

坦克

装甲车辆设计

电子信息系统卷

冯益柏 主编



化学工业出版社

坦克

装甲车辆设计

电子信息系统卷

冯益柏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较为详细地介绍了综合电子信息化系统的基础知识, 坦克通信系统的设计、坦克电气系统的设计、坦克电子装置的设计、坦克综合电子信息化系统的设计、坦克指控系统的设计以及坦克电磁兼容性与电磁屏蔽方舱设计等技术内容。

本书突出实用性、先进性和可靠性, 理论叙述从简, 侧重于用实例和实用数据说明问题。全书结构严谨清晰, 数据翔实可靠, 信息量大, 图文并茂, 对于坦克装甲车辆设计、生产、新产品开发的技术人员有很好的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

坦克装甲车辆设计——电子信息系统卷/冯益柏主编.
北京: 化学工业出版社, 2015.4
ISBN 978-7-122-23097-3

I. ①坦… II. ①冯… III. ①坦克-电子信息-信息
系统-系统设计 IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 037347 号

责任编辑: 仇志刚
责任校对: 徐贞珍

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: 北京永鑫印刷有限公司
装 订: 三河市胜利装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 27½ 字数 980 千字 2015 年 6 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	吕小岩
刘 勇	苏 波	杜 宏	李 萍	李 毅	李春明
李福田	杨玉淳	张文超	张玉龙	张立群	张存莉
张树勇	张振文	卓 峰	周广明	周黎明	孟 红
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、新工艺的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》系列图书在系统学习和借鉴国外坦克的基础上，科学总结了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作了深入研究和催人思考的总结与提炼，本图书在关键领域中提出了创新性概念、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，更加坚定了我国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。



冯益柏
2004年11月

中国工程院院士、吉林大学校长

前言

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，坦克已发展到三代，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，坦克的发展也面临着十分严峻的挑战，目前世界各国在新一代坦克的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》系列图书。系列图书共有十卷，分别为：总体设计，武器系统，动力系统，传动系统，行走系统，防护系统，电子信息系统，履带式战车，轮式战车，坦克装甲车辆可靠性、维修性及保障性。

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，然而由于笔者水平有限，文中不妥之处在所难免，望读者批评指正。

编者

2014年7月

目录

第一章 概论

第一节 坦克装甲车辆电子信息系统	1	三、C ⁴ I 系统领域所面临的问题	19
一、坦克装甲车辆电子信息系统的技术 发展概况	1	第四节 发展提升坦克装甲车辆综合电子 信息化水平的对策	19
二、坦克装甲车辆电子信息的组成 与要求	2	一、综合电子技术的核心是一项总体 设计技术	20
三、坦克装甲车辆综合电子技术	5	二、应用综合电子技术必须从战术 需求出发	20
第二节 坦克综合电子信息系统		三、充分借鉴民用工业的成熟技术	20
总体设想	11	四、对于不同平台综合电子系统的研究 要有针对性	21
一、坦克综合电子信息化系统的必要性 ..	11	五、重视综合电子设计方法的研究	21
二、总体思路与原则	12	六、需要重点研究的关键技术	22
三、综合电子信息的方案设想	12	七、认真研究系统的故障诊断和降级 使用功能	22
第三节 坦克装甲车辆的 C ⁴ I 系统	14		
一、坦克战中的通信与指控系统	14		
二、现代装甲车辆的计算机化与 C ⁴ I 能力	15		

第二章 坦克通信系统的设计技术

第一节 简介	23	设计	38
一、坦克装甲车辆通信系统组成与 要求	23	二、高抗噪无线车内语音通信系统的 设计	44
二、坦克装甲车辆通信技术	25	三、坦克装甲车辆宽带通信设计	47
三、车际通信指挥系统	29	第四节 通信系统的防护与评估	49
第二节 坦克通信设备功能与设置	31	一、坦克装甲车辆集群通信系统电磁 兼容设计	49
一、VRC-8000 电台	31	二、坦克装甲车辆通信系统检测平台的 设计	52
二、SEC-8088 保密单元	33	三、坦克装甲车辆通信系统作战使用 可靠性评估与优化	55
三、CPA-9088 跳频单元	34		
四、车内话器	35		
第三节 坦克新型通信技术设计	38		
一、坦克装甲车辆 MilCAN 总线通信			

第三章 坦克装甲车辆电气系统的设计技术

第一节 简介	59	要求	59
一、装甲车辆电气系统的组成及其特性		二、装甲车辆电气系统技术	60

三、坦克装甲车辆电气系统的设计方法	62	七、LTD4 型电压调节器	112
第二节 蓄电池的设计	62	八、发电机与蓄电池联合工作	115
一、简介	62	第四节 发动机启动装置	117
二、铅蓄电池的基础知识	64	一、启动电动机的启动特性与理论	117
三、蓄电池特性的分析及其等效电路	66	二、ZDT24-15 启动电动机	123
四、铅蓄电池的电性能	74	三、QD24-15T 启动电动机	129
五、铅蓄电池的充电	79	第五节 其他装置与电气	134
六、铅蓄电池的故障	83	一、空气滤清器阻力报警装置	134
七、铅蓄电池的检查使用与维护	84	二、电报警器	134
第三节 发电机及其电压调节	87	三、TLS-43 型电路旋转连接器	135
一、坦克发电机的特点	87	四、几种灯具	136
二、发电机的结构	90	五、驾驶室窗口用闭锁开关盒	137
三、发电机的特性	95	第六节 输电与配电系统	138
四、发电机电压调节的基本理论	98	一、全车电路	138
五、TJY-1 电压调节器	101	二、一般电路的检查与故障排除	140
六、晶闸管电压调节器	107		

第四章 坦克电子装置设计技术

第一节 柴油发动机计算机控制系统	143	四、转速表	190
一、简介	143	五、电流电压表	194
二、柴油机喷油控制系统	144	六、摩托小时表	195
三、柴油机调速控制系统	147	第四节 电子动磁式仪表	197
第二节 坦克炮控系统及其电子装置	151	一、简介	197
一、坦克稳定器基本工作原理	151	二、转速表及摩托小时计	198
二、某坦克炮控系统简介	155	三、车速里程表	202
三、坦克炮控系统部件构造及功用	160	四、温度表	205
第三节 流比计型仪表	178	五、油压表	208
一、磁电式流比计	178	六、电流电压及蓄电池容量表	211
二、油压表	180	七、逆变器	214
三、电阻式温度表	187		

第五章 坦克综合电子信息系统设计技术

第一节 简介	215	一、简介	250
一、面临的挑战与对策	215	二、MIL-STD-1553B 总线设计	254
二、坦克综合电子系统存在的问题	217	三、MIC 总线设计	265
三、坦克综合电子系统发展现状	220	四、CAN 总线设计	278
第二节 综合电子系统的总体设计	233	五、串行数据总线传输系统及其控制	285
一、简介	233	第四节 1553B 总线接口设计	287
二、坦克综合电子系统的组成	236	一、1553B 总线的核心芯片 BUS-61559	287
三、坦克综合电子系统设计的原则	239	二、核心芯片——BUS-61553	295
四、系统设计的方法	240	三、十种数据传输格式在芯片内部的	
五、系统设计的内容	241	组织	307
六、系统的整体结构设计	241	四、1553B 数据总线隔离变压器	310
七、坦克综合电子系统的设计方案	244	五、1553B 总线接口设计实践	311
八、坦克综合电子系统实施方案	248	第五节 坦克用计算机及乘员终端	319
第三节 坦克内部数据传输的设计	250	一、计算机内的高速并行数据总线及其	

选择	319
二、坦克用计算机	324
三、平板显示技术	331
四、实时操作系统	334
第六节 坦克综合电子系统的理论	

设计与仿真评估	340
一、总线消息流程的分析与设计	340
二、软件设计	344
三、坦克综合电子系统仿真	347
四、坦克综合电子系统性能评估	348

第六章 坦克指控系统的设计技术

第一节 简介	351
一、坦克指控系统的基本特性	351
二、坦克指控系统设计的约束条件	351
三、坦克指控系统结构组建的基本原则与 技术途径	352
四、坦克指控系统综合化设计的优化 指标	352
五、坦克指控系统综合化设计基本 方法	352
六、关键技术	354
第二节 坦克指挥系统的设计	357
一、简介	357
二、机动式系统设计特点	357
三、可运输性	358

四、加固设计	358
五、重心	358
六、电磁屏蔽设计	359
七、接地保护	359
八、温度控制与如何选定空调	360
第三节 坦克指控系统的仿真设计	360
一、设计原理	360
二、系统仿真模型的建立	361
三、主要仿真模型	361
第四节 装甲车载指挥信息装备发展特点与 趋势	363
一、发展特点	364
二、发展趋势	365

第七章 坦克装甲车辆电磁兼容性与电磁屏蔽方舱的设计技术

第一节 电磁兼容性	367
一、简介	367
二、坦克装甲车辆电磁兼容性	370
第二节 坦克装甲车辆电磁屏蔽方舱的理论 基础	373
一、目的与意义	373
二、方舱的电磁屏蔽	374
三、电磁屏蔽原理	377
四、方舱电磁屏蔽效能及其计算	381
第三节 坦克装甲车辆电磁屏蔽方舱的 设计	387
一、电磁屏蔽方舱的总体设计	387
二、坦克装甲车辆电磁屏蔽方舱的结构 设计	392

第四节 坦克电磁屏蔽方舱的制备技术	408
一、工艺性能要求与保证措施	408
二、方舱的屏蔽工艺与技巧	408
三、电磁屏蔽方舱制备中的影响因素与 改进措施	412
四、复合材料电磁屏蔽方舱制造	413
五、电磁屏蔽玻璃及其在方舱中的应用	414
第五节 方舱电磁屏蔽效能测试与评价	418
一、整舱屏蔽效能测试与评价方法的总体 方案	418
二、整舱屏蔽效能测试与评价方法的具体 实施	420
三、整舱屏蔽效能测试与评价方法的验证 分析	425

参考文献



第一章 概论

第一节 坦克装甲车辆电子信息系统



一、坦克装甲车辆电子信息系统的技术发展概况

(一) 简介

20世纪80年代后期,电子信息技术的发展标志着工业时代向信息时代的转变,现代高技术条件下的战场将是信息化、数字化的战场。在信息化的战场上,战争的结果越来越取决于对战场信息地获取、传输、控制和有效利用。

军事电子信息系统是一种综合性的人机交互系统,用数字技术来完成信息的收集、传输、控制、处理和利用,以发挥作战部队和武器系统的最大效能。

军事电子信息系统的发展经历了三个阶段:

① 20世纪70年代至80年代,军事电子信息系统概念形成阶段。在此阶段为分立的系统,美国称之为C³I(指挥、控制、通信、情报)系统,前苏联称之为指挥自动化系统。

② 海湾战争后到20世纪90年代中期,军事电子信息系统走向综合化。美国称之为C⁴I(指挥、控制、通信、计算机、情报)系统和IC⁴I(综合化指挥、控制、通信、计算机、情报)系统。

③ 1994年以后,军事电子信息系统走向一体化、信息化和数字化。其代表为美国的C⁴ISR(指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察)系统和数字化部队信息系统。

军事电子信息系统包括战略级军事电子信息系统、战术级军事电子信息系统和武器平台电子信息系统。

坦克装甲车辆电子信息系统是军事电子信息系统的重要组成部分,它是以坦克装甲车辆为主要载体和平台的军事电子信息系统。坦克装甲车辆电子信息系统包括装甲战术级电子信息系统



统和坦克装甲车辆综合电子系统。

（二）M1 坦克信息系统的发展现状

M1 系列坦克是自 20 世纪 80 年代开始装备的美军主力主战坦克。一些计划表明，M1 系列坦克有可能服役到 2030 年。因此，M1 系列坦克要通过各种手段，最大限度继续提高其作战能力，以保证美陆军装甲部队在世界上的领先地位。为实现此目标，美军制定了一个 M1 系列的现代化改进战略，具体包括 3 个改造计划，即：升级计划——把基本型的 M1 主战坦克升级为最新的 M1A2SEP；改装计划——把 M1A2 坦克改装成 M1A2SEP；大修计划——将 M1A1 坦克大修为性能更高的数字化 M1A1+坦克。

除此之外，还有一个针对 M1 系列坦克所有型号的子系统的重新投资计划，目标是降低修理费用及主要备件的费用，主要是指已经过时的专用电子部件和不能适应数字化不断发展的电子部件，进行现代化改造的主要手段是发展标准组件式电子部件，简化现有的电子部件，并且降低系统的改进成本。

从基本型 M1 升级到 M1A2SEP 的改进中，通过采用现代化的措施，使 M1A2 坦克同 M1A1 坦克相比，作战能力提高了 1 倍，连接电缆减少了 1.4km，而其中最关键的就是车际信息系统和 1553B 数据总线技术的应用。

二、坦克装甲车辆电子信息系统的组成与要求

（一）装甲战术级电子信息系统

1. 装甲战术级电子信息系统的组成

装甲部队作战的特点是在运动中作战、运动中指挥、运动中通信，因而装甲战术级电子信息系统由一组加装了电子信息设备的装甲车辆组成，以便能与装甲机械化部队一起行动。装甲战术级电子信息系统是一个师（旅）级的军事电子信息系统。一般分为指挥控制、通信、情报信息、电子战（电子对抗或光电对抗）四个分系统。

（1）指挥控制分系统 指挥控制分系统是指包括师（旅）、团两级指挥所和营以下的指挥系统。师（旅）、团基本指挥所包括指挥中心、情报中心、通信中心、电子战中心、维修中心。其中指挥中心由若干辆装甲指挥车、装甲信息处理车和装甲通信车组成；情报中心一般由装甲信息处理车或装甲侦察情报处理车和装甲通信车组成；通信中心由若干辆装甲通信车组成；电子战中心一般由装甲指挥车或装甲信息处理车组成；维修中心由若干辆装甲维修检测车和装甲指挥车组成。

师（旅）、团基本指挥所以外其他指挥所一般仅有一两辆装甲指挥车，有些可配装甲通信车等车辆。

（2）通信分系统 通信分系统由甚高频双工移动通信、甚高频单工无线通信、高频单边带无线通信、战术卫星通信、软件无线电通信、有线通信等通信设备（或分系统）组成。对应有各种装甲通信车、装甲指挥车和分布在其他各种坦克装甲车辆上的通信设备，这些通信设备组成一个严密的通信网络，可完成对上通信、指挥所之间通信、指挥所内部通信、协同通信以及部队内部的通信任务。

（3）情报信息分系统 情报信息分系统的主要任务是完成侦察信息采集，各种情报信息融合处理，情报信息数据库管理等任务。

一般情报信息分系统由一系列装甲侦察车、侦察直升机、装甲侦察情报处理车、装甲信息处理车、装甲通信车和安装于各种坦克装甲车辆和作业平台上的侦察设备组成。

（4）电子战分系统 电子战的战略目的是控制和利用电磁谱，使我军取得最大的作战效能，即在确保我军使用电磁谱的前提下，阻止、瓦解、削弱、欺骗或利用敌方使用频谱。电子战包括三个部分，即电子攻击、电子保护和电子支援。



装甲战术级电子信息系统的电子战分系统由一组装甲电子战车组成，包括装甲电子对抗车、装甲光电对抗车、装甲电子干扰车等。它们受师指挥所的电子战中心指挥。

2. 装甲电子信息车辆

(1) 装甲指挥车 装甲指挥车是用于部队作战指挥的装甲车辆，它供装甲机械化部队师、旅、团、营指挥员和指挥机关使用，作为活动的指挥所，可在机动中及停止间实施指挥。

早期的装甲指挥车仅配有多部无线电台和一套多功能车内通话器以及多种观察仪器等，仅用于人工的话音通信指挥。近代的装甲指挥车采用现代电子与信息技术，把指挥、控制、通信、计算机、情报信息处理等结合成一体，使其具有各种军事信息融合处理、辅助决策、快速反应、协同作战等自动化指挥能力。车内除通信设备外，新增了指挥控制和信息处理用的计算机及相应的作战指挥、辅助决策等软件和外部设备，以及定位导航、图像显示、传真等电子设备。

(2) 装甲（综合）信息处理车 装甲（综合）信息处理车是用于部队作战时信息融合处理的装甲车辆。它与装甲指挥车配合组成师、旅、团指挥所，装甲综合信息处理车供师、旅、团指挥机关参谋人员使用。

装甲（综合）信息处理与处理车上的电子设备主要有信息处理计算机、相应的软件及外部设备，图像、定位导航、通信等设备。

(3) 指挥坦克 指挥坦克用于坦克部队营以下部队的战斗指挥，指挥坦克是移动指挥所，在机动中指挥战斗。指挥坦克与普通坦克具有相同的机动能力、防护性能和火力。

早期的指挥坦克仅配多部无线电台，现代的指挥坦克采用现代电子和信息技术，搭配了指挥控制计算机及相应软件、外部设备、定位导航设备和能进行数据通信的通信设备等。可实施自动化的作战指挥，提高了网络通信能力。

(4) 装甲通信车 装甲通信车是用于部队野战通信保障及组织管理的装甲车辆，车上配有多种通信设备及通信管理设备，可在机动中或停止间组织部队进行通信，保障野战通信畅通，以及生成跳频保密工作数据、编写通信文件等。

装甲通信车依据所装通信设备不同又可分为多种，如通信管理车、无线通信车、卫星通信车、电视中继通信车等。

(5) 装甲侦察车 装有侦察设备的装甲战斗车辆，主要用于战术侦察。装甲侦察车可装入多种侦察仪器和设备。其中大倍率光学潜望镜用于在能见度良好的昼间进行观察。红外、微光夜视和热像仪用于夜间进行观察。与上述设备组合在一起的 CCD 摄像机再与计算机配合，可对敌情目标实施昼夜侦察和录像，并可通过计算机对图像信息进行实时采集、压缩并利用电台或电视发射机进行传输。侦察雷达是一种主动式侦察器材，具有全天候侦察能力。侦察车上还可装入无人侦察机，地面目标探测识别设备、红外、激光等光学报警设备，核辐射及毒剂报警设备等。此外车上还装有性能良好的定位、定向、导航设备和通信设备，可精确确定本车位置并将侦察情报及时、准确地报告指挥机关。

(6) 装甲电子对抗（电子战）车辆 装有电子对抗、光电对抗或电子干扰、电子侦察等设备的装甲车辆，主要用于电子战。装甲电子战车辆依据所装电子战设备不同又可分为电子对抗车、光电对抗车、电子干扰车等。

(7) 维修检测车 装有坦克、装甲车辆及部件的维修检测设备和抢救、抢修设备的技术保障车辆，一般配于师（旅）指挥所的技术保障（维修）中心。通常由抢救、拆装、机加、电气电子设备、火控系统、光学仪器及通信设备等多种专业维修检测车组成，遂行坦克装甲车辆的野战修理，使其恢复完好的技术状态。

（二）坦克装甲车辆综合电子系统

1. 装甲车辆综合电子系统的组成

随着电子技术与车辆技术的发展，在一些国家的第三代和第四代主战坦克，如美国 M1A2



坦克、法国的勒克莱尔坦克、英国挑战者2坦克中出现了车辆综合电子系统。该系统为开放式结构，它以数据总线为核心，将车内原有的电子电气系统和新增的指挥、控制、计算机、情报监视、侦察等设备或子系统综合成一个大系统，形成一个分布式计算机网络，以单车为基点实现指挥自动化，并通过车际信息系统与上级电子信息系统相连，实现车内、车际信息共享。通过数字化的显示控制设备实现了良好的人机信息交换。

图 1-1 为“勒克莱尔”坦克综合电子系统的示意图。

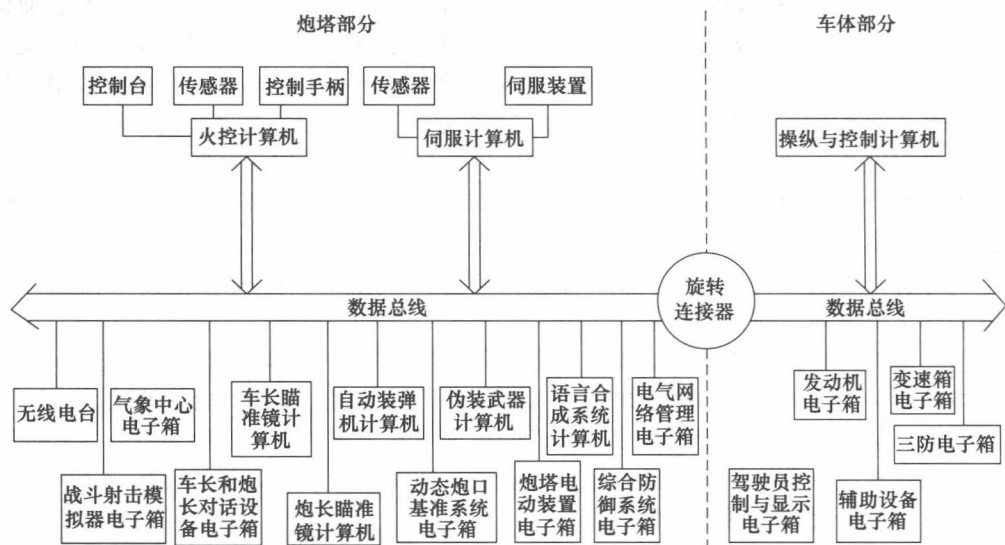


图 1-1 “勒克莱尔”坦克综合电子系统示意图

在车辆综合电子系统中，计算机、显示系统加上人构成车辆的“大脑”，数据总线构成车辆的“神经”，其他各功能系统构成车辆的“器官”，由此使坦克装甲车辆成为一个功能完备、协调的智能化整体，从而实现坦克装甲车辆的综合化、数字化与智能化。

车辆综合电子系统按功能分为四个部分：

① 数据控制和分配分系统。该系统也称数据总线，负责车内信息调度与传输。

② 乘员控制和显示分系统。该系统为系统的人-机接口部分。

③ 计算机资源分系统。该分系统为车辆各功能分系统提供了智能资源、数据和信号处理及控制功能。

④ 电源管理和分配分系统。该分系统负责将电能分配给车辆上所有分系统，并对其进行开关控制。

2. 车辆综合电子系统的功能要求

① 采用先进的多路传输数据总线和数字传输技术，构成车内信息高速公路。如以美国 M1A2 主战坦克的 MIL-STD-1553B 和法国“勒克莱尔”坦克 GAMT-101 为代表的指令响应式多路传输数据总线系统，它能在车辆综合电子系统中起着神经中枢的作用，将全车连接成一个完整的信息网络。

② 具有数字式数据输出能力，以便能够构成全车信息系统，这些主要车载功能系统和部件包括武器系统、推进系统、防护系统、通信设备、电气系统和定位导航系统等。

③ 可适时采集本车位置、车辆状态、敌方目标攻击信息和位置信息等，实时在车长显示器上显示并传输给上级指挥机构，接收上级网络传输的战场态势、导航等各种信息，从而可大大提高战场透明度。

④ 通过大范围的数据共享的多媒体手段，能够适时地实施指挥与协同，以单车为基点实



现指挥自动化,大幅度地提高部(分)队的整体作战能力。

⑤ 采用具有数字传输能力的电台,这是实现网络信息传输能力的必不可少的条件。

⑥ 在条件具备时,系统中应增加自动故障诊断和检测子系统,使坦克装甲车辆的综合电子系统具有故障诊断和检测功能,电子部件采用模块结构以便于换件修理。

⑦ 有的国家(如法国和美国)在综合电子系统中增加了一个子系统——车载射击模拟训练子系统。这样将可使乘员随时在车上进行模拟训练,并可通过网络系统与友邻车辆进行联合模拟训练。

三、坦克装甲车辆综合电子技术

(一) 装甲车辆综合电子技术的发展

综合电子技术是首先在美国航空界发展起来的一项新技术,相应学科称为航空电子学,以后应用到坦克装甲车辆上,成为车辆综合电子技术,与之相应的学科称为车辆电子学。1976年开始美军按美军标 MIL-STD-1553A 和 MIL-STD-1553B(飞机内部时分制指令/响应式多路传输数据总线军用标准)研制“电源管理与分配系统”,以后装入 M1A1 坦克。

20世纪80年代中期,美国陆军坦克自动车辆司令部制定了标准陆军车辆电子学结构(SAVA),同时还提出了“战场管理系统”的构想,这些为车辆综合电子系统的研制提供了基础。

首次正式应用车辆综合电子技术的是美国的 M1A2 坦克,称之为“车际信息系统”(IVIS)。该系统用 MIL-STD-1553B 多路传输数据总线将车辆的主计算机和通信装置与乘员显示控制装置、车长独立热成像瞄准镜、火控系统、发动机数字式电子控制装置、定位/导航等有关电子分系统连成一体。实现了各分系统信息交换及数据共享,并用来控制数据传递顺序,有次序有选择地向乘员提供系统的工作状况和参数。还可通过电台将车辆主要信息传送到上级指挥车辆。

在1994年4月美军通过了 M1A2 坦克“系统改进计划”,重点是改进计算机的核心部分,以便能采用陆军的指挥控制的软件和操作系统标准。其最主要硬件改进包括:第二代热成像瞄准镜、增强型定位报告电台、全球定位系统、发电/冷却系统、高性能的显示器、战场战斗识别系统及多用途化检测器。

1987年英国皇家武器与发展中心(现在的国防研究局)开始从事“车辆电子学研究防务倡议(VERDI)计划”,在“武士”战车上设计安装一套超级模块化的车辆电子学设备,做成了一台技术表演用的侦察车,该车命名为“跟踪者”(TRACER)侦察车。VERDI 结构有四个主要部分:视频总线、指挥控制总线、公用设备总线和通信总线,所有四个部件通过标准总线相连接。总线将传感器平台、武器平台、乘员显示装置及通信设备结合成一体。5名乘员各配有两个多功能显示终端,可由此获得信息并通过终端进行操纵,传感器等信息可通过电台实时地告之后方。后来,英国又将车辆综合电子技术应用到挑战者2主战坦克上。

法国勒克莱尔坦克1983年开始进行设计,是从设计阶段就开始采用综合电子技术的第一种主战坦克。勒克莱尔坦克所有电子部件和设备均采用全数字化集成电子元件,并通过 GAMT101 多路传输数据总线相互连接,系统有两台主计算机,一台用于火控系统,并兼任总线控制器,另一台供伺服装置使用的计算机作为备份的总线控制器。全车共采用了30个带有8位、16位和32位微处理机的计算机单元。无论车体内还是炮塔内,数据总线都保证传感器、计算机、定位导航、动力传动装置之间的所有信息传递,这些信息不仅可传递给乘员,还可通过电台传递给其他坦克或指挥所。

随着美、法、英坦克的数字化发展趋势,以色列坦克采用了一种称为“战斗车辆综合系



统”的综合电子系统，该系统的核心部分是双重显示装置，安装于车长位置，一个显示器读取地图、敌/友位置信息及后勤状态信息，另一个显示器上读取静态目标图像，透明图上可显示车载仪器及传感器输入数据，使车长可履行其通常操纵车辆与武器的职能。利用车载电台，车长还可以向下属车辆或上级司令部门传送图像。车长位置与车上其他系统及传感器的联通是通过一套标准化的 1553B 多路传输数据总线和专用的高速数据总线实现的。

(二) 多路传输数据总线技术

装甲车辆综合电子系统中的总线有多路传输数据总线、电源管理分配总线、视频总线、车内通话总线等多种。不同国家的装甲车辆综合电子系统总线种类与数量不尽相同，但多路传输数据总线是必不可少的，它负责装甲车辆综合电子系统内部的信息管理，是综合电子系统的“脊梁”。其他几种总线在某些装甲车辆综合电子系统中也有应用，其中电源管理分配总线负责车辆电源系统管理，视频总线用于热成像或电视图像传输，车内通话总线负责车内话音通信。

多路传输数据总线是一种军用总线型集中管理的分布式计算机网络，按中国军标和美国军标全称为“飞机内部时分制指令/响应式多路传输数据总线”，多路传输数据总线按传输介质分为电总线和光总线，目前各国坦克装甲车辆上多用电总线。多路传输数据总线的功能是实现车内各分系统之间信息的传输和调度。

美国军用标准 MIL-STD-1553B 是目前国际公认的多路传输数据总线标准，在世界上得到广泛应用。中国的军用标准 GJB 289—87 也以其为蓝本。为适应采用光纤作为总线传输介质的发展，在 1553B 的基础上又定出 MIL-STD-1773 和 MIL-STD-1773A（高速光总线）。1773 和 1553 通信协议相同，除传输介质和传输速率外，其余部分无明显差别。

M1A2 坦克的 1553B 数据总线的传输介质为两根双绞屏蔽电缆，全长不超过 100m。总线中有若干个远程终端 (RT) 与各子系统相连。按 1553B 规定 RT 最多可有 32 个。1553B 总线的工作频率为 1MHz，总线上数据传输顺序由总线控制器控制，总线控制器不断地发出控制指令，控制数据的存取。各远程终端按照总线控制器的指令变换发送或接收状态，进行数据传输。1553B 数据总线系统中还有一个总线监控器对总线工作状况进行监控。

1553B 标准详细规定了整个总线的技术要求，包括总线控制器 (BC)、远程终端 (RT)、总线监控器 (MT) 和总线的技术要求，同时确定了多路传输数据总线的工作原理和总线上的信息格式。1553B 规定总线系统以指令/响应方式异步运行，半双工方式传输，总线上信息传输控制权归总线控制器 (BC)。

信息的传输方式为时分制多路传输，在此方式中通信系统对来自不同信号源的不同信号在时间上错开来，形成一个组合的脉冲序列。

总线上的信息流由消息组成，消息以串行字的形式调制成曼彻斯特码进行传送 (图 1-2)。总线中的字有三种：指令字、状态字和数据字，每个字 20 位，其中前 3 位为字同步，有效信息 16 位，最后一位是奇偶校验位 (图 1-3)。其消息传输格式见图 1-4。

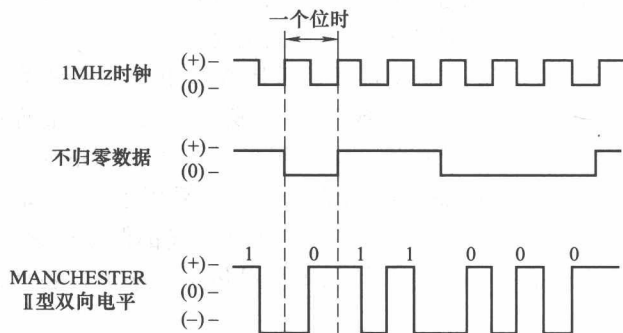


图 1-2 1553B 数据编码格式

多路传输数据总线系统的技术指标：

- ① RT 数目 < 32 ；
- ② 传输码型 曼彻斯特码；
- ③ 传输字型 指令字、状态字、数据字；
- ④ 字格式 字长 16 位加同步位、奇偶位；
- ⑤ 数据传输速率 $\geq 1\text{Mbps}$ ；

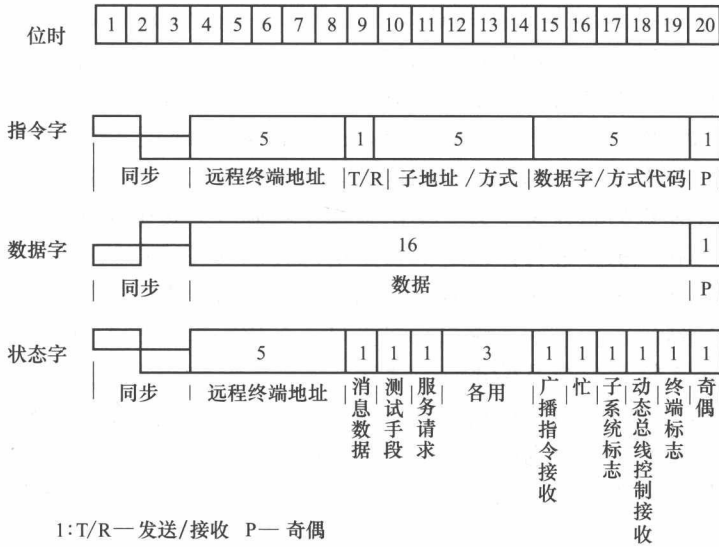


图 1-3 1553B 字格式

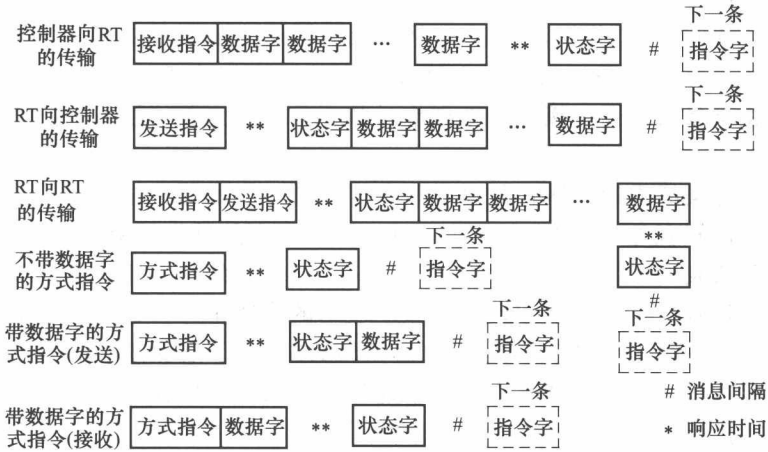


图 1-4 1553B 消息传输格式

- ⑥ 误码率 $\leq 10^{-9}$;
- ⑦ 误字率 $\leq 10^{-7}$;
- ⑧ 消息间隔 最小 $4\mu s$;
- ⑨ 消息响应时间 $4\sim 12\mu s$;
- ⑩ 通信协议 GJB 289—87 或 MIL-STD-1533B
或 MIL-STD-1773
或 MIL-STD-1773A;
- ⑪ 总线物理层 双绞线 (电缆) 或光纤 (光缆);
- ⑫ 数据分配和控制功能 数据传送功能 BC→RT、RT→BC、
RT↔RT。方式指令功能、广播方式功能。

(三) 坦克装甲车辆综合电子子系统及其数字化技术

1. 指挥控制与显示子系统

坦克装甲车辆指挥控制与显示子系统主要用于指挥员进行指挥及乘员操作与控制车内各主