

工程机械底盘学

唐经世 编著



西南交通大学出版社

工程机械底盘学

西南交通大学
唐经世 编著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·
1999 年

内 容 简 介

本书是在作者近半个世纪从事工程机械教学与研究工作的基础上写成的。亦可视为 1979 年版《工程机械底盘》一书之修订版。全书分十三章, 即传动系九章、操纵系二章、行走系二章, 共三篇。兼容并蓄地讲授当今国内外典型工程机械底盘的构造、基本理论、一般设计计算。

本书可以作为大专院校、高等职业学校、在职人员培训提高的教材, 并供从事工程机械管理、设计、制造、检修、运用的技术人员自学阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械底盘学/唐经世编著. —成都: 西南交通大学出版社, 1999. 10 (2002. 9 重印)
ISBN 7-81057-297-0

I. 工... II. 唐... III. 工程机械—底盘—理论 IV. TU603

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 22514 号

工 程 机 械 底 盘 学

西南交通大学

唐经世 编著

*

出版人 宋绍南

责任编辑 任继英

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 20.75

字数: 500 千字 印数: 2001—4000 册

1999 年 10 月第 1 版 2002 年 9 月第 2 次印刷

ISBN 7-81057-297-0 / TU · 326

定价: 25.00 元

我年近古稀,自当罹患多种老年性疾病,人生苦短。欣逢建国 50 周年大庆之喜,在亲人、友人、学生们催促、鼓励、帮助、指导下,修订整理编著此书,敬献给孜孜于工程机械、建筑筑路机械的广大从业者和那在峨眉山麓刻苦攻读的莘莘学子群。

我深深地想念着你们!

前 言

1979年,为了给工程机械专业学生工程机械底盘课程一本适宜的教材,我在20多年教学、多次编著译著教材的基础上,重新整理了教材手稿,交中国铁道出版社(当时称人民铁道出版社)出版,新华书店全国发行。

时至今日,岁月流逝,20年行将过去,科学技术,工程机械的结构、性能,都有了不小的变化、发展与进步,1979年出版的《工程机械底盘》一书,也就亟待在原书基础上,推陈出新,修订再版,以赶上时代行进的步伐。

但是,在此前的20年里,我却忙忙碌碌于各种各样的教学、科研、管理工作。其中在教材方面,先是遵照工程机械课程教材编写大纲,编写和主编了高等学校试用教材《工程机械》(上册、下册)(1980、1981);后是遵照铁道部教学指导委员会的要求,与高国安教授合作编著高等学校教材《工程机械》(上册、下册)(1996年11月第1版,1998年12月第2次印刷)。在科技图书方面,为了配合西安——安康铁路秦岭特长隧道工程,又翻译、编著了《隧道与地下工程机械——掘进机》专册(1998)。尤其后者,得到了中国铁道出版社的大力支持与铁路出版基金的资助。惜理应进行的《工程机械底盘》一书的修订工作无暇顾及,久久没有着手。

进入1998年,总算得到了一段集中的时间,完成了书稿的推陈出新、修订增删工作。定新版书书名为《工程机械底盘学》。虽说此书是1979年版《工程机械底盘》的修订版本,却也可以说是中国铁道出版社1996年版高等学校教材《工程机械》(下册)的增订新版。只是本书主要用来供广大工程机械技术人员自学参考。但亦可作为大专院校、高等职业学校、在职人员培训班与提高班的教材。这乃是编著本书的第一目的。

要增强国力,要国家的长治久安与兴旺发达,一个重要方面,就是要有强大的机械制造业,强大的工程机械制造体系。本书注重介绍全球居主导地位的先进的工程机械整机与部件,为的是向他们学习,冀收“洋为中用”之效。更注重的是介绍我国广大工程机械从业者几十年拼搏奋进与取得的赫赫成就与成果。宏扬国产工程机械及其部件与系统设计。这是修订、增删出版本书的又一目的。

书稿完成之日,衷心感谢郑州、成都、厦门、柳州、天津、宝鸡、黄河、宣化工程机械厂,洛阳、天津、北京、上海建筑机械厂,贵阳、合肥矿山机器厂,长江挖掘机厂,沈阳桥梁厂,山东推土机总厂,上海彭浦机器厂,徐州工程机械桥箱厂,四川齿轮厂,天津工程机械研究所,铁道部中国土木公司、中国铁路工程总公司、中国铁道建设总公司,以及外国公司Caterpillar, ZF, Renk, Komatsu等先后提供的各

种技术资料。可以说,本书中相当一部分是在这批浩瀚的资料与素材的基础上提炼写成的。

衷心感谢西南交通大学出版社与兄弟院校帮助过此书编写的老师们,感谢他们的指导、鼓励、关怀、帮助与辛勤劳动。衷心感谢西南交通大学出版社优秀描图员朱明露、任荣、杜培庆等,此类机械书籍制图的质量是确保书籍质量优秀的关键因素之一。

我由衷感谢百莱玛工程有限公司总公司蔡鸿能董事长,挚友交通部郭诚、铁道部王树和、徐安华高级工程师,西南交通大学廖艾贤、沈权、高国安、谢泗淮教授等。是他们给了我鼓励、指点与切实的帮助。再加上与我朝夕相处的大专生、本科生、硕士生和博士生,年轻人对新知识的渴望和蓬勃朝气催我不敢有片刻的懈怠,催我继续拼搏奋进。生命不息,奋斗不止。

本书在内容、观点、分析和编排组织上,有错误或不当之处,敬请广大读者来函来电批评指正。

唐经世

1999年3月

目 录

绪 论	(1)
第一篇 工程机械传动系	
第一章 传动简图与传动计算	(4)
第一节 工程机械传动图示例	(4)
第二节 综 述	(18)
习 题	(22)
第二章 液力传动	(23)
第一节 液力偶合器与液力变矩器	(23)
第二节 液力变矩器的特性	(31)
第三节 液力变矩器的类型和应用	(35)
第四节 液力变矩器在工程机械中的应用	(44)
第五节 双泵轮液力变矩器	(48)
第六节 液力变矩器的补偿系统	(51)
习 题	(53)
第三章 离合器	(55)
第一节 主离合器	(55)
第二节 湿式杠杆压紧式主离合器	(55)
第三节 离合器的力矩计算	(61)
第四节 片式离合器摩擦力矩的计算	(62)
第五节 片式离合器主要参数的确定	(64)
第六节 摩擦离合器的使用保养	(65)
习 题	(66)
第四章 人力换档变速箱	(67)
第一节 变速箱概述	(67)
第二节 履带式推土机的人力换档变速箱	(67)
第三节 分动箱	(72)
第四节 变速箱的使用、保养和故障排除	(73)
习 题	(73)
第五章 定轴式动力换档变速箱	(74)
第一节 杭州-ZF 定轴式动力换档变速箱	(74)
第二节 W90-3 型装载机定轴式动力换档变速箱	(78)
第三节 ZLM-50 型装载机定轴式动力换档变速箱	(80)

第四节	FIAT-ALLIS 262B/263B 铲运机定轴式动力换档变速箱	(82)
第五节	RM80 型道碴清筛机的定轴式行走高低档动力换档变速箱	(84)
习 题		(85)
第六章	行星式动力换档变速箱	(86)
第一节	ZL50 型装载机的行星式动力换档变速箱	(86)
第二节	CQ470 型铰接式自卸汽车的行星式动力换档变速箱	(90)
第三节	CL7 型铲运机的行星式动力换档变速箱	(91)
第四节	Caterpillar 621E 型铲运机的行星式动力换档变速箱	(95)
第五节	TY 系列履带式推土机的行星式动力换档变速箱	(98)
第六节	四川齿轮厂引进的 Caterpillar 行星式动力换档变速箱	(100)
第七节	Caterpillar D8R 型推土机的行星式动力换档变速箱	(105)
第八节	行星式动力换档变速箱的通用化与系列化	(106)
第九节	行星排的基本计算	(107)
第十节	单向离合器	(113)
第十一节	述 评	(115)
第十二节	动力换档变速箱的控制系统	(116)
第十三节	动力换档变速箱的检查与故障分析	(125)
习 题		(126)
第七章	万向节与传动轴	(127)
第一节	十字轴式万向节	(127)
第二节	等角速万向节	(130)
第三节	传动轴	(135)
第四节	万向节与传动轴的保养和故障排除	(136)
习 题		(136)
第八章	履带式工程机械驱动桥	(138)
第一节	履带式推土机的常规驱动桥	(138)
第二节	高位驱动轮式推土机的传动链	(148)
第三节	动力差速式转向装置	(150)
第四节	带式制动器的设计计算	(155)
第五节	浮动油封	(158)
习 题		(161)
第九章	轮胎式工程机械驱动桥	(163)
第一节	差速器	(163)
第二节	铰接式装载机的驱动桥	(171)
第三节	贵阳轮胎式液压挖掘机的驱动桥	(175)
第四节	SOMA 与 ROCKWELL 驱动桥	(179)
第五节	轮胎式机械驱动桥的设计	(180)
第六节	驱动桥的常见故障、保养和调整	(184)
习 题		(187)

第二篇 工程机械操纵系

第十章 轮胎式工程机械转向系	(188)
第一节 转向系的作用与对转向系的要求.....	(188)
第二节 转向方式.....	(189)
第三节 转向器.....	(191)
第四节 偏转车轮式转向系的主要参数.....	(198)
第五节 铰接式转向系转向阻力的计算.....	(201)
第六节 机械反馈随动式动力转向.....	(203)
第七节 液压反馈随动式动力转向.....	(208)
第八节 动力转向系统的设计.....	(215)
习 题.....	(221)
第十一章 轮胎式工程机械制动系	(222)
第一节 对制动系的要求与制动系的分类.....	(222)
第二节 制动器.....	(223)
第三节 制动驱动系统.....	(233)
第四节 辅助制动装置.....	(242)
第五节 制动器的制动力矩.....	(244)
第六节 蹄式制动器主要参数的确定.....	(247)
第七节 湿式多片盘式制动器主要参数的确定.....	(250)
第八节 制动器的发热与温升计算.....	(252)
第九节 液压式驱动系统主要部件参数的确定.....	(253)
第十节 气压式驱动系统主要部件参数的确定.....	(254)
第十一节 制动系的保养、调整和故障.....	(256)
习 题.....	(257)

第三篇 工程机械行走系

第十二章 轮胎式工程机械行走系	(258)
第一节 机 架.....	(258)
第二节 整体式机架的转向轮定位.....	(260)
第三节 车 桥.....	(264)
第四节 轮胎与轮辋.....	(264)
第五节 悬 架.....	(272)
第六节 轮胎式机械的通过能力.....	(279)
习 题.....	(280)
第十三章 履带式工程机械行走系	(281)
第一节 铲土运输机械的履带式行走系.....	(281)
第二节 挖掘机械的履带式行走系.....	(296)
第三节 运行阻力计算.....	(303)

第四节 附着牵引力和通过能力..... (310)

第五节 履带式机械转向理论..... (311)

第六节 材料与工艺..... (316)

习 题..... (319)

附录一 几种工程机械主要技术参数表..... (320)

附录二 几种工程机械的结构形式..... (321)

参考文献..... (322)

绪 论

一、工程机械的分类

所有建筑、筑路工程中所用的机械,均称为工程机械(亦称建筑机械与筑路机械)。因此,工程机械形式多样,品种繁多,用途各异。人们一般习惯将其分为以下九大类,列述于下:

1. 挖掘机械 包括单斗挖掘机、多斗挖掘机、隧道掘进机、盾构机械。
2. 铲土运输机械 包括推土机、装载机、铲运机、平地机。
3. 压实机械 按压实原理,又有静压滚压压实法、振动滚压压实法、冲击压实法之不同,视用途不同而组合成各种不同的压实机械。
4. 工程起重机械 通用工程起重机有:臂式起重机、塔式起重机、缆索起重机、门式起重机与梁式起重机。专用者有铁路架桥机、铺轨机、公路架桥机、缆载起重机(悬索桥专用)。
5. 基础工程机械 包括振动沉桩机、冲击钻孔机、旋转钻孔机、柴油打桩机、拔桩机。
6. 钢筋混凝土机械 包括钢筋加工机、混凝土(或水泥砂浆)拌合机、混凝土(或水泥砂浆)输送机。
7. 凿岩机械与机械化工具 包括气动凿岩机、电动凿岩机、液压凿岩机、各种机械化工具、凿岩台车。
8. 公路路面机械 包括沥青路面摊铺机、混凝土路面摊铺机、路面破碎机、路面材料拌合机。
9. 铁道线路机械 包括铺换钢轨机、铺换轨枕机、道碴捣固机与稳定机、道碴清筛机、道碴整形机、焊轨机、起拨道机、线路检查车、电气化铁路作业车、钢轨打磨机等。

工程机械在国民经济与国家建设事业中占据重要地位。它广泛用于铁道建筑工程、公路工程、机场建设、水利枢纽、房屋建筑、市政工程、港口建设、矿山工程、地下建筑、军事工程等各种工程项目中。

二、工程机械的组成

1. 动力装置 内燃机、电动机,尤其是内燃机中的柴油机,常用来作为工程机械的动力装置。
2. 传动系 用以保证工程机械的行走传动。有机械传动、液力机械传动、液压传动、电传动之分。传动系由分动箱、主离合器、液力变矩器、变速箱、万向节与传动轴、驱动桥等组成。
3. 行走系 用以在其上装工程机械各个部件与保证行走式工程机械在地面上行进。有轮胎式、轨行式、履带式、步行式行走装置之分。轮胎式由机架、悬架、桥壳与轮胎、轮辋等组成。履带式由机架、履带架、四轮一带等组成。轨行式由机架、转向架、轮对等组成。步行式由机架、步行装置等组成。
4. 转向系 用以保证行走式工程机械行走时的转变行走方向。轮胎式工程机械转向系由转向器、动力转向装置、转向传动系统组成。履带式工程机械或由操纵传动系中之转向离合器、

转向制动器实现转向,或由分别操纵左右履带的传动实现转向。轨行式由轨道引导转向。步行式多用于有转台回转装置的工程机械,步行装置置于转台两侧,转台相对于底架回转,就可实现步行方向的改变。

5. 制动系 用以保证行走式工程机械行走时的减速与停止。履带式工程机械由行走制动器实现制动。轮胎式工程机械因行走速度高,为确保安全,设有主制动装置、停放(或紧急)制动装置、辅助制动装置。轨行式工程机械则常装以机车车辆的制动装置与制动系统。

6. 工作装置 各种工程机械的主要不同,在于其工作装置的不同与总体设计的各异。

上述六大部分中,一般将传动系、行走系、转向系、制动系四部分合称为“底盘”。作为高等学校与中等专业学校组织工程机械专业课程的教学,常设置“内燃机”课程、“工程机械底盘”课程以讲授前五部分内容。而以“工程机械”课程讲授工程机械的一般理论,介绍若干典型工程机械的总体设计与工作装置。本书——工程机械底盘学——分传动系、操纵系、行走系三篇。介绍工程机械底盘的构造、原理、设计、计算诸方面的基本知识。并从发展的角度考虑,力求多介绍一些当代较为先进的结构及其理论基础,多展现一些我国广大工程机械从业者艰苦奋斗的业绩。

党的十一届三中全会以来,我国工程机械行业迅猛发展,产品数量、质量迅速提高,与先进的工程机械生产国(如美国)在工程机械的品种、性能、质量上的差距大为缩短。

自 20 世纪 60 年代以来,是世界工程机械大变化、大改观的年代。主要表现在其结构、性能的方方面面。例如:

传动系大量采用使性能改善的液力传动,采用既改善性能又提高传动效率的外功率分流式液力机械变矩器,采用使结构简化的全液压传动,采用使受力均衡的行星齿轮传动的变速箱、减速箱、轮边减速器等。

行走系因钢丝帘网轮胎、无内胎轮胎、子午线轮胎等先进的轮胎结构的出现,使轮胎式工程机械品种数量迅速增长。履带式工程机械又因具有接地比压力低,附着牵引力大的优势,继续不断改进提高,出现密封履带、密封润滑履带、浮动油封等行之有效的先进结构,从而在工程机械中,占据着仅次于轮胎式而又不可能被取代的位置。轨行式工程机械因其滚动阻力小,又没有轮胎这一昂贵的易磨损件,除独占铁道线路机械领域外,在作业面狭窄的地方(如隧道与某些地下工程)也是颇为合适的。

转向系中铰接式转向风靡工程机械,整体车架式轮胎式装载机、轮胎式推土机几乎全被铰接式取代,又有铰接式压路机、凿岩台车、自卸汽车等出现。其原因在于铰接式转向结构简单、转向灵活(转弯半径小)。虽转向时要求作用力大,但完全可用动力转向装置来实现。因此,机械反馈随动式动力转向,尤其是液压反馈随动式动力转向大量出现。反过来,随动式动力转向又广泛用到整体车架偏转车轮转向式工程机械中,从而大大减小转向操纵力,减轻驾驶人员的劳动强度。但是,毕竟工程机械多种多样,铰接式转向的轮胎式工程机械也必然有其局限,比如,它不能用于轮胎式挖掘机、起重机等。

制动系中,人力式制动驱动机构几乎全被动力助力式制动驱动机构,以至全动力式(气压式、液压式)制动驱动机构所取代,使制动操纵轻便;双管路主制动系取代了单管路主制动系,使安全性提高;而除主制动系、停放制动系外,重型高速工程机械常装有性能良好的辅助制动装置,如液力减速器或排气制动装置,以进一步提高行驶安全性。中小型工程机械中,不少采用单盘开式钳盘式制动器,以使结构简化;而大中型工程机械则采用多片封闭油浴式盘式制动

器,以使制动力持久不变,且使用寿命长。与此同时,蹄式制动器也在不断改进,提高其结构性能。

传动系、转向系、制动系以至工作装置的操纵控制系统进一步完善与电子化,则是现代工程机械的又一特色,有人称之为机电一体化技术。

工作装置中,一是努力采用新材料、新结构,以提高结构强度、刚度、耐磨性,或减轻自重;二是引入优化技术。这些内容另由他书叙述。

三、工程机械发展的一般趋势

在不同的工程机械的总体结构方面,30年来,其共同的发展趋势为:

1. 不断提高单位机械重量的比功率、生产率;
2. 不断提高工作装置的通用性与可换装的工作装置的品种数,充分利用同一底盘,使一机多用;
3. 不断提高整机安全性,注意合理降低整机重心,增加整机的稳定性,加装各种必要的安全装置,监测监控装置与翻车保护架、落物保护棚;
4. 不断提高作业舒适性,如装封闭式司机室与司机室空调装置,司机室与座椅按人机工程原理优化设计等;
5. 不断降低工程机械作业时的噪音,对内燃机的废气排放采用机内净化法,必要时加机外净化法予以有效控制。

总之,工程机械行业覆盖面广,技术先进,直接关系着国家的建设事业,有不少领域等待着人们探索与提高,是大有可为的。

本书既注重工程机械基本理论的论述,也注重理论与实践的紧密结合。现代的工程机械,在传动方式上,是机械传动、液力机械传动与液压传动三者并举;在行走装置上,是轮胎式为主,而履带式与其并列或略次之;在轮胎式机械的转向方式上,既广泛采用铰接机体随动式动力转向,又不能偏废偏转车轮转向的整体式机架。本书根据诸如此类的实际情况,安排全书各章节的内容与重点,本着既介绍当今工程中用的主要的工程机械的底盘,也注意介绍设计新颖的、新的工程机械。希望有利于读者从总体上了解工程机械底盘的现状与发展趋势。

第一篇 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动力及运动传递情况,此简图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。变速箱换档采用套合器。

图 1-2 为上海 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、行星式动力换档变速箱、湿式转向离合器与制动器。

图 1-3 为成都 ZL 30 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、行星式动力换档变速箱、双主传动驱动桥、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、行星式动力换档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、定轴式动力换档变速箱和行星式轮边减速器。

由图 1-5 可见, ZLM-50 型装载机的定轴式动力换档变速箱采用现代通用的内置式换档离合器,共六套,以收油浴好、漏损小、密封方便之效。变速箱的传动路线为:

前进 I 档: 输入轴— $F-z_1-z_2-z_7-z_8$ —I— $z_{10}-z_{11}$ —输出轴。

前进 II 档: 输入轴— $F-z_1-z_2-z_7-z_9$ —II— $z_{12}-z_{11}$ —输出轴。

前进 III 档: 输入轴— $F-z_1-z_2-z_3$ —III— $z_{10}-z_{11}$ —输出轴。

前进 IV 档: 输入轴— $F-z_1-z_2-z_4$ —IV— $z_{12}-z_{11}$ —输出轴。

后退 I 档: 输入轴— $R-z_5-z_6-z_7-z_9$ —I— $z_{10}-z_{11}$ —输出轴。

后退 II 档: 输入轴— $R-z_5-z_6-z_7-z_9$ —II— $z_{12}-z_{11}$ —输出轴。

后退 III 档: 输入轴— $R-z_5-z_6-z_7-z_2-z_3$ —III— $z_{10}-z_{11}$ —输出轴。

后退 IV 档: 输入轴— $R-z_5-z_6-z_7-z_2-z_4$ —IV— $z_{12}-z_{11}$ —输出轴。

实现了 4 进 4 退,各档速比与速度如表 1-1 (置于图 1-6 之后) 所示。

图 1-6 为道路除雪机传动系统图。该机是在常州 ZLM-30 型铰接式轮胎式装载机的基础上,更改与加装个别部件设计而成。在其传动系中,仅在其变速箱上作部分更改,增加一套低速传动装置,得到低速作业 (道路除雪) 与高速行驶两级速度。

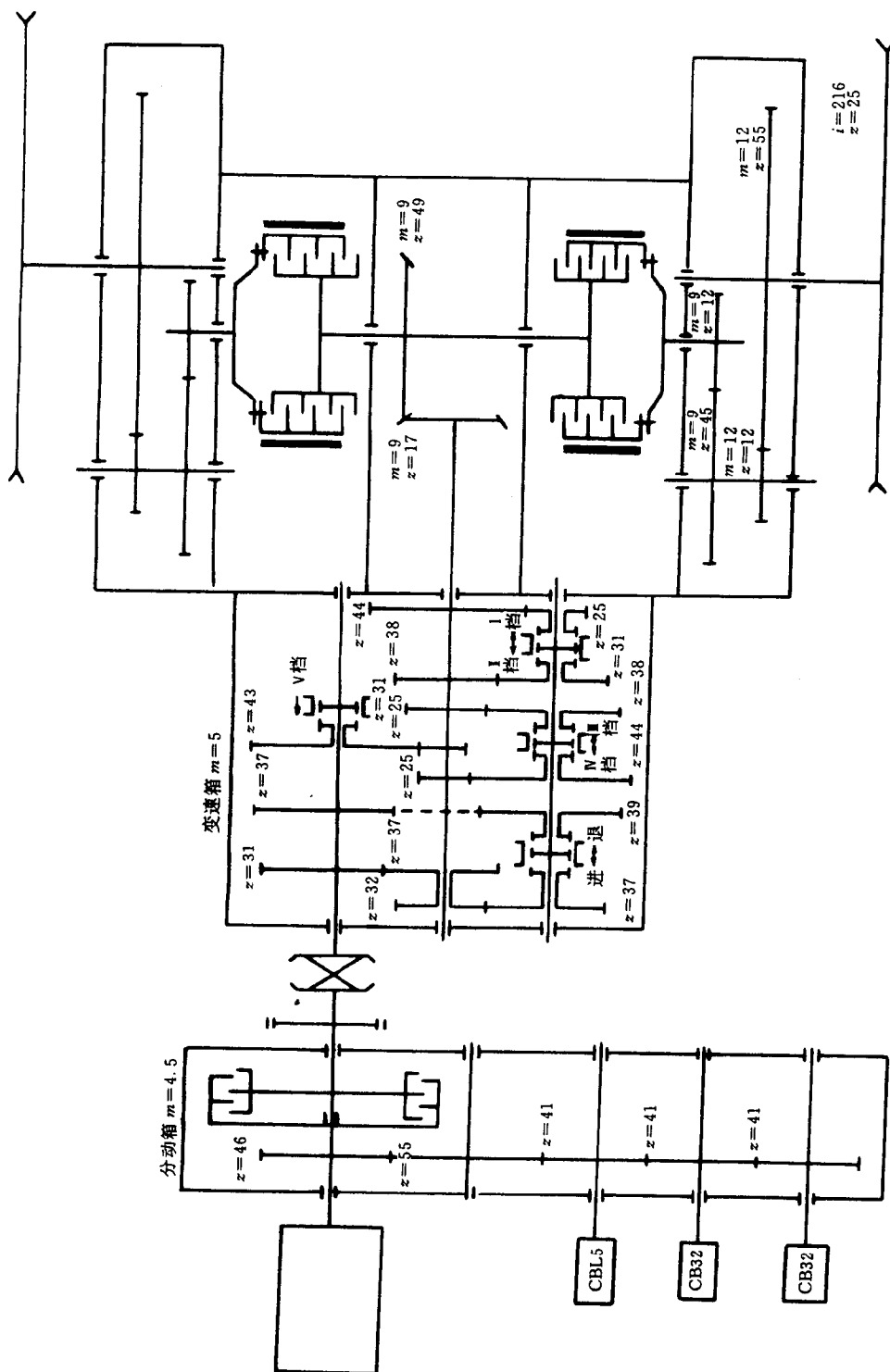


图 1-1 T-150 (200) 型机械传动式推土机传动图

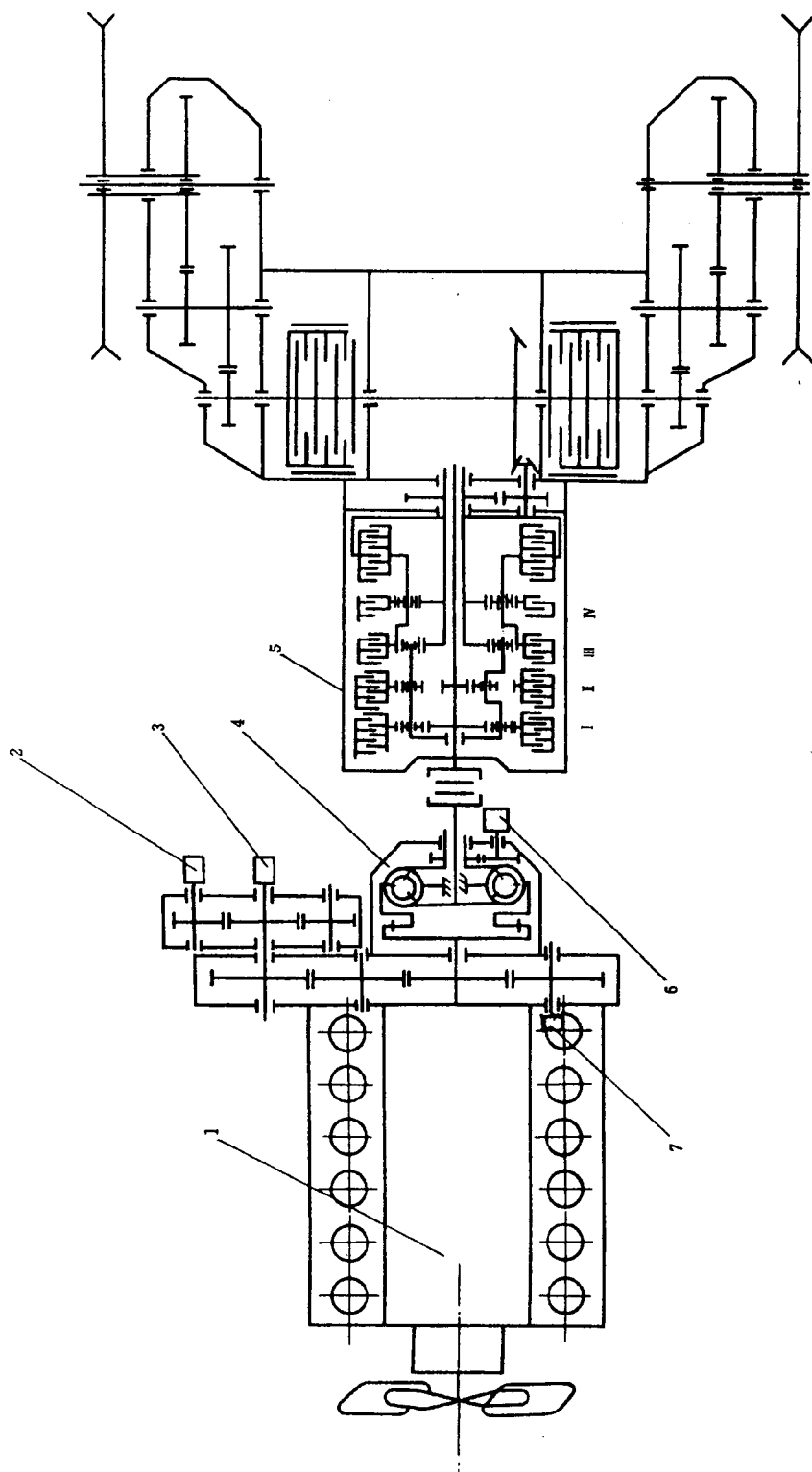


图 1-2 上海 TY-240 (320) 型履带式推土机传动系统图

1—12V135 AK 型柴油机, 2000 r/min 时, 功率为 254 kW (345 hp); 2—工作油泵 CBG 160/1000 型, $p=16$ MPa;

3—变速油泵, CBG 50/1000 型, $p=10$ MPa; 4—液力变矩器; 5—变速器; 6—吸油泵 CB-F18C-FL; 7—转向泵, CBG100/1000 型, $p=10$ MPa

