

機械零件

本书由第一机械工业部教育局组织北京航空工业专科学校和南昌航空工业专科学校有关教师,根据1959年第一机械工业部颁发的中等专业学校四年制机械制图专业工程力学教学大纲草案编写而成。

本书内容主要有三大部分:第一部分为有关机械设计的一般常识;第二部分介绍各种通用元件、零件的构造、标准及设计计算;第三部分介绍机械波动的典型结构有关数据。

本书所介绍的标准首先根据我国颁布的国家标准(GB)及专业标准(JB, ZB等);于尚未制定或颁布的标准,则介绍苏联国家标准。

本书可用作中等专业学校机械类专业做教材,并可供其他专业参考,也可作为工农业学校及机械设计人员的参考书。

参加本书编写工作的有北京航空工业专科学校赵鹏、柳要强、李恩强和南昌航空工业专科学校曾奕德。

机 械 零 件

北京航空工业专科学校
机械零件教研组主

人民教育出版社出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第012号

设计部印刷厂印装

统一书号15010·923 开本787×1092 1/16 印张21 1/8

字数434,000 印数40,001—66,000 定价(5)¥2.00

1960年8月第1版 1960年10月北京第2次印刷

目 录

发展简史	1
机械工业在经济各部门中的作用及 机械工业的发展情况	2
机械的任务	3
机械的基本要求	5
机械中常用材料和许用 应力	7
机械常用的材料	7
机械安全系数	13
机械的失效	24
机械的疲劳	24
机械的材料	25
机械的材料	28
机械的过程	29
机械的计算	29
机械的计算概念	33
机械的失效	38
机械的失效	38
机械的失效	39
机械的材料和焊条	41
机械的基本形式	42
机械作用下的焊缝计算	44
机械应力	46
机械连接	50
机械连接	50
机械中常用的螺纹	52
机械力关系, 自锁及效率	57
机械的失效	59
机械的主要形式	59
机械的失效	67
机械的失效	69
机械的计算	72
机械连接的概念	75
机械的构造和计算	80
机械花键连接	86
机械花键连接	86
机械花键和半圆键的核算	92
机械花键	94
机械花键的选择和核算	94

传动引言	99
第六章 摩擦轮传动	103
§ 6-1. 概述	103
§ 6-2. 圆柱形摩擦轮传动的计算	103
§ 6-3. 圆锥摩擦轮传动	104
§ 6-4. 摩擦轮传动的变速装置	105
第七章 皮带传动	109
§ 7-1. 概述	109
§ 7-2. 平皮带的种类、构造、标准	110
§ 7-3. 平皮带的接头方法	113
§ 7-4. 开口皮带传动的几何计算	114
§ 7-5. 平皮带传动中所受的力及对轴的作用	114
§ 7-6. 平皮带工作时剖面上的应力	115
§ 7-7. 皮带的滑动和滑动曲线	117
§ 7-8. 平皮带传动的计算	119
§ 7-9. 三角皮带传动概述	122
§ 7-10. 三角皮带传动的计算	125
§ 7-11. 张紧皮带的方法及带有张紧轮的平 带传动	125
§ 7-12. 平皮带轮及三角皮带轮	125
第八章 齿轮传动	142
§ 8-1. 概述	142
§ 8-2. 齿轮啮合基本定律	142
§ 8-3. 渐开线及渐开线函数	144
§ 8-4. 齿轮各部分名称及标准外啮合直齿圆柱 齿轮基本尺寸关系	142
§ 8-5. 啮合线、啮合角和重合度	145
§ 8-6. 齿轮的根切现象和干涉	146
§ 8-7. 变位齿轮的概念	148
§ 8-8. 内啮合圆柱齿轮传动	146
§ 8-9. 齿轮的加工方法	146
§ 8-10. 齿轮的材料	146
§ 8-11. 齿轮的失效情况	146
§ 8-12. 直齿圆柱齿轮的强度计算	146
§ 8-13. 斜齿圆柱齿轮概述	146
§ 8-14. 斜齿圆柱齿轮的周节、模数、重 合度	146
§ 8-15. 斜齿圆柱齿轮的基本尺寸关系	146
§ 8-16. 斜齿圆柱齿轮的强度计算	146
§ 8-17. 人字齿圆柱齿轮的强度计算	146
§ 8-18. 直齿圆锥齿轮传动概述	146
§ 8-19. 直齿圆锥齿轮各部分名称和 系	146

§ 8-20. 直齿圆锥齿轮的强度计算	171	§ 12-7. 滑动轴承的润滑	245
§ 8-21. 齿轮的许用应力	172	§ 12-8. 气体润滑轴承	25
§ 8-22. 蜗杆系数	174	第十三章 滚动轴承	25
§ 8-23. 齿轮构造	176	§ 13-1. 概述	25
§ 8-24. 圆锥蜗杆传动	179	§ 13-2. 滚动轴承的分类	25
第九章 蜗杆传动	189	§ 13-3. 滚动轴承的主要类型及代号	25
§ 9-1. 概述	189	§ 13-4. 滚动轴承的规格代号	25
§ 9-2. 蜗杆传动的啮合参数及几何关系	191	§ 13-5. 滚动轴承的选型和计算	25
§ 9-3. 蜗杆传动的作用力分析	191	§ 13-6. 滚动轴承的支重设计	25
§ 9-4. 蜗杆传动的效率	195	§ 13-7. 滚动轴承的润滑和密封	25
§ 9-5. 蜗杆传动的计算	197	第十四章 联轴器	283
§ 9-6. 蜗杆的强度和刚度核算	199	§ 14-1. 概述	283
§ 9-7. 蜗杆传动的发热计算	200	§ 14-2. 固定式刚性联轴器	283
§ 9-8. 蜗轮蜗杆的材料和许用应力	202	§ 14-3. 可移式刚性联轴器	286
§ 9-9. 蜗轮蜗杆的结构	203	§ 14-4. 弹性联轴器	289
第十章 链传动	209	§ 14-5. 牙嵌式离合器	291
§ 10-1. 概述	209	§ 14-6. 摩擦离合器	292
§ 10-2. 传动链和链轮	212	§ 14-7. 安全联轴器	295
§ 10-3. 链传动的计算	214	第十五章 减速器	297
§ 10-4. 链轮轴上的作用力	219	§ 15-1. 概述	297
第十一章 轴	222	§ 15-2. 减速器的结构及主要零件	300
§ 11-1. 概述	222	§ 15-3. 减速器主要零件的制造	300
§ 11-2. 轴的结构	223	§ 15-4. 减速器的零件	307
§ 11-3. 心轴的計算	226	§ 15-5. 减速器的典型结构和承受应力	308
§ 11-4. 轴的强度计算	227	第十六章 起重运输设备	314
§ 11-5. 轴的刚度计算	230	§ 16-1. 概述	314
§ 11-6. 提高轴的强度及减轻其重量的其他措施	231	§ 16-2. 常用的起重运输设备	315
第十二章 轴颈和滑动轴承	237	§ 16-3. 起重设备的基本元件	322
§ 12-1. 概述	237	§ 16-4. 绳和链	322
§ 12-2. 圆柱形轴颈的计算	239	§ 16-5. 滑轮和鼓轮	327
§ 12-3. 止推轴承及其计算	242	§ 16-6. 吊钩	329
§ 12-4. 关于液体摩擦润滑的概念	244	§ 16-7. 滑轮机构	333
§ 12-5. 滑动轴承的分类和构造	245		
§ 12-6. 轴瓦、轴承衬及其材料	248		

机械零件刊正表

页 数	行 数	错	正
14	例 6	$[\sigma] = \frac{\sigma^0}{n}$ 或 $[\tau] = \frac{\tau^0}{n}$	$[\sigma] = \frac{\sigma^0}{n}$ 或 $[\tau] = \frac{\tau^0}{n}$
14	例 5	σ^0, τ^0	σ^0, τ^0
286	图 14-8	B, G, B, T	a

緒 論

§ 1. 机器零件学的发展简史

人类远在上古时代就开始制造和应用简单的机器零件和机械。例如,在三千年以前,我国人民就开始应用简单的紡織机械。但是作为一门系统的机器设计和制造方面的科学来说,则在十九世纪中叶才开始形成。当时,这门科学包括理論力学、材料力学、机器零件、起重运输机、内燃机、蒸汽机和机器制造工艺学等许多性质相近的科目,并籠統地叫做“机械学”或“机器构造学”。之后,由于生产的发展以及知識与經驗的积累,大大丰富了这门科学的内容,因而就有了可能使它发展成为许多独立的学科。

“机器零件”就是机械学这门总的科学的一个分支。1882年,俄罗斯的維·利·基尔比切夫(В. Л. Кирпичев)教授写出了第一本“机器零件”教程,才为这门科学奠定了基础。因此,它还是一门年轻的近代科学,至今只不过約八十年的历史。

最近几十年来,机器零件这门科学在各国都有不同程度的发展。目前,不仅拥有大量关于这方面的一般著作,而且还拥有极其丰富的专门著作、参考文献、手册、图集、规范及标准等。

和其他科学一样,苏联在机器零件方面所取得的成就一直是处于领先地位。由于苏联共产党和政府科学的极端重視与关怀,并为科学的发展提供了良好条件,苏联的科学研究机关、工厂、科学家和工程师对机器零件进行了大量的理論研究和实验,并且作出了巨大的贡献。俄国学者尼·耶·儒可夫斯基(Н. Е. Жуковский)教授是第一个研究和确定螺旋桨联接中各螺旋圈上载荷分布规律的科学家,他又用实验研究过皮帶的彈性滑动。俄国工程师尼·加·瑪拉維亞諾夫(Н. Г. Славянов)及尼·尼·別納尔多兹(Н. Н. Бенардос)是电焊的发明人。著名的俄国学者尼·帕·彼得罗夫(Н. П. Петров)院士是摩擦和潤滑的流体动力学理論的奠基人。技术科学博士阿·伊·彼得魯謝維奇(А. И. Петрусович)研究并科学地論証了齿輪及蜗輪傳动中工作表面强度計算的理論。技术科学博士米·阿·薩維林(М. А. Савин)教授是編著“机器制造”百科全书的創議人之一,也是其中許多章节的編輯和作者。

我国人民在机器零件方面的創造和发明,和在整个文化方面的成就和贡献一样,具有悠久和輝煌的历史。周朝使有人利用卷筒原理制作战車。汉武帝时制造的翻車(水利方面用的)已具有近代搬运鏈的雛形。齿輪傳动的应用也不晚于汉朝。但是解放前,一方面由于反动的統治阶级殘酷剝削和压迫人民并不重視祖国科学技术的发展,另一方面由于帝国主义侵略和奴役我国人民,千方百計地阻撓我国科学技术的发展,因此使我国长期处于落后状态。解放后,由于党和政府对科学的极端重視,机械零件这门科学和其他科学一样获得了广阔的发展前途。目前对經常使用的零件国家已經設立了專門的机构进行研究。机器零件标

准化工作也正在国家科学技术委员会的领导下大力进行着,部分零件的国家标准已经颁布。随着祖国工业的飞跃发展,在不长的时期里,机器零件这门科学在我国必将取得进一步的巨大的成就。

§ 2. 机器制造业在国民经济各部门中的作用及我国机器制造业的发展情况

毛主席说过:“没有工业就没有巩固的国防,就没有人民的福利,就没有国家的富强”。因此,要保卫我们革命胜利的果实,日益充分地满足我国人民的物质和文化需要,就必须高速度地发展工业,从而迅速提高物质财富的生产。

实现国家工业化的中心环节是优先发展重工业,因为只有建立起强大的重工业,我们才有可能制造现代化的各种工业设备,使重工业本身和轻工业得到技术改造,才能供给农业以拖拉机和现代化农业机械,才能生产现代化的交通工具,才能制造现代化的武器来巩固我们的国防。同时,只有在发展重工业的基础上,才能更快地提高生产技术,提高劳动生产率,才能不断地增加农业和消费资料的生产,保证人民生活水平的不断提高。由此可知,重工业是社会主义经济基础中的基础。

机器制造工业是重工业的核心,因为只有发展机器制造工业才能为国家工业化、农业机械化和电气化以及国防现代化提供物质保证。

斯大林说得正确:“……不是說随便怎样发展工业都是工业化,工业化的中心,它的基础,就是发展重工业(燃料冶金等等)。归根到底就是发展生产资料的生产,发展本国的机器制造业”。

新中国的工业是从无到有发展起来的。旧中国由于长期受帝国主义、封建主义和官僚资本主义的压迫,工业得不到发展。

解放后,工人阶级掌握了政权,为发展祖国工业开辟了广阔的前途。在党的领导下,由于第一个五年计划的胜利完成,使我国已经建立起社会主义工业化的初步基础。经过1958和1959年的连续大跃进,这个初步基础进一步地加强了。在这两年的连续大跃进中,几乎所有的重工业产品产量都增长了一倍以上。1958年我国钢材和机器设备的自给率都已经达到80%,1959年又有了进一步提高。在刚解放的那一年,即1949年,作为国民经济主要标志的现代工业,在工农业总产值中只占17%,而且主要是轻工业,重工业比重很小。第一个五年计划胜利完成后,这个比例就猛增到30%。经过1958和1959年的连续大跃进,我国的现代工业,在工农业总产值中已经跃升为67.5%。1959年的工业总产值比1958年增长了39.3%,重工业产值比1958年增长了43.3%。在技术革命号召的鼓舞下,所有企业都提高了技术水平,扩大了技术队伍。我们已经能够自己设计和自己建设技术比较复杂的现代化企业。所有这些,雄辩地说明建国十年来,我国工业建设已经取得了史无前例的成就。我国工业这样飞速地发展,是任何资本主义国家所不能比拟的,当然更不是在旧中国的条件下所能梦想的。

十年来我国机器制造工业的建设和发展,取得了极其辉煌的成就。目前我国机器制

工业已基本上形成了完整的体系,建立了行业齐全、具有世界先进水平的机器制造企业网。在建设现代机械制造业骨干企业的同时,全国各地兴办了数以万计的中小型企业,这样就大大改善了机械工业的分布状况,迅速提高了机器制造业的生产能力。

我国机器制造业已经完成了从修配到制造的过渡,并开始进入了从制造一般的机器设备转入能够制造重型、大型、精密和尖端机器设备的阶段。

从仿造到自行设计是近年来我国机器制造业技术上的一个飞跃。现在我们不但能设计一般的机器设备而且还能设计重型、大型、精密和尖端的设备。这就标志着我国机器制造业已经进入了世界先进技术的领域。

在机器制造业中,由于贯彻了党的社会主义建设总路线以及根据总路线制定的一整套两条腿走路的方针,大大加快了机器制造业的发展。

对国民经济各部门进行技术改造,逐步地把它转到新的技术基础上,转到现代化大生产的技术基础上,这是党的八大二次会议所提出的技术革命的主要任务。这个任务要求机器制造业迅速提高自己的技术水平,加速对各个部门提供又多又好的技术装备。

把学习和创造结合起来,把仿造同自行设计结合起来,这是迅速提高机器制造业技术水平的一个两条腿走路的方针。为了能制造出适合我国资源、自然特点及使用条件的机器设备,为了在技术上赶上和超过世界先进水平,今后,我们一方面仍然要虚心学习社会主义兄弟国家、特别是苏联的先进经验,继续采用仿造办法,大量发展新产品,另一方面又必须迅速发展自己的设计能力,培养自己的设计力量,大力开展新产品的設計工作。

“机器零件”课程是研究机器零件、部件和机器的结构、计算原理和方法的基础课程之一。对这一门课程的内容理解得愈深入透彻,且能运用于实际,则将来学习专业课程及培养设计能力就愈有良好的基础。

§3. 机器零件课程的任务

机器、设备、仪器及其他装置中的独立组成部分和它们的联接叫做机器零件。

每个零件又由更小的单元体组成。这些单元体叫做元件。例如铆钉联接算是零件,而组成铆钉联接的铆钉、钢板等则是铆钉联接中的元件。

几个零件在机器结构上组成一体,这个组成部分叫做部件或组合件。例如,机器中常见的滚动轴承组合就是由滚动轴承、螺栓联接、油封等零件组成的。

在机器或装置中,由较多的零件组成的、在结构和作用上自成一個系統的組成部分叫做机組。例如,起重机上的減速器、金属切削机床上的主軸變速箱、走刀箱、航空发动机等都可以算是机組。

各种机器虽然用途和结构有所不同,但每一部机器都是由零件和部件组成的。

组成机器的零件可以分为两类:

1. 普通零件 在用途和结构不同的各种机器中都被采用并且起同一作用的零件叫做普通零件。例如齿轮、螺钉、轴和轴承等就属于这一类零件。这类零件大都已经标准化,所

以又叫做标准零件。

2. 特殊零件 这类零件只适用于一定类型的机器。例如航空活塞发动机的曲轴、活塞、喷气发动机的涡轮盘及涡轮叶片等就属于这一类零件。

在机器零件课程里,只研究普通的机器零件,而特殊的机器零件则在有关专业课程中研究。

机器零件课程的内容,可以分为四部分:

1. 联接

联接又分为两类:

1) 不可以拆卸的联接 铆接与焊接就属于这一类联接。拆开这类联接时,必须损坏联接。

2) 可以拆卸的联接 螺纹联接与键联接就属于这一类联接。拆开这类联接时,不用损坏联接。

2. 传动

传动又分为两类:

1) 摩擦传动

- a. 摩擦轮传动
- b. 皮带传动

2) 啮合传动

- a. 齿轮传动
- b. 蜗杆传动
- c. 链传动

3. 轴、轴的联接及支承

- 1) 心轴与转轴
- 2) 轴承
- 3) 联轴器

4. 起重运输设备常识

学习机器零件课程的目的,是为了掌握普通机器零件、部件和机组的设计原理和方法。

所谓“设计”是指:确定作用在零件上的力,由力而产生的应力;选择零件的材料;确定零件最合理的尺寸和结构形式;解决零件制造、装卸、调整和操纵等问题;完成制图及其他技术条件等一系列的工作内容。

机器零件是工程力学课程的最后一部分,是介乎基础技术课和专业课之间的一种基础技术课程。在学习这门课程之前必须很好地掌握以下几门关系非常密切的课程:1. 理论力学,运用这门课程的知識确定作用在零件上的力及零件的运动规律。2. 材料力学,运用这门课程的知識来计算零件的强度、刚度和稳定性。3. 金属工艺学,这门课程給合理地选择零件材料及正确进行零件的热处理和化学处理奠定了基础。4. 公差配合,这门课程給合理选择

零件的配合性质和制造公差奠定了基础。3. 机械制图。

在学习机器零件课程时,不仅要能熟练地运用上述课程的有关知识,而且更重要的是要善于把理论知识运用到实际的零件设计工作中去。设计零件时,不能只停留于纯粹的理论计算,同时还必须考虑与实际生产有关的一系列问题。

§ 4. 机器零件必须满足的基本要求

在任何情况下,所设计的机器零件应满足以下几个基本要求:

1. 具有足够的强度 在设计零件时要保证绝对避免零件的损坏,因为零件的损坏会导致机器的停工,甚至还造成严重的机器或人身事故。但是如果单纯为了保证零件的强度,毫无根据地加大零件的尺寸,则又将大大地增加机器的重量,从而造成材料的浪费,这也是绝对不容许的。

2. 具有必要的刚度 在许多场合下仅根据强度条件确定零件的尺寸是不够的,往往还要要求零件具有足够的刚度,即保证零件工作时所产生的弹性变形不超过许可值。例如设计车床主轴时,就应保证主轴的挠度和转角不超过规定数值,否则将不能保证工件达到预定的加工精度。又如高速传动轴若缺乏足够的刚度,工作时将会引起相当大的振动,甚至引起机器零件或机器的损坏。另外轴的刚度不够,还将引起齿面的载荷集中,滑动轴承的边缘摩擦。

3. 具有足够的耐磨性能 为了延长零件的使用期限,某些零件或零件的局部需要经过热处理,如渗碳等,或采用减摩材料制造。

4. 重量轻 不仅对个别零件而且对整部机器都要求重量轻。对于某些机械及设备,如火车车箱、飞机等,满足重量轻的要求更有特殊意义。通过提高许用应力,合理设计铸件、采用较轻的材料或高强度的材料、采用经济而且轻的锻压型材以及采用近代化的表面加强法,如高频淬火、喷砂硬化等,都有助于满足减轻重量的要求。

5. 力求形状简单、降低制造成本 设计机器零件时,应力求形状简单,否则将增加零件的制造成本。因此,要求设计工作者熟悉机器零件的制造方法,如锻、压、铸、焊及机械加工等。

6. 符合国家标准 国家标准化工部对加速国民经济建设有着重大的意义,因为它是推动技术进步的一种基本手段之一,是厉行增产节约的有效措施,而且是开展大量生产的基础,特别是在机器制造业和仪表制造业方面,它是实现综合机械化和自动化生产的前提。

对国民经济中广泛使用的机器、设备及其零部件,均制订出有关的各种基本标准,使机器上的各种尺寸,均按照图样上所要求的精度制造,保证零件在装配时,不再进行手工修整,用简单的方法即可顺利进行接装。使用中磨损的零件、部件,也可用具有互换性的同样的零件部件进行更换。还可用这种零部件来装配新机器。这样就保证零部件及产品的生产、装配和接装,可以在不同的地点进行,从而实现专业化生产和集中生产,达到巨大的经济效益。例如大连机床厂原有一个标准件工段,沈阳第一机床厂原有一个标准件车间,各有几十台机

床加工标准件。前年这两个厂先后把紧固件全部交给沈阳标准件厂生产。由于批量大,该厂采用了先进的冷顶锻和搓丝工艺,在将近一年的时间内,两个厂共节约了钢材约75吨,降低成本约56.9万元。75吨钢材能够造200多台车床;降低的成本可买120台车床,显然这是个很大的数字。此外,还腾出了许多机床和生产面积和相应的劳动力。标准化是厉行增产节约的有效措施之一,对促进生产技术的高速发展起着重要作用。沈阳第一机床厂由于进行了产品系列化工作,在1958年大跃进中,有效地配合着群众的技术革新和技术革命,大大地推动了新产品的试制工作,一年内试制成功了三十多种新产品,而1957年只不过试制了几种新产品。太原重型机器厂在开展产品系列化、部件通用化、零件标准化以后,吊钩零部件的标准化、通用化系数达80%以上,大大地节约了设计力量,并使零部件的生产批量扩大了;为采用新技术创造了条件。

苏联自十月革命后,一贯积极开展标准化和规格化工作,用它来保证和加速国民经济的建设,几十年来已取得了辉煌的成就。仅以冶金工业和通用切削机床为例,产品标准化程度就达到了85%。

我国在解放以后,党和政府对标准化工作给予了极大的重视。在国家科学技术委员会的领导下,各主要经济部门均成立了标准化机构,大力地开展了标准化工作,十年来已经取得了巨大的成就。仅以机械工业为例,在制订标准的工作上,截至去年年底为止,已经系统地起草了国家标准(GB)、专业标准与指导性技术文件3000多个。其中已由国家科学技术委员会、第一机械工业部与各主管专业局批准实施或试行的约1100多个。现在正朝着建立一个完整的机械工业标准体系而努力。

社会主义阵营于1959年9月7日至16日在布达佩斯召开了统一标准年会,会上讨论了钢种、轧材、金属的机械性能试验、电工产品、公差与配合、螺纹以及通用金属制品等统一标准并且作出了决议。这对进一步开展社会主义各国间科学技术和贸易的大协作和发展本国的国民经济建设将起着重大的作用。

设计工作者应严格遵守国家标准,或本部门制订的并经过批准的规范。标准化并不是为了限制设计者的创造能力,恰巧相反,它可以减轻他们在这方面的劳动,以便集中精力从事创造新的、特殊的、特别重要的结构。还应指出,标准是为了便利设计而不是为了限制设计而制订的,所以当标准和设计要求之间有矛盾而无法遵守标准时,也可以考虑放弃标准。

7. 使用、操纵的方便和安全 在社会主义社会中,应当给人以最好的劳动条件。因此所设计的机器必须操纵、使用方便,并绝对保证安全。

要能设计出合乎实际、最经济而合理的机器,不仅要求设计工作者具有丰富的理论知识和实践经验,而且必须具有高度的思想水平和创造精神。

第一章 机器制造业中常用材料和許用应力

§ 1-1. 机器制造业中常用的材料

設計机器零件时, 选择材料是一个很重要的問題。因此要求設計工作者对于各种材料的性質有全面的了解, 这样才能恰当地选择出适合零件工作条件和制造方法的材料。

机器制造中最常用的材料是黑色金属, 它分为鋼与鑄鉄两大类。

有色金属如銅、鋅、鉛、錫等主要是用来作为机器制造中所用各种合金, 如銅合金、輕合金及巴氏合金等的組成元素。

塑料在机器制造中具有独特的应用价值, 近几年来已获得愈来愈广泛的应用。

在一般的机器制造中和某些特殊情况下, 也采用非金属材料, 如橡皮、皮革、木材、石棉等。

在目前我国鋼鉄生产尚不能满足工农业飞跃发展需要的情况下, 采用鋼鉄代用材料, 如陶瓷、木材、竹子及水泥等有着重大的意义。

关于金属材料的化学成分、机械性質、物理性質、加工方法以及热处理和化学处理等有关知識, 已在金属工艺学中作过专门講授, 因此这里仅作簡要复习。

1. 鑄鉄 机器制造业中采用的鑄鉄有: 灰鑄鉄、优质(改善的)鑄鉄、可鍛鑄鉄、合金鑄鉄及球墨鑄鉄等。

灰鑄鉄在机器制造中应用极为广泛, 液态时具有良好的流动性, 冷却时收縮率不大, 可用以鑄成外形复杂的零件, 并能在金属切削机床上很好地进行加工。灰鑄鉄承受压缩的能力較大, 不适合于承受弯曲、拉伸和剪切。同时由于韧性較差, 也不能承受冲击載荷。

将液体状态的灰鑄鉄用少量墨化剂加以处理, 便得到优质灰鑄鉄。优质灰鑄鉄鑄件具有較高的强度和良好的加工性, 韧性較高, 抗冲击性能較好, 具有高的耐磨性能和抗腐蝕性能。

呈鉄碳化合物状态、剖面呈現白色的鑄鉄称为白鑄鉄。它的硬度极高, 可用来制造摩擦剧烈的零件, 如机配, 火車車輪輪緣等。

白鑄鉄鑄件經過退火便成为可鍛鑄鉄, 这种鑄鉄具有高的强度, 韧性較灰鑄鉄好。当載荷小、特别是对于薄壁和形状复杂的零件, 通常采用可鍛鑄鉄。

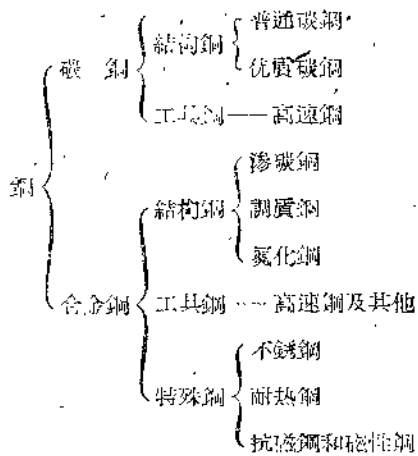
鑄鉄中含有錳、銅、鉍、鈳等元素时, 称为合金鑄鉄。加入合金元素可以使鑄鉄获得特殊性質, 如抗热性、抗腐蝕性、无磁性、高电阻及高强度等。

当灰鑄鉄为液态时加入少量鎂、鉍或其合金作球化剂, 并以硅鉍作墨化剂, 使片状石墨变为球状石墨, 就成为球墨鑄鉄。球墨鑄鉄的强度极限特别是弹性极限比可鍛鑄鉄高, 鑄造厚鑄件时不需要冗長時間的热处理。它不仅比白口鑄鉄的强度和韧性大, 而且經過感应淬火后表面硬度可达 $H_n \geq 600$ 。与鋼比較, 除延伸率、冲击值 and 弹性稍差外, 其他性能都很相

近,屈服极限甚至还要高。球墨铸铁对应力集中的敏感性差,而耐蚀性能和吸震性能却比钢好。球墨铸铁比铸钢的铸造性能好,其熔点、流动性和收缩率与灰铸铁很接近,可以铸成薄壁和形状复杂的零件。不仅适合于制造小零件、小机器和普通机器,而且适合于制造大零件、重型机器和高速高温下工作的机器。目前我国已成功用球墨铸铁制造了大型冶金轧辊、钢锭模、15000 瓦水轮机主轴、高速运转的汽轮机主轴以及要求非常严格的内燃机曲轴和凸轮轴。

在现今我国钢铁生产和锻压设备远远不能满足工农业飞速发展需要的情况下,“以铁代钢,以铸代锻”就成为我国机械工业一个重要的技术方向。因此扩大球墨铸铁应用的范围,有着重大的经济价值。

2. 钢为机器零件的主要材料,它可以按照化学成分和用途作如下的分类:



普通碳钢广泛用来轧制各种型材及制造机器零件。这种钢只要求保证机械性质而不要求保证化学成分。

优质碳钢不仅要求保证机械性质而且要求保证化学成分。它广泛用于制造各种机器零件。

工具钢用于制造机器零件和各种切削刀具和量具等。这种钢具有高的强度、硬度和耐磨性能等。

如果要求机器零件或工具有特殊性质时(如耐磨性能、耐热性能等),则应采用合金钢。合金钢是指碳钢中加入一种或多种特殊元素的钢。在碳钢中加入特殊元素(如镍、铬等),可以改善钢的机械性质,或钢的物理化学性质,或增加钢淬火时的硬层深度。

钢的性质可以通过热处理的方法在相当大的程度上加以改变。

在规定的温度下,金属的加热与冷却所组成的过程称为钢的热处理。

通常采用的热处理方法有:退火、正火、淬火、回火、调质、渗碳、氮化、氮化和表面淬火。

退火和正火是用来改善材料的加工性能、机械性能;消除铸件、锻件或锻压件中所存在的内应力。

淬火可以提高材料的弹性极限、硬度和耐磨性能；淬火使钢变硬，同时也变脆。为了消除由于淬火所产生的脆性，应进行回火。

在保持或提高材料的韧性的条件下为了提高材料的强度应采用调质处理。调质处理就是指淬火后进行高温回火的热处理过程。

为了提高零件表面的硬度和耐磨性能，且保证零件具有柔软芯部，可以采用渗碳处理。渗碳就是指钢表层的碳化过程。

氰化、氮化和表面淬火都是为了提高零件的表面硬度。钢的热处理方法对于提高零件的强度、寿命和节约金属用量开辟了广泛的可能性。因此，设计工作者必须予以极大的重视。

许多机器零件是由铸钢铸成的。和铸铁一样，铸钢也能铸造外形复杂的零件，但流动性较差，强度比铸钢铸件高。

3 铜及其合金 纯(红)铜具有高的延展性，能轧制锻造和冷拔，但由于强度不高，机器制造业中很少应用。

通常采用铜与其他金属的合金，即青铜——铜与锡、铅或铝的合金；黄铜——铜与锌的合金。

青铜是机器制造业中应用最广的铜合金，它具有高的强度，还具有其他的特殊性质，如减磨性、抗腐蚀性等。青铜按照化学成分可分为锡青铜和无锡青铜。

巴氏合金或白合金是铜、锡和铋的合金。它易熔，能很好地熔结在镀锡的表面上。特别重要的轴承衬套常采用这种材料。

4 塑料及其他非金属材料 塑料系用纸、木材、屑板等做为基体，浸以酚醛树脂，然后加压加热制成。由于塑料零件具有以下优点：比金属轻，不怕振动，不易折断，尺寸稳定，不收縮变形；塑料夹具定心精度高，夹得紧；塑料轴承能减少摩擦和节约润滑轴，而塑料制齿又能增大摩擦；塑料不需切削加工及特殊设备；塑料不导电，能保证安全，所以在机器制造业中已获得了广泛的应用。目前由于高分子化学和有机合成纤维工业一日千里的发展，为塑料的应用开辟了广阔的前途。

塑料在机器制造业中用做金属的代用品，制造无声齿轮、轴承衬套及手柄等。

木材、皮革、橡皮及纸板在机器制造业中也被广泛地用做辅助材料。

机器制造业中常用金属材料的机械性质可阅表1-1~1-4或有关手册。

钢与铸铁的机械性质也可以按照下列近似公式确定；或由图1-1的关系曲线查得。对于碳钢：

拉伸与压缩的屈服极限 $\sigma_s \approx (0.56 \sim 0.60) \sigma_b$ ；

弯曲的屈服极限 $\sigma_{sn} \approx 1.2 \sigma_s \approx (0.67 \sim 0.72) \sigma_b$ ；

扭转的屈服极限 $\tau_{sn} \approx 0.60 \sigma_s \approx (0.34 \sim 0.36) \sigma_b$ ；

弯曲的疲劳极限 $\sigma_{-1} \approx 0.40 \sigma_b$ ；

拉伸与压缩的疲劳极限 $\sigma_{-1} \approx 0.7 \sigma_{-1s}$ ；

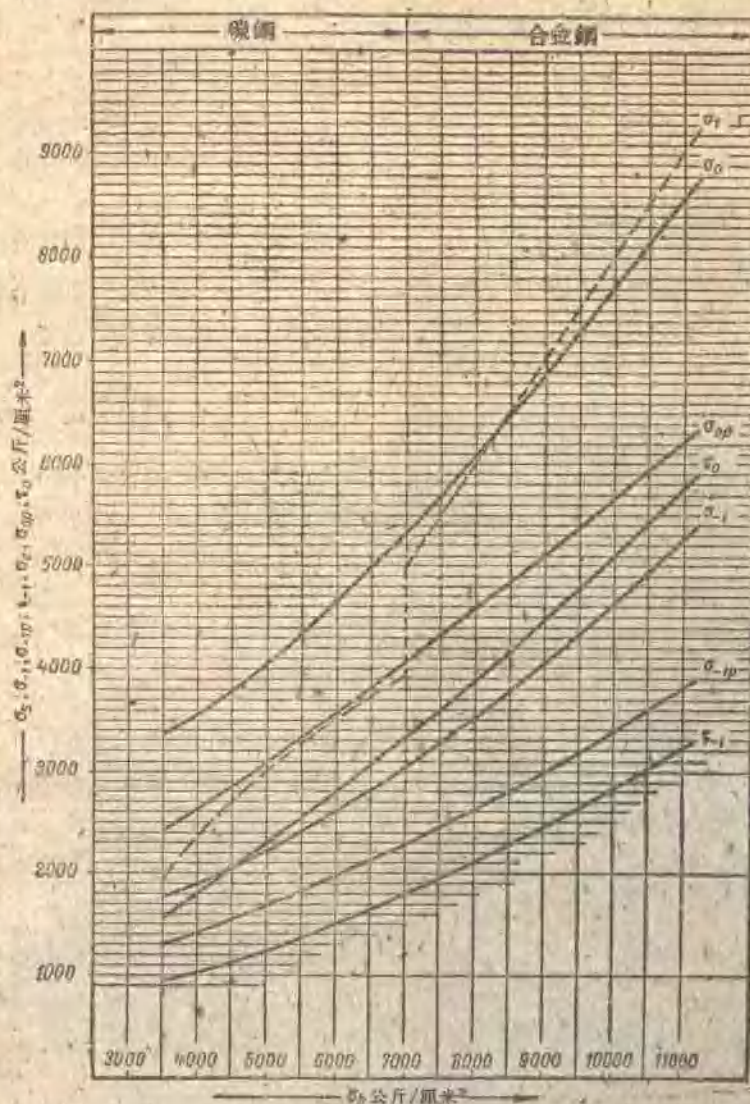


图 1-1

扭转的疲劳极限 $\tau_{-1} \approx 0.55\sigma_{-1} \approx 0.22\sigma_{bs}$

对于合金钢:

拉伸与压缩的屈服极限 $\sigma_s \approx (0.75 \sim 0.80)\sigma_b$;

弯曲的屈服极限 $\sigma_{sn} \approx 1.11\sigma_s \approx (0.83 \sim 0.89)\sigma_b$;

扭转的屈服极限 $\tau_{sn} \approx 0.60\sigma_s \approx (0.45 \sim 0.48)\sigma_b$;

弯曲的疲劳极限 $\sigma_{-1} \approx 0.35\sigma_b + 12 \text{ 公斤/毫米}^2$;

拉伸与压缩的疲劳极限 $\sigma_{-1p} \approx 0.25\sigma_b + 8.5 \text{ 公斤/毫米}^2$;

扭转的疲劳极限 $\tau_{-1} \approx 0.20\sigma_b + 6 \text{ 公斤/毫米}^2$ 。

选择机器零件的材料应遵循下列几个主要原则:

表 1-1 结构碳钢的机械性质

钢 的 牌 号	ГОСТ	机 械 特 性 公斤/毫米 ²			用 途 举 例
		σ_b	σ_s	σ_{-1}	
Ст. 2	380-50	34~42	22	17	锅炉的汽管及烟管; 受不大应力的铆钉, 螺栓, 短轴, 车轴, 凸轮。
Ст. 3		38~47	24	18	金属结构, 螺栓, 螺母, 拉杆, 吊钩, 连杆, 键及销, 车轴, 短轴, 焊接的零件。
Ст. 4		42~52	26	22	金属结构; 拉杆, 轴, 车轴。
Ст. 5		50~62	28	24	重要的螺栓, 拉杆, 吊钩, 键, 连杆, 车轴, 轴, 销钉; 齿轮。
Ст. 6		60~72	31	28	键, 啮合式及摩擦联轴器, 键片, 制动带, 齿轮和轴(承受较大的静载荷)。
10	1050-52	32	18	14	冷压制造的零件; 焊接的零件; 经渗碳的零件, 其中如垫圈, 轴环, 管子, 滚子, 拉杆。
15		35	21	16	热锻及热压制造的零件; 冷压(拉)的零件; 经渗碳的零件; 焊接零件, 其中如螺栓, 螺母, 吊钩, 连杆, 硬圈。
20		40	24	17	同上用牌号 15 的零件, 并包括锻制的及压制的拉杆, 吊钩, 连杆, 夹钳, 轴套, 轴承衬。
25		43	26	19	同上用牌号 20 的零件, 并包括直轴, 轴, 联接的联轴器; 不受高应力的螺栓, 双头螺栓, 螺形, 螺旋和垫圈。
30		48	28	21	具高塑性的热锻及热压零件; 车轴, 轴, 拉杆, 汽缸, 飞轮。
35		52	30	23	锻制的拉杆, 车轴, 轴, 螺栓, 螺旋, 垫圈, 连杆, 膜片。
40		57	32	25	车轴, 杆, 曲柄轴, 齿轮, 硬圈, 正火状态的圆盘。
45		60	34	26	活塞(冲子), 齿轮与齿条, 联轴器, 轴套, 键轴, 摩擦轮, 螺栓, 双头螺栓, 螺母。
50		63	35	28	杆, 车轴, 轴, 齿轮, 不重要的弹簧。
15Г		40	23	18	热锻及热压制零件; 经渗碳的零件; 其中包括凸轮轴, 拉杆, 铰链联轴器。
50Г		65	37	29	受磨损的零件; 摩擦圆盘, 花轴(裂纹轴), 经常啮合的齿轮。
60Г		70	38	29	弹簧垫圈, 制动轮, 摩擦轮, 止推环。
65Г		75	40	30	弹簧圈, 弹簧垫圈, 螺旋弹簧, 片弹簧。
15Х	4543-48	70	50	33	齿轮, 短轴, 活塞销, 啮合式联轴器; 经渗碳的零件。
20Х		80	60	35	
30Х		90	70	38	车轴, 轴, 短轴, 连杆, 齿轮
40Х		100	80	42	同上 30Х 钢各零件并包括曲柄轴。
20ХН		80	60	40	齿轮, 花轴(裂纹轴), 键。
40ХН		100	80	45	轴, 齿轮, 圆盘, 冲子。

附注: 对于优质碳钢其机械特性用正火态的试样试验而得; 对于合金钢则须经热处理。

表 1-2. 铸钢的机械性质

铸 钢 牌 号 (ГОСТ 977-53)	机械特性, 公斤/毫米 ²			用 途 举 例
	σ_b	σ_s	σ_{-1}	
	不 小 于			
25.I	45	21	—	托架, 机座。 齿轮, 弹簧上的套筒, 叉头。 齿轮(用于重放的), 吊车的行轮。 具有抗冲击力的成型零件。
35.I	50	28	23	
45.I	55	32	25	
55.I	60	35	26	

表 1-3.

青 銅 牌 号	规格或技术条件	机械特性公斤/毫米 ² (硬齿)		用 途 举 例
		σ_b	σ_s	
Бр.ОЦ 10-2	—	20~25	18	铜轮轴冠, 阀, 和制的齿轮。
Бр.ОФ 10-1	ЦМТУ 669-41	25~35	20	电动机轴承, 铜轮轴冠, 受强力磨损的零件。
Бр.ОС 8-72	—	15~20	12	低单位压力及低速机械的轴承。
Бр.ОЦС 6-6-3	ГОСТ 613-50	18~22	8~10	小型轴承, 轴套, 填料函。
Бр.АЖ 9-4	ГОСТ 493-41	50~55	35	大型铸件。
Бр.АЖН 11-6-6	ГОСТ 493-41	70~90	48	铜座/或载吊车的齿轮, 与特殊钢轮配合工作的青铜轴杆。

表 1-4. 灰铸铁的机械性质

铸 铁 牌 号	ГОСТ	强度极限 σ_b , 公斤/毫米 ² (不低于所列)			用 途 举 例	附 注
		拉 伸	弯 曲	压 缩		
ЧД 12-28	1412-48	12	28	50	箱套, 机座, 气缸盖, 紡織机械零件, 低速齿轮。	灰 铸 铁 铸 件
ЧД 15-32		15	32	65		
ЧД 18-36		18	36	70		
ЧД 21-40		21	40	75	气缸, 泵壳, 机架, 机座, 飞轮。	
ЧД 32-52		32	52	110	活塞环, 联轴器, 齿轮, 阀, 凸轮。	
МЧД 28-48	2611-44	25~28	48	90~110	外形复杂, 切削行程高, 厚度小于 8 毫米的铸件(高速原动机的机架)。	改良灰铸铁铸件
МЧД 38-66		27~38	55~60	105~140	外形简单, 切削行程不大, 厚度大于 20 毫米的铸件(泵座, 车轴, 齿轮)。	
КЧ 33-8	1215-4T	33	—	—	同样构造及同样强度的铸件。	可锻铸铁铸件
КЧ 30-5		30	—	—	不同尺寸的小配件, 小型零件。	

1) 使用方面 所选择的材料应满足机器零件工作条件所提出的要求, 即保证零件的工作能力。

2) 工艺方面 所选择的材料应满足在制造零件时花费劳动量最小的要求。

3). 經濟方面 从零件的总成本来看, 所选择的材料应当是最經濟的。这里所指的总成本, 不仅包括材料本身的价格, 而且还包括所有其他生产費用在內。

对于某一零件來說, 全面地考虑这些原則而又有充分根据地去选择材料, 是一个较为复杂的技术經濟問題。

比較正确地选择材料的方法是先作出几种不同的方案, 然后进行比较, 再采用其中較合理的方案。

很多机器中, 重量是評定設計好坏的主要标志, 因而常采用以零件重量为出发点的指标作为选择材料的依据。

要想选择一种材料能够滿足机器零件所提出的全部要求是很困难的, 即使有这样的材料也必然很貴, 在这种情况下, 最合理、最先进的方法是根据局部品質原則去选择材料, 这种原則的实质可以用下面的例子來說明: 例如最近几年来, 尽管齒輪所傳遞的載荷日益增大, 但是在很多情况下仍然只采用碳鋼或低合金鋼来制造齒輪, 这是因为經驗証明, 占絕大部分金屬的輪体内的应力很小, 只有輪齿上才产生較大的应力。根据齒輪的工作条件对齒輪齒提出的要求是: 工作表面耐磨, 并且有足够的接触强度和弯曲强度。若对齿的工作表面进行高頻率淬火, 則能提高耐磨性能和接触强度。利用冷作方法使齿根部表面获得殘余压缩应力就可以提高弯曲强度。由此可見, 局部地改变零件材料的性質, 就可以滿足对零件不同部分所提出的不同要求。

材料品种过多, 在供应和生产方面都会造成困难。所以設計时应当尽可能减少材料的品种。任何一个工厂都应应对制造零件材料的牌号加以限制。

§ 1-2. 許用應力和安全係數

机器零件的尺寸, 通常都是根据强度計算确定的。但对某些机器零件(如車床主軸、滚动軸承等)有时却要求根据刚度和寿命来确定。这时, 强度計算仅作为驗算用。

在进行零件的强度計算时, 应该知道:

- 1) 作用在零件上力的大小、方向和性質;
- 2) 零件的材料和許用应力。根据已知条件, 运用材料力学有关强度計算公式或其他計算公式(如經驗或半經驗公式)确定出零件所必須的尺寸。

由材料力学知道, 根据强度条件确定零件的尺寸时, 应保證零件最危險剖面的工作应力不超过零件材料的許用应力, 但也不容許工作应力低于許用应力太多。因为如果不能满足后一条件, 則零件将过于笨重, 且导致材料的浪费。

合理地选择許用应力, 是保證得到可靠、耐用、輕便而又經濟的机器零件最重要的条件。因此确定合理的选择許用应力的方法, 就具有極重大的意义。

近数十年来, 許多学者、科学部門和設計部門在这方面已經作过大量的研究工作, 并且积累了极其丰富的实践經驗和系統理論。值得特別提出的是苏联的許多科学研究机关、設計部門和学者在結合工作实践用科学方法确定許用应力方面取得了巨大的成就。