



机械系统设计

胡胜海 主编



哈尔滨工程大学出版社

TH1122
H166

414466

机械系统设计

胡胜海 主编



00414466

哈尔滨工程大学出版社

内 容 摘 要

本书从系统设计的角度,分析了以机、电、液、气相结合的机械系统的特点,阐述了机械系统的设计过程、设计方法和设计原理。全书共分九章:第1章机械系统概述,第2章机械系统方案设计与总体设计,第3章动力系统设计,第4章执行系统设计,第5章传动系统设计,第6章操纵系统设计,第7章机械系统控制,第8章机械基础设计,第9章人机工程学与系统设计。

本书可作为高等工科院校机械类或机电类专业的教材,也可供有关生产、科研和设计部门的工程技术人员参考。

01149/10

机械系统设计

胡胜海 主编

责任编辑 陈晓军

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

新华书店经销

哈尔滨毕升电脑排版有限公司排版

哈尔滨工程大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 15.25 字数 357 千字

1997年9月第1版 1997年9月第1次印刷

印数:1~2000册

ISBN 7-81007-749-X

TH·32 定价:19.80元

前 言

机械系统不仅是指纯机械的,而且也是指结合机、电、液、气原理而设计成的近代的“机器”或“设备”。特别是自 80 年代以来,以大规模集成电路和微型电子计算机为代表的微电子技术的飞跃发展并迅速地应用于机械工业中,出现了种类繁多、功能优良的计算机控制的机械、仪器和军械装备,以及具有柔性功能的自动化生产线、车间和工厂。这就大幅度地提高了劳动生产率,适应了市场对产品多样化的要求,使传统机械工业的生产面貌焕然一新,出现了机电一体化的时代,促进了机械工业与电子工业相互促进、紧密结合、共同繁荣发展的新局面。

为市场提供新颖、高效、价廉物美的机械产品,以满足不断增长的社会生产活动和人们生活的需要,以适应高科技发展的要求,是机械系统设计的宗旨。本着这一宗旨,根据全国高等工科院校机械设计及制造专业教学指导委员会制定的“机械系统设计”的教学基本要求,本书从整机的角度和系统的观点出发,以机、电、液、气相结合的机械系统为对象,重点介绍机械系统设计的规律和特点;叙述机械系统设计的原理,结构、元部件的选择和系统设计计算等方面的内容。为使学生具有较宽广的知识和视野,有较强的实际工作能力,本书在讲述机械系统的设计过程、设计方法和设计原理的基础上,尽量安排了一些设计实例。待本课程学习完后,学生应达到:不仅有从事机械系统设计的基本知识和基本技能,有对机械系统设计中技术问题的分析和设计能力,而且还具有对各类产业机械系统进行整机设计的初步能力。

本书由哈尔滨工程大学胡胜海副教授主编。参加编写者还有哈尔滨工程大学王岚同志,黑龙江省交通学校石健滨同志。具体分工:第 1、3、4、8、9 章由胡胜海编写;第 2、6、7 章由王岚编写;第 5 章由石健滨编写。

由于编者水平所限,书中难免存有不足及疏漏之处。恳切希望广大读者批评指正,编者将不胜感激。

本书在编写过程中,曾得到哈尔滨工程大学张家泰、吴兴臣同志的帮助,并提出了诚挚的意见,在此一并致谢。

最后,向本书引用有关资料的国内外作者致意!

编者

1996 年 10 月

目 录

1 机械系统概述	1
1.1 系统与机械系统	1
1.2 机械系统设计原则和要求	4
1.3 机械系统设计一般过程	10
1.4 机械系统设计的系统方法	11
2 机械系统方案设计与总体设计	15
2.1 方案设计	15
2.2 总体设计	21
2.3 总体布置及主要技术参数的确定	22
3 动力系统设计	32
3.1 工作机的载荷类型	32
3.2 动力机的种类及机械特性	40
3.3 动力机的选择及计算	52
4 执行系统设计	74
4.1 执行系统综述	74
4.2 常用的典型执行机构	75
4.3 执行系统设计	84
5 传动系统设计	91
5.1 传动系统综述	91
5.2 传动系统的组成	93
5.3 小功率随动系统精密齿轮传动设计	99
5.4 螺旋传动系统设计	112
5.5 挠性传动——同步带和高速带传动	141
5.6 谐波齿轮传动设计	150
6 操纵系统设计	159
6.1 操纵系统综述	159
6.2 离合、制动系的操纵机构	160
6.3 操纵系统中的安全保护装置	167
6.4 操纵系统设计	169
7 机械系统控制	177
7.1 机械系统控制综述	177
7.2 机械系统的基本控制原理	179
7.3 机电伺服系统设计	186

7.4 数字伺服系统简介	197
8 机械基础设计	210
8.1 机械基础设计综述	210
8.2 机械基础的设计计算	211
8.3 机械基础的构造与材料	215
8.4 机械压力机基础设计举例	216
9 人机工程学与系统设计	220
9.1 人一机能力对比与合理分工	220
9.2 人机工程学与系统设计	222
9.3 工程心理学与系统设计	225
9.4 人机系统质量的评价指标	229
9.5 适应人体生理心理的最佳设计	230
9.6 一般易出现的某些心理工程缺陷	233
参考文献	235

1 机械系统概述

1.1 系统与机械系统

人们在认识自然、改造自然的过程里，从长期的社会实践中逐步地认识到，客观事物的发展是很复杂的。为了准确地、科学地研究某一事物，除研究和分析该事物的独特性能及发展规律外，还必须研究和分析与该事物周围相关事物之间的联系和影响，决不能孤立地看待该事物，由此逐渐产生了系统的思想。

1.1.1 系统的定义与特性

1. 定义

系统是指具有特定功能的，相互间具有有机联系的，由许多要素构成的一个整体。

一般认为，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，都可看作是一个系统。普遍说来，一个大的系统可由若干个小的系统组成，这些小的系统常称做子系统。子系统又可由它所属的更小的子系统组成；而该系统本身也可以是别的更大系统的一个组成部分。

机械是机器或机构的统称。任何机械都是由若干个零件、部件和装置组成的一个特定系统；是一个由确定的质量、刚度和阻尼的物体组成并能完成特定功能的系统。零件是组成机械系统的基本要素，它们为完成一定的功能而相互联系着从而分别组成了各个子系统。从广义上讲，机械本身是处于人一机一环境这个更大系统中的一个组成部分。因此，设计机械系统时，常把机械构成的系统称做内部系统，而把人和环境构成的系统称做外部系统。内部系统与外部系统之间存在着一定的联系，即相互间有作用 and 影响，如图 1-1 (a) 与图 1-1 (b) 所示。外部系统对内部系统的作用和影响，对外部系统来说是输出，而对内部系统来说则是输入；反之亦然。

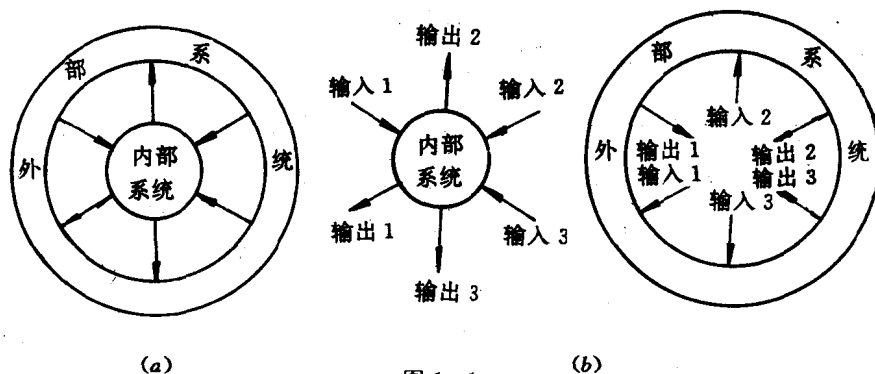


图 1-1

2. 系统的特性

(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，但它们结合后必须服从整体功能的要求，相互间须协调和适应。一个系统整体功能的实现，并不是某个要素单独作用的结果，一个系统的好坏，最终体现在其功能上。因此，必须从整体着眼，从全局出发确定出各要素的性能和它们之间的联系，并不要求所有要素都具有完美的性能。即使某些要素的性能并不很完善，但如能与其他相关要素得到很好的统一与协调，往往也可使系统具有令人满意的功能。

各要素的随意组合不能称做系统。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。正是这种有机联系，才使各要素组成一个整体，若丢失了这种联系也就不存在整个系统。同样，在系统中不存在与其他要素不发生联系的独立要素。由此可以得出结论：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。实际的系统有时是很复杂的，为了研究方便，可根据需要把一个系统分解成若干个子系统。这与“分割系统”是完全不同的两个概念。因为在分解系统时，始终保持着它们之间的联系。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的子系统的输入与输出表示，绝不是机械分割。

(2) 相关性

系统内部各要素之间是有联系的，即相关的。由于它们之间的相互作用和影响，从而形成了特定的关系。例如，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间的特定关系等。某一要素的改变将影响其对相关要素的作用，从而对整个系统产生影响。

(3) 目的性

系统的价值体现在功能上，完成特定的功能是系统存在的目的。因此，系统的目的性是很明确的，即实现系统要求的功能，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世界的环境中，外部环境的变化，会使系统的输入发生变化，甚至产生干扰引起系统功能的变化。外部环境总是不断变化着，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变化和干扰具有良好的适应性。

1.1.2 现代机械系统

现代机械种类繁多，结构也愈来愈复杂。但从实现系统功能角度来看，其主要包括下列一些子系统：动力系统、传动系统、执行系统、操纵系统及控制系统等，见图1-2所示。

1. 动力系统

它包括动力机及其配套装置，是机械系统的

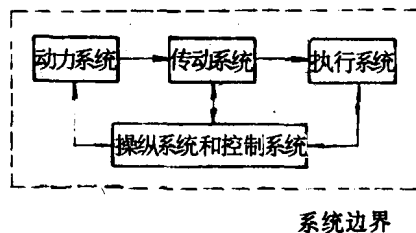


图 1-2

动力源。按能量转换性质的不同，其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（一次能源）转变为机械能的机械，如内燃机、汽轮机、水轮机等。二次动力机是把二次能源（电能、液能、气能等）转变为机械能的机械，如电动机、液压马达、气动马达等。

2. 执行系统

它包括执行机构和执行构件。它是利用机械能来改变作业对象的性质、状态、形状和位置，或对作业进行检测、度量等。总之，它是以进行生产或达到其他预定要求的装置。执行系统通常处于机械系统的末端，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，直接影响着整个系统的性能。

3. 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。传动系统有下列主要功能：

- 1) 减速或增速运动 把动力机的速度降低或增高，以适应执行系统工作的需要。
- 2) 无级变速运动 当有级变速不能满足要求或不经济时，通过传动系统实行无级变速，以满足执行系统各种不同速度的要求。
- 3) 改变运动规律 把动力机输出的连续旋转运动改变为按某种特定规律变化的旋转或非旋转、连续或间歇运动，或改变运动方向，以满足执行系统的运动要求。
- 4) 传递力和转矩 把动力机输出的动力传递给执行系统，给执行系统以完成预定任务所需的力或转矩。

如果动力机的工作性能完全符合执行系统工作的要求，可以将传动系统省略，使动力机与执行系统直接联结即可。

4. 操纵和控制系统

操纵和控制系统都是使动力、传动、执行系统间彼此协调运行并准确地完成整机功能的装置。二者的主要区别是：操纵系统多是指通过人工操作来实现上述要求的装置，包括：起动、离合、制动、变速、换向等装置。控制系统是指通过人工操作或由测量元件获得的信号，经控制器使控制对象改变工作参数或运行状态的装置，如伺服机构、自动控制装置等。良好的控制系统可以使机械系统处于最佳的运行状态，提高稳定性和可靠性，并有较好的经济性。

1.1.3 现代机械系统的功能要求

现代机械产品的功能要求非常广泛，不同的机械产品因其工作要求、追求目标和使用环境的不同，对其具体的功能要求也会随之而异。例如，起重机械是一种具有间歇运动的机械，主要用于物品的装卸。其作业过程是：从取物地点由起升机构把物品提起；由运转机构、回转机构或变幅机构把物品移位到指定地点后下降，以卸下物品；然后反向运动回到原位或移到一个新的地点，重复进行下一次作业。在两次作业之间有短暂的停歇。所以，起重机在工作时，各机构和构件经常处于起动、制动及正向、反向等相互交替的有停歇的运动状态中。因而起重机械的基本功能要求是：提升重量、起升高度、起升速度、运行速度、生产率、作业范围、经济性、安全性、可靠性、稳定性、操纵性及

对周围环境的适应性等；对于汽车起重机还要求应具有良好的机动性；对龙门起重机则要求运行时两侧门腿移动时的同步性等。

不同机械系统的产品，尽管有其独特的功能要求，但对于普遍的机械系统产品的而言，也有共性的一面，它大体可归纳为：

1. 运动要求

如加速度、速度、位移、转速范围、调速范围、行程、运动轨迹以及运动准确性、回差的大小等。

2. 动力要求

它包括传递的功率、转矩、力及效率等。

3. 体积与重量的要求

4. 可靠性和寿命要求

它包括机械零部件执行功能时的可靠性，零部件的强度、硬度及耐磨性等。

5. 安全性要求

它包括强度、刚度、热力学性能、振动稳定性、系统工作时的安全性、操作人员的安全性等。

6. 经济性要求

它包括机械设计和制造时的经济性，使用和维修时的经济性等。

7. 环境保护要求

如噪声、振动、防尘、“三废”的排放和处理。

8. 产品造型要求

如造型新颖，外表美观、装饰宜人、色彩协调等。

9. 其他特殊要求

1.2 机械系统设计原则和要求

机械系统设计的最终目的是为市场提供优质、高效、价廉物美的产品，在商品市场竞争中取得优势、赢得用户，并取得良好的经济效益。产品质量和经济效益取决于设计、制造和管理的综合水平，而产品设计是关键，没有高质量的设计，就不可能有高质量的产品。没有经济观点的设计人员，绝不可能设计出经济好的产品。据统计，产品的质量事故，约有50%是设计不当造成的；产品的成本，60%~70%取决于设计。机械设计时，应特别强调和重视要从系统的观点出发，合理地确定系统功能，增强可靠性，提高经济性，保证安全性。

1.2.1 合理确定系统的功能

一项产品的推出总是以社会需求为前提而产生的。如果没有需求就没有市场，从而也就失去了产品存在的价值和依据。产品应不断地更新以适应市场的变化，否则将会滞销、积压，造成浪费，影响企业的经济效益。所以，设计师必须确立市场观念，以社会需求作基本出发点。

所谓需求就是对产品功能的需求,用户购买产品实际上是就是购买产品的功能。产品功能 F 与成本 C 之比(即 $V=F/C$),称做产品的价值系数,它反映了产品价值的高低。为了提高产品的价值,一般可采用下列五种措施:(1)增加功能,成本不变。(2)功能不变,降低成本。(3)增加一点成本以换取更多的功能。(4)降低一些功能以使成本更多地降低。(5)增加功能,降低成本。显然,最后一种措施是最理想的,但也是最困难的。可以看出,要提高产品的价值系数在很大程度上取决于设计。为此,在设计的每个阶段都应进行价值分析,采取多种方案进行经济比较,以取得最佳方案,向用户提供成本低、功能好的产品。

通常,随着功能的增加,产品的成本也会随之上升。所以,设计师必须进行市场调查和到用户家访问,查清市场当前的需求和预测今后的需求,掌握现有竞争对手和潜在竞争对手的动向,以便确定自己的方针和策略。然后对产品再进行功能分析,满足使用要求,剔除不必要的多余功能,增添新颖功能,恰到好处地利用外观功能原则,务求使产品达到更加物美价廉的境地。

1.2.2 提高可靠性

可靠性是衡量系统质量的一个重要指标。可靠性是指系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。规定功能的丧失称做失效,对于可修复的系统的失效称做故障。

提高系统可靠性的最有效方法是进行可靠性设计。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统计数据,还要建立从研究、设计、制造、试验乃至管理、使用和维修,以及评审的一整套可靠性计划。目前,可靠性技术已开始用于机械系统的设计。

当设计师缺乏上述的设计变量的分布特性和数据时,了解影响机械系统可靠性的因素,采取相应的措施,对提高系统的可靠性也是有益的。

1. 分析失效机理,查找失效原因

如果能在研究和设计阶段对可能发生的故障或失效进行预测和分析,掌握失效原因,分析失效机理,采取相应的预防措施,则系统的失效率将会降低,可靠性会随之提高。

2. 把可靠性设计用到零、部件中去

实践证明,机械系统的可靠性是由设计决定的,而制造、管理等其他阶段的工作只是起保证作用。如果设计时考虑不当,未能使零、部件达到必要的可靠性,无论制造得多么好,维护得多么精心,则都无法弥补设计时的缺陷。

机械系统的可靠性是由零、部件的可靠性保证的,只有零、部件的可靠性高才能使系统的可靠性高。但是,这不意味着全部的零、部件都要有高的可靠性。对系统可靠性有关键影响的零、部件通常是系统的重要环节,这些零、部件都要有高的可靠性。设计时应从整体的、系统的观点详细地分析输入量、输出量,尽量减少不稳定因素的干扰。必要时可采用减额使用的办法,使其工作负荷低于额定值;或采用冗余技术加大可靠性贮备。如用并联系统代替串联系统,或采取载荷分流和均载技术措施等。采用冗余技术对提高系统可靠性是有效的,但会增加系统的复杂性、增加制造成本和维修费用。

3. 提高维修性

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。因此,维修性也可以看作是维护系统可靠性的能力。

机械系统在正常运行期内,如能进行良好的维修,及时更换磨损、疲劳及老化的零、部件,系统的寿命则可以延长。具有良好维修性的系统其故障率也会明显下降。

在设计阶段就应考虑系统的维修,使系统具有良好的维修性。这样易于装配、易于检测和发现故障。将系统的薄弱环节(易损件,如皮带、轴承等)尽量做成独立部件或采用标准件。

4. 结构简单,提高标准化程度

结构简单的零、部件往往工艺性良好(由行坯、制造、测量和装配方面来考虑),制造、测量和装配后的质量容易得到保证,故障的潜在因素也易于得到控制。

标准化也是提高可靠性的一项重要措施。标准件的结构工艺性和可靠性一般比较好,所以,应尽量广泛地采用标准件、规格件和通用件,以提高机械系统的寿命。

简化系统和简化零、部件的结构,减少零、部件的数量,提高系统的标准化程度,对系统寿命的提高无疑是有很大帮助的。

1.2.3 提高经济性

机械系统的经济性表现在设计、制造和使用的全过程中。

1. 提高设计和制造的经济性

其目的在于使产品的成本低、消耗少、生产周期短,提高制造厂方的经济效益。降低成本是提高经济效益的关键,设计师应该了解影响产品成本的设计因素和制造因素,在保证产品功能要求前提下,努力降低产品的成本。为提高设计和制造的经济性,从设计角度来说主要有以下几个方面:

1) 合理地确定可靠性要求及安全系数值

可靠性要求应根据系统的重要程度、工作要求、维修的难易和经济性要求等多个方面的因素,综合考虑。可靠性设计时,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,不得已仍把设计参数作为确定值处理,并用安全系数作判据。虽然可靠性指标和安全系数都可作为描述系统可靠性程度的指标,但它们的涵义和概念却迥然不同。采用可靠性技术设计时,更符合客观实际,因而可使系统的设计更合理、更经济。系统愈复杂其优越性愈明显,经济性和可靠性也越加统一。而采用安全系数作判据时,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,用随机变量分布的均值进行计算,显然不会符合客观实际。当安全系数大于1时,并不能排除失效的可能性。为了防止失效,设计人员常采用加大安全系数的办法,其结果是加大了零、部件的尺寸和重量,降低了经济性,往往还不能完全避免失效,这是传统设计方法的不足。

在尚无条件进行可靠性设计时,应尽可能地精确估计出强度和载荷。在选取安全系数值时,对可靠性程度要求高者,取值应大些;反之,可取值小些。当设计数据分布的离散程度较大时,安全系数值应取大些;反之可取小些。

2) 贯彻标准化

标准化可以使生产技术活动获得必要的统一协调和最好的经济效果。

标准化通常包括产品标准化、系列化和通用化。机械工业的技术标准有以下三大类：

(1) 物品标准

它又称产品标准。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、工装设备、包装容器、原材料等的标准。

(2) 方法标准

它是以生产技术活动中的重要程序、规划、方法为对象制定的标准，如设计计算、工艺、测试、检验等标准。

(3) 基准标准

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制定的标准，如计量单位、优先数列系、公差配合、图形符号、名词术语等标准。

我国标准分国家标准、部颁标准（专业标准）、企业标准三级。

3) 采用新技术

随着科学技术不断的发展，各种新技术（包括新产品、新方法、新工艺、新材料等）不断问世。在设计中采用了新技术后可使产品具有更佳的性能和更好的经济性，因而具有更强的竞争力。设计人员要善于学习和掌握各种新技术，不断充实和改进产品。

4) 改善零、部件的结构工艺性

结构工艺性是指所设计产品的结构和零件，在一定生产规模和具体生产条件下，能够用最有效最经济的工艺方法进行加工、测试和装配，并使生产过程最简单、周期最短且最经济。结构工艺性的深入研究，对新产品的的设计，对简化设计、缩短生产周期、提高劳动生产率、降低成本，有重大的经济意义。良好的结构工艺性，也是实现设计目标、减少差错、减少废品率、提高产品质量的基本保证。

在满足产品结构结构工艺性的同时，也应考虑到零、部件的工艺性对结构设计所提出的不同的具体要求。

影响结构工艺性的因素很多，如生产规模、设备和工艺条件、原材料的供应等。当生产条件改变时，零、部件结构工艺性是否良好的评价，也会随之改变。因此，结构工艺性既有原则性和规律性，又有一定的灵活性和相对性。设计时应根据不同的情况进行具体分析后确定。

改善零、部件结构工艺性的具体措施、原则和规范，可参阅有关设计手册和资料。

2. 提高使用和维修的经济性

提高产品的经济性不仅要提高制造的经济性，也要提高使用的经济性。既要考虑制造者的利益，也要考虑使用者的利益，二者缺一不可。

提高用户经济效益，主要可从下述几个方面来考虑：

1) 提高产品的效率

用户总是希望购买的产品效率高，能源消耗低，省电、省煤、省油等。机械设备的效率主要取决于传动系统和执行系统的效率。设计师应在方案设计和结构设计时，充分考虑提高效率的措施。

2) 合理地确定经济寿命

一般说来,人们都希望产品有长的使用寿命,但在设计中单纯追求长寿命是不适当的。众所周知,系统正常运行寿命是可以延长的,但必须以相应的维修为代价。使用寿命愈长,系统的性能愈差,相应的使用费用(包括维修保养、操作、材料及能源消耗费等)也会愈多,使用经济性愈低。此时,最佳的选择是更新设备。

设备从开始使用至主要功能丧失所经历的时间称做功能寿命。根据设备使用费用最低、经济效益最高所确定的寿命称做经济寿命。通常,设备的经济寿命要比功能寿命低。

通过技术经济分析,合理确定设备的经济寿命,适时更新设备,是促进企业技术进步、不断提高企业经济效益的重要措施之一。

3) 提高维修保养的经济性

以尽可能少的维修费用换取尽可能多的使用经济效益,是设备进行维修时的原则。

目前,在机械设备中应用比较多的是定期维修方式。即按照规定程序,每隔一定时间进行一次维修。维修周期主要根据使用经验、主观判断或统计资料确定。这种维修方式因无法准确估计影响故障的因素及故障发生的时间,因而难免出现设备失修或维修次数过多的现象。有的零件未到维修期就已经失效,而有的零件虽未失效,但已到维修期,也不得不提前更换。因此,定期维修方式的总维修费较高。定期维修方式的优点是能尽量安排在非正常生产时间进行维修,从而使因停机停产造成的损失减少,而且便于安排维修前的准备工作,有利于缩短维修时间,保证维修质量。

随着故障诊断技术的不断进步,维修技术也得到了飞速地发展。按需维修的方式就是采用了故障诊断技术。它不断地对系统中主要零、部件进行特性值的测定,当发现某种故障征兆时就进行维修或更换。这种维修方式既能提高系统有效的运行时间、充分发挥零部件的功能潜力,又能减少维修次数,尤其是减少盲目维修,因而其总的经济效益较高,但因需配备十分可靠的监控和测试装置,所以只在重要的和价值很高的系统中采用。

对于不太重要或价值不太高的产品,有时可设计成免修产品。它在使用期内不必维修,功能寿命终止时即行报废。

1.2.4 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一机—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系统本身的安全性。例如,必须满足强度、刚度、耐磨性、稳定性等要求。为此,应根据工作载荷特性及机械本身的要求,按有关规范和标准进行设计和计算。为了避免由于意外原因造成故障和失效,常需配置过载保护、安全互锁等装置。

2. 人一机—环境系统的安全性

机械是为人类服务的,同时它又在一定的环境中工作,人、机、环境三者构成了一个特定的系统。机械设备工作时,不仅机械本身应有良好的安全性,而且对使用机械的

人员及周围环境也应有良好的安全性。人机工程学就是研究人一机—环境安全性的一门新兴学科。

人机工程研究的着眼点是人、机、环境之间的“接口”。它把人作为系统安全性的一个组成部分，以人为主体的，研究人、机、环境之间的相互作用和协调，使机械能更好地适宜于人体的各种体能和特点要求，便于操作和使用，既安全又舒适宜人，消除对人身造成伤害的各种危险因素，使人类的生存环境能得到良好的保护和改善。人一机—环境系统安全性包括劳动安全和环境保护两个方面的内容。

1) 劳动安全

改善劳动条件，防止环境污染，保护劳动者在生活活动中的安全和健康，是社会主义工业技术发展的重要法规，也是企业管理的基本原则之一。

为了保障操作人员的安全，应特别注意机械系统运行时可能对人体造成伤害的危险区，并进行切实有效的防护。例如，设置防护罩、防护盖、安全挡板或隔离板等，把危险区与人体隔离开。对人体易误入的危险区，必须设置可靠的保护装置或报警装置。图1-3是光电式自动安全保护装置的示意图，当人体或其他物体误入操作危险区时，光电器的光束受阻，发出电讯号，经放大后由控制线路使机器停止运转或发出报警信号，实现自动安全保护。

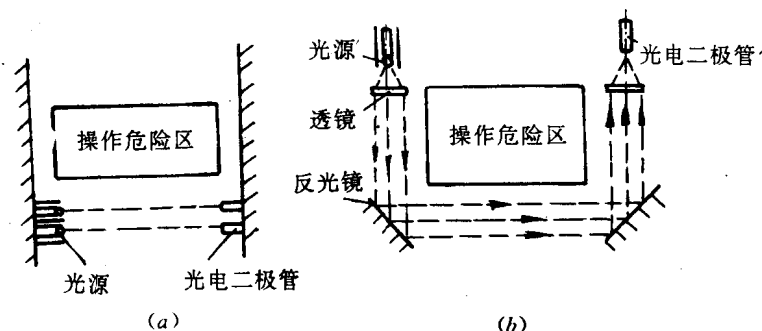


图 1-3

(a) 为单侧保护；

(b) 为双侧保护

2) 环境保护

环境保护的内容非常广泛，如废气、废水、废渣（三废）的治理，除尘、防毒、防暑降温，采光、采暖与通风，放射保护，噪音和振动的控制等。具体的防治要求和措施，可参阅有关的标准、规范和资料。

随着工业技术的发展，降噪和减振已成为环境保护的重要内容而日益受到人们的重视，噪音是指令人产生不愉快或不希望有的声音，它损害人们的听觉，妨碍会话和思考，使人感到烦躁和疲乏，分散注意力，降低工作效率，影响安全生产。因而，噪音是一种公害，很多机械产品已把噪音作为评价质量的指标之一。

机械噪声主要有三类：流体动力噪声、结构噪声和电磁噪声。当流体中有涡流或压力突变量，流体产生扰动而发出噪声，振源是流体的振动。如鼓风机、空气压缩机及液压系统等的噪声皆属于此类噪声。结构噪声是由固体的振动而产生的，如各类机床、球磨机、粉碎机。电磁噪声是由空隙中的交变电磁力相互作用而引起电磁振动产生的，如

发电机、电动机及变压器产生的主要噪声均属电磁噪声。

如果产品的噪声值超出了允许范围,就应采取相应措施以降低低噪声。控制噪声的根本途径是控制噪声源。从本质上看,噪声来自振动,控制振动就是控制噪声,凡是能减小振动的措施都有助于降低噪声。例如,减小振动体的激振力、改变系统的固有频率,减小运动副的间隙,增加阻尼,改善润滑条件,以及采用减振或隔振装置等。对于流体可采用:消除紊流,降低流速,减小压力脉动等措施,都可获得降噪的效果。对于设备中的某些静止零件,如罩壳、盖板、箱体、管道等零件,可采用:合理设计薄壁件的结构,适当增加筋板,改变管道支撑位置,接合面处设置阻尼材料制成的隔振层或薄板表面涂以阻尼材料等。降噪也可采用控制噪声传播的措施,如采用隔声罩、隔声间、隔声障板及隔振器等。

如果长时间工作的环境噪声在 90 dB 以上,短时间在 115 dB 以上,必须采取个人防护措施。如用耳塞、耳罩等,或者采用遥测、遥控技术,以保证操作人员的身体健康。

降噪和减振是一项很复杂的工作,应在设计阶段就给予充分重视并采取必要的综合措施。

1.3 机械系统设计一般过程

1.3.1 机械系统设计过程

机械系统设计的一般过程包括:计划,外部系统设计(简称外部设计),内部系统设计(简称内部设计),制造和销售四个阶段。各阶段的工作步骤和内容,如下所述:

1. 计划

根据产品发展规划和市场需要提出设计任务书,或由上级主管部门下达计划任务书,明确设计目的和必须达到的功能要求。

2. 外部设计

1) 调查研究 进行市场调查,占有技术情报和资料,掌握外部环境条件,预测市场趋势。

2) 可行性研究 进行技术研究和费用预测,对市场前景、投资环境、生产条件及规模、生产组织、成本与效益分析,提出可行性研究报告。

3) 系统计划 明确设计任务、目的和要求,搞清外部环境的作用和影响,制定系统开发计划书。

3. 内部设计

1) 初步设计 制定工作原理,设计总体方案,对可行的各方案进行分析比较后进行总体布置设计,关键性零、部件的试验研究。

2) 系统分解 将总体分解成子系统,绘制系统图,以便于分析和设计。

3) 系统分析 分析和确定该系统的目的和要求,进行模型化,优化与评价,确定最佳的系统方案。

4) 技术设计 进行子系统的技术设计和总体系统的技术设计,计算并确定出主要尺

寸, 绘制部件装配图和总图, 必要的关键性试验。

5) 工作图设计 绘制全部的零件工作图, 编写各种技术文件和说明书。

6) 鉴定和评审 对设计进行全面的技术、经济评价, 分析内部系统对环境的作用和影响。

3. 制造和销售

1) 样机试制 试制并做样机试验。

2) 样机鉴定和评审 对样机进行全面的鉴定和评审。

3) 改进设计 对不能满足系统要求的技术、经济指标进行分析, 根据样机鉴定和评审意见修改设计。

4) 小批试制 对单件生产的产品, 经修改、试验、调整后, 投入运行考核, 并在运行中不断改进与完善。对大量生产的产品, 通过小批试制进一步考核设计的工艺性, 并不断修改和完善设计, 同时进行工艺装备的准备工作。

5) 定型设计 完善全部工作图、技术文件和工艺文件。

6) 销售

1.3.2 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, 也就是必须考虑整个系统的运行, 而不是只关心各组成部分的工作状态和性能, 应在调查研究基础上, 搞清外部环境对该机械系统的作用和影响, 如市场对该机械设备的要求(功能、价格、销售量、尺寸、重量、工期、外观等), 约束条件(资金、材料、设备、技术、信息、使用环境、基础和地基、法律与政策等)等。它们对内部设计有直接影响, 不仅影响机械系统的方案, 也影响经济性、可靠性、使用寿命等指标, 甚至可导致设计失效。因此, 内部设计必须考虑外部环境的影响和要求。同时, 也不能忽略内部系统对外部环境的作用和影响, 包括该系统运行后或该产品投入市场后, 对周围环境的影响, 对操作人员及其他人员的影响等。

内部设计与外部设计相结合是系统设计的特点。它可以使设计尽量作到周密、合理, 避免不必要的返工和浪费, 能以尽可能少的投资获取尽可能大的效益。其技术经济效果, 往往随着系统复杂程度的增加而越趋明显。

传统的设计方法只注重内部系统的设计, 以改善零、部件的特性为重点, 至于各零、部件之间、外部环境与内部系统之间的相互作用和影响考虑较少。虽然对零、部件的设计考虑得很仔细、很周到, 但所设计出的系统仍不够理想。零、部件的设计固然应给予足够的重视, 但全部用好的零件未必能组成好的系统, 其技术和经济未必能实现良好的统一。

1.4 机械系统设计的系统方法

1.4.1 系统分解

系统分解法是系统设计中常用的方法。把复杂的系统分解为若干个相联系的, 相对