



成大先 主编

# 机械设计手册

HANDBOOK  
MECHANICAL  
DESIGN

第五版

单行本

## 机械振动·机架设计



化学工业出版社

# 机械设计手册

HANDBOOK  
OF MECHANICAL  
DESIGN

第五版



## 机械振动·机架设计

主编单位 机械工业部机械研究所

主 编 成大先

副 主 编 王德夫 姬奎生 韩学铨

姜 勇 李长顺 王雄耀

虞培清



化学工业出版社

· 北 京 ·

《机械设计手册》第五版单行本共 16 分册，涵盖了机械常规设计的所有内容。各分册分别为：《常用设计资料》、《机械制图·精度设计》、《常用机械工程材料》、《机构》、《连接与紧固》、《轴及其连接》、《轴承》、《起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《弹簧》、《机械传动》、《减（变）速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。

本书为《机械振动·机架设计》，包括机械振动的控制及利用、机架设计。机械振动的控制及利用主要介绍机械振动基础资料，线性振动、非线性振动与随机振动、振动的控制（隔振与减振方法、隔振设计、阻尼减振、动力吸振器、缓冲器设计、平衡法）等振动系统原理、模型参数、设计计算，以及常用机械振动的利用、测试技术等；机架设计主要介绍机架设计的一般知识，以及梁、柱和立架、桁架、框架、整体式机架及其他机架的设计与计算等。

本书可作为机械设计人员和有关工程技术人员的工具书，也可供高等院校有关专业师生参考。

### 图书在版编目（CIP）数据

机械设计手册（第五版）：单行本. 机械振动·机架设计/成大先主编. —北京：化学工业出版社，2010.1  
ISBN 978-7-122-07130-9

I. 机… II. 成… III. ①机械设计-技术手册②机械振动-技术手册③机架设计-技术手册 IV. ①TH122-62②TH113.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 213095 号

---

责任编辑：周国庆 张兴辉 王 焯 贾 娜      文字编辑：闫 敏 张燕文 项 激  
责任校对：陈 静 吴 静      装帧设计：尹琳琳

---

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：北京永鑫印刷有限责任公司  
装 订：三河市万龙印装有限公司  
787mm×1092mm 1/16 印张 25 $\frac{1}{4}$  字数 889 千字 2010 年 1 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：45.00 元

版权所有 违者必究



# 撰稿人员

- |     |                    |      |                |
|-----|--------------------|------|----------------|
| 成大先 | 中国有色工程设计研究总院       | 徐 华  | 西安交通大学         |
| 王德夫 | 中国有色工程设计研究总院       | 陈立群  | 西北轻工业学院        |
| 刘世参 | 《中国表面工程》杂志、装甲兵工程学院 | 谢振宇  | 南京航空航天大学       |
| 姬奎生 | 中国有色工程设计研究总院       | 陈应斗  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 韩学铨 | 北京石油化工工程公司         | 张奇芳  | 沈阳铝镁设计研究院      |
| 余梦生 | 北京科技大学             | 肖治彭  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 高淑之 | 北京化工大学             | 邹舜卿  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 柯蕊珍 | 中国有色工程设计研究总院       | 邓述慈  | 西安理工大学         |
| 王欣玲 | 机械科学研究院            | 秦 毅  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 陶兆荣 | 中国有色工程设计研究总院       | 周凤香  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 孙东辉 | 中国有色工程设计研究总院       | 朴树寰  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 李福君 | 中国有色工程设计研究总院       | 杜子英  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 阮忠唐 | 西安理工大学             | 汪德涛  | 广州机床研究所        |
| 熊绮华 | 西安理工大学             | 朱 炎  | 中国航宇救生装置公司     |
| 雷淑存 | 西安理工大学             | 王鸿翔  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 田惠民 | 西安理工大学             | 郭 永  | 山西省自动化研究所      |
| 殷鸿樑 | 上海工业大学             | 厉始忠  | 机械科学研究院        |
| 齐维浩 | 西安理工大学             | 厉海祥  | 武汉理工大学         |
| 曹惟庆 | 西安理工大学             | 欧阳志喜 | 宁波双林汽车部件股份有限公司 |
| 关天池 | 中国有色工程设计研究总院       | 段慧文  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 房庆久 | 中国有色工程设计研究总院       | 姜 勇  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 李建平 | 北京航空航天大学           | 徐永年  | 郑州机械研究所        |
| 李安民 | 机械科学研究院            | 梁桂明  | 河南科技大学         |
| 李维荣 | 机械科学研究院            | 张光辉  | 重庆大学           |
| 丁宝平 | 机械科学研究院            | 罗文军  | 重庆大学           |
| 梁全贵 | 中国有色工程设计研究总院       | 沙树明  | 中国有色工程设计研究总院   |
| 王淑兰 | 中国有色工程设计研究总院       | 谢佩娟  | 太原理工大学         |
| 林基明 | 中国有色工程设计研究总院       | 余 铭  | 无锡市万向联轴器有限公司   |
| 王孝先 | 中国有色工程设计研究总院       | 陈祖元  | 广东工业大学         |
| 童祖楹 | 上海交通大学             | 陈仕贤  | 北京航空航天大学       |
| 刘清廉 | 中国有色工程设计研究总院       | 郑自求  | 四川理工学院         |
| 许文元 | 天津工程机械研究所          | 贺元成  | 泸州职业技术学院       |
| 孔庆堂 | 北京新兴超越离合器有限公司      | 季泉生  | 济南钢铁集团         |
| 孙永旭 | 北京古德机电技术研究所        | 方 正  | 中国重型机械研究院      |
| 丘大谋 | 西安交通大学             | 马敬勋  | 济南钢铁集团         |
| 诸文俊 | 西安交通大学             | 冯彦宾  | 四川理工学院         |



袁 林	四川理工学院	崔桂芝	北方工业大学
王春和	北方工业大学	张若青	北方工业大学
周朗晴	中国有色工程设计研究总院	王 侃	北方工业大学
孙夏明	北方工业大学	张常年	北方工业大学
黄吉平	宁波市镇海减变速机制造有限公司	朱宏军	北方工业大学
陈宗源	中冶集团重庆钢铁设计研究院	佟 新	中国有色工程设计研究总院
张 翌	北京太富力传动机器有限责任公司	禚有雄	天津大学
蔡学熙	连云港化工矿山设计研究院	林少芬	集美大学
姚光义	连云港化工矿山设计研究院	卢长耿	厦门海德科液压机械设备有限公司
沈益新	连云港化工矿山设计研究院	容同生	厦门海德科液压机械设备有限公司
钱亦清	连云港化工矿山设计研究院	吴根茂	浙江大学
于 琴	连云港化工矿山设计研究院	魏建华	浙江大学
蔡学坚	邢台地区经济委员会	吴晓雷	浙江大学
虞培清	浙江长城减速机有限公司	钟荣龙	厦门厦顺铝箔有限公司
项建忠	浙江通力减速机有限公司	黄 畚	北京科技大学
阮劲松	宝鸡市广环机床责任有限公司	王雄耀	费斯托 (FESTO) (中国) 有限公司
纪盛青	东北大学	彭光正	北京理工大学
付宏生	北京电子科技职业学院设计与工艺学院	张百海	北京理工大学
张海臣	深圳海翔铭公司	王 涛	北京理工大学
黄效国	北京科技大学	陈金兵	北京理工大学
陈新华	北京科技大学	包 钢	哈尔滨工业大学
李长顺	中国有色工程设计研究总院	蒋友谅	北京理工大学
刘秀利	中国有色工程设计研究总院	刘福祐	中国有色工程设计研究总院
宋天民	北京钢铁设计研究总院	史习先	中国有色工程设计研究总院
周 堉	中冶京城工程技术有限公司		

## 审 稿 人 员

刘世参	余梦生	成大先	王德夫	李长顺	强 毅	邹舜卿	李福君
王孝先	郭可谦	孙永旭	汪德涛	林基明	方 正	余雪华	陈应斗
朱 琪	朱 炎	房庆久	李钊刚	厉始忠	姜 勇	陈湛闻	饶振纲
张海臣	季泉生	林 鹤	洪允楣	吴豪泰	王 正	詹茂盛	姬奎生
申连生	张红兵	容同生	卢长耿	郭长生	吴 筠	徐文灿	

## 编 辑 人 员

周国庆	张兴辉	王 焯	贾 娜	张红兵	郭长生	任文斗	黄 滢
周 红	李军亮	辛 田	张燕文	闫 敏	项 焱		

# 《机械设计手册》(第五版)单行本

## 出版说明

国内第一部机械设计大型工具书——《机械设计手册》第一版于1969年由化学工业出版社正式出版,40年来,共修订了五版,累计销售量超过120万套,受到广大读者的欢迎和厚爱,也多次获得国家和省部级奖励。

《机械设计手册》自出版以来,收到读者数千封来信,赢得了广大机械设计工作者的好评。特别是手册推荐了许多实用的新技术、新产品、新材料和新工艺,扩大了相应产品的品种和规格范围,内容齐全,实用、可靠,成为设计工作者不可缺少的工具书。

广大读者在对《机械设计手册》给予充分肯定的同时,也指出了《机械设计手册》装帧太厚、太重,不便携带和翻阅,希望出版篇幅小些的单行本,建议将《机械设计手册》以篇为单位改编为单行本。

根据广大读者的反映和建议,化学工业出版社组织编辑出版人员深入设计科研院所、大中专院校、制造企业和有一定影响的新华书店进行调研,广泛征求和听取各方面的意见,在与主编单位协商一致的基础上,于2004年以《机械设计手册》第四版为基础,编辑出版了《机械设计手册》单行本,并在出版后很快得到了读者的认可。

而今,《机械设计手册》第五版(5卷本)已于去年修订完毕上市发行,第五版在提高产品开发、创新设计方面,在促进新产品设计和加工制造的新工艺设计方面,在为新产品开发、老产品改造创新提供新型元器件和新材料方面,在贯彻推广标准化工作等方面,都较第四版有很大改进。为使更多的读者可按自己的需要,有针对性地选用《机械设计手册》第五版中的部分内容,并降低购书费用,化学工业出版社在汲取《机械设计手册》第四版单行本成功经验的基础上,隆重推出《机械设计手册》第五版单行本。

《机械设计手册》第五版单行本,保留了《机械设计手册》第五版(5卷本)的优势和特色,从设计工作的实际出发,结合机械设计专业具体情况,将原来的5卷23篇调整为16分册20篇,分别为:《常用设计资料》、《机械制图·精度设计》、《常用机械工程材料》、《机构》、《连接与紧固》、《轴及其连接》、《轴承》、《起重运输件·五金件》、《润滑与密封》、《弹簧》、《机械传动》、《减(变)速器·电机与电器》、《机械振动·机架设计》、《液压传动》、《液压控制》、《气压传动》。这样,各分册篇幅适中,查阅和携带更加方便,有利于设计人员和读者根据各自需要灵活选购。

《机械设计手册》第五版单行本,是为了适应机械设计事业发展和广大读者的需要而编辑出版的,将与《机械设计手册》第五版(5卷本)一起,成为机械设计工作者、工程技术人员和广大读者的良师益友。

借《机械设计手册》第五版单行本出版之际，再次向热情支持和积极参加编写工作的单位和人员表示诚挚的敬意！向长期关心、支持《机械设计手册》的广大热心读者表示衷心感谢！

由于编辑出版单行本的工作量较大，时间较紧，难免存在疏漏和缺点，恳请广大读者给予指正。

化学工业出版社

2010年1月

HANDBOOK  
MECHANICAL  
DESIGN



# 第五版前言

《机械设计手册》自1969年第一版出版发行以来,已经修订至第五版,累计销售量超过120万套,成为新中国成立以来,在国内影响力最强、销售量最大的机械设计工具书。作为国家级的重点科技图书,《机械设计手册》多次获得国家和省部级奖励。其中,1978年获全国科学大会科技成果奖,1983年获化工部优秀科技图书奖,1995年获全国优秀科技图书二等奖,1999年获全国化工科技进步二等奖,2002年获石油和化学工业优秀科技图书一等奖,2003年获中国石油和化学工业科技进步二等奖。1986~2002年,连续被评为全国优秀畅销书。

与时俱进、开拓创新,实现实用性、可靠性和创新性的最佳结合,协助广大机械设计人员开发出更好更新的产品,适应市场和生产需要,提高市场竞争力和国际竞争力,这是《机械设计手册》一贯坚持、不懈努力的最高宗旨。

《机械设计手册》第四版出版发行至今已有6年多的时间,在这期间,我们进行了广泛的调查研究,多次邀请了机械方面的专家、学者座谈,倾听他们对第五版修订的建议,并深入设计院所、工厂和矿山的第一线,向广大设计工作者了解《手册》的应用情况和意见,及时发现、收集生产实践中出现的新经验和新问题,多方位、多渠道跟踪、收集国内外涌现出来的新技术、新产品,改进和丰富《手册》的内容,使《手册》更具鲜活力,以最大限度地快速提高广大机械设计人员自主创新的能力,适应建设创新型国家的需要。

《手册》第五版的具体修订情况如下。

## 一、在提高产品开发、创新设计方面

1. 开辟了“塑料制品与塑料注射成型模具设计”篇:介绍了塑料产品和模具设计的相关基础资料、注塑成型的常见缺陷和对策。

2. 机械传动部分:增加了点线啮合传动设计;增加了符合ISO国际最新标准的渐开线圆柱齿轮的设计;补充并完善了非零变位锥齿轮设计;对多点啮合柔性传动的柔性支撑做了重新分类;增加了塑料齿轮设计。

3. “气压传动”篇全面更新:强调更新、更全、更实用,尽可能把当今国际上已有的新技术、新产品反映出来。汇集的新技术、新产品有:用于抓取和卸放的模块化导向驱动器、气动肌肉、高速阀、阀岛、气动比例伺服阀、压电比例阀、气动软停止、气动的比例气爪、双倍行程无杆气缸、无接触真空吸盘、智能三联件等。第一次把气动驱动器分成两大类型,即普通类气缸和导向驱动装置。普通类气缸实质上是不带导向机构的传统气缸及新型开发的各种气缸,如低摩擦气缸、低速气缸、耐高温气缸、不含铜和四氟乙烯的气缸等。所谓导向驱动装置是让读者根据产品技术参数直接选用,不必再另行设计导轨系统。它将成为今后的发展趋势,强调模块化,即插即用。另外还增补了与气动应用密切相关的其他行业标准、技术的基础性介绍,如气动技术中静电的产生与防止、各国对净化车间压缩空气的分类等级标准;气动元件的防爆等级分类;食品行业对设备气动元件等的卫生要求;在电子行业不含铜和四氟乙烯产品等。

4. 收集了钢丝绳振动的分析资料。

## 二、在促进新产品设计和加工制造的新工艺设计方面

1. 进一步扩充了表面技术,在介绍多种单一表面技术基础上又新增了复合表面技术的基本原理、适用场合、选用原则和应用实例等内容。

2. 推荐了快速原型制造技术。该技术解决了单件或小批量铸件的制造问题,大大缩短了产品的设计开发周期,可以预见,它必将受到普遍的重视,得到迅速的发展。

3. 节能的形变热处理。如铸造余热淬火,它是利用锻造的余热淬火,既节省了热处理的重新加热,而且得到了较好的力学性能的组合,使淬火钢的强度和冲击值同时提高。

### 三、为新产品开发、老产品改造创新,提供新型元器件和新材料方面

1. 左右螺纹防松螺栓:生产实践证明防松效果良好,而且结构简单,操作方便,是防松设计的一种新的、好的设计思路。

2. 集成式新型零部件:包括一些新型的联轴器、离合器、制动器、带减速器的电机等,这种集成式零部件增加了产品功能,减少了零件数,既节材又省工。

3. 节能产品:介绍了节能电机。

4. 新材料:在零部件设计工艺性部分和材料篇分别阐述了“蠕墨铸铁”和“镁合金”的工艺特性和主要技术参数。“蠕墨铸铁”具有介于灰铸铁和球墨铸铁之间的良好性能。其抗拉强度、屈服强度高于高强度灰铸铁,而低于球墨铸铁,热传导性、耐热疲劳性、切削加工性和减振性又近似于一般灰铸铁;它的疲劳极限和冲击韧度虽不如球墨铸铁,但明显优于灰铸铁;它的铸造性能接近于灰铸铁,制造工艺简单,成品率高,因而具有广泛的条件,如:(1)由于强度高,对于断面的敏感性小,铸造性好,因而可用来制造复杂的大型零件;(2)由于具有较高的力学性能,并具有较好的导热性,因而常用来制造在热交换以及有较大温度梯度下工作的零件,如汽车制动盘、钢锭模等;(3)由于强度较高、致密性好,可用来代替孕育铸铁件,不仅节约了废钢,减轻了铸件重量(碳当量较高,强度却比灰铸铁高),而且成品率也大幅度提高,特别是铸件气密性增加,特别适用于液压件的生产等。“镁合金”的主要特点是密度低、比刚度和比强度高。铸造镁合金还有高的减振性,因此能承受较大的冲击振动载荷,而且在受冲击及摩擦时不会起火花。镁的体积热容比其他所有金属都低,因此,镁及其合金的另一个主要特性是加热升温与散热降温都比其他金属快;所有金属成形工艺一般都可以用于镁合金的成形加工,其中,压铸(高压铸造)工艺最为常用,镁压铸件精度高、组织细小、均匀、致密,具有良好的性能,因此,镁合金广泛应用于航天、航空、交通运输、计算机、通信器材和消费类电子产品、纺织和印刷等工业。镁合金由于它的优良的力学性能、物理性能等以及材料回收率高,符合环保要求,被称为21世纪最具开发应用前景的“绿色材料”。

### 四、在贯彻推广标准化工作方面

1. 所有产品、材料和工艺方面的标准均全部采用2006年和2007年公布的最新标准资料。

2. 在产品设计资料的编写方面,对许多生产厂家(如气动产品厂家)进行了标准化工作的调查研究,将标准化好的产品作为入选首要条件。应广大读者的要求,在介绍产品时,在备注中增加了产品生产厂名。由于市场经济的实际变化较快,读者必须结合当时的实际情况,进一步作深入调查,了解产品实际生产品种、规格及尺寸,以及产品质量和用户的实际反映,再作选择。

借《机械设计手册》第五版出版之际,再次向参加每版编写的单位和个人表示衷心的感谢!同时也感谢给我们提供大力支持和热忱帮助的单位 and 各界朋友们!特别感谢长沙有色冶金设计研究院的袁学敏、刘金庭、陈雨田,武汉钢铁设计研究总院的刘美珑、刘翔等同志给我们提供帮助!

由于水平有限,调研工作不够全面,修订中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者继续给予批评指正。

主 编

# 目 录

## 第 18 篇

## 机械振动的控制及利用

本篇主要符号 .....	18-3	<b>第 3 章 线性振动</b> .....	18-35
<b>第 1 章 概述</b> .....	18-5	1 单自由度系统自由振动模型参数及 响应 .....	18-35
1 机械振动的分类及机械工程中的振动 问题 .....	18-5	2 单自由度系统的受迫振动 .....	18-37
1.1 机械振动的分类 .....	18-5	2.1 简谐受迫振动的模型参数及 响应 .....	18-37
1.2 机械工程中常遇到的振动问题 .....	18-6	2.2 非简谐受迫振动的模型参数及 响应 .....	18-39
2 有关振动的部分标准 .....	18-7	3 直线运动振系与定轴转动振系的 参数类比 .....	18-40
2.1 有关振动的部分国家标准 .....	18-7	4 共振关系 .....	18-41
2.2 国际振动标准简介 .....	18-10	5 回转机械在启动和停机过程中的 振动 .....	18-42
3 机械振动等级的评定 .....	18-11	5.1 启动过程的振动 .....	18-42
3.1 振动烈度的确定 .....	18-12	5.2 停机过程的振动 .....	18-42
3.2 泵的振动烈度的评定举例 .....	18-13	6 多自由度系统 .....	18-43
<b>第 2 章 机械振动的基础资料</b> .....	18-15	6.1 多自由度系统自由振动模型参数 及其特性 .....	18-43
1 机械振动表示方法 .....	18-15	6.2 二自由度系统受迫振动的振幅和 相位差角计算公式 .....	18-45
1.1 简谐振动表示方法 .....	18-15	7 机械系统的力学模型 .....	18-45
1.2 周期振动幅值表示法 .....	18-16	7.1 力学模型的简化原则 .....	18-46
1.3 振动频谱表示法 .....	18-16	7.2 等效参数的转换计算 .....	18-46
2 弹性构件的刚度 .....	18-17	<b>第 4 章 非线性振动与随机振动</b> ...	18-49
3 阻尼系数 .....	18-20	1 非线性振动 .....	18-49
3.1 线性阻尼系数 .....	18-20	1.1 机械工程中的非线性振动问题 .....	18-49
3.2 非线性阻尼的等效线性阻尼 系数 .....	18-21	1.2 非线性力的特征曲线 .....	18-50
4 振动系统的固有角频率 .....	18-22	1.3 非线性系统的物理性质 .....	18-53
4.1 单自由度系统的固有角频率 .....	18-22		
4.2 二自由度系统的固有角频率 .....	18-26		
4.3 各种构件的固有角频率 .....	18-28		
5 同向简谐振动合成 .....	18-33		
6 各种机械产生振动的扰动频率 .....	18-34		



1.4	分析非线性振动的常用方法	18-56	3.3	线性阻尼隔振器	18-92
1.5	等效线性化近似解法	18-56	3.3.1	减振隔振器系统主要参数	18-92
1.6	示例	18-57	3.3.2	最佳参数选择	18-93
1.7	非线性振动的稳定性	18-58	3.3.3	设计示例	18-94
2	自激振动	18-59	3.4	非线性阻尼系统的隔振	18-95
2.1	自激振动和自振系统的特性	18-59	3.4.1	刚性连接非线性阻尼系统隔振	18-95
2.2	机械工程中常见的自激振动现象	18-59	3.4.2	弹性连接干摩擦阻尼减振隔振器动力参数设计	18-96
2.3	单自由度系统相平面及稳定性	18-61	3.4.3	减振器设计	18-97
3	随机振动	18-64	4	动力吸振器	18-98
3.1	平稳随机振动描述	18-65	4.1	动力吸振器设计	18-99
3.2	单自由度线性系统的传递函数	18-66	4.1.1	动力吸振器工作原理	18-99
3.3	单自由度线性系统的随机响应	18-67	4.1.2	动力吸振器的设计	18-99
4.1.3	动力吸振器附连点设计	18-100	4.1.4	设计示例	18-100
4.2	加阻尼的动力吸振器	18-101	4.2.1	设计思想	18-101
4.2.1	设计思想	18-101	4.2.2	减振吸振器的最佳参数	18-102
4.2.2	减振吸振器的最佳参数	18-102	4.2.3	减振吸振器的设计步骤	18-103
4.3	二次减振隔振器设计	18-104	4.3.1	设计思想	18-104
4.3.1	设计思想	18-104	4.3.2	二次减振隔振器动力参数设计	18-104
4.4	摆式减振器	18-105	4.5	冲击减振器	18-106
4.5	冲击减振器	18-106	5	缓冲器设计	18-108
5.1	设计思想	18-108	5.1.1	冲击现象及冲击传递系数	18-108
5.1.1	冲击现象及冲击传递系数	18-108	5.1.2	速度阶跃激励	18-109
5.1.2	速度阶跃激励	18-109	5.1.3	缓冲弹簧的储能特性	18-110
5.1.3	缓冲弹簧的储能特性	18-110	5.1.4	阻尼参数选择	18-110
5.2	一次缓冲器设计	18-111	5.2.1	缓冲器的设计原则	18-111
5.2.1	缓冲器的设计原则	18-111	5.2.2	设计要求	18-112
5.2.2	设计要求	18-112	5.2.3	一次缓冲器动力参数设计	18-112
5.2.3	一次缓冲器动力参数设计	18-112	5.2.4	加速度脉冲激励波形影响提示	18-112
5.3	二次缓冲器的设计	18-112			
<b>第5章 振动的控制</b> 18-68					
1	隔振与减振方法	18-68			
2	隔振设计	18-68			
2.1	隔振原理及一次隔振的动力参数设计	18-68			
2.2	一次隔振动力参数设计示例	18-70			
2.3	二次隔振动力参数设计	18-71			
2.4	二次隔振动力参数设计示例	18-73			
2.5	隔振设计的几个问题	18-75			
2.5.1	隔振设计步骤	18-75			
2.5.2	隔振设计要点	18-76			
2.5.3	圆柱螺旋弹簧的刚度	18-76			
2.5.4	隔振器的阻尼	18-77			
2.6	隔振器的材料与类型	18-77			
2.7	橡胶隔振器	18-78			
2.8	橡胶隔振器设计	18-81			
2.8.1	橡胶材料的主要性能参数	18-81			
2.8.2	橡胶隔振器刚度计算	18-82			
2.8.3	橡胶隔振器设计要点	18-83			
2.9	不锈钢钢丝绳减振器	18-84			
2.9.1	主要特点	18-84			
2.9.2	选型原则与方法	18-85			
3	阻尼减振	18-88			
3.1	阻尼减振原理	18-88			
3.2	材料的损耗因子与阻尼层结构	18-89			
3.2.1	橡胶阻尼层结构	18-90			
3.2.2	干摩擦阻尼减振器例	18-91			

6 平衡法 .....	18-113	5 近共振类振动机 .....	18-132
6.1 结构的设计 .....	18-113	5.1 惯性共振式 .....	18-132
6.2 转子的平衡 .....	18-113	5.1.1 主振系统的动力参数 .....	18-132
6.3 往复机械的平衡 .....	18-115	5.1.2 激振器动力参数设计 .....	18-133
<b>第6章 机械振动的利用</b> .....	18-116	5.2 弹性连杆式 .....	18-134
1 概述 .....	18-116	5.2.1 主振系统的动力参数 .....	18-134
1.1 振动机械的用途及工艺特性 .....	18-116	5.2.2 激振器动力参数设计 .....	18-134
1.2 振动机械的组成 .....	18-117	5.3 主振系统的动力平衡 .....	18-135
1.3 振动机械的频率特性及结构特征 .....	18-117	5.4 导向杆和橡胶铰链 .....	18-136
1.4 有关振动机械的部门标准 .....	18-118	5.5 振动输送类振动机整体刚度和局部刚度的计算 .....	18-137
2 振动输送类振动机的运动参数 .....	18-119	5.6 近共振类振动机工作点的调试 .....	18-138
2.1 机械振动指数 .....	18-119	5.7 间隙非线性弹簧设计 .....	18-138
2.2 物料的滑行运动 .....	18-119	6 振动机械动力参数设计示例 .....	18-138
2.3 物料抛掷指数 .....	18-120	6.1 远超共振惯性振动机动力参数设计示例 .....	18-138
2.4 常用振动机的振动参数 .....	18-121	6.2 惯性共振式振动机动力参数设计示例 .....	18-140
2.5 物料平均速度 .....	18-121	6.3 弹性连杆式振动机动力参数设计示例 .....	18-141
2.6 输送能力与输送槽体尺寸的确定 .....	18-122	7 主要零部件 .....	18-143
2.7 物料的等效参振质量和等效阻尼系数 .....	18-122	7.1 振动源电机 .....	18-143
2.8 振动系统的计算质量 .....	18-123	7.2 仓壁式振动器 .....	18-149
2.9 激振力和功率 .....	18-123	7.3 复合弹簧 .....	18-150
3 单轴惯性激振器设计 .....	18-124	8 振动给料机 .....	18-152
3.1 平面运动单轴惯性激振器 .....	18-124	9 利用振动来监测缆索拉力 .....	18-155
3.2 空间运动单轴惯性激振器 .....	18-125	9.1 测量弦振动计算索拉力 .....	18-156
3.3 单轴惯性激振器动力参数(远超共振类) .....	18-126	9.1.1 弦振动测量原理 .....	18-156
3.4 激振力的调整及滚动轴承 .....	18-127	9.1.2 MGH 型锚索测力仪 .....	18-156
4 双轴惯性激振器 .....	18-127	9.2 按两端受拉梁的振动测量索拉力 .....	18-157
4.1 产生单向激振力的双轴惯性激振器 .....	18-127	9.2.1 两端受拉梁的振动测量原理 .....	18-157
4.2 空间运动双轴惯性激振器 .....	18-128	9.2.2 高屏溪桥斜张钢缆检测部分简介 .....	18-157
4.2.1 交叉轴式双轴惯性激振器 .....	18-129	9.3 索拉力振动检测的最新方法 .....	18-159
4.2.2 平行轴式双轴惯性激振器 .....	18-129	9.3.1 考虑索的垂度和弹性伸长 $\lambda$ .....	18-159
4.3 双轴惯性激振器动力参数(远超共振类) .....	18-130	9.3.2 频差法 .....	18-160
4.4 自同步条件及激振器位置 .....	18-131	9.3.3 拉索基频识别工具箱 .....	18-160

## 第7章 机械振动测量技术 ..... 18-161

1 概述 .....	18-161
1.1 测量在机械振动系统设计中的作用 .....	18-161
1.2 振动的测量方法 .....	18-161
1.2.1 振动测量的主要内容 .....	18-161
1.2.2 振动测量的类别 .....	18-161
1.3 测振原理 .....	18-163
1.3.1 线性系统振动量时间历程曲线的测量 .....	18-163
1.3.2 测振原理 .....	18-163
1.4 振动测量系统图示例 .....	18-164
2 数据采集与处理 .....	18-164
2.1 信号 .....	18-164
2.1.1 信号的类别 .....	18-164
2.1.2 振动波形因素与波形图 .....	18-164
2.2 信号的频谱分析 .....	18-165
2.3 数据采集系统 .....	18-166
2.3.1 信号采集 .....	18-166
2.3.2 力锤及应用 .....	18-167
2.4 数据处理 .....	18-167
2.4.1 数据处理方法 .....	18-167
2.4.2 数字处理系统 .....	18-168
2.5 智能化数据采集与分析处理、监测系统 .....	18-168
3 振动幅值测量 .....	18-169
3.1 光测位移幅值法 .....	18-169
3.2 电测振动幅值法 .....	18-170
3.3 激光干涉测量振动法 .....	18-170
3.3.1 光学多普勒干涉原理测量物体的振动 .....	18-170
3.3.2 低频激光测振仪 .....	18-170
4 振动频率与相位的测量 .....	18-171
4.1 李沙育图形法 .....	18-171
4.2 标准时间法 .....	18-171
4.3 闪光测频法 .....	18-172
4.4 数字频率计测频法 .....	18-172

4.5 振动频率测量分析仪 .....	18-172
4.6 相位的测量 .....	18-172
5 系统固有频率与振型的测定 .....	18-173
5.1 自由衰减振动法 .....	18-173
5.2 共振法 .....	18-173
5.3 频谱分析法 .....	18-173
5.4 振型的测定 .....	18-174
6 阻尼参数的测定 .....	18-174
6.1 自由衰减振动法 .....	18-174
6.2 带宽法 .....	18-175

## 第8章 轴和轴系的临界转速 ..... 18-176

1 概述 .....	18-176
2 简单转子的临界转速 .....	18-176
2.1 力学模型 .....	18-176
2.2 两支承轴的临界转速 .....	18-177
2.3 两支承单盘转子的临界转速 .....	18-178
3 两支承多盘转子临界转速的近似计算 .....	18-179
3.1 带多个圆盘轴的一阶临界转速 .....	18-179
3.2 力学模型 .....	18-179
3.3 临界转速计算公式 .....	18-179
3.4 计算示例 .....	18-181
4 轴系的模型与参数 .....	18-182
4.1 力学模型 .....	18-182
4.2 滚动轴承支承刚度 .....	18-182
4.3 滑动轴承支承刚度 .....	18-184
4.4 支承阻尼 .....	18-188
5 轴系的临界转速计算 .....	18-188
5.1 轴系的特征值问题 .....	18-188
5.2 特征值数值计算实例 .....	18-189
6 轴系临界转速设计 .....	18-190
6.1 轴系临界转速修改设计 .....	18-190
6.2 轴系临界转速组合设计 .....	18-192
7 影响轴系临界转速的因素 .....	18-193

参考文献 .....	18-195
------------	--------



<b>第 1 章 机架结构概论</b> .....	19-3	1.1 载荷分类 .....	19-35
1 机架结构类型 .....	19-3	1.2 组合载荷 .....	19-36
1.1 按机架外形分类 .....	19-3	1.3 雪载荷和冰载荷 .....	19-36
1.2 按机架的材料和制造方法分类 .....	19-3	1.4 风载荷 .....	19-37
1.3 按力学模型分类 .....	19-4	1.5 地震载荷 .....	19-40
1.4 机架杆系结构类型 .....	19-5	2 刚度要求 .....	19-42
2 机架杆系的几何不变性 .....	19-5	2.1 《钢结构设计规范》的规定 .....	19-42
2.1 平面杆系的组成规则 .....	19-6	2.2 《起重机设计规范》的规定 .....	19-43
2.2 平面杆系的自由度计算 .....	19-6	2.3 提高刚度的方法 .....	19-43
2.2.1 平面杆系的约束类型 .....	19-6	3 强度要求 .....	19-44
2.2.2 平面杆系自由度的计算 .....	19-7	3.1 许用应力 .....	19-44
2.3 杆系几何特性与静定特性的 关系 .....	19-7	3.1.1 基本许用应力 .....	19-44
3 机架设计计算的准则和要求 .....	19-8	3.1.2 折减系数 $K$ .....	19-44
3.1 机架设计的准则 .....	19-8	3.1.3 基本许用应力表 .....	19-45
3.2 机架设计的一般要求 .....	19-9	3.2 起重机钢架的安全系数和许用 应力 .....	19-46
3.3 设计步骤 .....	19-9	3.3 铆焊连接基本许用应力 .....	19-47
4 机架结构的选择 .....	19-9	4 机架结构的简化方法 .....	19-48
4.1 一般规则 .....	19-9	4.1 选取力学模型的原则 .....	19-48
4.2 静定结构与超静定结构的比较 .....	19-10	4.2 支座的简化 .....	19-48
4.3 静定桁架与刚架的比较 .....	19-11	4.3 结点的简化 .....	19-49
4.4 几种杆系结构力学性能的比较 .....	19-11	4.4 构件的简化 .....	19-49
4.5 几种桁架结构力学性能的比较 .....	19-13	4.5 简化综述及举例 .....	19-50
5 几种典型机架结构形式 .....	19-15	5 杆系结构的支座形式 .....	19-51
5.1 汽车车架 .....	19-15	5.1 用于梁和刚架的支座 .....	19-51
5.1.1 梁式车架 .....	19-15	5.2 用于柱和刚架的支座 .....	19-52
5.1.2 承载式车身车架 .....	19-16	5.3 用于桁架的支座 .....	19-53
5.1.3 各种新型车架形式 .....	19-17	6 技术要求 .....	19-53
5.2 摩托车车架和拖拉机架 .....	19-18	<b>第 3 章 梁的设计与计算</b> .....	19-56
5.3 起重运输机械机架 .....	19-20	1 梁的设计 .....	19-56
5.4 挖掘机机架 .....	19-23	1.1 纵梁的结构设计 .....	19-56
5.5 管架与管子支吊架 .....	19-25	1.1.1 纵梁的结构 .....	19-56
5.6 标准容器支座 .....	19-31	1.1.2 梁的连接 .....	19-59
5.7 大型容器支架 .....	19-34	1.1.3 梁截面的有关数据 .....	19-59
<b>第 2 章 机架设计的一般规定</b> .....	19-35	1.2 主梁的上拱高度 .....	19-62
1 载荷 .....	19-35	1.3 端梁的结构设计 .....	19-62

1.4	梁的整体稳定性 .....	19-63	2	桁架的结构 .....	19-109
1.5	梁的局部稳定性 .....	19-65	2.1	桁架结点 .....	19-109
1.6	举例 .....	19-66	2.2	管子桁架 .....	19-110
2	梁的计算 .....	19-68	2.3	几种桁架的结构形式和参数 .....	19-111
2.1	梁的强度计算 .....	19-68	2.3.1	结构形式 .....	19-111
2.2	连续梁计算用表 .....	19-69	2.3.2	尺寸参数 .....	19-112
2.3	举例 .....	19-73	2.4	桁架的起拱度 .....	19-115
2.4	弹性支座上的连续梁 .....	19-75	3	静定平面桁架的内力分析 .....	19-115
<b>第4章 柱和立架的设计与计算</b> ... 19-80			3.1	截面法(用力矩平衡法 计算) .....	19-116
1	柱和立架的形状 .....	19-80	3.2	截面法(用力平衡法计算) .....	19-116
1.1	柱的外形 .....	19-80	3.3	结点法 .....	19-117
1.2	柱的截面形状 .....	19-81	3.4	混合法 .....	19-117
1.3	立柱的外形与影响刚度的因素 ... 19-82		3.5	代替法 .....	19-118
1.3.1	起重机龙门架外形 .....	19-82	4	桁架的位移计算 .....	19-119
1.3.2	机床立柱及其他 .....	19-83	4.1	桁架的位移计算公式 .....	19-119
1.3.3	各种立柱类构件的刚度 比较 .....	19-86	4.2	几种桁架的挠度计算公式 .....	19-120
1.3.4	螺钉及外肋条数量对立柱 连接处刚度的影响 .....	19-86	4.3	举例 .....	19-123
2	柱的连接及柱和梁的连接 .....	19-86	5	超静定桁架的计算 .....	19-126
2.1	柱的拼接 .....	19-86	6	空间桁架 .....	19-127
2.2	柱脚的设计与连接 .....	19-87	6.1	平面桁架组成的空间桁架的受力 分析法 .....	19-127
2.3	梁和柱的连接 .....	19-89	6.2	圆形容器支承桁架 .....	19-128
3	稳定性计算 .....	19-91	<b>第6章 框架的设计与计算</b> ..... 19-133		
3.1	不作稳定性计算的条件 .....	19-91	1	刚架的结点设计 .....	19-134
3.2	轴心受压构件的稳定性验算 公式 .....	19-91	2	刚架内力分析方法 .....	19-135
3.3	结构件长细比的计算 .....	19-92	2.1	力法计算刚架 .....	19-136
3.4	结构件的计算长度 .....	19-93	2.1.1	力法的基本概念 .....	19-136
3.4.1	等截面柱 .....	19-93	2.1.2	计算步骤 .....	19-136
3.4.2	变截面受压构件 .....	19-94	2.1.3	简化计算的处理 .....	19-137
3.4.3	桁架构件的计算长度 .....	19-96	2.2	位移法 .....	19-139
3.4.4	特殊情况 .....	19-97	2.2.1	角变位移方程 .....	19-139
3.5	偏心受压构件 .....	19-97	2.2.2	应用基本体系及典型方程 计算刚架的步骤 .....	19-140
3.6	板的局部稳定性计算 .....	19-98	2.2.3	应用结点及截面平衡方程 计算刚架的步骤 .....	19-141
3.7	圆柱壳的局部稳定性计算 .....	19-101	2.3	简化计算举例 .....	19-142
4	柱的计算用表 .....	19-101	3	框架的位移 .....	19-143
<b>第5章 桁架的设计与计算</b> ..... 19-108			3.1	位移的计算公式 .....	19-143
1	静定梁式平面桁架的分类 .....	19-108	3.1.1	由载荷作用产生的位移 .....	19-143

3.1.2 由温度改变所引起的 位移 .....	19-144	2.4 齿轮箱箱体刚度计算举例 .....	19-172
3.1.3 由支座移动所引起的 位移 .....	19-145	2.4.1 齿轮箱箱体的计算 .....	19-172
3.2 图乘公式 .....	19-145	2.4.2 车床主轴箱刚度计算 举例 .....	19-175
3.3 空腹框架的计算公式 .....	19-148	3 轧钢机类机架设计与计算方法 .....	19-176
4 等截面刚架内力计算公式 .....	19-149	3.1 轧钢机机架形式与结构 .....	19-176
4.1 等截面单跨刚架计算公式 .....	19-149	3.2 短应力线轧机 .....	19-177
4.2 均布载荷等截面等跨排架计算 公式 .....	19-157	3.3 闭式机架强度与变形的计算 .....	19-178
<b>第7章 其他形式的机架</b> .....	19-159	3.3.1 计算原理 .....	19-178
1 整体式机架 .....	19-159	3.3.2 计算结果举例 .....	19-180
1.1 概述 .....	19-159	3.3.3 机架内的应力与许用 应力 .....	19-181
1.2 有加强肋的整体式机架的肋板 布置 .....	19-160	3.3.4 闭口式机架的变形(延伸) 计算 .....	19-182
1.3 布肋形式对刚度影响 .....	19-161	3.4 开式机架的计算 .....	19-183
1.4 肋板的刚度计算 .....	19-162	4 桅杆缆绳结构 .....	19-184
2 箱形机架 .....	19-165	5 柔性机架 .....	19-185
2.1 箱体结构参数的选择 .....	19-165	5.1 钢丝绳机架 .....	19-185
2.1.1 壁厚的选择 .....	19-165	5.1.1 概述 .....	19-185
2.1.2 加强肋 .....	19-166	5.1.2 输送机钢丝绳机架的静力 计算 .....	19-185
2.1.3 孔和凸台 .....	19-166	5.1.3 钢丝绳的拉力 .....	19-186
2.1.4 箱体的热处理 .....	19-166	5.1.4 钢丝绳的预张力 .....	19-186
2.2 壁板的布肋形式 .....	19-167	5.1.5 钢丝绳鞍座尺寸 .....	19-186
2.3 箱体刚度 .....	19-167	5.2 浓密机机座柔性底板(托盘)的 设计 .....	19-187
2.3.1 箱体刚度的计算 .....	19-167	<b>参考文献</b> .....	19-190
2.3.2 箱体刚度的影响因素 .....	19-168		





# 第 18 篇 机械振动的控制及利用



主要撰稿 蔡学熙

审 稿 王 正 李长顺

HANDBOOK  
MECHANICAL  
DESIGN