

● 高等学校规划教材

机械系统设计

● 主 编 武良臣
副主编 李锡峰 任保才

● 中国矿业大学出版社



TH122
W-474

高等学校规划教材

机械系统设计

主 编 武良臣
副主编 李锡峰 任保才



中国矿业大学出版社

825475

内 容 提 要

本书从系统的观点出发,阐述了机械系统设计的一般规律和方法,并结合煤矿机械系统的特点,分析了煤矿机械设备系统组成及系统方案设计的基本原理和方法。全书内容包括:机械系统的方案设计和总体设计、机械系统的载荷特性和动力选择、执行系统设计、传动系统设计、操纵系统设计、机械系统控制及机械基础设计等八章。

本书为煤炭高等工业院校机械设计及制造专业和机械设计类专业教学用书,也可供相关专业师生和工程技术人员学习、参考。

责任编辑:刘永清 高 专
技术编辑:白海新

高等 学校 规划 教材

机械系统设计

主 编 武良臣

副主编 李锡峰 任保才

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/16 印张 15.5 字数 371千字

1996年8月第一版 1996年8月第一次印刷

印数:1—1100册

ISBN 7-81040-523-3

TH·17

定价:17.00元

101118

前 言

本书是根据煤炭工业部“八.五”教材建设规划和本课程教学大纲编写的。

“机械系统设计”是机械设计制造专业的主干课程之一。随着现代工业技术的发展及人们生活的需要,为市场提供优质、价廉物美的机械产品,以满足社会需要已成为机械产品设计的必然趋势。

本教材是从整机的角度和系统的观点出发,阐述了一般机械产品设计的规律和特点。针对煤矿机械的主要设备,介绍了机械系统主要组成部分的设计原理和方法,并结合煤矿机械系统进行了分析,以增强学生从事机械设计的能力,并掌握机械产品设计的基本方法和技能,使学生具有开发设计性能良好和有市场竞争能力的矿山机械产品的初步能力。

在长期的教学和科学研究中,焦作工学院先后编写了“矿井提升机械设计”、“通风机械设计”、“液压支架设计”、“矿业机械设计工艺性”和“系统辨识”等多种讲义,供本科生和研究生使用。本教材就是在这些讲义的基础上,根据机械系统设计的基本理论,结合煤矿机械的特点,经多次讨论、修改、整理和加工,对原讲义的体系、内容与论述方法作了较大的变动和补充,因此本书是焦作工学院有关同志的集体劳动成果,编者对这些同志表示衷心的感谢。

本书由焦作工学院武良臣教授任主编,李锡峰副教授、任保才任副主编。各章具体编写分工如下:

李锡峰编写第一章及第五章第三节,任保才编写第二章,王建生编写第三章(除第二节、第三节外)及第四章(除第二节),王福中编写第三章第二节、第三节和第四章第二节及第七章第二节、第三节,刘志超编写第五章(除第三节外),张新民编写第六章,张海编写第七章(除第二节、第三节外),荆双喜编写第八章。书稿由华中理工大学彭文生教授、杨克冲教授主审,焦作工学院史娉慈、马晴和、潘英、余冬元、王裕清、安景旺等也进行了审阅。

本书在编写过程中得到了煤炭工业部教材编审室领导及编辑的具体指导,同时也得到了焦作工学院领导及机械工程系领导的大力支持。他们对本书的指导思想和内容都提出了许多宝贵意见。此外在编写过程中也得到了有关兄弟院校的大力支持和帮助,在此编者一并表示感谢。

限于编者水平有限,加上本课程是一门新开设的课程,许多问题都有待于进一步的探讨,因此本书中谬误之处在所难免。编者希望各位读者指教,提出批评与建议,我们由衷地欢迎和感谢。

编 者

1996年3月于焦作工学院

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 机械系统设计的研究对象.....	(1)
第二节 机械系统设计的任务.....	(4)
第三节 机械系统设计课程的内容和学习方法	(13)
第二章 机械系统方案设计及总体设计	(14)
第一节 机械系统的方案设计	(14)
第二节 机械系统的总体设计	(20)
第三节 机械系统的总体布置及主要技术参数	(24)
第四节 总体布置设计的典型示例	(32)
第三章 机械系统的载荷特性及动力选择	(40)
第一节 工作机械的载荷	(40)
第二节 原动机选择简介	(49)
第三节 电动机的特性及选择	(54)
第四节 内燃机的特性及选择	(65)
第四章 执行系统设计	(72)
第一节 执行系统概述	(72)
第二节 执行系统的工作循环图	(79)
第三节 执行系统的设计方法	(82)
第五章 传动系统设计	(88)
第一节 传动系统的作用及组成	(88)
第二节 传动系统的类型及选择.....	(100)
第三节 传动系统的运动设计.....	(106)
第四节 机械传动系统的设计步骤及实例分析.....	(119)
第六章 操纵系统设计	(132)
第一节 概述	(132)
第二节 操纵系统设计.....	(137)
第三节 操纵系统设计的人机工程学.....	(147)
第四节 操纵系统的安全保护.....	(158)
第七章 机械系统控制	(164)
第一节 控制系统工作原理及组成.....	(164)
第二节 对控制系统的基本要求.....	(169)
第三节 常用控制方式的原理及特性.....	(170)
第四节 伺服系统设计.....	(175)
第五节 自动控制系统举例.....	(198)

第八章 机械基础设计	(203)
第一节 概述.....	(203)
第二节 机械基础的静力学计算.....	(207)
第三节 机械基础的动力学计算.....	(210)
第四节 曲柄连杆机械基础的设计.....	(222)
第五节 机械基础的构造与材料.....	(232)
第六节 机械基础的隔振.....	(234)
主要参考文献	(238)

第一章 概 述

第一节 机械系统设计的研究对象

一、机械的概念

机械是各类机器的统称。自从人类学会使用石器、木棒等工具赖以生存以来,劳动工具逐步得以改进,劳动强度逐渐减轻,生产效率越来越高。到了18世纪,人们创造了机器,以两个或两个以上坚固、相对受约束的元件组成的装置作为工具,实现预定的运动,并把施加的能量转变为要求的形式,或转变成有效功,从而代替体力劳动。特别是1776年瓦特发明蒸汽机以来,使整个人类社会向前跃进了一大步。这就是著名的产业革命。1668年我国的张衡发明了天文仪,其上面的铜环就是用马拉铣床来加工的。与此同时还出现了脚踏刃磨机,专门用来刃磨这种机器上使用的可拆式铣刀。其生产技术之先进、机器结构之新颖,是国外无法比拟的。随着社会的发展,科学的进步,人们越来越认识到机器生产的重要性。就煤炭系统而言,1964年我国首次使用了浅截深滚筒式采煤机,实现了我国机械化采煤零的突破。1974年我国开始采用综合机械化采煤设备,到目前为止,我国已具备了设计、生产成套综采设备的能力,代表世界先进水平的电牵引采煤机在我国已经问世。这些成果表明,我国煤矿机械技术装备正在向更高水平发展。现在各类生产机器的速度和精度越来越高,尤其是自动化机械的发展更为迅速。机械发展的趋势可概括为五个方面:

- (1)向高功能和使用安全、方便的机械发展;
- (2)提倡适用于环境保护、节省能源、节省资源的机械。
- (3)发展机、电、液一体的机械及精密机械;
- (4)发展采用电气或电子技术的自动化机械;
- (5)广泛使用新技术、新材料的机械逐渐增多。

二、系统的概念

系统是指具有特定功能的、相互间具有有机联系的许多要素构成的整体。

一般说来,由两个或两个以上的要素组成的具有一定结构和特定功能的整体都可以看作是一个系统。一个大系统可由若干个小系统组成,这些小系统都称作子系统。但是从系统功能的观点来看,它是一个不可分割的整体,如果把系统拆开,则将失去原来的性能与功能。而整个系统中每个子系统的性质将影响到整体的性质和功能。例如,一台采煤机由牵引部、截割部、电动机、辅助装置和电控系统等子系统组成,单独的子系统电动机或电控系统就没有采煤机的性质和功能,而牵引部、截割部等每个子系统的性质和功能又影响着采煤机这个整体系统的性质和功能。由此可见,机械系统是由若干个装置或部件、零件组成的一个特定系统。机械零件是组成机械系统的基本要素,它为完成一定的功能相互联系而又分别组成了各个子系统。而机械本身又是人一机一环境这个更大系统的组成部分,因此,研究机械系统时,把机械本身构成的系统称作内部系统,而把人和环境构成的系统称作为外部系统。当内

部系统和外部系统之间存在着联系时,相互间就会发生作用和影响。一般来说系统具有以下特性:

(1)整体性。整体性是系统所具有的最重要和最基本的特性。系统是由若干个要素构成的统一体,虽然各要素具有各自不同的性能,但它们在结合时必须服从整体功能的要求,相互间必须协调和适应。一个系统的好坏,最终体现在其整体功能上。所以必须从整体着眼,就是说要从全局出发,来确定各要素的性能和它们之间的联系,并不要求所有的要素都具有完美的性能,即便是某些要素并不很完善,但与其它相关要素得到很好的统一协调时,也可以使系统具有卓越的功能。

系统的整体性还反映在组成系统的各要素之间的有机联系上,正是这种联系,才使各要素组成一个整体,若失去了这种联系,也就不存在整个系统。要素的随意组合不能称为系统。同样,在系统中不存在与其它要素不发生联系的独立要素。因此,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。由于实际系统是很复杂的,为了研究上的方便,可以根据需要把一个系统分解成若干个子系统,这与分割系统是两码事。因为在分解系统时始终没有忽视它们之间的联系,分解后的子系统都不是独立的,它们之间的联系分别由相应子系统的输入与输出表示。

(2)相关性。系统内部各要素之间是有机联系的,这种联系称作相关性,它们之间相互作用,相互影响而成为特定的关系。例如电子计算机系统,各种运算装置、储存装置、控制装置、输入装置、输出装置等各个硬件和操作系统、程序等各种软件都是构成要素,它们之间通过特定的关系,有机的结合在一起就形成一个特定功能的计算机系统。

(3)目的性。每个系统都应该有明确的目的和功能,系统的结构,系统内各子系统的排列与组合方式,都决定于系统的目的和功能。要实现要求的功能,就要排除或减小有害的干扰。

(4)环境适应性。任何一个系统都存在于一定的物质环境中,外部环境的变化,会使系统的输入发生变化甚至产生干扰,从而引起系统功能的变化。但外部环境总是不断变化的,系统也总是处于动态过程中,稳态过程不过是相对的,暂时的。因此,为了使系统良好的运行,必须使系统对外部环境的各种变化和干扰具有良好的适应性。

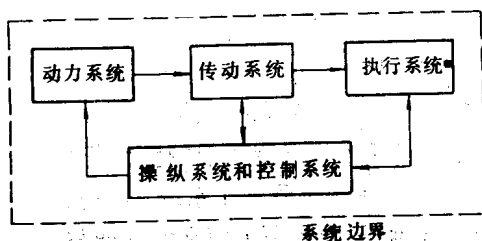


图 1-1 机械系统的组成

三、机械系统的组成

现代机械系统的种类很多,结构也愈来愈复杂,但从实现系统功能的角度来看,主要是由动力系统、传动系统、执行系统、操作系统及控制系统等子系统组成,如图 1-1 所示。每个子系统又可根据需要,分解为更小的子系统。

(一)动力系统

动力系统包括动力机及其配套装置,是机械系统工作的动力源。按能量转换的性质不同,动力机可分为一次动力机和二次动力机。一次动力机是把自然界的能源转变为机械能的机械,内燃机、汽轮机等就属于这种机械。二次动力机是把二次能源转变成机械能的机械,电动机、气动马达、液压马达是由一次动力机来驱动的,所以它们属于二次动力机。动力机的选择,应全面考虑执行系统的运动和工作负载、机械系统的使用环境和工况及工作负载的机械特性等要求,使机械系统有良好的动态特性,又有较好的经济性。此外,对于煤矿使用的采、

掘、运等机械的动力机还应注意防爆、低污染等特点。

(二) 执行系统

执行系统是通过执行机构和执行构件直接完成工作任务的装置。它是利用机械能来改变作业对象的性质、状态、形状或位置,或者对作业现象进行控制、度量等。从而达到生产或其它预定要求的目的。根据不同的功能要求,各种机械的执行系统也不同,而且对运动和工作负载的机械特性要求也各不相同。

执行系统通常处在机械系统的末端,直接与作业对象接触,其输出也是机械系统的主要输出。因此,执行系统工作性能的好坏,直接影响整个系统的性能,执行系统除应满足强度、刚度、寿命等要求外,还应充分注意其运动精度和动力学特性等要求。

(三) 传动系统

传动系统是把动力机的动力和运动传递给执行系统的中间装置。传动系统的作用主要体现在以下几个方面。

(1) 改变速度。把动力机的速度降低或增高,以适应执行系统工作的需要。当动力机的运行速度不经济或不能满足要求时,通过传动系统改变速度,以适应执行系统速度的要求。

(2) 传动动力。把动力机输出的动力传递给执行系统,提供执行系统完成预定的任务所需要的转矩或力。

(3) 改变运动的规律或形式。把动力机输出的均匀、连续的旋转运动转变为按某种规律变化的旋转或非旋转、连续或间歇运动。也可以改变运动的方向,以满足执行系统运动方面的要求。在特殊的情况下,动力机的工作性能可能会适合执行系统的要求,这时传动系统也可以省掉,直接将动力机与执行系统连接。

(四) 操作控制系统

操作控制系统是使动力系统、传动系统、执行系统协调运行,并准确可靠的完成整个机械系统功能的装置。操作系统与控制系统是两个不同的概念,操作系统是指通过人工作用实现机械系统的各子系统彼此协调的装置。控制系统是指通过操作作用使机械系统的各子系统获得指令,使子系统改变运行状态,提高机械系统运行的可靠性和稳定性。常见的伺服机构、自动控制装置就属于控制系统。操作控制系统通常由连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、蜗轮机构及液压、电气、气动等机构组成。

四、机械系统的功能要求

机械系统的功能要求非常广泛,不同的机械系统根据工作要求、追求目标和使用环境的不同,其功能要求也有差异。这些功能要求大体上可以归纳为:

(1) 动力要求。指机械系统对功率、转矩等方面的要求。为满足系统的动力要求,需对机械系统的消耗功率及转矩进行设计计算。

(2) 运动要求。指满足机械系统的速度、行程、运动轨迹及运动准确性的要求。为满足此项要求,应根据机械原理进行适当的运动设计。

(3) 体积和重量要求。指机械系统对尺寸、重量、重量比等方面的要求。在满足机械系统性能要求的条件下,尽可能减小执行元件的尺寸和重量。

(4) 可靠性及寿命要求。指机械系统对运行的可靠程度,执行元件的耐磨和寿命的要求。要满足此项要求,需对执行元件进行强度、刚度、摩擦等特性进行设计。

(5) 经济性要求。指机械系统对降低生产成本、提高生产效率、适用范围大、消耗能量少、

维护费用低等方面的要求。在设计机械系统时,应尽可能采用新产品、新技术、新结构、新材料,执行元件尽可能采用标准件,提高自动化水平和生产效率等。

(6)环境条件的要求。指机械系统适应环境的要求,在设计机械系统时,应考虑温度、湿度、尘埃、光电、磁的干扰、介质的腐蚀、振动及噪声的影响等。煤矿井下应注意瓦斯及煤尘的影响。

(7)造型要求。机械系统的外形在设计时应考虑外观、色彩与环境的协调,力求美观。

(8)其他要求。不同的机械系统,还会有一些特殊的要求,如煤矿机械和水泥机械要求有良好的防护、防尘;化工机械要求有良好的耐蚀性;食品机械和医药机械对污染应有较高的要求;建筑机械则要求安装、拆卸、运输方便等。由上可知,机械系统的设计不仅要考虑各种设计因素,还应该将设计、制造、使用、维修管理及人机系统工程等因素贯穿到设计的机械系统,只有这样才能获得最佳的设计效果。

第二节 机械系统设计的任务

一、机械系统设计的任务

机械系统设计的最终目的是为市场提供优质高效、物美价廉的机械产品,在市场竞争中取得优势,赢得用户以取得较好的经济效益。因此,机械系统的设计应该从整个系统的观点出发,合理的确定系统功能,增强可靠性,保证安全,提高经济性。

(一)确定系统功能

一种新型机械产品的推出总是以社会需求为前提的,这种产品或为满足生产活动的需要,或为满足人们生活的需要。总之是市场需求。所谓需求,就是对功能的要求。产品的功能与技术、经济等因素有关,根据价值工程原理,产品的价值 V 可用产品的功能 F 与成本 C 的比值来表示,即 $V=F/C$ 。为了提高产品价值,可采用下面五种措施:(1)增加功能,成本不变;(2)功能不变,降低成本;(3)增加一些成本以换取更多的功能;(4)降低一些功能,以大幅度地降低成本;(5)增加功能,降价成本。显然最后一种方案是最理想的,但也是最困难的。一般来说,随着功能的增加,产品的成本也会随之上升。所以设计者必须进行市场调查和用户访问,弄清当前市场的需求和预测今后的动向,了解市场对现有产品或同类产品的反映,确定自己的方针和策略。然后对产品进行功能分析,在保证基本功能、满足使用功能、剔除多余功能、增设新颖功能、恰到好处的利用外观功能的前提下,力求产品达到尽善尽美的境地。

(二)提高可靠性

机械系统的可靠性是衡量机械产品质量的一个重要指标。是在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。规定功能的丧失称为失效,对于可修复的机械系统来说,失效也称作故障。可靠性技术是研究机械系统发生故障或失效的原因及预防措施的一门技术。目前这种技术已应用到机械系统的设计。

1. 衡量可靠性的指标

对机械系统可靠性程度进行度量的指标主要有以下几种:

(1)可靠度 $R(t)$ 。可靠度指机械系统在规定的条件下和规定的时间内无故障地完成规定功能或不发生失效的概率。它是时间的函数,并且 $0 \leq R(t) \leq 1$ 。

(2)失效概率 $F(t)$ 。失效概率是指机械系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定

的功能时发生故障或失效的概率。因此失效概率 $F(t)$ 也是时间的函数, 并且 $0 \leq F(t) < 1$ 。失效与不失效为互逆事件, 所以 $R(t) = 1 - F(t)$ 。

(3) 失效率 $\lambda(t)$ 。失效率是指机械系统工作到某一时刻后, 在单位时间内发生故障或失效的概率。常用单位为 $\%/(10^3\text{h})$ 或 $\%/(10^6\text{h})$ 。对可靠性很高、失效率很小的机械系统, 则常用 Fit (Failure Unit 的缩写) 作单位, $1\text{Fit} = \%/(10^9\text{h})$ 。

(4) 平均无故障工作时间 MTBF。MTBF (Mean Time Between Failure) 是指在机械系统使用寿命期内的某段观察期间, 累积工作时间与故障次数之比, 是用来衡量机械系统的可靠性指标。

(5) 失效前平均工作时间 MTTF。MTTF (Mean Time To Failure) 是指发生故障后不能修复的机械系统, 从开始使用直至失效的平均工作时间。

此外, 还有其它一些衡量可靠性的指标。但是不论采用什么指标, 都是衡量和评价机械系统可靠性的某一方面特征的尺度。对于不同的机械系统, 应根据不同的特点采用合适的可靠性指标。

2. 提高机械系统可靠性的措施

提高机械系统可靠性的最有效方法是可靠性设计。进行可靠性设计时必须掌握影响可靠性的各种设计变量的分布特性和数据, 还要制定研究、设计、制造、试验直至管理、使用和维护以及评审的一整套可靠性计划。在缺乏这些必要的数据和统计变量时, 采取下述一些措施, 对于提高机械系统可靠性也是有利的。

(1) 分析失效, 查找原因。由于各种原因, 机械系统在运行时难免发生故障或失效。在研究和设计阶段对可能发生的故障或失效进行预测分析, 掌握其原因, 并采取相应的预防措施, 可使机械系统的失效率减小, 可靠性也就随之提高。

(2) 设计零部件时要考虑可靠性。机械系统的可靠性是由零部件的可靠性来保证的, 只要零部件的可靠性提高, 机械系统的可靠性就高。但是并不是说全部零部件都要有高可靠性, 有些零部件对机械系统的可靠性具有关键性的影响, 在设计时, 这些零部件的可靠性必须得到保证。

(3) 提高维修性。机械系统的维修是保持功能或恢复功能的技术措施。维修性是指在规定的条件下和规定的时间内按规定的程序和方法进行维修时, 保持和恢复系统规定功能的能力。

机械系统在运行过程中都会因各种原因而发生故障, 随着服役时间的增加, 故障率也会增加, 其故障率曲线如图 1-2 所示。

机械系统的故障率曲线形状象浴盆, 所以也叫作浴盆曲线。由图可知, 初期故障是由机械系统中某些寿命较短、可靠性较差的零部件引起的, 也会因设计不当或制造、装配中的缺陷等引起, 所以其故障率较高。在机械系统中这些薄弱环节得到改进或在一定的条件下通过适当的调整、跑合, 初期故障率就会减小。

在初期故障阶段结束后, 机械系统就会进入正常运行阶段, 在此阶段, 故障率最小并且比较稳定。这时的系统故障主要是由一些偶发因素导致, 所以也叫作偶发故障。随着机械系统运行时间的增加, 系统中的零部件因磨损、疲劳、老化等原因, 故障率又会上升, 这时的故障称为磨损故障。一般来说, 系统进入磨损故障期之后, 效率降低、生产率下降, 意味着该系统的正常使用寿命终结。在正常运行时期, 如果进行良好的维修, 及时更换过分磨损、疲劳、

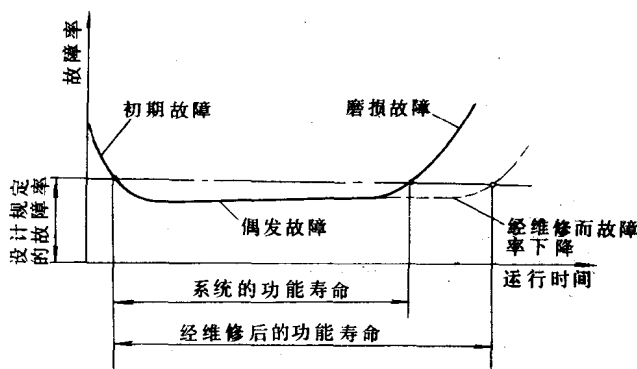


图 1-2 机械系统的故障率曲线

老化的零部件,则系统的使用寿命可以延长,如图中虚线所示,经过良好维修的系统故障率明显地下降。因此,在机械系统的设计阶段就应该考虑到维修,使系统具有良好的维修性。易于检查和发现故障,便于维修。

(4)简化结构,提高标准化程度。结构简单的零部件往往工艺性好,制造和装配的质量容易保证,故障的潜在因素也容易控制。标准化也是提高可靠性的一项重要措施,由于标准件的结构工艺性和可靠性比较好,所以简化系统和零部件的结构,减少零部件的数量,提高系统标准化程度等都是提高机械系统可靠性的有效措施。

(三)提高经济性

1. 提高设计和制造的经济性

提高设计和制造的经济性就是使产品成本降低、减少物质消耗,缩短生产周期,提高经济效益。从设计角度来说,提高设计和制造经济性主要有以下几点。

1) 合理确定可靠性要求和安全系数

可靠性要求应根据机械系统的重要程度、工作要求、维修难易程度和经济性等多方面的综合因素来确定。在可靠性设计时,能使系统设计得更为合理,更为经济。需要把各设计参数作为随机变量处理,当缺乏这些必要的数据和资料时,可把设计参数作为定值,并用安全系数作为依据。机械系统越复杂,其优越性也就越显著。而采用安全系数作为依据时,把本来属于统计变量的载荷、材料强度等看作是确定的量值,用其分布数据的平均值进行计算,因此当安全系数大于 1 时,并不排除失效的可能性。为了防止失效,设计者往往采取加大安全系数的办法,结果会引起零部件的尺寸和重量增加,经济性降低。并且还不一定完全避免失效。

所以在没有条件进行可靠性设计时,应尽可能地精确估计强度和载荷,并采用精确的计算方法,在选取安全系数时,要考虑可靠性要求。当可靠性要求高时,安全系数可相应取大些,反之可取小些。

2) 贯彻标准化

标准化是组织现代化生产的重要手段,也是科学管理的重要基础之一。实施标准化是国家的一项重要技术法规。机械工业的技术标准有三大类:

(1)物品标准。物品标准又称产品标准。它是以产品及其生产过程中使用的物质器材为

对象制定的标准。如机械设备、仪器仪表、工装、包装容器、原材料等标准。

(2)方法标准。它是以生产技术活动中的重要程序、规划、方法为对象制订的标准。如设计计算、工艺、测试、检验等标准。

(3)基础标准。它是以机械工业各领域的标准化工作中具有共性的一些基本要求或前提条件为对象而制订的标准。如计量单位、优先系数、公差配合、图形符号、名词术语等标准。

根据我国标准化工作的具体情况,积极采用国际标准和国外先进标准也是一项重要的技术政策。在很多方面都可以体现采用标准化的经济效益,它加快了产品的开发速度,缩短了生产技术准备时间,节约了原材料,提高了产品质量和劳动生产率,改善了维修性等。所以,在设计中贯彻标准化,提高标准化程度和水平,对提高产品质量和经济性起着很大作用。

3)采用新技术

随着科学技术的进步和发展,新产品、新方法、新工艺、新材料等新的技术不断出现,在机械系统中采用新技术可以使产品具有更好的性能和经济性,增强市场竞争能力。

4)改善零部件结构的工艺性

机械系统零部件的工艺性包括铸造、锻压、冲裁、焊接、热处理、切削加工和装配等方面的工艺性。良好的工艺性可以减轻劳动量,提高生产效率,缩短生产周期,降低材料消耗和制造成本,它是实现设计目标、减少差错、提高产品质量的基本保证。

影响结构工艺性的因素有多种,当生产条件改变时,零部件的结构也会随之改变。所以机械系统设计时应根据具体情况具体分析。

2. 提高使用和维修的经济性

作为优秀的机械系统设计,不仅要考虑制造者的利益,还要考虑使用者的利益,二者缺一不可。提高用户的经济效益可从以下几个方面考虑。

1)提高产品的效率

作为用户来说,总是希望购买效率高、耗能少,省电、省油、省煤等优质产品。机械系统的效率主要取决于传动系统和执行系统的效率。传动系统的效率往往与传动结构形式、运动副的性质、摩擦润滑状况、润滑剂的种类及润滑方式等条件有关。执行系统的效率主要取决于执行机构的效率,它与机构的类型、参数等有关。设计者应在机械系统的总体设计和结构设计中充分考虑提高效率的措施。

2)合理确定经济寿命

一般来说,产品的寿命越长越好,但在设计中也不能单纯地追求寿命。运行寿命越长,系统的性能越差,效率越低,相应的维修保养、操作等使用费用也就越高,使用经济性下降。因此在这种情况下,应该考虑设备的更新。实际上,机械系统的功能下降,维修的经济性越来越差,是设备更新的原因之一。由于一些技术更加先进,性能价格比更高的新型机械系统不断出现,企业生产规模不断扩大,产品种类不断更新等原因,也会要求设备的更新。

机械系统从开始使用到主要功能丧失直至报废所经历的时间称为功能寿命。根据机械系统的使用费用最低、经济效益最高而确定的寿命称为经济寿命。一般来说,机械系统的经济寿命要比功能寿命短。通过技术经济分析,合理确定机械系统的经济寿命,适时的更新设备是促使企业技术进步、提高经济效益的措施之一。

3)提高维修保养的经济性

维修保养可延长机械系统的使用寿命,但必须付出一定的维修费用。用尽可能少的维修

费用换取尽可能多的使用经济效益,是机械系统维修的原则。

目前,按照规定的维修程序,每隔一定的时间进行一次维修,把机械系统中某些易损零件及时更换或修复是常用的维修制度。定期维修的周期主要是根据使用经验和统计资料来确定。这种传统的维修方式因无法准确估计影响故障的因素及故障的发生时间,因而难免会出现设备失修或维修次数过多。如有的零部件未到维修期就已失效,而有的虽未失效但也不得不提前更换,因此这种定期维修的方式其总维修费用较高。定期维修可以安排在非生产时间进行,可使停机、停产的损失减少,而且便于维修前的准备工作,有利于缩短维修时间,保证维修质量。

随着故障诊断技术和可靠性技术的出现,维修技术也得到相应的发展。如按需维修的方式,就是采用故障诊断技术,不断的对系统中的主要零部件进行特性监测,一旦发现故障征兆及时进行更换或修理。这种维修方式可提高系统的有效运行时间,充分利用零部件的功能潜力,减少维修次数,特别是能减少盲目的维修。所以总的经济效益较高。但因需要配备可靠的监控和测试装置,一般的机械系统中不宜采用,而在重要的和价格昂贵的机械系统中采用,可明显的提高经济效益。

(四)保证安全性

机械系统的安全性包括机械系统执行预期功能的安全性和人-机-环境系统的安全性。

1. 机械系统执行预期功能的安全性

机械系统执行预期功能的安全性是指机械系统运行时本身的安全性。如满足必要的强度、刚度、稳定性、耐磨性等要求,应根据机械系统工作载荷特性及系统本身的要求,按有关规范和标准进行设计计算。为了避免机械系统由于意外原因而造成故障或失效,常需配置过载保护、安全互锁等装置。

2. 人-机-环境系统的安全性

机械系统是在一定环境中工作,为人类服务的,人、机、环境三者构成了一个特定的系统。在机械系统工作时,不仅机械系统本身要有良好的安全性,而且对使用机械系统的人员及周围环境也应有良好的安全性。人-机-环境系统安全性包括劳动安全和环境保护两方面的内容。

1)劳动安全

改善劳动条件,保护劳动者在生产活动中的安全和健康,是我国工业技术发展的一项重要法规,也是企业管理的基本原则之一。国家制定了有关劳动安全和工业卫生的一系列规章、制度、标准和规范,任何部门和企业都应贯彻执行,而且应把改善劳动条件、保障操作人员的安全生产和保护环境作为重要的设计内容。

为了保证操作人员的安全,应特别注意机械系统在运行时可能对人体造成伤害的危险区并采取有效的防护措施。例如设置防护罩、防护盖、安全挡板或隔离板等,把人体与危险区隔离开。对人体容易误入的危险区,必须设置可靠的保护装置或报警装置。当人体或其他物体误入危险区时,能够发出信号,经放大后由控制系统使整个机械系统停止运行,以实现安全保护。

2)环境保护

环境保护的内容很广,明显的有三废治理、防毒除尘、采光采暖与通风等,随着工业技术的发展,降噪和减振已作为环境保护的重要内容之一。噪声是令人不愉快或不希望有的声

音,它会损害人们的听觉,妨碍会话和思考,使人们感到烦噪和疲乏,分散注意力,降低工作效率,影响安全生产。因此噪声是一种公害,很多机械系统已把噪声值作为评价质量的指标之一。

机械系统的噪声主要有流体动力噪声、结构噪声、电磁噪声等三种。流体动力噪声是由气体或液体振动而产生的噪声。当流体中有涡流或压力突变时,流体产生扰动而发出噪声。如鼓风机、通风机、空气压缩机及液压系统等的主要噪声就属于此类噪声;结构噪声是由固体振动而产生的噪声。在机械系统运行时,由于不可避免的会有撞击、摩擦、交变应力等的作用,使机械系统中的零件产生振动而发出噪声。如各类机床,球磨机,粉碎机等,以及机器中的齿轮,曲柄连杆,轴承等运动零件产生的主要噪声即属结构噪声;电磁振动而产生的噪声,如发电机、电动机、变压器、磁致伸缩引起的铁芯振动所产生的主要噪声均属于电磁噪声。

如果机械系统的噪声值超过了允许的范围,就应采取降低噪声。控制噪声的根本途径是控制噪声源。在本质上,噪声来自振动,凡是能减小振动的措施都有助于降低噪声。减小振动体的激振力,改变振动系统的固有频率,减小运动的间隙,增加振动件的阻尼,改善润滑条件,采取减振或隔振装置等均可以降低噪声。对流体传动机械系统采取消除紊流,降低流速,减小压力脉冲等也可以获得很好的降噪效果。

机械系统中的某些静止零件,特别是薄壁罩壳、盖板、箱体、管道等,易受运动部件或流体振动的激励而产生噪声,也应该采取适当的措施加以控制。此外,使噪声传播过程中衰减或隔离,控制噪声的传播也是减少系统噪声常用的措施。如采用隔声罩,隔声间,隔声板,消声器或隔振器等均可有效的减少噪声的传播。

国家规定长期在工作环境噪声 90dB 以上,短时间在工作环境噪声 115dB 以上的操作人员,必须采用耳塞,耳罩,帽盔等个人防护措施,或采用遥测遥控技术,以保证操作人员的身体健康。

二、机械系统设计的特点

机械系统设计时,特别强调系统的观点,就是说,必须考虑整个系统的运行,而不只是关心各组成子系统的工作状态和性能。应在调查研究的基础上,弄清外部环境对设计机械系统的作用及影响,如市场对机械系统的要求(功能、价格、销售、尺寸、重量、工期、外观等)和约束条件(资金、设备、材料、技术、信息、使用环境、法律、与政策等),这些都对内部设计有直接的影响,不仅会影响机械系统的设计方案,还对机械系统的经济性,可靠性,使用寿命等有影响,也可能会导致设计的失败。因此,内部设计应考虑外部环境的上述要求。

同样,在机械系统设计时也不可忽视内部系统对外部环境的作用和影响,包括机械系统运行或投入市场后对周围环境的影响,对操作人员及其他人员的影响等。

内部设计和外部设计相结合是机械系统的设计特点。它可以使设计尽可能做到周密、合理、少走弯路、避免不必要的返工和浪费,以较少的投资获取最大的效益。机械系统越复杂,其技术效果就越明显。

传统的机械系统设计只注重内部设计,并且以改善零部件的特性为重点,而对各零部件之间,外部环境与内部系统之间的相互作用和影响则考虑较少。所以,虽然对零部件的设计考虑很周到,但作为整个机械系统来说,仍然不够理想。虽然对零部件的设计引起足够的重视,但是全部用好的零部件不一定能组成良好的机械系统,技术和经济也未必能很好的统一。抓住机械系统的设计特点,才能够设计出优秀的机械系统。

三、机械系统设计过程

(一)机械系统设计的类型

机械系统设计可分为仿型设计,组合系统设计和新系统开发三大类。

1. 仿型设计

机械系统的仿型设计特点是:在系统的工作原理与基本结构式不变的条件下,对已有的产品进行仿型。即通过计算,改变原机械系统中零部件的尺寸及不合理的某些结构,使之符合新的功能参数与使用环境条件的要求。这类设计,功能目的明确,系统的主要性能参数准确,主要结构式不变,有同类机械系统的设计资料可以借鉴。

在基本保留原机械系统设计方案的条件下,采用某些新型结构或新材料,改变原机械系统中某一子系统或零部件,以提高原机械系统性能的设计称作单一仿型设计。如用行星齿轮减速器或摆线针轮减速器代替原型中的直齿轮减速器,就可以减轻原机械系统的重量。

2. 组合系统设计

组合系统设计比单一仿型设计复杂,它要求设计人员有广泛的设计知识面,并熟悉各类机械系统的产品性能。

一般来说,在进行组合系统设计时,设计人员应先到现场考查,确定现场需要什么样的子系统,提出各种子系统的设计方案,然后在设计方案对比的基础上决定整体机械系统。这种组合系统设计在机械行业应用比较普遍。如某箱体加工流水线的机械系统,就是由上料系统(搬运系统)、定位系统、铣削系统、钻削系统、攻丝系统、镗削系统等组合而成的。这些子系统组合得当,就可以设计出特定功能的机械系统。

3. 新系统开发

由于生产及科研的需要,人们对机械系统只有抽象的要求,在没有类似系统,只有使用功能要求的情况下,应从设计功能开始,制订设计计划。这时可把未知机械系统当作抽象的模型,以一定的形式表达整个机械系统的输入和输出之间的因果关系,根据使用功能的要求,首先考虑执行系统,再作中间子系统、动力子系统等的方案设计,最后进行整体方案设计。一般来说,新系统的开发,需经过子系统、总系统、新系统试制与试验等设计环节。这类设计因为设计资料缺泛,难度较大。

(二)机械系统设计过程

一般来说,机械系统可以分为计划、方案、总系统结构、施工、制造销售等五个阶段,如图1-3所示。

1. 计划阶段

设计计划是根据生产与科研的需要,以急待解决的重大问题为据搜集并综合分析国内外先进技术成果对生产与科研的发展价值,从而确定需要研究开发的机械系统。

在计划阶段,要进行功能的选定,可行性调研等,根据市场需要,预测机械系统的前景。弄清所需的机械系统在原理上是否行得通、制造工艺是否可行、原料的性能是否达到要求、标准件及配件的来源、零部件及整个系统的试验方法、是否影响环境、系统的经济效益等进行分析,这也称作外部设计阶段。在此阶段,主要是完成机械系统的设计计划。提出设计任务书,由上级主管部门下达设计任务。

2. 方案设计

在明确机械系统设计功能和设计任务以后,设计人员通过自己的理论分析、实践经验、

想象、构思、决策把设想具体化。方案设计基本上决定了机械系统的结构、使用功能及经济效益,是系统设计的最关键阶段,需要将总体机械系统分解成子系统,并进行分析。

1) 系统分解

系统分解是系统设计中常用的方法,它是把复杂的系统分解成若干个相关联的并且是相对简单的子系统,使设计和分析简单方便。各子系统根据需要还可以再分解成更小的子系统。依次逐级分解,直到能够进行适宜的设计和分析为止。

系统分解可以是平面分解,也可以是分级分解,或是二者兼有的组合分解,如图 1-4 所示。

系统分解时应注意以下问题:

(1) 系统分解数和层次应适宜。分解数太少,子系统仍很复杂,不便于模型化等工作;分解数和层次太多,则又会给总体系统的综合设计造成困难。

(2) 避免过于复杂的分解界面。分解界面应尽可能选择在要素间结合枝数(联系数)较少和作用较弱的地方。

(3) 保持能量流、物料流和信息流的合理流动途径。一般来说,机械系统在运行时都存在能量、物料、信息之间的转换,它们在系统输入到系统输出的过程中,按一定的方向和途径流动,既不可中断阻塞,也不可紊流,分解后的各个子系统,应保证他们的正常流通。

(4) 了解系统分解与功能分解的关联与不同。系统分解时,每个子系统仍是一个系统,它把比较密切的关系要素集合在一起,其结构组成虽然稍为简单,但其功能往往还会有多项。而功能分解时,是按功能体系进行逐级分解,直到不能再分解的单元功能为止。

2) 系统分析

系统分析是系统设计中的一项重要工作。它是从系统的整体优化出发,采用各种工具和方法,对系统进行定性和定量的分析过程。系统分析不仅要分析内部系统、外部系统及系统内部各子系统之间的联系因素,还要作出技术经济评价,为选择最优系统方案提供主要的依据。由于系统中存在着许多矛盾和不确定的因素,不同的系统功能其结构也不相同,所以随着分析对象的不同,采用分析方法也不相同,一般说来,系统分析的步骤如下:

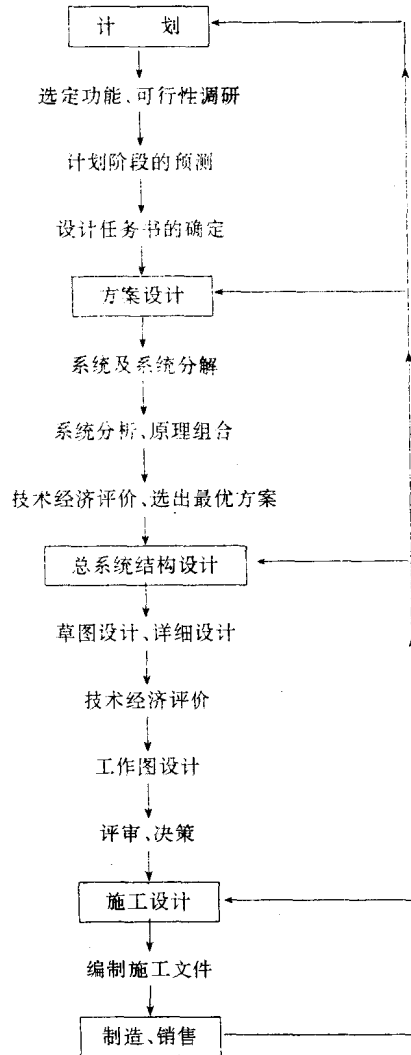


图1-3 设计过程