

坦克

装甲车辆设计

传动系统卷

冯益柏 主编



化学工业出版社

坦克

装甲车辆设计

传动系统卷

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传动系统的基础知识、坦克传动系统设计的基础理论、机械传动系统设计技术、液力传动系统设计技术、液压传动系统设计技术、电传动系统设计技术和坦克操纵与行驶系统的设计技术等内容。

本书突出实用性、先进性和操作性，理论叙述从简，侧重于用实例和实用数据说明问题。全书结构清晰严谨，语言流畅，数据翔实可靠，信息量大，图文并茂。本书对于坦克装甲车辆设计人员、科研生产人员有很好的参考价值。

坦克装甲车辆设计

传动系统卷

主编 冯益柏

图书在版编目 (CIP) 数据

坦克装甲车辆设计——传动系统卷/冯益柏主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 3
ISBN 978-7-122-23092-8

I. ①坦… II. ①冯… III. ①坦克-传动系-系统设计
IV. ①TJ811

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 035458 号

责任编辑: 仇志刚

责任校对: 蒋宇

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 29 $\frac{3}{4}$ 字数 990 千字 2015 年 8 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

第 1 版

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	刘 勇
苏 波	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	官 平
徐劲松	凌 云	唐 进	黄 健	曹 宁	曹 辉
曹福辉	窦铁炎	魏晋忠	闫清东	苑士华	胡纪滨
项昌乐					

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，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。

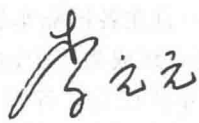
随着高新技术在军事工业上的成熟应用，极大地推动了现代坦克的整体发展进程，也促进了新时代军事变革下坦克技术的日臻完善和升华。随着一大批新技术、新原理、新工艺的快速发展和广泛应用，催生了许多新技术理论的创造发明和持续演化，带动了与坦克装甲车辆领域交叉融合的多学科技术进步，也更加强化了坦克装甲车辆在立体攻防联合作战中的生存能力。

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的思路，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，深深被他对我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，更加坚定了我国坦克专业技术领域会产生诸多创造与发明的信心，并推动我国坦克装甲车辆事业走向新的辉煌。



李元元
2004年11月22日

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措施，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。

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，语言精炼，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 简介	1	二、各级定传动比的划分	9
一、基本概念与范畴	1	第四节 坦克传动系统的发展历程与技术进步	9
二、主要类型	2	一、发展历程	9
三、基本特点	5	二、坦克传动系统的技术进步特点	16
第二节 传动机构与组件	6	三、液力变矩器和行星变速机构的技术进步	19
一、传动机构	6	四、转向机构和制动器的技术进步	22
二、传动组件	6	五、操纵装置的技术进步	27
三、装配单元	7	六、发展趋势	29
四、应用	7		
第三节 传动比的分配	8		
一、变传动比与定传动比的分配	8		

第二章 坦克传动系统设计基础理论

第一节 设计基础	31	第四节 传动元件的耐久性计算	72
一、传动系统设计的要求	31	一、简介	72
二、设计内容	32	二、表征传动装置工况参数的计算	74
三、设计步骤	33	三、摩擦装置的耐久性计算	80
第二节 坦克直驶牵引的设计理论	34	四、齿啮合的计算	84
一、直驶牵引动力学分析	34	五、滚动轴承的寿命计算	89
二、直驶牵引的设计与计算	42	第五节 传动系统计算载荷的选择	93
第三节 坦克转向的设计理论	53	一、静强度的计算	94
一、转向基本理论	53	二、疲劳寿命的计算	95
二、转向运动学	56	三、传动系统扭振附加载荷	98
三、转向动力学	61	四、传动装置的过渡工况动载荷	102
四、转向功率平衡	68		

第三章 坦克机械传动系统的设计技术

第一节 联轴器与齿轮传动箱	103	三、摩擦转矩的计算与设计	114
一、联轴器	103	四、加压分离机构设计	123
二、齿轮传动箱	105	五、加压油缸计算与设计	127
第二节 离合器设计	106	六、热负荷计算	128
一、离合器的组成与功用	106	第三节 变速机构的设计	134
二、坦克离合器的设计要求	114	一、简介	134

二、定轴变速箱	135	三、双功率流转向机构	218
三、行星传动变速机构的设计	167	第五节 坦克制动器的设计	244
四、自动变速技术	189	一、坦克制动器的类型与特点	244
第四节 转向机构的设计	194	二、坦克制动性能的计算	249
一、转向机构	194	三、摩擦制动器设计	252
二、单功率流转向机构	203	四、液力减速器	257

第四章 液力传动系统的设计技术

第一节 液力传动技术	260	二、液力机械综合传动装置的设计与发展	282
一、简介	260	第四节 传动装置液压系统的设计	288
二、液力变矩器	262	一、简介	288
第二节 液力变矩器的选型与配置	265	二、油箱和泵装置	289
一、简介	265	三、滤清器	291
二、液力变矩器的基本性能及其评价指标	266	四、活门	293
三、液力变矩器与发动机的共同工作	269	五、油道与油管	294
四、供油系统	277	六、液力变矩器补油和冷却液力系统	294
第三节 液力机械传动系统	277	七、减速器部分的润滑和冷却液力系统	297
一、液力机械传动系统的技术特点与关键技术	277	八、液压系统的构造与计算	298

第五章 液压传动系统的设计技术

第一节 坦克液压传动技术	302	第三节 液压转向双流传动的设计	329
一、简介	302	一、简介	329
二、装甲车辆中的液压传动	303	二、液压转向双流传动运动学	331
第二节 液压机械传动理论	303	三、液压转向双流传动动力学	333
一、简介	303	四、转向功率特性和转向阻力特性	336
二、单范围液压机械传动	304	第四节 液压机械传动设计	341
三、多范围液压机械传动	314	一、简介	341
四、多范围液压机械传动运动学简图的综合法	319	二、关键技术	344
五、液压机械传动的有效作用系数	323	三、复合转向双流传动设计	346
		四、液压机械连续无级传动设计	351

第六章 坦克电传动系统的设计技术

第一节 简介	360	三、电传动系统用电机的设计	375
一、基本概念与范畴	360	四、坦克电驱动系统与转向控制技术的设计	378
二、电传动系统的结构和工作原理	360	第三节 混合电驱动系统的设计	382
三、坦克电传动系统用电机及其控制方法	361	一、设计中的关键技术	382
四、电传动的研究与发展	362	二、机电复合传动装置	390
第二节 坦克电传动系统的设计	369	三、发动机/发电机组的设计	397
一、坦克电传动总体设计技术	369	四、无刷直流电动机数字控制系统的设计	401
二、电传动系统结构设计	373		

第七章 坦克操纵与行驶系统的设计技术

第一节 简介	406	一、功能特点	406
---------------	-----	--------	-----

二、对操纵装置的要求..... 407

三、操纵装置的组成..... 407

四、换挡操纵装置的分类型..... 408

第二节 机械操纵装置..... 409

一、直接作用式机械操纵装置..... 409

二、机械操纵联动装置..... 410

三、弹簧助力式机械操纵装置..... 410

四、机械操纵装置杠杆系统的传动比..... 413

五、机械操纵装置设计的基本内容..... 415

第三节 液压操纵装置设计..... 416

一、典型的液压操纵装置设计..... 416

二、坦克转向液压操纵系统的设计..... 429

第四节 电液自动换挡操纵装置的设计..... 433

一、电液自动换挡操纵装置的组成..... 434

二、自动换挡过程及其品质控制..... 436

三、自动换挡控制..... 453

四、自动换挡操纵装置设计的基本内容..... 459

第五节 复合式操纵装置的设计..... 460

一、复合式操纵装置的组成..... 461

二、复合式操纵装置的工作原理..... 462

参考文献

1. 机械工业出版社. 机械设计手册. 北京: 机械工业出版社, 2003.

2. 汽车工程手册编写组. 汽车工程手册. 北京: 机械工业出版社, 2001.

3. 汽车设计. 北京: 机械工业出版社, 2002.

4. 汽车构造. 北京: 机械工业出版社, 2000.

5. 汽车理论. 北京: 机械工业出版社, 2001.

6. 汽车底盘构造与维修. 北京: 机械工业出版社, 2002.

7. 汽车变速器. 北京: 机械工业出版社, 2001.

8. 汽车离合器. 北京: 机械工业出版社, 2001.

9. 汽车制动系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

10. 汽车转向系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

11. 汽车悬架系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

12. 汽车操纵装置. 北京: 机械工业出版社, 2001.

13. 汽车传动系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

14. 汽车发动机. 北京: 机械工业出版社, 2001.

15. 汽车底盘. 北京: 机械工业出版社, 2001.

16. 汽车整车. 北京: 机械工业出版社, 2001.

17. 汽车设计. 北京: 机械工业出版社, 2002.

18. 汽车构造. 北京: 机械工业出版社, 2000.

19. 汽车理论. 北京: 机械工业出版社, 2001.

20. 汽车底盘构造与维修. 北京: 机械工业出版社, 2002.

21. 汽车变速器. 北京: 机械工业出版社, 2001.

22. 汽车离合器. 北京: 机械工业出版社, 2001.

23. 汽车制动系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

24. 汽车转向系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

25. 汽车悬架系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

26. 汽车操纵装置. 北京: 机械工业出版社, 2001.

27. 汽车传动系统. 北京: 机械工业出版社, 2001.

28. 汽车发动机. 北京: 机械工业出版社, 2001.

29. 汽车底盘. 北京: 机械工业出版社, 2001.

30. 汽车整车. 北京: 机械工业出版社, 2001.



第一章 概论

第一节 简介



一、基本概念与范畴

坦克作为战斗车辆，既不同于火车行驶在轨道上，也不同于汽车行驶在公路上。它在十分复杂的路面行驶时，遇到沟壑土丘、残垣断壁、水渠田垄等都要跨越而过。因此，坦克遇到的阻力变化很大，必须在坦克的发动机之后，配上一套增力变速机构，以扩大发动机输出牵引力的变化范围和转速的变化范围。

坦克传动装置安置在发动机与履带推进装置之间，可以说是坦克的“动脉”，它将坦克“心脏”——发动机的动力按传动路线传给主动轮，使坦克前进、倒驶、转向、制动和停车；在发动机转矩、转速不变时，增大主动轮的转矩和转速的变化范围，以改变坦克运动时的牵引力。

传动装置由传动箱、主离合器或液力变矩器、变速箱、转向机构、制动器及侧减速器等部件组成。传动箱用来将发动机的动力传给主离合器或液力变矩器，并增大转速；用电启动发动机时，通过传动箱可增大起动转矩，使发动机容易启动。主离合器位于发动机与变速箱之间，通过主、被动摩擦片的摩擦力来传递动力，分离时便于启动发动机和换挡，接合时传递发动机转矩，并借助结合摩擦滑使坦克平稳启动加速。液力变矩器是主要以液体动能传递能量的液力式传动部件，可使坦克传动装置有良好的自动适应性。变速箱用以在较大范围内改变坦克主动轮上的转矩和转速，实现坦克倒退行驶和切断动力。转向机构是控制坦克行驶方向的部件。制动器是利用摩擦来吸收坦克动能的部件，通过控制摩擦力矩使坦克减速或停车。侧减速器是直接



的牵引力。

二、主要类型

在坦克装甲车辆传动系统的发展过程中采用过各种方案和结构，从实现功率传递的传动方式来分，有机械传动、液力传动、液力机械传动、液压传动、液压机械传动、电力传动和机电复合传动七种主要类型。从齿轮机构类型来分，有定轴齿轮传动和行星齿轮传动两类。从功率传递流来分，有单功率流和双（多）功率流传动两类。从实现转向的机构来分，有机械转向、液压转向、液力机械复合转向和液液力复合转向四种主要类型。如图 1-1 所示。

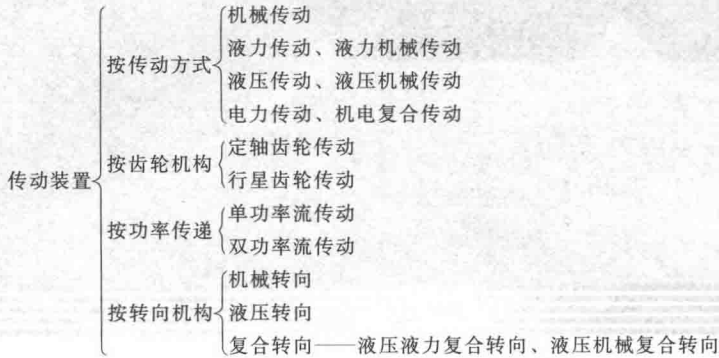


图 1-1 现代履带装甲车辆传动系统分类示意图

（一）机械传动与动液传动

从能量传递的形式来看，目前坦克所用的传动装置有机械传动装置和动液传动装置（或称液力传动装置）。除此以外，还有液压传动装置（或称静液传动装置）和电力传动装置。

各基本类型的传动路线图见图 1-2。机械传动主要由变速机构 B 和转向机构 Z 等组成，全部由机械元件（例如轴、齿轮、摩擦离合器等）来传递功率，动液传动中，比机械传动多串联了一个动液元件 Y（例如动液变矩器），在这个环节中靠液流的动能来传递能量。机械传动与动液传动对比，在满足传动装置的要求方面有以下各点不同。

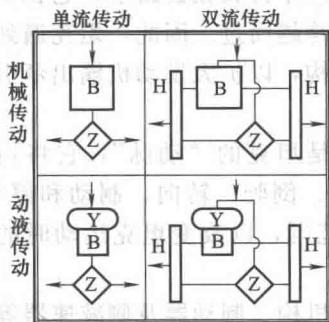


图 1-2 各基本类型的传动路线图

Y—动液元件；B—变速机构；
Z—转向机构；H—汇流行星排

（1）坦克速度变化范围：动液传动能够连续变化，能降低车速到零而仍保持足够的牵引力；机械传动一般是有级的，速度变化不连续，如不切断动力车速不能降低到零。

（2）坦克牵引力变化范围：动液传动扩大了发动机的力矩变化范围，同时也扩大了适应性，机械传动虽然能扩大力矩变化范围，但没有扩大适应性。

（3）发动机功率利用的程度：动液元件的特性使发动机可以在选定的一个有利的转速范围内工作，可能较充分地利用发动机功率，机械传动的功率利用程度随挡数多少而定，一般不如动液传动。

（4）阻力突然加大时，动液元件滑转，发动机不致熄火，机械传动中没有动液元件，可能导致发动机熄火。

（5）效率：机械元件的效率较高，例如一对圆柱齿轮的变速机构效率约为 0.97~0.98；动液元件的效率较低，通常最高效率只有 0.9 左右，低速时还要低得多。机械传动装置的总效率可达 0.85 左右；动液传动装置的总效率视传动方案而定，但最高值也要比机械传动装置低些。

（6）结构复杂性和尺寸重量：动液传动因效率低而需要功率较大的发动机；同时，产生热

量多,因而工作油需要冷却,所以比机械传动多出油散热器、冷却风扇等组件;动液元件本身(包括其液压补偿系)也比机械传动结构复杂。采用动液传动使坦克的尺寸重量增加,影响坦克一些其他性能。

(7) 制造:动液传动制造要求比机械传动高;价格也较高,对大批量生产带来不利影响。

(8) 寿命:动液传动工作平稳,传动装置的寿命较高。

由此可见,在传动性能方面,动液传动优于机械传动,但效率低、结构复杂是其主要缺点。在功率后备足够大(有大功率的发动机)时,可以采用动液传动,否则应从效率高、结构简单、便于制造出发,选用机械传动。

近代坦克常采用闭锁式动液传动,动液元件闭锁时就转化为机械传动。低速时利用动液传动良好的起步性、适应性、平稳性;高速时利用机械传动的高效率。这样,可按机械传动选择发动机功率,同时也不再需要很大的冷却系统。但此时仍要像机械传动那样多挡数的变速机构。

(二) 单流传动与双流传动

1. 单流传动与装置

单流传动是指变速机构与转向机构采用串联方式,将发动机的功率经多个具有独立使用功能的机件,传递到行动装置上的传动方式。目前坦克上常用两种典型的单流传动布置。

一种是根据发动机在车辆中的横向布置形式,由弹性联轴器、齿轮传动箱、主离合器、定轴变速箱、行星转向机、侧减速器、行走机构、操纵机构等部件组成,带中央变速箱的传动装置布置图如图 1-3 所示。这种单流传动的特点是:各个功能部件结构简单、制造容易、成本低,缺点是装置占用车内空间大、安装调整时间长、装置在转向时功率利用较差。

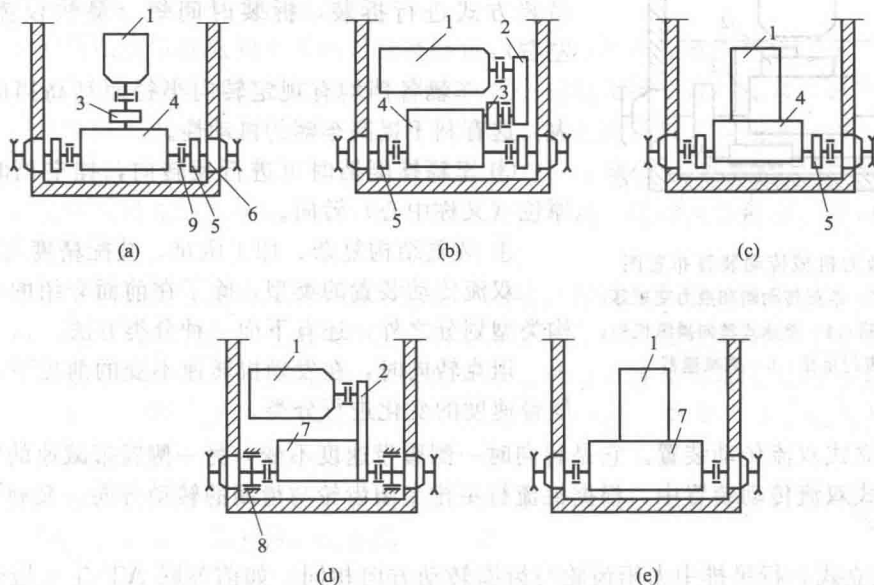


图 1-3 带中央变速箱的传动装置布置图

1—发动机; 2—输入传动箱; 3—主离合器; 4—变速箱; 5—转向机构; 6—侧传动箱; 7—变速和转向机构;
8—停车制动器; 9—齿式联轴器

另一种是俄罗斯主战坦克采用的,具有变速、转向、制动功能的双侧变速箱单流传动布置。带双侧变速箱的传动装置布置图如图 1-4 所示。这种传动装置的特点是:布置后的动力传



动舱比西方国家采用的液力机械双流传动装置几乎短 50%，整车重量因此也可以减少约 5%~10%。但它也存在着两个明显的缺点：一是可维修性能差，为了拆下变速箱，必须要拆断液压管路、操纵拉杆与发动机的连接件以及履带和主动轮等；另一个是坦克转向性能不好，尤其是在高速转向时。原因是变速箱的传动比是按直驶工况选择的，而不是按转向工况选择的。

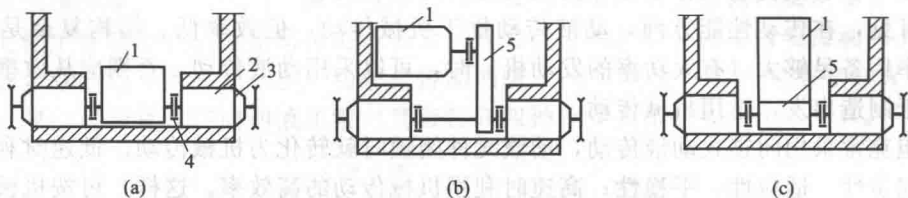


图 1-4 带双侧变速箱的传动装置布置图

1—发动机；2—双侧变速箱；3—侧减速度器；4—齿式联轴器；5—输入传动箱

2. 双流传动装置

双（多）流传动是指传动机构中的变速机构与转向机构采用并联方式，使发动机的功率先沿变速和转向机构两路传输，后在汇流行星排上汇合，再传递到侧减速度器上的传动方式。它是 1930~1940 年期间，由英国和德国发展起来的传动技术。

双流传动通常由集液力变矩器、变速机构、转向机构、制动装置于一体的综合传动装置和侧减速度器、行走机构、操纵机构、润滑系统等组成。液力机械传动装置布置图如图 1-5 所示。

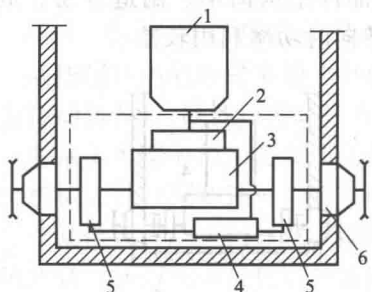


图 1-5 液力机械传动装置布置图

1—发动机；2—匹配传动箱和液力变矩器；
3—辅助变速箱；4—差速式转向操纵机构；
5—汇流行星排；6—侧减速度器

双流传动装置主要特点：

① 传动装置集成度高、体积小，这样便于采用整体吊装方式进行拆装，拆装时间短（最快仅需用半小时左右）。

② 车辆各挡均有规定转向半径而且高挡的转向半径大，这有利于提高车辆的机动性。

③ 车辆挂倒挡时可进行反转向，挂空挡时也可进行原位（又称中心）转向。

④ 装置结构复杂、加工困难、装配精度及成本高。

双流传动装置的类型，除了在前面介绍的可按转向机构类型划分之外，还有下面一种分类方法。

坦克转向时，在发动机转速不变的前提下，根据两侧履带速度的变化进行分类。

(1) 独立式双流传动装置。它是转向时一侧履带速度不变，另一侧履带减速的传动装置。在独立式双流传动装置中，根据汇流行星排太阳齿轮与齿圈的转动方向，又划分出两种传动装置：

① 正独立式。行星排中太阳齿轮与齿圈转动方向相同。如前苏联 AT-П 火炮牵引车采用的传动装置。

② 零独立式。行星排中太阳齿轮不转动。如德国“豹”型坦克采用的传动装置。

(2) 差速式双流传动装置。它是转向时一侧履带速度增大，另一侧履带降低的传动装置。在差速式双流传动装置中，同样根据汇流行星排太阳齿轮与齿圈的转动方向，又可以划分出三种传动装置：

① 正差速式。行星排中太阳齿轮与齿圈转动方向相同。如美国 CD-850 传动装置（用于美国 M48、M60 坦克上）。



② 负差速式。行星排中太阳齿轮与齿圈转动方向相反。如美国 TN-12 传动装置。

③ 零差速式。行星排中太阳齿轮不转动。如美国 CD-500 传动装置。

单流传动与双流传动相比较,在满足对传动装置的要求方面有以下几点不同。

(1) 双流传动各挡的规定转向半径不同。低挡半径小,高挡半径大。单流传动的规定转向半径值不变,不能满足各种速度下对转向半径的要求。

(2) 双流传动由于用规定半径转向的机会较多,使转向时消耗的功率较小。

(3) 双流传动能够进行中心转向,提高了转向灵活性。

(4) 双流传动能采用液压转向机,实现规定转向半径的连续变化。

(5) 双流传动结构较复杂。

目前,双流传动主要在美、德、英、法、日等西方工业化国家生产的主战坦克及装甲车辆上使用。双流传动装置与单流传动装置相比的突出优点是:它可以使车辆具有优良的转向性能。另外,由于它可以采用动力舱整体吊装方式进行拆装,因此能大大缩短在战场上车辆动力传动装置战伤时的维修时间,提高车辆的战斗使用效能。

三、基本特点

(1) 机械传动的优点是结构简单,成本低,效率高。缺点是切断动力换挡时存在动力损失;换挡频繁,刚性大,冲击大,噪声大,降低了传动装置的使用寿命。

(2) 液力传动以液体动能来传递或交换能量,其优点是能无级变速和变矩能,动力性好;具有自动适应性,提高了操纵的方便性和车辆在困难路面上的通过性;充分发挥发动机性能,有利于减少排气污染;减震、吸震、减缓冲击,提高动力传动装置的使用寿命和乘员的乘坐舒适性。缺点是效率低,结构复杂,成本高。

(3) 液压传动以液体的压能来传递或交换能量,纯液压传动装置采用液压泵、马达,效率低,质量大,成本高。液压机械传动的优点是连续、平稳地无级变速,非常接近理想特性,液压部件的体积和质量大大减小,便于布置;可利用增加液流循环阻力方法进行动力制动;发动机工况可以调节在最佳工况工作;变速、制动操纵方便。缺点是效率低、其峰值总效率仅 70%~75%;不适应坦克的高转速、高负荷、转速变换频繁、震动大等恶劣工况,其寿命和可靠性尚待进一步提高。

(4) 电传动利用电能传递或交换能量。电传动的优点是可按行驶功率的要求以最经济的转速运行,得到恒功率输出特性、可无级变速,启动和变速平稳;能将电动机转换为发电机实现制动,提高行驶安全性,并易于实现制动能量的回收;动力装置与车轮间无刚性连接,便于总体布置和维修;可实现静音行驶,清洁无污染。缺点是成本高,自重大并消耗大量有色金属。这种传动装置在军用车辆上的应用,目前还处于研制阶段。

(5) 定轴齿轮传动由于结构简单,制造成熟,成本低而被广泛应用。行星齿轮传动结构紧凑、寿命长、噪声小,工艺要求高,成本高。

(6) 单流传动是指直驶和转向功率流从发动机至主动轮功率经一条路线传递,双流传动是指直驶和转向功率分两路传递到汇流排汇流后再传至主动轮。

(7) 机械转向采用转向离合器、二级行星转向机或双差速器,双侧变速箱。结构简单,造价低,但规定转向半径小。

(8) 液压转向的转向功率流由液压泵、马达来传递,具有无级转向功能。液液力复合转向的转向功率由液压泵马达和液力耦合器相互协调来传递,也具有无级转向功能。液压机械复合转向的转向功率由液压泵、马达和机械传动机构来完成,同样具有无级转向功能,而且传动效率接近于机械传动,比较适合于大功率传递。



第二节 传动机构与组件



本节内容适用于单流机械传动，动液传动和双流传动也可以参考。

一、传动机构

传动机构不是指的传动组件，而是从传动装置的工作原理方面着眼，划分而成的若干基本机构。以中坦克传动装置为例（图 1-6），它由下列传动机构组成。

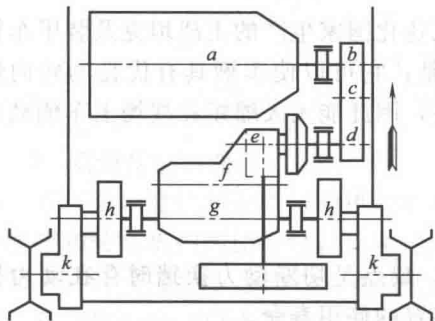


图 1-6 中坦克传动机构的组成

(1) 变速机构，横置定轴式，位置在 f 、 g 两轴之间。

(2) 转向机构：二级独立式，左右各一个，位置在变速机构两侧的 h 轴。

以上两种主要的机构，任何履带车辆都应具备。

(3) 主离合器：定轴式变速机构需要一个主离合器，选用干式多片离合器，位置在变速机构之前的 e 轴。

有的行星式变速机构不需要主离合器。

(4) 前传动：发动机曲轴与变速机构之间的传动机构称为前传动。本例中前传动又分为两个部分。发动机曲轴 a 与主离合器轴 e 之间有很大距离，因此用一组圆柱齿轮传动连接起来。为了减小外廓尺寸，在主动、被动齿轮之间装一个中间齿轮，三个齿轮位置在 b 、 c 、 d 轴。这是前传动的第一部分。由于主离合器与 g 轴应避免干涉，故 e 轴与 f 轴应错开些， e 、 f 两轴之间用一对圆柱齿轮连接起来。这是前传动的第二部分。

传动装置的组成与布置应使发动机的旋转方向与坦克前进行驶方向相配合，所以将发动机曲轴输出端向右，同时前传动、主离合器也布置在右侧。

其他车辆可以有多种类型的前传动，可以按其需要设计成圆柱齿轮、圆锥齿轮、行星排等类型。这和总布置、发动机与传动件的类型、传动比的分配等都有关系。例如发动机纵置、变速机构横置时，需要有一对锥齿轮的前传动。

(5) 后传动：变速机构与行动装置之间的传动机构称后传动。本例中，后传动只有一个组成部分，即侧传动。采用一级外啮合式的侧减速器。

履带车辆一般都具备侧减速器。变速机构纵置时，需要锥齿轮后传动，同时仍有侧减速器。那么，后传动就由两部分组成。

(6) 停车制动器：干式单带制动器。

(7) 对主离合器、变速机构、转向机构、停车制动器的操纵机构。

(8) 风扇传动：中坦克动力装置冷却系的风扇布置在车体后部，因此风扇传动布置在传动部分，从传动装置中得到动力。

(9) 里程表传动。

其他车辆的传动装置也往往有驱动风扇、油泵、压气机、里程表等的传动机构。

以上各机构对其他单流机械传动装置大体上适用，动液传动装置还要有动液元件及其辅助系统，双流传动装置还要有汇流行星排。

二、传动组件

所有各传动机构并不是完全互相独立的，为了装配、修理、保养的方便而互相组合起来，



成为若干组件。中坦克传动装置的组件如下。

- (1) 齿轮传动箱：前传动的第一部分。
- (2) 主离合器。
- (3) 变速箱：包括前传动的第二部分、变速机构、风扇传动的齿轮部分和里程表传动。
- (4) 转向机：包括侧减速器的主动齿轮轴，不包括停车制动器的和转向制动器的制动带。
- (5) 制动器：停车、转向制动器的制动带及其支承。
- (6) 侧减速器。
- (7) 主离合器操纵装置。
- (8) 变速操纵装置。
- (9) 转向操纵装置。
- (10) 风扇传动，除包括在变速箱之内的部分。

其他车辆的组件划分随传动装置的类型而定，例如有的没有传动箱，有的有万向传动轴，水陆车辆还可能有水上推进和水门操纵等组件。

三、装配单元

所有各组件在总装之前，组成若干装配单元，往车体上安装。例如中坦克，除了操纵装置之外，共有以下五个装配单元：①齿轮传动箱；②变速箱，连同装在变速箱主轴上的主离合器，合为一个装配单元；③左右转向机，连同侧减速器的主动齿轮轴；④左右制动器；⑤左右侧减速器（被动部分）。

此外，在发动机、传动箱、变速箱、转向机之间用四个联轴器连接起来。

其他车辆的装配单元大体上有两种类型。一种是分散式的，像中坦克那样，分为若干较小的装配单元，分别往车体上安装。一种是整体式的，变速、转向等主要传动机构组合为一个大的单元，称为综合变速箱或只称变速箱，整体装在车体上。有的传动装置与发动机再综合为一个整体，称为动力传动装置。

分散式的总装和调整工作量大，发生故障的机会多些，但便于单独修理或更换个别组件，整体式的省去了联轴器，总装和调整工作量小，机构的正常工作主要靠制造保证，适于整体换件修理。野战条件下更换大件是不方便的。

确定了传动机构、组件划分和装配关系之后，可以绘制传动装置的方案简图，即传动简图。

四、应用

目前世界各国主战坦克采用的传动装置有两大类，第一种类型是机械传动装置，它是依靠机械元件传递动力的传动装置。如俄罗斯 T-72 和 T-80 系列主战坦克等就采用了这种传动装置。其中，T-72 坦克的机械传动装置有 7 个前进挡和 1 个倒挡，一档的最大车速为 7.32km/h，二挡为 13.59km/h，三挡为 17.16km/h，四挡为 21.47km/h，五挡为 29.51km/h，六挡为 40.81km/h，七挡为 60km/h；倒挡为 4.18km/h。第二种类型是液体传动装置，它又分为两种类型：依靠液体的动能元件传递动力的，称为液力或动液传动装置；依靠液压元件传递动力的，称为液压或静液传动装置。美国 M1 和德国“豹”1 和“豹”2、法国 MAX-32 和“勒克莱尔”、英国“挑战者”1/2、日本 90 式等主战坦克都采用液力机械传动装置，其中，M1 主战坦克的 X-1100 型传动装置有 4 个前进挡和 2 个倒挡，前进一档最大车速为 15.9km/h，二挡为 31.2km/h，三挡为 49.3km/h，四挡为 72km/h，倒一档最大车速为 11.3km/h，倒二挡约为 41km/h，为高速倒挡。在野战条件下，坦克利用反斜面掩护进行战斗，射击后，使用高速倒挡，迅速后撤，以反斜面隐蔽自己，免遭敌坦克炮火还击。因此，具有高速倒挡的坦克，