



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
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 构造与原理

Mechanical and Principle of Armored Vehicle

闫清东 李宏才 编著



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

内 容 简 介

本书以履带式坦克装甲车辆为主, 轮式车辆为辅, 兼顾两栖车辆, 主要介绍坦克装甲车辆总体构造与行驶原理, 叙述了推进系统、武器系统、防护系统、电气与通信系统、综合电子信息系统的基本组成、结构及工作原理, 特别对坦克装甲车辆的传动系统, 包括单流传动、双流传动、机械传动、液力传动、液压传动、混合动力驱动系统等, 以及传动操纵与行动部分的构造和工作原理都进行了深入的和详细的叙述。

本书内容全面, 能反映出国内外坦克装甲车辆技术发展的最新水平, 可供装甲车辆工程专业、车辆工程专业技术人员及师生参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

装甲车辆构造与原理 / 闫清东, 李宏才编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2019.6

(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 978-7-5682-7110-3

I. ①装… II. ①闫… ②李… III. ①装甲车-车体结构 IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 112297 号

出版发行 / 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 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 45.5

字 数 / 792 千字

版 次 / 2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 186.00 元

责任编辑 / 孟雯雯

文案编辑 / 多海鹏

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

《国之重器出版工程》

编辑委员会

主任：苗 圩

副主任：刘利华 辛国斌

委员：冯长辉 梁志峰 高东升 姜子琨 许科敏

陈 因 郑立新 马向晖 高云虎 金 鑫

李 巍 李 东 高延敏 何 琼 刁石京

谢少锋 闻 库 韩 夏 赵志国 谢远生

赵永红 韩占武 刘 多 尹丽波 赵 波

卢 山 徐惠彬 赵长禄 周 玉 姚 郁

张 炜 聂 宏 付梦印 季仲华

《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等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

坦克装甲车辆是 20 世纪战争发展和科学技术进步的产物。坦克从其诞生之日起，就以强大的直射火力、卓越的越野机动性和坚固的装甲防护能力，承担突破敌人构筑的由火力网和坚固防御工事组成的前沿阵地的使命而成为“陆战之王”，是一个国家国防力量的象征和综合国力的体现。

20 世纪 80 年代后期，电子信息技术的快速发展推动着社会从工业时代转向信息时代，现代战争已经从原始的冷兵器时代、近代的热兵器时代过渡到信息化、超视距的智能兵器时代。未来作战系统将是军事电子信息系统为核心，综合各类武器平台及诸军兵种联合构成的网络化作战系统，坦克装甲车辆从战争中的一个孤立节点转变为网络化作战系统中极为重要的武器平台。

随着技术的发展和形势的变化，现代坦克装甲车辆的作用发生了重要的转变，其不仅仅是陆军地面突击、占领控制、夺取战争最后胜利的核心装备，也是城市作战、特种作战的骨干装备，是守疆、处突、反恐、维和的主体装备，同时也是常规武器军贸的主打产品和军民融合发展的良好平台。

从技术上讲，现代坦克装甲车辆是一种集机械、电子、液压与液力、光学等多个技术领域于一体的复杂武器系统，引领着动力传动、火炮弹药、光电信息、装甲防护及新材料、新工艺等技术的发展。目前，世界各主要军事强国虽然没有研制、生产、装备第四代坦克，但在机械化战争向信息化战争转变的推动下仍在应用信息技术、自动控制技术、材料技术等大力改进其第三代坦克，坦克装甲车辆技术在以信息技术为代表的高新技术的推动下处于快速发展阶段。

为了满足坦克装甲车辆行业技术人员知识更新和培养专业人才的要求，结



合现代新工科教育教学及装甲车辆工程专业的特点，作者凭借二十多年从教坦克装甲车辆工程专业和主持及参与众多坦克装甲车辆型号工程项目经验，广泛收集最新装甲装备的部件素材和科研成果，编成本书。

本书以履带式坦克装甲车辆为主，轮式坦克装甲车辆为辅，介绍坦克装甲车辆的总体构造与行驶原理、推进系统、武器系统、防护系统、电气与通信系统、综合电子信息系统等内容。坦克装甲车辆的总体构造与行驶原理部分简单介绍了坦克装甲车辆行驶基本原理、系统组成和车辆的一般构造。推进系统部分介绍了推进系统的布置形式，以及作为主战装备常用的柴油发动机和燃气轮机的构造与基本工作原理；对传动系统进行了详细的介绍，特别是对行星变速机构、双流转向传动机构和传动系统操纵装置进行了较全面、细致的论述，对行动部分也进行了细致的探讨，另着重介绍了现在的研究热点——混合动力驱动系统。武器系统部分介绍了作为直射火力的坦克火炮、弹药、自动装弹机，以及火控系统的组成和工作原理。防护系统部分先后介绍了坦克装甲车辆面临的危害、防护系统的概念、装甲防护、隐身防护、主动防护和综合防护。电气与通信系统部分介绍了坦克装甲车辆的电气装置和电台、跳频单元等通信装置。综合电子信息系统部分介绍了综合电子信息系统的发展、体系和结构组成。

本书在编写过程中参考和引用了国内外专家、学者、工程技术人员和研究生发表的著作和论文，兄弟院所的有关教材、丛书等资料，以及网络文献和相关技术图片，特此对原作者深致谢意。

本书在编写过程中得到了各级领导的大力支持，并得到了北京理工大学出版社、北京理工大学教务处的大力帮助，在此一并表示感谢。

由于编者知识、经验和水平有限，书中难免存在不妥和错漏之处，恳请读者批评指正。

作者



目 录

第 1 章 坦克装甲车辆的总体构造与行驶原理	001
1.1 坦克装甲车辆行驶基本原理	003
1.1.1 车辆行驶受力	003
1.1.2 车辆行驶条件	009
1.2 系统组成与一般布置	010
1.2.1 系统组成	010
1.2.2 坦克装甲车辆的一般构造	021
第 2 章 推进系统	025
2.1 推进系统的类型与布置形式	027
2.1.1 推进系统的类型	027
2.1.2 推进系统的布置形式	029
2.2 动力装置	033
2.2.1 柴油发动机	035
2.2.2 燃气轮机	067
2.3 传动系统	078
2.3.1 概述	078
2.3.2 变速机构	089
2.3.3 液力与液压传动	129
2.3.4 转向机构	157
2.3.5 制动器	194



2.3.6	传动系统操纵装置	201
2.3.7	侧传动与轮边减速器	237
2.4	行动部分	240
2.4.1	履带式车辆行走机构	241
2.4.2	轮式行走系统	270
2.4.3	水上推进装置	274
2.5	混合动力驱动系统	284
2.5.1	串联式混合动力驱动系统	285
2.5.2	并联式混合动力驱动系统	289
2.5.3	混联式混合动力驱动系统	292
第3章	武器系统	297
3.1	武器与弹药	298
3.1.1	枪炮发射基本原理	298
3.1.2	坦克炮	302
3.1.3	弹药	331
3.1.4	自动装弹机	371
3.1.5	其他武器	384
3.1.6	遥控武器站	392
3.2	火控系统	398
3.2.1	概述	398
3.2.2	火控系统的一般工作过程	408
3.2.3	基本工作原理	411
3.2.4	组成	428
第4章	防护系统	491
4.1	概述	492
4.1.1	坦克装甲车辆面临的威胁	492
4.1.2	坦克装甲车辆防护原则	494
4.2	装甲防护	496
4.2.1	装甲防护材料	497
4.2.2	装甲防护类型	504
4.2.3	主战坦克车体、炮塔与炮塔座圈	520
4.2.4	装甲运输车车体与枪塔	535



4.2.5	轮式步兵战车车体防护	540
4.3	隐身防护	545
4.3.1	信息化战争对装甲车辆的威胁环境	545
4.3.2	隐身防护技术与手段	550
4.3.3	可见光防护	552
4.3.4	红外隐身防护	556
4.3.5	雷达隐身防护	559
4.3.6	激光隐身防护	563
4.3.7	多频谱兼容隐身防护	567
4.4	主动防护系统	567
4.4.1	主动防护系统的概念	567
4.4.2	主动防护系统的组成	568
4.4.3	工作原理	571
4.5	综合防护系统	581
4.5.1	综合防护概念	581
4.5.2	告警装置	581
4.5.3	激光压制观瞄装置	582
4.5.4	二次效应防护	583
4.5.5	烟幕及榴霰弹	587
4.5.6	“三防”装置	593
第 5 章	电气与通信系统	609
5.1	电气系统与检测仪表	610
5.1.1	电源装置	611
5.1.2	耗电装置	614
5.1.3	辅助电气装置	619
5.1.4	显示、检测仪表	623
5.2	通信系统	630
5.2.1	VRC-8000 型电台	631
5.2.2	SEC-8088 型保密单元	633
5.2.3	CPA-9088 型跳频单元	634
5.2.4	CYY-173 型车内通话器	635



第 6 章 综合电子信息系统	641
6.1 综合电子信息系统技术基础与发展	642
6.1.1 综合电子信息系统的产生和车辆电子学	642
6.1.2 信息系统与综合电子信息系统	644
6.1.3 典型综合电子信息系统	646
6.2 综合电子系统的体系结构与组成	653
6.2.1 综合电子系统的体系架构	653
6.2.2 综合电子信息系统的系统组成	661
参考文献	671
索引	677



第 1 章

坦克装甲车辆的总体构造与行驶原理

装

甲车辆泛指各种军用履带式战斗车辆和辅助车辆，坦克为装甲车辆的典型代表，通常简称为坦克装甲车辆。轮式装甲车辆也属于装甲车辆的范畴。

坦克是具有强大直射火力、坚强装甲防护和高度机动性的履带式战斗车辆，是装甲兵的基本装备，是地面作战的重要突击兵器，它集火力、防护力和机动性于一身，可以在各种复杂的条件下担负起消灭或压制敌方坦克、装甲车辆、反坦克及炮兵武器，摧毁敌方构筑的各种工事和障碍物，歼灭敌有生力量等多种作战任务。坦克作为陆战的主角，被誉为“陆战之王”。

20 世纪后期，尽管各种反坦克武器发展迅猛，且卫星定位、精确制导、遥控作战等制约了坦克作用的发挥，但是，坦克在进攻、输送与掩护兵员、夺取阵地和抢滩登陆以及对核武器、生物武器、化学武器的防



护等方面的功能却无可替代。新的世界格局催生了新的作战思想，促使坦克装甲车辆的进一步发展和各种形式的装甲车辆的出现。

坦克装甲车辆按照用途可以分为战斗车辆和保障车辆两类。装甲战斗车辆可细分为地面突击车辆、火力支援车辆和电子信息车辆。

(1) 地面突击车辆是在进攻和防御战斗中担负一线突击和反突击任务的装甲战斗车辆，包括坦克、步兵战车和装甲人员运输车等。

(2) 火力支援车辆是以车载火力系统支援和掩护地面突击车辆的作战行动，共同完成战役、战斗任务的装甲车辆，包括自行榴弹炮、反坦克导弹发射车等。

(3) 电子信息车辆是指以电子信息技术为主，对部队和武器系统实施指挥与控制的装甲车辆，包括装甲侦察车、装甲指挥车和装甲雷达车等。

装甲保障车辆可细分为工程保障车辆、技术保障车辆和后勤保障车辆。

(1) 工程保障车辆是执行克服沟渠障碍、运动保障、阵地作业和布雷/扫雷等工程任务的装甲车辆，包括装甲架桥车、装甲布雷车、装甲扫雷车等。

(2) 技术保障车辆是在野战条件下，执行抢救、修理、救援等保障任务的装甲车辆，包括装甲抢救车、装甲抢修车等。

(3) 后勤保障车辆是执行野战救护及输送人员和物资任务的装甲车辆，包括装甲救护车、装甲补给车等。

按照行动装置结构可分为履带式装甲车辆和轮式装甲车辆。



| 1.1 坦克装甲车辆行驶基本原理 |

要使车辆以一定的速度运动，需要满足一定的条件：

- ① 驱动条件，即克服各种阻力的驱动力；
- ② 附着条件，即地面附着力不小于克服阻力的驱动力。

1.1.1 车辆行驶受力

要使车辆以一定的速度运动，必须给车辆施加一个推动力，以克服车辆行驶时的各项阻力，这个推动车辆运动的力称为牵引力。车辆行驶过程中受到的各种阻力包括地面阻力、空气阻力、上坡阻力、加速阻力。此外，作为拖车使用的车辆，还有挂钩阻力。

1.1.1.1 驱动力

驱动车辆行驶的能量通常由发动机提供，对于未来电驱动的车辆，这个能量来自电力。为了克服车辆运动时所遇到的上述各种阻力，发动机必须有足够的功率，以产生足够大的牵引力。发动机发出的扭矩 M_e 经过传动系统传给轮式车辆的驱动轮或履带式车辆的主动轮，驱动轮或主动轮获得的扭矩称为驱动力矩。轮式车辆和履带式车辆的典型推进系统示意图分别如图 1-1-1 和图 1-1-2 所示。



图 1-1-1 轮式车辆推进系统示意图

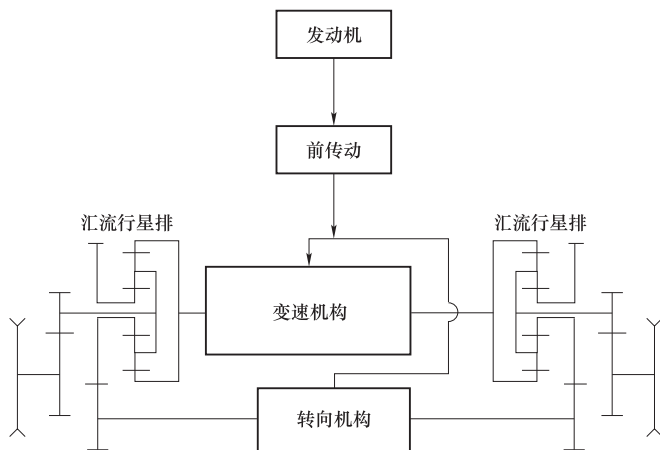


图 1-1-2 履带式车辆推进系统示意图

发动机的负荷不变，转速稳定时的工况称为稳态工况。发动机在稳态工况时的驱动力矩为

$$T_T = M_e i \eta_T \quad (1-1-1)$$

式中： M_e ——发动机的输出转矩；
 i ——传动系统的总传动比；
 η_T ——传动系统的总效率。

对于轮式车辆，驱动力矩产生一对地面的圆周力 F_0 ；地面对驱动轮的反作用力 P （方向与 F_0 相反）即是驱动车辆的外力（图 1-1-3），此外力称为驱动力。对于履带式车辆，主动轮转矩企图从后负重轮下把接地区段的履带抽出，从而产生一拉力 P （图 1-1-4），将履带工作区段拉紧，引起履带接地区段与地面之间的相互作用，产生摩擦力和啮合力（图 1-1-4），所有摩擦力和啮合力的



合力就是地面给接地段履带的切向反作用力。这个切向反作用力阻止履带接地地区段向后移动，作用方向与车辆运动方向相同，这个力作用到车体上，就是推动车辆运动的驱动力，其大小与 P 相等。

$$F_T = \frac{T_T}{r} = \frac{M_e \eta_T}{r} \quad (1-1-2)$$

式中： r ——车轮半径。

对于履带式车辆，总效率 η_T 还应包括履带效率，履带效率一般按下式估算：

$$\eta_1 = 0.95 - 0.003v \quad (1-1-3)$$

式中： v ——车辆行驶速度。

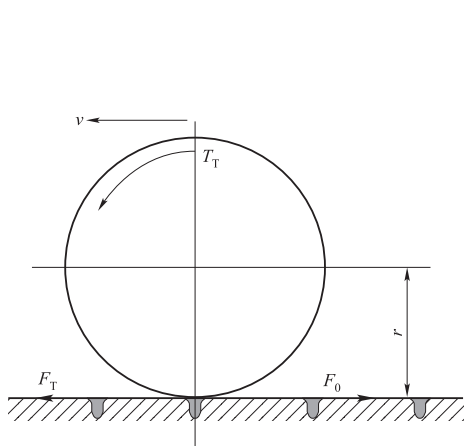


图 1-1-3 轮式车辆的驱动力

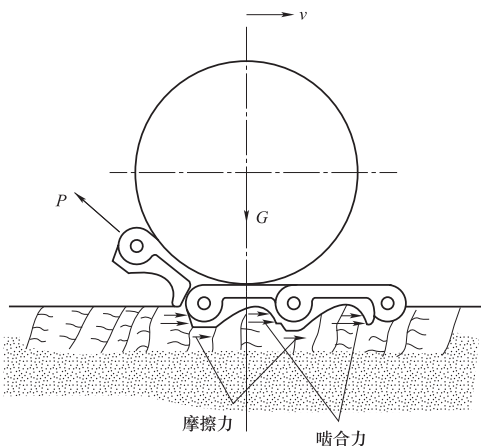


图 1-1-4 履带式车辆驱动力产生原理

1.1.1.2 阻力

1. 地面阻力

现在的轮式车辆用车轮普遍采用钢质轮辋和橡胶轮胎，具有很强的弹性。车轮在硬路面上滚动时，可认为路面不发生变形而仅轮胎发生变形。滚动阻力产生的主要原理是轮胎变形滞后引起的能量损失。车轮向前滚动时，轮胎接地段的前半部分压缩、后半部分舒展，前、后部所受地面垂直力分布不对称，前半部分垂直力大于后半部分垂直力。地面垂直反力的合力大小相等、方向相反、作用点在车轮的前部。如图 1-1-5 所示。

对车轮中心取矩，可以得到

$$F_x = F_z a / r \quad (1-1-4)$$