

工程机械系列教材

工程机械总体 与工装设计

程建辉 主编

GONGCHENG JIXIE ZONGTI YU GONGZHUANG SHEJI



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书介绍了土力学基本知识、工程机械行驶理论、工程机械牵引性能以及推土机、挖掘机、装载机、平地机、铲运机五种工程机械的总体设计原则、设计方法以及工作装置的设计理论和方法。本书着重介绍与工程机械设计直接相关的设计原则和基本理论,对于相关的内容,如液压系统设计,零件强度计算等内容由于有专门的教材进行介绍,本书未做详细介绍。

本书内容系统、翔实、通俗易懂、实用性强,适用于工程机械类本、专科学生作为教材使用,也可供广大从事工程机械设计、研究、管理、维护及使用的工程技术人员以及相关人员的参考、使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械总体与工装设计 / 程建辉主编. —北京:
国防工业出版社, 2012. 6
工程机械系列教材
ISBN 978-7-118-07942-5

I. ①工... II. ①程... III. ①工程机械—教材 IV.
①TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 032970 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)

涿中印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 25 1/4 字数 582 千字
2012 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777
发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776
发行业务:(010)88540717

《工程机械系列教材》 编写委员会成员

主任委员 王耀华 龚烈航

副主任委员 高亚明 苏凡圉 周建钊

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 强 王占录 王新晴 李 均

陈六海 陈明宏 宋胜利 张梅军

赵建民 姬慧勇 鲁冬林 储伟俊

程建辉

本书编委会

主 编 程建辉

副 主 编 周建钊 李生义

编写人员 程建辉 周建钊 李生义 储伟俊

代菊英 张西洋 孙志鹏 刘蓬勃

前 言

为了适应工程机械教学形势的发展,由国防工业出版社和解放军理工大学共同组织编写了工程机械系列丛书,本书是其中的一册,主要介绍了工程机械设计相关的基本理论与基本方法。

全书包括两大部分:第一部分(土力学基本知识、工程机械的行驶理论和牵引计算)主要介绍了作业对象(土)的基本性质、轮式和履带式机械的行驶原理、行走装置的运动学和动力学、影响行驶阻力的因素、驱动轮的附着性能和行走效率、工程机械的牵引平衡和功率平衡、牵引性能参数的确定、牵引特性和动力特性。这部分内容是工程机械设计基础内容;第二部分是本书的重点,主要介绍了推土机、挖掘机、装载机、平地机、铲运机的总体参数的选择、主要总成形式的选择作业阻力计算方法、稳定性计算、工作装置结构设计和受力分析。

由于篇幅的限制,本书对于零件的强度计算和液压系统设计没有进行详细的介绍,读者可参阅相关的教材。

全书由解放军理工大学工程兵工程学院程建辉任主编,周建钊和李生义任副主编,储伟俊、代菊英、张西洋、孙志鹏、刘蓬勃参与了部分章节的编写。

本书可作为工程机械类本、专科教材,也可供从事工程机械设计、研究、管理、维护及使用的工程技术人员以及相关人员进行参考。

由于编者水平有限及时间仓促,书中错误之处在所难免,望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第0章 绪论	1
0.1 工程机械的用途与发展趋势	1
0.1.1 工程机械的用途	1
0.1.2 工程机械的发展趋势	1
0.2 工程机械的使用性能	2
0.2.1 牵引性	2
0.2.2 动力性	3
0.2.3 机动性	3
0.2.4 作业安全性	3
0.2.5 经济性	3
0.3 本课程的主要内容	3
0.3.1 土的基本性质	4
0.3.2 轮式和履带式工程机械行驶理论	4
0.3.3 工程机械的牵引性能	4
0.3.4 工程机械的总体设计	4
0.4 工程机械的设计方法与步骤	4
0.4.1 工程机械的设计	4
0.4.2 试制样机	6
0.4.3 试验鉴定	6
第1章 土的基本性质	7
1.1 土力学基本知识	7
1.1.1 极限平衡理论	8
1.1.2 土体达到极限平衡状态时,大小主应力之间的关系	10
1.1.3 挡土墙理论	11
1.2 土的切削理论与基本性质	13
1.2.1 切削阻力	13
1.2.2 土的其他物理机械性质	14
第2章 轮式机械的行驶理论	20
2.1 轮式机械行驶原理	20
2.2 轮胎运动学	21
2.2.1 轮胎滑转的理论分析	21
2.2.2 滑转效率的计算	23

2.3	轮胎动力学	24
2.3.1	静负荷作用下轮胎动力学	24
2.3.2	动负荷作用下轮胎动力学	25
2.4	影响滚动阻力的因素	27
2.4.1	轮胎变形的影响	27
2.4.2	路面条件的影响	28
2.4.3	行驶速度的影响	28
2.4.4	从动轮与主动轮的滚动阻力	28
2.5	驱动轮的滑转效率和附着性能	29
2.5.1	滑转效率	29
2.5.2	轮胎与路面之间的附着性能	29
2.6	轮式机械行走系的效率	30
第3章	履带式机械的行驶理论	32
3.1	履带式机械的行驶原理	32
3.2	履带式行驶系的运动学	32
3.3	履带式行驶系动力学	33
3.3.1	履带式机械驱动轮上的动力消耗	33
3.3.2	履带式行驶系的滚动阻力	35
3.3.3	履带式机械的等效力矩	36
3.4	影响行驶阻力的因素	37
3.4.1	外部行驶阻力的影响因素	37
3.4.2	影响行驶系各轴承、铰链中摩擦损失的因素——内部因素	38
3.5	履带式行驶系的附着性能及其影响因素	39
3.5.1	附着力和附着系数	39
3.5.2	影响附着性能的因素	42
3.6	履带式行驶系的效率	44
第4章	工程机械的牵引性能	45
4.1	牵引平衡和功率平衡	45
4.1.1	工程机械的牵引平衡方程——驱动力和阻力的计算	45
4.1.2	工程机械的功率平衡方程——有效牵引功率和牵引效率的计算	50
4.2	牵引性能参数的确定	54
4.2.1	机械传动时牵引性能参数的确定	54
4.2.2	液力机械传动时牵引性能参数的确定	65
4.3	牵引特性	69
4.3.1	理论牵引特性的绘制	71
4.3.2	试验牵引特性的测定	75
4.3.3	根据牵引特性曲线分析工程机械的牵引性能和燃料经济性	78
4.4	动力特性	85
4.4.1	速度性能	86

4.4.2	加速性能	86
4.4.3	爬坡能力	87
第5章	推土机设计	89
5.1	推土机用途、分类及发展概况	89
5.1.1	推土机用途	89
5.1.2	推土机分类	89
5.1.3	推土机发展概况	92
5.2	推土机总体设计	98
5.2.1	推土机总体性能	98
5.2.2	推土机选型及各总成结构的选择	100
5.2.3	推土机总体参数的选择	101
5.2.4	推土机总体布置	112
5.2.5	推土机作业阻力计算	113
5.2.6	推土机受力分析	117
5.2.7	推土机重心的合理布置	125
5.2.8	推土机稳定性计算	129
5.2.9	履带推土机变型为装载机	132
5.3	推土机工作装置设计	134
5.3.1	工作装置结构类型	134
5.3.2	工作装置主要参数及结构尺寸的确定	136
5.3.3	推土机工作装置强度计算	138
5.3.4	松土器设计	140
5.3.5	工作装置液压系统分析	152
第6章	挖掘机设计	158
6.1	概述	158
6.2	单斗液压挖掘机主要工作装置的结构和工作特点	160
6.2.1	反铲装置	160
6.2.2	正铲装置	162
6.2.3	装载装置	163
6.2.4	抓斗装置	163
6.2.5	起重装置	164
6.3	液压挖掘机的主要参数和选择	165
6.3.1	单斗液压挖掘机的主要参数	165
6.3.2	主要参数的选择	166
6.4	工作装置	173
6.4.1	结构方案	173
6.4.2	运动分析	182
6.4.3	挖掘力的概念及其计算方法	188
6.4.4	挖掘阻力分析	192

6.4.5	设计计算	194
6.4.6	设计合理性分析	212
6.5	转台平衡及配重的确定	218
6.6	单斗液压挖掘机的稳定性	221
6.6.1	作业稳定性	223
6.6.2	自身稳定性	225
6.6.3	行走稳定性	226
第7章	装载机设计	232
7.1	概述	232
7.1.1	装载机的用途、分类、编号及发展概况	232
7.1.2	装载机的作业方式和生产率计算	239
7.2	装载机的总体设计	242
7.2.1	装载机的选型	242
7.2.2	装载机各总成部件结构型式的选择	242
7.2.3	装载机总体参数的确定	255
7.3	装载机总体布置	263
7.3.1	总体布置草图基准面的选择	264
7.3.2	发动机和传动系的布置	264
7.3.3	铰接车架铰销和传动轴的布置	264
7.3.4	摆动桥的布置	265
7.3.5	工作装置布置	266
7.3.6	驾驶室的布置	267
7.3.7	操纵系、油箱及配重的布置	268
7.3.8	桥荷分配及压力中心的控制	268
7.4	装载机的稳定性	269
7.4.1	评价稳定性的指标	269
7.4.2	装载机重心位置的确定	271
7.4.3	纵向和横向稳定性	273
7.4.4	铰接式装载机转向稳定性	276
7.5	装载机的总体受力分析及轮胎的校核	278
7.5.1	装载机总体受力分析及作业阻力的计算	278
7.5.2	装载机轮胎的校核	284
7.6	装载机工作装置设计	286
7.6.1	工作装置的结构类型	286
7.6.2	工作装置结构设计	288
7.6.3	工作装置的限位机构	300
7.6.4	工作装置强度计算	301
7.6.5	工作装置油缸作用力的确定	304
7.7	装载机典型液压系统分析	305

7.7.1	工作装置液压系统分析	305
7.7.2	液压转向系统分析	308
7.7.3	工作装置液压系统的设计	310
第8章	平地机设计	313
8.1	平地机的用途及其发展现状	313
8.1.1	平地机的用途及现状	313
8.1.2	平地机的分类	315
8.2	平地机的总体设计	315
8.2.1	平地机的作业阻力计算	316
8.2.2	平地机总体参数选择	316
8.3	平地机工作装置设计	325
8.3.1	具有固定铰支点的操纵机构的设计	326
8.3.2	具有可变铰支点的操纵机构设计	327
8.4	平地机强度计算	329
8.4.1	传动件的计算	330
8.4.2	主机架的计算	331
8.4.3	牵引架的计算	335
8.5	典型液压系统分析	336
8.5.1	操纵系统	336
8.5.2	液力变矩器及第二液压操纵系统	338
第9章	铲运机设计	339
9.1	铲运机的用途、分类及其发展概况	339
9.1.1	用途	339
9.1.2	分类	339
9.1.3	铲运机的发展趋势概况	342
9.2	铲运机总体设计	344
9.2.1	铲运机基本参数的选择	344
9.2.2	铲运机铲装阻力的计算	347
9.2.3	铲运机受力分析	353
9.2.4	铲运机总体作用力的确定	362
9.2.5	牵引车和牵引回转装置上作用力的确定	365
9.2.6	铲运机的稳定性计算	366
9.2.7	铲运机生产率计算	368
9.3	铲运机工作装置设计	370
9.3.1	工作装置结构类型与设计要求	370
9.3.2	工作装置的结构类型与发展趋势	375
9.3.3	铲运机部件上作用力的确定和部件的强度计算	379
9.3.4	铲运机工作装置液压系统简介	387
9.4	链板装斗式铲运机的计算特点	388

9.4.1	确定链板装斗自行式铲运机的总重 G	388
9.4.2	有效载荷的确定	388
9.4.3	确定铲斗的几何容量	389
9.4.4	确定单轴牵引车与铲运机的桥荷分配	389
9.4.5	确定单轴牵引车的计算牵引力	389
9.4.6	确定额定有效牵引力 P_H	389
9.4.7	确定在牵引工况下的发动机功率 N_k	390
9.4.8	确定土屑断面面积 A_1	390
9.4.9	链板装斗式铲运机理论生产率的计算	390
9.4.10	确定升送机构链板的运动速度	391
9.4.11	链板升送机构功率 N_e 的确定	392
9.4.12	功率平衡方程式	392

第0章 绪论

0.1 工程机械的用途与发展趋势

0.1.1 工程机械的用途

工程机械是用于完成土石方作业一大类机械,它包括推土机、装载机、挖掘机、铲运机、平地机、压路机以及有多种工作装置的多用途工程车等几个重要的机种。工程机械主要用于土石方开挖、移动、装载、运输、平整和压实以及其他物料装载和搬运。由于工程机械的作业范围比较广,因此被广泛应用于建筑工程、水利工程、道路(机场、码头)构筑、矿山开采、大型农田改造和国防工程中。工程机械的广泛应用大大提高了工程进度和工程质量,使用工程机械进行作业,可大量减少施工人员,提高劳动生产率,在短促的工期内和有限的工作条件下完成大量的土石方工程。

有一些大型工程,对施工强度要求很高,如构筑大型水坝、抗洪抢险等,如果不依靠工程机械而是靠人力来完成,是不可想象的。有一些工程的施工环境非常恶劣,如高原、沙漠、严寒等人烟稀少的地区,这些工程对工程机械的依赖也很大。

在国防工程中,由于现代战争节奏的加快,用于战场准备和工程保障的时间越来越短。同时随着各种技术兵器的大量使用以及战争的破坏力不断增强,工程保障的任务也不断加大。在这样的背景下,现代战争对工程机械的依赖程度也越来越大。

工程机械的应用范围随着科学技术的不断发展而拓宽。在一些人员不易到达或者对人员有危险的环境中作业时,主要依靠特种工程机械。如在高温、低气压、易爆、水下等环境中作业时,依靠有线、无线控制或者按预先编制的程序自动作业的工程机械作业可以把操纵人员放置在安全的环境中,可以最大程度的减少恶劣环境对操纵人员的不良影响。在经济发达国家这方面的应用已经非常广泛。

综上所述,工程机械对于国家工农业生产、国防工程和基本设施建设有着密切的关系。大量使用工程机械进行施工对于加快施工进度、提高工程质量、提高工人工作条件、提高劳动生产率都有着很大的意义,因此它在现代经济生活中的作用已经变得非常重要。

0.1.2 工程机械的发展趋势

现代意义上的工程机械是随着蒸汽机的出现而出现的,同时随着其动力不断改进而发展。内燃机和液压技术的出现和发展使其内部构造和性能都有了很大的变化。

目前工程机械所采用的动力大部分是柴油机,虽然各国在动力选择方面进行了多年的研究,但由于经济价值、材料、结构及成本方面的原因,目前及今后一个时期内内燃机仍然是工程机械的首选动力。但是其性能会不断改进和完善,如提高热效率,增加输出功率;提高可靠性,减少故障;减少噪声和振动,进一步完善排气净化;高寒地区低温起动,防

冻措施,防橡胶及钢材低温变脆措施;热带地区热平衡及输出功率降低问题;沙漠地带的防尘措施;高原地区由于气压的降低而引起的输出功率下降的问题。总之,在今后一个时期内,工程机械的动力是向使用和制造更经济,效率更高,适应性更强,性能更好,结构更加可靠方向发展。

工程机械的发展与钢铁工业和汽车拖拉机工业的发展是分不开的。钢铁工业的发展为工程机械的发展提供了物质基础,汽车拖拉机工业的发展为工程机械的发展提供了技术基础。同时道路构筑、市政工程和其他基础设施建设对土石方工程提出了更多的要求,促使了工程机械在技术上和类型上都有了迅速的发展。

目前工程机械在技术上已经达到了比较完善的程度,液压技术得到了普遍的应用;先进的电子技术提高了产品的可靠性,易操纵性和作业性能;自动控制技术、激光技术、遥控技术在工程机械上也有了应用。由于不断地采用国内外的先进技术,产品的产量、质量、结构等方面都有了很大的进步。

工程机械今后的发展趋势有以下几个方面:

(1) 向大型和小型两个方向发展。

为了满足大型工程的需要,工程机械正向着大功率、大容量方向发展,以提高作业效率,加快工程进度,降低生产成本;同时为了适应市政工程和环境维护等小型工程的需要,小巧、灵活、多用途的工程机械也有了很大的发展。

(2) 采用新技术,提高自动化程度。

目前电子技术、计算机技术、激光技术在工程机械上有了广泛的应用,出现了自动控制和无人驾驶的工程机械,尤其是在危险、有毒和高温环境作业的工程机械。

(3) 提高可靠性和耐用性。

工程机械的作业条件比较恶劣,负荷性质特殊,超载和冲击时有发生,对发动机、底盘部件和工作装置的寿命及可靠性有很大的影响。一些特殊的自然环境如粉尘、高湿、严寒等都对工程机械的寿命和可靠性有很大的影响。这些方面的研究目前也比较多。

(4) 改善操纵性,提高舒适性。

改善操纵性,提高驾驶员的舒适性,减轻劳动强度是工程机械的重要发展方向,它也是提高劳动生产率的一个有力措施。例如,借助液压、电气和压缩空气等增力装置使操纵省力以及简化操纵。驾驶室设置空调装置,采取防尘隔振措施,座椅高低前后均可调整,以增加驾驶员的舒适性。

总之,工程机械向着大功率、高速度、高效率、低公害、自动化程度高、能量消耗少、使用周期长、安全舒适等方向发展。

0.2 工程机械的使用性能

工程机械使用性能的好坏,是检验设计是否合理的唯一标准,对工程机械来讲,其整机使用性能主要包括:牵引性、动力性、机动性、稳定性和经济性等。

0.2.1 牵引性

工程机械的牵引性,是反映在各种作业速度下能够发出的最大牵引力的性能。牵引

性直接影响着工程机械的作业能力与作业效率。牵引性能的好坏用牵引功率和牵引效率来评价,它表明了工程机械工作时发动机功率利用的有效程度,是一个重要的使用性能指标。

0.2.2 动力性

动力性是反映工程机械以不同挡位行驶时,所具有的加速性能以及所能达到的最大行驶速度和爬坡能力。动力性的指标用动力因数来评价。动力性直接影响着工程机械的生产效率。

0.2.3 机动性

机动性是反映工程机械直线行驶的稳定性和狭窄场地的转向和通过能力。机动性与操纵性有很大的关系,操纵性以最小转向半径来评价。机动性影响工程机械的适用程度。

0.2.4 作业安全性

作业安全性是一个非常重要的性能,任何一台机械如果没有安全作为保证,作业性能再先进也是不能使用的。作业安全性得不到保证轻者影响作业速度,重者会导致车毁人亡,在设计时一定要给予足够的重视。作业安全性包括稳定性和制动性能两个方面。

稳定性是表明工程机械作业或在坡道上行驶时抵抗纵向、横向倾翻和滑移的性能。工程机械的稳定性用稳定度来评价。

制动性能反映工程机械在各种行驶速度下停车的能力。主要以制动距离来评价。

0.2.5 经济性

经济性包括狭义的经济性和广义的经济性两种。

狭义的经济性是指工程机械在作业过程中燃料消耗是否经济合理。通常用发动机额定比油耗和发动机额定小时燃油耗两个指标来评价。

发动机额定比油耗即每千瓦小时所消耗燃料的克数。这个指标可以用来比较相同机种不同型号机械经济性的好坏;另一个是发动机额定小时燃油耗,即发动机每小时所消耗燃料的克数,这个指标可以用来核算作业成本,由于它包含着使用中各种因素的影响,因此不能作为评价不同型号机械经济性能好坏的指标。

广义的经济性是指工程机械从设计、生产、使用、维护、报废整个使用周期内使用费用。目前广义的经济性越来越受到人们的关注。

上述整机的各种使用性能,是由总体设计和各总成部件的设计共同来保证的,它涉及到正确的选用发动机功率;合理地选择总体参数、传动、转向、制动、行走各系统及工作装置的结构形式;各总成的合理匹配和布置等方面。

0.3 本课程的主要内容

本课程是工程机械类本科专业的一门主要的专业课程。它是在学习了基础课及内燃机、液压及液力传动、金属结构及热处理、工程机械底盘等专业基础课之后进行的后续

课程。

本课程的主要内容有下列五部分。

0.3.1 土的基本性质

介绍土力学的基本知识,例如,土的极限平衡理论、挡土墙理论、土的切削理论、土的物理机械性质及土的承载能力等。学习这部分,可以为学习工程机械设计,分析各种阻力的产生、大小影响因素及计算方法打下基础。

0.3.2 轮式和履带式工程机械行驶理论

研究轮式和履带式工程机械行驶系的运动学和动力学,分析行驶系的滚动阻力,介绍行驶系与路面间的附着性能及影响附着性能的各种因素,介绍减少滚动阻力以及改善附着性能的途径。

0.3.3 工程机械的牵引性能

研究工程机械运动时各种阻力的计算;驱动力和各阻力及驱动功率和各阻力所消耗的功率,它们对应的相互之间的平衡关系;分析并确定传动系基本参数及其合理的匹配;介绍牵引特性和动力特性曲线的绘制方法,并通过这些特性曲线分析所设计的工程机械的牵引性能、动力性能及燃料经济性。

0.3.4 工程机械的总体设计

研究并确定工程机械作业时的各种阻力,确定总体参数并分析各种参数对整机性能的影响,选择各总成的结构形式并进行合理的布置,进行总体受力分析,分析工作装置的结构类型,确定其结构尺寸,并进行强度计算。通过学习使学生树立正确的设计思想,掌握总体设计与工作装置强度计算的要领,为毕业后从事工程机械研究、设计打下良好的基础。

0.4 工程机械的设计方法与步骤

工程机械每个机种在批量生产以前,都要经过图纸设计、样机试制和试验鉴定三个阶段。

0.4.1 工程机械的设计

工程机械的设计程序大致如下。

1. 研究设计任务,制定设计原则

上级机关或使用部门根据任务的需要,提出新型工程机械的设计任务,或根据现有机械的使用情况,提出改进设计。设计部门要成立专门的设计小组,根据设计任务书对作业场地和加工制造条件等进行深入细致的研究,征求使用部门的意见,在广泛深入调查的基础上确定机械的设计原则,即当各种使用性能发生矛盾时,应服从哪一种使用性能等。这样制定的设计原则是以后设计中确定各总成部件的结构和布置方案时的唯一准则。例

如,为了改善驾驶员的劳动条件和保证作业和行车安全,在中型以上的工程机械上,操纵机构都采用各种助力装置;安全通风及保暖的驾驶室;互锁装置及各种警报器等。总之,在深入调查研究的基础上,吸取国外的先进技术,并结合我国的实际情况,发挥设计人员的智慧制定出正确合理的设计原则,从而使以后的整机设计具有正确的方向。

2. 编制设计任务书

为了使设计的机械反映当前国际先进水平和密切结合我国的实际情况,使设计工作建立在可靠的基础上,在制定设计任务书之前要作以下准备工作。

(1) 从国内外同类型机械中选择几台经过实践证明适合我国具体情况,并且比较先进的作为参考样机,对其主要性能进行试验,对各总成部件的结构进行分析。

(2) 收集国内外同类型机械的资料,做出其主要参数及各总成形式的统计表,进行分析比较。

在上述工作基础上,根据所设计机械的主要用途,作业条件和使用部门意见,经过认真的分析和计算,初步确定其主要参数及各总成的形式,写在设计任务书中。

设计任务书是选型的书面总结,是技术设计的指导性文件,其内容应包括:机械的类型、主要参数、各总成结构形式、方案选择的依据、简要说明等。

实践证明,正确的设计任务书可以使设计工作具有明确的目的和正确的方向。反之,如果设计任务书编制不当,它会给设计工作带来大量的返工。因此,编制设计任务书要慎重、要考虑全面。

3. 草图设计

在技术任务书确定之后,根据初步确定的轴距、轮距及各总成的结构形式进行草图设计。草图设计要绘制传动系统和液压系统图,根据所确定的参数,参考同类型机械画出总体布置和各总成部件的草图,通过具体的布置,初步确定各总成的相互位置及固定方法。

在草图设计的基础上,利用初步估算的各部件的重量,计算重心位置,验算桥荷分配及压力中心,初步确定轮胎及履带尺寸;根据自重、桥荷分配或压力中心及保证机械行驶和作业稳定性等方面的要求,最后确定轴距、轮距或轨距和履带接地长度及宽度等。然后进行牵引、动力特性曲线的绘制、分析所设计机械的牵引性能、动力性能及经济性,并进行稳定性验算。

为了达到理想的效果,草图设计常常是多种方案同时进行,对这些方案进行全面的分析与比较,最后择优选取作为技术设计的依据。

4. 技术设计

技术设计包括整机总图和各总成部件图的设计,是草图设计的具体化。根据总体布置草图绘制整机总图,在此图上确定与整机尺寸有关的各总成的主要尺寸,并提出对各总成尺寸重量方面的具体要求。部件设计根据总体布置的要求和已确定的部件形式结合该部件的受力情况,使用特点及相关部件的尺寸等进行总成部件的总图设计,确定主要零件的结构尺寸。

各总成部件图设计完后,把它们据实画在总图上,进行仔细的校对和审查,以便及时发现和纠正绘图和设计中的错误,解决部件与部件及部件与整机之间的矛盾,并对相对运动的零、部件的运动轨迹进行校核,防止干涉。

在此过程中对牵引、制动、稳定及作业等性能进行详细的分析与计算,并对主要零件

进行强度计算,分析和计算动力特性,以确定所设计机械的动力特性指标。

5. 工作图设计

工作图设计包括绘制全套的图纸,并编制全部技术文件,绘制工作图应使其在满足产品使用性能及质量要求的前提下,尽量简化零件的形状,降低技术要求,减少材料消耗,以降低制造成本。

新产品的的设计质量最终体现在零件图上,任何一个零件如果在设计中产生错误,都会影响整机的性能或给试制工作带来麻烦。因此,设计者必须有高度的责任感,仔细校核所设计的零件图,力求在图纸上发现并消除错误,并合理正确的提出制造精度和技术条件。

在设计时要贯彻标准化、通用化和系列化,尤其是相同机种、相同系列的产品更应如此,这样不仅使加工制造简化,便于组织批量生产,降低成本,而且给使用和维修配套带来方便。

在设计过程中,设计、工艺和供销三方面的人员也要紧密配合。设计人员要主动和工艺、供销人员联系,以便提高产品的工艺性,更好的进行外购件、外协件的准备工作。只有这样的密切协作,才能提高产品的质量和加快试制速度。

在设计工程机械时通常采用相似原理的方法。所谓相似原理就是根据其主要参数按照一定的比例关系放大或缩小。但根据相似原理设计的机械越是大型化,要保持强度、刚度、热平衡便越困难。因为根据相似原理,材料所发生的应力和挠度是分别按重量的 $1/3$ 和 $2/3$ 次方的比例增加。解决的办法通常有二:一是采用高级材料提高其强度和刚度;二是采用非相似的结构设计,即复杂的结构用电子计算机进行解析,通过有限单元法进行强度计算,这样会使设计计算迅速和准确。

0.4.2 试制样机

样机试制的目的是通过生产实践来验证和考察设计图纸的正确性。其主要工作包括:划分加工件、协作件和外购件;编制试制工艺文件;设计和制造试制所必须的工艺装备;进行零件加工和部件装配及总装。

0.4.3 试验鉴定

样机试制出来后,要进行技术检查,全面检查零件的加工和部件的装配是否符合设计要求,检查合格后要按照国家规定进行长时间的工业性试验,以考察机械设计是否正确,结构性能是否先进。在试验期间要作详细的记录,发现问题及时修正。样机进行严格的试验后进行技术鉴定,以检查各机件性能有无改变、是否达到设计要求以及磨损情况等。如果样机鉴定认为满意,则可交付生产。

第 1 章 土的基本性质

工程机械与土的关系极为密切,如图 1-1 所示推土机的作业一方面土是推土机的作业对象;另一方面土又是推土机的支承物,推土机依靠土给它的反作用力(牵引力)来加工土自己本身,这种密切关系中有三方面问题是设计工程机械时所必须考虑的,并且要解决好:

(1) 土要能够支持住机械,使它在作业过程中不下陷——有良好的通过性。

(2) 车辆的行驶系在相应的路面上能够充分发挥出牵引力。

(3) 合理确定工作装置的结构及参数以便尽可能降低土的切削阻力,以获得良好的作业效率。

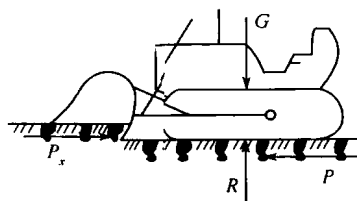


图 1-1 推土机与土的相互关系

我们的目的是设计出性能优良的工程机械。性

能优良的含意除上述三点之外,还有结构先进、强度和刚度好、重量轻、优良的动力经济性、操纵性和成本低等。要满足这些要求,仅仅具备机械设计的知识是不够的,还要具备土力学、土与行走机械和工作装置的相互关系的知识,要求设计者具有更广泛的知识面。

1.1 土力学基本知识

工程机械的行驶系和工作装置都要与土发生作用,土的性质对机械的性能发挥有很大的影响。从土的明显的性质上的差别来看,一般把土分成如下两大类:

无黏性土——也称作摩擦性土,在土的颗粒之间无黏性、没有黏聚力存在,如干砂、砂质土等;

黏性土——在土的颗粒之间有黏性,即有黏聚力存在,如黏土。

试验已经证明,无论是哪种土体,在受到外力作用后都是在剪应力的作用下发生破坏的。对于无黏性土,剪切面上的极限剪应力 τ' 与法向应力成正比,符合库伦摩擦定律(图 1-2):

$$\tau' = \mu_2 \sigma = \sigma \cdot \tan \phi \quad (\text{MPa}) \quad (1-1)$$

式中 μ_2 ——土的内摩擦系数(表 1-5);

ϕ ——土的内摩擦角, $\mu_2 = \tan \phi$ 。

对于黏性土,极限剪应力不仅与法向应力 σ 有关,而且与其黏性[黏聚力 c (MPa)——如表 1-7 所列]有关:

$$\tau' = c + \sigma \tan \phi \quad (\text{MPa}) \quad (1-2)$$