻型坦克为 5 吨以下，轻型坦克为 5~20 吨，中型坦克为 20~35 吨，重型坦克为 35~70 吨，超重型坦克在 70 吨以上。德国和英国则按用途分类：德国把坦克和自行火炮混在一起，分成战斗坦克、歼击坦克和突击坦克三种；英国则将坦克分为步兵坦克和巡逻坦克。步兵坦克是一种装甲防护较强，但速度较慢的直接支援步兵作战的坦克；巡逻坦克主要用来执行机动作战任务，其装甲防护不如步兵坦克。

坦克的分类表



目前，一些国家致力于发展主战坦克，使战斗坦克的类型简化。所谓主战坦克就是承担主要战斗任务的坦克。它既有中型坦克的高机动性，又有重型坦克的强大火力和有效的防护，在战斗中既可执行原来中型坦克的作战任务，又可执行重型坦克的火力支援任务。最早的主战坦克就是英国的“逊邱伦”坦克。60 年代以后，一些国家先后开始发展主战坦克。

坦克的构成

坦克种类繁多，所采用的系统、设备、装置和机构也不尽相同，但是任何坦克都是由几个必不可少的基本部分组成的。这些基本组成部分包括车体和炮塔、武器弹药、火控系统、动力装置、传动装置、操纵装置、行动装置、电气设备和通信设备以及辅助装置等。

车体和炮塔是坦克的主要组成部分。它是由装甲材料构成的坚固壳体。坦克乘员和一些机构、装置布置在这个壳体内，因而可以得到保护。坦克的

壳体内一般分为三个舱室：驾驶室、战斗室和动力传动室。驾驶室一般位于车体前部，室内配置有各种操纵部件和检测仪表。战斗室是由车体中部和炮塔的内部空间组成的，供驾驶员以外的乘员进行活动，并在此配置坦克武器、火控装置和电气、通信设备等。动力传动室一般位于车体后部，也有少数位于车体的前部，室内装有发动机及其辅助系统、传动装置等。

武器弹药和火控装置都位于战斗室内。坦克的主要武器是坦克炮。坦克的辅助武器一般采用 7.62 或 12.7 毫米机枪，也有装 20 毫米机关炮的。坦克的火控装置包括各种昼夜观瞄器材、测距仪器、带有各种修正量传感器的火控计算机、火炮稳定器、火炮操纵系统等。坦克采用火控装置的目的在于控制武器的射击距离和射击方向，以保证准确地捕捉目标。

动力装置是坦克运动的动力源。它主要是由发动机及其辅助系统组成的。早期的坦克采用汽油发动机，现代坦克大多采用柴油发动机，个别的已采用燃气轮机。

传动装置用来把发动机的动力分别传给坦克两侧的主动轮，并改变坦克速度、牵引力和行驶方向。它主要是由变速机构和转向机构等组成的。变速机构用来改变传动比，以使坦克具有不同的速度。变速机构类型较多，传统坦克一般采用机械式固定轴齿轮变速箱或行星变速箱，现代坦克多采用液力机械传动，未来的坦克有可能采用液压和液压机械传动。转向机构用来改变坦克两侧履带的速度，使两侧履带的速度不同或运动方向相反，以实现坦克的转向。转向机构的类型也很多，传统坦克用转向离合器、行星转向机或差速器式转向机构，现代坦克开始采用液压转向机构，如前西德的豹 坦克等。

操纵装置是用于驾驶坦克、开闭门窗的机构。一般由驾驶员控制和操纵，以使坦克处于所要求的状态。驾驶员要操纵比较多的装置，如发动引、变速机构、转向机构、制动系统、百叶窗、前机枪等。操纵装置有机械式、液压式和电液式三种，现代坦克多采用电液式自动操纵装置。

行动装置用来驱使坦克运动。它包括履带推进装置和悬挂装置。履带推进装置一般是由履带、主动轮、负重轮、诱导轮、托带轮、履带调整器组成的。履带推进装置有两种类型：一种是克莱斯蒂系统，即采用大负重轮，没有托带轮；另一种是维克斯系统，即采用小负重轮和托带轮。至于悬挂装置，传统坦克多采用扭杆悬挂或螺旋弹簧悬挂，现代坦克有的已采用液气悬挂或可调式液气悬挂。

坦克的电气设备是指除通信设备外，坦克上所有利用电能工作的设备，主要包括电源、耗电装置和辅助电器。坦克电源一般是由发动机驱动的直流发电机或交流整流发电机和蓄电池组成的。当发动机不工作时，耗电装置由蓄电池供电；当发动机工作时，则由发电机供电。在一般情况下，发电机既向耗电装置供电，又为蓄电池充电，只有当耗电功率超过发电额定功率时，蓄电池和发电机才会同时供电。有的坦克还有辅助电源——柴油或汽油发电机组。当主发动机不工作时，可用辅助发动机驱动的辅助电机供电。坦克蓄电池一般为四块铅酸蓄电池。坦克的耗电装置很多，诸如火控装置、电动机、照明设备和仪表等。坦克的辅助电器包括各种配电装置、保护装置、开关和按钮等。

坦克的通信设备供坦克对外及乘员之间联络用。对外的联络是借助无线电台，乘员之间的内部联络是靠车内通话器。

此外，坦克还配有三防（防核武器、防生物武器、防化学武器）、灭火、

潜渡及其他装置。

坦克具备上述基本组成部分后，就具有了火力、机动性和防护三大性能。

坦克的基本性能

坦克具有火力、机动性和防护三大基本性能。这三大性能是评价坦克战斗性能好坏的主要依据。

1. 火力

坦克的火力是指坦克全部武器的威力。这种威力表现为摧毁战场上各种硬目标特别是装甲目标和杀伤软目标——敌兵的能力。坦克的火力是用在最短的时间内，以最少的弹药消耗，摧毁或压制各种目标的可能性来衡量的。坦克的火力不但取决于坦克装配武器，弹药的种类、数量和质量，而且取决于火控装置的效能。现代主战坦克的主要武器一般是 105 ~ 125 毫米口径的线膛炮或滑膛炮，配用空甲弹、破甲弹、榴弹和碎甲弹等弹种，弹药基数为 40 ~ 60 发。现代主战坦克一般都可进行间射击，从发现目标到射击的反应时间大约为 3 ~ 4 秒。

2. 机动性

坦克的机动性是指坦克在各种条件下行驶的可能性和难易程度。坦克的机动性主要取决于自身的战斗全重、发动机功率以及传动、行动、操纵等装置的性能。机动性的性能指标主要有吨功率、最大速度、越野速度、最大行程、加速性、平均单位压力、转向性、超越各种障碍的能力等吨功率等于发动机额定功率与战斗全重之比。现代坦克的吨功率 15 ~ 29.3 马力/吨，最大速度已达 60 ~ 70 公里/小时，越野速度可达 55 公里/小时，最大行程一般为 300 ~ 600 公里。坦克的加速性是指坦克由静止状态达到最大速度的能力，以坦克由静止状态加速到 32 公里/小时所需时间来表述，现在，一般为 6 ~ 7 秒钟，所用时间越短，加速性越好。坦克的平均单位压力等于坦克战斗全重与两条履带着地面积之和的比。现代主战坦克的平均单位压力已达 0.80 ~ 0.95 公斤/厘米²。

3. 防护

坦克的防护性能是指保护坦克车内人员、武器弹药、机件、设备、器材等免受杀伤破坏的能力。坦克的防护包括直接防护和间接防护。直接防护是靠坦克的装甲壳体等进行防护，旨在使坦克被击中后不致被击毁，尽可能减小损害或不丧失战斗力。采用良好的装甲材料或复合装甲以及隔仓结构等都属于直接防护。间接防护首先在于使坦克不被敌人发现；一旦被发现，尽可能不被击中；万一被击中，尽可能减小破坏。减小坦克外形尺寸，实行伪装、隐蔽、规避，采用对抗装置等都属于间接防护。此外，现代主战坦克一般还配有三防设备。

火力、机动和防护是相互关联、相互制约的。例如，要加强火力，或是加大火炮的口径或是增加弹药基数，这势必增加坦克重量，从而降低坦克的机动性；为增强防护，可采用厚装甲，但这会使坦克增重从而降低坦克的机动性；要提高机动性，或是采用大功率发动机或是坦克小而轻，但这就要严格限制坦克的重量，从而限制了火炮口径和装甲的厚度。因此，在设计和评定坦克时，要对火力、机动性和防护的各种指标进行综合分析。上述三大性能都是坦克的主要性能，究竟哪个重要，不同的国家有不同的见解，侧重不

同，排列顺序也不同。绝大多数国家把火力放在第一位，其次是机动性或是防护，或者机动性和防护并列。只有少数国家的个别坦克将防护放在第一位，如以色列的“梅卡瓦”主战坦克。

现代坦克炮

坦克炮是现代坦克的主要武器。坦克主要在近距离作战，坦克炮在1500~2500米距离上的射效高，使用可靠，用来歼灭和压制敌人的坦克装甲车，消灭敌人的有生力量和摧毁敌人的火器与防御工事。

坦克炮是由小口径地面炮演变而来的。现代坦克炮是一种高初速长身管的加农炮。它的主要诸元有口径、穿甲弹的初速、全装药杀伤爆破榴弹和减装药杀伤爆破榴弹的初速、破甲弹的初速、发射速度、高低射界、方向射界、炮弹重量和弹药基数等。

坦克炮一般是由炮身、炮门、摇架、反后坐装置、高低机、方向机、发射装置、防危板和平衡机组成的。炮身在火药气体的作用下，赋予弹丸初速和方向。炮口或靠近炮口部位（加粗部分）的抽气装置是坦克炮所特有的。当弹丸飞离炮口时，膛内压力迅速下降，抽气装置利用火药气体本身的引射作用把自身原有的火药气体从喷嘴排出，使喷嘴后的膛内形成低压区，从而可将炮膛内残存的火药气体排到膛外，以免废气进入战斗室，影响乘员战斗力。

坦克炮的身管管壁受太阳辐射、雨淋、风吹会产生温度梯度，致使身管弯曲，弹着点偏移。根据试验，某坦克105毫米火炮受阳光暴晒，身管的上下温度差达3.6℃时，炮口偏移2密位。为此，现代主战坦克炮一般都装有隔热套。有的隔热套是用两层玻璃纤维增强塑料，中间填以泡沫塑料制成的。有的隔热套是用绝缘材料或导热金属铝制成的单层同心套，以身管和同心套间的空气作为隔热层。也有的用金属与绝缘材料相间排列套在身管外面。其中，以后者为好。隔热套能使火炮发射时产生的热量在身管四周均匀分布，减少身管变形，从而提高火炮的命中率。

火炮身管借助螺纹联结器与炮尾相连，以便于拆卸。炮门用来闭锁炮膛、击发炮弹、抽出药筒，开门和关门可自动进行。摇架用其两个耳轴把火炮装在火炮支架上。炮尾上装有由驻退机和复进机组成的反后坐装置，用以消耗火炮后坐动能，使后坐部分回到原位，并在任何仰角上都能使火炮处于最前方位置，保证火炮正常工作。发射装置用来使击发装置击发。防危板用于击发时保护乘员安全。位于火炮右侧的平衡机用来平衡火炮摇动部份的重量，使火炮操纵轻便，仰俯平衡。

现代坦克炮的威力是很大的，它能远距离穿甲。前苏联T-72坦克125毫米火炮发射初速1650米/秒的长式动能弹时，在2000米距离上可击穿140毫米/60°的靶板，也就是穿透将近一尺厚的钢板。前西德豹1坦克120毫米火炮发射初速度为1650米/秒的长杆式动能弹时，在2200米距离上可击穿厚度为350毫米的垂直装甲，即可击穿现今各种坦克。为什么坦克炮会有如此强大的威力呢？

坦克炮的口径大。由于坦克的装甲车体坚固，稳定性好，所以可装载大口径的火炮。在相同条件下，火炮的口径大，炮弹粗，药筒装的发射药多，初速大，因而威力就大，也就是说火力强。那么，是不是口径越大越好呢？

不是的。因为火炮口径太大，则在其他条件相同情况下，整个火炮、炮塔座圈、炮塔都要加大，因而会使坦克加宽加重，不便于机动和铁路运输。并且，大口径的炮弹很重很长，不容易实现自动装填，人工装弹又特别费劲，坦克运动中装弹几乎成为不可能，炮弹发射后空金属药筒不易处理，因而直接影响发射速度。此外，口径大往往会导致弹药基数的减少。所以，现代坦克炮的口径一般为 85~125 毫米。主战坦克的火炮口径为 120~125 毫米，已被认为达到了极限。美国高机动、灵活性试验车上采用了 75 毫米的自动机关炮，这是减小口径的趋向。采用电渣精炼钢、利用自紧工艺提高身管强度，以加大膛压。初速可达 2000 米/秒以上，口径可能减小，但穿甲效能不降低，射速可通过装填自动化提高。另外，电磁炮在美国正处于实验室阶段，一旦可行，初速可提高到 6000 米/秒。

坦克炮的身管长。现代坦克炮的炮身长为一般口径的 50 倍以上。大于 40 倍口径的长身管火炮，叫加农炮。长身管炮与短身管炮相比，射出的弹丸初速大，动能大，射角小，不超过 45°，弹道低伸，即弹丸在空中飞行时的轨迹比较平直，便于直接瞄准，射击精度高，能远距离穿甲，适于平射打坦克装甲车等活动目标和突出地面的单个垂直目标。

火炮身管的内腔一般叫膛线。身管内壁有膛线（或称来复线）的火炮叫线膛炮；身管内壁没有膛线的火炮叫滑膛炮。现代主战坦克大多采用滑膛炮。如前苏联 T-72 坦克、前西德豹 1 坦克和美国后期的 M-1 坦克等。大多采用滑膛炮的主要原因有四点：一是滑膛炮采用长径比较大的动能弹，因而穿甲能力强。二是管壁较厚，且无膛线，不存在膛线烧蚀问题，膛内阻力小，使用寿命较长。特别是它的发射药装得多，膛内压力大，因而发射初速能大大超过 1800 米/秒，可以提高尾翼稳定脱壳穿甲弹的穿甲能力。滑膛炮发射破甲弹时，由于弹丸不靠膛线稳定，因而无离心力对聚能射流的有害影响，破甲能力可以提高。三是炮弹无滑动弹带，减轻了弹重。四是适于发射多种弹，如小型导弹、火箭增程弹等。但是滑膛炮只能发射尾翼稳定弹，而且射击距离远时，由于弹丸尾翼受外界因素的影响，射击精度较低。

坦克炮一般安装在可以旋转的炮塔内。炮塔的旋转是通过操纵台或人手借助动力传动装置或电动液压传动装置来实现的，可使坦克炮有 360° 的方向射界，即可进行圆周射击和迅速射击，因而火力机动性好。坦克在原地、短时间和行进间，坦克炮都可以射击。坦克炮的威力与坦克的快速运动相结合，可使坦克具有“铁甲骑兵”之称。

现代坦克配备的弹种

现代主战坦克一般配备有尾翼稳定脱壳穿甲弹、破甲弹和碎甲弹；对付野战工事，杀伤有生力量，通常配备有榴弹；为对付接近坦克的敌人兵员，有的坦克还配备了榴霰弹或群子弹；有的坦克还配备照明弹、烟幕弹和燃烧弹等。弹药基数为 34~63 发。所谓弹药基数就是每辆坦克按规定标准一次所携带的各种弹药的总数。

坦克炮弹可以按装填方式分为定装式和分装式炮弹。弹丸和药筒结合成一体式的定装式炮弹一次装填入膛，中、小口径火炮采用这种弹可以提高发射速度。前苏联 T-54A 中型坦克就是用这种定装式炮弹。

大口径炮的弹较重，为了便于装填手向炮膛内装填，采用弹丸和药筒分

开装填。这种分装式炮弹可以减轻装填手的劳动强度，在一定坦克的空间内可容纳较多的炮弹。

炮弹是由弹丸（包括弹体、弹带、引信、炸药）和药筒（包括药筒、底火、发射药、辅助品）两部分组成的。装在弹丸上的引信用来控制弹丸在弹道某一点上适时地起爆。破甲弹要求引信瞬发度高，大着角发火性能好，因而用压电引信。杀伤爆破榴弹配用非触发引信，以增大杀伤效果。药筒用来容纳装药、旋结底火和连接弹丸，防止装药受潮或损伤，在发射时则用以密封火药气体。药筒有金属的，如铜或钢外面涂铜的；有半可燃药筒，如用优质硝化棉、惰性纤维和粘合剂压制而成的半可燃药筒。半可燃药筒可作为部分发射药燃烧掉。这种药筒较轻，便于装填，发射后的残余一氧化碳少，可减轻对乘员的伤害，而且不存在药筒的处理问题。但是，由于轻，惯性小，表面光洁度差，因而在药室内摩擦阻力大，容易发生装填不到位的现象，防明火的性能差。尽管如此，由于半可燃药筒有明显优点，所以前苏联 T - 72 坦克的三种弹都采用了这种药筒。

1. 尾翼稳定脱壳穿甲弹

尾翼稳定脱壳穿甲弹是以弹丸的巨大动能和坚硬的弹头来击穿坦克装甲的，它是坦克最主要最有效的弹种。滑膛炮发射的尾翼稳定脱壳穿甲弹，又名长杆式穿甲弹。它是由长杆式弹心、弹托、被帽、风帽、尾翼和曳光管组成的。这种弹弹心的长径比可达 $13 \sim 18$ ，弹的形状像钢针一样，弹丸又坚硬，在碰击倾角大的装甲时不易跳弹。这种弹都是用机械性能好的高密度合金钢或钨、贫铀合金制成的，这些材料都比坦克装甲材料的强度和硬度高。试验证明，贫铀穿甲弹比非铀穿甲弹的有效射程高 50%，穿透装甲后形成的破片多，燃烧效力强，后效较好。弹丸命中坦克时能量通常可达 300 吨/厘米^2 ，相当于普通穿甲弹的四倍。所以，可穿透 1000 ~ 3000 米距离上厚度为 100 ~ 150 毫米、着角（钢板平面的垂线与弹丸轴线的夹角）为 $60 \sim 65^\circ$ 的装甲，也可以击穿防弹能力很强的复合装甲。而且这种弹的命中精度高，在 1000 米距离射击时精度可达 0.2 米左右。

从发展上看，采用随行装药结构和高能增速燃烧火药、液体发射药等都可进一步提高穿甲弹的初速，90 年代可达到 2000 米/秒左右。采用火箭增速甚至可将弹丸加速到 4500 米/秒。尾翼稳定脱壳穿甲弹发展的一种趋向是高初速、高密度和大长径比，另一种趋向是小弹重、小弹径和高初速、高速、高射角。

2. 破甲弹

破甲弹是一种靠金属射流破甲的反坦克弹。它是根据“聚能效应”的原理制成的，所以又名聚能破甲弹或空心装药破甲弹。所谓聚能效应是指破甲弹的锥形装药能把分散的能量集中到一块的现象。破甲弹是由弹体、带空心凹陷的炸药、金属药形罩和起爆装置组成的。弹丸头部装有瞬发的压电引信，即使被撞击的装甲有 70° 的倾角，也能可靠地发火和破甲。一般地说，破甲深度可达破甲弹直径的 4 ~ 6 倍，如一发直径为 8.5 毫米的破甲弹，其破甲深度约 400 毫米。穿过装甲后的金属射流温度近千度，速度达每秒几千米，因而它的杀伤和破坏作用是很大的。

由于复合装甲的采用，破甲弹的利用率已经下降，T - 72 坦克弹药基数为 39 发，只配备 5 发破甲弹。破甲弹将以其精确制导能力，用来攻击隐蔽在掩体里仅仅暴露在火线以上部分的目标。今后，随着大锥角药型罩结构和大

小锥角相结合的双锥结构药型罩的研制成功，高性能炸药的使用和安装，使用提高集中爆炸能量的形板等，弹丸的穿甲威力将会提高。同时，研制多用途破甲弹和复合破甲弹，破甲效力也会有大幅度提高。

3. 碎甲弹

碎甲弹是靠炸药产生的冲击破碎装甲的，因而取名为碎甲弹。碎甲弹弹丸弹壁薄，头部较短，碰击目标时，弹头部容易变形或破碎，炸药易于紧贴装甲，不碎裂，不飞散，能充分发挥炸药作用。一发装 4 公斤药的 122 毫米的碎甲弹，在 100 毫米厚的装甲上起爆后，能在装甲背面崩下一块厚 10~30 毫米、重 4~6 公斤的碟形碎甲和几十块小碎片。碎甲弹一般能对 1.3~1.5 倍口径厚的装甲起破碎作用。它的结构简单，不易跳弹，威力较大；还能炸坏坦克履带、诱导轮和负重轮等，使坦克失去机动能力；对于具有较好防弹能力的炮塔更为有效，并能产生较强的二次效应；对于混凝土炮兵掩体和配用反坦克导弹的小分队人员有较大杀伤力；由于其破片速度高达 1500~2000 米/秒，杀伤效力较强，因而可兼作榴弹使用，所以配备这种弹的坦克一般不再配备榴弹。但是，碎甲弹的直射距离较近，通常为 800 米左右；命中精度稍差；对复合装甲的效果较差；弹体变形时，如果炸药不能很好地大面积贴近装甲或不是正在贴近瞬间爆炸，就不能很好形成应力波，碎甲效果就差些。

4. 榴弹和制导炮弹

榴弹是利用弹丸爆炸后产生的碎片和冲击波来进行杀伤或爆破的弹种。坦克上通常装备的是杀伤爆破榴弹。它既有爆破作用，又有杀伤作用，用来摧毁野战阵地工事，杀伤敌方兵员和对付薄装甲目标。由于坦克滑膛炮不能发射靠旋转稳定的榴弹，所以配用长鼻式尾翼稳定破甲、杀伤两用弹。

在未来的主战坦克上可能采用制导炮弹。所谓制导炮弹，就是在弹头装有末端制导系统，用普通火炮发射后，能自动捕获目标并准确命中目标的一种炮弹。它常被人们称为长“眼睛”的炮弹。

坦克的火控系统

坦克火控系统包括潜望镜、瞄准镜、激光测距仪、坦克夜视仪、高低机和方向机、火炮稳定器和带有多传感器的火控计算机。下面我们将逐一介绍。

1. 潜望镜

供观察用的潜望镜，分为无放大倍率和放大倍率的两种。无放大倍率的潜望镜，是根据光学中平面镜成像的原理，由镜体加上下反射镜等组成的。根据需要改变上下反射镜相对位置可制成不同潜望高度的潜望镜，有的还可制成旋转和俯仰式的，以便迴转周视，增大观察范围。坦克上有车长观察潜望镜，炮长、二炮手用于搜索、观察的炮手潜望镜，驾驶员潜望镜，以及水陆坦克高潜望镜。

有放大倍率的潜望镜可以增大视见距离。它是由上、下反射镜和物镜组，分划镜（有的没有），目镜组和镜体等组成的。有昼视、昼夜互换、昼夜组合、测光测距与昼夜视组合，稳像式的观瞄测距组合系统等类型。

指挥潜望镜安装在炮塔的指挥塔前方位上，可随指挥塔转动和相对指挥塔俯仰。指挥潜望镜是潜望镜和望远镜的结合，它既能观察较近目标，又能对较远的目标进行放大。它是车长用来观察战场，搜索和指示目标，判定

火炮至目标的距离和测量射弹偏差用的望远观察仪器。

2. 瞄准镜

坦克炮瞄准镜是供炮长操纵火炮和并列机枪时，用以发现目标，直接瞄准目标，测量距离，修正射弹偏差，观察战场，观察弹着点的一种光学仪器。坦克炮瞄准镜大多是光学铰链式直筒望远瞄准镜。它由物镜组、分划镜、光学铰链、变倍系统、目镜组和镜体等组成。它装在火炮左侧，镜头部分固定在火炮摇架左侧的瞄准镜支架上，接眼的目镜部分固定在炮长座位前面的活动吊架上，以便于炮长瞄准用。火炮俯仰时，通过镜筒中部的活动铰链使镜头的物镜一端随之俯仰，并通过炮塔前部椭圆形开口瞄准目标。目镜处有护眼圈和护额垫，以保证坦克颠簸时不致碰伤乘员。这种瞄准镜通常能将目标放大 7~10 倍（辨认远处目标和提高瞄准精度时用）和 3.5~5 倍（视场角较大，一般用作观察战场，搜索目标）两档，可以根据不同的需要，变换放大倍率。这种瞄准镜利用测距分划，只能对事先已知尺寸为 2.7 米高的目标（如敌坦克）进行测距，精度低，1000 米的距离误差竟达 80~100 米。在装有较先进的火控系统的坦克上，这种瞄准镜仅作为辅助瞄准装置使用，即在先进的火控系统出现故障时才使用。

近年来出现的指挥仪式火控系统中，炮长采用了独立稳定式瞄准镜，或称稳像式激光测距瞄准镜，如豹 1 坦克上的 EMSE - 15 型炮手用综合式瞄准镜。该瞄准镜内有一具备有两个放大倍率（如 8 倍、16 倍）的单目光学潜望式瞄准镜、钕玻璃激光测距仪，以及稳定瞄准线的设备。稳定的主瞄准线在方向上有一定的活动范围，高低方向上则取决于火炮瞄准角的修正角度。其瞄准线的稳定多是在平行光路中通过稳定反射镜来实现的。光线从入射窗进来后，经反射镜反射，通过透镜、直角棱镜在分划镜上成像，观察者则通过目镜和棱镜组进行观察。这种指挥仪式火控系统的一般工作过程如下：炮长通过控制装置使瞄准线对准目标，此时火炮自动随动于瞄准线。对准目标后进行测距和跟踪，随后，火控计算机根据输入的距离、目标速度、倾斜角与各弹道修正参数，计算出提前角。该提前角信息仅输送给炮塔和火炮驱动系统，驱动火炮到达允许的射击提前位置。一旦火炮进入计算机所规定的允许射击位置，就自动进行射击。为了判断火炮是否进入允许射击位置，一般在系统中设有一个具有逻辑判断功能的重合电路或称射击门电路。由于这种瞄准镜有独立的瞄准线稳定装置，炮长直接控制的是瞄准线而不是火炮，需要稳定的往往只是一个棱镜或镜座，质量很小，所以瞄准线的稳定精度很高，可达 0.2 密位，远远超过了火炮的稳定精度，使射击精度大为提高，可以实现行进间对运动目标的射击。必须指出，瞄准线独立于火炮，动态精度虽然提高，但静态精度却有所降低。

激光测距仪与昼夜间瞄准镜合成一体以及瞄准线的稳定，可使炮长不论在白天还是夜间，不论在原地还是在行进中都能判定目标距离并对目标进行准确的射击。美国的 XM - 803 坦克装上这种瞄准镜以 32 公里/小时的速度越野时，瞄准线误差值在水平和高低两个方向上不大于 0.5 密位。坦克炮有了这种瞄准镜和其他先进的火控部件组成的火控系统，不管坦克如何颠簸，都能保证有较高的首发命中率。

3. 激光测距仪

激光测距仪是用激光来测定坦克至目标距离的一种仪器。利用激光测距比用目测判断距离或用光学测距的精度都高，而且精度不受距离远近的影

响；激光测距仪体积小，重量轻，操作和使用方便，易于掌握；抗干扰性强。但是，它在大雾弥漫能见度差激光衰减严重的情况下，无法测距。

激光测距仪的测距原理是怎样的呢？大家知道，距离 = 速度 × 时间。激光测距仪就是根据这个基本道理设计的。测距时，激光测距仪向目标发时一个激光脉冲，由于目标的漫反射，部分能量被反射回激光测距仪。激光测距仪测量出从发射激光脉冲到接收到回波激光脉冲所经过的时间 t ，则激光测距仪到目标的距离 S 就可以求出。因为光速 C 约为 30 万公里/秒，在激光测距仪测量出的时间 t 内，激光经过一个来回路程，所以 $1/2Ct$ 就是激光测距仪到被测目标的距离 S 。但是，由于光速极快，其运行几百米、几千米的时间，是用钟表无法精确测出的。采用时标振荡器（石英晶体振荡器）可以计时。这种振荡器振荡频率极高，比如每秒钟能产生 3000 万个晶振脉冲，每个脉冲的持续时间就是 3000 万分之一秒。测距时，在发射激光脉冲的同时，计数器开始记录晶振脉冲的个数，一直记到接收到回波激光为止。如果共记录 n 个脉冲，那么， $n \times 3 \times 10^{-7}$ 秒就是激光脉冲在激光测距仪和目标间往返一次的时间。显然，用这种方法可以精确地测量出时间 t ，从而算出目标的精确距离。

激光测距仪种类繁多，性能各异。但其结构都包括电源、激光器、激光发射光学系统（发射望远镜）、激光接收光学系统（接收望远镜）、电控系统（光电元件、放大整形、门控电路、时标振荡器、计数器等）、距离显示器等几部分。激光测距仪的工作过程如下：接通电源，激光测距仪及其时标振荡器开始工作。这时由于门关闭，时标振荡器的脉冲信号不能进入计数器。当测距仪对准目标且炮长按下触发按钮时，激光器就发出一个很强很窄的激光脉冲。激光器发出的激光要分成两路：一路激光束经过发射光学系统，使激光束发散角进一步减小后射出并经大气传输打到目标上；另一路就是其中的极小一部分激光立即由取样棱镜的反射而进入光电元件的光敏面上，作为发射参考信号（取样信号或称主波信号），来标定激光出发的时间。参考讯号到达光电转换器（光电倍增管等），将光讯号转换成为电信号，即光脉冲变成电脉冲。这个电脉冲经放大整形后送入时间测量系统，打开电子计数器的电子门，此时，时标振荡器的脉冲信号进入计数器，计数器开始记录脉冲个数（即开始计算时间）。而射向目标的激光脉冲，由于目标的漫反射作用，总有一部分光从原路反射回来，而进入接收光学系统，由目标返回的激光脉冲（接收信号或称回波信号）同样也经过光电转换器、放大整形电路而进入时间测量系统，回波信号推动电子门发出关门指令，使电子门关闭，时标振荡器的脉冲信号不能进入计数器内，计数器停止计数（停止计算时间）。时间测量系统的计数器把所记录的脉冲个数经译码电路换算成距离，通过距离显示器显示出来，所显示的数字，就是被测目标的距离。同时，把测出的目标距离信息自动输入火控计算机。

激光测距瞄准镜借助瞄准镜视场内的指标可与坦克武器一起进行校正。独立式激光测距仪是根据望远镜原理制成的接收望远镜和发射望远镜各有其独自光学元件的测距仪。其主机部分（收、发机部分）通常安装在坦克炮塔外部的装甲匣内，其控制部分位于炮长和车长的工作位置上。独立式激光测距仪通常是借助坦克炮瞄准目标的，这时，两者的光轴必须一致（两者同时对准一个目标）。也就是说炮长通过瞄准镜瞄准目标后，激光测距仪也对准这个目标，只要按下激光发射按钮，就可以测出目标的距离并在距离显示

器上显示出距离数值，使用起来非常方便。

现代坦克用激光测距仪测距范围为 300 ~ 10000 米，测距误差为 $\pm 5 \sim 10$ 米，每分钟能测距 6 ~ 12 次，最高达每秒钟 1 次，在各种气候条件下测距的可靠性达 99%。在 $-40 \sim +50$ 的温度下都能正常工作。但是由于激光的光束较狭窄，对准目标较困难，所以当目标比较隐蔽，其前后有烟带、树木、土堆或农作物（仍可见目标）等时，不易测得其真实目标距离，目前的已有“选择”数据的能力，由乘员控制来解决，即在一次发射中，能选择读第一或第二或第三返回的数据，而舍弃其他数据。美国 M - 1 坦克采用的二氧化碳激光测距仪比较简单，测距效能高，对人眼也安全；该测距仪和热成像仪一体化之后，能够昼夜测距。所以，它是一种较理想的激光测距仪。

4. 夜视仪

第二次世界大战后期德国人在车辆上安装了一种仪器，使车辆在黑夜不开灯就可高速行驶，从而把 V - 2 火箭在夜间送往前线，成功地避开了同盟国军队的监视和空袭。这种仪器就是最早的坦克夜视仪。现在的主动红外夜视仪就是由它演变而来的。所谓坦克夜视仪就是利用红外线或放大天然微光原理供坦克乘员进行夜间观察和瞄准的仪器。现代坦克上主要用主动红外夜视仪、被动红外夜视仪和微光夜视仪。

（1）主动红外夜视仪

红外夜视仪是用目标（物件、人员）发出的或反射回来的红外线进行观察的夜视仪器。现代坦克装配有驾驶员红外夜视仪、车长红外夜视仪、炮长红外夜视仪和炮长红外夜间瞄准镜。主动红外夜视仪靠自带红外光源（红外探照灯）照射目标，利用被目标反射回来的红外线转换成可见图像，由红外探照灯、观察镜、电源三部分组成的。由于自然界物体的温度较低，辐射出的红外线能量很小，不能满足仪器的成像要求，所以需要红外探照灯或带有红外滤光玻璃的白炽探照灯来发射人眼行不见的红外辐射。主动红外夜视仪的工作原理如下：当接通电源后，红外探照灯发射出红外线，照射前方目标，由主动红外夜视仪中的观察镜的物镜接收目标反射回来的红外线，在红外成像管的光电阴极面上形成目标的红外光学图像，通过变像管将不可见的红外目标像换成人眼可见的目标图像，在荧光屏上显示出来，于是人眼就可通过观察镜的目镜观察到目标的图像。目前，坦克驾驶员红外夜视仪的视距（目标是坦克）为 60 ~ 100 米，车长红外夜视仪的视距（目标是坦克）为 800 ~ 1000 米，炮长红外夜间瞄准镜的视距为 1200 米，有的可达 1500 米。主动红外夜视仪因为有红外探照灯照明场景，光束照射到目标上将使景物间形成了较显著的明暗反差，所以图像清晰，利于观察但是容易自我暴露（红外探照灯向外发射红外线、容易被红外探测器发现）而招来火力攻击，而且观察的范围只限于被照明的景物，视距也受到探照灯的尺寸和功率的限制，红外探照灯易被打坏，因而逐步为各种被动式的夜视仪器所代替。

（2）微光夜视仪

夜间的月光、星光、银河系的亮光和大气辉光等，通称为“微光”。利用夜空的微光并加以放大，使人眼能看得见目标图像的一种仪器称为微光夜视仪。微光夜视仪的总体结构与主动式红外线夜视仪基本相同，唯一的区别是省去了红外线光源——红外探照灯，所以它是一种被动式夜视仪器。微光夜视仪的关键部件是像增强器，它把微弱夜天光（其照度低于 0.1 勒克斯）照明下人眼分辨不清的景物图像转换成人眼可看清的可见光景物图像。微光

夜视仪工作原理如下：其光学系统的物镜接收目标反射的自然微光，在像增强器的第一级光电阴极面上形成极为微弱的目标光学图像，经像增强器增强（其亮度增益通常为几万倍）后，在最后一级荧光屏上显示可供人眼观察的目标图像。微光夜视仪构造简单，体积较小，耗电较少，特别是不需人工的红外光源，因而使用安全可靠，不易暴露，从而提高了坦克在夜间的隐蔽性。英军在马岛战争中，借助这种夜视设备最终占领了马岛，就是个明证。但是，微光夜视仪的观察效果和作用距离，受周围环境的自然照度（星光或辉光的亮度）和大气透明度影响较大，在全黑条件下几乎不能工作。与主动红外夜视仪相比，图像不如后者清晰。特别是当天空中有密布的浓云和贴近地面的烟雾与无定向的散射将使景物的照度和对比度明显下降，会严重地影响观察效果。所以在某些坦克上还同时装有主动红外夜视仪或被动红外夜视仪。利用级联式像增强器的微光夜视仪，基本上能符合战术性能要求，但它遇到炮口焰、爆炸闪光等会产生模糊现象，最后一级图像还有畸变，因而不得不时常中断工作。在像增强器的光电阴极和荧光屏之间插入一个具有电子倍增功能的器件，可以避免闪光造成的模糊现象。目前，较先进的微光夜视仪的夜视距离在星光下已达到 1600 米，月光下已达 2700 米。如果把像增强器加在电视机的光导摄像管面前，那么电视机就可以在微光下工作，成为全被动放大的夜视仪器。豹 坦克上的 PZB-200 型坦克瞄准镜就是这一种。这种瞄准镜是由安装在坦克炮上方的电视摄像机、两个位于车长和炮长前面的监视器、操纵台和连接电缆组成的。当照度为 10^{-4} 勒克斯时，使用该瞄准镜可在 1500 米距离内进行射击。

（3）被动红外夜视仪

大家知道，响尾蛇的眼睛已退化得快成为瞎子了，但它却能敏捷地捉住老鼠及其他小动物，是因为在响尾蛇的眼与鼻之间的小“颊窝”热敏感器官（热源测位器），能接收小动物身上发射出来的红外辐射，周围温度变化在 0.003℃ 它就能感到，且能定方位，引导响尾蛇去猎取食物。被动红外夜视仪就是根据这种现象研制成的。它是利用红外探测器将目标与背景间、目标各部分间的辐射差接收后，形成可见的图像显示出来，是供人观察的一种夜视仪。它可利用人体、坦克发动机废气等发出的微弱红外光源进行观察、瞄准。由于它工作在 8~14 微米的热红外波段，可将处于常温下的景物的热辐射分布图像加以记录并转换成可见的光图像显示出来，所以又称为热成像仪。M-1 和豹 坦克均装备有热成像仪。

被动红外夜视仪是利用光学扫描技术和对中、远红外辐射敏感的固体半导体材料，将地物辐射的红外能量转变成电信号，把电信号处理放大后，再转变成电信号，把电信号处理放大后，转变成可见光图像的。来自目标的热辐射通过输入光学镜组（无焦点）照射到扫描器上，并通过一个红外平行光物镜聚焦在探测器上。探测器将热辐射信号转换成电信号。电信号经过相应放大后通过发光二极管转换成可见光。通过平行光镜头将发光二极管射线控制在扫描镜的背面。用这种方式，在任何情况下都必然在机械上保证接收热成像和发光二极管显像的同步性。因此，可以看到在发光二极管组件中产生、由扫描器组合的“热图像”。致冷器的作用是提高系统的灵敏度，减少探测器本身的热辐射。

被动红外夜视仪自身无红外光源，只依赖目标与背景间、目标各部份间的温差而产生的热辐射成像，因而不受周围环境的自然照明条件影响；用它

可透过雾、雨、雪观察目标甚至能透过稀疏的丛林进行观察，能透过伪装，探测出隐蔽的车辆和火炮的位置，甚至能辨认机场上刚起不久的飞机留下的“热痕”轮廓；具有良好的隐蔽性，不易被敌方发现和干扰，使用安全可靠；它不会由于炮口焰、炸弹爆炸等产生致盲效应；对坦克发动机和刚发射过的枪管、炮管等具有较强热辐射源的目标，它的视距可达数公里。现代较先进的主战坦克装备的被动红外夜视仪视距一般为1200~1500米，最大已达3000米。但是，热成像仪需要附加的制冷设备不易保证及时更换；冷却探测器的气瓶不易得到，换瓶后制冷器系统的污染也是个问题，角度分辨率还比较低，目标的细节难以辨认；它所显示的温度对比图像与可见光对比的图像有所差异，人们观察不习惯；敌方在含有防红外药剂的烟幕或装备防热红外侦察的伪装装置掩护下，可能照常能够机动。

总之，由于坦克上装有这些夜视仪器，在夜间能看清周围的目标，所以坦克变成了夜战的能手。

5. 方向机和高低机

对坦克火炮的操纵和稳定是人们最先注意的问题。现代坦克上装的动力传动装置，以保证最快的瞄准速度并保证迅速地将火力从一个目标转向另一个目标。此外，火炮还需要最小稳定瞄准速度以保证对目标的精确瞄准。现代坦克的最小瞄准速度为 $0.05^{\circ} \sim 0.1^{\circ}/\text{秒}$ 不等，而炮塔的急转速度已提高到 $30^{\circ}/\text{秒}$ 和 $30^{\circ}/\text{秒}$ 以上。

一代坦克炮有两套操作机构可使用。一套是手工操作，由炮手左手摇动方向机、右手摇动高低机，实施跟踪和瞄准；另一套是电操纵，高低向一般为电液式，由炮长控制，水平向由炮长通过电机放大机控制。前者使用可靠，但速度慢，现代坦克留作备用。后者既可实施高速跟踪，又能实施精确瞄准，是常用机构。早期坦克仅有手工操作机构。

(1) 炮塔方向机

坦克炮大都安装在可旋转的炮塔上。在战斗时，炮塔应能同速转动，使火炮对准随时出现的目标，炮塔还应能低速转动以对目标进行精确瞄准，或以某一任意速度转动使火炮跟踪敌人活动目标，进行概略瞄准或行进间瞄准等等。炮塔方向机就是用来回转炮塔的，它一般由炮手操纵，但在近代坦克上，为了使车长发现新的目标时能直接将火炮调转到新目标力向，以提高火力机动性，车长大都能超越炮长直接操纵炮塔。

炮塔方向机一般是由炮塔座圈、方向机减速箱和驱动装置等部分组成的。炮塔座圈相当于一个大的向心推力球轴承，用来支承炮塔，并使炮塔能相对于车体灵活转动。行军时，为了将炮塔可靠地固定住，采用炮塔行军固定器。方向机减速箱简称方向机。它固定在炮塔上，直接用来驱动炮塔。驱动装置用来驱动方向机减速箱。现代坦克在迅速转移火力或者使用稳定器时用动力驱动，即用电驱动或液压驱动。动力驱动的能源是坦克内的蓄电池和发电机。当不使用稳定器或动力驱动装置发生故障而需要转动炮塔时，用于驱动。在采用双向稳定器的坦克上，方向稳定器产生的信号，通过动力驱动装置来驱动方向机减速箱。目前，方向机的转速可快可慢，通常可使炮塔以 $0.05^{\circ} \sim 30^{\circ}/\text{秒}$ 的任意转速左右迴转，十分灵活。

(2) 高低机

高低机固定在炮框左侧，用来赋予现代坦克炮以 $-10^{\circ} \sim +20^{\circ}$ 的高低射角。高低机主要是由减速机构、保险联轴器和解脱装置组成的。减速机构用

来赋予火炮以高低射角和使火炮进行瞄准。保险联轴器用于坦克行进间火炮剧烈颠簸时，保护高低机的零件不受损坏。解脱装置用来使蜗杆和蜗轮分离。

手摇瞄准时，转动转轮，动力经减速机构使火炮绕耳轴俯仰。利用稳定器操纵台瞄准时，解脱装置使蜗杆和蜗轮分离，因而火炮不受高低机控制，即可使用稳定器进行高低瞄准，使用高低稳定器时火炮可在 $0.07^{\circ} \sim 4.5^{\circ}$ / 秒速度范围内进行俯仰瞄准，快速地改变射击距离，并准确地捕捉目标。

6. 火炮稳定器

坦克在起伏不平或曲折的道路上行驶，会使火炮因车体振动而偏离瞄准角即射角或因坦克转向而偏离原方位角。在这种情况下，即使通过瞄准镜发现了目标，也难以操纵火炮高低机和方向机在短促时间内完成精确瞄准与准确射击。因而需要安装一种自动调节装置，以保证火炮不因车体的振动而改变已瞄准的方位。这种装置就是火炮稳定器，它可将火炮和并列机枪稳定在所赋予的射角和射向上。火炮稳定器分为单向和双向两种。仅有火炮高低稳定的是单向稳定器，也称高低稳定器。不仅能高低稳定，而且也能实现方向稳定的是双向稳定器。现代主战坦克大多装了双向稳定器。采用火炮双向稳定器，可使坦克运动时火炮和并列机枪自动地保持在所赋予的高低和方向位置上，从而提高行进间射击的精度；可用一个操纵台实现高低或水平方向的瞄准，既轻便，又平稳；车长可以超越炮长而直接控制稳定器给炮长指示目标；在火炮不需要稳定时，可用电传动机构来驱动炮塔。

那么，火炮稳定器为什么能使火炮不受车体颠簸的影响呢？这好比人们抱着电视机坐在行驶的汽车上，汽车左右倾斜或前后俯仰，人都能感觉出来，并会通过神经系统驱使身体向相反的方向倾斜或俯仰，从而抵消摇晃、颠簸的作用。坦克火炮稳定器正是一种相当于人体这种功能的装置。它是由测感机构和执行机构组成的。相当于人的感觉器官的测感机构，专门用来测量和感受坦克车体左右摇摆或前后俯仰的角度大小和速度的快慢。相当于人之手脚的执行机构，根据测感机构测量出坦克车体水平摆动、俯仰角的大小和俯仰速度的快慢，使炮身向相反的方向摆动和俯仰，以抵消车体的晃动和颠簸。

火炮稳定器是由陀螺仪组、操纵台、动力油缸、液压放大器、电机放大机和炮塔电动机等组成的。现举例说明其简单原理：例如，火控计算机定出火炮射击高低角是 0.1° ，高低方向火炮稳定器就将火炮身管稳定在 0.1° 的位置上。由于火炮身管受车体上下振动的影响，高低角必然会发生变化。如果炮管抬高 0.05° ，高低稳定器中的测感机构——陀螺仪等就会立刻感受到炮管变化 0.05° ，并将感受到的这个变化量变成电信号，放大后，通过执行机构——电动机和动力油缸等对火炮加修正力，使炮管迅速向下转动 0.05° ，恢复到高低角原定的 0.1° 位置上。此时测感机构就没有信号输出，修正力也就立刻消失，炮管也就不再转动。由于这个修正过程是在很短的时间内完成的，因此，尽管炮管受车体颠簸振动发生变化，但修正合力会使坦克火炮仍能保持在预定射角的允许范围内。双向稳定器与单向稳定器的工作原理基本相同，都是利用陀螺仪的定轴性进行稳定，利用陀螺仪的进动性进行瞄准的。所不同的是为了稳定火炮的方向，将陀螺仪的安装方向转了 90° 。稳定精度是评定火炮稳定器的主要指标。据报导，M-1 坦克、豹 坦克高低瞄准的稳定精度是 $0.2 \sim 0.15$ 密位，方向瞄准的稳定精度是 $0.4 \sim 0.3$ 密位。

7. 火控计算机

火控计算机是一种自动赋予火炮射角的仪器，是一个数据处理系统，它

是火控系统的核心部分。炮长用瞄准镜搜索到目标后，进行瞄准并通过激光测距仪测出目标距离，该距离数据将自动输入火控计算机，火控计算机根据目标距离、选用的弹种、内外弹道数据以及炮管磨损、耳轴倾斜、气温、药温、风力、风向、初速等的修正量（可用各种传感器测量，也可用人工装定）进行弹道解算，解算出的瞄准角和方向提前角被送到瞄准镜并自动装定表尺，同时输出电信号控制火炮稳定器赋予火炮瞄准角和方向提前角，并自动调整好火炮的位置，炮长在瞄准镜内进行二次瞄准即可击发射击。除开始瞄准、二次瞄准和弹种选择外，其他工作程序完全自动化，这不仅缩短了火炮射击时间，而且提高了火炮射击精度，使在 1500 米射程上的命中率可提高 70% 以上，即使射程提高一倍仍然可以保持命中率。

火控计算机的种类很多，数字式电子弹道计算机比较先进。因为它既能指挥控制坦克炮的射击，又能指挥控制反坦克导弹的发射，有利于在坦克上采用导弹武器；它比模拟式计算机更能满足增强坦克的火力的要求，而且可与机载、舰载计算机通用；电子弹道计算机的计算精度高，并且有记忆存储、逻辑判断的能力。

火控计算机是由输入装置、运算器、存储器、控制器和输出装置等组成的。简易的火控计算机连存储器都没有，用距离译码来控制运算。输入装置用来输入原始数据和计算程序。存储器用来保存和记录原始数据、运算步骤及中间结果。运算器是对代码进行算术运算和逻辑运算等各种运算的装置。控制器用来实现机器各部份的联系和控制，保证计算过程的自动进行。输出装置用来输出计算结果。

弹道计算机的道理和算盘的道理是一样的：要算一道题，先拿到任务书（相当于计算机的输入装置），然后根据需要把记录在纸上的数据（相当于存储器），有顺序地取到算盘（相当于运算器）上，人用手指拨珠子并决定进行何种运算（相当于控制器），最后把计算结果写在报告书（相当于输出装置）上。但是，火控计算机与算盘有不同之处：算盘是一颗一颗珠子拨算，而且要考虑对中间结果的处理，火控计算机则每秒可以自动进行几十万次的运算。装有这么一套先进综合火控系统的主战坦克，无论在白天或黑夜，无论是处于原地还是行进间，都能又准又快地确定火炮射击的方向与高低角，保证火炮迅速地瞄准敌人的目标（静止或活动的目标），并把它们击毁。

坦克的评定指标

作为传统的评定坦克机动性的指标很多，而且每个指标又都是从不同角度来反映坦克的机动性的。这些指标按其性质分为四类，即有关坦克发动机的指标，坦克的快速指标，坦克的通过性指标和影响坦克机动性的其他指标。

1. 有关坦克发动机的指标

（1）发动机功率

相同功率的发动机装在不同重量的坦克上，显然重量轻的坦克会比重量重的坦克跑得快。因为发动机对重量轻的坦克提供的能量相对较大。可是不同功率的发动机装在相同重量的坦克上，就不易看出哪种坦克的机动性好。所以人们不用发动机功率的大小来说明坦克机动性的好坏，而是用吨功率（或单位功率）来表示坦克所具备的动力的大小，即发动机功率（马力）/坦克战

斗全重(吨)。这个值大,表示坦克的动力大,机动性好。现代坦克的吨功率一般为 15~25 马力/吨。美国 M-1 主战坦克的吨功率为 28.5 马力/吨,前西德豹 1 坦克的高达 32 马力/吨,是目前现代制式坦克吨功率最高的坦克。

(2) 燃油比耗油率

指发动机每单位功率(马力)运转 1 小时所消耗的燃油量,用克/(马力·小时)来表示。很明显,两个相同功率的发动机,在相同燃油储备的情况下,其比耗油率越大,则坦克行驶里程数越少,或者说,坦克的活动范围越小,其持续作战的时间越短,因而机动性差。现代制式坦克比耗油率为 165~101 克/(马力·小时)。

(3) 机油消耗率

指坦克行驶每百公里发动机消耗的润滑油油量,用克/百公里来表示。这个数值越大,维护、保养的次数越多,越影响坦克的机动性。

在坦克发动机燃油比耗油率和机油消耗率都一定的情况下,应使坦克的燃油和机油储备量都能保证坦克在要求的活动范围内行驶。

(4) 发动机的适应性

坦克在同一路面上行驶时,其路面状况也是不断变化的,要求坦克发动机在油门一定的情况下,对坦克行驶速度和路面阻力的变化具有一定适应性。发动机的适应性可用两个指标来表述。

一个是在油门全开的情况下,发动机的稳定工作范围。其大小用发动机最大功率下的转速(n_N)与最大扭矩下的转速(n_l)的比值(n_N/n_l)来表示。这个数值大,表明发动机允许坦克速度的变化范围大。对一般坦克柴油机来说,这个比值为 1.5~2.75。

另一个是在油门全开的情况下,发动机的扭矩变化范围。其大小用发动机适应性系数 K ,即发动机的最大扭矩($M_{kp\max}$)/与发动机最大功率($N_{e\max}$)下的扭矩($M_{kpN_{e\max}}$)的比值来表示。 K 值越大,表明发动机使坦克在外界阻力增加、变速箱不换档的条件下,克服地面阻力、继续运动的能力越强。

考虑到上面两指标,即 $\frac{n_N}{n_l}$ 与 $\frac{M_{kp\max}}{M_{kpN_{e\max}}}$ 数值越大越好,所以近年来有人

把这两个数值的乘积作为发动机的适应性系数,这是合理的。

(5) 发动机的地区适应性

坦克是南征北战、驰骋疆场的活动堡垒,要求发动机能在各种气候条件下工作。具体指的是坦克发动机在严寒地区(-40℃以下)仍易起动;在高原地区不会因空气稀薄而功率下降;在炎热地区,其工作温度不超过最高允许值,即通常所说的不“过热”。只有地区适应性良好的发动机,才能满足坦克战役和战术机动性的要求。

2. 坦克的快速性

坦克的快速性集中反映在坦克行驶的平均速度上。平均速度指的是坦克在战斗全重状态下,在规定路面上行驶的里程和所用时间的比。平均速度高,坦克的机动性就好。现代主战坦克的平均公路速度为 40~50 公里/小时。影响平均速度的因素有最大速度、加速性、转向性、可操纵性、制动性、乘员舒适性和通过性等。

最大速度:指坦克在战斗全重状态下,在规定良好路面(如沥青公路和水泥路面)上所达到的。在某些情况下,例如限时到达作战地区,通过原子、

化学、生物污染地区，突击敌人火力封锁区，追击逃敌以扩大战果、转移或退出战斗时，最大速度就显得很重要。现代主战坦克的最大速度为 50 ~ 70 公里/小时。

加速性：指坦克由静止状态起步达到最大速度的能力。1971 年中东战争中，发现以色列损失的坦克中，有连中两弹者。于是有人设想，增加坦克的加速性，可以减少被敌人炮火命中的机会。因此，近年来，国外在研制主战坦克时，十分重视提高坦克的加速性。为此，除选择加速性能良好的发动机外，根本的措施是提高坦克的吨功率。如美 M60A1 坦克，吨功率为 15 马力/吨，从静止状态加速到 32 公里/小时需 16 秒；而 M-1 坦克的吨功率为 28.5 马力/吨，从静止状态加速到相同速度只需 6.2 秒。

转向性：指坦克在不同路面上，沿各种曲率半径进行转向的能力。具有良好转向性能的坦克能在复杂的地形条件下顺利运动，克服一些人工和天然障碍，通过如水稻田、沼泽、森林、街道、居民点等特殊地区。据统计，坦克在起伏地上运动时，转向所用的时间约占全部运动时间的 40%。可见，转向性是坦克的一个重要性能。

坦克的转向有三个特点：一是坦克转向时，沿曲线运动阻力一般为直线运动阻力的 4 ~ 7 倍；二是由于坦克的转向效果取决于地面的特性，转向轨迹不易与操纵杆或方向杆的位置相适应；三是坦克的转向半径随转向机构而变，目前，坦克的最小转向半径比轮式车辆小，因而其转向灵活性好。

坦克的可操纵性：指坦克驾驶员用来控制坦克的动力、传动和其他机构动作的装置是否准确可靠，使用是否灵便、省力。

坦克驾驶员的操作有如下特点：

一是管理操作的机构多而复杂，战斗时还要操纵武器射击和其他（如三防装置等）辅助装置；二是比操纵轮式车辆更费劲，因而体力消耗大；三是工作条件差，特别是关窗驾驶时，噪音大，温度高，视线差，容易疲劳。

因此，提高坦克的可操纵性，改善驾驶员的工作条件，是提高坦克机动性和持续战斗的面要方面。

制动性：指坦克在各种路面上达到最大速度时能迅速停车的能力。很明显，只有制动性良好，才可能利用坦克在各种路面上最大的行驶速度，从而达到更好的机动性。

乘员的舒适性：指坦克驾驶员和其他乘员耐受坦克振动和噪音影响的程度。舒适性良好，可使乘员能进行持久战斗，发挥最大的主观能动性。

试验研究证明，改善坦克乘员的舒适性，有两个途径：一是改善坦克的悬挂性能；二降低噪声。而噪声又主要来自行驶装置，所以设计优良的坦克行驶和减震装置，对提高坦克的机动性有极大的好处。

现代主战坦克在公路上行驶的平均速度约为其最大速度的 60% ~ 70%，而在乡村土路上则约为 40% ~ 50%，这往往还受到公路本身和交通状况的限制。坦克车队行军时，平均速度还取决于组织指挥的好坏。所以平均速度并不是一个严格的指标。

3. 坦克的通过性

坦克的通过性是指坦克克服天然和人工障碍的能力衡量坦克通过性好坏的指标主要有平均单位压力、最大爬坡度、最大侧倾坡度、越壕宽、过垂直壁高、车底距地高和涉水深等。

平均单位压力：指坦克履带接地面积除坦克战斗全重所得的数值，用公

斤/厘米²来表示。平均单位压力越低，坦克通过松软地面，如沼泽、雪地、泥泞地、水稻田等的的能力越好。坦克虽比汽车重得多，但坦克履带的着地面积比汽车轮胎的着地面积大得多，平均单位压力低，所以通过上述地面的性能比汽车好。一般地说，轻坦克的平均单位压力约为 0.48~0.75 公斤/厘米²，主战坦克的约为 0.77~0.9 公斤/厘米²。

必须指出，平均单位压力只是比较坦克在松软地面通行性能的近似值。实际上，坦克在履带着地长度上的实际压力并不是“平均”分布的，而是有很大差别的，在负重轮中心位置下的压力约为平均单位压力的 2.5~3 倍。这些最大压力，对松软地面的通过性能有很大的影响。例如：法国 AMX-30 坦克的平均单位压力为 0.8 公斤/厘米²，西德豹 1 坦克的为 0.85 公斤/厘米²，但豹 1 坦克每侧布置了 7 个窄间距的重轮，而 AMX-30 坦克每侧只有 5 个宽间距负重轮，这样使豹 1 坦克的平均最大压力只有 2.0 公斤/厘米²，而 AMX-30 坦克为 2.5 公斤/厘米²。所以在实际行驶中，豹 1 坦克在松软地面的通行性能并不比 AMX-30 坦克差。

最大爬坡度：指坦克在战斗全重状态下，在规定路面上，不利用坦克惯性所能克服的最大纵向坡道角。现在坦克能爬最大坡度为 30°~35°左右。

最大侧倾坡度：指坦克在横向坡道上能稳定行驶的最大倾斜坡度角。所谓稳定行驶是坦克在此侧倾坡上直线行驶时，侧滑不超过一定的限度，或不致失去操纵。现代坦克能通过最大侧倾坡度为 25°~30°。

越壕宽：指坦克在以尽可能低的速度均匀行驶时，所能跨越的水平面上壕沟的最大宽度。因为坦克重心往往不在坦克长度的正中间，所以坦克实际能够越壕的宽度约为坦克车体长度的 40%~50%。现代坦克若不靠辅助器材，其越壕宽度约为 2.5~3.1 米范围内。

过垂直壁高：指坦克所能攀登的水平地面上坚实的垂直墙的高度。这里所说的垂直壁包括田埂、坡坎、岩石、断壁残垣、台阶等。坦克通过垂直壁的高度取决于坦克前轮的中心高，并和坦克与地面的附着力有关，现代坦克越垂直壁的高度为 0.7~1.1 米。

车底距地高：指坦克在战斗全重下，停于水平坚实地面，车体基本平面（也有以最低点计算的）到地面的距离。它表明坦克能克服突出于地面的各种障碍物的能力，如通过纵向埂坎、岩层、大石块、树桩等。一般希望车底距地高一点，若太低，不仅在上述障碍物前可能受阻，而且在过水稻田、沼泽地、雪地时，可能因下陷太深而托底，使履带空转而不能前进。但车底距地高要符合降低坦克总高的要求。为此，有些现代坦克安装了可调式悬挂，以满足降低车辆总高和增加车底距地高的要求。一般坦克的车底距地高约为 350~500 毫米。

涉水深：指坦克不利用任何辅助设备或器材能涉渡的水深、坦克涉水深度一方面取决于河沟地面的质量，另一方面取决于坦克的门窗和进排气系统受水浪影响的情况。现代坦克能涉的水深约为 1.1~1.4 米。

4. 影响坦克机动性的其他因素

最大行程：指坦克一次加足油料，在规定路面上所能行驶的最大距离。坦克的行程大，表明它有较大的作战范围，或者是说其持续战斗力或扩大战果的能力大。现代坦克最大行程约为 300~550 公里。

三防设备的观测通讯器材：三防设备是保证坦克在原子、化学、生物战争条件下，实现战场机动的必要条件。同样，具有良好的观察仪器、通讯器

材及导航设备，也能发挥坦克驾驶员的主观能动作用，从而使坦克有良好的机动性。

坦克的可靠性及其维修方便性对坦克的机动性也有影响：如越美战争中，苏 T-54 坦克在通过九号公路时，由于路面条件差，致使行动部分损害严重，因而很难实现战场机动。又如 1973 年阿以战争中，以色列在战场上修复了损坏坦克的 50%，埃方修复了 34%，从而保证了坦克部队的战斗力和需求。

上述各项评定指标时坦克机动性的影响程度是不同的，而且有些指标是相互制约的。因此，在具体评定某一坦克的机动性时，要结合该坦克的使用环境、条件及所用战术等因素进行综合分析。

坦克的动力装置

1. 坦克动力装置的作用

坦克的动力是由发动机及其辅助系统组成的。发动机的辅助系统包括燃油供给系、空气供给系、润滑系、冷却系、加温系和起动系等。

坦克的动力装置是坦克的动力源。它主要用来产生推动坦克运动的牵引力并使坦克达到所要求的速度。该动力装置还要带动发电机发电，向车上的用电装置供电并给蓄电池充电，带动液压和气压装置运转。人们常把动力装置比作坦克的“心脏”，足见它在坦克中的地位是十分重要的。

2. 现代坦克发动机的种类

坦克柴油机：自 1954 年 5 月苏 T-34 中型坦克上首先采用大功率柴油机至今，现代坦克绝大多数都采用高速柴油机，已很少采用汽油机。这是用为柴油机的经济性好，即携带相同容量燃油的情况下，相同功率的柴油机的最大行程是汽油机的 1.3~1.6 倍。而且在战场上，柴油机与汽油机比较不易起火，比较安全。据统计，现代坦克柴油机，大多是多缸（6、8、10、12）、V 形（两排汽缸夹角为 60°、90°、120°）、上冲程柴油机（也有对置二冲程的）。按其冷却方式，坦克柴油机又有水冷和风冷两种。

燃气轮机：尽管燃气轮机在坦克上应用的研究进行了几十年，但目前正式采用它作为主战坦克动力装置的只有美国的 M-1 主战坦克。

双动力装置：在瑞典的 S 坦克上，采用了对置活塞二冲程水冷柴油机和燃气轮机并联的双动力装置。

3. 坦克动力装置的特点

坦克是十分复杂的战斗车辆。由于坦克要南征北战，要爬山涉水，在各种地形上驰骋，条件十分艰苦，所以坦克的动力装置与汽车或其他工程动力装置相比，有如下特点：

单位体积功率大：指动力装置的最大功率与其所占体积的比，用马力/米³来表示。单位体积功率越大，意味着坦克发动机在一定功率下所占坦克的体积越小，坦克具有的外形尺寸就可能小，因而，单位体积功率越大的动力装置越好。

由于现代主战坦克火力和防护性的增强，重量有所增加，所以对机动性也提出了更高的要求。不仅要求有较高的行驶速度，而且特别强调加速性，这就要求坦克有很高的吨功率，要求发动机有更大的功率。如美国 M-1 和西德豹 坦克吨功率为 28.5~29.3 马力/吨，总功率为 1500 马力，这就对坦克

发动机的体积提出了更高的要求。如西德豹 坦克的 M838C^a (ca) 500 型发动机的单位体积功率为 480 马力/米³，而豹 坦克 MB873 型发动机，单位体积功率高达 1043 马力/米³，比豹 的提高了两倍多。

比重量小：指动力装置的重量与其所发出的功率比，以公斤/马力来表示。比重量较小，表示动力装置较轻，较好。70 年代国外研制的坦克柴油机的比重量大约为 1.17 ~ 1.58 公斤马力。

单位体积功率大比重量小更重要，因为发动机本身只占坦克重量的 4 % ~ 5 %，但占车体容积的 10 %，而车体占坦克总重的 30 % ~ 40 %。可见，发动机体积的增加会引起车体体积的增大，从而使车重大幅度增加。

转速和扭矩变化范围较大，以适应坦克行驶速度和地面阻力变化大的要求。

有较好的地区适应性，即在寒区不难起动，在热区不易过热。

现代坦克发动机能使用多种燃料，以适应战时供应和使用的要求。

4. 坦克柴油机

(1) 柴油机的基本结构及其功用：

柴油机是由曲轴连杆机构、驱动机构和配气机构组成的。

曲轴连杆机构包括上、下曲轴箱，汽缸盖，汽缸体，汽缸垫和气门盖等固定件和活塞组，连杆组，曲轴组等运动件。它的作用是把柴油在汽缸内燃烧时产生的能转变为机械能，使活塞在汽缸内的上、下往复运动，通过连杆变为曲轴的旋转运动。

驱动机构包括喷油泵和配气凸轮轴的传动分支，发动机转速表及发电机传动分支，机油泵、水泵、输油泵等传动分支等。它的功用是把曲轴的一部分功率传递给配气机构和喷油泵，以保证向汽缸供给空气和柴油；使转速表工作；带动发电机发电；使机油泵、水泵工作，保证发动机的润滑和冷却；带动低压柴油泵以保证燃油供给等。

配气机构主要包括气门组和凸轮轴组。它的功用是按柴油机各汽缸的工作顺序，定时地开、闭气门，保证汽缸及时地排气和进气。

(2) 四冲程柴油机的简单工作原理

四冲程柴油机每作一次功，每个汽缸都有进气、压缩、作功和排气四个连续过程。

进气行程：汽缸的排气门关闭，进气门开启。活塞自上死点下行，空气由进气门进入汽缸。活塞行至汽缸下死点时，进气门关闭，进气行程结束。

压缩行程：进、排气门关闭。活塞由下列点上行并压缩空气，空气受压缩后，压力、温度增高。活塞接近上死点时，开始喷柴油，柴油与汽缸内高温、高压的空气合并在高温下自行点燃而燃烧。由于柴油机的燃烧是因压缩空气产生高压、高温而燃烧的，所以又称这种发动机为压燃式发动机。

作功行程：柴油燃烧后，汽缸内压力、温度急剧升高，活塞在气体压力作用下，由上死点下行，活塞下行时通过连杆而带动曲轴旋转，这样就把柴油燃烧产生的能转变为机械能而工作。活塞行至下死点时，作功行程结束。

排气行程：作功结束后，汽缸的排气门开启，活塞由下死点上行。在活塞推动下，燃烧后的废气以高速从排气门排出。活塞行至上死点时，排气结束，排气门关闭。

由上可见，每作一次功，活塞在汽缸内上、下各两次，使曲轴旋转两圈。多缸发动机的各汽缸都按一定的工作顺序重复上述过程，发动机就连续不断

地工作。

（3）柴油机的辅助系统

燃油供给系用来把燃油按汽缸的工作顺序供给各汽缸燃烧。柴油机工作时，燃油箱的燃油在低压柴油泵的作用下，经柴油粗滤清器、低压柴油泵进入柴油精滤清器，精滤后的柴油进入高压泵，高压泵按各汽缸的工作顺序通过喷油器将燃油喷入汽缸内燃烧。

空气供给系用来保证供给发动机各汽缸新鲜而清洁的空气，并将汽缸中燃烧后的废气排到车外。由于外界空气中含有大量灰尘和水分，所以在进入汽缸前必须经过滤清器进行滤清。滤清器中的积尘和水分则利用废气排出时造成的真空度，随废气一道排到车外。西方坦克也有用油浴式滤清器的，其滤清效率一般较干式滤清器效率高。

冷却系用来散发汽缸燃烧时传给发动机各机件的热量。柴油机工作时，柴油燃烧产生大量的热，从而使机件的温度增高。如不及时冷却，就会使机件温度超过一定限度而不能工作。只有进行冷却，才能保证柴油机在正常温度范围内工作。风冷发动机是靠汽缸外表面附加的散热片和强大的空气流来直接冷却。水冷发动机则以水作为介质来进行冷却，即水冷发动机工作时，通过驱动机构带动水泵，水泵将水泵入汽缸水套、水在水套中带走热量并进入水散热器，由风扇或废气引射造成的冷却气流再将水散热器的热量带到车外。经散热器冷却后的水又回到水泵，如此循环而使发动机得到冷却。

润滑系用来将润滑油不断地供给发动机各运动件的摩擦表面，以减少磨损。同时润滑油循环时带走因摩擦而产生的热，降低机件的工作温度，从而改善了机构件的工作条件，保证发动机的正常工作。润滑系的工作一般是通过驱动机构来带动机油泵，油泵的送油齿轮组将机油从机油箱中吸出，泵到机油滤清器滤清后，进入发动机的分油盖，然后分路去润滑曲轴轴承、曲轴与连杆连接轴颈，进、排气门凸轮轴等摩擦面并带走热量，然后流到下曲轴箱，经机油泵回油齿轮组泵至散热器。在散热器中，与风扇或废气引射造成的冷却气流进行热交换。经散热器冷却后的润滑油再流回油箱。然后继续上述循环。

加温系用来加温冷却液和润滑油。在冬季，发动机的运动件与固定配合间隙的润滑机油因温度降低而变稠，从而使发动机起动阻力增大，起动困难。所以一般在气温低于 5℃ 时，起动发动机前要利用加温器。通常水冷柴油机的加温器是燃烧柴油时产生热量来加温冷却液，加温后的冷却液在水泵的作用下，分别进入发动机汽缸水套、机油箱加温水管、水散热器等并对其加温，然后经水泵再回到加温器。如此循环以提高发动机冷却液和机油的温度直至温度为 40℃ 以上时，才起动发动机。一般加温的时间约为 15～25 分钟。风冷发动机是直接将热气喷到发动机汽缸和曲轴箱上进行加温的。

起动系用来起动发动机。一般柴油机有电起动机起动和高压空气起动两种方法。有的车辆具有这两种起动能力，在起动困难的情况下，可用电、气联合起动。

对现代主战坦克，不仅要求有较高的行驶速度，而且要求有较好的加速性。这就要求坦克有很高的吨功率，即在坦克重量已定的条件下，发动机有更大的输出功率。并且要求发动机体积小、重量轻。为此，坦克柴油机一般采用下述三种方法：强化调整，即用加大发动机喷油量来提高发动机功率；增压法，即用机构方法或用排出废气的余压，带动涡轮以增加发动机的进气

压力，来提高发动机功率，可提高功率 30 ~ 50%；采用高增压（或超高增压）加中冷的方法，即对增压的空气在进入汽缸前进行冷却，可以提高功率一倍以上。例如，法国对 AMX 坦克动力装置采用超高增压技术可使功率提高为原机的 2 ~ 5 倍，单位体积功率高达 1000 马力/米³。美大陆汽车公司在 AVCR-750、AVCR-1100、AVCR-1360 柴油机中使用可变压缩比活塞，使发动机的功率和单位体积功率都得到了很大的提高。前西德 MTU 公司采用中等缸径（D=140 毫米）、短行程（S=136 毫米）、提高活塞平均运动速度，增压中冷，使豹 1 坦克所用的 MB873 型柴油机单位体积功率高达 1043 马力/米³，总功率为 1500 马力，因而是比较理想的。

6. 坦克用燃气轮机

（1）坦克用燃气轮机的简单工作原理

经过空气滤清器的空气由燃气轮机空气入口进入，经压气机可调叶片进入轴流—离心混合式压气机（压气机由低压压气机和高压压气机组成，分别由低压涡轮和高压涡轮驱动），经过压缩的高温高压气体经扩压段进一步升压并转 90° 进入回热器，在回热器中，气体由于吸收了废气的热量，使温度进一步提高，然后再进入单管燃烧室内与燃油混合并燃烧。燃烧产生的高达 1200 °C 左右的燃气进入高压涡轮与低压涡轮。并由于膨胀作功，以驱动高、低压气机，然后进入动力涡轮，继续膨胀作功并经减速器而将动力输出。最后废气经回热器而排到车外。

（2）燃气轮机的优缺点

与柴油机比，燃气轮机的单位体积功率高，扭距变化范围大，低温不难起动，环境适应性、加速性、运动平稳性、维修方便性都好。并能使用柴油、汽油、煤油等多种燃料，消耗的润滑油少。由于燃气轮机有这些优点，所以这是坦克的一种有发展前途的动力装置。目前瑞典的 S 型坦克的双动力装置和美国的 M-1 主战坦克都已采用燃气轮机。但是，燃气轮机也有一些缺点：比耗油率高，经济性差，需要用昂贵的材料，故成本高；坦克下坡制动、涉渡、潜渡困难。

7. 转子发动机

美国和英国在过去 10 ~ 15 年都曾致力研究旋转活塞式发动机（又称汪克尔转子发动机）。这种发动机的单位体积功率大，结构简单，运行平稳，经济性比燃气轮机好。但是研制中结构上出现了较多问题，且不易解决。所以很难在坦克上应用。

8. 绝热发动机

美国寇明斯公司正在研制绝热发动机。绝热发动机的燃烧室、活塞、阀门等高温零件是用陶瓷材料制作的，因而不需要冷却系统。它的效率高、燃油消耗低，重量和体积可比柴油机小 40%。看来，它可能是未来坦克的一种较好的动力装置。

坦克的传动装置

1. 传动装置的作用

对于一种坦克来说，要充分利用其发动机功率，使坦克获得良好的机动性，在很大程度上取决于坦克的传动装置。因为坦克行驶的路面十分复杂，其道路阻力的变化范围高达 10 ~ 15 倍，其速度在 0 ~ 72 公里/小时范围内。

这要求发动机发出的牵引力和其转速也有相应的变化范围。但是，目前坦克柴油机牵引力的变化范围只有 1.06 ~ 1.25 倍，稳定转速的范围只有 1.5 ~ 2.75 倍，这显然不能满足坦克速度和路面阻力变化的要求。燃气轮机比柴油机的适应性好些，但也不能满足需要。这个矛盾主要由传动装置来解决。具体地说，传动装置的作用有三个：

把发动机的动力传给两侧履带，在路面阻力变化时，传动装置可改变履带的速度和牵引力，以满足坦克直线行驶的要求。

在转向时，按转向要求分配给两侧履带不同的速度和牵引力，使坦克转向。

实现坦克倒驶和在发动机工作时停车（即变速箱在空档）检查各部工作情况。

2. 坦克传动装置的基本类型及其性能比较

现代坦克传动装置的基本类型：按其能量传递的形式有机构传动和液体传动。能量全部由轴、齿轮、弹簧、摩擦件等机构元件传递的传动装置，称为机械传动装置。传动装置中，有一个环节是靠液体元件来传递能量的传动装置，称为液体传动装置。如液体元件中靠液流的动能来传递能量的，称为液力传动装置；靠液流压力来传递能量的，称为液压传动装置。

机械传动装置和液体传动装置性能比较：

关于坦克速度的变化范围：液体传动由于有液体元件，液体元件的主、被动部分是由液体来传递能量，所以可使坦克速度能连续变化，能降低速度到零而保持足够的牵引力。机械传动是有级的，坦克速度不能连续，如不切断发动机动力，车速不能降到零。

关于坦克牵引力的变化范围：两种传动装置都可扩大发动机的扭矩变化范围，但是机械传动不能扩大发动机的扭矩适应性系数 K 。液体传动中，由于液体元件本身的特性，能扩大 K 值。也就是说可以扩大坦克的适应性。

关于发动机的功率利用状况：液体元件的特性可使发动机在其最大功率范围内工作，因而可充分利用发动机的功率。而在机械传动中，发动机功率的利用程度是受档数限制的，档数越多，功率利用越好。一般不如液体传动。

由于有液体元件的滑转，所以当外界阻力突然增大时，装液体传动的坦克，其发动机不会熄火。而装机械传动的坦克，则可能导致发动机熄火。

就传动功率来说，液体传动比机械传动低。为此，近代坦克的液体元件在高速时都采用了闭锁装置，即使其在高速时由变矩器变为效率较高的偶合器，以提高其传动效率。

从结构上看，机械传动简单，容易制造，因而成本低，便于大量生产，且维修保养容易。

总之，从坦克机动性方面来看，液体传动优于机械传动。但不等于说，所有的坦克都要用液体传动，因为作为战斗车辆来说，机械传动有简单、可靠、耐用、成本低廉等突出优点，所以前苏联都采用机械传动，当然机械传动在前苏联现代坦克中有了很大的改进和发展。

3. 典型的机械传动装置

典型的机械传动装置是由传动箱（或称增速箱），主离合器，变速箱，冷却系的风扇联动装置，左、右行星转向机，制动器和侧减速器组成。

传动箱：用来将发动机的动力传给主离合器，并增高转速，以减少主离合器、变速箱和行星转向机所承受的扭矩；用电动机起动发动机时，通过传

动箱可增大起动力矩，使发动机容易起动。

主离合器：它位于传动箱和变速箱之间。它是靠弹簧压紧主、被动摩擦片，通过主、被动摩擦片的摩擦力来传递动力。当操纵分离机构时，压缩弹簧，使主、被动摩擦片分离，传动箱的动力便不能传到变速箱中去。

为什么需要主离合器呢？这是因为在起动发动机时，分离主离合器，可以减小主离合器后面的变速箱、转向机、侧减速器、行驶装置等装置的阻力和惯性，使发动机容易起动；变换变速箱的排档时，分离主离合器，切断发动机动力，可减少换档时变速箱齿轮的冲击；起车时或换档后，依靠主离合器的平稳结合，使坦克平稳起步或加速；坦克速度和阻力发生急剧变化时，依靠主离合器打滑，可以防止传动装置和发动机受到过大的负荷而损坏机件。因此，主离合器是机械传动中不可缺少的重要部件。

变速箱：主离合器传来的动力，通过变速箱传入左、右转向机。变速箱一般有 5~8 个排挡。通过换档可改变速比，也就是说，在发动机的扭矩和转速不变的情况下，通过换档，可改变坦克的行驶速度和牵引力，以适应坦克行驶路面阻力变化的要求。档数越多，能改变坦克的行驶速度和牵引力的范围越大，机动性越好。所以变速箱是实现坦克机动性的关键部件。并且它具有倒档，可在不改变曲轴旋转方向的条件下，使坦克倒驶。将变速箱置于空档时，即切断主离合器到左、右行星转向机的动力，可使发动机长期空转，以检查发动机和其他部位的工作情况。

行星转向机：典型机械传动的坦克转向机构是二级行星转向机，分左、右置于变速箱动力输出轴两侧。变速箱动力则通过左、右行星转向机输入左、右侧减速器中。

二级行星转向机有一个离合器操纵拉臂和大、小制动带，驾驶员用左、右转向拉杆来进行操纵。左、右操纵拉杆可有三个位置，即原位（不操纵拉杆）、一位（拉杆处于中间位置）和二位（拉杆拉到底），使二级行星转向机在直线行驶时有直接传动、减速和制动三种工作方式。转向时，如向左转，驾驶员拉左转向拉杆至第一位置，则左转向机由原来的直接传动变为减速，左侧履带减速；而右侧履带速度不变，此时，坦克以大半径向左转向。如左转向拉杆拉到第二位置，则左转向机被动轴速度为零，左侧履带速度为零；而右侧速度不变，此时坦克以左侧履带为转向中心进行小半径转向。同理向右转向时，则拉动右转向拉杆到相应位置。由于这种转向机在上述一、二位置进行转向时，转向机中无功率损失，所以称上述两个转向半径为规定转向半径。由于这种转向机有二个规定转向半径，又有行星机构，所以称它为二级行星转向机。它是保证坦克直线行驶、灵活转向、可靠停车的重要机构。

侧减速器：侧减速器分左、右两部分，一般位于车体尾部两侧甲板上，作为传动装置的最后两个部件。它以较大的固定减速比来减少增速箱、主离合器、变速箱、转向机的负荷，同时降低与其被动轴相连的坦克主动轮的转速，提高主动轮的扭矩，以增大推动坦克前进的牵引力。

4. 典型的液力传动简介

现代主战坦克上，应用的液力传动类型很多，这里只介绍典型的液力传动简单工作原理及其特点。

液力传动的关键部件是液力元件，目前在坦克和其他战斗车辆上，广泛使用的液力元件兼有液力变矩器和液力耦合器的性能，这种液力元件称为综合式液力变矩器。它的泵轮与主动轴相连，泵轮转动时，泵轮内的工作液体

得到泵轮内叶片给予的能量后，产生离心力，迫使液体流动。这就是把发动机的机械能变成了泵轮内工作液体的动能和压能。液流进入涡轮，冲击涡轮内叶片。此时，液体的能量又变成与涡轮相连的被动轴上的机械能，使被动轴旋转。导轮在涡轮小转速下与壳体固定在一起作为一个外力矩支点，使液流的压能减小，动能增加。然后液流再进入泵轮继续循环。导轮在涡轮大轮速时与壳体自动解脱联接，于是导轮开始在液流中空转，此时，变矩器作为偶合器工作。综合式变矩器在整个工作范围内，效率均比较高，因而得到广泛采用。

发动机的动力，从液力变矩器（或综合式变矩器）之后分流，一路经变速箱输入左、右汇流行星排的齿圈，另一路经双向变量泵双向定量马达，经锥齿轮而输入左、右汇流行星排的太阳轮，由左、右汇流行星排框架轴输入主动轮，以带动两侧履带旋转。

坦克直线行驶时，液压泵排量为零，液压元件不参加工作，汇流行星排太阳轮由于液压马达锁住而不动。此时，发动机动力经液力变矩器（或综合式变矩器），变速箱而传入左、右汇流行星排齿圈，经汇流排框架输入侧减速器，带动主动轮旋转。可见这种传动在直驶时为单流。

坦克转向时，液压泵、液压马达参加工作，发动机功率除按坦克直线行驶时输入左、右汇流行星排齿圈外，还通过液压泵、液压马达而输入汇流行星太阳轮，使左、右汇流行星排太阳轮发生大小相等、方向相反的旋转，这样使汇流行星排框架的左、右速度不同，从而使坦克两侧履带速度和牵引力不同，使坦克转向。

这种典型的液力传动除具有一般液力传动的优点外，还具有如下特点，即直驶时功率为单流传递，转向时功率为双流传递，通过控制液压泵排量的连续变化可使坦克获得无级转向的性能。在空档时，还可以获得绕坦克几何中心的转向，此时，全部功率将由液压元件传递。这种传动由直驶到转向的过渡连续平稳，转向半径的范围宽，操纵特性好，高档修正方向的能力好。

5. 液压机械传动

未来的坦克上可能采用 HMPT-500 型液压机械传动装置。该传动装置包括一个多片式主离合器，两个油冷多片式停车制动器，两套具有相同排量的球形活塞式液压泵-液压马达组和一套齿轮装置。传动装置有三个排档和一个倒档，-倒档为液压传动，- 档为液压机械传动。就是说，该传动的-倒档为单流，- 档为双流。该传动具有液力传动的一切优点，还克服了液力传动中液力元件自动调节性能的不足，它具有可控无级变速的优点，使用这种传动可使发动机按选择的一条耗油率最小的功率—速度曲线工作，以达到最好的经济性，它能与发动机实现最理想的匹配。在- - 档速度范围内，该传动的转向特性完全相同，即同一转向信号，使两履带产生相同的差动速度，内侧履带减速时产生的能量直接传输到外侧履带，使其增速，从而减小了功率损失。对于给定的转向讯号，其转向半径随车速的增加而增大。这种传动，从坦克机动性观点来看是比较理想的，从技术方面来看，难度较大。

坦克的操纵装置

1. 操纵装置的作用和机构

坦克良好的动力装置和传动装置各机构的动作，只有得到正确的利用和控制，才能实现坦克的起步、停车、增速、减速、转向等各种战术使用要求。操纵装置就是完成上述任务的。操纵装置越可靠、灵敏、轻便，则越能充分发挥动力和传动装置的作用，减轻乘员的疲劳，增加坦克的机动性。

坦克行驶时，驾驶员将操纵下述机构：发动机及其辅助系统的操纵装置。如油门踏板、手油门和起动开关等；传动装置各部件的操纵装置，如主离合器踏板、变速杆、转向操纵杆和制动踏板等；其他操纵机构，如机枪射击，坦克、排气百叶窗的开、关，水陆坦克水上行驶时各机构的操纵等。可见，坦克驾驶员操纵的机件多，动作复杂而且费劲，工作条件也差。所以提高坦克操纵的方便性，不仅可以减轻驾驶员的劳动强度，而且可以提高坦克的机动性。

2. 现代坦克操纵装置的类型

机械操纵装置：指用机械元件，如拉杆、杠杆、凸轮、弹簧等组成的操纵装置。

液压机操纵装置：指正常情况下用液压能来完成操纵动作，当液压系统有故障时能立即转为机械式操纵的装置。

气压操纵装置：指用气压能来完成操纵动作的操纵装置。

电—液、电—气式操纵装置：指用电讯号控制液压能或气压能来完成操纵动作的操纵装置。

在坦克上究竟采用什么操纵装置，不仅取决于动力、传动装置的型式及其在坦克上的布置及坦克上用于操纵装置的能源，如液、气等的情况，而且取决于每个国家选用传动的习惯。就是对一种型号坦克来说，也都同时采用多种操纵装置，即一些机构用机械操纵装置，另一些机构用液压或气压操纵装置等等，这些都是根据具体情况决定的。

3. 驾驶员经常操纵的操纵装置

油门操纵装置：油门操纵装置（或称高压泵操纵装置）是驾驶员用来控制发动机的燃油量的。它包括手油门（或称固定油门）和脚控制的油门。

当踏下加油踏板或用手向下扳动手加油杆时，纵拉杆向前，带动加油拉杆，使加油拉臂转动，操纵发动机的高压柴油泵加油齿杆移动，使供油量增加。松开加油踏板或手加油杆时，回位弹簧使加油齿杆向相反方向移动，使供油量减少。

手油门用来供给发动机固定油量，一般用在发动机起动后加温或坦克使用后停车前降温，或发动机工作时，停车检查各部件的工作情况。在操纵手油门加油杆时，也推动加油脚踏板，而操纵加油脚踏板时，手油门的加油杆不动。

主离合器操纵装置：主离合器操纵装置是在发动机起动或变速箱换挡时，用来使主离合器分离，以切断发动机与变速箱的联系，从而可减小发动机的起动阻力和换挡时变速箱齿轮的撞击。

坦克驾驶员踏下主离合器踏板时，空心轴转动，通过主离合器拉臂、纵拉杆、横轴和短拉臂等带动主离合器的活动盘拉臂向前转动，从而使主离合器分离。踏板踏到底，主离合器完全分离。在空心轴转动的同时，又带动钩板而拉伸助力弹簧。当助力弹簧中心线越过空心轴的轴线后，弹簧收缩，起助力作用。松开踏板时，依靠主离合器内部弹簧的伸长，使操纵装置回到原位，主离合器由分离状态而重新转为结合状态。

变速操纵装置：指驾驶员用来操纵变速箱，使变速箱处于挂档、空档和倒档等不同工作状态的操纵机构。变速操纵装置有两种工作状态：

空档状态：变速杆处于档位板的中间位置。此时，变速箱的挂档齿轮处于中间位置，发动机的动力不能通过变速箱而传到左、右转向机。

挂档状态：驾驶员握紧闭锁器握把，然后使变速杆在档位板横格槽内移动，根据路面选定档位后，使其对准档位板上直槽两端档位的刻字 - 倒 或 - 、 或 - ，再将变速杆对准要换档的档位板直槽字号方向推入，此时传动杆带动纵拉杆，经垂直轴、横拉杆带动拉臂使变速箱挂上所需要的档位。退档时，握紧握把，将变速杆退到档位板的中间位置。

转向操纵装置：指驾驶员用来操纵转向机构，以实现坦克的转向、停车、减速加力等战术使用要求的操纵装置。它包括手操纵和脚操纵两套装置，其工作过程如下：

手操纵装置：驾驶员不操纵操纵杆时，纵拉杆处于最前原始位置，即原位。转向时，如需向左转，则拉左操纵杆到中间位，即第一位置，此时，通过转向机左前纵拉杆、左后纵拉杆而使调度板转动，逐渐使左转向机的闭锁离合器分离，小制动带制动。左转向机减速传递动力，坦克以大半半径转向，即通常所说的以第二规定半径转向。如继续将操纵杆拉到底时，调度板继续转动。此时，闭锁离合器继续分离，小制动带松开，大制动鼓的制动带制动，切断了发动机动力向左侧减速器传递，左边履带速度为零，坦克以小半径向左转向，也就是以第一规定半径转向。同时，如需坦克向右转向时，则拉动右操纵杆至第一或第二位置。如果同时拉动左、右操纵杆至第一位置，则起减速加力作用，通常在运动大的情况下停车或通过局部困难路面时使用；如同时继续将左、右操纵杆拉至第二位置时，则坦克停车。

脚制动装置的工作状态：踏下脚制动器踏板时，经纵拉杆、拉臂、脚制动横轴、拉臂及短拉杆，使左、右短管同时向前转动，短管的双臂拉杆推大制动器倾斜拉杆、联动杠杆，使两边的大制动带同时箍紧大制动鼓。如需长时间制动时，可用固定器将踏板固定。

手操纵装置工作时，不会带动脚操纵装置工作。脚操纵装置工作时，也不会带动手操纵装置工作。

坦克的行动装置

1. 坦克行动装置的作用和特点

坦克的机动性不仅取决于坦克的动力、传动和操纵装置，因为这些装置只为坦克的运动提供了可能性。而如何实现坦克的运动，实现得好坏，都取决于坦克的行动装置。尤其是在一些特殊地面，如沙漠、沼泽、泥泞、水稻田及丘陵起伏地带更是如此。据统计，在越美战争期间，前苏联 T-54、PT-76 坦克在越南多雨水、多稻田的丘陵地区的行军平均行驶速度只有 8 公里/小时，而 T-34 坦克仅为 3.5~4 公里/小时，战斗时，运动就更困难。如 T-34 坦克参加一次战斗时，115 公里路程花了 8 个夜晚。又一次 T-54 坦克连向某地区进攻时，5 公里路花了三天才上去。其原因就是道路被严重破坏，坦克难以通过，并且行动装置极易损坏。现代主战坦克的动力、传动、操纵装置的发展水平，可能提高坦克的最大速度和平均行驶速度，但是坦克行动装置本身的可靠性和其产生的振动、噪音，都不能保证坦克乘员的舒适性和持

久工作的耐力，从而限制了坦克机动性的提高。可见坦克的行动装置业已成为进一步提高坦克机动性的关键。

坦克的行动装置有些什么特点呢？坦克是战斗车辆，需要在无路或十分崎岖、十分艰难的地区奔驰，通过各种天然或人工障碍，要实现在十分狭窄的地段灵活转向，以机动灵活、出其不意地打击敌人。这都是借助坦克的两条封闭的履带。坦克的前进或后退，两条履带不断地向前或向后滚动，像是坦克“自带的道路”，不断地为坦克的运动铺好道路。由于坦克是靠履带行驶，所以它与汽车相比具有如下的特点：

坦克履带与地面的接触面积大。虽然现代主战坦克重达 30 ~ 60 吨，但它对地面的平均单位压力却只有 0.7 ~ 0.90 千克/厘米。汽车是靠轮胎，它与地面的接触面积小，所以汽车虽轻，但其单位压力反比坦克高。因而在特殊路面，如雪地、泥泞、水稻田、沼泽地行驶，坦克比汽车不易陷入，容易通行。

由于坦克履带与地面接触面积大，履带上又有凹凸不平的花纹，使得履带与地面有良好的附着力，因而也能产生更大的牵引力，使坦克能爬 30° ~ 35° 的纵向坡，也能通过 20° ~ 25° 的侧倾坡。

转向：大家知道，汽车是靠差速机构来实现的，内侧车轮的速度减少多少，外侧车轮的速度就增加多少，汽车几何中心保持转向前直线行驶的速度不变，即转向时的速度与直线行驶时相同。

坦克的转向与汽车的转向不同，坦克的转向是借助专门的转向机构来实现的。坦克转向有三种情况。第一种情况：如向右转，操纵在转向机，降低右侧履带速度，左侧履带速度与直线行驶速度相同。此时坦克的转向半径取决于低速履带速度降低多少。若降低得少，则转向半径大；若降低得多，则转向半径小。但坦克中心的速度比左侧高速履带的小，而比右侧低速履带的大。也就是说坦克转向时的速度比直线行驶时低。第二种情况：如向右转，操纵右转向机，使右侧履带速度为零，此时坦克将以右侧低速履带为中心向右转向，坦克的转向半径等于车宽。第三种情况：有些坦克采用的双功率流液压传动装置（美 M2 步兵战车已采用）能使坦克两条履带向相反方向，以相同的速度旋转。此时坦克可以其自身的几何中心为中心进行转向，其转向半径等于车宽的一半。另外，汽车转向时与直线行驶时所消耗的功率相同。而坦克转向时比直线行驶时消耗的功率要大很多，因而坦克转向时，驾驶员必须增大油门。

坦克能超越一定高度的垂直壁和较宽的壕沟，这是由于坦克履带是封闭的链条。

坦克前轮（大多是诱导轮，也有主动轮）中心的高度大于垂直壁的高度，坦克便能超越。另外，封闭的履带从前轮到最后轮的长度几乎与车体长度相同，只要壕沟的宽度小于履带最前部到坦克重心的距离，坦克便能过去。这个特性是汽车无法相比的。

2. 坦克行动装置的基本组成和工作原理

坦克的行动装置是由履带推进装置和悬挂装置组成的。

履带推进装置包括主动轮、履带、诱导轮及履带调整器、负重轮及托带轮。其主要功用是支承坦克，是把发动机经过传动装置输出的扭矩变成推动坦克运动的牵引力；并使坦克具有良好的通过性。要求坦克的履带推进装置能使坦克在困难路面有良好的通行力，在工作极为恶劣的条件下具有足够的强度、耐磨性和防护性，而且重量要尽可能轻。

履带推进装置是如何产生牵引力来推动坦克前进的呢？由传动装置传给发动机的动力带动主动轮旋转，主动轮齿便向后拉紧贴于地面的下支履带。由于在坦克重量作用下，履带的凸出花纹嵌入土壤中，当主动轮向下拉下支履带时，接地履带便摩擦、挤压和切割土壤。根据牛顿的作用和反作用定律，履带给土壤作用力的同时，地面也给履带以大小相等、方向相反的作用力。地面的这个反作用力推动坦克运动，称之为坦克的牵引力。坦克牵引力是用来克服坦克行驶阻力的。如牵引力和行驶阻力相等，坦克作等速运动；牵引力大于行驶阻力，坦克加速行驶；牵引力小于行驶阻力，坦克减速行驶。

坦克行驶的道路是不同的，所以坦克在不同路面上产生的最大牵引力也不同。除发动机功率外，还决定于传动装置、路面状态、履带对地面的平均压力和履带结构。现在大多数坦克发动机提供的力量，都大于各种地面给坦克履带的反作用力，保证坦克在各种路面上都能得到最大牵引力，以使其通过性能好。

悬挂装置是由平衡肘支架、支撑座、平衡肘、扭力轴、减震器、缓冲器等组成的。一般是指将车体和负重轮连接起来的所有部件和零件的总称。

目前提高坦克的最大行驶速度和平均行驶速度受到悬挂性能的影响和限制。坦克在一定路面以一定速度行驶时，车体的颠簸和振动的大小取决于悬挂装置的结构和性能的好坏。当坦克以高速行驶时，如果悬挂性能差，就会将冲击传给坦克的车体，使年内乘员个易操作而且很快疲劳，并使坦克车体内安装的机构及行动装时的零件因超载荷而损坏。同时，车体的强烈振动，会影响坦克行进间的射击，使乘员观察困难并降低了工作能力。从而不得不降低车速，即使坦克装备了大功率的发动机，也不能充分利用发动机的功率以道路阻力所能允许的速度行驶，这样就大大地降低了坦克的机动性和其作战能力。因此要求坦克悬挂装置要保证坦克在各种路面上行驶平稳。保证坦克在恶劣条件下行驶时，应有足够的强度和缓冲能力，也就是说要可靠耐用。同时要求悬挂装置要体积小、重量轻，便于维修。

负重轮通过平衡肘和扭杆相连，而扭杆的另一端则固定于坦克车体另一侧。当负重轮受到地面冲击时，负重轮上升或下降，通过平衡肘使扭杆产生扭转变形并吸收冲击能量，不使坦克受到强烈撞击，从而可以保证乘员的正常工作和机件不致损坏。然而，扭杆的变形是有限度的，所以需用缓冲器来限位。扭杆是弹性元件，由于它的变形所吸收的能量还要放出来，这就使车体震动，这种震动可使乘员疲劳，观察困难，还会导致射击精度的下降。为使车体的震动迅速衰减，在左、右两边第一和最后一个负重轮处装有减震器，将坦克震动的能量变为热能，并且也起一定的缓冲作用，从而可以提高坦克行驶的平稳性。

除上述扭杆式悬挂装置外，有的坦克上已经采用液气悬挂。液气悬挂是利用密封容器内的高压气体来作为弹性元件的一种悬挂装置。其工作原理如下：

气室的浮动活塞右端由充气阀充入高压氮气，氮气的压力一般为 150 公斤/厘米²。浮动活塞的左端是油缸，它与主油缸的油腔相通，浮动活塞用来隔离油液与氮气。当坦克前进时，负重轮驶上凸起物，主活塞向上运动，油液受压缩经高压软管到气室，通过浮动活塞压缩氮气，使氮气压力增大，体积缩小，氮气吸收能量而起缓冲作用。当负重轮行驶过凸起物后，氮气体积膨胀，气压减小，放出能量，推动浮动活塞把油压回油缸，油液推动主活塞

向下运动。如此往复运动，气室中的氮气时而吸收能量，时而放出能量，其作用相当于一个可变刚性的弹性元件。

改变主油的油量，就可改变负重轮的位置。如果分别改变坦克左、右边或前、后部或全部主油缸的油量，便可以改变坦克车体左、右倾斜或前、后俯仰或车底距地高，也就是说可调节或改变车辆的姿态。

液气悬挂不仅能够同时起到吸震和减震的作用，而且可以通过改变车辆姿态提高坦克的性能。具体来说，车体前后俯仰，可以增加火炮的高低射界；车体左、右倾斜，可以消除火炮安装耳轴倾斜对射击精度的影响。当然，通过车体左、右高度的调整，整车上、下高度的调整，可以改善坦克的通过性和防护能力。

近年来，美国和德国都在研制各种型式的主动式悬挂。德国马克公司在为豹 1 坦克研制的 VT1-1 型双炮无炮塔坦克样车上已经安了主动式悬挂。所谓主动式悬挂，是指能进行动态调节的悬挂装置，即等于自适应控制悬挂。使用这种悬挂装置，能较大地提高行驶平稳性，提高行驶速度，改善乘坐舒适性，保持乘员持续战斗力，延长车内机件、设备的使用寿命，并能提高武器的命中概率。

主动式悬挂系统的简单工作原理如下：

在坦克车体前部安装一种探测器，用来探测车辙前面将要遇到的地形轮廓，并传递给计算机。计算机根据车速进行计算后发出指令，控制悬挂装置作动缸的阀门开度和开放时间。油泵不断地供油，使车轮根据地形轮廓的起伏主动升降，以避免车体受到扰动。

主动式悬挂的发展，意味着适应随机地形变化的车辆悬挂自适应控制技术已开始进入实用阶段，这是悬挂发展的新动向，会使坦克的机动性有较大的提高。

坦克的浮渡和潜渡

坦克须具有渡越江河的能力，才能更好地实现战役和战场机动，发挥坦克武器的威力。现代坦克渡越江河的方法主要是浮渡和潜渡。

坦克浮渡，有的是自浮，有的借助围帐浮渡。大家知道，任何物体要浮于水面，根据阿基米德定律，就要使物体排开液体体积的重量大于物体的自重。简单地说，浮力要大于自重。然而坦克不仅要浮于水面，而且应能克服一定的风浪，甚至在水上战斗，因而还需有大于 20% ~ 25% 的浮力储备。也就是说，坦克在江河的浮力，除克服自重外，还要有大于 20% ~ 25% 的富余。为此，坦克不能太重，而其体积又较大，例如水陆坦克就是这样。如不增加坦克体积，可以采用围帐来保证坦克的浮力，有些主战坦克就是用这种方法。

坦克浮渡时是靠什么装置推进呢？有的是靠水上推进装置；有的是直接利用两条履带划水；有的同时使用上述两种方法。

水上推进装置是用来将发动机传来的动力转变为喷水推力，使坦克在水上航行的装置。

坦克的水上推进装置有两个，分别装在坦克后部的左、右两侧。坦克入水前，打开水门，挂上水档，发动机动力由分动箱传来，带动左、右推进装置中的推进器旋转。入水后，水由车体底部进水道吸入，经叶轮进入推进器体，在导流片的作用下，水的螺旋运动变为直线运动，以高速从尾喷管喷出，

产生推力，推动坦克前进。倒车时，水门关闭，水由倒车水道向侧前方喷出，使坦克倒退。关闭一侧水门时，从倒车水道喷出的水流与另一侧水道往后方喷出的水流形成力偶，使坦克以最小的转向半径向关闭水门的一侧转向。

坦克也可以利用履带划水前进，其简单原理如下：履带转动时，下支履带划水产生推力；上支履带与翼子板形成水道，翼子板前低后高，后部翼子板有导向水栅，下支履带转动时带动的水流通过水栅也产生推力。上支履带划水虽产生阻力，但与下支履带和导水栅产生的推力相比小得多，使坦克得以在水上行驶。用履带划水推进的坦克，在水上转向、倒车的操纵与坦克在陆地上行驶时的操纵相同。

能浮渡的坦克不是随时随地都可以越渡江河的。浮渡前，需对车辆密封。选择浮渡场地，使坦克的入水角不大于 20° ，出水角不大于 25° ，涉渡河岸的坡面土质应坚硬。河道水流速度应小，水面窄。在浮渡的线路上，不得有凸出的礁石、浅滩及水生植物等障碍物。这样不仅可以保证浮渡迅速，而且可以保证浮渡安全。现代坦克浮渡的最大速度一般为 $6 \sim 12$ 公里/小时。

大多数主战坦克由于太重而采用潜渡。潜渡是利用辅助设备，坦克沿水底行驶，通过水深没过车高的方法。现代坦克都自带潜渡附加设备，如进气筒、密封装置、救生衣和潜渡呼吸器等。

坦克潜渡前也需事先做好充分准备，对坦克进行密封，如必须将门、窗、孔、口等处用的密封装置安好。车体和炮塔的主要部位，如座圈等，都要用橡胶充气带加以密封。将 $3 \sim 5$ 节直径不等的圆筒组合成进气筒（一般高约 5 米左右），安装在车长出入窗口的座圈上（也有的安装在装填手出入窗的座圈上），四周用钢丝绳拉紧。空气则由此进气筒进入战斗室，供乘员使用，并通过发动机隔板上的活门进入发动机室，供发动机使用。发动机废气通过排气管上的单向活门排出，单向活门保证当废气压力达到一定值时，将活门顶开。当水下停车时，废气压力下降，活门自动关闭。并且要勘察水底，选定潜水地点，水底土质应保证坦克有足够的牵引力。坦克在水底运动时，不易掌握方向，需加强指挥、联络，并安装航向仪。此外，由于水浮力的影响，压在河底的重量减小，使转向阻力减小，在急流中易产生自动转向而偏离预定方向。也有可能使履带发生滑转，而使坦克难于前进或上岸困难，这些，也是坦克潜渡时必须注意的。

潜渡时，一般车长位于进气筒上部，通过车内通话器和无线电台，与车内、外保持联系。一旦车内进水，车内乘员可用潜渡呼吸器进行呼吸。同时在战斗室和发动机室内，还装有排水泵，用来排除潜渡时进入车内的水。

现代坦克潜渡准备时间一般为半小时左右，坦克潜水

现代坦克的防护手段

在现代战争中，单凭均质钢装防护已经不足以保持坦克的作战能力。为提高坦克的生命力，一方面是加强坦克的抗弹能力，即改善坦克的直接防护能力；另一方面是尽可能使坦克避免敌方炮火的攻击，即加强坦克的间接防护能力。

在直接防护方面，包括改善钢装甲的材质，采用复杂装甲；为对付破甲弹，采用屏蔽装甲；为防二次效应，将弹药、油料实行隔仓布置，并设自动灭火和防爆装置；为对付核武器、生物武器和化学武器袭击，坦克上几乎都

装了三防系统等等。

在间接防护方面，包括降低车高，改善车形，利用遮障和烟幕进行隐蔽和伪装，构筑工事实行掩蔽，针对反坦克导弹的弱点进行规避运动，实施诸兵种协同作战，实行有效的扫雷和防雷，以及在坦克上安装主动防护装置等。

1. 钢装甲

均质装甲的种类和材质。坦克车体和炮塔的钢装甲常用均质装甲。均质装甲是指钢的化学成份、金相组织和机械性能等在装甲截面上基本一致的装甲。

均质装甲按硬度不同，分为高硬度装甲、中硬度装甲和低硬度装甲。硬度是表征钢抵抗硬的物体压入表面的能力的。所以，硬度在很大程度上决定着装甲的抗弹丸穿透能力。高硬度装甲主要用于抗枪弹的薄装甲；中、低硬度装甲主要用于抗炮弹的中、厚装甲。

均质装甲按其生产方法，可分为轧制装甲和铸造装甲。轧制装甲由于在轧制时，破坏了金属的一次晶粒和枝晶，得到具有高韧性的纤维结构，同时也减少了内部疏松，使金属的密度平均提高 10~12%，从而提高了钢的机械强度，所以坦克车体多是用轧制装甲板焊接而成的。铸造装甲是由装甲铸钢冶炼后直接浇注而成的，因而容易使不同部位获得合理的壁厚和理想的倾角。但是，由于铸造组织不够密实，如有柱状晶、偏析、缩孔、气孔等疵病，所以铸造装甲的性能一般略低于轧制装甲。因此，有些坦克（如 M-1 坦克）的炮塔，采用了轧制钢板的焊接结构，而有些坦克的炮塔、防盾、炮框等，则是铸钢件。

各国钢装甲的钢种不尽相同，这主要受本国矿产资源的限制。一般地说，厚装甲钢种有铬—镍—钼系列和铬—钼系列；薄装甲钢种有铬—锰—钼系列等。为了提高装甲钢的性能，或者节约镍、铬等贵重与稀缺金属，可在钢中添加诸如硼、钛、钒、氮、铌、钽、稀土元素等微量合金元素。如前苏联 T-62 坦克的装甲钢中加入了稀土元素等微量合金元素，增加了锰含量，因而性能比 T-55 坦克装甲钢的有所提高。有些国家不惜付出高的代价，研制了屈服强度为 126~148 公斤/毫米²的镍—铬—钼—钽系高合金装甲钢。

钢装甲既作为坦克的结构材料，又作为坦克的防护材料。它应具有足够的强度和刚性，以承受各种负荷，也应具有高的抗弹性能。

抗弹性能一般是指在一定射击参数下，装甲能抵御弹丸冲击而不破坏的能力。它包括顽强性（或可修复性）和寿命两方面。顽强性是指装甲受各种弹丸冲击后，装甲的破坏程度和可修复程度。装甲上弹坑周围的金属损伤越小，装甲的可修复性就越高。当然，这对于保证坦克重返前线是十分有益的。寿命是指装甲经受多次打击而不破坏的能力。钢装甲的低温性能实质上是评定装甲钢强度和韧性的综合指标，对装甲防护能力具有十分重要的意义。根据不同的用途，对钢装甲的硬度、强度、韧性和塑性的要求也不同。装甲的高硬度能使弹丸变形、破碎或反跳，减弱弹丸的穿甲能力。装甲的韧性特别是低温韧性，可使装甲在遭受大动能弹丸冲击时，不碎、不裂和不崩落。

（2）钢装甲的抗弹形式

反坦克武器配用的弹种主要是穿甲弹、破甲弹和碎甲弹。

长杆式穿甲弹是一种比较新颖的弹种。它靠尾翼稳定的钢（或其他高密度合金）制杆状弹体来穿甲。穿甲过程：弹丸撞击装甲后，局部形成高压区，弹体在穿甲过程中不断破碎，并使装甲表面成坑。破碎的弹体碎块反挤

在弹体周围，将装甲孔挤大。随着侵彻（即弹丸进入靶内而未完全穿透靶的过程）的深入，在装甲背面形成鼓包，装甲抗力减小，约至装甲厚度的一半时，穿孔出现拐弯现象。此时如果弹丸的动能已经耗尽，那么穿甲即告结束；如果弹丸尚有一定动能，那么鼓包继续增大，装甲抗力越来越小，直至出现冲塞。穿透后，大量的弹丸残体、碎块和装甲碎片飞入坦克内部，起杀伤破坏作用。

实心装药破甲弹是利用锥形装药的聚能效应，使炸药前部的金属罩形成高温高压的金属射流来破坏装甲的。破甲过程：破甲弹碰击装甲后起爆，在强大的爆轰压力作用下金属药形罩沿法线方向产生高速塑性流动，并在装药轴线处汇合，一部分形成射流，另一部分形成杵体，并以不同速度（射流头部速度高达 8500 ~ 10000 米/秒，杵体速度约为 500 ~ 1000 米/秒）向前运动。射流头部碰到装甲时，以很高的压力（可达几百万个大气压）和温度，使装甲呈准液体状态。装甲在高压、高速和高温作用下被破坏，并与射流一起向四周飞溅，逐渐被侵彻。随着侵彻的进行，射流的速度和冲击波的强度都不断减小，破孔的直径也减小，最后形成漏斗状的破孔。剩余的金属射流穿过破孔和装甲碎片一起对车内造成杀伤破坏作用。

碎甲弹是用炸药起爆后产生的强大冲击波的形式作用于装甲，在装甲内部产生应力波使背面崩落碎片，这些具有相当动能的碎片对车内乘员和设备起杀伤破坏作用。碎甲过程：当弹头命中装甲时，弹壳头部变形或破碎，弹体内的塑性炸药就像泥巴一样堆附在装甲上。同时，弹底引引起起爆炸药，产生冲击波。冲击波通过装甲并引起一种压力波，致使装甲金属变形。冲击波碰到装甲背面反射回来，并在装甲内引起一种扩张波。当压力波与扩张波迭加时，产生一种拉伸应力，因而使装甲背面裂出碟形碎片并飞离。如果压力波足够大，还可以在装甲的新断裂面上继续崩落碎片。

钢装甲的抗弹形式主要是对上述三类弹种破坏作用的抵御形式。其抵御的有效程度就是抗弹性能。

2. 复合装甲

复合装甲在坦克上的应用。目前坦克的均质装甲厚度，一般不超过 250 毫米。但是，弹头直径为 100 毫米的空心装药反坦克导弹，可穿透厚达 550 毫米的钢装甲。如果为了提高坦克的防护性再加厚装甲，势必增加坦克的重量，影响坦克的机动性。而且，均质装甲厚度的增加，并不能使其抗穿甲弹，特别是抗核辐射的能力成比例地增加。例如，20 毫米的装甲板，能使透入车内的 γ 射线减弱 30%，但是再每加厚 20 毫米，透射量只能平均减少 20%、8%、7%……因此，人们为了加强对坦克的防护，研制了夹层和多层复合装甲。

现在坦克的正面防护用装甲已趋向装甲结构。复合的厚板用作坦克车体，薄板用作屏蔽和护板。坦克上采用的金属与非金属复合装甲，主要有下述两种：

一种是金属与非金属的夹层结构。其外层和里层都是用普通的钢装甲，外层厚为 80 毫米，里层厚为 20 毫米；中间层是由玻璃钢（或陶瓷、或金属陶瓷、或碳纤维）制成的，厚为 104 毫米。

另一种是钢、陶瓷、铝的夹层结构。铝合金作为陶瓷的支撑和粘结材料，铝背后是可变厚度的陶瓷——力学性能较好、价格比较便宜，适于大量生产的氧化铝，用螺栓固定在背板即钢装甲上。用在坦克正面防护的垂直厚度在 200 毫米以上。英国的“乔巴姆”装甲类似于这种结构。

上述两种复合装甲的抗弹性能，都比均质装甲的高得多。例如，后一种用于正面防护的复合装甲的抗破甲弹水平，相当 500 毫米左右的均质装甲。

瑞典 IKV-91 轻坦克的侧面是用双层中空装甲，即所谓“间隙装甲”。在豹 1A1 坦克的铸造炮塔体的周围间隔一定距离，加挂了附有橡胶衬里的屏蔽装甲。屏蔽可使破甲弹提前引爆，间隙可使射流拉长并分散，因而使侵彻力降低。在豹 1 坦克的炮塔上，采用了夹层装甲，即在两层薄装甲间填充聚乙烯，并添加锂和硼，从而使坦克的防护，特别是防破甲弹和原子辐射的能力大大加强。在“伊朗狮”坦克、T-72 坦克和 M-1 坦克的车体侧面都装了裙板。T-72 坦克的裙板每块都装有弹簧装置，可向外张开，与车体成 65° 角，形如鱼鳃。裙板有由单块高度钢板组成的，也有夹心的，即两层高硬度钢板间夹一层碳纤维或类似的材料，用来对付破甲弹，保护履带上支段和托带轮。有的坦克内壁还覆盖一层约为 20~30 毫米厚的渗铅泡沫塑料，用来阻止电磁脉冲和中子辐射。

复合装甲的抗弹性能。并不是任何一种多层装甲结构，都比相同面密度的均质钢装甲具有更好的防护效果。金属和非金属复合装甲的抗弹性取决于材质的选择、装甲结构的配置和利用大倾角，而且这三者是密切相关的。

材料是根据穿、破甲弹对靶板侵彻的机理和材料在动态下的性能来选择的，同时要顾及装甲重量、厚度和使用的重复性。面板宜用中硬度且具有良好径向延伸率的钢：中间夹层利用陶瓷和玻璃钢材料，以充分发挥其动态下的性能，满足弹性—塑性排列形式：背板应有一定韧性和适当的强度或是采用双硬度金属复合装甲（表面为高强度）。

装甲结构的配置，应采用薄面板—厚背板结构。这样，面板和非金属夹层可将杆式弹入射能量消耗或分散，使弹丸破坏和耗损，弹丸到达背板时，继续保持大角度运行，杆长细比下降，速度降低，侵彻转变为类似普通穿甲弹对厚板的低速侵彻。对于破甲弹来说，由于通过面板开坑能量消耗，陶瓷破坏高速端射流质点，玻璃钢干扰后续射流的运行，当破甲射流抵达背板时已经大大耗损，冲击压力大为减小，从而可使背板强度效应得以充分发挥。

因此，复合装甲能抗多种弹，甚至能抗大口径的反坦克导弹。一般金属与非金属装甲比均质装甲抗弹性能高 1~2 倍，特别是它具有均质装甲所没有防破甲弹和碎甲弹的良好作用。例如：用氧化铝、铝合金、高强度钢制成的复合装甲抗 100 毫米空心装药的能力，是同重量均质钢装甲的 3 倍，从而可以减轻坦克的重量，提高坦克的机动性。

3. 对核武器的防护

核武器的危害和坦克的防御能力。核武器（包括原子弹和氢弹，以及小型氢弹——中子弹）爆炸产生的光辐射、冲击波、早期核辐射和放射性沾染，对物体和人都有破坏和杀伤作用。

（1）对光辐射的防护

核爆炸时，出现强烈耀眼的闪光，紧接着形成一个炽热而明亮的火球。从火球表面，向四周以光速（每秒 30 万公里）直线射出的强烈可见光、红外线和紫外线，称为光辐射。光辐射可将离爆炸中心投影点一定距离内的易燃物体引燃或熔化，可使暴露的人员遭受二度烧伤。

然而，光在传播过程中，可被不透明的物体遮挡，并且容易受某些物质（如含尘空气等）的吸收和散射而削弱。坦克装甲能够有效地遮挡光辐射。只要炮塔和坦克的门窗不被破坏，车内不因意外（如引燃车内的擦车布等）

着火，车内的油料、弹药就不会燃烧、爆炸，车内乘员也不致被烧伤。

（2）对冲击波的防护

核爆炸产生的高温和高压的火球，猛烈地向外膨胀，挤压周围的空气，形成压缩空气层。这压缩空气层所通过区域的压力，自然超过正常的大气压。其所超过部分的压力，称为冲击波动压。高压空气层使其外层空气高速流动，并具有强大的冲击压力，这种冲击压力称为冲击波超压。冲击波超压先使物体向冲击波前进的方向偏斜，随后从四面八方挤压物体，使物体破坏，使人的内脏损伤。而冲击波动压，就像暴风一样，将人和物体向冲击波前进的方向推动和抛掷等。例如，可使无工事掩蔽的坦克发生位移，车外零件飞散，甚至车被倾翻、炮塔被掀掉等。

由于冲击波动压是沿地面水平方向传播的，所以凡能阻挡其传播或者利用低于地面地形地物的背向爆炸中心那面隐蔽，都可以避免或减轻冲击波动压的伤害。坦克的装甲能够阻挡冲击波动压，所以车内机件和乘员不致受到损伤。

人人可以经受 0.25 公斤/厘米² 以下的超压。在约为 2.5 公斤/厘米² 的超压区内，暴露的人的耳膜会被击穿而立即死亡。坦克的门窗紧闭，冲击波只能从坦克的孔洞缝隙进入车内，这就削弱了冲击波的作用，使车内的压力低于车外的压力，而且车内超压上升得慢，因而车内的乘员比地面暴露人员所受的冲击伤轻得多，车内机件的破坏程度也比车外的小得多。密封性良好的坦克能够使超压削弱 90% 左右。而且，坦克的密封性越好，其防御冲击波的能力也越好。

（3）对早期核辐射的防护

核爆炸时产生的 γ 射线和中子流，称为早期核辐射。早期核辐射能够贯穿人体组织。人员在短时间内受到 100 伦以上的照射，就会引起全身性的疾病。

但是，由于早期核辐射在穿透各种物质的过程中，不断地使物质的原子电离、激发，所以会消耗自己的能量。例如，100 ~ 130 毫米厚的均质钢装甲，可以阻挡 90% 的 γ 射线，阻挡 20 ~ 36% 的中子。若加装 20 毫米厚的特殊塑料层迭板，可使中子辐射强度衰减到 $1/1000$ 。于是，可使车内的照射剂量比车外的小，对车内乘员的损伤就轻得多。

（4）对放射性污染的防护

核爆炸产生的放射性，分布在火球和烟云中，随着风飘移，并在重力作用下棚落，使地面和物体表面受到污染。这种污染，称为放射性污染。放射性污染的 γ 射线和早期核辐射一样，可以穿透各种物体和人体，并杀伤人员。

放射性污染的 γ 射线贯穿物体时，将被削弱。坦克停留或者通过放射性污染区时，由于装甲和车内的机件对 γ 射线都有削弱作用，所以车内的剂量率（以伦/小时计）比车外的小得多。坦克的密封性越好，进入车内的放射性尘埃越少，车内的空气放射浓度也就越低。由于坦克对放射性污染有较好的防御能力，所以车内的乘员一般只需带防尘口罩就能在放射性污染区执行任务。

（5）对中子弹的防护

中子弹是以纯聚变反应放射出大量的高速中子，在局部地区形成密集的中子雨，起杀伤作用的。中子弹可以贯穿钢装甲。中子进入人体，并使人体组织的氢、碳、氮起某种核反应，致使细胞破坏。在足够剂量的情况下，人

就会失去战斗力或者死亡。

坦克对中子弹的防御，类似于对早期核辐射的防御，这里不再重复。

4. 对生物武器的防护

装有细菌战剂（如鼠疫杆菌、霍乱弧菌、肉毒杆菌毒素、黄热病毒、Q热立克次式体和球孢子菌等）的炸弹、炮弹、导弹弹头和其他施放容器，称为生物武器。细菌战剂的液体或固体微粒悬浮在空气中所形成的雾或烟，称为细菌战剂气溶胶。敌人可用飞机喷洒或用细菌弹爆炸形成这种气溶胶，可用火炮、导弹等投掷或发射细菌弹，可用飞机投放带细菌战剂的昆虫、动物和杂物等来杀伤人和牲畜。

但是，由于带菌的昆虫、动物不容易进入坦克车内，所以不会伤害车内的乘员。细菌气虽然能够随着空气进入车内，但是只要乘员事先及时关闭门窗，并使用空气过滤装置等，就可以进行有效的防御。

5. 对化学武器的防护

装有化学毒剂（如能伤害人神经系统的沙林和维埃克斯毒剂，使皮肤溃烂的芥子气和路易氏气，使人失去正常活动能力的毕兹毒剂，使人中毒、甚至窒息的光气等）的炮弹、炸弹、地雷和毒烟罐等，称为化学武器。近年来出现的二元化学武器，装的不是化学毒剂，而是可以生成化学毒剂的二种或二种以上相对无毒的化合物——前体。它们被分别装在相互隔离的密封室内，只在弹药发射过程中才相互混合生成致命的毒剂。

为了防御化学毒剂，有的坦克涂了低红外反射的脂族聚氨酯面漆和氧底漆。有一种无光泽脂族聚氨酯底漆，基本上不吸收毒剂，并且具有耐热和耐寒的特性。坦克装有防护性密封衬里和空气过滤装置；尤其能有效地阻止外界有毒空气进入车内，以避免伤害乘员。

6. 坦克的三防系统

坦克的三防系统一般包括关闭机构、密封装置、空气过滤装置、防毒衣具和增压空气调节装置等。

关闭机构用来自动关闭瞄准镜孔和通风口等，以防止冲击波对乘员的伤害。

密封装置是指对车体和炮塔的门窗缝隙加装的橡胶密封件、防水胶垫密封装置，对旋转部位所采用的充气密封环密封。

空气过滤装置一般是由粗滤清器、除尘器、活性炭滤毒罐和温度控制系统等组成的。由风扇吸进车内的空气，先经过粗滤清器滤去灰尘、砂子和粗大的微粒，再经除尘器去掉细小的微粒、细菌和放射性微粒，然后经滤毒罐除掉有害的化学毒剂，滤清的空气通过温度控制系统按乘员的要求加温或降温，最后经金属软管供乘员使用。

防毒衣具包括防护衣、防毒面具、防护手套和鞋套等。防护衣大多是用橡胶液浸渍的布制成的，一般只能防外部毒剂。穿上这种防护衣，人体排出的汗液不能随时散发，致使人的体温迅速上升，精疲力尽，甚至中暑。为了解决这个问题，科学家正在研制一种液冷衣。这种液冷衣的内层纵横着许多细小时管道，一种冷却用的水和酒精混合物借助坦克的动力进入这些管道，以传导的方式将人体内的热量带走。乘员贴身穿着这种液冷衣，外套防护衣，可在几小时内有效地执行任务。

此外，采用增压空气调节装置，可使车内形成超压。例如，利用离心式风扇不仅可以借助转子内惯性力的作用来过滤含尘的空气，而且可使驾驶

室、战斗室具有 $0.004 \sim 0.005$ 公斤/厘米²¹⁴ 的超压；从而可以防止没有过滤的空气进入，使乘员不受或少受伤害。

7. 隔仓和自动灭火装置

一些制式坦克的至炮塔顶高度已经超过 2.80 米，而且乘员、电子设备、部分弹药都布在战斗室的高弹着密度的区域。因而坦克在一次中弹后，由于燃料和弹药燃烧爆炸所引起的二次效应，仅在 100 毫秒内就可使乘员受到二度烧伤，并在 240 毫秒内以超压来杀伤乘员，甚至造成全车的毁坏。

为使坦克中弹后不容易引起火灾，着火后又能立即熄灭，就需要合理地改进坦克的总体布置，实行隔仓化，采用不易着火的燃料和高效率的自动灭火装置。

隔仓。对乘员、油料和弹药实行隔仓布置是 M-1 坦克的主要特征。弹药一旦被击中爆炸，其能量可由活动甲板释放出来，车内的乘员可免受伤害。

T-72 坦克的大部分弹药放在战斗部分下边装填机构两侧的弹架里，且弹丸和药筒分置。而乘员在弹药的上边，燃油箱置于驾驶员座位两侧。这样，就减少了由于油箱中弹起火引起弹药爆炸的机会。

“奇伏坦”坦克设有水套，作为弹药的附加防护装置。M60A3 坦克液压系统使用了难燃油。这种油料的燃点高达 218℃，与以往燃点为 90℃ 的工作油液相比，耐火性能有所提高。以色列的“梅卡瓦”坦克采用动力传动装置前置，并将油料、工具、枪弹等放在战斗室周围的装甲空腔内间隙，因而给乘员提供了附加防护，并可能将大部分弹药放在比较安全的车体后部。

自动灭火装置。自动灭火装置可由几个双频谱传感器（战斗室布置 3~7 个，动力室布置 2~4 个）、一个电子控制盒、若干灭火瓶和阀门组成。

为了保证阳光、炮口火焰、车前灯、燃着的火柴以及红衬衣之类的非火灾性刺激因素，不会触发自动灭火装置，双频谱传感器有两个探测器：一个是硅光电二极管探测器，在电磁波谱的近红外区工作，工作频带为 $0.8 \sim 1.0$ 微米；一个是热探测器，在电磁波谱的远红外区工作，工作频带为 $7 \sim 30$ 微米。

探测器能够准确地探测空心装药破甲弹的射流和因油箱或油管崩裂所逸出的碳氢化合物蒸汽起火或爆炸，并在 2~3 毫秒内发出信号，传给电子控制盒，由控制盒确定正在触发的传感器并给其快作用用一个强电流信号，使它打开，将灭火瓶里的灭火剂和干燥氮约以 50 巴的压力喷出。灭火剂与氢氧根起作用，从而能够终止引起碳氢化合物爆炸的反应链。

所用灭火剂可为浓度为 6%~7% 之间的氟里昂 1301 灭火剂（三氟溴甲烷）。这种灭火剂是一种惰性蒸汽，它能有效地熄灭易燃液体表面起火和几乎所有燃着的固态物质，而且它的毒性比二氧化碳低得多。

这种灭火装置也可由驾驶员用手操纵。

