



普通高等教育机械工程专业规划教材

DESIGN OF CONSTRUCTION
MACHINERY CHASSIS

工程机械底盘设计

(第二版)

郁录平 主 编
徐信芯 副主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

普通高等

教材

工程机械底盘设计

(第二版)

郁录平 主 编

徐信芯 副主编



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书系统地介绍了工程机械底盘设计理论及主要零部件的设计特点。全书共十三章,主要内容为:工程机械的行驶理论基础、传动系统设计概述、主离合器、人力换挡变速器、液力传动、动力换挡变速器、万向节与传动轴、轮胎式工程机械驱动桥、履带驱动桥、轮胎式工程机械转向系、轮胎式工程机械行驶系、履带式机械行驶系及制动系。书中内容主要涉及设计方案的分析 and 选择、设计要求、主要性能参数确定、主要零件结构设计和强度计算要点,介绍了许多典型工程机械底盘的设计实例并分析了设计特点,实用性较强。

本书可作为高等学校相关专业的教学参考书,也可供工程机械行业的科研、生产和使用单位的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械底盘设计 / 郁录平主编. — 2 版. — 北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2016.5

ISBN 978-7-114-12890-5

I. ①工… II. ①郁… III. ①工程机械—底盘—设计
IV. ①TU603

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 056790 号

普通高等教育机械工程专业规划教材

书 名: 工程机械底盘设计(第二版)

著 作 者: 郁录平

责任编辑: 郑蕉林 周 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 19.75

字 数: 471 千

版 次: 2004 年 10 月第 1 版 2016 年 8 月 第 2 版

印 次: 2016 年 8 月第 2 版 第 1 次印刷 总第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12890-5

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

第二版前言

=====

本书自 2004 年出版至今已十余年,这些年来,工程机械行业有了长足的发展。为了使本书能适应当前高等教育的需要,本书对部分内容进行修订。

修订工作主要从以下几个方面进行,对原书的编写原则未做变动。

(1)在每章内容的前面,增加了学习目标与要求;在每章内容的后面,增加了练习题。

(2)对原书中内容不完善的地方做了补充,修正了原书中的一些错误。

(3)增加了一些近年来出现的工程机械底盘设计的新技术。

在修订过程中,徐信芯编写了各章的学习目标与要求、练习题,主要负责修订了第 1~5 章,并对全书做了校对;郁录平主要负责修订了绪论和第 6~13 章,并负责全书的统稿工作。

本书的出版获得了长安大学与人民交通出版社精品教材建设及专著出版基金资助,并且得到了工程机械学院有关领导的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于笔者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月于长安大学

第一版前言

工程机械设计课程是机械工程类的专业课程,现有的相关教材多数是在 20 世纪 80 年代出版的,这与当今飞速发展的现代技术明显地不相适应。为了解决这个问题,长安大学教务处组织编写了本套教材。并列入了面向 21 世纪交通版高等学校教材系列。

本书为底盘设计部分,主要按以下几条原则编写:

1. 系统地介绍工程机械设计理论

在理论方面,重点介绍与实际结合比较紧密,有利于学生举一反三的内容。对于推导过程比较复杂,或者利用计算机能求解的问题,简要介绍这类问题的解决方法或思路,有确定结论者给出结论。对于需要试验才能解决的问题,简要介绍其试验方法,并尽量给出前人的一些试验结果。

对于其他书籍有详细介绍的机械原理、液压系统和控制电路的设计等知识,只简要介绍在工程机械设计方面的应用特点。

2. 重点介绍富有工程机械特色的构造

产品设计离不开原理和构造,工程机械种类繁多,其底盘构造也是各式各样的,实际上不可能全面介绍。为了使读者对工程机械底盘的设计要点有个较好的理解,本书重点介绍与工程机械底盘的工作原理密切相关,或者在工程机械中使用较多,富有工程机械特色的构造,并且介绍了一些近年来工程机械上出现的先进的、有代表性的结构。

对于已经系列化,一般作为配套件选用的部件,主要介绍其基本原理和选用原则。对于个别原理比较复杂的配套件,只介绍其功能和选用原则。

3. 介绍主要零件的设计要点

产品都是由零件组装而成的,所以零件设计是非常重要的。由于大多数零件的设计知识已有专门书籍详细讲解,本书只对工程机械中的关键零件的设计要点作介绍。

鉴于零件的材料和技术条件对于设计工作至关重要,而且其中经验的成分很多,本书尽可能多地介绍了这几年来的资料。

本书可以作为高等院校工程机械专业教材,也可以供从事工程机械设计、使用和维护的技术人员参考。

在本书的编写过程中,长安大学教务处提供了经费资助,并且得到了工程机械学院吴永平教授的大力支持,全书由吉林大学赵丁选教授审定。在此表示衷心的感谢!

由于笔者水平有限,书中错误之处,恳请读者批评指正。

作者

2004 年 1 月于长安大学

目 录

.....

绪论.....	1
第一章 工程机械行驶理论基础.....	5
第一节 工程机械行驶原理.....	5
第二节 行驶阻力	12
第三节 附着性能	16
第四节 工程机械的整机性能	18
练习题	24
第二章 传动系统设计概述	25
第一节 传动系的类型与组成	25
第二节 传动系的传动比确定	28
第三节 传动系的计算载荷	32
练习题	32
第三章 主离合器	33
第一节 主离合器的类型及选用	33
第二节 主要参数确定	36
第三节 离合器的发热量校核	39
第四节 结构设计	42
第五节 压紧机构设计	45
第六节 操纵与控制	51
练习题	54
第四章 人力换挡变速器	55
第一节 变速器的基本原理	55

第二节 结构设计要点	62
第三节 换挡操纵机构设计	67
练习题	71
第五章 液力传动	72
第一节 液力耦合器	72
第二节 液力变矩器的基本原理	74
第三节 液力变矩器的性能	79
第四节 液力变矩器的类型	82
第五节 液力变矩器与柴油机共同工作特性	85
第六节 液力机械变矩器	90
第七节 液力变矩器的压力补偿与散热系统	92
练习题	93
第六章 动力换挡变速器	95
第一节 定轴式动力换挡变速器	95
第二节 行星式动力换挡变速器原理	100
第三节 行星式动力换挡变速器结构设计	107
第四节 换挡离合器、制动器设计	117
第五节 动力换挡变速器典型结构介绍	123
第六节 动力换挡变速器的液压控制系统	127
练习题	136
第七章 万向节与传动轴	137
第一节 十字轴万向节	137
第二节 等角速万向节	142
第三节 传动轴	146
第四节 多万向节传动	147
练习题	149
第八章 轮胎式工程机械驱动桥	150
第一节 概述	150
第二节 主传动器设计	153
第三节 差速器设计	159
第四节 多桥驱动功率循环	167
第五节 半轴和桥壳	170
第六节 最终传动	173
练习题	175

第九章 履带式工程机械驱动桥	176
第一节 概述	176
第二节 履带式工程机械转向原理	178
第三节 履带式驱动桥结构设计要点	185
第四节 高驱动推土机驱动桥结构简介	192
练习题	195
第十章 轮胎式工程机械转向系	196
第一节 转向方式的选择	197
第二节 车轮转向时的受力分析	198
第三节 偏转车轮转向系设计	201
第四节 铰接式车架转向系设计	208
第五节 滑移转向系统的设计计算	210
第六节 转向操纵系统	213
练习题	226
第十一章 轮胎式工程机械行驶系	227
第一节 通过性的主要几何参数	228
第二节 机架	229
第三节 轮胎式工程机械的悬架	233
第四节 转向桥的车轮定位	238
第五节 车轮和轮胎	240
练习题	247
第十二章 履带式机械行驶系	248
第一节 概述	248
第二节 履带式机械的悬架	249
第三节 履带行走系统结构布置	254
第四节 履带行走装置主要构件设计	256
第五节 行走装置的液压驱动方式	269
练习题	271
第十三章 制动系	272
第一节 制动性能及制动过程分析	272
第二节 制动器的设计	279
第三节 制动驱动机构	297
练习题	303
参考文献	304

绪 论

=====

工程机械是土木工程建设所用各种机械和设备的总称。在土木工程中为了提高生产率,工程机械主要用于完成物料起重、运输、装卸作业,土石方的采集、破碎作业,混凝土等建筑材料的搅拌、成型作业,以及其他土木工程中可用机械化施工的作业。

一、工程机械的类型

(1) 土运输机械:用来铲装、运输、平整和堆挖土方、石方及其各种散装物料的机械。常见的有推土机、装载机、平地机、铲运机等。

(2) 挖掘机械:用斗状工作装置挖取土壤或其他材料,或用于剥离土层的机械。主要包括单斗挖掘机、多斗挖掘机、隧道掘进机等。

(3) 压实机械:利用机械力对土壤、碎石等铺层进行密实作业的机械。包括光轮压路机、轮胎压路机、凸块压路机、打夯机等。

(4) 起重机械:在一定空间范围内提升和搬用物料的机械。包括汽车起重机、塔式起重机、龙门式起重机等。

(5) 桩工机械:用于预制桩的打入、沉入、压入、拔出,或灌注桩的成孔等作业的机械。包括柴油打桩机、振动打桩机、压桩机、灌注桩钻孔机等。

(6) 钢筋混凝土机械:用于混凝土配料、搅拌、运输、浇注、密实作业和钢筋切断、成型、拉张、强化作业的机械。包括混凝土搅拌设备、混凝土输送设备、混凝土振动器、钢筋加工机械等。

(7) 路面机械:用于处理和铺筑各种路面、机场跑道和广场平面的机械。包括沥青混凝土路面摊铺机、水泥混凝土路面摊铺机、沥青洒布机、路面铣刨机、稀浆封层机等。

(8) 石料开采加工机械:开采和加工石料的机械设备的统称。建筑中采用的石料有粒状石料和块状石料两类。粒状石料的开采机械有凿岩机、风镐等;粒状石料的加工机械有石料破碎机、筛分机等;块状石料的加工机械有劈石机、锯石机、石料磨光机等。

(9) 桥梁机械:桥梁施工中所用的机械。例如:架桥机等。

(10) 隧道机械:修建隧道所用的机械。包括隧道掘进机、凿岩台车、盾构设备等。

(11) 装修机械:对建筑物表面进行修饰和加工处理的机械。例如:抹灰机、涂料喷涂机、地面修正机、灰浆输送泵等。

(12) 铁道机械:用于铁路道砟、钢轨铺设和线路维护的机械。包括铺换钢轨机、道砟捣固机、焊轨机、线路检查车等。

二、工程机械的基本组成

工程机械基本组成如下:

(1) 动力装置:工程机械的动力源。目前,自行式工程机械(如铲土运输机械、挖掘机械等)多以柴油机为动力;固定式工程机械(如大型搅拌机、塔式起重机等)多以电动机为动力。

(2) 底盘:机架和行驶传动系、行走系、转向系、行驶制动系的总称。底盘是整机的支承,并能使整机以所需的速度和牵引力沿规定方向行驶。

(3) 工作装置:机械上直接去完成预期工作的部件。不同工程机械的工作装置,由于其工作对象、工作目的、工作原理的不同而不同。

三、工程机械的发展趋势

1. 向大型化、小型化和高精度发展

为了满足大型工程的需要,工程机械正在向大型化发展,其功率越来越大,生产率越来越高,作业速度越来越快;为了满足市政工程、农田建设等狭窄场地的作业需要,小巧、灵活、机动的小型机也越来越多;由于对作业质量要求的提高,高精度的工程机械也在快速发展。

2. 标准化、模块化

标准是政府主管部门对科学技术和经济领域中某些多次重复的事物给予公认的统一规定。标准化就是制定、贯彻、推广应用标准的活动。模块化是以功能分析为基础,把产品的各个部分制成可以互换的通用模块,用来组成基型产品和多变型产品。采用模块化技术设计的产品,许多部件都有数个功能有所差别的模块,这些模块相互组合,可以形成成百上千个品种。用户可以在这些品种中随意挑选自己满意的产品。每个模块的拆装十分方便,当某个模块发生故障时,用户可以容易地更换该模块。损坏的模块则可以交给专业人员修理。目前,在液压元件、发动机、驱动桥、搅拌设备等方面,模块化技术已有较大的发展。在推土机等行走式机械上也有应用。

3. 应用新技术实现自动化、智能化

将遥控技术、计算机控制技术、电子监控技术与液压气动技术相结合,提高机器的工作效能和生产率,开发高度自动化的机械。例如:实现装载机工作状态的自动监测和控制,实现平地机的激光找平自动控制;大型固定机械采用中央控制室,在室内控制机械作业;对在有毒、有危险环境下作业的工程机械进行无人驾驶作业。

4. 可靠、耐用,能在恶劣环境下工作

由于工程机械绝大多数情况下在野外作业,工作环境恶劣,其作业场地维修条件较差,因此大力提高产品的可靠性非常重要。目前,我国已经新开发出能在海拔4000m以上地区作业的高原特种工程机械。

5. 舒适、安全

改善操作人员的工作条件、提高驾驶机械安全性和舒适性,不仅关系到工作人员的健康、生命安全,而且也是提高生产率的重要手段。例如:采用各种安全保护装置确保安全,采用各种助力装置减少操纵力,对驾驶室进行隔振、安装空调等也是至关重要的。

6. 节能、环保

重视环境保护,将机械的振动、噪声、废气、粉尘减至最低限度。保护环境目前已是人类的共识,工程机械行业自然也不例外。

四、产品设计的一般步骤

1. 制定设计任务书

设计任务书是决策机构根据社会需要、发展趋势、本单位的条件等制定出来的。这是产品研制的第一步,也可以说是最重要的一步。因为这一决策是否正确,往往直接关系到企业未来的效益,甚至会影响该企业的命运。制定设计任务书时应该重点考虑以下几点:

- (1) 该产品是否是社会需要的,有市场前景的。
- (2) 开发该产品的资金是否足够。
- (3) 产品开发中的技术问题是否能够解决。
- (4) 本单位是否能够承担相应风险。

2. 确定工作原理

完成一件工作,经常有许多方法。例如:要提高地基的密实度,可以用轮子滚压,也可以重物冲击(夯实)。维修沥青路面时,旧路面可以在常温下直接铣刨,也可以先加热使其软化,然后铣刨。工作原理不同,设计出的产品当然不同。正式设计之前,要对几种可能原理认真分析比较,确定一个最适合于自己开发的工作原理。

3. 总体布置

机器的总体设计,就是根据工作原理的要求,本着简单、实用、可靠、经济、美观的原则,设计出一套能实现预期职能的装置。通常,把机器的几种可能方案按大体位置用简单符号画成机构运动简图;在这些机构运动简图中选出一个最为合理的方案作为进一步布置草图的依据。在布置草图时,要尽可能准确地估计各部件的大体尺寸、基本确定各主要部件的连接关系,同时,还要考虑大型构件的工艺性。在确定方案的全过程中,时时要考虑应符合国家的有关法令、政策、标准。

4. 部件方案设计

根据总体方案要求的各项性能指标进行部件方案设计。部件方案设计时,要多方案比较,并要考虑简单、实用、经济、美观。与总体布置不同的是,部件方案设计要考虑所有零件的主要尺寸、连接方式、工艺性,就是一个螺钉垫片也不能放过。如果做到这些确有困难,可以再设下一级部件。

5. 施工图设计

施工图设计也就是零件图设计。机器的制造是按零件图进行的,部件图上并未反映零件的倒角、圆角、退刀槽等细部结构,也没有零件的表面粗糙度、尺寸公差等加工要求,更谈不上

热处理等其他技术要求,这些均要在零件图上表达清楚。零件图上的任何错误,都可能影响整个机器的性能。因此,要一丝不苟地完成这项工作。

6. 图纸审核

图纸审核要求对所有的图纸(包括总装图、部件图、零件图)进行严格、仔细的审查,一个符号、一根线条也不能放过。特别要注意工艺难度大的零部件和所有构件之间的装配关系。图纸审核工作一般由参加设计的最有经验的工作人员担任。为了保证装配、调试工作顺利,对较复杂的机器最好重画总装配图。

7. 样机试制

机械产品由于结构复杂,运动件很多,设计中往往难以将所有问题考虑清楚。样机试制中可检验图纸的正确性。其主要工作内容包括:划分自制件、外协件和外购件,编排制造工艺,设计夹具、模具,制造安装等。

8. 试验鉴定

样机试制出来后,要经过技术检验,以全面检验所有零部件是否达到了设计要求;然后按照国家有关规定进行长时间工业性试验;最后经过有关部门检测合格后才能进行正式生产。

以上只是大体描述了产品的研制过程。产品研制过程的各阶段是相互联系的,不能截然分开。实际的研制过程是各步骤相互联系、相互影响、相互交叉、反复进行的。研制早期的反复核对往往对设计十分有利。设计过程中所有分析、计算都要随时整理、保存,为以后编制有关技术文件、处理问题、进一步改进提供依据。

不难看出,工程机械种类繁多,发展迅速,其底盘部分的新结构、新技术也在不断涌现,而且产品设计本来就是一个复杂细致的工作,仅通过本书做全面的介绍是不现实的。本书的宗旨是尽可能全面地叙述目前广泛使用的基本设计原理、设计方法和常用结构,同时展示近年出现的新技术。

【学习目标与要求】

掌握工程机械基本行驶理论,理解行走机构的运动学和动力学,掌握工程机械的行驶阻力、附着性能、动力性能、功率损失等主要指标,学会计算工程机械的牵引性能。

第一节 工程机械行驶原理

无论是轮胎式还是履带式的自行式工程机械,都是通过传动系将发动机动力传到轮胎或履带上,借助于它们与地面的相互作用产生驱动力 P_K 克服各种行驶阻力 P_f ,从而使工程机械行走的(图 1-1)。通常,将产生驱动力的车轮或链轮称为驱动轮,将不产生驱动力的车轮称为从动轮,从发动机传到驱动轮的力矩称为驱动力矩 M_K 。

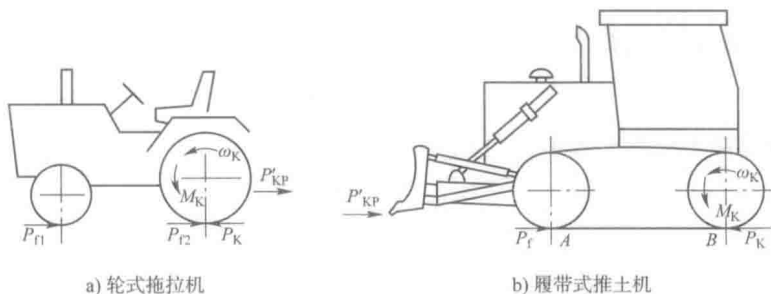


图 1-1 机械行走原理图

一、机械的行驶原理

1. 驱动力 P_K 、行驶阻力 P_f

在图 1-1a) 所示的轮式拖拉机在水平地面上等速行驶时的原理简图中,其后轮为驱动轮,前轮为从动轮。图中未画出拖拉机在垂直方向的受力(包括机器重量和地面对轮胎在垂直方

向的反力)。发动机输出转矩 M_e , 经过传动系传到驱动轮上, 成为作用于驱动轮的转矩为 M_K , 它产生一个对地面的圆周力 P'_K 。地面也同时产生一个作用于驱动轮上的反作用力 P_K , 这个反作用力 P_K 就是推动机械前进的驱动力, 驱动力 P_K 也可称为切线牵引力。图 1-1b) 为履带式推土机的受力情况。

轮式机械驱动力可按下式计算:

$$P_K = \frac{M_K}{r_d} = \eta_\Sigma \frac{M_e i_\Sigma}{r_d} \quad (1-1a)$$

式中: r_d ——轮式机器驱动轮的动力半径, 为车轮中心到驱动力 P_K 之间的距离;

η_Σ ——传动系统的效率, 对于机械传动即机械效率 η_Σ ; 对于液力机械传动, 应记入液力变矩器(或液力耦合器)的效率; 对于液压传动, 还应考虑液压系统的效率;

i_Σ ——传动系(从发动机到驱动轮)的总传动比。

履带式机械由于要考虑行走装置的效率, 通常将驱动力公式写成:

$$P_K = \eta_q \frac{M_K}{r_K} = \eta_q \eta_\Sigma \frac{M_e i_\Sigma}{r_K} \quad (1-1b)$$

式中: η_q ——履带驱动段的效率, 通常取 0.95 ~ 0.96;

r_K ——履带式机器驱动轮的动力半径, 可按式(1-10)计算。

机械向前行驶时, 还要克服车轮(或履带)所承受的行驶阻力 P_f 、机器所驱动的作业机械(例如: 挂车、推土铲等)所产生的牵引阻力 P'_{KP} 。对于有几个车轮(或履带)的机械, 行驶阻力 P_f 应该为所有车轮(或履带)所承受阻力的总和。例如, 对于图 1-1a) 所示的拖拉机, 其总行驶阻力 P_f 应该为前轮阻力 P_{f1} 与后轮阻力 P_{f2} 的合力。即:

$$P_f = P_{f1} + P_{f2} \quad (1-2)$$

从机械的所有驱动装置(驱动轮或履带)所产生的总驱动力 P_K 中, 减去该机械所有行走装置所承受的总行驶阻力 P_f , 就是整台机器可以对外输出的牵引力, 通常称为有效牵引力 P_{KP} 。由于有效牵引力通常是从机器后面的牵引钩(挂钩)上测得的, 有时也将有效牵引力称为挂钩牵引力。

图 1-1a) 所示拖拉机的有效牵引力 P_{KP} 按下式计算:

$$P_{KP} = P_K - P_{f1} - P_{f2}$$

图 1-1b) 所示推土机的有效牵引力 P_{KP} 按下式计算:

$$P_{KP} = P_K - P_f$$

2. 附着力 P_φ

机器的驱动力 P_K 不能用改变式(1-1)中参数的办法无限制增加, 它要受轮胎(履带)与地面之间的相互作用特性(即附着特性)的限制。在车轮(履带)条件与地面条件给定时, 存在一个机器所能产生的最大驱动力(即附着力) P_φ , 不管发动机传动系的参数怎样变化, P_K 是不能大于 P_φ 的。于是, 车辆在水平地面上行驶的充分必要条件可表示为:

$$P_\varphi \geq P_K \geq P_{KP} + P_f \quad (1-3)$$

由此可见, 要使行走式机器有较强的牵引能力, 除了要按式(1-1)的要求设计机器的内部参数外, 还应该设法增加机器的附着力 P_φ , 减小机器的行驶阻力 P_f 。

二、行走机构的运动学

1. 轮式行走机构运动学

驱动轮、从动轮产生运动的力学原因是不相同的,驱动轮是在驱动转矩 M_k 的作用下运动的,从动轮是靠作用于轮轴中心的水平推力运动的。

1) 车轮滚动的三种情况

车轮工作时,在负载的作用下会产生变形。为了便于讨论,下面我们忽略其变形,将车轮看作刚性轮进行研究。如图 1-2 所示,车轮有以下三种可能的运动情况。

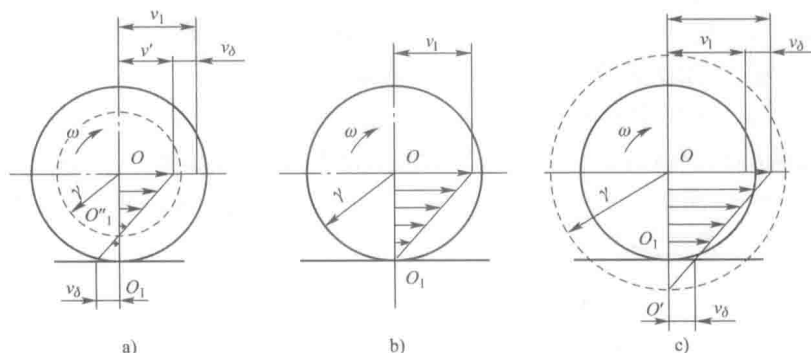


图 1-2 车轮运动的三种方式

(1) 纯滚动。如图 1-2b) 所示,车轮相对地面没有滑动,这时,接地点 O_1 的速度为零,车轮中心的速度 $v_1 = \overline{OO_1}\omega$ 。 O_1 为车轮的瞬时转动中心。

(2) 滚动时有滑移。图 1-2c) 为车轮在地面上做滑移时运动的情况,接地点 O_1 的速度不为零,而是有一个相对向前滑动速度 v_8 ,这样车轮中心的运动速度 $v = v_1 + v_8 = \overline{OO_1}\omega + v_8$,车轮的瞬时转动中心在 O_1 点的下方 O'_1 点。

(3) 滚动时有滑转。在图 1-2a) 中,车轮接地点 O_1 的速度也不为零,与前面不同的是,这时 O_1 有一个相对向后滑动速度 v_8 。这样车轮中心的运动速度 $v' = v_1 - v_8 = \overline{OO_1}\omega - v_8$,车轮的瞬时转动中心在 O_1 点的上方 O'_1 点。

实际上车轮很少有做纯滚动的情况,车辆在良好的水平地面上正常行驶时,其从动轮仅有少量的滑移,可以认为是在做纯滚动;驱动轮由于要克服行驶阻力,在做滑转运动;处于制动状态的车轮一般做滑移运动。

2) 行驶速度

(1) 理论行驶速度。车轮在地面上做无滑动的滚动时,其中心的平移速度为理论行驶速度。理论行驶速度 v_T 可按下式计算:

$$v_T = r_d \omega_k \quad (1-4)$$

(2) 实际行驶速度。当车轮在地面上做有滑动的滚动时,其中心的平移速度为实际行驶速度。实际行驶速度 v 可按下式计算:

$$v = r \omega_k \quad (1-5)$$

式中: r ——车轮的滚动半径(图 1-2)。

由图 1-2 可以看出,车轮的滚动半径 r 与车轮运行时的情况有关,也就是与机械的工作状

况有关。实际中它是一个变量,通常用试验的方法测定。

设机械走过的路程为 S , 这时驱动轮转过的圈数为 n_K , 则其滚动半径可以按下式求得:

$$r = \frac{S}{2\pi n_K} \quad (1-6)$$

3) 机器滑动特性的评价

(1) 滑转率 δ 。滑转率 δ 的定义为机器理论速度与实际速度之差对理论速度的比值。即:

$$\delta = \frac{v_T - v}{v_T} = \frac{r_d \omega_K - r \omega_K}{r_d \omega_K} = 1 - \frac{r}{r_d} \quad (1-7)$$

滑转率表示因滑转而损失的行驶速度的百分率。它的大小与路面状态、轮胎状态、车轮上的垂直载荷及轮胎所提供的驱动力大小有关。在地面条件和机器状态确定后, 机器的滑转率可以通过试验测定, 并绘制成随驱动力 P_{KP} 变化的曲线(图 1-3)。

(2) 滑移率 S 。利用滑转率衡量处于滑转状态的车轮(如驱动轮)的滑动情况比较方便。对于工作于滑移状态的车轮(如从动轮), 如果其滑移不太严重, 也可以利用式(1-7)计算滑转率, 这时的结果为一个负值。但对于严重滑移的车轮, 如车轮抱死制动时, 因其理论速度为零, 滑转率 δ 将不存在。为此, 我们定义滑移率 S :

$$S = \frac{v - v_T}{v} = \frac{r \omega_K - r_d \omega_K}{r \omega_K} = 1 - \frac{r_d}{r} \quad (1-8)$$

滑移率 S 主要用于衡量车轮在制动时的滑动情况。例如: 装有制动防抱死系统(ABS)的汽车, 通常将车轮的滑移率设计在 20% 左右, 因为这时的制动效能最好。

2. 履带式行走机构运动学

履带式行走机构(图 1-4)通常由驱动轮 5、张紧轮 1、支重轮 4、托链轮 2 以及台车架(图中未画出)组成。

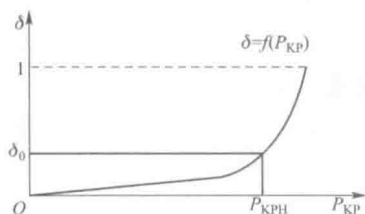


图 1-3 滑转率与牵引力的关系曲线

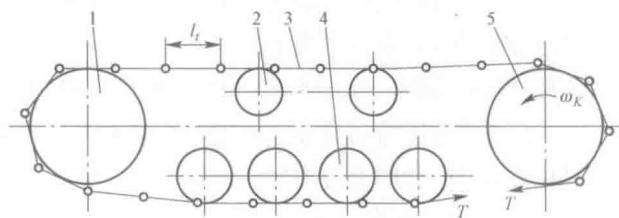


图 1-4 履带行走机构原理

1-张紧轮;2-托链轮;3-履带;4-支重轮;5-驱动轮

由于履带是由许多履带板铰接而成, 履带与链轮的相互运动关系实际上就是链条与链轮的运动关系。由链传动的原理可知, 在链轮角速度 ω_K 一定的条件下, 链条的线速度是不均匀的, 即履带式机器的行驶速度是不均匀的。实际做牵引性能计算时, 为了方便, 常做以下两点假设:

(1) 认为履带是一条挠性带, 且工作时其长度不变。

(2) 运动中履带相对于驱动轮、张紧轮、支重轮、托链轮都没有滑动。这样, 履带行走机构就可以简化为图 1-1b) 的形式。履带式机器的行驶速度 v_T 可以按下式计算。

$$v_T = r_K \omega_K \quad (1-9)$$

实际上履带在驱动轮上是一条折线。确定驱动轮动力半径时, 通常假想履带式机械在地面上匀速地做无滑动滚动。这样, 履带式机械驱动轮的动力半径 r_K 按下式计算: