

工程机械设计与维修丛书

底盘结构与设计

赵克利 孔德文 编著



化学工业出版社

工程机械设计与维修丛书

底盘结构与设计

赵克利 孔德文 编著



化学工业出版社

·北京·

本书结合目前国内外先进的工程机械底盘结构与设计理论和方法以及多年的科研与教学经验,对工程机械的使用特点、分类及发展进行了讲述,对轮式与履带式工程机械行驶理论进行了详细的阐述,并分别对工程机械的传动系、转向系、制动系和行走系的结构与设计等内容进行了讲解。本书图文并茂,结构完整,通俗易懂,适应面广。

本书可供从事工程机械、矿山机械等专业的技术人员使用,也可作为高等学校工程机械类专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

底盘结构与设计/赵克利,孔德文编著. —北京:化学工业出版社,2006.9

(工程机械设计与维修丛书)

ISBN 978-7-5025-9340-7

I. 底… II. ①赵…②孔… III. ①汽车-底盘-结构
②汽车-底盘-机械设计 IV. U463.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第118061号

工程机械设计与维修丛书

底盘结构与设计

赵克利 孔德文 编著

责任编辑:任文斗 周红

文字编辑:闫敏

责任校对:战河红

封面设计:尹琳琳

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

购书咨询:(010)64518888

购书传真:(010)64519686

售后服务:(010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 9 字数 210千字

2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-5025-9340-7

定 价:20.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

《工程机械设计与维修丛书》编辑委员会

主任 高秀华

副主任 王国强 左春桧

委员	高秀华	王国强	左春桧	马文星	秦四成
	成凯	王力群	孔德文	赵克利	王智明
	杨占敏	黄大巍	于国飞	杨力夫	周贤彪
	夏禹武	唐向阳	张鸿	贡凯军	马伟东
	林树才	周彩南	丁树奎	史先信	马铸
	朱振东	徐刚	支开印	马喜林	胡加辉
	李风	邓洪超	王昕	李国忠	王云超
	郭建华	杨文志	王妍静	张春秋	燕学智

欢迎订阅工程机械类图书

工程机械设计与维修丛书

电器、电子控制与安全系统	32.00 元
轮式装载机	48.00 元
内燃机	49.00 元
金属结构	42.00 元
现代起重运输机械	38.00 元
振动压路机	29.00 元
现代设计技术	32.00 元
钻孔与非开挖机械	40.00 元
推土机与平地机	24.00 元
斗轮堆取料机	32.00 元
液压挖掘机	22.00 元

其他

工程机械结构与维护检修技术	39.00 元
建筑与养护路机械——原理、结构与设计	31.00 元
破碎与筛分机械设计选用手册	95.00 元
运输机械设计选用手册 上册	98.00 元
运输机械设计选用手册 下册	90.00 元
管道物料输送与工程应用	45.00 元
现代物流设备设计与选用	49.00 元
电动滚筒设计与选用手册	48.00 元
叉车维修与养护实例	38.00 元

以上图书由**化学工业出版社 机械·电气分社**出版。如果以上图书的内容简介和详细目录，或者更多的专业图书信息，请登录 www.cip.com.cn。如要出版新著，请与编辑联系。

地址：北京市东城区青年湖南街 13 号 (100011)

购书咨询：010-64518888 (传真：010-64519686)

编辑：010-64519277

序

近年来,在国家宏观调控政策的影响下,我国工程机械产业进入了加速增长阶段,呈现出前所未有的繁荣态势。工程机械装备已经成为我国国民经济发展的支柱产业之一,占据世界工程机械总量第七位。随着国家西部大开发战略的实施,南水北调工程、西电东送工程、青藏铁路工程的启动,迎接北京 2008 年奥运会的基础设施及场馆建设、推进乡镇农村经济发展、上海黄浦江两岸开发及世博场馆的投入、振兴东北老工业基地等众多国家发展战略的实施,都为国内工程机械产品市场的发展提供了良好的空间,同时也必将有力地拉动相关产业的发展。

据介绍,亚洲其他国家、拉丁美洲和非洲的一些国家最近也相继出台了大规模扩大公路及其他公共设施建设的计划,这无疑对工程机械的需求将大幅度增加,也为我国工程机械发展全球市场策略提供了最具竞争力的契机。

从 20 世纪后期开始,国际上工程机械装备的生产注重向大型化、微型化、多功能化、专用化和智能化的方向发展。德国、美国和日本当属工程机械强国,利勃海尔公司(德国)、卡特波勒公司(美国)、沃尔沃集团(瑞典)、小松制作所(日本)等公司的产品以设计先进、安全可靠、使用寿命长而著称。

我国工程机械行业几经洗礼和经过业内人员的不懈努力,在国际市场上充分显示了强大的生命力。在我国工业化发展进程中,工程机械行业已经由初始发展阶段逐渐走向成熟时期。一些主导产品的研发、设计和制造水平都有相当程度的提高,某些产品质量也达到了用户认可的水平。同时,由于其产品价格相对低廉,在国际市场上具有一定的竞争力。在国内市场处于激烈的成本-价格、质量-规模竞争的形势下,中小型国产工程机械产品在我国显现出了强大的市场占有潜力。但是国际经济市场的变化无时无刻不在冲击着现有的市场份额,市场的占有份额又无时无刻不在重新组合。我国的工程机械行业如何能够继续发展、如何能够尽快提升到我国工业化的第三阶段——强壮期阶段,即无论是对产品的研究、开发、生产以及产品的综合质量和售后服务都进入国际先进行列等问题,都需要认真加以思考。

现在,我国工程机械行业的发展已经有了很好的基础,产品门类,生产规模,大、中、小企业构架和发展环境都比较好,但同国际先进的工程机械制造厂家相比差距还比较大,主要表现在产品的可靠性、使用寿命、绿色工程设计、高新技术的创新应用以及管理模式上。相对而言,我国自主开发能力还比较薄弱,有自主知识产权的产品技术较少,新产品的关键技术大部分还依赖于引进国外技术;另一方面对国外先进技术的消化、吸收、创新不足。其次,对市场反映速度慢,产品更新周期较长。而美国一些机械企业 1990 年已做到了三个“3”,即产品的生命周期为 3 年,产品的试制周期为 3 个月,产品的设计周期为 3 个星期。我国工程机械的规格还有空缺。以上事实表明:中国工程机械市场虽然仍可保持持续增长的势头,但是中国工程机械行业的技术发展仍然任重道远。

为促进工程机械技术的发展,弥补技术图书的匮乏和不足,化学工业出版社邀请吉林大学机械科学与工程学院组织编写了《工程机械设计与维修丛书》,共 16 本,包括《内燃机》、《液压与液力传动系统》、《电器、电子控制与安全系统》、《底盘结构与设计》、《金属结构》、《人机工程与造型设计》、《现代设计技术》、《液压挖掘机》、《轮式装载机》、《斗轮堆取料机》、《推土机与平地机》、《钻孔与非开挖机械》、《振动压路机》、《现代起重运输机械》、《特种车辆》、《商品混凝土成套设备》。丛书的编写者结合多年的教学、科研、生产及管理的经验,努力将传统的经典理论和现代设计方法结合起来,注重介绍工程机械发展中的新理念、新设计方法、新技术、新工艺和新材料。

《工程机械设计与维修丛书》所有编写工作人员在此对鼓励、支持、帮助过我们的领导、同事、同行、朋友等表示衷心的感谢!

《工程机械设计与维修丛书》编辑委员会

前 言

近年来，随着建筑施工和资源开发规模的扩大，对工程机械需求量迅速增加，因而对其可靠性、维修性、安全性和燃油经济性也提出了更高的要求。随着微电子技术向工程机械领域的渗透，现代工程机械日益向智能化和机电一体化方向发展。

作者在总结多年对工程机械底盘设计方面的教学经验基础上，结合工程机械的科研成果，重点介绍了工程机械行驶理论及工程机械底盘各主要组成系统的结构与设计方法。

本书共分8章。第1章介绍了工程机械的特点、分类、组成、发展概况、设计要求以及典型工程机械结构；第2章为工程机械行驶理论；第3章讲解了工程机械底盘传动系统的结构与设计方法；第4、5章对主要部件离合器、变速箱、万向节传动及轮式驱动桥进行了详细讲述；第6、7、8章对工程机械底盘的转向系、制动系及行走系进行了结构与设计方面的讲述。

全书由赵克利、孔德文编著。参加编写工作的还有李俊玲、马乐、翟洪岩、于世勇、谢春山等。全书由许纯新主审。

本书在编写过程中得到了各界同仁和朋友的大力支持及帮助。编写中参阅了有关公开出版的书籍和文章、国内外生产厂家及公司的相关资料，其中大部分已在参考文献中注明，但仍有不尽之处，望谅解，同时在此一并表示感谢。

书中不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

作 者

2006年11月于吉林大学

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 工程机械特点、分类及组成	1
1.1.1 工程机械特点	1
1.1.2 工程机械分类	1
1.1.3 工程机械组成	2
1.2 工程机械的发展概况	3
1.2.1 工程机械的发展历程	3
1.2.2 我国工程机械的发展现状	3
1.2.3 国外工程机械的发展现状	5
1.2.4 工程机械的发展趋势	5
1.3 工程机械底盘设计要求	8
1.4 典型工程机械结构简介	8
1.4.1 推土机的结构与工作原理	8
1.4.2 装载机介绍.....	10
1.4.3 铲运机介绍.....	11
1.4.4 挖掘机简介.....	11
1.4.5 起重机械的基本组成及分类.....	12
1.4.6 压实机械的概述.....	13
1.4.7 混凝土泵车的主要结构及其特点.....	14
第 2 章 行驶理论	16
2.1 工程机械的行驶原理.....	16
2.1.1 轮胎式工程机械的行驶原理.....	16
2.1.2 履带式工程机械的行驶原理.....	17
2.2 行走机构的运动学.....	17
2.3 行走机构的动力学.....	19
2.4 行驶阻力.....	20
2.4.1 滚动阻力.....	20
2.4.2 坡道阻力.....	22
2.4.3 空气阻力.....	22
2.5 传动功率损失与行驶功率损失.....	22
2.6 附着性能.....	24
2.7 牵引性能.....	25
2.7.1 恒定功率发动机特性.....	25
2.7.2 功率平衡.....	25
2.8 动力性能.....	25
第 3 章 传动系	28

3.1 传动系的类型和组成	28
3.1.1 机械传动	28
3.1.2 液力机械传动	29
3.1.2.1 典型的轮式装载机的传动系统	29
3.1.2.2 推土机传动系统	32
3.1.3 液压传动	34
3.1.4 电传动	38
3.2 传动系总传动比和各传动部件传动比的确定	38
3.2.1 总传动比 i_{Σ}	38
3.2.2 各部件传动比的确定	39
3.2.3 挡位数和中间挡位传动比	39
第4章 离合器与变速箱	42
4.1 离合器的设计要求和选型	42
4.1.1 离合器的设计要求	42
4.1.2 离合器的选型	42
4.1.3 离合器主要参数的确定	43
4.1.3.1 离合器的摩擦转矩	43
4.1.3.2 离合器的储备系数	45
4.2 变速箱	45
4.2.1 变速箱的概述	45
4.2.2 变速箱主要零件设计	47
4.2.3 变速箱主要参数的确定	47
4.2.4 机械式换挡变速箱	50
4.2.5 定轴式动力换挡变速箱	51
4.2.6 利勃海尔静液压装载机自动换挡变速箱系统	56
4.2.7 行星齿轮式动力换挡变速箱	57
第5章 万向节传动与轮式驱动桥	67
5.1 万向节传动装置	67
5.1.1 十字轴万向节传动装置结构	67
5.1.2 十字轴万向节的运动学和动力学	69
5.2 传动轴	70
5.3 驱动桥	73
5.3.1 主传动器与差速器	78
5.3.2 半轴、轮边传动及驱动桥壳	81
5.3.3 ZL40、ZL50 驱动桥主要技术参数	86
第6章 转向系	87
6.1 转向系设计的基本要求	87
6.2 轮胎式转向机构	87
6.2.1 轮式工程机械转向操纵机构	87
6.2.2 转向桥	89
6.2.3 转向机构	89

6.3	轮式工程机械转向方式	90
6.4	轮式装载机转向系统结构原理	93
6.5	履带式工程机械转向机构	94
第7章	制动系	97
7.1	行车制动系设计要求	97
7.2	制动系功能	97
7.3	轮式工程机械前后桥车轮制动力的分配	100
7.4	轮式装载机的制动系统	101
7.5	TY220型推土机转向制动器	104
第8章	行走系	105
8.1	轮式工程机械的行走系	105
8.1.1	轮式底盘通过性的几何参数	105
8.1.2	工程机械轮胎	105
8.1.3	轮式装载机液压行走系统	110
8.1.4	轮胎式液压挖掘机行走装置类型	111
8.2	履带式工程机械的行走系	112
8.2.1	履带式行走装置组成与工作原理	113
8.2.2	履带式底盘行走系的尺寸参数和结构布置	113
8.2.3	悬架设计	118
附录		123
附表1	国产ZL50型装载机及与国外同类机型主要性能参数对比	123
附表2	工程机械轮胎技术参数	125
附表3	载重汽车轮胎技术参数	125
附表4	工业车辆轮胎技术参数	129
附表5	农业轮胎技术参数	129
参考文献		130

第 1 章 概 论

工程机械制造业是机械工业的支柱产业之一，它在能源、水利、交通、国防建设等国民经济各个领域发挥着巨大作用，是原材料工业及城乡建设等领域的拉动产业，与全社会固定资产投资规模有着密切的关系，工程机械行业的设计和制造水平反映了一个国家的综合实力和综合技术水平。

工程机械具有广泛的应用范围，主要显现在以下几方面。

- a. 道路建设及铁路建设，由高速公路、一级公路组成的快速、高效、安全的国道主干线系统及跨海工程等。
- b. 能源建设，包括水利建设、核电建设、煤炭基本建设、油田建设。
- c. 原材料及建筑材料的需求不断增加，带动相关矿用工程机械的需求增大。
- d. 城市建设和环保，对工程机械产品也有一定需求。

1.1 工程机械特点、分类及组成

1.1.1 工程机械特点

按国际规定，工程机械（Construction Machinery and Equipment）定义为“为房屋、工厂、桥梁、公路、铁路等工程建设以及江河疏通、矿山开掘、管线铺设等工程施工提供的生产技术装备”。

工程机械行业与世界有关国家的相应行业建立了密切的业务往来，对该行业的名称，各国不尽相同。其中美国和英国称为建筑机械与设备（Construction Machinery Equipment），德国称为建筑机械与装置（Baumaschinen und Ausrüstungen），前苏联与东欧诸国称为建筑与筑路机械，日本称为建设机械。

工程机械与汽车不同，属于非公路运行车辆，机种繁多，作业范围广，各具特定的作业工况。工程机械作业特点是：广泛的适应性；对特殊功能的应用；作业工况恶劣；品种多、各类机理相差悬殊；一机多用；对配套机种有特殊要求；要求装备防护装置；各机种间配备有成套性；适于组织专业化生产。

1.1.2 工程机械分类

工程机械可以分十八大类：挖掘机械，铲土运输机械，工程起重机械，工业车辆，电梯与扶梯，压实机械，桩工机械，凿岩机械，气动工具，混凝土机械，钢筋及预应力机械，装修机械，环保市政建设机械，路面机械，线路机械，军用工程机械，工程机械专用零部件，其他专用工程机械等。表 1-1 为中国工程机械现有产品类别。

根据工程机械底盘行走机构的类型不同，一般可分为轮胎式、履带式、轨轮式和步行式 4 种。

根据工程机械底盘传动机构的类型，通常可分为机械传动式、液力机械传动式、液压传动式和电传动式 4 种。

表 1-1 工程机械产品类别

类组划分	系 列
挖掘机械	单斗挖掘机、斗轮挖掘机、斗轮挖沟机、掘进机
铲土运输机械	推土机、装载机、铲运机、平地机、运输车、翻斗车
工程起重机械	汽车起重机、轮胎起重机、履带起重机、塔式起重机、施工升降机、卷扬机、高空作业车、升降平台、其他
工业车辆	内燃叉车、电动叉车、堆垛机
电梯及扶梯	客梯、货梯、医用梯、扶梯、人行走道
凿岩机械和气动工具	凿岩钻机、凿岩机具、气动工具
压实机械	压路机、夯、碾压机
桩工机械	柴油锤、液压锤、振动锤、钻孔机、打桩架、静压桩机
路面机械	撒布机、摊铺机、沥青搅拌机、拌和机、加热设备、其他
混凝土机械	搅拌机、振动机、喷射机、运输车、混凝土泵、混凝土泵车、搅拌楼、砌块机、楼板轴芯机、振动台、吸水装置、其他
钢筋及预应力机械	切断机、调直机、弯曲机、拉伸机、其他
装修机械	灰浆泵、喷涂机、抹(磨)光机、电动工具、其他
环保市政建设机械	管道机械、吸污车、粪便车、清扫车、垃圾车、洒水车、剪草车、喷药车、其他
线路机械	轨枕机械、道床机械、桥梁机械、装运机械、其他
军用工程机械	道路机械、陈地机械、特种机械、野战工程车
专用部件	回转支承、链轨、专用电机、座椅、专用液压件、其他
其他专用工程机械	非开挖线路机械、其他

根据转向机构的不同，轮胎式工程机械底盘可分为偏转车轮式和铰接式两种底盘；对履带式工程机械底盘可分为双履带式、三履带式和多履带式底盘。

1.1.3 工程机械组成

自行式工程机械由发动机、底盘及工作装置三部分组成。发动机为动力提供装置；工作装置完成生产作业；底盘为整机提供支承并使机械按所需的速度和方向行驶，底盘的性能对整机的性能具有决定性的影响。

工程机械底盘由传动系、行走系、转向系、制动系及回转支承装置组成（部分机种有该装置）。

传动系为发动机动力输出与驱动轮负载之间的动力传动装置，其主要功用是将发动机功率传到驱动轮，满足使用上对底盘性能的要求，保证最佳的动力性能和经济性能。其组成由底盘传动方式的不同而不同。

行走系用于支承整机，传递和承受路面作用于车轮或履带的各种力和力矩，吸收振动，缓和冲击，以保证底盘的正常行驶。轮胎式工程机械底盘行走系由车架、悬架、前桥、后桥和车轮等组成；履带式工程机械底盘行走系由车架、悬架、履带架、驱动轮、导向轮、支重轮、托轮和履带等组成。

转向系保证整机按所需的方向行驶及直线行驶的稳定性。轮式工程机械转向系主要由方向盘、转向机及转向传动机构组成；履带式工程机械转向系主要由转向离合器、转向制动器

及操纵机构组成。

制动系用于工程机械迅速降低行驶速度甚至停车，并保证机械能在坡道上停车。制动系由制动器和制动传动机构组成，履带式工程机械底盘中通常没有专门的制动装置，而是利用转向制动器进行制动。

回转支承装置是使工作机构在一定的作业范围内，绕整机垂直轴线（即回转中心）作圆弧运动，以达到运输物料的目的。它由回转驱动机构、回转平台、回转支承轴承等组成。

1.2 工程机械的发展概况

1.2.1 工程机械的发展历程

工程机械的发展大致经历了四个阶段。

a. 以满足减轻劳动强度为目的的机械驱动阶段。机械设备以机械传动为特点，结构笨重，功能单一，作业效率低下。

b. 以提高生产率为目的，机械设备采用液压传动。这一阶段工程机械设备的作业效率提高较快，液压元件行业的技术进步一直伴随着工程机械的发展。

c. 为工程机械的电子控制阶段，工程机械的控制精度及机械作业效率大大提高了。

d. 进入 21 世纪后，人类为了实现可持续发展，提出了工程机械的环保技术和信息技术，工程机械发展进入了第四个发展阶段。

我国工程机械的发展大致可以划分以下三个阶段。

(1) 创业时期（1949~1960 年）

1949 年以前，我国没有工程机械制造业，仅有为数有限的几个作坊式的修理厂，而且只能维修简易的施工机具和其他设备。解放后到 1960 年，工程机械在我国仍未形成独立行业，只由别的行业兼产一小部分简易的小型工程机械产品。“一五”期间（1953~1957 年），全国主要工程机械制造企业发展到 10 多个。1958~1960 年间，试制了 54~80 马力推土机、5~8t 汽车式起重机、0.5~4.0m³ 机械式单斗挖掘机、2~6t 塔式起重机等一系列产品，主要制造企业发展到 20 多个。

(2) 形成时期（1961~1978 年）

工程机械行业从 1961 年开始组织全国行业规划，根据发展需要逐步对企业调整了产品方向，发展了一批重点企业，行业规模不断扩大，产品种类增加很快，如柳州、厦门、成都轮式装载机专业厂，贵阳液压挖掘机专业厂，郑州自行式铲运机专业厂，徐州、洛阳压路机专业厂，徐州、北京、泰安、锦州等起重机专业厂等。全国生产工程机械的专业厂和兼业厂已达 380 个。

(3) 发展时期（1979 年至今）

自 1979 年，我国工程机械行业进入了全新的发展时期，随着市场经济的发展，加快了产品技术更新速度，通过引进、消化、吸收国外先进的制造及管理技术，工程机械行业整体水平得到了极大的提高，大大缩短了与国际一流技术之间的差距。

1.2.2 我国工程机械的发展现状

自 20 世纪 90 年代以来，我国由于经济形势走上快车道，工程机械发展速度加快，工程机械的应用越来越广泛，工程机械的研究得到了高度重视。目前工程机械行业已拥有 1000 多个生产厂家，产品达 4300 多个规格型号，基本上能为各类建设提供成套设备。

我国是生产及销售工程机械的大国，但不是强国，而且离强国还有一定的距离。主要问题：产品品种不齐，缺少大型、小型的产品，特别是大型设备；产品性能在智能化、电子控制、自动监测、机电液一体化等方面还不能满足市场的需要；产品质量差，具体表现在耐久性 & 可靠性上与国外先进水平相比差距较大，平均无故障时间及第一个大修期仅为国外先进设备的一半；产品结构策划缺乏前瞻性等。

我国与发达国家在技术创新和研发能力上的差距，一是过度地依赖外国技术，缺乏自主研发能力。有关数据显示，我国工程机械等具有战略意义的高技术含量产品 80% 以上依赖进口。二是企业研发投入偏低。2005 年 500 强的最新数据中，中国制造业企业研发投入为 1.90 亿，只占销售收入的 1.88%，而许多发达国家都高达 3% 至 4%。而美、日等国的基础研究比重则在 20% 以上。三是专利意识淡薄，申请和保护力度不够。同时，国际性知名品牌匮乏。在世界机械行业的 100 个著名品牌中，美国、日本和德国占据了 2/3，中国上榜的知名品牌仅有 3 席。国内工程机械用户熟知的徐工、柳工、三一、中联等企业，只能算是国内有较高知名度的品牌而已，与世界强势品牌的距离还很远。

装载机是我国国产化程度较高的代表型工程机械，其应用行业广泛、销售地区分散，表 1-2 为国内各主要装载机厂家 2004 年的销售统计。表 1-3、表 1-4 为国内各主要推土机厂家及不同机型 2004 年的销售统计。

表 1-2 2004 年 1~11 月主要装载机企业销售统计 /台

厂家	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合计	市场占有率/%
柳工	978	1672	2217	1929	1331	1210	815	875	927	1004	1048	14006	19.6
厦工	641	2033	2153	1584	1048	923	872	791	959	1159	1141	13304	18
龙工	386	1968	1429	1310	1103	766	652	607	802	758	1008	10789	14.8
徐装	516	1040	1556	975	1041	932	519	562	436	455	653	8685	12.4
常林	454	1007	1115	830	644	501	423	430	512	461	926	6842	9.7
临工	99	1142	1722	1263	792	518	421	469	559	526	533	8044	11.4
山工	240	809	905	687	503	409	367	323	363	402	469	5477	7.5
成工	201	405	650	619	507	350	367	322	427	300	529	4148	6.3
宜工					1525	227	197	219	2168	262	231	2661	
宇通					1257	124	135	139	113	127	155	2050	
合计	3515	10076	11747	9197	8067	6513	5205	5125	5725	6987	6621	82517	—

表 1-3 2004 年 1~11 月主要推土机企业销售统计 /台

厂家	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合计	市场占有率/%
山推	169	240	289	309	160	152	84	99	99	69	79	1749	31.6
宣工	81	321	321	248	153	73	62	59	54	49	74	1421	25.7
彭浦巨力	38	122	108	76	30	81	25	54	26	0	0	560	10.1
天津建筑	50	60	70	63	65	55					159	525	9.5
内蒙一机	2	12	7	20	6	9						56	1.4
一拖	36	113	127	93	46	43	15	11	25	24	32	565	10.2
鞍工	7	26	26	27	18	36						140	3.4
徐装		9	10	9	7	3						38	0.9
新黄工	10	11	5	38	20	14						98	2.4
合计	393	914	963	883	505	466	282	336	256	193	253	5519	—

表 1-4 2004 年 1~11 月推土机分机型销售统计

/台

机 型	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	合计	市场占有率/%
52~87kW(70~119 马力)	32	97	103	60	33	28	9	8	15	10	25	415	7.5
88~102kW(120~139 马力)	46	139	144	168	58	83	45	57	32	28	40	840	15.2
103~117kW(140~159 马力)	86	375	361	260	163	125	83	89	70	46	67	1725	31.3
118~161kW(160~219 马力)	159	223	250	279	191	146	10	142	57	54	1511	1511	27.6
162~234kW(220~320 马力)	60	63	95	96	65	87	152	270	80	55		900	17.1
合计	383	897	953	863	510	469	282	566	254	193		5519	—

1.2.3 国外工程机械的发展现状

自 20 世纪 90 年代以来, 国外工程机械进入了一个新的发展时期, 在广泛应用新技术的同时, 不断涌现出新结构和新产品。继完成提高整机可靠性任务之后, 技术发展的重点在于增加产品的电子信息技术含量, 努力完善产品的标准化、系列化和通用化, 改善驾驶人员的工作条件, 向节能、环保方向发展。

近几年, 国外工程机械产品以信息技术为先导, 在发动机燃料燃烧与电控、液压控制系统、自动操纵、可视化驾驶、精确定位与作业、故障诊断与监控、节能与环保等方面, 进行了大量的研究, 开发出许多新结构(或系统)和新产品, 提高了工程机械的高科技含量, 促进了工程机械的发展。

卡特彼勒公司 20 世纪 90 年代开发的 F 系列和 G 系列装载机都安装有电子计算机监控系统(CMS), 用以取代 E 系列装载机上安装的电子监控系统(EMS)。其司机台上装有条形液晶显示屏, 微机监控系统具有能同时监控发动机燃油液面高度、冷却水温、变速器油温和液压油温等 11 种功能。该监控系统还具有故障诊断能力, 并可向司机提供三级报警。1998 年推出的 Cat950G 计算机监控系统还配备有 Cat 指导诊断系统和以维修工具为基础的 Cat 软件包, 使维修人员坐在汽车里用笔记本电脑就能迅速而容易地诊断和排除故障。Cat992G 在监控装载机各功能状况并作出诊断的同时, 还能把这些信息数据作为履历记录下来, 无线传送到办公室, 用计算机进行分析, 从而将电气、机械故障防患于未然。Cat994D 安装了关键信息管理系统(VIMS), 可密切监视机器的运行状态并诊断故障。LeToumeau 集成网络控制系统通过显示在机载计算机屏幕的出错信息, 提示司机出错原因, 并采用三级报警灯光信号(蓝、淡黄、红)表示发动机、液压系统、电气和电子系统的各种状态。目前, 该系统已安装在 L1350 型矿用装载机上。

沃尔沃建筑设备公司推出 B 系列自行式平地机操作环境的神经中枢是 Contronic 监控系统——VOLVO 独有的多功能系统。它可以使操作员了解该机所有功能的运行状况, 其中包括发动机的转速和温度、燃料料位、地面速度、过滤器阻塞情况、差速器锁紧/脱开以及其他许多信息。Contronics 不仅可以使操作员随时了解其操作的平地机发生了什么情况, 而且还储存了所有的操作数据以供维修技术人员下载。得到这些信息后, 技术人员使用 VCAD-SPro (VOLVO 计算机辅助诊断系统专家) 访问该数据, 以便进行维修、诊断和性能分析。采用这套系统, 操作员可以在零部件失效前采取措施, 并在发生故障时诊断出故障的原因。这套系统的主要功能就是保持平地机处于最佳状态, 从而延长机器的使用寿命。

1.2.4 工程机械的发展趋势

近年来, 随着建筑施工和资源开发规模的扩大, 对工程机械需求量迅速增加, 因而对其

可靠性、维修性、安全性和燃油经济性也提出了更高的要求。随着微电子技术向工程机械的渗透，现代工程机械日益向智能化和机电一体化方向发展。

自 20 世纪 90 年代以来，国外工程机械进入了一个新的发展时期，在广泛应用新技术的同时，不断涌现出新结构和新产品。继完成提高整机可靠性任务之后，技术发展的重点在于增加产品的电子信息技术含量和智能化程度，努力完善产品的标准化、系列化和通用化，改善驾驶人员的工作条件，向节能、环保方向发展。目前国际工程机械的发展趋势主要如下。

(1) 系列化、特大型化

系列化是工程机械发展的重要趋势。国外著名大公司逐步实现其产品系列化进程，形成了从微型到特大型不同规格的产品。与此同时，产品更新换代的周期明显缩短。所谓特大型工程机械，是指其装备的发动机额定功率超过 1000 马力，主要用于大型露天矿山或大型水电工程工地。产品特点是科技含量高，研制与生产周期较长，投资大，市场容量有限，市场竞争主要集中在少数几家公司。以装载机为例，目前仅有马拉松·勒图尔勒、Caterpillar 和小松-德雷塞这三家公司能够生产特大型装载机。

(2) 多用途、微型化

为了全方位地满足不同用户的需求，国外工程机械朝着系列化、特大型化方向发展的同时，已进入多用途、微型化发展阶段。推动这一发展的因素首先源于液压技术的发展，通过对液压系统的合理设计，使得工作装置能够完成多种作业功能；其次，快速可更换连接装置的诞生，安装在工作装置上的液压快速可更换连接器，能在作业现场完成各种附属作业装置的快速装卸及液压软管的自动连接，使得更换附属作业装置的工作在司机室通过操纵手柄即可快速完成。一方面，工程机械通用性的提高，可使用户在不增加投资的前提下充分发挥设备本身的效能，能完成更多的工作；另一方面，为了尽可能地用机器作业替代人力劳动，提高生产效率，适应城市狭窄施工场所以及在货栈、码头、仓库、舱位、农舍、建筑物层内和地下工程作业环境的使用要求，小型及微型工程机械有了用武之地，并得到了较快的发展。为占领这一市场，各生产厂商都相继推出了多用途、小型和微型工程机械。如 Caterpillar 公司生产的 IT 系列综合多用机、克拉克公司生产的“山猫”牌产品等。

目前国际上推出微型工程机械的公司主要有 Komatsu、Case、Textron 等公司。Caterpillar 公司也成了国际微型工程机械的带头人，涉及的产品主要有挖掘机、挖掘装载机、振动压路机、冲击锤、高空作业车等，其中最小的挖掘机斗宽为 200mm，车宽小于 1m。多功能化作业装置改变了单一作业功能，多种作业已从中、大型工程机械应用的局限中解脱出来，在小型和微型工程机械上也开始了应用。如 Caterpillar 公司在 926G 型轮式装载机基础上开发出的 IT62G 就具有快速连接装置，驾驶员可在驾驶室里完成更换不同作业装置的动作，如更换铲叉、抓斗、卸载斗、扫雷装置、路面清扫装置、破碎装置等。

(3) 微电子技术、信息技术的普及和应用

以微电子、Internet 为重要标志的信息时代，不断研制出集液压、微电子及信息技术于一体的智能系统，并广泛应用于工程机械的产品设计之中，进一步提高了产品的性能及高科技含量。工程机械集成化和操作与智能控制技术主要包括：电液控制自动换挡变速器技术、机电一体化控制技术、负荷传感全功率控制技术和可编程控制与遥控及无人操作技术等。在控制策略方面，有的学者对工作装置的前馈控制的理论和必要性进行了研究。神经网络和模糊控制由于其对解决复杂系统和不确定系统的独特优势，被引入工程机械的工作装置控制中，各种控制方法结合而成的新的控制策略也有成功应用的例子。

推土机上采用电子监测系统 (EMS) 和电子复合控制装置 (即履带打滑控制系统), 逐步实现机电一体化。EMS 可严密控制机器各主要功能的变化, 了解故障发生的部位, 防止司机误操作, 保证作业安全。电子复合控制装置可把履带滑移量控制到最低限度, 提高履带行走装置的寿命, 降低油耗, 提高生产率。装载机上采用计算机控制的发动机管理系统, 发动机的输出功率可根据载荷的要求调节, 减少动力损失, 节约燃料, 提高发动机寿命。另外, 装载机上可安装电控式或微机控制的自动换挡变速器以及电子称量、电子消声器、计算机监控等装置, 简化操作, 确保安全。铲运机上采用微机处理机控制变矩器、变速器, 代替纯液压控制, 使操作更轻便。应用激光技术使铲运机平整场地作业精度更高。

(4) 不断创新的结构设计

以装载机为例, 工作装置已不再采用单一的“Z型”连杆机构, 继出现了八杆平行结构和 TP 连杆机构之后, Caterpillar 公司于 1996 年首次在矿用大型装载机上采用了单动臂铸钢结构的特殊工作装置, 即所谓的“VersaLink 机构”。这种机构替代综合多用机上的八杆平行举升机构和传统的“Z型”连杆机构, 可承受极大的转矩载荷和具有卓越的可靠性 (耐用性), 驾驶室前端视野开阔。O&K 公司研制的创新 LEAR 连杆机构, 专为小型装载机而设计。Schaeff 公司于 2000 年 3 月展出的高卸位式 SKL873 型轮式装载机的可折叠式创新连杆机构工作装置, 进一步增加了轮式装载机的工作装置的种类。

(5) 安全、舒适、可靠

驾驶室将逐步实施 ROPS 和 FOPS 设计方法, 配装冷暖空调。全密封及降噪处理的“安全环保型”驾驶室, 采用人机工程学设计的司机座椅可全方位调节以及功能集成的操纵手柄、全自动换挡装置及电子监控与故障自诊断系统, 以改善司机的工作环境, 提高作业效率。大型工程机械安装有闭路监视系统以及超声波后障碍探测系统, 为司机安全作业提供音频和视频信号。微机监控和自动报警的集中润滑系统, 大大简化了机器的维修程序, 缩短了维修时间。如 Caterpillar 公司的 F 系列装载机日常维修时间只需 3.45min。目前, 大型工程机械的使用寿命达 20500h, 最高可达 25000h。

(6) 节能与环保

为提高产品的节能效果和满足日益苛刻的环保要求, 国外工程机械公司主要从降低发动机排放、提高液压系统效率和减振、降噪等方面入手。目前, Caterpillar 公司生产功率为 15~10150kW 的柴油发动机。Caterpillar 3516B 型发动机装有电子喷射装置及 ADEM 模块, 可提高 22% 的喷射压力, 便于燃油完全、高效燃烧, 燃烧效率可提高 5%, NO_x 下降 40%, 转矩增加 35%。个别厂家生产的工程机械产品, 机体外面噪声已降至 72dB(A)。

人类赖以生存的地球资源是十分有限和宝贵的, 不顾生态环境的经济发展, 最终将导致资源枯竭、环境恶化。日本在工程机械的设计上, 提出了“尊重人间”的新概念, 就是为实现工程机械对环境的污染最小化, 操作人员的安全保护以及操作人员的工作舒适性等, 达到人-机-环境的亲和, 除此之外, 还应要求机器在使用寿命终止时, 实现工程机械所有材料的循环再利用。

以施工工艺研究为基础, 以计算机技术、微电子技术、信息技术、无线通信技术和自动控制技术的综合应用为手段, 各种施工机群 (如用于高速公路施工的沥青搅拌站、沥青运输车、沥青转运车和沥青摊铺机即组成一个施工机群) 的智能化研究将相继展开。

可以预见, 在不久的将来工程施工管理与过程控制都将实现智能化, 施工质量也将得到全过程的控制, 保证在设计要求的范围内。