

SHEBEI
XITONG
JISHU

设备系统技术

张永鹏 王荣祥 任效乾 编著

冶金工业出版社



内 容 提 要

本书以系统论观点,着重阐述常见设备的基本组成、设计要求、选型原则、维护检修和能源管理规程等,介绍设备主要装置的设计方法、设计程序及资料规范,对如何保证企业的设备系统正常高效的运行及合理地节约能源提出了建议和措施。

本书可供厂矿企业、设备研制单位的科技人员和大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

设备系统技术/张永鹏等编著. —北京:冶金工业出版社,2004. 2

ISBN 7-5024-3442-9

I. 设… II. 张… III. 系统论—应用—机电设备—设备管理 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 117281 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 章秀珍 美术编辑 李 心 责任校对 侯 璐 责任印制 李玉山

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 2 月第 1 版,2004 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 21.25 印张; 511 千字; 331 页; 1—2000 册

49.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

设备系统是保障企业生产活动的命脉;产品设计、能源消耗和能量转换是充分满足不同生产工艺要求的关键。准确地把握市场经济脉搏,及时提供优质高效、价廉物美的机电产品,并把投入运行的设备用好管好,以满足不断增长的社会生产活动、人们精神文明和物质生活需要,是产品设计和设备管理人员的根本任务。

精心地对设备系统进行设计和选型,科学地对设备系统进行维修管理,最大限度地节约能源消耗,是企业提高生产效率、降低产品成本、减少各种污染、保护生态环境的根本保证,也是有关技术人员和管理人员的基本知识构成。

主导当今世界科学技术发展潮流的理论基础是系统论、信息论和控制论。随着科学技术的飞速发展,各学科之间的横向联系日趋强化。人们在生产、科研过程中遇到的问题,往往不仅是本专业工程技术问题,还常涉及到相关科学、社会经济、生态环境等问题。若解决这些问题,必须从结构组成、技术性能、经济效益、社会效果、生态影响等多方面对设备进行综合分析研究。实践证明,用传统的分析方法来处理这些复杂问题,往往带有很大的片面性,而系统工程分析方法是从事体上来研究这些问题,可使其达到总体最佳的目的。近十几年来,把“系统”作为一个研究对象,在国际上引起了许多学科领域专家的注意,并逐步形成了一门新兴的学科体系。它在信息论、控制论、各门工程学和社会科学中综合出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。因而,本书在编写过程中力求从系统论观点出发,对设备系统的基本组成和设计要求进行分析,并以“设备系统最佳工况”为目标,介绍了设备系统的合理设计、科学维修管理规程和节能措施。

编写本书时已注意突出信息量大、知识面宽、通用性强等特点,综合运用了机械制造学、工程热力学、工程力学和传热学等多学科知识,对产品设计者、工科高等院校师生及现场设备工作人员,均有“提示、启发、备查”作用。

参加编写本书的有太原重型机械学院张永鹏副教授(第一章至第四章),王荣祥教授(第五章、第六章、第七章),任效乾教授(第八章),郭亚兵副教授(第九章),王守信副教授(第十章),范明月高级工程师(第十一章),太原重机集团设计院王晓辉(第十二章);全书由张永鹏、王荣祥和任效乾统稿。朱龙根和黄雨华老师编写的《机械系统设计》是编写本书初稿的主要参考资料;许多厂矿和设计院所对本书的编写也曾给予无私援助,在此一并致谢。

综合阐述设备系统的设计、选型、管理等问题尚属开拓尝试阶段,可参阅的资料不多,加之编者水平有限,谬误之处诚望专家和广大读者批评指正。

编 著 者

2003 年 8 月

目 录

第一章 机电设备组合成为人工系统	1
第一节 系统和系统工程概念.....	1
第二节 现代设备系统的功能要求和设计任务.....	6
第三节 设备系统设计程序概述	14
第四节 设备的引进消化与反求工程	17
第五节 信息化与行业水平的关系	19
第二章 现代设计方法和设计文件	24
第一节 传统设计与现代设计的异同	24
第二节 现代设计方法的模式	27
第三节 设计类型和设计阶段	31
第四节 产品图样及设计文件	37
第三章 设备系统的方案和总体设计	50
第一节 设备系统的方案设计	50
第二节 设备系统的总体设计	55
第三节 设备系统的总体布置及主要技术参数确定	57
第四节 产品计划和设计方案的优化	67
第四章 设备系统的载荷特性和动力选择	73
第一节 工作设备的载荷确定	73
第二节 动力机的种类和机械特性	84
第三节 动力机的选择和计算	95
第五章 设备执行系统设计	107
第一节 执行系统的功能、组成与分类	107
第二节 执行系统的技术要求和设计步骤.....	114
第三节 系统组件的合理结构.....	118
第六章 设备传动系统设计	140
第一节 传动系统的类型.....	140
第二节 传动系统的组成.....	146
第三节 轴及齿轮类零件的典型构成.....	163

第七章 操纵控制系统设计	168
第一节 操纵系统的功能和分类.....	168
第二节 操纵系统设计中的人机工程学.....	172
第三节 控制系统的功能和分类.....	178
第四节 伺服机构应用实例.....	184
第八章 设备基础设计	191
第一节 设备基础的技术要求.....	191
第二节 设备基础的静力学计算.....	194
第三节 设备基础的构造与材料选择.....	196
第四节 设备基础的隔振措施.....	198
第九章 设备系统的综合评价	201
第一节 产品评价系统工程.....	201
第二节 系统评价目的和内容.....	205
第三节 评价技术和方法.....	206
第四节 工程师应具备的基本条件.....	223
第十章 机电设备管理工程	227
第一节 机电设备综合管理学.....	227
第二节 设备管理工作的基本内容.....	232
第三节 设备维修工作组织及规章制度.....	240
第四节 机电设备的润滑防腐和噪声防治.....	247
第五节 设备改造和更新决策.....	253
第十一章 机电设备修理技术	261
第一节 设备零件的焊修.....	261
第二节 设备零件的粘补修理.....	274
第三节 金属零件的刷镀修理.....	281
第四节 发动机主要零件的修理.....	285
第五节 结构件及传动件的修理.....	290
第六节 设备修理中的装配工艺.....	295
第十二章 设备系统节能工程	302
第一节 能源管理和有效利用.....	302
第二节 企业节能途径和指标控制.....	310
第三节 企业节能管理和动力管理.....	323
参考文献	331

第一章 机电设备组合成为人工系统

第一节 系统和系统工程概念

一、系统及其特点

人类在长期的社会实践活动中认识到,客观事物是复杂的。为了准确而科学地把握和研究某一事物,除了必须研究和分析事物本身的特性及其发展规律外,还必须研究和分析该事物与其周围相关事物之间的联系和作用,由此逐渐产生了系统及系统工程思想。

系统,是由相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的两个以上要素组成的、具有整体功能和综合作用的统一体。

系统,按其形成的原因可分为自然系统和人工系统。组成元素完全是自然物的系统称为自然系统;组成元素是由人类制造或加工而成的系统称为人工系统。常见的工程系统是人类为了达到各种特定目的而建立的人工系统。

任何现代技术工程,都是一个具有相当规模和复杂程度的系统;往往是由许多相互作用和相互依赖的分系统(子系统)组合而成。

例如,水利工程中的施工机械主要包括:钻孔机械、铲装机械、运输机械和压实机械;它们各有各的功能,完成不同的任务。但若把“土石方工程”看作一个宏观工艺过程,那么这个生产活动过程中的各种设备就组成了一个生产工艺设备系统。它们有功能分工,又相互联系,相互制约,共同完成生产任务。而其中的铲装机械(或运输设备)则可看作是组成整个生产工艺设备系统的子系统。

由此看来,任何设备都是由若干装置、部件和零件组成的一个特定的系统,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。机械零件是组成设备系统的基本要素,它们为完成一定的功能相互联系而分别组成了各个子系统。从广义上说,设备本身又是“人—机—环境”这个更大系统的组成部分。因此,设计设备系统时,把设备本身构成的系统称为内部系统,而把人和环境构成的系统称为外部系统。内部系统和外部系统之间存在着一定的联系,即相互间存有作用和影响。

常见的生产设备是一个人工系统整体。为了保证生产活动处于最佳状态,必须提供最优良的技术装备,并施以最合理的技术管理,做到效率高、事故少,使设备一生的费用最经济;从宏观系统出发,使生产活动建立在最佳状态的物质技术基础之上;因而亟须关注对设备制造行业及设备本身进行系统工程研究。

设备系统一般有下述特点:

(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,或者说每一个要素对于系统整体都不具有独立的影响。一个系统的好坏,最终体现在其整体功能

上。因此,必须从整体着眼,即从全局出发确定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善的性能,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协调,往往也可以使系统具有满意的功能。

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体系统。要素的随意组合不能称为系统。同样,在系统中不存在与其他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。由于实际系统往往是很复杂的,为了研究的方便,可以根据需要把一个系统分解成若干个子系统,这与分割系统是完全不同的,因为在分解系统时始终没有忘记它们之间的联系,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,即相关的。它们之间相互作用、相互影响而形成特定的关系。如系统的输入与输出之间的关系、各要素之间的层次联系、各要素的性能与系统整体特定功能之间的联系等,都是取决于各要素在系统内部的相互作用和相互影响的有机联系。某一要素性能的改变将影响其对相关要素的作用,从而对整体系统产生影响。

(3) 目的性。系统的价值体现在其功能上,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,即具有实践要求的功能,并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,引起系统功能的变化。外部环境总是不断变化的,系统也总是处于动态过程中,稳态过程只是相对的、暂时的。因此,为了使系统运行良好,具有确定的特定功能,必须使系统对外部环境的各种变化和干扰有良好的适应性。

二、设备系统的组成

现代设备种类繁多,结构也愈来愈复杂,但从实现系统功能的角度看主要包括下列一些子系统:动力系统、传动系统、执行系统、操纵及控制系统等,如图 1-1 所示。每个子系统又可根据需要继续分解为更小的子系统。

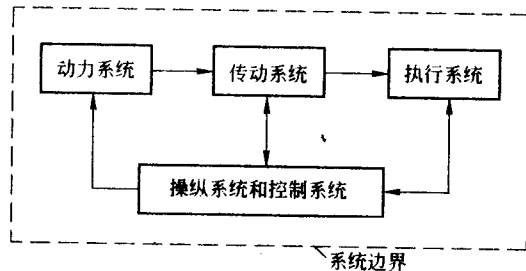


图 1-1 设备系统的组成

(一) 动力系统

动力系统包括动力机及其配套装置,是设备系统运行的动力源。按能量转换性质的不同,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(一次能源)转变为机械能的机械,如内燃机、风动机、水轮机等。二次动力机是把二次能源(如电能、液能、气能)转变为机械能的机械,如电动机、液压马达、气动马达等。由于经济和技术的原因,动力机输出的运动通常为转动,而且转速较高。

选择动力机时,应全面考虑执行系统的运动和工作载荷、设备系统的使用环境和工况以及工作载荷的机械特性等要求,使系统既有良好的动态性能,又有较好的经济性。

(二) 执行系统

执行系统包括设备的执行机构和执行构件,是利用机械能(或其他能量)来改变作业对象的性质、状态、形状或位置,或对作业对象进行检测、度量等,以进行生产或达到其他预定

要求的装置。根据不同的功能要求,各种设备的执行系统组成也不同,而且对运动和工作载荷的机械特性要求也各不相同。

执行系统通常处在设备系统的末端,直接与作业对象接触,其输出也是设备系统的主要输出。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。它可有多种组成模式。一般要求传动系统应具有下列主要功能:

(1) 减速或增速。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) 变速。当用动力机进行变速不经济、不可能或不能满足要求时,则通过传动系统实行变速(有级或无级),以满足执行系统多种速度的要求。

(3) 改变运动规律或形式。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、连续或间歇的运动,或改变运动方向,以满足执行系统的运动要求。

(4) 传递动力。把动力机输出的动力传递给执行系统(或辅助装置),供给有关系统完成预定任务所需的转矩或作用力。

如果动力机的工作性能完全符合执行系统的工作要求,传动系统也可省略,而将动力机与执行系统直接连接起来。

(四) 操纵系统和控制系统

操纵系统和控制系统都是为了使动力系统、传动系统、执行系统彼此协调运行,并准确可靠地完成整机功能的装置,二者的主要区别是:操纵系统多指通过人工操作来实现上述要求的装置,通常包括启动、离合、制动、变速、换向等装置;控制系统是指通过人工操作或测量元件获得的控制信号,经由控制器,使控制对象改变其工作参数或运行状态而实现上述要求的装置,如伺服机构、自动控制装置等。良好的控制系统可以使设备处于最佳运行状态,提高其运行稳定性和可靠性,并有较好的经济性。

此外,根据设备系统的功能要求,还可有润滑、计数、行走、转向等系统。

三、系统工程及其三维结构

系统工程,是从系统的整体观点出发,按照既定的目标去规划、设计、制造、试验、管理和控制该系统,使其达到最优状态的科学。

系统工程是以研究大规模复杂系统为对象的一门交叉学科。它是把自然科学、工程技术和社会科学中的某些思想、理论、策略、方法和手段等,根据总体协调的要求,有机地联系起来,把人们的生产、科研和经济活动有效地组织起来;应用定量分析与定性分析相结合的方法和电子计算机等技术工具,对系统的构成要素、组织结构、信息交换和反馈控制等功能进行分析、设计、制造和服务;从而达到最优规划、最优设计、最优制造和最优管理的目的,以便最充分地发挥人力、物力的潜能,通过各种组织管理技术,使局部和整体之间的关系协调配合,以实现系统的综合最优化。

系统工程的理论基础有两大类:一类是系统工程所共有的公共理论基础;另一类是每种系统工程所特有的专业理论基础。系统工程的公共理论基础有运筹学、信息论、控制论和计算机科学等。

(1) 运筹学。是从系统整体观点出发选优求好的科学。它是应用数学范畴,研究某一

数学结构(模型)在一定的约束条件下,如何寻求一组解,使其达到预定目标最佳效果的科学。它包括 30 多个分支,主要有:线性规划、非线性规划、网络方法、排队论、决策论、预测技术、可靠性理论、计算机仿真等。运筹学是解决系统工程的两个核心问题——模型化与最优化的主要理论基础。

(2) 信息论。信息是指经过处理和解释的数据和资料。信息论包括信息的收集、传递、存储和控制。信息是组织管理系统的神经中枢;系统管理的循环是计划、组织和控制,而信息则贯穿始终;系统运行要靠信息对物流(设备流、商品流、技术流)的指挥和反馈;因此,信息是系统分析的基本依据。

(3) 控制论。系统工程要运用控制论的观点来指挥、组织、协调和操纵系统的发展和运行。控制论研究复杂的系统中的指挥、控制、协调和自适应等问题,从整体的观点出发来强调它们运动的规律。有控制就有反馈,而反馈必须有信息,因此它们都是实施系统工程的理论基础。

系统工程的三维结构模式,就是将系统工程的活动,分为先后紧密连接的 7 个阶段和 7 个步骤,同时考虑应具备为完成各阶段和各步骤所需要的各种专业知识。这样就为解决规模较大、结构复杂、涉及因素众多的大系统的优化问题,提供了一个统一的思想方法。系统工程的三维结构由时间维、逻辑维和知识维组成,其示意框架如图 1-2 所示。

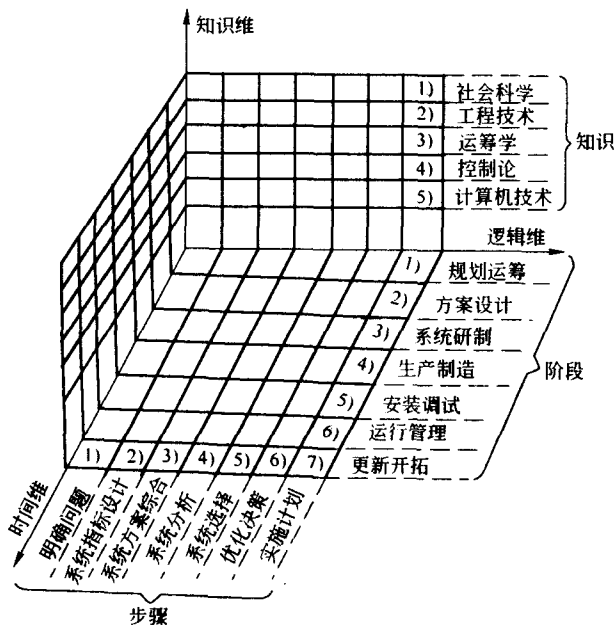


图 1-2 系统工程的三维结构

(1) 时间维。表示系统工程活动从规划运筹阶段到更新开拓阶段按时间排列的顺序,一般可分为七个工作阶段。

1) 规划运筹阶段。包括明确建立系统的必要性、定义系统概念、确定系统的目标、提出系统的环境条件与约束条件、规定系统建成的期限等。

2) 方案设计阶段。包括系统的概略设计、提出各种备选方案、进行系统分析、求得系统设计方案,然后进行详细设计。

3) 系统研制阶段。即对系统中的关键项目进行试制和试验,进行工艺设计,并作出生产计划,实现系统的研制方案。有些行业也称中试阶段。

4) 生产制造阶段。包括制订工艺规程、设计和制造工艺装备、进行工装布置和质量控制等,即生产技术系统的零部件及整体系统,并提出安装计划。

5) 安装调试阶段。包括技术系统移交、进行安装和调试、拟定运行计划和维护技术规程,提出技术保障规范。

6) 运行管理阶段。按照技术系统使用要求,使系统发挥效能,并对系统实施科学管理。

7) 更新开拓阶段。取消旧的技术系统代之以新系统,使之更有效地进行工作。

(2) 逻辑维。这是对实现技术系统的每一工作阶段,采取系统工程方法来思考和解决问题时的思维过程,一般可分为7个逻辑步骤:

1) 明确问题。通过系统调查,尽量全面地收集有关解决问题的资料,查证工作需要、约束条件和可变因素等,准确地说明问题和定义概念。

2) 系统指标设计。为了实现系统目标,必须开发一系列活动;对于这些活动(工作)应该有评价标准(即指标),用来考核目标完成的程度或水平。

3) 系统方案综合。即按照问题性质及总的目标要求,形成一组可供选择的系统方案;方案中要明确技术系统的结构和相应参数。

4) 系统分析。对可能入选的系统方案,通过比较进行筛选,并对筛选后的方案进一步说明其性能和特点,明确子系统与整体系统的关系。为了分析比较较多的方案,可建立一定模型,把这些方案(模型)与系统的评价目标联系起来。

5) 系统选择。在一定限制条件下,对各入选方案进行评优分析。在备选方案和评价指标众多,而且彼此之间又有矛盾的情况下,要选出一个对所有指标均为最优的方案,一般是不可能的。因此,在各指标之间进行协调,可使用多目标最优化方法来选择最优系统。

6) 优化决策。由决策者根据更全面的要求,或以总体目标系为方案评价标准,最后决策选出一个或极少几个优化方案以试行。

7) 实施计划。根据最后选定的方案付诸实施。包括分配资源、安排进度和设计反馈控制系统。如果在实施过程中得到预期效果,那么该项工作即告一段落;如果未达到预期效果,则需返回前面某个步骤重新做起。

以上7个步骤完成之后,就可以进入下一个工作阶段。在下一个工作阶段,又要进行这样的7个逻辑步骤,周而复始。

(3) 知识维。是完成上述各阶段、各步骤所需要的各种理论知识和专业知识。系统工程实践证明,主要涉及的学科有社会科学、工程技术、运筹学、控制论和计算机技术;各种专业知识在系统工程中占有重要地位。

四、系统工程的基本方法

综合系统工程的上述各阶段和各步骤,会得到一个作为工作基础的“系统工程的基本方法”。它的原则是,把研究对象当作系统来分析和评价。整体过程的进行如图1-3所示。

系统分析的目的是为了设计出最优化系统,其核心为模型化及最优化。系统分析的结果是设计工作的依据,并从技术上和经济上进行评价,从而产生技术先进、经济合理的设计方案。

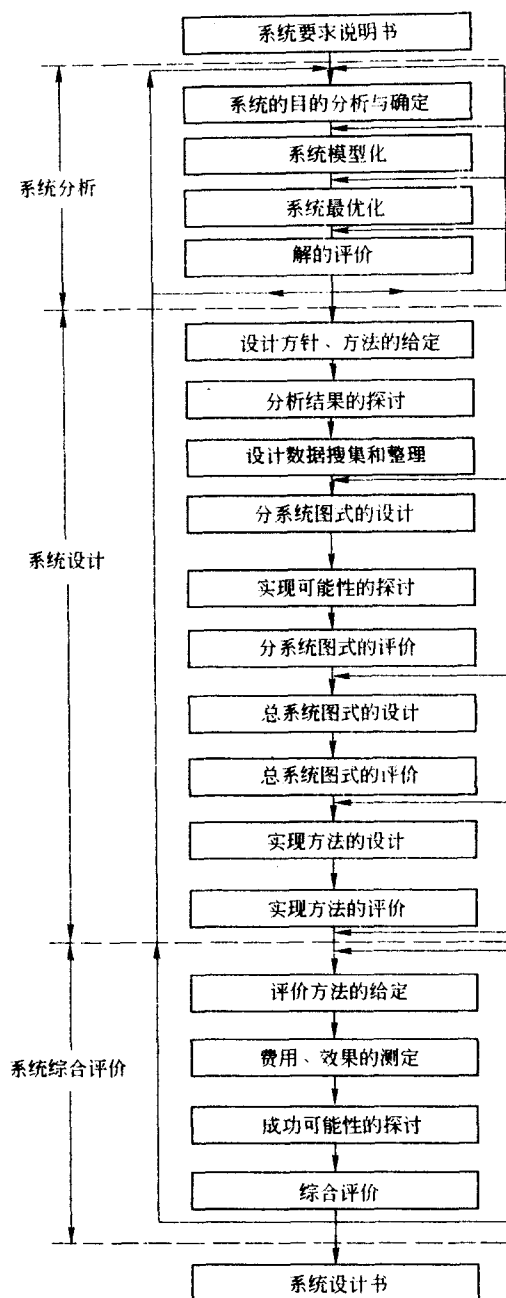


图 1-3 系统工程基本方法框图

第二节 现代设备系统的功能要求和设计任务

一、设备系统的功能要求

现代机电产品的功能要求非常广泛,不同设备因其工作要求、追求目标和使用环境的不

同,其具体功能要求也有很大差异。例如,起重机械是一种有间歇运动的机械,主要用于物品的装卸。其主要作业过程一般是:从取物地点由起升机构把物品提起,由运行机构、回转机构或变幅机构把物品移位,到达卸载的指定地点后下降以卸下物品,然后反向运动回到原位或移动到一个新的作业地点,进行下一次作业。在两次作业之间,一般有短暂的停歇。所以,起重机械工作时,各机构和构件经常处于启动、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起升重量、起升高度、起升速度、运行速度、生产率、作业范围及经济性,以及工作过程的安全性、可靠性、稳定性、操纵性、对周围环境的适应性等。对于汽车起重机还要求有良好的机动性,对于大跨度龙门起重机则还要求大车运行时两侧门腿移动的同步性等。

各种设备的功能要求大体可归纳为:

- (1) 运动要求。如速度、加速度、转速、调速范围、行程、运动轨迹以及运动的精确性等。
- (2) 动力要求。包括传递的功率、转矩、作用力等。
- (3) 体积和质量要求。如尺寸、容积、质量、比功率、质量比等。
- (4) 可靠性和寿命要求。包括机械和零部件执行功能的可靠性、耐磨性和使用寿命等。
- (5) 安全性要求。包括强度、刚度、热力学性能、摩擦学特性、振动稳定性、系统工作运行的安全性及操作人员的安全性等。
- (6) 经济性要求。包括设备设计和制造的经济性、使用和维修的经济性等。
- (7) 环境保护要求。如噪声、振动、防尘、防毒、“三废”的排放和治理、设备周围人员和设备、设备本身的安全性等。
- (8) 产品造型要求。如外观、色彩、与环境的协调性等。
- (9) 其他要求。不同设备还可能有一些特殊要求,如精密设备要求能长期保持其精度并有良好的防振性;经常搬动的设备要求安装、拆卸、运输方便;户外型设备要求良好的防护、防腐和密封;食品和药品加工设备要求不污染被加工产品等。

二、设备系统的设计任务

设备系统设计的最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机电产品,在市场竞争中取得优势,赢得用户,并获得较好的经济效益。

产品质量和经济效益取决于设计、制造和管理的综合水平,而产品设计则是关键。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性好的产品。据统计,产品质量事故,约有 50% 是设计不当造成的;产品的成本,60%~70% 取决于设计。在进行设备系统设计时,应特别强调和重视从系统的观点出发,合理确定系统功能,增强可靠性,提高经济性,保证安全性。

(一) 合理确定系统功能

一项产品的推出总是以社会需求为前提,或为满足社会生产活动的需要,或为满足人们生活的需要。没有需求就没有市场,也就失去了产品存在的价值和依据。而社会的需求是变化的,不同时期、不同地点、不同的社会环境就会有不同的市场行情和要求。产品应不断地更新改进,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,严重时甚至导致企业倒闭。所以,设计师必须确立市场观念,以社会需求作为最基本的出发点。

所谓社会需求,就是对产品功能的需求。用户购买产品实际就是购买产品的功能。产品的功能是与技术、经济等因素密切相关的。根据价值工程原理,产品的价值 V 常用产品

的总功能 F 与成本 C 的比值,即 $V=F/C$ 来表示。为了提高产品的价值,一般可以采取下列 5 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)降低一些功能以使成本更多地降低。(5)增加功能,降低成本。显然,最后一种是最理想的,但也是最困难的。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用户访问,查清市场当前的需求和预测今后的需求,了解市场对现有产品或同类产品的反应,掌握现有竞争对手和潜在竞争对手的动向,确定自己的方针和策略,然后对产品进行功能分析,遵循保证基本功能、满足使用功能、剔除多余功能、增添新颖功能、恰到好处地利用外观功能的原则,力求使产品达到尽善尽美的境地。

(二) 提高可靠性

可靠性是衡量设备系统质量的一个重要指标。所谓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。规定功能的丧失称为失效,对于可修复的系统其失效也称故障。可靠性技术是研究系统发生故障或失效的原因及预防措施的一门技术。目前,可靠性技术已开始用于设备系统设计。

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数据,还要建立从研究、设计、制造、试验直至管理、使用 and 维修以及评审的一整套可靠性设计。当缺乏这些必要的数据和统计变量时,了解影响设备系统可靠性的因素,采取下述一些措施,对提高设备系统可靠性也是有益的。

(1) 分析失效,查找原因。设备系统工作时,由于各种原因难免发生故障或失效。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,掌握其原因,并采取相应的预防措施,则系统的失效率将会减小,可靠性也随之提高。为了使失效分析做得比较全面和切合实际,应该对现有系统或同类系统进行质量调查和用户访问,收集失效实例,分析失效原因,对重要的系统还应建立失效档案,特别是对典型的重大失效案例应召开失效分析会,请有关专家和人员进行详尽分析,以此积累经验和资料,作为指导和改进设计的借鉴。

(2) 把可靠性设计到零部件中去。实践表明,设备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,不能使零部件具有必要的可靠性,则无论制造得多么好、维护得多么精心,都无法弥补设计中的缺陷。

设备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,并不意味着全部零部件都要有较高的可靠性。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,这些零部件必须保证其必要的可靠性,设计时应从整体的、系统的观点详细分析其输入、输出,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,减少超负荷工作的几率;或采用冗余技术,即加大可靠性的贮备,如用并联系统代替串联系统、采取载荷分流和均载等技术措施。采用冗余技术对提高系统可靠性是最有效的,但会相应地增加系统的复杂性,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;并希望以较少的人力、物力和财力达到目的,并利于采用现代化的维修工作器具。

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,保持和恢复设备系统规定功能的能力。因此,维修性也可看作是维护或恢复系统可靠性的能力。

任何设备系统在使用过程中都会因各种原因而发生故障,随着服役时间的增加,故障率一般也呈上升趋势。设备系统故障率变化曲线如图 1-4 所示,因其形状像个浴盆,故也常称

浴盆曲线。

初期故障通常是由系统中某些寿命较短、可靠性较差的零部件引起的,也可由设计中的不当或制造装配中的缺陷等引起,其故障率较高。当系统中这些薄弱环节得到改进或在一定条件下通过适当的调整、跑合时,则可以减小初期故障率。

当初期故障阶段结束后,系统进入正常运行时期,其故障率最小且稳定。此时的系统故障主要是由一些偶发因素引起的,如操作不当、运行条件的突然变化、零部件的偶然缺陷等,所以这种故障常称为偶发故障。

随着使用时间的增加,系统中的零部件因磨损、疲劳、老化等原因,故障率又显著上升,这时的故障常称为磨损故障。一般说来,进入磨损故障期后,系统的效率降低、生产率下降,即意味着该系统正常使用寿命的终结。

在正常运行时期,如能进行良好的维修,及时更换磨损、疲劳和老化的零部件,则系统的使用寿命可以延长,如图 1-4 中虚线所示,经良好维修的设备系统其故障率明显下降。

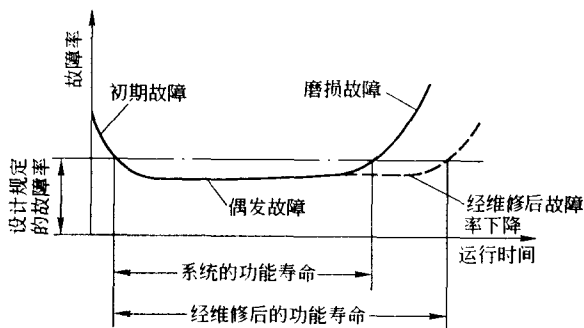


图 1-4 设备系统的故障率变化曲线

设备维修应在设计阶段就予以考虑,使系统具有良好的维修性,易于检查和发现故障,便于进行维修。例如把系统的薄弱环节(易损件)尽量做成独立部件或采用标准件,并设计成容易拆卸和更换的结构等。

(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得到保证,故障的潜在因素容易得到控制,而且有较好的技术发展前景。

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都比较。所以,简化设备系统和零部件结构、减少零部件数量、提高设备系统的标准化程度等都是提高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,就是使产品成本低,物资和人力消耗少,生产周期短,提高制造厂方的经济效益。

降低产品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的前提下,努力降低产品成本。

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) 合理确定可靠性要求和安全系数。可靠性要求应根据系统的重要程度、工作要求、维修难易和经济性要求等多方面的因素综合考虑确定。在可靠性设计时,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,仍可把设计参数作为确定值,并用安全系数作为判据。虽然可靠性指标和安全系数都是描述系统可靠程度的指标,但它们的含义和应用不尽相同。采用可靠性设计时,可以使设备系统设计得更合理、更经济。系统愈复杂,其优越性也愈明显,经济性和可靠性愈可趋于统一。而采用安全系数作为判据时,把本来属统计变量的载荷、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。为了防止失效,设计人员常采用加大安全系数的办法,其结果是增加了零部件的尺寸和重量,降低了经济性,往往还不一定能够完全避免失效。

所以,在尚无条件进行可靠性设计时,应尽可能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,应考虑可靠性的要求。当可靠性要求高时,安全系数可相应取大些,反之可取小些。当设计数据分布的离散程度较大时,安全系数值应取大些,反之取小些。这样可使设计更接近实际情况。

由于系统的安全系数与设备的经济性密切相关,如有可能,所需安全系数的具体数值应由设计部门与用户共同商定。

(2) 贯彻标准化。标准化是组织现代化大生产的重要手段,也是实施科学管理的重要基础之一。尤其是对于机电产品制造行业,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。实施标准化是国家的一项重要技术法规。

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,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资器材为对象制订的标准,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制订的标准,如计量单位、优先数系、公差配合、图形符号、名词术语等标准。

我国标准分国家标准、部标准(专业标准)和企业标准三级。国家标准和部标准的适用面虽然有所不同,但都是全国性的。各级标准在规定的范围内具有约束力,国家标准是各部门都必须遵照执行的技术法规。专业标准和部标准正在逐步淘汰。

鉴于目前我国标准化工作的现状和需要,积极采用国际标准和国外先进标准也是一项重要的技术经济政策。国际标准主要是指国际标准化组织 ISO 和国际电工委员会 IEC 两个国际性的标准化机构公布的标准。我国是 ISO 和 IEC 的成员国。

标准化创造的经济效益体现在很多方面,如加快了产品开发速度、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,改善了设备的维修性等。因此,在产品设计中贯彻标准化,提高标准化程度和水平,将会直接提高产品的质量和经济性。

(3) 采用新技术。随着科学技术的发展,各种新技术(包括新产品、新方法、新工艺、新材料等)不断问世。在设计中采用新技术可以使产品具有更好的性能和经济性,因此具有更强的竞争力。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) 改善零部件结构工艺性。设备零部件结构工艺性包括铸造工艺性、锻造工艺性、冲压工艺性、焊接工艺性、热处理工艺性、切削加工工艺性和装配工艺性等。良好的工艺性是减小劳动量、提高生产率、缩短生产周期、降低材料消耗和制造成本的前提,也是实现设备系

统设计目标、减少差错、提高产品质量的基本保证条件。

影响结构工艺性的因素很多,如生产批量、设备和工艺条件、原材料的供应等。当生产条件改变时,零部件的结构往往也随之改变。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,设计时应根据具体情况进行具体分析。

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

提高产品经济性不仅要提高制造加工的经济性,也要提高使用的经济性;既要考虑制造者的利益,也要考虑使用者的效益,二者缺一不可。提高用户的经济效益主要可从下述几个方面考虑:

(1) 提高产品的效率。用户总是希望所购买的产品效率高,能源消耗低,省电、省油、省煤、省水等。机电设备的效率主要取决于传动系统和执行系统的效率,传动系统的效率通常与传动链的结构型式、运动副的工作表面性态、摩擦润滑状况、润滑剂种类和润滑方式以及工作条件等有关,执行系统的效率主要决定于执行机构的效率,它与机构类型、机构参数等有关。设计人员应在方案设计和结构设计时充分考虑提高效率的措施。

对属于生产物资材料的机电设备,提高其产品的生产率,提高原材料的利用率,降低物耗和能耗,也是提高其效率和效益的重要途径。

(2) 合理确定经济寿命。一般说来,希望产品有较长的使用寿命,但在设计中单纯追求长寿命是不适当的。

由图 1-4 故障率曲线可知,设备系统正常运行的寿命是可以延长的,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,效率愈低,相应的使用费用(包括维修保养、操作、材料及能源消耗等费用)愈多,使用经济性愈低,此时即应考虑设备更新。

实际上,机电设备性能下降、维修的经济性愈来愈差,仅是需要更新的原因之一。由于科学技术的进步,不断有一些技术更先进、性能价格比更高的新设备出现,或是由于企业生产规模的发展、产品品种的扩大或改变等,都是要求更新设备的原因。

设备从开始使用至其主要功能丧失而报废所经历的时间称为设备的功能寿命。根据设备使用费用最低、经济效益最高所确定的寿命称为设备的经济寿命。通常,设备的经济寿命要比功能寿命短。

通过技术经济分析,合理确定机电设备的经济寿命,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措施之一。

(3) 提高维修保养的经济性。维修能延长设备使用寿命,但又必须付出一定的维修费用作代价。以尽可能少的维修费用换取尽可能多的使用经济效益,是机电设备进行维修的基本原则。

目前在机电设备中,应用比较多的是定期维修方式,即按照规定的维修程序,每隔一定时间进行一次维修,把设备中某些易损件及时进行更换或修复。维修周期主要根据使用经验和统计资料确定。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,有的零部件未到维修期就已失效,而有的虽然并未失效但也不得不提前替换。因此,定期维修方式的总维修费用较高。这种维修方式的优点是能尽量安排在生产时间进行维修工作,可以使因停机停产造成的损失减少,而且便于进行维修前的准备工作,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发展,维修技术也得到了相应的发展。如按需维修方式,就是采用故障诊断技术,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即进行更换或修理。这种维修方式既能提高系统的有效运行时间,充分利用零部件的功能潜力,又能减少维修次数,尤其是减少盲目维修工作量,因此,其总的经济效益较高。但这种维修方式需要配备十分可靠的监控和测试装置,所以只在重要的和价格昂贵的设备系统中采用。

对于不太重要的或总价值不太高的产品,有时也可以设计成免修型产品,在使用期间内不必维修,到功能寿命终止时即行报废,即俗称“一次性产品”。

(四) 保证安全性

设备系统的安全性包括设备系统执行预期功能的安全性和“人—机—环境”的安全性。

1. 设备系统执行预期功能的安全性

设备系统执行预期功能的安全性是指设备运行时系统本身的安全性,如满足必要的强度、刚度、稳定性、耐磨性等要求。为此,应根据设备的工作载荷特性及设备本身的要求,按有关规范和标准进行设计和计算。为了避免设备系统由于意外原因造成故障或失效,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

设备是为人类服务的,同时它又在一定的环境中工作,人、机、环境三者构成一个特定的系统。在设备工作时,不仅设备本身应有良好的安全性,而且对使用设备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—机—环境”系统安全性的一门新兴学科。

人机工程学的着眼点是人、机、环境之间的“接口”,把人作为系统的一个组成部分,以人为主体的,研究人、机、环境之间的相互作用和协调,使设备能更好地适合于人体的各种体能特点和要求,便于操作和使用,既安全可靠又舒适宜人,消除对人身构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—机—环境”系统安全性包括劳动安全和环境保护两方面内容。

(1) 劳动安全。改善劳动条件,防止环境污染,保证劳动者在生产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。国家制订了有关劳动安全和行业卫生的一系列规章、制度、标准和规范,任何企业和部门都应认真贯彻执行,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。

为了保障操作人员的安全,应特别注意设备系统运行时可能对人体造成伤害的危险区,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,把危险区与人体隔开。对于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 1-5 为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,光束受阻,发出电讯号,经放大后由控制线路使设备停止运转或发出报警信号,实现自动安全保护。

图 1-6 所示为一种连锁的自动安全保护装置。为了防止触碰有危险的运动件 3,用一带偏心轮的安全盖 2 罩住,只有在安全盖完全盖好的情况下,偏心轮控制的开关接通中间继电器 1,才能启动电动机。当电动机启动后,因无电流通过锁紧装置的电磁铁 6,锁紧插销 4 在弹簧 5 作用下插入销孔,因而安全盖不可能打开。当电动机停止转动后,电磁铁 6 通电,拔出插销 4,才可能打开安全盖。安全盖打开后,偏心轮迫使开关断开,继电器 1 无电流通过,使电动机无法启动,消除了危险。