

FUHE CHUANDONG
YU KONGZHI

复合传动 与控制

唐中一 于 今 顾庆祥 © 编 著

重庆大学出版社

复合传动与控制

唐中一 于 今 顾庆祥 编著

重庆大学出版社

内容提要

本书从系统的角度、整体的角度研讨复合传动的定义、概念、分类以及复合传动机构或系统的有机组合、合理匹配问题。全书内容包括:传动特性的分析、生产中传动型式的合理选用、复合传动应用与实例分析以及复合传动与广义复合传动。

本书可作机械工程各专业研究生教材,也可供有关工程技术人员,尤其是设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

复合传动与控制/唐中一,于今,顾庆祥编著. —重庆:重庆大学出版社,2004. 10
ISBN 7-5624-3247-3

I. 复... II. ①唐... ②于... ③顾... III. 机械传动—控制 IV. TH132

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 084235 号

复合传动与控制

唐中一 于 今 顾庆祥 编著

责任编辑:曾令维 何建云 版式设计:曾令维

责任校对:蓝安梅 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:380 千

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3247-3/TH·116 定价:25.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

“复合传动与控制”是重庆大学机械工程学院给研究生开设的一门在传动技术领域内横向综合性的新课,经过八个学年的研究生教学实践,受到了广大硕士和博士研究生及指导教师的欢迎,选课的人数及专业逐步增多。而目前国内外尚无此类教材,也未开出这一课程。为满足学生及广大工程技术人员需要,我们编写了这本教材。

复合传动是机器总体设计的核心问题,所以本书自始至终是从系统的角度、整体的角度来研讨复合传动的定义、概念、分类以及复合传动机构或系统的有机组合、合理匹配问题。正是由这一点出发,作者首次提出把各种传动型式纳入复合传动这一新的分类方法。这一方法有利于传动研究紧密服务于机器总体设计的优化,有利于传动研究的创新与发展。

《复合传动与控制》这本读物的另外一个特点是,各部分内容附有丰富而生动的实例,通过这些实例可使读者对相关内容有更深刻的本质的理解,加强了趣味性和可读性。特别要提到的是,在第2章“传动特性”这一部分的叙述中,采用了多种实例对传动型式特性进行了交叉对比叙述,可以让读者对“传动特性”有一种形象化的理解。

书中共有200多个实例,这些实例创意新颖,构思巧妙,结构简单,不少是已有显著生产成效、受到国内外一致好评的重要发明创造,有些已获发明专利。其中部分为作者及其研究室的科研成果。它们展示了复合传动创造性设计的一个侧面,对学生及广大工程技术人员有拓宽视野和启迪作用。

目前高校教师知识结构单一的问题,并未完全解决,且课程专业化程度太强,课程单一,无复合性广义性课程。由于课程内容限于某个专业的狭小领域,如机械制造、机械设计等不少专业就无法从课程内容上学到液力传动、流体机械、动力机械等方面的知识,甚至有的连气动技术的知识也没有。因此学生学到的多半是一种条块分割的、互相没有联系的传统的传动技术知识。所以培养出来的学生有相当部分思路比较狭窄,创

造思维能力不强,解决实际工程问题的能力较差,有碍于培养学生成为复合型的人才。“复合传动与控制”这一课程冲破了传统的课程模式,在传动领域内开辟了一个横向综合性课程的先例,是拓宽学生的创造发明思路,培养复合型人才的一种大胆尝试。

本书可作为机械工程类各专业研究生教材,也可供工厂广大工程技术人员,尤其是设计人员参考。同时也可作为大学工科相关专业高年级学生适应教材改革需要而用的一种教材。

《复合传动与控制》这一教材是在作者发表的论文《复合传动与控制论文汇编》的基础上编写的。由于编写尚属首次,且目前国内外尚无同类型的教材借鉴,教材中错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正,编者将不胜感激。

本书由唐中一、于今、顾庆祥编著,在教材编写过程中,曾得到冉振亚、朱新才、宁先雄、朱才朝、石崇辉、周亿、赵兴飞、唐翌、胡捷等同志的热心帮助,在此表示感谢。

编著者

2004 年 6 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 什么是复合传动	1
1.2 复合传动的定义	5
1.3 复合传动与控制的分类	6
1.3.1 复合传动	6
1.3.2 广义复合传动	9
1.4 复合传动现状及其发展趋势	11
1.4.1 机械-液压复合传动	13
1.4.2 机械-液力复合传动	14
1.4.3 机械-液力-液压复合传动	15
1.4.4 电粘性流体复合传动	16
1.4.5 气液复合传动	17
1.4.6 机械传动内部不同传动型式的复合传动	19
1.4.7 机械-气动复合传动	21
1.4.8 气-电复合传动	22
1.4.9 机-电-液复合传动	23
1.4.10 动-静压复合轴承	26
1.4.11 液力-液体粘性复合传动	27
1.5 复合传动的研究思路	29
1.5.1 用系统工程的思路研究复合传动	29
1.5.2 建立复合传动资料数据库及专家系统	30
1.5.3 机构或系统的评价与决策	32
1.5.4 复合传动设计研究技术路线	32
第2章 传动特性的分析	34
2.1 机械传动的主要特点	35
2.2 液压传动的主要特点	47
2.3 气压传动的主要特点	57
2.3.1 气体工作介质的特性	57
2.3.2 气体介质的多种工作形态	76
2.4 电传动的主要特点	92

2.4.1	相同重量下的输出力	92
2.4.2	效率	92
2.4.3	调速、速度刚度与响应速度	92
2.4.4	系统的发热及处理	93
2.4.5	电力是一种无污染的清洁能源	94
2.4.6	系统性与通用性	94
2.5	传动特性分析的几点结论	114
第3章	生产中传动型式的合理选用	122
3.1	机构应具有与系统要求相适应的功能与特性	123
3.1.1	机构应满足系统对功能的要求	123
3.1.2	机构应满足系统对机构的运行轨迹特性、速度特性、载荷特性等各种性能的要求	127
3.2	动力源与载荷的匹配	135
3.2.1	定传动比传动的匹配	136
3.2.2	有级变速传动的匹配	142
3.2.3	机械无级变速传动的匹配	142
3.2.4	非机械的无级变速传动系统的匹配	143
3.3	机构与机构的匹配	149
3.3.1	高效节能的原则	149
3.3.2	尽可能实行动力通用原则	153
3.3.3	尽可能利用自然力、流体自力等某些物理作用的机构	156
3.4	伺服控制系统与机构的匹配	160
3.4.1	伺服刚度与驱动功率信号源及负载的匹配	161
3.4.2	伺服刚度与机械刚度的匹配	162
3.4.3	伺服系统移动部件的导轨面的选取	162
3.4.4	闭环伺服控制系统及其 G 值的选配	162
3.4.5	开环增益的限度和驱动转矩的选择	163
第4章	复合传动应用与实例分析	165
4.1	气液复合传动	165
4.1.1	气液转换缸	165
4.1.2	气液阻尼缸	166
4.1.3	气液增压缸	168
4.1.4	气液泵	170
4.1.5	气控液压传动	172
4.2	液压-机械复合传动	182
4.2.1	液压-机械功率分流复合传动	183

4.2.2 液压-机械串联型复合传动	197
4.3 同一传动介质的不同传动机构的复合传动	198
4.3.1 机械传动中不同传动型式的复合传动	198
4.3.2 液压传动中不同传动元件的复合传动	201
4.3.3 气压传动中不同传动元件的复合传动	206
4.4 机-电-液复合传动	207
第5章 复合传动与广义复合传动	208
5.1 传动技术发展的变迁	208
5.1.1 机床传动技术发展的变迁	209
5.1.2 液压传动技术发展的变迁	211
5.1.3 简单的结论	217
5.2 广义复合传动	218
5.2.1 二通插装阀传动组合	218
5.2.2 气-液传动组合	222
5.2.3 液压泵与液压马达传动组合	223
5.2.4 采用快速柱塞油缸与变量泵组合的增速回路	232
参考文献	234

第 1 章

绪 论

1.1 什么是复合传动

我们对机械传动、电气传动、流体传动(包括液压传动、气压传动、液力传动等)、磁力传动、液体粘性传动等都是比较熟悉的,而复合传动这一名词虽在一些文献中也偶尔出现,但关于它的定义、研究内容与方法至今尚无一个比较确切的说法。然而实际上在工厂及有关部门的技术员,尤其是总设计师们总是自觉或不自觉地用复合传动与控制的思路,解决机器传动设计的总体设计问题,并不断发明、创造出很多新型复合元件、复合机构和具有复合型特色的机器来。

在流体传动与控制领域内常常采用气液复合传动、机液复合传动、电液复合传动或机电液气等复合传动。目前由于科学技术的迅猛发展,已能实现机、电、液、气、磁、声、光等各种科学技术的相互交叉、渗透、优势互补、有机组合、合理匹配,使设计对象达到整体综合优化,从而创造出全新的技术综合体——复合传动新元件、新机构、新机器。复合传动学就是研究创造这种新的技术综合体的思路、规律和方法的一门科学。

为了更好地推动复合传动的研究与发展,对复合传动的定义、内容与研究方法加以探讨是十分必要的。那么到底什么是复合传动呢?其实从上面的研讨已经看出,复合传动就是在各种不可再分割的单一传动型式不能满足产品性能的需要时,采用与其他传动型式组合优化而发展起来的一种新的传动型式,所以从这个意义上说,除不可再分割的单一传动外的一切传动型式都是复合传动。所谓不可再分割的单一传动,主要是指单一介质的传动,如以气体作为传动介质的气压传动、以液体作为传动介质的液压传动、以电作为传动介质的电气传动、以固体或柔体作为传动介质的机械传动等不可再分割的传动型式。因有时即使是同一介质传动,仍可分为各种不同结构的传动型式,如机械传动中的连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、各种有级变速与无级变速机构等。这就是说除单一介质这个条件外,还必须是不可再分割的传动型式。为了说明这一概念,请看下面单一传动的几个实例。

图 1.1 是以气体作为介质的不可再分割的单一气压传动机构,它利用压缩空气对人体的支承作用,以产生强制运动,被支承的人参与到机构运动链中,即把机构运动与运动对象完全

组合在一起了,人体就像气浮工作台一样。它既不存在刚体构件,也不存在运动副,是一种极其简单的气动机构,也是一种最优化机构。气浮病床工作时,少量空气经尼龙面料或稀布面料喷出,它能维持皮肤干燥,柔软的气垫分散身体重量,避免对身体局部的压迫,防止血液循环发生障碍,故对烧伤医疗有显著的效果。

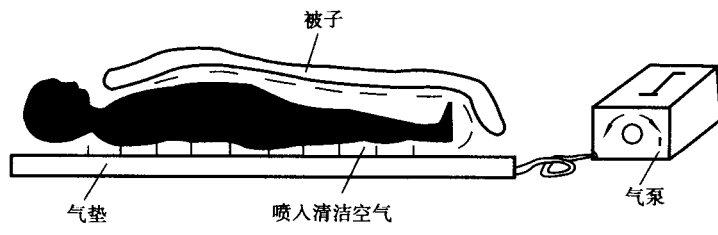


图 1.1 一种治疗烧伤病人的气浮病床

图 1.2 是利用一三角凸轮实现全部矩形轨迹路线的送进机构。由于在机械传动中研讨机构时,通常不考虑动力源,故图 1.2 就是一种不可再分割的机械单一传动机构。这对一定批量生产条件下,与复合传动方案比较,也许是结构最简单、成本最低的最优化机构。

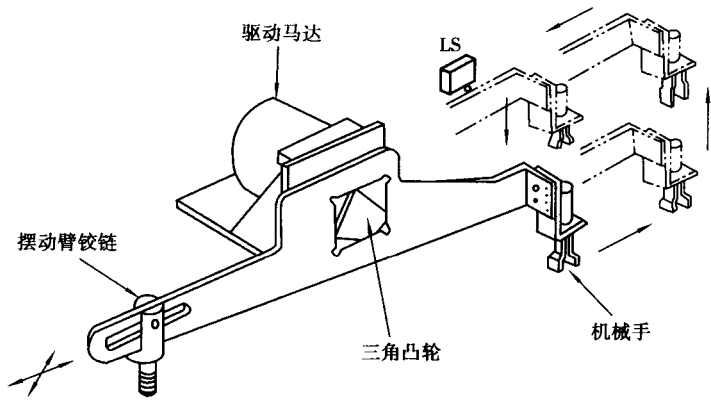


图 1.2 利用三角凸轮实现全部矩形轨迹路线的送进机构

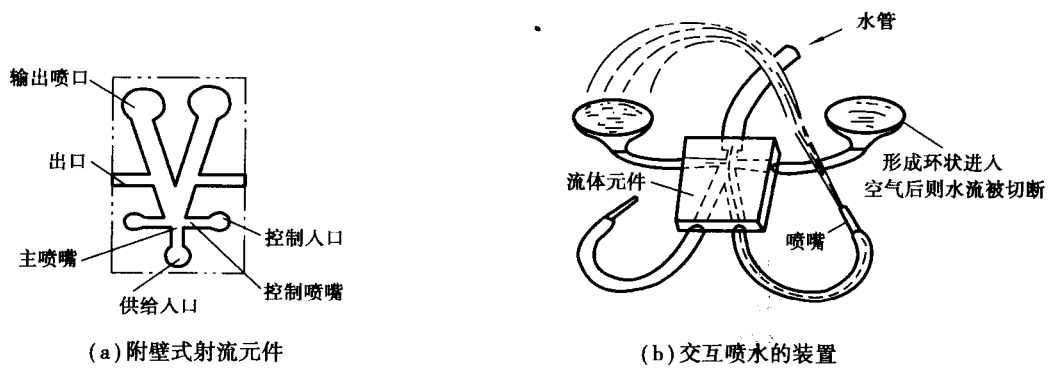


图 1.3 用一个双稳元件组成的交互喷水装置

图 1.3 是仅用一个射流双稳元件组成的交互喷水装置。可以看出,它是一种不可再分割

的液压单一传动机构,具有液压射流技术的共同特征。它适应环境性强。在严禁烟火的地方也是安全的,不受热、冲击、振动和放射线等的影响,在噪音方面比电传动要好。没有像继电器触点那样的活动部分,没有摩擦或磨损,制作简单,可靠性很高。由于信号介质与工作介质相同,省去了转换器部分,因此结构十分简单。

旋转电磁铁,可作为以电作为传动介质的不可再分割的电气传动型式的一个典型实例。

图 1.4 所示为电位器碳膜片自动分选机的旋转电磁铁,供转动活门用。工作时,当线包接通直流电,产生电磁感应,其磁力线通过定铁 7 和转铁 1 间的空气隙,产生旋转力矩,使转铁克服弹簧力,同转轴 4 一起旋转,由定位块 8 限位。线包断电后,转铁 1 在弹簧 5 作用下复位。

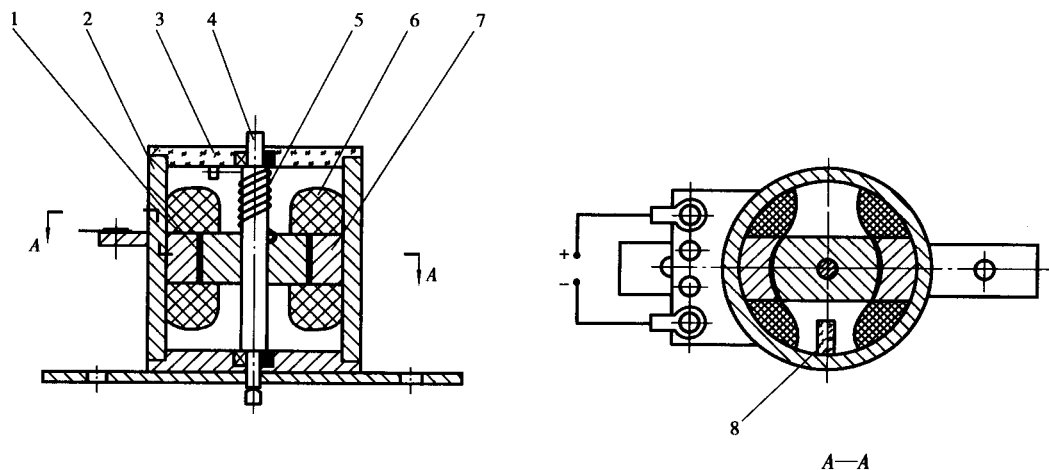


图 1.4 电位器碳膜片自动分选机的旋转电磁铁

1—转铁;2—外壳;3—盖板;4—转轴;5—弹簧;6—线包;7—定铁;8—定位块

以上几个实例表明单一传动机构的确存在被人们忽视的很多优点。但是随着社会的发展,人们对产品的功能性能要求越来越高,却又要不断降低其成本,这时不少单一传动型式已不能满足要求,而具有综合优势的复合传动机构便随之产生出来。现在仍通过一些实例来说明这一问题。

图 1.5 所示为一种利用气动与液压各自的优点并克服各自缺点而有机匹配而成的气-液复合传动机构。如果只用单一气动方式,就存在气体易泄漏及弹性大等缺点造成的夹紧力不稳定、不可靠的问题;如采用单一的液压机构,则存在结构尺寸大、发热、功率浪费大等严重缺点。该机构由于采用了气-液复合传动型式,从而带来了以下一系列优点:

①将 $39.2 \sim 49 \text{ N/cm}^2$ 的低压空气能量很方便地转换成高压 ($784 \sim 1470 \text{ N/cm}^2$) 的油压能量,从而可使夹具外形尺寸小,重量轻,结构紧凑,传递的总力可达 $10 \sim 80 \text{ kN}$ 。

②节省了造价很贵的高压泵站,克服了全油压夹紧系统中溢流阀经常处于溢流状态,消耗功率,并使油温上升,泄漏增加等一系列缺点。

③即使各工件的直径稍有不同、夹具制造也存在误差,各工件的夹紧力仍相同。

图 1.6(a) 是功率分流复合传动齿链无级变速器,这种无级变速器既要调速又要传递动力。由于它采用浅齿与摩擦混合传动,不适于传递大的力矩,因而采用与行星齿轮传动匹配功率分流的方案,使大部分功率由输入轴直接通过行星传动输出,只有一小部分功率通过齿链无

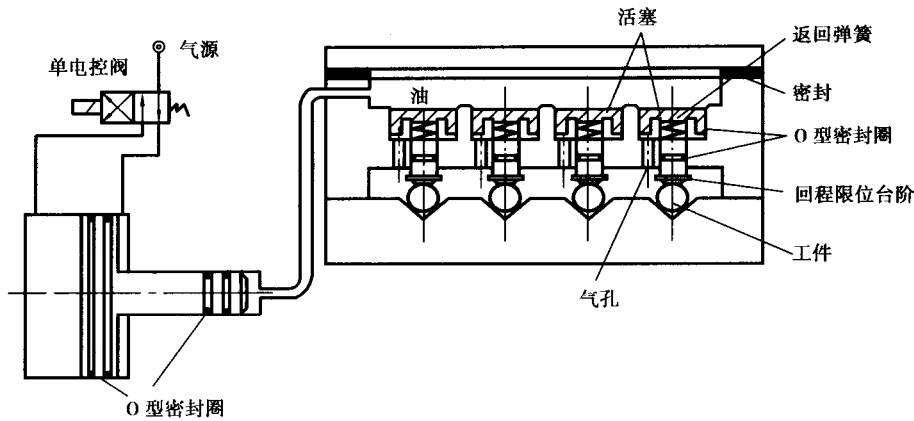


图 1.5 气-液复合传动增压夹紧机构

级变速箱传递,无级变速器起调速作用,行星传动主要担负传递动力的任务。这种由无级变速器与行星传动匹配而成的复合传动型式,大大提高了传动能力,扩大了调速范围。

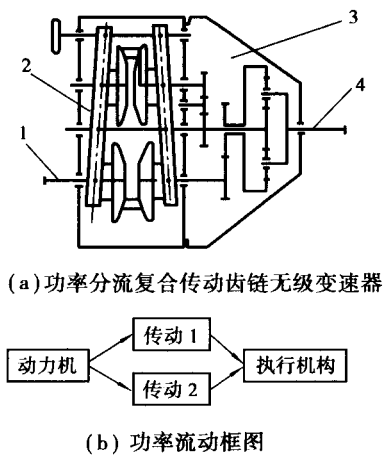


图 1.6 分流传动与汇流传动
1—输入轴;2—齿链无级变速器;
3—行星齿轮减速器;4—输出轴

通过螺杆螺母之间的间隙,泄漏到空心活塞杆腔的油液,可经空心螺杆引至回油腔。这是一个机-电-液复合传动的典型实例。

图 1.7 为数字油缸的原理图,它是由齿轮、丝杆螺母、伺服阀、步进电机合理匹配有机复合而成的典型机-电-液复合传动机构。步进电机和液压力放大器之间,加设了减速齿轮。液压力放大器是一个直接位置反馈式液压伺服机构,由控制阀、活塞杆和螺杆反馈螺母组成。数字油缸中多用差动缸,因此可采用三通(双边)滑阀,使用三通阀控制差动缸时,压力油直接引至活塞杆腔,活塞腔的压力则受三通阀的棱边所控制。对于面积比 $A_r/A_c=1/2$ 的典型差动缸来说,空载下稳态时, $P_c=(1/2)P_s$,也就是说,阀口处于此状态时,活塞处于平衡状态。在指令输入脉冲作用下,步进电机带动滑阀的阀芯旋转,活塞及反馈螺母未动时,螺杆与螺母作相对运动,阀芯右移,阀口开大,此时 $P_c>(1/2)P_s$,于是活塞杆外伸。与此同时,活塞向左运动时,同活塞连成一体的反馈螺母带动阀芯左移,实现了直接位置负反馈,使阀口关小,开口量及 P_c 值又恢复到初始状态。输入连续的脉冲,则步进电机连续旋转,活塞杆便随着外伸;反之,输入反向脉冲时,步进电机反转,活塞杆便反向内缩。活塞杆外伸运动时,棱边 a 为工作边,活塞杆内缩时,棱边 b 为工作边。为使相同的脉冲频率下,活塞杆的伸缩速度相等,应使稳态下的 $P_c=(1/2)P_s$,以保证外伸或内缩时阀口 a 或 b 上的压降相等。此时,如果活塞杆上始终存在着外负载力 F_L ,为使稳态时 $P_c=(1/2)P_s$,则应取 $A_r:A_c=(1/2)-(F_L/P_sA_c)$,而不是 $A_r/A_c=1/2$ 。

通过螺杆螺母之间的间隙,泄漏到空心活塞杆腔的油液,可经空心螺杆引至回油腔。这是一个机-电-液复合传动的典型实例。

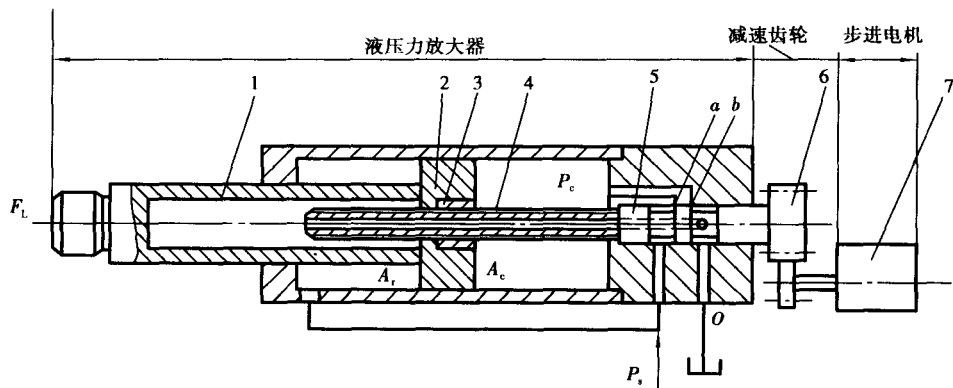


图 1.7 数字油缸的原理图

1—活塞杆;2—活塞;3—反馈螺母;4—螺杆;5—三通阀阀芯;6—减速齿轮;7—步进电机

1.2 复合传动的定义

以上介绍了几个典型的单一传动实例,同时又介绍了几个典型的复合传动机构实例。在对它们比较分析的基础上,可进一步得出复合传动的定义。

所谓复合传动,就是为适应某种工程目标,考虑到在人、机、环境的相互协调的基础上,将现有各种传动机构或元件,扬长避短,优势互补,有机组合,合理匹配,以求得机器最优创新传动设计的一种横向学科。

复合传动与其他各种传动技术相比具有以下特点:

①有的教育体系及学科体系,往往把机器的总体问题分成许多的独立学科来研究,如机械传动、电气传动、流体传动等,这种细分是为科学纵深入研究的需要,但这样的研究方法最严重的问题在于缺乏用对比的方法去研究各类传动技术的特性和优缺点,加之大专院校在课程设置上偏于狭窄,如机械类专业只开液压课或开液压气动课,又不开流体机械、液力传动等其他传动课。其他专业亦有类似毛病,没有一门传动总论或机器总体设计的课程。因此培养出来的工程技术人员往往无法综合各类传动的优势应用于机器的总体分析与设计。而复合传动是在各类传动纵深研究的基础上,致力于从总体上对比分析研究各类传动的本质特性,并使其扬长避短、优势互补、有机匹配地用于机器的总体分析与设计的研究。所以它是从横向上研究各种传动技术合理匹配与应用的科学。

②复合传动的研究涉及非常广泛的知识和技术领域,但其研究的主要特点之一就是经常将全系统作为考虑问题的重点,这与现在各种传统的传动机构分析或设计有明显的差异。例如,传统的传动机构分析仅是静态和动态特性分析或者说它是停留在内部系统即机构本身上的。而复合传动优先考虑的是所设计或分析的机构在全系统中占有什么位置,受到什么干涉和相互影响,应满足社会上哪些要求(功能、经费、工期、尺寸等)和约束条件(环境、资金、材料、信息、技术、法律等),要从所有角度来探讨这些问题。这种从全系统的立场出发,决定对内部系统的要求,称为外部设计。而内部设计与传统的设计概念并没有什么不同,而外部设计

或分析才是复合传动与控制技术研究所特有的。

③从全系统的立场出发,决定对内部系统的要求,其实质就是方案研究。方案在很大程度上决定了机器的工作性能、经济效益和应用前景。方案研究的目的在于创新。为了创新,对现有大量机器传动方案的分析评估有重要意义。当前在生产上正在运行的设备虽然可用,但不一定是最优的,完全相同的机构在不同的人、机、环境条件下会有完全不同的效果。所以在进行方案评估时,应以系统的观点,从全局(整体性)的角度、相互联系性的角度、环境适应性的角度来研究各组成部分之间合理匹配的规律与效果,如价值/寿命比、功能/成本比、造价/维护费用比等指标,看其是否达到了整体优化的目的。

④复合传动也是一种不可再分割的单一传动的有机组合、合理匹配的技术综合体。现在在技术领域里还有联合传动(或称混合传动),即在一台机器上同时采用好几种传动方式,如一些机床上既采用液压传动也用气动或电气传动,的确发挥了各种传动的优势,但它们并不是有机地匹配而严格不可分割的技术综合体,所以不符合复合传动的严格定义,只能叫广义复合传动。自然,机构组合也是一种广义复合传动。

⑤即使在单一传动内,仍存在不同机构或元件的有机组合、合理匹配的复合传动。有时,即使机构或元件相同,但通过改变尺寸大小使其有机组合、合理匹配,会得出与原来机构特性完全不同的新结构的复合传动。这就是说,一些简单、平凡的机构或元件,通过有机组合、合理匹配仍可能创造出奇迹。大家知道,阿波罗计划的宇宙飞船中,有 700 多万个零件,其中没有一个是新研制的零件,然而却组装出能将人类送到月球的划时代的系统。所以有机组合、合理匹配是复合传动的核心技术。

⑥复合传动技术与其他高新技术如现代设计方法、机电一体化等,既存在着紧密联系,又有着重大差别。以机电一体化来说,它的任务是研究机械的电子化和机械电子结合一体化。后者也是复合传动的任务之一。但值得注意的是,目前机电一体化主要强调发展机械电子化,而我们认为机械传动是一切传动的基础,也是复合传动的基础,在一定生产条件下采用机械单一传动方式会比复合传动或其他型式传动在结构上更简单、可靠,如图 1.2 所示机构即如此。并非所有地方非采用电子技术和计算机不可,因而更谈不上电子技术会淘汰机械和其他传动技术。复合传动技术将以现代设计方法为手段,不断完善、深化复合传动机构与系统的综合分析研究。

1.3 复合传动与控制的分类

复合传动一般可分为复合传动与广义复合传动两大类。

1.3.1 复合传动

1)按传动介质分类,有如下几种:

①单一传动介质的传动。由单一传动介质如机、电、液、气、磁、光、声等作为传动介质的传动。

②不同传动介质元件的复合传动。如前面已谈到的机-电复合传动、气-机复合传动、气-液复合传动、机-电-液-气复合传动等。

③传动介质粘性可控的复合传动。如电粘性流体复合传动等,该传动介质在通电后就变成液体传动介质和电介质的复合流体介质,而其粘性又是可变的。

2)按传动能量的流动路线分类有:单流传动、分流传动、汇流传动以及由分流与汇流传动组成的复合传动。由分流与汇流传动组成的复合传动又分外分流式和内分流式两种,目前外分流式应用较多。

外分流式复合传动 图 1.8 为外分流式复合传动框图,总功率流一分为二,其中一条功率流通过机械(图 1.6 中齿链式无级变速器等)、液压、液力或电力传动,而另一条功率流则直接通过机械传动(齿轮传动或行星齿轮传动),这样就可以组成外分流式机械-机械、液压-机械、液力-机械、电力-机械等的复合传动机构。在图 1.8 中,如将 P_1 、 P_2 分别设为电机 A、B,并分别使电机 A、B 制动和两者同时反向,可得 4 种输出转速。如将 P_1 设为小功率直流电机, P_2 设为大功率交流电机,则可得到外分流式大功率的机械-电力双流复合传动的无级变速器。如 P_1 为图 1.9 所示的泵-液压马达机组,则形成液压-机械外分流式复合传动。外分流液压-机械复合传动可做成各种无级变速机构,已广泛应用于车辆传动系与转向系中。外分流式液力机械传动,由液力偶合器或液力变矩器与机械传动机构(通常是行星齿轮机构)按不同方式有机地组合而成,因此有多种型式与种类。

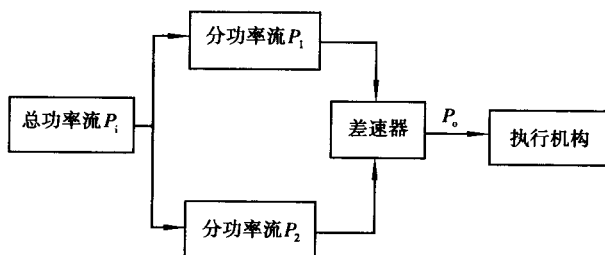


图 1.8 外分流式复合传动框图

图 1.10 为功率外分流式液力-机械复合传动方案,其中图(a)是行星排在输入端的一般原理;图(b)(c)是行星排在输入端的两个可实现的方案(行星排的行星架为主动件);图(d)是行星排在输出端的一般原理;图(e)(f)是可实现的方案(行星架 j 为输出的被动件)。这种外分流式液力-机械复合传动用于动力机与工作机之间,如高级轿车、重型汽车及工程机械上。广泛采用的液力自动变速,具有以下优点:

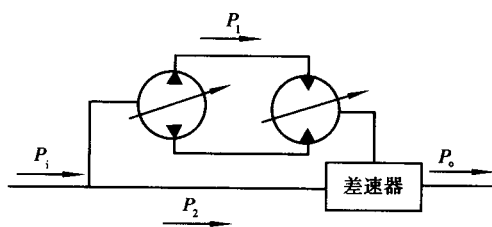


图 1.9 外分流液压-机械复合传动的基本组成

①可以使发动机在各种不同行车条件与负载情况下有效工作,使车辆具有良好的自动适应性能,当外载荷增大时,变矩器能使车辆自动增大牵引力,同时车辆自动减速,以克服增大了的外载荷;反之,当负荷减小时,车辆又能自动地减小牵引力,提高车辆的速度。因此,既保证了发动机能经常在额定工况下工作、避免发动机因外载荷突然增大而熄火,同时也百分之百地满足了车辆牵引工况和运输工况的要求。

②提高了车辆的使用寿命。由于液力传动的工作介质是液体,故能吸收并减少来自发动

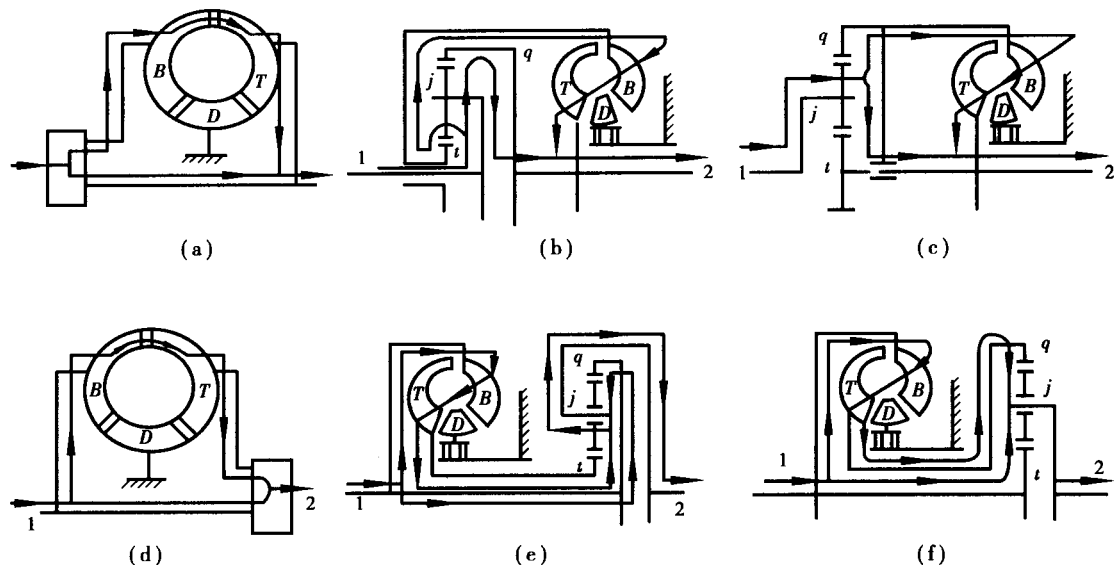


图 1.10 功率外分流式液力-机械复合传动方案

机和外载荷的振动与冲击。这就是液力传动的滤波性能和过载保护性能,因而可提高车辆的使用寿命。以重型载重汽车为例,在使用这种传动后,发动机寿命可增加 47%,变速箱寿命可增加 400%,后桥差速器寿命可增加 93%。这对经常处于恶劣环境下工作的工程机械尤其具有重要意义。

③可提高车辆的通过性能。液力变矩器可以使车辆以爬行的速度行驶,这样便可使附着着力增加。

④提高了车辆的舒适性。采用这种传动后,可以平稳起步,并在较大的速度范围内无级变速,可以吸收和减少振动及冲击。从而提高了车辆的舒适性。

⑤简化了车辆的操纵。因液力变矩器本身是一个无级自动变速器,发动机动力范围得到了扩大,故变速箱的挡数可以减少。加上采用动力换挡装置后,换挡操纵简捷,从而大大降低驾驶员的劳动强度。另外,由于变矩器可避免发动机因外载荷突然增大而熄火,因此司机可不必为此担心。

从以上分析可以看出:功率外分流各种复合传动的各种优势是结合了两种传动型式的优点。它通过在两条传动路线之间适当分配传递功率(一般使大部分功率从机械支路通过,功率损失很少,另一支路虽传动效率略低,但因传递功率少而损失小),使得整个装置获得高的传动效率,充分发挥了机械传动效率高和其他传动型式易实现无级调速的特点。

内分流式复合传动 在图 1.11 中,如果将功率分流的任务全放在液压泵及马达中去完成(即功率是内分流的),同时差速器的作用也由泵和液压马达来完成,这就叫内分流式复合传动。内分流液力机械复合传动与图 1.9 略有不同,它的差速器-行星排是放在变矩器之外的,如图 1.11 所示。第一种内分流变矩器如图 1.11(a)所示,其中一部分功率由蜗轮 T 传递,另一部分功率由导轮 D 传递。功率分流到输出端再利用汇流行星排将两部分功率汇总由输出轴输出。这种内分流变矩器,导轮不是固定不变的,它和蜗轮一样是旋转的,而且导轮和蜗轮

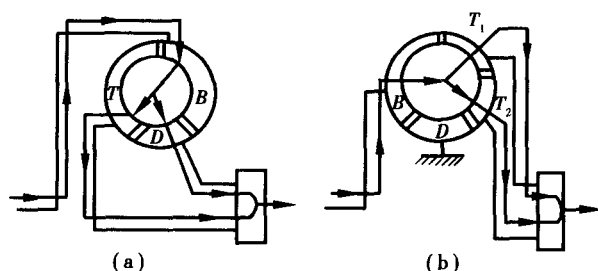


图 1.11 功率内分流的液力机械变矩器

的转速之间保持一定关系,有时称它为导轮强制旋转的液力机械变矩器。其旋转方向与液力冲击的方向相同。在 $B-T-D$ 型变矩器中,它的旋转方向可以与涡轮或泵轮的旋转方向一致或相反。第二种内分流液力机械变矩器,如图 1.11(b)所示。功率由泵轮输入后在内部分流,由两个独立工作的涡轮(T_1 、 T_2)分别传递一部分功率,在输出端应用汇流行星排将功率汇总,由输出轴输出。在这种液力机械变矩器中有一个固定的导轮 D ,同时有多个涡轮独立工作,因此也叫多涡轮液力机械变矩器,或称多涡轮独立旋转的液力机械变矩器。

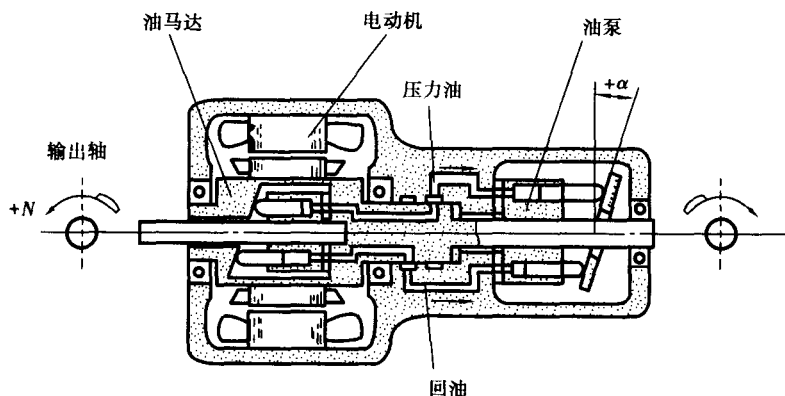


图 1.12 总功率由泵与马达内分流再汇流输出的复合传动

图 1.12 是由泵与马达组成的内分流再汇流输出的复合传动机构,其工作原理是:电机转动带动油马达外壳及油泵转动,油泵排出的油量随斜盘的倾角而变。油进入油管并流到油马达中,以变化的速度驱动油马达的输出轴。因此,输出的速度是油马达速度和感应电动机的速度之和,当斜盘倾角 $\alpha = 0$ 或没有油在循环时,输出轴的速度和感应电机的速度相同;当 α 转角为负时,油流反向流动。在这种情况下,如果油马达的反转速度大于感应电动机的正转速度时,输出轴就可反向旋转;当油马达的反转速度等于感应电动机的正转速度时,输出轴就不转动。

1.3.2 广义复合传动

在前面谈到机械传动内部不同传动型式的复合传动时,曾提及机构组合与组合机构的问题,后者是一种与原来基本机构在功能、特性上完全不同的新的复合传动机构,是一种创新机构。它已不是一种简单的组合,在其他传动如液压、气动、液力、电气等传动上照样也存在这种问题,如液压传动中经常将各种同类元件或不同元件组装起来使用以满足生产中各式各样的