

邹慧君 主编

JIXIE YUNDONG FANG'AN SHEJI SHOUC

机械运动 方案设计 手册

上海交通大学出版社



机械运动方案设计手册

邹慧君 主 编

上海交通大学出版社

(沪)新登字 205 号

内 容 简 介

本书是供机械运动方案设计(机械原理设计)使用的简明实用手册。内容包括:机械运动简图设计的内容和步骤;机构协调设计和运动循环图;机械运动方案构思和拟定方法;七类常用实现运动和功能的机构工作原理、结构特点和应用场合;机械传动系统与原动机选择原则;机构选型与评价方法;机械运动方案设计举例;机械运动方案设计说明书编制方法等。本书构思新颖,富有特点,有利于读者在学习机械原理有关知识的基础上,开展新颖的机械设计与构思。

本手册可供机械工程技术从事新机械设备的设计工作使用参考,也是大专院校各类机械专业师生关于机械原理课程设计不可缺少的数学参考书。

机械运动方案设计手册

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路1954号)

邮政编码: 200030)

发 行: 新华书店上海发行所

印 刷: 上海交通大学印刷厂

开 本: 787×1092(毫米) 1/16

印 张: 15.25 字数: 378000

版 次: 1994年9月 第1版

印 次: 1994年10月 第1次

印 数: 1—7300

科 目: 329—283

ISBN 7-313-01349-3/TH·11

定 价: 13.80元

前 言

随着科学技术的飞速发展,机械产品的品种和门类日益增加,例如各种金属切削机床、仪器仪表、工程机械、重型机械、轻工机械、纺织机械、服装机械、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。大家知道,各种各样的机械设备一般都要实现生产工艺动作过程和操作过程的自动化,这就要求进行各种机构的创新设计和常见机构的组合应用。因此,机械运动简图的设计对于新机械产品构思和设计愈来愈显出重要性。机械运动方案的构思与拟定应该是机械运动简图设计的“型综合”部分,它对于机械产品的质量、水平、性能和经济效益是非常关键的。尤其值得注意的是,当前机械产品市场竞争愈来愈激烈,需要不断更新和开发产品。同时,我国重返“关贸总协定”之后,对于引进国外产品不允许照搬照抄。因此,机械运动方案设计的重要性,愈来愈被广大科技人员所认识,大家很需要一本供机械运动方案设计时参考的手册。

多年来在高等工科院校中,机械原理课程内容改革已引起广大师生的重视,机械原理课程内容要不断更新,体系要不断改造的呼声也日益增高,并且在探索如何联系实际,加强设计内容,培养学生开发和创新的能力方面取得了很多有益的经验。1986年,国家教委机械原理课程教学指导小组所制定的《机械原理课程教学基本要求》,其中对机械原理课程设计提出的要求是:“结合一个简单机械系统,综合运用所学理论,使学生受到确定运动方案的初步训练”。根据各校反映的情况表明,这一要求的贯彻取得了预期的效果,使机械原理课程教学有了新发展,其意义是深远的。但是在各校实践的过程中,愈来愈感觉到需要有一本适合机械运动方案设计的手册来介绍机械运动方案设计的思路和方法,汇集实现各种运动和功能的机构应用示例,使广大师生不再处于缺乏工具书的状况。

基于上述两方面的需要,华东地区机械原理教学研究会通过多年的酝酿和讨论,决定首次大胆尝试编写一本机械运动方案设计(机械原理设计)手册,以期能起到抛砖引玉的作用。

本手册共分十四章,除了一些必要的文字叙述外,形式上以图表为主,并力求简明。第一章总论,是对机械运动方案设计的重要性、机械运动简图设计的步骤和内容等作了简要的介绍。第二章对机械中执行机构的协调设计和运动循环图设计作了较为详尽的阐述。第三章阐述机械运动方案的构思与拟定有关的创造性设计方法、功能分析等内容,以开拓设计思路。第四章介绍匀速与非匀速转动机构的常用型式、特点和应用。第五章介绍往复移动和往复摆动机构的常用型式、特点、设计简介和应用。第六章介绍间歇运动机构的主要型式、特点和应用。第七章介绍刚体导引机构的设计方法和应用实例。第八章介绍实现各种轨迹曲线的机构型式、特点和应用。第九章介绍运动复合机构的结构特点、组成形式、基本类型和应用实例。第十章介绍9种特殊用途机构的常用型式。第四章至第十章都是采用表格型式介绍常用机构,对设计人员进行机构选型很有参考价值。第十一章机械传动系统与原动机选择阐述了机械传动系统的概况和特性参数、机械传动的类型和效率、原动机及电动机的选择。这些内容对于运动方案的设计是必不可少的。第十二章介绍机构选型的原则、评价体系和评价方

法,为运动方案的选择提供了一种比较简便的途径。第十三章以平板印刷机、蜂窝煤成型机和四工位专用机床为例介绍了它们的运动方案设计步骤和内容。使读者对机械运动方案的设计有一个新的认识。第十四章是阐述机械运动方案设计说明书编制的有关问题。考虑到本书的篇幅,有关各种机构的详尽计算方法、图表以及有关电算程序等没有编入,读者可参阅有关机械原理教材和机械原理电算程序集。

参加本书编写的有:上海交通大学邹慧君(第一章、第十二章、第十三章)、沈乃勋(第二章)、曹志奎(第三章)、丘小岩(第四章)、张毅(第十章)、俞钧耀(第十一章);合肥工业大学赵韩(第五章、第七章);东南大学郑星河(第六章、第八章);中国纺织大学高志民(第九章、第十四章)。全书由邹慧君负责制定编写大纲统稿和定稿工作。

本书是在华东地区机械原理教学研究会的热情关心和帮助下编写而成的。在此谨表示衷心的感谢。

由于机械运动方案设计手册的编写尚属首次,加上我们的设计经验也不多,错误和不足之处在所难免,恳请读者指正。我们将积极吸收大家的意见和建议,以便在可能条件下充实到将来的版本中去。

编 者

1994年2月

目 录

第一章 总 论	(1)
§ 1-1 机械运动方案设计的重要性	(1)
§ 1-2 机械设计的内容和步骤	(1)
§ 1-3 机械运动简图设计的步骤和内容	(3)
§ 1-4 按用途对机构分类	(8)
第二章 机械执行机构的协调设计和运动循环图	(11)
§ 2-1 机械工艺动作要求及其动作分解	(11)
§ 2-2 执行机构的协调设计	(14)
§ 2-3 运动循环图的表示方法	(16)
§ 2-4 运动循环图的设计和应用	(20)
第三章 机械运动方案的构思与拟定	(35)
§ 3-1 机械的创造性设计方法	(35)
§ 3-2 机械运动方案构思要求和功能分析	(37)
§ 3-3 机械运动方案拟定方法	(40)
§ 3-4 机械选型的创造性设计	(49)
第四章 匀速与非匀速转动机构	(56)
§ 4-1 匀速转动机构	(56)
§ 4-2 非匀速转动机构	(68)
第五章 往复移动和往复摆动机构	(75)
§ 5-1 曲柄摇杆机构	(75)
§ 5-2 双摇杆机构	(78)
§ 5-3 曲柄滑块机构	(81)
§ 5-4 摆动导杆机构	(84)
§ 5-5 双移动副四杆机构	(86)
§ 5-6 摆动油缸机构	(87)
§ 5-7 多杆往复运动机构	(89)
§ 5-8 凸轮机构	(91)
§ 5-9 往复运动齿轮机构	(94)
§ 5-10 组合机构	(96)
第六章 间歇运动机构	(99)
§ 6-1 间歇转动机构	(99)
§ 6-2 间歇摆动机构	(111)
§ 6-3 间歇移动机构	(115)

第七章 刚体导引机构	(119)
§ 7-1 给定连杆两个位置时的机构设计.....	(119)
§ 7-2 给定连杆三个位置时的机构设计.....	(121)
§ 7-3 给定连杆四个位置时的机构设计.....	(124)
§ 7-4 给定连杆五个位置时的机构设计.....	(128)
§ 7-5 用算法设计刚体导引机构.....	(130)
第八章 实现轨迹机构	(135)
§ 8-1 直线轨迹机构.....	(135)
§ 8-2 方形和矩形轨迹机构.....	(138)
§ 8-3 圆和椭圆轨迹机构.....	(140)
§ 8-4 其他轨迹曲线机构.....	(142)
第九章 运动复合机构	(148)
§ 9-1 运动复合机构的结构特点.....	(148)
§ 9-2 运动复合机构的组成形式.....	(148)
§ 9-3 运动复合机构的基本类型.....	(149)
§ 9-4 运动复合机构的应用实例.....	(152)
第十章 特殊用途机构	(177)
§ 10-1 行程增大机构、行程可调机构.....	(177)
§ 10-2 有增力特性的机构.....	(179)
§ 10-3 换向机构.....	(180)
§ 10-4 自动停车机构.....	(182)
§ 10-5 过载保险机构.....	(183)
§ 10-6 供料机构.....	(185)
§ 10-7 抓取机构.....	(188)
§ 10-8 误差补偿机构.....	(189)
第十一章 机械传动系统与原动机选择	(191)
§ 11-1 机械传动系统概述.....	(191)
§ 11-2 机械传动的特性参数.....	(191)
§ 11-3 机械传动的效率.....	(192)
§ 11-4 机械传动的类型.....	(194)
§ 11-5 机械传动的选择.....	(195)
§ 11-6 原动机的选择及其性能比较.....	(198)
§ 11-7 电动机的选择.....	(199)
第十二章 机构选型与评价	(206)
§ 12-1 机构选型原则.....	(206)
§ 12-2 机构选型的评价体系.....	(208)
§ 12-3 机构选型的评价方法.....	(211)
第十三章 机械运动方案设计举例	(219)
§ 13-1 设计平板印刷机的运动方案.....	(219)

§ 13-2	设计冲压式蜂窝煤成型机的运动方案	(224)
§ 13-3	四工位专用机床的运动方案设计	(228)
第十四章	机械运动方案设计说明书的编制	(231)
§ 14-1	机械运动方案设计的目的	(231)
§ 14-2	机械运动方案设计的任务	(231)
§ 14-3	机械运动方案设计的内容和步骤	(232)
§ 14-4	设计说明书的编写	(235)
参考文献		(236)

第一章 总 论

§ 1-1 机械运动方案设计的重要性

机械产品设计的好坏对机械产品的性能、质量、水平和经济效益具有决定性的作用。一个机械产品是否在市场上有竞争能力，在很大程度上取决于产品的设计阶段。产品设计本身如有问题，常是根本性的，可能会造成灾难性的后果。因此，必须把好设计关。

随着科学技术的不断发展，机械产品品种和门类日益增多，如各种金属切削机床、仪器仪表、工程机械、重型机械、轻工机械、纺织机械、服装机械、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都要实现生产工艺动作过程和操作过程的自动化，这就要有赖于新机构的创新设计和各种机构的组合应用。这些也就是机械运动方案以至机械运动简图设计的主要内容。

机械运动方案的设计，除了需要掌握各种典型机构的工作原理、结构特点和设计方法外，还要选择和构思灵巧的动作过程来完成机械的功能要求，要选用已有的合适机构型式或开发新的机构型式，要将选定或开发的机构型式进行巧妙的组合得到机械的运动方案，要在许多可能的方案中选择最佳方案等等。

机械运动方案以至机械运动简图设计是机械产品设计的第一步，也是决定机械产品质量水平的高低、性能的优劣和经济效益好坏的关键性的一步。

§ 1-2 机械设计的内容和步骤

一、关于设计的基本概念

英文 Design——设计，起源于拉丁语 Designar，它是由 De(记下)与 Signare(符号、记号、图形等)两词组成的。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。随着生产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，设计的含义越来越深刻。

设计过程是指明确设计任务到编制技术文件所进行的整个设计工作的流程。

一般来说，整个设计过程又可分为四个主要阶段：(1)明确设计任务要求；(2)原理方案设计；(3)技术设计；(4)施工设计。

二、现代设计方法的产生

现代设计是过去设计活动的延伸和发展。50年代后期到60年代初期，由于电子计算机较广泛的采用，设计方法学和创造方法学的迅速发展，以及科学技术的进步，使人们在掌握事物的客观规律，掌握人的思维规律的同时，运用有关科学技术原理进行复杂的，甚至在这以前认为不可能的计算和设计。这就使机械产品的设计工作发生了质的变化。国际上，大约在

本世纪60年代末期，在产品设计领域内相继出现了一系列新兴学科分支，主要有：设计方法学、优化设计、价值工程、计算机辅助设计(CAD)、可靠性设计、工业艺术造型设计、模块化设计、反求工程、有限元等；还有不少新的设计方法，如相似性设计、系统化设计、人机工程学、模态设计、动态设计、疲劳设计等等。其中不少技术已日趋成熟，并得到广泛应用。

现代设计方法的特点，如表1-1所示。

表 1-1 现代设计方法的特点

序 号	内 容	主 要 特 点
1	设计指导思想	由过去的经验、类比方法提高到逻辑的、理性的、系统的新设计方法。
2	设计对象	考虑了人、机、环境的相互协调从而发挥产品的最大潜力或提高系统的有效性。
3	设计方法	广泛采用(CAD)、优化设计、可靠性设计、工业艺术造型设计、创造性设计，使设计水平有一个质的飞跃。
4	设计手段	充分采用电子计算机进行计算和自动化绘图，使设计的准确性、稳定性和设计效率大大提高。

在进行机械运动简图设计中，对于机械运动方案的构思和选择采用现代设计方法，可使其摆脱经验、类比的局限。

三、机械设计的内容和步骤

机械设计的一般步骤和内容可分为四个阶段：(1) 产品规划阶段；(2) 方案设计阶段；(3) 详细设计阶段；(4) 改进设计阶段。

(一) 产品规划阶段

其中心任务是进行需求分析、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。

需求分析包括对销售市场和原料市场的分析，如消费者对产品功能、性能质量、数量等的具体要求；竞争对手在技术、经济方面的优缺点；现有产品的销售情况等。

对产品开发中的重大问题经过技术、经济、社会各方面条件的详细分析对开发可能性的综合研究，提出可行性报告，其内容主要有：

- (1) 产品开发的必要性，市场需求预测；
- (2) 有关产品的国内外水平和发展趋势；
- (3) 预期达到的最低目标和最高目标，包括设计水平、技术、经济、社会效益；
- (4) 提出设计、工艺等方面需要解决的关键问题；
- (5) 现有条件下开发的可能性及准备采取的措施；
- (6) 预算投资费用及项目的进度、期限。

(二) 方案设计阶段

需求是以产品的功能来体现的,功能与产品设计是因果关系,但又不完全相同。体现同一功能的产品可以有多种多样的工作原理。因此这一阶段就是在功能分析的基础上通过创新构思、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,提出机械运动方案和进行机械运动简图的设计,这就是机械产品方案设计阶段的主要内容。

机械运动方案是根据机械产品的工艺动作过程选用合适执行机构,用一定的组合方式构成机构系统来完成机械产品的功能。机械运动方案就是机械系统的型综合。将机械运动方案中各个机构运动尺寸计算确定之后就得到机械运动简图。机械运动简图的设计就是机械运动系统的尺度综合。

机械产品的方案设计是先确定它的工作原理方案,再确定机械运动方案。机械产品的工作原理方案和机械运动方案的好坏是决定产品性能、成本,关系到产品水平和竞争能力的关键所在。因此,机械运动方案的设计阶段是机械产品设计中的最重要的设计阶段。

机械运动方案设计阶段,要求完成机械产品的功能分析,功能原理求解和通过评价决策得到最佳功能原理和机械运动方案,也就是初步完成机械运动简图设计中的机构选型和组合应用的分析和设计。

(三) 详细设计阶段

该阶段是将机械运动简图具体化为机器及零部件的合理结构。本阶段设计就是要完成机械产品的总体设计、部件和零件设计,完成全部生产图纸并编制设计说明书等有关技术文件。

详细设计时要求零部件设计满足设计功能要求;零件结构形状要便于制造加工;常用零件尽可能标准化、通用化、组合化;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。

详细设计的步骤一般由总装草图分拆成部件、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。

(四) 改进设计阶段

本阶段的主要任务是根据试验、使用、鉴定所暴露的问题,进一步作出相应的技术完善工作,以确保产品的设计质量。这一阶段是改进完善的阶段,是设计过程不可分割的一部分。通过这一阶段的工作可进一步提高产品的效能、可靠性和经济性,使产品更具生命力。

总之,按上述一般进程,有步骤地进行设计对于提高机械产品设计质量有较好的效果。

§ 1-3 机械运动简图设计的步骤和内容

一、机械运动简图设计概述

机械原理这一学科从广义来说是研究设计和创新机械运动简图的基本理论和方法。要设计和创新机械首要的是设计机械运动简图。

为了实现生产过程的机械化、自动化或者某种动作功能,就需要按工作要求,开发创新

出相应的新机械来，这就需要按这些动作和功能要求，设计或开发出相应的一系列机构，并将他们按动作过程要求组合成新的机械。机械运动简图除了表示各个机构本身各构件间真实运动关系外，还应表示各机构之间动作过程的次序和配合情况。图1-1表示JB型家用缝纫机的机械运动简图，它由挑线、刺布、钩线、送布四大机构组成，由这些机构的协调动作来完成缝制衣服的工作。

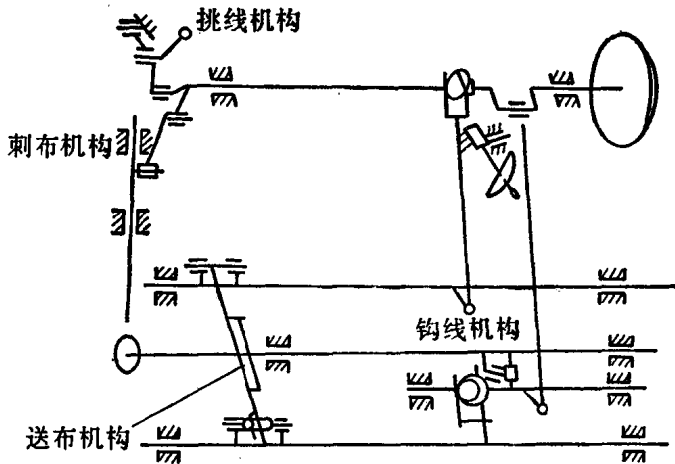


图 1-1 JB 型家用缝纫机机械运动简图

要进行机械运动简图的设计，必须解决好两个核心问题：

(1) 找出工艺动作的运动规律

为了实现某一工艺动作要求，可供选择的工艺动作运动规律可能有很多，这时可以通过分析比较选择一个性能优良、动作简单可靠的最佳方案。工艺动作运动规律选择时，要求设计人员具有开阔的思路、创造性设计方法和丰富的实践经验。

(2) 构思工艺动作过程并设计出机械运动循环图

根据工艺动作的运动规律选择实

现工艺动作过程的各个机构，将它们组合在一起，实现预期的工艺动作的运动规律。

机械运动简图的设计，主要包括下列内容：

1. 功能原理方案的设计与构思

根据机械的功能要求设计与构思工艺原理和工艺动作过程。一个灵巧的功能原理方案是进行新机械创新的出发点。

2. 机械运动方案的设计

根据功能原理方案中提出的工艺动作过程，设计与构思机械运动循环图，按执行动作要求选择几个对应的机构型式，通过一定顺序的组合完成上述工艺动作过程。我们可以把机构的选型和机构的组合称之为新机械的型综合，所得到的方案就称为机械运动方案。所画出的示意图又可称为机械运动示意图。

3. 根据工艺动作运动规律和机械运动循环图要求进行尺度综合

机械运动简图上的各机构的运动尺寸都要加以确定。当然，在设计机械运动简图时应该同时考虑其运动条件和动力条件，否则不利于设计出性能良好的新机械来。

二、机械运动简图设计的一般程序

根据产品功能要求、工作性质和动作过程等基本要求进行新机械的方案设计时，首先就要将总功能分解为各分功能以及各功能元，并找出各功能元的动作要求和运动规律；其次按各功能元的动作要求和运动规律确定机械运动示意图（亦可称为机械运动方案）；最后按各功能元的运动规律、动作过程、动力性能等要求来进行机械运动简图的尺度综合。

图1-2表示机械运动简图设计的流程图。这一设计过程就是机械运动方案设计和尺度综合所应包括的全部内容。

由此看出，一台机械要完成比较复杂的动作配合，一般都需要将若干个机构根据机械的动作过程要求组合起来，因此机械运动简图是一个机构系统的运动简图。

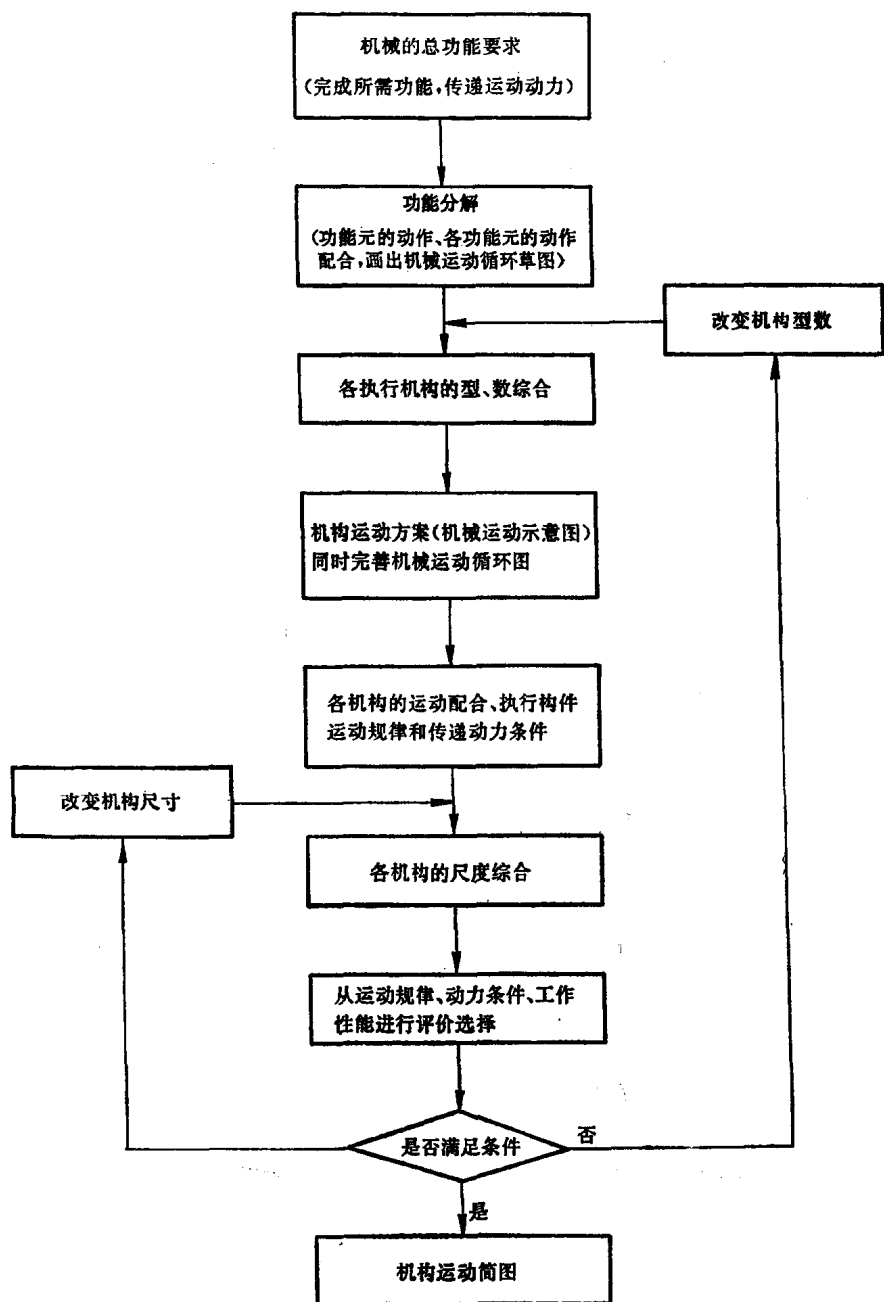


图 1-2 机械运动简图设计流程示意图

在机械运动简图所示的机构系统是机械的重要组成部分。其作用不仅是为了实现减速（或增速）、变速、转换运动形式和使各执行构件作协调配合地工作等运动要求；同时还要把原动机输出的功率和转矩传递到执行构件上去，使其具有克服生产阻力而做功的能力。

机械运动简图的设计是机械设计中十分重要的一个环节，正确地、合理地设计机械运动简图，对于满足机械的功能要求，提高机械的性能和质量，降低机械的制造成本和使用费用

等都是至关重要的。

机械运动简图的设计过程是一个复杂的思维过程，不仅需要掌握深入的机械设计理论和方法，而且要具备丰富的实践经验。特别需要指出的是，运用创造性技法，充分发挥设计人员的创造和想象能力，才有可能使机械运动简图设计中的机械运动方案设计达到新颖、灵巧、高效的地步。

下面再简要地介绍机械运动简图设计程序中几个主要步骤的大致内容：

1. 机械总功能的分解

这是根据机械总功能要求，选定机械的工作原理、工艺动作过程以及实现工艺动作过程的功能原理解。为了实现同一总功能，不同的工作原理、从不同的功能原理解，就会有不同的组合方案，可以通过综合评价来选择最佳的方案。这一步骤对所设计的机械的工作性能、适应性、可靠性、先进性、工艺性、经济性等多方面都起着决定性的影响。

根据机械的工作原理和功能原理解，就可以确定出机械所需要的执行构件的数目、运动形式以及它们之间的运动协调配合关系等要求。

2. 绘制机械运动循环图

按机械的工作原理、执行构件运动协调配合要求，绘制出机械运动循环图，作为各执行机构的选型和拟定机构的组合方案的依据。

3. 各执行机构型综合

确定各执行构件的运动参数和生产阻力，选择合适的原动机。然后选择各机构的类型，进行型数综合。在进行机构型综合时要考虑机构功能、结构、尺寸、动力特性等多种因素，同时要考虑机械运动循环图所提出的运动协调配合要求。机构选型时应该进行综合评价，择优选用。

4. 作出机械运动示意图（机械运动方案图）

根据机械的工作原理、执行构件运动的协调配合要求，和所选定的各执行机构，拟定机构的组合方案，画出机械运动示意图，这种示意图就表示了机械运动配合情况和机构组成状况，代表了机械运动系统的方案，对于运动情况比较复杂的机械，机械运动示意图还可以采用轴测投影的方法绘制出立体的机械运动示意图。

5. 各机构的尺度综合

根据各执行构件、原动件的运动参数，以及各执行构件运动的协调配合要求，同时还要考虑动力性能要求，确定各机构中各构件的几何尺寸（指机构的运动尺寸）或几何形状（如凸轮廓线）等。在进行机构的尺度综合时要考虑机构的静态和动态误差的分析。

6. 绘制机械运动简图

对各机构尺度综合所得结果，要从运动规律、动力条件、工作性能等多方面进行综合评价，确定合适的机构运动尺寸。然后绘制出机械运动简图。机械运动简图应按比例尺画出各机构运动尺度和几何形状。根据机械运动简图所求得运动参数、动力参数、想力情况可以作为机械详细设计（总图、零部件设计等）的依据。

三、机械运动示意图的拟定与构思

机械运动示意图（又称为机械运动方案图），它应表达机械的工作原理、工艺动作过程和这些工艺动作相互协调配合关系。

为了设计机械，进行机械运动方案构思与拟定是十分重要的。为了构思和拟定机械运动方案，必须根据新机械所要达到的功能要求和工作性质来构想和选定机械工作原理。机械为了完成同一功能要求可以采用不同的工作原理。不同工作原理的机械，其机械运动方案也是不同的。

例如，为了加工螺栓的螺纹就可以采用车削加工原理、套丝工作原理和滚压工作原理。这三种不同的螺纹加工原理适合不同的场合，满足不同的加工需要，它们的机械运动方案也就应该各不相同。

又如，为了印刷纸张，人们可以采用平板式印刷原理和轮转式印刷原理。前者的印刷铅字底板是块平板，利用它的摆动使贴合固定的纸张完成印刷（或者纸张放在摆动印头上，印刷铅字底板固定不动）；后者的印刷铅字底板是个圆形滚筒，将纸张连续送入，依靠滚筒的连续转动时贴合纸张完成纸张的印刷。这两种不同的印刷工作原理，得到平板印刷机和轮转印刷机。两种印刷机的机械运动方案大相径庭，后者由于连续印刷，其生产效率比前者大为提高。

再如，为了包装颗粒糖果可以采用三种包装方式，如图1-3所示。图中：(a) 扭结式包装；(b) 接缝式包装（又称枕式包装）；(c) 折叠式包装。

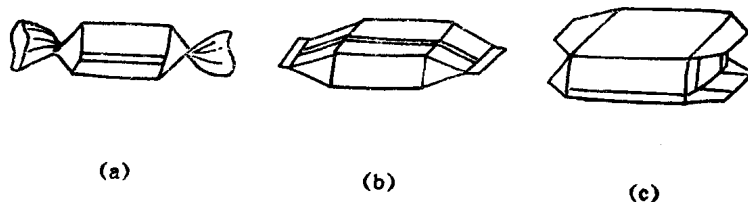


图 1-3 颗粒糖包装方式

这三种包装的原理和动作显然是不同的，因此它们的机械运动方案也是完全不同的。

在具体的机械运动方案的构思与拟定过程中，对于同一种机械工作原理，也可以拟定出几种不同的机械运动方案。例如，采用范成加工原理来加工直齿圆柱齿轮，可以用滚齿机加工，也可以用插齿机加工。两者的机械运动方案是完全不一样的。

机械工作原理确定以后，可以用功能分析法来将机械的总功能进行分解。这种分解从运动学的要求来看，就是按机械所要实现的工艺动作过程进行工艺动作分解。例如，图1-4为折叠式包装工艺动作的一种分解过程。其中包装材料由上而下传送到输入工位。将被包装的方糖传送到工位1（输入工位）可采用三种方案：

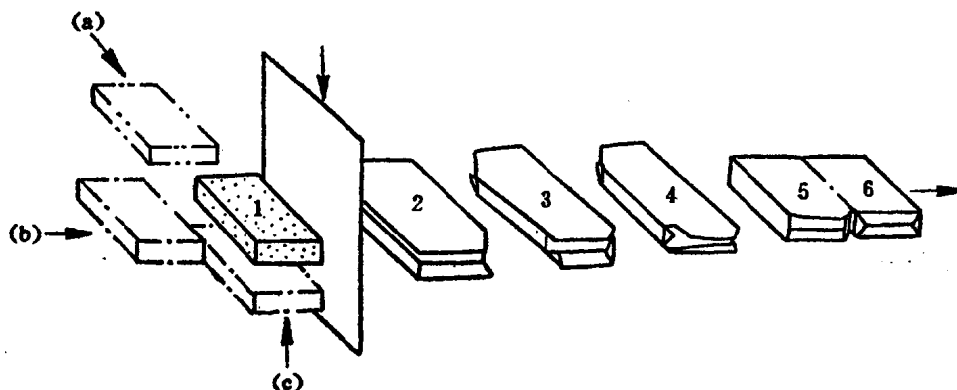


图 1-4 折叠式包装工艺动作示意图

(1) 方案的糖果可以首尾衔接,也可不衔接,比较灵活方便,但传送路线较长;

(2) 方案的糖果传送路线较短,但不能首尾衔接,将糖果由工位1推送到工位2的执行构件的运动比较复杂;

(3) 方案的糖果供送路线最短,但需增加一个糖果升高的执行机构。

工位2完成上、下、前面三个面的包装;工位3完成后面及两端折角包装;工位4完成两端下面折边;工位5完成两端上面折边;工位6将折叠式包装动作完成后把产品输出。

机械的工艺动作的分解过程就是一个创造性设计过程,工艺动作简单、合理,可以使机械运动方案达到简单、合理、可靠、完善的地步。

机械的工艺动作过程分解之后,就可以确定执行构件的数目、各执行构件的运动形式和基本运动参数。然后,我们再根据执行构件所需运动形式和基本运动参数,合理地选择各执行机构的型式,并作出恰当的布置和组合,得到机械运动示意图。

在进行执行机构选型及其布置和组合时,应该充分考虑以下几个主要的要求和条件:

(1) 总体布局。动力源形式、传动机构与执行机构的总体布局、输入构件与输出构件的相对位置安排是机构选型和组合安排必须考虑的因素。例如,通常要求机械结构尽量紧凑,使机构的输出端尽可能靠近输入端。有时为了简化机械运动方案和便于布局可以选用输入轴与输出轴并不平行的空间齿轮机构(如螺旋齿轮机构和锥齿轮机构)、空间凸轮机构和空间连杆机构。

(2) 运动规律。执行机构必须能完成输入构件的运动形式与运动规律,各种机构的适用工作速度是不完全相同的,这些工作速度范围是机构选型及组合安排的基本依据。

(3) 运动精度。运动精度的高低对机构选型影响很大。例如,对运动速度和运动时间要求很高时,就不宜采用液压和气压传动;如果对运动精度要求不高时,可采用近似直线运动代替直线运动,采用近似停歇来代替停歇,这样可使所选择的机构结构简单,易于设计、制造。

(4) 承载能力。各种机构的承载能力和所能达到的最大工作速度是不同的,因而需要根据载荷的大小及动态特性等选用合适的机构。

(5) 使用要求与工作条件。使用单位所提出的生产工作要求,生产车间的条件,使用和维修要求等等,均对机构选型和组合安排有很大影响。

(6) 人-机系统的要求。如机械与人的合理分工,机械操作的宜人性、机械的安全运转等。

§ 1-4 按用途对机构分类

一、执行动作和执行构件

根据机械的工作原理和功能原理解就可以确定机械有几个动作,通过相互配合来完成某一生产动作过程。这些动作称为机械的执行动作,以便与其他非生产动作区别开来。

完成执行动作的构件称为执行构件,它是机构中许多从动件中能实现预期执行动作的构件,故亦称为输出构件。

实现各执行构件所需的执行运动的机构称为执行机构。一般来说,一个执行动作由一个执行机构来完成。但也有用多个执行机构完成一个执行动作,或用一个执行机构完成一个以上的执行动作。

在机械运动方案的确定过程中,对执行动作的多少、执行动作的形式以及各执行动作间如何协调配合都可以成为富有创造性的设计内容。采用什么样的执行机构来巧妙地实现所需的执行动作,要求我们对各类机构的结构特点、工作性能和设计方法都要有深入的了解。同时也要求设计人员有开阔的思路和创新的能力,以便创造性地构思出新的机构来。

二、按功用对机构分类

机械原理教科书中为了系统地研究机构设计方法,将机构按结构特点进行分类,如凸轮机构、连杆机构、齿轮机构等等。但是在实际机械设计时,要求所选用的机构能实现动作过程和有关功能。因此,从机械设计需要出发,可以将形形色色的机构,按运动转换的种类和实现的功能来进行分类。这样的分类方法,便于在机械设计中进行机构的选型。表 1-1 表示按功用对机构进行分类。

表 1-2 机构分类表

序号	执行构件实现运动或功能	机构型式
1	匀速转动机构	(1) 摩擦传动机构; (2) 齿轮系传动机构; (3) 平行四杆机构; (4) 转动导杆机构;
2	非匀速转动机构	(1) 非圆齿轮机构; (2) 双曲柄四杆机构; (3) 转动导杆机构; (4) 组合机构。
3	往复运动机构	(1) 曲柄-摇杆往复运动机构; (2) 双摇杆往复运动机构; (3) 滑块往复移动机构; (4) 凸轮式往复运动机构; (5) 齿轮式往复运动机构。
4	间歇运动机构	(1) 间歇转动机构(棘轮、槽轮、凸轮、不完全齿轮等); (2) 间歇摆动机构(一般利用连杆曲线上近似圆弧或直线段); (3) 间歇移动机构(凸轮机构、行星轮机构等)。
5	差动机构	(1) 差动螺旋机构; (2) 差动棘轮机构; (3) 差动齿轮机构; (4) 差动连杆机构; (5) 差动滑轮机构。