

军用履带车辆 传动装置

Трансмиссии военных гусеничных машин

[苏联] В.М.安东诺夫 等著
王红岩 芮强 高连华 沙学锋 译



国防工业出版社
National Defense Industry Press

014057444

TJ81
12

军用履带车辆传动装置

Трансмиссии военных гусеничных машин

[苏联] B. M. 安东诺夫 等著
王红岩 芮强 高连华 沙学锋 译



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1742234

TJ81
12

著作权合同登记 图字:军-2013-012 号

图书在版编目(CIP)数据

军用履带车辆传动装置/(苏)安东诺夫等著;王红岩等
译. —北京:国防工业出版社,2014.6

ISBN 978-7-118-09227-1

I. ①军… II. ①安… ②王… III. ①军用车辆—履
带车—液压传动装置 IV. ①TJ81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 043444 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16½ 字数 388 千字

2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 89.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

译者序

传动装置是坦克装甲车辆底盘系统的重要组成部份,是决定车辆机动性的重要因素之一。传动装置由复杂的机构与部件组成,其中包括各种形式的传动机构、摩擦元件、液压系统、操纵机构和驱动装置等。目前,军用履带车辆行驶操纵的自动化已经得到了广泛的应用。

新型传动装置的零部件,如动液传动和静液传动、液压系统、摩擦片、操纵系统和自动化装置的结构和计算问题国内研究的较少,而且资料也不多。

本书为我们提供了现代军用履带车辆传动装置与行驶控制系统的选型、计算与设计的理论方法。阐明了传动装置与操纵系统对军用履带车辆机动性的影响,液力机械传动的理论与计算的基础,以及传动装置与行驶控制系统的基本组成部分的计算方法。

本书汇总并介绍了大量的现代坦克传动装置及其操纵系统,列举了“新型”传动零件的详细数据,有一些资料是在相关领域的科学研究和试验设计工作中得到的。书中内容包含了苏联科学研究机构、工厂、部门设计局在军用履带车辆设计和计算方面的多年经验,尤其提出并重点介绍了计算传动装置基本组成部分耐久性的方法。

本书适用于国防工业部门科研与试验研究人员、相关研究所的设计师、科学工作者、大专院校教师、研究生以及军事学校有关专业的教师和研究生等学习参考。

在本书的翻译过程中,得到了北方车辆研究所李连州研究员和装甲兵装备技术研究所迟敏研究员的大力支持和协助,在此表示深深的谢意。

全书译文由高连华教授统一审核并定稿。

译者在翻译本书过程中,本着忠实于原文,尽量意译的原则,力求能够完整、准确地译出原文,但由于水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

译者

2013年9月

原书前言

现代传动装置是一些复杂的机构,其中包括传动机构(机械式的、电动式的、动液或静液式的)、摩擦元件(摩擦片)、液压系统、操纵机构和驱动装置(机械式的、机械液压的和电液式的)。目前,军用履带车辆行驶操纵的自动化得到了广泛应用。

本书分析了设计时应考虑的各种传动装置及其组成部分的工作特点。

运输车辆直线行驶和转向运动的基本原理,已由苏联著名学者在许多著作中论述并广泛为人们所熟悉,但传动装置及其组成部分的结构和计算问题,却在文献中提及较少。新型传动装置的零部件,如动液传动和静液传动、液压系统、摩擦片、操纵系统和自动化装置方面的资料也不多。针对这些问题及目前也存在着的多种传动装置及其单个总成和系统的结构,本书详细介绍了许多新的、更完善的计算方法,这些方法在设计传动装置重要零部件的过程中得到应用,既考虑它们的强度,也考虑它们的耐久性。

本书汇总了科学研究机构、工厂、部门设计局在军用履带车辆设计和计算方面的多年经验,重点介绍了传动装置及其系统对坦克机械性能的影响。这些汇总资料对于设计人员在传动装置方案设计过程中,简化结构、减轻重量、减小体积,具有重要的参考价值。在单独的一章中,介绍了近期研究开发的静液机械传动理论的基本原理。

鉴于篇幅所限,本书中没有阐述某些理论和计算方法问题。这些问题在前苏联著名学者(Л.В.谢尔盖耶夫、В.И.克拉斯年科夫、Н.А.扎巴夫尼科夫、С.С.布罗夫等)的基础性著作中已充分阐明了,但作者尽力以新资料补充了上述著作。这些新资料是在科学研究和试验设计工作中得到的,并且是在近20年的期刊上公开发表的。

书中包括了人们最感兴趣的现代坦克传动装置及其操纵系统的说明,这些详细资料以前未公布过,书中也列举了新型传动零部件的数据,尤其提出并详细介绍了计算传动装置基本组成部分耐久性的方法。其中传动装置基本组成部分为摩擦片式离合器、啮合齿轮、轴承。

总之,本书提供了有关传动技术最新状况及其发展前景的概念,提出了有关关键零件、部件、系统、计算方法达到的发展水平和某些相关理论问题的概括和汇总。

本书的作者:В.М.安东诺夫,А.Д.瓦舍茨,М.Г.茹契科夫,В.А.柯列索夫,А.П.克留科夫,О.С.彼得罗夫,Е.Г.萨马林和 А.Д.特拉夫金。

目 录

第 1 章 传动装置和行驶操纵系统对坦克机动性的影响	1
1.1 总则	1
1.2 直线行驶	2
1.3 转向	6
1.4 传动装置对燃油经济性的影响	8
第 2 章 现代军用履带车辆传动装置	10
2.1 T-64A 和 T-72 坦克的传动装置	10
2.2 T-80 坦克的传动装置	15
2.3 GMT-69021 试验型液力机械传动装置	17
2.4 中等重量级军用履带车辆的通用液力机械传动装置	21
2.5 “豹-I”坦克(德国)的 4HP-250 传动装置	26
2.6 “黄鼠狼”步兵战车(德国)的 HSWL-194 传动装置	33
2.7 “豹-II”坦克(德国)的 HSWL-354/3 传动装置	35
2.8 M-1 坦克(美国)的 X-1100-3B 传动装置	37
第 3 章 现代军用履带车辆的驾驶系统	40
3.1 概述	40
3.2 T-64 和 T-72 坦克	41
3.3 T-80 坦克	45
3.4 试验坦克模型(安装 GMT-69021 传动装置)	45
3.5 安装标准液力机械式传动装置的中重量级军用履带车辆	50
3.6 “豹-I”坦克	51
3.7 “黄鼠狼”步兵战车	56
3.8 M-1 坦克	58
第 4 章 现代传动装置的各组成部分	60
4.1 干式摩擦元件	60
4.2 湿式摩擦元件	70
4.3 动液传动(液力传动)	74

4.4 静液传动	82
第5章 军用履带车辆直线行驶计算	90
5.1 概 述	90
5.2 计算发动机输入传动装置的功率	90
5.3 传动装置效率的计算	91
5.4 坦克(安装机械式传动装置)的直线行驶牵引计算	95
5.5 坦克(安装液力机械式传动装置)的直线行驶牵引计算	108
5.6 计算直线行驶通用牵引特性的综合算法(区间牵引特性)	116
第6章 军用履带车辆转向计算	120
6.1 军用履带车辆中心转向	120
6.2 履带车辆匀速转向的牵引计算	128
第7章 静液机械传动的理论和计算基础	140
7.1 概 述	140
7.2 单段静液机械传动	141
7.3 多段静液机械传动	154
7.4 多段静液机械传动运动路线图的综合	160
7.5 静液机械传动的效率	166
7.6 含有多段静液机械传动的传动装置在军用履带车辆上的应用	174
第8章 传动装置部件耐久性计算	183
8.1 概 述	183
8.2 计算传动装置工况的参数	184
8.3 摩擦机构的耐久性计算	191
8.4 齿轮啮合计算	197
8.5 滚动轴承的耐久性计算	203
第9章 传动装置液压系统	209
9.1 一般原理	209
9.2 油箱和泵组	210
9.3 滤清器	211
9.4 阀	213
9.5 油道和管路	214
9.6 液力变矩器的供油和冷却系统	215
9.7 减速部分的冷却和润滑	220

9.8 液压系统的建立和计算	220
第 10 章 军用车辆驾驶操纵系统元件的设计和计算	226
10.1 驾驶操纵系统元件的设计计算	226
10.2 自动换挡系统	244
10.3 液力机械传动中液力变矩器的自动闭锁系统	249
10.4 坦克驾驶操纵系统的发展前景	250
参考文献	255

第1章 传动装置和行驶操纵系统对坦克机动性的影响

1.1 总 则

传动装置保证发动机向主动轮传递功率,保证根据行驶阻力改变牵引力和控制行驶状况。传动装置控制行驶速度、操纵制动和车辆转向。

传动装置主要由变速箱、转向机构及其控制系统组成。变速箱和转向机构统称为变速和转向机构。除了变速和转向机构外,还包括带操纵系统的停车制动器、起辅助作用的侧减速器、传动箱,以及其他辅助驱动装置,如风扇传动、起动机传动等。

现在,除带主离合器的简单机械式变速箱外,还使用行星式变速箱(侧变速箱或中央变速箱),以及带液力变矩器的变速箱。

与机械式传动装置相区别,带液力变矩器的传动装置称为液力机械式传动装置。最近,还研制了静液机械式传动装置,这种装置采用了静液传动技术。此种传动技术也常使用在转向机构中以实现无级调节转向半径。

电传动和机电复合式传动装置由于体积大、重量重,在现役军用履带车辆中还没有使用,但是随着电力技术的发展,战斗车辆电传动装置的研制也正在逐步展开。在采用机械式制动器的同时,也使用液力式制动器(称作液力减速器)。

车辆行驶操纵系统包括变速箱、转向机和停车制动器操纵系统。在液力机械式传动装置中,变速箱控制系统、液力变矩器闭锁控制系统近几年越来越多地使用自动化控制方式。控制系统现在主要包括机械式的、机械液压式的、电液式的和混合式的。控制执行机构通常依靠液压系统来实现,这种液压系统也对齿轮箱部分实施润滑和冷却。

为了评价传动装置及其组成部分各参数对坦克机动性的影响,把坦克作为运输车辆和在战场上直接与敌人接触的战斗车辆而进行分别讨论是适当的。某些专家,把作为运输车辆的坦克机动性称为战役机动性,而把作为战斗车辆的坦克机动性称为战术机动性,并认为战役机动性表明坦克在分队组成中按指定的行军路线完成纵队行军任务的能力,战术机动性是单辆坦克在战场上机动的能力。

为保障纵队中的高度机动性,坦克也与其他军用履带车辆一样,应拥有高的平均行驶速度、良好的燃油经济性和优良的通过性。

为了能在战场上机动,坦克还应具有在原地围绕其中心转向的能力、迅速停车的能力、自原地起步的加速能力和改变行驶状况及方向的能力。

传动装置的各组成部分,能实质性地影响机动性指标。它们决定直线行驶和转向的可操纵性(可控制性),形成车辆的牵引特性和制动特性,影响驾驶员的疲劳程度和燃油消耗量。

传动装置各参数对战术机动性指标的影响具体说明了加速、转向性能好和倒挡速度高的坦克,可在战场上更好地机动,因此自然具有较低的损失和较高的作战效能。

传动装置的各参数对战役机动性的影响是不等价的,并且其表现也不相同,如转向时的可控制性、排挡划分等因素对平均速度和燃油经济性的影响。有些因素(如操纵自动化)的影响仅表现在特殊条件下(当在山地、沼泽地行驶,并且由无经验的驾驶员操纵坦克时)。

研制新坦克时,必须知道传动装置对坦克机动性的影响,以便在满足常常是相互矛盾和相互排斥的要求时,找到折中的结构方案。有些时候不得不忽略某些方面的指标要求,以满足更重要的指标要求。

1.2 直线行驶

坦克的高速行驶能力由它的牵引特性所决定。发动机外特性、坦克重量、传动装置和行动部分结构及主要参数,均影响牵引特性的形成。发动机对外部负荷变化的适应性尤其影响牵引特性。

现在坦克上使用的内燃机有活塞式发动机和燃气轮机。根据以纵坐标 N, M (分别为功率和转矩)及横坐标 n (转速)绘制的发动机外特性(图 1.1),可以用适应性系数 K_M 和转速系数 K_n 估算出坦克的高速行驶能力。

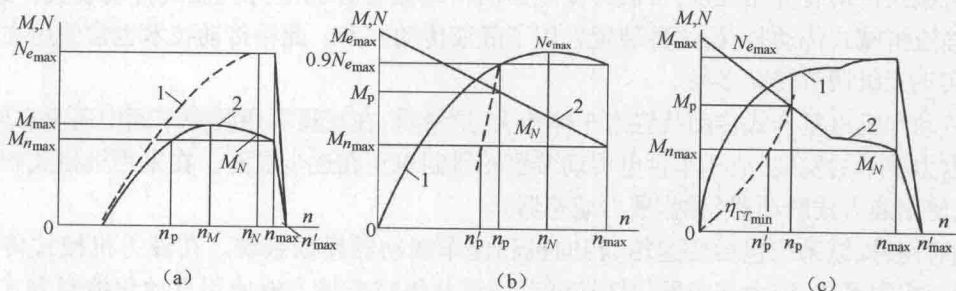


图 1.1 发动机的外特性

(a) 活塞式发动机; (b) 燃气轮机; (c) 带流变矩器的活塞式发动机。

1, 2—传动装置输入轴上的相应功率和转矩; $n_{\max}$ —调速器特性的最大转速; n_p —最低工作转速

(其余标识符号见正文)。

对于活塞式发动机 $K_M = \frac{M_{\max}}{M_N}$; $K_n = \frac{n_N}{n_M}$, 式中: $M_{\max}$ 为发动机最大转矩; M_N 为传动装置输入轴上的最大有效功率 $N_{e_{\max}}$ (等于发动机有效功率 N_e 和在发动机各系统及各辅助驱动装置中的损失功率之差)时对应的发动机转矩; n_N, n_M 为对应传动装置输入轴上最大功率和最大转矩时的发动机曲轴转速。

对于燃气轮机 $K_M = \frac{M_p}{M_N}$; $K_n = \frac{n_N}{n_p}$, 式中: M_p, n_p 为在外特性工作范围燃气轮机输出轴的最大转矩和转速, 它受比油耗量的限制(与最小比油耗量相比, 通常比油耗量的最大允许增量为 10%)。

随着单位功率的提高,发动机的平均负荷下降,这实际上扩大了可利用的速度范围。当有全程调速器时,活塞式发动机在外特性左区间的工作(当转速低于 n_M 时),不会引起驾驶员的任何困难。在部分负荷下提高速度范围,能改善可操纵性、避免过多地换挡,而这在高挡行驶时特别重要。

部分负荷下活塞式发动机和燃气轮机的速度范围,可用转速系数来评价,即

$$K'_n = \frac{n_{\max}}{n_p}$$

式中: $n_{\max}$ 为发动机曲轴的最大转速。

发动机的适应性系数和工作转速越高,军用履带车辆越容易控制。可用完善活塞式发动机结构、采用与发动机一起工作的液力变矩器,来提高活塞式发动机的 K_M 和 K_n 。

带液力变矩器的活塞式发动机的外特性与燃气轮机的特性相类似(图1.1(b)),但又以更高的燃油经济性与后者相区别。带液力变矩器的活塞式发动机的工作范围,受变矩器效率的限制,变矩器效率的最低允许值 $\eta_{\Gamma T_{\min}}$ 是根据冷却系统的效率,而不是像燃气轮机那样根据燃油消耗而定。

通过提高活塞式发动机适应性系数和扩大其速度范围的工作,使得研制出改善外特性的发动机,即在较宽的曲轴转速范围内保持恒功率输出的发动机成为可能。有时,这样的发动机也称为等功率发动机。

由表1.1可见,对于坦克的牵引特性而言,燃气轮机和带液力变矩器的活塞式发动机的指标最好。

表1.1 传动装置中挡排数不同条件下的坦克发动机适应性和转速系数
(考虑了空气滤清系、排气和冷却的功率损失)

指标	坦克(发动机类型)					
	T-64A (活塞式)	T-72 (活塞式)	法“勒克莱尔” (活塞式)	试验型(带变矩 器的活塞式)	试验型(改善了 特性的活塞式)	T-80 (燃气轮机)
K_M	1.07	1.15	1.15	2.6 ^①	1.62	3.0
K_n	1.37	1.55	2.2	∞	1.75	∞
K'_n	1.9	2.2	2.7	3.25	2.2	2.2
K_{M_p}	—	—	—	1.87	—	1.85
K_{n_p}	—	—	—	2.34	—	2.0
挡排数	7	7	4	4	5	4

①液力变矩器最大变矩系数为2.1

传动装置中的排挡数和排挡的划分,取决于与之匹配的各发动机指标,因为,传动装置以多次挡排变化或转矩变化或两者同时变化而形成牵引特性。

牵引特性的动力工作区间分为全区间和工作区间。对于安装活塞式发动机的坦克来说,牵引特性的全动力工作区间,用一档最大单位牵引力与最大计算速度时的单位牵引力比值来估算。最大单位牵引力应保证坦克在35°的极限坡道行驶,而最大速度时的单位牵引力应保证坦克在平坦的硬路面上快速行驶。牵引特性的工作动力区间由二挡或高一挡牵引特性线的最大

单位牵引力与最大计算速度时的单位牵引力比值(≥ 0.3)来确定。

注:最大计算行驶速度是发动机外特性曲线上最大转速时的最高挡的速度

在工作动力区间范围内,相邻排挡之间的阶比不允许有大于发动机的转速系数,即应满足

$$\frac{i_n}{i_{n-1}} < K_n$$

式中: i_n, i_{n-1} 为 n 挡和 $n-1$ 挡的传动比。

为了便于操纵变速箱,各排挡间必须有速度重叠,因而,对于多排挡和单位功率小的坦克来说,此重叠量应更大些。较大的挡排重叠,能提高燃油经济性,并能使变速箱控制自动化变得容易。

工作动力区间与全动力区间之间,可以有超过发动机速度范围的速度间隔。

对于采用燃气轮机和机械式传动装置的坦克,以及对于带液力机械传动装置的活塞式发动机来说,全动力范围和工作动力范围以下面的比值来表示,即当燃气轮机或带液力变矩器的活塞式发动机工作时,相应排挡上其工作范围的最左点上的单位牵引力与最大计算速度时的单位牵引力之比。

实际上,全动力范围由1排挡来保证,而工作范围由后面的排挡来实现。在安装燃气轮机和安装带液力机械传动装置的活塞式发动机的坦克上,在工作范围内有2~3个排挡,而在安装活塞式发动机的坦克有不少于4个排挡。使用改善了特性的活塞式发动机,可以在工作范围内减少排挡数目,使此数目接近液力机械传动装置中的排挡数和与燃气轮一起工作的机械式传动装置中的排挡数。

机械式和液力机械式传动装置不能得到理想的牵引特性,也就是在整个速度范围保证传动装置输出端的恒定功率值。这种理想牵引特性可以从具有自动控制并能在最大功率下给发动机加载的静液机械式和电力机械式传动装置上得到,它们可依靠自动改变传动装置中的传动比来保证行驶速度的改变。

由于未充分利用发动机的功率,采用机械式和液力机械式传动装置的坦克,具有单位牵引力方面的“死区”。然而,现在这并不具有决定性意义,因为,随着单位功率的提高,行驶速度只受可操纵性、悬挂装置击穿可能性和行驶条件的限制,当单位功率达到18.0~23.5kW/t之后,平均行驶速度增长并不明显。

坦克的牵引特性对其动态性能有实质性影响,其加速特性取决于传动装置、发动机及其形成的转矩变化关系式 $M=f(n)$ 、变速箱控制系统等。

对坦克加速特性的分析表明,用于换挡的时间可消耗掉加速所需时间的25%。加速时,换挡所需的时间损失可用坦克加速时的时间利用系数来算出:

$$K_{bp} = (T_p - \sum T_n) / T_p$$

式中: T_p 为加速总时间; $\sum T_n$ 为自开始损失速度时刻至达到高挡速度时刻换挡时间总和。

由表1.2可见,加速过程时间的损失与换挡次数成正比。当同时控制变速箱和发动机时,实现每个排挡的手工转换平均需要1.8s时间。简化了变速箱控制的程序换挡,可在0.5~0.75s内实现,而在负荷下自动换挡只需要0.25s。减少换挡时的时间损失,是缩短加速持续时间和提高平均行驶速度的一种潜力。减少排挡数和操纵自动化的结果,就可能满足上述要求,同时也降低了驾驶员的疲劳程度。

表 1.2 坦克的动态特性(在水泥路面上从原地至达到 55km/h 速度)

指 标	坦 克				
	T-64A	T-72	T-80	试验车(带活塞式 内燃机和液力变矩器)	试验车(改善了特性 的活塞式内燃机)
单位功率 $N_{yn}/(kW/t)$	13.4	13.8	18.4	15.9	
换挡方式	手动	手动	程序控制	程序控制	自动的
换挡次数	5	5	2	2	2
T_p/s	41.5	36	24.3	24.5	21
K_{sp}	0.78	0.75	0.94	0.94	0.98
一次换挡的时间/s	1.8	1.8	0.75	0.75	0.25

对于战场机动性来说,从原地加速的持续时间具有很大的意义。此处所说的机动性与加速的区别在于坦克的原始状态是多种多样的。坦克可处于设伏状态,其发动机可能是熄火或在怠速状态工作,也可以实现短停以便发射炮弹,或变换前进挡或倒挡(转换行驶方向)等。在这种场合,从下达命令的时刻开始计算时间。安装自动化换挡的液力机械式传动装置的坦克,能允许在不摘挡的情况下停车,可实现时间消耗最少的情况下从原地加速。

现代的行星式变速箱能实现高速倒挡行驶,也能实现从向前行驶到向后行驶的迅速转换或相反。然而,常常是,减少传动装置各组成部分的重量和体积,使得倒挡行驶的速度不能保证大于 5~10km/h。结果,在作战的态势下,驾驶员不能在需要时从敌火力下撤出坦克。

为了实现高速倒挡行驶,驾驶员必须在缺乏具有良好的后视视场条件下,根据车长发出的指令(口头的)倒挡驾驶车辆,这受到一定的速度限制(不大于 12km/h)。高速倒车可借助由车长控制的超越驾驶操纵系统来实现。

使用军用履带车辆的过程中可能有下列制动工况:轻微制动和工作(有效)制动(平均减速度 $2m/s^2$),紧急制动(平均减速度 $4m/s^2$)和长时间制动(在山地缓坡上行驶或驻车)。

轻微制动和工作制动应由发动机实现,这提高了直线行驶的可控制性,因为加速和制动可由一个踏板实现。

紧急制动由机械式停车制动器实现。以伺服装置安装到停车制动器的联动机构上、使用方便的制动踏板位置和行程,均保证了高度的可控制性。在现代传动装置中,高度可靠的可操纵性由各单独的停车制动器的联动机构来保证。这些停车制动器有正常工作的(长距离操纵的和完全伺服的)和用于坡道驻车的(机械式的)。

引入更完善的停车制动器控制系统,可大大提高平均行驶速度(如 T-72 坦克的平均行驶速度提高了 4%)。

当行驶速度足够高时,机械式停车制动器不可能保证实现在缓坡上长时间制动(制动器会过热),这样的制动应该由发动机或液力制动器实现。液力制动器即液力减速器,为频繁地冷却它,通常使用活塞式发动机冷却系统的水油热交换器。

国外军用履带车辆(“黄鼠狼”步兵战车,“豹-Ⅱ”坦克,阿里森公司的许多传动装置)的传动装置中常常使用液力减速器。

1.3 转 向

军用履带车辆的转向,依靠两条履带移动的速度差来实现。速度较高的履带称为高速履带,而速度较低且又靠近转向中心的履带称为低速履带。

现在,坦克上采用两种类型的转向机构:当采用第一种类型的转向机构时,转向时坦克重心的速度等于直线行驶速度;当采用第二种类型的转向机构时,高速履带的速度等于直线行驶速度。转向可用动力学或运动学的方式实现。当用动力学方式时,依靠由转向机构摩擦元件形成的力矩实现转向,转向半径是该力矩与转向阻力相互作用的结果。这样的转向方式,在许多现代军用履带车辆(T-64A、T-72 坦克,“豹-I”、M60A1、M-551 等)中均被采用。

运动学方法基于两条履带具有不同的旋转速度,它们的速度不同是靠专门的驱动装置无级调速获得的。可采用静液传动、电传动或摩擦传动作为这种驱动装置,但是目前,在军用履带车辆的转向机构中只采用静液传动。

运动学方式能获得稳定的坦克转向半径,而这在采用动力学方式时却不总是可能的,在以动力学方式得到稳定的中间转向半径,必须使转向机构的摩擦片在较宽的滑转速度范围内具有稳定的摩擦因数,控制液压系统能在摩擦元件的作动油缸中建立起并保持必要的工作压力,且转向和直线行驶阻力是恒定的。

如果要求坦克对操纵机构的响应无明显的滞后,可采用有陶瓷材料衬片的、在油中与钢摩擦片配对工作的摩擦片。必须让转向半径根据操纵机构的位置单调变化,即让坦克随操纵机构移动而移动。即使这能保证的话,还可能存在操纵机构位置和获得的坦克转向半径之间没有确定的关系,以及在坦克转向过程中转向半径的自动变化,但这不会明显地恶化转向的可控制性。这是因为,驾驶员总是能修正该坦克相对轨迹的偏移。

运动学方式能保证在使用任何类型转向机构时的高度可控性,而动力学方式——在使用差速式转向机构时,转向操纵是由一个摩擦部件(在每个挡上有一个计算转向半径)来保证的。在行星转向机中,其转向操纵是由两个摩擦部件保证的,这会引起坦克操纵功能的中断。而这种中断会在从一个摩擦部件向另一个摩擦部件转换时,坦克以自由半径转向。当使用行星转向机时,转向半径从 ∞ 向自由半径 ρ_0 变化所对应的操纵机构偏转角很小,当坦克沿道路高速行驶时,会使坦克变得难于操纵。

坦克转向操纵系统的特点在于具有很高的灵敏度,这是因为,由于驾驶员位置的布置很紧凑,转向操纵机构的最大移动角度很小($60^\circ \sim 80^\circ$)。在有同样行驶速度的轮式车辆中,方向盘的旋转角度达到几百度(甚至 1000°)。为了获得高度的可控性,必须合理使用坦克转向操纵机构的移动角度。

液压系统的作动速度,在转向操纵中也具有很大的意义。当驾驶员操纵转向操纵机构时,坦克的滞后反应要不大于 0.3s ,因此,转向机构液压系统的动作快速性应为 $0.2 \sim 0.25\text{s}$ 。在相反情况下,排除了驾驶员使用随动操纵系统的可能性。

由试验确定,T-64A 和 T-72 坦克的转向机构液压系统的滞后时间大大超过允许值(图 1.2)。

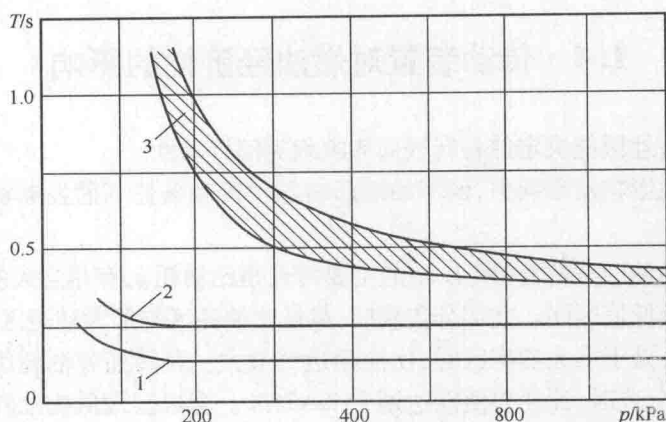


图 1.2 接通油缸时间 T 与缸腔内的可调节压力 p 的关系(转向机构液压系统开始工作的滞后)

1—M60A1 坦克 CD850 传动装置;2—俄罗斯的试验性液力机械式传动装置;3—T-64A 和 T-72 坦克的侧变速箱。

由表 1.3 可见,以动力学方式转向时的速度损失(取决于液压系统的动作快速性),T-64A 和 T-72 坦克也最高。与 M-60A1 坦克相比,安装液力机械式传动装置的试验坦克转向时速度损失较低些,这可以用它们的单位功率差来解释。必须指出的是转向机构的类型不能实质性地影响军用履带车辆的速度,理论上能保证其重心处速度的、安装差速式转向机构的坦克,比安装液力机械传动的试验性坦克具有更大的转向速度损失。而转向机构中带静液机械传动的试验坦克,转向时才损失了 3% 的速度,这显然证明了运动学方式转向比动力学方式转向的优越性。

表 1.3 军用履带车辆的转向特性

坦克	单位功率 N_{yn} /(kW/t)	转向机 构类型	转向 方法	实际转向半径 R'/m	车辆速度 $v/(km/h)$		转向时的速度降 /%
					直线行驶	转向时	
M-60A1	12.0	差速器	动力学的	20	17.3	14.25	15
T-72	13.8	侧变速箱	动力学的	20	17.0	10.6	37.6
T-64A	13.4	侧变速箱	动力学的	15	36	18	50
装活塞式发动机和 液力机械传动装置 的试验坦克	15.9	多片式行星 转向机	动力学的	15	36	32.4	10
装静液传动转向机 的试验坦克		差速器式	运动学的	20	29	28	3

应特别指出,当坦克沿硬路面高速行驶时,因要求精确调整大半径转向的轨迹,以运动学方式操纵转向的重大优越性是明显的。当坦克以中等速度和低速在草地和土路等困难条件下行驶时,两种控制转向方式给出的结果是相近的。因此,近期综合式转向机构得到了推广。在这种转向机构中,以运动学方式保证大半径转向的轨迹,而以动力学方式保证较小转向半径行驶。

除此之外,坦克应具有围绕其重心垂直轴线转向的能力(中心转向能力)。这样的转向形式,现在在许多西方国家的军用履带车辆上均能实现。例如法国的“勒克莱尔”-1、“勒克莱尔”-2 坦克、“黄鼠狼”步兵战车和瑞典的 Strv-103B 坦克等。

1.4 传动装置对燃油经济性的影响

坦克的燃油经济性因能决定储备行程而影响坦克的机动性。

传动装置与其说影响功率损失,倒不如说影响各种行驶条件下的发动机工况,所以它决定坦克的燃油经济性。

活塞式发动机燃油经济特性(图 1.3)的主要特点是比油耗 g_e 有相当大的不均匀性,且形成明显表示的比油耗最低值区间。在部分负载时,最低比油耗区与最大转矩区相重叠。部分负载和曲轴转速很高以及处于最大功率区时,比油耗达到最大。在转速和油耗组合不相同,发动机能产生相同的功率,此时,油耗差值能达到 15%~25%。当根据最低比油耗特性(图 1.3 中曲线 abc)给发动机加载时,发动机可以达到最经济工作状态。

燃气轮机燃油经济特性(图 1.4)的主要特点是最低比油耗与发动机最大功率相重叠(最大功率位于工作转速范围的中间)。另一特点是当降低发动机负荷时,比油耗增大。最低比油耗特性(图 1.4 中曲线 ab)几乎是垂直的,即位于很窄的发动机转速范围内。

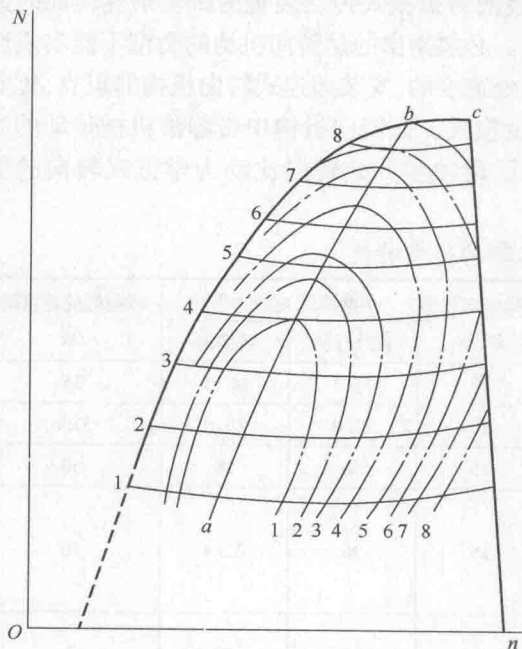


图 1.3 活塞式发动机的燃油经济性

点画线—等比油耗 g_e ($g/(kW \cdot h)$) 曲线;细实线—等油耗 G_T (g/h) 曲线; N —发动机功率; n —发动机转速;1~8—比油耗和油耗理想值。

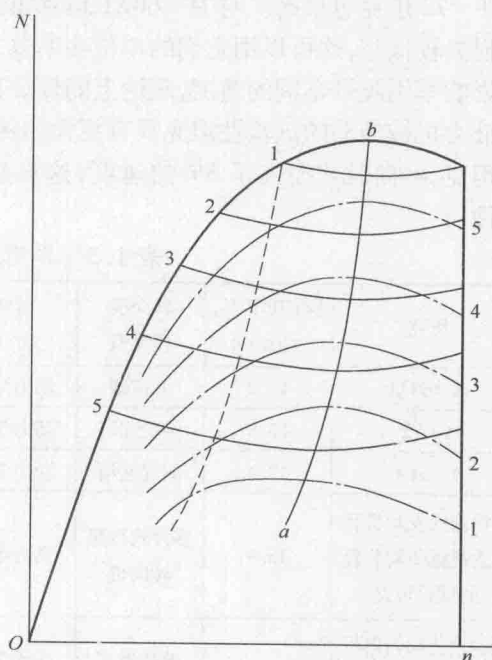


图 1.4 燃气轮机燃油经济特性

(虚线表明工作范围界限,其他标志与图 1.3 相同)

发动机与传动装置一起工作的状况,由变速箱内的排挡划分和侧减速器的传动比决定,并可以认为是其特性区域画有油耗曲线的坦克的牵引特性。这样的特性比较有利于利用行驶速度和发动机工况,例如,如果认为坦克在战场上应以 10~15km/h 的速度行驶,在纵队行军时以 20~30km/h,而单车以 35~40km/h 的速度行驶,那么选择排挡数和侧减速器的传动比,可把上

述速度与发动机的燃油经济性结合起来。

排挡重叠应避开发动机工作的非经济区(在高转速下部分负载区或最大功率区域)。由于衔接安装活塞式发动机坦克的两个排挡而画的图(图 1.5)可见,等油耗曲线把低挡和高挡的工作省油区分开了。在自动换挡过程中,可以在使用工况中避开发动机的高油耗区,为此应保证有相应的排挡重叠。

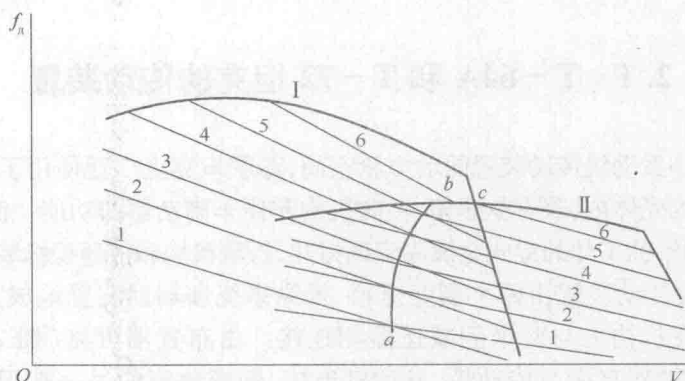


图 1.5 安装活塞式发动机坦克的牵引特性曲线图上画有等油耗线(1-6) G_T (g/h)的两排挡的衔接

f_n —发动机单位牵引力; v —坦克行驶速度; abc —等油耗曲线;I、II—低挡和高挡。

对于安装活塞式发动机和液力机械传动装置的坦克,没有发动机和液力变矩器(它保证运行在工作区间的省油区)特性(见第5章)的合理匹配,不可能得到好的燃油经济性。当发动机和变矩器能成功匹配时,尽管其效率低,但带液力机械装置坦克的燃油经济性不比机械式传动装置的坦克差。

由于B-12-5发动机和液力变矩器特性的合理匹配,T-10试验坦克成功地降低油耗10%,而另一辆安装液力机械传动装置的试验坦克,也曾获得了与安装机械式传动的坦克同样的油耗。

使用液力变矩器的自动闭锁,可大大提高燃油经济性。甚至在经济性很高的、安装液力机械传动装置的试验型坦克样车上,在75%的路段上自动闭锁液力变矩器还能降低油耗4%。

燃气轮机的燃油经济性特性比活塞式发动机的特性更理想,这是因为燃气轮机的比油耗更均匀和具有与使用范围相重合的最大经济性区间。因此,传动装置对安装燃气轮机坦克的燃油经济性的影响,比对安装活塞式发动机的坦克更小。燃气轮机的工作范围通常限制在这样一个区间,在该区间其油耗在部分特性上,只比最低油耗高10%。从最常用的行驶速度上改变挡位衔接点是排挡划分的任务,而避免发动机在所选工作范围之外工作,是自动化控制的任务。

传动装置各部件和各总成中功率损失对燃油经济性的影响可以忽略不计,因为,与总传动链即发动机-传动装置-行动装置-地面中的功率损失相比,上述损失不算高。不同类型的传动装置具有相近的效率(约0.92~0.85),提高传动装置效率的工作,正在朝降低冷却系统的散热量方向发展。