

# 坦克

## 装甲车辆设计

### 武器系统卷

冯益柏 主编



化学工业出版社

# 坦克

## 装甲车辆设计

### 武器系统卷

冯益柏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较为详细地介绍了坦克车辆武器系统的基础知识、坦克武器系统的总体设计技术、坦克武器的设计技术、坦克用弹药设计技术、坦克自动装弹设计技术和坦克火控系统设计技术等内容。全书内容翔实可靠、信息量大、图文并茂。

本书可供行业内研究、设计、生产、管理人员使用，也可作为教材使用。

# 坦克装甲车辆设计——武器系统卷

## 武器系统卷

主编 冯益柏

### 图书在版编目 (CIP) 数据

坦克装甲车辆设计——武器系统卷/冯益柏主编. —北京: 化学工业出版社, 2014.10  
ISBN 978-7-122-21608-3

I. ①坦… II. ①冯… III. ①坦克-武器系统-系统设计 IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 187845 号

责任编辑: 仇志刚  
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 陈 喆  
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 27 字数 744 千字 2015 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 180.00 元

版权所有 违者必究

## 《坦克装甲车辆设计》编写人员名单

编委会主任：王玉林 冯益柏

主 编：冯益柏

副 主 编：白晓光 李春明

编 委（按姓氏笔画排序）：

马英新	王 宇	王 晶	王少军	王玉林	王曙明
石 磊	叶 明	白晓光	冯益柏	宁功韬	闫清东
吕小岩	刘 川	刘 勇	苏 波	杜 宏	李 萍
李 毅	李春明	李福田	杨玉淳	张 林	张文超
张玉龙	张立群	张存莉	张树勇	张振文	卓 峰
郑 威	周广明	周黎明	孟 红	项昌乐	赵银虎
宫 平	徐劲松	凌 云	唐 进	黄 健	曹 宁
曹 辉	曹福辉	窦铁炎	魏晋忠		

# 序

第二次世界大战确定了坦克“陆战之王”的主体地位。自1916年诞生以来至今，坦克已经走过了百年的辉煌发展历程，在战场上显示出强大的作战能力，成为现代陆军的主要“杀手锏”，一直在各国陆军装备中占据极其显赫的重要地位，故而受到了各国的高度重视，使坦克一跃成为一个国家国防力量和综合国力的重要象征。

20世纪90年代以后，各国主战坦克的发展速度虽然放缓，但都在致力于高新技术的应用和新型坦克车辆的研制工作。以美国为首的西方坦克大国在传统坦克设计理念上已经发生了创造性的变革。多功能、智能化、轻型化、网络化赋予了坦克装甲车辆新的内涵和时代技术特征，进一步催生了以坦克为标志的“装甲时代”向以网络化武器平台为标志的“精确打击信息化时代”转型。目前世界上第四代坦克装甲车辆仍在探索之中，它的面世和装备部队仍需相当长的一段时间，但近几年高技术局部战争的经验表明，保持并发展一定数量、技术先进的主战坦克是各国军队长远核心能力建设的必然需要。因此，各国仍积极以技术改进提升和研制新型坦克来加快坦克装备更新换代的步伐。

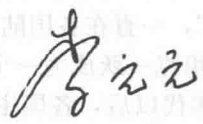
随着高新技术在军事工业上的成熟应用，极大地推动了现代坦克的整体发展进程，也促进了新时代军事变革下坦克技术的日臻完善和升华。随着一大批新技术、新原理、新工艺快速发展和广泛应用，催生了许多新技术理论的创造发明和持续演化，带动了与坦克装甲车辆领域交叉融合的多学科技术进步，也更加强化了坦克装甲车辆在立体攻防联合作战中的生存能力。

当今世界坦克装甲车辆技术始终保持着快速发展的态势，新型主战坦克、新型轮式装甲战车之所以能取得突破性进展，主要归结为动力传动技术、主被动防护技术、车辆电子技术等新技术取得的重大突破和能力提升，使坦克迅速成为具有高技术特征的陆军机动作战平台。这一期间，坦克装甲车辆领域的创新概念与技术研究正逐步成熟和发展起来。

当前，世界政治、经济和军事正在发生着深刻和巨大的变化，无论是发达国家还是发展中国家，都面临着前所未有的挑战。技术创新是一项事业、是一个行业迅速发展乃至一个国家强国和强军的必由之路。《坦克装甲车辆设计》系列专著图书是在系统学习和借鉴国外坦克的基础上，科学总结我国坦克装甲车辆和轮式装甲车辆20余年研制工作的实践经验与成功做法，结合我国陆军机械化、信息化装备建设的具体需求，从10个方面系统论述了坦克装甲车辆的技术发展路径、创新性设计思想和工程设计方法。主编冯益柏同志作为兵器首席专家，凭借在坦克装甲车辆从业30余年的丰富经验，在诠释坦克装甲车辆及其技术主要特征与技术创新思想的表现形式上，以独特的技术视角和丰富的工程实践积淀的真知灼见，对坦克装甲车辆及其技术，从理论创新和工程应用上做了深入研究和催人思考的总结与提炼，本专著图书在关键领域中提出的创新性概念、

工程技术方法以及典型系统的发展演变与技术特征等内容，在总体编排上脉络清晰、结构严谨、数据翔实可靠，具有极强的实用性、先进性和工程指导性，最优地实现了理论与实践的有机统一。本专著图书提出的设计理论、研究方法以及各卷中所涉及的主要技术论点与研究体系，为我军主战坦克的发展论证提供了有价值的信息和可借鉴思路，值得从事坦克装甲车辆的专业人士深入研究和思考，是推动我国坦克装甲装备技术创新的良师益友，也是我国坦克装甲车辆工程研制人员的重要参考。

十八年前，因科研工作我与冯益柏同志相识，与坦克装甲车辆事业结缘，此后一路同行，深深被他对发展我国坦克装甲车辆科技的强烈使命感、创新精神和卓越业绩而感动。该系列专著图书倾注了主编冯益柏同志、主要编者和广大工程研究人员的大量心血和智慧汗水。该专著图书的出版，必将为坦克行业提供坚实的基础理论和工程方法，更加坚定了我军坦克专业技术领域会产生诸多创造与发明的信心，推动我国坦克装甲车辆事业走向新的辉煌。



2004年11月

中国工程院院士、吉林大学校长

坦克具有强大的直射火力，远距离精确打击能力，快速的越野机动性，坚固的装甲防护能力和反应快速的指控系统，是地面作战的主要突击兵器，也是装甲部队的基本装备，在武器装备中占据极其重要的地位，特别是主战坦克是一个国家国防力量的象征和综合国力的体现。

坦克自1916年问世，世界各国研制出多种类型的坦克，均在战场上展示出强大的作战能力，故而受到各国的高度重视，均投巨资大力研发。到目前为止，坦克已发展到第三代，第三代坦克在技术上取得了前所未有的进步。它将当代科学技术的最新成就集于一身，特别是计算机、激光、自动控制、热成像、综合电子技术、数据多路传输技术、定位导航技术、装甲、隐身、主动和综合防护技术等，在坦克中应用，使坦克设计与制造技术得到快速发展，战技性能大幅度提升。

现代坦克已成为陆军的机动作战平台，配备了大威力、高膛压、高初速火炮和多种高性能常规或制导弹药，装弹自动化，高水平的火控系统，安装了大功率，高紧凑发动机及高功率密度液力机械综合装置。采用了各种隐身伪装、装甲防护和特种防护，发展了综合电子信息系统，使坦克技术进一步完善和提高，这些设计与制造技术也应用于坦克协同作战的步兵战车，装甲运输车和各种配套车辆，使整个装甲战斗车辆的设计与制造发生了质的提升和飞跃，战技性能明显提高。

随着高新技术在军事工业上的应用，以及未来战争特点的变化，坦克的发展也面临十分严峻的挑战，目前世界各国在新一代坦克设计与制造上广泛采用新的设计思想与理念，一大批新原理、新技术、新工艺在设计与制造中得到应用，使新一代坦克设计与研制取得了长足进步。

为了普及并总结坦克设计基础知识和实用技术，推广并宣传近年来在新一代坦克设计与制造中出现的新原理、新技术和新工艺成果，笔者编写了《坦克装甲车辆设计》系列书。系列图书共有十卷，分别为：总体设计卷，武器系统卷，动力系统卷，传动系统卷，行走系统卷，防护系统卷，综合电子信息系统卷，履带式战车卷，轮式战车卷，坦克装甲车辆可靠性、维修性及保障性卷。

本书突出实用性、先进性、可操作性，侧重将理论与实践相结合，用实用数据和实例说明问题，全书结构清晰严谨，语言精练，数据翔实可靠，信息量大，适用性强，是本行业研究、设计、制造、管理、教学人员必备必读之书，若本书的出版发行能对我国新一代坦克装甲车辆的设计与制造起到促进与指导作用，笔者将感到十分欣慰。

《坦克装甲车辆设计》的出版是件幸事，然而由于水平有限，文中不妥之处在所难免，望读者批评指正。

# 目 录

## 第一章 概论

第一节 坦克武器系统基础 .....	1	功能 .....	16
一、简介 .....	1	三、火控系统的结构和在坦克内的配置特点 .....	21
二、武器系统组成 .....	1	四、坦克装甲车辆观瞄仪器 .....	22
三、对坦克武器系统的要求 .....	3	五、坦克装甲车辆火控系统的评价方法 .....	23
第二节 坦克武器装备 .....	5	第四节 主战坦克未来武器系统的选型与配置 .....	23
一、坦克炮 .....	5	一、未来坦克的作战环境及对坦克的要求 .....	23
二、坦克炮配用的弹药 .....	9	二、坦克炮 .....	25
三、遥控武器站 .....	12	三、弹药 .....	26
四、坦克机枪 .....	12	四、遥控武器站 .....	29
五、弹药分布和装填自动化 .....	12		
第三节 火控系统与观瞄装置 .....	15		
一、火控系统的要求和发展概况 .....	15		
二、火控系统的工作原理、组成及			

## 第二章 坦克武器系统的总体设计

第一节 坦克武器系统的整体性能设计 .....	33	二、坦克炮武器系统仿真总体设计 .....	56
一、坦克火炮的总体性能指标 .....	33	三、坦克火炮人机系统计算机仿真设计软件 .....	60
二、火炮弹种、基数与配比 .....	38	四、坦克车载火炮系统动力学仿真设计 .....	62
三、遥控武器站 .....	40	第三节 坦克与火炮武器系统匹配性设计与评价 .....	66
四、车载机枪性能指标 .....	41	一、简介 .....	66
五、火控系统的指标 .....	43	二、对坦克的技术要求 .....	69
六、弹药性能设计 .....	46	三、坦克底盘与火炮匹配性评价体系 .....	71
七、车载反坦克导弹性能设计 .....	48		
第二节 坦克武器总体设计 .....	50		
一、设计基础 .....	50		

## 第三章 坦克武器的设计技术

第一节 坦克炮的设计 .....	84	第二节 遥控武器站的设计 .....	123
一、常规火炮 .....	84	一、必要性 .....	123
二、电炮 .....	101	二、遥控武器站的功能设计 .....	123
三、液体发射药火炮 .....	115	三、遥控武器站设计的相关技术 .....	124
四、火炮评价方法 .....	119	第三节 坦克车载机枪 .....	124



一、机枪架座	124	二、内、外和终点弹道特性	132
二、88式12.7mm坦克车载机枪	127	三、电磁炮发射技术的设计	133
三、美国M73式7.62mm坦克机枪	129	<b>第五节 车载武器反后坐设计技术</b>	135
四、美国M85式12.7mm车装机枪	129	一、简介	135
五、英国L8A2式7.62mm坦克机枪	130	二、火炮反后坐设计技术	136
六、英国“伯萨”7.92mm坦克机枪	130	三、自动炮浮动技术	150
<b>第四节 坦克车载武器发射技术的设计</b>	130	四、膛口制退器的设计	152
一、枪炮发射原理	130	五、自动武器缓冲装置	156

## 第四章 坦克用弹药设计技术

<b>第一节 常规弹药</b>	163	一、杀伤爆破弹	215
一、主要类型与特点	163	二、坦克炮多用途子母弹	221
二、新型坦克设计对弹药的基本要求	163	<b>第六节 坦克制导武器与弹药</b>	223
<b>第二节 穿甲弹</b>	165	一、炮射导弹	223
一、简介	165	二、车载及坦克导弹	228
二、穿甲弹的技术分析	176	<b>第七节 火炮发射药</b>	234
三、穿甲弹的特性与穿甲机理	183	一、发射药基础	234
四、穿甲弹的发展	193	二、发射药的基本性能	237
<b>第三节 破甲弹</b>	195	三、装药与制造技术	240
一、简介	195	四、现装备的发射药	242
二、尾翼稳定的破甲弹	196	<b>第八节 坦克弹药的毁伤理论与攻进技术</b>	248
三、旋转稳定破甲弹	198	一、毁伤效应	248
四、破甲机理及影响破甲作用的因素	200	二、弹药增程技术	254
五、破甲弹研究与发展	203	三、弹道修正弹技术	258
<b>第四节 碎甲弹</b>	205	四、弹药总体技术	261
一、简介	205	<b>第九节 软杀伤武器与软杀伤效应</b>	268
二、特点	206	一、针对有生力量的非致命效应武器	268
三、结构	207	二、使武器装备失能的软杀伤效应武器	268
四、碎甲机理与影响因素	209	三、主要软杀伤机理和效应的武器	270
<b>第五节 杀伤爆破弹与多用途子母弹</b>	215		

## 第五章 坦克自动装弹设计技术

<b>第一节 自动装弹机概述</b>	271	四、自动装弹机的结构与性能	280
一、简介	271	五、典型自动装弹机	286
二、自动装弹机的优点	272	六、现阶段自动装弹机的实现方式	288
三、坦克自动装弹机的效用	273	七、自动装弹机的未来展望	290
四、基本类型及功能	274	<b>第三节 自动武器供弹技术</b>	291
<b>第二节 自动装弹机的设计</b>	274	一、弹链供弹	291
一、自动装弹机的设计要求	274	二、弹匣、弹盘、弹鼓供弹	292
二、自动装弹机的设计方案	275	三、无链供弹系统	292
三、自动装弹机的结构设计及优化	276		

## 第六章 坦克火控系统设计技术

<b>第一节 坦克火控系统基础</b>	294	二、发展概况	294
一、基本概念	294	三、坦克火控系统的“三要素”	304





# 第一章 概论

## 第一节 坦克武器系统基础



### 一、简介

所谓坦克武器系统是指由坦克火炮、机枪、弹药、自动装弹装置和火控系统组成的作战系统，又称火力系统。坦克武器系统主要功能是压制并消灭敌方坦克装甲车辆、反坦克兵器及其他火器，摧毁敌方野战工事，歼灭敌方有生力量。坦克配置的高射机枪还具有对付敌方低空目标的功能。

近年来，随着现代战争发生的深刻变化，在高新技术的推动下，坦克武器系统也悄然发生不小的改变，除常规火炮改进外，像坦克用电磁炮、电热炮、电化学炮以及液体火炮研究如火如荼，像炮射导弹、制导弹药、软杀伤弹等新型弹药、遥控武器站和自动装弹装置等已在现役坦克和新型坦克上得以配置。坦克火控系统发展更快，已呈现装备一代、储存一代、研制一代的良好局面。

### 二、武器系统组成

坦克装甲车辆武器系统由武器和火力控制系统组成。坦克炮是坦克的主要武器；坦克机枪是坦克的辅助武器。步兵战车和装甲输送车的武器一般有小口径自动炮和机枪。此外，装甲车辆内还配有自卫用的轻武器，有些还携带有反坦克导弹。

坦克炮配用的弹药一般有穿甲弹、破甲弹、杀伤爆破弹，有些配炮射导弹。

坦克火力控制系统，简称火控系统，一般包括观察瞄准仪器、测距仪、计算机、传感器、坦克炮稳定器和操纵机构等。它的功能是控制坦克武器的瞄准和射击，缩短从射击准备工作开



始到实施射击之间的时间，提高对目标的命中概率。

火力是坦克的最重要的战斗性能，其发展速度大大超过其他性能的发展速度。现代坦克应在白天和夜间、行走和原地在不小于 2000~3000m 的距离杀伤敌人，在发现目标和开火时必须超前敌人并有杀伤各种目标的足够有力的武器。

坦克武器系统（图 1-1）包括武器、火控系统、弹药基数和保证弹药在坦克内分配和给武器装弹的装置。

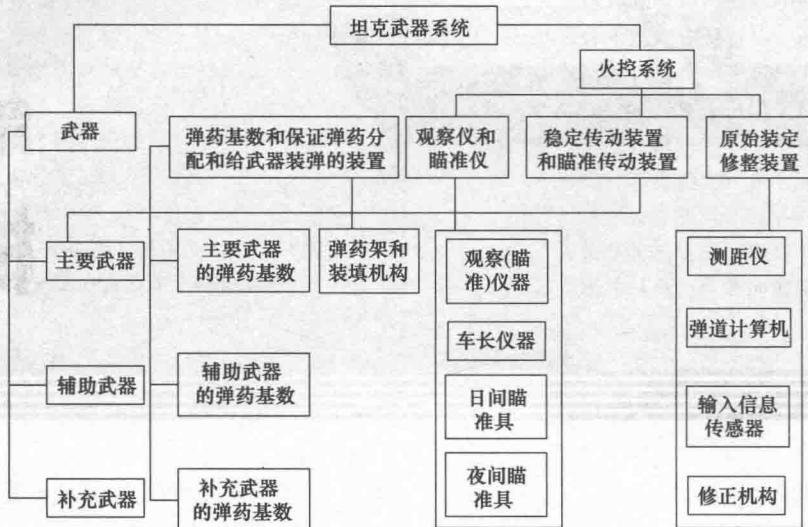


图 1-1 坦克武器系统的组成

对坦克要求的多样性和目标的广泛性（既按对坦克危险程度又按目标保护级别）导致坦克必须装备各种武器。

作为坦克主要武器的火炮用于杀伤坦克、自行防空武器装备、步兵战车、反坦克导弹系统的火炮和发射装置、火箭武器发射台、各种野战工事（其中包括土木构筑的火力点、永久火力点和装甲护罩）、集结有生力量等。坦克炮射击的主要类型是用直接瞄准目标直观全射程进行射击。同样可采用隐蔽阵地进行射击的方法。

辅助武器一般是并列机枪（有时是小口径双管自动炮），用于消灭和扼制近战的敌方武器（步兵用的反坦克导弹系统装置、掷弹筒、无后坐力炮和其他武器）、轻型装甲车和专用车以及敌方有生力量。

补充武器用于解决一些特殊火力问题，这些问题用主要武器和辅助武器不能顺利完成，例如反击飞机和直升机的袭击。将高射机枪、小口径自动炮和其他武器用作补充武器。在某些情况下，高射机枪可以用作射击地面目标的辅助武器。

火控系统包括：观察仪和瞄准仪、瞄准传动装置和稳定传动装置，高低瞄准角和方向瞄准角修正装置（坦克弹道计算机）。

坦克弹药基数由各种武器的弹药组成。弹药编号由坦克杀伤的目标类型而定。主要武器采用下面的弹药：用于杀伤装甲目标的适口径穿甲弹、次口径弹和聚能装药弹；用于杀伤薄装甲和无装甲目标，各种地面工事和敌方有生力量的杀伤弹或杀伤爆破弹。

保证弹药分配、弹药选择性和火炮装填的装置包括以下几种。

手工装填时——弹药架（弹药在架内按规定示意图分布，这就能在战斗情况下采用最多的弹药，并考虑体力可能性和装填手的工作条件）和减轻装填负荷的装置（导弹槽、托弹板等）。

自动化装填时——部分弹药基数用的自动装填机（它能保证选择所需弹型、自动或半自动



地按规定速度对火炮装弹和发出各弹型自动化弹药存数的信息) 以及用于对自动装填机补充装填和在事故情况下用手工装填的补充性非自动化弹药架。

确定坦克火力的坦克武器系统主要性能的是信息量、速率、射击精度和弹药对目标的作用威力。

坦克射击由对目标搜索(搜索和识别)和对目标杀伤(准备和进行首次射击和往后射击)各阶段组成。

信息能力表现为对目标搜索(侦察)的能力和指示目标的效率,主要由火控系统和其所属仪器的技术参数确定。

坦克武器系统的反应能力表现为准备和实施射击的持续时间,它由火控系统和自动装填机的技术性能决定。

射击精度由武器的构造参数和弹道参数以及火控系统的误差而定。

弹药对目标的作用威力由坦克炮能量特性、弹药的结构和材料而定。

### 三、对坦克武器系统的要求

#### (一) 对坦克武器的要求

##### 1. 武器威力要求

(1) 弹丸威力。摧毁敌人的坦克和其他装甲战斗车辆,是坦克的主要作战使命。因此,必须对坦克武器配备的穿甲弹的穿甲威力、破甲弹的破甲威力提出要求。

对穿甲弹的穿甲威力的要求是在使用环境条件下,在常规作战距离内,能有效地穿透敌坦克正面装甲或穿透这些正面装甲的等效装甲板,并留有一定的威力余量。

对于破甲弹的破甲威力,通常要求在使用环境温度下,能穿透特定的装甲板,并要求有一定的穿透率和后效。近年来,为了对付破甲弹的攻击,许多国家都研制了反应式装甲,以降低破甲弹的破甲作用。为此,对于破甲弹,还应有对付反应式装甲的要求。

杀伤爆破弹也是坦克的主弹种,主要用于消灭敌有生力量和摧毁敌土木质工事,它兼有杀伤和爆破性能。因此,它的威力包括杀伤威力和爆破威力。杀伤威力用杀伤半径或杀伤面积表示;爆破威力一般是对爆坑直径提出要求。

(2) 直射距离。它是指最大弹道高为目标高(一般指 2m)时的射击距离。直射距离是表示弹道低伸程度的一个性能指标,直射距离越大,弹道越低伸。直射距离的实用意义还在于:在火控系统出现故障的情况下,射手只要装上直射距离的表尺,在直射距离内,可以不改变表尺分划而进行连续射击,简化了射击操作程序,提高对目标的射击速度。

直射距离与初速、弹道系数及目标高有关,可由下列公式算出:

$$x = kv_0 \sqrt{y}$$

式中  $x$ ——直射距离, m;

$v_0$ ——火炮初速, m/s;

$y$ ——目标高, m;

$k$ ——直射距离系数,由  $v_0$  和  $c\sqrt{y}$  确定,在外弹道学中有表可查,其中  $c$  为弹道系数。

(3) 射击密集度。它是指弹丸的弹着点相对于平均弹着点的密集程度。通常用公算偏差表示。它有地面密集度和立靶密集度之分。坦克炮主要对垂直目标射击,立靶密集度要求高。因为射击密集度是整个系统射击误差源中的一项大误差,对坦克首发命中概率的影响较大。因此,它是火炮弹药一项重要的战术技术要求。

(4) 发射速度。它是指单位时间内发射的弹数,分理论射速与实际射速。所谓实际射速,是指包括重新装填和修正瞄准时间在内,一门火炮每分钟所能发射的弹数。坦克炮一般都对实



际射速提出要求。射速越高，歼灭敌目标的机会就越多。

实践证明，影响发射速度的最主要因素是弹药的装填问题。如果坦克是采用人工装填方式，则装填困难、花费时间多。为了提高射速，现代坦克采用自动装填机构，实现了弹药装填的自动化，比人工装填快得多，争取了宝贵的时间，为快速歼灭敌人打下了基础。

## 2. 可靠性方面的要求

(1) 身管寿命。它是指身管在弹道指标降低到允许值或疲劳破坏前，当量全装药的射弹数目。导致身管寿命终止的原因有内膛烧蚀和身管疲劳破坏两方面。一方面由于发射时膛内高温、高压、高速的火药气体及弹丸导向部、弹带对内膛的综合作用导致内膛表面烧蚀、磨损；另一方面身管在高应力低周疲劳加载条件下导致的疲劳破坏，前者指身管的弹道寿命，而后者是其疲劳寿命。

影响寿命的因素极为复杂，可归结为身管弹道性能和火药的影响、结构和材料方面的影响、发射使用影响等。

判断身管弹道寿命终止的标准，一般以初速减退量、膛压下降量、射击密集度下降程度、弹带是否削光等情况进行制订。

为了保证平时训练和作战的需要，应该从部队的需要和技术上实现的可能性，提出对身管寿命的要求。

(2) 其他可靠性的要求。如火炮平均故障间隔发数、致命故障间隔发数、底火的发火率（或瞎火率）、引信正常作用率（或瞎火率）等，也应有相应的要求。

## 3. 勤务方面的要求

武器的勤务性是指武器射击准备、训练、分解结合、保养保管、维修等的简易程度。因此，对坦克武器，往往根据其使用特点，提出勤务性方面的要求。如：由于火炮身管暴露在坦克外，战斗中容易受到损伤，再加上现代坦克炮的身管，由于膛压的增高以及追求大威力，身管寿命只有几百发，这样更换身管的频率增大了。为了保证战时有更多的坦克投入战斗，往往提出更换身管方便性方面的要求。又如：反后坐装置的液量和气压，是每次射击前必须检查的项目。炮门的分解结合，是经常性的保养项目，于是，往往也对反后坐装置检查的方便性、炮门分解结合的方便性提出具体要求。

## (二) 对火控系统的要求

### 1. 总体性能要求

对坦克装甲车辆的火控系统的总体性能主要有如下要求。

(1) 火控系统的反应时间短。火控系统在战场上的综合能力首先反映在反应时间上。所谓反应时间，即自乘员搜索到目标起到炮弹出膛的这段时间。在此期间，乘员要完成瞄准、跟踪、自动测距，与此同时尽可能自动地输入弹道解算所需要的各种参数，以便计算机解算；乘员还需要根据目标的性质选择弹种，自动（或人工）装填弹药，击发导弹出膛。完成这一系列动作的时间越短，火控系统的反应能力就越强。

(2) 首发命中率高。首发命中率的概念是指在规定的条件下，射击某一（或一组）目标时，第一发命中目标的概率。当然命中率越高越好。而决定首发命中率的因素不仅取决于火控系统本身，它还受武器、弹药以及整车性能（诸如悬挂）等诸多因素的影响。

(3) 乘员能够快速搜索、发现、识别、瞄准、跟踪目标。为了解决车辆行进间射击活动目标的问题，稳定的火炮和独立稳定的瞄准镜是必要的。独立稳定的瞄准镜提供了行进间瞄准和跟踪目标的良好条件，配以稳定的火炮和计算机的自动解算与控制，则大大地提高了行进间射击活动目标的首发命中率。对于复杂路面或复杂条件（比如车辆倾斜），火控系统的工作亦应具有较强的适应能力。

(4) 火控系统应具备在各种复杂气象条件下正常工作的能力。如高温、低温、高湿、阴雨、能见度差,特别是夜间作战的需求。

(5) 乘员应具备广角视野。这对各乘员配置的观瞄仪器提出了较高的要求,既要提高单机的视场,又要对全车观瞄仪器进行合理布局。为保证 $360^\circ$ 全范围的迅速搜索和发现目标,周视观察镜也是要充分考虑的。

(6) 火控系统应与武器性能相匹配。既应满足火力机动性的要求,又能完成战术上的射击需要。比如:直射距离射击时,乘员使用系统应能方便、简捷地实施;最大射程射击时,火控系统应予以提供可能。

(7) 火控系统除具备完成自身调转火炮到指定位置的能力外,还应具备压制目标的能力。现代科学的发展,激光、热成像、雷达的应用,为提高火控系统的性能提供了良好基础。用于压制住目标火控系统性能的发挥,则相对地提高了火控系统自身的总体性能。

## 2. 可靠性方面的要求

(1) 系统的可靠性指标主要为平均故障间隔时间。目前,一般火控系统定为250h。根据系统的这一要求,将指标分配给子系统及部件。

(2) 影响火控系统可靠性的因素是多方面的。主要有:设计的合理性,元、器件质量,制造工艺性和使用规范性。因此对上述各方面都应提出要求。

(3) 为保证系统连续工作4h的指标,除满足可靠性要求采取上述措施外,严格地对系统进行考核也是必需的,这就需要在设计定型前进行可靠性增长试验。

(4) 保护性措施。火控系统是光、机、电的综合体,除对乘员应有保护性措施(如激光防护)外,对系统各部件的自身功能也应有保护措施(如电源的反接保护等)。

## 3. 勤务方面的要求

火控系统的勤务性是指火控系统在战斗准备、训练、置换、保养保管、维修的难易程度。火控系统是由多个子系统和部件组成的光、机、电的综合体。需要置换的某些部件,如某些显示部件、外露(如保护玻璃)部分、重复使用(如旋钮、手轮等)部分有时会发生意外损坏,应对维修的方便性提出要求。火控系统中还有相当多的光电器件、光学零件,应对其保管、保养提出一些特殊的要求。随着系统的日益复杂,乘员要完成的射击动作不是单一的,为方便乘员,减少工作强度,应将完成这些动作的部位相对集中,合理布局,并充分考虑人体工程等。

## 第二节 坦克武器装备

### 一、坦克炮

#### (一) 坦克炮的发展

1916年英国首次投入索姆河战役的I型坦克的57mm坦克炮,是世界上第一次用于实战的坦克炮,它是由57mm舰炮改制而成。

第一次世界大战期间,坦克的使命主要是克服堑壕铁丝网障碍、消灭敌步兵、摧毁土木工事和发射点,因而机枪和使用榴弹的火炮是坦克的主要武器,火炮口径为37~75mm。

在20世纪20~30年代,也就是两次世界大战之间,由于各国对坦克作战理论和观点的不同,导致多种形式的坦克出现。英国发展了巡洋坦克和步兵坦克,巡洋坦克只装了40mm的坦克炮,步兵坦克仅有机枪。而德国用坦克组成独立作战的威力强大的诸兵种合成兵团,强调坦克的机动性和火力,因此,在这时期,他们的坦克安装了13倍口径的短身管75mm坦克炮。这一时期苏联也发展了轻型和中型坦克,轻型坦克安装有45mm坦克炮,而T-28中型坦克安



装了76mm坦克炮。

第二次世界大战期间，由于大量坦克参战，与坦克战斗已成为坦克炮的首要任务，这就进一步促进了坦克炮的发展。最典型的是第二次世界大战中最优秀的T-34坦克的坦克炮。为了与德军的坦克相对抗，从研制开始，T-34坦克就安装了长身管的76mm加农坦克炮，在当时来说，是坦克炮的一种创新，其威力是德国坦克炮不能相比的。但随着战争的深入，要求进一步提高坦克炮的威力，于是，1943年，在T-34坦克上安装了口径更大的85mm坦克炮，并配备有超速穿甲弹。为使其在坦克火力上压倒德国，在战争期间，前苏联还研制并装备了122mm坦克炮（安装在ИС-2重型坦克上），它是第二次世界大战中参加过实战的口径最大、威力最大的坦克炮。在大战初期德国的坦克炮主要是T-IV坦克上的短管75mm炮，但自T-34坦克出现后，T-IV坦克不论是火力还是防护都不如T-34坦克，因此，德国把48倍口径的75mm坦克炮改装在T-IV坦克上，并于1942年在75mm坦克炮上首先使用了破甲弹这一新弹种，以加强其反坦克能力。第二次世界大战期间，德国在重型坦克上使用了威力更大的88mm坦克炮。第二次世界大战期间，英、美中型坦克多装备75mm坦克炮，性能均不如前苏联及德国的坦克炮。

第二次世界大战以后，人们总结了第二次世界大战的经验，认识到坦克在地面作战中的作用和它的真正价值，因此战后坦克得到了长足的发展。而且，一般都把坦克火力的发展放在优先的位置。战后至今，发展了三代坦克，也发展了三代坦克炮。战后的第一代坦克炮的典型代表应是英国设计的L7系列105mm线膛坦克炮、前苏联的Д-10系列100mm线膛坦克炮和美国的90mm坦克炮。到了20世纪60年代，战后第二代坦克问世。西方许多国家及日本、印度均选用105mm坦克炮。唯独英国和前苏联与众不同，英国研制了中等膛压的长身管L11式120mm线膛炮，安装在“奇伏坦”坦克上。前苏联则打破常规，首次在坦克上采用滑膛炮，为T-62坦克研制了高初速弹道低伸的115mm滑膛坦克炮。它能发射大长径比的尾翼稳定脱壳穿甲弹，而在当时，传统的线膛炮只能发射长径比不大于5的旋转稳定脱壳穿甲弹。因此，在当时，115mm坦克炮的威力远远超过了西方105mm线膛炮及英国L11式120mm线膛坦克炮的威力。随着科学技术的发展，出现了滑动弹带技术，使线膛炮也能像滑膛炮一样，发射长径比大的杆式尾翼稳定脱壳穿甲弹，情况才有了变化。到了20世纪70年代，随着装甲防护的加强，要求进一步提高坦克炮的威力，于是发展了战后第三代坦克炮。其中最为优秀的是前苏联的125mm滑膛炮和德国的120mm滑膛炮。它们都是应用了高新技术设计和制造的现代高膛压坦克炮，具有当今世界坦克炮的先进水平。

从坦克炮的发展史还可以清楚地看出，它走过了一条由移植到独立发展的道路。早期的坦克炮，多由其他火炮移植改进而成。如前苏联著名的85mm坦克炮，是由高炮改进而成，而其100mm线膛坦克炮，则是由100mm舰炮发展成的。西方国家也是如此，美国的90mm坦克炮也是由高炮改进设计发展起来的。

随着坦克防护技术的进步，靠移植的火炮已不能适应反坦克的需要，坦克炮走上了独立发展的道路，以确保其反坦克任务的完成。前苏联的115mm滑膛炮，就是独立发展坦克炮的标志。在西方，105mm坦克炮，也是为了反坦克的需要而独立发展起来的。在这之后，前苏联发展的125mm坦克炮及西方国家发展的120mm滑膛坦克炮及英国的120mm线膛坦克炮，也都是为反坦克需要而独立发展起来的。并且，在这些坦克炮发展起来以后，许多口径的坦克炮又被改装成反坦克炮使用。

当前，一些新概念火炮，如液体发射药火炮、电磁炮、电热炮等的研究，虽然取得一些进展，但这些新概念火炮，要真正作为作战武器在战场上使用，还有很长的路要走。可以预见，未来坦克的坦克炮，将仍是以固体发射药为能源的传统的高膛压加农炮，且口径有进一步增大的趋势。西方国家已经确定并研制口径为140mm的高膛压滑膛坦克炮。





## (二) 现代坦克炮的性能特点

### 1. 国外典型的坦克炮

(1) 前苏联 100mm 线膛坦克炮。该炮是在第二次世界大战后期，前苏联在 100mm 舰炮的基础上研制而成的，最初是安装在自行火炮上，战后，又把它安装在第一代坦克 T-54 上。20 世纪 50 年代初，对该炮做了局部改进，如设计了抽气装置，火炮安装单向稳定器，并把它安装在 T-54A 坦克上。20 世纪 50 年代末期，对该炮再次改进，安装了双向稳定器，把它安装在 T-55 坦克上。

该炮原先只配备有同口径的普通穿甲弹和杀伤爆破弹。20 世纪 60 年代以来，为了对付不断出现的新坦克，前苏联及装备有该炮的许多国家都致力于提高该炮威力的研究，主要是在弹药上改进，增加新的弹种，如增加破甲弹、尾翼稳定脱壳穿甲弹等，使它具有与现代坦克相抗衡的作战能力。中国为 100mm 线膛坦克炮研制了破甲弹及穿甲弹。

(2) 英国 105mm 线膛坦克炮。该口径坦克炮有许多型号，但都是在英国 L7 式 105mm 坦克炮的基础上发展起来的。20 世纪 50 年代初期，为同前苏联的 100mm 坦克炮相抗衡，英国在原 20 磅炮（口径 83.4mm）基础上，扩大其口径为 105mm，也就是后来的 L7 式 105mm 坦克炮。该炮的最大特点是，在坦克炮上，首先采用了自紧身管技术，使身管能承受 503MPa 的高膛压，是坦克炮中第一种高膛压火炮。该炮后来为西方各国战后第二代坦克所采用。现在也有几十个国家装备着该口径的坦克炮。

(3) 前苏联 115mm 滑膛坦克炮。该炮是前苏联于 20 世纪 60 年代专门为战后第二代坦克研制的坦克炮。该炮的主要特点是炮膛采用滑膛结构，在世界上开创了坦克炮采用滑膛炮的先河。该炮的身管采用筒紧技术，有抽气装置，身管与炮尾用定起点螺纹连接；有抛壳机，射后的药筒由抛壳机从炮塔的抛壳窗抛出坦克外，消除了药筒在车内的堆积现象。由于该炮是滑膛炮，很容易实现大长径比的尾翼稳定脱壳穿甲弹在该炮上的发射，因此，尽管仅使用钢质弹芯，但其威力超过了当时西方 105mm 线膛炮发射的钨芯旋转稳定脱壳穿甲弹。

(4) 德国 120mm 滑膛坦克炮。120mm 滑膛炮是德国于 20 世纪 60 年代为战后第三代坦克而研制的坦克炮。首先安装在德国“豹”2 式坦克上，后来该口径滑膛炮被除英国以外的西方国家所采用，虽然各国的 120mm 滑膛炮都不尽相同，但其药室是一致的，能通用弹药。该炮的主要特点是：身管用高强度、高韧性的电渣重熔钢并采用自紧工艺制造，设计最大膛压高达 710MPa；身管内膛表面镀铬，解决了火炮身管寿命问题。该炮另一优点是通过防盾口，可以吊出全炮，无需吊下炮塔。另外，身管与炮尾用断隔螺纹连接，因此，身管也可从防盾口快速拆装，具有良好的维修性能。

(5) 前苏联 125mm 滑膛坦克炮。该炮是前苏联为战后的第三代坦克而研制的新坦克炮，它是在 115mm 坦克炮的基础上发展而成的。其药室的底缘直径与 115mm 滑膛炮相同，药室结构与 115mm 炮相类似，只是药室前部，由 115mm 炮的  $\phi 120\text{mm}$  改为  $\phi 130\text{mm}$ ，药室长度稍有变化。125mm 炮身管也采用筒紧，身管也是采用高强度炮钢制成。与 115mm 炮不同的是，身管与炮尾的连接采用了连接筒结构。后期的 125mm 炮，即安装在 T-72M 坦克和 T-80 坦克上的 125mm 炮，与早期的相比有重大改进，主要是身管与炮尾的连接方式有重大的改变，身管与炮尾采用了断隔螺纹连接，身管很容易从防盾口抽出，维修性能大为改善。另外，驻退机也采用了德国 120mm 滑膛坦克炮相似的结构，由两个独立的、相互对称的驻退机组成。该炮的另一特点是配有自动装填机构，是主战坦克的坦克炮中，第一门采用自动装填的坦克炮。125mm 坦克炮是现役主战坦克装备的口径更大的火炮。

以上几种坦克炮主要性能见表 1-1。