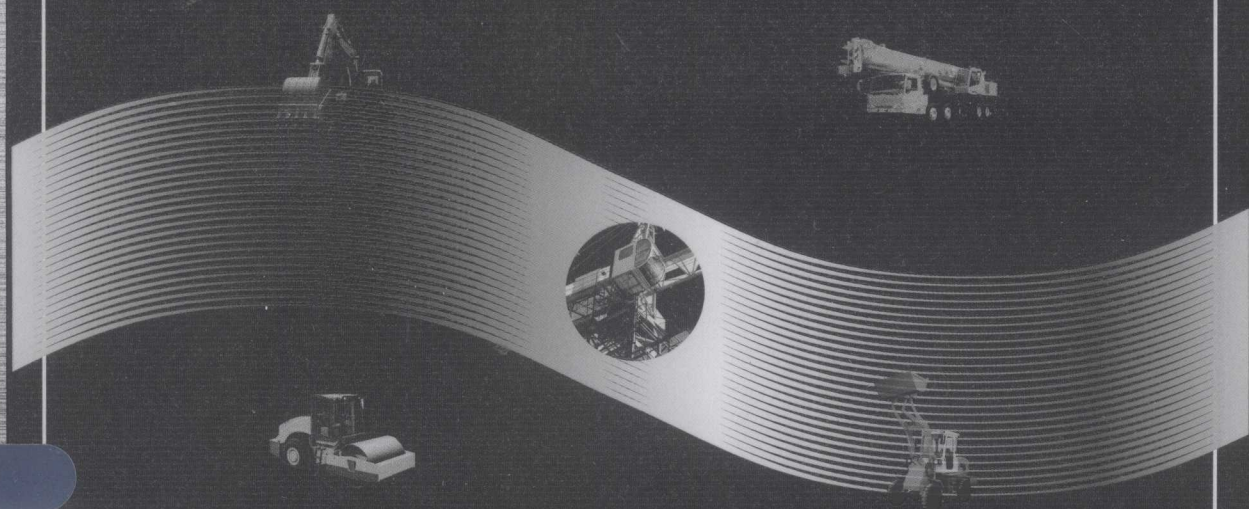




现代工程机械设计 技术及应用

XIANDAI GONGCHENG JIXIE SHEJI
JISHU JI YINGYONG



秦四成 编著



化学工业出版社

014013206

TU602
08

现代工程机械设计 技术及应用

XIANDAI GONGCHENG JIXIE SHEJI
JISHU JI YINGYONG



秦四成 编著



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1700457

TU602
08

014013508

本书系统论述了现代工程机械设计的基本内容和基本方法,内容包括:工程机械现代技术概述与总体设计、工程机械发动机选型及其现代技术、工程机械行驶理论与牵引性能、工程机械传动系统设计与分析、工程机械制动系统和转向系统设计、80 型轮式装载机动力系统工作特性研究、工作装置现代设计、工程机械人-机-环境系统设计、工程机械造型设计、工程机械系统热平衡技术,对现代设计理论和方法在工程机械设计中的具体应用作了比较详细的介绍,使读者能对工程机械整机设计有一个系统、全面的学习和了解。

本书也可供从事工程机械设计、研究、生产、制造、销售服务等工程技术人员参考,可作为高等学校机械工程类相关专业课程的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代工程机械设计技术及应用/秦四成编著.
北京:化学工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-122-15752-2

I. ①现… II. ①秦… III. ①工程机械-机械设计 IV. ①TU602

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 258784 号

责任编辑:张兴辉
责任校对:徐贞珍

文字编辑:项 激
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张 21 $\frac{1}{4}$ 字数 561 千字 2014 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:88.00 元

版权所有 违者必究

前 言

吉林大学工程机械专业教学队伍经历数十年在该领域的教学和科研实践,在国内工程机械行业中享有一定的知名度和影响力,具有明显的学科专业优势和办学特色,是国内工程机械专业人才的培养基地、工程机械行业的技术依托,承担了国家工程机械行业的国家攻关项目、国家自然科学基金项目、国家“863”项目。工程机械设计课程为机械工程类专业课程,现有相关教材多是二十世纪八十年代初出版的,并多限于工程机械单机种的设计,对工程机械共性的设计理论和方法介绍的相对较少,难以满足工程机械专业教学要求,急需提供专业教学的教科书。

国内工程机械行业在国民经济中占据较重要的地位,从业人员很多,也急需具有较新设计理论和方法的专业参考书。

本书较全面地阐述了工程机械设计理论和设计方法,揭示工程机械设计中的内在矛盾和规律,反映现代工程机械先进技术和研究成果,以促进和推动工程机械设计水平的提高。本书内容包括:工程机械现代技术概述与总体设计、工程机械发动机选型及其现代技术、工程机械行驶理论与牵引性能、工程机械传动系统设计与分析、工程机械制动系统和转向系统设计、80型轮式装载机动力系统工作特性研究、工作装置现代设计、工程机械人-机-环境系统设计、工程机械造型设计、工程机械系统热平衡技术,对工程机械整机设计内容均作了系统描述。

本书兼顾高等学校本科阶段专业教学的要求,由于学时的限制,教材内容的安排上力求精练工程机械设计理论的主要内容,而对工程机械构造和工作原理、主要零件的设计理论等内容由相关配套的课程予以讲解,以形成系统的专业教学体系。此点,对参考本书的工程机械行业的读者或许有些不便,望予以谅解。

考虑到工程机械品种繁多,各机型又有特殊之处,本书本着突出共性、照顾特殊性的思路,注意了和其他相关课程的衔接,着重介绍工程机械各主要系统的基本设计理论和现代成熟的设计方法。

本书为高等学校机械工程类专业教科书,尤其适用于工程机械、工程车辆专业方向的专业教学,也可作为相关专业的教学参考书,并可供有关工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到了吉林大学机械科学与工程学院的相关老师给予了大力协助,在此表示感谢!

本书得到国家科技支撑计划课题——面向节能与安全的集成智能化工程机械装备研发(课题编号:2013BAF07B04)的资助,同时得到吉林大学本科“十二五”规划教材的资助。

限于编著者水平,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 工程机械现代技术概述与总体设计	1
1.1 工程机械现代设计技术概述	1
1.1.1 非公路用机动设备柴油机现代技术	1
1.1.2 工程机械现代液压技术发展	1
1.1.3 工程机械现代动力传动技术发展	2
1.1.4 工程机械现代多体动力学技术发展	2
1.2 工程机械总体设计	3
1.2.1 工程机械的使用性能	3
1.2.2 工程机械设计过程	4
1.2.3 工程机械总布置	7
1.2.4 工程机械 CAD 技术简介	10
第 2 章 工程机械发动机选型及其现代技术	11
2.1 发动机的基本性能	11
2.1.1 动力性	11
2.1.2 经济性	11
2.1.3 振动与噪声	12
2.1.4 可靠性与耐久性	12
2.1.5 排气净化	12
2.1.6 启动性能	13
2.2 工程机械发动机的选型	13
2.2.1 发动机基本形式的选择	13
2.2.2 发动机主要性能指标的选择	14
2.3 工程机械发动机辅助系统设计	15
2.3.1 空气滤清器	15
2.3.2 消声器	16
2.3.3 散热器的选择与安装	16
2.3.4 风冷发动机冷却系统安装要求	18
2.3.5 发动机运转状态监测	18
2.3.6 发动机润滑油	18
2.4 发动机悬置系统设计	19
2.4.1 悬置设计要求	19
2.4.2 悬置系统激振源	19
2.4.3 悬置系统的布置	20
2.4.4 悬置软垫设计	21

2.4.5	发动机飞轮壳结合面静态弯矩的校核	21
2.5	工程机械用柴油机现代技术概述	22
2.5.1	现代柴油机系统仿真模型	22
2.5.2	现代柴油机关键系统	22
2.5.3	现代柴油机技术的发展方向	26
2.6	工程机械用柴油机排放技术	27
2.6.1	柴油机排放物	27
2.6.2	柴油机排放法规与实施	27
2.6.3	欧美第三阶段排放解决方案	29
2.6.4	欧美第四阶段排放解决方案	30
2.6.5	排放技术今后的发展	32
第3章	工程机械行驶理论与牵引性能	33
3.1	土壤的物理性质	33
3.1.1	土壤切应力与剪切变形的关系	33
3.1.2	土壤的切削理论	34
3.1.3	土壤的其他物理性质	35
3.2	轮式工程机械行驶理论	37
3.2.1	概述	37
3.2.2	轮胎的选定	38
3.2.3	轮胎运动学	39
3.2.4	轮胎动力学	40
3.2.5	影响滚动阻力的因素	42
3.2.6	驱动轮的滑转效率与附着性能	42
3.2.7	轮式工程机械行驶效率	44
3.3	履带式工程机械的行驶理论	45
3.3.1	履带式工程机械行驶机构组成	45
3.3.2	履带式工程机械行驶原理	46
3.3.3	履带行驶机构运动学	46
3.3.4	履带行驶机构动力学	47
3.3.5	履带行驶机构的附着性能及其影响因素	49
3.3.6	履带行走机构的效率	49
3.4	工程机械牵引性能	50
3.4.1	牵引力平衡	50
3.4.2	牵引功率平衡	51
3.4.3	牵引特性	53
第4章	工程机械传动系统设计与分析	56
4.1	传动系统设计概述	56
4.1.1	传动系统的功用	56
4.1.2	传动系统类型	56
4.1.3	传动系统传动比确定	59

4.2	主离合器和液力变矩器设计	62
4.2.1	主离合器的设计要求和选型	62
4.2.2	主离合器主要参数的确定	63
4.2.3	主离合器的设计	65
4.2.4	液力变矩器的结构和工作原理	66
4.2.5	液力变矩器的特性	66
4.2.6	液力变矩器与发动机共同工作的输入特性	69
4.2.7	液力变矩器与发动机共同工作的输出特性	73
4.2.8	液力变矩器与发动机的合理匹配	74
4.2.9	液力变矩器的选型	77
4.3	变速箱设计与分析	78
4.3.1	机械式变速箱	78
4.3.2	定轴式动力换挡变速箱	82
4.3.3	行星式动力换挡变速箱	85
4.3.4	行星变速箱工作特性分析	89
4.4	传动轴和驱动桥设计	104
4.4.1	传动轴	104
4.4.2	轮式驱动桥	106
4.4.3	履带式驱动桥	107
第5章	工程机械制动系统和转向系统设计	109
5.1	制动系统概述	109
5.2	制动器的结构形式选择	110
5.2.1	鼓式制动器的结构形式及选择	110
5.2.2	盘式制动器的结构形式及选择	111
5.3	制动系统主要参数及其选择	112
5.3.1	制动力与制动力分配系数	112
5.3.2	同步附着系数	114
5.4	转向系统概述	115
5.4.1	转向系统的基本要求	115
5.4.2	转向方式的分析和选择	115
5.4.3	动力转向系统设计要求	116
5.5	铰接式转向系统设计	117
5.5.1	铰接式转向的特点	117
5.5.2	铰接式转向运动分析	117
5.5.3	铰接式转向动力分析	119
5.5.4	转向液压缸铰点位置设计	120
5.5.5	铰接式全液压转向系统	121
第6章	轮式装载机动力系统工作特性研究	122
6.1	80型轮式装载机动力系统模型	122
6.1.1	发动机模型	124

6.1.2	液力变矩器模型	125
6.1.3	变速箱-驱动桥模型	126
6.1.4	变速箱换挡离合器模型	130
6.1.5	车体运动模型	131
6.1.6	湿式制动器模型	132
6.1.7	变速液压泵模型	133
6.1.8	工作液压泵模型	133
6.1.9	转向液压泵模型	135
6.1.10	辅助液压泵模型	136
6.2	80 型轮式装载机动力系统行驶工作特性研究	136
6.2.1	起步过程动力系统工作特性	136
6.2.2	高速行驶动力系统工作特性	141
6.3	80 型轮式装载机动力系统铲装作业工作特性研究	147
6.3.1	全油门“KD”换挡方式铲装作业分析	147
6.3.2	全油门非“KD”方式铲装作业	150
6.3.3	部分油门“KD”方式铲装作业	154
6.3.4	不同方式铲装作业动力系统工作性能对比分析	157
6.4	轮式装载机限滑差速系统行驶驱动性能研究	158
6.4.1	限滑差速器简介	159
6.4.2	限滑差速系统工作原理及模型建立	159
6.4.3	限滑差速器性能评价参数	163
6.4.4	整车重心变化规律	165
6.4.5	带限滑差速器装载机驱动性能分析	166
第 7 章 工作装置现代设计		175
7.1	工作装置机构设计	175
7.1.1	工作装置设计要求	175
7.1.2	铲斗设计	175
7.1.3	工作装置连杆机构设计	177
7.2	工作装置结构有限元分析	181
7.2.1	有限元法分析基本流程	181
7.2.2	基于整机结构的有限元分析	183
7.2.3	整体结构多体系统分析	185
7.2.4	整体结构有限元分析	190
7.3	轮式装载机液压系统设计与分析	203
7.3.1	工作装置液压系统的组成和性能要求	203
7.3.2	工作装置液压系统工作特性与能耗分析	203
7.3.3	转向液压系统工作特性与能耗分析	214
7.3.4	装载机液压系统改进研究	229
第 8 章 工程机械人-机-环境系统设计		233
8.1	概述	233

8.2	工程机械噪声控制	233
8.2.1	工程机械噪声源	234
8.2.2	工程机械噪声传播途径	235
8.2.3	工程机械的噪声控制	235
8.3	工程机械驾驶室宜人化气候环境	237
8.3.1	驾驶室通风	238
8.3.2	驾驶室采暖	238
8.3.3	驾驶室制冷	238
8.3.4	驾驶室的隔热与密封	238
8.4	振动压路机乘坐舒适性	239
8.4.1	振动压路机整机动力学模型	239
8.4.2	振动压路机振实作业工况乘坐舒适性	241
8.4.3	振动压路机转场行驶工况乘坐舒适性	243
8.5	轮式装载机整车结构系统动力学研究	245
8.5.1	液压缸动态特性分析	245
8.5.2	装载机整车结构系统虚拟样机模型	250
8.5.3	装载机整车结构系统多体动力学分析	251
8.5.4	装载机行驶稳定系统分析	264
第9章	工程机械造型设计	268
9.1	概述	268
9.1.1	工程机械造型设计的任务	268
9.1.2	工程机械驾驶室造型设计	269
9.1.3	发动机罩造型设计	272
9.2	驾驶室内部件人机工程设计	273
9.2.1	人体尺寸的测量	273
9.2.2	人体模型	273
9.2.3	座椅设计	274
9.2.4	驾驶室内操纵器的设计	276
9.2.5	仪表板的设计	279
9.3	驾驶室内部布置工具	281
9.3.1	最佳 H 点的分析和应用	281
9.3.2	眼椭圆	283
9.3.3	头部转动点 (P) 和眼点 (E)	284
9.3.4	驾驶员的头廓包络线	285
9.3.5	驾驶员膝部位置曲线	285
9.3.6	驾驶员腹部位置曲线	286
9.3.7	驾驶员手伸及界面	286
9.4	装载机驾驶室作业空间设计	287
9.4.1	装载机驾驶室作业空间设计概述	287
9.4.2	方向盘的布置	289

9.4.3	仪表板的布置	290
9.4.4	工作装置操纵杆的布置	292
9.4.5	转向灯、雨刷器等组合开关和行走装置变速杆的布置	292
9.4.6	其他手控操纵器的布置	293
9.5	装载机驾驶室人机工程学仿真	293
9.5.1	视野仿真	293
9.5.2	驾驶坐姿仿真	294
9.5.3	驾驶员手伸及界面仿真	299
9.5.4	装载机驾驶室色彩设计	299
9.6	工程机械色彩设计	301
9.6.1	工程机械色彩设计应遵循的设计原则	301
9.6.2	装载机整车色彩设计	302
第 10 章	工程机械系统热平衡技术	304
10.1	发动机燃烧放热和冷却计算	304
10.1.1	发动机放热量计算	304
10.1.2	发动机传给冷却液热量	305
10.1.3	废气带走热量	305
10.1.4	机体散热	305
10.1.5	风扇的主要性能参数	306
10.1.6	发动机能量去向分析	306
10.2	液力变矩器工作热特性分析	307
10.2.1	液力变矩器的能量损失	307
10.2.2	液力变矩器工作热特性	308
10.3	装载机液压系统能耗分析	309
10.3.1	I 形铲装工况液压系统能耗分析	309
10.3.2	液压系统传热分析	311
10.3.3	多种作业方式液压系统热特征	313
10.4	车辆散热器性能	316
10.4.1	车辆散热器简介	317
10.4.2	波纹翅片换热机理	317
10.4.3	散热器数值模型的建立	319
10.4.4	散热器波纹翅片结构参数分析	323
10.5	装载机动力舱换热特性分析	326
10.5.1	动力舱物理模型建立	327
10.5.2	动力舱换热性能分析	328
10.5.3	动力舱改进分析	331
参考文献		334

第1章 工程机械现代技术 概述与总体设计

1.1 工程机械现代设计技术概述

工程机械是现代建设工程施工的主要机械装备,其现代技术的应用体现着当代机电液技术的发展,是现代车辆先进技术集成的统一体。

1.1.1 非公路用机动设备柴油机现代技术

非公路用机动设备柴油机现代技术研究体现在以下几方面。

① 在相同功率条件下,减小柴油机结构尺寸:由于电控技术的发展与应用,使柴油机的工作效率得到很大提高,在相同功率等级下,可减小柴油机的结构体积与重量。

② 清洁燃烧技术:在电控系统控制下,先进的燃油喷射系统与进气增压系统、废气再循环系统相结合,提高柴油燃烧品质,降低燃烧废气排放物污染指标,使柴油机燃烧更加清洁。

③ 颗粒滤清技术:由于柴油机排放标准对颗粒物排放的限制更加严格,主动再生柴油机颗粒物滤清技术是满足标准要求而采用的新技术,涉及对滤清器反压力、再生现象、滤清器温度的控制。

④ 氮氧化物后处理技术:采用基础金属氧化物和贵金属涂层的复合物来有效控制氮氧化物,该技术是满足一定条件的集成系统,满足使用的可靠性与成本的要求。

随着科学技术的发展,要求现代柴油机能够利用先进的电子控制功能,针对非公路用机动设备车辆系统控制要求,在现代柴油机系统仿真模型的基础上,定制最佳动力曲线,调整额定功率,并根据工况、负载、温度、海拔等使用要求,制订经济高效的动力储备方案,实现柴油机与车辆系统的完美匹配。

1.1.2 工程机械现代液压技术发展

液压技术是流体传动及控制的重要分支,是工程机械主要动力传动与执行系统。现代液压技术的发展主要体现在以下几方面。

① 工作油液的品质提升:工程机械所使用的液压油受使用条件的限制,不仅考虑到通用的黏度性能及力学性能,还要考虑到液体对环境的影响,通过液压油微生物的降解性能减少对环境的影响。

② 静液压传动技术的普遍应用:因其传动效率比液力机械传动高,功率在70kW以下的小型工程机械都采用静液压传动,方便地实现各种功能控制。静液压传动的无磨损性,减少了系统维护保养,提高了系统可靠性。

③ 发动机-液压泵-马达系统的电子控制得到较好的发展,使得发动机输出动力与负载较好地匹配,在满足各种性能指标的情况下尽可能提高工程机械的牵引性能,达到高效节能目的。

④ 负荷传感变量技术在液压系统中的广泛运用:采用负荷传感控制系统,变量轴向柱塞泵及带有梭阀信号反馈的多路阀组成信号反馈系统,在工作负载范围内,实现流量的基本稳定,液压泵始终输出和负载相适应的压力和流量,保证了合理的功率匹配,使液压油的温升降低,能耗特性得以改善,从而实现系统的节能。

⑤ 电液比例控制系统的大量应用:工程机械液压系统操作控制采用电液比例控制系统,

有效地提高了作业效率,减轻了操作者的劳动强度。

针对工程机械不同主机的不同系统,利用现代计算机技术、电子技术、控制技术,使工程机械液压技术的发展向燃油经济性和作业高效性发展,实现能量最大程度的利用,达到节能减排的目的。

1.1.3 工程机械现代动力传动技术发展

工程机械动力传动系统现代研究的关键技术与热点问题主要集中在以下两方面。

(1) 发动机与液力变矩器的动力匹配技术

由于柴油发动机具有热效率高、油耗低、燃料经济性好、价格便宜、成本较低、工作可靠等一系列优点,在相当长的时期内,仍将作为工程机械的动力输出装置。工程机械的传动系统较多采用液力-机械传动,液力变矩器与发动机特性之间存在相互制约关系,保证发动机功率充分利用,工程机械牵引性能得到满足,液力-机械传动优点得以发挥,共同工作能获得最佳效果。

(2) 工程机械自动变速技术

工程机械自动变速技术提高整机使用效率及作业质量,改善整机使用性能,减轻驾驶员劳动强度,工程机械自动变速技术研究是动力系统机电液一体化研究的主要内容。卡特彼勒公司开发的动力系统设计和分析的 DynastyTM 程序包,用于模拟动力系统实际的工作环境,对整机动力系统动力分配进行合理优化,模型参数是卡特彼勒公司专有的通过试验验证获得,具有很高的精度。

如何以较低的发动机燃油消耗实现较高作业效率,即经济性与动力性的最佳组合,成为未来工程机械动力系统研究的主要方向。

工程机械动力系统的多变量控制是实现其经济性与动力性最佳组合的核心技术,由于工程机械动力系统载荷复杂多变,动力系统在实际使用过程中存在的种种问题已不是单纯依靠相关理论能够解决的。

1.1.4 工程机械现代多体动力学技术发展

利用虚拟样机技术通过大量的试验和分析,准确地评估产品的性能,提高设计效率。多体动力学朝着多体产品仿真时期转变,仿真技术更加成熟和完善。卡特彼勒、小松等将多体动力学理论运用到产品研究,使其产品在国际上取得技术领先。

随着虚拟样机技术其高效性、灵活性和经济性等优越性能的提高,人们逐步采用现代 CAD、CAE 技术进行产品设计或更新换代,应用现代设计理论与方法进行创新。现代大型商业软件,如美国的 MSC. ADAMS、韩国的 Functionbay RecurDyn、德国的 Simulation X 等已经应用到各种产品的开发和实践中。利用虚拟样机环境模拟大型的多体系统动力学、离散力学、液压系统控制等领域。图 1-1~图 1-4 分别为卡特彼勒多体动力学虚拟样机模型。

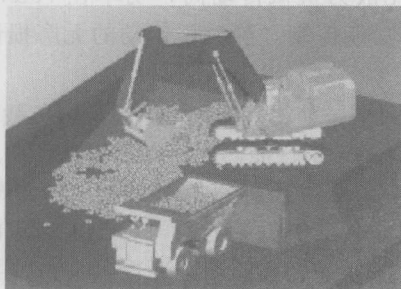


图 1-1 液压挖掘机与卡车模型

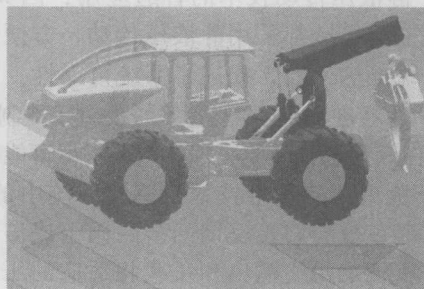


图 1-2 某轮式工程车辆模型



图 1-3 新型概念卡车模型

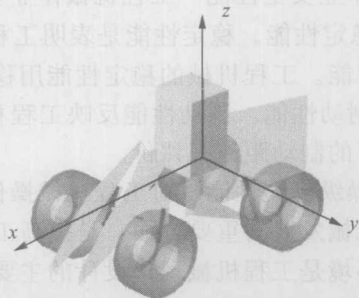


图 1-4 装载机多体系统模型

在工程机械减振方面,工程机械动力减振结构的刚度特性和阻尼特性可有效衰减路面不平度激励引起的振动和冲击,提高工程机械行驶的平顺性。

1.2 工程机械总体设计

工程机械总体设计是工程机械设计工作中最重要的一环,它对工程机械的设计质量、使用性能和工程机械在市场上的竞争能力有着决定性的影响。因为工程机械性能的优劣、作业效率的发挥,不仅与相关总成及部件的工作性能有着密切的关系,而且在很大程度上还取决于各有关总成及部件间的协调与参数匹配,取决于工程机械的总体布置。

1.2.1 工程机械的使用性能

工程机械使用性能的好坏,是检验工程机械设计是否正确的唯一标准,对工程机械来讲,其整机使用性能主要包括:牵引性能、动力性能、机动性能、经济性能、作业安全性、操纵舒适性能。

① 牵引性能 工程机械的牵引性能,是反映在各挡作业速度下牵引力随速度的变化而变化的情况以及能够发出最大牵引力的性能。牵引性能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,是用牵引功率和牵引效率来评价的,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。

② 动力性能 动力性能是反映工程机械以不同挡位行驶时,所具有的加速性能及所能达到的最大行驶速度和爬坡能力。动力性能的指标用动力因数来评价。动力性能直接影响着工程机械的生产效率。

③ 机动性能 机动性能是反映工程机械直线行驶的稳定性和狭窄场地转向和通过的能力。机动性能与操纵性能有很大的关系,操纵性能常以工程机械通过性的几何参数表示,包括:最小离地间隙,纵向通过角,接近角,离去角,最小转弯半径等。机动性能影响工程机械的适用程度。

④ 经济性能 经济性能是指在保证工程机械牵引性能及动力性能的条件下,以尽量少的燃油消耗量达到经济作业、行驶的能力。经济性能好,可以降低工程机械的使用费用。经济性能通常用两个指标来评价:一个是发动机额定比油耗,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发动机经济性能的好坏;另一个是发动机额定小时燃油耗,如发动机每小时所消耗燃料的千克数,这个指标可以用来核算作业成本,由于它受使用中各种因素的影响,因此不能作为评价不同型号工程机械经济性能好坏的指标。

⑤ 作业安全性能 工程机械作业安全性能包含两个方面: 稳定性能、制动性能。

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

b. 制动性能。制动性能反映工程机械在各种行驶速度下停车的能力。主要以在指定行驶速度下的制动距离来评价。

⑥ 操纵舒适性能 对工程机械操作者来讲, 改善操纵性、增加舒适性、减轻劳动强度, 是工程机械发展的重要方面, 是提高工程机械生产效率的有效措施, 驾驶室的隔振、降噪, 宜人化环境是工程机械现代设计的主要内容。

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, 它涉及正确地选用发动机功率, 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诸多设计内容。

1.2.2 工程机械设计过程

工程机械设计尤其是新型工程机械设计, 是根据社会对该型工程机械的使用要求而提出的整机参数与性能指标进行设计的, 即从整机的总体设计开始, 然后通过总体设计的分析与计算, 将整机参数和性能指标分解为有关总成的参数和功能后, 再进行总成和部件设计, 进而进行零件甚至某一更细微的局部设计与研究。

设计与开发一种新型工程机械不是仅仅为了追求新颖, 而是为了满足一定的社会需要、完成特定的作业要求和获得一定的经济效益, 这是设计的宏观目的。

产品设计的目的明确以后, 设计工作就有了重点和方向。接着应当考虑产品设计的时间性或时代感。设计开发一种新型工程机械时, 不仅仅考虑当前的技术水平和社会需要, 而更要以产品推向市场并在一定时期内的先进技术水平和社会需要为目标, 这就要求设计者要能掌握工程机械技术的发展趋势, 具有预见性和创新能力。

(1) 工程机械设计工作的通用方针

① 工程机械设计应根据市场需求、产品的技术发展趋势和企业的产品发展规划进行。

② 工程机械选型应在对同类型产品进行深入的市场调查、使用调查、生产工艺调查、样车结构分析与性能分析及全面的技术、经济分析的基础上进行。新型工程机械应是技术先进、实用、经济、美观、畅销的产品。

③ 应从已有的基础出发, 对原有工程机械样机参数进行分析比较, 继承优点, 消除缺陷, 采用已有且成熟可靠的先进技术与结构, 开发新型工程机械, 以使新型工程机械的设计脚踏实地, 少走弯路。

④ 应从解决设计中的主要矛盾或关键问题入手, 依次解决设计方案中的其他问题和要求。通常方案要多次修改才能基本满足各项要求。

⑤ 设计应遵守有关标准、规范、法规、法律, 不得侵犯他人专利和知识产权。

⑥ 力求零件标准化、部件通用化、产品系列化, 实现模块化设计。

将产品设计成由特定功能、相互独立的子模块的组合物, 子模块间应具有相互连接的接口, 这样不仅可大大地简化装配工艺, 且容易使产品变型, 实现工程机械多品种生产。

⑦ 设计要从严要求。为防止发生严重的错误, 每步都应进行检查, 每阶段应进行可行的实践考验, 高质量地完成设计任务。

工程机械设计的工作方针是工程机械设计工作的指导思想, 而设计原则是指导设计的准则, 它包括对产品和技术先进性、制造工艺性、结构继承性、零件标准化与部件通用化程度及生产成本等主要技术-经济方面的要求及对工程机械变型的规定, 同时要规定在各种使用性能中优先保证的主次。有了正确的工作方针和设计原则, 工程机械设计就有了明确的

方向。

(2) 工程机械设计特点

① 满足零件标准化、部件通用化、产品系列化的要求 由于工程机械大多属于多品种、小批量生产,设计中实行零件标准化、部件通用化和产品系列化,可简化生产,提高工效,保证产品质量,降低生产成本,减少配件品种,方便维修。

“系列化”是指制造厂为了能供应各种型号的产品(可为整机,亦可为总成和部件),又能进行大量生产,而将产品合理分挡,组成系列,并考虑各种变型,以较少的基本型和衍生出较多的系列产品,以满足广泛的需要。

“通用化”是指在同一系列或相近的一些机型上,采用通用的总成或部件,以简化生产。

“标准化”是指在设计中广泛采用标准件,以利于组织生产、提高质量、降低造价和方便维修。

② 考虑使用条件的复杂多变 为了使所设计的工程机械产品在广阔市场上具有竞争力,设计中就要充分考虑提高其对复杂多变的使用条件的适应性。特别应注意热带、寒带等不同的气候条件和高原、山区、丘陵、沼泽、沿海等不同的地理条件,以及燃料供应、维修能力等不同的使用条件对工程机械结构、性能、材料、附件等特殊要求。例如:在高原地区发动机应增压;在热带地区要考虑驾驶室的隔热、空调或通风;在寒带要考虑发动机的冷启动;在山区则应提高工程机械的爬坡能力并附加发动机排气制动等。

③ 重视使用中的高效安全、可靠、经济与环保 良好的使用性能显然是各种产品的设计者都要追求的目标,工程机械设计者亦应如此。所不同的是工程机械的使用性能是多方面的(例如牵引性能、动力性能、燃油经济性、制动性能、舒适性能、通过性能以及可靠性、耐久性、维修性和对环境保护的影响性能等),而且在某些性能之间有时是相互矛盾的。因此,工程机械设计的特点还在于:要在给定的使用条件下,协调各种使用性能的要求、优选各使用性能指标,使工程机械在该使用条件下的综合使用性能达到最优。因此,特别要重视使用中的安全、可靠、经济与环保。

④ 工程机械外形设计既重视工程要求也要注重外观造型 工程机械既要完成一定的作业功能,也是工程建设施工场地的流动的风景点缀,因此,工程机械外形油漆及色彩是工程机械给人们的第一个外观印象,是人们评价工程机械的最直接方面,也是工程机械设计愈来愈重要的内容,既然是工程设计,就该体现美工设计的内容。

⑤ 工程机械设计是考虑人机工程、制造工程、运营工程、管理工程的系统工程 工程机械是由人操作的,必须考虑人-机关系,操纵要方便、舒适。设计师必须懂得制造工艺,使所设计的零件制造工艺性好,易于加工,便于装配,适于批量生产。所设计的工程机械使用性能要好,作业效率要高,便于维修保养,以获得较高的使用效益。工程机械设计还应符合有关管理部门制订的工程机械产品型谱及一切与工程机械有关的管理法规。随着电子计算机的飞速发展和广泛应用,现代工程机械设计除具有上述特点外,也和其他许多领域的产品一样,越来越多地引进了微处理器、各种传感器和调节装置,使工程机械产品由单一的机械产品向机-电-仪一体化的产品过渡,并逐步向自动控制和智能化方向发展。例如,发动机的电控燃料供给系统、变速器的电控自动换挡装置、制动器的电控防抱死装置、工作装置的准确定位系统、单杆复合转向系统等。

由此可见,现代工程机械设计已不再是单一的机械设计,而是要综合运用多方面的基础理论、技术基础理论、专业知识和许多当代技术成就而进行的多种交叉学科的现代化设计。

(3) 工程机械设计过程

① 调查研究与初始决策 其任务是选定设计目标,并制订产品设计工作方针及设计原

则。调查研究的内容应包括:老产品在服役中的表现及用户意见;当前本行业与相关行业的技术发展,特别是竞争对手的新产品与新技术;材料、零部件、设备和工具等行业可能提供的条件;用集团内外同类型机械的资料,制出其参数及各总成类型的统计表进行分析比较。本企业在科研、开发及生产方面所取得的新成果等,它们对新产品设计是很有价值的。

② 总体方案设计 其任务是根据有关决策所选定的目标及对开发目标制订的工作方针、设计原则等主导思想提出整机设想,绘制不同的总体方案图供选择。在总体方案图上进行初步布置和分析,对主要总成只画出大轮廓而突出各方案间的主要差别,使方案对比简明清晰,经过方案论证选出其中最佳者。

③ 绘制总布置草图,确定整机主要尺寸、质量参数与性能指标以及各总成的基本类型 在总布置草图上要准确地画出各总成及部件的外形和尺寸并进行仔细布置;对作业范围轴荷分配和质心高度作计算与调整,以便准确地确定工程机械的轴距、轮距、总长、总宽、总高、离地间隙等,并使之符合有关标准和法规;进行性能计算及参数匹配,完善工程机械的整机外观造型。

④ 编写设计任务书 作为对以后的设计、试验及工艺准备的指导和依据。其内容包括:任务来源、设计原则和设计依据;产品的用途及使用条件;布置形式及主要技术指标和参数,包括空车及满载下的整机尺寸、轴荷及性能参数,有关的可靠性指标及环保指标等;各总成及部件的结构形式和特性参数;标准化、通用化、系列化水平及变型方案;所采用的新技术、新结构、新装备、新材料和新工艺;维修、保养及其方便性的要求;生产规划、设备条件及预期制造成本和技术经济预测等。有时也加进与国内外同类型工程机械技术性能的分析 and 对比等。有的还附有总布置方案草图及外形方案图。

⑤ 工程机械的总布置设计 其主要任务是根据工程机械的总体布置及整车性能提出对各总成及部件的布置要求和特性参数等设计要求;协调整机与总成间、相关总成间、总成与有关部件间的布置关系和参数匹配关系。使之成为一个在给定使用条件下使用性能达到最优并满足设计任务书所要求的工程机械。其具体工作如下。

a. 绘制工程机械总布置图:它是在总布置草图和各总成、部件设计的基础上用一定的比例精确地绘出,用于精确控制各部件尺寸和位置,为各总成和部件分配准确的布置空间,因此又称为尺寸控制图。要特别注意工程机械整体布置的合理性;驾驶室布置应具有视野良好、操作方便舒适、安全、维修方便等特点。

b. 根据总布置设计确定的整机参数和性能指标提出对各总成和部件的设计要求,包括结构形式、特性参数、尺寸与质量限制等,提供整机有关数据与计算载荷等。

c. 绘制工程机械转向机构、摆动桥等有关部分的运动图;用于校核布置空间以避免发生运动干涉。

d. 确定有关总成和部件支撑的形式、结构参数与特性等,特别是对发动机动力总成前后支承、驾驶室支承和排气管支承的位置和刚度要精心选择。

e. 确定各总成的质心位置,核算工程机械空载和满载时的轴荷分配及整机质心高度。

f. 工程机械各总成、部件及零件的选型与设计,其任务除了要保证总成和整机的性能指标外,还要考虑零部件本身的强度、寿命与可靠性等问题。

g. 设计图纸的工艺审查及必要的修改。

h. 绘制总装配图:其目的是进行图面装配校核,仔细检查相连接总成及部件的连接关系、连接部分的尺寸与配合以及拆装的方便性;核算与标注整机和有关总成与部件的安装尺寸链,为总装作技术准备和提供依据。

i. 试制、试验、修改与定型:设计完成后投入样机试制时,应考虑有一定数量的零部

件和总成投入台架试验,将样机投入整机室内试验与道路试验,尤其是道路试验始终是考验工程机械的设计与制造工艺最重要和不可代替的手段。试制与试验中暴露出的问题应及时解决并记录在档,作为修改设计的依据。注意了解制造和装配中的工艺问题及质量控制情况并及时把关,杜绝不合格样品装车。要查明整机、总成及零部件的尺寸参数、质量参数、性能参数是否符合设计要求及问题所在,以便修改图纸或采取其他措施予以纠正。应按有关标准、法规进行全面试验,以检查新产品的各项性能指标。实践是检验真理的最终标准,它在工程机械设计定型中起着关键的作用。

1.2.3 工程机械总布置

在新型工程机械的开发,研制的初始阶段,经过调查研究与初始决策,提出整机设想,并对工程机械主要参数以及发动机等进行选择以后,应进行工程机械总布置图的绘制,以便将整机设想绘成具体的总体方案,并校核初步选定的各总成及部件的结构、尺寸、质量和性能指标等能否满足整机的结构、尺寸、质量及其轴荷分配以及性能指标等方面的要求,寻求最佳的总布置方案。

工程机械总布置设计图是总体设计方案的图面体现,对各系统设计起控制和指导作用,以下是绘制总布置图的要点。

(1) 搜集和绘制有关总成、部件的外形图

这是为绘制工程机械总布置图做准备。

(2) 基准线的选择及其画法

① 前轮中心线 通过左右前轮的中心并垂直于车架上平面线的平面在整机侧视图和俯视图上的投影线定义为前轮中心线。它是标注整机各纵向尺寸的基准线或零线。

② 整机中心线 整机纵向垂直对称平面在俯视图和前视图上的投影线定义为整机的中心线。它是标注整机各侧向尺寸的基准线。

③ 地面线 地平面在整机侧视图和前视图上的投影线定义为地面线。它是标注整机高度、工作装置作业尺寸、离地间隙、接近角和离去角等尺寸的基准线。

④ 前轮铅垂线 通过左右前轮的中心并垂直于地面的平面在侧视图上的投影线定义为前轮铅垂线。它是标注整机轴距、前悬工作装置定位的基准线。

(3) 轴距的选择

轴距的选择要考虑它对整机其他尺寸参数、质量参数和使用性能的影响。轴距短一些,整机总长、质量、最小转弯半径和纵向通过半径就小一些。但轴距过短也会带来一系列问题,例如:后悬过长;工程机械行驶时其纵向角振动过大;整机加速、制动或上坡时轴荷转移过大而导致其制动性和稳定性变坏、万向节传动的夹角过大等。因此,在选择轴距时应综合考虑对有关方面的影响。当然,在满足轴荷分配、主要性能和整体布置等要求的前提下,将轴距设计得短一些为好。

(4) 轮距的选择

工程机械轮距对整机的总宽、总质量、横向稳定性和机动性都有较大的影响,轮距大,整机的横向稳定性好,但轮距不宜过大,否则会影响整机的总宽和总质量过大,轮距必须与工程机械整机总宽相适应。

工程机械的前后轮距应相等,以减小滚动阻力,有利于通过性。

(5) 工作装置主参数的确定

不同类型的工程机械,其主参数的定义是不一样的,但主参数决定着工作装置的外形尺寸、作业范围,进而影响工程机械相关的使用性能,决定着工作装置与底盘部分的连接关系。