



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工程机械 下册

(第二版)

唐经世 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工 程 机 械

(下 册)

(第二版)

唐经世 编 著
毛贵民 主 审

中国铁道出版社

2010年·北京

内 容 简 介

本书分上、中、下三册出版。上册内容为工程机械的一般理论,牵引力学与总体设计;中册内容为典型工程机械的总体与工作装置的结构和分析;下册内容为工程机械底盘的原理、构造与设计计算。

本书是高等学校教材,也可供从事工程机械设计、制造、管理、修理与使用的专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械. 下册/唐经世编著. —2版. —北京:中国铁道出版社,2010.11

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-113-10056-8

I. 工… II. 唐… III. 工程机械—高等学校—教材
IV. TU6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第079622号

书 名:工程机械(下册)(第二版)

作 者:唐经世 编著

责任编辑:武亚雯 朱敏洁

封面设计:冯龙彬

责任校对:孙 玫

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社 (100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:1996年11月第1版 2010年11月第2版 2010年11月第4次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:16 插页:1 字数:390千

书 号:ISBN 978-7-113-10056-8

定 价:30.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

第二版前言

本书是在1996年出版的高等学校教材《工程机械》上、下册(供机械设计制造及其自动化专业工程机械学科方向用)的基础上,结合2003年出版的供土木工程专业用的高等学校教材《桥隧线工程机械》更新的部分内容修订而成的,重新修订后分成上、中、下三册出版。本书系普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

自第一版教材出版以来,随着2004年初铁路中长期发展规划的颁布施行,我国铁路大规模建设的推进以及工程机械在理论与实践上的发展,教材第一版内容已显陈旧,需要修订,以期望本教材能够在某些方面推陈出新、与时俱进。

修订版教材主要增加了高速铁路客运专线箱梁制架主要设备和高速铁路客运专线箱梁提运设备的内容。重点修订的内容包括盾构机械、掘进机械和基础工程机械,增加了液压打桩锤、旋挖钻机、液压静力压桩机等方面的内容。

本书共分上、中、下三册,其中上册包括第一篇至第三篇(共九章),主要讲述了工程机械的一般理论、牵引力学、总体设计等方面的内容;中册包括第四篇(共十一章),主要讲述了一些典型工程机械的总体与工作装置;下册包括第五篇至第七篇(共十一章),主要讲述了工程机械传动系、行走系、操纵系等内容。本书注重理论与实际的紧密结合,用大量的简图、性能图、构造图、系统图使读者有更形象的认识,方便读者的理解。

本书由唐经世、高国安编著,由石家庄铁道学院毛贵民主审。

本教材除满足高校教学需要外,还是工程单位、工程机械行业研究、设计、制造、修理、使用、管理各部门常用的技术参考书籍,在教学科研领域发挥了积极的作用。

本书在编写过程中,西南交通大学的覃骏、易新乾、谢泗淮、李秀荣、顾承宗、杜海若、刘思宁、汪宏、张文桂、黄松和、管会生、于兰英、叶贤东、李春林、漆俐、杨德友、周守仁、寇长青、吕宁生、周春华等均给予了很多的帮助,在此一并表示感谢。

此外,本书在编写过程中,还得到了许多单位的帮助,包括成都工程机械(集团)有限公司,厦门工程机械股份有限公司,广西柳工机械股份有限公司,郑州、天津、武汉、宝鸡工程机械厂,一拖(洛阳)建筑机械有限公司,天津移山工程机械有限公司,北京建筑机械厂,上海建筑机械厂,贵州詹阳机械工业有限公司,合肥矿

山机器厂,四川长江挖掘机有限责任公司,山推工程机械股份有限公司,上海彭浦机器厂有限公司,天津鼎盛工程机械集团有限公司,中国铁建股份有限公司,中国中铁股份有限公司,中铁科工集团有限公司,中铁大桥局集团有限公司,中铁隧道集团有限公司,中铁一至二十五局集团有限公司,中铁轨道系统集团有限公司,以及国外的 Caterpillar, Dresser, ZF, Renk, Atlas - Copco, Tamrock, Komatsu, Jarva, Wirth, Robbins, Lovat, NFM, Herrenknecht 等先后提供的各种技术资料,亦在此表示衷心的感谢。

限于笔者水平,书中如有不当和错误之处,敬请读者指正。

编 者

2010年7月

第一版前言

《工程机械》一书作为高等学校试用教材,自从1981年以上、中、下三册问世以来,已多次重印,深受欢迎,本次作为高等学校教材出版。它除了满足高校教学需要外,还是工程单位、工程机械行业研究设计制造修理使用管理各部门常用的技术参考书籍,在教学科研等各领域发挥了积极作用。

经以往数十年的教学实践,全国三十多个设工程机械专业方向的高等院校在专业课之中,多校设置了“工程机械底盘”与“工程机械”两门课程。前者讲授工程机械的传动系、行走系、操纵系;后者讲授工程机械的一般理论、总体设计、工作装置。各校并取不同的主要工程机械作典型予以讲授,两课程各为60~85授课学时不等。由于工程机械在理论与实践上日新月异的发展变化,本教材亟待在原书基础上增删与修订。

本书上册分四篇十八章,按“工程机械”课程教学大纲写成。下册分三篇十一章,按“工程机械底盘”课程教学大纲写成。全书由西南交通大学高国安(上册第一章~第九章)、唐经世(上册第十章~第十八章、下册全部)编著。

鉴于工程机械种类繁多,用途各异,不可能也没有必要在大学教材中逐一予以介绍。如前所述,本教材上下册分别按照各自的课程教学大纲,提取各工程机械共性部分撰写,以收举一反三之效。另选若干主要工程机械列入典型工程机械篇以介绍其特殊性。

此外,本教材作为专业课教材,注重理论与实践的紧密结合,注重用各种简图、示意图、构造图、系统图给读者以形象的认识与方便的理解,注重用图表给学生以明确的参数概念。文字叙述则简明扼要,以利学生思索分析。学生学习时,不要孤立地学某一种机械、某一种结构或某一种计算方法,要在融会贯通上,多下工夫、多思考、相互借鉴与引用。须知“他山之石,可以攻玉”、“学而不思则罔”这些中国古代名言于治学之正确性。从而自己得出结论:掌握工程机械,不难。

书稿完成之日,衷心感谢郑州、成都、厦门、柳州、天津、武汉、宝鸡工程机械厂,洛阳、天津、北京、上海建筑机械厂,贵阳、合肥矿山机械厂,长江挖掘机厂,沈阳桥梁厂,山东推土机厂,上海彭浦机器厂,天津工程机械研究所,铁道部中国土木工程公司,中国铁道建筑总公司,铁道建筑研究设计院,中国铁路工程总公司,铁道部武汉工程机械研究所,铁道部大桥工程局,铁道部隧道工程局,铁道部第一、二、三、四、五工程局,以及外国公司Caterpillar, Dresser, ZF, Renk, Atlas-Copco, Tamrock, Komatsu等先后提供的各种技术资料。可以说,此实践性强的专业课教材,其中相当一部分是在这批浩瀚的资料基础上提取而写成的。

衷心感谢本校与有关兄弟院校帮助过此教材编写的老师们,感谢你们的指导、鼓励、关怀、帮助与辛勤劳动。也衷心感谢西南交通大学描图员朱明露、任荣等,此类机械书籍制图的质量是确保教材质量优秀的关键因素之一。

书稿完成之日,我深深悼念在文化大革命后,第一轮正式出版教材与其前期铅印教材编著出版的十年里(1972~1981),并肩工作的我校车辆工程专家章涵绪副教授。往日的相互鼓励

与帮助历历在目,他那治学严谨与一丝不苟、锲而不舍的精神,将永远留在我的心底深处。
本书在内容取材、观点、分析和编排上有错误或不当之处,敬请阅读者批评指正。

唐经世写于 1996 年

目 录

第五篇 工程机械传动系

第一章 传动简图与传动计算	1
第一节 工程机械传动图示例	1
第二节 综 述	7
第三节 传动图中传动比的分配	10
第四节 计算载荷的确定	11
复习思考题	11
第二章 液力传动	12
第一节 液力耦合器与液力变矩器	12
第二节 液力变矩器的特性	20
第三节 液力变矩器的类型和应用	24
第四节 液力变矩器在工程机械中的应用	34
第五节 液力变矩器和发动机的组合	39
第六节 液力变矩器的补偿系统	42
复习思考题	45
第三章 主离合器	46
第一节 湿式杠杆压紧式主离合器	46
第二节 离合器的力矩计算	52
第三节 片式离合器的摩擦力矩计算	53
第四节 片式离合器主要参数的确定	55
第五节 摩擦传动元件的摩擦衬面	56
复习思考题	58
第四章 变 速 箱	59
第一节 履带式拖拉机的机械传动变速箱	59
第二节 ZL50 型装载机的行星式动力换挡变速箱	64
第三节 CQ470 型铰接式自卸汽车的行星式动力换挡变速箱	69
第四节 CL7 型铲运机的行星式动力换挡变速箱	70
第五节 Caterpillar 铲运机的行星式动力换挡变速箱	74
第六节 履带式推土机的行星式动力换挡变速箱	77
第七节 行星式动力换挡变速箱的通用化与系列化	78
第八节 行星排的基本计算	81
第九节 单向离合器	85

第十节 杭州 - ZF 定轴式动力换挡变速箱	87
第十一节 综 述	92
复习思考题	93
第五章 万向节与传动轴	94
第一节 万 向 节	94
第二节 传 动 轴	100
复习思考题	102
第六章 轮胎式工程机械驱动桥	103
第一节 差 速 器	103
第二节 铰接式装载机的驱动桥	111
第三节 轮胎式机械驱动桥设计	115
第四节 重载多轴运输车的驱动桥	120
第五节 重载多轴运输车驱动桥的车轮减速器	123
复习思考题	125
第七章 履带式工程机械驱动桥	127
第一节 履带式推土机的常规驱动桥	127
第二节 高位驱动轮式推土机的传动链	137
第三节 动力差速式转向	139
第四节 带式制动器设计	141
复习思考题	145

第六篇 工程机械行走系

第八章 履带式工程机械行走系	146
第一节 铲土运输机械的履带式行走系	146
第二节 挖掘机械的履带式行走系	162
复习思考题	169
第九章 轮胎式工程机械行走系	170
第一节 铰接式机架	170
第二节 整体式机架的转向轮定位	171
第三节 车 桥	175
第四节 轮胎与轮辋	176
第五节 重载多轴运输车的行走系	183
复习思考题	186

第七篇 工程机械操纵系

第十章 轮胎式工程机械转向系	187
第一节 转向系的作用与对转向系的要求	187
第二节 转向方式	188
第三节 转 向 器	190

第四节	偏转车轮式转向系的主要参数	197
第五节	机械反馈随动式动力转向	200
第六节	液压反馈随动式动力转向	204
第七节	动力转向系统的设计	210
第八节	重载多轴运输车的转向系	213
	复习思考题	215
第十一章	轮胎式工程机械制动系	216
第一节	制 动 器	217
第二节	制动驱动系统	225
第三节	辅助制动装置	233
第四节	制动器的制动力矩	235
第五节	蹄式制动器主要参数的确定	238
第六节	制动器的发热与温升计算	242
第七节	液压式驱动系统主要部件参数的确定	242
第八节	气压式驱动系统主要部件参数的确定	244
	复习思考题	246
	参考文献	246

第五篇 工程机械传动系

第一章 传动简图与传动计算

第一节 工程机械传动图示例

工程机械传动系可用简图表示其运动和动力传动情况,叫做传动简图或传动图。

图 1-1 为 T-150(200)型机械式(亦称直接驱动式)推土机传动系统图。机械式传动的特点在于传动效率高。在其传动系统中,采用了湿式主离合器,湿式转向离合器与制动器,变速箱换挡采用套合器。

图 1-2 为 TY-240(320)型液力机械式履带推土机传动系统图。液力机械式传动的特点在于对作业阻力的变化有良好的适应性。在此机的传动系统中,采用了液力变矩器、行星式动力换挡变速箱、湿式转向离合器与制动器。

图 1-3 为成都 ZL30 型铰接式轮胎式装载机传动系统图。传动系统中采用双涡轮液力机械变矩器、行星式动力换挡变速箱、双主传动驱动桥且前桥有差速器闭锁装置、大速比轮边减速器。

图 1-4 为 ZL50 型铰接式轮胎式装载机传动系统图。传动系统中采用双涡轮液力机械变矩器、行星式动力换挡变速箱和行星式轮边减速器。

图 1-5 为常州 ZLM-50 型铰接式轮胎式装载机传动系统图。采用三元件单相变矩器,定轴式动力换挡变速箱和行星式轮边减速器。

图 1-6 为郑州 CL7 型自行式铲运机传动系统图。采用带闭锁离合器的三相综合式液力变矩器、行星式动力换挡变速箱、行星式轮边减速器。

图 1-7 为 Caterpillar 621E 型自行式铲运机传动系统图。采用八个前进挡的多挡位半自动变速箱,低挡时(一挡、二挡)为液力机械传动,三挡至八挡为机械传动以提高传动效率。装有气控差速锁。

图 1-8 为 Caterpillar G 系列平地机中之 12G、120G、130G、140G 传动系统图。图中变速箱各行星排的传动参数 K 之值为 12G 型所采用。采用全机械传动,定轴式倒顺挡箱,六挡行星式变速箱。装有可控多片盘式差速锁。

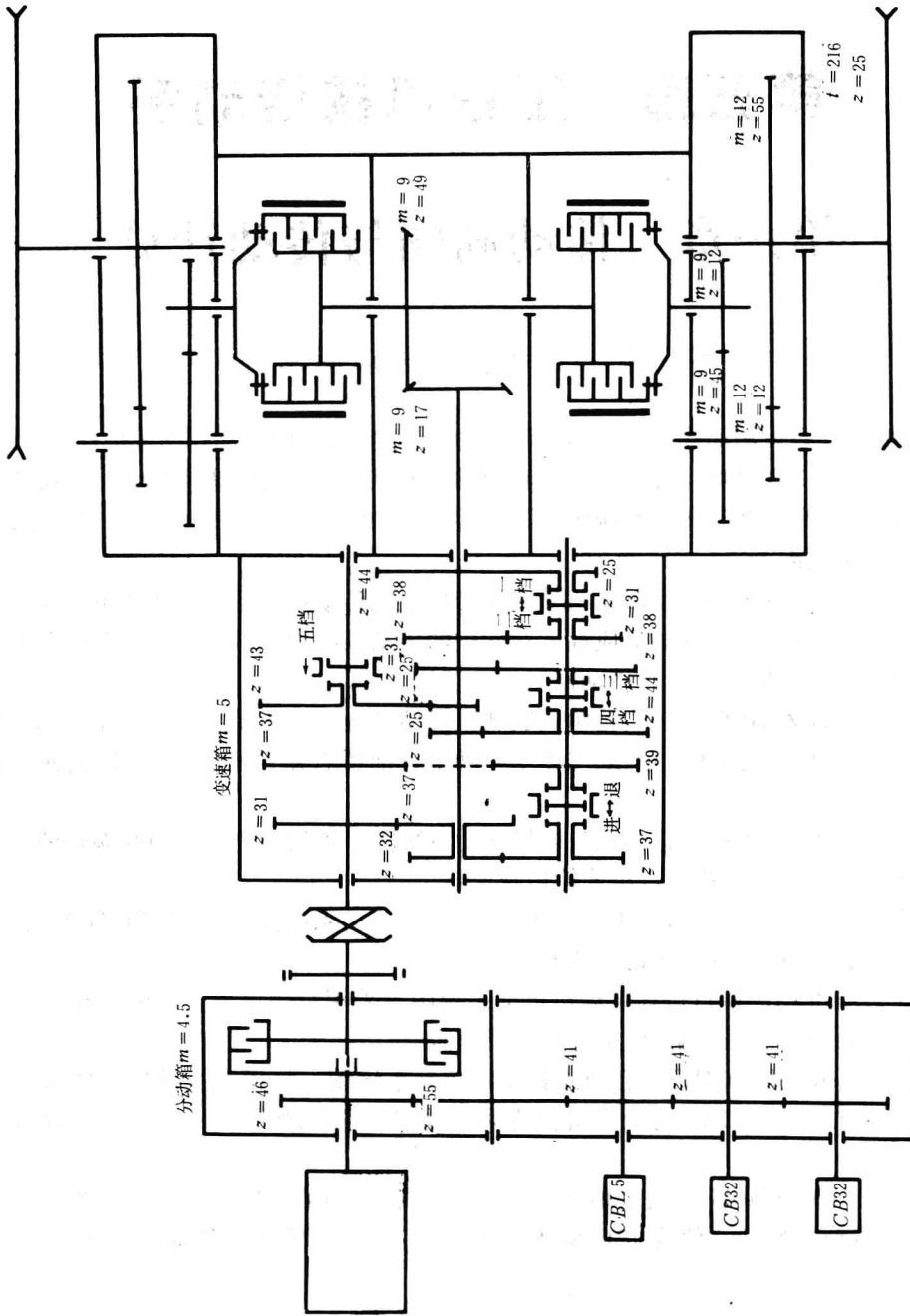


图 1-1 T-150(200) 型推土机传动图

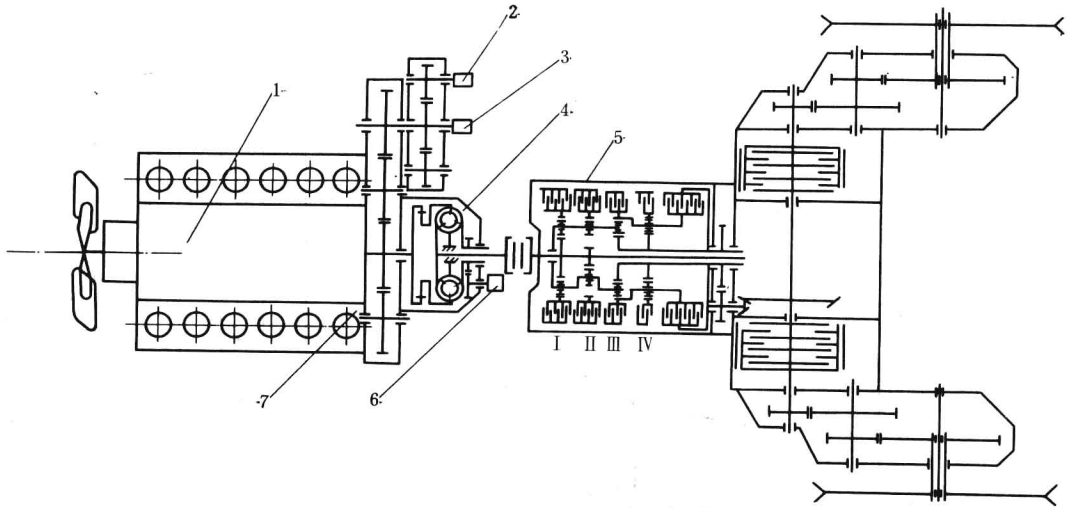
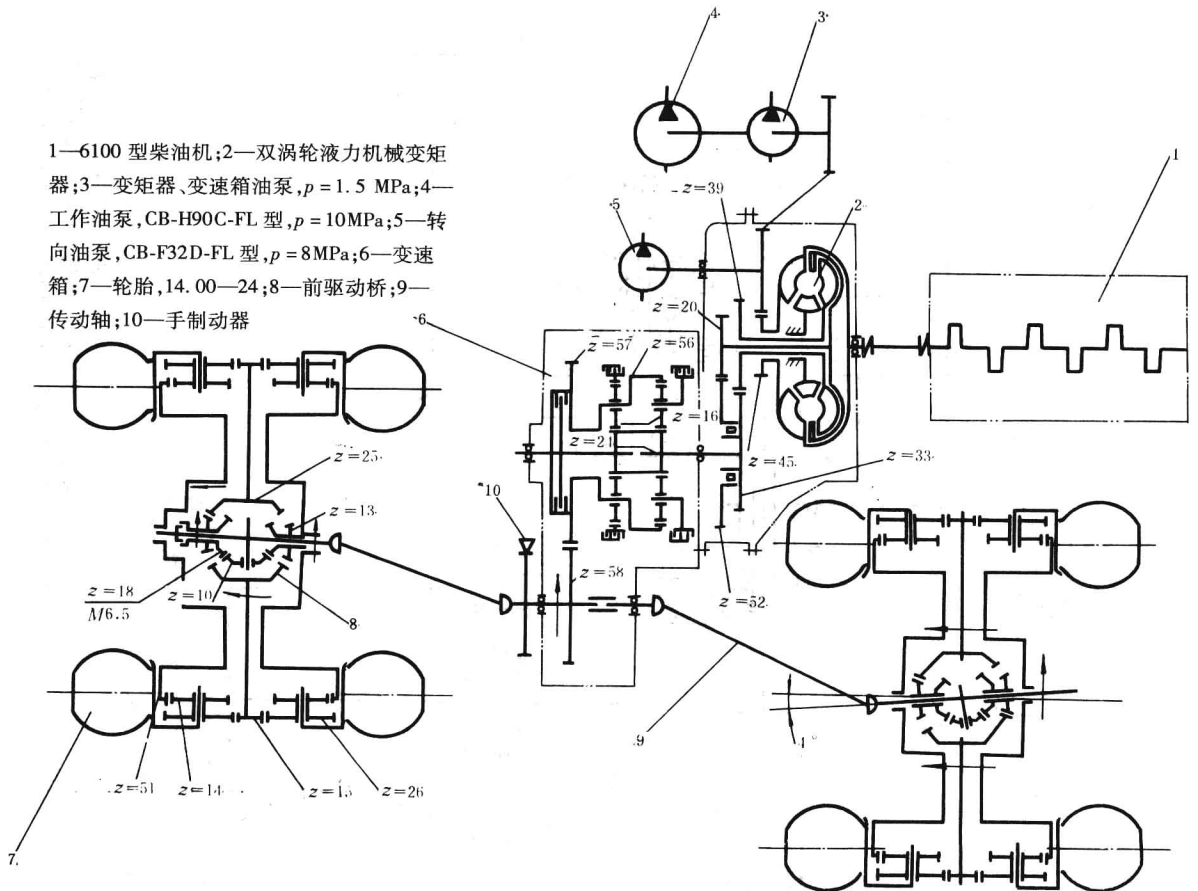


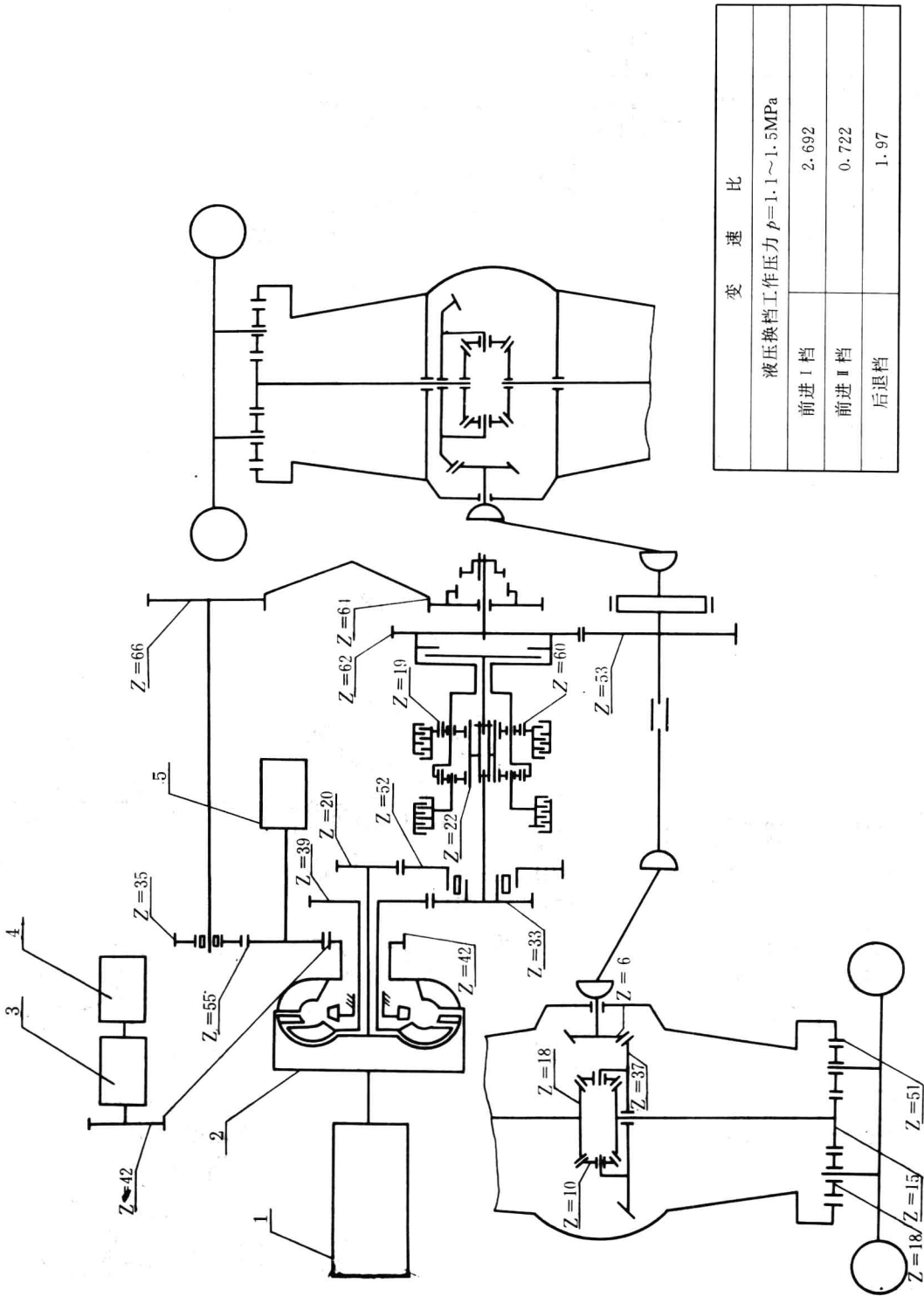
图 1-2 上海 TY-240(320) 型履带式推土机传动系统图

1—12V135AK 型柴油机, 2 000 r/min 时, 不带附件, 功率为 254 kW (345 马力); 2—工作油泵, CBG160/1000 型, $p = 16$ MPa; 3—变速油泵, CBG50/1000 型, $p = 10$ MPa; 4—液力变矩器; 5—变速箱; 6—吸油泵 CB-F18C-FL; 7—转向泵, CBG100/1000 型, $p = 10$ MPa



1—6100 型柴油机; 2—双涡轮液力机械变矩器; 3—变矩器、变速箱油泵, $p = 1.5$ MPa; 4—工作油泵, CB-H90C-FL 型, $p = 10$ MPa; 5—转向油泵, CB-F32D-FL 型, $p = 8$ MPa; 6—变速箱; 7—轮胎, 14.00—24; 8—前驱桥; 9—传动轴; 10—手制动器

图 1-3 ZL30 型铰接式轮胎式装载机传动系统图



变 速 比	
液压换挡工作压力 $p=1.1\sim 1.5\text{MPa}$	
前进 I 档	2.692
前进 II 档	0.722
后退档	1.97

图 1-4 ZL50 型铰接式轮胎式装载机传动系统图
 1—6135Q-1 型柴油机; 2—双涡轮液力机械变速器; 3—变速箱操纵与变矩器补油泵, $p=1.5\text{ MPa}$, $Q=140\text{ L/min}$;
 4—工作油泵, $p=15\text{ MPa}$, $Q=320\text{ L/min}$; 5—转向油泵, $p=10\text{ MPa}$, $Q=75\text{ L/min}$

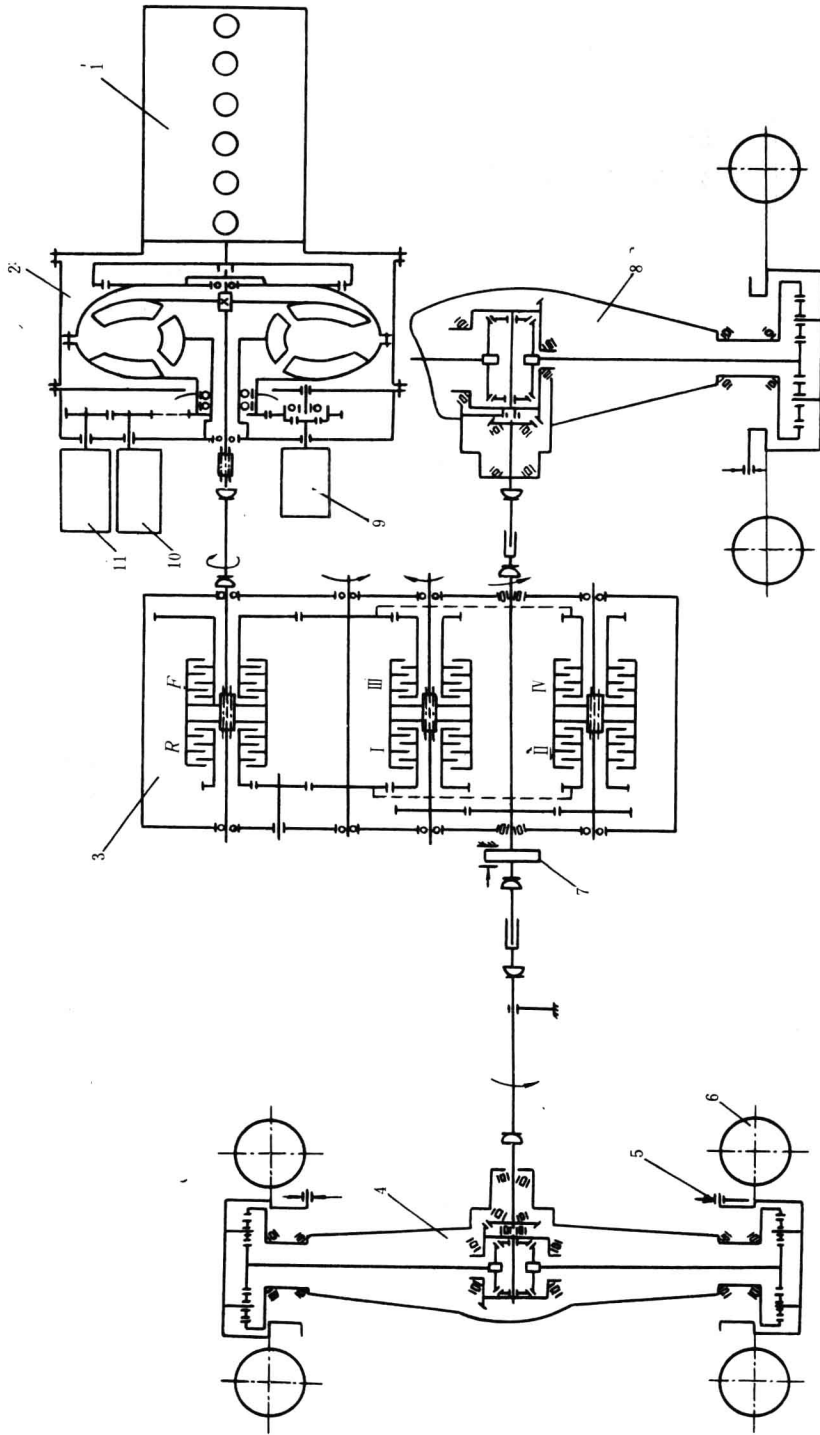


图 1-5 ZLM-50 型铰接式轮胎式装载机传动系统图
 1—6135Q-1 或 6135K-9A 型柴油机; 2—变矩器; 3—变速器; 4—前桥; 5—行星式制动器; 6—23.5-25 轮胎; 7—停车制动器;
 8—后桥; 9—变速油泵 (CBG1 A045FL); 10—转向油泵 (CBG-2063); 11—工作油泵 (CBG-3160)

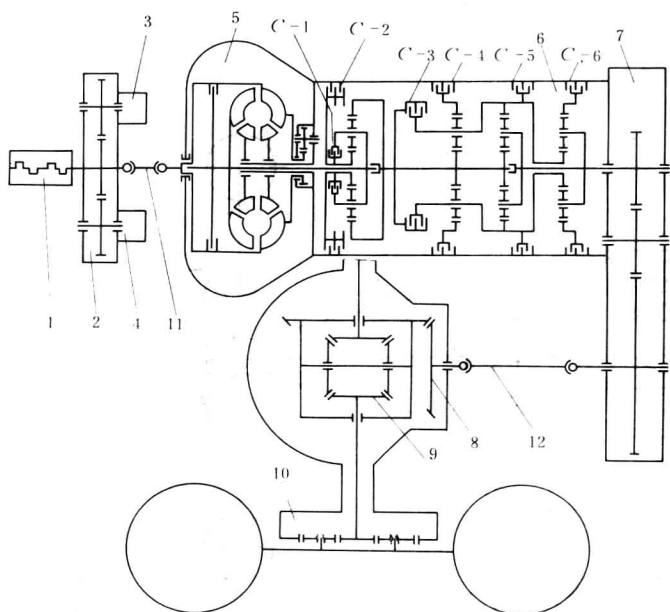


图 1-6 CL7 型自行式铲运机
传动系统图

1—柴油机;2—分动箱;3—工作油泵, CB-105C-FL 型, $p = 14 \text{ MPa}$;4—转向油泵, CB-E70C-FL 型, $p = 14 \text{ MPa}$;5—液力变矩器;6—变速箱;7—齿轮传动箱;8—主传动;9—差速器;10—轮边减速器;11—传动轴;12—传动轴

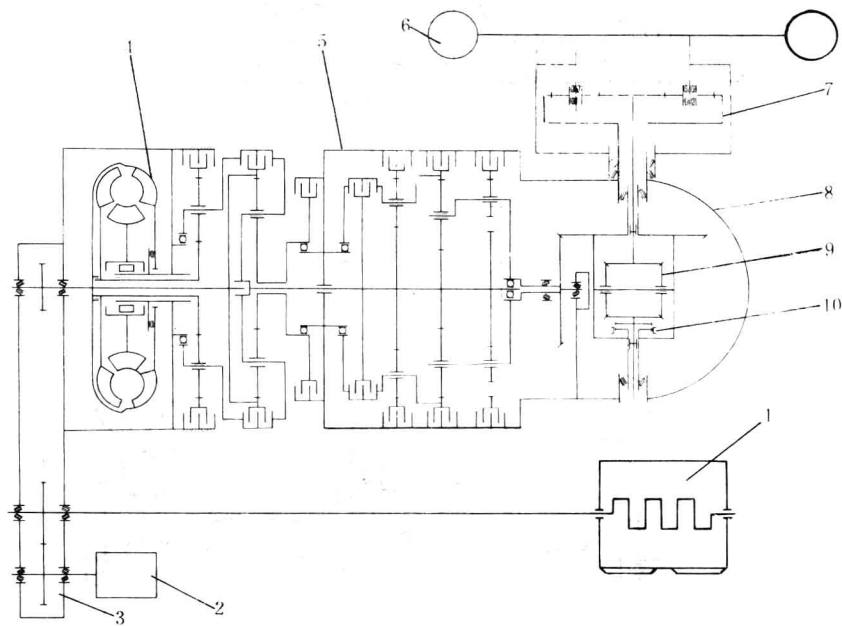


图 1-7 621E 型自行式铲运机传动系统图

1—3406 型 246 kW/1 900 r/min 柴油机;2—液泵;3—分动箱;4—二相综合式液力变矩器;5—行星式动力换挡变速箱;6—33.25-29,26PR(E-3)轮胎;7—轮边减速器;8—驱动桥;9—差速器;10—气控差速锁

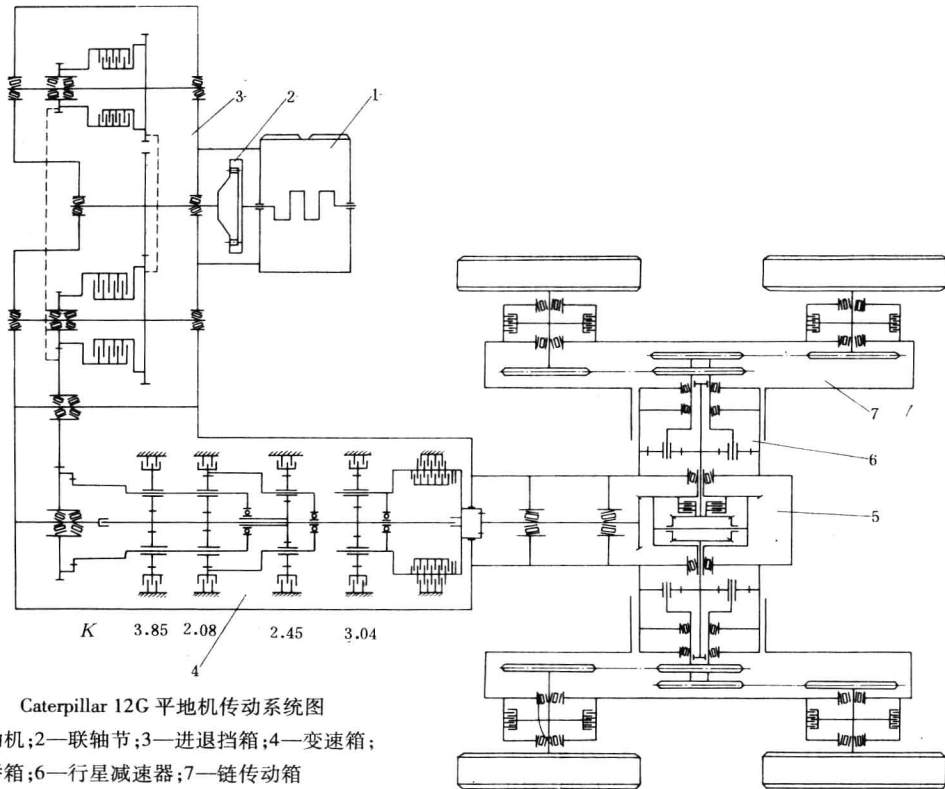


图 1-8 Caterpillar 12G 平地机传动系统图

1—发动机;2—联轴节;3—进退挡箱;4—变速箱;
5—后桥箱;6—行星减速器;7—链传动箱

第二节 综 述

综合上述传动简图,可见目前土方工程机械多采用液力机械式或机械式传动。全液压式传动除单斗挖掘机,履带式装载机采用外,其他土方工程机械用得较少。电传动见图 1-9,除大吨位汽车外,采用少。

工程机械无论采用何种动力传动方式,都是以内燃机作为动力装置,主要采用柴油机,这是因为工程机械功率较大(如铲土运输机械一般都在 60 kW 以上,而且逐步向大型发展),柴油机的经济性比汽油机好。

为便于启动,启动时应使内燃机空载。因此传动系中需要一个使内燃机和负载分离的离合器,此离合器又必须是接合时可以滑转的摩擦式离合器。在离合器分离的情况下启动内燃机,然后结合离合器将动力传给驱动轮。这种传动方式称机械式传动。传动系中如采用了液力变矩器的称液力机械式传动。启动时发动机转速低,低转

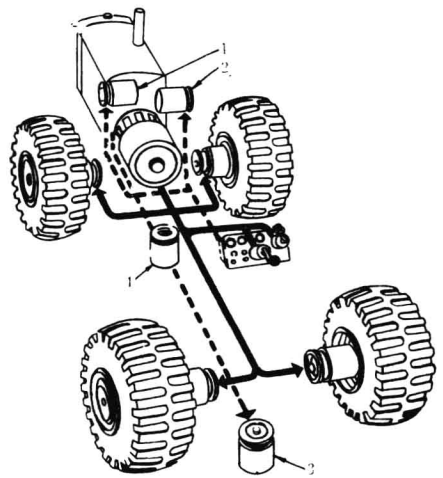


图 1-9 电传动铲运机动力传递示意图
1—斗门马达;2—斗提升马达;
3—斗后壁马达;4—转向马达