

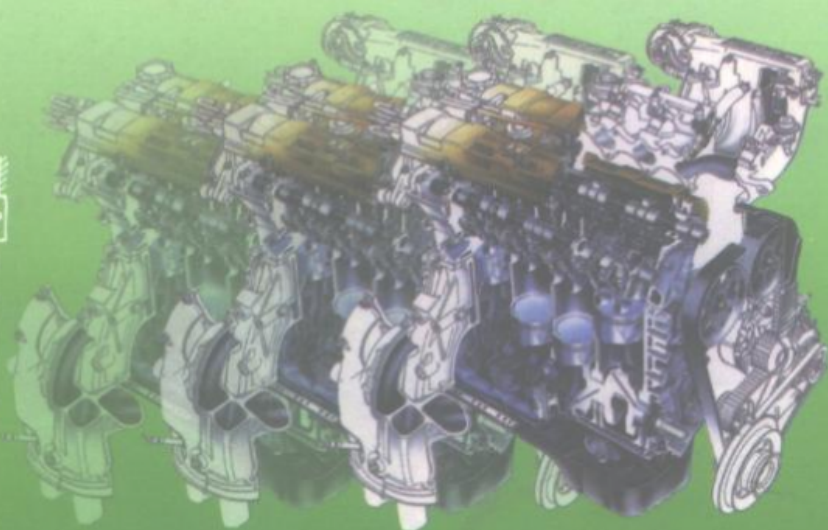
机构设计丛书

机构系统设计

《机构设计丛书》编审委员会 编

邹慧君 编著

上海科学技术出版社



TH 112

893542

296

机构设计丛书

机构系统设计

《机构设计丛书》编审委员会 编

邹慧君 编著



上海科学技术出版社

D1249/02

内 容 提 要

本书共六章,分别阐述机构设计的基本概念和基本内容;机械的执行机构协调设计和运动循环协调设计以及运动循环图设计的方法;机构的功能和选型,实现运动形式变换和实现其他功能的典型机构,进行机构选型应遵循的基本原则;机电一体化原理在机械运动简图设计中的应用,机电一体化的基本组成和基本技术;机构系统方案的拟定与构思方法,机械创新设计的途径;机械运动方案系统设计与评价方法。本书具有内容实用和先进的特点。

本书供从事机械开发创新、机构设计和技术改造的人员阅读,也可供大学机械专业的师生参考。



机构设计丛书

机构系统设计

《机构设计丛书》编审委员会 编

邹慧君 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

本书在上海发行所经销 上海商务印刷厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 8.25 插页 4 字数 213,000

1996年11月第1版 1996年11月第1次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-3934-3/TH·79

定价:16.00元

编审委员会名单

雷天觉 张启先 路甬祥

邹慧君 李华敏 徐振华 华大年

谢存禧 殷鸿梁 吕庸厚

丛 书 序

照传统说法，一切机器都可分为三部分，动力源、传动和执行机构。一切机器的作用不外两点，一是利用能量来代替微弱的人力、畜力，另一则用机器的运动来代替人手的动作。虽然两者都是为了减轻劳动，可是它们发展的历史却很不一样。能源开发是近代的成就，应该说由水车开始，而且从历史眼光看其发展并不能说很快，一般是量变。用机器运动来代替手工动作则历史长得多，而且进步也比较大。只要比较一下上古制作陶器的陶车和近代在人的大脑中进行外科手术的机器人便清楚了。这可能是因为能源开发虽然艰巨，其目标却是单一的。用机器运动代替人工劳动，目的是多种多样的，随着人类生活的发展而不断变化。因此形成很多复杂的行业。

到底机器的哪部分是用来产生代替人手的动作呢？事实上这和传统的原则性的说法略有不同。倘若机器要执行的动作非常简单，则动力源—传动—执行这划分还是对的。但近代机器常常极其复杂，对它要求的动作也非常精细而且复杂（且不说人工智能问题）。这种精细复杂的运动，通常要从传动中获得。这就使机器的传动部分和执行部分的界限模糊了，同时也使传动成为更复杂的技术。表面上好像很简单的问题，做起来可能会很困难。我常常喜欢提及一个历史上的例子，这里再说一次：当瓦特设计他的蒸汽机时，他需要一个直线运动来带动阀门。从表面看这是一个很简单的问题，在今天用一个导轨便成了。但在那时的加工设备和润滑技术，还不能制出导轨，而须用连杆。但瓦特想不出这样一种连杆，便要求格拉斯哥大学的数学家们帮忙，但数学家们也想不出。后来事情传开了，竟发现全世界的数学家都解决不了这问题。瓦特只得用了一个近似的直线机构。这问题直到瓦特死后几十年，

才由一位法国数学家解决了。这一事说明了在机器上对传动机构要求之高和问题解决之难。只要机器还在使用，传动机构也必然要继续发展。

传动机构的类型很多，而且还在不断增加。特别是近年来在高精技术领域，各种类型传动（齿轮、凸轮、连杆、液压、气动、电动）常联合使用。最近趋势是在使用液压、气动时，传动介质和轴承润滑、压力常联为一体，这就使技术更加复杂。在这种情况下，我们迫切需要一部包括各种传动（最好还包括摩擦学）的专著。目前对每种类型传动的论著并不少，有的也很深入。但却没见过将各种传动（机构）汇为一书的。上海科学技术出版社出版的“机构设计丛书”是这种类型专著的第一次出现，很希望它能满足读者的上述需求。当然，将各种传动融会贯通、形成一体是需要时间的，但这套书总是一个很好开端。丛书计七题，依次是《机构系统设计》、《齿轮机构设计》、《凸轮机构设计》、《连杆机构设计》、《空间机构设计》、《间歇运动机构设计》及《组合机构设计》。由于它包括了各种传动，而且篇幅很大、内容比较详尽、阅读方便；又由于它是由一个统一的编审委员会领导下完成的，易于作到理论协调，体例一致。估计本书将成为前沿设计和生产工作者很欢迎的书。

笔者希冀本书在我国机械工业中起良好作用！

高子元

九四年十月十九日

前 言

各种各样的机械是国民经济许多部门及其他领域的重要装备。随着科学技术和工业生产的发展,对机械产品不时提出新要求,除了优质、高效、低能耗、低廉价格之外,突出的课题是性能优越的、适应高精尖发展的机械功能。一般地说,机械设备均为实现某种工艺动作过程,或者实现生产过程与操作自动化。在新形势下,必须致力搞好创新设计,不断推出新产品来抢占市场,满足客观需求。机械的创新设计的着重点是机构设计,也就是机械运动方案设计。机构系统设计的核心,是选择灵巧的工艺动作过程、满意地达到特定的机械功能要求。机构系统的开发、设计,机构的选用和它们的巧妙组合,就是为了实现特定的机械功能。机构系统设计的好坏,直接影响机械产品的性能、效率、成本,因此愈来愈为人们重视。

从事机构系统设计者需对各种各样机构具有深刻的了解,包括它们的结构特点、工作原理、应用实例和设计计算方法,并能对它们熟练应用。因此,这套丛书就有《连杆机构设计》、《凸轮机构设计》、《间歇运动机构设计》、《齿轮机构设计》、《空间机构设计》和《组合机构设计》等6本专题著作,本书《机构系统设计》是它们的纽带与导引。因为要设计出性能优良的机械机构,还得具备机构系统设计知识,以能根据机械功能要求进行机构系统综合性设计。设计机构系统要求设计人员对新机器进行功能分析,选择好灵巧的工艺动作过程,应用各种机构组合成性能优良、价格低廉的新机器的机构系统来。对于机械设计人员,虽都学过机械原理,但往往由于欠缺机构系统设计知识和经历,面对机器创新设计束手无策者不乏其例。只有当他们逐步积累经验后,才能在创新设计时伸展身手,自由地有所作为。已有的事例说明,机械原理教科

书的内容，还值得更新、发展和补充。本书的主要内容是介绍机构设计的理论和方法，可以将它看作是机构学的一种扩展和延伸。

本书内容的实用性和先进性，是作者的企求。所以取材上紧紧围绕实现机械功能要求这一核心问题，以达到与机器创新设计相一致的目标，为机械的开发提供实用性的、有参考价值的资料；同时，撰写上大力应用现代设计理论和方法，摆脱传统的经验设计和类比设计，期望资历较新的设计人员从中得益，较快成长，在新的高度上，用明显具有先进性的设计手段从事工作。

现今，机电一体化技术得到了不断发展和日益广泛的应用，将机械产品推向了新的水准，使机械结构大为简化，工作性能大为提高，机械产品的面貌出现了崭新变化。对于机电一体化技术在机械产品中应用的广阔前景，作为机械开发和设计人员必须要有充分的认识，在可能的条件下都应予以应用。同时，也要看到机电一体化技术的应用，将会推动机构设计和机构系统设计的发展。但是，另一方面，在机电一体化产品中，特别是工艺动作过程比较复杂的机械产品，也不可能没有凸轮机构、连杆机构和其他各种各样机构。机构设计和机构系统设计随着技术进步，要向更高的水平发展，这是毫无疑问的。但那种认为机电一体化技术应用之后，机构学可以削弱和取消，则是一种误解。

本书共分六章。第一章总论，阐述机构系统设计中的基本概念和基本内容；第二章机械的执行机构协调设计和运动循环图，阐述协调设计和运动循环图设计的方法；第三章机构的功能和机构选型，介绍实现运动形式变换和实现其他功能的典型机构，进行机构选型所应遵循的基本原则；第四章机电一体化原理在机械运动简图设计中应用，介绍机电一体化的基本概念、基本组成、基本技术；第五章机械运动方案构思和拟定，阐述机构系统方案的拟定与构思方法，提供一些为机器创新设计的途径；第六章机械运动方案的系统设计与评价，阐述系统设计与评价方法。

本书由邹慧君编写第一、二、四、五、六章，沈乃勋编写第三章，

邹慧君负责全书定稿。

本书的内容和体系,有些独特之处,此是作者的一种尝试。限于水平,疏漏及不当之处,敬请广大读者不吝指正。

作 者

于上海交通大学机械工程系

1995年10月

目 录

丛书序

前 言

第一章 总论	1
§ 1-1 基本概念	2
一、机器、机构与机械	2
二、机构运动简图、机械运动简图和机械运动方案	4
三、型综合和尺度综合	7
四、执行动作、执行构件和执行机构	9
§ 1-2 机械设计概述	10
一、设计基本概念	10
二、机械设计发展情况	11
三、现代设计方法的产生	13
四、机械设计的一般进程	13
五、机械设计的基本要求	16
六、机械设计的原则和法规	17
§ 1-3 机械运动简图设计概述	20
一、机械运动简图设计的主要内容	20
二、机械运动简图设计的一般程序	22
三、机械运动示意图的拟定与构思简介	25
第二章 机械的执行机构协调设计和运动循环图	29
§ 2-1 机械运动原理方案设计的基本内容	29
一、功能与应用范围的确定	30
二、工作原理和工艺动作分析	33
三、执行构件的运动要求和执行机构的布局	36
四、机器工艺过程的设计原则	37
五、机器生产率的分析与计算	38
§ 2-2 机械的执行机构的协调设计	41
一、机器的机构传动系统类型和工作原理	41

二、机器执行机构的协调设计	44
三、执行机构协调设计的分析计算	47
§ 2-3 机械运动循环图设计	49
一、机械的运动循环周期	49
二、机器的工作循环图	50
三、拟定机器工作循环图的步骤和方法	52
四、机器工作循环图的作用	54
§ 2-4 机械运动循环图设计举例	54
一、电阻压帽自动机的运动循环图设计	54
二、三面切书自动机的运动循环图设计	60
第三章 机构的功能和机构选型	66
§ 3-1 机构的分类	66
一、机构分类的原则和方法	66
二、机构按实现功能的分类	67
§ 3-2 实现运动形式变换和其他功能的机构	68
一、匀速和非匀速转动机构	68
二、往复运动机构	78
三、间歇运动机构	81
四、实现预期轨迹的机构	84
五、换向、单向、超越机构	86
六、微动、补偿、差动机构	91
§ 3-3 机构组合应用和组合机构	94
一、基本机构	94
二、机构组合方式及其应用	94
三、组合机构	98
§ 3-4 执行构件运动型式和机构选型	101
一、执行构件的运动型式	101
二、实现执行构件各种运动型式的常用机构简介	102
三、机构选型的基本原则	103
四、机构选型的评价的主要内容	107
第四章 机电一体化原理在机械运动简图设计中应用	109
§ 4-1 引言	109

一、机电一体化的基本概念	110
二、机电一体化系统的组成要素和功能	112
三、微型计算机和机电一体化	114
四、微处理器和可编程序控制器	115
五、微机的控制功能	117
§ 4-2 机电一体化技术的基础知识	118
一、微机接口技术	118
二、执行元件	121
三、传感器	123
§ 4-3 机电一体化产品的控制技术	125
一、控制技术的一些基本概念	125
二、控制形式	126
三、控制方法	126
§ 4-4 机电一体化中常用元器件的简介	127
一、变频器	127
二、可编程控制器	128
三、晶闸管	128
四、检测器	129
§ 4-5 机电一体化技术在机械设计中的应用	130
一、机电一体化技术对机械设计的影响	130
二、机电一体化产品的主要特点	130
三、机电一体化技术实现执行动作的应用举例	131
§ 4-6 机电一体化产品的简介	135
一、数控机床	135
二、全自动洗衣机	136
三、包装机械	138
第五章 机械运动方案构思与拟定	141
§ 5-1 机械方案设计的主要内容与步骤	141
一、功能原理方案设计	142
二、机械运动方案设计	143
三、方案设计的方法	144
§ 5-2 方案设计的创造性方法	145

一、创造性基本原理和思维活动方式	145
二、创造法则	146
三、创造技法	148
§ 5-3 方案设计的系统化方法	152
一、功能分析法	153
二、机构系统搜索法	165
§ 5-4 机构创新设计方法	171
一、利用连架杆或连杆运动特点设计构思机构	172
二、利用两构件相对运动关系设计构思机构	174
三、应用现有原理创新机构	175
四、用成型固定构件实现复杂动作过程	177
五、利用光、电、液等原理创新的机构	179
六、机构类型创新和变异设计	181
§ 5-5 机械运动方案设计举例	191
一、设计平板印刷机的运动方案	191
二、设计冲压式蜂窝煤成型机的运动方案	198
第六章 机械运动方案的系统设计与评价	203
§ 6-1 系统设计的基本原理	203
一、系统分析	204
二、系统设计	206
§ 6-2 机械运动方案总体布置设计	209
一、机械运动方案总体布置设计的基本原则	210
二、执行机构的合理布置	210
三、机械传动系统的设计与布置	211
四、显示器和操作器的布置	212
§ 6-3 机械运动方案的评价特点和方法	213
一、机械运动方案的评价特点	213
二、机械运动方案的评价方法	214
三、机械运动方案的评价指标及其评价体系	216
§ 6-4 价值工程法	219
一、产品的功能	219
二、产品的寿命周期成本	220

三、产品的价值·····	220
四、机械运动方案的价值评定·····	221
§ 6-5 系统工程评价法·····	223
一、系统工程评价方法的基本原则·····	223
二、建立评价指标体系和确定评价指标值·····	223
三、建立评价模型·····	224
§ 6-6 模糊综合评价法·····	226
一、模糊综合评价中主要运算符号·····	226
二、模糊集合的概念·····	226
三、隶属度函数的确定方法·····	228
四、模糊综合评价·····	229
§ 6-7 机械运动方案的评价的举例·····	237
一、系统工程评价法评价机械运动方案·····	237
二、模糊综合评价法评价机械运动方案·····	240
参考文献 ·····	247

第一章 总 论

科学技术和工业生产的飞跃发展，国民经济各个部门迫切需要各种各样优质、高效、低能耗、价廉的机械产品。不言而喻，产品设计是决定产品性能、质量、水平和经济效益的重要环节。随着市场经济的不断发展，商品竞争必然愈来愈剧烈。一个机械产品是否具有市场竞争能力，在很大程度上取决于产品的设计。产品设计如有闪失，则常常是属于根本性的问题，对产品生产、市场竞争的贻误，可能会造成灾难性后果。因此，必须高度重视设计，尽心尽力搞好设计。

随着生产技术的不断发展和人民生活水平的日益提高，机械产品品种和门类日益增多，例如，各种各样的金属切削机床、仪器仪表、工程机械、重型机械、轻工机械、纺织机械、食品包装机械、石油化工机械、产品加工机械、交通运输机械、海洋作业机械、钢铁成套设备、发电设备以及办公设备、家用电器、儿童玩具等等。各种各样的机械设备一般均需要实现生产和操作过程自动化，或者实现某一工艺动作过程。因此，机械设备的设计往往需要进行机械运动方案的创新设计和各种机构的创新设计，也就是要进行新机器的创新设计。新机器的创新设计最主要内容，可以认为是机构系统的设计。这种设计，除了需要深入掌握各种典型机构的工作原理、结构特点、设计方法和应用场合以外，还要考虑选择灵巧的工艺动作过程来达到满意的机械功能要求，选用合适的机构类型或开发性能更好的新的结构型式。最后，应将选定的机构型式按工艺动作过程，进行巧妙的、有机的组合，形成机构系统。在机构系统设计中，往往存在许多方案，如何选择最佳方案是机构系统设计的重要课题。

从以上的论述来看，机构系统设计是一个十分广泛的概念。

要搞好机构系统设计首先应该对各种各样的机构,如齿轮机构、凸轮机构、连杆机构、空间机构、间歇运动机构、组合机构等的结构特点、工作原理、应用实例和设计计算都应有较为深刻的了解。因此,在这一套《机构设计丛书》中,对上述机构分别写出了6本专著,而本书则于此6本专著的基础上,应用机构系统的设计理论和方法,根据设计所要达到的功能和应满足的条件来设计机械运动方案和机械运动简图。本书内容是机构学的一种延伸和发展,期望有利于机构学的应用。

§ 1-1 基本概念

一、机器、机构与机械

机构学的研究对象是机器和机构。那么什么是“机器”和“机构”呢?

机器这个概念,在18世纪工业革命以后,得以逐步充实和完善。随着科学技术的飞跃发展,特别是70年代末、80年代初兴起的世界范围的新技术革命,对于机器的设计与制造具有深刻和广泛的影响,“机器”的含义相应逐渐在更新与变化。对于现代机器,由于广泛采用机电一体化,可以把机器定义为:机器是一种具有操纵控制系统的、作机械运动的装置,它用来变换能量、物料和信息,以代替或减轻人的体力劳动和脑力劳动。在这个定义中,物料是指被加工的对象、被搬运的重物。根据机器用途的不同,我们又可把机器分为动力机器、加工机器和信息机器。

动力机器是把任何一种能量变换成机械能,或者把机械能变换成其他形式的能量。例如,内燃机、压气机、涡轮机、电动机、发电机等等都属于动力机器。

加工机器的用途是完成有用的机械功或搬运物品。例如,金属切削加工机床、轧钢机、织布机、缝纫机、包装机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机等等都是。

信息机器是用来获得和变换信息。如果信息是以数字形式表

示的,则该信息机器就称为计数机或计算机。计数机有计算器、机械式积分仪、记账机等。打字机、绘图仪等等也是属于信息机器。对于实现数学运算的电子计算机,由于它并没有机械运动的存在,从机构学的观点来看,电子计算机不能算是机器。

在这里,必须指出的是机器与其他装置(或设备)的主要不同点:机器一定要作机械运动,并用机械运动来实现能量、物料和信息的变换。

凡是在没有人的直接参与下,能完成能量、物料和信息的整个变换过程的机器,称为自动机。自动机中的各个机械动作,一般都采用各种各样的机构来完成的。

完成一定工艺过程的自动机群,通过自动运输装置联接起来,可组成自动线。

机器,特别是自动机,在正确使用的前提下,能减轻人的劳动、提高生产率和保证高质量地完成工作过程。

随着各种各样新机构的出现,“机构”的定义也应有所变化。以前人们认为机构只能由刚体所组成,现在已经把液体和气体都认为直接参与机械运动的变换,同时把在特定条件下的可变形体和挠性体参与机械运动的变换。因此,机构可以定义为:机构是用作把一个或几个刚体的运动变换成其他刚体所需的运动的机械装置。如果液体或气体也参与运动的变换,这种机构就相应地称为液动机构或气动机构。

从对各种各样机器的分析可以看出,各个机器的主要组成部分都是各种机构。一部比较复杂的、完整的机器,可能包含多种类型的机构。例如,内燃机由曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构组成的。但是,简单的机器,也可能只包含一种机构,例如,手工送料的冲床就是由曲柄滑块机构单一机构构成的。

一部机器,特别是自动机,由于要实现较为复杂的工艺动作过程,往往有较多的各种类型的机构来组成的。近年来,随着机电一体化的广泛应用,一部机器中的机构数目和复杂程度都有下降的趋势,但是从机器必须实现某一工艺动作过程来看,机构还是