



★ ★ ★
“十三五”

国家重点出版物出版规划项目



国之重器出版工程
国防现代化建设

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

装甲车辆 武器系统设计

Armored Vehicle Weapon System Design

张相炎 编著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国家出版基金项目

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

国之重器出版工程

陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书

装甲车辆武器系统设计

张相炎 编 著

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书在继承传统火炮设计理论和方法的基础上,针对未来战争的特点及其对现代装甲车辆武器系统的要求、现代装甲车辆武器系统的特点和发展趋势,融合现代设计理论和方法,系统介绍现代装甲车辆武器系统设计的基本概念、设计理论与方法,主要包括装甲车辆武器系统设计基本概念、战术技术要求及其功能设计、装甲车辆武器系统总体方案设计、装甲车辆火炮武器设计、装甲车辆车载弹药的选用、装甲车辆自动装弹机设计、装甲车辆辅助武器设计、装甲车辆炮塔设计、装甲车辆火控系统设计等。本书具有一定的通用性和适应范围,主要供本行业研究、设计、制造、管理与教学人员使用,也可以用作装甲车辆工程专业研究生专业教材和高年级本科生专业教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

装甲车辆武器系统设计/张相炎编著. —北京:北京理工大学出版社, 2019. 5

(陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书)

国家出版基金项目 “十三五”国家重点出版物出版规划项目 国之重器出版工程

ISBN 978 - 7 - 5682 - 6971 - 1

I. ①装… II. ①张… III. ①装甲车 - 武器系统 - 系统设计 IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 077513 号

出版 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮编 / 100081

电话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经销 / 全国各地新华书店

印刷 / 固安县铭成印刷有限公司

开本 / 710 * 1000 mm 1/16

印张 / 33

字数 / 575 千字

版次 / 2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月第 1 次印刷

定价 / 128.00 元

责任编辑 / 封雪

文案编辑 / 封雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》

编写委员会

名誉主编：王哲荣 苏哲子

主 编：项昌乐 李春明 曹贺全 丛 华

执行主编：闫清东 刘 勇

编 委：（按姓氏笔画排序）

马 越 王伟达 王英胜 王钦钊 冯辅周

兰小平 刘 城 刘树林 刘 辉 刘瑞林

孙葆森 李玉兰 李宏才 李和言 李党武

李雪原 李惠彬 宋克岭 张相炎 陈 旺

陈 炜 郑长松 赵晓凡 胡纪滨 胡建军

徐保荣 董明明 韩立金 樊新海 魏 巍



编者序

坦克装甲车辆作为联合作战中基本的要素和重要的力量，是一个最具临场感、最实时、最基本的信息节点，其技术的先进性代表了陆军现代化程度。

装甲车辆涉及的技术领域宽广，经过几十年的探索实践，我国坦克装甲车辆技术领域的专家积累了丰富的研究和开发经验，实现了我国坦克装甲车辆从引进到仿研仿制再到自主设计的一次又一次跨越。在车辆总体设计、综合电子系统设计、武器控制系统设计、新型防护技术、电子电气系统设计及嵌入式软件设计、数字化与虚拟仿真设计、环境适应性设计、故障预测与健康管理和新型工艺等方面取得了重要进展，有些理论与技术已经处于世界领先水平。随着我国陆战装备系统的理论与技术所取得的重要进展，亟需通过一套系统全面的图书，来呈现这些成果，以适应坦克装甲车辆技术积淀与创新发展的需要，同时多年来我国坦克装甲车辆领域的研究人员一直缺乏一套具有系统性、学术性、先进性的丛书来指导科研实践。为了满足上述需求，《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》应运而生。

北京理工大学出版社联合中国北方车辆研究所、内蒙古金属材料研究所、北京理工大学、中国人民解放军陆军装甲兵学院、南京理工大学、中国人民解放军陆军军事交通学院和中国兵器科学研究院等单位一线的科研和工程领域专家及其团队，策划出版了本套反映坦克装甲车辆领域具有领先水平的学术著作。本套丛书结合国际坦克装甲车辆技术发展现状，凝聚了国内坦克装甲车辆技术领域的主要研究力量，立足于装甲车辆总体设计、底盘系统、火力防护、电气系统、电磁兼容、人机工程等方面，围绕装甲车辆“多功能、轻量化、网



络化、信息化、全电化、智能化”的发展方向，剖析了装甲车辆的研究热点和技术难点，既体现了作者团队原创性科研成果，又面向未来、布局长远。为确保其科学性、准确性、权威性，丛书由我国装甲车辆领域的多位领军科学家、总设计师负责校审，最后形成了由14分册构成的《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》（第一辑），具体名称如下：《装甲车辆行驶原理》《装甲车辆构造与原理》《装甲车辆制造工艺学》《装甲车辆悬挂系统设计》《装甲车辆武器系统设计》《装甲防护技术研究》《装甲车辆人机工程》《装甲车辆试验学》《装甲车辆环境适应性研究》《装甲车辆故障诊断技术》《现代坦克装甲车辆电子综合系统》《坦克装甲车辆电气系统设计》《装甲车辆嵌入式软件开发方法》《装甲车辆电磁兼容性设计与试验技术》。

《陆战装备科学与技术·坦克装甲车辆系统丛书》内容涵盖多项装甲车辆领域关键技术工程应用成果，并入选“‘十三五’国家重点出版物出版规划”项目、“国之重器出版工程”和“国家出版基金”项目。相信这套丛书的出版必将承载广大陆战装备技术工作者孜孜探索的累累硕果，帮助读者更加系统全面地了解我国装甲车辆的发展现状和研究前沿，为推动我国陆战装备系统理论与技术的发展做出更大的贡献。

丛书编委会



前 言

《装甲车辆武器系统设计》重点介绍装甲车辆武器系统设计思想、原理、方法等方面的知识，以及一些新技术在装甲车辆武器系统上的应用。

《装甲车辆武器系统设计》分为8章，第1章装甲车辆武器系统及其设计概述，主要介绍装甲车辆武器及其组成、功能、结构特点与发展，身管武器工作原理及特点，以及装甲车辆武器设计的主要内容、基本理论和基本方法等；第2章装甲车辆武器总体设计，主要介绍装甲车辆武器的工作特点与要求，总体设计的任务、解决的主要问题、一般步骤、一般原则和一般方法，装甲车辆武器的性能指标及其设计，装甲车辆与火炮武器的匹配性设计与评价；第3章装甲车辆火炮武器设计，主要介绍装甲车辆火炮武器结构特点，以及火炮炮身设计、反后坐装置设计、摇架设计、平衡机设计、瞄准机设计等；第4章装甲车辆车载弹药的选用，主要介绍装甲车辆弹药的概念、组成、类型，炮弹及其组成、种类、作用与结构，引信及其组成、类型，反坦克导弹及其特点，火炸药及装药结构等；第5章装甲车辆自动装弹机设计，主要介绍装甲车辆弹药自动装填系统及其工作方式、要求、主要设计内容，小口径自动炮供弹机构设计，坦克炮自动装弹机设计，大口径火炮分装式自动装弹机设计等；第6章装甲车辆辅助武器设计，主要介绍车载机枪的功能要求、选用和架座设计，车载遥控武器站及其功能设计、设计技术和人机界面设计等；第7章装甲车辆炮塔设计，主要介绍装甲车辆炮塔及其作用、设计的主要内容和要求，炮塔总体设计原则、总体布置及主要尺寸的确定，炮塔体、托架、座圈、吊篮等炮塔主要部件设计，以及炮塔防护设计、电磁兼容性设计、人机工程设计等；第8章装甲车辆火控系统设计，主要介绍火控系统的基本概念、功能与组成、类型与特



点，火控系统基本理论，火控系统设计要求与性能指标，火控系统总体设计和火控设备及其选用，以及火炮信息化技术等。

本书在继承传统火炮设计理论和方法的基础上，针对未来战争的特点及其对现代装甲车辆武器系统的要求、现代装甲车辆武器系统的特点和发展趋势，结合近年来国内外取得的科研成果，融合现代设计理论和方法，系统介绍现代装甲车辆武器系统设计的基本概念、设计理论与方法、设计特点、关键技术等，使本书具有时代特色和先进性。本书以介绍应用原理和方法为主线，构建“以点带线促面”认知模式，具有较强的实用性、通用性和适应范围，主要供本行业研究、设计、制造、管理与教学人员使用，也可以用作装甲车辆工程专业研究生专业教材和高年级本科生专业教材。

侯保林教授编写了第5章部分内容，何永副教授编写了第6章部分内容，南京理工大学机械学院的许多专家、教授对本书提出了有益的修改意见，在编写中参考了许多专著和论文，在此向以上为本书的出版付出心血的所有同人以及本书的主审专家和出版编审一并表示衷心感谢。

受编者水平所限，书中难免有遗误和不妥之处，恳请读者批评指正。

张相炎



目 录

第 1 章 装甲车辆武器系统及其设计概述	001
1.1 装甲车辆武器简介	002
1.1.1 装甲车辆武器	002
1.1.2 装甲车辆武器的组成及其功能	003
1.1.3 装甲车辆武器的结构特点	004
1.2 身管武器工作原理概述	005
1.2.1 身管武器发射原理及过程	005
1.2.2 身管武器发射特点	007
1.2.3 射击循环	010
1.2.4 弹道学简介	011
1.3 装甲车辆武器的发展	017
1.3.1 装甲车辆武器的发展历程	017
1.3.2 装甲车辆武器的发展现状	021
1.3.3 装甲车辆武器的发展趋势	029
1.4 装甲车辆武器设计概述	035
1.4.1 装甲车辆武器设计的主要内容	035
1.4.2 装甲车辆武器设计的基本理论	036
1.4.3 装甲车辆武器设计的基本方法	038



第 2 章 装甲车辆武器总体设计	043
2.1 装甲车辆武器总体设计内容与原则	044
2.1.1 现代武器的特点与研制程序	044
2.1.2 武器总体设计的地位和作用	046
2.1.3 武器总体设计的主要依据与内容	047
2.1.4 武器总体设计的原则	054
2.2 装甲车辆武器系统战术技术要求与性能设计	055
2.2.1 车载火炮的总体性能要求与性能设计	055
2.2.2 弹药性能要求及其设计	064
2.2.3 火炮弹种和基数与配比	065
2.2.4 火控系统性能要求及其设计	067
2.2.5 车载机枪性能要求及其设计	069
2.2.6 车载反坦克导弹性能要求及其设计	071
2.3 武器总体设计方法与技术	073
2.3.1 系统工程理论与方法	073
2.3.2 优化方法	073
2.3.3 计算机辅助设计 (CAD)	075
2.3.4 可靠性设计	076
2.3.5 轻量化技术	077
2.3.6 人机环工程设计	080
2.3.7 虚拟样机技术	082
2.3.8 武器总体布置技术	083
2.4 装甲车辆武器系统分析	086
2.4.1 装甲车辆武器系统分析的任务	086
2.4.2 装甲车辆武器系统分析方法	087
2.5 车炮匹配性技术与评价	094
2.5.1 车炮匹配性概念	094
2.5.2 车炮系统匹配性技术	095
2.5.3 车载火炮系统匹配性评价	100
第 3 章 装甲车辆火炮武器设计	111
3.1 装甲车辆火炮武器结构特点	112
3.1.1 装甲车辆火炮炮身结构特点	112



3.1.2	反后坐装置的结构特点与布置	113
3.1.3	射击安全装置和药筒处理装置	115
3.1.4	火炮的平衡	115
3.2	火炮炮身设计	116
3.2.1	炮身设计概述	116
3.2.2	身管设计	118
3.2.3	炮门与炮尾设计	141
3.2.4	其他装置设计	148
3.3	反后坐装置设计	153
3.3.1	火炮发射静止性和稳定性	153
3.3.2	反后坐装置及其设计流程	159
3.3.3	复进机设计	163
3.3.4	制退机设计	169
3.4	摇架设计	184
3.4.1	摇架及其作用	184
3.4.2	摇架结构设计	184
3.4.3	摇架受力分析	186
3.4.4	摇架的强度分析	187
3.5	火炮其他结构设计	189
3.5.1	平衡机设计	189
3.5.2	瞄准机设计	196
第4章	装甲车辆车载弹药的选用	205
4.1	装甲车辆弹药简介	206
4.1.1	弹药的概念	206
4.1.2	弹药的组成	206
4.1.3	弹药的类型	209
4.1.4	装甲车辆车载弹药	211
4.2	炮弹	211
4.2.1	炮弹及其组成	211
4.2.2	炮弹的种类	212
4.2.3	主要炮弹的作用与结构	215
4.3	引信	226
4.3.1	引信及其组成	226



4.3.2	引信的类型	228
4.4	反坦克导弹	231
4.4.1	反坦克导弹及其特点	231
4.4.2	反坦克导弹技术	231
4.5	火炸药	235
4.5.1	火炸药简介	235
4.5.2	装药结构	244
第5章	装甲车辆自动装弹机设计	249
5.1	装甲车辆弹药装填系统概述	250
5.1.1	弹药装填系统	250
5.1.2	弹药装填系统工作方式	252
5.1.3	对自动装弹机的要求	254
5.1.4	自动装弹机设计的主要内容	256
5.2	小口径自动炮供弹机构设计	257
5.2.1	供弹机结构类型	257
5.2.2	拨弹机构设计	260
5.2.3	输弹机设计	272
5.3	坦克炮自动装弹机设计	278
5.3.1	坦克炮自动装弹机	279
5.3.2	坦克炮自动装弹机的基本设计要求	281
5.3.3	坦克炮自动装弹机的结构方案	281
5.3.4	吊篮式自动装弹机结构设计	286
5.4	大口径火炮分装式自动装弹机设计	289
5.4.1	大口径火炮分装式自动装弹机的构成及其功能	289
5.4.2	大口径火炮分装式自动装弹机的基本设计要求	293
5.4.3	大口径火炮分装式自动装弹机的结构方案	294
5.4.4	分装式自动装弹机设计	305
第6章	装甲车辆辅助武器设计	311
6.1	车载机枪设计	312
6.1.1	车载机枪的功能要求	312
6.1.2	车载机枪的选用	314
6.1.3	车载机枪架座设计	315



6.2	遥控武器站设计	319
6.2.1	遥控武器站概述	319
6.2.2	遥控武器站功能设计	321
6.2.3	遥控武器站设计技术	323
6.2.4	遥控武器站人机界面设计	324
第7章	装甲车辆炮塔设计	327
7.1	装甲车辆炮塔设计概述	328
7.1.1	炮塔及其作用	328
7.1.2	炮塔设计的主要内容和要求	329
7.2	炮塔总体设计	331
7.2.1	炮塔总体设计的原则	331
7.2.2	炮塔总体布置及总体设计	331
7.2.3	炮塔主要尺寸的确定	332
7.3	炮塔主要部件设计	335
7.3.1	炮塔体的设计	335
7.3.2	托架的设计	339
7.3.3	炮塔座圈的设计	341
7.3.4	吊篮设计	343
7.4	炮塔防护设计	344
7.4.1	防护类型与要求	344
7.4.2	防护系统设计	348
7.5	炮塔电磁兼容性设计	351
7.5.1	电磁兼容原理与设计技术	351
7.5.2	炮塔电磁兼容性及要求	355
7.5.3	炮塔电磁兼容设计	356
7.6	人机工程设计	365
7.6.1	炮塔人机工程设计概述	365
7.6.2	炮塔人机工程分析	367
7.6.3	炮塔人机工程设计	368
第8章	装甲车辆火控系统设计	381
8.1	火控系统概述	382
8.1.1	火控系统基本概念	382



8.1.2	火控系统的功能与组成	383
8.1.3	火控系统主要类型与特点	387
8.2	火控系统理论	392
8.2.1	火控问题的描述	392
8.2.2	火控命中问题及其解算	397
8.2.3	火控系统修正	409
8.3	火控系统设计	413
8.3.1	火控系统设计要求与性能指标	413
8.3.2	火控系统总体设计	419
8.3.3	火控设备及其选用	429
8.4	火炮信息化	476
8.4.1	火炮信息化概述	476
8.4.2	信息化火炮武器平台	477
8.4.3	火炮故障诊断与控制技术	477
8.4.4	火炮状态实时监视、诊断与控制技术	478
8.4.5	利用信息化技术提升火炮性能	482
	参考文献	485
	索引	489



第 1 章

装甲车辆武器系统及其设计概述





| 1.1 装甲车辆武器简介 |

1.1.1 装甲车辆武器

自 1916 年坦克发明以来，现代战争发生了深刻变化。以前单纯的兵器与运载车辆有机结合起来，形成集高机动、强火力和好防护于一体的兵器系统。其后，在坦克的影响下，出现了多种车载式武器系统。特别是 20 世纪 90 年代以来，在高新技术的推动下，出现了种类繁多、性能优良的车载式武器系统。

火力是装甲战车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。现代装甲战车应具有能在白天和夜间、行走和原地进行射击的能力，以及在发现目标和开火时必须超前敌人并具有足够毁伤各种目标的能力。

装甲车辆武器，是指以装甲车辆为运输载体的武器，简称车载武器。一般包括坦克炮、自行火炮、车载炮、车载小口径自动炮、车载机枪、车载反坦克导弹等。装备车载武器的装甲车辆也称装甲战车，包括坦克、步兵战车、装甲运输车、自行火炮、导弹发射车等。对装甲战车要求的多样性和目标的广泛性（既按对装甲战车危险程度又按目标保护级别）导致装甲战车必须装备各种武器。不同载体依据战术功能不同，所装备的车载武器配置也不同。对坦克而言，车载武器有坦克炮和机枪；对步兵战车，车载武器有小口径机关炮、机枪和反坦克导弹或炮射导弹；对装甲运输车，车载武器有外置机枪；对自行火



炮, 车载武器有加农炮、榴弹炮和迫击炮以及外置机枪。随着战场形势的变化, 装甲车辆的车载武器配置也在进行不断的调整。但不管配置如何调整, 其基本组成还是各种口径的坦克炮及反坦克炮或一般火炮、机枪、小口径自动炮和反坦克导弹等。车载火炮(战车炮)是装甲战车的主要武器; 车载机枪是装甲战车的辅助武器。此外, 装甲车辆内还配有自卫用的轻武器。装甲战车武器主要功能是压制并消灭敌方装甲车辆、反装甲兵器及其他火器, 摧毁敌方野战工事, 歼灭敌方有生力量。装甲战车配置的高射机枪还具有对付敌方低空目标的功能。

1.1.2 装甲车辆武器的组成及其功能

装甲战车武器系统由发射装置(也简称为武器)、弹药和火力控制系统等组成。发射装置包括火炮、机枪、导弹发射装置等。弹药包括各种炮弹、枪弹、导弹等。火力控制系统包括观察瞄准仪器、传动装置、火控计算机、定位定向装置、稳定器等。

作为装甲战车主要武器的火炮, 主要用于摧毁敌方坦克、步兵战车、自行火炮、反坦克导弹系统等装甲车辆, 以及火炮阵地、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)等固定或移动目标, 杀伤集结有生力量等。装甲战车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, 也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, 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。

装甲战车弹药基数由各种武器的弹药组成。弹药编号由装甲战车杀伤的目标类型而定。主要武器采用下面的弹药: 战车炮配用的弹药一般有用于摧毁装甲目标的适口径穿甲弹、次口径弹和聚能装药破甲弹; 用于杀伤薄装甲和无装甲目标, 以及各种地面工事和敌方有生力量的杀伤弹或杀伤爆破弹; 有些配炮射导弹。弹药对目标的作用威力由装甲战车炮能量特性、弹药的结构和材料而定。

装甲战车武器系统还包括保证弹药在装甲战车内分配给武器的装弹装置。保证弹药分配、弹药选择和装填的火炮装弹装置包括手工装填和自动化装填两