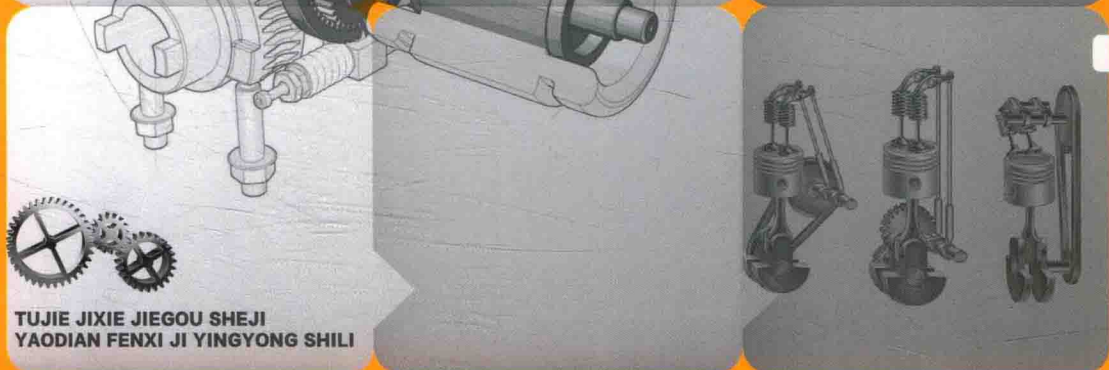
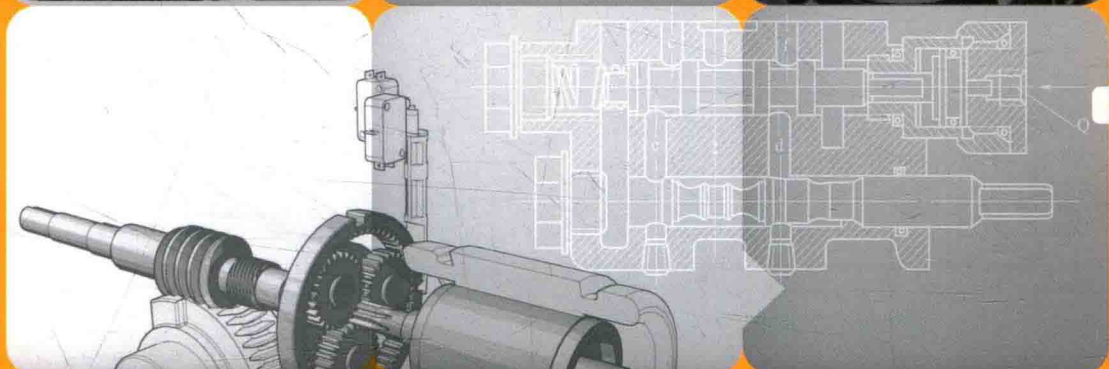


图解机械结构设计

要点分析及应用实例

孙开元 李改灵 主编



TUJIE JIXIE JIEGOU SHEJI
YAODIAN FENXI JI YINGYONG SHILI

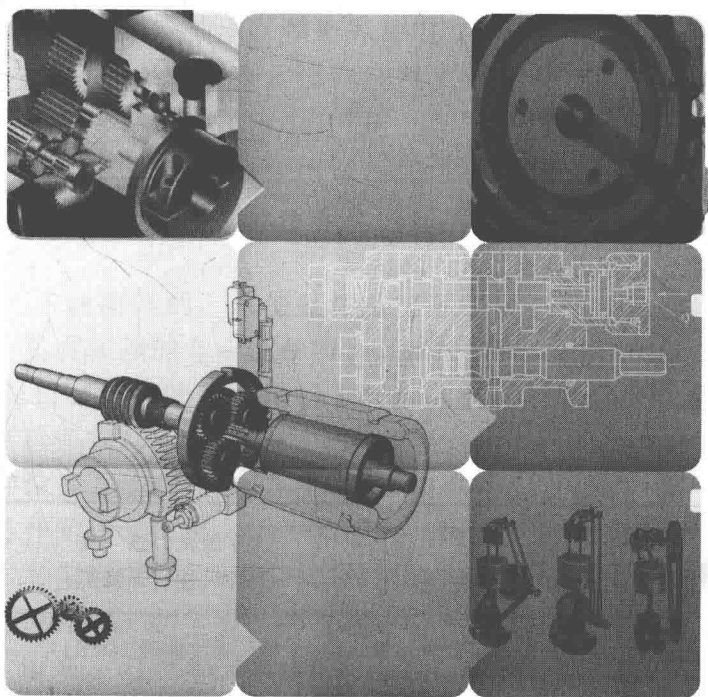


化学工业出版社

图解 机械结构设计

要点分析及应用实例

孙开元 李改灵 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合机械设计的知识和方法,分析了机械结构的设计要点。图解的机械结构主要包括螺纹连接、键连接、销连接、带传动、链传动、螺旋传动、减速器、变速器、轴、联轴器、离合器、制动器、滑动轴承、滚动轴承、弹簧等常用零部件结构。本书内容全面,讲解透彻,实例紧密联系机械设计工程实际,具有较强的专业性和实用性。全书采用“图解”的写作风格,讲解简单明了、重点突出,使读者能够轻松地掌握机械结构的设计要点。

本书可供广大机械设计人员和相关设计人员学习、查阅和参考,还可作为高校相关专业师生机械设计课程参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解机械结构设计要点分析及应用实例/孙开元,
李改灵主编. —北京:化学工业出版社,2016.4
ISBN 978-7-122-26441-1

I. ①图… II. ①孙… ②李… III. ①机械设计-结
构设计-图解 IV. ①TH122-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第044453号

责任编辑:张兴辉
责任校对:宋夏

文字编辑:陈喆
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13 字数296千字 2016年5月北京第1版第1次印刷

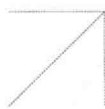
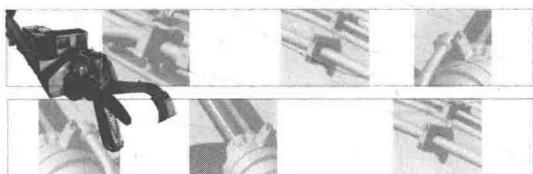
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00元

版权所有 违者必究



前言

Foreword

机械结构设计是机械设计的重要组成部分。对于机械设计人员而言，不仅要掌握常用机构的设计理论和设计方法，还应深入了解其零部件的结构设计要点。为此，我们将多年来从事机械设计教学和研究所积累的经验总结归纳，并通过查阅大量专业资料反复验证提炼，把机械设计的基本知识和理论与常见机械机构和结构等内容梳理整合，以常见的通用零部件为单元，结合机械设计的知识和方法，分析了机械结构的设计要点。图解的机械结构主要包括螺纹连接、键连接、销连接、带传动、链传动、螺旋传动、减速器、变速器、轴、联轴器、离合器、制动器、滑动轴承、滚动轴承、弹簧等常用零部件结构。本书的主要特点如下：

① 本书内容全面但不冗杂，强调突出重点和要点，做到精选内容、叙述简明，便于查阅和参考。

② 全书采用“图解”的写作风格，在讲解过程中采用了大量的图、表等形式，对于不容易描述清楚的地方采用正误和优劣对比的方法，使读者对讲解知识能够一目了然。

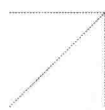
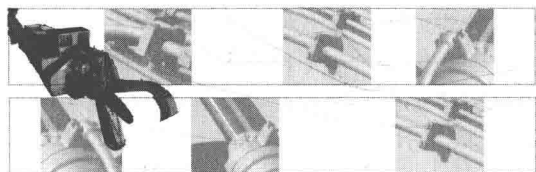
③ 本书不求面面俱到，而是更注重实际需要。书中的实例紧密联系机械设计工程实际，具有较强的专业性和实用性。

④ 本书对机械结构的设计进行了较深入的分析，让读者在进行相关机械设计的时候知其然还知其所以然，知道着重考虑什么问题、注意什么问题，从而能快速掌握各种设计方法和技巧。

本书由孙开元、李改灵主编，郝振洁、张丽杰、孙爱丽、李立华、刘洁任副主编。参与本书编写工作的还有：邵汉强、袁一、丁伟东、齐继东、匡小平、张文斌、张晴峰、孙葳、刘宝平、孙佳璐、魏柯、廖苓平、韩继富、董宏国、张宝玉、李书江、康来、王洪春、吴继东、陈永祥、李涛、刘志刚。主审是李长娜、于战果。

由于水平和经验有限，难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正，编者在此深表感谢。

编者



目 录

Contents

第 1 章 机械结构设计概述

1.1 机械结构设计的内涵	1
1.1.1 机械结构设计的基本内容	1
1.1.2 机械结构设计的特点	2
1.2 机械结构设计的基本过程	2
1.2.1 结构设计与机械设计的关系	2
1.2.2 结构设计的基本步骤	3
1.3 机械结构设计的基本原则	3
1.4 机械结构设计的基本要求	4
1.4.1 功能要求	4
1.4.2 结构工艺性要求	5
1.4.3 人机学要求	13
1.4.4 绿色结构设计	17
1.5 机械结构设计的发展方向	18
1.5.1 机械结构设计向智能化方向发展	18
1.5.2 机械结构设计向系统化方向发展	19

第 2 章 螺纹连接结构设计

2.1 概述	20
2.2 螺纹连接的类型和选用要点	20
2.2.1 螺纹的类型选用要点	20
2.2.2 螺纹连接的类型选择要点	20
2.2.3 螺纹连接的设计选用要点	22
2.3 螺纹连接件设计要点	23
2.4 被连接件设计要点	25
2.5 螺栓组连接的结构设计要点	27
2.6 提高螺栓连接强度的措施	28
2.7 螺纹连接防松结构设计要点	30

第 3 章 键及花键的结构设计

3.1 概述	33
--------------	----

3.2 键的型式和尺寸选择设计要点	33
3.2.1 键连接	33
3.2.2 键的尺寸选择设计要点	36
3.3 被连接轴和轮毂的结构设计要点	37
3.4 键的合理布置要点	40
3.5 考虑装拆的设计要点	41

第4章 定位销和销连接结构设计

4.1 概述	42
4.2 销的型式和尺寸选择设计要点	42
4.3 销的合理布置要点	44
4.4 销连接的设计要点	45
4.4.1 考虑加工的销孔设计要点	45
4.4.2 考虑装拆的销钉设计要点	46
4.4.3 考虑受力的销钉设计要点	46

第5章 带传动结构设计

5.1 概述	48
5.2 带传动型式选择要点	49
5.3 带传动设计及参数选择、布置要点	50
5.4 带传动的结构设计要点	53
5.4.1 带与带轮结构	53
5.4.2 带与带轮结构设计要点	54
5.5 带传动的张紧设计要点	56
5.5.1 带传动的张紧	56
5.5.2 带传动的张紧设计要点	57

第6章 链传动结构设计

6.1 概述	60
6.2 链传动主要参数选择要点	61
6.2.1 链轮齿数	61
6.2.2 链的节距	61
6.2.3 中心距和链的节数	62
6.3 链传动布置与结构设计要点	62
6.3.1 链传动应紧边在上	62
6.3.2 两链轮轴线铅垂布置的合理措施	63
6.3.3 不能用一根链条带动一条线上的多个链轮	63
6.3.4 链轮不能水平布置	63
6.3.5 注意挠性传动拉力变动对轴承负荷的影响	64
6.4 保证链传动正常运转的常用措施	64

6.4.1	带与链传动应加罩	64
6.4.2	弹簧卡片的开口方向要与链条运动方向相反	64
6.4.3	链传动应用少量的润滑油	64
6.4.4	链传动的中心距应该能调整	65

第7章 螺旋传动结构设计

7.1	概述	66
7.2	螺纹类型选择要点	67
7.3	螺旋机构的形式选择要点	67
7.4	提高螺旋强度、刚度和耐磨性的设计要点	68
7.5	提高螺旋传动精度的设计要点	69
7.5.1	影响螺旋传动精度的因素	69
7.5.2	提高螺旋传动精度的结构设计措施	70
7.6	滚珠螺旋设计要点	71

第8章 减速器结构设计

8.1	概述	78
8.2	减速器总体设计和选型	80
8.2.1	减速器设计一般程序	80
8.2.2	通用减速器的设计程序	81
8.2.3	标准减速器选用	82
8.3	非标准减速器合理设计	82
8.3.1	减速器的选型要点	83
8.3.2	总体设计要点	84
8.3.3	减速器箱体设计	85
8.4	附件设计	91
8.4.1	窥视孔	91
8.4.2	通气器	92
8.4.3	油塞	93
8.4.4	油标装置	94
8.4.5	定位销	95
8.4.6	起盖螺钉	95
8.4.7	起吊装置	96
8.4.8	轴承端盖	98
8.5	减速器的润滑、冷却和散热	100
8.5.1	减速器的润滑	100
8.5.2	减速器的冷却、散热	101

第9章 变速器结构设计

9.1	概述	103
-----	----	-----

9.1.1	有级变速器	103
9.1.2	无级变速器	104
9.2	参数选择和总体布置	105
9.3	变速器传动件结构设计	107
9.4	摩擦轮和摩擦无级变速器结构设计	108
9.4.1	摩擦无级变速器设计过程	108
9.4.2	摩擦无级变速器结构设计要点	109

第 10 章 轴系结构设计

10.1	概述	112
10.1.1	轴的类型	112
10.1.2	轴的材料	113
10.1.3	轴的失效形式	114
10.1.4	轴的设计原则	116
10.2	提高轴的疲劳强度措施	116
10.3	轴系结构设计要点	119
10.3.1	考虑加工的轴系设计要点	119
10.3.2	考虑安装的轴系设计要点	120
10.3.3	考虑轴上零件可靠固定的轴系设计要点	122
10.3.4	考虑运动可靠性的轴系设计要点	123

第 11 章 联轴器、离合器、制动器结构设计

11.1	概述	125
11.2	联轴器类型选择要点	125
11.2.1	联轴器的类型及应用	125
11.2.2	联轴器类型选择要点	127
11.3	联轴器结构设计要点	130
11.4	离合器类型选择要点	133
11.4.1	离合器的类型	133
11.4.2	离合器类型选择要点	135
11.5	离合器结构设计要点	136
11.6	制动器类型选择要点	138
11.6.1	制动器的分类及应用	138
11.6.2	制动器的类型选择要点	140

第 12 章 滑动轴承结构设计

12.1	概述	142
12.2	滑动轴承的结构形式	143
12.3	滑动轴承结构设计要点	145
12.3.1	滑动轴承支撑结构设计要点	145

12.3.2	考虑滑动轴承固定的结构设计要点	148
12.3.3	考虑滑动轴承装拆的结构设计要点	149
12.3.4	考虑滑动轴承间隙调整的结构设计要点	151
12.3.5	考虑滑动轴承润滑的结构设计要点	152
12.3.6	轴瓦、轴承衬结构设计要点	156
12.3.7	考虑滑动轴承磨损的结构设计要点	157
12.4	滑动轴承材料选择要点	159
12.4.1	轴承材料要求及常用轴承材料	159
12.4.2	轴承材料选用要点	161
12.5	特殊要求的轴承设计要点	161

第 13 章 滚动轴承结构设计

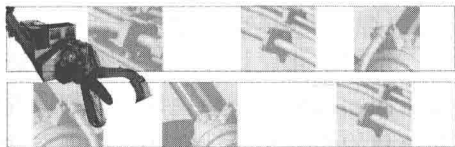
13.1	概述	163
13.2	滚动轴承的类型选择要点	164
13.3	考虑轴承组合的布置的结构设计要点	169
13.4	轴承座结构设计要点	171
13.5	考虑轴承装拆的结构设计要点	174
13.6	考虑润滑的滚动轴承设计要点	175
13.7	钢丝滚道轴承设计要点	177

第 14 章 弹簧结构设计

14.1	概述	178
14.2	弹簧类型选择要点	178
14.2.1	弹簧的类型	178
14.2.2	弹簧类型选择要点	182
14.3	弹簧参数的选择要点	183
14.3.1	圆柱螺旋弹簧参数选择	183
14.3.2	游丝参数的选择	184
14.3.3	环形弹簧设计参数选取	184
14.4	圆柱螺旋弹簧的结构设计要点	185
14.4.1	圆柱螺旋压缩弹簧的结构设计要点	185
14.4.2	圆柱螺旋拉伸弹簧的结构设计要点	187
14.4.3	圆柱螺旋扭转弹簧的结构设计要点	188
14.5	其他弹簧结构设计要点	190
14.5.1	平面蜗卷弹簧(游丝)结构设计要点	190
14.5.2	片弹簧结构设计要点	191
14.5.3	环形弹簧结构设计要点	193
14.5.4	碟形弹簧结构设计要点	194
14.5.5	橡胶弹簧结构设计要点	196

参考文献

第 1 章



机械结构设计概述

任何机械设备、机电产品、器械或装置都有其预定的运动规律和功能。要完成预期的运动和动作，就需要用相应的机构来实现。因此，机构是构成机械运动装置的重要部分，机构的设计是机械设计所必需的技术基础和技能，而在机械设计中最重要的是结构设计，每一个构件的结构形状及其相互之间的位置关系都影响整个机构甚至整部机器的功能和工作性能，总之，结构是把设计、制造和使用三者联系起来的纽带，是设计、制造、使用的具体对象，是使用性能的物资承担者。

1.1 机械结构设计的内涵

1.1.1 机械结构设计的基本内容

机械结构设计是将抽象的工作原理变成技术图样的过程，是按照要求设计出尽可能多的可能性方案，从中优选或归纳出经济合理的方案的过程。

机械结构设计是在总体设计的基础上，根据所确定的原理方案，确定并绘出具体的结构图，以体现所要求的功能，是将抽象的工作原理具体化为某类构件或零部件，具体内容为在确定结构件的材料、形状、尺寸、公差、热处理方式和表面状况的同时，还须考虑其加工工艺、强度、刚度、精度以及与其他零件相互之间关系等问题。所以结构设计的直接产物虽是技术图纸，但结构设计工作不是简单的机械制图，图纸只是表达设计方案的语言和综合技术的具体化，是结构设计的基本内容。

机械结构设计的内容主要包括功能设计、质量设计、优化设计和创新设计三个方面：

(1) 功能设计

功能设计是指满足主要机械功能要求在技术上的具体化，如工作原理的实现、工作的可靠性、工艺、材料和装配等方面；满足输入或输出的能量、材料或信号的具体要求，如机床的精度、信号的信噪比、破碎块料的大小和形状、负荷的大小及其变化情况；满足机械系统本身的具体要求，如机械本身的尺寸和重量的限制、寿命和可靠性要求等。

(2) 质量设计

质量设计兼顾各种要求和限制，提高产品的质量和性价比；它是现代工程设计的特征，具体为操作、美观、成本、安全、环保等众多其他要求和限制。在现代设计中，质量设计相当重要，往往决定产品的竞争力。那种只满足主要技术功能要求的机械设计时代已经过去，统筹兼顾各种要求，提高产品的质量，是现代机械设计的关键所在。与考虑工作原理相比，兼顾各种要求似乎只是设计细节上的问题，然而细节的总和是质量。产品质量问题不仅是工艺和材料的问题，提高质量应始于设计。

（3）优化设计和创新设计

结构优化设计的前提是要能构造出大量的可供优选的可能性方案，即构造出大的优化求解空间，这也是结构设计最具创造性的地方。优化设计和创新设计是用结构设计变元等方法系统地构造优化设计空间，用创造性设计思维方法和其他科学方法进行优选和创新。对产品质量的提高永无止境，市场的竞争日趋激烈，需求向个性化方向发展。因此，优化设计和创新设计在现代机械设计中的作用越来越重要，它们将是未来技术产品开发的竞争焦点。

1.1.2 机械结构设计的特点

机械结构设计的主要特点是：

① 机械结构设计是集思考、绘图、计算（有时进行必要的实验）于一体的设计过程，是机械设计中涉及问题最多、最具体、工作量最大的工作阶段，在整个机械设计的过程中，平均70%~80%的时间用于结构设计，其对机械设计的成败起着举足轻重的作用。

② 机械结构设计问题有着多解性，即满足同一设计要求的机械结构并不是唯一的。

③ 机械结构设计阶段是一个很活跃的设计环节，常常需反复交叉进行。因此，在进行机械结构设计时，必须从机器整体出发，了解对机械结构的基本要求。

1.2 机械结构设计的基本过程

1.2.1 结构与机械设计的关系

机械设计的过程可以分为以下五个阶段：

① 调查决策阶段。根据市场需求、用户委托或主管部门下达的任务，进行可行性研究和专家听证会确定设计任务，制定设计任务书。

② 研究设计阶段。该阶段提出机械的工作原理，进行必要的分析比较，确定最佳的总体方案。

③ 技术设计阶段。该阶段主要进行设计计算和结构设计，完成全部设计图样和技术文件（包括设计说明书、使用说明书等）。

④ 试制阶段。通过试制和试验，必要时先制造样机，经过一次或多次改进，才能得到性能稳定、能够投放市场的产品样机。

⑤ 生产销售阶段。正式进行批量生产，投入市场，并在生产和使用中继续不断改进和提高产品的质量。

以上各个阶段的工作是互相密切联系、互相影响的。结构设计在机械设计中是一个十分重要的组成部分，主要体现在以下五个方面：

① 产品设计是否成功在于它的使用性能能否满足使用者的要求，而产品的性能是通过产品的结构体现出来的，或者说是产品的结构所具有的。产品的结构是其性能的物质基础。没有正确的结构设计就不可能得到符合性能要求的产品。

② 机械产品生产面对的是产品的结构，加工机械产品就是要生产出具有合格结构（如形状、尺寸、精度、表面粗糙度、材料、硬度等）的产品。

③ 机械设计的结果表现为其结构（如图样），计算、实验和分析都是为了提高结构设计的质量而言的，都可以看做是提高结构设计质量的手段。

④ 在机械设计中,结构设计实际上贯穿整个过程,所花费的时间常需占据最大的部分,在许多情况下,它能直接决定设计的成败。

⑤ 虽然结构设计是在总体方案确定以后进行的,但是确定总体方案时往往不得不考虑结构设计的一些重要问题。

因此,可以说结构设计是机械设计的核心和主体部分。

1.2.2 结构设计的基本步骤

结构设计是机械设计的第三个阶段,结构设计工程师应该对前面各阶段考虑的主要问题和设计意图有较全面的了解。这样才能充分发挥结构设计工程师的智慧和创造性,把结构设计工作作为在前面创造性工作的基础上进一步创造的过程。此外,还应该注意各部分结构之间的相互配合,以取得总体结构的最佳效果,必要时可能要修改甚至推翻前两个阶段的结论。

结构设计整体要遵循从内到外、从重要到次要、从局部到整体、从粗略到精细、统筹兼顾、权衡利弊、反复检查、逐步改进的基本原则,其基本步骤如下:

- ① 明确待设计构件的主要任务和限制;
- ② 粗略估算构件的主要尺寸;
- ③ 寻找成品,如标准件、常用件、通用件等,找不到则:
 - a. 画工作面草图;
 - b. 在工作面之间填材料;
 - c. 改变工作面的大小、方位、数量及构件材料、表面特性、连接方式,系统地产生新方案;
 - d. 按技术、经济和社会指标评价,选择最佳方案;
 - e. 寻找所选方案中的缺陷和薄弱环节;
 - f. 对照各种要求、限制,反复改进;
 - g. 强度、刚度及各种功能指标核算;
 - h. 机械制图;
 - i. 制备技术文件。

1.3 机械结构设计的基本原则

在确定和选择结构方案时,应遵循三个基本原则:

(1) 明确

明确指对产品设计中所应考虑的问题都应在结构方案中获得明确的体现和分配,主要体现在以下三个方面:

① 功能明确。所选择结构要达到预期的功能,每个分功能有确定的结构来承担,各部分结构之间有合理的联系,要避免冗余结构,尽量减少静不定结构。

② 原理明确。所选结构的物理作用明确,从而可靠地实现能量流(力流)、物料流和信息流的转换或传导。

③ 工作状态明确。

(2) 简单

结构设计简单是指整机、部件和零件的结构,在满足总功能的前提下,尽量力求结构形状简单、零部件数量少等。

(3) 安全可靠

安全可靠是指在规定的载荷下,在规定的使用条件和时间内,构件不发生过度变形、过度磨损,不丧失稳定或不发生破坏;机器在规定的条件下不丧失功能,不产生对人及环境的危害。机器安全主要包括以下四个方面的内容:

① 零件安全 主要指在规定的载荷和规定时间内,零件不发生断裂、过度变形、过度磨损,不丧失稳定性。

② 整机安全 指整个技术系统保证在规定条件下实现总功能。

③ 工作安全 对操作人员的防护,保证人身安全和身心健康。

④ 环境安全 对技术系统的周围环境和人不造成危害和污染,同时也要保证机器对环境的适应性,如挖掘机对沼泽地工作的适应。

为了保证安全可靠,需要采取相关的技术措施:

① 直接安全技术法 是指在结构设计中充分满足安全可靠要求,保证在使用中不出现危险,如采用安全销、安全阀和易损件等。

② 间接安全技术法 通过防护系统和保护装置来实现技术系统的安全可靠,其类型是多种多样的,如液压回路中的安全阀、电路系统中的保险丝等,都能使设备在出现危险或超载荷时,自行脱离危险状态。

③ 提示性安全技术法 既不能直接保证安全可靠,又没有保护或防护措施,仅能在事故发生以前发出报警和信号,提醒相关人员注意。

1.4 机械结构设计的基本要求

机械产品应用于各行各业,结构设计的内容和要求也是千差万别,进行机械结构设计必须清楚地了解结构设计的全部要求和条件。下面就机械结构设计的五个方面来说明结构设计的要求。

1.4.1 功能要求

功能要求是指满足主要机械功能要求在技术上的具体化,如工作原理的实现、工作的可靠性、工艺、材料和装配等方面;满足输入或输出的能量、材料或信号的具体要求,如机床的精度、信号的信噪比、破碎块料的大小和形状、负荷的大小及其变化情况;满足机械系统本身的具体要求,如机械本身的尺寸和重量的限制、寿命和可靠性要求等。

机械结构设计要满足功能要求,必须做到以下几点:

(1) 明确功能

结构设计是根据其在机器中的功能和与其他零部件相互连接关系,确定参数尺寸和结构形状。零部件主要的功能有承受载荷,传递运动和动力,以及保证或保持有关零件或部件之间的相对位置或运动轨迹等。设计的结构应满足从机器整体考虑它的功能要求。

(2) 功能合理的分配

产品设计时,根据具体情况,通常有必要将任务进行合理地分配,即将一个功能分解为多个分功能。每个分功能都要有确定的结构承担,各部分结构之间应具有合理、协调的联

系,以达到总功能的实现。多结构零件承担同一功能可以减轻零件负担,延长使用寿命。V形带截面的结构是任务合理分配的一个例子:纤维绳用来承受拉力;橡胶填充层承受带弯曲时的拉伸和压缩;包布层与带轮轮槽作用,产生传动所需的摩擦力。例如,若靠螺栓预紧产生的摩擦力来承受横向载荷,会使螺栓的尺寸过大;可增加抗剪元件,如销、套筒或键等,以分担横向载荷来解决这一问题。

(3) 功能集中

为了简化机械产品的结构,降低加工成本,便于安装,在某些情况下,在由一个零件或部件承担多个功能。功能集中会使零件的形状更加复杂,但要有度,否则反而影响加工工艺、增加加工成本,设计时应根据具体情况而定。

1.4.2 结构工艺性要求

机械零部件结构设计的主要目的是:保证功能的实现,使产品达到要求的性能。结构设计的结果对产品零部件的生产成本及质量有着不可低估的影响。因此,在结构设计中应力求使产品有良好的加工工艺性。所谓好的加工工艺指的是零部件的结构易于加工制造。任何一种加工方法都有可能不能制造某些结构的零部件,或生产成本很高,或质量受到影响。因此,对设计者来说认识一种加工方法的特点非常重要,以便在设计结构时尽可能地扬长避短。实际中,零部件结构工艺性受到诸多因素的制约,如生产批量的大小会影响坯件的生成方法,生成设备的条件可能会限制工件的尺寸;此外,造型、精度、热处理、成本等方面都有可能对零部件结构的工艺性有制约作用。因此结构设计中应充分考虑上述因素对工艺性的影响。

(1) 提高强度和刚度的结构要求

为了使机械零件能够正常工作,在设计时必须保证它有足够的强度和刚度。保证强度和刚度的措施可以归纳为减小载荷和提高承载能力两个方面。对于重要的零件应进行强度和刚度计算,正确选择材料和热处理,必要时进行载荷和零件承载能力测定和试验;对于要求较高的工艺(如焊接、粘接),还要进行工艺试验,合理选择安全系数,规定变形要求等。通过计算和试验可以更准确可靠地确定最佳结构设计方案。

在考虑强度和刚度设计机械结构时,应注意以下几个方面的问题:

① 减小机械零件受力

a. 避免机构中的不平衡力。在设计机构方案时,应考虑各有关零件受力的相互平衡。如图1-1所示圆锥离合器:图(a)所示结构不能平衡轴向推力;图(b)所示结构的轴向推力化为离合器内力,轴不受推力;图(c)所示结构的轴向压力相互平衡。改进方案受力合理,但结构复杂,适合传递较大的转矩。

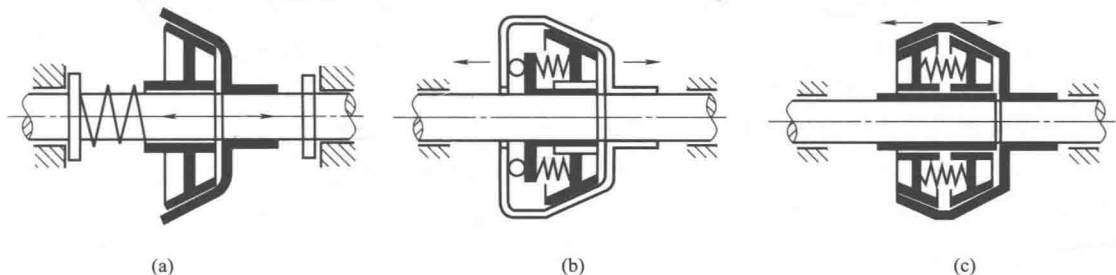


图 1-1 避免机构中的不平衡力

b. 可以不传力的中间零件应尽量避免受力。如齿轮经过轴将转矩传给卷筒，则轴受力较大，如图 1-2 (a) 所示；改用螺栓直接连接，轴不受转矩，则结构较合理，如图 1-2 (b) 所示。

c. 避免只考虑单一的传力途径。对大功率传动，利用分流可以减小体积，如普通轮系改为行星轮系，带多个行星轮传动，可以减小体积，如图 1-3 所示。

d. 避免零件受弯曲应力 (一)。图 1-4 (a) 为环形链斗式提升机的链条，链环除受拉力以外还受弯曲应力，很容易损坏；图 1-4 (b) 改进为封闭式链环，提高了链环的强度。

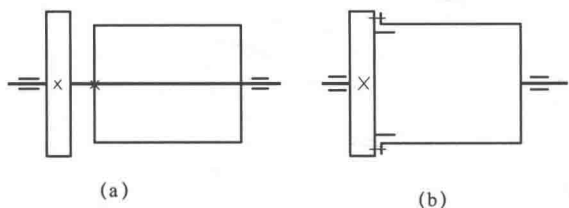


图 1-2 可以不传力的中间零件应尽量避免受力

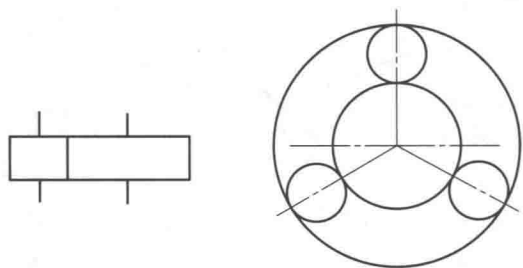


图 1-3 避免只考虑单一的传力途径

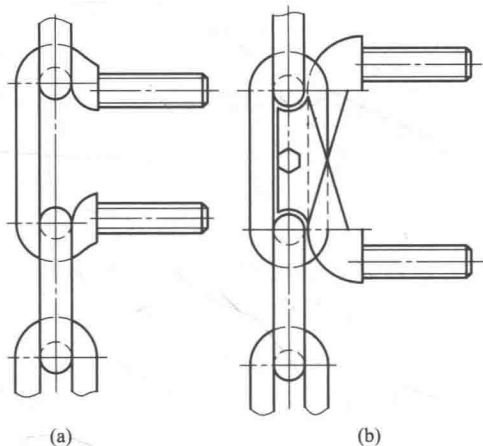


图 1-4 避免零件受弯曲应力 (一)

e. 避免零件受弯曲应力 (二)。图 1-5 (a) 所示气缸左端活塞杆受推力 F ，而支点 A 偏离力作用线距离为 L ，由此产生弯矩 FL ，使阀杆弯曲；改为图 1-5 (b) 结构使强度提高，避免失效。

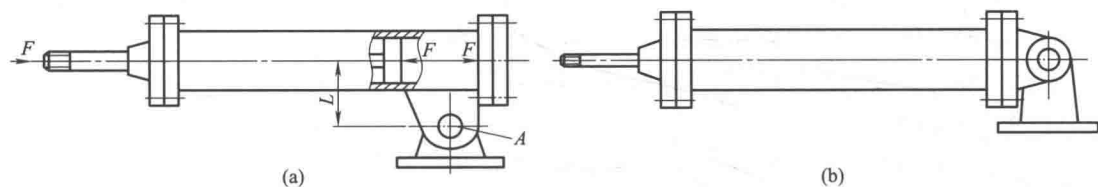


图 1-5 避免零件受弯曲应力 (二)

f. 用安全离合器避免过载。图 1-6 所示蜗杆减速器用于曳引装置的传动系统。在过载时摩擦安全离合器打滑以避免失效。此时蜗杆可带动蜗轮轮缘转动，而蜗轮轮缘与轮芯的圆锥形外缘有相对滑动，蜗轮轴不能转动，避免传动系统损坏。在此，双圆锥使轴向压力互相平衡，使弹簧压力不作用在轴承上。

g. 改变滑轮机构，减小钢丝绳拉力 F 。图 1-7 (a) 的结构特点：一个固定滑轮；钢丝绳拉力 $F = F_w$ ；钢丝绳速度 $v = v_w$ 。图 1-7 (b) 的结构特点：一个动滑轮；钢丝绳拉力 $F = F_w/2$ ；钢丝绳速度 $v = 2v_w$ 。图 1-7 (c) 的结构特点：双联复式滑轮组；钢丝绳拉力 $F = F_w/4$ ；钢丝绳速度 $v = 2v_w$ 。

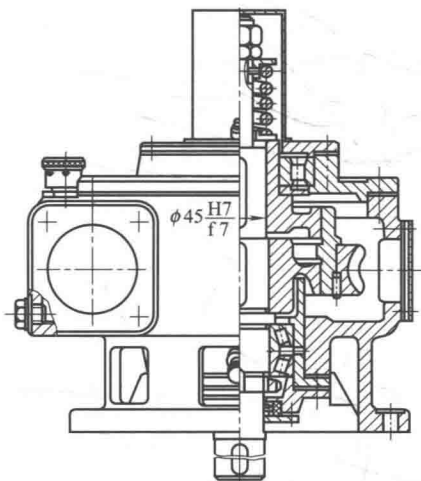
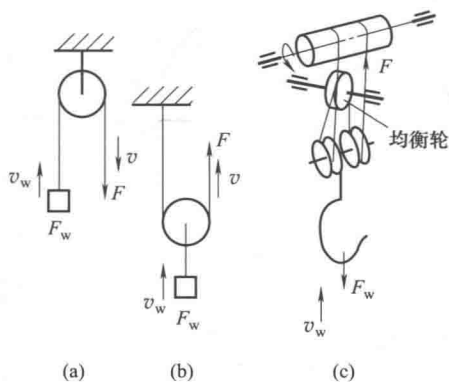


图 1-6 用安全离合器避免过载

图 1-7 减小钢丝绳拉力 F

② 减小机械零件的应力

a. 避免细杆受弯曲应力。如图 1-8 (a) 所示, 细杆受弯曲应力时, 承载能力很小, 变形很大, 可以改变杆的截面尺寸 [图 1-8 (b)] 和形状以提高其抗弯能力, 更有效的是采用桁架式支架 [图 1-8 (c)], 把悬臂安装改为简支 [图 1-8 (d)] 或采用拱形支架 [图 1-8 (e)]。

b. 避免影响强度的局部结构相距太近。图 1-9 所示圆管外壁上有螺纹退刀槽, 内壁有镗孔退刀槽, 如两者距离太近, 对管道强度影响较大, 宜分散安排。

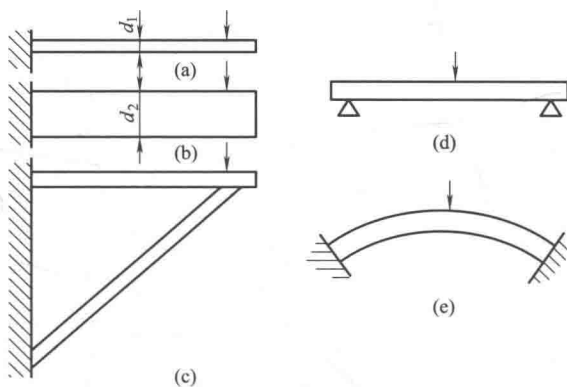


图 1-8 避免细杆受弯曲应力

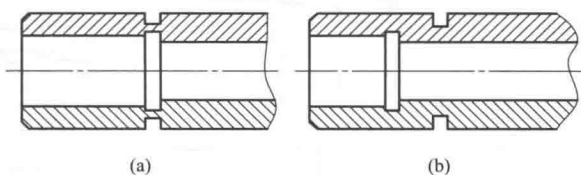


图 1-9 避免影响强度的局部结构相距太近

c. 避免悬臂结构或减小悬臂长度 (图 1-10)。悬臂安装传动件的轴弯曲变形较大, 靠近锥齿轮的轴承受力也大, 应尽可能减小悬臂伸出的长度或采用非悬臂的结构。

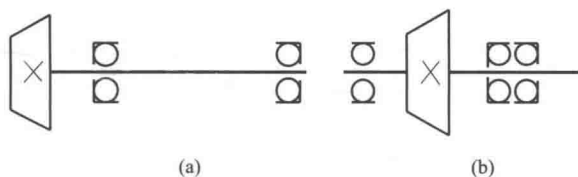


图 1-10 避免悬臂结构或减小悬臂长度

③ 提高变应力下的强度

a. 受变应力零件表面应避免有残余拉应力。表面的残余拉应力使零件的疲劳强度降低。宜采用表面淬火、喷丸等强化方法使零件表面产生残余压应力，以提高其疲劳强度。

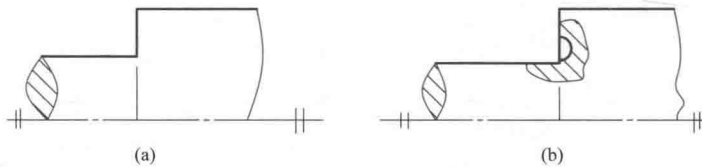


图 1-11 受变应力零件应避免或减小应力集中

b. 受变应力零件应避免或减小应力集中（图 1-11）。尖锐缺口、尺寸突变、凹槽、螺纹等结构因素，对变应力条件下工作的零件强度有很大影响，应尽量避免，或改善其形状以减小应力集中。

c. 提高轴的疲劳强度有时减小应力集中比采用较高强度的材料更有效。如图 1-12 所示的轴，材料为 45 钢，圆角 $r=2\text{mm}$ ，强度不够，计算得安全系数为 0.91；改用 40Cr 材料，虽然材料强度高，但应力集中系数也大，疲劳强度反而降低（安全系数为 0.88）；加大圆角，则可满足强度要求。

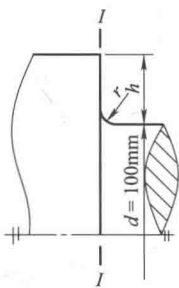


图 1-12 提高轴的疲劳强度

④ 提高受振动、冲击载荷零件的强度 如图 1-13 所示板式给料机中，矿石垂直落下时冲击力会损坏下面承接它的链板。链板运送矿石向右移动时，由于出口高度（550mm）不够，物料挤压、卡滞，使机器传动件损坏。图 1-13（b）改善了这两方面的不足。

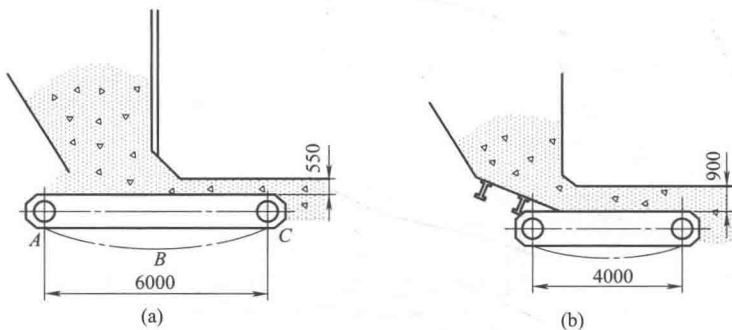


图 1-13 给料机设计应避免物料冲击或挤压而损坏机器

⑤ 减小变形

a. 避免预变形与工作负载产生的变形方向相同（图 1-14）。采用与工作负载产生的变形方向相反的预变形，可以提高机械零件的承载能力。如桥式起重机的横梁，由于工作载荷使横梁下凹，设计时使横梁预先有一定的上凸变形，可以减小工作时横梁的下凹量。

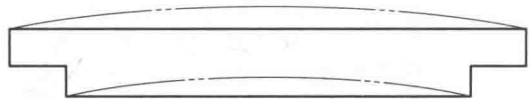


图 1-14 避免预变形与工作负载产生的变形方向相同

b. 有缺口的空心轴抗扭刚度（和强度）显著降低。如图 1-15（a）所示，空心轴外径为 196mm，若令其抗扭惯性矩为 1，则图（b）所示有缺口空心轴的外径与图（a）所示空心轴