

机械系统 概念设计

JIXIE XITONG GAINIAN SHEJI

邹慧君 等编著

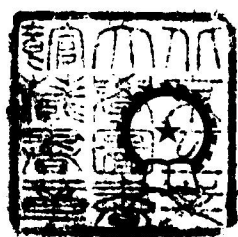


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机械系统概念设计

邹慧君 等编著



机械工业出版社

本书全面介绍了机械系统概念设计的需求和功能分析、基本方法、创新设计思维和技法,动作行为载体及其创新设计、机械运动系统的协调设计、方案设计、机电一体化系统概念设计的基本原理、评价体系和评价方法及设计实例。

本书可供从事机械设计、制造和运行专业人员参考,也可作为大专院校机械类各专业本科高年级和研究生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械系统概念设计/邹慧君等编著. —北京:机械工业出版社, 2002

ISBN 7-111-10835-3

I. 机... II. 邹... III. 机械系统:系统设计
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 065335 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云 版式设计:冉晓华 责任校对:刘志文

封面设计:陈 沛 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{8}$ ·12 印张·296 千字

0 001—4 000 册

定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

前言

随着信息技术、高新科技的迅猛发展和资本的国际化，世界已进入全球化经济的时代。同时，知识经济的发展势不可当，知识在经济发展中的作用愈来愈大。在经济全球化的当今世界，市场竞争愈演愈烈。市场要靠产品去占领，所以要根据不断变化的市场，增强产品的科技含量、开发新产品快速响应市场需求。

任何一种优秀的产品，设计是先行。没有优秀的设计哪来优秀的产品。产品设计的关键阶段是产品设计的前期工作过程，这一过程人们统称为概念设计 (Conceptual Design)。难怪一些工业发达的先进国家都十分重视对产品概念设计的内涵、理论、方法和技术的研究。概念设计已逐渐被广大设计人员所理解和接受。“概念车”、“概念机”已纷纷在产品展示会上展出，使人们加深了对产品概念设计的认识。概念设计已得到普遍的承认。

概念设计是设计的前期工作过程，概念设计的最终结果是产生设计方案。但是概念设计不只局限于方案设计。概念设计应包括设计人员对设计任务的理解、设计灵感的表达、设计理念的发挥。概念设计的前期工作是十分重要的、不容忽视的，这个阶段的工作应充分发挥设计人员的形象思维和创新思维。有了这方面设计工作的前导使产品设计更具特色、更富创新性。概念设计的后期工作将较多地将注意力集中在构思功能结构，选择功能工作原理，确定功能载体和组成机械运动方案等等。这虽然与传统的方案设计无多大区别，但是在概念设计前期工作基础上进行，其起点更高。概念设计的核心是创新设计，通过概念设计使产品设计的创新性更加深刻、更加广泛。

国外对概念设计的深入研究已有 20 多年历史。英国 M. French 在“工程师用的概念设计”(Conceptual Design for Engineers)一书中认为“概念设计是确定设计任务和用简图形式表达的广义解”。德国 G. Palh 和 W. Beitz 在“工程设计”(Engineering Design)一书中认为概念设计是“在确定任务之后，通过抽象化，拟定功能结构，寻求适当的作用原理及其组合等，确定出基本求解途径，得出求解方案。”概念设计的内涵是很广泛的，主要表现在：在设计理念上融入设计哲理和创新灵感，使其更具创造性；在设计任务上把市场需求作为设计的起点和归宿，使其更符合市场竞争规律性；在设计内容上把满足产品生命周期各阶段要求作为核心，使方案设计更具合理性；在设计方法上，更加全面融合各种现代设计方法，寻求综合最优方案，使其更具整体最优化。

为了使广大设计人员和高校相关专业师生熟悉和掌握产品概念设计的基本理论和方法。我们根据多年来研究产品概念设计的成果和体会编写了《机械系

统概念设计》一书，本书共分 10 章，其基本内容概述如下：

第 1 章 概论。阐述机械系统的基本特征、机器的类型、机械设计一般程序及其机械系统概念设计的内涵。使读者对上述问题有一个概括的了解。

第 2 章 需求和功能分析。阐述了需求的基本特征、需求的预测和基于需求的功能分析，以期从需求中确定设计任务，使产品设计与市场需求紧密结合。

第 3 章 机械系统概念设计的基本方法。阐述了实现机械系统总功能的核心：工艺动作过程的构思和分解。介绍了适合机械系统概念设计的几种设计方法。

第 4 章 创新设计思维和技法。阐述适合机械系统创新设计的创新思维、法则和技法。以期开阔设计人员的创新思路，加强概念设计的创新性。

第 5 章 动作行为载体及其创新设计。阐述了机械系统中动作行为载体的类型、广义机构以及执行机构的创新设计，以期开阔设计者对功能载体求解的认识，寻求更为合理的功能载体，为方案创新提供重要的基础。

第 6 章 机械运动系统的协调设计。阐述了机械运动系统的构成，设计的基本内容，协调设计和机械运动循环图设计等内容。为机械系统运动方案设计提供重要依据。

第 7 章 机械系统运动方案的设计。阐述机械运动系统方案设计流程、工艺动作过程的构思与分解、执行机构选型及其系统组成，为方案设计提供了行之有效的方法。

第 8 章 机电一体化系统概念设计的基本原理。阐述了机电一体化系统的组成，提出了机电一体化系统概念设计的过程模型，为现代机械系统(机电一体化系统)概念设计提供了有效的方法。

第 9 章 评价体系和评价方法。阐述了评价指标体系的确定原则和具体内容，介绍了几种评价方法。通过综合评价可以得到综合最优的方案，使概念设计达到最佳效果。

第 10 章 机械系统概念设计实例分析。通过三个实例，说明机械运动系统概念设计的主要设计步骤和方法。

本书由邹慧君编写了第 1、3、4、6、8、10 章，郭为忠编写了第 2、5 章，邹慧君、郭为忠共同编写了第 9 章，姚燕安编写了第 7 章。全书由邹慧君提出编写大纲，并负责最后的编定工作。

编写过程中周洪、唐林、廖武、何有钧、梁庆华、周双林、田永利等作了编写的前期工作，在此表示深切的感谢。

由于作者水平有限，不当之处在所难免，敬请各位专家和读者不吝指教。

编 者
2002 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 概论 1

- 1 机械系统的基本概念 1
- 2 机械系统的基本特征 3
- 3 机器的类别和基本特征 5
- 4 机械设计概述 8
- 5 机械系统的概念设计 10

第 2 章 需求和功能分析 15

- 1 需求概述 15
- 2 需求的测量 19
- 3 需求的预测 21
- 4 基于需求的功能分析 23
- 5 功能分析与功能求解 26

第 3 章 机械系统概念设计的基本方法 33

- 1 工艺动作过程和执行机构 33
- 2 工作原理和工艺动作分析 34
- 3 系统设计方法 37
- 4 层次分析方法 40
- 5 形态综合法 46

第 4 章 创新设计思维和技法 49

- 1 概述 49
- 2 创新思维 50
- 3 创造性基本原理和思维活动方式 52
- 4 创新法则 53
- 5 创新技法 54
- 6 机械系统创新设计举例 56

第 5 章 动作行为载体及其创新设计 58

- 1 动作行为载体特点和类型 58

2 机构组合和组合机构 60

3 广义机构 62

4 执行机构的创新方法 66

第 6 章 机械运动系统的协调设计 75

- 1 机械运动系统的基本构成 75
- 2 机械运动系统设计的基本内容及其集成设计方法 76
- 3 执行机构的协调设计 84
- 4 机械运动循环图设计 89
- 5 机械运动系统的控制 95

第 7 章 机械系统运动方案的设计 102

- 1 机械运动系统的概念 102
- 2 机械运动系统方案设计的流程 103
- 3 功能结构的建立 104
- 4 确定工作原理 107
- 5 工艺动作过程的构思与分解 108
- 6 机构选型及其系统组成 110
- 7 机械系统运动方案设计的智能化 114

第 8 章 机电一体化系统概念设计的基本原理 117

- 1 概述 117
- 2 机电一体化系统的组成框架 118
- 3 机电一体化系统三个子系统的功能和特点 120
- 4 机电一体化系统的概念设计 121
- 5 机电一体化系统的主要构成部分 123
- 6 机电一体化的关键技术 137
- 7 机电一体化系统的主要控制装置 143
- 8 典型的机电一体化系统简介 148

第 9 章 评价体系和评价方法 152

- 1 评价指标体系的确定原则 152

2 评价指标体系	153	1 设计平板印刷机的运动方案	174
3 价值工程方法	155	2 设计冲压式蜂窝煤成型机的运动 方案	179
4 系统分析方法	157	3 四工位专用机床的运动方案设计	182
5 模糊综合评价法	160	参考文献	185
6 实例分析	167		
第 10 章 机械系统概念设计实例			
分析	174		

第1章 概 论

1 机械系统的基本概念

系统这一概念来源于人类长期的社会实践。现代科学技术对于系统思想的发展是有重大贡献的。系统思想是进行分析和综合的辩证思维工具，它在辩证唯物主义那里吸取了丰富的哲学思想，在运筹学、控制论、各门工程学和社会科学那里获得了定性与定量相结合的科学方法，并通过系统工程充实了丰富的实践内容。

如果我们撇开一切具体系统的形态和性质，我们可将系统定义为：具有特定功能的、相互间具有有机联系的要素所构成的一个整体。在美国的韦氏(Webster)大辞典中，“系统”一词被解说为“有组织的或被组织化的整体；结合着的整体所形成的各种概念和原理的综合；由有规则的相互作用、相互依存的形式组成的诸要素集合等等”。在日本的JIS标准中，“系统”被定义为“许多组成要素保持有机的秩序，向同一目的行动的集合体”。一般系统的创始人L. V. 贝塔朗非(L. V. Bertalanffy)把“系统”定义为“相互作用的诸要素的集合体”。美国著名学者阿柯夫(Ackoff R. L.)认为：系统是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要素所构成的集合。

综上所述，一个形成系统的诸要素的集合永远具有一定的固有特性，或者表现为一定的行为，而这些特性或行为是它的任何一个部分都不具备的。一个系统是一个由许多要素所构成的整体，但从系统功能来看，它又是一个不可分割的整体，如果硬把一个系统分割开来，那么它将失去其原来的性质。在物质世界中，一个系统中的任何部分可以被看作为一个子系统，而每一个系统又可以成为一个更大规模系统中的一部分。这就体现了分析与综合有机结合的思想方法。

系统是由要素组成的，离开了要素就谈不上系统。要素是系统的最基本的成分，因此，要素也就是系统存在的基础。一般地说，系统的性质，是由要素决定的，有什么样的要素，就有什么样的系统。要素在构成系统、决定系统时，各种要素要形成一定的结构。要素以一定的结构形成系统时，各种要素在系统中的地位和作用不尽相同。有些要素处于中心地位，支配和决定整个系统的行为，这就是中心要素；还有一些要素处于非中心、被支配的地位，称之为非中心要素。系统的性质取决于要素的结构，结构的好坏是由要素之间的协调作用直接体现出来的。优质的要素如果协调得不好，形成的结构可能不是最优的；但是，质量差一些的要素，如果协调的好，则可能形成优异的结构，从而决定出质量较优的系统。因此，处理好要素与要素、要素与系统的关系，对于系统的功能和性质至关重要。这就体现出系统设计的重要意义。

系统与环境同样也存在着密切的关系和联系。每一具体的系统都是在时空上有限的存在。作为一个有限的存在，都有它外界的存在或环境。一般把一个系统之外的所有其它事物或存在，称为该系统的环境。环境是系统存在的外部条件。环境对系统的性质起着一定的支配作用。系统的整体性是在系统与环境的相互联系中体现出来的。系统和它的环境构成一个

整体。

机械系统的关键部分是机械运动的装置，它用来完成一定的工作过程，以代替人类的劳动。现代机器通常由控制系统、信息测量和处理系统、动力系统以及传动和执行机构系统等组成。现代机器中控制和信息处理由电子计算机来完成。不管现代机器如何先进，机器与其它装置的主要不同点是产生确定的机械运动，完成有用的工作过程。因此，实现机械运动的传动和执行机构系统是机械的核心，机器中各个机构通过有序的运动和动力传递最终实现功能变化、完成所需的工作过程。从运动的角度来说，机器中的运动单元体称为机构。因此，机构是把一个或几个构件的运动，变换成其它构件所需的具有确定运动的构件系统。从现代机器发展趋势来看，机构中的各构件可以都是刚性构件，也可以某些构件是柔性构件、弹性构件、液体、气体和电磁体等。而且将各驱动元件与执行系统配合在一起用。

机械是机构和机器的总称。

此外，在实际生产过程中，还有采用多种机器组合起来、完成比较复杂的工作过程，这种机器系统称之为生产线。

从系统的概念来考虑问题，上述构件系统、机构系统和机器系统均可称之为机械系统，只是它们的组成要素各不相同。从完成单一的运动要求考虑，机构就是机械系统，它的组成要素是构件；从完成某一工艺动作过程考虑，机器也是机械系统，它的组成要素是机构；从完成某一复杂的工艺动作和工作过程考虑，生产线也是机械系统，它的组成要素是机器。如果我们从对某一机器进行加工制造的需要出发，将其中的各个零件作为它的组成要素，因此零件组成的系统也可称为机械系统。由上述分析可见，机械系统是一个广义的概念，它的内涵要按分析研究的对象来加以具体化。

我们可以从广义上来定义机械系统，机械系统是由各个机械基本要素组成的，完成所需的动作(或动作过程)、实现机械能变化、代替人类劳动的系统。机械系统的特点是必须完成动作传递和变换、机械能的利用。这是机械系统区别于其它系统的关键所在。

由于动作的实现方式和完成的具体功能不同，机械系统的种类形形色色。例如，液压系统、气动系统、物流输送系统、自动加工系统等等均是机械系统。

机器的种类繁多，结构也愈来愈复杂。但从实现机器功能的需要来看，一般应该包括下列子系统：动力系统、传动—执行系统、操纵系统及控制系统等。这些子系统分别实现各自的分功能，综合实现机器的总功能。从完成机器的工作过程需要考虑，传动—执行系统是机器的核心。因此，一般情况下，机械系统研究的重点也是传动—执行系统。研究机械系统概念设计时把重点放在传动—执行机构系统上，其依据是显而易见的。

从系统设计的角度来看，把机械系统界定在机器是比较合理的，有利于开展机器的创新设计。现在有不少文献和专著中把机构也称之为机械系统，从系统的观点来看这是正确的，但是对机构的结构、运动学和动力学的研究在机构学中已经有了深入和全面的展开，也是机构学的主要研究内容。如果把机构学的研究改称为机械系统的研究，反而易使人产生误解。把机器称之为机械系统，有两方面的作用。一是将机器各组成部分作为组成要素可以按系统科学的方法来研究机器的设计，有利于机器的创新和达到综合最优的目标；二是有利于将机器的内部系统与环境的外部系统综合在一起形成一个广义机械系统，使其成为人一机一环境的综合体，由此出发进行机器的设计可以达到满足人机工程要求和适应环境变化的优良水平。

任何一台机器要达到最有效能的运行均离不开人和环境所构成的外部条件。我们把机器

本身称之为内部系统,把人和环境称之为外部系统。内部系统和外部系统组成了全系统,也可称之为广义机械系统,如图 1-1 所示。人与环境是机械系统存在的外部条件,人与环境对机械的效能起着一定的支配作用。机械系统的整体性是在内部系统与外部系统的相互联系中体现出来的。例如,一台精密加工机床的效能好坏与操作者的生理、心理和技术水平有关,也与环境对机床的影响有关。

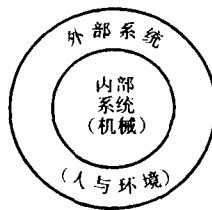


图 1-1

2 机械系统的基本特征

2.1 整体性

整体性是机械系统所具有的最重要和最基本的特性。系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素构成的统一体。虽然各要素具有各自不同的性能,但它们结合后必须服从整体功能的要求,相互间需协调和适应。一个系统整体功能的实现,并不是也不可能是某个要素单独作用的结果。一个系统的好坏,最终体现在它的效能上。因此,必须从整体效能的优劣来判断系统的好坏。确定各要素的性能和它们间的联系时,必须从整体着眼、从全局出发。并不要求所有要素都具有完美的性能。所有要素的性能都十全十美,其整体效能若统一性和协调性差也得不到令人满意的结果。相反,即使某些要素的性能并不很完善,但如能与其相关要素处于很好的统一与协调之中,往往也可使系统具有令人满意的效能。整体性也就是统一性和协调性。

各要素的随意组合不能称作为系统。因此,系统的整体性还反映在组合成系统的各要素之间的有机联系上。正是这种有机联系,才使各要素组成一个整体,如果失去了这种有机联系也就不存在整个系统。同样,在系统中不存在与其它要素不发生联系的独立要素。由此可见,系统是不能分割的,不能把一个系统分割成相互独立的子系统。但是,实际的系统有时是很复杂的,为了研究方便,可根据需要,按功能分解原理把一个系统分解成若干个子系统。这种将系统“分解”所得的子系统与毫无道理的“分割”所得的系统是完全不同的概念。因为在分解系统时,始终保持着代表某一子功能的子系统之间的有机联系。分解后的子系统都不是完全独立的,而是维持着某种联系。这种联系分别用相应的子系统的输入与输出表示。因此,这种子系统也就不能分割成完全独立的要素。

2.2 相关性

组成系统的要素是相互联系、相互作用的,这就是系统的相关性。相关性就是系统各要素之间的特定关系。其中包括系统的输入与输出的关系,各要素间的层次关系,各要素的性能与系统整体之间的特定关系等。系统的相关性还体现在某一要素的改变将影响其对相关要素的作用,由此对整个系统产生影响。

系统的相关性是通过相互联系的方式来实现的,例如有时间的联系和空间的联系。广义的讲,要素之间一切联系方式的总和,叫做系统的结构。不同的联系方式对系统的相关性有不同的影响和作用。没有按一定的结构框架组织起来的多要素集合是一种非系统。结构不能离开要素而单独存在,只有通过要素间相互作用才能体现其客观存在。要素和结构是构成系统的两个缺一不可的方面,系统是要素与结构的统一。给定要素和结构两方面,才算给定一个系统。系统的相关性就是通过结构来体现的。

2.3 层次性

系统作为一个相互作用的诸要素的总体，它可以分解为一系列的子系统，并存在一定的层次结构，这是系统空间结构的特定形式。在系统层次结构中表述了在不同层次子系统之间的从属关系或相互作用关系。在不同的层次结构存在着动态的信息流和物质流，构成了系统的运动特性，为深入研究系统层次之间的控制与细节功能提供了条件。

从机械系统的构成来看，由基本要素到系统整体是有阶梯性和层次性的。每个层次反映了系统某种功能实现方式。层次本身就是系统构成的部分。图 1-2 表示机械系统的层次结构。

如何划分层次、层次的基本特性是什么？只有根据某一具体的机械系统来加以考虑，而且还与系统的分析和设计人员的某些构想有关。

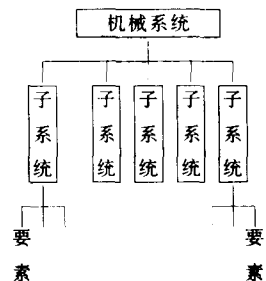


图 1-2

2.4 目的性

系统的价值体现在实现的功能上，完成特定的功能是系统存在的目的。系统的目的性是区别这一系统和那一系统的标志。系统的目的一般用更具体的目标来体现，一般来说，比较复杂的系统都具有不止一个的目标，因此往往需要一个指标体系来描述系统的目标。

在指标体系中，各个指标之间有时是相互矛盾，有时是互为消长的。为此，要从整体要求出发力求取得全局综合最优的效果，要设法在矛盾的目标之间做好协调工作，寻求平衡点，取得综合最优的方案。

系统的功能就是系统的目的性，它主要取决于要素、结构、环境。要素必须具备必要的性能，否则难以达到预期的目的。要素的相互联系方式取决于系统的结构，选择最佳的结构框架，将有利于最优实现系统的目的。同时，还要选择或创造适当的环境条件，使环境条件有利于系统功能的实现。在要素和环境条件已经给定的情况下，系统的结构才是起决定性影响的。

为了实现系统的目的，系统必须具有控制、调节和管理的功能，这些功能使系统进入与它的目的相适应的状态，实现要求的功能并能排除或减少有意的干扰。

2.5 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质世界的环境中。因此，它必然也要与外界环境产生物质的、能量的和信息的交换，外界环境的变化必然会引起系统内部各要素之间输出、输入的变化，从而会使系统的输入发生变化，甚至产生干扰引起系统功能的变化。不能适应外部环境变化的系统是没有生命力的，而能够经常与外部环境保持最优适应状态的系统，才是理想的系统。

外部环境总是不断变化着的，系统也总是处于动态过程中，稳态过程是相对的、暂时的。因此，为了使系统运行状态良好，必须使系统对外部环境的各种动态变化和干扰具有良好的动态适应性。

为了把握好系统，必须了解系统所处的环境，分析环境对系统有何影响，如何使系统适应这种影响。系统与环境的相互作用、相互联系是通过交换物质、能量、信息来实现的。研究系统和环境的物质、能量、信息交换的规律和特性，才能有的放矢解决系统的环境适应问题。

3 机器的类别和基本特征

3.1 机器的类别

机械系统的概念是广泛的，但是从机械产品设计需要出发，我们重点研究机器的概念设计。因此，我们应对机器的类别作比较系统的研究。

机器的种类繁多，形形色色，但是从它们的工作类型来分，机器可以分为三类：动力机器、工作机器和信息机器。

动力机器的功用是将任何一种能量变换成机械能，或将机械能变换成其它形式的能量。例如，内燃机、压气机、涡轮机、电动机、发电机等都属于动力机器。

工作机器的功用是完成有用的机械功或搬运物品。例如，金属切削机床、轧钢机、织布机、包装机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机都属于工作机器。

信息机器的功用是完成信息的传递和变换。例如，复印机、打印机、绘图机、传真机、照相机等都属于信息机器。

不管现代机器如何先进，机器与其它装置的主要不同点是产生确定的机械运动，完成有用的工作过程，随之也发生能量的变换。不论是动力机器、工作机器还是信息机器，虽然它们的工作原理各不相同，但是任何机器都必须产生有序的运动和动力传递，并最终实现功和能的变换、完成特有的工作过程。有序运动和动力的传递，主要是依靠机器的运动系统，也就是传动—执行机构系统。因此，机械运动方案设计就成为机器设计的一个关键。

按机器的工作类型来划分机器，可以将众多的机器分成三种机器类型，这将有利于寻找机器设计的一般规律，根据机器的工作特点来进行机械运动系统的创新设计。

3.2 能量流、物质流和信息流

机械系统与其它系统一样都存在着能量流、物质流和信息流的传递和变换。机械系统的能量流、物质流和信息流又有它们特殊的形态和变化规律。

1. 能量流

能量流在机械系统中存在于能量变换和传递的整个过程之中。它是机械系统完成特定工作过程所需的能量形态变化和实现动作过程所需的动力。没有能量流也就不存在机械系统的工作过程。在机械系统中能量流又有其特定的变化规则，亦即机械系统中存在机械能转换成其它形态的能，或者其它形态的能转换成机械能。机械能的互换是机械系统主要的能量流特征，没有这种转换也就不能成为机械系统。

能量的类型也是多种多样的。例如，机械能、热能、电能、光能、化学能、太阳能、核能、生物能等等。机械系统的动能和位能均属于机械能。

电动机是将电能变换成机械能。内燃机是将燃油的化学能通过燃烧变成热能、再由热能变成机械能。发电机是将机械能变换成电能。压气机把机械能变换成气体的位能等等。

2. 物质流

物质流在机械系统中存在的主要形式是物料流，它是机械系统完成特定工作过程中工作的对象和载体。没有物料流也就体现不出机械系统的工作过程和工作特点。

物料的种类也是多种多样的。例如，金属材料包括黑色金属和有色金属材料，纺织品包括麻、棉、丝等，塑料包括容器、薄膜等，还有皮革、橡胶，各种液体，各种气体等。

物料流是物料的运动形态变化、物料的构型变化以及两种以上物料包容和混合等的物料

变化过程。机械系统的物料只有形态、构型、包容、混合的变化，也就是物料只产生物理的、机械的变化。

机械运动系统所实现的工艺动作过程就是为了满足特定的物料变化过程。

金属切削机床是将金属毛坯通过上料、切削、下料来得到所需形态的某种零件。织布机械是将纱线织成布匹。包装机械是将物件包入包装容器。汽车是将人或货物运送到规定场所。挖土机是将土壤挖开、运送被挖土块。

3. 信息流

信息流是反映信号、数据的检测、传输、变换和显示的过程。信息流的功用是实现机械系统工作过程的操纵、控制以及对某些信息实现传输、变换和显示。因此，信息流对于机械系统实现有序、有效的工作过程是必不可少的。

信息的种类是多种多样的。例如，某些物理量信号，机械运动状态参数，图形显示，数据传输等等。

在工作机器中信息流是实现机械系统的操纵和控制必不可少的。例如，加工中心的工作过程完全是根据给定的信息、数据来控制的。

在信息机器中，信息流的作用更加突出。例如，照相机根据所拍摄景像的远近、外界光线的强弱确定距离和光圈大小，以及曝光时间。通过成像原理获得清晰的景像。

从上述分析可见，任何一台机器的主要特征是从能量流、物质流和信息流中体现出来的，要设计一台新机器首先应从剖析能量流、物质流和信息流着手。

3.3 机器的基本特征

任何机器从总体上看都是实现某种能量流、物质流和信息流的传递和变换的。如图 1-3 所示。因此，可以这样说，任何一种机器都是实现输入的能量、物料、信息和输出的能量、物料、信息的函数关系的机械装置。新机器的设计就是为了建立实现这种函数关系的机械系统。

通过对输入的能量、物料、信息形态和输出的能量、物料、信息形态的深入分析，可以求出机器所要实现的功能。再通过功能分析和功能求解来构思和设计新机器的运动方案。

分析三类机器的基本特征将会找到一些设计新机器的线索，便于构思和设计。

1. 三类机器的基本特征(见表 1-1)

表 1-1 三类机器的基本特征

特征 类别	能 量 流	物 料 流	信 息 流	举 例
动力机器	1) 将其它能量变换成机械能 2) 将机械能变换成其它能量	为了实现能量变换所需的物质运动变换	控制能量变化的速度和大小	1) 内燃机、电动机等 2) 发电机、压气机等

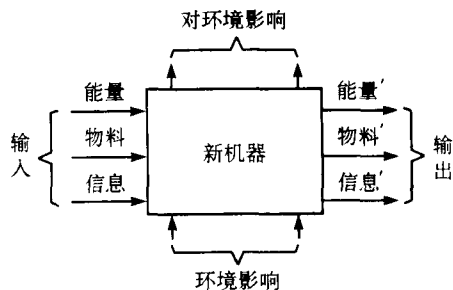


图 1-3

(续)

类别	特征	能 量 流	物 料 流	信 息 流	举 例
工作机械		1) 实现物料搬移所需的机械能 2) 实现物料形态变化所需的机械能	物料从一位置搬移至另一位置 上料, 切削, 下料(上料, 包装, 下料)	控制物料搬移 控制上料, 加工, 下料	1) 起重机、汽车等 2) 金属切削机床、包装机等
信息机械		实现信息传递和变换时所需的能量。这种能量较小	信息载体的输送和转移	相关信息的传递和变换	绘图机、复印机、照相机等

由表 1-1 可见, 动力机器的最基本特征是其它形式能量变换成机械能、或将机械能变换成其它形式的能量。这种能量变换就是动力器的主要功能。

同样, 从表 1-1 可见, 工作机器是利用机械能来搬移物料或改变物料的构形。因此, 它最基本的特征是使物料产生运动、改变构形、进行包容等。工作机器的动作过程相对比较复杂。

信息机器的主要功能是传递和变换信息。对于普通的印刷机, 其传递和变换原理比较简单, 经过给纸、匀墨、印刷到收纸等动作完成。对于静电复印机, 其工作原理较为复杂, 它由控制系统、曝光系统、成像系统以及搓纸、输纸及图像转印系统组成, 完成曝光、显影、转印、定影等工作。

2. 动力机器类别与功能

(1) 化学能变换成机械能的动力机器 有汽油机、柴油机、蒸汽轮机、燃气轮机等, 它们将油或煤燃烧后, 将化学能变成热能形成高压燃气或高压蒸汽由此产生机械能。这种动力机器, 关键是如何有效地将化学能变成热能, 由热能转换成机械能的机械装置的结构一般不太复杂。这类动力机器的设计较多地涉及到热能学科。

(2) 电能变换成机械能的动力机器 有三相异步电动机、直流电动机、变频电动机、伺服电动机、步进电动机等, 它们将电能变换成机械能。这类动力机器的设计主要应用电磁理论和电工学。

(3) 机械能变换成其它形式能的动力机器 有压气机、水泵、发电机等。这类动力机器的设计需按相关的转换原理, 涉及到各个专业的知识。

3. 工作机器的类别和功能

工作机器的种类繁多, 是三种机器中类别最多的一种。过去这类机器往往按行业来分, 有机床、重型机械、矿山机械、纺织机械、农业机械、轻工机械、印刷机械、包装机械等等。按行业和用途类型来划分机器类别对生产和应用是有利的。但是从设计的角度看, 采用按工作特点来对机器进行分类是比较有利的。比较广泛应用的机器可以分成如下几种:

(1) 金属切削机床 如车床、铣床、刨床、磨床、钻床、镗床、加工中心等。它们主要的工作特点是工件和刀具的夹持和相对运动情况。按物料输入、输出状况可确定机床的类别

和组成特点。

(2) 运输机械 如起重机、输送机、提升机、自动化立体仓库等。它们的工作特点是搬运物料、堆积货物。按物料类别不同和搬运要求确定机器的类型。

(3) 纺织机械 如各种纺织机。它们的工作特点是将纱线按要求进行纺纱、织布，按纺纱和织布的不同工作原理来确定机器的类型。

(4) 缝制机械 如各种平缝机、包缝机、绷缝机、钉扣机、锁眼机、绣花机等。它们的工作特点是按缝制要求运送衣料和缝线，形成衣料成品。不同的缝制要求就构成不同的缝制设备。

(5) 包装机械 如糖果包装机、啤酒罐装机、软管充填封口机、制袋充填包装机等等。它们的工作特点是将物料(包括固体、液体、汽体)充入容器，或用包装材料包容物料。由于物料形态不同，包装物具体情况相差较大，包装机械的执行动作构想和执行动作配合就会有不同的方案。

工作器的设计关键在于如何构想物料的动作过程，实现相应的工艺动作过程。

4. 信息机器的类别与功能

信息机器的种类不算多，一般有打印机、复印机、传真机、绘图机、照相机等。信息机器的功能是进行文字、图像、数据等的传递、变换、显示和记录。信息机器由于工作原理的不同，而具体的结构形式也多种多样。信息机器是精密机械、传感技术、计算机控制技术、微电机技术等多种技术融为一体，并且发展成为典型的机电一体化产品。例如，打印机由打印机构、字车机构、走纸机构三部分组成。静电复印机由曝光、控制、成像和搓纸输纸图像转印等四部分组成。绘图机是通过接口接受计算机输出的信息，经过控制电路向 X 轴步进电动机和 Y 轴步进电动机发出绘图指令，由电动机驱动滑臂和笔爪滑架移动。同时逻辑电路控制绘图笔运动，在绘图纸上绘制所需图形。

4 机械设计概述

4.1 设计的基本概念

设计一词的英语为 Design，它源于拉丁语 Designar，由 De (记下)与 Signare (符号、记号、图形等)两词组成。因此，设计的最初含义是将符号、记号、图形之类记下来的意思。随着经济的发展和科学技术的进步，设计的内涵不断向深度和广度发展，设计的含义愈来愈广泛、深刻和先进。

设计是人类改造自然的基本活动之一，设计是复杂的思维过程，设计过程蕴含着创新和发明的机会。设计本身就是创新，没有创新的设计严格来说不能称之为设计。设计的目的是将预定的目标，经过一系列规划与分析决策，产生一定的信息(文字、数据、图形)，形成设计，并通过制造，使设计成为产品，造福人类。

设计由于情况不同可以有三类不同的设计类型，详见表 1-2 所示。

表 1-2 产品设计的类型

设计类型	设计的主要特点
开发性设计	在工作原理、结构等完全未知的情况下，应用成熟的科学技术或经过试验证明是可行的新技术，设计出过去没有过的新型机器。这是一种完全创新的设计

(续)

设计类型	设计的主要特点
适应性设计	在原理方案基本保持不变的前提下，对产品作局部的变更或设计一个新部件，使产品在质和量方面更能满足使用要求
变型设计	在工作原理和功能结构都不变的情况下，变更现有产品的结果配置和尺寸，使之适应于更多的容量的要求。这里的容量含义很广，如功率、转矩、加工对象的尺寸、速比范围等等

机械产品设计中开发性设计目前还占少数，但是随着产品竞争加剧，开发性设计会有所增加。为了充分发挥现有机械产品的潜力，适应性设计和变型设计就显得格外重要。但是，作为一个设计人员，不论从事哪一类设计，都应该在“创新”上下功夫。“创新”是开发性设计、适应性设计和变型设计的灵魂，“创新”可使设计焕然一新。为了使企业在市场竞争中立于不败之地，必须重视各种类型的设计。

4.2 机械设计的一般程序

不论哪一类设计，为了提高机械设计的质量，必须有一个科学的设计程序。通常较为广泛实施和应用的程序可归纳成表 1-3 所示的框图程序。

1. 产品规划

产品规划要求进行需求分析、市场预测、可行性分析，确定设计参数及制约条件，最后给出详细的设计任务书(或要求表)，作为设计、评价和决策的依据。

2. 概念设计

需求是以产品的功能来体现的，功能与产品设计的关系是因果关系。体现同一功能的产品可以有多种多样的工作原理。因此，这一阶段的最终目标就是在功能分析的基础上，通过构想设计理念、创新构思、搜索探求、优化筛选取得较理想的工作原理方案。对于机械产品来说，在功能分析和工作原理确定的基础上进行工艺动作构思和工艺动作分解，初步拟定各执行构件动作相互协调配合的运动循环图，进行机械运动方案的设计(即机构系统的型综合和数综合)等，这就是产品概念设计过程的主要内容。

3. 构形设计

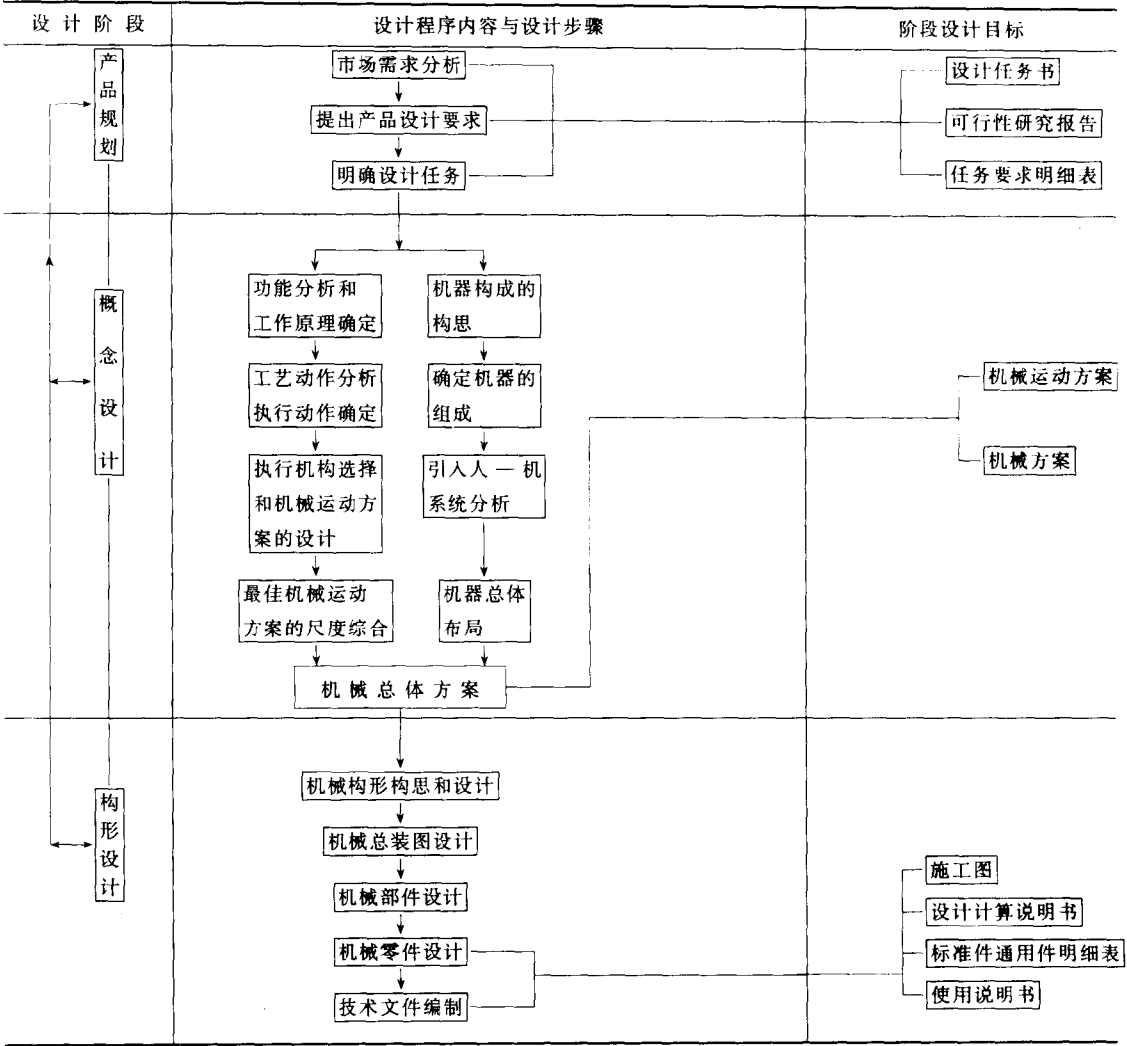
构形设计是将机械方案(主要是机械运动方案等)具体转化为机器及其零部件的合理构形。也就是要完成机械产品的总体设计、部件和零件设计，完成全部生产图样并编制设计说明书等有关技术文件。

构形设计时要求零件、部件设计满足机械的功能要求；零件结构形状要便于制造加工；常用零件尽可能标准化、系列化、通用化；总体设计还应满足总功能、人机工程、造型美学、包装和运输等方面的要求。

构形设计时一般先由总装配图分拆成部件、零件草图，经审核无误后，再由零件工作图、部件图绘制出总装图。

最后还要编制技术文件，如设计说明书，标准件、外购件明细表，备件、专用工具明细表等等。

表 1-3 机械设计的一般程序框图



5 机械系统的概念设计

5.1 概念设计与方案设计、创新设计的比较

从机械系统设计的前期工作来看，人们较多提到的名称有方案设计、创新设计和概念设计。

1. 方案设计

在机械设计程序中，方案设计是机械设计的前期工作，它是根据功能要求求出的包括机器各组成部分和功能结构解的机器简图，其中包括结构类型和尺度的示意图及相对关系。这就勾画出机器的方案，可作为构形设计的依据。机器方案设计关键的内容是确定机器运动方案，通常又称之为机构系统设计方案。

机械运动方案设计必须经过下列步骤：

- (1) 进行机械功能分析；